

経済産業省  
ロボット・新機械イノベーションプログラム

# 「異分野融合型次世代デバイス製造 技術開発プロジェクト」 中間評価分科会資料

—プロジェクト概要説明—  
平成22年9月10日

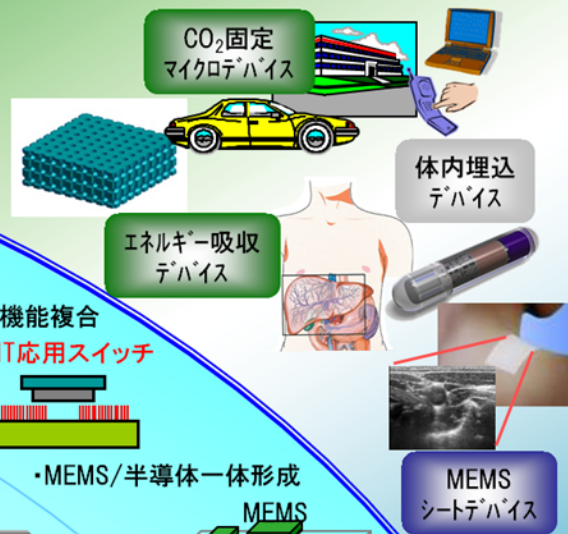
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
機械システム部

# 事業の背景

## 第3世代MEMS: BEANS

ターゲット市場: 環境・エネルギー,  
医療・福祉、安心・安全

## 新たなライフスタイルの創生



## 第2世代MEMS: fine MEMS

集積化・複合化による  
多機能・超小型デバイス

プレイヤー: 材料、化学、バイオ  
システム、サービス

プレイヤー: 情報・通信  
機器、装置

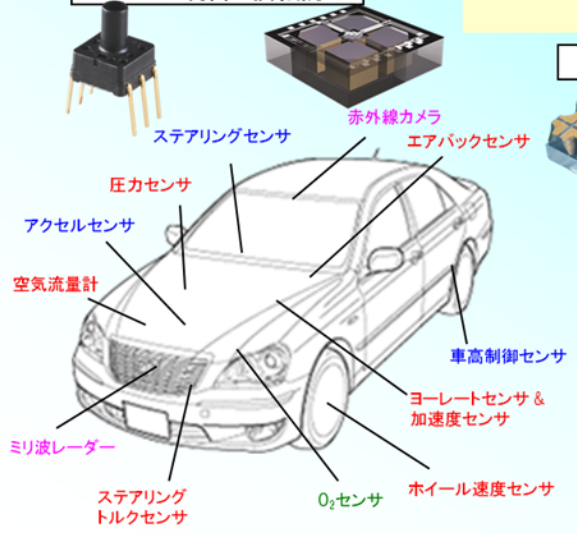
## 第1世代MEMS: 単機能MEMS

ターゲット市場: 自動車・IT

プレイヤー: 機械、電気・電子、  
デバイス、パーツ

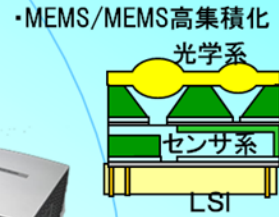
自動車  
1,590億円 ('05)

情報通信  
1,560億円 ('05)



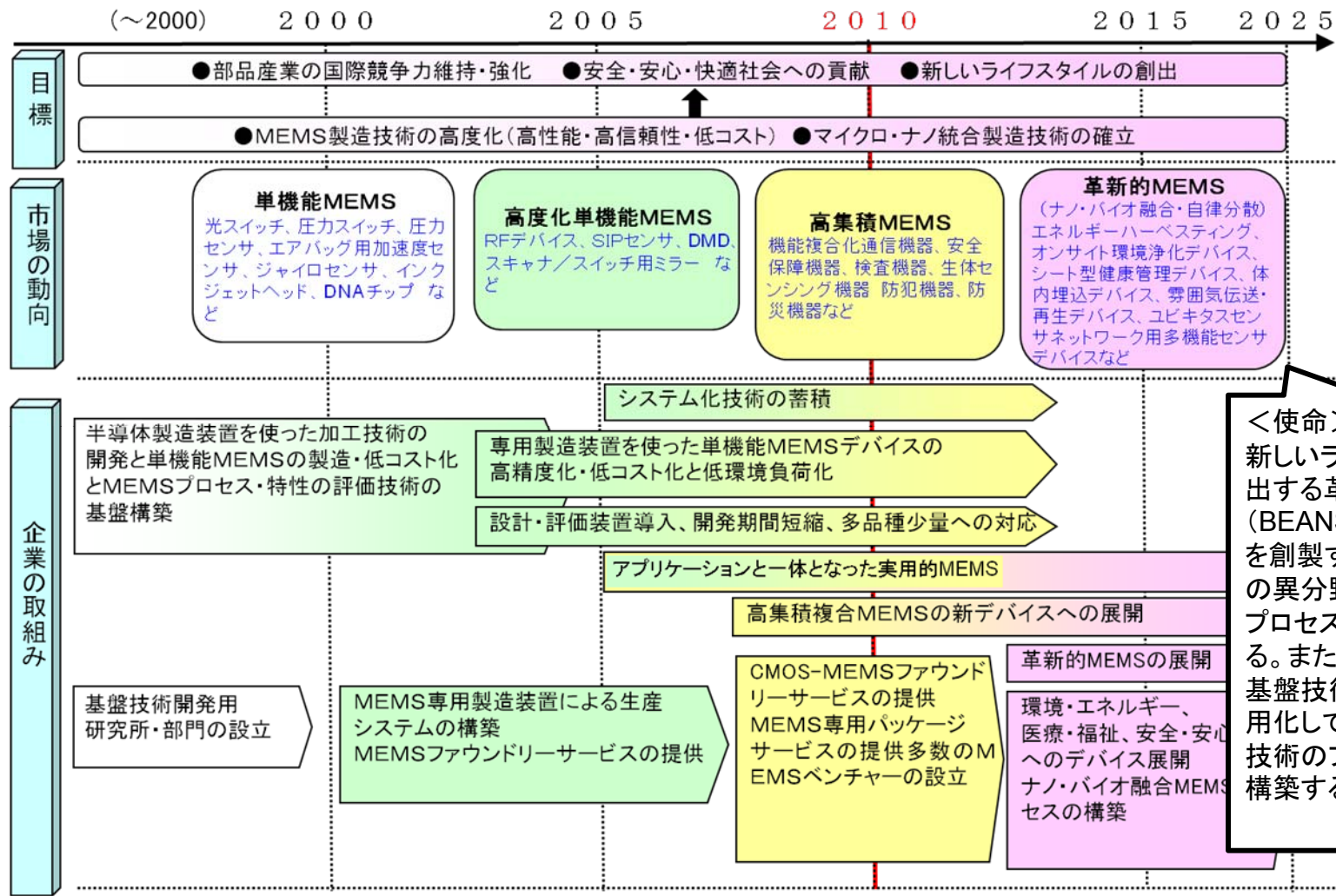
インクジェット  
プリンター  
HDDヘッド

プロジェクター  
(DMD)



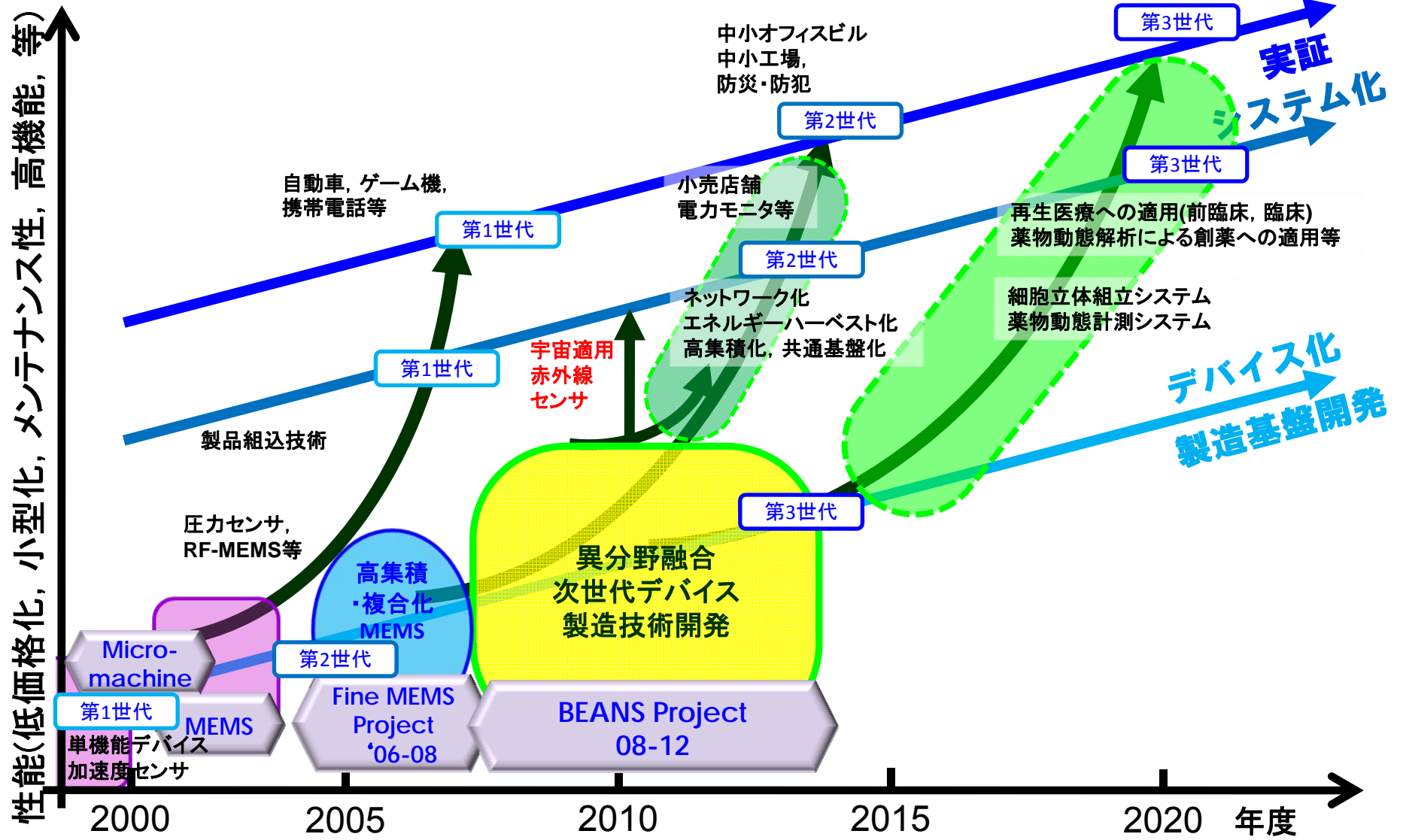
# MEMS技術ロードマップ

## MEMS分野の導入シナリオ



**<使命>**  
 新しいライフスタイルを創出する革新的デバイス (BEANS) を創製するためにMEMSの異分野技術を融合したプロセス技術群を開発する。またこれらのプロセス基盤技術となるべく、汎用化してBEANSプロセス技術のプラットフォームを構築する。

# MEMS関連プロジェクトの流れ





# 国のプログラムにおける位置付け

## 経済産業省「ロボット・新機械イノベーションプログラム」

### 1. 目的

我が国の製造業を支えてきたロボット技術・機械技術を基盤とし、IT技術・知能化技術などの先端的要素技術との融合を促進することにより、家庭、医療・福祉、災害対応など幅広い分野で活躍する次世代ロボットや新機械技術の開発・実用化を促進し、生産性の向上と人間生活の質の向上を実現するとともに、我が国経済社会の基盤である製造業の競争力の維持・強化を目指す。

### 2. 達成目標

(1) 我が国製造業の高度化に必要不可欠な基盤技術である機械分野においては、バイオ技術やIT技術などの異分野技術を活用した従来の機械の概念を超えた**新しい機械の創造**及びその計測技術の確立を図ることを目標とする。例えば、**2015年頃**に革新的MEMSの本格普及を目指すことにより、**安全・安心な社会**の構築に貢献

異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト

- ①新しい機械→異分野融合による革新的MEMSの実現
- ②2015年→途中段階でも実用化が可能な研究成果については、スピリアウトし実用化を促進
- ③安全・安心→健康・医療への応用

上位プログラムの目標  
達成に貢献できる

## 海外の動向

- 欧米各国ともマイクロ・ナノ・バイオ関連で日本をはるかに上回る規模の国家プロジェクトを積極的に推進している。
  - ・DARPAのMicro/Nano/Bio 関連予算 total:【 793M\$(2009) 】
  - ・NIHのNanotech関連予算 total:【 343M\$(2009) 】
  - ・NSFのNanotech関連予算 total:【 409M\$(2009) 】
  - ・EU FP7におけるMicrosystems関連予算total:【 83M €(2009) 】
- 異分野融合技術に関しても、More than Mooreの流れで、各国とも実施しているが、日本は欧州より約1年先行してBEANSプロジェクトを実施している。
  - ・EU FP7: Microsystems and Smart Systems Technologies Program  
(Heterogeneous Integration and Autonomous Systems) 【 27 M€(2009) 】
  - ・DARPA: Mixed Technology Integration Program MT-15  
(Microelectronics paradigm to include the integration of heterogeneous or mixed technology) 【 144M\$(2009) 】
- 但し、BEANSプロジェクトのような異分野融合型次世代デバイス製造技術のプラットフォーム構築のプログラムはない。

## NEDOの事業としての妥当性

- ① 20年後の社会の国家的課題である「環境・エネルギー」、「医療・福祉」、「安全・安心」分野で新しいライフスタイルを創る革新的デバイスの創製を目指すものであり、公共性が高い
- ② 未来デバイス実現のキーとなるのが、従来の延長線上ではない、不連続な進歩が期待される創造的な研究開発であるため、企業が単独で開発資源を投入するのはリスクが高く、民間のみによる取り組みを期待することは難しい
- ③ トップダウンである微細加工プロセスとボトムアップであるナノ・バイオプロセスとを融合させたマイクロ・ナノ統合製造技術の確立を狙いとする世界でも類を見ない壮大で挑戦的な試みであり、NEDOが関与する意義が高い

# 事業概要

## <目的>

将来の革新的次世代デバイス(BEANS)の創出に必要な異分野融合コンセプトに基づいた基盤的プロセス技術群を開発し、プラットフォームを確立する。

## <目標>

革新的次世代デバイス の創出に必要な基盤的プロセス技術群を開発

## 【内容】

1. 研究開発期間:平成20年度～平成24年度(5年間)
2. 平成22年度までの予算額:約30.5億円  
(平成21年度の補正予算は含まず)
3. 研究開発項目:
  - ① バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発
  - ② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発
  - ③ マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発
  - ④ 異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備
  - ⑤ 高機能センサネットシステムと低環境負荷型プロセスの開発 (H21補正事業)  
【中間評価対象外】



# 研究開発項目別目標 (1/6)

研究開発項目	中間目標	最終目標
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">① A バイオ材料融合プロセス技術の開発</p> <p>目標設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・次世代デバイス開発には高感度、高効率、生体・環境適合等の機能や機構の実現が必要。</li> <li>・各種材料の融合の際に、界面を制御し、使用環境において長期間安定化させるプロセスおよび同種または異種のバイオ材料を高次構造化するプロセスの開発が必要。</li> <li>・界面融合プロセスに関しては、医療用途として有用なハイドロゲル及び特異的分子認識能を有する膜タンパク導入が可能な人工脂質二重膜を目標に設定。</li> <li>・高次構造形成プロセスの目標に関しては、目標としてはバイオ異種材料による3次元組立プロセス技術の確立としているが、薬物動態で期待されている肝細胞による胆管の形成および肝臓由来HepG2細胞や血管内皮細胞のMS1細胞等の2種類以上の異種細胞の3次元組立を自主目標に設定。</li> </ul>	
<p>(1A) バイオ・ナノ界面融合プロセス</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最終目標の機能を発現させる材料及び手法の選定</li> <li>・体内で機能するハイドロゲルなどのバイオ材料及び人工脂質二重膜を安定形成する基本技術の確立。</li> <li>・ナノ界面融合プロセスモデル構築の基本パラメータ群の導出。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイドロゲル: 1週間以上安定機能</li> <li>・人工脂質二重膜: 2時間以上安定</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノ構造体表面で生体適合性、特異的分子認識能、高効率多段階反応能を発現させるプロセス開発。</li> <li>・界面構造最適化に向けたナノ界面融合プロセスモデルと解析を実施</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイドロゲル: 体内で連続3ヶ月以上機能</li> <li>・人工脂質二重膜: 一日以上安定して生体分子計測</li> </ul>
<p>(2A) バイオ高次構造形成プロセス</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオ異種材料の組立プロセス技術の開発と手法の決定。</li> <li>・バイオ高次構造形成プロセスモデル構築の基本パラメータ群の導出。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・100μm程度の幅に決められた方向で肝細胞による胆管の形成</li> <li>・2種類以上の異種細胞の立体組立</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオ異種材料による3次元組立プロセス技術の確立。</li> <li>・バイオ高次構造形成プロセスモデルの構築。</li> </ul>

# 研究開発項目別目標 (2/6)

研究開発項目	中間目標	最終目標
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">①B有機材料融合プロセス技術の開発</p> <p>目標設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリコンを中心とする無機材料に加え<b>有機材料</b>の持つ特異的な機能を活かす<b>融合プロセス</b>が不可欠。</li> <li>・各種材料の融合の際に、使用環境において<b>長期間安定化</b>させるプロセスおよび同種または異種の有機材料を<b>高次構造化</b>(ナピラー、ナノポーラス構造形成)するプロセスの開発が必要。</li> <li>・界面融合プロセスに関しては、有機半導体の<b>キャリア拡散距離</b>である<b>200nm以下</b>の間隔を有する<b>ナノ構造体表面</b>への<b>低分子有機材料の配向</b>、<b>高分子材料の被覆プロセス</b>、そのナノ間隙への<b>材料充填</b>及び<b>表面平坦化</b>プロセスの開発を目標に設定。さらに、ナノ間隙充填を200nmから<b>50nm</b>に<b>目標アップ</b>するとともに、②との連携である<b>中性粒子ビーム</b>による<b>有機材料のエッチング</b>を自主目標として追加。</li> <li>・高次構造形成プロセスに関しては、<b>径50 nm以下</b>の有機分子<b>ナピラー</b>構造、<b>100 nm以下</b>の均一ポアを有する有機分子<b>ナノポーラス</b>構造、<b>ライン・アンド・スペース(L/S) = 100 nm</b>以下の網目や直線構造などの<b>ナノ構造</b>を<b>自己組織的</b>に形成するプロセスの開発を目標に設定。さらに、ナノ構造の有効性を光電及び熱電<b>デバイス性能</b>で<b>実証</b>することを自主目標として追加。</li> </ul>	
<p>(1B) 有機・ナノ界面融合プロセス技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・配向や被覆プロセス、材料充填プロセス、表面平坦化プロセスを実現するための<b>材料</b>や<b>手法</b>の<b>確定</b>。</li> <li>・ナノ界面融合プロセスモデル構築の<b>基本パラメータ群</b>の<b>導出</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノ間隙充填を200nmから<b>50nm</b>に<b>目標アップ</b></li> <li>●<b>3次元ナノ構造形成</b>プロセス技術との<b>連携</b>を検討</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノ構造体表面で<b>合成有機分子</b>の特異的<b>機能</b>の<b>発現</b>。</li> <li>・ナノ界面融合プロセス<b>モデル</b>と<b>解析</b>の実施。</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低分子有機材料の<b>配向</b>、<b>高分子材料の被覆プロセス</b>、<b>表面平坦化</b>プロセス、そのナノ間隙への<b>材料充填</b>：<b>200nm以下</b></li> </ul>
<p>(2B) 有機高次構造形成プロセス技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最終目標を達成する<b>手法</b>の<b>決定</b>。</li> <li>・有機分子<b>ナピラー</b>構造、有機分子<b>ナノポーラス</b>構造、直線及び網目構造などの<b>ナノ構造形成</b>のための<b>手法</b>の<b>選定</b>。</li> <li>・有機高次構造形成プロセスモデルの<b>基本パラメータ群</b>の<b>導出</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノ構造の有効性を光電及び熱電<b>デバイス性能</b>で<b>実証</b>。</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有機異種材料による<b>3次元組立</b>プロセス技術の<b>確立</b>。</li> <li>・有機高次構造形成プロセス<b>モデル</b>の<b>構築</b></li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有機分子<b>ナピラー</b>構造：<b>径50 nm以下</b></li> <li>・有機分子<b>ナノポーラス</b>構造：<b>100 nm以下</b>の均一ポア</li> <li>・<b>ライン・アンド・スペース(L/S) : 100 nm以下</b></li> </ul>

# 研究開発項目別目標 (3/6)

研究開発項目	中間目標	最終目標
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">②3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発</p> <p>目標設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全・安心・健康な社会実現には効果的なセンサネットワークの構築が必要。</li> <li>センサの感度向上、省電力化、自立電源化、高い耐環境性実現のためには<b>高アスペクト比・高密度3次元ナノ構造を超低損傷</b>かつ十分なスループットで製造する技術、必要とされる部位に<b>選択的にナノ材料を自己組織化</b>させる技術、3次元ナノ構造表面を<b>局所的に修飾</b>する技術、さらにこれらのプロセスを<b>理論的に設計・制御</b>する技術の確立が必要。</li> <li>超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術に関しては、<b>アスペクト比100</b>(中間目標はアスペクト比30)のナノ構造体を<b>実用的なエッチング速度</b>で、側壁の<b>形状を高精度に制御</b>することを目標に設定。自主目標として、<b>MEMSへの有効性検証</b>を追加。また<b>誘電材料、光学材料</b>等に本技術を<b>適用</b>する指針を得ることも目標に設定。自主目標として、<b>fsレーザーアシストエッチング</b>の検討を追加。さらに、<b>形状予測シミュレーション</b>技術の構築と<b>大面積化</b>の基本設計を目標に設定。自主目標として<b>8インチ中性粒子ビームエッチング装置の開発</b>を追加。</li> <li>異種機能集積3次元ナノ構造形成技術に関しては、3次元構造表面の<b>特定箇所</b>に、<b>100 nm 以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット</b>等を配置し<b>高精度に制御</b>することを目標に設定。自主目標として、<b>プローブ尖頭へのペプシド</b>による<b>CNT修飾</b>を選定。また、ナノ構造の接触物間作用力を実用的な精度で測定し、<b>ナトライボロジモデル</b>の構築を目標に設定。さらに、<b>アスペクト比が100以上の3次元ナノ構造の微細溝や孔</b>(中間目標はアスペクト比30)に、<b>金属あるいは酸化膜を空隙なく埋め込む</b>技術の確立を目標に設定。<b>スーパーキャパシタ</b>により高密度金属、酸化物充填の<b>実証</b>をすることを自主目標に設定。</li> </ul>	
<p>(1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超低損傷シリコン3次元ナノ構造<b>側壁の傾斜角の制御</b></li> <li>超低損傷3次元ナノ構造の<b>形状予測シミュレーション</b>モデルの構築</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>アスペクト比: 30以上</b></li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超低損傷エッチングとして<b>中性粒子ビームエッチング</b>を選定し、高速化、<b>8インチ化</b>、MEMS有効性の<b>検証</b>の実施。</li> <li>誘電、光学材料適用のため、<b>fsレーザーアシストエッチング</b>を検討。</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超低損傷シリコン3次元ナノ構造を<b>実用的なエッチング速度</b>により形成し、<b>側壁の傾斜角</b>や等方性・異方性をデバイス構造に対応して<b>高精度に制御</b>。</li> <li><b>誘電材料、光学材料</b>等に<b>適用</b>する指針の獲得。</li> <li>超低損傷3次元ナノ構造の<b>形状</b>をプロセス変数から予測・設計できる<b>シミュレーション</b>技術の構築と<b>大面積装置の基本設計</b></li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>アスペクト比: 100 以上</b></li> </ul>

# 研究開発項目別目標 (4/6)

② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

研究開発項目	中間目標	最終目標
<p>(2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術</p>	<p>【定性目標】 ・ナノ構造の接触物間作用力の実用的な精度測定技術の開発。</p> <p>【定量目標】 ・3次元構造表面の特定箇所への100 nm以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等を配置するための表面制御技術の構築。 ・3次元ナノ構造の微細溝や孔への金属あるいは酸化膜の埋め込み:アスペクト比30以上</p> <p>【自主目標】 ・特定箇所ナノ粒子配置としてプローブ尖頭へのペップドによるCNT修飾を選定。 ・シリコン基板上への紫外ナノドットの形成 ・スーパーキャパシタにより高密度金属、酸化物充填を実証。</p>	<p>【定性目標】 ・粒子間隔・密度をデバイス構造に対応して高精度に制御 ・ナノ構造の接触物間作用力を実用的な精度で測定し、ナノライボロジモデルを構築。</p> <p>【定量目標】 ・3次元構造表面の特定箇所への100 nm以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等の配置技術の確立 ・3次元ナノ構造の微細溝や孔への金属あるいは酸化膜の空隙ない埋め込み技術の確立:アスペクト比100以上</p>
<p>目標設定の考え方</p>	<p>・効率的に広域を観測するため、宇宙空間からの観測網実現が重要。 ・過酷な宇宙環境においては、従来の薄膜フィルターで見られた膜剥離を起こさない信頼性の高いサブ波長構造光学フィルターが必要であり、3次元構造表面に均一にナノ構造を転写形成する技術が必要。 ・トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する技術の構築及び3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する手法の確立を目標に設定。</p>	
<p>(3) 宇宙適用3次元ナノ構造形成技術</p>	<p>【定性目標】 ・3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する基本手法の確立。</p> <p>【定量目標】 ・3次元ナノ構造形成技術として、トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する基本プロセスの構築。</p>	<p>【定性目標】 ・3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する手法の確立。</p> <p>【定量目標】 ・宇宙空間でのマルチバンド観測を実現する3次元ナノ構造形成技術として、トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する技術の構築。</p>



# 研究開発項目別目標 (5/6)

研究開発項目	中間目標	最終目標
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">③マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発</p> <p>目標設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来の<b>真空プロセス装置の大型化の限界</b>、<b>基板の大面積化の限界</b>などの問題が顕在化</li> <li>・将来のメタ級大面積デバイスの高機能化、低コスト化のためにはの<b>マイクロ・ナノ構造</b>を有する高品位機能膜をメタ級の基板に<b>真空プロセス装置を用いず</b>に形成する製造技術の創出及びメタ級フレキシブルシートデバイスを実現する<b>製織技術</b>などを活用した<b>新たな製造技術の創出</b>が必要。</li> <li>・非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術に関しては、<b>局所雰囲気制御下</b>で非真空薄膜堆積プロセスによりアモルファスシリコンの<b>電子移動度<math>1\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}</math>以上</b>の<b>電子的機能膜</b>や<b>機械的機能膜</b>を<b>実用的な成膜レート</b>で形成可能とするプロセスの確立を目標に設定。機械的機能膜に関しては、<b>圧力センサの歪ゲージ性能</b>での<b>実証</b>を自主目標に設定。高品位機能膜を<b>膜厚均一性<math>\pm 10\%</math>以下</b>、<b>パターニング分解能<math>200\mu\text{m}</math>以下</b>及び<b>現行真空装置による製造時間以下</b>で形成可能とするプロセスの確立を目標に設定。非真空成膜<b>装置仕様</b>の<b>決定</b>を目標に設定。<b>シミュレーション技術活用</b>を自主目標に設定。</li> <li>・繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術に関しては、<b>繊維状基材上</b>に、電子的機能膜、マイクロ・ナノ構造を構成する<b>機械的機能膜</b>、及び発光、反射・屈折率などを制御する<b>光学的機能膜</b>を<b>実用的な速度</b>で形成するプロセスの確立を目標に設定。また、<b>繊維状基材</b>に<b>3次元ナノ構造</b>を<b>加工速度<math>20\text{m}/\text{min}</math>以上</b>で形成するプロセスの実現を目標に設定。さらに、シート型デバイスを実現する<b>製織集積化プロセス</b>の確立を目標に設定。<b>メタ級フレキシブルタッチセンサ</b>で<b>製織集積化基本プロセス</b>を<b>実証</b>することを自主目標に設定。</li> </ul>	
	<p>(1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術</p> <p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最終目標に示される電子的機能膜、機械的機能膜を形成する<b>基本プロセスの開発</b>。</li> <li>・最終目標の膜厚均一性、パターニング分解能、及び成膜速度を達成する<b>手法の決定</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・装置設計指針への<b>シミュレーション技術の活用</b>。</li> <li>・機械的機能膜に関しては、<b>圧力センサの歪ゲージ性能</b>で<b>実証</b>。</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>局所雰囲気制御下</b>での非真空薄膜堆積プロセスにより<b>電子的機能膜</b>や<b>機械的機能膜</b>を<b>実用的な成膜レート</b>で形成可能とするプロセスの確立。</li> <li>・<b>噴出し型非真空成膜装置仕様</b>の<b>決定</b>。</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>スキャンニング</b>して<b>膜厚均一性<math>\pm 10\%</math>以下</b>、<b>パターニング分解能<math>200\mu\text{m}</math>以下</b>及び<b>現行真空装置による製造時間以下</b>で<b>大面積基板</b>に<b>形成可能なプロセス</b>の確立。</li> <li>・電子的機能膜性能：<b>電子移動度<math>1\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}</math>以上</b></li> </ul>



# 研究開発項目別目標 (6/6)

研究開発項目	中間目標	最終目標
<p>(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・繊維状基材上に最終目標の電子的機能膜、機械的機能膜及び光学的機能膜を形成する<b>基本プロセスの開発</b>。</li> <li>・繊維状基材に<b>3次元ナノ構造</b>を形成するプロセスの構築</li> <li>・シート型デバイスを実現する<b>製織集積化基本プロセスの開発</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メタ級フレキシブルタッチセンサで製織集積化基本プロセスを実証。</li> <li>・被覆プロセス:10m/min、リールツールリールナノインプリント:5m/min</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・繊維状基材上に、電子的機能膜、機械的機能膜及び光学的機能膜を<b>実用的な速度</b>で形成するプロセスの確立。</li> <li>・3次元的に変形させても機能するシート型デバイスを実現する<b>製織集積化プロセスの確立</b>。</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・繊維状基材に<b>3次元ナノ構造</b>を加工速度<b>20m/min 以上</b>で形成するプロセスの実現。</li> </ul>
<p>④ 異分野融合型次世代デバイス製造技術 知識データベースの整備</p> <p>目標設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・革新的次世代デバイスの開発を目指す企業研究者・技術者が容易に利用できるように、異分野融合型次世代デバイス製造技術の開発成果あるいはこれに関連する新たな知見を系統的に蓄積して<b>データベース化</b>することを目標として設定。</li> <li>・蓄積するデータ数はFine MEMSデータベースと同等の<b>1,500件以上</b>(中間目標500件)を目標として設定。</li> <li>・データベースの普及を促進するため、既存の<b>MEMS用設計・解析支援システム</b>への<b>組込可能</b>なことを目標として設定。</li> </ul>	
<p>BEANS知識DBシステムの機能構築及び知識データの蓄積、充実化と編纂</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・知識情報をMEMS用設計・解析支援システムで活用できる<b>データベースの構築</b></li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄積データ数:<b>500件以上</b>。</li> </ul>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・異分野融合型次世代デバイス製造技術の新たな知見の<b>系統的データベース化</b></li> <li>・知識情報をMEMS用設計・解析支援システムで活用できるデータベースの作成</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄積データ数:<b>1,500件以上</b></li> </ul>

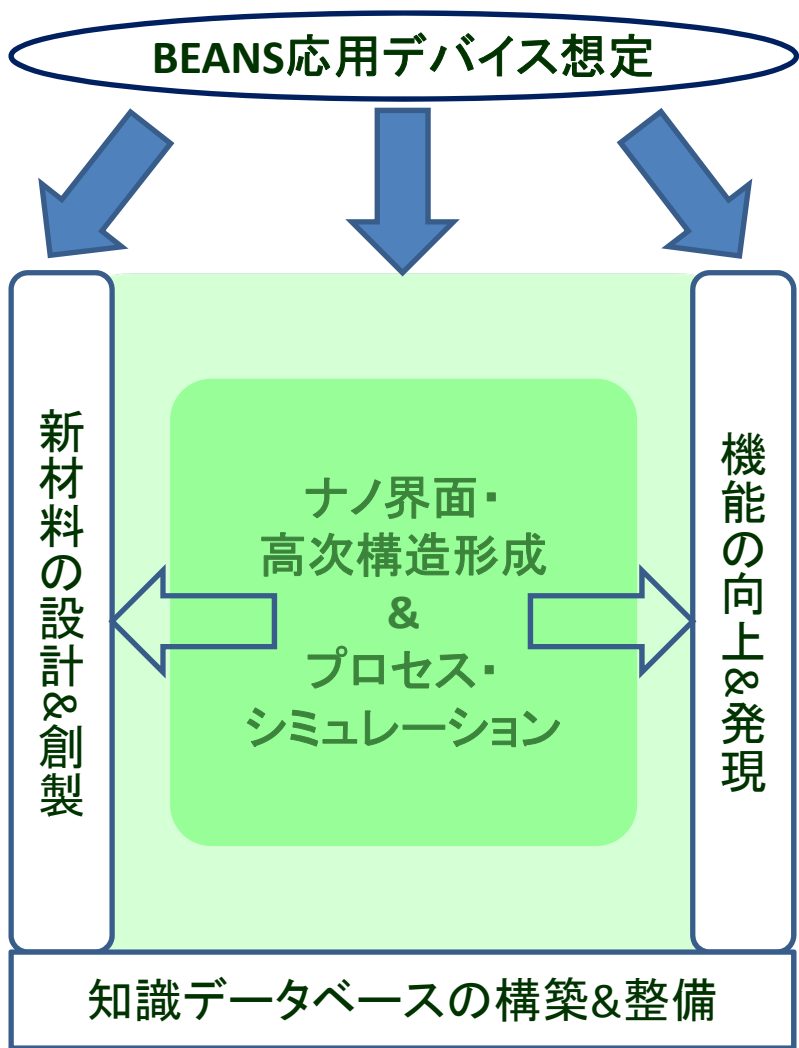
# 研究開発計画 1/2

研究開発項目	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	
	材料・評価/プロセス 要素技術確立			異種プロセス統合化 プロセス検証		事後 評価
① Life BEANS (1A)バイオ・ナノ界面融合プロセス (2A)バイオ高次構造形成プロセス	バイオ・ナノ界面融合 基本プロセス技術確立			ナノ界面・高次構造 プロセス統合		
	バイオ高次構造形成 基本プロセス技術確立					
(1B)有機・ナノ界面融合プロセス (2B)有機高次構造形成プロセス	有機・ナノ界面融合 基本プロセス技術確立			ナノ構造形成・充填 プロセス統合		
	有機高次構造形成 基本プロセス技術確立					
② 3D BEANS (1)超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成 プロセス (2)異種機能集積3次元ナノ構造形成 プロセス (3)宇宙適用3次元ナノ構造形成プロセス	超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成 基本プロセス技術確立			ナノ構造形成・異種機能 集積プロセス統合		
	異種機能集積3次元ナノ構造形成 基本プロセス技術確立					
	宇宙適用3次元ナノ構造形成 基本プロセス技術確立			テーマ終了		
③ Macro BEANS (1)非真空高品位ナノ機能膜大面積形成 プロセス (2)繊維状基材連続微細加工集積化プロ セス	非真空高品位機能膜形成 基本プロセス技術確立			高速成膜化・大面積化		
	繊維状基材機能化、集積化 基本プロセス技術確立			高速化・機能集積化		

# 研究開発計画 2/2

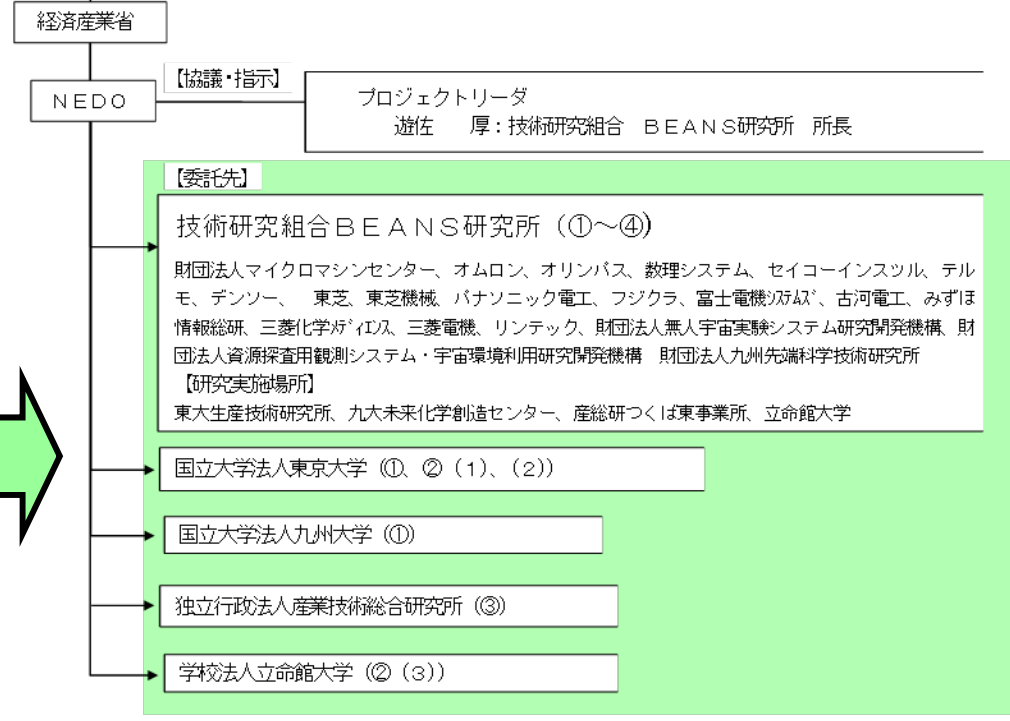
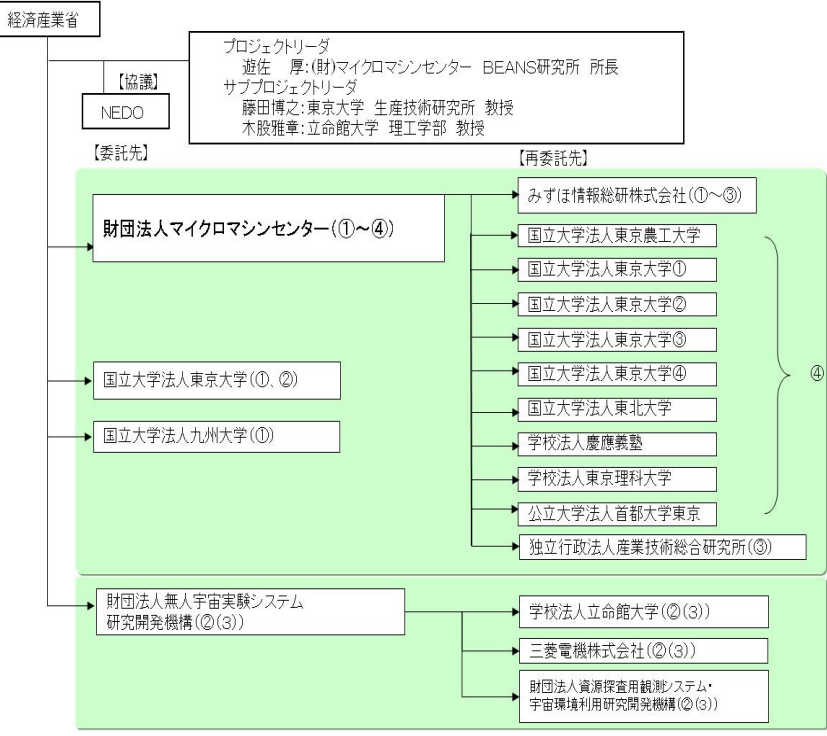
研究開発項目	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	
	基本システムの構築／データの蓄積			システムの機能向上／データの充実化		事後評価
④ BEANS本部						
(1)BEANS知識データベースシステムの機能構築	システムの機能設計&試行			システム機能の向上		事後評価
(2)BEANS知識データの蓄積、充実化、編集	データの蓄積編集			データの充実化		
⑤ G Device				事後評価対象外		事後評価
(1A) 高機能センサーネットシステム (MEMSファブ、植物工場)	高機能センサーネットシステム、センサーモジュール開発					
(2A) 低環境負荷型プロセス	ポリマーセンサー融合スマートプロトタイピング					
(1B) 高機能センサーネットシステム	高機能センサーネットシステム、センサーモジュール開発					
(2B) 低環境負荷型プロセス	大口径MEMS試作ライン立ち上げ、センサーTEGデバイス検証					

# 研究戦略と研究テーマの特長



研究開発項目	新材料設計 & 創製	界面 & 高次構造形成	機能改善 & 発現
<b>① バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発</b>			
(1A) バイオ・ナノ界面融合プロセス技術			
(2A) バイオ高次構造形成プロセス技術			
(1B) 有機・ナノ界面融合プロセス技術			
(2B) 有機高次構造形成プロセス技術			
<b>② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発</b>			
(1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成プロセス技術			
(2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成プロセス技術			
(3) 宇宙適用3次元ナノ構造形成プロセス技術			
<b>③ マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発</b>			
(1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術			
(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術			
<b>④ 異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備</b>			

# 実施体制(METI事業時・NEDO移管時)



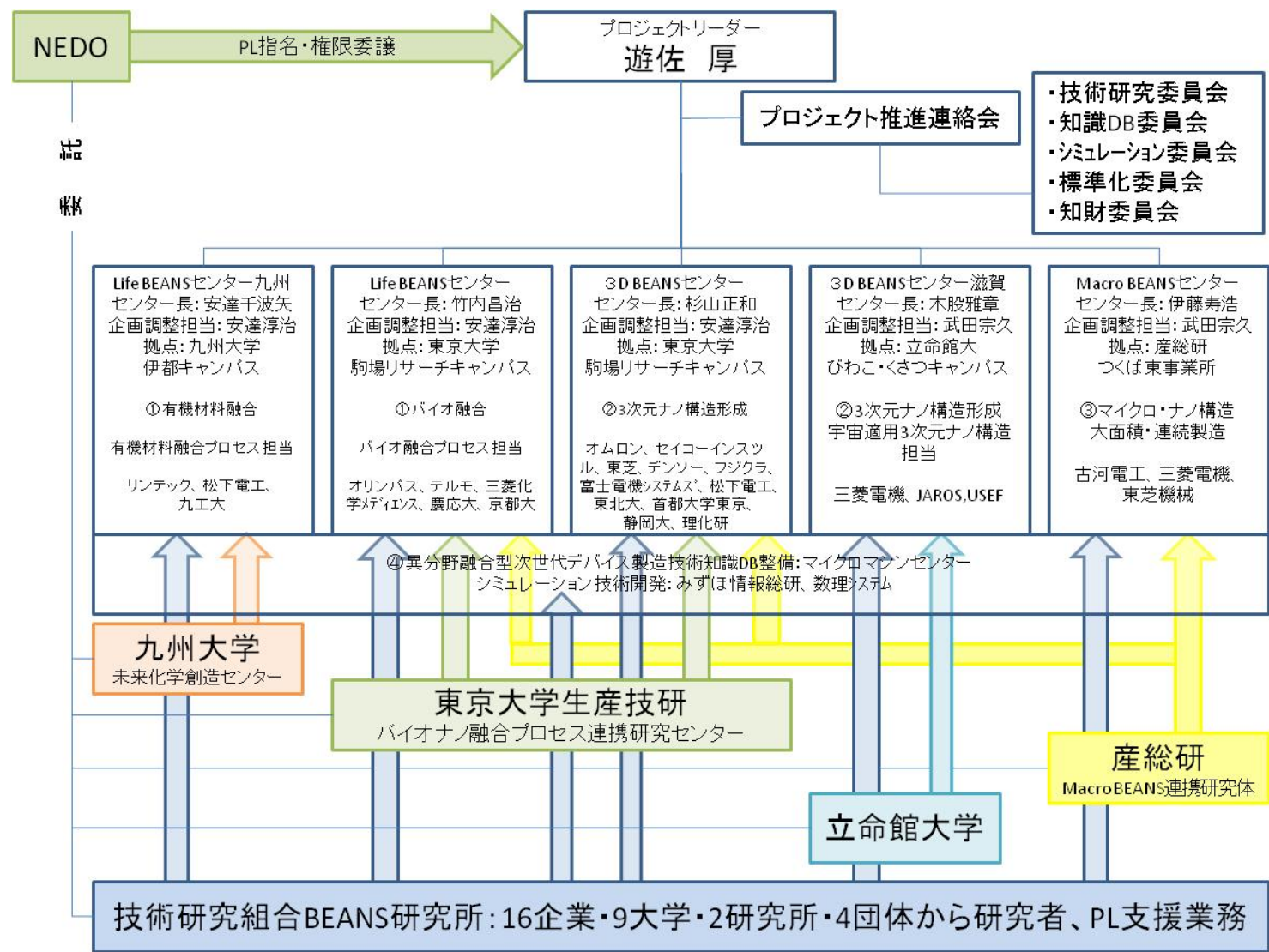
## H20 経済産業省直執行事業時における実施体制

## H21~NEDO移管時における実施体制ポイント

- ・産学連携による共同研究を効率よく進めるため 技術研究組合化
- ・研究組合と集中研設置拠点4法人と直接契約

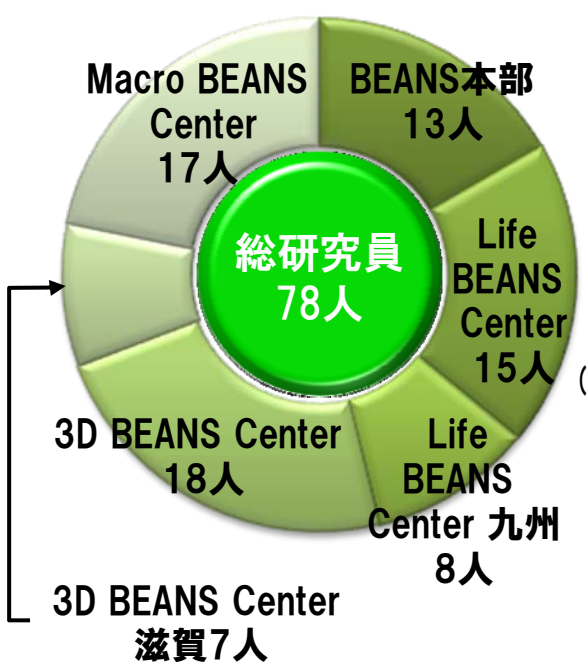


# 研究開発実施体制

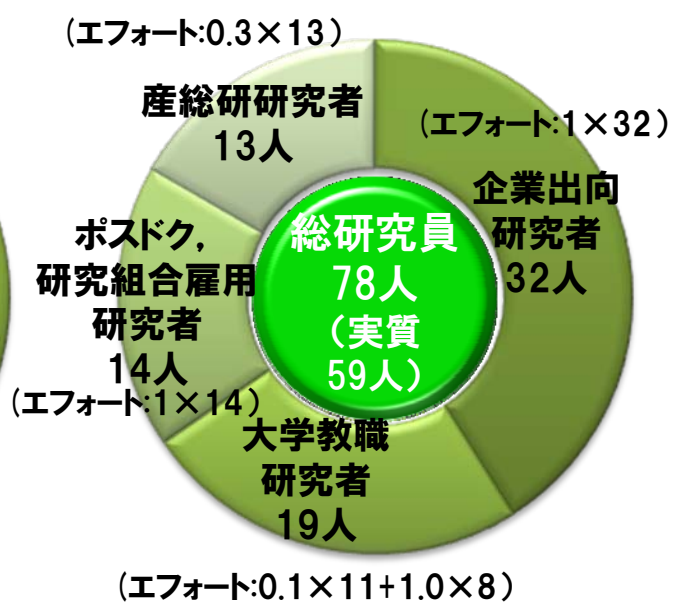


# BEANS研究の人的資源と予算(平成21年度)

### 研究員配置



### 研究員構成

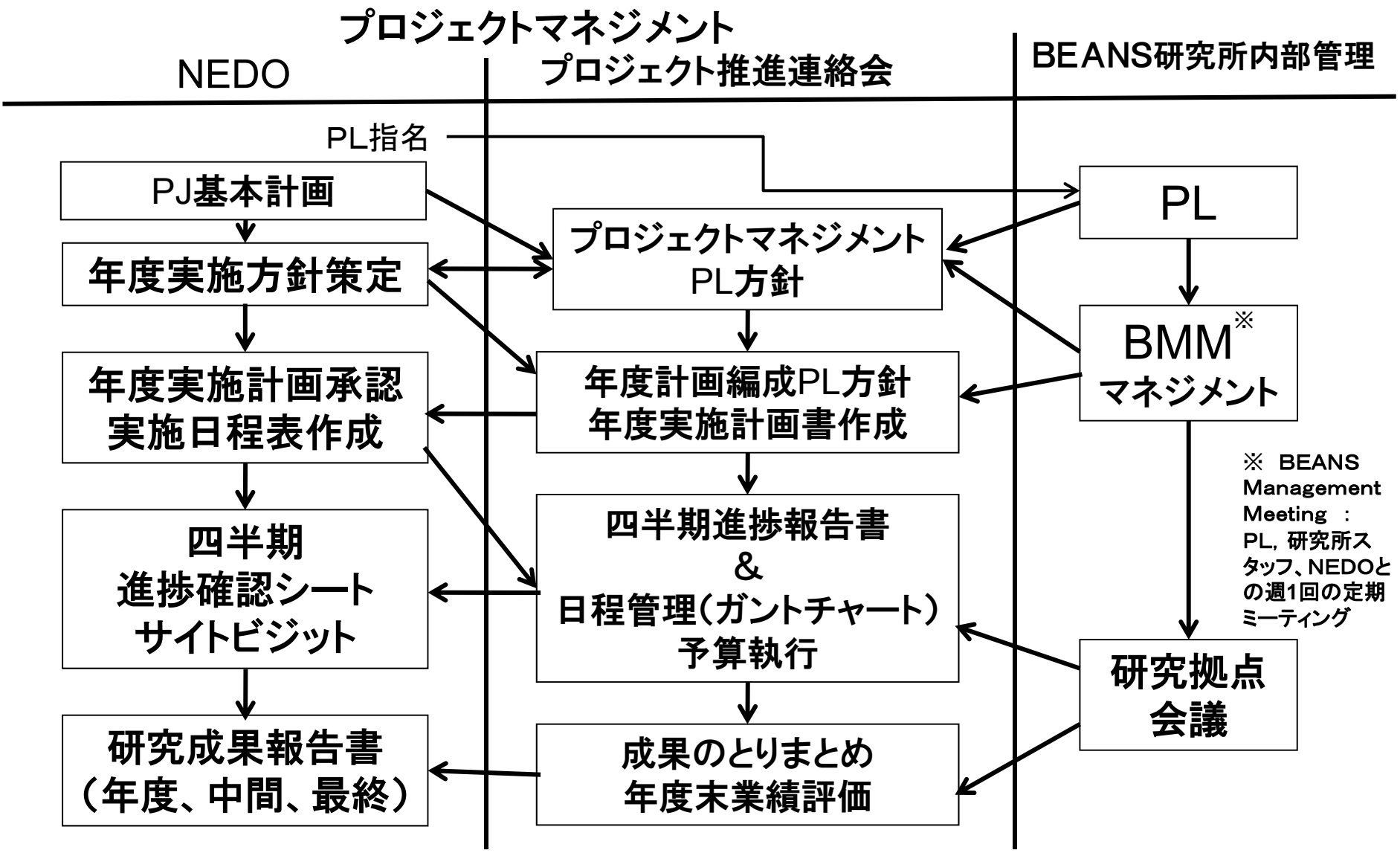


### 研究開発項目別予算



研究テーマあたりの研究員: 1~3名

# プロジェクトの運営・管理



# プロジェクト運営管理

プロジェクトを円滑に推進するために、PLの下各種委員会を設置し適切な運営を行った。

委員会	目的	開催実績
プロジェクト推進連絡会	プロジェクトの目的・目標達成に向け円滑な推進を諮るため ・研究開発拠点別の進捗状況の把握、研究開発拠点間の調整、産業化に向けた環境整備活動	8
技術研究委員会	・ BEANSプロジェクトに研究員を出向させている企業の研究マネージャとBEANS研究所責任者、及び研究員からなり、企業ニーズを踏まえた研究推進の方策を検討する。	8
知識DB編纂委員会	・ 研究開発項目④異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備のため設置し、各WG、BEANSセンターが作成する知識データ等を基にした異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備を指導する。	7
シミュレーション委員会	・ 本プロジェクトの各BEANSセンター(Life、3D、マクロ)で遂行されるモデル化・シミュレーション研究開発について、①進捗報告 ②各BEANSセンター遂行の共通化可能部分の議論と実現に向けた対応策の検討を行う	7
標準化委員会	・ 異分野融合の先端技術領域における国際標準化の一環として、BEANS標準化用語集の作成の進め方を検討する。	7
知財委員会	・ 大学と参加企業等との連携から生じた研究成果としての特許出願にあたって、出願ルールで不明確であった部分或いは不十分であった部分を見直し、合理的なルールを確立する。	5

# 研究成果の実用化に向けた管理

## ＜運営管理のポイント＞

(異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト基本計画より)

- ・本プロジェクトは、将来の革新的次世代デバイスの創出に必要な新たな基盤的プロセス技術を開発することを目指すものであるが、そこに至る途中段階でも実用化が可能な研究成果については、**円滑で迅速な実用化**を促進する。
- ・実施者は、得られた研究成果の普及について、可能な限り、**保有する特許等の活用**も含め、最善の努力をするものとする。

成果の早期実用化

知財管理

研究開発項目②(3)「宇宙適用3次元ナノ構造形成技術」は計画を前倒しテーマ終了

- ・企業内で早期実用化に向けた研究開発段階へ移行
- ・衛星搭載赤外線センサに展開し、早期実用化へ

- 1) 戦略的かつ効果的な知財の取得
  - ・知財審査会による効率的な出願
  - ・知財プロデューサの活用、特許マップ作成による戦略的出願
- 2) 成果(知財)普及の仕組み
  - ・「成果管理・ライセンス業務機関」を設け、知財を一括管理
  - ・直接技術移転できる仕組み(One-Stop-Licence)を構築中



# 情勢変化への対応

## 加速予算(PJ内、NEDO内)による研究成果の前倒し、加速、強化等を実施

H21年度PJ内加速テーマ

	研究開発項目とテーマ	該当理由	配賦額 万円	内容
(a)	研究開発項目①(1A) 「バイオ・ナノ界面融合プロセス技術」 2. ハイドロゲル界面形成プロセスの開発	加速	241	非接触光学式走査膜厚計 (の一部)
(b)	研究開発項目①(2B) 「有機高次構造形成プロセス技術」 1. 真空蒸着によるナノ構造形成	強化、早期実証	1,491	基板温度制御型有機材料 蒸着装置
(c)	研究開発項目②(2) 「異種機能集積3次元ナノ構造形成技術」 2. 超臨界流体を用いた3Dナノ構造への高均一	強化、早期実証 新規課題対応 加速 新規課題対応	1,050	装置開発費 シミュレーション費 労務費 消耗品費
(d)	研究開発項目③(2) 「繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技	加速 強化、早期実証	500	労務費 消耗品
小計			3,282万円	

H21年度NEDO加速費配賦テーマ

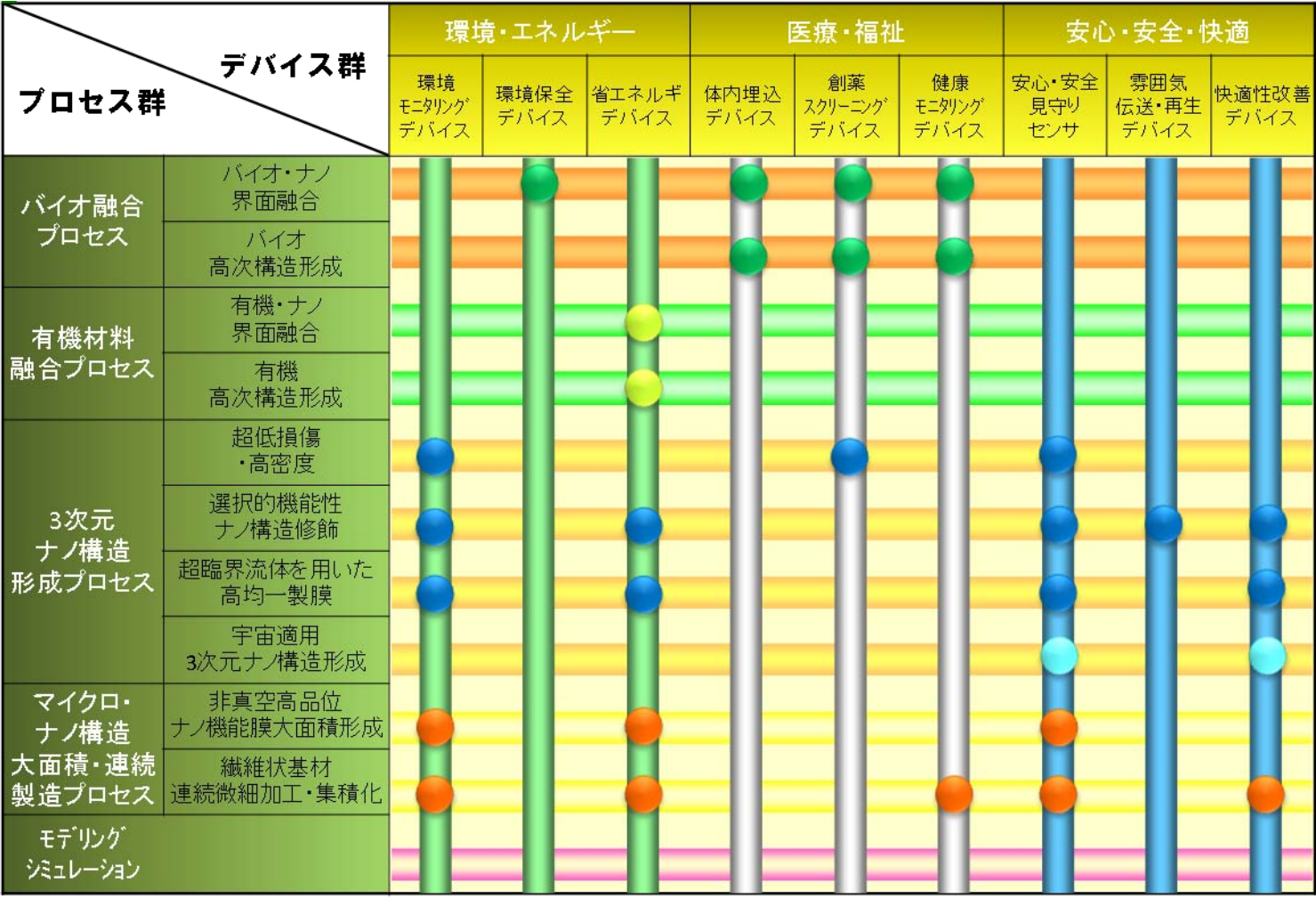
	研究開発項目とテーマ	該当理由	配賦額 万円	内容
(e)	研究開発項目①(1B) 「バイオ高次構造形成プロセス技術」 3次元ヘテロ組織構造形成プロセスの開発	計画の前倒し	5,100	2光子顕微鏡 消耗品費

# BEANSプロジェクトの全体目標と達成状況

研究開発項目	中間目標	研究開発成果	達成度
異分野融合型次世代デバイス(BEANS)製造のための基盤プロセス技術の研究開発	研究開発項目①～④それぞれにおいて将来有望と思われるデバイス群を想定して、それを実現するための基盤プロセス技術(新材料、製法・加工法、さらに評価法)を検討して、最終目標を達成するための技術や手法さらに設計指針等を決定する。	本異分野融合プロセス技術は、光電、熱電変換デバイス、各種センサ、大面積・シート型デバイス、体内埋込や薬物動態検査デバイスなどあらゆる産業分野において、各種デバイスの高性能・高効率化及び新機能発現に有用なプロセスであることを確認した。さらに、最終目標を達成するための基盤プロセス技術群を決定した。	達成見込み (H23年3月)
デバイス化のためのプロセス技術群のプラットフォーム構築	上記結果を基にBEANSデバイス・プロセス技術の相関を検討し、BEANSデバイスを製造するためのプラットフォーム概念を構築する。	デバイス・プロセス相関を基に、プラットフォーム概念図を構築した。これを基にプロセス技術の拡張性、汎用性を実証すべく、有機半導体材料の無損傷エッチングやバイオ材料と無機材料のペプチド接合など研究開発項目を超えた融合テーマにも積極的に取り組んだ。	達成見込み (H23年3月)

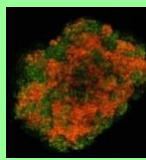
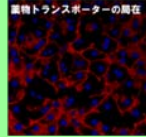
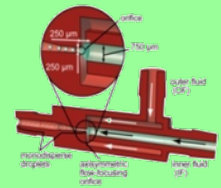
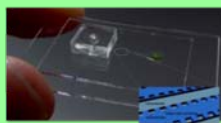
# BEANSデバイス・プロセス・プラットフォーム概念

● 想定デバイス



# ①-A バイオ融合プロセス技術の開発の目標と達成状況

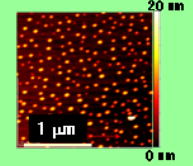
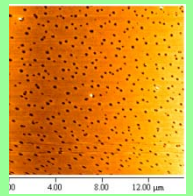
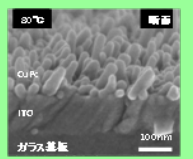
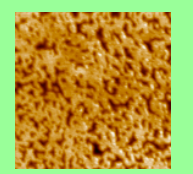
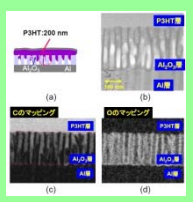
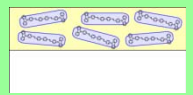
項目	中間目標	研究開発成果	達成度
(1A) バイオ・ナノ界面融合プロセス技術	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最終目標の機能を発現させる<b>材料及び手法の選定</b></li> <li>体内で機能する<b>ハイドロゲル</b>などの<b>バイオ材料及び人工脂質二重膜を安定形成する基本技術の確立</b>。</li> <li>ナノ界面融合プロセスモデル構築の<b>基本パラメータ群の導出</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ハイドロゲル: <b>1週間以上安定機能</b></li> <li>人工脂質二重膜: <b>2時間以上安定</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生体適合性材料として<b>ポリエチレングリコール(PEG)</b>、特異的分子認識能として<b>膜タンパク質(VEGF受容体)</b>、高効率多段反応能としての<b>コリネ菌等の材料及び手法を選定した</b>。</li> <li>蛍光ハイドロゲルビーズ作製の<b>基本プロセス技術を開発し</b>、マウスの耳に1ヶ月以上埋め込むことに成功した。また、ガラス流路に人工脂質膜を形成する<b>基本プロセスを確立し</b>、24時間以上の安定性を確認する見込みである。また、膜タンパク質(VEGF受容体)の精製条件を明らかにし、<b>高純度に精製することに成功した</b>。</li> <li>ナノ界面融合プロセスモデル構築として、<b>マイクロゲルのサイズ導出に関する理論化を終了見込みである</b>。</li> </ul>	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>
(2A) バイオ高次構造形成プロセス技術	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バイオ異種材料の<b>組立プロセス技術の開発と手法の決定</b>。</li> <li>バイオ高次構造形成プロセスモデル構築の<b>基本パラメータ群の導出</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>100μm程度の幅に決められた方向で<b>肝細胞による胆管の形成</b></li> <li><b>2種類以上の異種細胞の立体組立</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>コラーゲンゲルビーズに異種細胞を付着させ</b>、鋳型内で培養する基本手法を決定し<b>ミリメートル厚の組織を高速に形成することに成功した</b>。</li> <li>バイオ高次構造形成のためには<b>酸素透過等が重要であることを導出し</b>、酸素透過膜上のコラーゲンゲルで作製した流路内に<b>肝細胞を導入し</b>、一定期間培養することにより、<b>30μm幅の流路に決められた方向でミリメートルの長さで胆管を形成するプロセスを開発し</b>、安定性を検討中である。</li> <li>HepG2細胞(肝細胞)とMS1(血管内皮細胞)の<b>組立(1週間)に成功し</b>、<b>3種類以上の細胞組立を検討中</b>。</li> </ul>	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>





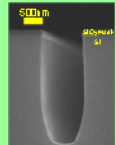
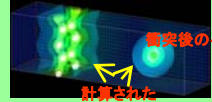

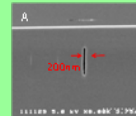
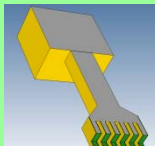
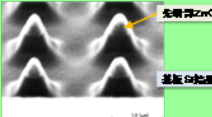
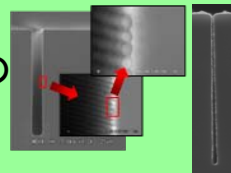
# ①-B有機材料融合プロセス技術の開発の目標と達成状況

項目	中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(1B) 有機・ナノ界面融合プロセス技術</p>	<p><b>【定性目標】</b>                      ・配向や被覆プロセス、材料充填プロセス、表面平坦化プロセスを実現するための<b>材料</b>や<b>手法の確定</b>。                      ・ナノ界面融合プロセスモデル構築の<b>基本パラメータ群の導出</b>。  <b>【自主目標】</b>                      ・ナノ間隙充填を200nmから<b>50nmに目標アップ</b>。                      ・<b>3次元ナノ構造形成プロセス技術との連携</b>を検討</p>	<p>・真空蒸着における低分子有機半導体の配向メカニズムを解明し、配向制御法を開発し電子移動度を2桁向上させることに成功し基盤プロセスとして確立見込み。                      ・材料充填、表面平坦化に関してはウェットプロセスによる低分子の成膜方法が有効であることを明らかにし、50nmのナノ間隙への低分子有機半導体の充填に成功した。高分子は200nmの充填に成功した。                      ・超低損傷中性粒子ビーム(3次元ナノ構造形成プロセス技術)による有機薄膜デバイスのエッチングを検討中であり、トップダウンプロセスによるナノスケールの構造形成法として期待できる。</p>	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>
<p>(2B) 有機高次構造形成プロセス技術</p>	<p><b>【定性目標】</b>                      ・最終目標を達成する<b>手法の決定</b>。                      ・有機分子<b>ナノピラー</b>構造、有機分子<b>ナノポラス</b>構造、直線及び網目構造などの<b>ナノ構造形成のための手法の選定</b>。                      ・有機高次構造形成プロセスモデルの<b>基本パラメータ群の導出</b>。  <b>【自主目標】</b>                      ・ナノ構造の有効性を光電及び熱電<b>デバイス性能</b>で実証。</p>	<p>・ナノピラー形成手法として、ナノマーキング結晶成長制御法を選定し、径30nm高さ100nmの間隔50nm以下の高密度のナノピラー形成に成功した。                      ・ナノポラス構造形成法として、ナミスト法、ブロック共重合体法等を選定し、ポア径100nm以下のナノポア高分子薄膜の形成に成功するとともに熱電・光電デバイス適用によりその有効性を検討中である。                      ・SAM(Self-Assembled Monolayer)と真空蒸着条件制御により40nmのナノドットの形成とこれを用いた新規デバイス構造により光電変換特性の35%向上を確認した。                      ・ナミスト法のシミュレーションの基本パラメータを導出し、メカニズムを解明中である。</p>	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>

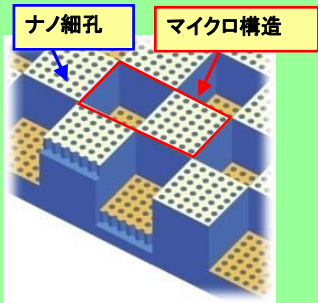
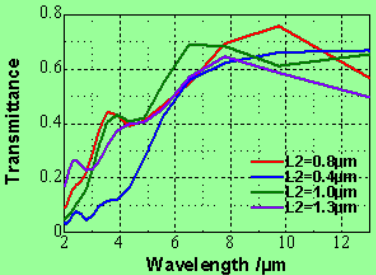
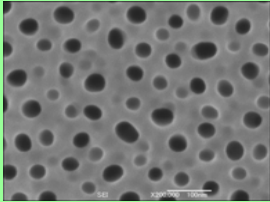
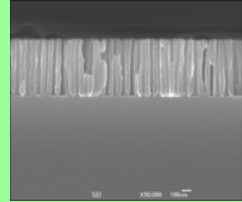
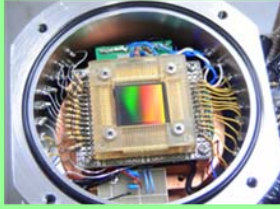




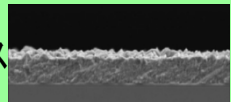
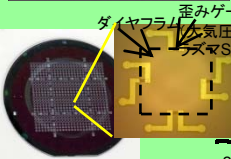




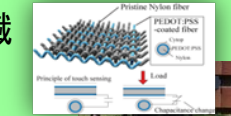

# ②3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発の目標と達成状況

項目	中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術の開発</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超低損傷シリコン3次元ナノ構造側壁の傾斜角の制御</li> <li>超低損傷3次元ナノ構造の形状予測シミュレーションモデルの構築</li> </ul> <p>【定量目標】・アスペクト比:30以上</p> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超低損傷エッチングとして中性粒子ビームエッチングを選定し、高速化、8インチ化、MEMS有効性の検証の実施。</li> <li>誘電、光学材料適用のため、fsレーザーアシストエッチングを検討。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>8インチ装置を設計・導入しサイドエッチングのない深さ2.5 μmのエッチングを達成した。開口部100 nmレベルのマスクによりアクペ外比30の垂直エッチングが可能になる。エッチング条件による側壁の傾斜角や等方性・異方性の制御可能性を示した。</li> <li>第一原理計算による形状予測シミュレーションを開発中。</li> <li>被エッチング面の平滑性・無損傷性は、中性粒子ビームエッチングにより薄片化したカンチレバーの振動特性がエッチング前後で変化しないことで実証した。</li> <li>fsレーザーを用いた光アシストエッチングにより、幅200 nmの孔を石英内部に形成することに成功した。</li> </ul>	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>    
<p>(2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>接触物間作用力の測定技術の開発。</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3次元構造表面の特定箇所への100 nm以下の径のナノ粒子・自己組織化ドット等を配置する技術の構築。</li> <li>3次元ナノ構造の微細溝や孔への金属・酸化膜の埋込:アスペクト比30以上</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プローブ尖頭へのペプシドによるCNT修飾</li> <li>シリコン基板上への紫外ナドットの形成</li> <li>スーパーキャパシタにより高密度金属、酸化物充填を実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノ構造体間の接触物間作用力を測定して古典理論との比較を行う一方、摺動によっても電気接触面積が変化しない新構造ナノプローブ製法を開発した。</li> <li>材料認識機能を有するペプシドを用いZnO膜上のみ直径10 nm程度のナノ粒子を選択修飾することに成功した。これは、尖塔にのみナノ機能体を導入したナノプローブの作製を可能にする技術である。</li> <li>表面張力利用粒子配列でトレンチ側面のみへの100 nm径ナノ粒子の自己組織化配列を実現した。</li> <li>アスペクト比110のトレンチ内部表面への金属・酸化膜の均一製膜を超臨界CO<sub>2</sub>を反応媒体とする製膜手法の開発で達成した。スーパーキャパシタで検証中。</li> </ul>	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>   

# ②3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発の目標と達成状況

項目	中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(3) 宇宙適用3次元ナノ構造形成技術</p>	<p><b>【定性目標】</b>                      ・3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する手法の確立。</p> <p><b>【定量目標】</b>                      ・3次元ナノ構造形成技術として、トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する技術の構築。                      (最終目標)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2層サブ波長構造光学フィルタ設計技術として、短波長側では精度に優れるFDTD法を、長波長側では解析時間に優れるRCWA法を併用することで、赤外波長域全域において精度と効率を両立する手法を確立した。</li> <li>・Si基板上にスパッタ成膜したAlを陽極酸化することで、目標とする100nmレベルの垂直な細孔を形成する手法を確立し、得られた陽極酸化膜をマスクとしてSi基板がエッチングできることを確認した。</li> <li>・高解像度赤外センサに適用可能な大型2層サブ波長構造光学フィルタの評価手法を確立した。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>ナノ細孔      マイクロ構造</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">    </div>	<p>◎ 最終目標達成</p>

# ③マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発の目標と達成状況

項目	中間目標	研究開発成果	達成度
<p>(1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最終目標に示される電子的機能膜、機械的機能膜を形成する<b>基本プロセスの開発</b>。</li> <li>最終目標の膜厚均一性、パターン分解能、及び成膜速度を達成する<b>手法の決定</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>装置設計指針への<b>シミュレーション技術の活用</b>。</li> <li>機械的機能膜に関しては、圧力センサの<b>歪ゲージ性能で実証</b>。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シランガスを用いない700Torr圧力下で電子移動度 <math>1\text{cm}^2/\text{Vs}</math>以上の多結晶Si膜が得られる大気圧プラズマの装置構成及び成膜条件を見出した。</li> <li>圧力センサ試作により歪ゲージ等の機械的機能膜に適用できることを示した。</li> <li>ミストジェット塗布法では、高品位膜に必須な金属不純物混入防止に向け、吐出ヘッド構成部材のSi化を図り、塗布後膜として原料由来の1ppmまで低減できること、ならびに200<math>\mu\text{m}</math>パターン描画を実証した。</li> <li>局所雰囲気制御技術では、独自ガスカーテン構造の装置化を進め、反応ガス外部漏洩と大気内部侵入の抑制方法を明らかにし、成膜を検討中である。</li> </ul>    	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>
<p>(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術</p>	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>繊維状基材上</b>に電子的・機械的・光学的機能膜を形成する<b>基本プロセスの開発</b>。</li> <li><b>繊維状基材に3次元ナノ構造を形成</b>するプロセスの構築</li> <li>シート型デバイスを実現する<b>製織集積化基本プロセスの開発</b>。</li> </ul> <p>【自主目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>メータ級フレキシブルタッチセンサ</b>で製織集積化基本プロセスを実証。</li> <li>被覆プロセス: 10m/min, インプリント: 5m/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>繊維状基材上に連続的に均質な機能膜を形成する基本プロセスとして、<b>ダイコーティングプロセスを開発</b>し、10 m/min以上で被覆可能なことを実証した。</li> <li>繊維状基材への<b>3次元ナノ構造高速連続形成プロセス</b>として、<b>光リソグラフィ</b>も可能なリールツール複合加工機ならびに5 m/min以上のリールツールナノインプリント等の連続加工プロセスを開発中である。</li> <li>メータ級の<b>フレキシブルタッチセンサ</b>等を試作することで、繊維状基材への<b>高速連続形成基本プロセス</b>ならびに<b>製織集積化基本プロセス</b>が開発できていることを実証中である。</li> </ul>    	<p>○ 達成見込 (H23/3/E)</p>

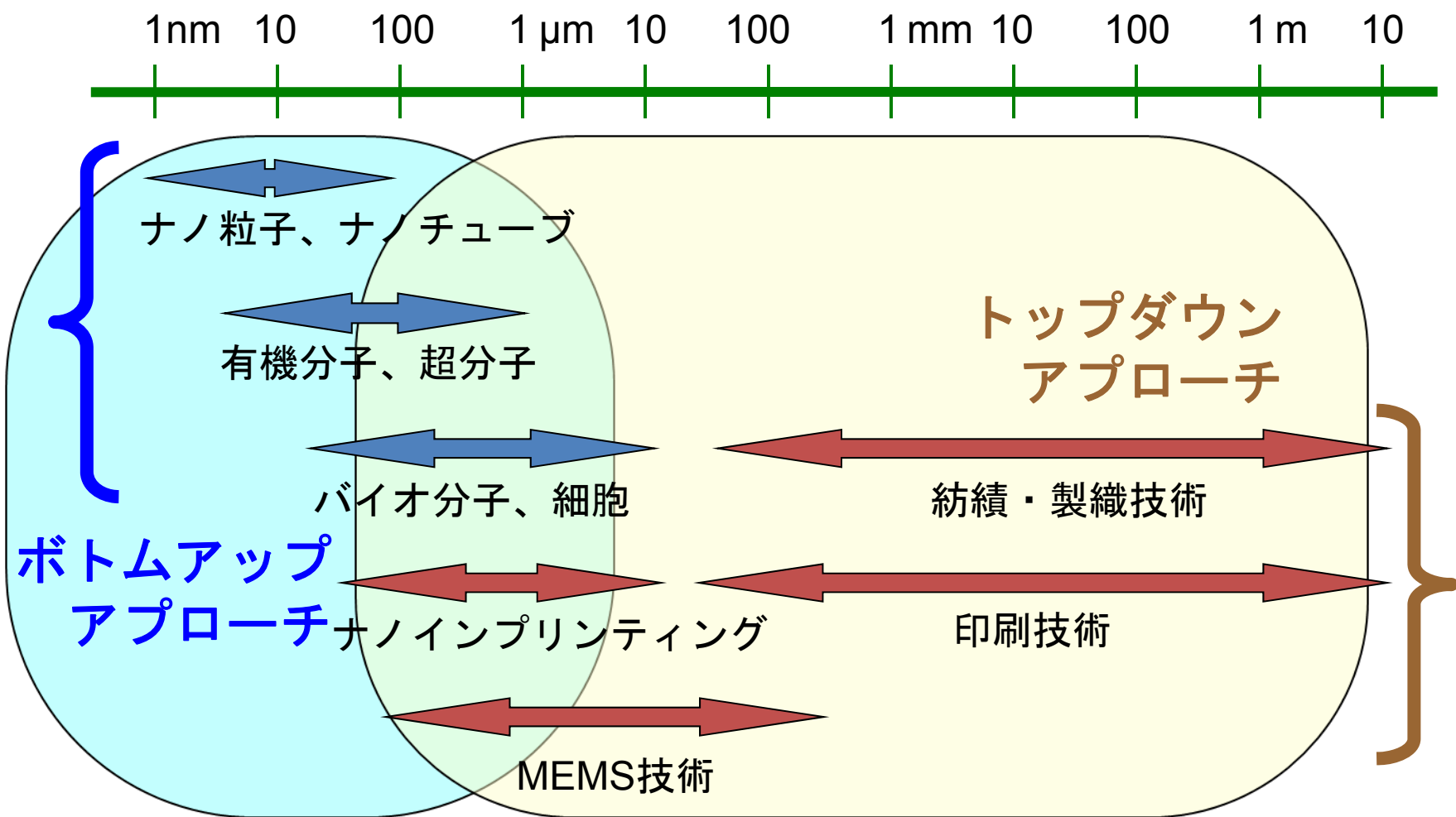


# ④異分野融合型次世代デバイス製造技術知識DB整備の目標と達成状況

項目	中間目標	研究開発成果	達成度
異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備	<p>【定性目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>知識情報をMEMS用設計・解析支援システムで活用できるデータベースの構築</li> </ul> <p>【定量目標】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>蓄積データ数: 500件以上。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEMS用設計・解析支援システムで活用できるデータベース構造にするとともにBEANS知識データの多様なカテゴリ分類に対応するため、編集者が操作しやすく、データの誤操作の少ないカテゴリ追加・変更機能の実装をおこなった。カテゴリ情報は、複数分類項目の選択を可能にした。</li> <li>本研究開発事業の各BEANSセンターにおける研究成果、および関連する国内外会議への参加等により201件、また知識データベース編纂委員会の4WGにより異分野融合分野における次世代デバイス、製造技術関連の知識データを322件登録した。523件のデータ登録を完了し、中間目標を達成した。</li> </ul> <div data-bbox="792 735 1767 1299"> </div>	◎ 中間目標達成

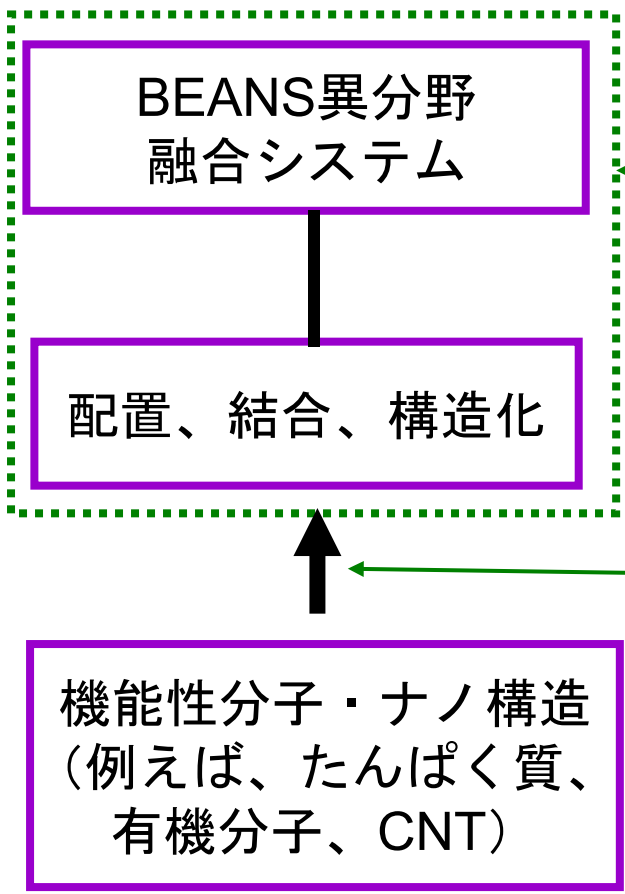
# トップダウンとボトムアップの技術融合

## ナノからマクロまでの異スケール融合





# MEMSとバイオ・ナノ材料の融合



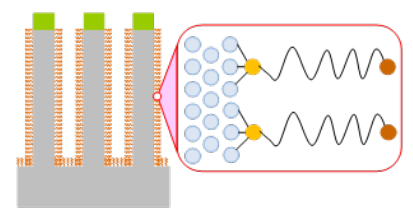
トップダウン技術で  
全体を一括集積加工

駆動・検出素子、反応容器  
配線、エネルギー供給

抗体、酵素、レセプター  
量子構造、ナノ粒子

化学合成、バイオ反応、  
気層・液層成長

半導体技術、  
印刷技術



MEMSの中で  
自己組織化



# 人・生活・地球を豊かにするBEANSプロジェクト (1/2)

## —異分野融合によるプロセスイノベーションの創出—

### ●人:体内環境を測る・造る

- 体内埋込デバイス
  - ・生活習慣病・癌の治療に活躍
- 薬物動態の長期連続計測
  - ・動物実験せずに個人の体にあつた創薬を実現
- シート型健康管理デバイス
  - ・体に貼るだけで体内の様子観察可能
- ヘテロ細胞の3次元自動組立
  - ・組織・臓器の再生医療の実現

### ●生活:人を見まもり、快適で安心・安全な社会を実現

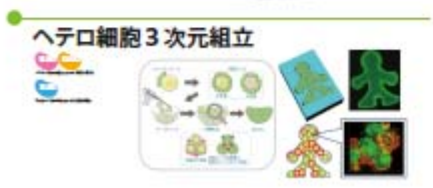
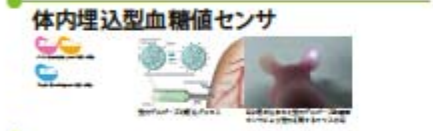
- 環境物質センシング
  - ・超小型センサが生活空間や食の安全でウィルスや環境物質をチェック
- 深紫外の高効率発光デバイス
  - ・深紫外発光デバイスによる殺菌作用を利用した住宅内設備・機器の安全・快適実現
- アンビエントデバイス
  - ・大面積の壁紙型デバイスで人を見守り快適で安全な生活を実現

### ●地球:環境に優しいエネルギーハーベスティング、オンサイトCO<sub>2</sub>固定

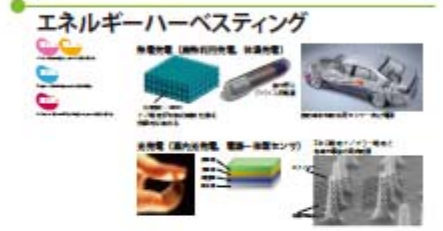
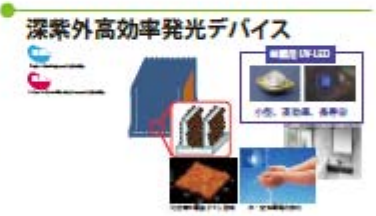
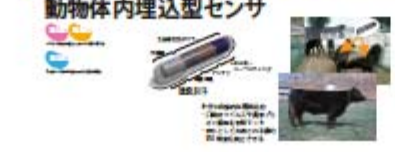
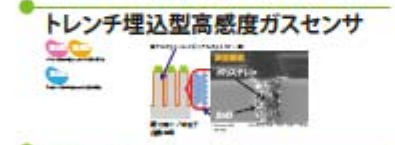
- 環境に優しいエネルギーハーベスティングデバイス
  - ・周囲環境から光・熱等のエネルギーを吸収、貯蔵
- オンサイトCO<sub>2</sub>固定デバイス
  - ・家庭の給湯器等分散排出源から排出されるCO<sub>2</sub>をその場で固定・回収(CO<sub>2</sub>1%削減)

# 人・生活・地球を豊かにするBEANSプロジェクト (2/2)

## —異分野融合によるプロセスイノベーションの創出—



～ BEANSプロジェクトの目指すもの～  
BEANSプロジェクトは、新しいライフスタイル実現に欠かせない革新的デバイスの鍵となる、異分野融合によるプロセスイノベーションを創出します。



- BEANS 研究開発項目①-A
- BEANS 研究開発項目①-B
- BEANS 研究開発項目②
- BEANS 研究開発項目③



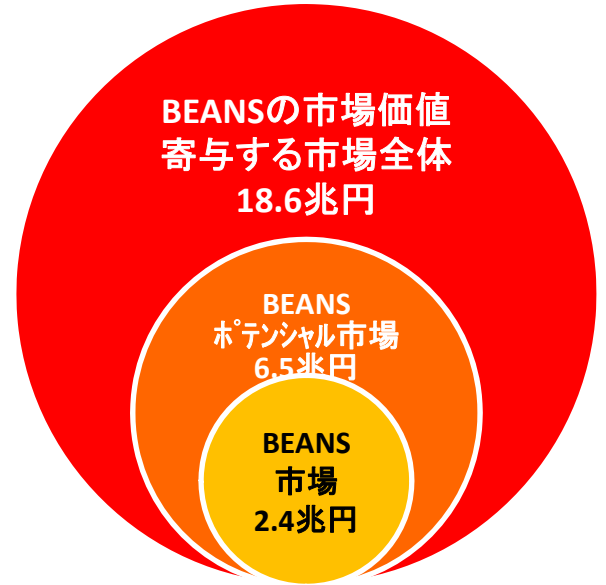
NEDO 事業開発者  
独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

# BEANSの市場価値

産業分野分類	2015年BEANS(億円)		
	BEANS市場	ポテンシャル市場	寄与する市場全体
自動車関連分野	8,683.36	16,531.27	36,086.37
情報通信機器関連分野	7,356.35	20,132.85	28,742.84
精密機器関連分野	2,544.84	9,907.84	31,537.17
アミューズメント関連分野	1,372.55	6,178.56	13,487.10
医療福祉関連分野	1,867.99	4,738.67	10,553.42
製造技術関連分野(マイクロファクトリ, 計測・分析, メンテナンス)	1,073.19	2,773.23	12,860.12
民生用電子機器・電気機器関連分野	851.08	3,359.93	12,542.11
エネルギー関連分野	137.19	923.50	1,140.12
バイオテクノロジー関連分野	80.08	134.54	161.73
航空宇宙関連分野	43.18	171.23	8,940.44
環境関連分野	22.86	73.80	397.83
農林水産関連分野	14.88	148.80	7,440.00
都市環境整備関連分野	1.61	31.84	2,298.73
合 計	24,019.14	65,106.05	186,187.99

(財)マイクロマシンセンター市場動向調査より

◆BEANSの市場価値◆  
 BEANSそのものの市場規模ではなく、  
 組み込まれる機器の小型化、商品力  
 アップにより評価



- BEANS市場: BEANS本体市場
- BEANSのポテンシャル市場: BEANSで置き換え可能な市場規模
- BEANSの市場価値: BEANSが組み込まれる機器の総市場

# 世界基準の最先端技術領域

研究開発課題	世界初または最高水準の達成	新たな技術領域の開拓		
		異分野融合技術への挑戦	新技術概念の創出	技術の高度化の実現
① バイオ・有機材料融合プロセス技術	★★★★★ ★★★★	★★★★	★★★★★	★
② 3次元ナノ構造形成プロセス技術	★★★★★ ★★★★★ ★★	★★★★	★★	★★★
③ マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術	★★★★★ ★★★	★	★★	★



# 世界初または最高水準

バイオ・有機材料  
融合プロセス技術

- ★ 24時間連続して脂質膜を形成する技術の確立
- ★ 世界最小の40nm有機半導体ナノドット形成
- ★ 有機デバイスの電子移動度を2桁向上させるナノ構造と分子配向制御方法
- ★ ミリメートルオーダーの長さで決められた位置に胆管を形成する技術の確立
- ★ 1日でミリメートルオーダーの厚さを持つ3次元ヘテロ組織形成技術の確立
- ★ ナノマーキングによる結晶成長制御法の開発による高密度有機半導体ナノピラーの形成
- ★ 埋め込み可能なセンサで、皮膚を通じて光計測可能な血糖値センサの実現

3次元ナノ構造形  
成プロセス技術

- ★ 反応性原子の中性粒子ビームを照射してエッチングを行った際の影響を明確化
- ★ 超臨界CO<sub>2</sub>反応場による酸化膜製膜によるアスペクト比110のトレンチへの均一製膜
- ★ 中性化アパーチャ中のイオンの中性化過程を時間発展第一原理シミュレーションを用いて解析
- ★ 単一バクテリアを流路中にトラップして生体機能の解析に供する新規デバイスを作製
- ★ 材料認識性ペプチドによる選択修飾法をリソグラフィ・エッチングにより形成した3次元形状に対して適用
- ★ 中性粒子ビームを用いた深さミクロン単位のエッチングやサイドエッチングなしの垂直加工

マイクロ・ナノ構造  
大面積・連続製造  
プロセス

- ★ 均一性が高くサイズ制御可能かつ気体や液体を封入することが可能なセル状構造を連続的に作製
- ★ 大気圧下の成膜で歪センサに適用可能なシリコン膜を形成することに成功
- ★ 塗布技術を用いて、サブμmサイズのSi微粒子を含む分散液を塗布できることを実証
- ★ nmオーダーの機能性薄膜およびその多層構造を連続形成するプロセスを開発
- ★ 繊維状基材の表面に、インプリント手法を用いてパターンを形成するプロセス
- ★ メートル級サイズを有する世界最大級のフレキシブルタッチセンサシートの試作

# 新たな技術領域の開拓

## 異分野融合による新技術領域の開拓

- ★ 有機薄膜デバイスを製作する新たな技術領域
- ★ 半導体技術をベースとするトップダウンプロセスとバイオ・ナノ技術をベースとしたボトムアッププロセスの融合領域
- ★ 新たなナノ粒子の選択的修飾・パターンニング技術領域
- ★ MEMS技術にバイオ材料や有機材料を応用する新たな技術領域

## 新たな概念に基づく技術による新技術領域の開拓

- ★ 胆汁を長期連続計測できる新たな薬物動態計測領域
- ★ 新たな生体外3次元細胞構築技術領域
- ★ 従来の無機熱電デバイスに代わる新たな熱電デバイス加工の技術領域
- ★ 新たな非真空の大面積成膜技術領域
- ★ 新たな繊維加工技術領域
- ★ 従来不可能であった微細加工領域への有機材料の製膜と充填技術領域

## 技術の高度化による新技術領域の開拓

- ★ プラズマエッチング技術に代わる新たな無損傷エッチング技術領域
- ★ 従来の表面微細加工技術に代わる新たなトルー3次元構造微細加工技術領域
- ★ 100nmを切るナノポーラス形成技術による新たなナノ構造形成技術領域
- ★ シリコン基板への化合物半導体ナノドット形成技術領域

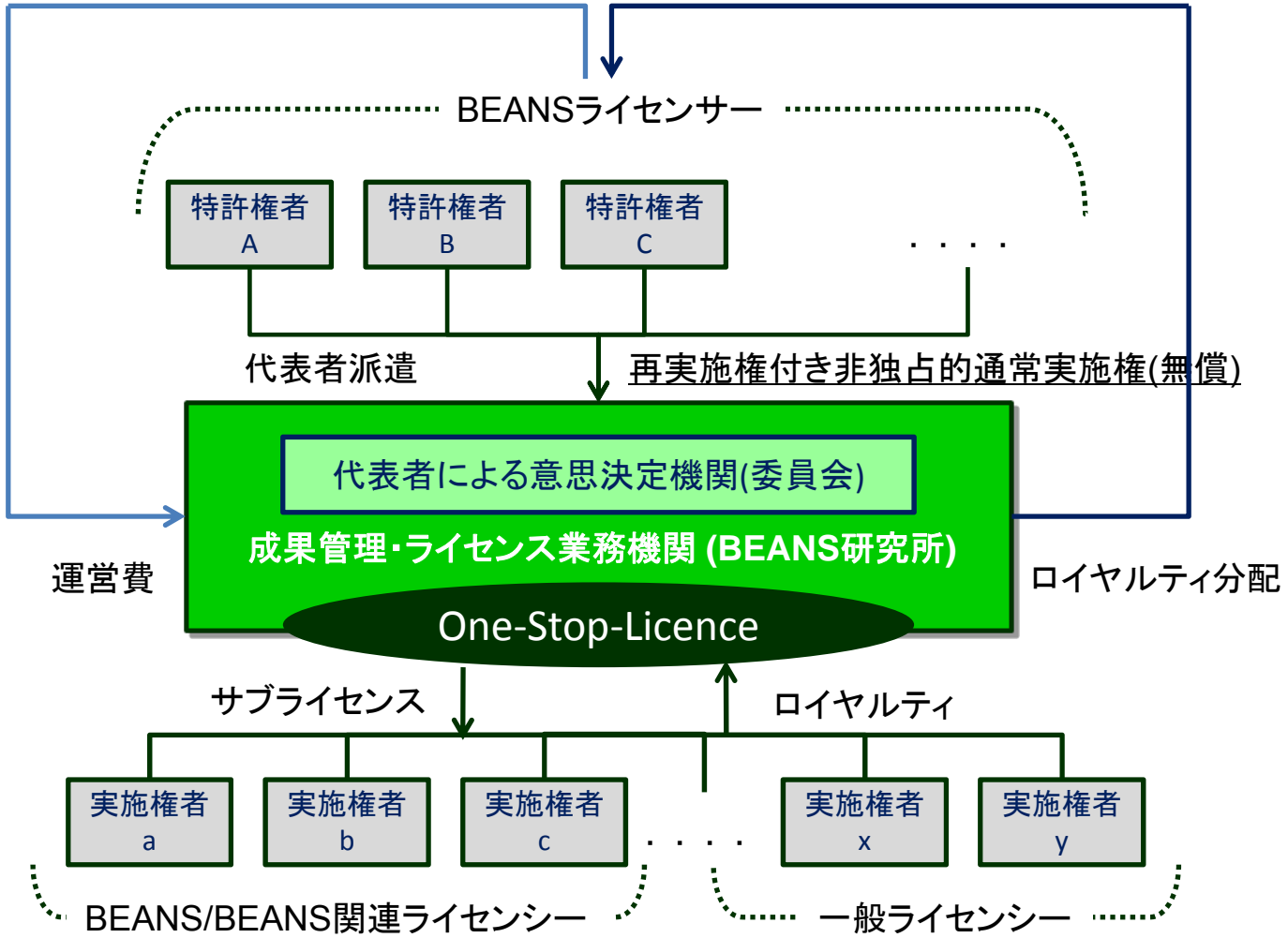
# BEANS基盤プロセス技術群の展開可能性

● 想定デバイス  
● 応用可能デバイス

プロセス群 \ デバイス群		環境・エネルギー			医療・福祉			安心・安全・快適		
		環境 モニタリング デバイス	環境保全 デバイス	省エネルギー デバイス	体内埋込 デバイス	創薬 スクリーニング デバイス	健康 モニタリング デバイス	安心・安全 見守り センサ	雰囲気 伝送・再生 デバイス	快適性改善 デバイス
バイオ融合 プロセス	バイオ・ナノ 界面融合	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	バイオ 高次構造形成	●	●	●	●	●	●	●	●	●
有機材料 融合プロセス	有機・ナノ 界面融合	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	有機 高次構造形成	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3次元 ナノ構造 形成プロセス	超低損傷 ・高密度	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	選択的機能性 ナノ構造修飾	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	超臨界流体を用いた 高均一製膜	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	宇宙適用 3次元ナノ構造形成	●	●	●	●	●	●	●	●	●
マイクロ・ ナノ構造 大面積・連続 製造プロセス	非真空高品位 ナノ機能膜大面積形成	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	繊維状基材 連続微細加工・集積化	●	●	●	●	●	●	●	●	●
モデリング シミュレーション		●	●	●	●	●	●	●	●	●

# 成果管理とライセンス/ 特許出願状況

成果管理・ライセンス業務機関



研究開発項目	出願件数
①-Aバイオ融合プロセス技術の開発	8
①-B有機材料融合プロセス技術の開発	9
②3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発	11
③マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発	12
④異分野融合型次世代デバイス製造技術知識データベースの整備	0
合計	40

## 外部発表

	論文投稿	学会発表	セミナー講演会, 展示会	刊行物雑誌掲載	マスメディア	小計
H20年度	1	28	12	1	11	53
H21年度	9	89	14	11	9	132
H22年度	9	24	5	3	4	45
小計	19	141	31	15	24	230

	論文投稿	学会発表	セミナー講演会, 展示会	刊行物雑誌掲載	マスメディア	小計
研究開発項目①-A	7	48	3	5	23	86
研究開発項目①-B	6	25	2	1	0	34
研究開発項目②	1	34	2	6	0	43
研究開発項目③	5	34	1	2	1	43
研究開発項目④他	0	0	23	1	0	24
小計	19	141	31	15	24	230



# マスメディアによる紹介

## H20年度

■プレス発表 2009/1/22

「身長5ミリ！？～階層化された細胞組織の立体形成に成功～」

東京大学 竹内昌治准教授

■第19回マイクロマシン/MEMS展 2008/7/30-8/1

■NANO KOREA2008 /Microtech 2008/8/27-29

■第25回センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム2008/10/22-24



## H21年度

■プレス発表 2009/6/19

「光る耳！？～体内で光る血糖値センサーの開発」東京大学 竹内昌治准教授

■第20回マイクロマシン/MEMS展BEANS展示ブース(5小間)2009/7/29-31

■BEANSプロジェクトセミナー2009/7/30

■「日経マイクロデバイス2009/7月号」掲載, 大面積デバイスの連続製造, 非真空と機織りで低コスト化

■「日経マイクロデバイス最終特別号2010/1月号」掲載

「デバイス技術で自然を超える。超自然界で需要創出。人工細胞をデバイス技術で実現」

「デバイス技術で自然を超える。超自然界で需要創出。まずは有機材料の性能向上」

■「日経Tech-On!」にWEB掲載: 繊維デバイスによる接触検知シートが登場, 2009/8/21

■BSジャパン放映: MEMS「生活習慣病を改善！？世にも奇妙なビーズが登場！」2009/9/13

■SEMICON Japan2009 2009/12/2-4, 「繊維状基材の立体インプリント技術」ポスター展示



## H22年度

■東京大学生産技術研究所オープンハウス 2010/6/3にてBEANS関係の集中展示

■第21回マイクロマシン/MEMS展, BEANS展示ブース(12小間), 2010/7/28-30

■BEANSプロジェクトセミナー2010中間成果発表 2010/7/29

■日本テレビ「世界一受けたい授業」, 細胞ビーズでセンチメートルオーダーの厚さの3次元組織(指)を形成することができた事が「人類の最先端の挑戦」として紹介 2010/07/17



## 最終目標の達成可能性 (1/3)

研究開発項目	最終目標	目標達成の可能性
①(1A) バイオ・ナノ界面融合プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体内で連続3ヶ月以上機能するハイドロゲル等のバイオ材料形成プロセスを開発。</li> <li>・一日以上安定して高感度で生体分子計測を行う人工脂質二重膜形成プロセスを開発。</li> <li>・ナノ界面融合プロセスのモデル化と解析を実施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・血糖値に反応する蛍光ハイドロゲルビーズ作製プロセスを開発し、マウスの耳への埋込みに成功。PEG修飾界面の開発等で目標達成見込み。</li> <li>・24時間以上の脂質二重膜形成及び癌マーカー精製に成功。プロセス安定化により目標達成見込み。</li> <li>・マイクロゲルのサイズ導出に関する理論化を終了見込み。今後解析を進めることで目標達成見込み。</li> </ul>
①(2A) バイオ高次構造形成プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオ材料による3次元組立プロセス技術の開発。</li> <li>・バイオ高次構造形成プロセスのモデル構築。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・細胞ビーズを鋳型内で培養して、ミリメートル厚の3次元構造形成に成功。ヘテロ細胞組立技術にも着手しており目標達成見込み。</li> <li>・肝細胞配列による毛細胆管形成に成功。肝細胞空間配置制御による毛細胆管誘導により目標達成見込み。</li> </ul>
①(1B) 有機・ナノ界面融合プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・200nm以下の間隔を有するナノ構造体表面への低分子有機材料の配向・高分子材料の被覆プロセスの開発。</li> <li>・上記ナノ間隙への材料充填および表面平坦化プロセスの開発。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・真空蒸着による低分子有機半導体の配向制御法や高分子被膜プロセスを開発しており目標を達成見込み。</li> <li>・50nmのナノ間隙への低分子有機半導体の充填に成功。高分子材料も200nmの充填に成功しており目標達成見込み。</li> </ul>

## 最終目標の達成可能性 (2/3)

研究開発項目	最終目標	目標達成の可能性
①(2B) 有機高次構造形成プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・50nm以下の有機分子ナピラー構造、100nm以下の均一有機分子ナノポラス構造、L/S100nm以下のナノ構造の自己組織的形成プロセスの実現。</li> <li>・有機材料高次構造形成プロセスの構築。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ナマキングによる30nm高さ100nmのナピラー形成、真空蒸着による40nmのナドット形成、陽極酸化による20nm～100nmのアルミナポア構造形成、中性粒子ビームによるナノ構造形成等で目標達成見込み。</li> <li>・ナミストによるナノポア形成シミュレーションによりメカニズム解明を行っており、目標達成見込み。</li> </ul>
②(1)超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超低損傷シリコン3次元ナノ構造エッチング技術(AR100)を確立。</li> <li>・誘電材料、光学材料への適用指針を決定。</li> <li>・形状予測・設計シミュレーション技術を構築し、大面積化の指針を決定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中性粒子ビームにより、開口100nmのマスクでAR30を達成見込み。プラズマ条件等の最適化で目標達成見込み。</li> <li>・fsレーザーアシストエッチングにより幅200nmの孔を石英内部に形成済み。誘電材料、光学材料へはfsレーザーアシストで目標達成見込み。</li> <li>・開発済みのイオン中性化シミュレーションとエッチング形状シミュレーションの統合で目標達成見込み。</li> </ul>
②(2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3次元構造表面の特定箇所100nm以下のナノ粒子を配置し、間隔・密度を高精度制御。</li> <li>・ナノ構造作用力を測定し、ナノライボロジーモデルを構築。</li> <li>・3次元ナノ構造(AR100以上)に金属、酸化物を充填する技術の確立。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペップチドによるナノ粒子の選択的配列、ナノ粒子の溝への自己組織化配列を実現済み。ペップチド材料の改良や高度化で目標達成見込み。</li> <li>・ナノプローブを作製して摺動実験を実施済み。材料系を拡張してモデルを構築見込み。</li> <li>・超臨界流体製膜でAR100以上の溝に酸化膜・金属を充填済み。安定化により目標達成見込み。</li> </ul>

## 最終目標の達成可能性 (3/3)

研究開発項目	最終目標	目標達成の可能性
③(1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電子移動度<math>1\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}</math>以上等の機能膜を形成する非真空薄膜堆積プロセスの確立。</li> <li>・大面積化のためのスキニング技術(膜厚<math>\pm 10\%</math>以下、分解能<math>200\mu\text{m}</math>以下)の確立。</li> <li>・真空装置の製造時間以下のプロセスの確立。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・密閉型大気圧プラズマで電子移動度<math>1\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}</math>以上の成膜を実現。雰囲気制御で放電を確認済み。噴出し型装置開発で目標達成見込み。</li> <li>・ミストジェットで分解能<math>200\mu\text{m}</math>のパターン描画を達成済み。</li> <li>・ミストジェットと噴出し型の統合で目標達成見込み。</li> </ul>
③(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・繊維状基材に電子・機械・光学的機能膜を実用的な速度で形成するプロセスの確立。</li> <li>・機能膜被覆繊維状基材に3次元ナノ構造を<math>20\text{m}/\text{min}</math>以上で形成するプロセスの実現。</li> <li>・フレキシブルシート型デバイスを実現する製織集積化プロセスの確立。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機能膜を<math>10\text{m}/\text{min}</math>以上で被覆するプロセスを開発済み。ヘッド構造最適化等により実用の<math>50\text{m}/\text{min}</math>を達成見込み。</li> <li>・<math>5\text{m}/\text{min}</math>以上のリールツールインプリント装置を開発済み。装置の高速化、統合化で目標達成見込み。</li> <li>・既存製織機でメータ級のタッチセンサを試作済み。可動接点構造やアライメント機構の追加で目標達成見込み。</li> </ul>
④ 異分野融合型次世代デバイス製造技術知識DBの整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術情報を統合的に扱える知識DBの開発。</li> <li>・1,500件以上の知識データの蓄積。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作性の良いカテゴリ検索機能や既存知識DBと整合のあるシステムを開発済み。機能向上で目標達成見込み。</li> <li>・2年で中間目標(500件)を超える523件の知識データを登録済み。研究センター、WG活動で目標達成見込み。</li> </ul>

# BEANSプロジェクト成果の実証および実用化見通し

