

第22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29年2月16日(木) 10:00～11:06
- 場 所 中央合同庁舎8号館 6階623会議室
- 出席者 石原副大臣
久間議員、上山議員、大西議員、橋本議員、内山田議員
- 事務局 武川府審、山脇統括官、進藤審議官、生川審議官、松本審議官、柳審議官、
佐藤参事官、福嶋参事官、今泉、高橋
- P M 佐野PM、佐橋PM

○ 議事概要

午前10時00分 開会

○久間議員 おはようございます。

ただいまから第22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。

本日は会議後半部分を一部非公開で行います。

原山議員、小谷議員、十倉議員が御欠席です。

会議前半は、石原副大臣が御出席されることになりました。どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、プレスの方を入れてください。

(プレス 入室)

○久間議員 本日の議題は、「PMによる研究開発プログラムの見直しについて」です。

ImPACTの研究開発プログラムの進捗管理は、「革新的研究開発推進プログラム運用基本方針」、「革新的研究開発推進プログラム運用基本方針取扱要領」に定めるとおり行うことになっています。

全16名のPMに関する平成28年度の研究開発プログラムの進捗管理についてPMからヒアリングを実施し、PMからの報告内容を踏まえたPMの研究費総額の見直し方針案を1月19日の第21回有識者会議で御確認いただきました。

本日はまず、佐野PMと佐橋PMの研究開発プログラムの見直し案について、PMから説

明してもらいます。

まずは、事務局から冒頭説明をお願いします。

○福嶋参事官 御説明申し上げます。資料1-1「PMによる研究開発プログラムの見直しについて」を御覧ください。

ポイントでございますが、今、久間議員から御説明がございましたとおり、PMによる研究開発プログラムの進捗状況及び研究費総額を含むプログラムの見直しの必要性につきまして、昨年6回、集中レビュー会においてヒアリングを行いまして、その結果を踏まえた7名のPMに関する研究開発プログラムの見直し案につきまして、先月19日に開催された有識者会議で確認されたところでございます。

本日は、佐野PM、佐橋PMから研究開発プログラムの進捗状況及び見直し内容、その構想、項目の説明を行っていただき、質疑応答を行い、3月9日に開催予定の推進会議におきまして見直し案の承認について御審議をいただく予定にしております。

2ページ目を御覧ください。

今後の予定といたしましては、2ページ目に記載のとおりでございます。私からの説明は以上でございます。

○久間議員 それでは、ただいま説明がありました研究開発プログラムの見直し案について、佐野PM、佐橋PMから説明をお願いしたいと思います。

説明時間はお一人14分間、時間厳守をお願いします。終了2分前と終了時間にそれぞれ鈴を鳴らします。

お手元の資料1-2を御参照ください。

それでは、佐野PM、よろしくをお願いします。

○佐野PM PMの佐野でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

ユビキタス・パワーレーザーによる安心・安全・長寿社会の実現につきまして御説明を申し上げます。

今日、御報告させていただきます内容でございますが、御指示いただいたとおりの順番の内容になっております。

まず、研究開発の構想でございますが、我々、X線自由電子レーザーとパワーレーザーを超小型化して、いつでも、どこでも、誰でも使えるようにしたい、ユビキタス化したいというのを最終的な目標と考えております。

まず、XFELですが、日本では世界で2機目が兵庫県播磨地区の理研に完成しております。これはタンパク質の構造解析による創薬、あるいは触媒や電池の反応解析で非常に大きな成果を上げています。

私も2012年から産業会のユーザーとして、こちらのレーザーを使わせていただきましたけれども、利用機会が少ないというのは、一つの難点かと思っております。そういったことで、なかなか企業にとってはPDCAのサイクルが回りにくいというのが難点でございます。

それを解決するために、X線自由電子レーザーを超小型化して、各機関、企業を含む機関に配備できれば研究開発の成果が非常に早く回るとは思わないかということで、日本の産業競争力を底上げできるのではないかと考えております。

目指す目標でございますが、ImPACT期間中は、超小型のXFELに実現に必要な基盤技術の確立と考えておまして、将来はこのような10メートル以下のXFELを実現したいと考えております。

もう一方のパワーレーザーでございます。いろいろなインフラの保守点検、製造の革新、高感度の分析、医療応用などで既に広く使われているものでございます。やはりまだ値段が高い、あるいは空調が必要だったりして、現場で使う、あるいは工場でのダーティな状況で使うにはなかなか使いにくいところがあるというのが現状でございます。

これを超小型にして、使いやすい、国産のレーザーを提供しまして、ソリューションの提供、それから産業を革新していきたいというのがこのプロジェクトでございます。最終的には、ImPACT期間中に製品化しまして、ユーザーに提供したいと考えております。

研究開発プログラムの内容でございますが、こちらに現在のSACLA、兵庫県播磨にあるX線自由電子レーザーの写真でございます。全長700メートルでございます。これを10メートル以下にしたいということで、400メートルある加速器、それから200メートルあるアンジュレーターを最終的には10メートル以下にするということを考えております。

アンジュレーターは、こちらにございますけれども磁石が規則正しく並んでおります。その磁場で電子を振ることによって、放射線、X線を発生させるものでございます。この両方を新しい技術でコンパクトなものにしていく、当然コストも下がるということでございます。

こちらの加速器の方で申し上げますと現在はこういう電極に電圧をかけて、それによって生じる電場で電子、荷電粒子を加速いたします。電圧を余りかけすぎますと放電をして壊れてしまいますので、大体1ミリ当たり20keVぐらいの加速になります。ところが、新しいレーザーの技術を使いますと、瞬間的ではございますけれども、こちらの1000倍以上の加速能力を持つことが知られておりまして、この技術をうまくコントロールして使うことによって、加速器の長さを10メートル以下にしたいと考えております。

こちらは大阪大学の装置でございますが、ちょっと小さくて見にくくて申し訳ないですが、真空チェンバーがございまして、ここにガスを吹いて、そこに高強度のレーザーを照射して瞬間的にプラズマの波をつくって、そこで加速するというものでございます。

こちらの方でございまして、X線自由電子レーザーは1万個ぐらいの磁石をマイクロオーダーで精度よく並べていく必要がございます。物量も大きい、調整に非常に時間がかかるという問題がございます。それを日本の技術で一体型に成形しまして、ここに磁場を書き込んでいく、そういった技術の開発をしております。

レーザーの方の実施内容でございますが、日本の独自技術、これはまた後ほど御説明しますけれども、日本の技術によりまして超小型のパルスレーザーを開発して、新しい市場を創出したいと思っております。

やり方でございますが、材料開発のような基礎研究段階からユーザーのニーズを取り込んで、製品化までを一貫して進めるということで推進しております。

御存じのとおり、レーザーは多くの分野で既に使われておりますKey Enabling Technologyと言われております。こちらにシェアが書いてございますが、パワーレーザーについては、特に海外勢にほとんど押さえられているという状況でございます。

それだけではなくて、レーザーを使った製造設備についても海外製品が主流になっているということで、ユーザーにとりましては、例えばメンテナンスのために本国に送り返したりするようなことも必要になってまいりまして、時間がかかるというのが一つの大きな難点になっております。それを国産技術で小型で非常に使いやすいレーザーを開発して、製品化、それから適用・普及を図っていきたいということを考えております。

ハイリスク・ハイインパクトな取組みのポイントということでございますが、既に一部説明しましたけれども、1000倍の加速能力を持つレーザー加速器を使います。レーザー

加速はまだ原理確認段階でございまして、実用化には加速の安定化と装置の更なる小型化が必須だというふうに思っております。

実は、欧米の方は、非常に高いエネルギーのレーザーを使って、レーザー装置も体育館サイズぐらいあって、非常に大きなものを使って一気に高エネルギーまで加速するというのをやっております。

こういった一つのチェンバーを使いまして、その中で電子の発生から加速までを一遍にやってしまうということで、非常に高いエネルギーまで加速されることもあるんですが、非常に不安定だという欠点がございまして。

日本の独自の考え方としまして、こちらで必要とされる機能、電子を発生させる場所、それから電子をビーム状に制御する場所、それからそれを高いエネルギーに加速する場所。それを三つのチェンバーに独立に割り振りまして、各々最適に制御することによって安定な加速を実現するというのを考えております。

加速のエネルギーにつきましてはまだまだ1 GeVまで達成していませんけれども、安定性という意味では世界で一番安定なレーザー加速ができていますと自負しております。

一方のレーザーの方ですが、こちらは安価で使いやすく小型で高出力のパルスレーザーを開発して、レーザーの概念を一新したいと考えております。空調のあるところでなければ使えないということではなくて、このレーザーポインターのように気軽に使えるようなものにしていきたいと考えているところです。

プログラムの出口目標でございまして、プロジェクト1、プロジェクト2、これは最初から進めているものでございまして。幾つか書いてございましてけれども、先ほど申し上げましたとおり、XFELの実現のための基盤技術の確立ということを考えております。パラメーターがこちらに書いてございましてけれども、説明は省略させていただきます。

レーザーの方でございまして、非常に小さい手のひらサイズの高出力パルスレーザーの開発ということを考えております。

それから、この二つのプロジェクトの評価ということで、プロジェクト3を今年度から立ち上げております。こちらの方ではこちらでつくった技術、製品をユーザーの立場から評価していくことを考えております。

体制でございまして、これは昨年度までの体制でございまして。当初は要素技術開発、装置開発が主体でございまして、XFELにつきましてはこういったチームで、それからレー

ザーについてはこういったチームでレーザー開発を行っておりました。

今年度からは、大分こちらの要素技術開発が進んできたということで、その応用のプロジェクトを立ち上げまして、少し大きな形でプロジェクトを進めております。一方、ガバナンスという意味では、PM補佐は昨年まで一人だったのですけれども、三人に増員いたしました。特に知財担当、レーザー担当の専門家に参加していただきまして、PMを協力にサポートしていただいているという状況でございます。

来年度以降、29年度、30年度でございますが、こちらのレーザーの開発が進んできたということから、その製品化のプロジェクト、それからこのレーザーを広く皆様に使っていただくためのレーザー試用プラットフォームの構築をさせていただきたいと思っております。

平成28年度 of 取組み・進捗及び成果について御説明いたします。レーザー加速XFELでございますが、電子加速及びX線ビーム発生のために理研の播磨地区に、プラットフォームを現在構築している途中でございます。そのためのレーザーシステムの開発と環境整備を進めています。

播磨地区での実証実験、これはまだ構築している段階でございます。来年度に始まるわけでございます。それに先立ちまして、大阪大学で組合せ試験の準備を行っております。そのためのマイクロアンジュレーター（磁石の列を小さくしたもの）開発、それからプラズマ素子、プラズマ波・電子ビーム計測の開発を行っているところでございます。

主な成果は項目がここに書いておりますが、今日は後ほどこちらの太字で書いてあるレーザーパルス波形制御により世界最高効率の電子加速に成功しておりますので、これについては後ほど少し詳しく御説明させていただきます。

レーザーの方でございますが、これは市場で競争力のあるレーザーを提供するために、小型高出力化・ロバスト化を推進しているところでございます。IMPACT期間内に製品化を行うということで、Nd:YAGというレーザーを発振させる媒体、それから冷却するための基板の常温接合に成功いたしました。こういった非常に小さくてコンパクトなレーザー媒体の開発に成功しております。

それをレーザーに組み込むことによって、図が小さくて申し訳ありませんが、100ミリぐらいの手のひらに乗るぐらいの大きさで、20mJの発振を達成しております。これにつきまして後ほど少し御説明させていただきます。

システム化・XFEL実証評価につきましては、プロジェクト1、プロジェクト2で開発した技術の評価をユーザーに行っていたいております。これにつきましては、後ほど加速器電子ビームとマイクロアンジュレーターの組合せで放射光の発生に成功しておりますので、この結果について御説明したいと思います。

まず、特筆すべき成果ということで、一つは世界最高効率のレーザー電子加速に成功したということで御説明します。これは昨年の暮れに出たデータでございますが、従来はパルスの波形まで制御していなかったのですが、それを早い立ち上がりの形に制御することによって、0.3 Jという非常に小さいエネルギーで500 MeVまでの電子加速に成功しております。これは装置の鳥瞰図でございますが、この非常に小さいところでレーザー加速を行っております。

また、レーザー自身が10数メートルございますが、これは20 Jまで出るデータでございますので、0.3 Jということであれば、更にこれを小型化できると考えております。

こちらは世界の状況を比較してみたものでございます。横軸がレーザーのエネルギー、すなわち装置の大きさだと思っていただければいいかと思います。こちらは加速できたエネルギーでございます。今回の大阪大学のデータは左上にございまして、世界最高効率を達成したと思っております。

次に、アンジュレーターでございます。これは東北大学の加速器施設を使って試験を行いました。鳥瞰図でございまして、ここに電子加速器がございまして、従来のアンジュレーターを横にどけて、小さな開発したアンジュレーターを設置して実験を行いました。

シミュレーションと比較して検証を行いましたけれども、実際に観察した放射光とそれからシミュレーションの結果、非常によくあってございまして、マイクロアンジュレーターの当初目論んでいた性能が達成できたと考えております。

次に、小型のレーザーでございます。先ほど申し上げましたとおり、冷却基板と発振媒体をこのようにつなぐ複合体を製造することに成功いたしまして、それを組み込んだレーザーで20 mJまでできたということでございます。この一つの大きな特徴は、どんどん多層化することでパワーをどんどん上げることができるということが非常に大きな特徴でございます。

昨年まで、1層で3 mJ程度であったものが、20 mJまで上がっております。ということで、20 mJまで上がりますといろいろな応用が考えられまして、早く製品化して皆様

に提供していきたいと考えております。

これは横軸がレーザーの繰返し、縦軸がパルスエネルギー／レーザー媒質体積でございます。開発したレーザーは世界最高の性能を持っていると考えております。

こちらはホトニクスウエストという展示会に出展いたしまして、I m P A C Tもフィーチャーされまして、非常に評判がよかったということでございます。

プログラムの見直しでございますが、今回黒字で書いてあるところの見直しを行うということで考えております。

ちょっと時間がございませんので、詳しい御説明は省略させていただきます。公設試の方にレーザープラットフォームを構築することで、この公設試はユーザーサポートに長けているということで、その力をうまく利用するというので、I m P A C T終了後も是非使っていただけるような仕組みをつくりたいということでございます。

マイクロアンジュレーターの方は先ほど成果を御報告いたしましたので省略させていただきます。

スケジュールでございますが、黒線は従来のスケジュールでございます、緑が昨年に御承認いただいたもので、赤が今回の見直しということでございます。

時間オーバーしまして、申し訳ございません。以上でございます。

○久間議員 ありがとうございます。それでは、ただいまの説明に対して、御質問、コメント等がありましたら、お願いします。

○橋本議員 プロジェクト1とプロジェクト2ともに順調に進展しているようで大変いい成果だと思って伺いました。それぞれに少し伺いたいのですが、プロジェクト1の方ですけれども、もともとの予定ではI m P A C Tの期間内に要素技術、基盤技術を確立し終了後はプラットフォームをつくるということでしたけれども、プラットフォームをつくって、その後どのような形で最終的な形まで持っていく計画ですか。

2点目の方は、超小型のハイパワーレーザー、基本的に半導体レーザーの効率がすごく上がったので、YAGをいろいろ工夫して、基本的な概念としては、全部あるものの組合せですよね。そういうものができたときに、知財として確保はできているんですか。世界中がある意味狙っているところでもあると思います。。また、どこの部分が知財として確保できているのでしょうか。

○佐野PM 1点目の方でございますが、プラットフォームを今つくっております、今年中

に完成いたします。30年度になると思いますけれども、ユーザーの方に試験的に使っていただきまして、恐らくその後はまだ交渉段階ですけれども、理研に移管できれば移管して、ImPACT後も活用できればと考えております。

○橋本議員 プラットフォーム自身の運営はどこがやるのですか。

○佐野PM 今は大阪大学が。

○橋本議員 終了後です。

○佐野PM それはできれば理研というふうに考えております。

○橋本議員 大体国研にそういうのは要求されるものですからね。その辺の調整は大分されているのですか。

○佐野PM 今、始めているところでございます。

○橋本議員 助走期間が結構いるので、SIP、ImPACTが終わるに当たって、そういう案件が実はたくさん国研には来まして、国研も全部受けられるわけではないので、調整が必要なのです。

○佐野PM おっしゃるとおりだと思います。

今、理研の長期スケジュールには、一応レーザー加速器は入れていただいております。まだセンター長レベルのお話でございます。

第2点目の方ですが、知財の方は特許出願を数件しております。

○橋本議員 どの部分が押さえられているのですか。

○佐野PM 先ほどの複合体でございます。

○橋本議員 複合体は特許になりますか。部分的に、構造ですよ。

○佐野PM はい、そうです。従来はここのところはガスを流してしているわけですが、それを固体にして冷却性能を高くしたということで、まだ成立するかどうかは、出したところでございます。国内、国外とも出願しております。

○橋本議員 私もこういうことをやっていたので分かりますが、それほど飛び抜けたアイデアでもないような気がします。

○佐野PM そうですね、今まで接合することができなかったのが、実現していませんでした。

○橋本議員 接合技術ができたからということでしょうか。

○佐野PM ここがガスのものであるというのは既に存在しております。

○久間議員 今の橋本議員の質問に類したことです、X線自由電子レーザーは、このプロジ

ェクト開始時には、どこかの研究所に1台置くというのではなくて、トラックに乗るようなサイズにし、あちこちで気軽に使えるものを開発しますと言ったはずですが、だんだんと出口の目標が変わってきているのではないかと思います。

当初の目標を変えないようにしないと I m P A C T ではありません。現状は体育館サイズの設定を小型化して、簡単に必要とされる場所に移動して使えるようにするのが当初の目標だから、皆が I m P A C T のテーマとして適切と思ったのです。考え直してほしいと思います。

それからレーザーに関しては、ファイバーレーザーとかディスクレーザーは欧米でやっています。それと機能的には同じものを狙っているわけですか。開発したレーザーを欧米のファイバーレーザーとどう置き換えるのか。性能面なのか、それともコスト面なのか。そういうところを明確にしないと駄目です。

○佐野PM はい、分かりました。

○久間議員 その辺の目標と計画を、資料で提出してもらいましょう。

大西議員、どうぞ。

○大西議員 今、久間議員の指摘と似た感じなのですが、5ページで、市場規模、パワーレーザーの市場シェアがあって、こういう国々がかなり占有していると。それらの国々のメーカーも一番最後の15ページでそれぞれ開発しているという、それなりの性能を持ったものを出しているというのは当然ですが、そういうグラフが幾つかあったと思います。12ページもそうです。

彼らの新しい製品を開発していると思うので、そういう供給側の開発動向の把握も相当大事で、日本が狙って、この市場占有というこの円グラフが変わっていくという絵を描くのなら、やはりどこに市場を見出すのかということが大事だと思います。小型化することによって、どういう人が新しいユーザーになるのかとか。あるいは今までこういう大型のユーザーだった人が転換する可能性があるとか、その辺りの分析も並行してやらないといけないのかなという気がします。性能だけを取り出すと匹敵するものがあるということで、売りは小型化、軽量化なり、あるいはコストが安くなるということなんだろうと思うので、そこでどういうユーザーが捕まえられるのかということも重要なかなと思います。

○久間議員 I m P A C T の研究開発成果の出口目標は、既存のファイバーレーザーを置き換えるのか。あるいは新しいマーケットを見つけるのか、これらを整理しておかないといけ

ません。展示会の出展も大事ですが、自分の足で応用や顧客を探さないと駄目です。

○佐野PM はい、ありがとうございます。

○久間議員 お願いします。

ほかに御意見はいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

そうしましたら、佐野PMは、本日の様々なコメントに対する回答を整理してください。
よろしくをお願いします。

佐野PMの研究費総額の見直しについては、この後改めて御議論させていただきます。

続きまして、お手元の資料1-3を御参照ください。佐橋PM、よろしくをお願いします。

○佐橋PM 御紹介いただきましたプログラスマネジャーの佐橋です。よろしくお願いたします。

早速ですが、スライドにしてください。

研究開発プログラムの実現に向けて、研究開発の進捗と見直しについて御報告させていただきます。

まずは、私どものプログラムの構想について簡単に御説明いたします。

皆さん御承知のように、現在のコンピュータのエレクトロニクスは揮発性の半導体エレクトロニクスから構成されています。すなわち電源をオフにしますと、記憶情報が消えてしまいます。ということは、仕事をしていないときも電力を使って、動作時も電力を使うということで、ともに電力が大きいという大きな問題があります。これは今日、IoTとかビッグデータ、CPS、AIもそうなのですけれども、いろいろとコンピュータを使って社会のインフラが変わろうとしていますが、この増大する電力消費は大きな問題として、解決すべき社会的課題として横たわっています。それを踏まえまして、私どもはこの揮発性の半導体エレクトロニクスを不揮発性のスピントロニクスへと変革することに挑戦しています。スピントロニクスというのは、エレクトロニクスと磁気工学を融合した新しい分野で、このスピントロニクスの物理を駆使して不揮発性のIT機器を実現しようと考えております。

この場合は電源がない場合でも記憶は保持されて、動作時の消費電力も桁違いに下がる、そういうことになれば、結果として現在のモバイルITも無充電で1カ月以上使用できることが可能になります。また、センサーネットワーク、これはIoTにとってとても大事な話ですけれども、電池交換を一掃できるようなエッジコンピューティングが実現できます。

そのようなことを実現するために現在のコンピュータの中でのメモリ階層、デバイス階層

において、特に演算処理、情報処理からメインメモリ、いわゆる半導体の揮発性エレクトロニクスで構成されている部分をスピントロニクスを駆使しまして、不揮発性へと変革し、超省電力化に結びつけたいと考えております。

それを踏まえて、プログラム開始時には、五つ、すなわちコンピュータのデバイス階層の各レイヤーにプロジェクトを組んで五つのプロジェクトでスタートしました。狙いはそれぞれのレイヤーで究極の省電力化を図って、今日の社会的課題を解決しようというのが目論見でした。

しかしながら昨今、いわゆるIoTとかAIを中心にして、コンピュータの心臓部分、具体的に言いますと演算処理、メモリの部分で大きな変革が起きてきています。かつ加速してまいりましたので、そのあたりの技術動向を踏まえまして、本来は28年度末に実施する予定だったステージゲートを27年度末に実施しました。

五つの中で、今、最も戦わなければいけない二つの部分、すなわち演算処理部とストレージクラスメモリを含めたメモリ部にターゲットを絞り、二つの分科会とその下に配した実行プロジェクトという新しい分科会体制を組みました。28年度はこの体制のもとにプログラムの研究開発を推進しております。この体制で、世界で最も省電力な独自の磁気メモリ、MRAMの開発に注力すると同時に社会情報インフラ関連技術の技術革新を狙うということに現在目標を定めております。

そのための実施体制としましては、二つの分科会体制にしましたので、PMの下に運営会議を置いて、それぞれ分科会はいわゆる出口企業との連携によって、出口の課題の明確化、実証評価の早期実現に向けて動き出しております。

また、新たに平成28年度は知的財産戦略委員会を立ち上げました。この委員会の特徴は、各分科会に呼応した二つの特許事務所とその代表弁理士に知的財産戦略委員会の委員として入ってもらいまして、知的財産戦略等を議論すると同時に、若手研究者の特許明細書作成の指導及び出願の相談を実施することです。

出口目標に関しては、プログラム承認時は五つのプロジェクトに対して、圧倒的差別化技術の創成、生活様式を一変する起爆剤的研究開発成果の創出ということで、少し漠然としていましたけれども、ステージゲート後の平成28年度以降は二つの具体的な目標を設定いたしました。

一つは大野先生の社会実装分科会は、新たに見出しましたスピン軌道トルク磁化反転原理

を用いた高速MRAMの機能実証とその不揮発マイコンへの展開です。

もう一つ、湯浅さんの電圧駆動MRAMプロジェクトに関しては、電圧駆動も全く新しい技術ですので、集積回路チップ設計開発を完了して、メモリやストレージへの展開を図るものです。この二つの産業分野に絞り込んでリソースを重点化しました。具体的目標は、そこに記載のとおりでございます。

それでは、28年度の取組みと進捗及び成果について御報告いたします。

まず、大野先生の社会実装分科会のロードマップと成果です。27年度までのところでスピントルクという電流駆動ではあるのですが新しい物理原理に基づく高速の磁化反転を世界で初めて実証することに成功しております。したがって、これができればスピントルクの物理を組み込んだMRAMの可能性が出てまいりましたので、増額をお願いしましてSOT、すなわちスピントルクMRAMの機能実証のための300mWf開発試作と機能実証ということで、ロードマップの上で、28年度から新たな研究開発項目を一つ走らせています。

もう一つは、同じ電流駆動でも企業を含めて多くの研究開発機関が世界的に取り組んでいるスピントランスファトルクMRAMを用いた不揮発マイコンの機能実証です。同じく300mWfでの開発試作です。こちらは承認当初からロードマップの上で走らせている研究開発項目ですが、少し計画より遅れていますけれども、不揮発マイコンの機能実証に向けて現在鋭意試作に取り組んでいるところでございます。

したがって、成果としまして平成28年度に関しましては、SOTの方の準備、いわゆる事前評価が極めて順調に進んでいまして、特に、平成27年度に高速の磁化反転を実現したときには、膜面垂直に磁場をかけていたのですが、事前評価では、磁場がなくても十分スピントルク高速磁化反転が可能な素子構造を考案、実験検証しています。デバイス化にとっては非常に重要な成果を得ることに成功しております。

こちらは、本日の報告のメインであります湯浅先端技術開発分科会のロードマップです。電圧駆動MRAMに関しては、物理を含めていろいろ詰めなければいけないところが多々ありましたので、まずは要素技術の研究開発を動かしました。平成27年度末には評価技術を確立したり、あるいはプロセス技術を確立したりして、要素が固まってきましたので、28年度以降はメモリデバイス開発主導型のロードマップに切り換えました。

したがって、電圧駆動MRAMデバイスの設計開発が一つの柱です。もう一つの柱は、新しい電圧駆動に挑戦しておりますので、電圧効果を高めるための材料素子開発が極めて重要で

す。したがって、研究開発ロードマップの上で、この二つの柱を28年度は走らせることにいたしました。

こちらの方の成果についてまとめますと、27年度までは物理においては、少し読みづらいかもしれませんが、磁気異方性の電圧効果が、従来はd電子、すなわち磁気を担うd電子のスピントランスファーレンス相互作用だと考えていたのですが阪大とJASRIの共同研究成果の結果、sp電子が絡む電気四重極が大きく寄与しているという重要な知見が得られています。

一方で、エラーレート評価技術の確立によって、電圧駆動においても十分ダイナミクス制御で、磁化反転制御が可能であること、すなわちMRAMの成立性を世界に先駆けて確認しました。ただし、エラーレートは10のマイナス3乗、4乗というレベルで、とても実用レベルではありませんでした。そこでメモリデバイスの設計開発ということに特化しました28年度に関しては、二つの大きな成果が得られています。

一つは、電圧駆動MRAMにとって、非常に重要なことは磁化の歳差運動を制御することですが、そのための回路、新しい高速の書込み、読出し回路の設計開発に成功すると同時に、もう一つは電圧駆動という特徴を活かした新しい一括の書込み、選択書込み方式の実験検証に成功しております。この二つは、IEDM、2016 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)、半導体の三つの主要国際会議の一つに採択されました。採択率は低く大体30%以下ですが、そこで採択され発表を12月に行っております。

一方、材料に関しても、MnGaという材料で、これまで我々が確認できなかった500 fJ/Vm、ボルトメーターは電界で、この電界に対してこれぐらいの磁気異方性のエネルギー変化をするような大きな電圧効果を、しかも対称的、電圧がプラス、マイナスで対称的に確認することに成功して、材料開発の方向性も定まってきました。

その中で、今回の見直しに関して特筆すべき進捗と成果について御報告いたします。

なぜ我々は今、電圧駆動MRAMにこだわっているか。こちらのSTT、スピントランスファーレンス、スピントランスファーレンストルクはいずれも電流駆動です。電圧駆動の最大の特徴は消費電力にあります。電流ではなくて電圧で駆動するために1 fJ/bit、1 bitを書き込むために、1 fJですむという大きな特徴があります。

あわせて先ほどお話ししましたように磁化の歳差運動を制御する物理原理を使っているということで高速書き込みが可能であることと、もう一つは電圧を使うためにCMOSトランジスタの面積を小さくできる、ということが大きな特徴です。

その特徴をまとめますと、磁化ダイナミクスのタイミンク制御のため高速Writeが可能である。電圧駆動のためにWrite電流が小さい。ほとんどゼロに近い。一方向に電圧を加えて書込みを行う。いわゆる1を書いたり、0を書いたりするときに、一方向の電圧を使います。したがって、逆方向に弱い電流を流して読出しを行えば、Read Disturb Free、読んでいるときに間違えて書くことがないような回路を構成でき、非常に安定な書込みができるという特徴がございます。

現在の電流駆動型においては、これは非常に大きな問題になっております。しかしながら、電圧駆動型を実現するためには、高速での読出しが必要ですので、回路設計の確立が重要です。また、高集積化が可能なデバイス構造・方式の実現、どういう構造でどのような方式を使ったらいいかということを検討開発し、それを実現することが肝要です。

したがって、回路からのアプローチとメモリデバイス構造・方式からのアプローチを走らせました。

回路に関しては、後ほど御説明しますが、新規高速書込み、読出し回路設計開発において、成立性の実験検証を行いました。

こちらのメモリデバイス構造、方式からのアプローチに関しては、新規一括書込みコンセプトという、全く新しいコンセプトを編み出しまして、その実験検証に成功しています。したがって、現在はそれぞれの要素技術開発が大きく進展しまして、実験検証を完了した段階にあります。ここまでくると、やはり次は実際に集積回路チップとして機能を実証したいというところに至りまして、今回の増額をお願いになりました。

新規高速書込みに関しましては、一つは実は電圧を加えたときの電圧効果の物理を巧みに利用しました。書き込むときはプラスの電圧をかけるのですが読み出すときにマイナスの電圧を加えることによって、実は磁気異方性を上げて磁化を安定化させて、エラーを低減するというのをあわせて行う。Read、Write、Readで電圧をプラスマイナス、反転させることによって、エラーを低減するということです。

それから、もう一つは、最初に読みますので、間違いなく書いてあればスキップするという事で省エネルギー化につなげます。

残念ながら、電圧で駆動する場合は、どうしても磁気トンネル接合、MTJのトンネルバリア抵抗を高める必要があり、高抵抗となります。その場合は読出しが遅くなる問題が起きますが、この問題を解消するような回路もあわせて開発し、産総研と東芝から特許を共同出願し

ました。IEDMでの発表とあわせてプレスリリースも行いました。

次が増額に関する話です。

研究開発プログラムの見直しを行いたいということを今日お話ししたいと思います。デバイス主導型の研究開発及び材料の方向性が見えてまいりました。やはり実際に集積回路チップで機能実証したいということで、新しく課題として機能実証開発試作というのを設けたいと考えています。

これは新たに考案した回路設計技術と一括書込み処理技術の統合による集積回路チップの試作及び機能の実証ということで、出口展開を早期に実現するために是非研究費の増額をお願いしたいと考えております。

最後にまとめなのですが、今日のお話とは少しずれてしましますが、PMマネジメントとしましては、いわゆる研究開発に関しましてのロードマップは徹底的に見直しまして、これだというものを決めましたので、あとは出口戦略の具現化、企業への橋渡しの完遂というところに重心を移していきたいと思っています。

あわせてプロジェクト研究開発に関しては、電圧駆動MRAMの研究開発が加速できれば、IoT/CPS、AI時代のエレクトロニクス社会基盤技術の構築に向けて、大野・湯浅両分科会、プロジェクトとともに、出口企業との連携で、機能実証のための開発試作の段階へとへと踏み出すことができるということでございます。以上でございます。

○久間議員 ありがとうございます。

それでは、御質問等をお願いします。

○橋本議員 大変素晴らしく進んできてすごいと思っています。最後に書いてあるように、増額して次のチップのところまで、多分やると思います、できると思います。

○佐橋PM やりたいと思います。

○橋本議員 その後どうなるとお考えですか。

○佐橋PM 今、考えているのは。

○橋本議員 マッチングとかいろいろ書いておられるけれども、かなり巨額のお金のかかる話だから、そんな急に話が進むわけではなくて、かなり具体的に詰めておかないと、そこで止まっちゃいますよね。その辺はどうなのですか。

○佐橋PM 今考え始めていますのは、一つには今日のお話し、すなわち現在はそのままImPACTの研究開発成果を出口企業に橋渡しというスキームを組んでImPACTの研究開発を推

進んでいますので、その企業の方に橋渡しをするというのが一つの考え方です。

もう一つは、やはり今考えると、このIoTとかAIで何が起きているかという、正にSociety 5.0ではないですが、社会インフラレイヤーのところに大きな変化を起こそうとしています。この大きな変化を起こそうとしていますので、実はその社会の頭脳となり、まさに心臓部であるこのエレクトロニクスから大きなレバレッジをかけたいと思っています。

我々は今、ImPACTでプログラムを実行しているのは、この基盤技術のレイヤーです。橋本先生が言われるようにここから企業に橋渡しをして、企業にお任せというわけにもいきませんので、ここから社会インフラの方にどういうふうに橋渡しをしていくかということも含めて、少しレバレッジを検討しようということで、こういうフォーラムをつくって大いに議論していきたいと考えております。

○橋本議員 社会インフラの方にこういう技術は絶対に重要になってくるけれども、どこかがつくらないといけない。例えば、日立さんがつくってくれるのが一番いいと僕は思っているんだけど、どうなのかなという気がします。例えば日立さんのような会社が社会インフラのところまで含めた全体像を見てつくるということです。現実的にどうやればそういう流れになるでしょうか。

○佐橋PM ちょっと今、私の頭の中に解はありませんけれども、某社さんは一度このエレクトロニクス基盤部分を切りましたので、切ったものをどうやって復活させるかというところは、やはりここの戦略が一番大事だと考えています。

日本はどこで儲けるかというところを大きくとらえると、その必然性の中でやはりここはやらなければいけないというところまで深めないといけないと。

○橋本議員 そういう議論は各所で私も参画していて、本当に投資をしてもらわないといけないと思います。

○佐橋PM そのとおりです。

それは少し私に聞かれても答えがないのですけれども。

○橋本議員 例えば、三菱電気も本当はそうです。切っているんですよ。

○佐橋PM したがって、現在日本の電機メーカーで元気のいい会社がもう一度そこに踏み込むための基盤技術、ベースがなければ、何も話が進みませんので、まずはそこをつくるというのが、ImPACTとしては使命だと考えております。これがあるから勝てるかもし

れないと思っただけのものを出したいと思っています。

そのほか、今騒がれている会社もごさいますけれども、メモリ專業にさせていただいて、是非強い部分をより強くしていただきたいというふうに願っている次第でございませう。

○久間議員 PMの役割としては、今の質問に対して明確に答えなければいけないと思ひます。

I D E Mで発表するのは研究者に任せて、PMは成果をどう事業につなげるか、日本の国益に繋がるビジネスモデルをいかに作るのか。これを考えるのがPMです。

○佐橋PM その通りであります、今考えているのは、具体的に今考えているのは、我々の成果の一つ大野先生の分科会に関しては、某大手半導体專業メーカー。湯浅さんの分科会に関しては、メモリ事業を得意とする某電氣メーカーから多分独立するであろうメモリ会社に橋渡ししまして、そこでの事業へと展開を期待しております。

その結果が、やはり一番大きく影響してくるところは、一番上の社会インフラに影響してきますので、そこを含めた議論も大いにやっていきたいと考えています。

○久間議員 その辺はこの場に合わないので今日は議論しませんが、成果をどこで事業化するかは考えなければいけない。今後の展開に応じて様々なケースを考えなければ駄目ですね。

○佐橋PM 分かりました。ベンチャーも厭わない覚悟でやります。

○橋本議員 本当にベンチャーにしっかり知財なり何なりが入って、それをどこかの海外企業が買ってやるというのもありかも分からないです。

○佐橋PM グローバル戦略との絡みもあって、どう考えたらいいかという。

○橋本議員 そこが正に。

○久間議員 今は一つの解ではなくて、様々なケースを考えておいて、実用化の時にベストなアプローチを選択してください。

大西議員、どうぞ。

○大西議員 今のお話の具体的なことというか、7ページとか8ページとか9ページに共同研究フェーズで企業とのマッチングが既に28年度から始まっているというふうになっていますよね。ここは、特定の企業なのか、それとも技術組合とかいう格好で主要な企業が集まって。

○佐橋PM いや、すみません、この部分はもうプレーヤーが限られていますので、かつ上の演算、大野先生の分科会のように演算に関しては、日本はもう某半導体專業メーカーしかありません。メモリの分野に関しては、今、某電氣メーカーしかないです。ですから、特

定の企業しかありませんので、そういう形で今動いているということです。そこがいか
どうかというのは、また別の次元の議論になってくるかと思います。

○久間議員 今は2社と一緒に進めているのですね。

○大西議員 これは国研ではやっていませんか。産総研。

○佐橋PM 産総研とNIMSは最初から入っています。

○大西議員 湯浅さんが産総研。

○佐橋PM 湯浅さんが産総研で、NIMSは宝野先生に入っています。

これは、一番最初のときに、オールジャパンでやるという御指示がありましたので、全て
入っています。ですから、ちょっと入れすぎちゃって。

○橋本議員 だから整理したほうが良いと思いますが、国研とか国の予算でできることの2桁
くらい必要な気がします。

○佐橋PM そのとおりです。

○橋本議員 だから本当に大変ですね。

○佐橋PM グローバル戦略を本当は考えたいのです。

○久間議員 それからもう一つは、IMPACT終了後、事業化に向けた研究開発は産業界主
体という話だったはずですが、産業界主体にするために、産業界から出てくる要望に対して、
できるだけ具体的な目標を設定して、それを達成するべきだと思います。

○佐橋PM 分かりました。ありがとうございます。

○久間議員 よろしいでしょうか。

○橋本議員 結構です。本当に難しい。

○久間議員 ビジネスモデルをしっかりと考える必要がありますね。昔みたいに世代が変わる
ごとに何千億も投資することはあり得ないのです、国として産総研に一つのラインを持つ
ことが必要かもしれません。

○橋本議員 でも、国にはそんな金がないですよ。

○久間議員 例えの話です。いろいろなケースを考える必要があると思います。

○橋本議員 さっき言ったように、ベンチャーがやって、そのベンチャーをどこかの海外企業
がポンと買って、そうすると国にお金が来ますよ。例えば、そういう絵も描ける。

○久間議員 いろいろなケースを考えて、日本にとって最も良いソリューションを決めて実行
することが重要だと思います。

○佐橋PM 是非そういう議論をさせていただきたいので、よろしくお願いします。

○久間議員 方向性は正しいです。

ありがとうございました。それでは、佐橋PMの研究費総額の見直しについては、この後改めて御議論させ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。

それでは、これから非公開で行います。

有識者議員及び事務局関係者のみとさせていただきます。それ以外の方は退席をお願いします。

(プレス 退席)

午前11時06分 閉会