

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／
高機能センサネットワークシステムと低環境負荷型プロセスの開発」(事後評価) 分科会
議事録

日 時：平成23年11月28日(月) 10:30～16:10
場 所：産業技術総合研究所 つくばセンター(つくば東地区)
NMEMSイノベーション棟1F 国際セミナー室

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	大和田 邦樹	帝京大学 理工学部 情報科学科 教授
分科会長代理	服部 正	兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 特任教授
委員	石田 誠	豊橋技術科学大学 工学部 電気・電子情報工学系 副学長(研究担当) 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	庄子 習一	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 電子光システム学科 教授
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>

小寺 秀俊	NEDO	技術開発推進部	プログラママネージャー
大久保 一彦	NEDO	技術開発推進部	主任研究員
渡辺 秀明	NEDO	技術開発推進部	主査
奥谷 英司	NEDO	技術開発推進部	主査
高津佐 功助	NEDO	技術開発推進部	職員

<オブザーバー>

嘉藤 徹	経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 研究開発調査官
北島 明文	経済産業省 製造産業局 産業機械課 技術係長

<実施者>

(PL) 遊佐 厚	技術研究組合BEANS研究所 所長
(SPL) 前田 龍太郎	(独)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 センター長
伊藤 寿浩	(独)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 副センター長
杉山 進	立命館大学 教授
小池 智之	マイクロマシンセンター 技術開発推進室 室長
荒川 雅夫	マイクロマシンセンターMNOIC つくばセンター長
原田 武	マイクロマシンセンターMNOIC 主任研究員
逆水 登志夫	技術研究組合NMEMS技術研究機構 研究企画部長
安藤 浩二	オムロン株式会社 主事
志村 隆則	日立製作所 部長
今本 浩史	オムロン株式会社 主幹
藤森 司	技術研究組合NMEMS技術研究機構 研究員

阿波寄 実	技術研究組合BEANS研究所 研究員
植木 真治	技術研究組合BEANS研究所 研究員
渋谷 享司	株式会社堀場製作所先行開発センター 研究員
富松 大	技術研究組合NMEMS技術研究機構 研究員
網倉 正明	オリンパス株式会社 グループ長
瓜生 敏文	技術研究組合NMEMS技術研究機構 研究員
斉藤 誠	パナソニック電工株式会社 上席工師
富澤 泰	技術研究組合BEANS研究所 研究員
石原 範之	みずほ情報総研株式会社 シニアコンサルタント
紺野 伸顕	技術研究組合BEANS研究所 研究員
浅海 和雄	みずほ情報総研株式会社 シニアコンサルタント

<事務局>

竹下 満	NEDO 評価部 部長
三上 強	NEDO 評価部 主幹
梶田 保之	NEDO 評価部 主査
吉崎 真由美	NEDO 評価部 主査
松下 智子	NEDO 評価部 職員

一般傍聴者 0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「実用化の見通しについて」
 4. 3 質疑
5. プロジェクトの詳細説明 (公開)

(非公開の部)

6. 現地調査
8/12 インチ MEMS ライン
7. 全体を通しての質疑

(公開の部)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(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。
- ・大和田分科会長挨拶
- ・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、了承された。

3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について

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

推進者より資料6に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【大和田分科会長】 ありがとうございます。ただいまのご説明に対しまして、ご意見、ご質問等がございましたらお願いいたします。技術の詳細については、後ほど議題5で議論いたしますので、ここでは主に事業の位置付け・必要性、マネジメントについてご意見、ご質問をお願いいたします。

【服部分科会長代理】 簡単に教えていただきたいのですが、今度の8インチのラインが、1年間という補正予算の中で、非常に盛りだくさんあります。もともと8インチのラインをきちんとつくってやるというのが目的だったと思います。それにいろいろなテーマをつけたということでしょうか、これは8インチのライン、センサとかがいろいろ沢山あるのですが、各社で持ち帰ってつくられているのですか。8インチはまだセンサTEGをやったという段階であるにとらえてよろしいのでしょうか。

【前田センター長】 おっしゃるように、今回はウエハプロセスのみということで、あとは、ウエハプロセスなどのパッケージング等は、今のところまだ持ち帰っている段階です。

【服部分科会長代理】 わかりました。あと、処理回路と書いてありましたが、この8インチのものは、CMOS等はできるのですか。要するにTEGだけであって、将来的にCMOSのものほどこまてつくるということをあまり触れていないのですが。

【前田センター長】 CMOSに関しては、つくばイノベーションアリーナ全体としては、ナノエレクトロニクスのほうがCMOSをつくっていただきます。

【服部分科会長代理】 わかりました。したがって、こちらはセンサが主体的ということですね。

【前田センター長】 そうです。

【服部分科会長代理】 わかりました。ありがとうございます。

【澤田委員】 私がここで質問していいのかわかりませんが、結構1年間短い時間に、8インチラインとかTEG等の装置を使われている。こういう装置の値段は、30数億円の内どのくらいの割合ですか。ざっくり何割とかで結構ですが。

【前田センター長】 20億ぐらいです。

【澤田委員】 20億円ぐらいですか。あと10数億円がセンサとかに使われたということですね。

【大和田分科会長】 ちょっと私のほうからお聞きしたいのですが、新センサデバイス原理検討ということで、8つぐらいのセンサを検討されているのですが、その原理検討というのは、前のほうの課題の中

にはあまり入ってきていないような気もするのですが、その位置付けとしてはどういうところなのでしょう。

【前田センター長】 基本的には、私がお答えするのは不適切かもしれませんが、BEANSプロジェクト本体でやったものを8インチに焼くということによろしいですか。

【遊佐所長】 はい。

【大和田分科会長】 そうしますと、いずれも8つのテーマは、BEANS本体の中でもともと研究されているものを、8インチに向けてさらに検討を深めたと、そういう位置付けなのでしょう。

【遊佐所長】 このGデバイスというのは、基本的にBEANSというのはMEMS等のプロセス技術の基盤づくりの研究でございまして、そのプロセスを実証するという形で、新センサ原理というテーマがこのGデバイスのほうに入ってきております。

具体的にその中でどういうテーマが入ってきたかと申しますと、1つは3次元の粒子配列ということで、ナノセンサというような形でガスセンサとか、それとBEANSでやっております中性粒子ビームを使った低損傷エッチングという技術の8インチ化ということで、実際にそういう低損傷の効果を、これはTEGですけれども、デバイスレベルで実証する等、8つのテーマすべてではないのですが、そのうちのたしか3割か4割は、BEANSがこれまでやってきたプロセスの実証という形で入ってきております。

【大和田分科会長】 わかりました。

【前田センター長】 それで、特にパーティクルセンサについては、今回はクリーンルームということが対象ですので、これについてはBEANSではやっていなくて、今回我々がスタートしたというテーマです。

【大和田分科会長】 わかりました。

【石田委員】 これだけの装置を1年間で搬入して、稼働させるというのは、相当大変なご努力だったと思いますし、また、その中でTEGをつくられて、試作されたということですが、BEANSプロジェクトのテーマを8インチでということで、7種類TEGを組んで、すぐ使える試作ラインを目的にされる。これを1年でできれば、することは相当困難だと思うのですが、どういうところのTEGという、TEGの中身ですね。何を目的とされたようなTEGだったのか、1年間でやれというほうが無理かもしれないのですが、中身はどういうものなのですか。

【前田センター長】 これは具体的にTEGを担当した方が答えたほうがよろしいですね。

【石田委員】 それでは、また後で。

【前田センター長】 詳細な点については、午後をお願いします。

【石田委員】 あと、震災での装置の大きな影響といいますか、その辺がもしあれば。

【前田センター長】 我々、最初、本当はダウンフローのクリーンルームにしたかったのですが、ダウンフローをつくる余裕がなくて、結局、床に固定型にしました。固定型にしたのがかえってよかったというか、ダウンフローだとどうしてもグレーティングの上にあるので、どこのクリーンルームでもグレーティングごとひっくり返って、装置が壊れてしまったのです。我々の場合、地面にくっつけていたので、ほとんど被害はございませんでした。一部、ちょっと強度が足りなくてずれたというところもあったのですが、おかげさまで、今のところ、そんなに大きい装置上の被害はございません。

ただ、もしかしたら地盤が全体に平行移動したというか、沈下しているかもしれないので、それは将来ちょっとまずいかもしいかなのですが、幸いなことに、現状では、今のところ大きい被害はございませんでした。

【石田委員】 ありがとうございます。

【庄子委員】 Gセンサに関しての質問です。1番目と3番目がセンサネットワークシステムの開発という

項目になっていますが、これはセンサネットワークをつくるというのは、センサで測定する目的が達成されたということだと思ふのです。実際これは測定した後に、いかに制御するかというのがほんとうはポイントになってくるかなと思ふます。その辺の関連といひますか、測定して、それを何かにフィードバックして活かすというよな観点はいかにいひますか。

【前田センター長】 クリーンルームに関しては、先ほどお示ししましたよに、夏場の電力をいかに、特にピーク電力をいかに減らすかというので、幾つか工夫をさせていたひだいたのですが、そのときに当然いろいろアナリシスをしました。

他に、オムロンさんでは、事業化しなければいけないうので、クリーンルームの省エネノウハウを幾つか蓄積したという点と、先ほどいひました、パーティクルが少ないうきは送風量を減らすよなスマートクリーンルームみたいなのを一応つくりまして、それでオムロンさんで実証したというところでは。

オムロンさん、何かつけ加えることはございませぬか。

【オムロン (安藤)】 今、前田先生からご説明あつたよに、見える化した後の制御ということではけれど、制御に関しては、パーティクルとか人を見て、実際にFFUの制御というものを3Bのクリーンルームに入れておひますので、また後ほど見ていただければと思ひます。

【前田センター長】 他に、植物工場に関しても、データを集めただけではなく、その後のアクションが大事なので、それについては、日立さんで対応したということでは。特に日立さんはコメントございませぬか。

【日立製作所 (志村)】 植物工場のセンサネットを担当させていたひだきました。今回の実験では、夏の暑いときの空気を冷やすとか、補光照明、冬の暖房、それから、トマトの成長に関しては、水分の制御というところをやらせていただひだきまして、従来方式というのとセンサネットを使ったというのと2つの栽培室を用意しまして、その比較をして、制御をかけたときの効率というのを幾つかデータをとらせていただひだきました。これを精査することによつて、実用化は可能かなと思ひておひます。

【前田センター長】 庄子先生おっしゃるよに、ただセンサネットでデータを集めるだけではだれでもできるので、その後、それをどう活かすかというのが重要だと思ひます。今後とも、我々、とつたデータをその後どうするか、いかに信頼性のあるデータを蓄積するかというのが多分重要だと考へます。そのあたりに注力したいと思ひます。

【室委員】 今回、1年という非常に短い期間で非常にいろんなデバイスの開発をされ、先ほど説明があつたかもしれませぬけど、これらのデバイスというのは、本体のBEANSプロジェクトの中でやってきたのをまとめたよな位置付けなのか、それとも、この1年でスタートしたのが、パーティクルだけは1年の新規予算でスタートしたというけど、そう見て良いのでしょうか。

【前田センター長】 パーティクルセンサは新規です。もう少し詳しく申しますと、センサではないのですが、センサネットに積むICの省電力化というの、独自のBEANSとは関係のないテーマです。あと、ふだんは眠っているセンサをいつどのタイミングで起こすかというテーマも、このプロジェクト独自です。それ以外は大体BEANSプロジェクトを実証するという形かと思ひます。

【室委員】 わかりました。

【服部分科会長代理】 やはりBEANSのプロジェクトとの関係がよくわからないう。前に読んだ内容では、圧電素子とかパワーマネジメントなどが、急にぽつと出てきているのですね。説明がわかりにくいというか。パーティクルセンサはよくわかるのです。電力とか何かの場合で、急にこの圧電素子が出てくる。これは何かと。1年でできるよな代物ではないというよな印象を受けました。それはBEANSを知らなかつたものですから、報告書の書き方といひますか、違和感があります。こういう圧電素子なども、今度の8インチに入れるのですか。

【前田センター長】 圧電素子に関しても、もともとBEANS以外でも、産総研と参加しているパナソニック電気さんもずっと基礎技術はございましたので、それを今回利用させていただいたということです。一応このプロジェクトとダイレクトではないのですけれども、つくばイノベーションアリーナ全体としては、8インチの圧電、PZTの受注は受けるように、今、ゾルゲル法の製造器を立ち上げ準備中です。

【服部分科会長代理】 ありがとうございました。

【石田委員】 研究体制で、今、8インチラインということで、つくばが中心になっておられるのですが、関西の杉山先生もあるのですが、この辺の連携といいますか、その辺のあるいは仕分けというのはどうなっているのでしょうか。

【前田センター長】 テーマ別に一応分けておまして、我々、主に8インチラインが担当で、杉山先生は、関西に近いということもあって、オムロンさんのテーマが一応杉山先生、それから、プラスチックMEMSももともと杉山先生がやっていたので、杉山先生のご担当ということかと思えます。杉山先生、何か補足していただけますか。

【杉山教授】 今、お話ありましたように、この実施者が関西地区で大変実施しやすいというところの地の利の問題で、立命館大学に設置させていただいたのが、これが第一の目的であります。

それから、このプロジェクトのもとになっております技術も、立命館大学がそれ以前に関係していた部分がありますので、そういう意味で、今回、センター関西を設けていただきました。以上でございます。

【大和田分科会長】 ほかに何かご質問、あるいはコメントがあったらお願いしたいと思います。

今の質問の場合には、詳細というよりも、特にプロジェクト全体、あるいは事業の位置付け・必要性、マネジメントについてのご質問ということなので、細かいところについては、後半の詳細の説明の後にまたご質問の機会がありますので、むしろ細かい技術の内容のほうは、そちらでお聞きしたほうが的確にご返事いただけると思います。ですから、全体的なことについてのご質問ということですが、よろしいでしょうか。

時間としては早目になっているのですが、大体必要なことは皆さんお聞きしたということですね。ほかの細かいところについては、後半でお願いします。この後に詳細の説明がありますので、その際に細かい質問をお願いしたいと思います。

それでは、予定の時間より少し早いのですが、ここでお昼の休憩といたします。

5. プロジェクトの詳細説明（公開）

実施者より資料7に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【大和田分科会長】 それでは、これから質疑応答に入りたいと思います。委員の皆様からの活発なご質問、あるいはコメントがございましたらお願いいたします。

では、私からお聞きしたいのですが、最初のほうでクリーンルームのセンサネットワークを導入することによって、省エネの効果が90年度比で60%エネルギーとしては低減したという話です。その内訳として、装置自体の改良があり、それで50%とあって、空調のコントロールで10%というご説明だったと思うのですが、90年度比と言っても、90年のときの装置と全く同じ装置でやるということは、現実にはなかなか難しいわけですね。そこは何か計算でいろいろシミュレーションを行ったということなのですか。

【伊藤副センター長】 そうですね。この50%実現済みという部分については、これは過去というか、比較データに基づいたもので、実際の実機でということではございません。

【大和田分科会長】 残りの10%のところを、そういうコントロールを行った場合と行っていない場合の実際の実測データから10%ということをもとに求めたということですね。

【伊藤副センター長】 はい、そのとおりです。このちょうど黄色い部分になりますけれども、1800が650になりましたということで、その分が減りましたという説明になります。

【大和田分科会長】 ありがとうございます。

【服部分科会長代理】 ちょっと技術的なことで恐縮なのですが、ガスセンサの件ですが、 SnO_2 の粒子を使ったというのは、非常に原理はおもしろいのですが、これはクリーンルームで使う予定の目標なのでしょうか。エタノールとか水素とか、 SnO_2 はいろんなものに反応すると思うのですが、その選択性というところが何も触れていないものから、 SnO_2 、要するに、粒子を使ってセンサ面積を小さくしたというだけで、選択性とか、そういうことはまだここではやられていないわけですか。原理的に表面積を増やしたよというおもしろみはあると思うのですが、何の目標のセンサなのですか。

【伊藤副センター長】 ここではエタノールに対する感度は向上しました。もちろん、すべてに対して、それぞれ SnO_2 、これらに感度があるのですが、ここでは特にエタノールに対しては評価をしています。

【服部分科会長代理】 ということは、エタノールガスが漏れているところだけをやるということですね。要するに、選択性がないから、例えば、水素だったら水素に反応するとか、いろんなものに反応して、反応係数が違うと思うのです。ですから、今はエタノールに絞ったということですね。

そうすると、要するに、プロセスに使うのか、何に使うのか。プロセスであれば、例えば、アセトンとかIPA（イソプロピルアルコール）とか、みんなプロセスで使っていますよね。どこを目標にしたのですか。

【伊藤副センター長】 先生がご指摘のように、もちろん、 SnO_2 の粒子を使うということが最初に。

【服部分科会長代理】 それはおもしろいですけどね。

【伊藤副センター長】 これはさまざまな、逆に言うと、有機ガスの感度がありますので、それがちょうど一番いいだろうということで、ここでは使っています。

【服部分科会長代理】 今の粒子を使って面積を増やして、体積を減らしたというのは非常におもしろいので、今後期待したいと思います。

他に、もう一つ、ガスセンサですけど、堀場さんがやられた WO_3 は、これは熱式ですか。普通のホイートストンブリッジ型のセンサですか。どういう原理のものですか。

【伊藤副センター長】 原理ですか。

【服部分科会長代理】 これ、ブリッジにも見えないし、どういう原理で何をやっているかなと思いました。私もセンサをいろいろやっているのです。

【伊藤副センター長】 なるほど。

【服部分科会長代理】 だから、薄膜式の普通の白金でやっているやつを WO_3 でやったのか、そういう意味なのか、ちょっとわかりませんので、教えていただけたらと思います。

【堀場製作所（渋谷）】 こちらのテーマを担当した者ですが、動作原理としては、酸化タングステン（ Ta_2O_5 ）の材料に対するガスの吸着によって、電気抵抗が。

【服部分科会長代理】 だから、 SnO_2 と同じような原理ですか。

【堀場製作所（渋谷）】 そうです。原理としては同じになります。

【服部分科会長代理】 わかりました。温度は何度ぐらいになるのですか。

【堀場製作所（渋谷）】 アンモニアの場合ですと、大体200°C程度上げます。

【服部分科会長代理】 わかりました。ありがとうございます。

【前田センター長】 少し補足しますと、これはほぼアンモニアがターゲットで、アンモニアをなぜやっているかという、クリーンルーム内は人体から出るアンモニアがレジストの感度にかなり影響するらしいので、それでアンモニアの濃度を室内でコントロールします。

あと、最初のは、クリーンドラフトの中で使っている溶剤で、クリーンドラフトも、結局、せっかく製造したクリーンエアを常に外へ出して無駄があるので、排出量の最適化をターゲットとしているということです。

【服部分科会長代理】 わかりました。ありがとうございました。

【大和田分科会長】 今の人体から出るアンモニアの検知だということですけど、人体から出るアンモニアというのは、濃度としては非常に少ないですね。

【前田センター長】 そうです。

【大和田分科会長】 これでうまく人体のアンモニアの検知ができるようになったということなのですか。

【前田センター長】 ええ。ある程度濃縮機構を入れないといけないとは思いますが。一応可能であると。

【大和田分科会長】 わかりました。

【澤田委員】 プロジェクトの本筋ではないのかもしれませんが、私、エッチングとか植物工場の消費電力等の削減率を見てびっくりしました。逆に、波及効果なのかもしれませんが。本質がわからないと、どういうセンサが必要なかわからないです。だから、現実には相当無駄をやっているなと思います。

ちょっと不思議な感じは、リーフレタスでしたか、かなり消費電力が減っていますね。ということは、普通の農家の人はよくわからないで無駄使いをしているのか。何年もやっておられる経験者の方でも、よくわからないで照明などをやっているのですかね。あまりにも無駄が多すぎる現状をびっくりしたのですが。

ですから、逆に、これはセンサがいいよということを言うがために持ってきたデータなのか、現実に農家の人がこんな無駄をやっているのか、ちょっと知りたかったのですが。

【伊藤副センター長】 これは午前中の庄子先生のご質問に関係しているのですが、もちろん、センサだけでは、これは改善できませんで、例えば、照明のコントロールができるようになっていくということが重要です。しかも、3番についても、暖房のある意味効率というか、制御性を上げるという、そういうところがポイントで、センサだけではなくて、制御も含めたものですので、農家さんが自分で今日はちょっと照っているなという、仮にセンサでそれがわかっても、照明のコントロールができないと、やはり効果はなかなか上げられないということはあります。ですから、LED照明に替えるとかですね。

【澤田委員】 ということは、農家の方は、そんなノウハウは持っているのですね。ところが、一々自分でスイッチを入れたりするのは面倒くさいからやらないだけで。そこがわからない。

【伊藤副センター長】 大規模農場においては、農家さんがぱっと見て、できることって限られていますので。例えば、4番の灌水にしましても。

【澤田委員】 そうですね。やれることは限られている。でも、どうしたらいいかは、農家の方はわかっているのですね。

【伊藤副センター長】 そうですね。大体の戦略はわかっている。

【澤田委員】 それがたくさんあると実際やれないので、それで、このセンサでフィードバックして、コントロールしてあげれば、農家の方のノウハウがそのまま利用できて、低消費電力になるというイメージで。

【伊藤副センター長】 そうですね。あとは、モニタリングすると、農家の方が従来知らなかった部分も出てくると思います。

【澤田委員】 そうですね。本質的なものがわかってきますね。

【伊藤副センター長】 そこまではいいていないですが。

【澤田委員】 私は農耕とか、大変興味がありまして、こういうものをどんどんやっていかないと、逆に、こういうセンサをどんどんつくっていったら、本質的なセンサを開発するということが、より日本を豊かにする方法だと思っていますので、この結果をどんどん外にPRしたいぐらいですね。

【伊藤副センター長】 そうですね。そういう意味では、ここで土壌灌水センサ、これはあんまり良いのがないらしいので、これが必要だというふうに結論もつけています。安いのがつくれないとだめだそうで、今は非常に高いと。

【石田委員】 先ほどのクリーンルームの件で、省エネということで、10%削減するのに、オムロンさんで実施されたというのは、既存のクリーンルームにこれは適用できるというふうに解釈してよろしいのでしょうか。

【伊藤副センター長】 そうですね。センサネットに関しては、もちろん既存のクリーンルームに導入できるのですが、空調の制御性に関しては、実はこのFFUが個別に管理できるような形になっていませんと、パーティクルが多いところだけパワーを増やすとか、そういうパワーコントロールができないといけませんので、すべての既存というわけではなくて、まずは、もちろん、先ほどの午前中にありましたような見える化によって、ある意味マニュアルで制御できる部分については適用ができますけれども、そういう自動制御ということになりますと、制御側については、また少しFFUの交換といったことも必要だということになります。

【石田委員】 ですから、クリーンルームを新たにつくる際には、こういう最適設計がもっといくのだろうと思うのですが、既存の場合には、やはりそういう制約はありますよね。空調を幾つに分割できるとか、そういう話ですよ。

【伊藤副センター長】 そうです。それは少し制限がかかります。

【石田委員】 ですから、10%削減目標なんですけど、それはより最適な設計をすれば、更に落ちるといことになるのかもしれないですね。

それと、もう1点は、日立さんの低消費電力のLSIで、平均消費電力は10マイクロワット以下で、1回測定/秒というのは、1回にどのぐらいの時間でされたのですか。それによって数値はいろいろ変わると思うのですが。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 今出ているスライドの右下をごらんください。表のNC性能というところに、サンプル速度1マイクロ秒と書かせていただいております。あそこにあるとおりで、1マイクロ秒で測定をして、ほかの時間は余計な回路は全部シャットダウンする形で、平均1秒間1回測定で10マイクロワット以下という計算です。

【石田委員】 そうすると、1マイクロ/秒で測定したときの値が10マイクロワット。平均して10マイクロワットになりましたということですね。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 そうです。あと、1マイクロ秒の間の瞬間的なピーク電力としては、右下にある2.06ミリワットというところが実測値になります。

【石田委員】 わかりました。目標値としては、このぐらいで十分なのですか。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 そうですね。既存のというか、例えば、今年度スタートの国家プロジェクトの中でやる、自立電源を用いた無線センサネットモジュール、そういったところへ適用するにあたって、既存のものに比べて半分以下、20マイクロワット程度以下は少なくとも押さえたいというふうに考えてやっておりました。

【石田委員】 消費電力ですね。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 はい。

【石田委員】 2ミリを20マイクロ。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 瞬間のところ2ミリは、これは従来比でいきますと10分の1程度になっておりまして、これは、これ以上はちょっと難しいかなという領域まで達しております。

【石田委員】 そうですか。ではその次は、これを満たすようなエネルギーハーベスタの電源のほうが必要になってくると。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 そうですね。

【石田委員】 LSIとしては、これが精いっぱいだという考え方になりますか。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 そうですね。もう少し接続するセンサを限定するなどといった工夫で、LSIそのものの消費電力の低減、全体を通しての最適化という部分で頑張れる部分はございます。ただ、これ以上そこを頑張っても、汎用性が失われる悪影響のほうが大きいかないというふうに今考えております。

【石田委員】 わかりました。これだけの話ではないのですが、このプロジェクト、1年間ということ、これは今まで続いてきた様々な研究の1年の間の成果というとらえ方でよろしいのでしょうか。多分、すべてゼロからスタートしてなかなか達成はしにくいとは思いますが、今回は。

【伊藤副センター長】 ものによっては、その前に参加企業さんが既にある程度走られていたものもございまして、新規のものもございまして、濃淡いろいろございますけれども。BEANSの成果を活用するというのもございまして、全くゼロからというものは少ないと思います。

【室委員】 今、低消費電力のLSIの話が出ましたので、それに関して教えていただきたいのですけど。

今回はデジタル補正をすることで、平均消費電力を従来の60%下げたとありますけど、デジタル補正と言いますと、今、LSIというのは、センサ関係ですと、デジタル補正というのはもう通常の手段になっている状況だと思うのですが、あえてこれはどのような技術で従来比60%低減したのかということと、あと、そちらの右上の写真ですと、これもデジタル補正を適用すると、チップサイズが小さくなったという話がありますけど、このデジタル補正の中身をもう少し教えてください。

【NMEMS技術研究機構(藤森)】 右上の図、試作LSI等デジタル補正の面積縮小効果のところをごらんください。まずデジタル補正で行ったことなのですが、LSIの製造するプロセスの中で比較的ばらつきの大い容量値、そちらは、ただ容量をADコンバータの基準電圧、比較する電圧を作成するのに容量を使っているんで、そのばらつきがADコンバータの精度を確保するためにネックとなってきます。通常であれば、そこはADコンバータの精度を確保するために、非常に大きいノイズやばらつきなどの影響に対して、十分に大きい容量を用意しないといけないのですが、その容量の誤差をデジタル的に補正するというようなアルゴリズムを使っております。

消費電力の削減に関しましては、この小さい容量値を採用できたことによる部分が大きくて、どうしても容量に充電して放電するということで、エネルギーを無駄に消費してしまう形になりますので、その容量を小さくすることで、そのままADCの消費電力が小さくなっております。

今、1つ説明を忘れましたけど、最初のほうにコメントいただきました、既存のデジタル補正でいろいろ行われているというところなのですが、今、主に学会などでデジタル補正、特にホットな話題となっているのは、主に高速化ですとか、低電圧化ですとか、比較的ハイエンドなADコンバータの部分でデジタル補正が多く使われているかと思っております。その技術をあえてセンサネットで使われている、どちらかというと、速度も1メガsps (samples per second) と比較的遅く、また、分解能も、今ねらってというか、作成しているのは14ビット相当のADコンバータなので、学会などデジタル補正で議論されている部分よりは比較的ラフな性能を持った部分になります。そういったところにあえてデジタル補正を用いて、消費電力を削減することにターゲットを当ててデジタル補正を行おうというのが、本研究のコンセプトとなっております。

【室委員】 わかりました。そうすると、容量を小さくすることで消費電力はこれだけ減るといって、そうい

う理解でいいわけですね。

【NMEMS技術研究機構（藤森）】 はい、結構です。

【室委員】 わかりました。ありがとうございました。

【庄子委員】 8インチプロセスを今回立ち上げたということで、ちょっとその戦略的なところをお伺いします。8インチプロセスで1回目の工程でたくさんデバイスができるというのは、非常に簡単に理解できるのですが、MEMSの分野ですと、やっぱり少量多品種、それで、いろいろな目的でいろいろな構造が違ったりするデバイスというのが実際の用途は多いような気がします。8インチにしますと、やはりマスクの製作コストであるとか、いろいろなコストが一般的には上がるというふうに考えられますが、その辺のところをあえて8インチにするというような戦略的な意味合いをご紹介願います。

【前田センター長】 8インチの理由ですけれども、日本国内で8インチ、DNPとオムロンが分科会の中に兼用室があるかと思うのですが、比較的まだ少ない。それで、諸外国はかなり8インチに移行して、スムーズにTSMCにつながるようなR&DのラインがやっぱりIMECとかにはそろそろできつつあるので、そういう意味で、ある程度先を見越して8インチにしましょうというのが基本ポリシーです。

4インチ、6インチはないわけではなく、4インチ既存もございますので、我々はそれを使っただけでも結構ですが、とにかく日本が今弱いのはコストで、大口径で安くつくるといふ点が弱いので、8インチをあえてターゲットにしました。

また、TSVについては、一部12インチということで、それで、既に民間、大学等にあるものを国研であえて入れる必要もないということで、かなり大口径を思い切ってやったというのが背景でございます。

【庄子委員】 ただ、ちょっとスライドの29枚目、これで8インチMEMSと8インチCMOSという、これが2つ並んでいて、これはイメージされているのは、ウエハレベルでハイブリッド化するとか、そういうイメージですか。

【前田センター長】 そうですね。どちらかという、最後にボンディングを利用するという、そういう意味で、我々のところは、ほかに比べるとボンディングのプロセス装置もかなり特色があると思います。

また、先ほど来マスクの枚数が増えて困るのではないかということに対応して、一応マスクレスリソグラフィ、12インチまで出きます。実際で言いますと500mm角までできるマスクレスの露光機を備えていますので、そういう意味では、特徴としては、8インチ、12インチであっても比較的素早く対応できるということに注力しています。

【庄子委員】 これとも関連していると思うのですが、たくさんつくって、それで、その中の生きているものだけを使うというような方向もあるかなと思うのです。たしか一番後のほう、三菱電機のものはそういうことですか。

【前田センター長】 そうですね。どちらかという、ウエハボンディングではなくて、チップ・トゥ・ウエハのほうを三菱さんに注力していただいて、歩留まりは低くても稼げるようなという、そういう装置の構成にしています。

【庄子委員】 わかりました。実際問題として、そのプロセスの間にデバイスのチェックをして、それで、良いものを集めてというふうなことで、最終的にハイブリッド化ということではないかと思いますが、1つのデバイスとして構築するというとき、目標がモノリシックというところを目標にしている、また別なほうでこういうふうな異種材料をハイブリッド化してつくり上げるというところが、矛盾したような感じがしたのですが。

【前田センター長】 あまりモノリシックはここでは追求はしていません。いわゆるIMECのゲルマニウム

ムシリコン系で全部つくってしまうというようなモノリシックではなく、MEMSである程度つくれるところはつくって、最終的にはボンディングとチップ・トゥ・ウエハのボンディングというのが、実際にはプロセスとしては一番いいのではないかと。それで、そういう意味で、12インチウエハの半導体とセレクションしたMEMSウエハを上に乗せるというアプローチが、今のところとられている手法です。モノリシックについては、どちらかという、それほどは強調していないということです。

【室委員】 今の話でもう1件質問をしたいのですが、低環境負荷の集積プロセス基盤技術ということで、C to Bで実装をやられるような技術を開発されたということです。これは具体的にこの膜はどんなものを使っているか。また、電気接続はどんな形で、単純にパット、特にバンプなんかも使っている感じが図ではよく見えませんが、電気接続をどうされているか。もう一つ、これは真空封止までされているということですが、実際にどのくらいの真空度が得られているか、という3点について教えていただけないでしょうか。

【伊藤副センター長】 まずちょっとおわびしなければいけないのですが、左側のこの絵については、何年かするとういうことができるという、そういう少し先のイメージを書いています。これが全部できているという、そういうことではありません。最初のご質問は、この仮接続にどんな接着剤を使っているかということですが、今回は直接接合するというので、接着剤を使わないので、接着剤を取ったりするプロセスが必要ない。最初の、どちらかと言えば表面のコントロール、あるいはパターンのコントロールで、この接合強度のコントロールをするというのが、この1つの成果です。

あとは、真空封止に関しましては、実験的にはこの直接的な接合プロセスでも1パスカルぐらいの真空度を保つことができるようなプロセスですけれども、ここでもやはりそういった真空封止までここですべて実験的に証明しましたという意味ではなく、あくまでこの接合強度のコントロールができるような、そういうプロセスを開発したというところでございます。

【大和田分科会長】 今の質問に関連してなのですが、接合強度のコントロールというのは、具体的にどういうふうにやるのですか。ちょっとそこがよくイメージできないのですが。

【伊藤副センター長】 これは実際には接合面積を減らしながら、面あたりの接合強度ですので、接続する部分及びパターンですね。例えば、接合の面積、端っこだけ、こういった封止のような形で周りだけ接合するというのと、面積は減りますけれども、実は引っ張っているのと、あまり接合強度はぐんと落ちませんので、こういう、どこの部分を接合して、どこの部分を接合しないかというような、接合面積のコントロールをすることで、実はこの接合強度のコントロールということをします。

【大和田分科会長】 そうすると、要するに、くっついているところはもう100%しっかりくっついているけど、その面積が小さいから、少ないから、全体としては接合強度が低い、10分の1だとか、そういう話ですか。

【伊藤副センター長】 そうですね。その接合部分につきましても、パターンによっては、ちゃんと接触をしないというか、マイクロな接触で接合が保たれます。実はマクロにくっついているというような状況が逆につくりにくいようなパターンにしまして、こういう10分の1というようなコントロールを行います。確かに、マイクロにはそこはちゃんとくっついているというふうにご理解いただいてよろしいと思います。

【大和田分科会長】 わかりました。

【服部分科会長代理】 ちょっと追加ですみません。直接接合をする材料はプラスチック、金属、セラミックといろいろありますが、今回のこの直接接合はシリコンだけでやられた結果ですか。

【伊藤副センター長】 はい。ここはシリコンです。

【服部分科会長代理】 わかりました。

【石田委員】 先ほどの室先生の質問に関係して、今、この8インチは、ここの施設では回路は乗せないという考え方なのですか。

【伊藤副センター長】 回路をつくる想定はしていません。

【石田委員】 そのモノリシック系はあんまり考えていないということですか。

【伊藤副センター長】 そういったウエハを先に用意して、その後加工をするということであれば、それは想定できると思いますけれども、ここでCMOSをつくることは直接できませんので、後加工か、あるいは、加工は別のところでCMOSはするということになります。

【石田委員】 CMOSしてから、後加工でMEMS加工とか、そういうことはできるという意味ですね。

【伊藤副センター長】 そうですね。それは想定内というか、実際にはそれはまだやっておりませんが。

【石田委員】 わかりました。4インチも6インチもあるから、そちらで対応するのはそこでできるということで、8インチになったら、釈迦に説法ですけど、低環境ではないですね。装置から薬品から、すべて非常に消耗品は増えると思いますので、やっぱり8インチにしたメリットが出るものでないと、なかなか使いづらいのでしょうか。

IMECもほかもやっているという話ですけども、あそこはもともとCMOSが中心のところですよ。プロセス開発もみんなそれに沿って上げていっているものですから、あそこに合わす必要は全然ないと思っていて、MEMSで特有、必要なところを攻めるというのも1つかなと思い質問しました。

【伊藤副センター長】 そうですね。先生のご指摘の部分もあると思いますので、だからこそ、我々もそういうものがありますので、完全にはできていませんけれども、デバイス、チップで得たときのカーボンフットプリントをやはり比較できるように、こういうデータベースも、要するに、8インチでつくればチップあたりこういう環境負荷なのだということがわかるような。やはりせつかく8インチを入れて、環境負荷が増えてしまっはいけませんので、チップあたりのこういう環境負荷がわかるようにということを最初から想定して、こういう開発をしたという経緯がございます。

【前田センター長】 ちょっと補足ですけど、いわゆるMEMSチップみたいのではないのですが、例えば、大型の金型で大面積のものが欲しいとか、あと、リソグラフィのステッパー用にちょっと変わったシリコンを加工したりとか、1個でも大きいサイズというニーズも結構あって、その引き合いがかなり多いですね。ですから、いわゆるMEMSでちょん切って一個一個というのもターゲットにあるのですが、一発大きな金型とか、メートル級だけどレゾリューションが1ミクロンとか、そういったものも結構ユーザがいらっしやるようです。

【大和田分科会長】 それでは大体時間が来ましたので、ここで10分間の休憩をとって、再開は1時55分ということでよろしくお願いいたします。

(非公開の部)

6. 現地調査 (非公開のため省略)

7. 全体を通しての質疑 (非公開のため省略)

(公開の部)

8. まとめ・講評

【大和田分科会長】 それでは、審議も終了しましたので、冒頭説明しましたように、各委員の先生方からご講評をいただきたいと思います。それで、順番ですが、説明がありましたように、室委員から順番に。

【室委員】 今日はいろいろ丁寧な説明、ありがとうございました。全体としてまず感じましたのは、やは

り1年間という非常に短い期間の中で、ほんとうにいろいろやることをやられたなど。特にパーティクルセンサ等は、もうゼロからスタートしたということで、その辺のところは非常に感心いたしました。

また、今回8インチラインをつくられたということですが、特に欧米ですと、MEMSは早い時期に200mm、300mmに対応して、大量生産、低額化して、かなりマーケットを取ってきたというような感じがします。ということで、若干日本はその辺のところが遅れていた気もしますので、ぜひこのファシリティをうまく活用して、日本のそういった技術開発に寄与するような形で持っていただきたいと思います。

【庄子委員】 今日は見させていただいて、ほんとうに今おっしゃったように、短期間で装置を入れ立ち上げは大変だったと思いますし、特に震災の影響が大きい中で、ここまで来たというのは非常に評価できます。センサネットワークで制御するという視点等は非常によく、今後、こういうことがもう少し細かい制御につながると、ほんとうの意味での省エネルギー効果が出てくる気がします。ただ、費用対効果は最適なトレードオフのところがあると思うので、今後こういうことを生かすとなると、その点が十分かなという面があります。個々のテーマについては、既にBEANSで進められたものをこのプロジェクトによって加速し、早急に効果を上げるのではないかと感じました。

【澤田委員】 重複しないところだけ申し上げますと、1年間大変だったということは、もう皆様認めています。それから、装置も、まだ短いということもあって、使い切れていないところもありますよね。また、ICとの融合も、やっぱり上手にやっついていかないと、クリーンルームの2つ分かれているというのがありますが、ICとかも融合していかないと、展開がだんだん難しくなってくるので、そこは力を入れてください。要するに、これは補正予算なので限界がありますが、ほんとうは補正予算でなくやってもらいたいぐらいですね。そうしないと、中途半端で終わってしまい、本来のものが補正でやったという感じで、もうちょっと本来は違うのではないのと言いたくなるのです。本格的にしないといけなような感じもするのですが、ちょっと勘違いしているのではないかと感じもあります。

他に、センサですが、これもまだ今からだと思いますが、せっかくだから、このセンサネットワークシステムをこの補正で終わらせないで、これこそ本格的にやっついていかないと、日本は手おくれになるのではないかと気持ちもあります。ぜひよろしく願いいたします。

【石田委員】 各先生言われたように、短期間でここまで来られたというのは、冒頭言いましたけれども、敬服したいと思います。

それはそれとして、産総研さんが日本の企業のこういう中核になるということをとらえるならば、ようやく少しはMEMS関係が整備されてきたという段階です。建物も、先ほど前田さんには、何でこうした構造になったのというのは聞いたのですが、やはり抜本的に産総研、経産省を含めて、長期プラン、マスタープラン的なものを考えていく必要があります。結局、今までNEDOさんのも含めて、10年やっているけれども、いつも見えないなど。ですから、その中の1年をこれに使うというのは良いと思うのですが、大学も同じで長期プランを立てられて整備されるのがいいのかなと思います。そういう意味では、先ほど前田さんに言いましたけど、建物ぐらい産総研で用意しておいてもよかつたのではないのか、という気もいたしました。

見させていただいて、装置等はそれなりに整備されていますが、やはり先ほど室先生もおっしゃられていたように、CPをつくるわけではない。そういうのは任せて、センサMEMSに簡単な基本的なものを一緒にしたいというのは、各ユーザーさんの希望だろうと思います。最低限それができるようにされて、そのためにも、スタッフ含めてノウハウも必要ではないかなと思います。装置はお金を出せばまあ何とか揃いますが、それを含めた長期プランというのがあって、そこですると、このME

MS関係にすれば、別にIMECは怖くないと思うのですが。ですから、やはり世界の中で見える形にさせていただきたいというコメントです。

【服部分科会長代理】 確かに1年間でこれだけ立ち上げているというのは、ほんとうに驚嘆に値すると思うか、よく皆さん頑張られたと思います。

そうなりますと、今の場所の問題とか、次の設備——実用化について今日は余り話題に出なかったのですけれども、実用化のところも、企業が名前を出してやりますよということでもいいのですが、次の展開はなかなか難しいと思います。そういう点で、事業化の先ほどのいろいろお話があった中で、長期プロジェクトの実用化も含めて考えたときに、まず今回の装置であれば、例えば、LSIとかCMOSだと0.1ミクロンルールとか、今、我々の大学では40ナノメートルなんていうルールもやっているのですけれど、そういうもので言うと、このMEMSのところのどういうライン——皆さんにまずファンドリーとして使ってもらうために、このラインはどのようなMEMSデバイスができるかと明確にしてほしい。例えば、ポリマーMEMSや、ナノインプリンティングMEMSなど。我々が使うときは、どこまでだったらできて、どこからは研究だというのがもう少しわかるように、今後やっていただくと、一般の人も使えるのではないかと思います。

全体では、BEANSのプロジェクトは、これはもう大学より難しいことをやっているという感じで、早期の実用化はほとんど期待できないと思います。政府の事業仕分けでは、SPring-8、スーパーコンピュータもやられています。我々の大学は両方とも絡んでいるのですが、結局、費用対効果です。

今回の事業とBEANS今回の事業に少々段差があるように思います。ですから、今後、センサネットワークならセンサネットワークの実用化みたいなものを大きな目標にさせていただくと、もう少し理解しやすいのではないかなと思います。BEANSはかなり高等な内容になっていますので、次の目標は8インチ、12インチファンドリーでということで、例えば、前田さん方が得意なナノプリンティングでものをつくっていくとか、何か特徴を出していただいて、早く実用化で世界に勝てるものをお願いしたいと思います。

【大和田分科会長】 最後に私からの講評ですが、例えば、今8インチラインでいろんなご意見もあったのですが、これはMNOICという形で、今後マイクロマシセンタにその運営を引き継いで、日本の各企業の要望も取り組みながら、そういうシステムとして整備を図っていくということです。その導入というところをこのプロジェクトが行うという位置付けだったということです。いろんな課題等はたくさんあったわけですが、今後のMNOICの運営の中で、ぜひそれを解決しながら、生かしていければ、非常にその意義としては大きかったのではないかと思います。

また、新センサネットワークについても、ある意味では課題抽出的な要素が大分あったということです。これも今年から始まりましたグリーンセンサネットワークプロジェクトがかなり本格的で大規模なプロジェクトになっていますので、うまく引き継いで課題をやっていけばいいと思います。例えば、新センサデバイス原理として8つぐらいのセンサのテーマも、すべてがどうかわからないのですが、一部についてはグリーンセンサネットワークの中で取り上げられるようすし、そういうことで、この1年間、限られた時間の中で、補正予算という中で非常に制約は多かったのですが、それはある意味では、その次にうまくつないでいくように巧みにやっていけば、その成果が非常に大きいと感じました。

また、非常にテーマが盛りだくさんなので、なかなか今日の説明だけでは十分すべてを完全に理解できなかった点もありますが、その評価にあたっては、実際のこういう分厚い書類を全部見ながら、これから評価していきたいと思っていますので、またよろしくをお願いしたいと思います。

それでは、各委員からの講評が終わったということで、推進部長、あるいはプロジェクトリーダーから、最後に何か一言コメントがあれば、お願いしたいと思います。

【前田センター長】 諸先生方、本日はありがとうございました。実際に設備を見ていただいて、それで、現場の問題点等を指摘していただきまして、特にプロセスで少し半導体との融合が弱いのではないかという点は、我々も懸念していたところです。それは次にまた設備拡充するための援護射撃を撃っていただいたというふうに感謝しております。

それから、建物等の使い勝手も、いろいろ言いわけになるといろいろございますけど、やはり補正予算で設備を導入して、付け焼き刃的にやるということが今まで国の政策としてないわけではなかったもので、もう少ししっかりとしたレンジでできるように考えたいと思います。ただ、そのためには国の財政が結構厳しいので、1つの考えとしては、我々は設備もいただいて、事業化も自分たちでできるので、もう自分たちで稼ぐというぐらいの意気込みでいかないといけないかなというふうには考えています。と言いながら、大赤字を出して、また皆さんにすがってしまうかもしれませんが、気概として、我々はもう設備をいただいたので、それでほんとうにある程度の利益を出して、長期レンジで、人も雇って、拡充して、どんどん前に進めたいなと思っています。

今まで国研というのは、親方日の丸100%でお金をもらっていて、それで何とかありますという感じだったのです。これからはそういう世の中ではないので、ある程度補正予算で設備をいただいたら、それを責任持って運用して、次の資源を生み出す。R&Dのアウトプットもさることながら、実際にある程度お金を生み出すとか、企業の方に来てもらって新しい製品を生み出すとか、そういう今まで大企業の中央研究所が担ってきたような機能を国研としても担いたいなと思っています。今日はいろいろご意見をいただきましたが、私どもが常日ごろ思っていることも大分再確認させていただいたということで、感謝申し上げます。今日は一日どうもありがとうございました。

9. 今後の予定

事務局より資料8に基づき説明が行われた。

10. 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設置の公開について（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 事業原簿（公開）
- 資料 6 プロジェクトの概要説明資料
 - 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
- 資料 7 プロジェクトの詳細説明資料（公開）
- 資料 8 今後の予定

以上