

ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後重点化すべき研究課題について【アンケートとりまとめ結果】

課題領域 I「環境・エネルギー」	○	△	×	委員からのコメント
<i>I-1: 大課題</i>				
エネルギー創成・貯蔵・輸送	12	0	0	<p>○今回の震災を受け、原子力発電に完全には依存しないエネルギーシステムの構築は急務であるため。</p> <p>○現在、喫緊の課題であり、また中課題で述べられている具体的な対象に対しナノテクノロジー・材料研究の成果の貢献が期待できる。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○原発事故に伴いその重要性が従来以上に高まっている。原子力発電縮小による系統電力コストの上昇は再生可能エネルギーのグリッドパリティ到達時期を早める方向に働くことから、推進・加速すべき</p> <p>○原子力発電への依存度の低下、電力コストの上昇やCO2発生量の増加が懸念される中、左記課題は短期的にも中・長期的にも重要度が増したため、重点的に推進すべきと考える。</p> <p>○原子力発電に代わる、環境になるべく影響を与えないエネルギー相性としては、太陽光、風力といった自然エネルギーの高効率電気変換が重要となる。</p> <p>○特に、電池新材料については、イノベーションの出口に対して、その課題がナノサイエンスのレベルまでブレイクダウンされているため、推進すべき。</p>
省エネルギー	10	1	0	<p>○節電を行いつつ経済成長を成し遂げるためには必須であるため。</p> <p>○現在、喫緊の課題である。広範な技術領域をカバーし、ITから低摩擦のようなテーマまで広くナノテクノロジー・材料研究の成果の貢献が期待できる。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○原発事故に伴う電力供給不足からその重要性が従来以上に高まっており、推進すべき。</p> <p>○これまであまり着目していなかった分野であり、推進すべき。</p>
元素戦略・希少元素代替材料開発	10	1	0	<p>○希少元素にフォーカスされがちであるが、元素のみではなく天然に存在する資源にフォーカスを当てた記述も必要。例えば、石油は40年で枯渇する。この石油を構成する元素は炭素、水素でユビキタス元素であるが、それを代替する科学・技術が喫緊の課題。炭素原料という点では二酸化炭素は地球上で遍く存在する。メタンは天然ガス、バイオガス、シェールガスのみならず様々な形態を持ち地球上で10の15乗トンも存在する。高分子、化学薬品その他の原料として石油代替原料の探索、それを用いる科学・技術開発はきわめて重要である。この意味で、気体原料(二酸化炭素、メタン、窒素、水素、酸素)の変換プロセスの開発(低温、定圧)、そのためのナノテクノロジーによる触媒の開発はしっかりと記述する必要がある。</p> <p>○中国が希土類の供給をストップすると日本のハイテク産業が大きな打撃を受ける事が昨年しくも明らかになったが、供給が再開された現在も中国が希土類元素の価格を意図的に引き上げ、日本企業の高度な技術を狙って中国への進出を促しているという報道もあった。国内で産出しない元素は輸入に頼るしかなく、日本の将来を託す電子産業や精密化学産業などのハイテク産業の根幹を産出国に握られる事になり、これまでの多くの努力によって培ってきた日本企業の技術的優位性がいとも簡単に崩れる恐れがある。希土類元素や希少遷移金属元素は、話題になった磁石や電子部品など材料としての用途だけではなく、化学製品生産や排気ガスの浄化などのための触媒としての重要性も大きい。触媒は地球環境の維持、特に環境調和型かつ低エネルギー消費型の物質生産にとつて今後ますます重要な位置を占めると考えられ、希少元素を使わない触媒開発も大きな課題のひとつである。</p> <p>○方向性として大変重要なテーマである。どのような具体的なテーマが進んでいるのか、ユニークなものを育てていくことが大事だと思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○希土類元素代替技術は、この10年間のナノテク・材料の取組で著しい進展のあったものであり、推進すべき。</p>
環境の浄化・修復・保全・計測・モニタリング技術	5	3	0	<p>○今回の震災において、現状の環境状態の把握は必須であった。パニックを防ぐため、また風評被害を防ぐためにも、環境状態の把握を、各家庭で気軽に行えるようなシステムが必要と考える。</p> <p>○課題として幅広く、また広範な技術を含む課題なので、ナノテクノロジー・材料の観点から推進すべきテーマを厳選すべきではないかと思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○再生可能エネルギーが重要なことは言うまでもないが、技術的に総量は限られている。原子力エネルギーに大きく依存できないと考えると省エネルギー技術が極めて重要。グリーンプロセスもその一環。環境浄化等も重要だが、リストされた他の項目は喫緊の課題なので、△とした。</p>
グリーンプロセス	8	1	0	<p>○3ページ。「... 低温での反応」は「低温、低圧での反応」とする必要がある。これは今後気体原料を用いる反応開発が重要であるため。</p> <p>○環境負荷をかけず、少ないエネルギーでかつ安全に必要な物質を生産する事はこれからの日本にとってますます重要になる。その為には、工学的なアプローチによる徹底的な合理化やマイクロリアクターの工業生産への利用なども重要であるが、革新的な生産プロセス自身の開発が強く求められる。有機化合物の合成を例にとれば、多段階のプロセスを一気に短くするような革新的反応の開発、高温高圧やごく低温を必要とする反応をより穏和な反応条件で進行させる新規反応の開発、廃棄物となる共生生成物が出ない画期的な反応の開発などが特に重要と考える。</p> <p>○環境・エネルギーを考えるためにどういう視点、技術の価値を考えるのかという、様々な技術に対し、有意性を検討する技術開発のための指針として技術論的に重要だと思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p>

I-2: 中課題	○	△	×	委員からのコメント
太陽電池・燃料電池・二次電池、熱電変換素子等の電気エネルギー生成・貯蔵技術開発	11	0	0	<p>○今回の震災を受け、原子力発電に完全には依存しないエネルギーシステムの構築は急務であるため。</p> <p>○現在、喫緊の課題であり、ナノテクノロジー・材料研究の成果の貢献が期待できる。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○エネルギー変換効率はいずれも原子力発電に比べ低効率であるため、現実的に必要となる全エネルギーに対しての供給能力のシミュレーションを早急に行う必要がある。</p> <p>○この分野は、日本再生の切り札であり、加速推進すべきテーマ。それぞれが大きなテーマであるが、熱電変換素子については、現状維持でよいことに留意。太陽電池については、これまで将来を見越した研究テーマが多く採択されているが、もっと近いところのシリコン太陽電池で徹底したナノテク技術開発を行わないと、諸外国に市場を奪われ、日本企業は苦戦を余儀なくされる。欧州のシリコン太陽電池の研究人口は、日本の約10倍。シリコンに関しては、半導体(LSI)分野の人材が豊富であり、これらのマンパワーを如何にして太陽電池分野へ引き込むかが重要。</p>
電力システム開発	7	1	0	<p>○今回の震災を受け、原子力発電に完全には依存しないエネルギーシステムの構築は急務であるため。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○特に、新しい超伝導材料の探索については、イノベーションの出口に対して、その課題がサイエンスのレベルまでブレイクダウンされており、推進すべき。</p> <p>○特に、既存の超伝導材を用いたシステム開発については、すでにサイエンスの課題は解決しており、システム化やデバイス化に取り組む段階であり、削除すべき。</p> <p>○当面、わが国と大陸を直接、結べる超伝導送電システムが必要。</p>
太陽エネルギーを化学エネルギーに変換する技術	6	1	1	<p>○現在、喫緊の課題であり、ナノテクノロジー・材料研究の成果の貢献が期待できる。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○太陽光発電・風力発電などの導入と省エネルギー技術のみで目標とするCO2削減の達成は困難であり、並行して物理的・化学的方法によるCO2固定→エネルギー化を可能とする技術開発が重要であり、推進すべき。</p> <p>○人工光合成については、着眼や発想はよくても、現実的に予算投入して、まったく進展がみられないため、削除すべき。</p>
省エネルギー材料開発	10	0	0	<p>○節電を行いながらも経済成長を成し遂げるために必須であるため。</p> <p>○現在、喫緊の課題である。広範な技術領域をカバーし、ITから低摩擦のようなテーマまで広く材料・ナノテクノロジー・研究の成果の貢献が期待できる。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○これまであまり着目していなかった分野であり、推進すべき。</p>
バイオマスリファイナリー	6	2	1	<p>○課題として幅広く、また広範な技術を含む課題なので、ナノテクノロジー・材料の観点から推進すべきテーマを厳選すべきではないかと思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○太陽光発電・風力発電などの導入と省エネルギー技術のみで目標とするCO2削減の達成は困難であり、並行して物理的・化学的方法によるCO2固定→エネルギー化を可能とする技術開発が重要であり、推進すべき。</p> <p>○着眼や発想はよくても、現実的に予算投入して、まったく進展がみられないため、削除すべき。</p>
環境浄化技術	5	2	0	<p>○課題として幅広く、また広範な技術を含む課題なので、ナノテクノロジー・材料の観点から推進すべきテーマを厳選すべきではないかと思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○重要だが、リストされた他の項目は喫緊の課題なので、あえて△とした。</p>
高感度・高選択性環境モニタリング	5	1	0	<p>○パニックを防ぐため、また風評被害を防ぐためにも、環境状態の把握が各家庭で気軽に行えるようなシステムが必要と考えるため。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○重要だが、リストされた他の項目は喫緊の課題なので、あえて△とした。</p>
グリーンプロセス(中課題)	7	2	0	<p>○環境・エネルギーを考えるためにどういう視点、技術の価値を考えるのかという、有意性を検討する技術開発のための指針として技術論的に重要と思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p>
希少元素代替材料開発	8	1	0	<p>○多いに進めるべき。</p> <p>○特にインジウム代替材料は、エネルギーデバイス、ディスプレイなどの基幹となる分野で重要。</p>
エレクトロニクスの省エネルギー化・多機能化	4	1	1	<p>○多いに進めるべき。</p> <p>○エレクトロニクスの省エネ化について、量子コンピュータは集中して重点的に取り組むというより、継続性が重要。また安全安心な社会インフラのためのデバイス技術は具体性がなく、何でもありになってしまうため、△とした。この中ではフレキシブルエレクトロニクスやセンサー、ロボットのスマートインターフェースは、それを動かすエネルギーハーベスティング技術も含め、特に重要と認識。</p> <p>○特に、電池新原理については、イノベーションの出口に対して、その課題がサイエンスのレベルまでブレイクダウンされているため、推進すべき。</p>

I-3:小課題(エレクトロニクスの省エネルギー化・多機能化についてのみ)	○	△	×	委員からのコメント
カーボンナノチューブ、グラフェン等のカーボンナノエレクトロニクス	2	1	1	○特に、カーボンナノチューブについては、着眼や発想はよくても、現実的に予算投入して、まったく進展のみられないため、削除すべき。
新不揮発性メモリ・CPU	2	1	0	
多機能化を指向したナノCMOSとMEMS/NEMSの融合、光配線との融合、スピントロニクスとの融合、バイオ技術との融合	3	0	0	
フレキシブルエレクトロニクスやスマートセンサ、ロボット等のスマートインターフェース	4	1	0	○多いに進めるべき。 ○フレキシブルエレクトロニクスやセンサー、ロボットのスマートインターフェースは、それを動かすエネルギーハーベスティング技術も含め、特に重要と認識。
超高速演算を実現するための量子コンピュータ	1	3	1	○多いに進めるべき。 ○暗号解読などの特殊用途以外への展開には大きなブレークスルーが必要な点に留意すべき。 ○量子コンピュータは集中して重点的に取り組むというより、継続性が重要。 ○すでにサイエンスの課題は解決しており、システム化やデバイス化に取り組むものであるため、削除すべき。
通信等他分野応用へ向けたナノフォトニクス・プラズモニクス・メタマテリアル	4	1	0	○多いに進めるべき。 ○特に、メタマテリアルについては、これまで着目していなかった分野であり、推進すべき。
安全・安心かつロバストな社会インフラ構築のためのデバイス/システム技術	3	1	0	○多いに進めるべき。 ○安全安心な社会インフラ構築のためのデバイス技術は具体性がなく、何でもありになってしまうため、△とした。

課題領域Ⅱ「医療・健康・介護」	○	△	×	委員からのコメント
Ⅱ-1:大課題				
再生医療のためのバイオマテリアル・デバイス	9	0	0	<p>○ESおよびiPS細胞を用いる再生医療で、がん化につながる遺伝子を用いないマテリアルズ(化学物質)を用いるリプログラミングの科学・技術の発展が不可欠である。4ページの記述は「バイオマテリアル・デバイス」とだけあるが中身が理解しにくい。</p> <p>○分子の自己組織性、表面修飾など材料ナノテクノロジーの成果が広範に応用でき、また医療からも重要な国際競争も激しい分野である。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○将来の医療を大きく変えるとする再生医療であるが、その過渡期として、生体適合材料を用いた三次元構造化が必要となり、推進すべき。</p> <p>○この10年間のナノテク・材料の取組で著しい進展のあったものであり、推進すべき。</p>
薬物送達(DDS)	7	0	0	<p>○多いに進めるべき。</p> <p>○疾患部位に薬剤を高濃度で作用させることは重要な技術であり、推進すべき。</p>
細胞レベルの診断・治療(セラノスティクス)のためのDDSやイメージング技術	5	0	0	<p>○重要な研究課題であり、最優先で推進すべきであるが、課題の名称が別課題として上げられている「薬物送達」と重複している印象がある。たとえば、「診断と治療を一体化したin vivoナノデバイス」といったことばにするとより広い概念として捉えられると思う。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○工連携の必要性がクローズアップしているが、両者の壁を取り除いた真の連携が望まれる。近年、単に病理のセンシング技術のみでなく、例えばがん細胞に特異的に吸着し、タグ化してがん細胞を根源的に治癒する構想などがあるが、それらは大変重要な今後の研究課題である。</p>
単一細胞・単一分子の分析技術	4	3	0	<p>○推進に値すると考えるが、細胞の機能は集団としての振る舞いが重要であり、特に、疾患診断との関係で重要である。単一細胞分析の結果が疾患に直結する組織レベルでの機能と整合性があるかどうかについての検証も行う必要がある。</p> <p>○極限微小計測の応用できる重要な分野である。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○細胞ごとの相違を詳細に解析することは、再生医療などの観点から重要であり、推進すべき。</p> <p>○単一細胞、単一分子の分析技術は基盤技術として継続的に進めるべきもので、集中的に投資することで複雑系システムの生命の理解が格段に進むものではないため、あえて△とした。</p>
健康に影響を及ぼす因子を検知するセンサ	4	0	0	○医療費増加の中で、予防の観点から、継続的に生体情報の時間変化を計測することは重要であり、推進すべき。
アグリ・食品科学技術への展開	1	1	0	○アグリ・食品科学への展開は期待されているが、いまだ集中的に取り組むべき科学的課題が見えないので、あえて△とした。
Ⅱ-2:課題				
高度薬物送達	7	0	0	<p>○重要な研究課題であり、最優先で推進すべき。この場合、出口をわかりやすく記述した方が良い様に思う。例えば、国民の死亡原因の第1位であり、また、5年生存率の改善が喫緊の課題である「がん」の治療を代表例として一言、追記してはどうか。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○課題の緊急性と科学技術としてのイノベーションの大きさの両面から判断した。</p>
ケミカルバイオロジー	5	1	0	<p>○重要な研究課題と考えるが、内容が他に比べて抽象的ではないか。また、ナノテクノロジー・材料という観点と異なる印象を受ける。</p> <p>○これまでにない新しい治療法の開発には、疾病の分子レベルでの原因を明らかにすることが必須であるが、そのためにケミカルバイオロジーが果たす役割はますます大きくなると考えられ、ナノテク・材料が直接間接に寄与しうると考えられる。さらにケミカルバイオロジー研究の要となる低分子化合物は、医薬シードとして新しい治療法に直結するというメリットももっている。ナノテク・材料という枠組みにとらわれず、広く生命科学の進展への化学の寄与を支援すべきと考える。</p> <p>○分子生物学的な手法に加えて有機化学的な手法も駆使し、生体内分子の機能や反応を分子レベルから扱おうとすることは重要であり、推進すべき。</p> <p>○課題の緊急性と科学技術としてのイノベーションの大きさの両面から判断した。</p>
細胞内治療	6	1	0	<p>○「上記高度DDSの一つの発展形」という形で限定しない方がよい。体内の単一細胞(例えば癌幹細胞)に焦点をあてて様々なナノテクノロジー(DDS、イメージング、細胞プログラミング、光や超音波などの物理エネルギー利用など)で集学的に取り組むイメージにしてはどうか。</p> <p>○DDSの発展形としてこの言葉が定義されているが、別の視点から、では細胞内で何を治療するのかという点を問いたい。DDSの最もわかりやすい例は、抗がん剤をがん細胞に選択的に運び、がん細胞を選択的に殺すというイメージであろうが、これは細胞を治療した事にはならない。特定の細胞に遺伝子を導入しあるタンパク質を発現させるなど、遺伝子治療は細胞内治療にあたるかもしれない。もうひとつ将来的な大きな「細胞内治療」の可能性として、特定の細胞のエピジェネティックな状態を正常化するような治療が考えられるのではないかと。糖尿病など現代に残された難治疾患は、我々自身の細胞が後天的にエピジェネティックな変化(DNAやヒストンの化学修飾の変化)をうけ、遺伝子そのものではなく、遺伝子の発現のパターンが変化し、その機能に異常をきたしていると考えられ、対症療法ではなく、根本的な治療には細胞内の遺伝子発現の状態を正しい状態にリセットする必要がある。従って、遺伝子进行操作するのではなく、細胞中の遺伝子の発現をエピジェネティックにコントロールする技術の開発が望まれる。そのためには、DNAやヒストンの化学修飾にかかわる複雑な制御機構を明らかにする必要があり、それをコントロールする低分子化合物を見いだし、DDS技術と組み合わせれば、真の細胞内治療を可能とする医薬につながる可能性がある。</p> <p>○多いに進めるべき。</p> <p>○この10年間のナノテク・材料の取り組みで著しい進展のあったものであり、推進すべき。</p> <p>○課題の緊急性と科学技術としてのイノベーションの大きさの両面から判断した。</p>
再生医療材料	7	0	0	<p>○多いに進めるべき。</p> <p>○課題の緊急性と科学技術としてのイノベーションの大きさの両面から判断した。</p>
インプラント型診断治療デバイス	1	1	0	
生体材料による環境安全モニタリング	2	1	0	

課題領域Ⅲ「科学技術基盤」	○	△	×	委員からのコメント
Ⅲ-1: 大課題				
極限の計測・評価・解析、	7	1	0	○今回の原発の問題で、各センサーが極限状態で使用不可能となった。極限状態の技術へのニーズが高まったと考えるため。 ○多いに進めるべき。 ○計測は科学技術発展の基盤となるものであり、継続的強化が必要であり、推進すべき。 ○放射光や中性子施設については、民間では担保できない共通基盤技術であり、推進すべき。
ナノ加工プロセス	5	1	0	○多いに進めるべき。 ○量子力学的効果などによるナノ構造を用いた新機能・新材料の実現には制御性よく原子レベルの加工を行う技術が不可欠であり、推進すべき。 ○自己組織化については、イノベーションの出口に対して、その課題がサイエンスのレベルまでブレイクダウンされているものであり、推進すべき。
物質材料制御技術	7	0	0	○多いに進めるべき。 ○計算能力の向上と対象とする計の微細化により、実用的レベルでのシミュレーション、第一原理計算が可能となってきており、量子力学的効果などによるナノ構造を用いた新機能・新材料の実現には計算科学・シミュレーションとの連携が不可欠であり、推進すべき。 ○ナノテク材料として最も重要な課題は、“物質学”の本質まで遡りそこから新しい機能を創造することであると思われる。システムサイドからの物質に対する従来の延長の要求とは一線を画し、「物質の機能がシステムを変える」イノベーションが切に望まれる。
国際標準・工業標準	1	1	0	○国際標準、工業標準は重要だが他の課題と同じレイヤーでは議論できない。
リスク評価・EHS(Environment, Health and Safety)	3	0	0	○別の視点が必要。リスク評価・EHSとELSIはまとめてひとつの課題にすべき。
ELSI(Ethical, Legal and Social Issues)・ナノテク社会受容、テクノロジーアセスメント	3	0	0	○別の視点が必要。リスク評価・EHSとELSIはまとめてひとつの課題にすべき。
Ⅲ-2: 中課題				
3次元計測、動的・リアルタイム計測、界面および内部計測	7	0	0	○微量、微小空間などにおけるこれらの計測は今後の材料の特性理解さらにそれに基づく新規材料の創製に必要であるため。 ○多いに進めるべき。
プロセスが実際に進行している環境下でのその場計測技術	3	2	0	○基盤計測から機能デザインへつなぐものとして重要。 ○多いに進めるべき。 ○プロセス下でのその場計測技術は他のリストされているテーマから比べると、個別的なもので、△とした。
ナノ加工プロセス(トップダウン、ボトムアップ)	7	0	0	○別紙案の5ページ 「新しい材料として、 dendrimer、有機ナノチューブ等新しいナノ・マクロの空間をデザインした超分子材料、…」とあるが、自己組織化(自己集合)により作られる最も実用に近い代表例としての、多孔性配位高分子、金属-有機骨格体、メソポーラス材料が欠落している。 ○多いに進めるべき。
ナノ・マイクロ印刷技術、三次元ナノ製造技術	3	0	0	○多いに進めるべき。
物質材料制御技術(理論、計算・シミュレーション、新材料設計・探索)	8	0	0	○総合的なアプローチのためにも省庁、大学、研究機関、企業の枠組みを超えた共同研究、研究交流の組織が必要。 ○多いに進めるべき。
Ⅲ-3: 小課題				
結晶格子や分子・配向の制御	5	0	0	○多いに進めるべき。
表面構造の制御	7	0	0	○多いに進めるべき。
空間・空隙構造の制御	4	0	0	○多いに進めるべき。
広く分子・有機材料および複合材料を目的に応じて自在に制御するための分子技術	6	0	0	○データベースや理論のみが強調されているが、実際に分子・有機材料や複合材料を目的に応じて自在に制御するために必要なのは、そういう分子や材料を作り出すための分子技術であり、合成化学である。比較的簡単な有機分子の合成についてはこれまでの長い有機合成化学の蓄積により、設計した分子を合成する事ができるレベルであるが、さらにナノの領域に近づくような大きな分子、あるいはこれまでにないような特異な構造をもつ分子という事になると、分子合成それ自体がネックとなると容易に予想される。さらに自己組織化や超分子形成した集合体の構築あるいは複合材料の構築となると、新たな集合原理を見いだす事も必要。 ○多いに進めるべき。
物質・材料データベース	2	1	0	○多いに進めるべき。 ○物質・材料データベースは重要だが、単に集積するだけでは価値は低い。先端のIT技術を導入して、検索、情報の構造化、知識化ができるようにインフォマティクス技術含め、整備することが重要。
材料設計・創製のための計算科学・シミュレーション技術	5	0	0	○多いに進めるべき。

課題領域IV「震災からの復興対策や災害対応・予防策のナノテクノロジー・材料科学技術」	○	△	×	委員からのコメント
IV-1: 課題				
建築構造物ヘルスマonitoring・センサネットワーク	2	1	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。
迅速な自然災害の予兆と情報伝達のための、ユビキタスセンサネットワークシステムの広範囲な設置と充実、警報システムの開発・整備	4	0	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。
身につけていることがわからないほどの、人にフレンドリーな小型・軽量・送受信システムの開発・配備	4	1	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。
十分な電力源のない場所でも使用可能な、エネルギーハーベスティングデバイス	9	0	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。 ○これまであまり着目していなかった分野であり、推進すべき。
作業ロボット等に搭載する耐放射線デバイスのためのナノエレクトロニクス研究開発	4	0	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。 ○今回の震災から学んだ教訓をベースに回答。耐放射線デバイス技術は米国では軍で研究が盛んであり、放射線に弱い半導体以外の材料を用いたデバイスの検討も必要。
簡便・携帯可能な放射線線量計	2	1	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。
水中の放射性元素・汚染物質分離回収技術	7	0	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。 ○災害対策として特にナノテクノロジーによる貢献が必要な分野であり、推進すべき。 ○食の安全性を確保しつつ農家・畜産家の経済を保護するために、早期の対応が必要。これまでに蓄積した材料技術を生かし、植物への放射性元素の移行低減や浄化(除染)を効果的・効率的にできる材料技術が特に必要とされている。また、以上踏まえ、「農地等土壌や水中の放射性元素・汚染物質の検出・分離回収・安定化技術」としてはどうか。
放射性物質を長期間、安全に保管するために必要となる構造材料の開発	7	0	0	○今回の震災を受け必須と考えるため。 ○多いに進めるべき。 ○災害対策として特にナノテクノロジーによる貢献が必要な分野であり、推進すべき。

全体へのコメント

○今回、あえて長期的な視野を避け、短期的に重点化すべき課題に絞った。当面、これらの技術が達成されれば、長期的にも日本の科学技術を救うものになると考える。

○ナノテクノロジーによる表面・界面制御により、エネルギーシステムでの摩擦ロス、放熱・蓄熱効率の制御が可能となるため、ナノテクノロジーは、今回の未曾有の震災からの復興のためにも必須の技術である旨を記載すべき。

○文科省からの予算措置の結果、ナノテクノロジー・材料分野において進捗したテーマについて記載すべき。

○40年で枯渇する石油(エネルギー、材料)の代替に基づく日本の産業構造の創成に資するナノテクノロジー・材料科学技術を進める必要がある。

1. 日本に特有のエネルギー源(地熱、海洋等)をこれまで以上に生かした独自の発電、エネルギー利用技術の開発を推進(大規模からローカル発電まで)。
2. 人材育成の項 “基礎が確立していないコンピタンスのない人材を増加させない”は重要。
3. 日本が置かれた現状で解決すべき課題に優先順位をつけて、基礎から出口までの研究者を統合組織化して進める体制をつくることは重要。成果に至るようベクトルのそろった体系が必要。
4. ナノテクノロジーを基盤技術として位置づけることは理解されてきていると考える。途切れることなく支援・強化して、次々と新たな現象の発見、未解決問題の解明、新規素材の創出を続けることが重要。
5. これまで構築してきたネットワーク(技術・人材)の体系。装置・設備の体系を維持発展させる方向で、次世代の体系を作ることが重要。事業がおわったから霧散ということのないように。
6. 有用な素材・材料の創出と実用化には非常に時間と努力が必要。ゼロからスタートして有用な材料に作り上げる力と、辛抱強く育てる力は、日本が特に優れていると考えられる。材料の分野は手を抜いてはならない。

○大震災と原発事故という深刻な事態に見舞われた現在、環境・エネルギー問題の解決は日本の将来にとって極めて重要なものであり、これまでの枠組みにとらわれず、強力に推進すべき課題である。ここにあげられているキーワードはどれも重要であると考えられるが、上記はコメントする専門に近いキーワードのみを選択した。

本委員会の性格から、ナノテク・材料という視点が議論の中心になるが、環境・エネルギーも医療もたいへん重要な課題の解決という視点で考えれば、「これはナノだから○、これはナノではないから×」というような切り分けは無意味で、材料科学においても、材料が機能を発揮するその最終局面だけをとりあげるのではなく、その材料の合成から最終的な用途への利用までを含むものでなければならないと思う。そういう観点で見て上記コメントを書かせていただいた。その中で「触媒」という課題をあげさせていただいた。おそらくこの委員会でも「ナノ触媒」のような形で「ナノ」というキーワードに乗ったものは取り上げられてきたのではないかと思うが、触媒は分子触媒からナノ触媒、固体触媒までさまざまな形態は考えられるが、もっとも重要な点はナノかどうかの形態ではなく、真に有用な触媒反応や原理を見だし、実用的に有用なものに発展させる事であり、言葉としての「ナノ触媒」だけを切り取ってとりあげてもあまり意味がなく、トータルで発展すべきであると考えられる。

ナノというサイズ効果で見いだされた現象の中にはサイエンティフィックにたいへん面白く、かつ有用なものがたくさん存在する。その事は既に広く認識・実証され、ナノテクネットワークのような形でそのような現象を解析し新しいサイエンスや有用な材料を創りだしていくための基盤が整いつつあることはたいへん重要と考える。次のフェーズとしては、「ナノ」が「ナノテク・材料研究者」のキーワードではなく、科学の現象のなかのひとつとしてあたりまえになり、幅広い科学者がその知見や基盤をあたりまえに利用して、さらに発展させていくことが期待される。大きな課題の解決につなげるためにも、狭い定義でのナノテク・材料のみを切り出して支援するだけでなく、もっと大きく広げていくことが必要のように思う。

○アンケート丸を付けた所は大いに進めた方が良くと思います。また詳しい知識がない、専門でなくはつきりしない所はblankにしてあります。

1) 開発だけでなく、希少資源の再利用を徹底的に行なう必要があると思います。リサイクルシステムの構築

2) ナノ加工プロセスはIII-1 とIII-2 の両方に有ります。よいのでしょうか。このほかにも中課題と小課題で同じような題目が有ります。

3) ロボット開発は日本でかなり力を入れているのかと思いましたが、原発事故でそうでもない事がわかりました。色々な活用が考えられますから将来人間がやりにくいことを受け持つロボット開発は重要と思います。

4) 放射能の検出については配慮されていますが、今回震災で問題になったことは、一般的な正しい放射線取扱い注意が知られていない。原子力に関係した人材が不足している。等の問題が大きかったと思います。人材育成というような問題も何処かでとりいれられないでしょうか。

5) 最近ソフトマター物理が注目されています。電子情報技術にもソフトマターは役立っているし、未来の技術としてもソフトマター研究は重要です。生体物質の機能を補完代替するバイオマテリアルは医療分野への応用が期待されています。III-3 当たりにソフトマターという観点からの物質群を取り上げても良いのではないのでしょうか。

○ナノテク材料の本質は、物質の根源的特性を究明することにより、従来の延長では達成できなかった機能の創出にあると思います。本分野は日本が先導しており、日本から生まれたオリジナルなナノテク材料により、新しいシステムを創造することが何より重要と思われる。具体的には、例えば従来のエレクトロニクス系の延長のインターネットから災害時に誰もが繋がる超高速・高画質ネットワークを構築する必要があります。3月の大震災時に、遠く離れた東京においても、緊急の携帯電話が繋がらないという通信技術の脆弱性が露呈されました。日本復興へ向けたナノテク材料の大きな一つの貢献は、大震災を経験した自粛するのではなく、日本のオリジナル技術に支えられたフォトニクス・ナノテク材料によるFace-to-Faceコミュニケーション産業の創出であります。「ナノテク材料の機能がシステムを変えるイノベーション」であると思われま。

○文科省のプログラムとして、色々な枠組みのなかで太陽電池が取り上げられるようになったのは、非常に評価できると思いますが、現状では、ALCA、CREST、さきがけ などの中に個々のテーマが分散しており、日本全体としてみると横の連携がなく大きな力を発揮できていない。文科省傘下のプログラムを全部まとめて、研究者の連携、技術の融合を展開していくことが「技術で世界一」になる鍵。

追加すべき課題

課題等の名称	追加する位置	理由・コメント
	例：課題領域Ⅲ「科学技術基盤」Ⅲ-2：中課題	
元素戦略・希少元素・枯渇資源代替材料開発	課題領域Ⅰ「環境・エネルギー」	表1に記載している。我が国には殆どなく、40年度枯渇すると考えられており、さらに国間の資源争奪紛争を起こしている石油はその代表例。最も必要性を認識している日本であるからこそ重点的な研究展開が可能である。また、その成果は世界から受け入れられるはずである。
小規模電力貯蔵	課題領域Ⅰ「環境・エネルギー」 Ⅰ-2：中課題	ローカルで得た電力を現場に貯蔵（広域網に返さない）・利用、夜間電力の利用など
触媒	課題領域Ⅰ「環境・エネルギー」 Ⅰ-2：中課題	上記元素戦略とグリーンプロセスの項で述べた通り、触媒は、排ガス浄化やセルフクリーニング材料、廃棄物処理といった環境浄化技術としての重要性と、物質生産プロセスにおける重要性の両方をあわせもつ。特に物質生産プロセスでは、優れた選択性の高い触媒の開発は、反応温度の低下や副生成物や共生成物の生成減少により反応や精製にかかるエネルギーや環境負荷を大きく削減できる。昨年のノーベル化学賞の業績が物語るように、画期的な触媒の開発は物質生産プロセスに革新をもたらす。地球環境を維持し、エネルギー消費を抑えながら、人類が文化的生活を継続していく為には、優れた触媒の開発は鍵となる課題のひとつであり、強く推進すべき研究である。従って、グリーンプロセスや元素戦略というキーワードに加え、「触媒」というキーワードを加える必要があると考える。
トライボロジー/摩擦エネルギーロス最小化界面創製	課題領域Ⅰ「環境・エネルギー」 Ⅰ-2：中課題 又は Ⅰ-3：小課題(エレクトロニクスの省エネルギー化・多機能化についてのみ)	自動車など多様な機械における動力の省エネルギー化、安心・安全に対し重要な議題である。ナノテク・材料技術に応用するのに適した分野である。
リサイクルシステムの構築	課題領域Ⅰ「環境・エネルギー」	開発だけでなく、希少資源の再利用を徹底的に行なう必要があると思います。
パワーデバイス材料開発	課題領域Ⅰ「環境・エネルギー」 Ⅰ-2：中課題 省エネルギー材料開発	省エネルギーの重要技術の一つがパワーデバイスの高性能化である。SiC, GaN, ダイヤモンドなどのパワーデバイス材料の開発が進められているが、さらに組織だった取り組みが欲しいところ。
作業ロボット開発	課題領域Ⅱ「医療・健康・介護」	何処に入れるか問題かもしれませんが、放射能の問題だけでなくロボットをもっと活用するように検討すべきだと思います。
構造体の安心・安全や長寿命化に貢献する材料開発とその総合工学的検討	課題領域Ⅳ「震災からの復興対策や災害対応・予防策のナノテクノロジー・材料科学技術」 Ⅳ-1：課題	左記の課題領域においては、ナノ計測やナノセンシング技術の開発も重要であるが、同時に構造体の安心・安全や長寿命化に貢献する技術開発を総合工学的に俯瞰し、1)課題を多様な要素技術を融合化して解決する、かつ2)その中でキとなる材料開発に焦点を絞り推進すべきと考える。
建築構造物（橋梁等社会インフラ）の低コストで早期に補修・補強可能な構造物の耐震技術開発	課題領域Ⅳ「震災からの復興対策や災害対応・予防策のナノテクノロジー・材料科学技術」 Ⅳ-1：課題	老朽化・劣化が深刻な社会インフラが急増しており、数多くのインフラを補強するためには建て替えではなく、安価に補修・補強できる溶接材料等の材料技術が必要とされる。
震災被害を最小限にするために必要となる構造材料の開発や信頼性予測技術の開発	課題領域Ⅳ「震災からの復興対策や災害対応・予防策のナノテクノロジー・材料科学技術」 Ⅳ-1：課題	建築構造物（橋梁等社会インフラ）や発電プラント等の構造材料の強度低下原因となる腐食や疲労・クリープに対して、劣化を抑制する材料や保護皮膜形成プロセス等の劣化抑制技術が特に必要とされている