

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
議事録

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事業の位置づけ・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

【庄子分科会長】 ただいまの説明に対する意見、質問等お願いします。技術の詳細は後ほど議題5で議論します。ここでは事業の位置づけ・必要性、マネジメントについてお願いします。

【出川委員】 大変多様な中身を、全体を統一して行うという難しいことをよく行われたと思います。単純な質問を2つだけ聞かせて下さい。

1つは、成果の評価です。評価を自ら行い、 Δ が1つか、2つです。難しいが、全部うまくいったということです。途中で絞ったと説明がありました。26あったものを14にした。少しうがった見方をすると、難しいものを落としたのではないかと思います。説明では、ニーズの面から話し合いで落としたということでした。どういうプロセスで行ったのか、最初狙っていたものは残っているのか、具体的に教えて下さい。

もう1つは、いろいろな分野の融合が行われていることはわかりました。では、いろいろな企業が一緒に研究したり、大学と共同で研究した時に、企業同士の融合はありませんでしたか。企業というのは勝手なもので、少し経済状態が悪くなるとステップダウンするなど、いろいろなことが起こります。その辺のマネジメントをどのように工夫したか、具体的にこういうところがよかった、課題であった、その辺りを教えて下さい。

【NEDO：渡辺主任研究員】 どういった観点でテーマを絞ったかについて渡辺がご説明します。

事業原簿の -24 ページをご参照下さい。表 3 に「BEANS 研究テーマ評価表の例」、これは実際に使用した評価表で、秘密にしているところは黒く塗り潰しています。厚いほうの事業原簿【その 1】の「4. 中間評価結果への対応」、-24 ページに表があります。私が説明した市場性や定量的目標値——アプリケーションのところは塗り潰してあります——こういったことを言うことができるか、それまで行っていたテーマ一つ一つを判定して、継続する、このテーマ同士を統合して単一テーマにする、あるいは中止すると決めました。必ずしも出来が悪いという観点で絞ったわけではありません。このプロセス技術が成功した際に、この 4 つの観点で、世の中の役に立つかどうかで絞りました。

【出川委員】 落としていったのではなく、統合などやり方を変えた。当初の目標は維持していると理解してよいですか。

【NEDO：渡辺主任研究員】 その通りです。

【出川委員】 企業同士、異なった組織を融合させるために、マネジメント上工夫したことを教えて下さい。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 私は民間企業出身です。プロジェクト当初は、融合が大事だということを取り組みました。融合にはヒト・モノ・テーマといろいろあります。このプロジェクトが融合できたのは、場を共有したことが要因としてあります。各センターの中に BEANS 研究室を作りました。この中で企業、大学の先生、あとポストドクターも含め一体になってテーマを推進した。アカデミアと企業は比較的利害関係がないので融合できます。お互いに提供し合うメリットがあるからです。ご指摘の通り、企業同士の融合は正直難しかったです。

プロジェクト発足に当たり、各企業は自分のやりたいテーマを中心に進めています。それを進めると、どうしても皆秘密になり、隣が何をやっているか知らないという状況になります。BEANS プロジェクトは基礎技術・基盤技術であるため、いわゆるプレコンペティション的な技術、特に前期においては共通技術的な要素が多くありました。具体的には、Life BEANS センター九州には有機半導体を使う企業 3 社がいて、同じような有機半導体を形成する技術や加工する技術を共有できました。一般的には、パテントは珍しいと思いますが、その 3 社が共同で出願しています。もう 1 つ事例では、3D BEANS センター、東京大学の中にある、先ほど△であった中性粒子のエッチング装置は様々な企業が使います。そういう共通して使う技術は、企業同士が助け合いながら装置の立ち上げから完成まで一緒に行うことができます。問題は、後期、デバイスを研究する段階になると、企業は自分のデバイスということで、融合は難しくなってきます。

場を共有すること、プロジェクトのミッションとして、テーマだけではなく、そういういろいろな融合を図って新しいテーマを出していくという方針を掲げたことがよかったと思います。

【出川委員】 途中で止めてしまった企業、新しく入った企業、そういう入れ替えはなかったのですか、

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 それはありません。

【NEDO：渡辺主任研究員】 途中で加わった企業はあります。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 途中で加わった企業はあります。

【出川委員】 世の中は変わるので、企業の立場も変わります。それから、来た人の意識も変わります。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 はい。もう 1 つ具体的に言うと、大面積、いわゆる Macro BEANS センターに装置メーカーが入っていました。あと、産総研という技術もありました。ただし、材料メーカーがいませんでした。ファイバーにポリマーをコートする、いわゆる機能性材料の材料技術がないということで、新たに材料技術メーカーに入ってもらい連携しました。

【服部分科会長代理】 産業化について質問します。MEMS 市場の動向について、マイクロマシンセンターが 2011 年に出した値は 5 年前にも出しています。その時の 2015 年は 3 兆円を超えています。これがちょうど 5 年ずつ遅れているのです。これは昨今の日本の電子工業の弱さというか、値段の低下により、そういう形になっています。5 年経つと、5 年遅らせたというデータになっています。また次の 5 年経つと、2020 年の数値が 2025 年の規模になるかもしれません。テーマの選定が、今の半導体の

話から見ても非常に厳しい。例えば有機半導体も遅れています。普通のシリコン系でも、太陽電池が日本は全滅している。LSIも、我々が兵庫県大でやっていたグループのほか、エクセルも六甲電子も日本は止めてしまいました。その状況が今出ています。ここに参画しているメーカーの方々の中にも非常に苦しいところもあるでしょう。そうすると、この研究は非常によい結果が出たものの、今後どうやって育てていくのかという問題が出てきます。その辺を考えて議論したことがありますか。

【BEANS 研究所：福本副所長】 5年間のプロジェクトで最初参画された時の構想、こういう出口を目標に研究を行うという、例えば太陽電池での利用を目指す、そういうことで参画した企業にとっては、プロジェクトの途中で方向性や適用先の見直しがありました。それができたのも、当初3年間、ベーシックな技術、プラットフォームの開発を行ったからです。出口の想定をその技術に基づくものに変えることができたのは、このプロジェクトを、最初からデバイスを開発するものとして始めたわけではなかったからだと思います。それがよかった点だと思います。プロジェクト終了時点でそういう市場情勢も見直して、開発してきた技術を有効に使うために、各企業にもう一度見直してもらいました。会社レベルで認知されているものはまだ半分ぐらいかもしれませんが、企業はこの技術を使うという前向きな姿勢で計画を立てています。その内容は午後、非公開の場で説明してもらいます。確かに5年のプロジェクトの中で、市場情勢の変化によっていろいろと悩み、議論しました。今のところ、この技術を利用する形で企業は検討しています。

【服部分科会長代理】 選択と集中の中でそういうことも行っているということですね。私は企業の方々と、いろいろ議論しています。国のプロジェクトで研究員が自分の研究の延命作戦として行っているテーマが結構あります。トップがそういう方向であればよいのですが、自分はNEDOからこういうものももらっているので辞めることができないと言う方もいます。そういうことがないように、何とか今の選択と集中をよろしく願います。研究員が自分の生活を守るためのテーマを選んでいるということも結構あると思うので、議論を良くして下さいということです。

【BEANS 研究所：福本副所長】 このプロジェクトは決め打ちで行っていません。技術から始まっています。途中の中間評価で具体化、出口を想定する柔軟性はありました。しっかり議論しています。

【室委員】 今回のプロジェクトは幅広い技術分野がかかわっており、マネジメントも苦労したと思います。特に知財関係は非常に力を入れたと説明がありました。例えば戦略特許というの特許マップを作って分野的に出願することが昔から行われています。この様な取り組みをしたという話があれば教えてください。もう1点、先ほど、知財審査会が審査して出願の可否も判断すると説明がありました。BEANS研究所が出願人にならず、企業が出願人になるのですか。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 私がお答えします。知財出願について、説明していませんでした。特許庁のINPIT（工業所有権情報・研修館）という機構から知財プロデューサをプロジェクトの当初から派遣してもらいました。従来のプロジェクトでは、各企業が成果を持ち帰り、自社の知財部門が出願し、その結果を報告します。しかし、先ほど渡辺主研から説明があったように、本プロジェクトでは、プロジェクトの中でアイデアから出願までの仕組みができており、プロジェクトで発明者のアイデアをパテント化していきます。その場合、企業の出身者だけではなく、大学の研究者もいるため、知財の認識がないこともあります。そのため、まずパテントマップを作る。その中で自分のアイデアがどういう強み、弱みを持つか、あと先行事例を調査する。その辺を知財プロデューサの力を借りて行い、出願しました。それが戦略的な出願、結果的に強いIPパテントになるかはまた別の話ですが、それに結びついているということです。

2番目の知財審査会について、もちろんアイデアや提案は大学、企業から出ますが、大部分は企業の出向研究者からの提案です。もちろん大学との共願という形で出ています。したがって、権利は大学、企業、両方で持ちます。出願費用は全て企業が持ち、大学には資金面の負担をかけないので、どんどん出願して下さい。権利は大学でも持ちます、という形で企業に出願してもらっています。

【西本委員】 関連して知財関係の質問です。非常に先駆的な取り組みを行い、成果があがっているという説明でした。その通りだと思いながら聞いていました。その管理について、その後強い特許にしていこうという説明でした。このプロジェクトは集中研方式ということで、拠点は複数箇所でしょうが、研究者が1カ所の拠点に集まる。そこでアイデアの掘り起こしというか、アイデアのもとになる部分の件数を増やす効果もあります。集中研の意義として、研究者を集約した効果がどうであったか、コメントをお願いします。それから、出願した件数、研究者当たりの件数をどう評価しているか、その2点をお聞きします。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 後者の質問については110件です。年間20件を少し上回る数です。発明者は企業出向者がほとんどです。企業出向者は20人弱です。もちろん、プロジェクトには、ポストドクターやアカデミアの人もたくさんいます。数としては1人大体年間1件か1件強になります。企業では年間1人2件、多いところだと3件、ノルマがあるそうです。内情を言いますと、2件という目標を掲げていました。1人1件については、量的な面では少ない。ただ、質の点は、知財審査会によって、クレームの拡大や権利の拡大を図るという意味で強いものになりました。

それと、知財出願の中で、1番目の質問は企業のことですか。

【西本委員】 いえ、集中研についてです。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 正直言いますと、これは各研究センターに依存した部分があります。Life BEANS センター九州には3社の企業が入っています。その3社が連名で出願するなど、よく連携がとれています。材料の場合はこうした連携がとれます。ただし、3D BEANS センターには10社ほどが参加しており、デバイスへの志向が強いところは、企業同士が連携して出願することはほとんどありませんでした。大学と企業の共願が大部分です。単独で企業が出すことは余りありません。大学や国研の人との連携が多い。企業間のパテントを出した九州センターはそういう意味では特例だと思います。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 Life BEANS センター九州の取り組みは説明されたように、プロジェクトスタート時に、基盤的な取り組みを行おうと参画企業の知財担当者が集まり、将来どういうアプリケーションに発展していくか、いろいろなことが想定されるので、基盤の部分は連名で出そうという話になりました。その後、その特許をもとに次の発明が行われた時、出願人が変わっていると次の特許取得に不利になる可能性があることを最初から想定して、各企業が合意して連名で全部出すことにしました。それが非常に良い結果につながったと考えています。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 今は知財の話が中心でしたが、研究課題も知財よりも厳しくないの
で、企業間で連携をとっています。藤田先生、コメントをお願いします。

【東京大学：藤田教授 (SPL)】 サブ PL の藤田です。4つセンターがありますが、その中の2つ、Life BEANS センターと3D BEANS センターは東大生産研の中に置いているので、4つのセンターが3つの傘の下にありました。大体2カ月に1回、Life BEANS センターと3D BEANS センターの合同研究会を行いました。研究進捗及び方向性を議論しました。バイオの専門家とナノ加工の専門家、企業の方々が、他のセンターでどういうことを行っているか、分子、原子の親和力をナノ構造の作り方にどう使うことができるか、ナノ構造を使って生体に対する反応を和らげることができないかなど、異分野の視点を加えて発想を変える議論を行いました。ほかの人の話を聞くだけでも、基本的にはテクニカルタームが非常に違うため、勉強できました。触発された中で、いろいろな評価の方法や方向性、そういうものが新たに創発的に出てきた場面もありました。私もその合同研究会に参加しています。大変違うところ、企業、大学と一緒に議論したことは役に立ったと感じています。

【澤田委員】 製造技術と融合、プラットフォームを作ることがポイントで、製品はその後です。これから
が本当の意味で評価されます。私は、これはむしろ遅過ぎた気がします。外国では以前から融合に取り
組んでいます。日本でも10年以上前から行ってもおかしくないが、なかなか難しい。安達さ

んは医工学連携で医者と行っています。私は民間出身のため、少し威張っている先生でも対応できませんが、工学部の先生が少し威張るようになると、プライドが邪魔します。威張るのも問題です。いつも悪口ばかりいっているという感じです。それでは、なかなか進みません。そういう意味では、融合を組織立てて行ったことは遅過ぎたと思います。評価はこれから出るため、何とも言えませんが、先ほどの服部先生のご指摘されたようにならないために、製品化まで何か出てくるとよいと思います。

もう1つは、見直しや中間評価と書いてあります。これはだれが見直し、どうしているのかという疑問がありました。別なプロジェクトで、たしかNEDOであったと思いますが、中にもう1つ部会があり、そこで市場調査や知的財産の管理を行っていました。第三者的という言葉は悪いのですが、第三者的な立場にした部会を、こういう大型プロジェクトの場合、設けてはどうかと思います。そうしないと、担当者レベルでの見直しでは、先ほどのように疑問を持つ人もできます。少し課題が難しかったから降りたのではないか。そう思われぬように、第三者が見ても誤解のないシステムを作っていくのがよいと思います。

【出川委員】 成果の今後の使い方をお聞きします。ワンストップ型のライセンスや、いろいろな新しい仕組みを作ったことは大変であったと思います。これは企業に使ってもらうことが目的です。例えば国内の、もちろんプロジェクトに参加した企業が使うかという話が第一にあります。この見通しと、プロジェクトに参加しないが、国の資金を使っているため非独占のサブライセンスということで、参加していない企業にもライセンスしていくのですか。その辺の反応というか反響、見通し、今そういうことを聞かれてもわからないと言われると、それで終わってしまいますが、いろいろな感触が出ています。1つは実際に行った企業、2番目はそのほかの国内の企業、それからもう1つ、これだけいろいろ発表しているのに、海外でぜひやりたいという企業はないか、全体的なイメージを教えてくださいと参考になります。逆に言うとぜひPRして下さいという話です。

【BEANS 研究所：福本副所長】 サブライセンス、ワンストップライセンスに関しては、ホームページを設けて待ちの状態、誰かがホームページを見つけて問い合わせてもらっただけではありません。単に管理するだけではなくて、大学の TLO や発明協会と連携して売り込んでいく活動も計画しています。反応は、毎年、マイクロマシン/MEMS 展で BEANS プロジェクトの成果セミナーあるいは展示会を行う中で、企業から、ぜひこの辺の技術を教えてほしいという申し出が多々あります。ビジネスをどこまで考えているかはわかりませんが、何らかの反応はあります。反応は、どちらかという海外企業のほうが多いという感触を受けています。国のプロジェクトであるため、海外企業にはライセンスの条件に差をつけることもガイドラインに織り込んでいます。そういう形で、使われていくらのものですから、そういうところは、有償ですがオープンにしていくという基本ポリシーです。

【出川委員】 今答えろといっても難しいかもしれませんが、先ほども話しましたが、企業のアライバ研究ではなく、参加した企業が本当に使うか、そのフォローアップをどのように考えていますか。

【BEANS 研究所：福本副所長】 参画企業が使うかどうかは、午後から企業の報告があります。製品化の計画を立てているものも数社あります。実用化の一端についてのもあります。うまくいっている企業はという言い方ですが、複数の企業がそういう状況にあります。その他の企業も、現時点での構想、事業化に至るまでの課題を見つけて、ロードマップを想定しています。まだこれからいろいろな見極めポイントがあると思いますが、事業につなげる方向で進めています。

【NEDO：渡辺主任研究員】 NEDO では事業終了後 5 年間、毎年、追跡調査を実施し、成果を使っているか継続して調査します。

【庄子分科会長】 全体の評価をまとめる観点から質問します。マネジメントの資料（資料 6 プロジェクトの概要説明資料 19/25～20/25）について、それぞれの拠点、グループを統合して運営していくことは非常に難しいと思います。この組織の特徴と、いくつかある委員会の中で一番機能したのものについて、コメントをお願いします。

【NEDO：渡辺主任研究員】 まず運営・管理について、BMM マネジメントと書いています。プロジェクトリーダー（PL）である遊佐所長をサポートする研究副所長が3名います。その研究副所長が各拠点を担当しています。研究副所長と PL が毎週情報交換、進捗確認を行ったことが、進捗が芳しくないテーマ等の早期把握につながりました。研究拠点会議も大体月1回のペースで行いました。そこで直接研究員と進捗状況を確認しました。さらに、京都大学の小寺先生にプログラスマネジャーに就任してもらい、年2回、各拠点を厳しくご指導していただきました。

2番目の各種委員会活動は、優劣をつけることができないほど成果を上げています。シミュレーション委員会については、今日発表がありますか。

【BEANS 研究所：福本副所長】 シミュレーションとしてはありません。

【NEDO：渡辺主任研究員】 これはシミュレーション共通のプラットフォームとして、実験の効率化のためにいろいろなシミュレーションの手法を話し合うといった委員会です。

【BEANS 研究所：遊佐所長（PL）】 私から説明します。BEANS プロジェクトはプロセス技術を対象とするため、実験による検証が主流です。しかし、どうしても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ました。事前に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を作りました。ここにシミュレーションを担当する、具体的にはみずほ情報研等に入ってもらい、各プロセスが抱えている課題を、シミュレーションで洗い出し、解決策に取り組みました。この委員会が非常に活発に動きました。中性粒子ビームを使ったエッチングの形状予測、本当にどの程度のアスペクト比が達成できるかなどのが、今ではシミュレーションで予測できるレベルになりました。このシミュレーション委員会が横断的な委員会として活躍しました。知財委員会は、先ほど説明のあった通り、知財のルール作り、技術の審査会などでも功を奏しています。

【庄子分科会長】 ありがとうございます。2番目は、環境の変化への対応についてです。中間評価が2010年に行われた後、東北の大震災が起きました。これは非常に大きな環境変化です。これに関して行った対応があれば説明をお願いします。

【NEDO：渡辺主任研究員】 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ました。ここでは装置の破損等はありませんでしたが、ライフラインというか、ユーティリティーが使えないために実験ができませんでした。その時に、Macro BEANS センターに出向している三菱電機の関西の事業所で作業可能なプロセスを回すなどの工夫をして、電気不足などに対応しました。

【庄子分科会長】 デバイスの製造・開発は、各実施者が、それぞれの力を発揮して行うことができると思いますが、もう1つのプラットフォームの構築は難しい課題だと思います。これは今後構築していくべきものだという意見もあると思います。このプラットフォームについて、どのようなイメージを持ち、これからどのように確立していこうと考えているのか、コメントをお願いします。

【BEANS 研究所：遊佐所長（PL）】 プロセス技術は、デバイスあつてのプロセスではないか、プロセス技術が最初にあるのではないと、中間評価でも指摘されました。あるデバイスがあり、その特性を実現するためにプロセスがあるので、本当にプラットフォームという概念があるのかという指摘も受けました。ただし、BEANS は1つのデバイスを特定のプロセスで行うのではありません。そこには研究課題であるバイオとナノの融合や、有機材料の融合があります。あるデバイスを実現する時、BEANS で開発されたいろいろな研究課題が必要になるという意味での、マトリックス的な一目わかるものを作ることが大事です。一旦できれば未来永劫使うことができるわけではなく、これが展開していくには、もう少し普遍性や波及性を明確にしないと、私の説明で言う、点から線、面にはいきません。今そこまですべてではありません。では今後これをどうやって増やしていくか。知識データベースやシミュレーション技術があります。これらを一般に広く公開することで、強化していこうというのが1点です。

これは使っていけないと広がっていかないので、各企業が使うにはどうしてもパテントが必要です。

現在 100 何件ほどしかないので、もっと企業が持つパテントや、これから出てくる成果をもとにパテントを強化していく必要があります。正直なところ 100 何件だけでは全てのものづくりはできません。その辺を、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ります。

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。

【澤田委員】 すばらしい結果だと思います。このプロジェクトの製造技術について少し話をして下さい。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 どのような製造技術ができたかということですか。

【澤田委員】 こういう製造技術を立ち上げると、こういうことができたという話をお願いします。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 例えば脂質の 2 重膜の形成プロセスは、まず材料を選びました。ガラスを選ばないと安定した膜はできませんでした。ガラスの加工は、ドライエッチング装置がありましたが、大学や企業のバイオ分野の研究者がうまく扱うことができませんでした。例えばドライエッチングのプロトコルをしっかりと見つけたことが 1 つ。流路を作って脂質 2 重膜を入れるのですが、ガラスに合った脂質 2 重膜の組成、温度、あるいはオイル、そういった条件をしっかりと導くことによって、安定して 24 時間ガラスのデバイスの中に張る条件を見つけることができた。それらが脂質 2 重膜に関連したプロセスに有効ではないかと考えています。

ハイドロゲルに関しては、血糖値センサーだけではなく細胞も関連しています。生体適合材料ということで、いろいろな形に加工したい。私たちの得意なマイクロフレイディクスの技術を使ってどうすれば加工できるか、BEANS を通して研究してきました。

1 つはハイドロゲルのビーズです。これはフレイディクス (MEMS/マイクロ流体工学) を使った W/O (油中水滴) エマルションの中に水を分散させて均一直径の水玉を作る、マイクロフレイディクスでは特異な技術があります。その中にテルモが開発したハイドロゲル材料を入れると、ハイドロゲルのビーズがしっかりできます。その時の直径やフローレートをうまく振ることによって、どれだけ小さなものが安定してできるかという条件を検討しました。

あとは、細胞との相性が非常によい材料であるコラーゲンのサブストレートをどうすれば 3 次元加工できるかに取り組みました。例えばコラーゲンでもビーズを作れば、そのビーズの周りに細胞をまぶして 3 次元の形状を作ることができます。そのビーズからまた 3 次元のストラクチャーに組織を形成するプロセスとして、ハイドロゲルをうまく使ったプロセスが比較的たくさん提案できました。

【澤田委員】 既に技術があったが、ほかの知見と融合することによって実現した、そう考えてよいですか。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 私たちの場合、プロセスの融合が主体になってきます。

【澤田委員】 例えばテルモのノウハウと融合してうまくいったということですか。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 そうです。ハイドロゲルの例がよいと思います。ハイドロゲルの材料というか、モレキュール (分子) です。分子はテルモが開発していました。ただ、その分子にどのようにして形を与えるとセンサーとして役立つか、分かっていませんでした。BEANS の中では、我々マイクロフレイディクスを研究している人が参加していました。そこに京都大学の医学部からお医者様が入ってきて、3 者が連携することですぐできました。

【澤田委員】 理想を言うとそのようなことがなくても融合していればよいのですが、BEANS があることによって融合が加速化されたということですね。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 まさにそうだと思います。

【服部分科会長代理】 今の膜を作ることについて、胆管のガラスの形状がばらついているように見えます。

形状の凹凸がかなりあります。この程度のものでよければすぐ物になると思います。両方とも形状がかなりいびつです。この精度でよいのか、表面の状態は、例えばこれは石英ガラスでやっているのか PDMS (ポリジメチルシロキサン) でやっているのか、知りませんが、表面修飾というか表面の原子構造が問題なのか、何が課題なのか。これを見ると、作ることは課題だとは思えません。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 私たちがガラスの加工に慣れていなかったこともありますが、ガラスの形状でこの様な流路を作った例は余りないと思います。ほとんどがウエットエッチングです。

【服部分科会長代理】 この応用例はありませんが、加工の例から見ると高いレベルではありません。説明された応用例はないかもしれませんが、ガラスの加工ではこの程度は当たり前で簡単にできます。この程度でよいというのであれば、それはそれで非常に魅力があります。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 ガラスのマイクロ流路で脂質 2 重膜を張った例は、世界でもないと思います。

【服部分科会長代理】 そこに特徴があるということですね。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 はい。

【服部分科会長代理】 表面など、何かの状態が変わると変わるのですか。表面張力が違うと、違ってくるのですか。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 一番重要だったのは、チャンバーの形状が少し飛び出す必要があることです。ただ、そのシャープネスがどれだけかという条件まではふっていません。その部分と、脂質の材料です。その部分をうまくふらないと、安定したものができませんでした。

【服部分科会長代理】 結局、脂質の材料が一番問題だったということですか。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 脂質の材料と、あとはオイルです。結果的には表面の状態に影響を与えているのかもしれませんが。

【室委員】 2 番のハイドロゲルは実用化の道筋を説明されました。1 番の脂質 2 重膜の将来展望を教えてください。例えば、癌マーカーのリアルタイム処理について。今血液を持って行くと分析に日数がかかります。それをリアルタイムで行う装置なのか。そうならば、24 時間という寿命はこれでよいのかどうかを教えてください。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 近傍のアプリケーションと、遠いアプリケーションの 2 つが考えられます。近傍というのは、例えば 5 年ぐらいのスパンで見た時に、この脂質 2 重膜の一番の応用分野は創薬だと思います。創薬は今、ほとんどが細胞で行われています。細胞の中で薬がどのように代謝されて反応を示すか、まだわかっていない。分子レベルで見ることは難しいのです。そのかわり人工系というか、この人工の脂質 2 重膜を使うと、プーリファイされた系、膜タンパク質を 1 個だけ精製してきて入れ込むことができる。そうすると、薬をかけた時にどういった変化が起きて、薬が代謝されている、あるいは排出されているか、ハイスループットで見ることができます。

あとは、細胞そのものを使うと、維持が大変で、お金がかかるという問題があります。この人工系に創薬企業の方は注目しています。こういう膜を安定して張ることから、創薬への応用ができるのではないか。例えば薬をかけた時に反応を見るという時間スパンは、すごく熟練した人であれば 20 分ぐらいです。20 分で何回もできればよいのですが、創薬の人と話すとき最低でも 24 時間はこの膜は機能してほしいという話から 24 という数字を設けました。

【室委員】 よくわかりました。あともう 1 点、最後の肝細胞の培養のセルについて。初めの動物実験の時は PDMS スタンプで作ったという話でしたが、最後の人間では SEM (走査型電子顕微鏡) 写真があります。これは材料もわからないのですが、製法も大分違う気がします。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 モールドの形が違うだけです。

【室委員】 材料も同じですか。

【Life BEANS センター:竹内センター長】 材料は同じ時と、違うプラスチックを使っている時がありま

す。ただ、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うまく定着しないので、細胞との接着面は大体同じようなものです。

【室委員】 では、界面のあたりが今回開発したプロセス技術という認識ですか。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 3次元の形状の中で細胞を培養すると、こういう胆管の大きさなり再現性をうまく獲得できるところが一番の知見だと思います。

胆管形成は、こういうチャンバーに入れないと本当にランダムな毛細血管状に「ばっつ」と出てしまいます。事業原簿にも書いてあります。率がまばらで、実験結果がばらついています。こういう小さな器である程度の高さと大きさを入れることによって、ちょうど真ん中あたりに胆管が形成できます。それが非常に回収率を上げています。

【出川委員】 1つだけ教えてください。BEANS だからこそできたポイントはどこですか。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 一例は、血糖値のハイドロゲルセンサーです。BEANS で集まる前は考えもつきませんでした。我々工学者は考えもつかないし、お医者さんもその様なセンサーがあるのを知らない。材料を持っている人はいましたが、その様なセンサーができるかどうか、わからなかった。その3者が集まり、BEANS が始まってからディスカッションを始めて、こういうセンサーができるといったプロトタイプが比較的簡単にできたことに私自身驚いています。

【庄子分科会長】 最後に、脂質2重膜のほうのイメージについて、先ほどコメントがあったように、ほかのものがかかり具体的なものに対してギャップがあると感じました。環境へのセンサーデバイスというのは魅力的だと思います。その辺りのことについてコメントをお願いします。

【Life BEANS センター：竹内センター長】 脂質2重膜は、我々の体が脂質2重膜でできているように、その中に膜タンパク質がいろいろあります。我々にはおいを環境から感じています。犬の場合、非常に高感度なセンサーを持ち、選択性も高い。例えば環境の中には様々なガスがあります。例えば空港ですと犬は麻薬を検知しています。そういう特異的な成分をしっかりと検出しなければいけない。私たちはフェロモンセンサーのようなものを膜の中に発現すると、きちんと選択性の高い応答を見ることができます。例えば膜タンパク質を使うと、フェロモン A、B というのがあるのですが、この構造は非常に似通っている。分子量も非常に似通っている。こういうものをディテクトすることは、QCM（水晶発振子マイクロバランス）やSPR（表面プラズモン共鳴）では難しいが、膜タンパク質を使うと高選択性でディテクトできる。こういうものを、将来、先ほどの絵にあったようなデバイスに入れて、いろいろな環境に持っていくと、高感度に検出できると考えています。

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。

【西本委員】 有機材料のプロセス技術の考え方について確認です。特徴である大面積で安価なプロセスを狙うというコンセプトが最初に示されました。一方、ナノ構造を作るにはEBリソ（電子線リソグラフィ）のほうがよい、中性粒子ビームを使うAR（アルゴンイオン）エッチングを使うということでした。これは部分的にそういうものを使っていくのが正解であるという考え方なのか、あるいは有機材料特有のプロセスを今後も追求していく方向なのか、今後の進め方も含めてコメントをお願いします。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 中性粒子ビームを使ったのは低損傷であるためです。有機半導体に適用できるかどうか、このプログラムが始まってから異分野融合ということで取り組みました。ある程度の成果は出ていますが、まだデバイスに使えるところまでいっていません。

このナノ構造を使うのにEBリソを使う、あるいはボトムアップを使うという方法と、もう1つ、ナノインプリントを作っていく、3つが候補としてあがっています。恐らくこの3つとも可能性があ

ります。この後、パナソニックが長期信頼性に対してどう影響するのかということも含めて検討して、最終事業化に向けてどの手法をとっていくか検討すると考えています。

【服部分科会長代理】 今大きさはどのくらいまでできているのですか。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 大きさといいますと。

【服部分科会長代理】 技術的には非常に成功ということですね。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 はい。

【服部分科会長代理】 非常に魅力的です。今日紹介されたものの大きさ、面積はどれ程のものですか。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 例えば有機 EL で自作したものは、10cm 角で、非常に効率のよいものです。

【服部分科会長代理】 いろいろなデバイスがあります。みんな 10cm 程度の大きさの基板でやるのですか。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 はい、そうです。有機太陽電池についても、10cm の基板を使い、それでシリーズに作って、それで高電圧を実現しています。これは今年のマイクロマシン/MEMS 展でデモを行っています。

【服部分科会長代理】 わかりました。かなり大きいですね。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 はい。

【庄子分科会長】 この技術も、材料も魅力的です。今後のデバイス化、実用化を考える時に、このデバイスの特性は非常によい。ただ、経時変化、寿命の問題、それからいろいろなセンサーやデバイスとして使う時は耐環境性の問題などを評価する必要があります。その辺はどういう検討をしていますか。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 有機半導体は、ご存じのように水、酸素に非常に弱い。例えば、サムスン社のスマートフォン「ギャラクシー」は有機 EL のディスプレイを使っていますが、ガラス基板できれいに封止しています。ただ、有機エレクトロニクスの特徴は、薄いフィルム状であることです。フィルムは水、酸素を通しやすいため、薄いという特徴を生かすには、水、酸素の通過を防ぐ取り組みが重要で、いろいろな企業が進めています。ただ、その結果を待っているのではなく、私たち材料側からのアプローチでいうと水、酸素に強い有機半導体を作っていく、この 2 つのアプローチを進めていくことが大事だと考えています。

【庄子分科会長】 経時変化や寿命はいかがですか。何か評価をしたことはありますか。

【Life BEANS センター九州：安達副センター長】 このプログラムの中でも信頼性の評価装置を導入して、実用化に向けて 300 チャンネルほど寿命試験を行っています。私たちが開発したものは、今商品化されているものと余り変わらない寿命であることがわかってきました。

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。

【澤田委員】 企業とどういう共同研究をしていたのか、説明ではわかりませんでした。今、企業の方の話をされましたが、どういう企業と研究を行っていたのですか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 参画している企業ですか。

【澤田委員】 割合を教えてください。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 先ほどご紹介したテーマの推進役のほとんどは企業の出向研究員です。おそらく Macro BEANS センターと同程度の割合です。企業からの出向者が主体的に研究を進めており、大学で雇用しているポストドクターは少数にとどまっています。今回紹介した成果は、ほとんどが企業から出向してきた 30 代の若手研究員によって出されたものです。

ただ、企業の研究員だけだと、成果を出すことが中心となり、その背後にあるメカニズムの考察が乏しい傾向があると最初のころ実感しました。それを議論の中で我々大学側の人間があえて何度も

聞き回ることによって、彼らも深い意味を考えるようになりました。その結果として今回ご紹介したような成果が、遠回りのようですが、最終的には効率よく得られたと思います。

【澤田委員】 企業からの出向者が多いので、企業に戻り、成果を展開していく可能性があるということですね。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 その通りです。例えば、ナノ流路を作ったナノ液滴生成デバイスや、バクテリアトラップデバイスはフジクラからの出向者が研究していました。フジクラは、ご存じの通り、バイオ系の知見は全くありませんでしたが、彼らはLife BEANSセンターとうまくコラボレーションすることによって、新しい応用の芽に気づきました。2人の研究員がフジクラから3D BEANSセンターに出向していました。企業に戻っても2人は同じ研究所の市場開拓グループの中におり、市場開拓も含めながら研究開発を続けるフェーズに入っています。この後、富士電機から粒子配列プロセスをガスセンサーに応用する発表があります。富士電機はガスセンサーのビジネスを続ける強いモチベーションを持った会社です。その中にこういうナノメートルスケールの構造を導入する。若手研究員が5年間学び、彼らの研究開発のテーマの中で今後展開していくフェーズに入っています。

【NEDO：渡辺主任研究員】 具体的な企業名をお尋ねになっているのですか。

【澤田委員】 いや、割合です。何社ぐらいですか。

【NEDO：渡辺主任研究員】 それは午前中の概要説明15/25に企業名も入った説明があります。

【澤田委員】 そのうち何社ぐらいが事業展開に興味を持っているのか、知りたかったのです。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 3D BEANS センターの中での会社名ですね。

【澤田委員】 今2社あがりしました。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 あと東芝。ここにはオムロンが入っています。これは先ほど言ったフジクラです。これは東芝です。これが富士電機。これはSII。あと、超臨界成膜を行っていたのはデンソーです。これは今も我々と共同研究が続いています。今回紹介しませんでした。前半の段階ではパナソニック電工が、シリコンの表面に発光デバイスを作ろうと参画していました。

【澤田委員】 この超臨界の研究の進捗状況は世界的にはどの様になっていますか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 この超臨界流体成膜は、一時期新しいLSIの配線プロセスに使うことができるということで、本プロジェクト開始前に流行りましたが、超臨界流体の中でパーティクルが発生しやすい傾向があったため、LSIへの応用は現在下火になっています。しかし、その時にMEMSでは別の応用範囲があるのではないかと我々は目をつけ、現在に至っています。

状況としては、小さいハンドメイドの装置でどこまでできるかという研究開発はいくつか行われていましたが、MEMSのクリーンルームに入れる8インチ対応の装置を作ろうという試みは多分我々しか行っていません。うまくいけば日本発のプロセス技術がMEMSの製造プロセスの重要な部分になり得ると思い、現在、研究開発を別枠で継続しています。

【室委員】 いろいろ面白い技術がたくさんありますが、実用化イメージがいま一つわかりにくいです。まず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）を置きかえるイメージを持っているという理解でよいですか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 結論としては、適材適所で使い分けるのがよいと思います。高速化の試みを続けてきましたが、残念ながら通常のICP-RIE、特にボッシュプロセスに対する速度の優位性はありません。損傷が少ないという特徴はICP-RIEでは得られないので、多分合わせ技を行うことになると思います。電子が走るチャンネルを作る、あるいは光の導波路を作る、そうした結晶欠陥がデバイスの特性に対して悪影響をもたらす部分、なおかつそこが基板を打ち抜くというような極端な早いプロセスを必要としないところに適宜利用していくことになると思います。

【東京大学：藤田教授（SPL）】 併用するとQ値が上がる話をしました。

【室委員】 それは表面のラフネスが改善されるからですか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 機械の振動特性に関しては、そうです。

【室委員】 超臨界に関しては、これは大容量キャパシタを作るのが目標なのですか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 いえ、違います。これは1つのデモンストレーションです。

高アスペクト比の加工が可能であることを示す例としてキャパシタを作りました。これも1つのアプリケーションになると思います。例えば、シリコン貫通電極 (Through-Silicon Via、TSV)、基板を貫通する孔への配線、この後いろいろな構造が出てくると期待しています。側面につけなくて困っているところに対する1つのキラー成膜プロセスとしてこれが展開していくと思っています。

ちなみに、中性粒子ビームで1つ言い忘れましたが、1回従来エッチングで削った後、鉋 (かんな) がけのように少し中性粒子で削ると表面がきれいになるという使い方も我々は実証しています。

【室委員】 そういう使い方もあるということですか。あと、フェムト秒レーザーのレーザーアシストについて、これはマイクロチャンネルというのですか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 基本的にはマイクロ TAS 系のデバイスへの応用を考えています。

【庄子分科会長】 1つだけ伺います。3D プロセス技術のプラットフォームを構築という観点から、位置づけ的には、今回開発したプロセス技術でないとできないところを狙うことが主と考えてよいですか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 この新しいプロセス群を作ることができる、これでないとできないアプリケーションを最後は狙っていきます。

【庄子分科会長】 実用化を考えると、生産時のスループットを上げ、トータルな意味でのコストを抑えなければいけないと思います。その辺の見通しは何かありますか。

【3D BEANS センター：杉山センター長】 中性粒子ビームエッチングの装置も含め、基本的には従来のその辺にある装置からとてつもないジャンプをしなければいけない装置はありません。この中性粒子ビームエッチング装置も普通の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です。従来型の装置開発をそのまま使うことができるので、装置コストが高くなることはないと思います。

ただ、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ります。これは結論を出すにはもう少し検討が必要です。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ェットベースのものが多いので、装置コストとして大幅に高くなることは恐らくないと思います。むしろウェットを使った時に、粒子配列あるいはカーボンナノチューブ (CNT) の誘電泳動も含めて大面積の面内での均一性がどうなるか等、このプロジェクトで詰め切っていない課題があると思います。コスト面もさることながら、生産性の面を、より開発されるべきよいアプリケーションが見つかってくるという前提のもとに、何らかの形で研究開発を続けていき、モノにしていくことになると思います。

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。

【出川委員】 現実には難しいと言われましたが、チャレンジャブルなところだと思います。例えば大気圧プラズマ、あとの繊維もいろいろな試みが昔からあります。今回、4 インチとまだ小さくても、いろいろなものができたという話でした。それらは、大きくしても使うことができるのか。企業からの出向者と研究していて、反応というか、正直なところどう考えていますか。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 大気圧プラズマは原理的にはわかっていたものですが、装置化は簡単ではありません。装置化する手前まで今回開発できたので、その成果は非常に大きいと思います。ただ、事業化となると、太陽電池事業をどう考えるか、そのことのほうが大きいのです。こ

のプロセスは三菱電機が主に対応しています。三菱電機の中で太陽電池事業がどうなっていくか、そのことのほうがある意味影響が大きいのです。非常に有望なプロセスができましたが、大きな装置を研究するには、使う人が必要です。その装置を作るというところまでいきませんので、そこは.....

【出川委員】 もう少し具体的に言うと、太陽電池の状況もどんどん変わってきました。それに対してどういうマネジメントというか、方針を出したのか、その辺が知りたかったところです。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 非常に難しい質問です。私がみたところ、会社の方針が完全に変わったわけではなく、少し様子を見ようということです。大きな流れとしては有機薄膜太陽電池ということなので、ぜひ.....

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 立場を変えて。

【BEANS 研究所：福本副所長】 立場は変わりましたが、5年前の提案時は、太陽電池、薄膜系という状況があり、我々から行いたいという提案でした。しかし、これは太陽電池だけが出口ではありません。非真空で、真空チャンバーがなく機能するシリコン膜ができることには、大きな波及効果がある。単なる構造材のシリコンの膜ができたのではなく、電子デバイスレベルの機能膜が真空チャンバーなしにできることに魅力がありました。太陽電池という事業は5年の間でいろいろありましたが、この技術を持ち帰って多くのところに適用できると考えています。

【出川委員】 聞きたかったことはその辺です。昔から大気圧プラズマはいろいろな会社に取り組んできました。これは太陽電池のための目標値だったかもしれませんが、半導体デバイスという横展開の上でどのくらいの意味があるのか教えて下さい。

【BEANS 研究所：福本副所長】 電子デバイスの中で、太陽電池のグレードは低いほうです。そこが非真空でできるというだけでも大きな効果があります。酸化膜系までの展開を考えると、このシリコンを作ることができるということは、それよりも酸化膜系はやりやすいのです。そういう分野の展開も考えれば、具体的な話はこの後の部かもしれませんが、展開は広いと会社側は思っています。

【室委員】 面白い技術だと思います。こういう大面積デバイスは、太陽電池などのエネルギー関係、あとはウェアラブル関係で有望だと思います。1点目は、有機技術が印刷系で有望だという中で、シリコンという位置づけをどのようにとらえているかです。プロジェクトとして大面積 MEMS というような、有機と一体化したほうがわかりやすいのではないかと感じました。

【BEANS 研究所：福本副所長】 このプロジェクトは大きく2つあります。シリコンの話と、後半のフレキシブルの繊維状です。こちらは有機との親和性が非常に高いと思います。

【室委員】 織物ですね。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 多分ご質問の意味は、こちらはシリコンなのに、何でこちらは有機系なのかということですか。

【室委員】 シリコンのほうが太陽電池を狙っているとすれば、目標値を移動度ではなく、光電変換効率的な目標値にしたほうがわかりやすくないですか。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 太陽電池も、もちろん1つの応用です。

【BEANS 研究所：福本副所長】 シリコン機能膜を非真空で開発するという位置づけです。その1つの出口として太陽電池を取り上げました。

【室委員】 それはわかります。ただ、かなり大きな出口ではないかという気がしたので質問しました。

もう1点、織物を使ったアプリケーションについてです。ここに書いてあるアプリはみんな分布型センサーを意識しています。例えば1mの織物ですと、xとyの辺に何十本も電極をつけて取り出すデバイスをイメージしているのですか。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 もちろん端からとります。

【室委員】 100本ぐらい電極のリードをつけるというイメージですか。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 基本的にはアレイ状になります。端の処理までプロセスと

して開発できていませんが、例えばこういう LED をアレイ状にしたものは、端から電極をとる構造をとっています。これはただ電力を供給すればよいだけですが、この光るパターンを変えようとすると、どうしてもそういうことが必要になるので、今取り組んでいます。

【室委員】 これは繊維を織り込むところ全てから出してはいませんか。何本置きとか、何本かをまとめるとか。繊維から一本一本出す分布型センサーにしては、少し本数が多過ぎる。布を織り込むより、もっとラフなパターンングでよいという気がしたので、質問しました。

【東京大学：藤田教授 (SPL)】 全部の繊維に入っているわけではありませんね。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 そうです。繊維はもちろん……。

【室委員】 全部の繊維がセンサーではなく、何本に 1 本という形ですか。

【Macro BEANS センター：伊藤センター長】 はい。センサーとして機能しない繊維も入っています。

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。

【服部分科会長代理】 編集権限者数とは何ですか。編集は 1 人で行っているということですか。

【BEANS 研究所：新田部長】 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ます。記事を書くことができる方は少し敷居が高いというか、ある程度審査を受けた人でないと無理なため、現状はマイクロマシンセンターでいろいろな事例を入れています。今ユーザーは 1 人という形になっています。ただ、BEANS にはその辺の課題もあります。実際データベースを作る時に編纂委員会を設けています。そこで外部の先生方に編集者になってもらい入力しています。引き続きそういう先生方に入力していただけるように、8 名ほど先生がいますが、そういう方に。

【服部分科会長代理】 件数的にとっても多くなると、資金やマネジメントの問題を含めて大変ですね。

【BEANS 研究所：新田部長】 プロジェクト終了後は、先生方にはボランティアで行うことのできる範囲で、ご厚意の範囲でということにしています。やはり後継プロジェクトを考えなくてはいけないと思います。確約できませんが、BEANS 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になってきますので、そういった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 で作ったプラットフォームや枠組みを利用してデータを入力していくことも考えてよいのではないかと考えています。

【服部分科会長代理】 わかりました。もとに戻って申しわけないのですが、発表された方の所属、どういう立場でこれに参加しているのですか。

【BEANS 研究所：新田部長】 私は企業からの出向者です。

【服部分科会長代理】 例えばデンソーやオムロンからの出向者ですか。

【BEANS 研究所：新田部長】 先ほど名前が出た「みずほ情報総研」からです。

【庄子分科会長】 データベースを生かすにはインデックスがしっかりしていないといけません。どういう項目で引くかが重要だと思います。先ほど示された分類、6/10（事後評価分科会資料 7-1-4 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）でしょうか、この分類の仕方が統一性に欠けるように思います。

【東京大学：藤田教授 (SPL)】 細かい分類をぜひ見て下さい。この薄いほうの冊子の 1244 ページ、1245 ページ（資料 5-1 事業原簿（公開）【その 2】）です。関連したことを含めて話しますと、最初の 1 年半をかけて、カテゴリーをしっかりと作りました。私はこのデータベースの編纂委員長を務めていました。先ほどプラットフォームの話が出ました。具体的なものづくりのプラットフォームと知のプラットフォームというのでしょうか、その考え方をどう示していくか。それに便乗して他の人が続いて

くれれば BEANS という概念が日本発の概念として世界に確立していくと思っています。その時にどういう枠組みでものを考えるか。こういうデータベースのカテゴリーは、データベースを整理するために有効であると考えました。例えば、1244 ページと 1245 ページに、プロセスのインテグレーションのカテゴリーで、リソグラフィからいろいろなことまで全部網羅的に書いています。ある事例については複数のカテゴリーに対応してもよいことにしたので、それがどういう関連で結びついてプロセスができていいのか、デバイスを作る時にどういうものが関連して作られるのか、そのデバイスとしての応用の意味はどこにあるのかという意味でのデバイスの分類、そういうことをまず整理してから取りかかりました。

その中に入っている量は必ずしも一様ではありません。技術のレベルとして、基礎プロセスは今論文が多いが、その基礎プロセスを使いこなす、応用したデバイスはまだ少ない。応用に入るところは数が少ない。これを見ると、今後は早目に安心安全快適デバイスに取り組み、まだ知識のないところに新しいことができる、そういうこともわかってくると思います。話が長くなりましたが、そのようなことで作って入れました。

【庄子分科会長】 今のカテゴリー分けをもとにすれば、インデックスのやり方も明確になるのですか。

【東京大学：藤田教授 (SPL)】 そうです。これから引くこともできます。ある特定のトピックでひっかかったものが関連のどういうインデックスになっているかがわかり、そこを押すと類似したプロセスが出てくる、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の構造になっています。

<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 パ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】 本日は懇切丁寧な説明、ありがとうございました。異分野融合ということで新しい取り組みが多く、面白く聞かせていただきました。現在の日本は、製造業が出口の見えない状況です。このプロジェクトのようなインターディシプリンな研究開発がブレークスルーを作ると私も常々感じています。

具体的取り組みや、内容を聞くと、非常にチャレンジングで、従来型とは一味違うものを感じました。ただし、最後の実用化は、具体的なイメージがまだ足りない気がします。こういったプロジェクトを成果に結びつけるのは難しいと思いますが、もう少し商品イメージを明確にして取り組んだほうが実用化につながると感じました。

【西本委員】 本日はどうもありがとうございました。平成 22 年の中間評価の時から久しぶりに全体イメージの説明を受け、異分野融合の成果がいろいろ出ている、従来の MEMS のイメージを広げる成果がたくさん出ていると感じました。

改めて国の上位プログラムにおける位置づけをもとに、達成目標としての革新的 MEMS の本格普及と現状の成果の違いというか、ギャップを見ると、まだこれからという課題も多いと思います。プ

プロジェクト終了後は、今後の課題は産業側ということがよく言われます。しかし、先ほどのコメントにもあったように、それだけでは本当の実用化、産業化は厳しいところもあります。ぜひ今回の成果を生かすという意味で、まさにプラットフォームですが、ハードウェア的にも製造ライン、製造装置の維持・メンテナンス・共用化あるいは普及という部分、ソフトウェアの分野でも知識データベースの拡充・メンテナンスが重要です。公的な取り組みの継続を産業側の立場としてお願いします。

【出川委員】 5年間、いろいろな面でアカデミア、企業の方もご苦労されたと思います。今日は大変勉強になりました。ありがとうございます。昔、私が半導体や液晶を研究していた時に、日本の強みはMEMSにあると思いました。今もそう思っています。BEANSに終わらず、いろいろ派生させ、広げていかないと、日本はだめになるかもしれません。

私自身は、いろいろな企業の開発を事業化するコンサルタントが主な仕事です。企業もだらしなく言うと怒られてしまいますが、どうしても単独でやろうとする。難しい理由はたくさんありますが、これだけたくさんの企業がいろいろなアカデミアと研究しているのに、企業同士のコラボレーションが足りません。MEMSは用途が違うなど、いろいろな理由があることはわかっていますが、ぜひBEANSの中で一緒になった人たち、特に企業の人たちが一緒に取り組めば、今の問題はもっと先に進みます。その場をアカデミアがぜひ作ってほしい。今までも藤田先生をはじめ、皆さん頑張られていることは知っていますが、さらに頑張ってもらいたいと思います。

もう1つは、JSTのMEMS/NEMS技術研究の成果について、私も5年間いろいろなことを言っています。いろいろな成果が、アカデミアベースでの研究ですが出始めています。その1つの理由は、アカデミアの先生方にも壁があるのです。それをひつつける努力をした。無理やりミーティングや、お見合いをさせた。それから、年度をまたがる研究の場を無理やり作った、そういうこともかなり行うと、やはりイノベーションです。それぞれが持っている技術をひつつけるとこの様なことができるという成果が出ています。大学でさえそういうことを行っています。企業はもっと行うべきです。どちらがどうという話はありませんが、そういうことをもっと有効に使う。さらに今日の話では、私のイメージではアプリケーション側もネタがかなり重なっています。もう終わったし、どんどん企業には頑張ってもらいたい。NEDOもそういう場を作る。省庁が違うからと言わずに、努力してほしい。そうするとさらに日本の力が出て、希望が持てると思います。

【澤田委員】 このプロジェクトは融合という意味では大変よかったと思います。私は大学で医学部の先生や、農学部のおつき合いをしています。疲れますが、融合はうれしいのです。専門の言葉が違うと疲れます。勉強もする必要がありますが、楽しいのです。疲れてもうれしいのです。そういう研究では、新しい部分がみんな困っています。1人の力ではできなくなっている。融合は重要です。大学の中でもうまくいかないのですが、私はうまくいくように努力しています。

日本には、同じ分野の企業が多過ぎます。こういうプロジェクトを通して合併してもよいほど多過ぎるため、むだが多い。もう少し融合を進めていく必要があります。足を引っ張り合うのではなく、お互いに高めあって融合していく。このプロジェクトをきっかけとして、そのような展開、このようなプロジェクトができればよいと思います。先ほど言ったように、プラットフォームの部分をしっかり制度化する必要があります。この融合をもう少し展開して、このプロジェクトの後にもよい成功例が出てくると、こういうプロジェクトをたくさん作ろうという話になります。どうもお疲れ様でした。

【服部分科会長代理】 今回のプロジェクトが融合をテーマにしていたことから、私も興味深く聞きました。特に装置絡み、プロセス絡みの融合は資金も、人も要ります。今回のプロジェクトは5年間で大きな成果が出ました。テーマを見ても、独自性があり、成功ではないかと思います。

いろいろな管理の問題も指摘されました。特許も本当にお金を得ることができるのか突き詰めてほしい。日本が勝つ特許を出願してほしい。それがどうかどうか詳しくは分かりませんでした。バイオの個別テーマについて聞いたところ、あるという話でした。日本が勝つ道をぜひともお願いします。

プラットフォームの問題も重要です。私も大学で研究していますが、大学のプラットフォーム、例えば大きな放射光施設、一部の大学はそういうプラットフォームにもお金が出ています。やはりそういう資金を援助しないと、お金も、人もいないということになります。研究資金は経済産業省だけではなく、文科省のものも一部動いています。それらがうまくコラボレーションできないか。皆さんが文科省、国交省、あちこちに働きかけて研究資金をもらおうと、だんだんそういう風土になります。ぜひともそういう形で日本の拠点開発をお願いします。

【庄子分科会長】 私の専門分野ではトランスデューサー、MEMS、マイクロ TAS がありました。そういう分野で今回のプロジェクトに関連する発表は多く、レベル的にも他を引き離す勢いがまだあるという状況です。開発した装置もレベルが高く、世界一と言うことができるものがたくさん出ています。ただ、これらを産業に結びつけるという部分が、先端であるがゆえになかなか難しい。できる限り産業に結びつける道筋を、これは個々に対応するというものではなく、国が対応すべきものです。そういう部分を行わないと、台湾や韓国、中国もレベルが上がってきているので、今後それらの国・地域に対抗する上でも重要だと思います。特に日本の材料技術は強いので win-win の関係を構築することが今後の課題であると思います。願わくは、それが NEDO のプロジェクトとして将来行われ、さらに日本の競争力を高めてほしいと思いました。

このプロジェクトを通して人材育成ができたと紹介されました。せっかくできた人材を生かす環境をぜひ作ってほしい。これは企業へのお願いです。

このプロジェクトで共同研究を行ってきた大学や研究機関が今後も継続して共同研究を進めるなど、今後の関係が重要です。企業も、いろいろな意味での資金という壁があると思いますが、それをうまく引き出して、研究を継続してほしいと思います。以上です。

それでは、推進部長あるいは実施者から何か一言ありますか。

【NEDO：久木田部長】 長い間ありがとうございました。参考にしたいアドバイスや、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りました。

このプロジェクトを振り返ると、中間評価で大変厳しい指摘を受けて、大きな見直しを行いました。想定デバイスをしっかり規定して研究に取り組みという指摘もありました。それによってプロジェクトの中身を変え、整理しました。その整理の中で企業との軋轢が、NEDO のプロジェクトでこれはこのようにやるとかと、今まで 2 年間これでやってきたのに何で変えるのだ、という議論もありました。それらの議論をうまくさばくことができたと思っています。

その 1 つのポイントは、最初から最後まで NEDO 側のプロジェクトマネージャーが 1 人であったことです。これは NEDO で初めての試みだったのではないかと思います。そのプロジェクトマネージャーが渡辺です。プロジェクトが 5 年の場合、プロジェクトの担当者が 2~3 人変わります。そういうプロジェクトマネジメントも非常に重要です。当たり前のことですが、そのような人事になっていなかったということです。そういうことができたと思っています。

このプロジェクトが終わった後について、昨年、プロジェクトに参加した全社にヒアリングを行いました。その中で、それぞれの会社が継続して研究を行うこと、そして一定の実用化の見通しの意気込みを語っていました。次につながっていくという期待を持ちました。ただ、資金以外にも、いろいろな問題があります。先ほど話の出た社会課題解決のセンサープロジェクトも渡辺が担当するプロジェクトです。うまくそこにつながっていくことを期待しています。

最後に人材の話が委員長からありました。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てきました。ぜひその若い先生方が次のステージへやる気を持って行くことができるようにしたい。その 1 つがここでの評価であると思います。よろしくをお願いします。

【BEANS 研究所：遊佐所長 (PL)】 プロジェクトの実施側を代表して私から。まず、評価委員の皆様、今日は本当に長い間、プロジェクトの審議をしていただき、御礼申し上げます。

私は5年間プロジェクトリーダーを務めました。中間評価では委員からの厳しい指摘がありました。その時は、基礎技術、製造プラットフォームの概念や、プロセスの技術は本来デバイスがあっただけでいいと言われてきました。成果が不十分であり、プロジェクト自体のミッションやコンセプトも不明確であったために厳しい指摘を受けました。その後、デバイスや実用化の想定を固めてきたことがよい結果をもたらしました。中間評価の雰囲気と今日の事後評価の雰囲気の違いに驚いています。今日も審査委員の方々から厳しいご指摘や的確な示唆をいただきましたが、その裏で、融合やオープンという方針でプロジェクトを進めてきたマネジメント方針が正しかった、この方向は間違いなかったと、ある意味自信を持った次第です。厳しい指摘、的確な示唆、私自身としては背中を押してくれた、理解されたという、温かい雰囲気の中で今日の議論を聞いていました。

これからが大事だと思います。これからプロジェクトの成果を生かすことが始まると思います。希望が持てるのは人材です。研究センター長はみんな若い。企業の出向者もポストドクターも若い。この人たちが同じ研究室で同じ釜の飯を食った。長い人で5年、短い人でも3年間一緒に過ごした。若いゆえにこのネットワークは強い。すぐには生かせなくても、この人たちがこれから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などのいろいろな基盤技術が確立し、普及することを今期待すると同時に確信できました。

【東京大学：藤田教授（SPL）】 いろいろな説明を聞いていただき、また、いろいろな議論をしていただき、ありがとうございました。

思い出話になるところがありますが、ご容赦下さい。BEANSは遅きに失したのではないかとのご指摘がありましたが、これを考え始めたのは9年前です。いろいろな方と議論をして、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検討に3~4年かけて、国家プロジェクトになった。その後5年間取り組んできて、その幾つかの見本を今日示すことができました。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る必要があります。みんなが取り組んでいる研究は、多かれ少なかれMEMSの範疇を超えていろいろな融合をもたらしています。日本としての概念を作る、先に先鞭をつけるという意味で、MEMSのコミュニティでこの概念が共有され、後から肉づけされるとよいと思います。そういう意味でも今後のご支援をお願いします。

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
- 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