

第4回

ナノテクノロジー・材料基盤技術分科会

平成28年3月17日

午後3時01分 開会

塚本座長 それでは、定刻となりましたので、第4回ナノテクノロジー・材料基盤技術分科会を開催します。

座長を務めております塚本です。よろしくお願いいたします。

本日の分科会は、全て公開での分科会となります。よろしくお願いいたします。

では、まず最初に事務局から出席者及び資料の確認をお願いします。

事務局 事務局の守屋でございます。よろしくお願いいたします。

構成員名簿は議事次第の裏に印刷されております。本日は全ての構成員の方に御出席いただいております。

それから、総合科学技術・イノベーション会議からは久間議員に御出席いただいております。また、SIP次世代パワーエレクトロニクスから大森PDに御出席いただいております。

関係省庁として、文部科学省から研究振興局ナノテク物質材料担当の西條参事官、科学技術・学術政策局研究開発基礎科量子放射線研究推進室の上田室長に御出席いただいております。

文部科学省（上田） 上田と申します。

事務局 経済産業省からは製造産業局製造産業技術戦略室、倉敷戦略調整官に御出席いただいております。

経済産業省（倉敷） 倉敷です。

事務局 更に、前回に引き続きまして参考人として、JSTの研究開発戦略センターから永野フェローにもお越しいただいております。

JST（永野） 永野でございます。

事務局 それでは、事務局の方から配付資料の確認をさせていただきます。

配付資料の一覧は、議事次第の下の方に記載されています。クリップをお外しいたきまして、最初に資料1とナンバリングされています「超スマート社会の」と書いてあるのが資料1でございます。それから、その次のページがA3のエクセルシート表になってございます。これが資料1の別紙というものでございます。その次が資料1-1ということで、こちらは机上配付のみとなってございますけれども、文部科学省さんの報告資料。それからその次が資料1-2となってございまして、こちらがCRDSさんの報告資料。その次が資料2ということで総合戦略2016に向けた取りまとめ（案）。最後でございますけれども、資料3ということで、A3のエクセルシートがついてございます。それから、机上の右手の上の方にブルーのファイルが前回同様に参考資料として配付してございます。また、ブルーのファイルの上に、前

回、CRDSさんとNEDOのTSCさんから御報告いただきました資料を御参考までに載せてございますので、御参照いただければと思います。また、参考資料集のブルーファイルの方でございますが、また次回も使用する可能性もございますので、御退室の際には机の上に置いていていただければというふうに思っております。よろしくお願いたします。

資料の不足等ありましたら事務局の方までお願いいたします。

以上です。

塚本座長 資料はよろしいでしょうか。

それでは、早速議事に入りたいと思います。本日は議題が2つあります。まず、1つ目の議題ですが、ナノテクノロジー・材料基盤技術の今後取り組むべき領域についてということで、まず初めに事務局から説明をお願いします。

事務局 それでは、お手元の資料1を御覧ください。表題にございますように「超スマート社会の実現および経済・社会的課題への対応に向けて重要となるナノテクノロジー・材料基盤技術」につきまして、本日御議論いただきます。

めくっていただきまして、その議論の進め方でございますが、まず本資料で、前回のナノテクノロジー・材料技術動向報告の要点、それから超スマート社会での情報の流れから必要となるナノテクノロジー・材料についての構成員の先生方及びCRDS/TSCさんの意見をまとめたものを御説明させていただきます。

続きまして、関連する政策動向・技術動向といたしまして、文部科学省様、CRDS様よりプレゼンをお願いいたしまして、それを受けて全体討論をお願いしたいと思っております。

続くスライドの3につきましては、前回、CRDSさんから御紹介いただいた資料をコピーしているものでございます。

1つめくっていただきまして、全体俯瞰の中からCRDSさんの方で8つのグランドチャレンジといたしまして掲げられた技術分野がこちらの白抜きの技術領域となっております。分離技術、バイオ関連技術、インフラ材料関連技術、それからIoT関連の技術、更に微細加工のManufacturing製造関連の技術、そして量子関連の技術、それから先端計測関連技術、データ駆動型新材料設計という8つの技術分野をイノベーションを生む可能性が見えつつあるホットな領域として御紹介いただきました。

続くスライド5につきましては、これはNEDOのTSCさんからの御報告の中から抜粋したものでございますが、各材料分野のポジショニング分析として、それぞれ市場規模ですとか、プレーヤー等の分析をしていただいております。この中でもシステム領域に関しては、バイオ

関連でいうとD D S等の技術。エレクトロニクス分野でいうと超低消費電力ナノデバイス関連。エネルギー・環境分野では太陽電池等、あるいは人工光合成等を御提案いただいております。また、素材領域では粒子、繊維、プレート、ナノ構造といったそれぞれの中でカーボン系の材料等を御紹介、御提案いただいております。それから、基礎領域の中では計算・理論、それから材料設計といった技術分野とトップダウン型を含みます製造プロセス・加工技術分野、更には先端計測分野ということで御提案をいただいているところでございます。

T C Sさんからは、それらの技術の近未来の出口といたしまして、次のスライドの6に掲げていますようなパワー半導体、低消費電力の集積回路技術、あるいは超高感度バイオチップ・バイオセンサ等も含めて提案いただいております。

以上が振り返りでございまして、更に私どもの方から構成員の先生方の方に事前に伺った技術領域についての簡単な御報告をさせていただきましても、質問をさせていただくに当たりまして、超スマート社会 サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合する社会 というものに貢献するナノテクノ・材料技術ということで御提案をいただいております。

7ページ目のスライドをもとに、センサ等による情報の収集・発信、それからサイバー空間における情報処理など、あるいはアクチュエータ等を介して現実世界に作用をしていくといったそれぞれの分野での重要技術、加えましてそれらのプロセスをつなぐ高速伝送を実現するための技術ということで伺ってございます。

スライドの8に、資料1別紙参照とございます。添付しておりますA3縦の別紙の方を御覧いただけますでしょうか。こちらの表の作成に当たりましては、改めてT S Cさん、C R D Sさんの方にもそれらの分野に合わせて有望な技術分野というのを御提案いただいております。この表の中では構成員の先生方からも重要な分野だろうということで御回答いただいたものにつきまして、結果的に3名以上の構成員の先生から重要と御指摘いただいたところを色づけしてございます。

緑の色づけのところは3名の構成員の先生からの御指摘です。それから、黄色のところは4名あるいはそれ以上の構成員の先生方から重要分野ということで御指摘いただいたところでございます。

上からいきますと、センサの領域ではバイオセンサあるいは生体イメージング、それから超小型・高感度のバイオ・MEMSセンサ等といったところが挙げられてございます。

それから、情報処理のところにつきましては量子コンピュータの基礎材料、あるいは超低消費電力ナノエレクトロニクスデバイスを実現するための新コンピューティング技術が挙げられ

てございます。

アクチュエータの関係では、ナノマイクロアクチュエータ、あるいは生体適合界面形成デバイス、ソフトマテリアルデザインといったところが挙げられてございます。また、アクチュエータを介して現実世界に作用するところでパワー半導体というのが挙げられております。

更に、共通基盤的な技術といたしまして、まず電源分野では太陽電池・燃料電池・蓄電デバイス・熱電変換等の技術。それから、材料ではまさに私どものこの会議でも議論いただきました統合型の材料開発システムといったところが重要分野との御指摘でございます。また、加工・計測ということでそれぞれ微細加工、先端計測といったところも重要との御指摘がございました。

なお、欄をあけてその下に掲げてございます多様なニーズ及び課題に対するナノテクノロジー・材料というのは、必ずしも直接的にサイバー・フィジカル領域に貢献しないかもしれないわけですが、将来の産業に向けて重要となり得る技術領域として、構成員の先生方から御提案いただいたものでございます。それぞれエネルギー/インフラ分野、健康・医療分野、それから次世代に対応するための仕組み関連といったところが掲げられてございます。

以上が、事前に伺いました御意見を集約したものでございます。資料1の本体の方に戻らせてください。

以上のような事前の御意見、あるいはNEDO様、CRDS様からの御発表内容等を参考にしまして、少し事務局の方で整理させていただきました。

超スマート社会の実現に重要な技術領域として、センサからの情報の収集・発信という領域に関しては、センサ電源の関連の技術、あるいは超低消費電力のナノデバイス、それから各種バイオセンサ等が重要と整理いたしました。情報の処理・分析につきましては、フォトニクス、低消費電力ナノエレクトロニクスデバイス、あるいは量子コンピュータ関連技術、それからアクチュエータ等を介した現実世界への作用というところでは、MEMSですとかアクチュエータとセンサの融合したデバイス、それから環境対応型のアクチュエータ、あるいは生体適合型のデバイスなどがございます。また、それらを共通的に支える技術といたしまして、3Dナノ加工技術ですとか情報素子の物体への埋め込み技術、あるいは微細加工・先端加工・AIといったところを掲げてございます。

また、右側につきましては、これは経済・社会の多様なニーズや課題への対応ということで掲げられた重要分野でございますが、エネルギー/インフラ関係、健康・医療関連、人材育成・教育システム等、既にエネルギー分野あるいは健康・医療分野等で重点化されているもの

もさっと見ますとかなり多く含んでございますので、本日の議論につきましては、先ほどの超スマート社会の実現に重要な技術領域についてをまずは御議論いただきたいと思っております。

それから、社会実装に向けて構成員の先生方から幾つか指摘をいただいたものを整理したのが、右側にあります。ナノテク・材料技術をイノベーションにつなげる仕組みづくりですとか、E L S I、ナノ安全評価法とそのデータ蓄積といった取組、それから日本の強みであるエネルギー関連の技術をベースに長期的に取り組むことによって破壊的な新技術開発ができるということで、プロジェクトの長期的な取組方を実現するような仕掛けというのにも必要なんじゃないかという御指摘もいただいております。

スライドをめくっていただきまして10番目でございます。これは今、申し上げましたような御指摘を踏まえて、今後総合戦略2016で取り組むべきナノテク・材料基盤技術をどう捉えて、どうフレームワークとして構成しようかということで、事務局の方で塚本座長とも相談して少し図式化してみたものでございます。

技術領域としては、超小型・超低消費電力デバイス、ここにはバイオ関連の技術も含まれますが、そういう1つのフレームワークのもとに関係各省の施策を取り込んでいきたいと。また、それを構成するのに必要なフレームワークといたしまして、1つは既に御議論いただいておりますマテリアルズインテグレーション、もう一つが光・量子・技術等の新しい情報処理につながる技術、それから、社会実装に向けて必ず必要となります先端計測技術といった大きく4つのフレームワークを考えました。もちろんそこに直接含まれない個々の強みのある個別の技術群というの、その下のレイヤーには個別技術もございますので、こういう中から光る技術を幾つかピックアップするということも考えたいと思っております。

また、今回のこのフレームワークはサイバー・フィジカルをつなぐ技術としてナノテク・材料で注目しているものでございますが、エネルギーのシステムや他のシステムとの連携を考える必要があるだろうということ。それから、現在システム基盤技術検討会で検討しているようなシステム関連技術とナノテク・材料との連携を検討することが必要だろうということで、今後につきましては、親会に相当しますシステム基盤検討会とこちらナノテク・材料分科会との間でお互いに新技術の提案ですとか、こういう目的のためにナノテク・材料にこういう材料を求めたいといったような要望をやりとりするような、そういう議論の機会を設定してはどうかということも考えてございます。

以上のようなフレームワークで2016に取り組ましまして、そこに向けて関係府省からの提

案を積極的にお願いしていきたいというふうに考えてございます。

事務局の用意した資料につきましては、以上となります。この後、文部科学省様、それから J S T 様の方からの御発表をいただきますが、もしよろしければ、ここで私の方からの発表につきましての質問がありましたら先にお受けしますが。

塚本座長 ありがとうございます。

それでは、先に御説明いただいた資料そのものについて何か御質問があればお受けしたいと思えます。

久間議員 本質的なことではないけれども、この資料で気になるのは、例えば資料 1 の 9 ページでは、左上がセンサで、それから高速伝送があって、情報処理・分析、そして高速伝送を通してアクチュエータと繋がり、それから共通基盤があるでしょう。ここで、分析というのが気になるのです。こう書くとしたら分け方としては情報の蓄積と処理ですね。また、に高速伝送という項目があるにもかかわらず、その下の 情報処理・分析の中にフォトニクス（高速通信）と書いてあるでしょう。高速伝送と高速通信が言葉を変えて 2 度出ています。公開資料なので、誤解を招かないように整理してください。

事務局 失礼いたしました。もう一度精査した上で、公開前に修正しておきます。

塚本座長 御指摘ありがとうございます。全くそのとおりだと思います。今の 9 ページを、ついでながら細かい話をしますと、共通基盤技術という言葉が 2 つ出てくるんです。欄外に出てくる、大きな (2) の共通基盤と絵の中に入っている の共通基盤技術、言葉的に イメージは違うんだけれども 重複感があるし、少し文言をうまく整理しないと、だんだん混乱が始まるという気がします。今、久間さんが御指摘いただいたところも別表の情報処理・分析というのは、実は別表の分野別にいけば保存と処理とちゃんと書いているんだけれども、タイトルが妙な言葉になっているので、そこは少しもう一回見直していただければいいのではと思います。

ほかに何か御質問はございますか。馬場さん。

馬場（寿）構成員 10 ページのピラミッド型の図についてです。書いてあること自体は確かにそれぞれ重要な項目だと思うのですが、これだけで良いのかと思いました。特にナノテク・材料を考えるときには、計測、シミュレーションと理論、情報処理、実際に使うデバイス、光や量子も大事だと思いますが、つくるという技術がもう一つあると思いますが、これが表現されていないと感じました。

塚本座長 ありがとうございます。

この表というのはかなり苦労してつくったんですが、おっしゃるとおり、2面あって、今、馬場さんがおっしゃったようなものづくりが、あるいはつくり込むようなプロセスの概念がほとんど入っていない。もう一つは、あくまでこれは三角形の正四面体の頂点がセンサ・アクチュエータの出口のイメージでこのイメージをつくっていますから、実は後で話が出てくると思うんですが、例えば北岡先生が指摘されたような、エネルギーバリューチェーンを考えようというときに、そうするとこういう絵では表現しきれないです。そうすると、ちょっと違う角度のものも要るだろうということで、少し右に他のシステムとの連携のところに苦し紛れに書いているんですが、欄外にエネルギー技術をベースに長期的な視野での破壊的技術開発なんて書いていますけれども、今、馬場さんがおっしゃったようなプロセスのことも含めて、少し欄外に書くかどうかも含めてちょっと手を入れないと、この絵だけが全てだと言われてしまうと、多くのナノテク・材料の話がぼろっと抜ける可能性がありますから、そこはもう一度事務局と調整させていただきたいと思います。

ほかに何か御意見ございますか。

北岡構成員 そういう意味では、馬場さんと同じなんですけれども、やっぱり光・量子技術が右、基盤のところは1個だけ置いているのはすごく違和感があって、むしろプロセスとかの方がよくて、その事例がバイオセンサ、アクチュエータというのであれば、これは1つの事例として、量子デバイスなんかも上に来るかもしれないので、普通にピラミッドをつくるのであったら上が出口で、それを支える3つの基盤技術というようなイメージがするんですけれども、そうすると、光・量子技術が基盤技術になるというのは、すごく違和感を感じます。

塚本座長 御指摘はもっともです。恐らく光、ここで括弧でフォノンも入れてもらったんですが、光とか熱とか、いわゆるスピン、フォノンあるいはフォトン、そのあたりが全部の基本的なところを支える学理というんですか、そういう意味で入れているんですが、本当はこういう絵じゃなくてもっと底の方にあるのかもしれない。実は熱にしろ光にしろわかっていないことがいっぱいあると。量子論的に言えば、もう少し解けることがあるのに、何となく経験則的に今やっていますから。それはおっしゃるのはごもっともなので、プロセスというような表現をするかどうかも含めて、改める必要があるかと。

波多野構成員 もっとベースなんです。

塚本座長 もっとベースなんですね。

北岡構成員 基礎技術みたいな。

塚本座長 基礎学理といった方がいいですね、この部分だけは。

北岡構成員 ただ、そうすると2番の括弧は基礎学理。

塚本座長 そのとおりです。

久間議員 光・量子は超小型・超低消費電力デバイスや技術でも使われます。光・量子技術は共通基盤技術が基礎技術の位置づけでしょう。光・量子技術の代わりに、制御技術とか加工技術を入れたら座りはいいです。

塚本座長 いろいろ意見をいただくと、なるほどという話がたくさんふえますので、今の絵でいけば、もとの9ページに戻って、先ほど私がちょっと言った共通基盤と同じ言葉なので、多分(2)の方は共通的学理とか極めて基礎的な話ですね。上の共通基盤はこのままでいいんだろうと。次の10ページは、光・量子(フォノン)技術あたりは書いたら外に書いて、基礎学理的なところに書いて、ここで入れるのはプロセスと書いた方がまだ座りがいいなという気がします。それは今の御意見を参考にして、事務局の方で再整理していただければと思います。

ほかに何か御意見ございますか。

馬場(寿)構成員 9ページ目の整理していただいて随分わかりやすいと思うんですが、経済・社会の多様なニーズ・課題への対応のところ、これは多分、委員の先生から出てきたものをまとめられてこの3つになっているのかと思うんですけども、エネルギー/インフラ、健康・医療、人材育成ということで、この3つで本当にいいのかと。何かもうちょっとありそうな気もするんですが、超スマート社会の方との切り分けをどうするかということも含めて、少しこちら側の検討も必要かなというふうに思います。ちょっと今、何を入れたらいいかというアイデアはありませんが。

以上でございます。

塚本座長 要はこれが全てだと言い切ってしまうと、何かやろうとしたときに絵になっていないということになりますから、何か工夫もしておかないと、対象とするべきものがこれで全てだと誤解されてしまうと、先ほど来出ているような、今御指摘いただいたことも含めて、少し混乱が生ずるかもしれませんので。

ほかに御意見ございますか。

香川構成員 今のところなんですが、エネルギーとインフラが一緒になっている理由というのは、これは何か特別な理由があるんでしょうか。

事務局 ここは特別な理由があるわけではございませんので、ただ、インフラにつきましても、新しい技術でエネルギー消費を少なくしたインフラ構築に貢献するという意味ではかぶるところもあるのかもしれないなという意識はありましたが、特段そうしなければいけない理由

もないので、インフラはインフラで分けてもよろしいかと思ます。

塚本座長 では、分けて表記していただけますか。

ほかに御意見ございますか。どうぞ。

馬場（嘉）構成員 同じく9ページ目の図の3の社会実装のところなんですけれども、前回の会議のときに私、言いそびれたんですが、健康・医療とか、あるいは超スマート社会のセンサからの大量の情報の収集とも関係あるんですけれども、どこまでの技術が医療機器に相当して、どこまでが医療機器に相当しないかという、1つはよく言われるんですけれども、医療機器とそうでないところのグレーゾーンをもう少し明確化しないと、実装する際にどうしても企業の方々がどういうふうな技術を開発すればいいのかというのが明確化されないというのが1点あると思ます。

それと関連して、実際医療機器になった場合には、医療機器として承認するためのガイドラインが必要になるんですが、そのガイドラインが必ずしもこういうナノテクのような新しい技術について、まだ整備されていませんので、それも整備されない限り社会実装にはつながらないので、その2つの点、グレーゾーンをどう明確化するかということと、医療機器ということであればガイドラインをどういうふうに整備していくかという、その2つが特にバイオセンサとか健康・医療のところでは社会実装に向けてかなり大きなポイントになるのかなというふうに考えますので、御検討いただければと思ます。

塚本座長 ありがとうございます。

今の御意見は特に後半のガイドラインなんかの話は、右端に取り出しているような例えばE L S Iだとかナノ安全だとか、そういう類いのものですね。技術そのものじゃないけれども、せっきくの技術とかデバイスとか、あるシステムができていろんな認可の問題でもたついていたのでは何なりませんから、そういう意味では少し絵の工夫をして、右に取り出すかどうかも含めて、再検討いただければと思ます。

ほかにいかがですか。

北岡構成員 今回の話の中で、右側のシステム基盤検討会で何が行われているかって余り情報がなかったんですけれども、例えばA I、情報処理とかそういった情報処理関係というのは、ここでマテリアルズインテグレーションという言葉では議論しましたけれども、どれぐらいシステムの側の方で検討されていて、どう反映されるのかという情報をいただければと思うんですけれども。

塚本座長 守屋さん、答えていただけますか。

事務局 システム基盤技術検討会の方では、主として各システムをつなぐという発想で、システム間連携についてのユースケースを策定いたしまして、そのうち実現可能性の高いもの、あるいは社会的インパクトの高そうなものを5つほどピックアップして、例えば農業と気候関連情報を1つのシステム基盤の上に乗せた場合のメリットですとか、それに必要な共通なIT基盤、あるいはデータがどういうものがあるかというような、そういう個々のシステム間連携を中心に今、議論を進めております。

塚本座長 と言われても、恐らくにわかに理解しがたいんだと思います。

事務局 そういう意味では、IT、情報機器についての例えばハードウェアとかソフトウェアとか、そういう個別の技術分野についての議論は今までのところはしてございませんので、要素技術的な議論よりもシステムとしての社会全体のプラットフォームを構築するために必要な技術ですとかデータスタックといいますか、どういう情報がそれに活用できるのか。例えば3次元地図データがあることによって、エネルギーと例えばインフラがそれぞれ、あるいは交通情報がどういうふうにシステム間がうまく連携をとれるかといったような、そういう議論を中心に今、してございます。

久間議員 少し補足しますと、CSTIでは様々な戦略協議会や、ワーキンググループがあるのを皆さん御存じだと思います。第5期基本計画で、サイバー空間とフィジカル空間をどうつなぐかという話をしました。Society 5.0の構築のために、例えばエネルギー戦略協議会では、エネルギーシステムのサイバー・フィジカルシステム、CPSはどうあるべきか。それから、エネルギーシステムの中で、特に重要コンポーネントとしてこういうものがあるから、来年度、例えば経産省で開発すべきではないか、といったことを検討します。こういった課題はその他の戦略協議会、ワーキンググループも然りです。ですから、このナノテクノロジー・材料基盤技術分科会も、例えば、太陽電池のようなコンポーネントの話と、マテリアルズインテグレーションのようなCPSの構築や活用のお話を議論するべきです。

システム基盤検討会には2つの課題があって、1つ目は複数システムの融合による新しい価値の創造、2つ目がAIとかサイバーセキュリティとかビッグデータといった共通基盤技術の整備です。そして戦略協議会では、それぞれの分野のCPSシステムと重要コンポーネントを検討するわけです。ですから、この分科会では、例えばマテリアルズインテグレーションと、エネルギーシステムをつなぐとおもしろいことが起こるよといった提案も積極的にしていただきたいのです。そういった提案があれば、この分科会とシステム基盤検討会で一緒に委員会を開くなどして検討することも可能です。ですから、ぜひいろいろと提案いただければと思います。

塚本座長 コメントありがとうございます。

波多野先生。

波多野構成員 そういう意味では、先ほどの10ページのところの上のレイヤーのシステムの検討会のところとかエネルギーとかうまくつながっている絵がどうしてもここには必要だと思っていて、多分これは案の段階で、システムとかエネルギーの方と一緒にこれからですよ。重要課題専門調査会に出ましたら、ナノテクノロジーの根本の話はほとんど出てこない、今のところ。でも、これから多分議論して、どういうシステムであるべきか、Society 5.0では、それからきっとおりてくるので、これからまず議論していくのだと思います。ここがうまく、そことつながればすばらしい絵に10ページになるかなと思いました。

塚本座長 コメントありがとうございます。

今、久間議員なり波多野先生がおっしゃったとおりで、まだまだシステム基盤技術検討会とか、あるいは上位のいろんな協議会とか、それと我々のナノマテの世界がなかなかまだつながっていないと、絵として。概念としては当然つながっているんですが、具体論になると、まだシステムの方も積み木を積んでいる最中ですから、その積み木が一体どういうナノテクあるいは材料で構成すべきかというところまで話が進んでいないというのが実態です。

先日、波多野先生も一緒に出られたんですが、重要課題専門調査会、そこで我々も説明を受けたのですが、ものの5分か10分ですから、ほとんど頭に入ってこないということで、終わってすぐに説明いただいた三菱電機の田中さんが副座長ですので、その場で波多野先生も含め立ち話で、ナノマテの方と連合でいろいろ議論しましょうという話をし、それはぜひやろうということで、少し継続的にやらないとお互いがお互いのことをよくわからないと。これはいわゆる材料で言えば、マーケティングしないで材料開発やっているみたいなものですから、あらぬ方へ材料は材料で走っていくし、システムはシステムで、できもしないことを描いてみたりすることが起こり得ますので、そういう意味で、10ページ、事務局で書いていただいた右に他のシステムとの連携とか、あるいはシステム基盤技術検討会とナノテク・材料との継続的な連携をしようと、これはそういう意味でして、恐らくこれは今年度3月、4月までにまとめるような話ではなくて、やりながら常時お互いが自分たちのポジショニングを考えながら議論するような仕組みが要るんだろうと思います。これはまた久間先生なんかに御尽力いただいて、進められればと。

久間議員 それはぜひ実行したいと思いますので、よろしくお願いします。

塚本座長 ほかに何か御意見ございますか。

いろいろまだ意見があると思いますが、先に進めさせていただきます。

きょうはこれまで余り個別にフォーカスを当てていなかった2つの領域について御説明をいただいて、また改めてその上で議論をさせていただければと思います。全体としては今、御説明いただいて議論したとおり、総合戦略2016に向けて取り組むべきナノテク・材料の基盤技術についての考え方というのは大体こんなイメージだろうと。プラスアルファいろんな御意見を採用させていただきたいと思っています。それに対して、更に個別で深掘りして議論したいというところもありまして、2つの話題を提供いただきます。

まず1つ目は、文科省の上田室長から。

文部科学省（上田） 文科省の量子放射線研究推進室長、上田と申します。きょうはこのような機会をどうもありがとうございます。

ただいまも御議論ありました光・量子技術というのが第5期科学技術基本計画で位置づけられまして、私どもとしても研究動向の分析ですとか、特に文科省の場合ですと、基礎研究、基盤研究をやっていかなきゃいけないということで、どういったところに力を入れるべきかというのを、都合これまでワークショップでいうと2回ぐらい開催したり、あるいは有識者へのヒアリングを通じて少しずつ考えを深めている最中です。

きょうはその一つの断面だと思うんですけども、こういった基礎研究、基盤研究の推進があり得るのではというのを紹介したいと思います。

1ページ目を御覧ください。1つのキーワードとしましては量子状態の高度制御といった言葉で新しい物性なり情報科学を開いていくということで超スマート社会に貢献するというのがあり得るのではないかとということです。その最初の四角で、半導体・レーザーといった量子論を応用した技術って、当然ながらインパクトをこれまで与えてきましたけれども、90年代以降、こうやって観察していますと、量子情報処理を可能とする具体的な物理素子が開発されるようになったということすとか、あるいは先端レーザーで量子状態の制御技術も磨かれてきたという中で、どうやら量子論を包括的かつ高度に応用した新しい技術体系みたいなのが見えてきているんじゃないかという感覚を持ちます。

2つ目の四角に、欧米政府とありますが、ここ2ページ目を御覧いただければと思いますが、これは近年、量子情報処理に関連して欧米政府、世界的企業が中長期的観点だと思うんですけども、投資を拡大しているという動向があると思います。最初の方にD - W a v eと書いてあるのが有名なカナダのベンチャー企業ですけれども、2010年から量子的な技術を使った専用計算機、こういったものを発売しているということなんですけれども、これももとをたど

れば90年代に日本の研究者がアニーリング法という計算手法を提唱したり、あるいは中村先生、蔡先生が超伝導回路を実際につけて、この超伝導回路というのは半導体技術なんですけれども、ニオブとかアルミといったものを積層させて非常にミクロンオーダーの輪っかなんですけれども、これを極低温にして超電導を発生させてやると、右回りの電流と左回りの電流が重ね合わせで存在するので量子ビットになり得るということでございますけれども、この技術がまさに使われてD-Waveが例えばロッキード・マーチンに導入されたりグーグルに導入されたりしています。ただ、これは量子の情報処理の全般で言うと、1つのかなり局所的なところでして、専用計算機というのは組合せ最適化問題と呼ばれる特殊な計算を得意にしているというふうに聞いています。

ここについては1,000ビットなり本当に物理ビットで実現しているんですけども、実行的には30ビット程度ではないかという声もあります。私たちが思っていますのはIMPACTで山本先生が走っていますけれども、レーザー技術を用いて同じようなイジングマシンを目指されていて、ここはこれで1つの競争が成り立っているんだと思います。

一方、真ん中から下の方、グーグルがUCサンタバーバラの有名な教授のグループをそのまま吸収してラボを設立して、DARPAですとかIARPAのファンディングを受けて、本格的な量子コンピュータを視野に入れているんじゃないかと思われまうけれども、開始しています。ただ、グーグルもUCサンタバーバラも量子コンピュータそのものは短期的にできるとは思っていないんですけれども、将来ゲームチェンジャーになる可能性があるという感覚なんだろうと思います。同じ感覚でIBMも3ビリオンということですけども、1つはシリコン技術ということで7nm and beyondというものとpost siliconというところに目を配っているというところに注目すべきかと思っています。

イギリス政府も5年間で270ミリポンドということで、ここは量子コンピュータだけでなく量子センシングとかイメージングといった概念も彼らは取り込もうとしています。あるいはオランダ政府が、デルフト工科大学で量子関係の研究をする。そこにマイクロソフト、インテルが乗っかると。更に、中国ではアリババが中国科学院に研究所を設立といった動向がありまして、日本発の技術だったりするんですけども、世界的にはいろんな投資も盛んだといったところを感じてございます。

1ページ目に戻らせていただいて、2つ目の四角でございますけれども、こういった動向の中で我が国においても最先端の量子研究がこれまでありましたし、光・物性物理、ナノテク、これは強みですから、これを糾合させて量子科学のフロンティアを先導する、開拓をするとい

うことと、超スマート社会に向けてコア量子技術といったようなものをちゃんと考えていかなきゃいけないんじゃないかということでございます。

どういった基礎研究なり基盤研究の断面が考えられるかというのが左側の達成目標。基礎研究を基盤研究を進めて、こういったところは当面実現していかなきゃいけないんじゃないかということなんですけれども、 から 、 は情報処理シミュレーションということで、シミュレーションというのが1つあります。これは複雑な量子系を実験的にそこで模擬して、例えばここに書いてございませんが、高温超電導物質の探索を行ったりするような実験手法が提案されていまして、そういった基盤を構築するですとか、あるいは大規模省エネ情報処理に係る要素技術を実現するといった観点があると思っています。

は更に奥深いというか、複数の物理、多彩な物理・工学系をつないで新しい量子技術システムが開発できるといった視点もでございます。これはちょっとまた3ページ目を見てもらいまして、4つほど研究動向が書いてございますけれども、左上にダイヤモンド中に閉じ込められた電子スピンでございます。これは左側にダイヤモンドNV中心とありますけれども、ダイヤモンドの中にボイドを1つ作って窒素を1つ置換すると、このボイドの中の電子スピントラップされて、ここが量子状態を持つということで非常に微弱な信号、例えば磁気ですとか電場ですとか温度ですけれども、こういったものに敏感に反応しますので、これがセンサに使えるんじゃないかということです。それが右側にありますように、先ほどD - Waveを使っています超伝導磁束量子ビットと、このNV中心を同じところに置くと、ダイヤモンドの電子スピンの寿命が10倍に延びたという基礎研究成果が最近報告されています。こういったように多彩な量子系をつなぐことで更なる量子系を広げられるといったことですとか、次の説明に出てきますが、右側のやつだけもう少し御説明させていただきますと、イメージング・センシングに関しましては、生物の網膜を傷つけないような微弱量子光といったものが考えられていたり、それを支える超微弱光検出器ですとか、あるいは先ほど出てきましたダイヤモンドセンサ、こういったものが考えられているということです。

このページはこれぐらいにして、更にまた1ページ目に戻らせていただきたいと思います。1ページ目の左側の と、 が先ほど触れましたセンシング・イメージングです。巨視的な量子効果、先端量子光学、こういったものを応用して、計測・解析技術ということでセンシングとかにつなげていけるんじゃないかと。

真ん中の方にございますのが、期待される科学的・社会的インパクトでございますけれども、最初はシミュレータ・コンピュータといったもので、こういった新しい原理で動作するデバイ

ス・アーキテクチャ、更にはコミュニケーション・情報処理といったものが将来的には進展することが想定されます。真ん中はセンサでございます。センサでナノスケールで見られますので、生体機能の高精度読取りで診断・医療というものが革新される可能性、あるいは極小物質の3D構造解明ができますので、新材料の探索が革新される可能性がある。更に深いところを言いますと、量子多体系を含むもっと本質的な理解が人類として深まる可能性があって、そうすると、更に奥深い物質から生命科学までの広範な分野の応用も期待されるんじゃないかというふうに考えられまして、右側にありますように、社会像としては超サイバー社会、あるいは超スマート社会といったところで量子通信、量子コンピュータが開発されますと通信暗号も解読される可能性があるということで、逆に通信秘匿性を高度化するですとか、ビッグデータの処理、超省エネ・高速・大規模情報処理で、更にこちら辺はそんなに電力を使わないということで環境負荷の低減も期待されると。

あるいは2番目にありますように、センサとかいうのは知識集約度の高い装置・部材・技術産業になっていく可能性があると思ひまして、そういったバリューチェーンにおける優位性を確保するといった観点もあると思ひますし、更には知識体系を革新していく可能性があって、次の次の世代の価値創出、安全・安心の確保といったことも考えられるのではないかと考えてございます。

こういった検討を考えられるということで進めていまして、具体的には例えば私どもの公募事業、あるいはJSTの公募事業といったもので、こういった基礎研究を公募で行うときにこういったところが重要じゃないかという示唆でもって進めることがあり得るのではないかと現時点で考えてございます。

以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。

続いて話を聞く前に、非常に多岐にわたる御説明ですので、この時点で少し、もし御質問があればお受けしたいと思います。どうぞ。

久間議員 光・量子の研究開発を基礎から応用まで一気通貫でやるのは非常に文科省らしくていいと思います。ぜひプロジェクトを起こしてもらいたいと思うのですが、達成目標1から3というのは、まだ漠然としています。具体的に何ができるかを明確にした方がいいと思います。

それから、量子技術に関する近年の主要プレーヤーで、右上にIMPACTの山本PMの顔

写真がありますが、もう少し中央に載せても良いのではないですか。山本PMは量子コンピュータの全てを研究開発しているわけではなく、量子コンピュータと脳型コンピュータをコンバインした新しいコンセプトの研究開発に取り組んでいるわけで、文科省の取り組みと重なっているわけではありませんから大丈夫です。

文部科学省（上田） ありがとうございます。

塚本座長 波多野先生。

波多野構成員 御説明ありがとうございました。日本は強いということ、もともと強い技術を持っているということはわかるんですけども、過去FIRST、IMPACTを初め、量子コンピューティングのいろんなプロジェクトがあったと思うんですけども、マイルストーンを書くというのは難しいかもしれませんが、例えばそういうものにトライしてみると。その場合に私自身が今、量子センサを、NVセンターをCRESTでやらせていただいているんですけども、量子センシングは結構早く社会実装されると思うんです。先週も欧州にいたんですけども、大きなプロジェクトが起きているのと、量子センシング、ダイヤモンドのNVセンターなんですけれども、あとグーグルのエクストラボが私の学生をスカウトに来ています。というように、センサは割と早く来ると思いますし、先ほど来議論しているIoTにも結びつくような究極のセンサをどんどん社会実装していくと。ですので、その辺から入っていくと、基礎の技術というところの量子コンピューティングは発展すると思います。そういうような見せ方にできると研究として将来までつながっていくと。例えば5年後か10年後までに量子センシングの技術は社会実装すると。その先にそのベースを使った量子コンピューティングなり量子シミュレータなりを、もっと量子通信の方が早いと思いますが。その次に量子コンピューティング、その3段階があると思っていて、そういうロードマップみたいなのを描く必要があるといつも思っています。

文部科学省（上田） ありがとうございます。

おっしゃるとおり、量子センシング、情報処理でいうと量子シミュレータが早いんじゃないかと思います。

波多野構成員 室温で動くというのを私は必ずつけているんですけども。

文部科学省（上田） こういった動向もございますので、私どもの文部科学省の科学技術・学術審議会に量子科学技術委員会というのがございますので、それをことし始動させて、一連の動向を踏まえた上で推進方策といったものを考えるべきと今、私ども考えていまして、1年ほどかけて推進方策をまとめるべきかなというふうに今、検討してございます。その中には量

子センシングも当然入ってくると考えています。

塚本座長 ほかに、馬場さん。

馬場（寿）構成員 量子情報処理は我々としても非常に興味を持っている領域で、ぜひこれを進めていただきたいと思いますが、量子というのはいろいろなものがあります。光、スピンのように、他にもまだあります。電子自体も波動性を持っており、ポラリトンのような準粒子的なもの、フォノンもあります。そういったいろいろな量子を含めるような形でお願いします。もう一つ、できれば量子状態を壊す原因が何かということや、核スピンやフォノンあるいは熱が量子状態を壊す原因になるので、逆に壊さないためにはどうすれば良いかなど、基本的な技術についてもやっていただきたいので、よろしくをお願いします。

塚本座長ほかに何か御意見ございますか。

馬場（嘉）構成員 私自身はこの分野の専門ではありませんけれども、後ほどJSTの方が御説明になられるバイオ関係のナノテクノロジーの応用という意味で、先ほど波多野先生も言われたセンシングとかイメージングというのはやっぱり非常に重要だというふうに考えています。特に、御承知のように、今、例えばがんを見つける画像診断というのは多分ほぼ限界なんです。どこまで改良しても、もう限界があって、そこにブレークスルーをもたらすのは、私はこの技術しかないのではないかと考えていますので、大変期待していますし、ぜひ進めていただければと思います。

文部科学省（上田） ありがとうございます。

確かに光コヒーレンストモグラフィですとか量子もつれ光を用いたものですか、あるいはレーザーも先端レーザーにして複数の格子でレーザー顕微鏡とかいうのは、本当に生体応用の可能性が高いと思っていますので、先ほどの委員会で審議するときも、センサ・イメージングの中に生体といったものをちゃんと入れていきたいと考えます。

塚本座長 ありがとうございます。

まだ御意見あると思いますが、時間がどんどん進んでいまして、もう一件の御説明をいただきたいと思います。JSTの永野さんから、よろしくをお願いします。

JST（永野） 研究開発戦略センター、永野でございます。前回に引き続きで恐縮ですが、きょうはバイオ関係の展開についての御説明を、資料1-2を使いましてさせていただきます。

まず、おめくりいただきまして最初のページですけれども、バイオテクノロジーのナノテク・材料の展開ということで、これはナノバイオといたり、バイオナノといたりしますが、この辺の言葉は余りやってもしょうがないので申し上げますと、その融合領域に新しい世界、

あるいは将来産業への展開ということで非常に期待がされている世界的な動向であろうと。

大きなターゲットはやっぱり健康・医療・ライフサイエンスの深化・革新であります。例えば1つのコンセプトとして、将来的には診断・治療が一体化したセラノスティクスという言葉が今、出てきていますけれども、そういったものへ向かっていくのではないかというようなことでもあります。

その次のページ番号3ページが、これがナノバイオの全体像の俯瞰。全体像でございますが、真ん中の四角で囲ってあるところ、大きく4つの柱というふうに考えていまして、左上ピンクのところ、これは治療に関するテクノロジー、それはDDSに代表されるわけです。それから右上、これは生体材料とか再生医療材料にかかわる材料面で、大きな目標は3次元の多細胞体の構築であろうと。それから下2つは、計測・診断関係のデバイスですけれども、これも左下のバイオイメージングと、それからバイオナノデバイスというふうに分かれるんであるというふうに考えていまして、この意味は、イメージングというのは分子イメージングでありますとか、またもう少しサイズの大きなマクロスケールのCTですとかMRIですとか、そういったイメージング系と、それからケミカルな、あるいは分子の動きであるとか、流体の動きであるとか、そういったものをセンスするデバイスとなります。したがって、研究開発の基礎となるテクノロジーが違おうだろうということで、ここは2つに分けております。この大きな4つについて、私どもとしては常日ごろ俯瞰的な動向調査をしております。

次、おめくりいただきまして4ページですが、これは前回のナノテクノロジー・材料分野全体の中での1つの例として御紹介させていただいた資料ですので、説明は割愛させていただきますが、大きな課題としては、この先ほど守屋さんからも御説明がありましたけれども、生体物質と、それから人工物との界面形成デバイス、ここがターゲットとしては非常に重要であろうというような絵であります。

ここで5ページの現在までの主要関連施策を見ますと、ここにはAMED、IMPACT、それから終わりましたけれどもFIRST、そしてJSTのこれらに関連するようなものを私どもの視点である程度ピックアップさせていただいたものが今の施策のリストであります。

例えばAMEDができ上がりまして、NEDOさんでスタートしたプロジェクトも幾つか移管されてここに書いてございますけれども、そういうことで動き出したわけですが、なかなか大学や国研等々で行う研究者からすると、医療にかなり距離の近いところを意識せざるを得なくなったような状況もありますので、こういったナノテクノロジーデバイス関係とのギャップ感、先ほどこれは馬場嘉信先生からも御指摘がありましたけれども、この辺は議論の余地があ

るのであろうというふうに考えております。

おめくりいただきまして、今までどんなことが出てきたのかというのが御参考の6ページにあります。これはFIRSTのナノバイオFIRSTで行われた研究開発のうちの診断デバイス関係のものを挙げさせていただいておりますが、非常に例としてはとがっているものであり、国際的にも非常に競争状況になっているのは、例えば左上のエキソソームの解析・検出デバイスですとか、真ん中上の、これは高分子ゲル関係の材料を使ってエレクトロニクスをつなげてセンス、バルブを駆動するようなデバイス、それから下の方ではマイクロRNAの高感度検出でありますとか、アレイ電極法ですとか、こういったデバイス技術をもって生体物質との現実的なやりとり、相互作用を解析していく、こういうところが出てきたわけです。

7ページ、一方、私どもCRDSでライフサイエンスのグループが、ライフサイエンス・臨床医学の全体像というのを俯瞰しているんですけども、ここでは大きく7区分77の研究領域をウオッチしているんですが、CRDSのライフサイエンスのメンバーと議論いたしまして、次の8ページがナノテク・材料の、きょう最初に申し上げました俯瞰の中で出てきている柱になるようなものとの関係性、どういったところで貢献するのか、またどこで技術的にボトルネックが求められているのか、そんなところをつなげようとしているのが8ページでございます。これはあくまで紹介でございます。

見えてきた課題が9ページです。計測・診断デバイス、バイオイメージング、それからDDS 薬物送達 それから再生医療向けの材料、それから生体適合関係の材料ということで、どういう視点で今後考えるべきであろうかというのをここに挙げさせていただきました。今回の説明ではこのページがメインになっております。

例えば幾つかあるんですけども、非常にとがったところを申し上げますと、計測・診断デバイスの計測対象がずっと分子レベルでやってきたものがだんだん細胞組織レベルになってきて、この先々ではサイエンスの研究でホットなところは脳・神経機能の計測技術とか、こういうところは国際的に研究者が今、チャレンジしているような領域であります。

また、その下の臓器チップ Organ on A chip こういったところも人工的にある臓器の機能を再構成することによって、これは創薬とかそういうところに非常に有効なデバイスであるということが言われていますし、真ん中の薬物送達なんかでも、これまで日本がかなりこの研究開発をリードしてきて非常にすばらしい成果が出ているんですけども、ある特定の疾患に特化したような研究がメインでありまして、実際はナノDDSも体内で血中滞留するとその奥はあっという間に壊れてしまうんです。なので、その辺が一体何が起きてい

るのか、体内動態の多くは未解明であります。更に、経皮DDSとか免疫系制御のDDSとか、そういった今後の課題というのもたくさんございます。

それから、下の方の再生医療、生体材料、これをまとめて申し上げますけれども、やはり再生医療の研究が日本としてiPSを中心に非常に力を入れて行っているわけですが、非常に難しいのは万能細胞の分化制御をどうするのか。これはやはりどういった培養器材の上で分化を行うのかと。実はここは材料技術が求められているところでして、こういったところはニーズが非常に高いにもかかわらず、なかなか研究投資が今のところされにくいという状況にあります。人工臓器に関しても組織工学に基づくものと、それからかなりエンジニアリング、機械技術に基づくものと両方ありますけれども、この辺も材料デバイス技術としては非常に日本は強みがあるわけですが、やはりライフ系の実際どういうものが欲しいのかというところとの、やや研究者層の距離感といいますか、そういったところを融合ルーツとして取り組む方策というのが大事だろうというような認識であります。ここまでは1つの話題です。

以降はちょっと毛色が違って、きょう最初の話にありましたアクチュエーションとかロボティクスに関係するような話、これは御参考までに御紹介いたしますけれども、例えばスマートなロボットというのを考えたときに、大きな課題の1つとして、アクチュエーションの問題があるでしょう。特に人間社会との接点、それはすなわちナノテク・材料と人間とのヒューマンインターフェースをどうするかという話に集約されていくわけです。そうすると、よりソフトな材料でアクチュエーションを行う、こういうところが課題でしょう。その辺を整理したのが11ページの内容であります。これは文字ばかりですので、後でお読みいただければと思いますが、ここでのメッセージは動力系の技術やセンシング技術の進歩というのが思ったより難しくて遅いんです。なので、こういった場で議論、方向性をリードしてやっていくことが大事なのではないかというようなことをまとめております。

12ページ、これは目で見てわかっていただけるようなイメージの例としてお持ちしておりますけれども、かなり大きいものから非常に微小なものまでいろいろあるんですけども、例えばソフトアクチュエーションなんていったときには、やっぱり高分子材料、あるいはゲル材料の可能性というところが最近注目されているわけであります。

以上の課題を13ページに並べさせていただきました。用途別にどんなところで使うのか。そのときに何が必要なのかというのを、括弧書きで、(セ)というのはセンサ、(動)というのは動力、(制)というのは制御の意味合いでございます。

最後に、そのあたりの学理というか、基礎に通ずるところでいいますと、14ページ以降の

いわゆるバイオインスパイアードの問題です。バイオインスパイアードというのは昔から研究としてはあったわけですが、実はやろうとすると生体が非常に省エネルギーで実現している機構をどうやって人工的に現実に使えるものとしてつくり上げるのかというのは、これはそう簡単には解決されないわけですが、ここへ来て可能性としては、数学とか、物性物理とかのいろいろな進展をこういったところに取り込むことによって、一体本当に生物が実現していることは何なのかということが随分わかるようになってきた。そして、システムとかモデリング、計算機的能力向上によってそんなところができるようになってきた。そうすると、いよいよ改めてこれを現実のハードウェアとして設計していく、そういう機運が世界的にはかなり高まってきているというような認識をCRDSでは持っております。なので、最後に御紹介として挙げさせていただきました。

以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。

大変また多岐にわたる話なんです、御意見、御質問ありましたら、どうぞ。

馬場（嘉）構成員 ナノテクノロジーとバイオ関連の融合のところを非常に簡潔かつ非常に広範囲な部分をおまとめいただきましてありがとうございます。バイオナノテクノロジーはきょうもおまとめいただいたように、DDS治療とか、それからイメージング、それから再生医療、診断といった大きくいうとその4つの領域で現状研究が進んでおりまして、ここの議論でいきますと、もうちょっと健康とかそういうところに関連したところが余りまだ研究開発されていない領域としてあるのではないかというのは、先ほどの永野様の御説明を聞きながら感じました。

それから、あと先ほども御指摘したとおり、2つの点、実際に社会実装するためにはグレーゾーンを明確化するというのと、承認のためのガイドラインをきっちりつくっていくということが非常に重要で、厚労省と経産省の方で協力いただいて、新しい技術のガイドライン策定は順次進んではいるんですけども、例えばきょうも出てきましたナノの治療のところでは、やっと基本的なガイドライン案が今年度中か来年度ぐらいにでき上がって、それが実際のガイドラインになると。それから、バイオチップも同様なタイムスケールになっていますが、実際のナノテクノロジーの研究領域の広さから見ると、ごくごく一部だけしかまだ手がつけられていませんので、そこをぜひシステムチックに進めるというのが、きょうおまとめいただいたような技術が世の中に出ていくためには一つ大きな重要なポイントではないかというふうに考えています。

それから、もう一点だけ指摘させていただくと、実際にナノ材料を研究されている、開発されている企業あるいは大学、研究所の方と医療の現場はある意味ギャップがあるんです。よって立つサイエンスが随分違って、この委員会にいらっしゃる方は皆さん物理とかケミストリーに立脚されていると思いますが、やっぱり生物は、もちろん生物も物理と化学に立脚しているとはいえ、特にヒトになると、かなりまだ未解明の部分が多いですから、学問的にもいろんな意味でもギャップがあるので、そのギャップを埋めるような何か仕組みが特に久間先生へのお願いとしては内閣府として御検討いただく必要があるのかなと。

非常に至近な例ですと、アメリカにはNIHの中にアメリカでつくっているナノ材料をとにかく非認証で動物実験までやりますという仕組みが一応あるんです。そこで結果が出てきたらFDAが、それでは、ヒトに適用する研究を始めましょうというのを認めてくれるという仕組みがあるんですが、多分アメリカ以外にはないんです。我が国にも一部、厚労省の研究所の中にそういう仕組みを持っているところもあるんですが、国全体として例えばいろんな企業の方が開発された材料を実際に本当にヒトに使えるかという、その前段階を多分装置も含めて、そういう企業なんかを持つことはきっと経営判断的に無理だと思うんです。それを国がサポートするような仕組みがあると、先ほどのガイドラインも含めて、こういう技術がもっと世の中に出ていくんじゃないかというふうに思いますし、もっと多くの企業の方がこういう部分に参入できるようになると、例えば超スマート社会の実現に向けて必要な技術がそこから出てくるというような形になるかと思えます。

先ほどの量子イメージングとか量子センシングも、そういう意味ではこういう分野は非常に重要な応用分野だと思いますので、そういうところをこれから検討していくことが重要ではないかと考えています。

以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。大変重要な御指摘をいただきました。

私が逆質問なんですが、今おっしゃったように認証だとか、あるいはガイドラインとか、やるべき対象はリストアップされるぐらいのところまではいっているんでしょうか。

馬場構成員 まだリストアップされているのは一部でございます。具体的には厚労省が医療機器、それから再生医療等で20件程度のプロジェクトを多分、今年度から来年度まで進めていまして、既にその前の段階でナノテクノロジー・材料に限りませんが、全ての分野で新しい医療機器の開発ということで、ガイドラインが今、多分今年度末までに23件ぐらいできると思うんですが、結局非常に狭い領域の一つ一つの技術についてある程度ガイドラインを

つくらないといけませんので、きょう議論しているこの中で、これから実用化されるだろう技術についてはある程度個々にガイドラインをつくらないといけませんから、そういう意味では完全なリストアップがされている状況ではないと思います。まだごく一部の先端的に研究開発されている部分が、今、ガイドライン化されているというふうに考えています。

例えば私と東大の北森先生のグループと、今、ガイドラインをつくっていますのは、バイオチップで血液から疾患かどうかを診断するというものですが、私もちゃんとは調べていませんが、北森先生が言うには多分世界で初めてのガイドライン、その分野については。それから、東大の片岡先生がやられているナノDDSも同じ仕組みの中で、今、ガイドラインをつくられていますので、それも世界的に見てもかなりまれな例だと思いますが、そういう意味では、まだ完全にリストアップしていると言える状況ではないというふうに思います。

塚本座長 ありがとうございます。

今の課題というのは、いわゆるナノの領域で特にバイオというのは当然ヒトとの接触がふえますから、当然ながら非常に重要な課題ですし、一方で何度も出てきていますようなナノテクのいわゆるリスクの問題、CNTを含めて。その辺ももう少し、恐らくこれは厚労省、文科省、いろんな省庁が連携して動かないと話が進みませんので、それこそ内閣府が何らかの形で方向性を示して、資源の問題で全て一遍にできないのは当然ですから、何らかの形で優先順位なり、下手すると声の大きいもの順だけになってしまうということになりかねませんので、ぜひ体系的にそれをどう取り組むかというのは1つの大きな検討課題だと思いますので、次期検討課題として進めていただければと思います。

ほかに。

久間議員 光・量子とともに、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーをベースにしたセンサ、アクチュエータ、イメージング、これらは非常に重要で、統括的・総合的にプロジェクトを組むべき課題だと思います。今回の第5期基本計画の基盤技術では、AIとかサイバーセキュリティといったサイバー空間の技術に目が行き、リアル空間の技術を忘れがちです。しかしこのリアル空間の技術こそ、日本の強みですよね。だから、リアル空間の技術をより強くするために、これらをまとめて大きなプロジェクトにすればよいと思います。そういった意味でシステム基盤検討会と、このナノテクノロジー・材料基盤技術分科会と一緒に議論して、CPSで必要な技術を議論する場を作るのもよいですね。

塚本座長 コメントありがとうございます。

ほかに御質問、御意見ございますか。よろしいでしょうか。

今、2つ新たな領域というか、少し長期的に見た課題でもあるんですが、これこそ逆にいわゆるきちっとシナリオを書いて優先順位を考えながら体系的に進めないと、ややもすると重箱の隅だけつついているというようなことになりかねませんので、内閣府の腕の見せどころかなという気がします。ぜひよろしくをお願いします。

もとの資料に戻りまして、改めて今のことも含めて更に御意見あるいは御質問があれば、お受けしたいと思います。

よろしいでしょうか。大体意見は出ているように思います。大きく見れば、冒頭久間先生から御指摘いただいた文言とか少し見せ方が誤解のないように、少し資料をブラッシュアップするということが1つ。

それから、全体として材料・ナノテクノロジーというのは非常に重要、これはもう言うまでもないんですが、やっぱりシステム構築をしていく中で、どうそれを連携していくかということとは非常に重要ですから、これは1つの絵として9ページか10ページにも描いていますが、システム技術検討会なんかと連動しながら、ナノテク・材料はどのようなものを求められているか。逆に言うと、ナノテク・材料でこんなことまでできますよということ、システムの方から見ると、あ、それならもっとこういうことができるねということもあろうかと思しますので、そういう連携の会議体を継続的に進めるべきだというのが2つ目。

それから、3つ目は今出ましたナノバイオだとか、あるいは量子とか、少し中長期に見たものをどう取り込んでいくかと。これは少し違う意味で作戦が要るんだろうと思います。恐らく先ほどのピラミッドの絵の正四面体のトップでサイバー・フィジカルシステムを支えたもの、センサあるいはアクチュエータと、それを支えるためのナノテクノロジーという絵があるんですが、それとは一歩別に学理の問題とか、あるいは中長期に見てちょっととがった技術をどうするかと。これは日本の強みをどう生かすか、それについては実は特にナノバイオの世界では馬場先生におっしゃっていただいていますような、いわゆる認証だとか安全性だとか、そういうあたりをうまく散りばめていかないと肝心の技術、技術はうまく進んだんだけど社会実装できないというようなことになりかねませんので、その辺のハンドリングも1つの課題かということかと思えます。

全体のまとめはそんなところにさせていただきまして、次の話題に進みたいと思います。

10ページ、総合戦略2016で取り組むべきナノテク・材料の議論に移りたいと思います。個別にこれは2016年に向けて改めて事務局から説明する資料はありますか。

事務局　ございますけれども、もう一度だけ、先ほどのスライドの9の右側の黄色い部分、

ちょっと整理が悪くて申しわけございません、インフラとエネルギーが一緒になっていたり。私どもの方で先生方の御意見をまとめたものなんですけれども、冒頭御説明した資料1の別紙、A3縦の一番下の方に掲げております「経済・社会の多様なニーズおよび課題に対応するナノテクノロジー・材料」ということで、先ほどのセンサ、アクチュエータとサイバー・フィジカルシステムを構成するデバイス関連という大きなくくりから外れるナノテク・材料関連の技術の中で、特にとがった技術といたしますか、政策的にもしっかり後押しすべきというような領域がここに掲げておりますが、スライド9に掲げておりますようなもの以外にありましたら、あるいはこの中でも特にここが重要というものがございましたら、少し御指摘、5分、10分程度、議論いただければと思いますが。

塚本座長 何かございますか。まずは、私の方から。

構成員の先生方からいろいろ意見をいただいた中に、北岡先生から出た資料で、実は9ページにもその辺は反映しておるんですが、右のピンク色に彩っているところの社会実装というところに書いていますが、エネルギー技術をベースに長期的な視野での破壊的技術開発が要るんだと。これは実はエネルギーバリューチェーンって11のシステムが今全体、国として超スマート社会ということで描かれているんですが、実はセンサ、アクチュエータという言い方で表現できないのがエネルギーバリューチェーンなんです。少し違う視点が要るんだろうと。恐らく多くの、今、事務局から配られますが、改めてそれを見ていただけるといいんですが、いろんな超スマート社会の中の11のシステムで、多くは今議論しているようなセンサ、アクチュエータ、それをどうやってうまく使いこなすかということに入ると思います。お手元で改めて見ていただきますと、高度道路交通システムだとか包括ケアシステムとか自然災害だとか地球環境のシステム、スマート生産システム、新たなものづくり、こういうのはいずれも新たな極めてリアルタイムでセンシングしながら、いろんなアクチュエータを使ってよりいいものをつくっていかうと、そういうイメージができるんですが、唯一これで見ると、エネルギーバリューチェーンだけがセンサ、アクチュエータの世界でもないなと。改めてエネルギーバリューチェーンというのは、いわゆる石油エネルギーから代替する新しいエネルギーをどうつくっていくか、それを場合によってはエネルギーの発生そのものも太陽電池以外に風力だとか波力だとかいろんなものがあります。あるいはエナジーハーベスティングみたいなウェアラブルの世界みたいなエネルギーもあります。そういうのを少し包括的に体系的にある絵を描いておかないと、センサ、アクチュエータだけ一生懸命やっても、そこはすっぱり抜けたと、最大の日本の課題でもありますから少し議論が要るのかなということで、9ページの右側にあえて抜き

出していただいたというところです。

そういう観点も含めて、改めて今、守屋さんから御要望のありました、先ほどのとがった技術、量子関係の話だとか、あるいは先端のナノバイオの話だとか、それ以外にもっとこういう視点が抜けているんじゃないかとか、こういう先端技術がすっぱり落ちているよとか、そういう御意見がありましたら。

文部科学省(上田) よろしければ、更なるそれを支える基盤ということで、永野さんの説明にも計測技術とか、計測ってありますけれども、世界の計測、大レベルもあれば大型施設というのがあって、放射光とか中性子とか、あるいは日本で言うとSACLAですとか。例えば近年で言いますと、光合成を実際に生物が行っているという構造が長らく未知だったんですけども、Spring-8とSACLAを使って、非常に大きいタンパク質が水を取り込んで電子とプロトンと酸素に分解するんですけども、その触媒の中心となる構造が完全決定されて、これが1.95オングストロームとかそういうレベルで分解能で完全決定されると、そこまでいくとかなり量子レベルになるんですけども。これに対して、じゃ、水が取り込まれる様子を見るのを次は中性子じゃないとなかなか水は見えないので、J-PARCに行かれて水が取り込まれる様子を見たいとか、こういった実際の生体のナノなレベルの解明が大型施設を使って世界各国で行われていて、日本の研究者がそれを発表した直後にバイオインスパイアリングという話もありましたけれども、すぐに触媒中心を化学的に模倣した、ミミッキングした人工光合成になるかもしれないといった論文を発表したりします。そういった動向をふだん量研室にいてよく見聞きしますので、量子はもちろんナノ、バイオもナノを支えるような基盤の更に基盤なんですけれども、そういった計測技術の中に最先端の大型施設というのがあるという観点は御提供させてもらえたらなと思いました。

塚本座長 コメントありがとうございます。

非常に重要な、計測の中でも特に先端の計測というのは、どんどん装置も高価になるんですが、やっぱりその辺は見ると見えないとでは大違いですから、今おっしゃったようなinsituで変化が見られるとか、水というのは確かにおっしゃるとおりX線なんかで見られるわけがないですから、非常に重要な課題だと思います。

ほかに何か御意見ございますか。よろしいでしょうか。

私から1つ、以前につくったナノテク俯瞰図なんかには出てきていたんですが、いわゆる自己組織化とかボトムアップ型でいろんな微細なものをつくらうと。1つはPCPだとかMOFだとかああいうのがありますが、触媒なんかももちろんそのうちの1つだと思んですが、そ

ういう極めてミクロな構造を自己組織化するとか、あるいはテンプレートとしていろんな活用ができるというような概念があると思うんですが、それが今回全く抜けてしまうんじゃないかという懸念をしています。実はPCP、MOFなんていうのは、それぞれ北川先生なんかが一生涯懸命おやりいただいているんですが、まだまだ時間がかかると思います。恐らく個別の産業が手を出してやれるような、まだ段階ではありませんので、国のレベルで気長くアプローチを続けるようなことをしないと、せっかくのどっちかというMOF、PCPというのは日本の方が進んでいたんですが、残念ながらFP7とかHorizon 2020なんかで巻返しを食ってしまっていて、少しディスアドバンテージになりつつあるのではないかと。せっかくの先端技術ですから、その辺も少なくとも項目としてスポットを当てておく必要があるのではないかという気がします。

ほかに。永野さん。

JST（永野） 今、塚本座長から御指摘のありましたPCPとかそういった、多分これは省エネルギーに非常に効いてくるプロセスで活用されることが多いと思うんですけども、おっしゃったように時間がかかるわけです。エネルギーバリューチェーンという観点でエネルギーをそもそもつくるか発電、変換、貯蔵、利活用、その中でいかに省エネルギーで、つまりエネルギーをマスとして効いてくるようなテクノロジー、この辺の議論は恐らく環境エネルギーのワーキングの方でも当然されていると思うんですが、テクノロジーのところに落としてみると、多くの部分はナノテクノロジー、あるいは材料技術になってきますと。そこが非常にハードルが高いものをどうやって国としてリードしていくのかという観点は、もうそれは欠かせないだろうと思っておりまして、一部、JSTのCREST・さきがけ等々でもやっている部分があるんですが、やはり現実のプロセスに導入できるかどうかというところは非常に厳しい見方がまだございますので、ここは世界との競争なんですけど、大きな方向性をこういった場でお示しいただくのは一つ大事じゃないかなというふうに思ってコメントさせていただきました。

塚本座長 ありがとうございます。

ほかに御意見ございますか。よろしいでしょうか。

大体、今いろいろ御指摘いただいたことも含めて、ほぼ出尽くしているとは思いますが。よほどのことがない限り忘れ物はないだろうと。あとはそれをどううまくまとめて体系的に取り組むかと。特に何度も申し上げますが、馬場（嘉信）先生から再三御指摘いただいていますように、技術、テクノロジーの進展といってもやはり社会受容とか、あるいは安全、あるいは認証、ガイドライン、この辺がややもすると抜けますので、これはいわゆる単なる技術研究開発とい

う領域を越えてハンドリングできるのは内閣府あるいは省庁の横断的な取組に期待するところが非常に大きいと思いますので、ぜひその辺は常に眼中に入れて進めていただければと思います。

久間議員 環境エネルギーに関する戦略ワーキングですが、ここでは去年のCOP21で約束された内容をどう実現していくかを検討しています。2050年に向けて、温室効果ガス排出量を50%以下にするのが目標ですが、実現のための開発課題を特定する必要があります。エネルギーシステムを発電と、流通と、消費と分けたときに、例えば消費では自動車や航空機の車体を軽量化する構造材料が非常に重要です。一方、データセンターなどではLSIの消費電力をいかに下げていくかが課題です。それから、産業機械ですと自動車もそうだけれどもパワーエレクトロニクスが重要です。そこで本当はこれらについて、排出削減量の数値的な見積もりを、時系列でやりたいのです。しかし未踏の技術が多いため、数値を押さえられない。例えば、パワエレだったらSiCが10年後、30年後にパワエレのマーケット全体の何%を占めるかとか、ダイヤモンドトランジスタがいつ普及するかとか、こういったことは定量的には予測できないのです。構造材料もそうです。しかし、この分科会で、100%当たらなくても70%ぐらいの精度で時系列でこれらの技術の普及を予測しないと、温室効果ガス排出量削減の定量的な見積もりを含めた計画はつくれないです。今すぐにはできませんが、そういったことも含めて、例えばエネルギー戦略協議会や環境ワーキンググループとこの分科会と一緒に議論する場を設けてもいいと思います。

塚本座長 御指摘ありがとうございます。

非常に重要な視点です。個々の技術の進展に従って実際どういう効果があらわれるか。それは当たらずと言えど遠からずという数字になるかもしれませんが、少なくともあるロードマップとしてのガイドラインみたいなものとして、ある設定をしておかないと、一体これがやれると何ぼのものだということが全然説明がつかないと、下手すると学者の趣味じゃないかと言われるかねませんので、それは非常に重要な視点だと思います。

金子構成員 今のエネルギーという話、非常に重要だと思っています。例えば今、車というお話が出たんですけども、車をつくる時も運転するときもやはりエネルギー消費を考慮する必要があります。すなわち、エネルギーは重要な指標だと思います。例えば安全を優先するために様々なセンサーやシステムを取り付ける訳ですが、消費電力も考えなければなりません。ハイブリッドシステムで燃費効率を上げて、安全システムの消費電力が多くなるなど背反事項を両立させることが必要になります。このような観点から、ナノテクノロジー材料の出口の

一つとして消費電力を抑えて高精度にセンシングすることや熱マネジメントに機能するインターフェースなど、様々な応用が期待されます。

塚本座長 コメントありがとうございます。

非常に重要な視点ですね。どんなデバイス、どんなシステムもいいこともあればマイナス面が必ずありますから、これは安全も含めてエネルギーの問題だとか、そういうあたりをどうバランスさせるか、うまく考えないと非常にいいシステムができたんだけど、実はえらく電力を消費しているよねということでは話になりませんから、本末転倒になりますから、その辺は逆に、いかに低消費で微弱電力で動くかということは大事な課題なんだろうと思います。1つの視点で重要かと思います。

随分時間が超過しておりまして、大体意見が出尽くしたと強引に判断させていただきまして、次に進めさせていただきます。

2点目のきょうの議題です。総合戦略2016で取り組むべき内容(案)について、事務局から説明をお願いします。

事務局 お手元の資料の2を御覧いただけますでしょうか。こちらの半分は振り返りと、半分はまさにきょう議論いただいた内容でございますので、一応確認のような議題でございます。

資料2を1枚めくっていただきましたところがきょうの図でございます。いろいろ御指摘・御意見いただきましたので、この絵につきましてはまた私どもの方で再構成させていただいて、座長と一緒に本日いただいた御意見を整理の上、反映させていただきたいというふうに思っております。

続くスライドの3が、これはこの分科会前半2回で御議論いただきましたマテリアルズインテグレーションシステムに関する要約でございます。ポンチ絵の方は、以前お出ししたものとほとんど変わってございません。文科省の施策、やや物質よりではございますけれども、経産省の施策、SIP-構造材料と、この3つの施策が連動いたしまして新たな材料開発を効率的にやるということでございます。これにつきましては、この分科会の方でいただいた御意見からスライドの4にあるような内容を総合戦略の2016に盛り込ませていただきたいというふうに考えています。

まず、基本認識としては、SIPを含めマテリアルズインテグレーション3施策を束ねていくという大きな方向感です。それともう一つは、マテリアルズインテグレーション施策と各省のAI関連、あるいはCPS関連の施策をしっかりと連携させていくという方向で進めたいと思います。

具体的な取組としては、信頼性が高いデータベースの構築。理論・実験／計算データ・経験式等の統合的な活用。2番目としてデータ解析・マイニング。ここには自然言語からのデータ取込み技術、あるいは各省のAI、CPS施策。それから3番目といたしまして、ハイスループット材料評価、試作評価技術でございます。4番目、社会実装に向けた取組として、オープン・クロズドの戦略ですとか知財、あるいは人材育成、ELSI/ESIといった取組というものが必要だという内容でございます。

以上のような趣旨で、総合戦略の方に反映させていただきたいと思いますので、改めてでございますが、この4回の分科会での御議論を通しまして、追加のコメントがありましたらいただきたいと思います。

塚本座長 説明ありがとうございます。

今の御説明に対して、何か御質問、御意見ございますか。もちろん2ページ目については、先ほど来随分御意見いただきましたので、それを反映させるという前提で御理解いただければと思います。改めて統合型材料開発システムに関しても何か御意見があれば。

尾崎構成員 先ほど久間先生が、ナノ材料のロードマップをつくる、この分科会でつくっていくというような御提案があったと思うんですが、内閣府の方で統括されています日本学術会議の第3委員会で、一応第5期の基本技術計画に向けた各分野でのロードマップを作成して、ホームページには出ているかと思うんですが、同じ内閣府のロードマップになりますので、ある程度リンクしていただくとわかりやすいかなと思います。

塚本座長 御指摘ありがとうございます。

私は見ていませんが、事務局の方で心当たりはありますか。

事務局 ございます。

塚本座長 学術会議というのは内閣府のお金で動いていますから使わない手はないわけで、使わない手はない以上にやっぱりリンクしてないと、あっちはあっち、こっちはこっちとあって、まるで鉄砲玉みたいな話になりますので、ぜひその辺の関連づけも御尽力いただければと思います。

ほかに御意見ございますか。

香川構成員 統合型材料のシステムなんですが、多分プロジェクトの期間というのはシステムをつくり上げて、使える前段階に行くところが一番メインになると思うんです。それで、それを将来具体的にどういう形で使うようなことを継続的にしていくかということも少し考えておかないと、プロジェクトでシステムをつかって、それでプロジェクトが終わりシステムが

ばらばらになるということは、これは全く意味がなくなってしまうので、その辺も将来に向けてどういうふうにかこれを使うかというステージをどう取り組むかということもお考えいただきたいと思います。

塚本座長 ありがとうございます。おっしゃるとおりです。

今の御意見も含めて、特に統合型材料開発システムは内閣府のS I P、香川先生のところの先行したものと、あと文科省、経産省それぞれ新しい走り方、それはいずれも連携しながらやるということになっているんですが、それぞれ経産省、文科省の方から何か御意見ありますか。

文部科学省（西條） 文科省でございますけれども、これまで議論させていただいたとおり、三者うまく組合せしながらやっていきたいと思いますというところは、将来にわたってというところで申し上げますと、今、マテリアルズインテグレーションということでS I Pの方が先を走っているということもありまして、かつS I Pというプログラム上、その5年間という期限も

その後どうなるかというところがありますけれども 我々がやっているマテリアルズインフォマティクスというか、M I 2 IというN I M S、いわゆる国立研究開発法人で基盤として整備するということとのリンケージを結構うまくとって、拠点化という意味では、そことうまく最終的には組んでいけるような取組は我々としてはしたいと思っています。ですから、そういったことを今から、実際にはS I Pの方が先に走っているところと、我々も今、取組み出しているところをうまく連携させながら進めていくというのは非常に重要だと思っています。今、橋本理事長のもと、我々も、がっちり入って議論させていただいておりますので、その辺はしっかりと、当然使えないものとか、あっちにこっちにというのは当然やってはいけないことだと思っていますので、ぜひそこは前に進めていきたいと思っておりますのでよろしく願いします。

塚本座長 ありがとうございます。

経産省の方から何かコメントございますか。

経済産業省（倉敷） 経産省の方は平成28年度からこの超超プロジェクトが立ち上がりまので、そのための素地、拠点の準備は着々と進んできているというようなところでございます。一つ産総研を基軸にデータベースのあり方など先行されていらっしゃる文科省、S I Pとも連携しながら進めていく方針だと伺っております。

塚本座長 ありがとうございます。

これも私の個人的意見で恐縮ですが、経産省の超超プロジェクトというのは、ものづくり、

試作も含めて超高速に、これは非常にいい概念だと思うんですが、まずは取り組もうとしているのが高分子領域から動きますから、あとは既にいろんな、いわゆるハイスループット実験技術というような意味で、半導体の世界だとか、あるいは高分子の世界だとか、いろいろスループットをもっと上げるべき、計算科学が幾ら進んでも結局は実験して確かにそのとおりだということを証明しなければいけませんので、その辺は特にいろんな材料が多岐にわたる高分子だとか、あるいは半導体だとか、半導体のドーパントの問題なんかも含めて、それをうまく高速で実験する技術というのは手にした者の勝ちです。その辺はぜひ少し視野を広げてやっていただければという気がします。

ほかに御意見ございますか。

守屋さん、今の御説明いただいた4ページで誤字があります。一番最後の行、E L S IとE H Sです、E S Iじゃなくて。

事務局 失礼しました。

塚本座長 ほかに何か御指摘、御意見ございますか。

よろしいですか。北岡先生、唯一きょう御発言ありませんが。最後になって恐縮ですが。

北岡構成員 私の方で先ほど塚本さんから取り上げてもらったんですけども、あえてなぜエネルギーかという話をした、背景を言わせていただくと、余り表に出せないんですけども、やっぱりDARPAとかARPA EとかをいろいろNEDOで調査していると、軍事技術に関するテーマが多く、なかなか日本ではそれができないんですけども、それでSIPでも例えば航空機材料とか飛行機を飛ばそうという大きな概念であったり、経産省の未来開拓研究なんかではとにかく軽量の自動車をつくろう、燃費を向上しようということで、実施されています。やっぱり日本にとってはエネルギーというのがプロジェクトを立てるのには大きな概念となり、この国の10年後、20年後を考えるのに非常に考えやすい議題だと思うんです。ところが、METIの中では結構エネルギーに関して議論しているんですけども、政府全体でこの国のエネルギーをどう削減して、どう生み出して蓄積するかって余りビジョンがなくて、そういうのがあると、ナノテク技術が社会のどこに貢献でき、どれくらい効果があるかと非常にわかりやすいと思うんです。そういう意味では、今回だけじゃなくてももう少し来年度、そういう議論を深めていくと、やっぱり我々が開発するようなナノテク・材料分野ももっと生きてくるのかなと。それが今、やはり医療分野って非常にわかりやすくて、やっぱり我々は長生きしたいから、長生きするためにどう貢献するかというので、非常にそこは明確にわかりやすくなってきたと思うので、もう一つの軸としてやはりエネルギーというのをもう一回クローズアッ

プしてもいいのかなというところで、あえてああいう発言を事前アンケートに書かせていただいたということですので、ぜひお願いしたいなと思っている次第です。

塚本座長 ありがとうございます。

今の点は今後の課題の1つです。先ほど久間議員からも指摘がありましたように、実現したときにどういうことが実際起こるのか。それから一方で、金子さんがおっしゃったように、それはいいけれども一方でマイナス面もあるというようなことも含めてしっかり捉えておかないと、社会実装したときにとんでもないことをやったなというふうなことになりかねませんので、ぜひその辺はうまいロードマップ、うまい絵を描く努力を続けたいと思います。

ほかに御意見ございますか。

金子構成員 今回のハイスループットという考え方、その中に私はやはりエネルギーという視点を入れるべきだと思います。例えば『いかにエネルギーミニマムでつくるか』というのもスループットの重要な視点だと思います。新しい技術の導入と積み重ねによって、モノづくりのトータル・エネルギーの低減を図ることが必要と考えています。、ぜひそういう視点をちょっと入れてもらったらありがたいです。

塚本座長 ありがとうございます。

ほかに御質問、御意見ございますか。

きょうは非常に盛りだくさんな宿題が出ました。事務局は大変ですが、あと事務局と座長でまとめるといふ、これはすぐに解決はできないことでも次年度に向けて、2016年の運営の中で更に17年に向けてどういうシナリオでやっていくかと、これは継続審議していけばいいことだと思います。特にいろんな視点、それから更に我々、材料・ナノテクというのはやっぱり市場から一番遠いところにいますから、当たり前ながら、どうしてもプロダクトアウトになりがち。そうすると、上位にいる協議会あるいは検討会のシステム分科会とかシステム協議会とか、そのあたりとうまく連携しながら現実には何を實現するか。逆に我々からもっと提案すればシステムとか何とかをどう革新できるかというようなことがあるかと思しますので、そういう運営も含めて今後の課題にさせていただきたいと思います。

最後はまとめを事務局とやるということで御了解いただきまして、あと何か事務局から連絡事項等はございますか。

事務局 最後ですが、資料3を御覧いただきまして、平成28年度のアクションプランのブラッシュアップということで、統合型材料システムに関しまして、第2回目の分科会の際に

こちらの資料3のエクセル表を提示させていただいて、追加の御意見等を伺っています。その中で赤く表示させていただいたところが追加の御意見です。今、このエクセル表を各省庁さんにお渡ししまして、個票のブラッシュアップを行っていただいているところです。もし、きょうこの場で御意見があれば一言いただければ追加でお願いができますけれども、一旦これでブラッシュアップは進めさせていただいているという状況でございます。

以上です。

塚本座長 これだけの表を見て急に何か言えといっても不可能に近いですが、万一お手元の資料を改めて見ていただいて、ここ一両日ぐらいの間に、ここはちょっと抜けているねとか、これはちょっと問題じゃないかと、もし御意見があれば事務局の方にメールでもいただければありがたいと思います。一応これで赤字の朱記、追記も含めてそれぞれの施策に展開していくということになるかと思えます。よろしくをお願いします。

最後に事務局から何か連絡事項があれば。

事務局 これまで4回にわたりまして議論ありがとうございました。それから、永野様におかれましては、きょうもお忙しい中、お越しいただきましてありがとうございました。この後、先ほど塚本座長からもありましたが、総合戦略の策定の方、事務局と塚本座長を中心に進めさせていただきたいと思いますが、幾つかの点につきましては、個別に構成員の方にもまた御相談させていただくこともあろうかと思えますので、その節はぜひよろしくお願いいたします。

それから、システム基盤検討会と他のシステムとの意見交換ですけれども、こちらも座長と相談しながら検討を進めさせていただきたいと思えますので、また御連絡させていただきたいと思えます。

最後ですが、資料の郵送を御希望される方は、今までどおり資料を置いていただいて封筒にお名前を書いておいていただければ、こちらで郵送させていただきます。

あと、ブルーのファイルは、また次回使いたいと思えますので、こちらも机に残していただきますようお願い申し上げます。

事務局からの連絡は以上でございます。

塚本座長 ありがとうございます。

それでは、少し時間の余裕があります。第4回議論ありがとうございました。あとまとめるのが大変ですが、改めて皆さんの御協力を得て、先ほど事務局からありましたように、システム側との議論、連携をより強めたいと。これを痛感したのが、波多野さんとも話したんですが、先日、重要課題専門調査会に出させていただいて、ばあっと流れるように話をされると、ほと

んど頭に入らないと。一体我々ナノテク・材料はどこにどう絡むんだらうというような、議論になりまして、もう少し連携もできればと。こういうきちっと決まった会議体よりも、どっちかというワークショップみたいな感じで少しざくばらんに、場合によっては長時間とって、少しあっち行き、こっち行きしながら、いろんなところのお互いの立場での気づきをふやすような運用ができればと思っております。

それでは、これできょうの会議は散会させていただきます。ありがとうございました。

午後4時55分 閉会