資料１－５

現状におけるエネルギー分野の課題や問題点と対応方針（要約版）

平成２１年４月２２日
エネルギーＰＴ

１．近年の情勢

世界的課題である気候変動問題が大きくクローズアップされ、温室効果ガスの排出量を大幅に削減することが国際社会において喫緊の課題。米国は 2005 年比 2020 年で 14%削減、欧州は 1990 年比 2020 年で 20%削減という目標。我が国は平成 21 年 6 月頃に中期目標を策定する方針。

- 「環境エネルギー技術革新計画」（平成 20 年 5 月 19 日：総合科学技術会議）
- 「低炭素社会づくり行動計画」（平成 20 年 7 月 19 日閣議決定）において、「環境エネルギー技術革新計画」に示された技術ロードマップ等に今後５年間で 300 億ドル程度投入
- 原油価格は金融危機に端を発して下落傾向。「世界エネルギー見通し」2008 年版によれば、2030 年には１バレル＝120 ドル（2007 年実質ドルベース）を超えると想定。
- 我が国においては、省エネルギー分野では、ハイブリッド自動車や電気自動車等の次世代自動車への取組が加速し、再生可能エネルギー分野では、太陽光発電の導入目標の大幅な拡大、原子力分野では着実な推進、国産エネルギーとして期待できるメタンハイドレートの開発によるエネルギーセキュリティの一層の向上を図る必要がある。

オバマ新大統領が「New Energy for America」を掲げ、クリーンエネルギーに今後10年間で1500億ドルを投資し、輸入石油を減らし、2015年までに100万台のプラグイン・ハイブリッド車を走らせ、発電量に占める再生可能エネルギーの比率を2012年までに10%、2025年までに25%を達成し、温室効果ガスを2050年までに1990年比で80%削減する目標。

２．現状における課題や問題点

【研究開発】

＜原子力＞

- 次世代軽水炉については、２年間のＦＳの成果を踏まえ、２０３０年前後からの既設軽水炉の代替需要をにらみ、世界市場を視野に入れて早期に研究開発を進める必要がある。
- 国の地層処分政策として、処分事業推進に向けた取組の強化が急務であり、その一環として、深地層の研究施設等の広報面での活用が重要な課題。
- 高速増殖炉サイクル技術の実用化には、高速増殖原型炉「もんじゅ」の運転を通じて信頼性等を実証するとともに、高い経済性や安全性等を達成するための革新的な技術を開発し国際標準となる設計を提示することが必要。

＜再生可能エネルギー、水素／燃料電池＞

- 太陽電池については、一層のコスト低減を可能とする省シリコン系や全くシリコンを使用しない非シリコン系太陽電池の研究開発が重要。
- 太陽熱温水器について、効率のよさ、省エネポテンシャルの大きさ等に鑑みて、改めて普及促進の施策を講ずることが重要。
- 風力発電については、陸上風力の導入支援、洋上風力などの新技術の研究開発が必要。
- 燃料電池自動車では信頼性、耐久性の向上及び低コスト化、定置用燃料電池システムで

は耐久性向上、低コスト化及び更なる性能向上が必要。

＜化石燃料＞

・ 二酸化炭素回収・貯留（ＣＣＳ）事業の実証にあたっては、規制や基準を整備するとともに国民に広く理解が得られるような活動が必要。

＜電力供給、電力貯蔵、運輸部門＞

・ 現在のリチウムイオン電池は、理論値より現状値が低く、性能が飛躍する可能性がある。充放電反応状態でのミクロレベルでの反応メカニズムの解明等の基礎的技術が重要。
・ 超電導については、イットリウム系のみならず鉄やビスマス系など将来のブレイクスルーを期待しつつ、候補となる材料の研究を併行して進めることが必要。
・ 分散型電源の増加に対応したスマートグリッドなどの新たな電力系統制御技術に取り組むことが必要

＜民生部門＞

・ 高効率な空調・給湯・照明機器などの省エネ機器をモデル的に導入していくことが必要。

＜運輸部門＞

・ リチウムイオン電池については上述参照。次世代自動車の普及拡大に向けては効率的なインフラ整備が不可欠であり、電気自動車と充電器間の通信方式やコネクタなどは個々に検討されており、世界各国の自動車に対応するためには国際的な標準化が重要。

【推進方策】

＜成果の還元＞

・ 技術開発のみならず、普及のための政策面でのバックアップが重要。普及のメカニズムは新技術の開発と同時に最初から意識しておくべき。円滑な成果の受渡しが行われているか、チェックすべきではないか。特にエネルギー分野ではインフラ整備が重要。

＜科学技術システムの強化＞

・ 将来の日本の人口減少が避けられない中、エネルギー分野の研究者・技術者の人材育成・技術継承を継続的に産学官連携して取り組んでいくべきではないか。
・ 基礎から応用へ、基礎から実用化へというこのつなぎについて基礎研究が基礎研究で終わらないように続けることが必要。
・ 安易に戦略がぶれるべきでないが、「低炭素社会づくり行動計画」（平成20年7月閣議決定）などの諸般の情勢変化に応じて、新たな研究開発目標の設定など、分野別推進戦略を機動的に見直すことも必要ではないか。

＜研究開発プロジェクトの効率的かつ効果的実施＞

・ 国際協力できる範囲が限定的であるとともに、協力に対する期待と開発競争と表裏であることが多いことから、過去の成果を踏まえた上で、事業ごとに効果や意義を検討することが重要ではないか。

３．対応方針

【研究開発】

＜原子力＞

・ 次世代軽水炉については、官民一体となった本格開発に向けた取組のための実施体制を早期に構築することが望まれる。
・ 今後、研究開発の本格化に伴い多額の研究開発資金が必要になる高速増殖炉サイクル技術については、事業の必要性・重要性等を精査した上で研究開発スケジュールを策定することが望まれる。
・ 原子力発電に係る事業については、国民に広く理解が得られるよう、広聴・広報活動を関係各機関と協力し、充実することが望まれる。

＜再生可能エネルギー、水素／燃料電池＞

・ 太陽電池や水素／燃料電池に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。
・ 太陽熱利用については、関係府省連携して、普及促進策を講じることが望まれる。
・ 風力発電については、陸上風力と洋上風力の研究開発を行い、その動向等を踏まえ、経済産業省と環境省は将来の導入規模等、シナリオを策定することが望まれる。

＜化石燃料＞

・ 二酸化炭素回収・貯留技術（ＣＣＳ）については、国民に広く理解が得られるよう、広聴・広報活動を関係各機関と協力し、充実することが望まれる。

＜電力供給、電力貯蔵、運輸部門＞

・ 蓄電池や超電導に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。
・ スマートグリッドなどの新たな系統運用制御技術により、変化する電力システムにおいて低炭素化、コスト低減、電力品質の維持・向上などの機能向上がはかられるよう解析し、技術開発を推進することが望まれる。

＜民生部門＞

・ 民生部門からの二酸化炭素の排出量が増大している一方、戦略重点科学技術である「エネルギーの面的利用で飛躍的な省エネの街を実現する都市システム技術」への取組が弱いため、環境モデル都市などと連携しながら導入実証に向けて、関係各省連携して積極的に推進していくことが望まれる。

＜運輸部門＞

・ 蓄電池については上述参照。次世代自動車および関連インフラの技術は、電気自動車用

急速充電器など日本が先行している分野であり、国際標準を確立し我が国の国際競争力を向上するため、関係府省が連携して積極的に推進していくことが望まれる。

【推進方策】

＜成果の還元＞

- **エネルギー分野ではインフラ整備が重要であること、開発から普及まで長期にわたる取組が必要であること等を鑑み、実証事業や普及にあたっては環境モデル都市などの取組を関係府省が連携し、積極的に支援することが望まれる。**

＜科学技術システムの強化＞

- **小中学校から「ものづくり」や「科学技術」への好奇心を抱かせ、広い視野を持たせる理科教育の充実が望まれる。**
- **原子力や資源開発などの工学系のみならず社会科学分野（リスクコミュニケーションや税制などの）の研究者を産学官連携しながら充実させていくことが望まれる。**
- **新しい触媒や材料など基礎・基盤的技術については、文部科学省（JST）と経済産業省（NEDO）などの研究資金配分機関は連携を強化すべきである。また、異分野融合を促進していくことが望まれる。**
- **「低炭素社会づくり行動計画」（平成20年7月閣議決定）など諸般の情勢変化に応じて、新たな研究開発目標の設定など、分野別推進戦略を機動的に見直すことが望まれる。**

＜研究開発プロジェクトの効率的かつ効果的実施＞

- **ＩＴＥＲのみならず、次世代太陽光発電やＣＣＳなどに代表される革新的技術の開発については、国際協力を積極的に推進していくことが望まれる。**

現状におけるエネルギー分野の課題や問題点と対応方針

平成２１年４月

エネルギーＰＴ

１．第３期科学技術基本計画策定以降の情勢の変化

世界的課題である気候変動問題が大きくクローズアップされ、温室効果ガスの排出量を大幅に削減することが国際社会において喫緊の課題となっている。しかしながら、原子力発電の稼働率低下等により、我が国の温室効果ガス排出量は京都議定書に定められた基準年における排出量を上回っており、第１約束期間(2008年～2012年)における基準年比６％削減約束達成に向けて、国をあげて取組んでいる。（図１参照）そうした中、平成20年7月の北海道洞爺湖サミットにおいて、G8は2050年までに世界全体の排出量の少なくとも50%削減を達成する目標を、UNFCCCのすべての締約国と共有し、採択することを求めることで合意がなされた。平成21年12月にCOP15（於：デンマーク）が開催され、そこで次期枠組みが決定される予定である。（図２参照）既に、米国は2005年比2020年で14%削減、欧州は1990年比2020年で20%削減、カナダは2006年比2020年で20%削減という目標を掲げているが、我が国では「地球温暖化問題に関する懇談会」の「中期目標検討委員会」で中期目標を検討し、総理大臣が6月頃までに中期目標を決定する予定となっている。

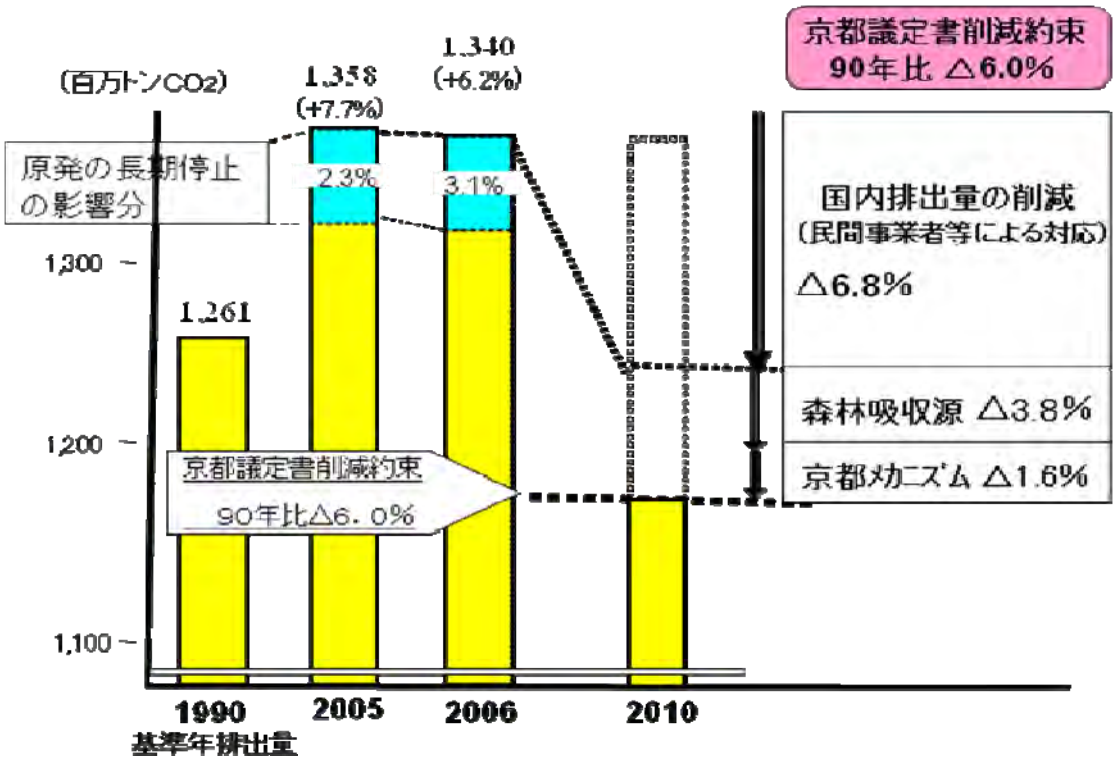
科学技術への期待としては、第169回国会における福田前首相の施政方針演説（平成20年1月18日）の中で「環境エネルギー技術革新計画」策定の方針が打ち出された。これを受けて、総合科学技術会議は環境エネルギー技術革新計画ワーキンググループを設置し、低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略となる「環境エネルギー技術革新計画」を策定し、第75回総合科学技術会議（平成20年5月19日）にて決定・意見具申を行った。さらに、平成20年7月の福田ビジョンや「低炭素社会づくり行動計画」（平成20年7月19日閣議決定）において、革新的技術開発の推進及び既存先進技術の普及促進を行うために「環境エネルギー技術革新計画」に示された技術ロードマップ等に今後５年間で300億ドル程度投入することが明記された。さらに、第79回総合科学技術会議（平成21年2月20日）にて、低炭素社会実現に向けた「環境エネルギー技術革新計画」を戦略的に推進することが決定された。また、地球規模の課題の解決に向けた科学技術協力の強化等について議論するため、初めてG8科学技術大臣会合（平成20年6月15日 於:沖縄）を開催し、低炭素社会実現のために各国の環境エネルギー技術に関する政策やプログラムの情報を集約し、とりまとめることを提案し、次回イタリアでの開催時に報告することとなった。

一方、資源問題に目を向けると原油価格は需給ファンダメンタルズに加えて、イラク戦争等の地政学的リスクやオイルマネー等の流入によるプレミアムによって、大きく乱高下し、金融危機に端を発して下落傾向（図３参照）にあるが、国際エネルギー機関（IEA）の「世界エネルギー見通し」2008 年版によれば、2030 年には１バレル＝120 ドル（2007 年実質ドルベース）を超えると想定しており、エネルギー自給率 19%（原子力含む）の我が国（図４参照）としては、原油、石炭、天然ガス、ウラン等の資源の有限性や特徴も念頭に置いて、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力を

柱としたエネルギーセキュリティの一層の向上を図っていく必要がある。最近の情勢としては、省エネルギー分野では、ハイブリッド自動車や電気自動車等の次世代自動車への取組が加速している。再生可能エネルギー分野では、太陽光発電の導入目標の大幅な拡大や太陽光発電の余剰電力買取制度が開始予定である。原子力分野では、地震等への対策が重要になっている。また、「海洋基本計画」（平成 20 年 3 月 18 日閣議決定）に基づき、関係府省連携の下、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」（平成 21 年 3 月 24 日）が策定され、国産のエネルギー資源として期待されているメタンハイドレートの開発計画が位置づけられた。

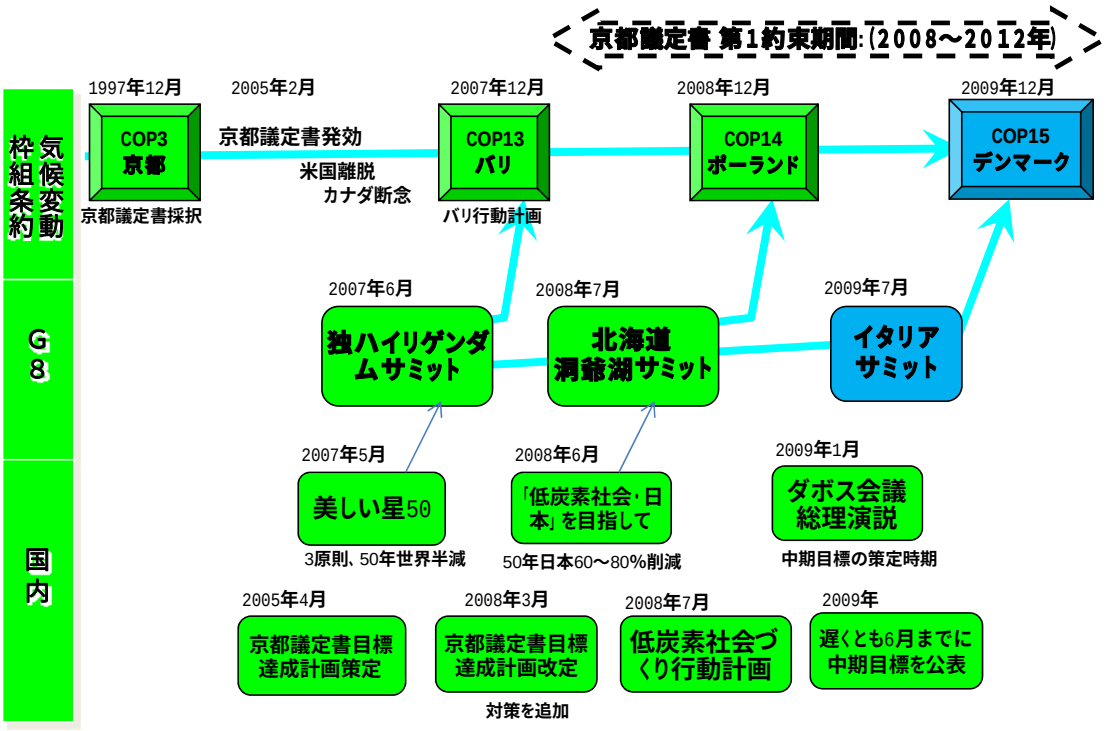
海外では、平成21年1月20日に米国大統領に就任したオバマ新大統領が「New Energy for America」を掲げ、クリーンエネルギーに今後10年間で1500億ドルを投資し、500万人の雇用を生み、輸入石油を減らし、2015年までに100万台のプラグイン・ハイブリッド車を走らせ、発電量に占める再生可能エネルギーの比率を2012年までに10%、2025年までに25%を達成し、温室効果ガスを2050年までに1990年比で80%削減する目標を公表している。EUでは、平成19年11月に温室効果ガス排出削減に向けた技術開発の取組方針「Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)」をEU諸国に向けて提案し、EU全体のエネルギー分野の技術開発の総合的な計画書として位置づけている。また、平成20年1月に、様々な技術や部門における気候変動対策の政策である「Energy and Climate Change Policy Package」を発表し、再生可能エネルギーの比率を2020年までに最終エネルギー消費の20%とする導入目標、CCSの開発基本方針等を示している。

＜エネルギー分野における主な閣議決定や総合科学技術会議決定＞
・低炭素社会づくり行動計画（平成 20 年 7 月 29 日　閣議決定）
・環境エネルギー技術革新計画（平成 20 年 5 月 19 日　総合科学技術会議決定）
・エネルギー基本計画（平成 19 年 3 月 9 日　閣議決定）　等

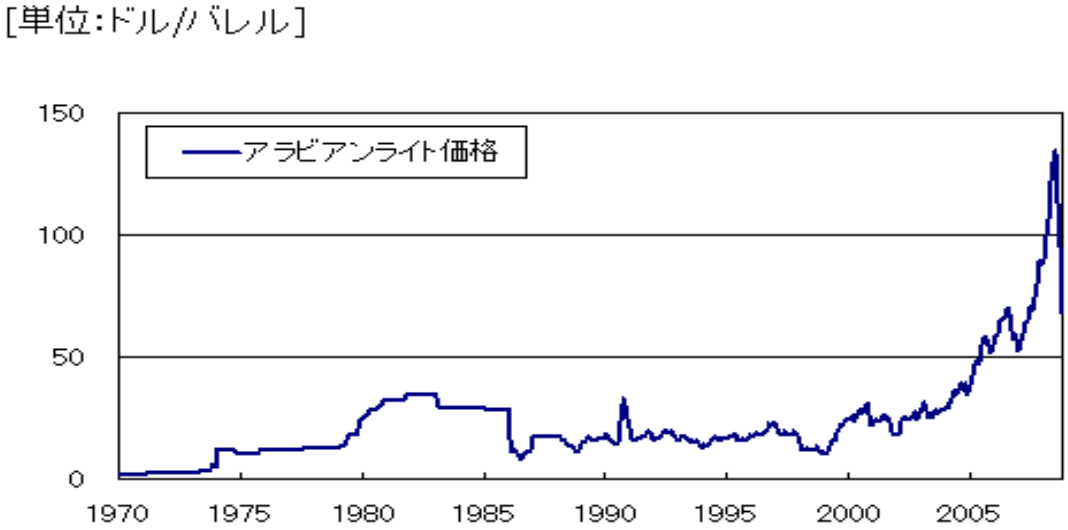


（出典）環境省

(図１)我が国の温室効果ガス排出量の推移及び見通し

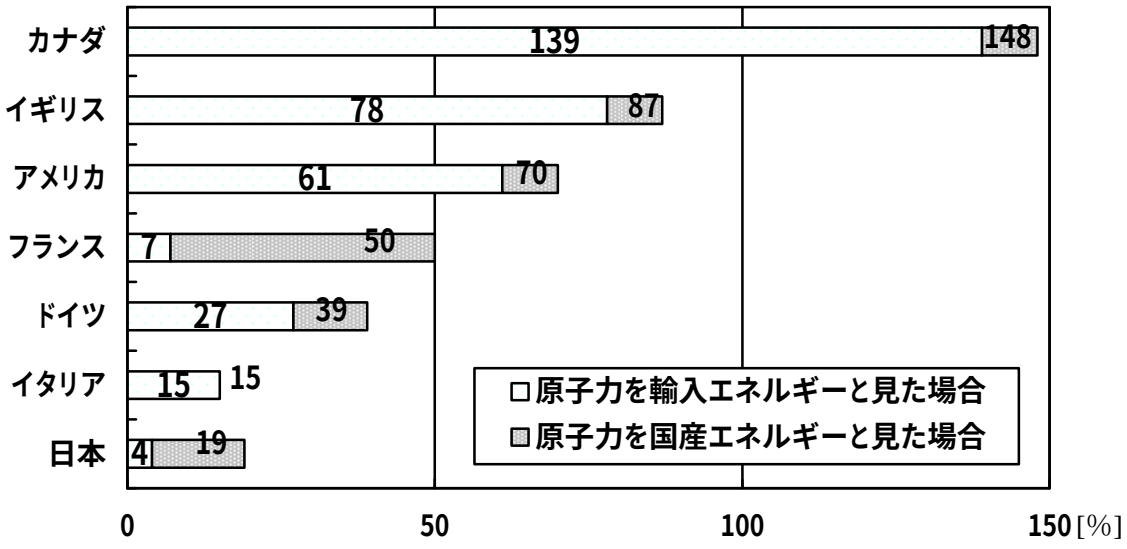


（図２）これまでの経緯と 2009 年末までのスケジュール



（出典）各種資料より内閣府作成

（図３）国際原油価格の推移



（出典）ＩＥＡ作成資料

（図４）各国のエネルギー自給率の比較

第３期科学技術基本計画策定以降の情勢の変化や各省庁等で現在検討中の審議会や研究会の検討状況等を念頭に置きつつ、課題や問題点を抽出し、以下の柱で整理した。

（Ａ）重要な研究開発課題（戦略重点科学技術を含む）について

（Ｂ）推進方策について

（Ｃ）その他

（Ａ）重要な研究開発課題（戦略重点科学技術を含む）について

①エネルギー源の多様化

（１）原子力エネルギーの利用の推進

【課題や問題点】

- 原子力の研究開発においては、短期・中期・長期の３つのフェーズを常に意識しながら、人材育成も念頭に置きつつ、取り組んでいく必要がある。また、高速増殖炉サイクル技術だけでなく、文部科学省と経済産業省はより深い連携を検討していくことが必要である。さらに、地球温暖化対策に対して、我が国が原子力でどのような貢献ができるのか、原子力政策をより明確にしていく必要がある。
- 次世代軽水炉については、２年間のＦＳの成果を踏まえ、２０３０年前後からの既設軽水炉の代替需要をにらみ、世界市場を視野に入れて早期に研究開発を進める必要がある。
- 2030 年代半ばを目途に高レベル放射性廃棄物等の最終処分の開始を目指し、原子力発電環境整備機構が行う高レベル放射性廃棄物の処分事業と国が行う安全規制の両面を支える技術を知識基盤として整備していくため、地層処分技術の信頼性の向上や安全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発を引き続き推進する必要がある。
- 国の地層処分政策として、処分事業推進に向けた取組の強化が急務であり、その一環として、深地層の研究施設等の広報面での活用が重要な課題である。
- 高速増殖炉サイクル技術の実用化には、高速増殖原型炉「もんじゅ」の運転を通じて信頼性等を実証するとともに、高い経済性や安全性等を達成するための革新的な技術を開発し国際標準となる設計を提示することが必要である。
- そのためには、高速増殖原型炉「もんじゅ」と高速実験炉「常陽」の運転や、新規の研究開発施設の建設を含む革新的な技術の開発等のための研究開発資金の確保が重要な課題である。
- 我が国の技術を国際標準にするとともに、研究開発資金や開発リスクを低減するためには、国際協力の一層の推進や具体化が課題である。【推進方策(12)】
- さらに、核燃料サイクルの分野における開発体制の整備も重要な課題である。
- 核融合エネルギーに関しては、平成 19 年度には、ITER 協定や幅広いアプローチ（BA）協定の発効、ITER 機構の設立など、大きな進展があり、今後は活動を拡充する必要がある。（１）ITER 計画の達成を目指した国際協力の推進、（２）ITER 計画遂行に係る業務に携わる人材の ITER 機構への派遣、（３）ITER 計画において我が国が調達を分担する機器の設計・製作等、（４）BA 活動のプロジェクトに係る研究活動の実施、（５）BA 活動のプロジェクトの実施に係る施設・設備等の整備、（６）オールジャパンで ITER 計画及び BA 活動に参加できる枠組みの活用【推進方策（12)】

【対応方針】

- 次世代軽水炉については、官民一体となった本格開発に向けた取組のための実施体制を早期に構築することが望まれる。
- 高レベル放射性廃棄物については、国の地層処分政策との整合性を取りながら、深地層の研究施設計画を中心とした基盤的な研究開発を着実に推進していくための施策の検討、導入が必要である。深地層の研究施設においては、地下での調査研究や見学などに活用できるような研究用水平坑道の早期整備を図り、国民との相互理解促進の場としても整備していくことが必要である。また、最終処分法の改正の過程で議論された、地層処分システムの超長期の安全性や長期挙動などについての国民理解を得るための方策の実施が望まれる。【推進方策（４）】
- 今後、研究開発の本格化に伴い多額の研究開発資金が必要になる高速増殖炉サイクル技術については、事業の必要性・重要性等を精査した上で研究開発のスケジュールを策定することが望まれる。
- 原子力発電に係る事業については、国民に広く理解が得られるよう、広聴・広報活動を関係各機関と協力し、充実することが望まれる。【推進方策（４）】

（２）原子力安全の確保

【課題や問題点】

- 既設軽水炉の経年化が進む中、原子力の安全・安心に資する研究開発を継続的に推進すべきである。

【対応方針】

- 原子力の安全・安心を支える高度な技能者が欠かせないため、関係府省と産学が一体となって人材育成に取り組むことが望まれる。【推進方策（５）】

（３）再生可能エネルギー等の利用

【課題や問題点】

- 太陽電池については、一層のコスト低減を可能とする省シリコン系や全くシリコンを使用しない非シリコン系太陽電池の研究開発が重要。
- 太陽熱温水器について、効率のよさ、省エネポテンシャルの大きさ等に鑑みて、改めて普及促進の施策を講ずることが重要である
- 風力発電については、陸上風力の導入支援、洋上風力などの新技術の研究開発を行う必要がある。
- バイオマスについては、食料・飼料と競合しないバイオ燃料やバイオマス発電による利活用を図るための低コスト化等の研究開発が必要である。

【対応方針】

・ 太陽電池に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。
・ 太陽熱利用については、関係府省連携して、普及促進策を講じることが望まれる。
・ 風力発電については、陸上風力と洋上風力の研究開発を行い、その動向等を踏まえ、経済産業省と環境省は将来の導入規模等、シナリオを策定することが望まれる。
・ バイオマスについては、環境分野の方針も念頭に置きつつ、食料・飼料と競合しないセルロース系の第二世代バイオ燃料の技術開発やバイオガス、バイオマス発電等の開発推進が望まれる。

（４）水素／燃料電池

【課題や問題点】

・ 第５回エネルギーＰＴ会合資料参照（別紙１）
・ 燃料電池自動車では信頼性、耐久性の向上及び低コスト化、定置用燃料電池システムでは耐久性向上、低コスト化及び更なる性能向上。
・ 燃料となる水素の製造、貯蔵、輸送方法の十分な検討及びそれに係るインフラの整備の検討を行っていく必要がある。
・ 集合住宅用燃料電池システムの実用化・普及促進に向けて、水素製造装置の効率改善や貯湯槽容量の最適化、制御ソフトの改善等の課題の検討が必要。
・ 廃棄物からの水素製造、貯蔵、輸送、利用に関して今後、各技術を実用化するために残された課題を解決して早期の実用化を図ること、さらに水素に関する社会的なニーズや状況を的確に捉えて、各技術を有機的に連携した地域としてのシステムを確立することが必要。

【対応方針】

・ 水素・燃料電池に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。【再掲】

（５）化石燃料の開発利用の推進

【課題や問題点】

・ 多目的石炭ガス製造技術開発については、石炭ガス化ガスからの CO2 分離回収技術の確立、幅広い石炭への炭種拡大への対応が必要。
・ 石炭部分水素化技術については、事業化に向けた取得してきた技術の集積やプロセス・設備安定性の更なる検証が必要。

・ 二酸化炭素回収・貯留（ＣＣＳ）事業の実証にあたっては、規制や基準を整備するとともに国民に広く理解が得られるような活動が必要。

【対応方針】

・ 二酸化炭素回収・貯留技術（ＣＣＳ）については、国民に広く理解が得られるよう、広聴・広報活動を関係各機関と協力し、充実することが望まれる。【推進方策（４）】

②エネルギー供給システムの高度化、信頼向上

（６）電力供給システム

【課題や問題点】

・ 現在のリチウムイオン電池は、理論値より現状値が低く、性能が飛躍する可能性がある。現状値が低い原因は、蓄電池の内部構造・材料に起因すると言われており、充放電反応状態でのミクロレベルでの反応メカニズムの解明等の基礎的技術が重要。
・ 超電導については、イットリウム系のみならず鉄やビスマス系など将来のブレイクスルーを期待しつつ、候補となる材料の研究を併行して進める必要があるのではないか。
・ 今後、太陽光発電などの分散型電源が飛躍的に増大すると想定される中、安定した電力供給を行うためのスマートグリッド等の系統運用制御技術に新たに取り組む必要があるのではないか。

【対応方針】

・ 蓄電池に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。【再掲】
・ 超電導については、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。【再掲】
・ スマートグリッドなどの新たな系統運用制御技術により、変化する電力システムにおいて低炭素化、コスト低減、電力品質の維持・向上などの機能向上がはかられるよう解析し、技術開発を推進することが望まれる。特に、現実の状況を反映した実証的検討の推進が望まれる。

（７）電力貯蔵

【課題や問題点】

・ 次世代自動車用蓄電池については、高性能化（エネルギー密度・出力密度の向上）、

長寿命化、安全性の向上、低コスト化が求められている一方で、現在のリチウムイオン電池は、理論値より現状値が低く、性能が飛躍する可能性がある。現状値が低い原因は、蓄電池の内部構造・材料に起因すると言われており、充放電反応状態でのミクロレベルでの反応メカニズムの解明等の基礎的技術が重要。【再掲】

【対応方針】

・ 蓄電池に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。【再掲】

（８）ガス供給システム

（９）石油供給に係る安全対策

【課題や問題点】

・ 石油施設の保守・点検の効率化や地震時のタンクにおける液体スロッシング波動対応、設備の微生物腐食対策などの石油業界共通の課題があるので、引き続き研究開発を推進すべきである。

【対応方針】

・ 石油の安定供給確保に資する基盤的技術開発に関し、官民の役割分担を明確にして研究開発を推進することが望まれる。

③省エネルギー対策の推進

(10) 民生部門の対策

【課題や問題点】

・ 高効率な空調・給湯・照明機器、情報家電などの省エネ機器や未利用の熱エネルギー（下水や排熱、地中熱等）をモデル的に導入していくことが必要。【推進方策（１）】
・ 分散型エネルギー利用システムの総合効率向上のために、建物間の電気融通のみならず熱融通に関する研究開発や普及策の検討が必要。【推進方策（１）】
・ 住宅・建築物や街区の環境性能を見える化することが重要で、そのための性能評価手法を新築、既築、改修等について整備し、普及させることが重要である。
・ 既存住宅等の断熱性能評価技術の開発においては、これまで蓄積されたデータをまとめ、各種設計・施工ガイドラインや指針を作成することが必要。【推進方策（１）】
・ 地球温暖化対策として大きな期待ができるヒートポンプについては、「低炭素社会づくり行動計画」においても重要な革新的技術と位置づけられており、普及目標の達成のみならず、冷媒探索や効率向上、低コスト化に向けた研究開発を推進すべき。

【対応方針】

・ 民生部門からの二酸化炭素の排出量が増大している一方、戦略重点科学技術である「エネルギーの面的利用で飛躍的な省エネの街を実現する都市システム技術」への取組が不十分なため、環境モデル都市などと連携しながら導入実証に向けて、関係各省連携して積極的に推進していくことが望まれる。
・ 「未来開拓戦略」にて、ヒートポンプ技術はＥＵ方式を踏まえ、再生可能エネルギー指標に含まれるものと位置づけられており、関係府省連携して、普及促進策を講じることが望まれる。

（11）運輸部門の対策

【課題や問題点】

・ 次世代自動車用蓄電池については、高性能化（エネルギー密度・出力密度の向上）、長寿命化、安全性の向上、低コスト化が求められている一方で、現在のリチウムイオン電池は、理論値より現状値が低く、性能が飛躍する可能性がある。現状値が低い原因は、蓄電池の内部構造・材料に起因すると言われており、充放電反応状態でのミクロレベルでの反応メカニズムの解明等の基礎的技術が重要。【再掲】
・ 今後の次世代自動車の普及拡大に向けては効率的なインフラ整備が不可欠である。次世代自動車用のインフラに関しては、例えば電気自動車と充電器間の通信方式やコネクタなどは個々に検討されてきているが、世界各国の自動車に対応するためには国際的な標準化が重要。

【対応方針】

・ 蓄電池に関しては、新規材料の開発によるブレイクスルー（高性能化）のためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明が必要であり、文部科学省や大学、経済産業省など連携して推進することが望まれる。【再掲】
・ 次世代自動車および関連インフラの技術は、電気自動車用急速充電器など日本が先行している分野であり、国際標準を確立し我が国の国際競争力を向上するため、関係府省が連携して積極的に推進していくことが望まれる。

（12）産業部門の対策

【課題や問題点】

・ 産業部門においては、エネルギー利用の更なる高効率化（化石燃料利用の高度化や革新的な製造・加工プロセス等）を図るための技術開発を推進し、一層の省エネルギー化を推進することが重要。

【対応方針】

・ 加熱・空調・乾燥など適用用途の拡大に向けたヒートポンプ技術の高効率化・高温化技術開発や、製造・加工プロセスの効率化に向けたプラズマの利用やヒートポンプとＩＨ（インダクションヒーティング）などを組み合わせたシステム技術開発、また多種多様な産業分野へ適用範囲を拡大するための普及方策について、関係各省と連携して積極的に推進していくことが望まれる。

（13）部門横断的な対策

【課題や問題点】

・ 我が国が目指す高度情報通信ネットワーク社会の構築に向け、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題を解決するため、情報通信分野の共通基盤である半導体の高性能化技術や省エネルギーなどの環境対応技術に重点をおいて研究開発を推進することが重要。

【対応方針】

・ 情報通信分野での方針も念頭に置きつつ、３次元半導体などの革新的技術を積極的に推進していくことが望まれる。

（B）推進方策について

①成果の還元

（1）普及対策との連携の強化

【課題や問題点】

- 単なる導入補助だけでなく、民間の導入準備状況の判定や長期的な視点で技術の社会適用の可否の的確な判断が必要。
- まず、技術毎にコストダウン、規制緩和等の普及要素の課題を把握、整理すべきではないか。
- 技術開発のみならず、普及のための政策面でのバックアップが重要。普及のメカニズムをどうするかについては新技術の開発と同時に最初から意識しておくべき。円滑な成果の受渡しが行われているか、チェックすべきではないか。特にエネルギー分野ではインフラ整備が重要。
- 実証事業や普及にあたっては、経済産業省と国土交通省、環境省等は連携を強化すべきではないか。また普及を阻害するような悪質な詐欺等が起こらないよう国としても監視する必要がある。
- 資源エネルギー庁の「長期エネルギー需給見通し」では、2020年の最大導入ケースで、約52兆円の社会的負担で2005年比マイナス13%の削減が可能との試算結果を出しているが、負担額と環境エネルギー技術とをリンクさせて、普及方策と研究のロードマップを確実に達成するような方向性を出していくことが重要ではないか。
- 今後は研究開発から普及までの長期にわたり産学官と地方自治体の連携が必要。
- エネルギーのシステムは大量に普及させないと全く意味がない。システムの実用化を補助金もかけて踏み切るときには、タイミング・条件が重要であり、それはメーカーでなければわからないが、そういうメカニズムが欠けている。

【対応方針】

- エネルギー分野ではインフラ整備が重要であること、開発から普及まで長期にわたる取組が必要であること等を鑑み、実証事業や普及にあたっては環境モデル都市などの取組を関係府省が連携し、積極的に支援することが望まれる。

（2）府省間の連携

【課題や問題点】

- 個別の要素技術開発の位置づけの明確化や各府省の役割分担をあらかじめ明確にすることが連携対策の重要なポイントではないか。
- 目標の明確化による各府省の一体化・効率化の推進が肝要ではないか。
- 実証事業や普及にあたっては、経済産業省と国土交通省、環境省、総務省等は連携を強化すべきではないか。【再掲】特に都市システム技術については進捗が遅れてい

ること。民生部門からの二酸化炭素の排出量が増加傾向にあり、府省間の連携を強化すべきではないか。

・ 今後は研究開発から普及までの長期にわたり産学官と地方自治体の連携が必要である。【再掲】

【対応方針】

・ 推進方策（１）にある普及対策との連携や特に、太陽電池・二次電池・燃料電池などの技術分野においては、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取組等が必要であり、関係府省が連携して推進することが望まれる。

（３）成果の国際展開

【課題や問題点】

・ 発展途上国、とくにアジアでの技術の普及と、そのための知財の保証・保護等が主な課題ではないか。

・ すでに民間企業によって十分展開されているのではないか。

・ 地球温暖化防止に関する国際的枠組みへの対応について検討しておくべきではないか。

・ 日本の環境エネルギー技術を世界に展開することが重要であり、どのような技術を展開するべきか各省庁はポテンシャルも含めてリストアップすることが必要。

【対応方針】

・ 我が国主導の国際標準を獲得するための戦略を検討・策定し、我が国の強みである環境エネルギー技術を官民一体となって積極的に海外に展開していくことが望まれる。技術移転は民間主体であるが、関係府省はそのための環境整備など側面支援を実施することが望まれる。

（４）国民への情報発信

【課題や問題点】

・ 時勢や効果、海外の実情、そして特に研究開発の意義を示す情報発信が重要ではないか。

・ 公開の研究報告会を積極的に開催すべきではないか。関心や好奇心を高め、技術の理解力を高める技術リテラシーの醸成が重要ではないか。

・ 科学技術コミュニケーターを戦略的に育成するなど、国民への広聴・広報活動をより一層充実すべきではないか。

・ 特に原子力やＣＣＳなどは技術に対する認知度や社会的受容性を高めるべきではないか。

【対応方針】

・ 関係機関は、機会をとらえて技術開発や研究成果をタイムリーに広く国民に発進し

ていくことが望まれる。
・ 原子力やＣＣＳなどについては関係機関が連携し、技術に対する認知度や社会的受容性を高めていくための広報・広聴活動を充実することが望まれる。

②科学技術システムの強化

（５）エネルギー研究者・技術者の育成・維持

【課題や問題点】

・ エネルギーＰＴ第５回会合資料参照（別紙２）
・ エネルギーの基礎研究は材料研究が多い。
・ エネルギー分野の技術開発はシステム化が多いことから、一般の研究者教育と異なることに留意すべき。
・ 将来の日本の人口減少が避けられない中、エネルギー分野の研究者・技術者の人材育成・技術継承を継続的に産学官連携して取り組んでいくべきではないか。

【対応方針】

・ 小中学校から「ものづくり」や「科学技術」への好奇心を抱かせ、広い視野を持たせる理科教育の充実が望まれる。
・ 原子力や資源開発などの工学系のみならず社会科学分野（リスクコミュニケーションや税制などの）の研究者を産学官連携しながら充実させていくことが望まれる。
・ エネルギー技術の専門家と市民（とりわけ教育者と保護者）との間を橋渡しする科学技術コミュニケーターは重要であり、深い専門知識と説明能力の高いエネルギー研究者・技術者のＯＢ等を活用しながら充実させることが望まれる。
・ エネルギー分野の研究者・技術者の人材育成・技術継承のために、企業と大学・研究独法間の人材をできるだけマッチングさせていくことが望まれる。ただし、短期的ニーズへのマッチングをあまり重視すると人材の使い捨てになる可能性があることにも配慮する必要がある。

（６）基礎研究から応用研究までの一体的推進

【課題や問題点】

・ 目的を設定しない基礎研究からエネルギー研究への橋渡しのあり方に関する課題解決が重要ではないか。
・ 長期的な取組が必要な分野、海外との共同開発が必要な分野、普及段階に近い分野で推進のあり方がことなることに注意すべき。
・ 基礎から応用へ、基礎から実用化へというこのつなぎについて基礎研究が基礎研究で終わらないように続けることが必要。

【対応方針】

・ 新しい触媒や材料など基礎・基盤的技術については、文部科学省（JST）と経済産業

省（NEDO）などの研究資金配分機関は連携を強化すべきである。また、異分野融合を促進していくことが望まれる。

（7）目的基礎研究の強化と競争的資金の充実

【課題や問題点】

- 成果の継続的なフォローとの一体化が重要であり、まず基礎研究から応用研究までの一体的推進に対する課題解決が先決ではないか。
- 一般人にもわかる研究の位置づけや成果の定量的自己評価体系の確立が重要ではないか。
- 革新的な技術開発を促進するために、大挑戦枠のような競争的資金を導入するべきではないか。

【対応方針】

- 関係府省は先導研究から実用化研究、さらには実証研究へと研究開発がシームレスに行えるような競争的資金制度の仕組みに向けた改革が望まれる。

（8）分野別推進戦略の機動的な見直し

【課題や問題点】

- 安易に戦略がぶれるべきでないが、「低炭素社会づくり行動計画」（平成 20 年 7 月閣議決定）などの諸般の情勢変化に応じて、新たな研究開発目標の設定など、分野別推進戦略を機動的に見直すことも必要ではないか。
- 実施体制や官民の役割分担を明記した技術開発ロードマップを産学官で共有し、定期的にローリングすることが重要ではないか。
- どの技術をどの程度どこが負担して加速しなければいけないのか、その効果があらわれる先、共通している基盤技術は何か、短期・中期的なところの詰めをきちんと共有するようなロードマップ等を策定する必要がある。
- 分野別推進戦略策定時にはプライオリティーが低かったが、社会情勢の変化でプライオリティーが上がってきたものは、大いに主張していくことが必要。

【対応方針】

- 「低炭素社会づくり行動計画」（平成 20 年 7 月閣議決定）など諸般の情勢変化に応じて、新たな研究開発目標の設定など、分野別推進戦略を機動的に見直す。具体的には、以下の研究開発目標を修正・追加してはどうか。
  - ✓「太陽エネルギー利用技術」に「新材料・新構造を利用して、2030年以降に発電効率40%超かつ発電コスト７円/ｋＷｈの太陽電池の技術の確立を目指す」（経済産業省）を追加する。
  - ✓「省エネ型素材製造プロセス技術」に「コークスの一部代替として水素を還元剤とする技術及び二酸化炭素分離回収技術により排出を抑制する革新的製鉄

プロセスを2008年度から基礎研究、2013年度からプロセスの問題点を解決する実用化開発を行い、水素製造や二酸化炭素分離回収貯留に係るコストの状況を踏まえ、2030年までに製鉄所での排出量を約30%削減する技術を確立する」(経済産業省）を追加する。

- ✓「燃料電池・水素関連技術」に「定置用燃料電池について、2020～2030年頃にコスト40万円/ｋW、耐久性９万時間まで向上させ本格普及を目指す」（経済産業省）と修正する。
- ✓「高効率空調・給湯・照明技術」に「空調・給湯等に対して二酸化炭素排出削減に効果的な超高効率ヒートポンプ（2030年にコストを現状の３／４、効率を1.5倍、2050年にコストを１／２、効率を２倍にまで向上を目指す）を開発する」（経済産業省）を追加する。
- ✓「クリーン石炭利用技術」に「ＩＧＣＣ（石炭ガス化複合発電）の発電効率について2015年頃に48%、長期的には57%の達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める」、「ＩＧＦＣ（石炭ガス化燃料電池複合発電）の発電効率について2025年頃に55%、長期的に65%の達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める」（経済産業省）を追加する。
- ✓「二酸化炭素回収・貯留技術」に「分離・回収コストを2015年頃にトン当たり2000円台、2020年代に1000円台に低減することを目指して技術開発を進める」、「2009年度以降早期に大規模実証に着手し、2020年までの実用化を目指す。実用化に当たっては、環境影響評価及びモニタリングの高度化、法令等の整備、社会受容性の確保などの課題の解決を図る」（経済産業省）を追加する。
- ✓「電力系統制御技術」、「電力貯蔵技術」、「次世代自動車技術」に「次世代蓄電池の技術開発による高性能化や低コスト化(2015年までに次世代電池の容量を現状の1．5倍、コストを７分の１、2030年までに容量を７倍、コストを40分の１にすることを目指す）を進める」（経済産業省）を追加する。

③研究開発プロジェクトの効率的かつ効果的実施

（９）プロジェクト管理の徹底

【課題や問題点】

- 管理責任者を明確にし、公開することによって、管理に対するコミットメントを促すべきではないか。
- 大規模開発事業が惰性で開始しないよう、事前ＦＳ結果の評価は外部専門家の参加など客観性を持たせるべきではないか。
- 既存事業における開発体制の強化にあたっては、開発担当者の資質、責任範囲などの組織構成に関する課題に着目すべきではないか。
- エネルギー分野の研究開発は長期にわたるプロジェクトが多いため、例えば、研究

開発マネジメント能力を持った人材を認定する制度を作るべきではないか。

【対応方針】

・ 統括責任者の権限、開発組織及び体制の透明性を確保した上で、プロジェクトを推進することが望まれる。

（10）官民の適切なパートナーシップ

【課題や問題点】

・ 現段階で特段大きな課題はなく、当面推移を見ていくべき。
・ 要素技術開発など長期的かつ民間にとってリスクが高い研究開発に関しては絶えず注意を払っておくべきではないか。
・ 全体のロードマップを書いていく必要があり、例えばＣＣＳは最初の実証段階ではある程度国の支援を受け、それが成功すればその先企業ベースで推進する展望が開けるのではないか。

【対応方針】

・ 実施体制や官民の役割分担を明記した技術開発ロードマップを産学官で共有し、定期的にローリングしていくことが望まれる。

（11）研究過程で得た知見の有効活用

【課題や問題点】

・ 事後評価と情報保存のあり方の問題ではないか。（知財への配慮も必要）
・ 課題が明確になりやすい並列開発方式の事業に着目してはどうか。

【対応方針】

・ 一部の独法で研究成果に関する情報データベース（ＤＢ）の整備が図られてはいるが、成功事例のみならず、失敗事例についてもＤＢの整備を行うことが望まれる。

（12）国際協力の推進

【課題や問題点】

・ アジア地域や資源保有国への対応が重要ではないか。
・ 経験豊かな定年退職後のシニア技術者をアジアを中心に発展途上国の技術者の育成等に活用し、技術移転や交流を図るべきではないか。
・ 国際協力できる範囲が限定的であるとともに、協力に対する期待と開発競争と表裏であることが多いことから、過去の成果を踏まえた上で、事業ごとに効果や意義を検討することが重要ではないか。

【対応方針】

・ ＩＴＥＲのみならず、次世代太陽光発電やＣＣＳなどに代表される革新的技術の開発については、国際協力を積極的に推進していくことが望まれる。

（C）その他

- 将来の低炭素社会への道筋について、経済産業省をはじめとしていろいろな試算結果が出ているが、その差異理由を明確にし、何が問題となっているのかをまとめることが重要。2030 年と 2050 年の結果があったときに時系列的に矛盾がないか。どの科学技術が重要と判断するかは非常に重要。（シナリオを策定するときには）バックキャストしたときの足元が結構苦しい。2100 年ビジョン策定に際しては 2050 年がかなり苦しかった。クールアースの 2050 年のビジョンを具体化しようとすると、2020～30 年のところが相当苦しい。2050 年の目標（60～80%削減）に向けて、革新的な技術開発の加速化と新たな革新技術の芽を生み育てることが必要。
- その際に、将来の産業構造や消費構造による CO2 削減量を定量的に把握することが重要。CO2 排出量削減の試算においては、すべてチャンピオンデータが使われている（例えば燃料電池であれば電力効率が 40%、熱効率が 45%で試算しているかもしれない）が、実際はそんなに高くない。技術革新で目標を達成していくことが必要。
- Ｒ＆Ｄの実施計画は必要。必要な時点で実現するために何年までにＲ＆Ｄが完了しているとか、普及実現、少なくとも実証はいつまでに終わっていなければいけないといった情報は非常に重要。米国の DOE で実施している技術判断が参考になる。
- 需要面の対策と供給面の対策の両輪が働かないと低炭素社会は実現できない。ところが、需要面の場合、どの業種がどう対応するのかが置き去りになると、技術面でのシナリオを描いても普及するところまでいかないことが課題。
- 役割分担と目標を正確にするような仕組みを各技術に対応させればかなり推進は早くなるのではないか。限られた資源を効率的に利用するためには選択と集中が必要。
- 技術の本当の効果とどのあたりまで研究開発リスク、あるいは将来の実用化に対するリスクを見据えて進めていくかは、エネルギー政策上どのような意義があり、どこまで進めるのかという議論が本当は必要。
- 現在の技術で普及すれば到達し得るレベルと全く原理的に新しいものがでないと解決しない課題は、明確に見極めることは難しいが区別して扱うべきではないか。安易にブレイクスルーと単なる普及、エンジニアリングとをくっつけない方がよい。
- 全体で進めるところと競争するところの両方がそれぞれないといけない。（ＦＣＣＪは競争するところが弱くなってきて、コストダウンが進まない等マイナス面もあるのではないか）
- 排出権取引の価値等がクリアにならないと産業ベースではできなくなってくる。実証を通じてコストは明らかになってくると産業として成り立つ。
- 部分最適の組み合わせが全体最適になるわけではないため、既存インフラを最大限活用した電源のベストミックスを中心とした電力システムの全体最適の視点が地域分散より重要ではないか。

第５回エネルギーＰＴ資料

別紙１

科学技術連携施策群「水素利用／燃料電池」
ナノテクノロジー・材料分野における基礎・基盤的取り組みとの
連携推進・強化の進め方
（取りまとめ）

■ 背景と課題

各種（SOFC、PAFC、MCFC、PEFC）燃料電池、特に近年では PEFC を中心に、実用化に向けた研究開発が続けられてきている。連携施策群「水素利用／燃料電池」では、経済産業省を中心に、関係各省庁（経済産業省、文部科学省、国土交通省、環境省、総務省消防庁）の連携の下、水素・燃料電池の普及に向けた施策を強力に推進中であり、その成果として、相当な技術的な進歩を遂げ、燃料電池自動車のリース販売開始、水素ステーションとの連携による実証試験や、定置用燃料電池の大規模実証試験などの実用化に向けた様々な取り組みへと繋がっている。

しかしながら、本格的な市場への水素・燃料電池の大規模な普及を考えるとき、今なお耐久性とコストの両立という、大きな技術的壁が横たわっているのが現状である。自動車用や定置用の分野で自律的に大規模な導入が進むためには、耐久性とコストの両面で格段の進歩が期待されている。

他方、SOFC についても、近年、従来に比して低温での動作が実現可能となるなど、様々な取り組みの成果として実用化の新たな芽が出てきたと言われているが、PEFC と同様、実用化に向けた課題は、耐久性・コストである。

■ ナノテク・材料分野への期待

これらの課題を克服して理想的な燃料電池の本格的実用化への道筋をつけるためには、これまでの技術の延長線上にない新たなテクニカルブレークスルー即ち、新たなコンセプトの新材料の開発が必要であろう。今後の開発の一つの中心は新規材料開発に向けられるべきであろう。そのためには、近年著しい進展を遂げたナノテクを活用し、広範なサイエンスの領域の基礎・基盤的な取り組みから出発することが効果的である。

特に、ナノテク・材料分野に対しては、水素利用／燃料電池技術の根幹をなす触媒、電解質、貯蔵等の材料における基礎現象解明・新規材料導入への大きな期待がなされており、ナノスケール構造由来の材料特性が、燃料電池等の性能、耐久性に大きく資すること、またナノスケールでの計測・解析に基づいた取り組みの重要性が指摘されている。

現在、「水素利用／燃料電池」分野では、関係各省の連携の下、政策目標実現のための施策を強力に推進中であるが、このような状況をうけて、総合科学技術会議第 61 回本会議（平成 18 年 11 月 21 日）において、科学技術連携施策群の成果及び今後の課題と進め方（中間報告）の中で、「水素利用／燃料電池」分野の連携施策群の今後の課題として、ナノテクノロジー・材料分野との連携推進・強化における仕組み・枠組みに関する取り組みがあげら

れている。

■ ナノテク・材料分野での取り組みにおける課題

一方で、ナノテク・材料分野における基礎研究においては、その性質上、長期にわたる真に基礎的な取り組みの継続が不可欠であることが指摘できる。とりわけ耐久性とコストの課題に対してブレイクスルーをもたらすための新たな材料開発においては、幅広く長期な取り組みを行う中で、実用化に繋がる芽を摘むことなく、開発段階へと繋げる取り組みが必要不可欠である。短期の成果を要求されない、基礎・基盤的な長期の材料開発、ナノサイエンスの取り組みを通じて、継続的にシーズとなる技術を提供し続けることは、将来、水素・燃料電池の大量導入期をにらんで、格段の技術革新を必要とする現状を考えると、その取り組みを継続的に実施することは喫緊の課題といえる。連携群においては、すでに、このような取り組みの重要性について、上記、第 61 回本会議資料において

・大学、研究所型独法を中心とした、燃料電池の低コスト化と発電効率向上に向けた競争的環境下で、持続的なファンディングを可能とする革新的研究開発の実施

・ナノテクノロジー・材料分野の研究との連携推進等による知識の積極的移入

として課題提起を行っているところである。

現在、産学官ともに投資効率を強く求められている、このなかでも最も投資効率が要求される産業界の研究は実用化プログラムに沿った方式を取らざるを得ないため、計画上不連続な点となる新材料の開発には消極的にならざるを得ない。新規材料研究を目指す場合、幅広い考え方を結集して研究を進めることが必要であり、テーマによっては集中研方式よりも緩い結合と連携を図ることが出来る方式を取ることが望ましいと考えられる。

また、ナノテク・材料分野の基礎研究においては、シーズ提案型による研究推進の重要性と、「水素利用／燃料電池」分野における具体的かつ詳細な研究開発要素の明確化の重要性の両者を挙げることができ、関係者の緊密な連携による効果的な研究開発の推進が重要と言える。

■ 進め方

以上の背景の下、平成 19 年 6 月開催のエネルギーＰＴ、ナノテクノロジー・材料ＰＴにおいて、連携推進・強化の進め方の方針について提案を行った。本取りまとめでは、以下に示す、より具体的な取り組みを提案する：

- 水素利用／燃料電池分野における研究開発に関しては、既に経済産業省／ＮＥＤＯにおいて、実用化を目指した様々な取り組みが広範かつ強力に推進されているところであり、今後の進展が大いに期待される。一方、新規材料の開発によるブレイクスルーのためには、基礎的な視点に立ち返った新規材料探索の取り組みや、材料設計の新しい基礎・基盤技術確立に繋がる分子・原子レベルでの現象解明などを、幅広くかつチャレンジングに推進することが不可欠である。また、この様な基礎的・基盤的取り組みにあたっては、広範な学協会との連携や、科研費等の基礎的研究資金による成果の

導入を通じた研究シーズの発掘・供給、研究者の裾野の拡大が必要であることを考えるとき、文部科学省による取り組みの拡充が必要不可欠である。

- また、このような基礎的な取り組みを拡充する上では、わが国の研究開発体制を考えるとき、大学・研究開発独法における基礎研究やシーズ研究の充実を図るべきである。
- さらに、この種の基礎的な材料研究が本質的に５年、１０年といった長期の継続的な取り組みを必要とすること、水素利用／燃料電池技術の大量導入が期待される時期が迫りつつあることに鑑みて、早急に具体的な取り組みの開始が期待される。
- 個々のプロジェクトには、マネジメントと専門領域の知識に長けたリーダーを配し、大学及び研究開発独法のメンバーが中心となる研究体制の構築が必要。
  （例として、過去に行われたエネルギーの重点領域研究が挙げられる）
  - 研究者が長期的視点で研究を進めるために、基礎・基盤的なボトムアップ的研究課題にエフォートの一部を配分して実施したり、研究者の業績評価の観点として飛躍を目指した挑戦を高く評価したりするなどのように、失敗を恐れず、萎縮せずにチャレンジができる環境整備が求められる。
  - 領域研究のテーマとしての予算は年間数億円規模が期待されるが、萌芽的研究を育てるという観点で、個別のテーマについては、たとえ予算規模が小額であっても、着実な進歩の見られる研究には継続したスポンサーシップが期待される。そして、実用化の芽が出てきたテーマについてはNEDO等におけるプロジェクト段階に進むことが期待される。(NEDO、各機関のシーズの調査・発掘機能やコーディネーション機能の充実が期待される。)
  - また、文部科学省と経済産業省は情報交換を密にし、文部科学省が支援する基礎研究で良好な成果の挙がったものについては経済産業省において産業界とともに、継続的かつ発展的な支援策を講じるべきである。
- 取り組みが必要とされる基礎的な研究課題として、具体的には以下のような例が挙げられる：
  - 水素製造・利用関連
    - 諸材料（バルク材料、ナノ材料、金属、樹脂等）の水素との相互作用ならびに水素雰囲気中の応答挙動、固体中の水素ダイナミクスの解明
    - 各種水素製造・利用技術の基盤となる新規触媒材料探索・反応機構解明
  - 燃料電池関連
    - 各種燃料電池の可能性の検討
    - 酸性電解質条件での脱白金、さらに脱貴金属を目指した、新規電極触媒探索と反応機構の解明
    - 電解質におけるイオン導電機構解明と高導電性電解質の探索
    - 高耐久性のための電極触媒、触媒担体、セパレーター、電解質膜等の材料劣化機構の解明と新規材料探索

- 共通的課題
  - 水素と固体表面間の相互作用に関する表面科学
  - 新規材料開発等、広範な基礎研究シーズを燃料電池に取り込むための機動的・効率的な材料特性の評価
  - 計算科学と実験科学との真の融合に基づく取り組み

- この研究体制における採択や GO or NOT GO の判断をする段階において産業界の意見が反映されることが重要と考える。
- 総合科学技術会議も主導的に推進にあたることが重要と考える。

第５回エネルギーＰＴ資料

別紙２

「エネルギー研究者・技術者の育成・維持について」

（エネルギーＰＴメンバー意見とりまとめ）

平成１９年１２月２０日
エネルギーＰＴ事務局

エネルギーＰＴ第４回会合（平成１９年８月２日）での専門家の意見を以下のとおり整理した。
（注）下線は、エネルギー分野固有の内容

１．人材不足が懸念される分野・領域

＜主な意見、提案等の概要＞

【自然科学系】
- 原子力工学
- 資源工学（石油、石炭、天然ガスの掘削、生産）
- エネルギーシステムに直結した電気工学（強電、電力、系統）、化学工学（バイオ系エネルギー変換などの触媒技術）、機械工学
- ものづくり技術者
- 理工系学部全般
- 十分な教育を受け、かつ能力を持ったドクター

【人文社会系（総合系）】
- 原子力社会工学の研究者
- エネルギー問題・エネルギーシステムについて十分に理解した上で、研究開発・制度設計を行いうる人材
- エネルギー学（各種エネルギーを総合的視点でとらえ、地球温暖化や資源を巡る国際紛争なども問題を総合的に俯瞰して研究する）の研究者
- 民生用エネルギーに関わる、行政関係の専門家や消費者行動に関して、社会科学分野で関心を持っている人材、経済学に精通した専門家
- 専門分野にとどまらず、広く複眼的な視点と短期的・長期的時間軸の両面から技術を捉えるための学際的、戦略的なアプローチを策定・理解できる人材

２．理由

＜主な意見、提案等の概要＞

- 大学や研究機関の独立行政法人化による弊害（論文数、引用数等の評価制度）
- 研究予算の減少（教育者から見た魅力が低下）
- 学校教育の質（内容）、時間数について疑問
- 非常に長い時間と確認に時間がかかり、大学では大規模なシステム研究がやりにくい
- エネルギー関係は大学でどのような研究がなされているのか見えにくい
- 学識者、経験者の消失懸念、研究機能低下
- 企業が採用する技術分野の硬直化と就職先が限定（新規雇用者が限られる）
- エネルギー分野は成熟した地味なイメージ。学生にとって魅力が低下
- 業界従事者の高齢化、ベテラン技術者の退職
- 将来の新型軽水炉開発、高速増殖炉開発、核融合炉開発のためには、原子力産業の人材の育成・維持が必要であるが、原子力の学科・専攻の減少等により層の希薄化
- 石炭の時代が必ず再到来
- バイオ系エネルギー変換に必要
- 修士以下ではエネルギーの専門の技術者ないし研究者とは言いがたい
- 理工系社員の所得水準の相対的低さ
- 「所得」とは別に「やりがいのある仕事」であるかどうか
- 組織に埋没する職業は夢多き高校生には魅力がない

３．対策

（１） 教育

①小学・中学

＜主な意見、提案等の概要＞

- 小中学校から理科や技術の実技（実験、解剖、工具を用いた製作）が重要
- 日本の基礎学力（理数能力）の低下を憂慮。初等・中等教育で基礎学力を高めるための見直しが必要
- 小・中学生で「ものづくり」、「科学技術」の面白さ、利便性を日常生活の範囲内で感じ、好奇心を抱かせ、広い視野を持たせる理科教育（楽しい実験）、実習教育、体験学習（インターンシップ教育：総合教育の活用）の普及促進
- 日常生活で省エネや環境に配慮した行動を実践するための基礎知識を授ける教育が重要
- 様々な情報を分析・理解し、自分の考えを伝えることのできる基礎的な国語

力、基礎的外国語能力を高める必要
・ 一般市民が大学講座で修得した知識が子供へ伝わるような仕組み作り

②高校・高専

＜主な意見、提案等の概要＞

・ 高専、工業高校卒業生は企業の安全・安心と製品品質を担う人材として重要。専門性の高い職業人・技術者養成校としてサポートを充実すべき。（工業高校の位置付けの明確化）
・ ものづくり現場（製油所）や原子力産業での熟練した技術専門性をもつ人材の養成が望まれる。
・ 高校入学時からの理系・文系選択を見直す必要がある
・ 相応しい教育カリキュラムの徹底（大学一般教養課程並みに先端的な技術の紹介）
・ 必要な教員・指導者の派遣・交流

③工学系大学（学部、修士、博士）

＜主な意見、提案等の概要＞

・ 基盤的学術分野（電気、機械等）教育の強化（ジェネラリストや評論家は不要）資源工学分野の振興、一般教養課程の高度化
・ 継続的に進めることができる組織の存在、研究者の需要に依存している
・ 講座の再編で電気系消失ケースが全国的に発生
・ 産業界のニーズを明確にし、ニーズに沿った教育を施すことが重要
・ 独立行政法人からの講師派遣や産業界との共同による講座の運営（寄付講座）
・ 国際資源開発産業を専門とする大学院の設立
・ 既存の（原子力）人材育成プログラムを更によいものにしていく必要がある
・ 学部レベルにおいては、原子力教育の体系化を進める必要がある
・ 大学入学後早い時期に原子力への興味を持たせ、教育を行うことが重要
・ エネルギーシステム、エネルギーサステナビリティー、エネルギーセキュリティ、エネルギー環境問題の議論、研究、教育においては原子力を別扱いすることなく、公正に取り扱う必要がある
・ 博士課程での研究を通じて高度な研究者、技術者を養成することは重要。（就職リスクがあるので博士課程に進学しないのは残念。博士修了者が産業界、研究機関、官で定期的に採用されることが望まれる）
・ 博士課程在学中から、産学共同研究の中で指導することも意義がある

- 博士修了学生に求められる資質理解の共有化と博士学生の育成方法の検討・実効化の必要がある
- 社会人ドクターを増やすべき
- I 形人間（スペシャリスト）→T 形人間（１つの専門＋幅広い知識）→π形人間（複数の専門＋幅広い知識）が望まれる
- 企業においては、定年まで同じ研究をしていられない可能性が高いため、社会環境の変化に応じて対応できる人材が求められている
- 大学では、専門分野だけでなく幅広い知識が備わる教育を望む
- 博士課程の人材は、複数の問題を同時に考慮して自分なりの切り口で問題を分析でき、幅広い知識をもっており、専門だけしかできないととらえられるのは残念
- 社会人が学位をとって企業に戻っても高く評価されていないことは残念
- 研究の社会的、経済的価値について複眼的な見方ができ、また、課題解決力だけでなく課題設定力をもつ人材の育成が必要
- 現在の学生は複眼的な視点に欠けるため、大学での文理融合教育の強化が重要であり、ダブルメジャー育成やジョイント・ディグリー制度の普及も目指すべき（社会科学分野の講座の充実）
- 大学在学中の専攻変更、国公立大学間移動の自由度を高めることが必要
- 理工系の不人気は日本社会の仕組みや若者の職業観がもたらす構造的問題であると同時に先進国に共通する文明的トレンドではないか
- 建築系学科の人気は相対的に高い（民生部門のデマンドサイドに係わる人材は、主として建築系学科から供給される）
- 建築系学科に進学した学生の中で、環境・設備分野を選択した学生が民生分野のエネルギー問題に関わるケースが多い

④人文・社会系大学（学部、修士、博士）

＜主な意見、提案等の概要＞

- 非自然科学分野における研究者の養成は必須（工学的分野との相互作用効果も大きい）
- 原子力社会学（原子力リスクコミュニケーション、原子力法工学、国際保障学、核不拡散技術など）に関係した分野の研究者、技術者の人材育成を図る必要がある
- 社会科学分野（複眼的な文理融合の視点を持つ、エネルギーセキュリティ、リスクコミュニケーション研究、税制・法制度研究など）の研究者の育成も極めて重要

- 科学的分野だけではなく、社会科学(政治、国際関係、資源など)も視野に入れた学際的なアプローチが重要
- 現在の学生は複眼的な視点に欠けるため、大学での文理融合教育の強化が重要であり、ダブルメジャー育成やジョイント・ディグリー制度の普及も目指すべき（人文・社会系大学での理系講座の充実）

⑤社会人

＜主な意見、提案等の概要＞

- 企業からの国内留学は就職の心配がないため、円滑に推進すべき
- OB の活用による若年者の教育・技術継承の実施
- 早期戦力化には優秀な指導者、上司のきめ細かなフォロー、PDCA に基づく改善が重要（３年での研究者･技術者の即戦力化）
- グループディスカッション、ディベート、プレゼンテーション能力を企業では求められる
- エネルギー技術の専門家と市民との間を橋渡しする科学技術コミュニケーターの存在は重要。深い専門知識と説明する能力のあるエネルギー企業の研究者・技術者の OB の活用も検討すべき

（２） 広聴・広報活動

＜主な意見、提案等の概要＞

- エネルギーへの関心を誘発する仕組みが重要。そのためには、国家戦略としての科学技術政策や技術開発方針と施策への反映（他分野との差別化、専門家の社会的ステータスの確保）と認知調査に基づいた戦略的コミュニケーション計画（教育者と保護者教育をセットにした現場でのコミュニケーション)、科学的正確性を担保した広報が重要
- オピニオンリーダーとなり得る候補を発掘し養成することが重要
- 環境変化と技術革新などの正確な情報が十分に速く伝わっているか疑問
- 初等教育の教員への情報提供、教材提供などが重要。そのためにはエネルギー産業、各種研究機関、大学などが協力して情報と概念を整理して提供する必要がある
- 影響力の大きなメディアに対する正確な情報提供が必要（広報･広聴の充実）
- 「見える化」による学生への PR が重要
- 初等、中等教育レベルから、原子力エネルギーを正しく教育し、その必要性を理解させることが極めて重要

- 地域の学生（小学生・中学生・高校生）や一般市民に対して、地域に密着した継続性のあるエネルギー教育・啓発活動（企業工場、研究所への見学、出前授業、講演の実施）を行っている。初等・中等教育の一貫として学校に積極的に進めてもらいたい
- 環境ブーム、自然ブームの追い風に乗って、エネルギー分野の魅力を差別化して魅力を提示することが重要。

（３） 人材活用（女性、中高年、外国人等）

＜主な意見、提案等の概要＞

- 企業と大学・研究独法間の人材マッチングが重要（基盤的専門分野に立脚した専門家のインベントリ整備や短期的ニーズへのマッチングをあまり重視すると人材の使い捨てになる可能性があることにも配慮、需給と教育内容の整合性）
- 新規の分野に学生の人気が集まり、質ばかりではなく量的にも齟齬をきたす恐れがあるため、産業界には弾力的な人事採用を望む
- 企業・公的部門に対しては、エネルギー関連の研究で博士の学位を取得した人材を積極的に受け入れて頂けることが望ましい
- 人員構成ひずみ解消のための積極的な新卒採用（会社が元気でいること）
- 外国人や女性、中高年人材の活用には環境整備（待遇）が重要
- 非欧米諸国（インド・中国等）の人材活用が重要
- 日本の大学を出た外国人やインターンシップで活躍した人材の活用や外国の機関とうまく連携したグローバルな採用
- 専門性の高い優秀な外国人研究者は、英語での研究環境を作るという点においても有効であり、活用していきたいが、定着率が低いとの指摘もある
- 専門性が高く優秀な女性研究者を活用していきたいが、女性の場合は、就業継続と出産・育児との両立を可能とする工夫が必要である（育児休業制度以外にも在宅勤務制度や再雇用制度の導入を検討）
- 女性（子育て、家族の世話）へのサポートや援助システム（安定した雇用、長期休暇制度の充実）が必要
- ６０歳超えの中高年人材を技術の伝承者として、企業技術者への安全教育講師、科学技術コミュニケーター、産学連携組織職員などに、年齢にとらわれずスポット的に活用すべきと考える。中高年人材は人材バンク（ＤＢ）などを設けることも必要
- リタイア後も参加できる柔軟な教育システム（U ターン参加）

（４） 制度

①インターンシップ制度・奨学金制度

＜主な意見、提案等の概要＞

- 優遇措置により学生は流れる可能性大。ただし、教員側の無定見な専門シフトにより、優遇分野の教育・研究の質が低下し、再び学生が離れることも起こりえる（研究機関における、かつてのエネルギー研究の例）
- インターンシップで来た有能な大学の先生に期待
- 既存のインターンシップの PDCA を回すことは大事
- 国際機関（IAEA や OECD/NEA など）におけるインターンシップは充実を図るべき
- 原子力を専攻する学生に対しては他以上の奨学金があってもよい
- 博士課程の学生に傾斜配分する奨学金やエネルギー研究者・技術者を特定した RA 制度の実施
- インターンシップ制度については検討すべき課題（業務内容の検討、マニュアルの充実、機密漏洩防止策の実施）がまだ多いため、制度化は進んでいない。しかし、効果があると考えるので、研究部門を中心として実施していく
- 奨学金については公的部門に委ねたい
- インターンシップや短期の一時採用で受け入れ、適応性があり継続しての勤労意欲を示す優秀な外国人研究者の本格採用

②産学官連携・人材交流（共同研究）

＜主な意見、提案等の概要＞

- 個別分散的な研究を拠点化し、集中・重点化をはかるべき（産学連携推進組織・共同研究センターの設立、異分野間の学際的な交流等の推進）
- 国際共同研究の促進（特に基礎分野や革新的技術開発、最先端の研究開発）
- 博士課程の人材育成は研究機関との連携によって効果的に行われるため、共同研究、人材交流などが重要
- 企業・大学・学生の全てにとってメリットのある組織的産学連携に力を入れて行きたい
- エネルギー分野で国・大学が率先して、専攻・学部・大学の壁を超えた包括的、戦略的な組織連携を進めることが可能な体制を整えていく必要がある
- 研究独法内において共同研究全体を総括マネジメントし、強力に研究独法研究者を指導していく重量級プロジェクトマネジャーの育成が必要
- 高価な実験用器具・設備等の共有による産学研究者の相互訪問

- 海外からの留学者・研究生の受け入れ
- 日本人学生・研究者の海外派遣
- 海外研究機関との交流・連携（短期交換留学生、研究会の定期開催等）

（５） その他

＜主な意見、提案等の概要＞

- エネルギー研究組織は独立行政法人化に馴染むのか？（英国・ＥＴＬの例）
- 研究機関との連携が重要であり、大学間原子力研究教育ネットワーク形成、大学協力型原子力コースや地域特定型大学院連合なども意義がある
- 研究機関が有する原子力研究教育に必要な施設設備の維持、活用は人材育成という観点で必要である。これらを全日本的な観点で維持する仕組みが必要
- 日本原子力学会は原子力人材育成に関する総合推進機能を常設しようとしている、これを活用することの意義は大きい
- 人材育成、教育は中長期的視点に立って行うことが極めて重要（人材育成ロードマップの策定）
- 学生の多様化を図るべき。文理を隔てない試験に加え、論文、課外活動・ボランティアへの参加経験､高校からの推薦状などの総合的なスクリーニング。学部から大学院に進む教育課程においても他大学との人材交流
- 人材育成に関係する様々なプログラムについての効果を的確に評価することが重要
- 共同研究契約での成果の取り扱いについては、紋きり型の対応でなく、研究実態に即した柔軟な対応をお願いしたい
- 大企業、大組織の業務環境の中で、個人をより顕在化させ、個人的貢献を積極的に認め、個人的力量、個人的業績に報いる仕組みを構築すべき
  （特許に対する成功報酬等）
- 次世代の労働環境や雇用環境を俯瞰し、理工系志望のインセンティブを高くする仕組みが必要
- 失敗は飛躍へのステップとして捉える。失敗により研究者生命が絶たれることのない柔軟なシステムが必要（失敗した技術開発の体験談の共有・蓄積）
- 違う世代やいろいろな国籍の方々が情報を共有できるようなシステムが必要

総合科学技術会議　基本政策推進専門調査会　分野別推進戦略総合ＰＴ
エネルギーＰＴメンバーリスト

座長	相澤 益男	総合科学技術会議議員
	白石 隆	総合科学技術会議議員
	今榮 東洋子	総合科学技術会議議員
座長補佐	石谷 久	東京大学　名誉教授
座長補佐	本田 國昭	大阪ガス（株）　技術開発本部　理事
	赤井 誠	（独）産業技術総合研究所　エネルギー技術研究部門 主幹研究員
	須藤 繁	（財）国際開発センター エネルギー・環境室長主任研究員
	田井 一郎	（株）東芝　執行役専務
	田中 知	東京大学　大学院工学系研究科原子力国際専攻教授
	松橋 隆治	東京大学　大学院新領域創成科学研究科 環境システム学専攻教授
	松村 幾敏	新日本石油（株）代表取締役副社長 執行役員 新エネルギーシステム事業本部長兼研究開発本部長
	武藤 昭一	東京電力(株)　技術開発本部　開発計画部長
	村上 周三	（独）建築研究所　理事長
	山下 ゆかり	（財）日本エネルギー経済研究所　地球環境ユニット　兼 計量分析ユニット　ユニット総括　研究主幹
	山地 憲治	東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻学　教授

（平成２１年４月２２日現在）