

**研究評価委員会**  
**「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」(事後評価) 第1回分科会**  
**議事要旨**

日 時：平成25年5月24日(金) 10:30~17:20

場 所：WTC コンファレンスセンター RoomA

**出席者(敬称略、順不同)**

<分科会委員>

分科会長 庄子 習一 早稲田大学 理工学術院 教授  
分科会長代理 服部 正 名古屋大学大学院 工学研究科 客員教授  
委員 澤田 廉士 九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門 教授  
委員 出川 通 株式会社テクノ・インテグレーション 代表取締役社長  
委員 西本 尚弘 株式会社島津製作所 基盤技術研究所  
マイクロ TAS ユニット ユニット長(主幹研究員)  
委員 室 英夫 千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科 教授

<推進者>

久木田 正次 NEDO 技術開発推進部 部長  
渡辺 秀明 NEDO 技術開発推進部 主任研究員  
奥谷 英司 NEDO 技術開発推進部 主査

<オブザーバー>

横山 篤史 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐  
大谷 公伸 経済産業省 製造産業局 産業機械課 係長  
銘苅 春隆 経済産業省 製造産業局 産業機械課 係長  
瀬戸 幸 経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 係員

<実施者>

遊佐 厚 (PL) 技術研究組合 BEANS 研究所 所長  
藤田 博之 (SPL) 東京大学 生産技術研究所 教授  
竹内 昌治 東京大学 生産技術研究所 Life BEANS センター長 准教授  
安達 淳治 九州大学 学術研究支援機構 研究戦略企画室 シニアリサーチ アドミニストレータ  
Life BEANS センター九州 副センター長  
杉山 正和 東京大学 大学院工学系研究科 3D BEANS センター長 准教授

伊藤 寿浩	産業技術総合研究所 集積マイクロシステム研究センター 副研究センター長 Macro BEANS センター長
福本 宏	技術研究組合 BEANS 研究所 副所長
青柳 桂一	技術研究組合 BEANS 研究所 研究調整監
小野寺 徳郎	技術研究組合 BEANS 研究所 知財プロデューサー
新田 仁	技術研究組合 BEANS 研究所 部長
長田 智治	三菱化学メディエンス株式会社 先端技術研究部 課長
山木 健之	パナソニック株式会社 R&D 本部 主幹技師
武居 正彦	富士電機株式会社 技術開発本部製品技術研究所 主査
後藤 博史	東芝機械株式会社 ナノ加工システム事業部 副事業部長
大友 明宏	東芝機械株式会社 ナノ加工システム事業部 主幹

注：「PL」はプロジェクトリーダー。「SPL」はサブプロジェクトリーダー

<企画調整>

伊吹 信一郎 NEDO 総務企画部 職員

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長

保坂 尚子 NEDO 評価部 主幹

梶田 保之 NEDO 評価部 主査

一般傍聴者 2名

## 議事次第

### <公開の部>

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの概要説明（公開）
  4. 1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」
  4. 2 「研究開発成果」及び「実用化の見通し及び取り組みについて」
  4. 3 質疑
5. プロジェクトの詳細説明
  5. 1 成果
    - 5.1.1-A バイオ材料融合プロセス技術の開発
      - (1)バイオ融合プロセス技術
      - (2)バイオ高次構造形成プロセス技術
    - 5.1.1-B 有機材料融合プロセス技術の開発
      - (1)有機材料ナノ界面融合プロセス技術
      - (2)有機材料高次構造形成プロセス技術
    - 5.1.2 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
    - 5.1.3 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
    - 5.1.4 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

### <非公開の部> 非公開資料取扱いの説明

5. 2 実用化の見通し及び取り組みについて（全体）
  - 5.2.1-A バイオ材料融合プロセス技術の開発
  - 5.2.1-B 有機材料融合プロセス技術の開発
  - 5.2.2 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発
  - 5.2.3 マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発
6. 全体を通しての質疑

### <公開の部>

7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

## 議事要旨

### <公開の部>

#### 1. 開会、分科会の設置、資料の確認

- ・開会宣言（事務局）
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、1-2に基づき事務局より説明。
- ・庄子分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
- ・配布資料確認（事務局）

#### 2. 分科会の公開について

事務局より資料2-1及び2-2に基づき説明し、議題5.2「実用化の見通し及び取り組みについて(全体)」、議題6「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

#### 3. 評価の実施方法及び評価報告書の構成

評価の手順を事務局より資料3-1～3-5に基づき説明し、了承された。

また、評価報告書の構成を事務局より資料4に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

#### 4. プロジェクトの概要説明（公開）

##### 4. 1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」

推進者より資料6「4.1事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント」に基づき説明が行われた。

##### 4. 2 「研究開発成果」及び「実用化の見通し及び取り組みについて」

実施者より資料6「4.2研究開発成果及び実用化の見通し及び取り組みについて」に基づき説明が行われた。

##### 4. 3 質疑

4. 1及び4. 2の発表に対し、以下の質疑応答が行われた。

###### 主な質疑内容

- ・「最初に26あったテーマを途中で14に絞った。どのように絞り込んだのか、教えてほしい」との質問があった。この質問に対して、「市場性や定量的目標値、アプリケーション等について各テーマを判定して、継続/テーマ同士の統合/中止を決めた。プロセス技術が成功した時に、世の中に役立つかどうかという観点で絞った」との回答があった。
- ・「様々な分野を融合するために行ったマネジメントの工夫や、具体的によかったこと、課題を教えてください」との質問があった。この質問に対して、「BEANS研究室を作り企業や、大学の研究者を集めて研究を推進した。大学と企業には互いに提供し合うメリットがあるため融合しやすい。企業同士の融合は難しかったが、Life BEANS センター九州では有機半導体を扱う企業3社間で、有機半導体の形成技術や加工技術が共有でき、特許を3社共同で出願する。東京大学の3D BEANS センターでも、プロジェクトの前期に取り組んだ中性粒子のエッチング装置のように企業同士が共通して使う技術は助け合うことができたが、プロジェクトの後期に取り組まれたデバイス開発は各社が独自の開発を目指していたため、融合は難しかった」との回答があった。
- ・「テーマの絞り込みや統合の過程で、途中で止めてしまった企業や新しく入った企業など、企業の入れ替えがあったか」との質問があった。この質問に対して、「途中で止めた企業はなかったが、

Macro BEANS センターでは、機能性材料の材料技術メーカーが途中から参加した」との回答があった。

- ・「MEMS 市場の成長は予測した時から 5 年ずつ遅れている。昨今の電子工業の状況を見ると、技術開発のテーマの選定は非常に厳しい。日本はシリコン系の太陽電池も全滅し、有機半導体も遅れている。BEANS プロジェクトに参画した企業でも苦しいものがある。良い成果が出たが、今後どう育てていくのか」との質問があった。この質問に対して、「太陽電池で参画した企業は、プロジェクトの途中で方向性や適用先を見直した。BEANS プロジェクトは、ベーシック技術とプラットフォーム開発であり、デバイスの開発はプロジェクト終了時点で市場情勢を見直し、開発した技術を有効に使うことを各企業と議論している」との回答があった。
- ・「特許出願における戦略的な取り組みを知りたい。また、知財審査会が審査して出願の可否を判断したと説明されたが、出願人は BEANS 研究所でなく、企業なのか」との質問があった。この質問に対して、「INPIT（工業所有権情報・研修館）から知財プロデューサーを派遣してもらい、発明者のアイデアを特許にしていく時に力を借りた。知財審査会への提案の大部分は企業の出向研究者からであったが、特許の権利は大学との共願にして両方で持った」との回答があった。
- ・「複数箇所の拠点に研究者を集約する集中研方式で実施したが、特許のアイデアの掘り起こしに対する効果と、特許の全体の件数、研究者当たりの件数をどのように評価しているか」との質問があった。この質問に対して、「集中研全体で出願した特許は 110 件、年平均約 20 件、研究者 1 人当たり年間 1 件強である。企業では通常年間 1 人 2~3 件のノルマがあることからみると少ないが、ポストドクターや大学の研究者が多いことも考慮する必要がある。特許の質は、知財審査会において、クレームの拡大や権利の拡大を図っており強いものになっている」との回答があった。
- ・「このプロジェクトは製造技術の融合とプラットフォームの作成がポイントであった。今後プロジェクトの成果として出てくる製品が評価の対象になる。外国では技術の融合に以前から取り組んでいるが、日本では進んでいない。今回組織立てて融合に取り組んだことは遅過ぎたぐらいである。また、大型プロジェクトの中間時点での見直しや変更は、市場調査や知的財産を管理する組織を設けて行い、第三者がみても誤解のないシステムを作るのがよい」とのコメントがあった。
- ・「特許のワンストップ型ライセンスなど新しい仕組みを作っている。プロジェクト参加企業の利用見通しや、その他の国内企業へのサブライセンスの見込み、海外の反響はどうか」との質問があった。この質問に対して、「サブライセンス、ワンストップ型ライセンスは大学の TLO や発明協会と連携して売り込みを行っている。マイクロマシン/MEMS 展において、展示や成果セミナーでの発表を行っており、海外企業からの反応が多い。海外企業にはライセンスの条件で差をつけているが、使ってもらうためにオープンにすることが基本ポリシーである」との回答があった。
- ・「プロジェクトに参加した企業のフォローアップをどのように考えているか」との質問があった。この質問に対して、「製品化のための開発計画が立てられたものが数点ある。実用化にとりかかったものもある。その他の企業も、現時点での構想として、事業化に至るロードマップを描いている。NEDO では 5 年間、追跡調査を通して成果の活用状況を調査していく」との回答があった。
- ・「各拠点にあるグループを統合して運営していくための組織と、複数の委員会を作っている。その特徴と、その中で一番機能したものは何か」との質問があった。この質問に対して、「各拠点にプロジェクトリーダー（PL）を補助する研究副所長を 3 名配置した。研究副所長と PL が毎週進捗を確認して進捗が芳しくないテーマの早期把握に努めた。月 1 回の研究拠点会議で研究員に進捗状況を確認した。各種委員会活動は優劣をつけることができないほど成果をあげた。例えば、実験で検証できないことはシミュレーション技術を活用した。プロセスのモデリングや設計指針を得るために、研究開発テーマにまたがる横断的な会議としてシミュレーション委員会が活躍した。知財委員会は知財のルール作りや、技術の審査会として功を奏した」との回答があった。

- ・「中間評価の後に起きた東日本大震災は大きな環境の変化であった。プロジェクトでは何か対応したか」との質問があった。この質問に対して、「マイクロ・ナノ構造大面積製造プロセス技術は、つくばの産総研に集中研があり、ライフライン、ユーティリティーが使えなくなり実験が進まなかった。Macro BEANSセンターに参加している三菱電機の関西の事業所を使うなどの工夫をして、電気不足等に対応した」との回答があった。
- ・「プラットフォームの構築は難しい課題である。今後構築していくべきものとして、どのようなイメージを持ち、どのように確立していくことを考えているか」との質問があった。この質問に対して、「研究課題であるバイオとナノの融合や、有機材料の融合によりデバイスを実現する時、開発されたいろいろな成果が必要になる。その必要となる成果が一目で分かるものを作っておくことが大事である。展開していく普遍性や波及性を明確にして、知識データベースとシミュレーション技術を広く公開する。また各企業が使うには特許が必要なので、ワンストップライセンスの仕組みを作りながら強化していく必要がある」との回答があった。

## 5. プロジェクトの詳細説明

### 5. 1 成果

#### 5.1.1-A バイオ材料融合プロセス技術の開発

実施者より資料7-1-1-Aに基づき説明が行われた後、以下の質疑応答が行われた。

##### 主な質疑内容

- ・「このプロジェクトで立ち上げた製造技術、製造プロセスを教えてください」との質問があった。この質問に対して「脂質の2重膜の形成プロセスで、ガラス材料を選び、ドライエッチング装置でうまく加工できるプロトコルを確立した。ガラスの流路に合った脂質2重膜の組成、温度、オイルの条件を決定し、24時間安定して機能するガラス脂質2重膜の製造プロセスを見出した。ハイドロゲルのビーズでは、フルイディクス (MEMS/マイクロ流体工学) を使ってオイルの中に水を分散させて均一直径の水玉を作り、その中にハイドロゲル材料を入れ、小さくて安定したビーズを作る条件を検討した。その他にもいくつかの技術、プロセスがある」との回答があった。
- ・「BEANS プロジェクトは既存技術の融合を加速したと考えてよいか」との質問があった。この質問に対して「材料とプロセスの融合が加速した。当初、テルモが開発していたハイドロゲルの分子材料をどのようにすればセンサーに役立てることができるか分かっていなかった。BEANSセンターの中にマイクロフルイディクスの研究者と京都大学医学部の研究者がおり、3者が連携することで解決の方策を見つけることができた」との回答があった。
- ・「ガラスの加工の精度が悪く、膜を形成するガラスの形状にばらつきがある。表面の原子構造が問題なのか、何が課題であったのか」との質問があった。この質問に対して「ガラスの加工になれていなかったがドライエッチングでガラスの流路はしっかり作ることができた。課題は、作製したガラス流路内にいかに安定して脂質2重膜を形成すること。ガラス流路のチャンバーの形状が少し飛び出る必要があったことや、脂質の量や種類、オイル (脂質が分散している有機溶媒) を適切に選定する事が重要であった」との回答があった。
- ・「脂質2重膜の将来展望を教えてください。例えば血液分析に日数のかかるがんマーカーのリアルタイム分析装置に利用できるか。もしそうならば、膜の安定時間が24時間という寿命でよいのか」との質問があった。この質問に対して「5年程度のスパンで見た場合、脂質2重膜の一番の応用分野は創薬になる。人工の脂質2重膜を使うと、膜タンパク質を1種類だけ精製して入れ込むことができる。薬を調べたいものにかけた時にどうい変化が起き、薬が代謝されるか、排出されるかをハイスループットで見ることができる。細胞そのものを使うと、維持が大変で費用もかかることから、人工の脂質2重膜系に創薬企業が注目している。薬を調べたいものにかけて反応を見るタ

イムスパンは、熟練者は 20 分ほどでできるが、創薬企業との話の中で、最低でも 24 時間は膜が機能すべきと判断した」との回答があった。

- ・「肝細胞の培養セルは、初めの動物実験では PDMS（ポリジメチルシロキサン）スタンプで作っている。ヒト肝細胞の実験の時の材料、製法は違うのか。また細胞と接着する界面の辺りが今回開発したプロセス技術なのか」との質問があった。この質問に対して「肝細胞の培養セルは材料が同じだが、モールドの形が異なる。プラスチックを使った場合は、薄く表面にコラーゲンを塗っておかないと細胞が定着しない。肝細胞組織での胆管形成は、チャンバーに入れないとランダムな毛細血管状になる。3次元の形状の中で細胞を培養すると胆管の大きさや、再現性をうまく獲得でき回収率が上がることが一番の知見である」との回答があった。
- ・「様々な成果が出ているが、BEANS プロジェクトだからこそできたというポイントは何か」との質問があった。この質問に対して「血糖値のハイドロゲルセンサーが一例である。BEANS センターに研究者が集まる前まではハイドロゲルセンサーを工学者は考えもつかなかつたし、医者もそのようなセンサーがあることを知らなかつた。材料を持っている人はいるがセンサーに利用できるかどうかわからなかつた。3者が集まり、BEANS センターで議論を始めることで、考えもつかなかつたセンサーのプロトタイプができた」との回答があった。
- ・「環境センサーデバイスは非常に魅力的だと思うが、脂質 2 重膜のイメージが他のものに比べて明確でなく、ギャップがあると感じたが、どうか」との質問があった。この質問に対して「膜タンパク質を使うと、フェロモン A、B のように構造と分子量が非常に似通っていて検出が難しい物質を高選択性で検出することができる。空港で犬を使って高選択的に麻薬を検知するように、こういうものをデバイスに入れて様々な環境で使用可能になると考えている」との回答があった。

#### 5.1.1-B 有機材料融合プロセス技術の開発

実施者より資料7-1-1-Bに基づき説明が行われた後、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容

- ・「有機材料のプロセス技術では、大面積で安価なプロセスを狙うというコンセプトが示されている。一方、ナノ構造を作るには電子線リソグラフィーのほうがよい、中性粒子ビームなどを使うという説明があった。部分的にそういうものを使っていくのが正解と考えているのか、あるいは有機材料特有のプロセスも今後追求していくのか」との質問があった。この質問に対して「中性粒子ビームは低損傷であり、有機半導体に適用できるという成果が異分野融合によりできているが、デバイスに使うことができるまでには至っていない。ナノ構造を作るには、電子線リソグラフィーや中性粒子ビームを使うボトムアップ方法と、ナノインプリントで作る方式の 3 つが候補にあがっている。今後、実施企業が 3 つの方法の可能性について長期信頼性の影響を含めて検討し、事業化に向けてどの手法を採用するか決定する」との回答があった。
- ・「大面積の有機材料がテーマだが、製作したものはどのくらいの面積のものか」との質問があった。この質問に対して「有機 EL では 10cm 角で非常に効率のよいものができた。有機太陽電池は 10cm の基板を使って高電圧を実現した」との回答があった。
- ・「デバイス化、実用化という観点から、有機材料ではデバイスの特性としてよいものができている。経時変化や寿命の問題、いろいろなセンサーやデバイスとして使う時の耐環境性の問題をどのように検討しているか」との質問があった。この質問に対して「有機半導体は、水、酸素に非常に弱い。スマートフォンの有機 EL ディスプレイはガラス基板で封止している。しかし有機 EL は薄いフィルムとして使用するのが最もよく特徴を生かすため、フィルムの水、酸素への対策を多くの企業が進めている。BEANS プロジェクトでは、水、酸素に強い有機半導体を作るというアプローチであり、両輪で進めていくことが大事と考えている。経時変化や寿命の評価は、BEANS プログラムで

信頼性の評価装置を導入して、実用化に向けて 300 チャンネルの寿命試験を行っている。BEANS センターで開発した製品は、商品化されているものと余り変わらない寿命である」との回答があった。

### 5.1.2 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

実施者より資料7-1-2に基づき説明が行われた後、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容

- ・ 「3D BEANS センターでの参加企業の活動内容と、そのうち何社が事業化に興味を持っているか教えてほしい」との質問があった。この質問に対して「3D BEANS センターではテーマの推進役のほとんどが企業の出向研究員であり、大学で雇用しているポストドクターは少ない。今回紹介した成果の多くが企業から出向してきた 30 代の若手研究員の成果である。最初は企業の研究員は成果を出すことを急ぎ、背後にあるメカニズムの考察が乏しい傾向があったが、大学の研究者との議論を通して深く考えるようになり成果が得られた。例えば、フジクラはバイオ系の知見がなかったが、BEANS センターと共同で研究することで、ナノ液滴生成デバイスやバクテリアトラップデバイスという新しい応用に気づいた。フジクラの研究員は企業に戻って市場開拓と研究開発を続けている。富士電機はガスセンサーをビジネスにしている会社で、BEANS プロジェクトで 5 年間学んだ若手研究員が粒子配列プロセスをガスセンサーに応用しようとしている。その他、東芝、オムロン、SII、デンソー、パナソニック電工が参画している」との回答があった。
- ・ 「世界的にみて超臨界流体の LSI 製造プロセスへの適用はどのような状況か」との質問があった。この質問に対して「超臨界流体成膜は一時期 LSI 製造プロセスに活用する試みがあったが、超臨界流体の中でパーティクルが発生しやすいため下火になった。BEANS プロジェクトでは、MEMS で別の応用範囲があることに注目して取り上げた。小型のハンドメイド装置で研究開発がいくつか行われているが、クリーンルームに入る 8 インチ対応の MEMS 装置は BEANS プロジェクトにしかない。うまくいけば日本発の技術として MEMS の製造プロセスの重要部分になり得る」との回答があった。
- ・ 「面白い技術がたくさんあるが、実用化イメージがわかりづらい。中性粒子ビームエッチングは、今ある ICP-RIE (誘導結合プラズマ) を置きかえる技術と考えているのか」との質問があった。この質問に対して「高速化の試みを続けてきたが、現状では ICP-RIE、特にエッチングのボッシュプロセスに対する速度の優位性はない。加工による材料の損傷が非常に少ない特徴を生かして、電子が走るチャンネルを作る、光の導波路を作るなどの技術に応用することを考えている」との回答があった。
- ・ 「超臨界流体成膜の技術応用は大容量キャパシタを作ることが目標か」との質問があった。この質問に対して「デモンストレーションとして高アスペクト比の加工例としてキャパシタを作った。キャパシタもアプリケーションの一つになるが、シリコン基板を貫通する孔、TSV (Through Silicon Via) への配線など、いろいろな構造への適用が考えられる。孔側面の処理で困る場合、キラー成膜プロセスとして展開していけると思っている」との回答があった。
- ・ 「3D BEANS センターではプラットフォーム構築するというプロジェクトの位置付けとして今回開発したプロセス技術でないといけないところを狙ったと考えてよいか」との質問があった。この質問に対して「この新しいプロセス群を作ることができる、これでないといけないアプリケーションを狙っていく」との回答があった。
- ・ 「実用化を考えると、生産時のスループットや、トータルな意味でのコストが課題になる。これらが実用化される時にはコストを抑える必要がある。その見通しがあるのか」との質問があった。この質問に対して「基本的には従来の装置から大きくコストが跳ね上がる装置はない。中性粒子ビー



ムエッチング装置は ICP-RIE のプラズマチャンバーと基板の間にカーボンのアパーチャを入れるだけなので、従来型の装置をそのまま使用できる。超臨界流体成膜装置は高圧のチャンバー技術が必要になるので検討が必要である。そのほかのプロセスは、フェムト秒レーザー照射も含めてほとんどウエットベースのプロセスが多いので、装置コストが大幅に高くなることはない。ウエットプロセスを使うと、粒子配列あるいは CNT（カーボンナノチューブ）の誘電泳動も含めて大面積面内での均一性がどうなるか、詰め切れていないため、コスト及び生産性の面で研究開発を続けることになる」との回答があった。

### 5.1.3 マイクロ・ナノ構造大面積・連続構造プロセス技術の開発

実施者より資料7-1-3に基づき説明が行われた後、以下の質疑応答が行われた。

#### 主な質疑内容

- ・ 「大気圧プラズマ化学輸送法や、繊維状基材連続微細加工の技術など、いろいろな試みが昔からある。今回 BEANS プロジェクトでは 4 インチサイズのものいろいろできた。さらにサイズを大きくすれば使ってもらえるのか。一緒に研究している企業の反応はどうか」との質問があった。この質問に対して「大気圧プラズマは原理的にはわかっていたが装置化は簡単ではなかった。今回は装置化する手前までの開発ができた。三菱電機が主に研究しており、事業化は三菱電機の太陽電池事業が今後どうなるかによって大きく変わってくる。有望なプロセスができたと思うが、さらに大きな装置にするには、成果を使う人が必要である」との回答があった。
- ・ 上記の回答に対して「太陽電池の状況変化に対して、どういうマネジメントや方針を出したのか」との質問があった。この質問に対して「三菱電機は方針を変えたのではなく、少し様子を見ることにしている。大きな流れとしては有機薄膜太陽電池がある。5 年前は太陽電池、薄膜系という状況があり、BEANS プロジェクトから研究してみたいと提案した。真空チャンバーなしに機能するシリコン膜を作る技術は大きな波及効果がある。太陽電池事業は 5 年の間でいろいろあったが、この技術は企業に持ち帰り多くの分野に適用できる」との回答があった。
- ・ 「昔から大気圧プラズマはいろいろな会社取り組んでいた。今ある目標値は太陽電池の製造プロセスの目標値かもしれない。半導体デバイスへの横展開を考えると、大気圧プラズマ化学輸送法はどの程度の意味があるのか」との質問があった。この質問に対して「電子デバイスとしての太陽電池は比較的グレードが低いので、プロセスを非真空にできるだけでも大きな効果がある。酸化膜系全体までの展開を考えると、現在主流のシリコンよりも酸化膜系は取り組みやすいので、いろいろ展開できると企業側は思っている」との回答があった。
- ・ 「大面積デバイスは、太陽電池やエネルギー関係、ウェアラブル関係に有望だと思う。有機技術が印刷系で有望な中で、シリコンの位置付けをどうとらえているか。大面積 MEMS を対象とする有機材料融合プロセス技術と一体化したほうがわかりやすくないか」との質問があった。この質問に対して「マイクロ・ナノ構造大面積・連続構造プロセス技術の開発プロジェクトは、大気圧プラズマのシリコンと、フレキシブルの繊維状デバイスの 2 つがある。大気圧プラズマのシリコンは有機材料融合プロセス技術との親和性が高い」との回答があった。
- ・ 上記回答に対して「大気圧プラズマのシリコンが太陽電池を狙っているならば、目標値は移動度ではなく、光電変換効率的な値にしたほうがわかりやすくないか」との質問があった。この質問に対して「太陽電池開発に絞ったわけではない。シリコン機能膜を非真空で開発するという位置付けであり、太陽電池は 1 つの出口として取り組んだ」との回答があった。
- ・ 「フレキシブルの繊維状デバイスでは、織物を使ったアプリはみんな分布型センサーを意識している。例えば 1m の織物では各辺に何十本も電極をつけて取り出すデバイスイメージなのか」との質問があった。この質問に対して「基本的にはアレイ状の構造になるので端から電極のリードをとる。

そういう意味では、端まで処理するプロセスの開発はできていない。LED をアレイ状にしたものは、光るパターンを変えようとする端から電力を供給する電極を持つ構造が必要になるので、今取り組んでいる」との回答があった。

- ・ 上記回答に対して「例示では、繊維として織り込むものの全てからリードを出していない。布にして織り込むより、もっとラフなパターンニングでよいのではないか」との質問があった。この質問に対して「織物は全部の繊維がセンサーではなく、何本に 1 本という割合である。例示でもセンサーとして機能しない繊維が入っている」との回答があった。

#### 5.1.4 異分野融合次世代デバイス製造技術知識データベースの整備

実施者より資料7-1-4に基づき説明が行われた後、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容

- ・ 「編集権限者数とは何か。編集は 1 人で行っているのか」との質問があった。この質問に対して「公開に先行するデータベースには、閲覧ユーザーと編集・中身の記事を書くことができる人がいる。記事はある程度審査を受けた人でないと書くことができないので、現状はマイロマシンセンターで事例を入力している。今ユーザーは 1 人である。BEANS プロジェクトでは、データベースを作る時に編纂委員会を設けており、外部の先生方に編集者になってもらい、入力してもらっている。その先生方には引き続き協力していただく予定である」との回答があった。
- ・ 上記回答に対して「入力件数が増えると、資金やマネジメントの問題など大変ではないか」との質問があった。この質問に対して「プロジェクト終了後は先生方にボランティアで、ご厚意の範囲でということになってしまう。やはり後継プロジェクトも考えなくてはいけないと思う。例えば BEANS プロジェクトで目指している健康医療や安全安心は、これからも国の社会課題を解決する上でのキーワードなので関連するプロジェクトがこれからできる。そういったプロジェクトの中で、BEANS プロジェクトの作ったプラットフォームを利用してデータを入力することを考えたい」との回答があった。
- ・ 「データベースを生かすにはインデックスが重要である。公開説明資料の分類は統一性に欠けるのではないか」との質問があった。この質問に対して「プロセスの細かい分類は配布資料に示している。最初の 1 年半でカテゴリーをしっかりと作った。具体的なもの作りのプラットフォームと知のプラットフォームを通して、BEANS という概念を日本発の概念として世界に確立していくには、こういうデータベースのカテゴリー化は非常に有効であると考えた。入力したデータは基礎プロセスの論文が多く、応用デバイスがまだ少ないため、応用論文の数は少ない」との回答があった。
- ・ 上記回答に対して「今のカテゴリー分けを基にすれば、インデックスもかなり明確になるのか」との質問があった。この質問に対して「インデックスで引くこともできるし、ある特定のトピックで引かかった項目がどういうインデックスと関連しているかが表示され、それを選択すると類似プロセスの一覧が出てくる。このように往ったり来たりしながら見ていくことができるデータベース構造になっている」との回答があった。

<非公開の部>

### 5. 2 実用化の見通し及び取り組みについて (全体)

#### 5.2.1-A バイオ材料融合プロセス技術の開発

#### 5.2.1-B 有機材料融合プロセス技術の開発

#### 5.2.2 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

#### 5.2.3 マイクロ・ナノ構造大面積・連続構造プロセス技術の開発

### 6 全体を通しての質疑

## 省略

### <公開の部>

#### 7. まとめ（講評）

- 【室委員】 現在、日本の製造業は出口の見えない状況にある。このプロジェクトのようなインターディシプリナ研究開発がブレークスルーを作るのではないかと、非常に挑戦的で、従来型とは一味違うものを感じた。もう少し商品イメージを明確にしたほうが実用化につながると感じた。
- 【西本委員】 異分野融合の成果、従来の MEMS のイメージを広げる成果がたくさん出ている。革新的 MEMS の本格普及を達成目標としている国の上位プログラムと現状の成果にはギャップがあり、課題も多い。課題は産業側にあると言うが、それだけでは実用化、産業化は難しい。成果を生かすにはプラットフォームが重要なので、ハードウェアの製造ラインや製造装置の維持・メンテナンス・共用化や普及、知識データベースの拡充・メンテナンスなどの公的取り組みを継続してほしい。
- 【出川委員】 半導体や液晶の仕事をした経験から日本の強みは MEMS にあると思っていた。技術を BEANS プロジェクトから派生させ広がっていかないと日本はだめになるという危機感がある。企業は技術開発を事業化する時、単独で行おうとする。BEANS プロジェクトでは多くの企業がアカデミアと一緒にいるので、企業同士が一緒に行う場をアカデミアが作ってほしい。アカデミアベースでは JST（科学技術振興機構）の MEMS/NEMS 技術研究でも成果が出始めている。アカデミアの先生方を、無理やりお見合いさせてそれぞれが持つ技術を融合させたり、年度をまたぐ場を作ることでイノベーション技術が生まれている。今後、企業側の頑張りや NEDO の努力があれば、日本の力を出せると思う。
- 【澤田委員】 大学で融合研究を行うと医学部や農学部の先生方と専門用語が違い、疲れるものの作業自体は楽しい。新しい融合技術の開発は重要だが、大学ではうまくいかない。BEANS プロジェクトは融合という意味では大変よかった。日本では同じ分野の企業が多過ぎ、むだが多い。足を引っ張り合うのではなく、互いに高めあってほしい。このプロジェクトが融合の契機となり、次々とプロジェクトができるとよい。プラットフォームは制度化する必要がある。このプロジェクトの後、融合をもっと展開した成功例がでると、こういうプロジェクトを次々と作ろうという話になる。
- 【服部分科会長代理】 装置絡み、プロセス絡みの融合には巨額の資金や人が要る。このプロジェクトは 5 年間で大きな成果を出した。同じ分野で JST も研究を進めているが、このプロジェクトのテーマには独自性があり、成功したと思う。プロジェクト管理の問題もあったが、特許は資金が獲得でき、日本が勝つことのできるものを出願してほしい。バイオの個別のテーマの中にそういうのもあるといわれたので、日本が特許で勝つ道をぜひともお願いしたい。大学のプラットフォームや大きな放射光施設などの一部には資金も出ているが、メンテナンスの資金だけで研究開発の資金も人もない。類似したプラットフォームが経済産業省だけではなく、文科省でも動いているので、うまくコラボレーションして日本の拠点にするように皆さんが言うことで徐々にそういう風土ができると思う。
- 【庄子分科会長】 トランスデューサー、MEMS、マイクロ TAS という分野からの発表が多く、レベル的にも他を引き離す勢いがある。開発された装置もレベルが高く、世界一と言えるものがたくさん出ている。産業に結びつける道筋は国が対応すべきである。レベルが上がっている台湾や韓国、中国と対抗する上でも重要である。日本は材料技術という強みがあり、win-win の関係を構築することが今後の課題である。NEDO のプロジェクトによってその課題を解決して、日本の競争力をより高めることを願っている。企業は、プロジェクトを通して育成した人材を生かす環境を作してほしい。また、本プロジェクトで共同研究を行ってきた大学や研究機関との今後の関係が重

要になる。ぜひ企業も、資金をうまく引き出して、共同研究を継続してほしい。

【NEDO 技術開発推進部：久木田部長】 参考にしたいアドバイス、他のプロジェクトへの適用が考えられるアドバイスが多々あった。このプロジェクトは中間評価で、想定デバイスをしっかりと規定するよう指摘され、プロジェクトの中身を整理した。その際に企業との軋轢が相当あったが、NEDO 側のプロジェクトの担当主査が最初から最後まで同一人であったことで、難しいプロジェクトマネジメントに対応できたと思う。プロジェクトの終了後について、昨年、参加した全社にヒアリングを行った。各社から継続の意思と、実用化の見通しを語ってもらい、次につながる期待を持った。人材については、若い研究者がこのプロジェクトに参画して一定の成果を出した。彼らがやる気を持って次のステージへ進むことができるようにしたい。

【BEANS 研究所：遊佐所長（PL）】 中間評価の時は成果もまだ不十分で、プロジェクト自体のミッションやコンセプトが不明確であったために厳しい指摘を受けた。中間評価以降、想定デバイスや実用化を意識して取り組んできた。今日、BEANS プロジェクトを融合またはオープンということで進めたマネジメント方針に間違いがなかったと、自信を持った。的確で厳しい指摘がたくさんあったが、私自身としては後ろから背中を押してくれた、理解されたという温かい雰囲気でも聞いた。

これでプロジェクトが終わったのではなく、プロジェクトの成果を生かすための始まりになると思う。希望が持てるのは人材である。研究センター長、企業の出向者もポストドクターも若い。長い人で5年、短い人でも3年一緒に過ごしたネットワークのつながりは強い。この人たちが今後世に出て活躍すれば、強い人材ネットワークの中で、製造プラットフォームや、様々な基盤技術を確立して普及すると確信できた。

【東京大学：藤田教授（SPL）】 委員の先生方から、BEANS プロジェクトは遅きに失したのではないかという指摘があったが、これを考えて作り始めたのは9年前である。いろいろな方々と、どういう方向でプロセスを融合するか、スケールを超えて物を作るかという議論に3~4年、国家プロジェクトになって5年、その間のいくつかの成果を今日示すことができた。これが本当の意味で定着するには、MEMS のコミュニティにこの概念が共有され、MEMS の範疇を超えて様々な分野で融合することが必要だと思う。私たちのMEMS のコミュニティでこの概念を共有して、肉づけが後からされるようになるとよいと思う。今後のご支援をお願いしたい。

8. 今後の予定

9. 閉会

## 配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について (案)
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDO における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について (案)
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票 (案)
- 資料 4 評価報告書の構成について (案)
- 資料 5-1 事業原簿 (公開)
- 資料 6-1-0 プロジェクトの概要説明資料 (公開)
  - 4.1 事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント
  - 4.2 研究開発成果及び実用化の見通し及び取り組みについて
- 資料 7-1-1-A プロジェクトの詳細説明 (公開)
  - 5.1 成果
    - 5.1.1-A バイオ材料融合プロセス技術の開発
- 資料 7-1-1-B プロジェクトの詳細説明 (公開)
  - 5.1 成果
    - 5.1.1-B 有機材料融合プロセス技術の開発
- 資料 7-1-2 プロジェクトの詳細説明 (公開)
  - 5.1 成果
    - 5.1.2 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発
- 資料 7-1-3 プロジェクトの詳細説明 (公開)
  - 5.1 成果
    - 5.1.3 マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発
- 資料 7-1-4 プロジェクトの詳細説明 (公開)
  - 5.1 成果
    - 5.1.4 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
- 資料 7-2 プロジェクトの詳細説明 (非公開)
  - 5.2 実用化の見通し及び取り組みについて (全体)
- 資料 7-2-1-A プロジェクトの詳細説明 (非公開)
  - 5.2 実用化の見通し及び取り組みについて
    - 5.2.1-A バイオ材料融合プロセス技術の開発
- 資料 7-2-1-B プロジェクトの詳細説明 (非公開)
  - 5.2 実用化の見通し及び取り組みについて
    - 5.2.1-B 有機材料融合プロセス技術の開発
- 資料 7-2-2 プロジェクトの詳細説明 (非公開)
  - 5.2 実用化の見通し及び取り組みについて

5.2.2 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発

資料 7-2-3 プロジェクトの詳細説明（非公開）

5.2 実用化の見通し及び取り組みについて

5.2.3 マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発

資料 8 今後の予定

その他

以上