

地球温暖化対策技術研究開発の 推進について（案）

今後、追加・修正があります。

重点分野推進戦略専門調査会
温暖化対策技術プロジェクトチーム

序

総合科学技術会議では、温室効果ガス削減対策技術に関する研究開発戦略について、集中的に調査・検討を行うため、2002年6月19日に、大学、産業界、有識者からなる温暖化対策技術プロジェクトチームを重点分野推進戦略専門調査会に設置した。

本プロジェクトチームにおいては、地球温暖化対策推進大綱に記載されている「省エネルギー技術」、「新エネルギー技術」及び「革新的環境・エネルギー技術」の研究開発などに関する状況、第一約束期間（2008年～2012年）以降も見据えた、更なる温暖化対策技術開発の可能性、人材育成等の関連する重要事項について、2002年8月1日の第一回会合以来、8回のチーム会合を開催し、関係各省、日本経済団体連合会、有識者からもヒアリングを行いつつ、調査・検討を行った。我が国で取り組まれている温暖化対策技術の研究開発課題に関する総合的な分析は、本プロジェクトチームにおいて、今回始めてなされたものである。

本報告書は、プロジェクトチームにおける調査・検討の結果をとりまとめたものである。

今後、本報告書に基づき、総合科学技術会議において、今後の「科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」に反映し、政府としての技術開発予算の重点化に繋げるとともに、各省における関連施策の更なる推進が図られるよう積極的に取り組んでいくことを期待する。また、今後予定されている京都議定書目標達成計画等の策定に資することを期待している。

．はじめに

1．温暖化問題をめぐる状況

地球温暖化問題は、人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球全体として、地表及び大気の温度が追加的に上昇し、自然の生態系及び人類に悪影響を及ぼすものである。その予想される影響の大きさや深刻さから見て、まさに人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つである。

これに対処するため、国際社会においては、『気候変動に関する国際連合枠組条約』が 1992 年 5 月に採択され、1994 年 3 月に発効された。我が国も同年 6 月の国際連合環境開発会議において同条約に署名、1993 年 5 月に受諾した。また、気候変動枠組条約の理念に沿って長期的・継続的な排出削減の第一歩として、京都議定書が 1997 年 12 月に採択された。議定書は、先進国の温室効果ガスの削減について法的拘束力を持つものとして約束するものである。我が国は、2002 年 6 月に京都議定書を締結し、第一約束期間（2008 年～2012 年）中に、温室効果ガスの排出量を基準年比で 6%削減を達成する約束をした。

我が国の温室効果ガス¹排出量（二酸化炭素換算）をみると、京都議定書で基準年と定めた 1990 年においては 12 億 3300 万トンであったものが、2000 年度においては 13 億 3200 万トンに達したことが報告されており（2002 年 7 月 19 日、地球環境保全に関する関係閣僚会議及び地球温暖化対策推進本部）、基準年比では約 8%²の増加となっている。特に、民生部門、運輸部門のエネルギー消費の増加の影響が大きい。このため、削減約束達成のためには、8%の増加分も含めた 14%の削減が今後必要となっている。

¹京都議定書では、石油に代表される化石燃料の消費に起因する（エネルギー起源の）二酸化炭素の他、非エネルギー起源の二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、さらにオゾン層破壊物質として知られる CFC 等の代替物質である HFC、PFC や SF₆ を、排出の抑制及び削減に関する数量化された約束の対象とする温室効果ガスとして定義している。ここでの排出量は、地球温暖化係数で補正し、二酸化炭素の温室効果の大きさに換算したときの排出量である。

² なお、2001 年度のエネルギー需給実績（速報、2003 年 1 月 31 日資源エネルギー庁総合政策課）によれば、エネルギー起源の二酸化炭素排出量は対前年度比で 2.7%の減となっている。

２．地球温暖化対策推進大綱の概要

政府は、気候変動枠組条約第三回締約国会議を契機として具体的かつ実効ある地球温暖化対策の実現を図るため、1998年6月に「地球温暖化対策推進大綱」(以下、旧大綱)を決定した。しかしながら、その後においても、温室効果ガスの排出量が依然として増加基調にあり、京都議定書の約束を達成するためには、一層の対策を進めることが必要であることが明らかとなった。

このため、我が国における京都議定書の削減約束を履行するための具体的裏付けのある対策の全体像を明らかにすることを目的として、2002年3月に新たな「地球温暖化対策推進大綱」(以下、大綱)を定めた。大綱では、政府を挙げて100種類を超える個々の対策・施策のパッケージを取りまとめた。

大綱の概要は、以下の通りである。

地球温暖化対策の策定・実施にあたっての基本的考え方として、(1)環境と経済の両立に資する仕組の整備・構築、(2)ステップ・バイ・ステップのアプローチ、(3)国、地方公共団体、事業者及び国民が一体となった取組みの推進、(4)地球温暖化対策の国際的連携の確保、を図る。特に(2)では、2004年、2007年を節目として、対策の進捗状況・排出状況等を評価し、必要な追加的対策を講じることとしている。

6%削減約束(2000年度時点からは約14%の削減)については、当面、下記の目標により達成していくこととしている。その際、第一約束期間において、目標の達成が十分に見込まれる場合については、その見込みに甘んじることなく、引き続き着実に対策を推進するとともに、今後一層の排出削減を進めるものとしている。

- (1) エネルギー起源二酸化炭素(±0.0%)[1990年度と同水準に抑制することを目標とする]
- (2) 非エネルギー起源二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素(-0.5%)[1990年度の水準から基準年総排出量比で0.5%分の削減を達成することを目標とする]
- (3) 革新的技術開発及び国民各界各層の更なる地球温暖化防止活動の推進(-2%)[1990年度の水準から基準年総排出量比で2%分の削減を達成することを目標とする]

- (4) 代替フロン等 3 ガス (+ 2.0%) [自然体で + 5% を + 2% 程度の影響に止めることを目標とする]
- (5) 温室効果ガス吸収源対策の推進 (- 3.9%) [COP7 で合意された - 3.9% 程度の吸収量の確保を目標]

これらの大綱に記載されている追加対策による排出削減見込み量は、省エネルギーで約 2,200 万トン、新エネルギーで約 3,800 万トン、燃料転換等で約 1,800 万トンと見積もられている。また、革新的な環境・エネルギー技術の開発の強化により約 744 万トン (対基準年比約 0.6%)、国民各界各層の更なる地球温暖化防止活動の推進により、約 1,244 ~ 1,834 万トン (基準年比 1.0 ~ 1.5%) の排出削減量が見込まれている。

なお、京都議定書には、約束達成のための費用対効果の高い対策を進めるための国際的な制度として、いわゆる京都メカニズムが規定されている。京都メカニズムの利用が国内対策に対して補足的であるとの原則を踏まえつつ、これを適切に活用していくことが必要としている。

京都議定書の約束達成は決して容易ではなく、上記の排出削減量にも見込まれているように、国民各界各層それぞれの主体がそれぞれの役割に応じて総力を挙げて取り組むことが不可欠である。

3 . 地球温暖化対策の推進に向けて

地球温暖化対策は、京都議定書に定める第一約束期間 (2008 年 ~ 2012 年) に向けた対策が喫緊の課題であるとともに、中長期の視点からの取組みも継続的に進めていくことが必要である。2003 年を迎えた今、第一約束期間までに残された時間は決して長くはない。現在、研究開発中の技術成果の創出を促進するとともに、その導入普及策を講じることが必要である。加えて、中長期的な視点からは、研究開発により温室効果ガス削減に対応していくことがより重要となる。「技術」による対応は、需要者に負担を強いることなく、温暖化対策目標を達成することが可能な方策として有意義である。このため、大綱に記載された対策のうち、研究開発に関する対策に積極的に取り組むことが重要である。

第一約束期間に向けて、現在、研究開発中の技術課題について、研究開発の成果を社会（業界や一般家庭）に導入普及させ、実効あるものにする対策が特に重要である。このため、研究開発を促進するとともに、研究開発成果や応用分野に応じて、実証試験、実用化開発、コスト低減、規制・制度の見直し、インフラ整備等の導入普及に関する対策を適切に講じていくことが必要である。

近年、エネルギー需要の急速な伸びにあわせて、温室効果ガスの排出量の増加が著しい民生部門、運輸部門において、省エネルギー化を積極的に進めていくことが求められている。現在進められている研究開発の成果についての導入普及のための対策を強力に進める必要がある。

中長期的な視点からは、新エネルギー、省エネルギー、燃料転換技術、二酸化炭素の回収・固定、新たな吸収源の確保等の戦略的な研究開発の推進が重要である。特に、地球温暖化対策の観点からインパクトの大きい技術開発課題に積極的、かつ、重点的に取り組むことが重要である。

地球温暖化対策に積極的に取り組むことにより、内閣官房が平成 14 年 12 月 5 日に取りまとめた「産業発掘戦略 - 技術革新」にあるように、新たな市場や事業の創出をもたらし、環境・エネルギー産業の拡大につながることへの期待は大きい。

産業界では、地球温暖化問題への主体的取組として、日本経済団体連合会により環境自主行動計画が策定され、それに基づく取組がなされているところであり、政府としては、その透明性・信頼性の更なる向上を図るために必要な支援を講じるとともに、自主行動計画による省エネルギー対策の進捗状況をフォローしていくこととしている。

本報告書は、上記のような視点に立ち、大綱に盛り込まれた温暖化対策に取り組む上で、特に研究開発の観点から、現状で重要と考えられる課題について、大綱に記載されていないものも含めて明らかにし、その研究内容、研究開発から普及に至る時間的スケジュール、各技術の持つ温室効果ガス排出削減ポテンシャル、研究開発並びに導入普及施策の重要性等について調査・検討を行い、温暖化対策のさらなる推進に向けて必要な研究開発戦略について、とりまとめるものである。

なお、本報告書では、原子力の研究開発については、触れていないが、原子力発電の推進は、エネルギー政策の面のみならず、地球温暖化対策の観点からも重要な課題と認識している。昨今の原子力発電所トラブル等に関わる原子力発電所の稼働停止は、電力不足としてのエネルギー問題であるとともに、代替火力発電の増加に伴う二酸化炭素排出量の増加（地球温暖化）をもたらすものであり、憂慮すべき状況となっている。引き続き増加が見込まれるエネルギー需要を満たしつつ、我が国の削減目標を達成するためには、発電中に二酸化炭素を排出しない原子力発電所の新增設が不可欠である。このため、安全性の確保を大前提として、原子力発電を推進することとし、引き続きこのための研究開発を進めていくことが必要である。

．研究開発の取組み状況

温暖化対策として有効と考えられる主な技術について、研究開発の適用分野毎に分類し、その技術分類に沿って、現在、我が国において取り組まれている主な技術開発について関連する施策をまとめて技術開発課題としてグループ化し、研究開発の取組状況を整理した。（別表1、別表2参照）

具体的には、省エネルギー技術、新エネルギー技術、燃料転換技術、原子力、非エネルギー起源二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等3ガス、二酸化炭素の回収貯留及び吸収源に関する技術の大分類に分けている。あわせて、それぞれの大分類の中で、必要に応じて、中分類、小分類にわけて技術分類とした。

１．省エネルギー技術

省エネルギー技術については、その適応対象の理由から、製造工程と製品の中分類を設けた。さらに製品の中分類には、その個別分類として、輸送機器、産業機器、電子機器（弱電）、電力機器、住宅・建築の小分類を設けた。

製造工程における省エネルギー技術開発には、エネルギー資源循環システム、熱電直接変換システム等があり、それぞれ産業と民生の相方向連係によるエネルギー資源循環システムの構築や未利用排熱の電気エネルギーへの転換を図るものである。

輸送機器における省エネルギー技術開発には、自動車の燃費改善に向けた技術、車載用高効率2次電池、環境低負荷型シップ等があり、鉄系、アルミ系、CFRP、C-ナノファイバー・Al/Mg合金等の材料開発やリチウムイオン電池車載によるハイブリッド型省エネ自動車の実証試験および帆走船並びにスーパーエコシップ等の研究開発を行っている。

産業機器の省エネルギー技術開発については、ヒートポンプやガスエンジン等の高効率化のための研究開発を行っている。

電子機器の省エネルギー技術開発では、照明の省エネルギー化を進めるため、照明用発光ダイオードの開発や各種の平面ディスプレイの

省エネルギー化に向けた開発等を行っている。

電力機器の省エネルギー技術開発には、定置型高効率二次電池、低損失パワーデバイス等があり、それぞれN A S電池並びにレドックスフロー電池の開発及び低損失・高速動作型S I C素子等の開発を行っている。

住宅及び建築の省エネルギー技術開発では、光触媒利用の高機能部材開発や住宅・建築物内の自動制御マネジメントの研究等が行われている。

2．新エネルギー技術

新エネルギー技術については、その供給手段として風力、太陽光、バイオマス、廃棄物、燃料電池の中分類を設けた。

新エネルギー技術開発には、太陽光発電の低コスト化技術開発、性能評価手法、リサイクル・リユース技術の開発やバイオマスの利活用、燃料転換、地域循環利用システム等の開発および廃棄物の処理・再資源化技術の高度化及び実証等がある。

また、各種の燃料電池の開発、系統連携実証試験、さらに燃料としての水素製造・輸送・貯蔵・供給に亘る研究開発並びに実証試験等を一体として研究開発を進めている。

3．燃料転換技術

燃料転換技術については、燃料転換の対象となる燃料によって水素、メタノール、天然ガスの中分類を設けた。

水素の燃料転換技術に関しては、製造・輸送・貯蔵・供給に係る研究開発および実証試験等が進められている。また、メタノール転換技術に関しては、木質バイオマスを活用した高効率液体燃料生産技術の開発等が行われている。

4．代替フロン等3ガス技術

代替フロン技術は、フロン代替製造による各種工程に対応してエネルギー効率も高める利用技術の開発、物性・安全性等の評価、環境影響評価技術の研究等を行っている。

5．回収貯留技術

回収貯留技術については、対象プロセスの違いから、分離回収及び隔離の中分類を設けた。

二酸化炭素の分離回収、隔離貯留及び固定等の技術開発では、地中隔離、海洋中深層隔離、炭層隔離等の可能性実証試験や大規模排出源からの二酸化炭素の安価な分離技術の開発及び自然エネルギー利用の高効率液体燃料転換技術の開発等を行っている。

6．吸収源に関する技術

吸収源に関する技術開発としては、育成困難な環境下においても成長しうる樹木の選定や育種、並びに森林の育成・管理技術の開発や海洋生態系を利用した二酸化炭素の固定化技術等の開発を行っている。

．研究開発推進戦略

研究開発推進戦略の策定にあたって、個別の研究開発課題毎に今後の温暖化対策技術としての重要度を 実現性を考慮した温室効果ガス削減ポテンシャル、 研究開発の必要性、 導入・普及方策の必要性、並びに 温暖化対策への波及効果の観点から分析し、別表 3 にまとめた。この分析結果を踏まえて、今後、重点的・加速的に取り組むことが必要な課題を明らかにした。

１．第一約束期間中の実現が期待される技術

大綱に記載された第一約束期間中の実現を目指した技術項目のうち、例えば、高性能工業炉、高性能ボイラー、高性能レーザー等のように、既に技術開発の段階を終え普及段階にある技術課題については、着実に導入・普及を進めることが必要である。

現在、研究開発あるいは提案段階にある技術課題については、大綱に明示されていないものも含めて、導入・普及時期の目標を明確にし計画的に研究を進め技術の確立に努めることが重要である。導入・普及を促す観点から、普及後の温室効果ガス削減ポテンシャルの定量的評価を行いその有効性を示すことも有意義である。あわせてその他の社会への導入普及に必要な施策について具体的な検討を進めることが重要である。

２．中長期的な観点から重要な技術

(１) 2030 年頃の実現を想定した中長期的な観点から、温室効果ガス削減ポテンシャルが大きく、かつ早期の研究開発への投資の必要性が大きいと考えられる技術開発課題は、以下の通りである。

(ア) 自動車の燃費改善に向けた技術開発

排出量の伸びが著しい運輸部門対策として、自動車の軽量化による燃費向上に資するため、鉄系、アルミ系、CFRP (炭素繊維強化複合材料)、C - ナノファイバー・Al/Mg 合金等の材料開発、

並びに実用化に向けた構造、製造コスト低減技術等の開発を行う。研究開発にあたっては、安全性に配慮することが必要である。

(イ) 省エネ型二酸化炭素分離回収隔離技術開発

未利用エネルギーを活用し、工場等の大規模固定排出源から、二酸化炭素を安価に分離する技術の開発を行う。従来型の公害対策技術であるが、化石燃料依存の現状から脱却するまでは、二酸化炭素排出を集中的に削減する技術として重要である。

(ウ) 二酸化炭素貯留技術開発

分離した二酸化炭素を地中、炭層、あるいは海洋中深層に隔離し、長期安定的に貯留する技術の実証を行う。二酸化炭素の分離技術とセットで進めることが必要である。

(エ) 燃料電池技術開発

各種の燃料電池（固体高分子、熔融炭酸塩、固体酸化物等）の基盤技術開発ならびに応用（定置型、車載、携帯）のための研究、実証試験等を行う。水素の製造・輸送・貯留・供給に係る研究開発との連携を図る必要がある。自動車用では、実証試験におけるデモンストレーション走行の活用等により技術の有効性を示すことが重要である。

(オ) 高効率石炭ガス化発電

石炭の低環境負荷での利用を促進するために、熱効率の向上を目指し、ガス化を中心とした高効率複合発電技術の開発、実証、普及を図るとともに、更なる高効率化のための基盤技術の開発を進める。現在、民間が補助金を得て実施中の実証機開発を着実に推進することが重要であり、補助金等による継続的な経済的支援が必要である。

(カ) 二酸化炭素固定化に資する森林育成技術開発

育成困難な環境下においても成長しうる樹木の選定や育種、並びに森林の育成・管理技術など、森林により二酸化炭素を効率的に固定する技術の開発を行う。

現段階では必ずしも実用化時期が明確ではなく、また普及後の温室効果ガス削減ポテンシャルの定量的評価が十分になされていないも

のも少なくない。研究開発戦略の検討に際しては、これらの技術課題については、適切な評価を行い、その優先度を明確にすることが必要である。

また、各課題の開発において実用化・普及にいたる明確なロードマップを作成し、その普及に必要な周辺技術を適切なタイミングで整えるとともに、標準化や技術基準などの基盤の整備にも配慮が求められる。

(2) 中長期的な観点から、温室効果ガス削減ポテンシャルが大きいもので、研究開発に加えて導入・普及への早期の取組みの必要性がより大きいと考えられる重要技術開発課題として、以下のものが挙げられる。

(ア) 省エネ型住宅・建築技術の開発並びに導入促進

排出量の伸びが著しい民生部門の対策として、建築関連の省エネルギー要素技術の開発、評価および導入に向けた基盤を構築する。導入促進のための具体的な施策が重要である。

(イ) 高効率ヒートポンプの開発

民生部門の大幅な増大要因となっている冷暖房・給湯用エネルギー効率改善施策として、高効率ヒートポンプ技術の開発ならびに応用技術の開発を行う。一層の普及促進のためには、導入補助の強化等の施策が必要である。

(ウ) 太陽光発電技術開発

製品の更なる低コスト化のための技術、性能評価手法、リサイクル・リユース技術の開発、電力系統に大規模集中連系する等の実証研究を行う。開発された低コスト化技術を実現し、量産化による更なるコスト低減を図るため、住宅用をはじめとした太陽光発電システムの導入促進策が必要である。

(エ) 産業民生連携型エネルギー有効利用資源循環システム

産業プロセスでの経済的資源循環システムの構築、廃熱のセクター横断型利用の促進等、産業と民生の双方向連携によるエネルギー有効利用資源循環システム技術を開発する。この一例として、資源生産性の高いエココンビナートの構築は、エネルギー

の有効利用として有意義であるとともに、国際競争力向上につながる。

(オ) バイオマス利用開発

バイオマスの利活用技術、燃料転換技術等の開発、並びに地域循環利用等のバイオマス循環利用のための社会システムの構築を行う。昨年 12 月に閣議決定された「バイオマスニッポン総合戦略」の着実な推進が必要である。研究開発については、実用化の可能性及び温暖化対策への貢献度の高い技術について重点的に取り組む。また、導入普及については、品質規格の制定、バイオマス発電についての優遇措置および設備導入に係る助成措置が必要である。

(カ) フロン代替物質製造技術及び利用技術

オゾン層を破壊せず温暖化効果が小さい代替物質の製造技術の開発を行う。また、半導体加工、断熱材発泡等の分野で利用するための技術開発を行う。研究開発に加え、産業界の自主行動計画の取り組みも重要である。

これらの技術開発課題の中で、中長期的な観点のみならず、第一約束期間である 2010 年頃においても温室効果ガス排出削減に貢献するポテンシャルの大きいものについては、特に早期の取組みが望まれる。この際、可能な限り早期の導入・普及を図るため、技術開発とともに、導入・普及を促進するための社会経済的・制度的な観点からの検討を一体的に進める必要がある。

3. 将来の環境調和型社会構築に向けて重要な技術

単独の技術としては温暖化対策として直接的なポテンシャルは大きくないものの、適切な組合せにより、トータルシステムとして、大きな温室効果ガス削減効果が期待できる環境調和型の社会システム(インフラ整備)の構築に向けて大きな意義を有する技術開発課題は、以下の通りである。

(ア) 水素社会に向けた水素製造・供給システムの開発

将来の水素社会の実現に向けて、水素製造・貯蔵・供給に亘る研

究開発ならびに実証試験を行う。また、未利用エネルギー、非炭素エネルギー、再生可能エネルギー源利用による低二酸化炭素排出型水素製造技術を開発する。ミニパイロットシステムによる実証、安価で大量の水素製造法開発などがあげられる。安全性等に係る基準・標準の策定、規制・制度等のソフトインフラの整備や社会受容性の向上等が必要である。

(イ) 定置型高効率二次電池開発

負荷平準化を通じて原子力、太陽光、風力利用環境の整備、系統利用効率の改善に資する定置型高効率二次電池の技術開発、普及を行う。一層の普及拡大のため、補助金等の経済的支援、および法制度等の規制緩和措置が必要である。

(ウ) 廃棄物処理の高度化・再資源化技術

地域環境問題、資源循環等への対応と合わせて、廃棄物の高度化処理・再資源化技術の開発、実証を行う。実用化と普及を促進するための要素技術、影響・安全性評価及び経済・社会システム設計に関する研究開発を産学官連携により行うことが必要である。

また、省エネ型のディスプレイや低損失パワーデバイスのように製品の高機能化、高速化、長寿命化、あるいは製造工程の簡素化等を同時に狙いとする研究開発においても、より消費電力が少なく温室効果ガス削減に貢献できる方向の技術を開発していくことが重要である。

4．普及施策の重要性

「省エネ住宅」のように大きな二酸化炭素削減ポテンシャルが期待されているが、この技術が効果を発揮するためには、住宅産業関係者のみでなく、広く一般消費者にその効用と意義が十分に理解される必要があり、また、必要ならば新たな規制措置の検討を行うなど、普及施策の立案と導入が重要な課題となっている技術も多い。

このように研究開発された新しい技術、あるいは製品を、いかに実際の社会の中に導入し、普及させるかも重要な課題であり、これらについてのコスト低減、実証試験、社会システムとするためのインフラ（社会基盤）整備、普及のためのインセンティブの導入、種々の法規

制の見直し等、府省の枠を超えた取組みによる研究開発成果の普及の促進が必要である。また、新しい技術・システムが社会あるいは住民に受け入れられるよう、社会への導入・普及に対するこれらの施策の具体化が重要である。例として各自治体を主体とした「特区構想」を有効利用することも必要である。

．関連する重要事項

１．国民各界各層による取組みの推進

京都議定書の削減約束の達成のために、温室効果ガスの排出を 2000 年度の水準から基準年総排出量の 14% 相当を削減しなければならない現状において地球温暖化対策は、政府、産業界の取組みだけでなく、国民一人一人の取組みが必要である。これは一人一人のライフスタイルにも関わることであるので、国民の立場からの自主的な取組みが期待されるところである。

国民各層の地球温暖化防止のための活動として、環境省が中心となって取りまとめている「21 世紀『環の国』づくり会議」では、国民一人一人が温暖化対策に取り組むことを求めている。温暖化問題は、国の将来のあり方にも関係する問題であり、国民の意識をどうやって高めていくかというような環境教育、特にその基盤となる小中学校における教育の問題としても、真剣に考える必要がある。

また、地球温暖化対策は、我が国の長期的なエネルギー見通し、エネルギー政策と密接に関連する問題であり、経済産業大臣の諮問機関である総合資源エネルギー調査会等における議論を踏まえた対応が必要である。

２．ライフサイクルアセスメントの重要性

温室効果ガス削減に関する技術開発の成果の導入普及に際しては、個々の技術による温室効果ガス削減ポテンシャルの大きさの評価だけでなく、開発された技術あるいは製品に関わる全プロセスにおいて、それが環境に与える負荷を評価（ライフサイクルアセスメント）することが不可欠である。例えばある製品の環境負荷は、製品の生産から、輸送、使用、再利用、廃棄に至るすべての過程で評価され、総合的な観点から温室効果ガス削減に対する有効性が示される必要がある。

３．国際的な視点の必要性

我が国は、これまで、新エネルギー・省エネルギー技術の研究開発

に積極的に取り組み、国際的に見て優れた技術を持つものも少なくない。このような、温室効果ガスの削減に向けた技術は、単に我が国が京都議定書の削減目標を達成するという視点にとどまらず、先進国を含めた世界における温室効果ガス排出削減に向けた取組みを促すものとして有効である。その観点から、環境産業を海外も含めて戦略的にとらえ、海外市場を開拓していくことが大切である。

また、特に、開発途上国においては、経済発展に伴い、エネルギー消費量が急増し、温暖化対策の必要性が高まっている温室効果ガス排出削減に対する取組みを促すために、積極的な技術移転が求められる。例えば、途上国の温室効果ガス排出の削減に寄与する技術について、京都議定書に定めるクリーン開発メカニズムを活用しつつ、技術移転する方策を検討する必要がある。この際、革新的技術に限らず、我が国の既存技術も含め、移転先国・地域への適用を促進するための技術的、社会経済的、制度的視点からの研究開発や能力向上の取組みにも配慮する必要がある。

4．人材の育成

温暖化対策技術は、短期的な取組みのみならず中長期的な研究開発も重要である。この分野での技術基盤を維持し、さらに具体的課題を推進していくためには、今後とも研究開発に従事する人材の育成・確保を図ることが極めて重要である。

近年、人文社会学分野と理工学分野を融合した新しい環境系大学院研究科がいくつか設置されてきた。温暖化対策技術は燃料電池技術のように環境・エネルギー問題への対応としての幅広い考え方が必要であり、さらに個々の要素技術やシステム工学など種々の専門分野の知識・経験が重要である。これら関連する専門分野を学ぶ学生に対しては、環境・エネルギーに関する総合的な視点からの教育が必要であり、また、環境問題への取組みを経済成長と調和の取れたものとしていくためには、人文社会的側面を含む環境学を、工学教育の中に取り込んでいくことが不可欠の時代になってきている。また、各方面で重要性が増している住民合意形成に係る社会的側面を重視し、教育に取り込んでいくことも必要である。

(別表3) 温暖化対策技術分析結果

- (1) 別表2に示した技術開発課題毎に、温室効果ガス(CO₂換算)削減ポテンシャル、「研究開発」及び「導入普及」のコスト要因を含めた優位度の観点から分析した。
- (2) 2010年頃と2030年頃とに分けて、実現性を考慮に入れて温室効果ガス削減ポテンシャルのおおよその大きさを見積もり、年間1千万トン以上(△)、100万トン以上(○)、100万トン未満(◇)で分類した。
- (3) 「コスト要因を含めた優位度」は、「研究開発」の中には単に技術開発だけではなく、コスト(価格)低減に係る研究開発などもあることを考慮した。ここでは、「研究開発」、「導入・普及」のそれぞれについて、時間軸も考慮して現時点での重要性(早期の取組みの必要性)を△、○、◇で表現した。
- (4) 「導入・普及」の項が△のものは、現時点では「研究開発」がより重要な段階にあり、「導入・普及」の取組みを急ぐ必要のないもの、あるいは技術が確立すれば導入・普及に関して特段の取組みをしなくとも、比較的容易に普及が進むと考えられることを意味している。
- (5) 「導入・普及」の取組みとは、補助金など投資、法制度、税制、規制緩和など、すべて含んでの意味である。
- (6) 「国の予算」での研究開発および導入・普及への取組みを想定している。
- (7) 当該技術が実用化されれば自ずと活用されるであろう技術については、敢えて「導入・普及」の評価をしていない(△を付けている)。
- (8) 温暖化対策としての意義の他に、エネルギー安全保障の意義、他の技術開発や社会システム(インフラ整備)などへの大きな波及効果等の意義を有するものについては、コメント欄に記載した(斜体文字)。その他の留意事項をコメント欄に記載した。

(別表 1) 温暖化対策技術分類

大分類	中分類	小分類
省エネルギー	製造工程	
	製品	輸送機器
		産業機器
		電子機器 (弱電)
		電力機器
		住宅・建築
新エネルギー	風力	
	太陽光	
	バイオマス	
	廃棄物	
	燃料電池	
	その他	
燃料転換	水素	
	メタノール	
	天然ガス	
原子力		
非エネルギー起源CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O		
代替フロン等 3 ガス (HFC, PFC, SF ₆)		
回収貯留	分離回収	
	隔離	
吸収源	森林	
	その他	
その他		

(別表2)我が国の温暖化対策技術研究開発の取組み状況

技術分類			研究開発課題名	概要	現状 (2002年度)
大分類	中分類	小分類			
省エネ	製造工程		産業民生連携型エネルギー有効利用資源循環システム	産業プロセスでの経済的資源循環システムの構築、廃熱のセクター横断型利用の促進等、産業と民生の相方向連係によるエネルギー資源循環システム	研究開発・実証
省エネ	製造工程・製品		排熱利用による熱電直接変換システムの開発	未利用排熱の熱電変換素子による電気エネルギー転換	研究開発
省エネ	製造工程		鉄鋼プロセスにおける省エネルギー技術開発	新コークス製造法の開発 高反応性コークス製造技術 部分還元焼結鉬製造技術 電炉排ガスからの直接金属回収	研究開発
省エネ	製造工程		化学プロセスにおける省エネルギー技術開発	ナフサ接触分解製造における新規触媒反応、新規合成プロセス等の開発	研究開発
省エネ	製造工程		ガス拡散電極食塩電解技術開発	ソーダ工業におけるガス拡散電極法による食塩電解技術の開発	研究開発
省エネ	製造工程		省エネ蒸留技術開発	蒸留分離プロセスにおける外部冷却廃熱の自己再利用化技術の開発	研究開発
省エネ	製造工程		高性能蓄熱材料の開発	高性能蓄熱材料による産業排熱の民生での利用システムの開発	研究開発
省エネ	製造工程		高温空気燃焼制御技術	高温空気燃焼制御技術の確立	研究開発
省エネ	製造工程		省エネ型プラスチック製品製造技術開発	樹脂パウダーからの直接プラスチック製品の製造技術の開発	研究開発
省エネ	製造工程		鋼構造接合技術の開発	新溶接技術による加熱矯正・熱処理の不要化	研究開発
省エネ	製造工程		回路基板製造	インクジェット法による回路基板製造技術の開発	研究開発
省エネ	製造工程		触媒湿式酸化プロセス	省エネ型排水処理法	実用化
省エネ	製品	輸送機器	自動車の燃費改善に向けた技術開発	鉄系、アルミ系、CFRP、C - ナノファイバー・Al/Mg合金等の材料開発。その他の燃費改善に資する研究開発。	研究開発
省エネ	製品	輸送機器	車載用高効率2次電池の開発・導入	リチウムイオン電池車載によるハイブリッド型省エネ自動車の実証試験	実証
省エネ	製品	輸送機器	環境低負荷型シップの開発	帆走船並びにスーパーエコシップの研究開発	研究開発
省エネ	製品	産業機器	高効率ヒートポンプの開発	高効率ヒートポンプ技術の開発並びに応用技術(冷暖房、給湯等)の開発	研究開発・実用
省エネ	製品	産業機器	ガスエンジン高効率化	ガスエンジンの高効率化技術の開発	研究開発
省エネ	製品	電子機器(弱電)	LEDの照明機器への適用	LEDによる長寿命省エネ型照明機器の開発・普及	普及
省エネ	製品	電子機器(弱電)	省エネ型ディスプレイの開発	PDP、FED、有機ELDの開発	研究開発
省エネ	製品	電力機器	高効率石炭ガス化発電	石炭ガス化を中心とした高効率複合発電技術の開発	研究開発・実証
省エネ	製品	電力機器	電力基盤高度化技術	超電導技術の研究並びに応用と高電磁特性材料の開発	研究開発・普及
省エネ	製品	電力機器	定置型高効率二次電池開発	NAS電池並びにレドックスフロー電池の開発並びに導入促進	研究開発・普及
省エネ	製品	電力機器	高温タービン技術の開発	高効率のガスタービン・蒸気タービンの実用化に必要な技術(耐熱材料、タービンシステム、コーティング、冷却技術等)の開発	研究開発・実証
省エネ	製品	電力機器	低損失パワーデバイスの開発	低損失・高運動作型SiC素子の開発	研究開発
省エネ	製品	住宅/建築	省エネ型住宅・建築技術の開発並びに導入促進	建築関連省エネ要素技術の開発、評価、導入に向けた基盤構築	研究開発
新エネ	太陽光		太陽光発電技術開発	低コスト化技術開発、性能評価手法、リサイクル・リユース技術の開発	普及

技術分類			研究開発課題名	概要	現状 (2002年度)
大分類	中分類	小分類			
新エネ	太陽光		太陽熱利用省エネルギー施設栽培技術の開発	太陽熱利用による栽培施設の石油削減	実証
新エネ	バイオマス		バイオマス利用開発	バイオマスの利活用、燃料転換、地域循環利用システム等の開発	研究開発・実証
新エネ	廃棄物		廃棄物処理高度化・再資源化技術	廃棄物の処理・再資源化技術の高度化及び実証	研究開発・実証
新エネ	燃料電池		燃料電池技術開発	各種FC(固体高分子、熔融炭酸塩、固体酸化物)の開発、定置型燃料電池の系統連携実証試験並びに応用研究(発電、車載、携帯)	研究開発・実証
新エネ	その他		雪冷蓄熱の利用	都市部の積雪貯蔵による夏季冷房エネルギーの節減システムの実証	実証
燃料転換	水素		水素社会に向けた水素製造・供給システムの開発	水素製造・貯蔵・供給に亘る研究開発並びに実証試験、未利用エネルギー・非炭素エネルギー源利用による低エミッション水素製造技術開発等	研究開発
代替フロン3ガス			フロン代替技術	フロン代替製造技術並びに利用技術	研究開発・実証
回収貯留	分離回収		省エネ型二酸化炭素分離回収隔離技術開発	未利用エネルギー活用による集中排出源からのCO ₂ 安価分離技術の実現	研究開発
	隔離		二酸化炭素貯留技術開発	地中隔離、海洋中深層隔離、炭層隔離の可能性実証	研究開発
吸収源	森林		二酸化炭素固定化に資する森林育成技術開発	育成困難な環境下においても成長しうる樹木の選定や育種、並びに森林の育成・管理技術の開発	研究開発
吸収源	固定		海洋生態系を活用したCO ₂ 固定	海洋生態系を利用した固定化技術	研究開発

(別表3)温暖化対策技術分析結果

技術分類			参照 番号	研究開発課題名	概要	現状 (2002年度)	ポテンシャル(CO2削減)の 大きさ 1千万t / 年以上 ○ 100万t / 年以上 100万t / 年未満		コスト要因を含めての 優位度 ○		コメント <i>(斜体は温暖化対策以外の効果で特に重要なもの)</i>
大分類	中分類	小分類					2010	～ 2030	研究開発	導入・普及	
省エネ	製品	住宅/建築	1	省エネ型住宅・建築技術の開発並びに導入促進	建築関連省エネ要素技術の開発、評価、導入に向けた基盤構築	研究開発	○		○		高機能住宅用部材などの開発要素も含むが、具体的な導入施策がより重要
省エネ	製品	輸送機器	2	自動車の燃費改善に向けた技術開発	鉄系、アルミ系、CFRP、C - ナノファイバー・Al/Mg合金等の材料開発。その他の燃費改善に資する研究開発	研究開発	○				運輸対応として必須。材料のみの開発に留まらず、構造、製造コスト低減等まで広がるべき分野。産業国際競争力向上効果にも期待
省エネ	製品	産業機器	3	高効率ヒートポンプの開発	高効率ヒートポンプ技術の開発並びに応用技術(冷暖房、給湯等)の開発	研究開発・実用	○		○		民生部門の大幅増大要因となっている冷暖房用エネルギー効率改善として今後、官による導入・普及施策が特に重要
回収貯留	分離回収		4	省エネ型二酸化炭素分離回収隔離技術開発	未利用エネルギー活用による集中排出源からのCO2安価分離技術の実現	研究開発					化石燃料依存の現状から脱却するまでのつなぎとして必要
	隔離		5	二酸化炭素貯留技術開発	地中隔離、海洋中深層隔離、炭層隔離の可能性実証	研究開発					分離技術とセットで重要
新エネ	燃料電池		6	燃料電池技術開発	各種FC(固体高分子、熔融炭酸塩、固体酸化物)の開発、定置型燃料電池の系統連携実証試験並びに応用研究(発電、車載、携帯)	研究開発・実証	○			○	波及効果、産業国際競争力向上効果にも期待 将来の水素社会の実現と、CO2対策を両立させるシステムとして、戦略的融合を考慮していくべき
燃料転換	水素		7	水素社会に向けた水素製造・供給システムの開発	水素製造・貯蔵・供給に亘る研究開発並びに実証試験。未利用エネルギー・非炭素エネルギー源利用による低エミッション水素製造技術開発等	研究開発	○	○			
新エネ	太陽光		8	太陽光発電技術開発	低コスト化技術開発、性能評価手法、リサイクル・リユース技術の開発	普及	○		○		普及促進に向けた低コスト化、リサイクル技術の確立が重要
省エネ	製品	電力機器	9	高効率石炭ガス化発電	石炭ガス化を中心とした高効率複合発電技術の開発	研究開発・実証		○			石炭利用と環境側面の両立の為に開発が必要
省エネ	製造工程		10	産業民生連携型エネルギー有効利用資源循環システム	産業プロセスを活用した廃棄物の再資源化、廃熱のセクター横断型利用の促進等、産業と民生の双方向連係によるエネルギー資源循環システムの構築を図る	研究開発・実証	○		○		一部の素材系産業では主導的に、社会で発生する廃棄物の既存プロセスを利用した再資源化技術を実現しており、更なる拡大を期待。そのためには民の知恵と官による社会システム基盤の構築が重要
新エネ	バイオマス		11	バイオマス利用開発	バイオマスの利活用、燃料転換、地域循環利用システム等の開発	研究開発・実証	○		○		利用技術開発と共に利用システムの構築が重要。地域振興としての側面も有する
代替フロン3ガス			12	フロン代替技術	フロン代替物質製造技術並びに利用技術	研究開発・実証	○		○		CO2換算効果大。オゾン層保護にも効果大
吸収源	森林		13	二酸化炭素固定化に資する森林育成技術開発	育成困難な環境下においても成長しうる樹木の選定や育種、並びに森林の育成・管理技術の開発	研究開発		○		-	シンク実現に向けた科学的アプローチと、森林育成に向けた具体的施策が重要
省エネ	製品	電力機器	14	電力基盤高度化技術	超電導技術の研究並びに応用と高電磁特性材料の開発	研究開発・普及		○	○	○	送配変電効率改善に向けた革新技術の開発並びに導入促進が重要
省エネ	製品	電力機器	15	定置型高効率二次電池開発	NAS電池並びにレドックスフロー電池の開発並びに導入促進	研究開発・普及		○	○	○	昼夜間負荷平準化並びに原子力の効率的運用に向けた技術
省エネ	製品	電力機器	16	高温タービン技術の開発	高効率のガスタービン・蒸気タービンの実用化に必要な技術(耐熱材料、タービンシステム、コーティング、冷却技術等)の開発	研究開発・実証	○	○	○	○	発電設備の新設及び更新時並びに開発技術の部分適用による効率改善
新エネ	廃棄物		17	廃棄物処理高度化・再資源化技術	廃棄物の処理・再資源化技術の高度化及び実証	研究開発・実証		○	○	○	地域環境問題、資源循環等への効果も期待
省エネ	製造工程		18	鉄鋼プロセスにおける省エネルギー技術開発	新コークス製造法の開発、高反応性コークス製造技術、部分還元焼結鉬製造技術、電炉排ガスからの直接金属回収	研究開発		○	○	○	技術開発と導入促進策の考慮が必要
省エネ	製造工程		19	化学プロセスにおける省エネルギー技術開発	ナフサ接触分解製造における新規触媒反応、新規合成プロセス等の開発	研究開発		○	○	○	技術開発と導入促進策の考慮が必要
省エネ	製品	輸送機器	20	車載用高効率2次電池の開発・導入	リチウムイオン電池車載によるハイブリッド型省エネ自動車および電気自動車の実証試験	実証		○	○	○	

技術分類			参照 番号	研究開発課題名	概要	現状 (2002年度)	ポテンシャル(CO2削減)の 大きさ 1千万t / 年以上 ○ 100万t / 年以上 100万t / 年未満		コスト要因を含めての 優位度 ○		コメント (<i>斜体は温暖化対策以外の効果で特に重要なもの</i>)
大分類	中分類	小分類					2010	～ 2030	研究開発	導入・普及	
省エネ	製造工程・製品		21	排熱利用による熱電直接変換システムの開発	未利用排熱の熱電変換素子による電気エネルギー転換	研究開発		○	○		低温利用が実現すれば、未利用廃熱の有効利用技術の一貫として重要
省エネ	製造工程		22	高温空気燃焼制御技術	高温空気燃焼制御技術の確立	研究開発	○	○	○		燃焼機器効率改善のための基盤技術開発
省エネ	製品	電子機器 (弱電)	23	省エネ型ディスプレイの開発	PDP、FED、有機ELDの開発	研究開発		○	○		<i>産業国際競争力向上効果にも期待</i>
新エネ	太陽光		24	太陽熱利用省エネルギー施設栽培技術の開発	太陽熱利用による栽培施設の石油削減	実証		○		○	具体的導入施策が重要
吸収源	固定		25	海洋生態系を活用したCO2固定	海洋生態系を利用した固定化技術	研究開発		○	○		環境影響評価が必要
省エネ	製品	電子機器 (弱電)	26	LEDの照明機器への適用	LEDによる長寿命省エネ型照明機器の開発・普及	普及	○	○		○	具体的な導入施策が重要
省エネ	製品	電力機器	27	低損失パワーデバイスの開発	低損失・高速動作型SiC素子の開発	研究開発		○	○		
省エネ	製造工程		28	触媒湿式酸化プロセス	省エネ型排水処理法	実用化		○		○	具体的な導入施策が重要
省エネ	製造工程		29	ガス拡散電極食塩電解技術開発	ソーダ工業におけるガス拡散電極法による食塩電解技術の開発	研究開発			○	○	
省エネ	製造工程		30	省エネ蒸留技術開発	蒸留分離プロセスにおける外部冷却廃熱の自己再利用化技術の開発	研究開発			○	○	
省エネ	製造工程		31	高性能蓄熱材料の開発	高性能蓄熱材料による産業排熱の民生での利用システムの開発	研究開発			○		熱利用技術開発も併せて重要
省エネ	製品	産業機器	32	ガスエンジン高効率化	ガスエンジンの高効率化技術の開発	研究開発			○		環境対応効果(Nox低減等)あり
省エネ	製造工程		33	省エネ型プラスチック製品製造技術開発	樹脂パウダーからの直接プラスチック製品の製造技術の開発	研究開発			○		
省エネ	製造工程		34	鋼構造接合技術の開発	新溶接技術による加熱矯正・熱処理の不要化	研究開発			○		
省エネ	製造工程		35	回路基板製造	インクジェット法による回路基板製造技術の開発	研究開発			○		工程合理化によるコスト改善効果を期待
新エネ	その他		36	雪冷蔵熱の利用	都市部の積雪貯蔵による夏季冷房エネルギーの節減システムの実証	実証				○	
省エネ	製品	輸送機器	37	環境低負荷型シップの開発	帆走船並びにスーパーエコシップの研究開発	研究開発			○		