

1. はじめに

「元素戦略」なる概念と用語は、2004年4月17、18日、箱根で開かれた「科学技術未来戦略ワークショップ（物質科学）：夢の材料の実現へ」（主宰：村井眞二 JST物質科学担当上席フェロー、代表コーディネーター：玉尾皓平 京大化研教授）において、中村栄一東大教授によって最初に提案されたものである（下記集合写真参照）。このワークショップでは、化学分野の先導的研究者約30名が有機系、無機系、高分子・複合系、生物系の4チームに分かれて物質科学研究で今後取り組むべき具体的テーマを夜を徹して議論し10数件の斬新な提案がなされた。その中のひとつが「元素戦略」であった。その後のJSTを中心とした地道な活動によって、「元素戦略」は他分野にも浸透し、第3期科学技術基本計画の「希少元素資源の供給不安、環境負荷・有害元素などの元素資源問題の解決に向けて希少資源・不足資源代替並びに効率的利用技術や有害物質・材料対策に資する材料技術の革新が緊急の課題である」との問題提起にも呼応した概念として広く認識される段階となった。

これをうけて、文部科学省研究振興局基礎基盤研究課ナノテクノロジー・材料部会の下に「元素戦略検討会」が設置され、元素戦略の概念の共通認識と元素戦略研究の取り組むべき方向性が検討された。本報告書は、その議論を取りまとめた「元素戦略」に関する初めてのまとまった報告書として世に出すものである。

「元素戦略」は「持続可能な社会の構築のための元素活用戦略」と解題できよう。そして、それを達成するための、「元素戦略研究」は「元素のもつ特性を深く理解し活用する、元素多様性の発掘と物質創造」である。この観点からすると、わが国には「元素戦略研究」の強力な研究基盤が存在する。超強力磁石（NdFeB（ネオジウム・鉄・ボロン））、青色発光ダイオード（GaN（窒化ガリウム））、光触媒（TiO₂（酸化チタン））、DVD-RAMディスク（GeSbTe（ゲルマニウム・アンチモン・テルル））、光ファイバーアンプ（Er（エルビウム））、各種高活性触媒（Ru（ルテニウム）、Ni（ニッケル）、Pd（パラジウム）、Rh（ロジウム））など、枚挙に暇がない。今後は、この強力な研究基盤を元に、「持続可能な社会構築」なるセンスをブレンドし、より深く、より広く研究展開しようとの提案である。

概念のないところに言葉は生まれないが、いったん生まれた言葉に対してもつ概念は人によって異なるものである。わが国で生まれた「元素戦略」。本報告書にまとめられた共通概念を核として、多方面の研究者によって多様に発展・成長し、物質創成研究の基盤的概念として定着することを願うものである。（元素戦略検討会 主査 玉尾皓平）



「科学技術未来戦略ワークショップ（物質科学）－夢の材料の実現へー」 040418

[次のページへ](#)

[ページの先頭へ](#) [文部科学省ホームページのトップへ](#)

2. 「元素戦略」の考え方

2-1. 「元素戦略」の概念

元素戦略を、最も端的に表現するならば、「元素の持つ特性を深く理解し活用する、元素多様性の発掘と物質創造である」ということができる。

また、元素戦略は、「物質・材料の特性や機能を発揮する元素に着目して研究を進め、それを踏まえて新しい材料の創製に挑戦する」ものである。

そして、「元素に焦点をあて、サイエンスに基づき、新たな物質材料科学の基礎を築く」ことを目指す。

従来の材料研究の成果も踏まえ、新しい材料研究を切り開いていくことを目指すのが元素戦略の最大の目的である。

材料を構成する元素の働きや相互作用を科学的により深く理解することができれば、材料設計においても、試行錯誤から脱却した、新しい方法が見いだせる。

言葉を換えるならば、「物質・材料の特性・機能を定める元素の役割を解明し利用する観点から材料研究のパラダイムを変革し、新しい材料の創製につなげる研究である。」とすることができる。

2-2. 「元素戦略」の趣旨

この「元素戦略」の考え方は、従来の材料研究から脱却し、将来に向けて、新しい材料研究を進めていこうとする問題意識から提唱された。

従来、材料研究・材料開発においては、合金元素を添加することで金属材料の強度や耐食性を高めることや、材料に貴金属を添加することにより化学的反応性を著しく向上させることなど、希少元素の添加が有力な方法として広く行われてきた。

しかし、このような技術開発においては、添加元素による機能向上のメカニズムが必ずしも明らかでなくても、工業的な有用性から経験的に元素が利用される傾向があったことは否定できない。

確かに、材料を構成する元素を原子レベルで分析することが困難であった段階においては、無数の元素の組み合わせとその物質の特性評価を数多く繰り返すことで、材料の性能の向上を図ることが行われていた。

しかし、添加元素の機能向上メカニズムが理解されていなければ、使用条件や要求特性の変化に対応した材料の改良を迅速に行うことはできない。さらに、長期間、超高温、超高压など実験では簡単に再現できない環境下での材料特性などについても、材料を構成する元素による、機能発現のメカニズムが科学的に理解されていなければ予測すら困難である。このような物質・材料の特性や機能を発揮する元素に着目した研究は、機能から材料を設計するという、より根源的かつ高い次元の視点が必要な研究であり、材料研究のパラダイムを変革しうる重要なものである。

元素の組み合わせを繰り返すことで結論を求めていく方法では、資源生産性は低いままであり、より高度な材料の信頼性、安全性を獲得するために、材料を構成する元素の特性に立脚した材料設計の基礎となる科学的知見が求められる。

機械的特性、化学的特性、電気的特性、磁気的特性、光学的特性など材料の特性・機能は多岐にわたり、かつ相互に関連しあっており、これらの特性の発現に関わる元素の組み合わせと発現のメカニズムを理解することは、極めて困難で挑戦的な課題である。

しかし、これまでのナノテクノロジー・材料研究の中で、材料の機能や特性を追及し、特定の元素の働きに着目したアプローチが少なからずなされている。例えば、Cr（クロム）やMo（モリブデン）といった合金元素添加によらなくても、鉄鋼材料の結晶粒の微細化は強度や靱性を向上させる。また、磁石の保磁力に界面での結晶方位関係が重要であることもわかってきた。希少元素で構成する触媒によらなくても、ナノテクノロジーを活用し、豊富に存在し安価な元素で高活性触媒をつくる試みは数多くなされている。

様々な形で進められている材料研究の切り口として「元素戦略」を提起し、金属、セラミックス、半導体、高分子材料などの多様な材料研究の知恵を結集していくとともに、物理や化学などの基礎学問をも取り込んだ、融合的な研究分野の構築が重要と考えられる。

2-3. 「元素戦略」として推進されるべき研究

元素戦略として推進されるべき研究は、材料特性のデータの不足部分を補うものや、データの数を増やし材料の特性を示す経験式を新たに作るものではない。さらに未知の元素を探索することでもない。

元素戦略として推進されるべき研究とは、従来の経験的な元素利用ではなく、材料の特性を担う元素に着目し、そのような元素のもつ多様な特性と相互作用の面から見直すものである。結果として、元素戦略は、材料研究の新しい展開につながることを期待される。

このような原子や分子レベルからの材料の機能や構成元素の相互作用に関する研究において、重要な役割を果たすのが、ナノテクノロジーである。ナノスケールの粒子や界面での現象の理解、その解析技術、制御技術なくしては、物質・材料の特性や機能を発揮する元素に焦点をあてることはできない。

2-4. 「元素戦略」と希少資源問題

しかし、元素戦略を考える場合、単にその学術研究の側面だけをとらえて議論していたのでは、元素戦略が本来有する重要な側面を覆い隠してしまうことになる。

それは、元素戦略が、先端産業において不可欠な材料の一層の高度化に対応する有力な方法を提供しうる点や、材料の高度化の過程で様々な活用されている希少資源の資源問題に対する解決策の一つとなりうる点である。物質・材料の特性・機能を定める元素の役割を解明し利用することで、希少資源の代替や効率的な利用技術、さらには、有害物質の使用量低減や無害化技術を、世界に先駆けて提供できる。日本あるいは世界で資源供給不安のない持続可能な社会の確立を図るためにも重要である。

2-5. 留意点

元素戦略を推進する際に、留意すべき点がある。

元素戦略は、構造や組成を工夫した物質によって機能を発揮する元素に着目するのであって、そこに誤解のないようにすべきである。

希少元素の添加で特性が改善するデータを積み上げるのではなく、その特性改善機構を理解し利用する観点。元素を単独分離し、その化学実験をするのではなく、材料中の元素の電子配置やエネルギー準位の変化に着目するものである。

さらには、実際に有用な材料を開発する、という目的を大前提として明確に意識した研究でなければならない。

単に、ある特定の化学プロセスや、特定の使用目的に限定した機構の理解というだけで

はなく、さまざまな材料に通じ共通基盤となりうる機能発現に着目すべきである。特に物質化学や元素化学では、それを支える物理や化学など基盤的な知識の蓄積と融合という観点が重要と思われる。

また、元素というものの見方の中に、異常原子価、欠陥、表面・界面というものも、機能を発現するという意味合いにおいて、広くとらえた元素戦略の見方であると考えられる。それから、環境に対する問題を考えるとき、特に半導体に使われるような場合、元素の使用量について定量的な把握に基づいた議論が重要である。

元素戦略の概念は、革新材料技術の創成を目指すキーアイデアとして、学協会にも広く情報発信し、ナノテクノロジー・材料研究の潜在能力を結集することが重要である。これは、特定の学協会に限定された問題ではなく、化学、金属、鉄鋼、資源、セラミックス、応用物理など、広範囲の分野に関係する。また、資源問題や材料技術開発の観点から産業界への影響も大きいと考えられる。本検討会では、分野ごとにどのような展開があり得るか、各分野の有識者に情報発信し、分野ごとの元素戦略の例示をまとめた（参考資料）。

この中で、元素戦略として、2つ典型的な例を次に紹介する。

事例1 透明導電性酸化物 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (ナノポーラス複合酸化物) C12A7 (ナノポーラス結晶)

通常の状態では不安定なアニオンをこの結晶の構造に内包されているナノケージで安定化させ、光・電子・化学機能などを発現させた（東工大・細野教授）。CaO（酸化カルシウム）と Al_2O_3 （酸化アルミニウム）という典型的な絶縁体でありふれた元素から構成される結晶が、高い電子導電性を示す「常識を覆す発見」である。透明で高い伝導性を示す酸化物は、TCO（Transparent Conductive Oxide）と称され、 In_2O_3 （酸化インジウム）・Sn（スズ）（ITO（酸化インジウムスズ））、ZnO（酸化亜鉛）・Al（アルミニウム）などが従来から知られているが、電子が伝導を担うN型のみで、ホールが伝導を担うP型物質は1997年以前は知られていなかった。透明P型酸化物半導体の発見によって、多様な機能の源泉であるPN接合が可能となり、新たな領域が開かれようとしている。活性アニオンを活用したC12A7（ナノポーラス結晶）の機能は、その後の研究で大きな展開の可能性が示されている。安定なエレクトライドの発見、透明導電膜への展開、高輝度 O^- （負イオン）イオンビーム、超強酸化力 O^- （負イオン）の大量合成などである。CaO（酸化カルシウム）と Al_2O_3 （酸化アルミニウム）という豊富に存在する元素を使ったナノ構造の研究から、希少金属In（インジウム）が使われているITO並の透明導電性が得られる材料を生み出した「現代の錬金術」と称される例である。

事例2 燃料電池用白金スキン合金触媒

表面数原子層以下の電子状態制御により、電池性能を大きく支配するカソード（酸素還元）反応では、従来白金の数十倍の高活性触媒の可能性を示し、他方、燃料水素中の残存CO（一酸化炭素）被毒が問題となるアノード（水素酸化）反応では優れた耐CO（一酸化炭素）被毒性を見出した（山梨大・渡辺教授）。たとえば、後者のアノードのCO（一酸化炭素）被毒問題では、従来、同氏の提案したPt（白金）-Ru（ルテニウム）合金を用いる以外、効果的な解決策がなかった。これは、単味のPt（白金）表面ではCO（一酸化炭素）が強く吸着し、水素を酸化する反応サイトをブロックし性能低下を導くためである。安価なFe（鉄）やCo（コバルト）、Ni（ニッケル）等を混ぜた合金では、CO（一

酸化炭素) 吸着で失活しない高活性触媒を実現した。白金合金の表面から卑金属を溶出させ表面に白金を2~3原子層残すと、この白金は下地の合金の影響で電子密度が下がり、CO (一酸化炭素) 結合力が低下し、被毒を大幅に抑制できることがわかった。そのCO (一酸化炭素) 吸着力とPt (白金) 4f電子コアレベルシフトの間には良好な直線関係があるという設計指針を初めて見出した。カソード反応に対する著しい性能向上も、この電子構造修飾によるものと理解された。表面の白金の電子状態を制御し、バルク単体では達成できない高い機能を実現する「表面アルケミー」の典型である。また、このスキン触媒概念は、本例に限らず希少触媒資源の「超高効率利用手段」をも示唆するものである。

[前のページへ](#)

[次のページへ](#)

[ページの先頭へ](#) [文部科学省ホームページのトップへ](#)

3. 研究の切り口

前述のように、元素戦略の関係する研究分野は幅広く、研究領域や課題、研究手法も際限なく無数に存在するような感がある。

しかし、元素資源問題に材料研究が貢献する観点から、元素戦略の考え方に沿った研究の切り口を考えた場合、下記のような概ね3つの研究領域が考えられる。

これら3つは、相互に排他的な関係ではなく、内容が重複したり、相互に補い合ったりする関係にある。

- (1) 豊富で無害な元素による代替材料の研究
- (2) 戦略元素の有効機能の高度活用
- (3) 元素有効利用のための実用材料設計技術

3-1. 豊富で無害な元素による代替材料の研究

希少元素は、材料の特性を高めるための添加元素として材料開発に欠かせないものとして活用されてきた。

しかし、希少元素は、いうまでもなく資源埋蔵量が少なく、先端産業等での使用量の増加により価格が急騰するケースもあり、さらには資源が特定の国に偏在し供給リスクが高いなどの特徴がある。また、材料の特性を上げるために人体に有害と考えられる材料が一定の処理を施されて使用されることも多い。

このような希少元素をできるだけ豊富で環境や生態に害を与えない元素で代替できるように技術開発を進めることは、重要かつ不可欠な課題である。

ここでいう代替とは、化合物の結晶構造を変えずに希少元素を他の元素で置換するのではなく、希少元素が担う機能を、他の独特の構造や組織で代替するものである。

材料の構造に特長を持たせる他に、材料を構成する結晶の方位やサイズ、析出物の界面や表面などのインターフェイスに依存する構造などを制御することで目的機能を発現させる領域である。材料の表界面原子層の電子状態操作もここに含まれる。格子や欠陥の制御、ナノ粒子テクノロジーによる電子材料や構造材料の研究も想定される。

3-2. 戦略元素の有効機能の高度活用

機械的性質、化学的性質、電気的性質、光学的性質などの材料の機能や特性を決める特定元素の役割や状態変化を解明し、その機能限界を追求し、元素を効率的に利用する技術を開発することは、希少元素を有効利用する上で欠かすことのできない課題である。

これによって、機能発現の必須成分、その量的最小限発現単位を明らかにし、希少元素の使用量の大幅低減が期待できる。また、元素のもつ有効機能の活用研究を通じて、新しい機能の発見や新機能材料の開拓なども期待される。

3-3. 元素有効利用のための実用材料設計技術

実用材料として使われるための設計技術である。

最高機能を必ずしも追求したものではなく、材料の必要機能を最小限満たし、その材料創製に関わる資源・エネルギー・環境負荷のミニマム化をはかった研究領域である。材料

の製造プロセスや使用環境において、環境に調和した資源循環型社会を念頭においた材料設計技術である。

また、物質・材料が必要とされる役割を達成するための機能設計や、計算機マテリアルデザインによる解析と設計も含まれる。計算機によるマテリアルデザインにおいては、独創的な物理モデル構築と独自の計算アルゴリズムコードによる解析と設計も重要である。

実用材料では、さまざまな機能を同時に満足することが求められる。鉄鋼材料の強度と靱性のように、その満たすべき機能同士が、特定の元素添加で達成できず二律背反の場合もある。このような場合、結晶粒や介在物の制御などのように別の手法で満たすべき機能を達成する必要がある。どの手法が最も効果的か、あらかじめ設計できるようにする技術である。

材料科学領域としては、トータル・デザインに相当する。個別イノベーション要素を包括的に統合し、目的の主機能の向上以外にも材料が実際に使用されるときに求められる多面的諸性能も配慮した設計技術である。

[前のページへ](#)

[次のページへ](#)

[ページの先頭へ](#) [文部科学省ホームページのトップへ](#)

4. 研究実施方法

「元素戦略」は、材料研究の広い分野に及び、目指す材料の特性も様々である。

研究の多様性と可能性を踏まえるならば、研究のファンディング、公募や採択、評価、成果の利用については、様々な構想が考え得る。

しかし、「元素戦略」として一定の方向性をもって研究を進めていくためには、公募の段階で、応募者が研究の目的や研究の切り口を正確に理解する必要がある。

前述したように、さまざまな新物質・新材料の創製が提案される反面、研究領域や目標設定が研究者のそれぞれの考え方に左右され、研究の方向性が拡散することも考えられる。

逆に研究課題を狭く特定した場合、従来のナノテクノロジー・材料研究の域を出ない場合もある。

本検討会では、「元素戦略」の考え方にもとづき、国全体の取り組みを広く視野に入れつつ、公募を通じて先導的に実施する文部科学省の元素戦略プロジェクト研究の実施方法を議論した。

4-1. 公募と採択基準

前述した、元素戦略の概念、研究の切り口に沿った研究領域と課題設定が前提となる。

つまり、希少資源の代替や効率的な利用技術、有害物質の使用量低減や無害化技術を提供するために、物質・材料の特性・機能を決める元素に着目して研究を進め、それを踏まえて、新たな材料の創製と物質材料科学の基礎を構築する研究領域である。

研究の切り口として、豊富で無害な元素による代替材料の研究、戦略元素の有効機能の高度活用、元素有効利用のための実用材料設計技術がある。

豊富で無害な元素による代替材料の研究は、希少元素をできるだけ豊富で環境や生態に害を与えない元素で代替できるような技術開発である。ここでいう代替とは、化合物の結晶構造を変えずに希少元素を他の元素で置換するのではなく、希少元素が担う機能を、他の独特の構造や組織で代替するものである。材料の構造に特長を持たせる他に、材料を構成する結晶の方位やサイズ、析出物の界面や表面などのインターフェイスに依存する構造などを制御することで目的機能を発現させる領域である。

戦略元素の有効機能の高度活用は、機械的性質、化学的性質、電気的性質、光学的性質などの材料の機能や特性を決める特定元素の役割や状態変化を解明し、その機能限界を追求し、元素を効率的に利用する技術を開発するものである。これによって、機能発現の必須成分、その量的最小限発現単位を明らかにし、希少元素の使用量の大幅低減が期待できる。また、元素のもつ有効機能の活用研究を通じて、新しい機能の発見や新機能材料の開拓なども期待される。

元素有効利用のための実用材料設計技術は、実用材料として使われるための設計技術である。最高機能を必ずしも追求したものではなく、材料の必要機能を最小限満たし、その材料創製に関わる資源・エネルギー・環境負荷のミニマム化をはかる技術である。材料の製造プロセスや使用環境において、環境に調和した資源循環型社会を念頭においた材料設計技術である。また、物質・材料が必要とされる役割を達成するための機能設計や、計算

機マテリアルデザインによる解析と設計も含まれる。実用材料では、さまざまな機能を同時に満足することが求められる。その満たすべき機能同士が、特定の手法で達成できず二律背反の場合もある。このような場合、別の手法で満たすべき機能を達成する必要がある。どの手法が最も効果的か、あらかじめ設計できるようにする技術である。

これにより、希少資源の大幅な減量、代替、循環使用を可能としたり、有害物質の使用量低減や無害化技術を提供したりすることを目的とする。

公募に当たっては、特定の産業や学術分野、あるいは元素に限定せず、広い分野からの提案を対象にし、高い目標設定や挑戦を可能にすることが望ましい。ただし、審査の際には、実用化の視点、要素研究の確かさ、社会的経済的なインパクトの大きさを勘案することが重要である。

課題の採択には、上記に加え、以下のような点に留意すべきである。

- 構造や組成を工夫した物質によって機能を発揮する元素に着目しているか。
- 製造プロセスや実用化を見据えた、役に立つ材料を目指しているか。
- 有害性は定量的な観点を入れて検討しているか。
- 確かな要素研究に基づいていれば、先鋭的な提案、常識を覆す提案、挑戦的な課題も採択できるようにすることが望ましい。

4-2. 研究の評価

「元素戦略」で期待される成果は、希少資源の減量、代替、循環使用を連続的あるいは段階的に進め、時間軸に応じた一定の成果を絶えず求めるのではなく、希少資源や不足資源に対する抜本的解決策として、それらの資源の代替材料技術の革新である。

不連続な研究成果の飛躍は評価が容易だが、飛躍前の状態をどのように判断するかが問題である。目覚しい具体的な成果が見えない場合、研究の中止となる場合があるが、きちんとした研究とアプローチで取り組んだ課題は、その過程も注視し、有識者の判断の上、研究者の様々な挑戦の機会を残すことも考慮すべきと思われる。また、逆に、十分な調査と実験に基づいていない安易なアプローチは、厳しく評価を行う。

4-3. 成果の利用

文部科学省の元素戦略プロジェクトは、希少資源の代替や効率的な利用技術、さらには、有害物質の使用量低減や無害化技術を提供するものである。基盤的技術開発を研究振興し、材料研究の潜在能力を活用するものである。また、研究成果が実用化研究開発につながることを目標にしている。

一方、経済産業省の希少金属代替材料開発プロジェクトは、喫緊課題の特定元素に対する実用化研究であり、両者は、検討会や委員会を通じて連携を図っている（参考資料）。

元素戦略プロジェクトで得られた知見や成果は、必要があれば、実施期間中であっても実用化研究に展開することや、実用化研究の過程で必要となった基盤的課題を元素戦略プロジェクトに取り込むことなど、両者の研究プロジェクトは、課題の選定や、中間評価、研究成果の相互利用を柔軟に実施すべきである。

[前のページへ](#)

[次のページへ](#)

5. おわりに

「元素戦略」という新しい視点から新規物質の設計や創製を目指すとするならば、これまでとは異なるパラダイムに基づいて行われなければならない。本検討会では異なる分野の有識者による議論を重ね、新しい材料研究のパラダイムを提示した。

本検討会では、「元素戦略」の概念を共通認識として打ち立て、分野の異なるいくつかの学協会や産業界に研究領域や課題の可能性を打診した。化学、金属および鉄鋼、無機材料などの学協会から強い関心が寄せられ、数多くの予備提案がなされた。

さらにシンポジウムや学会誌の特集号も計画されるに至った。

「元素戦略」というキーワードで、異なる学協会、産業界の人々が同じテーブルで議論できるのは、従来にはなかったことである。今後、様々な研究と議論が重ねられ、分野融合を通じて研究領域と課題が生み出されるものと思われる。

文部科学省の「元素戦略」プロジェクトは、元素に着目した材料研究の先導として重要である。本検討会で議論された内容が、材料研究の潜在能力発揮につながり、環境に調和した持続可能な社会をいち早く実現する材料革新技術の開発に展開すると思われる。

[前のページへ](#)

[次のページへ](#)

[ページの先頭へ](#) [文部科学省ホームページのトップへ](#)

開会経過

第1回 元素戦略検討会

平成18年10月18日 コンセプトの議論

「全体の経緯説明」 田村（文部科学省）

「経済産業省での検討」 岩野（経済産業省）

「JSTでの検討」 中山（JST）

「元素戦略のコンセプト」 玉尾（理化学研究所）

「今がチャンス of 材料研究」 細野（東京工業大学）

「日本の電気・電子工業」 高尾（松下電器）

第2回 元素戦略検討会

平成18年12月22日 研究領域と課題の議論

「燃料電池用触媒の希少資源低減戦略」 渡辺（山梨大学）

「半導体技術と元素需給に関する簡略メモ」 榊（東京大学）

「研究領域・研究課題の例示／化学の立場から」 村井（JST）

「元素戦略と材料研究」 馬越（大阪大学）

「トヨタのビジョンと産学連携共同研究」 射場（トヨタ自動車）

第3回 元素戦略検討会

平成19年2月19日

報告書の審議

公募の進め方の議論

[前のページへ](#)

[ページの先頭へ](#) [文部科学省ホームページのトップへ](#)

元素戦略検討会 構成員及びオブザーバー

(1) 委員および主査

	射場 英紀	トヨタ自動車株式会社技術統括部 担当部長
	馬越 佑吉	大阪大学 理事・副学長
	北澤 宏一	独立行政法人科学技術振興機構 理事
	榊 裕之	東京大学 生産技術研究所 教授
	高尾 正敏	松下電器産業株式会社 総括担当 参事
主査	玉尾 皓平	独立行政法人理化学研究所 フロンティア研究システム長
	細野 秀雄	東京工業大学 応用セラミックス研究所 教授
	村井 眞二	大阪大学名誉教授／独立行政法人科学技術振興機構特任フェロ ー
	渡辺 政廣	山梨大学 クリーンエネルギー研究センター センター長

(2) オブザーバー

	森本 立男	内閣府 総合科学技術会議 政策企画調査官（～平成18年12 月）
	成瀬 雄二郎	内閣府 総合科学技術会議 政策企画調査官（平成19年1月 ～）
	大竹 暁	文部科学省 研究振興局 基礎基盤研究課 課長
	高橋 雅之	同上 ナノテクノロジー・材料開発推進室 室長
事務局	田村 元紀	同上 調査員
	岩野 宏	経済産業省 製造産業局非鉄金属課 課長／ナノテクノロジー ・材料戦略室 室長
	中山 智弘	独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェ ロー
	寺本 博信	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 総括研究 員
	菅原 孝一	同上ナノテクノロジー・材料技術開発部プログラムマネージャ

[前のページへ](#)

[次のページへ](#)

