

第7回

ナノテクノロジー・材料ワーキンググループ

平成27年2月26日

午後1時01分 開会

○事務局（守屋） それでは、定刻を少々回りましたので、第7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。

皆様にはご多忙の中、ご出席いただきまして、まことにありがとうございます。本日もよろしく願いいたします。

本日は、ナノテク・材料分野をご担当いただく構成員14名のうち、11名の構成員にご出席いただいております。ご欠席は赤木構成員、一村構成員、波多野構成員のお三方となっております。なお、桑野構成員におかれましては、前回ご欠席でしたので、本日が初回ということでご参加いただきました。よろしく申し上げます。

総合科学技術・イノベーション会議からは久間議員にご出席いただいております。

また、本日の議題の関係で、JST研究開発戦略センターより島津フェロー、それから事業構想大学院大学の岩田教授にもご出席いただいております。よろしく願いいたします。

議事に入ります前に配付資料の確認をいたします。

本日の議事次第、その裏にご出席者の一覧、それから座席表に続きまして、議題の關係の資料が本日、1-1から1-5までございます。1-1は、CRDSさんにご用意いただきました資料でございます。1-2は、事務局より議論のポイントということです。1枚物。その別紙といたしまして、A3の少し大きいものですね。1-3がCRDSさんからのご提供資料ということで、それから1-4が岩田先生からのご提供いただいた資料になってございます。それから、1-5が、こちらはICTワーキンググループの關係の資料でございます。

そのほか、参考資料1として前回の議事録、それから参考資料2といたしまして、NEDOのほうで取りまとめられました太陽光発電開発戦略ということで、これは後ほど私のほうから簡単にご紹介をさせていただきます。そのほか資料3、SIPの革新的構造材料の関連。4といたしまして、総合戦略の抜粋となっております。

また、机上配付資料といたしまして、科学技術・イノベーション総合戦略を冊子で置かせていただいております。そのほか、紙のファイルの中に幾つか関連資料をとじ込ませていただいております。

不足しているものがございましたら、事務局員のほうにお知らせいただけますでしょうか。

それでは、以降の進行は小長井座長にお願いいたします。

○小長井座長 それでは、どうも皆さん、第7回のナノテクノロジー・材料ワーキンググループにお集まりいただきまして、まことにありがとうございます。きょうはよろしく願いいた

します。

それでは、早速であります、議事に移らせていただきます。

議題の（１）として、平成28年度で新たに取り組むべき課題・領域の検討から始めさせていただきます。

前回の会合において、太陽光発電とマテリアルズ・インフォマティクス、それから触媒の3分野について議論を深めていくことをご承認いただきましたが、本日はそのうちの太陽光発電とマテリアルズ・インフォマティクスについて議論したいと思います。前半に太陽光発電、後半にマテリアルズ・インフォマティクスの、2テーマについて議論を進めたいと思います。

それでは、早速、まず太陽光発電に関して議論を進めます。太陽光発電に関して、最初に技術開発の現状や課題に関して、JSTの研究開発戦略センターよりご紹介いただきます。

それでは、太陽光発電領域に関する情報提供として、CRDSの島津フェローからご説明をお願いいたします。どうぞよろしくをお願いします。

○島津フェロー ただいまご紹介にあずかりました島津です。

早速ですけれども、お手元の資料1-1に基づきまして、皆様に話題提供という形でお話しさせていただきたいと思います。ページをおめくりいただきまして、2ページ目、3ページ目でございますけれども、私ども研究開発戦略センターでは、環境・エネルギー、ナノテク・材料、情報通信、ライフサイエンスといった分野ごとに2年に一度、俯瞰報告書というものを発行しており、各分野別のユニットが、自分の分野をどのように捉えていて、各研究領域がどのような状況にあるかというものを俯瞰するといったような作業を行っております。3ページ目、4ページ目は、ナノテク・材料ユニットで見ている範囲、体系になりますけれども、3ページ目でいいますと、一番下の科学の層からエネルギー、健康・医療、社会インフラ、情報通信・エレクトロニクスといったデバイスの層までに関する研究領域を俯瞰しているということで、3ページ目に記載してございますような41の領域につきまして、割と詳しく国際動向ですとか現状、トレンドといったものを記載した報告書を作成しております。そういった報告書を今後4月に発行する予定でございますけれども、きょうは、その中から太陽電池とマテリアルズ・インフォマティクスといった研究領域について、必ずしもご専門でない方に向けた話題提供という形でご説明差し上げたいと思います。

太陽光発電の社会動向に関しまして、現在、世界の太陽光発電の累積導入量は2013年時点で約1億4,000万キロワットということで、次の6ページ目、7ページ目にエビデンスのデータを参考資料としてつけさせていただいておりますけれども、7ページ目にこの2013年の時点でソ

ーラー累積導入量が139となっており、そのことを指しております。日本では固定価格買取制度、フィードイン・タリフ開始後に新規に認定を受けた太陽光発電設備は6,943万キロワットということですが、一方、導入容量に関しましては、非住宅用は976万キロワットと認定容量の14%にすぎない。

また、日本では一次エネルギー源のうち太陽光発電の割合は現在、約1%程度ということで、これも次の6ページ目に一次エネルギー源の割合を示した絵をつけておりますけれども、その左下に再生可能と書いてあるところで、今の段階では1%ですということです。ただ、2012年以降のフィードイン・タリフ導入以降、これが急拡大傾向にありますということです。

市場規模ですけれども、2013年の598.4億USドルから、2020年には約2倍となる1,370.2億USドルというように、市場規模は今後伸びていくということが想定されております。その中で、日本メーカーのシェアは約5%ということがございます。

現在、ニュースになってございますとおり、急激な太陽光の設備導入認定によりまして、買取負担、系統接続容量の不足等、多くの課題が顕在化しておりまして、フィードイン・タリフ制度の見直しの方向性が資源エネルギー庁から示されております。また、国民負担増加の抑制ですとか系統連携技術、貯蔵・利用を可能とする技術が求められているという状況でございます。

種々のタイプ・材料による太陽電池が開発されておりますけれども、耐久性や信頼性、変換効率等の優位性から、現状では結晶シリコン製が市場のほとんど、約9割を占めております。

また、多様な地球環境への適合ですとか、建材一体型の太陽電池ですとか、長期信頼性及び評価方法の標準化等、広く課題が存在しております。システムレベルでの課題も多数存在しておりますということです。8ページ目でございますけれども、ここからはナノテク・材料ワーキングということで、主にセル、モジュールレベルについての研究開発動向についてご紹介させていただきたいと思っております。シリコン太陽電池、化合物太陽電池といった既に実用化されているものと、イマージングな領域としまして有機系太陽電池、ペロブスカイト太陽電池、さらには量子ドット、ナノワイヤといったような新興領域といったものに分けてご説明差し上げたいと思っております。

9ページ目とあわせて見ていただければと思っておりますけれども、単結晶のシリコン太陽電池では、パナソニックが実用サイズのセルで変換効率25.6%を達成と。また、米国のSun Power社も25%を達成しているほか、日本のカネカでも銅プレーティング技術を利用した6インチのヘテロ接合型太陽電池で25%を達成しているということで、日本、アメリカの企業で研究開発の

競争が行われているといった状況でございます。

化合物系の半導体電池ですけれども、C I G S 太陽電池では、ソーラーフロンティア社が年産1ギガワットを有して、小面積セルでも世界最高の20.9%を達成しているといったような状況で、日本が世界を牽引していると。C d T e 太陽電池では、First Solar社が年産2.7ギガワットと世界を牽引する生産能力を有すると。多接合型太陽電池において、シャープさんは集光時の効率として44.4%の世界最高効率を達成しておりますと。また、C I G S、これはインジウムを使っておりますので、そういった希少元素の代替を目指して、C Z T S といったようなレアメタルフリー材料の開発も活発化している状況でございます。

さらに、有機系太陽電池ですけれども、2012年に三菱化学さんが11.1%の変換効率を持つ薄膜系の太陽電池を開発しまして、世界最高を更新したほか、住友化学とカリフォルニア大学の共同研究によりまして、タンデムセル構造から成る10.6%の変換効率が発表されているといったような状況でございます。

最後、ペロブスカイト太陽電池ですが、これは日本で2009年に発見された原理の太陽電池でございますけれども、今は特に欧州で新たな取り組みが進展しているといった状況で、Fraunhofer研究所では建材用途に大面積のセルを作製しようとしているほか、英国のベンチャー企業も上市に向けた研究開発をスタートしていると。また、米国でもスタンフォード大学が化合物とのタンダム化を実施していますほか、韓国では現在、最高の効率として20.1%の変換効率を達成しているといったような状況でございます。

今ご説明したような状況が9ページ目、アメリカのNational Renewable Energy Laboratoryがいつも更新している資料でございますけれども、一番右側に黒字で示してあるのが、各太陽電池の最高効率を有している機関になりますけれども、日本とアメリカの企業、研究所がしのぎを削っているということが読み取れます。

10ページ目になりますけれども、現在、太陽電池の研究開発のホットトピックスとしまして、やはりペロブスカイト型の太陽電池が一生懸命研究されているということで、これは $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ハロゲンの組成から成る物質でございますと、溶液塗布と乾燥によって容易に薄膜を形成するもので、2009年に宮坂先生によって報告されたものです。その後、世界中で非常に盛んに研究開発、取り組まれた結果、当初、2009年、3.8%の効率から始まったものが、現在20%を超えるところまで急激な研究の進展を示しているといったものになっております。現在、J S T の A L C A で一部、ペロブスカイトの太陽電池の研究支援が行われているといった状況にあります。

また、11ページ目ですが、J S Tの戦略的創造研究推進事業、CREST、さきがけでは赤丸、緑丸で示したような研究領域が取り組まれておりましたが、これは平成27年度で全て終了するというので、次にどうするのかといったことを考える一つの機会にもなっております。

次の12ページでございますけれども、これは平成24年度から文部科学省と経済産業省が連携して産総研の福島再生可能エネルギー研究所内に革新的太陽電池の研究開発拠点を整備している事業でございます。小長井先生に研究総括をお願いしているものですが、シリコン太陽電池の変換効率の飛躍的向上を目指す革新技術開発と、もう一つは先端の研究開発ということで、量子ドット、ナノワイヤを用いた研究開発を行っているということで、ナノワイヤ型のシリコン太陽電池の成果が着実につつあるといった状況にあると伺っております。

13ページに移っていただきまして、課題と今後必要となる取り組みですが、やはり太陽電池は、変換効率とコスト、耐久性といったような重要な指標がございますので、実用化されているシリコン、化合物の太陽電池に関しましては、その3つをいかに向上させていくかといったような取り組みが行われております。特に集光型太陽光発電関連技術、光、いかにレンズを使って集めるかといったような研究開発ですとか、シリコンでは、アモルファスの太陽電池では高品質光吸収材料の開発とともに、界面ですとか光劣化機構の解明が課題となっていると。化合物系につきましては、例えば張り合わせ技術による多接合化などの技術開発が重要ではないかと。一方、イマージングな太陽電池、これから実用化を目指すものに関しまして、有機系の太陽電池では、現時点では変換効率がシリコン系の半分程度であるといったことから、新規導電性ポリマーを用いた高効率太陽電池の研究開発ですとか、三重項組織を用いた革新的な機構を取り入れた電池の研究が必要ではないか。ペロブスカイト太陽電池に関しましても、新材料の開発ですとか発電機構、まだ発電機構そのものがよくわかっていないということもあるので、発電機構の解明や劣化機構の解明、低毒性化といったようなものが研究開発課題として挙げられております。最後、量子ドット、ナノワイヤを利用したものに関しましては、量子ドット、プラズモニクスの、これも輸送機構の解明が研究開発の課題として挙げられております。

14ページ目にお移りいただきまして、これまでにご説明したことを国別にまとめ直しますと、日本におきましては、基礎研究は無機系、有機系ともに、これまで個別の研究機関、企業の努力で高い研究水準を保っていますが、欧米の急速な追い上げがあるという状況です。ペロブスカイトの太陽電池は、日本発の太陽電池にもかかわらず、研究開発、特に応用の研究開発に関しまして、世界の後塵を拝す状況になってしまっている。全般的に応用研究開発において、結

晶シリコン系の技術開発は世界トップレベルですけれども、ペロブスカイト系で一步おくれている状況にあるのではないかと。

アメリカは、結晶シリコン系の基礎研究は、研究人口は多くないものの、MITやNRELなどにおいて高い水準の研究が実施されております。ペロブスカイト系に関しましては、非常に多くの大学で研究がありまして、プリンストン、UCバークレーなどが先頭を切っている。全般的に応用研究では、Sun Power社が裏面接合型の高効率結晶シリコン太陽電池で世界最高効率を達成しているほか、化合物系太陽電池では多数のベンチャー企業が参入している状況にございます。

欧州では、結晶シリコン系の要素技術の基礎研究は非常に高い水準を維持している。一方、化合物系も、効率自体は日米に及ばないものの、基礎物性からデバイス評価まで学術的な研究がしっかり行われていると。有機系太陽電池も色素増感型、有機薄膜型ともに研究が盛んですが、今、ペロブスカイト系が出てきたところで、一部、オックスフォード、EPFLなど、ペロブスカイトに移行しているといったような例も見受けられております。

中国に関しましては、太陽電池の市場という意味では世界のトップを走っていますけれども、基礎研究・応用研究では日米欧におくれているのではないかと。現在、国家計画のもとで公的研究機関や大学が基礎研究に注力しているということで、研究水準は上昇傾向にある。一方、有機系太陽電池も非常に盛んに取り組まれていまして、多くのベンチャー企業が創立されて、企業化まであと一步のところにあるという認識です。

韓国については、政府は半導体と液晶分野に続く産業として太陽電池産業を育成しようとしており、手厚い支援が行われていると。サムスングループやLGグループが参入して、技術水準は確実に上昇傾向している。先ほど説明しましたとおり、ペロブスカイト系は今は韓国のグループが世界最高の数字を出しているといったような状況にございます。

最後、15ページ目、これも参考資料でございますけれども、論文、特許、市場のシェアにつきまして、現在の日、米、欧、韓、中を比較したグラフをつけさせていただいております。2012年のものということで少し古いですが、ご参考までにごらんいただければと思います。

以上になります。

○小長井座長 ありがとうございます。

太陽光発電に関する全体的なお話をさせていただきましたが、ご質問もあろうかと思っておりますけれども、質問は一連の関係資料の説明後にお受けいたしますので、続いて事務局より各省庁の

関連施策、議論のポイントについてご紹介をお願いいたします。

○事務局（守屋） それでは、お手元の資料1-2、その別紙、それから参考資料2のほうをちょっと手元に置いていただけますでしょうか。

まず、A3、縦にコピーさせていただいております資料1-2の別紙、こちらは机上配付のみとなっております、傍聴の皆さんはお手元にはございませんが、お許してください。

こちら、内閣府のほうで、公開データをもとに各省の関連施策を調べさせていただいて、取りまとめたものでございます。上半分が経産省関連、下半分、文科省関連、一番下の段が経産省関連でございますが、今、経産省の施策につきましては、ちょうど施策の入れかわりといいますか、世代交代のタイミングのように受けとめられます。

一番上の施策が27年度、つまり来年度から始まります新たな施策となっております、43.5億円という金額で聞いております。高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発というものになってございます。

それから、その下にある3つの施策は、いずれも平成26年度、つまり本年度で終了予定の施策となっております。それぞれの要素技術の開発ということで、今ご紹介した27年度以降の施策のほうにその成果が引き継がれるというふうに理解をしております。

文科省の施策に関しましては、今、JSTさんの資料の中でもご紹介のありました革新的エネルギー研究開発拠点の形成という施策と、それからALCA、CREST、さきがけ、それぞれの研究が進んでございます。

一番下、こちらにもNEDOのほうの施策になっていると思いますけれども、太陽光発電システム維持管理及びリサイクル技術の開発ということで、本年度、26年度に着手されている施策でございます。

一応、現在、私どものほうで把握いたしました各省の関連施策は以上のような構成になっているということです。

事前に構成員の先生には資料を送らせていただきましたが、参考資料2でNEDO新エネルギー部さんのほうで取りまとめた太陽光発電開発戦略というのがございまして、既に目を通された先生方もいらっしゃると思いますが、本日の議論に関連すると思われるところを幾つかピックアップしてご紹介しておきます。

49ページをおあげいただけますでしょうか。こちらはNEDOさんの新しいプロジェクトのコンセプトの根幹となる部分だと思います。太陽光発電開発戦略ということで、開発目標として、冒頭の部分ですが、2020年に非住宅分野で業務用電力価格並みとなる14円／キロワットア

ワーを実現することを目指す。さらに、2030年には基幹電源並みの発電コストになります7円の達成を目指すということで、これからのプロジェクトを進めていかれると。

さらに、(2)になりますけれども、信頼性向上とともにリサイクルシステムを構築するなどの基盤技術の開発もあわせて進めるとされています。

加えて、(3)、利用形態の多様化ですとか高付加価値技術の創出によって市場の拡大を目指すということで、これから来年度以降のプロジェクトが進んでいくということだと思います。

少しページを繰っていただきまして、53ページ、54ページにそれぞれ太陽電池モジュールの開発課題として、変換効率の向上に寄与する技術ですとか、システム単価低減に寄与する技術ということで、課題が記載されてございます。シリコンですとかC I S、有機系等の材料別の研究開発テーマに加えまして、共通基盤技術といたしまして、モジュール構造ですとか先進的光マネジメントなどが、変換効率向上に関する技術課題として掲げられております。

また、54ページのほうには、基盤以外にシステム構築における課題として、架台及び基礎構造の改善ですとか部材料低減・軽量化、施工工数の低減といった技術課題についてもこちらで明示されておりまして、今後のプロジェクト進捗の中で、こういうテーマについての研究も進むものと期待されております。

そのほか、55ページには運転年数伸長に寄与する技術に関する課題も掲げられておりますし、56ページには運転維持費低減に寄与する技術なども課題として認識されていることがわかります。

それから、57ページの下図が結構ポイントかなと思っております。こちらが発電コスト低減シナリオということで、先ほど2020年まで14円、2030年までに7円というふうにご説明しましたが、それぞれまず14円を目指すに当たりましては、効率向上と製造コスト低減の両立を実現するとされております。また、さらにそれを7円に持っていくために、新材料、新構造等の革新的技術で実現するというので、ある意味、二段構えの開発戦略をとられているというふうに理解できます。

それから、最後に66ページをちょっとあけていただけますでしょうか。先ほど、A3の縦でちょっとご説明しましたが、この66ページの下段の表に経産省の施策の関係がわかりやすく記載されております。26年度で終了するもの、それから26年度、27年度から開始される施策として、先ほどの表でご説明したものを含めて、こちらのほうでうまく経産省内での施策の受け渡しができている様子に、この図で見る限りは見えるということでございます。

それでは、以上が情報提供でございまして、A4、1枚の資料1-2の資料でございまして

れども、これからの時間、ご議論いただく際に、ポイントとして事務局のほうから3点ほど掲げさせていただきます。まずは、課題に対しまして、ナノテク・材料技術として取り組むべきこと。それから、2つ目として、システムとしての課題、つまりパネルに限らず、モジュールあるいはパソコンなども含めたシステム、蓄電池等、全体での検討が必要ではないかということ。それから、3つ目として、この分野における日本の産業競争力の持続的な強化のために取り組むべきことがあるのではないかという観点でのご議論があらうかと思います。

以上、事務局からご説明です。

○小長井座長 ありがとうございます。

それでは、今、最後にご説明がありましたように、議論のポイント、3点ほど挙げていただきますけれども、それに関連してご質問、ご意見等ございましたら、構成員の方からお受けしたいと思うんですが。きょうはせっかく桑野構成員にご出席いただいております、桑野さんがこの中では一番の専門家だと思しますので、ちょっとまず桑野さんからお伺いします。すみません、馬場さん。

○桑野構成員 今回初めて参加させていただきました太陽光発電技術研究組合の桑野でございます。よろしく願いいたします。

委員長からご指名でございますが、むしろ皆様方からご質問をいただいたほうがいいと思うのですけれども。私の私見を言って、皆さんからいろいろご意見をいただきたいともいます。

今、JSTとNEDOの資料のご説明がありましたけれども、これは現状から見るとこうなつたということで、大変よくまとまった資料だと思います。私は、内閣府が国の大きな政策をどうするかという観点から意見を述べたいと思います。少し長くなるかも分かりませんが委員長よろしいですか？

○小長井座長 すみません、なるべく手短に。45分までしか時間をとってないので。ほかの方からもご意見がありますので、できたら3分くらいで。

○桑野構成員 実は、太陽光発電の研究開発は今から40年前に国家プロジェクトとしてスタートしたのです。これは1974年で、前年にオイルショックが起りました。そのときに、当時の通産省（現経済産業省）のプロジェクトとして、代替エネルギー源として太陽光発電を含めた再生可能エネルギーの研究開発がスタートしました、その研究開発の名前が「サンシャイン計画」でした。このサンシャイン計画は、NEDOの報告もありましたように、現在も脈々と続いているのです。私どもの研究組合もサンシャイン計画推進の過程で生まれ、もう22年も続いていて、現在ある研究組合としては最も古い研究組合です。

このサンシャイン計画というのは、当初から産官学一体となって進められてきました。その結果、各企業が、現在、世界のトップの変換効率を出しているのです。

太陽光発電の実用化という点では1992年に、屋根の上に太陽電池を載せて発電し、電力会社に電気を売れるという制度が世界で初めて日本の全電力会社実施する制度が出来たことによって、大きく産業としても成長してきました。2006年まで、日本が世界の生産量のトップだったわけです。それを見ていたドイツがFITという固定買取制度を導入をして、再生可能エネルギーを少し高い価格に設定して、その少し高い分を国民負担することで、太陽光発電などを拡大する方法をとったのです。残念ながら今は負けていますが、日本政府もこのFITというのを2012年7月から導入しました。その結果、太陽光発電に関して、国民が大きくこれに反応し、なんと昨年11月現在で、経済産業省の認可量として最大出力として約70ギガワットに達しました。1ギガワットというのは100万キロワットで、一つの普通の発電所1基分に最大出力相当します。このことは国民全体が太陽光発電を推進しようという意思の表れであるといえると思います。

太陽電池の変換効率を向上はナノ材料あるいはマイクロ材料を用い微細加工を加えていわばプロセスの研究開発で実現しています。2番目に重要な点は太陽光発電システムです。これは太陽電池とパワーコンディショナーと呼ばれる機器を組み合わせ、実際に使える電力を得るシステムです。この分野でも、日本は非常に進んだ形で、行政と企業が協力して、取り組んできました。

この様に発展してきた太陽光発電の将来の目標は、NEDOの計画でもありますように、現在ある、既存の発電所コスト、7円/kWhを実現することです。しかもそれを、2030年に実現するという目標です、つまり、15年後に実現するということになっています。これを実現するには、今までどおり、産官学あるいは行政、国の政策の強力な推進、特に、内閣府のリーダーシップを持って、エネルギー産業ですから、やっていくべきであると思っております。

以上です。

○小長井座長 ありがとうございます。

じゃ、ちょっと私のほうから逆に質問ですけれども、今まではどちらかというとデバイス、材料中心だったところを、これからはシステムとしてももちろん捉えていかなきゃいけないんですが、NEDOさんの戦略にもありましたように、これからはシステムとしての寿命も30年ぐらい考えていかなきゃいけないと。そうすると、太陽電池だけではなくて、パワーコンディショナーも本当に30年にしなきゃいけないのか。今は太陽電池そのものは25年保証くらいに

しているところがあるわけですが、やっぱりパワーコンディショナーはそうはいかないですね。そういう内容も新しい戦略に入っているんですけども、そういうことを含めて、この②、③を強くしていくと、例えば固定価格買取制度なしでもちゃんと自立したものになっていけそうかどうかという、そこだけちょっと一言コメントをいただきたいと思いますが。

○桑野構成員 この40年間の間に太陽電池の研究開発はナノテクノロジーなどを用いて推進され、大きな成果を上げてきました。そして太陽光発電システムとしてもサンシャイン計画などの中で国が研究開発を支援してきました。さらに、国は逆潮流ありという、電力会社に電気を売るといような、一般的には考えられないような制度も経済産業省が主導して、法制度の整備がなされました。民間企業だけではこのような法制度の整備はできなかったと思います。現在、個人の家庭の屋根に太陽電池を載せて発電した価格と電力会社から買う価格に対しては、これはコンピートできるまでになってきました。つまり、太陽光発電システムで発電した電気の価格は24円あるいは23円/kWhで、電力会社から買う電力料金とコンピートできるまでになってきました。したがって、現在、住宅メーカーは、新築住宅には太陽光発電を標準搭載するという方向になってきました。それは先生が言われるように、太陽電池モジュールもみならず重要なパワーコンディショナー、配線、架台とかシステムとしてコストが下がってきたことを意味します。太陽光発電システムの低コスト化、長寿命化もNEDOでもプロジェクトで支援してくれています。

○小長井座長 ありがとうございます。

そうしたら、馬場さん、どうぞ。

○馬場構成員 質問があります。この資料1-2の経産省と文科省の施策についてです。経産省の施策がほとんど今年度で終わって、来年度からまた新しく始めるとなっている。今までやられていたのはシリコン系、化合物系、有機系ですが、来年度からのものはコストを意識しているので、シリコンとCIGSなどの化合物系にフォーカスされているように見えますが、実態はどうなのでしょう。NEDOの戦略を見ると、2020年からは新材料などが必要ということになっていますが、そこら辺の整合性がどうなっているのかを説明いただければありがたいと思います。

○小長井座長 桑野さんのほうがよく知っているのかもしれませんが。

確かに、今おっしゃられたとおり、この全体の資料A3の縦を見ますと、全部終わってしまっていて、見えております。それで、シリコンとCISを重点的にやるということには間違いはないと思いますが、最近はそれにプラスして、ペロブスカイト系薄膜太陽電池などが注目されてい

ます。これのオリジンは日本にあるのでぜひ推進してもらいたいと思います。各種太陽電池の開発はまだこれからも新型が登場する可能性がありますか、大きな視野で、各省庁が連携して推進してもらいたいものです。

○馬場構成員 そうすると、2020年からの新材料というのは、今言われたようなペロブスカイトなども候補に入っていると考えてよろしいですか。

○小長井座長 もちろんそうだと思います。

○馬場構成員 わかりました。ありがとうございます。

○小長井座長 桑野さん、そういう認識でよろしいんですか。

○桑野構成員 それで結構です。文科省のほうでいうと、もっと先を見て、ナノテクノロジー、量子サイズ効果のようなものを作って、それをNEDOに引き継いでいくという体制です。NEDOはさらにプラスのシステムとしての見方をしていて、NEDOの厚い資料の57ページをちょっと見ていただきたいのですけれども。

このページの下のほうですけれども、その6-3の図の左のほうに、一番上に黒字で23円/kWhとあります、これは、先に説明した家庭用の電力料金、これが実現したということです。次の目標はその2番目の赤、14円/kWhですね。これは業務用電力料金です。この実現は2020年です、ですから5年後に実現するという目標です。その横に小さくシステム例と書いてあるのですけれども、変換効率はそんなに上げてなく、22%、そのかわり寿命を延ばしているのです。現在、太陽電池が価格が高い安いとかいう論議をしていますが、それは、寿命を20年として計算しています。私の自宅は電力会社に電気を売るというシステムの第1号ですが、22年たっています、まだちゃんと動いています。だから、20年で計算して高い、安いとしているのですけれども、これをNEDOの計画のように太陽光発電システムの寿命を25年にし、変換効率を少し上げれば、これは業務用電力料金の実現できるということを意味します。

もう一つ、その下の7円/kWhというのは大変重要です。7円/kWhというのは、現在ある発電所での発電コストです。その横をずっと見ていただくと、システム例というところで太陽電池モジュールの変換効率をちょっと上げて、25%。寿命が30年としています。そのためには、この太陽光発電システムの30年に寿命を上げなきゃいけないということで、現在市販のパワーコンディショナーは15年ぐらいしか寿命がないとされています、現在、NEDOのプロジェクトでこれを30年にするという計画が進んでいます。以上です。

○小長井座長 ありがとうございます。

どうぞ。

○久間議員　まずは、サンシャイン計画以来、桑野委員、それから小長井座長が太陽電池の先導的研究を進められ、世界をリードしてきたことに敬意を表します。

○桑野構成員　ありがとうございます。

○久間議員　課題は、ドイツもそうだったのですが、普通のシリコン太陽電池は、作りやすく、コスト競争になるため、桑野さんのHIT太陽電池は別にして、日本の産業競争力が弱くなったことです。その後、FITが始まり、産業界は一息ついていますが、産業競争力が強くなったわけではありません。単にFITで需要が大きくなっていて、各社が作りきれないぐらいの注文があるのが現状です。

最も心配なことは、FITが終わった後に日本の産業界が生き残れるかどうかです。今、FITを実行している間に、産業競争力を強化しなくてはなりません。強化するために、内閣府がやるべきことは、産業競争力強化に向けて省庁連携ができていくかどうかと、新しいチャレンジが行われているかどうかをチェックし、先導することです。

産業競争力は、経済的原理で勝てるかどうかで決まります。そのときに、HIT太陽電池のように、新興国ではなかなか模倣できない太陽電池の研究をしているかどうかと、付加価値を高める研究をしているかどうか重要です。世の中にはパソコン専門メーカーもあります。セットメーカーは安い太陽電池パネルを買ってきて、自分たちが付加価値の高いパソコンをつくり、システムにして売ります。そうすると、パネルメーカーが生き残れるかどうか心配です。日本のパネルメーカーと太陽電池システムメーカーの産業競争力を強化するための議論をしていただきたいです。

○桑野構成員　久間議員が大変ポイントをついたご質問で、中身をよくご承知なので、私のほうからはぜひともご対応させていただきたいと思います。私は、やっぱり日本の国の産業競争力というのは、絶えず努力して性能、信頼性の向上をしないと絶対だめだと思うのです。それは個々の企業が努力する部分と国家戦略としてやるという部分があると思うのです。この太陽電池というエネルギー・環境問題は、やっぱり国家戦略としてしっかりやるべきだと。40年間のサンシャインの歴史を話したのはそういうことで、もしもサンシャイン計画がなかったらHITも出てこなかったと思います。実は、HIT太陽電池は国の開発支援を受けたアモルファスシリコン太陽電池の研究開発の中から出てきました。現在、シリコン系太陽電池で、世界で最高の変換効率です。ですから、私は久間議員の言われるように、エネルギー・環境政策というのはやっぱり国がしっかり国家政策をやらなきゃいけないということが1点です。

2点目、日本は太陽電池で負けてきているのではないかという話は、今はそのとおりなんで

す。だけれども、それでも独自の最高の変換効率があるから、例えばH I T太陽電池はまだ日本で生産されています。それから、ソーラーフロンティアのC I Sは日本しか大量生産されていない。アモルファスシリコン太陽電池もカネカさんがしっかり頑張っているということで、それぞれオリジナルの太陽電池はしっかり頑張っている。ところが、今、低コストで、そこそこの性能のものが中国から入り始めて、市場が侵食されているという。これはごく普通の産業ではよくあるパターンになってきている。これをどうするかという問題は、私はやっぱり前に向かって太陽電池を、どんどん性能向上のために、文部省と経済産業省、ほかの省庁も含めて、全部これをしっかり支えていかなきゃいけないというふうに思います。

もう一つ、重要な点が、今、久間議員からご指摘があったんですけども、実は太陽光発電というのは太陽電池だけが問題かというのと、そうではなくて、太陽光発電システムということで捉えると、モジュール、太陽電池パネルの値段は今は2割から3割しかないんです。残りの7割がパワコンとか架台とか流通とか設置費用なんですね。それを普通B O Sコストと言って、その太陽電池以外のB O Sコストのところが重要であるというご指摘は全くそのとおりなんです。そこは中国製のものを使いながら、その7割のところは実はほとんど日本製なんです。パワコンは、恐らく私の直観的な予測では、9割は日本製だと思います。ですから、そこはしっかり守って行って、これからも太陽電池だけじゃなくて、そのボスコストのところ、パワコンも架台も応用アプリケーションも一緒に国家戦略の中で取り組んでいくべきであるというふうに思っております。

○久間議員 私も同感です。国家戦略として、実施すべき研究課題で抜けているところはないか、省庁連携、例えば経産省と文科省が連携しているかどうか、産業界などへの橋渡し戦略ができていないかどうかを整理して、来年度の各省庁のアクションプランを誘導したいのがこのワーキンググループの目的です。

○桑野構成員 全くそのとおりです。それはそういうふうをお願いしたいと思います。

○小長井座長 ありがとうございます。

それでは、ちょっと私のほうから最後、一言だけコメントさせていただいて、次のテーマに移らせていただきますが。

先ほどのA 3の縦長のにありましたように、本年度で経産省絡みのものはかなり終わってしまっていて、また新しくなるわけですね。そういうことで、馬場構成員のほうから新しい材料はないのかというご質問になったかと思うんですけども、経産省はもともとこの革新的太陽光発電技術というのをもう7年もされていて、これって非常に挑戦的な材料がたくさん入っている

ものなんですね。その後、これに類似したと言うと文科省から怒られますが、いろいろ革新的なものが文科省で始まったということがあるので、やはりその革新的なところは徹底的に文科省にやっていただいて、NEDOのほうはNEDOなりの方向性を持つということだと思っております。そういう意味では、先ほど島津フェローのほうからも、文科省のほうでもCREST、さきがけ等、非常に挑戦的なところがだんだん終わりに近づいているということで、その先どうなるかという話をされていたかと思うんですけども、それはぜひやはり継続してやってもらって、実用化できそうなものからどんどんNEDOに持っていくとか、そういう本来の姿になれば一番いいのではないかと考えております。

どうぞ。

○塚本構成員 いただいた経産省のNEDO フォトボルチャレンジの資料の17ページを見ると、象徴的なチャートが載っているんですが、これ、いわゆるスマイルカーブになっているんですね。売電とか発電とか電気事業に行くと利益が出て、それからリソースの素材側に行くとまた利益があって、真ん中のパネルとかセルとかモジュールをやっているところは利益がなかなか出ないと。もちろん、桑野さんのライフワークとしておやりになっているやつは重々承知して言っているんですが、基本的なテクノロジーとしての進展を一生懸命やらなきゃ、これはそのとおりだと思っているんですが、一方で、じゃあそこに参画するパネルメーカーとかモジュールメーカーも利益出さないと、国としては持っていきませんから。そうすると、一方で何らか、例えばフィードイン・タリフでも、変換効率の高さに応じてタリフが違うとかフィードバックが違うとか、何かそういう仕掛けをしないと、一律にやってしまうと、やっぱり安物でも堂々と動きますから、そうすると日本のアドバンテージが一向に発揮できないと。

そうすると、何らかのボトムになる、スマイルのケツになっているところを上げていくような何か政策とか施策が打てないと、変換効率を上げるということは当然ながら大事なんですけど、最終的には寿命と投資構想で決まるわけですけども、それと同時に何らかの施策を考えないと、なかなか一本調子の技術論でやっていると、いや、技術は日本がトップなんだけれども、残念ながら産業の中では日本はもうほとんど総負けしていますということが起こりかねないんで、第二の液晶だとかそういうことにならないように、ぜひ何らかの施策を考えていただければと思います。

○小長井座長 ありがとうございます。

○久間議員 日本が太陽電池を始めたころに、例えば、変換効率の測定方法などの認証を取っておけば、現在の日本の産業競争力は変わっていたと思います。例えば、太陽電池パネルの変

換効率の測定方法を決めて、ユニフォーミティがプラスマイナス1%でないと基準に達しない、という標準と認証を取っておけばよかったです。今からでも、変換効率を上げる研究とともに標準化や認証で世界の市場を押さえることも考えるべきだと思います。

○小長井座長 それでは、本日いただいた議論をもとにして、各省庁の平成28年度で新たに取組むべき施策につなげたいと考えております。

続きまして、マテリアルズ・インフォマティクスの議論をしたいと思います。

現状や課題に関して、JSTの研究開発センターよりご紹介をいただきます。まずは島津フェローからご説明をお願いします。

○島津フェロー マテリアルズ・インフォマティクス、データ駆動型材料研究、または探索・設計とも言っていますが、お手元の資料5ページ目から説明させていただきたいと思います。

そもそもの背景としまして、やはり扱う物質材料の種類、元素の種類や組み合わせ、パラメータなどが非常に複雑化していると。また、2つ目、これが非常に大きいのですが、科学技術のグローバル化によって研究開発のスピードが非常に加速しているということ。3つ目、計算機、ハードウェア・ソフトウェアがここ10年間で非常に大幅な進展・コストダウンの結果、各研究室で非常に高スペックのコンピュータが使えるようになってきているということ。また、4つ目として、今後、有機・無機、金属など、学術の分野ではなくて、やはり機能に基づく材料開発を行っていかなくてはならないといったような要求。こういった背景から、左下に記載しております図のように、研究者が演繹的手法・帰納的手法をうまく組み合わせて使うことによって、ハイスループットに物質・材料・科学の諸問題を解明すると同時に、新しい材料開発を行っていくスキームを構築していかなければいけないのではないかとということ、特に計算科学、第四の科学と言われておりますデータ科学といったような、コンピュータの活用という余地がまだまだたくさんあるのではないかとといったような問題意識から、この提案をさせていただいております。これを導入することによって、特定の機能を持つ物質・材料の高効率な探索（予測）が促進するとか、材料の組成、構造、組織や物性、特性の相関について、無限の因子の組み合わせから何らかの指導原理を見出すことができるというようなことが可能になるのではないかとといったようなことが背景にございます。

6ページ目でございますけれども、当面のキーワードとしましては、やはりハイスループットな新規物質の発見、設計といったようなことで、計算科学やデータ処理による予測・設計はもとより、合成や計測評価の手法においても、ハイスループットな手法を開発していかなくて

はいけないのではないかとということ、また、将来的には、多くのデータを用いて構造と物性及びプロセスの間にある法則の理解への活用が想定されるといったようなことで、非常にさまざまなデータ、自分の研究室で持っている実験のデータ、計算のデータ、公的な論文のデータベースといったようなものから目的に応じたデータを抽出してきて、何らかの切り口でデータを可視化して分析することから、何かを見出すといったようなことができるのではないかとということ。

7ページ目、事例の一つでございますけれども、これは二次電池の正極材料の事例でございますが、スクリーニングのために俯瞰的なマッピング、何千という単位の物質群について、軸のとり方——三次元的な可視化もできると思いますけれども——と分析のツール、組み合わせることによって、いろいろな候補物質ですとかパラメータ間の相関といったようなものが見えてくることもあるということです。そのためには多くの物質に関する構造、物性、プロセス等に関するデータの蓄積が必要になってくるということでございます。事例の2つ目としまして、8ページ目でございますけれども、例えば実験データベースと数値計算、シミュレーションのデータを合わせてマイニングすることによって、データベースにはなくて、かつ、計算科学では出せないパラメータを予測することが可能になるのではないかと。内挿することができるというような使い方もできるのではないかとということです。

9ページ目、これは例えばですけれども、データベースに今後収録していかなくてはならないコンテンツの例として、化学（結晶）構造ですとかバンド構造、状態密度、相図とか、こういったようなものは、研究室で誰かが一からやるのではなくて、公的なデータベースがきちんと整備されていて、そこにアクセスするとすぐに見れるといったような状態になっていることが理想ではないかというように考えるわけです。もちろん、構造材料の場合は、これに加えてもう少しマクロスケールな組織の図ですとかプロセスですとか、そういったものもどんどんデータとして取り込んでいかなくてはいけないと考えております。

10ページ目、世界の研究開発動向、事例ですけれども、今、米国で少しこういうトレンドになっておりますというところで、ハイスループットな実験とシミュレーション、データベースを組み合わせる研究開発を進めていくということで、データベースや第一原理計算に基づいて抽出された候補物質について、何十という候補物質についてコンビナトリアル合成を行って、そのまま放射光でコンビナトリアルな計測を行って、しかも、そのまま視覚化分析ツールでマッピングするようなことを行っていくと。膨大な元素の種類、何千という種類の計算を行って、目的の物質を抽出していくということで、何らかの指標、記述子と呼んでおりますけ

れども、から目的の物質を釣り上げるというようなことで、例えば、これも二次電池の例になりますけれども、新しく物質が発見されて、これまでにない性能が見出されているというような例がございます。

今後、必要となる取り組み、11ページ目でございますけれども、将来的、10年後、20年後を考えたら、マテリアル版のグーグルのようなもの、マテリアルデータ・プラットフォームの構築というものをやはり公的な機関が構築していくことが望ましいのではないかと。また、それに基づいて活用研究の事例を蓄積していくということ。そのために実験データを蓄積・シェアするスキームを、地道な努力ですけれども、構築していかなければいけない。また、データ活用研究から発生するデータとプラットフォーム間のデータのエコシステムを構築していかなければいけないといったようなこと。説明が前後しますけれども、周期律表の下に書いてございますように、実験で既知の無機物質というのは約5万種ということで、考えられる2元系の約半分程度ということで、3元系、4元系、それ以上の多元系の物質というのはなかなかまだ共有されていないというのが現実です。そのために、マテリアル版グーグルのために、裏ではこういうシステムをきちんと構築しておかなければいけないということで、ハイスループットなコンピュータ環境、シミュレーション結果を自動インプットするシステムですとか、論文データからデータを抽出した信頼性の高いデータベースですとか、そういったデータを分析するようなツール、視覚化するようなツールといったもの、それぞれのツール、ソフトウェアがきちんとシステムとして統合されているようなものが必要になってくるのではないかとということでございます。

12ページ目、政策動向ですけれども、そもそもやはりこのマテリアルズ・インフォマティクスを日本で検討するきっかけとなったのは、米国で2011年からスタートしましたMaterials Genome Initiativeですけれども、アメリカは材料開発の短期化・低コスト化ということで、今は20年、30年かかっているものを10年とかいった単位でやっていかなければいけないということでスタートしまして、NSF、NIST、DARPAというようなところで、それぞれ目的に応じた施策を立ち上げているといったような状況でございます。

13ページになりますけれども、日本におきましても構造材料の分野におきましては、SIPの革新的構造材料の一部においてマテリアルズ・インテグレーションということで、データベースとシミュレーション、ソフトウェアをもう少しうまく活用していった、材料開発期間を短縮しようという取り組みですとか、新学術領域のほうでは機能材料のほうで同じような取り組みがなされております。特に、中国、韓国におきましても、Materials Genomeに触発されまし

て、同様のプロジェクトをスタートしている、もしくはしようとしていることを聞いておりますので、今後、国際的にこういった流れをウォッチしながら、日本も研究開発を進めていく必要があるのではないかと考えております。

以上になります。

○小長井座長 ありがとうございます。

本日は、この後で、岩田先生からのプレゼンと、それからICTワーキングの検討のまとめがありますので、その話を聞いてから全体討論をさせていただきますが、時間の関係で今の島津フェローのプレゼンに対して何かご質問があれば、今そこだけちょっとお受けいたしますが、どなたかご質問ございませんか。どうぞ。

○北川構成員 質問ではないのですが、昨日、文科省で会議があつて、物質・材料関係の会議で、長野参事官も出席されておりました。そこで同じような議論がありました。日本は解析とか分析するのは世界トップクラスで、例えばSPring-8とかJ-PARC、そして超高压電子顕微鏡も日本電子と日立が開発していて、様々なスケールで見たり観察するというのは非常に得意です。また、理論化学や物性理論も世界トップクラスで、京コンピュータも活躍しているという状態です。ところが、その一方で日本が弱いのは、予言するとか予測するという事です。今回の取り組みというのは非常に重要だと私は思っていますが、そこに如何に予言・予測するという事を盛り込むかが一番大切なことで、単なるデータの蓄積だけに終わったら良くないと思いますので、ぜひそういう事を考えていただければと思います。

○小長井座長 今のお話がまさに総合討論のところで必要だったあれですので、またご発言いただければと思います。

じゃ、ちょっと時間がきょうは押しておりますので、次は岩田先生のお話に移らせていただきます。

前回のワーキンググループで岸PDから、SIP革新的構造材料においてマテリアルズ・インテグレーションの取り組みをされているというお話がございました。そこで、構造材料において実際にマテリアルズ・インテグレーションの研究開発を通じての現状や課題について、事業構想大学院大学の岩田先生からご紹介いただきたいと思います。どうぞよろしく願いします。

○岩田教授 どうもご紹介いただきまして、ありがとうございます。何分ぐらいで終わらせれば……。何時間でもできますが。

○小長井座長 質問を含めて15分しかとってなかったんですが。

○岩田教授 15分ですか。それじゃ、できるだけ手短かに申し上げますが、私自身は今はデータのほうと原子力のほうで、特に廃炉のほうでやっております、材料研究の本当のフロンティアに関する現場感覚が必ずしもないので、以前はこうだったというお話をちょっとさせていただいて、今後どうなんだろうというのをちょっとそれなりに私の意見を話をさせていただきたいと思います。

私は原子力分野ですから、今月号の「学術の動向」に書いたんですが、大局的な設計に失敗したというのは原子力分野の科学技術全体を考えたときの私の総括でございまして、やっぱり材料分野でも同じようなことももしかしたら起こっているのではないかと、そんな意味でいろいろ考えていただけたらというふうに思います。

15分というので、できるだけ具体的に前のお話につながるような感じで後につなげたいと思いますが、太陽電池関係のいわゆる材料の特性予測、それから設計に関しては、先生方はよくご案内のように、1960年代にAT&Tで相当包括的なサーベイをやって、さらにそこに理論的な検討を加えて、どのようにして太陽光スペクトルに合わせた効率のいい電子を動かす素材を出すかという、主としてバンドギャップでございまして、そこら辺の組織的なデータベースに基づくサーベイというのが既に行われておりまして、その後、それぞれのデータが追加する中で、太陽電池に関しても何とか材料設計できないかということで、サンシャインが始まり、その後いろんなことがあって、少しずつ進歩してきたなというふうに外から眺めているんですが。

今世紀に入って非常にある意味では方法論として新しく出てきたなと感じたのは、先ほどのNRELのアレックス・ズンガーというのが、ご存じだと思いますが、彼がいわゆる電子的な特性を向上させるのに、第一原理の計算を戦略的に使って、しかも目標設定のもとに第一原理計算のパラメータをチューニングして、最も早くターゲットに近づくといえますか、そういうアプローチを非常にスマートな格好で一生懸命つくりまして、ああこれでやっと太陽電池のような領域もいわゆるスループットを向上させるような一つの手法が提示されたなというふうに思います。ズンガーは素材の本当に基礎的なデータを全部把握した上で、その上に第一原理計算という、ある種の普遍的な手法を組み合わせ、それプラス目標に対する収束性ということで、インダストリーでも展開しそうなテンプレートになったようなものをつくったのかなというふうに思います。

そんなふう知っていて、3.11の事故が起こって、いろいろ太陽光発電とか風力とかいろいろ見ていまして、非常に印象的だったのはドイツのやり方で、先生方はご案内だと思いますが、Fraunhoferインスティテュートがいわゆる太陽光、風力、その他の、要は発電の可能性に関す

る周波数及び電圧の安定性に関するビッグデータの的なアプローチをかなり徹底的にやりまして、いろんな場所で、いろんな気候条件で、しかもいろんなバージョンの発電素子によって生産されるフラクチュエーションの多い発電源といますか、そういったものに対して情報処理通信技術を徹底的に使って、ドイツ国内で周波数及び電圧特性を安定化させるという戦略を非常にきれいにつくったんですね。

ああこれで太陽光とかなんかいюのも本当に社会につながっていくのかなという、そのときは思ったんですが、そうやって聞いているうちに、それにとっても思ってもみないような抵抗があって、それは送電網ですね。それで、どこから発電しても送電用の鉄塔を建てるのにやっぱり住民の反対運動が起こって、最初の非常にスマートなソフトウェアといますか、戦略的なエネルギー利用のいわゆるソフトウェアを込みにしたエネルギーシステムの使い方ができないといますか、そんなこともあって、結局は国境をまたいでフランスから原子力関係の情報を引っ張ってくるという、そういうことになって、フランスがどんなことが起こったかという、そうだとすると、変動する負荷に対して負荷追従運転をフランスの原子炉がやらなければいけないということで、出力を上げたり下げたりする労力がフランスにかかってきたと。そういう意味で、この電力まで含めた素材開発とかそういったところについては、相当長い時間及び広い空間スパンでそれに最適化しないとイケなくて、そういうときこそ、いろんなタイプのデータの上手なテラリングといますか、そんなことが必要かなと思ひまして、そういう意味ではマテリアルズ・インテグレーションといったときに、第一原理から実質的なパフォーマンスまでどうつなげるかって、そんなことを考えるだけではなくて、社会システムの中でそれぞれの素材の本当の可能性を使い抜くといますか、そんなことが必要かなというふうに思ひます。

それで、用意させていただきました資料は、そんなふうに考えながら、日本のいわゆる戦略性というのはどうかということで、2枚目のところで国家競争力スコアとそれから縦軸が政府のリスクマネジメント能力というので、これはいろんなところでこんな評価がされているわけなんです、割と日本でしっかり考えられてないのは、いわゆる情報といますか、サイバー空間に対するレジリアンスというところが、リスクマネジメントが非常に不足していて、特に、例えば材料とか、あるいは国の産業の基盤になる情報についての戦略というものを、リスクという観点から、それから知財権も含めてですが、日本の競争力をどのように世界に売り込んでいくかということを考えながら、多分レジリアンスを考えなきゃいけないのかなと思ひまして、最初のところに、サイバー空間における戦いをこれから考えなければいけないと。

その中で材料情報というのは非常に大事な役割を果たしているということをちょっと申し上げて、2番目のところは、コミュニケーションの形が、以前は1対1でコミュニケーションしたり何かするという、非常にそれなりにコントロール可能な状況であったわけなんです、この一番最後のところは、インターネット上で流れる情報のフローのビジュアライズしたものでございまして、こういう中で材料の情報というのは、一つはオリジナルな研究に関する情報がほとんどインデックス化されて、世界中で何がやられているかというのは、ある領域ではしっかりと把握されていて、ほとんど丸見えだというようなことが1つございます。それから、もう一つは、そういう文献の引用関係とかそういう情報だけではなくて、実はバジェットに関するフローとそれの効果に関するデータベース化もまさに始まっていて、世界でどういうタイミングで将来どんなことが出てきそうかというのも、底力を評価されながら、ほとんど予測されてしまっているというのが、このインターネット上での情報のフローを見ていただくと、きっとイメージしていただけるかなというふうに思います。

それで、15分といいますと、最初の3枚目のところで全部終わってしまいそうなんです、私が1970年ぐらいから、先ほど島津フェローのほうからご説明がありましたような、そういう考え方で材料の戦略的な研究開発のための道具づくりをやってまいりまして、きれいにまとめていただいて、何とか成功していただきたいなというふうに思っていますので、そう思いながら、私が何回か失敗したり、困ったなと思ったりなんかしたことをちょっとこの3枚目のところでお話しさせていただきたいというふうに思います。

これは垣間見たデータでございますので、よくわからないんですが、例えばGEの物質材料に関する情報戦略ということ考えたときに、彼らの場合は、一番の基礎データから、最後は製品のクレーム処理に至るところまでをしっかりとデータとしてまとめ、次のマーケットに向けて改良した製品を出すという、そういう戦略性のある情報システムをつくり上げておりますので、そういう意味で、そこまでやるためには日本としてどうしたらいいかというふうなことがあります。特にGEは、エンジン等につきましては、各、いわゆる羽田空港とか成田空港で全部メンテナンスのいろんなデータがとられるわけなんです、そのメンテナンスデータも必ず設計にフィードバックされて、次の改良に生かされるという、あるクロスセクションをとったときに、全ての世界中の情報がそこを通過して、次の付加価値生成のプロセスに活用されているというところで、非常に参考とすべき戦略かなというふうに思います。

それ以外にたくさんございますが、ポイントだけちょっと申し上げますと、Phillipsのあれは、先ほど分析機器というふうなお話がありましたけれども、分析機器を売っている会社で

ざいますので、分析機器が何に使われているかということ进行分析すると、世界でどういう新しい材料がこれから開発されようとしているのか、今どんなことがポイントになっているかというふうなことを、その分析機器を売る中で情報を収集するというふうなところがしっかりできていまして、そこら辺はさすがPhillipsで、そこの中でいわゆる基本特許に相当するようなところを集中的に研究開発をして、応用実案の非常に苦しいところはほかの方にやっていただいとというような、そういうある意味で上手な戦略をとっておられるのかなというふうに思います。

それから、Mercedesで私が非常に印象的だったのは、NMRのデータでございますが、高分子系のいろんな分析とかプロセスの解析に非常に有効な手法でございますが、あるところまでは政府に情報資源をきちっとつくってもらって、そこから先、本当に必要なところは、はるかに細かい、しかも精度の高い方法で、自分なりの情報戦略をきちっと立てて、そこで情報蓄積しているというふうな例がNMRで間接的にいろいろ知ることができまして、やっぱり民間とそれから公的機関との役割分担というふうなところの非常に上手な組み合わせというのは、ここで見えてきたなというふうに思います。

それから、Boeingの場合には、777とか787のようなところで、数万人の従業員がBoeingの製品に関して、どこまでデジタル化したら競争力を維持できるかという、そういう分析に関しては、Boeingの数万人の社員に対する聞き取り調査をしっかりとやって、そこで今これをやらなければいけないというところをしっかりと押さえて、最終的に777とか787の世界的な分業体制を確立し、アSEMBル業者としての競争力をさらに強化するというふうな、そういう戦略もとても興味深いなど。これもまさにマテリアル・インテグレーションの出口になるところかなというふうに思います。

それから、Siemensは、鉄鋼材料、先生方はご案内なのであれなんです、非常におもしろいなと私が思ったのは、世界で16億トン、鉄鋼材料が生産されているわけなんです、その半分ぐらいは中国の生産で、実は半分ぐらいの中国のスチールに関する製造設備あるいは分析機器、それから、次にどういうふうにもリプレースしながら鉄鋼のそれなりの市場価値を高めていくかという、そういうところの知識を中国に売って、いわゆる温暖化効果ガスの発生は中国に任せるみたいな、非常に巧妙なビジネスの展開をしているなというふうに思います。

似たようなことが、Komatsuという会社は、約35万台の建設機器を、KOMTRAXというシステムで世界中の機器をしっかりと自分のところで集中管理しながら、新しいビジネスの形というものをしっかりと管理しているということで、ここでやっぱり市場でといいますか、使っ

ている現場でいわゆる耐久性の点で問題がありそうなところは早目に交換して、1台何億円と
するような大切な機器をパーフェクトにメンテナンスして、産業そのものを維持していくとい
う、そういうところもなかなか立派だなというふうに思います。

Broad Leafという会社は、余りご存じないかもしれませんが、自動車部品の型式が違うごと
に全部細かいデータをしっかりデータとして蓄積して、それをメンテナンスの町の修理工場に
対して、ソフトウェア込みでしっかりそういう情報サービスをするというような、これは非常
に骨の折れる仕事でございますが、マテリアルズ・インテグレーションの出口のところでの何
かデータの使い方のところで、こういう例も参考になるかなというふうに思います。

右側はいわゆる情報に偏ったほうの話でございますが、これ、もう15分ぐらいたってしま
いましたので、2つだけ申し上げますが、CrossRefというのは、引用関係と予算に関する世界的
な情報の管理をしっかりやって、いずれインデックスといいますか、それぞれのラベルを見て、
世界がどう動いているかというのが見えるような情報のいわゆるコレクションをつくり上げた
というようなところがあると思いますので、一つの参考になると思います。

最後に、IMS Healthというところでちょっと関係しておもしろかったのは、こちらはナノの
話なので、ちょっとナノに関して申し上げますと、私はナノに関しては全く、いわゆるナノ
と言われるタイトルで予算をいただいて研究した経験がないので、よくわかっていないんです
が、なぜかナノに関するエシックスの国際会議に呼ばれて、欧米のナノのサイエンス・ア
ンド・テクノロジーの進め方というようなものをちょっと聞かせていただく機会があって、な
ぜ私が呼ばれたかよくわからないんですけども、ちょうどエシックスというか、哲学とか倫
理とか、ああいうところでいろいろ科学技術倫理みたいなことでいろいろ発言していたときに、
彼らもちょっとそういうところが大事だというので呼ばれたんだと思うんですが。

結局、薬は体の中に入ったときに体液とどういう相互作用をして、一体、体にどんな影響を
及ぼして、体に影響を及ぼしたときに、それが逆に新たな体液を分泌して、薬がどういうふう
に効いてくるかという。ナノの素材というのはシステムの中で定義されるような非常にダイナ
ミックな特性で、そここのところのまさにリスクとか、あるいはそのいろんな問題点が出たと
きに、どれだけ早くデータを使って次の対策をとるかという、そういう観点で、まさにデータ
そのものをどう活用しながら、今動いているといたしますか、既に確立した分野ではなくて、こ
れから使われるであろう薬とか何かそういったものについて、プロアクティブにどんどん戦略
をつくっていくという、そこでのデータの使い方、それは当然わかっているデータ、プラス、
そのシミュレーションプログラム、プラス、その他人工知能的な非常におしゃれないろんな手

法を全部駆使して、ポイントはプロアクティブに産業を維持するというような、そんなところがまさに一番気になっていて、そこでのルールのつくり方とか、そういうことからエシックスのところについてコメントを求められたということがございます。

IMS Healthというのは、これは1960年ぐらいからだと思うんですが、お医者さんのレセプトを全てデータで打ちこんでデータベース化しますと、患者さんのほとんど100%近い薬の使用のデータが全部、ある会社のPCなりあるいはデータベースサーバーの中に管理されていて、そういう状況でやっぱり次の新しい高分子系の薬のつくり方とか何か、あるいは、いわゆる在庫の補充の仕方も含めて、全部の情報がよくわかるようになって、その中でいわゆる高度化した物質材料の製造方法をうまく戦略的に使っていくというふうなところに展開を始めているなというふうなところがあります。

大体、以上で15分ぐらいなので、その後はご質問にお答えするような形でコメントさせていただきたいと思いますが、それ以降は大体、見ていただければわかると思うんですが、ポイントは、この例えば四角にマトリックスが入っているデータなんですが、20世紀に発表されたデータ全てを見ると、最後に1つのところでちょっとわかりますが、14ページのところを見ていただくと、国別に物質・材料がどんなふうの研究開発されているのかというのが見ることができまして、これを見ると、国の材料に関する科学技術戦略が何となく見えてきて、じっと見ていると、いろんなことが考えられると思うんですが、こういうふうにはほとんど日本の動向は、外からはまるで裸の状態で見えていますよというふうな感じが最近、非常にしております。

以上でございます。

○小長井座長 どうも時間が短くて申しわけございません。せっかくですから、25ページの提言というこの3項目を簡単にご説明いただけるとありがたいんですが。

○岩田教授 そんな観点で、まずこの発信側と受信側との情報格差の補完ということで、情報の発信側というのは、実験をやったり計算をやったり、あるいは解析をやったりした人たちのことを言っているんですが、彼らは、マニュファクチュアリングのラインの方もそうだと思うんですが、データを発信することには一生懸命でも、それをどう使うかということに関しては必ずしも余り上手に情報を発信していなくて、オリジナリティーだけにバイアスをかける余り、その材料といいますか、そのデータがどう使われるべきかという、そこいら辺のところのギャップがいろんな分野で、先端的になればなるほど大きくなって、せっかくのいいデータも十分には使い抜かれていないというふうな感じがありますので、今はインターネットの時代ですから、思いもかけないデータの使い方というのが必ずあるはずなので、そういう思いもかけない

イノベーションに向けた情報の蓄積の仕方、情報サービスの仕方というのも一番大事なかなというのが1番目です。

それから、2番目は、データをただ単に一つのデータ点として見ているだけだと、なかなかイマジネーションも湧きませんが、特に若い人がいろんなデータをいろんな角度で眺め回しているうちに、あるいはそのリンクの張られた応用分野を眺め回しているうちに、とてもおもしろいことが思いつくかもしれないので、人間のキュリオシティ・ドリブンのポテンシャルを、特に日本の若い人に対して成功体験をたくさん提供する必要があると思いますので、そのためにマテリアルズ・インテグレーションのデータというのは、若い人を刺激するための、一つの言葉で言えば、セクシーなデータセットを準備するというのがとても大事で、そこから何かが起こるのではないかというふうなことを感じます。

それから、最後のところは、そういう情報環境を、オープンデータ、オープンアクセス、オープンサイエンスのような格好で、オープンにしたほうがいい部分はオープンにして、世界中のいろんな英知が集まるような環境を素材のところでつくったらいんじゃないかなと。特に、材料の使い方に関しては、今、日本の地方を見てみますと、いろんなところで、多分、中国系の方と欧米系の方がグループになって、いわゆる落穂拾いなのか、いいものを探すのか、非常に上手に要素技術をピックアップして、自分の製品に使用しているようなグループをたくさん見かけますので、そういう意味でいうと、日本に目ききがいなくなった分、海外の人たちが宝物を探しに今まさにやって来ている最中で、そこでお渡しするよりは、インターネット上でオープンにして、そこから彼らがどういう価値をつけようとしているかというのを勉強して、一緒にやったり、あるいは先行してやったりというような、そういう次の戦略を立てることが必要だと思いますので、データプラットフォームの戦略的使い方というものもやはり日本国内で徹底的に議論したほうがいいのかなというふうに思います。

これ、いろいろデータのところは、その協力って書きました、昔からずっと付き合っておられた方と、MIを通してNIMSの門平さんともいろいろ、お若い方ですが、交流するようになりましたので、そうした方のご協力を得て作成しました。

どうもありがとうございました。

○小長井座長 どうもありがとうございました。この提言の部分がこの後の総合討論のテーマにもなるかなと思いました。

総合討論に移る前に、引き続いて、ICTワーキンググループにおいて検討した結果をちょっと簡単にご紹介いただいて、それからみんなで討論したいと思います。

それでは、事務局からICTワーキンググループのシナリオについてご説明いただければと思います。

○事務局（田中） お手元の資料1－5をご覧ください。

第5期の基本計画については、基本専調で検討されておりますが、その中に恐らく目出ししていくものとして、未来の産業創造とか社会の変革ということを科学技術イノベーションで起こしていこうということが現在検討されています。そういう中には必ずIoTとかビッグデータなどを活用して、ある産業領域をコンポーネントビジネスじゃなくて、システムビジネスとして見ていくこと、そして新たな付加価値のある産業構造に変えていこうということを念頭に、表題にあります「課題解決に向けたシステム化検討」ということで、そういうシステムという捉え方で検討しているということでございます。

このシステム化検討につきまして、ICTワーキングのほうでは率先して取り組んでおるところでございます、各戦略協議会・ワーキングの構成員の方々からいろいろご意見を頂戴して、そういった意見をベースにした実現方法を現在検討しているということでございます。今日は報告ということで、これもICTワーキングの構成員だけでは全然話せる話ではないので、今回はマテリアルズ・インフォマティクスについてまとめておりますけれども、今後一緒に議論をさせていただきたいと考えております。ICTワーキングは、ICTがどういった価値を創造するのかという観点のうち、このMIについては、社会経済活動へ貢献するための知の創造として取り組んでおまして、表紙に書かれた構成員の方々が集めたということでございます。

ページめくっていただきまして、2ページ目でございます。これはICTワーキングの資料から一部抜粋、マテリアルズ・インフォマティクス関係だけを抜粋させていただきましたけれども、赤枠で囲んでいるところ、ナノの1から15まで、これだけご意見をいただいているのは、こちらのナノ材ワーキングの構成員の方々から意見いただいているわけなので、これが1人1意見だとすると、10人の方からこれだけたくさんの意見をいただいたということで、ICTと一緒に何かをやらなければいけないという意識かなというふうに思っております。日本に強みがある材料関連産業のさらなる競争力強化や、日本が抱える課題の克服を支えるツールの開発として、非常に多くの提案があったマテリアルズ・インフォマティクス関連を今回は取り上げたと。ただし下書いてありますけれども、検討に当たって本来必要な利活用省庁を中心とする既存の検討状況、施策・予算化状況については十分踏まえてないということをご容赦いただきたいということで、今後、ナノ材ワーキングの構成員及び各省庁とも一緒になって議論

をさせていただきたいということです。

資料がちょっと前後して申しわけないんですけども、この資料の一番後ろの8ページ目を見ていただきたいんですけども、参考として、社会実装に向けて必要なことということで、要するに、まずありたい姿、具体的なことを想定して、これに向けて今見えている技術、見えていない技術、それから制度的なものをバックキャストして、実証研究をしていくと。ここにICTも一緒に入っていくというような検討手法をとってございます。

また、すみません、戻って申しわけないんですけども、3ページ目でシナリオ案ということで、そういう意味では、今回いろいろと意見をいただいたんですが、マテリアルズ・インフォマティクスについて具体的なありたい姿というのが、個別具体的に書かれた意見はなかったので、やはりICTワーキング構成員としては、社会課題の解決と産業競争力につながるシナリオというためには、何か1つを想起して、具体例からしてやっていかないと、データ集めというものも問題があるだろうということで、ここでは「100年もつ頑強なコンクリート（現状仮）」と書いていますけれども、そういったようなグランドチャレンジを設定して、そしてシナリオを書いているところでございます。ここでは新材料の発見がインフラの老朽化リスクの低減や防災・減災の実現につながり、最終的には輸出材としても貢献するといったような出口シナリオを描いております。

このためには、当然ながら材料探査のためには、ビッグデータの活用に向けた公開ルールというのもつくっていかねばいけませんし、既存のウェブ上の公開情報も含めた横断検索の環境を整えるということも必要となっております。今後、材料研究者とデータサイエンティストで協働して、何度も繰り返しをしながらやっていかなきゃいけないと。ただ、そのときも、マテリアルズ・インフォマティクス自身をつくるのが目的になってはいけなくて、例えばこの場合であれば、ステークホルダーになるのは国交省とか自治体、建設会社、材料事業者が一緒になって、こういうことに対してデータ集めからやっていかなければいけないんじゃないかという問題提起をさせていただきます。

次の4ページ目を見ていただくと、そういう意味では、ありたい姿からバックキャストして、マテリアルズ・インフォマティクスとして必要な構成要素をここで初めて収集しまして、そういうようなモデルをつくって解析をしていくと。ここには、今回、ナノ材ワーキングの委員の方から意見いただいた「仮想実験室」とか「やわらか検索」というような概念も取り入れて検討する必要があると考えております。いずれにしても、この頑健なコンクリートというのは一つの例でして、何か1つちゃんと社会課題を解決するというものを見据えて、マテリアルズ・

インフォマティクスはやっていかなきゃいけないんじゃないかというような提案になってございます。

以上です。

○小長井座長 ありがとうございます。

短時間にご説明していただいたので、必ずしも十分把握できたかどうかあれですが、今の点についてだけ、まずご質問を受けたいと思いますが、いかがでしょうか。100年もつ頑健なコンクリートということ为例に挙げて、このマテリアルズ・インフォマティクスのあり方等、まとめていただきました。こちらからの意見もかなり入っているようですけども。

○久間議員 岩田委員の最後の3つの提言は重要です。この提言内容にある産業界にとって役に立つマテリアルズ・インフォマティクスを構築するには、材料技術者がどこかのソフトウェア会社を使ってできる問題ではないと思います。先端的なICT技術、あるいはソフトウェアハウスではできないノウハウを有する機関から、アドバイスをいただきながら、ICTワーキングとの連携も本格的に考えいべきと思います。

○小長井座長 今のICTのほうからの報告について何かご質問ございます？ どうぞ。

○塚本構成員 質問というか意見なんですけど、ありがたい姿からバックキャスト、これはもちろん全く否定しませんし、そのとおりだと思うんですけど、さっき岩田先生からもお話があったように、思わぬ発見とか、いわゆるマテリアルズ・インフォマティクスというのは、ある種の新しい発想を生むようなところがありまして、そうすると、下手に出口を規制するよりも、あらゆる産業、あらゆる材料、その中の一つ的手段ですよ。そうすると、そこから大量のデータベースを見ながら、あるいは第一原理計算を横で計算しながら動いていると、ひょっとしたらこういう方向があるんじゃないかとか、多元系になればなるほど、ほとんど未知の世界ですから。バイナリアロイの世界なら簡単ですけども。

そうすると、そういう運営を前提にして、さっき岩田先生がおっしゃった、このインフォマティクスのデータベースにアクセスしている人がどういう目的で使っているかみたいなのをうまく吸い出して、そうすると、次のチャレンジがそちにあるんじゃないかとか、何らかの次の開発のヒントになるような運営をしないと、余り出口をがちがち決めてしまうと、はみ出したものはやらないみたいなことになってしまうので、そこは注意が必要だと思います。

○小長井座長 すみません、もう全体的な総合討論、自由討論に移ったというふうに理解したほうがよさそうですので、あとは自由にご発言いただければと思います。では、どうぞ。

○北村構成員 今までの討論は全くそのとおりだと思うんですけども、ということは、少し

北川先生の予測性がちょっと欠けていたというのにもかかわるんですけども、人材としてもちょっと日本には抜けている部分があるのと違うかという気がします。今のICTの場合、データや情報というと、材料屋さん、解析屋さんという感じがあるんですけども、これから人間が一番大きく関与すべきところは、全体像を見て何をターゲットにするかとか、あるいは今何を発見するかということでしょう。これは実は設計なんですよね。例えば、車を設計するときには、機能があって、それはどうつくってもいいわけなんですけれども、何かを組み合わせで機能にする。これはシステムを設計するという思想で、材料もそう考える必要があるんじゃないかと。

材料の機能に着目しているわけですから、それを材料と見ずに、もうこれはシステムだと。何といいますか、システム材料設計というか、材料システム設計というか、そういう人を育てる、あるいはそういう目を持つ人を育てる必要があるんじゃないかなと。それは日本には全く目がないわけではなくて、機能のシステムを設計する分野として自動車があったり、そういうようなもの、家電があったり、得意なんです。ただ、その材料、直接とはつながってなかっただけなので、うまくつなげることができそうな気がしますという、ちょっと感想みたいな意見です。

○久間議員 今の話は、3つの提言にも関係しますが、使う側からこういう温度、こういう強度で動作する材料が欲しいと問題提起をして、それに満足する組成の材料が回答として戻ってくる。こういうシステムを構築したいわけです。数理科学的に言うと、逆問題を解くということです。解決をするために、逆問題を解くためのアルゴリズムという巨大なデータベースを作る必要があります。単にデータを詰め込むだけではマテリアルズ・インフォマティクスはできません。理想的なマテリアルズ・インフォマティクスを完成するプロセスでは、人間の潜在能力を引き出す情報技術なども必要と思います。

○小長井座長 結局、第一原理の計算から応用まである程度把握した人が育ってこない、一貫通貫で語れる人っていないと思うんですけども。もちろん、今、大学教育の中でも分野融合で、材料をやっている人からデバイスをやっている人、いろいろな人を集めてやろうとしているんですけども、本当はそういう中から全部がある程度わかるような人が出てくると、もっとこういうのがうまくいくんじゃないかと。北村先生がおっしゃったようなことができるんじゃないかなと思うんですけどもね。

○北村構成員 デザイン学とか、そういうふうな俯瞰的なモデリングを一般化しようというふうな動きはありますし、京都大学もそれをやっているところがありますから、多分そういうふ

うな動きがもともになるんだらうなとは思いますが。

○小長井座長 ありがとうございます。

どうぞ。

○岩田教授 こういうマテリアルズ・インテグレーションみたいなプロジェクトの意味なんです、日本は少子高齢化で多分、これからどんどん人数は減っていくんですね。それで、若い本当に元気のいい研究者は、いずれにしても、ある比率はキープできるとしても、どんどん減って行って、そういう人材がどんどん縮小する中で、それぞれの人材のポテンシャルを最大限発揮できるような環境というのは、多分、逆問題とか設計問題とか、何か新しいものを発見するパターンが非常に大事で、そういうサクセスストーリーを横目で見ながら、深掘りしたい人は多分、いろいろなところにいると思いますので、深掘り型の人を上手にエンカレッジして、両方でやっていくというのが一番いいのかなというふうに思います。

前者のほうの典型的な例は、やっぱり米国、ソ連、軍事のミッション・オリエンテッドな素材開発のあれで、あれは幾つか事例がそれなりにオープンになり始めていますので、そこら辺のところを整理して、若い人にミッション・ドリブンでやるときはこうだというふうな感じで説明しながら、そのときにデータを見つけたり論文を見つけたり、いろんなことをする労力を最小限にして参入障壁を下げてやるというのが、若い人を元気つけるのにとってもいいのかなと思います。

○小長井座長 ほかにご発言いただける方はございませんか。どんな観点でも結構です。どうぞ。

○加藤構成員 今の岩田先生のお話みたいに、今まで天才が直感で見つけていたというところのものを、もう少しデータベース、ビッグデータを集めてつくろうということで、それはすばらしいことだと思いますけれども、そういう意味で、構造予測あるいは機能予測ということで、データの収集とそれから統合というだけでなく、予測というところにおいて多分、重要性が出てくるんだと思って聞かせてもらっています。

JSTさんの説明の中にありましたように、ここも多分、化学構造の計算によるデータを集めるというようなところがあって、かなりそういうところは、どんどんやって、とにかく予想できるものを、それがデータとしての統合された中に一応入ってくるというところ、そういうのをどんどんこれから進めていくのが重要なのかなというふうに思いました、私も。ちょっと感想です。

○小長井座長 ほかにいかがですか。

先ほど、岩田先生の話で、最初、太陽光発電のところ、昔、ズンガーがかなり第一原理計算をやって、あれで全部、材料が出ているのかと、要するに普通は思うのかもしれないんだけど、だけれども、ズンガーでさえもペロブスカイトという材料は予測できなかったんじゃないかなと。だから、やはりもちろんマテリアルズ・インフォマティクスも重要なんだけど、これは先ほど来話がありましたように、突発的にパッと出てくるというものはあるんですよ。だから、いろいろな挑戦的なことをやらなくちゃいけないということだろうとは思いますが、一度そういう材料構造がわかっちゃえば、また第一原理計算でどんどん進むとは思いますが、

○岩田教授 巨視的な解の探索とそれからローカルな最適化と、両方あるから。

○小長井座長 ほかにいかがでしょう。どうぞ。

○久間議員 構造材料に関しては、S I Pで岸先生がマテリアルズ・インテグレーションという研究開発を進めています。機能材料に関しては、科研費で京大の田中先生が、ナノ構造情報というプロジェクトが進められています。構造材料と機能材料の2つの研究開発があっていると思いますが、それぞれに対して、マテリアルズ・インフォマティクスあるいはインテグレーションを強化するために必要な細分化された研究項目があれば、提案していただきたいです。そういう枠組みをつくれば、各省の施策を誘導できます。日本として統一されたプロジェクトにすることが、アクションプランの役割だと思います。

○小長井座長 ありがとうございます。

いかがですか。ほかに、いろいろ元素戦略にかかわっておられる方とか、きょう、まだご発言いただいてない構成員の方とか、もし意見があれば。はいどうぞ。

○岡部委員 今日の議論は門外漢ですので勉強させていただくばかりですが、先ほど、北川先生がおっしゃっておられたように、日本人は、調べるとか掘り下げるのはとても得意だけれども、予測したりビジョンを示したりするのは不得意であるという点は、重要なポイントだと思います。これについては、私自身が海外へ留学したときに、気づかされたことのひとつです。MITの私の恩師が、私に指導して下さった点は、「まず夢を考えろと。その次は、(研究の)ビジョンを自分で考えろと。」さらに、「それを原点に、(実験などの)プランをデザインしろ。」と指導されました。(作業ベースの実験などを進めるよりも)ビジョンの設定が一番大事だと教えられました。私の場合は、チタンに関する夢があり、新精錬法についてのビジョンがありましたので、それをもとにレアメタルのプロセス設計というデザインを真剣に考えてきました。そこから各論に入り、研究を進めました。別の言い方をすると、ビジョンの設定

さえしっかりして、環境を与えたら、あとは、そこそこ優秀な学生、若手研究者でしたら、研究はどんどん進むということです。いま、若手に一番必要なのは、夢とビジョンを持つことで、これが今、一番必要な教育だと思います。この点は、皆さんが言っていることと多分同じだと思いますが、このような教育をこれから私たちは一生懸命やっていくべきだと考えています。

もうひとつ素人ながらに思ったことがあります。今日の話とは少し違うんですけども、私はこれから、ロボット産業が急速に成長すると思います。さらに、（車などの）移動体がさらに高性能化・高機能化していく。これらの産業に必要な材料づくりという、何か大きな夢を掲げて、専門家の方々はビジョンを何か提示すれば良いと思いました。あとは、それぞれが得意な分野でいろんなデザインをして研究の展開を行っていく。このような研究展開が若手を中心に推進できれば良いなと思った次第です。

○小長井座長 大体、今、かなりどんな分野でもいわゆるバックキャスト的な発想でできているかと思いますけれども。

ほかにご意見のある方ございますか。どうぞ。

○金子構成員 金子ですけれども。現場的な立場から、このマテリアルズ・インフォマティクスをどのように使っているのか？実情をお話しします。例えば、新しい機能を求めて、化合物の組み合わせを予測・計算する。何か機能が出た場合にその構造を予測し、分析・解析へと展開する。

そんな中で、例えば新しい材料を見つけようと思ったときに、先ほど塚本先生がおっしゃられましたように、計算すれば組み合わせが出てきて、そこから研究者がフィルターをかけるんですね。そのフィルターをどのようにかけるか？センスが重要になります。その組み合わせの可能性を見落とすか否か？どのような原理に基づくか？先生もおっしゃいましたけれども、計算のベースとなる材料やプロセスの知識・経験が必要で、全体俯瞰できるような研究者を育てることが課題になっています。

○小長井座長 ありがとうございます。

大体、時間なんですけど、まだご発言したいという方がありましたら、どうぞ。

○塚本構成員 既にJSTの資料で言及されているんですが、マテリアルズ・インフォマティクスと並行して、コンビナトリアルだとか、いわゆるハイスループットの実験技術ですね。これは結局は、当たり前ですけれども、理論化学と実験化学と計算化学、3つがきちっとそろわないとだめで、最終的にはやっぱり実験して実証しないとイケませんから、その実験するとき、いかにインフォマティクスがよくなって、ある予測ができて、でも、最後に実験するとき

にもたもたしていたんじゃないわけ、例えば、今既に半導体だとか何とかはコンビナトリアルはかなり進んできていますが、ケミカルの世界は案外進んでないんですね。ケミカルズな有機合成、ご承知のとおり、あらゆるものがひつつくわけですね、やりようによって。触媒反応も使えば、ありとあらゆるものがひつつく。だから、その無数にある組み合わせをどうやって早く実験するかというのは非常に重要な技術で、これは恐らく、そこらの実験技術そのものも一つの武器になると思いますから、並行して検討すべきじゃないかと思います。

○小長井座長 確かにおっしゃるとおりですね。一部、半導体的なものではコンビはかなり使われていますから、今まで100回、1,000回やったのが1回で済んじゃったりしますから、やっぱりそれは重要な方法ですね。

どうぞ。

○岩田教授 今の件で非常におもしろい実例が、米軍のライト・パターソン・エアホースベースでやっていたやつなんです、薄膜をつくるのに、データベースとシミュレーション結果とプロセスの解析と、さらにAI技術を使って、次にプロセスパラメータを変えるべき最適って、候補のプロセスパラメータのセットを出して、そこで収束性を圧倒的に高めるといって、そういうやり方を、これは1995年ぐらいですかね、目の当たりに見せてもらって、さすがストラテジックだなというふうに思った記憶がございます。

○小長井座長 それでは、もう時間になりましたので、議論は以上とさせていただければと思います。なかなかまとめるのは難しいところなんですけれども、やはり何といたっても人材ですね。いつもと同じだと思いますけれども、いかに人材を育てていくかというのが一番重要な課題になってくるかだと思います。

いずれにしても、本日議論した内容について、ICTワーキンググループから提案のあった内容も参考に、今後、各省庁と議論し、新たな施策に関して検討を進めたいと思います。

以上で本日の議題が終了いたしましたので、事務局から今後の進め方及び連絡事項をお願いいたします。どうぞ。

○事務局（守屋） 本日は活発にご意見出さいただきまして、ありがとうございました。

マテリアルズ・インフォマティクスに関しましては、先ほど説明でもありましたように、ICTワーキングの構成員あるいは各省庁のメンバーを集めた打ち合わせを設ける予定にしております。委員の先生でご都合がつく範囲でご協力いただけますと、非常に助かります。今後、ご案内を差し上げるようにいたします。

次回は3月17日火曜日開催を予定しておりまして、話題といたしましては、触媒に関する議

論が1つ残っております。それと、きょうの議論も踏まえた全体の総括をしたいと思っております。

なお、先日メールでご案内いたしましたけれども、3月10日火曜日、各戦略協議会・ワーキングで検討しております28年度以降取り組むべき課題などを踏まえまして、重要課題専門調査会の公開ワークショップを予定しております。何人かの構成員の先生から既にご出席の連絡もいただいております。ありがとうございます。当日はよろしく申し上げます。

その3月10日のワークショップに関しましては、きょうの議論も踏まえまして、また座長の小長井先生と私ども事務局のほうで資料等を作成させていただきますので、座長と私どものほうにご一任いただければと思っております。

事務局からは以上でございます。

○小長井座長 それでは、どうも皆さんありがとうございました。これにて閉会いたします。

午後3時02分 閉会