

研究評価委員会
「スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト」(事後評価) 第1回分科会
議事録(案)

日 時：平成23年7月21日(木) 13:00～17:25

場 所：大手町サンスカイルームD室(朝日生命大手町ビル27階)

出席者(敬称略、順不同)

分科会長	松山 公秀	九州大学大学院 システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門 教授
分科会長代理	井上順一郎	名古屋大学大学院 工学研究科 マテリアル理工学専攻 応用物理分野 教授
委員	伊藤 公平	慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科 教授
委員	黒田 眞司	筑波大学大学院 数理物質科学研究科 教授 (欠席)
委員	田中 雅明	東京大学 大学院 工学系研究科 電気系工学専攻 教授
委員	埜 健三	昭和電工(株) 研究開発本部 技術戦略室 担当部長
委員	陽 完治	北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター 教授

<推進者>

中山 亨	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	部長
吉木 政行	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	主幹
宮田 典幸	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	主研
島津 高行	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
万田 純一	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	主査
梅沢 茂之	NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部	統括研究員

<オブザーバー>

小竹 幸浩	経済産業省商務情報政策局 情報通信機器課	課長補佐
-------	----------------------	------

<実施者>

(PL) 安藤 功兒	産業技術総合研究所	フェロー
宮崎 照宣	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構	教授
鈴木 義茂	大阪大学 大学院基礎工学研究科 物質創成専攻	教授
小野 輝男	京都大学 化学研究所	教授
安藤 康夫	東北大学 大学院工学研究科	教授
仲谷 栄伸	電気通信大学 大学院情報理工学研究科	教授
湯浅 新治	産業技術総合研究所 ナノスピントロニクス研究センター	研究センター長
與田 博明	株式会社東芝 研究開発センター LSI 基盤技術ラボラトリー	技監
伊藤 順一	株式会社東芝 研究開発センター LSI 基盤技術ラボラトリー	主任研究員
下村 尚治	株式会社東芝 研究開発センター LSI 基盤技術ラボラトリー	主任研究員
石綿 延行	日本電気株式会社 グリーンイノベーション研究所	主幹研究員
吹譚 正憲	財団法人 新機能素子研究開発協会 研究開発部	統括部長

土井 清三 財団法人 新機能素子研究開発協会 研究開発部 部長
片山 利一 財団法人 新機能素子研究開発協会 研究開発部

<企画調整>

立石 正明 NEDO 総務企画部 主任

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長
土橋 誠 NEDO 評価部 主査
松下 智子 NEDO 評価部 職員

<一般傍聴者> なし

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置について、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
 - 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」

(非公開セッション)

5. プロジェクトの詳細説明
 - 5.1 スピンRAM基盤技術 (含実用化の見通し)
 - 5.2 スピン新機能素子設計技術
 - 磁壁メモリ (含実用化の見通し)
 - 能動素子 (含実用化の見通し)
6. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置について、資料の確認

- ・開会宣言（事務局）
- ・事務局土橋主査より、研究評価委員会分科会の設置について資料 1-1 及び 1-2 に基づき説明があった。
- ・松山分科会長挨拶
- ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）

2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 に基づき説明し、議題 5「プロジェクトの詳細説明」および議題 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. 評価の実施方法と評価報告書の構成について

評価の手順と評価報告書の構成について、事務局より資料 3-1～資料 3-5 及び資料 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

4.1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」

推進者（NEDO 中山部長および宮田主研）より資料 6 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」

実施者（安藤 PL）より資料 6 に基づき説明が行われた。

4.3 質疑

説明に対し以下の質疑応答が行われた。

【松山分科会長】 ありがとうございます。ただいまのご明について、意見、質問等ありましたら委員の先生からお願いしたいと思います。なお、技術の詳細につきましては、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ですとか必要性、あるいはマネジメントの部分についてご意見をいただけたらと思っております。

【埴委員】 市場規模のところで 9 千億円とありましたが、これはデバイス全体で見た場合に 9 千億円がプラスされるのですか、それともいまある市場の何かを置き換えて 9 千億円になるのですか。これが出来たために新しいデバイスが出来て、デバイス全体の市場が大きくなるのか、どちらでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 今日お示ししましたデータは単純に DRAM の市場がいまの推移で伸びていて、そのうちのある割合が MRAM に代わったときにどれくらいの市場規模かという推測です。

【埴委員】 半導体デバイス市場全体としては同じということでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 はい。変化なしで、現状の DRAM と同じような推移という仮定で行ったものです。そういう意味からしますと、例えばそれが MRAM に置き換わって新しい市場が出来たりということが起これば、さらにまた広がっていく可能性はあると思います。

【埴委員】 MRAM に置き換わることによって、いままで出来なかったことが出来るようになるという、それによって新しく市場が出来るということはないのでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 まさにいまそのお話をしようかと思っていたところですが、例えば安藤 PL からご説明がありましたように、ノーマリ・オフ・コンピューティングのような新しい技術に発展する可能性がありますので、そういう技術で新しい、例えば携帯端末のような市場が拡大するかもしれませんし、センサーネットワークのようなものに使われるかもしれません。そうい

う新しい市場は広がる可能性はあります。ただし、先ほどの推測はそれを入れていません。

【埴委員】 よく分からないのですが、いままで出来なかったことが出来るようになる部分というのはどういふことがあるのでしょうか。ですから、いまはパソコンで出来なかったことが、それによって何か出来るようになるのでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 MRAM というのは基本的には不揮発性のメモリです。いまパソコンに使っている DRAM、これは電源を落とすと情報を失ってしまいます。ですから例えば立ち上げするときにそこに情報を読み込んで再スタートということになりますが、そこに MRAM を使えるようになりますと、電源を切った状態でもその MRAM 部分の情報は失わないことになり、かなり流動性の高い、間欠的な動作を行うことが出来ます。そういうものをノーマリ・オフ・コンピューティングと呼んでおりますが、そういうものが出来ると、格段に消費電力が少ないシステムに発展するのではないかと期待しております。

【松山分科会長】 RAM が不揮発化するというのが、いままでとはまったく革新的に違うところと理解してよろしいのでしょうか。

【埴委員】 いまパソコンは全世界で月約 5 千万台出ていると思います。もっと出てくればいいのですが絶対量が多いのでそう簡単には増えないと思います。そのときにノーマリ・オフ・コンピュータになると、さらにそれが増えるということは期待できるのでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 答えづらいのですが、パソコン市場はあまり広がらないのではないかと考えております。むしろ、現状はパソコンよりは iPad のような携帯に移りつつありますので、そちらのほうの市場のほうがこれからは広がっていくと考えております。お答えになっておりますでしょうか。

【松山分科会長】 iPad とか iPhone ですとか、パーソナルな情報機器が非常に高度化してくると、システムとしても非常に多くのパワーが要するというところで、そのところの省電力にもつながるといふそういう位置付けでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 そのとおりです。

【井上分科会長代理】 その場合の省電力はどの程度の電力のセーブになるのでしょうか。例えば、それを金額に直すとどの程度になるのかというのは推測していますか。

【NEDO・宮田主研】 本プロジェクトとは直接には関係しないので、なかなかお答えづらいのですが、いま公募が終わりましたノーマリ・オフ・コンピューティングではそちらの目標設定もしております。ノーマリ・オフ・コンピューティングでは、ざっくりと現状の性能を維持しつつ 10 分の 1 ぐらいというところを目指しております。

【産総研・安藤 PL】 省電力になると 1 回充電して 1 カ月使えるパソコンが出来たら、例えば災害に使えるとか、教育に使えるとかがあります。また、壁に埋め込まれるコンピュータとか、目に見えないコンピュータが大量に出てくるとは思います。そのあたりの電源はどうするかとかいろいろあると思います。ただ、あくまでも 10 分の 1 というのは、いま公募されている新しいプロジェクトの話です。10 分の 1 と書いたのも、例えばいま公募されているのには入っていませんが、ディスプレイが不揮発になるというのはいずれ実現するだろうと、そのときにここで作っている不揮発性技術というのは核になると思います。そうすると、10 分の 1 だけではたぶん止まらないだろうと思っています。

【井上分科会長代理】 加速資金の有効性をお伺いします。他の国のプロジェクトがかなり追従してきているということですが、もちろん現時点でもかなりリードしているということだと思いますが、最終的に商品化・事業化されたときの時点で追い付かれてしまっは元も子もないので、そのあたり、どの程度リードしていけそうかという見通しのようなものはありますでしょうか。

【NEDO・中山部長】 これは技術でのリードということと、最終的に商品をどちらがサンプル出荷を成功させるかというようなところだと思います。ここはセンシティブでございますし、後ろにいらっしゃる各社の事業戦略、事業プランのところですので、申し訳ございませんが、非公開の場の実用化のところでお話しさせていただきます。

【井上分科会長代理】 新原理によるデバイスの機能実証ということでいくつかのテーマを挙げられたと思いますが、それはいくつか候補があったうちにこれだけを選ばれたのか、それとも先ほど言われたメタル系のものとして、これが考えられるからこれをしようということにされたのか、そのへんはどのように選ばれたのでしょうか。それから中止されたものもそれなりに成果は上がっているのだと思いますが、その成果の公表、つまり研究された内容を今後どう生かしていくかという方針についてお聞きしたいと思います。以上2点、お伺いしたいと思います。

【産総研・安藤 PL】 テーマを選ぶときは、スピントロニクスというのはご承知のようにいま世界中でいろいろな方が期待を持ってやっている話だと思います。しかし NEDO の性格上あまり広げてもしょうがないので、あくまでもメタル系のものに限定ということで選んでいます。メタル系でやろうというテーマで、有望なものから、ここまではかなり拾ったかなと思っています。当初からスピン RAM に関してはこの中では横綱級なのでいいのですが、ほかのものに関してはかなり NEDO としてはチャレンジングなテーマを入れさせていただくということで、もともと NEDO や経済産業省のご了承を得てやりました。そのうちいろいろ事情があって2つは途中で止まったのですが、まあこのようなもので、PL としては全体としてよくいったかなと思っています。例えば光に関しては、この報告書にも書いてありますが、終わっても招待講演の依頼はかなり来ます。やはり世界中でこういうことをやりたいというのはかなりあります。ただ、企業まで乗り出すかというとなかなか難しいところがあります。そのあたりが NEDO とプロジェクトとしてのマッチングはよくなかったということで、たぶんあのあと2年終わっても企業がすぐに乗り出すかというところなので、中間評価で終わったと思います。ストレージに関しては、先ほどお話ししましたように、会社側の体制の変更、ビジネスモデルの変更があったのでそうなったのですが、後でお話ししますが、京大と NEC が垂直系で非常にいい世界トップの磁壁移動技術を持ってきました。NEC の話はあくまでもシングルドメインウォールです。ところが、いまはこのプロジェクトで必ずしも公式になっていませんが、これをマルチドメインウォールで実際に動き出すことも実験をやっています。ですから、今度は逆に発展技術を誰が受けるかと、それは難しいのですが、そういうストレージ応用の磁壁移動技術に関しても、このプロジェクトは IBM を超えるところまで成果が出ていると思います。

【陽委員】 スピン RAM に関して、先ほど安藤さんになるべく公表しないようにしていると言っていたのは、ノウハウを漏らしたくないという、先行したいという意図でしょうか。

【産総研・安藤 PL】 スピン RAM に関しては、このプロジェクトでは、あくまでも最終的に日本企業が実用化をするのが目的です。実際は、それは大学や産総研とは立場が違うわけです。それについては、プロジェクトが始まったときに中で大変な議論がありました。しかし、研究を進めていくうちにお互いにリスペクトする状態になったので、企業としてはなるべく閉じて発表はしない、しかし、産総研や大学側は発表しなければいけないので、そこらへんで妥協は出来て、お互いに相手の立場を思いやっているというところです。普通の科研費や JST でやっているときの発表対応とは、違う態度をとっています。

【陽委員】 世界のほかのグループから大勢フォロワーが出たほうが、その分野は発展すると思います。

【産総研・安藤 PL】 ですから、まったく発表しないわけではなくて、どこまで発表出来るかギリギリ

の判断をしながら、普通の大学・産総研がいつもやっている判断とはちょっと違う判断を、東芝に言われてやるわけではなく大学・産総研のボランティアな意志としてやっているということで、そこに配慮はしています。

【陽委員】 あともう1点ですが、実用化のところで DRAM と比較して、ITRS の予測よりも遥かに微細化が進んだという比較がされていますが、不揮発性のメモリといちばん気になる相手というのは、むしろ不揮発性メモリの新しい候補としてスピンドラム RAM 以外ですと、フェーズチェンジメモリ (PCM) とか、ReRAM のほうが非常に気になりますが、それとの比較は事業化シナリオには出てきていません。そのへんの評価はどうなっていますでしょうか。

【産総研・安藤 PL】 PCM も一部実用化されていますが、ReRAM や PCM はまだものになるかどうか分からない状態なので、比較してもあまり意味がないと思っています。もう1つは、ここで DRAM と比較をしたのは、これは RAM 狙いです。PCM も ReRAM も実は RAM でもない、ストレージでもないという中間の性格を持っているので、少し違うカテゴリの製品になると思います。いま、このプロジェクトでやっているスピンドラム RAM の開発は RAM 狙いなので、カテゴリが違うのでそういう意味ではあまりやっていません。我々の立場としてはどっちみちこちらが勝つという感じで、そういうつもりでやっていますので、やはり市場としては DRAM が多いので、そこを取りたいというのが一番です。

【伊藤委員】 新ストレージデバイスが中間評価後富士通からという話がありましたが、この報告書の中を拝見すると、投稿論文などは日本電気さんからも新ストレージデバイスで出ています。そのへんのところが分かりにくかったので、説明していただけますでしょうか。これ（非公開版事業原簿）の193ページです。

【産総研・安藤 PL】 非公開部分でしょうか。

【伊藤委員】 そうです。もし、ここでは不適切であれば後で非公開のときにお伺いします。

【産総研・安藤 PL】 これは項目が違うだけで、新ストレージ・メモリデバイス設計技術であって、実際にはこの中で日本電気が受けているのは新メモリデバイスです。単純にそういうことです。

【伊藤委員】 分かりました。先ほどの話では新ストレージデバイスは必ずしも中間評価で悪かったわけではなくということで、それはそういうことでよろしいでしょうか。最初のときはスピンドラム RAM に関しては3点中2.9と具体的な数字をご説明いただいたのですが、その2番目、3番目の打ち切られたところは経緯として教えていただけますでしょうか。

【産総研・安藤 PL】 PL の記憶では、全体にそれほど厳しいコメントは頂かなかったと思っています。ただ、ストレージや磁壁全体に関して、先ほども少しお話ししましたが、中間評価までにやっていた仕事、データが出たのはパーマロイで、まだ垂直磁気は出ていませんでした。やはり垂直でないとなかなか性能が上がりにくいという部分があり、何とかもっと頑張ってくださいというコメントは付いていたと思います。そういう意味では、満点ではなかったけれども、全体としてはよくやっているなという評価は得たと思います。光に関しても、完全にネガティブではないけれども、なかなか難しいところがありますねという評価だったと思います。

【NEDO・宮田主研】 ②の開発項目に関しまして個別に点数は付いていません。全体で研究開発成果として2.3という点数を頂いています。富士通が主にやっていたストレージ部分を中止した経緯ですが、先ほど安藤 PL から説明がありましたように、富士通側の社内の事情で委託業務を実施できないということで中止いたしました。NEDO としましては、これを受けまして再公募をして同じテーマを続けるかどうかということ判断するわけですが、中間評価の富士通側の結果が、成果はそれなりに出ていたのですが、いったん基礎に立ち戻った検討が必要であるというコメントを頂いております。残り2年で新しいグループに加わっていただいて、

実用化を見わたせるようなところまで進めるかというのは少し難しいという判断で、これは中止とさせていただきます。

【伊藤委員】 私が質問した趣旨の1つは、限られた予算の中で、最初の2年が終わったところで、特に進んでいるところに集中し、ほかのプロジェクトを発展的に解消したということなのか、それとも点数が悪かったので2つとも切らなければいけなかったということなのでしょう、ということですか。私は前者だと理解しています。つまり、発展的に解消して、特に成果が出ているところに注力したという理解でよろしいでしょうか。

【NEDO・宮田主研】 そのような理解でけっこうです。点数も低くはございませんでした、そのほかの事情が絡んでということでございます。

【伊藤委員】 特にスピン RAM に関しては我が国の優位性を保つという点においては特許戦略が非常に重要だと思いますが、その点のところを教えてくださいませんか。

【産総研・安藤 PL】 特許戦略については、後で非公開のところはかなり詳しくお話しさせていただきたいと思います。

【松山分科会長】 今回はギガビットぐらいのところを想定した数十ナノメートルというオーダーで、非常に微弱な電流で動作が出来たというご報告だったと思いますが、このあたりの今後の技術の伸びしろと申しますか、例えばフラッシュメモリー等ですと既に 2X とか 1X とか、かなり微細なところまで話が進んでいて、そういうところまで進んでいったときに、このスピン RAM の技術はどのような将来性があるのか、あるいは今後の進み方は。LSI ですと 1970 年ぐらいから今は 40 年ぐらい、ハードディスクですとさらに長い歴史があると思いますが、これから上市ということだと、市場に出てこれからがスタートになると思います。そのような先行きのところに展望がございましたら、ご意見をお聞かせいただきたいと思っております。

【東芝・與田研究主幹】 東芝の與田です。LSI にするときにはもう 1 つ解決しなければいけないのはばらつきで、その問題に現在取り組んでいます、ばらつきをどれだけ減らせるということに依存すると思っております。ばらつきを通常の半導体と同じぐらいまで持っていけたと仮定した場合、技術のマチュリティも足りませんので、いま見積もって NAND ほど微細になるとは言えませんが、DRAM よりも微細化できるのではないかと考えています。特に書き込み電流を下げる件ですが、今回だけでもかなり下がっていますが、これはまだ伸びしろがありますし、日々かなりの勢いで改善しているというのが現実です。ポイントは、ばらつきをどれだけ減らせるかということと、NAND やハードディスクもそうですが、どうしてこう微細なところまでいっているかということ、システム側でかなりケアしているからです。NAND の場合はメモリーコントローラにたくさんの ECC、エラーコレクションを入れたりして、伸ばしてきています。いまの MRAM はそういうことはなく、システム側まではいかないが、メモリの外でそういうことまで対処すれば、ばらつきの許容度もあまくなると思っております。そうすることで、NAND ほどはいかないにしろ DRAM は超えられるという見解を持っています。

【松山分科会長】 例えばフラッシュとかでは 3 次元という非常に新しいディメンジョンの取り方で、その先行きを伸ばすという試みがされているかと思っております。こういうスピン系のデバイスというのは、まったく違った視点で、上のほうに性能を伸ばしていくという方向性のようなものがいまの時点でいろいろ見えているのでしょうか。

【東芝・與田研究主幹】 単純なスピン注入反転は電流をどうしても両極性に流す必要がありますので、そのスイッチ・トランジスタを積層していくということがかなり難しいので、なかなか難しいと思っております。弊社内では、一方向の電流で両極性かけるアイデアがありまして、単純なスピン注入ではないですがスピン注入を応用したものの、そういうものを応用していけば積層する解も

出てくると。ただし積層するということは、超大容量化するということは、それだけ配線遅延は大きくなるので、スピードは落ちてくると思います。高速 RAM の領域から少し落ちてくると思います。それは仕方ないけれど 3 次元は出来るか出来ないかと言われたら、出来ると思っています。

【埴委員】 大目的のところでは国際競争力をつけるというところが、それは日本企業が実用化するのを国際競争力と呼んでいるのでしょうか。

【NEDO・中山部長】 究極的には、日本企業がこの技術を使って、何らかのかたちで収益性を高めていただくということです。非常に持って回ったような言い方をして恐縮ですが、そう申しますのは、自分で手作業をするということには必ずしもとらわれませんし、そこから先は各社の実用化段階、事業化段階のときに自社のファブを使うということもあるでしょうし、ライセンスということもあるでしょうし、パートナーリングということもあるでしょうし、またこのことを使って別の部分で儲けるということもあるでしょうし、そういう非常に広い意味で日本のデバイス産業の競争力につながる新デバイスという言い方をさせていただきました。

【松山分科会長】 プロジェクトでは、最後までスピン RAM というものと、磁壁メモリと 2 つが残されているかたちで、今後も両方とも事業化を検討されているようですが、この 2 つは相補的というか、あるいはすみ分けみたいなものになりそうでしょうか。磁壁メモリは高速性のことを言われていたと思いますが、そういう特色を生かすのか、あるいは違う方向性でロジックとの組み合わせという話もあったと思いますが、その 2 つのものの取り組みは今後どのように進むとお考えでしょうか。

【産総研・安藤 PL】 個別に答えてもらったほうがいいと思いますが、基本的には磁壁は技術としてはスピン RAM ほどにはマチュアになっていないと思います。例えば電流自体は多いけれども、周辺回路の工夫で高速に動くというので、今回はエンベデッドメモリ用という位置付けでやっています。それは 3 端子化するという、高速化したときに 2 端子よりも 3 端子のほうが周辺回路的に非常に処理しやすいという話です。ですから、そういう意味でアプリケーションは切り分けていくと思います。ただ、スピン RAM も今後また速くなっていくし、そうするとまたいずれそういう周辺回路の技術なども取り込んでくるのかなと思っています。

【日本電気・石綿主幹研究員】 NEC の石綿です。私どもは磁壁メモリを開発してきておりますが、狙いは最初からはっきりしていきまして、混載メモリ狙いです。いわゆる混載 SRAM ですとか、セル面積は大きいのですが、200MHz とか 500MHz といったところで動く、しかも混載するために周辺回路を軽くして使うことが出来るというものとして、磁場書きのときから 3 端子の MRAM を開発してきております。その磁性体の部分のスケラビリティを、この新しいスピントロニクスを使って実現することを狙っております。狙いとしてはシステム LSI の混載メモリということです。

【田中委員】 全体の運営に関する質問です。限られた経験ですが、NEDO のプロジェクトはいろいろな研究プロジェクトがある中で、例えば年間 100 万円でもすごい量の書類提出を求められて、かなり負担に感じたことがあります。研究をやる目的は研究成果を出して、最終的には産業の発展に資するということだと思いますが、想像するに、プロジェクトリーダーの安藤さんをはじめ、これだけのプロジェクトですとそうとうにマネジメントを苦労されたと思います。いかがでしたでしょうか。願わくば、本質的な研究を支援するという立場から、出来るだけそういう間接的な事務負担を軽くする方向を考えていただくといいと思っています。そのあたりのコメントをお伺いしたいと思います。

【産総研・安藤 PL】 NEDO もいろいろ予算制度があって、私もほかでやっていて案外書類が多いな

と思ったこともありましたが、今回に関しては始まったときから私も拍子抜けするほど書類はほとんどありません。当初の部長とか、歴代の部長、主任研究員の方が、私も当初はそれほど期待していなかったのですが、PL を完全にバックアップする立場に立ってくれました。もう1つ、最終的にもものになればいいということを非常に強く言っていただいたので、予算配分も実質は私の意向で決まっていますし、企業の間でいろいろ意見対立があったときも今回は非常にバックアップしていただいて助かりました。今回は運営に関しては私のほうからは不満はまったくありません。

【NEDO・中山部長】 PL からそう言っていただいたので、大変ありがたいと思っております。手前味噌ですが、いま例えば経済産業省なり、国が直接実行する予算ですと年度の区切りが非常に厳しかったり、余らせたらどうだとか、繰り越せなかったりということがありますが、(NEDO の場合には) 交付金で我々が一括で受け取った後、NEDO の判断で予算の配分も出来ています。

【田中委員】 今後もそういう研究者の立場に立った運営をぜひよろしく願いたいと思います。それが結果的には国民のためになると思います。

【松山分科会長】 いくつかのサブテーマが動いていたかと思いますが、先ほどの予算的な配分というところでは、合意のあたりで特に意見の相違があったりすることもなく、だいたい収束していったということでしょうか。かなり大きな金額だと思いますが。

【産総研・安藤 PL】 予算配分に関しては、実際に決めるときにテーマごとの調整はいたしません。私と NEDO とで相談して決めています。ですから、実施者があっちのほうが多いからどうこうという話ではなく、あくまでも PL と NEDO とで相談して決めています。特にスピン RAM に関しては当初の提案をしたときよりはかなり傾斜配分になって、ほかのテーマはかなり苦しいところがありました。もう少し本来はお金をもらえるはずだったということもありますが、そこもいろいろ革新的技術推進費、NEDO で加速予算などを取ってもらって、磁壁移動に関してはベースでは下がったかもしれませんが、そういうことでほぼ予定の金額がキープは出来たと思っています。スピン RAM に関しては予定以上についたかなと思っています。それほど潤沢ではありませんでしたが、不満が爆発するような話でもなかったと思います。

【松山分科会長】 調整をされていったということですね、分かりました。ほかによろしいでしょうか。ありがとうございました。ほかにもご意見、ご質問等があらうかと思われませんが、本プロジェクトの詳細内容につきましては、この後に詳しく説明していただく機会がございますので、そのときにご質問いただければと思います。どうもありがとうございます。

(非公開セッション)

5. プロジェクトの詳細説明 (非公開のため省略)

5.1 スピンRAM基盤技術

スピンRAM (含実用化の見通し)

5.2 スピン新機能素子設計技術

磁壁メモリ (含実用化の見通し)

能動素子 (含実用化の見通し)

6. 全体を通しての質疑 (非公開のため省略)

(公開セッション)

7. まとめ・講評

- 【松山分科会長】 それでは、審議も終了しましたので、各委員の皆様から、最後に講評を頂きたいと思います。それでは、向こう側の陽先生から始めて、最後に私、分科会長という順番で講評をしたいと思いますので、陽先生からお願いいたします。
- 【陽委員】 全般的に満足のいける、素晴らしい結果だったと思います。この後、どのように進めるプログラムになっているのかというのですが、これはこれで終了なのでしょうけれども、やはり何度も出てきておりますようにばらつき、歩留まり、信頼性の問題は実際に製品を作り始めてどんどん出てくる話なので、そこをどうするかというところにかかっていると思います。このプロジェクトそのものは大成功だったと認識しております。
- 【埴委員】 基本的な物理現象から実用までをつなげていて、いい研究だと思えますが、先ほどもありましたように、これから事業化というと桁違いに金が必要です。たぶん2桁ぐらい余計に金が必要だと思います。それを進めるのはどういうのがいいのか、ただポンと会社に投げるのか、国が音頭を取るのか、どういうのがいいのかは分かりませんが、難しいところに来ているのではないかと感じています。
- 【田中委員】 私もプロジェクトとしては大成功ではないかと思えます。特にスピン RAM の基盤技術に関しては研究段階としては大変素晴らしい成果があって、独自の技術も開発されていて、非常に楽しみだと思えます。ぜひ、事業化も成功されて、日本の産業を強くする方向に持っていただきたいと思えます。後半のスピン機能素子技術と能動素子、磁壁メモリと能動素子についても、まだ基礎研究の段階だとは思いますが、すそ野を広げるという意味で、こういう基礎研究は継続的に続けるというのが大事だと思えます。投資する金額は実用化の技術に比べて少なくてもいいと思えますが、少し長い目で見て続けるということが将来を失わないという意味で重要だと思っています。以上でございます。
- 【伊藤委員】 全体を統括された安藤先生を中心として、非常に柔軟に産総研、企業、そして大学が上手に協調したということがよく分かりました。また、企業に関してもそれぞれがしっかりと場分けをし、目標をそれぞれ異なる分野で設定し、下手に競争するとか、協調が阻害されることがないように上手にマネジメントされたということがよく分かりました。そういう観点からもこのプロジェクトは大成功だったのではないかと思えます。「死の谷を超える」という井上先生のお話もありましたが、それを超えられるのは10件に1件あればいいほうだというのはよく分かりますので、期待を込めてそちらの方向に向かってくださることを、私たち以上に参加された企業の方々が切に感じていらっしゃるでしょうから、我々はそれを応援したいと思います。以上です。
- 【井上分科会長代理】 すべての課題について目標を達成されていて、十分に成功したプロジェクトだと思います。特にスピン RAM、磁壁メモリもそうですが、研究者の数と比較して、なかなかスピントロニクス分野でこういう製品が出来ましたというのは数が少ないです。ですから、一般の社会人の人に、ここに使われているのはこれですよということが言えるようなふうにしていただけたらと思えます。それが社会に対する恩返しかと思えます。それから能動素子のほうは、まだまだこれからかなと思えますが、**applied physics** としては十分に成果をあげられているのではないかと思えます。以上です。
- 【松山分科会長】 今日は2つの大きなスピン RAM の基盤技術、スピン機能素子という話を聞かせていただきました。スピン RAM の基盤技術につきましては垂直磁化方式というものの優位性に早くから着目されておりまして、産学官が強力な連携をされ、研究を推進されて、成果的にも非常に素晴らしいものをあげられていると思えます。実際に試作評価された素子のサイズ、磁

化反転時間というものからも当初の目標でありましたギガビット級でなおかつ高速動作も持っているという、そういう不揮発 RAM の可能性の実証に成功されたのではないかと思います。特に海外の関連企業やプロジェクトの研究機関の動向にも注意されて、適切な研究加速措置を取られたということも目標達成の要因と思われる。ただ、今後の実用化につきましては、1つは量産し、スケールメリットを生かして低価格という方向性が想定されますが、そのときの歩留まりがコスト低減には重要な課題になるのではないかと思います。これから本格的に事業化していくと、歩留まりを確保しながら微細化を進めていくという、非常に難しい技術を開発されることになると思いますが、特に磁性体、金属に関してはまだ十分な加工技術が確立されていないように思われますので、3次元的な微細加工技術の開発も重要になってくるのではないかと思います。特に製造装置メーカーとも連携を取られて、今後加工反応の基礎に戻った研究を進めるということも重要になるのではないかと思います。スピン RAM は、これからいろいろな応用システムの中でポテンシャルを試されていくということになると思いますが、レジステイブ RAM ですか、ほかに競合するデバイスもたくさんあると思います。システムサイドからいろいろなニーズが出てくると思いますので、それらを十分に分析され、特に初段階の市場参入を戦略的に行うことが必要になってくると思います。この部分は特にこれまでの大きな成果を社会に還元していくというところで、非常に重要な部分だと思っておりますので、さまざまなアプリケーションの可能性が開かれることを希望しています。スピンの新機能素子ですが、こちらは新しいものの開発ということで非常にチャレンジングなテーマであったと思います。今日の報告でいろいろ披露していただきましたように、学術的には興味深い多くの成果が得られていると思います。非常に高い実用的な数値目標の達成にも成功されているのではないかと思います。特に磁壁のメモリについては世界最速の動作というインパクトのある成果を出されて、MRAM の 1 つの高速動作性能というパフォーマンスを実証されたのではないかと思います。また、このデバイスは読み出しと書き込みが独立しているという構造になっていますので、その点では設計の自由度等があり、高速性も含めてスピン RAM とはまた違った特色を出しているのではないかと思います。最後に、不揮発性を持つロジックの話がありました。これは全く新しい機能デバイスということで、計算機のアーキテクチャの変革をもたらすような次世代技術になるのではないかと思います。特にファンアウトとかオンオフ比という数値目標もきちんと達成されて、今後の実用化につながる成果が得られてのではないかと思います。また、最後のほうに電圧トルクという新しいスピン制御技術についてもご紹介があり、基本動作も検証されているということで、次々世代の技術として今後の展開に期待が持たれると思います。今回報告はごさいませんでした。本プロジェクトの前半で取り組まれました光機能素子、磁壁ストレージにつきましても、実用的な成果を目指したプロジェクトの中で研究が推進されたことで、克服すべき課題が明確になったのではないかと思います。各々高速の光バッファとか超大容量の固体アーカイブという非常に魅力的なアウトプットが期待される分野ですので、基礎的な観点からの研究の継続を期待したいと思っています。最後にこういうかたちで成果が数値化されるという、評価の厳しい新規のデバイスの開発の分野で、着実に成果をあげられました各研究機関の皆さまのご尽力に敬意を表させていただきます。また、今日はお忙しいながらご出席いただきまして、貴重なご提言をいただきました先生方にはお礼を申し上げたいと思います。以上、私からの講評とさせていただきます。

8. 今後の予定

事務局より資料 8 に基づき説明した。

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 5-2	事業原簿（非公開）
資料 6	プロジェクトの概要説明資料（公開）
資料 7-1	プロジェクトの詳細説明資料（非公開） スピンRAM基盤技術【スピンRAM】
資料 7-2-1	プロジェクトの詳細説明資料（非公開） スピン新機能素子設計技術【磁壁メモリ】
資料 7-2-2	プロジェクトの詳細説明資料（非公開） スピン新機能素子設計技術【能動素子】
資料 8	今後の予定