



経済産業省/NEDO

「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」

BEANS = 異分野融合型次世代デバイス

Bio Electromechanical Autonomous Nano Systems

BEANSプロジェクト 活動まとめ

平成25年6月

技術研究組合 BEANS研究所
マイクロマシンセンター



BEANS プロジェクトの概要

【背景】

「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出する革新的デバイスを創製することが急務。これまでの製造技術の概念・常識を打ち破った技術を創出することが肝要

【目的】

本プロジェクトでは、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

【期間】

平成20年度～平成24年度（5年間）

【予算】

平成20年度：11.5億円 平成21年度：11.5億円
平成22年度：8.0億円 平成23年度：7.1億円
平成24年度(平成23年度3次補正)：8.2億円

累計：46.3億円 (除く加速予算)

【参画機関】

19企業、8大学、1独法、3団体（平成24年度）



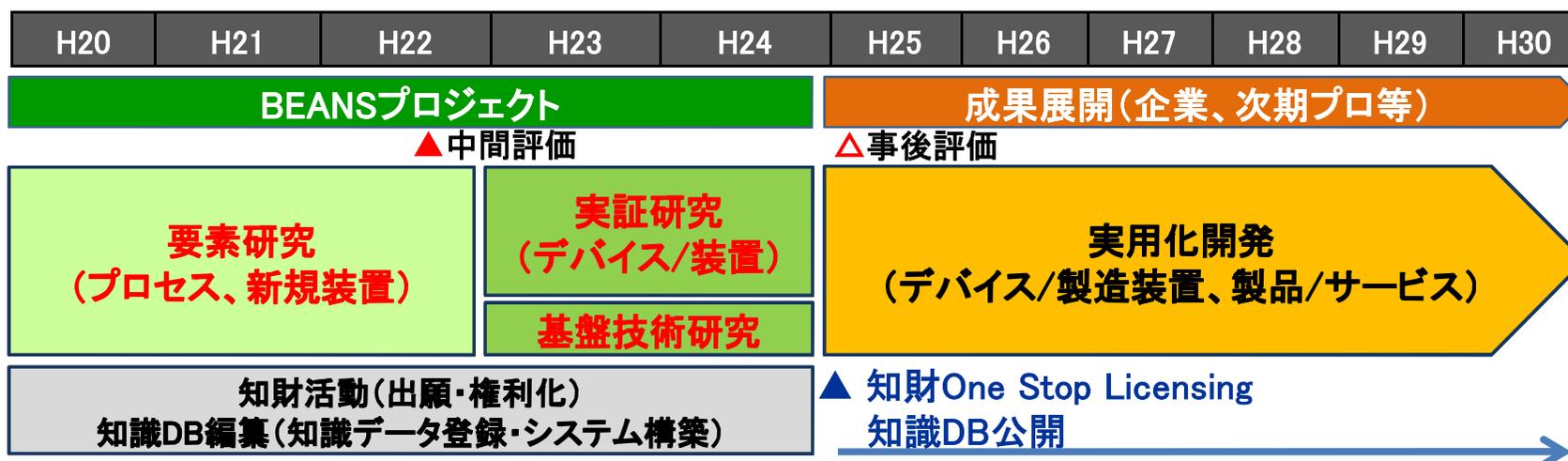
BEANS プロセスと想定デバイス

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
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									



BEANS プロジェクト成果展開方針(平成23年度～)

- 平成22年度中間評価結果を基に、デバイス実証研究に資源を重点的に投入し、平成23年度よりBEANSプロセスの実証を加速する。
- 基盤技術研究は継続して取組み、成果を実用化研究に利用する。
- 平成24年度プロジェクト終了後は、プロジェクト成果を次期プロジェクト等へ繋げて、実用化研究へ移行する。
- BEANSで得られた知的財産は、一元的に管理・ライセンスする機関を組織し、プロジェクト終了後、利用希望者にサブライセンスする制度を構築する。
- BEANS、及び関連技術の文献など、知識情報を分野別にデータベースに登録し、プロジェクト終了後、広く一般に公開する。





BEANS プロジェクト研究開発項目

①-A バイオ材料融合プロセス技術の開発

- (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

成果促進事業(平成24年9月19日～)
⇒BEANS成果の実用化促進に
向けた事業

①-B 有機材料融合プロセス技術の開発

- (1B) 有機材料・ナノ界面融合プロセス技術
- (2B) 有機材料高次構造形成プロセス技術

成果促進テーマ追加
(赤外共鳴アンテナ応用)

② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

- (1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術
- (2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術
- (3) 宇宙適用3次元ナノ構造形成技術

スピナウト(平成22年度)
(超臨界製膜、宇宙適用)

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

- (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

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 高性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(Gデバイス) 完了(平成22年度)



BEANS プロジェクト研究推進体制(平成24年度)

NEDO

研究委託

BEANS研究機構 (プロジェクト参画機関 :19企業、8大学、1国研、3団体)平成24年度

リーダー、サブリーダー指名

BEANS 研究所 本部

- プロジェクトリーダー: 技術研究組合BEANS研究所 所長 遊佐 厚
- サブプロジェクトリーダー: 東京大学生産技術研究所 教授 藤田 博之
- プロジェクト推進管理・研究開発支援等
- 研究開発項目 ④BEANS製造技術知識データベースの整備

Life BEANS センター

- 研究項目
①バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発 (バイオ材料担当)
- センター長
東京大学准教授 竹内昌治
- 拠点: 東京大学
駒場リサーチキャンパス
- 参画機関: リンテック(株)
大電(株)、パナソニック(株)
九州工大、(財)福岡IST
(財)九州先端科学技術研究所
(株)デンソー、オリンパス(株)

Life BEANS センター九州

- 研究項目
①バイオ・有機材料融合プロセス技術の開発 (有機材料担当)
- センター長
九州大学教授 安達千波矢
- 拠点: 九州大学
伊都キャンパス
- 参画機関:
オリンパス(株)、テルモ(株)
三菱化学メディエンス(株)
産業技術総合研究所
慶應大学

3D BEANS センター

- 研究項目
②3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発
- センター長
東京大学准教授 杉山正和
- 拠点: 東京大学
駒場リサーチキャンパス
- 参画機関: オムロン(株)
(株)フジクラ、富士電機(株)
(株)東芝、セイコーインスツル(株)
東北大学、静岡大学
東京農工大、首都大学東京

Macro BEANS センター

- 研究項目
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
- センター長
産総研副センター長 伊藤寿浩
- 拠点: 産総研
つくば東事業所
- 参画機関:
古河電工(株)、東芝機械(株)
三菱電機(株)
ナガセケムテックス(株)
産業技術総合研究所

九州大学
最先端有機光エレクトロニクス研究センター(OPERA)

東京大学
生産技術研究所 バイオナノ融合プロセス連携研究センター

技術研究組合BEANS研究所

研究員等 派遣
予算等 配分



プロジェクト総括

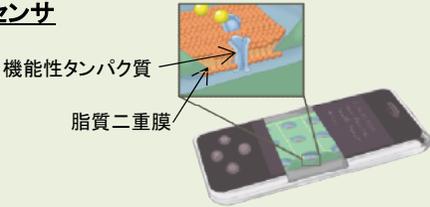
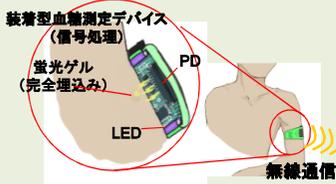
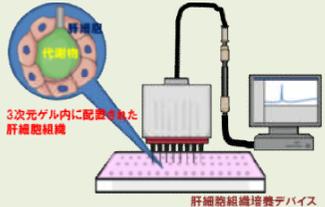
- プロジェクト全テーマが前期の中間目標を達成した。後期は出口イメージをより鮮明にした研究テーマに再構築し、想定デバイスによるプロセス実証を加速し、最終目標をほぼ達成した。
- 実用化促進にむけて、3D BEANSの超臨界製膜技術、同じく宇宙適用マイクロナノの2テーマは前倒しで目標を達成し、研究を完了した。
- Transducers、MEMS、センサシンポをはじめとする国内外のMEMS主要会議に多数採択されるなどBEANSプロジェクトの成果を普及させた。
論文 71件、学会発表 460件
- BEANSプロジェクトセミナー、ホームページ、ブログ、及び広報発表等でBEANSプロジェクトの広報普及を積極的に推進した。
セミナー・講演会 61件、刊行物・雑誌等 27件、マスメディア 78件
- 成果展開のため BEANS特許を出願し、その利活用の仕組みとしてワンストップライセンス制度を構築した。
国内出願106件、海外出願21件
- BEANS関連技術の調査結果や研究成果を知識データベースとして整備し、WEB上で公開した。
登録件数1562件

研究開発項目別目標(1/5)

①-A バイオ材料融合プロセス技術の開発

●目標設定の狙い

- ・次世代の健康・医療分野に向けたデバイス開発には、従来のシリコンやガラス材料に加え、生体分子、細胞組織、及び微生物などのバイオ材料の持つ特異的な機能を活かす融合プロセスが不可欠である。
- ・本研究開発項目では、バイオ材料をデバイス内で機能する素子として扱えるように加工する基盤プロセスを確立する。
- ・具体的には、バイオ材料のナノ界面融合プロセス技術、及び高次構造形成プロセス技術に着目して、想定した出口デバイスに要求される仕様等を目標値に設定し、デバイス試作・機能検証を通してプロセス開発を行う。

研究開発テーマ	最終目標 (●基本計画、○自主) = 成果	想定出口デバイス
(1A) バイオ・ナノ界面融合プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> ●脂質二重膜センシングモジュールを試作 ●24時間以上の生化学的な機能発現を実証 ○ガンマー(VEGF)と結合する膜タンパク質精製、動作確認 	<p>★<u>脂質二重膜一分子検出センサ</u></p> <p>デバイス内に人工的に脂質二重膜を長期安定形成し、機能性タンパク質を導入することで、化学物質を高感度、且つ選択的にセンシング</p> 
(2A) バイオ高次構造形成プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> ●埋込み型血糖値検出デバイス試作 ●生体内において3ヶ月間、機能することを実証 ○血糖値連続モニタリング可能な装置の試作 <ul style="list-style-type: none"> ●毛細管構造の再構築するプロセスを開発 (定量可能な代謝物を抽出できる細胞の配置や添加物、培養日数を決定) ○微細組織の代謝酵素およびトランスポーターの遺伝子量を明らかにする 	<p>★<u>埋込み型血糖値センサ</u></p> <p>蛍光強度を皮膚表面より測定することにより、連続的に血糖値をセンシング</p>  <p>★<u>胆管代謝物抽出・分析デバイス</u></p> <p>制御した位置や形状の胆管を備えた疑似肝組織を少数の細胞から短い期間で形成</p> 

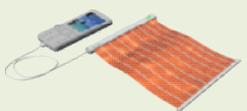


研究開発項目別目標(2/5)

①-B 有機材料融合プロセス技術の開発

●目標設定の狙い

- ・次世代の環境・エネルギー分野に向けたデバイス開発には、従来のシリコンを中心とする無機材料に加え、有機半導体等の合成有機分子に代表される有機材料の持つ特異的な機能を活かす融合プロセスの研究開発が不可欠である。
- ・本研究開発項目では、分子配向制御、結晶制御など、有機材料を分子レベルで加工する基盤プロセスを確立する。
- ・具体的には、有機材料のナノ界面融合プロセス技術、及び高次構造形成プロセス技術に着目して、想定した出口デバイスに要求される仕様等を目標値に設定、デバイス試作・機能検証を通してプロセス開発を行う。

研究開発テーマ	最終目標 (●基本計画、○自主) = 成果	想定出口デバイス
(1B) 有機材料・ナノ界面融合プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> ●キャリア拡散距離200nm 以下の間隔で低分子材料の配向・高分子材料の被覆 ●分子配向制御プロセスにて、光電変換デバイスの変換効率20%向上 ●有機薄膜のデバイス特性低下10%以下に抑える中性粒子ビームエッチングを開発 ○開発した有機薄膜の分子配向制御等により、変換効率を30%向上 ○タンデム型太陽電池にて、単層比2倍以上の電圧、効率20%向上 	<p>★高効率有機薄膜太陽電池</p> <p>フレキシブル基材に有機太陽電池薄膜を形成可搬型、局面貼り付け型に展開</p>  <p>折り畳み型モバイル太陽電池</p>  <p>太陽電池ウインドウ</p>
(2B) 有機材料高次構造形成プロセス技術	<ul style="list-style-type: none"> ●径50 nm以下のナノピラー構造、径100 nm以下のナノポラス構造を自己組織的に形成するプロセスを開発 ●陰極上ナノ構造形成プロセスにて、発光デバイスの光取出効率20%向上 ○将来のディスプレイ用途向けに、分子配向性発光材料の多色化 ●ライン・アンド・スペース(L/S)=100 nm以下の網目や直線構造等を自己組織的に形成するプロセスを開発 ●開発したナノ構造にて、熱電変換デバイス特性$P = 10 \mu W m^{-1} K^{-2}$以上 ○垂直型の熱電デバイス構造を検討、水平型と同等のパワーファクターを実現 ○パワーファクター(ZT)=1.0を超えるフレキシブル熱電半導体デバイスを作製 	<p>★高効率有機EL照明パネル</p> <p>照明用消費電力を削減壁面貼り付け型照明・ディスプレイに展開</p>  <p>有機EL照明パネル</p> <p>★高効率有機熱電変換フィルム</p> <p>低温領域での発電可能デバイスを実現し、低コスト・大面積化により普及拡大</p>  <p>有機EL壁面ディスプレイ</p>  <p>自動車(ハイブリッド車)熱電変換ウインドーフィルム</p>



研究開発項目別目標(3/5)

② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

●目標設定の狙い

- ・安全・安心・健康な社会を実現する上で、様々なマイクロデバイスの感度向上、省電力化、自立電源化、及び情報通信・記録の大容量化が求められている。
- ・本研究開発項目では、シリコン・ガラス等の3次元構造にナノ構造材料を集積し、特異的な機能を発現させる基盤プロセスを確立する。
- ・具体的には、ナノレベルでのエッチング、粒子配列、ナノ構造修飾・被覆、及びナノ構造形成等の加工技術に着目し、想定した出口デバイスに要求される仕様等を目標値に設定、デバイス試作・機能検証を通してプロセス開発を行う。

研究開発テーマ	最終目標 (●基本計画、○自主) = 成果	想定出口デバイス/装置
(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"> ●超低損傷シリコンナノ構造をエッチング速度0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$以上で形成 ●超低損傷エッチング技術にて300MHz帯で動作する高周波デバイスの試作 ○キャップ0.2 μm、深さ2 μmの低損傷垂直エッチングを実現、優位性を検証 ●フェムト秒レーザーアシストエッチングで、水平/垂直アスペクト比10000/100を実現 ○本技術を用いたバイオチップのプロトタイプを試作 	<p>★中性粒子ビームエッチング装置</p> <p>★バイオ分析チップ</p> <p>フェムト秒レーザーアシストエッチング技術を適用</p> <p>帯域フィルター例</p> <p>パケリア補足デバイス試作例</p>
(2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術	<ul style="list-style-type: none"> ●先端電極部を30 nm以下まで微細化した耐摩耗マルチプローブを試作 ●プローブ先端におけるナノライボロジーモデルを構築 ●メタル級摺動後のプローブ接触抵抗値が1MΩ以下を実証 ●金属・半導体表面とナノ材料との2重認識バインダ分子を構築 ●ナチューブ修飾により、無修飾時に比べ摩擦抵抗を1/10を実現 ●径100 nm以下のナチューブバンドルを均一性10%でプローブ尖頭に修飾 ○アスペクト比5以上の表面段差測定を実施 ○マルチプローブへの適用性、機能分子修飾CNTセンサの可能性提示 ●径100 nm以下のナノ粒子・自己組織化ドットを配置、間隔・密度を制御 ●ナノ粒子配列技術適用のガスセンサにて、エタノール濃度500ppmに対し抵抗変化比5を実現 ●VOC、SOX、NOX等のガス検出を確認 	<p>★プローブ顕微鏡CNT探針</p> <p>電気泳動法によるCNTバンドル形成技術で、高性能・低コスト化を実現</p> <p>★CNT応用ガスセンサ</p> <p>★プローブリソグラフィ装置</p> <p>耐摩耗マルチプローブによる3Dナノ構造の低コスト製造を実現</p> <p>★高感度多孔質ガスセンサ</p> <p>ナノ粒子配列技術を適用 ガスセンサ表面積を拡大⇒感度向上</p> <p>マルチプローブリソグラフィ装置(描画部)</p> <p>ナノ粒子配列ガスセンサ構成</p>

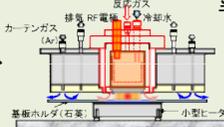
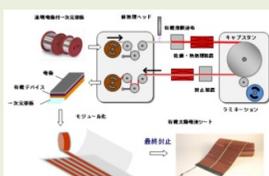


研究開発項目別目標(4/5)

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

●目標設定の狙い

- ・環境・エネルギー、健康・医療分野では、3次元自由曲面に装着可能な大面積フレキシブルシートデバイスの実現が望まれているが、その製造では、真空プロセス装置の大型化の限界、基板の大面積化の限界など、コスト・機能面での問題が顕在化してきている。
- ・本研究開発項目では、大型真空装置や大面積基板を用いずに高機能メーター級デバイスを製造する基盤プロセスを確立する。
- ・具体的には、非真空装置による機能膜形成プロセス技術、繊維状基材連続微細加工、及び製織による集積化プロセス技術に着目し、想定した出口デバイス(装置)に要求される仕様等を目標値に設定、装置試作・デバイス検証を通してプロセス開発を行う。

研究開発テーマ	最終目標 (●基本計画、○自主)=成果	想定出口デバイス/装置
<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>	<ul style="list-style-type: none"> ●非真空薄膜堆積プロセスにより電子移動度$1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$以上の機能膜を形成可能とする塗布ヘッドを開発し、膜厚均一性$\pm 10\%$、成膜速度$60 \text{ nm}/\text{min}$を実現 ○大気圧プラズマ成膜で荷電子制御プロセスを開発、光電変換や歪抵抗効果デバイスにて検証 	<p>★大面積シリコン機能膜形成装置</p> <p>開発した大気圧Si成膜技術を適用し、従来装置で限界に達しつつあるデバイスの大面積化を低コストで実現</p>  <p>開放型プラズマSi成膜装置構成</p> <p>Si以外の機能膜形成、半導体表面処理等に展開</p>  <p>大面積シリコンデバイス例</p>
<p>(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●繊維状基材上に、有機薄膜等を連続的に$50 \text{ m}/\text{min}$以上で形成 ○ダイコーティングにより繊維状光電変換素子を$50 \text{ m}/\text{min}$で連続形成 ●センサシート向けの製織ガイド構造を$20 \text{ m}/\text{min}$以上で加工 ○成形パターンのシームレス化を実現 ○線幅$2 \mu\text{m}$パターンを形成する3次元露光プロセスを開発し、抵抗型温度センサを試作 ○基材内パターン形成プロセスにて100 dpi相当の素子密度、寸法2 cm角以上のシート型表示デバイスを試作 ●$1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$以上で5種類以上の素子が集積されたセンサアレイを実現 ○10×10本のシートにて接触圧力100 MPaのもとで、比摩耗量が$10^{-4} \text{ mm}/\text{N}\cdot\text{m}$以下、繊維間の抵抗値は$1 \Omega$以下(初期値)の接点構造を実現 ○ミニシートの許容曲率半径を1 cmを可能とする繊維基板を実現 	<p>★繊維状基材への連続成膜装置</p>  <p>★フレキシブル集積デバイス</p>  <p>★リールツーリール連続インプリント装置</p>  <p>ファイバ表面への高速転写例</p> <p>製織による繊維状機能材料の集積化技術を適用し、多機能フレキシブルデバイスを実現</p>



研究開発項目別目標(5/5)

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

●目標設定の狙い

- ・異分野融合型次世代デバイス製造技術の開発の成果、及び関連する新たな知見については、これら革新的MEMS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することにより、新製品開発・実用化や新たな産業の創造に資することが期待される。
- ・本研究開発項目では、異分野融合型次世代デバイス製造技術の研究開発項目に関わる成果やこれに関連する新たな知見(文献情報等)を系統的に蓄積して、データベース化するとともに、関連技術者が容易に利用、閲覧可能なデータベース・システムを構築する。

研究開発テーマ

(1) BEANS知識データベース・システムの機能構築

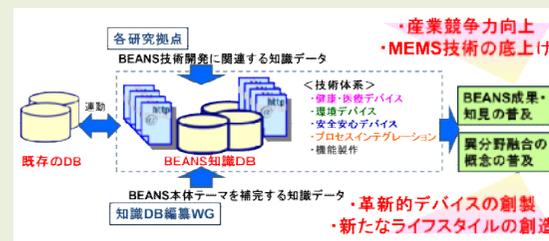
(2) BEANS知識データの蓄積、充実と編集

最終目標 (●基本計画、○自主) = 成果

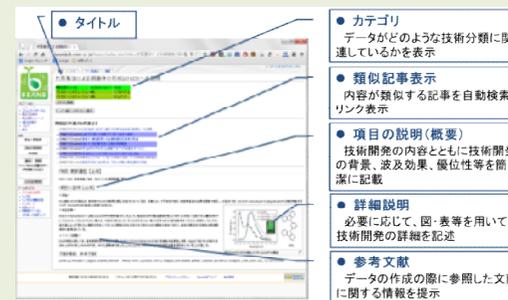
- 異分野融合型次世代デバイス製造技術の研究開発項目①～③にかかわる新たな知見(文献情報、特許情報、及び研究成果を含めて)を系統的に蓄積してデータベース化する。
- 蓄積するデータ数は1,500件以上とし、現在運用中のMEMS用設計・解析支援システムで活用できるようにする。
- 記事内容への最新研究動向の反映、キーワードリンク機能を利用した知識データの充実化等を実施し、知識データベースの質的向上を実現する。

想定出口システム

★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



知識データベースの構成と狙い

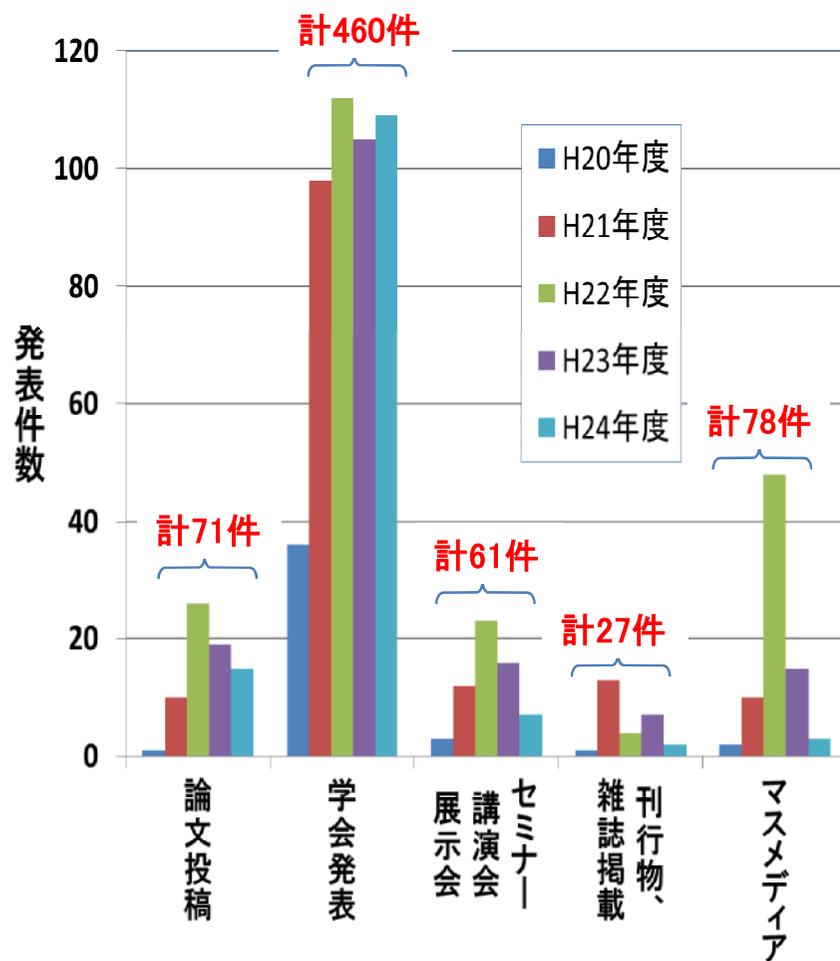


知識データの記載内容



BEANSプロジェクト成果発表

外部発表状況



主要学会発表・論文投稿(H23年度)

IEEE MEMS 2012	4件
Transducers 2011	6件
Micro Tas 2011	2件
ICEP 2011	9件
電気学会センサシンポ	14件
応用物理学会学術講演会	12件
電気学会論文誌E	5件

プレス発表(H23年度)

- ・新聞掲載(日経、日経産業、毎日、産経 他)
 - ・メディア報道(NHK、テレビ東京、CNN 他)
- 2011年8月2日
「蛍光ファイバー埋め込み型血糖値センサ」

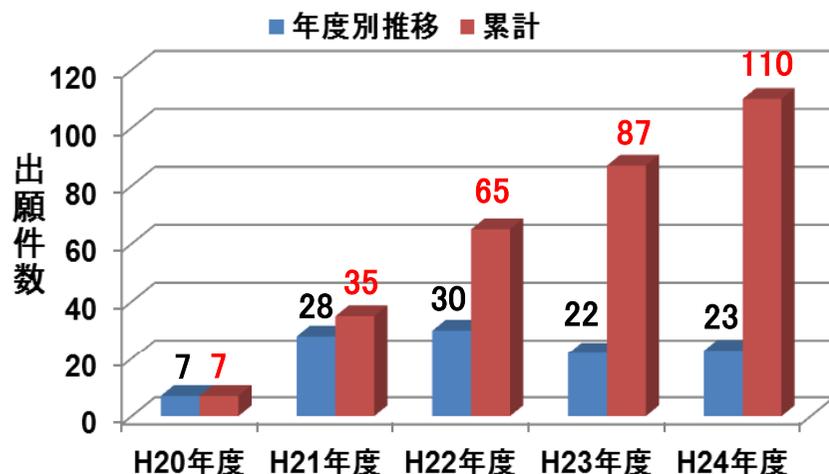
受賞実績(H23年度)

- ・読売テクノフォーラム21 ゴールドメダル賞
- ・第2回Bio Fabrication 学会 若手研究者賞
- ・Appl. Phys. Lett., Down Load Top 20
- ・A-COE ベストポスター賞
- ・第13回韓国MEMS学会 優秀論文賞
- ・Appl. Mat. & Int., Top 10 Most Read Articles

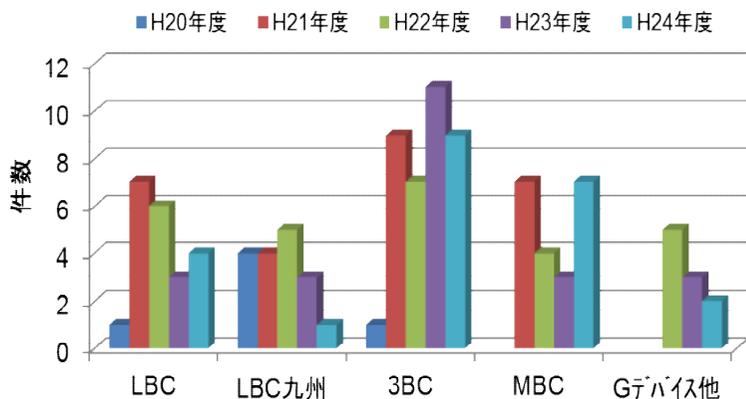


BEANS特許の出願状況および成果展開

特許出願状況



センター別出願件数

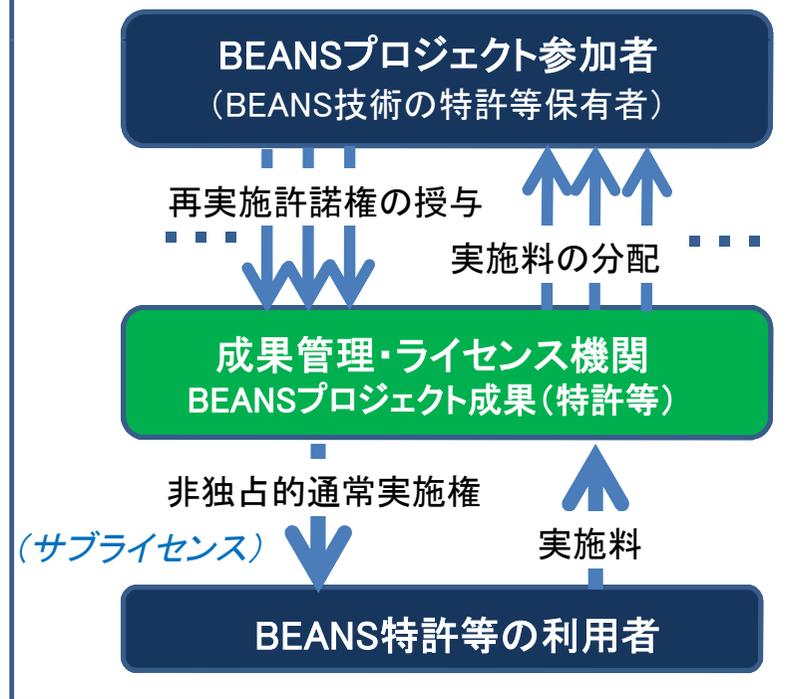


成果展開ガイドライン構築

(One Stop Licensing)

- ・BEANSプロジェクト成果である特許等を一元的に管理・ライセンスする機関を組織
- ・ライセンス機関から特許等を利用希望者にサブライセンス

BEANS成果(特許等)の利用の仕組み





BEANS知識DB構築および利用展開

目的

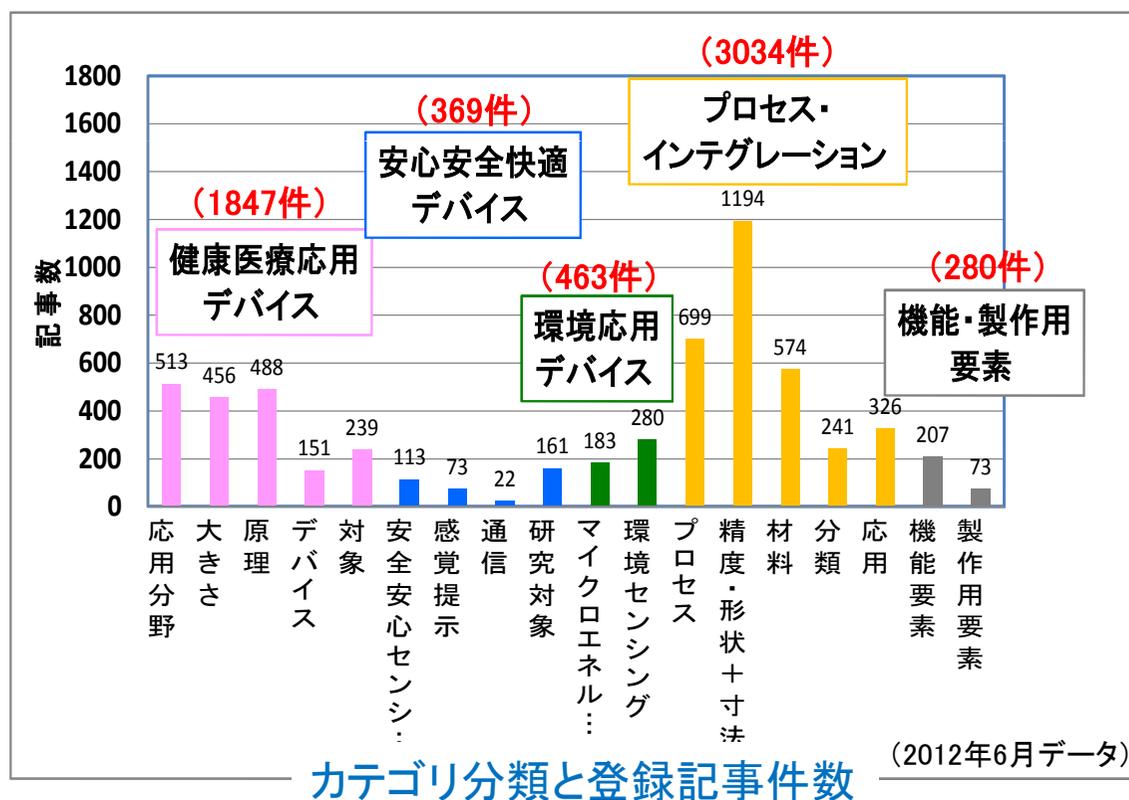
- ・BEANS成果と関連技術に関する知見の普及
- ・革新的MEMS技術を利用した産業創出への貢献

検索方法

- ・カテゴリ分類に基づくデータ検索
- ・タイトル、記事内のキーワード検索
- ・類似記事表示、お薦め記事表示

知識データ登録状況

- ・1562件の知識データをカテゴリに分類して登録済



検索システム表示例



実用化の形態と想定される事業



BEANSの未来

今後、MEMS技術はさらに飛躍的な発展を遂げ、ナノテクノロジー技術と融合し、応用範囲を急速に広げることで人健康・省エネ・環境・産業・教育・安心など、様々な分野で社会の第一歩に貢献する最先端のデバイスを開発し、我が国産品づくりに貢献することが期待されています。BEANSプロジェクトはこのような最先端の革新的なデバイス製造に必要な高精密加工プロセス技術の開発・実用化を目的としており、そのプロセス技術の開発・実用化を主目的としております。

★実用化の形態

★革新的デバイス
⇒デバイス販売
分析サービス 等

- ★超高感度ガン検知センサ
- ★装着型血糖値連続モニタリングシステム
- ★ヒト胆汁排泄予測システム
- ★ヒト肝細胞薬物代謝分析システム

★革新的製造装置
⇒製造装置販売
加工サービス 等

★革新的プロセス
⇒ライセンス 等

★想定される事業

- ★高効率($\eta > 10\%$)有機薄膜太陽電池システム
- ★高効率有機EL照明パネル
- ★有機EL壁面ディスプレイ
- ★高効率有機熱電変換フィルム
- ★チューナブル帯域フィルタ
- ★バイオ向けナノ流路分析システム
- ★トレンチキャパシタ内蔵Siインターポーザ
- ★プローブ顕微鏡CNT探針
- ★高感度CNTガスセンサ
- ★高感度ポラス構造ガスセンサ
- ★超高感度環境モニタリングシステム
- ★ウェアラブルデバイス/アンビエントデバイス

- ★ナノプローブリソグラフィ装置
- ★中性粒子ビームエッチング装置
- ★大面積非真空シリコン成膜装置
- ★高速・高精度パターン転写プロセス装置
- ★フレキシブルデバイス製織装置

- ★自己組織化による細胞再構成技術
- ★フェムト秒レーザー改質エッチング技術
- ★生体分子による選択的CNT修飾技術

プロセス 基盤技術開発

- ①-A バイオ融合プロセス技術の開発
- ①-B 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