

## 構成員から事前にいただいたご意見

### **パワーエレクトロニクス（材料、デバイス、システム）**

大森 達夫様 4 ページ

波多野 瞳子様 7 ページ

### **磁性材料、希少元素**

岡部 徹様 10 ページ

宝野 和博様 13 ページ

### **構造材料**

北野 彰彦様 16 ページ

北村 隆行様 19 ページ

塚本 建次様 22 ページ

### **革新的触媒**

北川 宏様 25 ページ

松下 祥子様 28 ページ

### **全体俯瞰**

一村 信吾様 32 ページ

斎藤 史郎様 33 ページ

馬場 寿夫様 34 ページ

## ①今後取り組むべき課題について

お名前：大森 達夫 様

- ご担当領域：パワーエレクトロニクス（パワー半導体材料・デバイス、パワエレシステム）

※ 別添 AP 資料の対応ページ：7 ページ～10 ページまでの該当部分

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料）、「技術ポテンシャルマップ」（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

1) パワーエレクトロニクス（パワー半導体材料・デバイス、パワエレシステム） に関して、今後新たに取り組むべき課題

（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

1)パワーエレクトロニクスに関して今後新たに取り組むべき課題に関して

(1) AP 資料、技術ポテンシャルマップの記載内容が、磁性材料、希少元素、次世代モータ関連、次世代半導体、モジュール関連であるが不十分と思われる。

例えば、パワーエレクトロニクスの主な応用分野は、モータコントロールと電源制御であり、技術階層は、「アプリケーション（応用分野）」「システム」「インバータ」「制御・回路」「モジュール（実装・パッケージ）」「パワーデバイス」「受動部品・部材」「ウエハ」「基盤技術」であり、応用分野の出口をターゲットにして各階層での重要課題の洗い出しとその重要度に応じた連携や取組を考えるべきと考える。

(2)具体的な応用分野の項目として、

①今後拡大が期待される車載応用を出口に次世代モータとそのコントロールのためのパワーエレクトロニクス技術開発（インバータ、制御・回路、モジュール、次世代パワーデバイス、部品・部材、ウエハ、基盤技術の各階層で検討する）と、

②今後必要性が大きくなる風力発電や太陽電池等の自然エネルギーの電源システムをより有効にコントロールするのに必要な次世代パワーデバイス開発とパワーエレクトロニクス技術開発が考えられる。

③基盤研究の深化によるイノベーションの芽の探求のため、新材料（SiC、GaN、ダイヤモンド、Ga2O3 等）の基礎物性の解明と新材料による次世代パワーデバイスの基礎的な現象評価、メカニズム解明とその体系化および Si とは異なる次世代パワーデバイスの特性を生かす回路や制御などのパワーエレクトロニクス技術研究

2) ナノテクノロジー・材料技術全般に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

1)ナノテクノロジー・材料技術全般に関して今後新たに取り組むべき課題に関して

(1)技術ポテンシャルマップは、デバイス、材料、基盤技術の分類で記載されていて網羅的抜けなく検討されていると思われる。

今後、具体的な応用分野の出口をターゲットにして、開発すべき課題とその目標・時期の再検証を行う必要がある。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前: 大森 達夫 様

- ・ご担当領域: パワーエレクトロニクス（パワー半導体材料・デバイス、パワエレシステム）
- ・ご担当の施策: 【連携施策】次世代パワー半導体デバイスの開発（工・経 15 ; 工・文 13）  
(別添 AP 資料の対応ページ : 7 ページ～10 ページまでの該当部分)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

1) 重点的取組”(4)革新的デバイスの開発による効率的エネルギー利用”（パワーエレクトロニクスに関連する部分）及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要なとなるポイント（着眼点）

- (1) パワーエレクトロニクスは、基礎研究や材料物性、パワー半導体チップ、受動部品、パッケージ・実装、回路、アプリケーション（機器）の各階層から構成され、各府省の施策を進めるときにも、各階層の部分最適に陥ることを避けることが重要である。  
このために、応用分野での出口を考えたターゲットを決め、これに向かっての施策内容になっているか、実施組織連携も過不足ないかの検討を行い、全体を見渡した上で最適を追求する施策内容と研究開発体制を構築する必要がある。
- (2) 各府省の施策内容については、全体を俯瞰した図（全体像の見える化）をつくり、世の中に広く展開するのに重要な施策が過不足なく、かつ連携しつつ体系的に計画されていて、目標・マイルストーン・予算・実施形態が十分かの検証を関係府省と行って、より良い計画にすべきである。

## ①今後取り組むべき課題について

お名前：波多野 瞳子 様

- ご担当領域：パワーエレクトロニクス（パワー半導体材料・デバイス、パワエレシステム）

※ 別添 AP 資料の対応ページ：7 ページ～10 ページまでの該当部分

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料），“技術ポテンシャルマップ”（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

1) パワーエレクトロニクス（パワー半導体材料・デバイス、パワエレシステム） に関して、今後新たに取り組むべき課題

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

② の「平成 26 年度アクションプラン特定施策」の記載と重複しますが

- (1) パワーエレクトロニクス分野と ICT 分野の融合の研究開発を世界に先駆けて行うことにより、新機軸のイノベーションと新産業の創出が可能になると考える。例えば、発電から消費までの効率を最大化する、あるいは安全性の高いスマートグリッドの構築には、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の組み込み等が有効であると思われる。このような融合分野には、各府省間の連携が有効であろう。またグローバル展開のための技術開発段階からの国際標準化、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考える。
- (2) パワーデバイスに関しては、従来のように半導体材料(Si,SiC,GaN など)ごとに個別のプロジェクトを進めるのではなく、将来の世界市場とニーズを予測して応用分野を明確化し、それに必要なシステム、回路、モジュール、デバイス、材料、の目標性能を定め、共通基盤技術として強化していくことが重要と考える。また従来、「研究」としてはそれほど重要視されてこなかった、回路、モジュール、デバイス、材料レイヤーでの評価技術、信頼性技術(加速試験なども含む)、シミュレーション技術(熱も含む)、トレーサビリティ(安全性が主な目的)、などを構築することにより、信頼性の高い日本のパワーエレクトロニクスのポジションを維持し、発展させることが大切である。また「基板」は、パワーデバイスのコスト比率が大きいので、長期的な戦略で研究投資を行う必要がある。

お願いしたいこと：連携テーマの候補は既にスタートしているが、詳細な情報をいただきたい。またこれら 2 テーマ以外にも研究開発投資されているパワーエレクトロニクスへ関連テーマがございましたら、参考になりますのでお教えいただきたい。

2) ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

技術ポテンシャルマップには、縦軸はレイヤー、横軸は出口とイメージする府省がとわかりやすく分類され、府省連携をイメージしやすいマップになっている。このマップをベースに、府省、産官学の枠を超えた横断型のテーマを設定することは重要である。さらにまたグローバルなイノベーションや産業を創出できるかを判断するためにも、主な国の重点課題研究とのベンチマークなど有効と考える。

・ナノテクノロジー・新材料のプラットフォーム技術(基盤的技術に分類されている)は、次世代インフラ・復興再生戦略協議会や医療分野でも検討すべき内容も含まれていると思われる。これら議論を進める重要施策のアクションプランにも、適宜取り入れていくべきと考える。これにより、基盤的技術の研究投資への集中と選択も進むと考える。

・長寿健康に関する特に医療を出口とした分野では、健康・医療戦略推進本部が決定することであるが、特に医療機器や計測などでナノテクノロジー・材料技術の展開が差別化技術や製品手口につながる可能性が大きく、検討すべきであると考える。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前：波多野 瞳子 様

- ・ご担当領域：パワーエレクトロニクス（パワー半導体材料・デバイス、パワエレシステム）
- ・ご担当の施策：【連携施策】次世代パワー半導体デバイスの開発（工・経 15；工・文 13）  
(別添 AP 資料の対応ページ：7 ページ～10 ページまでの該当部分)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

1) 重点的取組”(4)革新的デバイスの開発による効率的エネルギー利用”（パワーエレクトロニクスに関連する部分）及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要なとなるポイント（着眼点）

①の「今後取り組むべき課題について」の記載と重複しますが

グローバル展開のための技術開発段階からの国際標準化、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考える。このためにも、下記のように出口を明確にした横断的な研究開発が重要である。

パワーデバイスに関しては、従来のように半導体材料(Si,SiC,GaN など)ごとに個別のプロジェクトを進めるのではなく、将来の世界市場とニーズを予測して応用分野を明確化し、それに必要なシステム、回路、モジュール、デバイス、材料、の目標性能を定め、共通基盤技術として強化していくことが重要と考える。また従来、「研究」としてはそれほど重要視されてこなかった、回路、モジュール、デバイス、材料レイヤーでの評価技術、信頼性技術(加速試験なども含む)、シミュレーション技術(熱も含む)、トレーサビリティ(安全性が主な目的)、などを構築することにより、信頼性の高い日本のパワーエレクトロニクスのポジションを維持し、発展させることが大切である。

また「基板」は、パワーデバイスのコスト比率が大きいので、長期的な戦略で研究投資を行う必要がある。

このような府省連携による統合的な研究開発の取り組みが進めば、パワーエレクトロニクスが活きるスマートグリッドへの応用などに関しても、出口が各府省に分かれることなく、総合的なメリットや新たなビジネスや市場が得られると期待する。

体制に関しては、今まで以上に産業界がリードして、国内だけでなくグローバルに必要なシステム(出口)を示すことが重要である。このためには、世界のエネルギー事情や政策をいち早くキャッチする必要があり、人文社会経済系分野との連携も必要である。

また産官学の相互の人材の流動(現在は産業界から大学への人材流動はあるが、逆はほとんどない。米国では相互の流動性が進んでいると思われる)も、真の産学連携を進めるために重要である。

## ①今後取り組むべき課題について

名前: 岡部 徹

- 担当領域: パワーエレクトロニクス（磁性材料、モーター、希少元素）

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料），“技術ポテンシャルマップ”（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

- 1) パワーエレクトロニクス（磁性材料、モーター、希少元素） に関して、今後新たに取り組むべき課題（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

日本の製造業が得意とする高性能製品の製造には、超高性能磁石や高機能エレクトロニクス素子などの基幹部品の開発は不可欠である。こうした意味では、今後も技術革新により新規なデバイスの研究と開発が重要となるであろう。

特に、日本は、磁石や電池、各種エネルギー変換デバイスの開発においては、世界をリードしてきたが、今後も日本の製造業が高い産業競争力を維持するためには、これらの開発には重点的な投資が必要であることは議論の余地はない。

新規かつ高性能なデバイスの多くは、希少なレアメタルが使用される場合が多い。このため、資源的に希少性が高いレアメタルの使用量は極力低減する技術開発も重要である。一例をあげると、高性能磁石の製造に必要なジスプロシウム（Dy）、触媒や各種電極に必要な白金（Pt）など、資源供給量および供給国に大きな制約があるレアメタルについては、代替技術や使用量削減技術の開発が重要となる。

さらに、製造工程から発生するスクラップや寿命を終えた製品のスクラップからこれらのレアメタルを分離、回収して循環利用する新技術や関連する環境技術の開発も重要である。

2) ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

日本のレアメタル素材市場規模は、3.3兆円規模（2008年）である。しかしレアメタル素材を使用するハイテク産業の市場規模は電子材料（9兆円）、電子デバイス（47兆円）、セット機器（141兆円）と、川下の産業に進むにしたがって急激に拡大する。

日本の電子デバイス産業やそれらを使用したハイテク機器産業が今もなお強い国際競争力を維持できる一つの理由は、これらの産業の基盤となる川上の素材産業の競争力が強いからである。とくに、電子材料用として不可欠であるレアメタルをはじめとする高性能材料の製造において、高度な製造技術を有していることが、日本の産業競争力が強い大きな理由の一つとなっている。

日本は、今後も付加価値が高いレアメタルをはじめとする高性能材料の生産大国、技術“超”大国として世界をリードし続けるであろう。しかし、多くのレアメタルの資源は偏在しており、中国や南アフリカなどの特定国に産出国が偏っているため、資源セキュリティという観点からも、レアメタルの消費大国である日本は、レアメタルの効率の良いリサイクル技術の開発と社会基盤の整備を進める必要がある。

また、日本ではあまり知られてないが、海外では鉱物資源の採掘や製錬に伴って深刻な環境破壊が進行している場合も多い。このため、これらの環境破壊を低減するための環境技術の開発も重要であり、代替材料の開発、使用量削減技術、リサイクル技術等とあわせて、総合的かつ長期的に取り組む必要がある。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

名前：岡部 徹

- 担当領域：パワーエレクトロニクス（磁性材料、モーター、希少元素）
- 担当の施策：次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術（工・経 30）  
希少金属代替材料開発プロジェクト（工・経 37）  
(別添 AP 資料の対応ページ：7 ページ～10 ページまでの該当部分)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

- 重点的取組”(4)革新的デバイスの開発による効率的エネルギー利用”及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要なポイント（着眼点）

レアメタルの需要は、次世代の自動車の需要や航空機産業が発展するに伴い、今後も着実に増大する。さらに、グリーンイノベーションに不可欠な太陽光発電、風力発電、電力貯蔵、省エネ高性能電子機器の製造には、多種多様なレアメタルが必要であるため、ハイテク産業や、省エネ技術を基盤とする新しい産業にレアメタルは必須であり続ける。

レアメタルは、ハイテク製品や省エネルギー製品に不可欠な素材であるが、鉱石の採掘や製錬に大量のエネルギーを消費し、多くの場合、環境破壊をもたらす。日本は、これらのレアメタル原料をほぼ全量輸入している。したがって、原料輸入節減のためには、リサイクルによって原料供給の一部を賄う取り組みが重要となる。また、レアメタルをリサイクルして有効利用する技術は、資源セキュリティという観点から重要視されるだけではなく、レアメタル資源を保全し、採掘や製錬による環境破壊を食い止める環境技術という側面を有する。

レアメタルのリサイクル技術は、環境保全・省資源・省エネルギーという観点から、グリーンイノベーションのコア技術である。今後も日本がハイテク製品、省エネルギー製品、さらには環境技術を売り物にして、技術先進国として国際的な地位を確保し続けるためには、レアメタルの環境調和型のリサイクル技術に関する研究分野において世界をリードし続ける必要がある。

今後は、省資源・省エネルギーに関連するグリーンイノベーション産業が発展するであろう。そのコア技術となる基盤材料開発の重要性は議論の余地はないが、デバイスの高性能化と同時に、希少なレアメタルの使用量の削減、代替材料の開発、さらには、使用後の製品からの有価金属のリサイクル技術の開発も重要となる。

## ①今後取り組むべき課題について

お名前：宝野 和博 様

- ご担当領域：パワーエレクトロニクス（磁性材料、モーター、希少元素）

※ 別添 AP 資料の対応ページ：7 ページ～10 ページの該当部分

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料），“技術ポテンシャルマップ”（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

1) パワーエレクトロニクス（磁性材料、モーター、希少元素） に関して、今後新たに取り組むべき課題（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

**永久磁石：**次世代電気自動車（ハイブリッド・燃料電池車）用モータ用磁性材料開発、特に希少金属フリーの永久磁石材料開発、は現在工・経 30 や元素戦略 PJ などの国プロによって取り組まれており、磁石材料分野では産学で成果が出始めている。現在の進捗状況を見る限り、2020 年までに完全 Dy フリーのネオジム磁石の実用化は可能であるように予測される。同時に非ネオジム系磁石（例えば SmFeN 系など）の実用化の研究が平行して推進され、それらが一定の成果を挙げれば、資源的には豊富な軽希土類元素の Nd と Sm をバランス良く活用した自動車用磁石のニーズは満たされて行くものと予想される。

**新規磁石材料探索：**学術的には豊富な元素を用いた新規高性能磁石化合物の発見が望まれるが、新規化合物の探索非常に挑戦的で、当面磁性理論の発展を待つしかない。計算科学の発展により、元素を入力することにより、すべての熱力学的安定相を予測し、それらの磁気物性（有限温度における結晶磁気異方性、飽和磁化、キュリー点）が予測できるようになれば、新規磁石物質探索が可能になろうが、これはとりもなおさず物質科学と計算科学の飛躍的な進展なくして実現できない。

**軟磁性材料：**自動車用モーター、リクトル、パワーネ用インダクター用軟磁性材料開発も省エネという観点からは必要であるが、磁化が物理限界に近づいていることもあり、軟磁性材料分野での飛躍的な革新は難しい。柱状トランジンやコア財にはアモルファス軟磁性材料やナノ結晶軟磁性材料も使われているが、モーター用には大量生産・低コスト。打ち抜き性能から珪素鋼板以外の選択肢がない。現行材料よりも高 Bs 化、低鉄損を持ち、価格的にも珪素鋼板と競合できる材料開発の可能性はないのか？鉄損の低い液体急冷箔帯をモーター応用に使える可能性がコスト的にあり得るのかどうかを応用サイドから検討しなければ、応用につながる軟磁性材料の研究は難しい。

**磁気記録材料：**省エネという観点からは磁性材料・磁気デバイスの貢献できる重要な分野としてハードディスクで代表されるデータストレージ分野がある。データストレージ量の爆発的な増大に伴い、最近ではデータストレージにおける電力使用が急速に伸びている。データセンターの消費電力の約 50%を占めるハードディスクドライブ(HDD)の使用電力を押さえ込むこと、つまり HDD の記録面密度を高くすることは消費電力の大幅な低減に繋がる。記録密度を現行よりも 1 行向上できれば、HDD 台数の縮減や小型化が進み、データセンターの消費電力を大量に節約できる。HDD の記録密度の向上は磁気工学の集大成であり、磁性分野で高い水準の研究者人工の多い我が国で、エネルギー・アシスト磁気記録など次世代磁気ストレージのイノベーションを成功させると、衰退しつつある国内のストレージ産業を再度新規

磁気ストレージデバイス開発で復活させ得るというシナリオも書ける。垂直磁気記録方式による記録密度の向上はほぼ飽和しており、新方式の高密度磁気記録に推移できるかどうかが今後のデータストレージに大きなインパクトを与える。

**磁気熱応用**：現在はまだ萌芽段階であるが、磁性を応用した省エネルギーの可能性として、磁気熱応用がある。例えば、フロンガスを必要としない磁気冷凍技術、スピニゼーベック効果や異常ネルンスト効果を応用した熱・電圧変換（スピニカロリトロニクス）など、まだその実用的価値については未知であるものの、新しい原理に基づく熱電変換技術として基礎研究支援に値する分野もある。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前：宝野 和博 様

- ・ご担当領域：パワーエレクトロニクス（磁性材料、モーター、希少元素）
- ・ご担当の施策：次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術（工・経 30）  
希少金属代替材料開発プロジェクト（工・経 37）

（別添 AP 資料の対応ページ：7 ページ～10 ページまでの該当部分）

H26 年度アクションプラン（AP 資料）をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

- 1) 重点的取組”(4)革新的デバイスの開発による効率的エネルギー利用”及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要となるポイント（着眼点）

次世代電気自動車（ハイブリッド・燃料電池車）用モータ用磁性材料開発、特に希少金属フリーの永久磁石材料開発、は現在工・経 30 や元素戦略 PJ などの国プロによって取り組まれており、磁石材料分野では産学で成果が出始めている。自動車用としては、永久磁石のみならず、モーター、リアクトル用の軟磁性材料開発も同時に進める必要があるが、磁気特性が物理限界に近づいていることもあり、軟磁性材料分野での飛躍的な革新は難しく、用途に応じて特性をチューニングした軟磁性材料開発が必要である。そのためには産側からモーターの高効率化やパワーエレクトロニクスに必要とされる軟磁性材料の仕様を学側の研究者に明確に示す必要がある。モーター用磁石についても、例えば米国では磁束密度は高いが原理的に保磁力向上が不可能なアルニコ系合金磁石の開発が進めているが、その理由としてモーター設計を変えればそのような磁石にも可能性があると主張している。しかし、そのようなモーター設計が成り立たなければ、その材料に用途は期待できない。このように、モーター設計者と材料開発者がより密な連携をとり、どのような材料特性をゴールとするのかを正しく設定しなければ、モーター用磁性材料研究の方向性を定めることが困難である。

現在の AP では文科省基礎研究、経産省応用研究という仕分けがあるようと思えるが、それらの PJ 間の情報共有や橋渡しが十分に行われているように思えない。研究組合内での各企業間の情報公開・共有がなされておらず、経産省系巨大 PJ 内の動きが学側から見えない。基礎研究を経産省側プロジェクトで活用するためにガバニングボードを設けるとされているが、実務者レベルの交流で産側のニーズや技術的課題が基礎研究に従事する学側研究者に適格に伝えられる仕組みの構築が必要であろう、Pre-competitive stage にある挑戦的かつ重要な課題は大胆にオープンにしなければ、研究ポテンシャルの高い学側の基礎研究を活用しきることができない。

## ①今後取り組むべき課題について

お名前: 北野 彰彦 様

- ご担当領域: 構造材料

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料），“技術ポテンシャルマップ”（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

### 1) 構造材料に関して、今後新たに取り組むべき課題

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

- さらなる価値の創出

長期耐久性・信頼性の実証、現場（工場外）工法

- ものづくりの競争力

補修（修理含む）・補強、リサイクル技術

裏プロセス技術（回収／廃液・排水、副産物、廃ガス、プロセスマネナンス等々）

- 新領域への挑戦

海洋（船舶、メガフロート、基地）向け構造材料

3D 造形技術との融合（特にレーザー、接合）

2) ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

・ライフイノベーションとの融合

( e x . 生体適合材料、歩行補助器具など)

・極限環境への挑戦

( e x . 深海・宇宙、ロボット・無人、バイオミミック、大災害)

・長期耐久性、安全性（有害性、安定供給含む）実証

・製造プロセス、回収の明確化（R & B D／トータルで考える）

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前: 北野 彰彦様

- ・ ご担当領域: 構造材料
- ・ ご担当の施策: 【連携施策】 革新的構造材料の開発 (工・文 14、工・経 16、工・文 10)  
(別添 AP 資料の対応ページ : 11 ページ～14 ページ)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

1) 重点的取組”(5)革新的構造材料の開発による革新的エネルギー利用”及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要となるポイント（着眼点）

1. 司令塔・権限の明確化

2. 情報集中による徹底した現状分析／PJ の意義の定期評価・点検

人事交流（融合・総合力、ドリームチーム）、環境変化（資源、規制、安全性など）、

3. SC 設定によるテーマ運営／方向付けと戦力配分

競合（既存）技術の徹底分析・比較、知的財産の重視・強化、下振れ対応

パイプラインマネジメント、スケジュール管理

## ①今後取り組むべき課題について

お名前：北村 隆行 様

- ご担当領域：構造材料

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料）、「技術ポテンシャルマップ」（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

### 1) 構造材料に関して、今後新たに取り組むべき課題

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

- 構造部材の使用条件は多様であり、疲労や腐食など材料の劣化・破壊現象の多様性や複雑性に関する研究も必要である。構造材料は、「材料創製」「劣化や破壊現象の理解」「欠陥等の観察評価」「予測（シミュレーション）等による安全確保」の各段階すべてがバランス良く開発されるべきである。

中長期的

- ナノテク材料も、製造・加工過程を考慮すると、機能だけではなく構造材（強度や加工性）としての位置づけも含める必要がある。

2) ナノテクノロジー・材料技術全般に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

#### 中長期的

・分野によると思われる：挑戦的新規機能開発のための基礎研究も大切であるが、サステナビティや廃炉等のための基盤研究も重要である。

（医療に例えて言うと、難病克服や iPS のようなブレークスルーの基礎的研究も大切であるが、成人病克服のような基盤的研究も重要である。適切なバランスが大切と思う。）

・研究・開発リーダーの養成も大切であるが、多くを占める中堅技術者の潜在力拡大（周辺基盤知識の興味拡大）が新規技術の進展に重要である。

・ メタマテリアル等のナノスケールの構造設計による新奇機能材料の開発（マルチスケール・マルチフィジックス材料）も有望である。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前：北村 隆行様

- ・ご担当領域：構造材料
- ・ご担当の施策：【連携施策】革新的構造材料の開発（工・文 14、工・経 16、工・文 10）  
(別添 AP 資料の対応ページ：11 ページ～14 ページ)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

- 1) 重点的取組”(5)革新的構造材料の開発による革新的エネルギー利用”及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要となるポイント（着眼点）

- ・[工・経 14]の研究内容（資料 13 ページ）は、対象が構造材料ではないように思われる。構造材料としての意味を明確にされたい。また、対象が輸送機器ではないように思われる。
- ・輸送機器の構造部材として実用に供するためには、「コスト」（製造、加工、維持）の観点も重要なとなる。
- ・電子論等のミクロな解析・評価[工・文 14]は、実用材料の寸法[工・経 16]と乖離が大きいことが懸念される。マルチスケールの視点など、両者の連携を密にするための工夫が必要である。

## ①今後取り組むべき課題について

お名前: 塚本 建次 様

- ・ ご担当領域: 構造材料

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料），“技術ポテンシャルマップ”（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1)、2) についてご意見をお願いします。

### 1) 構造材料に関して、今後新たに取り組むべき課題

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

新たな構造材料として、Al, Mg, Ti 等の新合金開発が設定されているが、いずれの金属系も合金技術は限界にきており、革新的と言えるような合金開発は無理ではないか。 合金開発に過大な期待をすべきではないと考える。 LPSO 構造の Mg 合金が唯一革新的材料開発と言えるが、実構造材に適用するためには、合金開発よりも新材料の接合や加工技術の可能性を先に十分検討しておかないと、使い道の限定されたものにしかならない。 更に本技術はまだまだ学術レベルで検討すべきフェーズと考える。

革新的と言えるものはコンポジットが中心となるが、コンポジットに関しては、材料設計は当然としても、それ以上に製法、品質保証、各部材適用の設計データ蓄積、非破壊検査など材料開発そのもの以上に検討する時間が必要。 更にはリサイクルを含めた廃棄までの技術開発を同時に進める必要がある。

2) ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

出口指向は重要であることは論を待たないが、一部のナノテクに関してはまだまだ技術黎明期であり、過度の出口指向はかえってマイナスとなりうる。 例えば、ナノカーボン、PCP・MOF、量子、スピノンなどは様々なトライアンドエラーの中から、新たな出口を探る段階であろう。 従って、ナノテクも出口を設定して進めるものと、まだまだ基礎技術としてポテンシャルを高めるフェーズのものとは別に取り扱うべきである。

上記した、いくつかのナノテクは、出口を絞らず複数のインキュベーションを並行して推進すべきと考える。

ナノテクの社会受容に関しては、常に一定の予算を確保し、技術の進展に従って、常時安全性の評価とそのデータベース拡充、評価プロトコルの標準化、ナノの定義などを国が主導して進めるべきである。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前: 塚本 建次様

- ・ ご担当領域: 構造材料
- ・ ご担当の施策: 【連携施策】 革新的構造材料の開発 (工・文 14、工・経 16、工・文 10)  
(別添 AP 資料の対応ページ : 11 ページ～14 ページ)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

- 1) 重点的取組”(5)革新的構造材料の開発による革新的エネルギー利用”及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要となるポイント（着眼点）

目的とするエネルギー利用効率化の具体的指標をまず決めることが重要。車の燃費規制を示したマスキー法のように、未達製品への課税等を明示することで、技術・製品開発は加速する。

大学、民間企業との連携に関しては個々の技術開発以上に権利化を確実に進める必要があるが、日本の各大学に分散する個別技術を統合、包括管理するパテントプールの仕組みが必要。

(金太郎飴的研究の進展での技術分散の統合が必要なのは本課題に限らない)

また、大学発の特許出願に関しては、国内特許に留まることなく、グローバル展開を視野に入れた、特許出願政策が必要。下手に国内特許だけを出願して放置されると、マイナスとなる。

社会実装の前提となる安全性、品質保証、廃棄リサイクルなどを並行して進める事が重要。とかく後回しで結果として、社会の負の遺産とならないようにすべきである。

### ①今後取り組むべき課題について

担当領域: 革新的触媒

#### 1) 革新的触媒に関する、今後新たに取り組むべき課題

大気中の二酸化炭素の平均濃度は 400ppm に達した。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第 5 次評価報告書では、温暖化は人間活動の可能性が極めて高く、温暖化を抑えるためには温室効果ガスの自主的な削減が必要と警告している。一方、アメリカで採掘に成功したシェールガスにより、化学品の炭素源は石油から天然ガスへと移行している。可採年数は石油が 40 年であるのに対し、天然ガスは 200 年を超える。石油化学工業からガス化学工業へまさに移行している。

ガス化学工業で対象となる原料ガスは、窒素、酸素、二酸化炭素、シェールガスに含まれるメタン、エタンなどのユビキタスガスで、今後これらから有用な基礎化学品を製造することになる。

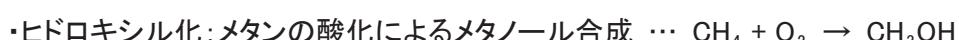
##### (1) 二酸化炭素を炭素源とする合成ガスの製造と基礎化学品への展開



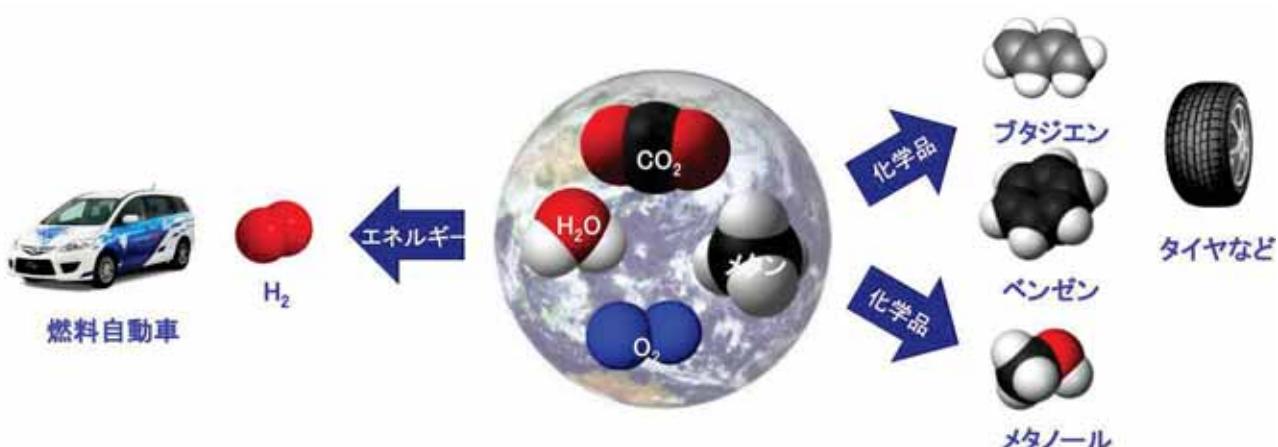
##### (2) 天然ガスから合成できないブタジエン、BTX(ベンゼン、トルエン、キシレン)の製造



##### (3) 夢の酸化反応:



シェールガスの台頭、炭素源としての二酸化炭素の利用、今後の水素社会を見据えた水素需要の観点から、特に(1)と(2)の反応は工業的な価値が高い。



従来の触媒でこれらの化学品を製造するには、選択率、転化率、エネルギー消費の観点から、革新的触媒が求められる。従来のバルク金属触媒にない特異的な性質がナノ触媒で期待されている。

##### (1) 原子レベルで混合(固溶)したナノ合金触媒による高い反応特性

##### (2) 貴金属代替ユビキタス金属ナノ触媒によるコスト低減

(3) 電子の供与・吸引性をもつ助触媒元素とのナノ合金触媒による活性化エネルギーの低減

(4) ナノ細孔との複合化による活性化エネルギーの低減

これらのナノ触媒は、現行の設備をそのまま利用できるため、プロセス変更のみで新たな設備投資がないことに大きな特長がある。

## 2) ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題

(1) ナノ金属(酸化物)複合触媒

グリーンナノテクノロジー研究開発領域では、空間空隙構造材料に担持したナノ金属(酸化物)の複合触媒システムの構築が挙げられる。多孔性配位高分子のように空間空隙の構造を分子設計で自在に制御することができる材料は、その細孔に反応物、中間体あるいは生成物の親和性に応じて閉じ込めることができる。細孔内にナノ金属(酸化物)を担持させれば、所望の物質をエントロピー一分の活性化エネルギーを低減させて合成することができる。今後、コモディティー製造からファインケミカルスの製造へ移行する上でキーとなる触媒システムになる。

(2) 神経伝達物質の徐放

バイオナノテクノロジー研究開発領域では、今後脳科学への利用が考えられる。近年の脳科学の進歩は著しく、とりわけ神経科学は目覚ましく発展した。神経伝達物質は記憶やこころを司る物質としてその働きが調べられている。外部刺激で応答させ、ナノ細孔から神経伝達物質である一酸化窒素を徐放するシステムが確立している。神経伝達物質を制御することにより、記憶や脳疾患の解明につながることが期待されている。

(3) イオン伝導体

また、ナノエレクトロニクスの研究開発領域では、ナノ細孔内をイオン電導させるシステムが有望視されている。高温低湿では著しく導電度が低下するナフィオンの欠点を克服する特性を有する。燃料電池、センサー、アクチュエータなどへの応用が検討されている。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

担当領域:革新的触媒、担当の施策:革新的触媒技術の開発(工・経 26、工・文 06、工・経 11)

3) 府省間、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関する重要となるポイント(着眼点)

(1) リーダーの不在

我が国の化学産業界には、世界潮流を理解し、将来を展望し、方向性を判断して迅速に行動できるリーダーが多くないために、トップランナーを走ることができない。シェールガス革命では、欧州、南アフリカの化学メーカー、石油メジャーがいち早くアメリカでエチレンプラントを建設し進出した。日本の化学企業はナフサによるコモディティーが収益の半分近くあるにも拘わらず手を打つことなく方途を見失っている。代替

のファインケミカルスもない。

## (2) 産学官の協業と執行責任者と担当者の設置

産はやれること、学はやりたいこと、官はやるべきことに指向するなかで、3 者が協議してビジネスモデルと世界戦略のロードマップを作成することが望まれる。事業化に向け執行責任をもつ担当者を決め、プロジェクトを運営する。執行責任者にはその責務への相当の対価を保障する。プロジェクトでは後手に回る材料の安全性評価、新規物質の判断と登録、関連する法律への対応、特許戦略、品質保証、規格作成、スケールアップ、世界標準の企画などの担当者を置く。製品について、科学パフォーマンスがよいが経済パフォーマンスは程々であるようなことに陥ることは避けなければならない。

## (3) 日本企業における開発力の低下

日本の産業界の現状では、新しい技術に対する貪欲さが欠けている。この点で、中国、韓国に負けている。基礎研究の徹底的な深堀無くして、イノベーションはあり得ない。大学をはじめとする研究機関の基礎研究開発力の徹底的な支援無くして、日本の将来はあり得ない。

## (4) 革新的触媒に関わるプロジェクトの偏在の解消

3.11 震災後、出口志向の強いプロジェクトの割合が増している。出口志向が強い(目先の成果を優先する)ために、既存の技術の寄せ集めで目標達成しようとするケースが多く見られる。イノベーションに必ずしも上手く繋がるとは言えず、この点がイノベーション創出に関しては極めて危険な状況に日本は陥っていると言える。その一方で科研費などのボトムアップ型の研究は萌芽研究としては大きな成果を出している。特に、研究開発の中間位置を占めるはずの JST プロジェクトが NEDO 等のプロジェクトのように、出口志向の色彩を強めているのは危険である。JST の CREST やさきがけ研究では、世界に先駆けた独創的基礎研究を徹底的に深堀させるべきであり、戦略的創造研究推進事業の予算的充実が求められる。この不断の努力が、未来のイノベーションに繋がる。

## (5) シェールガス関連の触媒開発に重点をシフトさせるべき。

水の光分解による水素生成やCO<sub>2</sub>からの基礎化学品合成の実用化は長期的プロジェクトである。実用化・事業化には相当時間が掛かる。今後、世界的に見て、シェールガスの有効利用に研究開発の重点が置かれる。バイオガスの相対的地位も低下している。シェールガスから水素は容易に製造でき、経産省は米国におけるこれら現状や現実を直視すべきである。

## (6) 資金配分機関の区別化を明瞭にすべき。

文科省は基礎研究、JST は目的基礎研究、経産省・NEDO は応用・実用化研究と言うように、区別化を明確にすべきである。日本企業の基礎研究力は今や脆弱である。日本の基礎開発力を担うのは大学や国研である。国立大学の運営費交付金は国家予算の1%程度であるが、将来の人材育成や科学技術に対する投資と考えれば安いものであり、運営費交付金の削減を一刻も早く中止すべきである。

## ①今後取り組むべき課題について

お名前：松下 祥子 様

- ・ご担当領域：革新的触媒

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料），“技術ポテンシャルマップ”（別添資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下の 1）、2）についてご意見をお願いします。

### 1) 革新的触媒に関して、今後新たに取り組むべき課題

（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

#### ・二酸化炭素の「熱」還元触媒、および触媒システム

これまで資源に乏しい我が国の資源創生のために人工光合成などの「光」触媒へのサポートを行ってきたが、太陽電池と比較して、光触媒の太陽エネルギーの利用効率は非常に低い。また、国土の狭く起伏にとんだ我が国で太陽エネルギー・システムの構築を行うことは、さほど容易ではない。光中心とした触媒から、熱触媒への変換も視野に入れるべきであろう。

二酸化炭素を熱によりメタンへと変換する技術はすでにメタナイザーとして市販されているが、たとえば火力発電所の排気部に本触媒を設置し、熱を持った排ガスをそのまま資源へと変換するような革新的触媒は生み出されていない。いまでもなく、排ガスからメタンを得ることは、メタンハイドレード採掘のために深海を掘るよりも周辺環境に優しい。このような触媒は、我が国の資源不足・二酸化炭素対策などを打破する、まさに今後新たに取り組むべき課題といえよう。

具体的なアウトカムとしては、メタナイザー技術がすでにあることを考え、2020 年には火力発電所排気系統へ組み込む「システム」の構築を目指とする。

2) ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題。

必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

(中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。)

ナノテクノロジー・材料技術全体に代表されるナノ加工装置の汎用化には今後もご尽力いただきたいが、特に今後新たに取り組むべき課題として、

- ・ナノ材料の安全性の検討

があげられる。アスペクト被害の例を見て明らかのように、表面積が大きく反応性に富むナノ材料の健康への影響が心配される。ナノ材料がより社会実装される前に、安全性の検討、安全性の評価制度の確立を行うべきであろう。

## ②平成 26 年度アクションプラン特定施策について

お名前：松下 祥子 様

- ・ ご担当領域：革新的触媒
- ・ ご担当の施策：【連携施策】革新的触媒技術の開発（工・経 26、工・文 06、工・経 11）  
(別添 AP 資料の対応ページ：4 ページ～6 ページまでの該当部分)

H26 年度アクションプラン( A P 資料)をご覧頂き、以下の点について御意見をお願い致します。

1) 重点的取組”(3)エネルギー資源の多様化”（革新的触媒技術に関連する部分）及びご担当の施策について、各府省が施策を進めるにあたって、府省間をはじめ、大学、民間企業等との連携のあり方、研究成果を社会実装につなげるための取組み等に関して重要となるポイント（着眼点）

### 1) 府省間

対象となっている連携施策は

工・経 26 経産省「革新的触媒による化学品製造プロセス技術開発」(H25-H33)

工・文 06 文科省「エネルギー源・資源の多様化に向けた革新的触媒技術の開発」(H24-H33)

工・経 11 経産省「日米などエネルギー技術開発協力事業」(H22-H26)

である。このうち工・経 11 に関しては、本施策を行う際は最終年度であることから、検討を省く。

#### ■連携の在り方 <概要：研究会と触媒能検査組織の設置>

いうまでもなく、工・経 26 および工・文 06 は密な連携をとるべきである。この場合重要となるのが、工・経 26 および工・文 06 の橋渡しとなる研究チームであろう。この研究チームは、工・文 06 の解析・理論研究チーム、もしくは（偶然に）実験に裏付けされた高効率触媒を作製した研究チームとなろう。

例えば工・文 06 の触媒作成段階では、まず、自ら作成した新規触媒の効率向上を、市場価値は無視して、検討すべきである。このように生まれてきた新規触媒に対し、触媒解析や理論を専門とする研究チームが、いち早くその触媒の最大効率を検討すべきである。なお、この際、この解析段階で効率が低いとされた触媒に関する、文部科学省としては引き続き研究のシーズとしてフォローを行っていただきたい。解析・理論により高効率が見込めるとされた触媒、もしくは解析・理論を待たずに実験的に高効率を得られたに対しては、なるべく迅速に工・経 26 の要素技術検討を行う研究者へ情報がわたるべきである。

また逆に、工・経 26 の要素技術検討において発見された新規触媒に対して、工・文 06 の解析・理論研究チームにより理論最大効率を計算し、工・経 26 の要素技術検討研究員へと情報を手供すべきであろう。

従て連携の在り方としては、工・経 26 の要素技術検討研究者と工・文 06 の解析・理論研究者・もしくは高効率触媒作製者間の、定期的な報告会・研究会等の情報共有が妥当と考える。また、もし可能であれば、工・文 06 で生み出された触媒の効率を簡易的に検査するなんらかの組織を設置し、工・経 26 と工・文 06 のハブとすることも考えられる。

#### ■社会実装のための取組ポイント <概要：強力なリーダーシップの付与>

工・経 26 のリーダーシップ力がポイントとなるであろう。例えば、工・経 26 により 2016 年に目標とさ

れている光触媒による水素生成エネルギー変換効率 3%達成というのは、同じ光を太陽電池で電気エネルギーに変換し水を分解させ水素を生成した際の効率と比較すると、大変残念ながら、社会実装には遠いと言わざるを得ない。本課題に関しては工・文 06 の、特に理論計算チームと早い段階で連携を開始し、それぞれのモジュールで理論的に最大生成効率はいくらなのかを提示し、太陽電池による水素生成に見合わない場合、すぐに別のモジュールの検討を開始するなどの決断力・実行力・団結力・リーダーシップ力が必要となる。

## 2) 大学・民間企業

### ■連携の在り方 <概要：橋渡し役の重要性>

大学・民間企業の連携の在り方は、上記工・経 26 と工・文 06 とほぼ同じであろう。ただし考えるべきポイントとして、学術成果を出すことを重要視する大学と、商品を生み出すことを第一とする民間とで利益が一致せず、往々にして大学教員が孤立してしまうことが多い点である。本課題に限らずこのような問題は以前から指摘されており、本問題を解決するために、アカデミアの評価方法の見直し、大学と企業の間に立つオフィサーの設置などが行われつつある。大学・民間企業の連携にあたってはこれらの制度を積極的に取り入れ、かつ、文部科学省・経済産業省が間に立ち、両者の交通整理を行うことが望ましい。

### ■社会実装のための取組ポイント <概要：アカデミアの評価>

翻って言えば、外部の評価（＝論文が出ないこと）を気にせず、社会実装に貢献するアカデミアや検査組織がもしあれば、基礎研究の社会実装は進むと考えられる。そのためには、社会実装に貢献するアカデミアへの適切な評価（たとえば協力企業との共同研究が行いやすいような研究資金提供システムの構築など）が重要となるであろうし、現在総合科学技術会議ではそのような評価制度の検討を行っていると認識している。

## 今後取り組むべき課題について

お名前: 一村 信吾 様

- ・ご担当領域: 全体俯瞰

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下についてご意見をお願いします。

『ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題』

※ 必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

### 1. 今後新たに取り組むべき課題に関して

1) 技術ポテンシャルマップは、技術階層を「デバイス」、「材料」、「基盤的技術」の 3 層に分け、出口としての展開対象を「電気機械」から「農林水産」までの 8 領域に分けて良好整理されており、2020 年頃のアウトカムを想定する観点では、体系的にみて必要な要素はカバーされている印象を持つ。

2) 一方、現状のポテンシャルマップのままでは、個別要素（具体的な開発課題）の羅列の感をぬぐえないことも事実。従って、次のステップとして考えるべきは、個別要素を包括的に括り技術開発の方向性を出す“ターゲット”を設定し、そこから現状の技術要素を再度俯瞰するプロセスではないかと思う。

3) WG が担うべき、「ナノテクノロジー・材料共通基盤技術」という枠組みの中では、次のような観点を“ターゲット”として設定し検討を深める案はどうか。例えば

#### ①スケールアップのための科学・技術開発

・ナノテクノロジーで対象とするサイズと現実の材料・デバイスのサイズ差、実験室（フラスコ）と実プラントの間の重量差など非常に大きなスケールの隔たりを埋めるための技術開発

#### ②defect engineering による科学・技術開発

・物質・材料系への不純物の注入や、空孔状態（原子欠損）の導入など、機能の発現に向けたノウハウに近い様々な試みを、「欠陥の制御」として体系化する技術開発

#### ③生体機能の模倣によるものづくり科学・技術開発

・生体に触発されたものづくりの観点での技術開発

### 2. 重要施策アクションプランに関して

・重要施策として取り上げられている（パワエレ、構造材料）に関しては、戦略イノベーション創造プログラムでも取り上げられている。その具体的展開に関して、本重要施策とのすりあわせが必要。

## 今後取り組むべき課題について

お名前: 斎藤 史郎 様

- ・ ご担当領域: 全体俯瞰

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下についてご意見をお願いします。

『ナノテクノロジー・材料技術全体に関して、今後新たに取り組むべき課題』

※ 必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

**ナノテクノロジー・材料分野においては、本分野に留まらず、他分野における技術領域との融合や、分野間の境界に位置する技術領域の開拓を進めて行かなければならない。また、ナノテクノロジー・材料分野内においても、適用される産業分野間における技術融合と境界技術開拓を加速する必要がある。**

増大する医療費抑制が必要な医療分野においては、今後、ICT 技術を活用した疾患予防が重要となる。本分野においても、人体への負荷を低減して情報収集を行うために、ナノテクノロジーを駆使したマイクロデバイスや人体への親和性が高い材料、電池交換を不要とするエネルギー・バースティング等の実現が望まれる。ビッグデータやクラウドとの親和性の高い、たとえばある程度のデータ処理を担えるスマートセンターなどの概念構築につながる基礎的な研究を促進すべきものと考える。

微細化追求の主流路線が限界を迎える半導体技術においては、従来のスケーリング追求、“More than Moore”用途開発に加えて、新たなパラダイムシフトを引き起こすシーズ育成が必要。例えば非ノイマン型論理回路などの非主流・周辺技術に対してシーズ育成を产学研で進める体制づくりが課題となる。この場合、非ノイマン型論理回路実現のためには、例えば、脳科学など異分野の知識活用を検討する必要がある。

ナノテクノロジー・材料分野であるパワーエレクトロニクス領域においても、諸外国に対する競争優位性を確保するためには、システム全体を俯瞰し、学術分野・産業分野間を横断する支援体制の構築が不可欠である。半導体基板/デバイス/モジュール/システムを区分することなく本質的課題を共有し、その解決に向けて産業分野間の垣根を越えた技術交流が望まれる。

## 今後取り組むべき課題について

お名前：馬場 寿夫 様

- ・ご担当領域：全体俯瞰

平成 26 年度アクションプラン（別添 AP 資料）、社会の状況・ニーズ、担当領域の最新動向等をふまえ、以下についてご意見をお願いします。

『ナノテクノロジー・材料技術全体について、今後新たに取り組むべき課題』

※ 必要に応じて、別添の“技術ポテンシャルマップ”、下記リンク先の資料 1-2（平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について）等をご参照ください。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu114/haihu-si114.html>

（中長期的な視点からのご意見に関しては、2020 年頃のアウトカムを念頭においてください。）

### 1. ナノテクノロジー・材料分野全体の俯瞰

- ・ナノテクノロジー・材料分野は過去 10 年にわたり「ナノの先鋭化」および「ナノの融合化」が進められ、数多くの成果と知見が蓄積されてきており、「システム化」への取り組みができる状況になっている。「社会的期待」に応えるためには、新たなナノテクノロジー・材料技術だけでなく既存技術や既存概念も含めて技術のデザインを行い、課題解決の機能を実現するシステムを作り出すことが重要になってきている。（JST-CRDS ナノテクノロジー・材料分野の俯瞰報告書〔2013 年〕参照）
- ・社会的な課題をより具体的な技術的課題や産業上の課題として深く考察することにより、課題の本質（要求項目、性能、コスト、実現時期、制度問題など）を明らかにし、各種技術の可能性やその進捗状況を考慮して、実現可能性の高い計画と技術の選択を行っていくことが重要である。この中で、ナノテク技術や異分野技術との統合化を促進し、新学術・新技術として発展させていくことも必要である。
- ・基盤技術の適用範囲は広く、当初の目的とは異なる領域での利用も多いので、アクションプランに取り上げられている特定の技術領域だけでなく、情報通信、医療・バイオ、次世代インフラ、地域資源などへの応用も考慮する形で、ナノテク・材料基盤技術の育成を図ることが重要である。そのためには、ナノテク材料の関係者が他の戦略協議会やワーキンググループに参加することが望まれる。
- ・海外ではナノテクノロジーは先端技術の代名詞として、さらに強化すべくナノテクノロジー推進のイニシアチブや国家プログラム（米国 NNI、中国・韓国の 5 か年計画など）が進められている。このため、世界的なナノテク・材料に関わる政策動向、技術動向については常に把握しておくことが必要であり、これを踏まえて日本として重点的に取り組み強化する領域や他国との連携を強化する戦略を設定することが重要である。
- ・イノベーションの主体は産業界であるので、産業界が安心して開発した技術を使って事業化できるよう、新原理や新材料、新デバイスの機能実証だけでなく、一見地味な活動に見えるような、製造プロ

プロセス中の反応機構の解明や信頼性の向上などに関わる技術についても取り組むことが必要である。例えば、結晶や界面における欠陥やその発生機構、製造プロセス中のダメージなどの科学的理 解を深める研究を行うことが重要である。このような取り組みにより、そこで使う材料・デバイスの信頼性を向上させるだけでなく、新たな計測・評価技術と装置の開発、新たな理論およびその計算手法 の開発、他の技術領域の材料・デバイスへの適用なども期待できる。

## 2. アクションプランについて

- ・アクションプランの特定施策だけでは企業が技術を受け取り、産業化・社会実装にまでもっていくことは 難しいので、欠けている技術や制度上の問題などについても明示が必要である。戦略的イノベーションプログラム（SIP）に関連性のあるテーマについては、SIP によって補完的な技術開発を行い、アクションプランの連携施策群と SIP 連携・協力体制を構築することが重要である。
- ・具体的な例として、パワーエレクトロニクスを取り上げると、半導体結晶・ウェハやデバイスの研究だけでなく、欧米が強いシステムとしての研究や、デバイスの信頼性に大きくかかわる半導体結晶と絶縁膜との界面における欠陥の理解・制御の研究なども検討しておくことが重要である。
- ・また、世界のビジネス・研究開発状況を把握し、時間軸を考えて日本の持つ強みを生かして勝てるシナリオ・ロードマップを描き、関係機関で共有しておくことも重要である。

## 3. 参考資料

○ナノテクノロジー材料分野の俯瞰報告書（2013 年）：CRDS-FY2012-FR-06

<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2012/FR/CRDS-FY2012-FR-06.pdf>

- ・革新的触媒： グリーンプロセス触媒（p.101）
- ・パワーエレクトロニクス： パワー半導体デバイス（p.87）
- ・構造材料： ナノ組織構造制御材料（p.106）