

## 第 2 回

# ナノテクノロジー・材料ワーキンググループ議事録

平成 26 年 1 月 16 日

午後3時30分 開会

○事務局（守屋） 定刻になりましたので、第2回ナノテクノロジー・材料ワーキンググループを開催いたします。

当ワーキンググループ事務局の守屋でございます。よろしくお願いいたします。

皆様にはご多忙の折ご出席いただきまして、まことにありがとうございます。

本日の出席状況でございますが、構成員総数14名のうち13名の出席でございます。京都大学の北川教授お一方がご欠席でございます。

本日、総合科学技術会議からのご出席は、久間議員、橋本議員でございます。

また、関係省庁といたしまして、文科省さん、経産省さんからご出席いただいております。総務省さんは急なスケジュールでご欠席と聞いてございます。各省の皆様方も議論に積極的にご参加いただければと思っております。よろしくお願いいたします。

それでは、これから先の議事進行は小長井座長にお願いいたします。

○小長井座長 座長の小長井でございます。

本日も大変多くの構成員の方々に出席していただきまして、まことにありがとうございます。

このワーキンググループもいよいよ2回目ということで、今日から個別テーマについて重点的に議論を願うわけでございます。

それでは、早速始めさせていただきますが、まず、事務局から資料の確認をお願いいたします。

○事務局（守屋） 資料の数がかなり多くなっておりますので、簡単にご説明いたします。

お手元に配付資料の一覧がございますので、それと照らし合わせてお願いいたします。

資料1-1、資料1-2は、先月開催された重要課題専門調査会の関連の資料でございます。資料1-3は、前回ご欠席の斉藤構成員からご提出いただいたペーパーでございます。

続きまして、資料2に始まるものが1から8までございます。本日2つ目の主な議題となっておりますアクションプランの施策の関連でございます。資料2-1は前回のワーキンググループでご説明したアクションプラン及び対象施策の概要説明、資料2-2が事務局で用意した1枚物です。資料2-3、2-4は、それぞれ経済産業省さん、文部科学省さんからの提供資料、資料2-5、6、7が、パワーエレクトロニクス領域を主に担当いただく構成員の先生方からいただいた資料でございます。資料2-8につきましては、全体俯瞰ということでご参加いただいている馬場構成員からいただいた資料でございます。

続きまして、資料3-1、3-2はS I P関係の資料でございます。

そして資料4は、第4期基本計画レビューに関する事務局で用意した資料、資料5は、本日、文科省さんからご提供いただいた資料でございます。

さらに参考資料1として、第1回ワーキンググループの議事録を机上に配付してございます。

それと、クリップ止めから外れておりますけれども、ホチキス止めの厚目の資料「ナノテクノロジー材料科学技術の研究開発方策について（中間取りまとめ）」というものが置かれてございます。これも文科省さんからのご提供資料ということで配付させていただいております。

それからファイルに挟んであるものは、基本計画その他を綴じた参考資料でございます。

資料の確認は、以上でございます。

○小長井座長 資料はいかがでしょうか。不足はございませんか。

もし足りなければ、また言っていただければと思います。

議事に移る前に、参考資料1として前回の議事録がついております。かなり長い議事録でございますが、これは既に電子版をお送りして皆様に確認していただいて、必要なところは修正されているかと思っておりますので、これについては参考として配付させていただくということにさせていただきます。

それでは、早速議事に移らせていただきます。

本日の最初の議題は、重要課題専門調査会（第2回）からの報告ということで、まず、事務局から簡単にご説明をお願いします。

○事務局（守屋） 資料1-1を使って簡単にご説明いたします。

昨年12月12日に重要課題専門調査会が開催されました。この調査会では、各戦略協議会及びワーキンググループの座長、副座長の先生方からそれぞれの会議体で議論された主なポイントが紹介されまして、それを受けて、今後取り組むべき研究領域等の全体の議論がされたところでございます。

その会議において、今、お手元にあります資料1-1を本ナノテクノロジー・材料ワーキンググループからの提供資料としてご説明させていただいております。

こちらでは、第1回のワーキンググループで先生方からいただきましたさまざまなコメントのうち重立ったものを、座長の小長井先生とご相談しながらある程度集約して、まとめたものでございます。全体の構成としては、ナノテク・材料分野全体についてのコメントといたしまして、例えば基礎・基盤的技術の深堀りと出口指向のテーマの両立ですとか、目標性能の設定が必要だとか、そういう幾つかのポイントを掲げさせていただいております。

スライド4以降には、個々の重点分野ごとに主なコメントを掲載させていただいております。

また、一番最後のスライド8には、全体俯瞰でコメントいただいている構成員の先生方からのご意見のうち主なものを抽出させていただいておまして、ナノテク材料以外の技術領域との融合あるいは分野間の境界に位置する技術領域の開拓等が、今後、取り組むべき一つの分野ではないかといったご意見等も含めて、掲載させていただきました。

○小長井座長 今のようなことでございますが、前回このワーキンググループで議論させていただいたことをまとめて、この上位の会議で議論させていただいたということです。基本的な考え方が書いてあるのですが、もう一度見ていただきますと、2ページにナノテクノロジー・材料ワーキンググループのねらいがございまして、前回この場でもご指摘があったように、基礎から応用・システム化まで行うわけですけれども、しっかりとした出口戦略を持って議論したいということで、ナノテクノロジーはもともと基盤技術ではありますけれども、どっちつかずのものはなるべく避けたいということで、基礎・基盤、出口を明確にした応用・システム化、これをやりたいというのが最初のページでございます。

何といたってもナノテクノロジー・材料は日本が強い分野でありますから、グローバルな競争に勝ち抜いていかなければいけない。そのために、このワーキンググループでいろいろ皆様のご意見をいただいて、よりよい施策にしていきたい、そういうことでございます。

3ページには今の全体のところが書いてありまして、4ページ以降は、各テーマごとのポイントが書かれております。例えば4ページ、パワーエレクトロニクスのところですが、これからどういうことをやらなければいけないかということで、前回、ワーキンググループの構成員の方々にいただいたご指摘のうち特徴的なところだけを書かせていただいております。何しろ全部は取り上げられませんので。この辺は、これからの議論の中でうまいこと取り組んでいければいいかなと思っております。

特にパワエレのところですと、大容量の電力変換システム、10メガワット・100メガワット級のものが必要だといったことがございましたし、パワエレとICTの融合も入っているべきだということ、それから評価技術とか信頼性ですね。信頼性、評価というのは私も非常に気になっているところではありますけれども、こういった点を集中してということでございます。

それから、「推進におけるポイント、着眼点」のところにも、国際標準化とか基準化、認証システムという言葉が入っておりますが、この辺も今日はきっと議題になると思っております。

あと、パワエレの場合には材料からデバイス、モジュール、回路等々レイヤー構造になっているわけですけれども、応用を目指して、応用を明確にして、全体を見渡して最適化する必要があるといったことを議論させていただいたわけです。

5 ページ、磁性材料・希少元素では、やはり何といても次世代の電気自動車用の磁性材料とか、レアメタルの問題ですね。それが必要でありますし、それ以外に、特に3つ目に書いてあります製造工程から発生するスクラップや寿命を終えた製品からの分離・回収が非常に重要だとか、あるいは鉱物資源を採掘する際の環境破壊、こういったことにも目を向けるべきであるという話があったかと思います。

あとはちょっと省略させていただいて、6 ページは構造材料であります。

構造材料としては前回ご指摘があったのは、工場外、現場工法も取り入れるべきであるとか、裏プロセスとしての補修とかりサイクル、廃液・排水といったものですね。あと、新たにご指摘があったものとしては海洋というキーワードがあったかと思います。こういったものを挙げさせていただきました。

それから、6 ページの最後にありますけれども、性能だけを求めるのではなくて、やはり最後にはコストということがございますので、ターゲットの達成レベルと要求コストを勘案して開発する必要がありますという議論があったかと思います。

7 ページの革新的触媒では、特に注力すべきものとしてシェールガス関連の触媒とか、ナノの特質を生かした革新的なナノ触媒、それから熱還元触媒もどうかという話があったかと思います。

8 ページは全体を俯瞰して、技術間の融合ですとか産業分野間の融合等々を手がけていくべきである、こういった形で構成員の方々からいただいたご意見を報告させていただきました。

これはこれでご了解を得たということにしまして、前回、斉藤構成員がご欠席でしたので、ここでご意見をご披露いただければと思います。

○斉藤構成員 東芝の斉藤でございます。前回出席できなくて、すみませんでした。

今、小長井先生がまとめられた中に大分入ってはいたと思いますけれども、1枚物で資料を準備させていただきました。

○事務局（守屋） 資料1-3になります。

○斉藤構成員 ナノテク・材料というのは、会社の立場から見ると基本的に手段だと思っております、いろいろなメガトレンド、例えば少子・高齢化、人口爆発、情報爆発といったメガトレンドの課題をいかに解決するかというところに有用な基盤技術、あるいは材料技術だと認識しています。

その中で、今まではどちらかという、1つのものやっていると何か解決できた、そういう時代があったと思うんですけれども、これからはそうではなくて、いろいろな融合、それが

どうしたってキーワードになってくると考えていまして、特にここに挙げさせていただきましたのは、医療分野において生体からセンシングする情報、あるいはビッグデータ、あるいはクラウドといったキーワードが今、飛び交っていますけれども、そういったところからのデータを取ってくるセンサーに使われるような技術といったところでナノテクあるいは材料というものが重要になってきていて、それが1つの分野にとどまるという考えを捨てて捉える必要があると思っております。

真ん中の段では、半導体のところで少し述べましたけれども、微細化だけではもう限界が来ていますので、新しいパラダイムシフトを起こせるようなところへ、ある意味ナノテクの原点のところかもしれませんけれども、そういったところにおきましては産学独がそれぞれの特徴を生かした連携をしながら、ときには脳といったところもキーワードに入れながら検討する必要があるということで書かせていただきました。

それから、最後はパワエレのところですがけれども、これから恐らくSiC、ガリウムナイトライドといったものが世の中に出てくると思うのですがけれども、この材料あるいはデバイスというところだけではなくてシステムまで俯瞰して、その中での本質課題は何であるかといったことをしっかり捉えて、コストであるとか、あるいはロバスト性といったところが問題になってくると思いますので、そういったところでの課題を共有して、それを産学連携して進めていかなければいけないといったところで、資料をつくらせていただきました。

○小長井座長 ありがとうございます。

前回、我々がここで議論したこととの共通点もかなりあるかと思えます。特にパワエレについて半導体基板、デバイス、モジュール、システムを区別することなくというのは、まさに議論した内容そのものだと思いますので、今のご意見もこれからの議論に反映させていければと思います。

これについては、よろしゅうございますか。

それでは次に、先ほど資料を1つ飛ばしてしまったみたいで、申しわけありません。資料1-2をごらんください。

第2回重要課題専門調査会で、本ワーキンググループへの指摘事項がございました。これについて、これからこういうことも念頭に置いて進めさせていただければと思っております。

①やるべきことや優先順位の整理でございますが、新たな施策等の検討において、やるべきことやその中での優先順位を時系列的に整理すること。これはそのとおりだと思いますので、常に念頭に置いて進めさせていただければと思います。それから、今、東京オリンピックの関

係で、そこで何か大きなイベントができないかというのは皆さんお考えのことだと思うのですが、出口のイメージを広げる上でオリンピックを有効活用すること。「2020年の出口イメージの打ち出し」と書いてありますが、そういうことで、ここに向かって何かいいものが提案できればということでございます。

### ②俯瞰的な議論の推進。

このワーキンググループの構成員の方々は、それぞれご専門をお持ちですけれども、その専門にこだわることなく各分野を俯瞰的に見た、一段高い議論をお願いしたいということでございます。大所高所からのご発言をよろしく願いいたします。

その一環として、各府省で行われている新たな課題に関するさまざまな検討会等の結果を会議で発表または把握し、不足点等を議論することが必要ということでございます。今日は多分こういうプレゼンがあるのではないかと考えております。

### ③協議会・ワーキンググループ間での連携。

今回、私どもはナノテクノロジー・材料ワーキンググループですけれども、他のワーキンググループとの共通点も大変多いわけでありまして。そういう点では関係する協議会、ワーキンググループ間での情報共有を図ることをお願いしてございまして、他の委員会からの資料もいただき。本当は一緒にやった方がいい場合もあるかもしれませんが、そのような観点で指摘をいただいております。

これについて、何かご質問ございますか。

特にないようでしたら、これも終わったということでもう一つ。

この第2回重要課題専門調査会に山本大臣がご出席されたわけですが、その席で、内閣府においていわゆるS I P——戦略的イノベーション創造プログラムで517億円の予算が要求されていることが報告されました。実際には500億円の予算手当てになっておりますけれども。また、補正予算でI m P A C T——革新的研究開発推進プログラムに550億円ついたというご紹介がありました。あわせて、これは大変大きなプロジェクトでございますので、各戦略協議会やワーキンググループに技術的な検討のサポートをお願いしたいという要望がございました。

これがうまくいくように、構成員の方々にもぜひいろいろお知恵を拝借したいということでございます。これを受けて、もちろんこのワーキンググループではそういう方向で努力させていただきたいと思っておるわけでございます。

これにつきましては後ほど詳細が出てまいりますので、議題（1）については終わらせてい

ただきますが、今までのところで何かございますか。

特にございませんでしたら、時間のこともありますので、議題（２）に移ります。

議題（２）は、平成26年度アクションプラン特定施策のレビュー及び関連施策についてでございます。

本ワーキンググループのミッションの1つに、アクションプランで特定された重要施策を議論していただいて、来年度の研究開発の実施推進へ向けてよりよい計画をつくり上げるというものがございます。そういうことで、プログラムにさらに磨きをかけるために、構成員の方々からいろいろご意見をいただきたいと思っているのですけれども、まず最初に事務局より、資料の説明をお願いいたします。

○事務局（守屋） それでは、お手元の資料2-1をごらんください。

この資料自体は前回の会議でご紹介しておりますので、内容につきましては思い出していただく程度のご紹介にいたします。

スライド3に、パワーエレクトロニクスに関する施策をレビュー対象とするとございます。この取り組みでは、モーター、情報機器等消費電力を大幅に低減する超低消費電力パワーデバイスなどの開発及びシステム化を推進し、新しい市場の創出によって我が国の国際競争力強化を図っていくということが内容として書かれてございます。

具体的にはスライド4に、昨年秋の時点で、経済産業省さんの施策と文部科学省さんの施策、この2つを府省連携施策として特定させていただいた経緯がございます。その後、予算の確定を受けて一部修正、変更がございしますが、それらにつきましてはこれから両省からご説明いただく中で、最新の状況のアップデートを並行してお願いしたいと思っております。

続きまして資料2-2、1枚物の表裏をごらんください。

表にも裏にも資料2-2と番号をつけてしまいましたが、左上に「～2013年度」と書かれている図から先に触れます。

これはいわば現状、各省が推進しているパワエレ関連の主な施策を、仮にこういう縦軸、横軸の区分で分けた場合には展開しているのではないかとということで、JSTさんあるいは各省さんのご協力をいただいて、内閣府のほうで作成したものでございます。

ざっと全体を見渡しますと、デバイス、回路関係よりも上のシステム関連についての研究がやや薄いという印象を持つような状況ではないかと思えます。こちらには文科省、総務省、経産省、それから内閣府のFIRSTがプロットされています。

引っ繰り返していただいて「2014年度～」という図でございしますが、これは今回のアクション

ンプラン対象施策での計画も含めて、改めてなくなる施策を削除して、新たに置かれる施策を簡単に図示したものでございますが、FIRSTのプログラムが削除されています。それから、経済産業省さんもこのタイミングで全体のプログラムを見直されておりますので、その部分が大きく変わってきています。

全般的に、特に経済産業省さんの施策で、上下左右に大きく対象領域が広がっているように見えております。

詳細につきましては、これからのご説明の中である程度フォローしていただければと思いますので、具体的な中身についてのご説明はここでは避けます。

事務局からは、以上でございます。

○小長井座長 資料2-2、大変わかりやすくいろいろ分けていただいておりますが、パワーエレクトロニクスの専門家の立場で赤木先生、いかがでしょうか。こんな分け方で大丈夫でしょうか。

○赤木構成員 よろしいのではないのでしょうか。

○小長井座長 2013年度までを見るとかなりスカスカなところが、2014年度からはかなり埋まってきて、広い範囲でプロジェクトが走りそうだということでございます。

他によろしいですか。

もしないようでしたら、これから各論に移りますので、この内容をお伺いして、もうちょっといろいろコメントができればと思います。

それでは、まず経産省から、アクションプラン対象施策の次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクトについてご説明いただきます。

資料は2-3になります。経産省の田中研究開発企画官、10分程度でお願いいたします。

○経済産業省（田中） 経済産業省研究開発課で企画官をやっております田中でございます。本日はよろしくお願いたします。

お手元に配付されております資料2-3に基づきまして、経済産業省のパワーエレクトロニクスの事業についてご説明させていただきます。

1 ページは、ほとんどこのページで尽きている感じもするのですけれども、これまでの状況と目下の取り組み、そして来年度の取り組みをかいつまんで書いております。

もともと90年代から、ご存じのとおりデバイスにワイドギャップ、シリコン以外の半導体素材を使ってデバイス応用できないかということで、開始したところでございます。そして2000年代にSiCの実用化に絞って展開してきており、その中身がわかるのが、先ほど事務局からご説明がありました資料2-2の「～2013年度」ですけれども、SiCとして経済産業省がデ

バイス、プロセス、共通基盤というところでずっとやってきたということが示されているかと思えます。

まさにその取り組みの一部が3ページ、【参考】となっておりますけれども、これが現在の取り組みになっております。「次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクトの取組」と書いてありまして、「次世代パワーエレクトロニクス」というタイトルではありますけれども、シリコンカーバイド、そして結晶、ウェハ、デバイスというところを重点化してやってきたのが現状で、個々の目標等書いてありますけれども、途中で枝分かれしているところは枝分かれしたところで、短期間でその目標については達成したという形になっておりますし、あと、これは2014年度までということではやっておりますが、結晶、ウェハ、エピ、デバイスいずれもほぼ達成しつつある状況だと思っております。

その成果として、4ページですけれども、具体的にその成果がそれぞれ出ておりますけれども、ウェハ、ウェハを加工する技術、それからデバイスということで、参加している各社においてそれぞれ事業化の一手前まで来ているというのが、SiCについての現在の状況になっております。

それで、まさにこれからどうするかというところで、来年度の状況として我々は大きく、このデバイスないしは基板に、ウェハにかなり注力していたこともあり、やや、デバイス、システムといったところがややおろそかになっておりましたし、シリコンカーバイドにかなり特化した形でやってきておりますが、実際のビジネスを見ると、基本的にはシリコンとシリコンカーバイドは通常共通してやられている事業者がほとんどであり、また、シリコンだけを見てもかなりの市場を日本としてとっていることが考えられますので、今後はシリコンカーバイドに限ることなく、またより重要になっていく実装化技術等といったところを共通基盤と見据えて、シリコン、それからまた新しい材料として、まさに市場が見えてき始めたGaN on Siといったものも加えて、そしてアプリケーション、システム、モジュール、デバイスというところに重心を移すということで来年度の予算要求をし、その中身として説明してありますのが2ページなんですけれども、政府原案として今、45億円になっておりますが、拡充した上で実施していきたいと考えております。

まさに今、説明申し上げたとおりですけれども、このパワーエレクトロニクスにつきましては、もともと拡充要求をする前の段階から文科省と連携して実施していこうということで、ずっと議論しておりましたし、その後、内閣府におきましてSIPが正式なプログラムとして立ち上がっていることもあり、経産省としましては、そのプログラム等にも協力しつつ関係府省

と議論を、まさにそれをハブとさせていただいて議論しながら、みずからの場所を考えていきたいと思っております。

そういう意味で、文科省、内閣府、経産省……、S I P自身には関係府省として総務省さんとか防衛庁さんとか入ってくるかと思うのですけれども、今、申し上げた中でいきますと、当然我々の立ち位置からすると、出口をしっかりやれということだと理解しておりますので、システム、モジュール、デバイスという中で出口側をしっかりやっていきたいと考えております。

○小長井座長 議論はまた後でまとめてさせていただきたいのですけれども、今、聞いておいたほうがいいものがあればお伺いします。

私が一番気になっているのは、これからS i Cのデバイスが出てきたときに、本当に信頼性が高いものができるかどうか。自動車の関係の方に聞いても、とにかく自動車用は非常に信頼性が要求されるからということで、この中にはそういう項目が入っているのでしょうか。

○経済産業省（田中） この中というのは、経済産業省のプロジェクトということですか。

○小長井座長 はい。

○経済産業省（田中） 当然我々は今回、拡充分につきましては出口を中心にやりますので、まさに出口から見て必要な信頼性というのは当然にして議論しますし、それがないと出口になりませんので。

○小長井座長 ターゲットはもう定めてあるのですね。

○経済産業省（田中） 当然それは考慮要素として、ターゲットといいますか、必ず必須になるアイテムだと認識しています。

○小長井座長 また後でお伺いするかもしれませんが、省庁連携というのが一つのキーワードになっているかと思っておりますので、例えば経産省から見たときに文科省側にこういう課題をやってもらったかどうか、そういった提案等はないのでしょうか。

○経済産業省（田中） 資料の2ページに書きましたとおり、まさに内閣府の府省連携プログラムの中で、当然そういう議論を文科省さんともさせていただいておりますし、当然そのように学理に立ち戻ってやっていただきたい課題局面はございますし、そもそもシリコンに比べて物性が学術的に解明されていない点がございますので、当然そういう部分をやっていただければと思っておりますし、また、システムまで立ち上がった際に、どういうアカデミクスの人材が産業を裏側で支えているか、ないしはそういう分野を先端的にやっていただいているかといった点も論点としてありますので、そういう点も含めて、もう既に議論させていただいております。

○小長井座長 ありがとうございます。

引き続きまして文部科学省から、クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現に向けた革新的デバイスの開発の関連施策について、ご説明いただきます。

資料は2－4になります。文部科学省の前田参事官、お願いいたします。

○文部科学省（前田） 文部科学省の前田でございます。

この資料はクレジットに文科省とJSTとなっていて、これは今、田中さんも言われましたけれども、今年の春ぐらいから、パワーエレクトロニクスの分野についてはしっかりと、府省連携で国家プロジェクトとして進めていかなければならないだろうという認識で一致しまして、もう1年弱ぐらいですか、議論を進めていたものです。

その後、SIPでパワーエレクトロニクスも取り上げることになったので、さらに内閣府も入ってということになっているのですが、そういう意味では、SIPが具体化する前から議論をスタートしています。

1ページをお開きいただいて、触りだけ私から申し上げて資料全体はJSTのほうからお話しただこうと思いますが、ポイントは、やはり文科省なので、どちらかという基礎寄りのこと、特にアカデミアサイドを中心としてどうなのか、何をすべきかを考えるというお題目のもとで、まず現状認識を見たときに、確かにこの資料の5ページ以降、後で説明があると思いますが、いろいろやっていることはやっているんです。JSTのCRESTとかさきがけとか、ALCAの一部ですとか、それからNIMSの運営費交付金の中ですとか、やっていることはやっている。しかもお題目としてはパワーエレクトロニクスの創成を見据えた研究開発、こういうことにはなっているのですが、実態を見てみますと、やはり個別に進められている感じは否めませんし、本当にパワーエレクトロニクスをきちっと産業開発しようと思ったときに、経済産業省と全く同じ意識なんです、アプリケーションとかシステムとか回路設計とか、そういうところの取り組みが随分少ないのではないかとということで、やはりこれまでは全体を俯瞰して十分に議論がされていなかったのではないかとという反省があります。

それを踏まえて、特にアカデミア側については1ページの「今後の方向性（案）」に3点あるように、出口から見るのですが、その上で必要な研究開発課題、特に基礎・基盤のレベルでの研究開発課題をきちっとやっていこう、出口から見て必要な基礎研究をしっかりとやっていこうということ、来年度以降、重視してやっていきたいと思っていますし、あわせて人材の問題とかそういったことにも取り組んでいきたいと思っていますところでもあります。

具体的な説明は、JSTの古川さんからさせていただきます。

○科学技術振興機構（古川） 私、科学技術振興機構——J S T、古川でございます。前田参事官に続きまして、ご説明させていただきます。

資料2-4の2ページあたりは、実はJ S Tでも仮に来年度以降パワーエレに関する、例えばCRESTやさきがけというものを立ち上げるとするならばという観点で、有識者の方にヒアリングやインタビューさせていただきながら進めてきたところでございます。先ほど前田参事官からご紹介がありましたように、個別にパワーデバイスに関する研究開発は進めておりますけれども、これまでにパワーエレクトロニクスという、例えば大きな達成目標を掲げながらCRESTやさきがけなどを進めてきたわけでもございません。そういった点で、我々の初めての取り組みとしてこういういろいろな検討事項を進めてきたところございまして、その点で、さらにこの上のレイヤーのところには将来、実際のシステムへの実装とかそういうところを見据えて、そこからブレークダウンした研究開発という点で、材料という点、それに付随するいろいろな基礎物性の解明としての先端計測的手法の開発や利用というところであったり、パワーの材料を取り巻くいろいろな周辺素材の研究開発、そしてそれをさらにシステム化していくというところで幾つか個別の取り組むべき事項があるだろうということが浮かび上がってきております。

もちろんこういうところをシーズプッシュで研究していくわけではなくて、前田参事官からお話があったように出口から見た研究をしていく中で、産と学とがいろいろキャッチボールしながら研究を進めていくことが望ましいだろうという点と、やはりLSIなどこれまでの半導体デバイスの蓄積をパワーのところに投入できないかという点も、いろいろなご意見として承っているところであります。

ページをめくっていただきまして、これは木本先生のFIRSTのプロジェクトの資料を我々サイドで少し改変させていただいておりますが、既にいろいろな材料で、今後こういうところをブレークスルーしなければいけない、実際のパワーエレ応用という点で幾つかの技術項目が既に浮かび上がってきておりますが、その一つの大きな方向性としては、右に動くシステム、そして信頼性、やはりこのところの確立をしっかりと詰めていく、そのキャッチボールが非常に重要だという点と、その1つの方向だけではなくて、もちろん新しいニーズを常に追い求めながら研究を進めていく、この2つの軸が非常に重要であろうと思います。

そういうところを具現化する体制として、4ページに書いておりますような幾つかの項目を、パワーエレクトロニクスという大きな傘の中で動かしていく、産と学とがしっかり連携しながら、いろいろな異分野の、LSIをやってきた人たちや、あるいはこれからパワーに取り組も

うという若手人材などもこの枠組みの中に結集させながら、デバイス応用あるいはそのうちの材料開発、そしてその中でいろいろ究明しなければいけない基礎・基盤的な物性というところをしっかりと回していくことが必要だろうということで、このような絵をかかせていただいていますし、忘れてはならないという点で少し色を強調しておりますが、システム、信頼性というところもこれから取り組むべき課題であろうと考えております。

5 ページ以降は、現在 J S T や文科省、あるいは N I M S の運営費交付金で取り組んでおります材料ごとの研究課題でございます。私が冒頭お話しいたしましたように、まだパワエレという一つの大きな枠組みの中で動いている課題ではございませんけれども、S i C や G a N、ダイヤモンドあるいはその周辺の素材というところがございます。特に今年度、J S T ではいわゆる産連事業、研究成果展開事業のスーパークラスタープログラムというものが昨年12月、したがってまだ1 カ月足らずでございますが、動き始めようとしておりまして、愛知県や名古屋市を中心とした、これは主に G a N を扱おうというところであったり、京都を中心とした新しいクラスターは、S i C を中心とした研究開発を取り進めようというところがございます。そういったところを少しリストアップさせていただいております。ここでは個別のご説明は省略させていただきます。

また、9 ページには N I M S で取り組んでおります、これはそういう意味では将来性の、時間軸としては長期的かもしれませんが、ダイヤモンド、これは産総研のグループとの共同研究を進めておりますし、酸化ガリウム、これはまだまだこれからパワーとしての応用をいろいろ検証していかなければいけないところでもありますけれども、サンプル試作として基板結晶をつくることまでの技術は、現在、進行中でございます。

○小長井座長 ありがとうございます。

引き続きまして、構成員の中でパワエレの専門家といますか、そういう観点でお願いしております赤木構成員、大森構成員、それから波多野構成員から、今、ご紹介があったものについていろいろお考えをお聞かせいただければと思います。

時間の都合で、5 分程度でお願いします。

○赤木構成員 実は先日、文部科学省さんと経済産業省さんから送っていただいた資料が少しバージョンアップしてありまして、私のコメントに対する回答の幾つかすでに入っています。それは大変うれしいことなのですが、私の資料の2 ページに書いていますが、文部科学省あるいは経済産業省、特に区別はないですが、資料ごとにページを引用していますのでページ数を書いています。このページが少し変わっているかもしれません。

一番言いたかったのは、今日の資料にも入っていますが、システム・応用の立場からずっとパワーエレクトロニクスの研究をしてきた赤木にとっては、パワーエレクトロニクスと言うと、人によって違うんですけども、私などはどうしても応用のイメージが強いんですね。IEEEのパワーエレクトロニクスソサエティは会員が大体8,000人ぐらいいますが、その中でパワーデバイスの専門家は10%もいません。あとはみんな応用です。IEEEのエレクトロニクスデバイスというソサエティはやはりデバイスが中心なので、そこはデバイスの専門の方が多いのですが、単に「パワーエレクトロニクス」と言うのと、一般には「パワーエレクトロニクスの応用」を思い浮かべますが、両省庁からの「パワーエレクトロニクス」はパワーデバイスのようなイメージでした。

2番目は、パワーデバイスも、例えば具体的にSiCも1,200ボルト、1,700、あるいは3.3キロ、6.5キロ、13キロボルトといろいろあるのですが、やはり学理的に見ても基盤共通技術はそんなに変わらないですね。ですから、共通基盤技術の研究は継続する必要があります。今日もお話がありましたので、これも中に入っていたきたいと思います。それと、やはりシステム・応用がわかる人と一緒に考えていきたい。

実はこういう例がありまして、これはお手元の資料には書いていませんが、やはりパワーデバイスを研究されている方はどうしても応用が苦手なので、どこまで効率を上げたらいいいのか、損失を低減したらいいのか、それはゼロまでするのがベストですけども、「どこまでSiCで損失低減をやったらいいですか」という質問を受けたときに、私の回答は単純明快です。かつてGTOサイリスタがほとんど電力系統機器に使用されなかった理由を考える必要があります。やはり損失が大きかったからです。電力会社の方は6,600ボルトの変圧器にしても、6万6,000ボルトの変圧器にしても、変圧器の定常損失（鉄損も銅損）は仕方がない、あるいは諦めています。ですからSiCを使用した電力変換機器の損失を変圧器の損失（銅損と鉄損）ぐらいまで下げることができれば、電力会社の方は電力変換機器の損失は我慢してくれます。そういう話をしたら「初めてそういうことを聞きました。どこまで損失を下げたらいいのかわからなかったけれども、一つの目安がわかりました」とパワーデバイスの研究者の方がおっしゃっていました。

3番目、文部科学省と経済産業省の連携は今日よくわかりましたので、飛ばします。

それから、多くの応用の方に参画していただくことも大事です。

さらに、過去の事例も研究していただきたいと思います。メーカーさんにヒアリングしたときに、成功例は話しても失敗例は余り言いません。私は大学の教員ですから、あえて失敗例も

そこに書きました。

過去の事例（その1）として、技術開発は成功、しかしビジネスは失敗した例ということで、我が国が1990年代、実は企業はもっと早くから研究していた直流送電等に使う高圧大電流光直接点弧サイリスタ、これは日本が最初に実用化したのです。ところが結局、日本はマーケットが少なくなって、2000年代前半には日本の企業は完全撤退して、そして基本特許が切れるころからヨーロッパのメーカーが実用を開始しました。1990年代の国際会議に行ったときに、日本のメーカーは光直接点弧サイリスタを使用することによって部品点数を激減させることに成功し、大幅なコンパクトできました。ところが彼らは従来の電気点弧式を使っていて、私が「なぜ光直接点弧を導入しないのですか」と質問したら彼らは回答に苦しんでいました。結局まだできていなかったのですね。今は完全に逆転で、日本のメーカーが光直接点弧サイリスタの製造を撤退しました。その結果、現在では日本のメーカーさんは、直流送電に使用する光直接点弧サイリスタをヨーロッパから輸入する、そういう事実ですね。

これは、技術開発は成功しましたがビジネスは失敗の例です。

次はいい例ですが、技術開発が成功してビジネスも成功した例です。

シリコンのIGBTは1982～83年ごろにアメリカがその原型をつくったのですが、ラッチアップという現象が解決できなくて、米国では実用化に至らなかった。1985年に日本のメーカーがラッチアップを解決した第1世代のIGBTを市場に投入して、私も1985年にすぐ入手しました。使ってみたら非常にいい。当時のバイポーラ・ジャンクション・トランジスタと違って性能がすごくいいので、これは間違いなくいけると思っていましたら、予想どおり現在もう第6世代が実用化されています。性能も大幅に改善されていて、4分の1ぐらいまで損失が減っています。今、メーカーは第7世代を開発しています。これは技術開発が成功してビジネスも成功した例ですね。

次のページですが、これも経済産業省さんのもとの資料のページなので、またページが違っているかもしれません。

言いたいことは、応用開発を中心に実施予定という記述があるということです。現在もう1,200ボルト、SiC-MOSFET/SBDのモジュールのサンプル出荷がもう始まっていますので、私のところも入手して、1,200ボルト、400アンペアのSiC-MOSFET/SBDのモジュールを使用した750V 100kWの電力変換器を設計・試作し、素晴らしい特性を実証しています。ですから産学連携をもっともっと推進して、そういう新しいデバイスのサンプル出荷が始まったなら、もっとそれを使うようにして応用を普及していくことが重要です。

その中に、2種類の応用があります。1つは既存のシリコン、そのほとんどがIGBTになると思いますが、それをSiC-MOSFETに置きかえる。2番目は、SiCデバイスの特長を最大限に生かした新規応用分野の開発。しかし、これは非常に難しい、チャレンジングな研究で、当然リスクもあります。ですから、もし経済産業省さんの補助率を考えたときに、1番の場合は補助率50%でいいと思うのですが、2番にチャレンジする企業には補助率100%を考えていただきたいと思います。

それから、2ページ目の右、これもページ数が違うかもしれませんが、同じことで、半導体基板からずっとフローがありますが、これはいわゆる一気通貫ということで、これももうお話にありました。

それから4ページであります。これまでの成果が具体的な数値とともに紹介されています。これは非常にいいことです。ところが、やはり研究者から見ると、現在の世界のトップデータがないんですね。これは日本のメーカーがここまでやりましたと。ところが、世界の他のメーカーなり、特に研究機関のトップレベルとの比較がないんです。

やはりこれは、もし世界よりも日本が少し劣っているなら、それに追いつき追い越せということでそういう数値を載せればいいので、ぜひそれは明示していただきたい。非専門家のためにも。この委員会の構成員の方々の専門分野はすごく広いので、そういう人たちにとっても、今、日本は世界でどのレベルにいるかがはっきりわかるので、これはぜひ明示していただきたいと思います。

○小長井座長 ありがとうございます。議論は後でまとめてやらせていただくことにして、大森構成員、お願いします。

○大森構成員 三菱電機の大森です。コメントということで、資料を少し用意させていただきました。書いてあることは皆様、特に赤木先生が言われたことと随分かぶるのですが、まず最初に、前回も言わせていただきましたけれども、パワーエレクトロニクスの場合、特にここはパワーエレクトロニクスをやるということですので、3ページに参考の絵を入れましたけれども、基本的には基礎研究から材料物性から最初の応用アプリまでを使ってのパワーエレクトロニクスになりますので、各階層での個別技術開発も必要ですけれども、やはり各階層の部分最適に陥ることなく、上位階層の出口を見て、全体最適を図る必要があると思います。資料はちょっと字が間違っていますね。

その下位と上位とのやりとりをすることによって、よりよいものができる、そのような仕組

みを実際にやっていかないといけないだろうということを、お願いしたいと思います。

あと、実際にやるときに製品化とか事業とか、いろいろな出口戦略を考えてターゲットを決めるのですけれども、その目標の明確化と、あと、やはり重要度によって施策や取り組みの軽重、やり方を考える必要があると思うので、それを見える形にしていく必要があると思います。

そのために全体を俯瞰した図、今日は事務局で少し絵をかいていただいていますけれども、これは全体をかなりラフに見たものですので、これを1度もう少し詳しく見てみないといけないだろうと思って、最後のページに少し、各出口とかいろいろな階層別の表をつくりました。これで現在考えているものと、それから他の、SIPを含めてどうあるかを俯瞰して、抜けがないか、技術的な項目がないかといったことを確認する必要があると思います。

それから追加で、今、話を聞いていて文科省さんのところで、どうしてもニーズがあってデバイスとかそういう話が多いですけれども、やはりパワエレですと回路とか応用とか、そういう関係の学等も入れてパワエレをやるようなことも考えていただけるとありがたいと思います。

○小長井座長 ありがとうございます。

最後のページに大変要領よく、全体俯瞰図を入れていただきまして、わかりやすいと思います。これに今度、市場規模が入るとさらにわかりやすいかもしれませんけれども。

では、波多野構成員からもお願いします。

○波多野構成員 波多野でございます。

経産省殿と文科省殿から事前にいただいた資料から差し替えがございましたので、幾つかの項目に関しまして私の意見は反映されております。私の資料は3ページございまして、1ページが経済産業省殿のアクションプランに関して、2ページが文部科学省殿、3ページは全体俯瞰と連携の効果的な推進に向けたコメントをいたしたいと思います。

まず1ページですが、事前にいただいた資料ですと社会的、経済的な開発目標と製品化時期の定量性が示されていなかったこともあり、投資対効果をわかりやすく書かれるとインパクトが増すとコメントしました。差し替えの資料には多少入っています。

2番目ですが、これは先ほどの重要課題専門調査会での指摘事項でもある、選択と集中、にも相当することだと考えております。先ほど大森構成員が示されましたような俯瞰図を作成した上で、優先順位をつけていかないといけないと思っています。すなわち事業領域、低・中・高耐圧、あるいはハイエンド、ローエンドにおいて、海外に対して譲れない領域いうものを示さないといけないと考えています。これは私も産業界におりましたので、いろいろ考える機会があったのですがなかなか難しくグローバルな社会経済の現在と将来の見通し、エネルギー

一事情、市場のニーズを把握しながら定めていく必要があると考えます。

3番目は、共通基盤技術の開発と並行して各企業の事業の根幹となるテーマを進める。これはビジネスや知財も関連しますので運用は難しく、新たな方法を考える必要もごさいますが、応用を明確化して直接投資をするようなこと、それを産官学で連携できる仕組みを検討する時期であるかなと考えております。3番目は、事前資料がS i Cに特化された記載でございましたので、コメントしました。今まで経済産業省殿が投資されていた過去5年間の経産省PJ（グリーンIT、グリーンイノベーション等）やFIRSTにより世界的成果が得られ、基盤技術、TIAを中心とした研究拠点が構築されていると認識していますが、それらの有効的な活用を示していただきたいと思っております。

4番目の他省庁との連携に関しましては、先ほどご説明がありました。

最後が、シリコンパワエレというのは欧州のコンソで資金が投入されておりますので、それはどうなんだろうという質問ですが、これも先ほどシリコンが入るということを差し替え資料でいただいておりますので、結構です。

2ページにまいりまして、文部科学省殿に関しましては、今、ご説明があったとおりで、応用まで明確にしてということと、2番目は、各半導体材料とデバイスのテーマを一本化する検討が必要で、そのほうが府省連携と応用へつなげるための機動力を高めると考えます。これはもうご説明があったとおりです。

全体の俯瞰とか連携強化の推進に向けたコメントでございますが、まずは性能・コスト・信頼性・機能性でグローバルポジションを獲得のため、材料からシステムまでの一気通貫、これも皆様からご意見がございました。2番目が、新規性・独創性のあるテーマをシステム・応用まで結びつける一気通貫。一気通貫も2種類あると思っています。これには、やはり府省連携重視の運営とそのフレキシブルな点がポイントと考えます。例えば、文部科学省のプロジェクトの中で早く成果が出たテーマは随時経済産業省のプロジェクトにシフトできるような仕組み、その運営にはコーディネータや知財マネジメントを各省の統一で行うことが有効かと思っております。難しいところもあると思っておりますが、有効と考えています。また、その場合には、基礎と応用の研究者が、企業も含めて総合的に連携がとれる体制をつくる。これは運営面でのサジェッションでございます。

次のページに参りまして、3番目は、府省連携に関して何か新しい提案をしますと、日本の強み技術との融合ということで、パワエレとICTの融合の研究開発を世界に先駆けて行うことによって、新機軸のイノベーションと新しい産業の創出可能なのではないかと、具体

化しておりませんが、考えています。発電から消費までの効率を最大化、安全性の高いスマートグリッド構築には、時間的・空間的な制御による統合エネルギー管理やセンシング機能、セキュリティ機能の組み込み等が必要です。このような融合テーマには、各府省間の連携が必須です。少し具体的には、例えばモーターもどんどんインテリジェント化していくでしょう。パワーエレクトロニクス技術のインテリジェント化ということで、マイコン、パワエレ、センサー、MEMSなどのインテグ、モノリシック化を進め、小型・高効率化、高信頼化、特に高温での高信頼性、低ノイズ、低コストで差別化できるでしょう。日本の強み技術との融合により、さらなるパワエレの発展に寄与するようなテーマを府省連携で進めると有効というのが、私見でございます。

最後はグローバル展開ということで、技術開発段階からの国際標準化や基準化、認証システムの推進を加速することが重要であると思っています。それはまた海外もどんどん勢いで進んでまいりますので、そのベンチマークと市場ニーズの調査も進めながら、この辺の国際標準化を我が国がいち早く獲得することが、今後、重要であると考えています。

○小長井座長 波多野先生の思いが凝縮されたような発表でした。ありがとうございました。

今日は馬場構成員からも事前にご意見をいただいておりますので、それをお伺いしてから府省からのご意見を伺おうと思います。

○馬場構成員 私の資料は2-8です。これは先ほど古川から説明があったように、JSTの中でいろいろな有識者の方にヒアリングを行いまして、30名弱の産業界、大学、独法などのいろいろなレイヤーの方にヒアリングを行って、その中から日本として、アクションプランに限らずやらなければいけないと思ったことをまとめてあります。

特に、私自身も会社の中で以前、ガリウム砒素系の高周波用のデバイス、ヘテロジャンクション・バイポーラトランジスタ、LSIのデバイス・プロセス開発などに携わってききましたので、そういった経験も踏まえてまとめさせていただきました。

私が書いたのは「基本的な方針」と「課題の共有」、めくっていただいて「推進方法」、それから「主な研究課題例」とありますが、最初の3つについて簡単に説明したいと思います。

「基本的な方針」では、今までもいろいろな方から話があったと思いますが、やはりパワーエレクトロニクスはシステムとして考えなければいけないだろうということを言っています。特に魅力的な用途を特定した上で、そこでの課題は何かということ各レイヤーに落とし込んでいくことが必要だと思っています。

2つ目の「・」では、そのためには共通の課題認識が必要だろうということです。1つは、

システム全体のロードマップを共有していくということがあると思います。これも時間軸を意識し、夢のある、あるいは長期的なものほどれか、あるいは短期的にやらなければいけないものは何か、そういったところをしっかりと認識することが大事だと思っています。

それから、先ほどもちょっとありましたが、ワイドギャップ半導体に限らず、産業の主流であるシリコンについてはまだまだやるべきことが多いと考えていますので、シリコンも含めた形で、ワイドギャップは材料的な特性を生かしたパワーエレクトロニクスの機能としてどうやっていけば良いかということ为先導するような形で使っていくべきと思っています。

あとは、物理的なメカニズムをしっかりとやっていくということです。これは文科省系の主な仕事になってくると思います。

実際に使っていくためにはデバイスシミュレーション、あるいは回路シミュレーションといったところも非常に大事になってきますので、そういったところの技術は府省連携でやっていただきたいと思っています。

2番目に書いてあります「課題の共有」というところは、先ほど言ったロードマップに関係するもので、1つは、システム的なロードマップが必要ではないかということです。もう一つは、それに対応するような形でデバイスレベルでのロードマップで、これらはユーザーの視点も含めて作っていく必要があるだろうと思っています。

めくっていただきまして「推進方法」です。2つ目の「・」で、材料からシステムまでの研究チーム、これはさっき一気通貫という言葉があったと思いますけれども、それに対応し、やはり各レイヤーの人が集まって議論しながらやっていく必要があるということです。

その次の「・」では、ある技術が完成したら次のレイヤーの人が使っていくということもあるかと思いますが、そうやると、なかなか本当の課題が下のレイヤーまで伝わっていかないということがあるので、不完全でも、あるところまで行ったらすぐそれを上位レイヤーが使って、そこでの課題を明らかにし、それをまた下に返していく、こういった仕組みづくりが必要と言っています。

次の「・」では、共通基盤技術として、やはり高温動作に対応する信頼性評価が非常に重要だと思っていますので、デバイスに限らずシステム全体を見たときの信頼性評価ということで、例えば金属と半導体の界面とか、そういうものも含めてしっかりやっていただきたいと言っています。

次の「・」では、研究開発のネットワークづくりということで、1つは、そのネットワークの中心となるような拠点、T I Aとかありますけれども、そういったところでの先端的なデバ

イス試作なり、あるいは人材育成、それと個別のものを取り扱うような研究機関との密なネットワーク、こういったものが必要だろうと言っています。

もう一つ重要だと思っているのは学会の活用です。今までLSIの開発におきましては、学会での産業界とアカデミアとの非常に活発な議論があり、これが非常に参考になった。パワエレでも、もちろん学会での議論はあるかと思うが、LSIに比べると、まだ十分にはなされていないのではないかという思いもあり、どうにか仕組みをつくって活発化していくことが大事だと思っています。

パワエレに関しては素人なのですが、今までの経験から、こういうことができれば良いというところで提言させていただきました。

○小長井座長 ありがとうございます。

以上、4名の構成員の方々からいろいろご意見をいただきました。これをもとに議論を進めたいと思いますが、できましたら、まず最初に4名の構成員の方からかなり具体的な提案もいただきましたので、省庁側からお答えできることがあればご発言いただいて、それからさらに議論を進めたいと思います。

いろいろな項目がありますから一つ一つということではなくても、何か代表的なものでも、一番気になったところでも結構ですが。

○経済産業省（北岡） 経済産業省の北岡です。

今、コメントを聞いていましたところ、田中企画官のご説明と我々が提供した資料との間で、おおむね方向性は間違っていないかと思っています。特に、文部科学省との連携に関しては、学の部分はデバイス開発中心のプロジェクトが相当多かったということを半年ぐらい前から議論しております。ただ、やはり、研究者の数が減少傾向である実情をみると、国がその分野における人材育成を行っていかなければ、今後、厳しくなるのではないかと考えています。

もう一つ、産業界との連携に関しましても、やはり今までは日本の産業界において、情報を外に出さないところがあって、その情報が学に伝わらないことにより、学がどういう方向に向かって研究すればいいのかというコミュニケーションが、学会等の場においても減ってきているのではないかと思います。今、我々は企業のCTOや事業責任者に、いわゆる課題提供ということで、情報を学に伝えてもらうように、強くご協力をお願いしております。そういう意味では今回、大森政策参与も、三菱電機出身ということで、やはり、企業の根幹となる情報は出さないとしても、どういうところを学に期待しているか、どういう人材が必要になるのかを明らかにする上で、やはり企業の協力がたいへん重要であると考えております。その中で、学側

もいろいろな知財面やNDAに対してルールを守りながら、体制を構築していく部分で、経産省と文科省の連携を深めていこうとしています。大森政策参与が12月に就任されてから、もうかなり省庁連携についての議論を進めております。その辺については今日のコメントをいただきながら、さらに連携を加速しながらいい方向に持っていければと思っています。

あとは個別にご質問をいただければ、丁寧に回答致しますので、よろしくお願いいたします。

○文部科学省（前田） 個別の質問に答えるわけではなくて、最後に北岡さんが言いましたことと重なるのですが、多分、今これはどのプロジェクト、どの研究開発課題についても出口まで見据えて基礎もつなぐ、そういう議論が至るところでされていて、その中において、多分、総合科学技術会議が特に産業競争力強化の観点で重要な課題ということで、今回、SIPで10課題取り上げ、その中にパワーエレクトロニクスが入っているということですので、これは普通の課題であれば「文科省にコメントをもらいました、経産省にコメントをもらいました、ではそれぞれ連携してやりましょう」で終わる話が、今回はSIPの課題にもなっていますので、これからSIPの課題をつくる中で、経産省の資料にもありましたが、あとそれをハブにして我々、文科省だとか経産省だとか内閣府ということではなくて、パワーエレクトロニクスを国家プロジェクトとして進める、そういう研究開発の推進体制として受けとめて、来年度以降、パワーエレクトロニクスの体制をつくっていきたいと思っていますので、我々も頑張りますけれども、大森さんと内閣府にはぜひよろしくお願いいたします。

○小長井座長 SIPの内容は後になりますので、今はその話までいくわけにはいかないのですが、多分、今、ご意見をいただいた多くのことは、きっと大森案の中に入っているのではないかと期待しています。

今、話があった中に1つ、人材が少ないというのはすごく気になっているんですね。実際に、例えば私もあるとき、例えば普通の半導体、それからフォトニクスとかいう分野、いろいろな大学のホームページを使ってどのぐらいのマスがいるか検索したことがあるんですよ。パワーエレクトロニクスは少ないんですよ。パワーエレクトロニクスで検索しても出てこない大学はいっぱいありますし、出てきても数が圧倒的に少ないですよ。これからパワーエレクトロニクスをこれだけ展開していこうという時代ですから、どうやって大学の研究者——特にデバイス、材料はかなりいるんだけど、赤木さんのような、もうちょっと上の階層から見て議論できるような人がいないと、これから困るのではないかと思うんですよ。

○赤木構成員 大学の研究者が少ない理由は単純明快です。この分野での論文執筆の一般的なプロセスは、回路や応用を考えて解析し、実験システムを設計・製作して、さらに未発表の工

学的に価値のある実験データを取得します。これを行うには相当の時間と費用を要しますので、どうしても論文数が少なくなります。論文数を単純に比較すると圧倒的に少ないですね。ですから、やはり大学としても論文数に偏重した考え方は再考すべきだと思います。

ちょっと余分な話ですが、私の研究室の修士の学生さんは、パワーエレクトロニクス回路が理解できて実験もやって、さらにDSPやFPGAなどの最新のデジタル集積回路などいじれますので、俗に言う婿1名に嫁10名です。就職はすごくいいです。別の言い方をすれば需要と供給のバランスが悪い、一言で言えばそれだけです。

○大森構成員 後で紹介があるはずなのですがけれども、一応SIPのパワーエレクトロニクスのPD候補の政策参与という形になりましたので、後で説明させていただきますけれども、まず、経産省さんとか文科省さんとか内閣府、去年の末に拝命して以来、今日ちょっと議論が出ていますいろいろなところのお話を聞いています。

その中で、今日ありましたけれども、従来「パワーエレクトロニクス」と言いながら、デバイスとかいうところの階層と、あと今日、先生からご紹介があった信頼性とかそういうことを踏まえても少ないということで、パワーエレクトロニクスといいますと、やはり応用とか回路とかそういう視点でいろいろなことをしてほしいということで、今、関係省庁と話を進めており、その中でやるべきものを決めていきたいと思っています。

今、小長井座長が言われました人材のことは、私、メーカーにおりますとやはり非常に気になります。特に、パワーエレクトロニクスというのはかなり実技に近かったために、大学では、デバイスがないということで回路ができないところがあった。ところが、今、次世代のパワーエレクトロニクスといった場合に、例えばSiCとか何かもサンプルとかモジュールが出ているので、そういうものをある意味、供給するような形で、そういう回路を勉強できる環境をつくらないとパワエレの技術、特に回路をやってください、あるいは下の階層のところのモジュールの特性研究とかいろいろ調べなさいといっても、それをやるものがなければ先生方もできないだろう。

そういう仕組みができるかどうかは、まだちょっと検討していませんけれども、そういうこともしないと難しかろうと思います。

あと、先ほど文科省でシリコンの方々とありましたけれども、パワーエレクトロニクスというのは要素技術的にはいろいろな、別に材料で決まっているわけではございませんので、そういうところに興味をいただいて、あるいはそういう視点で入ることができれば、枠組みを考えて議論したいとは思っています。

自分の世界に閉じこもっていると、やはりうまくいきませんので、そういうことが1つあると思います。ちょっとまだ全部の答えが出ているわけではないのですが。

○小長井座長 やはりシリコンを入れなくてはいけないというのは当然のことだと思うんですけども、実際に何か大きなプロジェクトを立ててやろうとすると、ではどこに特徴を持たせるかというのが結局鍵なんですよね。最終的には財務省に説明して「これはすごいね、革新的だね」と言われるようなものをひねり出さないといけないと思うので、これはやはりアイデアだと思うのですよね。

シリコンが一番重要なことは間違いないわけですから、そういうものもうまく——これは文科省サイドの話になるかもしれませんが、「シリコンだから、これはもう古いからだめ」ではなくて、やはり本当はそこをやらなければいけないので、アイデア次第だということですよ。

○大森構成員 いろいろとまたご指導をお願いいたします。

○小長井座長 あと、やはり学会としてもこういうものを取り上げていかなければいけないということで、たまたま先ほど馬場構成員からご紹介いただきましたけれども、私、今、応用物理学会の会長をやっているんですけども、この分野をさらに、材料・デバイスからシステムのほうまで踏み込みたいと思っていて、馬場構成員の資料の何ページかに応用物理学会でパワー半導体分科会をつくと書いてありますが、まさにこのとおりで、なるべく広い分野を手がけていって、その分野の人を育ててやらなくてはいけないかなと思っております。

他の構成員の方々、発言する機会がなかったかと思いますがぜひ、俯瞰的な立場でもどんな立場でも結構ですから、お気づきの点があったらご発言いただきたいと思います。

○久間議員 文科省と経産省の方にお伺いしたいのですが、去年夏の概算要求では、パワエレに関して、経産省は2013年度予算19.8億円に対して、2014年度は59.8億円要求して、最終的に政府予算案は45億円になりました。一方、文科省は新たなプロジェクト提案の予算を要求しましたが、ほとんど予算がつかなかった。資料2-2の中で、経産省は昨年比べて予算が増えた分、どこを強化するのか。文科省は、どこに予算をつけようとして何ができなくなったのか、教えてください。

○経済産業省（田中） 経産省のほうは非常にわかりやすく、2013年度までと2014年度で場所が違っていると思います。両面を見比べていただくと、実は2014年度は拡充分しか書いておりませんで、要はここを拡充分でやりますということになります。したがってシステムというところが出てくることと、材料で見た時もシリコンとかGaN on Siが入ってくると理解い

ただければと思います。そういう意味では電圧を見た場合も、システムということなので、広くカバーすることになります。

○久間議員 そうすると、経産省のプロジェクトは、予算額は多少減っているけれども当初の計画どおりやれると考えていいんですか。

○経産省（田中） はい。

○久間議員 文科省はどうですか。

○文部科学省（前田） 先ほど私の説明の中で少しだけ申し上げましたが、昨年も春から議論した背景には、もともと J S T の戦略基礎の中で大きな柱を立てられないかということで議論を始めました。私どもの資料の 5 ページ以降にばらばらと、J S T のいろいろなプロジェクトの中でやってはいるんですが、パワーエレクトロニクスという柱を立ててやっているわけではありませんでしたので、柱を立てて具体的に大きく進めていこうと考えていたわけですが、予算上は文科省の中では、これはもうストレートに申し上げれば、そういった出口志向の基礎研究を大型でやるのであれば、S I P も走ることだし、ぜひそちらと一体となってやってくれという話になり、文科省としての予算はつかなかったという経緯でございます。

では、文科省が戦略基礎でそもそもやろうとしていた内容が 2 ページ以降に書いてあることなんですが、それとこの絵との関係については古川のほうから。

○科学技術振興機構（古川） そういう意味では、資料 2 - 2 の「～2013年度」という図面で見ますと、やはり共通基盤技術的なところをしっかりと補強しつつ、そこを今まで我々が取り組んできたデバイス開発というところとしっかりと補完していくことを中心としながらも、もちろん先ほど話題提供させていただいたような回路、アプリというところも見据える垂直連携型の研究開発もしていましようということを、我々として考えたところです。

○久間議員 つまり、2014年度の資料の下にある、共通基盤に文科省施策がなかったことが、予算がつかなかった大きな要因ですか。

○科学技術振興機構（古川） そうご理解いただければと思います。

○一村構成員 私の役割は全体俯瞰で、門外漢のところもありますので少しとんちんかんな質問になるかもしれませんが、このWGとしての一番の集約になる資料は、資料 2 - 2 だと思います。そういう意味では、資料 2 - 2 の2013年度までと2014年度以降の対比が非常に明確に書かれていまして、その中で省庁の連携をうまく書いていただいていると思います。

一方で、各専門委員からご指摘がありましたように、「一気通貫」というキーワードを見ると、この表の中で一番下位レイヤーから上位レイヤーまで、例えば上に書いてある低損失「～

1 kV級」とかの縦軸で見たときに、当然のことながら各レイヤが同じ重みを持っているわけではなくて、一気通貫するためのボトルネックのレイヤーが必ずあるはずですね。そういう意味では、この資料をさらにもう少し深化させて、各縦軸で見たときにどこをボトルネックと思っているのか、そのあたりをつくり込んでいただくと、今後、各省庁の連携の施策群がより有効に見えるかと思うんですが、そのあたりはいかがでしょうか。

○経済産業省（北岡） 各企業様から社内の、事業戦略をご提示いただく活動をずっとしてきているため、各レイヤーにおいて、どういう戦略で、どこがボトルネックになっているのかある程度把握しています。ただ、各企業の企業戦略になりますので、それをWGの場でオープンにするのは非常に難しいと考えております。ただ、そこをどのようにかみ砕いて、学の部分に提供していくのかと（いわゆる企業戦略をどのようにオープン化していくか）については、これから文科省と連携し、いろいろな方々からコメントをいただきながら、検討していきます。やはり、クローズな部分とオープンな部分をそれぞれの分野で連携しながら進めていかないと、企業戦略が不必要に外に出てしまう危険もあり大変なことになります。そこを慎重に進めていきたいと考えています。

○塚本構成員 昭和電工の塚本です。

この資料を見せていただいて、やはり基本的に抜けているのは、先ほど波多野先生から出たんですが、標準だとか基準、あるいは欧州などではかなり認証に動いていますから、例えば機能安全とかそういう概念が必ずしも日本は進んでいるわけではなくて、もともと技術論的には、システム的にもそういうことをやる力は世界的にもかなり上にあると思いますが、残念ながら基準認証だとか、今、新しい概念が出始めた安全性の問題とか、単に信頼性の問題ではなくてシステムとしてどう安全を担保するか。これは化学業界から先に動いているような考え方だと思うんですが、そのところをうまく標準誘導していかないと、物はできているんだけどもヨーロッパでまた何か妙な規制が入って動けないといったことになりますから、非常に重要だと思います。ここは何らかの形で予算をつけないと、なかなか動いていかないことではないか。

それからもう一点、これは化学屋から見て極めてプリミティブな問題なんですが、残念ながらパワー半導体、特にSiC、GaN、ダイヤモンドなどはもっとそうですが、それに使うアンダーフィルやパッケージ等の耐熱材というのは極めてマーケットが小さいんですね。相当国プロ的な動きをしないと、シリコンはかなり大きいマーケットが既にありますから、シリコン系の有機材料は使えるんですが、パワー半導体、250℃、300℃といった世界になると、もともと有機物というのはガラス転移点が低いのが当たり前ですから、それを300℃、250℃に上げよ

うとすると、極めて特殊な材料はあるんですが、極めて値段が高い。それを本当にこなれた形にしようとするに相当な先行投資が必要ですから、よほどの形をつくっていかないと、実装技術としてそこをうまく誘導いただかないと、化学会社個々がやろうとすると「たかが売り上げ1億か」と、将来を見ても。そうすると、とてもではないけれども本気でやらないということになりますから、案外と実装技術のそういう周辺、めっき、半田も含めて、抜けているのではないかという気がします。

○橋本議員 先ほど北岡さんが言われたことは極めて重要なので、もう一回確認といいますか、強調させてください。

私はずっと文部科学省系の研究に携わってきて、PDとかPOなども務めておりますが、すぐれた研究をやっているけれどもそれが産業化から随分遠いという批判を物すごく受けます。事実そうなわけでして、それを突き詰めていくと結局、先ほど言われたことですが、ボトルネックではないところを研究しているんですね。論文としてはすばらしいものを書けるかもわからないけれども、実はボトルネックと全然違って、ボトルネックが違うところにあるために、そこが幾らできてでも全然産業化につながらない。これは研究者はわからないんです。

では、だれがわかっているかということ、本当はだれもわかっていないんです。ボトルネックはわかっているけど、そのボトルネックを解決するためには何が足りないのか、どういう研究をすればよいのかということは、実はこれが物すごく難しい、かつ重要なことなんです。そこを明らかにするような体制を国家としてやるべきだということを、実は私、ずっと言ってきてまして、SIP等が始まるもとなった概念には、実はそのようなこともあるのです。

今日のお話は非常にわかりやすく、もうボトルネックの情報は持っておられると。持っているけれどもそれをそのままは出せない。当然ですよ。それをどうやって学術的なものに翻訳してやってもらうかということが本質ですよ。でも、それはやはり物すごく難しく、かつ、学術的な面からと産業化の面からと両方の高度な専門知識が必要だと思うのです。これは大変重要なことだと思いますので、ぜひとも大森参与と一緒に、それから赤木先生もいらっしゃるし、あとはシリコンカーバイドの研究者、例えば京都FIRSTの木本さん等、そういう人たちを集結していただいて、ボトルネックのところを学術的な課題に落とし込んで、それを研究するというのをぜひやっていただきたいと思うのです。

それができれば、他のテーマにも全部そういうモデルを展開していける、非常にいい例になるのではないかと思いますので、ぜひよろしくお願ひしたいと思います。

○久間議員 橋本先生がおっしゃるとおりです。もう一点、重要なことを申し上げます。化合

物半導体でこれまで成功したのは、小長井先生もよくご存じのように、光デバイスと高周波デバイスだけです。シリコンでも出来ることを、これまで、シリコンを越えようとしているいろいろやってきたけれども、ことごとく事業になっていない。これが過去の化合物半導体だったと思うんですね。

ですから、S i Cもガリウムナイトライドにしても、パワーデバイスとしてのシリコンを置換えるためには、デバイスだけではなくて、モジュール化したときのスペックが重要です。シリコンに勝てるような、モジュールとしての性能とコスト、信頼性を実現することが重要です。

パワーデバイスは、発熱を減らすために、抵抗をいかに小さくするかが勝負です。そのため、シリコン I G B Tでは、デバイスの厚さをどんどん薄くするわけです。数十ミクロンの薄さのデバイスを作れば、当然電流のパスは短くなるから抵抗は減るわけです。そのようなシリコンの力づく戦略に勝つスペックをつくるのが大事です。

一度、性能、コスト、信頼性で、S i Cがシリコンに勝ち、実用化されると、シリコンからS i Cに流れが変わります。次には、S i Cのウェハを8インチ化、さらに大口径化しようと、S i Cへの投資、世界的な開発競争が今以上に激化し、流れが変わるのです。従って、シリコンを凌駕するモジュールを早く開発することが重要です。S I Pとも協力して、シリコンに勝つためのスペックと時間軸を明確にした計画表を、作っていただきたいと思います。

○小長井座長 橋本議員と久間議員にうまくまとめていただきました。まだS I Pの話もございますので、この議論はここで打ち切らせていただいて、議題（3）に移らせていただければと思います。よろしゅうございますか。

それでは、議題（3）戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）について、まず事務局から簡単にご説明をお願いします。

○事務局（守屋） お手元の資料3-1が事務局で用意したものでございます。時間もありませんので、簡単にコメントさせていただくとどめます。

ご存じのように、昨年12月18日に政策参与が発令されまして、いずれ制度が完備されましたらプログラムダイレクターという位置づけになる方として、10のプロジェクトに10名の方が就任されました。

こちらのプログラムは、総合科学技術会議の下に置かれているガバニングボードで評価ですとかマネジメントを行っていきますが、それぞれのプログラムごとにプログラムダイレクター、それからそのための推進委員会が置かれまして、そこで研究計画をつくっていくわけでございます。ただこちらのナノテク・材料ワーキンググループでも関係するS I Pのプログラムを運

営していくという立場で、今回のような場を持って、皆様にもよりよくするためのご意見をいろいろといただきたいということで、議題として扱わせていただいております。

資料の一番最後のページに10名の政策参与のお名前が記載されてございます。本日は、次世代パワーエレクトロニクスということで、このワーキンググループの構成員でもあります大森さんから現時点でお話ししていただける範囲でご紹介いただきたいと思っております。また、革新的構造材料につきましてもこのワーキンググループで、次回以降の該当する回において計画をご紹介いただきながら、皆様からのご意見もちょうだいしたいと思っております。

○小長井座長 引き続きまして、大森構成員から詳細の説明をお願いいたします。

○大森構成員 お手元の資料3-2をお願いします。

S I P「次世代パワーエレクトロニクス」研究開発計画策定についてのお話です。ただ、今は考え方とかどうするかをまとめている段階でありますので、まだ具体的に何をするとか、どうするかまでは決まっています。どのように考えているかを少しご紹介させていただいて、いろいろなご意見をいただきたいと思っております。

先ほどかなりいろいろなことを言われましたので、それも参考にさせていただきたいと思っております。

ページをめくっていただきますと、少し大きい考え方を書かせていただいております。

1つ目の「・」、まず次世代パワーエレクトロニクスの話をやりますけれども、パワーエレクトロニクスの場合、基本的には省エネとか小型化とか、電源系を制御できるといったこととございますけれども、そのために重要な適用領域の全体俯瞰をして、その中で何を普及拡大するか調べたいと思っております。これは私が先ほど言った、全体俯瞰をしっかりと縦と横を分析して、何をやるかという話です。この中で実際に、上位レイヤーから下位レイヤーでどのようなことをするかを決めていきたいと思っております。

次に、基本的にこういう技術を適用するためには、世の中に受け入れられるためのニーズ、シーズの関係があります。ここには例として10年と書きましたけれども、5年から10年先の社会がどうなるかを考えて、そのバックキャストの中でどういうパワーエレクトロニクスが要るかという形で、ロードマップ、あるいはどういう技術開発をすべきか、それによって何をすべきかを調べましょうということ。

これは先ほどありました経産省さん、文科省さんの話を聞いている中で、パワーエレクトロニクスのロードマップがないんですね。デバイスとか材料はあるんですけども、その中でど

ういうものが今後あるか、それはどういうシステムでどういう世界をつくるかというのができていません。それがないことにはパワーエレクトロニクスがどうなるかわからないので、それを議論するために、もっとそれを知っていけないといけない。そうすると現実的な課題も見えてくる。

前2つは全体俯瞰で、全体を見ていろいろな設定をしなければいけないので、そのために何が抜けているか、その中で必要なものを入れるための仕組みをつくっていきたいと思っております。

次は各論に入りますけれども、明確な出口イメージと技術開発戦略の策定ということで、パワーエレクトロニクスというのは、先ほどのように階層が幾つかあります。ボトルネックもあります。それに対して出口イメージなり技術戦略をどうするか決めていくということです。

最後のところは、実際にこれを実行することになりますので、意欲ある方を選ぶということです。

次に、各論的なご説明をしたいと思います。

3ページは「パワエレの主要分野」と書いていますけれども、アプリケーションの応用分野がいろいろあります。その中でいろいろなものを使っています。こういうものがアプリケーションとして出てきていることは意識して、次のページでございましてけれども、まずは何をやるかというところで、大きくみて次世代パワエレというのはシリコンもガリウムナイトライドもありますけれども、これからより普及拡大するために何をしますかというところで、従来は高性能化、単純なスペックのことが大きかったんですけども、それに加えて実際には付加価値を上げてシステムでなければだめですので、高付加価値化する。これは仕様とかアプリケーションに関係しますけれども、そういうものと、あわせて、やはりパワエレの場合は世の中の部品となりますので、トータルとしての低コスト化技術を開発することになります。

この中で、先ほどありました基礎研究からウェハ、モジュール、パワー半導体チップ、実装、制御・回路、部材も入りますけれども、あとパワエレ機器と市場という、そのように縦で引いた中で、これはちょっと検討中なので書いてある言葉はまだ正しくはないんですけども、その中で重要なキーワード、ボトルネック、それを上位から下に伝令する。

ここの場合は、応用分野としてモーター駆動と電源制御という大きな分野がありますので、まずそれを大きな一括りで作り上げていこうと思っています。その中で、例えば車とか産業を考えた場合どういう問題があるか、それが例えば下のレイヤーにどうつながるかを明示する形で、ターゲット設定したいと思います。

同じく電源制御の場合、電源系統の大きな技術があります。こちらについては技術はありますが、先ほどの世界との比較という意味では、この辺は日本がかなり負けているところがございますので、いろいろ含めて回路技術、制御技術、基礎的な研究をしていきたい。これはいろいろな方のご意見を聞いて、これから具体化したいと思っておりますけれども、こういう視点で議論を進めることにしている最中でございます。

次のページは、出口戦略で随分いろいろなことを言われますので、これをどう考えているかということです。

下位の基礎研究・理論・人材とか部材とかいろいろなところ、下位から上位の絵をかいていきますけれども、一番わかりやすいのが①で困ったところ、要するに機器とかアプリケーションの出口。例としては、自動車・産業用のモーター駆動システムとなっておりますけれども、これをやろうとすると、この下のレイヤーのパッケージ・実装を含めて載せてあります。

これが下の部材まで入ってもいいんですけども、まず議論は、①を出すための②、下の絵をどうするかということ。これは今までの一気通貫の考えでわかりやすいと思っておりますけれども、これ以外に、先ほどありましたけれども、これと関連するエピとかウエハを出そうという場合、これだけでは実際どういうものをつくっていいかわからなくなるので、この上位レイヤーのところを評価とか判断基準としてやっていくような形をつくっていききたい。これをあわせてトータルで一気通貫のターゲットを決めていききたいと思っております。

この中で必要なものとか課題とか、ブレイクスルーとかボトルネックとかを明らかにさせていききたいと思っております。

6 ページは、パワーエレクトロニクスといった場合、アプリケーション、機器市場というところが一番大きいんですけども、その中でも、その下位レイヤーではパワーモジュール市場、大体10分の1ぐらいあります。その下にウエハ・エピ、受動部品・部材、ここにある程度広がりがないと上が行かないということで、先ほど塚本構成員からご指摘がありましたように、単純にパワエレ制御ではとても成り立たない。ですから、それができるものがある意味、技術ブレイクスルーになるだろう、そのようなことを踏まえて考えていききたいと思っております。

そのような視点で今、少し始めている最中ですが、ただ、もう早く決めなければいけないので、そろそろいろいろな方々のご協力をいただきながらやろうと思っております。

○小長井座長 どうもありがとうございました。

今の大森構成員のご報告に対して、多分2つの観点で質問があるかと思うんですね。1つは、このプロジェクト全体のことをもうちょっと知りたいというものもあるでしょうし、先ほどいろ

いろな構成員からいただいたご意見がここでうまく反映できるかどうかということがあるかと思えます。

どちらの観点でも結構ですので、自由討論という形でご意見いただければと思います。いかがでしょうか。

では、私から最初にお聞きしますが、これは大体どのぐらいの数の研究者で実施されるんですか。

○大森構成員 まだリソースの規模等は決めていませんけれども、さすがに予算規模も何も、まだ。ただ、先ほど言いましたように、ラフに言うとS I P全体の大きい予算が……

○小長井座長 ええ、それは聞いておりますので、あれを10で割って平均すればね。

○大森構成員 ラフな話はそれで、ただ、あと人が要るものとお金が要るもの、あるいは頭とか、関連する技術がうまくつなげられるか。例えば先ほどありました技術的なボトルネックの話ですけれども、企業戦略だから言えないということも、私は企業にいますから、それをうまい形に翻訳してやる、恐らくそれをやるのがPDの仕事だと思います。それをやるということは、その分野に適した方たちをうまく集めて、やっている方たちがその分野に思考を向けるような話をする、こういうことが大きくて、それは今のリソースとはちょっと別の話なんですけれども、そういう仕掛けをしたいと思っています。

人数的には、「えいや」で500億ぐらいを10で割ると、幾らあっても数十億ぐらい。そうすると大抵どのぐらいの人数かということ、現行、経産省がやられているS i Cの関係のものが20億円ぐらいで進んでいますので、大体かかる量はそれ相当ぐらいになるだろうとは思っています。具体的な人数はちょっと覚えていませんけれども。

○小長井座長 私、実はまだイメージがはっきりしないんですけれども、大森さんが代表を務められて、企業さんがどんなふうにかかわってくるのか、大学がどうかかわるのか、ちょっと気にはなるんですけれども。

○大森構成員 まだ頭の中でのイメージですが、企業側としては、恐らくアプリケーションというのがどうしても出ますので、例えば先ほどの分野で言いますと車関係とか産業機器の関係、アプリケーションをやっているメーカーの方もできれば入って、そのアプリケーションのものができると成果なのか、アプリケーションのできるような部材とか、モジュールをつくるのが成果なのか、そういう判断はありますが、それはただ、出口の方がプレイヤーか、あるいは判断基準がないとそれは言えないと思います。

当然メインのところは、パワーエレクトロニクスですから電気メーカーとか、あるいは機械

メーカー、モジュール、あわせて下の部材のウェハや何か。その中で関連するところで、先ほどのデバイスのところでいろいろございますので、そこで大学の先生方、特にメカニズム的な話のところではいろいろな先生方を、つくる方を入れていくべきだろうと思っております。

○小長井座長 この最後の基礎研究・理論・人材となっているところがちょっと気になるんですけども、やはり大学の先生はここでしか貢献できないのかというようにちょっと見えてしまうので。先ほど赤木先生がおっしゃったように、今、大学の人材が足りないのは確かなので、そこら辺の人をいかに育てていくかが重要だと思うんですね。

○大森構成員 すみません、この絵はちょっと上下で書きましたので、本来は基礎研究・理論・人材はこの階層で言うと横になると思っています。私の意見としてはアプリケーションの改良側で、例えば大学の先生というか、その辺の方々に参画いただいて、アプリ側の新しい視点のところを少しやらせていただく。

それが恐らく長い目で見ると、パテントビリティとか標準化をリードするとか、そういうところでつながってくるだろうと思ってございます。

○小長井座長 ありがとうございます。

では、皆さんどうぞご自由に。

○赤木構成員 私はアプリケーション、応用をやっていますが、先ほどお話しましたように、日本でも大学でこういう分野をやっている研究者は余り多くありません。アメリカもそんなに多くないですね。ヨーロッパでは、ドイツは8大学ぐらい知っていますけれども、やはりそんなに多くない。特にドイツの場合は、昔から企業と大学の教員はすごく関係があります。ドイツはご存じのように、工学系の教授は5年以上の産業界での経験がないと教授資格が得られませんので、産業界とのつながりがすごく強いんですね。

日本はそんなに強くないんですが、私は幸いいろいろなところでありまして、実際に、とにかく使ってみて応用してというのは、私も幸い1,200ボルト、400アンペアの最新のSiCモジュールをサンプルでいただいて、2年ぐらいで電力変換装置を設計・製作してみましたが、とても筋の良いパワーデバイスです。私が1985年頃にIGBTを入手して実験をしたときのイメージと同じで、コストは別として、性能はすごくいいです。ですから、これを早く実用化していけば日本は世界でリーダーシップをとれると思っています。現に1,200ボルト、400アンペアのモジュールを手に入れて実験をやっている研究機関は、世界でも東工大だけです。現時点で。驚くと思います。アメリカ等は多分まだ数アンペアから数十アンペアぐらいのレベルで実験を行っています。大学の人にそういう日本で開発された最新のパワーデバイスを供給していただ

ければ、東工大以外にも幾つかの大学は応用研究ができますので、もちろん別の回路で別の応用でやっていけば、応用はどんどん広がっていきますから、それは非常にいいと思います。

○波多野構成員 私、先ほども申し上げましたとおり、やはりS I Pは次の産業、経済を支えるものを創出していくという期待を皆さん持っていらっしゃると思いますので、先ほども申し上げたとおり共通基盤技術の開発と並行して、企業の製品化のボトルネックの技術開発を行う、そういうプロジェクトはかなり難しいとは思いますが、それぐらいを目指すべきかと考えます。実際、難しいと思います。

私事ですみませんが、パワーデバイスの研究は、S i Cは企業と共同研究でボトルネックとなるテーマに関わっています。並行して文科省さんのファンドをいただいて、将来の技術としてダイヤモンドパワーデバイスを研究しています。S I Pにもそのような仕組みがあればいいなど、共通の基盤技術はもちろんございますし、あとはボトルネックも含むところを、でも、それはなかなか各企業がそれを出すのは難しいと思いますけれどももうまくできるような仕組みができれば我が国の経済的な貢献にもつながるのではないかと常々思っています。

○松下構成員 若輩なもので、ぜひ教えていただきたいんですが、先ほどから、国際標準をとることが我が国にとっては非常に重要なことになると思うんですが、実際に、例えばS I Pの10プログラムで国際標準をとるための事務局というのは統一するのか、それとも各プログラムそれぞれで持つのか、そういうところはどうなっているのか。まだということよろしいですか。

○事務局（守屋） 事務局から今の時点での考え方をご紹介しますと、10のプログラム共通の、そういう対策チームをつくることは現在、考えておりませんで、それぞれチームごとに最適な解をねらっていくということです。

○松下構成員 もう一点教えていただきたいんですが、府省連携をとられて非常によいことだと思うのですが、ネットワークを組んだときに、どうしても責任の所在が曖昧になってスピードが遅くなるという事例がときどきあると思うんですね。それを解消するためのプログラムディレクターの設置だろうと思うのです。大森先生、本当に大変でいらっしゃると思うんですが、具体的にはどんなものがあれば、そのネットワークのよさを維持しつつ開発を早め、我が国の利益になるとお考えなのか教えていただけたら、すごく参考になるかなと思います。

○大森構成員 非常に難しいですね。

私の考えですけれども、なぜうまくいかないことが多いかというと、各人をお願いしている目標値とかターゲット、そのターゲットを言うとき、最初の計画をつくるときにターゲットの

設定の仕方をよく議論すべきだと思います。例えば上位レイヤーが下位レイヤーに「こういうものが欲しい」と言ったときには、その欲しいもののスペックが下位レイヤーの考え方で検証できない限り、下位レイヤーは開発できません。

そのできたものを、例えば上位レイヤーが上位レイヤーの言葉で変換して上位レイヤーが性能実証をする、そういうお互いに議論ができる話をしていかななくてはいけなくて、通常、例えば私、パワエレやっていますけれども、上から下までわかっている人間はほとんどいなくて、要するに上位レイヤーの人間は下位レイヤーに文句を言う、要求を言う。つまり、下位レイヤーは言われている要求は本当にどうするものかがわからなくて、それがさっき言ったピント外れの研究になったり、何がボトルネックかという話。実際に動き出すことをプランに組むのは急がなければいけないんですけれども、そこを明確にしてやる。

そのときに、例えば先ほどの標準化とかいろいろなことがありますけれども、上位、下位のレイヤーの、そういうものの使用とか、あるいは評価方法が一つの標準化、検討表示ですけれども、そういうものを入れておけばいい。それが一番上のアプリケーションというところでどういう使い方をするか、機器はどうですかというところで、先ほど塚本構成員からご質問がありましたけれども、どういう安全基準にするとかそういうことにつながる。

そういうことを、まだこの分野の人間は余り意識していないのが事実です。それをいろいろエンカレッジしてやっていくのがPDである私の仕事だろうと思っています。

○小長井座長 すみません、かなり時間が超過してしまっておりますので、質疑はこのぐらいで打ち切らせていただければと思います。

先ほど話の途中でありましたように、この分野はまだロードマップがないというのは確かにそうかもしれないので、ぜひ大森さんのほうで、これからもそういうものをつくっていただいて、進めていただければと思います。

どうもありがとうございました。

それでは、急ぎ次の議題に移らせてください。

議題（４）第４期科学技術基本計画のレビューです。事務局からお願いします。

○事務局（守屋） この議題は、もともとこのワーキンググループ設置の目的の１つとなっておりまして、第４期基本計画をレビューするに当たって、レビューに必要な指標を検討すること、そしてその指標に基づいて各省及び民間の取り組みを評価することが、このワーキンググループでやらなければいけない一つのミッションでございます。

本日は、その指標の案につきまして、事務局で用意したものを５分程度でご説明させていた

できます。本来であればそれに引き続いて各省及び民間の取り組みを評価するところまで議論したいのですが、そちらにつきましては次回以降とさせていただきます。本日は指標の案をご提示させていただきまして、余り時間はないかもしれませんが、討議をお願いしたいと思います。

それでは、担当のほうからご説明いたします。

○事務局 お手元の資料4に基づきまして、第4期基本計画のレビューについて、先ほど説明ありましたように、指標については現在検討中のものがございますが、お示しいたしますので、そちらについてご意見をいただければと思っております。

まず1枚めくっていただきまして、これはレビュー全体のフローでございます。

大きく2つありまして、1つは今回やる社会指標値とか技術指標値を抽出・整理して、そのもとで、第4期で流れている各施策、取り組みの内容を精査して、その内容を評価していく、そして最後にまとめていくというフローになってございます。

3ページは、最終的なアウトプットイメージをお示ししております。表にまとめているんですけども、第4期の各課題領域についてそれぞれ評価を行う指標を決めて、目標値等から各年度ごとの指標値を抽出していきます。右のほうでは、現在250の施策、取り組みが行われているんですけども、そこから29のナノテクノロジー・材料分野の課題領域に該当する施策を、現在も抽出していますが、その情報からこれまでの成果とか評価指標に対する貢献の評価等を行いまして、シートにまとめていくという作業を行っていきます。そういったもので最終的に考察を行っていくことを考えております。

4枚目は評価指標の抽出方法で、こういった形でやってきたかを説明しております。

基本的には第4期基本計画のもとで、2つの視点で考えております。1つは、基本計画の政策目標に掲げている文言から社会指標に資するものを引っ張ってきて、こちらは基本的には、社会課題の解決とかいう社会的な指標になるかと思えます。

もう一つは、第4期基本計画のもとで流れている各府省さんの施策、取り組み等の、具体的な資料から、そこで掲げられている研究開発の目標値とか、そういったものを抽出して整理する。その2つの視点ですり合わせを行って、最終的に評価指標を現在のところまとめております。

5枚目から7枚目は、そうやって取り出した指標値の案を示させていただいております。表のつくり方は、第4期基本計画の課題領域に対してそれぞれ指標区分、社会指標と技術指標、そしてその抽出から出てきた指標の案となっております。参考のために、こういった施策・取

組から出してきたかというところを緑の見出しがついている欄に掲げさせていただいております。具体的な内容については時間の都合で割愛させていただきます。

8ページは今後の検討についてですけれども、今後、指標値案を見直していくことを考えております。見直しの視点としては、設定において重要な視点が抜けていないかとか、施策・取組等の評価に対して適切な指標となっているか、技術指標と社会指標の区分は適当か、こういった観点でぜひ皆様にご意見をいただきたいと思っております。

あと事務局の作業としては、本当に指標値が収集できるかといった点も含めて検討していきたいと思っております。

○小長井座長 ありがとうございます。

今日はちょっと不手際で、予定の時間が多少オーバーすることをご容赦いただきたいんですが、これにつきましては、これから細かくごらんいただいて、基本的には電子メールベースでご意見いただければと思っておりますが、今この場でぜひ発言しておきたいという方があれば一、二件お受けします。

○馬場構成員 質問ですが、このレビューは第4期計画全体、だから来年度分までのものになるのですか、それとも今年度ぐらいまでのものとして考えるのですか。

○事務局（守屋） こちらのレビューは今年度までといたしますか、第4期基本計画はもちろん来年度もあるんですけども、この中間点を折り返した現状で1度評価するということを考えております。

○馬場構成員 ちょっと中身を見ましたが、例えばパワー半導体という項目とパワーエレクトロニクスという項目があって、両方とも技術指標に同じことが書いてあるんですけども、これはちょっとおかしい。特に経産省さんのパワーエレクトロニクスの目標からすると、来年度はもうちょっと拡充するわけですので、少し変な気がします。

○経済産業省（田中） S i Cだけというのは、何かね。

○馬場構成員 だから、どういう視点なのかが気になったもので質問しました。

○事務局（守屋） この議題に掲げているのは、第4期基本計画の目標を現状どこまで実現できているのかを把握した上で、第5期に向けての議論のベースとする、あるいは今、私どもが持っている総合戦略のバージョンアップ等にどう反映させていくかというためのベースにするものなので、そういう意味では、左側の区分が第4期基本計画の記述から割り出しているために不整合が出ている部分がある状態になっています。

最終的には、ここはベースとなる区分ですので、それをまとめた形で次の提言に生かすフェ

ーズでは、こういうところはパワエレ全体として見られるような形にアレンジしていきたいと思っています。

○小長井座長 今回の件は、私も事前にこの資料を拝見してそう思ったんですけども。

すみません、時間が迫っておりますので、あとお気づきの点は電子メール等で事務局にお申し出いただくということで、よろしゅうございますか。

それでは、この議論はこれから先ずっと続きますので、今日は次に移らせていただきます。

今日はもう一つございまして、議題（５）今後さらに取り組むべき課題の検討につきまして、文科省の前田参事官から５分程度でご説明をお願いいたします。

○文部科学省（前田） 本件は、この上位の会議の重要課題専門調査会で、退席されてしまいましたが橋本議員から、各省の検討をちゃんと把握したほうがいいのではないかという話があったように聞いておりました、それを受けて今回、内閣府のほうから各省でどんなことをやっているか少し話してくれということでしたので、まず今日は文科省のほうからお話ししたいと思います。ただ、５分程度ということですので、とても中身に深く入って説明はできませんので、この資料が一体どういう構成になっているかということだけ今日はお伝えしまして、中身については後ほどごらんいただいて、次回以降、必要があればご議論いただければと思っていますところですので。

資料５の１ページは全体の目次みたいなものなんですけど、文部科学省におきましても科学技術・学術審議会という会がありまして、その下にナノテクノロジー・材料科学技術委員会を設けております。そこには有識者の先生方が２０名近く入っておられまして、いろいろな議論をしているんですが、１つは、第４期科学技術基本計画に関連した全般的な提言ということで、これは科学技術基本計画が策定される１年前ぐらいと策定された後、すなわち前のほうでは科学技術基本計画にどんなことを反映させるべきかということで１度ご議論をいただき、さらに基本計画ができた後に、文部科学省としてさらにどういったことを進めていくべきかという議論をさせていただいています。

第４期については平成２３年７月に最終的な方策を、全般的なものを取りまとめております。

それから、テーマ別の提言ということで下のほうに少し書いてありますが、環境技術関係、それからナノバイオ、ナノエレクトロニクス、元素戦略、あるいは、これは研究開発ではありませんけれども共通基盤ネットワークということで、ナノテクノロジー・プラットフォームに関係するような提言についてご議論をいただいているところであります。

上記のほか、研究開発課題個別の評価もこの会ではやっているところでございます。

今後は少し、ここに書いてありますが、やはりいろいろ議論してきたことに加えまして、ナノテクノロジーを活用したバイオとかエレクトロニクス、あるいは最近話題になっていますマテリアルインフォマティクスなどについて、今、議論を進めようとしているような状況になっております。

後ろにどんな資料がつけてあるか簡単にお知らせいたしますが、2ページが、このナノテクノロジー・材料科学技術委員会の委員名簿でありまして、実は今日ご出席の方も、かなり重なりがあります。小長井先生、橋本先生、松下先生にも委員としていろいろご指導いただいているところです。

3ページのパワーポイントは、第4期科学技術基本計画に合わせてつくりました研究開発方策全般に対する提言でございますが、これは1枚で書いてあるんですが、ポイントを本当に一言だけ申し上げれば、現状認識のところ、これはむしろ全体的な方針ということなんですが、1つは、ナノテク・材料分野というのはいろいろな分野にかかわるんだよということで、ここには言葉として出てこないんですが、報告書のほうでは「融合と連携」という言葉をキーワードとして使っております。また、研究開発拠点とか共同利用施設への戦略的な資金投入というのが各国でもなされておりますので、そういったことを日本もしっかりやっていく必要があるなということが、左側にちょっと書いてありまして、右側はボトムアップとトップダウン、これはよく議論になりますが、こういったことをバランスよく戦略的に強化する必要があるだろう。この分野についてはですね。

あるいは、今、出口志向と言われていますが、このときも課題解決を基点とした研究開発課題の戦略的重点化とか、あとは基礎から応用、開発の各段階で何か一方向で行くのではなくて、行ったり来たりすることが大事だと。このときは循環研究と呼んでいたようですが、行ったり来たりすることが研究開発の本当の推進につながるということが言われています。

下に書いてあるのは、では具体的な課題として何があるんですかということで、これはごらんいただければと思います。

さらに、その推進方策みたいなものとして5点、一番下に書いてありますが、こういったことをあわせて推進していこうということを掲げております。

4ページ以降は環境技術の報告書です。

これも一言だけ申し上げておきたいんですが、ナノテクを使って環境技術をしっかりとやろうということで、平成20年度ですか、議論をスタートしました。これは橋本先生に主査をやっていただいたんですが、この内容が5ページと6ページに少し書いてありまして、ざっと見てい

ただくと、今ここで議論されていることにも通ずるようなことが結構書いてありまして、例えば2.にあるような、産業界からの期待をしっかりと受けとめるべきであるとか、環境問題、つまり社会の出口ですね、この全体を俯瞰して技術課題にきちっと落とし込む作業が必要であるとか、それから4番目は、社会システムをちゃんとイメージしなければいかんということで、例えば6ページの図にあるように、このときはこのような、環境技術ですので、ためる、つくる、節約するみたいなところでこんなことが社会にとって必要で、それを技術課題に落とし込むとこんなことではないかと。これはわかりやすく書いた例ですので非常に大ざっぱに書いてありますが、こういったことをきちっと突き詰めた議論をして、研究開発課題に落とし込んでいく必要があるだろうというような議論をして、必要な科学技術に関する研究課題を抽出しているところでございます。

以上が大きな報告書なんですけど、あとは資料としていろいろつけています。右下にページが書いてありますが、8ページはこういったことを受けて我々がやっている施策であったり、9ページは環境技術の提言を受けて実際にやり始めたGREENというプロジェクトの内容、20ページ以降は元素戦略についていろいろ書いてございますが、これはこの会でも何か希少元素の回があるやに聞いていますので、もし必要ならばそのときにもう少し詳しくご説明いたしますが、元素戦略も単に希少元素を代替するだけではなくて、そのために必要な研究体制について議論しまして、11ページに書いてあるような研究体制をつくってきているところでございますし、また経産省、出口との連携ということで、府省まで、省間連携ということで経産省との連携体制をつくっているということも、いろいろ資料としてつけてございます。

最後の、ナノテク・プラットフォームについても15、16ページにつけています。研究開発そのものではありませんが、やはり研究基盤として大事な施策だと我々は思っていて、これについては長くやってきてはいるんですが、例えば16ページにありますように、今、こういった課題が出てきておりますので、技術支援者の問題とかそういったことも含めて、我々、今、議論しながらこういうプラットフォーム事業の発展につなげていきたいと考えて、やっているところでございます。

○小長井座長 時間が余りございませんものですから、短時間でご説明いただきました。内容は膨大なものなので必ずしもおわかりいただけなかったかと思いますが、今日はこれをお持ち帰りになってまたよく見ていただいて、次回以降、反映させていただければと思います。

何か1つだけ今この場で聞きたいということがあれば、お受けいたします。

もしなければこれで終了とさせていただきますが、よろしゅうございますか。

ありがとうございます。

それでは、これで今日の議題は終わったわけですが、その他として事務局から連絡をお願いします。

○事務局（守屋） 本日は活発なご議論をいただきましてありがとうございました。

本日いただいたご意見をもとに、次回以降さらに議論を深めていきたいと思っております。

それから、次回以降の会議でも、また個別テーマがございます。構成員の皆様、各省の皆様にお願ひする事項につきましては、また事務局のほうで整理でき次第ご連絡申し上げます。

それから、先ほどの評価指標に関しましては、今日ここでご意見をいただく時間が残念ながらございませんでしたので、メールで、フォーマットフリーでぜひ事務局のほうにコメントをいただきたいと思ひます。指標の考え方、あるいは例として別の切り口があるのではないかと、ぜひ積極的なご意見をいただきたいと思ひます。いただいたご意見は資料として整理の上、次回会合でご提示させていただきます。

次回は3月10日月曜日、15時から、こちらのビルの会議室となります。主な議題として、構造材料、磁性材料、希少元素代替材料の開発という議題を取り扱いたいと考えてございます。構成員、各省の皆様におかれましてはご多忙とは思ひますが、ぜひまたご出席いただきたいと思っております。

○小長井座長 どうもありがとうございました。

それでは、本日はこれで散会いたします。どうもありがとうございました。

午後5時39分 閉会