

次世代材料評価基盤技術開発  
研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発  
(中間評価分科会) 資料5-3

次世代材料評価基盤技術開発  
研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発

事業原簿

【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部
-----	--

# 目次

## 概要

### プロジェクト用語集

## I. 事業の位置付け・必要性について . . . . . I -1

### 1. NEDO 関与の必要性・制度への適合性

#### 1.1. NEDO が関与することの意義

#### 1.2. 実施の効果（費用対効果）

### 2. 事業の背景・目的・位置付け

#### 2.1. 事業の背景

#### 2.2. 事業の目的及び意義

#### 2.3. 事業の位置付け

## II. 研究開発マネジメントについて . . . . . II -1

### 1. 事業の目標

### 2. 事業の計画内容

#### 2.1. 研究開発の内容及び全体スケジュールと予算

#### 2.2. 研究開発の実施体制

#### 2.3. 研究の運営管理

#### 2.4. 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

### 3. 情勢変化への対応等

### 4. 評価に関する事項

## III. 研究開発成果について

### 1. 事業全体の成果 . . . . . III-1-1

### 2. 成果の詳細

#### 2.1. 有機エレクトロニクス素子用材料評価・標準化技術の開発 (①-1) III-2.1.1-1

##### 2.1.1. 標準評価技術の開発 (CEREBA) (①-1-1) . . . . . III-2.1.1-1

###### 2.1.1.1. ガラス基板上の緑色単色及び白色素子の評価法・劣化要因解明の検討

###### 2.1.1.2. フレキシ素子用性能評価技術の課題抽出

##### 2.1.2. 標準評価セル製造プロセス技術の開発 (CEREBA) (①-1-2) . . . III-2.1.2-1

###### 2.1.2.1. ガラス基板評価セル製造プロセス技術の開発

###### 2.1.2.2. フィルム基板評価セル製造プロセス

###### (連続フィルム真空蒸着製造プロセス) 技術の開発

2.1.2.3. フィルム基板評価セル製造プロセス (連続フィルム塗布製造プロセス) 技術の開発	
2.1.3. デバイス実装時における評価・解析 (CEREBA・山形大学) (①-1-3)	III-2.1.3-1
2.1.3.1. 有機材料の選定と精製	
2.1.3.2. MPE 型白色基準素子構造の確立	
2.2. 有機エレクトロニクス関連材料基礎解析及び評価技術の開発 (①-2)	III-2.2.1-1
2.2.1. 素子性能基礎解析及び評価技術の開発 (CEREBA) (①-2-1) . . . . .	III-2.2.1-1
2.2.1.1. 和周波発生 (SFG) 分光法による有機 EL 素子の基礎解析技術の開発	
2.2.1.2. インピーダンス分光 (IS) 法による有機 EL 基礎解析手法の開発	
2.2.1.3. ラマン分光法を用いた素子内温度計測	
2.2.1.4. 素子性能基礎解析及び評価技術の開発の成果の要約	
2.2.2. 有機薄膜内微小部位の非破壊劣化機構解析 . . . . .	III-2.2.2-1
(CEREBA・九州先端科学技術研究所・九州大学) (①-2-2)	
2.2.2.1. 熱刺激電流計測法による有機 EL 素子の劣化機構解析	
2.2.3. 周辺部材基礎解析評価技術の開発 (CEREBA) (①-2-3) . . . . .	III-2.2.3-1
2.2.3.1. 水蒸気バリア性評価の装置性能比較	
2.2.3.2. 水蒸気バリア性評価の高感度化	
IV. 実用化に向けての見通し及び取組みについて . . . . .	IV-1
V. 成果資料 . . . . .	V-1

- (添付資料 1) 基本計画
- (添付資料 2) 化学ビジョン研究会報告書
- (添付資料 3) 技術戦略マップ 部材分野 該当部抜粋
- (添付資料 4) 第 3 期科学技術基本計画
- (添付資料 5) 第 4 期科学技術基本計画の概要
- (添付資料 6) 事前評価書
- (添付資料 7) パブリックコメント

概要

最終更新日

平成 25 年 8 月 28 日

<p>プログラム（又は 施策）名</p>	<p>ナノテク・部材イノベーションプログラム</p>						
<p>プロジェクト名</p>	<p>次世代材料評価基盤技術開発 研究開発項目① 有機 EL 材料の評価基盤技術開発</p>	<p>プロジェクト番号</p>	<p>P10029</p>				
<p>担当推進部/担当者</p>	<p>電子・材料・ナノテクノロジー部 主査 沖 博美（平成 24 年 4 月～現在） 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査 上松 靖（平成 22 年 3 月～平成 24 年 3 月）</p>						
<p>0. 事業の概要</p>	<p>我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネスの競争環境は激化している。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。「次世代材料評価基盤技術開発」では、次世代化学材料に関し材料メーカーとユーザーが共通して活用できる評価基盤技術を開発する。これにより、次世代化学材料に関する材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションの活発化、および材料メーカーによるユーザーに対するソリューション提案力の強化を図る。今後の需要の拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料のうち有機 EL 材料を対象として、研究開発項目①「有機 EL 材料の評価基盤技術開発」を実施する。</p>						
<p>I. 事業の位置付け・必要性について</p>	<p>近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。</p> <p>現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけにくくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、結果的に摺合せに長時間を要している。</p> <p>こうした状況を解決するためには、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケーションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間の短縮化が期待できる。</p> <p>本事業では、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。</p> <p>材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。</p> <p>本事業で開発する材料評価手法は、材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションを活発化する手段として、事業終了後も双方が継続して活用できるものを目指す。</p>						
<p>II. 研究開発マネジメントについて</p>							
<p>事業の目標</p>	<p>【中間目標】（平成 25 年度末） ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機 EL の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。 【最終目標】（平成 27 年度末） 有機 EL 材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。</p>						
<p>事業の計画内容</p>	<p>主な実施事項</p> <p>① -1 ガラス基板 材料評価技術の 開発</p>	<p>H22fy</p>	<p>H23fy</p>	<p>H24fy</p>	<p>H25fy</p>	<p>H26fy</p>	<p>H27fy</p>



	① -2 ガラス基板 解析技術の開発								
	② -1 フレキ基板 材料評価技術の 開発								
	② -2 フレキ基板 周辺材料評価技 術の開発								
開発予算 (会計・勘定別 に事業費の実 績額を記載) (単位:百万 円)	会計・勘定	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	総額	
	一般会計		200	700	560				
	補正予算	1010	500	-	-				
	総予算額	1010	700	700	560				
	(委託)	1010	1400	700	560				
開発体制	経産省担当原課	産業製造局化学課							
	プロジェクト リーダー	PL:次世代化学材料評価技術研究組合 理事 富安 寛 SPL:次世代化学材料評価技術研究組合 GM 茨木 伸樹							
	委託先(*委託 先が法人の 場合は参加企業 数および参加企 業名も記載)	次世代化学材料評価技術研究組合(参加10社1機関) 旭化成(株) (株)カネカ コニカミノルタ(株) JSR(株) JNC(株) 昭和電工(株) 住友化学(株) 日本ゼオン(株) 日立化成(株) 富士フイルム(株) 三菱化学(株) (独)産業技術総合研究所  共同実施先 山形大学 九州大学 九州先端科学技術研究所 北陸先端科学技術大学院大学 早稲田大学 金沢工業大学							
情勢変化への対 応	進捗状況や技術推進委員会の結果をふまえ、加速的に研究を進捗させることで当該技術分野における国際競争上の優位性を確立できることが期待される研究内容に関して、年度内の更なる追加配分を平成24年度と平成25年度に、計2回行った。 また、平成25年度に体制の変更として、成果の実用化促進のためにユーザー企業出身のサブプロジェクトリーダーの設置、事業の研究開発加速のために優れた技術・知見を有する大学陣の追加を実施した。								
中間評価結果へ の対応									
評価に関する事 項	事前評価	平成22年度 電子・材料・ナノテクノロジー部							
	中間評価	平成25年度 中間評価実施予定							
	事後評価	平成28年度 事後評価実施予定							

Ⅲ. 研究開発成果について	<p>基本計画の【中間目標】（平成 25 年度末）である「ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機 EL の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。」は、下記の個別目標が達成状況から鑑みて、平成 25 年度末に達成見込みといえる。</p>	
	① -1	<p>ガラス基板 材料評価技術の開発</p> <p>1) ガラス単色&amp;白色基準素子（2mm 角）設計とバッチ作成手法確立 達成見込</p> <p>2) 性能評価手法確立（第 1 次） 達成見込</p> <p>3) 加速寿命のための要素技術確立 達成見込</p>
	① -2	<p>ガラス基板 解析技術の開発</p> <p>1) 劣化部位の非破壊特定手法確立 達成見込</p>
	②	<p>フレキシ基板 材料評価技術の開発</p> <p>1) フレキシ単色基準素子設計とバッチ作製手法確立 達成見込</p> <p>2) 性能評価手法確立（第 1 次） 達成見込</p> <p>3) フィルム特有の寿命劣化要因評価法と加速寿命評価法要素技術確立 達成見込</p>
	③	<p>フレキシ基板 周辺材料評価技術の開発</p> <p>1) 水蒸気透過率 <math>10^{-4} \text{g/m}^2/\text{day}</math> レベルのバリア性能評価法確立 達成見込</p>
	投稿論文	3 件
	特 許	0 件 特記事項：有機 EL 材料そのものの特許は材料メーカーが個別に出願するものとし、材料メーカーの知的財産の保護と事業化を推進。
	その他の外部発表（プレス発表等）	フォーラム等発表：12 件、プレス発表：1 件
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>本事業の成果の実用化を、「研究開発成果である『材料評価手法』『基準素子』が材料メーカーおよびユーザーで実際に活用されること」と定義し明確化することで、実施者である CEREBA と組合員と実用化イメージを共有している。</p> <p>事業実施期間中から、想定課題の抽出、解決の取り組みを行い、実用化を推進している。また、評価基盤技術の構築とともに、成果のドキュメント化を行い、組合材料メーカーでの実用化を推進する。</p> <p>以上に代表される実用化に向けた取り組みを行っており、実用化の見通しは十分あるといえる。</p>	
Ⅴ. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 23 年 1 月 制定
	変更履歴	<p>平成 25 年 2 月 研究開発項目①有機 EL 材料の評価基盤技術開発の中間目標及び最終目標を修正したことによる変更。</p> <p>平成 25 年 6 月 事業名称の変更。研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発を新たに追加したことによる変更。</p>

プロジェクト用語集

用語（日本語）	English	用語の説明
ALD	Atomic Layer Deposition	原子層堆積法。薄膜を原子層単位で堆積する手法。
AQPassR	AQPassR	AQPassR（アルバック理工社製）は等圧法に分類される水蒸気透過度測定装置の製品名。透過水蒸気を露点法により評価し水蒸気透過度を算出する。
Ca 腐食法	Calcium corrosion test	カルシウム腐食法では金属Caが水蒸気と反応（腐食）し（ $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ ）、物性が変化する性質を利用する水蒸気透過度測定方法である。腐食による変色部の面積を測定する方法（腐食面積測定法）、光の透過率変化を測定する方法、電気抵抗変化を測定する方法等が提案されている。 腐食面積測定法では、経過時間に対する腐食面積を画像処理により測定し水蒸気透過度を算出する。
CVD	Chemical Vapor Deposition	化学気相堆積法。成膜法の1つで、気相での化学反応を伴う成膜法。
CVD (PE-CVD)	Chemical vapor deposition, Plasma-enhanced CVD,	ドライプロセスの薄膜形成法の1種。ガス状原料の化学反応生成物を基板表面に供給して薄膜を形成する方法。ガスの反応にプラズマを用い反応物を励起して薄膜形成効率を上げる場合はPE-CVDと呼ぶ。
DELTAPERM	DELTAPERM	DELTAPERM（TECHNOLOX社製）は差圧法に分類される水蒸気透過度測定装置の製品名。透過側セル内の圧力上昇を圧力センサーで計測し水蒸気透過度を算出する。
GRAMS/AI	Graphic Relational Array Management System	スペクトログラムおよびクロマトグラムなどを取り込み、データディスプレイ、データ処理、リレーショナルのデータベース構築ができる分析化学用のソフトウェア。
HIL	Hole injection layer	ホール注入層。
ITO	Indium Tin Oxide	インジウムスズ酸化物。スパッタ法により成膜され、透明導電膜として使用される。

IZO	Indium Zinc Oxide	インジウム亜鉛酸化物。スパッタ法により成膜され、透明導電膜として使用される。
L/L 部	Load Lock	外部と異なる環境のプロセスチャンバーへの外部から物の出し入れを行う中間室。プロセスチャンバーの環境維持を目的とする（プロセスタクト短縮）。
PERMATRAN	PERMATRAN	PERMATRAN（MOCON 社製）は等圧法に分類される水蒸気透過度測定装置の製品名。透過水蒸気を IR（赤外）センサーにより検出し水蒸気透過度を算出する。
PEN	Polyethylene naphthalate	ポリエチレンナフタレート。酸成分のナフタレンジカルボン酸と、グリコール成分のエチレングリコールとの重縮合物を骨格鎖とする結晶性熱可塑性ポリエステル。
PET	Polyethylene terephthalate	ポリエチレンテレフタレート。ポリエステルの1種、テレフタル酸とエチレングリコールの重縮合体。
Q-MS（四重極型質量分析計）	quadrupol mass spectrometer	分子やイオンの質量電荷比を求めるときに使用される質量分析法の1種。Q-MSは、イオンを4本の電極内に通し、電極に高周波電圧を印加することで試料に摂動をかけ、目的とするイオンのみを通過させる分析法である。
TGA（熱重量分析）	Thermogravimetric Analysis	物質は、温度変化によって融解やガラス転移などの相転移、あるいは熱分解などの化学反応が進行する。熱分析では、物質の温度を制御しながらその物理的または化学的性質の変化を測定することで、物質の特性を知る。TGAは熱分析の1手法で、加熱または冷却しながら質量変化を測定する方法である。
UV 照射	UV irradiation	封止や表面平坦化形成などにおいて用いる紫外線硬化樹脂を硬化させる際の光照射。
WVTR（水蒸気透過度）	Water vapor transmission rate	水蒸気透過率。フィルム、バリアフィルムのガス透過度を示す物性値（ $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ で標記されることが多い）。所定の温度および湿度の条件で単位時間に単位面積の試験片を通過する水蒸気の量と定義される。
XPS（X線光電子分光）	X-ray Photoelectron	光電子分光の1種。サンプル表面にX線を照射し、生じる光電子のエネルギーを測定する

	Spectroscopy	ことで、サンプルの構成元素とその電子状態を分析することができる。ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) と呼ばれる。
アウトガス	Outgas	材料から気体中に放出されるガス成分を意味する。
アキュムレーション	Accumulation (zone)	蓄積、緩衝の意味で、本事業原簿では、連続フィルムを搬送する工程で、連結するプロセスユニットの間にフィルムを蓄積すること、およびその空間。
アニール処理	Anneal treatment	熱処理。加熱による膜質改質、応力緩和や溶媒除去（乾燥）などの目的で用いられる。
アライメント精度	Alignment accuracy	薄膜パターンを形成するためのマスク、ヘッドなどの位置精度。薄膜パターンの目的位置からのずれに対応する。ある対象となる基準（薄膜パターン）となる位置を相手側（マスク・ヘッド）の基準に正しく合わせる精度。
インピーダンス分光	Impedance spectroscopy	測定対象に交流電圧を印加し、電流応答との振幅比と位相差（複素インピーダンス）を求める。それを、広い周波数範囲にわたってスキャンすることにより、電気的スペクトルを得る計測法。光とは直接の関係がないことに注意。
ウェットプロセス	Wet process	液状（ウェット）媒体を塗布・乾燥させて行う表面処理（洗浄）および薄膜製造する工程。通常、大気圧で製造されるため製造設備が真空装置に比べ軽微で、量産に適することが期待されている。
エリプソメトリ	Ellipsometry	物質の表面で光が反射するときの偏光状態の変化（入射と反射）を観測し、そこから物質に関する情報を求める方法。
遅れ時間	Lag time	実験では、積分型透過曲線の定常状態の区間を回帰直線で近似し、縦軸成分がゼロになる点での経過時間と定義されている。
外挿法	extrapolation	実験的に得られた劣化挙動の時間関数により輝度寿命を推定する方法。

外部量子効率	external quantum efficiency	発光素子の発光層に注入する電子数に対して、発光素子外部に放射される光子数を割合で示したもの。
加速試験	accelerated aging test	加速条件により劣化挙動の加速を行う方法。
輝度	luminance	表示表面の単位面積あたりの光度。 単位：カンデラ毎平方メートル[cd/m <sup>2</sup> ]
キャビティリング ダウン分光法 (CRDS)	Cavity ring down spectroscopy	水蒸気による赤外線吸収から微量水蒸気を検出する方法。CRDS 検出器にガス供給ユニットを組み合わせたバリア性評価装置を開発して活用している。本装置の CRDS 検出器は外部校正されており、トレーサビリティが確保されている。
キャリアバランス	carrier balance	有機 EL 素子中の正孔電流と電子電流の割合。どちらかが大きいと再結合効率が1にならず無駄に電流が流れてしまう。
空間電荷制限電流	Space charge limited current	電荷密度によらず、電荷移動度で大きさが支配される電流。電流密度が、印加電圧の二乗に比例することで特徴付けられる。
クラスター蒸着機	cluster type vacuum deposition equipment	クラスターとは群れ、集団の意味で、基板搬送ロボットを中心に設置して基板仕込み室、前処理室、有機蒸着室、電極蒸着室、基板取出し室等が放射状に配置され搬送ロボットで各室に搬送されるタイプの蒸着装置のこと。
グローブボックス	Glove box	内部を窒素や脱水環境に保持した前面が透明なチャンバーであり通常は常圧。内部で手袋（グローブ）を介して作業する。
クロマトグラフィ	Chromatography	物質を分離し、分析するための方法。様々な計測法（各種分光法、質量分析法など）を用いることにより、色を持たない物質を検出でき、2つの相間（固定相と移動相）での物質の分配や吸着を利用する分離法はすべてクロマトグラフィと呼ぶ。移動相が液体、気体のときにそれぞれ液体クロマトグラフィ（LC）、ガスクロマトグラフィ（GC）と呼ばれる。移動相として超臨界流体が用いられることもある。ろ紙を用いるペーパークロマトグラフィ、板状の固定相を用いる薄層クロマトグ

		ラフィー、ガラスやステンレスなどの筒内に充填された固定相を用いるカラムクロマトグラフィーなど、固定相の形状によって分類されることもある。
蛍光発光	fluorescence / fluorescent emission	励起一重項状態から基底状態への遷移に伴う発光。通常はナノ秒オーダーの発光寿命である。
顕微ラマン分光	Raman microscopy	分光器に光学顕微鏡を組み込むことで、レーザ照射されたミクロンオーダーの微小領域から生じるラマン散乱光のスペクトルを測定する。コンピュータ制御による試料台の移動あるいはレーザ光のスキャンにより広範囲の測定（マッピング）を行うこともできる。
光束	luminous flux	放射束を、（CIE）標準分光視感効率と最大視感効果度に基づいて評価した量。 単位：ルーメン [lm]
光度	luminous intensity	光源からある方向に向かう光束の単位立体角当たりの割合。
差圧法	Differential pressure method	水蒸気バリア性を評価する手法のうち、フィルムを境にガスの供給側より透過側の方が全圧を低くする手法を意味する。フィルムの片面からガスを供給する（供給側）。
最高被占軌道	Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO)	電子に占有されている最もエネルギーの高い分子軌道の事であり、有機半導体では、外部へ引き抜かれた電子が抜けた正孔や励起子分離により発生した正孔がキャリアとして伝導することができる。
最低空軌道	Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO)	電子に占有されていない最もエネルギーの低い分子軌道の事であり、有機半導体では、外部から注入もしくは励起子分離により発生した電子がキャリアとして伝導することができる。
シート抵抗	Sheet resistance	一様の厚さを持つ薄膜の抵抗を表す方法の1種。
色度	chromaticity	CIE で定められた光源や物体の「色相」、及び「彩度」で決められた色の尺度。一般的にはXYZ表色系における色度座標 x、y、z で表す。

シュタルク効果	Stark effect	物質に一樣な外部電場 E をかけたときに、エネルギー準位が分裂を起こすため、スペクトルにエネルギー変化が起きる現象。
(純水) 接触角	angle of contact	固体表面上に液体が接している状態で、液体の縁の表面に引いた接線と固体表面と成す角度を接触角という。本研究では液体として純水を用いている。
照度	illuminance	放射を受ける面の単位面積当たりに入射する光束。単位：ルクス [lx]
昇華精製	sublimation refining	物質を昇華させることによって精製すること。有機 EL 材料の不純物を取り除くために真空中で各物質の蒸発（昇華）温度を利用して、所望の有機材料と不純物の混合物から所望の有機材料だけを昇華させ、低温部で再凝集させて高純度な状態を取り出す方法。
スパッタ	Sputtering	ドライプロセスの薄膜形成法の 1 種。イオン化したアルゴン等を電氣的に加速してターゲット（供給源）に衝突させ、はじき飛ばされた成分を基板に薄膜形成する方法。セラミック（代表的には ITO、IZO などの透明導電膜）や金属の薄膜形成に利用される。
スピコート	Spin coat	基板を回転させて塗布する方法。
正孔輸送層	hole transport layer	有機 EL において、陽極から注入された正孔を発光層へ効率的に輸送する層。
静電チャック	Electrostatic chuck	ガラスや樹脂フィルムをプレート上に静電気で吸着保持・脱離する機構。
積分型透過曲線	Integral transmission rate	水蒸気を添加してからの経過時間（横軸）に対して、水蒸気透過度の積算量（縦軸）をプロット。
積分球	integrating sphere	球内面を白色拡散反射面で構成し、球内に点灯した光源の全光束又は球外から球内に入射させた光束（又は放射束）を多重反射した状態で測定する中空の球。
全光束	total luminous flux	光源がすべての方向に放出する光束の総和。 単位：ルーメン [lm]



ダークスポット	Dark Spots	水分や酸素と陰極が反応して、陰極が酸化膜になったり、電子輸送材料が酸素と水で酸化されたり、水分を吸収して再結晶化したりすることで陰極と電子輸送材料間が剥離することにより生じる、発光しない点。
大気圧イオン化質量分析法 (API-MS)	Atmospheric pressure ionization /Mass spectrometry	API-MSは大気圧イオン化質量分析計である。これにガス供給ユニットを組み合わせたバリア性評価装置が日本APIより市販されている。これは等圧法に分類される手法である。透過水蒸気をAPI-MSにより ppb( $10^{-9}$ )以下のレベルで検出しガス透過度を算出する。
ダイコート スリットダイ	(Slit) Die coat	液体をスリットから吐出させて塗布すること。吐出するユニットがスリットダイである。
ダンサーロール	Dancer roll	フィルムを搬送するロールの芯が可動できるロールを言う。連結するロールとの間隔調整によるフィルムの蓄積、払い出し、ロールにかかる張力の検出や調整に用いられる。
定常状態	Steady state	水蒸気バリア性の評価においては、膜の両側の濃度差が一定に保たれた状態を意味する。一般的に水蒸気バリア性は、定常状態について評価する。
ディスペンサ	Dispenser	液状物をニードルから吐出させる装置。吐出ヘッドあるいは基板を走査して軽量した量の液状物を基板表面に塗布することができる。
デガス	Degas	脱ガス。プラスチックフィルムの表面、内部の水分やガスを放出させること。このガス放出や脱ガスの工程をデガスと称する。
電界誘起効果	Electric field induced effect	SFG や光第 2 次高調波発生 (SHG) 等において、試料に電場が印加された際に、かかる電場に応答して信号強度が増減する現象。SFG やSHG が 2 次の非線形光学効果で起こるのに対して、電界誘起効果は 3 次の非線形光学効果になる。

電荷トラップ	career trap	電子や正孔の電荷を捕獲する能力を持つ準位で禁制帯中に存在する。熱的に励起される浅いトラップと長時間捕獲する深いトラップがある。結晶中での欠陥や不純物、分子の状態などが原因となる。
電荷発生層 (CGL)	carrier generation layer	マルチフォトンエミッション素子において、縦に重ねて作られる各素子に電荷を注入させるために素子間に挿入された層。電荷発生層から、一方の素子には電子、他方の素子には正孔を注入させることができる。
電子オンリーデバイス	Electron only device (EOD)	素子中に電子を注入・伝導させることができる構造のデバイス。例えば、電極でサンドイッチされたデバイスの両電極に、仕事関数の小さな金属を用いることによって実現できる。
電子輸送層	electron transport layer	有機 EL において、陰極から注入された電子を発光層へ効率的に輸送する層。
電流効率	(luminous) current efficiency	(正面) 輝度を単位面積あたりの入力電流で除した値。単位：カンデラ毎アンペア [cd/A]
電力効率	(luminous) power efficiency	発光面からの全光束を入力電力で除した値。単位：ルーメン毎ワット [lm/W]
等圧法	Equal pressure method	水蒸気バリア性を評価する手法のうち、フィルムの両面の圧力を同等とする手法を意味する。
等価回路	Equivalent circuit	考察対象の電気特性を、容量や抵抗などの電気要素を直列または並列に接続した素子として理解するための仮想的な電気回路。
ドーパント	dopant	発光効率向上、発光波長変換や低抵抗化等の特性向上のためにホスト材料中にドーピングする少量の添加物。
ドライプロセス	Dry process	液状媒体を介することなく真空または常圧プロセスで実施する表面処理および薄膜製造する工程。真空蒸着、スパッタ、CVD などが該当する。
トレーサビリティ	traceability	不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって、決められた基準に結びつけられ得る測定結果または標準の値の性質。基準は通常、国家標準または、国際標準。

ニップロール	Nip roll	搬送するフィルムをロールに密着させ、対向部に対し、圧力をかけて押さえこむロールを言う。フィルムの搬送のための駆動力を伝える目的で利用される。
熱硬化エポキシ	Epoxy Resin	エポキシ基を有する高分子で熱により架橋ネットワーク化させることで硬化する熱硬化性樹脂。
熱刺激電流	thermally stimulated current (TSC)	試料に電界を印加することにより試料内部に分極や電荷トラップを生じさせ、主に昇温過程での脱分極現象や脱トラップ現象により流れる電流である。
配光	distribution of luminous intensity	一次光源、二次光源（光学材料などの光の透過、反射を含む）及び照明器具の光度の角度分布に対する変化又は分布。
配光測定装置	goniophotometer	光源、照明器具、媒質又は物体面からの光の空間方向分布（配光）を測定する測光器。
バイポーラーデバイス	Bipolar device (BPD)	素子中に電子及びホールを注入・伝導させることができる構造のデバイス。例えば、電極でサンドイッチされたデバイスの電極に、電子に対しては仕事関数の小さな金属、正孔には仕事関数の大きな金属を用いることによって実現できる。素子内で、電子と正孔の再結合が起こった場合は、発光が観察されることがある。
バリア層	Barrier layer	プラスチックフィルムの表面に形成されたガスの透過を抑制する層（セラミック、金属）。
微分型透過曲線	Differential transmission rate	水蒸気を添加してからの経過時間（横軸）に対して、水蒸気透過度（縦軸）をプロット。
標準比視感度	spectral luminous efficiency	標準的な分光視感効率として、CIEにおいて合意された値。
フィルム有機EL素子	Film based OLED	プラスチックフィルムを基板として作製された有機EL素子。ガラス基板と異なり曲げることができ（フレキシブル）、軽量、薄型などの特徴を有する次世代素子。
フィルム封止	Film encapsulation	有機EL素子の封止にフィルムを用いたこと。基板がフィルムの場合、フィルムに挟み込んだ形態で素子が形成できる。フレキシブ

		ル素子に必要な封止技術。
プラズマ	Plasma	原子や分子から電子が離れて、イオンと電子が混在した状態をさす。スパッタ成膜法では、ターゲット表面に高電圧を印加することにより形成する。
ブランクセル	Blank cell	当組合での造語であり、フィルムと接着剤から構成される素子周辺部材の封止性を評価するためのセルを示す。
分子軌道計算（法）	Molecular Orbital method	分子の中の電子が原子核や他の電子の影響を受けて分子全体を自由に動きまわるものとして分子の構造を決定している。この分子の分子軌道は、構成している原子の各原子軌道を用いた式で表現され、この式を解くことで分子軌道すなわち、分子の電子状態を求めることができる。この式を解く計算を分子軌道計算という。
平坦化層(UC)	Undercoat layer	基材の表面を平坦化する目的で形成される層。
ホールオンリーデバイス	Hole only device (HOD)	素子中に正孔を注入・伝導させることができる構造のデバイス。例えば、電極でサンドイッチされたデバイスの両電極に、仕事関数の大きな金属を用いることによって実現できる。
放射輝度	radiance	ある面積から放出される（または通過する）光線の強度を表す物理量。 単位：ワット毎平方メートル毎ステラジアン [W/sr/m <sup>2</sup> ]
放射強度	radiant intensity	放射源からある方向に向かう放射束の、単位立体角当たりの割合。 単位：ワット毎ステラジアン [W/sr]
放射照度	irradiance	放射を受ける面の単位面積当たりに入射する放射束。 単位：ワット毎平方メートル [W/m <sup>2</sup> ]
放射束	radiant flux	放射として放出されるパワーで、ある時間要素間の放射エネルギーをその時間要素で除した量。単位：ワット [W]

ホスト材料	host material	有機 EL の有機層を形成する母体材料でドーパントを添加することにより特性改善が図れる。
マルチフォトンエミッション (MPE)	multi photon emission	従来の素子を縦に重ねて直列につないだ構造の素子であるが、素子と素子の間に電荷発生層と呼ばれる層を挿入し、内部で電荷を発生する事で、電流はそのまま、素子の数だけフォトンが多く発生する。原理的には、量子効率 $n$ (素子の数) 倍、電圧も $n$ 倍となる。一定の電流で輝度が $n$ 倍になるため高輝度あるいは長寿命の素子が得られる。
溶解係数	Solubility coefficient	フィルム内部に溶解する水蒸気等の質量分率または体積分率等を意味する。
ランバート面 (均等拡散面)	Lambertian surface	面から発する放射が、ランバートの法則に従う角度分布をもつ理想面。
燐光発光	phosphorescence / phosphorescent emission	励起三重項状態から基底状態への禁制遷移による発光。発光寿命は蛍光に比べて一般的に長い。
連続フィルム製造プロセス (R2R)	Roll to roll film process	ロール状のフィルム基板を巻出し、表面に薄膜を連続で形成し、ロール状に巻き取る製造プロセス。原料/製品ともロール形態となるためロールツーロールプロセスと呼ばれる。
和周波発生分光	Sum-frequency generation spectroscopy	パルスレーザから取り出した 2 つの周波数の異なる光を試料に照射した際に発生する 2 つの周波数の和の周波数をもつ光を検出する分光法。和周波 (SFG) 光は反転中心のない系で発生するため、表面や界面などの対称性の破れた場所から発生する。用いる入射光の一方を波長可変の赤外光として、赤外光の波長を掃引しながら和周波光の強度を測定することで表面や界面の振動スペクトルを取得することができる。
2重共鳴 SFG 法	Doubly-resonant sum-frequency generation	SFG 分光において、和周波光の周波数と対象とする試料系の光学遷移が近接する場合、SFG スペクトルの強度が飛躍的に増強される現象を利用した測定法。

# I. 事業の位置付け・必要性について

## 1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

### 1.1. NEDO が関与することの意義

我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネスの競争環境は激化している。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。

「次世代材料評価基盤技術開発」プロジェクトでは、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。

本プロジェクトでは、今後の需要の拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料のうち、以下に示す有機 EL 材料及び有機薄膜太陽電池材料を対象として実施しており（図 1-1）、本事業原簿は研究開発項目①有機 EL 材料の評価基盤技術開発に係るものである。

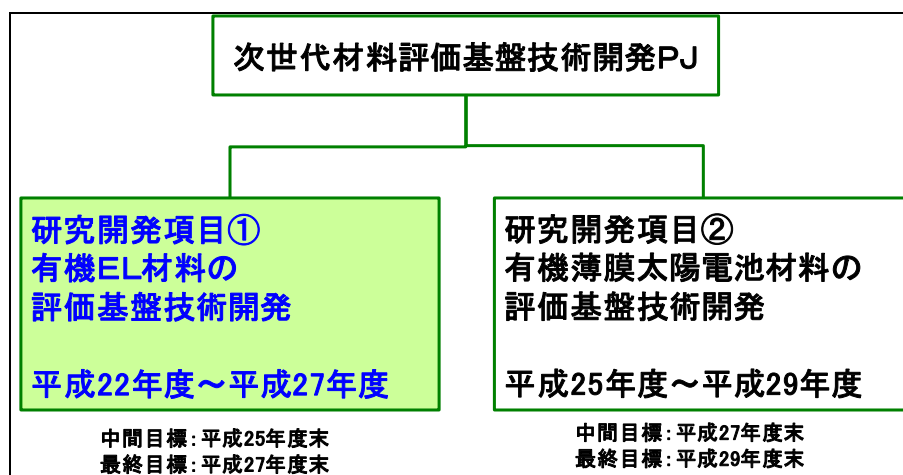


図 1-1 「次世代材料評価基盤技術開発」プロジェクトの構成

有機 EL は我が国において世界に先駆けて開発され、現在も研究開発の最先端にある分野であり、省エネルギー型ディスプレイや次世代の照明として大きな期待が寄せられている。有機 EL 市場は年々拡大しており、ガラス基板を用いるものとフレキシブル基板を用いるものを併せて平成 30 年に数兆円市場まで成長すると見込まれている。

有機 EL を構成する材料である、発光材料、電子・ホール注入・輸送層材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤等は、我が国の材料メーカーが技術的には優位性を持っているが、近年競争が激化しており、この優位性を維持・発展していくことが重要となっている。

本プロジェクトは、我が国の材料メーカーの競争力強化に資するものであり、今後の需要拡大が予想されている有機 EL 材料を対象としていることから、社会的必要性が大きいと言える。

また、目標としている評価基盤の構築は技術開発の難易度が高く、評価基盤構築そのものは収益を望める事業とはいえないこと、また、目標達成のためには本来競合である複数の材料メーカーの参画が必要であることから、民間企業単独での実施が困難であると言える。

社会的必要性の大きさ、民間企業単独での実施の困難さから、NEDO による事業推進が妥当である（図 1-2）。

## 材料メーカーとユーザーが共通して活用できる有機EL材料の評価手法開発を目指す本プロジェクトは、

### 社会的必要性が大きい

- ・ 我が国の材料メーカーの競争力強化
- ・ 有機EL材料は、今後需要が拡大

### 民間企業単独での実施が困難

- ・ 目標としている材料の評価基盤構築そのものは収益を望める事業とは言えない
- ・ 本来競合である複数の材料メーカーの参画が必要
- ・ 技術開発の難易度が高い



**NEDOによる事業推進が妥当**

図 1-2 NEDO 事業として取り組む必要性

研究開発項目①有機 EL 材料の評価基盤技術開発事業において、NEDO は、独自の材料開発技術を持った複数の産学の科学的知見を結集し、有機 EL 材料を対象とし、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立し、有機 EL 材料の評価基盤を構築する。これを産業技術へ繋げていくとともに、社会の共通基盤として情報の整備、提供を行うとの事業方針に基づき、本事業を実施するものである。

### 1.2. 実施の効果（費用対効果）

従来、材料メーカーは自社内で線膨張係数、収縮率、弾性率、粘度、Tg、水蒸気透過率などといった材料個別の特性評価を実施し、実際に有機 EL 素子としての初期特性や寿命の評価は、材料を使って製品を製造するユーザーに材料を供試して評価を実施

してもらってきた。しかしながら、材料メーカーにとってユーザー評価は、評価可能なサンプル数が限られる、評価期間が長い、また評価結果としては材料が良いか悪いかのみしか返ってこないために材料開発へのフィードバックをかけにくいといった状況があった。

逆にユーザーにとって、材料メーカーから示される材料データは、各社各様に独自の評価手法により取得されたものであり、新規材料の有用性をデータから判断することが難しく、ユーザー自らが材料の初期的な特性から改めて評価を行っている状況であった。

結果的に、材料メーカーとユーザーの間では、新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分に取れず、摺合せに長時間を要していた。

本事業成果である材料評価基盤を活用し、材料メーカーが自ら有機 EL 素子として評価することにより、開発材料設計に反映可能な評価結果のタイムリーな取得、材料の問題点や課題の明確化が可能となる。迅速な開発材料へのフィードバックによる開発の効率化とともに、ユーザー供試時には、材料と同時に統合的ソリューション提案も可能となる。

つまり、本事業の成果である、評価ツールとしてユーザー類似のシンプルな構造をもつ材料評価用有機 EL モデル素子（基準素子）、材料評価手法からなる材料評価基盤の活用により、材料の総開発期間短縮が可能となり、組合員企業である材料メーカーの競争力維持・強化に繋がる。

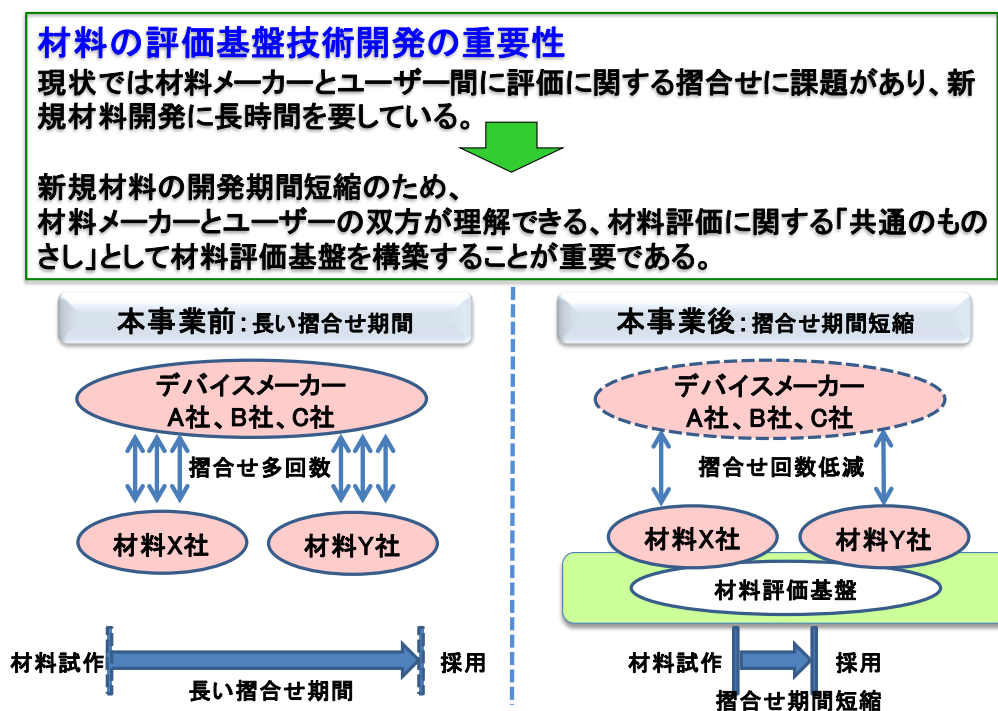


図 1-3 材料の評価基盤技術開発の重要性

本事業の評価研究対象は有機 EL 材料であり、これは有機 EL 層材料のみならず、フレキシブルフィルム基板（フレキ基板）、平坦化材料、保護バリア材料、接着剤、光取出し膜材料等有機 EL を構成する周辺材料も含めるものとする。これらは実施組合であ



る次世代化学材料評価技術研究組合（CEREBEA）の組合企業の製品である。

図 1-4 に有機 EL 市場の動向と本事業の位置付けを示す。中・小型のガラス基板タイプの有機 EL を主流とした現在の市場は 7 千億円市場である。平成 24～25 年度には、ディスプレイ・照明の両用途で必要とされる基本性能を有するだけでなく、有機 EL ならではの特徴を活かし、大型化、曲面化の面で様々なモデル製品が発表されており、平成 32 年度には、有機 EL 照明と有機 EL ディスプレイを併せた市場は 4 兆円規模\*となる見込みである。

\*市場規模は DisplaySearch 社等データを参考に独自に推定

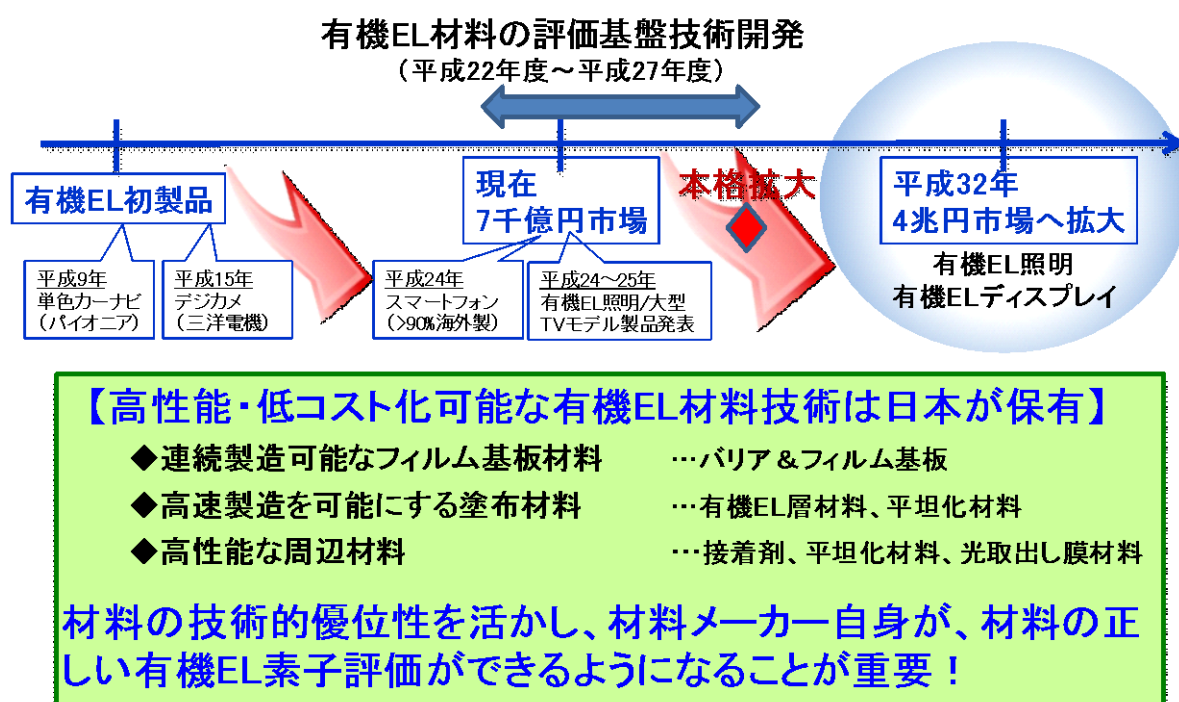


図 1-4 有機 EL 市場動向と本事業の位置付け

この有機 EL 照明と有機 EL ディスプレイからなる平成 32 年度の市場規模を 4 兆円、そのうち材料が占める比率（金額）を 10%、本事業を実施することによる日本企業のシェアアップ分を 30%と仮定した場合、有機 EL 材料市場における実施の効果は年間約 1200 億円と想定できる。

本事業は平成 22 年度から平成 27 年度の事業期間（約 5 年間）で、総事業費 37.7 億円（想定）を、委託事業として実施するものである。図 1-5 に年度毎の内訳を示す。

有機 EL 材料市場における実施の効果は、本事業の総事業費に対して、十分妥当なものだと言える。

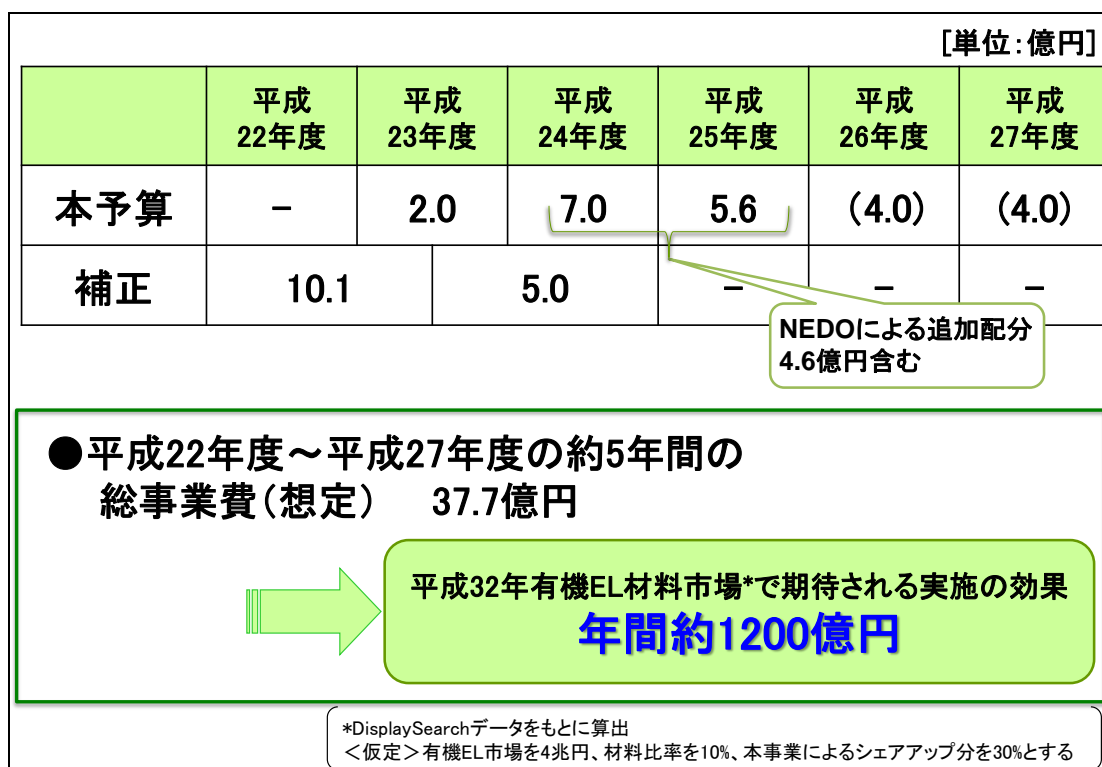


図 1-5 事業費と費用対効果

## 2. 事業の背景・目的・位置付け

### 2.1. 事業の背景

近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。

現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけにくくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、摺合せに長時間を要している。

こうした状況を解決するためには、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケーションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間の短縮化が期待できる。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という）における過去の取り組みには、半導体に関する化学材料の評価基盤技術開発として、「次世代半導体ナノ材料高度評価プロジェクト」（平成 15 年度～平成 17 年度）、「次世代高度部材開発評価基盤の開発」（平成 18 年度～平成 20 年度）、「半導体機能性材料の高度評価基盤開発」（平成 21 年度～平成 23 年度）がある。これらの事業では、材料メーカーとデバイスメーカーが共通して活用できる、半導体プロセス適合性に関する材料評価手法と評価・解析ツールである試験用素子（TEG；テストエレメントグループ）を開発した。事業の成果を用いて、材料メーカーは開発された評価手法と TEG を用いて自社材料の評価を行い、デバイスメーカーに対して信頼性の高い材料評価結果を付した新規材料の提案ができるようになった。これらは、半導体の材料開発に関して材料メーカーとデバイスメーカーとの間のコミュニケーションの活発化と、材料メーカーからのソリューション提案力の強化に繋がったものとして高い評価を受けた。

### 2.2. 事業の目的及び意義

本事業では、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。

本事業で開発する材料評価手法は、材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションを活発化する手段として、事業終了後も双方が継続して活用できるものを目指す。

さらに具体的な効果としては下記のことが挙げられる。

イ. 材料の正確な評価

本事業で開発する評価手法を活用することにより、自社製品の正確な実力把握が可能となる。また粗悪品との差別化が可能となる。

ロ. 材料評価の高度化

材料メーカー自身がユーザープロセスモデルをベースとする評価結果を取得することができるので、技術の摺合せを頻繁に行う必要があるユーザーに対して、その評価データや評価に基づくソリューションと同時に材料を提供することが可能になる。

ハ. 開発戦略の明確化・再構築

イ. 材料の正確な評価で自社製品の实力把握ができることから、研究開発の方向を明確に判断することができ、各組合員企業での事業の選択と集中に繋げることができる。このことは、研究開発投資の再配分等といった側面でも、組合員企業各社における研究開発投資効率の向上が期待できる。

ニ. 顧客信頼度の向上

材料評価基盤を活用した評価結果を顧客に提示することで、対等のディスカッションが可能となったこと、またクレーム・トラブルに対し素早い対応ができるようになることから、顧客との信頼関係が向上する。

ホ. 研究者の知識向上、技術習得

本事業で研究者は組合員に出向し、研究員として従事し、有機 EL 素子評価を行う。材料評価だけでなく、有機 EL 素子としての評価を実際に行うことで、有機 EL についての知識を高めることができる。このようなことは、デバイス作製を手掛けていない材料メーカーでは経験できないことであり、ユーザーの技術者との議論の中で情報収集に大いに役立つ。

有機 EL 材料メーカーの競争力維持・強化には、ユーザーが望むタイミング、スピードで、必要特性を兼ね備えた材料を提供することが必要であり、つまりは材料の開発期間短縮が非常に重要であることに他ならない。

その解決のためには、ユーザーの製造条件をモデル的に再現できる設備や高精度測定機器を使用して材料評価技術の研究開発を行い、材料評価基盤を構築することが重要である。

材料評価基盤を活用し、従来ユーザーで行ってきたプロセス適性の評価を材料メーカーが自ら行うことにより、開発材料設計に反映可能な評価結果を取得すること、材料の問題点や課題を明確に認識すること、またユーザー工程を考慮したプロセスフローを構築することが可能になり、つまりは材料開発の効率化と、ユーザーへの材料提供と同時にソリューション提案が可能となる。図 2-1 には材料評価基盤を活用した際の材料メーカーとユーザーの関係図を示した。

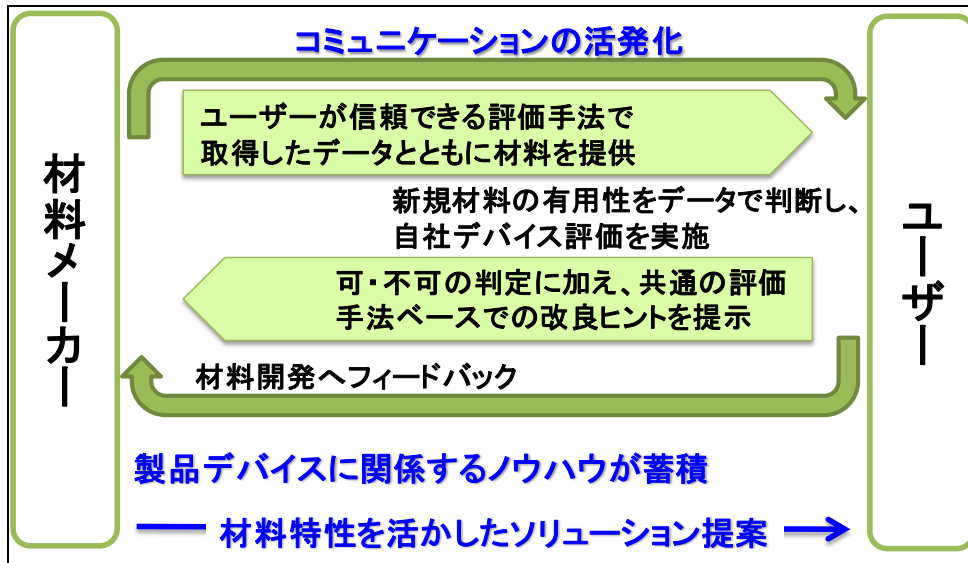


図 2-1 材料評価基盤によるコミュニケーションの例

### 2.3. 事業の位置付け

本事業は図 2-2 に示す上位政策に対応するものである。

#### 【技術力の向上に資する評価研究開発拠点の整備】

「化学ビジョン研究会報告書」(平成22年4月)において、化学産業の課題と対応すべき4つの方向性の一つである「技術力の向上」の具体例として、性能評価等の基盤整備、出口の明確な分野での性能評価支援が掲げられている。

#### 【川上・川下連携の促進、高度な「摺合せ力」の一層の強化】

「技術戦略マップ2010 部材分野」における出口を見据えた革新的部材開発の取組みの一つとして掲げられている。

#### 【ナノテクノロジー・材料分野は重点を置き優先的に資源配分を行うべき分野の一つ】【「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点】

「第3期科学技術基本計画」(平成18年3月閣議決定)、「第4期科学技術基本計画」(平成23年8月閣議決定)に対応している。

図 2-2 上位政策との関係から見た位置付け

それぞれの政策について、記述する。

#### 【技術力の向上に資する評価研究開発拠点の整備】

「化学ビジョン研究会報告書」（平成 22 年 4 月）において、化学産業の課題と対応すべき 4 つの方向性として、「国際展開」「高付加価値化（ビジネスモデル・企業間連携）」「サステナビリティ（環境・安全安心）の向上」「技術力の向上」が挙げられている。

「技術力の向上」については、摺合せ期間の短縮、設備の重複投資の排除、摺合せ先の実質的維持等の観点から、性能評価や安全評価といった評価技術のニーズが高まりつつあるとして、化学分野における評価研究開発拠点の整備を進めていくことが有効であるとしている。さらに、具体的な出口が明確な分野における性能評価・安全評価支援も重要であるとしている。

以下関連箇所を抜粋する。

#### 『＜化学分野における評価研究開発拠点の整備＞

先端分野の素材の開発においては、ユーザーであるセットメーカーから実装を想定したデータの提供を求められることが多く、素材開発とその評価技術の開発を表裏一体で進めることが極めて重要となっている。しかしながら、評価技術の開発のための試作設備や評価設備には、高額なものや製造装置をトータルで揃えねばならないもの、あるいはノウハウが必要なものも多く、これらを素材側の個別の企業がそれぞれ整備することは困難である。一方、先端素材そのものの開発に比べて、性能評価や安全性評価といった、共通の評価技術基盤の整備は、競合企業であっても連携することが十分可能である。さらに、優れた素材メーカーの集積がユーザーを呼び込み、新たなユーザーとの垂直連携を生み出す効果も期待できる。

このため、独立行政法人産業技術総合研究所の化学関連部門を始めとする政府関係機関の設備やノウハウを活用した、化学分野における評価研究開発拠点の整備を進めていくことが有効である。政府においては、ロードマップに基づき、企業ニーズの掘り下げ、政府関係機関のポテンシャルの把握等を通じ、その具体化に向けた作業に着手する。さらに、具体的な出口が明確な分野における性能評価・安全評価支援も重要である。』

#### 【川上・川下連携の促進、高度な「摺合せ力」の一層の強化】

「技術戦略マップ 2010」部材分野における出口を見据えた革新的部材開発の取り組み（ナノテク・部材イノベーションプログラム）の 6 領域の 1 つとして、「材料・部材領域」が設定されており、ここでは「極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域についてユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「摺合せ力」を一層強化」が重要であると記されている。

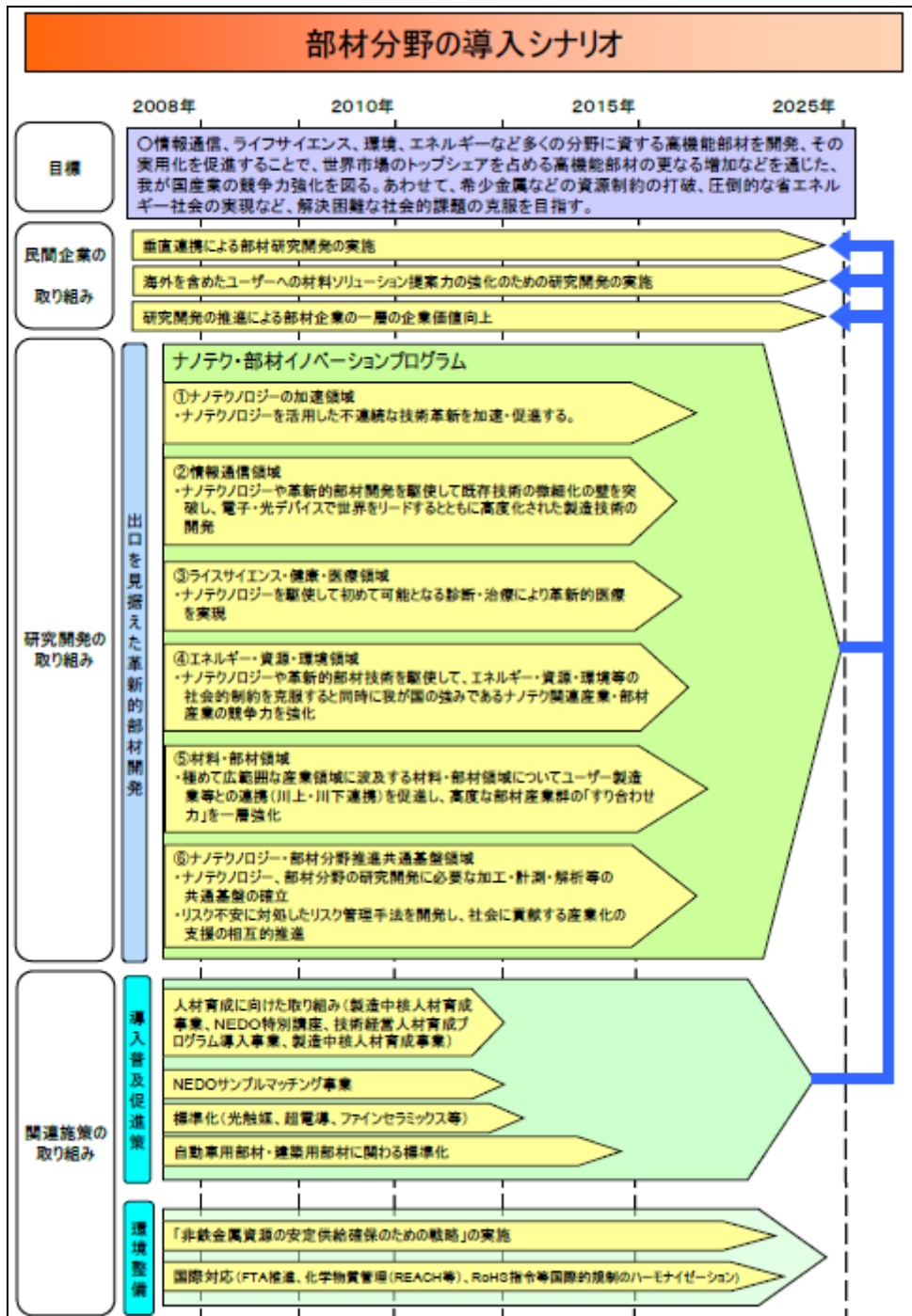


図 2-3 「技術戦略マップ 2010」 部材分野の導入シナリオ

【ナノテクノロジー・材料分野は重点を置き優先的に資源配分を行うべき分野の1つ】  
 「第3期科学技術基本計画」(平成18年3月閣議決定)において、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野とし、優先的に資源配分を行うとある。  
 以下関連箇所を抜粋する。

## 『2. 政策課題対応型研究開発における重点化

### (1) 「重点推進4分野」及び「推進4分野」

第2期基本計画において、国家的・社会的課題に対応した研究開発の中で特に重点を置き、優先的に資源を配分することとされたライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野については、次のような観点から、引き続き基本計画においても、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（「重点推進4分野」という）とし、次項以下の分野内の重点化の考え方に基づきつつ優先的に資源配分を行う。

- ① 3つの基本理念への寄与度（科学技術面、経済面、社会面）が総合的に見て大きい分野であること。
- ② 国民の意識調査から見て期待や関心の高い分野であること。
- ③ 各国の科学技術戦略の趨勢を踏まえたものであること。
- ④ 戦略の継続性、研究現場への定着等実際的な観点からも適切であること。』

## 【「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点】

「第4期科学技術基本計画」（平成23年8月19日閣議決定）において、化学技術イノベーションの戦略的な推進体制の強化の例として「産学官協働のための「場」の構築」が示されており、「国は、基礎から応用、開発の段階に至るまで、産学官の多様な研究開発機関が結集し、非競争領域や前競争領域における共通基盤技術の研究開発を中核として、「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点を形成する。特に、大学や公的研究機関が集積する拠点において、相乗効果を発揮し、イノベーションを促進するため、機関の垣根を越えた施設、設備の利用、研究成果の一体的な共有や発信を推進する。」とある。

以下関連箇所を抜粋する。

## 『5. 科学技術イノベーションの推進に向けたシステム改革

### (1) 科学技術イノベーションの戦略的な推進体制の強化

#### ③ 産学官協働のための「場」の構築

科学技術によるイノベーションを効率的かつ迅速に進めていくためには、産学官の多様な知識や研究開発能力を結集し、組織的、戦略的に研究開発を行う連鎖の「場」を構築する必要がある。東日本大震災は、特に東北及び関東地方において、研究施設、設備等に直接的な被害をもたらし、研究開発システムにも深刻な影響を及ぼした。我が国として、震災からの復興、再生を早期に実現するためにも、領域横断的な連携など産学官の多様な研究者の連携を強化し、知を結集するための取り組みを強化していく必要がある。

これまで我が国では、筑波研究学園都市や関西文化学術研究都市をはじめ、国際的な研究開発拠点の整備を進めてきたが、すでに集積の進んだ拠点の一層の発展に向けて、機能強化を図る必要がある。諸外国では、産学官の総合力を発揮する体制や機関の役割がますます重視されるようになっており、これも参考に、イノベーションの促進に向けて、産学官の多様な研究開発能力を結集した中核的な研究開発拠点を形成する。また、国の総力を結集して革新的技術の研究開発に関する推進の仕組みや制度の整備を行う。



#### <推進方策>

- ・ 国は、基礎から応用、開発の段階に至るまで、産学官の多様な研究開発機関が結集し、非競争領域や前競争領域における共通基盤技術の研究開発を中核として、「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点を形成する。特に、大学や公的研究機関が集積する拠点において、相乗効果を発揮し、イノベーションを促進するため、機関の垣根を越えた施設、設備の利用、研究成果の一体的な共有や発信を推進する。
- ・ 国は、革新的技術の研究開発に関して、産学官の連携を主導し、事業化までを見据えた研究開発体制を構築するとともに、継続的な支援を行う。また、国は、ここで得られた成果の活用、普及を促進するため、国際標準化を促進する。
- ・ 国は、産学の間で設定された研究領域で緊密な産学対話を行いつつ、従来の組織の枠を越えて、協働して研究開発と人材育成を行うバーチャル型の中核拠点（「共創の場」）の形成を推進する。
- ・ 国は、産学協働によるイノベーションの場として「先端融合領域イノベーション創出拠点」の形成を推進する。』

以上のように、様々な観点からみても、本事業は重要であるといえる。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

本事業は、平成 22～27 年度の約 5 年間実施するもので、その目標は基本計画に記載の通りである。

研究開発項目① 有機 EL 材料の評価基盤技術開発（平成 22～27 年度）

【中間目標】（平成 25 年度末）

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機 EL の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。

【最終目標】（平成 27 年度末）

有機 EL 材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。

本事業で対象とする有機 EL 材料は、発光材料、電子注入／輸送材料、正孔注入／輸送材料の有機 EL 層材料と、バリア&フィルム基板、平坦化材量、接着剤、光取出し膜材料等の周辺材料に大きく 2 分類できる。また、開発すべき評価手法は、初期特性、寿命、プロセス適性、劣化解析の大きく分けて 4 種である（図 1-1）。

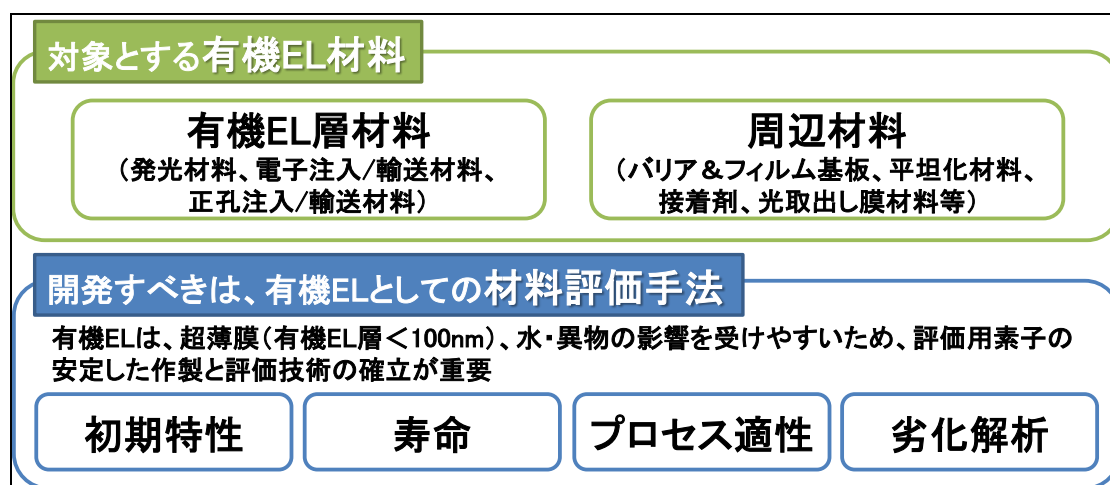


図 1-1 対象材料と開発すべき材料評価手法

材料の正確な評価を行うためにはばらつきなく評価サンプルを作製する必要があり、標準的な評価用モデル素子（以下、基準素子という）を作製する。基準素子は、ガラス基板及びフレキシブルフィルム基板（以下、フレキ基板という）といった基板種、単色及び白色といった発光種、評価目的に応じた基本性能といった観点で、シンプルな構造のものとして、必要最小限の種類を作製する。

評価材料と材料評価手法／基準素子の例を図 1-2 に示す。

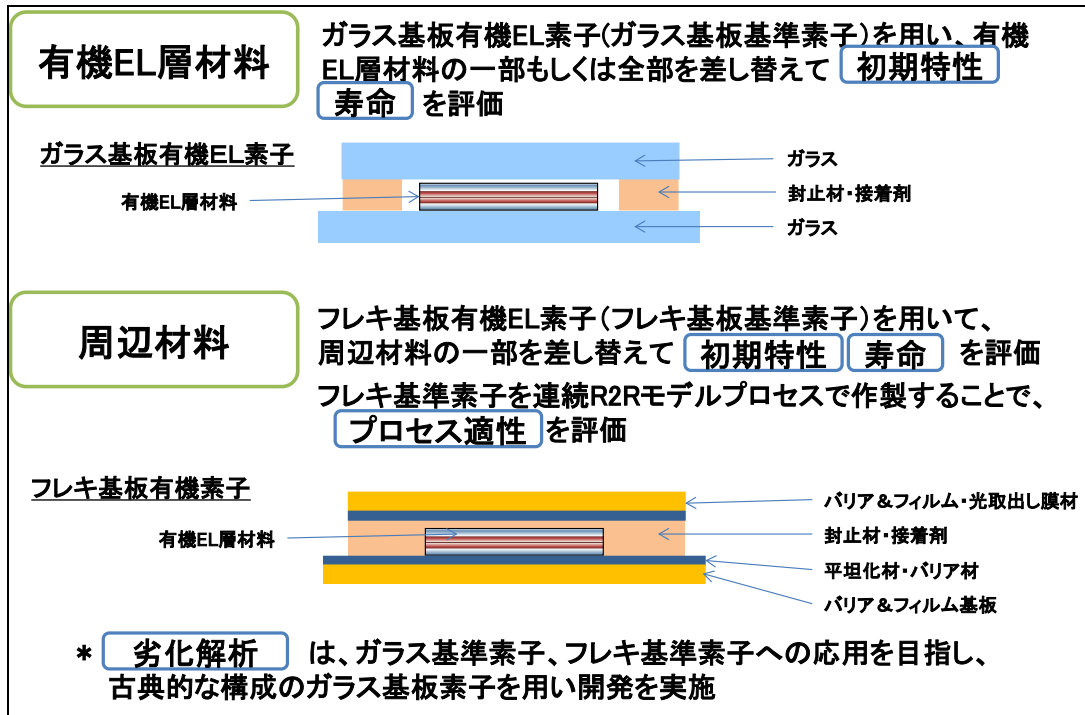


図 1-2 評価材料と材料評価手法/基準素子の使用例

有機 EL 層材料の評価においては、その他の材料の影響をできるだけ排除したうえで評価することが望ましいため、ガラス基板有機 EL 素子(ガラス基板基準素子)を用い、初期特性評価と寿命評価を実施する。公知の材料からなるガラス基板基準素子の有機 EL 層材料の一部もしくは全部を新材料に差し替えて作製した評価用素子と基準素子の双方を同時評価することで、新材料の優劣を判断できる。

周辺材料の評価においては、フレキ基板有機 EL 素子(フレキ基板基準素子)を用い、初期特性評価と寿命評価を実施する。公知の材料からなるフレキ基板基準素子の周辺材料の一部を新材料に差し替えて作製した評価用素子と基準素子の双方を同時評価することで、新材料の優劣を判断できる。新材料との比較ができればよいので、必要に応じてガラス基板基準素子も活用できる。さらに、このフレキ基準素子を連続 R2R モデルプロセスで作製し、その評価を行うことで、新材料のプロセス適性を評価できる。

有機 EL 層材料の劣化解析については、ガラス基板素子およびフレキ基板素子への応用を目指し、まずは最も簡単な構成のガラス基板素子を用い、解析を行う。

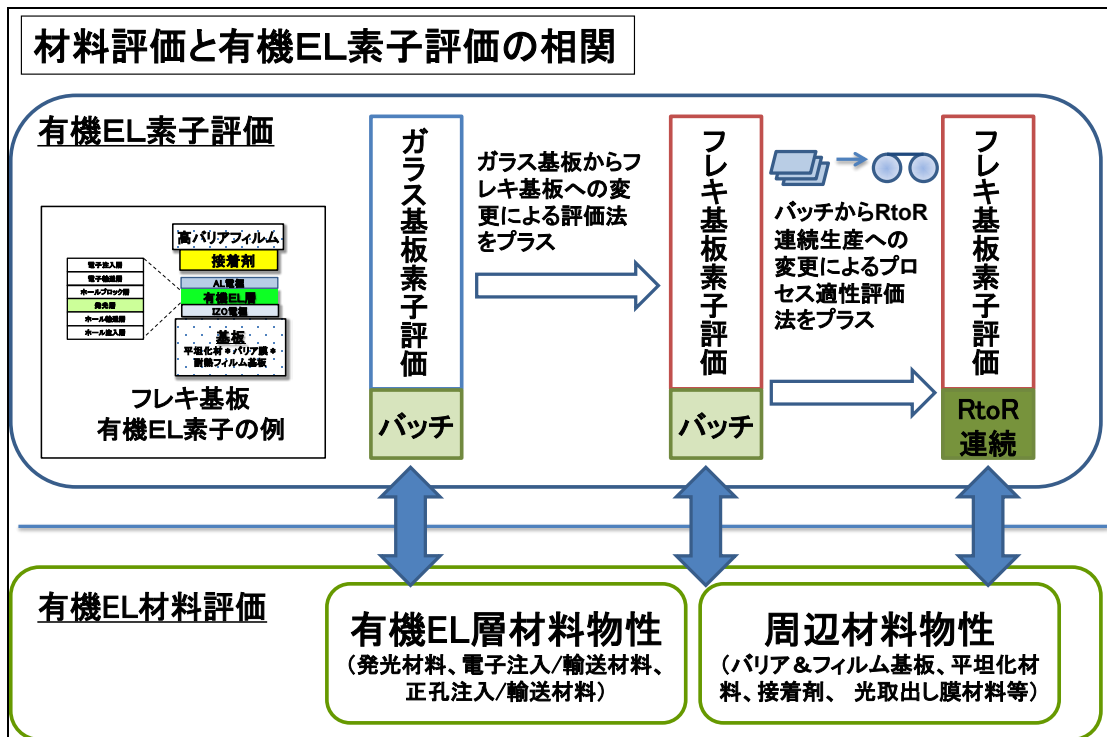


図 1-3 材料評価と有機 EL 素子評価の相関

図 1-3 は、本事業で実施する有機 EL 材料の評価手法の概念図である。  
 確立した材料評価手法は活用しやすいようにドキュメント化を行う。

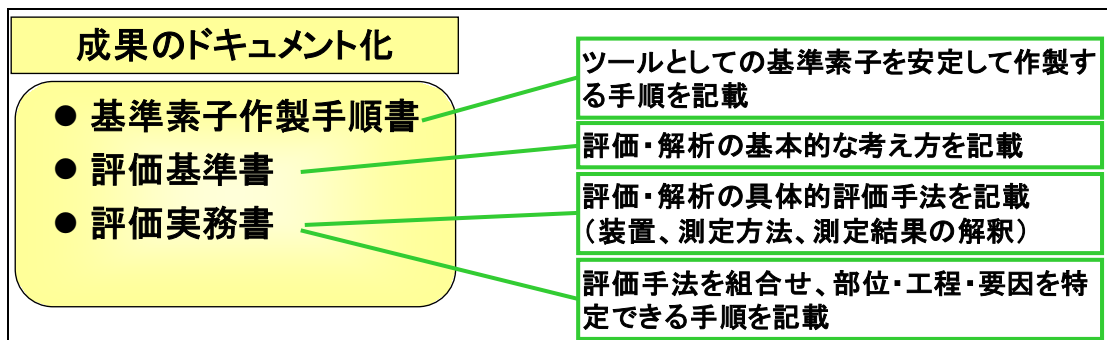


図 1-4 成果のドキュメント化内容

基本計画の目標を達成するための個別目標（要素技術）と根拠を表 1-1 に示す。  
 個別目標（要素技術）は、ガラス基板とフレキ基板の大きく 2 つに分けて設定した。

表 1-1 具体的目標（要素技術）とその設定根拠

		最終目標	根拠
ガラス基板	①-1 材料評価技術の開発	1) ガラス単色&白色基準素子設計とバッチ作製手法確立	有機EL層新材料の有機EL素子としての評価が可能になる。有機EL素子は製造方法や条件に大きく依存するため、適した条件を明示することで、ばらつきなく評価用素子作製が可能となる。
		2) 性能評価手法確立	効率、色度座標、配光特性、面内均一性など有機EL性能評価が可能になる。測定条件、測定解析法等の実例を挙げることで、材料メーカーは活用しやすくなる。
		3) 加速寿命評価法確立	長時間を要する寿命評価を、理論的に裏付けられた加速試験により短時間化することで、材料評価開発サイクルがアップする。
	①-2 解析技術の開発	1) 劣化部位の非破壊箇所・構造変化特定手法確立	薄膜の積層からなる有機EL素子で、不具合を起こした材料を特定することができる。材料メーカーは重点的に改良すべき材料を知ることができる。
フレキ基板	② 材料評価技術の開発	1) フレキ単色基準素子設計とバッチ作製・RtoRプロセス作製手法確立	周辺材料の有機EL素子での評価が可能になる。製造条件については、バッチだけでなく、コストダウン可能として将来主流となるRtoRプロセスへの適用性を確認できる評価用素子作製が可能となる。
		2) 性能評価手法確立	①-1-2)に加え、フレキ特有の機械的評価手法やプロセス適合性評価手法を追加することで、フレキ有機EL素子での性能評価が可能となる。実例も示す。
		3) フィルム特有の加速寿命評価法確立	長時間を要する寿命評価を、理論的に裏付けられた加速試験により短時間化することで、材料評価開発サイクルがアップする。
	③ 周辺材料評価技術の開発	1) 水蒸気透過率 $10^{-6}$ g/m <sup>2</sup> /dayレベルのバリア性能評価法確立	フレキ基板有機EL素子で必要とされている高レベルのバリア性能が評価できるようになる。

#### ①-1 ガラス基板 材料評価技術の開発

##### 1) ガラス単色&白色基準素子設計とバッチ作製手法確立

新材料の有機 EL 素子としての評価が可能になる。有機 EL 素子は製造方法や条件に大きく依存するため、適した条件を明示することで、ばらつきなく評価用素子作製が可能となる。

##### 2) 性能評価手法確立

効率、輝度、色度、配向特性、面内均一性など有機 EL 性能評価が可能になる。測定条件、測定解析法等の実例を挙げることで、材料メーカーは活用しやすくなる。

##### 3) 加速寿命評価法確立

長時間を要する寿命評価を、理論的に裏付けられた加速試験により短時間化することで、材料評価開発サイクルがアップする。

#### ①-2 ガラス基板 解析技術の開発

##### 1) 劣化部位の非破壊箇所・構造変化特定手法確立

薄膜が積層されている有機 EL 素子で、不具合を起こした材料を特定することができる。材料メーカーは重点的に改良すべき材料を知ることができる。

② フレキ基板 材料評価技術の開発

1) フレキ単色基準素子設計とバッチ作製・RtoR プロセス作製手法確立

周辺材料の有機 EL 素子での評価が可能になる。製造条件については、バッチだけでなく、コストダウン可能として将来主流となる RtoR プロセスへの適用性を確認できる評価用素子作製が可能となる。

2) 性能評価手法確立

①-1-2)に加え、フレキ特有の機械的評価手法やプロセス適合性評価手法を追加することで、フレキ有機 EL 素子での性能評価が可能となる。実例も示す。

3) フィルム特有の加速寿命評価法確立

長時間を要する寿命評価を理論的に裏付けられた加速試験により短時間化することで、材料評価開発サイクルがアップする。

③ フレキ基板 周辺材料評価技術の開発

1) 水蒸気透過率  $10^{-6}$ g/m<sup>2</sup>/dayレベルのバリア性能評価法確立

フレキ基板有機 EL 素子で必要とされている高レベルのバリア性能が評価できるようになる。

基本計画の目標を達成するための具体的な目標を設定し、研究開発を実施していることから、研究開発目標は妥当であるといえる。

## 2. 事業の計画内容

### 2.1. 研究開発の内容及び全体スケジュールと予算

#### 2.1.1. 具体的中間・最終目標

具体的な中間・最終目標を下記に示す。(表 2-1)

表 2-1 基本計画の目標を達成するための具体的中間・最終目標

		中間目標	最終目標
ガラス基板	①-1 材料評価技術の開発	1) ガラス単色&白色基準素子(2mm角)設計とバッチ作製手法確立	ガラス単色&白色基準素子(30mm角、80mm角)設計とバッチ作製手法確立
		2) 性能評価手法確立(第1次)	性能評価手法確立(第2次) (大面積対応評価を追加)
		3) 加速寿命評価のための要素技術確立(内的・外的要因評価、加速条件絞込み等)	加速寿命評価法確立
	①-2 解析技術の開発	1) 劣化部位の非破壊特定手法確立	劣化部位の非破壊構造変化特定手法確立
フレキ基板	② 材料評価技術の開発	1) フレキ単色基準素子設計とバッチ作製手法確立	R2Rプロセス作製手法確立
		2) 性能評価手法確立(第1次) (フレキ特有の機械的評価手法等を追加)	性能評価手法確立(第2次) (連続プロセス適性評価手法を追加)
		3) フィルム特有の寿命劣化要因評価法と加速寿命評価法要素技術確立	フィルム特有の加速寿命評価法確立
	③ 周辺材料評価技術の開発	1) 水蒸気透過率 $10^{-4}\text{g/m}^2/\text{day}$ レベルのバリア性能評価法確立	水蒸気透過率 $10^{-6}\text{g/m}^2/\text{day}$ レベルのバリア性能評価法確立

#### 2.1.2. 全体スケジュール

全体のスケジュールについて、図 2-1 に示す。具体的目標毎にスケジュールを設定し、研究開発の確実な推進を行っている。

フレキ基板に係る開発は、ガラス基板の成果を活用して有効に実施する。

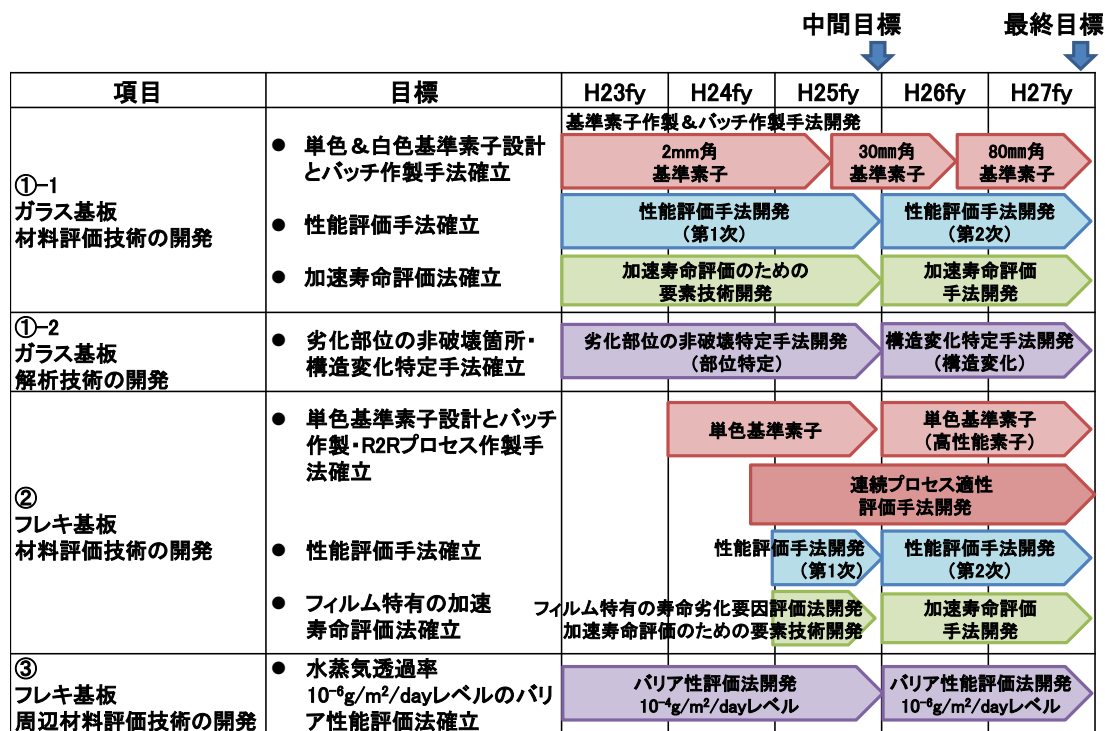


図 2-1 事業の実施計画

### 2.1.3. 予算

I.1.2 実施の効果（費用対効果）記載のように、本事業の年度毎の予算は図 2-2 の通りであり、事業全体の総事業費は 37.7 億円を想定している。

[単位: 億円]

	平成 22年度	平成 23年度	平成 24年度	平成 25年度	平成 26年度	平成 27年度
本予算	-	2.0	7.0	5.6	(4.0)	(4.0)
補正	10.1	5.0		-	-	-

NEDOによる追加配分  
4.6億円含む

図 2-2 事業の予算

## 2.2. 研究開発の実施体制

### 2.2.1. 事業体制

本事業は、NEDO が公募によって選定した次世代化学材料評価技術研究組合（CEREB A）により、平成 22 年度から平成 27 年度の約 5 年間にわたり実施するものである。CEREB A は、下記の国内有力材料メーカー 11 社及び独立行政法人産業技術総合研究所を組合員とする技術研究組合である。



組合員：  
 旭化成株式会社  
 株式会社カネカ  
 コニカミノルタ株式会社  
 JSR 株式会社  
 JNC 株式会社  
 昭和電工株式会社  
 住友化学株式会社  
 日本ゼオン株式会社  
 日立化成株式会社  
 富士フイルム株式会社  
 三菱化学株式会社  
 独立行政法人産業技術総合研究所

また下記大学陣とプロジェクトの共同実施を行っている。

国立大学法人山形大学  
 国立大学法人九州大学  
 公益財団法人九州先端科学技術研究所  
 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学  
 学校法人早稲田大学  
 学校法人金沢工業大学

NEDO は、本事業の目的を達成するため、CEREBA 理事 富安寛をプロジェクトリーダーとして、CEREBA 研究部 GM 茨木伸樹をサブプロジェクトリーダーとして以下の実施体制とする（図 2-3）。

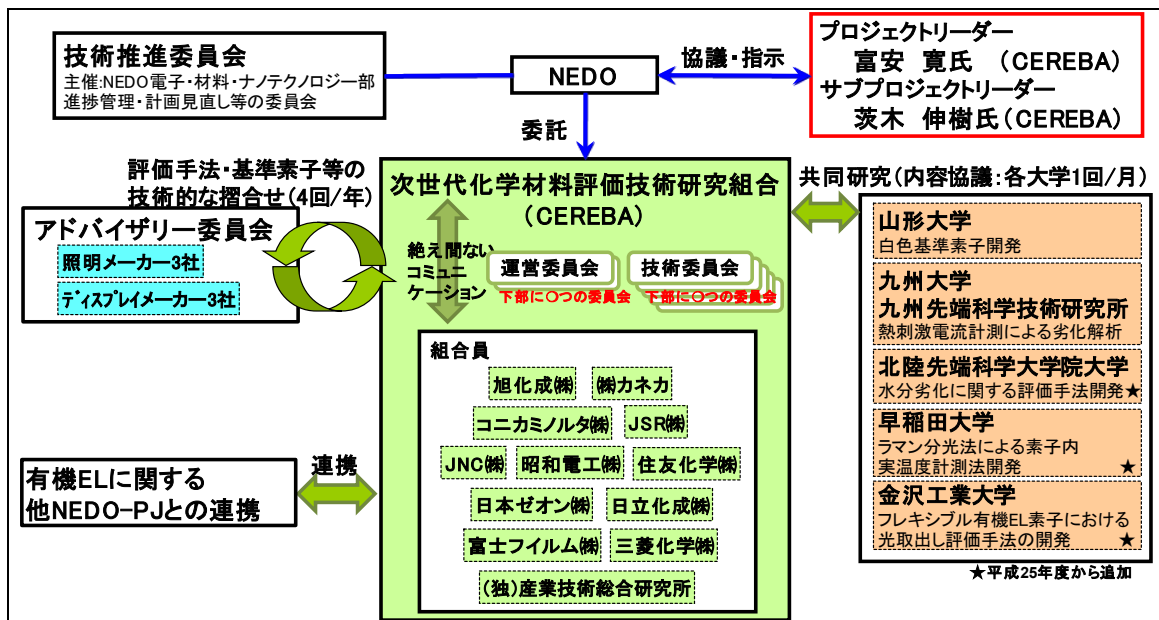


図 2-3 実施体制

組合員である材料メーカーはそれぞれに立場が異なるが、各メーカーでの実用化（事業化への貢献）を目指し、各種委員会での討議に加え、NEDOによるヒアリングやプロ

プロジェクトリーダーによる各社理事との打合せ結果をプロジェクトに反映させている。

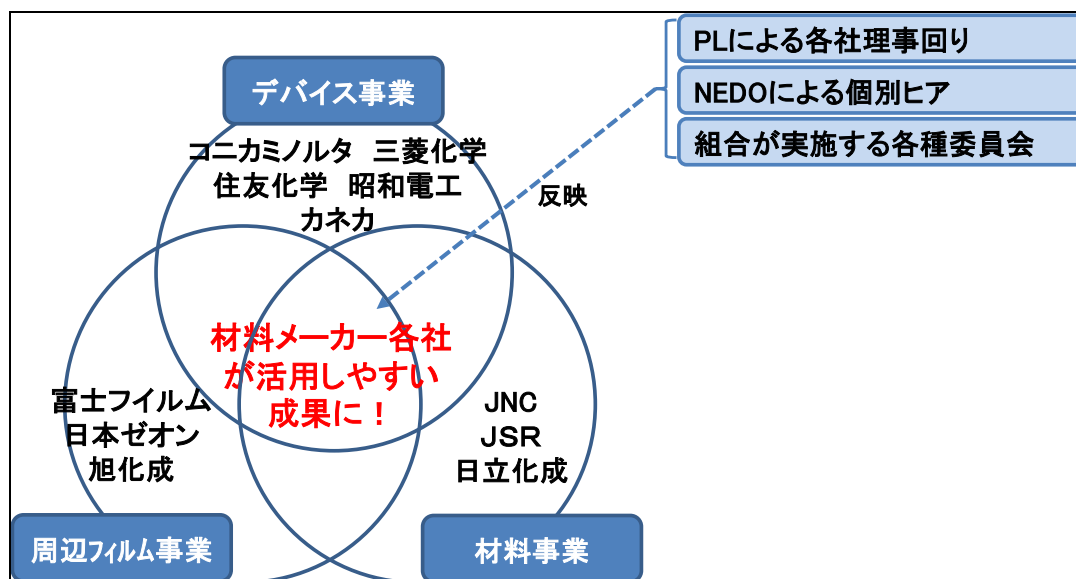


図 2-4 組合企業の協力体制

### 2.2.2. プロジェクトリーダーおよびサブプロジェクトリーダー

NEDO が実施・管理を行う当事業の、より効率的な開発の推進を図るため、研究開発の現場において指示、指導、調整の任にあたり、研究開発計画原案の策定、研究成果の取り纏め等の役割を実施するプロジェクトリーダーとして CEREB A 理事 富安寛を、サブプロジェクトリーダーとして CEREB A 研究部 GM 茨木伸樹を配置した。プロジェクトリーダーの役割を表 2-2 に示す。サブプロジェクトリーダーはプロジェクトリーダーを補佐する。

表 2-2 プロジェクトリーダー (PL) の役割

組織関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究体の研究室の設置、廃止等の組織構成の決定</li> <li>研究体のサブリーダーの選任と解任</li> </ul>
研究体所属研究者関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>大学、産総研、企業が提出する研究者候補リストの中からの研究体所属研究者の選任</li> <li>研究体所属研究者の任期の設定および変更に関する調整</li> <li>研究体所属研究者の担当研究項目の決定</li> <li>その他研究体所属研究者の総合的な統括</li> </ul>
予算、研究場所、研究設備および装置等	<ul style="list-style-type: none"> <li>実施時における予算の配分の調整</li> <li>研究体の活動に割り当てられた研究場所の配分、模様替え等の調整</li> <li>研究設備および装置等の使用範囲等の調整</li> </ul>
研究計画および報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>年度毎の概算要求案 (年間研究計画書案、実施計画</li> </ul>

	書案の策定) ・ 研究計画の変更（実施計画書変更申請案の策定） ・ 軽微な研究計画の変更（実施計画書変更届出書の策定） ・ 研究経過の報告（成果報告書案、その他必要に応じた研究報告書案の策定） ・ 研究終了報告（研究終了報告書案の策定）
研究評価	・ 研究内容の研究体内での評価 ・ 研究者の研究体内での評価
研究成果	・ 別途定める研究体知的財産権取扱規程の施行およびその遵守に関する指導管理 ・ 論文発表等による公開を、知的所有権による保護に優先させるか否かの判断
第三者との共同研究、研究者等の招聘	・ 第三者との共同研究の実施と管理（①共同研究および共同研究契約に対する要望事項の取り纏め、②共同研究契約書案の策定、③各種報告書案の策定） ・ 外部研究者（産総研、大学、企業等）の調整および選任
その他	・ 研究体の研究活動推進のための総合調整 ・ 経済産業省、NEDO、大学、企業に置かれた各種関係会議への対応、総括 ・ ワークショップ、シンポジウム等、事業計画の策定および実施

### 2.2.3. 技術推進委員会の開催

事業開始以降、約 2 年間の進捗状況を把握するとともに、今後の事業の推進判断に資することを目的として開催した。その開催内容を以下に記した。

#### 第 1 回技術推進委員会

- ・ 実施時期： 平成 25 年 3 月 6 日
- ・ 評価手法： 外部有識者による評価（表 2-3）
- ・ 事務局： NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部
- ・ 評価項目、基準：
  - 1)事業の位置付け・必要性
  - 2)研究開発マネジメント
  - 3)研究開発成果
  - 4)実用化

表 2-3 第 1 回技術推進委員会外部有識者委員

氏 名	所 属 ・ 部 署	役 職
大森 裕	大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 有機エレクトロニクスデバイス領域	教授
高村 誠	Lumiotec(株)	開発部長
青木 康	NECライティング(株) SSL照明開発本部	本部長代理

(敬称略・順不同)

### 2.3. 研究の運営管理

CEREBAでは理事会、運営委員会、技術委員会を設置し、事業の運営管理をCEREBA外からも監視する体制をとっている。

理事会は、組合員理事で構成され、事業の進捗状況の妥当性、重要な設備投資、運営の妥当性等の最終的な判断をしている。

運営委員会は、CEREBAと各組合員からなる運営委員で構成され、毎月開催し、日常的に運営状況の妥当性を判断する。下部に、本事業終了後の在り方を議論するOLED活用検討委員会をもつ。

技術委員会は、CEREBAと各組合員からなる技術委員で構成され、毎月開催し、研究進捗状況の妥当性の判断と研究開発の推進を行っている。下部に、6つの委員会をもつ。

- ・アドバイザー委員会
  - …ユーザー6社との摺合せの場であるアドバイザー委員会の企画・運営を討議。
- ・情報&知財委員会
  - …情報・知財に係る各種規定・規則の策定を討議。
- ・標準化委員会
  - …有機EL照明、フレキ、バリアといった分野の国際標準化活動へのCEREBAの関わり方を討議。
- ・材料委員会
  - …基準素子の構造や用いる材料について討議。
- ・評価委員会
  - …評価手法について討議。
- ・企画広報委員会
  - …展示会等対応。

成果報告会は、本事業で実施した材料の評価方法や基準素子の開発における研究成果等について、組合員を対象として開催されるもので、成果の普及に努めるものである。年度末に実施しており、これまでに23年度末と24年度末の2回実施された。

上記の会合にはNEDOの推進部からも適宜出席し、研究開発の運営管理を行った。

また、この他に、発明審議会があり、特許などの産業財産権について討議される場がある。

また学会など外部発表等については、報告内容を技術委員会にて精査し、組合内稟議を経て認可を与えた。

表 2-4 委員会

委員会名 ●は親委員会	内容	頻度
●運営委員会	運営管理	1回/月
OLED活用検討委員会	PJ終了後について	2回/月
●技術委員会	研究推進	1回/月
アドバイザー委員会 (事務局)	アドバイザー委員会運営	各2回/月
情報&知財委員会	情報管理、知財に関する規定や規則	
材料委員会	基準素子材料、作製プロセス	
評価委員会	評価手法	
企画広報委員会	展示会等外部発信	
知財戦略委員会	知財の出願戦略を検討	

## 2.4. 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

### 1) 研究開発マネジメント

材料メーカーが共通して活用できる材料評価基盤を構築するには一材料メーカーの力では非常に困難なことであり、競合する材料メーカーが参画する体制を構築する必要があった。また材料開発に関わるプロジェクトにユーザー技術者が参加する体制を構築する必要があった。

また、研究開発を加速できる大学陣との共同実施体制を構築した。事業開始時の国立大学法人山形大学、国立大学法人九州大学、公益財団法人九州先端科学技術研究所に加え、平成25年度からは新たに国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学、学校法人早稲田大学、学校法人金沢工業大学の3大学を追加し、研究開発を加速した。

### 2) 運営マネジメント

各種委員会の実施により、組合員（材料メーカー、産業技術総合研究所）、大学陣およびユーザーとの連携強化を行った。

### 3) 知的財産マネジメント

材料評価に関わる知的財産はCEREBA、開発材料に関する知的財産は材料メーカーに帰属するとし、知的財産の保護と事業化を推進した。

工業所有権情報・研修館（INPIT）の知財プロデューサー派遣制度を活用し、知財プロデューサーとCEREBA研究員による戦略マップ作成を推進している。

## 知的財産プロデューサーの派遣先

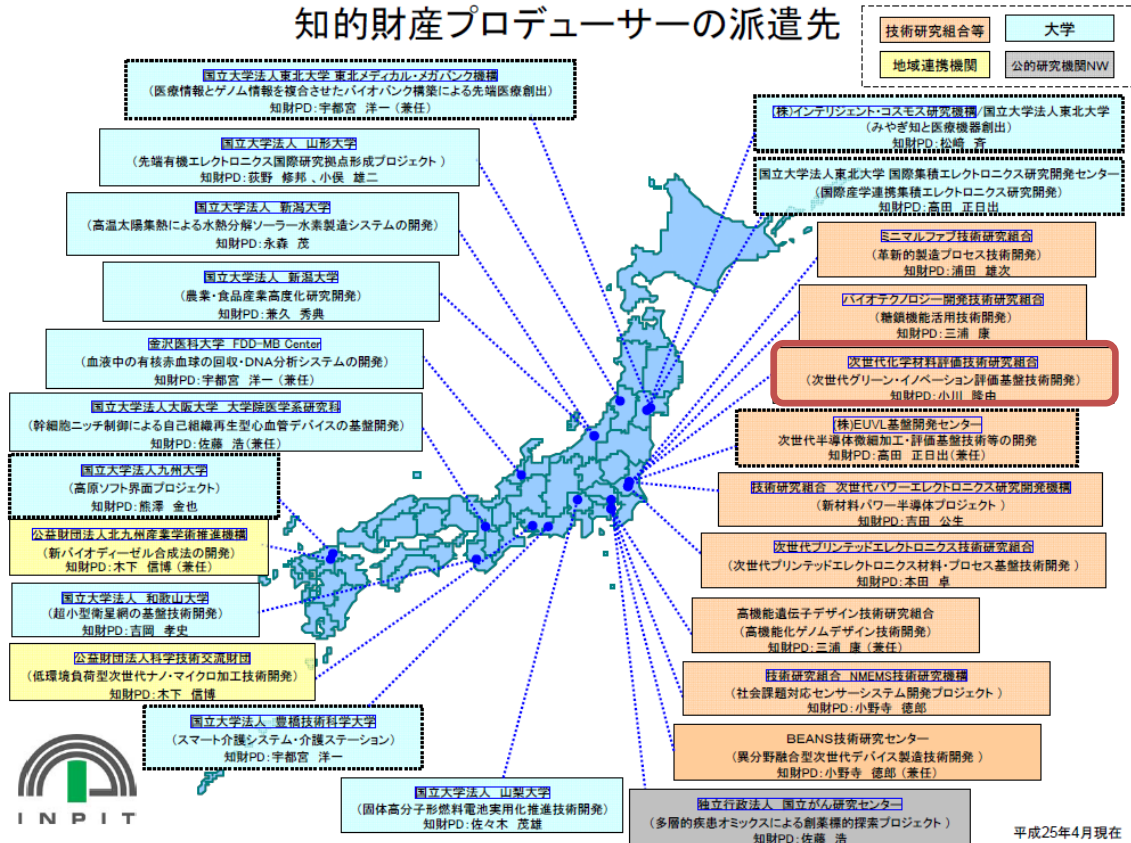


図 2-5 知財プロデューサーの派遣先

#### 4) 関連する他のNEDOプロジェクトとの連携

- ・「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発」(平成21年度～)との連携

国際標準化TC-68-2を討議する有機EL照明標準化アドバイザー委員会に茨木サブプロジェクトリーダーとともに参加し、事業の成果活用に必要な情報収集を実施している。

- ・「次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発」(平成20年度～平成24年度)の成果活用

劣化解析に関する成果の積極的活用として、北陸先端科学技術大学院大学を平成25年度から共同実施先として体制に追加した。

- ・「革新的低消費電力型インタラクティブシートディスプレイ技術開発」(平成25年度～)との情報交換等による積極連携の推進

今年度開始の事業と情報交換等を積極的に行い、連携を推進する予定。

#### 5) 実用化につなげるマネジメント

本事業の成果の実用化を、「研究開発成果である『材料評価手法』『基準素子』が材料メーカーおよびユーザーで実際に活用されること」と定義し明確化することで、実施者であるCEREBと組合員と実用化イメージを共有している。

材料メーカーとユーザーが共通して活用できる有機EL材料の評価手法の開発において、ユーザー側で有機EL事業に携わってきた茨木氏をサブプロジェクトリーダー

とすることにより、ユーザー側の視点を積極的に取り入れ、ユーザーにも活用されやすい評価手法開発を行い、実用化を促進する。

研究開発成果を外部にフォーラム等を通じて随時発信することで、妥当性の確認と認知度の向上を実施している。

成果のドキュメント化を行うことで、実用化の一番の担い手である材料メーカーへの技術移転を、事業期間中から実施している。

戦略を立てるために必要な事業・研究・標準化等に関する調査をCEREB Aが行い、組合員に提供することで、組合事業をサポートし、成果活用を場を拓ける。

アドバイザー委員会を、実質的な評価手法、基準素子の摺合せの場と位置付け、積極的な会の運営を促している。

以上のように、NEDOの研究開発成果の実用化に向けたマネジメントは妥当であった。

#### 研究開発マネジメント

- 立場の異なる材料メーカーが参画、及び、ユーザー技術者が参加する体制の構築
- 研究開発を加速できる大学陣との共同実施体制の構築(平成25年度から**3大学を追加**)

#### 運営マネジメント

- 各種委員会による組合員、大学陣およびユーザーとの連携強化
- 組合員企業への速やかな情報シフトのための**独自の情報管理システム**利用の推進

#### 知的財産・標準化マネジメント

- **帰属の明確化**(評価方法:組合、材料:材料メーカー)による、知的財産保護と事業化促進
- 工業所有権情報・研修館(INPIT)の派遣制度を活用した**知財プロデューサーによる戦略マップ作成**の推進
- 戦略的事業計画立案に資する、研究者自身による**研究情報解析**と選任者による**標準化情報収集**の推進

#### 関連する他のNEDO-PJとの連携

- 「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発」(平成21年度～)  
国際標準化TC-68-2を討議する**有機EL照明標準化アドバイザー委員会参加**による情報収集
- 「次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発」(平成20年度～平成24年度)  
劣化解析に関する**成果の積極的活用**(北陸先端科学技術大学院大学の体制に追加)
- 「革新的低消費電力型インタラクティブシートディスプレイ技術開発」(平成25年度～)との情報交換等による**積極連携**

#### 実用化の推進

- **実用化定義の明確化**と実施者との**実用化イメージの共有**  
「本PJの成果の実用化とは研究開発成果である  
『材料評価手法』『基準素子』が材料メーカーおよびユーザーで実際に活用されること」
- **ユーザー企業出身者のサブプロジェクトリーダー起用**によるユーザー視点での開発推進
- 基準素子・評価手法を材料メーカー・ユーザー両方に活用させるよう促す仕組みの構築  
PJ期間中の**成果の随時発信(認知度アップ)**  
**成果のドキュメント化**による速やかな技術移転の推進  
戦略を立てるために必要な事業・研究・標準化等の**情報提供**  
**アドバイザー委員会**での評価手法摺合せの実施による妥当性確認

図 2-6 マネジメント



### 3. 情勢変化への対応等

3.1.

3"2" NEDO

#### 3.1. 外部有識者の意見の反映

2.2.3. 技術推進委員会でも記述したが、事業開始以降、約2年間の進捗状況を把握するとともに、今後の事業の推進判断に資することを目的として開催した。

委員会では、「世界でトップレベルの研究開発を実施している我が国の有機EL分野において、材料メーカーとデバイスメーカーの双方に有用な評価基盤技術を開発する意義は大きい。特に、有機ELの最終形態となるRtoRフレキシブル・デバイスの評価技術確立は必要不可欠であり、材料面で優位な位置にある現段階から実施することは評価に値する。

「共通のものさし」にあたる基準素子や劣化解析法・バリア性といった評価技術は、デバイスメーカーにとっても非常に重要かつ必要なものであるため、事業期間の中盤にあたる今、その有効活用まで見据えて具体的な取組みが議論されるべきである。」との評価を受けた。

評価を受けて、NEDO、プロジェクトリーダー、CEREBAで協議を行い、成果の有効活用を目指し、下記の研究開発への反映を行うこととした。

- ・評価ツールである基準素子設計を見直し
- ・組合員企業の実材料評価を実施
- ・個別のユーザー企業と、評価手法に関する詳細な技術摺合せを実施

#### NEDO電子材料部主催で「技術推進委員会」を平成25年3月6日に開催。基準素子設計に関する外部有識者の意見を反映させた。

##### 技術推進委員(○は委員長)

○大森 裕	大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 有機エレクトロニクスデバイス領域	教授
高村 誠	Lumiotec(株)	開発部長
青木 康	NECライティング(株) SSL照明開発本部	本部長代理

##### 【委員会提言】

世界でトップレベルの研究開発を実施している我が国の有機EL分野において、材料メーカーとデバイスメーカーの双方に有用な**評価基盤技術を開発する意義は大きい**。特に、有機ELの最終形態となるRtoRフレキシブル・デバイスの評価技術確立は必要不可欠であり、材料面で優位な位置にある現段階から実施することは評価に値する。

**共通のものさし**にあたる**基準素子や劣化解析法・バリア性**といった**評価技術は、デバイスメーカーにとっても非常に重要かつ必要なもの**であるので、事業期間の中盤にあたる今、その有効活用まで見据えて具体的な取組みが議論されるべきである。

##### 【対策】

成果の有効活用を目指し、下記を実施。

- ・評価ツールである基準素子設計を見直し
- ・組合員企業の実材料評価を実施
- ・個別のユーザー企業と、評価手法に関する詳細な技術摺合せを実施

図 3-1 技術推進委員会の概要

### 3.2. NEDO 追加配分による研究開発の加速

アプリケーションの拡大及びコストダウンの有力な手段であるフレキシ基板の有機EL生産プロセスは、バッチ式から連続RtoR方式へ、また蒸着方式から塗布方式へと移行するとみられており、材料のプロセス適性評価もこれに沿って実施する必要がある。

本事業ではプロセス適性評価を実施するため素子作製装置や評価装置を平成25年度に行うことを予定していた。しかしながら、有機EL照明市場の立上りがこれまでの予想より早く、平成27年頃になるとの予想がされるようになり、市場立上りに向け材料開発を行っている材料メーカーに必要な材料評価手法を早期に開発する必要性が生じた。このフレキシ基板のプロセスに絡む材料評価手法の開発を加速的に進捗させることで、当該技術分野における国際競争力の優位性の確立が期待できるとして、NEDOは平成24年度に1回目の追加配分を実施した。

平成24年度は、連続塗布関連設備の導入のために、3.0億円の追加配分を行った。

フレキシブルフィルム基板上に塗布方式で有機ELを作製するプロセスはいまだ確立されていない。材料の正確な評価ができないと材料開発も進まないため、そのプロセス適性評価も含めた評価基盤を前倒しで確立することが急務である。

平成25年度に導入を予定していた連続・塗布プロセスの装置を半年前倒しで導入することにより、連続・塗布プロセスの評価基盤の構築も半年前倒しで構築できる見通しである。これにより、塗布方式に対応するプロセス適性評価を材料メーカーが実施する期間を多くもてることとなり、新材料開発に貢献できる。

平成25年度は、日本が遅れているプロセス検討の強化につながる、連続ハイバリア成膜装置の導入のため、1.6億円の追加配分を行った。

フレキシブルフィルム基板上に有機ELを量産する連続RtoRプロセスでは、ガラス基板に比べて水蒸気バリア性能が低いフレキシブルフィルム基板に、有機ELに必要といわれている超ハイバリア性能を効率的かつ低コストで付与することが最大の課題である。樹脂フィルム単体で担保することが難しいため無機膜を重ねる必要があるが、当初の計画時には連続RtoRプロセスで超ハイバリア性能膜を与える装置はなかった。平成24年度に該装置が販売となり、各国で導入が進んでいるとの情報を得た。そこで、NEDOは平成25年度に2回目の追加配分を行い、本装置を導入することとした。平成25年度から超ハイバリアフィルム及び耐熱基板製造RtoRプロセスの技術課題を抽出するとともに、抽出課題の解決法の検討を開始し、平成27年度末までに、フレキシブルフィルム基板材料やバリアフィルム単体の物性と、フレキRtoRプロセスで作製したフレキシブル有機EL素子性能との相関を明確にする手法を確立する。

追加配分の実績を図3-2に示す。

アプリケーション拡大及びコストダウンの有力な手段である**フレキ基板**の有機EL生産プロセスは、バッチ方式から連続R2R方式、蒸着方式から塗布方式に移行すると見られ、材料のプロセス適性評価もこれに沿って実施する必要がある。



有機EL照明市場の立上りがこれまでの予想より早く、平成27年頃になるとの見込み。市場立上りに向け開発を行っている材料メーカーに必要な材料評価手法を早期に開発する必要が生じた。

●平成24年度追加配分 300百万円

→**連続塗布関連設備**を早期に導入することができ、平成25年度開始予定だった塗布方式に関する評価手法開発を半年前倒して開始できた。確立も半年前倒しでき、塗布方式に対応するプロセス適性評価の実施期間を多くもてる。

●平成25年度追加配分 160百万円

→日本が遅れているプロセス検討の強化に繋がる、**連続ハイバリア成膜装置**を早期に導入することができ、低コスト化が可能なフレキRtoRプロセスモデルの構築、超ハイバリア性能に係るフレキRtoRプロセス材料評価手法の追加開発が可能になった。

日本が保有する材料の技術的優位性を活かし、プロセス適用性評価も含めた、**フレキ基板有機EL材料評価手法の開発を強化でき、材料メーカーの競争力強化に貢献。**

図 3-2 NEDO による追加配分

### 3.3. 体制の変更

体制の変更として以下のことを行った。

- ・ユーザー企業出身のサブプロジェクトリーダーの設置
- ・プロジェクトの実施体制として、事業の目標達成を加速するために、優れた技術・知見を有する大学陣を共同実施先として平成 25 年度から追加した。

### 4. 評価に関する事項

NEDO は、国の定める技術評価に係わる指針及び NEDO が定める技術評価実施要領に基づき、技術的及び実用化の観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、事前評価、中間評価、事後評価を実施する。

平成 22 年度に実施した事前評価の結果は、事前評価書を参照（添付資料 6）。

中間評価は平成 25 年度に実施し、中間評価の結果を踏まえて、事業の加速、縮小、中止等の見直しを迅速に行う。

事後評価は平成 28 年度に実施する。

なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

基本計画の【中間目標】（平成 25 年度末）である「ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等 EL の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。」は、下記の具体的目標が達成状況から鑑みて、平成 25 年度末に達成見込みといえる。最終目標である「材料メーカーとユーザーの双方が活用できること」も取込み、推進中である。

目 標	研究開発成果	達成度
事業の目標 (出典:基本計画 p.3)  <b>【中間目標】</b> (平成 25 年度末) ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機ELの材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。	下記の個別目標が達成状況から鑑みて、平成 25 年度末に達成見込みといえる。	達成見込み (平成 25 年度末)  * 以下、平成 25 年度末に達成見込みに○
個別目標 ① -1 ガラス基板 材料評価技術の開発	1)ガラス単色 & 白色基準素子(2mm 角)設計とバッチ作成手法確立 2)性能評価手法確立(第 1 次) 3)加速寿命のための要素技術確立	1) ○ 2) ○ 3) ○
① -2 ガラス基板 解析技術の開発	1)劣化部位の非破壊特定手法確立	1) ○
② フレキ基板 材料評価技術の開発	1)フレキ単色基準素子設計とバッチ作製手法確立 2)性能評価手法確立(第 1 次) 3)フィルム特有の寿命劣化要因評価法と加速寿命評価法要素技術確立	1) ○ 2) ○ 3) ○
③ フレキ基板 周辺材料評価技術の開発	1)水蒸気透過率 $10^{-4}$ g/m <sup>2</sup> /dayレベルのバリア性能評価法確立	1) ○

## 年度毎の特許、論文、外部発表等の件数

特許、論文、外部発表等の件数（内訳）

区分 年度	特許出願			論文		その他外 部発表	プレス発 表
	国内	外国	PCT出願	査読付き	その他		
H23FY	-	-	-	-	-	6件	
H24FY	-	-	-	1件	2件	6件	1件
H25FY (予定)	6件				3件	9件	1件

## 2. 中間目標の達成と成果の意義

有機 EL は、製造が難しく、現状高コストになっていることが課題の 1 つである。有機 EL 発光層は 100nm 未満の超薄膜積層体から成っていること、水・異物といった不純物の影響を大きく受けることが原因として挙げられる。そのため、評価用の有機 EL 素子を安定して作製し、評価する技術を確認することは、材料開発においてきわめて重要である。

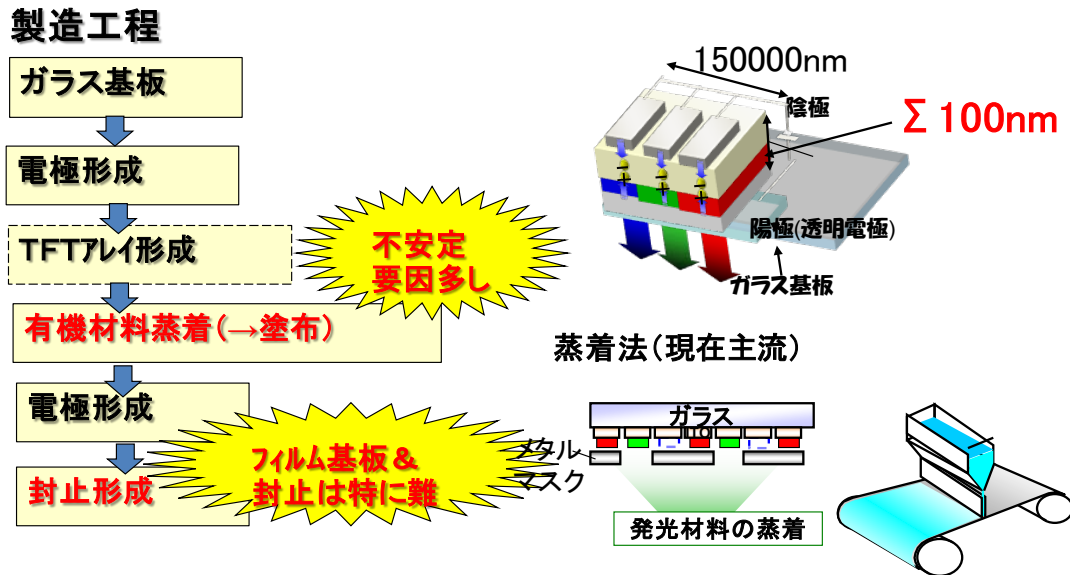


図 2-1 有機 EL 製造工程の模式図

1. 事業全体の成果に示した通り、本事業の中間目標は達成見込みであり、最終目標である「材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーの双方が共通して活用できる」材料評価手法開発を取り込みながら推進中である。

図 2-2 は、CEREBA と組合企業の技術開発の関係を示したものである。企業ではおざなりになりがちな評価や解析技術をプロジェクトで開発し、その成果を組合企業にフィードバックする。組合企業は個々材料を速やかに評価できるようになり、実デバイスでの性能確認を進め、速やかな製品化に繋げる。

	CEREBA:基準素子	各企業:開発素子
材料素子	公知材料 ↓ 材料委員会+CEREBA 基準素子	探索新規材料 →各素子作成 ⇒トップ性能探索 効率&寿命
評価法 &解析法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価高精度化</li> <li>・高信頼性(再現性)</li> <li>・変動要因の解析</li> <li>・普遍化(各社共通)</li> <li>・新評価・解析法開発</li> </ul> 評価委員会+CEREBA	個々材料を速やかに評価(各社の競争) (評価や解析技術がおざなりになりがち)
実デバイス化		実デバイスでの性能確認 ⇒速やかな製品化

図 2-2 CEREBA と組合員企業の技術開発の関係

### 3. 知的財産権の取得及び標準化の取組み、成果の普及

知的財産権の取得に関しては、事業戦略に沿うべく、市場情報収集及び標準化の取り進めとともに実施する。知的財産の保護と事業化の推進のため、材料そのものの知的財産は材料メーカーである組合企業のものとしているが、フレキシ基板や評価手法では CEREBA としての出願を積極的に進めることとしており、平成 25 年度の出願は 6 件を予定している。体制としては、フレキシ特許・標準化・市場情報 Gr を組合内に置いている。このグループは 3 つのセグメントから成る。①国際標準化セグメントでは、専任者を配し、国際標準化 TC-68-2 を討議する有機 EL 照明標準化アドバイザー委員会をはじめ必要な会合に参加し、必要な情報収集を実施している。②フレキシ市場セグメントでは、技術を熟知した研究者を配し、情報解析を実施している。③特許情報・出願セグメントでは、知財規約／発明審議会、知財戦略委員会と連携し、工業所有権情報・研修館 (INPIT) から派遣された知財プロデューサーと CEREBA 研究員による戦略マップが完成し、それを活用した戦略立案を進めている。

これらの情報は、CEREBA 自身で活用するとともに、各社の事業・RD 戦略立案のために組合企業に提供される。



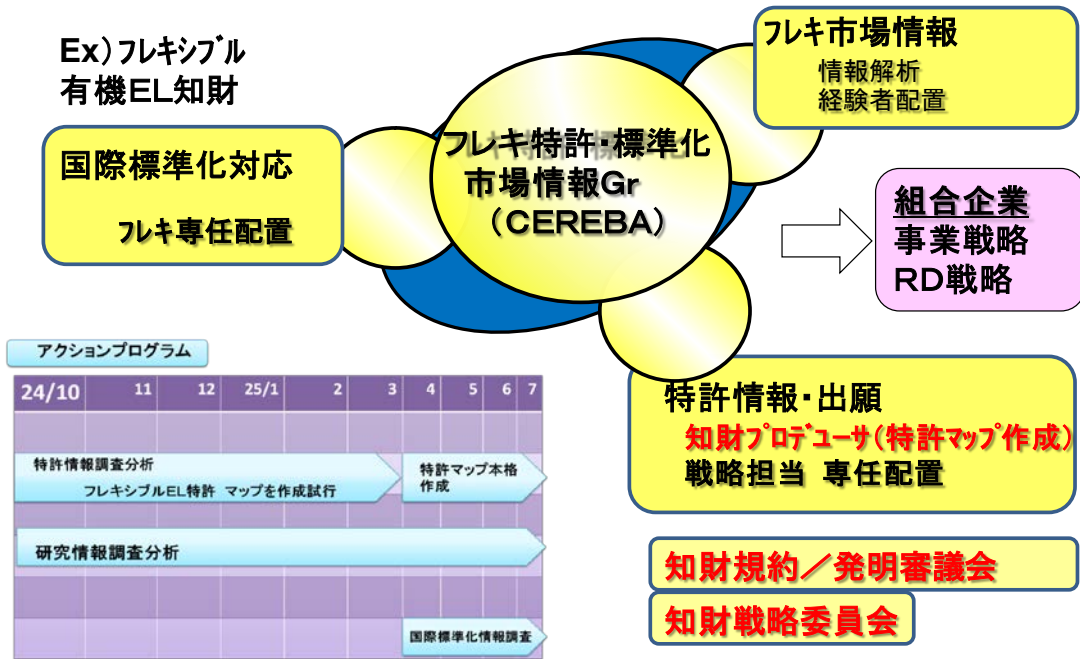


図 3-1 知的財産関連の CEREBE 体制図

4. 成果の最終目標の達成可能性

プロジェクト前半から、ユーザー企業からなるアドバイザー委員会の積極的活用や、組合企業（材料メーカー）の材料を使用した評価手法の妥当性確認を推進しており、最終目標達成の見込みである。

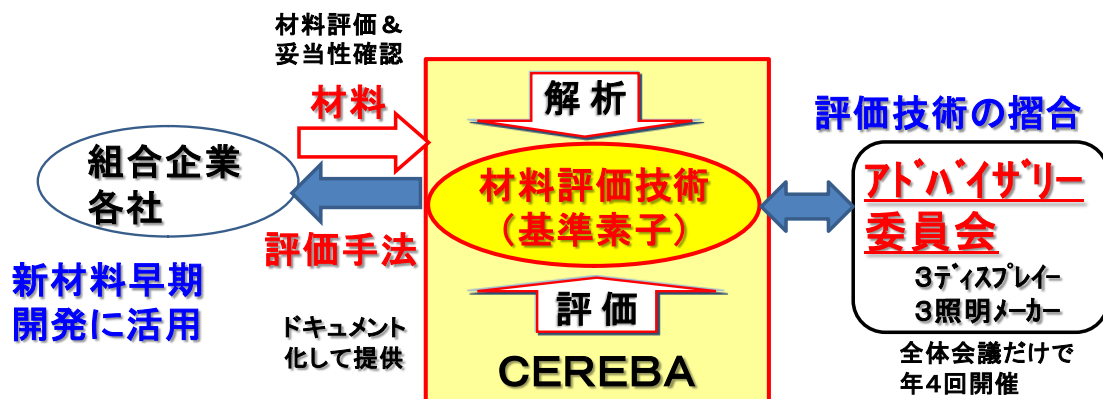


図 4-1 CEREBE・組合企業・アドバイザー委員会の関係



## 2. 成果の詳細

### 2.1. 有機エレクトロニクス素子用材料評価・標準化技術の開発 (①-1)

有機エレクトロニクス材料の性能を、デバイスメーカーと材料メーカーの双方に有用で、かつ信頼できる製造プロセスや実装時の状態も含めて評価する手法の開発を目指し、以下の研究を行った。

#### 2.1.1. 標準評価技術の開発 (CEREBA) (①-1-1)

2.1.1.1 ではガラス基板上に形成した有機 EL 素子について、基準となる素子（基準素子）として、単色素子（4 種）、白色素子（1 種）の素子構造を策定するとともに、素子性能評価装置を導入整備し、これを用いて作製した基準素子の初期性能評価、駆動寿命（光束維持）性能評価を行い、「標準評価技術を開発するための課題」を抽出した。またこれらの結果を基に、誰が実行しても再現性良く安定な素子作製・評価ができるようになる事を目指し、素子作製手順書、評価実務書の策定を進めた。

2.1.1.2 ではフレキ基板上に形成した有機 EL 素子に関する「フレキ素子用性能評価技術の課題抽出」については、バッチプロセスによる作製と評価を行い、その評価結果に基づき基準素子の策定を行った。平成 25 年度末までに、作製手順書と評価実務書を完成させる予定である。

#### 2.1.1.1. ガラス基板上の緑色単色及び白色素子の評価法・劣化要因解明の検討

組合各企業において有機 EL 素子の発光効率及び駆動寿命の向上に寄与することを目指し、ガラス基板を用いた有機 EL 素子について下記の項目[A]-[D]について研究開発を実施した。更に項目[E]では項目[A]-[D]の開発成果を取り入れて作成する評価実務書の概要について説明を加えた。

- [A] 単色基準素子（A0、A2、B0、G0）と白色基準素子（MPE1）を策定すること。
- [B] 配光計測法及び発光効率評価方法に関して、基準素子を用いた実験に立脚した評価技術上の課題を抽出し、標準評価手法の確立に向けた提言を行うこと。
- [C] 電流-電圧-輝度特性の測定条件に関して検討を加え、素子自己加熱効果の影響を明らかにすること。
- [D] 基準素子を用いて、電流並びに温度加速を加えた輝度劣化試験を実施し、輝度劣化挙動を数式近似と外挿法を用いて解析し、素子の駆動劣化寿命を加速試験により推定する手法の問題点を抽出すること。
- [E] 評価実務書の策定

## A. ガラス基板を用いた基準素子の策定

各組合員企業の共通基盤として活用するため、公知材料を用いて再現性・安定性・高信頼性を有する素子を開発し、下記の5種の素子を基準素子として策定した。

- 初期特性・駆動寿命特性等の性能評価、劣化解析などに適用できる、従来から良く知られている古典的な構造の緑単色素子（A0、A2素子）
- 初期特性・駆動寿命特性等の性能評価とともに、新規なEL材料評価にも適用可能な所望の性能を有する単色（B0、G0素子）あるいは白色素子（MPE1素子）

表 2.1.1.1-1 にガラス基板を用いた基準素子の種類と適用項目を示す。以下にそれぞれの基準素子の詳細な構造を述べる。

表 2.1.1.1-1 ガラス基板基準素子の適用

基準素子	H23	H24	H25	性能評価		有機材料検討	劣化解析
				初期特性	駆動寿命		
古典的単色				○	○		◎
蛍光&りん光単色				◎	◎	◎	○
白色				◎	◎	○	

### (a) 古典的単色素子（A0、A2）の作製

再現性・安定性・高信頼性を有する緑色単色基準素子（A0素子、A2素子）を作製した。これらの素子は、有機EL研究初期から検討されている古典的な公知材料を用いているため文献情報も多く、基本的な特性評価や解析に適用できるので、組合企業間の技術交流ツールとしての活用が期待できる。

図 2.1.1.1-1～図 2.1.1.1-2 に A0（un-dopedAlq<sub>3</sub>）素子と A2（CBP ホスト緑色燐光）素子の層構成を示す。

Cathode : Al (150)
EIL : LiF or Liq (1.6)
EML : Alq <sub>3</sub> (60)
HTL : $\alpha$ -NPD (45)
HIL : MoO <sub>3</sub> (25)
Anode : ITO (150)

図 2.1.1.1-1 A0 素子層構成

Cathode : Al (150)
EIL : LiF or Liq (1.6)
ETL : Alq <sub>3</sub> (30)
HBL : BAq (10)
EML : CBP:Ir(ppy) <sub>3</sub> [6%] (30)
HTL : $\alpha$ -NPD (20)
HIL : MoO <sub>3</sub> (60)
Anode : ITO (50 or 150)

図 2.1.1.1-2 A2 素子層構成

## **(b) 青色蛍光(B0素子)及び緑色りん光(非CBP host)基準素子(G0素子)の策定**

CEREBA組合員企業数社からなる材料委員会で検討・選出した新規有機材料を用いて、青色蛍光素子や緑色りん光素子等の材料評価に適用できる素子構造の検討を行い、青色蛍光基準素子(B0素子)、緑色りん光(非CBPホスト)基準素子(G0素子)の構造を決定した。

平成25年度中には、更に最適化に向けた検討を加えた素子構造を確立し、素子作製手順書にまとめる予定である。

また、これらの新規材料を用いて検討を進めた白色基準素子についてはⅢ-2.1.3.2.に詳述する。

## **B. 配光計測法及び発光効率評価法の開発**

一定面積から半球のあらゆる方向に向けて指向性を持たない均一な発光が得られる光源である有機 EL 素子は、電球、蛍光灯、LED などの従来の非指向性の点状・線状光源とも、指向性のあるレーザ光源等とも異なる全く新しい光の性質を有する光源である。このような発光素子から発する全光束の計測や発光効率の評価については未だ国際的にも国内においても標準的な計測法は定められていないため、それぞれの研究開発組織ごとの固有の手法が用いられているのが実情である。有機 EL 材料の開発においても、また有機 EL 照明などの実用化技術開発においても、科学的根拠に基づいた共通の標準的な発光効率の評価手法開発は急務である。本項目では、全光束及び発光効率の評価手法における課題を、ガラス基板上の基準素子を用いて実験的に抽出し、標準的評価手法の確立に向けた幾つかの提言を行っている。

光源からあらゆる方向に出ていく光束の総量を全光束という。全光束の測定法としては積分球を用いる方法と配光測定とがある。発光面が 2mm 角の素子では、積分球による測定では自己吸収補正の精度が不足するので、測定精度の確保が困難であると推定された。そこで、まず配光測定を用いて高い精度で全光束を測定する方法の確立が必要と考えた。従来、浜松ホトニクスなど数社から配光計測装置が市販されてきたが、測定精度や全光束の算出法に問題を残していた。また全光束からの外部量子効率の算出についても原理上の難点が見つかっていて、見直しが必要とされていた。

本項目では、まず角度毎に絶対値測定が可能な配光測定装置を用いて、電力効率と外部量子効率を精度良く計測できる手法について検討を進めた。その装置を用いて、発光面積が 2mm 角の素子で高精度の全光束計測システムを実証することが課題である。

更に、積分球を用いる全光束の測定法の確立にも挑戦し、その計測精度について実験的検討を加えた上で、配光測定法による全光束の測定結果との比較を同一の素子について行った。

### **(a) 配光測定法の確立**

配光測定で全光束を精度良く測定し、電力効率と外部量子効率を算出する際には以下の 2 つの大きな克服すべき課題がある。

- 1) 面状発光素子の所定の角度における光度（分光放射強度）を高い精度で計測する手段は限られること。
- 2) 白色発光素子を考える場合、角度による色度（発光スペクトル）の変化の存在を無視できないこと。

1)の問題は照度計を用いて照度計の受光面の照度を計測する方式を選択するか、分光放射輝度計を用いて発光面の輝度を計測する方式を取るかであり、計測精度と計測に要する時間について実験的検証が必要である。2)の問題に関しては、配光測定から全光束を算出する場合には、光度の角度分布の絶対値測定を行い全空間で積分して全光束を求めるが、外部量子効率の算出には、分光放射強度の絶対値が必要となることに特に注意が必要である。ここで、光度とはある方向に放射された光の単位立体角、

単位時間当たりに放射される放射強度に視感度をかけたものと規定される。分光放射強度の絶対値を測定するためには、

方式1：輝度計（分光放射輝度計）を用いて**発光面の分光放射輝度**を測定する



方式2：輝度計（分光放射輝度計）を用いて**素子の分光放射強度**を測定する

方式3：照度計を用いて**分光放射照度**を測定し、**素子の分光放射強度**を算出する方法がある。

そこで、3方式のいずれの測定も可能な装置を導入し、この装置のセットアップを変更することで3種の異なる方式の計測を、同一素子を用いて同一の測定環境下で実施することとした。これにより、上記の3つの手法が持つ問題点の検証を行うことができた。

各方式にはそれぞれ固有の問題点がある。A2素子を用いた検証実験で現在までに明らかになったことを表2.1.1.1-2にまとめた。現在の所では、分光放射照度を測定する方式3がトレーサビリティに優れた精度の良い方法と考えているが、方式3を基準とすべきか更に慎重な検討を加えて平成25年度末までに結論を出す予定である。

表 2.1.1.1-2 配光測定方法と課題

方式	課題
1 分光放射輝度計 (測定角:0.1°) 	① 発光面に輝度ムラがある素子では誤差要因となる。 ② 高角で測光部が発光面から外れると正確な測定にならない。 ③ 角度によってフォーカスがずれることが誤差要因となる。
2 分光放射輝度計 (測定角:1°) 	① 検出器の測光部内の受光感度が均一でない場合、誤差要因となる。
3 分光放射輝度計 +照度アダプタ	① 光束が少ない素子では、測定精度に影響がでる。

■ :発光面 (□2mm)  
○ :測光部

#### (b) 電力効率、外部量子効率の算出

分光放射照度を測定する方法を用いて電力効率、外部量子効率を算出する方法を示す。なお、分光照射照度計は、標準電球を用いた校正が装置供給業者によりなされているので、照度の測定値のトレーサビリティに関しては問題が無いので、分光放射照度と素子と装置間距離のみを用いて算出される分光放射強度、更には電力効率、外部

量子効率の値についても、検定された標準光源に依拠したトレーサビリティが確保できていると解釈できる。

#### 電力効率の算出

素子を回転させて照度計で分光放射照度  $E_e(\theta, \lambda)$  [W/m<sup>2</sup> nm]を測定し、照度計と素子の距離 $r$ (m)を用いて、角度毎の分光放射強度  $I_e(\theta, \lambda)$  [W /sr・nm]を計算する。

$$E_e(\theta, \lambda) = I_e(\theta, \lambda) / r^2$$

光度 $I_v(\theta)$  [cd]は、分光放射強度  $I_e(\theta, \lambda)$  [W /sr・nm]から計算する。

$$I_v(\theta) = Km \int Y(\lambda) I_e(\theta, \lambda) d\lambda$$

Km: 最大視感度 683 lm/W

$Y(\lambda)$ : 標準比視感度

全光束  $\Phi$  [lm]は、光度 $I_v(\theta)$ 及び球帯係数 $Z(\theta)$ から計算する。

$$\Phi = \sum_i I_v(\theta_i) \times Z(\theta_i)$$

電力効率  $\eta$  [lm/W]は、全光束  $\Phi$  [lm]及び消費電力 $P$ [W]から計算する。

$$\eta = \Phi / P$$

#### 外部量子効率の算出

前項の角度毎の分光放射強度  $I_e(\theta, \lambda)$  [W /sr・nm]を用いて、全空間を積分して求めた波長毎の放射束  $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$  [W/nm]を次の式から計算する。 $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$ は測定対象の素子から出る放射束となっていて、素子の発光単位面積当たりの値とはなっていないことに注意する。また、 $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$ は積分球を用いて計測した放射束に相当する量である。

$$\Phi_{e\lambda}(\lambda) = \sum_i I_e(\theta_i, \lambda) \times Z(\theta_i)$$

波長ごとの放射束  $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$ を測定した際の電子数 ( $N_e$ ) と、放射束  $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$ から算出されるフォトン数 ( $N_p$ ) を以下の式より求める。

$$N_p = 0.50357 \times 10^{16} \int \lambda \Phi_{e\lambda}(\lambda) d\lambda$$

$$N_e = I \times 6.2414 \times 10^{18}$$

電子数 (Ne) とのフォトン数 (Np) の比をとる。

$$\text{外部量子効率} = \frac{N_p}{N_e} \times 100\% \quad \text{単位 \%}$$

### (c) 配光・発光効率測定に関する留意すべき事項

面状発光素子である有機 EL 素子の全光束を計測するには、発光部のみを如何に正しく露出させるかという課題は実験上避けて通れない課題である。

また、従来、数社で市販されてきた配光計測装置は輝度換算法を用いて算出しているが、この輝度換算法について、発光スペクトルが角度によって変化する素子の評価の場合の妥当性と限界について考察を加えた。

#### 発光部の遮光マスクの影響

有機 EL 素子の全光束を算定する際に、基板の端面からの発光を含めるべきか除くべきかは議論があるところである。これは全光束という計測量をどのような目的で使用するかの問題でもあるので、ここでは便宜的に、端面発光を除いた電極面積で定義される発光面から直接空間に放出される光の総量を全光束とするものと、仮の定義で検討を行った。

開口径 16.5 mm、11 mm、9 mm、7 mm の 4 種類の開口マスクを用いて配光特性を測定し、全光束の測定値に及ぼす開口マスクの大きさの効果を見積もった。その結果、ガラスなどの多重反射や端面反射による光はできるだけ除去でき、しかもケラレがない開口マスクは 9 mm サイズと判断した。

#### 輝度換算法の課題

前項まで配光から電力効率、外部量子効率を算出する方法として絶対値測定（分光放射強度）による方法を報告してきたが、従来では、数社で市販されてきた配光計測装置は輝度換算法を用いて算出している。この輝度換算法について、発光スペクトルが角度によって変化する素子の評価について検討した。

輝度換算法は正面輝度と電流密度、EL スペクトルから発光効率を求める簡便な発光効率評価方法であり、歴史的には広範に使用されてきている。

その条件は、(1) ランバーシアンであること、(2) 発光スペクトルが角度によって変化しないことである。但し配光分布データとランバーシアン仮定の比から係数 (*Lam. factor*) を算出し乗ずることで、ランバーシアン以外の配光分布のデバイスにも対応する方法が用いられている。

発光効率の算出方法は下記の通りである。

$$\text{電力効率 (lm/W)} = \pi \times L/P \times (\text{Lam. factor})$$

$$\text{外部量子効率} = \frac{\pi \times L \times e}{K_m \times h \times c \times J} \times \frac{\int \lambda \times F(\lambda) d\lambda}{\int F(\lambda) \times y(\lambda) d\lambda} \times (\text{Lam. factor})$$

ここで、*Lam. factor*を算出するにあたり、配光分布データとして、測光量基準とすべきか、放射量基準で算出すべきかという課題がある。そこで、白色有機 EL デバイスを用いて検討した。マルチフォトン構造(MPE)白色素子の配光測定を行った。

配光装置による各角度の放射照度測定から放射強度と光度の配光分布を求め、ランバーシアン分布との比率からそれぞれ*Lam. factor*を算出した。

今回の白色素子では放射強度と光度の配光分布から算出した*Lam. factor*は同等の値となった。角度によってスペクトルが変化するデバイスにおいては下記方法が適当であると考えられるが、今回の色度変化ではその差は 0.1%と低いことが分かった。

全光束の算出： 視感度特性を考慮した*Lam. factor*

フォトン数の算出： 視感度特性を考慮しない*Lam. factor*

今後、確認のために別の素子構造の白色素子でも測定して比較する。

#### (d) 積分球による発光効率評価

配光計測から求めた全光束の値の妥当性を検証する手段の 1 つとして、2mm 角発光基準素子の積分球による全光束測定を行った。同時に、積分球を用いた全光束・発光効率評価法の問題点を抽出することも目的とした。

##### 測定装置

光源（素子）を積分球内部の赤道部に設置する  $4\pi$  測定装置で、本体の直径は 50cm (図 2.1.1.1-3)。

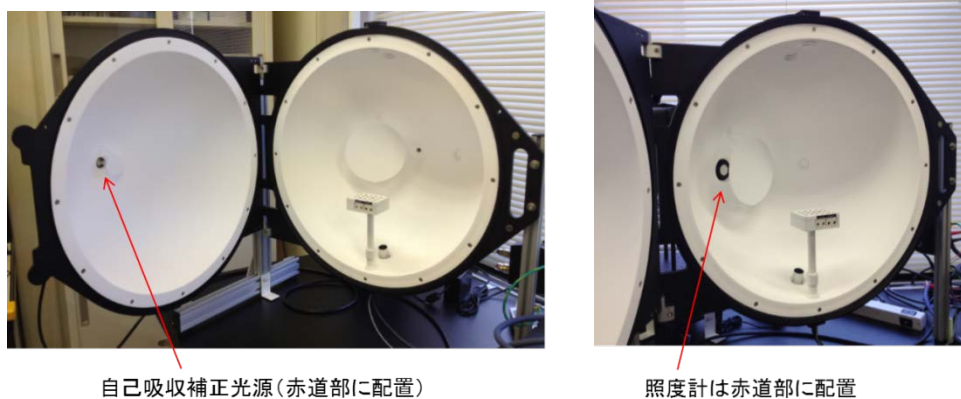


図 2.1.1.1-3 CEREBEBA 保有積分球

A2 素子を用いてマスクの開口違いによる全光束値、自己吸収補正係数の比較を行った。

マスク開口違いで自己吸収補正係数に大きな違いはなかった ( $\Delta < 2\%$ )。開口違いで全光束に違いが見られた。5mm 角マスク使用時の全光束値に対して、22mm 角マスク使用時は 7~10%増大した。

カソードや封止ガラスの反射の影響が大きい。なお、カソードの大きさや封止ガラスの反射の影響は素子の発光サイズが大きくなることで小さくなると推定される。





による全光束評価と積分球による全光束測定を行い、比較を行った。積分球から求めた全光束値は配光からもとめた値より 4.4～6.4%大きいことが判明した。この差は素子構造にほぼ関係なかった。どちらの測定法もそれぞれ固有の原理上、実験上の問題を含んでいるので、どちらの計測法がより真の値に近いのかは現時点では判断できない。特に端面発光に由来する反射光成分の寄与を遮光マスクの適切な設計で取り除くことができるかが課題である。

今後、30mm 角発光素子について配光による全光束値測定と積分球による測定を平行して行い、2mm 角素子の測定値と比較を行い、面積や測定法による全光束測定の課題を抽出して CEREBA での全光束測定における指針を明確にする。

配光測定並びに積分球測定について、これまでの研究開発成果を反映させて評価実務書を完成させる。評価実務書には 2mm 角素子に関する詳細データと共に 30mm 角素子の評価データも含める。

### C. IVL特性測定条件の策定（素子自己発熱の影響）

標準評価技術を開発し、評価基準書及び実務書にその内容を盛り込むため、IVL 特性測定条件の最適化の検討を行った。

IVL 特性測定条件として、

- ・電圧ステップ測定 or 電流ステップ測定
- ・輝度安定化時間（step wait）
- ・測定電圧（or 電流）ステップ幅違い

等の項目があげられる。

IVL 特性の測定時の測定条件の最適化のために、電圧ステップ測定と電流ステップ測定、輝度安定化のための待ち時間、測定ステップの幅などを変化させた測定を実施した結果、素子の自己発熱の測定値への寄与が無視できないことが判明した。今回の実験で明らかになったことは以下の通りである。

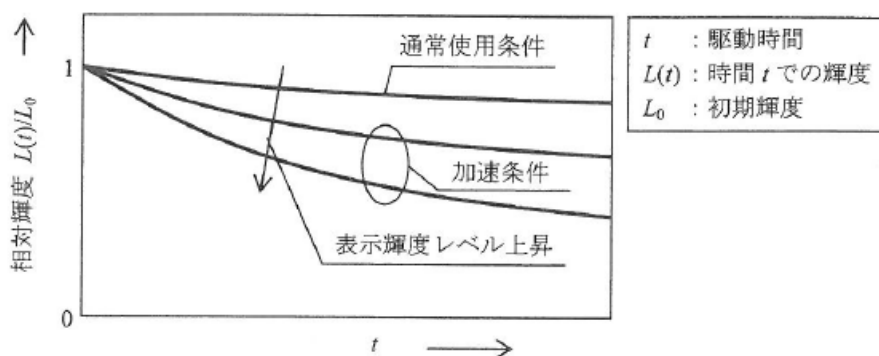
- (1) 印加する駆動電圧、電流の大きさや素子の発光効率によりその程度は変わるが、2mm 角の素子においても IVL 測定時の自己発熱効果の測定値への影響は無視できない。IVL 測定の諸条件はこのことを考慮に入れて策定する必要がある。
- (2) 電圧ステップ測定よりは電流ステップ測定の方が IVL 測定値への自己発熱効果の影響は少ない。
- (3) 自己発熱による温度上昇は  $6^{\circ}\text{C}@20\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $10^{\circ}\text{C}@50\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $15^{\circ}\text{C}@100\text{mA}/\text{cm}^2$  程度と見積もられる。
- (4) 駆動寿命測定においても、素子の自己発熱の効果は考慮に入れて解析する必要がある。

## D. 駆動寿命推定方法の検討

駆動寿命が数万時間に及ぶ素子において、駆動寿命を実時間で測定することは現実的ではないので、加速試験や外挿法による駆動寿命の推定が必須である。従来、輝度加速試験に基づいた経験的な寿命推定法や、駆動寿命曲線を経験式で外挿して寿命を推定する方法などが行われてきているが、その推定精度や適用範囲についての考察はほとんどなされていない。そこで、基準素子を用いて輝度劣化挙動の評価・解析を行い、その実験結果を踏まえて汎用性があり、科学的根拠のある駆動寿命の推定方法を提案することを目標とした。

### (a) 加速試験

輝度劣化挙動の評価・解析の指針として、既に標準化されているプラズマディスプレイモジュールの測定方法(電子情報技術産業協会規格、JEITA ED-2712、2009年4月制定)を参考にした。プラズマディスプレイにおいては、初期輝度レベルと輝度劣化速度が比例関係にあることが分かっており、加速条件によって評価期間を短縮可能である(図 2.1.1.1-4)。これらを参考に有機EL素子の輝度半減寿命の加速試験を行った。



表示輝度によって輝度劣化の速度は変化する。

図 2.1.1.1-4 表示輝度の違いによる輝度劣化の例(JEITA ED-2712、p34 より引用)

### 電流加速試験の方法

有機 EL 素子の初期輝度レベルは駆動電流値によって制御可能である。測定にはリン光緑色基準素子 (A2) を用いた。

加速試験は、初期輝度  $1800 \text{ cd/m}^2(\text{nit})$ 相当の電流値を基準とし、0.5 倍から 10 倍まで 7 点でおこなった。

### A2 素子における加速係数の算出

前節にて初期輝度レベルと輝度劣化速度が比例関係にあることを確認できたことから、この関係から加速係数と呼ばれる係数を算出することができる。この場合、経験的な式ではあるが、初期輝度と寿命の間に式 (2.1.1.1-1) が成り立っていないと仮定して、ここで、式 (2.1.1.1-1) の  $n$  の値が加速係数となっている。この加速係数が分かれば、初期輝度を代入することで、輝度半減寿命を推定することが可能となる。そこで、前節の評価結果から、式

(2.1.1.1-1) の関係が利用できるかを検証した。式 (2.1.1.1-1) の両辺の対数を取り、移項することで式 (2.1.1.1-2) が得られる。つまり式 (2.1.1.1-1) の関係が成り立つ場合、横軸に初期輝度 ( $L_0$ ) の対数、縦軸に特定の減衰率までの経過時間 ( $T$ ) をプロットすれば、グラフは一次直線となり、傾きから  $n$ 、すなわち加速係数が求められる。

$$L_0^n \times T = \text{Const.} \quad (2.1.1.1-1)$$

( $L_0$  : 初期輝度、 $T$  : 経過時間、 $n$  : 加速係数)

$$\log T = -n \log L_0 + \log(\text{Const.}) \quad (2.1.1.1-2)$$

加速率が高い場合、発熱による劣化の促進により、加速係数が正しく算出できない可能性が示唆された。そのため、熱が発生しているのか、発生している場合どの程度なのか、また、それらが輝度劣化に及ぼす影響がどの程度かを確認する必要があるといえる。

### **(b) 劣化挙動の数式近似と外挿法の検討**

素子の劣化挙動すなわち、減衰曲線を数式で精度良く近似して記述することができれば、外挿法を適用して駆動寿命を合理的に推定することができ、加速試験に依拠せずに駆動寿命を推定できる。この項目では外挿法における予測精度検証の手法と、想定した4つの近似式にこの手法を用いた場合の予測精度比較例を示す。

#### フィッティング関数

外挿法に使用する近似式としてこれまでいくつかの数式が提案されてきている。ここでは以下の4関数を導入した。まず式 (2.1.1.1-3)、(2.1.1.1-4) の2関数を示す。

$$L(t) / L_0 = 1 - bt^\gamma \quad (2.1.1.1-3)$$

( $L_0$  : 初期輝度、 $L(t)$  : 時間  $t$  での輝度、 $t$  : 時間、 $b, \gamma$  : 定数)

$$L(t) / L_0 = \exp[-(t/\tau)^\beta], \quad (0 < \beta < 1) \quad (2.1.1.1-4)$$

( $L_0$  : 初期輝度、 $L(t)$  : 時間  $t$  での輝度、 $t$  : 時間、 $\tau, \beta$  : 定数)

式 (2.1.1.1-3)、(2.1.1.1-4) とともに、左辺は相対輝度 (減衰率) を表す。式 (2.1.1.1-3) は、時間のべき乗で減衰する現象のいわゆるフラクタル次元表現を思わせる式であるが、特別の科学的根拠はない経験式である。一方、式 (2.1.1.1-4) は Stretched-Exponential と呼ばれ、各種の緩和現象を経験的に記述する式として広く利用されてきている。駆動寿命を記述する式としても、多くの論文等で利用されている。

この2関数に加えて、初期劣化と長期劣化の挙動を考慮した式 (2.1.1.1-5)、(2.1.1.1-6) を導入する。

$$L(t) / L_0 = \lambda \exp[-(t/\tau_1)^\alpha] + (1 - \lambda) \exp[-(t/\tau_2)^\beta] \quad (2.1.1.1-5)$$

( $L_0$  : 初期輝度、 $L(t)$  : 時間 $t$ での輝度、 $t$  : 時間、 $0 \leq \lambda \leq 1$ ,  $\tau_1 > 0, \tau_2 > 0$ ,  $\alpha, \beta > 0$  : 定数)

$$L(t) / L_0 = \lambda \exp[-t/\tau_1] + (1-\lambda) \exp[-t/\tau_2] \quad (2.1.1.1-6)$$

( $L_0$  : 初期輝度、 $L(t)$  : 時間 $t$ での輝度、 $t$  : 時間、 $0 \leq \lambda \leq 1$ ,  $\tau_1 > 0, \tau_2 > 0$  : 定数)

式 (2.1.1.1-5)、(2.1.1.1-6) は以下の確率モデルを構築して数理的に導出された。

素子内の発光サイトについて

- ・個々の発光サイトの減衰挙動は、初期劣化型もしくは長期劣化型のいずれかである。
- ・初期劣化型および長期劣化型の発光サイトは一定の割合で混在する。
- ・初期劣化型サイトおよび長期劣化型サイトの個々の寿命は、それぞれある確率分布に従う。
- ・初期劣化型サイトの寿命および長期劣化型サイトの個々の寿命の確率分布は式 (2.1.1.1-5) の場合、ワイブル分布と想定する。式 (2.1.1.1-6) の場合、指数分布と想定する。

このとき $\tau_1$ ,  $\tau_2$ はそれぞれ初期劣化、長期劣化の特性を示す時定数、 $\lambda$ は初期劣化型発光サイトの割合を表す。なお式 (2.1.1.1-6) は式 (2.1.1.1-5) において特に $\alpha=1$ とした場合と一致する。さらに式 (2.1.1.1-4) は式 (2.1.1.1-5) において $\lambda=0$ とした場合と一致する。すなわち発光サイトが単一の減衰挙動で表され、且つその寿命がワイブル分布に従うと想定したモデルに等しい。

また、輝度減衰曲線の実データは通常時間に対して等間隔ではなく、初期のデータは時間間隔が短く、長期のデータは時間間隔が長くなっている。しかし、それでも対数軸上で等間隔にデータが取得されているわけでもない。このようにデータ密度が異なるデータを精度高く数値フィッティングするためには、通常データの均等化処理を行う必要がある。ここでは実測データを最小二乗法で処理するので、データ間隔の均等化の代わりに、それぞれの時間で取得したデータに重みをつけることでデータ間隔の均等化に代えることとした。

ここで用いた 4 関数のどれを用いると、寿命曲線を最も精度高く数式近似できるかを調べた。また、実測データを部分的に使用して、長時間側の曲線を予測し、実データと比較した。

A2 素子について加速試験で用いた 7 種類のサンプルに対して 3 倍時間予測を行った。式 (2.1.1.1-6) を用いた場合、誤差が概ね 10%以内に収まっているのに対して、式 (2.1.1.1-3)、(2.1.1.1-4)、(2.1.1.1-5) の場合は数%~70%の範囲でばらつきサンプル毎に異なる値を示した。

今回の結果をまとめると

- ① 外挿法における予測時間の精度検証手法を考案した。想定した 4 つの近似式のうち、初期劣化と長期劣化の挙動をそれぞれ指数関数で表した近似式 (2.1.1.1-6) による予測精度が比較的良好であった。
- ② 近似式 (2.1.1.1-6) を用いた場合、2 倍および 3 倍の時間予測精度は 10%以内の誤

差に収まった。

4倍以上の時間予測では10%以上の誤差を生じるケースも現れた。

①、②の結果から、減衰挙動を初期劣化と長期劣化に分離し、それぞれを指数関数で表現したモデルが今回のA2素子サンプルに適合していると考えられる。ただこのモデルが他の素子にも適合できるか、あるいは他の測定条件にも適合できるかどうかは今後の課題として検討する必要がある。

### **(c) まとめと今後の方針**

リン光緑色基準素子（A2）を用いて、初期輝度  $1800 \text{ cd/m}^2$  を基準として0.5～10倍に駆動電流を変化させた寿命加速試験を行った。まず、従来から使われてきた素子寿命の初期輝度の $n$ 乗則で解析し、その精度を検証し、この方法の限界を指摘した。次に、寿命曲線を数式近似して取り扱う手法を開発した。その結果、複合指数型の関数を用いれば最も精度が高い数式近似ができることを検証した。

一方、これまで緑色リン光素子を例として寿命解析を進めてきたが、解析手法の汎用性を検証するために、白色素子をはじめとする素子構成が異なる素子での解析例を増やしていく予定である。

## **E. 評価実務書の策定**

有機 EL 素子の標準評価技術を開発し、誰が評価しても信頼性の高い測定評価結果を得ることを可能とするため、評価実務書の策定を進めている。第一段階として評価実務書の項目を整理し、各評価項目の細目について整理した。評価項目の細目について、基準素子を用いた実験結果の詳細な検討を踏まえて充実させ、平成 25 年度中に完成させる。

評価実務書の項目は、平成 23 年度に策定した評価基準書（暫定版）に対応させて作成する。

評価基準書の項目は下記の通りである。

有機 EL 素子の評価基準書：CRB-1

- 1) CRB-1-1：2011.9.26 電力効率、電流効率、外部量子効率
- 2) CRB-1-2：2011.9.26 色・輝度評価
- 3) CRB-1-3：2011.9.26 駆動特性
- 4) CRB-1-4：2011.9.26 配光特性
- 5) CRB-1-5：2011.9.26 面内均一性



## **F. まとめと今後の方針**

### **(a) これまで成果のまとめ**

- (1) ガラス基板を用いた単色基準素子（A0、A2、B0、G0）と白色基準素子（MPE1）を策定した。
- (2) 配光計測法による全光束並びに発光効率の評価方法に関して、基準素子を用いた実験に立脚した評価技術上の課題を抽出できた。照度測定法はトレーサビリティがあり、かつ精度高く測定できる手法である。積分球を用いて同一素子で全光束を測定し、5%の誤差範囲で配光計測法からの値と一致した。
- (3) 電流-電圧-輝度特性の測定条件に関して検討を加え、素子自己加熱効果の影響を明らかにした。
- (4) リン光緑色基準素子（A2）を用いて、初期輝度 1800 cd/m<sup>2</sup> を基準として 0.5～10 倍に駆動電流を変化させた寿命加速試験を行った。寿命曲線を数式近似して取り扱う手法を開発した。複合指数型の関数を用いれば最も精度が高い数式近似ができることを検証した。数式近似手法を用いての外挿法では、初期劣化と長期劣化を分離して予測することで、3 倍先の時間までは 10%程度の誤差で予測できることがわかった。
- (5) 2mm 角発光デバイスについての評価実務書 案 を作成した。

### **(b) 平成 25 年度末までの実施方針**

- ・単色基準素子（B0、G0）について追加実験を行い素子構成の最適化を図る。
- ・配光と積分球から算出する発光効率に関して、2mm 角と 30mm 角発光で比較検討する。
- ・駆動寿命の加速試験における発熱の影響を考慮して、寿命予測精度を向上させる。
- ・2mm 角発光デバイスについての評価実務書を完成させる。

### 2.1.1.2. フレキ素子用性能評価技術の課題抽出

フレキ素子用性能評価技術の課題抽出では、平成 25 年度末までに、バッチによるフレキ素子の作成と評価を行い、素子作成手順書と評価基準書及び評価実務書の作成を目標とする。また、バッチによるフレキ素子の評価からフレキ基準素子の策定を行った。

#### A. はじめに

フレキ EL 素子は、バリアフィルム基板上に、透明正電極、有機 EL 層、Al 負電極からなる EL 素子を形成させカバーバリアフィルムを、接着剤を用いて貼り合わせた構造を有している。

フレキ EL 素子はガラス基板有機 EL 素子に比べ、バリアフィルム基板表面の平坦性、水蒸気などに対する十分なバリア性の付与が困難であり、高温高湿下での高温高湿評価（60℃90%RH）を行うと、多数のダークスポット及び発光面サイドの消光（サイド消光）などの発光欠陥が発生しやすく問題であった。

上記の問題を解決するため、接着剤、平坦化層などフレキ素子の封止に関わる材料の高温高湿評価を行い、さらにガラス基板素子による同様の比較評価を行うことで、封止関連材料と封止プロセスによる素子劣化の要因を明らかにし、ダークスポット、発光面形状の経時による変形などの課題解決を行うことを目的として、以下のフレキ特有の評価による研究を遂行する。

- (1)各種接着材料からのデガスを抑制するため、各種材料に対するガラスカバー板とガラス基板を用いたガラス素子の高温高湿寿命との相関を把握し、処理（硬化）時においても発光欠陥の原因となるデガス発生が少ない材料の選定を行う。
- (2)フレキ素子による各種材料に対する高温高湿寿命との相関を調べ、平坦化材料を選定する。

## **B. フレキ基準素子の策定**

### **(a) フレキ基準素子の構造**

フレキ基準素子C01-1は水蒸気透過度  $10^{-4}$  (g/m<sup>2</sup>/day) (以下WVTRと略す) 台のバリア性能を持つバリア膜とスパッタ法によるSiN膜を積層したバリア構造を持つ。C01-2はWVTRが  $10^{-2}$  台のバリア性能ではあるが、比較的単純な素子構造を持つ。また、フレキ素子の発光状態の評価を行うための素子であるため、発光層の構造は緑色に発光する単純な構造を用いている。

### **(b) フレキ素子の課題とその解決方法**

#### **(1) 接着剤の選定**

接着剤は、光または熱硬化性の液状3種類と熱硬化性のシートタイプ2種類の接着剤内部からのデガスによる劣化を評価する為、ガラスカバー板とガラス基板を用いた素子による高温高湿信頼性を評価した。E接着剤がダークスポットの発生、成長が他に比べ著しく少ないことがわかりこれを採用した。

#### **(2) 平坦化剤の選定**

平坦化材料の選定としては、5種類の光硬化性塗布材料をガラスおよびベースフィルム上に塗布し、硬化後の表面平坦性を評価したところ、2種類の平坦化材料は突起物等が極めて少なく、平坦性が著しく改善された。

形成された平坦化層の効果としては、バリアフィルムに直接素子部を成膜し作製した素子の場合、初期の発光面において細かいダークスポットが多数出現していたが、バリアフィルム上に平坦化層を設けることにより初期および60°C90%加湿環境下でのダークスポットが大幅に減少した。一方、平坦化層に直接素子部を成膜した場合には、横方向からの水蒸気の侵入などによりサイド消光が発生する課題がある。

#### **(3) 高バリア性基板**

耐熱バリアフィルム基板に使用されるバリア層のバリア性に関しては、優れた被覆性の成膜方法を用いバリア特性の改善が達成された。

## C. 評価

### (a) ガラスと共通の評価

- ・光特性評価 (IVL、配光測定、全光束測定)

#### IVL測定

##### (1) はじめに

有機 EL 素子の評価は、主に初期特性評価と信頼性評価の 2 つがある。本項では、フレキシブル有機 EL 素子の初期特性評価に関して、実験および結果を記述する。

##### (2) 実験方法

本事業にて作製した 2mm 角のフレキシブル有機 EL 素子を、IVL 測定装置を用いて、定電圧駆動 (0~8V) 方法により測定を行った。

##### (3) 実験結果

測定した結果を以下に示す。

☆基本的に有機材料層は A0 素子と同じ構成の C02 素子

C02 素子：前述 C01-2 素子中の素子部と接着剤の間に、接着剤層からの水蒸気などの侵入を防ぐ目的で、保護膜と同じ SiN バリア層（仮封止層）を設けた構成の素子。

- 1) 12月の作製条件 (C02 素子)
- 2) 10月の作製条件 (C02 素子)
- 3) ガラス素子 (A0 素子)

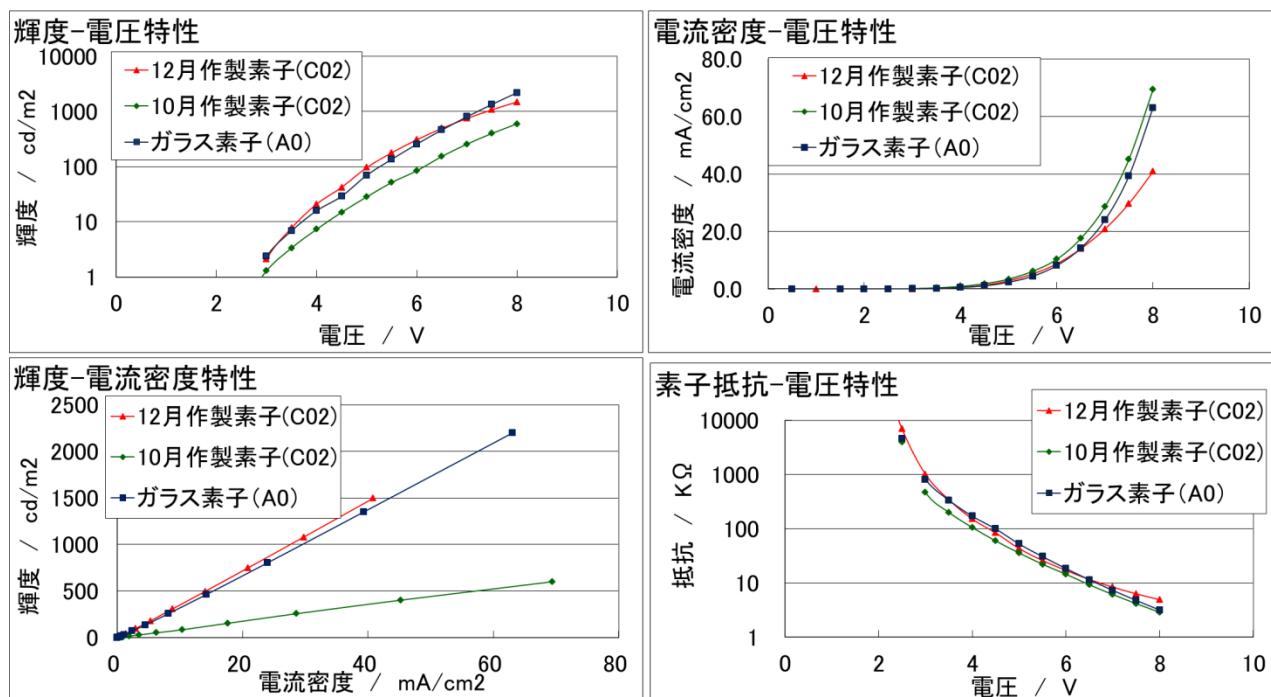


図 2.1.1.2-1 輝度・電圧特性・電流密度・素子抵抗 各特性

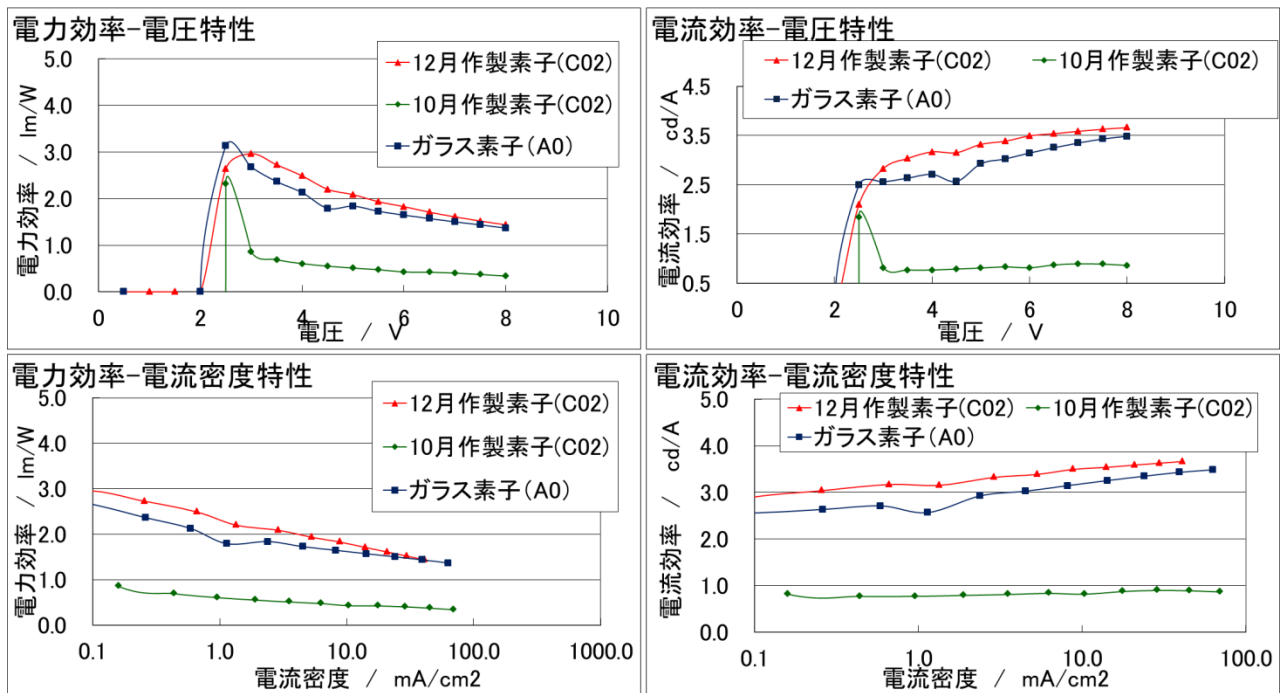


図 2.1.1.2-2 電力・電流効率 vs 電圧・電流密度特性

#### (4) 考察

初期の構成に置いては、ガラスで作製している有機 EL 素子に対し、大きな差が生じたのに対し、各最適化を行う事によって、より近づいてきた。この理由は、素子の劣悪な作製条件や、水分などが含まれているなどの材料条件等、多くの要因が絡み合っている事により、内的・外的劣化が急速に起こっているものと考えられる。

当面の課題解決方策は素子作製条件および各周辺材料の最適化をより一層高める事である。

同ロット内、3個の2mm角フレキ素子のIVL測定を、輝度計トップコーン社製BN-9を用いて行った、結果を図2.1.1.2-3に示す。3素子の結果は良い一致を示した。

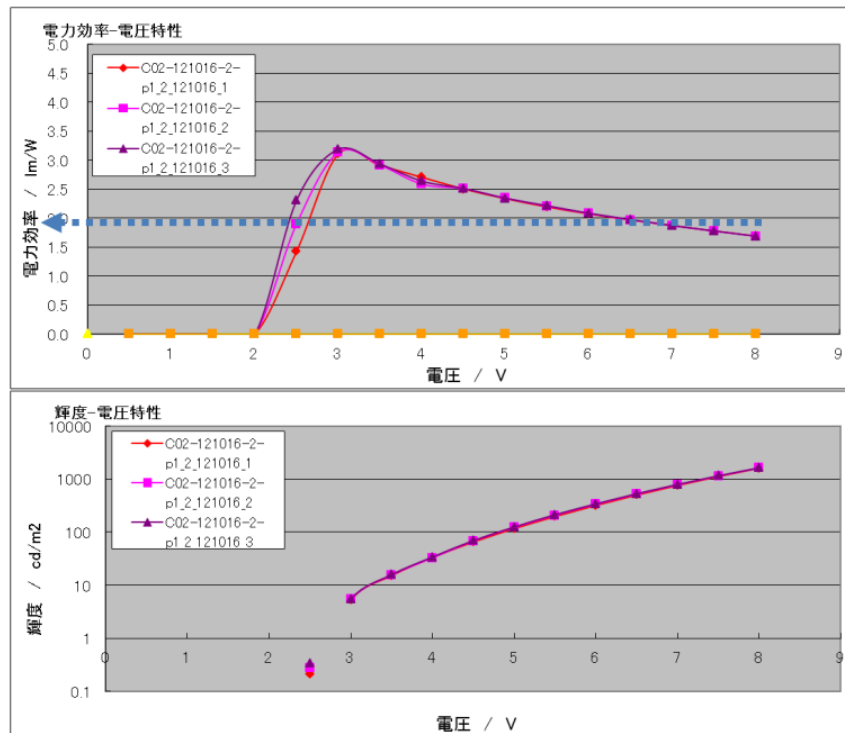


図 2.1.1.2-3 発行特性測定結果（フレキ素子 C0-2）

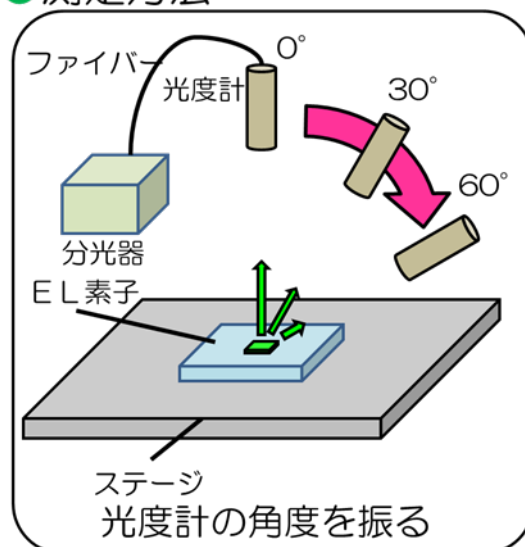
※輝度は、輝度計トップコーン社製 BN-9 を用いて測定した

### 配光測定

2mm 角フレキ素子の発光を発光面から垂直な方向を 0°に設定し、±15°、±30°、±45°、±60°の角度にてその光度を計測、0°を 1 に規格化した相対的な配光曲線を求めた。さらに比較素子としてフレキ基板を 0.7mm ガラス基板に変更したガラス素子を作成、その配光曲線と比較をした。

ガラス素子の配光は Lambertian に近い配光曲線であったのに対してフレキ素子のは発光面に対して発光方向に細長い楕円球体形状であり、また、配光角度に対する発光スペクトルはガラスのスペクトルはほぼ同じであるのに対して、フレキ素子のは大きく変化しており、フレキ素子とガラス素子では大きな差異があることがわかった。

## ●測定方法



ガラス素子は、Lambertian  
フレキ素子は、長楕円球状

## ●測定結果

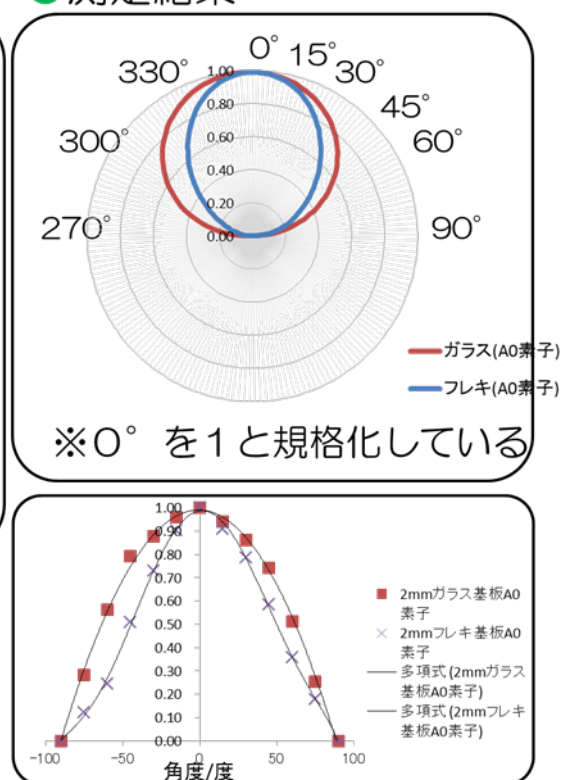
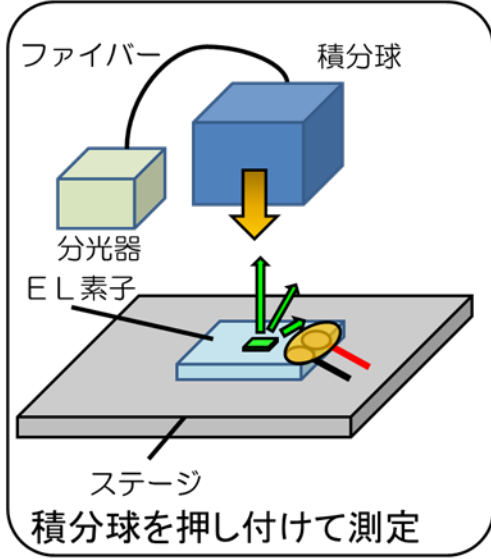


図 2.1.1.2-4 配光測定

- ・測定条件：分光器は、オーシャン옵ティクス社製 0.2mm 径オプティカルファイバータイプマルチチャンネル分光器 USB200+を使用、サンプルとオプティカルファイバーヘッド間の距離は 140mm、配光曲線は、6次の漸近線級数関数シュミレーション値を使用
- ・駆動電圧：6.28V、0.6mA

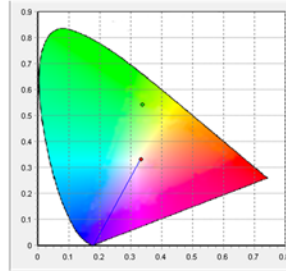
全光束測定

●測定方法

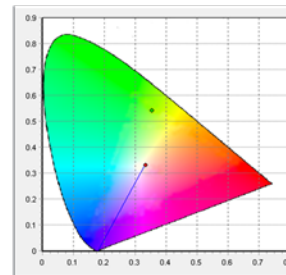


電圧：6.28V  
電流：0.6 [mA]

フレキ：1.29[lm/W]



ガラス：1.87[lm/W]



	ガラス	フレキ
積分時間[usec]	60000	60000
平均回数	20	20
スムージング	3	3
Electrical Dark	No-USE	No-USE
ピクセル数	2048	2048
計測モード	全放射束[L	全放射束[L
保存開始波長[nm]	188.718	188.718
保存終了波長[nm]	894.148	894.148
保存ピッチ波長[nm]	全波長	全波長
視野角	2度	2度
光源	E	E
モード	光源色	光源色
X	6.410771	5.417605
Y	10.34406	8.326256
Z	2.292708	1.602364
x	0.336567	0.353025
y	0.543065	0.542561
z	0.120368	0.104414
u	0.152229	0.16038
v	0.368445	0.369732
R	4.808729	4.595262
G	11.65208	9.225327
B	2.19622	1.523776
L*	37.26273	33.54613
a*	-33.8442	-28.5045
b*	36.25815	36.10598
ピーク波長[nm]	0	0
ドミナント波長[nm]	555.132	558.412
中心波長[nm]	0	0
光束[lm]	0.007065	0.005686
光度[cd]	5.62E-04	4.52E-04
照度[lx]	-----	-----
全放射束[uW]	13.7291	10.61793
色純度	0.646124	0.692723
相関色温度[K]	***	***
Photon/cm <sup>2</sup> /s	4.70E+13	3.83E+13
Total Photon	2.82E+12	2.30E+12
umol/m <sup>2</sup> /s	0.753224	0.59264
電圧[V]	6.28	6.28
電流[mA]	0.6	0.7
発光効率[lm/W]	1.87	1.29

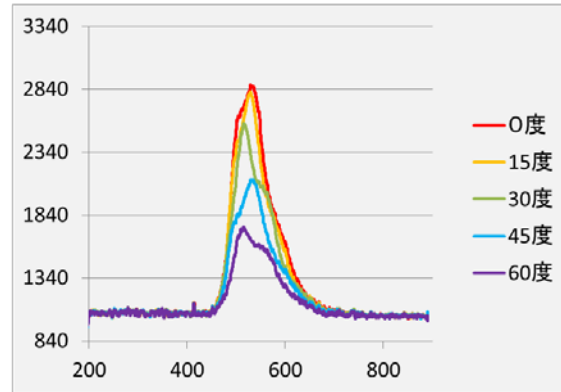
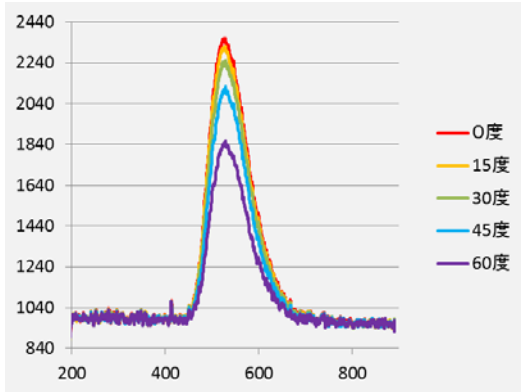


図 2.1.1.2-5 積分球による発光効率 (lm/W) 測定

- ・ 積分球：オーシャンオプティクス社 FOIS-1 を使用
- ・ 発光効率：1.8lm/W(1000nit);ガラス素子の約 80%



## **(b) フレキ特有の評価**

### **高温高湿寿命と素子構成部材との相関把握**

フレキシブル素子の高温高湿信頼性を評価する場合、基板と封止板ともフレキシブル基板を用いてしまうと結果を左右する要因が多項目に渡り結果の考察が難しくなる。そこで接着剤の選定は基板と封止板ともにガラスに固定して接着剤の種類と EL 素子へのダメージの相関の把握評価を行った。その後、評価結果の良好な接着剤を使用し、基板をガラスに固定した上で最適なカバーバリアフィルムの選定を行った。

### **高温高湿寿命と平坦性の相関把握**

有機 EL デバイスにおける素子部は水分等に非常に敏感なため、耐熱バリアフィルム基板、カバーバリアフィルムともに高いガスバリア性能を有するフィルムが要求される。加えて、耐熱バリアフィルム基板においては主に蒸着法により積層形成される素子部が耐熱バリアフィルム基板の表面形状の影響を直接受けるため、EL 素子積層面の表面平坦性が非常に重要な要素となる。素子部の膜厚はおおよそ数百 nm であり、良好な発光面を得るためには耐熱バリアフィルム基板の表面はこれに対応して数 nm オーダー以下の緻密な平坦性の制御が要求される。以上のことから、フレキシブル耐熱バリアフィルム基板は「ハイガスバリア性能」「良好な表面平坦性」の 2 つの要素を満たすフレキシブルフィルムでなくてはならない。

これらの背景を鑑み、各種フレキシブル耐熱バリアフィルム基板を用いてフレキシブル素子を作製し、それらの高温高湿環境下の発光面の継時変化観察や表面平坦性の解析、CRDS によるバリア性の評価等の実験から、耐熱バリアフィルム基板の課題抽出およびその信頼性向上の検討を本項の目的とする。

耐熱バリアフィルム基板側の要因を切り出すためには、貼り合わせ基板側の発光部に与える影響を切り離して考察する必要がある。そこで、貼り合わせ基板側は Alpet (Al 貼りあわせ PET)、接着層は接着剤 E の組み合わせのもので検討することとした。また、本項における素子成膜はアルバック社製クラスター蒸着機 SOLCIET-CL を用いて、平坦化層はスピコート法により、バリア層はアルバック社製スパッタ装置 SBH-2306 を用いて行った。

#### **< 平坦化膜材料の選定 >**

平坦化層を構成する平坦化膜材料の選定は、各種塗布材料をガラスおよびベースフィルムに塗布し、Vertscan を用いて硬化後の表面平坦性を測定して評価を行った。各種塗布材料をベースに膜厚は 0.5~2 $\mu\text{m}$  を目標として最適化を行ったものである。Entry 1 は平坦化膜材料にアクリル性光硬化剤を用いたサンプルであるが、硬化に必要な露光量が多く、硬化後の膜ムラが激しく約 100~150nm 程度の幅で波を打つプロファイルが得られている。また、Entry 2 は一般的なネガ型のレジストを用いたサンプルで、フィルターを介して塗布しても表面に突起物が現れる結果であった。これに対して、Entry 3 は Entry 1 とは異なるアクリル光硬化レジストを用いたサンプルであるが、突起物等がきわめて少なく、Ra=1nm 台の非常に良好な表面が得られている。そこで、この材料を用いて使用を想定しているベースフィルムである PEN およびバリア付きフィルムに塗

布を行い、その表面を観察した。特にバリア付きフィルムの表面は荒く、約数 10nm で凹凸がある表面であるが、硬化後の表面は平坦なガラス基板上に製膜した結果 (Entry 3) とほぼ変わらない良好な表面が得られており、これらの凹凸を十分にカバリング可能であることが分かった。

#### <平坦化層の効果>

ベースフィルムを用いて素子を作製し、まず平坦化層の効果について検討することとした。ベースフィルムにはバリア性評価の結果から PEN フィルムに対して片面のみの成膜で良好な WVTR が  $10^{-3}$  台のバリア性を有するバリア付きフィルム、接着層および貼り合わせ基板は最も良好な結果を得た Alpet と E 接着剤で検討を開始することとした。

バリア付きフィルムに直接素子部を製膜し作製した素子の場合、初期の発光面において細かいダークスポットが多数出現している。これに対して平坦化層を介して素子を作製すると、初期のダークスポットが大幅に減少した発光面が得られた。これらの結果は Vertscan の表面平坦性の結果と対応していると考えられる。すなわち、凹凸の多い面に直接素子を作製したことが初期のダークスポットの発生の主要因であり、その上に平坦化層を敷くことでその突起がカバレッジされ、良好な発光面が確保できるようになったと考えられる。

また、平坦化層に直接素子部を製膜した場合、横方向からの消光が進んでいることが確認できる。Entry 1~3 のいずれの場合においても横方向の消光は起こり、平坦化層材料による差は特に見られなかった。Entry 1 ではこのような特徴的な消光がみられないことと、E 接着剤からのデガスによる消光が見られないこと、さらに発光面は縦方向に陽極を向けて観察していることを考慮すると、平坦化層を介して横方向から水分が入り込んだことに基づく消光と推察できる。

## D. その他 1

### (a) 高温高湿保存前後の IVL 測定

PEN 基板の上に平坦化層を塗布し、その上にスパッタ法により SiN 膜を 100nm 成膜したバリア膜上に素子を作製したフレキ基準素子 C01-2 を用いて IVL 特性の測定を行った。このバリア膜のバリア性能は WVTR が  $10^{-2}(\text{g}/\text{m}^2/\text{day})$  のバリア性能を有していることが CRDS 法の測定により明らかになっている。

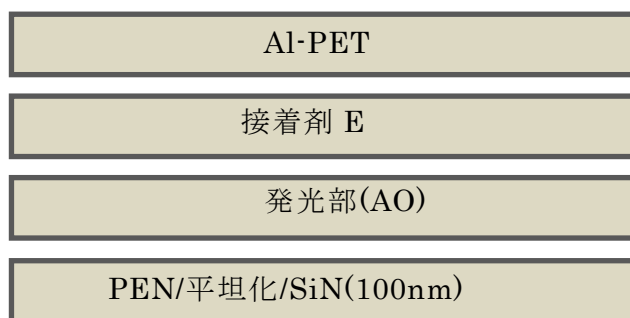


図 2.1.1.2-6 C01-2 基準素子構造

#### ●60°C90%RH 保存前後の発光写真

スパッタ SiN 膜をバリア膜として用い素子を作製して評価を行った。評価を行った素子の発光部は 2mm 角である。また、60°C90%RH 保存 168 時間経過後にダークスポットの拡大の少ない素子の確率は 8 素子中 25~50%であった。図 2.1.1.2-7 に示した素子 A は 168 時間経過後もダークスポットが拡大しなかった素子の発光写真であり、素子 B はダークスポットが拡大した素子の例である。

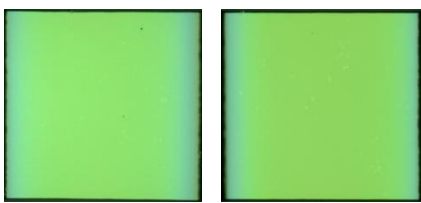
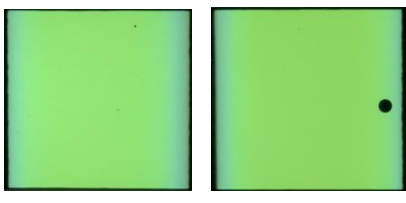
size	60°C, 90%rh	0h	60°C, 90%rh	168h	確率
2mm	 素子 A                  素子 B		 素子 A                  素子 B		25~50%

図 2.1.1.2-7 60°C90%RH 保存前後の発光写真

●保存前後の I-L 特性

ダークスポットの拡大がない素子 A の 60°C90%RH 保存 168 時間前後の I-L 特性を図 2.1.1.2-8 に示す。保存前後の I-L 特性に違いは見られず、ダークスポットの拡大しない素子では I-L 特性に劣化は見られない結果となった。

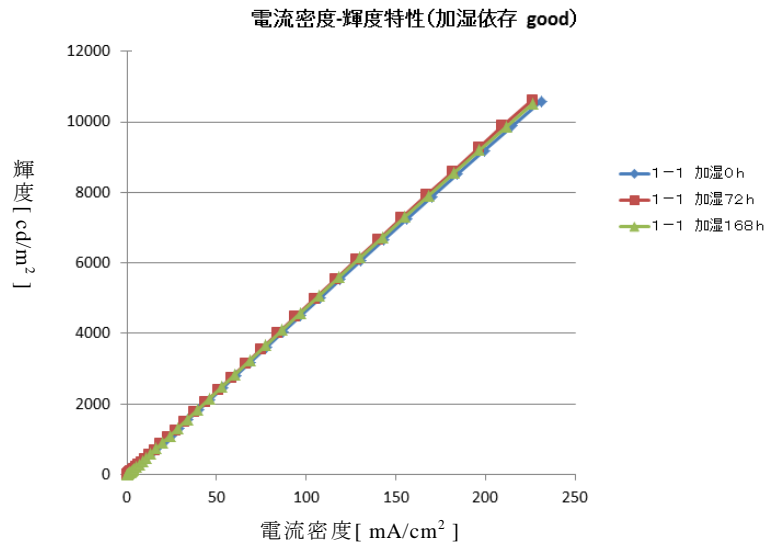


図 2.1.1.2-8 I-L 特性

## **(b) 検討に使用したスパッタ装置の仕様**

製造メーカー : アルバック  
形式 : SBR-2306 特  
カソード : 8 インチマグネトロンカソード 3 元  
プロセスガス : Ar (100sccm)、O<sub>2</sub> (10sccm)  
基板回転 : MAX20rpm  
スパッタ電源 : RF 電源 3kW 1 台、DC 電源 4kW + 異常放電防止器 1 台  
排気系 : 12 インチクライオポンプ + 油回転ポンプ  
基板加熱系 : 赤外ランプ加熱ヒーター (最高温度 300℃、常用温度 200℃)  
逆スパッタ機構 : RF 機構による基板クリーニングが可能  
TS 間距離 : 75~105mm (ライナー使用時は +60mm)



図 2.1.1.2-9 スパッタ装置

## E. その他 2

### (a) フィルム基板上有機 EL 素子の光取出しシミュレーションによる課題抽出

(金沢工業大学 三上研究室との共同実施)

#### 概要

本検討は平成 25 年度より開始しており、平成 25 年度はフィルム基板上有機 EL 素子の光取出しシミュレーション結果から導き出したフレキ素子構造を提案することを目標とする。

抽出される課題としては、

ア) ガラス基板に無くフィルム基板に有るバリア膜の光取出し評価に関わる課題

イ) フィルム基板の異方性（面内と厚み方向）による光取出し評価に関わる課題等を想定している。

検討の具体的な進め方は、

① 単色光でのガラス基板とフィルム基板の光取出しシミュレーション比較

② 白色光でのガラス基板とフィルム基板の光取出しシミュレーション比較

③ ①②で得られた結果からの課題抽出

を計画している。また、シミュレーションと実素子作製の関係は、シミュレーションでは実素子作製できないケースも含め計算する予定であり、シミュレーションと実素子とで効果的な比較ができる構造を抽出し実素子作製する。

### 平成 25 年度上期の成果

#### 光取出し基準素子構造に用いる各種の膜の膜物性の測定

光取出し基準素子に用いる各種の薄膜の膜物性を測定した。

膜物性を測定するにあたり、測定装置として反射分光膜厚計（大塚電子 FE-3000）とエリプソメーター（大塚電子 FE-5000S）の 2 機種を用い、ガラス基板上とフィルム基板上の同じ膜を測定し相関を取った。

#### 有機 EL 材料の PL スペクトル

光取出し基準素子に用いる白色有機 EL 素子に用いる RGB 発光材料の PL スペクトルを測定した。

真空蒸着装置を用いてガラス基板上に R、G、B それぞれの単膜を成膜しサンプルとした。

PL 測定は分光放射輝度計（トプコン SR-3）を用い、励起波長 365nm、exposure time:15sec とした。結果を図 2.1.1.2-10(a)～(c)に示す。尚、励起光に 365nm を使用している関係で、短波長側に励起光由来の裾が出ているので、シミュレーションに用いる際には短波長側を除いている。

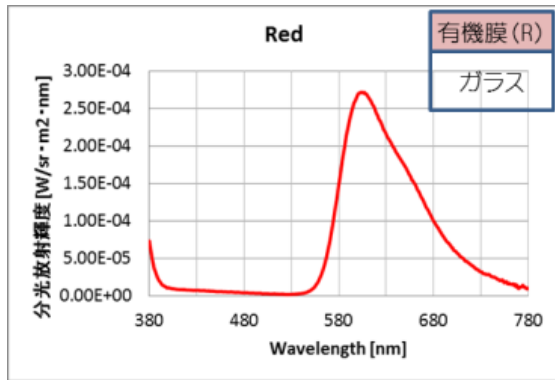


図 2.1.1.2-10 (a)

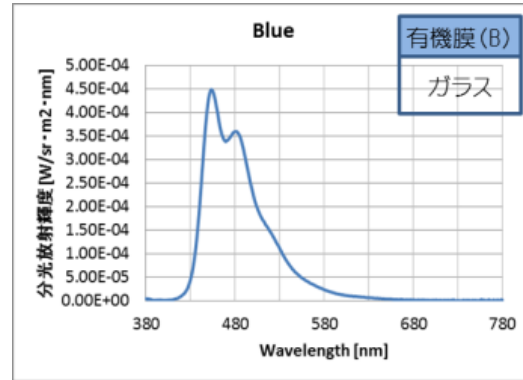


図 2.1.1.2-10 (b)

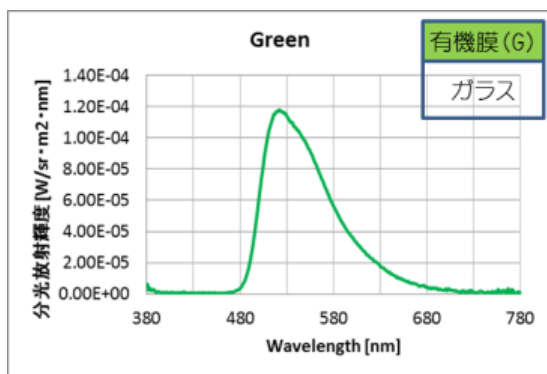


図 2.1.1.2-10 (c)

### 平成 25 年度下期の予定

下期はガラス基板とフィルム基板の比較において

- ① ガラス素子の基本構造（バリア層なし）とフィルム素子との比較
  - ② 白色素子でのガラス基本素子とフィルム素子との比較
- を行い、フィルム基板素子での課題の抽出を行う予定である。

### 膜厚評価装置

有機 EL 照明素子を作製するうえで、数十 nm オーダーの有機膜の膜厚評価を行うことは、必須である。

ガラスを用いた有機 EL 照明素子の一般的な膜厚評価手法としては、薄膜破壊の膜厚評価手法としては接触式段差計、AFM、断面 TEM などの手法が、非破壊の膜厚評価手法としては、分光エリプソメトリーが知られている。

## F. これまでの成果のまとめ

### <基準素子>

フレキ素子に使用されるフレキ基板は、ガラスに比べ水蒸気のバリア性、平坦性、耐熱性に劣るため素子の寿命が短く、発光面にダークスポット（DS）やサイドからの発光面の消光などの問題が発生し易く問題であった。

本検討では、バリア膜と平坦膜との融合技術により高温高湿保存安定化と高いバリア性の向上が可能である事がわかった。ただし、基板のバリア性に関してはいくつかの課題が残っており、ガラス素子と同等の性能を有するフレキ素子を安定して作製する技術を早期に確立する事が望ましい。

- 1) 熱処理時においてもデガス発生が極めて少なく、高温高湿信頼性テストにおいてもダークスポットの発生しない接着剤により、保存寿命を長寿命化させることが可能となった。
- 2) 平坦化膜を選定する事により高い平坦性を有するフレキ基板を作製することで、突起によるダークスポットの発生を大幅に抑制可能であることがわかった。

### <基準評価>

フレキ素子の評価では、ガラス基板素子と共通の評価とともに素子寿命に絡むフレキ特有の評価を行った。

#### 1) ガラス素子と共通の評価手法

ガラス素子と共通の評価を用いて IVL、配光、全光束の評価手法の検討を行った。

#### 2) フレキ特有の評価手法

以下に示す、フレキ素子構成に対する高温高湿寿命変化との相関を調べ、寿命劣化要因を把握し長寿命化させる手法を開発した。

- (1)平坦化層に対する、素子寿命変化の相関を調べ、大幅に素子寿命を向上させる指針を得た。
- (2)保護バリア膜に対する、サイド消光発生の相関を調べ、サイド消光による寿命の劣化要因を見出した。

## 平成 25 年末までの実施方針

フレキ素子構成に対する高温高湿寿命変化の相関把握に加え、高感度水蒸気透過率測定装置（大気圧イオン化質量分析計）を用いて、フレキ素子の基板やサイド側から侵入する水蒸気と材料内部のデガスなど、複数の水蒸気透過或いは発生経路の寄与を切り分け数値化し、それらと素子寿命との関連を調べ、水蒸気による劣化要因を解析することにより、フレキ素子寿命の向上を可能とする評価手法の開発に着手し、基準素子手順書 1 と評価実務書 1 の作成を行う。



## **2.1.2. 標準評価セル製造プロセス技術の開発 (CEREBA) (①-1-2)**

有機 EL 素子作製には、多くの材料を用いる多様なプロセスが用いられているが、相対評価を行うためには、それぞれ 1 つの共通した製造プロセスを採用しておく必要がある。本研究では、プロセス（真空蒸着及びウェットプロセス）に由来して発生する性能変動要因を、プロセス種ごとに検証して、プロセス依存性を織り込んだ標準評価技術を開発することを目指す。

本項では、真空蒸着及びウェットプロセス用の標準評価セル（有機 EL 基準素子）の検討を行い、特性の安定化した素子作製に必要な製造プロセス（基板洗浄・乾燥、表面処理、成膜、封止方法、プロセス雰囲気等）標準作製条件を策定し、その条件で作製した素子における性能変動等の技術課題を抽出し、抽出した課題の解決手法を明確化することを目標とした。

### **2.1.2.1. ガラス基板評価セル製造プロセス技術の開発**

#### **A. はじめに**

ガラス基板評価セルの製造プロセス由来の性能変動を最小限に抑えることを目的として下記の検討を行った。アウトプットとしては、各組合員企業の新規材料のスピーディーな開発に寄与しうる作製手順書の策定を目指す。

##### **(1) 素子作製プロセス由来の性能変動要因の抽出**

蒸着機による特性の差異、共蒸着時のドーパント濃度依存性、アウトガスと素子特性の関係、素子作製後保存での特性劣化、封止後加熱処理の影響に関して調査検討を行った。

##### **(2) リーク対策**

電流リークのない基準素子を作製することは重要であり、リークの程度を判断する指針、リーク原因の調査、その改善について検討を行った。

##### **(3) 蒸着膜厚測定法の検討**

性能変動要因の 1 つと考えられる有機層膜厚のばらつきを素子作製と同時に評価できるとスピーディーな開発につながる。そこで、エリプソメトリやシミュレータなどを検討した。

## **B. ガラス基板上の緑色単色及び白色素子の製造プロセスによる性能変動要因の究明**

本研究では、ガラス基板上に作製した緑色単色素子（基準素子 A0、A2）と白色素子（基準素子 MPE1）の素子製造プロセスによる初期特性、駆動寿命特性の特性ばらつきを把握、性能変動要因を究明し抑制することにより、組合各企業での発光効率及び駆動寿命の向上に寄与することを目指す。

本項では、緑色単色基準素子（A0、A2 素子）の作製プロセス・初期性能評価に関し、特性ばらつき把握・原因調査等の検討結果について報告する。白色基準素子作製プロセスの内容は 2.1.3. に詳述する。

### **(a) 標準評価素子作製プロセス**

#### **素子製造プロセス**

下記プロセスを基準として素子を作製した。

##### (1) 基板洗浄

CEREBA に導入したライン洗浄機を用いて、洗浄を行った。

##### (2) 基板前処理

現在各種前処理条件で素子を作製し、IVL 特性、駆動寿命特性などの最適な前処理法を検討中である。

##### (3) 成膜

クラスタ蒸着機、小型蒸着機を用いて成膜した。

##### (4) 封止

N<sub>2</sub> 雰囲気下、UV 硬化樹脂を塗布した封止ガラスと貼り合せ、UV 硬化を行った。

##### (5) スクライブ

100mm 角のガラス基板を基準として用い、100mm 角基板上に 9 つのユニットを作製し、分割して外形 30mm 角の 9 つのユニットにした。

### **素子サイズおよび発光面サイズ**

膜厚(150、110、50nm)の ITO がパターンニングされた 100 mm 角のガラス基板を用いて素子を作製後、分割して 30mm 角とした。発光面は、有機マスクを通して有機膜を成膜後、金属マスクを通して蒸着パターンニングして 2 mm 幅 ITO 上に直交する 2 mm 幅陰極を 2mm 角に規定した。

### **(b) 単色素子の特性ばらつき**

基準素子として、特性の安定性は最も重要なファクターである。しかし、実際に特性のばらつきの要因は多数あり、それらが複雑に関係して特性として現れているので簡単にばらつきの原因を特定できるものではない。表 2.1.2.1-1 に特性ばらつきに影響を及ぼすと想定される因子の例を示す。本項ではばらつきの要因の抽出を目的として、蒸着機による特性の差異、共蒸着時のドーパント濃度依存性、アウトガスと素子特性の関係、素子作製後保存での特性劣化、封止後加熱処理の影響に関して調査検討を行った。

表 2.1.2.1-1 特性ばらつきに影響を及ぼすと想定される因子

外部因子	アウトガス, 残留ガス・・・水分, 酸素, モノマー・ポリマーガス プロセス・・・基板洗浄, 成膜前処理, 成膜条件, 封止, 測定 外部環境・・・環境温度, 自己発熱(放熱性の違い), 湿度, 光 材料・・・不純物
内部因子	材料本来の持つ劣化因子 層構成によるチャージの影響 材料同士の相性

### 蒸着機による比較

単色基準素子である A2 素子および A0H 素子を、小型蒸着機（ALS）およびクラスタ蒸着機（ULVAC）を用いて作製し、素子の初期特性（VIL 特性）の変動を調査した。

基板洗浄、真空蒸着、封止に至る各工程は、作業標準（SOP）を作成して、作業工程において発生し得る特性のばらつきを最小限に抑えるべく管理した。また、有機 EL 素子の初期特性評価方法についても、作業由来のばらつきを抑えため、基本的に素子作製の翌日に発光面積および VIL 測定を、作業標準に沿った形にて行った。

クラスタ蒸着機には、装置由来の特徴的なバッチ内（面内）ばらつきが存在した。クラスタ蒸着機作製の 2 バッチ（18 素子）共に、36 画素の電圧値のバッチ内ばらつきは、±1%程度であった。素子間（バッチ間）で比較すると、各画素の変動の挙動はよく似ていた。また、電圧のばらつきと膜厚のばらつきには、相関がみられた。膜厚ばらつきと基板上的各素子の画素の配置には、規則性が見られた。装置上の問題と推測される。

電流効率については、±2~3%程度のばらつきが見られ、また、その変動の挙動も 2 バッチ（18 素子）で異なっており、また電圧のばらつきとも若干異なった。電流効率のばらつきは、膜厚のばらつき以外の要因も含んでいるようである。

クラスタ蒸着機作製素子のバッチ間における各特性のばらつきは、電流効率のばらつきが大きく、-6~+9%と 10%以上の開きがあった。膜厚以外にも、共蒸着工程におけるドーパ濃度の振れもばらつきの要因になっている可能性がある。

小型蒸着機により作製した A2 構造を有する素子のバッチ内 9 素子の各特性値のばらつきを検証した。電圧のばらつきは 1%未満であることから、バッチ内の膜厚ばらつきは少ない様子が伺えた。バッチ内のおおよその素子は±1%以内のばらつきであるが、いくつかの素子はそれ以上に特性がばらついている素子があった。素子のリークがばらつき要因の一つとして考えられる。

次に、小型蒸着機により作製した素子のバッチ間における各特性の相対値をまとめた。クラスタ蒸着機作製素子と比較して、電流効率のバッチ間ばらつきが非常に大きいことが判った。蒸着時のレート変動が大きいことなどが原因として疑われる。

A2 構造を有する単色素子の特性のばらつきを、蒸着機別に洗い出した。クラスタ蒸着機および小型蒸着機のどちらで製造した素子でも、製造バッチ間のばらつきが見ら

れた。ばらつきの要因を抽出すべく、以下の検討を行った。

### ドーパント濃度依存性の検討

特性ばらつきの要因の一つとして各有機膜の膜厚ばらつき及び、共蒸着時のホストとドーパントの濃度比のばらつきが考えられる。膜厚ばらつきは層膜厚で考えればレートばらつきの影響は少ないが、濃度ばらつきの特性ばらつきに対する影響は大きいと思われる。

本項ではまず A2 素子における、ドーパント濃度差による特性の変化を確認した。その後レートコントローラ導入を進めているのでその進捗状況を報告する。

#### (1) 基準素子 A2 のドーパント濃度依存性

緑色単色基準素子 A2 において、ドーパント濃度差による特性の変化を確認した。発光層の共蒸着プロセスにおいて、±1%程度の製造誤差が生じる可能性があるため、プロセスによって濃度がずれた場合でも濃度差が生じるように、濃度の設定値を  $6 \pm 3\%$  とした。

ドーパント濃度を変化させた時に、ドーパント濃度が高い方がより電流が流れるような傾向が見られる。

また、電流密度に対する発光効率等もドーパント濃度に大きく影響を受けていることがわかる。これはドーパントの濃度によって、発光層におけるキャリアのトラップ性が変化するために、ホールと電子のキャリアバランスが最適となる電流密度が変化しているからと考えられる。更に発光スペクトルにおいても、ドーパント濃度の違いによってピークスペクトルが変化する傾向が見られている。これもキャリアバランスが変化することにより、発光層内の発光強度分布が変化していると考えられる。

以上のことから、A2 素子の特性ばらつきにドーパント濃度のばらつきが影響している可能性があると考えられる。

#### (2) レートコントローラ導入によるばらつき改善

再現性の良い素子特性を得るためにはドーパント濃度のばらつきを抑える必要があるが、そのためには共蒸着時において蒸着レートの安定化が必要となってくる。共蒸着プロセスにおいては、同時に 2 つの蒸着レートを制御するため、手動制御では急なレート変動に対応できなかつたり、操作ミスが発生してかえってレートが不安定になったりする場合がある。

我々は、レートコントローラを導入することによる蒸着レートの安定化の検討を行った。

その結果、自動制御でのレートコントロールを導入し、各材料において蒸着レートが安定するパラメータを設定することができたことで、成膜中のレート変動を最小限に抑え、尚且つ作業者の違いによる操作のばらつきや操作ミスを抑制することができるようになった。

今後、基準素子 A2 のデータを蓄積していき、素子特性の再現性や、ドーパ濃度の変化による素子特性への影響を確認していく。

## アウトガスと素子特性の関係の調査

有機 EL 素子の性能を安定させる上で、使用蒸着機（蒸着室・LL 室）の内部環境を綺麗にすることは非常に重要である。一般的には蒸着機の到達真空度で内部環境を把握されているが、それだけでは内部環境を十分に把握できない。そこで CEREB A では、Q-MS を用いたアウトガスのモニタリング等を行い、内部環境が綺麗か否かを判断している。

蒸着室における装置納品直後、および内部環境改善作業（拭き掃除・ベーキング）を実施しその前後での真空度、アウトガス、基板の純水接触角の結果を比較した。納品直後と比べ、作業後は真空度、アウトガス、接触角値のいずれも改善されており、蒸着室内部が綺麗になったと判断した。

Q-MS を用いることにより、水分の分圧のモニタリングや蒸着材料からのアウトガスの観察が可能であることがわかった。また、小型蒸着機、クラスタ蒸着機および白色素子作製用蒸着機 3 つの蒸着機の蒸着室内の環境が異なることが実証された。素子作製環境が寿命特性に影響を及ぼすことが示唆された。また、小型蒸着機、クラスタ蒸着機で同一構造の素子を作製して素子寿命を比較したところ、大きな違いが見られた。

蒸着環境と素子の性能の相関を取っていく環境を整えることができたので、今後は、水分分圧が素子性能に及ぼす影響、アウトガスと素子性能、素子寿命との相関調査を詳細に行っていく。また、蒸着環境の向上を目的としたクラスタ蒸着機の蒸着室の改良を進めている。

## 素子作製後保存での特性劣化に関する調査

素子の初期特性の評価を進めていた際に、VIL の測定日による特性の違い（経時変化）が見られた。初期特性の経時変化が大きい素子を用いて、かつ、評価日がまちまちな評価データをもとに、特性のばらつきを議論することは無意味である。そこで、単色素子を用いて、特性の経時変化を系統的に調査した。

本検討で得られた事象を以下に列挙する。

- ・ A2 素子は、作製から数日は初期特性が安定しないようだ。小型蒸着機作製素子では作製から少なくとも 3 日以降はほぼ安定した。
- ・ 小型蒸着機作製 AOH 素子では、変動は認められなかった。クラスタ蒸着機作製 AOH 素子においては、わずかな変動が認められた。
- ・ 小型蒸着機作製の A2 素子では、作製時期・作製日により、初期特性の変動比に大きな差があった（78～95%）。

変動の原因は、不明であるが、得られた事実から推定すると、素子の構造と蒸着環境には大きく左右されているようである。その他にも、蒸着材料の純度（言い換えれば不純物の種類、含量）、基板の洗浄状態など、いろいろな要因が絡んでいると思われるが、原因を突き止めるところまでは至っていない。特性の初期劣化の問題については、素子の長寿命化、劣化解析とは切り離せない問題である。原因究明の検討は継続して進める。

## 単色素子の特性ばらつきまとめ

小型蒸着機およびクラスタ蒸着機の2台の蒸着機を用いて、素子の作製を行い、作製プロセス由来の性能変動要因の抽出を試みた。結果として、以下のような要因が抽出された。

1. 共蒸着膜から構成される素子には、ドーパント濃度依存性が存在し、ドーパント濃度の振れにより性能に変動がもたらされる可能性が示唆された。特に、人の手を使って蒸着レートを100%調整しなければならない小型蒸着機においては、素子のロット間差が大きい傾向が見られ、ドーパント濃度や膜厚の振れに起因した性能変動の可能性が高い。レートコントローラの導入によりレート安定化が実現できたので、今後特性ばらつき抑制の有効性を確認する。
2. 素子の特性に経時変化が見られることがわかった。経時変化の割合は、素子の構造により異なる傾向が見られた。蒸着機間差の存在も示唆された。また、同一の蒸着機で作製した素子においても、ロットにより経時変化の割合が大きく異なることが明らかになった。作製時の蒸着機の状態、蒸着材料の純度(製造メーカーによる差)、ボートあるいはるつぼ内の蒸着材料の蒸着回数などの要因が考えられ、詰めを行っていく予定。また、次項の封止後加熱処理による特性変化軽減との関連性も調べていく。
3. 素子の封止後の加熱処理により特性が安定する事が判明した。露光・加熱条件に関しては、性能特に経時変化に大きく影響を与えることがわかったが、メーカー推奨の露光・加熱条件も含め検討を行っていく予定。
4. Q-MSを用いることにより、水分の分圧のモニタリングや蒸着材料からのアウトガスの観察が可能であることがわかった。また、2つの蒸着機の蒸着室内の環境が異なることが実証された。蒸着環境と素子性能の相関を取っていく環境を整えることができた。また、新規に購入した蒸着機の早期立ち上げを目指して、チャンバー内清浄化の検討を行った。チャンバーベークや溶剤による清浄化、Q-MS及び接触角測定による清浄度確認等の検討で装置の早期正常化を達成した。今後は素子を作製してその効果を確認する。

表 2.1.2.1-2 に特性ばらつき検討のまとめを示す。

表 2.1.2.1-2 特性ばらつき検討のまとめ

項目	目的	内容	今後の方針
初期特性ばらつき	特性ばらつきの現状把握	バッチ間ばらつき、蒸着機間の特性差異あり	アウトガスの影響を考慮し安定化条件探索
ドーパント濃度依存性	ドーパント濃度ばらつきの影響を調査する	・濃度ばらつきと特性の差異評価 ・レートコントローラ導入でレート安定化	レートコントローラ導入による特性ばらつき抑制の有効性確認
アウトガスと素子特性の関係検討	アウトガスが素子特性に与える影響の把握	・アウトガスの原因と特性への影響確認 ・新規導入蒸着機の清浄化検討	清浄化後の素子特性確認
保存による素子特性の初期変動	保存による特性変動の抑制	・素子作製後数日で特性劣化が見られる …数日で安定化する傾向 ・封止後加熱処理を行う事で特性安定化 …エージング効果	加熱処理条件の最適化

今後は、素子作製プロセス由来の素子の性能変動を最小限に抑えることを目的として、次のような検討も含め取り進め、アウトプットとしては各組合企業の新規材料の

スピーディーな開発に寄与しうる作業手順書や評価実務書の策定を目指す。

### **(c) リーク対策**

基準素子の作製を進める上で、電流リークが発生する事がある。リークが発生すると、素子の IVL 特性が正確に測定できないばかりか、素子寿命にも影響するため対策が必要となる。そこで、原因として考えられるパーティクルが素子作製工程のどの段階で付着するか調査した。その結果、今回発生したリークは、蒸着室、蒸着マスクに付着する蒸着材料等が原因だと判明した。

パーティクル発生箇所は下記の通りで、蒸着材料がパーティクル原因と考えられた。

1. 蒸着室内の汚れ
2. 蒸着マスクの汚れ
3. 基板ホルダーの汚れ

今後は定期的な蒸着室、蒸着マスクの清掃、および使用毎に基板ホルダーを清掃することで、蒸着室内で発生するパーティクルによるリークを低減させる事とした。

### **(d) 蒸着膜厚測定の見直し**

#### **シミュレータ (setfos) を用いた見直し**

有機 EL 素子作製時の膜厚ばらつきは特性変動における重要な因子である。このばらつきを把握する用途の 1 つとして CEREBIA では光学シミュレーションソフト Setfos (FLUXiM 社) を導入した。Setfos の有用性について見直しを行っている。

#### ◎実施項目と結果

(ア) 基本的な光学特性について実測-シミュレーション間の整合性確認

⇒正面発光スペクトルについては基準素子 A0M、A0H、A2 いずれも一致することが確認できた。輝度配光、色度配光については一致しないという課題が残った。

(イ) 膜厚ばらつき算定手法の開発

⇒2 サンプルの発光スペクトル差から相対的な膜厚誤差を見積もる手法を考案した。この手法を A0M 基準素子 (バッチ違い同構造サンプル) で試した。その結果、各層の膜厚誤差は概ね±10%を越えた。現段階ではこの手法が実用的と判断するまでには至らなかった。

#### ◎今後の展開

(ア) シミュレーションで一致を阻害している要因を特定する。特定は困難と予想されるが基本特性の一致なくして膜厚ばらつき検証等への応用展開はできないと考える。

(イ) この手法の適用限度を検証する。例えば今回はスペクトルの変動要因は膜厚のみと想定したが、他の変動要因を考慮した場合の適用性を検証する。また膜厚

差が数 nm の場合発光スペクトルの差は極めて微小となるため、(ア)について高精度の一致性が要求される。

## **C. まとめと今後の方針**

### **(a) これまでの成果のまとめ**

#### (1) 素子作製プロセス由来の性能変動要因の抽出

- ・共蒸着膜のドーパント濃度のばらつきが性能変動要因であることが確認された。
- ・蒸着直後から素子特性が経時変化することがわかった。作製時の蒸着機の状態、蒸着材料の純度、ボート内の蒸着材料の蒸着回数などの要因が考えられた。

#### (2) リーク対策

- ・蒸着室内や基板ホルダー等へ付着した蒸着材料がパーティクル原因となって、リークが発生すると考えられた。定期的な清掃で対応する。

#### (3) 蒸着膜厚測定法の検討

- ・シミュレータ (setfos) を用いて素子の膜厚を評価できるか検討を進めたが、光学特性 (配光や色度) の計算値と実測値にずれがあるため、さらなる検討が必要である。

### **(b) 平成 25 年度末までの実施方針**

下記の検討を進めるとともに、作製手順書を作成する。

#### [1] 素子作製プロセス由来の性能変動要因の抽出

- ・レートコントローラによりレート安定化が実現できたので、特性ばらつき抑制の有効性を確認する。



## 2.1.2.2. フィルム基板評価セル製造プロセス（連続フィルム真空蒸着製造プロセス） 技術の開発

### A. はじめに

#### 背景

有機 EL の市場拡大には連続フィルム有機 EL 素子製造技術による大幅なコストダウンが必須となっている。従来、フィルム素子用の材料は、ガラス板に貼り付けられたフィルム基板を用いて素子評価を行うバッチフレキシ素子評価が一般的であるが、連続フィルム製造プロセスの影響を考慮された検討の例は極めて少ない。CEREB A にはフィルム材料基盤技術が多く集積されているが、組合員企業の 1 社が単独で連続フィルム素子評価設備すべての開発設置を行う事は、高額であり多くの課題がある。

本検討では、連続フレキシ素子作成装置および封止評価装置からなる連続フィルム素子評価装置により、本プロセスに起因する素子性能評価と共に周辺材料、特にフィルム封止の素子評価・解析を行うため、連続フィルム素子評価装置の導入を進めている。

平成 24 年度は、連続フィルム真空蒸着製造装置、精密制御環境制御研究設備を導入し、連続フィルム真空蒸着製造プロセスの技術課題（フィルム表面処理、製膜、封止方法、プロセス雰囲気等）を抽出した。平成 25 年度は、平成 24 年度に抽出した連続フィルム真空蒸着製造プロセスの技術課題（特に封止方法）の抽出を行う。

#### 目的

本検討の目的は、連続フィルム真空蒸着製造プロセスに由来して発生する性能変動要因をプロセス種ごとに検証し、プロセス依存性を織り込んだ標準評価技術を開発することである。

## **B. 連続フィルム真空蒸着製造プロセスの技術課題の解決**

### **(a) フィルム表面処理**

本プロセスのフィルム表面処理は、フィルム洗浄、脱ガス処理、バリア層形成のプロセスを経由する。これら表面処理プロセスにおける技術課題解決を図った。

#### **脱ガス処理**

耐熱（基材）フィルムにおいて、前処理工程までの過程で含まれている水分・ガス成分が有機 EL 素子の劣化に大きく影響する。その対処として、連続フィルム真空蒸着成膜装置内の前処理ゾーンにおいて減圧環境で加熱処理を行いフィルムに含有されるガス、水分除去を行う事とした。

#### **バリア層形成**

耐熱（基材）フィルムのバリア性能を高めるためには、基材に封止薄膜層を成膜することで高められる。現在、保有している PE-CVD 装置および連続フィルム真空蒸着装置内に有するスパッタ機構を用いて、最適化を行っている。

### **(b) 真空成膜**

連続フィルム真空蒸着装置を導入し、課題の抽出、最適化を行っている。

#### **装置概要**

本装置は連続フィルム基板に対し、R2R にて、フレキシブル有機 EL 素子を蒸着するためのフィルム表面処理を行うとともに有機 EL 素子の有機半導体層、無機層、陰極層、薄膜封止層を蒸着成膜・スパッタ成膜が可能である。

## **C. 封止**

初期検討として、封止操作の条件決定と装置調整を実施した。

封止操作上の課題として、①安定吸着、②フィルムの平面状保持、③均一加圧、④封止後のフィルム内に気泡のない状態、が挙げられ、現在検討している。

## **D. まとめと今後の方針**

### **(a) 成果のまとめ**

- ①平成 24 年度に、連続フィルム真空蒸着製造装置、スパッタ装置、PE-CVD 装置および封止装置を上記目的に合致した仕様となるよう検討・選定し、導入した。
- ②平成 25 年度上期に、各装置の立上げ、試運転、プロセス検討を開始し、課題の抽出を行った。

### **(b) 今後の方針**

平成 25 年度末までに、装置の安定運転のための課題（フィルムの安定搬送、製膜位置精度、製膜面接触、封止後の切出方法および巻取方法など）を検証し、解決策を見出す。また、バリア性能などの要素物性と連続フィルムプロセスとの相関データの取得を開始する。

### 2.1.2.3. フィルム基板評価セル製造プロセス（連続フィルム塗布製造プロセス）技術の開発

#### A. はじめに

##### 背景

有機 EL の市場拡大には連続フィルム有機 EL 素子製造技術による大幅なコストダウンが必須となっている。本検討では、連続フィルム塗布装置とフィルム素子評価装置により、連続フィルムプロセスに起因する素子性能の評価と共に周辺材料、特に平坦化材料、塗布型有機 EL 材料の素子への適応評価・解析を行うため、連続フィルム素子評価装置の導入を進めている。

平成 24 年度は、連続フィルム塗布製造プロセスにおける『標準評価セル』の策定を推進するため、連続フィルム塗布製造装置類を導入した。平成 25 年度は、連続フィルム塗布製造プロセスの技術課題（塗布法に適したフィルム表面処理、製膜、プロセス雰囲気等）を抽出し、抽出課題の解決法を調べた。

##### 目的

本検討の目的は、連続フィルム塗布製造プロセスに由来して発生する性能変動要因をプロセス種ごとに検証し、プロセス依存性を織り込んだ標準評価技術を開発することである。

##### 装置概要

連続フィルム上に平坦化層および有機 EL 層の一部を塗布することを目的とした設備である。本装置の塗布方式は溶剤の選択幅が広く、薄い液膜で高速かつ間欠塗布可能であり、高い材料利用効率を有する。

#### B. 連続フィルム塗布製造プロセスの技術課題

##### (a) 製膜プロセス

平坦化材料および有機 EL 材料の 2 種類をロール基材（フィルム）の中央部に塗布成膜を行った。ここで挙げられる課題は、膜厚均一性を確保することであり、その最適化を行った。

##### (b) 乾燥プロセス

乾燥プロセス雰囲気の制御、特に酸素濃度の低減は塗布用の有機 EL 材料の選択範囲を広げることにつながるため、重要である。本装置は、乾燥炉のシャッターの開閉機構を有している。シャッターを開けて、乾燥機前後からの外気侵入と内部からの窒素流出を防ぐためにエアーカーテンの吸・排気のバランスをとっている。

## **C. まとめと今後の方針**

### **(a) 成果のまとめ**

- ① 平成 24 年度に、連続フィルム塗布製造装置および膜厚評価装置を上記目的に合致した仕様となるよう検討・選定し、導入した。
- ② 平成 25 年度上期に、各装置の立上げ、試運転、プロセス検討を開始し、課題の抽出を行った。

### **(b) 今後の方針**

平成 25 年度末までに、装置の安定運転のための課題を検証し、解決策を見出す。  
また、周辺の膜厚不均一部と連続塗布プロセスとの関連データ取得を開始する。

### 2.1.3. デバイス実装時における評価・解析（CEREBA・山形大学）（①-1-3）

#### 2.1.3.1. 有機材料の選定と精製

##### A. はじめに

デバイス実装及び製品化（特に照明用途）を想定し、有機 EL デバイスの性能指数/寿命等評価法の研究開発を山形大学と CEREBA の共同実施として行った。

平成 24 年度は、各種特性評価・劣化解析に耐えうる白色評価標準素子の構築検討を行った。

白色素子性能向上化に向けた材料調達のため検討を行った。また、試作的に作製した有機材料はどうしても不純物が混入し特性の劣化を招いてしまう可能性が高い。

今回は初期劣化の激しい青色素子材料に関して材料精製の検討を行ったのでその結果についても報告する。

##### B. 白色素子性能向上化に向けた材料調達

白色評価標準素子に使用する材料として、平成 23 年度は容易に入手できる公知の有機 EL 材料を用いた。しかし、公知材料だけでは限界があり、より素子性能向上が見込める有機 EL 材料を用いる必要がある。そこで、有機 EL 材料に知見がある組合員企業数社からなる材料委員会を開催し鋭意検討した。

## C. MPE 型白色基準素子の特性改善

現在の材料系で素子を作製すると青蛍光素子ユニットの方が、緑赤りん光素子ユニットより駆動寿命の初期劣化が大きい。ここでは青蛍光素子の駆動寿命初期劣化改善のため、青ドーパントの高純度化検討を行い、初期劣化の改善を目指す。

### (a) 青蛍光材料の純度評価

最初に、TLC、HPLC、GPC、真空TGAの4手法で、現在使用している青蛍光材料の純度評価を行った。その結果、青蛍光材料の不純物として、イオン性化合物、低分子量体、シス体または光反応生成物であると推測できた。

### (b) 青蛍光材料の精製

材料の純度評価結果を基に、青色蛍光ドーパントの精製を実施した。

図2.1.3.1-1に青蛍光材料の昇華精製前後の写真を示す。

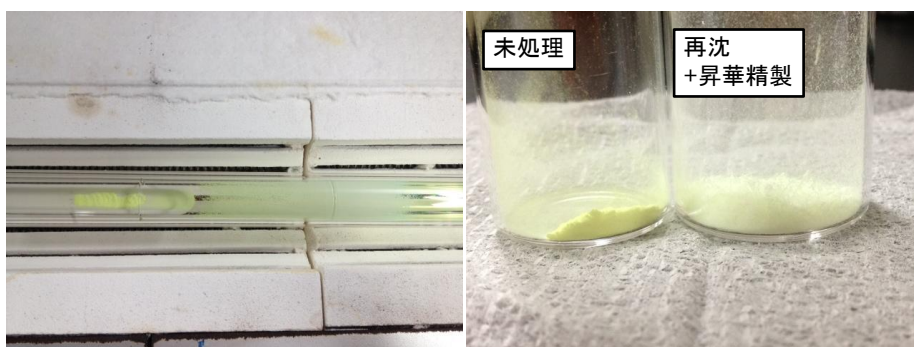


図2.1.3.1-1 青蛍光材料

青蛍光材料はメルトせず昇華し、薄クリーム色の針状結晶を回収する事ができた。材料を400mg仕込み320mgの昇華精製品を得ることができた。80%と高収率であった。

次に、HPLCの手法を用いて、青蛍光材料の純度評価を行った。図2.1.3.1-2にそのグラフを示す。

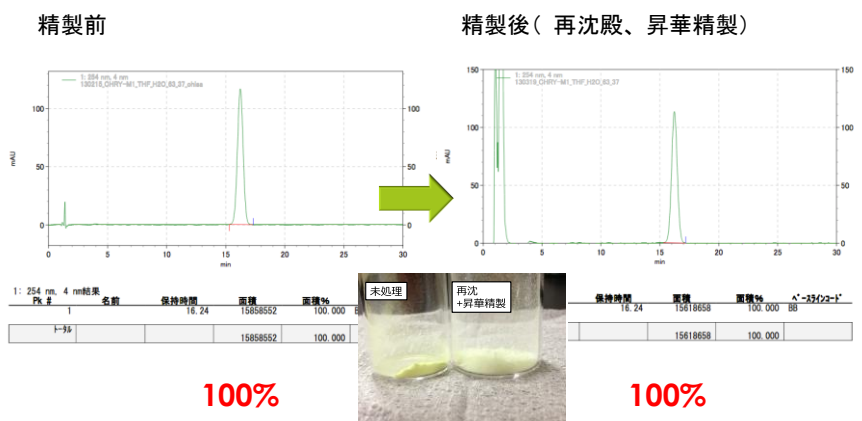


図2.1.3.1-2 青蛍光材料の純度評価結果

精製前後とも変わらず100%であるが、色が黄色から薄クリーム色になり、きれいになっていることが判る。

### (c) 青蛍光材料の評価

青蛍光材料の昇華精製による特性改善の効果を確認するため、精製品・未精製品を用いて素子を作製した。

結果をまとめると、青蛍光材料に関して、精製品の方がEQEが低い。これはキャリアバランスが変化したためではないかと推測される。また、精製により大幅に低電圧化、長寿命化している。また、ドーパントの不純物以外にも初期落ちの要因があると考えられるので、今後は宿主材料の高純度化、プロセスの検討なども含め青蛍光素子の長寿命化の検討を継続して行く。

## D. まとめと今後の方針

基準素子の性能向上化に向けて、新規な有機材料として正孔輸送材料 4 種、電子輸送材料 3 種、緑・赤燐光用宿主材料 3 種、青蛍光用宿主材料 3 種、蛍光用ドーパント材料 4 種を選定し、後述の MPE 型白色基準素子の性能目標達成に大きな寄与を果たした。

またその際に確認された、初期劣化が激しい青色素子部のドーパント材料に関して純度評価と精製を行い、高純度なドーパント材料を得ることができた。ただ、特性の大幅な改善にはつながっておらず、宿主材料の高純度化やプロセス検討を継続して行っていく。



### 2.1.3.2. MPE型白色基準素子構造の確立

#### A. はじめに

ボトムエミッション構造の白色素子に於いて、色温度、発光効率、駆動寿命のそれぞれを材料との相関から関係性を整理し、有機 EL ユニットの多段積層した、マルチフォトンエミッション型有機 EL 素子構造を確立することを目的とする。まず、単色発光素子において電荷発生層（CGL）の材料種や層構成が素子特性に与える影響を明らかにした後、白色素子へも展開し、CGLに加え各ユニット間での発光色の組み合わせが、色温度、発光効率、駆動寿命へ与える影響を明らかにし、課題を整理・抽出した。

#### B. 単色マルチフォトンエミッション型素子（MPE素子）の作製

マルチフォトンエミッション（MPE）構造とは、シングルユニット構造の素子を積層したもので、各ユニットは電極として働く CGL（電荷発生層）によりつながれている。素子を直列につなぐことにあたり、電圧はユニット数倍に増大するものの、見かけ上、同じ電流値であっても、各ユニットに流れて発光するため、理論的に発光量子収率はユニット数倍とすることができる。そのため、同じ輝度で比較した場合、シングルユニットと比較して、ユニットあたりの発光による負荷が軽減されるため、大幅な長寿命化を達成する事ができる。

MPE 型素子の性能を決めるものは、

- ① 積層する各シングルユニットの性能
- ② CGL の電荷発生能力
- ③ MPE 構造に適した光取り出しを実現する膜厚設計

である。本検討では、同一ユニットの青蛍光素子を 2 段積んだ MPE 型素子を作製し、①～③について考察した。

本検討では、同電流値において、MPE 型素子の電圧がシングルユニット素子の電圧の 2 倍になっており、問題なく MPE 型素子が作製出来ている事がわかった。2nd unit の HTL の膜厚により光取り出しは大きく変わる。HTL の最適膜厚の検討を行い、高い効率を得ることができ、また、シングルユニットの色度座標と最も近い値となった。光取り出しは光学膜厚に関係しているため、屈折率の異なる材料では、異なる膜厚が最適の値となる。そのため、分光エリプソ法などにより、正しく屈折率を測定し、光取り出しシミュレーションなどを用いる事によって最適なデバイス構造を探索していくことが必要であると考えられる。

## **C. 白色MPE型素子の作製**

マルチフォトン構造を持った白色素子としては2ユニットの素子が広く使われ、

- ・ 1st unit=青蛍光、2nd unit=緑赤りん光 (F-B || P-GR)
- ・ 1st unit=緑りん光、2nd unit=青蛍光/赤りん光 (P-G || F-B/P-R)
- ・ 1st unit=赤りん光、2nd unit=青蛍光/緑りん光 (P-R || F-B/P-G)

などの構造を用いることができる。特に (F-B || P-GR) 構造の素子で高効率かつ長寿命のものが報告されている。そのため、本検討では、マルチフォトン白色素子の構成として、(F-B || P-GR) 構造を用いることとした。白色 MPE 素子の性能を向上させるには、それぞれのシングルユニットの性能を向上させる必要がある。そのため、高性能の緑赤りん光素子と青蛍光素子の開発に取り組んだ。開発した素子を用いて、白色 MPE 型素子を作製した。

### **(a) 緑赤りん光素子の開発**

本検討では、素子構成の改良による長寿命化について検討し、その問題点を新規材料の導入により解決し、性能と寿命が両立した素子を作製した。

緑赤りん光素子に関し、EMLの薄膜化、高移動度のETL材料の使用により低電圧化、励起子閉じ込め能力の高いホスト、周辺材料により発光効率の向上、耐久性の高い各層材料の適用により長寿命化がそれぞれなされた。これにより、標準評価セルとして使用する白色MPE型素子のシングルユニットとして使用できる性能を得る事ができた。

### **(b) 緑赤りん光素子と青色蛍光素子のシングルユニットの比較**

今までの検討で得られた素子構造をもとに白色 MPE 型素子に用いるシングルユニットの素子として作製した。寿命曲線において、青蛍光素子の初期減衰速度が大きく、白色 MPE 型素子の劣化において、色がずれる可能性が示唆された。

### **(c) 白色MPE型素子の作製**

光学干渉の調整のため ITO および、1st unit の HTL 膜厚を厚くし、膜厚依存性を検証した。HTL 膜厚が厚くなるとともに大幅な電圧上昇が確認された。HTL 膜厚の最適化を行い、最も効率が良い結果を得た。

## **D. まとめと今後の方針**

### **(a) これまでの成果のまとめ**

標準評価セルの作製のため、ボトムエミッション型白色 MPE 素子の作製を行った。製品の標準構成となると予想される白色 MPE 素子で、実際の製品と比較できる性能を持つものを作製することができた。製品の駆動経時での輝度劣化、色度変動などの挙動について詳細に検討するためには、実際の製品について、その挙動を把握するだけでなく、そのデバイス内部での材料の果たす役割について把握する必要がある。そのため様々なデバイス構造、材料を用いて検討した。発光位置などを調整する事により、どのように効率、駆動寿命が変化していくか、また、同じ構造であっても、異なる材料を用いる事で、効率、駆動寿命がどのように変化するかを明らかにした。これにより、製品の劣化挙動と材料の劣化挙動を結びつけて議論する事ができるようになった。

### **(b) 平成 25 年度末までの実施方針**

平成 25 年度は、青色素子部の初期劣化により駆動劣化後の色度が変化する等の対策をとるとともに、特性ばらつきの少ない安定した素子の作製を進める。また、高温下や加速電流による駆動劣化前後の IVL 特性や配光測定等で白色基準素子の評価を進める。更に 30mm 角の発光面積を有する素子を作製し、輝度ムラ、色ムラの評価を進める。

## 2.2. 有機エレクトロニクス関連材料基礎解析及び評価技術の開発 (①-2)

材料評価・標準化技術の確立とその継続的な高度化には、材料・デバイス特性を解析してその本質を理解する材料基礎解析評価技術の裏付けが不可欠である。ここでは、有機EL素子構成材料に基づいて発生する性能（効率・寿命）変動要因を把握するための基礎解析評価技術の開発を行う。

### 2.2.1. 素子性能基礎解析及び評価技術の開発 (CEREB) (①-2-1)

有機EL素子の劣化（定電流駆動時の輝度低下）は、①キャリアバランスの変化、②発光確率の低下から生じる。劣化を引き起こすデバイス物性の変化を捉え、どの層がどのように劣化するのかを明らかにする劣化解析技術の開発が求められている（図2.2.1-1参照）。

そこで、観測される情報（シグナル）が多層構造の有機EL素子のどの層に由来するのかを判別できる評価技術の選定を行い、和周波発生分光法（SFG）・インピーダンス分光法（IS）・熱刺激電流法（TSC）を劣化解析ツールの有力候補として抽出した。さらに、駆動劣化によるシグナル変化を追跡し、その変化がどの層で起きているのかを特定することに成功した。一方、劣化加速要因（外的因子）の1つである熱（発熱等）がEL性能に及ぼす影響について調べるため、ラマン分光法を用いた駆動素子内部の温度評価を行った。

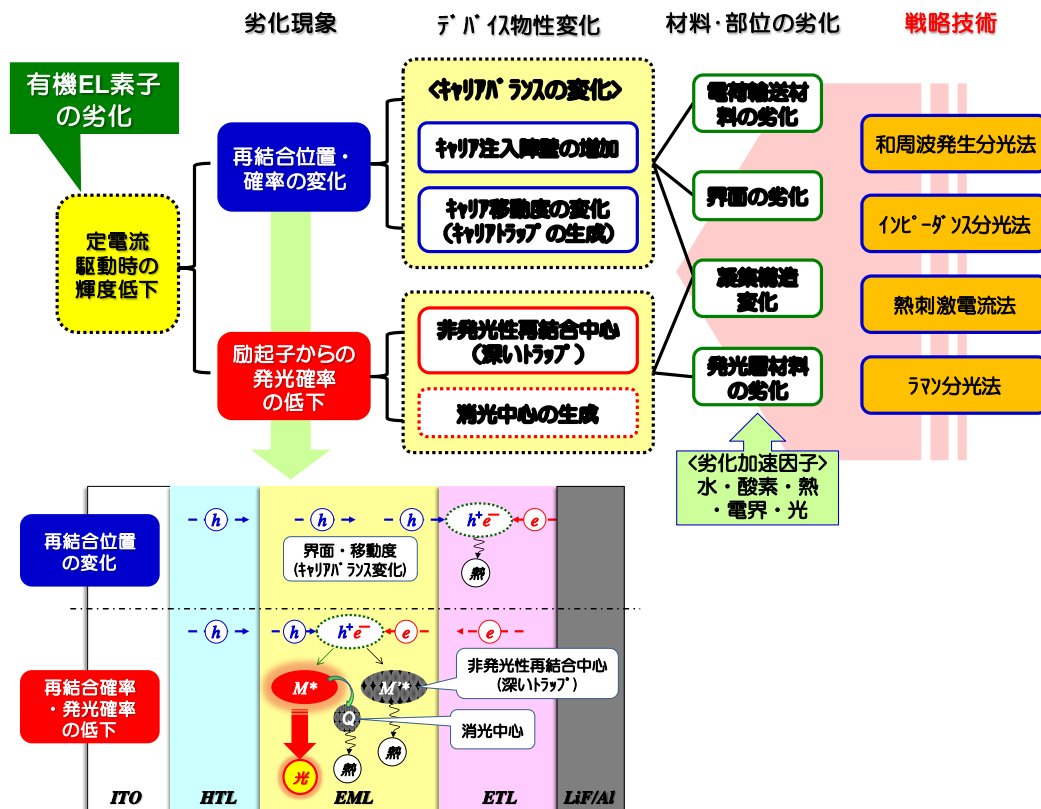


図 2.2.1-1 有機EL素子の劣化

## 2.2.1.1. 和周波発生 (SFG) 分光法による有機 EL 素子の基礎解析技術の開発

### A. はじめに

#### (a) SFG 分光法の有機 EL 素子への適用 (背景)

有機 EL 材料、有機 EL 素子の評価手法の 1 つとして、界面を分子レベルで解析する和周波発生 (Sum Frequency Generation, 以下 SFG) 分光法の適用を検討した。長時間駆動可能な有機 EL 素子では劣化の大きな原因となる酸素や水の影響を排除するために、乾燥剤と共に嚴重に封止されており、外部から有機 EL 素子本体にアクセスする手法は限定されるため、実際の劣化挙動を調べる手法は限定的なものしかなかった。

SFG 分光は後述するように「表面・界面を選択的に計測可能な非線形振動分光法」であり、有機極薄膜の積層界面での分子挙動を解析には有効な手法となる可能性がある。SFG 分光を有機 EL 素子の評価解析に適用するにあたっての事前の調査では、有機 EL 素子のような幾種類もの有機物が積層されたものに SFG 分光を適用した事例は過去に無く、また試料に垂直な電場を印加した状態で、どのような効果が作用し何が見えてくるのかについても全く未知であった。一方で SFG 分光では、①可視光を波長可変化することで特定の有機物の構造や電子状態を調べることが可能であり (2 重共鳴 SFG 法)、②試料に外部から電圧を印加したり、あるいは電荷が関わったりする試料系においては、電荷の蓄積、移動に関する情報を非破壊で計測することが可能である (電界誘起効果) ことが知られており、これらを利用することで原理的には有機 EL 素子を非破壊で計測し、素子特性を知る上で重要な内部の電荷情報を取得できる可能性がある。そこで、本項では上記の点を踏まえ、SFG 分光を用いた素子の劣化挙動の解析技術開発を目的として以下の研究を遂行する。

- (1) SFG 分光を用いて有機 EL 実デバイスを非破壊で内部の有機層の情報を取得する。
- (2) 素子を駆動した際に、どの層が印加電場に応答するかを詳細に検討し、駆動・劣化機構の解明につなげる。
- (3) 駆動劣化した素子について、素子内部の有機層の状態を非破壊で計測し、駆動前後における挙動の違いを検出し、劣化挙動との相関を探る。

#### (b) SFG 分光法の原理

SFG 分光法は、図 2.2.1.1-1 のように周波数の異なる 2 つの強い光を試料に入射することで起こる「2 次の非線形光学効果」を利用した界面選択的な分光法である。用いる光は何でもよいが、多くの場合、一方の光は波長可変の赤外光 (IR) を用いている。

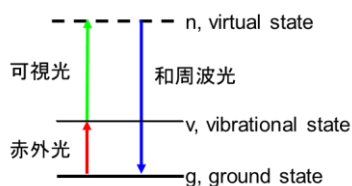


図 2.2.1.1-1 SFG の光学過程

2 次の非線形光学効果は、強力なパルスレーザー光（ピコ秒やフェムト秒の極短パルスレーザー）を対象となる試料に照射した時に「反転中心の存在しない」系で発生する高次の光学現象である。ここで等方的な配向を持つバルクは、反転中心を持つため SFG は発生しないが、その表面や界面は反転中心のない場となる。可視光と同時に照射する赤外光の波長を掃引しながら出射される SFG 光の強度の赤外光波長依存性を計測することで、界面の分子の情報を振動スペクトルとして抽出することができる。

SFG は 2 つの入射電場(光)によって引き起こされる非線形光学現象である。有機 EL 素子においては試料にさらに直流電場が印加されることになるが、その場合 SFG の強度は、

$$I_{SFG}(\omega) \propto |P|^2 = |\chi^{(2)} + \chi^{(3)}E_0|^2 I_{VIS}(\omega) I_{IR}(\omega) \quad (2.2.1.1-1)$$

で書き表される。ここで、 $E_0$ は印加された電界強度、 $\chi^{(2)}$ は2次の非線形感受率、 $\chi^{(3)}$ は3次の非線形感受率である。式(2.2.1.1-1)でわかるように、SFGの信号のうち、電圧印加時に電圧応答するものが $\chi^{(3)}$ 、電圧応答しないものが $\chi^{(2)}$ と区別できる。 $\chi^{(3)}$ 成分として観測されるものには、絶縁体試料にかかる外部電場(電界)だけでなく、試料内部に蓄積された電荷によって形成される局所的な内部電界に応答する成分がある。

### (c) 2色可変 SFG、2重共鳴 SFG

通常SFG分光においては、固定波長の可視光（YAGレーザーの場合は通常532 nm）をSFGの可視励起光として用いる。多くの場合、対象となる有機材料はこの波長領域では透明であり、可視光は仮想準位に励起するだけでスペクトルにはほとんど影響しないが、この可視光を波長可変化すると、対象とする系の“励起状態”への遷移が可能になる。このとき、励起状態への遷移エネルギーは、可視光+赤外光、すなわちSFG光の波長による遷移が起こる。この場合、通常のSFG分光で利用する“振動共鳴”に加え、はるかに強い“電子共鳴”を伴うためにSFGの信号強度は大幅に増強される。このように2つの共鳴効果を利用するので、この測定法は「2重共鳴SFG法」とも呼ばれる。

この2重共鳴 SFG 法の特長は、①表面に存在する分子の電子吸収に SFG 光の波長を合わせることで、表面に極微量存在する分子をとらえることが可能となる、②SFG スペクトルのピーク強度の波長依存性から、振動モードと同時に表面・界面の電子状態(界面の電子スペクトルに相当する)を見ることができ、③電子共鳴による増強が振動モードにより異なることを利用して、未知の振動モードの帰属を行うことができる、④強い蛍光を有する物質でも、励起波長を変えることで SFG が測定可能となる、などこれまでの SFG の欠点を克服し、さらに界面の振動と電子状態を同時に見ることができ、いわば“共鳴ラマンの界面版”ともいべき分光法である。

この2重共鳴SFG法を用いることで、有機ELデバイスの実素子有機界面、あるいは有機各層の個別の材料に関する情報を非破壊で評価することが可能になる。

## B. 実験

### (a) SFGスペクトルの計測

SFG分光装置は、(a) パルスレーザー、(b) 波長可変赤外レーザー発生装置、(c) 試料部、(d) SFG光検出部から構成される。図2.2.1.1-2に本実験で用いたSFG分光装置の概略を示す。

SFGの測定で用いた偏光は、SFG光（P偏光）、可視光（P偏光）、赤外光（P偏光）のPPP偏光の組み合わせで行った。

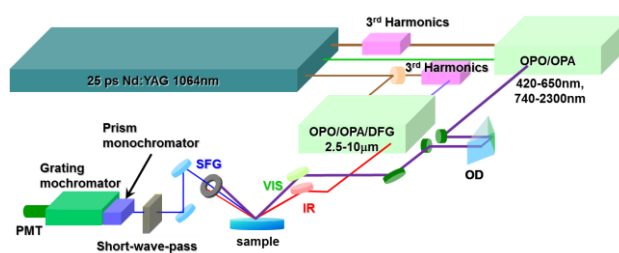


図2.2.1.1-2

2色可変SFG分光装置の写真:産総研所有（左）と概略図（右）

### (b) SFG評価用有機EL素子の作製

SFG評価用素子を作製する際に注意する点は、赤外光・可視光を同時に透過する素子構成である。特に基板や電極（陽極）材の選択には注意を有する。そこで基板材料として通常用いられるガラス基板を  $\text{CaF}_2$  基板に変更した。

ガラス基板 ⇒  $\text{CaF}_2$  基板（赤外光/可視光に透明）  
また陽極材料も従来の ITO に変えて IZO を用いた。

#### 作製素子構成（図 2.2.1.1-3）

$\text{CaF}/\text{IZO},50/\text{HAT-CN},60/\text{NPD},20/\text{Ir}(\text{ppy})_3+\text{CBP}[6\%],30/\text{BAIq},10/\text{Alq},30/\text{LiF},0.8/\text{Al},150$

単位: nm

#### 有機 EL 素子の作製条件

##### ・洗浄プロセス

洗浄環境：クリーンルーム内のクリーンブース

薬剤：有機溶媒、有機アルカリ溶液、超純水

機器：超音波洗浄機、UV オゾン洗浄機、真空デシケータ

ウェット洗浄 ⇒ 乾燥 ⇒ ドライ洗浄

##### ・蒸着プロセス ※ 各蒸着層共通

真空度  $1\sim 2\times 10^{-4}$  Pa、蒸着速度  $1\sim 2$  Å/s ※ LiFのみ  $.1\sim 0.2$  Å/s



素子の外観および発光表面観察

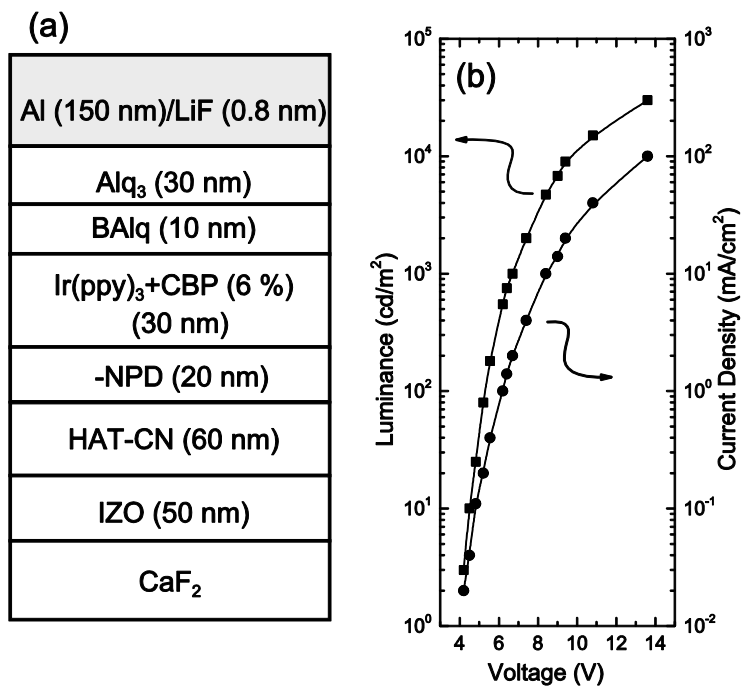


図 2.2.1.1-3 作製した SFG 評価用素子の構成(a)と電流－電圧、輝度特性(b)

作製した素子の外観・発光状態を図 2.2.1.1-4 に示す。

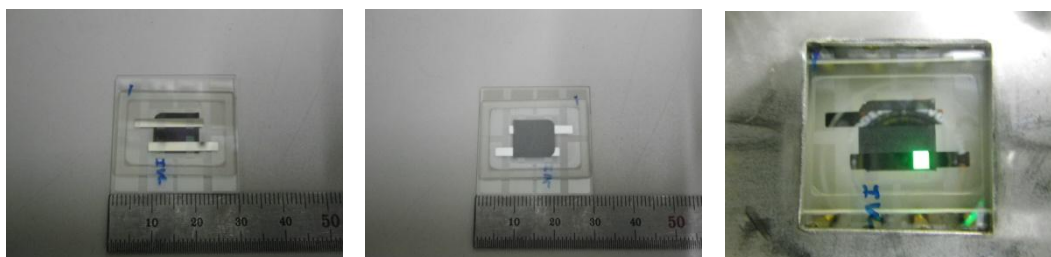


図 2.2.1.1-4 素子の外観(左：表、中央：裏、右：発光時の様子)

また発光表面の顕微鏡イメージ(図 2.2.1.1-5)を示す。



図 2.2.1.1-5 発光表面の顕微鏡写真

### EL スペクトル測定

上述の構成で作製した素子(図 2.2.1.1-3(a))と通常ガラス基板上の素子(図 2.2.1.1-3(a)の IZO/CaF<sub>2</sub> 基板⇒ITO/Glass 基板に変更した素子)との EL スペクトルの比較、および電流－電圧特性、輝度－電圧特性の比較を行ったところ、初期性能は従来の ITO ガラス基板に作製した素子と同等であった。図 2.2.1.1-3(b)に本素子の輝度－電圧特性を示してある。

そこで本素子(CaF<sub>2</sub> 基板素子)を用いて、SFG の計測を行った。

## C. SFG分光による有機EL素子の計測結果

### (a) CEREB A基準素子A2の測定

図2.2.1.1-6に図2.2.1.1-3の構成の有機EL素子のSFGスペクトルを示す。可視光励起波長は460 nmを使用し、素子に種々の電圧を印加（-5～+8 V）しながら計測を行ったものである。測定の赤外波数範囲は1350から1700  $\text{cm}^{-1}$ の範囲で行った。赤外光および可視光はCaF<sub>2</sub>基板側から入射し、反射の光学配置で測定を行っている。なお、可視光の励起波長460 nmを使用した場合、出射されるSFG光の波長はおおよそ430 nmである。

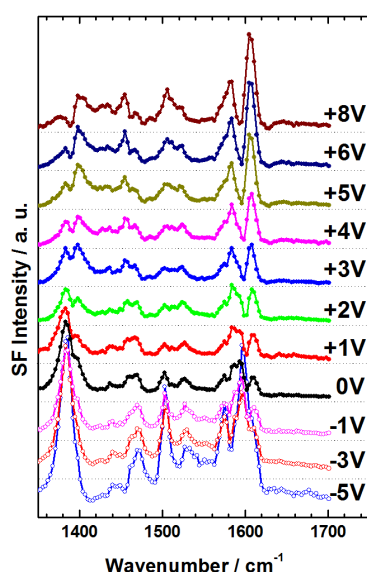


図 2.2.1.1-6 有機 EL 素子の SFG スペクトルの電圧依存性  
可視光波長は 460 nm

(測定条件) 可視光：460 nm、 $\sim 10 \mu\text{J}$   
赤外光：1350～1700  $\text{cm}^{-1}$ 、50～80  $\mu\text{J}$   
各点200パルス積算

- 0V時（図2.2.1.1-6黒線）は、Alq<sub>3</sub>の振動に帰属される1386  $\text{cm}^{-1}$ （C-N、C-C str.、C-H bend）、1504  $\text{cm}^{-1}$ （C=C str.、C-H bend）、1470、1572  $\text{cm}^{-1}$ などのピークが明確に観測されており、2重共鳴効果によりAlq<sub>3</sub>由来の振動が顕著に強く現れており、電圧印加によりピーク強度が大きく変化している。
- 1400  $\text{cm}^{-1}$ 付近にあるピークはHAT-CN由来の振動であるが、この励起波長では明瞭な電圧応答によるピーク強度の変化を示していない。
- HAT-CN由来の振動については、2240  $\text{cm}^{-1}$ にC-N伸縮振動のピークが確認できたが、こちらのピークについても電圧印加によるピーク強度の変化は見られなかった。
- 正電圧を印加すると、Alq<sub>3</sub>由来と思われるピークがほぼ消失する。1594、1610  $\text{cm}^{-1}$ のピークと、1540  $\text{cm}^{-1}$ のブロードなピークのみが見られる。
- さらに電圧を上げていくと、1610  $\text{cm}^{-1}$ のピーク強度が相対的に強くなる。

- 電圧を 8→0 Vに下げると、元のスペクトルに戻るため、レーザーによる試料ダメージはないと考えられる。

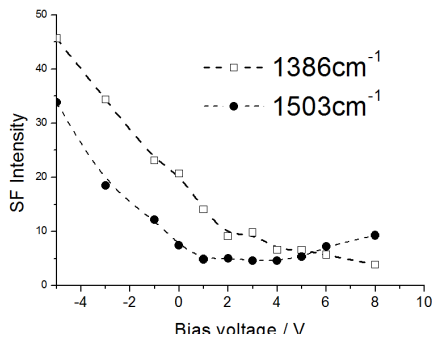


図 2.2.1.1-7 1386 cm<sup>-1</sup> および 1503 cm<sup>-1</sup> の SFG ピーク強度の電圧依存性

図2.2.1.1-6の1386 cm<sup>-1</sup>および1503 cm<sup>-1</sup>のピーク強度の電圧応答を図2.2.1.1-7に示す。いずれのピークもAlq<sub>3</sub>に由来するピークであると考えられるが、逆バイアス印加時（マイナスの電圧）でこれらのAlq<sub>3</sub>に由来するピーク強度は顕著に強くなっており、順バイアス（正の電圧）では信号が殆ど見えなくなるまで減少している。

図2.2.1.1-8に、図2.2.1.1-6の各スペクトルをFittingし、各振動成分の振動子強度  $\chi_{q,eff}^{(2)}$  を抽出したものの電圧依存性を示す。なお、Fittingは次式により行った。

$$I_{SF}(\omega_{ir}) \propto \left| \chi_{NR,eff}^{(2)} + \sum_q \frac{\chi_{q,eff}^{(2)}}{\omega_{ir} - \omega_q + i\Gamma_q} \right|^2 \quad (2.2.1.1-2)$$

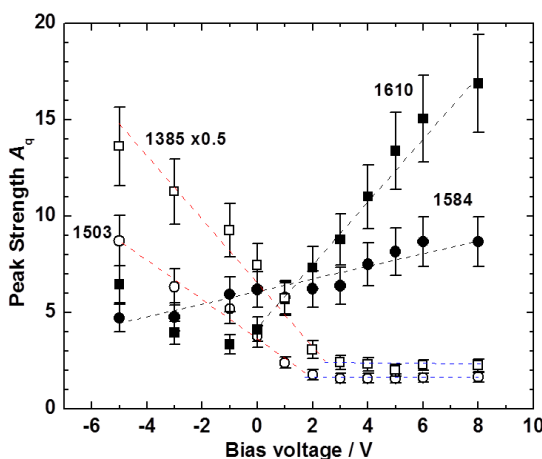


図 2.2.1.1-8 1386 cm<sup>-1</sup> および 1503 cm<sup>-1</sup> の 1610、1584 cm<sup>-1</sup> の SFG ピークの振動子強度の電圧依存性

図2.2.1.1-8から、可視光励起波長460 nmで測定した図2.2.1.1-6のSFGスペクトルの電

圧依存性には、順バイアスで強くなる振動成分と逆バイアスで強くなる振動成分の少なくとも2種類の成分から構成されていることがわかる。また、 $1386\text{ cm}^{-1}$ と $1503\text{ cm}^{-1}$ のピーク強度は電圧0 Vで最小となるわけではなく、約1~2 V付近で最小の値をとっている。この最小値の電圧は、有機EL素子が2つの異なる電極に挟まれているために発生する素子内部のビルトインポテンシャルによるものと考えられる。

### (b) スペクトルの各ピークの帰属と電圧応答性の解析

さらに $1610\text{ cm}^{-1}$ のピークの起源を明らかにするために、今回有機EL素子に使用した有機物6種類のSFGスペクトルを図2.2.1.1-9に示す。

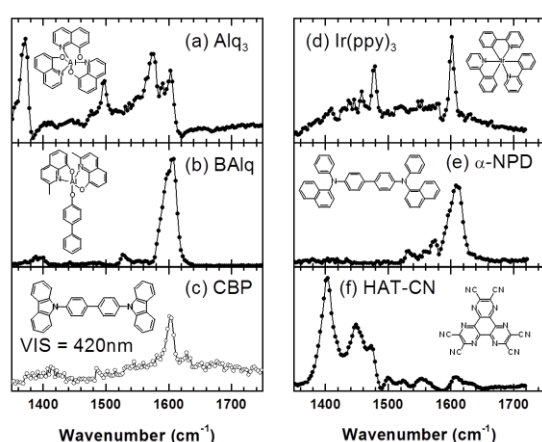


図 2.2.1.1-9 各有機物の SFG スペクトル

可視光波長は 460 nm、Al 蒸着膜上に各々有機物を 10 nm 蒸着して測定

図2.2.1.1-9のSFGスペクトルは、それぞれの有機物をAl蒸着膜上に10 nm蒸着したものを、可視光励起波長460 nm（CBPだけは可視光励起波長420 nm）で測定したものである。図2.2.1.1-9の測定より、 $1610\text{ cm}^{-1}$ に現れ、強い電圧応答性を示す有機材料はホール輸送層に用いられている $\alpha$ -NPDであると推定した。

2次の非線形光学効果において、試料に電圧が印加された際に電場成分に応答する「電界誘起効果」が知られている。電界誘起効果は式(2.2.1.1-1)で表されるように、3次の非線形感受率成分が電場に応答する効果である。SFGスペクトルにおいて、外部から素子に電圧を印加した際に振動ピークの強度が電場に応答して変化する現象は、この電界誘起効果によって説明することができる。

逆バイアスの印加では、素子自身には電荷が注入されていない状態である。この場合には素子内部の全ての有機層に電場が膜厚に応じて振り分けられて印加されている状態であり、内部に電流は流れていない。図2.2.1.1-6のSFGスペクトルにおいてAlq<sub>3</sub>由来の振動モードが強く観測されるのは、Alq<sub>3</sub>がこの波長領域（SFG波長~430 nm）で強い光学吸収を有するため、2重共鳴効果によってAlq<sub>3</sub>の振動が強く現れているためである。このとき、他の有機層も同様に電界が加わっているが、吸収帯の波長がSFGの波

長に最も近いAlq<sub>3</sub>が選択的にSFGスペクトルに強調されて現れている。また、逆バイアスでは1600 cm<sup>-1</sup>にも強度が強くなるピークが見られているが、これはAlq<sub>3</sub>だけでなく、Ir(ppy)<sub>3</sub>の成分が同時に強調されていると考えられる。

図2.2.1.1-10にAlq<sub>3</sub>とα-NPD薄膜の可視紫外域の光学吸収スペクトルを示すが、Alq<sub>3</sub>は430 nm付近で吸収が立ち上がっているのがわかる。この吸収帯はAlq<sub>3</sub>のHOMOからLUMOへの最低励起に帰属される吸収である。これに対してα-NPDでは、400 nm付近から吸収が立ち上がっており、SFG波長430 nm付近ではAlq<sub>3</sub>がよく共鳴する有機材料であることがわかる。

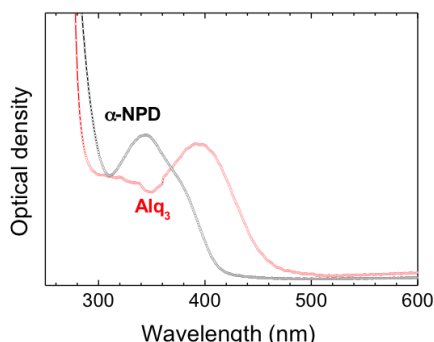


図 2.2.1.1-10 Alq<sub>3</sub> と α-NPD の可視紫外吸収スペクトル

一方、順バイアス印加時は、素子内部を電荷が移動している状態である。先述のように+2 V付近までは、素子内部に形成されたビルトインポテンシャルによってSFG信号の減少が見られるがこの電圧を超えると、α-NPD由来と帰属した1610 cm<sup>-1</sup>のピーク強度が電圧の強さに応答して強度を増していく。このことは素子内部の、特にα-NPD界面で電荷が一時的に蓄積されており、この内部電荷が形成する局所的な電界によってα-NPDのSFG信号が増加していると考えられる。

図2.2.1.1-11に今回の測定に用いた多層有機EL素子のエネルギーダイアグラムを示す。

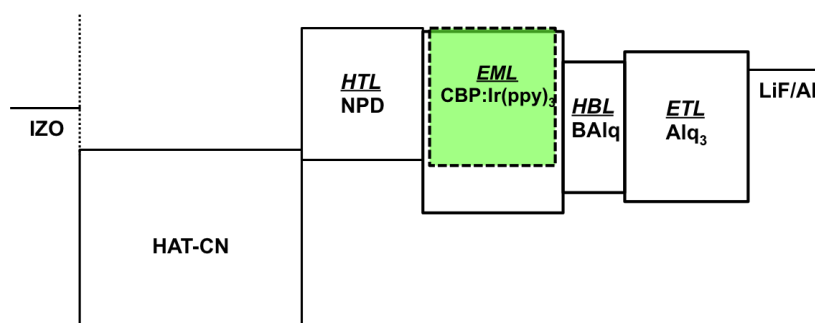


図2.2.1.1-11 SFG測定に用いた多層有機EL素子のエネルギーダイアグラム

図2.2.1.1-11でホール輸送層のα-NPDと発光層のホスト材料であるCBPのエネルギー準位の配置に注目すると、CBPのHOMOのエネルギー準位が約0.7eV程度α-NPDのHOMOより深く、この界面で電荷（ホール）が一時的に蓄積されているということが

素子を駆動させて測定したSFGスペクトルから明らかになった。

(c) 電圧印加した素子のSFGスペクトルの励起波長依存性

図2.2.1.1-12に、CEREBA A2素子に+6 V電圧印加した時のSFGスペクトルの励起波長依存性を示す。可視光励起波長は440 nmから570 nmの範囲を使用した。また、この図2.2.1.1-12の $1608\text{ cm}^{-1}$ のピーク強度の波長依存性を図2.2.1.1-13に示す。

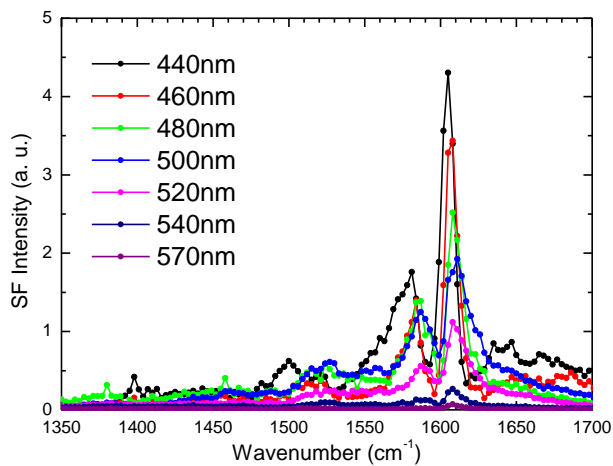


図 2.2.1.1-12 CEREBA A2 素子に+6 V印加時のスペクトルの励起波長依存性

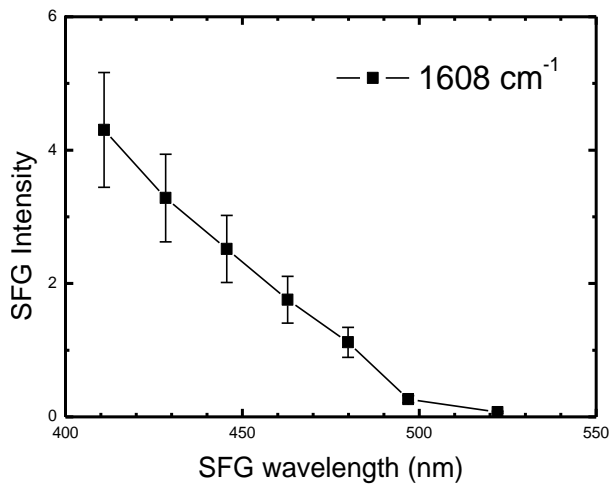


図 2.2.1.1-13 図 2.2.1.1-12 の  $1608\text{ cm}^{-1}$  のピーク強度の波長依存性

$1608\text{ cm}^{-1}$ のピーク強度の励起波長依存性は、東京工業大学の岩本教授らの電界誘起SHGによるAlq<sub>3</sub>/α-NPD有機EL素子におけるNPDの励起波長依存性の挙動 (D. Taguchi, M. Weis, T. Manaka, and M. Iwamoto, *Appl. Phys. Lett.*, 95,263310 (2009).) とよく対応しており、 $1608\text{ cm}^{-1}$ がNPD由来の振動であるとの帰属が妥当であることを示している。

図2.2.1.1-14および図2.2.1.1-15には、α-NPD蒸着膜のSFGスペクトルの励起波長依存

性および $1610\text{ cm}^{-1}$ のピーク強度の波長依存性を示してある。CEREBA A2素子における $\alpha$ -NPD由来の振動モードが、中性の $\alpha$ -NPD由来であれば、図2.2.1.1-13の励起波長依存性と図2.2.1.1-14の励起波長依存性は一致するはずであるが、蒸着膜で見られるピーク強度の励起波長依存性は素子におけるそれより短波長側にシフトしており、挙動に違いが見られる。

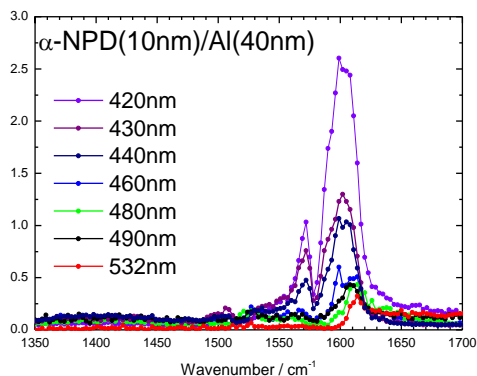


図 2.2.1.1-14  $\alpha$ -NPD/Al 蒸着膜の SFG スペクトルの励起波長依存性

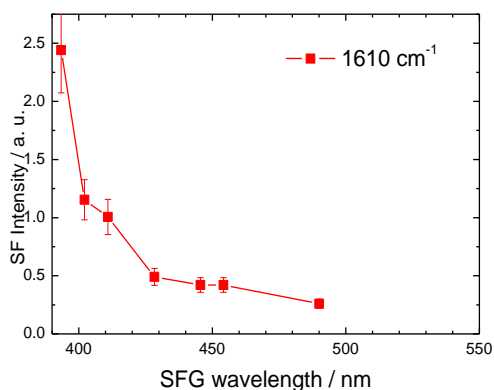


図 2.2.1.1-15 図 2.2.1.1-14 の  $1610\text{ cm}^{-1}$  のピーク強度の SFG 波長依存性

この挙動の違いを検証するために、 $\alpha$ -NPDを $\text{MoO}_3$ 上に蒸着し、 $\alpha$ -NPDカチオンを生成させ、そのSFGスペクトルの測定を行った。また、 $\text{MoO}_3$ 上に $\alpha$ -NPDを蒸着したものの、HAT-CN上に $\alpha$ -NPDを蒸着したものの、 $\text{MoO}_3$ のみのSFGスペクトルの測定も合わせて行った。その結果を図2.2.1.1-16に示す。



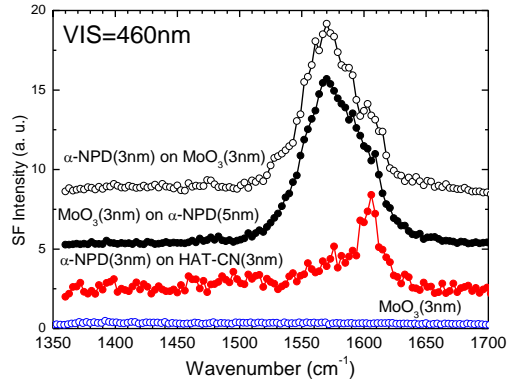


図 2.2.1.1-16  $\alpha$ -NPD カチオンの SFG スペクトル

図2.2.1.1-16でわかるように、 $\alpha$ -NPDカチオンでは $1570\text{ cm}^{-1}$ にブロードなピークが現れる。図2.2.1.1-12、図2.2.1.1-14いずれもこうしたピークは顕著に認められないことから、励起波長依存性に関しては $\alpha$ -NPDカチオンの生成によるものではなく、電界誘起効果による励起準位のシフト（シュタルク効果）によるものではないかと推定した。

## D. まとめと今後の方針

### (a) これまでの成果のまとめ

#### < SFG分光評価用素子 >

実素子を用いてSFG計測を行うために、透明基材（ $\text{CaF}_2$ ）、透明電極（IZO）を用いた素子を作製した。初期EL性能は良好で、実際に使用している基準素子と比較しても遜色のないものをSFG用の評価素子として使用可能であることがわかった。SFG計測をおこなうに当たっては、ガラス基板と同等の性能を有する $\text{CaF}_2$ 基板素子を安定して作製する技術を早期に確立することが望ましい。

#### < SFG分光による素子評価解析 >

- (1) 2色可変SFG分光を使用して、素子に電圧を印加した際に起こる電界誘起効果による内部電界挙動の計測に成功した。
- (2) SFG分光における2重共鳴効果を利用することで、素子内部の特定の有機層の情報を抽出できることがわかった。
- (3) 有機EL素子に電圧を印加し、駆動中に特定の有機層に電荷が集中する挙動を観測することに成功した。 $\alpha$ -NPD層に集中する電荷（ホール）は印加電圧に対して直線的に増加しており、印加電圧と $\alpha$ -NPD層への電荷蓄積により形成される内部電界は比例関係にあることが明らかになった。さらにいくつかの可視光・紫外光励起によるSFGスペクトルの電圧依存性を測定し、それぞれの有機層の特徴的な振動モードの挙動をとらえる基礎データの取得を進めてきた。

### (b) 平成25年度末までの実施方針

SFG分光による有機EL素子の評価解析技術の手順を確立すべく、平成25年度はA0、およびA2素子を用いた評価解析技術の確立を目指し、以下の点について検討する。

- ① 素子のどの有機層が、どのように劣化していくのかを知るため、発光層材料、ホール輸送材料、電子輸送材料それぞれのホールオンリー素子、あるいは電子オンリー素子を作製して、電場印加時のSFG挙動の観察と劣化挙動との相関を検討
- ② 2層有機EL素子（A0）を用いたSFGスペクトル評価
- ③ 多層有機EL素子（A2）の劣化挙動の比較検討

## 2.2.1.2. インピーダンス分光 (IS) 法による有機 EL 素子基礎解析手法の開発

### A. はじめに

#### (a) インピーダンス分光法の有機 EL 素子への適用

多数の薄膜層から構成される有機 EL 素子の劣化解析を行うためには、素子構造のどの部分がどのように変化しているか、情報を分離して観測する手段が必要である。基本的な性能評価方法である電流-電圧 (I-V) 特性測定 (図 2.2.1.2-1) では、直流電圧を印加して得られる直流電流の総和を観測するのみであるため、構成薄膜それぞれの電気特性の分離はできない。これに対してインピーダンス分光は、幅広い周波数にわたる交流電圧を印加して応答電流を観測することにより、電気特性分離のために必要な多くの情報を得ることができる強力な方法である。しかし、素子構造が複雑になると、それに比して得られる情報が不足して、電気特性の分離が困難になる場合が多いという限界がある。

そこで、基準素子を用いて、インピーダンス分光法の利点や限界に関する知見を蓄積・整理する。さらに、これまでの限界を打開し、複雑な素子構造においても情報分離を可能とするために、インピーダンス分光の新たな解析手法の開発を行う。

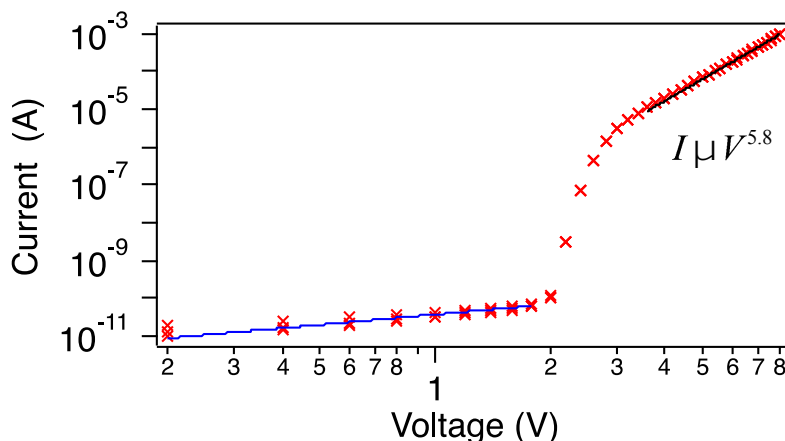


図 2.2.1.2-1 有機 EL 素子の電流-電圧 (I-V) 特性の測定例

#### (b) インピーダンス分光法とは (単純な薄膜を例として)

抵抗の小さな電極にはさまれた単層の薄膜を考える。周波数  $f$ 、振幅  $V_0$ 、角周波数  $\omega (= 2\pi f)$  で正弦的に変化する電圧  $V = V_0 \exp(i\omega t)$  を印加したとき、電流振幅  $I_0$  と印加電圧に対する位相差  $\phi$  を用いて  $I = I_0 \exp(i\omega t + \phi)$  のように表わされる電流応答が観測される。ただし、印加電圧は十分微小で電流応答は電圧に比例する、線形応答の条件を満たしていると仮定する。この場合の比例係数  $Z \equiv V/I$  は複素数となり、複素インピーダンスと呼ばれ、さらにある範囲にわたって周波数  $f$  をスキャンして得られる一連の周波数応答は、インピーダンス・スペクトルと呼ばれる。また、電圧に対する電荷応答を考えた場合の比例係数  $C \equiv Q/V = 1/i\omega Z$  が、複素キャパシタンスである。印加電圧に対する応答の比例係数として、他に、複素アドミッタンス  $Y \equiv I/V = 1/Z$ 、複素モジュ

ラス  $M \equiv V/Q = 1/C = i\omega Z$  があるが、対応する各スペクトルは全て等価で、解析の利便性に応じて選択利用される。

薄膜は、その物性（誘電率と導電率）と幾何学的形状とに依存する容量  $C$  と抵抗  $R$  を持ち、それが並列に接続されたもの（CR 並列回路）に相当すると考えられる。すると、インピーダンス  $Z$  は、

$$Z = \frac{R}{1 + i\omega CR} \quad (2.2.1.2 - 1)$$

のように表され、図 2.2.1.2-2(a)（赤線はインピーダンス実部、青線は虚部）に示すようなインピーダンス・スペクトルが得られる。虚部ピークの角周波数は  $1/CR$  で、その逆数  $\tau = CR$  は時定数と呼ばれる。図 2.2.1.2-2(a) のような、数桁にわたる周波数帯域に広がるブロードなピークを持つスペクトル（緩和型）は、光学吸収で観測される鋭いピークを持つスペクトル（共鳴型）とは異なり、時定数の接近した複数ピークが重なった場合の信号分離は困難となる。

CR 並列回路のモジュラス  $M$  を用いた表現は、

$$M = \frac{i\omega R}{1 + i\omega CR} \quad (2.2.1.2 - 2)$$

となり、 $X = \text{Re } M$ ,  $Y = \text{Im } M$  と置くと、

$$\left(X - \frac{1}{2C}\right)^2 + Y^2 = \left(\frac{1}{2C}\right)^2 \quad (2.2.1.2 - 3)$$

の関係がある。よって、 $M$  を複素平面表示（Cole-Cole プロット：図 2.2.1.2-2(b)）すると半円を描き、その直径は  $1/C$  で膜厚に比例することから、後述のようにパターン認識に便利な場合がある。

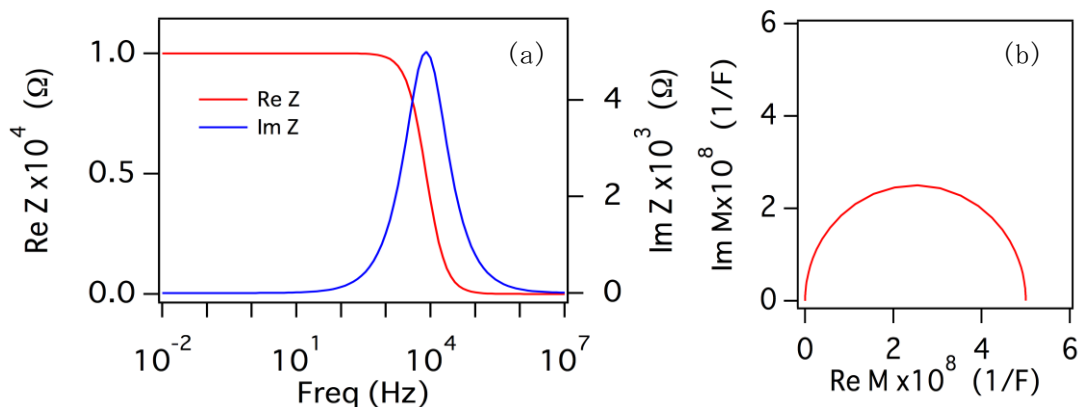


図 2.2.1.2-2(a) CR 並列回路のインピーダンス・スペクトル  
(b) CR 並列回路のモジュラスの Cole-Cole プロット

## B. 実験の部

### インピーダンス分光自動計測システムの開発

低分子化合物からなる有機 EL 素子は、一般に多層の薄膜から構成されており、前節に述べた単層の薄膜由来のスペクトルを重ね合わせた応答が予想される。しかし、時定数が接近した多層の薄膜構造からなり、ブロードな緩和型スペクトル多数の重ね合わせとなるケースでは、どの薄膜由来のスペクトルかを分離特定するのが非常に困難となる可能性が高い。そこで、構成を系統的に変化させた多数素子のインピーダンス分光計測を行い、得られるスペクトルの総合的解析によって困難解決を目指すこととした。

多数素子のインピーダンス分光は、新たに開発された ETS-41 型測定装置(図 2.2.1.2-3)によって計測した。本装置は、3cm 角の素子中に 2mm 角画素を 4 個搭載したものを、同時に 12 素子設置することができる。そして、図 2.2.1.2-4 に示す輝度計と高周波同軸プローブの移動装置、およびソーラトロン社インピーダンス・アナライザー（1260 型および 1290 型）の組み合わせにより、全 48 画素の IVL 特性と 10MHz までのインピーダンス・スペクトルの計測を行う。当初は、インピーダンス測定ソフトウェアに市販品を使用せざるを得ない状況であったためシステムの自動化が不完全であったが、現在、独自ソフトウェア開発を行った結果、全自動計測が可能となっている。



図 2.2.1.2-3 インピーダンス自動測定装置（ETS-41 型）の外観

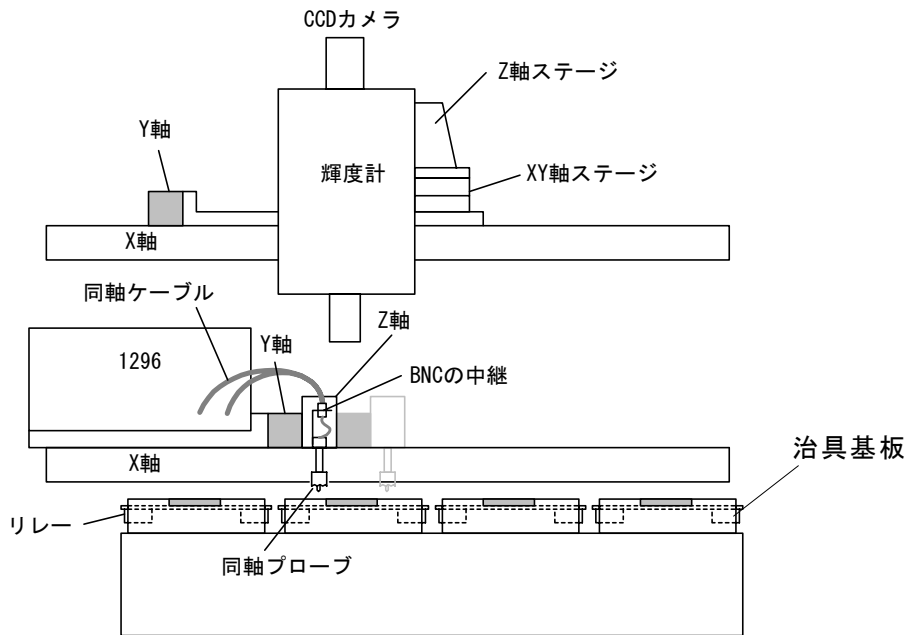


図 2.2.1.2-4 インピーダンス自動測定装置（ETS-41）の可動プローブ部、可動測光部（輝度計）等の模式図



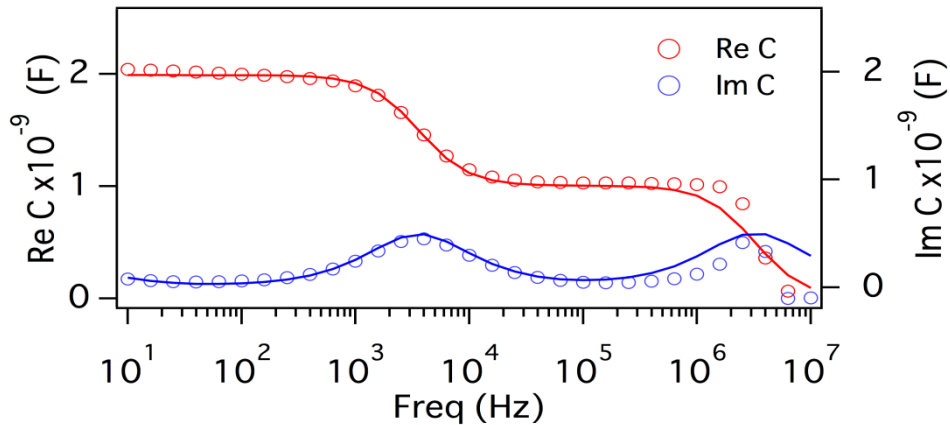


図 2.2.1.2-6 基準素子 A0 のキャパシタンス・スペクトル

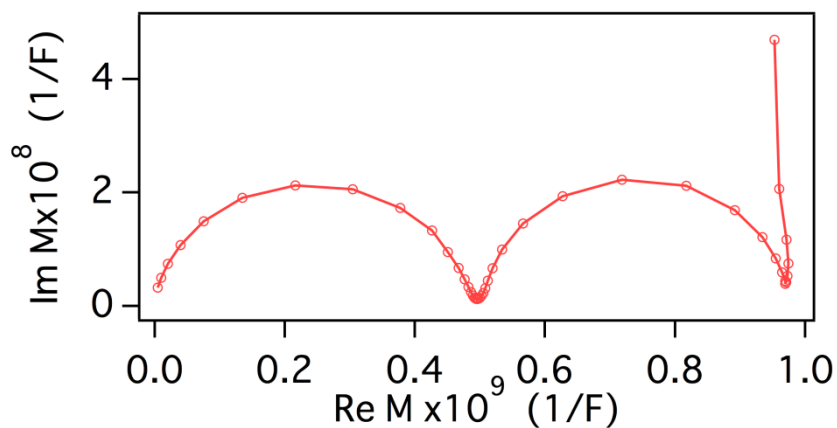


図 2.2.1.2-7 基準素子 A0 のモジュラスの Cole-Cole プロット

表 2.2.1.2-1 図 2.2.1.2-6 のスペクトルを、モデル関数 (式 2.2.1.2-4) を用いて、最小 2 乗法によるあてはめで得られた抵抗値  $R_n$  と容量値  $C_n$

$R_0(\Omega)$	$R_1(\Omega)$	$C_1(\text{F})$	$R_2(\Omega)$	$C_2(\text{F})$
49	$1.10 \times 10^4$	$2.04 \times 10^{-9}$	$1.83 \times 10^8$	$1.99 \times 10^{-9}$

表 2.2.1.2-1 において、ITO の電極抵抗として  $R_0$  は妥当な値であると考えられるが、ここまでの情報では、容量  $C_1$  と抵抗  $R_1$  と、 $C_2$  と  $R_2$  のどちらが  $\text{Alq}_3$  薄膜に対応しているかは確定しない。そこで、 $\text{Alq}_3$  の膜厚を標準 60nm を含む 8 レベル (18、25、32、39、46、53、60、67nm) に設定して、それ以外は同じ構成の A0 素子をワンバッチで作製し、直流バイアス 2V を印加してインピーダンス分光測定を行った。キャパシタンス・スペクトルを図 2.2.1.2-8 に、モジュラスの Cole-Cole プロットを図 2.2.1.2-9 に示す。図 2.2.1.2-8 では、実部の低周波側の平坦部において、膜厚が大きいほど容量が減少しており、ここに  $\text{Alq}_3$  の膜厚変化の影響が顕著に現れている。また図 2.2.1.2-9 では、2



つの半円のうち、モジュラス実部の値が大きい側の直径はほぼ一定で、小さい側の直径は  $Alq_3$  の膜厚増加と共に比例して大きくなる傾向が明瞭で、膜厚の変化をパターン認識する際、このプロットが大変便利であることがわかる。さらに、図 2.2.1.2-8 のスペクトルにモデル関数（式 2.2.1.2-4）を適用してあてはめにより  $C_2$  を求める。容量は膜厚に対して反比例の関係にあるので、 $C_2$  の逆数を  $Alq_3$  の膜厚に対してプロットしたところ（図 2.2.1.2-10）、原点を通る明確な比例関係が得られた。これらの結果から、 $C_2$  と  $R_2$  が  $Alq_3$  に由来することが確定した。

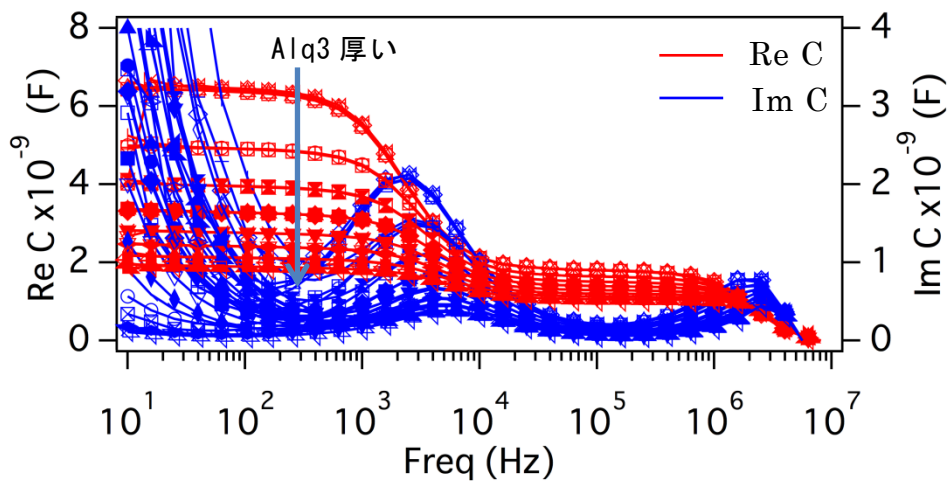


図 2.2.1.2-8 基準素子 A0 において、 $Alq_3$  の膜厚を系統的に変えた素子のキャパシタンス・スペクトル

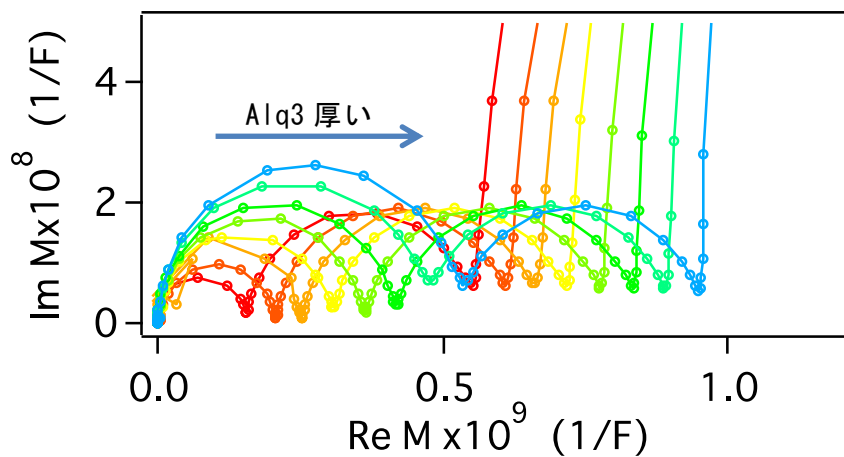


図 2.2.1.2-9 基準素子 A0 において、 $Alq_3$  の膜厚を系統的に変えた素子のモジュラスの Cole-Cole プロット

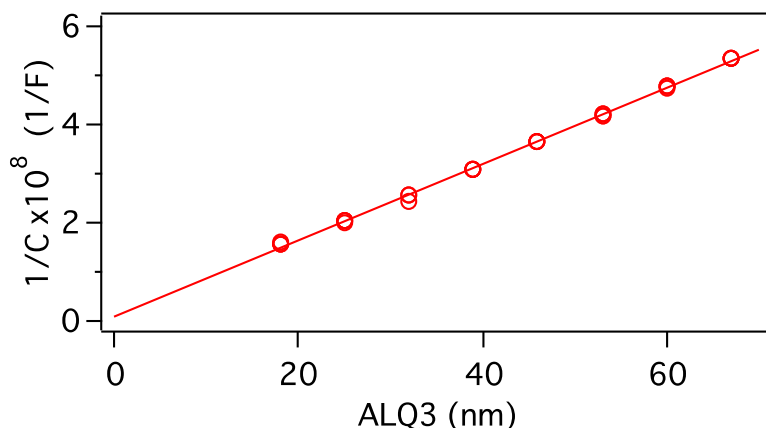


図 2.2.1.2-10 等価回路における容量 $C_2$ の逆数の  $Alq_3$  膜厚依存性

さらに、NPD の膜厚を標準 45nm を含む 9 レベル (25、30、35、40、45、50、55、60、65nm) に設定して、それ以外は同じ構成の A0 素子をワンバッチで作製し、発光閾値電圧以下である直流バイアス 2V を印加してインピーダンス測定を行った。キャパシタンス・スペクトルを図 2.2.1.2-11 に、モジュラスの Cole-Cole プロットを図 2.2.1.2-12 に示す。図 2.2.1.2-11 では、図 2.2.1.2-8 と異なり、実部の高周波側の平坦部において、膜厚が大きいほど容量が減少しており、ここに NPD の膜厚変化の影響が現れている。また図 2.2.1.2-12 では、図 2.2.1.2-9 とは逆に、2 つの半円のうち、モジュラス実部の値が小さい側の直径はほぼ一定で、大きい側の直径は NPD の膜厚増加と共に比例して大きくなる傾向が明瞭である。 $Alq_3$  の場合と同様に、図 2.2.1.2-11 のスペクトルにモデル関数 (式 2.2.1.2-4) を適用してあてはめから得られた  $C_1$  の逆数を、NPD の膜厚に対してプロット (図 2.2.1.2-13) すると、再び原点を通る明確な比例関係が得られた。これらから、 $C_1$  と  $R_1$  が NPD に由来することがわかり、 $C$  と  $R$  の全パラメータが決定されたことになる。

以上の結果から、基準素子 A0 において、発光閾値バイアス電圧以下においては、発光層  $Alq_3$  および、ホール輸送層 NPD の各膜厚を系統的に変動させた素子のインピーダンス分光測定および等価回路解析によって、どの電気特性パラメータがどの層に対応しているか、非常に明快に理解できることが検証された。

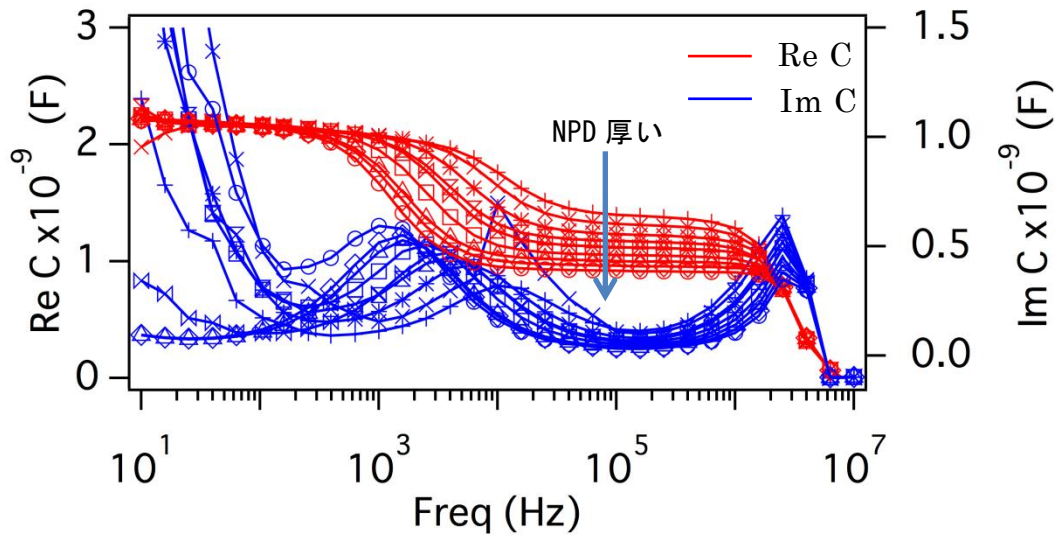


図 2.2.1.2-11 基準素子 A0 において、NPD の膜厚を系統的に変えた素子のキャパシタンス・スペクトル

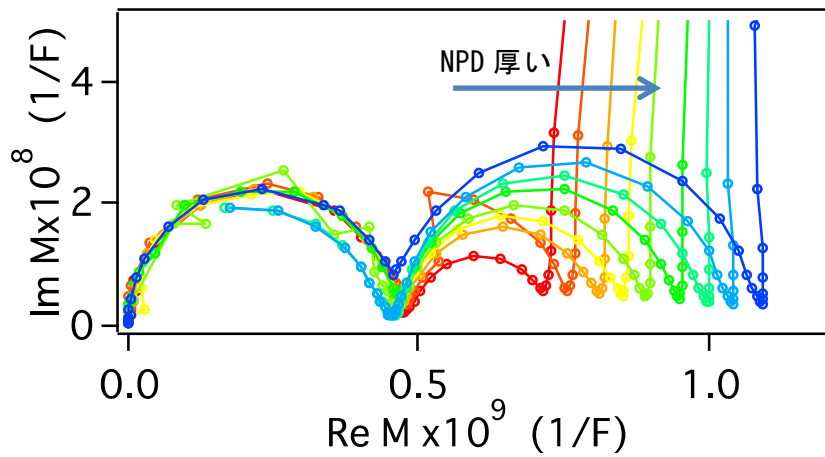


図 2.2.1.2-12 基準素子 A0 において、NPD の膜厚を系統的に変えた素子のモジュラスの Cole-Cole プロット

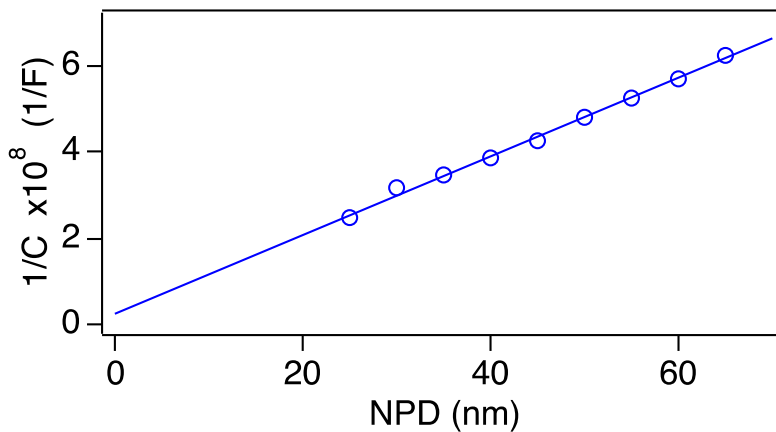


図 2.2.1.2-13 等価回路における容量  $C_1$  の逆数の NPD 膜厚依存性

(b) 基準素子 A1 のインピーダンス・スペクトル (低バイアス)

次に、より複雑な層構成をもつ、基準素子 A1 (図 2.2.1.2-14)、素子構成 : ITO(150)/MoO<sub>3</sub>(55)/NPD(50)/CBP:Ir(ppy)<sub>3</sub>[6%](30)/BALq(10)/Alq<sub>3</sub>(30)/LiF(0.8)/AL(150) の測定を試みた。発光閾値電圧以下である直流バイアス 1V を印加しながら、実効値 0.1V の AC 電圧を加算し、10mHz から 10MHz までの広帯域で周波数をスキャンして得られる、キャパシタンス・スペクトル (図 2.2.1.2-15) および、モジュラスの Cole-Cole プロット (図 2.2.1.2-16) を示す。A0 素子のスペクトル (図 2.2.1.2-6) に比べて、構成する薄膜層の数が増加しているにもかかわらず、スペクトルは平坦でピークも少なく構造が不明瞭である。モジュラスに関しては、基準素子 A0 のような複数の半円パターン (図 2.2.1.2-7) は現れない。これは、時定数の近い複数の緩和型スペクトルが重なり合い、構成薄膜層の電気特性分離が困難な典型例であると考えられる。

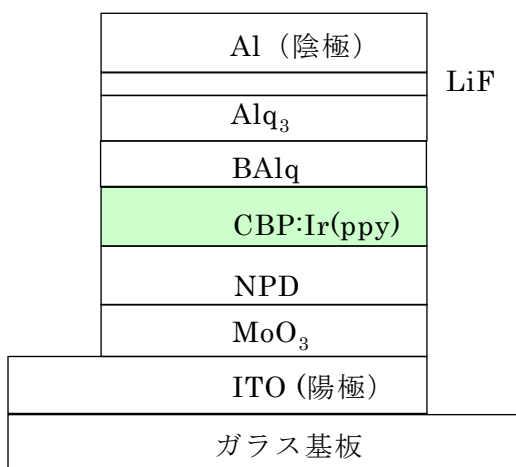


図 2.2.1.2-14 基準素子 A1 の構成

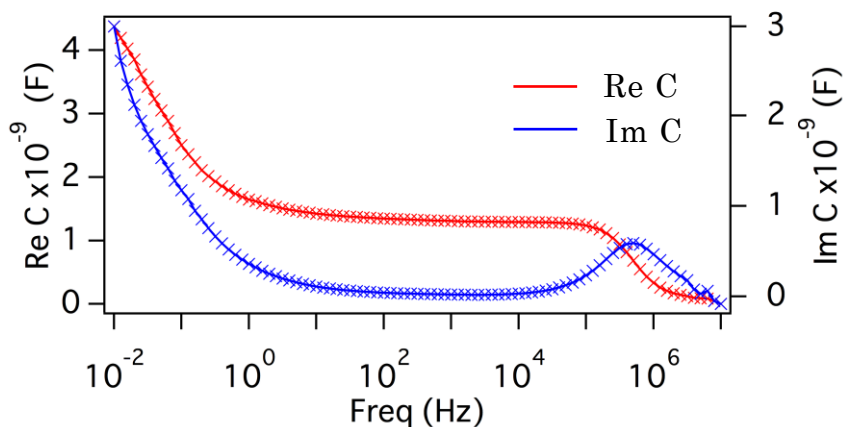


図 2.2.1.2-15 基準素子 A1 のキャパシタンス・スペクトル

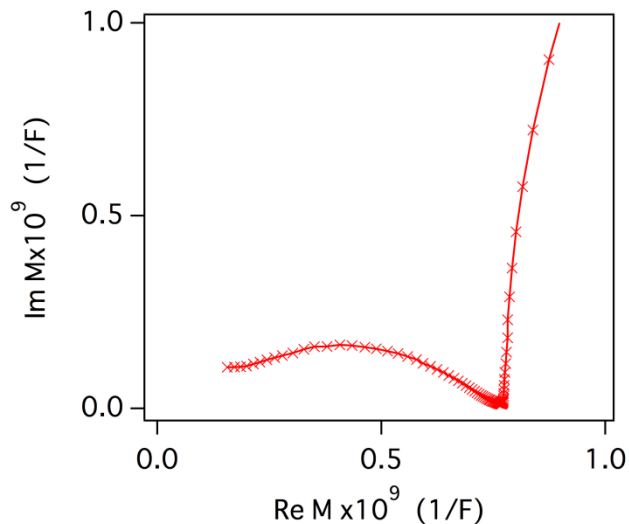


図 2.2.1.2-16 基準素子 A1 のモジュラスの Cole-Cole プロット

(c) 基準素子 A0 のインピーダンス・スペクトル(高バイアス)

—情報の乏しいインピーダンス・スペクトルに対処する新たな解析手法の開発—

(b)で述べたように、複雑な層構造をもつ有機 EL 素子では、構成薄膜層の信号分離に不十分なスペクトルしか得られない場合があることがわかった。(1)では、基準素子 A1 に発光閾値以下の低バイアスを印加した場合、構成薄膜層それぞれに対応した明瞭なスペクトルが得られることを報告した。しかし、基準素子 A0 に高バイアスを印加すると状況が一変して、単一のスペクトルからでは情報はほとんど得られなくなる。このような状況下でも、各薄膜層からの情報分離を可能とするための解析手法を検討した。その結果は、学会発表や論文等を通じて公表する予定である。

## D. 成果のまとめと今後の方針

### (a) これまでの成果のまとめ

- パラメータを系統的に変化させた多数のOLED素子のインピーダンス・スペクトルを自動計測するシステムを開発した。
- 複雑なOLED素子の構成薄膜各層からの情報分離に向けて、インピーダンス・スペクトルに関する知見の蓄積・整理を行った。
  - ・ 比較的単純な基準素子A0において、低バイアスではインピーダンス・スペクトルが構成薄膜の情報分離に十分な情報を与えることを確認し、さらに、膜厚を系統的に変化させた素子の計測解析によって、きわめて明瞭に構成薄膜各層の電気特性が分離して得られることを検証した。
  - ・ より複雑な構造をもつ基準素子A1は、計測されるインピーダンス・スペクトルに情報が乏しく、構成薄膜各層の電気特性の分離が困難な典型例であることがわかった。
- 情報の乏しいインピーダンス・スペクトルしか得られない場合にも対処可能な、新しい解析手法の開発を行った。

### (b) 平成25年度末までの実施方針

より複雑な素子構造を持つ基準素子A1などで、インピーダンス分光法による電気特性の分離を試み、インピーダンス分光の解析手法の高度化を図る。また、有機EL素子の性能劣化前後で、どの薄膜層がどのように状態変化するかを検出を試みるなど、劣化解析に向けた技術への展開を行う。

### 参考文献

- [1] E. Barsoukov and J. R. Macdonald, Impedance Spectroscopy (Wiley-Interscience, 2005)
- [2] 内藤裕義、有機エレクトロニクス素子のインピーダンス分光、応用物理、76,1252 (2007)
- [3] S. Naka et al., Synthetic metals 111-112, 331 (2000)

### 2.2.1.3. ラマン分光法を用いた素子内温度計測

#### A. はじめに

有機 EL 素子は薄膜かつ多層構造であるため、劣化の要因を調べて解析することは非常に困難であるが、長寿命かつ高性能な材料開発のためには、必要不可欠な作業である。本項では劣化の加速要因の 1 つである熱に着目して、駆動時の実デバイス内部の高精度温度計測技術の開発を目的として研究を行った。

有機 EL 素子は駆動させることによりジュール熱が発生し、素子温度が上昇することはよく知られている。有機 EL などのパネル温度の測定にはサーモグラフィがしばしば利用されるが、この方法で計測しているのはパネル表面の温度である。CEREBA の各組合員企業の商品開発に役立つ熱の影響を考慮した寿命加速試験法の確立のためには、素子自体、すなわち有機層の温度を把握することが大切である。有機薄膜に起因するラマンスペクトル（ラマンマーカ）の波数シフト量やバンド幅が温度により線形変化することは知られている。<sup>1)~4)</sup> CEREBA の基準素子である A2 素子にも、ラマン分光を用いた測温技術が適用可能かを調査した。

#### B. 実験の部

(a) HAT-CN 薄膜の温度依存性-CN 伸縮振動バンドをラマンマーカとした検量線の作成

A2 構造の多層膜サンプルをヒートステージ上に設置した。30~180 °C の温度範囲で加熱しながら、10 °C ごとに励起波長 785 nm で 2180~2270  $\text{cm}^{-1}$  の範囲のラマンスペクトルを測定した。得られたラマンスペクトルは、ピーク波数  $\tilde{\nu}$  および半値全幅  $\Delta\tilde{\nu}$  を読み取り、検量線を作成した。

#### A2 構造

ガラス基板/ITO/HATCN/NPD/CBP:Ir(ppy)<sub>3</sub>(6%)/BAIq/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al

(b) 基準素子 A2 駆動時の温度計測

基準素子 A2 に定電流を印加して発光させ、10  $\text{mA}/\text{cm}^2$  ごとに 10~50  $\text{mA}/\text{cm}^2$  の間でラマンスペクトルを測定した。得られたラマンスペクトルからピーク波数および半値全幅を読み取り、(a) で作成した検量線を用いて、各電流密度値での温度を見積もった。

### C. ラマンスペクトル測定結果

#### (a) CN 伸縮振動バンドの温度依存性

各測定温度における 2270~2220  $\text{cm}^{-1}$  の範囲におけるラマンスペクトルを図 2.2.1.3-1 にプロットした。2240  $\text{cm}^{-1}$  付近に観測されたバンドは、HAT-CN の CN 伸縮振動に帰属される。測定温度が上昇するのに伴い、ピーク波数  $\tilde{\nu}$  の低波数側へのシフトおよび半値全幅  $\Delta\tilde{\nu}$  の増加が観測された。

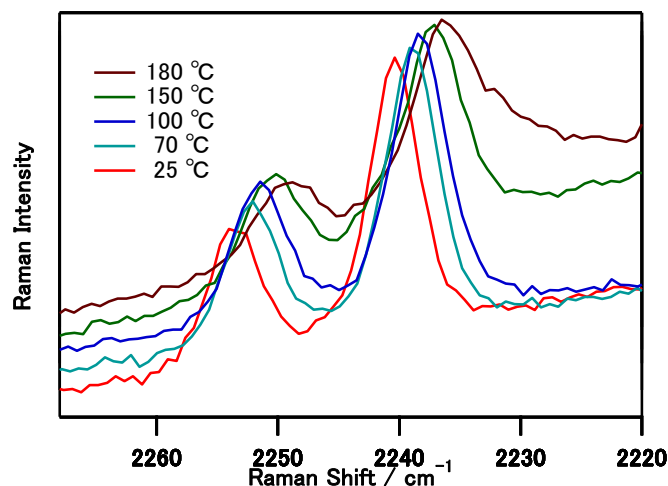


図 2.2.1.3-1 HAT-CN 薄膜の温度変化時のラマンスペクトル

CN 伸縮振動ラマンバンドを用いて検量線を作成し、基準素子 A2 の定電流印加時の温度測定を行った結果を(b)で説明する。

#### (b) 検量線および A2 素子駆動時の温度計測

B.実験の部の(a)により得られたラマンスペクトルから求めた検量線を図 2.2.1.3-2 および図 2.2.1.3-3 に表す。

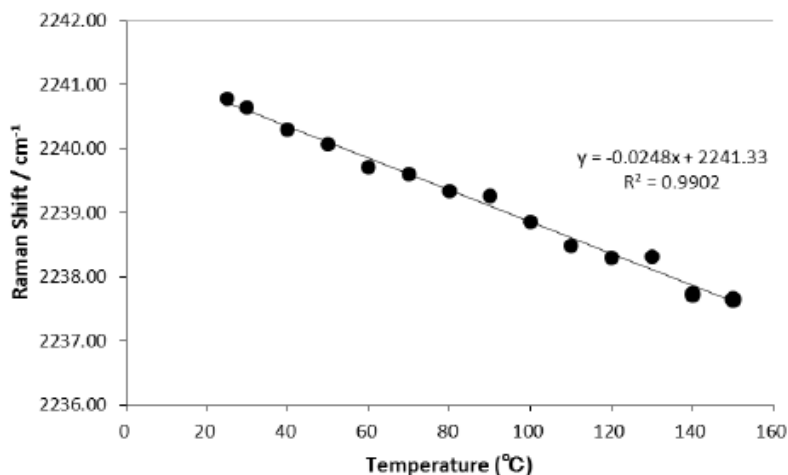


図 2.2.1.3-2 ラマン波数 vs 温度



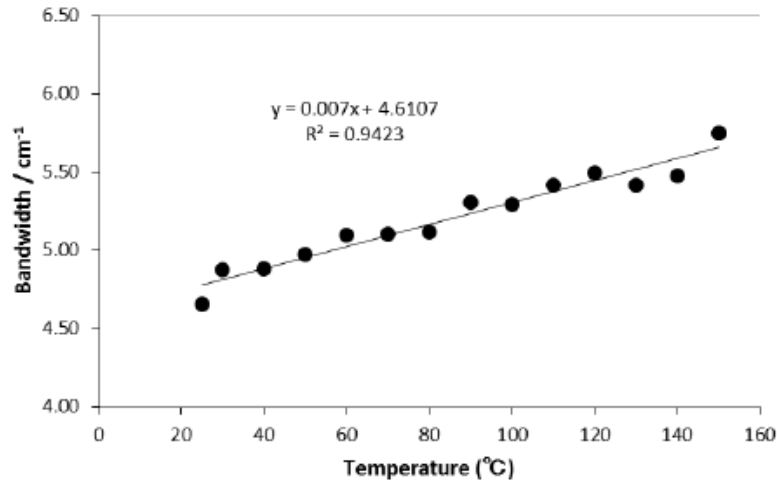


図 2.2.1.3-3 半値全幅 vs 温度

B.実験の部の(b)により得られた駆動時のラマンスペクトルからピーク波数および半値全幅を求め、上記の 2 種類の検量線から温度を見積もった。電流密度に対するピーク波数および半値全幅より算出した温度のプロットとして、結果を図 2.2.1.3-4 に示す。

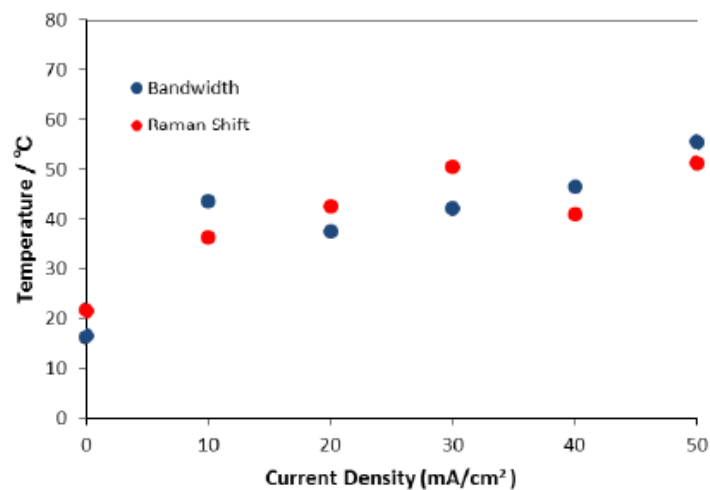


図 2.2.1.3-4 電流密度 vs 温度

(c) まとめ

温度に対するピーク波数と半値全幅を用いて、A2 素子 HAT-CN 層の温度を測定することができた。ピーク波数と半値全幅を用いて算出した温度は、電流密度 50 mA/cm<sup>2</sup> においてそれぞれ 51 ± 5°C、55 ± 11 °Cであった。

## D. 成果のまとめと今後の方針

### (a) これまでの成果のまとめ

HAT-CNのCN伸縮振動ラマンバンドのピーク波数および半値全幅の温度依存性が確認できたので、駆動素子の有機層温度の測温におけるラマンマーカースとして採用した。また、電流密度10~50 mA/cm<sup>2</sup>の間で定電流駆動させたA2素子のHAT-CN層の測温に成功した。ピーク波数と半値全幅から見積もった温度はほぼ一致し、50mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で駆動させた時、素子内部(HAT-CN層)の温度が約50℃になることがわかった。

### (b) 平成25年度末までの実施方針

熱の影響を考慮した高信頼寿命加速試験法の確立に寄与するべく、下記の検討を行う。

- ・測温データのばらつきを低減させ、有機EL素子内部をより精度よく計測する手法を開発する。

なお、高信頼寿命加速試験法の検討は「2.1.1 標準評価技術の開発」で行う。

### 参考文献

- 1) H. Tsuji, A. Oda, J. Kido, T. Sugiyama, and Y. Furukawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 47, 2171 (2008).
- 2) T. Sugiyama, H. Tsuji, and Y. Furukawa, *Chem. Phys. Lett.*, 453, 238 (2008).
- 3) T. Sugiyama and Y. Furukawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 47, 3537 (2008).
- 4) H. Tsuji and Y. Furukawa, *Chem. Phys. Lett.*, 488, 206 (2010).

## 2.2.1.4. 素子性能基礎解析及び評価技術の開発の成果の要約

### <和周波発生（SFG）分光法>

#### これまでの成果

- (1) 2色可変SFG分光を使用して、素子に電圧を印加した際に起こる電界誘起効果による内部電界挙動の計測に成功した。
- (2) SFG分光における2重共鳴効果を利用することで、素子内部の特定の有機層の情報を抽出できることに成功した。
- (3) 有機EL素子に電圧を印加し、駆動中に特定の有機層に電荷が集中する挙動を観測することに成功した。

#### 今後の取り組み

SFG分光を用いた有機EL素子の評価は、CEREBA独自のものであり世界的にも他所では行われていないため、本方式を用いた劣化解析技術の早期構築は重要である。本技術を汎用かつ利便性の高い解析技術として確立するために、複数の異なる構造・機構を有する有機EL素子に適用し、その有効性を検証する。

### <インピーダンス分光（IS）法>

#### これまでの成果

- (1) パラメータを系統的に変化させた多数素子のインピーダンス・スペクトルを自動計測するシステムを開発した。
- (2) 従来方式では各層のRCコンポーネント分離が困難であった多層膜構造素子にも適用できる新しい解析手法の開発を行った。

#### 今後の取り組み

各層のRCコンポーネントを分離抽出する技術の高度化を通して、さまざまな有機EL素子に適用できる汎用かつ利便性の高い劣化解析技術の確立を目指す。

### <ラマン分光による素子内部測温>

#### これまでの成果

HAT-CNのCN伸縮振動ラマンバンドラマンマーカースとして採用し、基準素子A2を電流密度10~50 mA/cm<sup>2</sup>の間で定電流駆動させた際の測温に成功した。50mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で駆動させた時、素子内部の温度が約50℃になることがわかった。平成25年度中に、熱の影響を考慮した高信頼寿命加速試験法の確立に寄与するべ

く、有機 EL 素子における測温データのばらつき低減を行う。  
(高信頼寿命加速試験法の検討は「2.1.1 標準評価技術の開発」で行う。)

#### 今後の取り組み

素子構造が異なる素子の内部温度を精度よく計測する手法を開発することで、駆動時の素子発熱および放熱性の評価技術を高度化する。

最終目標に向け、今後は上記技術の高度化・一般化を進め、組合員企業に有効活用できる劣化解析技術に仕上げていく。

## 2.2.2. 有機薄膜内微小部位の非破壊劣化機構解析

(CEREBA・九州先端科学技術研究所・九州大学) (①-2-2)

有機 EL 素子を構成する有機薄膜内の微小部位の駆動劣化による電気的変化を非破壊的に解析する手法の 1 つとして、熱刺激電流測定法 (Thermally Stimulated Current : TSC 法) を用いた解析を九州グループ(九州先端科学技術研究所・九州大学)と CEREBA の共同実施として行った。

TSC 法は有機半導体薄膜内の部位の電気的情報を電荷トラップ情報 (正負のトラップの有無とトラップ深さ) として検出、同定できる有力な手法である。有機 EL 素子の連続駆動による材料劣化部位の特定を非破壊で計測する手法であると考え、単色有機 EL 素子を用いて連続駆動劣化前後の素子の電荷トラップを調べ、素子劣化解析手法としての有用性を検証し、更に劣化機構解析の手法としての適用性を広げるための検討を行った。

### 2.2.2.1. 熱刺激電流計測法による有機EL素子の劣化機構解析

#### A. はじめに

##### (a) 熱刺激電流計測法の有機EL素子への適用

熱刺激電流測定法 (Thermally Stimulated Current : TSC法) は、試料に電界を加えることにより試料内部に分極や電荷トラップを発生させ、昇温過程での脱分極電流、分極電流、自発分極電流を測定する手法である。これまでTSC法は、有機系材料及び無機系材料を始めとした誘電体中の電荷現象や半導体のトラップ準位の測定に使用されてきたが、最近では、高分子の分子運動や緩和過程の解析手段としても展開されてきた<sup>1),2)</sup>。さらに、有機電子材料の電荷トラップの計測が可能であることから、2000 年頃から有機半導体のTSC法と電荷トラップサイトのエネルギー深さおよび電荷トラップ密度の解析が試みられ始めた<sup>3),4)</sup>。さらに、2007 年頃から有機半導体デバイスの有機層内部や絶縁層近傍の電荷トラップを計測する手法として応用され始めた計測法で有り、有機EL素子への応用は比較的新しい手法である。また、有機半導体デバイスの劣化には、薄膜中や界面に電荷が蓄積・脱離することにより進行することが予想されている<sup>5),6)</sup>ため、有機EL素子における非破壊での劣化機構解析に応用できると考えられ、文献<sup>5)</sup>を参考に測定手法の確認を行い、有機EL素子の劣化解析を行った。

##### (b) 熱刺激電流計測法の原理

TSC 法は、試料に電界を加えることにより試料内部に分極や電荷トラップを生じさせ、試料の温度上昇 (熱刺激) によって、試料内部に生じた分極の緩和、電荷トラップからの電荷の熱的放出などの電荷現象を、外部回路を流れる電流として取り出すものである。TSC 法によって評価できる分極の緩和現象では、双極子やイオン、高分子の分子運動に伴う電荷移動、電荷トラップからの電荷の熱的放出では、トラップエネルギーの深さやトラップに補足された電荷が形成する空間電荷量が観測の対象となる。

しかし、TSC 法によって観測される電流がどちらの現象によるものなのか十分な注意が必要である。

### ①装置構成

図 2.2.2.1-1 に TSC 測定系の概要を示した。クライオスタットは、低温から高温域まで保持できる必要があり、ファラデーゲージを介して無誘電ヒーターコイルを使用した温度制御装置、微小電流を検出できる超高感度電流計システム、電気的ノイズを低減した試料ホルダー・電極、および試料に直流電界を加えるための直流電圧印加装置からなる。通常クライオスタット内の試料室は、水分の影響を最小限に抑えるため、ヘリウムガスで置換して測定を行うと安定したデータが得られやすい。

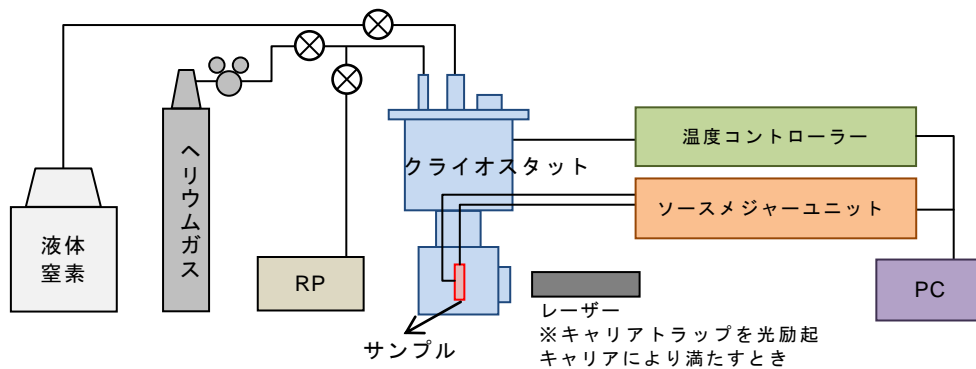


図 2.2.2.1-1 TSC 測定系概略図

### ②測定原理および解析<sup>1),3),4),5),7),8),9),10),11)</sup>

TSC に寄与する荷電粒子は、双極子、電子または正孔、イオンが考えられるが、ここでは、双極子分極による TSC と比較しながら、電子または正孔の TSC の場合を考える。トラップされた電子が昇温により、伝導体に励起されたときは、図 2.2.2.1-2 のように電界によっていずれの電極方向にも移動できることとなる。この場合、昇温はトラップされた電子を伝導体にあげるだけであって、その移動には電界を必要とする。トラップされた電子の TSC は、コレクティングバイアス ( $V_c$ ) によって大きく変化する。一方、双極子の場合、 $V_c$  は井戸型ポテンシャルを変えるだけであって、TSC はほぼ  $V_b - V_c$  ( $V_b$ : 高温状態で試料を分極させるため印加したバイアス電圧) に比例する。また、双極子分極は、電極材料や電極との試料の界面などにそれほど敏感な関係は無いので、双極子分極の TSC の場合、非常に再現性が良い。しかし、トラップ電子では、上記の電極材料や界面によって電子の注入が変化し、さらには、注入電子の電荷によって試料内のクーロン電場も変化するので、 $V_b$  や  $V_c$  の印加温度あるいは印加時間などの TSC の測定条件が敏感に影響し、TSC の形状も複雑になって測定・解析がより困難になる。

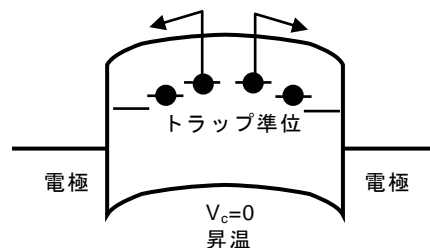


図 2.2.2.1-2 トラップによる TSC の発生

ここで、図 2.2.2.1-3 のように +x の位置に置かれた  $q_1$  の電荷がこの位置で、エネルギー的に  $E_t$  の深さでトラップされている場合を考える。電荷  $q_1$  のすべてが電極 1 に向かうと仮定する (図 2.2.2.1-3(b) と、電荷  $q_1$  は距離  $X_1$  だけ移動するので、電極 1 上の電荷  $q_1 = -(d-x)q_1/d$  と再結合できる。引き続き、残りの電荷  $xq_1/d$  が電流計を通して流れ、電極 2 上の電荷  $q_2 = -xq_1/d$  と再結合し、完全に消滅する過程を経る。従って、電流計で観測される電荷量は、 $q_2$  となり、全トラップ電荷量  $q_1$  より少ない。このことは、短絡回路を用いた脱トラップの TSC 測定においては、全電荷量が観測されるわけでは無いことに注意を要する。そこで、図 2.2.2.1-3(c) のように、電荷  $q_1$  が x の位置にあるとすると、電気力線が電極 1、2 へ伸びる。この状態は、図 2.2.2.1-3(a) に示すように電荷  $q_1$  と電極 1、2 の間に静電容量  $C_1$  及び  $C_2$  のキャパシタがある事と等価である。従って、電荷  $q_1$  からみると、 $C_1$  と  $C_2$  の並列キャパシタにより、電気力線で電極 1 と 2 上の電荷  $q_1$  と  $q_2$  と結ばれる事から、電荷  $q_1$  のある位置では、電位  $V_p = q_1/(C_1 + C_2)$  が発生していると考えることができる (図 2.2.2.1-3(c))。したがって、電荷  $q_1$ 、 $q_2$  は次式で表される。

$$q_1 = -\frac{d-x}{d}q_1 = -C_1 \frac{q_1}{C_1 + C_2} \quad (2.2.2-1)$$

$$q_2 = -\frac{x}{d}q_1 = -C_2 \frac{q_1}{C_1 + C_2} \quad (2.2.2-2)$$

つまり、最も起こりやすい脱トラップ過程とは、電気力線の方向に沿って、トラップ電荷  $q_1$  のうち、電極 1 上の電荷  $q_1$  と再結合するために必要な電荷  $(d-x)q_1/d$  が電極 1 へと移動し、電極 2 上の電荷  $q_2$  と再結合するために必要な電荷  $xq_1/d$  が電極 2 へと移動し消滅することとなる。したがって、もし、電極 1 方向にすべての電荷を動かそうとすれば、電極 2 上の電荷  $q_2$  に収束した電気力線がすべて電極 1 に収束するように、電極 1 に対して電極 2 に、

$$C_2 \frac{q_1}{C_1 - C_2} = \frac{C_1 C_2}{C_1 - C_2} V_c \quad (2.2.2-3)$$

の関係が満たされる様な電位  $V_c = q_1/C_1$  のコレクティングバイアスを補助的に加える必要がある (図 2.2.2.1-3 (c))。ただし、この様な条件で測定したとしても、脱トラップ過程で、電流計で観測できる電荷量は、 $q_2 > q_1$  であり、全トラップ電荷量  $q_1$  にはならない。

次に、TSC 法で観測される熱刺激電流から、キャリアの脱トラップ過程を考察する。トラップされたキャリアの解放過程は、+x の位置で  $E_t$  のエネルギーを獲得するためのトラップ解放にかかる時間  $\tau_t$  と、解放されたキャリアが +x の位置から電極に移動するために必要な時間  $\tau_d$  からなる。 $\tau_d < \tau_t$  であれば、キャリアの解放はトラップからの脱出時間で律速されたものとなる (熱励起律速) が、 $\tau_d > \tau_t$  であれば、キャリアが +x 位置から電極に移動する過程で律速された現象 (ドリフト律速または拡散律速) となる。どちらの律速過程を計測しているかを見極めることには十分注意を要するが、TSC 法では、 $\tau_d < \tau_t$  の仮定のもと解析される例がほとんどであることから、熱拡散律速として検討を進める。

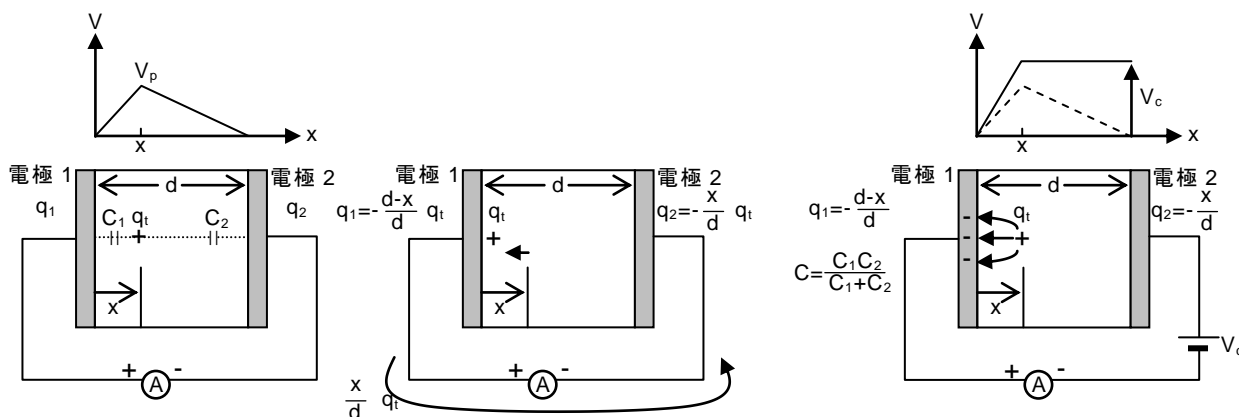


図 2.2.2.1-3 トラップ電荷の TSC

- (a) トラップ電荷  $q_t$  がある場合
- (b) トラップ電荷が電極 1 に向かう場合
- (c) コレクティングバイアスを印加した場合

TSC を表す関係式を導出するため、ここでは理解を容易にすることを目的として、無機半導体の価電子帯および伝導帯を用いて説明するが、有機半導体において価電子帯を HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital: 最高被占軌道)、伝導帯を LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital: 最低空軌道) と読み替えても TSC 法においては差し支えない。R. H. Bube 等は導電率の温度依存性のピーク値からトラップサイトのエネルギー ( $E_t$ ) の見積もりを提案した。キャリア移動度 ( $\mu$ )、導電率の温度依存性のピーク値 ( $\sigma(T_m)$ )、ピークを与える温度 ( $T_m$ ) を用いて、

$$E = kT_m \ln \left[ \frac{N_c q \mu}{\sigma(T_m)} \right] \quad (2.2.2-4)$$

ここで、 $N_c$  は伝導帯中の熱活性化有効状態密度、 $q$  は電荷である。トラップサイトとして作用し、熱的に伝導帯へキャリアを励起可能である  $E_t$  のエネルギーにある単一トラップサイトが存在し、再結合による電子の消失速度が再結合寿命  $\tau$  によって記述でき、電子は伝導帯中で消失しないと仮定すると、価電子帯中の電子数 ( $n_c$ ) と、トラップに補足された電子数 ( $n_t$ ) の変化量は、次に示すとおりとなる。

$$\frac{dn_t}{dt} = -n_t N_c S v e^{-E_t/kT} + n_c (N_t - n_t) S v \quad (2.2.2-5)$$

$$\frac{dn_c}{dt} = -\frac{n_c}{\tau} - \frac{dn_t}{dt} \quad (2.2.2-6)$$

ここで、 $N_t$  は有効トラップ状態密度、 $N_c$  は伝導帯中の熱活性化有効状態密度、 $S$  は電子に対するトラップの有効捕獲断面積、 $v$  はトラップ中の電子の熱運動速度、 $E_t$  はトラップ深さ、 $k$  はボルツマン定数、 $T$  は絶対温度である。

そこで、再結合寿命よりも、トラップ中の電子と価電子帯の電子が熱平衡状態に非常に早く達する場合、つまり、有機半導体中では、無機半導体と異なり小数キャリアによりキャリア再結合が無視できると考えられる場合、全電子数は、 $n = n_t + n_c$  となる。



また、温度が時間と一次の関係にあるとき、

$$T = T_0 + bt \quad (2.2.2-7)$$

と置くと、(2.2.2-5) および (2.2.2-6) は、

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{n_c}{\tau} = -\frac{n}{\tau} \left( \frac{N_t}{N_c} \right) \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) \quad (2.2.2-8)$$

さらに、初期状態では、伝導帯での熱活性な電子の状態密度よりも、トラップ中の状態密度の方が大きいと考えられるので、 $N_t \gg N_c \exp(-E_t/kT)$ と置くと、

$$n(T) = n(T_0) \exp\left(-\frac{1}{b} \int_{T_0}^T N_c N_t^{-1} \tau^{-1} e^{-E_t/kT} dT\right) \quad (2.2.2-9)$$

その結果、電流つまり TSC は、

$$I(T) = I(T_0) \exp\left[-\frac{E_t}{kT} - \frac{1}{tb} \int_{T_0}^T \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) dT\right] \quad (2.2.2-10)$$

したがって、 $\ln I(T)$  vs.  $1/T$  プロットを行うことにより、その傾きからトラップ深さ ( $E_t$ ) を決定できる。また、式 (2.2.2-9) より導電率は

$$\sigma(T) = n_c q \mu = \frac{N_c \mu}{N_t} q n_0 \exp\left(-\frac{E_t}{kT} - \frac{1}{n_t b \tau} \int_{T_0}^T n_c e^{-E_t/kT} dT\right) \quad (2.2.2-11)$$

$E_t/kT_m \gg 1$  の条件下で、 $T_m$  は  $\sigma(T)$  が最大となる温度とすると、最大値を算出するために、 $\ln[\sigma(T)]$  を分割して整理できる。

$$\exp\left(\frac{E_t}{kT_m}\right) = \frac{n_c k T_m^2}{n_t b \tau E_t} \quad (2.2.2-12)$$

上記の式 (2.2.2-12) を整理すると、

$$\ln \frac{T_m^2}{b} = \frac{E_t}{k} \frac{1}{T_m} - \ln \frac{N_c k}{N_t \tau E_t} \quad (2.2.2-13)$$

となり、 $\ln(T_m^2)/b$  vs.  $1/T_m$  プロットを行うことによりその傾きからトラップ深さ ( $E_t$ ) を決定できる。また、電子はキャリアトラップ (再結合中心) を介して再結合により消滅すると、再結合寿命  $\tau$  は、

$$\tau = \frac{1}{v S N_t} \quad (2.2.2-14)$$

なので、式 (2.2.2-12) は、

$$E_t = k T_m \left[ \ln \left( \frac{T_m^2 N_c k v S}{b E_t} \right) \right] \quad (2.2.2-15)$$

ここに、 $N_c$  および  $v$  が温度依存性を示すことおよび一般的な値を代入すると、

$$E_t = k T_m \left( \ln \frac{T_m^4}{b} + \ln \frac{2 \times 10^{16} S}{E_t} \right) \sim k T_m \left( \ln \frac{T_m^4}{b} + \ln \frac{1 \times 10^{17} S}{E_t} \right) \quad (2.2.2-16)$$

となることから、有効捕獲断面積  $S$  は、 $10^{-25} \sim 10^{-18}$  ( $\text{m}^2$ ) である事を考慮すると、右辺第二項は無視することができ、トラップ深さは簡易的に TSC ピークを用いて、

$$E_t = k T_m \ln \frac{T_m^4}{b} \quad (2.2.2-17)$$

と表すことができる。

## **B. 熱刺激電流測定による劣化解析**

### **(a) 実験**

TSC 測定には、バイポーラーデバイス (BPD)、ホールオンリーデバイス (HOD) および電子オンリーデバイス (EOD) を作製した。BPD、HOD では、購入した 150~100 nm の膜厚の ITO で 2mm のストライプを形成した基板を用い、EOD ではフラットガラス基板に、100 nm の重量比で 10:1 となるように共蒸着した Mg:Ag 電極を 2 mm マスクを用いて作製し、TSC デバイス用基板として用いた。

ITO 基板及びフラット基板は、超音波洗浄用中性洗剤を用いて 10 分間超音波洗浄し、超純水で十分にすすいだのち、純水で超音波洗浄を 5 分間×3 回行った。さらに、アセトンとイソプロピルアルコールを用いて、それぞれ 5 分間×3 回ずつ超音波洗浄し、イソプロピルアルコールの蒸気に基板をさらすことによって乾燥した。乾燥した基板を、12 分間 UV/オゾン洗浄し、洗浄後直ちに真空チャンバーへ導入し、 $5 \times 10^{-5}$  Pa まで真空に引いた。有機材料は、2~3 Å/s の蒸着スピードで、目的とする膜厚まで成膜した。その後、真空中で搬送を行い、金属チャンバーで 2 mm 幅の上部電極を ITO または Mg:Ag 電極と直交するように成膜した。所定の膜厚及び上部電極の種類については結果に示した。最後に、酸素及び水分濃度が 1 ppm 以下に制御した窒素雰囲気グローブボックス中にサンプルを取り出し、ガラス缶にゲッター剤を貼り付け、UV 硬化樹脂を用いて作製したサンプルを封止した。

TSC 測定は、サンプルを金線と銀ペーストでサンプルホルダーに固定し、ロータリーポンプで真空引きと He パージを 3 度繰り返し、He 雰囲気にしたのち液体窒素を冷媒として、サンプルを 100 K 以下まで冷却し 20 分間保持した。次に、 $1 \text{ mA/cm}^2$  の電流密度になるように調整したトラップ電圧を 2 分間印加し、トラップにキャリアを補足させた。続いて、コレクティングバイアス (代表値として、-0.01 V) を印加し、5 K/min の一定速度で昇温しながら TSC を計測した。TSC の計測には、サンプル内部に形成された内部電界により、キャリア移動が引き起こされると考えられるが、電流計を流れる電流の方向を規定するために、キャリア注入が室温でも起こりにくい低電圧をコレクティングバイアスとして印加した。

TSC 測定後、室温で  $1 \text{ mA/cm}^2$  (サンプルが電氣的に破壊される場合は、 $0.1 \text{ mA/cm}^2$ ) の定電流密度で連続駆動して再び TSC を測定し、駆動前後での TSC スペクトルの変化を計測した。

### **(b) 単層素子を用いた熱刺激電流測定と計測系の確認**

まず、 $\text{Alq}_3$  単層素子について検討を行った。デバイス構造は下記の通りであり、測定条件は、文献を参考に、冷却時にキャリアトラップにキャリアを捕捉させる電流  $10 \text{ mA/cm}^2$  を 2 分間印加し、昇温速度 10 K/min としてコレクティングバイアスを印加して計測した。

### デバイス構造

① Alq<sub>3</sub> 単層素子（電子電流デバイス）：

MgAg(100 nm) / Alq<sub>3</sub>(150 nm) / MgAg(100 nm) / Ag(10 nm)

② Alq<sub>3</sub> 単層素子（正孔電流デバイス）：

ITO(100 nm) / Alq<sub>3</sub>(150 nm) / Au(80 nm)

### 測定条件

冷却時印加電流密度：10 mA/cm<sup>2</sup>、2 分間

冷却温度：液体窒素により冷却するため、基板温度は-80 K 程度まで冷却

昇温速度：10 K/min

コレクティングバイアス：①1.0 V、②-0.01 V

①電子電流デバイスおよび②正孔電流デバイスの TSC スペクトルを図 2.2.2.1-4 に示した。図 2.2.2.1-5 には、Alq<sub>3</sub> 単層素子と電極のエネルギー準位を示した。図 2.2.2.1-6 に示した文献値と同様に、Alq<sub>3</sub> の電子電流デバイスに対して 140 K、正孔電流デバイスに対して 240 K にスペクトルのピークが観察された。つまり、①では、Alq<sub>3</sub> 中の電子トラップ、②では Alq<sub>3</sub> 中の正孔トラップに補足されたキャリアが、熱によって活性化して脱トラップした電流を観察していると考えられる。そのトラップ深さは、式 (2.2.2-17) より、0.21 eV、0.41 eV と算出できる。

$$E_t = kT_m \ln \frac{T_m^4}{b} \quad (2.2.2-17)$$

$E_t$  : Energy levels of traps

$k$  : Boltzman's constant

$T_m$  : Temperature at TSC peak

$b$  : Heating rate

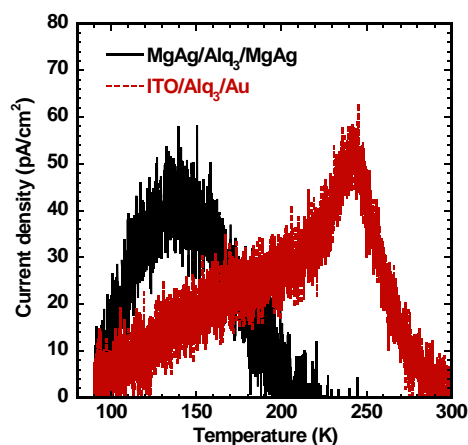


図 2.2.2.1-4 Alq<sub>3</sub> の TSC スペクトル

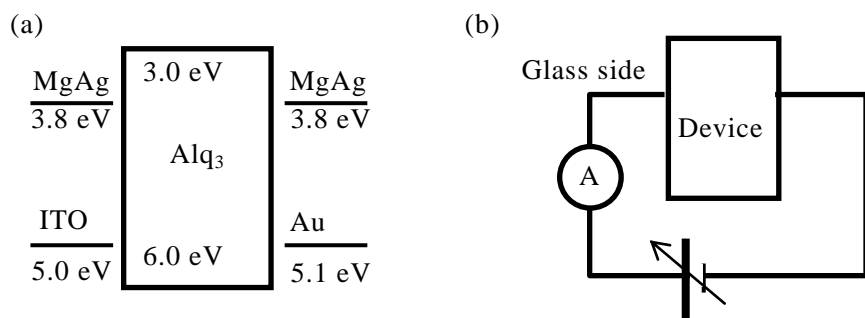


図 2.2.2.1-5 (a)Alq<sub>3</sub> 単層素子と電極のエネルギー準位の関係と (b)TSC 回路の模式図

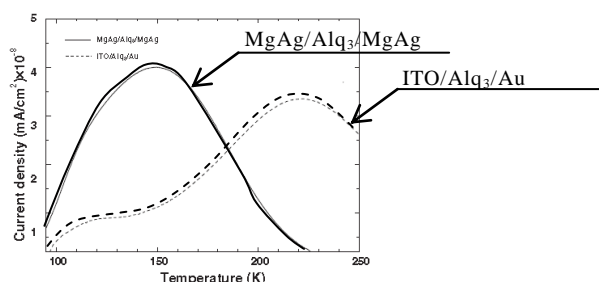


Fig. 5. TSC spectra of MgAg/Alq<sub>3</sub> (200nm)/MgAg (100nm) and ITO/Alq<sub>3</sub> (200nm)/Au (40nm) devices.

図 2.2.2.1-6 文献<sup>5)</sup>より引用した Alq<sub>3</sub> の TSC スペクトル

同様に、 $\alpha$ -NPD についても検証を行った。素子構造および測定条件を以下に示した。

#### デバイス構造

③ $\alpha$ -NPD 単層素子 (バイポーラー電流デバイス) :

ITO(100 nm) /  $\alpha$ -NPD(200 nm) / MgAg(100 nm) / Ag(10 nm)

④ $\alpha$ -NPD 単層素子 (電子電流デバイス) :

MgAg(100 nm) /  $\alpha$ -NPD(200 nm) / MgAg(100 nm) / Ag(10 nm)

#### 測定条件

冷却時印加電流密度 : 10 mA/cm<sup>2</sup>、2 分間

冷却温度 : 液体窒素により冷却するため、基板温度は -80 K 程度まで冷却

昇温速度 : 10 K/min

コレクティングバイアス : ③1.0 V、④0.01 V

$\alpha$ -NPD の TSC 測定結果を図 2.2.2.1-7 に示した。③の単層素子では特別に電子注入を阻止する電極構成ではないので電子と正孔が両方流れる素子構造ではあるが、ITO をプラスに電圧を印加した場合 ITO からの正孔注入が優勢であり MgAg 電極からの電子注入は無視できると考えて良い。110 K (0.16 eV) にピークが検出された。正孔トラップ

プが存在することを示唆している。

一方、④の電子電流デバイス構成では  $\alpha$ -NPD からの電子トラップは検出されなかった。従って、 $\alpha$ -NPD 層には、014eV の深さの正孔トラップサイトのみが存在し、電子トラップサイトは、少なくとも 0.1-0.5eV の深さの範囲には存在しないと考えるであろう。

図 2.2.2.1-8 には文献<sup>5)</sup>値のデータを示した。今回、同等のスペクトルが得られたことから、現在九州グループが使用している TSC 装置に関して、再現性が得られたと判断した。

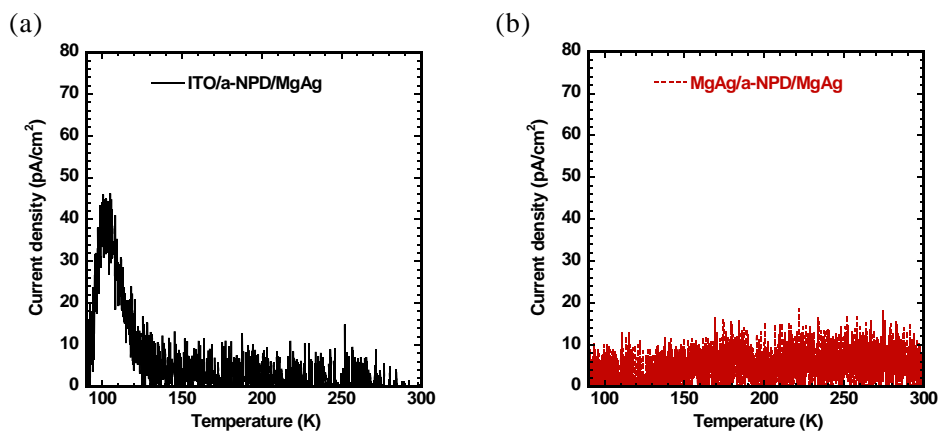


図 2.2.2.1-7  $\alpha$ -NPD の TSC スペクトル  
(a)バイポーラー素子、(b)電子電流素子

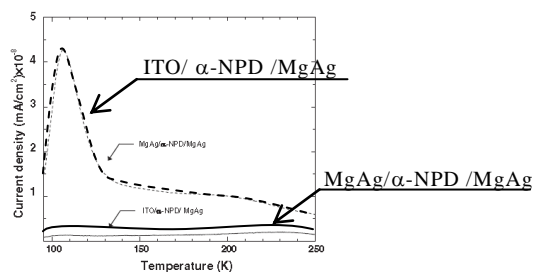


Fig. 4. TSC spectra of MgAg/ $\alpha$ -NPD (200 nm)/MgAg (100 nm) and ITO/ $\alpha$ -NPD (200 nm)/MgAg (100 nm) devices.

図 2.2.2.1-8 文献<sup>5)</sup>より引用した  $\alpha$ -NPD の TSC スペクトル  
(論文本分の文意に沿い一部修正)

## C. 有機 EL 素子の熱刺激電流計測法による劣化解析

### (a) 単色緑色基準素子の熱刺激電流による劣化解析の検討

平成 24 年度に CEREB A と検討を進めた緑色基準素子を用いて、TSC による劣化解析を行った。素子構造及び測定条件を以下に示した。

#### 素子構造

- ① ITO /HAT-CN(60 nm) / $\alpha$ -NPD(40 nm) /6wt% Ir(ppy)<sub>3</sub>:CBP(30 nm) /BALq(10 nm) /Alq<sub>3</sub>(30 nm) /LiF(0.5 nm) /Al(100 nm)
- ② ITO /MoO<sub>3</sub>(30 nm) / $\alpha$ -NPD(50 nm) /6wt% Ir(ppy)<sub>3</sub>:CBP(30 nm) /BALq(10 nm) /Alq<sub>3</sub>(30 nm) /LiF(0.5 nm) /Al(100 nm)

#### 測定条件

冷却時印加電流密度：10 mA/cm<sup>2</sup>、5 分間

冷却温度：液体窒素により冷却するため、基板温度は-80 K 程度まで冷却

昇温速度：5 K/min

コレクティングバイアス：-0.01 V

劣化時間：①1,000 時間、②4,157 時間

ホール注入層に HAT-CN を用いた素子①および MoO<sub>3</sub> を用いた素子②の TSC の測定結果を図 2.2.2.1-9 及び図 2.2.2.1-10 に示した。両方の素子構造において、劣化前の素子では、浅いキャリアトラップを示す低温側（100 K、0.14 eV）と深いキャリアトラップを示す高温側（250 K、0.43 eV）にピークが観察されたが、劣化後には、深いキャリアトラップが消失し、浅いトラップのピークが減少した。

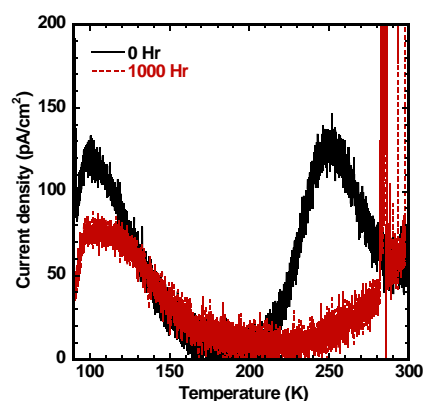


図 2.2.2.1-9 ホール注入層に HAT-CN を用いた基準素子の劣化前後での TSC スペクトル

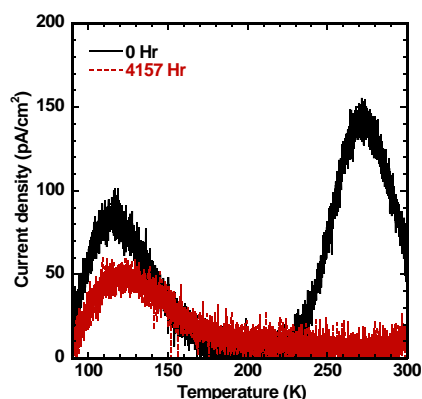


図 2.2.2.1-10 ホール注入層に  $\text{MoO}_3$  を用いた基準素子の劣化前後での TSC スペクトル

これらのピークの起源を明らかにするため、キャリアトラップを含む層の膜厚を変化させた実験を行った。層中に均一にトラップが存在すると仮定すると、膜厚変化に伴いピーク強度が増減すると期待される。HAT-CN をホール注入層に有する基準素子の構成膜厚を変え、TSC スペクトルの変化を観察した。

各層の膜厚を変えて作製した少なくとも 4 種の素子について、連続駆動劣化に伴って定性的ではあるが、全く同一の TSC カーブの変化が観測できたことになる。ここで観測された基準素子の連続駆動劣化に伴うキャリアトラップの変化に関する考察は、次節の各層毎の連続駆動劣化前後の TSC カーブの比較の結果について考察した後に行う。

#### 素子構造

① ITO /HAT-CN(60 nm) / $\alpha$ -NPD(40 nm) /6wt% Ir(ppy)<sub>3</sub>:CBP(30 nm) /BAIq(10 nm) /Alq<sub>3</sub>(30 nm) /LiF(0.5 nm) /Al(100 nm) を参照素子とし、下記のデバイスの測定を行った。膜厚は、素子の構成の都合により増減させた。

- ①-1 HAT-CN 層 : 60 nm→30 nm
- ①-2  $\alpha$ -NPD 層 : 20 nm→40 nm
- ①-3 6wt% Ir(ppy)<sub>3</sub>:CBP 層 : 30 nm→45 nm
- ①-4 Alq<sub>3</sub> : 30 nm→10 nm

## (b) 単層素子の TSC による劣化解析の検討

前節では、有機 EL として動作する素子構造での評価を行った。本節では、素子劣化によるキャリアトラップの生成について、各単層での評価を行った。ホール輸送層  $\alpha$ -NPD では、正孔および電子による劣化を観察するためにバイポーラー素子、電子輸送層 Alq<sub>3</sub> では、電子による劣化を観察するために電子電流素子、ホスト材料 CBP では、正孔および電子による劣化を観察するために、電子電流素子及びバイポーラー素子を作製し連続通電駆動前後での TSC 評価を行った。素子構造および測定条件を下記に示した。

図 2.2.2.1-11 に、各単層素子の駆動前後の TSC スペクトルを示した。 $\alpha$ -NPD 単層素子では、基準素子と同じ位置にピークが観察されたが、駆動前後において全くスペクトルの変化は観察されなかった。このピークは浅い正孔トラップであると帰属されるので、 $\alpha$ -NPD 単層に正孔を連続注入しても、正孔トラップは増減しないものと考えられる。

CBP 単層素子では、バイポーラー素子と電子電流素子を作製し TSC の測定を行ったが、連続駆動前の素子ではピークを観察することができなかった。即ち、CBP には 300 K (0.53 eV) までのエネルギー領域で脱トラップできる正孔トラップも電子トラップもほとんどないと解釈される。今回は連続駆動後の TSC 測定は実施していないので、正孔連続注入、電子連続注入により新しくトラップサイトが生成するかどうかは今後の検討課題である。

Alq<sub>3</sub> の電子オンリー素子においても、連続駆動によるピークの変化量は小さく、Alq<sub>3</sub> 層の電子トラップは連続駆動によりほとんど増減がないことが分かった。Alq<sub>3</sub> の正孔オンリー素子では 250K 付近に深い正孔トラップ (0.41eV) のピークが検出されているが、連続駆動により正孔注入を続けた場合の深い正孔トラップの挙動について検討することは興味深く、今後の課題である。

以上の Alq<sub>3</sub> と  $\alpha$ -NPD の単層素子の連続駆動前後の TSC 信号の変化の結果を踏まえて、再度基準素子の連続駆動による劣化前後の TSC 信号の変化の起源を考察する。基準素子で観測された低温側のピークは、 $\alpha$ -NPD によるものと考えられるが、連続駆動によりピーク強度がわずかに減少する傾向が見られた。このことは、素子の NPD 層を多量の正孔が通過することで、初期に存在したトラップサイトが減少することを意味しているとも考えられ興味深い。再現性のチェックがまず必要ではあるが、 $\alpha$ -NPD 内ないしはその両側の界面近傍にどのような不純物ないしは構造欠陥などの正孔トラップサイトの起源があり、それが正孔連続注入でどう変化するのかを考えることに繋がると期待できる。

高温側のピークは、そのピーク位置から判断して、 $\alpha$ -NPD の正孔トラップでも、電子トラップでもなく、また CBP:Irppy<sub>3</sub> 層起源のトラップでもない。また HAT-CN にトラップがある兆候も今のところ見つかっていない。そこで現在の知見ではピーク位置が合致している Alq<sub>3</sub> 層の正孔トラップであると暫定的に帰属すべきであろう。このピークは連続駆動による劣化後は消失するないしは大きく更に高温側 (深い準位) へシフトしたことは、Alq<sub>3</sub> 層まで到達した正孔が存在することを示唆している。



## 素子構造

- ①  $\alpha$ -NPD 単層素子 : ITO/ $\alpha$ -NPD(200 nm)/MgAg(100 nm)
- ② CBP 単層素子 :  
ITO/CBP(200 nm)/MgAg(200 nm)、MgAg(100 nm)/CBP(200 nm)/MgAg(100 nm)
- ③ Alq<sub>3</sub> 単層素子 : MgAg(100 nm)/ Alq<sub>3</sub>(200 nm)/MgAg(100 nm)

## 測定条件

冷却時印加電流密度 : 10 mA/cm<sup>2</sup>、5 分間

冷却温度 : 液体窒素により冷却するため、基板温度は-80 K 程度まで冷却

昇温速度 : 5 K/min

コレクティングバイアス : 1.0 V

劣化時間 : 10mA/cm<sup>2</sup> の電流密度を流す電圧を印加し、劣化時間は素子それぞれにデータに附記した。

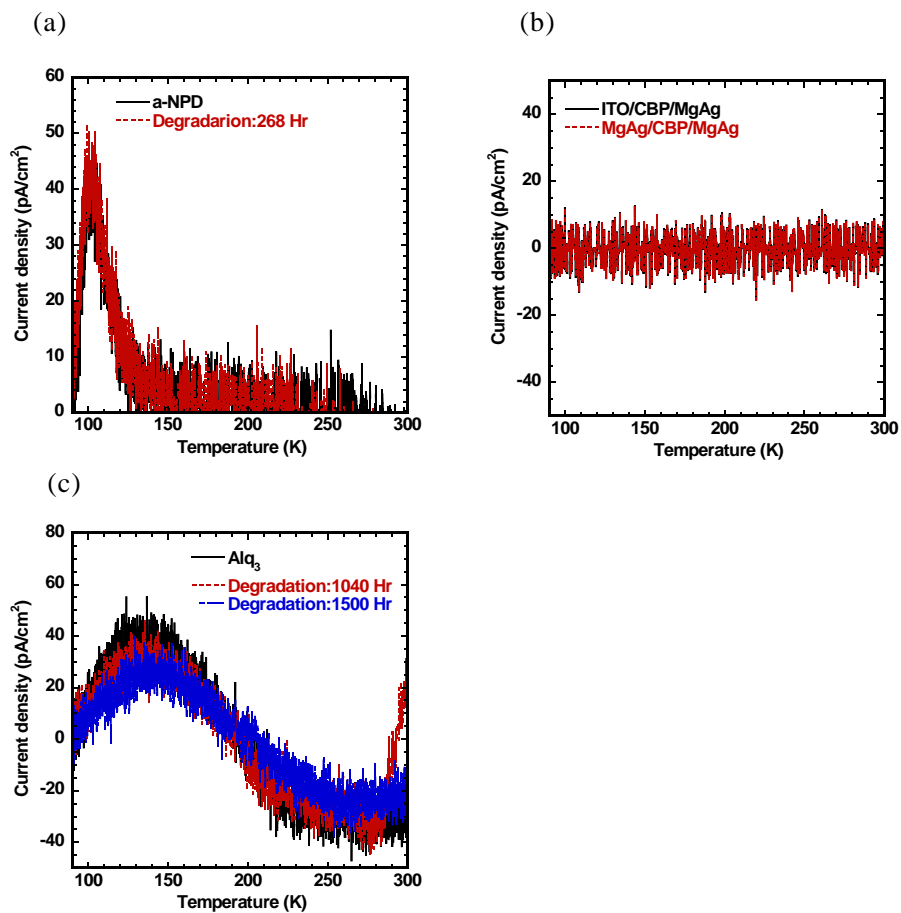


図 2.2.2.1-11 各単層素子での劣化前後の TSC スペクトル  
(a) $\alpha$ -NPD 層、(b)CBP 層、(c)Alq<sub>3</sub> 層

## D. まとめと今後の方針

TSC 測定を中心に劣化解析を行い、測定条件の確立や連続駆動に伴う TSC スペクトルの変化を確認することができた。TSC 測定には、測定条件やデータ解析に課題があることが明らかとなった。これまでに、TSC 測定において基準素子には、0.21 eV と 0.41 eV の深さのキャリアトラップが存在すること、そのトラップは、駆動により減少または消失することが明らかとなった。この挙動を  $\alpha$ -NPD、CBP、Alq<sub>3</sub> 等の各層単独の TSC 測定の結果を用いてある程度理解することができた。

## E. 平成 25 年度末までの実施方針

今後は、TSC 測定を中心に、まだ取得できていない単層素子の劣化による TSC 測定をキャリア種に留意して計測し、解析しフィードバックを行う。さらに、白色有機 EL 素子を構成する材料の TSC スペクトルを取得し、それを用いた駆動劣化の解析を実施する予定である。

参考文献)

- 1) R. H. Bube, *Photoconductivity of Solids*, Wiley, New York, p. 292(1960)
- 2) Z. Fang, L. Shan, T. Schlesinger, and A. Milnes, *Mater. Sci. Eng.* **B 5**, 397(1990)
- 3) S. Karg, J. Steiger, H. von Seggern, *Synth. Met.*, **111-112**, 277(2000)
- 4) A. G. Werner, J. Blochwitz, M. Pfeiffer and K. Leo, *J. Appl. Phys.*, **90**, 123(2001)
- 5) M. Nakahara, M. Minagawa, T. Oyamada, T. Tadokoro, H. Sasabe, and C. Adachi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, L636(2007)
- 6) K. Kawano and C. Adachi, *Adv. Funct. Mater.*, **19**, 3934(2009)
- 7) R. R. Haering and E. N. Adams, *Phys. Rev.*, **117**, 451(1960)
- 8) 日野太郎、「熱刺激電流 (TSC) の測定と応用」、*電気学会誌*、**95** 巻 2 号、109 (1975)
- 9) M. Tanaka, A. Tsuru and S. Maeta, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **30**, 3437(1991)
- 10) T. Sakurai, *Phys. Rev. B*, **45**, 6623(1992)
- 11) N. von Malm, J. Steiger, R. Schmechel and H. von Seggern, *J. Appl. Phys.*, **89**, 5559(2001)
- 12) Aziz H, Popovic Z, Hu N, Hor A, Xu G., *Science*, **283**,1900 (1999)
- 13) D. Y. Kondakov, *J. Appl. Phys.*, **97**, 024503 (2005)
- 14) 第 1 回熱刺激電流測定法に関する研究会 予稿集、岩本光正 p.3、東京工業大学 (2012/12/4)

## 2.2.3. 周辺部材基礎解析評価技術の開発 (CEREB A) (①-2-3)

### 2.2.3.1. 水蒸気バリア性評価の装置性能比較

#### A. はじめに

光有機デバイスにおいて、外部から侵入する水・酸素は電極材料自体、あるいは有機材料と電極界面での劣化を引き起こし、素子性能を低下させる要因と考えられている<sup>1)</sup>。特に水の影響は深刻であり、フレキシブルデバイスでの長寿命化において、より高度な封止技術の開発が課題となっている。しかし、有機ELデバイスの発展とともにハイバリアフィルムの開発も活発に進められているが、水蒸気透過度  $10^{-6} \text{g/m}^2/\text{day}$  オーダーのバリア性を評価する測定技術は、様々な手法はあるものの、確立はされていない。トレーサビリティが保障された高精度・高感度なガスバリア性評価法が求められている。

そこで、測定原理の異なる水蒸気透過度測定装置による水蒸気バリア性指標の相違の有無およびその要因を抽出し、水蒸気バリア性評価技術の課題を明確化することを目的に研究を行った。

#### B. 水蒸気バリア性評価の測定方法の分類

##### (a) フィルムを挟んでの両側の水蒸気の圧力状態による分類<sup>1),2)</sup>

測定方法は、差圧法と等圧法の2つに大別される。それぞれ、フィルムを挟んで両面の水蒸気の圧力が異なる場合と同じ場合である。差圧法におけるフィルムを通しての水蒸気透過の駆動力は圧力である。フィルムの片側から水蒸気を供給する。その反対側は、常に供給した気体の圧力より低い圧力に保たれている。

##### (b) 測定時の透過側セルの状態による分類

本研究では水蒸気バリア性の測定方法の分類について、フィルムを挟んで透過側のセルの状態による分類方法を検討した。一方は、図 2.2.3.1-1 に示す方法で、フィルムを挟んで透過側のセルを密閉し、経時的に膜を透過した水分の増加量を計測し、この水分量の変化を水蒸気透過度に変換する手法である。つまり、フィルムを透過した水蒸気のみが透過側セルに入り込む方法となる。そのため、水蒸気透過測定の開始時から定常状態までの間は透過側セルの水分濃度が累積される方法となる。我々はこの方法を静的手法と定義した。もう一方は、図 2.2.3.1-2 に示す方法で、フィルムを挟んで透過側セルにドライガスを絶えず通気、または、真空排気することで清浄度を保持し、単位時間あたりに膜を透過する水分量から水蒸気透過度を求める方法である。我々はこの方法を動的手法と定義した。動的手法はセルの清浄度を保持する手法であり、フィルムを透過した水蒸気は常にドライガスで置換、または、真空排気されるため、駆動力の低下が少なく透過が促進されると考える。

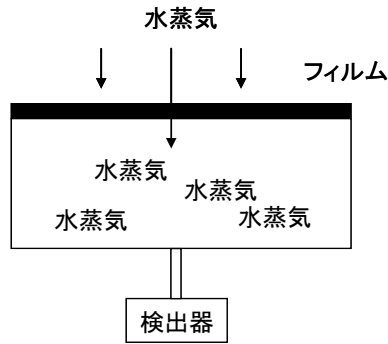
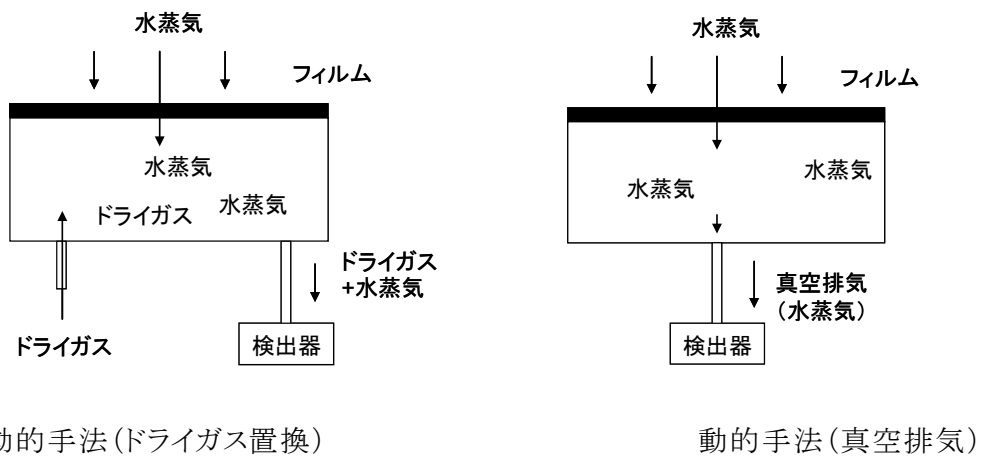


図 2.2.3.1-1 静的手法の概要図



動的手法(ドライガス置換)

動的手法(真空排気)

図 2.2.3.1-2 動的法の概念図

### C. 課題

一般的なバリア性評価法の中から高感度水蒸気バリア性能評価手法の比較を目的に測定原理の異なる計測器を選択し、①相関性、②応用性、③迅速性を比較し、水蒸気バリア性能評価手法の課題の明確化を進めた。

## D. 水蒸気バリア性能評価実験

### (a) 実験

$10^{-3}$  g/m<sup>2</sup>/dayレベルのバリアフィルムを用いて、現在市販されている水蒸気透過度評価装置の中から4種類(装置A、B、CおよびD)を選択し、バリア性能評価を実施した。なお、選択した装置は表 2.2.3.1-1 に示すとおりに分類することができる。

表 2.2.3.1-1 本研究で使用した測定法の分類

測定原理	差圧法	等圧法
静的手法	A	B および C
動的手法	該当無し	D

### (b) 結果

水蒸気透過度の評価結果を表 2.2.3.1-2 に示した。

表 2.2.3.1-2 水蒸気透過度の評価結果(定常状態時)

単位: g/m<sup>2</sup>/day

測定法	バリアフィルム	
	N-1	N-2
測定法 A (差圧法、静的手法)	$2.6 \times 10^{-3}$	$2.7 \times 10^{-3}$
測定法 B (等圧法、静的手法)	$1.2 \times 10^{-3}$	$8.0 \times 10^{-4}$
測定法 C (等圧法、静的手法)	$3.0 \times 10^{-4}$	$4.2 \times 10^{-4}$
測定法 D (等圧法、動的手法)	$4.5 \times 10^{-3}$	$4.1 \times 10^{-3}$

## E. まとめ

「水蒸気バリア性評価の装置性能比較」のまとめを以下に示す。

- ・本検討では測定原理の異なる水蒸気バリア性評価装置による水蒸気バリア性能指標の相違の有無およびその要因を抽出し、評価技術の課題の明確化を目的とした。
- ・測定原理の異なる4つの測定法において、同一の水蒸気バリア性能をもつフィルムを測定したところ、水蒸気バリア性能指標に相違が有ることが明らかになった。
- ・測定方法毎に水蒸気バリア性能指標の相違が有ることが明らかとなったが、その絶対値の確かさを評価するために、トレーサビリティを取るための統一的な手法を確立する必要があるという課題が明確となった。

## 引用文献

- 1+M. Schaer et. al., Adv. Funct. Mater. 11, (2001) 116.
- 2+永井一清 フレキシブルエレクトロニクスデバイスにおけるバリア性能評価技術の現状と課題 応用物理 第80巻 第6号 (2011) p.474
- 3+永井一清監修 気体分離膜・透過膜・バリア膜の最新技術 シーエムシー出版東京 2007 p.88、89、90、94-97

## 2.2.3.2. 水蒸気バリア性評価の高感度化

### A. はじめに

一般的には、有機ELや有機太陽電池に対して、 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{day}$ の水蒸気透過度が必要と言われている<sup>1)</sup>。高いバリア性を保つために、ハイバリアフィルムの開発が活発に進められているが、同時に作製したフィルムのバリア性測定手法の開発も必須である。水蒸気透過度  $10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{day}$ レベルのバリア性を評価する測定技術はいくつか提案されてはいるが、測定精度や再現性、測定時間の面で満足のいくシステムが製品としてまだ提供されていないのが現状である。

そこで、水蒸気透過度測定装置の性能評価手法を検討し、感度低下となる技術的課題を抽出することを目的に研究を行った。

### B. API-MS (Atmospheric Pressure Ionization / Mass Spectrometry) 法

#### (a) 課題

本研究では、API-MS法を用いてバリア性測定装置の性能評価手法を検討し、感度低下となる技術的課題の抽出と性能検証した装置を用いて課題を解決するための指針の明確化を進めた。

#### (b) バリア性測定装置の性能評価法の検討

水蒸気を通さないバリア層と樹脂フィルムの複合材のバリア層を加工して参照フィルムを作成し、API-MS法の性能評価を実施した。また、検証結果の妥当性を確認するため、CRDS (Cavity Ring Down Spectroscopy) を検出器としたバリア性評価法（以下、CRDS法と略す。）を基準装置として評価に活用した。結果として、API-MS法とCRDS法による参照フィルムを用いたバリア性測定装置の性能検証を行い、両手法で良い一致を示したことから  $10^{-4} \text{ g/m}^2/\text{day}$ 台までの水蒸気透過度に対して再現性のある測定が可能であることが分かった。

#### 参考文献

- (1)P. E. Burrows et. al., Proc. SPIE, 4105, (2001) 75
- (2)永井一清監修 気体分離膜・透過膜・バリア膜の最新技術 シーエムシー出版東京 2007 p. 98-99

### C. Ca腐食法による高感度化の課題検討

Ca腐食法では金属Caが水蒸気と反応（腐食）し ( $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ )、物性が変化する性質を利用する。腐食による変色部の面積を測定する方法（腐食面積測定法）、光の透過率変化を測定する方法、電気抵抗変化を測定する方法<sup>1)</sup>等が開発されている。

本研究では、Ca腐食法の中で最も一般的である腐食面積測定法による高感度化の課

題を検討する。観察用試料であるバリアフィルムのバリア面側に Ca を蒸着し、バリア面以外からの水蒸気と Ca が反応しないように金属や樹脂で封止した構造のセルを作製する。腐食面積は画像処理により測定され、経過時間に対する水蒸気透過度を算出する。腐食面積測定による Ca 腐食法は腐食位置により欠陥位置が特定できる点が特徴である。

水蒸気透過度の感度は、一般的に  $10^{-6}$  g/m<sup>2</sup>/day程度とされており既に高感度な領域ではあるが、測定精度が明確でないため測定値の妥当性を検討する必要がある。よってCa腐食法による高感度化のためには、測定精度を低下する要因を抽出し、その影響を確認することが課題であると考えられる。

#### **(a) 高感度化のための課題検討**

Ca 腐食法による高感度化のための検討としてバックグラウンド評価を実施した。上述したように、Ca 腐食法ではバリア層を透過した水蒸気のみが Ca と反応するのが理想であるが、測定セルの封止性能が低い場合、逆側の面からの水蒸気透過により水蒸気透過の測定精度が低下する可能性がある。封止性能を確認する手法として、バリアフィルムの変わりに水蒸気を透過しないガラス基板を用いたセルを作製し、封止部における水蒸気透過度（バックグラウンド）を確認した。

#### **(b) 結果**

40°C90%RHにおいて、WVTRが  $5 \times 10^{-6}$  [g/m<sup>2</sup>/day]以下を 1000 時間以上保つことが確認できた。

#### **(c) まとめ**

「Ca 腐食法による高感度化の課題検討」においては、バリアフィルムを透過した水蒸気が Ca と反応せずリークしてしまうこと、バリアフィルム以外の経路による水蒸気の侵入が測定精度低下の致命的な要因として挙げられる。腐食面積観察法以外の手法との比較による測定精度の確認が必要と考えられる。

#### **参考文献**

1+P. Paetzold et. al., Rev. Sci. Instrum. 74, (2003) 5147



#### D. 水蒸気透過機構の理論的解析

バリアフィルム構造を模擬したモデル（図 2.2.3.2-1）を作成し、拡散機構による水蒸気透過度評価を実施する。

バリアフィルムは基材フィルムとバリア層からなり、フィルムサイズは実際の水蒸気透過量測定と同等の  $10\text{cm} \times 10\text{cm}$  とし、全体の厚さを  $100\mu\text{m}$  とする。基材フィルムは溶解係数に基づき水蒸気を収着し、拡散係数に基づき透過する。バリア層は点欠陥（ピンホール）部以外では全く水蒸気を透過しないと仮定する。また、ピンホール内の物性は基材フィルムと同じとする。バリア層の厚さは  $2\mu\text{m}$  とし、ピンホール径（開口径）は  $\phi 0.2 \sim 10000\mu\text{m}$  とする。なお、図 2.2.3.2-1 はバリア層およびピンホールを誇張しており、アスペクト比は実際と異なる。

基材フィルムはPETとし、拡散係数、溶解度は文献<sup>1)</sup>の値を使用する。温度は  $40^\circ\text{C}$  一様とし、供給側での湿度を  $90\%RH$ 、透過側（検出側）を  $0\%RH$  とする。圧力は供給側および透過側ともに 1 気圧とする（等圧法と仮定）。初期状態はバリアフィルム内を乾燥させた状態（水蒸気濃度  $0[\text{mol}/\text{m}^3]$ ）とし、水蒸気はバリアフィルムに対して基材側より拡散させる（水蒸気透過測定と同じ方向）。

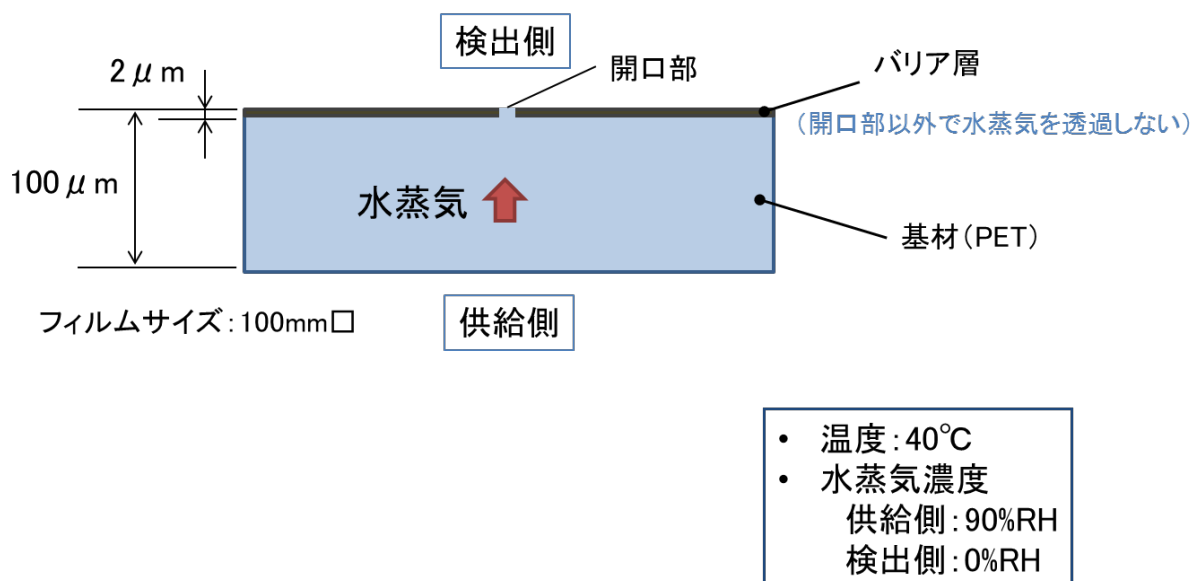


図 2.2.3.2-1 バリアフィルム構造モデル

バリアフィルム内での水蒸気の移動は濃度勾配による拡散のみとし、拡散係数は蒸気濃度に依らず一定とする。

### **(a) 高感度化のための課題検討**

バリア性評価では高感度測定になる程、装置内部におけるガスの吸脱着、試料の設置方法やシール性及び前処理といった要因の影響が無視できなくなる。一方、コンピュータシミュレーションによる流体解析では、それらの要因を取捨選択して盛り込むことができるため、どの要因が水蒸気挙動に対してどのような影響を与えるかを判断できる。

上述のバリアフィルムをモデル化した流体シミュレーションにより、水蒸気透過測定に対して影響要因を切り分けたデータを取得し、実測定での参照データとすることで高感度化のための課題検討に資する情報を得ることを目的とする。

### **(b) 水蒸気透過度に対する開口径の影響**

$\phi 1\mu\text{m}$  ではピンホール付近まで基材の水蒸気濃度が高いが、 $\phi 500\mu\text{m}$  になると基材中で線形な濃度勾配となり、PET 基材のみの分布に近づいた。

### **(c) まとめ**

「水蒸気透過機構の理論的解析」ではバリアフィルムをモデル化した流体シミュレーションにより、水蒸気透過度に対する開口径の影響について検討した。

### **参考文献**

1. G. L. Graff et. al., J. Appl. Phys. 96, (2004) 1840.

### **E. まとめ**

「水蒸気バリア性評価の高感度化」のまとめを以下に示す。

- ・参照フィルムを用いたバリア性測定装置の性能検証を行い、API-MS と CRDS において  $10^{-4} \text{ g/m}^2/\text{day}$  レベルで良い一致を示した。
- ・Ca 腐食法の中で最も一般的である腐食面積測定法による高感度化の課題を検討した。ガラスによる封止性確認試験を実施し、 $40^\circ\text{C } 90\% \text{RH}$  において、WVTR が  $5 \times 10^{-6} [\text{g/m}^2/\text{day}]$  以下を 1000 時間以上保つことが確認できた。

#### IV. 実用化に向けての見通し及び取組みについて

##### 1. 実用化・事業化の見通し概要

本章では、本事業の関わる実用化・事業化の見通しについて以下の項目として記載した。

- (1) 本事業の実用化と事業化の可能性
- (2) 実用化の方法、見通しについて
- (3) 本事業における実用化のための具体的な成果：作製手順書、評価基準書および評価実務書
- (4) 実用化・事業化に向けての取組み
- (5) 本事業の波及効果と、事業促進波及効果および国際標準化の貢献の可能性、および人材育成

##### 2. 本事業の実用化と事業化の可能性

本事業では、「有機 EL デバイスを実現するための必要な材料評価に関わる基盤技術に関連企業に提供すること」を「実用化」と記す。

また、本事業では、基盤技術を有効活用し取り込んだ組合参加企業が有機 EL デバイス、有機 EL 材料の分野において、研究推進、事業推進、国際標準化を推進し、自社事業の加速や新規事業創出を行うことを「事業化」と記す。

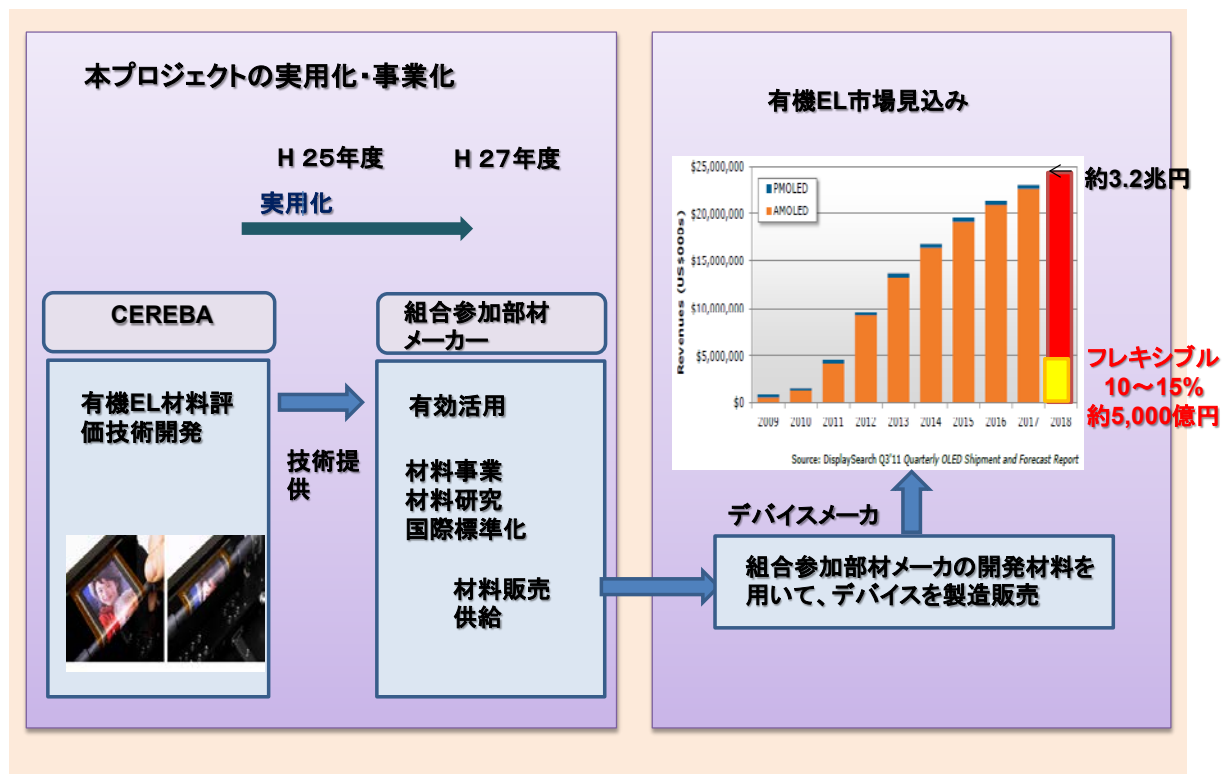


図1 本プロジェクトの実用化を示す図

今後、実用化・事業化見通しは充分あるものといえる。以下、実用化の見通しについて記す。さらに、波及効果として見込まれる、技術産業の新規創出の可能性、さらに国際標準化支援の可能性について記す。

### 3. 実用化の見通しについて

#### 3.1 実用化の方法

本事業の実用化は、CEREB A が組合員企業に基板技術の提供（技術移転）することである。その実用化は、事項の図に示すように技術提供のための成果書類の作成とそれらの企業への提供という形態により行われる。具体的な技術提供のための成果書類は以下である。

- (1) 有機 EL 基準素子作製手順書
- (2) 有機 EL 素子評価のための評価基準書
- (3) 有機 EL 素子評価のための評価実務書

#### ◆CEREB Aから組合員企業への技術提供の推進

プロジェクト期間中から技術移転を推進中。  
クラウドの活用による随時の技術移転に加え、H25年度末にドキュメント化を実施。

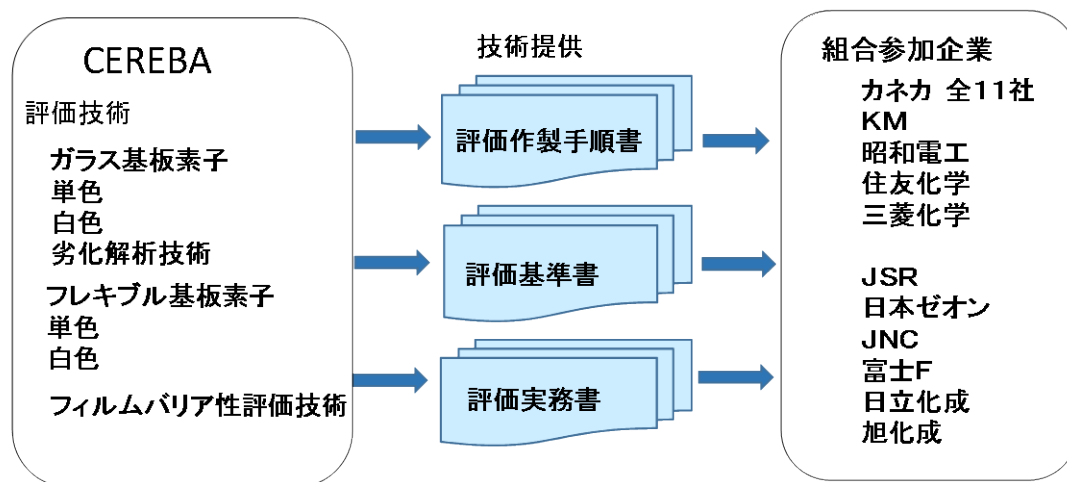


図 2 実用化の方法

### 3.2 実用化の見通し

上記 3.1 の技術提供のための成果書類は、一期目では、平成 25 年度完成、二期目では、平成 27 年度に完成する予定である。

技術提供の見通し	H25	H26	H27
第1期 技術提供	●		
第2期 技術提供			●

図 3 基盤技術の提供計画

## 4. 実用化・事業化に向けての取り組み

本事業に関わる成果に基づく実用化・事業化に向けての取り組みの概要と具体的な取り組みについて、以下 記す。

### 4.1 実用化・事業化に向けての取り組み概要

組合参加材料メーカーが材料を本事業で提供された素子作製手順書、評価実務書、評価基準書を活用し材料評価を行い、デバイスメーカーの連携により、実用化に必要な課題を抽出しながら研究開発、事業化を推進。組合員企業の事業化取 組みや見通しについては、事業原簿非公開版に記載。詳細は、非公開版を参照のこと。

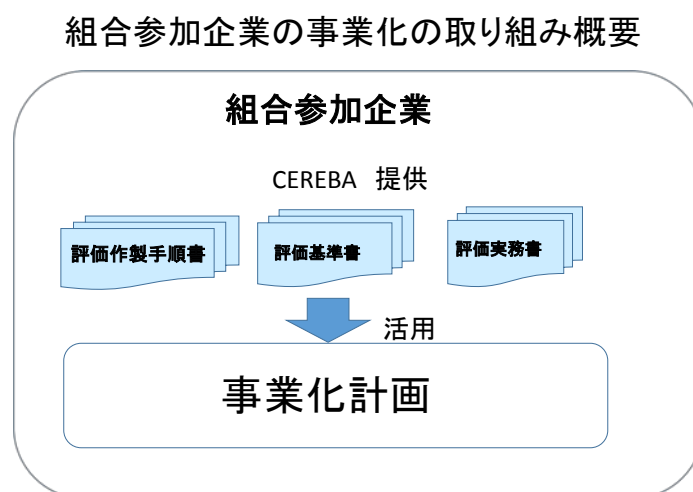


図 4.1-1 組合参加企業での取 組み

## 4.2 本事業の成果に基づく事業化を目指した取り組み形態

本事業の成果に基づく組合参加メーカーの事業化を目指した取り組みの形態の一例は、以下である。組合参加メーカーは、本事業の成果である CEREB A 作成の素子作製手順書、評価実務書、評価基準書に基づいて自社のデバイスメーカーへ持ち込む材料評価を行う。次に、得られた自社の評価結果をデバイスメーカーに提供。デバイスメーカーでは、CEREB A 構築の評価技術方法で評価を行った結果を に組合参加メーカーの持ち込み予定の材料の適用判断を行う。デバイスメーカーでは、CEREB A 構築の評価方法を用いた評価結果を信頼性のあるものと判断し、即座に持ち込み材料の製品評価への可能性を検討できる。そこで、該当の組合参加メーカー持ち込み材料の、製品製造ラインでの製品素子作製による材料評価を判断する。この時、同材料の大量安定供給のための製造方法の確立が指示される。指示受理した組合参加部材メーカーは、大量生産のための技術開発が即座に開始される。これらの循環を経て、組合参加部材メーカーの材料は、デバイスメーカーに採用され、事業化が実現される。

### 本プロジェクト成果活用の期待効果

組合部材メーカーとデバイスメーカーとの間で本プロジェクト成果の活用サイクルが期待される。

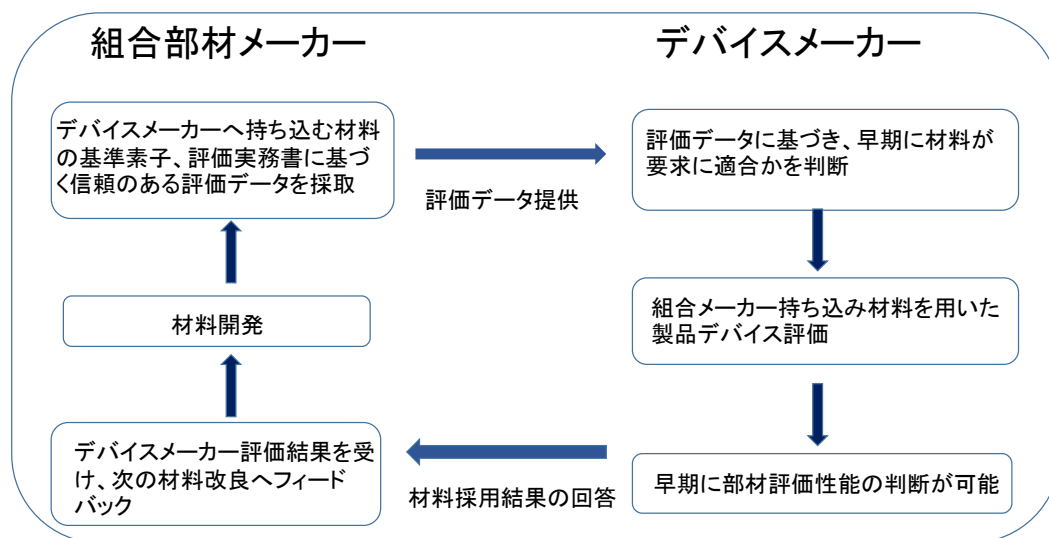


図7 プロジェクト成果の活用サイクル

## 5. 本事業の波及効果

### (1) 国際標準化への貢献の可能性

本事業実施組合の自主事業として 図8に示すように本組合では有機 EL に関わる国際標準化活動に積極的に参加し、情報収集を実施。これにより、材料評価方法の開発加速に波及効果、組合企業の事業および R&D 事業 支援の波及効果が見込まれる。

◆波及効果(国際標準化)

個別に戦略を変え対応しフレキ基板は積極的にNP提案実施予定

	分類	Action Plan
1	TC34/SC34A (OLED Lighting)	ガラス基板については、 情報聴取と技術サポート。 フレキシブル基板については 主導の方針、NP提案予定。
2	TC110 (Electronic display devices)	情報聴取と技術サポートを予定
3	TC119 (Printed electronics)	フレキ塗布製品は主導の方針 NP提案予定。
4	CIE/TC2-68 Optical measurements methods for OLEDs used for lighting	情報聴取と技術サポートを予定
5	CIE/TC2-75 (Chair: TW) Photometry of curved and flexible OLED and LED sources	関与の形態を検討中。
6	ISO/TC61/SC11	METI基準認証の国際標準共同研究開発 事業を受託して推進

図 8 波及効果：国際標準化への貢献の可能性

(2) 人材育成

本事業実施の波及効果として、CEREB A に関わる下図のような人材育成の項目が実践され、その効果が見込まれる。

◆波及効果(人材育成)

CEREB A と組合各社の技術レベルアップのため また  
人材育成としてOJT以外に 現在までに既に下記項目を実施。

	内容	時間*回数	効果
有機エレクトロニクス講習会	有機エレクトロニクス関連の興味あるテーマの講演	2時間 *17回	-各テーマの深化 -委託研究への展開
技術交流会	組合会社&産総研からの講演&見学会	2時間 *9回	-組合会社事業把握 -産総研テーマ把握
有機EL基礎講座	有機EL基礎講演	4時間	-基礎知識習得
組合各社の若手研修会	有機EL基礎講演 実習&見学会	6時間	-CEREB A 親身度 -基礎知識習得
各種講演	国際標準化&知財戦略、有機EL	2時間 *9回	-CEREB A 事業波及 -基礎知識習得
各種論文	関連論文をピックアップしクラウドにアップ	適宜	-基礎・関連知識習得 -最新情報入手

図 9 波及効果：人材の育成

## 6. 実用化・事業化の見通しのまとめ

本事業の実用・事業化の見通しは充分にあることを記した。本事業の実用化の指標は、開発した評価技術成果を作製手順書、評価基準書および評価実務書として記し、組合企業へ提供することである。次に事業化の指標は、作製手順書、評価基準書および評価実務書を提供受けた組合企業がそれらに基づいてユーザーへ持ち込み予定の材料を評価し、その評価結果をユーザーであるデバイスメーカーへ提供し、それらをデバイスメーカーが吟味の結果、ユーザーより組合部材メーカーが採用の結果を得ることと記した。

また、波及効果としては、国際標準化への寄与の可能性があると記した。さらに、人材育成の効果について記した。



## V. 成果資料

### 1. 新聞、雑誌記事

No	掲載紙	年月日	内容
1	化学工業	2011年8月 3日	CEREBA 設立交流会
2	日経産業新聞	2012年7月 25日	有機 EL、世界をリードへ。化学各社、 CEREBA に集う
3	日刊工業新聞	2012年8月 16日	動作中の有機 EL 内部、分子レベルで計測
4	THE NIKKEI WEEKLY	2012年9月 3日	Challenge to lifetime extension and flexibility for full-scale spread
5	CKEMICAL & ENGINEERING NEWS	2012年12月 10日	Japanese competitors collaborate to standardize materials for oled-based and other electronics

### 2. 論文リスト

No	発表日	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ ページ	査読
1	2013年 3月	鈴木晃 高萩寿	CEREBA	光技術動向 調査報告	光産業技術 振興協会		
2	2012年 8月	宮前孝行 高田徳幸 筒井哲夫	CEREBA	Probing buried organic layers in organic light-emitting diodes under operation by electric-field-i nduced doubly resonant sum-frequenc y generation spectroscopy	Applied Physics Letters 101,073304		○
3	2013年 1月	宮前孝行 高田徳幸	CEREBA	発光してい る有機 EL 素子の内部 を計測・評 価	産総研 Today		

### 3. 口頭発表リスト

No	発表日	著者	所属	題名	学会等の 名称	巻・号・ ページ	備考 (開催 場所)
1	2011年 9月21 日	富安寛	CEREBA	有機エレクト ロニクス材料 とCEREBA	プリンタ ブルエレ クトロニ クス		
2	2011年 12月7 日	富安寛	CEREBA	有機エレクト ロニクス材料 とCEREBA	セミコン		
3	2011年 12月19 日	富安寛	CEREBA	有機エレクト ロニクス材料 とCEREBA	JAPER 交流会		
4	2012年 2月22 日	筒井哲夫	CEREBA	有機 EL 関連 産業の強化に 向けた評価研 究拠点 CEREBAの役 割	産総研環 境・エネ ルギーシ ンポジウ ム		
5	2012年 3月26 日	富安寛	CEREBA	有機エレクト ロニクス材料 とCEREBA	日本化学 会		
6	2011年 3月5 日	柏木幹文	日本ゼオ ン	ガスバリア技 術における CEREBAの活 動	バリア研 究会		
7	2012年 9月11 日	宮前孝行 高田徳幸 筒井哲夫	CEREBA	実動作下の多 層有機 EL 素 子の2重共鳴 SFG分光	応用物理 学会		
8	2012年 9月20 日	宮前孝行 高田徳幸 筒井哲夫	CEREBA	多層有機 EL 素子の電界誘 起2重共鳴 SFG分光	分子科学 討論会		

9	2012年 11月21 日	宮前孝行 高田徳幸 筒井哲夫	CEREBA	電界誘起2重 共鳴和周波分 光による多層 有機EL素子 の解析	有機EL 討論会		
10	2012年 12月6 日	高田徳幸	CEREBA	有機ELの評 価解析	セミコン ジャパン		
11	2013年 3月22 日	浦野年由	CEREBA	有機エレクト ロニクスと CEREBA2	日本化学 会第春季 年会		

(ナノテク・部材イノベーションプログラム)  
「次世代材料評価基盤技術開発」基本計画

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネスの競争環境は激化している。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。また、平成21年制定のナノテク・部材イノベーションプログラムにおいても、我が国の部材産業の強みを活かし、部材産業の付加価値の増大を図ること等が求められた。

本事業では、次世代化学材料に関し材料メーカーとユーザーが共通して活用できる評価基盤技術を開発する。これにより、次世代化学材料に関する材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションの活発化、および材料メーカーによるユーザーに対するソリューション提案力の強化を図ることとする。

②我が国の状況と本事業の必要性

近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。

現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料の特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけにくくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、結果的に摺合せに長時間を要している。

こうした状況を解決するためには、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケー

ションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間の短縮化が期待できる。

#### ③NEDOにおける過去の取り組みとその結果

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、半導体に関する化学材料の評価基盤技術開発として、「次世代半導体ナノ材料高度評価プロジェクト」（平成15年度～平成17年度）、「次世代高度部材開発評価基盤の開発」（平成18年度～平成20年度）、「半導体機能性材料の高度評価基盤開発」（平成21年度～平成23年度）を実施した。これらの事業では、材料メーカーとデバイスメーカーが共通して活用できる、半導体プロセス適合性に関する材料評価手法と評価・解析ツールである試験用素子（TEG；テストエレメントグループ）を開発した。事業の成果を用いて、材料メーカーは開発された評価手法とTEGを用いて自社材料の評価を行い、デバイスメーカーに対して信頼性の高い材料評価結果を付した新規材料の提案ができるようになった。これらは、半導体の材料開発に関して材料メーカーとデバイスメーカーとの間のコミュニケーションの活発化と材料メーカーからのソリューション提案力の強化につながったものとして高い評価を受けている。

#### ④本事業のねらい

本事業では、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。

本事業で開発する材料評価手法は、材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションを活発化する手段として、事業終了後も双方が継続して活用できるものを目指す。

本事業の対象としては、今後の需要の拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料のうち、以下に示す有機EL材料及び有機薄膜太陽電池材料とする。

##### 【有機EL材料】

有機ELは我が国において世界に先駆けて開発され、現在も研究開発の最先端にある分野であり、省エネルギー型ディスプレイや次世代の照明として大きな期待が寄せられている。有機EL市場は年々拡大しており、ガラス基板を用いるものとフレキシブル基板を用いるものを併せて平成30年に数兆円市場まで成長すると見込まれている。

有機ELを構成する材料である、発光材料、電子・ホール注入・輸送層材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤等は、我が国の材料メーカーが技術的には優位性を持っている。

るが、近年競争が激化しており、この優位性を維持・発展していくことが重要となっている。

#### 【有機薄膜太陽電池材料】

再生可能エネルギーとして市場が急激に拡大している太陽電池の中で、有機薄膜太陽電池は、従来の太陽電池と比較して軽量化や低コスト化の面で優位性があるため実用化・普及が期待されている。

有機薄膜太陽電池に必要とされる有機半導体材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤等といった材料は、技術的に我が国の材料メーカーが優位性を持っている。したがって、この分野での優位性を維持・発展させていくことが重要となっている。

### (2) 研究開発の目標

#### ①アウトプット目標

本事業では、有機EL材料と有機薄膜太陽電池材料それぞれを対象として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立する。確立した材料評価手法は活用しやすいようにドキュメント化を行う。

それぞれの開発目標は以下のとおりである。

#### 研究開発項目① 有機EL材料の評価基盤技術開発（平成22～27年度）

##### 【中間目標】（平成25年度末）

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機ELの材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。

##### 【最終目標】（平成27年度末）

有機EL材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。

#### 研究開発項目② 有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発（平成25～29年度）

##### 【中間目標】（平成27年度末）

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。

##### 【最終目標】（平成29年度末）

有機薄膜太陽電池材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。

#### ②他事業との連携

NEDOは有機ELに関して、「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発」（平成21

年度～平成25年度)、有機薄膜太陽電池に関して、「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」(平成22年度～平成26年度)を実施している。

また、「最先端研究開発支援プログラム/低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発」(平成22年度～平成25年度)では研究支援をしている。

本事業では、対象とする有機EL材料及び有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術それぞれについて、上記の事業の成果を積極的に取り込んで活用するとともに、本事業で評価技術として得られた知見については情報交換等により関連する事業間で相互に連携する。

#### ④アウトカム目標

確立した材料評価手法を材料メーカーとユーザーが共通して広く活用することにより、新規材料開発に関して両者間のコミュニケーションの活発化および材料メーカーからのソリューション提案が強化され、我が国の材料メーカーの競争力の向上に資する。

#### (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の項目について研究開発を実施する。本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して行う事業であり、委託事業として実施する。

#### 研究開発項目① 有機EL材料の評価基盤技術開発(平成22～27年度)

材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーション強化、および、材料メーカーからの提案力強化を目的として、材料メーカーとユーザーの双方が活用できる有機EL材料の評価手法を確立する。

具体的な材料評価手法としては、有機EL照明及び有機ELディスプレイ用の新規材料の実用性評価を目的とした基準素子、性能評価手法、適切な加速条件による寿命評価手法、周辺材料の評価手法、駆動による輝度低下時の劣化部位の非破壊特定手法、客観的評価が可能な高感度な水蒸気バリア性評価手法等を開発する。これらの開発においては、材料メーカーやユーザーのニーズを適確に取り入れて、事業終了後も様々な有機EL素子の開発に広く活用されるものとする。

#### 研究開発項目② 有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発(平成25～29年度)

材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーション強化、および、材料メーカーからの提案力強化を目的として、材料メーカーおよびユーザーの双方が活用できる有機薄膜太陽電池材料の評価手法を確立する。

具体的な材料評価手法としては、有機薄膜太陽電池用の新規材料の実用性評価を目的とした基準素子、性能評価手法、適切な環境・加速試験条件による耐久性評価手法、周辺材料の評価手法、実使用環境下による劣化部位の非破壊特定手法等を開発する。これらの開

発においては、材料メーカーやユーザーのニーズを適確に取り入れて、事業終了後も様々な有機薄膜太陽電池の開発に広く活用されるものとする。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが単独ないし複数の企業・大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む。）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から、公募によって研究開発実施者を選定し委託により実施する。

各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究開発実施者にはNEDOが委託先決定後に委嘱する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置く。

### (2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じてプロジェクト推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、随時事業の進捗について報告を受けること等を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本事業の期間は、テーマ毎に以下のとおりとする。

研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発

本テーマの期間は、平成22年度から平成27年度までとする。

研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発

本テーマの期間は、平成25年度から平成29年度までとする。

## 4. 評価に関する事項

NEDOは、(1) 事業の位置付け・必要性、(2) 研究開発マネジメント、(3) 研究開発成果、(4) 実用化に向けての見通し及び取り組みの4つの評価項目について、研究開発テーマ（研究開発項目①、②）毎に外部有識者による中間評価及び事後評価を以下のとおり実施する。

研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発

中間評価を平成25年度、事後評価を平成28年度に実施する。

研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発



中間評価を平成27年度、事後評価を平成30年度に実施する。

なお、中間評価結果を踏まえ、必要に応じて事業の加速・縮小・中止等、見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該技術開発に係る技術動向、政策動向や当該技術開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

## 5. その他重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱い

#### ①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

#### ②標準化等との連携

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図るため、標準化に向けた開発済みの評価手法の提案、データの提供等を積極的に実施する。

#### ③知的財産権の帰属

研究開発成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

### (2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

### (3) 根拠法

本事業は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号に基づき実施する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

### (1) 平成23年1月、制定

(2) 平成25年2月、研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発の中間目標及び最終目標を修正したことによる変更。

(3) 平成25年6月、事業名称の変更。研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発を新たに追加したことによる変更。

# 化学ビジョン研究会報告書

平成22年4月  
化学ビジョン研究会

# 化学ビジョン研究会報告書

## 目次

<u>1. はじめに</u> .....	3
<u>2. 化学産業の現状</u> .....	3
(1) 化学産業の発展	
(2) 我が国化学産業の位置付け	
<u>3. 化学産業を巡る環境変化</u> .....	5
(1) 国際的な需要構造の変化	
(2) 化学製品の国際的供給構造の変化	
(3) 環境問題への対応の高まり	
(4) ビジネスモデルの変化	
(5) 研究開発・人材育成	
<u>4. 化学産業の課題と対応の方向性</u> .....	10
(1) 国際展開	
(2) 高付加価値化(ビジネスモデル・企業間連携)	
① ビジネスモデルの変革	
② 事業分野の選択と集中	
(3) サステナビリティ(環境・安全安心)の向上	
① 地球温暖化対策	
② 化学物質管理	
(4) 技術力の向上	
① 研究開発	
② 人材育成	
<u>5. 課題に対する具体的取組</u> .....	16
(1) 国際化への対応	
<資源外交と連携した海外展開支援>	
<新興国のポリュームゾーンへの取組>	
<新興国政府との政策対話等の強化>	

- ＜我が国ビジネス環境のイコールフットイングの確保＞
- (2) 高付加価値化への取組
  - ① ビジネスモデルの変革
    - ＜高付加価値分野への転換＞
    - ＜国際標準・知的財産の活用＞
  - ② 企業間連携
    - ＜企業間連携の推進＞
    - ＜事業連携のための環境整備＞
- (3) サステナビリティの向上
  - ① 地球環境問題
    - ＜化石資源からの転換＞
    - ＜エネルギー効率の向上とベンチマークの設定＞
    - ＜温室効果ガスの排出抑制効果の高い製品による貢献＞
    - ＜LCA から見た貢献＞
    - ＜国際貢献とオフセットクレジットの検討＞
  - ② 環境安全問題
    - ＜サプライチェーン一体となった化学物質安全管理への対応＞
    - ＜化学物質管理制度のアジア標準化＞
- (4) 技術力の向上
  - ① 化学分野の研究開発
    - ＜グリーン・イノベーション(グリーン・サステイナブルケミストリー(GS C))の研究推進＞
    - ＜化学分野における評価研究開発拠点の整備＞
    - ＜最高技術責任者(CTO)のコミュニケーションの深化＞
  - ② 化学人材の育成
    - ＜化学人材の育成＞
    - ＜留学生の積極的活用＞

## 1. はじめに

今後の化学産業を巡る諸課題を整理し、その課題に対応する方策を検討するため、経済産業省では、平成21年11月に「化学ビジョン研究会(座長:橋本 和仁 東京大学大学院工学系研究科教授)」を設置し、更に同研究会の下部組織として「ワーキンググループ(座長:水野 哲孝 東京大学大学院工学系研究科教授)」及び「石油化学サブワーキンググループ(座長:橋川 武郎 一橋大学大学院商学研究科教授)」を設置した(研究会並びにワーキンググループ及びサブワーキンググループの委員名簿は別添参照。)

研究会等においては、現在及び将来の化学産業を考える上で不可欠である、「国際化」、「ビジネスモデル」、「企業間連携」、「地球温暖化等環境問題」、「研究開発」及び「人材育成」の論点について、延べ16回の議論を行った(開催の経緯は別添参照)。

本報告書は、これらの議論の結果をまとめたものである。

## 2. 化学産業の現状

### (1) 化学産業の発展

化学産業は、物質を変化させ、その価値を高めることで、「無」から「有」を生み出し、その時々時代の求めに応じて様々な製品を提供してきた。さらに近年、環境・資源面での制約が高まる中で、化学産業は様々な課題に対する解決方法を提供し得る産業として活動が期待される。

我が国化学産業も、戦後、「石油の時代」の発展とともにナフサを原料とする石油化学が発展し、軽量で丈夫な化学繊維、家電製品や携帯

機器の小型化を支えたエンジニアリングプラスチック等、様々な利便性の高い製品を生産し国民生活に貢献してきた。

さらに、我が国では、国際競争力のある自動車、情報通信機器産業の厳しいニーズに応え、石油化学事業で蓄えた技術を伸ばし、機能性化学が発展している。

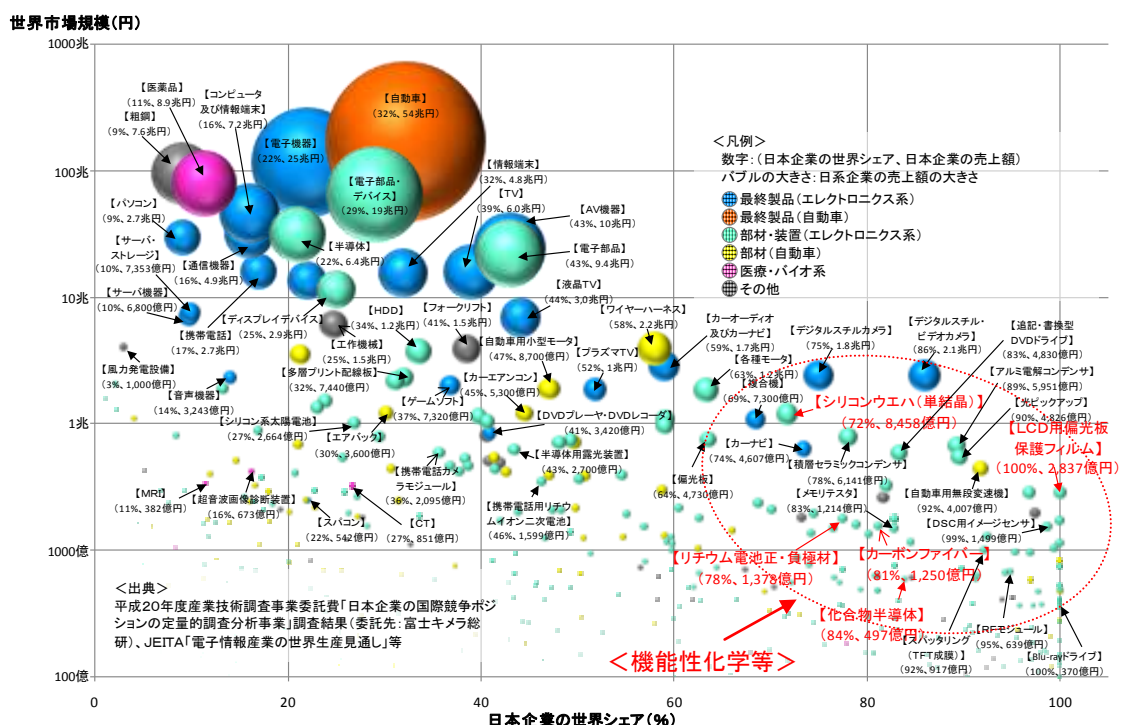


図1 主要製品・部材の市場規模と日本企業の世界シェア(2007年)

## (2) 我が国化学産業の位置付け

我が国の化学産業は、出荷額約44兆円、従業者約96万人を占め、出荷額では輸送用機械器具に次いで我が国第2位であるなど、我が国の経済や雇用を語る上でも欠くことのできない重要な産業である。

また、周囲を見渡しても、現在では、自動車、家電製品、日用雑貨、衣料、医薬品、化粧品など、国民生活の隅々まで化学産業が供給する製品が用いられている。

さらに、化学産業は高度な部材の供給を通じて、自動車、電機電子などのユーザー産業に製品を提供し、我が国産業の競争力を支える基盤産業となっている。

### 3. 化学産業を巡る環境変化

#### (1) 国際的な需要構造の変化

2008年に生じた世界的な金融危機であるリーマンショックを契機に、これまでの世界の需要構造に変化が生じている。従来、世界経済を牽引していた欧米先進国の経済が停滞する一方で、アジアを始めとする新興国が急速な成長を遂げている。

2009年は、欧米等の主要先進国のGDP成長率が全てマイナス成長に陥っており、需要の伸びが停滞している。我が国についても、人口推移が2004年をピークに減少局面に入っており、少子高齢化が進行する中で、今後飛躍的な需要拡大は考えにくい。一方、アジア等の新興国の需要増は顕著であり、世界経済の成長が新興国によって牽引されている。アジアの中間層人口(世帯可処分所得が5,001～35,000ドル/年)は、1990年から2008年までで6.2倍に増加しており、今後も中国やインドを中心に需要の着実な増加が見込まれる。

#### (2) 化学製品の国際的供給構造の変化

石油化学では、原料面で競争力を有する中東の能力拡充が著しい。「世界の石油化学製品の今後の需給動向研究会」(事務局:経済産業省)によると、中東諸国においては、2008年から2013年までに約1,000万トン/年のエチレン生産能力の増強が予定されており、石油化

学製品の中東からの輸出が拡大していくこととなる。

また、中国においても、巨大な需要拡大を背景に、2008年から2013年までに750万トン／年と、我が国のエチレン生産能力全体と同規模に及ぶ生産能力の増強が予定されている。中国では当面内需すべてを国内からの供給で賄うことはできず、不足分を中東の他、我が国を含むアジア諸国からの輸入で補うこととなる。その際、中東からの競争力を持った製品の供給拡大等により、厳しい国際競争が展開されていくと予想される。

我が国や欧米では、石油化学の基礎となるエチレン生産能力の国際市場におけるウエイトが減少してきている。この石油化学における流れに対して、我が国や欧米の主要な化学企業では、石油化学から、スペシャリティケミカルあるいは機能性化学と分類される付加価値の高い分野にウエイトをシフトする動きが見られる。この流れの中で、欧米化学企業では、石油化学部門の切り離しや切り離された石油化学部門の統合、あるいは医薬品分野の拡大や特化等、様々な変化が生じている。

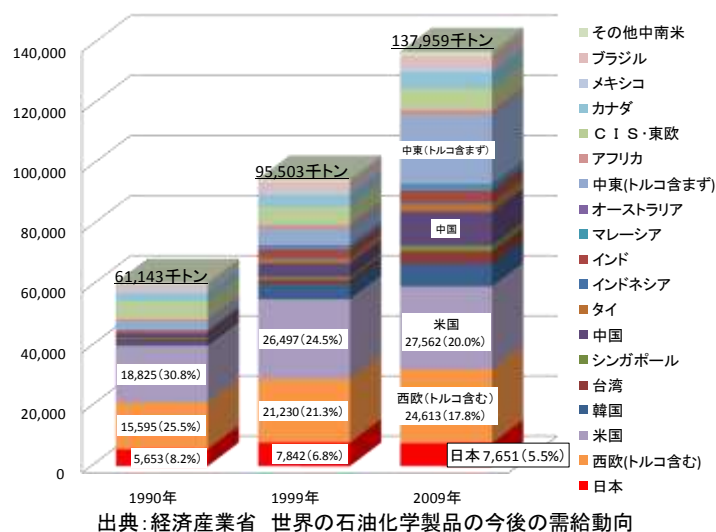


図2 世界のエチレン生産能力推移(1990年～2009年)



### (3) 環境問題への対応の高まり

地球環境問題や化学物質の安全性問題に対して、サステイナブル(持続可能)な環境を構築する必要性も高まっている。

地球温暖化問題への取組については、その必要性が世界的に高まっており、世界各国が様々な取組を行ってきている。

我が国政府も、コペンハーゲン合意に基づき、「すべての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提として、2020年までに、1990年比で25%削減」という目標を国連事務局に提出している。

また、化学物質の安全性問題への取組については、2002年にヨハネスブルグで開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)」において、「2020年までに化学物質の影響を最小化することを目指す」とされている。

これを踏まえ、欧州では、2007年からREACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals)規則をスタートさせており、欧州市場で流通するすべての化学物質について、既存化学物質(規制策定以前から存在している物質)も含めてその性質情報等の登録を網羅的に行うことを求めている。

我が国でも改正化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)に基づき、2011年4月以降、既存化学物質を含めたすべての化学物質について製造及び輸入数量や用途などのデータの届出を事業者<sup>1</sup>に義務付けるとともに、国が優先的に安全性を評価する物質(優先評価化学物質)を順次定めて、重点的にリスク評価を行うこととしている。さらに米国でも有害物質規制法(TSCA)の見直しが検討される

など、国際的に化学物質管理の強化が進められている。

#### (4) ビジネスモデルの変化

我が国化学産業は、世界市場で高いシェアを有してきた国内セットメーカーからの厳しい要求と自らの素材供給能力との擦り合わせや、高い技術力を持つ多数の化学企業間での切磋琢磨等を通じて、質の高い素材供給能力を不断に高めることにより発展してきた。

しかしながら、国内セットメーカーにおいては、昨今、アジア等の新興国の需要増等の環境変化に際し、

○必ずしも高品質の製品ばかりが求められるものではなくなってきた。

○コストの安価なアジアでも高品質の製品がコモディティとして作られている。

○まず国内生産からスタートし、その後に海外展開を図ってきた我が国セットメーカーと、当初から新興国市場ニーズを反映した商品開発を進めてきた海外のセットメーカーとの差が顕在化してきた。

○標準化やビジネスモデルなどで欧米企業に先行されている。

といった様々な要因により、競争力が低下してきている。

今後、国内セットメーカーがこうした競争力の低下を補うべく海外移転や海外生産委託等を進めた場合、化学産業の従来国内における擦り合わせを前提としたビジネスモデルが立ち行かなくなるおそれが生じている。

## (5) 研究開発・人材育成

化学産業は、技術力が競争力に大きく影響する産業であるため、研究開発が重要である。しかし、我が国化学企業は、欧米の大手化学企業と比較すると研究開発費の規模が小さく、しかも複数の国内企業が先端的分野の開発を競っているため、結果的に国内で重複研究による非効率が生じているとも考えられる。加えて近年、設備費を始めとする研究開発費は高額化し、また一般に製品の寿命が短くなっているため、個社において必ずしも全ての研究開発を実施することができないケースも生じている。

一方、海外では、例えば半導体デバイス・材料分野では、ベルギーのIMEC、米国のALBANY NanoTechにおいて、高額な先端研究設備を備えた研究拠点が整備され、そこに優秀な目利き人材が研究テーマと参加者を効率的に組み合わせて活動を行っている。ここでは、我が国企業を含めた世界のトップクラスの企業が集結し、ニーズとシーズの国際的な擦り合わせが行われ、研究成果がデファクトとして発信されている。さらにこうした研究拠点間の国際的な競争にまで発展している。

研究開発を担う人材面でも、医歯薬学系を除く理工学系進学希望者の減少、工学系卒業者の技術系分野への就職の減少といった傾向が生じている。

特に理工系の博士人材については、産業界が求める博士人材と、大学教育での博士人材との間にギャップが生じており、これが博士人材の産業界における積極的採用や、優秀な人材の博士課程への進学に際して障害となっている、と指摘されている(日本経団連、国立大学

協会等の参画により構築された「産学人材育成パートナーシップ」化学分科会における議論)。

現に、産業界においては、一般に博士課程修了者を、修士課程修了者と区別せず、「人物本位」で採用を行っている。また、学生の側では、経済的な負担が大きいことに加え、修了後の就職におけるキャリアパスが必ずしも魅力的なものになっていないことから、優秀な人材が理工系博士課程に進学することに躊躇してしまっている。

こうした傾向が続けば、化学分野の基礎研究力は衰え、やがては産業界全体の競争力の衰えにつながる懸念される。

また、我が国の大学の研究現場には中国を始めとするアジア諸国等から多数の留学生が訪れており、近年優れた研究成果を挙げている。一方、こうした留学生研究者が我が国での就職を希望しても実現が難しいため、多くの研究者が欧米や本国に流れてしまうという事態も生じている。

#### 4. 化学産業の課題と対応の方向性

前章の環境変化により、化学産業では新たに取り組んでいかねばならない課題が生じている。また、新たな課題に対しては、従来の事業の在り方を見直し、積極的に対応していくことが必要となる。本研究会で指摘のあった今後の対応の方向性をまとめると、

- (1) 国際展開
- (2) 高付加価値化(ビジネスモデル・企業間連携)
- (3) サステナビリティ(環境・安全安心)の向上
- (4) 技術力の向上

の4つの方向軸に整理される。

## (1) 国際展開

我が国化学企業を巡る厳しい国際競争の中で、競争力を有する原料国への展開は重要なオプションとなっている。

また、我が国国内市場の単独での成長が期待できない中、更なる発展を遂げていくためには、これまでのハイエンド市場を大切にしながらも、中国、インド、ベトナムといった新興国の成長、とりわけボリュームゾーンと呼ばれるミドルエンドからローエンドの市場の成長もいわば内需としてとらえ、取り込んでいくことが必要となっている。

国際展開を行っていくに際しては、国内事業の延長線上に海外市場があるという従来の発想ではなく、まず、内外一体的に事業をどのように展開するかを構想し、その中で国内、海外の拠点を位置付ける、という発想の切り替えが求められている。既にこのような方針を具体化している企業もあるが、今後一層重要と考えられる。

## (2) 高付加価値化(ビジネスモデル・企業間連携)

### ① ビジネスモデルの変革

化学産業は、これまで、セットメーカーに対する素材供給者として、我が国産業を支えてきた。しかしながら、素材供給者の地位のみでは、製品開発に必要な品質、価格の情報を直接得ることができず、ビジネスのチャンスを十分享受できていない可能性があり、例えば、本研究会で実施したアンケートでは、13社中、11社が十分な利益を得ていないと回答している。このため、単純な製品の物売りから脱却して新たな

ビジネスモデルの展開を進める必要がある。

新たなビジネスモデルの方向としては、新素材開発を進めることに加え、素材から部材へ、更には部材から消費財への進出といった方法、農業やサービス分野への進出といった第2次産業の枠を越えて分野の幅を広げていく方法、また、単品物売りでなくサービスを付加したシステムでビジネスを獲得していく方法が挙げられる。

なお、これまで我が国素材産業が得意としてきた技術の擦り合わせについても、後述する評価研究開発拠点や、海外のセットメーカーの活用などにより強化していくことが考えられる。

## ②事業分野の選択と集中

我が国化学産業においては、一つの製品市場に多数の企業がひしめく傾向がある。この結果、供給力に余剰が生じて収益率が低下したり、あるいは、設備投資や研究開発投資が各社ごとに分散する結果、国全体として見た場合、研究の重複や海外との投資競争において規模のメリットの面で非効率が生じているおそれがある。

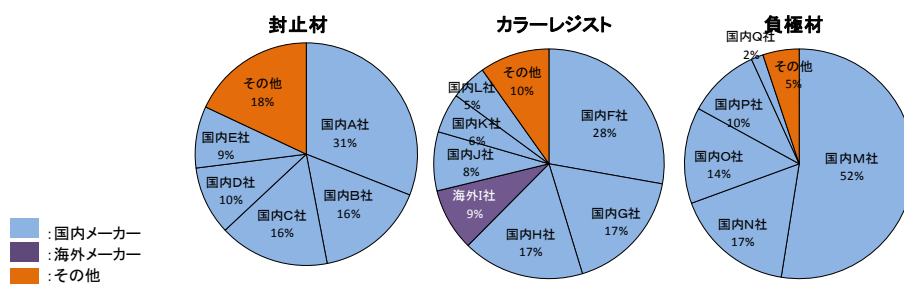


図3 素材分野の世界市場におけるメーカー別シェア(2007年)  
出典: 半導体データブック2008 電子ジャーナル、富士キメラ総研「有望電子部品材料調査総覧2008」

このため、今後、製品分野、事業分野での規模を拡大するに際し、企業間の連携、事業部門の交換による競争力向上、競争劣位の分野からの撤退等「選択と集中」を改めて意識的に行っていくことが望ましい。

### (3) サステナビリティ(環境・安全安心)の向上

地球温暖化対策や、化学物質の管理などの環境問題への対応は、経営にとっての重要事項となっている。一方、化学産業は環境問題への対応において、化学を駆使して解決策をもたらすことができる産業であり、いわばサステナビリティを高める産業である。

#### ①地球温暖化対策

化学産業は、我が国の二酸化炭素排出量の約5%(鉄鋼業の約15%に次いで国内産業部門では第2位)を占めている。今後、エネルギーの消費や二酸化炭素の排出に伴うコストの増加は確実であり、こうしたコストの増加をいかに抑制するかが経営上も重要な課題となる。

このため、徹底したエネルギー効率向上を追求するとともに、環境負荷の少ない製品やプロセスの研究開発を促進していくことが重要である。

また、化学産業が供給する製品は、その使用段階も含めたライフサイクル全体を通じた分析(LCA)を考慮すれば、製造時に排出する二酸化炭素の最大約4.2倍の削減効果を有しており、温室効果ガスの排出抑制に大きく貢献しており、今後一層必要性の高まるものも多い。したがって地球温暖化問題は、新たなビジネスチャンスにもなるものであり、積極的な取組が期待される。

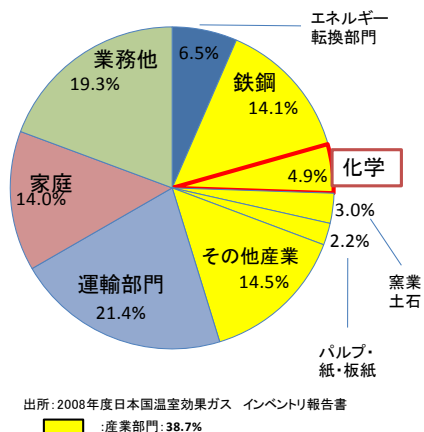


図4 我が国のエネルギー起源CO2排出割合(2006年)

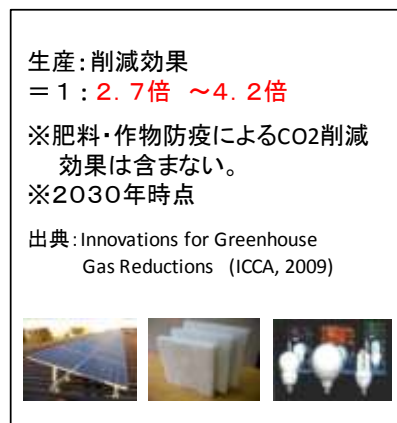


図5 化学製品のCO2削減ポテンシャル

## ②化学物質管理

我が国では、改正化審法に基づき、優先評価化学物質を定めて化学物質のリスク評価を着実に実施していくこととしている。一方、化学物質管理の強化は、国際的にも取り組まれており、日本の化審法の下での対応を行っていても、輸出のためには日本とは異なる制度での対応が必要ということになると、企業にとっては二重の手間やコストが生じることとなる。このため、化学物質管理の仕組みについての国際的なハーモナイゼーションが重要である。

## (4)技術力の向上

我が国化学産業の技術力を発展させていく上で、研究開発とこれを担う人材の育成は車の両輪である。

### ①研究開発

化学産業は、技術面から環境・エネルギー及び安全安心の問題の解決に貢献できる産業であり、2009年12月に閣議決定された「新成



長戦略(基本方針)」において掲げられた「グリーン・イノベーション(環境・エネルギー分野革新)」及び「ライフ・イノベーション(医療・介護分野革新)」を推進していくことが期待される。例えば、化石資源制約下での化石原料から非可食バイオマス原料への転換や、人口が急拡大する中での農業・医療分野について、積極的に貢献する技術が期待される。

一方、研究開発に係る費用の高額化が進む中で、性能評価や安全評価といった評価技術について、

- 評価技術の開発・共有化を通じた、セットメーカーと素材側の化学企業との間での擦り合わせの期間の短縮
- 高額な試作設備や評価設備の重複投資の排除
- 評価技術の開発・共有化を通じた、擦り合わせ先の実質的維持等の観点から、我が国化学産業のニーズが高まりつつある。このため、評価研究開発の支援に向けた拠点等の体制の検討が必要である。



図6 化学分野における「グリーン・イノベーション」及び「ライフ・イノベーション」の推進

## ②人材育成

優秀な人材が理工系学科に進学し、大学レベルでの研究も盛んであることは、我が国化学の技術基盤の裾野の広がりにつながるものであり、産業界としても意味のあることである。特に、研究開発の内容が高度化している中で、専門的知識のみならず、周辺分野の知識を併せ持ち、自ら課題を発見できるような優れた理工系人材は、企業か大学かを問わず、男女を問わず、ますます必要となっている。

1977年	白川英樹博士が導電性ポリアセチレンを発見
1983年	ポリアセチレンを負極とするリチウムイオン電池の原型試作
1990年	リチウムイオン電池の実用化
2000年	白川博士がノーベル化学賞を受賞




図7 基礎的研究の産業への貢献例

我が国の高い研究開発力、技術力を維持していくためには、優秀な人材が理工系に進学し、博士課程の教育も含め、より高い能力を持つ人材が育成され、産業界でも活躍することが重要となっている。このため、人材育成の好循環を創るよう、産学の連携が一層必要となっている。

## 5. 課題に対する具体的取組

### (1) 国際化への対応

#### <資源外交と連携した海外展開支援>

我が国化学産業においても、依然大きなウエイトを占める石油化学の汎用品分野では、中東を始めとする原料国のエタンガス等の安価な

原料の確保と結び付くことは競争力を決める重要な要素となっている。

このため、我が国企業においても、企業戦略の一つとして現地の企業等との合弁事業を通じた、原料国立地のプロジェクトが進められている。

このような進出に際しては、相手国側が国営企業で政府と一体的に活動している場合が多い。このため、政府は、資源外交等とも連携しつつ、我が国企業に対しても積極的に支援していくべきである。これまでも例えば、日本サウジアラビア産業協力クラスターによる協力、ベネズエラとのエネルギー協力会合における石油化学ワーキングチームの設置等を行っているが、今後ともこのような場を通じた、原料国政府との関係強化、国際協力銀行(JBIC)や独立行政法人日本貿易保険(NE XI)による金融支援などの取組を進めることが重要である。

#### <新興国のボリュームゾーンへの取組>

先進国を中心としたハイエンドの市場は、高い利益率が得られること、また、事業基盤を確立している企業も少なくないことから、引き続きその確保に向けた取組が必要である。ハイエンドの市場は、相対的には既に成熟した市場であると考えられることから、今後はハイエンドの市場に加えて、特にボリュームゾーンと呼ばれる新興国を中心とした市場における事業展開が重要となる。

しかしながら、ボリュームゾーンにおいては、単にハイエンド市場向けの製品を輸出すれば済むものではなく、その市場に合った製品の提供が必要になる。特に、価格競争力が重要となることから、徹底したコスト削減策が不可欠である。

また、現地向け製品を効果的・効率的に開発・供給するためには、現地顧客企業との対応を迅速・円滑に行うことが必要であり、販売チャネルの確保、マーケティングの強化を行い、要となる技術やノウハウを確保すべく中核的な研究開発拠点やマザー工場は国内に維持しつつも、生産拠点の市場国立地 (made in market) や技術サービス拠点、更にはローカル市場の特性に応じた研究開発拠点の現地立地も必要となる。

このような企業の国際化への対応に対し、政府においても独立行政法人日本貿易振興機構 (JETRO) 等を活用した販路開拓のための現地情報の提供や、見本市の開催等により今後一層の支援を行っていくことが必要である。

また、こうした市場国における事業展開においては、本社部門も含めて、優秀な外国人材の積極的な獲得と活用を進めることは重要である。この観点から、政府でも高度外国人材育成のためのプログラムを提供しており、今後とも推進していくことが必要である。

#### <新興国政府との政策対話等の強化>

我が国化学企業が国際展開を進めていくに際しては、現地国において税法、規制、規格制度等様々な分野において課題が生じており、現地国における諸々の法制度やインフラ等の事業環境が整っていることが好ましい。また、環境・安全規制等については、ハーモナイゼーションが進んでいる方が望ましい事項もある。このため、政府においても、諸外国との間で自由貿易協定 (FTA) ・経済連携協定 (EPA) を積極的に進めていくとともに、相手国政府のカウンターパートとの政策対話を定期的に行っていくことが有効である。

我が国は、ASEAN諸国と1999年以来、日・アセアン経済大臣会合(AEM-METI)の下に日・アセアン経済協力委員会(AMEICC)とその化学産業専門家会合を設置し、国際的な石油化学製品需給やレスポンシブル・ケアについての認識の共有等の成果を挙げてきた。また、中国の工業信息化部との間においても、次官級の対話が2009年より始まっている。

政府においても、こうした枠組みや、貿易環境の整備や化学物質管理などの個別の案件に関する政策対話の実施等を通じて、我が国企業が国際展開を進めるための環境整備に積極的に取り組むべきである。

#### <我が国ビジネス環境のイコールフットィングの確保>

国際化を進めていくに際し、国内拠点の位置付けも大切である。中核的な研究開発拠点やマザー工場は国内に維持し、要となる技術やノウハウを確保しておくこと等は重要であるが、他方、追加的な設備投資を行わずにマザー工場等の位置付けを中長期的に維持することは難しい。

このため、諸外国の投資環境と比較した上でも追加的投資を国内に行っていくことが合理的に可能であるよう、我が国の法人税制、原料非課税に係る税制、夜間着棧等の物流に係る規制、環境・保安規制等の制度について、イコールフットィングの確保を図っていくよう努めていくべきである。また、排出量取引、地球温暖化対策のための税制などの制度設計に際しても、同様の観点からの留意が必要である。

## (2) 高付加価値化への取組

### ① ビジネスモデルの変革

#### < 高付加価値分野への転換 >

自動車・家電などのセットメーカーに品質の良い素材を供給するというこれまでの単純な製品の物売りビジネスモデルのみでは、今後の成長は期待できなくなってきた。ボリュームゾーンからハイエンドまでの市場を見渡して、利益を最大化しつつ成長していくためには、各企業が自らの強みを活かし、新素材開発に加え、

(イ) 素材から部材(例えば、樹脂やフィルム等からパネル等)

(ロ) 部材から消費者向け商品(例えば、照明や蓄電池、太陽電池パネル等)

への展開が有効と考えられる。また、これまでの第2次産業の枠を越えて、農業分野やメディカル、各種分析事業等のサービス分野での事業展開や、在宅医療等サービスを付加したシステムとして新しいビジネスを獲得していくことも重要である。こうした新しいビジネスの取組に際して、化学産業が有するサステナビリティに有効なリソースを活用することで、より付加価値を高めていくことができる。なお、このような新しいビジネスの獲得に際しては、異分野への参入やシステムのマネジメントに適した人材を採用し、育成していくことが不可欠である。

政府においても、こうした企業の取組を支援すべく、川上・川下を結び付けるような研究開発支援やシステムでの国際ビジネス獲得支援に取り組んでいくこととする。

#### < 国際標準・知的財産の活用 >

近年、新たなビジネスモデルを追求する際には、自社の強みをしっ

かりと認識した上で、オープンにする技術、クローズにする技術を見極めるとともに、どのようなツールを活用するのか、といった知財戦略やデファクトを含む広義の国際標準戦略を明確に持つことが重要となっている。

これまで、企業においては、規格を決めるプロセスへの参加は産業界の共有物に対する社会貢献活動的にとらえ、ともすれば受け身的であった。この発想を転換し、国際標準やデファクトを製品戦略の一環として積極的に取得しにいくことが求められる。

このため、社団法人日本化学工業協会（以下「日化協」という。）等関係する工業会において国際標準の重要性の普及・啓発を図るとともに、標準獲得の支援を行っていくための体制の強化を行っていくべきである。また、知財についても国際競争力の観点から重要であることは論を俟たない。このため、進出先の国において知財が適切に保護されていることが重要である。

政府においても、標準設定への取組強化、他国での知財保護の強化要請などを行い、産官一体となって取り組んでいくことが必要である。

## ②企業間連携

### <企業間連携の推進>

我が国化学産業では、一つの製品分野に多数の企業がひしめいて厳しい競争を行っているケースが多数ある。この結果、例えば一企業あたりの国内市場規模が周辺国とも比較して小規模であったり、また、国内ライバル企業との競争で経営資源を消耗してしまい、規模のメリットが大きい国際競争には十分な投資余力を残せていない可能性がある。

る。

このため、事業連携、共同研究開発や、更には設備の統廃合、事業統合、事業買収までの様々なオプションの中から、使用可能な手段を駆使して事業の競争力向上を追求することが必要である。

具体的には、例えば、石油化学コンビナート内でエチレン製造装置について有限責任事業組合(LLP)を用いて運営統合を行う事例が発表されたが、今後、こうした取組や設備集約等により競争力を強化する取組を一層進めていくべきである。

また、政府においても、これまでコンビナート連携推進事業を支援してきたところであるが、コンビナートの設備集約化等の取組は二酸化炭素排出削減にも資することから、今後温暖化対策の観点から石油化学の連携に対する支援強化についても検討していくべきである。

さらに、LLPは事業再編に有効な制度であるものの、今後、一層利用し易くなるよう制度の改善に向けて官民で検討を深めていくこととする。

#### <事業連携のための環境整備>

自社の強みとする事業を買収も含めて拡大し、逆に優位ではない事業を譲るといった行動は欧米では多く見られるが、我が国では欧米に比べて活発に行われてこなかった。本研究会では、我が国においてこうした行動が低調であること背景として、

(イ)独占禁止法のため企業結合が容易でない

(ロ)上位の事業に選択と集中を行う強い経営リーダーシップの不在等といったことが指摘された。

独占禁止法については、企業が設備統廃合、事業連携等を行おうと



する場合に、国内における寡占度にのみ着目するのではなく、国際競争を考慮してほしいとの意見が多く出された。一律に論じられるものではないが、国内の公正競争を確保しつつ、国際競争力確保のための様々な取組が円滑に認められることが望ましい。特に、経営の迅速な意思決定が求められる中で、結合事前審査の迅速化、審査事例の共有化による予見性の向上等改善に向けた取組が行われることが望ましい。

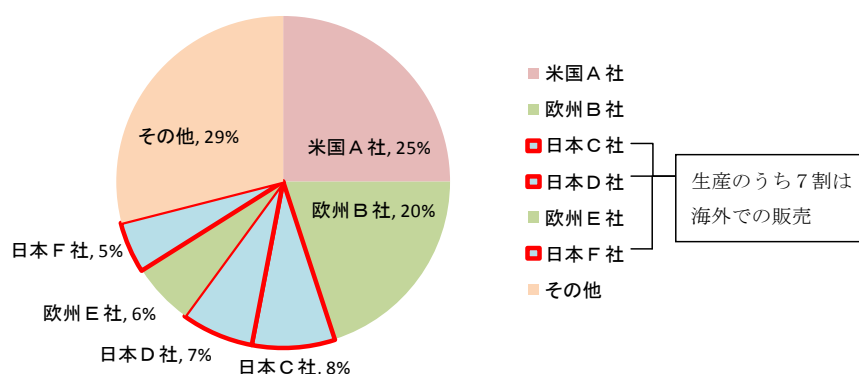


図8 予見性を高めてほしい国際競争のイメージ例

また、各企業が上位の事業分野への選択と集中を行うことで、国際市場においてもシェアを高め、事業基盤をより強固なものとすることができる。このことにより、消費者への安定供給に資する面もある。我が国化学産業では、このような事業分野が多数あり、強い経営リーダーシップが期待される。また、本研究会においては、事業強化のために企業間連携、選択と集中を積極的に行っていくとの経営者の意志が確認された。政府においても、事業転換に際しての雇用面でのセーフティネットの強化等が重要である。

### (3) サステナビリティの向上

#### ①地球環境問題

##### <化石資源からの転換>

化学製品を生産していくに際して、バイオマスや、更には二酸化炭素そのものを原料として利用することで、化石資源から転換していく取組が進められている。

特にバイオマスの利用については、欧米ではバイオリファイナリーの研究開発や実用化が進んでいるところであるが、我が国ではバイオマスを原料としたオレフィン系から芳香族系まで多様なプラスチックの研究開発が端緒についたところであり、この分野の研究開発の推進が重要である。

また、我が国では、二酸化炭素そのものをも製品の原料とし、いわば炭素をリサイクルする研究開発も複数の企業で進められている。既に、ポリカーボネートやメタノール等の一部の製法で実用化されているものの、開発途上の技術が多く、品質面やコスト面での課題を残しており、引き続き研究開発を進めていくことが重要である。

これらの研究開発は、グリーン・イノベーションの推進ともかなうものであり、政府としても中長期的な視点から十分に支援を行うべきである。

##### <エネルギー効率の向上とベンチマークの設定>

二酸化炭素排出量の削減の観点からは、製造プロセスにおけるエネルギー効率向上の取組は、地道であるものの、現時点では最も効果が上がる大切な取組である。このため、大量の熱を利用するプロセスの効率向上のための企業ごとの取組や基盤技術の研究開発を徹底す

るとともに、企業の枠を越えたコンビナート連携の促進(コンビナート連携事業の積極的活用)等を着実にやっていくことが重要である。

また、二酸化炭素排出量の削減についての国際的な議論において、設備のエネルギー効率などの基礎的情報は不可欠である。EUでは、既に化学分野で14の製品(オレフィン、芳香族、アンモニア等)についてベンチマークが整備・検討されている。我が国でも、エネルギーの使用の合理化に関する法律に基づいて、化学分野では、既にエチレン及びソーダ製造工程についてベンチマークが整備されているが、その他の分野への拡大を進めていくべきである。

#### <温室効果ガスの排出抑制効果の高い製品による貢献>

温室効果ガスの排出抑制効果の高い製品(リチウムイオン電池、太陽電池、LED照明、高機能肥料、代替フロン等)に不可欠な材料の供給やその高性能化を積極的に行っていくことも、化学産業の貢献が期待される分野である。

例えば、次世代自動車として期待される電気自動車の普及において、リチウムイオン電池は鍵とされる。このリチウムイオン電池の性能を左右する正極材、負極材、電解液、セパレーターといった部材は、我が国化学企業が圧倒的なシェアを有して供給しているものである。また、家庭やオフィスなどの民生部門での省エネルギーに効果のある、LED照明の素材も、化学企業が提供している。さらに、肥料の高機能化によって、二酸化炭素の300倍以上の温暖化係数をもつ亜酸化窒素( $N_2O$ )の排出を抑制することや、数千倍の温暖化係数をもつ代替フロンについてより環境への影響の少ない代替物質を開発することにより、温暖化対策とオゾン層保護を同時に進めることも、化学企業に期待されて

いる。

このため、こうした製品の研究開発及び提供を着実に続けつつ、これらの温室効果ガスの排出抑制に資する製品における我が国の優位性を維持していくことも、化学産業の重要な役割である。

#### <LCA から見た貢献>

断熱材、炭素繊維、太陽電池、LED照明、高機能肥料等は、生産時に排出する二酸化炭素に比して、ライフサイクル全体でとらえた場合、その使用時における排出抑制効果が高い。一方、今後の地球温暖化対策としての排出権取引等の具体的な制度設計によっては、これらの温室効果ガス排出抑制効果の高い製品であっても、国外で製造せざるを得ないような大きな制約を受ける可能性がある。

このため、使用時における温室効果ガス排出抑制効果が高い製品について、その効果を積極的に情報提供していくとともに、例えば、今後の排出権取引に関する制度設計の検討において、LCAも考慮したものとなるよう求めていく、更にそのための具体的事例について検討を進めていくことが重要である。

#### <国際貢献とオフセットクレジットの検討>

日本が有する優れた技術や知見を海外での温室効果ガス排出削減に活用すれば、更に効果的に地球規模での排出削減に対し非常に大きな貢献をすることができるが、実際には、これらの活用は十分に行われていない。その要因の一つとして、現在のクリーン開発メカニズム(CDM)を通じた削減プロジェクトの実施及びクレジットの取得は、審査プロセスに長い時間がかかり、また、対象となっている技術分野が限定的であること、プロジェクトの大半が中国、インド等に集中している等の

問題が指摘されている。

より多くの環境技術を、より多くの途上国に効果的に普及・移転し、世界全体での実質的な二酸化炭素排出量の削減が進むよう国際貢献を進める観点から、我が国が世界に誇るクリーン技術や製品、インフラ、生産設備などの提供を行った企業の貢献を適切に評価し、企業などがその貢献を排出削減量として換算することを可能とする新たな仕組みを検討していく必要がある。一方、技術の普及・移転の実施や貢献の評価手法の確立等において課題となる点を早期に洗い出す等の観点から、化学産業においても具体的な技術や対象国等を想定したフィージビリティスタディを行っていくことが大切である。

## ②環境安全問題

### <サプライチェーン一体となった化学物質安全管理への対応>

WSSDにおける化学物質管理の強化に係る国際目標の策定などにより、化学物質の安全・安心を求める傾向は近年拡大し、そのための具体的な制度も具体化しつつある。我が国化学産業においても、国際的な化学物質管理強化の動きを踏まえ、化学物質安全情報をサプライチェーンで共有する取組を加速化させることが必要である。

### <化学物質管理制度のアジア標準化>

化学物質管理については、我が国の改正化審法での規制体系は、リスクの度合いに応じて優先度を付けて評価を実施する合理的な体系となっている。他方、EUのREACH規則では優先評価の考え方は採られていない等、国際的には種々の制度が存在している。我が国化学産業の主な輸出先であるアジア地域でも、国際的な動向を踏まえ、化学物質管理制度がこれから整備・充実されていくところである。

欧州 REACH規則 Registration, Evaluation, Authorisation, and Restriction of Chemicals (2007年6月施行)	日本 改正化学物質審査規制法(化審法) Chemical Substances Control Law (CSCL) (2011年4月施行)
すべての化学物質について製造・輸入量、 <b>有害性情報</b> 等を事業者が登録。 (域内製造・輸入量1t/年以上の場合)	すべての化学物質について製造・輸入量等を事業者が届出。 (国内製造・輸入量1t/年以上の場合)
リスク評価のための絞り込みを <b>事業者</b> が実施。有害性ありと判断する場合リスク評価を <b>事業者</b> が実施。(域内製造・輸入量10t/年以上の場合)最終評価は行政が実施。	リスク評価のための絞り込みを <b>行政</b> が実施。優先度の高い物質(優先評価化学物質)について事業者には <b>有害性情報</b> を要求。最終評価は行政が実施。

図9 欧州REACH規制と我が国改正化審法との比較

このため、政府においては、この機会をとらえ、我が国の化学物質管理の制度について、アジアワイドで化学物質管理標準化に取り組んでいくこととする。当面、ロードマップに基づき、東アジア・ASEAN経済研究センター(ERIA(Economic Research Institute for ASEAN and EAST Asia))等を通じてアジア各国の制度とのハーモナイゼーションを図るとともに、そのための人材育成等の協力を推進することにより、アジア地域の化学物質の安全性の確保及び我が国化学産業のビジネス環境の整備に向けた作業に着手していく。

化学物質管理制度のアジア標準化に向けたロードマップ

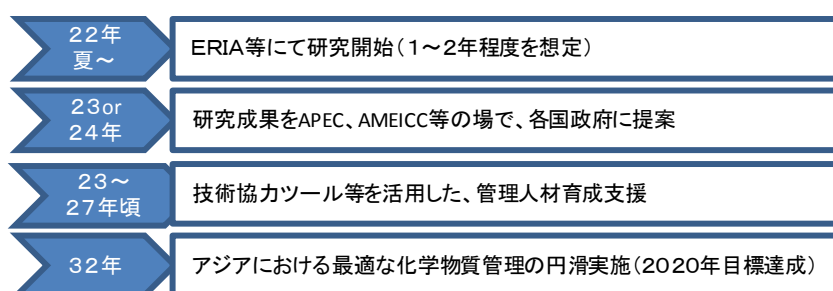


図10 化学物質管理制度のアジア標準化に向けたロードマップ概要

#### (4) 技術力の向上

##### ① 化学分野の研究開発

＜グリーン・イノベーション(グリーン・サステイナブルケミストリー(GSC))

## の研究推進＞

化学は、技術開発を通じて地球温暖化対策、エネルギー対策、化学物質管理強化などの社会的課題の解決に多大な貢献を行い得る重要な産業である。化学産業は、こうした社会的課題に対応した研究開発の迅速化を図るとともに、更にその実用化まで含めて、新成長戦略において示されたグリーン・イノベーションを積極的に進めることが期待される。

政府においても、こうした社会的課題の解決に資するよう、バイオマスや二酸化炭素を原料とするプロセス開発による化石資源からの転換、より高度な化学物質安全管理技術等の研究開発をGSC関連技術として、迅速化するための支援を行う。

なお、研究開発の支援に際しては米国国防高等研究計画局(DARPA)の研究支援に見られるように、個々の要素技術支援ではなく、解法(ソリューション)を提供するシステムとして公募し、調達も含めて支援する手法も参考となるものである。

## ＜化学分野における評価研究開発拠点の整備＞

先端分野の素材の開発においては、ユーザーであるセットメーカーから実装を想定したデータの提供が求められることが多く、素材開発とその評価技術の開発を表裏一体で進めることが極めて重要となっている。しかしながら、評価技術の開発のための試作設備や評価設備には、高額なものや製造装置をトータルでそろえねばならないもの、あるいはノウハウが必要なものも多く、これらを素材側の個別の企業がそれぞれ整備することは困難である。一方、先端素材そのものの開発に比べて、性能評価や安全性評価といった、共通の評価技術基盤の整備は、

競合企業であっても連携することが十分可能である。さらに、優れた素材メーカーの集積がユーザーを呼び込み、新たなユーザーとの垂直連携を生み出す効果も期待できる。

このため、独立行政法人産業技術総合研究所の化学関連部門を始めとする政府関係機関の設備やノウハウを活用した、化学分野における評価研究開発拠点の整備を進めていくことが有効である。政府においては、ロードマップに基づき、企業ニーズの掘り下げ、政府関係機関のポテンシャルの把握等を通じ、その具体化に向けた作業に着手する。

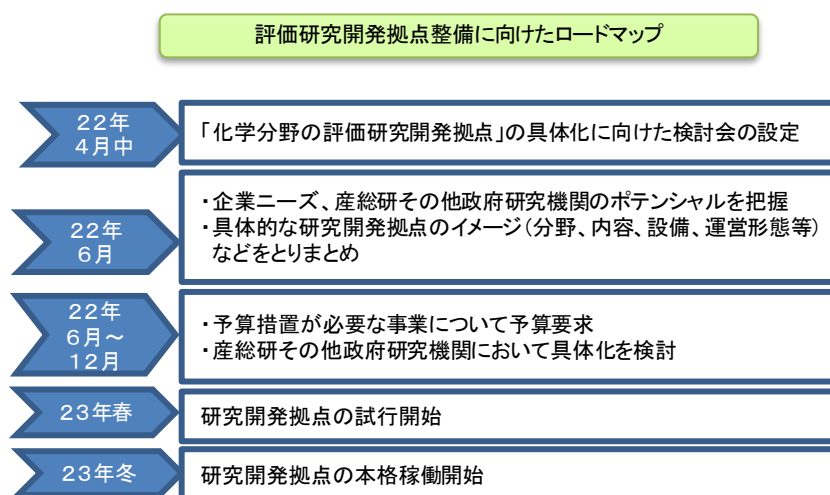


図11 化学分野に関する評価研究開発拠点整備に向けたロードマップ概要

さらに、具体的な出口が明確な分野における性能評価・安全評価支援も重要である。これまでも半導体材料分野における次世代半導体材料技術研究組合(CASMAT)や、リチウムイオン電池材料分野における技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター(LIBTEC)など、化学企業を中心に連携して組織され先端材料の評価技術の開発に取り組んでいる先行事例がある。



こうした技術研究組合の設定に際しては、産業界において明確かつ具体的な出口分野のイメージとニーズがあったことが鍵となっている。

政府においては、こうした具体的なニーズを前提に、我が国の化学企業が競争力を高めていけるよう、性能評価拠点・安全評価拠点の整備を推進していくべきである。

また、我が国でもナノテクノロジー分野における研究拠点であるつくばイノベーションアリーナ(TIA)構想が進展しつつある。化学系素材企業の参画により、同構想の拠点機能が高まっていくものと考えられる。

#### <最高技術責任者(CTO)のコミュニケーションの深化>

イノベーションの推進には企業の壁を越えた技術分野の交流が重要である。また、先端素材分野での競合企業との連携など、トップレベルの判断が求められるような連携が進展していくためにも、企業の最高技術責任者(CTO:Chief Technology Officer)レベルでの信頼関係を持ったコミュニケーションを図ることができるような環境が重要である。

また、現在化学関係の公益法人において、同様の趣旨の取組が進行している。

こうした動きとあいまって、化学産業及び関連産業の企業のCTO等が技術情報等についての率直なコミュニケーションを行ったり、政府の施策等の重要な情報をタイムリーに取得したりするための情報交流基盤の整備を進めていくこととする。

## ②化学人材の育成

### <化学人材の育成>

前述の化学分野の人材育成に関する課題克服のため、今後化学産

業界では日化協等を通じ、大学のカリキュラム等に対して積極的に、産学人材育成パートナーシップ化学分科会で示された産業界が求める人材像などの産業界の共通のニーズを発信していくべきである。この作業は担当レベルでは手間のかかるものであるが社会的な意義を有する。次いで産業界のニーズに合致した博士課程等のカリキュラムを整えた専攻科等を選定し、選定された専攻科等を履修する優秀な学生に対して産業界としても奨学金により経済的に支援し、こうした産業界のニーズに合致した博士課程の学生については、積極的に採用も行っていき、といった新たな人材育成プログラムを創設する。

政府においては、このような取組についての化学人材育成プログラムのロードマップに基づき、日化協や社団法人日本化学会等の関連団体における具体的な制度設計や参加する企業や大学への呼びかけ等具体化に向けた作業に着手する。

なお、初等・中等教育における理科教育の充実も重要である。このため、「夢化学21」のように、学会、産業界が一体となって小中高校生レベルを対象とした取組を行っていくべきである。

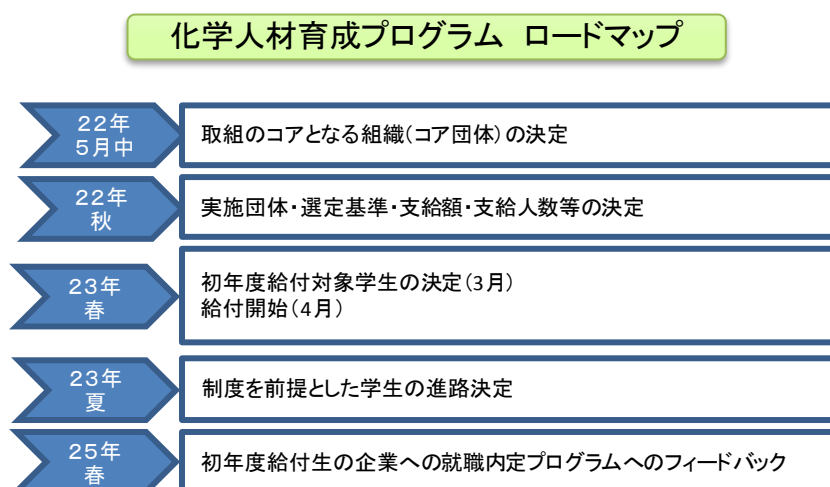


図12 化学人材育成プログラム ロードマップ概要

## <留学生の積極的活用>

本格的な国際展開の担い手となる幹部候補生としての外国人材を確保するため、実際に一定の枠を設けて留学生等から人材を採用している企業もみられるものの、日本語能力の不足や、定着への懸念等から、外国人材の採用は化学産業の中では少数に留まっている。

企業においては、日本を訪れている留学生のレベルや要望等についてより積極的な情報収集に努め、留学生の積極的採用を行っていくことが望まれる。

政府においては、企業における留学生の採用に際しての懸念となっている点を解消すべく、留学生に対する日本語教育やビジネス研修等の事業の充実等を進めていくべきである。

## 6. おわりに

本研究会では、リーマンショック後に世界的な環境変化が生じている中で、化学産業にとっても主要な課題の一つとなる地球環境問題への対応の当面の目安が2020年であることなどを考慮し、今後10年程度の将来を念頭に検討を行った。

とりわけ石油化学分野における課題と対応については石油化学サブワーキンググループにおいて精力的な検討が行われ、本研究会に対する報告を得た。

また、研究会ワーキンググループの勉強会として開催されたサイドアクティビティでは多くの識者から貴重な情報や助言をいただくことができた。

このような関係者の協力を得て、本研究会でとりまとめられ、今後取

組を進めていくべきとされた事項については、経済産業省と化学産業界とが協力して、また、必要に応じて産業界や省庁の枠を越えた連携を行い、今後とも着実にフォローアップし成果を実現していくこととする。

将来を展望した場合、今後の様々な環境変化に応じて、現在の化学会社の企業の枠組み、更には化学産業の事業領域の枠組みが現状と大きく異なったものとなることが予想される。この変化の中で、化学の担い手が引き続き我が国競争力の源泉である地位を更に発展・創造し、社会に貢献できるよう、関係者の不断の努力が期待される。

(別添)

## 化学ビジョン研究会 委員名簿

### 【座長】

橋本和仁 東京大学大学院工学系研究科教授

### 【委員】

石川城太 一橋大学大学院経済学研究科教授

金井孝男 シティグループ証券株式会社株式調査部マネジングディレクター

橘川武郎 一橋大学大学院商学研究科教授

小林喜光 株式会社三菱ケミカルホールディングス代表取締役取締役社長

小柳正治 JEC連合会長

榊原定征 東レ株式会社代表取締役社長

菅原公一 株式会社カネカ代表取締役社長

高橋恭平 昭和電工株式会社代表取締役社長

田中稔一 三井化学株式会社代表取締役社長

土屋隆 東ソー株式会社取締役会長

西村修一 野村證券株式会社企業調査三部長

蛭田史郎 旭化成株式会社代表取締役社長

廣瀬博 住友化学株式会社代表取締役社長

古河直純 日本ゼオン株式会社代表取締役社長

水野哲孝 東京大学大学院工学系研究科教授

吉田淑則 JSR株式会社代表取締役会長

(別添)

## 化学ビジョン研究会ワーキンググループ 委員名簿

### 【座長】

水野哲孝 東京大学大学院工学系研究科教授

### 【委員】

池浦富久 三菱化学株式会社 執行役員経営戦略部門長  
兼 経営戦略部門 RD戦略室長

石川城太 一橋大学大学院経済学研究科教授

伊藤真一郎 住友ベークライト株式会社 取締役常務執行役員

井上伸昭 富士フイルム株式会社 取締役 常務執行役員

浦野孝志 日立化成工業株式会社 取締役

大村康二 三井化学株式会社 常務取締役経営企画部長

岡田武彦 東レ株式会社 常任理事経営企画室担当

金井孝男 シティグループ証券株式会社株式調査部マネジングディレクター

橘川武郎 一橋大学大学院商学研究科教授

鯉江泰行 東ソー株式会社 取締役機能材料事業部長

坂井伸次 昭和電工株式会社 取締役専務執行役員  
戦略企画室中国室担当

佐藤穂積 JSR 株式会社 常務取締役

柴田豊 旭化成株式会社 上席執行役員 経営戦略室長

下田尚志 住友化学株式会社 常務執行役員

永野広作 株式会社カネカ 取締役常務執行役員 新規事業開発部長

西村修一 野村證券株式会社 企業調査三部長

平川宏之 日本ゼオン株式会社 取締役執行役員 経営企画担当

### 【アドバイザー】

橋本和仁 東京大学大学院工学系研究科教授(化学ビジョン研究会座長)

(別添)

化学ビジョン研究会  
石油化学サブワーキンググループ 委員名簿

【座長】

橘川武郎 一橋大学大学院商学研究科教授

【委員】

阿部嘉彦 東ソー株式会社 取締役 経営企画・連結経営部長  
海外事業企画部担当 研究企画・生産技術部関与

石川城太 一橋大学 大学院経済学研究科教授

岩崎努 エクソンモービル有限会社 化学品本部 基礎化学品事業部長

梅葉芳弘 三菱化学株式会社 執行役員 化学品本部長

大野友久 住友化学株式会社 執行役員 石油化学業務室

ポリエチレン事業部 ポリプロピレン事業部 機能樹脂事業部担当

金井孝男 シティグループ証券株式会社株式調査部マネジングディレクター

上前修 出光興産株式会社 取締役 兼 基礎化学品部長

中川淳一 三井化学株式会社 専務取締役

西村修一 野村證券株式会社 企業調査三部長

藤井シュン 丸善石油化学株式会社 専務取締役

藤森正三 旭化成ケミカルズ株式会社 取締役 兼 副社長執行役員

宮崎孝 昭和電工株式会社 常務執行役員 石油化学事業部門長  
兼 オレフィン事業部長

山崎誠二郎 新日本石油株式会社 執行役員 化学品本部化学品総括部長

【アドバイザー】

橋本和仁 東京大学大学院工学系研究科教授(化学ビジョン研究会座長)

(別添)

## 化学ビジョン研究会事務局名簿

松下忠洋	経済産業副大臣
近藤洋介	経済産業大臣政務官
平工奉文	経済産業省製造産業局長
後藤芳一	経済産業省大臣官房審議官(製造産業局担当)
高田修三	経済産業省製造産業局化学課長
福島洋	経済産業省製造産業局化学物質管理課長
福田敦史	経済産業省製造産業局化学課機能性化学品室長



(別添)

## 「化学ビジョン研究会」開催状況

### 1. 研究会

#### 第1回

日時: 11月13日(金) 8時00分～10時00分

議題: 「研究会の設置趣旨」

「化学産業の現状・論点」

#### 第2回

日時: 3月25日(木) 8時00分～10時00分

議題: 「研究会の論点について」

#### 第3回

日時: 4月21日(水) 8時00分～9時30分

議題: 「化学ビジョン研究会報告書(案)について」

### 2. 研究会ワーキンググループ

#### 第1回

日時: 12月1日(火) 16時00分～18時00分

議題: 「研究会ワーキンググループの設置趣旨」

「我が国の将来の姿と化学の役割」

#### 第2回

日時: 2月1日(月) 16時00分～18時00分

議題: 「グローバリゼーションについて」

「ビジネスモデルについて」

「企業間連携について」

### 第3回

日時:3月12日(金)10時00分～12時00分

議題:「研究開発・連携について」

「人材育成について」

「地球温暖化対策について」

### 第4回

日時:3月31日(水)10時00分～12時00分

議題:「化学ビジョン研究会報告書骨子(案)について」

### 第5回

日時:4月9日(金)16時00分～18時00分

議題:「化学ビジョン研究会報告書(案)について」

## 3. 研究会ワーキンググループ サイドアクティビティ

### 第1回

日時:12月15日(火)10時00分～12時00分

講演:ATカーニー株式会社 パートナー 川原 英司 氏

「自動車産業の新たな変化の潮流」

### 第2回

日時:1月26日(火)13時30分～15時30分

講演:東京大学特任教授 妹尾 堅一郎 氏

「『知』を使う知の時代へ ～ビジネスモデルと知財マネジメント  
による国際競争力のからくり～」

### 第3回

日時:2月17日(水)10時00分～12時00分

講演:東京大学 先端科学技術研究センター教授 渡部 俊也 氏

「化学産業のこれからの知財戦略を考えるために

『脅威と競争』と『協創と協働』の知財戦略」

経済産業省 基準認証政策課長 中西 宏典 氏

「国際標準を巡る最近の動きとその戦略的活用に向けて」

経済産業省 地球環境対策室長 村上 敬亮 氏

「地球温暖化問題について」

#### 第4回

日時:2月24日(水)10時00分～12時00分

講演:東京大学 先端科学技術研究センター教授 菅 裕明 氏

「大学を中核とした我が国の教育・研究開発システムのあり方  
について」

東京大学大学院経済学研究科教授 藤本 隆宏 氏

筑波大学大学院ビジネス科学研究科准教授 桑嶋 健一 氏

「日本型プロセス産業 —『ものづくり経営学』による分析—」

#### 4. 石油化学サブワーキンググループ

##### 第1回

日時:11月27日(金)10時00分～12時00分

議題:「石油化学サブワーキンググループの趣旨」

「石油化学産業の現状・論点」

「地球温暖化問題の現状」

##### 第2回

日時:1月20日(水)10時00分～12時00分

講演:ダイセル化学工業株式会社 執行役員生産技術室長 小河 義美 氏

「プロセス産業における生産革新の取り組み」

##### 第3回

日時:2月18日(木)16時00分～18時00分

議題:「石油化学産業を巡る主要な論点について」

##### 第4回

日時:3月16日(火)16時00分～18時00分

議題:「石油化学サブワーキンググループ報告書(案)について」

## 部材分野

我が国の材料技術の国際優位性を支えているものは、①過去数十年にわたる多くの研究者・研究機関の弛まぬ努力と研究の蓄積に加えて、②多様な垂直連携・水平連携のメッシュの中で極めて濃密且つ迅速な摺り合わせの連鎖を最大の強みとする高度部材産業の集積にあると言える。

高度部材産業の集積は、自動車や情報通信機器等の産業に高信頼で高性能な部材を提供することで我が国の経済社会の発展を支えている基盤である。一方で、昨今の国際競争の激化において、材料の汎用的な加工等では、アジア諸国の技術向上による国内産業の空洞化が懸念されている。このため、高度な材料技術とナノテクノロジーを始めとする先進的な科学技術を活用した部材の高付加価値化が強く求められている。

これまでの部材分野の技術戦略マップでは、部材としてその出口の最終製品から求められる機能、性能等を強く意識し、それを達成する部材やその製造・開発に必要な共通基盤技術を技術マップとしてまとめてきた。今回、近年の技術開発動向により、注目すべきニーズが刻々と変化している状況を踏まえ、ニーズ側とシーズ側の両面からより幅広く俯瞰するため、材料・プロセス側からの視点を新たに追加した。また、技術ロードマップでは、それぞれの部材開発にあるべき方向性を示し、必要なスペック、技術等を時間展開してとりまとめた。

## 部材分野の技術戦略マップ

### I. 導入シナリオ

#### (1) 部材分野の目標と将来実現する社会像

情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど多くの分野に資する高機能部材を開発、その実用化を促進することで、世界市場のトップシェアを占める高機能部材の更なる増加などを通じた、我が国産業の競争力強化を図る。あわせて、希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会、低炭素社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

世界市場規模の大きい情報通信機器や自動車分野と比較すると、それらの分野を支える中間部材の市場規模は必ずしも大きくないが、中間部材市場における日本企業のシェアは非常に高い。この部材製品が自動車やエレクトロニクス製品など川下側の産業と連携していることが、我が国の国際競争力の源泉となっている。【参考資料1：我が国主要産業の国際競争力ポジション（2008年）】しかし、アジア地域をはじめとする他国メーカーの技術力の向上や、コスト面に影響を及ぼす種々の不利な構造のため、より一層の技術競争力強化を求められているのが現状である。2008年の世界同時不況以降の厳しい業績の中で、企業は将来の成長が見込める有望分野、例えば太陽電池、リチウムイオン電池などの環境、エネルギー分野、炭素繊維などの高付加価値成長分野などに投資を集中させており、この傾向は今後も続くものと思われる。

資源やエネルギーの制約を克服し、人類の活動と環境との調和を図りながら、安心、安全で快適な生活を営むことを目指す上では、そのための製品・システムに必要な革新的部材の開発を進めることが必要である。我が国はこの分野で高い国際競争力を維持しつつ、このような社会の実現に努めることが責務であろう。

#### (2) 研究開発の取組

部材分野の研究開発は、その対象が非常に広範であり、また波及効果が間接的であることが多いため、その成果が見えづらく産業化のスピードが遅いといった指摘がある。そのため、研究開発プロジェクトの実施に当たっては、その出口となるターゲットを明確にするとともに、川上と川下や異業種・異分野の連携体制を構築することで、研究開発プロジェクトにおいて確立した技術シーズを効率よく産業化に結びつけることが重要である。そこで、NEDOにおける部材分野の研究開発プロジェクトでは、コアとなる共通基盤技術と、コア技術をベースとして明確な出口に向けた応用開発を組み合わせるハイブリッドタイプの研究フォーメーションを導入している。今後とも様々な研究フォーメーションを工夫しながらイノベーションの加速することが重要である。

#### (3) 関連施策の取組

部材分野の研究開発成果を普及させるためには、サンプル提供を通じた実用化のス

ピードアップ、人材育成、標準化等の導入普及促進策推進と共に、国際対応等の環境整備も重要である。これらに対応する経済産業省の主な施策を以下に示す。

#### 〔導入補助・支援〕

我が国では、部材の最先端技術を中小企業が持っている場合が多くみられる。しかし、多様化する消費者ニーズを捉えた最終製品を製造する企業等からの製品スペック等に関する情報が伝わりにくくなっており、川上中小企業者においては、必要以上に設備投資リスクが増大したり、逆に研究開発活動を必要最小限の分野に限定したりする可能性が高まっている。そこで、経済産業省では、我が国製造業を支える基盤技術を担う川上中小企業者と、最終製品を担う川下の産業間の緊密なコミュニケーションを通じた「川上中小企業が行う技術開発の不確実性の低減」「情報の非対称性の解消」を図るため、「川上・川下ネットワーク構築支援事業」を実施している。

#### 〔実用化促進〕

NEDO ではナノテクノロジー・材料分野の研究開発を実用化に繋げるため、出口（製品）を見据えた材料研究開発プロジェクトにおいては、プロジェクトの途中で絞り込みを行うマネジメント（ステージゲート方式）を活用し、生産者とユーザーが一体となった垂直連携体制による研究開発を推進している。また、特に部材分野においては国の研究開発成果の最大化を図るために展示会への出展も効果的である。NEDO では極力、サンプルという目に見える形で研究開発成果を提示することでシーズとニーズのマッチングの促進を図っている。

#### 〔基準・標準化〕

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。

（例）ファインセラミクス関連の標準化（ISO/TC206）として、光触媒についての性能試験方法の国際標準化を提案し、2009年6月にISO 27447（光触媒材料の抗菌性能試験方法）、7月にISO 27448（光触媒材料のセルフクリーニング性能試験方法-水接触角の測定）が発行した。他の試験方法についても引き続き標準化の整備を行っている。

#### 〔人材育成〕

NEDOでは、優れた成果を生みつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアとして、そのプロジェクトリーダーの所属大学に特別講座の拠点を設ける人材育成講座を通じて部材分野の人材育成を推進している。例として「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」、「高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発」での人材育成事業がある。

### （４）海外での取組

諸外国においても材料・部材技術とナノテクノロジーを様々な産業に波及する共通

基盤技術として位置付け、国家戦略に基づき予算配分がなされている。

#### 〔米国〕

- ・ 2000年に省庁横断的な「国家ナノテクノロジー戦略 (NNI: National Nanotechnology Initiative)」を制定しており、この中でナノテクノロジーを駆使した部材開発の重要性が述べられている。政権交代後も NNI は継続され、米国のナノテクノロジー・部材開発のグランドプランとなっている。2011年の予算教書では研究開発方針として、次世代先端技術材料・製造技術の促進が謳われている。
- ・ エネルギー省 (DOE) の R&D 活動の中心の一つである科学局 (Office of Science) は連邦政府において大規模に材料科学と化学分野における研究支援を実施している。
- ・ また米国では、ナノテクノロジー等、多様な学術分野にまたがる知識を融合・統合する場としての研究拠点を整備・対外開放し、研究者・企業を世界から集めての研究開発を推進している。例えばニューヨーク州オルバニーのナノエレクトロニクス開発拠点等の例がある。
- ・ 商務省の国立標準規格技術研究所 (NIST) では、科学技術・測定法・標準規格を開発することをミッションとし、材料科学工学研究所などでセラミックス、金属、ポリマーなどの研究が行われている。

#### 〔欧州〕

- ・ 「第7次フレームワークプログラム (FP7: 2007-2013年)」において、部材に関する研究開発が、支援強化すべき9項目の1つとして、ナノテクノロジー、新生産技術と共に位置づけられている。目標として、欧州産業界の競争力を向上、融合技術領域において応用に向けた知識のブレークスルーの創出、資源集約型産業の知識集約型産業への変質が挙げられている。手段として、高性能材料、知識集約型材料、信頼性の高い設計やシミュレーション技術、高度複雑系、環境との適合性、工業化学産業・材料加工産業におけるナノ分子のマクロレベル統合、新規のナノ材料、バイオ材料、ハイブリッド材料、これら部材の設計・制御に関する新しい知識の創出が挙げられている。
- ・ 米国同様にナノテクノロジーの開発拠点の動きが盛んになっている。ベルギーでは州政府の支援のもと、世界最大のナノテクノロジー研究拠点”IMEC“の拡充が進んでいる。フランスでは、国立電子情報研究所と国立工科大学グルノーブル校が連携の下、ナノテック研究拠点“MINATEC”が2006年6月に開設された。

#### 〔アジア〕

- ・ 近年、部材研究開発におけるアジア各国の台頭が見られる。中国政府は2020年に向けて国家中長期科学技術開発計画の策定を開始、2005年末から実施されている。部材関係は新材料技術として重点分野に位置づけられている。研究に関しては、主に中国科学院が研究開発を担っている。
- ・ シンガポールでは、科学技術庁傘下にある情報通信・材料工学関係の7つの国立研

研究所を集約した世界に開かれた研究開発拠点「フュージョノポリス」を整備している。

#### (5) 改訂のポイント

- (1) 部材分野の目標と将来実現する社会像において、最近の研究開発情勢について言及した。
- (3) 関連施策の取組〔基準・標準化〕において、光触媒の性能試験方法についての国際標準の発行について追加した。
- (4) 海外での取組において、最新の海外の研究開発動向について言及した。(独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センターの各種資料を参照。)

## II. 技術マップ

### (1) 技術マップ

部材分野は、ライフサイエンス、情報通信、環境などの広範囲な分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献し、産業振興や人間の豊かな暮らし、安全・安心で快適な社会などを実現する重要な技術である。我が国の部材分野の技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまで全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている(第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略 IV. ナノテクノロジー・材料分野より)。

昨年度版までの技術戦略マップでは、出口産業群を強く意識した形での整理を行ってきた。しかし、近年の技術開発動向により、注目すべき出口側のニーズは刻々と変化している。従来の技術戦略マップにおいても、各ニーズに関連するシーズは多岐に渡ってカバーしているが、一方でシーズ側から見通すことは困難となってきた。

部材分野においてはニーズ側とシーズ側の両面からより幅広く俯瞰し、両者の同期化を図ることが重要であり、今後この観点から部材分野を順次再構築していく予定である。今年度は昨年度版までの出口側からの整理に加え、シーズ側、部材別の観点を加えた整理の双方を示した。

ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理については、今年度①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野、の2分野について、技術開発の課題を項目毎に整理し、個々の技術開発がどのような製品、他の技術に関連するのかという観点から、分野別の技術を俯瞰するマップを策定した。なお、各分野についての導入シナリオを併せて示した【別紙1：素形材プロセス分野の技術戦略マップ】【別紙2：ニューガラス分野の技術戦略マップ】。今後、他の技術分野についても、順次策定を行っていく予定である。

一方、出口側からの整理については、部材の重要な出口産業群として、燃料電池、情報家電、医療・福祉／安全・安心、環境・エネルギー等の4分野を設定した。これら4分野に関してそれぞれの最終製品から部材に求められる機能を抽出し、その機能



を発現する高度部材の名称等を研究開発の対象として記載することによって、材料創製技術を俯瞰するマップを策定した。さらに、そのような部材を製造するための共通基盤技術について、材料製造技術、加工技術、計測・評価・検査技術、シミュレーション技術の4分野に大別して俯瞰した。詳細については、2009年版までのマップを参照されたい。なお出口側からの整理については、今後大幅な改訂を行わず、順次後述のシーズ側、部材別の観点を加えた整理へ収れんさせていく予定である。

## (2) 重要技術の考え方

2007年以降に策定した技術マップについては、各指標に基づいて重要技術を抽出し、これについてロードマップ化を行っている。本年策定の①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野の2分野の指標についての考え方は別紙1, 2にそれぞれ示す。これらの評価指標によって重要と選定された技術要素について、技術ロードマップ化を行った。なお、2008年度以前に策定したマップについての指標については、2009年度版を参照されたい。

## (3) 改訂のポイント

- ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理を新たに追加した。今年度は①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野の2分野を策定した。
- 出口側からの整理について、最近の研究開発動向を踏まえ、4. 環境・エネルギー分野等について、自動車部材、建築部材にアルミニウム部材関連の小項目を追加した。

# Ⅲ. 技術ロードマップ

## (1) 技術ロードマップ

技術ロードマップについては、前述の技術マップから重要技術として選定されたものについて、各重要技術の年次展開を、目標とすべきマイルストーンと共に時間軸上に示している。

本年策定の①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野の2分野の指標についての考えについては、は別紙1, 2にそれぞれ示す。

2008年度以前に策定したマップについては、「出口から部材に求められる機能」、「求める機能を実現する高度部材」、「研究開発の方向性」を示した。次いで、各重要技術の年次展開を、目標とすべきマイルストーンと共に時間軸上に示している。また2007年以降ロードマップ化した技術については、標準化に関わるロードマップを平行して策定し、必要に応じて技術ロードマップに挿入した(背景に桃色の斜線を入れた)。これは研究開発成果の普及や国際競争力強化の観点から、研究開発戦略と標準化戦略の一体化を図るためである。但し、製品規格に関する標準化については省略した。

なお、ロードマップで取り上げた以外の部材・技術が重要でないということは意味しない。技術ロードマップについては、今後ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理について、幅広い材料分野を俯瞰するよう、順次策定を行っていく予定である。

## (2) 改訂のポイント

- ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理について、①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野、の技術ロードマップを策定した。
- 出口側からの整理について、現状の技術開発動向の現状を踏まえ、6. 4-01 環境エネ自動車用部材、7. 4-02 環境エネルギー建築にアルミニウム部材関連の追加を行った。

## IV. その他の改訂ポイント

### ○ 国際競争ポジション（ベンチマーキング）の更新

- 部材分野の国際競争力比較のため、世界市場における日系企業のシェアを示す資料を 2008 年度の数字に更新した。

➤ 部材分野の技術戦略マップの構成

導入シナリオ

部材分野の導入シナリオ

(別紙 1)

(ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理)

素形材プロセス分野の技術戦略マップ

(別紙 2)

ニューガラス分野の技術戦略マップ

技術マップ

(出口側からの整理)

1. 燃料電池分野
2. 情報家電分野
3. 医療・福祉／安全・安心分野
4. 環境・エネルギー分野
0. 共通基盤技術分野

技術ロードマップ

(出口側からの整理)

1. 燃料電池分野
2. 情報家電分野
3. 医療・福祉／安全・安心分野
4. 環境・エネルギー分野
0. 共通基盤技術分野

(注) 上述の数字は各分野に伏した ID 番号を表す。

# 部材分野の導入シナリオ

2008年                      2010年                      2015年                      2025年

目標

○情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど多くの分野に資する高機能部材を開発、その実用化を促進することで、世界市場のトップシェアを占める高機能部材の更なる増加などを通じた、我が国産業の競争力強化を図る。あわせて、希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

民間企業の  
取り組み

- 垂直連携による部材研究開発の実施
- 海外を含めたユーザーへの材料ソリューション提案力の強化のための研究開発の実施
- 研究開発の推進による部材企業の一層の企業価値向上

研究開発の  
取り組み

出口を見据えた革新的部材開発

## ナノテク・部材イノベーションプログラム

- ①ナノテクノロジーの加速領域  
・ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。
- ②情報通信領域  
・ナノテクノロジーや革新的部材開発を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子・光デバイスで世界をリードするとともに高度化された製造技術の開発
- ③ライフサイエンス・健康・医療領域  
・ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的医療を実現
- ④エネルギー・資源・環境領域  
・ナノテクノロジーや革新的部材技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化
- ⑤材料・部材領域  
・極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域についてユーザー製造業等との連携(川上・川下連携)を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化
- ⑥ナノテクノロジー・部材分野推進共通基盤領域  
・ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析等の共通基盤の確立  
・リスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援の相互的推進

関連施策の  
取り組み

導入普及促進策

- 人材育成に向けた取り組み(製造中核人材育成事業、NEDO特別講座、技術経営人材育成プログラム導入事業、製造中核人材育成事業)
- NEDOサンプルマッチング事業
- 標準化(光触媒、超電導、ファインセラミックス等)
- 自動車用部材・建築用部材に関わる標準化

環境整備

- 「非鉄金属資源の安定供給確保のための戦略」の実施
- 国際対応(FTA推進、化学物質管理(REACH等)、RoHS指令等国際的規制のハーモナイゼーション)

# 部材分野の技術マップ(1/36)

## 1. 燃料電池分野

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	
1-01-01	自動車用 燃料電池 (PEFC/ 水素ガ ス)	スタック	低コスト化、スタック構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-01-02		セル	低コスト化、セル構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-01-03		電解質膜電極複合体 (MEA)	低コスト化	低コスト化	次世代MEA(貴金属量低減、低コスト電解質膜、低コスト電解質材料利用、低コストプロセス等の採用。触媒活性改善、電解質膜や電解質材料の特性改善、拡散層の特性改善、改善したMEA構造設計・新規概念の電極構造、触媒の電解質被覆率向上、触媒層専用電解質の開発、触媒-電解質分散解析・制御技術の向上。カソード触媒の耐久性改善、電解質膜や電解質材料の耐久性改善、拡散層の耐久性改善、燃料不足時・起動/停止時・凍結⇄解凍サイクルなどへの対応)
			発電性能向上	発電性能向上	
			耐久性の向上	耐久性の向上	
1-01-04		ガス拡散基材	撥水性維持(短期・長期)	撥水性維持(短期・長期)	カーボン系ガス拡散基材(最適撥水特性の評価試験の確立)
			低コスト化	低コスト化	カーボン系ガス拡散基材(製造プロセス改善)
			高性能化	高性能化	カーボングラス系基材、非カーボン系材料(新材料探索と評価)
1-01-05		触媒・担 体	アノード触媒	貴金属量の低減	ナノ触媒、微細構造制御触媒(粒子サイズ、形状の最適化)
貴金属量の低減				貴金属フリー水素酸化触媒(白金と同等の水素酸化性能を達成する新材料探索)	
カソード触媒			貴金属量の低減	高分散化・構造制御・利用率向上型触媒(粒子サイズ、形状の最適化、酸素還元活性向上(微量元素添加など))	
			酸素還元活性の向上	貴金属フリー酸素還元触媒(白金と同等の酸素還元性能を達成する材料探索)	
			高温作動化	触媒担体-触媒相互作用型酸素還元触媒(触媒担体-触媒の相互作用の解明・最適化)	
			耐久性の向上(酸素還元活性低下抑制)	助触媒利用型酸素還元触媒(補助触媒の探索・利用・最適化)	
1-01-07		電解質膜	低コスト化	低コスト化	合金触媒型酸素還元触媒(合金触媒の探索・最適化)
			劣化抑制	劣化抑制	高分散合金触媒(合金触媒の探索・最適化)
	リサイクル性		リサイクル性	高耐久性触媒・担体(形態や組成、構造制御による触媒粒子成長抑制・溶出抑制、担体劣化や担体表面構造変化を生じない新材料の探索。)	
	高温・低加湿対応膜の開発 (-20℃での起動から、1気圧、120℃での低加湿(20~30%の湿度)運転への対応)		高温・低加湿対応膜の開発 (-20℃での起動から、1気圧、120℃での低加湿(20~30%の湿度)運転への対応)	フッ素系膜(合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
				炭化水素系膜(材料開発、合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
1-01-08	セパレー タ	カーボン系セパレータ	電気抵抗、機械的強度、安定性、成形性の性能改善。更なる薄型化と軽量化。大面積化	フッ素系膜(リサイクル技術開発、フッ素原子による二次汚染問題の解決)	
炭化水素系膜(材料開発、合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)					
金属系セパレータ		耐触性改善	導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。		
1-01-09				プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐触材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	
1-01-10				(プロセス面の改善、接着工程の自動化)	
1-01-11					
1-01-12					
1-01-13	水素貯 蔵系	液体水素貯蔵	液化効率向上 ボイルオフガス低減	高効率冷凍・液化技術開発、高断熱容器	
1-01-14		水素吸蔵合金貯蔵	水素貯蔵量の増大、サイクル耐性の向上、安全性の担保	高容量水素吸蔵合金(高容量・高サイクル寿命水素吸蔵合金の開発、安全性評価技術)	
1-01-15		炭素系・無機系貯蔵材	水素貯蔵量の大幅な増大、サイクル耐性の向上、安全性の担保	新規材料	
1-01-16		高圧ガスタンク	高圧貯蔵タンク(70MPa級)の軽量化、貯蔵量の増大	70MPa級軽量高強度水素貯蔵容器部材、高効率圧縮機(高圧軽量高強度材料開発、複合材料の強度改善、薄肉容器開発、容器システムの安全性・信頼性技術検証、圧縮機(補器)の性能向上)	
1-02-01	家庭用燃 料電池 (PEFC: 燃料改質 型)	スタック	低コスト化技術 スタック構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-02-02		セル	低コスト化技術 セル構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-02-03		電解質膜電極複合体 (MEA)	低コスト化	低コスト化	(貴金属量低減、低コスト電解質膜、低コスト電解質材料利用、低コストプロセス等の採用)
			発電性能向上	発電性能向上	次世代MEA(触媒活性改善、電解質膜や電解質材料の特性改善、拡散層の特性改善、改善したMEA構造設計・新規概念の電極構造、触媒の電解質被覆率向上、触媒層専用電解質の開発、触媒-電解質分散解析・制御技術の向上)
			耐久性の向上	耐久性の向上	(カソード/アノード触媒の耐久性改善、電解質膜や電解質材料の耐久性改善、拡散層の耐久性改善、燃料不足時・起動/停止時・凍結⇄解凍サイクルなどへの対応)
1-02-04		ガス拡散基材	撥水性維持(短期・長期)	撥水性維持(短期・長期)	高温・低加湿対応、炭化水素系MEA(炭化水素系電解質膜の性能向上)
			低コスト化	低コスト化	カーボン系ガス拡散基材(最適撥水特性の評価試験の確立)
			高性能化	高性能化	カーボン系ガス拡散基材(製造プロセス改善)
1-02-05					カーボングラス系基材、非カーボン系材料(新材料探索と評価)
1-02-06		アノード触媒	貴金属量の低減	貴金属量の低減	ナノ触媒、微細構造制御触媒など(粒子サイズ、形状の最適化)

## 部材分野の技術マップ(2/36)

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	
1-02-07		触媒・担体 カソード触媒	貴金属量の低減	高分散化・構造制御・利用率向上型触媒(粒子サイズ、形状の最適化、酸素還元活性向上(微量元素添加など))	
			酸素還元活性の向上	触媒担体-触媒交互作用型酸素還元触媒(触媒担体-触媒の交互作用の解明・最適化) 補助触媒利用型酸素還元触媒(補助触媒の探索・利用・最適化)	
			耐久性の向上(酸素還元活性低下抑制)	合金触媒型酸素還元触媒(合金触媒の探索・最適化)	
1-02-08		電解質膜	低コスト化	高耐久性触媒・担体(形態や組成、構造制御による触媒粒子成長抑制・溶出抑制。担体劣化や担体表面構造変化を生じない新材料の探索。)	
			劣化抑制	フッ素系膜(合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
			リサイクル性	炭化水素系膜(材料開発、合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
			高温・低加湿対応膜の開発(温度-20℃での起動から、90℃での低加湿(60%の湿度)運転への対応)	フッ素系膜、炭化水素系膜(新材料開発(炭化水素系膜)、膜構造の改良、ハイブリッド化など) フッ素系膜(リサイクル技術開発、F原子による二次汚染問題の解決) 炭化水素系膜(リサイクル技術開発)	
1-02-09			流路構造の最適化	導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐触材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	
1-02-10		カーボン系セパレータ	電気抵抗、機械的強度、安定性、成形性の性能改善。更なる薄型化と軽量化。大面積化	(流路最適化ソフトウェアの活用) カーボン樹脂モールドセパレータ(ガス不透過性を確保しつつ、ひずみ量と破壊じん性値を高めるための材料開発。環境強度試験技術開発。生産プロセスの改良(大面積化)、リサイクル技術)	
1-02-11		金属セパレータ	耐触性改善	導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐触材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	
1-02-12		シール	低コスト化	(プロセス面の改善)(接着工程の自動化)	
1-02-13		補器類			
1-02-14		改質器	耐久性向上 窒素レスDSS運転への対応 効率向上/低ロード運転 低コスト化 多燃料化	高性能・低コスト改質器、多様な燃料(LPG,DMEなど)対応改質器、低温(500℃程度)対応メンブレン改質器(低コスト水素選択透過膜の開発、膜と一体化した触媒膜(メンブレンリアクタ)開発。多様な燃料対応改質器の開発)	
1-02-15		触媒(改質器用)	低コスト化、多様な燃料改質への対応、長寿命化	灯油LPG用改質触媒、非貴金属系変成触媒、高性能貴金属触媒、低酸素添加CO選択酸化触媒(灯油LPG用改質触媒の開発、非貴金属系変成触媒の開発、貴金属触媒の低減(3g/kW以下)、低酸素添加CO選択酸化触媒の開発)	
1-03-01	モバイル燃料電池(DMFC)	スタック	高濃度メタノール水溶液への対応、出力密度向上、小型実装・長時間作動、低温作動、有害反応生成物放出低減	(エネルギー密度向上、小型実装・長時間作動、低温作動、有害反応生成物放出低減、生成水の循環、各種モバイル用途に合わせた方式(ポンプとアクティブなど)の開発)	
1-03-02		MEA	耐久性向上(高濃度メタノール水溶液への対応)、出力密度向上、低コスト化、低温作動化、各種モバイル用途に合わせたMEA構造の開発	耐久性向上MEA、高濃度メタノール水溶液用MEA、高出力密度MEA、低コストMEA、低温作動MEA、(貴金属低減、膜・電極接触界面抵抗の低減、触媒層と電解質膜との接合性向上、電解質膜の膨潤特性改善、触媒・電解質の分散解析/制御技術の向上、触媒の電解質による被覆率改善、低温作動化)	
1-03-03		ガス拡散基材	撥水性維持(短期・長期) 高性能化	カーボン系ガス拡散基材(最適撥水特性の評価試験の確立) カーボンクロス系基材、非カーボン系材料(新材料探索と表化)	
1-03-04			高性能化 使用量低減	カーボンナノホーンや酸化物材料等の無機材料など(担体)	
1-03-05		触媒・担体	アノード触媒	貴金属量の低減	MeOH酸化活性向上貴金属触媒(白金-ルテニウム系)(メタノール酸化活性の向上(触媒サイズ、形態制御))
				MeOH酸化活性の飛躍的な向上	貴金属フリー酸化活性触媒(AuやPtの超微粒子、多元合金触媒、有機錯体など)(新たな触媒材料の探索)
				耐久性の向上	新規合金触媒等(新規合金触媒材料の探索) MeOH酸化活性劣化防止触媒、ルテニウムの溶出抑制触媒(触媒表面状態変化の抑制技術開発、ルテニウムの溶出抑制技術開発)
1-03-06		カソード触媒	貴金属量の低減	貴金属フリー酸素還元触媒(AuやPtの超微粒子、多元合金触媒、有機錯体など)(白金と同等の酸素還元活性(MeOH存在下))を発揮する貴金属フリー触媒材料の探索	
			酸素還元活性の向上	触媒担体-触媒交互作用型酸素還元触媒(MeOH存在下)(触媒担体-触媒の交互作用の解明・最適化) 補助触媒利用型酸素還元触媒(MeOH存在下)(補助触媒の探索・利用・最適化) 合金触媒型酸素還元触媒(MeOH存在下)(合金触媒の探索・最適化)	
1-03-07			電解質膜	クロスオーバー低減、低コスト化	新電解質膜(新規炭化水素系膜、フッ素系膜)、膜のリキャスト、化学修飾、メタノール防止層形成、コンポジット膜(クロスオーバー量低減とプロトン伝導性の両立、寸法安定性、低コスト化、耐久性向上、機械的強度向上、高メタノール燃料接触時の高プロトン伝導性)
1-03-08			流路構造の最適化	(流路最適化ソフトウェア)	
1-03-09		カーボン系セパレータ	電気抵抗、機械的強度、安定性、成形性の性能改善。更なる薄型化と軽量化。	カーボン樹脂モールドセパレータ(ガス不透過性を確保しつつ、ひずみ量と破壊じん性値を高めるための材料開発。環境強度試験技術開発。生産プロセスの改良(大面積化)、リサイクル技術)	
1-03-10		金属セパレータ	耐触性改善	導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐触材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	



## 部材分野の技術マップ(3/36)

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
1-03-11		有機材料セパレータ	耐蝕性、長時間耐久性、低価格化	(一体成形、プレス成形など)
1-03-12	水素供給型モバイル燃料電池(燃料電池本体の技術は基本的にPEFCと同様。ここでは中核的な補機のみを示す)	マイクロ改質器型モバイル燃料電池補器類	周辺機器の小型化、低消費電力化	超小型低消費電力ポンプなど(周辺機器全体の小型化、低消費電力化)(MEMS技術の適用、精密加工、構成材料の軽量化(プラスチック化)を前提とした耐久性向上)
1-03-13		マイクロ改質器	起動性の速い改質器・変成器、安全性(CO濃度10 ppm以下)	超小型メタノール改質器・変成器(MEMS技術の適用、精密加工。低温動作可能な触媒など)
1-03-14		水素吸蔵材貯蔵型モバイル燃料電池補器類	周辺機器の小型化、低消費電力化	超小型低消費電力ポンプなど(周辺機器全体の小型化、低消費電力化)(MEMS技術の適用、精密加工、構成材料の軽量化(プラスチック化)を前提とした耐久性向上)
1-03-15		小型水素吸蔵材料タンク	高い水素吸蔵量、耐久性/コスト	水素吸蔵量4 wt%以上の合金
1-04-01	小型及び可搬型SOFC(500~700℃)	スタック	スタック出力密度向上 長寿命化 低コスト化 起動時間の短縮	(構造・下部階層の最適化組み合わせ)
1-04-02		単セル	高集積化膜製造技術 低温作動	(プロセス技術の確立, 低コスト化)
1-04-03		燃料極	燃料の多様化、燃料不純物への対応(ダーティーな燃料への対応)。耐酸化還元性能、起動/停止への耐性、ランタンガレート系等新規電解質との両立性、カーボン(固体)を使える燃料極、新規セル構造への対応、高集積、金属基体	Ni系サーメット電極、酸化物電極、酸化物ベース材料(金属分散)、CeO <sub>2</sub> , SrTiO <sub>3</sub> , LaCrO <sub>3</sub> 系等。硫化物、炭化物等。Ni-サーメット系、酸化物系(Ni系電極の高機能化、特性改善(合金化、微細構造制御、多層膜化等)、酸化物ベース燃料極材料の探索、中小規模と同様の開発課題、高集積化への対応、構造最適化、燃料供給系との一体設計)
1-04-04		空気極	低温作動、金属インターコネクタからのCr、プロトン導電体電解質への対応、ナノ技術、MEMSマイクロSOFCでの利用	(La,Sr)CoO <sub>3</sub> または(La,Sr)(Fe,Co)O <sub>3</sub> 系、但し、YSZ, ScSZ電解質ではCeO <sub>2</sub> 系中間層。La(Fe,Ni)O <sub>3</sub> 系等新規材料。新規プロセス、新規材料(界面微細構造制御による低温での活性向上、界面の安定性向上。表面構造・組成制御による高活性化、耐Cr被毒化、熱膨張挙動の改善。機械的挙動の改善。新規材料探索、複合材料化。プロトン導電体電解質に適合するカソード材料の探索、ナノ技術、MEMS技術による高度集積)
1-04-05		電解質	高集積化、低温作動、電極材料との両立性	薄膜ScSZ、薄膜ランタンガレート、薄膜セリア、薄膜YSZ、SrCeO <sub>3</sub> , BaZrO <sub>3</sub> 等のプロトン導電体(高集積化のためのプロセス技術の確立。MEMS技術によるより高度な集積化。プロトン導電体の利用可能性検討)
1-04-06		インターコネクタ	インターコネクタ信頼性、長寿命化	合金系。セラミックス系。多層構造(最適インターコネクタ構造/材料の検討)
1-04-07		シール	ガスシールの信頼性、耐熱サイクル性>10000サイクル、耐急速昇降温	(急速な熱サイクルに対する優れたシール材開発)
1-04-08		幾何学的構造	体積効率向上、耐急速昇降温	(マイクロ集積構造(チューブ、平板、ハニカム)、断熱・放熱構造、微細加工技術(MEMS)(反応面積増大による体積効率向上、高集積、断熱、放熱が重要、セルユニットの微細化))
1-04-09		集電極・集電線	導電率、熱伝導率の高い低コスト集電材、集電ロスの低減、耐久性	金属系多孔質材料
1-04-10		補機類	高集積セルへの燃料/空気供給系、熱管理(断熱、熱交換、放熱)	(耐熱金属材、微細加工(マイクロSOFCでのガス分配、熱管理、MEMS-SOFCでの燃料制御系(マイクロポンプ等)との一体設計、微細加工製造プロセス技術の開発))
1-05-01	中温(中~小規模)SOFC(600~800℃)	スタック	高効率化 長寿命化 低コスト化 スタック出力密度向上	(構造・下部階層の最適化組み合わせ)
1-05-02		単セル	プロセス技術の高信頼性、特性の高安定性	(製造プロセスの改良による高信頼性、低コスト化、動作時、作製時の破壊挙動のモニタ手法の確立、共焼結法)
1-05-03		燃料極	燃料の多様化、燃料不純物への対応(ダーティーな燃料への対応)、耐酸化還元性能、起動/停止への耐性、ランタンガレート系等新規電解質との両立性、カーボン(固体)を使える燃料極	Ni系サーメット電極、酸化物電極、酸化物ベース材料(金属分散)、CeO <sub>2</sub> , SrTiO <sub>3</sub> , LaCrO <sub>3</sub> 系等。硫化物、炭化物等(Ni系電極の高機能化、特性改善(合金化、微細構造制御、多層膜化等)、酸化物ベース燃料極材料の探索)
1-05-04		空気極	低温作動、金属インターコネクタからのCr	(La,Sr)CoO <sub>3</sub> または(La,Sr)(Fe,Co)O <sub>3</sub> 系、但し、YSZ, ScSZ電解質ではCeO <sub>2</sub> 系中間層。La(Fe,Ni)O <sub>3</sub> 系等新規材料(界面微細構造制御による低温での活性向上及び界面の安定性向上、表面構造・組成制御による高活性化及び耐Cr被毒化、熱膨張挙動の改善、機械的挙動の改善、新規材料探索、複合材料化)

## 部材分野の技術マップ(4/36)

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
1-05-05		電解質	低温での高イオン伝導性 長期安定性 電極材料との両立性	ScSZ、ランタンガレート、セリア、薄膜YSZ(中低温用電解質材料の長期安定性向上、プロセス技術、ナノイオニクス効果などの新規概念の適用可能性を検証)
1-05-06		インターコネクタ	長期耐久性、 低コスト	鉄系合金、コーティング(金属インターコネクタの長寿命化(耐酸化性、Cr蒸発抑制)、低コスト化)
1-05-07		シール	ガスシールの信頼性、耐熱サイクル性の向上	ガラスセラミックス(ケイ酸塩系等)、金属、セル構成材料および作動雰囲気との安定性(金属セパレータの場合)(熱膨張係数のコントロール、耐熱サイクルに優れたシール材開発、金属、無機系複合材料および表面コーティング)
1-05-08		幾何学的構造	体積効率向上 発電規模、作動温度に応じた幾何学構造の構築	(高信頼性、低コスト、高集積も必要。廃棄物分解ガスなどのダーティーな燃料に対応できるとSOFCの適用が拡大するマイクロチューブ、ハニカム構造の実現。(体積効率向上、平板型の高信頼性化と低コスト化(と高集積化)。))
1-05-09		集電極・集電線	低抵抗、可とう性 長期耐久性 集電ロスの低減、耐久性	導電性セラミックス、金属、金属または酸化フェルト、繊維の材料開発と使いこなし(炭素析出の抑制、長寿命化、低コスト、セル構成材料および作動雰囲気との安定性。)
1-05-10		補機類	低コスト化 電力ロス、放熱ロスの低減	低コストな補機類用部材:高性能低コスト断熱材、低コスト金属部材、耐熱性ポリマーなど。(高温部位:高性能断熱材の低コスト化、中低温部位:金属代替耐熱性ポリマーの適用技術、部材量産化(ニアネットシェイプなど)低コスト技術) 低コスト・高性能断熱材(補機類(プロワ等)の低消費電力化に資する部材、インバータの高効率化に資する部材、高性能断熱材の適用性向上)
1-06-01	高温型 (大~中規模) SOFC (850°C以上)	スタック	高効率化 長寿命化 低コスト化 スタック出力密度向上	(構造・下部階層の最適化組み合わせ)
1-06-02		単セル	プロセス技術の高信頼性、 特性の高安定性	(製造プロセスの改良による高信頼性、低コスト化、動作時、作製時の破壊挙動のモニタ手法の確立、共焼結法)
1-06-03		燃料極	長期安定性(高電流密度、高燃料 利用率条件)、耐硫黄、耐ハロゲン、 炭素析出抑制、低コスト	Ni-YSZサーメット、Ni-ScSZ、CeO2等サーメット、微細構造制御、酸化物等新規アノード材料(Ni-YSZサーメット電極の長期安定性の検証と改善、硫黄、ハロゲンの影響の定量的把握・対策の検討、原料中の不純物の影響、微細構造制御による長期安定性、酸化物材料の利用可能性の検証)
1-06-04		空気極	高活性、長期安定性、低コスト	(La,Sr)MnO3系等、微細構造制御、組成・添加物制御、(La,Sr)(Fe,Co)O3系/CeO2系中間層(可能性の検証)、(劣化原因の特定、界面構造・組成制御による高性能・高安定化、低コスト化、代替電極の可能性検証)
1-06-05		電解質	高安定性、機械強度	YSZ、ScSZ、ランタンガレート系(YSZの不純物制御による高性能化、低コスト化、中温域のSOFCで開発された電解質の適用可能性を検証(特に長期安定性)、最適化)
1-06-06		インターコネクタ	(円筒型) 長期耐久性向上>4万hr (平板型) 低コスト化	LaCrO3系酸化物、Ti系酸化物等((円筒型)電極部材との反応性抑制による長寿命化) LaCrO3系酸化物、Ti系酸化物等((平板型)低コスト化)
1-06-07		シール	ガスシールの信頼性、耐熱サイクル性	ガラスセラミックス(ケイ酸塩系等)、金属、自己シール構造(酸化物インターコネクタの場合)(耐熱サイクルに優れたシール材開発、自己シール構造の低コスト製法、金属表面処理)
1-06-08		幾何学的構造	効率最大・コスト最小	高信頼性、低コスト材料(電流経路最短化、重量あたりの出力密度向上、円筒型の低コスト化)
1-06-09		集電極・集電線	集電材高機能化、低コスト化 集電ロスの低減、耐久性、炭素析出の抑制	導電性セラミックス、Ni系金属材料、Ni代替金属材料、導電性セラミックス・金属複合材(Ni系金属材料:焼結抑制、機能コーティング、Ni代替金属材料接続材の開発、導電性セラミックス・金属複合接続材の開発)
1-06-10		補機類	低コスト化 電力ロス、放熱ロスの低減	低コストな補機類用部材:高性能低コスト断熱材、低コスト金属部材、耐熱性ポリマーなど。(高温部位:高性能断熱材の低コスト化。中低温部位:金属代替耐熱性ポリマーの適用技術、部材量産化(ニアネットシェイプなど)低コスト技術) (補機類(プロワ等)の低消費電力化に資する部材、インバータの高効率化に資する部材、高性能断熱材の適用性向上)



# 部材分野の技術マップ(5/36)

## 2. 情報家電分野

技術番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材		
2-01-01	半導体関連部材	パワーデバイス材料	大電流・高電流密度・処理性能・低コスト・導電性・高硬度	窒化物半導体/SiC/ダイヤモンド/CNTパワーデバイス、有機・無機ハイブリッド材料		
2-01-02		層間絶縁材料	低誘電率、低誘電損失、高速化、微細化、低消費電力化	ブロック共重合体、フッ素系、有機無機複合		
2-01-03		LSIプロセス用材料	微細加工対応(光反応性・平坦化性・高精密度)、高易加工性	脂環式高分子レジスト、無機有機複合CMP材料、高易加工性材料(NiW)、高精密金属金型材料(WC)		
2-01-04		超ホール輸送材料、横方向輸送材料	電荷輸送性	高分子、複合材料、ナノ誘電体		
2-01-05		ローパワーデバイス材料	小電流化、低電流密度	アンチモン化インジウム、high-k材料		
2-02-01	素子・センサー部材	熱電変換素子	高効率変換、耐久性、非環境汚染	金属間化合物、熱電用ナノヒスラー合金		
2-02-02		電子放出素子	電子放出特性、量産性	ダイヤモンド、CNT		
2-02-03		高周波素子関連材料	ミリ波帯域電磁波吸収、電子機器の誤作動防止	シート状・塗料状電磁波吸収材料、誘電・電気伝導特性制御材料		
			高周波特性	ダイヤモンド/CNTデバイス、固体テラヘルツ波発生素子		
			高密度低温焼結性	機能性ナノ構造電子部品(無機)		
2-02-04		強電用電気絶縁材料	高耐電圧、高熱伝導性	有機系電気絶縁材料(メタルアルコキシドハイブリッド)		
2-02-05		電源材料	高効率、軽量、小型化	ナノ組織制御圧電、誘電無機材料、大容量電池材料、高効率マイクロインダクタ(高機能複合化金属ガラス)		
2-02-06		アクチュエータ部材	応答性、小型・高出力密度	高圧電性能部材、高パワーダイヤモンドMEMS、CNT複合材料(圧電ポリマーとの)		
2-02-07	環境適応電子部品	有害物質不使用	非鉛系圧電セラミックス(集積化)			
2-02-08	センサー	高感度、選択性、高速応答性、耐久性、フレキシブル、リモート計測性	高速応答高選択反応性部材(無機)、多孔質酸化物、プラズマ診断用計測フレキシブル高温センサー、窒化アルミセンサー、応力発光計測材料、ケイ素ポリマー/ナノシートハイブリッド材料、圧力センサー部材(金属ガラス)			
2-03-01	実装部材	封止、接着部材	加熱剥離防止、外部衝撃緩衝、非吸水性	熱膨張率制御複合材料、有機材料、分子配向性有機無機複合水バリア材料		
2-03-02		基板部材	高周波配線対応、耐熱性向上、平滑性、親和性(界面制御)、高精密度	セラミックス、無機有機複合、環状・縮環系耐熱樹脂、複合材料、有機材料		
2-03-03		高リサイクル・環境適応部材	リサイクル性、審美性、電磁波遮蔽性、有害物質非含有	高機能軽量筐体(マグネシウム・チタン)、有機系電磁波吸収材、Cr-freeハンダ、Be-free銅合金(高機能複合化金属ガラス)		
2-04-01	光学部材	光メモリ用光学部材	光ピックアップ用光学部材	紫外透過、低損失	ワイドバンドギャップ無機材料(微量成分添加ハイブリッド化、耐熱性の向上)、高純度ポリマー材料(高純度化、耐熱性の付与)	
2-04-02			光記録媒体(ホログラフィ、光テープ)	高精度化、高アスペクト比化	一次元サブ波長構造体(矩形周期構造形成、製造コスト低減)	
2-04-03			超高密度光メモリ用記録再生部材	高速性、低電力、高S/N 高密度化	高屈折率変化フォトポリマー材料(高感度化、多重度の増加) 無機材料(相構造変化)、スーパーアトム(構造制御)、多層化(焦点深度内薄膜多層化)	
2-04-04		撮像用光学部材	結像マイクロレンズ	短焦点・無収差	高屈折率・低分散ガラス(希土類、重元素、ハロゲン添加、無鉛化)、屈折率制御ガラス材料(屈折率制御)、高屈折・低分散ポリマー材料(ナノ粒子分散、屈折率温度無依存性(アサーマル))	
2-04-05			無反射コート膜	無反射	2次元サブ波長構造体(円錐・四角錐周期構造形成)	
2-04-06		空間光制御部材	表示機構	偏光制御	1次元サブ波長構造体(矩形周期構造形成)、LCD用各種フィルム(製造コストの低減)	
2-04-07				反射制御	3次元サブ波長構造体(円錐・四角錐周期構造形成)	
2-04-08			フィルター	干渉制御	有機電子発光材料(製造速度向上)	
				位相制御	1次元サブ波長構造体(製造速度向上)	
2-04-09			FPD用光学部材	界面コート膜	波長制御	IRカットフィルター(色素分散形成)
2-04-10			液晶プロジェクションディスプレイ用光学部材	透明電極膜	透明、低電気抵抗、低価格	ワイドバンドギャップ透明電極(AZO,GZO,TiO2など)(インジウム代替の酸化物および導電性高分子)
	無反射			多層膜(大面積・高強度・広波長帯域化技術)		
2-04-11	FPD用関連部材	隔壁部材	高精細発光セル部材	1次元サブ波長構造体(回折型(矩形周期構造形成)、反射型(ワイヤーグリッド形成))、微粒子分散材料(吸収型(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御などによる可視域透過型構造形成))、近接場相互作用ナノ構造部材(旋光型(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御))		
2-04-12	防湿部材	防湿部材	低透湿	リブ基板(高速成形) 低透湿多層膜(低透湿材料合成)		

## 部材分野の技術マップ(6/36)

技術番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	
2-04-13	光回路部材	機能光素子用光学部材	光変調・スイッチ用光学部材	高速性、低消費電力 低損失、高集積化、室温動作化	2次非線形光学材料(ガラス結晶化技術、有機単結晶の高品質化)、熱光学材料(TO)、電気光学(EO)材料、光-光学(PO)材料(ポリマー材料での応答速度向上) 量子ドット構造を利用した無機量子機能材料(化合物半導体組成比調整/金属ナノ構造形成)
2-04-14			光増幅用光学部材	ゲイン、周波数特性	発光イオン添加ガラス(発光イオン共添加技術の確立)、有機無機ハイブリッドポリマー(色素添加技術、デバイス薄膜化)、高利得ポリマー材料(高輝度長寿命有機リン光応用)
2-04-15			回路素子用光学部材	バッファメモリー 遅延	巨大非線形材料、高Q光共振器(非線形光学材料感度向上 共振器の低損失、高速応答) バンドギャップ構造体(高精度周期構造)、3次非線形材料(原子分子配列制御)
2-04-16		受動光素子用光学部材	波長分波・フィルタ用光学部材	高消光比、低挿入損失	多層膜(基板フリー化技術)、回折格子(高効率化、光学バンドギャップ応用技術)
2-04-17			波長多重選別フィルタ	低損失、高波長選択性	金属ナノドット構造部材(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御)
2-04-18			偏光選別フィルタ	低損失、高偏波選択性	2次元ナノ金属構造部材(非対称微小金属構造形成)
2-04-19		光配線・光接続用光学部材	信号処理の高速化、高機能化、小型化・集積化		光インターコネクション(高集積化・省スペース化、高速化)
2-04-20			光接続用光学部材	高効率、光路変換、簡易接続、安定、アサーマル化	光感応性ポリマー(導波路自己形成、多光子吸収導波路形成)、45°端面マイクロミラー(作製精度(位置、形状)、回折格子(周期、形状制御、屈折率制御、位置精度)、マイクロレンズ(アレー化、実装精度向上)
2-04-21			光配線回路用光学部材	省スペース 広帯域	ポリマー 受発光素子埋め込み(低コスト化、簡易接続の実現) 屈折率制御材料(高密度アレイ化、広帯域化、低損失接続)
2-04-22		ホームLAN/機器内光インターリンク部材	簡易接続 低分散		光異性化色素、光重合樹脂(自由分岐技術) 屈折率の波長依存性のない新規樹脂材料(新樹脂材料の開発とPOF化)
2-04-23	車載用光伝送部材		耐熱性	低膨張・高融点酸化物、イミド系ポリマー(新材料開発による耐熱化、被覆材による耐熱化)	
2-04-24	基幹系光情報通信関連部材	光伝送部材	光ファイバー部材	低分散、偏波保持、耐熱性	フッ素化ポリマー/フッ素・重水素化材料(新規合成法、新規ポリマーによる低コスト・低損失化)、シリカファイバー(低偏波分散)、屈折率制御ポリマー材料(耐熱・低複屈折材料開発)、フォトニック結晶ファイバー(フォトニック結晶材料設計)
2-04-25			光導波路部材	低損失、耐熱	低損失・耐熱ポリマー系導波路(ポリマー系光導波路開発)、低損失ガラス導波路(高濃度ドーパ添加)
2-04-26		光中継機部材		高効率、低雑音、高帯域、高速	光増幅器(広帯域光アンプ開発)、1R増幅器(非線形効果の利用)、3R増幅器(光3R回路の開発)、光MUX/DEMUX回路(光回路チップの開発)
2-04-27		光交換機部材	バッファ	高速化、全光化、集積化	フォトニック結晶など利用光バッファ回路・光ノードチップ(フォトニック結晶小型化)
2-04-28			スイッチ	低電圧化、高速化	マトリクススイッチ(低電圧化、高速化技術開発)
2-04-29			制御回路部材	高速化、低消費電力化、集積化	光ノード制御回路(リコンフィギュラブルチップ)
2-04-30		光通信用発光素子		発光強度、安定性	発光材料(有機、無機)、酸化亜鉛基固体発光素子(無機)
2-05-01	ディスプレイ部材	駆動用半導体		AmSi並の移動度、高オンオフ比	CNT分散有機半導体
2-05-02		回路部材		導電性、透明性、柔軟性、耐熱性、低価格化	印刷による回路形成用導電性高分子(ペースト)、分子導細線、CNTピア配線材料
2-05-03		ガラス代替パネル		軽量化、低価格化、可とう性、透明・軽量	プラスチックパネル・膜(透明高分子)
2-05-04		基板		可撓性、低膨張係数	有機材料、有機無機複合材料
2-05-05		透明多機能膜		超低透水性、ガスバリア性、光位相制御、柔軟性、防汚性、表面反射抑制、光利用効率、耐熱性、耐候性、紫外透過	有機膜材料、機能ガラス、ナノ加工・アトソグラフィによる微小光学部材(ナノファイバー)、有機-無機ハイブリッド材料、偏光子
2-05-06		ブラックマトリクス		遮光性、光反応性	高分子、有機材料
2-05-07		発光材料(光源)		高輝度、高効率、長寿命、低エネルギー	燐光、蛍光発光材料(有機)、無機LED、有機EL(高分子、低分子、 dendrimer)、高効率低速電子励起発光材料(無機)
2-05-08		絶縁膜材料		表面化学特性制御、機械特性、均一薄膜形成	ケイ素系基板適合低誘電率材料
2-05-09		FED電子源		高導電性、易電子放出特性、低価格、均一性	スーパーグロースCNT
2-06-01	記録部材	新規不揮発性メモリー		高密度、信頼性	無機系不揮発性メモリー、フォトクロミック有機分子
2-06-02		超高密度ハードディスク、大容量光ディスク		表面化学特性制御、磁気特性制御(高磁化特性、軟磁性特性等)、高機械特性発現、均一薄膜形成、高比剛性(低モーメント性)、微細転写性	ケイ素系基板適合低誘電率材料、マグネシウム精密鑄造部材、磁気記録材料(高機能複合化金属ガラス)

## 部材分野の技術マップ(7/36)

### 3. 医療・福祉／安全・安心分野

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から求められる機能	求められる機能を発現する高度部材		評価指標						
					名称	特徴・概要	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	市場性	学際・業 際研究 開発の 必要性	部材とし ての研究 開発の 必要性		
3-01-01	自動車用部材	衝突安全用部材	運転者・搭乗者安全用部材	窓・ミラー	視認性向上	ガラス、ミラー（特にフロントガラス）		○	○	○			
3-01-02				車台・外板	衝撃エネルギー吸収	Al、Mg合金ポーラス材製衝撃吸収材	低耐力・高延性・高エネルギー吸収		○		○	○	○
3-01-03						高強度衝撃吸収鋼材	DP鋼、TRIP鋼等の衝撃吸収に優れ、かつ高強度の鋼材、部材		○	○	○		○
3-01-04						エネルギー吸収CFRP部材	CFRP筒状体（圧縮破壊型・引張破壊型）		○	○	○		○
3-01-05				メンバー・ピラー	高剛性の維持（衝突変形抑制）	高剛性鋼材	DP鋼、TRIP鋼等の衝撃吸収に優れ、かつ高強度の鋼材、部材		○	○	○		○
3-01-06				エアバック	有害物質不使用	非アジ系ナトリウムエアバック	毒性のない作動ガス			○	○		
3-01-07				シートベルト・シートなど	局所的障害低減（むち打ちなど）	シート・ヘッドレスト	頭部衝撃を緩和			○	○		
3-01-08						衝撃吸収ステアリング	ドライバーのうける衝撃を緩和		○	○	○		
3-01-09													
3-01-10		歩行者等安全用部材	車台・外板	衝撃吸収	衝撃吸収部材（エラストマーetc）	バンパーなどの外装部品に用い衝突時のエネルギーを吸収し歩行者への被害を軽減する					○	○	
3-01-11					衝突安全フード（CFRP）	逐次破壊・エネルギー吸収能の付与		○	○	○		○	○
3-01-12					衝撃吸収フード（金属）	衝撃吸収構造（波板、コーン構造など） エンジンとの間隔確保（デプロイابل・ボンネットなど）		○	○	○			
3-01-13		運転支援用部材	運転支援用部材	電装系	制御の高度化	金属ガラス製圧力センサ	高強度、低ヤング率の金属ガラスをブレーキ油圧制御用圧力センサに使用し、高精度化を図る。			○	○	○	

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	評価指標					
						サステナビリティへの寄与	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	学際・業 際研究 開発の 必要性	部材とし ての研究 開発の 必要性	
3-02-01	構造安全用部材		骨格	高強度化	震度Ⅷ弾性構造システム用鋼材	○	○		○	○	
3-02-02			骨格		超高強度コンクリート	○	○		○	○	
3-02-03			開口部		開口部補強システム	○	○		○	○	
3-02-04			骨格		震度Ⅷ弾性構造システム用複合部品	○	○		○	○	
3-02-05			骨格	高韌性化	高韌性鋼材	○	○		○	○	
3-02-06			骨格		鋼材補強用FRP	○	○	○	○		
3-02-07			骨格・外装		高韌性コンクリート（高強度繊維補強）		○	○	○	○	
3-02-08			骨格		簡易基礎補強材料	○	○	○	○		
3-02-09			開口部	ガラス耐力壁		○			○		
3-02-10			骨格	制振材料		○	○		○	○	
3-02-11			骨格	構造用複合材料					○	○	
3-02-12			システム用	振動エネルギー吸収・減衰	制振・免震ダンパー用鋼材		○	○		○	○
3-02-13			部品		ダンパー			○	○		
3-02-14			システム		制振部品・システム			○	○		
3-02-15			システム		免震部品・システム			○	○		
3-02-16			内装	FRP耐震パネル							
3-02-17			システム	損傷制御	損傷制御機構	○		○			
3-02-18			システム	損傷制御設計（プレストプレキャストコンクリート工法）					○		

部材分野の技術マップ(8/36)

ID番号	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	評価指標					
					サステナビリティへの寄与	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	学際・業 際研究 開発の 必要性	部材としての研究開発の必要性	
3-02-19	建築用部材	火災安全用部材	外装・内装・骨格	不燃化・難燃化	不燃化木材				○	○
3-02-20			骨格	耐火性の付与	耐火鋼材		○			○
3-02-21			外装・骨格		耐火塗料		○			○
3-02-22			外装	熱流遮断	断熱塗料			○		○
3-02-23			骨格		耐火被覆材		○			○
3-02-24			システム		火災断熱・遮熱システム		○			○
3-02-25	健康安全用部材	内装	脱VOC化	非VOC建材	○	○	○	○	○	
3-02-26			室内空気等浄化	化学物質・ウイルス等吸着建材(ナノポーラス・ゼオライト等)	○	○	○	○	○	
3-02-27				化学物質・ウイルス等分解建材(光触媒等)	○	○	○	○	○	
3-02-28				システム	VOC吸収、有害物質防衛加工繊維	○	○	○	○	○
3-02-29				開口部	化学物質・ウイルス等吸着フィルター		○		○	
3-02-30				開口部用部品	花粉防止スクリーン		○		○	
3-02-31		自然換気システム		○	○		○	○		
3-02-32	快適住環境用部材	内装・開口	吸音・遮音	高性能吸音材		○	○	○	○	
3-02-33				高性能遮音材		○	○	○	○	
3-02-34				床衝撃音遮断床材		○	○	○	○	
3-02-35				内装	電波吸収	電波吸収材		○	○	
3-02-36	開口部	結露防止	無結露窓(窓+窓枠)	○	○					
3-02-37	防犯・セキュリティ用部材	開口部(窓)	侵入防止	超高強度窓材		○	○	○	○	
3-02-38				防犯窓用フィルム		○				
3-02-39				システム	IT利用防犯システム		○	○		
3-02-40	リフォーム用部材	外装・骨格	補強	耐熱塗料		○			○	
3-02-41				基礎	簡易基礎補強材料	○	○	○	○	○
3-02-42				骨格・外装	ひび割れ充填材	○	○	○	○	○
3-02-43				システム	摩擦ダンパー	○	○			
3-02-44				システム	簡易耐震用部材		○	○		
3-02-45				システム	外付耐震補強工法	○	○			

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
3-03-01	生体適合部材	遺伝子治療用部材	安全性、導入効率、疾患部位指向性、細胞取り込み性、遺伝子移行の効率、特異的細胞認識	ナノファイバー／炭酸アパタイトコンポジット
3-03-02		バイオチップ	高精度、高感度、高密度化	DNAチップ、プロテインチップ(ダイヤモンド、DLC)
3-03-03		再生医療用部材	細胞増殖性、組織形成特性、細胞培養特性	繊維径制御材、細胞培養基質、ES細胞の大量・高効率培養
		生体適合性		医療用ゲル、止血剤

## 部材分野の技術マップ(9/36)

ID番号	対象部材(大項目)	対象部材(小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
3-03-04	生体適合部材	生体軟組織代替部材	生体非反応性、高寿命	人工皮膚、筋肉部材、臓器被覆、縫合可能面状材料、人工神経、繊維部材
3-03-05		生体硬組織代替部材	生体適合性	セラミック球の化学的安定性、ナノボロジカルマテリアルの創出
			生体適合性、生体非反応性、高寿命	人工骨、歯用生体部材、骨充填剤
3-03-05			生体適合性、症例に適したフレキシブルなニアネット成形性、生体親和性・高耐食性、生体組織結合性	高分子金属ハイブリット材料、Niフリーステンレス鋼、生体用Ti(合金)・セラミックス・高分子、ロータス型合金(Ti, Niフリー)、DLCコーティング治療部品(血管、ステント、ガイドワイヤ)
3-04-01	防護服	生体活性部材	生体活性、健康増進	ダイナミックスティウエア
3-04-02		耐熱繊維	耐火性、耐熱性	強化繊維、高放熱性繊維(高分子、ガラス、炭素繊維)
3-04-03		耐衝撃繊維	防刃防弾	強化繊維、高剪断繊維(高分子、ガラス、炭素繊維)
3-04-04		特殊機能繊維	ガス・毒性品除去素材	軽量吸収剤(ナノ繊維、多孔質吸着剤)
			フィルタリング機能素材	マイクロフィルター、抗原抗体反応制御(多孔質、ナノ繊維)
			耐中性子	原子カプラント材料(重原子繊維)
3-04-04		閃光高速遮光	レーザー光遮光、多光子遮蔽材(非線形光学材)	
3-04-04		超軽量化、安全性向上	ナノファイバーコーティングを用いたスマートファブリック	
3-04-05		ウェアラブル電源	低温度差発電、軽量・フレキシブル、高出力	高効率熱電変換材料
3-05-01	分析機器用反応部材	診断用医療機器	(製造)時間短縮	バイオクリスタル(ナノファイバーによる三次元マトリックスに細胞を固定したもの)
			生体非反応性	Ti(合金)、センシング素子用生体高分子、DLCコーティングプローブ(DDS対応)、Niフリー合金部材
			バイオ素子選択機能	ナノ空間制御部材
			高速応答性、高感度選択性	センサ部材、高感度ダイヤモンドセンサ(酸素、抗原等)
			量子光学特性	高輝度ナノ粒子蛍光材
3-04-02		ポータブル分析機器	微小空間反応性、耐食性	マイクロ化学材料、マイクロ空間化学部材
			耐食性、触媒性、反応性	局所表面エネルギー改質部材
			非汚染性	マイクロチップエンジニアリングプラスチック(表面改質)、マイクロ流路(UV硬化レジン、ダイヤモンド)
			化学的安定性、半導体デバイスとの適合性、触媒とのアフィニティー、微小デバイスとのコンビリティーが高い、加工容易性	物理化学チップデバイス
4-10-03	器産業用部材	耐食部材	耐食性	高耐食性表面加工鋼材
4-10-04		電磁波吸収体	高周波電磁波の吸収	CNT透明電磁波吸収体



# 部材分野の技術マップ(10/36)

## 4. 環境・エネルギー分野等

新規追加分

ID番号	対象部材(大項目)	対象部材(中項目)	対象部材(小項目)	出口から求められる機能	求められる機能を発現する高度部材		評価指標					
					名称	特徴・概要	目的への貢献・ポルネック性	他機能への影響	市場性	学際・業際研究開発の必要性	部材としての研究開発の必要性	
4-01-01	軽量化・高強度化用部材		車台・外板	CFRP、Mg・Al等鉄系以外の材料による軽量化・高強度化	展伸用Al合金製骨格構造部材(バンパー、ボディー、ドア部材等)	軽量、減衰能	○		○	○	○	
4-01-02					枯渇元素低減アルミ合金の開発	軽量、減衰能	○			○		
4-01-03					展伸用Mg合金製骨格構造部材(バンパー、ボディー、ドア部材等)	軽量、減衰能	○		○	○	○	
4-01-04					CFRTP外板部材	比剛性の極めて高い超軽量外板	○		○	○	○	
4-01-05			ヒラー・メンバー等	CFRTPボディー部材	ダイカスト用マグネシウム合金製骨格部材(ピラー、ドアインナ等)	軽量・高耐力・高延性・一体構造化、減衰能	○		○	○	○	
4-01-06					金属ガラス板材	強度が鉄鋼の3倍の金属ガラスをボディー外板に使用することで、薄肉化による軽量化が図れる。	○		○	○	○	
4-01-07			内装部品	樹脂系内装部品材料	ダイカスト用マグネシウム合金製内装部品(シートフレーム、インパネ等)	軽量・一体構造化、減衰能	○		○	○	○	
4-01-08					樹系内装部品材料	耐久性・質感etc		○	○			
4-01-09			車台・外板	鉄系材料による軽量化・高強度化	超高強度ハイテン車体部材	成形性の良い980MPa級以上のハイテンを開発し車体用鋼板をゲージダウンする	○		○	○	○	
4-01-10					高ヤング率鋼板車体部材	鋼板のヤング率を向上させることにより、車体用鋼板をゲージダウンする			○	○	○	
4-01-11			タイヤ	高強度鋼線(スチールラジアルタイヤ用)	高強度のラジアルタイヤ用鋼線	耐久性、燃費(軽量化)、安全性		○	○	○	○	
4-01-12			窓材	透明部材代替	プラスチックウインドウ	剛性・耐候性にすぐれたプラスチック製	○		○	○	○	
4-01-13			電装系	電子部品用部材の高性能化	軽量電子部品	小型化、軽量化を図った電子部品		○	○			
4-01-14					高強度・高導電性接点部材	銅-ベリリウム合金を上回る強度、バネ特性、および導電性を有する複合化金属ガラスを電気配線のコネクタに使用することで、小型化・軽量化を図る。			○		○	○
4-01-15					プラスチック系光ファイバー	軽量・高情報伝送量・高耐久性の光ファイバー	他の技術戦略マップ(光学部材)で検討済み					
4-01-16	省エネルギー・CO2削減用部材	シリンダヘッド・ブロックなど	エンジン本体の軽量化	AC4Cシリンダヘッド、シリンダーブロック	AC4Cアルミ合金は、熱疲労寿命特性に優れ、高出力エンジンにおける高負荷、高温環境下ですぐれた耐久性を有する	○		○				
4-01-17				耐熱マグネシウム合金製エンジン周辺部品(シリンダーブロック、トランスミッションケース、オイルパン、エンジンクレードル等)	エンジン鋳物部品へMg(軽量、減衰能)を適用する(Alの代替)	○		○	○	○		
4-01-18				カーボンナノファイバー強化マグネシウム合金製エンジン部品(ピストン等)	軽量、低摩擦係数、耐摩耗性、減衰能	○		○	○	○		
4-01-19				鉄(超微細粒鋼板、部分強化型高強度部材)	組織の微細粒化により強度と成形性の両者を向上 必要な部分を高強度化し部品の軽量化を図る	○		○	○	○		
4-01-20				電子部品	電力の有効利用	省電力デバイス	エンジン制御デバイスの省エネ化促進	○		○	○	○
4-01-21	エネルギー回生	エンジン的小型・軽量・高効率化用部材	車載用電力回生機器システム	超軽量、高効率電力回生システム			○	○	○			
4-01-22	燃料噴射用部材	燃料供給の効率化	超高圧コモンレール材料(ディーゼル)	現行耐圧を大幅に上回る軽量コモンレール			○	○	○	○		
4-01-23			(セラミック)ノズルインジェクター	燃費と排ガス対応のため、噴孔が益々小径化する傾向			○	○	○	○		

## 部材分野の技術マップ(11/36)

4-01-24	自動車用部材	ボルト	部品の軽量化	高強度ボルト	ボルトを高強度化(20T以上)することにより締結部位を小型軽量化する	○	○	○	○	○		
4-01-25		コンロッド		軽量コンパクトコンロッド	エンジンの軽量化・静粛性	○	○	○	○	○		
4-01-26		パネ		金属ガラスパネ材	高強度、低ヤング率の金属ガラスをエンジン用弁パネに使用し、軽量化と小型化を図る。	○		○	○	○		
4-01-27				高強度弁ばね	主として鋼を高清浄化することにより、ばねを小型軽量化する	○		○	○	○		
4-01-28		センサー		金属ガラス製圧力センサ	高強度、低ヤング率の金属ガラスを燃料噴射制御用圧力センサに使用し、高率化と小型化を図る。				○	○		
4-01-29	エンジン摺動摩擦低減のための部材	エンジン部品全般	エンジン内部での摩擦損失低減	ピストンリング、ピストンスカート、シリンダー	摩擦損失低減、耐摩耗性向上/低フリクション化とガスシール、バルancing性が要求される	○			○	○		
4-01-30				カーボンナノファイバー強化マグネシウム合金製エンジン部品(ピストン、シリンダーブロックの部分複合化等)	軽量、低摩擦係数、耐摩耗性、減衰能	○			○	○	○	
4-01-31		接触界面	高潤滑性金属	ギア等の摩擦抵抗を削減	○	○						
4-01-32		オイル	低フリクションエンジンオイル	エンジンの摺動部に用いられるオイル	○	○	○					
4-01-33	動力伝達の高効率化のための部材	歯車	伝達ユニットの小型化・高効率化	高疲労強度・高衝撃強度歯車	動力を伝達する歯車強度を向上させることによりトランスミッション、デフレンシャルユニットを小型化する	○	○	○		○		
4-01-34		ベルト		ベルト(歯付ベルト、Vベルト)	自動車エンジンカムシャフトを駆動する歯付ベルトとオルタネータなどの補機を駆動するベルト、レイアウト自由度と効率的な伝動が可能	○	○	○		○		
4-01-35		オイル	高トラクションオイル	トランスミッション用オイル	○	○	○					
4-01-36	燃料の多様化に対応するための部材	燃料タンク・供給系	バイオエタノール・ガスホル対応など	高耐食性燃料タンク・供給系部品	エタノール、バイオディーゼル、DM E、GTL等の新規燃料に対して十分な耐食性を有する材料	○	○	○	○	○		
4-01-37	排気ガスのクリーン化・無排気ガス化用部材	排気ガス中有害物質削減用部材	触媒コンバータ等本体	長寿命・高効率化	ディーゼル排ガス浄化システム	ナノPM捕集・高効率NOx浄化機能等を有する高次構造制御フィルタ	○	○	○	○	○	
4-01-38					高性能排ガス浄化触媒ユニット(担体)	リサイクル性にも優れた高性能排ガス浄化触媒(3元触媒)	○	○	○	○	○	
4-01-39					排気系	長寿命・耐熱・耐食	排気マニフォールド	高温排気ガスを触媒コンバータへ送る	○		○	○
4-01-40		無排気ガス化用部材	モーター	ハイブリッド自動車燃料電池自動車電気自動車などの実用化	駆動用モーター	高性能モーター用部材—小型超強力磁石の開発	○	○	○	○	○	
4-01-41					高性能電磁鋼板	モーターの小型化を可能とする高性能電磁鋼板	○	○	○			
4-01-42			電気ストレージ		省エネシステム用電気系統/電源	高耐性小型コンデンサ等電子部品・高性能二次電池・小型燃料電池	○	○	○	○		
4-01-43					大容量キャパシタ	高エネルギー密度かつ高速充放電	○	○	○	○		
4-01-44			燃料電池セル・スタック		電解質膜	中高温(100~200°C)で動作し高効率	他の技術戦略マップ(燃料電池関連)で検討済み					
4-01-45					非白金系燃料電池	白金以外の触媒を使用						
4-01-46					低コスト燃料電池電極	性能は現行品同等で安価						
4-01-47	水素タンク	軽量、高耐圧の圧力容器										
4-01-48	水素供給系	水素インフラ用材料	水素インフラを構築するための脆化抑制などを目的とした材料									
4-01-49	3R化対応部材	リデュース化対応部材	金属部全般	製造工程最適化	稀少金属使用削減技術	稀少金属使用量を最小限とした材料	○		○	○	○	
4-01-50				代替添加元素探索	希土類元素等の稀少資源削減化技術(Mg合金)	低コスト化、安定供給を促進	○		○	○	○	
4-01-51		表面(メッキ部)	代替工法	亜鉛代替高性能めっき技術	亜鉛を代替する新しいめっき	○		○	○	○		

## 部材分野の技術マップ(12/36)

4-01-52	3R化 対応部材	リサイクル 対応部材	車台・外板、 内装など	易再資源化	鉄化促進	リサイクルの観点からの鉄鋼材料の 使用量拡大	○		○			
4-01-53					銅使用量削減技術	鉄鋼リサイクルと銅リサイクルの分離	○	○	○			
4-01-54					シュレッダーダスト0化	シュレッダーダストの発生削減を極 限まで追及した素材	○		○	○	○	○
4-01-55					水平・アップグレードリ サイクル技術(Mg合金)		○		○	○	○	○
4-01-66					7μm高度リサイクル技術	展伸材から展伸材へのリサイクル 技術開発(高速合金選別)	○				○	
4-01-56	再生可 能資源 化対応 部材	バイオ プラス チック の利用 等のた めの部 材	車台・外板、 内装など	バイオプラス チック	バイオコンポジット外板 類	天然繊維+バイオ由来プラスチック からなりカーボンニュートラル	○		○	○		
4-01-57					ポリ乳酸部材(含繊維)	植物由来のポリ乳酸を使うためカー ボンニュートラル	○		○	○	○	
4-01-58				バイオ由来石 油化学製品原 料	バイオポリオレフィン部 材(バンパーなど)	バイオ原料から製造したカーボン ニュートラルなポリオレフィンを用い る	○	○			○	
4-01-59					バイオエンブラ部材	バイオ原料から製造したカーボン ニュートラルなナイロンなどを使う	○	○			○	
4-01-60	その 環境 負荷低 減のた めの部 材	製造時 の環境 負荷低 減・投 入エネ ルギー 削減用 部材	金属部品一般	製造工程の削 減・高効率化	高強度ダイカスト部材 (Al、Mg合金)	高品質・一体構造化による部品点 数削減	○		○	○	○	
4-01-61					双ロール鋳造法による 直接薄板製造技術(Al、 Mg合金)と圧延技術	低コスト・高効率製造	○	○	○	○	○	
4-01-62					高強度鋳造部品	鍛造部品に匹敵する鋳造部品製造 技術		○	○			
4-01-63				マグネシウム溶湯用 SF6フリー溶解・鋳造技 術	地球温暖化効果削減	○	○	○	○	○		
4-01-64				投入エネ ルギー削 減	省エネ型鋳造システム 用型部材	例えばナノボア分散により耐スポー リング性、難濡れ性、強度、耐食性 にすぐれた鋳造用セラミック部材を 用いて、熱ロスの少ない鋳造プロセ スを確立する			○	○	○	
4-01-65					洗車・ メイン テナンス に係る環 境コス トの低減	金属部材(耐 蝕性が要求さ れる部品全 般)	超寿命化・耐 久性向上	金属ガラス板材	ステンレスの1万倍の高耐食性を活 かしてボディ外板や足回り部品、消 音機等の耐久性が向上		○	○

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から部 材に対し求 められる機 能	求められる機能を発現する高度部材	評価指標(サステナビリティ への寄与は技術マップに掲載 する前提条件)					
						目的へ の貢 献・ポ トル ネック 性	他機能 への影 響	学際・ 業際研 究開発 の必要 性	部材と しての 研究開 発の必要 性		
4-02-01	環境負荷低 減用部材	外装・内 装・骨格	外装・内 装・骨格	リサイク ル・廃資 源の再 利用 (廃材の削 減・高付加 価値化)	アップグレードリサイクル金属系建材	○		○	○		
4-02-02					内装	新リサイクルアルミ建材	○		○		
4-02-03					外装・内装	リサイクルプラスチック建材	○		○	○	○
4-02-04					外装・骨格	リサイクル無機建材	○		○	○	○
4-02-05					内装	植物系資源 利用(再生 可能資源の 利用)	生分解性プラスチック			○	
4-02-06					外装・内 装・骨格	高性能化木材	○		○	○	○
4-02-07					骨格	希少資源の 不使用・使 用量削減	レアメタル等不添加高強度鋼	○		○	○
4-02-08					骨格・固定 部品	軽量化(製 造・輸送・ 施工の容易 化)	高強度化軽金属材料	○	○		○
4-02-09					骨格・固定 部品	FRP構造材	○	○			○
4-02-10					屋根・外装	緑化対応コンクリート	○		○	○	○
4-02-11					骨格	屋上・壁面 等の緑化 (環境改 善)	緑化構造材	○		○	○
4-02-12					屋根仕上げ	軽量土壌	○		○	○	
4-02-13					外装・屋根	生物塗料	○		○	○	



部材分野の技術マップ(13/36)

4-02-14		骨格	リユース・リサイクル容易性 (再利用のためのコスト低減)	リユース鋼構造システム			○	○			
4-02-15		開口部		単一素材サッシ			○	○			
4-02-16	建築用部材	長寿命化用部材	長時間耐久性の付与	高耐久性鋼材			○	○			
4-02-17				骨格	震度Ⅷ弾性構造システム用鋼材			○	○		
4-02-18				外装・内装・骨格	高耐久性軽金属建材			○	○		
4-02-19				外装・内装	高耐久性無機建材			○	○		
4-02-20				内装	高耐久性樹脂建材			○	○		
4-02-21				骨格	FRC			○			
4-02-22				外装・屋根等仕上げ	高耐久性表面処理材(塗料など)			○	○		
4-02-23				外装下地	高耐久性シーリング材			○	○		
4-02-24				骨格固定部	超高強度ボルト			○	○		
4-02-25				外装・骨格等	乾式接合法			○	○		
4-02-26				外装・屋根仕上げ	メンテナンス性の改善	セルフクリーニング(耐汚染性表面処理)			○	○	
4-02-27				省エネルギー用部材	省エネルギー型環境制御	新エネルギー利用型環境制御	高性能断熱材(壁材)			○	○
4-02-28							開口部	高性能断熱材(窓材)			○
4-02-29	外装・内装	高性能蓄熱材						○	○		
4-02-30	内装	発熱・放熱繊維						○	○		
4-02-31	外装仕上げ	高反射塗料						○	○		
4-02-32	外装仕上げ	高性能保水建材						○	○		
4-02-33	内装	高性能調湿建材						○	○		
4-02-34	開口部	太陽エネルギー制御材料						○	○		
4-02-35	開口部	機能性窓						○	○		
4-02-36	開口部	次世代換気システム	換気システムについては「健康安全で記載」								
4-02-37	外装・開口部	省エネルギー型室温制御機構						○	○		
4-02-38	内装	FPDパネル						○			
4-02-39	屋根	高性能太陽電池材料	別途エネルギー関連の技術戦略マップで検討								
4-02-40	外装	高性能熱電変換材料									
4-02-41	屋根	太陽電池パネル									
4-02-42	システム	空気集熱型空調システム									
4-02-43	システム	燃料電池システム									
4-02-44	リフォーム用部材	内装接合部	リフォームの容易化	易分解接着剤			○	○			
4-02-45		内装		ユニット化建材			○	○			

## 部材分野の技術マップ(14/36)

ID番号	対象部材(大項目)	対象部材(小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
4-03-01	環境負荷低減部材	センサー	検出濃度範囲の拡大、正確性、高感度、高速応答性(即応性)、高選択性、高耐久性、小型、低価格	センサーデバイス(機能化・集積化・マルチセンサー化)
				分子認識部位(ナノ粒子・空間制御、界面形成・制御、高次構造形成・制御、抗体設計、再生)
				トランスデューサ(電気・電子式トランスデューサ:超小型化、高速電子移動材料利用による感度・応答性向上、共振・表面弾性波などを利用したトランスデューサ:超小型化・高周波化による感度・応答性向上、光利用トランスデューサ:新燐光・蓄光材料/粒子の開発、磁気利用トランスデューサ:磁気共鳴などを利用した感度・分解能向上)
				質量分析計関連部材(小型化、集積化、低消費電力化)
				センサー補機類(前処理関連部材:加工技術の改善による生産性向上、校正標準関連部材:校正・標準化機能の小型化・内蔵、統合型センサー用部材:補機類の小型化、省電力化、軽量化、リモート型センサー用部材:低消費電力化、無線/LAN機能の複合、小型化、低価格化)
4-03-02	フィルター	高耐熱性、除去率向上、高濾過効率、高効率除去、耐熱性、低圧損、高透過性、ナノ粒子除去、耐熱性、低圧損、高透過性、水処理、吸着性・広表面積、イオン交換特性、吸着特性、環境浄化性能	高性能・超耐熱性ナノフィルタ、環境浄化用触媒担持ナノフィルタ、有害物質除去用高効率光触媒、超微粒子状物質の捕集用多孔体セラミックス・ナノ繊維・多孔体の空隙(形態制御)、排気ガス浄化用フィルター、アクティブ多孔体(表面制御による機能付与)、分離膜、選択透過膜(ナノ繊維、吸着膜、ろ過膜)、ケイ素系規則性ナノ多孔材料分離膜及び土壌改質、室内環境浄化・土壌浄化材料	
4-03-03	吸着剤	ガス吸着性	粒状物質捕捉(多孔体セラミックス)	
4-03-04	高度水浄化	高効率電気分解	ダイヤモンド電極	
4-03-05	グリーン触媒	触媒特性など物理化学的特性	ケイ素系規則性ナノ多孔材料	
4-03-06	(光)触媒	防汚性、高感度、耐食性、高効率、VOC分解	光触媒材料、高密度高アスペクト加工が可能な耐食性、触媒作用を持つ材料、光触媒表面処理鋼板等の適用技術の開発、環境改善技術開発	
4-03-07	構造材	リサイクル性、他ポリマーとの複合性、低毒性、マイクロ波による重合特性、低摩擦抵抗、特定条件発泡性、高靱性、高強度、軽量、高耐熱、低温・短時間反応	ポリ乳酸、ナノ繊維、海洋生分解プラスチック、生分解性ポリマー、低摩擦抵抗生分解性コーティング剤、発泡性材料、構造制御されたFRP、建材・構造材(エンジニアリングプラスチック)	
4-04-01	プラント用部材	耐環境流体回路部材	耐熱性・耐久性、耐食性・耐放射線、耐食性・緻密性、耐クリープ性	化学プラント配管(チタン、耐熱浸炭鋼)、原子力プラント材料(金属材料)、廃棄物発電用部材(蒸気管・過熱器管等)、プラント用配管類(高効率発電用ボイラーチューブ、反応器、油井管)、熱交換器耐食材料
4-04-02		耐環境シール部材	耐熱性・耐久性	オイルシール、ガスバリア(有機無機複合材料)
4-04-03		耐環境構造部材(耐蝕、耐熱、耐圧、等)	耐久性、省エネ、耐摩耗性、耐熱性、耐食性、高強度、低コスト	超高温タービン翼部材(タービン翼)、ボイラ部材(ウェアリングノーズ等)、ディーゼル発電用部材(ピストンリング・シリンダライナ等)、塩素等の腐食雰囲気強い耐熱構造部材
4-05-01	太陽電池	発電材料	高性能化、大面積化、省資源、省生産エネルギー、低コスト化、光触媒機能	薄膜シリコン合金材料、Inフリー化合物半導体材料、アンテナ系・光電荷分離系材料、高分子固体型色素増感材(高分子材料)、サブ波長構造形成有機太陽電池部材(有機)
4-05-02		電極材料	低抵抗化、低温製造、高透過率、省資源、バンド整合、電荷輸送性	非In系材料、多元系材料、高湿度低湿度対応プロトン伝導膜、異方性輸送(ナノ誘電体)、超ホール輸送材料(高分子、複合材料)
4-05-03		基板材料	低コスト、低温製造、軽量化、薄膜化	高バリア性ポリマー、長寿命ポリマー、超精密軽量セパレータ部材

## 部材分野の技術マップ(15/36)

4-06-01	移動体用軽量発電機	熱電変換部材	高出力、システムコンパクト化、低温度動作、小型化	熱電変換モジュール
4-07-01	二次電池・キャパシター	高エネルギー密度キャパシタ	高エネルギー密度、高出力密度	高エネルギー密度キャパシタ
4-07-02		高出力スーパーキャパシタ	高出力、長寿命	高出力スーパーキャパシタ
4-07-03		スーパーキャパシタ用高誘電体材料	絶縁性、高誘電率	HIGH-k材料(有機無機複合材料)
4-07-04		二次電池電解液	電解特性 薄膜化 耐熱性、耐久性、耐食性	電解液(イオン性流体) 高分子配列材料(強靱薄膜) フッ素、ケイ素材料、有機蓄電材料
4-07-05		二次電池用活性物	電極性能、繰り返し特性	高出力活物質制御、電気二重層制御(レドックス材料)、ヒステリシスループ制御(可逆性材料)
4-08-01	光触媒水素製造部材	色素増感材	光触媒機能	高分子固体型色素増感材(高分子材料)
4-08-02		光合成太陽電池材料	光触媒機能	アンテナ系・光電荷分離系材料
4-08-03		光触媒半導体材料	電荷輸送性	異方性輸送(ナノ誘電体)、超ホール輸送材料(高分子、複合材料)
4-08-04		隔壁	耐熱耐久性	高強度多孔質材料
4-09-01	水素製造部材	超イオン伝導電解質	イオン導電性	超イオン伝導電解質材料(高分子材料、イオン性流体)
4-09-02		イオン選択透過材料	選択透過性	イオン選択透過性材料(多孔質、フッ素材料、フッ素代替)
4-09-03		ガス(分子)選択透過材料	選択透過性	ガス選択透過性材料(多孔質、複合材料)、分子選択透過セラミックス材料
4-10-01	産業機械用部材	構造材	制振性、比剛性	結晶性・微細構造制御部材、多孔質金属(鉄系、アルミ系、合金系金属)
4-10-02		摺動部材	耐摩耗、高温強度、耐食性	Ti-Si-C三元系化合物セラミックス
4-11-01	ロボット用部材	骨格用構造材	高弾性・強靱性、高比剛性、高比強度	バネ材料(金属材料、高分子材料)、軽量骨格材料(セラミックス、有機無機複合材料)、重量骨格材料(金属材料、セラミックス) 軽量金属(マグネシウム・チタン)構造部材
4-11-02		駆動用部材	繰返特性・高出力、超微細駆動制御、圧電変換、高速応答性、低ヒステリシス性、圧電変換機能	高弾性変形、自己修復材(エラストマー、ゲル材料) 形状記憶金属人工筋肉(ニッケル-チタン等)、圧電変換材(高分子材料)、超微小ギア(高機能複合化金属ガラス)
4-11-03		駆動用構造部材	迅速応答	ソフトマテリアル(ネットワーク材料、エラストマー)
4-11-04		センサー	耐久性・耐候性、高精度感受性、スマートデバイス	耐擦過材料(無機コーティング)、光学アレイ(透明材料、接着) インテリジェント材料、MEMS
4-11-05		表面部材	高品位、耐久、耐候、撥水撥油、セルフクリーニング、熱伝導、触感、質感	分散、高品位、耐久、耐候塗料(微粒子塗装)、撥水撥油(ナノ多孔表面)、光触媒、比熱制御(ゲル材料、複合材料)、ソフトマテリアル(エラストマー、ゲル材料、保湿材料)

## 部材分野の技術マップ(16/36)

### 0. 共通基盤技術分野/計測・評価

ID番号	大項目	中項目	小項目
0-1-01	計測、評価、検査	構造材特性、信頼性評価	力学的特性(弾性率)計測
0-1-02-01		誘電体・半導体等材料特性・信頼性評価	熱的特性計測
0-1-02-02			電気的特性計測
0-1-02-03			磁気特性計測
0-1-02-04			光学的特性計測
0-1-02-05			物性特性計測
0-1-03-01		化学的特性計測	化学組成計測(化学分析、質量分析計、陽電子消滅法、プラズマ診断)
0-1-03-02			化学組成分布計測(EPMA、オージェ、SIMS/RBS、XPS)
0-1-04-01		光学的特性計測	屈折率、反射率
0-1-04-02			非線形光学特性
0-1-05-01		生体適合性等・生化学的評価	in vitro分子レベル計測(レーザー蛍光法、バイオチップ、プロテインチップ)
0-1-05-02			in vitro生態学的安定性計測(生体代行部材の化学的安定性、生体適合性)
0-1-05-03			細胞内微細構造計測、分子動態計測
0-1-05-04			in vivo計測(生体内での長期安定性、生体適合性)
0-1-6		非破壊検査(ライン検査)	エリブソメトリー、光干渉法、画像処理などによる非破壊ライン検査
0-1-7		反応プロセス計測	in situ計測(時間分解計測、反応場の直接計測)
0-1-8		ナノ計測	(ナノテク分野のナノ計測のロードマップを参照)

### 0. 共通基盤技術分野/シミュレーション

ID番号	大項目	中項目	小項目
0-4-01	シミュレーション	ナノシミュレーション	(ナノテク分野のナノシミュレーションのロードマップを参照)
0-4-02-1		流体・熱・電気シミュレーション	流体シミュレーション(ナビエストークス)(FEM、BEM、FDTD)
0-4-02-2			回路・電場・デバイスなど設計シミュレータ
0-4-02-03			マイクロ流体回路設計シミュレータ
0-4-03		固体シミュレーション	材料変形シミュレータ、組織形成シミュレータ
0-4-04		インフォマティクス	バイオインフォマティクス、ケモインフォマティクス
0-4-05	DB	物性予測シミュレータ、コンビナトリアル計算	

0. 共通基盤技術／計測・評価／動的プロセス計測技術

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標			
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D
0-1-9-01-01	FPD	(塗布型)有機EL照明及びディスプレイ	組成物溶液塗布・乾燥プロセス	電極表面への分子吸着・濃縮・析出・配列・配向・分極・相転移挙動	平面 10nm~10μm 深さ 一分子レベル	塗布直後 100fsec~100nsec~緩和過程~10sec 熱伝播過程~100nm	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	多重増強ラマン法(MERS)により、界面一分子の吸着配向挙動からバルク内部への配列挙動までを従来の10万倍以上の高速高感度に動的測定し、角度自動可変SPR法によって分極構造が構成されていく様子を同一光軸上で同時に計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-02		塗布組成物溶液	混合・溶解/分散	溶解状態/分散状態(凝集状態)のリアルタイム計測	1nm~100μm	100μs~10ms	ラマン分光法	分散機中の高速せん断過程及び分散操作後の凝集過程の機壁界面と粒子界面の分子挙動と分散・凝集現象をラマン分光で高感度に検出する技術を確立する。場合により破砕・磨耗現象の計測も対象とする。	○	○	○	○
0-1-9-01-03							GHz超音波計測	超音波の速度変化と強度減衰から、分散液中の分散・凝集状態を高感度に検出する技術を確立する。場合により、超音波分析(さざなみ分光など)を応用することも視野に入れる。	○	○	○	
0-1-9-01-04		光配向型液晶配向膜	光重合反応による配列組織の形成プロセス	基板界面の分子配列挙動から、液晶分子配向に十分な分極構造の発現までの挙動	平面 10nm~100μm 深さ 一分子レベル	照射直後 100fs~100ns~緩和過程~10s	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高速高感度に測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-05							動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し、配列・結晶化過程をリアルタイムに計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-06							赤外自由電子レーザー分光	高強度の赤外レーザー光を用いて、界面分子の配列変化や結晶化に伴う振動スペクトル変化を計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-07		有機光学制御膜	光学異方性を持つ高分子(液晶)溶液の塗布乾燥プロセス	基板界面の分子配列挙動から、所定のマクロな配向に至るまでの挙動	平面 10nm~10μm 深さ 一分子レベル	塗布直後 100fs~100ns~緩和過程~10s 熱伝播過程~100nm	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高速高感度に測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-08							動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し、配列・結晶化過程をリアルタイムに計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-09							赤外自由電子レーザー分光	高強度の赤外レーザー光を用いて、界面分子の配列変化や結晶化に伴う振動スペクトル変化を計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-10							テラヘルツ分光法	テラヘルツ分光法は長周期の規則性発現との相関が発現する過程の検出に用いる	○	○	○	○
0-1-9-01-11		有機半導体デバイス	多層有機膜デバイスの界面形成プロセス	主に有機/有機界面整合過程の分子配列から分極構造の安定化、電子機能発現に至る挙動	ppb不純物元素レベル	塗布直後 100fs~100ns~緩和過程~10s	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高速高感度に測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-12							動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し、配列・結晶化過程をリアルタイムに計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-13							赤外自由電子レーザー分光	高強度の赤外レーザー光を用いて、界面分子の配列変化や結晶化に伴う振動スペクトル変化を計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-14							テラヘルツ分光法	テラヘルツ分光法は長周期の規則性発現との相関が発現する過程の検出に用いる	○	○	○	○
0-1-9-01-15		合成工程	合成工程	重合度、立体規則性精密制御、不整合	0.1nm	1ps	多重増強ラマン分光法(MARS)	合成過程の分子量の直接把握が可能	○			○
0-1-9-01-16		有機半導体材料(ディスプレイ、デバイス、エネルギー)	組成物分散工程	分散プロセス	10nm	1μs	光音響分光法	分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○		○	○
0-1-9-01-17	超音波計測法						分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○		○	○	
0-1-9-01-18	レーザー散乱法						分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○		○	○	

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性



# 部材分野の技術マップ(18/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標							
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D				
0-1-9-01-19	大画面ディスプレイ用カラーフィルター	塗布・乾燥工程	塗布・乾燥工程	電極表面への分子吸着・濃縮・析出・配列・配向・分極・相転移挙動	平面 10nm~10μm 深さ 一分子レベル	塗布直後 100fs~ 100ns~緩和過程~ 10s 熱伝播過程 ~100nm	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高感度で測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○	○				
0-1-9-01-20				フォトリソグラフィまたはインクジェット法による微細画素の均一化及び無欠陥大面積形成プロセス	塗布、濡れ、拡張、乾燥プロセスの欠陥生成過程の検出	平面 100nm~3m 深さ 10nm	塗布直後100ps~100ms~緩和過程~10s 熱伝播過程~100nm	高速度VTR	塗布乾燥における外形画像及び内部対流、粒子分布状態の変化過程を把握し、欠陥形成過程を予測抽出する技術の開発	○	○	○	○			
0-1-9-01-21								全焦点レーザー顕微鏡	塗布乾燥における外形画像及び内部対流、粒子分布状態の変化過程を把握し、欠陥形成過程を予測抽出する技術の開発	○	○	○	○			
0-1-9-01-22								超音波計測	塗布乾燥における外形画像及び内部対流、粒子分布状態の変化過程を把握し、欠陥形成過程を予測抽出する技術の開発	○	○	○	○			
0-1-9-01-23				TFT液晶、PDP、有機ELなど複合機能性材料製造	アレイ製造および貼り合せ、塗布工程	色彩特性(RGB 3原色のコントラストと輝度)	100 nm	10 ms	マルチ光センサ画像観察装置	RGB 3波長の吸光度バランスと強度を吸光分光光度計で測定する。大画面を短時間でリアルタイムに測定する必要があるため、マルチ光センサ(またはCCDイメージセンサなど)を用いて画像観察を行い、データ解析により画像のパターン認識を行う。	○	○	○	○		
0-1-9-01-24				TFT液晶、PDP、有機ELなど複合機能性材料製造	アレイ製造および貼り合せ、塗布工程	水分など不純物の分布	10 nm	100 ms	インライン型顕微FTIRシステム	検出器としてFTIRを搭載したインライン型顕微分析システムで、ナノレベル領域での水分や不純物の分布を調べる。	○	○	○	○		
0-1-9-01-25				TFT液晶、PDP、有機ELなど複合機能性材料製造	アレイ製造および貼り合せ、塗布工程	品質管理	10 μm		テラヘルツ分光・イメージングシステム(時間領域分光法)	テラヘルツパルスの波形を時間分解計測をし、ナノレベル領域での特性を測定する。	○	○	○	○		
0-1-9-02-01	ナノコンポジット(含インキ)	ナノ粒子(顔料)分散プロセス	マクロに凝集した粒子がナノ分散化して安定化する挙動	100nm~1mm	10ps~10s	多重増強ラマン分光法	多重増強ラマン分光法によるナノ粒子や壁面のナノ界面挙動と分散状態との相関把握可能なシステム	○	○	○	○					
0-1-9-02-02						ラマン分光法	分散液中の高速せん断過程及び分散操作後の凝集過程の機界面と粒子界面の分子挙動と分散・凝集現象をラマン分光で高感度に検出する技術を確立する。場合により破砕・磨耗現象の計測も対象とする。	○	○	○	○					
0-1-9-02-03						GHz超音波計測	超音波の速度変化と強度減衰から、分散液中の分散・凝集状態を高感度に検出する技術を確立する。場合により、光音響分析(さざなみ分光など)を応用することも視野に入れる。	○	○	○	○					
0-1-9-02-04						有機半導体分子(高速化、低電圧化)	精密合成	分子量分布制御	1mm	1ns~1ms	多重増強型ラマン分光法	分子同士が配列構造を決定する過程で、そのサイズを一定の範囲に規制しておくことが、均一な電子構造体を実現する上で必要	○	○	○	○
0-1-9-02-05						環境調和型高分子の高機能化(2軸延伸フィルム)	ポリオレフィン、ポリエステルの延伸プロセス(新機能を奏する延伸組織の形成過程)	延伸過程における、知る無物性を決定付ける特異な組織構造の発現	100nm~	10ps~10s	動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し延伸過程における分子の配列・配向・組織構造化に至る過程を環境条件や延伸条件への依存性を把握するシステム	○	○	○	○
0-1-9-02-06											多重増強ラマン分光法	多重増強ラマン分光法による延伸過程における分子の配列・配向・組織構造化に至る過程を環境条件や延伸条件への依存性を把握するシステム	○	○	○	○
0-1-9-02-07						金属溶融めっき	溶融めっきプロセスの界面における開始過程	金属界面でのめっき溶融金属との界面組織形成過程	空間10nm~1mm 深さ 一原子レベル	1ns~1ms	動的X線散乱・回折装置	ナノ界面の融合過程は高速で把握できていなかった。このナノレベルのメカニズムを動的に把握する	○	○	○	○
0-1-9-02-08	環境制御透過型電子顕微鏡	ナノ界面の融合過程は高速で把握できていなかった。このナノレベルのメカニズムを動的に把握する	○	○	○						○					
0-1-9-02-09	触媒粒子	触媒製造技術	実環境下における触媒粒子成長過程のその場観察	~0.1nm		実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場の制御」を実現し、触媒反応における触媒粒子の形態や構造の変化過程をナノレベルで可視化する。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○	○	○					

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

# 部材分野の技術マップ(19/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標					
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D		
0-1-9-02-10	化学	微粒子	微粒子製造技術	微粒子等の成長過程のその場観察	~0.1nm		実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場の制御」を実現し、機能性材料など各種微粒子の形態や構造の変化過程をナノレベルで可視化する。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○		○		
0-1-9-02-11		微粒子	微粒子分散技術	微粒子の分散・凝集状態観察	~1nm		実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場の制御」を実現し、触媒粒子や機能性材料など各種微粒子の分散状態への影響をナノレベルで可視化する(+特に液層の場を制御する)。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○		○		
0-1-9-02-12		量子ドット	ナノ粒子製造	核成長		数μm	—	時空変換	マイクロ流路を使った定常フロー製造により、時間変化を空間変化に変換する。マイクロ流路であるため温度・流速・圧力等の制御を極めて厳密に行うことができるので、そのような安定した定常状態を作り出すことが可能である。	○	○		○	
0-1-9-02-13		排出ガス浄化触媒	自己ナノ粒子形成による活性化・自己修復	還元による金属析出・酸化による結晶固溶	X線吸収により厚み方向が限定される<1mm		~ms	in-situ XAFS	触媒活性センターである貴金属の微細構造変化を計測。		○	○		
0-1-9-02-14		医薬品(血圧降下剤)・有機EL、液晶	カップリング反応	酸化的付加・還元の脱離	溶液中の計測対象の濃度がppmオーダー		s~m	in-situ XAFS	触媒活性種の微細構造変化を計測。特に化学状態・価数変化を計測することが必要。	○	○	○	○	
0-1-9-02-15		燃料電池(太陽電池)、電極部材組成物	電極部材組成物の配合・分散工程および輸送・保存工程	溶媒選択性分散・凝集・分布の分散構造制御、環境安定性、経時変化		10nm	10ms	超音波計測法(光音響分光法exさざなみ分光法)	分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザ光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○		○	○	
0-1-9-02-16				界面形成多孔質構造形成		0.1nm	1ms	赤外多角入射分解分光法	塗布工程における界面一分子の吸着配列の動的計測を起点とし、乾燥や光・熱反応の進展に伴ってこれに続くバルク内部の電極構造化への道筋がミリ秒レベルでリアルタイムに把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-17				粘度調整・攪拌・送液・塗布・乾燥工程	活性物質表面形成		0.1nm	1ms	ラマン分光法(SERS)	塗布工程における界面一分子の吸着配列の動的計測を起点とし、乾燥や光・熱反応の進展に伴ってこれに続くバルク内部の電極構造化への道筋がミリ秒レベルでリアルタイムに把握できる。	○	○	○	○
0-1-9-02-18							0.1nm	1ms	赤外自由電子レーザー分光法	塗布工程における界面一分子の吸着配列の動的計測を起点とし、乾燥や光・熱反応の進展に伴ってこれに続くバルク内部の電極構造化への道筋がミリ秒レベルでリアルタイムに把握できる。	○	○	○	○
0-1-9-02-19		高機能紙製品	水系組成物塗布工程	水の構造と活性等による水中の紙表面極性変化		0.1nm	1ns	近赤外・ラマン分光法	塗布工程における水との接触から乾燥に至る紙の界面分子の配向・配列の変化挙動がナノ秒レベルで把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-20		エコロジーパルプ製品(耐水性・透明性基材)	紙表面処理	ナノ表面・界面組織変成過程		1nm	100ns	近赤外・ラマン分光法	紙基材の物性を保持しながら、表面変成を行うにあたり、変成の質と深さをナノレベルで把握しながら開発、製造ができる。	○		○	○	
0-1-9-02-21		光メモリー材料	薄膜形成工程	核形成・薄膜組織成長		0.1nm	1ps	多重増強ラマン分光法(MARS)+高速度赤外多角入射分解分光法システム	成膜工程における核生成を起点とし組織成長の速度とできた組織配列の均一性が把握でき、特にラマンはピコ秒レベルで把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-22		有機・無機ナノ顔料	・ナノ粒子形成 ・分散安定化	・核生成・粒子成長工程 ・破碎+粒度分別工程 ・表面処理		1nm	100ns	多重増強ラマン分光法(MARS)	造粒工程における核生成から粒子成長展するに伴って形状と構造の変化をピコ秒レベルで把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-23								環境制御型TEM	ナノ構造粒子の造粒工程における組織成長するに伴って形状と構造の変化を把握できる可能性がある。	○	○	○	○	

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(20/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標				
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D	
0-1-9-02-24		ナノ機能性粒子(ハイブリッド粒子/ナノカプセル/吸着・除放粒子)	・液相あるいは超臨界状態からのナノ構造粒子形成 ・破砕+粒度分別 ・ナノ分散安定化 ・ナノ空隙構造形成	・ナノ組織構造形成過程 ・ナノ形状形成過程	0.1nm	ms	電子損失分光法(EELLS)	ナノ構造粒子の造粒工程における組織成長するに伴って形状と構造の変化を把握できる可能性がある。	○	○	○	○	
0-1-9-02-25							多重増強ラマン分光法(MARS)	ナノ構造粒子の造粒工程における組織成長するに伴って形状と構造の変化を把握できる可能性がある。	○	○	○	○	
0-1-9-03-01	高分子	ポリマー	ブレンド/重合	オンライン物性測定		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンド/重合の物性測定を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-02							時間分解広角X線回折	ポリマーブレンド/重合の物性測定を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○	
0-1-9-03-03							遠紫外分光法	ポリマーブレンド/重合の物性測定を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○	
0-1-9-03-04				結晶化の進行のモニタリング	100ms	時間分解赤差走査熱量測定	時間分解赤差走査熱量測定を用いてポリマーの結晶化の進行過程を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-05						時間分解広角X線回折	時間分解広角X線回折を用いて結晶化をモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-06				反応モニタリング	50ms	時間分解近赤外分光法/時間分解ラマン分光法	時間分解近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンド/重合の反応をモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-03-07				Melt Flow Rate測定	50ms	時間分解近赤外分光法/時間分解ラマン分光法	時間分解近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンドのMelt Flow Rateを非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-03-08				ブレンド	ブレンド比測定	100ms	近赤外分光/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンドのブレンド比を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-09					添加物の検出および定量分析	100ms	近赤外分光/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンドの添加物の検出および定量分析を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-10				分子量分布	100ms	赤外分光/近赤外分光/ラマン分光法	分光分析法を用いてポリマー分子量分布をオンラインモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-11						動的光散乱	動的光散乱を用いて分子量分布をモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-12				結晶化度/立体規則性	数~数10 μm	100ms	赤外分光/近赤外分光/ラマン分光法	分光分析法を用いて結晶化度/立体規則性をオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-13				重合	ブロックポリマー成分の空間分布の時間発展	数10 μm	数分(三元)	X線ホログラフィー	試料を透過したX線と参照X線との位相差を画像化することで、僅かな密度差を可視化する	○	○	○	○
					結晶/非晶質部分の空間分布の時間発展								
0-1-9-03-14					機能性無機粒子の高分子マトリクス中での分散状態の時間空間変化	数 μm	100ms	近赤外イメージング	近赤外イメージングにより高分子中における機能性無機ナノ粒子の分散状態を動的に計測する	○	○	○	○
0-1-9-03-15				コーティング		数~数10 μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてコーティングを非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○
0-1-9-03-16				フィルム	配向		100ms	赤外分光/近赤外分光法/ラマン分光法	分光分析法を用いてポリマーフィルムの配向をオンラインモニタリングする	○	○	○	○
0-1-9-03-17					架橋		100ms	赤外分光法/近赤外分光法/ラマン分光法	分光分析法を用いてポリマーフィルムの架橋をオンラインモニタリングする		○		○
0-1-9-03-18	オンライン物性測定	数 μm	100ms		近赤外イメージング/赤外イメージング	近赤外/遠赤外イメージングを用いてフィルム物性を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○			

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性



# 部材分野の技術マップ(21/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標												
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D									
0-1-9-04-01	医薬	細胞培養・診断システム用支持体	iPS細胞などの発生・分化状態を細胞表面分子から内部への挙動変化として検出しその動的変化挙動から選り分け可能な培養部材の開発に資する動的計測機器開発(変異や薬剤作用の原点的変化の早期段階からの検出)	iPS細胞などの発生成長に適し、成長過程の細胞分化等の表面分子の特性変化と内部反応の相関を増強ラマン基板上で把握する	100nm	10ns~100s	多重増強ラマン分光法	細胞の特性に応じた、また目的とする材棒機能に応じたさいぼう表面特性の変化と、それに関連した細胞内部の変化挙動を相関させて把握する、多重増強基板と相関解析手法の目的別設計開発	○	○	○	○									
0-1-9-04-02									混合	混合均一性	数10μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	混合工程を近赤外/ラマン分光法によりオンラインでモニタリングし、十分均一に混合された時点工程を終了させる	○	○	○	○			
0-1-9-04-03										混合		1s	近赤外イメージング	薬品成分の混合割合の変化を可視化できる	○	○		○			
0-1-9-04-04									造粒	水分量、粒度		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	造流工程を近赤外/ラマン分光法によりオンラインでモニタリングし、目標粒度に達した時点で工程を終了させる。または水分量を適切にコントロールする	○	○	○	○			
0-1-9-04-05													テラヘルツ分光法	造流工程をテラヘルツ分光法によりオンラインでモニタリングし、目標粒度に達した時点で工程を終了させる。または水分量を適切にコントロールする	○						
0-1-9-04-06													数10μm	1s	近赤外イメージング	プロセスの精密制御	○			○	
0-1-9-04-07													打錠	打錠障害	数~数10μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	打錠された製剤を全数モニタリングし、打錠障害により欠けるなどした不良品を排除する	○	○	○
0-1-9-04-08									1s	近赤外イメージング	打錠された製剤を全数イメージングでモニタリングし、打錠障害により欠けるなどした不良品を排除する	○				○	○				
0-1-9-04-09									テラヘルツイメージング	打錠された製剤を全数イメージングでモニタリングし、打錠障害により欠けるなどした不良品を排除する	○	○				○					
0-1-9-04-10									コーティング	品質(コーティングの均一性)、良品不良品の判別	数~数10μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて、製剤のコーティングの状態を全数検査する	○	○		○			
0-1-9-04-11													赤外分光法	プロセスの精密制御	○	○		○			
0-1-9-04-12													蛍光分光法	プロセスの精密制御、蛍光法は不純物の検出に用いる	○	○		○			
0-1-9-04-13													数~数10μm	1s	テラヘルツイメージング	イメージング装置を用いて、製剤のコーティングの状態を全数検査する	○	○		○	
0-1-9-04-14									洗浄	洗浄効果			100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて、製造後の実機の洗浄が十分であるか確認する	○	○	○	○		
0-1-9-04-15									物性測定	結晶化度	数~数10μm	1s	時間分解広角X線回折	時間分解広角X線回折を用いることにより結晶化の度合いをミリ秒オーダーで追跡できる	○	○		○			
0-1-9-04-16													時間分解示差走査熱量測定	時間分解示差走査熱量測定を用いることにより結晶化の度合いをミリ秒オーダーで追跡できる	○	○		○			
0-1-9-04-17													水和	数~数10μm	100ms	近赤外イメージング	溶質の水和状態を近赤外イメージングでモニターする	○	○		○
0-1-9-04-18													キラリティー	数~数10μm	100ms	時間分解近赤外円偏光二色性	近赤外分光法で分子のキラリティーを測る	○	○		○
0-1-9-05-01										原油精製	蒸留			100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて原油の精製過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

# 部材分野の技術マップ(22/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標					
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D		
0-1-9-05-02	石油	石油製品	ナフサ	分留、成分測定、温度測定		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて分留、成分測定、温度測定過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-05-03			ガソリン精製	蒸留		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてガソリン精製過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-05-04			ガソリンブレンド	混合		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてガソリンブレンド過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-06-01	繊維	繊維	繊維染色加工における無地バッチ染色プロセス	染色液の色素成分濃度計測、染色助剤反応度計測		1s	近赤外分光法	染色の仕上がり色を正確にコントロールするために、染色工程で染液が薄くなる(繊維へ色素が着色する)過程をモニタする装置	○	○	○	○		
0-1-9-06-02			繊維(糸・生地)に機能加工を施す工程	繊維製品への添加物の吸尽プロセス	1.5mm幅を1cm刻みで測定	10s	近赤外分光法	様々な機能加工処理における薬剤やそれを担持するためのバインダー材の吸着度合いを工程中でモニタする装置	○	○				
0-1-9-06-03			繊維(糸・生地)に機能加工を施す工程	繊維製品加工時に使用する有機溶媒の製品残留		10s	赤外分光法/近赤外分光法/ラマン分光法	製品製造工程ではホルマリン、トルエン、IPAなどの有機溶媒を用いた処理が施されるが、その処理製品から揮発するVOCガスの濃度をモニタする装置	○	○				
0-1-9-07-01	金属	鉄鋼	高炉・還元反応	原料成分	数cm	数ms	原料成分のオンライン計測	鉄鉱石・コークス・石灰の成分を高炉投入時にリアルタイムに測定する	○	○	○			
0-1-9-07-02				原料内不純物	数cm	数ms	低質原料・有害成分のオンライン計測	鉄鉱石・コークス・石灰の不要成分を高炉投入時にリアルタイムに測定する	○	○	○			
0-1-9-07-03				温度分布・濃度分布・成分分布・流速分布等	数10cm	数s	高炉内反応モニタ	高炉は層状に投入され徐々に下降する固体中を高温気体が上昇しながら反応が進む。しかしこの現象は未だに外部からモニタし得ない。	○	○				
0-1-9-07-04		鋼	製鋼・転炉	温度分布・濃度分布・成分分布・流速分布等		数s	転炉内動的モニタおよび制御	投入原料を正確に把握し製造条件を正確に制御する。	○	○				
0-1-9-07-05				不純物・スラグ	数10μm	数ms	転炉内不純物・スラグ挙動モニタおよび制御	以後の介在物発生の原因となる不純物を初期段階からとらえ、製造条件を正確に制御する。	○	○	○			
0-1-9-07-06		鋼スラブ	連続鋳造	タンディッシュ湯面	数10cm	数s	タンディッシュ湯面計測および制御	不純物の巻き込み、欠陥の発生を防ぐためにキーとなる測定量。	○	○	○			
0-1-9-07-07				モールド上端状態	数cm	数ms	モールド湯面・温度分布・不純物分離度計測および制御	液体から固体に変わる製鋼の最も重要な段階。不純物の巻き込み、欠陥の発生などの多くがここで生じていて、ほとんどは以後に回復不可能である。	○	○	○			
0-1-9-07-08				温度・流速・圧力・湯面・不純物分布・相変化・結晶成長・介在物	数cm	数s	鋼片内溶鋼挙動・状態変化・相変化モニタおよび制御	液体から固体に変わる製鋼の最も重要な段階。不純物の巻き込み、欠陥の発生などの多くがここで生じていて、ほとんどは以後に回復不可能である。	○	○	○			
0-1-9-07-09				不純物流動	数μm	数ms	溶鋼内介在物析出・流動モニタおよび制御	液体から固体に変わる製鋼の最も重要な段階。不純物の巻き込み、欠陥の発生などの多くがここで生じていて、ほとんどは以後に回復不可能である。	○	○	○			
0-1-9-07-10				微小介在物	数μm以下	数μs以下	スラブ表面・内部介在物検出	固体化する際に結晶粒界などに析出する不純物を検出し、適切な処理により以後のプロセスで完全無欠な鋼板に仕上げる。	○	○	○			
0-1-9-07-11				鋼材	熱延・熱処理	温度・変形・圧力・相変化・結晶成長・介在物・磁性	数cm	数ms	状態変化・相変化モニタおよび制御	鋼材の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○	○	
0-1-9-07-12						垂直温度分布・結晶成長	数μm	数ms	垂直温度分布・結晶成長モニタおよび制御	鋼材の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○		
0-1-9-07-13		熱延	機械的変形・物質流動			数cm	数ms		圧延時のマクロ的な形状変化を追跡し制御する。	○	○			

A: 出口への貢献/ボルトネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

# 部材分野の技術マップ(23/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標			
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D
0-1-9-07-14	金属材料	鋼板	冷延・表面処理	変形・圧力・相変化・結晶成長・介在物・磁性	数 $\mu$ m	数 $\mu$ s	表面疵・状態変化・相変化モニタおよび制御	薄板の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○	○	○
0-1-9-07-15			連続焼鈍	温度分布・結晶成長・形状変化	数 $\mu$ m	数ms	焼鈍時鋼板状態モニタおよび制御	薄板の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○		
0-1-9-07-16			メッキ・塗油	成膜・合金化	数 $\mu$ m	数ms	メッキ層・合金化層・油層性状モニタおよび制御	表面処理の状態を正確に把握することにより、製品の品質や以後の加工プロセスの高度化を可能にする。	○	○	○	
0-1-9-07-17		電磁鋼板	冷延・磁気異方性制御	変形・圧力・相変化・結晶成長・磁性・析出物	数 $\mu$ m	数 $\mu$ s	実時間磁気光学映像法	回転磁界による励磁、ファラデー結晶による磁気光学変換、時間相関イメージセンサによる2次元同期振幅位相復調により、鋼板表面の磁界分布を実時間で高密度に画像化する。	○	○		○
0-1-9-07-18		鋼管	成型・溶接	形状・溶接状態・結晶状態変化	数mm	数ms	実時間超音波ホログラム映像法	レーザのヘテロダイン干渉と時間相関イメージセンサによる2次元同期振幅位相復調により鋼板内部の超音波伝搬を高分解能で把握し、溶接欠陥や付近での性状変化を実時間で高密度に画像化する。	○	○		
0-1-9-07-19		冷延鋼板	冷延	表面・内部欠陥	素 $\mu$ m	数 $\mu$ s	実時間表面欠陥探査映像法	複数の方向から複数の偏光状態で入射する光の表面での反射を時間相関検出することにより欠陥を検出し定量化する。	○	○	○	○
0-1-9-07-20		金属材料	金属微粒子	金属等の腐食のその場観察	~0.1nm	s~m	実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場」の制御を実現し、金属材料の腐食作用に伴う形態や構造の変化過程をナノレベルで可視化する。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○		○
0-1-9-08-01		電子部品	ウエハプロセス	異常放電		数 $\mu$ m	1 $\mu$ s	アコースティックエミッション(AE)測定	LSIなどを作製するためにプラズマエッチングが必要である。プラズマエッチングを行うときに、異常放電が発生する場合があります。シリコンウエハ上などの位置がダメージを受けたのかを、ウエハ近く3個以上のAEセンサを設置し、検出時間の差より、発生位置を特定する。	○	○	○
0-1-9-08-02	ウエハ温度の不均一性				数mm	数10ms	超音波測定	音速の不均一性を測定することでウエハ温度の不均一性を動的に計測する	○	○	○	○
0-1-9-08-03	基板表面の活性種の種類、エネルギー ・物性変化、表面反応、形状、損傷				10nm	1ns	質量分析、レーザー分光分析、発光分光分析、表面結合状態測定	基板表面の活性種の種類、エネルギーを成膜中に動的に計測する。				
0-1-9-08-04	MPUゲート製造プロセス			・ドーパント原子位置 ・結晶歪み	0.29~0.05nm (2010~2020)	他のプロセスで決まるタクトタイムを増加させない	in-line non-destructive microscopy	製造ラインに組み込んだ電子顕微鏡により、製造工程中での不良を検出する。	○	○	○	
0-1-9-08-05	洗浄			・ゴミ付着	18~6nm (2010~2020)	他のプロセスで決まるタクトタイムを増加させない	微粒子検出	製造工程中の洗浄プロセスにおけるゴミの付着の有無をモニターする。	○	○	○	
0-1-9-08-06	化合物半導体	結晶成長	欠陥形成		nm~ $\mu$ m	s~m	X線トポグラフ	結晶中を透過するX線が欠陥により強く反射してコントラストを生じることを利用した方法で二次元マッピングが可能。	○	○	○	
0-1-9-08-07			微小欠陥生成		~ $\mu$ m	s~m	ラマン散乱分光	ポリタイプ起因のラマンバンドが欠陥(積層欠陥)により、強度・形状が変化することを利用する。ラマン禁制配置により、高S/Nで計測が可能。	○	○	○	○
0-1-9-08-08			欠陥準位・状態		100 $\mu$ m~mm (深さ~1 $\mu$ m)	s~m	フォトルミネッセンス	光励起された過剰の電子・正孔が再結合する際に生じる発光の分光測定により、結晶中の不純物種や欠陥種を同定する。	○	○	○	○
0-1-9-08-09			界面欠陥形成		~mm	100ns~ $\mu$ s	パルスESR(スピンエコー)	不対電子をもつESR活性な欠陥が近接した準位にある場合、マイクロ波パルスに対するESR信号の時間応答により分離し、目的の欠陥だけを検出する。	○	○	○	○

A: 出口への貢献/ポテンシャル  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

# 部材分野の技術マップ(24/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標					
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D		
0-1-9-08-10	半導体			成長中の結晶内における温度分布	数mm	数10ms	超音波CT	・音速の不均一性を測定することで結晶内における温度の不均一性を動的に計測する ・結晶が回転しているのでCT化が容易である。	○	○		○		
0-1-9-08-11		プリント基板	電子部品マウンタ及び半田付け	部品の正確な位置、ハンダボールの形状や異常	数100nm	数μs	オンライン超高速三次元画像計測・形状計測技術	時間相関イメージセンサなどの高機能イメージセンサと光干渉、モアレなどを用いて、製造プロセスを動的かつ精密に監視し、部品実装時の不良の発生を抑える。	○	○		○		
0-1-9-08-12		【電子セラミックス】 ・積層セラミックコンデンサ ・MEMS用圧電素子	ドクターブレードによるグリーンシート成型(	・原料粉末の分散状態の時間空間変化	数μm(面内)	空間分解能を損ねない「シャッタースピード」が必要	増強ラマン散乱光顕微鏡	電場増強機能を持った基板上にドクターブレード法でセラミックススラリーを塗布し、そこからのラマン散乱光を画像化すれば、有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。			○	○		
0-1-9-08-13							走査型紫外弾性散乱光顕微鏡	原料粉末の粒子径に見合う波長の光を照射し、その弾性散乱光強度を画像化すれば、粒子の密度分布が分かる。			○		○	
0-1-9-08-14							フォノン散乱	試料中の粗密の分布が分かる。			○	○		
0-1-9-08-15							ダイナミックX線散乱	無機/有機薄膜が基板上で成長する過程をその場観察する。原子・分子の配列状態、粒子サイズ、膜厚、界面ラフネスなどがわかる。新規な高輝度X線光源、ビーム収束系、高分解能・高速検出器を用いて試料と線源、光学系を固定したまま測定する。					○	○
0-1-9-08-16							X線顕微鏡	セラミックス粒子の濃度分布を調べる素直な方法			○	○		○
0-1-9-08-17							MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。				○	○	
0-1-9-08-18							増強ラマン散乱光顕微鏡	電場増強機能を持った基板上にドクターブレード法でセラミックススラリーを塗布し、そこからのラマン散乱光を画像化すれば、有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。			○	○	○	○
0-1-9-08-19							走査型紫外弾性散乱光顕微鏡	原料粉末の粒子径に見合う波長の光を照射し、その弾性散乱光強度を画像化すれば、粒子の密度分布が分かる。				○		○
0-1-9-08-20		X線顕微鏡	セラミックス粒子の濃度分布を調べる素直な方法				○	○	○					
0-1-9-08-21		MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。				○	○						
0-1-9-08-22		フォノン散乱	試料中の粗密の分布が分かる。				○	○						
0-1-9-08-23		質量分析	乾燥(焼結)時に排出される気体の成分が実時間でわかる。					○	○	○				
0-1-9-08-24		焼結	原材料粉末の融着		数百μm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。	○	○	○	○		
		プラズマプロセス(エッチング、あるいは成膜)	プラズマからウエハーへの活性種や電子の飛来、プラズマの発光状態、酸化窒化、ウエハー温度											

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

# 部材分野の技術マップ(25/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標					
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D		
0-1-9-08-25		MEMSデバイス	成膜加工	成膜原子・分子のウエハーへの飛来、吸着様式、膜中分子の配向、ドメイン形成、ウエハー温度	数mm~数nm	数10ms~数μs	オンウエハーモニタリング(質量分析、レーザー分光分析、発光分光分析、表面結合状態測定、ラマン分光分析、赤外分光、SNOM/AFM、STM/STS)	加工を施すSiウエハー上に、あらかじめ各種MEMSセンサーデバイスを複数個配置し、ウエハー加工の各プロセスをモニターする。予め測定値と得られる形状をDB化しておき、シミュレーション技術と組み合わせることで、計測データから深堀された3D構造や生じた欠陥の分布などを予測する。	○	○	○	○		
めっきプロセス			・基板表面の活性種の種類、エネルギー ・物性変化、表面反応、形状、損傷											
0-1-9-09-01	セラミック	【構造セラミックス-複雑形状品】 ・ターボチャージャーローター	射出成型	・原料粉末の分散状態の時間空間変化	数μm(三次元)⇒μmレベル	数s(三次元)	X線CT	通常の吸収を見るタイプ 吸収係数の差が大きなもの(例えば筋肉と骨、有機物と無機物)の識別ができる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-02							数10μm	数m(三次元)	X線ホログラフィー	X線CTの1種: 試料を透過したX線と参照X線との位相差を画像化。吸収係数が小さなもの(例えば氷と水や有機物同士)を識別できる。	○	○	○	○
0-1-9-09-03							数百μm(三次元)⇒分解能の向上(ミクロンレベル)	数ms	超音波CT	試料中の粗密の分布が分かる。		○	○	
0-1-9-09-04							数百μm(三次元)	数ms	近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○
0-1-9-09-05							数百μm(三次元)	数ms	MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○
0-1-9-09-06			脱脂/乾燥	有機物の分解、有機物あるいは水の蒸発	数百μm(三次元)	数ms	近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-07					数百μm(三次元)	数ms	MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-08			焼結	原材料粉末の融着	数百μm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。		○	○	○		
0-1-9-09-09			研削加工	クラック発生前兆	-	数ms	アコースティックエミッション	研削速度が速すぎると部材内部にクラックが生じるが、その前段階として異常な振動が生じると考えられる。それを検出する。	○	○		○		
0-1-9-09-10	セラミック	【構造セラミックス-単純形状品】 ・各種セラミックロール	CIP成型	・原料粉末の分散状態の時間空間変化	数μm(三次元)⇒μmレベル	数s(三次元)	X線CT	通常の吸収を見るタイプ 吸収係数の差が大きなもの(例えば筋肉と骨、有機物と無機物)の識別ができる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-11							数10μm	数m(三次元)	X線ホログラフィー	X線CTの1種: 試料を透過したX線と参照X線との位相差を画像化。吸収係数が小さなもの(例えば氷と水や有機物同士)を識別できる。	○	○		○
0-1-9-09-12							数10μm⇒分解能の向上(μmレベル)	数m(三次元)	超音波CT	試料中の粗密の分布が分かる。		○	○	
0-1-9-09-13							数10μm	数m(三次元)	近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性



# 部材分野の技術マップ(26/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標					
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D		
0-1-9-09-14	セラミックス	セラミックス	脱脂/乾燥	有機物の分解、有機物あるいは水の蒸発	数10μm	数m(三次元)	MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○		
0-1-9-09-15					数10μm	数m(三次元)	近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-16							MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○			
0-1-9-09-17					焼結	原材料粉末の融着	数百pm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。	○	○	○	○
0-1-9-09-18					研削加工	クラック発生前兆	—	数ms	アコースティックエミッション	研削速度が速すぎると部材内部にクラックが生じるが、その前段階として異常な振動が生じると考えられる。それを検出する。		○		
0-1-9-09-19					【機能性セラミックス】 ・触媒担持 ・フィルター ・水素吸蔵 ・酸素イオン透過	実使用時	・形状変化 ・結晶構造変化 ・組成変化	数百pm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。			○
0-1-9-09-20	機能性セラミック	ヘテロ組織形成のための焼結過程	境界領域融合組織形成過程	空間 一分子レベル	~1ms	環境制御透過型電子顕微鏡	粒子界面の溶融挙動は、環境や素材により多様性があり、この動的挙動の環境依存性を把握する	○	○	○	○			
0-1-9-10-01	発酵	食品・バイオ	発酵プロセス	種母	数μm	数ms	空中浮遊バクテリアセンサ	種母の状態や置かれた環境を常時モニタする						
0-1-9-10-02				原料	数mm		発酵原料・糖濃度 オンラインモニタおよび制御							
0-1-9-10-03				シード培養			種母の濃度、活性度のオンラインモニタおよび制御							
0-1-9-10-04				菌体濃度	菌体のオンラインモニタおよび制御		単なる条件出しでの製造から生命現象を含む内部の状態を正確に把握しつつ製造効率の向上と菌体等の活性の維持を両立する	○	○	○				
0-1-9-10-05				菌体活性度	菌体のオンラインモニタおよび制御		単なる条件出しでの製造から生命現象を含む内部の状態を正確に把握しつつ製造効率の向上と菌体等の活性の維持を両立する	○	○	○				
0-1-9-10-06				基質濃度・生成物濃度・イオン濃度	発酵プロセスのオンラインモニタおよび制御		生物現象でありプロセスと生成物の濃度や分布が非常に複雑なため、高効率生産のための条件の維持も困難を極める。また、高温蒸気による殺菌処理に耐えるセンサが求められる。	○	○	○				
0-1-9-10-07				排出物において	数s		発酵プロセスのオンラインモニタおよび制御	環境の悪化の原因となる臭気の発生をモニタする。人間の嗅覚に対応できる幅広く高感度な検出能力が求められる。			○			
0-1-9-11-01	食品	加工食品	原材料受け入れ	微生物・微量物質・残留農薬・異物(石、プラスチック、虫、毛髪等)	数μm	数μs	原材料のオンラインモニタ	原材料の全てをモニタして安全を確保し、同時に以後の最善の加工方法の情報を得る。	○	○	○	○		
0-1-9-11-02			調理・造粒	味・食感・香り		数ms	味・食感・香りのオンライン計測	味センサ、臭いセンサ・食感センサなどを高速化・並列化して人間の感性を満足させる製品を製造する	○	○	○	○		
0-1-9-11-03			充填	微生物・微量物質・残留農薬・異物(石、プラスチック、虫、毛髪等)	数μm	数μs	製品充填のオンラインモニタ	雑菌、空気等の混入を防ぎ、流通から消費までの安全を確保する。	○		○			
0-1-9-11-04			包装	改竄防止・検出	数mm		製品の包装状態モニタ・改竄検出	流通段階で、毒物等が混入されるのを防ぎ、またそのような事態を不可逆かつ容易に発見可能にする。	○		○			

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 基盤性  
 D: 実現性

## 部材分野の技術マップ(27/36)

### 0. 共通基盤技術分野/加工技術

ID番号	大項目	中項目	小項目
0-2-01	加工技術	付加加工	基板コーティング技術
0-2-02			3次元コーティング技術
0-2-03			めっき技術
0-2-04			微粒子担持技術
0-2-05		機械加工	切削、研削、研磨
0-2-06			圧延、鍛造、プレス
0-2-07			射出成形加工、塑性変形加工
0-2-08			リアクティブプロセッシング、材料創製成形加工一体化技術
0-2-09			フィルム化、ロール化、延伸技術
0-2-10			薄膜化技術
0-2-11			リインフォースト技術・繊維複合技術・紡糸技術
0-2-12			プロセスメタラジー(時効析出、組織粒制御)
0-2-13		化学加工	エッチング(異方性エッチング)
0-2-14			電気化学反応利用(電解研磨、電解析出)
0-2-15			接着/離形制御、異種接合(セラミックス、金属、ガラス、樹脂等)
0-2-16		エネルギー加工	熱エネルギー加工(溶接、固体接合)、レーザー加工
0-2-17			光エネルギー加工(フェムト秒レーザー加工)
0-2-18			電子線(イオン)利用加工(電子線リソ、電子線グラフトなど表面改質、重合)
0-2-19			放射線(X線など)利用加工(X線リソ的なもの+ $\gamma$ 線照射による表面改質、重合)
0-2-20			クラスターイオンビーム(ソフトエッチング、極微量堆積膜)
0-2-21			エアロゾルデポジション(厚膜形成)
0-2-22		新製造プロセス	印刷プロセス(インクジェットプリント、スクリーン印刷、コンタクトプリント)
0-2-23			融合・複合プロセス(LIGAプロセス、3D光造形、3Dソフトリソグラフィ造形、シート積層造形、ヘテロ積層造形、精密キャスト・アSEMBL)
0-2-24			自己組織化利用プロセス(自発的高次構造の創出)
0-2-25			微粒子分散プロセス
0-2-26			高機能過熱水蒸気製造(電磁誘導)および利用プロセス
0-2-27			コールドスプレーによる表面ナノ改質・重厚皮膜生成・部材直接造形
0-2-28			攪拌摩擦接合

# 部材分野の技術マップ(28/36)

## 0. 共通基盤技術分野／製造技術

ID番号	大項目	中項目	小項目			
0-3-1-01	材料製造技術	液相プロセス	融液バルク製造プロセス(熔融凝固、鑄造、単結晶育成、方向凝固)			
0-3-1-02			溶液バルク製造プロセス(熱水合成)			
0-3-1-03			溶液薄膜製造プロセス(液相エピタキシー、電析法)			
0-3-1-04			精密化学物質製造プロセス	反応強化・分離用技術(製造経路最適化段階用装置技術)	複合反応場・協奏的反應場用技術(マイクロ空間(ナノ反応場)／マイクロリアクタ複合化、MW/超臨界流体、イオン性液体・マイクロリアクタ複合化、集積反応場、並列多重方式集積及び直列シーケンス方式集積構造)	
0-3-1-05					反応剤(反応開始剤)(環境負荷の低い酸化剤を活用できる新触媒の開発)	
0-3-1-06					触媒(分子触媒、固体触媒、酵素(生化学触媒))	
0-3-1-07					ナノ・マイクロ空間技術(メソポーラス材料、ゼオライト、シリカゲル、CNT、層状化合物等)	
0-3-1-08					外部場による化学反応強化用技術(マイクロ波(MW)利用反応強化技術、超音波利用反応強化技術、光・レーザー利用反応強化技術、高圧利用反応強化技術、電気利用反応強化技術)	
0-3-1-09					マイクロ流体回路利用反応強化技術(反応温度精密制御技術、流れ(物質輸送)を精密制御可能な流体回路、滞留時間の制御技術、マイクロ空間を利用した新反応場技術、界面利用構造(液液・気液)利用技術、機能壁技術)	
0-3-1-10					新溶媒(非環境汚染溶媒・無溶媒、超臨界流体、イオン性液体、水溶媒、インテリジェント溶媒)	
0-3-1-11					分離・分割用技術	複合分離(多様な手法の最適組み合わせ)
0-3-1-12						膜分離用技術(キラル分離膜、分子認識膜)
0-3-1-13						クロマト分離技術(キラル分離樹脂、分子認識樹脂)
0-3-1-14			溶媒分離用技術(分子認識抽出剤の開発)			
0-3-1-15			キラル空間分離技術(空間構造の精密制御によるキラル分離)			
0-3-1-16			高効率生産プロセス用技術	マイクロリアクタ装置技術	プロセス技術(オンサイト・オンデマンド生産、多品種生産、モニタリング)、活性種生成・供給技術(滞留時間極小化、高活性化、活性種瞬時供給)、マイクロ反応容器本体、エネルギー交換器技術、混合器技術、分離器技術、装置技術(耐蝕、耐圧、非閉塞、形状設計)、計測制御技術(小型化、複合化、知能化)、エネルギー供給技術(光、マイクロ波、レーザー、電気エネルギー供給技術)	
0-3-1-17				ナノ・マイクロ空間技術	ナノ・マイクロ空間技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-1-18				MWプロセス装置技術	MWプロセス装置技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-1-19				メンブレンリアクタ装置技術	メンブレンリアクタ装置技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-1-20				擬似移動層装置技術	擬似移動層(SMB)装置技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-3-1	気相プロセス		気相バルク製造プロセス(SiCのレイリー法合成、ダイヤモンド単結晶のプラズマCVD法)			
0-3-3-2			気相薄膜製造プロセス(CVD、PVD、VAD、MBE)			
0-3-3-3			気相微粒子製造プロセス(レーザーアブレーションによる微粒子合成、マイクロ空間利用化学合成)			
0-3-4-1	固相プロセス		固相バルク製造プロセス(焼結、相変態利用組織強化)			
0-3-4-2			固相微粒子製造プロセス(メカニカルミリング)			
0-3-4-3			複合材料技術(アロイ、ブレンド、コンポジット、ハイブリッド)			
0-3-5-1	複合プロセス		高効率セラミックス製造プロセス(エネルギー投入技術、粒子表面修飾、組成傾斜技術)			



部材分野の技術マップ(29/36)

0. 共通基盤技術/材料製造技術/結晶成長技術・結晶性薄膜成長技術

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パラメータ・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標		技術(シーズ的)指標		
										A	B	C	D	E
0-3-6-01	高集積メモリ、LSI用基板	Si	18インチ径Si単結晶	B	450mm径の低転位Si単結晶	CZ法	H	石英るつぼにSi多結晶を收容して溶融し融液を形成。上軸先端に取り付けた種結晶を融液に浸して回転させながら引き上げて単結晶を成長する結晶成長技術。	シーディング、テール形成時の転位発生抑制。結晶の落下防止。析出物の発生抑制。		○	○	○	○
0-3-6-02				B	大口径(100~125mm)、低欠陥・低転位密度・有極性、無極性基板	昇華法	H	黒鉛坩堝にSiC原料および基板を入れ、SiC粉末or多結晶を高温(約2000°C)で昇華させ、低温部に設置した基板上に単結晶成長させる技術。		○	○	○	○	○
0-3-6-03				L~B	大口径、低欠陥・低転位密度・有極性、無極性基板	CVVD法	H	原料ガスとして主にモノシランとプロパン、キャリアガスとして水素を用いる気相成長技術	マイクロパイプフリー、多形制御、多結晶化抑制、伝導性制御、高速成長	○	○	○	○	○
0-3-6-04	パワーデバイス、高温デバイス、GaN系青色・紫外発光素子用ヘテロエビ基板		高純度・低欠陥密度、低転位密度・大面積SiC単結晶(6H,4H,3C)	B	大口径、低欠陥・低転位密度・有極性、無極性基板	高温フラックス法	H	Siとフラックス成分(Ti系など)、基板をカーボン坩堝に入れて高温炉中に保ち溶融育成する技術		○	○	○	○	○
0-3-6-05		SiC		B	6インチ径、低欠陥、低転位、4H-SiC単結晶	液相成長法(MSE:準安定溶媒溶液成長法)	S	Siの極薄液溶媒を介して二枚の多結晶SiC板を対峙させることにより、一方の面に4H多形制御によるSiC種結晶を等温環境にて発生させ、さらに薄液内を横方向に高速成長させる新しい液相成長法。SiC結晶多形間の化学ポテンシャル差のみを成長駆動力に用いることから、温度差が不要。さらにSi溶液への不純物添加なしで低温で高速成長可能。装置構成が単純なため大面積化が容易。一方の多結晶SiC板を単結晶SiCに置き換えることにより高品位エビ成長も可能。	成長機構・欠陥低減化機構の解明と制御、原材料の高純度化、電気特性制御、厚膜化制御	○	○		○	○
0-3-6-06	高周波パワー電子素子		低欠陥2H-SiC単結晶	B	SiCの多形の中で最も禁制帯幅と移動度が大きい材料	Liフラックス法	H	SiとCとLiからなる融液中で、SiとCを反応させ結晶を育成する技術	大型化、育成速度高速化。自然核発生制御、3C-SiC相生成の抑制による2H-SiCの単相化。	○	○	○	○	○
0-3-6-07	省エネ用パワーデバイス		高品位・伝導型制御・多結晶SiC基板	B	粒界・不純物制御による大面積導電性基板	CVVD法	H	多結晶基板上に原料成分を輸送し、基板上で反応させる	粒界制御、エビ層への欠陥引継ぎの抑制				○	○
0-3-6-08	携帯電話用パワーアンプ・スイッチなどの高周波デバイス用基板		8インチ径半絶縁性GaAs結晶	B	200mm径の高抵抗( $\rho > 1E7 \Omega \text{cm}$ )GaAs結晶	LEC法	H	pBNるつぼにGaAs多結晶又はGaとAs、酸化ホウ素を收容し、多結晶を溶融するかGaとAsを反応させて酸化ホウ素で封止されたGaAs融液を形成。上軸先端に取り付けた種結晶を融液に浸して回転させながら引き上げて単結晶を成長する結晶成長技術。	・リニエジ、多結晶化の抑制。・結晶のクラック抑制。・結晶長さ方向の比抵抗均一化。・結晶長尺化。	○	○		○	○
0-3-6-09		GaAs		B	200mm径で転位密度が低い( $EPD < 1E4 / \text{cm}^2$ )、高抵抗( $\rho > 1E7 \Omega \text{cm}$ )GaAs結晶	垂直容器成長法(VB法、VGF法)	H	pBNるつぼにGaAs多結晶を收容して溶融し、下端に收容した種結晶から固化する単結晶成長技術。	・リニエジ、多結晶化の抑制。・結晶長さ方向の比抵抗均一化。・結晶長尺化。	○	○	○	○	○
0-3-6-11	高輝度LED用基板(表示用、プリンタ用LED)		8インチ径導電性GaAs結晶	B	150~200mm径で転位密度が非常に低い( $EPD < 1E3 / \text{cm}^2$ )GaAs結晶			pBNるつぼにGaAs多結晶を收容して溶融し、下端に收容した種結晶から固化する単結晶成長技術。ドーパントとしてSiを添加。	・双晶抑制。・低転位密度化。・結晶長尺化。			○	○	○
0-3-6-12	IC用基板	InP	6インチ径半絶縁性InP結晶	B	150mm径で転位密度が低い( $EPD < 1E4 / \text{cm}^2$ )、高抵抗( $\rho > 1E7 \Omega \text{cm}$ )InP結晶	垂直容器成長法(VB法、VGF法)	H	pBNるつぼにInP多結晶を收容して溶融し、下端に收容した種結晶から固化する単結晶成長技術。ドーパントとしてFeを添加。	・双晶抑制。・低転位密度化。・結晶長尺化。	○	○	○	○	○
0-3-6-13	赤外線センサー、ホール素子	InSb	高純度InSb単結晶	B	高純度(不純物濃度 $< 1E16 \text{cm}^{-3}$ )	チョクラスキー法	H	InSb多結晶原料をるつぼに入れ、上軸先端に取り付けた種結晶を融液に浸して回転させながら引き上げる単結晶成長技術。	・高純度化			○	○	○

- A: 出口への貢献/ポトルネック性
- B: 市場・社会へのインパクト
- C: 技術的優位性
- D: 基盤性
- E: サステナビリティへの寄与

# 部材分野の技術マップ(30/36)

(注)指標はページ左下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パルク・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標		技術(シーズ的)指標				
										A	B	C	D	E		
0-3-6-14	青色・紫外発光デバイス、パワーデバイス・高周波デバイス	GaN	高純度・低転位密度・大面積GaN単結晶	B	6インチ径、低欠陥、低転位、4H-SiC単結晶	液相成長法	H			○	○		○	○		
0-3-6-15						100~150mm径で転位密度の低い(EPD<1E6/cm2)結晶	HVPE法	H	GaCl3とNH3ガスを高温(約1000°C)で反応させ、基板上にGaN結晶を堆積させる。	・大口径化(歪み、クラック、反り)・転位低減・結晶長尺化	○	○	○	○	○	
0-3-6-16						ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	水素化ガリウムを用いたVPE法	H	水素化ガリウムガス、および酸化ガリウムガスを基板上でNH3と反応させて成長させる技術	伝導性制御、低欠陥・低転位密度化、高速成長、大口径化、長時間育成	○	○	○	○	○	
0-3-6-17						ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	金属GaとNH3の直接成長法	H	金属GaとNH3を直接基板上で反応させる技術	伝導性制御、低転位密度化、高速成長、大口径化		○			○	○
0-3-6-18						低転位密度(<1E4/cm2)で2インチ以上のGaN結晶	Naフラックス法	H	Naなどの低融点金属にGaを溶解させ、窒素をガス相から供給してGaN結晶を育成する技術	長時間成長時の不純物汚染抑制、高品質種基板の確保。成長速度と結晶品質のトレードオフ。高圧化による成長高速化。	○	○	○	○	○	
0-3-6-19						低転位密度結晶内部歪みに起因するソリがない大面積基板(任意の方位(無極性、半極性など)の基板)	アモノサルマル法(安熱合成法)	H	超臨界アンモニア中(温度400~600°C、圧力100~300MPa)での溶解析出反応を利用し種結晶上に単結晶を成長させる技術	高温高強度耐食材料による装置製造技術開発、成長速度の向上、不純物制御技術、導電率制御技術(ドーピング)、大型化	○	○	○	○	○	
0-3-6-20						ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	高温高圧法	S	1600°C程度の高温、1~2GPaの高圧化で窒素を溶解し、成長させる技術	伝導性制御、高速成長、大口径化	○	○	○	○	○	
0-3-6-21				緑色LED		無極性GaN結晶	B	50mm径のm面,a面GaN結晶	HVPE法	H	HVPE法でc面厚膜結晶を成長してc面あるいはm面で切断して種基板を採取、または特定方位のサファイア基板上にHVPE法で成長する。	・大口径化(50mm)・厚膜化・導電性制御		○	○	○
0-3-6-23	紫外LED	AlGaN	低転位AlGaN結晶	B	50mm径で転位密度低い(EPD<1E6/cm2)AlGaN結晶	HVPE法	H	GaCl3とAlCl3又はAlCl3とNH3ガスを高温(約1000°C)で反応させ、基板上にAlGaN結晶を堆積させる。	・高Al組成での結晶性・実用的結晶成長速度の実現・厚膜化・低転位密度化。		○	○	○	○		
0-3-6-24	青色・紫外発光デバイス、ハイパワーデバイス・高周波デバイス	AlN	高純度・低転位密度・大面積AlN単結晶	B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	HVPE法	H	塩素ガスと金属Alを反応させて生成したAlCl3をNH3とともに基板上に供給する技術	石英管との反応抑制、石英管軟化温度以下での高速成長、低転位密度化、伝導性制御	○	○	○	○	○		
0-3-6-25	深紫外LED/LD			B	50mm径で転位密度低い(EPD<1E6/cm2)AlN結晶	昇華法	H	AlN粉末or多結晶を高温(約2000°C)で昇華させ、SiCやAlNの基板上に結晶を堆積させる。	・多結晶核発生抑制・大口径化(50mm)・実用的結晶成長速度の実現。	○	○	○	○	○		
0-3-6-26	白色LED、青色LD、高周波パワー電子素子			L	低転位密度(<1E6/cm2)で2インチ以上のAlN結晶	フラックス法	H	Alとフラックス成分、基板を坩堝に入れて高温炉中に設置し、窒素圧と温度を一定に保ち溶液成長させる技術	育成速度高速化、核発生制御、窒素溶解度制御技術	○	○	○	○	○		
0-3-6-27	青色・紫外発光デバイス、ハイパワーデバイス・高周波デバイス			L	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	AION	H	サファイア基板をCO+N2混合ガスで直接窒化し、サファイア基板上にAlNを成長させる技術	伝導性制御、高純度化、高速成長、大口径化		○	○	○	○	○	
0-3-6-28	紫外線発光デバイス	BN	低転位密度・大面積BN単結晶	B	h-BN単結晶	常圧フラックス法	H	アルカリ土類フラックス法で育成する技術	大型化、成長速度高速化、核発生制御、窒素溶解度制御技術	○	○	○	○	○		
0-3-6-29				B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度基板	高温高圧法	S	バリウム系溶媒を用いた高温(1500~1750°C)、高圧(4~4.5万気圧)で合成する技術	伝導性制御、高純度化、高速成長、大口径化	○	○	○	○	○		

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与

# 部材分野の技術マップ(31/36)

(注)指標はページ左下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パルク・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標				
										A	B	C	D	E
0-3-6-30	深紫外LED、パワーデバイス、電子源	ダイヤモンド	低転位密度・大口径ダイヤモンド単結晶	L~B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口徑・低転位密度基板	気相合成法	H	メタンと水素からなる原料ガスをプラズマ中で反応させ、1000°Cの基板上に成長させる技術	単結晶ウエハ作成技術、ホモエピタキシャル成長技術、ヘテロエピタキシャル成長技術、電気伝導制御による低抵抗化	○	○	○	○	○
0-3-6-31					B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口徑・低転位密度基板	高温高圧法	H	カーボンを高温(1500°C)、高圧(5万気圧)下で成長させる技術	核発生制御、高品質高速成長、低圧下ダイヤモンド安定領域での結晶成長	○	○	○	○
0-3-6-32	紫外発光デバイス 紫外線センサー 超高速シンチレータ 耐高温電子デバイス 耐放射線電子デバイス	ZnO	低転位密度・大面積ZnO単結晶	B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口徑・低転位密度・有極性、無極性基板	ハイドロサーマル法(水熱合成法)	H	亜臨界～超臨界の水溶液中(温度300～400°C、圧力80～150MPa)で原料を溶解し種子結晶上へ再析出させることにより結晶を成長させる技術	不純物の低減、低転位化、導電率制御、成長速度の向上	○	○	○	○	○
0-3-6-33						フラックス法	H	酸化マグネシウム、酸化アルミニウムを含むフラックス中に酸化亜鉛を溶解し、基板上に成長させる技術	不純物濃度制御、大口徑化	○	○	○	○	○
0-3-6-34	偏光、アイソレータ	ルチル	単結晶	B	偏光材料	ベルヌーイ法	H	化学量論組成の作製方法	1インチが実現されている。すでに実用化	○		○	○	○
0-3-6-35	青色発光デバイス用基板	サファイア	低欠陥濃度単結晶	B	各種酸化物との格子マッチング性良好	ベルヌーイ法	H	化学量論組成の作製方法	化学組成の制御	○		○	○	○
0-3-6-36			大型バルク単結晶	B	安価、高耐性(耐熱、耐化学薬品)	引き上げ法(C軸引き上げ)	H	坩堝内で原料を熔融させ、種結晶を接触させ引き上げることで単結晶を成長させる技術	a軸引き上げでは既に実用化。材料歩留まり向上のためにはC軸引き上げによる成長が必要。サブグレイインフリー化、ポイド低減、欠陥低減、高品質化	○	○	○	○	○
0-3-6-37	圧電素子、光学素子	SiO2(石英)	低欠陥大型単結晶	B	大型、低コスト、安定供給	水熱合成法	H	高温高圧水溶液中で原料を溶解し、温度差により生じた過飽和度によって種子結晶上に化粧成長させる	既に工業化された技術。特殊な光学用途に向け更なる低歪み化。精密エッチング加工に対応した低転位化、低欠陥化。		○	○	○	○
0-3-6-38	全固体紫外線レーザー光源用波長変換素子	CLBO、CBO、LBO	ポレート系酸化物非線形光学結晶	B	大型非線形光学結晶	高温溶液成長法	H	溶液を攪拌しながら育成する技術	レーザー光出力化、低欠陥化、化学量論組成化、レーザー光発生長寿命化・短波長化	○	○	○	○	○
0-3-6-39		BaB2O4(BBO)	非線形光学結晶	B		準安定相の引き上げ法	H	特殊調合した原料メルトからの引き上げ法により、準安定相を育成することが可能になる	欠陥制御、高速育成	○	○	○	○	○
0-3-6-40	圧電デバイス、可視から赤外域の高効率波長変換素子	LiNbO3, LiTaO3	低欠陥濃度単結晶	B	分極反転などメイン制御可能	2重るつぼチョクラルスキー法	H	原料を供給しながら育成することで極めて化学量論組成に近い結晶育成が可能	量産性の向上	○	○	○	○	○
0-3-6-41	デバイス	Pb(Mg1/3Nb2/3)O3 +PbTiO3 Pb(Zn1/3Nb2/3)O3 -PbTiO3	低欠陥濃度単結晶	B	大型化可能	ブリッジマン法	H	4金属元素を含む単結晶の均質化	組成均一化と低欠陥化		○	○	○	○
0-3-6-42	圧電、強誘電、フォトフレクティブ	BaTiO3	低欠陥濃度単結晶	B	高誘電率	LPE	H	大型化と高品質化	欠陥制御		○	○	○	○
0-3-6-43	大口徑・高品位・低コスト・Ga2O3単結晶基板	Ga2O3	低欠陥濃度・低転位密度・大口徑FeSi2単結晶	B	GaNと格子整合	Fz法	H	溶融体を原料と種ではさんだ上で溶融体を移動させ、結晶を成長	大口徑化		○	○	○	○
0-3-6-44	基板	SrTiO3, 他ペロフスカイト	低欠陥濃度単結晶	B	各種酸化物との格子マッチング性良好	ベルヌーイ法、チョクラルスキー法	H	オーソドックスなバルク成長技術	大型結晶化、低欠陥濃度化		○	○	○	○
0-3-6-45	発光デバイス、太陽電池	β-FeSi2	低欠陥濃度・低転位密度・大口徑FeSi2単結晶	B	高純度の大口徑、低欠陥濃度・低転位密度基板	溶液成長法	S	FeSi2合金をGaまたはZn等の溶媒中に溶解し基板上に成長させる技術	低欠陥濃度、低転位密度、高速成長、大口徑化	○	○	○	○	○

A: 出口への貢献/ポトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与

# 部材分野の技術マップ(32/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パルク・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標					技術(シーズ的)指標					
										A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
0-3-6-46	発光デバイス、太陽電池	カルコバライト型半導体単結晶	低欠陥密度、低転位密度・大面積カルコバライト型半導体単結晶	B	高純度の大口径、低欠陥密度・低転位密度基板	溶液成長法	S	CuI等の溶媒を用いて溶解度を上げ、基板上に成長させる技術	低欠陥密度、低転位密度、高速成長、大口径化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-47	電界センサー(高感度、高速応答)、テラヘルツ波光源(高出力、広帯域)	有機非線形材料	DAST, DASC, BNAなどの有機非線形光学結晶	B	低欠陥単結晶	低温溶液成長法	S	溶液を攪拌しながら育成する技術	高品質化、大型化、核発生制御、クラスター制御、形状制御技術	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-48	有機化合物構造解析(創薬)	有機低分子化合物	各種有機低分子化合物結晶	微小単結晶	単一相単結晶	レーザー核発生法	S	溶液にレーザー照射をして核発生を誘起する方法	多形制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-49	フレキシブル電子デバイス(軽量、低環境負荷)	有機半導体材料	ルブレシ、ペンタセン、フラーレン、チオフェン系化合物などの低分子有機半導体結晶	L	高品質単結晶薄膜・結晶	低温溶液成長法、昇華法、蒸着法	S	溶液攪拌など、結晶周囲環境を均一にして育成する技術	高品質化、核発生制御、クラスター制御、形状制御、基板上への結晶配置	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-50	タンパク質構造解析(医療・創薬・バイオ)	タンパク質	タンパク質結晶	微結晶	高品質結晶	レーザー核発生+溶液攪拌法	S	溶液にレーザー照射をして核発生を誘起し、溶液攪拌により大型高品質結晶を育成する方法	原理の解明と成功確率の向上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-51	リソグラフィ用硝材	フッ化物単結晶	CaF2	B	紫外域での高透過率	引き上げ法	H	坩堝内で原料を溶融させ、種結晶を接触させ引き上げることで単結晶を成長させる技術	ArFレーザー波長193nmにおける透過率、低歪化、低欠陥化、屈折率分布の安定化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-52	リソグラフィ用高屈折率材	フッ化物単結晶	BaLiF3	B	高屈折率、紫外域での高透過率	引き上げ法	H	坩堝内で原料を溶融させ、種結晶を接触させ引き上げることで単結晶を成長させる技術	ArFレーザー波長193nmにおける透過率、低歪化、低欠陥化、屈折率分布の安定化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-53	透明電極	ZnO	透明導電性エピタキシャル薄膜	L	透明性・電気導電性	スパッタ、反応性プラズマ蒸着法、MBE	H	化学量論組成での薄膜堆積ドーバント原子の均一分散	電気特性(抵抗率など)の膜厚依存性と透明性、低温成長	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-54	キャパシタ	チタン系酸化物	組成均質誘電体エピタキシャル薄膜	L	高誘電率、高耐圧、低損失誘電体の大面積化	スパッタ、パルスレーザー堆積法	H	化学量論組成での薄膜堆積と緻密化および低クラック性	高誘電率薄膜開発	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-55	圧電素子	PZT	組成均質圧電エピタキシャル薄膜	L	高いd33値を有する高品質大面積化	スパッタ、パルスレーザー堆積法	H	Pb, Zn, Ti原子の化学量論組成での薄膜堆積と緻密化	大面積化技術確立による低コスト化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-56	圧電素子	非鉛系	組成均質圧電エピタキシャル薄膜	L	高いd33値を有する高品質大面積化	CVD、パルスレーザー堆積法	H	非鉛系原子の化学量論組成での薄膜堆積と緻密化	高品質薄膜と大面積化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-57	不揮発性抵抗変化メモリ	複合金属酸化物	2元系遷移金属酸化物	L	半導体テクノロジーとの整合性が高い	反応性スパッタ成膜	H	酸化状態を制御しながらナノメートルオーダーで金属酸化物を積層する	酸化物の均一性、成膜速度、金属/酸化物界面の平坦性制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-58	廃熱利用、マイクロ発電、電子デバイスの局所冷却や温調	遷移金属酸化物、テルル化物、窒化物、SiGe系	熱電変換素子用薄膜	L	高い熱起電力、低い電気抵抗率と熱伝導率を有し、高性能なバルク熱電材料に匹敵、あるいはこれを凌駕する熱電性能を有する	物理蒸着、化学気相法などさまざまな薄膜製造技術が適用可能	H	良質な結晶性を有する薄膜製造技術に加えて、熱伝導率低減のためのナノ構造(超格子、ナドット等)を導入できる製造技術	・精密な結晶性、ナノ構造制御技術 ・高速製膜、厚膜化技術の開発 ・低コスト基板材料への製膜技術 ・メンブレン構造など、熱の有効利用ができる三次元的な構造の実現	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

A: 出口への貢献/ポトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与



0. 共通基盤技術/材料製造技術/結晶粒制御技術・アモルファス化技術

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標				
								出口(ニール)		シーズ的指標		
								A	B	C	D	E
0-3-7-01	FPD/バックライト・照明	アルカリホウケイ酸ガラス	蛍光材料	ガラス中にナノ〜ミクロンサイズの蛍光結晶が均一に分散した蛍光ガラス	熱処理(分相-結晶化)	溶融後に熱処理法を行い、分相させることで組成を制御した後、ナノ〜ミクロンサイズの蛍光体結晶を有する高輝度なガラスを得る。	・ガラス組成、熱処理条件の最適化による粒子組成、界面状態の制御 ・高濃度分散 ・デバイスへの複合化技術 ・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-02		酸化ガラス	蛍光材料	ガラス中にナノ〜ミクロンサイズの蛍光結晶を析出させることによって得られる蛍光ガラス	熱処理	ガラス組成と熱処理温度を適切に制御することで蛍光体結晶(nm〜μm)を析出させ、高輝度な蛍光板を得る	・ガラス組成、熱処理条件の検討による粒子組成、界面状態の制御 ・高濃度分散 ・デバイスへの複合化技術 ・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-03		酸化ガラス	蛍光材料	ガラスの中に希土類化合物ナノ結晶が析出した透明蛍光ガラス	ナノ細孔利用結晶析出	ナノ細孔を有するガラスの細孔にナノ結晶を析出させ高輝度蛍光ガラスを得る(焼成により緻密化する場合があります)	・構造制御されたナノ母材の低コスト製造方法 ・ナノ構造の制御による高輝度化が容易 ・部材の特徴を生かしたデバイス設計(板材)	○	○	○	○	○
0-3-7-04		酸化ガラス	透明蛍光材料	ガラス膜の中にナノオーダーの微粒子が析出した蛍光ガラス	ゾルゲル法	ゾルゲル法によってナノ粒子蛍光体を内部に固定化して高輝度蛍光ガラスを得る。	・膜、固定化粒子の安定性 ・高輝度化 ・コスト削減 ・ゾルゲル法の生産性の向上	○	○	○	○	○
0-3-7-05	省電力照明	Sr <sub>2</sub> MgSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 系	蓄光材料	ケイ酸系のガラス中に希土類化合物ナノ結晶が析出した蓄光材料	熱処理(分相法を含む)	溶融-熱処理によってμm〜nmのサイズの蓄光体結晶を生成させたガラスを得る。	・発光保持時間長寿命化(熱処理条件、ガラス母組成) ・新規な高性能蓄光材料組成の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-06	(光学)異方性フィルム	ポリオレフィン	結晶構造制御材料	分子配向を自在に制御した力学的異方性材料	異方性結晶制御技術	結晶の成長方向を制御することにより、流動方向のみならずさまざまな方向への分子配向を可能とする	分子構造設計と触媒、重合方法の探索 もしくは助剤、加工方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-07	光操作素子	BaO-TiO <sub>2</sub> -GeO <sub>2</sub> , BaO-TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> 等	非線形光学材料(SHG発生)	ガラス内部・表面に結晶層が析出した波長変換材料	熱処理、電場-熱ポリング	ガラス基板を熱処理することでナノ結晶相を選択的に析出させたガラス(熱)、ナノ結晶化ガラス表面に電場を印加し、熱処理をすることで結晶方向を配向させたガラス。(電場)	・配向制御 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-08		各種酸化物(Ba <sub>2</sub> TiO <sub>6</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> など)	非線形光学材料(SHG発生)	ガラスの特定部位にナノ結晶が析出または、配向したナノ結晶が析出したガラス。	レーザー照射	レーザー照射によって結晶の位置や配向を制御したガラス	・配向制御 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-09		フッ化物ガラス、酸化ガラス	波長変換、光増幅材料	ガラス中に波長変換能を有するナノ結晶が存在するガラス	熱処理	熱処理によってナノサイズ結晶を内部に析出したガラスを得る	・組成の最適化 ・適切なデバイス作製方法	○	○	○	○	○
0-3-7-10	レーザー発振、高屈折レンズ	BaTi <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	真球ガラス高屈折率	通常の急冷法で作製不能なガラス	浮遊溶融法	無容器プロセスによる新規材料作製法	高速化と大型化	○	○	○	○	○
0-3-7-11	窓材	TiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 系	光触媒用材料	ガラスの内部、または表面にチタニアが分散した光触媒用材料	熱処理	溶融-熱処理によりガラス中(表面)にチタニアを選択的に析出させたガラス	・実用化可能なコスト、耐久性を満たす組成開発	○	○	○	○	○
0-3-7-12	透明プラスチック代替	ポリオレフィン	高透明	球晶サイズの均一・微細による高透明材料	微細球晶の形成技術	・溶融時における結晶前駆体の制御 ・γ晶生成制御による超高密度化 ・超臨界利用による造核剤の微分散化 ・末端修飾ポリプロピレンと造核剤の反応制御による微分散化	結晶核剤の分散状態の制御	○	○	○	○	○
0-3-7-13		ポリエチレン	透明材料、接着材料	極性基・分岐構造含有ポリエチレン	極性基・分岐構造含有ポリマー製造技術	超高压ラジカル重合法で製造している極性基含有ポリエチレンを、低圧触媒重合法で製造することで、省エネルギー化とポリマー分岐構造制御による高品質化(高強度材料)を図る。	・新規シングルサイト重合触媒の開発 ・分子構造設計と触媒、重合方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-14		ポリオレフィン	ナノ結晶	らせん構造精密制御により微細結晶	分子構造制御技術	・連鎖長を精密制御したポリオレフィン ・剛直モノマーユニットを導入したポリオレフィン	触媒、重合技術の開発	○	○	○	○	○
0-3-7-15		各種金属酸化物系ナノ粒子	電子デバイス用材料	数ナノnm〜数10nmの粒径の金属酸化物および金属の高結晶化粒子	CVD法、PVD法、溶液反応法など	気相、液相中でのnmオーダー微粒子の製造	微粒高結晶と溶液中の分散性の両立	○	○	○	○	○
0-3-7-16	配向性セラミックス	無鉛圧電デバイス用材料	Sr-Bi-Nb-O系など、無鉛圧電材料の結晶方位を任意の方向にそろえたセラミックス	テンプレート焼結法、一方凝固法など	テンプレート(種結晶)や温度勾配により結晶方位制御しながら焼結させる	所望の圧電特性を満たす結晶配向構造を実現するための焼結プロセス制御	○	○	○	○	○	
0-3-7-17	電子部品用材料	多層構造セラミックス	テラヘルツデバイス用材料	電磁波の特性波長に整合した周期構造(1次〜3次元)を持つセラミックス	積層焼結法など	電磁波の変調にかなうフォトニック結晶構造体を成型して焼結	電磁波変調にかなう周期構造と精度を持った構造体実現	○	○	○	○	○
0-3-7-18	有機無機コンポジット	フィルムコンデンサ用材料	10nm以下のセラミック粒子をポリプロピレン系などの有機系材料のマトリックスが囲んだ構造の数μm厚みのシート	混練・延伸法など	高分子材料とnmオーダー無機材料のコンポジット化	有機マトリックス中への無機粒子の分散技術	○	○	○	○	○	

A: 出口への貢献/ポトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(34/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標					
								出口(二)		シーズ的指標			
								A	B	C	D	E	
0-3-7-19		強相関電子系材料	スイッチングデバイス用材料	粒内、粒界の原子レベルでの構造制御	焼結法、スパッタ法など	製造法としてバルク体焼結法と薄膜法の両方の可能性がある	特性発現のための粒界構造制御	○	○	○	○	○	
0-3-7-20		半導体配線	Cu, Ag等の高電気伝導度材料	高耐久性配線材料	結晶粒径が50nm以下のナノ結晶材料の内部に数nmの間隔でツイン(双晶)が形成された金属配線材料	ナノ制御電解析出技術	溶液中に電圧を負荷し析出させる電解析出法等で製造する。	・ナノ組織制御安定化技術の確立 ・インプロセス残留応力除去技術の確立 ・水素等不純物除去技術の確立	○	○	○	○	○
0-3-7-21		高精度磁気センサ	金属ガラス	高透磁率・低鉄損磁気センサ素子	ナノ結晶化組織制御された金属ガラスによる高透磁率・低鉄損特性	熱処理によりナノ組織を最適化制御した金属ガラス軟磁性材料	金属ガラス軟磁性材料の熱処理等によるナノ組織制御技術	・デバイスに合致した金属ガラスの特性制御 ・低コスト高スループット生産プロセス確立	○	○	○	○	○
0-3-7-22		硫化物ガラス	リチウムイオン電池用固体電解質	アモルファスのリチウムイオン伝導性ガラス	メカノケミカル	メカノケミカル法によりアモルファス化して高いイオン伝導性ガラスを得る。	コンポジット化等のデバイス化技術	○	○	○	○	○	
0-3-7-23		硫化物ガラス・セラミックス	リチウムイオン電池用固体電解質	メカノケミカル法、超急冷法を用いて作製した硫化物ガラスを加熱結晶化する。または硫化物融液を冷却凝固することにより、焼成法では安定に製造できない高伝導結晶相を析出させる	ガラスの熱処理、融液凝固	超急冷法によりガラス中に焼成法では安定に製造できない高伝導結晶相を析出させる	・結晶相の濃度向上、熱的安定化 ・新規組成の探索 ・接合等のデバイス化技術	○	○	○	○	○	
0-3-7-24		CsHSO4ガラス	燃料電池用プロトン電解質材料	シリカ等の酸化物ガラス中にCsHSO4のナノ結晶が存在するプロトン伝導性材料	ナノ細孔利用結晶析出	貫通したナノ細孔中に伝導性結晶相を析出させることにより、得られる高プロトン伝導電解質	・組成の改良による安定性の向上 ・デバイス化技術		○	○	○	○	
0-3-7-25		量子ドット系材料	表示素子、太陽電池、医療用等材料	10nm以下の半導体(金属・酸化物)粒子、およびこの粒子を有機系のマトリックスが囲んだ構造の材料	溶液反応法など	10nm以下の半導体粒子の製造と有機系界面活性剤の付与	量子効果が発現する粒径の精密制御、マトリックス中での自己配列化、Cdなどの有害物質のフリー化	○	○	○	○	○	
0-3-7-26		燃料電池用材料	チタン・チタン合金	燃料電池用セパレータ	結晶粒径が1μm以下でランダムな結晶方位集合組織を持つチタン材料	微細複相組織創製技術	純チタン、αもしくはnear α合金、700℃程度の温度領域で累積しずみ2程度の強さみ塑性加工を施す。	・最適な加工前組織制御および温間加工技術の確立		○	○	○	○
0-3-7-27		MgB2系超電導材料	超伝導線材	超伝導線材	極微細なMgB2粉末が金属ソース内に充填されたテープ状あるいはワイヤー状の超伝導線材	微細粉末を用いた高密度微細構造生成技術	微細原料粉末(Mg+B)を金属管に充填して、線材に加工後、熱処理をする。	・線材におけるMgB2コア充填率の向上 ・MgO2結晶粒の微細化による磁束ピン止め効果の導入 ・MgOなどの不純物の低減による超伝導電流経路の確保	○	○	○	○	○
0-3-7-28		超伝導線材	ビスマス系超電導材料	超伝導線材	微細なビスマス系酸化物超伝導体フィラメントが金属(銀)基材に多数埋め込まれたテープあるいはワイヤー状の超伝導線材	加工・熱処理法による高密度、高配向度結晶集合体製造技術	原料粉末を金属管に充填して丸棒に加工し、これらを再度金属管に充填してテープやワイヤーに加工する。その後熱処理し、再度加工を行って最終線材とする。	1) 線材におけるビスマス系酸化物超伝導体結晶の充填率の向上 2) 線材におけるビスマス系酸化物超伝導体結晶のc軸配向度の向上 3) ビスマス系酸化物超伝導体結晶の粒界における不純物相の低減		○	○	○	○
0-3-7-29		Nb3Al化合物超電導材料	超電導線材	超電導線材	微細なNb3Al超伝導体フィラメントが金属基材に多数埋め込まれたテープあるいはワイヤー状の超伝導線材	急加熱・急冷/変態法による微細結晶製造技術	Nb/Alの金属複合前駆体線材を急加熱・急冷させて得たNb-Alの準安定なbcc過飽和相から、化学量論組成のNb3Al微細結晶を析出させる。	1) 線材中のNb3Al結晶の更なる微細化 2) 線材中のNb3Al結晶粒内における双晶などの構造制御 3) 線材中のNb3Al結晶の組成揺らぎの制御		○	○	○	○
0-3-7-30		磁石・モーター用部材	Nd-Fe-B系	バルク型異方性ナノコンポジット磁石材料	均一の超微細結晶が高配向したナノ構造材料	拘束型巨大ひずみ負荷・異方性制御技術	最適組成の鑄造材を、密閉圧延あるいは押し出し成形機を用いて、高ひずみ付与する事で配向させる	鑄造材組成の最適化、局所的不均一変形による元素偏析の軽減、微細化プロセス条件の最適化	○	○	○	○	○
0-3-7-31		メモリ	Fe2O3-BaO-SiO2系	磁性材料	ガラスの内部にフェライトが配向して存在するガラス	圧伸-熱処理	溶融-双ロール法により特定方向に相させたガラスからフェライト粒子を析出させたガラス	・配向制御 ・適切なデバイス設計		○	○	○	○
0-3-7-32		精密部品	ナノ結晶分散金属ガラス	高強度精密機械部品	金属ガラスにナノ結晶等を分散させた高強度、耐摩耗性等に優れた部材	急冷・ナノ結晶析出制御技術	高度に成分(組成)設計された金属ガラスを熱処理することでナノスケールの析出相を得る。	組成の最適化とコストダウン。熱処理方法の検討。熱処理にともなう構造緩和と脆化の抑制。ニーズ開拓。	○	○	○	○	○
0-3-7-33		小型機械部品	高延性金属ガラス	高強度高延性精密機械部品	金属ガラスの安定化局所構造を利用した延性に優れた高強度、耐摩耗性等に優れた部材	合金設計技術および急冷・核生成制御技術	核生成制御された安定化局所構造を有する延性と機械的特性に優れた金属ガラス。	合金設計(組成の最適化)とコストダウン。作製技術の検討。ニーズ開拓。	○	○	○	○	○
0-3-7-34		超精密微細成型用金型	金属ガラス	ナノ形状転写用金型	非晶質構造に起因するナノ形状精度部材	金属ガラスの過冷却液体状態を利用したナノインプリント技術	過冷却液体温度領域に加熱した金属ガラスに金型モデル形状を転写することにより超精密微細成型用金型の量産が可能	材料のコストダウン。量産化技術、材料の品質保証		○	○	○	○
0-3-7-35		ナノインプリント用部材	金属ガラス	ナノインプリント用金属材料	高性能構造材料、耐食・磁性等高機能材料、超精密微細成形特性	プリフォーム鑄造と粘性成形加工	精密鑄造、射出成形等一次加工によるプリフォームの形成と過冷却液体温度領域での粘性加工による超平面部材の創製	材料のコストダウン。量産化技術、材料の品質保証		○	○	○	○
0-3-7-36		個人認証ホログラム	金属系	金属ガラス薄膜ホログラム	ナノレベル転写金属ガラス薄膜	金属ガラスの過冷却液体状態を利用したナノインプリント技術	ガラス遷移温度以上に加熱した金属ガラスに精密転写型を押し付け、表面に微細パターンを創製しホログラムとして活用する	・金属ガラス薄膜の創製プロセスの開発 ・インプリント用微細パターン金型の創製 ・インプリントの大量生産技術確立		○	○	○	○

- A: 出口への貢献/ボトルネック性
- B: 市場・社会へのインパクト
- C: 技術的優位性
- D: 基盤性
- E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(35/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標						
								出口(二)		シーズ的指標				
								A	B	C	D	E		
0-3-7-37	航空機材料	チタン合金	航空機用部材	母相β結晶粒径が5μm以下で、0.1ミクロン以下のα析出相を均一分散させた複合組織	微細複相組織創製技術	溶解法や粉末法でバルク体を形成したのちに熱間/温間加工熱処理を行う。	・粒成長を抑制する第二相粒子の微細分散化技術の確立 ・加工熱処理条件の最適化 ・材料化学成分の低コスト化 ・室温延性の確保	○				○	○	
0-3-7-38		Ti系耐熱材料	ジェットエンジンタービンブレード	母材結晶粒径が10μm以下で、1ミクロン以下の析出相を分散させた複合組織	微細複相組織創製技術	溶解法や粉末法でバルク体を形成したのちに熱間加工熱処理を行う。	・強化粒子の微細分散化技術の確立 ・熱間温間加工熱処理条件の最適化 ・材料化学成分の低コスト化 ・室温延性の確保	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-39		自動車・航空機用構造材	Al-Fe系	高強度材料	ナノ結晶部材	超急冷・ナノ結晶化複合技術	急冷凝固技術の最適制御(Fe-Feダイマーの高密度化)によるナノ結晶化	超急冷法の新規技術の構築	○	○	○	○	○	○
0-3-7-40		環境エネルギー	Mg-Ca系	耐熱・高強度部材	微細均一組織を有する構造材料	超急冷大型連続鍛造技術	急冷連続鍛造による塊組織の微細均一化	急冷技術の大型化、溶湯の均一性の確保、脱ガスなどの溶湯処理技術の確立	○	○	○	○	○	○
0-3-7-41			チタン合金	自動車用車体部材	結晶粒径が1μm以下のαおよびβ相とランダムな結晶方位集合組織を持つチタン材料	微細複相組織創製技術	最適組成の鍛造材に熱間/温間で加工熱処理を施す。	・鍛造組成の最適化 ・低温/高速超塑性加工技術の確立 ・製造コストの低減	○			○	○	○
0-3-7-42			Fe系軽量金属材料	車両フレーム軽量プレス部材	母材が集合組織制御された微細結晶粒(2μm以下)からなり、ナノメートル・オーダーの析出粒子が均一分散された鉄鋼材料薄板	微細複相組織創製技術	連続鍛造により作製したスラ部材に加工熱処理を施す。	・低温圧延技術の確立 ・圧延後急速冷却技術の確立 ・製造負荷を低減可能なプロセス条件の最適化		○	○	○	○	○
0-3-7-43			Mg系	車両フレーム部材	母材が微細結晶粒(2μm以下)からなり、ナノメートル・オーダーの準結晶粒子が均一分散されたMg合金	巨大ひずみ加工制御技術	圧延や押出加工のプロセス温度と速度を高精度に制御し、強ひずみ加工を施す	大型化技術の構築	○	○	○	○	○	○
0-3-7-44			Mg系軽量金属材料	車両フレーム軽量部材	母材が微細結晶粒(2μm以下)からなり、ナノメートル・オーダーの準結晶粒子が均一分散されたMg合金	ナノ準結晶分散制御技術	圧延や押出加工のプロセス温度と速度を高精度に制御し、強ひずみ加工を施す	・マイクロメートル・オーダー粗大準結晶相の微細分散化 ・準結晶相体積率低減による希土類元素の使用量削減 ・希土類フリー準結晶相の探索 ・母相結晶粒の超微細化 ・母相結晶方位ランダム化促進加工プロセス開発	○	○	○	○	○	○
0-3-7-45			鉄鋼	超微細フェライト粒高強度熱延薄鋼板	粒径約1μmの超微細粒フェライト組織を有する単相または複相組織鋼材	超微細粒薄板熱延法	多パス高圧下仕上げ圧延とその後の急冷により板厚1~5mmの熱延薄鋼板を製造	高炉一貫製鉄所用の大型設備設計技術および、大量生産操業技術の確立	○	○	○	○	○	○
0-3-7-46			鉄鋼	超々微細フェライト粒組織を有する純鉄系熱延鋼板	粒径0.1μmレベルの極細粒フェライト組織の純鉄系鋼材(純鉄系超強度材:現時点での究極の鉄鋼材料)	超超微細粒薄板熱延法	フェライト温度域で大せん断歪を付与できる圧延加工により板厚1~5mmの薄板を製造する方法	材料基本特性の解明と大型材料の製造プロセス確立(現状は20φ×11程度の微小バルク材製造が限界)	○	○	○	○	○	○
0-3-7-47	ポリエチレン		結晶構造制御材料	伸び切り鎖結晶の制御	伸びきり鎖結晶製造技術	・絡み合いを抑制できる構造もしくは成形を可能とする ・重合場の制御で重合しながら伸びきり結晶もしくは編み込んだロープ構造を作る	・伸び切り易い樹脂構造と成形方法の探索 ・触媒、反応場、伸び切り、もしくは編む機構の探索	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-48	ポリプロピレン		発泡材料	微細セル・高発泡倍率・高剛性・高耐熱性が特徴となるポリプロピレン系発泡材料	半溶融状態成形技術	結晶融解挙動を制御し、半溶融状態における弾性を利用することで優れた発泡体を得る	半溶融状態の制御	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-49	ポリプロピレン		耐衝撃性高結晶性	高いアモルファス成分を含有する高結晶化度のポリプロピレン	高耐衝撃性高結晶性PP製造技術	・高結晶性インバクトコポリマー製造触媒の開発(高結晶性ポリプロピレン製造用触媒+高ゴム成分の合成) ・微細混練化技術	プロピレン重合触媒の立体特異性の高度化並びに高ゴム成分の微分散化	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-50	ポリプロピレン	高結晶性	高結晶化度	高結晶性PP製造技術	高結晶性ポリプロピレン製造用触媒の開発(高立体特異性化、造核作用成分含有)	プロピレン重合触媒の立体特異性の高度化並びに高効率な造核形成	○	○	○	○	○	○		
0-3-7-51	ポリオレフィン	ナノ核剤、高結晶材料	ナノ技術による低エネルギーで本来混合が困難な物質を混合し物性改良を図る ポリオレフィン非晶部分に数十ナノメートルの改質無機フィラーを低エネルギーで混練を行ない物性向上を図る	ポリオレフィン系ナノコンポジットの分散性制御技術	・新製造核剤の開発 ・微細混練化技術	核剤の分子設計・分散技術	○	○	○	○	○	○		
0-3-7-52	建築用構造材	Fe系高靱性材料	シャフトやボルト	結晶粒径が1μm以下で特定の結晶方位集合組織を持つ鉄鋼材料	微細複相組織創製技術	化学成分は従来材と同じ。500°C程度の温度領域で累積ひずみ2程度の塑性加工を施す	・最適金属組織と破壊機構の確立 ・金型を含めた温間加工技術の確立	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-53	Fe-Cr系耐熱材料	発電プラントボイラタービン用パイプ	Cr濃度の低いレスアロイ(9%Cr程度)でも、表面にCrが異常に濃化したCr2O3のナノスケールの酸化被膜が形成された構造材料	表面ナノスケール形成予酸化技術	Arガス中予備酸化等のプロセス条件と微量Si等の材料条件の最適化。熱間鍛造熱間圧延の通常プロセス後に熱処理を行う。	・環境条件最適化(酸素分圧、予備酸化温度時間など) ・材料条件最適化(Cr、Si濃度、転位密度など) ・Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ナノ酸化スケールの密着性、耐く離性の評価試験法確立	○	○	○	○	○	○		

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(36/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標					
								A	B	C	D	E	
0-3-7-54	プラント用配管	Fe-Cr系耐熱材料	発電プラントボイラ・タービン用パイプ	粒界に100nm以下のM23C6炭化物が長時間まで均一に微細分散する構造材料	粒界第2相の粒成長抑制技術	ボロンと窒素の添加量最適化。100-150ppmボロン添加と、窒素は80ppm以下に制御。	・窒素濃度制御溶解技術(80ppm以下) ・ボロン分布の解析評価技術(粒界偏析、第2相中濃縮など) ・ボロン化合物の観察-評価技術(窒化ホウ素、タングステンボライドなど)			○	○	○	
0-3-7-55		Fe-Cr系耐熱材料	発電プラントボイラ・タービン用パイプ	溶接熱影響部でも細粒化せず、母材と同じサイズの結晶粒(50-100μm)を有する溶接継手	溶接熱影響部の細粒化抑制技術	ボロンと窒素の添加量最適化。100-150ppmボロン添加と、窒素は80ppm以下に制御。従来の溶接施工法(ガスタングステンアーク溶接)の適用。	・窒素濃度制御溶解技術(80ppm以下) ・ボロン化合物の観察-評価技術(窒化ホウ素、タングステンボライドなど) ・溶接欠陥解析技術(高温割れ評価など)			○	○	○	
0-3-7-56		プラント用・船舶用構造材	高耐食性金属ガラス	高耐食性部材	高耐食性金属ガラス被覆部材	溶射法により高耐食性金属ガラスが被覆された部材	溶射法による金属ガラスの被覆および被覆材の過冷却液体領域での精密加工	基材界面との接合強度、溶射材の密度、コストダウン		○	○	○	○
0-3-7-57			鉄鋼	超微細粒組織を有する厚鋼板	板厚方向に部分的あるいは全面に1μmレベルのフェライト粒など超微細粒組織を含む厚鋼板	超微細粒厚板圧延法	過冷却オーステナイト温度域あるいはフェライト温度域での大圧下レバース圧延+急冷プロセスにより板厚10~50mmの厚鋼板を製造する方法	大圧下圧延用耐高荷重圧延設備技術と大型設備の設計技術及び大量生産操業技術	○	○	○	○	○
0-3-7-58		汎用機能材料	金属ガラス	エネルギー吸収部材	金属ガラスからなる多孔質体	ポーラス化粘性流動変形	金属ガラス中に発泡剤もしくは高圧気泡を分散させ過冷却液体状態の粘性流動によって発泡し、ポーラス化する	ポーラス孔の寸法制御、分布制御。	○	○	○	○	○
0-3-7-59		精密加工技術	Fe-Cr系	超微細細線	異なる形状断面(マイクロオーダー)	超精密異形状断面線引き成形加工技術	最適組成の素材をベースに、高精度伸線技術(金型技術)により製造する	素材の組成および組織の最適化、金型素材の最適化、潤滑問題の最適化、引き抜き設備の改良など	○	○	○	○	○
0-3-7-60		高リサイクル性軟質プラスチック	ポリオレフィン	ナノ結晶	主鎖非晶性、長鎖α-オレフィン側鎖結晶により微細結晶化	透明軟質ポリオレフィン製造技術	主鎖非晶/側鎖結晶性を持つポリオレフィン	触媒、重合技術の開発	○	○	○	○	○
0-3-7-61			ポリオレフィン	結晶構造制御材料	結晶部位がきちんと分子鎖につながった構造	結晶構造制御技術	分子内の結晶部位と非晶部位の規制	分子構造設計と触媒、重合方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-62		省エネルギー(プラスチック)+高機能化	ポリオレフィン	高機能性材料	高温熔融重合による直接成形	高温低圧チューブラー反応器重合技術+高温熔融重合技術	プラグフロー可能なチューブラー型反応器により「高温低圧気相重合」を行い、機能性付加のため各種の共重合を行えるようにする。最終的に重合熱を利用して、パウダーを溶融し、ペレット化せず、直接成型機に供給する。グレード切替の速い小型反応器で「高温高圧熔融重合」を行い、溶融状態のポリマーを、ペレット化せず、直接成型機に供給する究極の重合プロセスを開発する。既存の造粒工程と成形工程で重複する再溶融過程を省き、大幅な省エネを図る。	・高温超高活性触媒の開発 ・気相法チューブラー反応器の開発 ・直接成形システムの開発	○	○	○	○	○
0-3-7-63		安全・安心	建築用耐火鋼材	Fe系耐火合金材料	高層ビル用耐火鋼材	600°C以上の鉄原子が動き始める温度域で固溶元素やピンニング、粒界構造により鉄の軟化挙動を抑制できる組織構造材料	鉄鋼製造プロセス冷却能自在制御製造技術	汎用の高炉法プロセスで、その鋼材製造プロセスの熱処理、冷却技術を駆使し、材料設計をナノレベルで制御可能な技術	・鋼と被覆材の組合せ技術 ・単独鋼材における700°C以上での降伏耐力の維持 ・将来的には構造工学設計とのマッチング	○	○	○	○
0-3-7-64	ガスバリア膜		ポリエチレン	高結晶材料	トランスクリスタルの生成により結晶化度を十分に高めた高剛性/高ガスバリア性ポリエチレン	高結晶層を形成した積層フィルム製造技術	結晶核剤となる基材に押出コーティングし、成形条件を制御することでトランスクリスタルの成長を促す	・結晶核剤となる基材の探索 ・成形条件の制御	○	○	○	○	○
0-3-7-65	イノベティブ用補助材料		金属系	ポーラス金属ガラス製生体適合材料	ポーロシティ制御金属ガラス	ポーロシティ制御による機械的性質を最適化した生体適合材料	高圧水素中で溶解した金属ガラス形成合金溶湯を急冷することによるポーラス金属ガラスの創製技術	・ポーラス金属ガラスの創製プロセス確立 ・医学と工学の異分野連携研究開発 ・金属ガラスの生体適合性検証		○		○	
0-3-7-66	医用材料		チタン合金	民生/生体用の超弾性合金薄膜およびワイヤー	超微細ナノ結晶の高度配向組織	巨大歪み加工・異方性制御技術	最適組成の鍛造材を、冷間強圧延あるいは伸線で高ひずみ付与し結晶配向させる	・鍛造材組成の最適化 ・強冷間圧延、伸線技術の確立 ・制御冷却技術の確立	○		○	○	○

A: 出口への貢献/ボトルネック性  
 B: 市場・社会へのインパクト  
 C: 技術的優位性  
 D: 基盤性  
 E: サステナビリティへの寄与



[トップ](#) > [科学技術・学術](#) > [科学技術・学術の振興](#) > [科学技術基本計画](#) > [科学技術基本計画について](#)

## 科学技術基本計画について

平成18年3月28日  
閣議決定

政府は、科学技術基本法(平成7年法律第130号)第9条第1項の規定に基づき、平成18年度から5か年の科学技術基本計画を[別紙](#)のとおり定める。

[文部科学省ホームページトップへ](#)

[ページの先頭に戻る](#)

[会見・報道・お知らせ](#) [政策・審議会](#) [白書・統計・出版物](#) [申請・手続き](#) [文部科学省の紹介](#) [教育](#)  
[科学技術・学術](#) [スポーツ](#) [文化](#)

[ご意見・お問合せ](#) [プライバシーポリシー](#) [リンク・著作権について](#) [アクセシビリティへの対応について](#)

文部科学省 〒100-8959 東京都千代田区霞が関三丁目2番2号  
電話番号:03-5253-4111(代表) 050-3772-4111 (IP 電話代表) [案内図](#)

(別紙)

## 科学技術基本計画

## 目次

はじめに	1
第1章 基本理念	2
1. 科学技術をめぐる諸情勢	2
（1）科学技術施策の進捗状況	2
① 政府研究開発投資総額	2
② 科学技術の戦略的重点化	2
③ 競争的な研究開発環境の整備等研究開発システムの改革	3
④ 産学官連携その他の科学技術システムの改革	3
（2）科学技術施策の成果	3
（3）科学技術をめぐる内外の環境変化と科学技術の役割	4
2. 第3期基本計画における基本姿勢	5
（1）社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術	6
（2）人材育成と競争的環境の重視 ～ モノから人へ、機関における個人の重視	6
3. 科学技術政策の理念と政策目標	7
（1）第3期基本計画の理念と政策目標	7
（2）科学技術による世界・社会・国民への貢献	9
4. 政府研究開発投資	10
第2章 科学技術の戦略的重点化	11
1. 基礎研究の推進	11
2. 政策課題対応型研究開発における重点化	12
（1）「重点推進4分野」及び「推進4分野」	12
（2）分野別推進戦略の策定	12
（3）「戦略重点科学技術」の選定	13
3. 分野別推進戦略の策定及び実施に当たり考慮すべき事項	13
（1）新興領域・融合領域への対応	13
（2）政策目標との関係の明確化及び研究開発目標の設定	14
（3）戦略重点科学技術に係る横断的な配慮事項	14
① 社会的課題を早急に解決するために選定されるもの	14
② 国際的な科学技術競争を勝ち抜くために選定されるもの	14
③ 国家的な基幹技術として選定されるもの	14
（4）分野別推進戦略の効果的な実施 ～ 「活きた戦略」の実現	15

第3章 科学技術システム改革	15
1. 人材の育成、確保、活躍の促進	15
(1) 個々の人材が生きる環境の形成	15
① 公正で透明性の高い人事システムの徹底	15
② 若手研究者の自立支援	16
③ 人材の流動性の向上	17
④ 自校出身者比率の抑制	17
⑤ 女性研究者の活躍促進	17
⑥ 外国人研究者の活躍促進	18
⑦ 優れた高齢研究者の能力の活用	18
(2) 大学における人材育成機能の強化	19
① 大学における人材育成	19
② 大学院教育の抜本的強化	19
③ 大学院教育の改革に係る取組計画の策定	19
④ 博士課程在学者への経済的支援の拡充	20
(3) 社会のニーズに応える人材の育成	20
① 産学が協働した人材育成	20
② 博士号取得者の産業界等での活躍促進	20
③ 知の活用や社会還元を担う多様な人材の養成	21
(4) 次代の科学技術を担う人材の裾野の拡大	22
① 知的好奇心に溢れた子どもの育成	22
② 才能ある子どもの個性・能力の伸長	22
2. 科学の発展と絶えざるイノベーションの創出	23
(1) 競争的環境の醸成	23
① 競争的資金及び間接経費の拡充	23
② 組織における競争的環境の醸成	23
③ 競争的資金に係る制度改革の推進	24
(2) 大学の競争力の強化	25
① 世界の科学技術をリードする大学の形成	25
② 個性・特色を活かした大学の活性化	26
(3) イノベーションを生み出すシステムの強化	26
① 研究開発の発展段階に応じた多様な研究費制度の整備	27
② 産学官の持続的・発展的な連携システムの構築	28
③ 公的部門における新技術の活用促進	30
④ 研究開発型ベンチャー等の起業活動の振興	30
⑤ 民間企業による研究開発の促進	31

(4) 地域イノベーション・システムの構築と活力ある地域づくり	31
① 地域クラスターの形成	31
② 地域における科学技術施策の円滑な展開	31
(5) 研究開発の効果的・効率的推進	32
① 研究費の有効活用	32
② 研究費における人材の育成・活用の重視	33
③ 評価システムの改革	33
(6) 円滑な科学技術活動と成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消	34
3. 科学技術振興のための基盤の強化	34
(1) 施設・設備の計画的・重点的整備	34
① 国立大学法人、公的研究機関等の施設の整備	34
② 国立大学法人、公的研究機関等の設備の整備	35
③ 公立大学の施設・設備の整備	36
④ 私立大学の施設・設備の整備	36
⑤ 先端大型共用研究設備の整備・共用の促進	36
(2) 知的基盤の整備	36
① 知的基盤の戦略的な重点整備	36
② 効率的な整備・利用を促進するための体制構築	37
(3) 知的財産の創造・保護・活用	37
(4) 標準化への積極的対応	38
(5) 研究情報基盤の整備	38
(6) 学協会の活動の促進	39
(7) 公的研究機関における研究開発の推進	40
4. 国際活動の戦略的推進	40
(1) 国際活動の体系的な取組	40
(2) アジア諸国との協力	41
(3) 国際活動強化のための環境整備と優れた外国人研究者受入れの促進	41
第4章 社会・国民に支持される科学技術	41
1. 科学技術が及ぼす倫理的・法的・社会的課題への責任ある取組	42
2. 科学技術に関する説明責任と情報発信の強化	42
3. 科学技術に関する国民意識の醸成	43
4. 国民の科学技術への主体的な参加の促進	43
第5章 総合科学技術会議の役割	43
1. 運営の基本	43

2. 具体的取組	44
（1）政府研究開発の効果的・効率的推進	44
（2）科学技術システム改革の推進	44
（3）社会・国民に支持される科学技術	45
（4）国際活動の戦略的推進	45
（5）円滑な科学技術活動と成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消	45
（6）科学技術基本計画の適切なフォローアップとその進捗の促進	45

## はじめに

資源に乏しい日本が人類社会の中で名誉ある地位を占めていくことは決して容易なことではない。日本の未来を切り拓く途は、独自の優れた科学技術を築くことにかかっている。一こうした考えの下、我が国は「科学技術創造立国」を国家戦略として打ち立てた。科学技術基本法を制定し、その下で科学技術基本計画（以下「基本計画」という。）に基づく総合的施策を強力に推進してきた。すなわち、平成8年度から12年度を期間とする第1期基本計画、そして平成13年3月に閣議決定された、第2期基本計画（計画年度：平成13年度から17年度）である。

第1期及び第2期基本計画は、我が国経済がバブル経済崩壊後の長期的停滞に苦しむ中で策定、実施されてきた。厳しさを増す財政状況の中でも政府研究開発投資が拡充されるとともに、基礎研究の推進と国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化等による科学技術の戦略的重点化や、競争的資金の拡充や制度改革による競争的な研究開発環境の整備、さらには国立試験研究機関や国立大学の法人化等の構造改革が実施されてきた。

第3期基本計画策定に臨む今、我が国経済はようやく長期的停滞を脱却し、持続的な成長過程に移行する兆しを見せ始めている。科学技術の分野においても、第1期及び第2期基本計画の下での粘り強い政策的努力により、世界をリードする論文や研究成果の出現に加え、先端的な研究成果が画期的な産業化につながる例も出始めている。民間部門の競争力の根源がその国の科学技術力に依拠している現実に鑑みれば、第3期基本計画の期間（平成18年度から22年度）における効果的な研究開発投資の拡充と抜本的な科学技術システム改革の実行は、我が国経済が長期的な発展を続ける上で不可欠な役割を果たすことは言うまでもない。

もちろん、第3期基本計画の日本の科学技術に求められるのは経済的貢献の強化だけではない。少子高齢化の急速な進展により大きく変化する社会にどのように寄与していくのか。また、大規模自然災害や様々な事故の発生、テロ等の国際安全保障環境の複雑化などによる国民の不安への安全面での対処、人口問題、環境問題等の深刻さを増す地球的課題の克服など、社会が科学技術に求める役割は広がりや深みを大きく増している。しかも、世界は歩みを止めていない。欧米諸国のみならず、中国や韓国などのアジア諸国も国力の源泉としての科学技術力の強化に急速に注力し始めている。

第1期、第2期基本計画期間中を通じた投資の累積を活かし、様々な面で強まる社会的・経済的要請に応えていくためには、第3期基本計画は、社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術を目指し、説明責任と戦略性を一層強化していくことが求められる。その戦略の基本は、質の高い研究を層厚く生み出す人材育成と競争的環境の醸成、科学の発展と絶えざるイノベーションの創出に向けた戦略的投資及びそれらの成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消であり、このような多様な政策課題への挑戦が今後5年間の科学技術の使命である。基本計画はこうした基本認識に基づき、総合科学技術会議の主導の下、政府全体で着実に実行すべき主要施策を提示するものである。

## 第1章 基本理念

### 1. 科学技術をめぐる諸情勢

#### (1) 科学技術施策の進捗状況

第1期基本計画では、社会的・経済的ニーズに対応した研究開発の強力な推進と知的資産を生み出す基礎研究の積極的な振興を基本的方向として示し、講ずべき施策を取りまとめた。また、政府研究開発投資の総額の規模を約1.7兆円と掲げ、厳しい財政状況下ではあったものの最終的にその目標を超える額を実現した。

続く第2期基本計画においては、新たに科学技術政策の基本的方向として目指すべき国の姿を「知の創造と活用により世界に貢献できる国」、「国際競争力があり持続的発展ができる国」、「安心・安全で質の高い生活のできる国」の「3つの基本理念」として示した。

その上で、平成13年度から17年度までの5年間の政府研究開発投資の総額の規模を第1期基本計画以上の約2.4兆円として掲げ、基礎研究の推進と国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化等による科学技術の戦略的重点化と科学技術システム改革を目指してきた。第2期基本計画に基づく施策の実施は、全般に順調に推移してきた。主要な施策の進捗状況は以下のとおりである。

#### ① 政府研究開発投資総額

予想以上に長期にわたる経済の停滞及び深刻な財政状況の下で、政府研究開発投資の総額の規模は第2期基本計画で掲げた2.4兆円には達しなかったものの、他の政策経費に比較して高い伸びを確保した。

(注) 上記の2.4兆円は、第2期基本計画期間中に政府研究開発投資の対GDP比率が1%、同期間中のGDPの名目成長率が3.5%を前提としているものである。

#### ② 科学技術の戦略的重点化

研究開発投資の効果的・効率的推進を目指した科学技術の戦略的重点化については、資源配分上は着実に進捗した。すなわち、政府全体の研究開発における基礎研究の比重は着実に増加し、我が国科学技術の基盤強化が進んだ。中でも競争的資金の伸びは大きかった。また、国家的・社会的課題に対応した研究開発については、目指すべき国の姿(3つの理念)への寄与が大きいと判断される4つの分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料)に特に重点を置き優先的に資源配分を行うとともに、それ以外の4つの分野(エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア)については、国の存立にとって基盤的な領域を重視して推進することとした結果、これら8つの分野に係る科学技術関係予算において、重点4分野への予算配分は平成13年度の38%から平成17年度予算で46%となった。



### ③ 競争的な研究開発環境の整備等研究開発システムの改革

競争的資金（資源配分主体が広く研究開発課題等を募り、提案された課題の中から、専門家を含む複数の者による科学的・技術的な観点を中心とした評価に基づいて実施すべき課題を採択し、研究者等に配分する研究開発資金）については、拡充が進み、倍増するには至らなかったものの、科学技術関係予算に占める同資金の割合は、計画期間中に8%から13%に上昇した。間接経費の拡充や、若手研究者の活性化に向けた制度整備、プログラムオフィサー・プログラムディレクター（PO・PD）による管理・評価体制の充実等の制度改革も一定の進捗をみたが、間接経費の30%措置等制度改革は途上にある。また、重点的な予算拡充を行う過程で政府内の幅広い部局で競争的資金の導入が進み、様々な性格の予算が競争的資金に含まれるようになった。

また、任期制を導入する大学、公的研究機関の数は増加したが、研究者全体に占める任期付き研究者の割合は依然低い。

さらに、平成13年4月の68の国立試験研究機関の独立行政法人化、平成16年4月の国立大学等の法人化等により、研究機関のより柔軟な研究運営が可能となった。また、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成13年11月、内閣総理大臣決定。平成17年3月改定）（以下「大綱的指針」という。）の下で、関係府省、研究機関において評価の取組が着実に根付き、意識が向上する等、その他の研究開発システムの改革も進展した。

### ④ 産学官連携その他の科学技術システムの改革

産学の共同研究の増加や技術移転機関（TLO）による技術移転実績の増加、大学発ベンチャーの設立数の増加（1000社の達成）など、産学官連携は諸般の制度整備によって着実に進展した。地域における科学技術振興（知的クラスター18地域、産業クラスター19プロジェクト）の取組も進んだ。

「国立大学等施設緊急整備5か年計画」により、大学院、研究拠点等の整備が進み、優先的に取り組んだ施設の狭隘解消は計画通り整備されたが、老朽施設の改善は遅れ、一方、その後の経年等により老朽施設が増加した。

## （2）科学技術施策の成果

基礎研究の推進とも併せ、また累積的な投資効果も含めてこれまでの投資戦略の成果を検証すれば、研究論文の質・量については世界における我が国の地位は着実に改善し、世界的な成果を創造した事例も生み出している。科学技術の専門家を対象とした広範な技術領域に関するアンケート調査によれば、5年前に比べて米国、欧州連合（EU）の研究開発水準との比較でほとんどの領域で我が国の国際的な地位が改善したという結果となっている。また、我が国研究者の独創的な研究成果が認められ、2000年以降、化学賞で3名、物理学賞で1名がノーベル賞を受賞している。

さらに、大学・公的研究機関からの技術移転の実績は、大学と民間企業との共同研究件数や大

学発ベンチャーの件数などで見ると、第2期基本計画期間中は順調な進展をみた。また、我が国独自の研究成果に基づき、新たに数千億円以上の市場を形成しつつあるものや、難治性の疾患の克服に貢献しているものもある。

他方、前述のアンケート調査による研究開発水準の比較では、アジア諸国と日本との差は縮小している。また、国際的な特許出願件数や米国での特許登録件数などで見ると国際的な競争は激化しており、必ずしも日本がシェアを伸ばす状況にはない。さらに、我が国の技術貿易収支は全体では好転しているものの、情報通信等先端産業分野の多くで技術貿易収支は赤字のままであり楽観を許さない。

総じて、これまでの研究開発投資の成果を概観すれば、研究水準の着実な向上や産学官連携の取組も進展し、これまでの研究成果の経済・社会への還元も進んできている。例えば、新しいがん治療方法（重粒子線がん治療装置）の開発、再生医療用材料（アパタイト人工骨）の実用化などの、国民の健康の増進に貢献する成果が生まれている。世界最高の変換効率とその量産化技術の開発を達成した太陽光発電では我が国が世界生産量の50%を占めるなど、科学技術の成果は環境先進国としての我が国を支える上でも貢献している。また、情報家電や高度部材など今次景気回復を牽引しつつある産業において、これまでの情報通信、ナノテクノロジー・材料、環境を中心とする分野における政府研究開発の成果（最先端の半導体製造技術や世界最高密度の超小型磁気ディスク装置、光触媒を活用した多様な効果を示す材料の開発等）が、我が国産業の強みともあいまって、競争優位の確立に着実に貢献していると考えられる。また、日本海沿岸に大規模な被害を与えたタンカーの油流出事故などの原因究明・安全解析を行い、新たな安全基準を国際条約に的確に反映させるなど、国内のみならず国際的な安全確保にも貢献している。

これらは、いずれも萌芽段階におけるきらりと光る発見・発明から始まり、初期から実用化段階に至る適切な時期に適切な公的な研究開発投資に支えられ、最終段階において先導的な産学による協働が行われたことにより、いわゆる死の谷などの多くの困難を乗り越えて発展したものであり、発展の流れを引き続き加速していかなければならない成果である。

知的資産の増大が価値創造として具体化するまでには多年度を要することから、第1期・第2期基本計画期間の投資により向上した我が国の潜在的な科学技術力を、経済・社会の広範な分野での我が国発のイノベーション（科学的発見や技術的発明を洞察力と融合し発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を生み出す革新）の実現を通じて、本格的な産業競争力の優位性や、安全、健康等広範な社会的な課題解決などへの貢献に結びつけ、日本経済と国民生活の持続的な繁栄を確実なものにしていけるか否かはこれからの取組にかかっている。

### （3）科学技術をめぐる内外の環境変化と科学技術の役割

第3期基本計画期間中における内外の環境変化は大きく、科学技術の役割への期待は一層強まるものと考えられる。

人口構造の変化の影響が今後ますます顕著となっていくことは確実である。人口減少・少子高齢化の下で安定的な経済成長を実現するために生産性の絶えざる向上が必要となる。また、優れ

た経済的成果を上げていくためには国際競争力ある企業の存在が欠かせない。とりわけ国際競争力のある我が国製造業の一部は急速に技術力を増したアジア諸国の企業等との間で厳しい競争に直面しており、我が国の強みを活かしてものづくりの高付加価値化を実現することが求められている。科学技術は競争力と生産性向上の源泉であり、科学技術を一層発展させ、その成果を絶えざるイノベーションにつなげていくことによって、経済の回復を確実なものとし、持続的な発展を実現することが必要である。

また、少子高齢化は、経済面のみならず社会保障への国民負担や国民の健康面など、様々な新たな社会的課題をもたらす。他方で、近年の大規模自然災害や重大事故の発生、テロ等の国際安全保障環境の複雑化など社会・国民の安全を脅かす事態の発生に伴い、安全と安心の問題に関する国民の関心が高まっている。科学技術はこうした課題を解決していく上で不可欠であり、今後ますます社会・国民の大きな期待を担い、同時に責任を負うことになる。

こうした期待が高まる一方、科学技術に対する国民意識には依然としてギャップが存在している。すなわち、国民の多くは科学技術が社会に貢献していると感じてはいるが、親しみを感じる人は少なく、若年層を中心として科学技術への関心は低下している。生活面での安全性や安心感、心の豊かさは強く求められているが、他方で科学技術の急速な進歩に対する不安も少なくない。また、我が国の財政事情は厳しさを増しており、最先端の研究設備の整備なども含め、政府研究開発投資については一層の選択・集中と効率化が求められている。

第1期及び第2期基本計画期間中において生じた注目すべき国際的環境の変化は、世界的な科学技術競争の激化である。中でも、中国、韓国等アジア諸国では著しい経済的躍進がみられ、この躍進の基盤には国策としての科学技術振興の取組が重要な役割を果たしていると言われている。特に、人材については、欧米諸国や中国、韓国等の躍進著しいアジア諸国では、優秀な人材育成が科学技術力の基盤として認識され、国際的な人材争奪競争も現実のものとなっている。我が国は高い教育水準による人材面での有利性を有していたが、近年の学力低下傾向や少子高齢化のもたらす人口構造変化に鑑みると、人材面の課題は深刻化している。

また、人口問題、環境問題、食料問題、エネルギー問題、資源問題などの地球規模での課題は、これまで様々な努力により解決が試みられてきたが、いまだ難問が山積しているのも事実である。人類社会が持続可能な発展を遂げうるかどうか、さらに、次世代へ負の遺産を残さないために現世代の科学技術で何をなすうかが問われている。日本の有する科学技術をこうした課題解決のために役立て、人類社会に貢献していくことは、高い科学技術を有する日本に今まで以上に求められることになる。また、地震等の災害対策技術分野での我が国への期待も高い。世代を越え、我が国が人類社会の中で価値ある存在としてあり続けるためにも、自然科学から人文・社会科学にわたる広範な科学技術の役割は欠かせない。

## 2. 第3期基本計画における基本姿勢

世界的な科学技術競争の激化、少子高齢化、安全と安心の問題や地球的課題に対応する上での科学技術の役割への国民の強い期待と他方で見られる科学技術に対する国民意識の乖離を踏ま

えた場合、第3期基本計画を遂行するに当たっての基本姿勢は、以下の2点である。

#### (1) 社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術

科学技術政策は、国民の理解と支持を得て初めて効果的な実施が可能となる。このため、研究開発投資を戦略的運用の強化により一層効果的に行うこと、絶え間なく科学の発展を図り知的・文化的価値を創出するとともに、研究開発の成果をイノベーションを通じて、社会・国民に還元する努力を強化すること、科学技術政策やその成果を分かりやすく説明するなど説明責任を強化することによって国民の理解と支持を得ることを基本とする。これによって、国民の科学技術に対する関心を高め、国民とともに科学技術を進めていくことが可能となる。

#### (2) 人材育成と競争的環境の重視 ～ モノから人へ、機関における個人の重視

科学技術力の基盤は人であり、日本における創造的な科学技術の将来は、我が国に生まれ、活躍する「人」の力如何にかかっている。我が国全体の政策の視点として、ハード面でのインフラ整備など「モノ」を優先する考え方から、科学技術や教育など競争力の根源である「人」に着目して投資する考え方に重点を移しつつある(「モノから人へ」)。科学技術政策の観点からも先にインフラ整備ありきの考え方から、優れた人材を育て活躍させることに着目して投資する考え方に重点を移す。潜在的な人材の発掘と育成、人事システムにおける硬直性の打破や人材の多様性の確保、創造性・挑戦意欲の奨励などの政策を進めることにより、創造的な人材の育成を強化するとともに、個々の人材が有する意欲と情熱をかき立て、創造力を最大限に発揮させる科学技術システム改革に取り組む。その際、若手研究者や女性研究者、さらには外国人研究者など、多様な個々人が意欲と能力を発揮できるよう根本的な対応に取り組む。科学技術活動の基盤となる施設・設備の整備・充実に当たっても、国の内外を問わず優秀な人材を惹きつけ、世界一流の人材を育てることを目指す。このような人に着目した取組は、我が国の科学技術力を長期的に向上させていくとともに、我が国に対する国際的な信頼感の醸成にも貢献するものである。

科学技術における競争的環境の醸成については、科学技術に携わる人材の創造的な発想が解き放たれ、競争する機会が保証され、その結果が公平に評価されることが重要である。現代の高度化した科学技術活動を進めていくためには、個々の研究者及び研究者を目指す若手人材は適切な施設・設備を有する研究・教育機関に属することが不可欠と考えられるが、競争的な研究開発環境を整えるためには、縦割りの組織維持管理的な発想で研究・教育機関を運営するのではなく、個々人の発意や切磋琢磨を促すことなどを通じて競争的に研究者を育て、能力を十分に発揮させていくような研究・教育機関となる必要がある。研究・教育機関が個人の科学技術活動の基盤を担う機能を持つことにも留意しつつ、今後は競争的環境の強化という観点から「機関における個人の重視」へと政策の転換を図る。

### 3. 科学技術政策の理念と政策目標

#### (1) 第3期基本計画の理念と政策目標

第2期基本計画で掲げられた目指すべき国の姿（3つの理念）は、誰もが共有でき、時間を通じて普遍性の高い概念である。またこれら3つの理念は全体として科学技術政策を網羅しており、今後の科学技術政策においても適切である。

他方、こうした一般性の高い理念だけでは、多様な政府の研究開発投資の国民への分かりやすい説明や、具体的・個別的な政策への方向付けとしては十分ではない。社会・国民への説明責任の徹底と科学技術成果の還元という視点からも、理念の実現のために科学技術政策が目指すべき具体的な政策目標を明示し、官民の役割分担を考慮した上でその目標に向けた施策展開を図るとともに、施策効果の評価を行っていくことが望ましい。

したがって、第3期基本計画においては、第2期基本計画の掲げる3つの理念を基本的に継承しながら、科学技術、経済、社会をめぐる国内外の情勢変化と今後の展望等を踏まえて、3つの理念を実現するため、科学技術が何を目指すのかという、より具体化された政策目標を設定する。すなわち、以下のとおり、6つの大目標と、その各々を構成する12の中目標である。なお、理念、目標を掲げる順序は重要度を示すものではない。これらは我が国が目指すべきものとして等しく価値を持つものである。また、その目標達成のために科学技術政策の役割は重大であるが、科学技術政策以外の政策の成果や、民間企業等政府以外の活動の成果なしには達成しえない部分を含むものである。

#### 理念1 人類の英知を生む

～知の創造と活用により世界に貢献できる国の実現に向けて～

##### ◆目標1 飛躍知の発見・発明 — 未来を切り拓く多様な知識の蓄積・創造

- (1) 新しい原理・現象の発見・解明
- (2) 非連続な技術革新の源泉となる知識の創造

##### ◆目標2 科学技術の限界突破 — 人類の夢への挑戦と実現

- (3) 世界最高水準のプロジェクトによる科学技術の牽引

人類の英知を創出し世界に貢献できる国の実現のためには、飛躍的な知を生み続ける重厚で多様な知的蓄積を形成することがまず求められる。新しい原理・現象の発見や解明を目指す基礎研究を中心とした知識の蓄積の上に、近年原子・分子レベルで急展開する生命科学や材料科学等において探求されているような非連続な技術革新の源泉となる知識への飛躍が期待されている。このような飛躍への知識の蓄積については、いまだ我が国は、欧米諸国に比肩しうる十分な厚みを有するには至っていない。

また、世界最高水準のプロジェクトにより科学技術の限界へ挑戦し、人類に貢献することも科学技術政策が追求すべき目標である。いまだ人類が見ることや知ることができずにいる領域の情報を得ること、極限的な環境でのみ出現する現象を発見することなど、国際的な知の創造の営み

において世界をリードすることが求められる。

これらの実現のためには、知的創造の経験を情熱を持って追い求める意欲的な研究者の育成と活躍の促進が不可欠である。なお、世界的にも認められる優秀な研究者の輩出は、後に続く人材の目標となり、新たな挑戦の意欲をかき立てるものでもあることから、第2期基本計画においては、国際的科学賞の受賞者を欧州主要国並に輩出することを目指して、50年間にノーベル賞受賞者30人程度を輩出することを掲げたが、第3期基本計画の科学技術政策がその実現に貢献するものとなるよう、人に着目した考え方に立って基礎研究等を推進していくことが求められる。

## 理念2 国力の源泉を創る

～国際競争力があり持続的発展ができる国の実現に向けて～

### ◆目標3 環境と経済の両立 — 環境と経済を両立し持続可能な発展を実現

- (4) 地球温暖化・エネルギー問題の克服
- (5) 環境と調和する循環型社会の実現

### ◆目標4 イノベーター日本 — 革新を続ける強靱な経済・産業を実現

- (6) 世界を魅了するユビキタスネット社会の実現
- (7) ものづくりナンバーワン国家の実現
- (8) 科学技術により世界を勝ち抜く産業競争力の強化

人口減少・少子高齢化や地球温暖化・エネルギー問題といった制約を克服しつつ、激しい国際競争の下で持続的な発展を可能とする国を実現するためには、国力の源泉としての科学技術に取り組むことが不可欠である。その際、日本経済の繁栄を確保しつつ、国際約束である2012年までの我が国の温室効果ガス排出の1990年比6%削減をいかに達成するかということが大きな政策課題となる。また、国民の科学技術への期待が大きい環境の分野では、自然と共生し環境と調和する循環型社会の実現も科学技術に取り組むべき大きな政策課題である。

一方、中国、韓国等のアジア諸国の台頭で熾烈な競争に直面している我が国産業が競争力を確保するためには、我が国発の付加価値の高いイノベーションを生み続ける科学技術に取り組むことが重要な政策課題である。そのために、世界を先導・魅了するユビキタスネット社会を築くこと、我が国の強みであるものづくりで世界をリードすること、さらには科学技術により世界で勝ち抜く産業競争力を確立することが政策目標となる。

また、このような国際競争力ある新産業が創造されれば、質の高い雇用が生まれるとともに、所得が増加することが期待される。これと同時に、温室効果ガス等の環境負荷の最小化を実現することは、環境と経済の両立のために科学技術が挑戦すべき重大な課題である。

### 理念3 健康と安全を守る

～安心・安全で質の高い生活のできる国の実現に向けて～

#### ◆目標5 生涯はつらつ生活 ― 子どもから高齢者まで健康な日本を実現

- (9) 国民を悩ます病の克服
- (10) 誰もが元気に暮らせる社会の実現

#### ◆目標6 安全が誇りとなる国 ― 世界一安全な国・日本を実現

- (11) 国土と社会の安全確保
- (12) 暮らしの安全確保

第2期基本計画期間中において、国民が最も身近に科学技術への不安を感じるとともに期待が強いのは、健康と安全の問題である。この間、SARS（重症急性呼吸器症候群）、BSE（牛海綿状脳症）、鳥インフルエンザ等国境を越えた感染症の発生、これらも契機とした食の安全性に関する不信感の高まり、花粉症等免疫疾患の深刻化、地震・津波・台風等による大規模自然災害や列車事故等の大規模事故の発生、米国同時多発テロ以来複雑化した国際安全保障環境、情報セキュリティに対する脅威の増大、依然として厳しい治安情勢等、国の持続的な発展基盤である安全と安心を脅かす事態が次々と生じた。その一方で、細胞・分子レベルでの進歩が著しい生命科学による画期的な治療法、予防医学や食の機能性を活用した健康な生活の実現、地震等の自然災害、事故・犯罪等に対する先端科学技術の最適な活用など、健康と安全を守る科学技術への期待は高まっている。

このような状況を受け、子どもから高齢者まで国民を悩ます病を克服し、誰もが生涯元気に暮らせる社会を実現すること、さらには国家・社会レベルから生活者の暮らしに至るまで、安全が誇りとなり世界一安全と言える国を実現することを科学技術政策の目標に位置付ける。

こうした3つの理念の下での政策目標を実現していくためには、政府の行う研究開発について、より具体的な個別政策目標を設ける必要がある。総合科学技術会議の主導の下、関係府省はその研究開発について、12の中目標の実現に向けた個別政策目標を定め、総合科学技術会議がこれを取りまとめる。また、個別政策目標については、政策ニーズに対する情勢変化等に適切に対応して必要な見直しを行っていく。

このように政府研究開発投資全体について、理念、政策目標、さらにはそれらの実現につながる研究開発の体系を整理することにより、(イ) 何を目指して政府研究開発投資を行っているのか、どこまで政策目標の実現に近づいているかなど、国民に対する説明責任が強化されるとともに、(ロ) 個別施策やプロジェクトに対して具体的な指針や評価軸が与えられ、社会・国民への成果還元の効果的な実現に寄与する。

#### (2) 科学技術による世界・社会・国民への貢献

新たに具体化された政策目標に向けた投資運用や施策展開が行われることを通じ、今後地球規

模で深刻化する人口問題、環境問題、食料問題、エネルギー問題、資源問題や我が国で急速に進展する少子高齢化に対しても、科学技術が貢献を強める。すなわち、上記1から6までの政策目標の達成により、

- (世界への貢献) ・ 人類共通の課題を解決
- ・ 国際社会の平和と繁栄を実現
- (社会への貢献) ・ 日本経済の発展を牽引
- ・ 国際的なルール形成を先導
- (国民への貢献) ・ 国民生活に安心と活力を提供
- ・ 質の高い雇用と生活を確保

を図っていくこととする。

日本の研究者コミュニティを代表する日本学術会議は、第3期基本計画の策定に当たって、科学技術政策の要諦についての議論を声明として取りまとめたが、上記のような基本姿勢、理念、政策目標に基づき、以下に述べるような政策を展開することによって、こうした研究者コミュニティの期待にも応えられるものと考えられる。

#### 4. 政府研究開発投資

第1期及び第2期基本計画期間中を通じて政府と民間を合わせた我が国全体の研究開発投資は増加傾向で推移してきており、その総額の対GDP比率は主要先進国を凌いでいる。また、我が国の政府研究開発投資については、近年の厳しい財政事情下にあつて他の政策経費が抑制される中でも高い伸びを示してきており、欧米主要国にほぼ遜色のない水準に達しつつある。一方、主要諸国が、近年研究開発投資を強化しつつあるなかで、知の大競争時代に国際競争に勝ち抜くためには、官民を挙げて引き続きその強化に向けた努力を行っていくことが必要である。

今後、我が国としては、官民の適切な役割分担を踏まえ、研究開発投資を着実に措置していくとともに、官民の連携強化等により、その投資を有効に活かして国際競争力を強化し、またその成果を社会・国民に還元することが一層求められる。

他方、第2期基本計画期間中の我が国の財政事情は、第1期基本計画期間と比べても一層悪化し、主要先進国中で最悪の状況となっており、歳出・歳入一体の財政構造改革を推進することは、活力ある経済社会を実現し、持続的な成長を図る上で不可欠の課題となっている。

こうした状況の下で、第2期基本計画期間までの科学技術振興の努力を継続していくとの観点から、政府研究開発投資について、第3期基本計画期間中も対GDP比率で欧米主要国の水準を確保することが求められている。この場合、平成18年度より22年度までの政府研究開発投資の総額の規模を約25兆円とすることが必要である。

(注) 上記は、第3期基本計画期間中に政府研究開発投資の対GDP比率が1%、上記期間



中におけるGDPの名目成長率が平均3.1%を前提としているものである。

以上のような観点を踏まえ、毎年度の予算編成に当たっては、政府全体として財政構造改革に取り組んでいかなければならない中で、今後の社会・経済動向、科学技術の振興の必要性等を勘案するとともに、第2期基本計画期間中に比べて更に厳しさを増している財政事情を踏まえ、基本計画における科学技術システム改革の着実な実施により政府研究開発投資の投資効果を最大限発揮させることを前提として、基本計画に掲げる施策の推進に必要な経費の確保を図っていくものとする。

その際、特に国民に対してもたらされる成果に着目した目標設定と評価の仕組みを確立し、投資効果を検証することにより、研究開発の質の向上を図る。また、科学技術システムの抜本的改革を推進する中で、人材の育成、イノベーションの創出のために必要な資金を重点的に拡充するとともに、研究費配分における無駄の徹底排除・審査体制の強化、評価システムの改革、円滑な科学技術活動と成果の還元に向けた制度・運用上の隘路の解消、研究・教育機関の科学技術活動の把握などの取組を一層強化する。さらに、民間資金の導入、資産の売却など、一層の財源確保に努める。

## 第2章 科学技術の戦略的重点化

これまでの重点化の進捗と成果、今後の我が国の経済社会状況や国際的な情勢を展望すれば、効果的・効率的な科学技術政策の推進という観点から投資の重点化は引き続き重要であり、政府研究開発投資の戦略的重点化を更に強力に進める。その際、第3期基本計画においては、第2期基本計画で進めた研究分野の重点化にとどまらず、分野内の重点化も進め選択と集中による戦略性の強化を図るとともに、基本計画において基本理念の下で新たに設定する6つの政策目標との関係を明確にしていく。

### 1. 基礎研究の推進

多様な知と革新をもたらす基礎研究については、一定の資源を確保して着実に進める。

人類の英知を生み知の源泉となる基礎研究は、全ての研究開発活動の中で最も不確実性が高いものである。その多くは、当初のねらいどおりに成果が出るものではなく、地道で真摯な真理探求と試行錯誤の蓄積の上に実現されるものである。また、既存の知の枠組みとは異質な発見・発明こそが飛躍知につながるものであり、革新性を育む姿勢が重要である。

基礎研究には、人文・社会科学を含め、研究者の自由な発想に基づく研究と、政策に基づき将来の応用を目指す基礎研究があり、それぞれ、意義を踏まえて推進する。すなわち、前者については、新しい知を生み続ける重厚な知的蓄積（多様性の苗床）を形成することを目指し、萌芽段

階からの多様な研究や時流に流されない普遍的な知の探求を長期的視点の下で推進する。一方、後者については、次項以下に述べる政策課題対応型研究開発の一部と位置付けられるものであり、次項2. に基づく重点化を図りつつ、政策目標の達成に向け、経済・社会の変革につながる非連続的なイノベーションの源泉となる知識の創出を目指して進める。

なお、基礎研究全体が下記2. に基づく重点化の対象となるのではなく、例えば科学研究費補助金で行われるような研究者の自由な発想に基づく研究については、政策課題対応型研究開発とは独立して推進されることを明確化し、理解の徹底を図る。

また、研究者の自由な発想に基づく研究の中でも、特に大きな資源の投入を必要とするプロジェクトについては、研究者の発意を基に厳格な評価を行った上で、国としてもプロジェクト間の優先度を含めた判断を行い取り組む。

## 2. 政策課題対応型研究開発における重点化

### (1) 「重点推進4分野」及び「推進4分野」

第2期基本計画において、国家的・社会的課題に対応した研究開発の中で特に重点を置き、優先的に資源を配分することとされたライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野については、次のような観点から、引き続き基本計画においても、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（「重点推進4分野」という。）とし、次項以下の分野内の重点化の考え方に基づきつつ優先的に資源配分を行う。

- ① 3つの基本理念への寄与度（科学技術面、経済面、社会面）が総合的に見て大きい分野であること。
- ② 国民の意識調査から見て期待や関心の高い分野であること。
- ③ 各国の科学技術戦略の趨勢を踏まえたものであること。
- ④ 戦略の継続性、研究現場への定着等実際的な観点からも適切であること。

また、上記の重点推進4分野以外のエネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティアの4つの分野について、引き続き、国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する分野（「推進4分野」という。）と位置付け、次項以下の分野内の重点化の考え方に基づきつつ適切な資源配分を行う。

### (2) 分野別推進戦略の策定

重点推進4分野に該当する研究開発であっても十分な精査なくして資源の重点配分を行うべきではなく、また、推進4分野での研究開発であっても精査がないままに資源の戦略的配分の対象から除外することは適切ではない。そこで重点推進4分野及び推進4分野について、総合科学技術会議は、政策目標の実現に向けて、8分野それぞれの分野別推進戦略を、以下のような分野内の重点化の考え方に基づいて策定し、各分野において重要な研究開発課題を選定する。その際、網羅的・包括的な研究開発課題の設定とならないよう十分に配慮する。

- ① デルファイ調査などにより科学的インパクト、経済的インパクト、社会的インパクトを軸

とした将来的な波及効果を客観的に評価すること。

- ② 我が国の国際的な科学技術の位置・水準を明確に認識（ベンチマーク）した上で投資の必要性を明確化すること。（強みを活かし競争優位を確実にする研究開発課題なのか、強い社会ニーズがあり課題解決すべき研究開発課題なのか、パラダイムシフトを先導する研究開発課題なのか等）
- ③ 知の創造から社会・国民への成果還元に至る研究開発の各段階に応じて、基本計画で設定された政策目標達成への貢献度、達成までの道筋等の観点から、投資の必要性を明確化すること。
- ④ 官民の役割を踏まえ、研究開発リスク、官民の補完性、公共性等の観点から、投資の必要性を明確化すること。

### （3）「戦略重点科学技術」の選定

重要な研究開発課題には、過去の蓄積を活用することが主眼となり予算が増加しないもの、一定の予算内で息長く研究開発を持続させるべきもの等様々な投資のパターンが存在する。したがって、分野別推進戦略の策定に当たっては、基本計画期間中に予算を重点配分する研究開発課題を更に一定の考え方に基づいて絞り込む必要がある。そこで総合科学技術会議は、以下のような視点から、各分野内において基本計画期間中に重点投資する対象を「戦略重点科学技術」として選定し、最終的に分野別推進戦略に位置付ける。

- ① 近年急速に強まっている社会・国民のニーズ（安全・安心面への不安等）に対し、基本計画期間中において集中投資することにより、科学技術からの解決策を明確に示していく必要があるもの。
- ② 国際的な競争状態及びイノベーションの発展段階を踏まえると、基本計画期間中の集中投資・成果達成が国際競争に勝ち抜く上で不可欠であり、不作為の場合の5年間のギャップを取り戻すことが極めて困難なもの。
- ③ 国が主導する一貫した推進体制の下で実施され世界をリードする人材育成にも資する長期的かつ大規模なプロジェクトにおいて、国家の総合的な安全保障の観点も含め経済社会上の効果을最大化するために基本計画期間中に集中的な投資が必要なもの。

## 3. 分野別推進戦略の策定及び実施に当たり考慮すべき事項

### （1）新興領域・融合領域への対応

20世紀における偉大な発明・発見に際して、異分野の知の出合いによる触発や切磋琢磨する中で知の融合が果たした役割は大きい。21世紀に入り、世界的な知の大競争が激化する中、新たな知の創造のために、既存の分野区分を越え課題解決に必要な研究者の知恵が自在に結集される研究開発を促進するなど、異分野間の知的な触発や融合を促す環境を整える必要がある。8つの分野別推進戦略を策定する際にも、これら新興領域・融合領域へ機動的に対応しイノベーションに適切につなげていくことに十分に配慮して進める。

また、国際的に生産性が劣後しているサービス分野では科学技術によるイノベーションが国際競争力の向上に資する余地が大きいほか、科学技術の活用に関わる人文・社会科学の優れた成果は製造業等の高付加価値化に寄与することが期待されることから、イノベーション促進に必要な人文・社会科学の振興と自然科学との知の統合に配慮する。

## **(2) 政策目標との関係の明確化及び研究開発目標の設定**

各分野別推進戦略において選定される重要な研究開発課題については、それぞれが基本計画で示した政策目標及びそれに基づき定められる個別政策目標の達成に向けて、研究開発として目指す科学技術面での成果（研究開発目標）を明確化する必要がある。その設定に当たっては、基本計画期間中に目指す研究開発目標及び最終的に達成を目指す研究開発目標を設定することを基本とする。また、官民の役割分担、各公的研究機関の役割を含め、研究開発目標の達成が政策目標の達成に至る道筋も明らかにすることによって、科学技術成果の社会・国民への還元についての説明責任を強化する。

## **(3) 戦略重点科学技術に係る横断的な配慮事項**

### **① 社会的課題を早急に解決するために選定されるもの**

本章2.(3)①に該当する科学技術は、近年世界的に安全と安心を脅かしている国際テロ、大量破壊兵器の拡散、地震・台風等による大規模自然災害・事故、情報セキュリティに対する脅威、SARS・鳥インフルエンザ等の新興・再興感染症などの社会的な重要課題に対して迅速・的確に解決策を提供するものである。その研究開発の実施に当たっては、国が明確な目標の下で、専門化・細分化されてきている知を、人文・社会科学も含めて横断的に統合しつつ進めることが必要であり、総合科学技術会議は、このような社会的な技術について、分野横断的な課題解決のための研究開発への取組に配慮する。

### **② 国際的な科学技術競争を勝ち抜くために選定されるもの**

本章2.(3)②に該当する科学技術については、既存の知の体系の根源的な変革や飛躍的な進化に向けた研究競争が激化しているもの、我が国固有の強みを活かして追従が困難な高付加価値化を一刻も早く確立すべき段階にあるもの、大きな付加価値獲得に波及する限界突破を狙う国際競争をリードする好機に至っているものなど、的確な国際的ベンチマーキングを踏まえた競争戦略に基づき、揺るぎない国際競争力を築くための研究開発へ選択・集中することに配慮する。

### **③ 国家的な基幹技術として選定されるもの**

本章2.(3)③に該当する科学技術に対しては、国家的な大規模プロジェクトとして基本計画期間中に集中的に投資すべき基幹技術（「国家基幹技術」という。）として国家的な目標と長期戦略を明確にして取り組むものであり、次世代スーパーコンピューティング技術、宇宙輸

送システム技術などが考えられる。これらの技術を含め総合科学技術会議は、国家的な長期戦略の視点に配慮して、戦略重点科学技術を選定していく中で国家基幹技術を精選する。また、国家基幹技術を具現化するための研究開発の実施に当たっては、総合科学技術会議が予め厳正な評価等を実施する。

#### (4) 分野別推進戦略の効果的な実施 ～ 「活きた戦略」の実現

8つの分野で策定される分野別推進戦略について、最新の科学技術的な知見、新興領域・融合領域等の動向を踏まえて、基本計画期間中であっても、必要に応じて重要な研究開発課題や戦略重点科学技術等に関しての変更・改訂を柔軟に行う。また、総合科学技術会議による資源配分方針立案に向けた最新知見の吸収、概算要求前の資源配分方針の提示、概算要求に対する優先順位付け等の実施、次年度の資源配分方針立案に向けた準備といった年間の政策サイクルを確立し、関係府省や研究機関のネットワーク・連携を進める基盤となる「活きた戦略」を実現していく。

また、関係府省及び関係機関が、基礎的段階から実用化段階までの広い研究開発段階を概観し、先端的な研究開発動向、技術マップ、政策目標につなげていくロードマップ等について、恒常的に意見交換し情報を共有していくことは、「活きた戦略」を府省横断的に展開する上で有意義である。総合科学技術会議も円滑な意見交換・情報共有の促進に努める。

### 第3章 科学技術システム改革

#### 1. 人材の育成、確保、活躍の促進

日本の科学技術の将来や国際競争力の維持・強化は、我が国に生まれ、活躍する「人」の力如何にかかっており、新しい時代に的確に対応する機関において若手研究者や女性研究者、さらには外国人研究者、優れた高齢研究者などの多様多才な個々人が意欲と能力を発揮できる環境を形成するとともに、初等中等教育段階から研究者育成まで一貫した総合的な人材育成施策を講じ、少子高齢化が進展する中で、人材の質と量を確保する。

##### (1) 個々の人材が生きる環境の形成

###### ① 公正で透明性の高い人事システムの徹底

自由な創意工夫により新たな価値を生み出すためには、人事における健全な競争の促進と公正さの担保が必要であり、我が国の科学技術活動において人材の競争性・流動性・多様性を高めることを原則とし、能力主義に基づく公正で透明性の高い人事システムを広く徹底させる。

具体的には、研究者の採用において、公募等の開かれた形で幅広く候補者を求め、性別、年齢、国籍等を問わない競争的な選考を行う。また、研究者の処遇において、能力や業績の公正な評価の上で、優れた努力に積極的に報いる。

大学や公的研究機関は、それぞれの特性を踏まえつつ、人事システムを自己点検評価に適切

に位置付け、改革・改善を実施することが求められる。また、大学や公的研究機関について実施する第三者評価においても、人事システムの改革・改善が徹底されるよう適切に対応することが望まれる。さらに、国は、組織に対する競争的な支援制度において、制度の趣旨に応じ人事システム改革の状況を審査の一指標とすること等により、大学や公的研究機関の取組を促進する。

## ② 若手研究者の自立支援

公正で透明な人事評価に基づく競争性の下、若手研究者に自立性と活躍の機会を与えることを通じて、活力ある研究環境の形成を指向することとし、特に、世界的研究教育拠点を目指す大学等においては、人材の流動性向上、分野の事情等に配慮しつつ、テニユア・トラック制（若手研究者が、厳格な審査を経てより安定的な職を得る前に、任期付きの雇用形態で自立した研究者としての経験を積むことができる仕組み）をはじめ、若手研究者に自立性と活躍の機会を与える仕組みを導入することを奨励する。また、大学においては、若手研究者の活躍を一層促進するため、助教の確保と活躍の場の整備がなされることが望まれる。

国は、このための環境整備（スタートアップ資金の提供、研究支援体制の充実、研究スペースの確保等）に組織的に取り組む大学等を支援するとともに、大学等の取組状況を組織に対する競争的な支援制度の審査の一指標とする。また、若手研究者が研究スペースを確保できるような大学の施設マネジメントを促進する。

さらに、競争的資金の拡充を目指す中で、若手研究者を対象とした支援を重点的に拡充するとともに、競争的資金全般における若手研究者の積極的な申請を奨励する。その際、スタートアップ時期に配慮したプログラムの設置や、若手研究者自らが研究組織を率いて研究を遂行できる金額が支給されるプログラムの拡充に配慮する。これらの取組を通じて、若手研究者への研究資金配分を相当程度高めることを目指す。

若手研究者を対象とした競争的資金等の申請資格については、出産・育児や社会人経験等を伴う多様なキャリアに配慮し、一律的な年齢制限ではなく研究経歴によるものを設けるなど、それぞれの制度趣旨に応じ制度改善を進める。

なお、ポストドクター等1万人支援計画が達成され、ポストドクターは今や我が国の研究活動の活発な展開に大きく寄与しているが、ポストドクター後のキャリアパスが不透明であるとの指摘がある。このため、研究者を志すポストドクターは自立して研究が行える若手研究者の前段階と位置付け、若手研究者の採用過程の透明化や自立支援を推進する中でポストドクター支援を行う。また、ポストドクターに対するアカデミックな研究職以外の進路も含めたキャリアサポートを推進するため、大学や公的研究機関の取組を促進するとともに、民間企業等とポストドクターの接する機会の充実を図る。

また、若手研究者やポストドクターの時期から国際経験を積み海外研究者と切磋琢磨できるよう、海外の優れた研究機関での研究機会や海外研究者との交流機会を拡大すべく引き続き施

策の充実を図る。

### ③ 人材の流動性の向上

研究者の流動性を向上し活力ある研究環境を形成する観点から、大学及び公的研究機関は任期制の広範な定着に引き続き努める。また、任期付きの職を経てより安定的な職に就いた場合には、落ち着いて研究活動等に専念することが期待されるが、その活動の活性化を維持するため、例えば、再任可能な任期制や、適性や資質・能力の審査を定期的に行う再審制による雇用を行うことを奨励する。任期制の拡大に当たっては、分野により事情は異なるものの、民間も含めた研究者全体として流動性が高まっていくことが必要であるため、例えば、複数の大学が同時に任期制へ移行することや、民間の研究機関における流動性の向上などが望まれる。

また、研究者をより安定的な職に就ける際には、出身大学学部卒業後に、大学等の機関又は専攻を、公正で透明性ある人事システムの下で少なくとも1回変更した者を、選考することが望ましい（「若手一回異動の原則」の奨励）。

### ④ 自校出身者比率の抑制

多様な人材が互いに知的触発を受けながら、創造性を発揮し切磋琢磨する研究環境を形成することは、新しい研究領域の創生や研究組織の活力を保つためには不可欠である。このことに鑑みれば、真に優秀な人材を公正にかつ透明性を持って採用した結果として教員の自校出身者比率（自校学部出身者比率）が高くなることもありうるとしても、それが過度に高いことは、概して言えば望ましいことではない。このため、各大学においては教員の自校出身者比率に十分な注意を払うとともに、その比率が過度に高い大学にあってはその低減が図られることを期待する。国は、各大学の教員の職階別の自校出身者比率を公表する。

### ⑤ 女性研究者の活躍促進

女性研究者がその能力を最大限に発揮できるようにするため、男女共同参画の観点も踏まえ、競争的資金等の受給において出産・育児等に伴う一定期間の中断や期間延長を認めるなど、研究と出産・育児等の両立に配慮した措置を拡充する。

大学や公的研究機関等においては、次世代育成支援対策推進法に基づき策定・実施する行動計画に、研究と出産・育児等の両立支援を規定し、環境整備のみならず意識改革を含めた取組を着実に実施することが求められる。国は、他のモデルとなるような取組を行う研究機関に対する支援等を行う。

大学や公的研究機関は、多様で優れた研究者の活躍を促進する観点から、女性研究者の候補を広く求めた上で、公正な選考により積極的に採用することが望まれる。また、採用のみならず、昇進・昇格や意思決定機関等への参画においても、女性研究者を積極的に登用することが望ましい。

女性研究者の割合については、各機関や専攻等の組織毎に、目標や理念、女性研究者の実態

が異なるが、当該分野の博士課程（後期）における女性の割合等を踏まえつつ、各組織毎に女性の採用の数値目標を設定し、その目標達成に向けて努力するとともに達成状況を公開するなど、女性研究者の積極的採用を進めるための取組がなされることを期待する。現在の博士課程（後期）における女性の割合に鑑みると、期待される女性研究者の採用目標は、自然科学系全体としては25%（理学系20%、工学系15%、農学系30%、保健系30%）である。

国は、各大学や公的研究機関における女性研究者の活躍促進に係る取組状況や女性研究者の職階別の割合等を把握し、公表する。

さらに、理数好きの子どもの裾野を広げる取組の中で、女子の興味・関心の喚起・向上にも資する取組を強化するとともに、女性が科学技術分野に進む上での参考となる身近な事例やロールモデル等の情報提供を推進する。

#### ⑥ 外国人研究者の活躍促進

科学技術活動においては、世界一流の研究者をはじめとする優秀な人材が、国籍を問わず数多く日本の研究社会に集まり、活躍できるようにする必要がある。

大学や公的研究機関において、優れた外国人研究者の招へい・登用を促進するため、国は、研究環境のみならず住宅確保、子弟教育等の生活環境にも配慮した組織的な受入体制の構築を支援する。また、世界的研究教育拠点を目指す大学や公的研究機関は、外国人研究者の活躍促進を図るための行動計画を策定することが期待され、国は、その取組状況を把握し、公表する。

さらに、外国人研究者の受入れの円滑化を図るため、出入国管理制度や査証発給のあり方に係る必要な見直しや運用改善等を一層推進する。外国人研究者の住宅確保等については、大学や公的研究機関と地方公共団体等との連携により外国人研究者の身元保証を行うこと等の充実が期待される。

一方、優れた外国人留学生の我が国への定着に資するため、我が国で博士号を取得した留学生が外国人ポストドクター招へい制度に円滑に応募できるよう運用改善を行う。

なお、大学や公的研究機関は、研究者の採用の際、英語での告知を徹底し英語での応募を認めるなど、外国人研究者が応募しやすい環境を整備することが期待される。

#### ⑦ 優れた高齢研究者の能力の活用

研究活動において年功主義を残し、能力主義を徹底しないまま安易に雇用期間の延長等を行うことは、若手研究者の登用の機会を奪い、研究現場の活力を失わせる恐れがある。

一方、国際的に見て真に優秀と認められる研究者が年齢を問わず活躍し成果をあげていくことは、我が国の科学技術水準の向上にとって重要であり、定年後も競争的資金や外部資金等の活用により何らかの形で研究を継続できるよう、大学に促す。また、定年後の研究者が、研究職以外の立場で広く科学技術振興のため活躍できるよう、その能力や知見を十分活かす取組を促進する。



## (2) 大学における人材育成機能の強化

### ① 大学における人材育成

知の創造と活用において、創造性豊かで国際的にリーダーシップを発揮できる広い視野と柔軟な発想を持つ人材を育成するため、その要である大学における人材育成機能の強化を推進する。

各大学の学部段階では、それぞれの個性・特色を明確化し、教養教育の充実とともに教養教育と専門教育の有機的連携を確保した多様で質の高い教育の展開が期待される。その際、課題探求能力の育成を重視し、主専攻・副専攻を組み合わせた特色あるカリキュラムの構築や、実践との関わりから深く学ばせる教育方法の導入など、確実な基礎の上に広い視野と柔軟な思考力を培う教育が望まれる。

また、各大学は、教員の教育・研究指導能力の向上に努めるとともに、研究活動に関する評価のみならず、教育活動に関する評価を積極的に導入することが期待される。

### ② 大学院教育の抜本的強化

これまでの大学院の整備により10年間で大学院生数は2倍を超える伸びを示すなど量的な整備は順調に行われてきたが、今後は、大学院教育の質の抜本的強化に取り組む。

各大学院において、課題探求能力の育成を重視した教育を基礎として、高い専門性と広い視野を得られる大学院教育を目指し、高度の専門的知識の修得に加え関連する分野の基礎的素養の涵養を図り、学際的な分野への対応能力を含めた専門的知識を活用・応用する能力を培う教育が望まれる。

また、各大学院において、教育の課程を編成する基本となる単位の専攻組織のレベルで、社会ニーズを汲み取りつつ自らの課程の目的を明確化した上で、体系的な教育プログラムを編成して学位授与へと導くプロセス管理を徹底していけるよう、教育の課程の組織的展開の強化を図ることに焦点を当てた改革を進める。国は、魅力ある大学院教育の組織的取組への競争的・重点的な支援制度を本格的に展開するとともに、優れた取組の事例を広く社会に情報提供し大学院教育の改善に供する。

### ③ 大学院教育の改革に係る取組計画の策定

大学院教育の改革に当たっては、世界的拠点の形成、大学院評価の確立、財政基盤の充実等も含めた総合的な取組が必要であり、国は、中央教育審議会の意見を踏まえ、大学院における今後5か年程度の体系的・集中的な取組計画（大学院教育振興施策要綱）を策定し、これに基づいた施策展開を図る。この計画は、教育の体系的位置付けを踏まえた大学院の構造改革の一環として策定されるべきものであるが、高度な科学技術関係人材育成の中核機関であり研究活動の主要な担い手でもある大学院は科学技術の振興の重要な基盤をなすことから、科学技術基本計画との整合性にも留意して策定する。

#### ④ 博士課程在学者への経済的支援の拡充

優れた資質や能力を有する人材が、博士課程（後期）進学に伴う経済的負担を過度に懸念することなく進学できるようにすることは、優れた研究者を確保する観点から必要であるとともに、博士号取得者の多様なキャリアパスの拡大に資する。

このため、大学院生の約4割が生活費相当分の支援を受けているとされる米国を参考とし、博士課程（後期）在学者を対象とした経済的支援を拡充する。具体的には、優秀な人材を選抜するという競争性を十分確保しつつ、フェローシップの拡充や競争的資金におけるリサーチアシスタント等としての支給の拡大等により、博士課程（後期）在学者の2割程度が生活費相当額程度を受給できることを目指す。また、人材育成の観点からも重要な役割を果たすことが期待される奨学金貸与事業については、事業の健全性を確保しつつ、各大学からの適切な推薦に基づき、特に優れた業績をあげた者に対して返還免除を行う制度の効果的な運用を推進する。さらに、個々の学生が進路選択に当たり、博士課程（後期）受験前など可能な限り早い時期に、経済的支援が受けられるか否かを判断しうよう適切な措置を講じる。

### （3）社会のニーズに応える人材の育成

#### ① 産学が協働した人材育成

大学や大学院における教育の質の向上は、産業界にとって直接の恩恵をもたらし、また、大学教育よりも採用後の社内教育を重視する人材育成の自前主義には限界が存在することから、今後はこれまで以上に、産学が協力関係を築いて人材の育成に取り組むことが必要である。

このため、工学系を中心に、産学が協働して新たに大学院段階における単位認定を前提とした質の高い長期のインターンシップ体系を構築することを支援し、その普及を促進する。また、大学を拠点とした産学協働による教育プログラムの開発・実施や、産業界との共同研究等に大学院生やポストドクターが指導教員の適切な指導・監督のもと一定の責任を伴って参画する機会の拡充等を進める。

このような取組や産学の直接の対話を通じて、今後、産業界においては、大学や大学院に対する自らのニーズを具体化することが求められ、大学や大学院においては、そのようなニーズを的確に踏まえた教育プログラム等の不断の改善が求められる。

#### ② 博士号取得者の産業界等での活躍促進

博士号取得者は、社会の多様な場で、高度な知識基盤社会をリードし、支え、活躍すべき存在であるとの観点から、大学院教育の改革や人材育成面での産学連携を推進し、社会の多様な場で活躍しう博士号取得者の育成を強化する。産業界においては、優れた博士号取得者に対し、弾力的で一律でない処遇を積極的に講じることが求められる。

また、学生はもとより、大学、産業界等が、博士号取得者はアカデミックな研究職のみならず社会の多様な場で活躍することが望ましいとの共通認識を持つことを期待する。

なお、各大学が、博士課程修了者の進路等の情報を把握し自らの教育の質の向上に活かすこ

とが極めて重要であるため、各大学がこれら情報の継続的な把握に努めることが望まれる。

### ③ 知の活用や社会還元を担う多様な人材の養成

#### (知的財産・技術経営等に係る人材の養成)

科学技術の成果を知的財産として戦略的に取得・活用できる人材や、技術と経営の双方を理解し研究開発を効果的に市場価値に結実させる人材など、我が国のイノベーション創出を支える人材が質・量ともに求められており、知的財産、技術経営教育等に係る各大学等の自主的な取組を促進する。特に、我が国の経済・社会を牽引する高度で専門的な職業能力を持つ人材を養成する観点から、専門職大学院の教育の質的向上を支援する。

#### (科学技術コミュニケーターの養成)

科学技術を一般国民に分かりやすく伝え、あるいは社会の問題意識を研究者・技術者の側にフィードバックするなど、研究者・技術者と社会との間のコミュニケーションを促進する役割を担う人材の養成や活躍を、地域レベルを含め推進する。具体的には、科学技術コミュニケーターを養成し、研究者のアウトリーチ活動の推進、科学館における展示企画者や解説者等の活躍の促進、国や公的研究機関の研究費や研究開発プロジェクトにおける科学技術コミュニケーション活動のための支出の確保等により、職業としても活躍できる場を創出・拡大する。

#### (新たなニーズに対応した人材養成)

ソフトウェア・セキュリティ技術等の情報通信分野、新興・再興感染症・テロリズム対策等の社会の安全に資する科学技術分野、デジタルコンテンツの創造等の自然科学と人文・社会科学との融合分野など社会のニーズが顕在化している分野や、バイオインフォマティクス、ナノテクノロジーなど急速に発展している分野において、機動的な人材の養成・確保を推進する。

#### (技術者の養成)

我が国の技術基盤を支え高い専門能力を有する技術者は、我が国が高い付加価値を創造するものづくりや技術に立脚した持続的な発展を遂げていく上で、重要な役割を果たしている。しかし、近年、熟練した技術者の高齢化や若年層のものづくり離れといった問題が懸念されるとともに、製造分野においてはアジア諸国の台頭を含めた国際競争が激化しており、特に2007年以降は団塊世代が順次定年を迎えていくことから、製造現場や建設現場などにおいて、団塊世代が有する知識やノウハウによって培われてきた製造中核技術を維持・確保していくための技術者の養成が喫緊の課題となっている。

このため、民間企業においては、製造現場等で必要とされるものづくり人材や高い付加価値を創造するものづくり人材の確保のために、人材投資促進税制などの制度を活用した積極的な人材養成を進めるとともに、関連する産業群が一体となり、学校における教育とも連携をとりながら、卓越した技能を持ちながら定年を迎える人材の活用等により、円滑な技能の継承・普

及を図ることが期待される。国は、設計・製造プロセスに係る要素技術や過去の事例等を、知識あるいはデータとして整理し広く提供することにより、技術者の知的生産活動を支援する。

大学、高等専門学校、専修学校等においては、将来のものづくり人材を含めた技術者養成のための実践的教育を進める。また、技術士等の技術者資格制度の普及拡大と活用促進を図るとともに、社会人の学習意欲の高まりに対応した再教育の機会を一層充実するため、様々な主体による技術者の継続的能力開発システムの構築、インターネット上での学習が可能な教材の開発・提供、社会人の大学院等への進学・再入学等を促進する。

また、小・中・高等学校や社会教育施設等におけるものづくりに関する体験的な学習等の充実など、ものづくり技術に係る学習の振興を図るとともに、工業高校や高等専門学校等において地域の企業等と連携した取組を進める。

#### (4) 次代の科学技術を担う人材の裾野の拡大

##### ① 知的好奇心に溢れた子どもの育成

理科や数学が好きな子どもの裾野を広げ、知的好奇心に溢れた子どもを育成するには、初等中等教育段階から子どもが科学技術に親しみ、学ぶ環境が形成される必要がある。

このため、優れた研究者等が学校に出向いて子どもや親に語るなど、研究者等の顔が子どもに見える機会を拡大するとともに、意欲ある教員・ボランティアの取組や大学・公的研究機関・企業・科学館・博物館等と学校の連携を支援することで、観察・実験等の体験的・問題解決的な学習の機会を充実する。不足や老朽化が著しい小・中・高等学校等の実験器具等の設備の充実を図る。さらに、子どもが分かりやすいデジタル教材・番組の開発・提供を進めるとともに、様々な主体による科学技術コンテスト等の開催を促進する。

また、高度・先端的な内容の理科、数学、技術等の教科を分かりやすく教え、魅力ある授業を行うことができる教員の養成と資質向上のため、教員養成系大学を中心として、大学における教職課程の教育内容・方法の見直しと充実を図る。さらに、教員の専修免許状の取得のための取組を推進するとともに、高い専門性と実践的な指導力を発揮できる教員の養成を行うことができるよう、教員養成における専門職大学院制度の活用やそのあり方を検討する。また、幼稚園から高等学校に至る教員養成系大学附属学校において、教育内容・方法について大学の研究成果を取り入れた理数教育を行うなど、大学と連携した実践的な取組を継続的に実施する。

##### ② 才能ある子どもの個性・能力の伸長

効果的な理数教育を通じて理科や数学に興味・関心の高い子どもの個性・能力を伸ばし、科学技術分野において卓越した人材を育成していく必要があり、理数教育を重視する高等学校等に対する支援制度を拡充するとともに、才能ある子どもの各種の国際科学技術コンテスト等への参加を促進する。

また、大学入学者選抜の影響に関わらず才能ある児童生徒の個性・能力の伸長を図ることができるよう、高等学校と大学の接続、いわゆる高大接続の改善を進める。具体的には、高等学

校段階において顕著な実績をあげた生徒がアドミッション・オフィス（AO）入試等の方式により適切な評価が得られるようにすることや、大学の協力を得ながら科学技術関係人材育成のための特別な教育課程を高等学校が編成すること、さらには、高校生を科目等履修生などとして大学に受け入れたり大学の教員が高等学校に出向いて授業を行うなど高校生が大学レベルの教育研究に触れる機会を提供する取組を行うことなど、工夫・改善を促進する。

## 2. 科学の発展と絶えざるイノベーションの創出

科学技術に関する資源を効果的に機能させ、科学の発展によって知的・文化的価値を創出するとともに、研究開発の成果をイノベーションを通じて社会的・経済的価値として発現させる努力を強化し、社会・国民に成果を還元する科学技術を目指す。その際、研究開発システムの改革のみならず、円滑な科学技術活動と成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消に取り組むことが重要である。

### （1）競争的環境の醸成

競争的資金については、第2期基本計画において目指すこととされていた倍増には至らなかったものの、その拡充が相当程度進むとともに、制度改革の進捗ともあいまって、競争的環境の醸成に向けた取組には着実な進展があった。今後、より多様な局面で競争原理を働かせることにより研究活動を活性化させるためには、更なる取組を進める必要がある。

#### ① 競争的資金及び間接経費の拡充

研究者の研究費の選択の幅と自由度を拡大し、競争的な研究開発環境の形成に貢献する科学研究費補助金等の競争的資金は、引き続き拡充を目指す。競争的資金を獲得した研究者の属する機関に対して研究費の一定比率が配分される間接経費については、全ての制度において、30%の措置をできるだけ早期に実現する。

間接経費は、研究の実施に伴う研究機関の管理等に必要な経費に充てるものであり、機関の自主的判断のもと活用されることが基本であるが、その中でも、競争的資金を獲得した研究者の属する部局等の研究環境の整備や、当該研究者に対する経済面での処遇、研究者による円滑な申請等を支援する事務体制の強化などに活用することが期待される。

#### ② 組織における競争的環境の醸成

##### （競争による研究活動の活性化）

競争的資金は、研究者間の競争促進はもちろん、間接経費の措置により、研究者の属する組織間の競争を促す効果を持つ。これにあわせて、人材に係る競争性・流動性を高め、大学等の人材確保に係る競争を促進することも必要であり、これらがあいまって、研究活動の一層の活性化が期待される。

世界一流の研究機関で行われているように我が国においても、大学等は、魅力ある研究環境

の構築や研究者の処遇に努めることにより優秀な研究者を確保しつつ、これら優秀な研究者が獲得する競争的資金の間接経費等を研究環境の改善等に充当し、優秀な研究者を惹きつけるという好循環が形成されることが望まれる。

#### **(大学における基盤的資金と競争的資金の有効な組合せ)**

我が国の大学においては、基盤的資金（国立大学法人運営費交付金、施設整備費補助金、私学助成）が教育研究の基盤となる組織の存立（人材の確保、教育研究環境の整備等）を支えることに重要な役割を果たすとともに、競争的資金が多様な優れた研究計画を支援するという研究体制が構築されている。このように、基盤的資金と競争的資金にはそれぞれ固有の機能があり、それぞれ重要な役割を果たしている。

このため、政府研究開発投資全体の拡充を図る中で、基盤的資金と競争的資金の有効な組合せを検討する。

なお、国立大学法人運営費交付金は、その全てが各大学の教員数等に比例して配分されるべきものではなく、また配分された経費については各大学の自主的・自律的な学内配分を尊重しつつ、学長裁量配分なども含め、競争的環境の醸成等の観点に立って、競争的資金や外部資金とあいまって最も効果的・効率的に活用されることが重要であり、国はこのような取組を促進する。

### **③ 競争的資金に係る制度改革の推進**

各競争的資金制度の効果を最大限に発揮させるため、それぞれの制度の趣旨や目的を明確化するとともに、研究費の規模、研究期間、研究体制、評価方法、推進方策等が、その制度の趣旨に応じ最適化されるよう、制度改革を進める。

#### **(公正で透明性の高い審査体制の確立)**

競争的資金の配分に当たっては、研究者の地位や肩書きによらず、申請内容と実施能力を重視した公正で透明性の高い研究課題の審査が不可欠であり、審査体制の抜本的強化に取り組む。各制度においては、審査業務の合理化を図りつつ、審査員の増員、研究計画書の充実、審査基準の見直し等の改革を進める。特に審査員の増員については、研究者コミュニティが自らの責務として積極的に協力することを期待する。また、各制度においては、多様な観点からの審査による公正さを担保するため、若手研究者や外国人研究者などを審査員に登用するよう努める。

#### **(審査結果のフィードバック)**

審査結果の内容や審査の際の意見等をできる限り詳細に申請者に伝えることは、審査の透明性を確保し研究の質を向上させるとともに、若手研究者をはじめとする研究者の資質向上に寄与すると考えられ、競争的資金に係る各制度において、審査結果が研究者に適切にフィードバックされるよう、その詳細な開示を推進する。

### (配分機関の機能強化)

競争的資金の配分機能を独立した配分機関へ移行させることを基本とし、方針が定まっている制度は着実な移行を進めるとともに、方針が定まっていない制度は実態を勘案しつつ早期に結論を得て適切に対応する。

各制度を支えるプログラムオフィサー（PO）、プログラムディレクター（PD）について、制度の規模に見合う人数で、これらの職に適切な資質を備えた者を確保できるよう、処遇に配慮する。また、大型の制度を中心として、できるだけ早期にPO・PDを専任へ転換していく。さらに、PO・PDが研究者のキャリアパスの一つとして位置付けられるよう、研究者コミュニティ全体が、PO・PDの職務経験を適切に評価することを期待する。

配分機関においては、PO・PDのみならず、その活動を支援するための調査分析機能や、審査・交付・管理等に係る実務機能の充実・強化が不可欠であり、競争的資金の一定割合を確保すること等により、着実にその体制整備を行う。また、配分機関において、海外研修、国内セミナー等を充実させ、優秀なPO・PDの養成に努める。

なお、競争的資金の配分に当たっては、年度間繰越や年複数回申請など競争的資金の効率的・弾力的運用を可能とするため、競争的資金の趣旨・目的を考慮しつつ適切に予算措置を講じる必要がある。

## (2) 大学の競争力の強化

新たな知の創造と活用が格段に重要性を増す時代においては、大学の国際競争力の強化が極めて重要であり、世界の科学技術をリードする大学を形成する。また、地域における大学も含め、国公立を問わず、個々の大学が、その個性・特色を活かして競争力を強化していくことが不可欠な時代になっている。このような認識の下、教育研究の基盤を支える基盤的資金は確実に措置する。

### ① 世界の科学技術をリードする大学の形成

国際競争力のある大学づくりは、大学間の健全な競争なしには成し遂げられない。このため、国公立を問わず、大学における競争的環境の醸成や人材の流動性の向上等を一層推進する。

また、世界に伍し、さらには世界の科学技術をリードする大学づくりを積極的に展開するため、世界トップクラスの研究教育拠点を目指す組織に対して、競争原理の下での重点投資を一層強力に推進する。

現在、国公立大学を通じた大学の構造改革の一環として、21世紀COEプログラムが展開されているが、この評価・検証を踏まえた上で重点化を図り、より充実・発展した形で更なる展開を図っていくことが適当である。その際、大学の本来の使命としての優れた研究者育成機能の活性化や基礎研究水準の向上等の視点を確保することが重要であり、特定の研究領域等に偏するのではなく、基礎研究の多様性の確保や新興領域の創生等の観点から、幅広い学問分野を範囲とするとの基本的な考え方は維持することが適当である。

このような基礎研究の多様性の確保等を旨とする施策を展開する一方、イノベーション創出に向けては、世界を先導しうる研究領域を生み出すとの視点から、産業界の協力も得ながら、特定の先端的な研究領域に着目して研究教育拠点の形成のための重点投資を行うことも極めて有効であり、その具体化を図る。

これらの取組等を通じて、我が国の大学において、研究活動に関する各種評価指標により、世界トップクラスとして位置付けられる研究拠点、例えば、分野別の論文被引用数20位以内の拠点が、結果として30拠点程度形成されることを目指す。

## ② 個性・特色を活かした大学の活性化

### (地域に開かれた大学の育成)

地域における大学は、国公立を問わず地域にとって重要な知的・人的資源であり、地域に開かれた存在として地域全体の発展に一層寄与すべきである。また、地方公共団体等は、このような大学をパートナーとして捉え活用していくことが地域再生に不可欠と認識し、積極的に支援していくことが期待される。例えば、地場産業・伝統産業の技術課題や新技術創出に大学が取り組む地域貢献型の産学連携や、それら産業と連携した人材育成の推進など、地域が大学と連携し、国の支援とがあいまって、地域の大学を核とした知識・人材の創出と地域活力の好循環を形成していくことが望ましい。

地域の大学の活性化・活用による地域再生の一環として、文部科学省、地域再生本部、総合科学技術会議等が連携し、大学と連携した地域の自主的な取組に対する支援措置や環境整備を盛り込んだ「地域の知の拠点再生プログラム」を推進する。

### (私立大学の研究教育機能の活用)

私立大学は、これまでも独自の建学の精神に基づき、多様で特色ある教育研究活動を展開してきたところであり、国としても私立大学の有する人材育成機能、研究機能を一層活かしていくことが、我が国全体の科学技術水準の向上や多様性の確保の観点から不可欠である。一方、世界的研究教育拠点を目指す私立大学であっても、その研究環境が人的にも施設・設備的にも国立大学に比して不十分なところもあり、これを改善していく必要がある。

このため、このような私立大学については、研究機能を強化する観点から重点的に助成の充実を図るとともに、競争的資金の運用に当たって、まず全ての制度について間接経費30%の措置をできるだけ早期に実現した後、更に私立大学に対する間接経費を優遇するなど私立大学への配慮に努める。また、多様な民間資金の導入を促進するための所要の条件整備を行う。

## (3) イノベーションを生み出すシステムの強化

大学や公的研究機関等で生み出される優れた基礎研究の成果をはじめとする革新的な研究開発の成果をイノベーションに次々と効果的につなげていくため、産学官が一体となって、我が国の潜在力を最大限発揮させるべく、イノベーションを生み出すシステムを強化する。



## ① 研究開発の発展段階に応じた多様な研究費制度の整備

研究開発の発展段階や特性に応じて、各研究費制度の趣旨、期待する成果、評価方法、推進方策等を一層明確化し、基礎研究からイノベーション創出に至るまでの多様な制度を適切に整備・運用する。

### (基礎研究におけるハイリスク研究への取組)

これまでの競争的資金制度の改革等により、基礎研究を支える制度は質・量ともに充実しつつあり、研究水準は着実に向上している。基礎研究を支える競争的資金制度においては、いわゆるピアレビュー審査が基本であり、その改善を徹底する。

一方で、ピアレビュー審査を画一的に運用するのみでは、ハイリスク研究（研究者の斬新なアイデアに基づく革新性の高い成果を生み出しうる研究）は見いだしにくい恐れがある。このため、基礎研究を支える制度の一部において、研究者個人のアイデアの独創性や可能性を見極めて柔軟に課題選定を行う仕組みを設けること等により、ハイリスク研究に配慮する。

### (イノベーション創出を狙う競争的研究の強化)

社会・国民への成果還元を進める観点から、基礎研究で生み出された科学的発見や技術的発明が、単に論文にとどまることなく社会的・経済的価値創造に結びついていくよう、革新的技術を生み出すことに挑戦する研究開発を今後強化する必要がある。これには、研究者の知的好奇心の単なる延長上の研究に陥ることのないよう適切な研究のマネジメントが必要である。

このため、新たな価値創造に結びつく革新的技術を狙って目的基礎研究や応用研究を推進する競争的資金については、例えば、イノベーション志向の目標設定や研究進捗管理等を行う責任と裁量あるプログラムオフィサー（プログラムマネージャー）を置くなどにより、マネジメント体制を強化する。

### (先端的な融合領域研究拠点の形成)

イノベーションは新たな融合研究領域から創出されることが多いが、そのような領域は経済社会ニーズに基づく課題解決に向けた積極的な取組により効果的に形成される。

このため、国は、産業界の積極的な参画を得て、我が国が世界を先導しうる先端的な融合研究領域に着目した研究教育拠点を大学等において重点的に形成する。この拠点（先端融合領域イノベーション創出拠点）の形成に当たっては、①真に産学協働による研究拠点、人材育成拠点であること、②実用化を見据えた基礎的段階からの研究を実施すること、③国の内外に開かれた拠点であること、④研究資源の提供など産業界の明確なコミットメントがあること、⑤これらを円滑にする斬新な組織運営やシステム改革を行うことなどに留意する。

### (府省を越えた研究費制度の改革)

#### ー多様な制度に応じた適切なマネジメントの強化ー

多様な研究費制度に応じて適切なマネジメントを行ってこそ、国民の目に見える成果を生み出していくこととなる。

このため、国は、競争的資金やプロジェクト研究資金など各種の研究費制度について、対象となる研究開発の発展段階や特性に応じて、期待する成果を踏まえた適切な制度設計や運営がなされているかどうかを確認し、成果を創出するためのマネジメント強化を推進する。

#### ー府省を越えて優れた研究成果を実用化につなぐ仕組みの構築ー

各府省の研究費制度や産学官の研究機関における研究開発は、基礎的段階から実用化段階まで広範にわたっているが、優れた成果を出しつつあり、かつ、イノベーションの創出へ発展する可能性がある研究について、制度や機関を越えて切れ目なく研究開発を進展させ、実用化につないでいく仕組みの構築に努める。総合科学技術会議は、このような各府省の取組を促進する。

次の段階へ研究をつなぐことが期待される研究費制度においては、研究終了前の適切な時期に評価を実施し、優れた課題は切れ目なく研究が継続できる仕組みを導入する。

さらに、研究費制度や産学官の研究機関間の連携に、府省を越えて取り組む。具体的には、各研究費制度における中間評価・事後評価結果の迅速な情報発信と他制度・機関での活用、配分機関や研究機関の間でのワークショップ等の開催を通じた先端研究動向・成果や研究開発戦略・ロードマップ等についての情報共有、成果の応用可能性の情報を抽出・集約したデータベースの構築、配分機関や公的研究機関において研究開発の立案時に広く他の研究成果を調査する機能の強化などの取組を促進する。

## ② 産学官の持続的・発展的な連携システムの構築

厳しい国際競争の中、独自の研究成果から絶えざるイノベーションを創出していかねばならない我が国にとって、産学官連携は、その実現のための重要な手段であり、持続的・発展的な産学官連携システムを構築する。

### (本格的な産学官連携への深化)

今後、より本格的な産学官連携へ深化を図るべきであるとの観点から、大学等の優れたシーズを活かした従来型の共同研究や技術移転に加え、産学官が研究課題の設定段階から対話を行い、長期的な視点に立って基礎から応用までを見通した共同研究等に取り組むことで連携の効果を高めていくような戦略的・組織的な連携を促進する。そのような連携の一環として、産学官連携の下で世界的な研究や人材育成を行う研究教育拠点の形成を目指す。

また、地域の競争力向上や大学や公的研究機関の地域貢献の促進の観点から、中小企業を含めた地域産業の技術課題や新技術創出に大学等が取り組む地域貢献型の共同研究を促進する。

これらの取組を通じ、大学等における民間企業からの研究費受入額の大幅な増加を目指す。

### **(産学官連携の持続的な発展)**

#### **－産学官の信頼関係の醸成－**

持続的な産学官連携のためには、企業及び大学等の相互理解が不可欠であり、例えば、共同研究成果の帰属、企業ニーズへの柔軟かつ迅速な対応、守秘義務に対する認識の徹底、共同発明に係る不実施主体である大学等の特性への配慮などについて、双方が立場の違いを理解した上で十分に話し合い、問題の解決を図り、信頼関係を醸成していく必要がある。国は、双方が対話する場や成功事例情報等を提供するとともに、必要に応じてガイドライン等を示し自主的ルール作りを促す。

なお、大学や公的研究機関において、企業との共同研究や委託研究に関して必要となる間接経費は、双方の十分な話し合いのもとに、当該研究費の中で確保されることが重要であり、国は適切に措置されることを促す。

#### **－大学等の自主的な取組の促進－**

大学等は、産学官連携を含めた社会貢献を教育や研究とともに重要な使命として捉え、産学官連携活動をそれぞれの運営方針の中に適切に位置付けるとともに、自ら主体的に連携活動に取り組むことが望まれる。また、大学等は、産学官連携活動に積極的に取り組む研究者の業績を適切に評価することを期待する。なお、連携活動の進展に伴い生じる、いわゆる利益相反状態を適切にマネジメントする仕組みの整備も併せて行うことが必要である。国は、産学官連携活動に積極的に取り組む大学等へのインセンティブ付与に努める。

#### **－大学知的財産本部や技術移転機関（TLO）の活性化と連携強化－**

産学官連携活動が十分な成果をあげていくためには、大学知的財産本部やTLOの活動を一層活性化し、効果的なものとする必要がある。

大学における知的財産の戦略的な創出・管理・活用を行う知的財産本部は、研究成果の社会還元という大学の使命を果たす上で極めて重要な存在であり、国は大学の主体性及び経営努力を求めつつ、その取組を支援する。また、民間への技術移転事業を実施するTLOについては、国はその立ち上げ支援を行うとともに、優れた実績をあげているTLOの成功要因の普及を図ること等によって、他のTLOや大学等の技術移転体制の強化を図る。

大学は、自らの知的財産本部とTLOとの関係を明確にし、対外窓口の明確化を進めるとともに、TLOに蓄積された技術移転に関する知見・ノウハウを最大限活用する観点から、知的財産本部とTLOとの連携を一層強化する。

#### **－知的財産活動の円滑な展開－**

大学等において、特許出願経費などの知的財産活動のための費用が、機関内で適切に確保さ

れるよう機関の取組を促す。その際、競争的資金における間接経費の積極的な活用が期待される。また、国は、大学等で生まれる研究成果の社会還元を促進するための競争的な研究開発支援を充実するとともに、我が国の国際競争力強化の観点からも海外特許出願経費を適切に支援する。

### ③ 公的部門における新技術の活用促進

公的調達を通じた新技術の活用促進は、公的部門の活動の機能の充実や効率性向上等のみならず、研究成果の社会還元の促進の観点からも重要である。

このため、安全に資する科学技術分野や先端的機器開発等の研究開発において、公的部門側のニーズと研究開発側のシーズのマッチングや連携を促進する。安全に資する科学技術については、研究情報等のネットワーク構築に努める。

また、低公害自動車の導入等に見られるように、技術的要求度の高い新技術や市場規模が小さい段階にとどまっている新技術について公的部門が先進的な初期需要を創出することは、各部門の政策目的に資するのみならず、新市場を形成し民間のイノベーションを刺激するなど意義が大きい。公的部門は、透明性及び公正性の確保を前提に総合評価落札方式等の技術力を重視する入札制度を活用すること等により、新技術の現場への導入を積極的に検討することが期待される。

なお、研究開発型ベンチャーにとって、製品等が公的部門によって調達されることは、企業の信用力を高めるとともに創業段階での収入確保のためにも重要であり、公的部門の新技術導入においては研究開発型ベンチャーからの調達に配慮する。

### ④ 研究開発型ベンチャー等の起業活動の振興

大学発ベンチャーをはじめとする研究開発型ベンチャーは、イノベーションの原動力として、新産業の創出や産業構造の変革、大学等の研究成果の社会還元に必要な役割を担うべき存在である。このため、起業活動に係る環境整備を推進するとともに、技術面、資金面、人材面、需要創出面など包括的な研究開発型ベンチャー支援策の強化を図る。特に、大学発ベンチャーについては、その創出支援を引き続き行うとともに、創出されたベンチャーが成長・発展するよう競争的に支援する。

また、研究開発型ベンチャーは新事業への挑戦意欲が高く発注側の要求にも機動的に対応できるため、イノベーション創出を狙う競争的資金により行う研究開発や、国や公的研究機関が委託等により行う研究開発においては、能力ある研究開発型ベンチャーの活用を積極的に検討する。

さらに、ファンド出資を活用した創業支援型ベンチャーキャピタルの育成、エンジェル税制の活用拡大など個人投資家の投資活動の促進、政府系機関の出資制度の効率化などを通じて、ベンチャーへのリスクマネー供給の円滑化に努めるとともに、ベンチャー支援者間のネットワーク形成を支援する。

なお、我が国の起業家精神が国際的に見ても弱いとの指摘があるが、本質的な起業活動の振興には、挑戦する意欲や事業化への道筋を構想しうる人材（いわば潜在的な起業家）の分厚い層の形成が不可欠である。このため、大学において、学生等の起業活動の支援、人的交流による起業機会の創出、起業関連科目等の質の向上といった起業活動振興の取組を促進する。

#### ⑤ 民間企業による研究開発の促進

研究開発や産学官連携の成果から新しい製品等の形で市場価値を創造し、最終的にイノベーションの実現につなげていくのは民間企業であることから、民間の研究開発を活性化させることが重要である。国としても、民間の自助努力を基本としつつ、その意欲を高めるため、研究開発活動促進に資する税制措置の活用や、事業化に至るまでの研究開発のリスクを軽減する技術開発制度の充実を図る。なお、我が国の産業競争力の基盤を支える中小企業については、財政基盤・経営資源の脆弱性も勘案した上で、ものづくり技術の強化や高度化に向けた取組を支援する。

また、外部の研究開発能力や成果を活用し自社製品等を作り出す傾向が高まる中、国全体としてイノベーション創出を加速するため、民間企業には、長期的視点から大学や公的研究機関をイノベーションのパートナーと位置付け、相互に持続的に発展していく協働関係の構築が求められる。

#### （４）地域イノベーション・システムの構築と活力ある地域づくり

地域における科学技術の振興は、地域イノベーション・システムの構築や活力ある地域づくりに貢献するものであり、ひいては、我が国全体の科学技術の高度化・多様化やイノベーション・システムの競争力を強化するものであるため、国として積極的に推進する。また、地域住民の安全・安心で質の高い生活の実現や、創造的で魅力ある地域社会と文化形成などにも寄与するものとして、広がりのある活動を振興する。

#### ① 地域クラスターの形成

地域クラスターの形成には、産学官連携による研究開発だけでなく、金融の円滑化、創業支援、市場環境整備、協調的ネットワーク構築などの様々な活動が必要であり、地域の戦略的なイニシアティブや関係機関の連携の下で長期的な取組を進める。

国は、地域のイニシアティブの下で行われているクラスター形成活動への競争的な支援を引き続き行う。その際、クラスター形成の進捗状況に応じ、各地域の国際優位性を評価し、世界レベルのクラスターとして発展可能な地域に重点的な支援を行うとともに、小規模でも地域の特色を活かした強みを持つクラスターを各地に育成する。

#### ② 地域における科学技術施策の円滑な展開

地域科学技術施策の推進に当たっては、地方公共団体が積極的役割を果たすことを期待する

とともに府省間の縦割りを排し府省連携を強化する。

地域における産学官連携の推進には、コーディネーター機能の強化が重要であり、その支援体制の充実やコーディネーター間のネットワーク形成等を支援する。また、インターンシップなど地域の大学と地域産業との連携による人材育成を促進する。

また、地域における国の公的研究機関は、自らシーズを創出・発信するとともに、地域の大学等と連携しつつ、地域産業のニーズにも対応していくことが期待される。地方公共団体の公設試験研究機関は、地域産業・現場のニーズに即した技術開発・技術指導等を行っているが、これまでの活動成果の検証等を踏まえて、それぞれの特色や強みを活かした業務への選択と集中、さらには地域間の広域的な連携等を図りつつ、地域の産学官連携に効果的な役割を果たすことが期待される。

## (5) 研究開発の効果的・効率的推進

### ① 研究費の有効活用

#### (研究費配分における無駄の徹底排除)

研究費配分の不合理な重複や、研究者個人の適切なエフォート（研究に携わる個人が研究、教育、管理業務等の各業務に従事する時間配分）を超えた研究費の過度の集中は、排除を徹底する必要がある。

このため、電子政府構築計画に基づき、できるだけ早期に、府省横断的に競争的資金制度間で情報を共有し重複等のチェックを実施するため、研究者自らによるデータ入力が可能となる応募受付等の業務も含めた府省共通の研究開発管理システムを、競争的資金制度を核として、研究資金制度全般に適用できることを考慮に入れた上で構築する。

一方、競争的資金以外も含めた研究費全体の配分状況について、全体像を把握し、重複排除等の効果的・効率的な資源配分に資するため、総合科学技術会議は、政府研究開発データベースを構築し、プロジェクト研究資金などの競争的資金以外の研究費についてもデータ整備を進める。府省共通の研究開発管理システムと政府研究開発データベースとは、十分な調整を図った上で、府省横断的な活用を推進する。各府省は、その活用により重複等のチェックを実施し、配分決定に係る説明責任を適切に果たす。

なお、研究費の不正受給や不正使用については、研究者に申請資格の制限を課す等厳格に対処する。

#### (大学や公的研究機関による研究者のエフォート管理)

大学や公的研究機関は研究者のエフォートを管理し、研究者が外部から獲得した研究費による研究開発の実施に割く時間を確保すべきであり、特に、世界的研究教育拠点を目指す大学等においては、適切なエフォート管理の早期の定着に努める。また、競争的資金やプロジェクト研究資金等の研究費制度の申請において、機関の了解の下で研究者のエフォートを申請書に記載することを徹底する。

## ② 研究費における人材の育成・活用の重視

研究開発に携わる中で人材が育成されることの重要性や、研究開発の重点化に伴い人材の重点化も進むべきことに鑑みれば、競争的資金等の研究費において、人材の育成や活用を行うことが一層重視されるべきである。

したがって、各研究費制度において、研究費が人材の育成・活用に充てられるよう努めることとし、必要な制度改善を行う。これにより、博士課程在学者への生活費相当額程度の支給により若手を育成することや、ポストドクター・研究支援者・外部研究人材等への人件費の措置によって若手研究者が自立して研究組織を編成すること等を促進する。

同時に、汎用の研究機器の共同利用を前提にした申請を徹底することや、共用スペースの利用を促進することなどにより、全体として施設・設備の有効活用を極力進める。

## ③ 評価システムの改革

研究開発評価は、国民に対する説明責任を果たし、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出、研究開発の重点的・効率的な推進及び質の向上、研究者の意欲の向上、より良い政策・施策の形成等を図る上で極めて重要であり、大綱的指針及び大綱的指針に沿って各府省等が評価方法等を定めた具体的な指針等に則って実施する。

なお、更に我が国の評価システムの一層の発展を図る観点から、研究開発評価の実施状況等を踏まえ、必要に応じ大綱的指針の見直しを行う。

### (改革の方向)

創造への挑戦を励まし成果を問う評価となるよう、評価の観点として、評価が必要以上に管理的にならないようにすることや、研究者が挑戦した課題の困難性も勘案し意欲喚起を図ること、独創的で優れた研究者・研究開発を見だし育てることのできる資質を持つ評価人材を養成・確保すること等に努める。

世界水準の信頼できる評価となるよう、評価の実施に当たって、評価対象や評価時期、評価目的等に応じて適切な調査・分析法及び評価法を選択すること、評価手法の開発・改良を進めること、若手を含む評価人材（評価に精通した個別分野の専門家、府省や機関等の職員、評価を専門分野とする研究者等）の養成や評価能力の向上を図ること等に努める。

活用され変革を促す評価となるよう、評価が戦略的な意思決定を助ける重要な手段であることを十分認識し、誰がどのように評価結果を活用するかをあらかじめ明確にした上で、評価目的を明確かつ具体的に設定すること等に努める。

なお、評価対象の観点からは研究開発施策の評価について、実施時期の観点からは追跡評価について、その実施状況に鑑み、一層の定着・充実を図っていく。

### (効果的・効率的な評価システムの運営)

評価の不必要な重複を避け、評価の連続性と一貫性を保ち、全体として効果的・効率的に評

価システムを運営していく観点から、研究開発を実施する府省や機関等は、評価システムの運営に関する責任者を定め、評価の相互連携・活用や評価のための体制・基盤の整備等を行うことにより、評価システムの改善を図る。その際、評価のための予算の確保、評価人材の養成・確保、データベースの構築・管理等を進める。

#### **(政策目標を踏まえた評価の推進)**

評価は、研究開発の特性に応じて、適切な評価項目及び評価基準を設定し実施するが、その際、社会・国民への成果の効果的還元が図られるよう、当該研究開発に係る政策目標を踏まえた評価項目・評価基準の設定に努める。

### **(6) 円滑な科学技術活動と成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消**

科学技術の振興に当たっては、人材の活発な交流、研究活動の円滑な実施、産学官連携の促進、さらには研究成果の社会への円滑な還元などを支える制度的な環境を整備することが、科学技術に対する人的・物的投資の効果を高める重要な鍵である。これまでも研究交流制度、研究者の任期制、独立行政法人制度、国立大学法人制度、知的財産制度など各方面において顕著な進展が見られたところであるが、いまだ様々な制度的隘路が存在しているとの指摘は多い。例えば、外国人研究者の出入国管理、出産・育児における女性研究者の勤務環境、異動に伴う年金・退職金の扱い、研究費の繰越明許の活用促進、治験薬の臨床研究環境、研究支援者等の雇用環境、研究機関の資金調達環境などが考えられる。

このため、総合科学技術会議は、今後科学技術政策と他の政策との境界領域への関与を積極的に深めることとし、科学技術の振興上障害となる制度的隘路の解消や研究現場等で顕在化している制度運用上の諸問題の解決のため、関係府省や審議会等と連携してこれに取り組む。また、必要に応じ意見を具申し、その実施状況についてフォローアップを行う。

## **3. 科学技術振興のための基盤の強化**

### **(1) 施設・設備の計画的・重点的整備**

世界一流の優れた人材の育成や創造的・先端的な研究開発を推進し、科学技術創造立国を実現するためには、大学・公的研究機関等の施設・設備の整備促進が不可欠であり、公共的施設の中でも高い優先順位により実施される必要がある。

その際、特に大学には次世代をリードする研究者など優れた人材の輩出が要請されていることから、創造的な学問、研究の場にふさわしい環境・雰囲気醸成が求められる。

#### **① 国立大学法人、公的研究機関等の施設の整備**

国立大学等施設緊急整備5か年計画により、優先的に取り組んできた施設の狭隘解消は計画通り整備されたものの、老朽施設の改善は遅れ、その後の経年等による老朽改善需要とあいまって、老朽施設は増加した。また、平成13年度以降新たに設置された大学院への対応、若手



研究者の教育研究活動スペース確保への対応、新たな診断・診療方法の開発に伴う研修・実習への対応など、新たな教育研究ニーズも発生している。

1960年代から1970年代にかけて大量に整備されてきた国立大学法人等の施設の老朽化が深刻化しており、機能的な観点から新たな教育研究ニーズに対応できないだけでなく、耐震性や基幹設備の老朽化など安全性の観点からも問題があるため、国は、老朽施設の再生を最重要課題として位置付け、長期的な視点に立ち計画的な整備に向けて特段の予算措置を講じる。

国立大学法人等において必要な整備面積は約1,000万平方メートルに達している。国は、このうち、卓越した研究拠点、人材育成機能を重視した基盤的施設について、老朽施設の再生を最優先として整備する観点から、第3期基本計画期間中の5年間に緊急に整備すべき施設を盛り込んだ施設整備計画を策定し、計画的な整備を支援する。

また、長期借入金等により整備を進めている大学附属病院や国立高度専門医療センターについては、引き続き、先端医療の先駆的役割などを果たすことができるよう、着実に計画的な整備を進めることを支援する。

国立大学法人等は、全学的視点に立った施設運営・維持管理や弾力的・流動的スペースの確保等の施設マネジメント体制を一層強化するとともに、産業界・地方公共団体との連携強化、寄付・自己収入・長期借入金・PFI（民間資金等活用事業）の活用など、自助努力に基づいた新たな整備手法による施設整備を推進することが求められる。国は、国立大学法人等のこのような改革への取組を促進するために、必要な制度の見直しを行うとともに、国立大学法人等の取組を積極的に評価した上で、優先的な資源配分を行う。

独立行政法人等の公的研究機関においても、優れた人材を育成するとともに卓越した研究開発の成果を生み出すため、時代の要求に対応した施設の整備・充実を図る。特に、昭和中期以前に設立された公的研究機関においては、著しく老朽化した施設が多数存在していることから、優先的かつ計画的に施設の再生・改修等を行う。

また、筑波研究学園都市の公的研究機関のように、今後、同時期に老朽化問題が発生する恐れのある施設を有する公的研究機関は、各機関毎に長期的な整備計画を検討する。

## ② 国立大学法人、公的研究機関等の設備の整備

基礎研究の進展等により、実験設備や先端研究設備の重要性が著しく増大し、理論研究面でもその利用が大きな要素となってきたため、国は、国立大学法人等において、長期的な視点で大型設備をはじめとする研究設備が計画的に整備されるよう支援する。

国立大学法人や公的研究機関等においては、機関内での設備の共同利用等に積極的に努めるなど既存設備の有効活用を進めるとともに、機関の枠を超えた共同利用、競争的資金等による研究終了後の設備の再利用など、研究設備の効果的かつ効率的な利用を促進する。

### ③ 公立大学の施設・設備の整備

地域における教育研究の拠点として大きな役割を果たしている公立大学の教育研究施設・設備については、設置者である地方公共団体の判断に基づき、財政措置の充実が図られることが望まれる。

### ④ 私立大学の施設・設備の整備

我が国の研究能力を高め、教育研究の高度化を進める上で、私立大学の研究施設・設備の重点的な整備が重要であるが、私立大学の施設・設備の整備は必ずしも十分とは言えない状況にあることに鑑み、国は、私立大学において研究施設・設備の整備が積極的に進められるよう私学助成の充実を図る。

### ⑤ 先端大型共用研究設備の整備・共用の促進

次世代スーパーコンピュータや次世代放射光源のような最先端の大型共用研究設備は、整備・運用に多額の経費を要し、広く共用に供することが世界最高水準の成果の創出につながるものであるため、特定の研究機関の事業としてではなく国が責任を持って整備・共用を推進すべきであり、産学官の様々な組織から最も適した組織を選択し、公平で効率的に整備・共用を実施する。

このため、共用を促進するための法整備を含めてこれら設備の整備から運用まで一体的に推進するための仕組みを構築する。また、国は、具体的な先端大型共用設備の選定に当たっては、厳格に評価を行った上で、大学共同利用機関等の大型研究施設・設備も含めて優先順位を付け、計画的かつ継続的に整備を行う。

## (2) 知的基盤の整備

### ① 知的基盤の戦略的な重点整備

研究開発活動が高度化し、経済社会活動全体の知識への依存度が高まる中、これら活動全般を支える知的基盤（生物遺伝資源等の研究用材料、計量標準、計測・分析・試験・評価方法及びそれらに係る先端的機器、関連するデータベース等）について、量的観点のみならず、利用者ニーズへの対応の度合いや利用頻度といった質的観点を指標とした整備を行うよう知的基盤整備計画を見直し、選択と集中を進めつつ、2010年に世界最高水準を目指して重点整備を進める。

なお、先端的機器については、機器開発そのものが最先端の研究を先導する性格を持つことを踏まえ、重要な分野の研究に不可欠な機器や我が国が比較優位を持ちつつも諸外国に追い上げられている機器について、鍵となる要素技術やシステム統合技術を重点開発する。

## ② 効率的な整備・利用を促進するための体制構築

利用者の利便性向上や各種知的基盤の統合的運用を目指し、知的基盤の各領域について、公的研究機関等を中核的なセンターに指定し育成することにより拠点化を図る。中核的センターにおいては、利用者ニーズを把握し、知的基盤の整備・運用に反映することが求められ、その共通的な機能としては、関係諸機関との連携、知的基盤の所在や技術情報の集積・発信、知的財産等に関する検討等がある。

公的研究機関や大学は、知的基盤整備の一翼を担う専任人材の確保等により必要な体制を構築するとともに、研究者・技術者の知的基盤整備への貢献の度合いを評価しうよう、それぞれの運営方針に適切に位置付けることが望まれる。国は、知的基盤整備に貢献した研究者・技術者への表彰等により、この分野の社会的注目度を高めるよう努める。

また、公的研究機関や大学は、研究開発成果を蓄積するためのデジタルアーカイブ化や研究用材料の保存等の重要性をそれぞれの運営方針に明確化するとともに、競争的資金等の研究費の獲得に当たっては、これらに必要な経費を含めて研究計画を立案するなど、その計画的な蓄積に努めることが期待される。

今後、研究用材料等の授受がより頻繁に行われると考えられることから、国は、公的研究機関や大学とともに、知的財産等に関するルール整備に引き続き取り組む。その際、上記の中核的センターは、検討結果を他の機関と共有することを通じて、我が国の知的財産等に関する問題への対応能力の向上に貢献することが期待される。

また、計量標準等の整備に係る国際的取組に引き続き主導的に参画し、特に、アジアにおける計量標準整備や生物遺伝資源整備に積極的に参加していく。

## (3) 知的財産の創造・保護・活用

独創的かつ革新的な研究開発成果を生み出しそれを社会・国民に還元していくためには、知的創造活動を刺激・活性化し、その成果を知的財産として適切に保護し、それを有効に活用する、知的創造サイクルの活性化が不可欠である。我が国の科学技術の振興、国際競争力の強化に向けて、知的財産の創造、保護、活用に関する施策を推進する。

### (大学等における知的財産体制等の整備)

大学等においては、発明等の機関一元管理をはじめ、知的財産に関する体制の整備やルール作りが進められてきた。国は、今後の本格的な知的財産活動の展開に向けて、大学知的財産本部やTLOの体制整備を支援するとともに、知的財産の管理・契約に伴う様々な問題に対応し、迅速かつ柔軟な実務運用を行うための取組を促す。

また、大学等が関係する知的財産に関する紛争が顕在化しつつあり、こうした紛争の解決に適切に対応できるよう大学等における体制整備を支援する。

#### **(知的財産活動の推進)**

国際競争力の源泉となる優れた研究開発成果は、特に基本特許として国内外で効果的に権利取得し活用することが重要である。

企業に対しては、質の高い基本特許の取得につながるよう、量から質への特許戦略の転換を促す。大学等は、優れた知的財産について国内外を問わず適切に権利を取得し活用していくことが重要であり、国は大学等の戦略的な取組を支援する。また、質の高い優れた研究成果が得られるよう特許情報等の検索システムの整備を行う。

また、大学等での試験研究における他者の特許の円滑な使用など、ライフサイエンス等の先端技術分野が抱える知的財産の諸問題について、大学等における研究の自由度との適切なバランスにも配慮した検討を行い、必要に応じて知的財産制度やその運用の整備を図る。

#### **(知的財産による地域の振興)**

知的財産の創造拠点たる大学等は、地域の核として、地域の振興につながる新たな知的財産を生み出すことが期待される。大学等と地域企業、地方公共団体、地域の研究機関との連携強化や、地域における知的財産に関するアドバイザー等の確保、活用を奨励し、地域のニーズにマッチした知的財産の創造や活用を推進する取組を支援する。

#### **(4) 標準化への積極的対応**

研究開発成果の普及には標準化への積極的な対応が重要であり、産業界が主体的に標準化活動を担う中で政府をはじめとする関係機関は効果的な支援を行う。

国や公的研究機関は、研究開発プロジェクトを実施するに際し、研究開発計画の中に知的財産戦略のみならず標準化戦略を明確に位置付け、標準化活動に取り組む。

また、日本発の国際標準を戦略的に獲得するため、技術的優位にある分野につき国際標準化案の作成等によって主導性を発揮するとともに、国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）、国際電気通信連合（ITU）等の国際標準化機関の活動に対しては、関係府省間の連携及び産学官の連携を一層強化し、一貫性を持って迅速かつ効果的に参画する。さらに、国際標準化を目指す際、戦略的に国内規格を国際標準へのステップとして活用できるよう、国内規格の審議の迅速化を図る。

さらに、国際標準化活動で国際幹事等を担うなど、標準化活動に的確に対応できる人材の重要性が増しており、標準化に関する教材の作成を含めた研修・教育プログラムの整備、公的研究機関の専門家の活用、国際標準化活動への参加支援の充実などを通じて、標準化専門家を養成する体制を強化する。

#### **(5) 研究情報基盤の整備**

研究情報基盤は、研究活動に不可欠ないわばライフラインとしての性格を有しており、特に、大型コンピュータや高速ネットワークなどは最先端の情報通信技術や国際動向に常に先行して

整備していく。また、研究機関において不可欠な論文誌などの研究情報の体系的収集・保存、効果的発信並びに研究者・研究機関間の連携や協力を促進することにより、研究情報基盤の効果的かつ効率的な運用を進める。

具体的には、最新技術の導入による柔軟かつ効率的な研究情報ネットワークや使いやすい計算機環境を実現するとともに、国際的な連携を強化する。また、ハードウェアやその有機的連携を強化する基盤的ソフトウェアの整備について、それらを包含する制度の構築や人材確保等を含め、総合的かつ戦略的な取組を進める。

また、研究情報の利用環境の高度化を図るため、最新の情報通信技術の導入を進めつつ、論文等の書誌情報と特許情報の統合検索システムの整備、論文誌等の収集・保存体制の強化、大学図書館・国立国会図書館等の機能強化や連携促進を進める。

さらに、我が国の研究情報の蓄積を資産として国の内外に発信できるよう、論文誌等の電子アーカイブ化支援を進める。

なお、研究者が公的な資金助成の下に研究して得た成果を公開する目的で論文誌等で出版した論文については、一定期間を経た後は、インターネット等により無償で閲覧できるようになることが期待される。

## (6) 学協会の活動の促進

### (学協会の役割)

学協会は、研究成果の発表、知識の交換、研究者相互及び国内外の学協会との連絡提携の場として、大学等の研究機関を越えて我が国の研究活動を支える存在であり、我が国の科学技術の国際的地位を向上するためには、これら学協会の自助努力による改革を促し、機能を強化する必要がある。

また、学協会には、その社会的役割を意識しつつ、科学技術に関する社会との積極的なコミュニケーション活動、児童生徒の国際科学技術コンテストへの参加支援、技術者の継続的能力開発への貢献など広がりのある活動が期待され、国としても、これらの活動が活発に行われるよう積極的に支援する。

### (学協会の国際競争力の強化)

論文誌による研究情報の発信・流通がインターネットの普及等により急速にグローバル化し、我が国の学協会は、資本力等で勝る欧米学協会に対し情報発信力が相対的に低下しており、研究成果の発表における国内学協会離れ等が懸念される。

このため、学協会は、情報通信技術等を用いて研究情報の収集・分析・発信・流通の能力を高めるための基盤整備を行うとともに、海外研究者の招へいなど人材の活発な交流や情報通信技術の利用による情報発信の強化等により、研究集会の活性化を図ることが期待される。さらに論文誌の国際競争力強化の観点から、関連分野の論文誌との統合も含め、自立・発展への自助努力の下、論文誌の編集・査読における国際化や情報通信技術の活用を進めることなどが期

待される。国は、これら学協会の改革を促し、その機能を強化するため、競争的かつ重点的な支援を行う。

#### (7) 公的研究機関における研究開発の推進

公的研究機関は、政策目的の達成を使命とし、我が国の科学技術の向上につながる基礎的・先導的研究や、政策的ニーズに沿った具体的な目標を掲げた体系的・総合的研究を中心に、重点的な研究開発を行う。その際、大学や産業界との連携を強化しつつ、イノベーションを生み出す潜在力を最大限発揮させ、創出された研究成果を効果的に普及・実用化し社会に還元するよう、機能を強化することが求められる。

多くの公的研究機関が独立行政法人に移行しているが、各法人は、その長の裁量の下、自らの経営努力により、研究資金の柔軟かつ弾力的な運用や、公正で透明性の高い競争的な人事・給与システムの導入など、自律的・自発的な運営・改革に取り組むことが期待される。また、機関の機能を高めるという観点から、競争的資金等の獲得により研究開発を行うことも奨励されるが、機関の使命達成のために必要な経費が運営費交付金等により確実に措置されることがまず重要である。

さらに、競争的資金の拡充及び戦略重点科学技術の推進を図っていくため、競争的資金の配分機関たる法人や戦略重点科学技術を担うに適切な法人については、独立行政法人であるがゆえに、直ちに予算上の制約が課されることのないようにする。

筑波研究学園都市や関西文化学術研究都市においては、域内に複数の公的研究機関が集積しているという利点を活かした研究開発の連携や融合に取り組む。

### 4. 国際活動の戦略的推進

今後我が国は、科学技術活動を単に国際化するという視点にとどまることなく、これを戦略的に進めることが必要であり、その際、国際動向の十分な調査分析を踏まえて、相手国や状況に応じて、競争と協調、協力、支援のアプローチを使い分けつつ、以下の目標達成に向け努力する。

- ・ 我が国の科学技術力を活用して、国際共通の課題の解決や他国からの国際的要請・期待に応え、我が国への信頼を高める。
- ・ 我が国のイニシアティブにより、科学技術に関連する国際標準やルール形成に貢献する。
- ・ 我が国の研究者を世界に通用する人材に育むとともに、優秀な外国人研究者の受入れにより研究の多様性や研究水準の向上を図ることにより、我が国の科学技術力を強化する。

#### (1) 国際活動の体系的な取組

科学技術の国際協力活動における二国間、多国間の枠組みについて、我が国と相手国との科学技術活動の相互補完性や共通課題の存在などに留意しつつ、科学技術の国際活動に対して体系的な取組を行う。

その取組の中で、①多層的なネットワーク形成（政府、研究機関、学協会、研究者）、②我が

国を含め共同で取り組むべき共通課題の抽出とその課題解決のための研究開発、技術開発の実施、③新たな国際協力の苗床形成などを推進する。また、これらの国際活動を担う人材の養成にも努める。

## (2) アジア諸国との協力

これまでの国際的な枠組みや欧米諸国との協力・連携を引き続き充実させるとともに、地理的・自然環境的な近接性、科学技術水準の急速な向上、経済関係の緊密化等の国際情勢にも鑑み、内外から日本に期待される役割を果たしていくため、アジア諸国との間で科学技術の連携を強化する。このため、既存の政府間対話や研究者による交流を踏まえながら、アジア諸国との科学技術政策に係る閣僚級を含むハイレベルでの政策対話「アジア地域科学技術閣僚会議(仮称)」等を実施する。

これと並行して、アジア諸国との研究者の交流を促進し、ネットワーク形成やアジア地域における共通課題への対応等を通じて、アジア諸国との科学技術コミュニティの強化を図る。

## (3) 国際活動強化のための環境整備と優れた外国人研究者受入れの促進

国際活動を強力に推進するため、大学、公的研究機関等において国際活動を担う事務体制の強化、関係機関の海外拠点活動の効果的推進及び連携促進、海外の科学技術動向を体系的に収集・分析する体制の整備など、国際活動を支える基盤の強化を図る。また、我が国の科学技術活動の国際的評価・認知度の向上のため、海外拠点を中心とした、研究成果・研究者・研究機関に関する情報の積極的な海外への発信、日本での研究経験を有する者等の関係者のネットワークの形成を支援する。また、筑波研究学園都市及び関西文化学術研究都市について、内外に開かれた国際研究開発拠点として引き続き育成・整備を図る。

外国人研究者の受入れの促進・活躍の拡大を図るため、出入国管理制度や査証発給のあり方に係る必要な見直しや運用改善等を一層推進する。具体的には、外国人研究者に関する在留期間の伸長や永住許可要件の緩和、数次有効の短期滞在査証の発給要件の緩和、諸手続の簡素化・迅速化等に向けた取組を進めるとともに、アジア太平洋経済協力(APEC) ビジネス・トラベル・カード(ABTC)の研究者への交付についてAPEC関連会合で提案していく。

## 第4章 社会・国民に支持される科学技術

科学技術活動、科学技術システムは、社会・国民から独立して存在せず、広く社会・国民に支持されて初めて科学技術の発展が可能になるといっても過言ではなく、「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術」は第3期基本計画を貫く姿勢である。そのため、総合科学技術会議、関係府省、地方公共団体、日本学術会議、学協会等の研究者コミュニティ、各研究機関、個々の研究者など様々なレベル・主体がそれぞれの役割を担い、適切に施策の推進を図る。

なお、現代社会の諸問題の克服に当たって、人文・社会科学の役割は重要であり、自然科学と人文・社会科学を合わせた総合的な取組を進めていく必要がある。

## 1. 科学技術が及ぼす倫理的・法的・社会的課題への責任ある取組

科学技術の急速な発展により、ヒトに関するクローン技術等の生命倫理問題、遺伝子組換え食品に対する不安、個人情報悪用の懸念、実験データの捏造等の研究者の倫理問題など、科学技術は法や倫理を含む社会的な側面に大きな影響を与えるようになってきている。科学技術の社会的信頼を獲得するために、国及び研究者コミュニティ等は、社会に開かれたプロセスにより国際的な動向も踏まえた上でルールを作成し、科学技術を担う者がこうしたルールにのっとって活動するよう促してゆく。特に、社会と深く関わりつつ急速に発展してきた生命倫理に関する諸課題への対応を強化するとともに、ナノテクノロジーの社会的影響に関する検討や研究を総合的・戦略的に推進する。

なお、こうしたルール形成に当たり、総合科学技術会議は関係府省と連携をとりつつ、先見性を持って基本ルール作りに関与していく。さらに、日本学術会議も研究者コミュニティを代表する立場から、これに貢献していく。また、研究者・技術者の倫理観を確立するため、大学等における教育体制の構築、学協会等における研修体制の構築・倫理指針の策定等を促す。

科学技術の成果を社会に還元する際に必要なリスク管理を合理的に行うため、安全性の評価や試験法の考案、データの収集・整理・解析など、リスク評価のための科学技術活動が重要である。また、国民の安心を得るためには、科学的なリスク評価結果に基づいた社会合意形成活動が重要である。国は、このような活動を支援する。

## 2. 科学技術に関する説明責任と情報発信の強化

科学技術への国民の支持を獲得することの基本は、科学技術の成果を国民へ還元することと、それを分かりやすく説明していくことである。第1章で掲げた具体的な政策目標は科学技術に関する国民への説明責任強化の基本であり、総合科学技術会議は各府省における目標達成状況を継続的にフォローし、社会・国民に発信する。

また、研究機関・研究者等は研究活動を社会・国民に出来る限り開示し、研究内容や成果を社会に対して分かりやすく説明することをその基本的責務と位置付ける。その際、多様な媒体を効果的・効率的に活用する。

研究者等と国民が互いに対話しながら、国民のニーズを研究者等が共有するための双方向コミュニケーション活動であるアウトリーチ活動を推進する。このため、競争的資金制度において、アウトリーチ活動への一定規模での支出を可能にする仕組みの導入を進める。



### 3. 科学技術に関する国民意識の醸成

科学技術に関する国民の関心を高めるために、初等中等教育段階における理数教育の充実に加え、成人の科学技術に関する知識や能力（科学技術リテラシー）を高めることが重要である。このため、科学技術リテラシー像（科学技術に関する知識・技術・物の見方を分かりやすく文書化したもの）を策定し、広く普及する。さらに、社会・国民の科学技術に対する理解・認識の深化に向けて、科学技術と文化や芸術との融合等の新たな手法についても取り組む必要がある。

また、幼少期から高齢者まで広く国民を対象として、科学技術に触れ、体験・学習できる機会の拡充を図る。具体的には、国立科学博物館・日本科学未来館をはじめとする科学館・博物館等の充実に図るとともに、その活動を支える職員、科学ボランティア・非営利団体（NPO）等の人材の養成と確保を促進する。さらに、大学、公的研究機関等が、施設設備の一般公開、出前講座等の社会に開かれた活動を通じて、科学技術に対する国民意識の向上に貢献することを促進する。また、国は各種コンテストやイベント等を通じて科学技術の持つ夢と感動を国民が実感できる機会を提供する。

### 4. 国民の科学技術への主体的な参加の促進

科学技術への国民の理解と支持を高めるためには、科学技術から国民への働きかけのみならず、国民の方から科学技術に積極的に参加してもらうことも重要である。このため、国民の科学技術への主体的参加を促す施策を強化する。具体的には、各府省が、社会的な影響や国民の関心の大きな研究開発プロジェクトを実施する際、その基本計画、研究内容及び進捗状況を積極的に公開し、それに対する意見等を研究開発プロジェクトに反映させるための取組を進める。

## 第5章 総合科学技術会議の役割

### 1. 運営の基本

総合科学技術会議は、内閣総理大臣のリーダーシップの下、科学技術基本計画に示された重要政策が、我が国全体としての的確・着実に具現化されるよう、政策推進の司令塔として府省を超えた国家戦略を示し、先見性と機動性を持って運営を行う。

その際、日本学術会議、経済財政諮問会議、知的財産戦略本部、IT戦略本部、規制改革・民間開放推進会議、男女共同参画会議、地域再生本部等と密接な連携をとる。

また、総合科学技術会議は、21世紀の人間社会のあり方を視野に置き、常に世界に開かれた視点を持ちつつ、人文・社会科学とも融合した「知恵の場」として、積極的に活動する。さらに、社会・国民から顔の見える存在となるべく、科学技術と社会・国民との間の双方向のコミュニケーションや国民意識の醸成に努め、「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術」を目指す。

## 2. 具体的取組

### (1) 政府研究開発の効果的・効率的推進

#### (研究開発の戦略性の強化)

選択と集中による戦略性を強化するため、分野内においても重点化を進め、重要な研究開発課題を示した分野別推進戦略を策定するとともに、戦略重点科学技術を選定し位置付ける。この戦略は、最新の科学技術的知見等を踏まえ、柔軟に変更等を行うとともに、資源配分方針への反映のための政策サイクルを確立し「活きた戦略」を実現する。また、各府省の個別政策目標や達成状況を取りまとめ、説明責任の強化等に資する。

#### (資源配分方針における優先順位付け等の改善)

科学技術関係の資源の一層効果的な配分及び府省縦割りの弊害排除のため、より厳正な優先順位付け等を実施し、関係大臣に意見を述べる。優先順位付け等を行うにあたり、その実施方法の改善に努めつつ、科学技術の観点に加え政策目標の観点を追加する等の改善を図る。

#### (科学技術連携施策群の本格的推進)

施策の不必要な重複など府省縦割りの弊害排除、連携の強化を図り、政策目標に向けて相乗効果・融合効果を発揮するため、科学技術連携施策群に係る取組を概算要求前から実施し、これを本格的に推進する。

#### (独立行政法人、国立大学法人等の科学技術関係活動の把握・所見とりまとめの強化)

我が国の科学技術政策推進に重要な役割を果たす独立行政法人、国立大学法人等の科学技術関係活動に係る資源投入の状況や活動状況を把握し、基本計画との整合性等を分析して所見を述べる。これら法人の特性や研究・教育活動への影響等に十分配慮しつつ、今後はこうした把握を強化するとともに、必要な場合には関係府省に対し改善措置を求める。また、このとりまとめを公表することで法人の科学技術関係活動の透明性を向上させ、法人の改革の加速化を促す。

#### (調査分析機能や府省間の調整機能の強化)

これらの機能強化に伴う調査分析機能や府省間の調整機能の強化を図る。

### (2) 科学技術システムの改革の推進

評価システムの改革、大規模な研究開発その他の国家的に重要な研究開発の評価、産学官連携に関連する制度の改善、競争的資金の制度改革等を推進する。また、研究費配分の不合理な重複や個人の適切なエフォートを超えた過度の集中を避けるため、政府研究開発データベースの整備を行う。

### **(3) 社会・国民に支持される科学技術**

科学技術に対する社会・国民の関心と理解を得るために、各府省が十分な取組を行うことが重要であるが、総合科学技術会議としてもこうした取組を促進する。特に、政策目標の達成状況の把握及び発信、科学技術に関する情報発信と国民との窓口機能の拡充、国民の科学技術への参加の促進を図る。

### **(4) 国際活動の戦略的推進**

国際的取組を戦略的に進める必要性から、「アジア地域科学技術閣僚会議（仮称）」によるハイレベルでのアジア諸国との政策対話等を推進する。

### **(5) 円滑な科学技術活動と成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消**

科学技術政策と他の政策との境界領域への関与を積極的に深めることとし、科学技術の振興上障害となる制度的隘路の解消や研究現場等で顕在化している制度運用上の諸問題の解決のために、関係府省や審議会等と連携してこれに取り組む。

### **(6) 科学技術基本計画の適切なフォローアップとその進捗の促進**

以上のような取組を推進するとともに、基本計画に掲げた施策の実施状況を関係府省の協力の下、フォローアップを行い、必要に応じ意見を付して内閣総理大臣及び関係大臣に提示する。フォローアップは毎年度末に行い、3年を経過した時に、より詳細なフォローアップを実施し、その進捗を把握するとともに、必要に応じ計画に掲げた施策の変更などに柔軟に対応する。また、科学技術システム改革に関しては、計画に定められた施策の進捗を促進・誘導するために、必要に応じて所要の措置を講じる。

## 第4期科学技術基本計画の概要(1/3)

### I. 基本認識

#### 1. 日本における未曾有の危機と世界の変化

東日本大震災を世界的課題ととらえ、あらゆる政策手段を総動員して震災対応に取り組みなければならない。また、我が国と世界は、政治、社会、経済的に激動の中にあり、科学技術に求められる役割も大きく変化

<日本における未曾有の危機>

- ・ 東京電力福島第一原子力発電所の事故を含め、東日本大震災による直接的、間接的被害
- ・ 少子高齢化と人口減少の進展、社会的、経済的活力の減退
- ・ 産業競争力の長期低落傾向

<世界の変化>

- ・ 地球規模問題の顕在化、資源、エネルギー、食料等の獲得競争激化
- ・ 新興国の経済的台頭、経済のグローバル化の進展
- ・ イノベーションシステムの変化、頭脳循環の進展

#### 2. 科学技術基本計画の位置付け

今後5年間の国家戦略として、新成長戦略を幅広い観点から捉えて深化、具体化し、他の重要政策との一層の連携を図りつつ、我が国の科学技術政策を総合的かつ体系的に推進するための基本方針

#### 3. 第3期科学技術基本計画の実績及び課題

第1期基本計画以降、研究開発投資の増加や科学技術システム改革等で数多くの成果があがる一方、課題も顕在化

- ・ 個々の成果が社会的課題の達成に必ずしも結びついていない
- ・ 論文の占有率の低下、論文被引用度の国際的順位も低水準
- ・ 政府投資は増加傾向にあるものの、近年伸び悩み
- ・ 大学の若手ポスト減少、施設・設備の維持管理に支障
- ・ 科学技術に対する国民の理解が必ずしも得られていない

#### 4. 第4期科学技術基本計画の理念

(1) 目指すべき国の姿

- ① 震災から復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現する国
- ② 安全、かつ豊かで質の高い国民生活を実現する国
- ③ 大規模自然災害など地球規模の問題解決に先導的に取り組む国
- ④ 国家存立の基盤となる科学技術を保持する国
- ⑤ 「知」の資産を創出し続け、科学技術を文化として育む国

(2) 今後の科学技術政策の基本方針

- ① 「科学技術イノベーション政策」の一体的展開
- ② 「人材とそれを支える組織の役割」の一層の重視
- ③ 「社会とともに創り進める政策」の実現

内閣府作成資料を基に文部科学省作成

## 第4期科学技術基本計画の概要(2/3)

### II. 将来にわたる持続的な成長と社会の発展の実現

#### 1. 基本方針

震災からの復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の発展に向けた科学技術イノベーションを戦略的に推進

#### 2. 震災からの復興、再生の実現

- i) 被災地の産業の復興、再生、
- ii) 社会インフラの復旧、再生、
- iii) 被災地における安全な生活の実現

#### 3. グリーンイノベーションの推進

- i) 安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現、
- ii) エネルギー利用の効率化・スマート化、
- iii) 社会インフラのグリーン化

#### 4. ライフイノベーションの推進

- i) 革新的な予防法の開発、
- ii) 新しい早期診断法の開発、
- iii) 安全で有効性の高い治療の実現、
- iv) 高齢者、障害者、患者の生活の質(QOL)の向上

#### 5. 科学技術イノベーションの推進に向けたシステム改革

- (1) 科学技術イノベーションの戦略的な推進体制の強化
  - ① 「科学技術イノベーション戦略協議会(仮称)」の創設、
  - ② 産学官の「知」のネットワーク強化、
  - ③ 産学官協働のための「場」の構築  
(オープンイノベーション拠点の形成等)
- (2) 科学技術イノベーションに関する新たなシステムの構築
  - ① 事業化支援の強化に向けた環境整備、
  - ② イノベーションの促進に向けた規制・制度の活用、
  - ③ 地域イノベーションシステムの構築、
  - ④ 知的財産戦略及び国際標準化戦略の推進

### III. 我が国が直面する重要課題への対応

#### 1. 基本方針

国として取り組むべき重要課題を設定し、その達成に向けた施策を重点的に推進

#### 2. 重要課題達成のための施策の推進

- (1) 安全かつ豊かで質の高い国民生活の実現
  - i) 生活の安全性と利便性の向上、
  - ii) 食料、水、資源、エネルギーの安定的確保、
  - iii) 国民生活の豊かさの向上
- (2) 我が国の産業競争力の強化
  - i) 産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化、
  - ii) 我が国の強みを活かした新たな産業基盤の創出
- (3) 地球規模の問題解決への貢献
  - i) 地球規模問題への対応促進
- (4) 国家存立の基盤の保持
  - i) 国家安全保障・基幹技術の強化、
  - ii) 新フロンティア開拓のための科学技術基盤の構築
- (5) 科学技術の共通基盤の充実、強化
  - i) 領域横断的な科学技術の強化、
  - ii) 共通の、基盤的な施設及び設備の高度化、ネットワーク化

#### 3. 重要課題の達成に向けたシステム改革

(II. 5. で掲げた推進方針に基づく取組を推進)

#### 4. 世界と一体化した国際活動の戦略的展開

- (1) アジア共通の問題解決に向けた研究開発の推進  
(東アジア・サイエンス&イノベーション・エリア構想等)
- (2) 科学技術外交の新たな展開
  - ① 我が国の強みを活かした国際活動の展開、
  - ② 先端科学技術に関する国際活動の推進、
  - ③ 地球規模問題に関する開発途上国との協調及び協力の推進、
  - ④ 科学技術の国際活動を展開するための基盤の強化



## 第4期科学技術基本計画の概要(3/3)

### IV. 基礎研究及び人材育成の強化

#### 1. 基本方針

重要課題対応とともに「車の両輪」として、基礎研究及び人材育成を推進するための取組を強化

#### 2. 基礎研究の抜本的強化

- (1) 独創的で多様な基礎研究の強化  
(科学研究費補助金の一層の拡充等)
- (2) 世界トップレベルの基礎研究の強化  
(研究重点型大学群の形成、世界トップレベルの拠点形成等)

#### 3. 科学技術を担う人材の育成

- (1) 多様な場で活躍できる人材の育成  
① 大学院教育の抜本的強化  
(産学間対話の場の創設、大学院教育振興施策要綱の策定等)、  
② 博士課程における進学支援及びキャリアパスの多様化、  
③ 技術者の養成及び能力開発

(2) 独創的で優れた研究者の養成

- ① 公正で透明性の高い評価制度の構築、
  - ② 研究者のキャリアパスの整備、
  - ③ 女性研究者の活躍の促進
- (3) 次代を担う人材の育成

#### 4. 国際水準の研究環境及び基盤の形成

- (1) 大学及び公的研究機関における研究開発環境の整備  
① 大学の施設及び設備の整備、  
② 先端研究施設及び設備の整備、共用促進
- (2) 知的基盤の整備
- (3) 研究情報基盤の整備

### V. 社会とともに創り進める政策の展開

#### 1. 基本方針

「社会及び公共のための政策」の実現に向け、国民の理解と信頼と支持を得るための取組を展開

#### 2. 社会と科学技術イノベーションとの関係深化

- (1) 国民の視点に基づく科学技術イノベーション政策の推進  
① 政策の企画立案及び推進への国民参画の促進、  
② 倫理的・法的・社会的課題への対応、  
③ 社会と科学技術イノベーション政策をつなぐ人材の養成及び確保
- (2) 科学技術コミュニケーション活動の推進

#### 3. 実効性のある科学技術イノベーション政策の推進

- (1) 政策の企画立案及び推進機能の強化  
(科学技術イノベーション戦略本部(仮称)等)

(2) 研究資金制度における審査及び配分機能の強化

- ① 研究資金の効果的、効率的な審査及び配分に向けた制度改革、
- ② 競争的資金制度の改善及び充実

(3) 研究開発の実施体制の強化

- ① 研究開発法人の改革  
(国の研究開発機関に関する新たな制度創設)、
  - ② 研究活動を効果的に推進するための体制整備
- (4) 科学技術イノベーション政策におけるPDCAサイクルの確立

- ① PDCAサイクルの実効性の確保、
- ② 研究開発評価システムの改善及び充実

#### 4. 研究開発投資の拡充

- 官民合わせた研究開発投資の対GDP比4%以上、  
政府研究開発投資の対GDP比1%及び総額約25兆円

## 事前評価書

		作成日	平成22年12月13日
1. 事業名称 (コード番号)	「次世代グリーン・イノベーション評価基盤技術開発」		
2. 推進部署名	電子・材料・ナノテクノロジー部		
3. 事業概要	<p>(1) 本事業では、次世代グリーン・イノベーションの実現に必要な有機エレクトロニクス材料に関する共通的な評価基盤技術を開発することにより、迅速に材料開発にフィードバックする体制を構築し、材料開発の加速化・高度化、材料メーカーとデバイスメーカーとの擦り合わせ期間の短縮及び高額な試作設備や評価設備の重複投資の排除により、我が国の化学産業の研究開発効率を向上・加速化させる。評価技術の開発・共有化を通じて、産業競争力を強化するための我が国の化学材料技術のプラットフォームを構築する。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分）平成22年度～平成23年度のGSC（※1）の事業費18.6億円の内数（予定）</p> <p>(3) 事業期間：平成22年度末～27年度（予定）（※2）</p> <p>（※1）GSC：グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発</p> <p>（※2）本事業は、「円高・デフレ対応のための緊急総合経済対策」（平成22年度補正予算（第1号））により平成23年度末まで実施する。平成24年度以降については、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、見直しを行う。</p>		
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>① 事業自体の必要性</p> <p>我が国の材料産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、我が国の経済社会の発展を支えているが、川下産業との取引のオープン化に伴いユーザーとの連携の希薄化が進行する一方で、汎用的な材料技術はアジア諸国の技術向上によるキャッチアップが進行している。そのため我が国において産学官を含む連携の強化（川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携など）を図ることで、次世代の部材分野での我が国のイノベーションを促進することが喫緊の課題となっている。</p> <p>本事業では、「部材分野の技術戦略マップを活用し、将来の部材の基盤技術の方向性を見定めるとともに、多様な連携（川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携等）による基盤技術開発を支援することで、部材分野の技術革新を促進すること」を目的としたナノテク・部材イノベーションプログラムの一環として実施する。</p> <p>また、平成22年4月に取りまとめられた「化学ビジョン研究会報告書」では、化学分野における評価研究開発拠点の整備の必要性が提言されており、化学材料の産業競争力を強化するために、将来的には多様な材料評価のプラットフォームの構築が求められている。</p> <p>本事業は、こうした拠点を活用して、ナノテク・部材イノベーションプログラムの一環として、次世代グリーン・イノベーションの実現に必要な有機エレクトロニクス材料に関する共通的な評価基盤技術の開発を実施し、我が国の化学産業の研究開発効率を向上・加速化する。</p> <p>さらに、将来的には、化学材料に関する共通的な評価基盤技術への展開を図ることにより、我が国の産業競争力の向上に資する。</p> <p>近年の化学産業においては、研究開発設備費の高額化が進む一方で、開発スピードの短期化が求められている。また、デバイスメーカーが国内だけでなく、海外へと多様化する中で、材料開発の加速化・高度化、多様化するデバイスメーカーとの擦り合わせ期間の短縮、</p>		

高額な試作設備や評価設備の重複投資の排除といった観点から、性能評価、安全性評価といった評価基盤整備のニーズが高まりつつある。関連する取組としては、次世代の半導体材料や蓄電池材料の評価基盤を開発する取り組みがあり、従来は個別のセットメーカーが実施してきた評価を、材料メーカーが開発段階での実施を可能としたことにより、研究開発経費の削減や研究開発期間の短縮に大きな効果が得られるとともに、人材育成にも貢献するものとして高く評価されている。

有機EL、有機半導体等の有機エレクトロニクス材料は、軽く、薄く、曲げられる等の特徴を活かして発光デバイスやトランジスタ等の新たなデバイスの実現が期待されているが、特性、耐久性及び信頼性の向上等が共通の課題となっている。今後の更なる有機エレクトロニクスの性能向上及び研究開発の加速化に向けては、これらの課題克服に向けた評価基盤の構築が求められている。また、デバイス及び材料の双方の競争力を維持・強化すること及び材料を海外へ展開していくためにも材料の評価基盤の開発は必要である。

欧州では、EU のフレームワークプロジェクトや国からの資金を得て、有機エレクトロニクス関連の技術開発が展開されている。米国においても国支援のプロジェクトが複数実施されている。アジア各国においてもディスプレイなど精力的に取り組みがされている。このように、世界中で関連する開発競争が過熱しており、産業競争力強化の観点からも開発スピードの加速化が必要である。特に、材料技術全般に関して、アジア各国の急速なキャッチアップが進行しており、その点に関しても、日本の競争力の維持・強化が求められている。

本事業では、次世代グリーン・イノベーションの実現に必要な有機エレクトロニクス材料に関する共通的な評価基盤技術を開発することにより、迅速に材料開発にフィードバックする体制を構築し、材料開発の加速化・高度化、材料メーカーとデバイスメーカーとの擦り合わせ期間の短縮及び高額な試作設備や評価設備の重複投資の排除により、我が国の化学産業の研究開発効率を向上・加速化させる。評価技術の開発・共有化を通じて、産業競争力を強化するための我が国の化学材料技術のプラットフォームを構築する。

## ②上位政策との関係から見た位置付け

本事業は、第3期科学技術基本方針の重点推進4分野のうちの情報通信分野及びナノテクノロジー・材料に位置づけられる。また、技術戦略マップ、分野別推進戦略等においても重要技術と位置付けられている。

### ☆技術戦略マップ上の位置付け

- [GSC] 日用品の快適性向上と低消費化- 省電力照明材料の開発-有機EL材料の開発
- [GSC] 快適な省資源型ロングライフ住宅- 省電力照明材料の開発-有機EL材料の開発
- [ナノテク・部材] 情報家電分野 ディスプレー部材 発光材料 (光源)
- [ナノテク・部材] 情報家電分野 封止、接着部材
- [ナノテク・部材] 共通基盤技術/計測・評価/動的プロセス計測技術
- [ユーザビリティ] パーソナルモバイルユース- 有機ELディスプレイ 等
- [ユーザビリティ] デバイス・機器類-有機EL照明 等

### ☆分野別推進戦略における位置付け

- ナノテクノロジー・材料分野：【産業競争力の維持・強化】世界をリードする電子機器のための材料技術
- 情報通信分野：非シリコンデバイス-固体照明 (有機EL)  
有機ディスプレイを含む次世代ディスプレイ技術

### ☆【産業構造ビジョン (22年6月)】

- IV 日本の産業を支える横断的施策

#### 4. ものづくり「現場」の強化・維持

- (5) 企業を超えた性能計測・評価拠点の整備

☆化学ビジョン研究会(22年4月)

#### 5. 課題に対する具体的取組

##### (4) 技術力の向上 ①化学分野の研究開発

<化学分野における評価研究開発拠点の整備>

- 化学分野における評価研究開発拠点の整備を進めていくことが有効である。

以上のように、本プロジェクトは、上位政策との関係から見た位置付けにおいても明確に位置付けられている。

#### (ア) 研究開発目標の妥当性

##### 【中間目標】

有機EL標準素子を作製し、寿命変動要因、効率支配要因を明らかにするとともに、劣化機構の解析を行い、製品寿命及び性能保証を行うための課題とアプローチ手法案を明確化する。さらに、開発する評価手法の有機エレクトロニクス全般への応用も検討する。

##### 【最終目標】

有機EL素子の製品寿命及び性能保証を行うための標準素子及び評価手法を確立する。また、開発する評価手法を有機エレクトロニクス全般へ応用するための課題を明確にする。

開発する評価手法については、産業界、学術関係者等からプロジェクト目的に資するものであることの評価を得るレベルを達成する。

なお、平成24年度以降の目標・計画等については、研究開発費の確保状況、研究開発の進捗状況、産業への波及効果等を総合的に勘案し、見直しを行ない、中間目標、最終目標を修正する。

有機ELは我が国が世界に先駆けて開発し、現在も研究開発の最先端を走る技術分野である。有機ELは、省エネルギー型ディスプレイや次世代の照明として大きな期待が寄せられている。

さらに、有機ELの作動原理、劣化機構及び必要とされる周辺材料が、有機半導体等の有機エレクトロニクス材料全般に共通する部分もあり、有機ELの評価基盤を開発することにより、有機エレクトロニクス全体への応用も期待出来る。有機エレクトロニクスは、素子の構造や製造工程中における損傷や微量不純物の影響により、性能、寿命等の特性に大きく影響を及ぼすため、製造プロセスや実装時を想定した評価方法の確立が必要となっている。

本研究開発目標は、共通基盤技術、実用化技術の確立の点から充分なものとして想定されるが、適宜、最新の技術情報、有識者のヒアリング等を通じて柔軟に研究開発目標の変更を行う。①以外の研究開発テーマで、社会状況等の緊急性を勘案して、産業競争力強化、大きな波及効果が期待できる研究開発についても実施する場合がある。



## (イ) 研究開発マネジメント

### 1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）が、単独ないし複数の企業・大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む。）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から、公募によって研究開発実施者を選定し委託により実施する。

各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDOが委託先決定後に委嘱する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

### 2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

### 3) 研究開発の実施期間

本プロジェクトの期間は、平成22年度末から平成27年度までの約5年間とする。平成24年度以降については、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、見直しを行う。

### 4) 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成25年度、事後評価を平成28年度に実施するが、研究開発費の確保状況、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、適宜見直すものとする。

### 5) その他重要事項

#### (1) 研究開発成果の取扱い

##### ① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究開発成果のうち、共通基盤技術に係るものについてはプロジェクト内で速やかに共有した後、NEDOおよび実施者が協力して普及に努めるものとする。

##### ② 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備事業又は標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準案の提案等を積極的に行う。

##### ③ 知的所有権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的所有権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先及び共同研究先に帰属させることとする。

#### (2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究

開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

以上のように、NEDOのこれまでの知見を活用して、適切なマネジメントが計画されており妥当である。

#### (ウ) 研究開発成果

有機ELは、その作動原理、劣化機構及び必要とされる周辺材料が、有機半導体等の有機エレクトロニクス材料全般に共通する部分が多く、有機ELの評価基盤を開発することにより、有機エレクトロニクス全体への展開も期待できる。

有機エレクトロニクスは、素子の構造や製造工程中における損傷や微量不純物の影響により、性能、寿命等の特性に大きく影響を及ぼす。さらに、位置精度、再現性、膜厚均一性、耐酸素、耐水、或いは素子の封止技術、接着技術等の多くの制御するものがあるため、製造プロセスや実装時を想定した評価方法の確立が必要となる。

本事業では、有機ELの材料やその周辺材料について、製造プロセスや実装時の状態も含めた評価手法の開発を目的として、有機ELの特性や寿命に影響を及ぼす微量不純物やプロセス条件等の解明等を通じて、様々なプロセスに適用可能な有機エレクトロニクスに共通的な評価基盤技術を開発する。

以上のように、本プロジェクトは、有機ELを中心として、大きな市場が期待されている有機エレクトロニクス全般に評価基盤技術開発を展開するものであり、妥当である。

#### (エ) 実用化・事業化の見通し

今後、需要の拡大が予想される有機ELを中心とした有機エレクトロニクス全般の寿命変動要因、効率支配要因及び劣化機構を解明し、製品寿命及び性能保証を行うための評価手法を平成27年度までに開発する。

これにより、製品に組み込んだ形での材料性能の評価が可能となり、有機EL等の有機エレクトロニクス関連の材料開発及びこれらを用いた新製品の開発を加速する。なお、現在、有機ELの材料シェアの多くを日本メーカーが占めているが、これを維持・拡大するとともに、市場拡大が予想される有機エレクトロニクス関連の材料・部材における競争力の向上に資する。

デバイスメーカーが国内だけでなく、海外へと多様化する中で、材料開発の加速化・高度化、多様化するデバイスメーカーとの擦り合わせ期間の短縮、高額な試作設備や評価設備の重複投資の排除といった観点から、有機エレクトロニクスの評価基盤の構築を行い、デバイス及び材料の双方の競争力を維持・強化すること及び材料の海外展開を促進する。

有機EL照明の市場は、8100億円、有機ELディスプレイ8500億円、有機EL材料市場規模は、2020年における照明用の材料市場2700億円、ディスプレイ材料市場1000億円という予測もある。また、有機エレクトロニクスの関連市場までを含めると、非常に大きな市場規模が見込まれ、シェア獲得・市場創出の両面からも非常に期待される。

ここで開発される評価基盤により、情報・人材が集積するプラットフォームを構築することが可能となり、日本の産業競争力基盤への貢献も期待される。

#### (オ) その他特記事項

特になし

#### 5. 総合評価

本事業を実施することは我が国の産業競争力強化の観点から非常に重要であり、NEDOで積極的に推進すべき事業である。

## 「次世代グリーン・イノベーション評価基盤技術開発 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成 23 年 1 月 11 日

NEDO

電子・材料・ナノテクノロジー部

NEDO POST 3 において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

## 1. パブリックコメント募集期間

平成 22 年 12 月 16 日～平成 22 年 12 月 22 日

## 2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計 1 件

## 3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
全体について		
<p>[意見 1] (1 件)</p> <p>エレクトロニクス製品に使用される新しい有機 EL 等の化学材料は、材料そのものの開発と材料の性能を評価する技術の開発が同時並行的に行われるべきであり、その結果、次世代化学材料の工業的な早期確立、新産業の創出が科学立国日本の喫緊の課題である。</p> <p>本分野は、韓国超大企業等に凌駕され、後塵を拝する危険性をはらんでおり、国策（国の戦略）として、彼らの追い上げに対し十分な距離を保つ高さに可及的速やかに押し上げることが必須である。</p> <p>当該テーマについては、時系列的な研究開発ステップとその成果を極めて定量的かつ具体的に示されているが、コンペチタの動向によっては上方修正を余儀なくされる可能性が考えられる。</p>	<p>貴重なご意見頂き、有難うございます。</p> <p>ご意見頂いた点を踏まえて、プロジェクト運営に努めて参りたいと考えております。</p>	<p>特になし。</p>

以上