

次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス 基盤技術開発

事業原簿 【公開】

担当部室	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	
1.	NEDO の関与の必要性・制度への適合性	I-1-1
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	I-2-1
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	
1.	事業の目標	II-1-1
2.	事業の計画内容	II-2-1
2. 1	研究開発の内容	
2. 2	研究開発の実施体制	
2. 3	研究開発の運営管理	
2. 4	研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性	
3.	情勢変化への対応	II-3-1
4.	評価に関する事項	II-4-1
III.	研究開発成果について	
1.	事業全体の成果	III-1-1
1. 1	研究開発成果の概要	
1. 2	研究開発項目毎の成果と目標の達成度	
1. 3	成果の意義	
2.	研究開発項目毎の成果	
2. 1	印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発	III-2.1-1
2. 1. 1	標準製造ラインに係る技術開発	
2. 1. 2	TFT に特有の特性評価に係る技術開発	
2. 2	高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発	III-2.2-1
2. 3	印刷技術による電子ペーパーの開発	
2. 3. 1	電子ペーパーに係る基盤技術開発	III-2.3.1-1
2. 3. 2	高反射型カラー電子ペーパーの開発（株式会社リコー）	III-2.3.2-1
2. 3. 3	大面積軽量単色電子ペーパーの開発（凸版印刷株式会社）	III-2.3.3-1
2. 4	印刷技術によるフレキシブルセンサの開発	

2. 4. 1	フレキシブルセンサに係る基盤技術開発	.....	Ⅲ-2. 4. 1-1
2. 4. 2	大面積圧力センサの開発（大日本印刷株式会社）	.....	Ⅲ-2. 4. 2-1

IV. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1.	実用化に向けての見通し及び取り組みについて（委託事業）		
1. 1	次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合（JAPER）	.....	IV-1. 1-1
2.	実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて（助成事業）		
2. 1	高反射型カラー電子ペーパーの開発（株式会社リコー）	.....	IV-2. 1-1
2. 2	大面積軽量単色電子ペーパーの開発（凸版印刷株式会社）	.....	IV-2. 2-1
2. 3	大面積圧力センサの開発（大日本印刷株式会社）	.....	IV-2. 3-1

V. 成果一覧

1.	各種展示会での成果発表	.....	V-1
2.	新聞、雑誌記事	.....	V-3
3.	論文リスト	.....	V-4
4.	研究発表（口頭発表含む）リスト	.....	V-6
5.	受賞実績	.....	V-13

（添付資料 1）プロジェクト基本計画

（添付資料 2）平成 24 年度科学技術重要施策アクションプランの対象施策について 該当部抜粋

（添付資料 3）技術戦略マップ 2010（半導体分野）

（添付資料 4）省エネルギー技術戦略 2011 該当部抜粋

（添付資料 5）事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）

概要

最終更新日

平成 25 年 8 月 1 日

プログラム（又は施策）名	—		
プロジェクト名	次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発	プロジェクト番号	P10026
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 松井 直樹 （平成 25 年 8 月現在） 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 草尾 幹 （平成 24 年 5 月～平成 25 年 3 月） 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 古館 清吾 （平成 23 年 4 月～平成 24 年 4 月） 電子・材料・ナノテクノロジー部 担当者氏名 田谷 昌人 （平成 23 年 3 月）		
0. 事業の概要	高度情報化社会の実現に伴い、電子ペーパー、デジタルサイネージなどのヒューマンインターフェース入出力デバイスや圧力センサといった入力シートデバイス等の普及が切望されており、これらのデバイスの生産量の増大が予想される。これらを広く一般に大量普及させるためには、真空や高温を駆使して多量のエネルギーを消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却を図り、製造プロセスの低コスト化・省エネ化・省資源化・高生産性化を図ることが必要である。そこで本事業では、省エネルギー・省資源・高生産性や軽量・フレキシブル性などの特徴を有する印刷エレクトロニクス技術及び製造法に係る基盤技術を確立する。これにより、印刷エレクトロニクス関連産業の新規市場創出と産業競争力強化に寄与する。印刷工程による新規デバイスとして、電子ペーパー、圧力センサなどのディスプレイ、センサデバイス関連市場を当面のターゲットとする。		
I. 事業の位置付け・必要性について	電子ペーパーや携帯電話など情報機器においては、用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められている。また、薄膜トランジスタアレイ（TFT アレイ）などの電子回路の製造においてはリソグラフィや高温プロセスの省エネルギー化が必要である。プリントエレクトロニクスは、印刷技術を用いてプロセスの低温化による省エネ化や材料歩留まりの向上による省資源化、プラスチック基板の利用によるフレキシブル化・軽量化など上記課題を解決する有用な手段である。 本プロジェクトでは、省エネルギー・省資源・高生産性や軽量・フレキシブル性などの特徴を有する印刷エレクトロニクスの基盤技術として、連続製造技術と使用材料・プロセスの高度化による TFT アレイの高度化技術を開発する。さらに、これら基盤技術を適用した実用化技術として電子ペーパーとフレキシブルセンサデバイス技術を確立し、新規事業の創出と産業競争力強化に資する。		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	デバイス製造の国際競争力強化と新規事業の創出に向けて 2015 年度（平成 27 年度）末において、下記のプリントエレクトロニクスに資する基盤技術及び実用化技術を確立することとする。 <ul style="list-style-type: none"> • プラスチックフィルム基板上に大面積、低欠陥で均一、信頼性の高い TFT アレイを形成するための低温プロセス、材料（半導体、絶縁、導体）及び高精度・高速で位置合わせ可能な連続印刷プロセス・装置を開発し、標準的な製造ラインにおいて印刷技術による TFT アレイが製造可能なことを実証する。 • 再現性の高い電氣的・機械的特性評価法、及び信頼性評価方法を確立し、標準化に向けたデータを収集する。 • モデルデバイスとして、プロジェクト内の技術開発成果を用いて電子ペーパー、各種フレキシブルセンサを作製し、プリントエレクトロニクス技術の有効性及び可能性を実証する。 各研究開発項目の目標は、下記の通りである。 研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」 （1）標準製造ラインに係る技術開発 【中間目標（平成 25 年度末）】 on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを作製し、連続生産するための製造プロセスの課題を抽出する。		

【最終目標（平成 27 年度末）】 on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを 50 枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術を確認する。生産タクトは 1 平米あたり 90 秒以下を実現する技術を確認する。

（2）TFT に特有の特性評価に係る技術開発

【中間目標（平成 25 年度末）】（1）で作製される TFT アレイの性能評価手法を確認し、材料スクリーニングや、印刷プロセスの最適化検討を行う。

【最終目標（平成 27 年度末）】 TFT アレイの信頼性の評価方法を確認する。あわせて評価手法の標準化の検討を行う。

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

【中間目標（平成 25 年度末）】 位置合わせ精度 $\pm 20 \mu\text{m}$ 、 150°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確認する。また、印刷法で製造した TFT 素子において、動作周波数 0.3MHz 以上を示す材料・プロセス技術を開発する。

【最終目標（平成 27 年度末）】 位置合わせ精度 $\pm 10 \mu\text{m}$ 、 120°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確認する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。TFT アレイの面積化（メートル級）においては、面積 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

（1）電子ペーパーに係る共通基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】 各種電子ペーパーに係る仕様を決定するための、TFT アレイと表示部の接合条件や駆動電圧等について基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

（2）高反射型カラー電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】 印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 6 インチのカラー（64 色）パネルを試作する。

【最終目標（平成 27 年度末）】 印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 10 インチのカラー（512 色）パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチパネルの重量は 60g 以下を達成する。

（3）面積軽量単色電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】 印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内を達成する。

【最終目標（平成 27 年度末）】 A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果をもとに面積化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

（1）フレキシブルセンサに係る共通基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】 各種フレキシブルセンサに係る仕様を決定するための、TFT アレイとセンサ部の接合条件や駆動電圧等について、基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

（2）面積圧力センサの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】 A4 サイズ相当の領域内で構成層間のアライメント精度 $50 \mu\text{m}$ 内、素子の特性ばらつき（移動度及び閾値電圧） $\sigma < 10\%$ を達成する面積 TFT シートの製造技術と製造装置の開発を行う。得られた加工精度と素子特性に基づき、メートル級の面積 TFT アレイの設計指針を示す。

【最終目標（平成 27 年度末）】 1 mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性（移動度及び閾値電圧）のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の面積 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力のモデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

事業の計画内容	主な実施事項	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy		
	研究開発項目① 「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」	—————→							
	研究開発項目② 「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」	—————→							
	研究開発項目③ 「印刷技術による電子ペーパーの開発」	—————→							
	研究開発項目④ 「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」	—————→							
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	—	224	400	946			1,570	
	補正予算	2,100	1,984	—	—			4,084	
	総予算額	2,100	2,208	400	946			5,654	
	契約種類: ○をつける (委託(○)、助成(○))	(委託)	2,100	1,449	387	681			4,617
	助成率 2/3	(助成) : 助成率 2/3		759	13	265			1,037
開発体制	経産省担当原課	製造産業局化学課							
	プロジェクトリーダー	東京大学 染谷 隆夫							
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	<p>【委託】次世代プリントエレクトロニクス技術研究組合(参加 27 社 1 研究機関:旭化成(株)、(株)アルバック、出光興産(株)、コニカミノルタ(株)、(株)小森コーポレーション、(独)産業技術総合研究所、住友化学(株)、綜研化学(株)、ソニー(株)、大日本印刷(株)、JNC(株)、帝人(株)、DIC(株)、東京エレクトロン(株)、(株)東芝、東洋紡(株)、凸版印刷(株)、日本電気(株)、日本化薬(株)、パナソニック(株)、ハリマ化成(株)、バンドー化学(株)、日立化成(株)、(株)フジクラ、富士フイルム(株)、(株)三菱化学科学技術研究センター、(株)リコー、リンテック(株)</p> <p>【再委託】山形大学、千葉大学、大阪大学、東京大学、(独)理化学研究所</p> <p>【助成】大日本印刷(株)、凸版印刷(株)、(株)リコー</p>							
情勢変化への対応	<p>プリントエレクトロニクス技術は、次世代の電子デバイス製造技術として大きな期待を寄せられており、世界中で技術開発競争が激しくなっている。そのような中、東日本大震災の発生によるエネルギー事情の変化および我が国の経済情勢や電子・情報産業分野の現状を鑑み、国内産業の空洞化を回避しながらも、激化する国際競争で優位性を確保する観点から、早期の成果活用を狙う目的でプロジェクト初期の前半年度に予算が重点配分された。これにより研究開発を加速させるため、デバイス試作に必要な装置等をプロジェクト初期に導入することで技術課題を早期に抽出した。具体的には、TFT アレイの連続印刷製造プロセスの基盤技術の確立に不可欠な標準製造ラインとなる小規模ラインの構築やフレキシブル TFT の試作、及び電子ペーパーパネルや圧力センサの試作を計画に対して前倒しで実施した。</p>								

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 年度実施 (担当部) 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
	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>研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」</p> <p>(1) 標準製造ラインに係る技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ on 電流の面内ばらつき$\sigma=13\%$を示す A4 サイズの TFT アレイを作製した。【中間目標達成見込み (平成 25 年度末達成見込み) : 半導体インクの滴下後の乾燥時プロファイルの変動を精緻に制御することで解決できる見通し】 ・ 高速化のためのフレキシブルアライメント技術を開発した : 精度$\pm 10\mu\text{m}$ (A4) 【中間目標達成】 ・ A4 サイズの TFT アレイの連続生産課題を抽出した。【中間目標達成】 <p>(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 印刷製造 TFT アレイの性能評価法を開発し、標準評価書を作成した。【中間目標達成】 ・ 上記標準評価法を用いて TFT 用材料・プロセスのスクリーニングを行い、最適構成を抽出した。【中間目標達成】 <p>研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ フレキシブルアライメント技術により、アライメント精度$\pm 10\mu\text{m}$ (A4) 【中間目標達成】 ・ 非加熱焼成プロセス開発により温度 120℃以下 【中間目標達成】 ・ デバイス・プロセス整合技術により印刷 TFT で動作周波数 0.1MHz 【中間目標達成見込み (平成 25 年度末達成見込み) : 新たに開発に成功した高移動度半導体材料を TFT 素子作製に適合させることにより解決できる見通し】 <p>研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」</p> <p>(1) 電子ペーパーに係る共通基盤技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電子ペーパー表示部と TFT シートとの接合課題を抽出した。抽出した課題に対する技術を開発し、抽出課題の妥当性を全印刷製造 TFT による電子ペーパーを試作し動作させることで検証した。【平成 23 年度末目標達成】 <p>(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発</p> <p>積層型エレクトロクロミックディスプレイ (mECD) を開発し、カラー印刷紙と同じようにシアン・マゼンタ・イエロー (C、M、Y) の 3 原色を重ねることで色再現し、光ロスの少ない新しい構造の電子ペーパーを実現した。</p> <p>また、mECD の表示部は微細パターン加工が不要であり、1 つの TFT 基板で積層した発色層を駆動する構造であることから、生産コストの点からも実用性が高い表示技術である。</p> <p>3.5 インチ 113ppi の試作パネルにおいて、反射率 50%、カラー 26 万色相当を実現した。また、フレキシブルフィルム基板を用いたパネル作製に成功した。6 インチパネルについては、プロセス設備導入を完了し、試作に着手している。モノカラーパネルの予備検討では、解像性 (212ppi) を確認した。【中間目標達成見込み (平成 26 年 2 月達成見込み) : 6 インチカラーパネルの実現に向けた主要課題は、フィルム基板上への均一性・密着性を改良した積層膜塗工技術の獲得であり、本課題については積層プロセスとフィルムプロセスの 2 つのアプローチを検討して達成する。】</p> <p>(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発</p> <p>印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に完全印刷方法で 10.7-in.、120ppi、XGA のフレキシブル TFT アレイを試作し電子ペーパーの駆動に成功した。真空成膜、露光等のプロセスを全く用いず完全に印刷法だけで実用上使用可能なフレキシブルディスプレイを作製した世界初の報告例である。【中間目標達成】</p>	

	<p>研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」</p> <p>(1) フレキシブルセンサに係る共通基盤技術開発 フレキシブルセンサとしてフレキシブル圧力センサを選択し、圧力センシング方式と TFT シートとの整合化課題・仕様を抽出した。 抽出した課題に対する技術を開発し、抽出課題の妥当性を、全印刷製造 TFT によるアクティブマトリックス駆動フレキシブル圧力センサを試作し動作させることで検証した。これにより、フレキシブル圧力センサの設計指針を提示した。【平成 23 年度末目標達成】</p> <p>(2) 大面積圧力センサの開発 ・A4 サイズ相当の領域内で有機 TFT の構成層間について 50μm 以内でのアライメント精度で形成した。【中間目標達成】 ・有機 TFT 素子の特性ばらつきσ<10%を達成した。【中間目標達成】 ・大面積 TFT シートの製造技術および製造装置を開発した。【中間目標達成】 ・メートル級の面積 TFT アレイの設計指針を示す。【中間目標達成見込み（平成 25 年 9 月達成見込）：大面積センサシートを構成する個片のシートをつなぎ合わせる基板タイリング手法の開発】</p> <table border="1" data-bbox="379 719 1439 857"> <tr> <td>特許</td> <td>出願済み 92 件、(うち国際出願 18 件)</td> </tr> <tr> <td>投稿論文</td> <td>14 件 (うち査読付き 5 件)</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td>研究発表・講演 74 件、新聞・雑誌等への掲載 16 件、展示会への出展 14 件</td> </tr> </table>		特許	出願済み 92 件、(うち国際出願 18 件)	投稿論文	14 件 (うち査読付き 5 件)	その他の外部発表 (プレス発表等)	研究発表・講演 74 件、新聞・雑誌等への掲載 16 件、展示会への出展 14 件
特許	出願済み 92 件、(うち国際出願 18 件)							
投稿論文	14 件 (うち査読付き 5 件)							
その他の外部発表 (プレス発表等)	研究発表・講演 74 件、新聞・雑誌等への掲載 16 件、展示会への出展 14 件							
IV. 実用化・事業化の見通しについて	<p>本研究開発では、これまで既存の印刷製造技術の性能を大幅に上回る高精細を実現できる生産技術で、なおかつ高生産性をもたらす高速生産、連続生産、大面積生産を実現するためのプリンテッドエレクトロニクス基盤技術の開発を行い、プロジェクト中間年度までに、その確立に目処をつけるに至った。このように、高生産性プロセスで、従来の製造プロセス仕様を大幅に上回る高精細フレキシブル電子回路基板を製造できる印刷製造技術が開発されることから、その実用化は、まずは既存市場におけるフレキシブル電子回路生産、電子部品生産、電子デバイス実装などに対して、技術優位性、生産性優位性を有する技術として展開されることが期待できる。具体的には、フレキシブルプリント配線基板 (FPC)、多層配線基板などのフレキシブル電子回路、メンブランスイッチ、タッチパネル、電磁シールド等のフレキシブル電子部品、ディスプレイ、照明、太陽電池などのフレキシブルデバイス実装などの部品、製品に対する製造技術としての実用化が検討されている。</p> <p>また、フレキシブル基板に対する高度な生産技術であることから、新規市場創出をもたらすフレキシブルデバイス製造技術としての実用化が見込まれる。本研究開発では、フレキシブルデバイスの中でも、特にフレキシブルシート TFT アレイの高生産性製造を実現するための基盤技術の開発に取り組み、その技術確立に目処をつけるに至った。フレキシブルシート TFT アレイは、フレキシブル電子ペーパー (特に紙の電子化を実現する情報端末) やフレキシブルディスプレイ、フレキシブルセンサ (特に、シートセンサなどの大面積フレキシブル圧力センサなど) の市場創出に大きく貢献することが期待されており、市場に製品として供給していくための基盤生産技術として実用化が図られていくことになる。</p> <p>「プリンテッドエレクトロニクス基盤技術」としてはプロジェクトが終了する平成 27 年度以降に各企業にて実用化検討がなされるが、それまでに得られた委託事業の成果や要素技術についても、組合員企業を中心に逐次技術移転を行い、実用化検討をしていく予定である。また、実用化のためには、プロジェクト外の周辺技術との整合性を考慮した技術開発も必要となるが、本プロジェクトと並行して各企業で検討を行う。また助成事業においては、いずれも中間目標を平成 25 年度末に達成する見通しであり、平成 27 年度末の最終目標の達成に向けた取り組みも示されている。プロジェクト終了後も各社の事業戦略に基づいてプロジェクト成果を活用し、実用化・事業化に向けた課題解決に取り組まれる予定である。本プロジェクトで開発された成果が実用化・事業化されることにより、日本の産業競争力強化に大きく貢献し、市場占有を果たしていくことに大きな期待が持てるようになる。</p>							
V. 基本計画に関する事項	作成時期 変更履歴	平成 23 年 1 月 作成 平成 25 年 3 月 改訂 (「研究開発項目③(2)高速応答型カラー電子ペーパーの開発」及び「研究開発項目④(3)ポータブルイメージセンサの開発」の項目削除)						

プロジェクト用語集

次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合 (JAPER A)

用語 (日本語)	English	用語の説明
on/off 比	on/off ratio	電界効果トランジスタにおいて、ゲート電圧を加えて電流を流した状態 (on 状態) と、ゲート電圧をかけずに電流を流さない状態 (off 状態) の電流の比。スイッチング素子としての特性を表す指標となる。
PDMS	poly(dimethylsiloxane)	ポリジメチルシロキサン。シロキサン結合を主骨格に持つ高分子化合物の一種。
PEN	poly(ethylene naphthalate)	ポリエチレンナフタレート。2,6-ナフタレンジカルボン酸とエチレングリコールが重縮合したポリエステル系樹脂で、透明基材として広く用いられている。
PET	poly(ethylene terephthalate)	ポリエチレンテレフタレート。ポリエステルの一種。エチレングリコールとテレフタル酸の脱水縮合により作られ、飲料容器のペットボトルのほか、フィルムの基材、衣料用の繊維などに用いられる。
PNLC	polymer network liquid crystal	ポリマーネットワーク型液晶。散乱液晶の一種であり、電圧が無印加の状態では液晶層内部の網目状の高分子繊維に沿って液晶分子が不規則に並び、表示が不透明となるが、電圧が印加された状態では液晶分子が表示面に対して垂直に整列するので、表示が透明になる。偏光を利用しないので偏光フィルタが不要である。
SAM	self-assembled monolayer	ある種の有機分子は、固体基板上に化学吸着する際に、有機分子同士の相互作用により、自発的に分子が配向した単分子膜を形成する。このような有機分子の単分子膜を自己組織化単分子膜 (SAM) という。
TFT アレイ	thin film transistor array	薄膜状に加工された電界効果型トランジスタ (薄膜トランジスタ : TFT) をマトリックス状に配置したもの。
アクティブマトリックス	active matrix	液晶ディスプレイの駆動方式の一つ。X 軸方向と Y 軸方向に導線を張り巡らし、X と Y の 2 方向から電圧をかけることで交点の液晶を駆動させる単純マトリクス型液晶の構造に加えて、各液晶に TFT などの「アクティブ素子」を

		配置したもの。
インクジェット印刷	ink jet printing	インクの微小な液滴を細かいノズルから吐出し、紙などの被印刷体に直接吹き付ける印刷方法。版を用いないで印刷できる。
キャリア移動度	carrier mobility	電場下で荷電粒子が移動するときの平均移動速度を示す値。半導体デバイスの特性を示す指標として用いられる。
銀ナノ粒子インク	silver nanoparticle ink	銀の超微粒子の金属を溶媒などに分散して、インク状にしたもの。一般的にいわれている超微粒子の粒径は数 10nm から 100nm 程度。
グラビア印刷	gravure printing	原版に凹部が形成されており、凹部に保持したインキを原版と被印刷体の接触により原版から被印刷体に転写し印刷する方法。
コーヒーリング	coffee ring	コーヒーが乾燥した時にできるリングのような染み模様。インクジェット法によって有機半導体膜を形成した時にコーヒーリングのような膜厚の不均一が生じる。
閾ゲート電圧 (Vth)	threshold voltage (Vth)	電界効果トランジスタにおいて、off 状態から on 状態に切り替わる際のゲート電圧の閾値。
親撥処理	surface hydrophilic modification	基板の表面エネルギーを表面処理により変化させ、親水性や撥水性を基板表面に与える表面処理。
スクリーン印刷	screen printing	スクリーン版（印刷製版）にコーティングされた乳剤の必要な部分に孔をあけて、その孔を通過してインクを被印刷体に転写する印刷方式。
スピコート法	spin coating method	溶液で濡らした基板を高速に回転し、遠心力で薄く均一な溶液層を形成することにより薄膜を作製する方法。
タクトタイム	takt time	製造における、生産工程の均等なタイミングを図るための工程作業時間のこと。
電子ペーパー	electronic paper	紙のように薄くしなやかなディスプレイ。電子新聞、電子書籍、電子広告、電子ドキュメント、電子ノートなどの紙代替ディスプレイとして、その実現に大きな期待が寄せられている。
反転印刷	reverse offset printing	印刷法の一つで、インクを転写体（ブランケットとも呼ぶ）に均一にコーティングした後、非表示部をスタンプなどで取り除き、その後に残ったインクを被印刷体に転写する方法。

ボトムゲート／ボトムコンタクト構造	bottom-gate/bottom-contact (BGBC) structure	薄膜トランジスタの構造の一種で、ゲート絶縁体とソース／ドレイン電極が半導体層よりも基板に近い側にある構造。
マイクロコンタクト印刷 (μCP)	micro-contact printing	従来法のリソグラフィによって作製したマイクロメートルの構造の形状パターン(マスター)をゴム状プラスチックに写し取り作製したスタンプ凸部表面に分子を塗布し基板に密着(コンタクト)することで、パターン化した分子の膜を基板上に作製する方法。

リコー

用語（日本語）	English	用語の説明
B to B	Business to Business	企業間の取引関係。
CIE a*b*プロット	Chromaticity points on a* b* diagram	国際照明委員会 (CIE) が策定した色空間。L*a*b*モデルの3次元モデルで色を表す。人間の目の反応を擬似している。a*b*プロットは色度図として利用される。
EC エレクトロクロミック	Electro Chromic	酸化還元反応により可逆的に色彩が変化する現象。
ESL	Electronic Shelf Label	電子棚札。
ITO	Indium Tin Oxide	インジウムと錫の酸化物。透明電極材料として用いられている。
mECD 積層型エレクトロクロミックディスプレイ	multi layered electrochromic display	エレクトロクロミック層を積層したディスプレイ。
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems	機械要素部品を一つの基板上に集積化したデバイス。
LCD	Liquid Crystal Display	液晶分子の向きを変えることで、光の透過率を増減させて画像表示するディスプレイ。
NREL	The National Renewable Energy Laboratory	米国の国立再生可能エネルギー研究所。
OLED	Organic Electro-Luminescence Display	有機物中に注入された電子と正孔の再結合によって生じた励起子（エキシトン）による発光現象で画像表示するディスプレイ。
PET ポリエチレンテレフタレート	Polyethylene terephthalate	エチレングリコールとテレフタル酸により作られる有機高分子材料。透明で成型が容易であり、ペットボトルなどに広く利用されている。
POP	Point of purchase advertising	商店などに用いられる販売促進のための広告媒体。
RF タグ	Radio Frequency Identification Tag	IC チップに記憶された個別情報を無線通信によって読み書きする認識システム。バーコードに代わる商品識別・管理技術。
SiO ₂	silicon dioxide	シリコンの酸化物。
TFT	Thin Film Transistor	電界トランジスタの一種であり、液晶ディスプレイの駆動などに応用されている。

TiO ₂ 酸化チタン	titanium dioxide	チタンの酸化物。顔料などに用いられる。
アニーリング	annealing	加熱処理。
コレステリック液晶	Cholesteric Liquid Crystal	面に垂直な方向に進むにつれて、分子の配列する向きがらせん状に旋回する構造の液晶。らせんピッチで干渉した光を反射する。
シリコンプロセス	Semiconductor Process	シリコン LSI を製造する技術。
スパッタリング	sputtering	基板とターゲットの間に高電圧を印加し、イオン化した Ar をターゲットに衝突させて、はじき飛ばされたターゲット物質を基板に成膜させる製膜方法。
スピコーティング	spin coating	塗布液を滴下し、基材を高速回転させる事により遠心力で薄膜を構成する装置。
ネマチック液晶	nematic liquid crystal	液晶状態での分子配列構造の一種。電圧印加により、液晶分子の向きを画面に垂直方向に揃えることができる。
バイポーラ	Bipolar	正負両方に出力できること。
防眩ミラー	Dimming Mirror	調光により明るさを調節するミラー。自動車のバックミラーなどに採用されている。
枚葉生産	Single Wafer Processing	1枚ずつ処理する生産方式。

凸版印刷

用語（日本語）	English	用語の説明
電気泳動型電子ペーパー	electrophoretic display	溶液中で電荷を帯びた粒子が電界によって移動する電気泳動という現象を用いた電子表示体のことをいう。特に代表的な表示方法が、マイクロカプセル型電気泳動方式と呼ばれるもので、透明なマイクロカプセルの中に帯電した白と黒の粒子があり、印加された電界によりこの白黒粒子が上下に移動することで画像を表示する。マイクロカプセルの中で表示された粒子は電圧を切っても動かないため、液晶などと比較すると画像表示のための電力消費が極めて小さい。
有機半導体	organic semiconductor	半導体としての性質を示す有機材料の総称。一般的に高分子有機半導体と低分子有機半導体に分けられる。一般的に高分子有機半導体は可溶性の材料が作りやすくインクの粘度制御も容易で塗布しやすいが、移動度が $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下と低いことが多い。それに対し、低分子有機半導体材料は、移動度は高い ($0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ ～単結晶材料では $40\text{cm}^2/\text{Vs}$) もの、一般的には可溶性の材料を合成することが難しく、溶解度や粘度が低く印刷し難いという特徴を持つ。
オフセット印刷法	offset-printing	版につけられたインキをブランケットと呼ばれる中間転写体に転写(オフセット)した後、被印刷体に印刷する方法。インキを版からゴム等の弾性のある中間転写体へ転写後に被印刷体へ転写するため、被印刷体の硬度や厚みのばらつきに関わらず、弾性体が変形することで均一にインキを被印刷体へ転写することができる。
ブランケット	blanket	オフセット印刷法においてインキを版から一度、中間体へ転写した後、被印刷体へ印刷するとき用いる中間体をさす。一般的にシリコンのような樹脂やゴムが使用される。
ブランケットの膨潤	swelling of blanket	オフセット印刷ではブランケットはインキから溶剤を吸収するため印刷を重ねるとブランケットが溶剤によって膨潤を起こす。高精細パターンが求められるプリンテッドエレクトロニクスにおいてはこの“ブランケットの膨潤”

		が連続印刷性を妨げる大きな要因の一つになる。
マイクロコンタクト印刷	microcontact printing	金表面にアルカンチオールのパターンを転写するために1993年 Whiteside らによって提唱された印刷方法。電子製版されたスタンプ凸部表面にインクを塗布し基板に密着することで、フォトリソグラフィー級の精細なパターンが形成できる。
フレキシソ印刷	flexo-printing, or relief printing	樹脂凸版表面に、アニロックスロールと呼ばれるローラーを介してインキを転移・供給し、さらにその版を印刷対象物に押し付けて転写する印刷方式。 アニロックス表面に付き過ぎたインキはドクターブレード等によりかき落され、常に安定した量のインキが版表面へ供給される。段ボールや柔包装材への印刷など広く用いられている。
アニロックスロール	anilox roll	フレキシソ印刷においてドクターチャンバーから供給されるインキを均質に受け取った後に、印刷版へ受け渡す役割を果たすロールのことを言う。一般的には金属でできたロールにセルといわれるインクをためるための精彩なパターンを彫刻する。被印刷体、印刷パターン、インクによってセルの解像度やインクの保有量を最適化する。
版胴	plate cylinder	印刷機に置いて版を取り付けるシリンダー（胴）のことをいう。版胴上に可撓性の版材を巻き付けてロール版として使用する。
親撥処理法	photo-assisted printing, or surface energy controlled method	フォトリソグラフィー法と印刷法を組み合わせた手法。具体的には基材上に感光性の材料を塗布し、その上へ露光機等でマスクを介してパターン露光を行い、親水/撥水のパターンを形成する。そして、親水(新インク)部分にインクジェットもしくは有版印刷でインク供給すると、親水部のみインクが濡れ広がりパターン形成ができる。基本的にはフォトリソグラフィー法でパターン形成がされるため精細なパターンが非真空法で比較的容易に形成されるという長所がある反面、直接印刷方法と比較して工程数が大幅に増える上に、高価な露光装置等の

		投資負担も大きくなる。
転写印刷	transfer printing	ブランケット上に精細なインクパターンを形成し、ブランケット上から被印刷体へ転写する印刷方式。オフセット印刷の一種で、ブランケット上へのインクパターン形成方法に種々の方式がある。
IJ	Ink jet	インクジェット方法の省略形。
コーヒーステイン現象	Coffee stain effect	インクの乾燥の過程で液の対流が起こり周辺部の濃度が濃くなる現象。インクジェットでインクを塗布した際に起こりやすい。
グラビアオフセット印刷	Gravure offset printing	グラビア版（凹版）に供給されたインキを版と接触して回転しているゴムロールに転移させ、更にワークに付着させる印刷方法。

大日本印刷

用語（日本語）	English	用語の説明
HEMS	Home Energy Management System	白物家電、照明機器や太陽光発電装置などのエネルギー機器においてセンサーによるモニターリングを通じて、エネルギーの見える化や消費の最適制御を行う仕組み。
フォトアシスト印刷		親撥潜像形成に対する塗布工程を用いることで、印刷物の位置精度の補正を行い、アライメント精度を高める印刷手法。
フラッシュランプアニール		高エネルギー短パルスによる電極焼成手法。基板表面の温度上昇を招くことなく電極材料の導電性を確保できるため、プラスチック基板の大きな変形を招くことなく電極形成を可能とする。

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

電子ペーパーや携帯電話など情報機器においては、用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められている。また、地球温暖化対策として社会システム全体での省エネ対策が求められるなか、情報機器や電子デバイスの製造プロセスにおいても、真空や高温を駆使して多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造からの脱却を図り、省エネルギー・省資源化へ転換することが期待されている。

プリントエレクトロニクスは、既存のデバイス製造プロセスに対し、印刷技術を駆使することでプロセス温度の低温化や材料歩留まりの向上によって省エネルギー・省資源化を実現するプロセスである。また柔軟性の高い基板を利用するため、電子デバイスのフレキシブル化、薄型・軽量化など、新しいコンセプトを有するデバイスを創出する可能性も秘めており、上記課題を解決する有用な手段として将来のエレクトロニクス産業において大きな位置付けを担うことが期待されている。

NEDOでは平成21年度に「プリントエレクトロニクス技術に係わる調査」（委託先：みずほ情報総研株式会社）を実施し、プリントエレクトロニクスに係る国内外の技術開発動向や将来の市場予測に関する調査を行い、同分野の共通的な基盤技術の課題や実用化課題について整理した。それによれば、プリントエレクトロニクス技術が本格的に実用化し、普及することで有機太陽電池や有機ELディスプレイ、有機EL照明、電子ペーパー、デジタルサイネージ、プリント配線基板といった次世代デバイス製品への適用拡大やイメージシート、圧力シート、電力伝送シートといった新たなデバイスの創出による新規市場の開拓などに貢献することが期待され、潜在的に大きな経済的効果とCO₂削減効果が期待できることが示された。一方、プリントエレクトロニクス技術の研究開発は、EU、米国以外に韓国や台湾などでも国家レベルで積極的に取り組まれており、海外では既に電子ペーパー等の次世代製品の実用化が視野に入っていることなどから、我が国においても競争が激化するプリントエレクトロニクスに関連した次世代デバイスの開発や新規市場の開拓に対応していく必要性が示された。さらにプリントエレクトロニクスに関連する技術課題として、電子デバイスの大面積化、軽量化、フレキシブル化への対応、またそれら特徴を有する高性能な電子デバイスを安定的かつ低コストで製造するための製造プロセスの課題が抽出され、これを解決するためのプロセス低温化、フレキシブルアライメント、フォトリソフリープロセス、タクト合わせ制御、デバイス均一動作化、低電圧駆動化等の技術開発が必要であり、材料技術、印刷技術、デバイス化技術を融合した共通基盤技術の確立に向けた取り組みへの期待が示された。

以上のように、プリントエレクトロニクス技術の確立は環境負荷の低減、電子デバイス製品の低コスト化、将来期待される新たな市場の創出や市場拡大に対応し、省エネルギー・低炭素社会の実現および関連業界の国際競争力強化に繋がることが期待されることから、社会的必要性が高い分野と判断される。一方で我が国の材料、印

刷装置、デバイス技術の各分野における技術力は世界最高レベルにあるものの、プリントドエレクトロニクスに関連する技術課題の解決には、領域を超えた研究成果と知識の集約が必要であり、個別企業での対応や既存技術の延長だけでは対処が困難である。そのため、高いシーズ技術を保有しており国際的優位性の高いインク・電子材料、印刷・加工プロセス技術、デバイス技術を有する企業や研究機関が連携する必要がある。一方、プリントドエレクトロニクス技術の普及に係る研究開発投資の規模は大きく、開発リスクも高いといった側面があることから、NEDO が有する知識、実績を活かして取り組むべき事業であると判断される。

◆NEDOが関与する意義


環境負荷の低減、低コスト化、将来拡大が予想される市場に対応する
プリントドエレクトロニクス技術の実現は、

○社会的必要性が大きい

- 省エネルギー・低炭素社会の実現(国家的課題の解決)
- 関連業界・企業の国際競争力強化(情報通信機器デバイス、製造装置、材料等)

○民間企業だけの取り組みでは困難

- 高いシーズ技術を有し、国際的優位性の高い材料技術、印刷技術、プロセス技術、デバイス技術を有する企業や研究機関の連携が必要
- 研究開発の難易度が高く、大規模な研究投資が必要であり、開発リスクが大きい



NEDOが推進すべき事業

図 I -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）

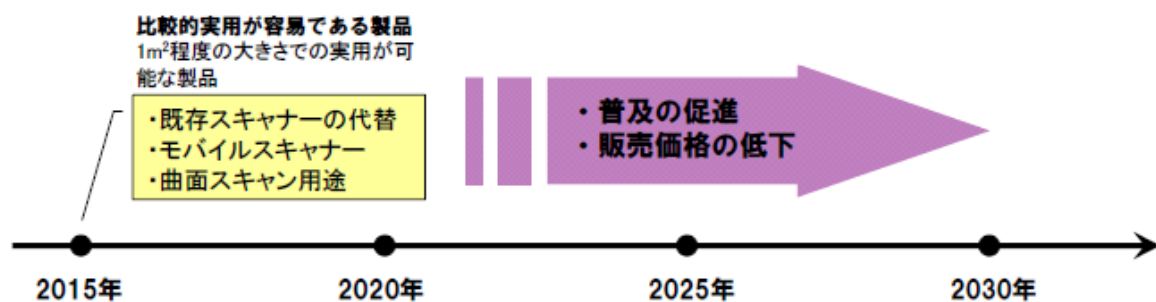
プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化が進み、社会へ普及することによってもたされる波及効果を以下に示す（平成 21 年度 NEDO「プリントドエレクトロニクス技術に係わる調査」（委託先：みずほ情報総研株式会社）の調査結果にもとづく）。

1.2.1. 新規市場創出が期待される出口製品による波及効果

プリントドエレクトロニクス技術を用いることによりこれまでにない製品が製造され、それにより新規の市場が創造される「イメージシート」、「電力伝送シート」、「圧力シート」の 3 製品に対して、2015 年、2020～2025 年、2030 年の市場規模についてシナリオを仮定し、算定を試みる。

(1) イメージシートの将来市場規模

イメージシートの特徴は、大面積のスキヤナを低価格で実現できうる可能性があるとともに、有機トランジスタを用いることによりフレキシブルで曲面のスキヤナが可能となる点にある。そのため、イメージシートに対して応用が期待される用途は、“既存スキヤナの代替”、“モバイルスキヤナ”、“曲面に対するスキヤナ”といったものが有力であると考えられる。イメージシートの市場規模算定のシナリオを図 I-1-2 のように仮定し、将来市場規模の予測を行う。



- 2015 年：1m²程度のイメージシートを量産可能な技術開発が進み、製品が市場に投入されている状況にあり、各社共に既存のスキヤナに加え、イメージシートを用いたスキヤナ製品もラインナップされつつある状況である。コスト優位性に優れるイメージシートスキヤナは精細度では従来のスキヤナに遅れをとるものの、精細度が求められない文書等のスキヤナや既存製品では困難であった曲面のスキヤナを目的とした用途において従来製品との代替が進みつつある状況を想定。一方、イメージシートスキヤナの携帯性の良さからモバイル PC と共に携帯するスタイルがビジネスマンを中心に広がりつつある状況を想定。
- 2020～2030 年：市場の成長に伴い、製造コストが下がることにより販売価格の低価格化、技術の進歩により精細度の向上が進み、普及が促進し続けている状況を想定。

図 I-1-2 イメージシートの市場規模算定シナリオ

このシナリオの下に、それぞれの年代において以下の普及率、製品単価、および関連製品出荷台数を仮定し、イメージシートの市場規模を算定する。

表 I-1-1 イメージシートの市場規模（想定）

年	イメージシートの普及率		製品単価 単価（円）	製品出荷台数		将来市場 規模（予 測）(億円)
	イメージス キャナ代替	モバイル PC とのセ ット		イメージス キャナ出 荷台数	モバイル PC 出 荷台 数	
2015	20%	30%	20,000	4,120,000	2,540,034	317
2020	50%	70%	10,000	4,620,000	3,556,279	480
2030	100%	100%	5,000	5,620,000	5,588,769	560

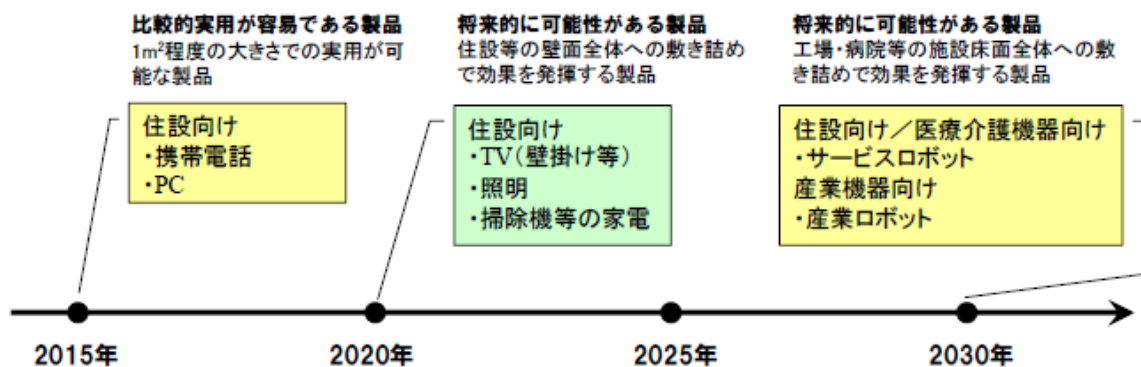
(2) 電力伝送シートの将来市場規模

電力伝送に関するニーズは、電気自動車、産業用搬送機器、エレベータ、モバイル携帯機器の充電器、衣料や住設、医療介護機器等の用途で検討されており、電磁誘導方式やマイクロ波を用いた技術などが検討されている（(株)日本テクノセンター「最近の特許から見た非接触電力伝送用途 100」より）。すなわち、電力伝送のニーズとしては、以下の3点に集約されている。

- ①動かす必要のある機器への電力供給
- ②ワイヤレスが付加価値となるデバイスへの電力給電
- ③接触が困難な場所への電力供給

電力伝送シートの特徴は、圧力シートとの組み合わせにより、位置を検知し必要な場所にも電力の給電が可能であるとともに、大面積化が容易である点にある。これらの“位置検知”、“大面積”の特徴を考慮した場合、電力伝送シートに対するニーズとしては、前出の①および②に対応したアプリケーションへの適用が可能性として高いと考えられる。

そのため、電力伝送シートの市場規模算定のシナリオを図 I-1-3 のように仮定し、将来市場規模の予測を行う。



- 2015年：1m²程度の電力伝送シートを量産可能な技術開発が進み、製品が市場に投入されている状況にあり、一般家庭の機能性テーブルクロスとして実用化され、携帯電話やモバイルPCへの給電用途として普及しつつある状況を想定。
- 2020年：製品の大面積化・低コスト化が進み、住設等の壁面全体への敷き詰めが可能となっている状況にあり、住宅の機能性壁紙として実用化され、TV（壁掛け等）、照明、掃除機等の家電への給電用途として普及しつつある状況を想定。
- 2030年：更なる製品の面積化・低コスト化が進み、工場・病院等の床面全体への敷き詰めが可能となっている状況にあり、産業用ロボットや医療向けサービスロボットへの給電用途として普及しつつある状況を想定。

図 I -1-3 電力伝送シートの市場規模算定シナリオ

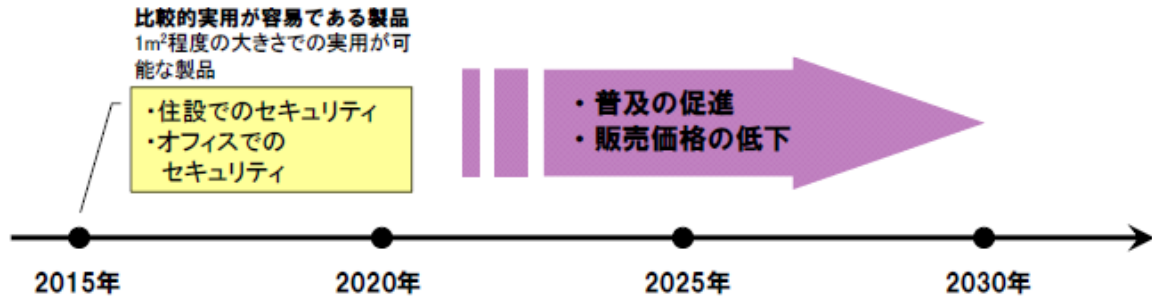
このシナリオの下に、それぞれの年代において以下の普及率、製品単価、および製品出荷面積を仮定し、電力伝送シートの市場規模を算定する。

表 I -1-2 電力伝送シートの市場規模（想定）

年	電力伝送シートの普及率			製品単価 単価（円）	製品出荷面積（百万m ² ）			将来市場 規模（予 測）（億 円）
	机上へ の普及	住宅壁 面への 普及	工場・病 院への 普及		机上	住宅	工場・ 病院	
2015	3%	0%	0%	15,000	98	4,655	40	441
2020	10%	0.5%	0%	10,000	98	4,940	43	3,450
2030	30%	1.2%	50%	5,000	98	5,225	47	5,780

(3) 圧力シートの将来市場規模

プリンテッドエレクトロニクスを用い製作した圧力シートの特徴は、安価に大面積の圧力および温度検知が可能な点にあり、“住設やオフィスのセキュリティ”、“ロボットの触覚検知”、“障害者向け義肢”といった用途に対応したアプリケーションへの適用が可能性として高いと考えられる。そのため、圧力シートの市場規模算定のシナリオを図 I -1-4 のように仮定し、将来市場規模の予測を行う。



- 2015年：1m²程度の圧力シートを量産可能な技術開発が進み、製品が市場に投入されている状況にあり、一般家庭やオフィスのセキュリティ対策として実用化され、普及しつつある状況を想定。
- 2020年～2030年：製品の大面積化・低コスト化が進み、住設やオフィスでの普及がさらに進みつつある状況を想定。

図 I-1-4 圧力シートの市場規模算定シナリオ

このシナリオの下に、それぞれの年代において以下の普及率、製品単価、および製品出荷面積を仮定し、圧力シートの市場規模を算定する。

表 I-1-3 圧力シートの市場規模（想定）

年	圧力シートの普及率		製品単価 単価（円）	製品出荷面積（百万m ² ）		将来市場規模 （予測）（億円）
	住設への普及	オフィスへの普及		全世帯面積	オフィス面積*	
2015	0.3%	10%	10,000	4,655	78.187	1,713
2020	0.7%	20%	7,000	4,940	78.187	2,824
2030	2.0%	40%	3,000	5,225	78.187	3,289

*オフィス面積については「JREI オフィスビル調査」より引用。調査の対象地域は東京23区及び政令指定都市

(4) まとめ

設定したシナリオのもとでは、電力伝送シートが将来的（2030年頃）に約6,000億円規模の市場を創出し、圧力シートも約2,500億円規模の市場を創出することが期待されるとの結果となった。これら3製品のトータルでの市場創出効果としては、2030年頃を目処に約9,000億円規模の市場の創出が期待されるとの結果となった。

1.2.2. プロセス代替が見込まれる出口製品がもたらす波及効果

プリンテッドエレクトロニクス技術により従来製造プロセスの代替が見込まれる出口製品である、「太陽電池」、「ディスプレイ」、「照明」、「プリント基板」、「電子ペーパー」、「デジタルサイネージ」に対して、その省エネ効果の算定を試みる。ここで、省エネ効果は「製造時エネルギー削減効果」、「材料削減効果」、「輸送コスト削減効果」、「使用時削減効果」についてそれぞれ算定する。表 I-1-4 にその対象製品と算定を行

う項目について示す。

表 I -1-4 省エネ算定の対象製品と項目

対象製品		製造時エネルギー削減効果	材料削減効果	輸送コスト削減効果	使用時削減効果
(A) 既存製品	太陽電池	○	○	○	○
	ディスプレイ	○	○	○	—
	照明	○	○	○	○
	プリント基板	○	○	○	—
(B) 開発中製品	電子ペーパー	—	—	—	○
	デジタルサイネージ	—	—	—	○

(1) 太陽電池の省エネ効果の算定

①算定のシナリオ

太陽電池の省エネ効果および市場規模は、以下のシナリオを設定し、予測を行う。

- プリンテッド太陽電池の市場は、CIS 系が最も大きくなると予想されることから、製造時エネルギー効果、材料削減効果および輸送コスト削減効果は、現在主流の多結晶系が CIS 系に置き換わるときのエネルギー削減効果を見積もった。
- 使用時削減効果は、プリンテッド太陽電池によって創出されるエネルギーが既存の系統電力を減らし、それによって削減される CO₂ 削減効果を見積もる。なお、太陽光発電システムの累積導入量は、2020 年に 34[GW]に達成するとしその効果を見積もった。

②製品の市場予測と普及（代替）率

<累積導入量と年間導入量>

「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」（NEDO、2009）によれば、2020 年では、太陽光発電の年間導入量は 4.39[GW/年]、累積導入量は 34.2[GW]になると予想されている。なお、資料（出典：「太陽電池の世界市場を予測」、富士経済（2009））によると太陽電池全体（世界）における CIS 系太陽電池の市場規模は約 10%程度であると見込まれている。

<2020 年の普及（代替）率等（国内）>

- ・ プリンテッド太陽電池の普及（代替）率：10%
（CIS 系すべてがプリンテッド製品になると仮定）
- ・ 年間導入量：0.439[GW/年]、累積導入量：3.42[GW]
- ・ 年間出荷面積：2,679[千m²/年]

<2020年の市場予測>

項目	全製品 [億円]	プリント ^① 製品 [億円]	シナリオ・仮説
国内市場	21,204	2,120	国内生産は、現在と同程度と仮定し、世界全体に占める割合を20%と設定し算出。
海外市場	106,021*	10,602	プリント ^① 製品は、国内シェアと同じ10%と仮定し算出。

※全製品はすべての種類の太陽電池

*出典：「太陽電池の世界市場を予測」、富士経済（2009）

③CO₂削減効果

項目	値（原油換算） [万 kL]	シナリオ・仮説
製造時エネルギー削減効果	6.81	材料および製造時における多結晶シリコンのCO ₂ 排出量原単位を、CIS系のCO ₂ 排出量原単位に置き換えたときの効果。
材料削減効果		
輸送コスト削減効果	4.65	CIS系によって軽量化する効果。ここでの輸送は、生産者から全国の消費者への輸送を想定した。
使用時削減効果	73.19	プリント ^① 太陽電池によって創出されるエネルギーが、既存の系統電力を減らし、それによって減らされるCO ₂ 削減効果。
合計	84.65	—

④CO₂削減効果の詳細

(i) 製造時エネルギー・材料削減効果の詳細

製造時エネルギーおよび材料削減効果は、多結晶シリコン太陽電池の製造時までのCO₂排出量原単位を、CIS系太陽電池の製造時までのCO₂排出量原単位に置き換えたときの効果により見積もった。表 I -1-5 および表 I -1-6 にそれぞれの製造に伴うCO₂排出量を示す。

表 I -1-5 多結晶シリコン太陽電池の製造に伴う CO₂ 排出量*

起源	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂]	
	[-/kW]	[-/m ²]
電力	554.12	77.02
化石エネルギー	1.22	0.17
原材料製造	387.36	53.84
プロセス	29.99	4.17
合計	972.69	135.20

*出典：「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」、NEDO（2009）

表 I -1-6 CIS 系の製造に伴う CO₂ 排出量*

起源	CO ₂ 排出量[kg-CO ₂]	
	[-/kW]	[-/m ²]
電力	81.70	8.25
化石エネルギー	0.00	0.00
原材料製造	586.52	59.27
合計	668.22	67.52

*出典：「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」、NEDO（2009）

なお、2020 年においては、現在と比較してセル効率は向上されることが予想されるため、表 I -1-7 に示す太陽電池のセル効率の向上を勘案し原単位の比較を行う。

表 I -1-7 太陽電池のセル効率向上の予測*

	効率[%]		CO ₂ 排出量[kg-CO ₂ /m ²]	
	多結晶系	CIS 系	多結晶系	CIS 系
ベースの値	16.1	11.1	972.69	668.22
2020 年	19	18	824.23	412.07
2030 年	22	22	711.83	337.15

*出典：太陽光発電ロードマップ（PV2030+）、NEDO（2009）

表 I -1-7 のCO₂排出量の差および上記②の年間導入量より、製造時エネルギーおよび材料削減効果は以下となる。

CO₂削減量：18.09[万t-CO₂/年]

原油換算：6.81[kL/年]

(ii) 輸送コスト削減効果の詳細

輸送コスト削減効果は、CIS系によって軽量化する効果から見積もった。表 I -1-8 および表 I -1-9 に見積もりの前提となる基本情報を示す。ここで、輸送のシナリオとして、生産者から全国の消費者へ輸送することを想定し、移動距離は 1,000km（本州の長さの半分強）と仮定し、輸送手段は 10tトラック（積載率 100%）で輸送すると仮定する。なお、見積もりの方法は改良トンキロ法を用いた（原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース（暫定版）、JEMAI」の値、出典：「物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン」、経済産業省・国土交通省）。

表 I -1-8 多結晶シリコン太陽電池の基本情報*

基本情報	値	単位
モジュール寸法	1,326×1008	mm
モジュール重量	16	kg
モジュール出力	186	W
セル効率(2020年)	22	%
単位出力当りの重量	0.0630	kg/W

*出典：「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」、NEDO（2009）

表 I -1-9 CIS系太陽電池の基本情報*

基本情報	値	単位
モジュール寸法	1,417×791	mm
モジュール重量	14.3	kg
モジュール出力	125	W
セル効率(2020年)	22	%
単位出力当りの重量	0.0577	kg/W

*出典：ホンダソルテックホームページ、URL：<http://www.honda.co.jp/soltec/system/module/index.html>

ここで、表 I -1-8 および表 I -1-9 の単位出力当りの重量と上記②の年間導入量より、輸送コスト削減効果は以下となる。

CO₂削減量：12.35[万t-CO₂/年]

原油換算：4.65[kL/年]

(iii) 使用時削減効果の詳細

使用時削減効果は、プリント太陽電池によって創出されるエネルギーが、既存の系統電力を減らし、それによって減らされるCO₂の削減効果より見積もった。表 I -1-10 に見積もりに使用した前提条件を示す。

表 I -1-10 使用時削減効果の見積もりに用いた発電条件

発電条件	値	単位
年間日照時間（東京）*	1.588	時間
出力係数**	0.74	—
電力の原単位***	0.48	kg-CO ₂ /kWh

出典：*「社会・人口統計体系」（総務省統計局（2008））、**「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」（NEDO（2009））、***原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース（暫定版）、JEMAI」の値。

ここで、表 I -1-10 および上記②の累積導入量より、使用時削減効果は以下となる。

CO₂削減量：194.52[万t-CO₂/年]

原油換算：73.19[kL/年]

(2) ディ스플레이の省エネ効果の算定

①算定のシナリオ

ディスプレイの省エネ効果および市場規模は、以下のシナリオを設定し、予測を行う。

- 液晶ディスプレイが有機 EL ディ스플레이に代替される効果を見積もる。その際、有機 EL では、液晶、バックライト、偏光フィルター（片面のみ必要）が不要であると見、それによる削減効果を見積もった。
- また、上記効果に加え、プリントドエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果、材料削減効果および輸送コスト削減効果を見積もった。
- なお、有機 EL ディ스플레이は低消費電力の可能性を秘めているが、液晶ディスプレイの低消費電力化が今後も進むと予想されるため、使用段階の CO₂ 排出量は同等であると仮定する。

②製品の市場予測と普及（代替）率

<出荷台数>

有機 EL ディ스플레이の出荷台数は 2020 年には 2008 年比の約 10 倍程度の 9 億台が見込まれる（出典：「OLED Market Traker」, iSuppli（2008））。

なお、資料（出典：Display Search、発表資料、2008.02.05）によるとディスプレイ全体では 2015 年に約 55 億台の出荷台数が見込まれ、2015 年以降の年平均成長率を 5% で成長すると仮定すると、2020 年には約 70 億台の出荷台数が見込まれる。よって、2020 年のディスプレイ市場における有機 EL ディ스플레이のシェアは、約 10～15%程度になると予想される。

<2020 年の普及（代替）率（国内）>

- ・プリントド有機 EL ディ스플레이の普及（代替）率：15%

（有機 EL ディ스플레이がすべてプリントド製品になると仮定）

- ・年間出荷面積：7,050[千m²/年]

（出典：Display Search、発表資料（2008.2.5）を基にみずほ情報総研が予測）

<2020 年の市場予測>

項目	全製品 [億円]	プリントド製品 [億円]	シナリオ・仮説
国内市場	35,991	5,399	国内生産は、現在と同程度と仮定し、世界全体に占める割合を 20%と設定し算出。
海外市場	179,956*	26,993*	プリントド製品は、国内シェアと同じ 15%と仮定し算出。

※全製品はディスプレイ全体

出典：*DisplaySearch、発表資料（2008.02.05）をもとにみずほ情報総研が予測

③CO₂削減効果

項目	値(原油換算) [万 kL]	シナリオ・仮説
製造時エネルギー削減効果	10.68	LCD パネル基板の組立時のエネルギー削減効果と、プリントエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果(金属の成膜工程の削減、設備の面積の縮小による効果)。
材料削減効果	9.72	液晶、バックライト、偏光フィルター(片面)の主な材料であるアクリル樹脂が削減される効果とプリントエレクトロニクスによる材料削減効果(金属材料およびレジスト削減、ガラス基板からPETへの代替、ITOから導電性ポリマーへの代替による効果)。
輸送コスト削減効果	0.39	有機ELディスプレイによって軽量化する効果。ここでの輸送は、生産工場から各ユーザーへの輸送を想定した。
使用時削減効果	0.00	①の仮定より、使用時削減効果は対象外とした。
合計	20.79	—

④CO₂削減効果の詳細

(i) 製造時エネルギー削減効果の詳細

プリントエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果は、LCD パネル基板の組立時のエネルギー削減効果に加え、金属の成膜工程の削減と設備の面積の縮小による効果より見積もる。

<LCD パネル基板の組立時のエネルギー削減>

LCD パネル基板の組立時のエネルギー削減の見積もりに用いた値を表 I -1-11 に示す。

表 I -1-11 LCD パネル基板の組立時のエネルギー削減効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
LCD パネル基板の組立工程の消費電力*	1.588	kWh	17型ワイド
電力の原単位**	0.74	kg-CO ₂ /kWh	—
LCD パネル基板の組立時のエネルギー削減効果	0.48	kg-CO ₂ /m ²	消費電力は面積に比例すると仮定

出典:*「製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発」(NEDO(2006))、**原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース(暫定版)、JEMAI」の値

プリント有機ELディスプレイは、上記LCDパネル基板の組立時の消費電力は不要であるため、上記値が削減されると想定すると、単位面積当りの削減効果は、0.11[kg-CO₂/m²]となる。

<金属の成膜工程の削減>

金属の成膜工程の見積もりに用いた値を表 I -1-12 に示す。

表 I -1-12 金属の成膜工程の削減効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
金属膜の重量*	431.3	g	面積 40,000mm ² 当たり
金属膜形成工程の原単位**	2.83	kWh/kg	—
電力の原単位***	0.48	kg-CO ₂ /kWh	—
金属膜形成工程の削減による効果	14.77	kg-CO ₂ /m ²	CO ₂ 削減量

出典：*小関ら、「家電・OA機器用LCA技法の基礎検討」(化学工学論文集 24(6), p934-939, (1998))、**「特開平 6-316794」を参考に算出、***原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース (暫定版)、JEMAI」の値

プリントドエレクトロニクスでは、上記の金属膜形成工程は不要であるため、上記値が削減されると想定すると、単位面積当りの削減効果は、14.77[kg-CO₂/m²]となる。

<設備の面積の縮小>

設備の面積の縮小による効果の見積もりに用いた値を表 I -1-13 に示す。

表 I -1-13 設備の面積の縮小による効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
電力の投入量*	1,500	万 kWh/年	—
年間の生産量	143	千m ² /年	—
電力の原単位**	0.48	kg-CO ₂ /kWh	—
設備の面積の縮小割合	0.5	—	本値は仮説
設備の面積の縮小による効果	25.38	kg-CO ₂ /m ²	CO ₂ 削減量

出典：*沖テクニカルレビュー、188号, Vol68, No4 Page60-67(2001)、**原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース (暫定版)、JEMAI」の値

プリントドエレクトロニクスでは、工程数が従来工程よりも少なくなることから、設備の面積も縮小されると予想される。生産性を従来工程と同様に保ち、設備の面積の縮小割合を 0.5 とすると、単位面積当りの削減効果は、25.38[kg-CO₂/m²]となる。よって、上記値および②の年間出荷面積より、製造時エネルギー削減効果は以下となる。

CO₂削減量：28.38[万t-CO₂/年]

原油換算：10.68[kL/年]

(ii) 材料削減効果の詳細

プリントドエレクトロニクスによる材料削減効果は、液晶、バックライト、偏光フィルター（片面）の主な材料であるアクリル樹脂が削減される効果に加え、金属材料とレジスト材料の削減およびガラス基板から PET 基板への代替、ITO から導電性ポリ

マーの代替による効果より見積もる。

<アクリル樹脂が削減される効果>

アクリル樹脂が削減される効果の見積もりに用いた値を表 I -1-14 に示す。ここで、その効果はプリンテッド有機ELディスプレイ特有の材料によるCO₂排出量を勘案し、見積もる。

表 I -1-14 アクリル樹脂が削減される効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
アクリル樹脂の重量*	0.8425	kg	17型ワイド
アクリル樹脂の原単位**	2.43	kg-CO ₂ /kg	—
プリンテッド有機ELディスプレイ特有の材料のCO ₂ 排出量	1.00	kg-CO ₂ /m ²	本値は仮定
アクリル樹脂の削減効果	24.70	kg-CO ₂ /m ²	面積に比例すると仮定

出典：*「製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発」(NEDO(2006))、**原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース(暫定版)、JEMAI」の値

プリンテッド有機ELディスプレイでは、上記LCDパネル基板の組立時の消費電力は不要であるため、上記値が削減されると想定すると、単位面積当りの削減効果は、24.70[kg-CO₂/m²]となる。

<金属材料とレジスト材料の削減>

金属材料とレジスト材料の削減の見積もりに用いた値を表 I -1-15 に示す。

表 I -1-15 金属材料とレジスト材料が削減される効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
金属膜(銅)の重量	431.3	g	面積40,000mm ² 当たり
金属材料(銅)の削減率(パターンニング面積)	30	%	金属電極の面積70%
レジスト操作に用いる用役量*	電気	1.0	kWh
	水	0.25	L
	重油	0.24	L
レジスト材料の削減率	100	%	—
金属材料の削減効果	1.93	kg-CO ₂ /m ²	銅、電気、水、重油の原単位は文献*の値を用いた。
レジスト材料の削減効果	8.47	kg-CO ₂ /m ²	

出典：*小関ら、「家電・OA機器用LCA技法の基礎検討」、化学工学論文集24(6), p934-939, (1998)

プリント配線板に用いられる金属のパターンニング面積を30%と想定し、その材料は銅であると想定すると、単位面積当りの金属材料の削減効果は、0.83[kg-CO₂/m²]となる。また、プリント配線板に用いられるレジスト材料の削減率は100%と想定すると、

単位面積当りのレジスト材料の削減効果は、8.48[kg-CO₂/m²]となる。

<ガラス基板から PET 基板への代替>

ガラス基板から PET 基板への代替による効果の見積もりに用いた値を表 I -1-16 に示す。

表 I -1-16 ガラス基板から PET 基板への代替による効果の見積もりに用いた値

項目		値	単位	備考
ガラス	厚み	1	mm	—
	CO ₂ 原単位*	1.2	kg-CO ₂ /kg	—
PET	厚み	1	mm	—
	CO ₂ 原単位*	1.43	kg-CO ₂ /kg	—
ガラス基板から PET 基板への代替による効果		1.64	kg-CO ₂ /m ²	CO ₂ 削減量
		1.55	kg/m ²	重量削減
ITO から導電性ポリマーによる効果		—	kg-CO ₂ /m ²	基板の厚みと比較すると微小になったため対象外とする

出典：*原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース（暫定版）、JEMAI」の値

ガラス基板からPET基板への代替による単位面積当りの削減効果は、1.64[kg-CO₂/m²]となる。

よって、上記値および②の年間出荷面積より、材料削減効果は以下となる。

CO₂削減量：25.84[万t-CO₂/年]

原油換算：9.72[kL/年]

(iii) 輸送コスト削減効果の詳細

輸送コスト削減効果は、ガラス基板からPET基板への代替による軽量化の効果によってその値を見積もった。なお、輸送のシナリオは太陽電池と同様に、生産者から全国の消費者へ輸送することを想定し、移動距離は1,000km（本州の長さの半分強）と仮定し、輸送手段は10tトラック（積載率100%）で輸送すると仮定する。なお、見積もりの方法は改良トンキロ法を用いた（原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース（暫定版）、JEMAI」の値、出典：物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン、経済産業省・国土交通省）。

ここで、表 I -1-16 および上記②の年間出荷面積より、輸送コスト削減効果は以下となる。

CO₂削減量：1.03[万t-CO₂/年]

原油換算：0.39[kL/年]

(iv) 使用時削減効果の詳細

プリント製品は、従来製品と同程度の性能を想定するため、使用時削減効果は対象外とする。

(3) 照明の省エネ効果の算定

①算定のシナリオ

照明の省エネ効果および市場規模は、以下のシナリオを設定し、予測を行う。

- 拡散光源である蛍光灯が有機 EL 照明に代替される際の省エネ効果を見積もる。
- 拡散光源の市場は、現在の普及率がほぼ 100%であることを考慮し人口に比例すると仮定する。

②製品の市場予測と普及（代替）率

<出荷金額と出荷面積>

資料（出典：大久保聡、野澤哲生、「新概念の電子デバイスを創造するプリンタブル・エレクトロニクス」、『有機エレクトロニクス 2010-2015』、p.70）によれば、2016 年では 5000 億超、2020 年では 1 兆 4000 億の市場規模になると予測されている。

<2020 年の普及（代替）率（国内）>

2020 年には国内で 1,000 億程度の市場（蛍光灯の 5 割程度）と予想される。ここで、照明に占めるプリンテッド製品は半数程度と仮定した。

<2020 年の市場予測>

項目	全製品 [億円]	プリンテッド製品 [億円]	シナリオ・仮説
国内市場	1,004	502	有機 EL 照明におけるプリンテッド製品のシェアは 50%と仮定し算出。
海外市場	14,000*	7,000*	プリンテッド製品は、国内シェアと同じ 50%と仮定し算出。

※全製品はディスプレイ全体

出典：*大久保聡、野澤哲生、「新概念の電子デバイスを創造するプリンタブル・エレクトロニクス」、『有機エレクトロニクス 2010-2015』、p.70

③CO₂削減効果

項目	値（原油換算）[万 kL]	シナリオ・仮説
製造時エネルギー削減効果	1.02	有機 EL 照明の製造時エネルギーは小さいとし、蛍光灯の LCA から求まる製造時エネルギーの削減効果を見積もる。
材料削減効果	0.58	有機 EL 照明に代替することにより、蛍光灯の主な構成材料であるガラスが削減できることの効果。
輸送コスト削減効果	0.00	蛍光灯の LCA では輸送に関わる CO ₂ 排出量は他のプロセスに比べて極めて小さいため、輸送コスト削減効果は対象外。
使用時削減効果	0.00	2020 年では蛍光灯と有機 EL 照明は同程度の性能であると予想されるため、使用時削減効果は対象外。
合計	1.61	

④CO₂削減効果の詳細

(i) 製造時エネルギー削減効果の詳細

プリントドエレクトロニクスによる有機 EL 照明の製造時エネルギーは小さいとし、蛍光灯の製造時エネルギーが削減される効果を見積もる。表 I -1-17 に蛍光灯の各段階における相対消費エネルギーを示す。

表 I -1-17 蛍光灯の各段階における相対消費エネルギー*

相対消費エネルギー	割合[%]
素材製造	0.6
電子部品製造	0.0
生産工程	0.7
製品輸送	0.0
動作電力	98.7
待機電力	0.0
消耗品	0.0
使用済製品輸送	0.0
廃棄・リサイクル	0.0

出典：*LED 照明のライフサイクルアセスメント、LED 照明推進協議会（2008）

ここで、素材製造における消費エネルギーは下記(ii)で算出される蛍光灯の値を用いると、製造時エネルギー削減効果は以下となる。

CO₂削減量：2.72[万t-CO₂/年]

原油換算：1.02[kL/年]

(ii) 材料削減効果の詳細

蛍光灯の主な構成材料であるガラスが削減できることの効果を材料削減効果として見積もる。ここで、蛍光ランプの重量をガラスの重量と仮定して見積もった。表 I -1-18 に材料削減効果の見積もりに用いた値をそれぞれ示す。

表 I -1-18 材料削減効果の見積りに用いた値

項目	値	単位	備考	
代替数量	85,122	千個	販売数量を 2008 年と同じとし、代替率より算出	
蛍光灯	蛍光灯の重量*	160	g	種類：FHC41
	ガラスの原単位**	1.2	kg-CO ₂ /kg	—
	1 個当りのCO ₂ 排出量	0.192	kg-CO ₂ /個	—
	代替数量におけるCO ₂ 排出量	16,343	t-CO ₂	—
プリント 有機 EL 照明	1 個当りのCO ₂ 排出量	0.04	kg-CO ₂ /kg	原単位を 1kg-CO ₂ /m ² とし、面積を 20cm角と想定
	代替数量におけるCO ₂ 排出量	3,405	t-CO ₂	—

出典：*社団法人日本電球工業会「蛍光灯及び使用済み蛍光灯に関するQ&A」、
**原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース(暫定版)、JEMAI」の値

表 I -1-18 より、材料削減効果は以下となる。

CO₂削減量：1.55[万t-CO₂/年]

原油換算：0.58[kL/年]

(iii) 輸送コスト削減効果の詳細

蛍光灯の LCA（出典：LED 照明のライフサイクルアセスメント、LED 照明推進協議会（2008））によると輸送段階における消費エネルギーは、他のプロセスに比べて極めて小さいため、ここでは輸送コスト削減効果は対象外とする。

(iv) 使用時削減効果の詳細

現状の蛍光灯は 100[lm/W]程度であり、将来も同等の性能で推移すると予想される（例えば、参考文献（経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会照明器具等判断基準小委員会最終とりまとめ（蛍光灯器具）（案）」（2008））によると、これまでのトップランナー値が 100[lm/W]以上の区分において、2012 年の効率改善分が 0.6[%]である）。一方、有機 EL 照明は、今後の研究開発により性能向上が見込まれ、2020 年には 100[lm/W]になると予想される。これらの検討より、2020 年では蛍光灯と有機 EL 照明は同程度の性能であると予想されるため、使用時削減効果は対象外とする。

ただし、2030 年には 200[lm/W]程度の高効率が期待されており、これが実現すれば大きな使用時削減効果が得られる。

(4) プリント配線板の省エネ効果の算定

①算定のシナリオ

プリント配線板の省エネ効果および市場規模は、以下のシナリオを設定し、予測を行う。

- プリンテッドエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果、材料削減効果および輸送コスト削減効果を見積もった。
- プリント配線板産業は成熟産業であるから、将来の市場は不況前の 2007 年と同程度であると仮定し各種の値を見積もった。

②製品の市場予測と普及（代替）率

<出荷数量と出荷額>

プリント配線板の国内における出荷数量と出荷金額は、2020 年では、2007 年と同程度であると仮定すると、出荷数量は 21,951[千m²]、出荷金額は 7,640[億円]（出典：経済産業省生産動態統計調査、経済産業省）になると予想される。

<2020 年の普及（代替）率（国内）>

- ・ プリンテッドエレクトロニクスによるプリント配線板の普及（代替）率：15%
（フレキシブルプリント配線板がすべてプリンテッド製品になると仮定）
- ・ 年間出荷面積：5,305[千m²/年]

<2020 年の市場予測>

項目	全製品 [億円]	プリンテッド製品 [億円]	シナリオ・仮説
国内市場	6,229	1,910	国内市場は、不況以前の状態に回復すると予測し、2007 年と同じ値を設定した。
海外市場	47,237*	11,809	プリンテッド製品は、国内シェアと同じ 25%と仮定し見積もった。

※全製品はリジットプリント配線板とフレキシブルプリント配線板の合計

出典：*「2009 エレクトロニクス実装ニューマテリアル便覧」富士キメラ総研（2009）

③CO₂削減効果

項目	値（原油換算）[万 kL]	シナリオ・仮説
製造時エネルギー削減効果	8.29	プリンテッドエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果（金属の成膜工程の削減、設備の面積の縮小による効果）。
材料削減効果	9.41	プリンテッドエレクトロニクスによる材料削減効果（金属材料およびレジスト材料削減、ガラスエポキシ基板から PET への代替）。
輸送コスト削減効果	0.14	ガラスエポキシ基板から PET 基板によって軽量化する効果。ここでの輸送は、生産工場から各ユーザーへの輸送を想定した。
使用時削減効果	0.00	同程度の性能を想定するため、使用時削減効果は対象外。
合計	17.84	

④CO₂削減効果の詳細

(i) 製造時エネルギー削減効果の詳細

プリントドエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果は、金属の成膜工程の削減と設備の面積の縮小による効果より見積もる。

<金属の成膜工程の削減>

金属の成膜工程の見積もりに用いた値を表 I -1-19 に示す。

表 I -1-19 金属の成膜工程の削減効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
金属膜の重量*	431.3	g	面積 40,000mm ² 当たり
金属膜形成工程の原単位**	2.83	kWh/kg	—
電力の原単位***	0.48	kg-CO ₂ /kWh	—
金属膜形成工程の削減による効果	14.77	kg-CO ₂ /m ²	CO ₂ 削減量

出典：*小関ら、「家電・OA機器用LCA技法の基礎検討」(化学工学論文集 24(6), p934-939, (1998))、**「特開平 6-316794」を参考に算出 ***原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース (暫定版)、JEMAI」の値

プリントドエレクトロニクスでは、上記の金属膜形成工程は不要であるため、上記値が削減されると想定すると、単位面積当りの削減効果は、14.77[kg-CO₂/m²]となる。

<設備の面積の縮小>

設備の面積の縮小の見積もりに用いた値を表 I -1-20 に示す。

表 I -1-20 設備の面積の縮小による削減効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
電力の投入量*	1,500	万 kWh/年	—
年間の生産量	143	千m ² /年	—
電力の原単位**	0.48	kg-CO ₂ /kWh	—
設備の面積の縮小割合	0.5	—	本値は仮説
設備の面積の縮小による効果	25.38	kg-CO ₂ /m ²	CO ₂ 削減量

出典：*沖テクニカルレビュー、188号, Vol68, No4 Page60-67, (2001) **原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース (暫定版)、JEMAI」の値

プリントエレクトロニクスでは、工程数が従来工程よりも少なくなることから、設備の面積も縮小されると予想される。生産性を従来工程と同様に保ち、設備の面積の縮小割合を 0.5 とすると、単位面積当りの削減効果は、25.38[kg-CO₂/m²]となる。よって、上記値および②の年間出荷面積より、製造時エネルギー削減効果は以下となる。

CO₂削減量：22.04[万t-CO₂/年]

原油換算：8.29[kL/年]

(ii) 材料削減効果の詳細

プリントエレクトロニクスによる製造時エネルギー削減効果は、金属材料とレジスト材料の削減およびガラスエポキシ基板から PET 基板への代替の効果より見積もる。

<金属材料とレジスト材料の削減>

金属材料とレジスト材料の削減の見積もりに用いた値を表 I-1-21 に示す。

表 I-1-21 金属材料とレジスト材料の削減効果の見積もりに用いた値

項目	値	単位	備考
金属膜（銅）の重量*	431.3	g	面積 40,000mm ² 当たり
金属材料（銅）の削減率（パターンニング面積）	30	%	金属電極の面積 70%
レジスト操作に用いる 用役量*	電気	1.0	kWh
	水	0.25	L
	重油	0.24	L
レジスト材料の削減率	100	%	—
金属材料の削減効果	1.93	kg-CO ₂ /m ²	銅、電気、水、重油の原単位は文献*の値を用いた。
レジスト材料の削減効果	8.47	kg-CO ₂ /m ²	

出典：*小関ら、「家電・OA 機器用 LCA 技法の基礎検討」(化学工学論文集 24(6), p934-939, (1998))

プリント配線板に用いられる金属のパターンニング面積を 70%と想定し、その材料は銅であると想定すると、単位面積当りの金属材料の削減効果は、1.93[kg-CO₂/m²]となる。また、プリント配線板に用いられるレジスト材料の削減率は 100%と想定すると、単位面積当りのレジスト材料の削減効果は、8.48[kg-CO₂/m²]となる。

<ガラスエポキシ基板から PET 基板への代替>

ガラスエポキシ基板から PET 基板への代替による効果の見積もりに用いた値を表 I-1-22 に示す。ここで PET 基板は、ガラスエポキシ基板と同じ体積になると仮定して値を見積もった。

表 I -1-22 ガラスエポキシ基板から PET 基板への代替による効果
の見積もりに用いた値

項目		値	単位	備考
ガラス	重量*	296	g	面積 40,000mm ² 当たり
	体積	118.4	cm ³	
	CO ₂ 原単位**	1.2	kg-CO ₂ /kg	
エポキシ樹脂	重量*	282	g	面積 40,000mm ² 当たり
	体積	245.2	cm ³	
	CO ₂ 原単位**	5.48	kg-CO ₂ /kg	
PET	重量	345	g	体積がガラスエポキシ樹脂と同じになるよう設定
	体積	363.6	cm ³	
	CO ₂ 原単位**	1.43	kg-CO ₂ /kg	
ガラスエポキシ基板から PET 基板への代替による効果		35.16	kg-CO ₂ /m ²	CO ₂ 削減量
		5.814	kg/m ²	重量削減

出典：*小関ら、「家電・OA機器用LCA技法の基礎検討」(化学工学論文集 24(6), p934-939, (1998)) **原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース (暫定版)、JEMAI」の値

ガラスエポキシ基板からPET基板への代替による単位面積当りの削減効果は、35.16[kg-CO₂/m²]となる。

よって、上記値および②の年間出荷面積より、材料削減効果は以下となる。

CO₂削減量：25.00[万t-CO₂/年]

原油換算：9.41[kL/年]

(iii) 輸送コスト削減効果の詳細

輸送コスト削減効果は、ガラスエポキシ基板からPET基板への代替による軽量化の効果によってその値を見積もった。なお、輸送のシナリオは太陽電池と同様に、生産者から全国の消費者へ輸送することを想定し、移動距離は1,000km(本州の長さの半分強)と仮定し、輸送手段は10tトラック(積載率100%)で輸送すると仮定する。なお、見積もりの方法は改良トンキロ法を用いた(原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース(暫定版)、JEMAI」の値、出典：物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン、経済産業省・国土交通省)。

ここで、表 I -1-22 及び上記②の年間出荷面積より、輸送コスト削減効果は以下となる。

CO₂削減量：0.38[万t-CO₂/年]

原油換算：0.14[kL/年]

(iv) 使用時削減効果の詳細

プリンテッド製品は、従来製品と同程度の性能を想定するため、使用時削減効果は対象外とする。

(5) 電子ペーパーの省エネ効果の算定

①算定のシナリオ

電子ペーパーの省エネ効果および市場規模は、以下のシナリオを設定し、予測を行う。

- 紙の代替による省エネ効果を見積もる。ここでの省エネ効果は、紙の製造までに消費するエネルギーと電子ペーパーの使用時（書き換え時）のエネルギーを比較することによって見積もる。なお、電子ペーパーの書き換え回数は数万から数十万と多く、使用一回あたりの電子ペーパーの製造までに消費するエネルギーは小さいため、電子ペーパーの製造までの消費エネルギーは対象外とする。
- 将来の紙の需要は現在と同じであると仮定し見積もる。

②製品の市場予測と普及（代替）率

<市場予測>

電子ペーパーの国内市場予測は、2020年では出荷金額が約2500億円、出荷枚数が12億枚となる見込みである（出典：「電子ペーパーディスプレイに関する調査結果」、矢野経済研究所（2006））。

<2020年の普及（代替）率（国内）>

- ・紙（新聞紙、印刷・情報用紙）に対する電子ペーパーの代替率：5%

（新聞紙の代替率の方が多くなると予想されるが、平均で5%ぐらいの代替率と仮定し、設定した）

<2020年の市場予測>

項目	全製品 [億円]	プリンテッド製品 [億円]	シナリオ・仮説
国内市場	2,522*	2,522	電子ペーパーは、すべてプリンテッド製品であると仮定する。
海外市場	12,000**	12,000	プリンテッド製品は、国内シェアと同じ25%と仮定し見積もった。

※全製品は電子ペーパー全体

出典：*電子ペーパーディスプレイに関する調査結果、矢野経済研究所（2006）、**Display Search、発表資料、（2009.09.04）をもとにみずほ情報総研が予測

③CO₂削減効果

項目	値（原油換算） [万 kL]	シナリオ・仮説
使用時削減効果	32.61	①の仮定を参照。

④CO₂削減効果の詳細

(i) 使用時削減効果の詳細

使用時削減効果は、紙の代替による省エネ効果を見積もる。ここでの省エネ効果は、紙の製造までに消費するエネルギーと電子ペーパーの使用時（書き換え時）のエネルギー

ギーを比較することによって見積もる。なお、電子ペーパーの書き換え回数は数万から数十万と多く、使用一回あたりの電子ペーパーの製造までに消費するエネルギーは小さいため、電子ペーパーの製造までの消費エネルギーは対象外とする。その際、将来の紙の需要は現在と同じであると仮定し見積もる。

表 I -1-23 に使用時削減効果の見積もりに用いた値を示す。

表 I -1-23 使用時削減効果の見積もりに用いた値

項目		値	単位	備考
代替枚数	新聞紙代替数	166	億枚/年	新聞紙を L 紙、印刷・情報用紙を A2 とし、資料*の製造量[t/年]と下記の面密度より算出
	印刷・情報用紙	317	億枚/年	
紙	紙の原単位**	1.28	kg-CO ₂ /kg	—
	新聞紙の面密度	46.2	g/m ²	—
	印刷・情報用紙の面密度	64	g/m ²	—
	新聞紙の原単位	5.91e-05	t-CO ₂ /m ²	—
	印刷・情報用紙の原単位	8.19e-05	t-CO ₂ /m ²	—
電子ペーパー	書換え電力***	15	W・s	面積：A2
	電力の原単位****	0.48	kg-CO ₂ /kWh	—

出典：*2010（平成 22）年紙・板紙内需試算報告、日本製紙連合会、**産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）、国立環境研究所、***板本ら、電子ペーパーディスプレイ、NEC技報、Vol.62, No.2（2009）、****原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース（暫定版）、JEMAI」の値

表 I -1-23 より算出される電子ペーパーの使用時削減効果は以下となる。

CO₂削減量：86.67[万t-CO₂/年]

原油換算：32.61[kL/年]

(6) デジタルサイネージの省エネ効果の算定

①算定のシナリオ

デジタルサイネージの省エネ効果および市場規模は、以下のシナリオを設定し、予測を行う。

- 液晶ディスプレイのデジタルサイネージと電子ペーパーのデジタルサイネージの使用段階の CO₂ 削減効果を算定する。
- デジタルサイネージ市場は今後大きく拡大すると予想されることから、年率 25% 程度の市場の伸びを仮定する。

②製品の市場予測と普及（代替）率

<市場予測>

デジタルサイネージの国内市場予測は、2020 年では約 6,600 億円の市場になると見

込まれる（出典：Itpro ホームページ：<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Research/20090106/322282/>）。

<2020年の普及（代替）率（国内）>

- ・デジタルサイネージの全稼働台数：4,071,270台
（出典：「デジタルサイネージ指標ガイドライン」、デジタルサイネージコンソーシアム（2009）の導入ポテンシャルに平均10台導入されると想定）
- ・電子ペーパーの代替率：50%
（今後大きく電子ペーパーのデジタルサイネージが普及することを期待し、50%と設定）

<2020年の市場予測>

項目	全製品 [億円]	プリント ^① 製品 [億円]	シナリオ・仮説
国内市場	6,624*	3,312	電子ペーパーはすべてプリント製品であると仮定する。
海外市場	25,040**	12,520	プリント製品は、国内シェアと同じ50%と仮定し見積もった。

※全製品はデジタルサイネージ全体

出典：*Itpro ホームページ：<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Research/20090106/322282/>、

**「パブリックディスプレイ市場予測（2008-2015）」、Display Search（2009）より CARG（年平均成長率）25%、ディスプレイの単価10万円と仮定し算出

③CO₂削減効果

項目	値（原油換算） [万 kL]	シナリオ・仮説
使用時削減効果	21.84	①の仮定を参照。

④CO₂削減効果の詳細

(i) 使用時削減効果の詳細

使用時削減効果は、液晶ディスプレイのデジタルサイネージと電子ペーパーのデジタルサイネージの使用段階のCO₂削減効果を算定する。デジタルサイネージ市場は今後大きく拡大すると予想されることから、年率25%程度の市場の伸びを仮定する。

表 I -1-24 に使用時削減効果の見積もりに用いた値を示す。

表 I -1-24 使用時削減効果の見積りに用いた値

項目	値	単位	備考
代替数	204	万台	—
稼働時間	2,000	時間	平日（250日）のオフィスアワー（8時間）に稼働すると想定
代表サイズ	50	型	面積：6,891[cm ²]
電力の原単位*	0.48	kg-CO ₂ /kWh	—
液晶	消費電力**	429.65	W/m ²
電子ペーパー	消費電力**	2.17	W/m ²

出典：*原単位は「カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通単位データベース（暫定版）、JEMAI」の値、**各種メーカーの平均値よりみずほ情報総研が算出

表 I -1-24 より算出されるデジタルサイネージの使用時削減効果は以下となる。

CO₂削減量：58.05[万t-CO₂/年]

原油換算：21.84[kL/年]

1.2.3. プリンテッドエレクトロニクスによる波及効果のまとめ

2020年のプリンテッドエレクトロニクスによるCO₂削減効果と適用が期待される市場規模を表 I -1-25 および表 I -1-26 にそれぞれ示す。プリンテッドエレクトロニクスの基盤技術が確立され、本格的な実用化が進んで社会に普及することにより、新しい製品の開発による新規市場の拡大、従来或いは開発に取り組まれている既存製品の製造プロセスの置き換えや製品の使用による省エネ効果などを期待することが出来る。

プリンテッドエレクトロニクスの普及に伴い、経済効果が見込まれる対象はおよそ2兆1,500億円（国内）の市場規模であり、さらに476万tのCO₂削減効果も期待される。

表 I -1-25 プリンテッドエレクトロニクスによる CO₂削減効果（2020年予測）

対象製品	普及率 (代替率) [%]	CO ₂ 削減効果 [万t-CO ₂]	CO ₂ 削減効果 [万 kL] (原油換算)
既存製品	太陽電池	10.00	224.96
	ディスプレイ	15.00	55.25
	照明	25.00	4.27
	プリント基板	25.00	47.42
開発中製品	電子ペーパー	5.00	86.67
	デジタルサイネージ	50.00	58.05
新規製品	イメージシート	—	—
	圧力シート	—	—
	電力伝送シート	—	—
合計		476.62	179.34

表 I -1-26 プリンテッドエレクトロニクスによる市場規模（2020年予測）

対象製品		普及率 (代替率) [%]	市場（国内） [億円]	市場（海外） [億円]
既存製品	太陽電池	10.00	2,120	10,602
	ディスプレイ	15.00	5,399	26,993
	照明	25.00	502	7,000
	プリント基板	25.00	1,910	11,809
開発中製品	電子ペーパー	5.00	2,522	12,000
	デジタルサイネージ	50.00	3,312	12,520
新規製品	イメージシート	—	480	—
	圧力シート	—	1,824	—
	電力伝送シート	—	3,450	—
合計			21,519	80,924

1.2.4. 新規雇用創出効果

プリンテッドエレクトロニクスを活用した出口製品が実用化されることにより、新規の市場や既存プロセスの代替が起こり、それに伴い新規雇用が創出されることが考えられる。本項では前項までで試算を行った、市場の創出効果をもとに新規雇用創出の効果の試算を行う。プリンテッドエレクトロニクスを活用した出口製品の関連産業として、材料を担う化学工業、プラスチック製品製造業、印刷技術を担う印刷・同関連業、出口製品の製品化を担う電子部品・デバイス・電子回路製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業を対象とし、常時従業者数および売上高から、一人当たりの売上高を求め、平均値を算出した（表 I -1-27、表 I -1-28、表 I -1-29）。

表 I -1-27 関連産業の従業員数と売上高*

	常時従業者数（人）			売上高（億円）		
	19年度	20年度	前年度比(%)	19年度	20年度	前年度比(%)
印刷・同関連業	152,962	150,796	-1.4	58,321	55,829	-4.3
化学工業	444,743	454,891	2.3	317,735	300,445	-5.4
プラスチック製品製造業	177,280	186,037	4.9	78,740	78,443	-0.4
電子部品・デバイス・電子回路製造業	373,249	360,376	-3.4	188,561	157,515	-16.5
電気機械器具製造業	350,996	339,632	-3.2	164,306	142,164	-13.5
情報通信機械器具製造業	387,805	430,903	11.1	343,143	336,198	-2

出典：*経済産業省

表 I -1-28 関連産業の一人当りの売上高*

	一人当たりの売上高（億円/人）		
	19年度	20年度	平均値
印刷・同関連業	0.381278	0.370229	0.375753
化学工業	0.714424	0.660477	0.68745
プラスチック製品製造業	0.444156	0.421653	0.432904
電子部品・デバイス・電子回路製造業	0.505188	0.437085	0.471137
電気機械器具製造業	0.468114	0.418582	0.443348
情報通信機械器具製造業	0.884834	0.780217	0.832526

出典：*経済産業省

表 I -1-29 全関連産業の平均値

常時従業者数（人）		売上高（億円）		一人当たりの売上高（億円/人）		
19年度	20年度	19年度	20年度	19年度	20年度	平均値
1,887,035	1,922,635	1,150,806	1,070,594	0.609849	0.556837	0.583343

表 I -1-26 にて示した市場を、表 I -1-29 の一人あたりの売上高 5833 万円で除することにより、新規雇用創出効果は、今回調査対象とした 9 つの出口製品関連の市場効果で 36,892 人、特に新規出口製品の市場効果で 8,961 人と見積もることができる。

2. 事業の背景・目的・位置付け

2.1 事業の背景

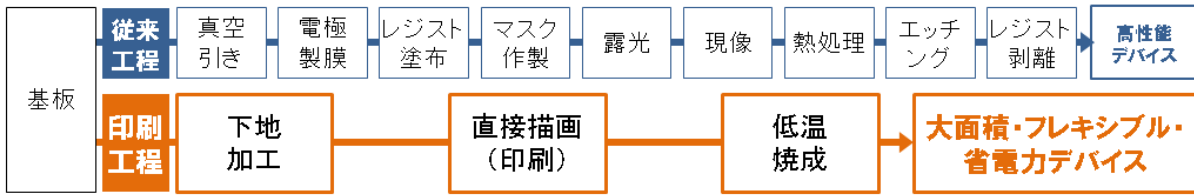
我が国のエレクトロニクス産業は 1990 年代以降、韓国、台湾といったアジア諸国との激しいコスト競争に見舞われ、そのシェアを大きく奪われた。このようなアジア諸国の台頭は、新興国の技術的キャッチアップもさることながら、圧倒的なコスト優位性と、現在のエレクトロニクス産業の特徴の相乗効果でもたらされているところが大きい。コスト競争で優位性を見出すことが困難な我が国では、ハイエンド製品への注目度が増しており、先端技術開発に力が注がれてきた。その結果、我が国のエレクトロニクス関連の技術力は世界での上位水準を維持しているが、アジアや欧米に対して我が国が優位性を取り戻すためには、コスト競争を避け、かつ欧米の先行優位性に圧倒されないために、新しいコンセプトを有するデバイスを創出していくことが求められる。

今日、電子ペーパーや携帯電話など情報端末機器において、その用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められている。こうした機器は多様性に対応できる自由度の高い、なおかつ初期投資が小さく生産性の高い生産技術の適用が必要となっている。さらに、地球温暖化対策として社会システム全体での省エネ対策が求められるなか、情報機器や電子デバイスの製造プロセスにおいても、真空や高温を駆使して多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造からの脱却を図り、省エネルギー・省資源化へ転換することが期待されている。このような社会的要求を満たす技術として、プリントドエレクトロニクス技術の確立は、その重要性が著しく高くなっており、産業界に普及することが期待されている。

2.1.1. プリントドエレクトロニクスの特徴と利点

図 I -2-1、表 I -2-1 にプリントドエレクトロニクスの特徴と利点を示す。プリントドエレクトロニクスは、従来の電子デバイスの製造工程に対し、印刷法で電子デバイスを生産できるために電子デバイスの製造工程が大幅に簡略化され、従来工程で必要な真空や高温加熱のプロセスが省略できること、また、基板上に必要な部分に必要な分量だけ電極材料を塗布することから材料の使用を大幅に削減できること、柔軟性の高いプラスチック基板等を用いることから高いスループット（製造速度）での製造が可能になること等、製造プロセス上の特徴を有している。さらにプリントドエレクトロニクスの適用によって、使い捨てにも対応可能な低コスト、省電力な電子デバイスの社会適用性を大幅に拡張する大面積・フレキシブル・軽量・薄型という点に付加価値をおいた新しいデバイスの開発に繋がることも期待されており、新たなコンセプトを有するプロダクトを産み出し、新しい市場を創出する可能性がある点にも特徴がある。

プリントエレクトロニクスの特徴と利点



□低炭素社会への貢献

- ・材料削減効果
- ・製造エネルギー削減

□薄型・大面積エレクトロニクス製品の市場優位性の獲得

- ・低コスト製造プロセス、デバイス(ディスプレイ、照明...)の薄型化・大面積化

□新規市場・研究分野の創出

- ・デバイスのフレキシブル化、新規デバイス開発による新規市場創出

図 I -2-1 プリントエレクトロニクスの特徴と利点

(出典：「プリントエレクトロニクス技術に係わる調査」成果報告書、NEDO 平成22年3月をもとに作成)

表 I -2-1 プリントエレクトロニクスの利点

<p>▶ 薄型・大面積エレクトロニクス製品における市場優位性の獲得</p> <p>ディスプレイや照明などの光デバイスは近年のトレンドから、薄型化・大型化が進んでいる。そのため、この分野での市場優位性を獲得するためには、薄型化・大型化はもちろん低コスト化が必須となってくる。プリントエレクトロニクス技術では、従来の製造工程を単純化することができ、設備投資も安価にすることができるため、本技術によって上記分野の低コスト化が達成でき、市場優位性を獲得することができる。</p>
<p>▶ 新規市場・研究分野の創出</p> <p>プリントエレクトロニクスによって、従来のシリコンエレクトロニクスの苦手としていた応用分野を新たに開拓し、新市場創出や新しい学問分野の創出の可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フレキシビリティによる効果 フレキシブルデバイスによって、従来適用が困難であった曲面形状対応デバイスや伸縮する人口皮膚といった新たなアプリケーションへの適応が可能となり、新規市場創出の可能性がある。 ・新規デバイスによる効果 プリントエレクトロニクスによって、イメージシートや電力伝送シートなどといった新規デバイスを開発することができ、それによる市場創出効果が期待される。
<p>▶ 低炭素社会への貢献</p> <p>プリントエレクトロニクス技術によって、低環境負荷の製造や有害物質削減（水資源）などが達成でき、低炭素社会へ貢献することができる。具体的には、以下のような効果がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料削減効果 プリントエレクトロニクスデバイスでは、従来のシリコンデバイスの製造のようなリソグラフィとエッチングによるパターニングの工程を削減できるため、廃棄される材料を抑制することができる。 ・製造時エネルギー削減効果 プリントエレクトロニクスでは、従来の製造工程に比べて工程数を大幅に削減できるため、設備のエネルギー消費量を低減することができる。 ・輸送コストや保管コストの削減効果

プリントドエレクトロニクス技術（特に Roll to Roll 技術）により、プラスチック基板や有機材料のデバイスのフレキシブル化・軽量化が図れることによって、その材料・デバイスの輸送コストや保管コストが削減できる。

（出典：「プリントドエレクトロニクス技術に係わる調査」成果報告書、NEDO 平成 22 年 3 月）

図 I -2-2 に示すようにプリントドエレクトロニクス技術によって期待される、低コスト、省エネ・省資源、高生産性の特徴を有するデバイスの印刷製造プロセスの確立は、透明導電膜材料や導電インク、印刷装置といった有機電子デバイスの製造に用いられる材料、プロセス装置等の関連市場の拡大に貢献することが期待できる。また、曲がる、軽い、壊れないといった特徴を有する大面積、フレキシブルデバイスの実現は、とりわけ大面積かつ安価な電子デバイスという切り口で、電子ペーパー、電力伝送シート、圧力センサシート、イメージセンサ、有機太陽電池、スマートカード、RFID、有機 EL ディスプレイ、照明などへの実用化展開が考えられている。すなわち、プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化・普及を目指す本事業の推進は、情報通信機器・ヘルスケア・ヒューマンインターフェース・セキュリティー領域等への広がりによる新規市場創出とそれによる情報・家電関連産業の競争力強化、及び省エネルギー・省資源化社会の実現や国民生活の安全・安心への貢献が期待される。

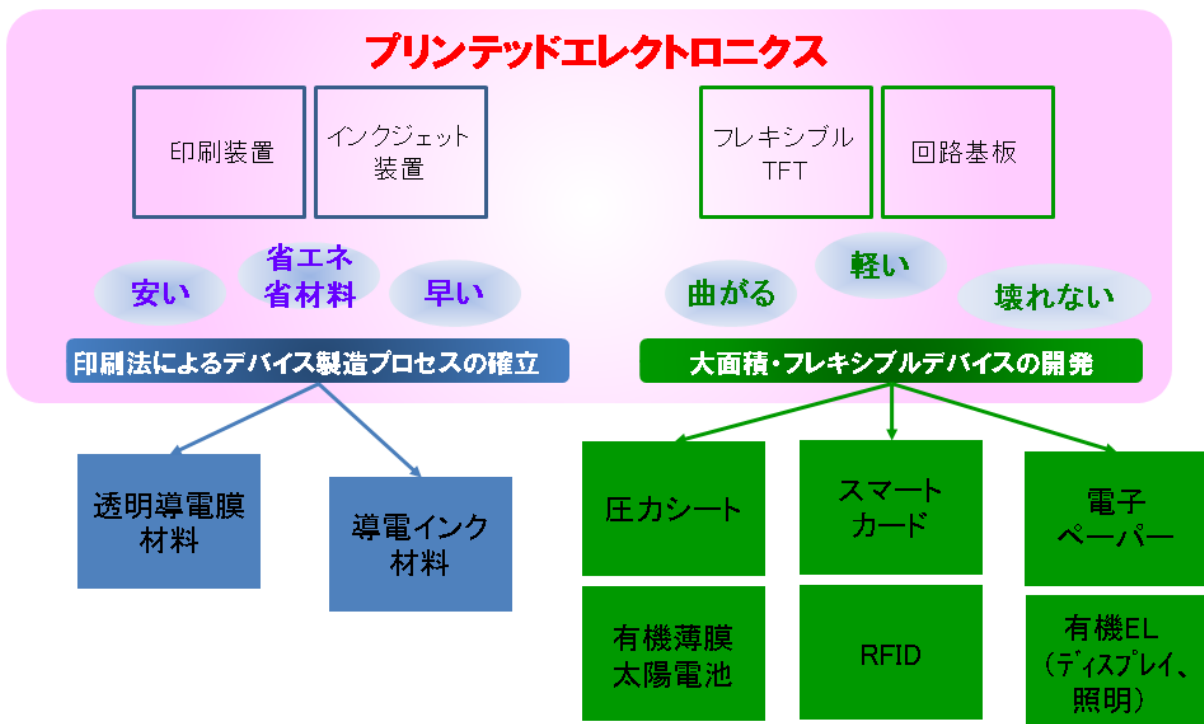


図 I -2-2 プリントドエレクトロニクスによって波及が期待される製品・サービスの例

2.1.2. プリンテッドエレクトロニクス技術の技術開発動向

プロジェクト発足当時（2010年）におけるプリンテッドエレクトロニクス技術の研究開発に関する国内外の取り組みを以下に示す（平成21年度NEDO「プリンテッドエレクトロニクス技術に係わる調査」（委託先：みずほ情報総研株式会社）の調査結果にもとづく）。

(1) 国家プロジェクト

プロジェクト発足当時（2010年）の国内外のプリンテッドエレクトロニクスに関する国家プロジェクトの事例を図I-2-3、表I-2-2に示す。

プリンテッドエレクトロニクス関連国家プロジェクトの動向としては、欧州諸国ではEUとしてのFP7の他に、ドイツの取り組みが特に活発である。ドイツでは、連邦政府のR&D促進戦略として、半導体分野を積極支援してきた背景があり、ドレスデン地域で欧州最大の半導体産業コンプレックスが既に結実されているが、情報通信分野全体でドイツ固有のグローバル・プレーヤーが少数であることから政府による重点的なR&D助成が必要であると認識されている。このような背景を受け、連邦教育研究省が2007年に発表した情報通信分野のR&D戦略「ICT 2020 Research for Innovations」(Hightech-Strategie für Deutschland)の中で教育研究省はR&D促進のため2007年から2011年の期間にプロジェクト助成に14.8億ユーロ（約2,500億円）、機関助成には17.4億ユーロ（約2,900億円）を支出することを決定した。この枠組みの中で、ドイツが得意とする化学産業と協働した有機半導体分野の研究開発（有機電子デバイス・素材開発、RFIDタグ/スマートタグ向け）が活発に行われ、プリンテッドエレクトロニクス関連国家プロジェクトとなっている。

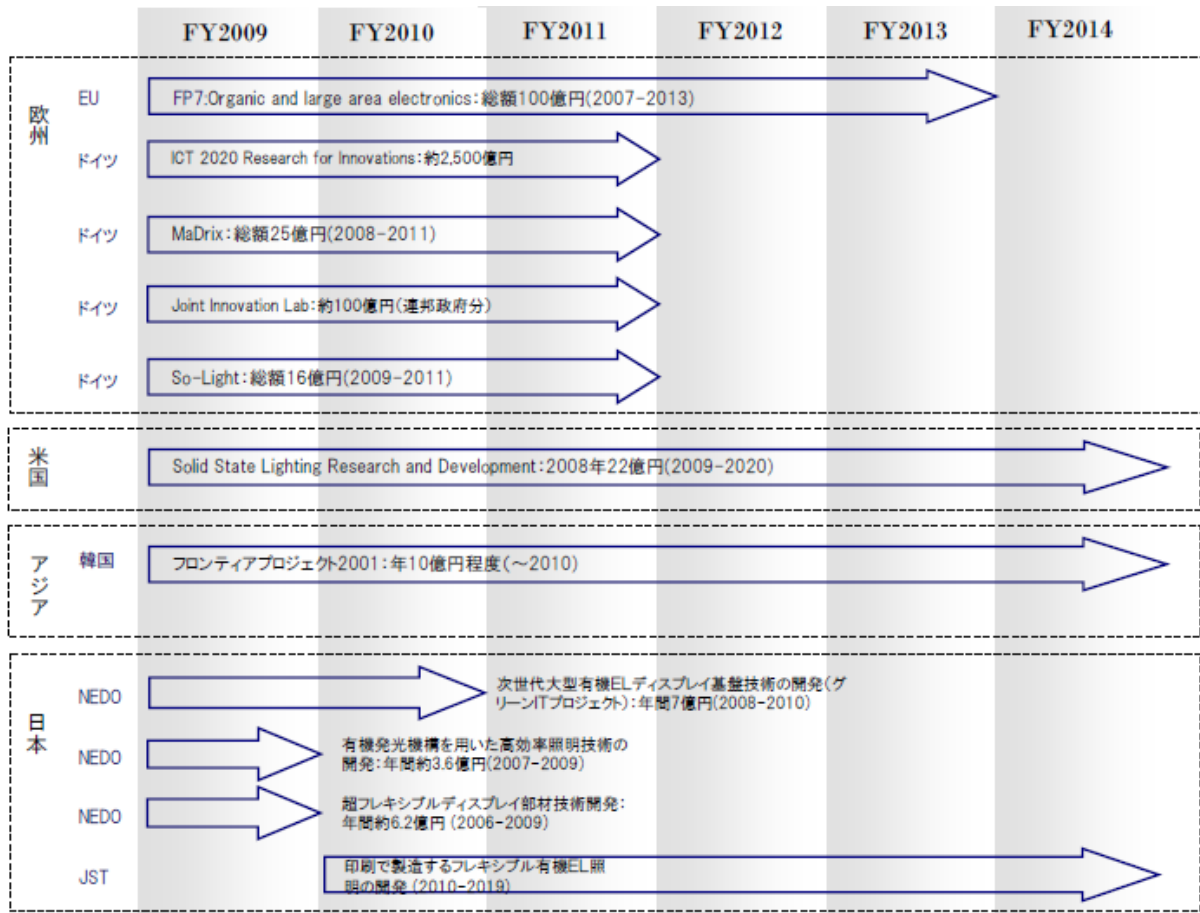
米国ではエネルギー省（DOE）において、「Solid State Lighting Research and Development」が実施され、有機EL照明の研究が活発になされている。その他のプリンテッドエレクトロニクス関連テーマについてもアメリカでは取り組みがなされているが、国家プロジェクトというよりは大学の研究室や企業ベースでの活動が中心である。

アジアに目を向けると、韓国がプリンテッドエレクトロニクス関連国家プロジェクトに取り組んでおり、その中心はフラットパネルディスプレイ（液晶および有機EL）の将来的研究開発であり、フラットパネルディスプレイに特化している状況にある。

一方、日本においては、有機ELや照明の研究開発プロジェクトがNEDOを中心に実施されてきた。特に次世代のフレキシブルディスプレイに特化し、取り組まれていた「超フレキシブルディスプレイ部材技術開発」では、有機TFTアレイ化技術の開発やマイクロコンタクトプリント技術の開発といったオールプリンテッドでのフレキシブルデバイス製造に向けた先進的な研究開発が行われた。さらに「次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発」では40インチ以上の大型有機ELディスプレイを製造するプロセス技術の開発が行われた。

以上の各国のR&D投資の特徴を整理すると、ドイツでは有機電子デバイス・素材開発、RFIDタグ/スマートタグが、米国では照明が、韓国や日本では有機ELディス

レイが中心である。日本と韓国を比較した場合、主要な R&D が有機 EL ディスプレイである点は一致しているが、コストやディスプレイ関連のシェアで日本が韓国に遅れをとっていることを勘案すると、同一テーマで R&D を行った場合、実用化のフェーズで韓国に対して優位性を取ることは困難であるとの見方もある。



出典：各種資料を基にみずほ情報総研が作成

図 I -2-3 プリンテッドエレクトロニクスに関連する国内、海外における主要な国家プロジェクト

表 I -2-2 プリンテッドエレクトロニクスに関連する海外の主要な
国家プロジェクトの概要

項目	説明
プロジェクト名	Organic and large area electronics(FP7 : European Information and Communication Technologies(ICTs))
国・地域	欧州
期間	2007-
技術開発項目(要素技術)	プロセス、材料、デバイス構造、先進モデリング、シミュレーション、回路設計技術
ターゲット製品	ロジック、メモリ、ディスプレイ、電子ペーパー、RFID など (大面積、低コスト化)
予算規模	6,300 万ユーロ
プレイヤー	Fraunhofer、Acreo AB、ASEM、Emfit、Motorola、Philips Research Lab、Siemens AG、Merck KGAA、Philips Technology GmbH、Polymer Vision、Univ of Barcelona、ST Microelectronics、Plastic Logic Limited、Konarka、Fraunhofer Institute for Applied Optics、STT Ingenieria Sistemas S. L.、EV Group、IBM Research GMBH、HC Starck、Plastic Electronics Foundation、Univ of Cambridge、Plastic Logic、IMEC 等
成果目標値	---
参考 URL	ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/organic-elec-visual-display/olae-project-portfolio_en.pdf

項目	説明
プロジェクト名	MaDrix (ICT 2020 Research for Innovations)
国・地域	ドイツ
期間	2008-2011
技術開発項目(要素技術)	有機エレクトロニクス材料のサンプル製造に向けたプロセス・パラメータ、材料特性を評価する共通プロセスの定義
ターゲット製品	高性能・有機 RFID タグ
予算規模	1,500 万ユーロ
プレイヤー	PolyIC、BASF、エボニック・インダストリーズ、エランタス・ベック、シーメンス
成果目標値	Roll to Roll (R2R) 方式の印刷プロセスによる大量生産に適合する有機エレクトロニクス材料 (プラスチック・エレクトロニクス材料) の開発
参考 URL	http://eetimes.jp/news/3317

項目	説明
プロジェクト名	Solid State Lighting Research and Development
国・地域	米国 (DOE)
期間	2009-2015
技術開発項目(要素技術)	<ul style="list-style-type: none"> ・新材料開発及びデバイス技術 ・表面改質、材料の接着性の改良 ・発抽出改良のための新規手法開発 ・低コスト透明電極に関する研究開発 ・低コスト製造技術、パターン形成及びツールの開発 ・製品化のための応用研究開発 (パッケージング、材料・デバイス技術の改良、光抽出技術の応用)

ターゲット製品	有機半導体 LED 及び無機半導体 LED
予算規模	3,040 万ドル (2009 年、OLED のみ)
プレイヤー	Universal Display、Arkema、Add-Vision、DOE パシフィックノースウエスト国立研究所など
成果目標値	価格：100 ドル/klm以下 (2012 年) 製品のデバイス効率 (lm/W)：100 以上 (2015 年) (OLED パネルに対して、CRI>80、CCT<2700-4100K、輝度：1,000cd/m ² 、500lumens以上を仮定)
参考 URL	http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/

項目	説明
プロジェクト名	10 年プロジェクト (フロンティアプロジェクト 2001)
国・地域	韓国
期間	2001-2010
技術開発項目(要素技術)	フレキシブル基板上の有機 TFT、有機 LED のドライバ
ターゲット製品	次世代ディスプレイ、次世代材料加工、知能型マイクロシステム、スマート無人機、知能型ロボット。主テーマは OTFT
予算規模	1,000 万ドル/年
プレイヤー	慶熙大学他 10 大学、Samsung、LG 他 3~4 社のベンチャー企業
成果目標値	<ul style="list-style-type: none"> ・ 17 インチの有機 TFT ディスプレイ作製 ・ フレキシブルディスプレイ

項目	説明
プロジェクト名	超フレキシブルディスプレイ部材技術開発
国・地域	日本 (NEDO)
期間	2006-2009
技術開発項目(要素技術)	有機 TFT アレイ化技術の開発、マイクロコンタクトプリント技術の開発
ターゲット製品	次世代ディスプレイ
予算規模	約 6.2 億円/年
プレイヤー	(独) 産業技術総合研究所、(財) 化学技術戦略推進機構
成果目標値	・ 巻き取り可能な超フレキシブルディスプレイとして、解像度 200ppi(画素サイズ：127 μ m)のバックプレーンの開発
参考 URL	http://www.nedo.go.jp/activities/portal/p06031.html http://www.jcii.or.jp/kenkyu/image/choflexi.pdf

(2) 国内の企業、研究機関における取り組み

プロジェクト発足当時（2010年）の国内の研究機関、企業におけるプリンテッドエレクトロニクス関連の研究開発動向について表 I-2-3、表 I-2-4 に示す。

日本のメーカーは全体として照明・ディスプレイの分野に大きく偏っているのが特徴である。化学・材料メーカー、電機メーカーには特にその傾向が強く、従来担ってきた事業分野の拡大を図るために当該分野へ進出しているものと思われる。なお材料メーカーのなかでも旭化成、富士フイルム等は高機能フィルムの開発の面で入出力デバイスや RFID も対象としており、プリンテッドエレクトロニクスの幅広い領域に関心を持っている。

一方、印刷関連メーカーは、従来の印刷技術の応用先として当該分野に関心を持ち、関心分野も当該分野の幅広い領域にまたがっており、電子ペーパー、RFID、太陽電池などを対象としている。

当面、各企業は市場の立ち上がりの早い照明・エネルギー分野への関心が高い傾向は続くと思われるが、今後フレキシブルディスプレイの将来の市場予測通り入出力デバイスの市場が大きく伸びた場合、当該分野の製品化の遅れがプリンテッドエレクトロニクス分野の日本企業の市場シェア低下を招く可能性があることに留意する必要がある。

表 I-2-3 国内研究機関によるプリンテッドエレクトロニクス関連の研究開発動向

機関名	研究開発動向	特許動向	製品化
東大	ナノ粒子を高精細の印刷技術で塗布の高性能な有機トランジスタ集積回路への応用研究、スクリーン印刷とインクジェット印刷による有機デバイスの大面積化と微細化に取り組んでいる。	<ul style="list-style-type: none"> 有機薄膜トランジスタの製造方法 有機発光材料 ポリマー材料等の太陽電池関連材料 電力伝送シート関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> トランジスタ 圧力センサ 電力伝送シート
早稲田大	有機ポリマーをスピコート技術による塗布分散したポリマーフィルムによる有機ラジカルポリマー電池の開発。急速充電、高いライフサイクルを実現。スクリーン印刷を用いたフレキシブル静電容量型圧力センサの研究を実施。	<ul style="list-style-type: none"> ポリラジカル化合物 電極活性物質、電池関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> 薄膜二次電池
大阪大	プリンテッドエレクトロニクス技術の各要素技術(ナノインク、ナノ粒子、印刷技術)についての研究開発を実施している。	<ul style="list-style-type: none"> 金属ナノ粒子の配線技術 導電性ペースト関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ナノ印刷
千葉大	有機エレクトロニクスに関する、物性やデバイス、例として紙のように薄いディスプレイ素子やフレキシブル LSI の研究開発を実施している。	<ul style="list-style-type: none"> 半導体デバイス 縦型有機トランジスタ 発光素子関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> 薄型フレキシブルディスプレイ

広島大	有機 EL (エレクトロルミネッセンス) デバイス、有機-無機複合系光電変換素子(色素増感太陽電池)、有機電界効果(FET) デバイス、有機 p-n 接合型光電変換素子の研究を行っている。	<ul style="list-style-type: none"> ・電界効果トランジスタ ・発光素子 ・有機半導体材料、有機半導体デバイス関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・有機 EL ディスプレイ ・有機半導体
東京農工大	イオン伝導性高分子、タンパク質ハイブリッドの研究を行っている。	<ul style="list-style-type: none"> ・イオン伝導体 ・電解質 (膜) ・電気化学デバイス関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・高機能性高分子フィルム
東海大学	電子ペーパーの実現に向け、①目指すべき読みやすさの本質の抽出、②読みやすさを実現する表示方式の提案と開発、という 2 つのテーマに関して研究している。	<ul style="list-style-type: none"> ・表示装置 ・表示媒体 ・表示素子 ・有機半導体材料・デバイス関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイ、電子書籍、電子新聞、電子教科書
明治大学	フレキシブル積層フィルムの低剥離強度試験の信頼性能向上、粘着剤のナノシェア試験・評価装置の研究を行っている。	—	—
産総研	フレキシブル・プリンタブル有機エレクトロニクス	<ul style="list-style-type: none"> ・有機トランジスタ ・液晶配向膜、液晶表示装置 ・カーボンナノチューブ関連の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・有機トランジスタ

出典：各種資料をもとにみずほ情報総研が作成

表 I -2-4 国内企業、研究機関によるプリンテッドエレクトロニクス関連の研究開発

機関名	研究開発動向	特許動向	製品化
大日本印刷	印刷配線による電子ペーパーの開発、金属ナノ粒子の電子回路の配線技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・多層配線技術、プリント配線技術等、電子ペーパー、有機薄膜太陽電池、RFID 関連、電力伝送シートに関連技術を中心に特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ (有機 LED) ・太陽電池
凸版印刷	印刷技術による高密度、高多層化された電子基板のプリント配線、電気泳動方式による電子ペーパーの技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイ等、電子ペーパー関連 ・薄膜トランジスタ製造 ・太陽電池関連 ・イメージセンサ、RFID 等の幅広い製品に対して、製造技術を中心とした特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・太陽電池 ・ディスプレイ (有機 LED、液晶) ・RFID

セイコーエプソン	インクジェット技術を応用した積層回路基板の開発、有機薄膜トランジスタ、大型フルカラー有機ELディスプレイの開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・インクジェット技術を利用した電子ペーパー、電子回路のパターン形成、有機EL装置の製造技術 ・RFID、電力伝送シート関連技術に特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ(有機LED) ・太陽電池
ソニー	有機トランジスタの製造効率化、自発光型ディスプレイデバイス・有機ELの性能向上のための技術開発、色素増感太陽電池の研究開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・電気化学セルの製造等の電子ペーパー関連技術 ・プリント配線技術 ・色素増感太陽電池、CNTの太陽電池への応用に向けた技術等への特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ(有機LED) ・太陽電池
リコー	プラスチックフィルム上に微細なトランジスタ構造の形成のための、インクの塗布技術やインク処方、インクジェット吐出コントロール技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・電子ペーパー周辺技術(19) ・多層配線等の技術及びそれらの薄膜トランジスタ、FDP等の製造への応用 ・RFIDタグ周辺技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ
NEC	マイクロカプセル型電気泳動方式電子ペーパーモジュールの開発、カーボンナノチューブトランジスタの全ての構成要素を印刷により形成する技術開発、薄型フレキシブルな特長を持つ有機ラジカル電池技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・印刷技術を用いた配線技術(39)を中心に特許の出願を行っている 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ ・太陽電池
富士フィルム	高機能フィルムのための薄膜形成、微粒子分散技術開発、高機能な有機材料、ポリマー材料等の設計・合成技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・導電性フィルム ・電界効果トランジスタ ・導電性ペースト等を用いた基板配線技術を中心とした特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイ ・圧力シート
コニカミノルタ	プリンタブルエレクトロニクス向けインクジェット配線技術、有機LEDの研究開発等	—	<ul style="list-style-type: none"> ・インクジェットヘッド ・照明(有機LED)
昭和電工	新素子構造により光の取り出し効率を高めたりん光型高分子有機EL素子の開発、印刷技術を用いた色素増感太陽電池の開発(共同開発)	<ul style="list-style-type: none"> 樹脂、炭素粒子、二酸化チタン、インクジェット材料を中心として ・電子ペーパー ・電子配線 ・材料を中心とした太陽電池 ・バイオセンサ関連の特許出願を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・薄膜二次電池

三菱化学	有機半導体材料の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・電子感光体材料（電子ペーパー） ・有機光電変換素子及びそれを用いた有機太陽電池等への特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ
アルバック	1970年からガス中蒸発法超微粒子の開発に着手。2000年には、この分散ナノ粒子液をもととして、ハリマ化成(株)と協力し、独立分散ナノ粒子インク、ペーストの応用分野を開拓した。2003年には、米国のインクジェット装置のベンチャーである Litrex 社に資本参加し、インクジェット量産装置の開発に着手し製品化されている。	<ul style="list-style-type: none"> ・カーボンナノ構造（ディスプレイ） ・金属ナノ粒子の分散液を用いた配線技術 ・薄膜太陽電池 ・バイオセンサ関連に特許出願があるが、バイオセンサ関連以外は数は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・金、銀、銅などの金属ナノ粒子インク、ITOナノ粒子インク ・産業用インクジェット装置
旭化成	導電性高分子の機能を高めるドーパント材料の合成技術の開発等の有機半導体材料技術、配線部材技術	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルディスプレイ用位相差フィルム ・配線用パターン ・色素増感型太陽電池関連材料(光触媒フィルム、塗布液、被印刷基材)を中心とした技術 ・二次電池材料等に多く特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・メモリ ・センサ
旭硝子	透明電極膜、光学膜、反射防止膜、電磁波や赤外線遮断膜等のための材料技術や薄膜コーティング技術開発、アモルファスシリコンの高効率・高耐久性のための膜組成・構造制御技術開発等	<ul style="list-style-type: none"> ・FPDのパネル基板、有機ELパネル ・発光装置 ・基板材料を中心とした太陽電池関連技術等に特許出願を行っている 	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイ
日立化成	プリンテッドエレクトロニクス技術に適用できる材料の研究開発。「インクジェット印刷法対応 Cu インク」により、Printed Electronics USA2009にて Best Technical Development Materials Award を受賞	<ul style="list-style-type: none"> ・液晶パネル用ベースフィルム、液晶パネル用機能フィルム、機能フィルムの製造方法、および機能フィルムの製造装置 ・プラズマディスプレイパネル用基板及びその製造法 ・多層プリント配線板の製造方法 	<p>下記製品等の材料開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プリント基板 ・ディスプレイ ・太陽電池 ・半導体関連材料（層間絶縁膜材料、ダイボンディングフィルム、ダイボンディングペースト、アンダーフィルム材、封止材、ソルダレジスト、めっきレジスト、無電解めっき液、機能性粘着フィルム）

出光興産	有機エレクトロニクス材料全般で研究開発を実施。有機 EL は 1997 年世界で初めて実用性能を有する青色発光有機 EL 材料の開発に成功して以来、材料の性能向上や周辺技術の開発に注力。有機トランジスタ材料も本格的に研究実施、展示会にも出展。有機 p-n 接合型太陽電池素子の研究を行っている。	<ul style="list-style-type: none"> ・有機 EL 素子等の発光素子材料や二次電池材料、透明電極材料への特許出願が多数ある ・有機トランジスタ材料の特許を 20 件以上出願 ・数は少ないが、プリント配線パターン材料、光電変換素子用材料、有機太陽電池、導電性高分子への特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ディスプレイ、照明 (有機 LED) ・トランジスタ ・有機太陽電池 ・透明導電膜 ・導電性高分子
DIC	各種印刷法に適合する導電、絶縁、半導体インクの開発を行っている。	<ul style="list-style-type: none"> ・反転印刷を利用するプロセス、同プロセス用の導電インク材料等の特許を出願 	<ul style="list-style-type: none"> ・導電インク ・絶縁インク
半導体エネルギー研究所	2007 年フレキシブル基板・ガラス基板上の CPU としては世界で初めて UHF 帯域 (915MHz) の通信信号の動作に成功。(TDK と共同発表)、アクティブマトリクス型の有機 EL ディスプレイの開発 (超寿命化、省電力化)。	<ul style="list-style-type: none"> ・印刷技術による配線パターン ・有機発光素子を用いた装置 ・薄膜トランジスタを用いた RFID タグ等の特許を有する 	<ul style="list-style-type: none"> ・トランジスタ ・ディスプレイ (有機 EL, 液晶) ・RFID
住友化学	コスト優位性を意識し低分子ではなく高分子をターゲットとした有機 EL により、表示デバイス、照明デバイス等の開発を実施。インクジェット等の印刷技術を発光層のダウ・ケミカル社や CDT 社の買収を経て、現在ではイギリスに 2 ケ所、日本に 3 ケ所の高分子有機 EL 開発拠点を有し、200 名を超えるの研究者を有している。	<ul style="list-style-type: none"> ・LUMATION 関連特許 ・π 共役高分子材料関連特許 (基本特許を含む) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高分子有機材料

出典：各種資料をもとにみずほ情報総研が作成

(3) 海外の企業、研究機関における取り組み

プロジェクト発足当時（2010年）の海外の研究機関、企業におけるプリンテッドエレクトロニクス関連の研究開発動向について表 I -2-5、表 I -2-6 に示す。

海外企業のプリンテッドエレクトロニクス分野の研究開発分野は日本国内と異なり多岐に渡っている点に特徴がある。また欧州では Organic Electronics Association、米国では Flexible Display Center といった企業・研究機関連携組織があり、これらの組織は地域を越えた連携（アメリカ、欧州、アジア）を実現しており、加入者はグローバルパートナーを見出すことが可能になっている。

独 BASF、米 Merck といった世界的ケミカル・医薬カンパニーは、先行する製品化技術でプリンテッドエレクトロニクス分野における製品化や他社との連携を進める一方で、先進的な研究を行っている研究機関と連携し、より市場の広がりが期待できる領域に関心を示している。

表 I -2-5 海外研究機関によるプリンテッドエレクトロニクス関連の研究開発動向^{*1)}

国名	機関名	研究開発動向	製品化	企業との連携
台湾	台湾工業技術研究院(ITRI)	台湾の技術競争力向上のために設立された国立研究機関であり、フレキシブル・エレクトロニクスに関しても注目すべき研究開発を多く行っている。具体的には、極薄のフレキシブル電子ペーパーデバイス、インクジェットによりプリントされたトランジスタを備えたディスプレイなどを発表しているほか、商品名「fleXpeaker」に代表される極薄スピーカーの技術では多くの受賞歴もある ^{*2)} 。	<ul style="list-style-type: none"> ・4.1 インチのカラーOLED（有機発光ダイオード）ディスプレイ (2009/11/26) ・カラー電子リーダー向けのタッチスクリーン・ディスプレイ (2009/11/26) ・極薄スピーカー「fleXpeaker」 (2009/11/26) 	米国のガラス・メーカー、Corning の技術協力により OTFT（有機薄膜トランジスタ）を作製。
韓国	韓国電子回路産業協会 (KPCA)	韓国の主電子回路関連の企業 191 社から成る組織で、同協会が主催する KPCA Show では韓国におけるプリンテッドエレクトロニクス製品も紹介されている。近年では Samsung のインクジェットプリンタ、ANP のプリンテッドエレクトロニクス向けナノ銀インクなどが発表された。	—	韓国の電子回路企業 191 社が参加。

	韓国科学技術院 (KAIST)	韓国を代表する国立研究機関。プリンテッドエレクトロニクス関連ではナノインプリントによるプリンテッドエレクトロニクス関連の技術開発(ディスプレイ、メモリ、センサ)等を行っている。近年、温度の制御で表示内容を変えることができる温度ディスプレイや偽札検知用の「セキュリティ・ラベル」を開発*3)。	—	セキュリティ・ラベルは韓国造幣局 KMSPC と共同開発
	電子通信研究所 (ETRI)	情報通信、電気電子分野の研究を行う代表的な研究機関。プリンテッドエレクトロニクスに関しては、国内主要企業との共同研究によるフレキシブルディスプレイの基盤技術の開発や、プリンテッドRFID技術の開発等を進めている*4)。	—	モバイル向けRFID技術はSK Telecomに譲渡予定のほか、中小企業への技術移転も進める。
アメリカ	U.S. Display Consortium(U SDC)	1994年に発足し現在100社を越す企業が参加するコンソーシアム。	—	—
	ASU Flexible Display Center (FDC)	米軍が1994年にArizona State Universityに設置した次世代フレキシブルディスプレイの研究開発機関。クリーン・ルーム、研究室、ミーティングスペースを備え米国内外の大学・企業が参加して共同研究を進めている。	軍事向けのフレキシブル・ディスプレイ	米Boeing社、米Hewlett-Packard (HP)社、米E Ink社、米Universal Display社のほか、韓国LG Display社など海外企業も参加。日本からもシャープ、アルバックなどが参加。
ドイツ	Center for Organic Materials and Electronic Devices Dresden (COMEDD)	フラウンホーファー研究機構(Fraunhofer-Gesellschaft, FhG)が開設した研究設備で、有機EL(OELD)ディスプレイ、OLEDディスプレイ・照明、有機太陽電池の製造を実現するもの。	—	—
	Organic Electron Saxony(OES)	2008年に設立された7つの企業と3つの研究機関から成るネットワーク。各種プロジェクトの実施、カンファレンス等の実施、教育・研修等を行う。	—	Sensient Imaging Technologies、Plastic Logicなどがメンバーとして参画。

	連邦教育研究省(BMBF)	日本の文部科学省に相当する省庁であり、プリントドエレクトロニクス分野においても多くのプロジェクトが実施されている。近年では Siemens、ダルムシュタット工科大学等が参加する OPAL (organic phosphorescence diodes for applications on the lighting market) プロジェクトや、CNT ベースのプリンタブルインクのプロジェクトである CarboInk プロジェクトなどがある。	46lm/W の効率で 5000 時間の寿命を同時に達成させた有機 EL (有機発光ダイオード) を開発 (2008 年 3 月)	・ ドイツ Siemens ・ドイツ Bayer
	ドイツ機械工業連盟 (VDMA)	欧州で最も大きな生産財の工業会から成る連合体。ドイツの機械及びプラントメーカー約 3,900 社が加盟し、39 の工業会で構成。照明向け有機 EL パネルや印刷法で製造する RFID タグやアンテナ、センサ、新材料開発を実施。	—	ドイツの機械及びプラントメーカー約 3,900 社が加盟。
英国	Center for Process Innovation(CPI)	プロセス技術に特化した英国の政府系研究機関。この機関内で組成されている The Printable Electronics Technology Centre(PETEC)では、OTFT分野での研究者を多く抱えている。2009 年の政府戦略 ^{*5)} では、同センターはさらに拡張され、将来的にはディスプレイと統合スマートシステムの製造ラインを導入する予定 ^{*6)} 。	—	—
フランス	COMMISSARIAT L'ENERGIE ATOMIQUE (CEA)	フランス原子力庁。傘下の研究機関である Leti (電子・情報技術研究所) で OLED 関連の研究開発を行っている。	—	—
フィンランド	フィンランド国立技術研究センター (VTT)	フィンランドの代表的な国立研究機関。特にマイクロテクノロジー・エレクトロニクス分野ではプリントドエレクトロニクス技術に注力しており、OLED、LED ディスプレイ技術、プリントド・マイクロ流体センサ、プリントド太陽電池・蓄電池・コード等の研究開発を行っている。	—	チバ・スペシャルティ・ケミカルズとエレクトロニクス分野における印刷技術開発で提携 (2007 年 3 月)。

オランダ	Holst Centre ^{*7)}	Roll to Roll 方式で製造した有機 EL 照明や有機 EL を利用した発光するポスターサインなどを 2014～2015 年に実用化する計画である。EU が資金提供している FAST2LIGHT プロジェクトにも IMEC と共に参加している。現在は 300mm 幅の金属箔を基板に用いる製造装置を試作済みである。	—	FAST2LIGHT において以下の企業と連携 •PHILIPS Research, NL •PHILIPS Lighting, DE •BEKAERT, BE •AGFA-GEVAERT, BE •Huntsman, CH •Orbotech, IL
イタリア	イタリア国立研究協議会 (National Research Council of Italy)	イタリアを代表する研究機関で、プリンテッドエレクトロニクス分野では OLED 関連の研究開発を行っている。	—	—

出典：各種資料をもとにみずほ情報総研が作成

- *1) 「フレキシブル・エレクトロニクスが民生市場で萌芽へ～【CES 直前特集】2009 年の注目技術」、EETimes、<http://eetimes.jp/article/22678> 他を参照
- *2) 「Progress in Taiwan: e-Readers and developments at ITRI」、Printed Electronics World、http://www.printedelectronicsworld.com/articles/progress_in_taiwan_e_readers_and_developments_at_itri_00001788.asp?sessionid=1
- *3) KAIST Web ページ、<http://www.kaist.ac.kr/>
- *4) 「韓国最先端技術のトレンドが見える—「ETRI」その研究内容とは」Business Media、2006、<http://bizmakoto.jp/bizmobile/articles/0612/18/news068.html>
- *5) 「International launch of the UK's national Printable Electronics Centre」、PETEChttp://www.uk-cpi.com/2_files/documents/media-centre/news/2009/march/PETEC-international-launch-release.pdf
- *6) 「プラスチックエレクトロニクスに関する英国の新戦略」、JST デイリーウォッチャー、2009 年、<http://crds.jst.go.jp/watcher/data/810-002.html>
- *7) ベルギーの IMEC (Interuniversity Microelectronics Center) と、オランダの研究機関 TNO (The Netherlands Organization) が 2005 年に共同で設立

表 I -2-6 海外企業によるプリンテッドエレクトロニクス関連の研究開発動向

地域・国	企業名	開発動向	製品及びスペック	連携状況（他国での生産、企業買収を含む）
アメリカ	米 Plastic Logic	2010 年初めに電子書籍端末「QUETM」を発売。本製品にはインクジェット技術により加工した有機 TFT を用いている。	8.5x11inch 4GB (WiFi) \$649.00 8GB (WiFi & 3G) \$649.00	E Ink 社の電子ペーパー・ディスプレイ技術を採用。

アメリカ	E Ink Corp	<ul style="list-style-type: none"> ・Plastic Logic 社から発売する電子書籍端末「QUE」に搭載する電子ペーパーを開発 ・有機トランジスタ技術により、電子ペーパーの駆動回路を作製。 	13.9 型 ディスプレイ 厚さ：8.5mm	Plastic Logic 社の電子ペーパーを開発・提供。
アメリカ	Nova Centrix	プリンテッドエレクトロニクス向け低温での基板への回路プリント用ナノインク。銀及び銅のナノ粒子インクで実現。	—	Brooks City-Base
アメリカ	General Electronic	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルな有機 EL 照明の製品化(2010 年～2011 年)。 ・Roll to Roll による低コスト化の実現を目指す。 ・高寿命化の課題にも取り組んでいる。 	1200 ルーメン (24 インチ四方のパネル)： 白熱電球と同等	—
アメリカ	Applied Materials	米 Flexible Display Center (FDC) のアソシエイトメンバー	—	—
アメリカ	Bioident Technologies	プリント半導体技術を用いた光エレクトロニクス装置の作成。	—	—
アメリカ	Duracell	プリンテッドエレクトロニクス向け電池の開発を実施。	—	—
アメリカ	Konarka Technologies, Inc.	色素増感型太陽電池の開発（量産化の開始）。	変換効率 4% (屋内)、3～4% (屋外) *1)	—
欧州	Organic Electronics Association (WG)	<ul style="list-style-type: none"> ・3000 のメンバー企業から構成される VDMA の枠組みの中で、有機エレクトロニクスに関する技術革新を目指す WG を形成。 ・パッケージング、低コスト RFID、フレキシブルディスプレイ、フレキシブル太陽電池、薄膜電池などの様々な応用製品を目指し、材料開発、印刷・パターンニング技術開発、デバイス開発等を行っている。 	—	Organic Electronics Association) (Acreo AB、BASF、plastic electronics GmbH、polyIC、Thin Film Electronics など 21 社が参加

ドイツ	Merck KGaA	<ul style="list-style-type: none"> ・有機 TFT の材料開発 ・TUD (ダルムシュタット工科大学) に研究室を開設し共同で研究開発を運営。印刷プロセスで作製する RFID 回路の開発など。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタセルギヤップ：3.2μm 動作電圧：4V 動作速度：10ms～20ms (モニタ向け、2007 年)^{*2)} 	Dyesol Limited と共同開発に合意
ドイツ	Bundesdruckerei	プリンテッド RFID のフィールドテストに成功。	—	—
ドイツ	COPACO	パッケージング・カンパニーであり、同社の目指すゴールとしてパッケージへの RFID を提案。	—	—
ドイツ	BASF	<ul style="list-style-type: none"> ・ドイツの有機 RFID タグ国家プロジェクト MaDrix に参加。 ・同社の新素材製品化を担う BASF Future Business で、OLED、有機太陽電池開発、プリンテッドエレクトロニクスの研究開発を行っている。 ・リングオシレーターをプリンテッドエレクトロニクス技術で大量かつ安価で作成することを可能とした。 	—	Organic Electronics Association (WG) に参加
ドイツ	Degussa	<ul style="list-style-type: none"> ・プリンタブル ITO インクを製造・販売。 ・プリンテッドエレクトロニクスにかかる接着剤、テープ、フィルム、ポリマー等を販売。 	プリンタブル ITO インク	—
ベルギー	Agfa-Gevaert NV	曲がる有機 EL 照明用透明樹脂電極として ITO の代わりに有機樹脂を使った“Orgacon”を開発、販売。	<ul style="list-style-type: none"> ・有機 EL 照明用材料「Orgacon」 	—
イギリス	G24 Innovation Ltd	色素増感型太陽電池の開発 (量産化の開始、2009 年)。	充電用シート (0.5W、1W、30W)、変換効率：3%程度 ^{*3)}	—
イギリス	Nano ePrint	<ul style="list-style-type: none"> ・単層プリンテッドトランジスタ ・高周波平面ナノダイオード、トランジスタの製造技術 	—	—

オランダ	Liquavista	フィリップスのスピ アウトベンチャー。	—	—
オランダ	OTB Pixdro	Pixdro が OTB グループ の開発拠点であり、イン クジェット利用 R&D 装置の開発を行っている。	—	—
ノルウ ェー	Thin Film Electronics	・1997 年よりポリマー を用いた不揮発性・フレ キシブルメモリデバイ スを開発。 ・近年は海外各社との 連携・強力を加速。	ロジック IC デ バイス、RFID タグ、ブランド タグ	韓国 InkTec と共同開発 契約を締結 PolyIC、 Soligie とロジック IC デ バイスに関する協力
スウェ ーデン	Cypak	スマート RFID の研究 開発。	—	—
イスラ エル	Power Paper	プリントドエレクト ロニクスを用いたフレ キシブル材料電池の製 品化に成功。	—	—
韓国	Samsung	・酸化半導体を用いた フレキシブル有機パ ネルの開発 ・IZO をスパインコート した TFT の試作。	10.1 型フレキ シブル有機 EL パネル：画素 数：450×600、 反射率 12% *4)	—
韓国	InkTec	プリントドエレクト ロニクス向け銀ナノイ ンクなどの研究開発・ 販売を行う。	銀 ナ ノ イ ン ク：塗布厚さ 1 ～6μm	ノルウエーの Thin Film Electronics AS と共同開 発契約を締結
韓国	LG Display	TFT-LCD 技術を用い て、大面積のフレキシ ブル電子ペーパーの開 発に成功。	—	FDC にパートナー参 加。米 Eastman Kodak 社と OLED に関するラ イセンス契約を締結
台湾	Prime View Internationa l (PVI)	50μm の球形カプセル 内部に封じた帯電した 白色微粒子と黒色微粒 子を物理的に駆動によ る 9.7 インチ型のカラ ー電子ペーパーを試 作。2010 年発売予定。	10.1 型フレキ シブル有機 EL パネル：画素 数：1600×1200、 反射率 12%	電子ペーパー大手の E Ink を買収

出典：各種資料をもとにみずほ情報総研が作成

*1) <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20090225/166340/>

*2) <http://flat-display.blog.drecom.jp/archive/902>

*3) <http://econewsdigest.seesaa.net/article/95939450.html>

*4) <http://todaylookup.blogspot.com/2009/06/samsung-mobile-display-el.html>

(4) 国内・海外の研究開発状況

プロジェクト発足当時（2010年）、無線タグ・スマートカードに関してはドイツを中心とした大型プロジェクトなど、欧州がその優位性を獲得しており、日本ではあまり積極的な取り組みは見られなかった。エネルギー・照明・ディスプレイに関しては、日本では有機TFT等を印刷で実現することによるディスプレイや照明・エネルギー関連の技術開発が行われているが、欧米やアジアに対して製品化スピードにおいて遅れを取っている。欧米では、米Plastic Logic社のQUEの事例でも見られるように、比較的实现が容易な電子ペーパーの製品化をコンテンツの整備と平行して行い、早期の製品化に漕ぎ着けている。一方、アジアでは、安価な製造コストを武器に、必ずしもオールプリンテッドに捕らわれないOELDの製品化に向け研究開発を進めている。

表I-2-7に日本と海外の研究開発状況の比較した結果をまとめて示す。欧州では無線タグ、スマートカードの製品化において優位性がある。また、OEA-VDMAといった組織内で材料からデバイスメーカーが連携を深めており、急速に技術力を高めている状況にある。アメリカではデバイスメーカーが材料メーカーや印刷メーカーを牽引し、デバイス製品化を進めており、材料技術および印刷技術も高まりつつある。アジアにおいては、国外メーカーや公的研究機関との連携により、急速に技術力を高めていることが特徴的である。ディスプレイ分野のデバイス製造、投資能力において優位性があるが、材料・印刷技術において日本／欧米企業との協業を望んでいる。台湾企業がアメリカ企業を買収し、技術力を急速に獲得している事例も見られる。

日本は入出力デバイスに関して優位性があり、次世代のアプリケーションとして注目される、電力伝送シートなどの入出力デバイスやフレキシブル電子ペーパーなど先進的なシートデバイスに対する開発や技術シーズでは高い技術水準を誇っている。材料技術および印刷技術に注目すると、図I-2-4に示すように、材料技術では日本は個別企業単位で非常に高い技術力を有しており、印刷技術に関しても大手印刷メーカーを中心に高い技術力を有している。このように国内の材料、印刷装置、デバイスメーカーは個別に技術力で高い国際優位性を誇っており、これらの企業が連携することで我が国が保有する世界最高技術を融合し、世界に先駆けて高度なプリンテッドエレクトロニクス技術の開発と普及に取り組むことの意義は大きい。

表 I-2-7 プリンテッドエレクトロニクス技術における日本と海外の研究開発状況の比較（プロジェクト発足当時）

地域・国			材料技術	印刷技術	デバイス技術	
日本			◎ 個別企業単位で高い技術優位性を有している	◎ 大手印刷メーカーを中心に高い技術力を保有、特に II 技術の優位性が高い	無線タグ	△
					スマートカード	
					照明・エネルギー・ディスプレイ	
海外 欧米 EU			○	○	入出力デバイス	◎
					無線タグ スマートカード	◎
			無線タグ、スマートカードの製品化において優位性がある		照明・エネルギー・ディスプレイ	○

		OEA-VDMA といった EU としての一体的連携の下、技術力を高めている		入出力デバイス	○
アメリカ	○ 大手デバイスメーカーと連携により、技術力を高めている	○ 印刷会社メーカーは強くないが、デバイスメーカーがその技術を補完している		無線タグ スマートカード	△
				照明・エネルギー・ディスプレイ	◎
	電子ペーパー、電子書籍等のデバイス製品化において優位性がある			入出力デバイス	○
アジア	韓国	○	△	無線タグ スマートカード	△
	台湾	△	△	照明・エネルギー・ディスプレイ	◎
	国外メーカーや公的研究機関と連携により、急速に技術力を高めている ディスプレイ分野のデバイス製造、投資能力において優位性があるが、材料・印刷技術において日本／欧米企業との協業を模索している			入出力デバイス	△

※◎：優位性がある、○：他国と同程度である、△：優位性が低い

出典：平成 21 年度 NEDO「プリンテッドエレクトロニクス技術に係わる調査」（委託先：みずほ情報総研株式会社）の調査結果及び各種調査結果をもとに作成

【インク電子材料】日本が世界最高レベルの材料基盤技術を保有

- ・高移動度塗布型有機半導体：移動度1～5cm²/Vs → a-Si越え（旭化成、日本化薬等）
- ・低抵抗低温焼成印刷形成金属インク：5 μΩcm以下 → バルク金属同等（アルバック、日立化成等）

【プリント加工技術】高精細印刷は、日本が世界最高レベルの技術を保有

- ・電子デバイス高精細印刷：>200ppi以上、世界最高（リコー、産総研等）
- ・フレキシブルアライメント高精度デバイス印刷技術（DNP、リコー等）

【デバイス技術】日本は、先進的フレキシブルデバイスの開発で世界をリード

- ・全印刷トランジスタ駆動のフレキシブル電子ペーパー（ソニー、DNP、リコー、凸版印刷等）
- ・印刷形成シートデバイスの新規開発によるネットワークデバイス技術（東京大等）

図 I -2-4 プリンテッドエレクトロニクス関連技術における日本企業の優位性

2.2 事業の目的及び意義

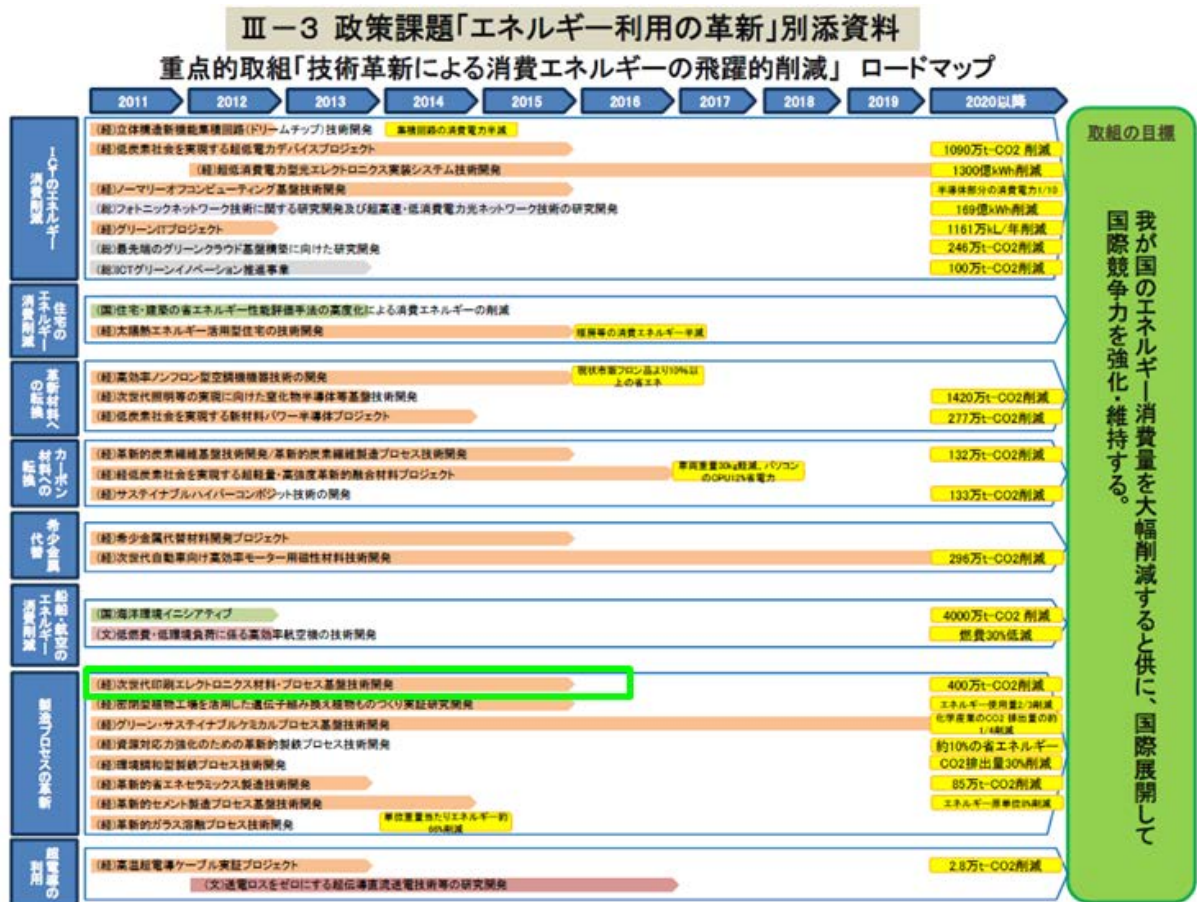
NEDO では、プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行う。加えて市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発を総合的に推進し、プリントドエレクトロニクスの普及のために必要な要素技術を確立することを目的とする。

本事業の実施により、国際競争が激化するプリントドエレクトロニクスの本格的な実用化を促進し、新規市場の創出に貢献するとともに、我が国部材産業及びデバイス産業の競争力強化、製造プロセスの革新的省資源化、省エネルギー化を図り、諸外国をリードすることを目指す。

具体的には、電子ペーパーなどのディスプレイと、フレキシブルセンサを初期ターゲットデバイスとして位置づけ、低コスト・大量生産・フレキシブル性を持った薄膜トランジスタの連続製造法を確立し、プリントドエレクトロニクス関連産業の市場拡大に取り組む。その成果を有機太陽電池、ディスプレイ、タッチパネルなど既存製品の製造プロセスに応用することで、現行プロセスに比して大幅な製造コスト低減をもって、日本産業競争力の強化に貢献する。また、本技術開発により、今後需要の拡大が進むと予想される、給電シート、薄膜電池シート、有機 EL ディスプレイなどの市場拡大に貢献する。さらに、本技術開発成果を印刷製造工程へ普及することで製造時エネルギー使用量の大幅な低減が可能になる。

2.3 事業の位置付け

本事業は社会的課題の解決に向けた科学技術最重点施策として政府が策定した平成24年度科学技術重要施策アクションプランの対象施策(Ⅲグリーンイノベーション 3. エネルギー利用の革新(図I-2-5))の一つに位置付けられている。科学技術重要施策アクションプランの施策は、いずれもアクションプランに示した政策課題を解決する上で不可欠な施策であり、我が国が直面する社会的課題の解決のために最重点で取り組むべき科学技術分野の施策として位置付けられるものである。対象施策を着実に実施することにより、科学技術を通じ、我が国の社会を取り巻く様々な課題の解決に貢献するとともに、国民の期待に応えていくことができるものと考えられている。



図I-2-5 重点的取組「技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減」ロードマップ (出典：内閣府「平成24年度科学技術重要施策アクションプランの対象施策について」)

また、経済産業省がまとめた技術戦略マップ2010においてプリントドエレクトロニクス技術は、我が国電子・情報技術産業が今後取り組むべき重要技術(情報通信/半導体分野)として位置付けられた。技術戦略マップ2010(半導体分野)から抜粋した技術マップを図I-2-6に示す。

さらに「エネルギー基本計画」に掲げる2030年に向けた目標の達成に資する省エネルギー技術開発と、それらの技術の着実な導入普及及び国際展開を推進し、世界最高

水準の省エネルギー国家の実現と経済成長を目指すための指針として、経済産業省が（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）とともに省エネルギーに大きく貢献する重要分野を特定した省エネルギー技術戦略 2011 において、プリントドエレクトロニクスに関連が深い省エネ型情報機器・システム（電子ペーパー、有機 EL 等の高効率ディスプレイ、待機時消費電力削減技術、高効率照明技術）が重要技術として位置付けられている。

なお本事業は、第 3 期科学技術基本方針の重点推進 4 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）に関連し、第 4 期科学技術基本方針にも対応している。

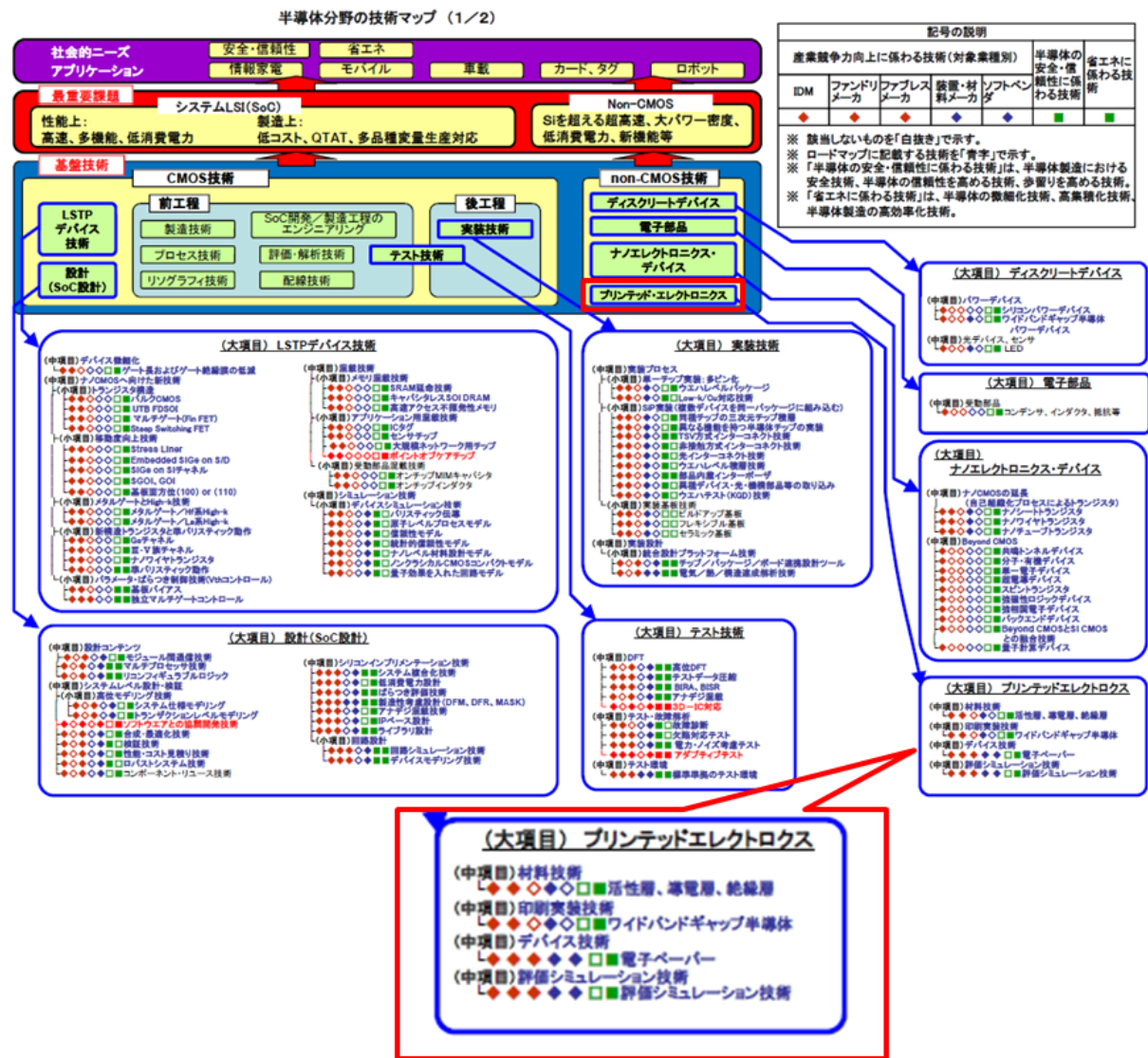


図 I -2-6 半導体分野の技術マップ
 (出典：経済産業省 技術戦略マップ 2010 (半導体分野))

□ **平成24年度科学技術重要施策アクションプラン(平成23年10月)**

Ⅲ. グリーンイノベーション 3. エネルギー利用の革新 ④技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減

□ **技術戦略マップ2010(平成22年6月)**

情報通信/半導体分野 大項目「プリントエレクトロニクス」を追加

□ **省エネルギー技術戦略2011(平成23年3月)**

省エネ型情報機器・システム(有機ELディスプレイ、電子ペーパー等の高効率ディスプレイ、待機時消費電力削減技術、高効率照明技術)

□ **電子・情報技術分野技術ロードマップ2011の策定に関する調査(平成23年3月)**

半導体分野 大項目「プリントエレクトロニクス」

図 I -2-7 プロジェクトに関連する上位政策

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

(1) 事業の目標

デバイス製造の国際競争力強化と新規事業の創出に向けて 2015 年度（平成 27 年度）末において、下記のプリンテッドエレクトロニクスに資する基盤技術及び実用化技術を確立する。

- プラスチックフィルム基板上に大面積、低欠陥で均一、信頼性の高い TFT アレイを形成するための、低温プロセス、材料（半導体、絶縁、導体）及び高精度・高速で位置合わせ可能な連続印刷プロセス・装置を開発し、標準的な製造ラインにおいて印刷技術による TFT アレイが製造可能なことを実証する。
- 再現性の高い電氣的・機械的特性評価法、及び信頼性評価方法を確立し、標準化に向けたデータを収集する。
- モデルデバイスとして、プロジェクト内の技術開発成果を用いて電子ペーパー、各種フレキシブルセンサを作製し、プリンテッドエレクトロニクス技術の有効性及び可能性を実証する。

(2) アウトカム目標

電子ペーパーなどのディスプレイと、フレキシブルセンサを初期ターゲットデバイスとして位置付け、低コスト・大量生産・フレキシブル性を持った薄膜トランジスタの連続製造法を確立し、プリンテッドエレクトロニクス関連産業の市場拡大に取り組む。その成果を有機太陽電池、ディスプレイ、タッチパネルなど既存製品の製造プロセスに応用することで、現行プロセスに比して大幅な製造コスト低減をもって、日本産業競争力の強化に貢献する。また、本技術開発により、今後需要の拡大が進むと予想される、給電シート、薄膜電池シート、有機 EL ディスプレイなどの市場拡大に貢献する。さらに、本技術開発成果を印刷製造工程へ普及することで製造時エネルギー使用量の大幅な低減が可能になる。

(3) 研究開発項目毎の目標

本プロジェクトにおける研究開発の具体的な目標は以下の通りである。

（中間目標：平成 25 年度末、最終目標：平成 27 年度末）

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを作製し、連続生産するための製造プロセスの課題を抽出する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの

TFT アレイを 50 枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術を確立する。生産タクトは 1 平米あたり 90 秒以下を実現する技術を確立する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

(1) で作製される TFT アレイの性能評価手法を確立し、材料スクリーニングや、印刷プロセスの最適化検討を行う。

【最終目標（平成 27 年度末）】

TFT アレイの信頼性の評価方法を確立する。あわせて評価手法の標準化の検討を行う。

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

【中間目標（平成 25 年度末）】

位置合わせ精度 $\pm 20\mu\text{m}$ 、 150°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、印刷法で製造した TFT 素子において、動作周波数 0.3MHz 以上を示す材料・プロセス技術を開発する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

位置合わせ精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 、 120°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。

TFT アレイの大面積化（メートル級）においては、大面積 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】

各種電子ペーパーに係る仕様を決定するための、TFT アレイと表示部の接合条件や駆動電圧等について基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 6 インチのカラー（64 色）パネルを試作する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 10 インチのカラー（512 色）パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチ

パネルの重量は 60g 以下を達成する。

(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内を達成する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果をもとに大面積化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

(1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】

各種フレキシブルセンサに係る仕様を決定するための、TFT アレイとセンサ部の接合条件や駆動電圧等について、基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

(2) 大面積圧力センサの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

A4 サイズ相当の領域内で構成層間のアライメント精度 50 μ m 内、素子の特性ばらつき（移動度及び閾値電圧） $\sigma < 10\%$ を達成する大面積 TFT シートの製造技術と製造装置の開発を行う。得られた加工精度と素子特性にもとづき、メートル級の大面積 TFT アレイの設計指針を示す。

【最終目標（平成 27 年度末）】

1 mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性（移動度及び閾値電圧）のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の大面積 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1. 研究開発の概要

プリントエレクトロニクス技術は次世代の電子デバイス製造技術として大きな期待が寄せられ、世界中で激しい技術開発競争が行われている。しかしながら、その技術はまだ十分に市場に普及するには至っておらず、一品物の試作はできても、工業製品として大量生産ができないことなどが課題になっている。

本プロジェクトにおける研究開発の概要を図Ⅱ-2.1-1に示す。本プロジェクトでは、小規模で高コストなプロセスで製造可能な印刷デバイスを「工芸品」と位置付け、『「工芸品」から「工業品」へ』とのコンセプトを掲げ、プリントエレクトロニクスの本格的な実用化、社会への普及を目指した研究開発に取り組んでいる。

印刷デバイス製造技術の開発にあたっては、生産システム化のために、連続生産、高速生産、大面積生産といった課題が主要な技術課題となる。こうした印刷デバイス製造技術の汎用普及を実現させるためには、高精細化、高精度アライメント、高均質化、膜質制御、積層制御、高機能化など、数多くの課題を解決していかなければならない。例えばプラスチック基板を使用するには、製造プロセスの低温化技術や乾燥技術など印刷製造プロセスに適合した材料技術が必要になり、大面積デバイスの実現には、精度の高い実装技術やフレキシブルアライメント技術などの確立が必要である。また、高性能なデバイスを実現するための技術開発も欠くことが出来ない。さらに、これら技術を統合し、工業的な製造プロセスとして活用するためには、開発された個別要素技術の製造プロセスへの適合性を検証し、低コストで生産性の高い連続製造技術として確立しなければならない。

本プロジェクトでは、フレキシブル TFT シートの印刷製造技術の確立を具体的な課題として上記目的をかなえる技術開発に臨む。TFT 印刷技術はこうした印刷デバイス製造技術の主要技術課題の多くを包含し、技術集積化を実現するためには、最も適した基盤デバイスとなるためである。上述の技術課題を解決し、そのうえで生産性向上とデバイス機能向上を満たすことができるようになれば、汎用技術としての普及が可能になる。そこで本プロジェクトではこれら課題に対応するため、デバイスの大面積化、高動作速度化に対応するための高精度実装技術や高性能デバイス技術、及びプロセスの低温化や短タクト化に対応するための高生産性材料技術など「個別要素技術の開発」への取り組みと併せ、連続印刷工程で TFT アレイを製造できる標準製造ラインを構築し、製造プロセスとしての課題解決に向けた「製造プロセス技術の確立」に取り組む。こうした技術開発に取り組むことで、生産技術、プロセス要素技術、材料要素技術、さらにはデバイス要素技術の開発により、様々な電子基板、電子部品に適用される技術としてプリントエレクトロニクスの基盤技術の確立を目指す。さらに、プリントエレクトロニクス技術の本格的な実用化と普及を促進するため、上記基盤技術の開発と並行して、カラー電子ペーパー、大面積単色電子ペーパー、大面積圧力センサといった製品ターゲットを明確化した実用化技術の開発も並行して推進する。

なお、開発成果の活用による実用化を促進するため、開発目標は参画企業やユーザーの意向も踏まえ、デバイス仕様の具体的な目標値を設定すると共に、基盤技術開発

の取り組みによって獲得される、個別要素技術や製品との仕様整合、製造プロセス上のノウハウなど開発成果を実用化技術の開発に展開できる実施体制、実施計画を立案して研究開発に取り組んだ。

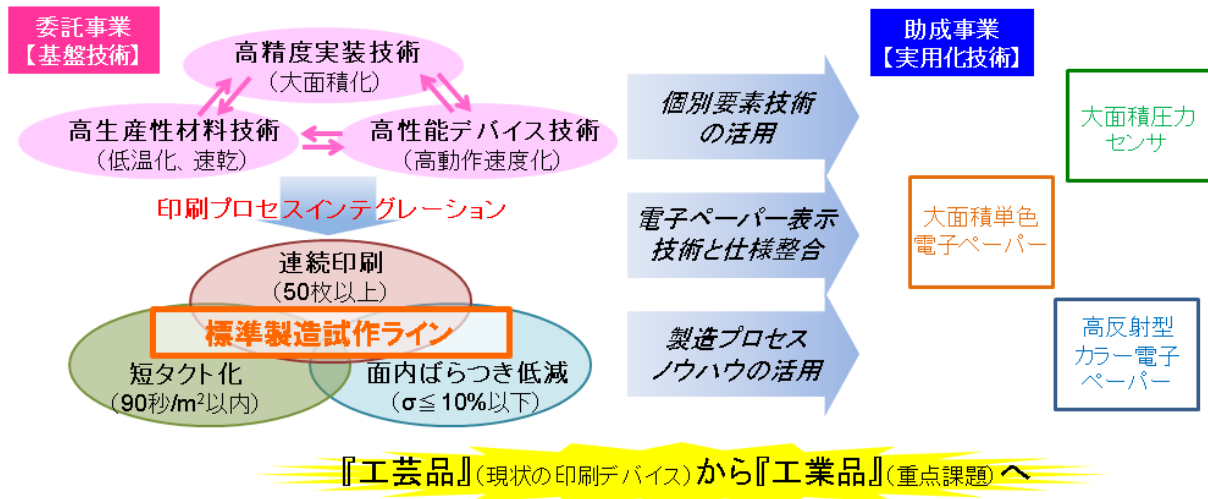


図 II-2.1-1 本プロジェクトの取り組み概要

2.1.2. 研究開発の具体的内容

2.1.2.1 研究開発の内容

本プロジェクトでは以下の研究開発を実施する。

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

(委託事業) *1) 実施期間 平成 22 年度～平成 27 年度

- (1) 標準製造ラインに係る技術開発
- (2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

(委託事業) *1) 実施期間 平成 22 年度～平成 27 年度

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

(委託事業) *1) 実施期間 平成 22 年度～平成 23 年度

- (1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発
(助成事業 [助成率：2/3 以内]) *2) 実施期間 平成 23 年度～平成 27 年度
- (2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発
- (3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

(委託事業) *1) 実施期間 平成 22 年度～平成 23 年度

- (1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

(助成事業 [助成率：2/3 以内]) *2) 実施期間 平成 23 年度～平成 27 年度

(2) 大面積圧力センサの開発

*1) 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実施する事業であり、原則、委託事業として実施する。

*2) 課題設定型産業技術開発費助成金交付規程に基づく助成事業として実施する。

2.1.2.2 研究開発項目毎の具体的内容

研究開発項目毎の研究開発の必要性、具体的内容、達成目標（中間目標：平成 25 年度末、最終目標：平成 27 年度末）は下記の通りである。

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

《研究開発の必要性》

フレキシブルなプラスチックフィルム基板上に、低欠陥で均一な薄膜トランジスタ（TFT）アレイを印刷法で連続製造するためには、フレキシブルアライメント、印刷、温度制御、乾燥技術などの要素技術を組み合わせた製造技術を確立する必要がある。さらに、連続生産プロセスの開発のための評価技術開発が必要である。

《研究開発の具体的内容》

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

連続かつ完全印刷工程による A4 サイズの TFT アレイを製造できるラインを構築し、連続プロセスで TFT アレイの製造が可能であることを実証する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

印刷法で製造された (1) の TFT アレイの機械的特性・信頼性の評価手法を確立する。また、TFT の特性評価に係る標準化に向けたデータの取得を行う。

《達成目標》

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを作製し、連続生産するための製造プロセスの課題を抽出する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを 50 枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術を確認する。生産タクトは 1 平米あたり 90 秒以下を実現する技術を確認する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

(1) で作製される TFT アレイの性能評価手法を確認し、材料スクリーニングや、印刷プロセスの最適化検討を行う。

【最終目標（平成 27 年度末）】

TFT アレイの信頼性の評価方法を確認する。あわせて評価手法の標準化の検討を行う。

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

《研究開発の必要性》

プリントエレクトロニクス技術を普及していくためには、さまざまな要求特性に対応した製造プロセスの高度化や TFT 性能の向上が必要である。さらに、汎用プラスチック基板を使用するためには、製造プロセスの低温化が必要である。また、TFT アレイを含む電子回路の高性能化には印刷の位置合わせ精度の向上や駆動周波数の高周波化が必要である。本項目では、材料とプロセス技術のすり合わせによる TFT アレイの高度化を行う。

《研究開発の具体的内容》

研究開発項目①で開発する連続製造プロセスの高度化を行う。具体的には製造プロセスの低温化・TFT アレイを含む回路の高性能化を図るために、各種材料（有機半導体材料、導電材料、絶縁材料等）の組成検討、硬化プロセス、並びに精密位置合わせ法の開発を行う。また、TFT アレイの大面積化（メートル級）に適用可能な生産プロセスの検討を行う。

《達成目標》

【中間目標（平成 25 年度末）】

位置合わせ精度 $\pm 20\mu\text{m}$ 、 150°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、印刷法で製造した TFT 素子において、動作周波数 0.3MHz 以上を示す材料・プロセス技術を開発する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

位置合わせ精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 、 120°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。

TFT アレイの大面積化（メートル級）においては、大面積 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

《研究開発の必要性》

電子ペーパーは外光を利用する反射型であること、表示のメモリー性があることから省エネルギーであるため、表示タグ・電子書籍の表示体等に使用されており、今後の市場拡大が大きく見込まれる分野である。しかしながらカラー化については本格的な実用化には至っておらず、また、軽量化による携帯性も望まれる。本項目では、軽量化、カラー化に必要とされている電子ペーパーの開発を行う。

《研究開発の具体的内容》

(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

各種電子ペーパーを印刷による TFT アレイへ適合するための基礎技術の検討を行い、デバイス作製のための課題抽出及び設計指針を得る。得られた成果は研究開発項目①・②へ反映する。

(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発

カラーフィルター方式に比べ、発色性、色再現性が高い電子ペーパーを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。具体的には、フルカラー化を実現するために多諧調の表示制御が可能な高反射発色素子を使用可能な TFT アレイを開発し、アプリケーションとして高反射型フレキシブルカラー電子ペーパーを実証する。

(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

生産性・寿命・衝撃耐性等に優れた汎用的な電子ペーパーを作製し、工業的に製造可能であることを実証する。具体的には、簡易なモジュールアセンブリが可能な軽量化・生産性・耐衝撃性などに優れた TFT アレイの開発を行い、表示部と合わせたアプリケーションとして電子ペーパーを実証する。加えて、本デバイスにおける大面積化のための技術開発も行う。

《達成目標》

(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】

各種電子ペーパーに係る仕様を決定するための、TFT アレイと表示部の接合条件や駆動電圧等について基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 6 インチのカラー（64 色）パネルを試作する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 10 インチのカラー（512 色）パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチ

パネルの重量は 60g 以下を達成する。

(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内を達成する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果をもとに大面積化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

《研究開発の必要性》

ベッド上での介護を助けるセンサ類や、ポータブルのイメージセンサなど、安全安心社会やより便利な情報化社会の実現への一つとして、安価・フレキシブルでさまざまな場所に適応可能な各種センサの早期実用化が求められている。フレキシブルセンサの作製においては大面積実装などの要素技術が必要とされるが、これはプリントエレクトロニクスの得意とする分野である。よって本項目では、印刷技術を使ったモデルデバイスとして新規フレキシブルセンサの開発を行う。

《研究開発の具体的内容》

(1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

各種フレキシブルセンサを印刷による TFT アレイへ適合するための基礎技術の検討を行い、デバイス作製のための課題抽出及び設計指針を得る。得られた成果は研究開発項目①・②へ反映する。

(2) 大面積圧力センサの開発

研究開発項目①・②において開発される TFT アレイの製造技術を応用し、情報入出力をリアルタイムで処理可能な大面積 TFT シートの製造技術を確認する。具体的には電界効果移動度や閾値電圧のばらつきを均一化するための素子作製技術を開発し、面全体で均一な応答動作が可能な大面積シートデバイスを実現する。また、それらの技術を適用する上で必要となる製造設備を開発する。製作された大面積 TFT アレイ上に圧力素子を実装することで、大面積圧力センサを開発する。

《達成目標》

【中間目標（平成 25 年度末）】

A4 サイズ相当の領域内で構成層間のアライメント精度 50 μ m 内、素子の特性ばらつき（移動度及び閾値電圧） $\sigma < 10\%$ を達成する大面積 TFT シートの製造技術と製造装置の開発を行う。得られた加工精度と素子特性に基づき、メートル級の面積 TFT アレイの設計指針を示す。

【最終目標（平成 27 年度末）】

1 mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性（移動度及び閾値電圧）のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の面積 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

2.1.3. 研究開発計画と予算推移

印刷デバイス製造技術を広く産業界へ普及するためには、高精細化、高精度アライメント、高均質化、膜質制御、積層制御、高機能化など、数多くの課題を解決し、様々な電子基板、電子部品に適用される技術として確立しなければならない。本プロジェクトでは、プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化に資する基盤技術及び実用化技術を確立するため、具体的な研究開発課題として、以下の4つの研究開発項目を設定した。

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

- (1) 標準製造ラインに係る技術開発
- (2) TFTに特有の特性評価に係る技術開発

研究開発項目②「高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

- (1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発
- (2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発
- (3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

- (1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発
- (2) 大面積圧力センサの開発

連続印刷技術、短タクト化技術、大面積化技術等、連続印刷製造プロセスの確立に係る研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」、及び高機能化技術、プロセス低温化技術等デバイスの高性能化や製造プロセスの高度化に係る研究開発項目②「高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」、電子ペーパーやフレキシブルセンサのTFTアレイへの適合条件等の課題抽出に係る研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」(1)電子ペーパーに係る基盤技術開発及び研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」(1)フレキシブルセンサの基盤技術開発については、産学官の複数の事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施すべき事業であり、委託事業として実施する。

また、高反射型カラー電子ペーパー、軽量大面積単色電子ペーパー、大面積圧力センサといった製品ターゲットを明確化し、これらの実用化技術の開発に係る研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発、(3)大面積軽量単色電子ペーパーの開発、研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」(2)大面積圧力センサの開発については、課題設定型産業技術開発費助成金交付規定に基づく助成事業として実施する。

本事業の研究開発項目毎の目標、及びスケジュールの概要を表Ⅱ-2.1-1、図Ⅱ-2.1-2に示す。本事業では、研究開発の進捗を適切に管理し、計画や体制変更を含めた柔軟なマネジメントを行うためにそれぞれの研究開発項目に平成25年度末までの中間目標、平成27年度末までの最終目標を設定した。表Ⅱ-2.1-1に示すようにそれぞれの中間目標及び最終目標は達成度を客観的に判断できる具体的かつ明確な数値目標を設定して

おり、これらの目標を達成するために必要な個々の技術課題に落とし込んで年度毎の目標を立てたうえで研究開発に取り組んでいる。また、図Ⅱ-2.1-2に示すように本事業では、事業序盤において個別要素技術の開発及び高度化、印刷製造プロセスの確立に向けた課題抽出等を重点課題とし、プロジェクト後半年度において開発した技術を融合することによって印刷プロセスによるデバイスの試作、検証に重点化して研究開発を推進する予定である。

表Ⅱ-2.1-1 研究開発項目の目標

研究開発項目	中間目標	最終目標
①-(1)標準製造ラインに係る技術開発	<ul style="list-style-type: none"> on電流の面内ばらつき $\sigma \leq 10\%$以下(A4 TFTアレイ) 層間アライメント 精度$\pm 10 \mu\text{m}$(A4 TFTアレイ) 連続生産の為のプロセス課題抽出 	<ul style="list-style-type: none"> A4TFTアレイ($\sigma \leq 10\%$以下)を50枚連続生産 生産タクト:90秒/m²以下
①-(2)TFTに特有の特性評価に係る技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 印刷製造TFTアレイの性能評価法を確立 材料のスクリーニング、印刷プロセスの最適化要因抽出 	<ul style="list-style-type: none"> TFTアレイの信頼性評価方法を確立 信頼性評価手法の標準化
②高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 位置合わせ 精度$\pm 20 \mu\text{m}$、150℃以下の温度で生産できるプロセス技術 印刷製造TFT素子で動作周波数0.3MHz以上 	<ul style="list-style-type: none"> 位置合わせ 精度$\pm 10 \mu\text{m}$、120℃以下の温度で生産できるプロセス技術 印刷製造TFT素子で動作周波数1MHz以上 印刷製造TFTアレイで圧力or接触型 情報入力デバイスを試作し、堅牢性を実証 メートル級大面積TFTアレイの連続製造プロセスの提示
③-(1)電子ペーパーに係る基盤技術開発	電子ペーパー用表示部とTFTアレイの接合化、駆動電圧等の条件抽出(H23年度末目標)	-
③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発	印刷法による 64色カラー パネル(6-inch、反射率50%)の試作	印刷法による 512色カラー パネル(10-inch、反射率50%)の試作及び 製造実証
③-(3)大面積軽量単色電子ペーパーの開発	印刷法によるTFTアレイ(A4サイズ、解像度120ppi以上)の連続製技術(タクト10min/枚)	完全印刷法によるTFTアレイ(A4サイズ、解像度120ppi以上)の連続製技術(タクト3min/枚)の確立及び 製造実証
④-(1)フレキシブルセンサに係る基盤技術開発	フレキシブルセンサのセンサ部とTFTアレイの接合、駆動電圧等の条件抽出(H23年度末目標)	-
④-(2)大面積圧力センサの開発	A4サイズ相当の大面積TFTシートの製造技術(構成層間アライメント 精度50 μm以下、ばらつき$\sigma < 10\%$)	1素子/1mm角 で形成したTFTアレイ(ばらつき$\sigma < 5\%$以下)で 10Hz相当以上で連続駆動 が可能な メートル級 大面積TFTシートの試作及び情報入力デバイスとしての 実用実証

開発項目	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	最終目標
	生産ライン要素技術の基礎開発		技術インテグレーション		デバイス試作・検証	
研究開発項目① 「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」		小規模ライン構築(統合、整備、試作) フレキシブルTFT試作検証		フレキシブルデバイス試作検証		
<目的> ・低欠陥、均一なTFTアレイの印刷連続製造基盤技術の開発 ・TFTの特性評価に係る技術開発	連続印刷技術 高精度版形成技術 短タクト化技術 課題抽出、位置補正技術開発 大面積化技術 膜厚ばらつき20%以下、超高精度乾燥技術		連続生産 位置合わせ精度 $\pm 40 \mu\text{m}$ on電流 $\sigma \leq 20\%$	タクト 90s/m ² on電流 $\sigma \leq 10\%$		
研究開発項目② 「高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」	高機能化技術 材料スクリーニング、評価ツール開発 低温化プロセス技術 材料・プロセス課題抽出		半導体・絶縁材料改良、接触抵抗低減 低温化技術開発、低損傷化技術		技術確立	
<目的> ・TFTアレイの高機能化技術の開発						
研究開発項目③ 「印刷技術による電子ペーパーの開発」	接合条件等の課題抽出 構成材料の開発、駆動条件の設定		電子ペーパーパネル試作・検証 製膜条件・材料の最適化、性能改良			
<目的> ・高反射カラー電子ペーパーの開発 ・大面積軽量単色電子ペーパーの開発	連続印刷技術の開発(課題抽出、要素技術開発)		量産技術開発、パネル高精細化			
研究開発項目④ 「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」	接合条件等の課題抽出 プロセス改良	素子製造プロセス、実装技術の開発	圧力センサ試作・検証			
<目的> ・大面積圧力センサの開発			大面積化技術の開発			

図Ⅱ-2.1-2 研究開発スケジュール

プロジェクトの予算推移を表Ⅱ-2.1-2に示す。2013年度までに投入された研究開発予算は約56.5億円である。そのうち、委託事業には約46.1億円、助成率を2/3とする助成事業には約10.4億円が配分されている。特に平成22年度、平成23年度は我が国の経済情勢や電子・情報産業分野の現状を鑑み、本プロジェクトを早期に立ち上げて推進することの必要性や東日本大震災の発生によって懸念された国内製造業の空洞化を回避し、中長期的に省エネルギーに貢献する研究開発を加速させることの重要性から、プロジェクトの前半年度に予算を重点配分する措置が取られた。これにより、プロジェクトの早期立ち上げに繋がったとともに、連続印刷プロセスによる一貫製造を可能とする標準製造ラインを2012年度内に構築することに成功し、印刷プロセスによるTFTアレイの早期試作を実施することが出来ており、製造プロセスの課題抽出につながっている。

表Ⅱ-2.1-2 研究開発の予算推移と予算配分の内訳（単位：百万円）

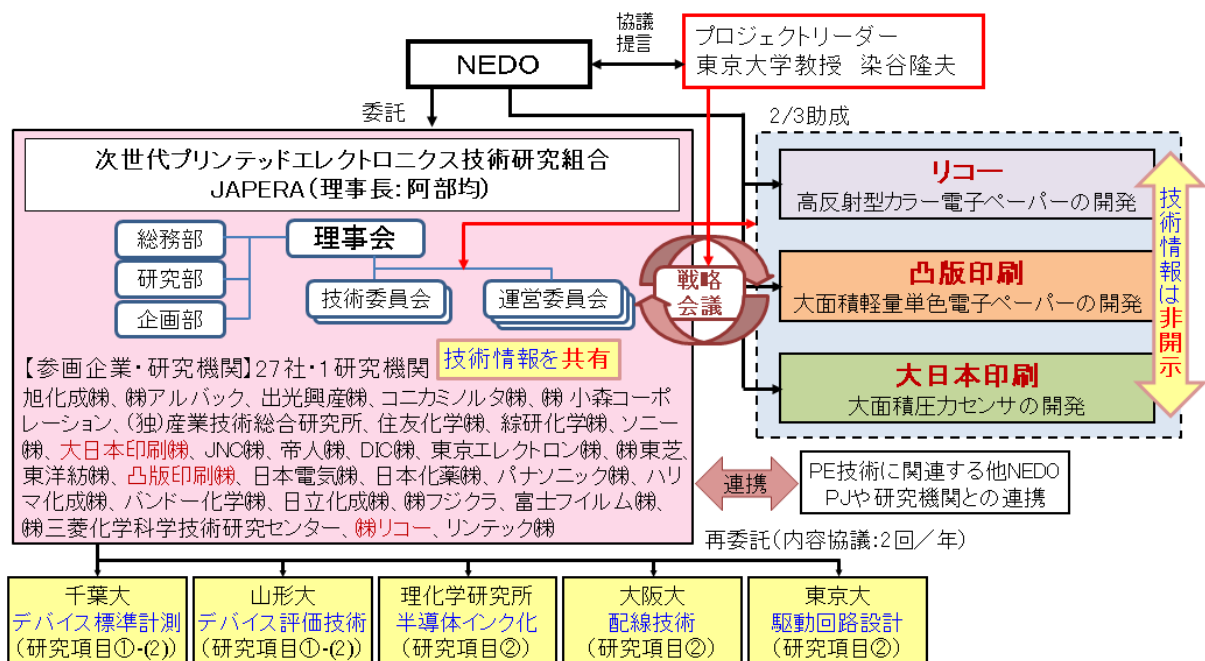
		H22	H23	H24	H25	H26	H27
委託	本予算	—	104	387	681	(1,050)	(1,050)
	補正予算	2,100	1,345	—	—		
助成	本予算	—	120	13	265		
	補正予算	—	639	—	—		

2.2 研究開発の実施体制

本プロジェクトの実施体制を図Ⅱ-2.2-1に示す。本プロジェクトでは東京大学 染谷隆夫教授に研究開発責任者（プロジェクトリーダー（以下、PL という））とし、研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」、研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」、研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」（1）電子ペーパーに係る基盤技術開発及び研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」（1）フレキシブルセンサの基盤技術開発を担う委託事業については、プリントドエレクトロニクスの関連事業を行う 27 企業と独立行政法人産業技術総合研究所で構成される次世代プリントドエレクトロニクス技術研究組合（以下、JAPER A という）が担当した。

一方、製品ターゲットを具体化した実用化技術の開発項目として設定した、研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」における（2）高反射型カラー電子ペーパーの開発はリコー株式会社、（3）大面積軽量単色電子ペーパーの開発は凸版印刷株式会社が担当し、研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」（2）大面積圧力センサの開発は大日本印刷株式会社が担当している。なお、委託事業で開発される成果を助成事業においても活用できるように、助成事業を担当する企業も JAPER A へ参画し、委託事業を推進している。

なお、プロジェクト発足当初、助成事業として研究開発項目③「高速応答型カラー電子ペーパーの開発」を株式会社ブリヂストンが担当していたが、同社の電子ペーパー関連事業からの撤退に伴い、平成 23 年度に当該テーマを終了した。



図Ⅱ-2.2-1 研究開発の実施体制

助成事業では各社の事業戦略に基づいた研究開発を実施しているため、各社が実施している開発内容等の技術情報については相互に非開示としている。一方、委託事業と助成事業の間では、プロジェクト全体として効果的に成果を獲得するため、事業全体の進捗状況や問題点等を把握し、研究開発内容の調整等を行う必要があり、PLによる統括のもとで委託事業の代表者と助成事業の代表者らで構成される戦略会議を定期的に開催しており、事業者間で連携をとりながら事業を推進している。また 27 企業、1 研究機関の組合員で構成される JAPER A では組合企業の役員らをメンバーとする理事会を中心として、活動の基盤となる総務部、研究部、企画部を編成し、本プロジェクトの研究開発に組織として対応している。JAPER A では、PL をリーダーとして委託事業における研究開発の計画策定や組合企業が担当する研究開発内容の調整、進捗状況の確認等を行う技術委員会（1 回／月）や組織運営上の課題等について組合企業間で調整し、承認等を行う運営委員会（4～5 回／年）といった各委員会を設置し、組合企業間で調整や連携を図りながら適切に委託事業を推進できる運営体制となっている。

また、TFT の高機能化に必要な有機半導体のインク技術など委託事業の目標を達成するために解決を必要とする重要な課題でありながら、組合企業では対応しきれず、大学、研究機関の知識、経験を必要とする課題については、大学、研究機関へ個別のテーマごとに再委託をしている。具体的には印刷法によって製造できる薄膜トランジスタ（TFT）を実用化する上で重要な高周波特性の標準計測技術、印刷 TFT の動作信頼性の評価技術、低温印刷によって形成する TFT の高機能化、高移動度化に向けた TFT 集積回路の配線技術や有機半導体のインク化技術、さらに大面積圧力センサを実現する上で重要なデバイスの電氣的信頼性、均一化を実現する回路構成等駆動回路の設計技術であり、それぞれの分野で最先端の研究開発を行っている 4 大学、1 研究機関に再委託している。なお、再委託テーマについては大学、研究機関毎に組合企業との間で定期的に研究進捗の確認や内容について協議しており、委託事業の目的達成の観点からその必要性を確認している。

図 II-2.2-2 に委託事業を担当する JAPER A の参画企業の役割と協力体制について模式図を示す。JAPER A には半導体、導体、絶縁体、フィルム等の材料・素材のフレキシブル TFT への適合性等を検討するための役割を担う材料メーカー、プリントドエレクトロニクスに適合するデバイスの生産システムや装置、印刷技術を検討対象としている生産プロセス・システムメーカー、ディスプレイや有機 EL 照明、電子ペーパーといったプリントドエレクトロニクスに対応したデバイスの設計、開発を検討対象としているデバイスメーカー、及びフレキシブルデバイスや構成材料の基礎検討、標準評価技術を検討する役割の産業技術総合研究所が参画している。JAPER A には各組合企業から研究員が派遣されており、集中研方式で研究開発を行っている。委託事業の研究開発の推進母体である JAPER A の研究部では、委託事業の目標達成に必要な各課題の技術領域毎に研究班を組織しており、各企業が得意とする技術領域を担当している。例えば、材料メーカーは自社の素材や開発材料を研究部に提供し、印刷 TFT への適合性等を評価するなど、個別企業だけではカバーしきれない技術領域を相互に補完しながら研究開発を推進している。

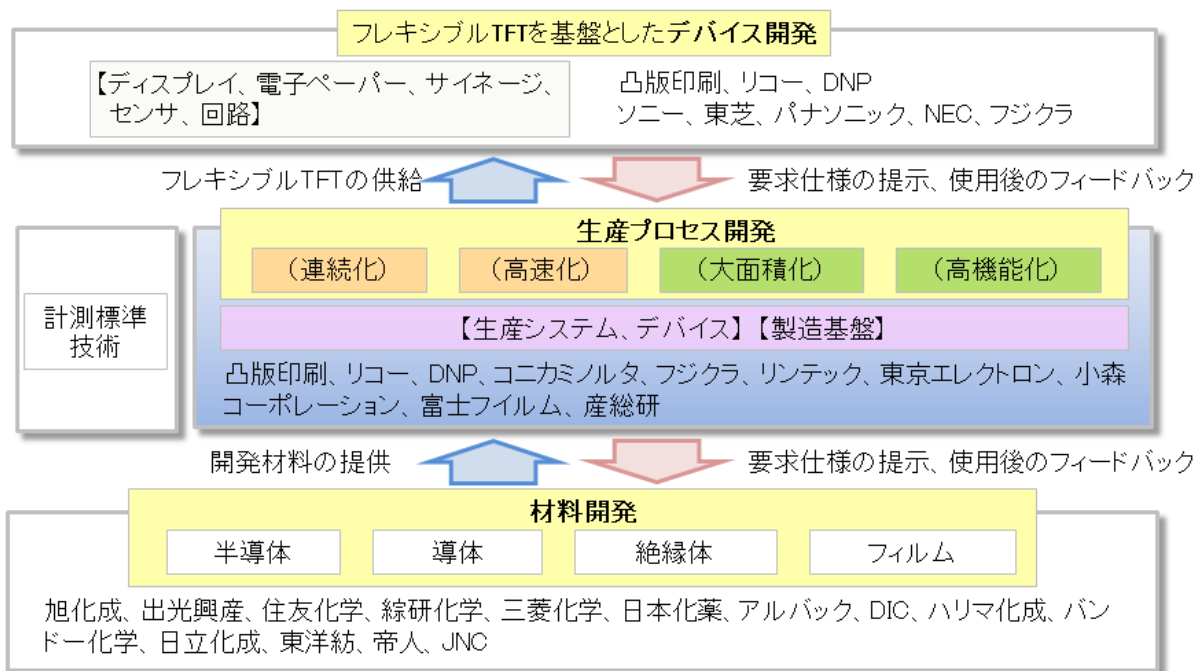


図 II -2.2-2 委託事業（次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合）における企業の役割と協力体制

以上のように、本プロジェクトでは事業を円滑かつ効率的に遂行するため、委託事業を担う技術組合や組合企業の間、或いは委託事業と助成事業の間で密に連携をとれる実施体制で運営している。また、専門的な知識、経験を必要とする課題については、研究機関、大学陣とも連携をとって研究開発を推進している。これにより、材料・部材技術、生産システム、デバイス設計等といったデバイス印刷製造技術とフレキシブルデバイスの開発に不可欠な技術を統合、集積化してプリンテッドエレクトロニクスの基盤技術の確立と本格的な実用化を目指している。

2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、本プロジェクトの目的、目標に照らして適切な運営管理に努めている。具体的には、年度毎に各事業者から事業成果の報告を受ける以外にも各事業者と個別に意見交換を行ったり、技術研究組合の委員会や PL を通じて研究開発の進捗状況の報告を定期的に受けており、常に研究開発の進捗状況と問題点の把握に努めている。

NEDO では本プロジェクトの目標達成と事業終了後の成果の活用を特に意識した運営管理を行っている。本プロジェクトでは、製造技術の高度化、信頼性向上等に資する基盤技術開発とプリントエレクトロニクス製品の普及促進に資する実用化開発を総合的に推進し、プリントエレクトロニクスの本格的な実用化、社会への普及を目指している。この事業目標を達成するには、単に研究開発を精力的に推進するだけではなく、事業終了後の成果活用を促進するための取り組みも重要である。本プロジェクトでは事業終了後にも各企業で成果が活用され、プリントエレクトロニクスの普及促進を狙い、助成事業者も参画する JAPER A を中心に標準化活動や市場調査等の活動を行っており、国際競争が激化する同分野での優位性を確保するための戦略策定に活用している。具体的には、プリントエレクトロニクスに係る市場戦略の検討と立案、積極的な知的財産権の活用、及び戦略的な国際標準化活動に資することを目的として 2012 年 2 月に JAPER A に新たに企画部を設置し、傘下に知的財産 WG、標準化 WG、企画調査 WG といった各ワーキンググループを組織し、プロジェクト成果の活用に向けた活動を行っている。

以下に JAPER A の各 WG が主体的に行っている本プロジェクトの活動概略を示す。

(1) 知的財産・情報管理

JAPER A では本プロジェクトの推進にあたり、知財取扱規程、職務発明取扱規程、情報管理規定、発明審議会規則を定め、これらルールに則った管理を行っている。

本プロジェクトでは組合に参画する各企業がプロジェクト成果を活用し、実用化・事業化を推進することを目的としているため、知的財産権は各企業に帰属することを基本とし、組合や他の企業には優遇された条件での実施許諾義務を課し、プロジェクト終了後の成果活用を見据えた知財方針としている。また、組合企業の研究員代表者らで構成される発明審議会において発明者の認定や出願、ノウハウ秘匿（オープン・クローズ戦略）を判断している。さらに、知財管理にあたっては独立行政法人工業所有権情報・研修館（INPIT）から知的財産管理の専門家（一級知的財産管理技能士）である知財プロデューサー（知財 PD）を JAPER A に派遣しており、発明審議会での組合企業による特許出願のオープン・クローズ戦略の判断、効果的な特許出願を行うための特許調査の実施、特許戦略マップや重点課題分野の策定、出願計画に基づいた特許出願の促進と出願特許の内容調整、知財ルールの機動的な見直しについて専門的見地からの支援を受けている。なお、組合企業間の情報管理については、情報管理規定を定め、秘密情報保持の義務化と公表情報の共有などを明文化しており、ルールを徹底している。

助成事業者に対しては、NEDO は各社の知財オープン・クローズ戦略に基づいた管理を行っているが、助成事業に係る特許出願等についても各社から定期的に報告を受けて状況を把握し、問題点があれば助成事業者と協議を行い、改善に努めている。

■ 各企業での成果活用を促進する知的財産管理

- 知財権の帰属(各社への権利帰属、組合、組合企業による実施許諾の優遇)を明文化し、各企業の知的財産権を保護
- 知財プロデューサーを配置し、特許マップの作成によって動向を分析
出願計画に基づき、出願内容、時期等を研究員と協議して戦略的な特許出願を促進
- 発明審議会で発明者認定やノウハウ秘匿(オープン・クローズ戦略)を判断

図 II-2.3-1 本プロジェクトにおける知的財産管理の概略

(2) 国際標準化活動

本プロジェクトでは、国際競争が激化するプリントドエレクトロニクスの本格的な実用化を促進し、我が国部材産業及びデバイス産業の競争力強化、製造プロセスの省資源化、省エネルギー化を図り、諸外国をリードすることを目指している。国際競争が激化する中で我が国が市場優位性を獲得するためには、戦略的な国際標準化活動は重要であり、産業界の積極的な関与が不可欠である。電気、電子、通信、原子力分野の規格・標準の調整を行う IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議) では 2011 年に TC119 (Printed Electronics) が設置されたことを受け、日本工業標準調査会 (JISC) は一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) を IEC/TC119 の国内審議団体として承認した。JAPER A は他の関係機関と連携し、JEITA での IEC/TC119 国内審議委員会やプリントドエレクトロニクス標準化専門委員会の設置に積極的に関与し、TC119 国内審議委員会において IEC 国際規格開発のための調査や規格原案の作成等を推進するなど、プロジェクトで得られた成果を国内委員会に反映させる体制を整えている。また、NEDO プロジェクト「次世代材料評価基盤技術開発」を推進する次世代化学材料評価技術研究組合 (CEREB A) とともにプリントドエレクトロニクスで用いられるインク、フィルム等材料・部材の評価計測に関する標準化規格の調査企画を立案するなど、戦略的な国際標準化を進めるための規格策定作業において連携を図っている。また、電子オフィスドキュメントの規格案の策定などでもビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA) と連携しており、関係機関と連携しながらプリントドエレクトロニクスの普及に向けた活動を行っている。

■ 他関連機関との連携による国際標準化活動の推進

■ 次世代化学材料評価技術研究組合(CEREBA(NEDO関連PJ))

- IEG/TC119国内審議団体のJEITA(電子情報技術産業協会)との連携のもと、CEREBAと協力し、標準化推進母体として活動を推進
- プリンテッドエレクトロニクスで用いられるインク、フィルム等材料・部材の評価計測法の標準化規格の調査企画、立案を実施

■ ビジネス機械・情報システム産業協会(JBMIA)

- 電子オフィスドキュメントの規格案策定予定

図 II-2.3-2 本プロジェクトにおける国際標準化活動の概略

(3) 市場動向

プリンテッドエレクトロニクスの市場動向に関しては、2020年代の半ばに2,000億ユーロを超えるという強気の予想(IDTechEx)がある。また、NEDOが平成21年度に実施した「プリンテッドエレクトロニクス技術に係わる調査」(委託先:みずほ情報総研株式会社)の調査結果においてもプリンテッドエレクトロニクス技術の本格的な実用化と普及が進めば、対象となる市場規模は約2.2兆円にのぼることが試算されている。一方で、半導体や液晶ディスプレイの場合のようなキラーアプリケーションが見えてこない現状から、比較的慎重な見方をする専門家もいる。本プロジェクトでは国際競争が激化するなかにおいて、将来期待される市場の拡大や市場創出に対応し、関連業界、企業の競争力強化に繋げることを目的としていることから、時節にあった信頼性のある国内外の市場情報を把握し、市場戦略を検討することは重要である。

そこでJAPERでは、2012年末から国内外の市場動向を独自に調査・分析し、信頼性のある市場情報の把握に努め、有望アプリケーションの検討、プリンテッドエレクトロニクスの事業展開に向けたビジネスモデルの検討を行っている。具体的には、プリンテッドエレクトロニクスの適用分野ごとに、①ディスプレイ、②ワイヤレス・通信、③ヘルスケア・医療、④部品・材料・基板の4つのWGに分け、海外プリンテッドエレクトロニクス関連企業のベンチマークを実施し、市場展開に有望なアプリケーションの選定検討を行っている。これによってビジネスモデルを考察し、プリンテッドエレクトロニクスの有望出口の提言に結び付けることで、各企業におけるプリンテッドエレクトロニクス関連技術の市場戦略の策定に貢献している。

■ 新規市場の開拓に向けた市場動向・ニーズの把握(企画調査WG)

■ 国内外の市場動向を独自に調査・分析(2012年)

- 信頼性のある市場情報の逐次把握
- 海外プリンテッドエレクトロニクス関連企業のベンチマーク
- 市場展開に有望なアプリケーションの選定検討

➡ 各企業におけるプリンテッドエレクトロニクス関連技術のビジネスモデルと市場戦略の策定に貢献

図 II-2.3-3 本プロジェクトにおける市場調査の概略

2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

印刷デバイス製造技術の普及を実現するには、高精細化、高精度アライメント、高均質化、膜質制御、積層制御、高機能化などの課題を解決しなければならないが、委託事業で取り組んでいるフレキシブル TFT シートの印刷製造技術の確立は、こうした印刷デバイス製造技術の主要技術課題の多くを包含しており、最も適した基盤技術となる。こうした技術課題を解決し、生産性向上とデバイス機能向上を達成できれば、汎用技術としての普及が可能になる。本プロジェクトでは、図 II-2.4-1 に示すようにプリンテッドエレクトロニクス技術・製品の普及を目指し、委託事業で開発に取り組んでいる印刷プロセスにおける基板補正技術や低温プロセス化技術、TFT アレイの材料、配線改良による高機能化技術、均質化や短タクト化技術などの要素技術やそれらを統合した連続生産システムとしての各技術は、製品ターゲットを明確にして実用化技術の開発に取り組んでいる助成事業者へ逐次技術を移管し、各社の戦略に応じて成果を活用していくことで事業を推進している。また、委託事業に参画する各組合企業においても本プロジェクトによって獲得が期待される開発成果を持ち帰り、各社の事業戦略に基づいて実用化検討がされていく予定である。各社において本プロジェクトで獲得された成果を活用し、実用化を進めていくためには、プロジェクト以外の周辺技術との整合性を考慮した技術開発が必要になるが、その課題解決に向けては各企業において本プロジェクトと並行して検討がなされている。

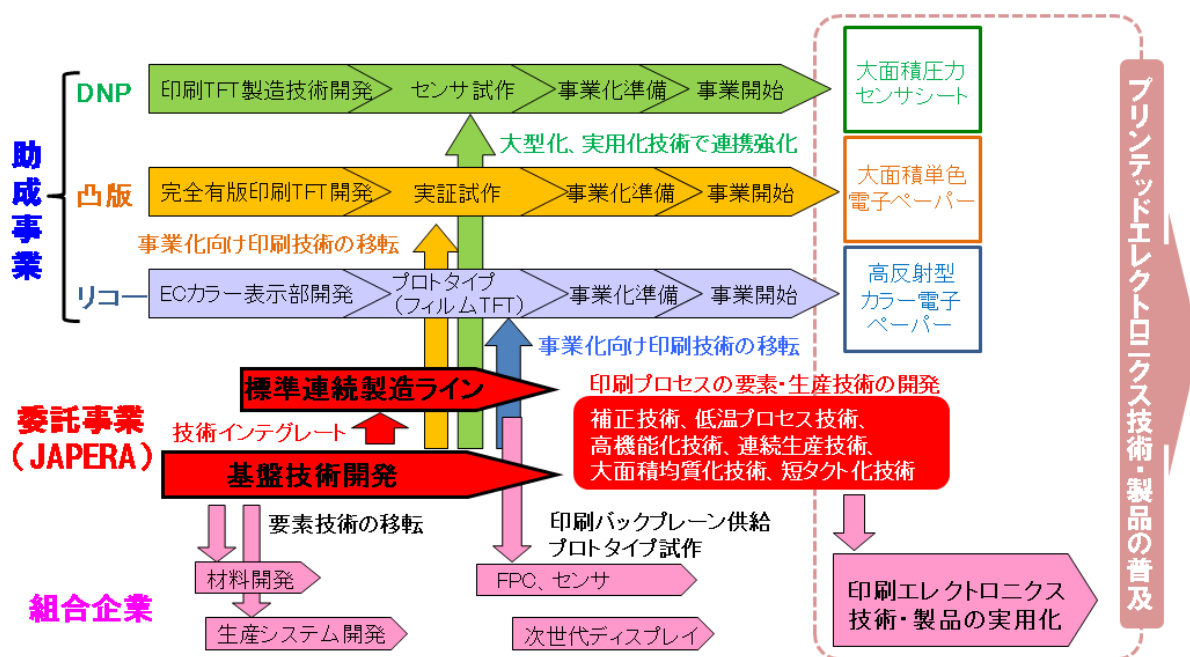
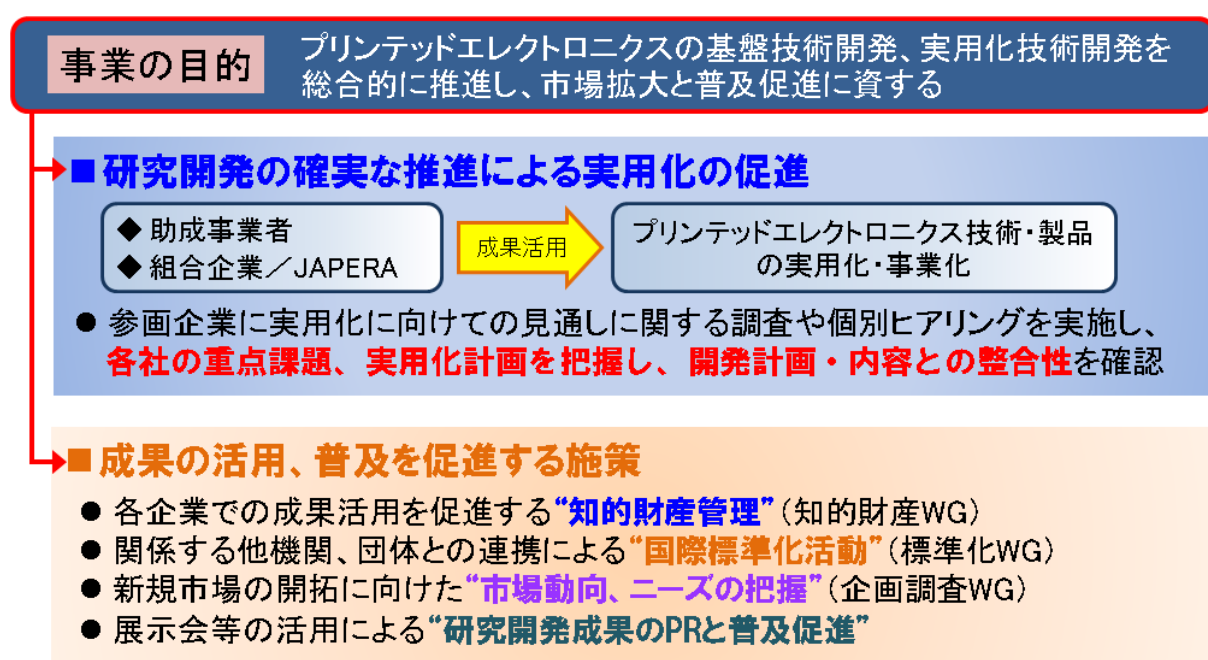


図 II-2.4-1 本プロジェクトにおける研究開発成果の活用（実用化展開）イメージ

以上のように、本プロジェクトはプリンテッドエレクトロニクスの基盤技術開発、実用化技術開発を総合的に推進することで、開発成果を助成事業者や組合企業が効果的に活用し、各社の製品や事業戦略に基づいて実用化を進めていくことでプリンテッドエレクトロニクス技術や関連製品の早期普及を図り、市場拡大に資することを目標

している。図Ⅱ-2.4-2 に示すようにこの事業目的を達成するためには、「研究開発の確実な推進によって実益の高い成果を獲得し、各企業での実用化を促進すること」、「研究開発の推進以外に成果の活用、普及を促進する施策を講じること」が必要であると考えられる。

「研究開発の確実な推進による実用化の促進」に向けた取り組みとして、NEDO は参画企業とプロジェクトの成果活用や進め方に関して意見交換を行うとともに、組合企業を含む参画企業に対して実用化に向けた取り組みに関する調査等を行い、研究開発の進捗状況や各社での成果活用に向けた取り組み状況等を確認している。こうした活動により、研究開発における課題を把握すると共に各社の重点課題と本プロジェクトの研究開発計画との整合性を確認し、研究開発へフィードバックするなど、事業終了後に各企業での成果活用が円滑に促進するよう施策を施している。



図Ⅱ-2.4-2 本プロジェクトにおける研究開発成果の実用化に向けたマネジメント

一方、「成果の活用と普及を促進する施策」の取り組みとしては、JAPERAsにおける各ワーキンググループを主体とした、各企業での成果活用を促進する“知的財産管理”(知的財産WG)、関係する他機関、団体との連携による“国際標準化活動”(標準化WG)、新規市場の開拓に向けた“市場動向、ニーズの把握”(企画調査WG)といった各活動については前項に示したとおりである。

さらに本プロジェクトではこれらの施策に加え、開発成果の普及と市場の開拓に向けた取り組みの一貫として展示会やシンポジウムにも積極的に参加し、開発成果を国内外の関連業界やユーザーにPRし、ビジネスマッチングの機会を増やすことに努めている。2013年2月に開催された nanotech 2013 ではプロジェクト成果として、電子ペーパーの試作サンプルなどを展示した。ブースには約 1,500 名が来場し、想定ユーザーや技術者らとプロジェクト成果やプリントドエレクトロニクス技術の市場動向等につ

いて活発に意見交換が行われた。また同展示会では、プロジェクトとして「nanotech Award 2013 プロジェクト部門賞」を受賞し、開発成果の普及に繋がっている。

■ 展示会等の活用による成果のPRと普及促進

■ nanotech2013 NEDOブースの事例

- ブース来場者数 約1,500名
想定ユーザー、技術者らとプロジェクト成果やPE技術の市場動向等について意見交換
- nanotech Award 2013 プロジェクト部門賞受賞



図 II -2.4-3 成果の PR と普及促進を目的とした展示会等の活用例

3. 情勢変化への対応

プリンテッドエレクトロニクス技術は、次世代の電子デバイス製造技術として大きな期待を寄せられており、世界中で技術開発競争が激しくなっている。そのような背景のもと、東日本大震災の発生による我が国のエネルギー事情や経済情勢の変化、及び電子・情報産業分野の現状を鑑み、国内産業の空洞化を防ぎ、中長期的に省エネルギーに貢献する研究開発を加速させることの重要性から、本プロジェクトでは前半年度に予算を重点配分する措置が取られた。図 II-3-1 に示すように、これによってプロジェクトの早期立ち上げに繋がったとともに、連続印刷プロセスによる一貫製造を可能とする標準製造ラインを 2012 年度内に構築することに成功しており、印刷プロセスによる TFT アレイの早期試作による製造プロセスの課題抽出につながっている。また、助成事業においても、電子ペーパーパネルの試作や圧力センサの試作が前倒しで実施され、中間目標の早期達成に繋がっている。

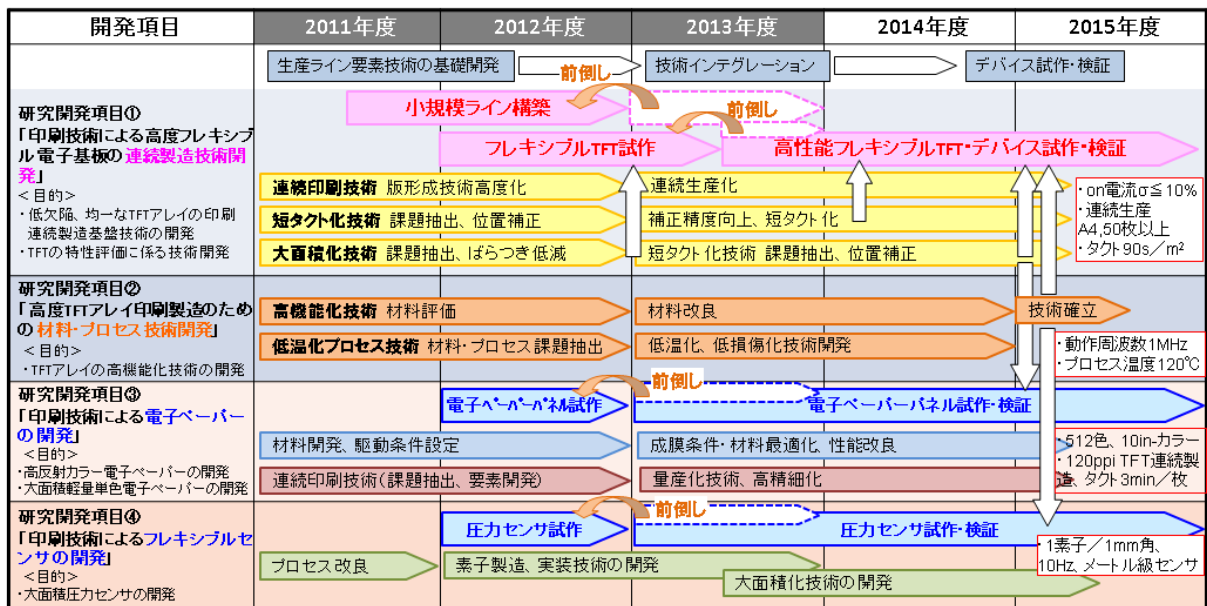


図 II-3-1 予算重点配分後の研究開発スケジュール

また、プリンテッドエレクトロニクス技術や関連製品の実用化を促進し、世界に先駆けて本分野の市場拡大と社会への普及を図るためには、研究開発を着実に推進する以外に市場の拡大や成果の普及に資する施策を講じる必要が生じた。JAPERはプロジェクト発足当初、理事会－理事長－専務理事の傘下に研究開発の推進母体となる研究部、技術組合の管理間接部門を担う総務部の二部体制で本プロジェクトに対応していたが、多くの企業が一同に介する技術研究組合の実利を最大限なものとするため、2012年2月に運営委員会での承認を通じて企画部を設置し、研究開発の推進部隊以外の組織体制を強化した。企画部の傘下には、知的財産や標準化戦略、市場戦略を専門的に検討するWGを新設し、プリンテッドエレクトロニクス分野の市場の拡大や成果の普及促進を支援する組織体制とした。技術研究組合における組織体制を強化したことで、前項で示した様々な戦略的活動に繋がっている。

◆組織体制の強化

- JAPER Aに企画部を設置(2012年2月)

■ 企画調査WG、標準化WG、知的財産WGを新設

- ・ 研究開発の推進部隊以外の組織体制を強化

➡ 知財・標準化戦略、市場戦略を専門的に検討する組織を新設し、成果の活用、普及促進をサポートする組織体制に強化



図 II -3-2 JAPER Aにおける組織体制の強化

4. 評価に関する事項

NEDO は、国の定める技術評価に係る指針及び 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、第三者評価による事前評価、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 5）。

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

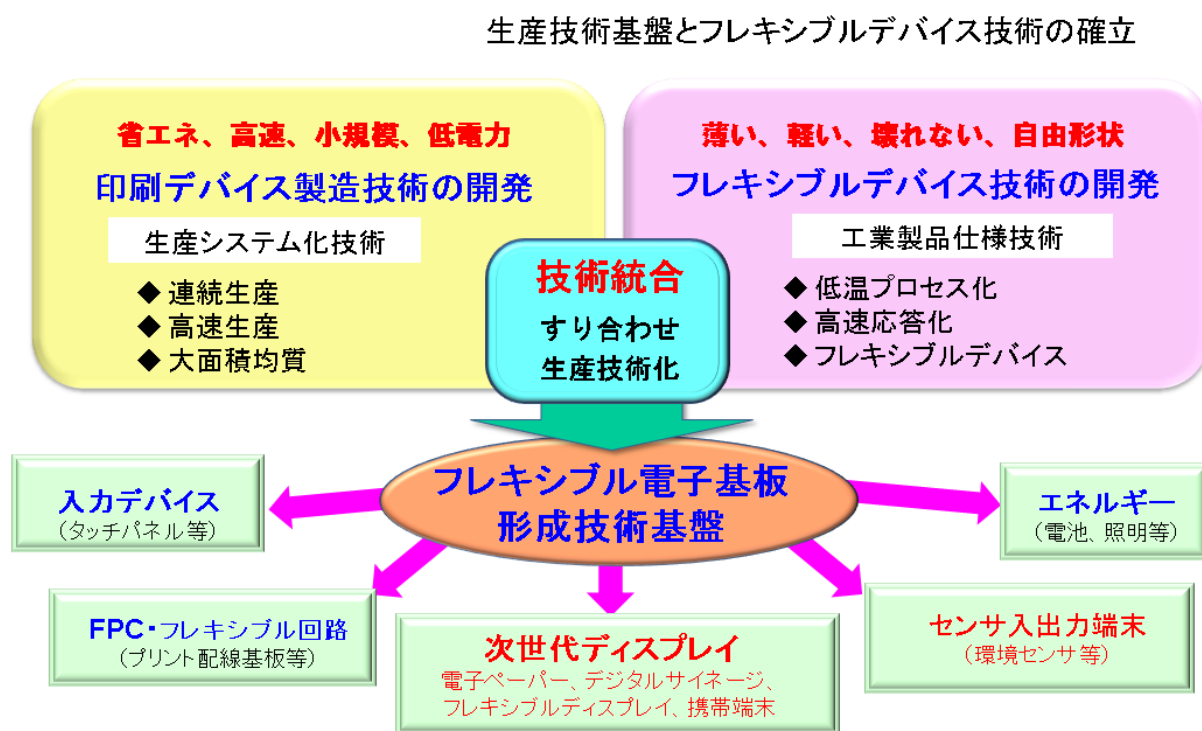
1. 事業全体の成果

1.1 研究開発成果の概要

本プロジェクトでは、プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行うとともに、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術の開発を総合的に推進し、プリントドエレクトロニクスの普及のために必要な要素技術を確立することを目的として、印刷法を用いたフレキシブル電子基板生産基盤技術及びフレキシブルデバイス技術の開発を行うものである。

プリントドエレクトロニクス技術に関しては、次世代の電子デバイス製造技術として、非常に大きな期待を寄せられ、今日世界中でその技術開発競争が激しく行われている状況となっている。しかしながら、今日その技術はまだ十分に市場に普及するには至っていない。これは、製造としてはできても、生産としてはまだ未熟、一品物の試作はできても、工業製品としての大量生産ができていないということなどが、問題とされている。

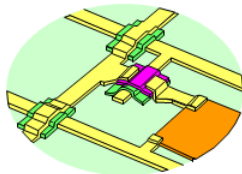
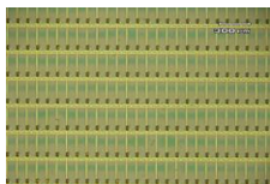
そこで、本研究開発では、印刷デバイス製造技術の開発とフレキシブルデバイス技術の技術統合、技術集積を図り、フレキシブル電子基板生産基盤技術を確立するとともに、次世代ディスプレイなどのフレキシブルデバイス技術の確立を目指す。



図Ⅲ-1.1-1 研究開発の狙い

印刷デバイス製造技術の開発に当たっては、生産システム化のために、連続生産、高速生産、大面積生産といった課題が主要な技術課題となってくる。こうした印刷デバイス製造技術の汎用普及を実現させるためには、高精細化、高精度アライメント、高均質化、膜質制御、積層制御、高機能化など、数多くの課題を解決していかなければならないが、本研究開発では、フレキシブル TFT シートの印刷製造技術の確立を具体的な課題として、上記目的をかなえる技術開発に臨む。これは、TFT 印刷技術は、こうした印刷デバイス製造技術の主要技術課題の多くを包含しており、技術集積化を実現するためには、最も適した基盤デバイスとなるためである。こうした技術課題を解決し、そのうえで生産性向上とデバイス機能向上を満たすことができるようになれば、汎用技術としての普及が可能になる。ここでは、こうした技術開発に取り組むことで、生産技術、プロセス要素技術、材料要素技術、さらにはデバイス要素技術の開発により、様々な電子基板、電子部品に適用される技術としての確立を図るものである。

◆ 研究開発課題の位置付け



TFT印刷製造技術は、プリンテッドエレクトロニクス技術の主要課題を包含する基盤テクノロジー

TFT印刷形成の主要課題

- ◎ 高精細パターニング
- ◎ 高精度アライメント
- ◎ 高均一パターン形成
- ◎ 半導体薄膜品質制御
- ◎ 低抵抗配線形成
- ◎ 高絶縁性薄膜形成
- ◎ 積層膜形成
- ◎ 高生産性印刷

生産技術

プロセス要素技術

材料要素技術

TFT駆動ディスプレイ

TFT駆動センサ

デバイス実装

電子配線印刷形成

電極印刷形成

電子部品印刷形成

図 III-1.1-2 研究開発課題の位置づけ

上記目的を達成するために、具体的な研究開発課題として、以下の4つの研究開発項目を設定した。

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

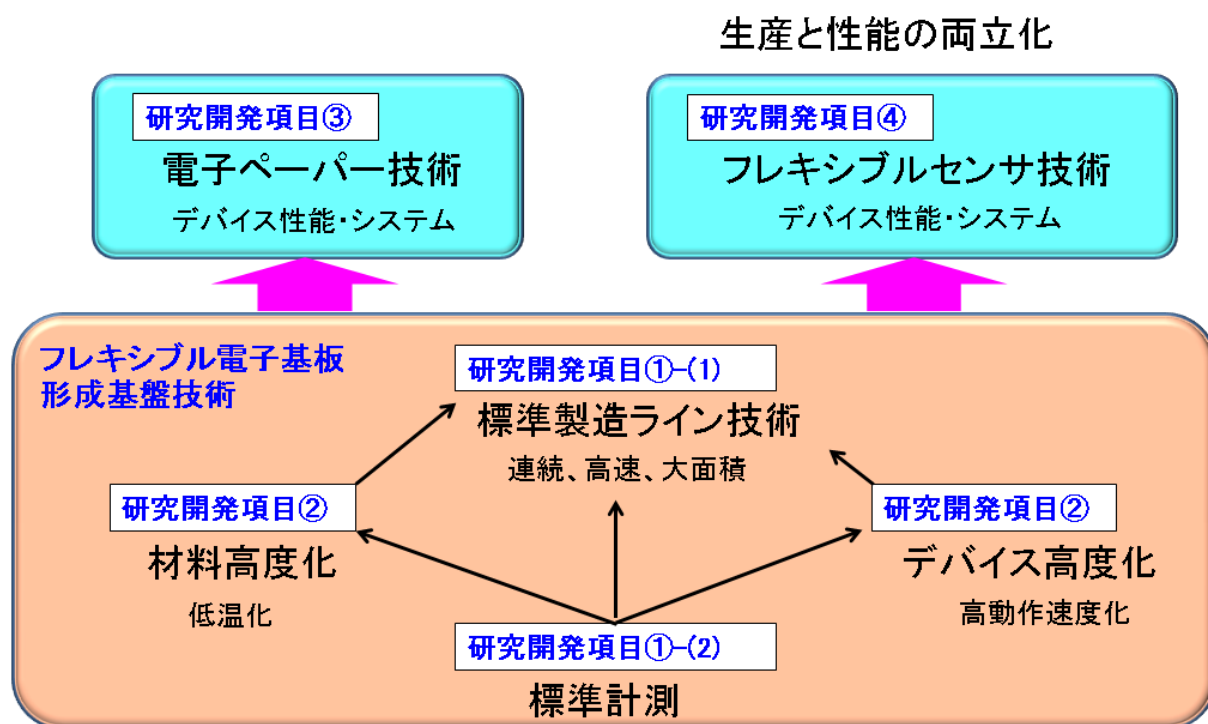
研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

ここで、研究開発項目①と②が、フレキシブル電子基板形成基盤技術に関する課題で、研究開発項目③と④が、フレキシブルデバイス技術に関する課題である。それぞれの課題

の相互関係を図Ⅲ-1.1-3 に示す。全体として、デバイスの性能とその製造における生産性とが両立する技術として仕上げる課題体制となっている。



図Ⅲ-1.1-3 研究開発課題の相互関係

本プロジェクトにおいて、上記4つの研究開発項目に取り組んできた結果、いずれの研究開発項目においても、目標以上、あるいは計画通りの成果を上げることが出来た。その成果をもとに、平成26年度以降も計画通りに推進できる見込みであり、最終目標を達成できる目処が立った。

1.2 研究開発項目毎の成果と目標の達成度

研究開発項目①、②、③、④について、研究開発項目毎の成果と中間目標に対する達成度を、表Ⅲ-1.2-1にまとめる。いずれの研究開発項目についても、中間目標を達成あるいは、達成見込みであり、最終目標の達成に向けて順調に進んでいる。

表Ⅲ-1.2-1 研究開発項目毎の成果と目標の達成度

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
<p>研究開発項目① 「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」</p>	<p>(1) 標準製造ラインに係る技術開発</p> <p>【中間目標 (平成 25 年度末)】 on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを作製し、連続生産するための製造プロセスの課題を抽出する。</p> <p>【最終目標 (平成 27 年度末)】 on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを 50 枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術を確立する。生産タクトは 1 平米あたり 90 秒以下を実現する技術を確立する。</p>	<p>・ on 電流の面内ばらつき $\sigma = 13\%$ を示す A4 サイズの TFT アレイを作製した。</p> <p>・ 高速化のためのフレキシブルアライメント技術を開発した：精度 $\pm 10 \mu\text{m}$ (A4)</p> <p>・ A4 サイズの TFT アレイの連続生産課題を抽出した。</p>	<p>達成見込み (平成 26 年 3 月 達成見込み)</p> <p>達成</p> <p>達成</p>	<p>半導体インクの滴下後の乾燥時プロファイルの変動を精緻に制御することで解決できる見通し。</p>

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
<p>研究開発項目① 「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」</p>	<p>(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発 【中間目標 (平成 25 年度末)】 (1) で作製される TFT アレイの性能評価手法を確立し、材料スクリーニングや、印刷プロセスの最適化検討を行う。</p> <p>【最終目標 (平成 27 年度末)】 TFT アレイの信頼性の評価方法を確立する。あわせて評価手法の標準化の検討を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・印刷製造 TFT アレイの性能評価法を開発し、標準評価書を作成した。 ・上記標準評価法を用いて TFT 用材料・プロセスのスクリーニングを行い、最適構成を抽出した。 	<p>達成</p> <p>達成</p>	

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
<p>研究開発項目② 「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」</p>	<p>【中間目標（平成 25 年度末）】 位置合わせ精度±20μm、150℃以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、印刷法で製造した TFT 素子において、動作周波数 0.3MHz 以上を示す材料・プロセス技術を開発する。</p> <p>【最終目標（平成 27 年度末）】 位置合わせ精度±10μm、120℃以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。</p> <p>TFT アレイの大面積化（メートル級）においては、大面積 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルアライメント技術により、アライメント精度±10μm（A4） ・非加熱焼成プロセス開発により温度 120℃以下 ・デバイス・プロセス整合技術により印刷 TFT で動作周波数 0.1MHz 	<p>達成</p> <p>達成</p> <p>達成見込み（平成 26 年 3 月達成見込み）</p>	<p>新たに開発に成功した高移動度半導体材料を TFT 素子作製に適合させることにより解決できる見通し。</p>

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
研究開発項目③ 「印刷技術による電子ペーパーの開発」	(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発 【平成 23 年度末目標】 各種電子ペーパーに係る仕様を決定するための、TFT アレイと表示部の接合条件や駆動電圧等について基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。	<ul style="list-style-type: none"> 電子ペーパー表示部と TFT シートとの接合課題を抽出した。抽出した課題に対する技術を開発し、抽出課題の妥当性を、全印刷製造 TFT による電子ペーパーを試作し動作させることで検証した。 	達成	

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
<p>研究開発項目③ 「印刷技術による電子ペーパーの開発」</p>	<p>(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発</p> <p>【中間目標 (平成 25 年度末)】 印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 6 インチのカラー (64 色) パネルを試作する。</p> <p>【最終目標 (平成 27 年度末)】 印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 10 インチのカラー (512 色) パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチパネルの重量は 60g 以下を達成する。</p>	<p>「目標の達成度」 積層型エレクトロクロミックディスプレイ (mECD) を開発し、カラー印刷紙と同じようにシアン・マゼンタ・イエロー(C、M、Y)の 3 原色を重ねることで色再現し、光ロスの少ない新しい構造の電子ペーパーを実現した。</p> <p>また、mECD の表示部は微細パターン加工が不要であり、1 つの TFT 基板で積層した発色層を駆動する構造であることから、生産コストの点からも実用性が高い表示技術である。</p> <p>3.5 インチ 113ppi の試作パネルにおいて、反射率 50%、カラー 26 万相当を実現した。また、フレキシブルフィルム基板を用いたパネル作製に成功した。6 インチパネルについては、プロセス設備導入を完了し、試作に着手している。モノカラーパネルの予備検討では、解像性 (212ppi) を確認した。</p> <p>「成果の意義」 省エネルギーで屋内外での視認性が高いカラー表示技術を実現した。</p> <p>試作パネルの表示性能は明るさ (反射率) : 50%以上、また鮮やかさ (色再現範囲) : カラー新聞同等以上を達成した。この結果は C、M、Y 減法混色原理の全く新しい表示方式 (mECD) により達成されたものであり、従来技術および競合技術では容易に達成できない。</p>	<p>達成見込み (平成 26 年 2 月 達成見込み)</p>	<p>6 インチカラーパネルの実現に向けた主要課題は、フィルム基板上への均一性・密着性を改良した積層膜塗工技術の獲得であり、本課題については積層プロセスとフィルムプロセスの 2 つのアプローチを検討して達成する。</p>

		電子ペーパー市場は白黒表示に用途が限定されてきたが、本研究開発の成果により、カラー電子ペーパーの新規市場の形成が期待できる。		
--	--	--	--	--

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
<p>研究開発項目③ 「印刷技術による電子ペーパーの開発」</p>	<p>(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発</p> <p>【中間目標 (平成 25 年度末)】 印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内を達成する。</p> <p>【最終目標 (平成 27 年度末)】 A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果をもとに大面積化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。</p>	<p>印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に完全印刷方法で 10.7-in. 120ppi、XGA のフレキシブル TFT アレイを試作し電子ペーパーの駆動に成功した。真空成膜、露光等のプロセスを全く用いず完全に印刷法だけで実用上使用可能なフレキシブルディスプレイを作製した世界初の報告例である。</p>	<p>達成</p>	

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
研究開発項目④ 「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」	(1)フレキシブルセンサに係る基盤技術開発 【平成23年度末目標】 各種フレキシブルセンサに係る仕様を決定するための、TFTアレイとセンサ部の接合条件や駆動電圧等について、基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルセンサとしてフレキシブル圧力センサを選択し、圧力センシング方式とTFTシートとの整合化課題・仕様を抽出した。 ・抽出した課題に対する技術を開発し、抽出課題の妥当性を、全印刷製造TFTによるアクティブマトリックス駆動フレキシブル圧力センサを試作し動作させることで検証した。これにより、フレキシブル圧力センサの設計指針を提示した。 	達成	

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度	課題解決の方針
<p>研究開発項目④ 「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」</p>	<p>(2) 大面積圧力センサの開発 【中間目標 (平成 25 年度末)】 A4 サイズ相当の領域内で構成層間のアライメント精度 $50\mu\text{m}$ 内、素子の特性ばらつき (移動度及び閾値電圧) $\sigma < 10\%$ を達成する大面積 TFT シートの製造技術と製造装置の開発を行う。得られた加工精度と素子特性に基づき、メートル級の大面積 TFT アレイの設計指針を示す。</p> <p>【最終目標 (平成 27 年度末)】 1mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性 (移動度及び閾値電圧) のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の大面積 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ A4 サイズ相当の領域内で有機 TFT の構成層間について $50\mu\text{m}$ 以内でのアライメント精度で形成した。 ・ 有機 TFT 素子の特性ばらつき $\sigma < 10\%$ を達成した。 ・ 大面積 TFT シートの製造技術及び製造装置を開発した。 ・ メートル級の大面積 TFT アレイの設計指針を示す。 	<p>達成</p> <p>達成</p> <p>達成</p> <p>達成見込 (平成 25 年 9 月達成見込み)</p>	<p>大面積センサシートを構成する個片のシートをつなぎ合わせる基板タイリング手法の開発</p>

1.3 成果の意義

今日、電子ペーパーや携帯電話など情報端末機器において、その用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められており、その実現に向けた技術開発が世界的に活発化している。こうした機器は、その多様性が故に、多様性に対応できる自由度が高く、なおかつ初期投資が小さく生産性の高い生産技術の適用が必要となっている。さらに、低環境負荷社会の確立には、真空や高温を駆使して多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却を図り、省エネルギー・省資源化への転換が必要となっている。このような社会的要求を満たす技術として、プリントエレクトロニクス技術の確立は、その重要性が著しく高くなってきている。

我が国はプリントエレクトロニクス分野において、材料技術、印刷技術、プロセス技術、デバイス技術等の優位性の高いシーズ技術を有しているが、これまで必ずしも十分な技術摺合せができてきておらず、生産技術としての確立には、必ずしも十分な力を発揮できていなかった。特に、新規市場を創出するためには、量産性、耐久性・信頼性の向上に加え大幅な低コスト化を実現する高生産性製造プロセスの確立が不可欠であった。

本研究開発では、プリントエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行っている。これまでに、後述する成果に示すように、既存の印刷製造技術の性能を大幅に上回る高精細を実現できる生産技術で、なおかつ高生産性をもたらす高速生産、連続生産、大面積生産を実現するためのプリントエレクトロニクス基盤技術の開発に努め、プロジェクト中間年までに、その確立に目処をつけるに至った。

高生産性プロセスで高精細フレキシブル電子回路基板を製造できるとなると、新規市場開拓するという狙いのみならず、既存市場におけるフレキシブル電子回路（例えば、フレキシブルプリント配線基板（FPC）、メンブランスイッチなどのフレキシブル電子部品、タッチパネル等）や、フレキシブルデバイス実装（太陽電池、照明等の実装）等に対しても技術優位性、生産性優位性を示すことができるようになり、日本の産業競争力強化に大きく貢献し、市場占有を果たしていくことに大きな期待が持てるようになる。

また一方で、本研究開発では、フレキシブル TFT アレイの高生産性製造を実現するための基盤技術の開発に取り組み、上記成果に示すようにその技術確立に目処をつけるに至った。フレキシブル TFT アレイは、フレキシブル電子ペーパー（特に紙の電子化を実現する情報端末）や、フレキシブルセンサ（特に、シートセンサなどの大面積フレキシブル圧力センサなど）の市場創出に大きく貢献することとなる。

例えば、紙のように薄く軽く持ち運びが容易で、簡易情報伝達媒体として使用可能な、フレキシブル電子ペーパーは、電子サイネージ市場や電子ドキュメント市場の開拓をもたらすこととなる。また、ベッド上での介護を助けるセンサ類や、ポータブルのイメージセンサなど、安全安心社会やより便利な情報化社会の実現への一つとして、安価・フレキシブルでさまざまな場所に適応可能な各種センサの早期実用化が求めら

れているが、フレキシブルセンサ技術はこうした市場開拓に大きく貢献する。本技術開発では、既に高生産性を実現できる生産システムにおいて、フレキシブル電子ペーパーやフレキシブル圧力センサなどが製造可能であり、その動作実証なども果たしてきたことから、こうした新市場開拓を加速化させるのに十分な目処をつけられるに至ったということができる。

今後、プロジェクト最終年度に向かって更なる研究開発にのぞみ、最終目標を達成することによって、プリントドエレクトロニクス基盤技術としての生産プラットフォームを確立することができ、上記のような新市場の開拓ならびに既存市場に対して市場獲得のための優位性が発揮できる基盤技術の提供が可能となり、我が国の産業競争力強化には大きく貢献できるものということができる。プリントドエレクトロニクスによる電子基板製造は、従来の真空・フォトリソ製造技術に比べると、真空プロセス、高温プロセス、サブトラクティブプロセス等を必要としない「省資源省エネルギープロセス」であることから、電子基板製造における製造エネルギーの大幅な軽減がもたらされ、大きな省エネルギー効果が期待できる。

さらに、本研究開発では、標準評価技術の開発にも取り組み、標準評価手法の開発に成果を上げることができた。これまでプリントドエレクトロニクスにおいては、材料や素子の評価手法に共通性がないことから、技術摺合せが効率的に進められないという課題を有していた。今回の技術開発成果により、いくつかの主要項目に対して共通評価手法を開発することができたことで、今後当該分野の技術高度化を実現するための技術摺合せを、より効率的に実現することが可能となり、技術開発効率の向上に大きく貢献することが期待できるようになった。

上記のように本研究開発での成果は、今後の市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発を総合的に推進し、プリントドエレクトロニクスの普及による経済活性化、省エネルギー省資源化に大きく貢献するための目処をつけられることになったという意義を示すに至った。

こうした成果に関しては、実用化、事業化を促進させること、情報交換を活性化させることを重視した普及活動を行ってきた。詳細は、V.成果一覧に記載されるが、表Ⅲ-1.3-1に示すように、実用化・事業化の促進を目指した、特許出願、内外産業展示会への出展、情報交換促進のための大規模学会・講演会、マスメディア等での発表及びシンポジウム、セミナーの開催、共通基盤技術の普及を指向した評価解析技術の論文文化、国際標準化への貢献など、幅広く行っている。

**市場化を促進させるための活動重視
情報双方向交換の活性化活動の重視**

- ◆ 実用化・事業化機会の促進
⇒ 国内・海外展示会への出展多用
- ◆ 広報の促進
⇒ 大規模学会、講演会等での講演多用
⇒ マスメディアの活用
- ◆ 共通基盤の普及
⇒ 評価解析技術の論文化、発表化
- ◆ 一般産業界貢献
⇒ 公開シンポジウム、公開セミナーの主催
- ◆ 国際標準化
⇒ IEC/TC119でのプロジェクト提案への貢献



ナノテク大賞プロジェクト賞受賞



海外展示会出展
(ミュンヘン)



公開シンポジウム
開催

図Ⅲ-1.3-1 成果の普及

表Ⅲ-1.3-1 プロジェクト成果一覧（平成 25 年 7 月 31 日現在）

	H23年度	H24年度	H25年度	計
特許出願件数(海外出願)	38(13)	38(5)	16	92(18)件
論文(査読付き)	7(2)	6(2)	1(1)	14(5)件
研究発表・講演	35	33	6	74件
受賞実績	1	1*	0	2件
新聞・雑誌等への掲載	7	4	5	16件
展示会への出展	4	9	1	14件

*各実施者の共同受賞

2. 研究開発項目毎の成果

研究開発項目として、①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」、②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」、③「印刷技術による電子ペーパーの開発」、④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」に取り組み、それぞれの研究開発項目に対して、以下のような成果を得ることができた。

2.1 印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発

本研究開発項目では、フレキシブルなプラスチックフィルム基板上に、低欠陥で均一な薄膜トランジスタ (TFT) アレイを印刷法で連続製造するために必要な技術として、位置合わせ、印刷、温度制御、乾燥・焼成などの要素技術を組み合わせた製造技術を確立するとともに、連続生産プロセスの開発のための評価技術を開発することを目的として、(1)「標準製造ラインに係る技術開発」、(2)TFT に特有の特性評価に係る技術開発の 2 つの開発項目に取り組み、それぞれ下記のような成果を得た。

2.1.1 標準製造ラインに係る技術開発

プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術として、連続かつ完全転写技術が重要となっている。ここではこれらの技術の確立のための印刷要素技術の検討を行った。

TFT アレイ製造における、ゲート電極、ゲート絶縁膜、半導体、ソース・ドレイン電極、配線、封止層形成など、各工程の印刷方法を検討し、一連の製造装置を開発設計した。開発した装置にて、TFT の各部位の構成材料とプロセス条件の初期検討を行い、連続製造可能な製造システムの構想と各工程での膜厚などの特性ばらつきを小さくするプロセス設計指針を検討した。大量連続生産を支配する部位の製造に対しては、有版印刷技術の適用を検討し、連続印刷・高歩留り転写を実現するための印刷条件の検討を行った。また、有版印刷における高精細・高歩留り転写を実現するための要素技術として、版製造技術の検討を行った。この結果、高精度高速連続印刷製造技術の設計指針を得るに至った。

《大面積印刷製造技術の開発》

プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術として、大面積デバイスの高生産性製造が重要となっている。本研究開発においては、大面積高均質化製造のための、印刷プロセス制御技術の検討を行った。大面積にわたって、必要箇所に必要量の材料を滴下する印刷技術としては、インクジェット法が最も有効と判断し、ここではインクジェット技術を活用した大面積高均質化の検討を行った。

大面積高均質化に対しては、特に半導体活性層の膜質が性能に与える影響が大きいため、半導体層の高均質塗布技術を検討した。大面積高速印刷製造を可能にするには、特にマルチヘッドインクジェット技術が有効である。ここでは、マルチヘッドの技術開発を検討し、マルチ制御型インクジェット技術を開発した。

印刷製造においては、印刷プロセスの時間依存性を制御することが重要となる。インク滴下・配置における時間依存性を制御する装置条件ならびにプロセス技術を検討した結果、時

間依存性を制御可能とするプロセスを導入すると、均質化が制御できることを見出した。得られた結果をもとに、当該プロセスを実現する装置・プロセスを設計・開発した。その結果、高度マルチ制御インクジェット技術の開発により、A4サイズのフレキシブル基板上に作製した TFT アレイにおいて、on 電流の面内ばらつき $\sigma=13\%$ 以下に抑えることに成功した。現時点で、on 電流の面内ばらつき 10%以下という中間目標には、わずかに届いていないが、今後新たに開発したプロセス制御技術の条件最適化を図ることで、平成 25 年度末までには十分達成できる見通しである。

《高速印刷製造技術の開発》

プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術として、高生産性をもたらす高速印刷製造技術が重要となっている。現在の技術で連続生産ライン構築の設計をすると、特にフレキシブル基板上に電子素子を作製するに際しては、パターン形成のための位置合わせ工程、印刷形成したパターンの焼成工程が、最も律速となっていることがわかる。そこで、本課題においては、フレキシブル基板上にパターンを印刷形成する際の位置合わせ技術（アライメント技術）について、高精度高速化技術の検討を行った。

高精度アライメント技術の検討として、パターン歪・変形読み取り技術、歪補正技術、高精度インク滴下制御技術ならびに滴下インクによる高精度パターン形成技術の検討を行った。装置及び装置制御システムでの高精度化の要因、インク性質に基づく高精度化の要因、プロセス部材の性質に基づく高精度化の要因などを明らかにすることで、高精度化への制御要因を明らかにすることができた。

高精細印刷製造を実現するための技術として必要となる、高精細パターンング手法として、印刷下地親撥処理技術の検討を行った。この結果、適用印刷技術とインク性能ならびに下地条件との相互関係性発生条件を見出した。

これらの知見をもとに、フレキシブル基板上でのパターン形成に対して、高速に歪補正、位置合わせが実現できるフレキシブルアライメント技術の開発に成功し、当該技術により A4 サイズのフレキシブル基板に対するアライメント精度を $\pm 10\mu\text{m}$ 以内に収めることを実現した。これにより中間目標を達成することができた。また、当該技術開発項目では、上記の開発技術知見をもとに、歪補正高速アライメントかつ繰り返し再生型という新たな高速アライメント印刷製造技術の開発に成功している。

《連続印刷製造技術の開発》

配線電極等の導体パターンの印刷形成に有効な有版印刷デバイス製造技術に対して、連続印刷を阻害する要因の解析を行った。特に有版印刷による電極・配線の連続印刷性の検証を行った。連続印刷性とは、製造技術を生産システム化した際に、各々の製造プロセスの連続印刷安定性を示すものであり、材料や装置の劣化、時間変化などを評価するものである。作製する素子の構成材料、ならびに製造するプロセスに用いる加工材料などの、劣化、時間変化などを詳細に検討したところ、いくつかの特定部材において連続性向上に大きな要因を与える点があることを見出すことができた。

有版印刷技術に関して、完全転写を実現させるための、転写機構の解明、構成部材、

プロセス材料の依存性などを詳細に検討した。完全転写とは、先の転写によって装置上に残った残物が、その次以降の転写に対して、影響を与えず、先の転写と同じ転写ができる状態にすることである。構成材料、プロセス材料、転写形状、プロセス条件などを詳細に検討したところ、特定の条件においては、完全転写が実現できることを見出すことができた。

上記のような高精細かつ完全転写を実現できる技術を開発により、高精細パターンを連続で生産するための課題を抽出することができ、これにより中間目標を達成することができた。

◆研究項目①-(1) 連続製造技術開発: 標準製造ライン技術開発

最終目標(平成27年度末)				
連続かつ全印刷工程によるA4サイズのTFTアレイを製造できるラインの構築				
【高均質】 : on 電流の面内ばらつき $\sigma \leq 10\%$ 以下				
【高速印刷】 : タクト:90秒/m ² 以下				
【連続印刷】 : A4-TFTアレイ($\sigma \leq 10\%$ 以下)を50枚連続生産				
中間目標	研究開発成果	達成度 (平成25年度)	最終目標への取り組み	達成目処 (平成27年度)
・on 電流の面内ばらつき $\sigma \leq 10\%$ 以下 (A4)	・ 高度制御IJ技術開発 により、on 電流の面内ばらつき $\sigma = 13\%$ (A4)	△ H25年度末 達成見込み	・TFT性能の大面积高均質化	○
・高速化アライメント技術	・高速化のための フレキシブルアライメント技術開発 : 精度 $\pm 10 \mu\text{m}$	○	・大面积に対するアライメント高速化	○
・連続生産のための課題抽出	・ 高精細完全転写技術開発 により、連続生産課題を抽出	○	・版/完全転写の大面积高精細化	○

◎: 大幅達成、○: 達成、△: 達成見込み

図Ⅲ-2.1.1-1 研究開発項目①-(1)の成果と目標の達成度

2.1.2 TFT に特有の特性評価に係る技術開発

印刷法で製造された TFT アレイの機械的特性・信頼性の評価手法を確立するとともに、TFT の特性評価に係る標準化に向けたデータを取得することを目的とし、TFT に特有の特性評価に係る技術開発を行い、下記の成果を得た。

《印刷 TFT 性能評価技術の開発》

印刷製造 TFT の性能の評価技術を開発するために、デバイスの特性評価環境の構築を検討した。特に、TFT の基本特性である移動度、閾値電圧を計測するための静特性評価技術及び動作速度の指標となる遮断周波数を計測するための動特性評価技術を開発した。

また、評価基準素子の素子構造の設計を行うとともに、検証用基準素子の製造技術の開発も行った。高動作速度化技術の検証のために、パラメータ設計が容易なモデル素子の設計を行い、その作製・計測によって、これらの評価ツールの検証を行った。

印刷 TFT の動作性能を評価する技術の開発にあたって、特に、電極界面制御などにより電極と有機半導体層界面の電荷注入障壁などの印刷 TFT の動作性を向上させるため要因解析を行った。またこれをもとに性能評価技術の開発指針の検討を行った。

電極材料として、低温焼成が可能で、界面制御に対しても大きな発展性が期待できる銀ナノ粒子インクを用いた印刷 TFT をモデル材料として用い、その特性改善と性能評価を行った。通常の有機 TFT では、チャンネル長が短くなるに従い電極と半導体層の接触抵抗の影響が大きくなるため、移動度は低下してしまうが、ここで開発した技術を用いて作成した TFT では、チャンネル長が短くなっても移動度の低下は観測されず、印刷電極と半導体層の接触が良好であり、抵抗成分が小さいことが判明した。このことにより、作成条件への依存性が低い素子及びその性能評価が可能となることを示した。

上記開発した、印刷 TFT 性能評価法を用いて、各部位の形成材料に関してポテンシャルの高い構成材料の設計選択を行い、それぞれ候補材料の性能ならびに印刷適性のスクリーニングを行った。また、各部位の構成材料に関してポテンシャルの高い材料の設計選択とともに、それらの組み合わせ最適化を検討した。この際、様々な材料、素子構造に対して多様な組み合わせ性能の比較評価をすることになるため、性能評価のための共通評価指標を定めることを行った。これらを実践することにより、印刷 TFT 製造の基準素子として用いる素子構造ならびに基準材料の選定を行うことができた。

上記技術開発により得られた知見をもとに、印刷製造 TFT アレイの性能評価に関する標準評価手法を整備し、標準評価書の作成を行った。また、上記に記したように、TFT 用材料スクリーニングにて最適構成を抽出することができ、これによって中間目標を達成することができた。

《印刷 TFT 高周波特性の標準計測評価技術の開発》

印刷法で製造できる薄膜トランジスタ (TFT) を実用デバイスとして適応していく上で重要となる動作速度と高周波特性の評価法について検討し、印刷エレクトロニクスデバイスに必要な高周波計測評価技術の開発を行った。

トランジスタのカットオフ周波数について評価した結果、塗布型ペンタセン系薄膜を用い

て作製したOFETにおいて 100Hzでの I_{DS} から-3dBとなる周波数をカットオフ周波数 f_{cd} と定義した場合と、トランジスタのゲート充電電流 I_c と I_{DS} が一致するカットオフ周波数を f_{cc} と定義した場合、それぞれ $f_{cd}=3\text{MHz}$ と $f_{cc}=5\text{MHz}$ というカットオフ周波数が得られた。ボトムコンタクト型素子構造においては、段差の上部(Upper)、下部(Lower)にある電極をソースにするかドレインにするかによってFET特性には違いは見られなかったが、トップコンタクト型においては両者に飽和特性の違いが見られた。その動作解明のため、デバイスシミュレーションを行ったところ、Upper=ソースとした場合、ドレイン電極近傍に正孔濃度が低いバルク抵抗領域が発生し、これがピンチオフ電圧を小さくすることで飽和特性が得られることが判明した。Lower=ソースとした場合は、ドレイン電極近傍までチャンネルが形成されているためにピンチオフ電圧が大きくなり、その結果ピンチオフが起りにくくなり、飽和特性が現れないということが判明した。

p型、n型 TFT の高周波特性評価技術の開発を検討した。p型、n型 TFT の動作確認と 1kHz以上での動的インバータ特性の評価を検証した。標準評価用のモデル材料として、p型 TFT としては、活性層にペンタセンを、n型 TFT としては活性層にフッ素化銅フタロシアニンをを用いて素子を作製した。ここでは、真空法で薄膜作製をしているため、評価法確立のための標準デバイスとして測定法の開発を検討した。個の素子に対する、動作周波数の評価を行ったところ、p型 TFT では、1.8MHz の応答が得られた。この際、周波数の定義に課題発生することを明らかにした。p型とn型を組み合わせた CMOS 回路にて、インバータの静特性と動特性との評価を行ったところ、いずれも典型的なインバータ特性、動特性が得られたが、1kHzの動特性において、出力特性には容量成分に起因する遅れとスパイク状の過渡応答が見られ、機構解析から素子の浮遊容量低減が必要であることを明らかにした。

《印刷 TFT 集積回路用配線の高周波特性評価技術の開発》

印刷配線の高周波特性評価は、電力の入出力比から算出されるため、ここでは印刷配線の標準抵抗値評価技術の検討を行った。抵抗測定には、2端子法と4端子法があるが、標準的な銀ナノ粒子インクで作製した配線で測定法と真値とのギャップを評価した結果、4端子法の方が真値により近い値が得られることを明らかにした。次に基準となる電気特性の評価値の検討を行った。電気特性の内、抵抗値、体積抵抗率、シート抵抗など種々のパラメータが存在しているが、これらの評価要因を詳細に検討したところ、配線形状の算出などが不要となる抵抗値[Ω]を基準評価値とすることが適当であることを明らかにした。これらの技術に対して、実験経験者によるモデル評価実験を行ったところ、被験者による大きな違いはなく、標準化用評価技術として概ね満足する結果が得られた。

印刷配線の高周波特性評価を行うにあたり、基板の選定と測定パラメータを検討した。評価を行う基板は、高周波掃引時の損失が少なく、印刷工程が容易に適応できる基板を採用した。測定パラメータは、入力電力に対する反射成分(S11 パラメータ)と透過成分(S21 パラメータ)の2つのパラメータを採用した。高周波域では、試料表面に電力が集中し、損失の原因となる現象が発生することが知られている。本測定技術で提案する基板も例外ではなく、印刷により作製する試料部の印刷配線の厚みは十分な厚さに調整し、特性評価を行った。このようにして提案した評価技術を、実験経験者によりモデル実験

を行った。反射成分である S11 パラメータ、透過成分である S21 パラメータ、いずれの結果も、被験者による大きな違いはなく、標準化用評価技術として概ね満足する結果が得られた。

《印刷 TFT の高信頼性標準評価技術の研究開発》

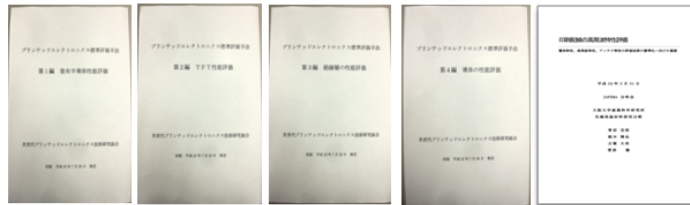
印刷形成 TFT の電極材料として、現在、主として用いられている銀ナノ粒子インクと、今後の適用が期待されている銅ナノ粒子インクを用いた印刷形成 TFT を作製し、その信頼性評価技術を検討した。

印刷有機 TFT の性能評価においては、接触抵抗が大きくなってしまふ因子を解明する必要がある。ここでは、銀ナノ粒子インクによるインクジェット印刷銀電極をソース・ドレインに用いた有機 TFT を作製し、その焼成条件とコンタクト抵抗の相関、接触抵抗と抵抗率、仕事関数、表面状態の比較等について詳細に検討した。また、走査型電子顕微鏡等を用いて印刷電極表面状態の詳細観察を行った。これらの結果、印刷 TFT においては、電極の表面状態が接触抵抗に大きな影響を与えていることを明らかにした。異なる種類の銅ナノ粒子インクを用い、それぞれの材料について印刷条件及びソース・ドレイン用配線形成技術の評価を行った。インクジェット装置を用い、ポリイミド絶縁膜上に微細配線を形成した。作製した電極の抵抗率は、焼成によって十分小さな値にまで減少し、トランジスタの電極として十分な導電率を示すことを明らかにした。この銅ナノ粒子インクを用いてボトムゲート・ボトムコンタクト型 TFT を作製し、その性能を評価したところ、銅ナノ粒子インクの表面を自己組織化単分子膜によって修飾することで、トランジスタ特性に大幅な改善が見られることを明らかにした。さらに銅ナノ粒子インクの材料を変更すると、伝達特性の立ち上がり領域の改善が得られることが明らかになった。この材料を用いた TFT のバイアスストレス試験を行ったところ、3600 秒後の閾値電圧変化は小さく抑えられ、銅ナノ粒子インクによるソース・ドレイン電極においても比較的高いバイアスストレス安定性を示すことを明らかにした。

◆研究項目①-(2)連続製造技術開発: TFT 特性評価技術開発

最終目標(平成27年度末)				
TFT アレイの機械的特性・信頼性の評価手法の確立及び、標準化データの取得 【信頼性評価法】 :TFTアレイの信頼性の評価方法を確立する 【標準化】 :評価手法の標準化の検討				
中間目標	研究開発成果	達成度 (平成25年度)	最終目標への取り組み	達成目処 (平成27年度)
・印刷製造TFTアレイの性能評価法を開発 ・材料スクリーニング、印刷プロセスの最適化検討	・印刷製造TFTアレイ性能評価法開発。 評価書作成 ・TFT用材料スクリーニングにて 最適構成を抽出	○ ○	・印刷製造TFTの動作信頼性要因の解析 ・印刷製造TFTの機械的強度信頼性要因の解析	○ ○

標準評価書を作成



◎:大幅達成
○:達成
△:達成見込み

図Ⅲ-2.1.2-1 研究開発項目①-(2)の成果と目標の達成度

2.2 高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発

プリンテッドエレクトロニクス技術を普及していくためには、さまざまな要求特性に対応した製造プロセスの高度化や TFT 性能の向上が必要である。さらに、汎用プラスチック基板を使用するためには、製造プロセスの低温化が必要である。また、TFT アレイを含む電子回路の高性能化には印刷の位置合わせ精度の向上や駆動周波数の高周波化が必要である。

本研究開発項目では、研究開発項目①で開発する連続製造プロセスの高度化、及び材料とプロセス技術のすり合わせによる TFT アレイの高度化技術の開発として、製造プロセスの低温化、TFT アレイを含む回路の高性能化を図るための構成材料（有機半導体材料、導電材料、絶縁材料等）の最適組成化技術などを開発し、以下の成果を上げるに至った。

《印刷 TFT 製造プロセスの低温化・位置合わせ制御技術の開発》

TFT アレイ印刷製造の高生産性化を図るため、低損傷高速製造を実現するための要素技術である低温プロセス化を検討した。特に、TFT 構成要素を形成する各機能層（絶縁層、半導体層、導電層）を低温形成させる材料、プロセスの検討を行った。またこれらの材料・プロセス技術の、TFT 素子を製造するプロセスへの適合性、ならびに TFT 性能を発現するための適合性などの検討を行った。

製造プロセスの低温化に関し、まず材料については低温形成材料ならびに本研究開発で開発している印刷法に適用できる低温インク材料の開発を検討した。また、低温形成プロセスに関しては、光やプラズマなどを用いた新規なインク改質プロセスの適用を検討し、フィルム基板・下地層へのダメージを抑制しつつ短時間で機能膜層を形成できるインク改質技術の開発を検討した。

導体材料インクに関しては、それぞれの部位の形成材料の組成・プロセスの検討及び各材料に要求される物性評価を行い、TFT 素子製造プロセスに適合した材料の低温化を実現する材料開発指針を得るに至った。低温化プロセスとしては、特に焼成技術に注意を払い、主に光やプラズマなどの熱以外のエネルギー照射プロセスへの適合化を図った。さらに、高速製造プロセスに適合させる材料条件との整合化に注意を払い、高速印刷、高速焼成が一貫して整合が取れる材料の設計を行った。

絶縁材料に関しては、高度な TFT 性能を発現させるのに十分な性能を示す材料に関して、低温高速化の検討を行った。低温化プロセスとしては、特に焼成技術に注意を払い、主に光を用いた焼結プロセスの適用を中心に検討した。この際、高速製造プロセスと整合が取れる低温高速焼結プロセス用インク材料の検討を行い、TFT 性能、高速印刷、高速焼成が一貫して整合が取れる材料の設計を行った。

高性能半導体層を低温印刷製造技術で形成可能にするために、低分子有機半導体を用いた半導体インクの開発を行った。開発手法として、高移動度低分子有機半導体に対して可溶性置換基の導入、可溶性前駆体への変換、ナノ粒子分散液化、などの異なる手法、またはそれらの組み合わせによりインクを調整し、インク化技術の基本を確立することを検討した。

高移動度低分子有機半導体としては、骨格に DNNT 及び DATT を用い、そこへの可溶性置換基の導入、可溶性前駆体化を検討した。DNNT の可溶化に関しては、高効率材料合成の経

路を検討したところ、分岐鎖のアルキル誘導体を活用することが良好であることが明らかになった。DATT に関しては、3、7 位の選択的官能基化が可能であることを見出し、これにより可溶性低分子有機半導体化が可能となることを見出した。さらに、DATT に関して、ビス EH 誘導体及び、2EH 誘導体の合成を行った。ビス EH 誘導体は高い溶解性を持ち、溶液プロセスにより均質な薄膜を形成したが、この薄膜でトランジスタを作成してもトランジスタ応答は示さなかった。2EH 誘導体は、良好な溶解性を示したため、溶液プロセスにより薄膜化し、トランジスタ特性を評価したところ、良好なトランジスタ応答を示した。

次に、前駆体化の検討を行った。F 系材料及び S 系材料に関して、分子中央部分への環化反応を検討し、熱変換型前駆体化を試みた。F 誘導体において、イミドとの反応で対応する付加体の単離に成功した。本付加体の熱的挙動を検討し、加熱により F-1 誘導体への変換を試みた。この検討により、F 誘導体を用いれば、環化付加は起こるものの、その逆反応は容易ではないということが明らかとなった。

低温印刷製造技術で形成可能な半導体インク材料として、高分子半導体インクの検討も行った。ここでは、ターゲットポリマーは、 $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える移動度が報告されているピロール誘導体とした。これらの合成材料を薄膜化し、トランジスタ性能の評価を行った。この際、移動度は $10^{-1}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 台が得られ、低分子系よりは性能としてはやや劣るものの、今回開発している印刷製造プロセスへの適合性が高いことを見出した。

電極配線パターン形成、絶縁層形成に関して、低温高速プロセス化を実現する技術として、熱エネルギー以外の局所高密度エネルギーを投入する技術の検討を行った。光照射インク改質技術を検討したところ、照射光のエネルギー制御が重要であり、過度に照射エネルギーを上げると、照射工程中に基準として用いている基板材料に損傷を生じさせてしまうこと、ただし損傷と照射エネルギー量との関係は、基板材料の種類によって異なってくることなどを明らかにした。

詳細なプロセス条件の検討の結果、高密度エネルギーによる下地層の損傷を防ぐ技術を導入すると、低温高速プロセス化が実現できることを明らかにした。結果として、光・プラズマという非加熱焼成プロセスを開発することによって、焼成の際のプロセス温度を 120°C にすることを実現した。

上記で開発したプロセスを用いて TFT を製造した場合の、TFT 性能発現との相関性を検討した。材料・プロセス条件の詳細な検討をすることにより、特定の材料・プロセス条件下では、良好な TFT 性能が得られることを明らかにした。

上記の非加熱焼成プロセスならびに低温プロセス適合材料技術の開発を行うことにより、それぞれの部材の形成におけるプロセス温度を 120°C 以下に下げることを実現し、その条件下において前研究開発項目で開発した位置合わせ技術を適用することにより印刷精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 以下を実現した。これにより、中間目標を達成することができた。

《印刷 TFT の高動作速度化技術の開発》

印刷製造 TFT を高動作速度化する技術を開発するために、デバイスを構成する材料の組み合わせ、素子構造等の最適化を検討した。TFT アレイを構成するゲート電極、ゲート絶縁膜、半導体、ソース・ドレイン電極、配線に関して、それぞれ各部位として高機能を発現させるとともに、各部位間機能マッチングをはかることが重要となる。

本研究開発で、性能制御要因の解明ならびに性能向上のための最適化検討を行った結果、全印刷製造 TFT として、高いトランジスタ性能を発揮する材料組み合わせを見出すことができた。構成材料の組み合わせは、素子構造ならびに素子各部位の形成順序によっても大きな影響を受ける。特に印刷法で形成する場合、インク溶媒が与える下層へのダメージが大きな問題となるため、材料の組み合わせ設計は十分な検討が必要である。そこで、素子構造ならびに各部位構成順序の最適化も検討した。これにより、材料構成、素子構造、部位形成順序の依存性を明らかにすることができ、印刷で形成する TFT の高機能化のための設計指針を得ることができた。こうして形成した印刷製造 TFT に関して、その特性評価を行ったところ、移動度、接触抵抗、動作速度などの性能を制御できること、それにより性能向上を引き出せることを明らかにした。

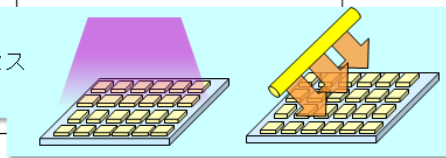
上記デバイス・プロセス整合技術の開発により、全印刷製造 TFT で動作周波数 0.1MHz を達成した。これは、中間目標である動作周波数 0.3MHz には達していないが、平成 25 年 7 月時点で得られた新たな材料技術を適用することによって、平成 25 年度末までには達成できる見通しが得られている。

《印刷 TFT 集積回路用配線の高周波特性向上技術の開発》

TFT 集積回路用配線の技術のひとつとして、銅箔配線があげられるが、本事業では印刷形成を可能とすることが課題であることから、特に、金属ナノインク配線で、銅箔配線を凌ぐ高周波特性を実現することを目標として、印刷形成が可能となるインク及びその印刷形成技術の開発を検討した。

銀ナノワイヤを用いて新たな導電インクを開発し、これにより表面平滑度の高い印刷配線の形成に成功した。この結果体積抵抗が多少高くとも優れた反射特性を示す配線を形成できることを見出した。こうして形成した銀ナノワイヤ配線にて、1.5GHz における S11 パラメータ -29dB を達成した。これは、体積抵抗率は銅箔配線よりも 2 桁以上大きいにも関わらず、0.5-4.0GHz の範囲で銅箔配線よりも優れた反射特性を有することを示すものである。この技術を用いて、PET フィルム上に銀ナノワイヤアンテナを作製し、2.45GHz の信号を受信していることを実証した。

◆研究項目② 高度TFTアレイ印刷製造技術開発

最終目標(平成27年度末)				
TFTアレイ印刷製造プロセスの高度化				
【低損傷】 : 位置合わせ精度±10μm、プロセス温度120℃以下の温度での生産プロセス				
【高速応答】 : 印刷製造TFT素子で動作周波数1MHz以上				
【入力素子試作】 : 印刷製造TFTアレイで接触型情報入力素子試作。堅牢性実証				
【生産プロセス適合化】 : メートル級の大面积TFTアレイの連続製造プロセスの提示				
中間目標	研究開発成果	達成度 (平成25年度)	最終目標への取り組み	達成目処 (平成27年度)
<ul style="list-style-type: none"> 位置合わせ精度 ±20μm、プロセス温度150℃以下 印刷製造TFT素子で、動作周波数0.3MHz以上 	<ul style="list-style-type: none"> 非加熱焼成プロセス開発により温度120℃以下、精度±10μm実現 デバイス・プロセス整合技術により印刷TFTで動作周波数0.1MHz 	<p>○</p> <p>△</p> <p>H25年度末 達成見込み</p>	<ul style="list-style-type: none"> 非加熱プロセスにおける素子の低損傷化 TFTの高移動度化、短チャネル化 デバイス製品仕様との整合化 連続製造プロセスの高歩留り化 	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
<p>非加熱焼成プロセス</p> 				

◎: 大幅達成、○: 達成、△: 達成見込み

図III-2.2-1 研究開発項目②の成果と目標の達成度

2.3 印刷技術による電子ペーパーの開発

2.3.1 電子ペーパーに係る基盤技術開発

本研究開発項目においては、各種電子ペーパーを印刷による TFT アレイへ適合するための基礎技術の検討を行い、デバイス作製のための課題抽出及び設計指針を得ることを目的として、研究開発項目③-(2)以降で開発が検討されている電子ペーパーに対する TFT アレイの仕様を定めるための、TFT アレイと表示部との接合条件の検討を行った。その結果、以下のような成果を得るに至った。

素子製造上の接合条件や駆動電圧などについて基礎データの収集を行うことで、電子ペーパーの一次設計を行った。この結果、A4 サイズのフィルム基板上に印刷法を用いて 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを連続的に生産するための課題抽出を行った。またその評価手法の課題を抽出した。これにより、電子ペーパー用のフレキシブル TFT バックプレーンを印刷技術により製造するための基盤構成材料及びプロセス工程の設計指針を示した。こうして得られた製造条件をもとに、全印刷製造 TFT を用いて A4 サイズの電子ペーパーを試作し、良好に動作することを確認した。

上記技術開発により、電子ペーパー表示部と TFT シートとの接合課題を抽出することができたとともに、全印刷製造 TFT による電子ペーパーを試作し、動作を検証することを実現した。これにより、中間目標を達成することができた。得られた成果は、今後研究開発項目①、②へ反映することとする。

◆研究項目③-(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

最終目標(平成23年度末)			
電子ペーパーを印刷によるTFTアレイへ適合するための基礎技術の検討。 【デバイス整合化】 :TFTアレイと表示部の接合条件や駆動電圧等デバイスとしての課題を抽出			
目標	研究開発成果	達成度 (平成23年度)	今後の展開
・電子ペーパーとTFTアレイの接合化条件の抽出	・電子ペーパー表示部とTFTシートとの 接合課題を抽出 ・全印刷製造TFTによる電子ペーパーを試作。動作を検証	○	・高生産性プロセスとデバイス性能仕様との整合化を図る課題として、研究項目②にて集中的展開



試作した全印刷製造TFTシート



試作した全印刷TFT駆動電子ペーパー

◎: 大幅達成
○: 達成
△: 達成見込み

図Ⅲ-2.3.1-1 研究開発項目③-(1)の成果と目標の達成度

2.3.2 高反射型カラー電子ペーパーの開発 (株式会社リコー)

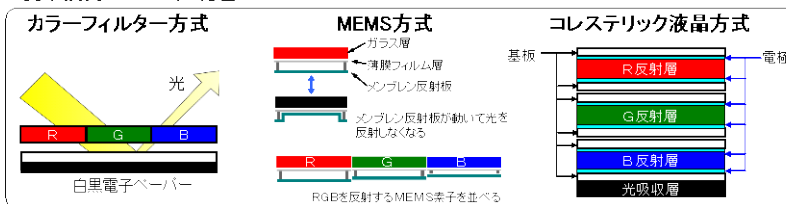
2.3.2.1 「積層型エレクトロクロミックディスプレイ」の開発

(1) 研究開発の背景

電子ペーパー（反射型表示パネル）は印刷紙と同じように外光によって視認可能な画像表示デバイスである。液晶ディスプレイ（LCD）や有機ELのように発光部を持たず電力なしで表示画像が保持されるために、高い省エネルギー性と強い外光環境下（屋外など）での優れた視認性を有する。近年この特徴を活かした白黒電子ペーパーの普及にともない、カラー画像表示のニーズが一段と強くなっている。しかし従来の表示方式では市場受容性がないため用途が限定されている状況にある。これは明るく鮮やかなカラー表示、パネルコスト（生産性）を実現する実用的な技術が確立されていないためであり、ブレークスルー技術の開発による市場拡大が期待されている。

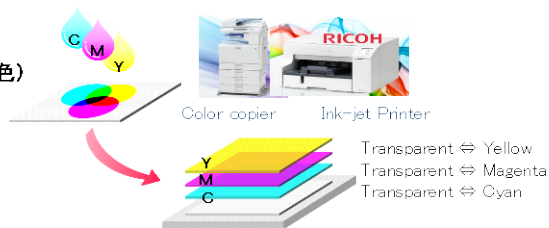
反射型カラー表示技術として、これまでに様々な方式が発表されてきたが、実用化された方式はレッド、グリーン、ブルー（RGB）の加法混色原理により画像表示する技術である。具体例としては、①反射型白黒表示にRGBのカラーフィルターを重ねる方式[1]、[2]、②MEMSを利用してR、G、Bそれぞれの光を選択的に反射させ、空間分割したサブピクセルを形成する方式[3]、③R、G、Bそれぞれの光を選択的に反射するコレステリック液晶を積層した方式[4]などである。しかし、図III-2.3.2-1に示すように①の方式では、発光部位を持たない反射型表示にカラーフィルターを重ねるため、カラーフィルターによる光ロスが非常に大きく、画像が暗くなってしまう。さらに①及び②の方式では、サブピクセルで空間分割されるためカラーの色彩が低下し、明るく鮮やかなカラーを得ることはできない。また、③の方式は空間分割方式ではないため①、②に比べると鮮やかな色彩を得ることができるが、コレステリック液晶の反射率上限（50%）があるため、高い白反射率を得ることは難しい。また、基板と電極に挟まれた3つのディスプレイ（R、G、B）を重ね合わせた構造をとっているため、低コスト化が困難であるとともに光利用効率も低下しやすい。

従来技術(RGB加法混色)



	反射率(%) 555nm
アート紙(Japanカラー)	80
新聞(Japanカラー)	58
白黒電子ペーパー市販品 EPD方式	45
カラー電子ペーパー市販品(A)液晶方式	34
カラー電子ペーパー市販品(B)MEMS方式	26
カラー電子ペーパー市販品(C)カラーフィルター方式	25

新規方式(CMY減法混色)



図III-2.3.2-1 従来方式（加法混色）と新規方式（減法混色表示）の比較

そこで本研究ではブレークスルー技術として、カラー印刷紙と同様にシアン・マゼンタ・イエロー（CMY）の減法混色原理により明るく鮮やかな色彩が得られる反射型画像表示デバイスを、低コスト構造で実現する「積層型エレクトロクロミックディスプレイ」（mECD）を開発した。

(2) 研究開発目標と方針

<開発目標>

反射型カラー表示で反射率 50%以上を実現する。また、印刷法を用いてフィルム基板上に対角 10 インチのカラー（512 色）パネルを作製することにより、工業的に製造可能であることを実証する。10 インチパネルの重量は 60g 以下を達成する。

反射率の目標値は、すでに市場を形成している白黒電子ペーパーの反射率が 45%、新聞紙の反射率が 58%程度であることから、目標値（50%以上）の市場受容性は充分にあると判断して設定した。なお従来方式のカラー電子ペーパーの反射率は 25-34%である。明るく鮮やかな新規カラー表示技術により、電子ペーパー市場の拡大を目指す。

<開発方針>

以下①、②の方針で研究開発を実施中である。

- ① 新規方式 mECD のフルカラー表示 TFT 駆動を実証し、パネルサイズを段階的にステップアップすることで技術を確立するとともに、市場の受容性を早い段階から確認する。
- ② mECD は表示部と TFT 部を貼り合わせる構造であり、表示部と TFT 部を個別に開発することができる。助成事業では表示部の開発に注力することで、新規技術獲得を優先し、委託事業で開発する印刷 TFT 基板と組み合わせて、フレキシブルフィルムパネルを実現する。

(3) 研究開発内容

mECD の断面イメージを図 III-2.3.2-2 に示す。mECD は LCD、有機 EL などの一般的なディスプレイと同様に表示部（フロントプレーン）と駆動部（バックプレーン）からなる。表示部は、シアン・マゼンタ・イエローの 3 つの発色層（膜厚≒1 μ m）を機能膜として薄膜積層形成しているため、光のロスが少なく視野角依存がない。また減法混色表示であるため原理的にカラー印刷紙のような明るく鮮やかなカラー表示が可能である。さらに 1 つの駆動基板（TFT 基板）で積層した 3 つの発色層を駆動する低コスト構造である。また作製面においても表示部機能層の微細加工が不要、かつ低温プロセスが適用できるため、生産性に優れフレキシブル化が容易という特徴がある。[5]、[6]

従来の発光型ディスプレイ（LCD、有機 EL）との構造比較を図 III-2.3.2-3 に示す。mECD パネルは構造がシンプルであり、以下の点でコスト優位性がある。

- ・表示部の RGB 微細パターンニング*が不要
※有機 EL：発光層、LCD：カラーフィルター
- ・構成部材が少ない（対 LCD）
- ・3 倍の解像度が得られる（1 ドットでフルカラー表示できる）

mECDの表示部は、それぞれ透明電極上に形成した3つの発色層を、絶縁層を挟んで積層し、背面に白反射層を形成した構造を有する。この発色層には電圧印加により透明からそれぞれC、M、Yに可逆的に色変化するエレクトロクロミック（EC）材料を用いる。EC材料は酸化還元反応により色彩が変化し、電圧をオフにしても一定時間発消色状態を保持する特性を有する。mECDでは発色層としてEC材料を担持した酸化チタンナノ粒子膜（EC層）を採用した。酸化チタンナノ粒子膜を増感電極とすることでEC材料の発色濃度が向上し、表示画像のコントラストが向上する。また、発色層をナノ粒子膜とすることでイオンの浸透性を確保できる。

この表示部を、電解質を介して対向（画素）電極を有する駆動部と貼り合わせることでmECDパネルが作製される。電解質は各透明電極と対向電極の間をイオン伝導させ、EC材料を酸化還元するために必須である。そのためには表示部の各層（EC層とその透明電極、絶縁層、白反射層、ただし基板面に形成した透明電極は除く）をイオン浸透層として形成する必要がある。発消色駆動では、発消色させるEC層の透明電極を選択し、対向電極と接続して電圧印加する。電圧印加により電解質のイオンが移動し、接続した透明電極にのみ電荷が注入/注出され、EC層が酸化還元反応して発消色する。さらに、EC層が発消色した後、開回路構成とすることで発消色状態がメモリーされる。

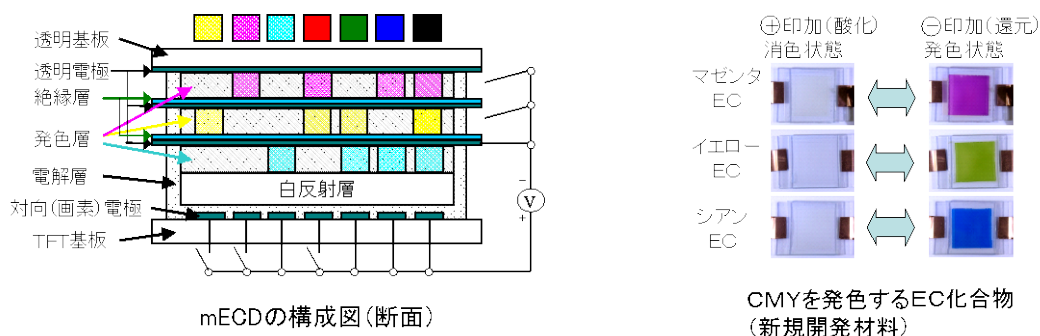


図 III-2.3.2-2 積層型エレクトロクロミックディスプレイの構成図

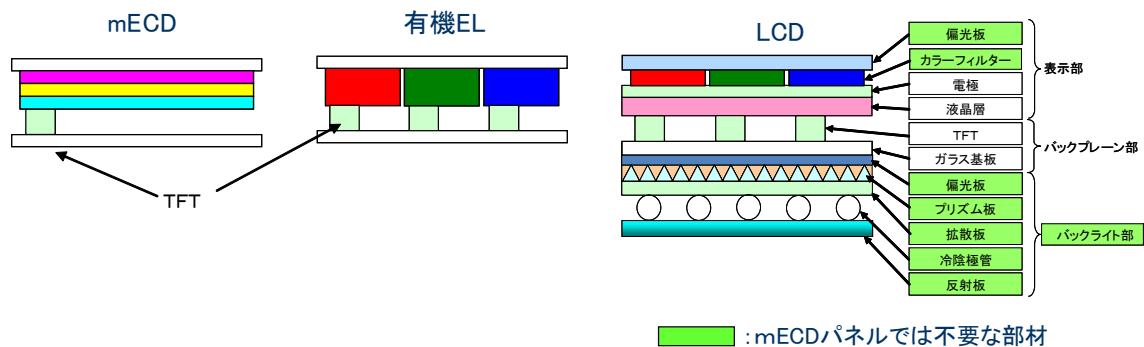


図 III-2.3.2-3 パネル構成（1画素）の比較

mECD は従来例がない新規ディスプレイデバイスである。本研究では mECD 開発の要素技術として、以下 3 つの開発パートを設定して研究を実施した。

① 積層素子構成、製膜プロセス、製膜装置の開発

- ・フィルム基板上に各 EC 層とその透明電極、絶縁層、白反射層を均一膜厚・無欠陥で積層形成する材料/プロセス技術の開発
- ・電解層のイオン電導性に異方性を持たせることによる表示画像のにじみを抑制する高解像度表示技術の開発
- ・酸素及び水を排除するとともに、イオン浸透性多孔質膜に電解質を充填し気泡レスでフィルム基板（表示基板と TFT 基板）を貼り合せて封止する材料/プロセス技術の開発

② 材料開発

- ・透明からそれぞれ C、M、Y に発色し、色純度と発消色状態の安定性を両立する新規 EC 材料の開発
- ・エレクトロクロミック反応（酸化還元反応）を安定化させるための、対向電極（画素電極）表面に形成する対極層（逆反応材料）の開発

③ 駆動方法及び装置の開発

- ・mECD 駆動のためのバイポーラ電流駆動アクティブマトリクス TFT 基板及び駆動装置の開発
- ・mECD 特有の駆動技術の開発

(4) 研究開発成果

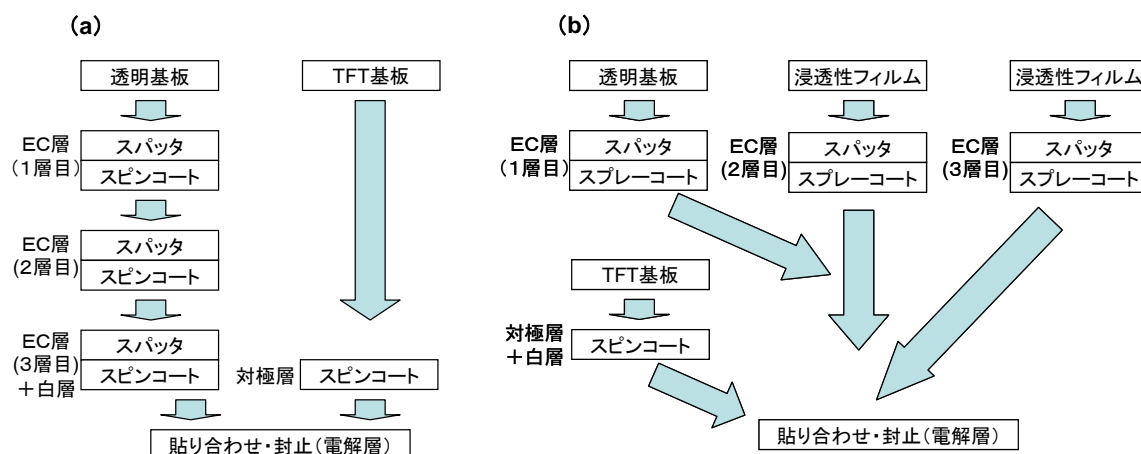
mECD 表示部の作製条件を表 III-2-3.2-1 に、作製プロセスフローを図 III-2.3.2-4 に示す。mECD の表示部は透明基板に機能薄膜を形成するが、微細なパターンングが不要であることから、既存の製膜方法（スパッタリング、スピコートなど）による製造が可能である。このようにスパッタリング、スピコートを組み合わせた生産プロセスとしては、例えば、光ディスクの高速枚葉生産が知られている。DVD+R では生産タクトが 3 秒/枚程度の高速生産プロセスが開発されており、LCD のような大規模生産インフラを必要とせず、売価 30 円/枚という超低コストが実現された。mECD でも同様の生産性が期待できる。mECD の積層プロセス開発ではタクト 10sec 以下、かつ、フレキシブル透明基板としてポリエチレンテレフタレート（PET）基板に対応可能な低温（120℃以下）プロセス条件を設定している。

ただし、枚葉生産ではパネルサイズが限定される。10 インチ以上にも対応可能な生産プロセスとして、Roll to Roll 生産にも対応可能なフィルムプロセスを開発した。

絶縁層として浸透性フィルム（多孔質 PET など）を採用したフィルムプロセスでは、C、M、Y に発色する EC 層を形成したフィルムをラミネートする Roll to Roll 方式の生産プロセスである。本方式を用いることで大型化が容易になるとともに歩留まりの向上が期待できる。

表Ⅲ-2.3.2-1 mECD 表示部の作製条件

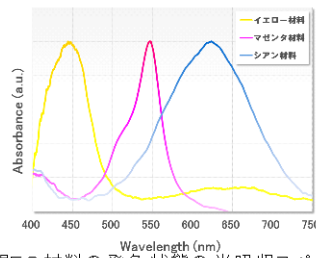
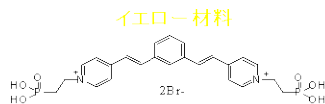
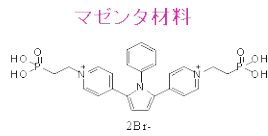
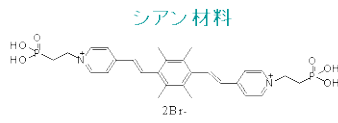
	材料	厚さ	作製プロセス
透明基板	ガラスまたは PET フィルム	0.1~0.7mm	
透明電極	ITO	~80nm	スパッタリング
発色層 (EC 層)	有機 EC 材料 TiO ₂ 粒子	~1μm	コーティング アニーリング
絶縁層	SiO ₂ 粒子または 多孔質 PET フィルム	~1μm ~50μm(フィルム)	コーティング アニーリング
白反射層	TiO 粒子	5~10μm	コーティング アニーリング



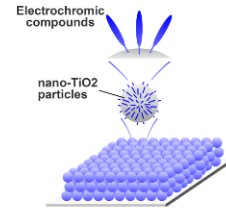
図Ⅲ-2.3.2-4 mECD の作製プロセスフロー
(a) 積層プロセス、(b) フィルムプロセス

mECD では EC 材料の色彩特性が画像の色再現範囲を決定する。しかし、透明からそれぞれ C、M、Y にクロミックする有用な既存材料は開発されていない。本研究開発では、従来材料に比べ、発色状態の光吸収スペクトル幅が狭く、鮮やかな発色を示す新規な有機単分子 EC 材料を開発した。EC 材料の分子構造例と発色状態の光吸収スペクトルを図Ⅲ-2.3.2-5 に示す。ビピリジン間の共役構造を変更することで発色状態の色彩調整が可能である。また、末端のリン酸基でナノ粒子表面に吸着させることで、発消色の増感効果を得る構造である。

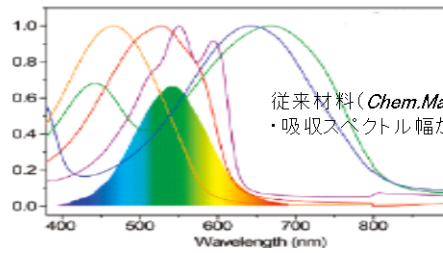
<新規開発したEC材料の分子構造例>



新規EC材料の発色状態の光吸収スペクトル



発色層(EO層)の構造
ナノ粒子表面に吸着させる。

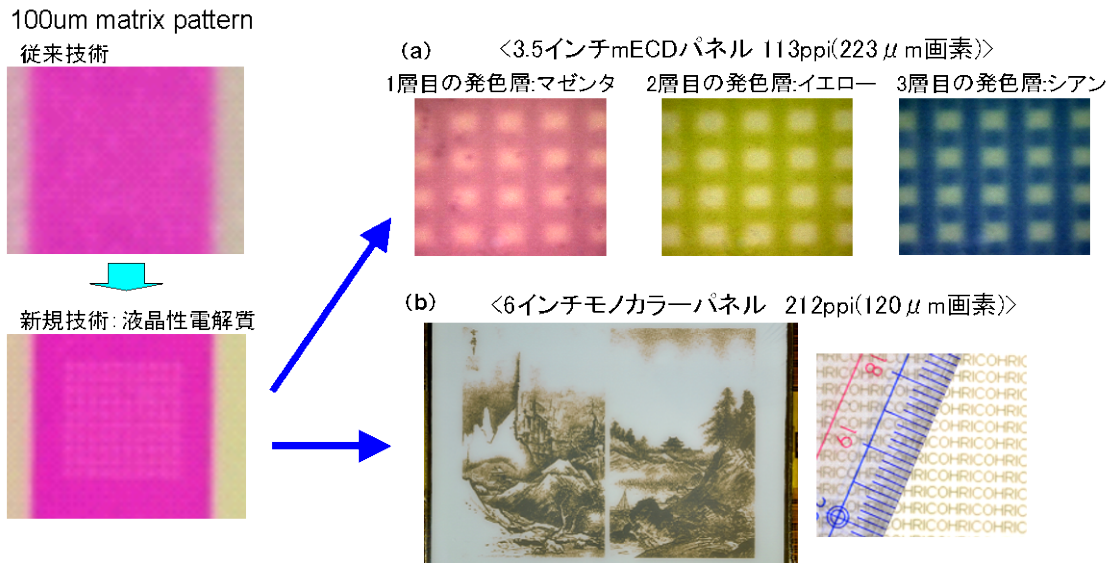


従来材料(*Chem.Mater.* 2011, 23 397-415)
・吸収スペクトル幅が広いため一次色が出ない

図 III-2.3.2-5 新規 EC 材料構造と発色状態の光吸収スペクトル

表示画像のパターンに対応した画素を発消色駆動させるためには、EC層の画素電極に対向した領域のみを選択的に酸化還元反応させる必要がある。従来のECデバイスでは、イオン拡散現象により表示画像がにじむ不具合が生じるため、電解層などをパターンニングすることにより物理的な隔壁を形成して抑制することが検討されてきた[7]。しかし、電解層のパターンニングはパネル作製プロセスが複雑になり、mECDには適用できない。本研究では新規技術として、ネマチック液晶性の電解層を開発し、電極間の一次元的なイオン伝導を実現することで、微細なパターンニング加工なしで高精細なAM駆動表示に成功した。図III-2.3.2-6にmECDパネルの解像性を示す。3.5インチカラーパネルでは約233 μm 、6インチモノカラーパネルでは約120 μm のドット解像表示に成功した。

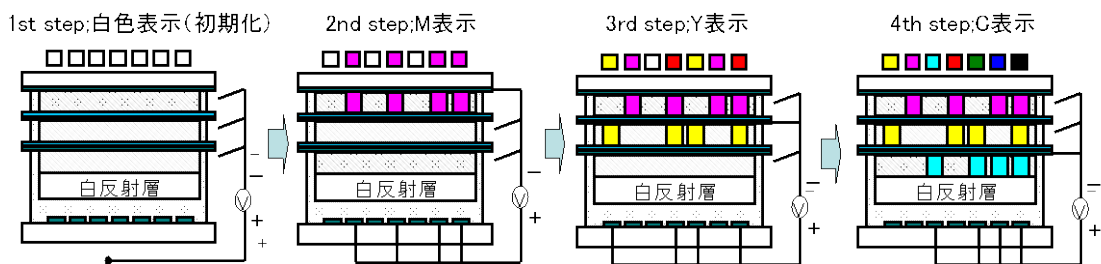
この成果により、高精細なアライメントを必要とせずに、表示部をTFT基板と貼り合わせるだけでTFT画素の解像度を得ることが可能となった。



図III-2.3.2-6 mECD 試作パネルの表示画像 (解像性)

(a) 3.5 インチパネル 113ppi(223µm)マトリックス表示、(b) 6 インチモノカラーパネル 雪舟「秋冬山水図」、拡大図 (RICOH 表示) 212ppi(120µm)

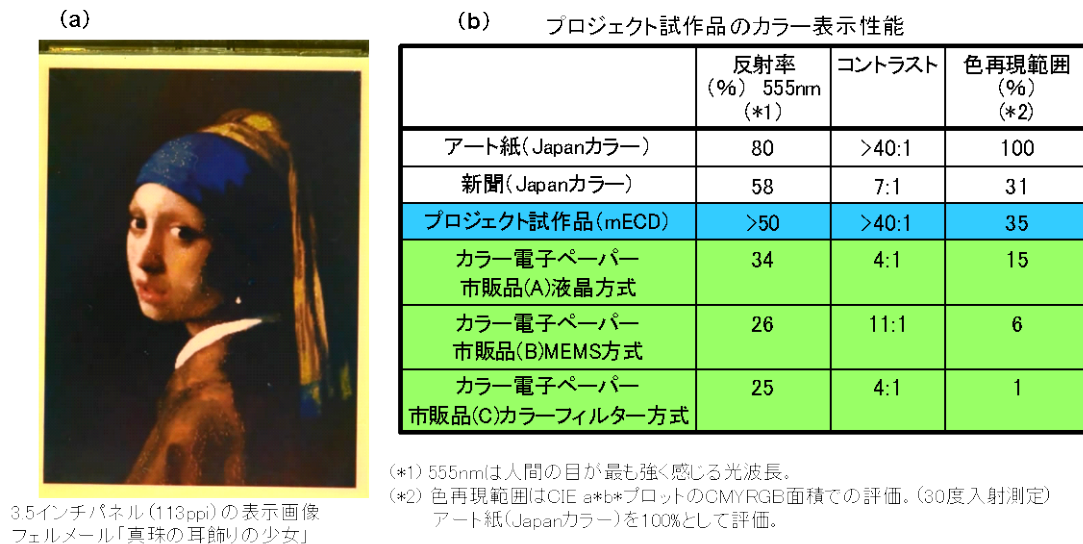
mECD のフルカラー画像表示駆動は 4 つの Step で構成される。図III-2.3.2-7 に示すように 1stStep 白色表示 (初期化) 状態では、すべての発色層が透明状態にされており、白反射層の白が表示される状態である。2ndStep のマゼンタ画像表示では、表示画像に対応する画素電極を選択し、マゼンタ発色層を形成した透明電極と接続して電圧印加することにより、マゼンタ発色層の表示画像領域のみを発色させる。その際、発色させる層以外の透明電極は開回路状態である。3rdStep ではイエロー発色層の透明電極を選択して表示画像を形成し、4thStep ではシアン発色層の透明電極を選択して表示画像を順次形成させていく。各 EC 層はメモリー性を有するため画像が保持され、結果として CMY 減法混色によるフルカラー画像表示が実現できる。



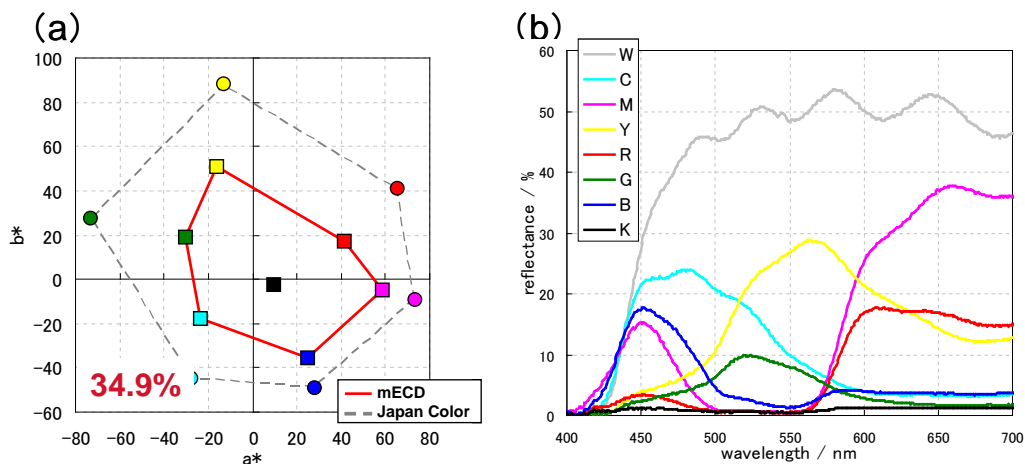
図III-2.3.2-7 mECD の駆動方法

mECD は酸化還元による電荷の注入/注出で発消色するため、逆電圧印加可能なバイポーラの電流駆動 TFT 基板と駆動回路が必要である。本研究開発では、既存の LCD、有機 EL で開発されたシリコンプロセス技術をベースにした mECD 専用のアクティブ駆動 TFT 基板と駆動回路を開発した。図III-2.3.2-8(a)に専用 TFT 基板を用いた 3.5 イン

チ(113ppi)mECD パネルの表示画像、図Ⅲ-2.3.2-8 (b)及び図Ⅲ-2.3.2-9 にカラー表示性能を示す。mECD により、減法混色のフルカラーアクティブマトリックス駆動表示を世界で初めて実証した。また、試作パネルのカラー表示性能評価にて、明るさ（反射率）50%以上、鮮やかさ（色再現範囲）カラー新聞以上を達成した。この結果は反射型カラー表示性能として世界最高値である。



図Ⅲ-2.3.2-8 3.5 インチ mECD パネルの表示画像と試作パネルのカラー表示性能
(a) 表示画像 フェルメール「真珠の耳飾りの少女」、(b) パネルのカラー表示性能



図Ⅲ-2.3.2-9 試作パネルのカラー表示性能
(a) CIE a*,b*プロット、(b) 反射スペクトル

さらに、ポリイミドフィルム基板のフレキシブル TFT を用いて、3.5 インチ(113ppi)mECD フレキシブルパネルを試作し、表示動作に問題がないことを確認した。(図Ⅲ-2.3.2-10) なお、フレキシブルカラーパネルの表示部は絶縁層に多孔質 PET フィルムを用いたフィルムプロセスで作製した。パネルの重量は約 4g である。



図Ⅲ-2.3.2-10 3.5 インチフレキシブル mECD パネル (113ppi) の表示画像

(5) 研究開発成果の意義

電子ペーパー市場拡大への貢献（以下①～③）が期待できる新規な反射型カラー表示技術(mECD)を開発した。

①省エネルギーで屋内外での視認性が高いカラー表示技術を実現した。

試作パネルで明るさ（反射率）：50%以上、また鮮やかさ（色再現範囲）：カラー新聞同等以上を達成した。この結果は C、M、Y 減法混色原理の全く新しい表示方式 (mECD)により達成されたものであり、従来技術及び競合技術では容易に達成できない。電子ペーパーの市場は白黒表示に用途が限定されてきたが、本研究開発の成果により、カラー電子ペーパーの新規市場の形成が期待できる。

②実用化/普及に向け、生産性に優れた2つの作製プロセスを開発した。

mECD の表示部はフィルム基板の上に機能層を積層製膜することで作製でき、微細加工が不要であるため、特殊な設備を必要とせず、生産容易な構造である。この特徴を活かし、パネルサイズに合わせて2つの低コスト生産プロセス（積層プロセスとフィルムプロセス）を開発した。積層プロセスでは表示部の作製タクト10秒/枚の可能性を確認し、小型パネル低コスト生産の実現見込みを得た。また、フィルムプロセスは10インチ以上の大面積化が可能な Roll to Roll 方式の低コスト生産プロセスとして開発した。

③mECD は表示部と TFT 部を高精度アライメント不要で貼り合わせる構造であるため、技術の汎用性が高い。

委託事業で開発する印刷 TFT と組み合わせたフレキシブルフィルムパネルにより、軽量性、設置容易性に優れた電子ペーパーを低コストで実現できることに加えて、既存技術（シリコンプロセス）で作製した TFT 基板でも実用化可能なことを確認済みである。

(6) 最終目標の達成

平成 25 年度は、中間目標として、フィルム基板上に反射率 50%以上である対角 6 インチのカラー（64 色以上）パネルを実現する計画である。3.5 インチパネルでは、すでに目標の反射率、カラー数、フィルム基板（フレキシブル化）を達成した。（表Ⅲ-2.3.2-2）また、6 インチパネルについては、事前検討としてモノカラーパネルの解像性（約 120μm）を確認した。今後の 6 インチカラーパネルの実現に向けた主要課題は、フィルム基板上への均一性・密着性を改良した積層膜塗工技術の獲得であり、本課題については積層プロセスとフィルムプロセスの2つのアプローチを検討して達成する。今後、さらに平成 27 年度の最終目標に向け、材料技術、駆動技術、大面積化技術、信頼性技術を実用化技術として確立する。

表Ⅲ-2.3.2-2 開発目標の達成状況

中間目標	研究開発成果	達成度 (平成25年度)	最終目標への取り組み	達成目処 (平成27年度)
・反射率: 50%以上	・50%以上を達成	○	・色純度の改良	○
・カラー(色数): 64以上	・26万色相当	◎	・階調制御技術の確立	○
・サイズ/基板: 6インチ フレキシブル	・3.5インチ/フレキシブルパネルの作成に成功。 ・6.0インチパネルの試作に着手	△ (平成26年2月達成計画)	・フィルム基板上への均一性・密着性を改良した積層膜塗工技術の獲得。	○

参考文献

- [1] http://www.eink.com/display_products_pearl.htm
- [2] Keiichi Akamatsu, et al, “A 13-inch Flexible Color EPD Driven by Low-Temperature a-Si TFTs”, Proc.of SID2011, 198-201, 1, (2011)
- [3] Brian Gally, , et al, “A5.7” Color Miarasol[®] XGA Display For High Performance Applications”, Proc.of SID2011, 36-39, 1, (2011)
- [4] <http://www.frontech.fujitsu.com/services/products/paper/flepia/>
- [5] S. Hirano, et al, “Reflective Real-Full-Color Display – Multi-layer Structure of Electrochromic Compounds -”, Nippon Kagakukai Nenkai Yokosyu 89 2B1-15 (2009)
- [6] Tohru Yashiro, et al, “Novel Design for Color Electrochromic Display”, Proc.of SID2011, 42-45, 1, (2011)
- [7] Jae Eun Jang ,et al, “4.53-in. Electrochromic Display with Passive-Matrix Driving”, Proc.of SID2008, 167-171, 1, (2008)

2.3.3 大面積軽量単色電子ペーパーの開発（凸版印刷株式会社）

2.3.3.1 研究開発の背景と方針

プリンテッドエレクトロニクスは①低設備投資負担、②高材料使用効率、③低環境負荷等の特徴から従来の真空成膜/フォトリソグラフィ法と比較して、桁違いの低コスト化を実現できる可能性を秘めている。そのため近年、内外の企業や研究機関により多くの研究がなされてきた。印刷 TFT アレイを製造する上で提案された種々の手法を大別すると以下の3つのカテゴリーに分類できる。

- ① 電極部等高精細パターンが要求される層は従来の真空成膜/フォトリソグラフィ法を用い一部の層は塗布等で形成する手法[1]、[2]
- ② 濡れ性制御層を露光工程でパターン形成し、その上にインクジェットもしくは有版印刷を行う方法[3]、[4]
- ③ 印刷法だけで全層を形成する手法[5]、[6]

そもそも印刷法のメリットは

- (1)真空プロセスを使用せずに膜を形成できること
- (2)膜形成とパターニングが一つのプロセスで実現できること

であり、この2つの特徴を同時に満たしうるからこそ、“工程数の減少、必要な装置数の減少、短タクト化”が可能となり、従来法と比較して圧倒的な低コスト化が実現しうるのである。以上の議論からも明らかな通り、プリンテッドエレクトロニクスが本来目指すべき方向は③の“印刷法だけで全層を形成する手法”であることは論を待たない。

本研究開発では印刷法だけで TFT の全層を形成するプロセスを開発することを目的としている。あわせて印刷法で製造した安価なフレキシブル TFT とフレキシブルな電子ペーパー前面板を組み合わせ、フレキシブルな電子ペーパーを実現する。完全印刷法では各プロセス間のタクトタイムを合わせることが容易であり、また将来大面積化や高速化を目指した連続巻取印刷法も視野に入れることができるため、その技術的かつ経済的なインパクトは大きい。

また本研究開発では、最終的な商品ターゲットとして、非電子書籍用電子ペーパーを狙う。この市場は、今後顕著な市場拡大が見込まれるだけでなく、従来の液晶パネルとも市場が競合することがないため価格競争に巻き込まれにくく、かつ軽量・耐衝撃性等が要求されるため電子ペーパーにフレキシブル性が求められる。また製品カテゴリーとしてそれほど高い解像度が求められないため、プリンテッドエレクトロニクスとの親和性が良いという特徴を持つ。

2.3.3.2 目標と目標の達成度

《中間目標(平成 25 年度末)》

完全印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi の解像度を持つ TFT アレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内を達成する。

《最終目標(平成 27 年度末)》

A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果をもとに大面積化に向けた設計指針を示す。

以下にその中間目標に対する達成度及び最終目標への達成目処を示す。

中間目標	研究開発成果	達成度 (平成 25 年度)	最終目標	達成目処 (平成 27 年度)
・印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi の TFT アレイを製造する	・完全印刷工程で 10.7-in. 120ppi、XGA のフレキシブル TFT アレイ を作製。電子ペーパーの駆動も成功	○	・解像度 120ppi の TFT アレイを作製し電子ペーパーと組み合わせパネル実証	○ (達成済)
・製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内	・製造タクトは 1 枚 10 分を大幅に短縮 して達成	○	・製造タクト 1 枚 3 分以内 ・A4 TFT パネルの重量が 40g 以下 ・大面積化への指針抽出	○ ○ (達成済) ○

2.3.3.3 研究開発成果

完全印刷工程で 10.7-in. 120ppi、XGA のフレキシブル TFT アレイを作製するプロセスを構築した。電極印刷には独自開発した転写印刷法を用いることで、露光工程等を全く用いることなく直接印刷法だけで Line(形成した線幅)/Space(線間のスペース間隔)=1 μ m/1 μ m の銀電極配線を形成することができた。また有機半導体は低分子有機半導体をフレキシソ印刷法で形成するプロセスを開発した。フレキシソ印刷法で形成された低分子有機半導体は表面平坦性が高く、移動度も a-Si と同等の 0.4~0.6cm²/Vs を実現することができた。

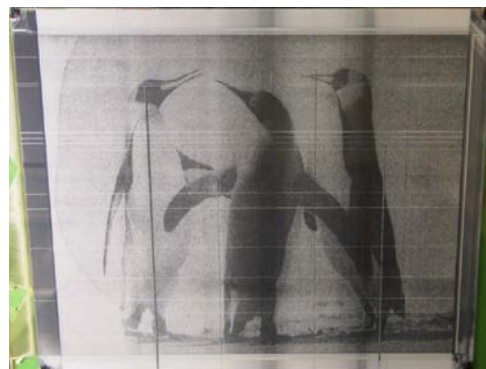
これらの印刷法を駆使して完全印刷方法のみで 10.7-in.、120ppi、XGA(1024×768) のフレキシブル有機 TFT アレイを作製した。図 III-2.3.3-1 には有機 TFT アレイの写真、図 III-2.3.3-2 にはこの有機 TFT アレイを用いて駆動した電気泳動方式電子ペーパーを示す。

量産展開可能な印刷方法だけで製造されて TFT アレイを用いて駆動した電子ペーパーとしては世界唯一の報告例であり、既に最終目標である、解像度 120ppi の TFT アレ

イを作製し電子ペーパーと組み合わせパネル実証を達成した。



図Ⅲ-2.3.3-1 全印刷フレキシブル
TFT アレイ



図Ⅲ-2.3.3-2 全印刷 TFT アレイ駆動によ
る 10.7-in. 120ppi、XGA の電子ペーパー

製造タクトに関しては工程全体の整合性を取る等の工夫することで中間目標の 10分/枚を大幅に短縮して達成し、最終目標 3 分にほぼ近い結果が得られている。

また A4TFT パネル(TFT アレイ+前面板+周辺回路)の重量は 40g 以下を達成し、これも最終目標を前倒しして達成することができた。

2.3.3.4 成果の意義

完全印刷法だけで 10.7-in. 120ppi、XGA の有機 TFT アレイを作成し、電子ペーパーの駆動に成功した。今まで、有機 TFT による電子ペーパー駆動成功例は多く報告されているが、真空成膜や露光工程を全く用いずに印刷法だけで電子ペーパーの表示に成功しているのは JCII からの報告[6]と本研究開発である。タクトタイム等の観点から量産展開可能なプロセスによる報告例は本研究開発のみであり、本成果は完全印刷法によるプリンテッドエレクトロニクスの量産展開可能性を実証した初の報告例であるといえる。

参考文献

- [1] Paul A. Cain, IDW/AD '12, p249
- [2] N. Yoneya, IDW '11, p2009
- [3] K. Suzuki, IDW '09, p1581
- [4] H. Maeda, IDW , p451
- [5] R. Matsubara, SID '12, p419
- [6] K. Matsuoka, IDW '09, p717

2.4 印刷技術によるフレキシブルセンサの開発

2.4.1 フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

本研究開発項目においては、各種フレキシブルセンサを印刷による TFT アレイへ適合するための基礎技術の検討を行い、デバイス作製のための課題抽出及び設計指針を得ることを目的として、研究開発項目④-(2)で開発が検討されているフレキシブルセンサに対する TFT アレイの仕様を定めるための、TFT アレイとセンサ部との接合条件の検討を行った。ここでは特に、圧力センサをターゲットとして、TFT 駆動圧力センサの開発を検討した。その結果、以下のような成果を得るに至った。

大面積フレキシブルセンサの駆動回路を大面積プロセスに適した印刷プロセスを用いて作製することを目標に、オール塗布型高性能有機トランジスタの素子構造検討、駆動回路としての高性能化をめざした擬 CMOS 回路の印刷製造技術検討、高均質 TFT アレイ製造を目指したフローティングゲート型トランジスタの設計検討を行った。

スクリーン印刷とインクジェットを駆使して、全塗布型高性能薄膜トランジスタを製造した。高解像度スクリーン印刷とピコリットル精度の液滴を吐出可能なインクジェット印刷装置を用いることで、全塗布型の有機トランジスタの作製を実現し、移動度：平均 $0.2\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、on/off比： 10^6 を得るに至った。この手法を用いて 30cm 角で 1mm ピッチの解像度を持つトランジスタアクティブマトリックスを試作し、その動作を確認した。

大面積フレキシブルセンサの低消費電力で高性能な駆動回路を実現するために、相補的回路 (CMOS 回路) の設計を行った。p 型トランジスタで、擬 CMOS 構造を作製した。この擬 CMOS 回路を評価したところ、インバータ利得 90 を得た。これは、印刷で作製したインバータとしては著しく高い利得である。

これらの技術を用いて、高性能大面積高均質 TFT 回路の設計を検討した。ゲート絶縁膜内に金属電極を埋め込むフローティングゲート型薄膜トランジスタを用いて、薄膜トランジスタの電気的性能を自由にコントロールして、均一性を向上させる検討を行った。この結果、ばらつきを 10% 程度まで低減できる結果を得た。

次に、大面積フレキシブルセンサの駆動回路に用いるトランジスタとして、フローティング (浮遊) ゲート型有機トランジスタ構造を検討した。このトランジスタ構造を印刷で形成して、特性を評価するとともに、閾値電圧を動的に制御する技術を検討した。これにより閾値ばらつきを 10% 以下に抑えることを実証した。また、このフローティングゲート型有機トランジスタにおいて、閾値電圧をプラス方向からマイナス方向まで、広範囲に閾値変調できる新規構造の開発を行った。これにより、全印刷製造によるフローティングゲート型有機トランジスタにおいて、閾値の動的変調を実現させることに成功した。フローティングゲート型有機トランジスタの先行事例は、ゲート絶縁膜に自己組織化単分子膜とアルミナ酸化膜を使用しており、大面積かつフレキシブルトランジスタに適した高分子ゲート絶縁膜ではフローティングゲート型トランジスタの動作は報告されていなかった。そこで本研究では初めに、高分子絶縁膜であってもフローティングゲート型トランジスタを作製することができ、かつ閾値変調が可能であることを実証することを狙った。また、新規構造を模索することで、従来のフローティングゲート構造では困難であった正負両方向閾値電圧制御を可能にすることを狙った。これにより、半

導体や絶縁膜などの材料に依らず、デバイスを作製した後も自由にエンハンスメント型とデプレッション型のトランジスタを分けることが可能となり、より自由度の高い回路設計を実現するとともに、比較的移動度の低い有機トランジスタにおいて、電流値を犠牲にすることなく安定性の改善やばらつきの補正を行うことができるようにした。さらには、変調できる閾値電圧の幅が広くなることから、メモリ性の向上においても優位性が期待できる。

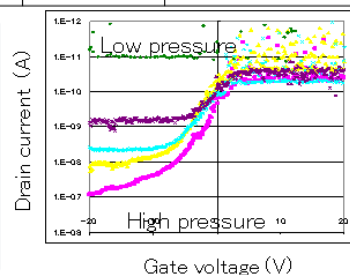
次に、素子製造上の接合条件や駆動電圧などについて基礎データの収集を行うことで、フレキシブル圧力センサの一次設計を行った。この結果、メートルサイズ級の大面積圧力センサシートを実現するためのフレキシブルTFTアレイを印刷技術で形成するための課題が抽出された。また、TFTとセンサ部の接合の仕様と課題抽出を行った。これにより、TFTの駆動電圧等のデバイスパラメータ及びインターフェース部である層間膜、画素電極の設計指針を提示するに至った。こうして得られた製造条件をもとに、全印刷製造TFTを用いてA4サイズのTFTアクティブマトリックス駆動フレキシブル圧力センサを試作し、良好に動作することを確認した。

上記技術開発により、フレキシブル圧力センシング方式とTFTシートとの整合化課題・仕様を抽出することができたとともに、全印刷製造TFTによるフレキシブル圧力センサの試作、動作検証を行った。これにより、中間目標を達成することができた。得られた成果は、今後研究開発項目①、②へ反映することとする。

◆研究項目④-(1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

最終目標(平成23年度末)			
フレキシブルセンサを印刷によるTFTアレイへ適合するための基礎技術の検討			
【デバイス整合化】 :TFTアレイと表示部の接合条件や駆動電圧等デバイスとしての課題を抽出			
目標	研究開発成果	達成度 (平成23年度)	今後の展開
・フレキシブルセンサとTFTアレイの接合化条件の抽出	・圧力センシング方式とTFTシートとの 整合化課題・仕様を抽出 ・全印刷製造TFTによるフレキシブル圧力センサの試作、動作を検証	○	・高生産性プロセスとデバイス性能仕様との整合化を図る課題として、研究項目②にて集中的展開

試作した全印刷TFT駆動フレキシブル圧力センサ



◎:大幅達成
○:達成
△:達成見込み

図Ⅲ-2.4.1-1 研究開発項目④-(1)の成果と目標の達成度

2.4.2 大面積圧力センサの開発（大日本印刷株式会社）

2.4.2.1 研究開発の背景・方針

ネットワーク社会において、生活者が豊かな生活を享受できるサービスを提供するシステムを実現するために、従来の情報入力素子では達成困難な、各種情報の分布を収集することを可能とする大面積情報入力素子が有効となる可能性がある。

このような情報入力素子を実現するためには、有機 TFT からなるフレキシブルシートデバイスが適しており、入力素子の事例として圧力センサシートを開発することとした。

2.4.2.2 目標の達成度

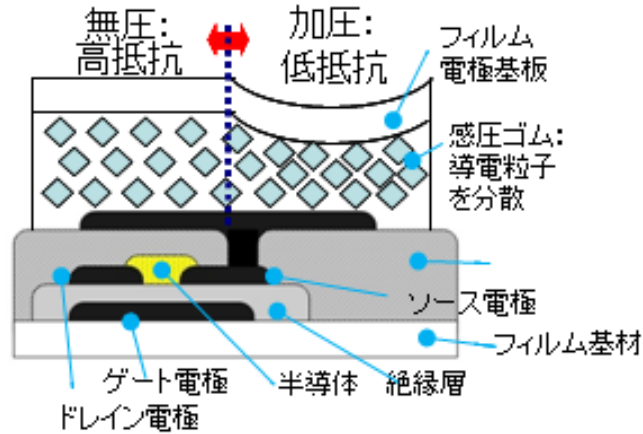
目標の達成度について表Ⅲ-2.4.2-1 に示す。

表Ⅲ-2.4.2-1 中間目標の達成度

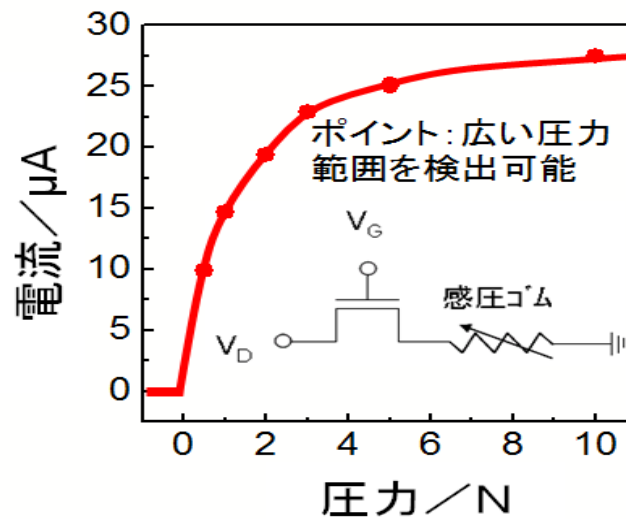
研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題、解決方針
有機TFTアレイの開発	A4サイズで下記をみたす有機TFTアレイの形成 ・アライメント精度50 μ m内 ・素子の特性ばらつき $\sigma < 10\%$	A4サイズ ・アライメント精度20 μ m内 ・素子の特性ばらつき $\sigma < 10\%$ の有機TFTアレイを形成した。	◎	
	・大面積TFTシートの製造技術・装置を開発	500mm角サイズまで適用可能な印刷プロセスを開発。	○	
圧力センサシートの開発	・メートル級の面積TFTアレイ+圧力センサシートの設計指針獲得	A4サイズの圧力センサシートを試作。	△ (H25年度内達成見込)	タイリング手法の開発

2.4.2.3 研究開発成果

有機 TFT アレイを用いた圧力センサは、印加する圧力に依って抵抗値が変化する感圧ゴムを有機 TFT のドレイン電極に負荷抵抗として接続した構成で実現できることが東京大学染谷教授より報告されている。このタイプの圧力センサの試作をおこない、動作検証を通じて大面積圧力センサ実現への課題抽出を行うこととした。有機 TFT の電気特性と、感圧ゴムの印加圧力-抵抗値の組み合わせを調整し、検出感度の実力値を把握した。圧力センサの構造模式図を図Ⅲ-2.4.2-1 に、また単一の素子（感圧ゴムを有機 TFT と対向共通電極ではさんだ構造）に圧力を加えた際のドレイン電流と印加圧力の関係について図Ⅲ-2.4.2-2 に示す。



図Ⅲ-2.4.2-1 圧力センサの構造模式図

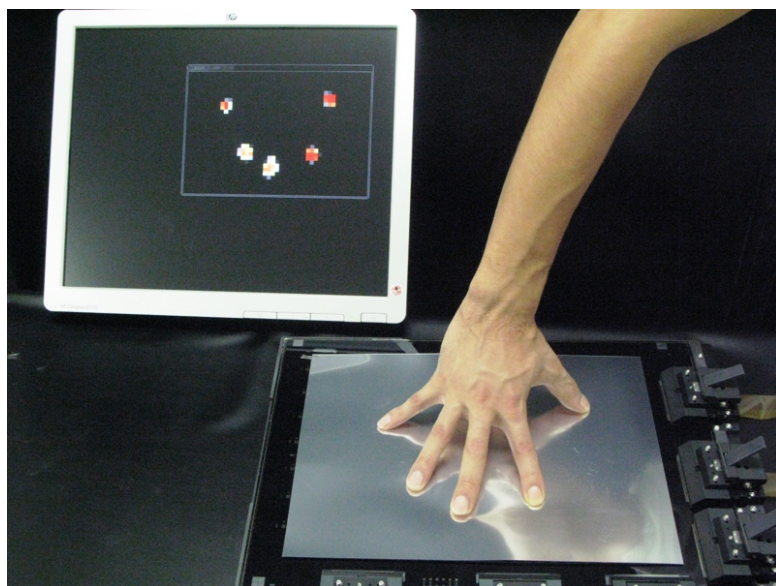


図Ⅲ-2.4.2-2 圧力センサへの印加圧力に対する出力電流特性

背面基板に有効エリア 299x210mm の有機 TFT アレイを用い、感圧ゴムをこの TFT 基板と対向共通電極ではさんだ構成で積層して、有機 TFT をアクティブ駆動することにより、高速で圧力分布を観測可能なセンサシートの試作事例について、主なセンサ仕様を下記に示す。

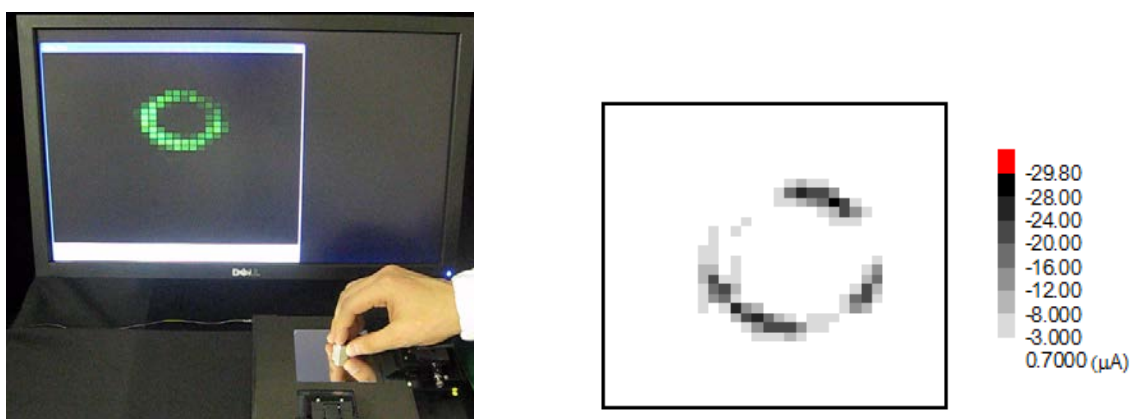
- 素子数： 100×70
- 空間分解能： 3.0mm
- 感圧範囲： 0～10N/cm²
- 検出速度： 10Hz

形成した A4 サイズのセンサシートを用いた圧力分布の観測状況を図Ⅲ-2.4.2-3 に示す。シート上の圧力印加部に接続された有機 TFT のドレイン電流の分布がモニター上にリアルタイム表示されることを確認した。



図Ⅲ-2.4.2-3 試作した圧力センサシートによる圧力分布観測の様子

また、圧力の強弱について連続的に観測が可能であることを、観測電流値を解析して確認した。リング構造の負荷をセンサ上に配した際の動作状況と、センサを構成する個別の有機 TFT からの出力電流値のプロファイルについて、図Ⅲ-2.4.2-4 に示す



図Ⅲ-2.4.2-4 圧力センサの出力中間調の確認

2.4.2.4 成果の意義

<成果の優位性及び展開可能性について>

a-Si や酸化物半導体といった他の競合技術と比較した際の有機 TFT の優位性として下記項目が挙げられる。

- 150℃以下の低温プロセスで形成できるため、PET、PEN 等の低廉な基材が使用可能である。
- 半導体のみならず、絶縁層も有機物なので、a-Si、酸化物半導体 TFT よりも屈曲性が優れている。この特徴は、有機 TFT をセンサ等のシート形状のデバイスに用いる場合、特に顕著な優位性をもたらす。
- 塗布方式で必要な箇所に選択的に材料を配置できるため、大面積シートデバイスを形成する場合には特に材料利用効率が高い。
- また、既存のパッシブ型の圧力センサに対する TFT と組み合わせたセンサの優位性として下記項目が挙げられる。
- 圧力の読取速度が高速化できるため、空間分解能を維持したまま大面積化が可能である。
- 非選択時の待機電流が pA オーダーと微小なので、低消費電力化が可能である。

以上に挙げた、従来にない特徴、優位性の活用が、大面積シートデバイス市場の創造につながることを期待できる。

<成果の汎用性について>

圧力センサに限らず、他の入力デバイスをシート形状で実現する際にも本事業で開発した有機 TFT アレイ製造プロセスは汎用的に利用可能である。

<委託事業との関係性（成果の活用）について>

委託事業で取り込まれる連続生産、高速生産、均一化のいずれも、有機 TFT からなるデバイスの実用化・事業化にとって不可欠な課題である。委託事業の成果を、大面積圧力センサシートの開発に活かすことで、事業化の加速をはかる。

2.4.2.5 知的財産権と標準化及び成果の普及

論文、研究発表・講演、受賞実績等の成果普及実績について表Ⅲ-2-4.2-2 に示す。

表Ⅲ-2-4.2-2 成果普及の実績

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	計
論文（査読付き）	0	0	0	0 件
研究発表・講演	0	0	0	0 件
受賞実績	0	1	0	1 件
新聞・雑誌等への掲載	0	0	1	1 件
展示会への出展	1	1	0	2 件

2.4.2.6 最終目標の達成可能性

基本計画における最終目標：1mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性（移動度及び閾値電圧）のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の大面積 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

- ばらつき $\sigma < 5\%$ 以下の TFT アレイの実現については、電極及び有機半導体のパターンニング精度、層間アライメント精度の向上により達成する。
- 1mm 角サイズのアレイからなるメートル級の圧力センサシートで、10Hz での連続的な圧力分布の読み取りについては、100kHz 以上で応答する有機 TFT の形成により達成できる見通しである。
- メートル級の面積シートデバイスについては、例えば 500mm 角のシート基板を並べて用いる（タイリングする）ことで面積化対応が可能となる。一辺が 1m を超える一枚のフィルム基板上にデバイスを形成した際には、フィルム基板の伸縮変形によるデバイス構成層間のアライメント精度を $20\mu\text{m}$ 以内にて確保することに課題がある。従って、アライメント精度が確実に確保できるフィルム基板サイズにて構成基板を形成し、これを並べて用いることが現実的であることから、タイリング技術の開発により最終目標を達成する見通しである。

IV. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて（委託事業）

1.1 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究組合（JAPER）

本プロジェクトでは、印刷法を駆使して回路・デバイスを製造する技術である「プリントドエレクトロニクス技術」の共通基盤技術の確立を行うための研究開発を行っている。特に本委託事業研究開発課題においては、プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される高生産性連続印刷、同製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術の開発を行っている。当該研究開発課題における技術開発の狙いは、「高生産性製造」、「高自由度生産」、「低設備投資生産」等の生産技術の開発に置かれていることから、その成果は広く多様なターゲット（電子基板製造）に対して活用されていく事が見込まれている。

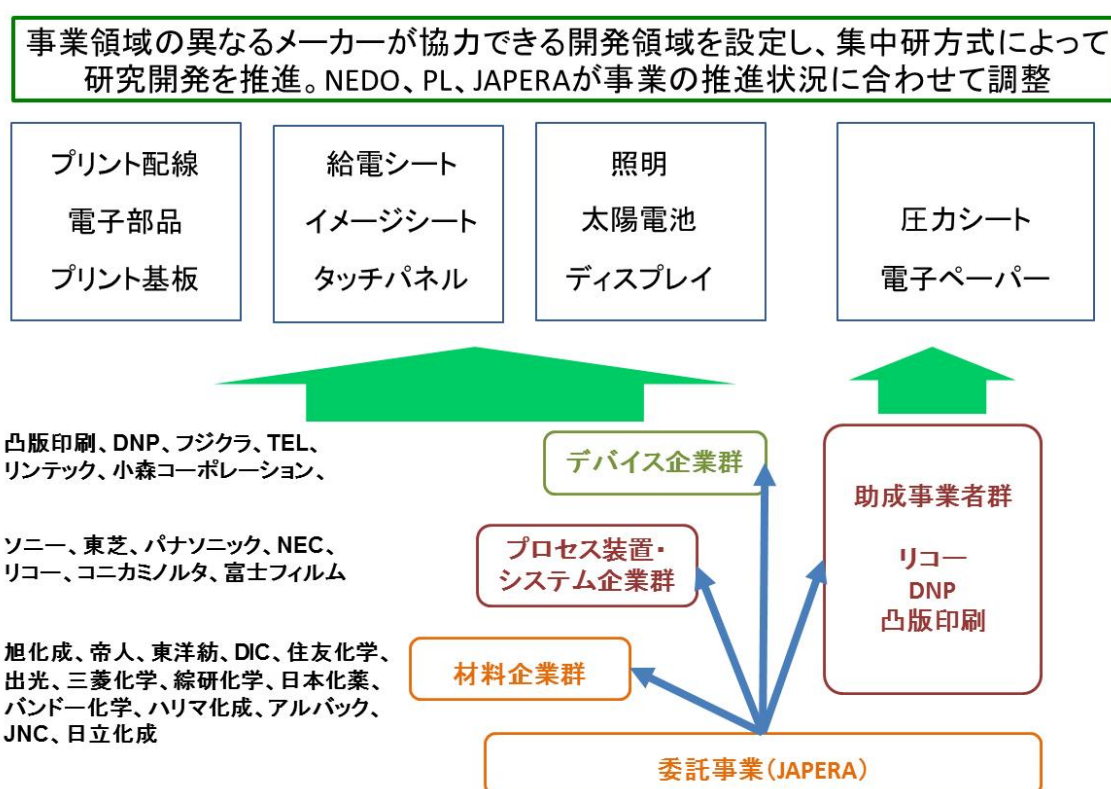
本委託事業での研究開発課題に対しては、複数の材料メーカー、装置メーカー、プロセスメーカー、デバイスメーカーが参加して垂直水平連携体制で技術開発を行っている。それぞれの企業が、自社で得意とする技術と他社技術とのすり合わせを行うことで、上記目的を達成する高度生産技術の確立、すなわち一貫連続生産に有効な技術の開発を行い、高度フレキシブル電子基板の印刷製造技術の確立に取り組んでいることから、電子基板製造における材料ビジネス、装置ビジネス、製造ビジネス、デバイスビジネスなど、いずれのフェーズにおいても、実用化展開していくポテンシャルを有している。

本研究開発では、これまで既存の印刷製造技術の性能を大幅に上回る高精細を実現できる生産技術で、なおかつ高生産性をもたらす高速生産、連続生産、大面積生産を実現するためのプリントドエレクトロニクス基盤技術の開発に努め、プロジェクト中間年までに、その確立に目処をつけるに至った。このように、高生産性プロセスで、従来の製造プロセス仕様を大幅に上回る高精細フレキシブル電子回路基板を製造できる印刷製造技術が開発されることから、その実用化は、まず既存市場におけるフレキシブル電子回路生産、電子部品生産、電子デバイス実装などに対して、技術優位性、生産性優位性を有する技術として展開されることが期待できる。具体的には、FPC：フレキシブルプリント配線基板（FPC）、多層配線基板などのフレキシブル電子回路、メンブラスイッチ、タッチパネル、電磁シールド等のフレキシブル電子部品、ディスプレイ、照明、太陽電池などのフレキシブルデバイス実装などの部品、製品に対する製造技術としての実用化が検討されている。

また、フレキシブル基板に対する高度な生産技術であることから、新規市場創出をもたらすフレキシブルデバイス製造技術としての実用化が見込まれる。本研究開発では、フレキシブルデバイスの中でも、特にフレキシブルシート TFT アレイの高生産性製造を実現するための基盤技術の開発に取り組み、その技術確立に目処をつけるに至った。フレキシブルシート TFT アレイは、フレキシブル電子ペーパー（特に紙の電子化を実現する情報端末）やフレキシブルディスプレイ、フレキシブルセンサ（特に、

シートセンサなどの大面積フレキシブル圧力センサなど)の市場創出に大きく貢献することが期待されており、市場に製品として供給していくための基盤生産技術として実用化が図られていくことになる。

開発される「プリントドエレクトロニクス基盤技術」としては、プロジェクトが終了する平成 27 年度以降に各企業にて実用化検討がなされることが計画されているが、それまでに得られた中間成果や要素技術についても、組合員企業を中心に逐次技術移転を行い、実用化検討していく予定である。また、実用化のためには、プロジェクト外の周辺技術との整合性を考慮した技術開発も必要となるが、本プロジェクトと並行して各組合員企業での検討を行う。これらにより、日本の産業競争力強化に大きく貢献し、市場占有を果たしていくことに大きな期待が持てるようになる。



図IV-1.1-1 実用化への取り組み

本研究開発の成果が実用化された際に期待できる波及効果としては、省エネルギー効果、新規市場創出及びそれに伴う雇用創出などがあげられる。

プリントドエレクトロニクスによる電子基板製造は、従来の真空・フォトリソ製造技術に比べると、真空プロセス、高温プロセス、サブトラクティブプロセス等を必要としない「省資源省エネルギープロセス」であることから、電子基板製造における製造エネルギーの大幅な軽減がもたらされ、大きな省エネルギー効果が期待できる。

本プロジェクトが成功した際には、単にフレキシブルシート TFT の生産が行われるようになるだけでなく、フレキシブルデバイスの高度な高生産性製造技術を提供することになることから、その特徴を最大限に活かすアプリケーションデバイス（フレキ

シンプルデバイス)の創造により、新たなビジネスの創出も波及的に期待できる。その結果、新たなビジネス形態による雇用創出、利用形態によるビジネスモデルの創出等の面でも日本経済再生へ貢献できる。特に、ディスプレイ市場、電池市場、電子部品市場、さらにはそれらを包含した将来の社会システムで大きな効果が得られると見込まれている。

人材育成の観点からは、異業種融合の効果としての幅広い知識と経験を有する人材の育成に貢献する。現在、本研究課題を推進している技術研究組合は、集中研方式を採用しており、研究開発拠点に組合員企業から複数名の研究者が派遣されてきて、一つの事業体としての研究開発に取り組んでいる。このように、同一の集中研究開発拠点において、他企業と同一の空間で日夜議論しながら研究開発を実行する環境は、単独企業内だけでは得られない異業種技術融合の機会を与えるもので、将来の電子情報産業を支える幅広い知識と経験を有する人材を育成する貴重な場となっている。

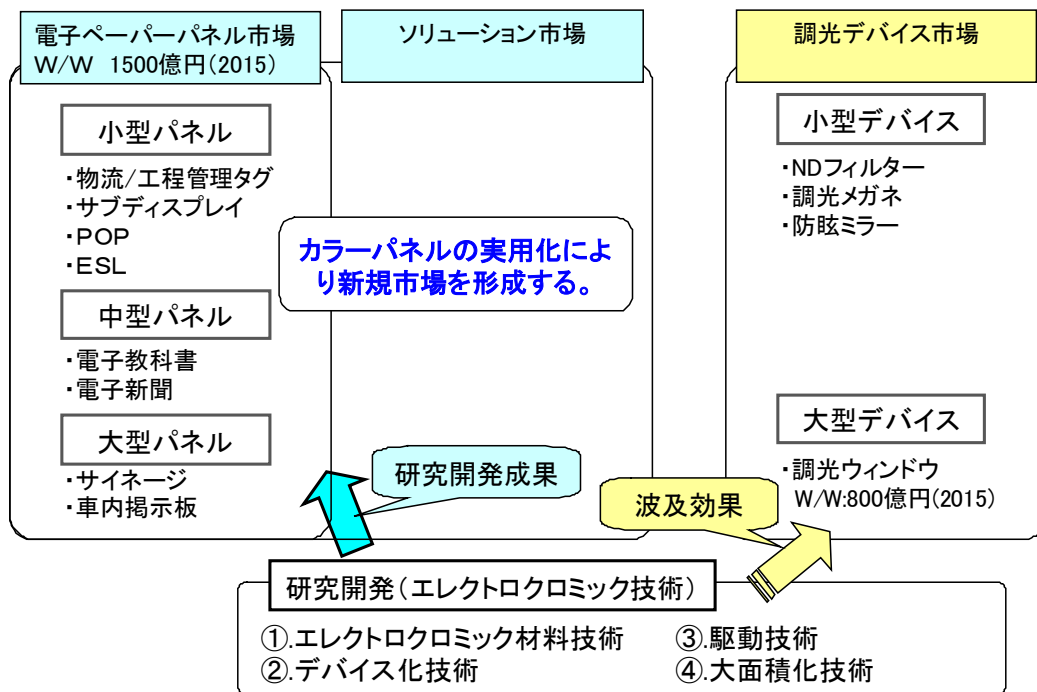
2. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて（助成事業）

2.1 高反射型カラー電子ペーパーの開発（株式会社リコー）

2.1.1 成果の実用化・事業化に向けての見通し（研究開発の技術的・経済的波及効果）

屋内外でのカラー視認性、軽量・フレキシブルによる携帯性、設置容易性を実現する静止画情報表示パネルによる新規な市場形成を目指し、パネル供給（B to B）とともに、業務改善ソリューションサービス、物流ソリューションサービスとして展開する。

さらに、電気により色が変わるエレクトロクロミック技術は電子ペーパーのみでなく、様々な用途に展開可能な基盤技術であり、技術的、経済的に高い波及効果が期待できる。特に、調光ウィンドウ、防眩ミラーなどの調光デバイスは太陽光・外光を利用（制御）することで、エネルギーの有効活用および環境改善を実現する技術として、市場拡大が見込まれている。研究開発の技術的・経済的波及効果を図IV-2.1-1に示す。



図IV-2.1-1 研究開発の技術的・経済的波及効果

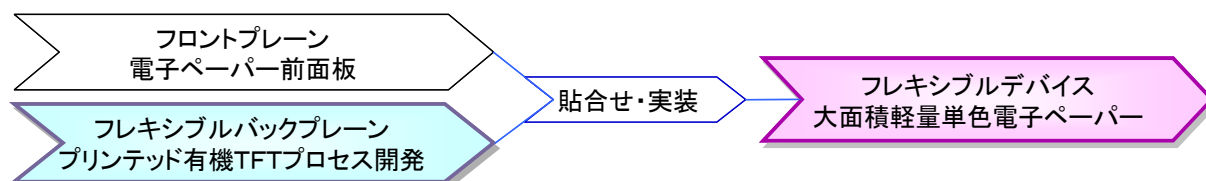
2.2 大面積軽量単色電子ペーパーの開発（凸版印刷株式会社）

2.2.1 成果の実用化・事業化に向けての見通し

我々の目指す大面積軽量単色電子ペーパーは、電気泳動型電子ペーパーのフロントプレーンと TFT をアレイ状に形成したバックプレーンにより構成される。

図IV-2.2-1 は、研究開発の対象構造を示した概念図である。プリントド有機 TFT プロセスにより開発されたフレキシブルバックプレーンと電子ペーパーの前面板であるフロントプレーンを貼り合わせ、ドライバー等を実装することによりフレキシブルデバイスである大面積軽量単色電子ペーパーモジュールを実現させる。図に示しているフレキシブルバックプレーンは、今回の主たる研究開発対象であり、プリントプロセスを繰返すことにより有機半導体トランジスタの積層構造と配線、メモリ部であるコンデンサを含む回路をアレイ状に形成したものである。本フレキシブルバックプレーンによりフロントプレーンの電気泳動型電子ペーパーを TFT のスイッチングによる電圧書込みの電界制御により白黒の表示を切り替える。

このように表示切り替えをフレキシブルなフィルム上に印刷された TFT アレイにより実現させることを目標としている。



図IV-2.2-1 研究開発の対象

大面積軽量単色電子ペーパーをフレキシブルなデバイスとして実現させることにより多くの特長及び強みを備えることができる。

(1) フレキシブルバックプレーンの強み

- ・ フレキシブル基材であるため非常に薄くできる
- ・ フレキシブル素材であるため非常に軽くできる
- ・ フレキシブルであるため曲げることができる
- ・ フレキシブル素材であるためガラスのように割れることはない

(2) プリントドであるための強み

- ・ デバイスの大面積生産が可能となる
- ・ 高い生産性を実現できる

これは大面積化による点、他の生産方式であるフォトリソ工程に対して短い工程ですむ点、及び低温プロセスで実現できる点等により総合的に高い生産性が期待できる

(3) TFT 駆動することによる強み

- ・ アクティブマトリクス駆動が実現できるため大きな画面サイズを駆動できる
- ・ 同様に走査線の多い高画素パネルを駆動することができる

以上はバックプレーンの強みであり、以下にフロントプレーンの強みを示す。

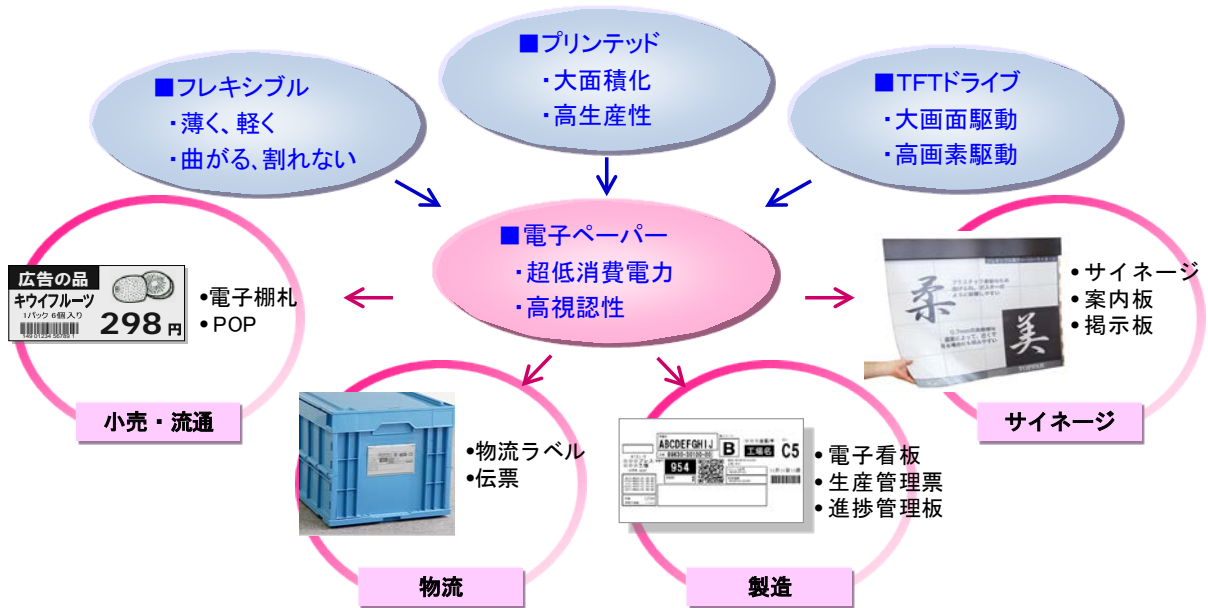
(4) 電子ペーパーフロントプレーンの強み

- ・ 表示メモリ性を有するため書き換え時以外は電力を消費しない超低消費電力な表示素子であること
- ・ 反射型表示素子のため明るい室内や炎天下等の非常に明るい屋外でも高視認性であること

以上の強みを合わせ持った大面積軽量単色電子ペーパーは、さまざまなアプリケーションに対して前述の強みを適切にアピールすることにより、既存市場や新規市場に参入し事業化することができる。現在検討しているアプリケーション例を以下に示す。

- (1) 小売流通向け電子棚札、POP
- (2) 物流向け物流ラベル、伝票
- (3) 製造業向け看板、生産管理表、進捗管理板
- (4) サイネージ、案内板、掲示板

今後、各アプリケーションの表示に対する要望事項、現状課題、ニーズ等を十分に調査してフレキシブルであることの強み、電子ペーパーであることの強みを適切に提案することにより今後の実用化、事業化を進めていく。



図IV-2.2-2 実用化の対象

2.3 大面積圧力センサの開発（大日本印刷株式会社）

2.3.1 成果の実用化・事業化に向けての見通し

2.3.1.1 実用化の対象

大日本印刷では下記4つのキーワードで新しい価値を社会に提供しようとしている。

- ・ 情報流通：安全に心地よく世界とつながる情報の利便性
- ・ 健康・医療：健康で質の高い生活を支える安全性
- ・ 環境・エネルギー：地球環境を守り、その恩恵を享受する持続可能性
- ・ 快適な暮らし：人と人とがともに歩みすこやかで充実した暮らしを営む快適性

これらの価値を提供する上で、情報入力素子、大面積センサデバイスが介在することによって実現されるものがある。助成事業にて開発した技術の実用化対象は、こういった新しい価値をもたらす装置軍である。例えば床面内での生活者の行動把握や、ヘルスケア分野の大面積センサ、およびそれらを活用したシステムがあげられる。

開発技術の実用化対象は、例えば床面内での生活者の行動把握する足跡観測 圧力センサデバイスや、ヘルスケア分野の大面積センサ、およびそれらを活用した圧力センサデバイスシステムである。

助成事業における開発成果としてのフレキシブル大面積圧力センサシートの形成プロセス及びその製品、ならびにその製造技術水準を向上させる委託事業で取り込まれる工業品レベルの有機 TFT 製造プロセスが実用化の対象である。

実用化対象となる製品や技術が現状抱えている問題点、課題については、主に有機 TFT の信頼性に関する課題が挙げられるが、パッシブ圧力センサを用いた既存技術では、下記の問題がある。

- ・ 大型化の限界： 既存の抵抗式パッシブ型圧力センサシートでセンササイズ 1mm 角のセンサシートを形成した場合、実現しうるセンサシートの面積は 50mm 角程度。同密度で大型化（メートル級シートデバイス）を仮に実現できたとしても、読み取りレートは 0.1Hz 以下。実際には配線抵抗の問題等が課題となり 20 インチ級を超える 1mm 角センサのアレイは実現不能である。
- ・ 消費電力の問題： 既存デバイス：待機電力の消費により、10cm 角程度の製品でインターフェイスと合わせて 1W の電力を消費する。
- ・ 開発技術： TFT の非選択時に流れる電流をサブ pA に抑制できるため、メートル級で 1W 以下の消費電力が狙え、1/100 以下の低消費電力化の効果が見込まれる。

従って、現状二次元大面積の圧力分布を高速で観測することが可能な既存製品はなく、本事業の成果を実用化した際には新たなヘルスケア、行動トレースといった市場が創出できる点で意義がある。

2.3.1.2 実用化・事業化に向けての課題と解決方針

事業化へ向けた課題としては、有機 TFT アレイの低コスト化と有機 TFT の信頼性の確保が挙げられる。前者については、印刷方式による大量生産を実現できる実用化技術の完成が必要であり、委託事業の成果活用を以て解決の方針とする。後者については現状、容量性負荷の駆動については有機 TFT の一定の水準での信頼性が確認できているが、本助成事業の実用化、事業化の際は電流駆動型のデバイスが求められるため、基礎的なデバイス開発から取り組み、早期に解決する必要がある。

2.3.2 実用化・事業化に向けた具体的取り組み

2.3.2.1 市場動向について

実用化の対象となる技術、製品の市場動向について、印刷で製造されたシート状の電子製品の市場について、下記のように推定されている（平成 21 年度 NEDO「プリンテッドエレクトロニクス技術に係わる調査」（委託先：みずほ情報総研株式会社）の調査結果にもとづく）。

イメージシート	：約 480 億円（2020 年）
圧力センサ	：約 2800 億円（2020 年）
電子ペーパー	：約 2500 億円（2020 年）

実際には、大面積シートデバイスが実体として登場していない中での市場予測結果ではあるが、フィールドケア、ヘルスケアシステムの中で大面積シートデバイスが喚起する新市場が上記の予測値以外に発生する可能性がある。圧力センサシートが床面や壁面に実装された際には、機械的な強度が確保されていることが前提になる。プラスチックフィルム上の有機 TFT と、競合技術となりうる a-Si、酸化物 TFT では、屈曲性に課題が多く、有機 TFT の優位性があげられる。

2.3.2.2 実用化・事業化に向けての計画

表IV-2.3-1 に実用化・事業化へ向けたシナリオの例を示す。

平成 27 年度に本助成事業の最終目標の達成を通して、メートル級サイズのシートデバイスを実現する技術の目処をつけ、平成 29 年頃より少量産体制でのフィールドテストを通じて事業化判断に至る。予想される重大なリスク事項としては、製品設計段階における有機 TFT の信頼性確保、設備投資判断時のコストバランス成立の可否、販売におけるシステム開発、ユーザー普及の具体化があげられる。従って、圧力センサ部材単体の開発に合わせ、これらのリスク解消をはかっていく必要がある。

表IV-2.3-1 事業化へ向けたシナリオ例

年度	H28 年度	H29 年度	H30 年度	H31 年度	H32 年度
製品設計					
設備投資・導入					
生産		少量産体制			
販売					
収益発生					

2.3.3 波及効果

既存製品では実現されていない圧力分布の大面積高速読み取りが可能となることで、下記の技術的・社会的波及効果が期待される。

<技術的波及効果>

- ・住空間や医療サービスの場面でネットワークインフラを介して圧力分布、生活者の存在情報、活動状況のモニタリングを、個人情報を保護しつつ行うことができるようになる。
- ・フレキシブルな情報（圧力）入力装置は、例えば PC と生活者のインターフェイスという観点でとらえればキーボードやマウス、TV や AV 機器であればそれらのリモコンの形態を変える新しい技術へと発展する可能性がある。
- ・特に昨今伸長が著しいタッチパネル技術の分野に適用されることで、指での入力とペン入力がいずれでも可能なインターフェイスになりうる。

また、本事業成果は、プリントドエレクトロニクス製品を製造するための装置やプロセス、材料や素子は、フレキシブルな電子製品や大面積の電子製品を製品化する際の共通の基盤技術である。

直接の開発目標である有機トランジスタと圧力センサを組み合わせた応用例では、複数のトランジスタを格子状に配置させたマトリクスアレイが背面基板の基本構造であるが、このマトリクスアレイを用いることで、ディスプレイ、電子ペーパーのような出力機器、また、圧電素子や光電素子を組み合わせることで、シート状の圧力センサやイメージセンサを大面積でかつ低コストで製造することができる。

特に、従来のエレクトロニクス製造に使用される Si プロセスに比べ、投入エネルギーが小さく、材料の利用効率が高いため、製造時の環境負荷を大幅に低減することができることも産業化の促進を加速すると考えられる。

<社会的波及効果>

本事業成果の実用化により、これらの生産プロセスにおける低温化、脱真空製膜化、デバイス層パターニングのアドイティブ化が可能となるので、製造時間の短縮（約1/30）、製造エネルギーの効率化（86%削減）、原材料の利用効率向上（現状の30%から90%へ）の相乗効果として2020年で約480万tのCO₂を削減できる。国民の利便性向上の観点では、プラスチック基板の利用により、フレキシブルな特徴を活かした、軽量薄型で壊れにくく、操作性の高い情報入力デバイスが供給可能となるので、国民の生活に密着した情報機器の携帯性の向上と、操作上の簡便性が提供され上述の既存プロセス代替と、印刷エレクトロニクスを活用した新規市場の創出により、2020年で約2.2兆円の経済効果、3.7万人の雇用創出効果が見込まれる。

V . 成 果 一 覧

1. 各種展示会での成果発表

1.1 JAPER A

大学・法人・企業名	展示内容
JAPER A	産総研オープンラボ（2011年10月13日～14日） パネルによる JAPER A の活動紹介
JAPER A	セミコン・ジャパン2011（2011年12月7日～9日） パネルと展示品（電子ペーパー、インクジェットヘッド、TFTシート等）による JAPER A の活動紹介
JAPER A	プリンタブルエレクトロニクス展（2012年2月15日～17日） パネルと展示品（電子ペーパー、フィルム、インク等）による JAPER A の活動紹介
JAPER A	JPCA SHOW 2012（2012年6月13日～15日） パネルによる JAPER A の活動紹介
JAPER A	ICFPE 2012（2012年9月6日～8日） パネルによる JAPER A の活動紹介
JAPER A	産総研オープンラボ（2012年10月25日～26日） パネルによる JAPER A の活動紹介
JAPER A、 大阪大学、千葉大 学、東京大学	セミコン・ジャパン2012（2012年12月5日～7日） パネルによる JAPER A の活動紹介 パネルによる再委託先大学の研究成果の紹介
JAPER A	Printable Electronics 2013（2013年1月30日～2月1日） パネルによる JAPER A の活動紹介
JAPER A	nano tech 2013 国際ナノテクノロジー総合展（2013年1月30日～2月1日） 助成事業企業とともにプロジェクトとして NEDO ブースに出展 パネルによる活動紹介と試作した TFT シートを展示
JAPER A	LOPE-C 2013（2013年6月11日～6月13日） 海外での展示会（ミュンヘン、ドイツ）に出展。パネルによる活動紹介と試作した TFT シートを展示

1.2 リコー

大学・法人・企業名	展示内容
(株) リコー	nano tech 2013 国際ナノテクノロジー総合展（2013年1月30日～2月1日） フルカラー電子ペーパー（ECD）技術の紹介 3.5 インチフルカラーパネルの駆動デモ展示

1.3 凸版印刷

大学・法人・企業名	展示内容
凸版印刷（株）	nano tech 2013 国際ナノテクノロジー総合展「大面積軽量単色電子ペーパーの開発」（2013年1月30日～2月1日）

1.4 大日本印刷

大学・法人・企業名	展示内容
大日本印刷（株）	セミコン・ジャパン2011 （2011年12月5日～12月7日）
大日本印刷（株）	nano tech 2013 国際ナノテクノロジー総合展（2013年1月30日～2月1日）

2. 新聞、雑誌記事

2.1 JAPER A

No	掲載紙	年月日	内容
1	プレスリリース	2011/05/31	次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合始動
2	日経エレクトロニクス	2012/06/25	飛躍できるかプリンテッドエレクトロニクス
3	半導体産業新聞	2012/12/05	省エネ・省資源・高効率化を実現
4	NanotechJapan Bulletin	2013/07/05	プリンテッドエレクトロニクス時代実現に向けた材料・プロセス基盤技術の開拓

2.2 リコー

No	掲載紙	年月日	内容
1	日本経済新聞	2011/05/18	積層 EC 構造のカラー電子ペーパー
2	日経産業新聞	2011/05/19	積層 EC 構造のカラー電子ペーパー
3	日本事務機新聞	2011/05/30	鮮明画像のカラー電子ペーパー開発
4	日経産業新聞	2011/07/21	カラー電子ペーパー（チャレンジ新部品）
5	ディスプレイ技術年鑑2012	2011/10/26	新開発のカラーエレクトロクロミックディスプレイ
6	月刊ディスプレイ	2012/02/01	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ
7	DigiinfoTV	2013/02/06	紙のように明るいフルカラー電子ペーパー
8	日経エレクトロニクス	2013/03/04	nano tech2013 詳報 エレクトロクロミック電子ペーパー
9	オプトニュース	2013/05/15	エレクトロクロミックデバイス技術

2.3 凸版印刷

No	掲載紙	年月日	内容
1	NanotechJapan Bulletin Vol. 6, No. 3, 2013	2013/07/05	nano tech2013 ナノテク大賞受賞で委託事業及び助成事業の内容が紹介された
2	日経エレクトロニクス 2013年7月22日号	2013/07/22	特集「ディスプレイはフラットを超えて」第3部フレキシブルディスプレイ編にて当社フレキシブル電子ペーパー試作品が紹介された

2.4 大日本印刷

No	掲載紙	年月日	内容
1	NanotechJapan Bulletin	2013/07/05	企画特集 10-9 INNOVATION の最先端 ～ Life & Green Nanotechnology が培う新技術～ <第4回> プリンテッドエレクトロニクス時代実現に向けた材料・プロセス基盤技術の開拓

3. 論文リスト

3.1 JAPER A

No	発表年月	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ページ	査読
1	2012/03/20	Natsuki Komoda, Masaya Nogi, Katsuaki Suganuma, Kazuo Kohno, Yutaka Akiyama, Kanji Otsuka	大阪大学	Printed silver nanowire antennas with low signal loss in high frequency radio	Nanoscale	Vol. 4, pp.3148-3153	有
2	2012/09/01	工藤一浩	千葉大学	分子技術と印刷技術を基盤とする有機電子デバイス	電気学会論文誌C	Vol.132 No.9 pp.1392-1397.	有
3	2012/10/17	Natsuki Komoda, Masaya Nogi, Katsuaki Suganuma, Kanji Otsuka	大阪大学	Highly sensitive antenna using inkjet overprinting with particle-free conductive inks	ACS Applied Materials & Interfaces	Vol. 4, 5732-5736	有
4	2013/04/11	Masaya Nogi, Natsuki Komoda, Kanji Otsuka, Katsuaki Suganuma	大阪大学	Foldable nanopaper antennas for origami electronics	Nanoscale	Vol. 5, 4395-4399	有

3.2 リコー

No	発表年月	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ページ	査読
1	2011/05	Tohru Yashiro et al, eds	リコー	Novel Design for Color Electrochromic Display	Proc.of SID2011	42-45, 1, (2011)	無
2	2011/12	Yoshihisa Najoh et al, eds	リコー	Multi-Layered Electrochromic Display	Proc. of IDW '11	EP1-1, 375-378 (2011)	無
3	2012/12	Yoshinori Okada et al, eds	リコー	High Resolution Technology for Multi-Layered Electrochromic Display	Proc. of IDW '12	EP3-2,64 1-644, (2012)	無
4	2012/12	平野 成伸 他	リコー	新規フルカラー電子ペーパー表示技術	リコー テクニカルレポート	No.38 22-29	無

3.3 凸版印刷

No	発表年月	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ページ	査読
1	2011/05	喜納修 他	凸版印刷	プリンタブルエレクトロニクスを実現する印刷技術	月刊オプトロニクス	2011年5月号 104ページ	無
2	2011/12	喜納修 他	凸版印刷	Printed Organic TFT Backplane for Flexible Electronic Paper	印刷学会誌	2011年第48巻第6号33ページ	有
3	2011/12	R. Matsubara <i>et. al.,</i>	凸版印刷	Printing Technologies for Organic TFT Array	Proc. of IDW 2011	p1637	無
4	2012/02	喜納修 他	凸版印刷	フレキシブルディスプレイを実現する印刷技術と商品展開	月刊ディスプレイ	2012年2月号37ページ	無
5	2012/06	松原亮平 他	凸版印刷	フレキシブル有機 TFT 作製プロセス	未来材料	2012年第12巻第6号50ページ	無
6	2012/06	R. Matsubara <i>et. al.,</i>	凸版印刷	Printing Technologies for Organic TFT Array for Electronic Paper	Proc. of SID 2012	p 419	無

3.4 大日本印刷

No	発表年月	著者	所属	題名	雑誌等の名称	巻・号・ページ	査読
1	記載事項なし						

4. 研究発表（口頭発表含む）リスト

4.1 JAPER A

No	発表日	著者	所属	題名	学会等の名称
1	2011/06/29	F. Pu, H. Yamauchi, M. Nakamura, K. Kudo	千葉大学	Electrical Characteristics of Step-edge Vertical Channel Organic Field-effect Transistors	International Conference on Materials for Advanced Technologies
2	2011/09/14	工藤一浩、浦方華、山内博、酒井正俊	千葉大学	段差構造縦型有機トランジスタの特性と応用	電子情報通信学会2011年ソサイエティ大会
3	2011/09/21	小寺勲、山内博、飯塚正明、酒井正俊、中村雅一、工藤一浩、國吉繁一	千葉大学	塗布型酸化半導体を用いた薄膜トランジスタの作製	電気学会基礎・材料・共通部門大会
4	2011/09/22	山内博、飯塚正明、工藤一浩	千葉大学	静電塗布法を用いた段差有機トランジスタの作製	電気学会基礎・材料・共通部門大会
5	2011/09/22	吹山雅浩、山内博、飯塚正明、酒井正俊、工藤一浩	千葉大学	ナノインプリント法を用いた段差型有機トランジスタの作製	電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会
6	2011/10/14	K. Kudo, H. Yamauchi and M. Sakai	千葉大学	Stacked Organic TFT Circuits Using Silicone-Resin as Dielectric Layers	11th International Meeting on Information Display
7	2011/11/10	N. Komoda, M. Nogi, K. Suganuma	大阪大学	Silver nanowire flexible antenna for printed electronics	7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium
8	2011/11/10	H. Yamauchi, F. Pu, M. Fukiyama, M. Sakai, K. Kudo	千葉大学	Organic Complementary Circuits Based on Step-Edge Vertical Channel Transistors	The 15th International Conference on Thin Films
9	2011/12/01	M. Sakai, H. Yamauchi, M. Nakamura, K.Kudo	千葉大学	Large Scale Effects of a Static Electric Field on the Selective and Oriented Growth of Organic Crystal	Materials Research Society 2011 Fall Meeting
10	2011/12/19	井上博史	JAPER A	次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合の取り組み	第1回次世代プリンテッドエレクトロニクスシンポジウム
11	2012/01/12	N. Komoda, M. Nogi, K. Suganuma, K. Kohno, K. Otsuka	大阪大学	Silver nanowire printed line; Relationship of Heating temperature and its conductivity	The15th SANKEN International Symposium 2012
12	2012/01/16	工藤一浩	千葉大学	フレキシブル有機トランジスタの開発と応用展開	日本学術振興会第151委員会研究会

13	2012/03/09	菰田夏樹、能木雅也、菅沼克昭	大阪大学	銀ナノワイヤー印刷配線の導電性評価	第26回エレクトロニクス実装学会講演大会
14	2012/03/16	福田憲二郎、鈴木達也、熊木大介、時任静士	山形大学	パリレン/テフロン二層型絶縁膜を用いた有機薄膜トランジスタのDCバイアスストレス安定性改善	2012年春季 第59回応用物理学関係連合講演会, 12.9 有機トランジスタ
15	2012/03/17	相野類、吹山雅浩、山内博、飯塚正明、酒井正俊、工藤一浩	千葉大学	熔融法を用いたフレキシブル有機結晶 FET の作製と曲げ特性評価	第59回応用物理学関係連合講演会
16	2012/03/17	小寺勲、山内博、酒井正俊、國吉繁一、飯塚正明、工藤一浩	千葉大学	塗布可能材料を用いた積層型 CMOS の作製	第59回応用物理学関係連合講演会
17	2012/03/20	工藤一浩、吹山雅浩、山内博、酒井正俊	千葉大学	印刷技術を用いた段差構造縦型有機トランジスタ	平成24年電子情報通信学会総合大会
18	2012/04/11	N. Komoda, M. Nogi, K. Suganuma, K. Kohno, Y. Akiyama, K. Otsuka	大阪大学	Silver paste antenna printed on flexible substrate	2012 MRS Spring Meeting Symposium K
19	2012/04/13	K. Kudo, H. Yamauchi and M. Sakai	千葉大学	Common Gate Vertical Channel Transistors Using Printing Process	2012 MRS Spring Meeting & Exhibit
20	2012/05/30	井上博史	JAPER A	研究拠点 JAPER A の役割	次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム平成24年度第一回研究会
21	2012/06/06	T. Sekitani, T. Yokota, and T. Someya	東京大学	Large-area, flexible organic active-matrix LED pixel circuits driven by printed organic floating-gate transistors	ディスプレイ国際会議: Display week, Society for Information Displays
22	2012/07/12	K. Takimiya	広島大学	Linear- and Angular-Shaped Naphthodithiophenes as Versatile π -Extended Thienoacenes for Molecular and Polymer Semiconductors	ICSM2012 International Conference on Science and Technology of Synthetic Materials
23	2012/08/20	N. Komoda, M. Nogi, K. Suganuma, H. Koga, and K. Otsuka	大阪大学	Silver nanowire antenna printed on polymer and paper substrates	IEEE NANO 2012

24	2012/08/29	K. Kudo, R. Aino, H. Yamauchi and M. Sakai	千葉大学	Flexible Step-Edge Vertical Channel Organic Field-Effect Transistors Fabricated by Nanoimprint Lithography	The 12th International Meeting on Information Display
25	2012/09/07	K. Kudo, R. Aino, H. Yamauchi, S. Kuniyoshi and M. Sakai	千葉大学	Step-Edge Vertical Channel Organic Field-Effect Transistors Fabricated by Printing Process	The 2012 International Conference on Flexible and Printed Electronics
26	2012/09/11	菰田夏樹、菅沼克昭、能木雅也、大塚寛治	大阪大学	インクジェット印刷による低高周波ロスアンテナの作製	2012電子情報通信学会ソサイエティ大会
27	2012/09/13	小林悠、竹田泰典、菅野亮、福田憲二郎、熊木大介、時任静士	山形大学	インクジェット法で形成した銀ナノ粒子電極を有する短チャネル有機TFTのコンタクト抵抗	第73回応用物理学会学術講演会
28	2012/10/11	鎌田俊英	JAPER A	プリンテッドエレクトロニクスの開発動向と課題	中国地域太陽電池フォーラム2012年第1回課題検討会
29	2012/11/29	K. Takimiya	広島大学	Efficient Syntheses, Characterizations, and Packing Structures of New Dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene (DN TT) Derivatives and Their Applications to OFET Devices	2012 MRS (2012 MRS Fall Meeting & Exhibit)
30	2012/12/06	井上博史	JAPER A	JAPER A のプリンテッドエレクトロニクスへの取り組み	SEMICON Japan 2012
31	2012/12/12	井上博史	JAPER A	次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合の取り組み	東北経産局 第4回次世代有機エレクトロニクス研究会
32	2012/12/12	H. Yamauchi, R. Aino, M. Sakai, S. Kuniyoshi, K. Kudo and M. Iizuka	千葉大学	Fabrication of Step-Edge Vertical-Channel Organic Transistors by Electro-Spray Deposition	The 10th International Conference on Nano-Molecular Electronics
33	2013/01/30	井上博史	JAPER A	JAPER A のプリンテッドエレクトロニクスへの取り組み	Printable Electronics 2013
34	2013/01/30	染谷隆夫	東京大学	次世代プリンテッドエレクトロニクス技術開発の取り組み	Nano tech 2013

35	2013/03/13	鎌田俊英	JAPER A	プリントドエレクトロニクス分野の開発動向	九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会第1回プリントドエレクトロニクス分野技術創造研究会
36	2013/03/23	鎌田俊英	JAPER A	次世代プリントドエレクトロニクス技術開発の取り組み	日本化学会第93春季年会
37	2013/03/28	橋詰貴裕、友永悠、相野類、山内博、國吉繁一、酒井正俊、飯塚正明、工藤一浩	千葉大学	ナノインプリント法を用いた段差型有機トランジスタの作製	第60回応用物理学関係連合講演会
38	2013/03/28	小林悠、乗田翔平、宇津野裕弥、佐藤翼、福田憲二郎、熊木大介、時任静士	山形大学	銅ナノ粒子インクを用いて作製した有機TFTの特性	第60回応用物理学関係連合講演会
39	2013/03/28	小林悠、竹田泰典、関根智仁、福田憲二郎、熊木大介、時任静士	山形大学	有機TFTのコンタクト抵抗低減に向けた銀ナノ粒子電極の端部形状の観察	第60回応用物理学関係連合講演会
40	2013/06/04	K. Kudo1, D. Aino1, H. Yamauchi, S. Kuniyoshi, M. Sakai1 and M. Iizuka	千葉大学	Step-Edge Vertical Channel Organic Field-Effect Transistors Fabricated by Nanoimprint Lithography	11th International Symposium on Functional π -Electron Systems
41	2013/07/04	工藤一浩、小寺勲、山内博、國吉繁一、酒井正俊	千葉大学	プリントド集積回路に向けた積層型論理素子の作製	電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会

4.2 リコー

No	発表日	著者	所属	題名	学会等の名称
1	2011/05/18	八代徹 他	リコー	Novel Design for Full-Color Electrochromic display	SID2011
2	2011/07/27	八代徹	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	JBMIA 電子ペーパーコンソーシアム
3	2011/10/06	八代徹	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	電子情報通信学会 電子ディスプレイ (EID) 研究専門委員会
4	2011/10/12	平野成伸	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	電気化学会 クロモジェニック研究会
5	2011/10/26	八代徹	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	日本画像学会 電子ペーパー研究会
6	2011/12/07	内城禎久 他	リコー	Multi-Layered Electrochromic Display	IDW2011
7	2012/02/03	八代徹	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	財団法人科学技術振興会 情報ディスプレイ技術研究委員会
8	2012/02/28	八代徹	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	高分子学会 フォトニクスポリマー研究会
9	2012/03/27	平野成伸	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	日本化学会 電子ペーパーセッション
10	2012/04/13	八代徹	リコー	フルカラーエレクトロクロミックディスプレイ	ファインテック・ジャパン2011 電子ペーパーセッション
11	2012/04/27	八代徹	リコー	エレクトロクロミック材料を用いた新規フルカラー電子ペーパー	有機デバイス研究会
12	2012/05/30	平野成伸	リコー	電子ペーパーの現状と課題 -電子ペーパーのカラー化動向-	高分子学会 高分子同友会
13	2012/11/01	岡田吉智	リコー	Color Electronic Paper based on Multi-layered Electrochromic Display Technology	ISEP2012 日本画像学会
14	2012/11/25	平野成伸	リコー	フルカラー電子ペーパー表示技術の開発	近畿化学協会 機能性色素部会
15	2012/12/05	岡田吉智 他	リコー	High Resolution Technology for Multi-Layered Electrochromic Display	IDW2012

16	2012/12/16	平野成伸	リコー	フルカラー電子ペーパー表示技術	セミコンジヤパン STS シンポジウム特別セッション
17	2013/05/22	平野成伸	リコー	フルカラー電子ペーパー表示技術	SEMI Forum Japan 2013
18	2013/06/14	辻和明 他	リコー	エレクトロクロミックディスプレイ表示技術の開発	日本画像学会

4.3 凸版印刷

No	発表日	著者	所属	題名	学会等の名称
1	2011/06/02	松原亮平 他	凸版印刷	有機エレクトロニクスへの印刷法の応用	エレクトロニクス実装学会“2011最先端実装技術シンポジウム”
2	2011/06/10	喜納修 他	凸版印刷	フレキシブル電子ペーパーを実現する印刷テクノロジー	日本印刷学会第125回春季研究発表会
3	2011/09/12	松原亮平 他	凸版印刷	全印刷法による 5.35 in-150 ppi フレキシブル有機 TFT の作製と電子ペーパーの駆動	日本液晶学会2011年度 日本液晶学会討論会
4	2011/09/19	喜納修 他	凸版印刷	Printed Organic TFT Backplane for Flexible Electronic Paper	日本印刷学会アジアシンポジウム
5	2011/09/27	伊藤学 他	凸版印刷	Flexible TFT Array by Printing Method	2011 International Conference on Solid State Devices and Materials
6	2011/11/04	喜納修 他	凸版印刷	フレキシブルディスプレイを実現するプリンテッド有機 TFT	高分子学会ポリマーフロンティア21プリンタブルエレクトロニクス
7	2011/11/11	伊藤学 他	凸版印刷	Flexible TFT Array for Electronic Paper	ICTF-15
8	2011/12/09	松原亮平 他	凸版印刷	Printing Technologies for Organic TFT Array	IDW'11
9	2011/12/19	伊藤学 他	凸版印刷	超高精細有版印刷技術を用いたフレキシブル TFT 技術	第1回次世代プリンテッドエレクトロニクスシンポジウム
10	2012/06/06	松原亮平 他	凸版印刷	Printing Technologies for Organic TFT Array for Electronic Paper	SID2012
11	2012/09/07	松原亮平 他	凸版印刷	Printing Technologies for Organic Thin-Film Transistors	ICFPE2012
12	2012/09/08	伊藤学 他	凸版印刷	Flexible TFT Technologies for Electronic Paper	ICFPE2012

13	2012/09/11	伊藤学 他	凸版印刷	フレキシブルディスプレイのための TFT 技術	第73回応用物理学会シンポジウム“次世代ディスプレイ・照明を支える薄膜技術”
14	2013/05/27	松原亮平 他	凸版印刷	アンビエントエレクトロニクスに貢献する印刷技術	日本写真学会
15	2013/05/30	鈴木剛史 他	凸版印刷	印刷法による有機 TFT の作製とフレキシブル電子ペーパーへの応用	日本印刷学会

4.4 大日本印刷

	発表日	著者	所属	題名	学会等の名称
1	記載事項なし				

5. 受賞実績

5.1 JAPER A

	表彰名	表彰機関	受賞日	受賞者	所属	業績名
1	nanotech 大賞 プロジェクト部門賞	nano tech 実行委員会	2013/02/01	染谷隆夫、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、NEDO	東京大学、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、 NEDO	「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」

5.2 リコー

	表彰名	表彰機関	受賞日	受賞者	所属	業績名
1	nanotech 大賞 プロジェクト部門賞	nano tech 実行委員会	2013/02/01	染谷隆夫、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、 NEDO	東京大学、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、 NEDO	「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」

5.3 凸版印刷

	表彰名	表彰機関	受賞日	受賞者	所属	業績名
1	研究発表奨励賞	日本印刷学会	2012/02/24	喜納修、 松原亮平、石崎守、伊藤学	凸版印刷	フレキシブル電子ペーパーを実現する印刷テクノロジー
2	nanotech 大賞 プロジェクト部門賞	nano tech 実行委員会	2013/02/01	染谷隆夫、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、 NEDO	東京大学、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、 NEDO	「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」

5.4 大日本印刷

	表彰名	表彰機関	受賞日	受賞者	所属	業績名
1	nanotech 大賞 プロジェクト部門賞	nano tech 実行委員会	2013/02/01	染谷隆夫、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、NEDO	東京大学、 JAPER A、(株)リコー、凸版印刷(株)、大日本印刷(株)、 NEDO	「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」

(ナノテク・部材イノベーションプログラム)

「次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」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

本事業は「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。現在、電子ペーパーや携帯電話など情報機器においては、用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められている。また、真空や高温を駆使して多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却を図り、省エネルギー・省資源化への転換が期待されている。このような社会的要求・課題を鑑み、本プロジェクトでは、省エネ・大面積・軽量・薄型・フレキシブル性を実現可能なプリンテッドエレクトロニクスの技術開発を行い、産業競争力の強化と新規市場の創出に貢献する。

②我が国の状況

我が国は本分野において、材料技術、印刷技術、プロセス技術、デバイス技術等の優位性の高いシーズ技術を有している。これらの技術の擦り合わせによる技術開発を通じて、新規市場を創出する。そのためには量産性、耐久性・信頼性の向上に加え大幅な低コスト化が不可欠である。また、国際的な市場拡大に向けた取り組みも必要である。

③世界の取り組み状況

海外ではこの2～3年の間に政府資金投入による大型プロジェクト、例えば、欧州では「Organic and large area electronics」（2007年～2013年、総額100億円）、米国では「Solid State Lighting Research and Development」（2009年～2015年、2009年30億円）がスタートし、研究開発が活発に行われている。

④本事業のねらい

本事業では、プリンテッドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行う。さらに、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発を総合的に推進し、プリンテッドエレクトロニクスの普及のために必要な要素技術を確立することを目的とする。

(2) 研究開発の目標

①過去の取り組みとその評価

NEDOでは平成14年から平成18年まで、「高効率有機デバイスの開発」プロジェクトにおいて、有機半導体材料開発、封止技術、高性能有機トランジスタの開発などを実施している。また、平成18年から平成21年まで行われた「超フレキシブルディスプレイ部材技術開発」プロジェクトにおいては、マイクロコンタクトプリント法を用いてプラスチック基板上に200dpiの高精細TFTアレイの開発に成功している。本事業では、これらの成果を用いて製造技術の高度化、信頼性の向上等を目指す。

②本事業の目標

デバイス製造の国際競争力強化と新規事業の創出に向けて2015年度（平成27年度）末において、下記のプリンテッドエレクトロニクスに資する基盤技術及び実用化技術を確立することとする。各研究開発項目の目標は、別紙の研究開発計画に示す通りとする。

・プラスチックフィルム基板上に大面積、低欠陥で均一、信頼性の高い TFT アレイを形成するための、低温プロセス、材料（半導体、絶縁、導体）及び高精度・高速で位置合わせ可能な連続印刷プロセス・装置を開発し、標準的な製造ラインにおいて印刷技術による TFT アレイが製造可能なことを実証する。

・再現性の高い電氣的・機械的特性評価法、及び信頼性評価方法を確立し、標準化に向けたデータを収集する。

・モデルデバイスとして、プロジェクト内の技術開発成果を用いて電子ペーパー、各種フレキシブルセンサを作製し、プリントドエレクトロニクス技術の有効性及び可能性を実証する。

③本事業以外に必要とされる取り組み

普及活動を通じた市場形成等、本研究開発事業に関連して必要とされる取り組みを行う。

④アウトカム目標

電子ペーパーなどのディスプレイと、フレキシブルセンサを初期ターゲットデバイスとして位置づけ、低コスト・大量生産・フレキシブル性を持った薄膜トランジスタの連続製造法を確立し、プリントドエレクトロニクス関連産業の市場拡大に取り組む。

その成果を有機太陽電池、ディスプレイ、タッチパネルなど既存製品の製造プロセスに応用することで、現行プロセスに比して大幅な製造コスト低減をもって、日本産業競争力の強化に貢献する。また、本技術開発により、今後需要の拡大が進むと予想される、給電シート、薄膜電池シート、有機 EL ディスプレイなどの市場拡大に貢献する。

また、本技術開発成果の印刷製造工程への普及により製造時エネルギー使用量の大幅な低減が可能になる。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発を実施する。なお、各研究開発項目の具体的内容は、別紙の研究開発計画に示す通りとする。

研究開発項目① 「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

(委託事業) *¹ 実施期間 平成 22 年度～平成 27 年度

- (1) 標準製造ラインに係る技術開発
- (2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

研究開発項目② 「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

(委託事業) *¹ 実施期間 平成 22 年度～平成 27 年度

研究開発項目③ 「印刷技術による電子ペーパーの開発」

(委託事業) *¹ 実施期間 平成 22 年度～平成 23 年度

- (1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

(助成事業 [助成率：2/3 以内] *²) 実施期間 平成 23 年度～平成 27 年度

- (2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発
- (3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

研究開発項目④ 「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

(委託事業) *¹ 実施期間 平成 22 年度～平成 23 年度

- (1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

(助成事業 [助成率：2/3 以内] *²) 実施期間 平成 23 年度～平成 27 年度
(2) 大面積圧力センサの開発

* 1：本研究開発項目は、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実施する事業であり、原則、委託事業として実施する。

* 2：課題設定型産業技術開発費助成金交付規程に基づく助成事業として実施する。

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、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（原則として、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定後、必要に応じて共同研究契約等を締結する研究体を構築し、選定し実施する。

共同研究開発に参加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・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標に照らして本研究開発の適切な運営管理を実施する。具体的には、プリンテッドエレクトロニクスに係る戦略検討会議（検討課題：技術戦略マップの策定、国際標準化への検討、知財戦略/国際戦略の策定等）を設置し、国内外に展開する際に必要となる技術調査、周辺動向調査、及び戦略的な成果普及活動を実施する。また外部有識者や産業界の意見等を踏まえ、NEDO は各研究テーマの研究進捗把握、予算配分、テーマ間の情報共有、技術連携、テーマの重点化/絞り込み等のマネジメントを行う。

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、成果の技術的意義なら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 年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じてその結果を後年度の研究開発に反映することとする。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。

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 及び実施者が協力して普及に努めるものとする。

② 知的基盤整備事業また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、知的基盤整備また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、国内外の標準化活動や規制見直し活動への情報提供等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に係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、エネルギー政策動向、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、達成目標や契約等の方式をはじめ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 項第二号、及び第 15 条第 1 項第三号に基づき実施する。

(4) その他

本研究によって得られた知的財産、研究の過程又は成果に基づき開発したプログラム、サンプル、装置などの成果物を本プロジェクト外（国内外）への供試・開示する場合は、事前にプロジェクトリーダー及び NEDO の了解を得るものとする。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成 23 年 1 月、制定。

(2) 平成 25 年 3 月、「研究開発項目③（助成事業）（2）高速応答型カラー電子ペーパーの開発」及び「研究開発項目④（助成事業）（3）ポータブルイメージセンサの開発」の項目削除に伴う改訂。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

1. 研究開発の必要性

フレキシブルなプラスチックフィルム基板上に、低欠陥で均一な薄膜トランジスタ (TFT) アレイを印刷法で連続製造するためには、フレキシブルアライメント、印刷、温度制御、乾燥技術などの要素技術を組み合わせた製造技術確立が必要がある。さらに、連続生産プロセスの開発のための評価技術開発が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

連続かつ完全印刷工程による A4 サイズの TFT アレイを製造できるラインを構築し、連続プロセスで TFT アレイの製造が可能であることを実証する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

印刷法で製造された (1) の TFT アレイの機械的特性・信頼性の評価手法を確立する。また、TFT の特性評価に係る標準化に向けたデータの取得を行う。

3. 達成目標

研究開発目標を下記のように設定する。なお、研究開発項目毎の詳細な目標については、採択が決定した後、NEDO 及び委託先との間で協議の上、定めるものとする。

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

【中間目標 (平成 25 年度末)】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを作製し、連続生産するための製造プロセスの課題を抽出する。

【最終目標 (平成 27 年度末)】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを 50 枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術確立する。生産タクトは 1 平米あたり 90 秒以下を実現する技術確立する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

【中間目標 (平成 25 年度末)】

(1) で作製される TFT アレイの性能評価手法を確立し、材料スクリーニングや、印刷プロセスの最適化検討を行う。

【最終目標 (平成 27 年度末)】

TFT アレイの信頼性の評価方法を確立する。あわせて評価手法の標準化の検討を行う。

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

1. 研究開発の必要性

プリンテッドエレクトロニクス技術を普及していくためには、さまざまな要求特性に対応した製造プロセスの高度化や TFT 性能の向上が必要である。さらに、汎用プラスチック基板を使用するためには、製造プロセスの低温化が必要である。また、TFT アレイを含む電子回路の高性能化には印刷の位置合わせ精度の向上や駆動周波数の高周波化が必要である。本項目では、材料とプロセス技術のすり合わせによる TFT アレイの高度化を行う。

2. 研究開発の具体的内容

研究開発項目①で開発する連続製造プロセスの高度化を行う。具体的には製造プロセスの低温化・TFT アレイを含む回路の高性能化を図るために、各種材料（有機半導体材料、導電材料、絶縁材料等）の組成検討、硬化プロセス、並び精密位置合わせ法の開発を行う。また、TFT アレイの大面積化（メートル級）に適用可能な生産プロセスの検討を行う。

3. 研究開発目標

【中間目標（平成 25 年度末）】

位置合わせ精度 $\pm 20 \mu\text{m}$ 、 150°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、印刷法で製造した TFT 素子において、動作周波数 0.3MHz 以上を示す材料・プロセス技術を開発する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

位置合わせ精度 $\pm 10 \mu\text{m}$ 、 120°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。

TFT アレイの大面積化（メートル級）においては、大面積 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

1. 研究開発の必要性

電子ペーパーは外光を利用する反射型であること、表示のメモリー性があることから省エネルギーであるため、表示タグ・電子書籍の表示体等に使用されており、今後の市場拡大が大きく見込まれる分野である、しかしながらカラー化については本格的な実用化には至っておらず、また、軽量化による携帯性も望まれる。本項目では、軽量化、カラー化に必要とされている電子ペーパーの開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

各種電子ペーパーを印刷による TFT アレイへ適合するための基礎技術の検討を行い、デバイス作製のための課題抽出及び設計指針を得る。得られた成果は研究開発項目①・②へ反映する。

(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発

カラーフィルター方式にくらべ、発色性、色再現性が高い電子ペーパーを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。具体的には、フルカラー化を実現するために多諧調の表示制御が可能な高反射発色素子を使用可能な TFT アレイを開発し、アプリケーションとして高反射型フレキシブルカラー電子ペーパーを実証する。

(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

生産性・寿命・衝撃耐性等に優れた汎用的な電子ペーパーを作製し、工業的に製造可能であることを実証する。具体的には、簡易なモジュールアセンブリが可能な軽量性・生産性・耐衝撃性などに優れた TFT アレイの開発を行い、表示部と合わせたアプリケーションとして電子ペーパーを実証する。加えて、本デバイスにおける大面積化のための技術開発も行う。

3. 達成目標

(1) 電子ペーパーに係る共通基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】

各種電子ペーパーに係る仕様を決定するための、TFT アレイと表示部の接合条件や駆動電圧等について基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50 パーセント以上である対角 6 インチのカラー（64 色）パネルを試作する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50 パーセント以上である対角 10 インチのカラー（512 色）パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチパネルの重量は 60g 以下を達成する。

(3) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

印刷法を用いて A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは 1 枚あたり 10 分以内を達成する。

【最終目標（平成 27 年度末）】

A4 サイズのフィルム基板上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果を基に大面積化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

1. 研究開発の必要性

ベッド上での介護を助けるセンサ類や、ポータブルのイメージセンサなど、安全安心社会やより便利な情報化社会の実現への一つとして、安価・フレキシブルでさまざまな場所に適応可能な各種センサの早期実用化が求められている。フレキシブルセンサの作製においては大面積実装などの要素技術が必要とされるが、これはプリントドエレクトロニクスの得意とする分野である。よって本項目では、印刷技術を使ったモデルデバイスとして新規フレキシブルセンサの開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

各種フレキシブルセンサを印刷による TFT アレイへ適合するための基礎技術の検討を行い、デバイス作製のための課題抽出及び設計指針を得る。得られた成果は研究開発項目①・②へ反映する。

(2) 大面積圧力センサの開発

研究開発項目①・②において開発される TFT アレイの製造技術を応用し、情報入出力をリアルタイムで処理可能な大面積 TFT シートの製造技術を確立する。具体的には電界効果移動度や閾値電圧のばらつきを均一化するための素子作製技術を開発し、面全体で均一な応答動作が可能な大面積シートデバイスを実現する。また、それらの技術を適用する上で必要となる製造設備を開発する。製作された大面積 TFT アレイ上に圧力素子を実装することで、大面積圧力センサを開発する。

3. 達成目標

(1) フレキシブルセンサに係る共通基盤技術開発

【平成 23 年度末目標】

各種フレキシブルセンサに係る仕様を決定するための、TFT アレイとセンサ部の接合条件や駆動電圧等について、基礎データの収集を行いデバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

(2) 大面積圧力センサの開発

【中間目標（平成 25 年度末）】

A4 サイズ相当の領域内で構成層間のアライメント精度 $50\mu\text{m}$ 内、素子の特性ばらつき（移動度及び閾値電圧） $\sigma < 10\%$ を達成する大面積 TFT シートの製造技術と製造装置の開発を行う。得られた加工精度と素子特性に基づき、メートル級の面積 TFT アレイの設計指針を示す。

【最終目標（平成 27 年度末）】

1mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性（移動度及び閾値電圧）のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の面積 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

[添付資料2]

**平成 24 年度科学技術重要施策アクションプランの
対象施策について**

－ 社会的課題の解決に向けた科学技術最重点施策 －

平成 23 年 10 月 5 日

科学技術政策担当大臣

総合科学技術会議有識者議員

目 次

I	アクションプラン対象施策の位置付け	1
II	復興・再生並びに災害からの安全性向上	2
III	グリーンイノベーション	18
IV	ライフイノベーション	51
V	基礎研究の振興及び人材育成の強化	73

I アクションプラン対象施策の位置付け

総合科学技術会議では、平成23年7月29日に決定した「科学技術に関する予算等の資源配分方針」において、科学技術重要施策アクションプラン（以下、「アクションプラン」という。）を最も重要な政策ツールの一つとして位置づけ、アクションプラン対象施策に資源配分を最重点化するという方針を打ち出した。

平成24年度概算要求の検討に当たっては、上記の方針を踏まえつつ、平成24年度アクションプラン（平成23年7月21日とりまとめ）に掲げられた政策課題の解決のために最優先で進めるべき施策の具体化を、関係府省との協働により進めてきた。検討に当たっては、関係府省から出された施策の提案に基づき、各施策の目標設定や実施体制、課題解決に対する位置づけの明確化に努めるとともに、必要に応じ、府省間の連携促進、関連施策の大括り化を促してきた。こうした経過を経て、このたび、Ⅱ～Ⅴに掲げるとおり、平成24年度科学技術予算における最重点化の対象となるアクションプラン対象施策を特定した。

今回、アクションプラン対象施策として特定した施策は、8府省による、150 施策、概算要求総額約 4,079 億円である。これらの施策は、いずれも、アクションプランに示した政策課題を解決する上で不可欠な施策であり、課題解決に向けた一体的な施策展開により、政策課題の解決に向けての成果が期待される施策である。いずれも、我が国が直面する社会的課題の解決のために最重点で取り組むべき科学技術分野の施策として位置付けられるものである。

アクションプラン対象施策を着実に実施することにより、科学技術を通じ、我が国社会を取り巻く様々な課題の解決に貢献するとともに、国民の皆様の期待に応えていくことができるものと考えている。

Ⅲ グリーンイノベーション

地球規模の気候変動への対応とエネルギーの安定確保は、日本にとっても、世界にとっても、喫緊の重要課題である。特に、東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、世界は、我が国のこれら重要課題への対応に関心を寄せている。こうした中、二つの重要課題を両立しつつ解決するために、グリーンイノベーションを強力に展開し、環境・エネルギー技術の革新を突破口として、持続的な経済成長と社会の実現を目指す。

そのため、次の政策課題と重点的取組を設定した。

1. クリーンエネルギー供給の安定確保
 - ①技術革新による再生可能エネルギーの飛躍的拡大
2. 分散エネルギーシステムの拡充
 - ②革新的なエネルギー創出・蓄積技術の研究開発
 - ③エネルギーマネジメントのスマート化
3. エネルギー利用の革新
 - ④技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減
4. 社会インフラのグリーン化
 - ⑤地域特性に応じた自然共生型のまちづくり

以上の政策課題の実現に向けて各省から提示された施策について、各省との協議を重ねるとともに、次の観点から評価を行い、対象施策を特定した。

- ① 重点的取組における位置付けが適切か。
- ② 時間軸とともに達成目標が明確にされているか。
- ③ 研究開発の革新性、国際的優位性等は明確か。
- ④ 実施体制、関係府省との連携は適切か。

アクションプラン対象施策の推進により、持続的な経済成長と社会の実現に向けて、次のような成果が期待される。

1. 技術革新による再生可能エネルギーの飛躍的拡大

低炭素社会の早期実現とエネルギーの安定確保のために、再生可能エネルギー供給の飛躍的な量的拡大と質的向上を実現する。そのために、太陽光、バイオマス、風力という多様な再生可能エネルギーを高効率利用し、低コストで安定的に供給できる技術の開発を加速化させる。国際標準獲得の戦略も含めて海外市場での展開を意識した開発により、国内外でのクリーンエネルギー産業が活性化し新たな雇用の創出も期待される。

2. 分散エネルギーシステムの拡充

コージェネレーションシステム（定置用燃料電池等）、蓄電システム及び次世代自動車等のエネルギーの創出と蓄積に関する研究開発を加速することで、住宅やオフィス等への分散エネルギーシステムの拡充を図る。同時に、信頼性が高いエネルギーマネジメントシステムを確立するための社会実証研究等を行うことで、2020年までに分散エネルギーシステムを地域レベルで効率的に導入することを目指す。これらにより、エネルギーの安定供給性及び災害耐性の高いスマートグリッド、スマートコミュニティの実現が期待されるとともに、グローバル展開を見据えた国際標準化活動等も推進することで、産業競争力の強化が期待される。

3. 技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減

エネルギー消費の増加が激しい住宅やオフィスにおいては、トータルシステムの革新などによる超低消費電力IT機器、低環境負荷高効率ヒートポンプ、次世代照明が導入され、快適性・利便性を保ちつつエネルギー使用量が大幅に低減する住宅・オフィスへの転換が推進される。また、運輸分野では革新材料への転換などによる次世代自動車、革新的な船舶、高効率航空機の開発でより一層の低燃費化が加速し、我が国が開発した技術の国際展開が期待される。産業分野では、製造プロセスの革新により国際競争力のある製品製造が可能となる。

4. 社会インフラのグリーン化

2015年度までに多種多様かつ大容量の地球観測データを統合・解析する世界レベルのシステムを社会的・公共的インフラとして構築する。これにより自然災害、水資源、食料生産等に関するリスク評価が可能となる。また気候変動に対する地球レベルから地域レベルでの地球観測情報の提供が可能になり、我が国のみならず国際的にも大きな貢献を果たすことが期待できる。さらには、気候変動に対応し自然との共生の進展が期待される社会インフラの構築を目指し、低炭素・低環境負荷型建設材料の利用技術の開発や局地的自然災害の予測精度を向上するシステムの構築を進める。さらに、2010年代半ばには温暖化の進行にも対応できる高収量・高品質農作物、天然稚魚に依存しないクロマグロ・ブリ・ウナギ等の養殖技術が開発され、食料資源の安定供給が強化される。

Ⅲ-3 エネルギー利用の革新

我が国は世界トップクラスの環境・エネルギー技術の研究開発を推進してきたが、厳しい国際競争の中、より一層のエネルギー消費削減技術の開発が必要とされている。また、今回の東日本大震災を受けて電力消費削減も強く求められている。このことから、本政策課題解決のために設定した重点的取組、「技術革新による飛躍的消費エネルギーの削減」においては、イノベーション創出が期待できる革新的な手法（革新的なトータルシステムの確立、革新材料への転換、製造プロセスの革新等）で、消費エネルギーの削減・エネルギー利用の効率化がなされているか、また、我が国の産業力強化に資するか、等の観点で施策を特定した。

これら施策の実施により民生分野では、情報通信機器・システムにおいて、チップ、ボード、デバイス、システム、ネットワークおよびクラウド技術の各段階すべてに革新技術が導入され、低消費電力かつ高速・大容量・高信頼性の情報通信機器・システムおよびネットワークが実現する。また、高性能断熱材・蓄熱材、ノンフロン冷媒、窒化ガリウム(GaN)等の革新材料が導入されることなどによりゼロエネルギー住宅、低環境負荷高効率ヒートポンプ、次世代照明機器が実現され、消費エネルギーの大幅削減と快適性・利便性の向上が両立した住宅・オフィスへの転換が推進される。

運輸分野では、高強度・軽量のカーボン材料による輸送体の軽量化、希少金属を低減・代替した革新的磁性材料による高効率モーターの開発、炭化ケイ素(SiC)などの革新材料の導入による低損失電力制御用半導体・制御装置の実現などにより低燃費化と低環境負荷を両立した自動車の開発が加速される。航空機に関しては、推進系の効率向上や機体の軽量化などの技術開発が一体的に進められ、低燃費・低環境負荷な高効率航空機が実現する。また、船舶に関しては、船体の抵抗低減や推進システムの効率向上などの技術開発が総合的に進められ、高効率でCO₂排出量の少ない革新的な船舶が実現する。さらに、我が国が戦略的に国際基準の提案等を行うことにより、我が国主導で温室効果ガス排出に関する国際的枠組み作りが進められ、世界的に低炭素化が推進されるとともに、我が国が開発した技術の国際展開が期待できる。

産業分野では、塗布技術を利用した新たな半導体製造プロセスや、密閉型植物工場を使った医薬品原料製造など、革新的な製造プロセスが導入されることにより、世界トップクラスのエネルギー消費削減技術がさらに高められ、国際競争力が強化される。

政策課題「エネルギー利用の革新」対象施策一覧表

重点的 取組	施策名	施策の概要・期待される成果	実施 期間	H24 概算 要求額 (H23 予算額)	府省名	
技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	ICTのエネルギー消費削減	立体構造新機能集積回路（ドリームチップ）技術開発	半導体デバイスのチップを貫通穴配線により三次元集積化することで、素子内で全体に信号を伝える配線の長さを1/100程度に短くし、動作速度を4倍に、消費電力を半減することを可能とする集積回路技術を確立する。本施策によりIT社会における様々な情報通信機器の小型化、高機能化、エネルギー削減効率の高い超低消費電力情報通信機器・システムの普及を促進する。	H20-H24	H23 年度第3次補正予算要求を検討中 (H23 当初予算： 350 百万)	経済産業省
		低炭素社会を実現する超低電力デバイスプロジェクト	EUV 露光システムに必要なマスク、レジスト材料に係る加工・評価基盤技術を確立し、EUV（極端紫外線）露光による線幅10nm台の半導体の微細化・低消費電力技術開発と次世代低消費電力型デバイスを開発する。これにより、IT機器の大幅な小型化・高性能化、低電圧駆動化を図り、消費電力量の増加を抑制していく。	H22-H27	2,504 百万 (H23 予算額： 1,500 百万)	経済産業省
		超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	IT機器内におけるLSI内間の配線とインターフェイスを、電子回路と光回路をハイブリッド集積した回路技術で実現し、消費電力を、現状の10mW/Gbpsから1mW/Gbpsに低減する。また従来面積比で約1/100以下の小型化・高密度化を可能とする技術を開発する。さらに、CPU/メモリ/アプリケーションなどの積層構造LSIに高速で柔軟な光配線層をハイブリッド集積し、高速情報処理向けの高機能集積LSIを開発する。これによりデータセンタを構成するルータ、サーバ等の超低消費電力化、小型化、低コスト化を実現する。	H24-H33	6,000 百万 (新規)	経済産業省
		ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発	処理が必要なときだけ電力を消費する新たな情報処理システム「ノーマリーオフコンピューティング」を実現するため、不揮発性素子を用いたハードウェア、制御用ソフトウェア、コンピューターアーキテクチャを開発し、電子機器システムの半導体部分の消費電力を1/10に低減する。また、我が国が世界のトップに位置している次世代不揮発性素子の開発を推進することにより、国際競争力を強化・維持する。	H23-H27	1,200 百万 (H23 予算額： 1,203 百万)	経済産業省

技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	ICTのエネルギー消費削減	「フォトニクネットワーク技術に関する研究開発」及び「超高速・低消費電力ネットワーク技術の研究開発」	通信機器一端子あたり毎秒10テラビット級の高速大容量化と169億kWhの消費電力の削減を可能とするオール光ネットワークの基本技術を確立する。得られる研究成果のうち、毎秒400ギガビット級（現在の4～10倍）の高速大容量伝送及び機器・伝送方式の効率化による低消費電力化といった早期に実現可能と見込まれる技術に関して、製品開発、市場展開に向けての研究開発を加速する。また、研究開発成果の国際標準化を推進する。	H18-H27	NICT運営費交付金の内数 および経済成長に資する情報通信技術の研究開発・利活用促進の内数	総務省
		「グリーンITプロジェクト」	今後、世界的にデータセンタの消費電力量が急増する見込みであることから、次世代社会基盤であるクラウドコンピューティングのグリーン化により社会全体の省エネを図っていく。具体的には、ルータ、サーバ、ストレージの省エネ化、有機ELディスプレイの開発、高効率なパワーデバイス、極低電力駆動省エネデバイスを開発し、事業化等を進めることにより、消費電力が30%以上削減可能なデータセンタを実現する。技術の普及に当たっては、開発技術を上乗せしたトップランナー基準策定等により、社会への導入施策を民間と連携して行う。	H20-H24	3,109百万 (H23予算額: 3,109百万)	経済産業省
		最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発	低消費電力化に資するクラウドサービスの利活用を、クラウドサービスの信頼性・品質向上の面から促進するとともに、それらのICTサービスの利用に伴う消費電力の増加に対応するため、ネットワーク上の機器の効率的な稼働によりネットワーク全体の2～3割の省電力化を実現するグリーンクラウド基盤構築技術の研究開発を行う。今後、情報通信分野の基幹サービスになり、重要社会インフラも対象とすることが期待されるクラウドサービスについて、高信頼化・高品質化し、積極的に国際標準化機関に提案して国際標準化を主導していくことにより、国際競争力を確保する。	H22-H24	H23年度第3次補正予算要求を検討中 (H23当初予算: 1,395百万)	総務省
		ICTグリーンイノベーション推進事業（競争的資金）	効率的な二酸化炭素の排出量の削減が見込まれるICT機器のエネルギー消費削減、ICTを利用したエネルギー消費削減に関する研究開発課題を、大学・企業等から公募し、最長3か年度委託する。得られた技術成果を研究開発終了後2-3年後に実用化し、実社会に展開することにより、低炭素社会の実現に貢献する。	H21-H25	戦略的情報通信研究開発推進制度の内数 (H23予算額: 868百万)	総務省

技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	住宅のエネルギー消費削減	住宅・建築の省エネルギー性能評価手法の高度化による消費エネルギーの削減	住宅・建築におけるエネルギー消費構造を解明し、実効的な省エネルギー性能評価手法を開発するとともに、先進的な省エネ住宅普及に向けた技術資料等を作成する。成果は、省エネ基準適合義務化時に導入が予定されている誘導基準等に活用する。	H23-H25	建築研究所 運営費交付 金の内数	国土交通省
		太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発	住宅における暖房等に太陽熱エネルギーを有効活用する上で必要となる、①高断熱性能(0.01W/m・K以下)を長期(30年相当)維持可能な断熱材、②蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能で、厚さ15mm以下の蓄熱建材、③熱エネルギーを効率的に取り込むと共に、これをコントロールし、最大活用を可能とするシステムの開発を行う。また、これら技術開発の成果を実装した実住宅において実証試験を行い、暖房等の消費エネルギーが半減することを確認する。その後、早期に実用化させることで、我が国の家庭部門における省エネ化を図る。	H23-H27	247百万 (H23 予算額: 248百万)	経済産業省
	革新材料への転換	高効率ノンフロン型空調機器技術の開発	低温室効果冷媒を用いつつ高効率化を実現する業務用空調機器を開発するため以下の研究開発を行い、平成27年度までに、現状市販フロン品比で10%以上の省エネを実現する業務用空調機器の基盤技術を確立する。①低温室効果の冷媒で高効率化を達成する主要機器の開発②高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発③冷媒の性能、安全性評価。基盤技術確立後、早期に製品化を目指して普及させることにより、省エネ性向上及び代替フロン等温暖化ガスの排出削減を通じた低炭素社会の実現に貢献する。	H23-H27	480百万 (H23 予算額: 480百万)	経済産業省
		次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発	次世代照明の実用化のため、次世代LEDの基板に使用される窒化物結晶成長手法の高度化技術や有機ELの材料やデバイス技術開発を行う。これにより既存の蛍光灯の2倍の発光効率、自然光に近い演色性、蛍光灯と同レベルの低コスト性、利便性と低環境負荷をもたらす長寿命性を実現し、CO ₂ 排出量の大幅削減を図る。	H21-H25	1,800百万 (H23 予算額: 1,801百万)	経済産業省

技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	カーボン材料への転換	低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト	パワー半導体として極めて優れた性能を有する SiC（電力損失が Si の 1/100 以下）について、大口径、かつ高品質なウェハ開発、高耐圧・高信頼なデバイス製造技術、モジュール化に必要な耐熱性部材開発、および実装技術を確立する。これを自動車や鉄道、産業用モーター等に搭載する高温耐熱・高耐圧インバータとして実用化することにより、国際競争力を維持・向上させ、CO ₂ 排出量の大幅削減を図る。	H22-H26	1,850 百万 (H23 予算額: 1,450 百万)	経済産業省
		革新炭素繊維基盤技術開発/ 革新炭素繊維製造プロセス技術開発	現行の炭素繊維製造プロセスに比較し、消費エネルギー量・CO ₂ 排出量を大幅に削減し、生産効率を上げる新たな製造プロセスの基盤技術を開発する。また、これまで適用が困難であった自動車等量産型製品への炭素繊維複合材料の応用を加速する研究開発を行う。更に、基盤技術を活用し、炭素繊維製造プロセスの実用化の可能性を確認する研究を行う。本事業の成果により、例えば、炭素繊維複合材料が自動車に使用される場合の環境負荷は、鉄と比較し、ライフサイクルアセスメントで1台あたり約 20%の低減が期待できる。	H23-H27	2,030 百万 (H23 予算額: 250 百万)	経済産業省
		低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト	カーボン材料の大量・大面積合成技術の開発、融合材料の開発に必要な形状、物性の制御、分離精製技術などの基盤技術の開発および応用開発を行う。また、新材料普及の上で必要なナノ材料の簡易自主安全管理等に関する技術開発を行う。応用開発の一例として、自動車用部材の小型軽量化、高性能化が進み、これによって一台あたりの車両重量の 30kg 軽減、また EV 車の重量の 5%軽量化がなされ、燃費の向上が期待できる。	H22-H28	1,230 百万 (H23 予算額: 899 百万)	経済産業省
		サステナブルハイパーコンポジット技術の開発	熱可塑性樹脂を用いて、高速成型加工性やリサイクル・リペアが可能な新たな炭素繊維複合材料の開発を行う。この複合材料を自動車の構造部材に適用することで、自動車1台当たり 410 kg (30%) の軽量化を実現し、運輸部門での消費エネルギー量・CO ₂ 排出量の大幅な削減が期待できる。本事業の成果により、従来の炭素繊維複合材料では適用が困難であった自動車等量産型製品への需要が創出される。	H20-H24	500 百万 (H23 予算額: 487 百万)	経済産業省

技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	希少金属の代替	希少金属代替材料開発プロジェクト	省エネを達成するための革新部材に不可欠な希少金属代替材料を開発し、希少金属元素の使用原単位を現状から大きく改善することを目的とする。具体的には、排ガス浄化向け白金族を50%以上低減する使用量低減技術・代替材料開発、精密研磨向けセリウムを30%以上低減する使用量低減技術・代替材料開発、蛍光体向けテルビウム、ユウロピウムの使用量を80%以上低減する使用量削減・代替材料開発などを行う。資源的に重要な希少金属の使用量低減は府省連携の下、我が国が世界に先駆けて取り組んでおり、本施策は、民生・運輸・産業分野の消費エネルギー削減に横断的に貢献することが期待できる。	H19-H27	820百万 (H23 予算額: 742百万)	経済産業省
		次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	大きなエネルギー消費量を占めているモーターに関してレアアースを用いない①新規高性能磁石開発、②低損失軟磁性鉄心開発、③新規磁性材料を用いたモーター設計技術開発、を行い、年間電力を106億kWh削減(2020年目標)し、省エネ化と産業競争力強化を図る。特に、高いエネルギー効率と高温条件下での特性等が要求される次世代自動車用モーターを目標とする。資源的に重要な希少金属の使用量低減は府省連携の下、我が国が世界に先駆けて取り組んでおり、本施策は、民生・運輸・産業分野の消費エネルギー削減に横断的に貢献することが期待できる。	H24-H33	4,000百万 (新規)	経済産業省
	船舶・航空のエネルギー消費削減	海洋環境イニシアティブ(革新的な船舶の省エネルギー技術開発)	推進効率の高い船型の開発、運航・操船の効率化など船舶の革新的省エネルギー化に資する多様な技術開発を行い、新造船のCO ₂ 排出量30%削減を図る。また本施策では、技術開発とともに船舶からのCO ₂ 排出規制に係わる国際的枠組みづくりを一体的に推進しており、開発した技術の国際展開が期待できる。	H21-H24	531百万 (H23 予算額: 826百万)	国土交通省
		低燃費・低環境負荷に係る高効率航空機の技術開発	航空機に関して、CO ₂ 排出量として15%(現状エンジン比)、NOx排出量として80%(現行ICAO規制値比)を可能とするエンジン技術、複合材適用率70%を可能とする機体技術を確立する。低圧タービン等のエンジン技術や機体軽量化に資する複合材料技術は、我が国が優位としている分野であり、産官学連携の下でのエンジンの高効率化や機体の軽量化などが一体的に推進され、国際競争力の強化が期待できる。	H16-H24	1,308百万 (H23 予算額: 1,428百万)	文部科学省

技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	製造プロセスの革新	次世代印刷エレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発	従来の集積回路プロセスに比べて大幅な工程削減、消費エネルギー削減が可能な印刷技術を駆使してメートル級の大面積エレクトロニクス素子・回路を製造するための材料・プロセス基盤技術（高移動度・大面積の印刷 TFT の開発や高生産性シートデバイス製造技術など）を確立することにより、材料・プロセス面から省エネルギー化を促進し、国際競争力を強化・維持し、2030年に約400万トンのCO ₂ を削減する。	H22-H27	400百万 (H23 予算額: 275百万)	経済産業省
		密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発	密閉型植物工場において遺伝子組み換え植物を用いた医薬品原材料・ワクチン・機能性食品等の生産の実用化を目指した研究開発を行うことにより、遺伝子組換え植物によるものづくりにかかわる経済合理性や使用エネルギーの問題を解決し、安全・低コスト・省エネルギー型ものづくり産業を創出し、2020年に従来の生産プロセスに比べてエネルギー使用量の2/3を削減する。	H23-H27	104百万 (H23 予算額: 104百万)	経済産業省
		グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発	触媒等を用いた省エネルギー・省電力の大きな可能性を秘めた未開拓化学技術の開発、石油化学品の革新的製造プロセス基盤の開発、化学材料の評価基盤技術開発を実施することにより、化学分野での持続的競争力の確保と環境負荷低減・省エネルギーを両立させ、新産業の創出とサステイナブルな産業構造構築に貢献し、2030年に化学産業のCO ₂ 排出量の約1/4に相当する量を削減する。	H20-H33	6,650百万 (H23 予算額: 1,720百万)	経済産業省
		資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発	現状の高炉設備をそのまま使用し、高炉内還元反応の高速化・低温化機能を発揮する革新的製鉄プロセス及び操業プロセスを開発することにより、エネルギー削減が世界トップレベルの製鉄業において、より一層の省エネルギーと低品位原料利用拡大を両立する。2020年代初頭までに現行高炉操業に対して約10%のエネルギー削減が可能となる。	H21-H24	400百万 (H23 予算額: 700百万)	経済産業省
		環境調和型製鉄プロセス技術開発	石炭コークス製造時に発生するコークス炉ガスに含まれる水素をより効率的に回収し、石炭コークスの一部代替として当該水素を用いて鉄鉱石を還元するとともに、製鉄所内の未利用顕熱を利用した新たなCO ₂ 分離・回収技術を開発する。エネルギー削減が世界トップレベルの製鉄業において、より一層の省エネが実現され、2030年に製鉄プロセスにおけるCO ₂ 排出量を約30%削減する技術が確立する。	H20-H24	1,700百万 (H23 予算額: 2,660百万)	経済産業省

技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減	製造プロセスの革新	革新的省エネセラミックス製造技術開発	小型のセラミックスブロックを多数組み合わせること で大型部材を製造する、省エネかつ形状自由度の高い 革新的セラミックス部材製造技術を開発する。エネル ギー削減が進んでいるセラミックス産業において より一層の省エネが実現され、2030年に約85万ト ンのCO ₂ 削減が見込まれる。	H23-H25	85百万 (H23 予算額: 310百万)	経済産業省
		革新的セメント製造プロセス基盤技術開発	革新的な製造プロセスの要素技術となる、①クリンカ (セメントの中間製品)焼成温度を低減させても従来 のセメント同等品質を確保可能な焼成方法②キル ン内のクリンカ焼成工程をシミュレーション可能なプ ログラム③キルン内のクリンカやガスの温度状態を 把握可能な計測方法、を確立させるとともに、これら 技術を融合したエネルギー原単位を8%削減するセ メント製造プロセス全体の設計提案を行い、実験的検証 によって実用化への技術課題を明確にする。その後、 早期に実用化させることで、我が国のセメント産業の より一層の省エネ・低炭素化を図る。	H22-H26	160百万 (H23 予算額: 160百万)	経済産業省
		革新的ガラス溶融プロセス技術開発	プラズマと酸素燃焼炎による高温を利用し瞬時にガ ラス原料をガラス化し、極めて効率的にガラスを溶融 するプロセス技術を開発することにより、単位重量当 たりのエネルギーを約66%削減し、今まで5日間程 度必要であったガラス溶融工程を半日以下にすること が見込まれる。	H20-H24	344百万 (H23 予算額: 345百万)	経済産業省
	超電導の利用	高温超電導ケーブル実証プロジェクト	送電時のエネルギー損失を低減し、かつ電力ケーブル と同程度の太さで大容量送電が可能となる高温超電 導ケーブルを開発し、変電所の実系統に接続して、線 路建設、運転監視、保守・運用方法など総合的な信頼 性を実証する。老朽化した既存ケーブルの更新時期が 2016年ごろから始まり、順次リプレースされるとし て試算すると2020年に年間28000トンのCO ₂ 削減が 期待できる。また、超電導技術、国際標準化は我が国 が優位であり、国際競争力の維持・強化が期待できる。	H19-H25	1,000百万 (H23 予算額: 320百万)	経済産業省
		送電ロスゼロにする超伝導直流送電技術等の研究開発	再生可能エネルギー等の電力を効率よく送電するた めに必要となる超伝導直流送電技術の実現を加速す るため、超伝導ケーブルの低コスト冷却技術に関する 研究開発を行う。具体的には①超伝導ケーブル末端で の熱侵入低減、超伝導ケーブル管の断熱二重構造、③ 超伝導ケーブル管内の効率的な冷媒循環の取組を実 施する。研究成果の2030年までの社会実装を目指す。	H24-H28	大学発グリ ーンイノベ ーション創 出事業の内 数	文部科学省

Ⅲ-3 政策課題「エネルギー利用の革新」別添資料

重点的取組「技術革新による消費エネルギーの飛躍的削減」ロードマップ



取組の目標

我が国のエネルギー消費量を大幅削減すると共に、国際展開して国際競争力を強化・維持する。

半導体分野

我が国は、インターネットやその他の高度情報通信ネットワークを通じて自由かつ安全に多様な情報又は知識を世界的規模で入手し、共有し又は発信することにより、あらゆる分野における創造的かつ活力ある発展が可能となる高度情報通信ネットワーク社会の形成を目指し、電子政府始め様々な取り組みを推進している。しかし、その一方で、大幅に増大しているネットワーク・トラフィックと電力消費量の爆発的増大、情報システムのトラブルの原因となるソフトウェアの安全性・信頼性の低下、増加の一途をたどるアタック、ウイルス等の重要な課題が顕在化している。

こうしたことから、情報家電等 IT の利活用と社会システムとしての安全性・信頼性の確保とともに、その基盤となる IT 産業の技術力、国際競争力の強化を目標として、情報通信関連技術を半導体、ストレージ・不揮発性メモリ、コンピュータ、ネットワーク、ユーザビリティ（ディスプレイ等）及びソフトウェアの 6 分野に分け、今後 10 年程度を見据えた技術戦略マップを作成した。

半導体は、情報家電、自動車、産業機械、医療機械等、様々な製品の付加価値を高める非常に重要な産業のコア部品であるが、半導体産業を発展させ競争力をつけていくためには、世界各国での激しい市場競争に打ち勝つための莫大な研究開発費と技術戦略が必要となっている。本技術戦略マップでは、国際半導体ロードマップ（ITRS）の中から、特に我が国に必要な重要技術を抽出し、技術開発成果の産業への導入シナリオ、ロードマップをとりまとめている。

また、半導体分野の技術は、ナノ・部材技術やシリコン以外の材料を活用して深化する度合いが増えてきており、これを考慮して策定している。

半導体分野の技術戦略マップ

I. 導入シナリオ

(1) 半導体分野の目標と将来実現する社会像

半導体技術は、情報家電、自動車等の製品に組み込まれて初めてその機能を発揮するものであり、技術力のみで国際市場のシェアを確保できる分野ではないが、その技術は、「技術戦略マップに示された技術により実現できる将来社会イメージ」の中でも、ユーザビリティ技術、ネットワーク技術等と合わせて、将来のユビキタス時代を作り上げるコア技術であり、半導体技術を高度化していくことが、全ての基礎となる。具体的には、従来からの方法である微細化による半導体の高性能化、省エネ化を強力に進めるとともに、微細化以外の方法で高機能な新しい半導体を実現させていくことが必要である。

(2) 研究開発の取組

研究開発の推進については、開発目標を戦略的に設定するとともに、効率的な研究開発体制の構築と部材産業、製造装置産業等との垂直連携の強化等が重要である。

特に、半導体分野においては、国際ロードマップを意識し、その中で設計、プロセス、検査、実装等の各製造工程に係る研究開発と連携をとりつつ一体的に取り組むとともに、次世代及び次々世代の技術の開発を国と民間との適切な役割分担の下に行うことが必要である。

我が国では、「次世代半導体材料・プロセス基盤技術の開発（MIRAI）プロジェクト」（2001～2010年度）で半導体の要素技術を開発し、その成果をロードマップに従って順次、民間コンソーシアムである株式会社半導体テクノロジーズ（Selete）や民間企業に直接移転し、大きな成果を上げている。プロジェクトの成果の移転については、その技術が使われるタイミングを計って移転することが非常に重要である。

その他、製造時のプロセスのばらつきを考慮した設計手法の開発を行う「次世代プロセスフレンドリー設計技術開発」（2006～2010年度）、立体構造による多様な用途に応じた新機能デバイスを実現する「ドリームチップ開発プロジェクト」（2008～2012年度）、高速かつ不揮発性能を有するメモリを開発する「高速不揮発メモリ機能技術開発」（2010～2012年度）、新規のナノ機能材料や、新規のナノデバイス構造を適用し超低電圧（0.4V以下）で動作するデバイスを開発する「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト」（2010～2014年度）等を実施している。

(3) 関連施策の取組

研究開発成果を産業化させるにあたって、制度等様々な障壁等を低くする施策や国際連携や標準化等によって、成果を導入しやすくすることが必要である。

具体的には、以下の通り。

〔起業・事業支援〕

- ・社団法人半導体ベンチャー協会と協力して、半導体ベンチャーの育成支援等を行う。

〔規則・制度改革〕

- ・高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT 基本法）による高度情報通信ネットワーク社会の形成に関する施策の推進

〔基準・標準化〕

- ・半導体集積回路の国際標準化は、IEC（IEC:International Electrotechnical Commission 国際電気標準会議）では、TC47 及びその下の SC で審議されている。このうち、日本は SC47A、47E で国際議長を、SC47D で国際議長及び幹事、SC47F で国際幹事を務めている。また、ナノエレクトロニクス分野では、ナノテクノロジーとして TC113 を 2006 年に新設し、用語の定義や計測法などについて標準化が始まった。
- ・一方、ISO/IEC 以外の標準化活動として、MIRAI プロジェクトの成果を活用した HiSIM モデルが、大学、産業界の積極的な活動の結果、2007 年 12 月に SCC で国際標準となった。このように、研究開発の成果を使える環境を作り出すために、国際標準化を推進するとともに、これを複数の技術世代にわたる継続的な取組とすることが必要である。

〔国際連携・協力〕

- ・知的財産権保護、環境対策、非特惠原産地規則、関税対策等の課題を解決するためには、半導体産業がグローバル化しているために国内のみの活動では不十分である。そのため、日本、欧州、米国、韓国、台湾、中国の 6 極でこれら半導体に関する課題について解決策を検討するため、半導体政府当局会合（GAMS）を行っている。

〔他省庁との連携〕

- ・次々世代の半導体技術であるナノエレクトロニクス分野では、ナノエレ政策推進会議を経済産業省・文部科学省で設置し、互いに有機的連携の下に、ナノエレクトロニクス関連のプロジェクトが 2007 年度から推進されている。

〔産学官連携〕

- ・産学官で構成する「つくば半導体協議会」等の産学官連携の場を活用し、情報交換から具体的な連携までを行っている。
- ・国内で最もナノテクノロジーの研究設備・人材が集積するつくばにおいて、世界的なナノテクノロジー研究拠点の構築が 2008 年度から進められている。2009 年 6 月には、筑波大学、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所、及び日本経済団体連合会の 4 者による共同宣言「つくばナノテクノロジー拠点形成の推進について」が発表されている。

〔プロジェクト等間の連携〕

- ・半導体製造は、従来のように設計・前工程・後工程と工程毎に技術を開発しても、微細化が進むに連れ、特性バラツキや信号遅延などの問題が深刻化し、工程間の連携が不可欠となってきている。そのため、例えば、設計分野の「次世代プロセスフ

レンドリー設計技術開発 (DFM)」プロジェクトと MIRAI の中の「D2I (マスク設計・描画・検査総合最適化技術開発)」プロジェクト間で、データ交換や相互での評価などを実施している。今後とも、プロジェクト間の連携の必要性は高まると予測され、柔軟な連携が求められる。

(4) 海外での取組

IBM (米アルバニー)、IMEC (ベルギー) 等のコンソーシアムに、世界から半導体メーカーの研究者が参画し、最先端の半導体研究を行っている。

(5) 民間での取組

半導体メーカー 9 社で組織される株式会社 半導体テクノロジーズ (Selete) や株式会社 半導体理工学研究センター (STARC) の他、半導体の材料の評価を行うコンソーシアムとして次世代半導体材料研究組合 (CASMAT) が活動している。

(6) 改訂のポイント

- 関連施策の取組等について最新の情報に更新したほか、目標年度を 2010 年度から 2020 年度までに更新した。

II. 技術マップ

(1) 技術マップ

国際半導体技術ロードマップ (ITRS) 2009 を踏まえ、我が国の研究開発を戦略的に推進するため、我が国が得意とする低消費電力化技術を中心に技術項目を大、中、小項目に分類。大項目では LSTP デバイス技術、プロセス技術やリソグラフィ、設計 (SoC 設計) など大きく 12 項目に分け、これらを、体系化するとともに、細分類化を行っている。

(2) 重要技術の考え方

半導体の技術を、その事業形態 (IDM、ファウンドリメーカー、ファブレスメーカー、装置・材料メーカー、ソフトベンダー) から見て重要技術に分類し、更に、半導体の安全・信頼性から見た重要技術、省エネの観点から見た重要技術に分類整理を行った。

(3) 改訂のポイント

- 大項目にプリンテッド・エレクトロニクスを新たに新設するとともに、LSTP デバイス技術、設計 (SoC 設計)、テスト技術、評価・解析技術の中項目以下の内容を、技術動向を踏まえ一部改訂した。

III. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

技術マップに示した重要技術ごとに、研究開発により達成されるべきスペックを時間軸上に表した。

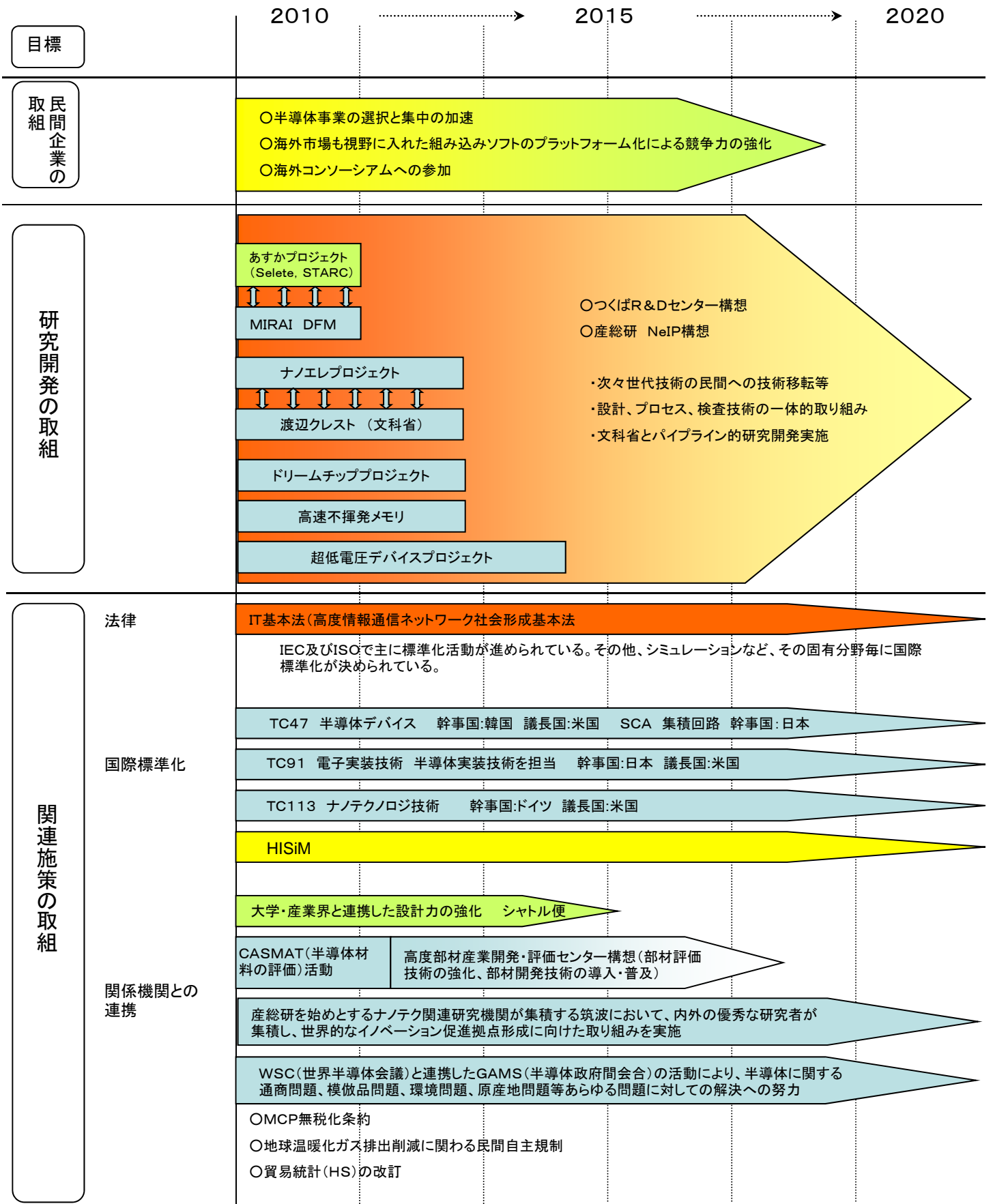
(2) 改訂のポイント

- ロードマップの対象期間の変更
開始年は2010年、終了年は2019年の10年間とした。
- ITRS2009や半導体技術開発の動向を踏まえ、半導体の微細化のトレンドを見直した。
- 特に「ディスクリートデバイス」では要求スペックの詳細情報を充実したほか、「プリントエレクトロニクス」について、新たにロードマップを記載した。

IV. その他の改訂のポイント

- **ベンチマーキングの改訂【半導体分野の国際競争ポジション】**
 - 半導体製品別シェアの品目を拡大し、最新情報に更新した。

半導体分野の導入シナリオ

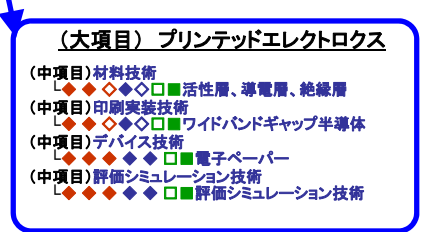
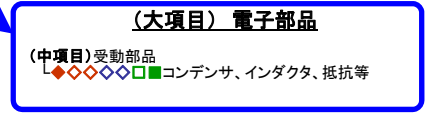
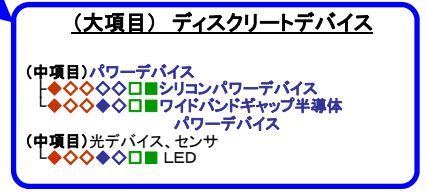
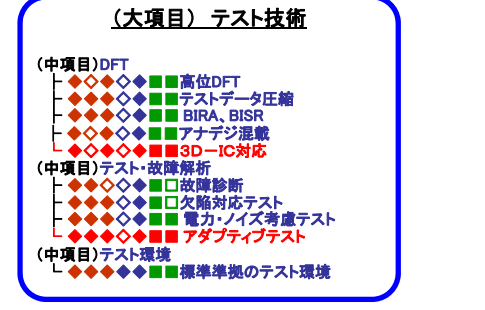
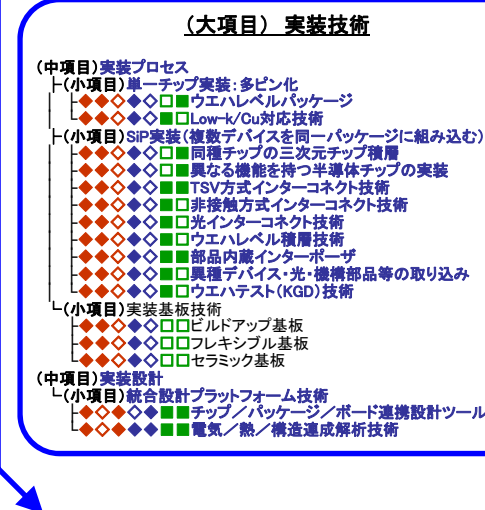
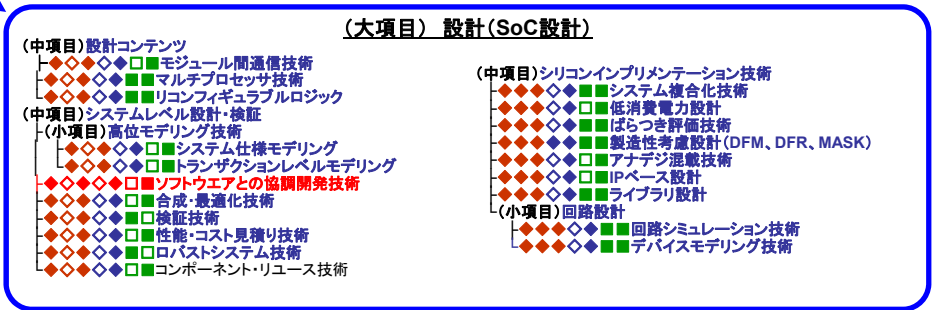
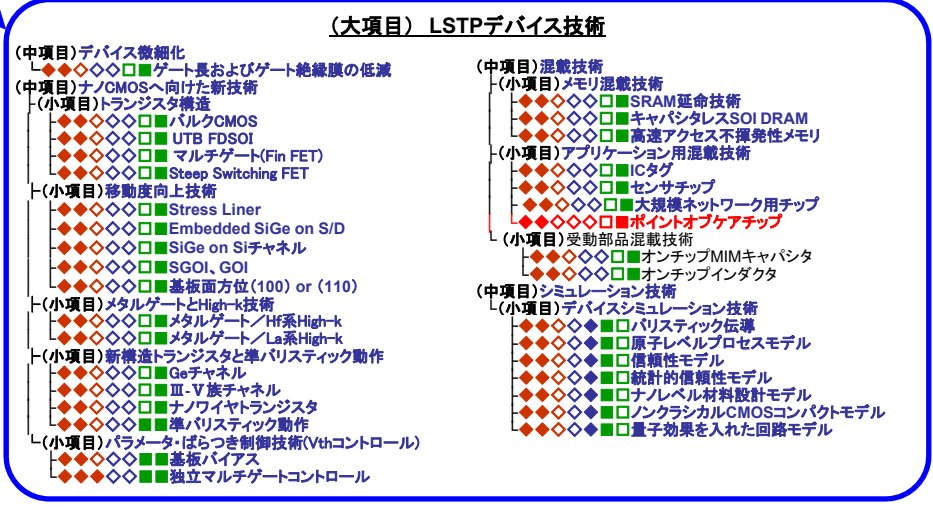
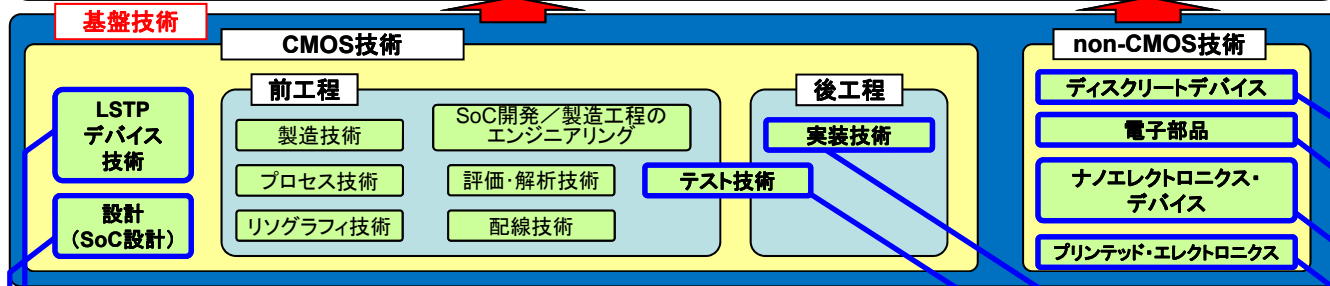


半導体分野の技術マップ (1/2)

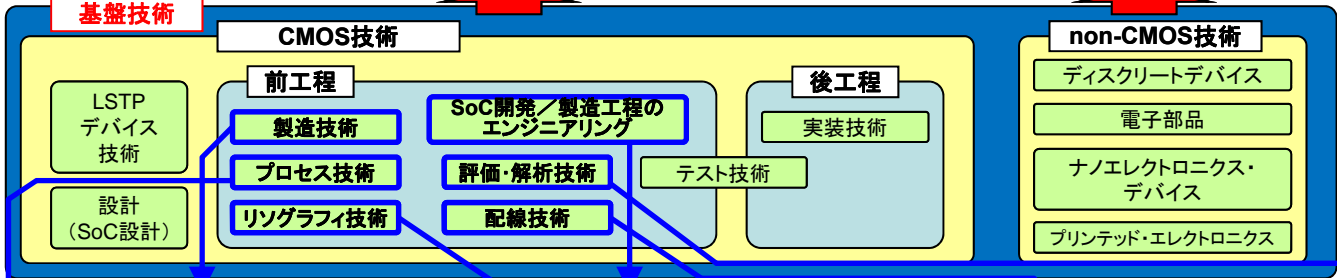


記号の説明						
IDM	ファブリティメーカー	ファブレスメーカー	装置・材料メーカー	ソフトベンダ	半導体の安全・信頼性に係る技術	省エネに係わる技術
◆	◆	◆	◆	◆	■	■

※ 該当しないものを「白抜き」で示す。
 ※ ロードマップに記載する技術を「青字」で示す。
 ※ 「半導体の安全・信頼性に係る技術」は、半導体製造における安全技術、半導体の信頼性を高める技術、歩留りを高める技術。
 ※ 「省エネに係わる技術」は、半導体の微細化技術、高集積化技術、半導体製造の高効率化技術。

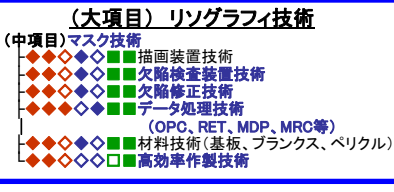
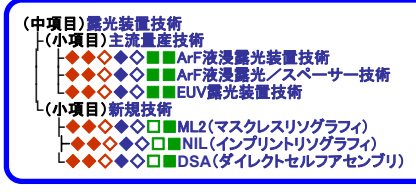
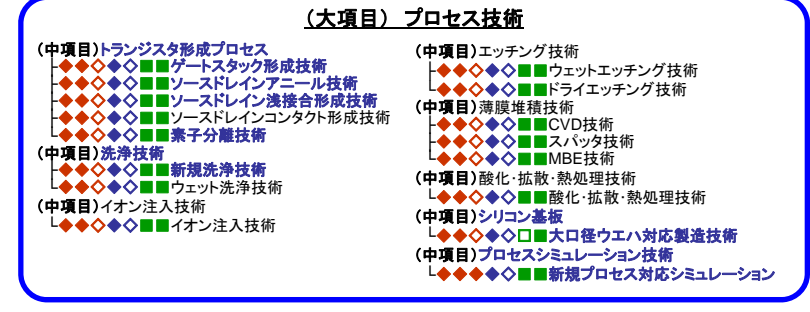
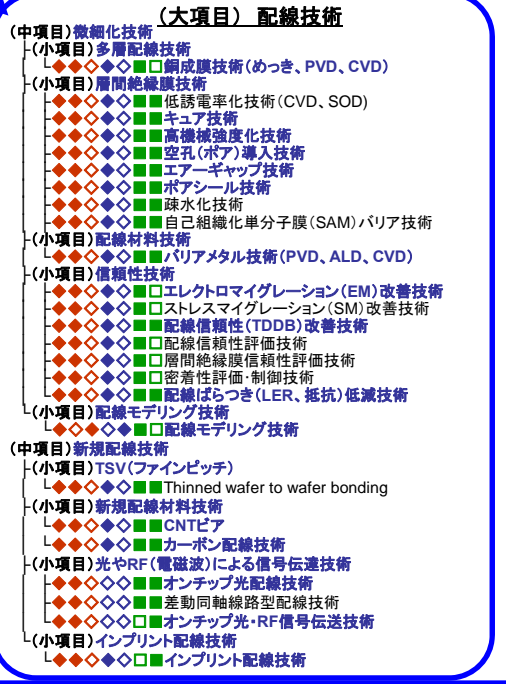
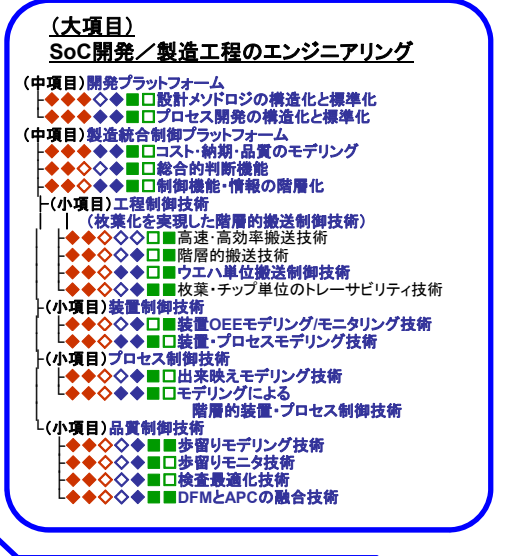


半導体分野の技術マップ (2/2)



記号の説明						
IDM	ファンドリ メーカ	ファブレス メーカ	装置・材 料メーカ	ソフトベン ダ	半導体の 安全・信 頼性に係 わる技術	省エネに 係わる技 術
◆	◆	◆	◆	◆	■	■

※ 該当しないものを「白抜き」で示す。
 ※ ロードマップに記載する技術を「青字」で示す。
 ※ 「半導体の安全・信頼性に係わる技術」は、半導体製造における安全技術、半導体の信頼性を高める技術、歩留りを高める技術。
 ※ 「省エネに係わる技術」は、半導体の微細化技術、高集積化技術、半導体製造の高効率化技術。



略語説明

- A:** AEC = Advanced Equipment Control
ALD = Atomic Layer Deposition
APC = Advanced Process Control
ArF = Argon Fluoride
- B:** BISR = Built-In Self Repair
BIRA = Built-In Redundancy Allocation
- C:** CMP = Chemical Mechanical Polishing
CMOS = Complementary Metal-oxide Semiconductor
CVD = Chemical Vapor Deposition
- D:** DD = Dual Damascene
DFM = Design For Manufacturing(Manufacturability)
DFR = Design For Reliability
DFT = Design For Testability
DRAM = Dynamic Random Access Memory
DRC = Design Rule Check
DSA = Directed Self Assembly
- E:** EEQA = Enhanced Equipment Quality Assurance
EEQM = Enhanced Equipment Quality Management
EM = Electro Migration
EUV = Extreme UltraViolet
- F:** FDC = Fault Detection and Classification
FDSOI = Full Depletion Silicon On Insulator
FET = Field Effect Transistor
- G:** GOI = Germanium Oxide Insulator
- H:** HW = HardWare
- I:** IP = Intellectual Property
- K:** KGD = Known Good Die
- L:** LER = Line Edge Roughness
LSTP = Low Standby Power
- M:** MBE = Molecular Beam Epitaxy
MDP = Mask Data Preparation
ML2 = MaskLess Lithography
MOS = Metal-Oxide Semiconductor
MRC = Mask Rule Check
- N:** NGL = Next Generation Lithography
NVRAM = NonVolatile Random Access Memory
- O:** OEE = Overall Equipment Efficiency
OPC = Optical Proximity effect Correction
OS = Operating System
- P:** PCB = Printed-Circuit Board
PVD = Physical Vapor Deposition
- Q:** QTAT = Quick Turn Around Time
- R:** RET = Resolution Enhancement Technology
RF = Radio Frequency
RTL = Register Transfer Level
- S:** SAM = Self-Assembled Monolayer
S/D = Source / Drain
SGOI = Silicon Germanium Oxide Insulator
SiP = System in Package
SM = Stress Migration
SoC = System on a Chip
SOD = Spin On Dielectric
SOI = Silicon On Insulator
SRAM = Static Random Access Memory
STIL = Standard Test Interface Language
SW = SoftWare
- T:** TDDB = Time Dependent Dielectric Breakdown
TEG = Test Element Group
TFT = Thin-Film Transistor
TL = Transaction Level
- U:** UTB = Ultra Thin Body

[添付資料4]

省エネルギー技術戦略 2011

平成23年3月

経済産業省資源エネルギー庁

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

目次

はじめに	1
I. 導入シナリオ	4
1. 我が国を取り巻く現状と将来像	4
2. 産業部門	5
3. 家庭・業務部門	6
4. 運輸部門	7
II. 重要技術	10
1. 重要技術の考え方	10
2. 産業部門	13
3. 家庭・業務部門	14
4. 運輸部門	15
5. 部門横断	16
III. 今後の省エネルギー技術の展開	18
1. 省エネルギー技術推進の課題	18
2. 各部門における省エネルギー技術推進の課題	19
3. これからの省エネルギー技術開発に対する公的支援のあり方	20
4. 国際競争力の維持・強化に向けて	22
むすびに	23
添付資料	
○ 導入シナリオ図	
○ 重要技術シート	
○ 省エネルギー技術戦略委員会 委員名簿	
○ 検討の経緯	

はじめに
～省エネルギー技術戦略が目指すもの～

1. 背景

エネルギーは国民生活や経済活動において必要不可欠な財である。産業革命以降、エネルギー需要は飛躍的に増大してきており、資源の大半を海外に依存している我が国にとって、資源確保は重要な課題となっている。特に、中国やインドなどをはじめとしたアジア地域や開発途上国の経済成長による化石燃料を主としたエネルギー需要の急増が見込まれ、世界各国ともにエネルギー資源を始めとする資源確保の競争が激化することが見込まれる。

こうしたエネルギーを取り巻く非常に厳しい国際環境に加え、地球温暖化問題の解決に向けたエネルギー政策の強力かつ包括的な対応への内外の要請、及び、エネルギー・環境分野に対する経済成長の牽引役としての役割の高まりを受けて、我が国は、エネルギー政策の基本的な方向性を示す「エネルギー基本計画」を2010年6月に策定した。

エネルギー基本計画においては、エネルギーは国民生活や経済活動の基盤であり、政策の基本を3E（エネルギー安定供給の確保、環境への適合、市場機能を活用した経済効率性）の実現を図ることとし、国際競争力を有するエネルギー関連産業・技術・システムを強みとして育成・普及すること、及び、安全と国民理解を大前提とした社会システム・産業構造の改革を実現することを基本的視点として位置付けた上で、「総合的なエネルギー安全保障の強化」、「地球温暖化対策の強化」、「エネルギー産業構造の変革」及び「国民との相互理解」において、省エネルギーの重要性を明確化している。

更に、省エネルギーはエネルギー安全保障を強化するために総合的に確保すべき五要素¹の1つであること、地球温暖化対策と我が国の経済成長を両立させるために国内で最先端の省エネルギー・低炭素技術等の開発・普及を進めるとともに、その国際展開を促すこと、競争力のある我が国のエネルギー産業や省エネルギー製品・技術の海外展開の加速化を図ること、省エネルギー等に資する新たな技術やサービスの普及が進み、産業の裾野は広がっていくこと、新たなエネルギー需給構造や社会システムの転換は、エネルギーを利用する国民や事業者の意識や行動様式の変革無くして進まないことなどを示している。これら基本的視点からも明らかのように、省エネルギーの推進は、今般のエネルギー政策において、極めて重要な役割を果たすことは論を俟たない。

省エネルギーの推進に当たっては、エネルギーの使用の合理化に関する法律に基づく工場・事業場、輸送等に係るエネルギー管理の徹底、住宅・建築物、機械器具等に係る省エネルギー基準などの規制、産業界における自主的取組、国による財政

¹ 五要素とは、(1)自給率の向上、(2)省エネルギー、(3)エネルギー構成や供給源の多様化、(4)サプライチェーンの維持、(5)緊急時対応力の充実。

上、金融上及び税制上の支援、教育・広報活動を通じた国民理解の増進及び国民の協力、地域における地方公共団体及び地域住民の取組、小売事業者等による一般消費者への情報提供といった総合的な取組が求められるが、省エネルギー技術の研究開発及び普及は、効率的なエネルギーの使用に基づく経済社会の構築に永続的な効果を発揮するため、我が国として戦略的に推進することが極めて重要である。

2. 省エネルギー技術の推進における課題

省エネルギー技術の開発に当たっては、これまでもユーザー志向の開発要請を踏まえて進められてきたところであるが、技術の普及が促進されるためには、これまで以上にユーザーのニーズに即した検討が必要である。技術開発を推進する上で、シーズ側からの視点は、我が国がそもそも得意としていた技術領域を一層強化するために重要であるが、ニーズ側からの視点は、省エネルギー技術を導入・普及する上で重視する必要がある。

また、競争力のある我が国のエネルギー産業や省エネルギー製品・技術の海外展開の加速化を図ること、省エネルギー等に資する新たな技術やサービスの普及が進み、産業の裾野が広がっていくことを念頭に置きつつ、単体だけの技術開発にとらわれることのない、省エネルギー効果の高いシステム構築を目指すような省エネルギー技術開発を進めることも重要である。

特に、エネルギー基本計画に掲げた目標の達成のためには、

- ①消費者・企業等のニーズに基づく省エネルギー技術開発の推進
- ②各種技術のシステム化の推進
- ③異業種産業間の連携を可能とする機会の提供
- ④開発された省エネルギー技術の普及の促進
- ⑤国際展開を睨んだ省エネルギー技術開発の推進

等の方策を検討することが重要となる。

さらに、省エネルギー技術の開発及び普及を通じた国内の産業基盤の維持や、競争力のある省エネルギー技術の海外展開によるジャパンプランドの維持向上と、「世界一の省エネルギー国家」の実現との同時達成を目指すことも重要な課題である。

3. 省エネルギー技術戦略の策定

我が国は、2030年に向けた大幅なエネルギー消費効率の改善を目指した新・国家エネルギー戦略（2006年5月）に基づき、長期的視点に立った革新的な省エネルギー技術開発の推進を図るため、省エネルギー技術戦略 2007 を策定し、改定を順次行っている。

今般、エネルギー基本計画の全面的な見直しが行われたことを機に、省エネルギー技術戦略についても、これを踏まえた全面的な見直しを行うこととした。

戦略は実行してこそ意味がある。新たな省エネルギー技術戦略がこれまで以上に

活用され、広く省エネルギーが進展する必要がある。

まず、利用者の利便性が高まるよう「技術戦略マップ」（経済産業省）の省エネルギー関連部分との統合を図った。

また、エネルギー基本計画では、低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現を目指し、エネルギー需要構造のさらなる改革のため、産業部門、家庭部門、業務部門、運輸部門、横断的措置の5つの部門において、各部門の特性を踏まえつつ、省エネルギー対策を推進することとしている。これらの対策との関係を明確にし、かつ身近に分かりやすく捉えられるよう、我が国の総合エネルギー統計における最終エネルギー消費の区分である産業部門、家庭・業務部門、運輸部門から、省エネルギー技術開発に係る課題や戦略を検討した。また、転換部門からも、産業部門で広く用いられる燃焼技術に関連の深い火力発電技術開発に係る課題や戦略を検討した。具体的には、

- ・ エネルギー需要区分にある産業、家庭・業務、運輸の3部門から省エネルギー技術を再整理し、
- ・ 各部門に共通する技術については、ニーズの観点から関係の深い部門で検討を行った上で、最終的に部門横断として整理した。

さらに、我が国が省エネルギーのために重点的に取り組むべき重要技術を選定し、それぞれの重要技術について、技術開発の進め方等を取りまとめた。

以上の考え方により、省エネルギー技術戦略2011を策定した。これにより、2030年における確実なエネルギー消費量の削減のために有効な省エネルギー技術の開発と、それらの技術の我が国における着実な導入普及と国際展開を推進し、世界一の省エネルギー国家の実現を目指すものである。

I. 導入シナリオ

～我が国の将来あるべき姿とそこに至る道筋～

1. 我が国を取り巻く現状と将来像

原油価格の高止まりや中国のレアアース（希土類）等の輸出制限などで、世界的にも資源確保の動きや資源価格の不安定性が顕在化している。また、輸出制限や価格上昇等による資源・エネルギーの供給制約が一層深刻化している状況にあり、今後も BRICs に代表される開発途上国を中心とした諸国の経済成長に伴うエネルギー需要が急速に拡大することが見込まれ、我が国としても資源確保競争の熾烈化から避けて通れない状況となりつつある。一方、国内においても、インフラ設備の老朽化や昨今の経済成長鈍化による需要減退に伴うエネルギー供給設備・ネットワークの維持等のコスト増大、再生可能エネルギー導入拡大等による新たなセキュリティ課題等が顕在化している。

また、温室効果ガスの約9割をエネルギー起源 CO₂ が占める我が国では地球温暖化問題の解決に向け、温室効果ガスを発生させない基幹電源の確保、再生可能エネルギーの導入拡大、省エネルギー等の推進など、エネルギー政策に関する、より強力且つ包括的な対応を求められている。

さらに、リーマンショックを契機に世界経済は歴史的な大不況となり、各国は産業構造・成長戦略の再構築を図っている。特にエネルギー・環境関連の技術や製品の開発・普及による新市場開拓、雇用獲得を国家戦略の基軸とする機運が各国に高まっている昨今、我が国産業界が 1970 年代以来取り組んできた省エネルギーや環境関連技術を十二分に活用し、国内市場だけでなく、国際的に展開すると共に、省エネルギー等に資する新たな技術やサービスの普及を促進することで、国内産業の経済成長を牽引していくことが強く求められている。

こうした課題の中、エネルギー政策は、環境政策・科学技術政策・外交政策だけではなく我が国の経済成長戦略とも密接に関連することから、緊密な相互連携を図ることが不可欠であり、我が国として重点とすべき産業や雇用の確保の姿等を示した「産業構造ビジョン 2010」において「次世代エネルギーソリューション」や、我が国の今後の成長させるべき分野を示した「新成長戦略」（2010 年 6 月閣議決定）では「環境・エネルギー大国」の実現などが明記されており、省エネルギー技術は今後の我が国の社会構造の変革を見る上で欠くことはできない。

また、「エネルギー基本計画」において、政府として、「『暮らし』（家庭部門）のエネルギー消費から発生する CO₂ の半減」、「産業部門では、世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化を図る」、及び「我が国に優位性があり、かつ、今後も市場拡大が見込まれるエネルギー関連の製品・システムの国際市場において、我が国企業群が最高水準のシェアを維持・獲得する」ことを 2030 年に向けた目標としており、こうした目標の達成には、省エネルギー技術の積極的な開発・普及は喫緊の課題と考えられる。

2030年の我が国では、更なる省エネルギーの推進や技術開発によるエネルギー利用の効率化が進展し、電力システム、再生可能エネルギーなどのエネルギー供給や省エネルギー型の製品・輸送機器などの急速に拡大した国外市場で、我が国の技術・製品等の普及・導入が進展していると考えられる。そのためには、我が国における社会システムやライフスタイルにまで踏み込んだ改革、特にエネルギー需要構造のさらなる改革を行い、産業、家庭・業務、運輸等の部門毎の特性を十分踏まえ、省エネルギー技術の開発、導入普及拡大を推進していく必要がある。

2. 産業部門

産業部門（エネルギー転換に使用する発電装置製造を含む）では、経済的合理性を踏まえた設備投資等が重点的に推進され、省エネルギーかつ低コストで低炭素型製品等のものづくりが強化される。産業部門におけるエネルギー消費比率の上位を占める鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプ等プロセス産業では、これまでも積極的に省エネルギー対策が進められてきているが、更なる効率改善を図るため、燃焼利用の最小化や熱利用工程における高効率化等のための技術開発が必要となる。

さらに、上流の原材料製造と結び付けるなどのビジネスモデルの変革や高付加価値製品への転換等が図られ、技術や製品の国際展開が進展する。これらを具体化していくには、従来の見方から一歩踏み込み、エクセルギーの損失を最小化する産業プロセスやシステムの改善が求められることに加え、レーザー加工のように、製造プロセスにおける加工技術の高度化によりプロセス全体の手順削減や高歩留り化、製品の高付加価値化を図ることで、全体としての省エネルギーを実現する技術も重要になる。

具体的取組として、鉄鋼では革新的製鉄プロセスや環境調和型製鉄プロセス（未利用排熱活用高炉ガスCO₂分離回収技術等）の導入等を通じて、資源対応力強化、環境対応力の強化、エネルギー消費効率化を達成し、国際競争力維持及び国内の製造基盤の充実・強化を目指す。化学では革新的化学プロセスの開発により一部実用化が進み、セメントでは革新的セメント製造プロセスの基盤技術開発により実用化が進み、また紙・パルプでは、高温高圧型黒液回収ボイラーや高効率古紙パルプ製造技術等の導入が図られ、これらの製造プロセスにおける省エネルギーとコスト競争力の強化に寄与する基盤が強化される。

一方、エネルギー転換部門で使用される機械装置については、世界最高水準の火力発電技術をさらに革新していくことが重要になるが、化石燃料の高度利用等の観点も踏まえIGCC、A-USC（先進的超々臨界圧発電）等については、更なる効率化や早期の実用化が進み、普及が図られ、我が国の燃料使用量の削減とエネルギー安定供給の確保に寄与する。

また、熱需要に対するエネルギー供給の効率化を図るため、高効率コージェネの導入が図られ、高い省エネルギー効果が期待される面的な熱の有効利用が進展するとともに、幅広い国内産業の活性化、および地域の活性化に貢献する。

なお、運輸部門や家庭・業務部門などで使用される際に、大きな省エネルギー効果をもたらす製品そのものの開発と低コスト製造・普及には産業部門の貢献も不可欠である。

3. 家庭・業務部門

家庭部門におけるエネルギー消費は、生活の利便性・快適性を追求する国民のライフスタイルの変化、世帯数の増加等の社会構造変化の影響を受け、個人消費の伸びとともに、著しく増加してきた。トップランナー規制等の効果から家庭用機器のエネルギー消費効率は大幅に向上したものの、機器の大型化・高機能化等によりエネルギー消費は増加傾向にある。

業務部門においても、事務所や小売等の延床面積の増加や、これに伴う空調・照明設備の増加、そしてオフィスのOA化の進展等が原因となり、やはりエネルギー消費は増加傾向にある。

こうした中、新たなエネルギー需給構造や社会システムの実現のため、国民や事業者の意識改革、ライフスタイルの転換などを伴う、総合的な省エネルギー対策が極めて重要となる。この意味で、住宅・建築物の躯体・設備そのものの省エネルギー性能の向上および負荷制御や統合制御等により省エネルギーを実現する ZEB・ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル、ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）などの概念が重要となってくる。

家庭・業務部門は生活・サービス産業等に密接に関わる部分であるが故、その対象も多岐に渡るが、上記の概念から考えると、今後は、これまでも効果をあげてきた、空調、照明、給湯、OA 機器等効率の一層の向上や、住宅、建築物の断熱化の推進、システム化技術等ソフトウェア的な取組、更なるエネルギー管理の徹底、技術の普及を促進させるインセンティブの付与または規制に加え、ライフスタイルの転換を促すような新たな取組などが重要となってくる。

具体的には、家庭におけるエネルギー消費量の約3割を占める給湯の省エネルギーが重要であるため、2020年までに家庭用高効率給湯器・給湯用ヒートポンプは、単身世帯を除くほぼ全世帯相当、2030年までに全世帯の8～9割の普及を目指す。また、業務用高効率給湯器・給湯用ヒートポンプの利用拡大も推進する。

機器効率向上の対象技術としては、現在エネルギー消費が大きい、あるいはエネルギー消費の伸びが大きい機器設備に関する技術であり、IT 機器等の省エネルギー化に貢献するパワーエレクトロニクスと大容量高速通信技術、待機時消費電力削減技術、高効率 LED 素子または有機 EL を要素とする高効率次世代照明技術、さらなる効率向上を目指すヒートポンプ給湯機や、家庭・業務用燃料電池、太陽熱パネルをシステム化した高効率給湯器、そして高効率空調機器などであり、これら機器設備の高効率化を進展していく。具体的には大幅な省エネ性能の向上が見込まれる高効率次世代照明（LED 照明、有機 EL 照明）を、2020年までにフローで100%、2030年までにストックで100%普及させることを目指す。

さらに、高断熱・高気密技術、自然光を最大限取り入れるパッシブ技術などの技術開発の進展や、それらの導入・普及は、空調負荷を低減させ、熱源の高効率化との相乗効果により一層の省エネルギーが達成される。

また、家庭、ビルにおけるエネルギーマネジメント技術が推進し、情報機器、家電、空調等の制御の省エネルギー推進を図るような技術開発、人間の生活や業務環境の快適性を維持しつつ、省エネルギーに結びつくシステム化技術が進展する。そのためには、BEMS、HEMS といったエネルギーマネジメントシステムの構築が重要となる。

また、一見、省エネルギーと相反する個人により異なる快適性や嗜好性を追求しつつ、同時に省エネルギーをも実現するヒューマンファクターなどの技術開発が注目され、人間の行動と効果的な対策技術、それを実現する制御技術など着実な研究開発が進む。

これらの高効率な機器設備や高断熱技術、システム化技術の技術開発の実用化を前提に、ZEB・ZEH が、標準的な新築住宅及び新築建築物となり、また、既築の住宅及び建築物に対しては導入支援対策により、着実に家庭・業務部門全体の省エネルギーが進展していく。具体的には、2020 年までに ZEH を標準的な新築住宅とするとともに、既築住宅の省エネルギーを現在の 2 倍程度まで増加させることを目指す。2030 年までに新築住宅の平均で ZEH の実現を目指す²。また、ビル等の建築物については、2020 年までに新築公共建築物等で ZEB を実現し、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB を実現することを目指す。

こうした取組の結果として、「エネルギー基本計画」にある、2030 年までに「暮らし」（家庭部門）のエネルギー消費に伴う CO₂ 半減が実現されるのである。

4. 運輸部門

エネルギー消費量の大部分を乗用車および貨物自動車/トラックが占めている運輸部門では、電動化などによる自動車単体のエネルギー消費効率の向上が重要であるが、自動車単体対策に加えて、物流効率化にも資する ITS (Intelligent Transport Systems) による交通流対策、モーダルシフトやインテリジェント化による物流の効率化等による総合的アプローチにより省エネルギーが図られていく必要がある。これらの技術開発を推進することにより、一層の省エネルギーを達成することに加え、我が国の運輸部門における競争力を強化・維持していくことが重要である。

自動車単体の対策として、エネルギー基本計画に掲げるように、必要な政策支援を積極的に講じた場合に、乗用車の新車販売に占める次世代自動車（ハイブリッド自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル車、CNG 自動車等）の割合を 2020 年までに最大 50%、2030 年までに最大 70%とすることを目指す。同様に先進環境対応車（次世代自動車と、将来にお

² ZEH を達成していない住宅も含まれるものの、消費量以上にエネルギーを生産する住宅の効果により、新築住宅全体では正味（ネット）でゼロ又は概ねゼロとなること。

いてその時点の技術水準に照らし環境性能に特に優れた従来車)が2020年において80%とすることを目指す。

具体的には、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車について、性能向上を視野に入れたモーター・蓄電池のさらなる高効率化、電動化の国際標準化戦略が進展する。また、資源の安定供給確保のため、レアメタルを使用しないモーターや蓄電池の技術開発等も進められる。さらに、エネルギー消費効率向上には、増加傾向にある車重や部品点数を低減することも効果的であり、そのためには炭素繊維複合材料等の軽量高強度構造部材、冷却システムレス・高耐熱電子・電気部材などの技術開発等も進められる。電動化に関しては、エネルギー密度・出力密度などの性能向上や安全性確保、コスト低減などを図る革新的蓄電池の開発が進み、電気自動車の普及が進展する。あわせてプラグインハイブリッドシステムにおける充電電力の使用割合が多くなる。長期的な将来の姿としては、普通充電器や急速充電器に加えて、非接触給電装置等により電力供給を受けながら走行し、電力が不足する条件では内燃機関もしくは燃料電池で走行するハイブリッドシステムが進展する。

次世代自動車の車種毎の棲み分けについては、次世代自動車戦略2010によると、長距離走行の大型車は燃料電池自動車領域、短距離の小型車は電気自動車領域、その中間はハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車領域でその燃料はガソリン、軽油、CNG、バイオ燃料、合成燃料等とされており、2030年においても、長距離の都市間物流などは依然として貨物自動車が役割を担うと考えられる。その原動機は水素を燃料とする燃料電池と燃料多様化の視点でバイオ燃料及び合成燃料を使用する内燃機関が導入候補として考えられる。

安全性を考慮しつつ社会実験を踏まえた結果、導入が進められたITSの普及によって道路交通の最適化が図られ、省エネルギーが進展する。ITSが普及することで省エネルギーのみならず、交通事故の減少など交通社会における安全性・快適性も一層向上する。交通流対策として、プローブシステムを共通基盤化することと合わせて車々間通信、路車間通信が普及し、経路情報等の提供による道路の有効活用、交通流や信号の制御に利用することによるボトルネックの解消など、交通渋滞が大幅に減少し、省エネルギー、物流の効率化が進展する。さらに、車群として協調走行することによって、省エネルギー走行を実現(サグ渋滞回避、交差点停止後同時発進など)し、2020年には隊列走行を目指した技術開発が進展し、長期的には協調走行の実用化を目指す。

また、優しい車社会を実現するため、交通過疎地域における高齢者などの交通弱者の移動手段の省エネルギー化を図る技術開発、システム開発が進展する。具体的には、小型・軽量のいわゆるパーソナルビークルが普及して省エネルギーが図られる。なお、自動車のシステムは動力制御、ブレーキ制御、操舵制御などにドライブバイワイヤが普及し、危険回避の自動化をアシストできる環境が整う。

物流効率化の対策として、ドアからドアの間の輸送、保管、荷役などそれぞれの過程の荷物情報と輸送機関等の情報などを通信技術により総合的に連携・制御する

ことで、輸送量 (t・km) の削減、輸送原単位 (CO₂ (kg)/t・km) の低減、ロードファクター (効率%) の改善を図り、物流部門の省エネを図るとともに物流の効率化を図るインテリジェント物流システムが進展する。これには IT 技術、マイクロチップや IC タグ、GPS による位置情報などの貨物情報の共有化・システム化が普及し、物流の管理と効率化を進めるソフト的な対策が主流となる。

貨物の輸送量当たりエネルギー消費の低減のため、高速道路の高効率物流幹線化 (自動運転・隊列走行) やエネルギー原単位の少ない輸送手段へのモーダルシフト (例えばトラックから船舶・鉄道へ) することと、それを支援する結節点 (モノの積替点) 対応のようなハード的な対策、すなわち港湾における荷役の効率化等の作業実施体制も整備され、シームレス化が進展する。

運輸部門において、以上のような将来像としていくために、技術開発を進めることはもちろんであるが、特に ITS などは実証試験的取組が必須であり、官民・省庁等連携しあいながらプロジェクトを進めていく必要がある。また、我が国の技術が国際マーケットで勝負していくために、標準化への取組を強化することも必要である。

Ⅱ. 重要技術

～省エネルギー技術の推進に向けた重点分野とは～

1. 重要技術の考え方

(1) 重要技術の選定

我が国は現在世界トップ水準の省エネルギー技術を有しているが、今後も省エネルギーを一層推進し、世界をリードしていくためには、更なる技術開発に加え、注力して技術開発を進めていく分野を特定して、2030年を見越した省エネルギー技術開発および開発支援の重点化を図る戦略が必要である。

そこで、我が国の省エネルギー技術開発を如何に行うべきかを検討し、注力すべき重要技術を明らかにして、広く関係者間で共有を図ることとする。そして、今回選定した重要技術の推進を図るべく、省エネルギー技術に関する国家プロジェクトの企画立案への反映や、提案公募型省エネルギー技術開発制度の活用を通じて、技術の発掘・育成、開発・実証および普及促進を推進していくこととする。

(2) 重要技術選定の考え方

エネルギー基本計画に掲げられた2030年に目指すべき姿の達成に向け、2030年を目途に大きな省エネルギー効果を発揮できる技術を重要技術とした。民間主体による技術開発が困難である等の理由により国が関与すべき技術であるか、今後の技術の適用可能性を踏まえ国内での普及が推進され得る技術であるか、及び、海外の潜在需要や国際競争力の観点から国際展開の可能性があるかとの観点も考慮して、定量的、定性的に評価し、重要技術の選定を行った。

また、技術の組合せや新たな切り口による仕組み等により大きな省エネルギー効果を発揮すると考えられる技術も重要技術として選定した。具体的には、

- ・ 異なる産業間の技術連携やエネルギーの有効利用及び物質とエネルギーの併産
- ・ 人間の感性や感覚を活用し、エネルギーの制御等に反映する手法

といったものが想定され、選定に当たっては、

- ・ 個別技術のシステム化により、省エネルギー効果が更に大きくなるか
- ・ 既存の省エネルギー技術の視野にとらわれず、独創性を持ったアイデアか、革新的挑戦的な技術であるか

等の観点を考慮した。

更に、2030年以降に結実し、長期的視点から大きな省エネルギー効果が期待される省エネルギー技術も、重要技術として選定した。具体的には、

- ・ 2030年を目途に開発に着手するも難易度が高かった技術
- ・ 現段階では概念的にしか存在せず、実現性も普及効果も算定が困難な技術
- ・ 基礎的で開発に長期間を要するが、開発を継続することにより、大きな効果や広範な適用が見込まれる技術

等を検討した。

(3) 具体的な重要技術とその選定理由

産業部門では、エネルギー消費比率の上位にある鉄鋼、化学、セメントなど素材産業を含む製造業においては、熱利用がエネルギー消費の多くを占めており、また、エネルギー転換部門においても、その電気エネルギーを生み出す源の大部分は熱である。今後とも製造業に対する一層の省エネルギーが求められ熱利用のさらなる高効率化を実施するためには、現状の延長線にある技術の高度化や改善はもとより、従来の製造プロセスに拘泥しない新たな視点でのプロセスやシステムの開発が極めて重要である。また、そのプロセス自身では省エネルギーにならなくても、製品が普及することにより、トータルで省エネルギー効果を見込めることにつながるプロセス技術の高度化も重要である。

このような観点から、産業部門の重要技術としては、従来のエネルギー使用量の削減といった考え方に拘泥せず、燃料、熱、電気、物質等の有効仕事の利活用を考慮したエクセルギー損失最小化の考え方を導入し仕事の無駄を極力削減するようにプロセスを設計することで新たな省エネルギー効果を生み出す『エクセルギー損失最小化技術』、技術の組み合わせや新たな切り口による仕組み等（蓄熱や熱輸送を用いた熱活用の柔軟化等）により、大きな省エネルギーを促進する『省エネ促進システム化技術』、及び、使用段階において大幅な省エネルギー効果を発揮する製品の製造又は 2030 年以降も視野に入れた普及を促進させるために必要な『省エネプロダクト加速化技術』の3つを産業部門の全業種・業態共通の重要技術として掲げ、各業種・業態においてそれらに相当する技術を省エネポテンシャルの大きさ等を勘案して評価した。

その結果、『エクセルギー損失最小化技術』では、「省エネ型製造プロセス」、「革新的製鉄プロセス」、「産業用ヒートポンプ」及び「高効率火力発電」を、また『省エネ促進システム化技術』では「産業間エネルギーネットワーク」と「レーザー加工プロセス」を、『省エネプロダクト加速化技術』ではセラミックス製造技術及び炭素繊維・複合材料製造技術を、主要な関連技術として例示した。

なお、『省エネプロダクト加速化技術』では、主な応用先が産業部門と想定されているものや、部門横断的に広範囲にわたるもののうち他の部門に取り上げられていないもの、又は、現在基礎研究段階であって応用先が未確定だが、特定の製造プロセスとして記述できるものを取り上げた。最終的に家庭・業務又は運輸部門の重要技術として直接あるいは包含されて記載されている種々の機能性化学品や中間素材等については、産業部門では省略した。

産業部門における以上の検討は、現状を前提として行ったものであるが、我が国産業界の国際競争やそれを取り巻く事業環境の変化等に応じて、見直しの必要が生じる場合がある。

家庭・業務部門では、省エネルギーポテンシャルの大きさや技術の組み合わせにより大きな効果を期待できることから、『ZEB・ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル、ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）』を重要技術に選定した。主要な関連

技術としては、「高断熱・高気密技術、パッシブ技術」、「高効率空調技術」、「高効率照明技術」、「高効率給湯技術」および「エネルギーマネジメントシステム」がある。また、省エネルギーポテンシャルの大きい重要技術である『省エネ型情報機器・システム』は、「省エネ型情報機器」、「省エネ型次世代ネットワーク通信」、「待機時消費電力削減技術」、「高効率ディスプレイ」という関連技術で構成される。また、『定置用燃料電池』も省エネルギーポテンシャルが大きいことから選定した。更に、これら省エネルギー技術を利用する人間サイドから、個人により異なる快適性や嗜好性を尊重しつつ、これらを巧みに活用・応用することにより省エネルギーの可能性を追求する『快適・省エネヒューマンファクター』は、新たな切り口により大きな効果が期待されることから重要技術として選定した。

運輸部門では、省エネルギーポテンシャルの大きさから、「電気自動車」、「プラグインハイブリッド自動車」及び「燃料電池自動車」を『次世代自動車』として重要技術に選定した。2030年において現在の運輸部門のエネルギー消費を大きく削減できる可能性をもち、その実現性も十分であると評価した。本格的に普及していくためには、革新的電池の開発など技術課題があり、また、充電インフラや水素インフラの整備など国の関与も必要と評価した。

『ITS』は大きな省エネルギーポテンシャルがあり、あらゆる情報を多種多様な技術群で利用し合いシステム化をすることで更に大きな効果が期待できること、また、運輸部門のあらゆる部分の効率化や安全が図れる技術であると評価し、重要技術として選定した。

『インテリジェント物流システム』は、運輸（貨物）部門の輸送量の削減とともに、燃費の向上も図れ、様々な技術をシステム化することで物流分野の一層の効率化を図られる技術と評価し、重要技術として選定した。

2. 産業部門

エクセルギー損失最小化技術は、様々な製造プロセス内で使用されているエネルギーの利用形態をエクセルギー（有効仕事）の利活用という面から見直して、エクセルギー損失の最小化を目指す技術であり、具体的には燃焼温度の高温化、プロセス複合化技術開発の一層の推進、空気熱や工場排熱など未利用だった熱エネルギーを利活用する技術、排熱を化学反応の駆動力として利用し水素等の高エクセルギー物質に変えて活用する技術が相当する。具体例としては、資源のエクセルギーを高効率で活用する省エネ型製造プロセスや革新的製鉄プロセス、エクセルギーの再生プロセスに資する産業用ヒートポンプ、高効率火力発電がある。

省エネ促進システム化技術は、技術の組み合わせや新たな切り口による仕組み等（蓄熱や熱輸送を用いた熱活用の柔軟化等）により、大きな省エネルギーを促進すると期待される技術である。これについては、従来は部分的な製造プロセス改善により、効率向上が図られてきたものの、更なる改善には限界があるため、システム全体としての省エネルギーと捉えることで、一層の省エネルギーを期待するもので

ある。また、加工技術の高度化を図ること等により省エネプロダクトの製造効率を上げることでも省エネルギーを実現する技術である。具体例としては、産業間エネルギーネットワークや熱・電力の次世代ネットワークである。エネルギーネットワーク技術は一般的に、熱・電気等のエネルギーの需給バランスを、蓄熱システムや熱輸送システム、制御技術等を用いることで地域内の総合エネルギー効率を高める技術を指す。広義には、コンビナート内での産業間連携（高度統合化）を蓄熱や熱輸送を用いて行うことでエネルギーの有効利用や物質とエネルギーの併産（コプロダクション）等を行なう技術も指す。また、製造プロセスにおける高効率化や高歩留り化、製品の高付加価値化等により省エネルギー効果を発揮するレーザー加工プロセスが挙げられる。

省エネプロダクト加速化技術は、その製造プロセス自身では大幅な省エネルギーは期待できないが、製品使用段階における省エネルギー効果が極めて高い省エネプロダクトを生み出すことで省エネルギーに寄与する技術や、大きな省エネルギー効果を生む製品の製造と普及のためには、これら当該製品や必要な素材・部材等を製造する産業部門において、関係する技術開発も省エネルギーのために重要であるとの考え方から位置づけたものである。具体的には、従来材料では作製が困難であった複雑形状加工や大型化を容易にして製造プラント全体の省エネルギー化と製品の品質向上に貢献しうる基盤技術であるセラミックス製造技術や、製造エネルギー半減と生産性向上を目標とした従来と全く異なる製造方法を用いる基盤技術である炭素繊維・複合材料製造技術が挙げられる。

重要技術一覧(産業部門)

部門	重要技術	主要関連技術	
産業	エクセルギー損失最小化技術	省エネ型製造プロセス 革新的製鉄プロセス 産業用ヒートポンプ 高効率火力発電	石油化学プロセス、化学品製造プロセス、セメント製造プロセス、ガラス製造プロセス、コプロダクション 革新的製鉄プロセス、環境調和型製鉄プロセス(未利用排熱活用高炉ガスCO2分離回収技術等) 産業用ヒートポンプ、蓄熱システム 高温ガスタービン、AHAT、燃料電池/ガスタービン複合発電、A-USC、IGCC、IGFC
	省エネ促進システム化技術	産業間エネルギーネットワーク レーザー加工プロセス	コプロダクション、産業間エネルギー連携、コンビナート高度統合化技術、熱輸送システム、蓄熱システム レーザー加工プロセス
	省エネプロダクト加速化技術		セラミックス製造技術、炭素繊維・複合材料製造技術

3. 家庭・業務部門

家庭・業務部門では、これまで主要な家電製品、事務機器等にトップランナー基準を適用するなどの省エネルギー施策をとってきた結果、個別の機器のエネルギー効率は大幅に向上してきた。しかし、高度情報化、豊かさを求めるライフスタイルの変化、世帯数の増加等に伴って、エネルギー消費は大きな増加傾向で推移しており、これを賢く抑制し、快適で効率的な生活・業務環境の実現を図る技術の開発、普及が求められる。

このためには、住宅・建築物の躯体・設備の省エネルギー性能の向上および負荷

制御や統合制御等を総合的に設計することにより、住宅または建築物のエネルギー消費量を正味でゼロに近づける概念である ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）化、ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）化の推進に寄与する技術の開発が有効である。

具体的には、機器自体の省エネルギーを一層進める対策として、エネルギー消費の大きい冷暖房等空調、給湯、照明、OA 機器、また、増加の一途を辿る IT 機器関連のエネルギー消費量に対する省エネルギー技術であり、これらを制御する HEMS、BEMS もある。

外皮性能・建材については、高断熱・高気密、パッシブ住宅などの技術がある。

冷暖房等空調においては、冷暖房の空調機器の高効率化と、断熱効果の高い外皮性能と建材の採用により空調負荷自体を減らす技術が重要となる。高効率空調技術としては、家庭・ビル等空調用ヒートポンプ、高効率吸収式冷温水機が挙げられる。

照明においては、高い発光効率を可能とする LED や、有機 EL 等の光源技術を要素技術とする高効率次世代照明が重要技術となる。

給湯のエネルギー消費を減らすには、給湯用ヒートポンプ、燃料電池、ガスエンジン給湯器、潜熱回収型給湯器等の高効率給湯器や、これらの給湯器と太陽熱との一体化を図る技術が今後の重要技術となる。

省エネ型情報機器・システムは、IT 機器の利用等により増大する消費電力量を削減するため、個別のデバイスや機器の省エネルギー化に加え、省エネ型情報機器、省エネ型次世代ネットワーク通信、待機時消費電力削減技術、高効率ディスプレイという関連技術を駆使し、情報通信ネットワーク全体での革新的な省エネルギーを実現する技術である。

さらには、家電機器や事務機器などを利用する人間サイドから、居住空間を含め、個人により異なる快適性や嗜好性を追求し、制御技術、センサー技術等を駆使することにより最適な居住環境を実現する快適・省エネヒューマンファクターが、省エネルギーの視点から新しい概念の装置・システムを創造することが出来る重要な技術となる。

また定置用燃料電池は、発電効率の向上・熱の利用技術の進展により、家庭分野の一次エネルギー消費をさらに大幅に削減するとともに、スケールアップにより業務分野、産業分野にも適用でき、省エネを加速する重要な技術である。

重要技術一覧(家庭・業務部門)

部門	重要技術	主要関連技術	
家庭・業務	ZEB・ZEH (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル/ハウス)	設計・計画 外皮性能・建材 冷暖房空調 換気 照明 給湯 昇降機 エネルギーマネジ メント 創エネとの協調	— 高断熱・高気密技術、パッシブ技術 高断熱・高気密、パッシブ住宅/ビル 高効率空調技術 家庭・ビル等空調用ヒートポンプ、高効率吸気式冷暖水機 — 高効率照明技術 高効率照明、次世代照明 高効率給湯技術 給湯用ヒートポンプ、高効率給湯器 — エネルギーマネジメントシステム BEMS、HEMS —
	省エネ型情報機器・システム	省エネ型情報機器 省エネ型次世代ネットワーク通信 待機時消費電力削減技術 高効率ディスプレイ	データセンター、クラウドコンピュータ ルーター等通信機器、光スイッチ 省電力電源モジュール、デジタル制御電源技術 省エネLCD・PDP、有機EL
	快適・省エネヒューマンファクター		快適照明技術、体感温度センサー
	定置用燃料電池		固体酸化物形燃料電池(SOFC)、固体高分子形燃料電池(PFC)

4. 運輸部門

自動車の低燃費化は企業努力で研究開発が推進されて市場への導入が進んでいる。運輸部門におけるエネルギー消費量は輸送の合理化等と合わせて 2001 年度をピークに減少傾向にあるが、乗用車および貨物自動車/トラックのエネルギー消費量は、運輸部門の消費量の 90%を超えることから（総合エネルギー統計、2009 年度速報）、一層の省エネルギーを図るためには、自動車によるエネルギー消費を削減することと併せて、物流・人流、自動車・鉄道・船舶など一つのシステムとしてとらえて全体最適につながるような省エネルギーを追求することの両者の技術開発が重要である。すなわち、単体の高効率化に加えてボトルネックの解消など道路の有効活用、交通流対策、輸送効率の向上やモーダルシフトによる物流の効率化等を総合的に取り組むことで、より一層の省エネルギー効果を発揮させることが求められる。

低燃費自動車の研究開発は企業努力が進められるが、2030 年の導入普及を想定すると先進的な自動車技術として電気自動車やプラグインハイブリッド自動車等の自動車電動化の技術開発を進めることが重要である。電動化に際して、蓄電技術の開発（システムの小型・軽量化、蓄電率向上）が極めて重要である。長期的には長距離輸送への適応が期待される燃料電池自動車の研究開発や水素インフラの構築も重要である。また、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の本格普及には、普通充電器や急速充電器のインフラ整備に加えて、非接触給電装置等の電力供給面での技術開発の推進が必要である。

自動車の利用形態の高度化（走行の円滑化）を進めることも、重要なエネルギー

使用量削減の取組であり、円滑な交通流体策の実現のため、情報の収集・活用へ向けプローブシステムを共通基盤化することと合わせて車々間通信、路車間通信などの技術開発の推進、交通流や信号の制御に利用して省エネルギーを図る技術開発の推進が必要である。さらに、車群として協調走行することによって、省エネルギー走行（サグ渋滞回避、交差点停止後同時発進など）の技術開発を推進することも必要である。

物流効率化の対策として、運輸（貨物）部門の輸送量の削減およびエネルギー原単位の少ない輸送手段へモーダルシフトするための技術開発もさることながら、IT、マイクロチップやICタグ、GPSによる位置情報や発着情報などの貨物情報の共有化・システム化による物流の管理と効率化を進めるソフト的な技術開発の推進、またこれらについての標準化を視野に入れた技術開発が重要である。さらに、結節点（港湾や貨物駅などのモノの積替点）における荷役の効率化などの技術開発・対策を含めて推進し、物流の全体最適を考えた省エネルギー技術開発を進展させることが重要である。

以上の視点に基づき、次世代自動車（インフラ整備を含む）、ITS、インテリジェント物流システムを運輸部門における重要技術として、重点的に技術開発及び普及を推進し、運輸部門における省エネルギーを一層推進する。

重要技術一覧(運輸部門)

部門	重要技術	主要関連技術
運輸	次世代自動車	電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車
	ITS	省エネ走行支援技術、TDM(交通需要マネジメント技術)、交通制御・管理技術、交通情報提供・管理情報技術、交通流緩和技術
	インテリジェント物流システム	荷物情報と輸送機関等の情報のマッチング技術、荷物のトレーサビリティ技術、環境パフォーマンス測定技術

5. 部門横断

ヒートポンプは低温部分から高温部分へ熱を移動させる技術の総称であり、使用条件にも依存するが一般に作動に必要なエネルギーの数倍もの熱量を移動させることができるため、重要な省エネルギー技術の一つである。近年では、空調、給湯、乾燥、冷凍冷蔵、カーエアコンなど様々な分野で適用が拡大しているため、部門横断の重要技術として取り扱うこととした。温室効果ガスの排出量削減を実現させつつ、さらなる高効率化・低廉化を目指すためには、高効率冷凍サイクル、新規冷媒の開発、それらに対応する高性能熱交換器、高効率圧縮機等の革新的要素技術の開発に加え、未利用熱利用技術、高効率熱回収・蓄熱技術（冷温熱同時供給）、膨張動力回収技術、低負荷域効率化技術、ノンフロン冷凍空調システム技術等の低GWP係数を持つ冷媒への対応技術（漏えい量削減や効率的な冷媒回収方法を実現させるものを含む）、熱源の確保や二次側の制御方法等も含めたシステム化が必要であ

る。当該システムを次世代型ヒートポンプシステムと定義し、これらの要素技術開発やシステム化技術開発を進めることが重要である。

今後の IT 化による飛躍的なエネルギー消費の伸びに対応するためには、省エネ型情報機器・システム技術に加え、あらゆる分野において使用される電気電子機器に備わる電源の高効率化を支える技術であるパワーエレクトロニクスが部門横断の重要技術となる。国内の全消費電力を考慮すると、個々は非常に微々たる割合でも、ほぼ全ての電気機器でパワーエレクトロニクス技術が利用されているため、省エネルギー効果量は大きい。

最終エネルギー消費の 50% を占める熱の有効利用は、産業部門をはじめとして、重要な省エネルギー対策であり、工場のコージェネ等からの電気・熱等のエネルギー供給と他の工場での需要とのバランスを、蓄熱システムや熱輸送システムで調整し、地域内の総合エネルギー効率を高めることが重要である。また、2020 年導入目標 2,800 万 kW の太陽光発電を、電力システムシステムへの影響を最小限に留めて導入し効率的に利用するためには、「次世代送配電ネットワーク」の技術開発も重要である。さらに、都市や街区レベルでのエネルギー利用最適化を図るエネルギーマネジメント技術の確立も重要であり、これらを実現する熱・電力の次世代ネットワークも部門横断の重要技術である。

重要技術一覧(部門横断)

部門	重要技術	主要関連技術
部門横断	次世代型ヒートポンプシステム	家庭・業務用建物・工場空調用ヒートポンプ(HP)、給湯用HP、産業用HP、冷凍冷蔵庫等用HP、カーエアコン用HP、システム化、冷媒関連技術
	パワーエレクトロニクス	ワイドギャップ半導体、高効率インバータ
	熱・電力の次世代ネットワーク	次世代エネルギーマネジメントシステム、次世代送配電ネットワーク、次世代地域熱ネットワーク、コージェネ、産業用燃料電池(SOFC)、熱輸送システム、蓄熱システム

Ⅲ. 今後の省エネルギー技術の展開 ～我が国の卓越した省エネルギー技術の飛躍に向けて～

1. 省エネルギー技術推進の課題

省エネルギー技術戦略 2011 では、2030 年の我が国の将来像を描き、その実現のために特に開発を推進すべき省エネルギー技術を重要技術として示したが、その推進に当たっては、様々な課題が存在する。具体的には、開発支援のあり方や社会的制約、国際競争力を持つ省エネルギー技術の維持強化、省エネルギー技術の普及促進等が挙げられる。

今後も我が国の省エネルギー技術が世界的に優位性を保つためには、民間企業における積極的な研究開発投資は勿論のこと、開発リスク低減効果のある長期的視野に立った技術開発への公的支援が不可欠である。効果的な技術開発支援については、技術開発成果（アウトプット）だけではなく、事業化（アウトカム）を意識した戦略性が求められる。また、普及しないまま埋もれてしまった技術、即ち潜在的な技術シーズの活用も課題として挙げられる。

省エネルギー性能など高いパフォーマンスを持つ技術が海外市場での優位性を確立できていない理由の1つとして、国際標準化や規格化に対する取組の弱さが挙げられる。限られた国内市場に甘んじることなく、積極的な国際展開を狙うのであれば、官民一体となり国際標準化をリードすることが、極めて有効な場合がある。そのためには、技術開発の段階から国際標準化を見据えたアプローチが肝要であり、関係者がその意識を強く持たなければならない。

一方で、我が国の技術が模倣され、技術的な優位性が低減しているといったことも近年聞かれるが、コア技術はブラックボックス化するなど、模倣されないための工夫を講じるといった、標準化／オープン化とは使い分けた知財戦略についても、技術開発当初から十分に考慮しなければならない。例えば、世界をリードしている日本の超電導技術をコア技術として、省エネルギーシステムに仕上げるなどの戦略的アプローチが望まれる。

更に、規模の経済性や大きな伸びが期待できる海外市場で勝負できる、優れた省エネルギー性能を有する差別化技術の開発を着実に実施していくという視点が重要である。そのためには、諸条件に適合するために海外での実証研究を推進するとともに、諸外国での普及を目指した国際モデル事業などをより積極的に実施していくことが肝要であり、政府間レベルでの共同研究に係る合意など国等によるサポートもその大きな原動力になり得る。

以上のことを考慮しながら、優れた省エネルギー技術を国際的に展開し、世界の低炭素社会の構築に貢献しながら、我が国の経済成長を図っていくことが、今後、省エネルギー技術を展開する上で欠くことのできない視点である。

その他、省エネルギー技術の普及がなかなか進まない一因としては、製品コストの高止まりによる価格競争力の低さも考えられる。今後、助成措置や税制、若しく

は規制を通じた初期需要の創出促進策等を積極的に組み合わせることで、技術革新とそれを受け入れる社会システムの変革との好循環を確立していくことが肝要である。

このような取組により、省エネルギー技術戦略 2011 において提示した重要技術を始めとする我が国の優れた省エネルギー技術を、国内外において普及を進めることが極めて重要である。

2. 各部門における省エネルギー技術推進の課題

各部門に目を向けてみても、それぞれ省エネルギー技術開発の推進に向けた課題が存在する。

産業部門において今後、日本国内で省エネルギー技術が更に普及するためには、綿密な計画を基にした実証が行われた後の導入が必要であるが、これらの省エネルギー技術開発の進展、特に産業間連携や地域内連携の促進のためには、行政区分を超えた連携を深めるとともに、特区等の枠組みを活用したリーディングカンパニーによるイニシアティブ等が必要である。

さらに、我が国が有する省エネルギー技術は、他の先進国・開発途上国に対して、リーディングカンパニーが中心となり、関係機関との連携によるオールジャパンとしての総合支援を受け、コアとなる技術の国際標準化などと合わせて、ジャパンプランドとして広く国際展開されることが必要である。この際には、産業連携システム、基幹となる技術及びサービス等のソフト面も含めたパッケージ型インフラ技術として輸出する取組が重要である。

また、省エネプロダクト加速化技術が使用され省エネルギー効果を生む際の、素材としての貢献度を評価する定量化手法は、現状では一般化される形で整備されておらず、省エネルギー効果を容易に判定するための調査研究が必要である。

家庭・業務部門においては、ZEB・ZEHに関連する技術の導入に向けて、新築住宅、新築建築物に対する省エネ基準の強化と基準の適合義務化が検討されている。しかし、既築建築物に対する適合義務化は難しく、また改修時の省エネ基準を厳しくすることにより改修が遅れてしまう懸念もあるため、国による支援・誘導が必要である。具体的には、税制上のインセンティブ等普及に向けた導入支援策、技術開発後の実証プロジェクト等が考えられる。

そして、ヒューマンファクターの視点から研究開発を進めることによって、社会全体としてエネルギーを効率的に使い、かつ大きな快適性とパフォーマンスによって真に豊かなものとなることが期待される。そのために大規模な社会実験も含め、より創造的でかつ柔らかな発想の研究開発を進めていく必要がある。

運輸部門においては、ITSに係る各種の技術は、単体の技術だけではなく様々な技術を組み合わせたトータルシステムであるため、積極的に実証試験を行い、安全が確実に保証される技術を確立した上で、実用化を目指していく必要がある。また、普及促進のためには、路側・車側の通信装置等のインフラの整備を進めることも重

要であり、隊列走行等自動走行の社会的受容性を考慮して、ユーザーだけではなく広く国民のコンセンサスを得ながら実用化を進める必要がある。ITSは省エネルギーのみならず、交通渋滞の削減、交通事故防止など現在の交通における種々の問題を解決できる可能性のある技術であり、より強力な普及促進のためには、省庁間の積極的な連携による取組が重要である。加えて、おのおのが保有する各種情報の共有化を図ることも重要である。

また、物流分野において、インテリジェント物流、モーダルシフト等の推進によって省エネルギーを進展させるには、物流の結節点における一層の効率化を図る必要がある。我が国産業の国際競争力を強化していくためにも、港湾における一層の効率化が求められる。物流のシームレス化には、大水深コンテナバースや、RO-RO船等の荷役に対応したバースなどインフラ整備を進めることと同時に、モノの積替、荷役の効率的な作業実施体制の整備や、港湾関係事業の積極的な効率化を進めていくことも望まれる。

さらに、次世代自動車の普及のためには燃料・エネルギーの供給インフラなどを整える必要があり、ITSやインテリジェント物流システムを含めて単体からシステム化、異業種間連携などを推進し社会基盤を整備する必要がある。

3. これからの省エネルギー技術開発に対する公的支援のあり方

これまで有望であり、新しい省エネルギー技術の市場での評価を得るのに申し分のなかった国内市場が、成熟し伸び率が鈍化しつつある現在において、市場が魅力的と反応する技術を創出するハードルは、従前に比して高くなっている。また、海外市場に目を向けるのであれば、気候や生活環境、生活習慣を始めとした民族特性等の新たな条件を考慮して技術開発を実施しなければ、普及には結びつかない。

このような状況の下、今後、我が国として省エネルギー技術開発を一層推進し、幅広い展開を目指すとするならば、必要な公的支援のあり方として、次のようなポイントが重要であると考えられる。

①事業化までのシナリオと一体となった技術開発の促進

技術開発は技術的成果にとらわれがちであるが、事業化や普及段階を意識しなければ、折角の開発も無になるおそれがあることから、技術開発の初期段階から事業化に至るためのシナリオを検討すべきである。必要となる評価基準づくり、標準化、導入コスト、設備投資回収年数及びインセンティブ、導入時に関連する法規制、更新期間、ステークホルダー、国際展開のタイミング等の導入に関わる要因を洗い出すことにより、技術開発開始時から導入を阻害する要因を見極め、現段階で考えられうる事業化までのシナリオの作成を技術開発と並行して行う必要がある。更に、技術開発責任者とは別に多角的な視点から事業化等に対して戦略的な指導及び助言を行う体制の構築、技術開発から事業化前までの切れ目のない一貫した適切な支援が有効であると考えられる。

②潜在化している技術シーズやアイデアの発掘・育成

新たな省エネルギー技術開発に活かせるよう、大学、独立行政法人や企業等に潜在化している技術シーズやアイデアを発掘し、事業化を担う民間企業と適切にマッチングさせ、新たな省エネルギー技術開発に対して積極的に取り組んでいくことで、我が国が世界に先駆けることが重要である。この際のポイントとして、実用化、事業化を見据えるのであれば、技術シーズからの出発ではなく、あくまでニーズ側からのアプローチによるシーズの発掘が適切であろう。また、勿論、発掘だけに留まらず、当該技術シーズがどの様に活用できるのか、技術的、社会的な具体的課題は何であるのかの見通しを得るために、フィージビリティスタディを積極的に行う環境を整える事も必要である。見通しが得られないものは速やかに打ち切る一方、良好な見通しを得たものについては、研究開発体制を構築し、シームレスに技術開発を本格化させるなど、新たな技術をしっかり育てていく仕組み作りも重要である

③技術等のシステム化と異業種間連携の推進

個別技術では、その効果としての省エネルギー量はその普及する規模に限定されてしまうが、個別技術をシステム化することで、相乗効果などが生まれ、より多くの省エネルギーの実現が図られることも考えられる。具体例としては、ヒートポンプ単体でのエネルギー効率向上に加え、多様な熱源の活用、蓄熱システム、利用側まで含めてシステム化を図ることで更なる効率化を達成し、より大きな省エネルギー効果の発現を狙うといった取組があげられる。また、異なる産業間における技術的連携や、エネルギーの有効利用及び物質とエネルギーの併産といったコプロダクション等、個別技術の組み合わせによって大きな省エネルギー効果が得られると想定されるようなシステム化についても非常に重要であると考えられる。特に、後者のシステム化を推進するためには、異業種間での積極的な連携が図られるような、積極的な仕掛けを構築することが不可欠であろう。

④長期的視点に立った最先端技術に対するアプローチ

新技術の速やかな普及を考慮すると、事業化を見据え技術開発に取り組んでいくことが重要である一方、我が国が世界を技術的に常に凌駕し続けるためには、現在は概念的にしか存在せず、実現性も普及効果も算定が困難であるもの、また、基礎的で開発に長期間を要するが、開発の継続により大きな効果や広範な適用が見込まれる最先端技術に対しても、適切な選択と集中を図った上で、長期的な視点に立った次世代の技術開発として、着実に取り組む部分を確保することも必要であろう。具体的には、提案を募る方式ではなく、技術シーズの精査を中心として、有望と思われる最先端技術を拾い上げ、長期的支援により

育成していく姿勢が重要である。

4. 国際競争力の維持・強化に向けて

技術の国際展開にあたっては、開発された省エネルギー技術が海外市場で勝負できる「卓越した技術」であることが重要となる。海外市場における我が国の優位性とは、我が国がこれまで得意としてきた技術力であり、今後とも最も大きな武器となり得る。

これまでの高い技術力には、国内製造業の製造現場が密接に関連していることから、今後の国際展開には、まず国内の産業基盤を維持することが肝要である。

また、これまで海外での導入の妨げになったこともある国際標準化も、国際展開において重要なテーマであり、技術の開発段階から意識する必要がある。前述の通り、コアとなる技術が模倣されない工夫も必要である。

さらに、卓越した技術、国際標準化等を礎とするジャパンプランドの海外での浸透が、好循環の連鎖を生み出すことが期待される。

現在、国際的な温室効果ガス削減にあたり、京都メカニズムの適用、二国間クレジット制度等が検討されているが、省エネルギー技術を評価する新たな枠組みの創出により、我が国の卓越した技術が正当に評価されることが望まれる。

むすびに

～省エネルギー技術戦略 2011 の今後の展開に向けて～

省エネルギー技術戦略 2011 の策定にあたっては、一昨年 4 月に公開した省エネルギー技術戦略 2009 及び技術戦略マップ 2010（省エネルギー関連部分）を基に、これらに掲げられた技術の整理及び追加すべき技術の検討を通じた評価を実施し、更に数ヶ月に渡る有識者による委員会での検討等を踏まえ全面的に見直しを行った。

その結果として、省エネルギー技術戦略 2011 では省エネルギー技術を最終エネルギー消費と同じ産業、家庭・業務、運輸の 3 つの部門に分類した上で、2030 年を目途とした大きな省エネルギー効果を発揮すると期待される技術を示すとともに、ZEB・ZEH、インテリジェント物流システム等のように様々な技術の組み合わせにより大きな省エネルギー効果が生み出されるものや、レーザー加工プロセスのように製造プロセスにおける高効率化や高歩留り化に加えて、製品使用段階の省エネルギー効果が極めて高い省エネプロダクトを生み出すことにつながる技術、更には全く新しい視点から省エネルギーを考察するヒューマンファクター等様々なタイプの重要技術を示すこととなった。

また、2030 年に向けた導入シナリオや、今後の省エネルギー技術の展開において、省エネルギー技術を普及させること及びその開発に際しては常に普及を見据えることの必要性を繰り返し強調するとともに、省エネルギー技術の開発・普及を 2030 年以降も不断に進め、我が国の国際競争力の維持・強化を図ることの重要性を訴えた。

更には、技術の開発や普及の障壁となる各種制約等の課題を克服するため、産学官のみならず国民各層が協力し、新たな社会を作り上げていくことが、今後の省エネルギーの推進に繋がるものと考えられる。

今後、本戦略を定期的に見直し、技術開発の方向性が時代の趨勢と合致しているかの確認を行いつつ、ニーズに即した省エネルギー技術を発掘し、開発・普及を進めていくことが重要となる。

本戦略が関係者間に共有・活用され、省エネルギー技術の開発・普及が一層促進されることによって、我が国が世界一の省エネルギー国家となるとともに、世界の低炭素社会の構築に貢献しながら、我が国の経済成長が図られることを期待する。

添付資料

○導入シナリオ図

産業部門

家庭・業務部門

運輸部門

○重要技術シート

<産業部門>

エクセルギー損失最小化技術

省エネ促進システム化技術

省エネプロダクト加速化技術

<家庭・業務部門>

ZEB・ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス／ビル）

省エネ型情報機器・システム

快適・省エネヒューマンファクター

定置用燃料電池

<運輸部門>

次世代自動車

ITS

インテリジェント物流システム

<部門横断>

次世代型ヒートポンプシステム

パワーエレクトロニクス

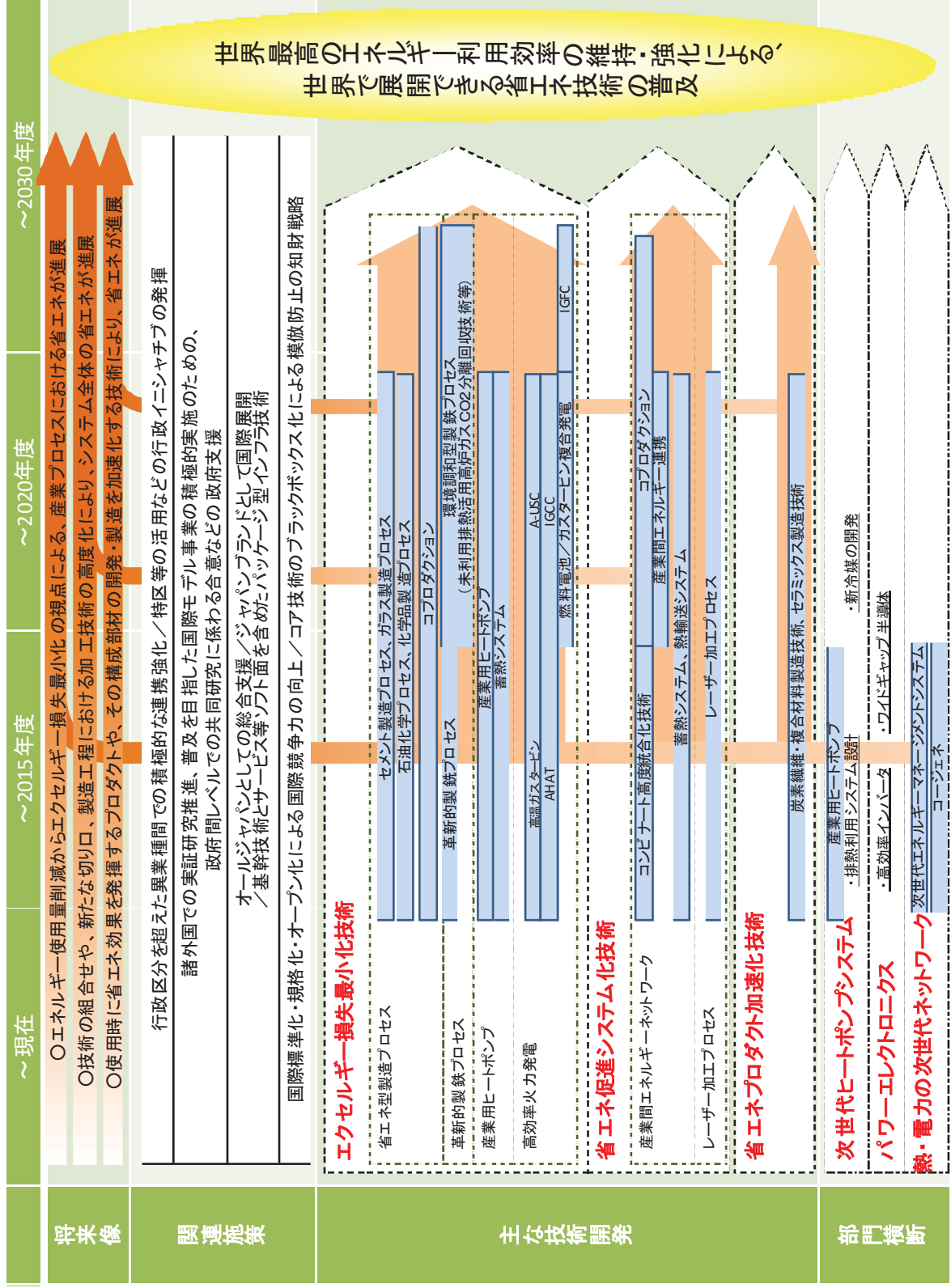
熱・電力の次世代ネットワーク

○省エネルギー技術戦略委員会 委員名簿

○検討の経緯

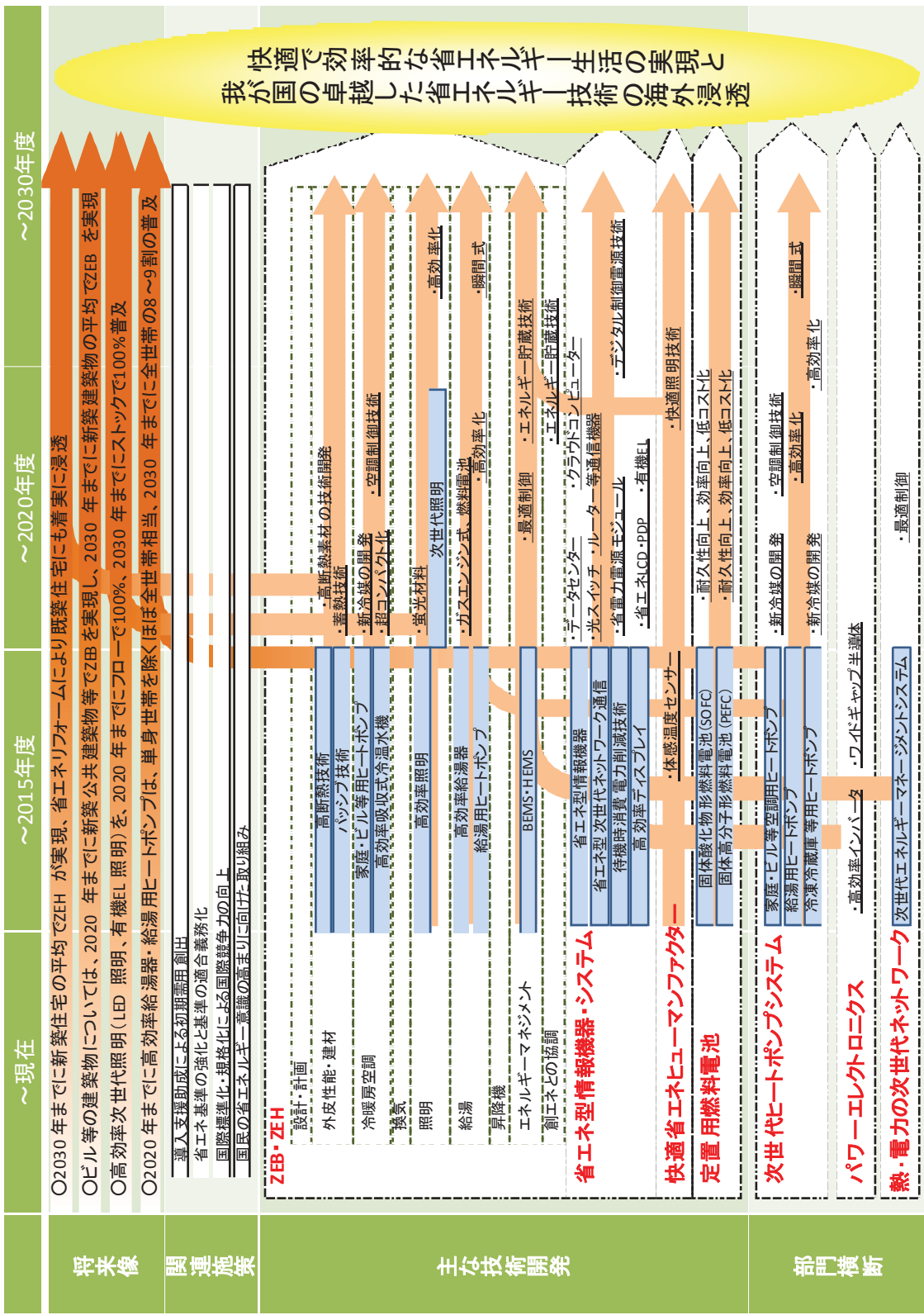
導入シナリオ図

産業部門の導入シナリオ図

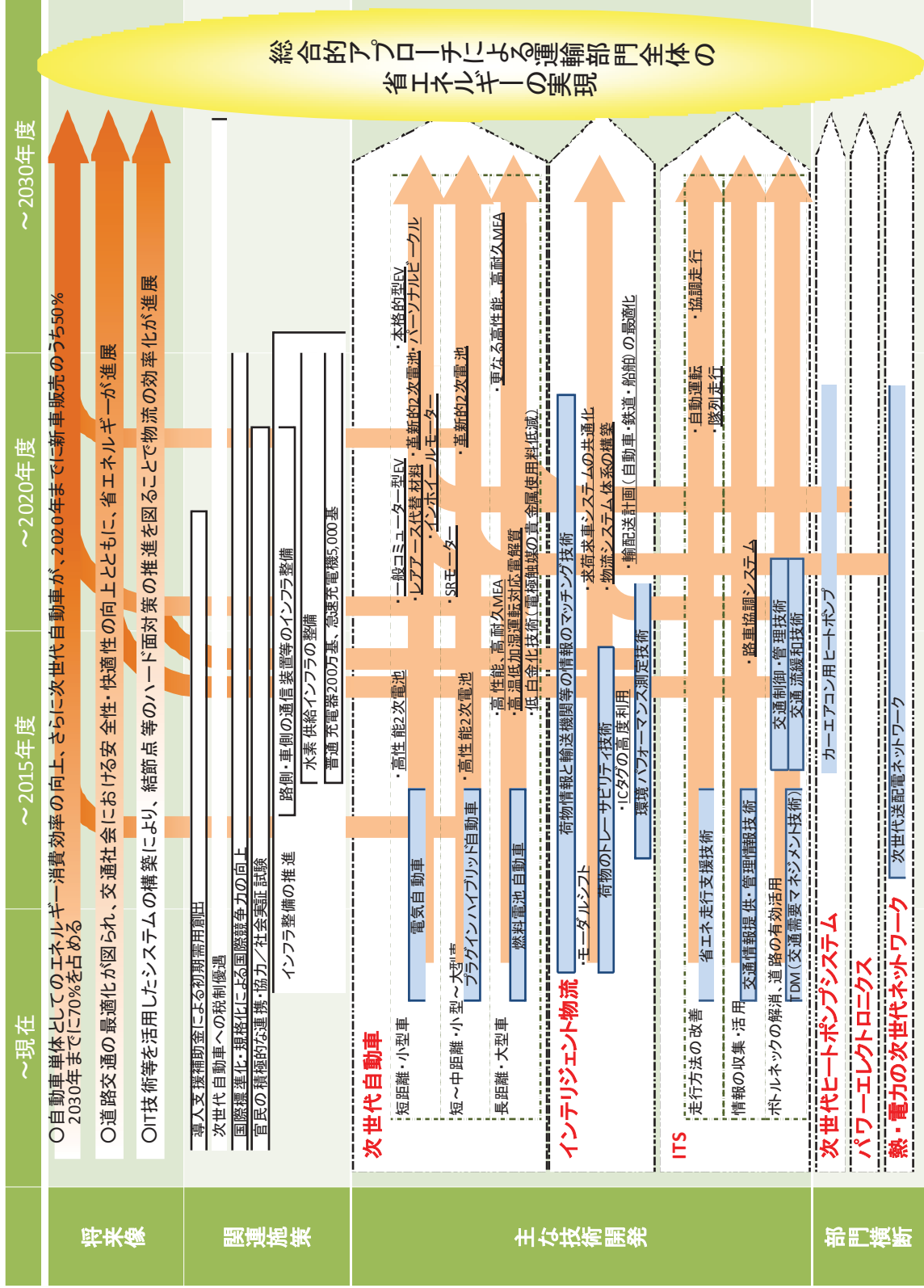


世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化による、
世界で展開できる省エネ技術の普及

家庭・業務部門の導入シナリオ図



運輸部門の導入シナリオ図



家庭・業務部門

技術概要

住宅・建築物の設計・建材の高機能化による省エネと、再生可能エネルギー導入による創エネにより、正味のエネルギー収支がゼロとなる住宅・建築物の実現に向けた要素技術を統合する技術。

特に、民生部門における更なる省エネルギー化を図るため、太陽熱等の再生可能エネルギーの徹底的に活用するための技術開発。

技術開発動向

住宅・ビル等の冷暖房によるエネルギー消費は、我が国全体の約8%を占める。このため、住宅・ビル等の建築物の断熱性を高め省エネに資する技術開発は、我が国全体のエネルギー消費を抑制し、CO₂排出量削減を行うために必要。エネルギー消費の抑制とCO₂削減のためには、建築物の断熱性能だけでなく、太陽熱などの再生可能エネルギーを有効に活用する部材等の技術開発により、建築物のパッシブ性能の向上も必要。

国土交通省と経済産業省が連携して、住宅・建築物の省エネルギー基準の適合義務化を検討しているところであり、その基準を達成することが可能となる技術の開発が必要。

東京都は2010年度から一定規模以上の事業所にCO₂の削減を義務づける「削減義務率」の適用を開始。他の自治体においても同様の動きが加速すると見込まれる。

省エネ性能ラベリング制度等の導入とあいまって、不動産価値の判断基準に省エネ性能・再生可能エネルギー導入状況が加味されることにより、ZEH・ZEBの自発的な普及促進が期待される。

現在の技術水準でも、多様な対策の組み合わせにより、通常の新築建築物に比べ30～40%程度のCO₂削減は可能だが、数万円/tCO₂程度のコスト上昇となるため、革新的な技術の開発が課題。

住宅・建築物向けに、真空を活用し、また、セラミックスのナノ多孔質構造、透明多孔体などを積層構造化したマルチセラミックス膜断熱材料技術による、超断熱壁材料および超断熱窓材料の開発が課題。

技術開発の進め方

2015年頃に、超断熱壁材料(熱伝導率:0.002 W/m・K、0.3W/m²・K)及び超断熱窓材料(熱伝導率:0.003 W/m・K、0.4W/m²・K)の実用化を目指す。

2020年には、ZEHを標準的な新築住宅とし、また、新築公共建築物(学校等)でZEBを実現する。

- 外皮性能・建材
高断熱・高气密、パッシブ住宅・ビル
- 冷暖房空調
家庭・業務用建物・工場空調用ヒートポンプ、高効率吸収式冷温水機
- 照明
高効率照明、次世代照明
- 給湯
給湯用ヒートポンプ、高効率給湯器
- エネルギーマネジメント
BEMS、HEMS

波及効果

高度な断熱・遮熱システム及び創エネ部材・機器を備えた住宅・建築物が普及することに加えて、BEMS・HEMSとの連携により、2030年にネットゼロエネルギーハウスが新築住宅の標準となり、また、ネットゼロエネルギーが公的機関の新築ビルの標準となる世界を実現する。なお、地域によるエネルギーマネジメントの概念は、スケールメリット等ネットワーク全体の最適化と整合がとれるような取組とすることが不可欠である。

ZEB、ZEHにより個々の住宅・建築物においてエネルギー消費効率が向上してCO₂排出量が削減するだけでなく、BEMS・HEMSを介した地域のエネルギーマネジメントシステムとの連携によりエネルギーの効率的利用及び面的利用が進み、社会としてのエネルギー消費量抑制、CO₂排出削減が期待される。

また、寒暖の差が大きい気候帯に属する諸国の住宅・建築物需要を取り込むことで、我が国の住宅等関連産業の成長に寄与。

「削減義務率」等の自治体レベルの温室効果ガス削減規制の達成率の向上が期待される。

技術概要

「受動的空調技術」とも呼ばれており、より少ないエネルギーで空調を行うことができる。冬季の高断熱・高気密・パッシブ利用や、夏季の遮蔽、自動調光により、冷暖房負荷を低減させる。

家庭及び業務のエネルギー消費量の3割近くは冷暖房のエネルギー消費量であり、高効率化によるポテンシャルは大きい。

①高断熱・高気密

特に住宅での高断熱技術の普及が遅れており、住宅へのインパクトは大きい。すべての住宅・建築物が対象となり市場が大きい。

②パッシブ

冬季屋間の太陽光を居室に取り入れ暖房に有効に活用することや、躯体を蓄熱体として利用した輻射暖房を行うなど、自然光を利用し、エネルギー消費が殆ど伴わない空調方式である。また、照明に関するエネルギー削減効果により、空調負荷の低減にもつながる。

技術開発動向

①高断熱・高気密

現在、国家プロジェクトによりマルチセラミックス膜とノンフロン系断熱材の材料研究がおこなわれている。

民間では、住宅メーカー、ゼネコン、建材メーカー、素材メーカーで研究開発が行われている。

高断熱化のための真空断熱材、セラミック膜といった技術や、遮光のための自動調光ガラス、これらに伴う施工技術などが主な技術課題である。

②パッシブ

住宅メーカー、ゼネコン、設計会社にて研究開発が行われている。

高機能蓄熱技術や、自動協調換気制御、躯体利用輻射空調、自然光を取り入れるための設計技術などが技術課題となっている。

技術開発の進め方

2013年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

住宅や建築物の設計思想に影響することや、躯体の建材そのものが技術であることから、新築時や大規模リフォーム時の導入が現実的であるため、市場が大きいが、市場全体が入れ替わるまでには相応の時間を要する。

ただし、この「高断熱・高気密・パッシブ技術」に関しては、設計、施工、運用やこれらに関わる物流など、技術に関わるステークホルダーが多く、一定の雇用が確保できる。

また、すでに一部の住宅メーカーやゼネコンなどは海外に目を向けたマーケティングを検討しているように、海外での適用も充分可能である。

技術概要

住宅や業務系建築物を対象とした高効率の熱源を持つ空調技術。本技術は、空調のための技術であるが、給湯など他の熱利用と組み合わせたシステムの提案といった発展系も考えられる。主に電気をエネルギーとする「高効率ヒートポンプ」と、主に化石燃料をエネルギーとする「高効率吸収式冷水機」に大別される。

- ① 家庭用、業務用建物・工場空調用ヒートポンプ
冷暖房に利用する高効率空調機器であり、住宅や、業務ビルの個別分散空調からセントラル方式熱源機まで幅広く利用されている。
- ② 高効率吸収式冷水機
セントラル方式の熱源であり比較的規模の大きな業務系建築物の熱源としての利用が主となる。コンパクト化による市場規模拡大も期待できる。

技術開発動向

- ① 家庭用、業務用建物・工場空調用ヒートポンプ
現在、国家プロジェクトとして、次世代型ヒートポンプシステムや高効率ノンフロム型空調機器技術などの技術開発が活発に行われている。企業等においてもヒートポンプに関する技術開発が行われているが、当該技術は、従来技術の1.5倍程度の効率を有するものである。
技術要素として、排熱回収、ダブルハンドル、水冷媒、ハイドレートヒートポンプ、トライバンドルなどの技術が提案されており、これらの複合化による効率向上が望まれる。
- ② 高効率吸収式冷水機
現状の最新技術の三重効用をベースとしつつ、排熱の高度利用、太陽熱の積極的利用、制御技術を駆使し、COP2.2を目指す。また、コンパクト化による、より小規模建築物での導入も期待される。
また、①と②の共通的な技術要素として潜熱顕熱分離、タスクアンビエントなどもあげられる。

技術開発の進め方

2013年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

2018年～

- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援
- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

家庭用、業務用建物・工場空調用ヒートポンプは、近年、セントラル方式からのリプレイスも多く、将来的にはシェアを大きく拡張できるものと見込まれる。また、-25℃まで対応可能な寒冷地対応ヒートポンプが開発されており、将来は寒冷地への市場拡大が見込まれる。

また、コストダウンが進めば、高効率の日本製品は海外でも評判が良く、先進国だけでなく、開発途上国での大きな需要も期待できる。

特に、欧米では低炭素化への要求度合いが高まりつつあり、高効率空調の需要は高くなることが予想される開発途上国に対してはコストダウンと高効率化のバランスがカギを握るが、従来製品を上回るコストパフォーマンスを発揮できれば、制約要因は少なく、大きな市場拡大が期待できる。

技術概要

エネルギー効率の低い白熱球から、蛍光灯タイプやLED タイプへの置換が進みつつあるが、さらなる効率向上を可能とするのが、当該技術である。新たな素子を基本とする技術ではあるが、昼光利用や蓄光利用、光データの利用による省エネルギー技術を組み合わせることも可能である。

照明に関わるエネルギー消費量は、家庭においても大きい、特に業務部門において大きく、省エネルギーポテンシャルは大きい。また、効率の低い照明は、発熱量も大きく冷房負荷増大の一因になっている。

①LED 照明

現在市販化されているLED 照明をさらに高効率化させた技術であり、建物の内装材に組み込むことで新たな照明環境が実現可能となる。

②有機 EL 照明

一部の小型ディスプレイで商品化段階にある、有機 EL 素子を用いた照明技術。面発光という特徴を有しており、新たな室内照明の形態となる。

技術開発の進め方

2013 年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018 年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

技術開発動向

LED・有機ELの高効率次世代照明について、基盤技術として国家プロジェクトである「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」が進められている。

①LED 照明

電機メーカー、材料メーカー、大学等の連携で研究開発が行われている。

高い内部量子効率を実現する高品質GaN基板の高度育成手法や、LEDデバイスの素子構造改良などの研究開発に取り組み、現状の100lm/Wの2倍の効率を目指す。

②有機EL 照明

器具メーカー、化学素材メーカー、製造装置メーカー連携で研究開発が行われている。

面発光・軽量・薄膜という特徴を持つこの技術ではあるが、高効率化・長寿命化・低コスト化が難しく、実用化に向けた課題となっている。具体的には、光取り出し技術、燐光材料の開発、製造プロセスなどが技術課題となっている。

しかし、これらの課題の解決により、様々な形状の照明を作ることが可能となり、一般照明への利用と同時に建材等普及が期待される。

波及効果

照明技術は広く利用されている技術であるため、あらゆる海外諸国への展開が期待される。

今後の商品化と量産化技術の向上によるコストダウンもあいまって、点光源であるLED 照明と、面光源である有機EL 照明は、適正な用途に着実に浸透していくことが予想される。

特に、低炭素化に対する要求度合いが強い国や、エネルギー資源が乏しく電力価格の高い国では、重宝する技術となろう。

技術概要

給湯のエネルギー効率を高めた技術であり、電気式の「給湯用ヒートポンプ」と都市ガス等燃料による「高効率給湯器」に大別される。

家庭のエネルギー消費量の3割が給湯需要であり、高効率化によるポテンシャルは大きい。

① 給湯用ヒートポンプ

現状のヒートポンプ給湯機の効率を1.5倍向上させる技術。戸建住宅および集合住宅など、すべての世帯への導入が可能である。業務系においても様々な規模の開発が行われていることから、導入可能となる市場規模は大きい。

② 高効率給湯器

現在主流である都市ガス等燃料による給湯器（ボイラー）のリプレースが容易な潜熱回収型給湯器の他、電気と熱を同時に供給する燃料電池コージェネやガスエンジン給湯器がある。世帯規模、熱の需要量に応じていずれかのタイプの導入が可能であり、全ての世帯への導入が可能である。

技術開発の進め方

2013年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

家庭・業務分野において給湯用途のエネルギー消費量は大きく、この用途における機器の高効率化は与えるインパクトが大きい。

現時点では限定的であるものの、ヒートポンプ、燃料電池ともに導入対象を広げており将来的には広範な市場での導入が可能となる。

なお、ヒートポンプ方式による給湯暖房兼用機器は、近年欧州を始め海外で注目を集めており、コストパフォーマンスに優れた製品が開発されれば、海外での普及可能性は高い。

燃料電池コージェネについては、今後の量産化等によるコストダウンによる普及可能性が期待される。また、ガスエンジン方式のコージェネについても海外で注目を集めており、欧米で販売が開始される。

技術開発動向

① 給湯用ヒートポンプ

ヒートポンプメーカーや電力会社にて研究開発が行われている。

高効率化のための様々な要素技術が提案されており、熱交換機や圧縮機の高効率化、高密度化、高機能蓄熱材の開発、高性能冷媒などの課題がある。また、広範囲の普及のための技術開発として、低外気温稼働、小型化、瞬間式などの課題があげられる。

② 高効率給湯器

給湯器メーカー、都市ガス会社にて研究開発が行われている。

現時点の最新技術である潜熱回収型の他に、燃料電池コージェネ、ガスエンジン方式などが研究されている。また、太陽熱利用が見直されており、太陽熱一体型給湯器も開発されているが制御技術に課題がある。

ZEB・ZEH サブシート（エネルギーマネジメントシステム）

技術概要

需要側のエネルギー消費を最小にするように最適化制御するための技術であり、最小単位であるBEMS、HEMSと、これらを包含する地域エネルギーマネジメントといった概念があげられる。なお、小単位のエネルギーマネジメントの概念は、全体最適の取組と整合がとれるような取組とすることが不可欠である。

省エネルギーとは別の側面で、系統電力に対する負荷平準化の面では低炭素化に貢献できる技術でもある。

- ① BEMS(Building Energy Management System)
建物内の空調や、給湯などのエネルギー消費機器全体のセンシング、自動制御を行う技術。
- ②HEMS(Home Energy Management System)
家庭内の家電機器や給湯器などのエネルギー消費機器に対し、快適性を損なわず最小限のエネルギー消費に制御する技術。

技術開発動向

BEMS、HEMSの技術開発をこれまでも実施されており、現在国家プロジェクトである「次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業」が実施されている。

- ① BEMS
空調機器、照明、エレベーター、PCやサーバー等IT機器のネットワーク化とセンシング技術を用いて、建物内の人の行動パターンに応じた制御を可能とする技術。建物内の直流給電も検討されている。サブコン、計測機器メーカーなどが開発中。
- ②HEMS
冷暖房機器、照明、ディスプレイ、情報家電機器等をネットワーク化し、センシング技術も用いて、住人の行動パターンを学習し、これに応じた制御を可能とする技術。住宅内の直流給電も検討されている。計測機器メーカー、エネルギー事業者などが開発中。

技術開発の進め方

2013年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

競合する技術がなく、技術と政策次第では最大限の普及が可能である。我が国が得意とする計測、制御分野であり、海外での競争力は高いと考えられる。

技術概要

IT 機器の利用機会の爆発的増大による消費電力量を削減するため、個別のデバイスや機器に加え、情報通信ネットワーク全体での革新的な省エネルギーを実現する技術。

技術開発動向

我が国の民生（家庭・業務）部門のエネルギー消費量は継続的に増加傾向にあり、全体の3割以上を占めている。このうち、家庭において照明・家電・その他は4割を占めている。また、業務部門等の社会で扱う情報量の爆発的な増大により、現行効率の情報通信機器を利用し続けた場合、2025年には電力消費量が2005年比約5倍となる見込みであり、これに伴うCO₂排出量の大幅な増加が危惧される。

このため、高機能化と両立する低消費電力を志向した情報家電、情報機器及びネットワークシステムを実現するための技術開発が必要。具体的には、液晶、プラズマ、有機EL等の高効率ディスプレイや、省エネ型情報通信機器、省エネ型次世代ネットワーク通信、待機時消費電力削減技術、極低消費電力型半導体の技術開発の加速化が不可欠。

また、価格・性能競争の激しいIT機器を製造する側、利用する側両サイドにおいて、我が国の産業競争力を高めるためには、革新的な省エネルギー技術の開発が必要。

現行のDRAMやSRAMといった揮発性素子を前提としたコンピュータの構成方式では、素子の高密度化の進展に伴いメモリフラッシュ（メモリの記録保持）のための電力消費が増大。一方で、不揮発性素子を前提としたコンピュータの構成方式の応用が広がれば劇的な電力削減が可能。新規不揮発性素子の開発や、更に基本ソフトウェア、コンピュータアーキテクチャまで含め省エネを志向する「ノーマリーオフコンピュータリング」を実現する技術開発が課題。

大型有機ELディスプレイの実用化に向け、発光効率の改善、大面積有機成膜技術の開発が課題。

ネットワークルータの消費電力削減に向け、光電子ハイブリッド集積化技術の開発や全光型革新的デバイス(LSI/IC)の技術開発が課題。

データセンターの消費電力低減に向け、冷却技術・情報負荷に応じたエネルギーマネージメント技術、極低電力回路・システム技術、超高密度HDD等の開発による省エネ型サーバ・ストレージの実現が課題。

技術開発の進め方

リフレッシュ動作が不要となる不揮発性素子の更なる性能向上を図るとともに、同素子を前提としたコンピュータ方式の在り方及びそれを体現したOSの開発等を行い、現状比で10倍程度の電力効率を実現したノーマリーオフデバイスの開発を目指す。

現状1V程度以上で駆動している電子機器を、2020年頃に半分以下の0.5V以下に。

PC等で操作を行っていない待機時には、電力をほとんど消費しないようノーマリーオフコンピュータリング技術を2020年頃に実現。

省エネ型サーバ・ストレージにより、データセンターの消費電力量を、2020年頃に30%以上削減。

ネットワークルータの消費電力量を、2020年頃に30%以上削減。

40型で消費電力40W以下の有機ELディスプレイを2016年頃に開発。

波及効果

IT機器やネットワークシステムの省エネルギー化技術開発により、ブロードバンド通信の普及やIT機器の高機能化、設置台数の急激な増加に伴い見込まれる消費電力量の増大を抑制し、エネルギーの安定供給、およびCO₂排出量削減に資する。2030年に約3000万トンのCO₂を削減。

今後、情報通信技術は、クラウドコンピューティングの活用やデータセンターの共同化を中心とした集約・共同利用化が進行し、これらネットワーク上に存在するサービスに、テレビや情報家電、PC、携帯電話など様々な情報端末を接続・利用する形態が加速化。

省エネ型情報機器・システムサブシート（省エネ型情報機器）

技術概要

情報機器・システムは、情報化社会の進展にともない今後ますます需要が増大していく分野である。したがって、省エネルギーポテンシャルも高い。

① データセンター

主にサーバー、HDD、スイッチ、周辺機器で構成される。インターネットの普及、アウトソーシング化の流れもあり、需要はますます増大している。

② クラウドコンピュータ

可能な計算機資源（ネットワーク、サーバー、ストレージ、アプリケーション、サービスなど）の共有プールへの簡便でオンデマンドなネットワーク経由でのアクセスを、最小限の管理手順もしくはサービス提供者とのやりとりで迅速に供給することを可能にするモデルである。

③ ストレージ(メモリ)

HDD、光ディスク、フラッシュメモリ、FeRAM、MRAM、ReRAM、PRAM などがある。

技術開発動向

現在国家プロジェクトとして、「グリーンITプロジェクト」や「ノーマリーオフコンピュータインテグレーション基盤技術開発」、光配線と電子配線をハイブリッド集積した省エネ型回路基板技術開発を産学連携で行っている。

- ① データセンター…省エネに寄与する技術開発として、マルチコアCPU化、HDDの小型化、仮想化技術の導入等が行われている。また、エネルギー源にグリーンエネルギーが利用されはじめている。
- ② クラウドコンピュータ…Webアプリケーションの脆弱性の克服（攻撃への対策、ファイルタリング、セキュリティ技術）に関する技術開発等が行われている。
- ③ ストレージ、メモリ技術…大容量化に関する技術開発（HDD、フラッシュメモリ、光ディスクの多層化など）、書込み・読み込み速度の高速化、低消費電力化、長寿命化等の技術開発、次世代の不揮発性記憶素子の技術開発が進められている。

技術開発の進め方

2013年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

情報機器・システムは、情報化社会の進展にともなう情報量の爆発的な増大によって、現有技術のままではエネルギー消費が莫大になってしまいう。したがって、性能強化による低消費電力化への取組みが非常に重要である。

情報通信に関する電力消費の中で圧倒的な割合を占め、かつ今後大幅な伸びが予想されるデータセンターおよびクラウドコンピュータへの省エネルギー対策の強化は大変有効である。

電力消費量が機器の性能向上に影響を与えており、省エネルギーは性能向上のためにも必須である。

情報機器には、物流・人の流れを円滑化しエネルギー効率を上げる効果がある。

クラウドコンピューティングを活用した新サービス（交通、流通、農業、教育、健康など）の創出が期待されている。

また、次世代の不揮発性素子を用いることで、様々な機器の劇的な省エネ効果が期待される。

技術概要

大容量高速ネットワーク通信、および、光ネットワーク通信技術である。今後情報量の増大が予想されるので省エネルギーポテンシャルが高い。

- ① ルーター等通信機器
ネットワーク上を流れるデータを他のネットワークに中継する機器。ネットワーク層のアドレスを見て、どの経路を通して転送すべきかを判断する経路選択機能を持つ。
- ② 光スイッチ
光信号を電気信号に変換することなく、光のまま処理することでスイッチ内での処理を高速化する装置。情報通信の高速化・大容量化実現に欠くことのできない装置である。
- ③ 立体テレワーク・立体遠隔会議システム
超高精細映像・立体映像・立体音響等の伝達・提示技術を統合制御することにより、遠隔地においてモノの実在感や人の存在感を再現する技術。

技術開発動向

- ① ルーター等通信機器
現在のシステムは、負荷の大小に関係なく常にほぼフルパワーで動作しており、そのためのエネルギーロスが大きいのが現状である。負荷による動作状態の制御など、通信システムや、データ処理や加工に使用するレーザー利用のエネルギーの使用合理化の研究開発が行われている。国家プロジェクトとしては、ネットワークの超高速化と省電力化を共に実現する高速ルーターの基盤技術の研究開発を行っている。
- ② 光スイッチ
日本は、切替え速度、容量とも現在世界でトップレベルである。光ファイバ1本あたりの伝送容量についても日本が世界を牽引している。
- ③ 立体テレワーク・立体遠隔会議システム
主な要素技術に立体映像技術、立体音響技術、立体情報伝達技術、感性情報認知・伝達技術がある。

技術開発の進め方

- 2013年～
- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
 - ・実証研究などでは国が支援
 - ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援
- 2018年～
- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
 - ・実証研究などでは国が支援

波及効果

今後も爆発的な情報量の増大が予想されており、大幅な電力効率向上による省エネルギー、CO2排出量低下が不可欠である。
人・モノの移動が大幅に抑制され、通勤・移動によるCO2排出が削減できる。
高速大容量通信網の実現により、VOD サービス、テレビ会議、テレワーク、遠隔医療等の新しいサービスの普及が促進する。
開発途上国への技術支援による国際貢献、新規市場開拓が期待できる。
立体映像技術に関しては日本が世界で最先端である。

省エネ型情報機器・システムサブシート（待機時消費電力削減技術）

技術概要

家庭や業務分野における待機時消費電力は、電力消費全体の 6%程度ではあるが、この大半の削減を可能とする技術である。
対象となる機器は、情報機器のほか、空調関連の熱源待機電力、その他家電機器など幅広い。
今後、家電機器や IT 関連機器の増加が予想され、当該技術の必要性がより高まっている。

技術開発の進め方

2013 年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018 年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

技術開発動向

民間では家電機器メーカーや IT 機器メーカーにより開発が進んでいる。
現状の待機時消費電力を 95%削減するものとして期待されている。対策としては、回路設計の改善によるものと、素材の開発に大別される。
要素技術として、省電力電源モジュール、デジタル制御電源技術などがあげられる。
なお、待機電力ゼロに貢献する国家プロジェクトとして「高速不揮発メモリ機能技術開発」が進められている。

波及効果

ほとんどすべてのデジタル機器に待機時消費電力が存在することから、これを削減する本技術の導入普及の可能性は大きい。

省エネ型情報機器・システムサブシート（高効率ディスプレイ）

技術概要

次世代の省エネ型ディスプレイおよび関連技術である。省エネ LCD、省エネ PDP、有機 EL、電子ペーパーがある。特に、大型ディスプレイは全般に省エネルギーポテンシャルが高い。

①省エネ LCD(液晶ディスプレイ)

LCDは大型テレビ、PC ディスプレイに広く利用されている。現在の光利用効率は1～3%程度であり、さらなる効率化を図ることが必要である。

②省エネ PDP(プラズマディスプレイパネル)

放電による発光を利用する。応答速度が速く、視野角が広い。

③有機 EL(エレクトロルミネッセンス)

有機化合物に電圧を掛けて発光させる。小型は既に実用化されている。

④電子ペーパー

大きな特徴であるフレキシビリティを有効に活用することで、既存のディスプレイでは応用が難しい湾曲面や、製品のデザインの一部として商品化がなされている。

技術開発動向

①省エネ LCD

バックライトの高効率化等によるさらなる省エネ化が重要である。また、視野角の拡大、応答速度の向上、コントラストの向上等の技術課題がある

②省エネ PDP

蛍光材料などの構成部材の改善による発光効率の改善、低コスト化が期待できる。またプラズマチューブアレイ化による用途拡大も期待される。

③有機 EL

LCD や PDP に比べて低消費電力化が期待される。発光効率の改善、長寿命化、大画面化、光取り出し効率の改善、大画面化等の課題がある。

これらの課題に対する取り組みとして、現在国家プロジェクトでは「次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発」「次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発(グリーン「プロジェクト」)が実施されている。

④電子ペーパー

動画面表示、薄さ、軽さ、丈夫さを満たしたディスプレイの実現が求められている。材料技術、駆動電力の低減、低コスト化、軽量化等が技術課題である。

技術開発の進め方

2013 年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018 年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

ディスプレイは全消費電力が大きいので、高効率ディスプレイへの置き換えが進むことによりかなりの省エネルギー効果、CO2 削減効果が期待できる。

ディスプレイ市場は全世界に広がってきており、国内産業界が従来の先陣ポジションを堅持し経済発展に寄与するためには、国際競争力のある技術開発を国家規模で進めることが重要である。

ディスプレイ用のデバイス技術のエネルギーマーの使用の合理化に向けた技術開発は、省エネルギー効果が大きく、新技術の導入が大きなインパクトを与える。

技術概要

家電に代表される人間生活の質(QOL)を向上させる機器は、新技術開発や機能改善により機器個々の省エネルギー性能向上に取り組んできた。一方で、機器を利用する側は、個人感覚に合わせた快適性を求めて複数の機器を利用している。タスクアンビエント空調・照明と言われ複数機器を連動させ快適空間を作り出す試みは行われているが、広く普及するまでには至っていない。人の求める快適性と省エネルギーとを両立させる多様な環境と機器の制御技術の早期実用化が望まれる。

(1)照明

従来型の光源(白熱電球、蛍光灯)からLED、有機ELに急速に置き換わる中で人間工学に基づいた快適照明技術(室内環境に最適な照明:全般照明、局部照明、アンビエント照明技術)、視覚センサー

(2)空調

快適温度・湿度、気流の制御技術、体感温度センサー、輻射型冷暖房機

(3)その他

室内環境デザイン、感応と人間行動工学

技術開発/標準化動向

- 関係のある国際標準委員会(ISO)
 - ・TC146 大気の状態(Air Quality)
 - SC6 屋内空気(Indoor Air)
 - ・TC159 人間工学専門委員会
 - SC5: Ergonomics of the physical environment (物理環境の人間工学)
 - WG1 Thermal environments(温熱環境)
 - ・TC205 Building Environment Design (建築のトータルな環境性能)
 - WG4: Indoor air quality(室内空気質)
 - WG5: Indoor thermal environment(室内温熱環境)

技術開発の進め方

○第1ステップ

機械系、電気系工学的要素に建築工学的要素を加えて、国際・国内標準や規制法を考慮し、規制環境下での快適性と省エネルギーとを両立させたセンシング技術と最適制御技術の実証実験を実施。

人間行動そのものと、エネルギーの相関を明らかにすることにより、今まで異なる発想の機器、機器システム制御についての技術課題の調査発掘。

必要であれば規制法改正の提案を実施。

○第2ステップ

実証実験を踏まえた、センシングと多様な環境と機器の制御方式の標準化。

人間の行動原理に基づき、省エネルギーでかつ快適な機器及び機器システム制御、技術開発。

○第3ステップ

人間にとって快適かつ省エネルギーシステムの事業化及び国際展開。

波及効果

省エネルギー効果に加えて、快適空間の実現によりオフィス・家庭で知的生産性の向上につながる。

新しいコンセプトの省エネルギー事業の創造と発展により、新産業の創出と国際的戦略ビジネスも可能となる。

また、快適環境により健康な生活を送ることが可能になれば、医療費が減少し、国庫負担の軽減にもつながる。

技術概要

燃料電池は水素と酸素の化学的反応により直接電気と熱を発生させる装置。需要地に隣接する設置場所で発電するため送電ロス等がなく、また、発生した熱も有効に利用できることからエネルギー利用効率の向上を図ることが可能となる。

技術開発/標準化動向

化学エネルギーから直接電気エネルギーへ変換するため発電効率が高く、発電により生じた熱を有効に利用できることから、総合効率が 80%以上と高い。また化石燃料や化学工業の副生ガスをはじめとする多種類の燃料を活用することが可能。このため、エネルギー利用効率の向上、エネルギー源の多様化のためには、普及を促す技術開発が必要。

産業部門、民生部門、運輸部門等におけるエネルギー起源 CO₂ の排出削減のためには、分散型電源の1つである家庭用コージェネのみならず、燃料電池自動車や産業用大規模発電である石炭ガス化燃料電池複合火力発電(GFC)への応用等により、エネルギー利用効率の大幅な向上を促進する技術開発が必要。

燃料電池の技術開発は我が国が世界をリードしており、積極的な技術開発と導入支援により、固体高分子形燃料電池(PFC)を用いた家庭用コージェネの 2009 年度の販売台数は 5,000 台を超えた。一方、海外では実証段階にとどまっている。今後燃料電池自動車への波及を見据え、各国を突き放すためには、引き続き重点的に取り組み必要がある。

我が国では、家庭用コージェネレーションシステムなどの小型機の開発は急速に進んでいるが、大規模電源用システムの開発にはなお時間を要する。米国でも、大型固体酸化物形燃料電池(SOFC)の技術開発が進められており、我が国においても着実に技術開発を推進していく必要がある。

技術開発の進め方

＜固体高分子形燃料電池(PEFC)＞

現状 200～250 万円/kW 程度のシステム価格を、2020 年頃には 40～50 万円/kW、2030 年頃には 40 万円/kW 以下に削減。また、現状の発電効率 33%(HHV)、耐久性 4 万時間を、2030 年頃には発電効率 36%(HHV)、耐久性 9 万時間まで向上。

＜固体酸化物形燃料電池(SOFC)＞

小中規模コージェネ用途のシステム価格について、2015 年頃に 50～100 万円/kW、2020 年以降に 40 万円/kW 以下を実現。また、2015～2020 年頃に発電効率 40%(HHV)、耐久性 4 万時間を、2020 年以降には発電効率 50%(HHV)、耐久性 9 万時間を実現。

GT/FC 複合発電用途のシステム価格について、2020～2025 年頃には数 10 万円～100 万円/kW、2025～2030 年頃には 15 万円/kW 以下を実現。また、2020～2025 年頃に発電効率 60%、耐久性 4 万時間を、2025～2030 年頃には発電効率 65%、耐久性 9 万時間を実現。

波及効果

小型化、耐久性の向上やコスト低減により、家庭用・産業用ともに更に導入が拡大し、「エネルギーキャリア」としてのエネルギー密度が従来の各種電池よりも格段に高い水素が新たなエネルギー源の1つとして定着することにより、エネルギー利用効率が向上し、CO₂ 排出削減に寄与することが期待される。

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)	次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発 (ナノテク・部材イノベーションプログラム) (P10026)		
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) 高度情報化社会の実現に伴い、電子ペーパー、デジタルサイネージなどのヒューマンインターフェース入出力デバイスや、圧力センサーなどの入力シートデバイス等の普及が切望されており、今後その生産量の増大が予想される。</p> <p>これらのデバイスを広く一般に大量普及させるために、真空や高温を駆使して多量のエネルギーを消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却を図り、製造プロセスの低コスト化・省エネ化・省資源化・高生産性化を目指すことが急務となっている。</p> <p>そこで、少エネ・省資源・高生産性や軽量・フレキシブル性などの特徴を有する印刷エレクトロニクス技術及び製造法を確立する。これにより、印刷エレクトロニクス関連産業の新規市場創出と産業競争力強化に寄与する。また、印刷工程による新規デバイスとして、電子ペーパー、圧力センサなどのディスプレイ、センサデバイス関連市場を当面のターゲットとする。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費(国費分) 97億円(委託・助成)</p> <p>(3) 事業期間：平成22年度～27年度</p>		
4. 評価の検討状況			
(1) 事業の位置付け・必要性			
<p>① 事業自体の必要性</p> <p>現在、電子ペーパーや携帯電話など情報機器においては、用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められている。また、薄膜トランジスタアレイ(TFTアレイ)などの電子回路の製造においてはリソグラフィや高温プロセスの省エネルギー化が必要とされている。プリンテッドエレクトロニクスは、印刷技術を用いてプロセスの低温化による省エネ化や材料歩留まりの向上による省資源化、プラスチック基板の利用によるフレキシブル化・軽量化など上記課題を解決する有用な手段である。このような社会的要求・課題を鑑み、本プロジェクトでは、少エネ・省資源・高生産性や軽量・フレキシブル性などの特徴を有する印刷エレクトロニクスの基盤技術として、連続製造技術と使用材料・プロセスの高度化によるTFTアレイの高度化技術を開発する。さらに、これら基盤技術を適用した実用化技術として電子ペーパーとフレキシブルセンサーデバイス技術を確立し、新規事業の創出と産業競争力強化により国民の利益に供する。</p> <p>② 上位政策との関係から見た位置付け</p> <p>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・材料のすべて位置づけられる。また、経済産業省がまとめた技術戦略マップにおいてナノテクノロジー分野(有機半導体、塗布・印刷・ナノインプリント統合プロセスの最適化)、部材分野(印刷による回路形成用導電性高分子、分子導細線、CNTビア配線材料、印刷プロセス)に位置づけられている。</p>			
(2) 研究開発目標の妥当性			
<p><目標></p> <p>① 連続製造技術及び評価技術</p> <p>○ n電流の面内平均値からのばらつきが$\sigma \leq 10\%$以下のスペックを持つA4サイズのTFTアレイを50枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術を確立する。生産タクトは1平米あたり90秒以下を実現する技術を確立する。</p> <p>TFTアレイの信頼性の評価方法を確立する。あわせて評価手法の国際標準化の検討</p>			

を行う。

② 高性能 TFT アレイ材料プロセス技術

位置合わせ精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 、 120°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。

TFT アレイの大面积化（メートル級）においては、大面积 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。

③ 電子ペーパー

(I) 高反射型カラー電子ペーパー

印刷法を用いてフィルム基板の上に反射率 50 パーセント以上である対角 10 インチのカラー（512 色）パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチパネルの重量は 60g 以下を達成する。

(II) 高速応答型電子ペーパー

フレキシブルな透明電極と表示部を組み合わせ、10 インチでカラー表示、75ppi、応答速度が 25ms 以下のスペックを持つパネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10 インチパネルの重量は 60g 以下を達成する。

(III) 大面积軽量単色電子ペーパー

A4 サイズのフィルム基板の上に 120ppi 以上の解像度を持つ TFT アレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は 1 枚あたり 3 分以内を達成する。作製された TFT アレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は 40g 以下を達成する。また、得られた成果を基に大面积化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。

④ フレキシブルセンサ

(I) 大面积圧力センサ

1mm 角あたり 1 素子の密度で形成した TFT アレイの特性（移動度および閾値電圧）のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が 10Hz 相当以上で可能なメートル級の大面积 TFT シートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

(II) ポータブルイメージセンサ

A4 サイズへの展開を前提とした 100mm 角フレキシブル基板にイメージセンサ素子を形成し、TFT アレイと結合をすることにより 100ppi 相当で画像入力可能なポータブルイメージセンサアレイを試作し、実用可能であることを実証する。

<妥当性>

目標設定は基盤技術および実用化技術の端緒を得る段階では、十分であるが、本事業の研究開発は、海外との競争も激しく、技術的進歩も早いことから、今後も有識者ヒアリングを実施し妥当性検討の必要がある。

(3) 研究開発マネジメント

<p>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」と言う。）は公募によって、研究開発内容・計画及び実施体制の妥当性について、外部有識者による審議を含めた評価を行った上で、最適な研究開発体制を構築し、委託して実施する。本事業の材料からデバイスまでのサプライチェーンの連携による技術開発の取り組みについては、一社・或いは一大学のみでの取り組みでは困難であり、企業と大学の多様な連携体制を構築する。</p> <p>研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びPLと密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標に照らして本研究開発の適切な運営管理を実施する。具体的には、プリンテッドエレクトロニクスに係る戦略検討会議（検討課題：技術戦略マップの策定、国際標準化への検討、知財戦略/国際戦略の策定等）を設置し、国内外に展開する際に必要となる技術調査、周辺動向調査、及び戦略的な成果普及活動を実施する。また外部有識者や産業界の意見等を踏まえ、NEDOは各研究テーマの研究進捗把握、予算配分、テーマ間の情報共有、技術連携、テーマの重点化/絞り込み等のマネジメントを行う。</p> <p>さらに別途定められた技術評価に係る指針、および技術評価実施要領に基づき、技術的、および産業技術政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義、将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を実施する。</p> <p>なお、知的財産権については、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従って、適切に管理する。</p>
<p>(4) 研究開発成果</p> <p>省エネ・省資源・高生産性や軽量・フレキシブル性などの特徴を有するプリンテッドエレクトロニクス技術において、世界に先駆けてTFT基板の連続製造技術を確立し、本技術を用いた電子ペーパーやフレキシブルセンサを実現する。これにより、軽量・フレキシブル性、大面積といったプリンテッドエレクトロニクスならではの特徴を生かした既存市場の拡大と新規市場創出に大いに貢献できるものと期待される。</p>
<p>(5) 実用化・事業化の見通し</p> <p>本プロジェクトの成果により、電子ペーパーやデジタルサイネージ、圧力センサ、イメージセンサなどの分野に関連して、2020年度で約2.3兆円の経済効果が見込まれる。（みずほ情報総研調査による）また、製造工程における、省エネ化、省資源化の実現により、2030年で約450万トンのCO₂削減が期待される。</p>
<p>(6) その他特記事項</p> <p>特になし</p>
<p>5. 総合評価</p> <p>異なる企業体間、産学官の連携がもっとも奏功すると期待できる。また、目標設定としても、実験室レベルの成果を維持しつつ製造技術に落とし込むことを想定しているため、極めて事業リスク・技術開発のリスクが高い。これは民間企業だけでは実施できないものであり、NEDOが関与することにより、多様な連携を構築して、効果的に推進することが可能となる。NEDOが実施する事業として適切であると判断する。</p>

「次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発 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 14 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 17 日～平成 22 年 12 月 24 日

2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計 2 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	基本計画への反映
全体について		
<p>[意見 1]（1 件）</p> <p>・本プロジェクトは、省エネ・大面積・軽量・薄型・フレキシブル性を実現可能なプリントエレクトロニクスの技術開発を行い、具体的にはTFTシート・電子ペーパーシート・圧力センサーシート等の開発をめざしている。これらのデバイス駆動の電源として有効となるシート型全固体ポリマーリチウム二次電池の開発を取り上げていただきたい。このシート型二次電池は従来電池とは異なり、軽くて薄くて曲がる特性を有するものであり、デバイスとの組合せに相性が良い。さらに、正極層・ポリマー電解質層・負極層・保護回路形成の全てに印刷技術を採用し、従来の電池製造プロセスを革新するものである。</p>	<p>・本プロジェクトはプリントエレクトロニクスを用いた薄膜トランジスタの連続生産プロセスの確立とデバイスへの応用となります。ご指摘の薄膜二次電池については、薄型、フレキシブルデバイス電源としての重要性は認識しておりますので、この分野との情報交換等を図りつつプロジェクトを推進してまいります。</p>	<p>特になし。</p>

	<p>[意見 2] (1件)</p> <p>・本プロジェクトに興味を持っている。現在、韓国等では、積極的にこの分野を展開している。日本での推進が求められると思う。本プロジェクトの積極的な推進を希望する。</p>	<p>・御指摘頂いたように積極的にプロジェクトを推進してまいります。</p>	<p>特になし。</p>
--	---	--	--------------

以上