

第9回革新的研究開発推進プログラム有識者会議 議事概要

- 日 時 平成27年4月23日（木）9：30～10：06
- 場 所 中央合同庁舎8号館 6階623会議室
- 出席者 原山議員、久間議員、大西議員、小谷議員、中西議員
橋本議員、平野議員
- 事務局 森本統括官、中西審議官、中川審議官、松本審議官
真先参事官、福嶋参事官
- P M 佐橋PM、藤田PM、JST（石正室長）

○ 議事概要

午前9時30分 開会

○久間議員 おはようございます。

ただいまから、第9回革新的研究開発推進プログラム有識者会議を開催させていただきます。

本日は、内山田議員が御欠席です。

本日の議題は、「研究開発プログラムの進捗状況」及び「平成26年度に係る革新的新技術研究開発基金の報告について」です。

本日の進め方について御説明します。二つの議題がございまして、一つ目のプログラムの進捗状況については、公開でPMより報告していただきます。二つ目の議題は、基金の報告ですけれども、これに関しましては、非公開でJSTから報告していただきます。よろしいでしょうか。

ではプレスの方、よろしく申し上げます。

（プレス入室）

○久間議員 それではまず議題1ですが、有識者会議はIMPACTの着実な推進を図るため、PMから研究開発プログラムの進捗状況について、おおむね半年ごとに報告を受け、必要に応じPMに対して改善を求めることができる旨、「革新的研究開発推進プログラム運用基本方針」に定められています。

本日は、2人のPMから、それぞれの研究開発プログラムの進捗状況について詳しく説明してもらいます。

本日説明してもらうのは、佐橋PMと藤田PMですけれども、説明としまして、説明者は研究開発プログラムの目的と目標を簡単に、明確に説明するとともに、スケジュールどおり進捗していないものも含めて、進捗状況を詳しく説明してください。お願いします。

○佐橋PM 御紹介されました佐橋です。よろしくお願いします。

それでは「IT機器の消費電力を根本から如何に低減するか」ということに、私のプログラムでは取り組んでおりますので、それについて御報告させていただきます。

まず進捗報告の前に、私どものプログラムでは、この真ん中のコアとなる、思い切った研究コンセプトを立案して、コアとなる圧倒的差別化技術の創成がこの分野では重要と考えて取り組んでおります。そのためには、こういった圧倒的な差別化技術をつくり出したときに、世の中にイノベーションを起こすためには、やはりマーケットとイイますか、世の中、世界の動きが大きく変わろうとしているということが非常に重要な前提条件になります。

御承知おきのように、Internet of Thingsなどの新たな提案がなされており、情報爆発が現実のものになってまいりました。それは、情報量と消費電力の爆発的な増大を意味しており、ここに大きな解決策を見出さなければならないというのが、今日の世界が置かれている状況です。

そこでその問題をどう解決するかということに関しては、頭脳をつかさどる現在のコンピュータは、ここにお示ししてありますように、基本的には半導体の揮発性エレクトロニクスで構成されています。一番上位のマイクロプロセッサ、あるいは高速のキャッシュメモリは、集積回路から構成されています。

それより下位のキャッシュメモリとメインメモリに関しては、1トランジスタ、現在のDRAMですと、1キャパシタンスになっています。これらに対する解決方法とて、各々のレイヤーにスピンのテクノロジーを注入することで、このプログラムでは、目的を果たして行きたいと考えています。

一つは、一番上の上層部に関しましては、半導体トランジスタにスピンを注入するスピントランジスタの開発に挑みます。これが最も挑戦的なテーマになっています。併せて大野先生がFIRSTでやられてきた不揮発性論理集積回路というのは非常に重要ですので、

これをさらに発展させるという方向で、上のマイクロプロセッサ及び高速キャッシュのレイヤーの革新に取り組んでおります。

併せてそれより下位のキャッシュメモリとメインメモリに関しては、リーク電流あるいは駆動電流の抑制というのが大きな問題となっています。したがってこれを電圧駆動に置きかえていくことと、スケール限界をどうやって克服するかということに関しては、単結晶・3次元プロジェクトで併せて取り組んでゆきます。また、磁気記録の記録密度が頭打ちになって来たストレージの部分、すなわちクラウドのハードディスクに関しましても、サーバーの省電力化と記録限界の克服を目指して解決策を見出そうということで取り組んでおります。

御承知おきのように、現在、電流駆動のMRAMが盛んに研究開発されております。しかしながら、現在の電流駆動のスピントランスポーター・トルクMRAMでは、不揮発性エレクトロニクスの実のアドバンテージが引き出せていない状況にあります。

それに対して、私どものプログラムでは、東北大学の野先生プロジェクトでは、集積回路からのブレークスルーを、電流駆動を使うのですが、集積回路からのブレークスルーを、いわゆる回路のアーキテクチャに大きなブレークスルーを行うことで、メモリインロジックを狙う方向で研究を進めます。

右側のほうは、この電流駆動を電圧駆動に置きかえる、すなわちいわゆるキーとなるトンネル接合素子の性能にブレークスルーを行い、下位のキャッシュメモリとメインメモリをターゲットに電圧駆動を詰めて行きます。要するに、1ビットを書き込むときの電荷量を極端に下げることには挑むということです。

こういったものができたら一体どうなるのかという御質問がありましたので、それに関する答えとしては、一番上の野先生のところの論理集積回路では、スピントロニクスを入れた論理集積回路を中核として、不揮発性のエレクトロニクスで、いわゆる、コンピュータの頭脳部に非連続イノベーションを起こさせようとしています。それが結果的にはいわゆるInternet of Thingsでは、これからは分散型が重要になりますので、安全安心な社会の構築を狙うことになります。そして、充電のほうでは、電圧スピントロニクスで充電革命を起こしたいと考えています。一つは充電なしで1カ月使用できるモバイルであり、コンセントにつなぎっ放しのコンセントの一掃です。また、併せてストレージも含めて、このプログラムの成果として出てくる大きな非連続イノベーション技術を使って、真ん中に示す

超大容量かつ省エネルギーのデータセンターの実現を目指したいと考えております。

したがって、国内のスピン트로ニクス分野の世界トップクラスの研究者を結集して、かつオブジェクティブ志向で研究を推進してまいります。

拠点としましては、東北大学と産総研の二大拠点で、東北大学は集積回路、産総研は素子ということで、協業と競争と書いてありますけれども、できれば協業で世界の競争に打ちかつというような体制を組んでいきたいと考えています。併せて早期事業化展開のための卒業テーマを選定して、次のステップに移る準備をしたいと思っております。

また機を見て、私と企業が主導する実用化検討タスクフォースを走らせます。そろそろ期も改まりましたので、今期から、議論を開始しています。一つはメモリーインロジック・システム展開タスクフォースで、2番目はメモリー/ストレージシステム展開タスクフォース、3番目が非常に重要でして、ユーザーのメーカーに集まっていただいて、研究会を開催したいというふうに考えております。

これまでの取組は、記載のとおりでございます。

イベントとしましては、国際シンポジウム、これは公開で開きます。久間議員には基調講演をしていただいて、かつ、今、世界で唯一、MRAMを製品化していますEverspin社の副社長に基調講演をお願いすることにしています。

細かい字で恐縮ですが、進捗状況の報告に移ります。

まず、最初に一番難しいチャレンジだと考えていますが、スピンFETのプロジェクト、スピントランジスタについて、次の図の左側を見てください。これは従来から言われているスピントランジスタとは違って、新しい構造で磁性体のゲートを設ける方式を考案しました。この場合は、磁化の向きによってスピン流を乱したりそろえたりするということで、電流のON状態を2値にいたします。チャージでONとOFFをつくり出して、ON電流で2値をつくり出すということで、不揮発性機能をトランジスタに持たせようということです。現状は、少しずつ上がってはきているのですが、残念ながらまだ磁気電流比が1%の段階で、これを実際に物にしていくためには、100%以上にこの磁気電流値比を高めなければなりません。したがって動き出したのですが、まだまだ道のりは長いということです。

それから2番目が電圧トルクMRAMです。こちらは性能指数として横軸に界面磁気異方性の大きさ、すなわち垂直磁気異方性の大きさを、縦軸はその電圧効果となっています。

基本的10nm node、15nm nodeの場合には、右上に行くような性能をつくり出していかねばならないのですが、I m P A C Tの開始時は20から30ぐらいのフェムトジュールパーボルトメートル (fJ/Vm) のパフォーマンスが、現在は、界面垂直異方性とのアンドを取ると100ぐらい、それから残念ながらまだ垂直異方性はついていないのですけれども、電圧効果だけで見たら300という値が得られてきており、スタート時点から1桁大きな値が得られるところまで来ました。

また、3番目の単結晶化プロジェクトに関しては、重要なウエハ接合技術が実は産総研と三菱重工に技術ノウハウがあり、それが、今は産総研に装置として集約されています。それを使ってもう既に接合実験を開始しました。予想していたことではありますが、パーティクルの問題が顕在化してきて、今、その対策を検討中です。

4番目の交差相関電圧書込み磁気記録に関しましては、これは、電圧トルクMRAMが、界面の電圧効果を使うのに対して、こちらについては、バルクの電圧効果を使います。Cr₂O₃のバルクに電気磁気効果があるということは、知られていたのですけれども、これまで確認することに成功していなかった薄膜での電気磁気効果の確認に東北大学と阪大が初めて成功しました。ともにA P L (Applied Physics Letters) にアクセプトされ、今、ジャーナルとして掲載されています。併せて東北大のほうで、電界を加えたときに磁化が変わる、電気磁気感受率(α)を測定し、これまでバルクと薄膜では α の値が違うのではという話がありましたが、実験の結果、薄膜でもバルクと同じ値が得られることを実験的に確認しました。右側はEH積の低減ということで、ある特殊な手法を使うと、EH積を下げる事が出来るということを見出しました。

行ったり来たりしてすみません。大野先生のところの集積回路に関しましては、スタートの時点でF I R S Tの大きな成果があります。現在はそれをさらに高性能、低消費電力にするためのマイコン設計のための環境立ち上げと基礎検討を行っています。ただこの問題は、私も経験があるのですけれども、ウエハによる試作・検証が、実はステージゲートの平成28年の12月までに、1回しか流せないということで、大変リスクな開発体制に今なっているということが問題であると私自身が認識し始めました。

まとめとしまして、いずれも困難な課題への挑戦ではありますが、各プロジェクトがコアとなる圧倒的差別化技術の創生に向かって本格始動しました。問題となるエレクトロニクスの業界が、昨今、余り元気がないということがありますので、大きな課題である出口

戦略につきまして、先ほどお話ししましたように横串の実用化検討タスクフォースとあわせてシンクタンクとの議論を重ねて、早期に方向性を見出したいと考えております。

以上です。

○久間議員 どうもありがとうございました。

それでは御意見とか御質問とかありましたらお願いします。どうぞ。

○中西議員 佐橋PMが今、おっしゃられた出口戦略の具体的な方向性というのは、まだこれからということでしょうか。

○佐橋PM これからです。これからですけれども、どういう答えになるかは、今日は答えづらいところがあるのですけれども、考え方の一つの方向性として、やはりコアとなる圧倒的差別化技術は国内できちっと押さえないということがありますので、今、開発試作では、東北大学の国際集積エレクトロニクス研究開発センターがありますので、開発とあわせて企業の設計開発をしっかりと行い、コアの部分は絶対に日本から出さない。そのためには知財権をしっかり固めなければいけないということが一つあります。

2番目は、ではどうやってつくるかというところが、これから大きな議論になろうかと思えます。これまでも、多分、経済産業省が中心になっていろいろ御検討されてきたと思うのですけれども、これは私の私見ですが、良く調べる必要がありますが、国内にも新しいファウンドリー的なものを考えることが、今では出来る可能性があるかも知れません。

○久間議員 どうぞ。

○大西議員 ありがとうございました。

最初の出発点、見出し、「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」、非常に分かりやすいテーマで、これをいろいろ研究にブレークダウンしていくと専門分化されることは分かるのですが、一番最後のところで、また本来のテーマに戻ってこないと完結しないのではないかと思うのですけれども、必ずしもそうなくて、それがどういうふうの実現できるのかというのが、見えないような気がします。

○佐橋PM それは先ほどお話ししましたように、御指摘のとおり、ちょっとまとめ方が悪かったのかもしれないのですけれども、3番目のいわゆる充電なしで1カ月以上使用できるということに関しましては、電圧スピントロニクスでの充電革命というのを起こしたいと考えています。それに関しては現在の進捗状況は、出発時点から性能は10倍に上がりましたけれども、さらに1桁、2桁上げていかなければいけないということで、大きなチャ

レンジを今現在、している段階です。本格始動し始めたということで御理解いただければありがたいと思います。

○久間議員 それではどうもありがとうございました。

続きまして、では藤田PMからお願いします。

○藤田PM 「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」ということで、開発状況について御報告いたします。

まず研究開発の全体構成ですけれども、いわゆる高レベル廃棄物、再処理工場から出てきます高レベル廃液と、もう既にヨーロッパから返還されましたガラス固化体、この中に長寿命の核分裂生成物LLFPというものが入っております。こちらを回収して、今までにない核反応、即ち同位体分離をしないで核反応をするプロセスで安定核種、あるいは短半減期の核種にして、そのうち有用なものは、自動車用の触媒、あるいは磁石材料にリサイクルするというのが、このプロセスの全体の目標です。

プロジェクトとしましては、まず新しい核反応データを理研のRIビームファクトリーのような、あるいは日本原子力研究開発機構のJ-PARCのようなところで取りまして、これをそのまま核反応の反応パスにはできないので、バルクでの反応についてはモデルとシミュレーションコードで反応をある程度明確にしまして、またこの反応を制御する新たなプロセスについては、公募で提案を募集しまして、プロセスのフィージビリティを検討しております。

一方、この核反応システムにつきましては、将来的に核変換システムと要素技術開発をこのプロジェクト4ですることにしてしております。いわゆる分離回収プロセスをプロジェクト1、それから核反応のデータと新しい制御法の提案をプロジェクト2、そしてシミュレーションをプロジェクト3で実施いたしまして、プロジェクト5でこの全体のシステムのプロセス概念を提案いたしまして、2050年に社会実装を目指しております。

創出を目指すインパクトといたしましては、今まで高レベル廃棄物というのは、非常に深い地層に処理・処分するということになっておりまして、私世代では処理が完結しなかったということが課題でございますけれども、これに対して後の世代への負担を低減するということと、今までごみとしていたLLFPを回収し、新しい核反応パスによって白金族とかレアメタルに転換いたしまして、資源利用できることを目指しまして、これが海外市場に左右されない供給源を確保するというところに大きなインパクトを与える

としております。

スケジュールですけれども、プロジェクト1から5は、このようにしておりますが、平成28年度末で中間評価を実施しまして、継続するかどうかの成否を判断いたします。平成29年度末には、候補技術を各ステップごとに一つに絞りまして、30年度にプロセス概念を提示するというを考えております。

達成目標といたしましては、分離回収技術のほうでは実用化を目指して回収率90%以上、また、核変換プロセスについてもおおよそ変換率90%以上を目標としております。

社会を変える課題への挑戦ですけれども、実は高レベル放射性廃棄物は、原発の賛成・反対にかかわらず、必ず出てくる問題、即ち原発を、今、止めても、高レベルの放射性廃棄物は残ります。現状、高レベル廃棄物の処分事業というのが進められていますが、なかなか処分候補地が決まらないということが問題でございます。

これに対して、いわゆる今までの原子力工学ですと、工学的観点のみの発想に陥っていたために、なかなか解決手段が見つかりませんでした。本プログラムでは、この処分事業を遅らせるのではなく、この処分事業に対して将来の発生量を低減させるという観点から事業を進めつつも、研究開発を進めることによって、発生量を低減する技術を開発することが重要だと考えています。

一方、新しい分野の研究を進めるということによって、若い研究者や学生に夢を与えるということも重要だと考えております。本プログラムの目的とするところの大きな観点ですけれども、核物理（理学）と原子力工学（工学）の融合を目指すところに意義がありまして、原点に戻りまして、論理的な思考をしていくということが重要だと考えています。

PMの役割としましては、いわゆるDeath Valley（死の谷）を実際に克服することを考えておりまして、例えば今の場合、基礎データを取るという目的、基礎研究を徹底します。核反応データの取得をして、これをシミュレーションして核反応制御という原理は確認できたとしても、要素技術を開発する間にはDeath Valleyが存在しますし、要素技術に伴って装置を開発しますと、この先の実用化にはダーウィンの海があるということで、こういうDeath Valleyを克服するというので、メーカーが最初から参加できるような仕組みを考えております。

またこのアイデアを横取りされないような特許戦略を考える必要があるということで、今、その検討を始めたところであります。またこれらの成果を見える化するために、新た

に研究開発をすることが重要と考えています。

プログラム進捗上の課題ですけれども、おおむねスケジュールは順調なのですが、一つだけ課題があります。これが同位体分離しないで核種を変換するというので、実は同位体分離は前処理であります偶数核種と奇数核種を分離するというをしておりますが、現在のところ、パラジウム107を偶奇分離することが本研究期間ではやっとなんかということで、そのほかにジルコニウム93、あるいはセシウム135というようなものに対しては、別の装置、別の組織でやる必要がありまして、ここに大きな課題があつて、4種を並行して進める必要があるのではないかというふうに考えています。

あとは、先ほどもう既に申し上げたことをごさいます、プログラムといたしましては、実はPM補佐担当にフルタイムの小林さんに入ってくださいました。それからこちらも基本的に順調なのですが、28年度末に中間評価をする予定でございます。

これまでの成果を簡単に申し上げますと、プロジェクト1、分離回収のところでは、ガラス固化体と高レベル廃液からの回収のところは公募いたしまして、それぞれ2件、4件のアイデアを採択しております。一方、偶数奇数分離のところは、先ほどちょっと申し上げましたように、理研に既に研究を進めていただいております、試験装置の改造に着手したところでございます。

それからプロジェクト2の核変のデータの取得、あるいは新しい核反応制御ですけれども、新しい核反応制御のところでは、やはり公募いたしまして、8件の採択をしております。また核反応データの測定のところは、既に理研のRIビームファクトリーで、3月26日から4月7日に試験をいたしまして、パラジウム107、ジルコニウム93、セシウム135、セレン79の生成を確認しております。お手元の資料にはないのですが、もう既にパラジウムを測定したデータを取っております、これを解析して核反応断面積を決定するというを考えています。

またシミュレーションの方ですけれども、フィッツ (PHITS) というコードを使いますが、これの精度を上げるということで、パラジウムの方は既に計算を進めておりますし、実用化の装置を模擬したシミュレーションも開始しております。その結果が以上です。

以上、雑駁ですが。

○久間議員 どうもありがとうございました。

それでは時間が差し迫っていますので、端的な質問をお願いします。

○中西議員 大変重要な研究なので、しかも範囲が結構広がりますよね。だからそのところにどういう工夫をされていくのでしょうか。

○藤田PM 発表にも入れたのですが、やはり理学屋さんのデータというのは非常に重要なのですけれども、工学の出口を見据えてデータを取って基礎研究をしていかないと、実用化に結びつかないというので、根本的なDeath Valleyとダーウィンの海をどうやって克服するかというところがポイントで、日々研究計画とか細かいところにコメントをつけております。

○中西議員 そういうことですか。

○久間議員 先ほどの佐橋PMのスピントロニクスの特ランジスタとか、藤田PMの核変換などは、未踏の領域です。ですから試行錯誤でやっていくけれども、計算機科学を使ってシミュレーションを行うなど、理論的にも追及していただきたいと思います。

よろしいでしょうか。どうもありがとうございました。

○藤田PM どうもありがとうございました。

○久間議員 それでは佐橋、藤田両PMにおかれましては、本プログラムが革新的研究開発のモデルケースとなるべく成功に向けて引き続き頑張っていただきたいと思います。

それではここから非公開で進めさせていただきたいと思います。記者の方、御退室をお願いします。

(プレス退室)

議題2. 平成26年度に係る革新的新技術研究開発基金の報告について【非公開】

午前10時06分 閉会