平成１１年度調査報告書

日米におけるエネルギー・環境問題の現状調査及びエネルギーに係る技術開発調査

平成１２年３月

NEDOBIS
T98070

新エネルギー・産業技術総合開発機構

請負先　株式会社　三菱総合研究所

NEDO 図書・資料室
010015280-0

「日米協力におけるエネルギー・環境問題の現状調査及びエネルギーに係る技術開発調査」

（株）三菱総合研究所
平成１２年３月　156 頁

調査目的

21 世紀の社会における科学技術の役割に関する日米対話にエネルギー・環境問題が取り上げられることとなっている。

エネルギーの安定供給は、社会生活を支える重要なインフラの一つとなっているが、一方で地球環境に与える弊害が指摘されている。このエネルギー使用時に発生する地球環境に関する弊害をなくすため、省エネルギー、新エネルギー、リサイクル、有害物質対策等の様々な技術開発及び、関連インフラ／制度の整備が行われてきた。本調査は、日米両国間においても発生している環境汚染等について各種文献調査を行い、今後の日米のエネルギーに係る国際協力研究に資することを目的として実施した。

まえがき

本報告書は、新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託により、(株) 三菱総合研究所「日米におけるエネルギー・環境問題の現状調査及びエネルギーに係る技術開発調査」についてとりまとめたものである。

21 世紀の社会における科学技術の役割に関する日米対話にエネルギー・環境問題が取り上げられることとなっている。

エネルギーの安定供給は、社会生活を支える重要なインフラの一つとなっているが、一方で地球環境に与える弊害が指摘されている。このエネルギー使用時に発生する地球環境に関する弊害をなくすため、省エネルギー、新エネルギー、リサイクル、有害物質対策等の様々な技術開発及び、関連インフラ／制度の整備が行われてきた。本調査は、日米両国間においても発生している環境汚染等について各種文献調査を行い、今後の日米のエネルギーに係る国際協力研究に資することを目的として実施した。

平成１２年３月

請負先　(株) 三菱総合研究所

目　　次

本編
第 1 章　日本のエネルギー事情 1
1.1　エネルギー需給動向 1
1.1.1　エネルギー需要の現状 ～増加を続ける民生・運輸部門のエネルギー消費～ ... 1
1.1.2　エネルギー供給の現状 ～脆弱なエネルギー構造～ 2
1.2　部門別エネルギー消費 2
1.2.1　産業部門のエネルギー消費 2
1.2.2　民生部門のエネルギー消費 3
1.2.3　運輸部門のエネルギー消費 4

第 2 章　日本のエネルギー政策 7
2.1　エネルギー政策 7
2.2　地球環境問題の高まり 7
2.2.1　地球温暖化問題の現状 7
2.2.2　酸性雨問題の現状 8
2.3　気候変動枠組条約 8
2.3.1　第 3 回締約国会議（COP3）の概要 8
2.3.2　京都議定書の概要 8
2.4　長期エネルギー需給見通し 9
2.5　エネルギー需要の展望（2010 年度エネルギー消費） 10
2.5.1　基準ケース 10
2.5.2　対策ケース 10
2.5.3　省エネルギー対策の概要（合計 5600 万 kl の省エネルギー） 10
2.6　エネルギー供給の展望 11
2.6.1　原子力 12
2.6.2　化石エネルギー 12
2.6.3　新エネルギー 12

第 3 章　新エネルギーへの期待 13
3.1　3 つの E の調和 13
3.2　再生可能でクリーンなエネルギー 13
3.3　新エネルギー供給の展望 13
3.4　新エネルギーの現状と課題 13

3.4.1 太陽光発電 13
3.4.2 太陽熱利用 14
3.4.3 風力発電 14
3.4.4 廃棄物発電 15
3.4.5 廃棄物熱利用 15
3.4.6 温度差エネルギー 15
3.4.7 黒液・廃材 16
3.5 従来型エネルギーの新利用形態（広義の新エネルギー）の現状と課題 16
3.5.1 コージェネレーション 16
3.5.2 クリーンエネルギー自動車 16
3.5.3 燃料電池 17

第 4 章 技術開発 19
4.1 技術開発の重要性 19
4.2 ニューサンシャイン計画における重要技術 19
4.3 地球再生計画 20
4.4 技術開発・導入プロセス上の課題 21

第 5 章 国際協力 23
5.1 国際協力の必要性 23
5.1.1 温暖化対策 23
5.1.2 セキュリティ上の要請 23
5.2 国際協力の現状 23
5.2.1 アジア地域のセキュリティ対策 23
5.2.2 資源保有国との連携強化 24
5.2.3 地球規模のエネルギー・環境問題解決に向けた国際協力 24
5.3 課題 26
5.3.1 情報分野の支援策 26
5.3.2 資金面での支援策 27
5.3.3 制度面の支援策 27

第 6 章 エネルギーに係る日米の国際研究協力について 29
6.1 官民の役割分担 29
6.2 日米協力の事例 29

第 7 章 将来への展望 31

資料編

A-1　Powerful Partnerships (June 1999)
(President's Committee of Advisors on Science and Technology)要約 A1
A-2　21 世紀の課題に対処するための連邦政府のエネルギー研究開発 A19
A-3　US-Japan Dialogue on the Role of Science and Technology in Society into the New Millennium（新しいミレニアムに向けて米国-日本の社会における科学技術の役割に関する対話） A61
A-4　US-Japan Dialogue on the Role of Science and Technology in Society into the New Millennium（英文） A86

調査の概要

■調査の概要

本調査は、文献調査を主体として骨子をとりまとめ、その内容を日米間で相互に検討することで、最終報告書をとりまとめている。最終報告書の環境及びエネルギーに係る日米協力の提言内容は以下のとおりである。

＜環境＞

環境問題の重要性

２０世紀の間、我々の暮しは目覚しく豊かになった反面、環境への負荷は多大なものとなった。しかし最近は科学や技術的協力により、産業国は大気汚染、水資源、土地利用等、色々な面でかなりの改善が施された。しかしながら、又、新たに、更に複雑な環境問題である地球温暖化、オゾン層の破壊、薬害等の問題が浮上した。なぜ、複雑なのか？これらの問題に関する我々の科学的理解が極めて限られているからである。問題として取り上げられているものの中には、実際に問題として本当に存在しているのかすら科学的に証明する事が困難である。

この様な事態の中で、早急にこれら環境問題の科学的理解を深め、人体や生態系にどの様な影響を与えるのかを正確に把握する必要がある。

本分野での、もう一つの重要点は、この様に科学的理解の限度がある中での行政決定をどの様に行うかという事である。経済的なトレードオフをしてまでも、我々は環境問題からのリスクを最小限に抑えるべきなのか？それとも、科学的証明が出来ない事を根拠に、リスク管理はそれなりのバランスをとるべきなのか？現在、世界は色々な分野でこの問題に直面している。

米国と日本は共同で、この様な行政面での決定をする際に適度なバランスが取れる様なメカニズムを発達させる必要性があり、多分野の中から一つまず選択して取り組む事を本グループは推薦する。選択肢の 1 つとして、最も近い将来、行政面での決定が必要でありながら、科学的理解が低いのは endocrine disrupter(ホルモン分裂)分野である。

環境ホルモン（Endocrine Disrupter　-ホルモン分泌系の破壊）の状況

現在限られた科学的根拠の基で、環境に存在する化学物質の人体や野生生物への悪影響を見極め、政策決定がなされている。実際には、人体の健康への影響とこれらの化学物質の因果関係は証明されていないが、野生生物への悪影響は観測されており、たくさんの国々が行政介入の必要性に関して研究を進めている。だが、どの様な研究が政策決定を可能にし、一般市民を安心させられるのか、意見の一致が得られていない。

日本と米国の協力

日本と米国の環境協力は 1970 年に開始され、Joint Planning and Coordination Committee (JPCC-共同計画協力委員会)や各パネルの設立に繋がった。現在まで JPCC によって両国の環境政策が再考され、又、パネル内の有識者間で情報交換や協力が行われている。JPCC の 11 回目の会合が昨年 5 月に行われ、両国では化学物質関連（環境ホルモンも含まれていた）の意見、情報交換がされ、共同研究実施やアジア地域ワークショップの共同スポンサーシップ実現への糧となった。

将来的な協力

1. ホルモンシステム

国際的同意の得られる様な「環境ホルモン」の定義が必要である。その中において disrupter による悪影響に関しても正しい定義が必要である。本グループは、ホルモンシステムの中での環境ホルモンの悪影響等に関して共同研究を進め、化学物質のメカニズムを明らかにする事を推薦する。

2. 検証

化学物資のホルモンシステム内での影響を予測するには、検証システムを確立する事が重要である。現在、たくさんの研究が行われているが、各国間での調整がうまくとられていない為、一つの国で得られた知識が、違う国でも認められる、又は役立つとは限らない。更に、懸念されている化学物質の活動が本当にホルモンレセプターによるものなのか、それとも他の理由によってなのか明確に評価されていない。従って、本グループは化学物質の正確なテストと適正審査を行い、効果的で信頼性がある評価システムを共同研究によって構築する事を推薦する。

3. 優先順位

化学物質がホルモンシステムに悪影響を及ぼすという審査結果を得たとしてもそれだけで、化学物質の使用を止めるという結論に達する訳ではない。問題となる化学物質が人体や野生生物の健康に悪影響を与えるのかを検査する必要がある。従って、本グループは、まず問題視される化学物質を選び出し、これらの化学物質の扱いに関する政策決定を共同研究で行う事を推薦する。これは国際的なワークショップ等を行い、その中で環境ホルモンに関する政策決定方法論や一般市民による受け入れに関して協議する。そして、この様なワークショップがきっかけになり、研究者間での個人個人の交流や情報交換を続ける事を可能とする。

＜エネルギー＞

現況と将来的エネルギー課題

エネルギーは社会、経済活動の基礎であり、持続した経済的、社会的発展を続けるには必須である。しかしながら、同時にエネルギーは家庭や地域の環境や人間の健康に多大な悪影響をもたらしている。

将来的な地球規模でのエネルギーニーズと、地域の住民や地球規模での人間の健康や環境状態とのバランス等をとっていく事が大きなチャレンジになると考えられる。

エネルギー使用方法を変えていく事が必要となってくる。一般的には、石炭のクリーンな使用方法と石炭以外の化石燃料使用の両方の組み合わせへと転換していく事を示す。又、この他にも再生エネルギーや原子力を使った発電方法等も考えられる。

この様なエネルギー使用転換をタイムリーに地球規模で行う為には、日本、米国両国の協力とリーダーシップが重要である。

日本・米国のエネルギー関連での協力研究

積極的なエネルギー協力が日本と米国間で長い間行われてきた。二つの主な協力フレームワークは日本、米国政府科学技術Ｒ＆Ｄ協定（Agreement between the Government of Japan and the Government of the United States of America on Cooperation in Research and Development in Science and Technology）と日本、米国政府エネルギー関連Ｒ＆Ｄ協定（Agreement between the Government of Japan and the Government of the united States of America on Cooperation in Research and Development in Energy and Related fields.）である。そしてこの他にも色々な協力体制が日本、米国企業間で取られている。

将来的協力

1．二国間協力

本グループは最新技術によるエネルギー発電と使用の為の R&D を二国間で実施する事を提案する。その中には以下の様な事項が含むまれる。

再生エネルギー：太陽、風力、バイオマス

省エネ技術

核廃棄物の安全装置や廃棄、原子炉の安全やコスト面での改善

化石燃料のクリーンな使用（石炭燃料技術の発達や電力、熱、燃料のコジェネレーション）

炭素吸収可能方法

燃料電池などを使った高効率乗用車やその他のクリーンな交通手段技術の発達

核融合エネルギーの概念や技術での発達に関するR&Dを共同で続ける

機能を付与する様な技術の研究　（例：セラミックエンジン、省エネを可能にする表面塗装剤等）

この様な試みを実現する時、政府の役割は上記の活動をR&D面から支援するだけではなく、実用化へと導き、地球規模でのエネルギーの需要と供給の改善や環境負荷を小さく出来る様な政策を発達させる事が必要となる。

2．国際的政策

日本と米国は途上国とも一緒に活動し、途上国が経済、社会発展に必要なエネルギーニーズを環境や健康に害を及ぼさない様な方法で満たせる様にしなければならない。

特に石炭燃料からの排出、伝統的な燃料を使用する事（特に家庭内で）からの環境や健康への問題、排気量の多い交通システムへの依存等の問題を減らし、防ぐ事が重要である。

米国と日本が共通したアプローチを用いて途上国に協力すれば更に効果が上がる。そして、国際金融機関へも、途上国がもっとクリーンで持続可能なエネルギーを使用できる様な政策を取る様に働きかけなければならない。

新しい取り組み

本グループは米国と日本によってグローバルなクリーンエネルギーシステムへの転換を促進する主導権をとる事を推薦する。

1．日本と米国企業の二国間協力

2001年4月より日本の通産省と提携している15の国立研究所が、National Institute of Advanced Industrial Science and Technology（産業技術総合研究所）として一つに統合される。そこでの研究における一つの大きなフォーカスはエネルギー分野である。この新しい枠組みである研究所と米国のエネルギー省の研究室との共同研究に期待が寄せられる。

2．途上国との協力

エネルギー問題はグローバルな問題である為、日本、米国間だけではなく国際的協力のつながりを築く必要がある。その為には、日本と米国は途上国や国際金融機関等と協力し合って、途上国に、クリーンで手ごろな持続可能なエネルギーを供給する手助けをする事が重要である。

本　　編

第１章　日本のエネルギー事情

１.１　エネルギー需給動向

１.１.１ エネルギー需要の現状　～増加を続ける民生・運輸部門のエネルギー消費～

日本のエネルギー需要（最終エネルギー消費）は、高度成長期といわれた 1960 年から 1970 年にかけて、経済成長率（実国内総支出）が年率 10.2%と未曾有の伸びを記録してきたことを背景に、年率 12.5%と極めて高い伸びで推移した。

しかしながら、2 度の石油危機を契機としたエネルギー利用の効率化が進み、産業構造が変化したこと等を背景に、1970 年度以降 1986 年度までの 7 年間では、最終エネルギー消費全体で年平均マイナス 0.4%の伸び率で推移した。その後は 1987 年度以降の内需主導型の経済成長、さらに低水準で推移するエネルギー価格で年率 4.4%の伸び率で推移した。

近年は、調整局面となった 1992 年度は 0.4%、1993 年度は 0.7%と伸び率が鈍化したものの、1994～1996 年度は、景気が緩やかな回復基調で推移したことに加え、一部産業における輸出の急増（為替相場の円高傾向による）や記録的な猛暑による電力需要の急増等もあり、増加傾向で推移している。特に、快適さや利便性を追求するライフスタイルの浸透等による民生、運輸部門のエネルギー消費の伸びが顕著であり、産業部門のエネルギー消費が年平均 1%程度の伸び（1990～1997 年度）に留まっているのに対し、民生・運輸部門は同期間内に年平均 3%程度の増加傾向を示している（最終エネルギー消費は年平均 2%程度の増加となっている）。

1997 年度は、実質経済成長率がマイナス 0.4%という景気の低迷により、最終エネルギー消費は原油換算 395.7 百万 kl、対前年度比 0.7%増の微増に留まった。部門別に見ると、産業部門では景気の低迷により産業活動も低迷し、0.3%の微増となるも、民生部門、運輸部門でそれぞれ 0.9%増、1.5%増を示し、実質的に当年度の増加分の大半を占める結果となっている。

1973 年度と比較してみると産業部門は、省エネルギーの効果が著しく、1973 年度以降の消費量はいったん大きく減少し、その後経済規模の拡大や低水準で推移したエネルギー価格を背景に再び増加に転じたものの、1973 年当時の水準をあまり越えていない。これに対し民生・運輸部門は、個々の家電製品や自動車のエネルギー効率は大きく向上したにもかかわらず、エネルギー消費量は生活水準の向上等を反映して大きく増加し、1997 年度には 1973 年度の約 2 倍に達している。その結果、エネルギー消費量全体は、1973 年度の原油換算 285.2 百万 kl から 1996 年度 392.9 百万 kl、1997 年度 395.7 百万 kl へと約 1.4 倍に増加した。

1.1.2 エネルギー供給の現状　～脆弱なエネルギー構造～

日本のエネルギー消費は、経済成長とともに飛躍的に増加し、今では世界第 4 位のエネルギー消費大国となった。しかしながら、日本は資源が乏しいため、長年にわたりエネルギー総供給の大部分を海外に依存してきたが、第一次石油危機を契機として、それまでの脆弱なエネルギー供給構造を改革するために政府は、当時エネルギー総供給の 77.4%を占めていた石油依存度を低減する取り組みに努め、その結果石油依存度は産業部門を中心とするエネルギー利用の効率化の進展と相まって 1985 年度には 56.3%まで低減された。その一方で、天然ガスと原子力が増大し、この 2 つの増加分でほぼ石油の低下分を均等に補っている。

しかし、世界レベルで見た石油生産能力の飛躍的向上、OPEC の石油価格政策等の要因から近年、石油価格は 1 バーレル 17 ドル前後と低位に安定しており、日本の石油依存も 1985 年度以降は足踏み状態となっており、1997 年度で 53.6%となっている。また、日本の一次エネルギー供給の輸入依存度はなお 79.2%（1997 年度）と他の先進国と比較しても高い水準にあるという状況には変わりがなく、石油の輸入に関しては、ほぼ全量を輸入しており、しかも中東への依存度が 85.7%に達するという、供給国の偏りがある。このように日本のエネルギー供給構造は極めて脆弱であり、エネルギー消費の節減とエネルギーの種別と供給源の多様化が、他の諸国の場合以上に重要な課題である。

一方、新エネルギーはコスト面・信頼性に関する課題等により、一次エネルギー総供給に占めるシェアは 1%台で停滞し、「石油代替エネルギーの供給目標」の目標値を達成するためには、その開発・導入の促進が必要となってくる。

また、原子力については、一部に新増設計画の具体化の動きが見られるものの、安全性や環境保全に対する理解不足、地元へのメリットの少なさ等の要因から立地が難航しており、今後とも安全性の確保を前提として、国民の理解と協力を得つつ立地の推進をしていく必要がある。

1.2　部門別エネルギー消費

1.2.1 産業部門のエネルギー消費

(1)　エネルギー消費の概要

他の先進諸国と比較した場合、日本のエネルギー需給構造の特徴の一つとして、最終エネルギー消費に占める産業部門の比率が高いことが挙げられる。これには日本がエネルギー多消費型の重化学工業を中心に経済成長を達成してきたこと、また国土が狭く運輸部門が小さいこと、気候に恵まれ民生部門が小さい等いろいろ理由は考えられるが、この特徴により、産業部門における省エネルギーはエネルギー安定供給の確保の上で重要であることが指摘できる。

(2)　エネルギー消費の推移

このようなエネルギー消費において重要な位置付けを有する産業部門であるが、1973年の第一次石油危機以降はエネルギー利用の効率化進展、産業構造の変化（産業の中心が基礎素材産業から加工組立産業、電子・情報産業へシフト）により、その結果 1973 年度から 1986 年度までの 13 年間の年平均伸び率は、マイナス 1.4%と減少傾向で推移した。

1986 年度以降は内需主導型の景気拡大により生産活動が活発化したこと、また省エネルギーへの改善傾向が頭打ちとなったこと等により、エネルギー消費は顕著な伸びで推移し、1986 年度から 1991 年度までの 5 年間では、年率 3.5%と再び増勢に転じた。

1992 年度以降は、景気が調整局面に入ったこともあり、製造業の生産指数も落ち込み、エネルギー消費量も減少で推移した。しかし 1994～1996 年度は、景気が緩やかな回復基調で推移したことから、再び対前年度比プラスと増加基調に推移した。

1997 年度は景気が停滞色を強めていったこともあり原油換算 195.4 百万 kl の消費、対前年度比 0.3%増の微増となった。

1.2.2 民生部門のエネルギー消費

(1)　エネルギー消費の概要

民生部門は、運輸関係（自家用乗用車等）を除く家計消費部門におけるエネルギー消費（冷暖房用、給湯用、厨房用、動力・照明用等）を対象とする家庭部門と、企業の管理部門等ビル・事務所、ホテル、百貨店等第 3 次産業（運輸関係事業、エネルギー転換事業を除く）等におけるエネルギー消費（内容は家庭部門同様）を対象とする業務部門に大別される。

1997 年度の民生部門のエネルギー消費は原油換算 102.9 百万 kl、対前年度比 0.9%増となっており、最終エネルギー消費の約 26%を占める。内訳は、家庭部門 14.0%（対前年度比マイナス 0.1%）、業務部門 12.0%（対前年度比 2.1%増）となっている。

(2)　エネルギー消費の推移

1)　家庭部門

家庭部門のエネルギー消費は、世帯数の増加や高齢者比率の上昇等の社会状況との相関が高く、また生活の利便性、快適性、豊かさを追求する国民のライフスタイルの変化等によりこれまでほぼ一貫して増加してきている。特にその伸び率は景気変動の影響をあまり受けないため、産業部門のエネルギー消費の伸び率との間に大きな乖離が見られている。用途別構成を見ると、近年においては家電製品の普及や大型化・多機能化により、動力・照明用の需要の増加が顕著である。また暖房用需要が増加し、給湯・厨房用需要が減少傾向で推移している。一方、気候の変化が冷暖房用を中心にその消費量に大きく影響することが特徴として挙げられる。冷房用は 2.0%と構成比としては小さいが、夏季の短期間に需要が集中するため、ピーク時の電力不足の問題を引き起こす原因となっている。なお、

これは業務用においても同様のことがいえる。

1997 年度は、前年度に比べると冬季の気温が高めに推移したことにより暖房需要が減少したことをはじめ、給湯用、厨房用でも減少したこと等から、原油換算 55.3 百万 kl、対前年度比マイナス 0.1%の微減となった。エネルギー源別の構成比をみると、圧倒的に電力（41.0%）がおおきく、以下灯油（25.0%）、都市ガス（17.7%）、LPG（14.3%）となっている。

2）　業務部門

業務部門のエネルギー消費は経済活動との相関関係の高さが指摘されているが、1965 年度から 1973 年度までは年率 15.0%の伸び率、石油危機以降の 1973 年度から 1985 年度までは、消費原単位の改善等により年率 1.3%増と低い伸び率で推移した。その後、延床面積の増加、オフィスの情報化、OA 化の進展や空調設備の需要の高まり等を背景に顕著に増加している。またエネルギー源としては電力が顕著な伸びを示している。用途別構成をみると家庭部門と同様に、給湯用、動力・照明用、暖房用で 9 割を占めているが、近年の傾向としては給湯用のシェアが小さくなり、動力・照明用がシェアを伸ばしつつある。また、冷暖房用の比率が家庭部門に比べ大きい特徴がある。

1997 年度は暖冬を反映し暖房用需要が減少したものの、それ以外では顕著な増加を示し（エネルギー源別では、石油製品、都市ガス、電力が顕著な伸びを示す。構成比はそれぞれ 34.2%、17.5%、44.8%となっている。）原油換算 47.6 百万 kl、対前年度比 2.1%増となった。

1.2.3 運輸部門のエネルギー消費

（1）　エネルギー消費の概要

運輸部門は、乗用車、バス等の旅客部門と陸運、海運、航空貨物用の貨物部門に大別される。1997 年度における運輸部門のエネルギー消費は、原油換算 97.6 百万 kl、対前年度比 1.5%増となった。これは最終エネルギー消費全体の 24.7%を占める。内訳は旅客部門 15.7%（対前年度比 2.5%増）、貨物部門 9.0%（対前年度比マイナス 0.2%）となっている。

（2）　エネルギー消費の推移

1）　旅客部門

旅客部門のエネルギー消費は、1965 年度から 1973 年度まで年率 13.4%、1973 年度から 1986 年度までが年率 3.8%、1986 年度から 1992 年度までが年率 5.7%と石油危機以降若干伸び率が低下した時期があったものの、1993 年度以降は、輸送需要の増大、自動車保有台数の増加、実走行燃費の悪化等により、ほぼ一貫して高い伸び率で推移している。また、輸送機関別にみると自家用乗用車のシェア（83.4%）の伸びを反映して、エネルギ

ー消費量（34.9%増（1997/1990））も増大している。さらに、シェアでは少ないものの、航空（6.3%、エネルギー消費量 27.5%増（1997/1990））での伸びも顕著な傾向を示している。

1997 年度は自家用乗用車の保有台数の増加、エネルギー消費原単位の悪化（道路混雑、自動車の大型化・安全性の向上による）、輸送量の低調な推移、航空での輸送量の増加により、原油換算 62.1 百万 kl、対前年度比 2.5%増となった。

2）　貨物部門

貨物部門のエネルギー消費は、1979 年度から 1982 年度まで減少傾向にあったが、以降 1992 年度まで上昇傾向に転じている（1986 年度から 1992 年度まで年率 2.9%の伸び）。1993 年度以降は、景気の後退局面の長期化に伴う貨物輸送需要の減少等によりエネルギー消費は減少したが、その後は、鉱工業生産指数の上昇等の影響により輸送量が増加し、エネルギー消費も増加した。輸送機関別のエネルギー消費量をみると、貨物車が圧倒的な割合（85.1%）を占め、輸送量も全体の半分（53.8%）を占めており、貨物部門のエネルギー消費量の増大は、主に貨物自動車の伸びを反映していることが分かる。またシェアは小さいが、航空での消費量も顕著に増加している（28.7%増（1997/1990）。貨物自動車は 7.8%増（1997/1990））。

1997 年度は鉱工業生産指数の緩やかな上昇とともに輸送需要は定量に推移したものの、景気の低迷により自動車・航空以外での輸送需要が大きく減少したこと、また貨物自動車での規制緩和による車体の大型化や輸送効率の向上により、原油換算 35.5 百万 kl、対前年度比マイナス 0.2%となった。

第２章　日本のエネルギー政策

２.１　エネルギー政策

エネルギーは社会経済活動を支える基礎資源であり、経済の持続的発展のためにはエネルギーの安定かつ効率的な供給が必要不可欠の課題である。その一方、エネルギーの消費は、同時に CO_2の排出等の環境問題とも不可分の関係にあるといえる。そこで、エネルギーの安定供給（Energy Security)、地球環境保全（Environmental Protection）および経済成長（ECOnomic Growth）という 3E の同時達成をエネルギー政策の基本原則としている。

しかしながら、近年、エネルギーを取り巻く状況には各種の変化が生じており、3E の新たな調和のための政策が求められている。

第一に、近年の日本のエネルギー需給動向について見れば、需要面では、1980 年代半ば以降、原油価格の低位安定、豊かさを求めるライフスタイル等を背景に、民生・運輸部門を中心として、ほぼ一貫して増加基調で推移している（1986～1997 年度の年平均伸び率は民生・運輸部門 3.5%、需要全体 2.8%)。また、供給面を見ると、1980 年代半ば以降、石油依存度は 50%台半ばの水準で下げ止まり傾向にあり、石油輸入の中東依存度は 1980 年代半ばまでの低下傾向から反転し、現在は石油危機時を上回る水準まで上昇している（1973 年度 77.5%、1997 年度 85.7%)。

さらに、アジア地域において今後化石燃料を中心としたエネルギー需要の相当の増加が見込まれる中で、石油をはじめとしたエネルギーの域外依存度の大幅な拡大が懸念されている。

第二に、地球環境保全とりわけ地球温暖化問題は、近年、国際的に極めて大きな問題となっている。特に、化石エネルギーの燃焼などエネルギー使用に伴い発生する CO_2が地球温暖化の大きな原因とされている。1997 年 12 月、京都で開催された気候変動枠組み条約第 3 回締約国会議（COP3）において、日本は 2008 年～2012 年の期間の温室効果ガス排出量を 1990 年比で 6%削減するとの目標を取り決めた。

第三に、上記の課題に加えて、エネルギー産業に対しては、いっそうのコスト低減要請が高まっている。近年日本の経済のグローバル化に伴い、今後とも日本産業が国際競争力を有する強靭な産業として発展していくため、経済構造改革が必要となる中で、エネルギー分野においても、より効率的な供給システムの構築が求められている。

２.２　地球環境問題の高まり

２.２.１ 地球温暖化問題の現状

地球温暖化の原因といとわれている人間活動に起因する温室効果ガス排出のうち約 6 割は CO_2とされており、そのうち約 8 割が化石燃料の消費に起因しているといわれている。

産業革命以前は、温室効果ガスの総量は比較的安定していたが、産業革命以降、世界の人口増加、工業化の進展、農業の発展につれて著しく増加した。IPCC によると、CO_2 については産業革命以前と 1994 年の対比で、280ppmv から 358ppmv（ppmv は 100 万分の 1、容積比）に増加した。また、地球の平均温度は 19 世紀終りより 0.3～0.6℃上昇し、海面も過去 100 年間で 10～25cm 上昇した。

さらに IPCC の中位の予測（IS92a）によれば、2100 年には約 2℃の平均気温の上昇、約 50cm の海面水位の上昇、極端な高温などの気象変動の極端化が予測されており、CO_2濃度を現在のレベルで安定化するためには、その排出を 50～70%削減し、さらに削減を強化していく必要があるとしている。

2.2.2 酸性雨問題の現状

化石燃料の燃焼等に伴い、硫黄酸化物（SO_X）、窒素酸化物（NO_X）等が大気中に放出され、雲や雨滴に溶解して雨が酸性化し、地面に降下することにより、森林の破壊、魚介類の死滅、文化財・建造物への被害が生じるとされる問題である。ヨーロッパや北米では、湖沼への影響により、魚介類が死滅しているとされているほか、森林への影響も確認されている。しかし、森林への影響は必ずしも酸性のみによるものではなく、他の大気汚染物質が複合的に作用していると考えられている。また、日本においては、酸性雨の降水が確認されており、現時点では生態系への長期的な影響は必ずしも明らかになってはいないが、影響が現れる可能性があるとされている。

2.3 気候変動枠組条約

2.3.1 第 3 回締約国会議（COP3）の概要

COP3 は 1997 年 12 月 1 日～10 日に日本の京都において開催された。2000 年度以降の国際的枠組について、温室効果ガスの排出削減数値目標および途上国の参加問題が大きな論点となったが、先進各国の排出削減目標や途上国との取り組みであるクリーンな開発メカニズムを含む柔軟性メカニズム等について包括的に規程した京都議定書を採択した。なお、途上国の自主的削減目標の設定については途上国の強い反対で見送られた。

2.3.2 京都議定書の概要

a) 目標年次　2008 から 2012 年

b) 基準年次　1990 年（HFC、PFC、SF6 は 1995 年も選択可能）

c) 対象ガス　6 ガス（CO_2、メタン、亜酸化窒素、HFC、PFC、SF6）

d) 吸収源　植林等の吸収源の増減を目標達成のために勘案する。

e) 数量目標　先進国全体で少なくとも 5%の削減とする

＋　10%　アイスランド

＋　8% オーストラリア

＋　1% ノルウェー

0% ニュージーランド、ロシア、ウクライナ

－　5% クロアチア

－　6% 日本、カナダ、ハンガリー、ポーランド

－　7% アメリカ

－　8% EU（オーストリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、イギリス）、リヒテンシュタイン、モナコ、スイス、ブルガリア、チェコ、エストニア、ラトビア、リトアニア、ルーマニア、スロバキア、スロベニア

f) 柔軟性メカニズム

先進国間同士による排出量取引および協同実施、先進国と途上国間によるクリーン開発メカニズムの導入

g) 途上国問題

各国情報の送付等の既存の条約上の義務の着実な推進についての規程が盛り込まれるとともに、クリーンな開発メカニズムが途上国の持続可能な開発を支援するものとして新たに規程された。

h) 発効要件

55カ国以上の批准した付属書Ⅰ国のCO_2総排出量が全付属書Ⅰ国のCO_2排出量の55%を超過することの二つを満たすことが発効要件

2.4　長期エネルギー需給見通し

1997年12月のCOP3の合意を契機として、通商産業大臣の諮問機関である総合エネルギー調査会需給部会において、21世紀に向けたエネルギー需給の有り方について審議が行われ、1998年6月に2010年度のエネルギー需給の姿とそのための政策を内容とする「長期エネルギー需給見通し」が取りまとめられ、同年9月に総合エネルギー対策推進閣僚会議で了承された。そこに示された日本に求められる新たな3Eの調和は、エネルギーの安定供給を確保しつつ、2010年度のエネルギー起源CO_2の1990年度比安定化と2%程度の経済成長とを両立させることを目標としている。

具体的な施策の組み合わせについては以下の通りである。

- 需要構造の変革
  - 省エネルギー法の改正によるトップランナー方式の考え方の導入など、競争環境整備型の省エネ対策を実施
- 供給構造の変革
  - 地球温暖化防止とエネルギー・セキュリティ向上に資する原子力、新エネルギー等

の比化石エネルギーを最大限導入

・ 化石エネルギーについても、環境負荷のより小さい天然ガスの導入促進

● エネルギー産業の効率化

・ エネルギー産業に対する規制緩和を推進し、効率化を進めることは、構造転換コストの軽減に貢献

2.5 エネルギー需要の展望（2010年度エネルギー消費）

2.5.1 基準ケース

2%程度の経済成長と、これまで講じられてきた対策を維持し、追加的な政策努力を講じないケースであり、2010年度のエネルギー需要は1996年度比16%増の456百万klに達すると予測している。

2.5.2 対策ケース

国民各層の努力を経済合理性の範囲内で最大限引き出す競争的枠組みを産業、民生、運輸の全部門にわたって構築し、そしてエネルギー供給において原子力4800億kWh（構成比17.4%）、新エネルギー19.1百万kl（同3.1%）等の導入目標を達成した上で、抜本的な省エネルギー対策を講じ、それらが初期の効果をあげたケースであり、この場合原油換算で56百万kl相当の省エネルギーが達成され、2010年度のエネルギー需要は1996年度比ほぼ横ばいの400百万klとなる見込みである。

また、エネルギーの供給転換にあたっては、石油依存度の引き下げ、石炭利用の拡大抑制、原子力利用拡大における安全性留意と国民の理解促進、太陽光や風力など新エネルギー導入拡大への最大限の努力、水力・地熱などの国産エネルギーの積極的利用等が必要不可欠であるが、これらにも多くの課題が予想される。

2.5.3 省エネルギー対策の概要（合計5600万klの省エネルギー）

a) 省エネ基準の強化等		2710万kl
産業	省エネ法に基づく措置の強化等による省エネ対策の実施	1810万kl
民生	省エネ法に基づく機器の効率改善の強化措置	450万kl
運輸	省エネ法に基づく自動車の燃費改善の強化措置	450万kl
b) 省エネルギーの誘導		1470万kl
産業	中堅工場等の省エネ対策	150万kl
	今後の技術開発	140万kl
民生	住宅の省エネ性能の向上	270万kl
	建築物の省エネ性能の向上	600万kl
	今後の技術開発	110万kl

運輸	クリーンエネルギー自動車の普及促進	80万kl
	個別輸送機器のエネルギー消費効率の向上	80万kl
	今後の技術開発	40万kl
c) 間接的措置による省エネルギーの誘導		890万kl
運輸	物流の効率化	340万kl
	交通対策	400万kl
	情報通信を活用したテレワークの推進	150万kl
d) 広報の強化等による国民のライフスタイルの抜本的変革		500万kl
民生	冷房28度以上への引き上げ、暖房20度以下への引き下げ等	310万kl
運輸	駐停車時のアイドリングストップ等	40万kl
	自動車利用の自粛	150万kl

2.6 エネルギー供給の展望

国産あるいは準国産エネルギーとして位置付けられ、かつ CO_2 を排出しない等の特性を有する非化石エネルギーの導入に引き続き最大限の努力を行うことは、エネルギー安定供給の観点から極めて重要であるとともに、環境負荷低減の観点からも不可欠である。このため 2010 年度には非化石エネルギーを一次エネルギー総供給全体の 25%程度まで導入することとしている。

また、化石エネルギーについても、今後ともエネルギー源の中で重要な位置付けを占めていくことから、その安定供給の確保に引き続き努めるとともに、環境特性、コストについても考慮しつつ、化石エネルギーの供給構成を見直していくことが重要となっており、2010 年度には石油依存度を一次エネルギー総供給全体の 50%を下回る水準まで低減することを目指すこととしている。具体的には、各エネルギー源について以下のような対策を実施する。

2010 年を超えた今後 20～30 年程度の超長期の内外エネルギー情勢の展望は、不透明な要素が多く見通しは立てにくいが、国際的なエネルギー需要の増加、そして環境制約の一層の高まりは確実視されている。その一方で、供給面では、核融合等の革新的エネルギー供給技術は未だ実用化に至らないと考えられるため、エネルギー需要の大宗を占める化石エネルギーを中心に需給が逼迫化するとの懸念は否めず、特に、アジア地域での供給構造は一層脆弱化すると見られている。我が国の場合も人口減により伸び率こそ鈍化するものの、エネルギー需要の増加傾向は基本的には継続するとされており（米国 Energy Information Administration（EIA）等の予測)、今のままの需給構造を維持することは、これまで指摘してきた問題を拡大させるだけである。

もとより需要サイドの取組も一朝一夕に成し得るものではないが、供給サイドの取組には長期のリードタイムを要し、また、一度設備を形成すれば、再度の軌道修正には相当の困難が伴うものである。

他方、2010 年度までの期間は、少子・高齢社会には突入するものの、我が国経済の潜在成長力からすれば構造転換にある程度の余力をもって対応し得る可能性のある時期と考えられる。この期間を無為に過ごせば、上記のとおりますます拡大が見込まれる構造的課題への対応に要する負担はそれだけ増大する可能性がある。将来の成長基盤を盤石なものとするためにも、速やかに対策に着手することが必要となっている。

今後、2010 年までの期間を環境と経済が調和する循環型経済社会構築の基盤作りの時期とするという明確な認識に立って、対策の推進を図る必要がある。

2.6.1 原子力

安全確保を大前提としつつ、以下の対策を講ずる。

- 国民の理解促進活動およびエネルギー教育の充実
- 地域住民の理解と協力を得ることによって原子力立地を促進するため、個々の立地地域の実情・ニーズに応じた対応を可能とする振興策を拡充・強化。
- 使用済み核燃料中間貯蔵対策、高レベル放射性廃棄物処理等のバックエンド対策等、核燃料サイクルの着実な推進のための取組の強化

2.6.2 化石エネルギー

より環境負荷の小さいベストミックスを実現することが必要であり、以下の 4 つが重要である。

① 民間関係者によるパイプラインの経済性の検討
② 卸電力入札制度における環境配慮
③ 石油火力の新設禁止の範囲見直し
④ 技術開発（改良型複合発電、石炭ガス化複合発電等）を通じた化石エネルギー源の CO_2 排出量の低減努力

2.6.3 新エネルギー

最大の制約要因である導入コスト低減のための支援措置による需要創出、技術開発等による市場の自立化を促進する。

第３章　新エネルギーへの期待

３.１　３つのＥの調和

日本のエネルギー政策の基本理念は 3 つの E（経済成長、エネルギー安定供給、環境保全）の調和であり、これを実現する上で重要な役割を果たすことが期待されているのが、資源制約が少なく環境負荷の小さい新エネルギーである。しかし、新エネルギーは、現在のところ化石燃料に比べてなお高価であるなどの問題もあるため、その利用は潜在力に比べてまだ極めて小さい。

３.２　再生可能でクリーンなエネルギー

新エネルギーにはいくつかの共通した長所があり、その導入・普及には以下のような意義がある。

- 新エネルギーは、普遍的に存在する地域的なエネルギーが中心である。このことは、エネルギーの大部分を海外に依存している日本にとって、脆弱なエネルギー供給構造の克服に寄与するものと期待できる。
- 新エネルギーの多くは再生可能かつ無尽蔵なエネルギーであり、枯渇の恐れがない。
- 新エネルギーの太宗を占める太陽や風力などの自然エネルギーは、地球温暖化の元凶である CO_2 等のガスを排出しないクリーンなエネルギーである。
- 新エネルギーの多くは地域分散型であり、需要地と近接性のため輸送中の損失が少ない。

３.３　新エネルギー供給の展望

2010 年度の導入量は、今後追加的な支援措置を講じない場合（基準ケース）は 940 万 kl 留まる見込みである。これに対して、国民各層の最大限の努力を引き出すための種々の対策を追加する（対策ケース）によって、1910 万 kl 目指すことにしている。

これは一次エネルギー総供給の 3.1％にあたり、規模的には十分大きいとはいえないものの、1996 年度実績の 2.8 倍であり、伸び率はかなり大きい。

３.４　新エネルギーの現状と課題

３.４.１ 太陽光発電

太陽は、快晴時約 1kW/m^3 のエネルギーを地上に降り注ぎ、1 時間に地球上に降り注ぐ太陽エネルギーは、人類が 1 年間で消費する全エネルギーに匹敵するほど膨大なものと言われている。

また、太陽エネルギーは、国内自給エネルギーであり、供給安定性の高いエネルギーである。さらに、太陽光発電システムは発電過程においてまったく排出物を出さないクリ

ーンなシステムであり、エネルギー安定供給および地球環境保全の観点からも極めて重要なものである。

しかしながら、一般に太陽エネルギーは、エネルギー密度が希薄で、自然条件に左右されること、また太陽光発電システムは現時点では、発電コストは 70～90 円/kWh 程度と一般家庭の電力料金の 3～4 倍となっており、石油火力発電等既存電源に比べコストが割高である等の問題がある。

当面は、最大の制約要因である導入コストの低減に向けて、住宅用太陽光発電システム導入補助制度等の支援措置により初期需要を創出しつつ、量産効果、技術開発により製造コストの低減を進め、早期市場の自立を図る必要がある。

3.4.2 太陽熱利用

太陽熱利用は太陽熱を熱源として給湯、暖房等の熱利用を行うシステムである。年間 $1m^2$ 当たり 130 万 kcal のエネルギーを持つ太陽熱を集熱し、水等を加熱する。熱変換効率は 50～55%程度であり、一般家庭の給湯の大半を賄うことが可能である。現在までの技術開発により、自然循環式、さらに高性能な強制循環式のソーラーシステムが開発されている。

設置価格は自然循環式が約 30 万円、ソーラーシステムが約 100 万円となっている。普及を伸ばすことにより、機器費および工事費とも量産効果が発揮され、コスト削減が期待されている。

近年は、灯油等の競合化石燃料価格の低位安定を背景に、導入が停滞しているが、環境調和型の快適な住生活等を求めるニーズは高く、これに即した需要開拓・需要喚起が必要である。

3.4.3 風力発電

風力発電は、風車を動力源として発電するシステムである。天候・立地条件に左右されるため稼働率は 20%程度と安定したエネルギー供給の難しさがあるものの、潜在的に資源が広範に賦存し、無尽蔵のクリーンなエネルギーであり、また単一のエネルギーであることからエネルギー利用効率の高効率化が可能である。

日本における風力発電のコストは、試算すると 16～25 円/kWh であり、海外ではアメリカにおける実績では 10 セント/kWh を下回る例が報告されている。この違いは、風況、設置環境対策の相違等によるものと考えられている。

日本の主力発電の導入実績は、1998 年 12 月末現在で 118 基、出力約 3.2kW となっている。これまで、そのほとんどは電力会社、地方公共団体、国等が試験研究用あるいはデモンストレーション用として設置したものであったが、最近、売電事業を目的として設置されたものも増加している。

近年は、日本においても導入ノウハウが確立されつつあることから、今後とも、地方

自治体や民間事業者による積極的な取組みが期待される。こうした取組みを支援するため、余剰電力等の円滑な取り引きや規制緩和等による立地点の更なる確保が必要である。またピッチ角制御不良、ヨー旋回装置不良といった各種の故障等に課題があるため、信頼性、耐久性、保守性等に係る要素技術の開発とともに、コスト低減のため、大型機の開発（土地利用効率の向上と保守運転費の低減)、タワーの軽量化等の技術開発を行うことが重要である。

3.4.4 廃棄物発電

廃棄物発電は、廃棄物焼却に伴い発生する高温燃焼ガスにより、ボイラーで蒸気を作り蒸気タービンで発電機を回すことにより発電するものである。廃棄物については既に焼却処理されていることから、新たに環境に負荷を与えることのないエネルギーとして最大限の利用を図っていくことが必要であり、また電力としての利用は、エネルギーとして利用価値が高く、既存の送電系統を利用することで効率的な輸送が可能なことから廃棄物エネルギーの利用形態として優れている。

最近は、炉壁を強化して高温燃焼を可能としたもの、ガスタービン廃熱により蒸気温度を高めるもの（スーパーごみ発電)、広域の廃棄物を固形燃料化して発電するもの（RDF発電）等、高効率発電が可能なシステムの建設も進展している。廃棄物発電コストはこれらの発電形態によって異なるが、一般的には 9～15 円/kWh 程度と言われている。これらの発電形態はダイオキシン対策としても効果があることから、環境影響評価や周辺住民の理解の醸成（パブリック・アクセプタンス）に努めつつ、積極的に導入を推進していくとが必要である。

3.4.5 廃棄物熱利用

廃棄物熱利用は廃棄物の燃焼熱を熱源として、冷暖房、給湯等の熱利用を行うシステムであり、また、工場等の熱利用行程での利用も可能である。廃熱利用のための追加的な環境負荷はないが、廃棄物処理施設から熱を有効に輸送できる距離は多くの場合 2km 圏内に限られる等の制約要因がある。コストに関しては、20～40 円/Mcal であり、都市ガス料金の 1.5～3 倍となっている。

廃棄物発電と同様、パブリック・アクセプタンスの醸成に努めつつ、需要をきめ細かく開拓していくことが重要である。

3.4.6 温度差エネルギー

温度差エネルギーは、夏季は外気温よりも低く、冬季は高い海水、河川水等の持つ熱をヒートポンプを利用して取り出し、冷暖房、給湯等の熱利用を行うシステムである。

最近のエネルギー需要動向は、民生部門の需要の伸びが顕著であり、このような需要

動向に対処しながら、「国民生活の快適さ指向」と「エネルギー制約・地球環境への対応」との両立を図るため、温度差エネルギーの有効利用が急務な課題となっている。

コスト面については、30～50円/Mcalであり、都市ガス料金の2.5～4倍となっている。

今後、温度差エネルギーの利用を進めていくにあたり、都市開発等に需要をきめ細かく開拓していくことが重要である。

3.4.7 黒液・廃材

紙パルプ産業のエネルギー消費の大きな特徴に黒液・廃材の利用がある。黒液は代表的な化学パルプであるクラフト法パルプ（KP）製造において得られる副産物とも言える。

黒液・廃材は製紙業におけるパルプ化行程からの黒液、チップ化・製材行程からの廃材の処理廃熱を行程の熱需要等に活用するもの、また燃料処理に伴い副次的に発生する熱を行程内の需要に活用するものであり、廃熱利用のための追加的な環境負荷はない。

紙パルプ産業のエネルギー消費量のうち約30%強は黒液・廃材からのエネルギーである。これらはバイオマスエネルギーであり、発生したCO_2は再び直物の成長時炭化水物として吸収され、循環するものに相当する。そのため、化石燃料と違い、地球温暖化ガスとしてカウントされない。

黒液・廃材の供給可能量は製紙業におけるパルプ生産量と連動しているため、その供給可能量には一定の制約があるが、今後とも着実な利用が必要である。

3.5 従来型エネルギーの新利用形態（広義の新エネルギー）の現状と課題

3.5.1 コージェネレーション

コージェネレーションとは、一つのエネルギー源から熱と電気等二つ以上の有効なエネルギーを取り出して利用するシステムのことで、例えば、石油や天然ガス等の燃料を燃やして得た熱をピストン・エンジンやガスタービン等を用いて動力や電力に変換し、その廃熱（未使用熱）をプロセス蒸気や冷暖房、給湯等の熱源として利用するシステムである。

これらのシステムでは、総合熱効率が70～80%になり、熱および電力等を同時に必要とする需要家にとっては、新・省エネルギーシステムのホープとして期待されている。

日本において導入されたコージェネレーション（スチームタービン利用型を除く）は、1999年3月末で民生用1654件、発電容量約80万kW、産業用1123件、発電容量約374万kW、合計1777件、発電容量約463万kWとなっており、これは日本における電力用発電設備の1998年3月末の発電容量2億4244万kWの1.9%を占めるに至っている。

3.5.2 クリーンエネルギー自動車

日本における運輸部門のエネルギー消費の大半は、ガソリンと軽油の使用を前提とする自動車によるものであり、クリーンエネルギー自動車の導入は、

・ 日本全体の石油エネルギーの有効利用と依存度低下および石油代替エネルギーの導入促進
・ 日本全体の CO_2 排出安定化等地球環境問題への対応
・ 大都市圏における NO_X・粒子状物質等に関する環境改善

等の社会的課題に対応するために、非常に有効な手段であり、今後、効果的・効率的な導入促進を図ることが必要である。

天然ガス自動車は、NO_X の排出をガソリン車の 40～70%（ディーゼル車 60～80%）削減することが可能で、CO_2 の削減効果等も有する低公害性の高い自動車である。世界全体で 100 万台の実績があり、コスト面の課題解決、インフラ整備を促進することによって短期間で大量導入の期待ができる。コストについては、大型バスで約 2300 万円（原型車の 1.5 倍)、2t トラックで約 600 万円（同 2.0 倍)、小型商用車（バン）で約 300 万円（同 2.5 倍）である。

電気自動車の NO_X 排出量はガソリン車の 12%（最も普及している軽貨物車の例）であり、約 64%の減少となる。エネルギー効率ではガソリン車に比べて 1.5 倍程度効率がよい。しかし、航続距離がガソリン車の 15～30%程度しかない。コストに関しては、ニッケル水素電池を搭載した小型乗用車が約 500 万円で原型車の約 2.5 倍となっている。

ハイブリッド自動車は、ガソリンと電力等の複数の原動力を組合せ、各々の動力の利点を活かしてより高効率で走行することを可能とするものである。現在、電気エネルギーを二次電池の代わりに運動エネルギーとして蓄えるフライホイールを用いる技術も研究されている。

メタノール自動車は、CO_2、NO_X 等の排出が少ないメタノールを燃料とすることにより、環境負荷の低減が期待される。現行では、メタノールは天然ガスから精製されることが多いため、このような効果は薄いが、今後自然界から直接メタノールを生成する等の技術が確立されれば、効果は大きなものになると考えられる。車両コストは 2t トラックが約 550 万円であり、原型車の約 2.2 倍である。

3.5.3 燃料電池

燃料電池は、天然ガス、メタノール等多様な燃料に対応し、また、発電効率が高く（40～60%)、さらに、コージェネレーションシステムとして利用した場合に飛躍的なエネルギー効率（総合効率 80%程度）を持つ新エネルギーシステムである。

排気ガス中の NO_X、SO_X がほとんどなく、発電効率や総合エネルギー効率の面で優位にあることから、導入・普及が進むことによって CO_2 排出量を削減でき、地球温暖化の防止に貢献できること、またタービン、発電機等の大型回転部がないので騒音、振動がほとんど生じないことなど、環境特性・騒音特性に優れるクリーンなエネルギーシステムでもあり、エネルギー供給構造の脆弱な日本においては、エネルギー安定供給の確保の観点および地球環境問題の観点から極めて有効なエネルギーシステムと考えられている。

燃料電池には、リン酸型、溶融炭酸塩型、固体電解質型、固体高分子型の 4 つの種類がある。日本は、燃料電池について技術的には世界トップクラスであり、リン酸型についての基本的技術はほぼ確立されている。

現在の燃料電池（リン酸型）導入量は、約 1.3 万 kW（1998 年度末現在）であり、生産総容量、台数とも世界的に見ても日本が最高であるが、国内導入事例としては、国のプロジェクト、電力・ガス会社のデモンストレーション用のプラントが大部分を占めており、実用レベルには至っていないのが現状である。

リン酸型燃料電池のコストについては、平成 4～8 年度の燃料電池フィールドテスト事業における導入機種（100kW 前後）では、周辺設備を含め 100～140/kW 程度であり、また平成 3～8 年度において実施していた都市エネルギーセンター等の燃料電池技術開発（1MW、5MW 級）では約 90～110 万円/kW であるが、最近の一般汎用型（200kW 級）では周辺設備を含め 60～80 万円/kW 台のものが出てきており、当該機種では、既存火力発電所等の建設コスト（20～30 万円/kW、送電線建設コストは含まず）の 3～4 倍となっている。

今後、導入量を飛躍的に増大させるためには、長期運転信頼性、低コスト化、総合エネルギー効率の向上、小型・軽量化、メンテナンス簡易性および多種燃料対応性等につてい早期に改善する必要がある。

第４章　技術開発

４.１　技術開発の重要性

通産省では平成５年度から従来のサンシャイン計画とムーンライト計画及び地球環境研究開発制度を一体化したニューサンシャイン計画を発足させている。

ニューサンシャイン計画では今後、世界大で取り組むべきエネルギー環境技術として再生可能エネルギー、化石燃料の高度利用、エネルギー輸送貯蔵技術等を上げている。

また各分野別に４つのカテゴリーに分けて短中期的に取り組むべき研究開発課題、中長期的視点に立って取り組むべき課題、途上国の制約緩和を狙いに短中期的な視点から積極的に取り組むべき課題、世界規模で中長期的視点に立って取り組むべき課題として整理されている。

一方 IEA においてもEnergy Technologies for the 21st Century として、今後 30 年間に基幹となるエネルギー技術について石炭のクリーン利用や天然ガス利用など９つの技術分野を対象にとりまとめを行っている。

エネルギー起源の CO2 の 2010 年度安定化に向けて、当面、その効果が期待される技術開発分野としては、先に需要面で見た技術に加え、供給面では、既存のエネルギーの効率的利用を可能にする技術（LNG の高度利用技術、セラミックガスタービン技術等）や化石エネルギーの環境負荷を低減する技術（クリーンコールテクノロジー等)、環境負荷のない新エネルギー等の利用技術（太陽光、風力、地熱発電等）があげられる。これらの技術については、安定化の実現に向け強力にその開発・普及に取り組む必要がある。また、技術開発リスクが高いために安定化に織り込まれていない技術（超高効率太陽光発電、超電導技術等）についても、その開発に積極的に取り組む必要がある。

一方、地球温暖化問題は 100 年単位で取り組むべき課題であり、もとよりそうした観点からは、現在のエネルギー需給体系を大きく変更する潜在性を持つ革新技術（宇宙太陽光発電、核融合等）やそのための基盤的技術の研究開発を長期的観点に立って着実に推進していくことが重要である。こうした技術によるブレークスルーは、将来、より先鋭化するであろう資源・環境制約へ対応しつつ、我が国経済社会の活力を維持するために不可欠なエネルギー供給の選択肢を広げることに大きく資することから、戦略的に技術開発を推進していく必要がある。

４.２　ニューサンシャイン計画における重要技術

通産省では、平成 5 年度から従来のサンシャイン計画、ムーンライト計画及び地球環境技術研究開発制度を一体化し「ニューサンシャイン計画」を発足させている。

「ニューサンシャイン計画」の体系は次のとおりである。

1）地球温暖化防止行動計画」の実現をねらいとしてた革新的エネルギー・環境技術開

発プロジェクトの国際開放化での傾斜的加速推進（「革新技術開発」）

2)「地球再生計画」の推進をねらいとした国際大型共同研究プログラムの推進（国際大型共同研究）

3) 近隣途上国のエネルギー・環境制約の緩和支援をねらいとしたエネルギー・環境適正技術共同研究促進

また、ニューサンシャイン計画の中では、今後、世界大で取り組むべきエネルギー・環境技術の重点研究開発課題 100 が次のとおり提示されている。

カテゴリーI

日本及び先進国が短・中期的に技術を確立すべく加速的に取り組むべき研究開発課題（経済性、信頼性等実用化を念頭においた技術開発）

例）低コスト・高効率太陽電池製造技術・大型風力発電システム技術、燃料電池発電技術（リン酸型実証、溶融炭酸塩型）・超高効率ヒートポンプ技術、他

カテゴリーII

日本及び先進国が中・長期的視点に立って技術的ブレークスルーに推進すべき研究開発課題（経済性、信頼性の見直しの明確化）

例）超高効率太陽電池技術・水素燃焼タービン技術・固体電解質型燃料電池発電技術・分散型電池電力貯蔵技術・細菌・藻類利用 CO2 固定・有効利用技術

カテゴリーIII

発展途上国の制約緩和をねらいに短・中期的な観点から積極的に取り組むべき研究開発課題（発展途上国の実情に適し、共同研究等を通じて定着を図るべき技術開発）

例）太陽光発電システム化技術、風況調査技術、バイオマス燃料化技術、低品位炭利用技術

カテゴリーIV

世界規模で中・長期的視点に立った共同研究を推進すべき研究開発課題（各国の有する比較優位を結集した国際的な共同研究が不可欠な大規模、革新的な技術開発）

例）宇宙発電技術、新水素技術、マグマ発電技術

4.3　地球再生計画

「地球再生計画」は 1990 年 7 月に開催されたヒューストン・サミットにおいてわが国が世界に向け提唱した計画であり、産業革命以来 200 年が経過する間に起こった地球的

規模の環境問題に対する長期的・技術戦略的な方策を盛り込んでいる。また、計画のターゲットは 2100 年を目途に策定されており、発展途上国に対する技術移転、さらなる革新的な開発を核としている。その後、地球再生計画は OECD／IEA の TREE 計画、スコーピング・スタディ等の活動を経て国際的な動きに発展してきた。提唱された当初はエネルギー消費量、CO2 排出量等について定量的な数値は明記されておらず、技術体系の網羅と具現化年次を記す概念的なものであった。しかしながら、97 年 12 月に気候変動枠組条約第 3 回締約国会議が京都で開催されるのを契機に、各国が長期的な地球温暖化対策についてコンセンサスを有する必要性があるとの認識から、より具体的なシナリオを明確化するための再構築が産業構造審議会地球環境部会により行なわれ、97 年 3 月に公表された。

地球再生計画を支える技術体系としては、①省エネルギー技術、②クリーンエネルギー、③革新的技術、④CO2 回収・貯留技術、⑤新技術の普及・移転があげられ、それぞれつぎのような課題が掲げられている。

①省エネルギー技術

短期的にはもっとも地球温暖化防止への貢献が多大な技術であり、いっそうの技術開発が必要である。長期的には発展途上国への技術移転等によるエネルギー効率向上を図ることも重要である。

②クリーンエネルギー

導入促進のためコスト低減に向けた技術開発が重要。

③革新的技術

核融合発電の実現に向け、国際熱核融合実験炉（ITER）計画等における国際協力下での着実な技術開発が必要。

④CO2 回収・貯留

CO2 濃度制約への対応の一方策として長期的に期待される技術であることから、海洋貯留等の実用化に向けた技術開発が必要。

⑤新技術の普及・移転

開発された各種技術を遅延なく世界的に普及・移転を進めることが必要。

いずれの側面の技術開発においても、日本国内のみならず世界を視野に入れた対策の推進が特に重要と考えられる。

4.4　技術開発・導入プロセス上の課題

近年の社会システムの多様化、技術革新メカニズムの多様化にともない、民間企業では基礎研究から応用研究へ比重を移す傾向にある。

民間における技術開発・導入プロセスの問題としては、資金面以外にも、知的所有権の保護、技術相談窓口の不足、新技術の初期市場の不足、人的資源の不足等様々な課題が山積している。

第５章　国際協力

５．１　国際協力の必要性

石油危機の発生以来、エネルギー問題は、生産国、消費国のいずれにおいても、一国だけでこれを解決することは困難であることが認識され、多面的な国際協調の重要性が明確になっているが、地球温暖化問題への対応の必要性の高まりを背景に、今後は、温暖化・セキュリティーの両面からエネルギー政策の国際展開を図っていくことが必要となっている。

５．１．１ 温暖化対策

COP3 における CO2 排出抑制の要請は、化石エネルギーの使用に対する制約となり得るものであり、エネルギー政策に直接的に大きな影響を有している。議定書の批准を含め、COP3 に対する各国の対応方針には未だ不透明な面はあるが、化石エネルギーの大量消費により経済的繁栄を享受してきた先進工業国の一員として、また、京都会議の議長国として、我が国は自らのコミットメントを果たしていく責務を有している。

５．１．２ セキュリティ上の要請

今後とも需要の増大が見込まれるアジア地域のエネルギー供給ソースは、石炭・石油を中心とした化石エネルギーが大宗を占めるものと見られている。APERC（Asia Pacific Energy Research Centre）の見通しでは、2010 年においても日本を除くアジア地域の化石エネルギーへの依存度は、石炭を中心に 9 割以上と極めて高い水準で推移するものとされており、アジア地域における化石エネルギー需要は相当な増加が見込まれている。

我が国としては化石エネルギーへの依存度をできる限り減らしていくことが、こうしたアジア諸国の化石エネルギー需要との競合を可能な限り回避するという点で、また、エネルギーの自給率を向上させるという点で、重要な意味を持っている。

また、中長期的にはますます環境制約が高まっていくと考えられる中で、省エネルギーを徹底し、CO2 コンテントの少ない供給構造（環境調和型エネルギー需給構造）を構築していくことが、我が国のエネルギー・セキュリティの確保にもつながることとなる。

５．２　国際協力の現状

５．２．１ アジア地域のセキュリティ対策

アジア地域においては、化石エネルギーを中心にエネルギー需要の増加が見込まれており、中長期的なエネルギー需給の不安定性の増大や環境負荷の増大が懸念されている。

そのため、APEC の枠組み等を活用して、域内各国の備蓄政策等の推進、先進国から発展途上国への省エネルギー・新エネルギーのエネルギー・環境技術の移転等によるエネ

ルギー使用の効率化の実現といった分野について検討し、将来的にはエネルギー政策の相互評価を行う等、域内の総合的なエネルギー政策を深化させることが重要である。

5.2.2 資源保有国との連携強化

アジア地域のエネルギー供給構造の脆弱化と共に、我が国自身の問題としても、石油の中東依存度が第一次石油危機の水準を超え、更に上昇する気配を見せていることから、湾岸産油国やカスピ海沿岸地域、あるいはロシア等の資源保有国との協力関係を維持発展させていくことが重要である。この観点からは、我が国と資源保有国とがエネルギー貿易に限らず、包括的な政治・経済関係を構築していくことが重要であり、その一層の取組が望まれる。

5.2.3 地球規模のエネルギー・環境問題解決に向けた国際協力

地球温暖化問題の解決のためにはグローバルな観点で対応していくことが極めて重要であり、エネルギーの消費国においてエネルギー利用の効率化を推進すると共に、エネルギー生産国においてもエネルギーの生産、加工、流通の効率化を図る必要がある。こうした観点からは、我が国が持つ先進的なエネルギー・環境技術をクリーン開発メカニズム（CDM）等の機会を通じて途上国等へと移転していくことも効果的であると考えられ、また、こうした技術移転等を通じた国際協力は、途上国のエネルギー・セキュリティ対策や温暖化防止への取組を高める好契機とも成り得るので積極的な対応が必要である。そのため通産省／NEDO は、アジア太平洋地域の発展途上国への支援事業である「グリーンエイドプラン（GAP)」の一環として「国際エネルギー消費効率化等対策事業」を推進している。この事業は、我が国をはじめとする先進国で実用化されているエネルギー有効利用技術（省エネルギー技術、石油代替エネルギー技術）を活用し、途上国が進めるエネルギー・環境対策としてのエネルギー有効利用への自助努力を支援するものである。これらの支援は、相手国にとって効果的な技術移転を図るものであり、具体的には、モデル事業という相手国におけるエネルギー多消費産業の既存プラント等に先進的なエネルギー有効利用技術を利用した設備を付加的に設置し、長期運転を通じてその実用性、効果を実証するとともに普及活動を合わせて行うことで、対象国への導入・普及を促そうとするものである。また、これを支援するため、相手国の自助努力により普及していくためのエネルギー有効利用政策の立案のためのマスタープラン作成協力、モデル事業成果の普及啓発等ソフト面からの支援を行うことにより総合的な技術移転を推進するものである。

具体的には、

（1）対象国のエネルギー消費の実態を調査し、データベース化すると共に、エネルギー有効利用のための政策立案を支援する基礎調査事業（データベース構築事業・マスタープラン作成協力等事業)。

（2）省エネルギー・石油代替エネルギーモデル事業

（3）モデル事業で設置された設備を発展途上国自らが行うメンテナンス等を支援し、さらに当該技術の他の関連施設への普及促進を進めるための人材派遣事業（グリーンヘルメット事業）等から成る。

これら事業の特徴は、従来から、我が国で多くの技術移転、人材育成等を目的とした、国際協力事業（ODA 等）で実施されている、相手国からの要請に基づき実施されるいわゆる「要請主義」という形とは異なり、我が国からの提案（オファー）を起点として相手国側のニーズ、普及効果等とマッチングさせつつ推進されるものであり、より相手国の実態に則した技術移転を促進するところである。

この「国際エネルギー消費効率化等対策事業」は、平成５年度より実施されており、その中核である省エネルギーモデル事業及び石油代替エネルギーモデル事業は、単に、エネルギーの有効利用という観点からだけではなく、地球温暖化を促進する温室効果ガスの排出削減にも効果的であることから、平成８年度以降新規に開始されるモデル事業は、従来の GAP 事業のスキームに加え、後に述べる共同実施活動（AIJ）事業としても実施することとなった。1992 年に署名され、1994 年３月に発効した国連気候変動枠組条約によって、温室効果ガスの排出削減を国際協力で進めようとする共同実施（JI：Joint Implementation）が提案され、1995 年の COP1 において、そのパイロットフェーズとしての共同実施活動（AIJ：Activities Implemented Jointly）の積極的推進が図られた。

そして、これを踏まえて省エネルギー・再生可能エネルギー等様々なプロジェクトを推進し、将来の「共同実施」の国際ルール作りに貢献するため、1995 年 11 月に「共同実施活動（AIJ）ジャパンプログラムが創設された。

これは、我が国における官民挙げての最大限の努力により、世界全体の温室効果ガス排出抑制・削減を積極的に検討・推進していくとともに、その推進にあたっては、政府における検討作業に加え、民間・地方公共団体等のボランタリーベースでの参加も広く募り、共同実施に係るより広範な事例を各国に提供することを目指していくものである。

その後、COP2 を経て昨年 12 月に京都で開催された気候変動枠組条約第３回締約国会議（COP3）において、いわゆる「京都議定書」が採択された。 これを受けて、日本は温室効果ガス６％削減の目標に向けた努力が求められることとなった。また、国際的には実質規則など枠組みづくり等各国の本議定書批准に向けての課題が残されてはいるものの、先進国間で割り当てられた排出枠を譲渡、獲得できる「排出権取引」、途上国との実施は合意されなかったものの先進国同士が共同で温室効果ガス削減プロジェクトを実施し、削減量を分け合うことができる「共同実施」、さらに、先進国が途上国で温室効果ガス削減プロジェクトを実施し、削減量を分け合うことのできる「クリーン開発メカニズム」等が合意され、中長期的な観点からの地球温暖化防止に向けた重要な第一歩が踏み出された。

こうした気候変動枠組条約をめぐる国際的な動きに対応して、今後とも NEDO における、地球規模での国際協力支援がますます重要になっていくものと考えられている。

5.3　課題

持続的な発展を実現するためには、産業として成立し発展するシステムに組み込むことが必須条件であり、そこでの重要なアクターはまず企業である。しかしながら、この分野での市場が長期的には発展が見込めるものの、企業努力だけでは目的を達成することは困難である。従って、企業は長期的な戦略に基づき、途上国向けの適正技術の開発・移転に向けて詳細なマーケティングを行う一方、公的セクターも企業活動を側面支援する具体的な施策を実行することが求められる。具体的には、情報・資金・制度の３分野における支援策を拡充していくことが重要である。

5.3.1 情報分野の支援策

・情報提供

先進国との情報交換を活性化するため、情報インフラが整備されている組織を専門窓口として整備する必要がある。(例：中国では国家環境保護局（NEPA）や清華大学が中心となり環境技術データベースの整備を推進)

・情報内容の整備

既存の技術情報に加え、プロジェクト資金情報、LCA（ライフサイクルアセスメント）的なコストベネフィットに関する情報、内外でのプロジェクト成功例等の実証技術情報、推進のためのノウハウ情報、他技術とのパッケージングに関する情報、現地化へのアドバイス等を整備していく必要がある。

・コンサルティング機能の付与

ニーズ／シーズのマッチング、プロジェクト推進のためのコンサルティング機能（リンクできる企業の紹介等）を付与していくことが必要である。両方の文化が理解できる専門家及び intermediary とされるコンサルタントに関する情報も必要である。

・情報収集のキーワード規定

日本と中国の情報アクセス者が正確かつ迅速に必要な情報を入手し、同一基準で環境アセスメント、環境ビジネスを行っていくため、データを提供する専門機関がキーワードの定義やデータベース構造を基準化する必要がある。

・役割分担と協力

他のデータベースシステムとの連携・協力及び役割分担を明確化することが必要である。

・資金調達に関する提言

5.3.2 資金面での支援策

途上国における環境保全への投資を促す施策として、日本政府が検討するべきものは主として以下の２点であると思われる。

(1) 環境保全援助分野でのジャパンマネー・「円」自体のより一層の魅力化及びその活用

具体策としては、無償化、貸出比率の再引き下げ、リース制度の活用などを含めたさらなる優遇措置のパッケージ化がまず必要である。また、途上国の中小企業への資金流動を高める有効な手段であるツーステップローンやファンドの設立を、資金需要、ホスト国の環境行政、日本の公害融資などの詳細な分析を行いながら、途上国政府と協力してより積極的に実施していくことが望まれる。

さらには、多国間や官民のリスク分担ネットワーク強化の一環として、アジア地域全体をカバーする環境保全ファンド、インフラ整備機関、仲介組織などを、日本独自または日本がイニシアチブをとりながらアジア各国の出資で設立することなども検討するべきである。

(2) 企業の「取引コスト」削減支援

まず、情報のクリアリングが必要である。例えば、大使館や JETRO が海外での技術展示会の企画・後援を行うシステムの構築や、日本の環境保全技術の宣伝広告を目的とした出版物の作成などが必要である。また、長期的に見れば、大学、公的研究機関、企業などでの途上国向け環境保全技術の研究開発に対して資金的な支援を行うことが、途上国でのローカルコストを押さえて日本企業の競争優位性をもたらすことになる。さらには、市場の創出および市場メカニズムの活性化の手段として、温暖化対策における「共同実施」や「排出権取引」などのスキームの活用に対しても、官民協力に基づいた積極的な取り組みが望まれる。

5.3.3 制度面の支援策

途上国においては、環境技術情報の入手能力が依然として低いというインフラ面の問題と、低価格で普及させることができる環境技術を開発できないという技術力の問題を抱えている。このため、対象国の受容キャパシティを向上させることがまず重要である。企業のケースでは、実際の技術移転の現場でにおいて、担当者に対する OJT が有効である。また、国内で研修生を受け入れるケースでは、業界、受け入れ企業、担当者等に対する何らかのインセンティブが設けられることが必要である。現状では、大半が担当者にとっては＋αの業務であり、評価の対象とはなりにくいのが現状である。一方、企業（特に中小企業）が途上国へ進出する場合、企業を取り巻く様々なリスクに対して適切なコンサルティングを行える仲介組織、システムが必要である。インドの APCTT のように既に機能し

ている組織も存在する。また、途上国の都市と友好関係を結んでいる国内の地方自治体の持つ情報を活用することは、企業が進出する際のリスクヘッジとしても非常に有効である。この点に関しては、本研究委員会では検討が不十分であるため、今後の課題として調査、検討を深めるべきである。

第６章　エネルギーに係る日米の国際研究協力について

６.１　官民の役割分担

環境・エネルギー分野は技術による課題解決に対して強い社会ニーズがある。そのため、官側としては公的設備への新エネルギー導入や、リサイクル製品の使用等の政府調達によって技術の普及を図り、企業の技術開発リスクを低減することや、ユーザー側と連携して行う技術開発システムの整備、標準化による国際基準への積極関与が必要となる。

また、日本版 TLO、SBIR などによる中小・ベンチャー企業への支援も重要である。

（米国では「政府の技術革新は、民間セクターの代わりをするもではなく民間の関連活動を奨励し、その触媒となり、補完するような構成とすること」いわれている。具体的には近年実証支援ファシリティ（DSF)に見られるように政府調達を含めた需要側からの支援策が重要との認識）

６.２　日米協力の事例

エネルギー部門の技術開発の国際協力の一例を以下に示す。

○基礎研究分野：

大学／研究機関同士の情報交換やが国費等の共同研究が主体である。

例としては電力中央研究所、MIT、ロスアラモス研究所、カンサス大学でコスト評価プログラムやシミュレーションプログラムの構築、IEA 協定にもとづく研究成果の情報交換があげられる。

○応用研究／商品開発導入分野

応用研究／商品開発導入分野では従来からジョイントベンチャー、ライセンシング、技術者交流、製品の相互補完等が行われてきている。

第７章　将来への展望

20 世紀においては、環境が経済の外側にあって、環境保全は経済と対立する概念、あるいは経済的コストとしてとらえられてきた。一方、来るべき 21 世紀においては、環境が経済の中に完全に組み込まれ、環境への配慮が逆に経済的効率をもたらすような社会、あるいは経済的効率を追求しようとすれば、自然に環境への配慮がなされるような社会になることが望まれている。従って、今後の日米協力のテーマとしては以下のものが考えられる。

①要素技術開発／インフラ関連技術開発面

・燃料電池や新エネルギー利用社会へ向けたインフラに資する技術開発

・ゼロ廃棄物／ゼロ有害物排出に係わる技術開発

・CO2 の有効利用技術開発

②制度／標準等のソフト面

・基盤技術に関するの標準の整備

・廃棄物／有害物質の社会的費用負担に係わる制度設計

資　料　編

資料編

A-1　Powerful Partnerships (JUNE 1999)
(President's Committee of Advisors on Science and Technology)
要約

このパネルは，エネルギー革新をめぐる国際協力に米国の利害がどのように絡んでいるか，かかる協力の追求に官民両セクターは互いにどのような補完的役割を果たすか，そしてこの目的のために連邦政府は現在どのような陣容の活動を配備しているか，の 3 点を考察してきた．この考察にもとづき，従来からの連邦エネルギー協力プログラムは，1997 年度には，年間 2 億 5000 万ドル以上の資金供給を受けたものの，ニーズの大きさと捉えるべきチャンスに比して釣り合いがとれていないとの結論が下された．

従って，当パネルは，かかるプログラムを実質的に強化することを――対象範囲の拡大，資金の増強，評価プロセスの改善を実施し，総合的な戦略ビジョンとこれを実施するための調整メカニズムを与えることを勧告する．

当パネルは，以下の目的をめざした具体的取り組みを提案する．即ち，(1) エネルギー技術革新とそれに関連した国際協力の基盤を強化する（キャパシティ・ビルディング，エネルギー・セクターの改革，実証メカニズム，コストの引き下げ（cost-buy-down），先進技術開発への資金提供を含む），(2) ビル，エネルギー集約産業，スモールカー，スモールバスのほか，熱電併給（コジェネレーション）においてエネルギー利用の効率を決定する技術の研究，開発，実証，配備（RD^3）に関する協力を強化する，(3) 化石燃料の炭素除去と炭素吸収の技術，バイオマス・エネルギーその他の再生可能エネルギー技術，そして核分裂と核融合の RD^3 に関する協力を増強する．

ここに最重要課題を掲げる――というのは，その努力がなければ，当パネルが提案するどのような取り組みも，その潜在的可能性の開花がおぼつかないためである――当パネルは，国家科学技術会議の援助のもとで，「戦略エネルギー協力に関する省庁間ワーキング・グループ」を新設することを勧告する．この機関は，エネルギー技術革新をめぐる国際協力という分野での政府の努力に対して，戦略ビジョンと整合をもたらすことを目的とする．政府は，新設の戦略エネルギー協力基金（2001 年度には 2 億 5000 万ドルに達し，2005 年度には 5 億ドルに増強される）を通じて，国際エネルギー協力活動のかかる拡張に寄与することになる．この資金を関係官庁にどのように割り当てるか，大統領予算請求におけるその案は，前掲の省庁間ワーキング・グループの助けを借りて決定されよう．

エネルギー問題における米国の利益と価値観は，全地球的な観点に立って初めて有効的に追求することができる．

米国の将来は，エネルギー革新をめぐる国際協力にかかっている

エネルギー問題は，経済，環境，国家安全保障分野での米国の利害に密接に結びついている．

◆ エネルギー技術革新から米国が得られる利益としては，米国の消費者・産業のエネルギー・コストが節約される，石油価格ショックによるインフレと景気後退が回避される（米国と世界），エネルギー輸入が米国の貿易収支に及ぼす影響が抑制される，年間数千億のエネルギー技術市場に占める米国企業のマーケットシェアが拡大される，そして発展途上・過渡期経済の持続的繁栄のためのエネルギー基盤の構築によって，米国の他の輸出品の長期市場が増強される，等がある．

エネルギー技術革新によって米国経済が得る利益としては，年間数千億ドルの世界エネルギー技術市場に占める米国企業のマーケットシェアの拡大等がある．

◆ 環境面では，エネルギー技術革新を促進すれば，環境負荷の大きい技術と慣行を，米国その他の諸国で，環境負荷の少ないものに替えるペースを速め，それにかかるコストを少なくすることができる．そうなれば，米国その他で，大気汚染が健康に及ぼす影響や酸性降下物が生態系に及ぼす影響が少なくなろう．また，いたるところで原子炉の安全性が改善され，世界の海洋での油汚染が減り，温室ガスの誘発する気候変動のペースがゆるくなり，エネルギー／気候分野の課題への取り組みに向けて，発展途上，過渡期，先進工業諸国が等しく参加できる長期協力の枠組み創出が促進されよう．

◆ 米国国家安全保障面の利益としては，(1) 石油・ガス資源の獲得をめぐる紛争の火種が少なくなり，(2) 核エネルギー技術と，核兵器の保有を望んでいる諸国や国内グループの核兵力取得とのつながりが，最小限に抑えられ，(3) 武力衝突の危険をはらむ，或いは深刻化させる重大な結果を経済・環境・政治面でもたらすエネルギー問題を，全ての国が回避できる等がある．

◆ 利害関係だけでなく，米国の基本的な価値観――人間の尊厳と人権の尊重，機会と公正に対する信念，恵まれない者への援助と将来の世代や環境への奉仕――が，持続的発展のためのエネルギー革新をめざす国際協力を米国が主導することを命じている．

エネルギー問題における米国の利益と価値観は，全地球的な観点に立って初めて有効的に追求することができる．

◆ 石油，エネルギー技術市場，核拡散，気候変動，そして開発／安全保障の相互作用に関連した問題と機会は元来，例外なくグローバルな性格をもつ．

◆ こうした争点に有効に対応しようとするならば，資本市場，製造拠点，技術革新能力及び活動，情報の流れなどのグローバル化を考慮に入れなければならない．

「従来型ビジネス」がもたらすエネルギーの未来は，――迅速な技術革新と，その成果を世界に広めるための協力の強化を怠れば――災厄が蔓延し，悲惨な結果となろう．

◆ このまま「従来型ビジネス」が続けば，世界のエネルギー需要は 1997 年の水準から 2025 ないし 2030 年には倍増し，2050 年ないし 2060 年には 3 倍となり，2100 年には 4 倍を上回るであろう．この増加のほとんどの部分は，現在のところ発展途上国として分類されている諸国で起こる．
◆ 石油輸入が増大し，石油価格が上がり，そして石油が誘発する経済の混乱と紛争の危険が大きくなる．
◆ 米国の世界エネルギー市場向けの製品についての理解，アクセス，製造能力はいずれも急速に低下していくであろう．
◆ 米国は，核エネルギーの世界的安全と拡散の危険防止にてこ入れしているのだが，核エネルギー技術革新から手を引けば，この面の力が削がれよう．
◆ 在来型の石炭・石油技術を巨大規模の途上国経済成長の牽引車にしようとすれば，経済的な上昇指向と安全で幸福な生活を下支えする環境という支柱の間に軋轢が生じ，両方の努力とも，失敗しかねない．
◆ 「従来型ビジネス」のもとでの大気中 CO_2 濃度は，2100 年には，工業化前の水準の 3 倍に達する公算が大きい．ほとんどの気象学者が，この水準は警戒を要する上限をはるかに超えるものと見ている．

エネルギー技術革新で米国が得られる安全保障面の利益としては，武力衝突の危険をはらむ，或いは深刻化させる結果を経済，環境，政治面でもたらすエネルギー問題を，全ての国が回避できるということがある．

エネルギーの未来を展望すれば，諸局面は不可避的に不透明である．しかし，どのような可能性があるかを幅広く考察しても，満足できる成果を得るためには，次のような目的をめざしたエネルギー技術の大がかりな革新がぜひとも必要と思われる．

◆ 経済活動のエネルギー集約度を引き下げることによって，エネルギー供給の拡大に対する制約が経済成長にも制約を及ぼす可能性を少なくし，エネルギー消費量の増大のために，環境負荷の少ない資源の利用のみならず，環境負荷の大きい資源を使用したいという圧力を抑え，エネルギー供給システム全般が環境に及ぼす影響を，その規模に相応しい大きさに縮小する．
◆ 温室ガス，微粒子問題，地域スモッグ・煤霧・酸性降下物のガス前駆物質（SO_X，NO_X，炭化水素）に関し，エネルギー供給の放出集約度を引き下げる．
◆ 環境面で持続可能な形により，エネルギー・サービスの配送コストを，少なくとも，この努力がなかった場合よりも引き下げる．

◆ 米国その他の諸国が利用できるエネルギー面の選択肢の幅を広げることによって，不可避的な偶発事故に対処する国内と世界の能力を高める．

かかる革新の追求における国際協力に米国が参加することは，次のような目的のために，明らかに必要である．

◆ 米国自身に必要な革新技術を獲得するペースを速め，それにかかるコストを少なくする．
◆ 米国企業が，広大な海外の革新的エネルギー市場に参入できるようにする．
◆ 革新的技術の開発と配備を世界規模で加速化することによって，エネルギー面の課題にグローバルな次元で取り組む．

国際エネルギー協力に果たす官民両セクターの役割

民間セクターはすでに，エネルギー技術革新とそれに関連した国際協力に大きな役割を果たしている．しかも，この役割は年々重要性を増している．

◆ 民間セクターが大きな役割を果たしていることは，米国の総 R&D に占める民間の比率（1997 年には約 65 パーセント），米国のエネルギー技術 R&D に占めるその比率（同年に約 60 パーセント），グローバルな南北の資本の流れに占めるその比率（同年に約 85 パーセント）を見ても明らかである．
◆ このように民間セクターの役割が年々大きくなっていることは，世界経済の民活化とグローバル化の傾向，そしてエネルギー産業の民活化，規制緩和，再編の傾向を反映している．

それでも，政府が参加する必要はある．エネルギー部門での成果に対しては公益の占める割合の方が民間の利益をはるかに上回っているからである．

◆ エネルギー産業の民活化，規制の緩和，撤廃，再編は，民間資本のエネルギー・セクターへの導入を促進するであろうが，この同じ趨勢がすすめば，エネルギー・システムの構成と活動が，どのような形で，より広範な公益（貧困層の基本的ニーズを満たすことのほか，前に列挙した他のマクロ経済，環境，国際安全保障，上記価値面の問題を含む）に影響を及ぼすかを無視することに繋がりかねない．
◆ かかる公益の問題は，エネルギー技術革新の投資を，より割引率の低い中・長期的なプロジェクトとして実施し，しかも危険回避が割引率よりも低い場合でないと適切に取り組めないものが多い．また，この場合，危険回避の程度は，商業市場で一般的な水準でなければならない．
◆ 民間セクターにできることと，社会の利害が要求することの間のギャップは，市場

の効率的な活動が多種多様な障壁で妨げられていることによって，更に拡大されている．例えば，不適切な情報，市場における過度の集中あるいは分散，高い営業コスト等々が，かかる障壁である．

◆ 政府参加の合理的根拠としては，そのほか，政府と民間の能力は相互補完的である，従来からの政府政策が国際エネルギー技術協力にあまり有害な影響を及ぼさないことが望ましい（エネルギー・環境問題自体に焦点を合わせたものだけではなく，貿易政策，対外政策，知的所有権政策その他）等がある．

にもかかわらず，政府は，介入に際して民間セクターの役割が大きく，しかも増大しつつあることを常に認識しなければならない．民間の資源は，エネルギー技術 R&D に関しては多少，エネルギー技術の配備に関してははるかに，政府の資源を上回っている．従って，エネルギーRD^3 分野の政府のイニシアティブは，次のようなものに限定する必要があるということになる．

◆ 民間セクターの活動の代わりをするのではなく，関連活動を奨励し，その触媒となり，補完するような構成とする．
◆ 民間セクターの意欲と能力を引き出すために，具体的障壁を低くし，具体的不足点を補い，エネルギー革新分野における社会の利益に十分に対処することに焦点を合わせる．
◆ 政府投資の出資率と期間の面で限定的であるように計画する．これに関連して，不十分なプロジェクトを打ち切り，成功したプロジェクトを民間セクターに委譲するための具体的基準を設ける．

政府が国際エネルギーRD^3 協力を支援するためのメカニズムは，幅広い陣容を誇る．例えば，次のような分野で，参加や資金提供その他，協力努力を奨励する方法がある．

◆ エネルギー関連基礎研究及び応用エネルギー技術 R&D の実施
◆ 革新的エネルギー技術の的を絞った（ニッチで），前商業的な配備と実証
◆ 国民の利害が反映されるよう，革新的エネルギー技術の商業配備のための環境を整える——奨励策を強化し，障壁（特に資金調達に関連して）を低くし，適切な基準を設ける．
◆ かかるアプローチを支えるためのキャパシティ・ビルディング，一貫性ある評価，制度改革

国際エネルギーRD^3 分野における従来からの米国政府の活動は，確かに重要であり，有効であることも多いが，課題を克服し，ビジネス機会を生かすという点では不十分である．その欠陥は，先ず規模にあり，それから調整・評価その他のニーズに応じるためのメカニズムが包括的でなく，適切でもない点にある．

◆ ランド研究所が当パネルのために実施した調査によると，1997 年度にエネルギー省（DOE），米国国際開発局（USAID），環境保護局（EPA），原子力規制委員会による国際エネルギーRD³活動に連邦政府が支出した額が約 2 億 3000 万ドルであり，その半分以上が核分裂・核融合分野に充当されたことを示している．

◆ これらの機関の国際エネルギーRD³活動は，総じてよく焦点が絞られており，有効であるものの，ビジネス機会を生かすという点では不十分であり，相互に，またエネルギー技術配備に資金を提供している他の連邦機関（輸出入銀行，貿易開発局）及び海外民間投資会社の努力との間でもよく調整が行われていない．

◆ 国際エネルギーRD³協力分野の連邦政府の活動を統合し，包括的陣容ですすめられることを保証する総括的な戦略ビジョンはなく，かかるビジョンを一貫性ある効率よい形で実現するためのメカニズムもない．

取り組み

当パネルは，既存の連邦プログラムとそれらが取り扱おうとしているニーズとの間のギャップを狭めるために，以下の 4 つの範疇――エネルギー革新・協力の基盤，エネルギー最終利用効率，エネルギー供給技術，エネルギーRD³協力――における取り組みが必要であると確信する．

◆ 各範疇の中に，3～4 の取り組み事項クラスターがある．各クラスターの中の要素で，高度の優先に値することに当パネルが同意するものを，この要約中で説明する．報告書本文では，かかる高度優先要素を更に詳しく説明すると同時に，当パネルが重要とみなす他の要素を提示する．

従来からの連邦エネルギー協力プログラムは，ニーズの大きさや捉えるべきビジネス機会に比して，釣り合いがとれていない．

◆ 当パネルの勧告はいずれも，米国国内エネルギーR&D プログラムの 1997 年 PCAST 研究が出した勧告が実施されつつあることを前提としている．海外に有効に手を延ばすためには，国内基盤が堅固でなければならない．

◆ ここに，2001 年度と 2005 年度の当初予算の形で，「高度優先」要素と「その他の重要」要素を対象として，各取り組み事項クラスターレベルの予算見積もりを提示する．[実績ドル表示（in as-spent dollars）] かかる数字は，国際エネルギーRD³活動の従来の予算と，1997 年の PCAST 研究が国内エネルギーR&D プログラムについて提案した予算とを，補足するものであり，前掲の「高度優先」要素と「その他の重要」改革要素を両方ともに対象とする意図でここに提示する．

◆ 技術的な選択肢は実に多種多様であり，かかる選択肢の適用が見込まれる地理的，経済的，制度的環境は更に多種多様である．そのため，この種の研究に許される限

られた時間と資源の範囲内で，向こう数十年に実施できる，或いは実施すべき協力活動を全て網羅して，包括性と優先順位明確化の面で完璧な勧告書一式を作成することは，実際には不可能である．しかし，当パネルは，ここに提示するものが，向こう5年間のめぼしいプログラムの核心を構成すると確信する．

◆ ここに提示する高度優先機会の一覧は，次のようなことを考慮に入れるために進められた予備的な試みに基づいている．(1) 多様な地域と世界規模でエネルギー分野の課題に影響を及ぼす，米国の利益と大義に対する，多様な選択肢の潜在的なレバレッジ効果．(2) パートナーが，有望な共同事業に与えてくれる強みと経験に基づく成功の見込み．(3) 機会及び必要な技術的・制度的構成要素の成熟度という事業における適時性．(4) 民間セクターの努力との相補性．(5) 考えられる費用効果．

◆ 国際協力の成否は，そもそもの初めから，或いは目標の明確化，任務のアウトラインの決定，そして優先順位の設定における，パートナーや技術利用者全てとの連携がうまくいくかどうかに大きくかかっている．当パネルの勧告は，諸外国の専門家との協議の上で作成されているものの，どの提携国・機関とともに，米国のどの機関の賛助のもとで，具体的にどのプロジェクトを，どのレベルで進めるべきかという細目は，諸政府機関，後段で詳述する省庁間ワーキング・グループ，外国のパートナー，そして利用者が全て参加する意見交換過程の助けを借りて案出する必要があろう．

取り組み事項の第1の範疇には，エネルギー技術革新とそれに関連した国際協力の基盤を強化する諸措置が含まれている．これは，キャパシティ・ビルディング，エネルギー・セクター改革，実証とコスト引き下げ，そして資金調達に焦点を合わせた取り組み事項クラスターで構成されている．

◆ 「キャパシティ・ビルディング」クラスターは，迅速で持続的なエネルギー技術革新の基盤整備を狙いとしており，当パネルは，2001 年度にはこれに 2000 万ドルの予算を組み，2005 年度には 4000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターには，高度優先要素として，次のような要素が含まれている．

(1) 持続可能エネルギー選択肢についての RD^3 を実施している既存の地域研究所への支援を増強する（例えば，ブラジルの PROCEL 国家電力保全プログラム，東欧とロシアのエネルギー効率研究所その他，アフリカ，アジア，南米の諸研究所）．また，他の手段では満たせない重要なニーズを抱えた地域で，持続可能エネルギーを研究する研究所の新設を支援する．

(2) エネルギー分野のアナリストやマネージャー向けの従来からある訓練プログラムを拡張し――或いは新設し――巡回ワークショップやインターネット・ベースの講座とエキスパート援助を設ける．また，国内技術・経営訓練を，NGO 技術実証活動や米国政府支援による配備プロジェクトの一部に含める必要がある．

政府の改革運動は，民間セクターの活動の代わりをするものではなく，民間の関連活動を奨励し，その触媒となり，補完するような構成としなければならない．

◆ 「エネルギー・セクター改革」クラスターは，一方で公益と外的性を追求するエネルギー技術の革新を継続する意欲を失わせないようにしながら，他方でエネルギー・セクターの改革と再構築化という収益性の高い開かれた競争市場を目指す努力を支援，形成することを狙いとする．2001 年度には年間 2000 万ドルの予算を組み，2005 年度にはこれを年間 4000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通りである．

(1) 関連提携国機関への人員の直接派遣，又は多国間機関を通じての，エネルギー・セクター改革を思案している，或いは実施している諸国に対する技術面，政策面での助言．この活動においては，次のような点を強調する．(a) 価格統制や在来型エネルギー源への助成金の撤廃を通じて，また環境コストの内部負担によって，価格を適正化する．(b) 公益基金（Public Benefits Funds，PBF）を設置する．この機関は，適切な場合には，債務スワップによる初期支援を行うことを含め，<u>迂回不能な電線／パイプラインの使用料金</u>その他の手段を通じて調達する資金により，再編の進んだエネルギー・セクターで公益を増進することを目的として資源を提供する．

(2) 大規模ガス生産者と大規模利用者を結ぶ簡単なパイプライン・システムから始めて，幅広い生産者と消費者へのネットワーク（grid）・サービスに進む，天然ガス供給網の段階的規制枠の確立を支援する．

◆ 「実証及びコスト引き下げ・メカニズム」クラスターは，国外において重要な利益を一般にもたらす先進エネルギー技術の実証を促進し，この範疇の技術のコストを競争レベルまで引き下げる（この範疇の技術のコストは習得曲線特性をもつので，これが可能となる）手段を提供することを狙いとする．2001 年度には年間 4000 万ドルの予算を組み，2005 年度にはこれを年間 8000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) できれば地球環境ファシリティ（GEF）内に，実証支援ファシリティ（DSF）を設置することを支援する．その目的は，民間セクターやさまざまな公共セクター組織（GEF，PBF，ホスト国の政府助成金を含む）からの支援を呼び込めるクリーン・エネルギー実証プロジェクトを策定のための枠組みを提供するためである．

(2) DSF のもとで進められ，公認基準を満たしている実証プロジェクトに参加する米国企業に対して，エネルギー生産税額控除を認める（ひも付き援助に反対する米国の立場に反しないように作成されたものを含む）．

(3) クリーン・エネルギー・テクノロジー・オブリゲーション（CETO）の設置（で

きれば GEF 内に）を支援する．この機関は，競争原理の導入と GEF や PBF，政府助成金を通じてホスト国が提供する漸増コスト支援によって，標的革新技術のコストを「引き下げる」ことに努める．

◆ 「資金調達」クラスターは，発展途上・過渡期経済においてクリーンで効率よいエネルギー技術を配備することを妨げている資金面の障壁を克服することを狙いとしている．2001 年度には年間 4000 万ドルの予算を組み，2005 年度には年間 8000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) クリーンで効率よいエネルギー技術に対する多角的開発銀行（MDB）からの資金提供の増強を奨励するための措置．この要素に含まれる活動は次の通り．(a) 米国の関連政府機関（DOE，USAID，EPA，米国貿易開発局等）を通じて「信託基金」を設置又は拡張する．MDB は，プロジェクト計画作業への政府機関公認技術援助を支援するために，この基金を資金源とすることができる．(b) 世銀その他の MDB によるエネルギー・プロジェクトへの資金提供という面で，在来型エネルギー技術からクリーン・エネルギー技術への移行を必要に応じて強化するために，不測事態対応計画・メカニズムを育成する（この移行は現在，民間資本を改革エネルギー市場へ誘引する能力と，政府の支える MDB 資金によってかかる市場が歪められないことが望ましいという一般の見方とを駆動力としている）．

(2) クリーンで効率よいエネルギー技術のための市場ベースの資金調達を促進する目的で米国政府機関が実施する追加措置．これには，かかる型のプロジェクトに資金を提供する基金を OPIC の管理運営下で設置すること（MBD が，クリーン・エネルギー技術の支援と他の公益の増進推進への移行を完了した後は，段階的に解消する）が含まれる．

取り組み事項の第 2 の範疇は，エネルギー最終利用技術の革新を目的とした国際協力の具体的機会に関するものである．この範疇の活動は，エネルギー効率のよいビル，改良型の小型車両とバス，21 世紀型ファクトリー，そして熱電併給などに焦点を合わせた取り組み事項クラスターで構成される．

◆ 「ビル」クラスターは，向こう 20 年に，発展途上・過渡期経済において，新しい電気器具，家庭，商業ビルのエネルギー消費を現在の実績より 50 パーセント節約することを目標とする．2001 年度には年間 2000 万ドルの予算を組み，2005 年度にはこれを 4000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) DOE，EPA，USAID の参加を得て実施するビルの機械設備・電気器具の効率基準と格付け・分類表示法を設定して実施するための技術・政策面での援助．この活動には，電機器具・装置試験研究所及びプログラムの立ち上げ，基準の作成と分析，米国にとって利益のある場合には試験手順と基準の調和化，DOE／EPA の「Energy Star」プログラムに似た自主的なエネルギー効率分類表示推進プログラムの実施等の分野における協力が含まれる．

(2) 建物の住みやすさとアメニティを強化しながら住宅・商業ビルのエネルギー消費を最低限に抑えるビル設計ソフトウェアの利用という分野で，開発，ディストリビューション，訓練を助けるための技術的・政策的援助（前項と同じように組織される）．及び，ビルのエネルギー性能の範囲を広げるビル設計競争の育成とモニタリングのための，またビルのエネルギー規制及び基準の設定，分析，実施のための，技術的・政策的援助．かかる援助には，訓練，モニタリング，コンプライアンス，及び実施プログラムによるものと，ソフトウェア・ツールによるものとが含まれる．

(3) GEF，世銀その他の多国間資金供与機関が，その助成金・貸し付けプログラム全体を通じてビルのエネルギー効率改善を積極的に追求するための上記対策の作成と選定を支援するよう，米国が率先して働きかける．

◆ 「車両」クラスターは，よりクリーンでエネルギー効率のよいバスと二輪・三輪自動車の研究，開発，実証を，また発展途上・過渡期諸国におけるその配備の促進を狙いとする．2001 年度には年間 2000 万ドルの予算を組み，2005 年度には 4000 万ドルの予算を組むことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) 低コスト，クリーンで，効率のよい輸送の動力源——特に，二輪・三輪自動車用の燃料電池システム，バスのハイブリッド・燃料電池システムのほか，適切な場合には電気・代替燃料推進システム——についての協力的 RD[3]をめぐって，DOE，EPA，USAID の活動を統合，拡張し，GEF 内での活動を奨励する．また，かかる車両と燃料生産システムの製造のための米国・外国企業の合弁事業を奨励する．

(2) かかる先進車両の大規模配備に必要な車両製造能力，インフラ，消費者信用制度のための資金調達を助成するべく，GEF，国際金融公社，世銀その他の多角的開発銀行に対して，米国自ら働きかける．

(3) あらゆる種類の自動車の車両試験・検査プログラムの確立を含め，放出基準の分析と実施を進める EPA による発展途上・過渡期諸国に援助を提供する．

「従来型ビジネス」がもたらすエネルギーの未来は，——迅速な技術革新と，その成果を世界に広めるための協力の強化を怠れば——災厄が蔓延し，悲惨な結果となろう．

◆ 「21 世紀型ファクトリー」クラスターは，向こう 20 年間に，重要な発展途上・過渡期諸国において，労働と資本の生産性を高めながら，主要なエネルギー消費工程のエネルギー集約度を，現在の実績より 40 パーセント引き下げるための提携活動に，米国産業を参加させることを狙いとする．この努力を導くものは，米国で進行中の「未来型産業」プログラムであろう．このプログラムは，エネルギー集約的資材部門で，海外市場が急速に成長している分野に焦点を合わせている．2001 年度には年間 1000 万ドルの予算を組み，2005 年度には年間 2000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) 米国と外国の官民両セクターが協力し合って，現地の事情に見合う生産的でエネルギー効率のよい工程をめざし，「技術ロードマップ」を作成する．力点は，鉄鋼，化学，紙パ，セメント等のエネルギー集約的な基礎原材料産業に置く．
(2) かかるロードマップから始めて，RD^3作業計画の策定と実施のために協力し合う．この活動には，人材及び制度におけるキャパシティ・ビルディング，前競争的研究開発，技術交流，パイロット実証プログラムが含まれる．
(3) 米国と提携国政府が，米国企業とそのパートナーの間の技術移転を促進するためのプロジェクトの策定と実施，合弁事業の創出，そしてライセンス付与を支援する．

◆ 「コジェネレーション」クラスターは，新しい動力供給のための熱電併給（CHP）技術の利用を推進することを狙いとする．目標は，2～30 年後には，途上国の新しいエネルギー生産能力の 20 パーセントをこの技術によって提供できるようにすることにある.2001 年度には年間 1000 万ドルの予算を組み,2005 年度には年間 2000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) 地域ワークショップを含め，官民両セクターの参加を得た CHP 情報・教育プログラムについて，米国と外国の官民両セクターが協力し合う．
(2) CHP にとって有利な条件とは何かを突き止めるために，CHP の実施候補地で，電力・熱負荷と出力比を共同で評価し，考えられる規制・市場障壁を明確化し，実証のための資金の呼び込みを助け，配備のための確実な資金調達を促進する．
(3) CHP と米国製 CHP 機器の普及を図るための「地ならし」として，DOE，国際開発局（AID），EPA の米国人エキスパートによる援助を通じ，国内の規制構造の改革を支援する．この活動には，市場価格でのネットワークへの電力販売の準備，非差別的な電力買い戻し料率の設定，内部接続（interconnection）・放出基準の設定，CHP 機器の非差別的な国際基準の設定が含まれる．

取り組みの第 3 の範疇は，エネルギー供給技術革新のための国際協力の具体的機会に関する．この範疇の活動は，再生可能エネルギー技術利用の普及，化石燃料炭素除去，

CO_2 吸収，そして核分裂と核融合に焦点を合わせた取り組み事項クラスターで構成される．

◆ 「再生可能エネルギー技術普及」クラスターは，バイオマス，風力，太陽光，太陽熱その他の再生可能エネルギー技術の開発，配備の促進を狙いとする．この活動には，かかる技術を途上国の農村開発の支援との間で調整しながら配備することが含まれる．目標は，再生可能エネルギーが，21 世紀半ばまでに世界のエネルギー供給において，今日の化石燃料に匹敵する程度にまで寄与率を高めるようにすることにある．2001 年度には年間 4000 万ドルの予算を組み，2005 年度には年間 8000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) 産業規模のバイオマス・エネルギー転換技術をめぐる共同 RD[3] を推進する．これに関して，力点は，電気と少なくともひとつ以上の副産物（熱，液体燃料，化学品，食品，繊維）とを同時に提供するものに置く．また，多数の生産物を収穫生産できるよう最適化した農作物の栽培のために，劣悪化した土地を復旧し利用することを主題とした共同研究も推進する．

(2) 再生可能エネルギーや化石燃料とのハイブリッドに関連した一貫性あるシステムを開発するために，一定の発展途上・過渡期諸国のパートナーを選定して実施している既存のプログラムを拡張する．その目的は，農村地域で，農業用，住宅用，そして村落規模の商業・工業用に，完全なエネルギー・サービスを提供することに置く．

(3) CETO の用いる競争的手段等の競争原理を導入して，ネットワーク接続型断続的再生可能電気技術（grid-connected intermittent renewable electric technology）や化石エネルギーとのハイブリッドの配備を促進するための諸措置をめぐって，共同作業を進める．この活動には，この過程への米国企業の参加を促進することが含まれる．

(4) 適切なパートナーと共同で，地域別に再生可能エネルギー資源の評価を進める．

米国が，エネルギー革新における国際協力を主導するのは，米国の基本的価値観――人間の尊厳と人権の尊重，機会と公正に対する信条，恵まれない者への援助と将来の世代や環境への奉仕のためである．

◆ 「化石燃料の炭素除去と CO_2 吸収」クラスターは，多国間の幅広い共同努力を通じて，燃料炭素除去・炭素吸収技術を開発することを狙いとしている．この技術は，最終的には，ライフサイクルにおける CO_2 放出量をゼロ・エミッションに近いものにし，汚染物質の放出をゼロ・エミッションに近いものとすることを実現することにより，化石燃料の経済的利用を可能にする．また，発展途上・過渡期諸国で，

短期的に，ライフサイクルでの CO_2 放出のニア・ゼロ・エミッションへの移行を促進するガス・ベースの技術を進歩させることも狙いとする．この改革は，DOE の「ビジョン 21」のもとでの活動を基盤に構築されよう．2001 年度には年間 2000 万ドルの予算を組み，2005 年度には年間 4000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) 発展途上・過渡期諸国でエネルギー・セクターと環境面の改革を推進するために協力し合い，天然ガス，石炭その他の炭素質原料から引き出される合成ガスをもとに多数のクリーンな生産物を生産する事業に有利なように，環境を整える．
(2) 最終処分に向けた副産物 CO_2 の回収を促進しながら，炭素から水素をつくるコストを削減することを狙いとする技術の共同 R&D 及び実証を進める．
(3) CO_2 貯蔵（storage）の安全確保の基準を設定し，環境負荷研究を実施し，吸収可能性の地域別評価と貯蔵能力その他の特性の詳細な貯蔵地別分析を両方とも実施し，貯蔵地の安全のモニタリングと同時に実証を進めるために，CO_2 吸収分野で共同の努力を進める．

◆ 「原子力」クラスターは，来世紀に，気候変動その他のエネルギー関連課題への取り組みにあたって，原子力エネルギーがますます大きな役割を果たすことができるようになる可能性を，維持し,高めることを狙いとする．2001 年度には年間 1000 万ドルの予算を組み，2005 年度には年間 2000 万ドルに増やすことを勧告する．このクラスターの高度優先要素は次の通り．

(1) DOE の新原子力エネルギー研究イニシアティブ（NERI）に，明確な国際的構成要素を加え，核分裂エネルギー・システムのコスト，安全性，廃棄物処理，拡散防止を改善するための先進技術に焦点を合わせた二国間・多国間研究を推進する．
(2) 使用済み燃料と高レベル廃棄物の地層処分に関する研究と情報交換分野での，国際協力の拡張及び強化を図る．この活動には，参加範囲の拡大，国際的な一時貯蔵施設の研究，かかる物質の一時貯蔵・地層処分についての，一貫性ある厳密な国際規制枠の策定などが含まれる．
(3) 核融合エネルギー開発の全ての側面での広範な共同作業に当事者を従事させる，核融合 R&D 分野の新しい国際協定を追求する．その一方で，海外で従来から実施されている核融合実験への米国の参加を選択的に強化し，米国で新たに実施される，或いは従来から継続されている中小規模の核融合実験への参加の強化を，外国に呼びかける．

当パネルの勧める取り組みの最後の範疇は，米国政府が，民間セクターとの協力のもとで，国際エネルギーRD[3]協力を支援する政府活動のポートフォリオをより有効に開発，管理，調整するための手段となる，メカニズムと制度に関するものである．これに関連

した国際エネルギーRD^{3}協力は，このポートフォリオが何を達成すべきかについての総括的ビジョンとの間で，一貫性をもたなければならない．この範疇中で高度に優先されるべき勧告は次の通り．

◆ 大統領は，国家科学技術会議（NSTC）内に「戦略エネルギー協力に関する省庁間ワーキング・グループ」を新設しなければならない．その目的は，我が国の利益と大義の擁護のために政府が国際エネルギーRD^{3}協力に果たす役割について，戦略ビジョンを更に育み，推進することにある．この NSTC ワーキング・グループの機構，活動は次の通り．

(1) 省庁間事務局，及び民間，学界，NGO セクターの代表を集めた諮問委員会をもつ．

(2) 国際エネルギーRD^{3}協力における政府活動のポートフォリオ全体の継続的評価に責任を負い——また，本研究を土台とし，さらに本活動の総括的戦略の採用により，改革の「パイプライン」に必要な構成要素とかかる要素相互間のつながり，そして適切な程度の多様性と官民連結基準を構築する——また，かかるポートフォリオ評価の結果を活かして，関連政府機関プログラムの進展を導き，調整するための支援に責任を負う．

(3) 政府機関を助けて，プロジェクトのモニタリングと見直し，不首尾なプロジェクトの打ち切り，そして成功したプロジェクトの適切な時期における民間セクターへの委譲のための内外のメカニズムを強化させる．

◆ [政府機関内の国際エネルギーRD^{3}協力プログラムの開発・運営メカニズムにおける改善としては，] かかる見直し手続の強化と省庁間ポートフォリオ評価努力に加えて，以下のようなことが必要とされる．

(1) 政府機関は，外国の政府機関との協力のもとで，競争的勧誘を利用する．その目的は，競争に勝つ前提条件となる，RD^{3}パイプラインを通じて技術を移転するための十分に開発された事業計画を含むポートフォリオ及びプログラム目標の達成への最も有望なアプローチを確認することにある．

(2) エネルギーRD^{3}協力ポートフォリオを実施する閣僚或いは重要政府機関の管理者が，国際エネルギーRD^{3}プログラム実施の権限と予算を以て，適切な運営系統（実績説明の可能なもの）を識別する．

(3) 訓練を実施し，標的を絞った雇用を行い，そして組織的な体制で政府機関を通じて国内研究所スタッフや外部の学界・産業界の技術エキスパートを交代させることによって，かかる政府機関の国際的能力を強化する．また，かかる人員に上級専門職の地位を与え，プログラム立案と政策策定を導く重要な責任を負わせる．

◆ 政府が本報告の改革運動に寄与するにあたって発生したコストは，新設の「戦略エネルギー協力基金」によって賄い，国際エネルギーRD[3] 活動部門の従来の予算及び米国内エネルギーR&D プログラムを取り上げた 1997 年の PCAST 研究が提案した予算を補足するものである．当パネルが勧告した 4 つの「基礎」，4 つの「最終利用効率」，3 つの「エネルギー供給」取り組みクラスターの見積もり額は，総額で，2001 年度には年間 2 億 5000 万ドル，2005 年度には年間 5 億ドルに達する（2001 年度の増額分は，1997 年度にこの種の活動に費やされた額の総額にほぼ等しい）．戦略エネルギー協力基金からの資金の割当ては，以下の通りである．

(1) 諸政府機関，行政管理予算局，戦略エネルギー協力に関する省庁間タスクフォース，及びその諮問委員会の携わった過程の成果に応じて，大統領予算請求中で関連政府機関に配分する．
(2) 毎年の資金供給サイクルがプロジェクトの選定と継続に影響を及ぼすことを避けるため，また米国の国際協力努力には往々にして欠けている継続的コミットメントを推進するために，期間は大半の場合に複数年にわたるものとする．

以上に示した 2001～2005 年度のプログラムの軌道に従い，失敗したプロジェクト及び成功して民間セクターに委譲されたプロジェクトへの支援を段階的に打ち切ることによって，利用できるようになる資金は，諸政府機関，省庁間タスクフォースとその諮問委員会，外国のパートナー，そしてその他のエネルギー技術利用者の間の継続的交流を通じて更にレバレッジ効果が高いと確認されたプロジェクトに充当できよう．

結論

米国と世界は歴史的な好機に直面している．

◆ エネルギー・セクター再編と規制改革の過程は，向こう 10 年にその大半が完了するであろうが，これらは二重の目的の成否を分ける鍵であるメカニズムと絡み合っている．この二重の目的とは，経済開発に必要なエネルギーの需要を満たすために民間資本を呼び込むと同時に，エネルギー・セクターが提供する巨大な公益や対外的な問題に取り組むことである．
◆ 途上国では急速な都市化の過程が続いており，その結果として，都市エネルギー供給，輸送ネットワーク，情報インフラ，土地利用計画，そしてビル特性の相互作用をめぐって向こう 20～30 年にかかる諸国で下される決定も同じように，来世紀には，ひいてはその後も，世界のかかる都市集積部住民の大多数のエネルギー需要と生活の質と，その重要な側面において，実質的に絡み合うことになろう．
◆ 革新のパイプラインを通じて新技術を移転するために，どのくらいの時間が必要であるかを考えれば，2020 年代，2030 年代，2040 年代の配備に影響を及ぼそうと

する研究の多くが，今後10年以内に進行中でなければならないことになる．また，大半のエネルギー供給技術の使用寿命及び，エネルギー最終利用効率を左右する機器・インフラの使用寿命の長さを考えると，2020 年代，2030 年代，2040 年代に配備されるものの多くが，来世紀末にも依然として使用されていることになろう．

◆ 従って，向こう 20～30 年に開発・配備されるエネルギー技術と関連インフラは――発展途上・過渡期経済のエネルギー面の急速な成長を支え，先進工業諸国では既存の資本ストックに取って替わるであろうが――来世紀の大半を通じて，エネルギー・コストと最終利用効率，温室ガス放出，大気汚染の人体に与える影響，石油の輸入依存度，そして核エネルギー・システムの安全と核拡散防止等々，世界のエネルギー体制をめぐる重要問題の軌道に大きな影響を及ぼすことになろう．

◆ 新技術開発能力のグローバル化及び，国内 R&D 支出への制約の増大は，国内需要に必要なエネルギー技術開発を望む米国にとって，協力の魅力を急速に高めた．同時に，エネルギー市場のグローバル化によって，米国のエネルギー関連企業にとって巨大な新技術市場の多くに参入するために，協力に参加する必要性が高まった．そのうえ，すでに配備されているエネルギー選択肢の世界的ポートフォリオに不適切な点があることから，環境と安全保障面のリスクもグローバル化している．そのため，このポートフォリオを改善するための協力は，米国にとってますます得策となりつつある．

◆ 持続的経済発展を促進しながら温室ガスを抑制できる先進エネルギー技術という分野での南北協力の強化は，エネルギー・気候というグローバルな開発課題に取り組むためのより大規模な共同実施枠組みへの途上国の参加を確保するにあたって，利用できるアプローチの中では，クラスターを抜いて有望である．

向こう 20～30 年に開発・配備されるエネルギー技術と関連インフラは，来世紀の大半を通じて，世界のエネルギー体制に大きな影響を及ぼすことになろう．

従って，米国の利益と価値観を支えるエネルギー技術革新という分野での国際協力を強化する必要とその機会は，大であると同時に緊急を要するものである．この場合に発生するコストやリスクの大きさは，潜在的利益に比べればささやかなものにすぎない．今こそ，米国は，21 世紀がその利益と価値観に課すエネルギー分野の試練に国際的次元で取り組むために，ここに概要を述べた賢明で手の届く範囲にある措置を講じなければならない時である．

表 A1-1　改革運動と予算

（単位 100 万ドル，現行予算又は PCAST97 予算を超える補足部分）

取り組み項目	エネルギー革新の基礎	ページ	2001 年度（ドル）	2005 年度（ドル）
キャパシティ・ビルディング	- エネルギーRD³ 分野の地域研究所への支援を増強する - エネルギー分野の既設訓練プログラムの拡張，新規プログラムの設置． - （学際研究－モニタリング／評価／制度改革）＊		2000 万	4000 万
エネルギー・セクター改革	- 外部性の問題を含む，価格適正化のためのセクター改革を技術，政策面で援助し，公益を増進する． - ガス・ネットワークを対象とした段階的規制枠の設置を助ける．		2000 万	4000 万
実証とコスト引き下げ	- 実証支援ファシリティの発展を促進する． - 基準を満たす実証に対して生産税額控除を認める． - クリーン・エネルギー・テクノロジー・オブリゲーションの設置を支援する．		4000 万	8000 万
資金調達	- クリーンで効率のよいエネルギー技術への資金提供を増強するよう，MDB に働きかける．米国のエキスパートを活用するために，信託基金によって活動を支援する． - OPIC の運営する基金の設置を含め，クリーンで効率のよいエネルギー技術のための市場ベースの資金調達を促進する． - （米国企業に対する技術，金融，フィージビリティー・アナリシス面での援助）＊		4000 万	8000 万

	エネルギー効率 RD³ のポートフォリオ			
ビル	- ビル機械設備の効率性の基準，格付け，分類表示の開発・採用を目的とした，技術，政策面での援助．試験プログラム等の援助． - ビルの設計ツール，設計競争，新設ビルのエネルギー法規／基準，訓練等の開発・応用を目的とした試験面，政策面での援助． - ビル／機械設備効率を支援するよう，MDB／GEF に働きかける． - （改良型料理用レンジの開発／普及を図る．）＊		2000 万	4000 万
輸送	- 低コスト，効率的で，クリーンな車両エンジン分野での RD³ の統合／拡張． - クリーンエネルギーカーの生産／使用に資金を提供するよう，GEF／MDB に働きかける． - 自動車の排ガス試験／基準の分析／実施を支援する． - （公共輸送システムのための新技術）＊		2000 万	4000 万
産業	- エネルギー集約度の高い原料を効率良く加工するための技術ロードマップの開発を目的として，米国の官／民及び外国が協力し合う． - 技術ロードマップの協力的開発／実施 - 米国企業／パートナーの間の合弁会社の創設及びライセンシー契約を支援する．		1000 万	2000 万
熱電併給（CHP）	- 情報プログラム等において，米国及び外国の官／民セクターが協力し合う． - CHP 実施地候補を共同で評価し，規制・市場障壁に取り組み，実証のための資金を呼び込み，資金確保を助ける． - CHP と米国製機器のための「地ならし」を目的とした改革を支援する．		1000 万	2000 万
再生可能エネルギーの普及	- 産業規模のバイオマス・エネルギー／副産物についての RD³，劣悪化した土地の復旧． - 農村地域のために一貫性ある再生可能／ハイブリッド・システムを開発する． - ネットワーク接続型断続／ハイブリッド・システムの配備を促進する． - 地域別に再生可能エネルギー資源を評価する． - （太陽熱発電についての RD³，国内の強力な RD³ 活動の支援）＊			
化石燃料	- 副産物戦略を支援するために，エネルギー／環境改革を推進する． - 低コスト水素の生産と副産物炭素の回収についての R&D． - 炭素吸収基準／地域評価／貯蔵地分析． - （気候にやさしい方法で水和メタンエネルギーを開発するための R&D）＊			
原子力エネルギー	- NERI に国際要素を追加する． - 使用済み燃料／高レベル廃棄物の国際研究を拡張／強化する． - 核融合 R&D 分野での新しい国際協定の締結に努める． - （世界規模で原子力施設の安全性と安全保障を改善する）＊			

	管理面での一連の勧告			
政府機関による管理	NSTC 戦略エネルギー協力に関するワーキング・グループ（WG）を設置する． - NSTC　WG は，省庁間事務局／外部諮問委員会をもつ． - WG は，国際エネルギーRD³ ポートフォリオを評価し，政府機関プログラムを主導／調達する． - WG は，政府機関の内部／外部の見直し能力を強化する． - 諸政府機関は，最良のアプローチを確認するために，競争原理を導入して要請を行う． - 諸政府機関は，権限／予算を以て，運営系統（実績説明可能な）を確認する． - スタッフの訓練と特別任務への任命によって，政府機関の国際的能力を強化する． - 戦略エネルギー協力基金を設置する．			
合計			2 億 5000 万	5 億

＊括弧内の改革運動は各章で説明したが，本要約中にはない．予算総額はかかる取り組みに必要な予算を含む．

A-2　21世紀の課題に対処するための連邦政府のエネルギー研究開発

1997年9月30日　アメリカ大統領府大統領科学技術諮問委員会

科学および技術に関する大統領諮問委員会（PCAST）を代表しまして，21 世紀の課題に関する連邦エネルギー研究開発の最終報告書を送信することを光栄に存じます．PCAST の承認を受けたこの報告書は，閣下が 1997 年 1 月 14 日に John Young に要請した現在の国家エネルギー研究開発ポートフォリオの検討に対する回答であります．本報告書は，1997 年 12 月 30 日にお渡ししたエグゼクティブ・サマリーを拡充し，米国が次の世紀に必要なエネルギーと環境上のニーズに対処するためのプログラムを策定する方法に関して，明確な戦略を示すものです．

PCAST は，米国の経済的繁栄，環境の質，国家安全保障，科学と技術分野における我が国の世界的リーダーシップ—これらは全て，我が国のエネルギー技術の改善を必要とし，エネルギー技術の改善実現には，国家研究開発活動の拡充が必要であるとする本報告書の調査結果を支持しています．今日のエネルギー部門における研究開発の不適切性は，特に，温室効果ガス，とりわけ化石燃料の燃焼時に生じる二酸化炭素の排出による世界の気候変化リスクに，確実かつ費用効果性の高い方法で対処しなければならないという課題の面で深刻であります．

PCAST は，民間企業が予想企業収益に基づいて通常行うよりも大規模な研究開発投資の方が，社会全体の潜在的な利益が大きい場合，及び政府の控えめな投資が民間部門の活動を効果的に補完，てこ入れ（レバレッジ），促進する場合のプロジェクトに対しては政府のエネルギー研究開発活動を集中させることを勧告します．

本報告書は，応用エネルギー技術研究開発のエネルギー省年間予算を 5 年間に 10 億ドル増加させることを勧告します．この増加額の最大の部分は，エネルギー効率化と再生可能エネルギー技術の研究開発に向けられますが，核融合と核分裂 R&D の予算も増加させます．先進化石燃料技術に関する研究開発の構成は，燃料電池と炭素隔離技術を含む長期的な機会重視の方向に変更しますが，化石燃料技術に関する全体的な歳出額は，実質ベースで一定のレベルを維持します．

2003 年度の予算案は，応用エネルギー技術研究開発に関する実質レベルのエネルギー省の活動を 1991 年度と 1992 年度のレベルに戻します．不変ドル価値では，平均実質成長率は年間 8.3%になります．

PCAST は，エネルギーとエネルギー研究開発が米国の将来にとって重要課題であるこ

とを閣下が国民に明確に伝えるために一層努力し，適切な国家エネルギー戦略を策定，実行する国家のリーダーおよびコーディネーターとしてのエネルギー長官の立場を一層明確にすることを勧告します．

本報告書は，エネルギー省によるエネルギー研究開発ポートフォリオの管理改善も勧告します．この勧告には，ポートフォリオ全体と長官への直接報告の責任を有する責任者 1 名の指名も含まれます．

PCAST は，本報告書で提示する勧告が，21 世紀を迎えて，主要なエネルギー関連の課題に対処する最善の方法を検討するために役立つことを希望します．特に重要なことは，できる限り低い経済，社会，環境上のコストで，温室効果ガスを大幅に削減できる一連の技術オプションを拡充するための適切なエネルギー研究開発活動を確立することです．

PCAST が提案するエネルギー研究開発ポートフォリオは，この課題に対処するために非常に重要です．また，気候変化の問題に役立つエネルギー技術の多くは，輸入石油への依存度の低下，国内の燃料/電力供給システムの多様化，エネルギー技術の輸出増加，大気汚染と水質汚染の緩和，世界中の原子力エネルギー・システムのコスト，安全性，安全保障に関するリスクの低減といった，その他のエネルギー関連の一連の課題に対処するためにも役立つはずです．

敬具

目次

PDF 版

目次

エグゼクティブ・サマリー

A2-1　主な勧告の概要 A23

A2-2　勧告の根拠 A29

A2-3　調査結果の詳細と勧告 A37

A2-4　結論と最後の勧告 A56

（以下の項目は省略）

1.　エネルギーに関する課題と機会

米国と世界のエネルギー需給

未来のエネルギー問題に関する経済上の課題

未来のエネルギー問題に関する環境上の課題

未来のエネルギー問題に関する国家安全保障上の課題

エネルギー研究開発のこれらの課題に対するレバレッジ効果

参考資料

2.　研究開発の役割と変化し続ける研究開発パラダイム

研究開発活動の根拠

エネルギー研究開発の全体像

米国研究開発の最近の動向に関する説明

研究開発活動の適切さの判断

参考資料

3.　エネルギー効率

モーチベーションと背景

調査結果と勧告

建築部門

産業部門

輸送部門

予算に関する勧告

参考資料

4. 化石燃料エネルギー

モーチベーションと背景

調査結果，評価，イニシアティブ，勧告

デモンストレーションと商業化に関する問題

エネルギーと環境への影響

多分野にまたがる問題

参考資料

5. 原子力エネルギー，核分裂と核融合

背景

研究開発ポートフォリオの評価

政策に関する問題

将来の貢献

参考資料

6. 再生可能エネルギー

モーチベーションと背景

市場の発展

国際的背景

連邦の役割

予算に関する勧告と研究開発の潜在的な影響

再生可能エネルギー技術，研究開発のニーズと機会

結論

参考資料

7. 多分野にまたがる問題とまとめ

ポートフォリオ査定

商業化に関する問題

国際的な問題

研究開発管理上の問題

エグゼクティブ・サマリー

米国は，21 世紀を迎えて，エネルギー関連の大きな課題に直面している．米国が経済的に繁栄するためには，信頼できる安価なエネルギーの供給が不可欠である．米国の環境を保護する（都市の大気汚染の改善から，世界の温暖化リスクの緩和まで）ためには，今日のエネルギー構成よりも，二酸化炭素とその他の汚染物質の排出量が少ないエネルギー源の構成にする必要がある．米国の国家安全保障のためには，石油またはその代替エネルギーの確実な供給と，核拡散の防止が必要である．また，経済，環境，安全保障，および大国としての地位のために，米国はエネルギー供給/消費の科学と技術に関して，リーダーシップを維持しなければならない．

米国の繁栄に対するエネルギー関連の全ての課題は，諸外国で生じている事態によって，さらに深刻化している．アジア，アフリカ，ラテンアメリカでの人口増加と経済発展は，世界のエネルギー消費量を急激に増加させている．これに伴って，化石燃料の燃焼による世界の二酸化炭素排出量が大幅に増加し始め，世界の石油供給への圧力が増大し，核拡散の問題が深刻化している．環境を保護し，平和，安定，繁栄を維持する一方で，世界の人々の経済発展の願望と，それに伴って生じるエネルギー需要を満たすための方法を見いださなければならない．

エネルギーに関する研究開発によって実現できるエネルギー技術の改善は，米国が以上の課題に対処し，さらに諸外国の取り組みを助けるために不可欠である．

主にエネルギー省（DOE）によって実施されている連邦政府のエネルギー研究開発プログラムの多くは，適切にターゲットを絞り，限られた予算の範囲内で効果を上げている．しかし，研究開発プログラムを全体としてみると，その範囲と規模は 21 世紀に直面するエネルギー関連の課題と機会に釣り合っていない（この判断では，今日と同様の市場の条件で，合理的に期待される民間部門のエネルギー研究開発投資を考慮に入れている）．現在のエネルギー研究開発活動の不適切さは，社会全体の温室効果ガス（このうち最も重要なのは，化石燃料の燃焼により発生する二酸化炭素である）排出による世界の気候変化リスクに，賢明に,かつ費用効果性の高い方法で対処するという課題に関して，特に顕著に表れている．この課題に対処するために必要な新しい研究開発のほとんどは，その他の課題に対しても効果があろう．

A2-1　主な勧告の概要

現在のエネルギー研究開発プログラムと課題が要求するプログラムのギャップをなくすために，調査パネルは 4 つの主な要素（エネルギー最終消費での効率化，核分裂，核融

合，再生可能エネルギー技術）の予算を増額し，5 番目（化石燃料技術）の一部を再編成することによって，エネルギー省の応用エネルギー技術研究開発ポートフォリオを強化することを勧告する．また，我々は次のことを勧告する．エネルギー省の応用エネルギー技術プログラムと基礎エネルギー科学に関するプログラムで実行される基礎研究の調整を改善すること．エネルギー研究開発ポートフォリオ全体と，そのポートフォリオが次の世紀のエネルギーに関する課題に与える効果について，エネルギー省が行う分析を強化すること．公共の予算による特定分野のエネルギー研究開発の成果について，商業化の可能性を高めるためにターゲットを絞った活動を行うこと．エネルギー研究開発の国際的な側面にいっそうの注意を払うこと． エネルギー省の他の職務に対するエネルギー研究開発の優先度と，エネルギー研究開発を管理する方法を変更すること．

A2-1.1 応用エネルギー技術研究開発に関する勧告

報告書本文で要約し，その付録に詳細を記載した分析に基づいて，2003 年の応用エネルギー技術研究開発に関して我々が提案する総予算額について，表 A2-1 に概要を示す（この表は，公共予算計画で通常使用される時価ベースと，活動の規模に生じた実際の変化が分かりやすい 1997 年度不変ドルベースの両方で予算額を示す）．

調査パネルの主な調査対象であり，表 A2-1 に示す応用エネルギー技術研究開発プログラムは，議会予算項目のうちエネルギー省の「エネルギー研究開発」に関連項目を構成する様々な活動の一部にすぎない．表 A2-2 には，1997 年度の予算配分と 1998 年度のエネルギー省の要求額に基づいて，「応用エネルギー技術研究開発」カテゴリーに含まれる活動の予算と，議会予算項目の「エネルギー研究開発」に含まれるその他の活動の予算との関係を示している（エグゼクティブ・サマリーの最後にある表 A2-3 は，より詳細な情報を示す）．

調査パネルは，基礎エネルギー科学の予算項目（特定のエネルギー源の開発を目的としていない素材科学，化学，応用数学，生物科学，地球科学，工学などの研究を含む）について，詳細な検討を行うことはできなかった．また，調査パネルは，表 A2-2 に示した他の全ての「エネルギー研究開発」予算項目（主に民間のエネルギー技術の発展にあまり関係のない項目や，実際に研究開発とは関係のない項目など）についてはまったく検討を行っていない．従って，これらの予算の将来の規模に関しては，勧告を行わない．しかし，基礎エネルギー科学分野の研究による進歩が，公共部門と民間部門の双方における応用エネルギー技術研究開発の進歩に不可欠な知識基盤の強化に大きな役割を果たしているので，エネルギー省は，応用エネルギー技術研究開発分野が成長するにつれて，基礎エネルギー科学への支援の拡充を検討するようになるかもしれないということに注目する．

表 A2-1 に示すように，我々は応用エネルギー技術研究開発プログラムに関して，この

分野の予算を時価ベースで 1997 年の 13 億ドルから 2003 年には 24 億ドルに増額することを提案する．不変ドルベースでは，1997 年から 2003 年までの増加率は 61%で，平均実質増加率は年間 8.3%に相当する．2003 年の予算案は，その年の応用エネルギー技術研究開発に関するエネルギー省の実際の活動レベルを，ほぼ 1991 年度と 1992 年度のレベルに戻している．

表 A2-1： 応用エネルギー技術研究開発に関するエネルギー省予算案

時価ベースでの 100 万ドル単位

	1997 年度の実際の予算	1998 年度の要求額	1999	2000	2001	2002	2003
効率化	373	454	615	690	770	820	880
核分裂	42	46	66	86	101	116	119
化石燃料	365	346	379	406	433	437	433
核融合	232	225	250	270	290	320	328
再生可能エネルギー	270	345	475	585	620	636	652
合計	1282	1416	1785	2037	2214	2329	2412

1997 年度の不変ドルベースでの 100 万ドル単位

	1997 年度の実際の予算	1998 年度の要求額	1999	2000	2001	2002	2003
効率化	373	442	584	638	695	721	755
核分裂	42	45	63	80	91	102	102
化石燃料	365	337	360	376	391	384	371
核融合	232	219	237	250	262	281	281
再生可能エネルギー	270	336	451	541	559	559	559
合計	1282	1379	1695	1885	1998	2047	2068

この報告書で「エネルギー最終消費での効率化」といい，上記の表では「効率化」と省略した用語は，多くの予算関係文書では「省エネルギー」と表現される．

エネルギー省の応用エネルギー技術研究開発予算に関して，調査パネルが提案した増額のうち最も増加幅が大きいのは，最終消費効率化プログラムである．このプログラムの 2003 年度の年間歳出額は，1997 年から約 5 億ドル以上増加して，8 億 8000 万ドルに達している（時価ベース）．先進的な効率化技術は，いくつかの重要な社会的目標に関して，比較的早く効果が現れ，急速にその効果を拡大し続けることがほぼ確実なので，この大幅な増額は妥当である．この重要な社会的目標には，地域の大気汚染と二酸化炭素排出の効果的な抑制，輸入石油に対する依存度の低減，家庭と企業のエネルギー・コストの削減などがある．

エネルギー効率の改善によって，1975 年から 1995 年の間に，米国の経済活動のエネ

ルギー集中度は約 3 分の 1 低下した．これによって，現在米国の消費者は，効率が改善されなかった場合に比べ，エネルギー支出を年間約 1700 億ドルを節約し，米国の大気汚染物質と二酸化炭素の排出量は約 3 分の 1 低いレベルに保たれている．

表 A2-2：「エネルギー研究開発」予算総数と応用エネルギー技術研究開発予算の関係
時価ベースでの 100 万ドル単位

	1997 年度の実際の予算	1998 年度の要求額
応用エネルギー技術研究開発	1282	1416
「エネルギー研究」：基礎エネルギー科学	641	661
「エネルギー研究」：核分裂を除くその他の技術	539	585
「その他の原子力研究開発」	216	255
「その他の省エネルギー研究開発」	177	234
「エネルギー研究開発」予算総額	2855	3151

エネルギー省のエネルギー研究局は，基礎エネルギー科学をはじめ，生物医学および環境研究，計算に関する研究，科学教育を含むその他の科学技術プログラムに関するエネルギー省の研究開発とともに核融合エネルギーの研究開発を担当している．「その他の省エネルギー研究開発」には，州地方パートナーシップ・プログラムと連邦エネルギー管理プログラム（これは真の研究開発ではない）などの項目がある．「その他の原子力研究開発」には，宇宙船用の放射性同位元素動力源と医療用の同位元素などがある．（調査パネルの分析が示すように，実際上ほとんどの核融合研究開発は基礎科学であるが）調査パネルは応用エネルギー技術研究開発の分析に核融合を加えた．

今後の主な効率改善は，全てのエネルギー最終消費分野で実現することができる．たとえば，輸送部門でははるかに燃料効率の高い乗用車とトラック，産業部門ではモーター，原料加工技術，製造工程の改善，住宅・商業ビルではハイテク窓，超断熱，より効率の高い照明，先進冷暖房システムによって効率を高めることができる．

調査パネルが提案する予算の増額のうち，2 番目に増加幅が大きいのは再生可能エネルギー技術である．再生可能エネルギー技術では，2003 年度の年間歳出額は，1997 年から約 4 億ドル増加して，6 億 5000 万ドルに達する（時価ベース）．近年，多くの再生可能エネルギー技術によって急速なコスト削減を達成したこと，さらなる成果が十分に期待されること，この技術が環境の改善，気候変動のリスクの低減，石油輸入量増加の抑制，アフリカ，アジア，ラテンアメリカでの持続的な経済発展の促進に大きく寄与することを考慮に入れれば，この増額は妥当である．

風力発電システム，太陽光発電，太陽熱エネルギー・システム，燃料および発電気のた

めのバイオマス・エネルギー技術，地熱エネルギー，燃料電池を含む様々な水素生産および水素使用技術に関して，重要な進歩の機会が存在する．エネルギー効率化研究開発予算の増額に関する提案の場合と同様に，再生可能エネルギー技術への支援の増強にあたっては，産業界に対して予想される短期の収益が公共の利益のために必要な規模の研究開発の促進には不十分な分野に集中されよう．

我々は，核融合研究開発に対して 3 番目に大きな予算の増加を提案する．核融合研究開発の年間歳出額は，2003 年度に時価ベースで 1997 年より約 1 億ドル増加する．このシナリオに従えば，核融合予算は，2002 年までに，1995 年 PCAST 核融合エネルギー研究開発調査が 1996 年以降も維持すべき時価ベースの歳出額レベルとして勧告した 3 億 2000 万ドルに達する（この前回の PCAST 勧告は実行されず，核融合予算は 1995 年度の 3 億 6900 万ドルから，1997 年度には 2 億 3200 万ドルに減少した）．

調査パネルは，2 つの理由のためにこれだけの金額が必要であると判断する．(1) 年間約 2 億ドルは，米国の基礎科学ポートフォリオのうち非常に生産的な分野，（他の分野への先進的な技術への貢献と貴重な波及効果に関して優っている）に引き続き支出されること．(2) 残りの予算は，プログラムの規模と期間のゆえに実質的に民間資本が投下されない，ハイリスクであるが将来社会全体にとって非常に利益が大きいエネルギー・オプションに関して政府が行うべき種類の投資として容易に正当化されること．

1986 年から 1997 年の間に，実質ベースで 12 分の 1 に減少した核分裂エネルギー・システムに関するエネルギー省の研究開発費は，我々の提案に基づいて，1997 年度の年間約 4000 万ドルから 2003 年度には年間約 1 億 2000 万ドル（時価ベース）に増加する．これによって，実質レベルで 1995 年の水準に戻る．核分裂は，現在世界の電力の約 17% を生産している．この電力が石炭によって生産されたとすると，化石燃料の消費による二酸化炭素の排出量は，現在よりも約 10%多くなる．

米国と世界の多くの地域で，原子力発電が将来拡充されるとは考えにくい．これは，高いコスト，原子炉事故のリスク，放射性廃棄物の管理，核兵器の拡散との潜在的な関係に関する懸念があるためである．我々は，二酸化炭素に関する課題に対処するために核分裂がより大きな役割を果たすという潜在的な利益があるので，技術の改善によってこのエネルギー・オプションの未来を暗くしている懸念を緩和することができるかどうか，またその方法を研究するために，ここで提案する控えめな研究イニシアチブは妥当であると考える．問題を是正しようとする代わりに，一部の者が主張しているように直ちに原子力発電を廃止することは，エネルギー供給の観点から軽率であり，諸外国の核エネルギー活動の安全性と拡散防止に対する米国の影響力を大きく損なうリスクを冒す．従って，我々は研

究開発ポートフォリオに原子力発電を加える．

化石燃料エネルギーは，現在，米国の年間エネルギー消費量の 85%，世界の年間エネルギー消費量の 75%を占めている．化石燃料は，考えられるあらゆる状況の下で，次の世紀の半ば過ぎまで，大量のエネルギーを供給し続けるであろう．我々は，エネルギー省の現在の化石エネルギー研究開発プログラムを，一連の関連するニーズ，機会，予想される民間部門の継続的な化石エネルギー研究開発活動との関連で，ほぼ適切な規模であると判断する．我々は，エネルギー省の化石エネルギー研究開発の予算を，1997 年から 2003 年の間に，時価ベースで年間約 7000 万ドル増加させることを提案する．これによって，実際の活動レベルは，ほぼ 1997 年度の年間 3 億 6500 万ドルに近いレベルに保たれる．

ただし，我々は，このプログラムの重点分野をいくつか変更することを勧告する．特に，近い将来の石炭発電技術に関するエネルギー省の研究開発活動を段階的に停止し，石炭直接液化技術への出資を直ちに終了する一方で，先進石炭発電プログラム，炭素の吸収と隔離，燃料電池とその他の水素技術，石油とガスの先進的な生産と処理に関するエネルギー省の研究開発活動増強を提案する．以上の変更は，二酸化炭素と石油の輸入に関する課題（諸外国の炭素排出と石油輸入への依存を抑制する一方で，米国の貿易収支を改善させる技術の輸出機会を含む）への，エネルギー省の化石エネルギー研究開発活動の対応を向上させ，このプログラムによって民間部門の研究開発活動を補足し（または刺激する）ことを目的とする．

エネルギー省の応用エネルギー技術ポートフォリオに含まれる効率化，再生可能エネルギー，核融合，核分裂，化石燃料の分野に関する研究開発活動の勧告は，このエグゼクティブ・サマリーの後半でさらに詳述し，各活動について我々が提案する予算と共に，表 A2-3 にまとめる．

A2-1.2 多分野にまたがる問題に関する勧告

調査パネルは，共同管理や共同出資などのメカニズムを使用して，基礎エネルギー科学プログラムと応用エネルギー技術プログラム間の調整を改善するよう勧告する．

また，エネルギー省が研究開発ポートフォリオ分析に関して，より多くの体系的な作業を行うよう勧告する．すなわち，エネルギー研究開発が直面している課題と，民間部門および国際的活動の性格と米国政府の研究開発活動との相互作用を考慮に入れて，適切なポートフォリオ・バランスの比較と決定を容易にするような方法で，様々なエネルギー・オプションの特性を明確にすべきである．

研究開発の増強を勧告したエネルギー技術オプションに関連する市場の状況と公共の利

益を考慮に入れて，調査パネルは，政府が研究開発への公共投資を補完するため特定の分野で商業化戦略を採択するよう勧告する．この戦略では，対象技術のコストを競争に耐えるレベルまで下げることを目的とし，コストと期限に限度を設けるべきである．

調査パネルは，政府と政府/国立研究所/産業界/大学のコンソーシアムが，エネルギー技術に関する米国の科学，技術，市場でのリーダーシップを回復し，あるいは維持するために，国際的なエネルギー技術研究開発と，適切な場合には開発および商業化活動に積極的に参加するよう勧告する．

我々は，エネルギー省のエネルギー研究開発ポートフォリオに関する全般的な責任を，エネルギー省長官に直接報告を行う 1 名の人物に割り当て，同様に，応用技術プログラムのうち多分野にまたがるプログラムを調整し，全般的な研究開発ポートフォリオを担当する 1 名の人物に報告する責任と権限も 1 人の人物に与えることを勧告した．

調査パネルは，産業界/国立研究所/大学技術監督委員会がエネルギー省と協力して，エネルギー研究開発プログラムへの全般的な指示を与え，このプロセスを促進し管理するよう勧告する．また，エネルギー省の全てのエネルギー研究開発プログラムは，1 年から 2 年ごとに外部の詳細技術審査を受け，中間の内部手続き審査は最小限に減らすことを勧告する．

多分野にまたがる問題に関する追加の勧告と説明は，このエグゼクティブ・サマリーの後半に示す．

A2-2 勧告の根拠

これまで要約した勧告（および，このエグゼクティブ・サマリーの後半でより詳細に扱うその他の勧告）の根拠は，米国の繁栄に対するエネルギーの重要性，米国と世界のエネルギー需給の変化，それがエネルギー研究開発に与える課題，エネルギー研究開発に対する公共投資と民間投資の最近の傾向，この傾向（およびエネルギー研究開発の現状）の，次の世紀のエネルギーと環境上の課題への対応の見通しに与える影響に関する以下の記述に示す．

A2-2.1 エネルギーの重要性

エネルギーの供給と最終消費のために米国と諸外国で利用できる各種の技術の特性は，米国の経済的繁栄，環境の質，国家安全保障にとってきわめて重要である．

- 経済に関して，エネルギー予算は米国と世界の GDP の 7% - 8%を占め，米国と世界の貿易額に関しても同程度の比率を占める．これまでの経験から，エネルギー・コストが高い期間は，インフレ，景気後退，経済的欲求不満と関連していることがわかっている．新しいエネルギー供給技術による売上げは，世界中で年間数千億ドルに達している．

- 環境に関して，エネルギー供給は地球規模で最も憂慮すべき環境問題の大半を占めている．これには，第三世界の村人が薪を燃やした煙から先進国と発展途上国の両方の地域的なスモッグと酸性雨，核エネルギー施設での事故による放射性汚染物質拡散のリスク，地球の大気への二酸化炭素やその他の温室効果ガスの蓄積に到る多くの要因がある．

- 国家安全保障は，以下の点でエネルギーと関連する．米国と諸外国の，特に政治的に不安定な中東からの石油輸入依存度の増大,核兵器に関連する知識と原料が民間の原子力エネルギー・プログラムから一国の核兵器またはテロリストの爆弾に転用されるリスク，社会的および政治的な不安定を生じさせたり悪化させるに十分な経済的または環境上の深刻な結果を伴うエネルギー戦略の大きな失敗が生じる可能性．

研究開発によって実現される科学と技術の進歩は，エネルギーと繁栄の相互作用に関連する現在と将来の問題を最小限にし，機会を最大限に生かすためにきわめて重要である．この進歩が遅ければ，大部分の人の予想以上に，将来経済的繁栄は達成されず，深刻な環境問題が生じ，多くの紛争が生じるだろう．また，進歩のペースが諸外国では早く，米国では遅かった場合は，この国の科学と技術のリーダーとしての地位，経済競争力の基盤の大半，軍事的安全保障，世界の諸問題に関するリーダーシップが損なわれるであろう．

A2-2.2 過去，現在，将来のエネルギー供給パターン

エネルギーの経済，環境，国家安全保障に関連する課題と機会は，主に過去 1 世紀半に亘るエネルギー消費，特に化石燃料消費の急激な増加の結果として生じた．1850 年から 1995 年の間に，世界のエネルギー消費量が 20 倍に増加し，化石燃料消費が 100 倍に増加したのは，主に先進国での人口増加と急速な経済発展という 2 つの要因によるものである．

これに対して，将来の世界のエネルギー消費量の増加の大部分は，現在発展途上のアジア，アフリカ，ラテンアメリカ諸国で生じると予想される．現在これらの国には世界の人口の約 80%が居住しているが，エネルギー消費量に関しては，まだ 3 分の 1 を占めるにすぎない．しかし，最近の傾向が続けば（「通常の条件下での」エネルギーの将来），2020

年から 2030 年の間に，発展途上国の総エネルギー消費量（および二酸化炭素排出量）は先進国を追い抜くであろう．また，発展途上国の成長は，1995 年から 2030 年の間に世界のエネルギー消費量を倍増し，1995 年から 2100 年の間に 4 倍にする主な原動力となるだろう．

先進国でのエネルギー消費量は，通常の条件下では将来も増加し続けるが，発展途上国や過去のペースに比べれば，その増加率は鈍化するであろう．通常の条件下で，米国のエネルギー消費量は，1995 年のレベルから 2003 年には約 40%増加し，2010 年には約 75%増加すると予想される．

化石燃料（石油，天然ガス，石炭）は，1995 年には世界のエネルギー供給の 75%を占めていた．残りは原子力エネルギー（6%），水力（6%），バイオマス燃料（13%，そのほとんどは発展途上国の木炭）で，風力，太陽熱，地熱エネルギーは，合計でも 0.5%に満たない．通常の条件下では，将来，化石燃料の比率が急速に減少することはないだろう．世界全体では，おそらく 2030 年になっても全てのエネルギー需要の 3 分の 2 を，2100 年になっても半分以上が化石燃料で占められているだろう．おそらく石油やガスに関連して，石炭への依存度は今日よりも増大すると思われるが，そのような結果となっても化石燃料資源は十分である．

米国は，1995 年にそのエネルギーの 85%を化石燃料から，約 40%を石油だけから得ていた（その半分は輸入）．諸外国と同様に，米国の化石燃料への依存度は，通常の条件下では，将来急激に減少することはないだろう．エネルギー省の「参考」予測によると，米国の石油輸入量は，1995 年の 1 日当たり 900 万バレルから 2015 年には 1 日当たり 1400 万バレルに増加し，その後もしばらくは増加し続けるという．

A2-2.3 エネルギー研究開発の課題

エネルギー技術の改善は，コストの削減，利益の増大に大きな役目を果たし，もしこれを実行せず通常のエネルギー政策を続けた場合に起こりえるリスクを緩和するために，主要な役割を果たすことが可能であり，また果たさなければならない．

米国で実現し，米国または諸外国で導入されるエネルギー技術の改善によって，次のことが可能になる．

- エネルギー供給の金銭的コストを削減する
- 最終消費での効率を改善し，実質コストをさらに削減する

- 米国製造業の生産性を向上させる

- 先端技術を利用したエネルギー供給およびエネルギー最終消費製品とノウハウに関して，米国の輸出を増加させる

- 石油の輸入に対する米国と諸外国の過度な依存を緩和し，石油ショックのリスクと潜在的な紛争要因を軽減する

- 不確定の未来に生じうるショックと衝撃に対して柔軟性を高めるために，国内の燃料供給および電力供給ポートフォリオを多様化する

- 人体や生態系に有害な大気汚染物質の排出を削減する

- 世界中の核エネルギー施設の安全性と拡散防止を改善する

- 世界の大気中の温室効果ガス蓄積のペースを遅くする

- 潜在的な不安定要因のある世界の多くの地域で，環境への影響が少なく，政治を安定させる経済発展の可能性を高める

適切に規模を決定し，調整し，公表した研究開発プログラムを通じて，以上の目的のためにエネルギー技術の改善を求めることによって，直接的および間接的に生じる影響は，さらに米国の科学および技術の基盤を強化し，大学での研究を盛んにし，効果的な産業界/政府/大学間のパートナーシップを構築し，科学分野と技術分野に進む才能のある若い人々の減少をくい止め，世界の科学/技術開発と生活の改善のための応用に関して，米国の世界的なリーダーシップと影響力を維持するために役立つであろう．

エネルギー研究開発への十分な出資，適切な活動への集中，効果的な管理を求める以上の全ての正当な根拠のうち，特に研究開発活動を強く要求する 1 つの根拠がある．それは温室効果ガスによる世界の気候変化のリスクに，費用効果性の高い方法で対応するために利用できる一連のエネルギー技術を開発する必要性である．温室効果ガスのうち最も重要なものは，化石燃料の燃焼による二酸化炭素である．

このリスクと将来的な社会の対応に関する多くの特性には，不確定な要素が多く，議論の余地がある．この特性の側面には，温室効果ガスの蓄積が進むにつれて，気候の変化がより明らかになるペース，このような変化が生態系とヒトに与える影響の規模と地理的範囲，二酸化炭素の排出を制限するために取ることができる様々な措置が米国と世界の経済

に与える影響などがある．

温室効果ガスを原因とする気候の変化が，気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の最新の査定で予想されたペースで進むと仮定すると，温度，湿度，降水，土壌の湿度，海流のパターンの変化と，海面の上昇が 21 世紀のある時期には地球上のかなりの地域で人間の安寧に悪影響を与える可能性が十分にある．IPCC の査定は，大気中の二酸化炭素の蓄積を遅らせることは非常に困難であることも示している．これは人口の増加と経済発展がエネルギー需要を増加させる圧力，CO2 排出の主な発生源である化石燃料技術の高いエネルギー供給比率と長い転換期間，大気中の温室効果ガスの長い残存期間のためである．

もちろん，今日までの IPCC の報告は，温室効果ガスによって生じる気候変化の問題に関する最終的な見解ではない．研究関係者の一部は，将来の気候変化とその結果に関する IPCC の予測は悲観的すぎると考え，他の関係者は楽観的すぎると考えている．また，気候の変化を妨げようとするよりも，気候変化に適応する方が容易で，コストも低いと主張する者もいれば，防止と適応を組み合わせた戦略の方が，適応だけに頼るよりも安く，安全であると主張する者もいる．調査パネル内にもこれらの問題については，大きな見解の相違がある．

ただし，このような相違に関わらず，調査パネルのメンバーは，気候変化の問題がエネルギー研究開発戦略に与える次の影響については，完全に見解が一致している．

- 第一に，温室効果ガスによって生じる気候変化の推定リスクと，防止/適応の複合的戦略による推定利益を考慮に入れて，政府は，エネルギー・システムからの温室効果ガスの排出を，大幅にかつ直ちに削減することを決定する可能性が高い．従って，最低限の経済，環境，社会上のコストでこれを実現するために使用できる一連のエネルギー・オプションを拡充することを目的とした適切なエネルギー研究開発活動を遂行する必要がある．

- 第二に，温室効果ガスの大幅な削減の強制が，新たなエネルギー関連の全ての課題のうちで，国家および国際的なエネルギー研究開発活動を最も強く要求するからである．これは，現在の米国と世界のエネルギー・システムで化石燃料技術が果たしている大きな役割，二酸化炭素の排出を減らすために化石燃料技術を変更する技術的な困難とコスト，長い転換期間，現在利用できるほとんどの代替技術に比べて優れている化石燃料技術の経済的利点，商業化が可能になるまで新しい代替技術を開発するために一般に必要な長い期間などによる．

- 第三に，（これは温室効果ガスの問題に関するよい知らせである）この目的のために役立つエネルギー技術の改善の多くは，将来に生じるその他のエネルギー関連の課題に対処するためにも重要な役割を果たすことができるからである．この課題には，石油の輸入に対する依存度の低減，国内の燃量および電力供給システムの多様化，エネルギー供給/エネルギー最終消費技術とノウハウの米国による輸出の増加，化石燃料技術による大気汚染と水質汚染の緩和，世界中の原子力エネルギー・システムのコスト，安全性，安全保障上のリスクの低減，持続的かつ安定した経済発展の促進，科学および技術分野における米国のリーダーシップの強化などがある．

A2-2.4 エネルギー研究開発予算の削減

上記の課題に効果的に対応する社会の能力は，エネルギー研究開発活動のアウトプット，すなわち成果（およびその成果を効果的に導入するために取られた措置の成功）によってほぼ決定され，研究開発活動のアウトプットはインプット，すなわち研究開発予算によって大きく左右される（その研究開発の管理と実施の効率性によって，多少変化する）．

しかし，近年，米国と世界のエネルギーの未来に生じている課題が増加している（または少なくともより明らかになっている）一方で，研究開発予算は減少している．米国では，公共部門と民間部門の双方で予算が減少し，特に公共部門の予算の減少は，産業界の予算の減少よりもはるかに減少幅が大きかった．エネルギー研究開発に関する政府予算は，ほとんどの他の先進国でも減少した． ただし，顕著な例外として日本がある．（調査パネルは，諸外国の民間部門研究開発予算に関する動向の予測をまとめることはできなかった）．

エネルギー研究開発に関する連邦予算のほとんど（約 90%）は，エネルギー省が出資している． 応用エネルギー技術研究開発に関するエネルギー省の 1997 年度予算は，5 年前の 1992 年度の 21 億 8000 万ドル，20 年前の 1978 年度の 61 億 5000 万ドルに比べて，12 億 8000 万ドルであった（全ての数値は，1997 年度の不変ドルベースである）．

エネルギー省の基礎エネルギー科学予算を加えると，エネルギー研究開発予算は 1978 年度の 65 億 5000 万ドルから，1992 年度には 30 億 4000 万ドル，1997 年度には 19 億 2000 万ドルに減少した．このように基礎エネルギー科学を総計に入れるかどうかによって，過去 5 年間の減少幅は 37%から 42%の間，1978 年から 1997 年の間の減少幅は 3.4 倍から 4.8 倍の間になる．実質 GDP の比率としては，エネルギー技術に対するエネルギー省の 1997 年度歳出額は，石油ショックの前で，米国がエネルギー供給とエネルギー価格の問題を意識していなかった 30 年前の 1967 年度に，旧エネルギー省機関が歳出した金額の半分にも満たない．

米国民間部門のエネルギー研究開発に関するデータは，政府予算に関するデータほど包括的ではないが，エネルギー業界研究開発の動向に関する最新の体系的な調査では，産業界の研究開発への支出額が 1985 年から 1994 年の間に 44 億ドルから 26 億ドルへ，実質ベースでは 40%減少したことが判明した．米国で運営中の大手電力公益事業 112 社の研究開発支出額は，1993 年から 1996 年の間だけで 38%減少した．大規模な研究活動を行っている米国石油企業 4 社の研究開発活動は，1990 年から 1996 年の間に約半分に減少した．

（エネルギーに限らず）研究開発一般への公共投資と民間投資は，一方が減少した場合に他方がそれを補って増加するのではなく，同時に増加したり，減少する傾向があることを示す証拠がある．1995 年には，2 億ドル未満であったと思われる米国のエネルギー研究開発への州政府予算は，電力公益事業の予算と同様に下降傾向をたどるであろう．

米国と日本を除く G7 加盟国では，公共部門のエネルギー研究開発は 1984 年から 1994 年の間にドイツとイタリアでは 4 分の 1，英国では約 6 分の 1，カナダでは 2 分の 1 に急激に減少した．1984 年の統計が入手できなかったフランスのエネルギー研究開発に関する公共歳出額は，1990 年から 1995 年の間に徐々に減少した．しかし，日本は公共部門のエネルギー研究開発予算を 1974 年の 15 億ドルから 1980 年には 42 億ドル，1995 年には 49 億ドルに増加させた．これは同年における米国エネルギー省のエネルギー研究開発予算（基礎エネルギー科学を含む）の約 2 倍である．

A2-2.5 公共/民間研究開発活動の減少に関する説明と影響

近年のエネルギー研究開発の全般的な下降傾向に関しては，多くの理由がある．重要な要素の 1 つは明らかにエネルギー価格の低さである．世界の石油価格は，1980 年以降急激に下落し，1990 年代にはほぼ 1920 年代と 1950 年代のレベルであった（インフレ調整済みベース）．米国の天然ガスの価格も非常に低いため，その他の発電手段は，天然ガスを利用できる地域の天然ガス・コジェネレーション発電所と競合できない．この状況は，新しいエネルギー技術の開発への投資を妨げている．石油ショック以降に増加した米国連邦エネルギー研究開発予算のほとんどを占める化石燃料，原子力，再生可能エネルギーの非常に大規模なデモンストレーション・プロジェクトは，価格が再び下落した後に，コストの高い時代錯誤と見なされ，その中止はほぼ適切であった．

また，政府の全般的な予算の緊縮政策と低い価格，ガソリン・ラインの不足，中東の石油への入手経路を保持する米国と連合軍事力の能力に対する高い信頼による，国民と政治家の危機意識の欠如のために，エネルギー研究開発に関する公共部門予算には下方圧力がかかっている．エネルギー省は「大きな政府」の批評家による特定の予算抑制調査を受け，

さらに，そのエネルギー研究開発予算はエネルギー省のより大きな予算項目（主に環境浄化および核兵器プログラム）の圧力によって，内部からも制限を受けている．

さらに，エネルギー研究開発への政府歳出が減少している競合的な環境で，各エネルギー・オプションの擁護者は，自己の信奉する特定の技術に対して多額の予算を獲得しようとして，他のオプションの将来性を批判する傾向があった．このため，エネルギー関係者は，エネルギー研究開発への責任あるポートフォリオ・アプローチ，すなわち全てのオプションの欠点に対処し，改善することを求めるアプローチを要求する一貫した主張を行わないままに，予算委員が一度に 1 つずつエネルギー研究開発プログラムの規模を縮小するために使用した根拠を，エネルギー関係者自身が用いてしまった．すなわち，「再生可能エネルギーはコストが高すぎる」，「化石燃料は環境への影響が大きすぎる」，「核分裂はリスクが大きすぎる」，「核融合はうまくいかない」，「省エネルギーは犠牲を意味する」等である．

一方，民間部門は，経済のグローバル化の進展，情報技術（IT）のめまぐるしい進歩，企業の意思決定に対する株主と金融市場の影響力の増加，エネルギー産業の重要な部分に関する規制緩和と再編成によるパラダイム・シフトの渦中にあった．これらの要素に加え，エネルギー価格の下落，日用品ベースの事業に固有な低い利益率のために，エネルギー企業は短期的な収益により重点を置き，広範なまたは長期的な研究開発プログラムによって引き受けるリスクを減らし，専門の研究開発請負業者にその研究開発をアウトソーシングするようになった（これは，民間部門エネルギー研究開発部門で縮小をまぬがれている部門の 1 つと思われる）．

最後に，民間部門，公共部門，または両方のエネルギー研究開発の効率が既に向上したことも原因の 1 つに考えられる．この場合，インプット（予算）の減少は，必ずしも，それに対応してアウトプット（商業化が可能な革新技術，あるいはその他の方法で生活条件を向上できる革新技術）の減少を意味しているわけではない．検証は困難であるが，調査パネルはこれが真実であることを希望する（これは，研究開発と実際に革新技術が生まれた後の成果との間に大きなタイムラグがあるためである．インプットが減っている一方でアウトプットが高い水準を維持しているとしても，これは一時的な状況にすぎないかもしれない）．

いずれにせよ，公共部門と民間部門双方の研究開発予算に生じた全般的な減少はほとんど説明可能で，削減された予算は必要がなく，または効果がないものであったとしても，現在と未来のニーズに対して残りの予算だけで十分であるということの証明にはならない．

民間部門で，エネルギー研究開発は進歩の主要な原動力であった．このエネルギー研究開発によって，企業は既存の市場シェアを拡大し，新しい市場の確立と参入を果たし，コストを削減する一方で業績を維持または向上させるために，製品を改善したり，新しい製品を開発することができた．おそらくこれらの利益は，新しいパラダイムからも十分に生じるであろう．しかし，数 10 年間にわたって，我々の社会に対して非常に大きな役割を果たしてきた産業研究開発システムの重要な部分が，現在，短期的な利益のために犠牲にされていることも考えられる．たとえば，産業研究開発の分散化傾向によって，長期的な技術革新のために非常に役立つ人同志，あるいは異なる知識ベース間の相互作用が損なわれるのではないかという懸念が表明されている．

公共部門の研究開発予算は，社会の潜在的な利益のために，民間部門への推定収益によって引き出すことができる投資額よりも，大きな投資を必要とする場合のニーズと機会に対処する責任を負っている．このようなニーズと機会は，公共の利益（外国の石油への依存を制限することによる国家安全保障上の利益など），外的要因（罰則や規則のない国での環境への影響），並びに，企業が社会全体に大きな利益を与える研究開発を実施するインセンティブが弱まるような状況，すなわち不適切な研究成果の割当て，市場の構造，リスクの規模，投資額，潜在的な利益を実現できるまでの長い期間などの要因がもたらす状況に関係するものである．

公共の利益および外的要因に関する課題が増加したり，状況の変化によって，社会への高いリターンが確実な種類の研究開発を企業が実施するインセンティブが弱まる場合は，時間の経過に伴って公共部門研究開発へのニーズが増加するであろう．近年いずれの状況も生じていることはすでに示したとおりである．しかし，公共エネルギー研究開発の現在のポートフォリオが十分であるかどうかは，そのポートフォリオの研究開発プログラムが，大きな社会的利益の生じる見込みが高く，民間部門の推定収益が必要な研究開発活動を引き出すために不十分な場合に，全てのニーズと機会に効果的かつ効率的に対処しているかどうかによって判断される．調査パネルは，以上の点に関して，エネルギー省のエネルギー研究開発ポートフォリオを分析した．

A2-3　調査結果の詳細と勧告

まず最初に，研究開発ポートフォリオに含まれる主要なエネルギー技術分野の内容，すなわち最終利用での効率，化石燃料技術，原子力技術（核分裂と核融合），再生可能エネルギー技術に関して，次に基本エネルギー科学の役割，ポートフォリオ分析，商業化上の検討事項，国際協力，エネルギー省によるエネルギー研究開発プログラムの管理に関して，我々の調査結果を示す．

A2-3.1 最終利用での効率化技術

1975 年から 1986 年の間に，米国はエネルギー効率を 3 分の 1 向上させた．この異例の成果は，米国が 2 回の石油ショックとそれに伴うスタグフレーションを乗り越えるために役立った．現在，効率の向上によって，米国の消費者は，年間約 1700 億ドルを節約し，米国での大気汚染と CO_2 の排出量は，予測値から 3 分の 1 以上減少している．

A2-3.1.1 課題と機会

このような成果は，将来のエネルギー，経済，環境問題を考える際の教訓となる．エネルギー効率に関する技術の進歩と投資は，当面の米国経済を救い，エネルギー問題に対処するために数十年の猶予期間が生じた．これらの多くの進歩は，エネルギー省の出資による研究開発によって実現した．今後も同じような改善を実現することが可能だろうか．

PCAST エネルギー研究開発調査パネルは可能であると考える．我々はエネルギー効率への投資が，一般に気候変化，世界の石油供給不足，局地的大気汚染のリスクを減らし，同時に経済の生産性を高めるために最も費用効果性の高い方法であることを確認した．また，自動車で半分以上，モーターと駆動装置で半分，建造物で 70%以上エネルギー使用を削減することができる技術を検討した．これらの技術の多くは，まだ研究が始まったばかりで，商業的に実現可能にするには，大規模な研究開発が必要である．実現が近い技術もあるが，急速に普及させるには標準化とインセンティブが必要である．

A2-3.1.2 予算，目標，イニシアチブ

調査パネルは，エネルギー省のエネルギー効率化予算のうち研究開発部門の予算を，今後 5 年間に 3 億 7300 万ドルから 7 億 5500 万ドル（1997 年の時価ベース）に着実に増加させることを勧告し，各分野について以下のように目標を定めた（一部は従来からの目標で，一部はここで新たに提案する目標である）．

<u>建造物：</u> 2010 年までに次の 2 つを実現するために，設備，材料，電子その他の関連技術に関する研究を支援および実施し，産業，大学，州および地方の政府と協力して作業を行うこと．(1) 100 万棟の正味エネルギー消費量ゼロの建造物を建設すること．(2) 1996 年に建てられた建造物に比べて，全ての新築建造物のエネルギー効率を平均 25%向上させること．先進エネルギー・システムおよび構成機器に関する，より長期的な追加研究によって，全ての新築建造物で平均 70%エネルギー消費を削減し，2030 年までに温室効果ガスの排出を平均 50%削減するためのあらゆる革新が可能になるであろう．

産業： 2005年までに，40%以上効率を高めたマイクロ・タービン（40kWから300kW）を産業界と共同開発し，2010年までに50%効率を高めたマイクロ・タービンを実現する．2005年までに，効率を5%から10%高める一方で，窒素酸化物の排出を30%から50%削減する燃焼システム用の新素材を産業界と共同開発し，商品化する．2010年までに，主要なエネルギー消費産業（林業製品，鉄鋼，アルミニウム，鋳造，化学，石油精製，ガラス）へのエネルギー集中を4分の1以上改善し，2020年までに上記産業の次世代のエネルギー効率および排出に関して，20%の改善を実現する．

交通： 2004年までに，80mpg（1ガロン当たりの走行マイル数）の乗用車の生産プロトタイプを産業界と共同開発する（PNGV=新世代自動車パートナーシップの現在の目標）．2005年までに，排出量が非常に少なく，代替燃料を使用できる10mpg重量トラック（クラス7および8）を導入し（現在の目標），2010年までに13mpgを達成する．2010年までに，排出量ほぼゼロの100mpg乗用車の生産プロトタイプを完成する．また2010年までに，クラス1-2トラックの燃費を最低3倍にし，クラス3-6トラックの燃費を2倍にする．

以上の目標を達成するために出資を増やす必要がある研究開発部門を特定した．エネルギー省には，この出資額の増加を正当化するために十分な計画，管理技術，成功例，そして最も重要な将来の出資のための潜在的能力がある．

A2-3.1.3 追加の調査結果と勧告

建造物プログラムでは，行政側の積極的なリーダーシップ，産業界との緊密な協力，研究成果を配布する仕組みの改善が必要である．これらの要素は，「21世紀イニシアチブ向きの建造物」にまとめられる．各州により大きな技術支援を与え，州内での技術進歩を促進するために，規約および標準化プログラムを拡充する必要がある．

産業プログラムは効果的である．より多くの産業が参加するように拡張し，多くの産業で使用される技術を開発する多分野にまたがる研究を大幅に増強すべきである．

交通に関する研究，特にPNGVは非常に重要である．PNGVプログラムは，資金が不十分で，現在のレベルでは全ての目標を達成することはできない．2005年以降に，非常に大きな可能性がある燃料電池などの長期的な技術開発に注力するために，「PNGV II」で補足すべきである．また，PNGVは，選択した技術によって国家と州の大気汚染防止プログラムが損なわれないように，大気汚染問題にもいっそうの注意を払う必要がある．行政は，長い期間にわたって自動車の燃料効率を高める新しい交通政策を策定する必要もある．また，先進的な車両開発プログラムは，代替燃料プログラムとの調整を図り，将来

の交通システムのために相互に補い合う必要がある．

米国運輸省の研究開発は明確な公共の利益を目標として再編し，交通のエネルギーと環境に関連する作業はエネルギー省の目標と一致させるべきである．運輸省は，より多様な輸送形態の研究とシステム最適化を図り，都市の交通渋滞と大気汚染を緩和するために，より効率の高い総合交通システムの開発に努力を集中すべきである．高速道路自動化システムの研究を徹底的に評価し，主要な技術上の仮説を文書化し，十分に検討する必要がある．さらに，このプログラムは，上記の公共の利益を目標として再編すべきである．

エネルギー効率の向上によって，非常に大きな利益が生じる．これは同時に，数 10 億ドルを節約し，石油の輸入と貿易赤字を削減し，各地域の大気汚染を緩和し，二酸化炭素の排出量を減少させる．健全な政策が策定されれば，エネルギー省の研究は，今後 15 年から 20 年に，国のエネルギー効率の 3 分の 1 以上の向上に役立つであろう．

A2-3.2 化石燃料技術

化石燃料は，米国のエネルギーの 85%，世界中の全エネルギーの 75%を供給している．これは，21 世紀においても米国と世界のエネルギー経済の中心にとって必要不可欠なものであろう．化石燃料技術に関する研究開発によって，化石燃料に依存し続けることのコスト，影響，リスクが最小限になり，米国の産業と経済の機会が十分に活用される．

A2-3.2.1 課題と機会

エネルギー省の化石燃料エネルギー研究開発プログラムは，調査パネルの判断では 2 つの重要な課題を対象としている．(1) 化石燃料の使用を抑制する環境への影響（CO_2 の排出を含む）の低減．(2) 安全で安価な輸送用燃料を確実に入手できるようにして，（輸入石油への過度な依存と，中東の潜在的な不安定要因によって生じる）石油ショックに対する経済の耐性を高める．このプロセスで，エネルギー省は，化石燃料関連分野で米国の科学技術のリーダーシップの維持を目指している．

過去 20 年間に，化石燃料，特に発電用の石炭の使用による環境への影響を費用効果の高い方法で低減することに関して，大きな進歩があった．この進歩の一部は，エネルギー省/産業の共同研究開発とクリーン石炭技術デモンストレーション・プログラムの成果である．エネルギー省は，CO_2 の排出がゼロに近く，その他の大気汚染物質の排出が非常に少ない石炭とガスによる経済的な複合発電/燃料技術を目標とする「ビジョン 21」コンセプトの追求を通じて，この進歩を維持しようとしている．しかし，これは非常に野心的な目標であり，非常に効率の高い電気（および燃料）への変換と，CO_2 を分離し隔離するた

めの費用効果の高い方法を実現するためには，多くのブレークスルーが必要である．

米国では，天然ガスが新たな発電のための燃料として選択されている．これは低コストで，環境への影響が小さく，規模が比較的小さいこと（融通のきく立地と短期間での設置），およびタービン技術の急速な進歩，発電業界のリストラを求める競争圧力のためである．天然ガスの使用が増える傾向は数 10 年続き，特に天然ガスが石炭に取って代われば CO_2 の排出が減るため，エネルギー省の環境上の目標達成に役立つであろう．

このため，先進的な石炭電力/燃料技術の主な市場は米国ではなく，この目的のために利用できる天然ガスの埋蔵量が少ない中国やインドなどの石炭集約型の発展途上国である．CO_2 とその他の汚染物質の排出を大幅に減らし，効率を大幅に向上させた魅力的な石炭技術を提供することは，エネルギー省の環境上の目標達成に役立つ．この環境上の機会を利用するには，米国は石炭発電技術に関してリーダーシップを維持し，共同研究開発，開発，商業化活動を含む強力な国際プログラムを策定しなければならない．このためには，現在の米国市場中心から，石炭集約型の発展途上国中心へのパラダイム・シフトが必要である．

安全で安価な輸送用燃料を確保する課題に関して，エネルギー省の研究開発では，国内の石油とガスの産出を増大させ，供給源を多様化し，天然ガス（および石炭，バイオマス，廃棄物）をクリーンな輸送用燃料に変換するコストを低減できる技術の開発とデモンストレーションが行われている．産出量を増やすための活動には，成熟した資源からの産出量を維持するための独立の石油/ガス生産者への技術移転，未開拓分野における資源サイクルの最先端に対するハイリスクの研究開発投資などがある．国際収支の不均衡の是正，将来石油ショックが発生した場合の経済損失の軽減を考慮に入れなくても，税金と特許権使用料による政府の潜在的な歳入だけで，この投資は十分正当化される．21 世紀に天然ガスが過渡期の燃料として重要になるため，石油への依存と気候の変化に関する問題の双方の観点から，この研究開発投資は適切な保険となる．

A2-3.2.2　予算，目標，イニシアチブ

これらの課題と機会に関する調査パネルの分析に基づいて，我々は化石エネルギー関連予算を一定の貨幣価値でほぼ現在のレベルを保つ一方で，「ビジョン 21」，過渡期の燃料としての天然ガス，包括的な輸送燃料の研究開発戦略を目標とする大幅な方針転換を行い，新たなイニシアチブを取ることを勧告する．

<u>石炭/天然ガスの発電力と燃料：</u>　調査パネルは長期的な目的として「ビジョン 21」を支持し，エネルギー省の研究開発の重点をそれに移すことを勧告する．これには，高温燃料電池を使用した複合サイクルの効率性向上の重視，柔軟性のある発電およびクリーンな輸

送用液体燃料（最終的には水素と分離された CO_2）のための石炭，バイオマス，廃棄物の先進的ガス化技術の開発などが含まれるべきである.また,年間予算を2003年には2000万ドル以上に増やして，米国地質調査所，産業界，大学と協力して，科学ベースの CO_2 隔離プログラムも加えるべきである．燃料電池が自動車の動力源として選択されれば，水素が将来の輸送燃料になるかもしれない．CO_2 の隔離が実現すれば，化石燃料は水素を生成するための最も安価な方法となるだろう．

段階的中止：　この方向転換の一環として，調査パネルはエネルギー省に次のプログラムの停止を勧告する．(1) 石炭の直接液化．これは「ビジョン 21」に適合しないからである．(2) 固形燃料/燃料原料プログラム．これに代わって，現在と将来の石炭発電所から有害な排気を減らすための包括的な科学ベースのプログラムに資金を向ける．(3)「低排出量ボイラー・システム」プログラム．エネルギー省は,「ビジョン 21」に貢献しないものや，発展途上国に CO_2 排出量のより少ない技術の選択肢を与えるために役立たないような短期のクリーン石炭プログラムは段階的に中止すべきである．

石油とガスの産出と処理：　CO_2 排出量の抑制という観点から天然ガスは米国にとって過渡的な燃料として重要であるため，調査パネルは，その産出と処理に関してより集中的な努力を行うことを勧告する．これには米国沿岸と世界中のメタン水化物の潜在的な産出量を評価するために，米国地質調査所，海軍研究所，鉱物管理部，産業界と協力するエネルギー省の主要なイニシアチブが含まれる．実際この資源は非常に大量にあって，10 万から 100 万 tcf（1 兆立方フィート）の範囲である．この研究は水素の生産とガスが隔離された状態の CO_2 水和物を使用した CO_2 隔離作業と密接に結びつけるのに多いに役立つであろう．

輸送用燃料戦略：　調査パネルは，代替エネルギーの影響を含む石油需給における価格弾力性を高めるための可能な技術の分析から初めて，包括的な輸送用燃料戦略を策定するようエネルギー省に勧告する．この作業には，たとえば天然ガスから輸送用燃料を生産するコストを削減するための研究開発や，石炭とバイオマスの直接液化に関する作業を加えるべきである．このような作業は「ビジョン 21」を支援し，複合燃料/電力生産の柔軟性を向上させるであろう．この作業には，最終的に CO_2 隔離で集中的または分散的に使用するための水素の生産も含まれる．

A2-3.3 原子力エネルギー技術

原子力エネルギーは，核分裂（原子核の分裂）または核融合（2 つの原子核の融合）によって生成される．核分裂反応も核融合反応も，温室効果ガスや，都市のスモッグまたは地方の酸性雨の原因となる大気汚染物質を発生しない．現在，核分裂による電力は，世界

の電力の約 17%を供給している．31 カ国が 442 基の原子炉を稼動しており，さらに 36 カ所の発電所が建設中である．核融合による電力については，核融合反応を持続させ，実用的な核融合発電所を設計・建設するために，さらに多くの研究を必要とする．最も楽観的な見通しでも，核融合の商業化までにあと半世紀はかかる．しかし，潜在的な利益は非常に大きいため，核融合の研究開発は，現在米国と世界のエネルギー研究開発の重要な分野の 1 つとなっている．

A2-3.3.1　課題と機会：核分裂

今日と将来の拡充可能なエネルギー源としての核分裂の将来性は，使用済み核燃料の廃棄，核拡散に関する懸念，発電所の安全な稼動に関する懸念，コストの高さなどの問題によって制限されている．しかし，発展途上国の工業化につれて予想される世界のエネルギー需要の増加と，GHG の排出を安定化し削減する必要性を考慮に入れると，できれば広い地域で実現可能で拡充可能な選択肢として核分裂エネルギーを確立することが重要である．したがって，核分裂による発電の諸問題に対処するための十分に的を絞った研究開発活動（経済性，安全性，廃棄物，拡散防止）が必要である．原子力エネルギー技術とその基礎科学に関して，世界でリーダーシップを取ることは，国家安全保障，国際的な影響力，世界の安定性の観点からも，米国にとってきわめて重要である．

米国では，世界のどの国よりも多くの原子炉が稼動しているが，今後 10 年から 20 年間に新しい原子力発電所は建設されないことが予想される．米国での原子力発電の衰退は，年間電力消費増加率の急激な落ち込み，低価格の天然ガスの存在と天然ガス・コジェネレーション発電所の効率改善，原子力発電所建設費の急激な上昇，核廃棄物の処理と貯蔵に関する未解決の諸問題，核の拡散と安全に関する懸念など，多くの要素によって生じた．これらの要素は，発電事業の将来の規制緩和とあいまって，米国内原子力発電所の早期停止の原因となるかもしれない．

A2-3.3.2　予算，目標，イニシアチブ：核分裂

核分裂による発電の可能性と問題の分析に基づいて，PCAST（エネルギー研究開発調査パネル）は，核分裂に関する研究開発を 1997 年度の 4200 万ドルから 2003 年度には 1 億 1900 万ドル（時価ベース）に増加させることを勧告する．この期間を通じて，上記の総額には大学の原子炉への研究奨励金と燃料支援など，大学プログラムのための年間約 600 万ドルが含まれる．調査パネルは，核分裂の研究開発活動に関して，さらに以下のような見解を示し推奨を行う．

<u>稼動中の原子炉：</u>　原子力発電所の稼動を延長すれば，GHG 排出目標の達成が容易にな

る．調査パネルは，現有発電所の継続的な稼動を妨げうる諸問題に対処するプログラムを策定するために，研究所および公益事業との協力をエネルギー省に勧告する．また，産業界と同等の年間 1000 万ドルをこのプログラムに出資することを勧告する．

原子力エネルギー研究イニシアチブ：　エネルギー省は，出資額を当初は年間 5000 万ドル，2002 年度までに年間 1 億ドル（時価ベース）に増加させる新しいプログラム「原子力エネルギー研究イニシアチブ」を策定すべきである．これは核分裂エネルギーの将来に影響を与える主要な問題に対処するために，大学，国立研究所，産業界の研究者による提案を競わせ選択する．主要な問題として，拡散防止原子炉または燃料サイクル，世界市場で競争するための効率が高く，低コストで，安全性が向上した新しい原子炉の設計，大型原子炉に適さない場所で使用する低出力原子炉，敷地内貯蔵や地上貯蔵，核廃棄物の永久的処分のための新しい技術などがある．このアプローチは，（プログラム事務局がトピック，スケジュール，範囲を定義する）エネルギー省原子力エネルギー・プログラムの指示による従来型の研究とは対照的に，環境管理科学プログラム（EMSP）に基づくモデルに従っている．

調整：　エネルギー省は，核分裂エネルギーに関する研究開発に出資しているエネルギー省の 8 つのプログラム事務局間の調整と統合を図るべきである．

A2-3.3.3　課題と機会：核融合

エネルギー省の核融合エネルギー科学プログラムの目的は，米国と世界の長期的なエネルギーの選択肢として，核融合の科学的および技術的基盤を開発することである．核融合研究開発プログラムは，基礎研究に集中しており，プラズマ科学の重要な分野を支援している．核融合プラズマ科学の成果と処理方式は，他の多くの科学分野に広範な影響を与え，産業界と製造業に大きく寄与した．1970 年以降，実験での核融合電力は 0.1 ワット未満から 10 メガワット以上に増加した．

米国の核融合エネルギー研究プログラムは，1990 年以降，3 回大掛かりな検討を受けている．最も包括的なものは，米国核融合エネルギー研究開発プログラムの PCAST 調査パネル（PCAST-95）による 1995 年の調査である．PCAST-95 は，3 億 2000 万ドルの年間予算を勧告した．1996 年度に，議会は核融合予算を約 3 分の 1 削減し，エネルギー省に核融合エネルギー・プログラムの再編成を指示した．PCAST エネルギー研究開発調査パネルの見解によると，2 億 3000 万ドルの現在の出資額は少なすぎる．この予算では，実用的な低放射材料を開発する国際プロジェクトへの参加に関連する米国の重要な活動が不可能になり，国際熱核反応実験炉（ITER）設計のための資金が減少し，米国最大の核融合実験を早期に終了せざるを得なくなり，次の重要なプラズマ科学および核融合実験を

実施できなくなる．また，代替的な核融合コンセプトの探求に利用できる資源も制限される．

A2-3.3.4　予算，目標，イニシアチブ：核融合

上記の核融合発電の可能性と，この分野の課題および機会に関する分析に基づいて，PCAST エネルギー研究開発調査パネルは，核融合研究開発予算を 1997 年度の年間 2 億 3200 万ドルから，2002 年度には年間 3 億 2000 万ドル（時価ベース）に増加するよう勧告する．これによって，核融合研究開発予算は，核融合エネルギー研究開発に関する 1995 年の PCAST 調査を 1996 年以降も持続することを勧告したレベルに戻る．

調査パネルは，1995 年の PCAST 勧告の特定項目を支持することも再確認する．これは，プログラムの予算によって制約を受ける戦略を，次の 3 つの主要な原則に基づいて策定することである．(1) プラズマ科学と核融合技術に関する強力な国内の中心的プログラム．(2) 点火および適度な持続的燃焼という次の段階の重要な科学的課題に焦点を当てた共同出資の国際核融合実験．(3) 核融合エネルギー・システム用の実用的な低放射材料の開発を目的とする国際プロジェクトへの参加．調査パネルは，以下に核融合研究開発に関する追加の見解を示す．

<u>国際協力：</u>　米国のプログラムでは，欧州の JET プログラムと日本の JT-60 プログラムの両方と密接な協力関係を確立すべきである．このような協力によって，ITER などの燃焼プラズマ機器の原型と，強燃焼プラズマ放電の研究を可能にする実験上の経験が提供されるであろう．

<u>ITER：</u>　調査パネルは，「エンジニアリング設計活動」の終了から国際的な着工の決定まで 3 年間の移行期間を設けるという提案は妥当であり，ITER 事業は米国の継続的な参加に値すると判断する．ITER 参加の少なくとも一国が今年または来年中に，上記 3 年の期間の終了までに ITER 建設用敷地を提供する意図を表明すれば，ITER の全ての当事者にとって助けになるであろう．ITER 建設の大きな障害となるのは明らかにプロジェクトの総費用であり，これは最近 114 億ドルと見積もられた．このうち，主催国は高い比率の負担を期待されている．各国が建設を進めることに合意した場合は，米国は関係各国の意見も取り入れて，参加の度合と性格を決定する準備をすべきである．調査パネルは，今後 3 年間にいずれの参加国も ITER の主催国として名乗り出なかった場合でも，核融合エネルギーの国際的な研究を遅らせることなく，継続することがきわめて重要であると考える．燃焼プラズマ物理学という次の段階の重要な課題に焦点を当て，相互に合意した一連の科学的目標に向けての比較的小規模で低コストの装置を研究対象にすれば，全ての参加国は合意に達しやすくなるであろう．

A2-3.4 再生可能エネルギー技術

再生可能エネルギー技術（RET）は，電気，輸送用燃料，建造物用光熱，産業用電力とプロセス熱を提供することができる．この技術は，一般に温室効果ガスや大気汚染物質の排出などの環境への影響がほとんどない．RET は石油の輸入量を減らし，経済上大きな利益をもたらすこともできる．たとえば，余分な農地でバイオマス・エネルギー用作物を栽培すれば，農業収入が増加し，将来的には連邦農家収入支援プログラムの減額が可能になる．

A2-3.4.1 課題と機会

今日，RET が直面している主な課題は，比較的高い単位コストである．しかし，過去 20 年間に注目すべき進歩があった．風力タービンや太陽光発電（PV）などの RET のエネルギー・コストは，10 分の 1 に低下した．再生可能エネルギー技術が今後数 10 年間に米国と世界のエネルギー需要に大きく貢献することができる限り，さらなる進歩が期待される．たとえば，国際的石油企業の Shell は，2005 年までに再生可能エネルギー源は現在の化石燃料の 2 分の 1 から 3 分の 2 のエネルギーを世界に提供し，そのうち新しい再生可能エネルギー源（水力と従来のバイオマスを除く）が 3 分の 1 から 2 分の 1 を占めると予測している．

全エネルギーだけでなく，再生可能エネルギー技術の世界市場の成長の大半は，発展途上国で生じるであろう．ほとんどの再生可能エネルギー技術は，小規模で，モジュール方式を採用しているため，発展途上国のエネルギー技術上のニーズに非常に適している．また，大部分の再生可能エネルギー技術には「クリーン」という固有の要素があり，従来のエネルギー・システムの場合のように，複雑な規制による制限を加えなくても環境問題を緩和することが可能である．

A2-3.4.2 予算，目標，イニシアチブ

エネルギー省の再生可能エネルギー・プログラムによって，多くの分野ですでに注目すべき進展が見られたこと，及び米国および世界のエネルギー・システムに対する複数の課題に対処するにあたって，再生可能エネルギーが与える大きな潜在的影響を考慮に入れて，調査パネルは再生可能エネルギー研究開発プログラムへの支出を 1997 年度の 2 億 7000 万ドルから 2003 年度には約 6 億 5000 万ドル（時価ベース）のレベルに大幅に増加させるべきであると考える．このプログラムの目標は次の通りである．

<u>風力：</u> さまざまな先進的風力タービン・コンセプトと製造技術に関する研究開発を通じて，再編成された発電業界で風力発電が化石燃料ベースの電力と十分な競争力を持つよう

に，2005年までに風力発電のコストを現在の半分に削減する．

太陽光発電（PV）： PVシステムの価格を5年間で現在の6000ドル/kWから3000ドル/kWに，2010年までに1500ドル/kWに，2020年までに1000ドル/kWに低下させるための研究開発を行う．この研究開発活動では，開発中の製造技術を支援し，システムのバランスの問題にいっそうの注意を払い，新素材に関する基礎研究を拡充すべきである．

太陽熱発電システム： 放物面反射器および高温の蓄熱が可能なヘリオスタット/セントラル・レシーバー技術に関する継続中の研究開発を強化し，ガスタービン・ベースの電力サイクルを持つ高温レシーバーを開発する．2015年までに太陽のみによる発電（基礎負荷太陽発電を含む）が，化石燃料に対し十分な競争力を持つことを目標とする．

バイオ発電： バイオマス・ガス化装置と統合されるガスタービンおよび燃料電池を採用した先進的なエネルギー効率化発電技術の商業化を10年以内に実現する．これは同様の構成における石炭の役割に関する現在及び過去の研究開発に基づいて行われ，ガス化の材料として石炭よりも優れているバイオマスの利点を生かすものである．これらの技術は，バイオマスから副産物を引き出すシステムでバイオマス残留物またはエネルギー用作物を使用する多くの発展途上国と米国市場で広範囲に競争力を持つことができる．

地熱エネルギー： 高品質高温岩体地熱を最優先して，熱水システムに関する作業を継続し，先進的コンセプトに関する研究開発を活性化する．この技術には，長期的には，先進掘削技術および貯留層調査技術と共に，ほとんどの地域で熱と基礎負荷電力を供給する可能性がある．

バイオ燃料： セルロース系原料からエタノールを生産するための先進酵素加水分解技術に関する中心的な研究開発を推進する．これは2010年から2015年の間に，内燃機関または燃料電池自動車のいずれかで，エネルギー用作物から生産したエタノールに，クリーンな燃料としてガソリンに対し十分な競争力を持たせることを目標とする．先進的バイオ発電技術を使用して，バイオマスの炭水化物留分からのエタノールの生産と，リグニンからの電力生産を共に最適化するために，この開発とバイオ発電プログラムとを調整する．

水素： 水素利用技術と水素生産技術に関する研究開発を行う．水素利用技術開発は，エネルギー省のエネルギー効率化プログラムによる陽子交換膜燃料電池自動車の開発活動と調整する．化石エネルギー・プログラムとの共同により，化石燃料からの水素の生産と，生産過程で分離された CO_2 の隔離を共に最適化するために，水素の生産に関する研究開発を優先する．

水力発電： 92000MW 以上の水力発電量を維持し増加させるためには，魚類と水生生物の生態系への影響が少ない新世代のタービン技術を実現する追加の研究開発が必要である．既存のダムと新しい低ヘッド流水利用発電所で，このような技術を採用すれば，2030 年までに発電量を 50000MW 増やすことが可能である．

多分野にまたがるプログラムとその他のプログラム： 強力に支援すべき多分野にまたがるプログラムとしては，資源査定，国際プログラム，分析がある．また，エネルギー貯蔵，電気システム，システム統合に関しても研究開発が必要である．

A2-3.4.3 追加の調査結果と勧告

調査パネルは，研究開発活動の拡充と，適切なデモンストレーションおよび商業化イニシアチブの組合せによって，上記の目標は十分に実現の見込みがあると考える．エネルギー省のプログラムは，技術性能とコスト削減に関する注目すべき成果を示し，より大きな成果への基礎を築いた．プログラムで特定されるニーズを満たすために，中心的な応用研究/開発と基礎研究の両方に関するエネルギー省プログラムに現在以上に重点を置いて，今後 10 年間に研究開発活動を強力に推進すべきである．

将来見込みがある技術に関しては，その技術が市場で確立され，産業界が再生可能エネルギー技術市場から十分な収益を得て，研究開発を続けるために必要なより多くの費用を負担し，政府の役割を主に長期的な研究開発の支援に限定できるようになるまで，研究開発予算は数年間（期間は各々の技術によって異なる）高水準に維持すべきである．風力とバイオ発電の両方に関して，ほとんどの主要な研究開発目標を 10 年以内に達成することができる．その後，これらの技術を支援する連邦研究開発予算は，少しずつ減少させることができる．その他の技術では，もっと長い期間がかかることもあるが，ほとんど全てのケースでプログラムの主な目標は 20 年以内に達成可能である．

A2-3.5 多分野にまたがる問題

以下に，上記の応用エネルギー技術研究開発プログラムにまたがる 4 組の問題に関する我々の調査結果と勧告の概要を示す．4 組の問題とは，応用エネルギー技術の研究開発とエネルギー省基礎エネルギー科学プログラムの関係，ポートフォリオ全体の分析と米国および世界が直面するエネルギー関係の様々な課題に対するポートフォリオのレバレッジ効果，研究開発の成果の商業化に関する検討，研究開発に関するある種の国際的側面である．

A2-3.5.1　応用エネルギー技術研究開発と基礎エネルギー科学の関係

エネルギー省のエネルギー研究開発活動に関する調査パネルの検討により，上記の各プログラムで特定された基本的な諸問題により多く取り組むことで技術的進歩の加速が可能な多くの分野が特定された．その中には，燃料電池内の電極と電解質との接触面における反応，水素貯蔵のための炭素微小構造の容量，塩分を含んだ帯水層内の CO_2 貯蔵に関する化学および流体力学，薄膜太陽光発電素材の物理的特性などに対する，より深い研究が含まれる．調査パネルは，多くの場合に（上記の問題を研究する）基礎エネルギー科学（BES）プログラムと，（その研究結果を利用する）応用エネルギー技術プログラムの関係を強化する必要があることを認識した．

今日，技術プログラムは，BES プログラムによって得られる基礎知識から恩恵を蒙っているが，これらのプログラムで重要と指摘された特定の問題を BES で研究すれば，はるかに多くの恩恵が得られるであろう．調査パネルは，技術プログラムのニーズに対処する基礎研究活動をサポートするために，追加の資源割り当てを BES に勧告する．これは応用エネルギー技術プログラムとの共同管理と共同出資と予算の承認，予算の再配分などのメカニズムによって促進することができる．

BES は上記のニーズを満たすために，その資源の一部を向けるべきであるという我々の勧告からは，実用に関する時期尚早の検討によって制約を受けて基礎科学の創造性が失われるのではないかという懸念や，基礎研究と応用研究が混合し，基礎研究は必然的に純粋さを失うのではないかという懸念が生じるかもしれない．しかし，我々が求めているのは，BES の資源を応用研究に再配分することではない．技術プログラムは応用研究を支援するが，上記のような基本的な問題の解決にあまり注意を払っていない．この勧告の実際効果は，予算全体の制約の範囲内で，基礎研究活動のポートフォリオを削減するのではなく，拡大させることである．政策立案者間に，世界経済における技術競争に科学を利用しようとする傾向が強くなっていることを考慮すれば，エネルギー技術プログラムに役立つ基礎研究プログラムの開発に BES 資源の一部を割り当てることによって，概して基礎研究支援への政治的要請を増大させる必要がある．

A2-3.5.2　ポートフォリオ分析とその効果

エネルギー省の全体的なエネルギー研究開発ポートフォリオに関して，適度な多様性とバランスを決定することは困難である．技術には，コスト（その技術を開発するための研究開発コストと開発後の技術自体のコスト），パフォーマンス，リスク，リターン，エネルギーと環境の目標に対する長期間の潜在的貢献など，多様な特性がある．どうしたら多くの研究開発オプションを公正に評価し，国の目標とニーズに最もよく応えることができ

る研究開発ポートフォリオを選択することができるか．1 つの量的尺度だけでは，幅広い関連特性の全てを測定することはできない．たとえば，ある技術には大きな環境上の利益があり，2 番目の技術は国家安全保障により大きく貢献し，3 番目の技術は利益はあまり大きくないが，リスクと開発コストが低いというようなことがある．

調査パネルは，比較を容易にし，適切なポートフォリオのバランスを決定することができる方法で，異なるエネルギー・オプションの多様な特性を示す様々な方法を研究し，改善するよう努力した．このために，エネルギー研究開発が直面している課題，民間部門および国際的な活動の性質と，米国政府研究開発との相互作用を考慮に入れた．いくつかの点で進展が見られたが，エネルギー省は，この目的のためにもっと大きな継続的な努力を傾注する必要がある．（ここで我々は戦略的エネルギー研究開発に関する 1995 年エネルギー諮問評議会事務局の報告書で強調された勧告の 1 つを繰り返す．残念ながらこの勧告は，これまでのところほとんど成果を生んでいない）．このような分析は，国家のニーズと研究開発オプションや機会が変化するに伴って，定期的に行うべきである．我々はさまざまな研究開発オプションに関して，外部の詳細検討によってポートフォリオ分析を定期的かつ体系的に行い，全体的なプログラム計画のための資料として使用することをエネルギー省に勧告する．

調査パネルが策定した分野ごとのエネルギー研究開発ポートフォリオの潜在的かつ全般的な影響は，簡単でな分析によって説明することができる．石油の輸入と炭素の排出に関する様々の例は，図 A2-1 と A2-2 に図形的に示す．高度に簡略化されたこれらの予測の詳細は，第 7 章に示す．明確にするため少数の非常に包括的な技術分野だけを示す．

次に，石油輸入の是非について検討する．通常の状況では，米国の石油輸入量は 1996 年の 1 日当たり 850 万バレル，640 億ドルから 2030 年には 1 日当たり約 1600 万バレル，1200 億ドル（1 バレル当たり 20 ドルと仮定する）に増加するだろう．しかし，国内石油の限界供給量の増加のための継続的な研究開発，（穀物ではなく，セルロース系バイオマスに基づく）積極的なエタノール・プログラム，PNGV と軽および大型トラック技術の迅速な開発と市場への普及によって，図 A2-1 に示すように，2030 年には石油輸入需要が 1 日当たり約 600 万バレルに減少することが可能であろう．このような予測は，研究開発の達成ペースが予測困難であるばかりか，将来の市場の状況，および市場の状況に関わらず市場への普及を促進するために取られる措置によって異なるため，必然的にきわめてあいまいなものとなる．しかし，このような「おおよその」推測は，すくなくとも米国が直面している課題の大きさと，本書で示した強力な研究開発プログラムによってその課題に対処する機会の規模の概要を示している．

（慣行上排出された CO_2 の炭素含有量（トン）によって計測される）二酸化炭素への

潜在的な影響は，明らかにポートフォリオが次の世紀のエネルギー関連の課題に与える効果の重要な要素でもある．図 A2-2 は，高度に様式化および図式化して，CO_2 排出に対する効果の分析に密接な関係がある様々な要因を 1 つのグラフに示している．新しい技術が市場に普及し始めるまでの期間，その時点までに必要な研究開発活動のコスト，その時点以降に技術が市場に普及する速度（CO_2 排出の削減率としてグラフに反映される）．（このような図は，いくつかの変更を加えれば，さまざまな規模の関連エネルギー供給市場または末端消費市場が，排出量削減の可能性に与える影響を示すこともできる）．

1）MM バレル/日
2）需要
3）輸入
4）国内供給
5）PNGV
6）軽トラック
7）大型トラック
8）バイオマス液
9）石油の周辺資源の研究開発

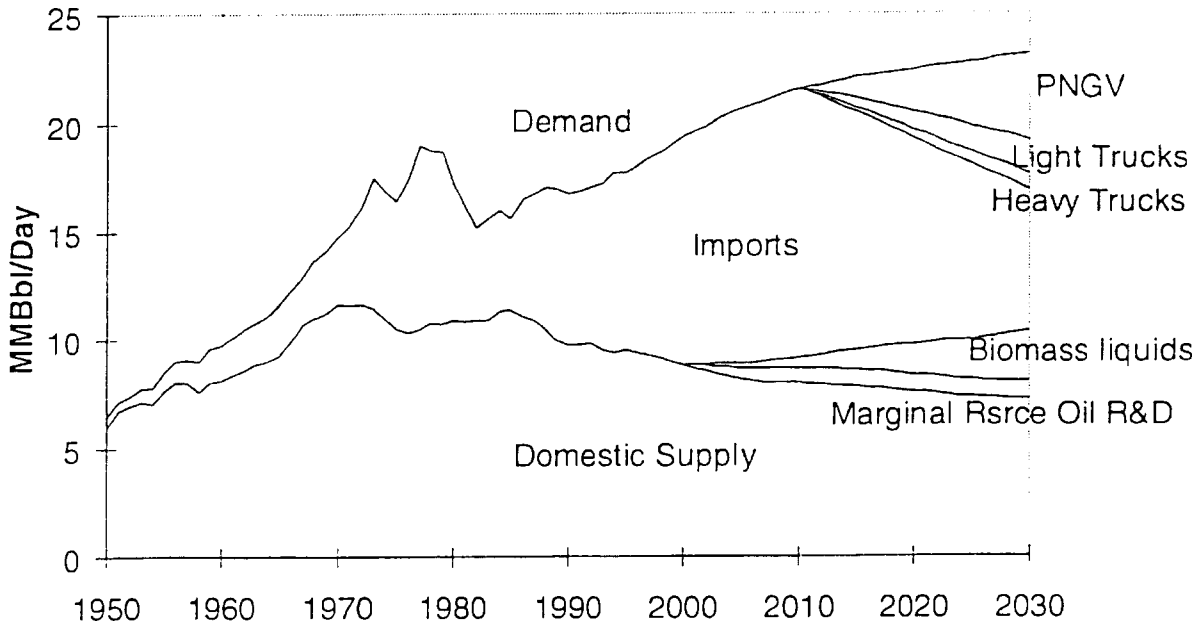

図 A2-1： 選択された先進技術が，米国の石油輸入量を削減する可能性

エネルギー情報局（EIA）の過去のデータとベースライン予測．自動車の効率改善に関しては，2004 年までに研究開発が完了し，2010 年までに商業生産が始まり，2030 年までに市場の 100%まで順調に普及すると仮定している．この改善により，乗用車と軽トラックで約 60%，大型トラックで 40% 燃料需要が削減される．国内の周辺資源を利用するための研究開発の寄与は，エネルギー省の予測に基づいている．バイオマス液の予測は，セルロース系バイオマスからエタノールを産出するための積極的なプログラムに基づいている．他の多くの技術的可能性については示されていない．

調査パネルではこの調査期間内に，適切な市場投入時期，関連する研究投資，考えられる普及率，これらの全てに関連する不確定性の範囲を，自信を持って示すために必要な種類の分析を完了することができなかった．図 A2-2 は，調査過程で明らかになった必要な研究投資および市場投入時期に関するおおよその理解と，普及率に関する大雑把な推測に基づいている（個々の技術を評価するために必要な種類の分析データがないため，普及率はこのグラフに示した全ての技術で同一にした）．しかし，この非常におおざっぱで予備的な潜在的効果の予測にも，次のような利点がある．(a) この予測は，これまでにエネルギー省または我々が行ってきたよりも，はるかに大規模な分析作業に基づいて，エネルギー省がポートフォリオ分析の過程で行うべき作業を示している．また (b) 表に示した達成可能と思われる炭素排出削減の時期と規模は，この目的のために行われた新しい技術の可能性に関する最近の他の主要な調査とほぼ一致している．

1) 炭素，MMTC/年
2) 10億ドル
3) 風力＋貯蔵
4) 先進核分裂
5) 核融合
6) エネルギー正味ゼロ住宅

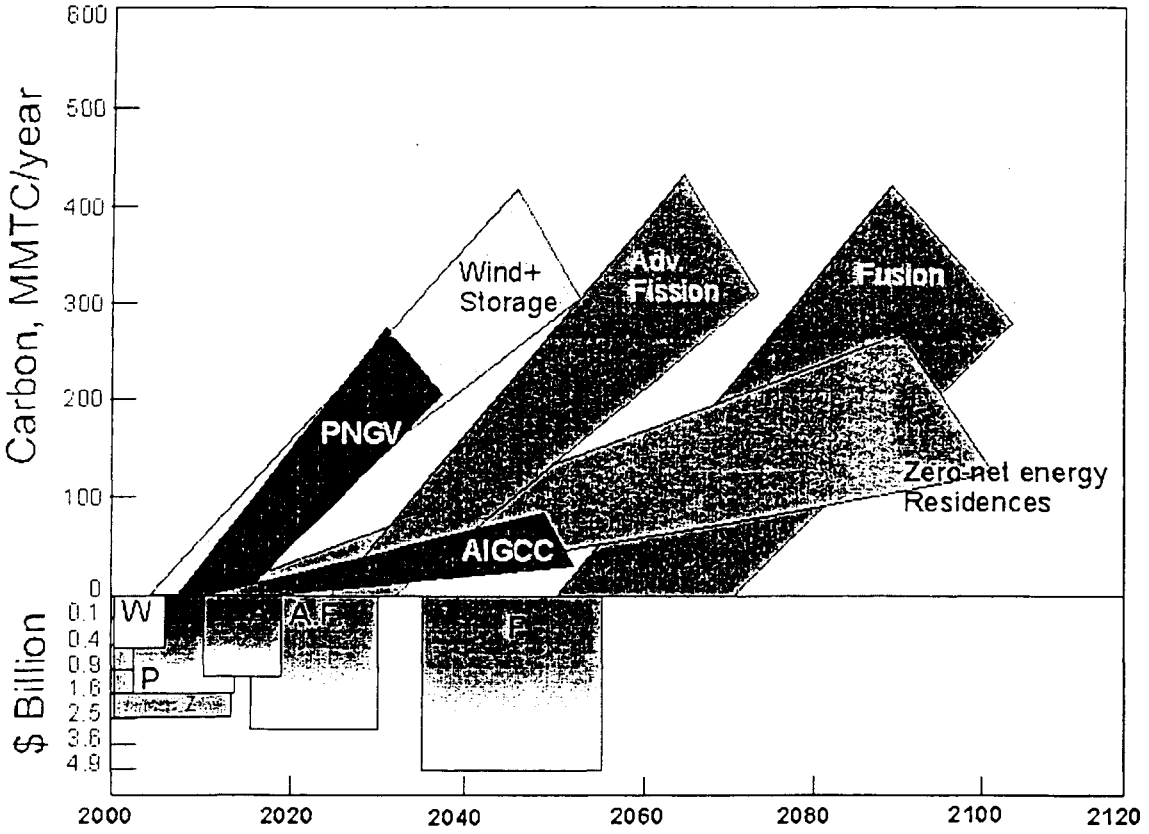

図 A2-2： 炭素排出削減の可能性に関する研究開発ポートフォリオ分析の概略

この図は，ある技術が商業利用できるようになる時期のおおよその範囲（陰影付きのくさび形が，時間軸と接している時点），その技術の市場への普及に伴う炭素排出量削減可能性（普及率の範囲を示している陰影付きくさび形で示す），商業化に向けてこれらの技術を開発するための研究開発に要するおおよそのコスト（図の下部にある四辺形で示す．これは研究開発コストの現在の割引価値に比例する面積を持つ）を示している．図のくさび形と陰影の幅は，予想の不確定性を示す．普及率を示すくさび形の最大の傾きは，新技術が市場を 100%獲得するまでの期間と，旧来の技術の特定の転換期間に基づいている．この転換期間は，自動車では 15 年，発電所では 40 年，住宅では 80 年である．単純化するために，各分野の炭素集中度は，1995 年のレベルで凍結されるものと仮定した．出資額の予測は，基礎科学研究を除く，応用研究開発のみを対象としている．建造物への出資

には，炭素排出の削減量が示されていない商用ビルが含まれる．大規模な長期的研究開発プログラムでは，国際協力が行われることを想定している．この表をさらに正確にし，より精密な分析を行えば，時間と投資額に基づいて研究開発ポートフォリオの効果を示すこのようなアプローチは非常に有効である．

図 A2-2 は，2010 年以降になるまで，市場への普及が始まりそうもない技術を中心に示している．これらの技術は，大量に排出量を削減する可能性を持っているが，その実現は次世紀に入ってかなり先のことである．（もちろん，適切な対象分野への研究開発投資を増加させれば，その技術が市場に浸透し始める時期は早まる）．この図には 2010 年までに効果を生じうるオプションは示していない．しかし，エネルギー省は最近公表された報告書で個別に検証を行っている．このような早い時期に効果の出るオプションは，すでに実施されている研究開発に大きく依存する．

A2-3.5.3　商業化に関する検討

図 A2-1 と図 A2-2 に概略を示したような効果を達成するには，多くの場合，研究開発以上のものが必要である．新しい技術は，一般にコストが高いために市場の規模は制限されるが，コストを下げるには大きな市場が必要になるという矛盾に直面している．現在のエネルギー・コストの低さと，新しい技術による公共の利益（特に環境の質と国家安全保障）は，市場では一般に評価されていないため，技術の移行はさらに困難になる．新しいエネルギー技術のデモンストレーションと商業化に関する産業界主導の官民協力は，この困難に対処するための適切な方法であるといえる．この方法では，研究開発プログラムの対象を適切に決定し，市場の状況に対応させ，技術の普及による民間および公共の利益の合計と釣り合う市場普及率で，研究開発への公的投資による利益を実現することができる．

我々が研究開発活動の増強を勧告したエネルギー技術オプションに関連する市場の状況と公共の利益に関する検討に基づいて，調査パネルは，政府が研究開発への公共投資を補足して特定の分野に関する商業化戦略を採択することを勧告する．この戦略では対象技術のコストを競争に耐えるレベルに低減することを目的とし，コストと期間に限度を設けるべきである．調査パネルは，このようなイニシアチブの資金源に関しては勧告を行わない．しかし，かかる商業化の努力はコストを下げるために非常に効果的に資金を割り当て，エネルギー/財政システムの混乱を最小限かつ一時的なものにするように計画すべきであると考える．

A2-3.5.4　国際的側面

需要の増加が遅く，低価格の天然ガスを利用できるために，多くの新しいエネルギー供給技術の市場は，米国では今後 10 年から 20 年の間あまり大きくならないであろう．世界のエネルギー産出および使用と炭素排出量の増加は大部分発展途上国で発生する．米国がこれらのきわめて重要なエネルギー技術に関し科学，技術，市場でのリーダーシップを維持するには，共同研究開発と市場競争の両方を含めて国際的なエネルギー問題に直接に対処するため，公的研究開発，デモンストレーション，商業化プログラムの範囲を広げることが不可欠である．これによって，米国とそのパートナーに大きな経済および環境上の利益がもたらされるであろう．

調査パネルは，政府及び政府/国立研究所/産業界/大学のコンソーシアムが，エネルギー技術に関する米国の科学，技術，市場でのリーダーシップを回復し（あるいは）維持するために，国際的なエネルギー技術研究開発，デモンストレーション，商業化活動に積極的に参加するよう勧告する．これには研究開発活動の増強（特に，発展途上国との協力），適切な場合には開発・商業化活動に対する一時的な支援，必要に応じて海外輸出促進活動への対応を含めるべきである．

A2-3.5.5　エネルギー省によるエネルギー研究開発プログラムの管理

応用研究開発，デモンストレーション，商業化と基礎研究を関連付ける必要性，ますます複雑化する研究開発活動，研究開発と技術市場の国際化，国際市場での競争の激化，その他エネルギー分野で変化し続ける要因は，エネルギー研究開発管理に関して重要な意味を持っている．研究開発の複雑性と技術上のニーズのために，産業界/国立研究所/大学による研究開発プログラムの詳細な検討と技術的な監督および指示が必要である．上記の関連付けのための，調整作業の改善が必要になる．

意思伝達の改善によって行政手続きおよび管理上の諸経費を減らし，これらの責任を実務レベルに下げて調整作業を改善することができる．資源の効率的な使用のために，研究開発の対象およびスケジュールの慎重な決定と，継続的な進捗状況の測定が必要である．エネルギー省は，このような分野で一定の努力をし，一部のプログラムでは，より広く適用することができる効果的なモデルが確立され始めている．一般にこれらの要素は，エネルギー省のエネルギー研究開発管理を通じてより適切に対処する必要がある．

以上の管理上の問題に取り組み，とりわけ効率性を高め，エネルギー研究開発に投下された公的資金によって国益のために要求される成果が生み出されるように，調査パネルは次のことを勧告する．

- エネルギー省のエネルギー研究開発ポートフォリオに対する全般的な責任は，エネルギー省長官に直接報告を行う 1 人の人物が負うべきである．同様に，各種の応用技術プログラムのうち多分野にわたるプログラムを調整し，全般的な研究開発ポートフォリオの担当者に報告する責任と権限も 1 人の人物に与えるべきである．

- 産業界/国立研究所/大学共同技術監督委員会は，エネルギー省と協力してエネルギー研究開発プログラムへの全般的な指示を与え，エネルギー省はこのプロセスを促進し管理する．

- 全ての研究開発プログラムは，1－2 年ごとに外部の技術詳細検討を受けるべきである．しかし，臨時的な内部の手続き中心の検討は，最小限に減らすべきである．

- 研修と適切な人材の雇用並びにプログラム管理の全ての側面に大きな責任を持つ上級専門職として，外部の技術（および管理）スタッフの体系的なローテーションによって，エネルギー省スタッフの技術スキルを強化すべきである．

- エネルギー省は主導する研究所を指定し，本省とは別個に管理されるプロジェクトの寄せ集めではなく，統合組織としてその研究所を扱うべきである．

- 産業界/研究所/大学間のパートナーシップは，ほとんどのケースでエネルギー省が出資するエネルギー研究開発を行うべきである．

- 国立研究所は，必要に応じて政府の内外でエネルギー省以外のクライアントのために作業を行い，そのための手続きを簡略化すべきである．

- エネルギー省スタッフのエネルギー技術プログラムのための手続きは詳細に検討し，それに従ってスタッフ・レベルを調整すべきである．

A2－4　結論と最後の勧告

次の世紀のエネルギーに関する課題と機会に対処するために必要なエネルギー研究開発の出資と管理は，連邦政府だけでなく，各種のレベルの政府機関，産業界，大学，非営利セクター，以上のさまざまなカテゴリーの組織間の各種パートナーシップの仕事でもある．調査パネルの職務は，連邦エネルギー研究開発を検討することであるが，政府の役割がどのように他のセクターの役割と関連し,相互作用するかについても注意を払ってきた.我々の勧告は，産業界が予想される収益に基づいて通常行うよりも大きな研究開発投資が，社会全体への潜在的な利益によって正当化される場合と，政府の控えめな投資が民間部門の

作業を効果的に補完し，てこ入れし，促進する場合に，政府の資源を研究開発に集中させることを目的としている．

我々は，公共部門と民間部門の複合エネルギー研究開発ポートフォリオを，米国が直面しているエネルギー関連の課題と機会により適合させるために，連邦エネルギー研究開発資金の増加を提案している．これは，影響を受ける特定のエネルギー省プログラムでの増加率として表すと，非常に大きいように見える．しかし，年間歳出増加額（全ての応用エネルギー技術プログラムの研究開発に関して，1997 年と比べて 2003 年には合計 10 億ドルの増加）は，1996 年に米国の企業と消費者がエネルギーに関して支出した金額の 0.2% にも満たない．また，これは応用エネルギー技術研究開発に関するエネルギー省の時価ベースを，実質ベースで 1992 年の水準に戻すにすぎない．この控えめな投資から社会が得る潜在的な利益は非常に大きい．この利益は，投資を行わなかった場合に比べて，エネルギー・コストが減少し，石油輸入量が削減され，大気汚染が緩和すること，また世界の気候変化のリスクを低減するためのより多様で費用効果の高いオプションなどによって測ることができる．

このような利益があるのに，なぜこれまで予算の増額が行われ承認されなかったのであろうか．実際，エネルギー専門家や本書のような調査によって，この論拠はしばしば提示された．しかし，ほとんどは上述した理由で，その多くはもっともな理由であるが，十分な注意が払われなかった．しかし，今日，政府がエネルギー研究開発に関して行うべきことを何も実行していない最も重要な理由は，おそらく低いエネルギー価格と，国民が非常に大きな関心を持っている経済，環境，安全保障という大きな問題とエネルギーとの関係をほとんど意識していないために，自己満足に陥り危機感がないためである．ある意味で，エネルギー問題の優先度の低さは，エネルギー省自体にも表れている．エネルギー省では，エネルギー問題はさまざまな職務のうちの，単なる一部分にすぎず，同省のエネルギー活動全体および個々のエネルギー活動に責任を負う官僚がいない．

従ってこの問題は，ある程度教育の問題といえる．一般の人々の議論を盛んにし，何故エネルギー自体（ひいてはエネルギー研究開発）が米国と世界の安寧のために重要なのか，その理由について一般の理解を深める必要がある．この点に関して，科学および技術関係者には，果たすべき明確な役割がある．我々は，この報告書がそのための積極的な貢献として見なされることを切望する．ただし，大統領が率いる連邦政府にも果たすべき重要な教育上の役割があり，その発言と行動に反映されるべきである．従って，大統領の委任を受けたこの報告書の最後の勧告として，次のことを提言する．

我々は，米国の将来にとって，エネルギーとエネルギー研究開発が重要であることを国民に明確に伝えるために，大統領はもっと努力すべきであり，また，エネルギー省長官を，

適切な国家エネルギー戦略を策定し実行するための国家のリーダーおよびコーディネーターに明確に任命すべきである．この国家エネルギー戦略には，もちろんエネルギー研究開発以外の多くの要素も含まれる．

表 A2-3： 勧告するエネルギー省の応用エネルギー技術研究開発イニシアチブと予算案（100万ドル単位の時価ベース）

プログラム	研究開発活動，イニシアチブ，予算の変化	1997 年度	1998 年度	1999 年度	2000 年度	2001 年度	2002 年度	2003 年度
効率化：建造物	建築システム設計と稼動： 先進センサー，高性能制御装置，自動診断，建造物全体の最適化および設計ツール	24	33	38	48	60	72	84
	建設機器と材料： 先進素材，先進エネルギー効率化 HAVC，照明，窓，電気機器，事務用機器など，および断熱技術イニシアチブ	27	37	57	72	85	98	111
	規格と標準： 効率の高い機器および建造物，技術支援，	12	21	25	25	25	25	25
	多分野にまたがる活動： 技術ロードマップの作成，エネルギー省の未来の産業プログラムのモデルに基づく産業界との共同開発	-	-	20	25	30	35	35
	その他： 管理と計画立案，その他の活動	18	20	20	20	20	20	20
	小計	81	111	160	190	220	250	275
効率化：産業	未来の産業： エネルギー集約産業（アルミニウム，セメント，化学，林業製品，ガラス，鋳造，精製，鉄鋼，農業）と新興エネルギー集約型産業の技術ロードマップに基づく先進技術	46	56	65	75	85	95	110
	多分野にまたがる活動： 先進マイクロタービン（40kW から 200kW），センサー，モーター・ドライブ・システム，素材，バイオマス統合ガス化複合サイクルに関するエネルギー省/OUT との共同作業	38	38	70	80	90	95	100
	技術アクセス： 革新技術の移転，産業アセスメント，「天候識別」，モーター	25	37	40	40	45	45	50
	その他： 管理と計画立案，その他の活動	7	8	10	10	10	10	10
	小計	116	139	185	205	230	245	270
効率化：交通	PNGV： 軽量ディーゼル車，ハイブリッド車の排出規制の改善，システム統合	105	129	100	100	100	100	75
	PNGV II： 燃料電池，マイクロタービン，先進エネルギー貯蔵，システム統合	-	-	75	85	100	100	125
	先進大型車： 効率的なディーゼル車，ディーゼル車排出削減，ハイブリッド車	20	18	30	40	50	55	60
	先進素材： 重量を 25%減らすための高温/強力素材	33	31	35	40	40	40	45
	技術開発： クリーンシティー・プログラム，代替燃料車，その他の活動	11	17	20	20	20	20	20
	その他： 管理と計画立案，その他の活動	7	9	10	10	10	10	10
	小計	176	204	270	295	320	325	335
化石燃料	石炭発電： 低出力ボイラー・システム打ち切り，近来のクリーン石炭事業の段階的中止，先進発電システムに関する研究開発の推進	86	84	79	90	87	88	82
	石炭燃料： 直接液化の打ち切り，固体燃料と原料の研究開発，科学の有害排気プログラムの策定	16	16	9	12	15	16	16
	ガス発電： 固形酸化物燃料電池の研究開発とその他の先進的な研究の強化	97	78	92	92	83	74	70
	石油とガスの産出と処理： 周辺資源のための石油プログラムの維持，ガス産出および処理に関する研究開発の強化，先進的研究の増強	70	77	86	94	107	110	113
	炭素隔離： 科学に基づく炭素隔離プログラムの強化	1	2	10	11	17	23	22
	メタン水和物： 世界中のメタン水和物の可能性を理解するための産業界・連邦政府機関・海軍との科学ベースのプログラムの策定	0	0	5	5	11	11	12
	水素の生産/インフラ： 化石燃料からの水素の生産に関する研究開発の実施	0	0	1	2	6	6	7
	技術/石油価格の弾力性： 石油ショックのコストを減らすための技術の分析	0	0	1	1	1	1	0
	発展途上国向け技術： 諸外国との共同研究開発の実施	0	0	1	2	6	6	6
	その他： 管理および計画立案，環境の復原，共同開発研究など	95	89	95	97	100	102	105
	小計	365	346	379	406	433	437	433
核分裂	稼動中の原子炉： 既存の原子炉の継続的稼動を妨げる問題に対処するための研究開発	4	25	10	10	10	10	10
	原子力エネルギー研究イニシアチブ： 拡散防止原子炉または燃料サイクル，より効率の高い新型原子炉の設計，コストの削減，安全性の向上，低出力原子炉，敷地内貯蔵および地上貯蔵のための新技術，核廃棄物の永久的な処分のための新技術などの課題に対処する大学・国立研究所・産業界の研究者から提案を競わせ選択する．	0	0	50	70	85	100	103
	教育： 大学の研究用原子炉とその他の支援	4	6	6	6	6	6	6
	その他： 先進軽水炉と先進原子炉に関するコンセプト	34	15	0	0	0	0	0
	小計	42	46	66	86	101	116	119
核融合	プラズマ科学： 基礎プラズマ科学に関する研究の実施，核融合科学および技術とプラズマ閉じ込め革新技術の開発，国際的な活動のパートナーとしての核融合エネルギー科学および技術の追求							
	小計	232	225	250	270	290	320	328
再生可能エネルギー	バイオマス燃料： 原料開発の強化，先進酵素加水分解，発電力および燃料システム統合におけるその他の転換技術	28	38	58	76	94	97	99
	バイオマス発電： バイオマス原料取扱装置の開発，統合ガス化複合サイクル，バイオマス・ガス化燃料電池システム，小規模なガス化エンジン・システムの開発	28	38	63	86	89	91	93
	地熱： 熱水研究の強化，先進資源に関する研究開発の活性化，先進掘削技術の研究開発の拡充，貯留層検査・モデリングに関する研究開発の増強	30	30	42	49	50	51	52
	水素： CO_2 隔離を伴う化石燃料からの革新的な水素生産に関して，エネルギー省化石燃料局による近い将来のデモンストレーションの方向転換および商業化イニシアチブの開始	15	15	16	16	17	17	17
	水力： 「魚に優しい」タービンと低高度差流水利用タービンの開発，水力と断続的な再生可能エネルギーとの組合せの分析	1	1	4	8	11	11	12
	太陽光発電（PV）： 基礎光電科学の推進，初回生産のための研究所規模の拡大，低コストの大量生産のためのエンジニアリング科学の支援	60	77	105	130	133	137	140
	太陽熱： 発電タワーおよび放物面反射器スターリングなど，特に光学材料およびソーラー生産イニシアチブの強化，先進的高温レシーバーに関するイニシアチブの開始	22	20	32	43	44	46	47
	風力： 軽量適応システム，直接駆動可変速ジェネレーター，ハイブリッド・システム，貯蔵を含むシステム統合に関する研究開発の推進，風力技術生産イニシアチブ，素材や計算気体力学に関する基礎研究，	29	43	53	65	66	68	70
	システムと貯蔵： 断続的エネルギーとのシステム統合のためのエネルギー貯蔵など	32	46	51	54	55	57	58
	ソーラーエネルギー建造物： 効率的かつ受動的な建造物全体の設計および設計ツールに関する研究開発，建造物に統合される太陽光発電と熱システム，低コスト太陽熱温水器などに関するイニシアチブ	3	4	6	9	9	9	9
	国際協力： 応用分野ごとのシステム統合と開発，現地調査，共同研究開発と研修，技術支援，技術/政策分析	1	7	11	13	13	14	14
	資源査定： 全ての資源に関する統合査定，地理情報システムのさらなる開発，発展途上国との共同研究開発	0	0	5	5	6	6	6
	分析： 技術，システム統合，市場，政策に関する体系的な分析	0	0	4	5	6	6	6
	その他： 管理と計画立案，再生可能エネルギー産出イニシアチブ，その他	21	26	25	26	27	26	29
	小計	270	345	475	585	620	636	652
小計		1282	1416	1785	2037	2214	2329	2412

「活動は，必要に応じて産業界，国立研究所，大学，連邦/州政府機関とのさまざまなパートナーシップを通じて行うべきである．

A-3

US-Japan Dialogue on the Role of Science and Technology in Society Into the New Millennium

（新しいミレニアムに向けて米国―日本の社会における科学技術の役割に関する対話―

A Renewed Agenda（更新議題）

協議

1．背景

1999 年 5 月 3 日，クリントン大統領と小渕首相は「新しいミレニアムに向けて米国と日本社会における科学と技術の役割に関する拡張した協議」を呼びかけた．両国の政府は審議の後，科学や技術がどのようにして両国の社会，そして地球社会に貢献出来，どの分野において二国間での更なる協力が望ましいか等を決定する事を決意した．この協議には産業界，アカデミック，NGO，そして政府など各分野から米国―日本の科学技術協力関係者の参加を促し，2000 年 4 月までに調査結果を報告する事が求められた．

１．１　拡張した協議の実施

まず始めに，米国，日本の両国から核グループとして４人ずつ選ばれ，その後更に両国から４人ずつ選ばれ１６人のメンバーで対話グループを設立した．公式には２回の会合がもたれ各メンバーは外部のアドバイザーと打ち合わせた後レポートを提出した．

１．２　米国，日本の科学技術協力－豊かな歴史

今回の協力により得られた物は新しい知識だけではなく，太平洋を超え，個々の科学者や技術者が共通目標に向かって共同活動を実施した事は両国を新しい絆でより強く結んだ事を意味する．

歴史的な観点から見ても，科学の重要さに劣らず，この様な協力的な関係を築くこと自体が特別な意味を持つ．本グループは，本報告書に述べられている推薦事項をガイドに，この様な協力関係を継続し，深めていく事に役立てられればと願う．

１．３　協議の目的

米国と日本は世界のＲ＆Ｄ支出６０％を担っている．そして，社会問題の幾多の分野において科学や技術は問題解明の為の重大な役割を果たす事から，米国と日本はこの域において協力して問題解明に努める責任を持っていると本グループは考える．

多岐多分野に渡る問題の中から協議に協議を重ね，以下の様な基準を元に，報告書作成の為のトピックを選択した．

- ２１世紀の危機的な問題
- 人間の命や安全に直接影響する事
- 米国，日本，両国の深い関心事
- 高質の科学研究と関係している
- 多国間の協力を可能にするもの

１．４　将来の科学

21 世紀への挑戦を見つめる中で，我々は世界を先導し，依然として知識の差が顕著にみられる地域間において新しい協力活動を試みる．

1.4.1.協力的構造の最新動向

協力的構造に関しては 2 つのことが推薦できる.

1. 両国の R&D 資金制度においては特に，インターディシプリナリー（分野横断的）な計画を促進することに力を注ぐ事を推薦する．管理上の障壁が研究活動を防ぐ分野では，多種多様な機関同士で関わりを持つ必要がある.

2. 民間セクターに関しては，日本の行政改革によって外資の直接投資を認めるなど規制緩和が行われている．このような状況は，米国企業の日本参入を容易くする．最近の日本の法律規定は，日本の産業と大学の研究活動間の協力を得ようとしてきた．この発展はまた，アメリカ企業にとって，日本と新しい種類の協力的関係を築くことを可能なものにする.

1.4.2.報告書の構造と内容

本グループは，2 種類のトピックを選んだ．1 つは健康，環境，エネルギー等，研究により明確な提案が可能なトピックを選んだ．2 つ目のトピックは政策決定における科学の役割や，科学者や技術者の倫理観，そして科学教育等，将来的な科学の活力に重要な課題を取り上げた.

我々は，これらの問題解決について報告書を作成する事により，より一層日米間の絆を深め，両国政府の為に役立つ事を願う.

提言

2．健康と医療

2．1 背景－最近の動向

病気による苦しみや早死もしくは過剰な死亡率の増大は 21 世紀において最も避けられない問題である．発展途上国等では，人口の増加，貧困や混沌とした状況が続き，これらの要素が混ざり合って伝染病の増加につながっている.

結核は,数年前から消滅に向かっていると信じられてきたが,ラテンアメリカや一部のアジア地域，そしてロシア，バルト諸国において，流行性の疾患の率が伸びてきている．

国境を超える市民の流動性が増加しつづける中，この様な現状を更に悪化させることは確実であろう．

多数の産業国間においては，寿命の伸びや繁殖力の減少は着実に老人の人口の割合率を上げている．米国では，たとえば，65 歳以下の国民の人口は 3 倍になっている．同時に「年長の中の年長者」，85 歳以上の人口は最も急速に多くなってきている．1960 年から 1994 年までの間に，年長者の人口は 274%にも膨れ上がった．日本においていえば，年長者の人口はさらに著しく増え続けている．

2．2 米国－日本協力（過去と現在）

米国－日本間の協力的な医学プログラムは 1965 年，ジョンソン大統領と佐藤首相の間で取り交わされた協定に従って始まった．このプログラムは東南アジアに頻繁にみられる伝染病に焦点を当てている．プログラムに含まれている研究分野はエイズ，肝炎，ウイルス性の病気，結核，ハンセン病，コレラ，下痢，呼吸器感染，寄生虫による病気，環境突然変異，栄養，発ガン性物質等である．

2．3 将来的に共同研究をする上での重要分野

特に重要視しているのは，病気予防や合併症のための研究を促進し，解決の道へとつなげることである．

2．3．1 伝染病

研究課題として特に重要な 2 つの病気を下記に記す．

(1) 結核

現時点での研究は，DNA ワクチンの発達と新しい医療制度を通して進んでいる．

(2) エイズ

研究課題としては，ウィルス感染構造,粘膜の免疫，臨床疾患の発達の構造，新しい治療法，ワクチンの発達，そして感染の予防に重要な病気の性質に関する研究等が含まれる．

２．３．２ 伝染病ではない年齢に関係する病気

伝染病ではない病気で特に重要とされる四つの病気に関して述べる．

. 癌

研究課題としては，癌を引き起こす遺伝因子，そして効果的な治療法を考案するために癌を特徴付けるDNAを基本としたスクリーニング方法などが中心となった．

. 痴呆症とパーキンソン病

パーキンソン病やアルツハイマー病のような病気が，年配者人口の増加に伴ってますます目立つようになった．予防方法は現在まで発見されていないが遺伝的性質の認識がされている事から，遺伝子の特徴によってこれらの病気になる危険性の高い人々を確認する事は出来る．

. 脳血管の病気

年長者の体が不自由になる最大の原因は脳卒中である．脳卒中を防ぐ事と脳の欠陥を最小限に押さえる事が大変重要である．米国と日本の共同研究によって，早期の効果的な治療が見込まれ，健康な脳細胞を救出する事も可能にする．

. 糖尿病　(Diabetes　mellitus)

世界中で糖尿病患者は増加しており，2010 年には２億３千万人まで増加する事が予測されている．糖尿病は成人が失明する最大の原因で，腎不全でも最大の原因となっており，多くの国で血液透析が必要とされている．

ヌクレオチド多形性(SNPS)として知られている研究が糖尿病分野では期待されている．この研究は影響を及ぼす遺伝子を確定し，病気の予防や治療のための見通しがつけられる事を可能にすると考えられている．

２．４ 将来的な動き

既存の日米間の協力的な医療科学プログラムを，さらに促進させ，伝染病の多い地域であるアジア諸国での臨床実習や研究をも奨励していくべきである．

二つの新しい分野での共同研究が期待される．１つは神経学，もう１つは糖尿病の分野である．又，人間のゲノムに関する研究の進展が我々の理解している病原論に革命を起こす可能性があり，病気の予防や管理方法に新しい展望が開かれると考える．

２．５ 新しい試み－遺伝子研究分野での約束

新しい試みとしては以下の通り三つのカテゴリーに分ける事が出来る．

２．５．１病気の基本的生物学的メカニズムの理解改善

病気の基本的生物学的メカニズムの理解改善は，効果的で明確な新しい予防や治療のために必要である．

２．５．２　病気に対する免疫力やもろさ

病気に対しての免疫力やもろさの決定は治療と予防のための方針を立てるうえで非常に重要なことであると考えられる．注目すべき点としては，人間の遺伝子分析は，社会的，そして倫理的問題を引き起こす可能性があるという事である．従って，国際的に，かつ国内での認識された基準をもとに遂行されるべきであるということである．

２．５．３疫学研究上での病気の性質を遺伝的に評価

疫学研究の方法では，病気発見感度に限界がある．このような方法を通俗的な方法とかね合わせればさらに正確な判断が可能になる．

我々は，ヒトゲノムの研究のドラフトが発行される時期を見計らって遺伝子と病気予防における専門家の会議の召集を提案する．

３．環境

３．１ 環境問題の重要性

２０世紀の間，我々の暮しは目覚しく豊かになった反面，環境への負荷は多大なものとなった．しかし最近は科学や技術的協力により，産業国は大気汚染，水資源，土地利用等，色々な面でかなりの改善が施された．しかしながら，又，新たに，更に複雑な環境問題である地球温暖化，オゾン層の破壊，薬害等の問題が浮上した．なぜ，複雑なのか？これらの問題に関する我々の科学的理解が極めて限られているからである．問題として取

り上げられているものの中には，実際に問題として本当に存在しているのかすら科学的に証明する事が困難である．

この様な事態の中で，早急にこれら環境問題の科学的理解を深め，人体や生態系にどの様な影響を与えるのかを正確に把握する必要がある．

本分野での，もう一つの重要点は，この様に科学的理解の限度がある中での行政決定をどの様に行うかという事である．経済的なトレードオフをしてまでも，我々は環境問題からのリスクを最小限に抑えるべきなのか？それとも，科学的証明が出来ない事を根拠に，リスク管理はそれなりのバランスをとるべきなのか？現在，世界は色々な分野でこの問題に直面している．

米国と日本は共同で，この様な行政面での決定をする際に適度なバランスが取れる様なメカニズムを発達させる必要性があり，多分野の中から一つまず選択して取り組む事を本グループは推薦する．選択肢の 1 つとして，最も近い将来，行政面での決定が必要でありながら，科学的理解が低いのは endocrine disrupter(ホルモン分裂)分野である．

３．２ 環境ホルモン（Endocrine Disrupter－ホルモン分泌系の破壊） の状況

現在限られた科学的根拠の基で，環境に存在する化学物質の人体や野生生物への悪影響を見極め，政策決定がなされている．実際には，人体の健康への影響とこれらの化学物質の因果関係は証明されていないが，野生生物への悪影響は観測されており，たくさんの国々が行政介入の必要性に関して研究を進めている．だが，どの様な研究が政策決定を可能にし，一般市民を安心させられるのか，意見の一致が得られていない．

３．３ 日本と米国の協力

日本と米国の環境協力は 1970 年に開始され，Joint Planning and Coordination Committee (JPCC-共同計画協力委員会)や各パネルの設立に繋がった．現在まで JPCC によって両国の環境政策が再考され，又，パネル内の有識者間で情報交換や協力が行われている．JPCC の 11 回目の会合が昨年 5 月に行われ，両国では化学物質関連 （環境ホルモンも含まれていた）の意見，情報交換がされ，共同研究実施やアジア地域ワークショップの共同スポンサーシップ実現への糧となった．

３．４ 将来的な協力

３．４．１ ホルモンシステム

国際的同意の得られる様な「環境ホルモン」の定義が必要である．その中においてdisrupter による悪影響に関しても正しい定義が必要である．本グループは，ホルモンシステムの中での環境ホルモンの悪影響等に関して共同研究を進め，化学物質のメカニズムを明らかにする事を推薦する．

３．４．２ 検証

化学物資のホルモンシステム内での影響を予測するには，検証システムを確立する事が重要である．現在，たくさんの研究が行われているが，各国間での調整がうまくとられていない為，一つの国で得られた知識が，違う国でも認められる，又は役立つとは限らない．更に，懸念されている化学物質の活動が本当にホルモンレセプターによるものなのか，それとも他の理由によってなのか明確に評価されていない．従って，本グループは化学物質の正確なテストと適正審査を行い，効果的で信頼性がある評価システムを共同研究によって構築する事を推薦する．

３．４．３ 優先順位

化学物質がホルモンシステムに悪影響を及ぼすという審査結果を得たとしてもそれだけで，化学物質の使用を止めるという結論に達する訳ではない．問題となる化学物質が人体や野生生物の健康に悪影響を与えるのかを検査する必要がある．従って，本グループは，まず問題視される化学物質を選び出し，これらの化学物質の扱いに関する政策決定を共同研究で行う事を推薦する．これは国際的なワークショップ等を行い，その中で環境ホルモンに関する政策決定方法論や一般市民による受け入れに関して協議する．そして，この様なワークショップがきっかけになり，研究者間での個人個人の交流や情報交換を続ける事を可能とする．

４．エネルギー

４．１現況と将来的エネルギー課題

エネルギーは社会，経済活動の基礎であり，持続した経済的，社会的発展を続けるには必須である．しかしながら，同時にエネルギーは家庭や地域の環境や人間の健康に多大な悪影響をもたらしている．

将来的な地球規模でのエネルギーニーズと，地域の住民や地球規模での人間の健康や環境状態とのバランス等をとっていく事が大きなチャレンジになると考えられる．

エネルギー使用方法を変えていく事が必要となってくる．一般的には，石炭のクリーンな使用方法と石炭以外の化石燃料使用の両方の組み合わせへと転換していく事を示す．又，この他にも再生エネルギーや原子力を使った発電方法等も考えられる．

この様なエネルギー使用転換をタイムリーに地球規模で行う為には，日本，米国両国の協力とリーダーシップが重要である．

４．２日本・米国のエネルギー関連での協力研究

積極的なエネルギー協力が日本と米国間で長い間行われてきた．二つの主な協力フレームワークは日本，米国政府科学技術Ｒ＆Ｄ協定（Agreement between the Government of Japan and the Government of the United States of America on Cooperation in Research and Development in Science and Technology）と日本，米国政府エネルギー関連Ｒ＆Ｄ協定（Agreement between the Government of Japan and the Government of the united States of America on Cooperation in Research and Development in Energy and Related fields.）である．そしてこの他にも色々な協力体制が日本，米国企業間で取られている．

４．３将来的協力

４．３．１二国間協力

本グループは最新技術によるエネルギー発電と使用の為の R&D を二国間で実施する事を提案する．その中には以下の様な事項が含むまれる．

再生エネルギー：太陽，風力，バイオマス
省エネ技術
核廃棄物の安全装置や廃棄，原子炉の安全やコスト面での改善
化石燃料のクリーンな使用（石炭燃料技術の発達や電力，熱，燃料のコジェネレーション）
炭素吸収可能方法
燃料電池などを使った高効率乗用車やその他のクリーンな交通手段技術の発達

核融合エネルギーの概念や技術での発達に関するR&Dを共同で続ける
機能を付与する様な技術の研究 （例：セラミックエンジン，省エネを可能にする表面塗装剤等）

この様な試みを実現する時，政府の役割は上記の活動をR&D面から支援するだけではなく，実用化へと導き，地球規模でのエネルギーの需要と供給の改善や環境負荷を小さく出来る様な政策を発達させる事が必要となる．

４．３．２国際的政策

日本と米国は途上国とも一緒に活動し，途上国が経済，社会発展に必要なエネルギーニーズを環境や健康に害を及ぼさない様な方法で満たせる様にしなければならない．

特に石炭燃料からの排出，伝統的な燃料を使用する事（特に家庭内で）からの環境や健康への問題，排気量の多い交通システムへの依存等の問題を減らし，防ぐ事が重要である．

米国と日本が共通したアプローチを用いて途上国に協力すれば更に効果が上がる．そして，国際金融機関へも，途上国がもっとクリーンで持続可能なエネルギーを使用できる様な政策を取る様に働きかけなければならない．

４．４新しい取り組み

本グループは米国と日本によってグローバルなクリーンエネルギーシステムへの転換を促進する主導権をとる事を推薦する．

４．４．１ 日本と米国企業の二国間協力

2001 年 4 月より日本の通産省と提携している 15 の国立研究所が，National Institute of Advanced Industrial Science and Technology（産業技術総合研究所）として一つに統合される．そこでの研究における一つの大きなフォーカスはエネルギー分野である．この新しい枠組みである研究所と米国のエネルギー省の研究室との共同研究に期待が寄せられる．

４．４．２途上国との協力

エネルギー問題はグローバルな問題である為，日本，米国間だけではなく国際的協力のつながりを築く必要がある．その為には，日本と米国は途上国や国際金融機関等と協力し合って，途上国に，クリーンで手ごろな持続可能なエネルギーを供給する手助けをする事が重要である．

５．水資源管理

５．１ 水資源管理と日本，米国間での協力の重要性

日本と米国での地球規模での水資源管理の協力体制の強化が必要と考えられる．理由として二つ挙げられる．一つは，水が国際的な戦略上の要点である事．もう一つは両国の協力的な取り組みが両国だけではなく世界的に利益をもたらす事．

水資源が国際的戦略上の要点である理由として１つには，人口増加，汚染，気候変動等の為，世界的に一人当たりの水の利用可能量が極度な速さで削減している事である．この様な状況は水資源管理のあらゆる面において地域，そして国際的摩擦へと発展する可能性がある．

２つめには，国際間での物産貿易量の増加が間接的な水資源の貿易量の増加に反映するという点である． それは貿易されている物産のほとんど（食品，木材，産業生産物）が生産過程において多大な水を必要としているからである．つまり，輸入国は間接的に輸出国の水管理に関与している事になる．

５．２ 現況

ヨーロッパでは既に上記の様な点の重要性を認識し，戦略的な研究機関を設立した．だが，日本や米国においては，未だ水資源の研究を一つに統括する様なセンターは存在せず，独立した機関や部門など別々に分かれている．この様な状況は地球規模の活動に関与するにはあまりにも弱い体制である．したがって，日本と米国はもっと積極的に地球規模の水資源管理へ取り組む事が重要である．

５．３協力の過去の歴史

水資源管理の研究分野においては格別な協力体制が両国間で存在し，色々な経路を辿る事が出来る．例えば 1992 年以来米国の地質調査機関と日本の公共事業研究所は共同で水文学や水資源の科学的，技術的交流を行ってきた．（1988 年にカナダのトロントで日

本政府と米国政府間で結ばれた科学技術の R&D 協力協定に従って）だが上記でも述べている様に部門が幾多にも分かれている様な状況である事から，協力体制には改善の余地がある．

５．４将来的な協力分野の提案

過去の努力を踏まえて，本グループとしての提案は，まず多国政府機関の広い関与をうながして，もっと社会的，国際的な側面に焦点を合わせて両国の協力体制を強化する事である．

５．４．１ 環境，生命，政策の為の水文学 （HELP－Hydrology for Environment, Life and Policy）

HELP は UNESCO によって始められ，WMO や ICSU によって支持されている研究プログラムである．目的は社会的ニーズにリンクした水資源プロセスの理解改善である．HELP は今までの様に水資源の科学的な面からだけでは無く，‘user-driven’，つまり利用者側から打ち立てられた科学研究ネットワークである．この様なパラダイムシフトには水政策の専門家，水資源管理者，そして科学者の三つのコミュニティーの統括が必要である．そして日本や米国はこの HELP プログラム等を支持して，社会的問題の解決に科学の利用を推薦する．

５．４．２ 水資源評価

国連持続可能委員会の AGENDA21 のアクションプランには持続可能のカギをにぎっているのは水資源だと示されており，水資源のグローバルな評価が要請された．このグローバルな水資源評価は 1998 年に UNESCO,WMO 等の支持を受けロシアの水文学・気象学の政府機関によって行われたが，未だデータとしては不十分である．この様な研究には膨大な時間と費用がかかり，実際に，データが一番欠如しているアフリカや途上国では水資源の観測ステーションが放棄されてしまっている．従って，日本や米国は地球規模の水資源管理の重要性を認識し，水資源，水利用，地下水，そして水質のグローバルな評価活動を支持していくべきである．

５．４．３ 太平洋諸国と島国の IWRM（Integrated Water Resources Management－統合した水資源管理）

持続可能な水資源の利用には統合した水資源管理（IWRM）が基礎的な方策として不可欠である．IWRM は水供給に関する事は全て統合して管理する事を指針とする（灌漑，

洪水，干ばつ，水公害，都市水，そしてその他の水管理における行政的な方法等)．地域的にみると，太平洋周辺の島国，特に東南アジアでは深刻な水問題を抱えている事から，米国と日本の共通の隣国を助成するという意味でも両国は共同で水資源管理を考えていく事は非常に重要である．

5．5　水資源における日本，米国委員会の新しい試み

地球規模での水問題に取り組む為に，本グループは日本，米国の水資源委員会の設立を推薦する．

この新しい委員会は多部門で構築し，特に水や水管理の研究に関連する機関は全て統合されるべきと考える．

6．自然災害の緩和

6．1 米国－日本協力の目的

米国－日本の自然災害分野での科学技術協力強化の目的は米国，日本両国だけでなく世界的な災害影響の削減を目指すものである．この様な焦点での活動は 1999 年に終了した国連の IDNDR（自然災害の予測とその防御関する国際共同研究 10 年計画）のフォローアップ活動として位置づける事が出来る．

6．2 米国，日本協力の歴史

自然災害に関する両国の協力には長い成功の歴史がある．1961 年には二国間で一番古い正式な協力体制である，日米天然資源協力プログラム（UJNR）が設立され，このプログラム内に自然災害に関する三つのパネルが存在する　(風力・地震影響パネル，火事安全研究パネル，そして地震予測技術パネル（地震研究パネルとして改名された))．

自然災害への共同研究努力に拍車がかかったのは 1968 年の十勝沖地震である．地震に対応出来る様にデザインされたはずのコンクリート建築物が大きな打撃を受け，又，1971 年には San Fernando 地震でダメージを受け，それ以後，1976 年に大規模な試験プログラムが UJNR の風力・地震影響パネル内に設立された．続いて，米国―日本共同で地震エンジニアリングの研究プログラムが設立された．このプログラムの設立により関係者の交流が始まり，以後 30 年に渡り協力体制構築に重要な役割を果たしている．

６．３ 現在の協力メカニズムと共有した問題

現在，自然災害に関する協力に関しては三つの政府間でのメカニズムが存在する．

１．　US-Japan Common Agenda for Cooperation in Global Perspective, 1993 (CA).
２．　US-Japan Cooperative Program on Natural Resources, 1964 (UJNR)
３．　Japan-United States Science and Technology Agreement 1988 (JUST)

これらのメカニズムは技術の普及，建築方法や建築デザインの改善，そして地震の基礎的な因果関係に関する理解を深めるのに非常に効果的である．

しかしながら，新たな自然災害が起きるたびに新しい現象が明らかになる事から，災害対応策は常に改善されなければならない．日本と米国は本分野において世界のリーダー的存在であるため，リーダーシップを発揮し，両国で協力しながら，自然災害緩和の改善を行わなければならない．

６．４更なる協力への提案

自然災害の緩和に関して，両国が共通した特殊な問題に直面している事態を認識した上で本グループは 3 部計画を提案し，米国，日本の自然災害緩和研究ネットワークの強化と拡大に努める．

１．　大学ベースの研究者や機関の連立を計る

連立を組むための計画として強調されるべき点は双方の人事交流を高め，特に若い研究者や学生同士の交流は，将来的な両国の協力の基盤を築くという点で重要である．

２．　試験的設備のネットワーク

米国と日本の両国はそれぞれ高額の特殊な観測，試験用設備を所有している．従って，それぞれの設備や投資を二国間で協力的に使い生かす事は双方の利益であると考え，全ての自然災害緩和の為の研究設備を米国，日本間でリンクし，プロトコールを結ぶ事を本グループは提案する．

３．　拡張するパートナーシップメカニズム

ＵＪＮＲの風力，地震影響パネルは米国と日本の新しい研究方針の展開にリーダーシップを発揮している．地震情報システムのタスク委員会の設立などが例として挙げられる．この委員会は政策決定者と研究者の間での協同努力を容易くする．我々はこのような

現在進行中のプログラムや，これらプログラムの更なる拡張を支持する．それと同時にこの様な協同研究は常に更新され，直面する複雑な課題に取り組める様に整えていかなければならない．その中で我々は米国と日本の関連機関へ提案したい事は，協同研究の為に更に統一された基金を展開する事である．この様な基金は，新しい技術に重点を置いてインターディシプリナリー（分野横断的）な研究を可能にし，米国と日本での協同研究の潜在能力をフルに生かす事が出来ると考える．

６．５新しい試み－途上国自然災害の為の日本と米国の専門家

先進国での持続可能な繁栄は途上国での自然災害に対しての脆弱性を緩和した上でなければ成し遂げたとはいえない．途上国における一般的な問題は，大学と政府が別々に自然災害問題について取り組んでいる事である．大学側は科学的，技術的問題に取り組み，政府機関は災害への対応，補助，災害からの復興等を対処している（米国や日本ではこれら二つのセクターが共に協力しあって活動する事が当たり前になっているが）．我々は日本，米国の専門家が連立を組み，自然災害対応の準備を整え，システマティックな計画が建てられる様に途上国を補助する事を提案する．そのまず初めのステップとして，日本政府はこの秋に二国間の会合をスポンサーし災害専門家のチームを招集する用意が出来ている．

７．ITの社会的影響

７．１　インターネットの驚異的な成長

２１世紀においてインターネットは地球規模の経済だけでは無く，人間の命へも強く影響を及ぼす要因の１つになると考える．我々の社会において，テレビや自動車の様に強い影響を与えると考えられるが，このように IT が国のインフラに不可欠な要素となる時，各国政府は新たな挑戦に直面する．

７．２　サイバーセキュリティー

ＩＴ技術は，犯罪者や敵対している政府，または単に愉快犯等からの恰好の攻撃対象となり，国家にとって大変なウィークポイントになる可能性を持っている．最近起こっ

た，米国におけるインターネットプロバイダーの一時的なシャットダウン事件を例にとっても，この様な事態は世界中において深刻で脅威的な事としてとらえられている．今後１０年間，米国や日本で予測されているようなインターネット需要の拡大が現実のものとなった時，ＩＴシステムへの襲撃は，両国の活動を停止する事と同様の状態におちいらせる可能性がある．

７．３　デジタル分離

ＩＴの急速な発展はビジネスや教育，医療等，色々な面での生活環境への利益につなっがている．しかしながら，世界各国に平等にこれらの利益が行き渡っている訳では無い．又，インターネットを利用している１つの国の中でも人口全てが IT の恩恵を受けている訳ではない．この様な状況，つまり IT の存在する新しい情報時代を生きる人たちと IT とは無関係でアクセスさえ出来ない人々がいる両極端な状態を「デジタル分離」と呼ぶ事が出来る．そしてその分離のギャップはますます広くなっていくと考えられる．

従って，米国，日本の両国は協力して世界の人々の為に情報世界への限り無く広いアクセスを確保し，教育上でも優先事項として考慮されるべきである．ＩＴは教育システムの仕方を変え，生徒の理解能力などへも大きな変化を与える可能性を秘めている．

地球規模で考えた場合，途上国と産業国とのＩＴ適用性の格差が著しくなっている時，更に既存の経済上での格差を一層悪化させる可能性がある．従って，日本と米国は途上国におけるＩＴ分野での助力が不可欠と考える．途上国に適したＩＴ技術のＲ＆Ｄや情報インフラ整備，そしてＩＴ専門家のトレーニング等が活動分野として考えられる．

７．４　サイバー社会に関するその他の課題

ＩＴの急速な発展に伴い，いくつかの倫理的問題や社会的犯罪が浮上している．たとえば，若者への教育に好ましくない内容のウェッブページの増加や，プライベートな情報への非法律的なアクセス，そしてインターネットを使った犯罪等である．従って，これらの面に関するサイバー社会での社会学上での研究を推進していくべきと考える．

７．５将来的な方向性

たくさんの問題があまりにも山積みになっているが未だ両国が国としてのサイバーセキュリティーに関する方針を定めていない事から，本グループでは，まず米国と日本の専門家を招集し，特定のトピックを合同で選んだ上で取り組む事を推薦する．

8．フロンティア科学技術

8．1フロンティア精神

上記に述べたトピック全てに新しい挑戦や未研究分野が存在する．しかしながら，本章で提案する研究分野は基礎的知識として重要な事でありながら理解度が極めて低い分野である生命の本質，物質，宇宙の分野に関して提案する．

これらの分野は大きな発見が必ずや存在すると思われ，科学分野でのフロンティア精神を体現する事を可能にする．本グループは両国がこれらの分野において協力プログラムを推進していく事を願う．

8．2提案

8．2．1地球科学

今日の科学の発達においても，人間が深海や地球内部へ到達する事は非常に困難であり，これらの地域は地球上で一番未踏の地域だと考えられる．

地球の環境問題の解決と地球という惑星に関する基礎的な理解を深める為にも日本，米国は統合的に共同研究を行うべきである．以下に地球科学の新しい時代の幕開けを意味する研究内容を述べる．

.ＡＲＧＯ

リアルタイムで世界中の海を総合的にモニターする事は科学者にとっての長年の夢であったが，ＡＲＧＯプロジェクトはその夢を実現可能にする．米国と日本の参加により3000個のブイが世界のあちこちの海に設置され，深さ2000メートルまでの海の状況をリアルタイムで把握する事が可能になる．このプロジェクトは1年後の気候変動予測も可能にし，地球温暖化に関しての理解を深める事も可能にする．

.海洋ドリル

海底をドリルで掘り，コアサンプルを採取する．現在，科学技術庁(STA-科学技術機関)とNational Science Foundation(NSF-国立科学基金)が統合的深海掘削計画（ＩＯＤＰ）の極めて重要な役割を担っている．本プログラムは世界各国から科学者を招き共同研

究を行う．コアサンプルを採取する事で，地球の過去の環境変化や地震の発生についての見識を深める事が出来る．

. 衛星からの地球観測

地球の環境変化を観測するのにもう一つ重要と考えられる分野が衛星からの地球観測である．現在，米国と日本が長期間の地球観測に対応する政策展開を行っている地球観測衛星委員会(CEOS)が存在する．この CEOS の主な研究テーマは海洋，陸上の炭素サイクル，そして天災管理支援の三つで，CEOS の長期的観測は大変価値のあるデータ収集を可能にする．現在，米国と日本の科学者や関連機関は 2002 年から実施予定の衛星を使った地球科学の長期的，短期的研究・観測分野を確認している．

. 地球内部

前記した海底ドリルの様なプロジェクトの他にも日本や米国において新しい技術や分析，そして地球規模での測地，地震性，マグネティックネットワークの発達によって地球の過去の歴史や地球の内部構造等の情報収集が可能になっている．しかし更に理解を深める為に，海底と地底からの地震観測を日本と米国で協同で行う事が重要である．

８．２．２宇宙科学

日本と米国はこの分野に関して実り豊かな関係を築いてきた（例えば，有人宇宙プログラム，宇宙探索プログラムや天文学など）．以下これらに関する取り組み状況を述べる．

. 有人宇宙活動と宇宙環境利用

過去 10 年，日本と米国の宇宙飛行士は共同で，人間がどの様にして宇宙で暮らし，働く事が可能なのかを模索してきた．そして例えば，米国のスペースシャトルの飛行に関して，日本は微重力状態の研究に従事し，又，国際宇宙ステーション(ISS)プログラム（地球の低い軌道上に宇宙ステーションを永久設置する事を目的としている）においては，米国の長年のパートナーとして試験的測定基準などの分野で貢献をしている．本グループはこの様な密接な関係を更に深める事を推薦する．

. 宇宙科学

米国のＮＡＳＡから援助を受けている宇宙科学者は日本の宇宙科学研究所の科学者と共に密接，かつ活発に活動をしている．本グループは宇宙科学分野での研究予算への限度を考え，この様な共同研究を最大限に有効活用（特に衛星開発やデータパッケージ生産に関して）し両国の利益とする事を推薦する．

. 天文学

日本のスバル望遠鏡など新しい天文学用機具が存在，又は研究されている．この分野においても協力的に両国の資材を補完的に用いて研究の最適化を計る事を推薦する．

８．２．３　物質構造

. 粒子物理学

粒子物理学においては日本，米国，両国において世界クラスの設備が整っている．米国では Fermilab, SLAC, Brookhaven が世界でも有数の研究センターであり，日本のKEK(高エネルギー加速器研究機構)はこれら研究センターに匹敵する存在である．天文学同様，これらのセンターは補完的に双方で利用し，物質の根本的解明に取り組み，成果を上げる事を推薦する．

. 超微小技術

超微小技術への投資は新しい超微小分野での規律を形成する事を可能にする．例えば，超微小物質，機械，電力，バイオテクノロジー等．これらの分野は本質的にインターディシプリナリー（分野横断的）なので，１つの分野での発見は他の分野とも密接なつながりを持っており，予想もつかない便益を既存の技術にもたらす可能性がある．日本と米国の共同体制をこの分野で組む事は非常に重要と考えられ，早期に共同プログラムを発展させる事を推薦する．

８．２．４　生命科学

1990 年来，人間を含めた数多くの生物の完全なるゲノムの順序付けがなされており，研究結果が続々と明らかになっている．人間のゲノムプロジェクトは 2003 年末が完成予定となっている．すでに，幾多もの遺伝子が進化の間も変化せずとどまっている事が判明しており，つまり人間の遺伝子は他の種別，例えばミバエやイースト菌と同じ遺伝子を持っているという事である．人間のゲノムプロジェクトはまだ完成はしていないが，重

要度の高い遺伝子がすでに確認されており，これは医学研究や病気の進行過程において大きな進展が期待出来る．この用な研究を推進する為には人間の未加工の基本データがどこの科学者にも自由に入手出来る用にしなければならない．

．ポストゲノム時代のバイオテクノロジー

現在日本では米（コメ）のゲノム全ての順序づけを 2008 年までに終わらせる予定である．他の植物でも同様の研究が追って行われると考えるが，ポストゲノム時代にはバイオテクノロジー関連の生産が見込まれており，これらの生産物は人間の健康や，飢えへの対抗力，そして世界人口の為の食料確保につながる．

バイオテクノロジーは世界の色々な問題解決手段となる可能性があり，特に途上国において生活の質改善を可能にするかもしれない．農業バイオテクノロジーにおける両国間での協力は双方の相互利益をもたらすと考える．本グループは，現段階では未だ特別プロジェクトを提案する時期では無いと考えるが，米国，日本間での植物ゲノムと「ポストゲノム」バイオテクノロジーに関する研究プログラムの発展を推薦する．

．生物学と脳科学

1980 年に日本の中曽根首相により分子生物学と脳科学分野における研究プログラム，国際ヒューマンフロンティアサイエンスプログラム (HFSP)が作られた．このプログラムは世界各国からの科学者の参加協力をうながしており，1999 年には 10周年記念を迎え，現在国際的な科学協力のモデル的存在である．

生物学は，今まで物理学が主流とされていた自然科学分野で著しく重要な位置を占める様になってきている．生物学が更に深く広く研究が進められる現在，インターディシプリナリー（分野横断的）な研究を行い，HFSP の強化，又は新しい国際プログラムの考案を推薦する．この様なプログラムにおいて多分野の専門家の参加を促し，重要な生物学上の問題に取り組む必要がある．

８．２．５未来の若い科学者

．日本，米国での科学開拓者シンポジウム（JAFOS）

日本の科学技術振興事業団とアメリカの National Academy of Science によるスポンサーで行われる JAFOS は両国の多分野からの優れた若い科学者を招集し徹底的に議論

を行う．最初のラウンドであった筑波と Irvine で行われたシンポジウムでは期待以上の反響があった．技術者の為のシンポジウムも現在企画されている．

本グループは JAFOS の様な若い科学者を含むメカニズムを更に促進し，将来的な両国の協力体制を築いて行く事を推薦する．

9．科学の政策決定における役割

9．1高まる重要性

２１世紀は知識データベースに基づく社会と知識が原動力の経済に特徴づけられる．従って科学と技術は政府の行政上での重要度が増すと考えられる．

本グループは両国が科学的成果を使って政策決定する事を強く支持する．必要条件としては，科学の統一性を保つ事だが，これに加えて透明性のあるアプローチを使って政策決定する事が望ましい．

9．2　現況

政策決定をする際には複雑な科学的，又は技術的な理解（特に科学的データが不完全であったり確かでは無い場合）が必要である．現在，技術的，科学的インプットを与える既存のメカニズムが国内，そして国際間で存在する．国際的には国連機関や OECD などが特別委員会を設置している．他にも例としては各国政府によって起用された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)などが科学顧問委員会として存在する．

現在，政府から独立して産業国，途上国など各国からの専門知識を反映させる科学ベースのアドバイスを与えられる様な手段を模索する動きがある．日本の科学審議会や米国の National Academy of Science 等がこの様なアドバイスの組織的手段について計画を進めている．本グループは，この様な試みは地球規模の科学的インプットとしての大変大きな可能性を持っていると考え，関連機関の活動進展の躍進を支援する．

本分野では二つの課題が考えられる．１つは政治の中で科学的見識を深める事．もう１つは調査結果の解釈をどの様にして政治的判断・決定に結ぶかである．

9．3初期段階

本グループは科学者が科学的証明をどの様にうまく政治的なプロセスの中で利用できるかに関して三つの提案をする．

９．３．１合意までのまとめ（Consensus Building）

科学者はまず一般の人々が理解できる様な適当な情報をつねに提供する様に努力する．

そして一般市民の意見を評価し政策のフレームワークをつくる上で，色々な方法を用いて，「どの様にして一般市民の意見を査定し，承認するのか」という事に尽力をそそぐ必要がある．

二種類の合意というものが考えられる．１つは科学者の間での合意．もう一つは一般市民の合意である．本グループは合意をする事の重要性はもちろん理解しているが，実際の政策決定における意見一致の難しさを認識している．

科学者は科学的な合意を得る難しさを認識し，一般市民には科学的な意見の不一致に関する理解が出来るように説明する必要がある．一般市民に関しては，例えば日本や米国での原子力に関する意見の違いがあるように，一般市民の合意を得る事は非常に難しい．従って，日本と米国は過去の経験やケーススタディをお互いで比較しあって貴重な見識を深めていく事を推進する．

９．３．２政策決定に最良の科学的知見と見解を用いる

科学者は政策決定に直接関与する事に尽力をそそぐべきと考える．同時に政府も科学者の見解がうまく政策に活用出来るようにアレンジするべきである．

そして又，両国は科学的情報を解釈出来るような能力，そして助力を政策立案者に与えられる様にしなければならない．

９．３．３効果的な政策実施

両国政府はそれぞれの方針説明書を作成し，科学的インプットが必要な場合，どのように政策立案をするべきか記す事を提案する．そして定期的にお互いの見解を交換し，政策決定における科学の反映方法を発展させるべきである．

９．４新しい試みー上層部における環境・科学政策サミット

米国と日本は上層部における環境と科学政策会議を召還するべきと考える．この会議においては，両国の政策決定面に関連して環境政策やシステムを比較し，科学や技術の役割，政策立案時に直面している課題等を取り扱う．この様な取り組みは将来的な環境政策を発達させる為に重要と考える．

１０．　科学教育と科学技術に関する一般的な理解

１０．１重要性

科学技術についての十分な能力を必要とする仕事数が増加し続けている．しかし学校側は，学生が就職するときのための十分な準備に応じておらず，多数の人が再教育を必要としている．つまり，相応なレベルの技術的能力取得が，重要な社会的政策問題を理解し，現代社会で市民としての義務を果たす上で，必須な事なのである．

１０．２状況

最近の日本では，若者の科学技術に対する興味の低さが顕著にみられる．米国においても，多数の人々が新発見や発明に関する理解を示していない事が報告されている．

１０．３米国-日本協力

社会的理解を高める上での日米の努力は，規模やインパクトとしては大変控えめである．

１０．４将来的協力

２つの広範囲な活動が求められている．

１０．４．１科学教育

両国の科学教師が，効果的な教育理論や彼らが教育する分野においての知識の深め方について，お互いの経験や考えを交換し合うことが重要である．

１０．４．２ 科学と技術の一般的理解

科学技術の一般的理解を深める重要な役割を持っているため，科学博物館のネットワークを広げるべきである．ネットワークを設置するために，博物館の重役やその他の専

門家が出席した定例会議を持ち，なるべくなら 2000 年秋には初会議を開くべきである．特別資料（CD-ROM やインターネットのようなマルチメディア）の共同使用や人材交換プログラムを推進していくべきである．

１０．５ 新しい試み

我々は，科学教育と一般理解における高レベルの会議の召集を提案する．この会議には，政府，産業，そして大学からのハイレベルな代表者を参集し，又，他国から専門家を招集する．

会議の課題として科学技術教育制度の改善策を中心に協議を進めることができる．この分野での研究発達に勢いをつけるには，国の最高指導者が，科学教育や科学技術の社会的理解に関する明確な方針を定めていかなければならない．方針が明確に定められてこそ，教育制度は改善され，将来的に必要とされる労働能力が標準の域に到達すると考えられる．

１１　科学者と技術者の社会的責任と倫理

１１．１　重要性

科学技術的な知識は国境を越えたユニバーサルな存在である為，倫理観に関してもユニバーサルなアプローチが求められる．世界中の社会において，一般市民は，研究における高水準の誠実さを求め，技術の適用に関連したリスクについての明確な供述，そして社会が選ぶ可能性のある代替技術のプラス面，マイナス面の徹底的な分析を期待する．

両国において科学者の倫理観と社会的責任がすでに重要視されており，今後も重要度は益々高まる事に関して両国は合意している．

１１．２状況

科学技術に関する新しい社会的課題は毎日の様に新たに浮上している．遺伝子研究の進展により寿命を延ばす事が可能となる様な事はもちろん議論の的となっているが，実験室で行われる研究自体が賛否両論を呼んでいる．この様な状況下，一般市民の信頼を確かにする為にも科学技術者は社会的責任を全うしなければならない．その為にはまず，科学技術者は研究に対しての適度な規範を明確にコード化するべきである．これは科学者に限っての事ではなく，科学技術を利用する社会の人々全てに当てはまる．

１１．３　米国―日本協力

米国は常に研究の規範設定においてのパイオニア的存在であり，規範認定課程においても主要な役割を果たしている．日本においても，技術者に関する APEC イニシアティブ等を受けて，政府は技術系の法律を改訂し，倫理面での改善強化を図っている．

この様な活動や政策は現在各国でそれぞれ単独で行われており，日本と米国での知識の交流はいくつかの限定された分野でしか存在せず，統合的に社会問題を科学技術の観点から共同で取り組める様なフォーラムは存在しない．

１１．４将来的協力

本グループは二国間の科学技術に関連した社会責任と倫理に関するフォーラムを企画する様，推薦する．

例えば２年に１度でも，大規模な会議をアレンジし多種多様な社会的観点を吟味した上で，学問的なプログラムを形成していく．その際には研究員同士の交流や他国からのオブザーバーとリンクした共同研究などを可能にし，重視するべきと考える．又，この様なフォーラムへは一般市民の参加を促し，アンケート等を行って彼らの意見を集める．又マスメディアとも関連を持たせる．協議もオープンに行い，特に人々の生活を影響するトピックなどでは科学者は直接応対をして協議内容の質を高めるべきと考える．

A-4

US-Japan Dialogue on the Role of Science and Technology in Society Into the New Millennium

An Agenda for Future US-Japan Scientific & Technical Cooperation

Report of a Joint US-Japan Dialogue Group
Submitted to the Governments of
the US and Japan

May 2, 2000

Norman P. Neureiter
US Co-Chairman

Hiroo Imura
Japan Co-Chairman

Table of Contents

The Dialogue

1. Background **90**
- **1.1. Implementation of the Expanded Dialogue** **90**
- **1.2. US-Japan S&T Cooperation—A Rich History** **90**
- **1.3. Objectives of the Dialogue** **91**
- **1.4. Science for the Future** **92**
  - *1.4.1. New Trends in Cooperative Mechanisms* *92*
  - *1.4.2. Structure and Content of the Report* *92*

2. Health and Medicine **94**
- **2.1. Background—Recent Trends** **94**
- **2.2. US-Japan Cooperation—Past and Present** **95**
- **2.3. Important Areas for Future Collaboration** **95**
  - *2.3.1. Infectious Diseases* *95*
  - *2.3.2. Non-communicable, Age-Associated Diseases* *95*
- **2.4. Future Directions** **96**
- **2.5. New Initiatives—Exciting Promises from Genetic Research** **97**
  - *2.5.1. Improved Understanding of the Basic Biological Mechanisms of Disease* ... *97*
  - *2.5.2. Determination of the Aspects of Susceptibility or Resistance to Disease* *97*
  - *2.5.3. Genetic Assessment in Epidemiological Research for Studying the Behavior of Disease in Populations* *97*

3. The Environment **98**
- **3.1. Importance—Environmental Issues** **98**
- **3.2. Situation—The Endocrine Disrupter Issue** **98**
- **3.3. Cooperation between Japan and the United States** **99**
- **3.4. Future Cooperation** **99**
  - *3.4.1. The Endocrine System* *99*
  - *3.4.2. Identification* *99*
  - *3.4.3. Prioritization* *100*

4. Energy **101**
- **4.1. Current and Future Energy Issues** **101**
- **4.2. Japan-US Cooperative Energy Research** **101**
- **4.3. Future Cooperation** **101**
  - *4.3.1. Bilateral Cooperation* *101*
  - *4.3.2. International Strategies* *102*
- **4.4. New Initiative** **102**
  - *4.4.1. Bilateral Cooperation Between Institutions in Japan and the US* *102*
  - *4.4.2. Cooperation with Developing Countries* *103*

5. Freshwater Management **104**
- **5.1. Importance of Freshwater Management and Japan-US Collaboration** **104**
- **5.2. Current Situation** **104**
- **5.3. Past History of Collaboration** **104**
- **5.4. Proposed Areas of Future Collaboration** **105**
  - *5.4.1. Hydrology for Environment, Life and Policy (HELP)* *105*

5.4.2. Freshwater Assessment *105*
5.4.3. IWRM in the Pacific Rim and Island Countries *106*
5.5. New Initiative—Japan-US Committee on Water Resources **106**

6. Natural Disaster Mitigation **107**
6.1. Objective of US-Japan Cooperation **107**
6.2. History of US-Japan Cooperation **107**
6.3. Current Cooperative Mechanisms and Shared Problems **107**
6.4. Proposals for Further Cooperation **108**
6.5. New Initiative - US-Japan Disaster Professionals for Developing Countries **109**

7. Social Aspects of Information Technology **110**
7.1. Explosive Growth of the Internet **110**
7.2. Cybersecurity **110**
7.3. The Digital Divide **110**
7.4. Other Issues Related to Cybersociety **111**
7.5. Future Directions **111**

8. Frontiers in Science and Technology **112**
8.1. The Frontier Spirit **112**
8.2. Proposals **112**
8.2.1. Earth Sciences *112*
8.2.2. Space Sciences *114*
8.2.3. The Structure of Matter *114*
8,2,4, Life Sciences *115*
8.2.5. Young Scientists For the Future *117*

9. The Role of Science in Policy and Decision Making **118**
9.1. Growing Importance **118**
9.2. Present State **118**
9.3. Initial Steps **118**
9.3.1. Consensus Building *119*
9.3.2. Use of Best Scientific Knowledge and Judgment in Policy Making *119*
9.3.3. Effective Implementation of Policies *119*
9.4. New Initiative—High Level Conference on Environment and Science Policy **120**

10. Science Education and Public Understanding of Science and Technology ... **121**
10.1. Importance **121**
10.2. Situation **121**
10.3. US-Japan Cooperation **121**
10.4. Future Cooperation **122**
10.4.1. Science Education *122*
10.4.2. Public Understanding of Science and Technology *122*
10.5. New Initiative **123**

11. Ethics and Social Responsibility of Scientists and Engineers **124**
11.1. Importance **124**
11.2. Situation **124**

11.3. US-Japan Cooperation **125**
11.4. Future Collaboration **125**

1. Background

On May 3, 1999, President Clinton and Prime Minister Obuchi called for "an expanded dialogue between the US and Japan on the role of science and technology (S&T) in our societies into the new millennium." They determined that "the two governments would lead deliberations to consider how science and technology can most effectively contribute to our societies and the global community, and to identify areas in which enhanced bilateral cooperation would be desirable." (See the press release in Appendix 1.) The dialogue was to include representatives from various sectors such as industry, academia, non-governmental organizations and government, who are involved in US-Japan S&T cooperation, with a report of findings requested toward Spring of 2000.

1.1. Implementation of the Expanded Dialogue

As a first step, core groups of four persons each were appointed on the US and Japan sides. The US side was led by Dr. Norman P. Neureiter, retired Vice President of Texas Instruments Asia and currently an industrial consultant, and the Japanese side was led by Professor Hiroo Imura, a physician, former President of Kyoto University and currently Executive Member of the Prime Minister's Council for Science and Technology. Based on two informal partial-group meetings and an extended trans-Pacific televideo-conference, the core groups selected the specific topics to be taken up in the Dialogue. Subsequently four additional members from each country joined the discussions to complete the 16-member Dialogue Group. Two formal meetings were convened, first in Washington on February 6-7, 2000 and then in Tokyo on March 10-12. Dialogue Group members also conferred with outside advisors in preparing their final submissions. (See the List of Dialogue Group Members and Advisors in Appendix 2.)

1.2. US-Japan S&T Cooperation—A Rich History

The US and Japan have had an extensive history of scientific and technical cooperation since the end of World War II. Government agencies in the two countries have sponsored cooperative programs in energy, natural resources, the environment, medicine, earthquakes, space, oceanography, and earth sciences, among others, involving exchanges of information and scientists as well as joint research projects (see the Summary of US-Japan S&T cooperation in Appendix 3). In addition, a broad range of private-sector joint ventures, alliances, and licensing and supply arrangements exist between US and Japanese corporations in highly technical fields such as chemicals, biotechnology, pharmaceuticals, semiconductors, computers, etc. Japan is also home to more US-owned research and development (R&D) facilities than any other country outside the US, and Japanese companies have more US-based R&D operations than firms of any other nation.

Beyond the new knowledge that has come from this cooperation, the links between individual scientists and engineers working together across the Pacific toward common goals represent powerful new strands in the fabric that binds our two nations together. From the perspective of history, that fact alone gives these cooperative relationships a special significance, perhaps of no less import than the science itself. Our Dialogue Group strongly endorses the continuation and strengthening of these cooperative ties, and we hope that the recommendations included in this report will serve as a guide and a catalyst to that end.

1.3. Objectives of the Dialogue

Looking at the world of the 21st century, we feel strongly that we may face many difficult problems, such as population explosion, shortage of water and foods, destruction of natural environment and emerging infectious diseases. Science and Technology may be a cause of these problems on one hand but are expected to play major roles in overcoming them on the other hand. Scientists and engineers should recognize their duties for working for society and propose agenda for solving these difficult problems.

The US and Japan together account for more than 60% of global R&D expenditures. Since science and technology offer the best means to address certain societal problems, our Dialogue Group believes that the US and Japan share a responsibility to cooperate in applying S&T resources to solve such problems. We feel it is appropriate for our two countries to play a leadership role in this regards. Furthermore, as two of the world's most developed and prosperous nations, the US and Japan also share a concern and interest in fostering international development by working with the developing nations to meet human needs and address problems that impact global well-being. Accordingly, while we see our prime responsibility in the Dialogue to address problems common to the US and Japan, the universal nature of many of these issues offers opportunity for other nations or international organizations to participate in our joint programs.

However, we also recognize that there are many societal problems related to human behavior—ranging from lethal conflict to major health issues—that are better defined in the language of sociology, psychology, or even criminology. These issues have been largely neglected in our discussions, not for lack of importance, but because our scientific and technical tools are only beginning to address the complexity of such challenges. We do, however, strongly support further development of the social sciences and believe that they must play increasing roles in promoting human welfare.

After considerable discussion, the following criteria were used to select the topics to be treated in our Report:

- Critical problems of the 21st century
- Directly affecting people's lives and safety
- Of real concern to both the US and Japan
- Relevant S&T expertise or capacity present in both countries
- Involvement of high quality scientific research
- Potential for multilateral cooperation

As we reflected on the nature of our report and what lasting benefits could derive from our efforts, we set an ambitious goal for our Dialogue Group. We have attempted to outline in broad terms a proposed joint research agenda for US-Japan S&T cooperation for the next 5-10 years, aimed toward the solution of some of the critical problems faced by contemporary society.

Our intent is to be brief and highly substantive, focused on actions which can have impact in addressing real problems. We also recognize budget limitations in both countries on any major increases in R&D funding focused on bilateral cooperation. However, we feel that it is our job to recommend what seems most appropriate to do, knowing from experience that good ideas will, over time, engender financial support.

1.4. Science for the Future

Our Dialogue Group is particularly mindful of the extensive S&T cooperation that already exists between the US and Japan. It is not our intention to discount or supplant those efforts. Rather, in looking at the challenges of the 21st century, we will stand on the shoulders of those who have gone before, and try to reach further into areas where knowledge gaps still exist, to endorse and promote ongoing efforts of special promise, and to lay out possible new cooperative paths for the future.

1.4.1. New Trends in Cooperative Mechanisms

In this connection we would like to make two specific recommendations regarding cooperative mechanisms. The first recommendation is that both countries' R&D funding institutions make special efforts to **promote interdisciplinary projects**, which may involve multiple institutional jurisdictions, different departments of the same or different institutions, and where administrative barriers can hinder the research work. Much of cutting edge science today is being carried out in the spaces between the conventional disciplines, bringing the latest instruments and techniques from many fields to bear on the new problems. But extra efforts are needed to assure that these multidisciplinary programs can proceed without difficulty.

The second recommendation refers to the private sector. Recent changes in Japanese Government policies with respect to foreign direct investment in Japan, as well as deregulation that has begun and is continuing in individual sectors, have opened new opportunities for US business that did not exist a decade ago. Proactive efforts by Japanese Government organizations such as MITI and JETRO to develop alliances with high tech firms in the United States and to encourage equity ownership in Japanese companies are reflections of this greater openness toward foreign participation in the Japanese economy. Furthermore, recent Japanese legislation has been aimed at facilitating cooperation between Japanese industry and Japanese university research activities. This development may also make it possible for US companies to enter into new kinds of cooperative research relationships with Japan. What happens in this area will depend on the responses of US companies to these new opportunities. Our Dialogue Group believes it is appropriate for the US Government wherever possible to encourage and assist the development of such private commercial relationships.

1.4.2. Structure and Content of the Report

The topics selected by our Dialogue Group are of two types. First are issues such as health and medicine, environment, energy, water, disaster mitigation, cybersecurity, and frontiers in Science and Technology—which can be addressed by research and for which we make specific proposals. Secondly, topics such as the role of science in policy decision-making, science education and the public understanding of science and technology, and ethics and social responsibility of scientists and engineers are issues we considered important to the future vitality of science and scientific inquiry in both countries, but not addressable by conventional research programs.

In these latter areas, we have sought agreement among our Dialogue members on certain basic generalities about the relationship between science and society as a whole. It is our hope that these conclusions might be useful to our governments in the formulation of public policies relating to scientific research and the introduction and use of new technologies. In some cases, it may be useful for the US and Japan to play a leadership role in convening bilateral or multilateral conferences for broader consideration of these issues, where final judgments may be conditioned as much by culture as by ratiocination.

In conclusion, we hope that the following discussion of these subjects will be helpful to our governments in addressing some pressing societal problems, in extending the benefits of that work to the developing world, and in further strengthening the US-Japan relationship.

2. Health and Medicine

2.1. Background—Recent Trends

Reduction in the burden of disease and premature or excess mortality are subjects of the highest imperative for the 21st century. In the developing world and the transition economies, continued impoverishment, crowding, and, in some cases, absolute increase in population numbers, have combined to sustain or even increase the prevalence of infectious diseases. Tuberculosis, leprosy, diarrheal diseases, viral diseases, AIDS, hepatitis, and malaria are very prevalent.

Tuberculosis (TB), believed just a few years ago to be waning toward extinction, has emerged in epidemic proportions in Latin America, parts of Asia and in the Russian federation and the Baltic states. According to the World Health Organization, one-third of the world's population is infected with *Mycobacterium tuberculosis*, the causative organism for tuberculosis. TB is the leading infectious cause of death among adults, killing up to 2 million persons every year, and 8 million new cases occur every year with the burden of disease concentrated among poor populations.

Epidemic of AIDS in the past decade has aroused great concerns among health professionals. According to the United Nations; over 5 million newly infected people occur every year and more than 2 million die, among who are about one fifth are children.

Among many industrialized nations, pronounced demographic trends of increased longevity and decreased fertility have steadily increased the proportion of elderly citizens, fast bringing new attention to diseases and disabilities of the elderly and a quest for ways to improve not only the length of life but, importantly, the quality of life. Prominent here are chronic non-communicable diseases such as cancer, cardiovascular disease, cerebrovascular disease, diabetes, and neurological degenerative diseases such as Parkinson's and Alzheimer's disease. These diseases burden not only patients but also exert an increased cost to society as a whole.

While we enter the 21st century with those challenges, because of the products of past scientific research, the era brings with it a broad array of exciting new possibilities for medicine—for understanding the basic biological mechanisms of disease and for the treatment and prevention of pathological conditions. One of the most remarkable achievements of the life sciences is sequencing of genomes of many different living organisms. Knowledge of the genomes of many pathogenic microbes helps understand how those microbes infect humans, how they cause disease, what determines their virulence, what leads to drug resistance and which portion of the genome is important for inducing immunity.

With the Human Genome Project nearing completion, new and highly efficient techniques have emerged for in genetic character known as single nucleotide polymorphisms (SNPs). These promise new insights into why and which individuals or populations are susceptible or resistant to disease. Disease is not uncommonly believed to be the resultant of several factors, both genetic and environmental. These same techniques are expected to assist in the understanding of the relative contribution of each of these factors leading ultimately to more specific and efficacious avenues of treatment and prevention.

2.2. US-Japan Cooperation—Past and Present

The US-Japan Cooperative Medical Science Program began in 1965 following an agreement between President Johnson and Prime Minister Sato. This highly productive program was early focused particularly on infectious disease prevalent in Southeast Asia. The program includes panels concerned with AIDS, hepatitis, viral diseases, tuberculosis and leprosy, cholera and related diarrheal diseases, acute respiratory infection, parasitic disease, nutrition and environmental mutagenesis and carcinogenesis. As one of the longest-lived and most highly productive of the U.S-Japan science cooperation, the program supports cooperative research and professional exchanges. Additionally, a US-Japan Cooperative Cancer Research Program, begun in 1973, and cosponsored by the National Cancer Institute of NIH and the Japan Society for the Promotion of Science, consists of exchanges of investigators and symposia. In addition, there exists at any one time an impressive list if investigator-to-investigator collaborations in a number of medical science areas.

2.3. Important Areas for Future Collaboration

Priority areas for scientific cooperation in health and medicine should be based on the importance of the topics, recognized opportunities for science and research, and particular strengths and resources for scientific research in the US and Japan. The list that follows includes both ongoing cooperative research activity already part of an existing US-Japan collaboration where additional emphasis or opportunity exists and new, promising areas of inquiry. **Particular weight is given to avenues which may lead to opportunities for prevention of disease or complications of disease.**

2.3.1. Infectious Diseases

Important infectious diseases are AIDS, hepatitis C, influenza, tuberculosis and malaria. All of these diseases are life-threatening, difficult or impossible to prevent by immunization and in most cases, difficult to treat with drugs. The following two diseases are of great importance:

(a) Tuberculosis
There is much further work to be done in order to understand the basic biological behavior of the infecting organism, the factors that determine susceptibility or resistance to drug therapy and the relationship between HIV infection and drug resistance. Current research is also underway toward the development of DNA vaccines and new treatment regimes.

(b) AIDS
Human immunodeficiency virus (HIV) infection is still increasing worldwide, but efforts to develop an effective vaccine have not been successful. Researchable questions include mechanism of viral infection, mucosal immunity, mechanism of development of clinical disease, new means of treatment, vaccine development and behavioral studies important for prevention of infection.

2.3.2. Non-communicable, Age-Associated Diseases

An important underlying principle for choosing topics in this category is their potential for preserving or enhancing the quality of life and preventing disease and disability, especially among an increasingly numerous elderly population. There are many diseases in this category, including a variety of cancers, dementing diseases, Parkinson's disease, cerebrovascular disease,

coronary heart disease, diabetes mellitus, hyperlipidemia and hypertension. Among them, there are four groups of diseases of special importance:

(a) Cancer
In spite of recent progress in cancer research, the mechanism of carcinogenesis is still not completely understood. Treatment of cancer of many organ systems is both relatively non-specific and variably effective. Further research can be focused on genetic susceptibility to cancer and use of DNA-based screening methods to characterize cancer in order to design effective treatments and to make accurate prognoses.

(b) Dementing diseases and Parkinson's diseases
Conditions such as Parkinson's and Alzheimer's disease have become increasingly prominent with the demographic shift towards increasing numbers of the elderly. In the absence of effective prevention or treatment, the increase in the numbers of people with dementia will come about as a simple consequence of an increase in the size of the population most at risk. Etiology and pathogenesis are still elusive in each case. There are no known measures for prevention. Recognition of genetic predisposition suggests the potential for identifying high risk individuals or groups through the characterization of genetic material. Research on new therapeutic measures, including stem cell therapy should also be pursued.

(c) Cerebrovascular disease
Incapacity from stroke is a major cause of disability among the elderly Prevention of stoke together with reduction of the degree of impairment are of the utmost importance. Subjects for collaborative research hold the exciting possibilities for earlier, effective treatment following stroke, salvage of healthy brain tissue and improved therapeutic outcome from the ability to take advantage of both protective therapies and repair of damaged brain cells after stroke.

(d) Diabetes mellitus
Diabetes mellitus is increasing in all parts of the world and it is predicted that there will be over 230 million patients by 2010. Diabetes mellitus is the number one cause of blindness in adults and the number one cause of renal insufficiency that requires hemodialysis in many countries. Type 1 is caused by autoimmune destruction of specific insulin producing cells of the pancreas. Type 2 diabetes develops through interactions between genetic predisposition and environmental factors. Studies of what are known as single nucleotide polymorphisms (SNPs) are expected to identify the affected genes and provide new perspectives for prevention and treatment of the disease.

2.4. Future Directions

Existing US-Japan Cooperative Medical Science Program should be further strengthened to promote research activities in both countries and to encourage research and clinical practice in Asian nations in the field of infectious diseases and some of non-infectious diseases.

Two new areas of possible collaboration are neurological diseases and diabetes mellitus. Studies on human genomes will soon revolutionalize our understanding of the pathogenesis of the diseases and will open new horizon in prevention and management of the diseases.

2.5. New Initiatives—Exciting Promises from Genetic Research

These initiatives fall into three categories as follows.

2.5.1. Improved Understanding of the Basic Biological Mechanisms of Disease

It is this endeavor which is essential for the **development of effective and specific new interventions for disease** for both prevention and treatment. Specific examples of expected benefits of using genetic insight to derive understanding of biological mechanisms for medicine include:

(a) Diabetes. Better understanding of the genetic background of both Type 1 and Type 2 diabetes promises to reveal effective avenues for both prevention and management.
(b) Tuberculosis and AIDS. Work is proceeding presently on DNA-based vaccines for prevention of the diseases.
(c) Parkinson's disease. Current therapy is limited as that drug loses its effectiveness with prolongation of treatment. Fuller understanding of the underlying biological mechanisms of Parkinson's disease, expected to come from genetic inquiry, is felt to be essential in order to craft improved medical interventions.
(d) Dementing disease. Some subsets of these diseases are recognized as caused by mutations of single genes. In most cases, specific genetic predispositions are not known. Promise of effective treatment will likely be based on this new insight.

2.5.2. Determination of the Aspects of Susceptibility or Resistance to Disease

With comparable exposure to infecting organisms or to environmental physical or chemical agents, some persons become affected with clinical disease and some do not. Determination of what leads to susceptibility is believed to be important in designing strategies for both treatment and prevention. Genetic insight is recognized as an important step in deriving that understanding. It should also be noted that genetic analysis of human diseases can cause social and ethical issues and should be performed under internationally and nationally recognized standard.

2.5.3. Genetic Assessment in Epidemiological Research for Studying the Behavior of Disease in Populations

The traditional methodologies of epidemiological research are useful by limited in their sensitivity to detection. **Combining these methodologies in population studies** of disease promises to sharpen the acuity and usefulness of these methods.

The potential for using the new science of genetics to shape new and improved strategies for disease prevention and management is seen as enormous. We propose the convening of a **meeting of experts in genetics and disease prevention** within the year to coincide with the forthcoming publication of the rough draft of the human genome study.

3. The Environment

3.1. Importance—Environmental Issues

Although the dramatic improvement in the general standard of living in the twentieth century has brought with it a greater burden on the environment, the scientific and technological resources invested in ensuring a healthy environment have been remarkably effective. For most of the developed world, great progress has been made in improving air quality, water quality and in protecting our lands.

Yet the 21st century may be bringing us new, perhaps more perplexing problems—perplexing because of our limited scientific understanding of the problems—in some cases even whether the problems really exist. And as long as we lack scientific understanding, we are constrained from developing technological answers with confidence that they will be appropriate and effective.

New concerns are being raised, for example, global warming, depletion of the ozone layer, and potential dangers from individual, specific chemical pollutants that may be in the environment. We are now asked to answer questions about the consequences of carbon dioxide from the energy uses that raise our standard of living, the pesticides that provide a year-round supply of healthful fresh fruits and vegetables, the plastics that protect our water and our foods from contamination, and the chemicals that have transformed our world from an agrarian population dedicated to producing food to a population that has created an astounding array of technologies.

We are asked about the unintended consequences of the use of those chemicals, consequences ranging from frank toxicity, which we are relatively well equipped to understand, to the other extreme, namely the possible effects of low-levels of chemical exposures on the human body or on ecosystems, where there is a high degree of scientific uncertainty.

In another topic in this report, we discuss the challenge of making public policy decisions in the face of limited scientific understanding. **Should we seek minimum risk regardless of the economic tradeoffs or should we use a "weight of scientific evidence" approach to balance risk management options? This is the choice the world is grappling with on a variety of policy areas. We recommend that one of these policy areas be selected for a collaborative project between the US and Japan to develop mechanisms that can help us choose the appropriate balance in such decisions.** One issue that is likely to be the focus of near-term policy decisions, yet has only a limited scientific knowledge base, is the issue of endocrine disrupters in the environment.

3.2. Situation—The Endocrine Disrupter Issue

The question of whether or not certain chemicals found in the environment can adversely affect the endocrine system of humans and wildlife has resulted in significant controversy over both the science of endocrine disruption and the technology of identifying and predicting the activity of chemicals at levels present in the environment. Policy-makers and scientists alike are trying to understand and manage the impact of endocrine disrupters in the face of a significant lack of scientific basis. No causal relationship has clearly been demonstrated between any adverse human health effect and the low levels of a substance in the environment acting through the endocrine system. However, concerns raised by some observed effects of high-level exposures in wildlife

have stimulated many nations to undertake studies to determine if regulatory interventions are warranted. Yet, to date there seems to be little agreement on what kind of studies are needed to make policy decisions that will reassure the public.

The presidents of the international scientific societies IUPAC, IUPHAR and IUTOX have concluded:

"There are remarkable similarities between the current situation with endocrine disrupters and the situation with chemical carcinogens... soon after the Ames' test for detecting carcinogens became available. In both cases there was concern about the cause of serious diseases, about whether a continuing increase in the diseases was occurring and how much chemicals contributed to the causation of the diseases. The resolution then was to improve understanding of the scientific basis for the concerns and collect data which has helped to reduce the areas of disagreement. A similar approach is unfolding with endocrine disrupters."

3.3. Cooperation between Japan and the United States

Environmental cooperation between our two countries commenced at the 1970 Japan-US Ministerial Conference on Environmental Pollution which led to establishment of a Joint Planning and Coordination Committee (JPCC) and a number of panels in 1975. Since the first JPCC meeting in 1976, eleven meetings reviewed environmental policies in our two countries including information exchange and collaboration among experts in the panels. At the eleventh meeting, just completed on March 2-3 in Washington, DC, both countries exchanged views regarding chemical issues, including sharing information on endocrine disrupters, a possible process to identify common research, and joint sponsorship of a regional workshop in Asia.

3.4. Future Cooperation

3.4.1. The Endocrine System

While our knowledge of human physiology continues to increase, there are still substantial gaps in the understanding of the human endocrine system, specifically in relation to changes in the body's chemical balance that might be caused by exposure to chemical entities. Since this is an international issue, it is important that there be an internationally harmonized definition of "endocrine disrupter" that includes the adverse effects caused by the disruption. We recommend **collaborative research that will further elucidate the mechanisms of chemicals as endocrine disrupters and the harmful effects of the alterations they cause in the endocrine system.**

3.4.2. Identification

The first step to identifying chemicals that could disrupt human and wildlife endocrine systems is to develop an evaluation system that appropriately predicts the potential for the chemical to adversely interact with endocrine system. Although many studies are currently underway, there is little coordination to ensure that the knowledge gained in one country will be accepted or useful in others. Furthermore, there is little work being done to evaluate whether the mechanism of action of these chemicals is through hormonal receptors or possibly through other pathways. We recommend **collaborative research that will develop and validate effective and reliable evaluation systems for screening and testing of chemicals.**

3.4.3. Prioritization

Positive results from preliminary screening indicating that a chemical may affect endocrine systems are not sufficient to warrant actions to limit the use of that chemical. It will be necessary to know whether that chemical actually has an adverse health effect in humans and wildlife and that it could reach a sufficient level in the environment to actually have such an adverse effect. Many studies are currently underway to identify and quantify chemicals found in the environment. We recommend **collaborative research on methods to select chemicals for attention and to make policy decisions about those chemicals**. This could take the form of an **international workshop** to enhance scientific findings on endocrine disrupters with some sessions devoted to the methodology for decision making and gaining public acceptance. A process could be established to provide for a **continuing exchange of information** and **personal exchange of researchers** on a regular basis.

4. Energy

4.1. Current and Future Energy Issues

Energy is the foundation of socio-economic activity, and the stable and efficient supply of energy is absolutely essential for sustainable economic and social development. Energy centered on fossil fuels in the form of oil and coal has thus far greatly enriched our lives. But it is also having a major impact on health and the environment on the household, local, and regional scales. On the global scale, carbon dioxide emissions have changed atmospheric composition, and may already have had an effect on climate.

Meeting future global energy needs in ways consistent with local, regional, and global health and environmental quality, and with the security interests of the global community, is a major challenge.

Major transitions in the generation and use of energy will be needed. In general terms, the world needs to make a transition to some combination of much cleaner ways of using coal and other fossil fuels, and perhaps sequestration of carbon, and electricity produced from renewables or nuclear energy, from which could also be produced hydrogen for transportation.

Japan and the US are leaders in the global community and are technological leaders in the energy field. Therefore, **cooperation and global leadership in energy technology between the institutions of our two countries is of great importance if the necessary global energy transitions are to be made in a timely way.**

4.2. Japan-US Cooperative Energy Research

There has been active energy cooperation between Japan and the US for many years. Two of the frameworks for this cooperation are the *Agreement between the Government of Japan and the Government of the United States of America on Cooperation in Research and Development in Science and Technology* and *the Agreement between the Government of Japan and the Government of the United States of America on Cooperation in Research and Development in Energy and Related Fields.* Many cooperative areas related to energy are involved, including such diverse areas as nuclear safety and safeguards, and collaboration on fuel cell R&D from which early development, introduction and dissemination of the technologies are hoped. Cooperation is also undertaken in the International Energy Agency programs, and many collaborations exist between Japanese and US companies.

4.3. Future Cooperation

4.3.1. Bilateral Cooperation

We propose that the two countries pursue bilateral cooperation in **research and development of advanced technologies for energy generation and use**. These include:

- Renewable technologies: solar, wind, and biomass;
- Energy conservation technologies;
- Improving the cost, safety, and proliferation-risk characteristics of fission reactors, improving safeguards, and disposal of nuclear waste
- Clean use of fossil resources, including advanced coal burning technologies and cogeneration of electricity, heat, and fuel products,

- Possible ways to sequester carbon;
- Advanced fuels, fuel cells, high-efficiency vehicles and other clean transportation technologies;
- Continued collaboration in research and development in fusion energy concepts and technologies.
- Enabling technologies such as materials, for example, the ceramic engine, surface coating technologies for energy efficiency, and the development of smart materials and structure system for life extension and maintenance of energy related materials.

In these pursuits, the role of government should not be to substitute for the activities of private sector research institutions, but instead to encourage related activities and take on catalytic and supplementary functions. This role should not be limited to research and development, but should extend to the **promotion of practical applications** of the results. Policies that will contribute to the **improvement of global energy supply and demand structure**, and to **lessening of health and environmental impacts**, must be developed accordingly.

4.3.2. International Strategies

Japan and the US should also **work with developing countries to help them meet energy needs** for economic and social development, decrease or avoid severe health, environmental, and economic burdens, and prevent security problems. Of particular importance is cooperation with developing countries in decreasing or preventing:

- emissions from burning coal;
- environmental and health problems caused by burning traditional fuels, particularly indoors;
- the environmental and dependency problems caused by reliance on high-emission transportation systems.

Cooperation with developing countries should include: energy sector policy reform; the development, demonstration, and deployment of clean and affordable technologies; and common standards for energy systems and their emissions.

This cooperation will be more effective if Japan and the US have a common approach. We should also work together to **encourage policies of international lending institutions that help developing countries** move toward cleaner and more sustainable energy sectors.

4.4. New Initiative

We propose that the US and Japan launch an **Initiative to Accelerate the Global Transition to Cleaner Energy Systems**, comprised of a bilateral and a multilateral component.

4.4.1. Bilateral Cooperation Between Institutions in Japan and the US

One step should involve the 15 national research institutes affiliated with the MITI which, on April 1, 2001, will be integrated in one large institute. The name of this Institute is National Institute of Advanced Industrial Science nad Technology (AIST). The number of the staff will be approximately 5000, supplemented by the same number of researchers from the private sector and post-doctoral workers as well. One main focus of research and development of this new Institute is the energy field. A research and development **collaboration between this new Institute and the laboratories of the US Department of Energy** on energy research should be developed. It

should include not only research cooperation, but also **young researchers exchange**, **information exchange**, and appropriate **involvement of the private sector**.

4.4.2. Cooperation with Developing Countries

Since energy-related issues are global issues, it is necessary to look beyond the Japan-US relationship, and to **construct international cooperative ties** that include the participation of developing nations. In doing so, it will be important for Japan and the US to cooperate with each other and with developing countries and international lending institutions in identifying and implementing the best **technologies and approaches for clean, affordable, and sustainable energy for developing countries**.

5. Freshwater Management

5.1. Importance of Freshwater Management and Japan-US Collaboration

While we all understand that water is essential to human existence, much of the world today still acts as if there will be a never-ending supply of clean and fresh water. Yet, millions of people already know that water is a precious limited commodity as a consequence of their societal abilities to ensure an adequate and secure supply of water.

There are two fundamental principles relating to the current global status of freshwater that warrant increased collaboration between Japan and the US. The first is that water is an international strategic matter. The second is that Japan and the US, as well as the entire world, will benefit from more collaborative initiatives between the two countries.

Freshwater is an international strategic substance for two reasons. One is that while the amount of freshwater available to human use has remained constant, in rivers and lakes being at less than 0.007% of all water on the Earth, the per capita availability of freshwater is rapidly decreasing due to population increase (for example, water demand for food production, industry, and municipal use), the loss of productive freshwater due to contamination, and an increasingly uneven distribution of water caused by changes and variations in climate. This decrease in per capita supply of water is a growing source of regional as well as international conflict in every aspect of water development and management. The second reason is that the increase of trade between nations indirectly increases the "trade" of freshwater used for the production of the goods. Trade of foods, timbers and other industrial goods depends upon the water used to make those products. In effect, a country importing goods is indirectly driving water management in the countries exporting the goods.

5.2. Current Situation

Reflecting this strategic importance, a number of countries and governmental and nongovernmental organizations are quite active in the water related global initiatives in research and policy formulation. Many European countries have established strategic research centers on water issues that have made remarkable contributions to the understanding of global water management needs. Despite substantial governmental support, however, water research efforts in Japan and the US are fragmented into different independent departments and institutions without any integrated center. This considerably weakens their involvement in global activities and, as a result, the US ideas of cultural heterogeneity and Japanese regional experiences in Asia and the Pacific hemisphere, for example, are under-represented in the global water policy making. A **more active involvement of Japan and the US in global water initiatives** would benefit the global community a great deal.

5.3. Past History of Collaboration

There have been significant collaboration efforts between Japan and US on freshwater management research. There have been multiple channels, for example, between the Japan Ministry of Construction and USGS and with US Corps of Engineers. But partly because the lack of funds and partly because the segmented nature of each channel, the collaboration has a great opportunity for improvement.

Since 1992, the U.S. Geological Survey and Japan's Public Works Research Institute have been engaged in a joint scientific and technical exchange in several areas of hydrology and water resources. The collaboration has been conducted under the auspices of the U.S. Japan Committee on Hydrology and Water Resources, and under the governance of the Agreement between the Government of the United States of America and the Government of Japan on Cooperation in Research and Development in Science and Technology, signed at Toronto, Canada, in 1988. Recently, the U.S. Bureau of Reclamation has joined this collaboration.

5.4. Proposed Areas of Future Collaboration

Based upon the productive outcomes of past efforts, we recommend that the **collaboration should be strengthened with wider involvement of multi-organizational components and more focus on social and international dimensions**. The following three initiatives are recommended for future collaboration between Japan and the US as well as for the international community:

5.4.1. Hydrology for Environment, Life and Policy (HELP)

HELP is a research program consisting of a global network of experimental basins planed by UNESCO and supported by WMO, ICSU and many other national and international programs. Its purpose is to improve the understanding of **hydrological processes linked with societal needs**. The experimental basin is a real basin with human activities and problems to be solved. The specific objective of experiments will be determined under coordination of scientists together with the other users of the experimental results. It is a user-driven scientific research network for solving practical problems as well as acquiring scientific knowledge. Thus HELP adopts a paradigm shift to be "user-driven" rather than being solely driven by the questions of hydrological science. This paradigm shift requires an integration of three communities, namely water policy specialists, water resources managers, and scientists. We recommend that Japan and the US **support HELP in using science to solve societal problems** in accord with the Declaration of the World Conference on Science held in Budapest in June 1999.

5.4.2. Freshwater Assessment

The United Nations Commission on Sustainable Development (UNCSD) Agenda 21 action plan for sustainable development declared **freshwater the key to sustainable development** and called for a global assessment of freshwater. The assessment was implemented and reported by the Russian State Institute of Hydrology and Meteorology at St. Petersburg supported by UNESCO, WMO and others in 1998. Although the report is very precious, it is obviously not enough. Freshwater assessment on a global scale is a costly and time-consuming undertaking that must be sustained if it is to serve as the basis of any design and decision making on water. In fact, many hydrological observation stations have now been abandoned in Africa and other developing countries—precisely where the information is desperately lacking—because of the cost. In support of their own national interests as well as their international responsibilities, Japan and the US should **support basic needs in freshwater management, especially in the global assessment of water use, groundwater and water quality.**

5.4.3. IWRM in the Pacific Rim and Island Countries

Integrated water resources management (IWRM) is the basic strategy for sustainable water resources development and management. Research and policy formulation along this principle is the core area for collaboration between Japan and the US. It calls for integration of all means of management of water supply, irrigation, floods, droughts, water pollution, urban water, groundwater, and land use, etc., including demand management, public participation, water rights, and other institutional means of water management. As a regional focus, the Pacific rim and island countries, especially Southeast Asia, are particularly important as they face many kinds of serious water problems. We believe that Japan-US **collaboration for supporting our common neighbors** should be a priority for our **joint effort in freshwater management**.

5.5. New Initiative—Japan-US Committee on Water Resources

To pursue the fulfillment of the basic needs of Japan and the US involvement in global water issues and for the implementation of the three areas of collaboration described above, we recommend the **establishment of a Japan-US committee on water** resources to conduct the detailed formulation of actions and procedures. - Along the line of successful experiences of collaboration such as among the Public Works Research Institute, the Japan Ministry of Construction and the United States Geological Survey, a new committee should be multi-sectoral including all the organizations responsible for water research and management and should be integrated with other water related disciplines in Japan and the US.

6. Natural Disaster Mitigation

6.1. Objective of US-Japan Cooperation

The worldwide escalation of the frequency and severity of natural disasters has exacted a heavy toll on human lives, buildings and infrastructure, regional economies, and even socio-political systems. This alarming trend is the result of the increasing concentration of populations in regions that are prone to natural disasters, from earthquakes, hurricanes/typhoons, and tornadoes to torrential rains and landslides.

With nearly all of the island arc of Japan vulnerable to large-sized typhoons and 75% of the US population predicted to live in coastal regions by 2010, the trend toward larger disasters and increased human and financial losses is certain to continue. The objective of enhanced US-Japan cooperation in science and technology in the area of natural disasters is to **reduce the impact of those disasters on the US and Japan, as well as on developing countries throughout the world**. This focus will also demonstrate the US's and Japan's commitment to follow up activities of the United Nations IDNDR (International Decade for Natural Disaster Reduction), which officially ended in 1999.

6.2. History of US-Japan Cooperation

There is a long and successful history of joint US-Japan collaborations in natural disaster mitigation. Within the 1961 US-Japan Cooperative Science Program, the oldest formal mechanism for bilateral cooperation is the US-Japan Cooperative Program on Natural Resources (UJNR). Under the UJNR, there are three committees that address natural disaster mitigation: the Panel on Wind and Seismic Effects founded in 1967, the Panel on Fire Research and Safety founded in 1975, and the Panel on Earthquake Research (formerly named the Panel on Earthquake Prediction Technology) founded in 1978.

Initial cooperative research efforts on natural disasters were spurred by the 1968 Tokachi-oki earthquake in which reinforced concrete school buildings designed to a standard that met earthquake requirements in place at that time for California suffered damage. In 1970, the US-Japan Seminar on School Buildings was held in Japan under the sponsorship of the US-Japan Cooperative Science Program to learn from the Tokachi-oki experience. The 1971 San Fernando earthquake clearly demonstrated the vulnerability of modern construction in California, and as a result, the Task Committee on Large Scale Experimentation Program was established in 1976 under the UJNR Panel on Wind and Seismic Effects. The first US-Japan Cooperative Research Program on Earthquake Engineering was subsequently established. The initial personnel exchanges, and the resulting personal relationships under this program played a major role in the nearly 30 years of cooperation that followed.

6.3. Current Cooperative Mechanisms and Shared Problems

Currently, there are three government-to-government mechanisms for US-Japan science and technology cooperation in natural disaster mitigation: (i) US-Japan Common Agenda for Cooperation in Global Perspective, 1993 (CA), (ii) US-Japan Cooperative Program on Natural Resources, 1964 (UJNR), and (iii) Japan-United States Science and Technology Agreement, 1988 (JUST). These mechanisms have been extremely effective in enhancing the development, exchange, and diffusion of technologies that improve design and construction practices, and have provided a better understanding of the fundamental causes and effects of earthquakes.

However, each new natural disaster reveals new phenomena, and improvements must be made continually in order to take account of new knowledge. Understanding of earthquakes and of new developments in materials science, for example, make earthquake engineering a rich field for cooperation. Japan and the US are world leaders in this field and must show leadership and cooperation in improving natural disaster mitigation in development and practice.

6.4. Proposals for Further Cooperation

Recognizing the unique and shared problems faced by both countries in natural disaster mitigation ,we propose a threefold plan to expand and reinforce the US-Japan Natural Disaster Mitigation Research Network of scientists and experts between the two countries.

Coalition of University-Based Researchers and Organizations. University-based research is uniquely qualified or application of non-conventional and emerging technologies in the pursuit of more effective mitigation of natural disasters, and it should be encouraged to do so. As such, exchanges and cooperation among university-based researchers and cooperation among university-based research organizations should be further strengthened. In developing a plan for this coalition, emphasis should be placed on increased two-way personnel exchanges, particularly for young researchers and students, because these young researchers form the base for all future cooperation between the two countries. Personnel exchanges not only strengthen the collaboration between our two countries in fundamental research, but also improve the education and training of disaster scientists and engineers.

Experimental Facilities Network. Both the US and Japan are home to unique, complimentary and quite costly observational and experimental facilities. In Japan, for example, nationwide seismometer networks are being established, and the world's largest 3-D shaking table is under construction. In the US, the National Science Foundation recently announced an initiative entitled " Network for Earthquake Engineering Simulation" (NEES). The goal of NEES is to provide a networked, national resource of shared-use, next-generation experimental research equipment installations with remote observation and operation capabilities (by using new telecommunications technology). Such a network will integrate physical testing with experimentation, computation, theory, databases, and model-based simulation. Both countries stand to gain from sharing their complimentary investments and resources, and we propose a bilateral initiative to tightly link together all natural disaster mitigation experimental facilities in the US and Japan, jointly developing the protocol and standards needed to link the facilities using the latest telecommunications technologies.

Expanded Mechanisms for Partnership. The Panel on Wind and Seismic Effects under the UJNR had provided leadership in developing new research directions for the US and Japan. A recent example was the establishment of the Task Committee on Seismic Information Systems in 1998. One of its objectives is to technically assist the earthquake policy cooperation under the Common Agenda by facilitating the cooperative efforts between policy makers and researchers. We endorse these and other ongoing programs and recommend that they continue and be expanded. At the same time, the cooperation mechanisms should be continuously reviewed, updated, and improved to meet the growth and complexities of our joint research and cooperation. As one example, we recommend that the relevant organizations in the US and Japan consider developing more coordinated funding in research cooperation. Such coordinated funding will significantly enhance joint research endeavors. The resulting bilaterally-coordinated activities would be broad-reaching, focus on interdisciplinary research that emphasizes new technologies, and be expected to provide an additional mechanism for realizing the full potential of US-Japan cooperation.

6.5. New Initiative - US-Japan Disaster Professionals for Developing Countries

The sustainable welfare of the developed countries can never be achieved without reducing the vulnerabilities of developing countries to natural disasters. Broadly speaking, natural disaster mitigation is currently performed by universities and government agencies. Universities mainly deal with scientific and engineering problems, while government agencies deal with disaster response, recovery, and assistance. Bridging the gap between these separate domains has become natural in both the US and Japan. Unfortunately, this is not the case for most of the world; in developing countries, problems such as education, planning, and mitigation strategy development have yet to be addressed.

We propose the creation of a coalition of disaster professionals in Japan and the US, charged with developing a systematic plan for assisting developing countries in increasing their preparedness for the inevitable occurrence of natural disasters. This should recognize the common challenges posed by the broad spectrum of natural disasters faced by all countries. As a first step, the Japanese government is ready to sponsor a bilateral inaugural meeting this fall to convene a team of disaster professionals to initiate this activity.

7. Social Aspects of Information Technology

7.1. Explosive Growth of the Internet

Japan's Millennium Project identifies information technology (IT), including the development of digital libraries, as one of the Government's three R&D priorities for special support in FY2000. Throughout Japan use of computers and the Internet by individuals and businesses is growing rapidly. In the US, the growth of Internet use by corporations, governments and individuals has been explosive. By April 1999, there were already 83 million Internet users and 56 million online shoppers in the US. By January 2000, 45% of the US population was using the Internet. Worldwide there are 200 million Internet users in 100 countries and that number will be 500 million users by 2003. Internet use for transactions between businesses is expected to grow extremely rapidly. One publication recently called e-commerce (the doing of business online) an online earthquake for US business, meaning that a company that fails to meet the challenges of the Internet will have a very difficult time in the 21st century. In short, the Internet will become an essential element of the global economy and human life. It will have as profound an effect on society as the automobile or television. And as it becomes an integral and essential element of a nation's infrastructure, it will present significant new challenges for governments.

7.2. Cybersecurity

This explosive growth of IT has made individuals, corporations and governments increasingly dependent upon applications, which are based on new and often fragile computer and communication technologies. These technologies have become a potential point of vulnerability, subject to attacks and potentially severe disruption by criminals, hostile governments or simply clever mischief-makers. The recent penetration and temporary shutdown of several major Internet service provider systems in the US demonstrated that this is a serious threat to organized societies throughout the world, and can result in tremendous financial losses, compromise of proprietary information and data, and wide disruption of communication channels. If the current projections for Internet usage in the US and Japan become reality over the coming decade, a major assault on such systems in a situation similar to shutting down the two countries.

7.3. The Digital Divide

The booming expansion of IT and the resulting benefits in business, education, medical care and many other aspects of daily life, however, are not equally shared among the world's nations nor, indeed, among all segments of the population of individual countries. This could be called a "digital divide" between those who are fully participating in the new Information Age and those who lack access to it. The gap is believed to be widening between the "information haves" and "have nots". On a global basis, the gap is between the developed and the developing countries; within a given country the gap can result from lack of education, from financial limitations, or from a regional or local absence of facilities or connectivity.

Our Dialogue Group recommends that attention be given within each of our countries to assuring the broadest possible access to this "Information World" by making it a high educational priority. IT holds out the promise of enriching the contents and changing the mode of delivery of education, potentially allowing societies to extend access to learning and deepen students' ability to understand and innovate. There are also tools that can expand individuals' capacities for solving problems and acquiring information at school, in the work place, and throughout their lives. Further development of the information infrastructure, promotion of R&D in

communications, multi-modal human interfaces and software should also be priority considerations.

On a global basis, a growing disparity in application of information technology between the developed and developing countries will further aggravate the already existing economic disparities. Accordingly, our Dialog Group believes that the US and Japan should seek to assist the developing countries with respect to information technology. Possible areas of activity could be R&D on technologies particularly suitable for developing countries, building information infrastructures, and training of IT specialists. It is further recommended that groups and institutions in the US and Japan working to increase the IT capabilities of the developing countries be strongly encouraged to cooperate with each other in these efforts.

7.4. Other Issues Related to Cybersociety

The rapid development and expansion of IT including Internet has caused several ethical problems and even social crime in our society they include:

- increasing contents of Web-sites which has undesirable influence in education of young people
- infringement of privacy due to illegal access to private information
- criminal use of Internet

It is recommended that sociological studies on these aspects in cybersociety should be encouraged.

7.5. Future Directions

With so much at stake, our Dialogue Group believes that cooperation at the basic science level between US and Japanese specialists in the field of cybersecurity should be considered. Several specific topics might be addressed by cooperating teams of researchers. Since both the US and Japanese Governments are still deliberating their respective national approaches to cybersecurity, as a first step we recommend convening a small group of specialists from each country to examine the possibilities for closer cooperation and to develop specific recommendations.

8. Frontiers in Science and Technology

8.1. The Frontier Spirit

It is clear that there are new frontiers and challenges in each of the topics discussed above. However, since we deeply believe in the value of scientific investigation in the perpetual search for new and basic information about the nature of life, matter, and the universe, we place particular emphasis on this chapter in our Report. Progress in science is incremental, but small steps are motivated by dreams of great discoveries and this chapter attempts to suggest areas where great discoveries are certain to be found. Our Dialogue Group believes it is essential that our two countries continue to **strengthen their cooperation across the challenging new frontier areas** of science and technology.

There are additional reasons why this chapter (Frontiers) is important in the context of science and society. New discoveries generate excitement, and that excitement stirs public interest in science. Broader interest in science will lead to more students seeking scientific or engineering careers and will also mean more attention on science from the media and from generalists. In this way research at the cutting edge of science will increase public understanding and appreciation of science. This in turn will contribute to a more scientifically conscious and literate public that understands and respects the role of objective scientific advice in formulating public policy. But for all of this to happen, it will also be necessary that scientists make special efforts to explain their work in language understandable to the public.

The projects highlighted here embody the frontier spirit of science: exploring and measuring the world's vast oceans, feeding the world's people, understanding the fundamental structure of matter and the universe, delving into the origins of life and humankind, understanding the functions of the brain, and discovering the wonders that appear at the boundaries between disciplines. They build on what has come before, but also focus squarely on the future. We wish to **commend these efforts to our governments and enlist their support** in promoting the following key cooperative programs.

8.2. Proposals

8.2.1. Earth Sciences

Even today, the deep sea and the interior of the earth are difficult to reach and remain the most unexplored places on Earth. Aiming to solve global environmental problems and to further our fundamental understanding of our planet, Japan and the US should cooperate to promote new integrative multidisciplinary research in earth sciences, beyond the scope of conventional approaches. We fully **endorse the following initiatives and believe that they will open a new era of earth science** investigation that will also give us a new overall view of the global environment.

ARGO. Climate studies and oceanic studies require massive amounts of data to be taken over vast areas, and are thus natural beneficiaries of international cooperation. New climate change models running on ever-faster computers require real-time data to have meaning. **Real-time, comprehensive monitoring of the world's oceans** has been a longtime dream not only for navigation and other practical purposes but also for predicting climate variations. The ARGO project, an international initiative **already underway with key participation from the US and Japan**, will help realize this dream by creating a huge array of 3,000 buoys across the world's

oceans that will report real-time data on the conditions of the oceans down to depths of 2000 meters. It is hoped that this project, combined with other existing observations and advances in computer technology, will allow one-year climate change predictions and provide a deeper understanding of global warming.

Ocean Drilling. Another new collaborative effort will drill into the earth to take **core samples from the ocean floor**. The Science and Technology Agency (STA) and the National Science Foundation (NSF) are currently playing a pivotal role in working out the details of an Integrated Ocean Drilling Program (IODP) initiative. This new program will mainly be centered on a new Japanese ship with a riser technology able to drill into the deep earth's crust and a non-riser drilling ship which US plans to offer after its drilling ship: JOIDES Resolution currently used in the Ocean Drilling Program (ODP). The program will invite scientists from many countries under the spirit of international cooperation developed through ODP. Studying sampled ocean cores will provide insight into past states of the global environmental changes, explore behavior of tectonic plate boundaries, and contribute to the understanding the occurrence of earthquakes.

Earth Observation from Satellites. Another key element for monitoring and investigating the earth's environmental changes is the earth observation from satellites. Both NASA and NASDA have been coordinating their respective Earth observation programs through participation in the Committee on Earth Observation Satellites (CEOS). Through CEOS, the US and Japan are developing strategies for long-term observations in three themes for the development of an Integrated Global Observing Strategy (IGOS). These themes are Ocean, Terrestrial Carbon Cycle, and Disaster Management Support. The result of bilateral and multilateral cooperation, **long-term observations from satellites** will reveal clearly what is happening in the earth's environment and provide valuable data for investigating processes and mechanisms causing global change. Building on past successes, Japan will launch the ADvanced Earth Observing Satellite-II (ADEOS-II) and the science communities from both countries will exploit the resulting data sets. Looking to the future, a working group of US and Japanese scientists and agency representatives is now identifying near- and long-term areas of potential cooperation in space-based earth science research and observation in the years after 2002. Our Dialogue Group **strongly endorses these cooperative programs**, which will contribute data to a wide range of scientific disciplines.

Interior of the Earth. The frontiers of earth science will be rapidly extended by understanding the deep interior of the earth and its evolution since its birth nearly five billion years ago. New techniques in the physical and chemical analysis of small samples and the **development of seismic, geodesic and magnetic networks on a global scale** (such as Japan's Ocean Hemisphere Network and the network of the Hemisphere Network and the network of the Super-Plume Project) have made the earth's evolutionary history more accessible now than ever before. For example, the use of seismic waves for tomographic imaging of the interior of the earth has been a powerful tool for studying inhomogeneous structures in the upper and lower mantle—providing new clues to the dynamics and past history of the earth. Cooperation between the US Ocean Drilling Program (ODP) with Japan's Ocean Hemisphere Network in seismological observation using ODP-holes and also the cooperation in the US's IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) and Japan's Super-Plume Project jointly to acquire Seismological data on islands in the Pacific Ocean have been very successful. Further **enhancement of the cooperation in seismological observations** both on islands and on the ocean floor is required.

8.2.2. Space Sciences

Japan and the US have had a long and fruitful relationship in this field, including joint work on a variety of applications satellites, a manned space program involving Japanese astronauts, and the scientific exploration of space.

Manned Space Activities and Space Environment Utilization. Over the past decade, US and Japanese astronauts have been working side-by-side in exploring how humans can live and work in space. In several successful space shuttle flights, the Japanese have worked on microgravity studies and conducted various on-orbit activities including manipulator operation and extra vehicular activities. Collaboration has also been close on the International Space Station (ISS) program to put a permanently inhabited space station in low earth orbit. Japan is one of the original partners in the ISS and is contributing the Japanese Experiment Module—an orbital laboratory. Its materials and life sciences experiments as well as US investigators will constitute significant elements of the program . Japan is also contributing the Centrifuge Accommodation Module that will create artificially adjustable levels of gravity in space, permitting studies of gravity changes on animals, plants, and microorganisms. Our Dialogue Group fully endorses a **continuing close relationship in the field of manned space activities including the ISS program** and encourages **maximum possible cooperation in microgravity studies** of materials and living organisms.

Space Science. Japan has strong space science programs in X-ray astrophysics, solar physics, radio astronomy, and magnetosphere science that have made significant contributions to the world community. Japan has also taken its first step toward solar system exploration by launching the NOZOMI Mars orbiter with the newly developed M-V launcher. The Lunar-A (moon), MUSES-C (Asteroid), and SELENE (moon) explorers will follow. These missions are implemented under a wide range of international programs, which include development of instruments, spacecraft operations, tracking support, exchange of researchers, and data analyses. Many of the international cooperative aspects of these projects resulted from initiatives taken by individual researchers. US space scientists supported by NASA have worked closely with Japan's scientists at ISAS for many years. Our Dialogue Group fully endorses these relationships and believes that with budget pressures on space science research in both countries, it is desirable, wherever possible, to **maximize cooperation that will achieve efficiencies in satellite development and production of data packages** beneficial to the research objectives of both countries.

Astronomy. Astronomy opens a door to a new world whose hallmarks are extraordinary distances and energies. Views into that new world reveal information on the structure and evolution of the universe, the birth and death of stars as well as planets, and the mystery of the origin of life. Astronomy and space science complement one another. The existence of new instruments such as Japan's Subaru telescope, the Gemini pair of telescopes, and the coming Millimeter Array telescope (MMA), all provide continuing opportunities for international cooperation, involving scientists throughout the world's astronomy community. The US and Japan should continue to take full advantage of opportunities for cooperation that **exploit the complementary resources of our two countries**.

8.2.3. The Structure of Matter

Particle Physics. Both the US and Japan have unique, world-class facilities for investigating the frontiers of particle physics. The facilities of Fermilab, SLAC, and Brookhaven in the US have been and will continue to be key world centers. Japan's KEK (Koh-Ene-Ken) accelerator facility and the Institute for Cosmic Ray Research (ICRR) are counterpart research centers. Just as with

astronomy, these are complementary resources, which together with European centers comprise the body of the world's large machine resources for high energy physics research. International cooperation will continue to characterize this field. We **commend these cooperative efforts and their remarkable accomplishments** in elucidating the fundamental nature of matter.

Nanotechnology. Nanoscience and nanoengineering refer to the observation, control and manipulation of single atoms and molecules into completely new structures and materials. It is a breakthrough technology, described by an NSF committee as one that "will have a major impact on the health, wealth and security of the world's people, that will be at least as significant in this century as antibiotics, the integrated circuit and man-made polymers" were in the 20th century. It has been recommended as a priority area for US Government research funding in FY 2001. Investment in nanotechnology holds **promise for basic discoveries as well as industrial applications** that will result in a whole series of new nanodisciplines—such as nanomaterials, nanomechanics, nanoelectrics, molecular electronics, and nanobiotechnology. These fields are inherently interdisciplinary, and breakthroughs in one area may have far-reaching implications in other areas. These developments could lead to unanticipated benefits for fully mature and conventional technologies as well. The US already has achievements in biological and molecular applications, while nanodevices and nanocomposite technology are advanced in Japan. Although atoms are now routinely observed and manipulated, there is still an enormous amount of research to be done. But on the basis of what has already been achieved, the future appears to be of unlimited potential. In view of the present efforts in the US to involve government, academia and industry in nanotechnology research as well as the active programs underway in Japan, our Dialogue Group believes this field can be an extremely important new area of US-Japan cooperation, with opportunities in both the public and private sectors. We recommend that **early consideration be given for development of a possible joint program**.

8.2.4. Life Sciences

We are living during a revolution in the understanding of life. The discovery in the mid-1940s that DNA carries the genetic code and the later elucidation by Crick and Watson of the double helix structure of the DNA molecule were the basis of this revolution, which is still explosively generating new knowledge of life processes. The decision in the early 1990s to determine the complete genome sequencing of numerous organisms, including human beings, was the next obvious step, and the results of these efforts are now emerging. The Human Genome Project will be completed by the end of 2003. It is already known that many genes have remained unchanged through all of evolution, leading to the remarkable conclusion that human genes in fact have much in common with those of other species, even fruit flies and yeast cells. This discovery gives us new tools to study the origin of life, evolution, and species diversity. While the sequencing of the human genome is not yet complete, many important genes have already been identified, which has led to major advances in biomedical research and new insights into disease processes. **To promote these researches and enhance the quality of life all humankind, raw fundamental data on the human genome should be made freely available to scientists everywhere.**

Biologists have already entered the next challenging phase of research into the regulation and function of individual genes. Studies in post-genomics and proteomics will tell us about the structure and function of individual proteins and protein aggregates, the building blocks of our bodies. As the frontiers in this field have extended to functional genomics and proteomics, the new, powerful tools of bioinformatics have also had a major impact. This new knowledge is crucial for understanding normal and pathological functions of the body at the molecular level. Advances in structural biology and computational power will contribute further and enable

selective design of new drugs. It is clear that all of these developments will have a major impact on the biotechnology and pharmaceutical industries.

These advances in genomics are enabling us to understand life and living organisms more systematically and thoroughly and have opened a **new era in life sciences** research involving comparative genome studies of different species including humans, studies of biodiversity both among species and within species, and studies of the mechanism of evolution at molecular and phenotype levels.

Biotechnology in the Post-Genomics Era. The science of genomics has brought much excitement in the fast-developing field of biotechnology. The rice genome project, led by Japanese scientists under the International Rice Genome Sequencing Working Group, originally set a goal for completion of the sequencing of the entire rice genome in 2008. The US Interagency Working Group (IWG), with funds contributed by the USDA, NSF, and DOE, has joined the international effort, and it is now predicted that the project will be completed in 2004. Genome sequences of other plant and animal species will follow. These advances will open a new era of post-genomics—and the development of second-generation applied biotechnology products that can **enhance human health, combat hunger, and offer food security to the world's population**.

Biotechnology has the potential to be one of the best tools for addressing global problems, and could be key in improving the quality of life in developing countries. Cooperation in agricultural biotechnology would **take advantage of mutual interests and complementary skills of both countries**. For example, rice can be enriched with iron and vitamin A to improve health around the world; stress and salt resistant crops can be developed to allow more widespread agriculture as well as huge fresh water savings. Although our Dialogue Group concluded that it was premature to propose a specific project, we do recommend that consideration be given to development of a **joint US-Japan research program in plant genetics and "post-genomics" biotechnology**. A first step would be to convene a small group of specialists from both countries to define an appropriate program.

Biology and Brain Science. A full understanding of the brain and its functions is still far off, but advances have been made in recent years. Again, genetics and molecular biology have played a major role in revealing the processes underlying the embryonic development of the brain and its intricate wiring. The brain can be viewed as a communications network and this network is being actively probed using the tools of genetics, molecular and cell biology, biochemistry, biophysics and single cell physiology. Major advances have also been made in studies of higher brain functions linking cognitive functions in monkeys with single neuron activity and in humans with different types of imaging techniques.

The areas of molecular biology and brain science have strong representation in the United States and Japan as well as in Western Europe. In the 1980s Japanese Prime Minister Nakasone was instrumental in creating the Human Frontiers Science Program (HFSP) to build on the strengths of the various countries and stimulate active collaboration between scientists working in molecular biology and brain science. The program celebrated its 10th anniversary in 1999 and has become a model for structuring international scientific collaboration.

Biology is increasingly taking the center place in natural science previously dominated by physics. As biology progresses deeply and broadly, the interdisciplinary research is becoming important, focusing on biology, but aiming to bring scientists from a range of different fields such as mathematics, physics, chemistry, engineering, and computer science together with

biologists. Such research initiatives are already being taken at a number of universities and in research centers that focus on the post-genomic phase of biological research and that develop and apply sophisticated techniques to important biological problems. The US and Japan have substantial strengths in physical and chemical sciences and strong commitments to the biological sciences, and it would benefit both countries to consider developing a good research program in this interdisciplinary field, involving both young and established scientists. In this context, our Dialogue Group felt it would be appropriate to **consider strengthening the HFSP or creating a new international program modeled after the HFSP** in this field.

8.2.5. Young Scientists For the Future

Japanese-American Frontiers of Science (JAFOS) Symposium. In designing programs and policies in frontier research, it is of special importance to find ways to encourage new interdisciplinary approaches and collaborations and to encourage transfer of techniques or technologies between fields. It is also of special importance to involve and encourage very capable young scientists to undertake innovative research and build international professional and personal relationships early in their careers.

One example of such an initiative is the proposal modeled after the HFSP described above. Another is the Japanese-American Frontiers of Science (JAFOS) Symposium, sponsored by the National Academy of Sciences and the Japan Science and Technology Corporation (JST). The symposium allows outstanding young scientists of the two countries to organize intensive discussions in an interdisciplinary format. The first rounds of JAFOS, held in Irvine and Tsukuba respectively, were resounding success. Frontiers of engineering events are also being organized.

Our Dialogue Group **strongly encourages using a range of mechanisms such as JAFOS that involve young scientists and will build US-Japan collaborations for the futur**e. One of the best ways to ensure a strong future in US-Japan S&T cooperation is to give the best young scientists in the two countries the opportunity to use their limitless enthusiasm, initiative and imagination to create projects directly with each other.

9. The Role of Science in Policy and Decision Making

9.1. Growing Importance

The 21st century will be characterized by a knowledge-based society and a knowledge-driven economy. As such, science and technology will become important issues of governmental policies with growing frequency. Further, as scientific discoveries are turned into technologies with increasing speed, there are a growing number of political issues deeply related to science and technology, for example genetically modified organisms and human embryonic stem (ES) cells. The best insight and judgment over a broad range of topics are required to ensure the appropriate use of scientific knowledge in policy decision making. This is especially challenging for policies that require multidisciplinary approaches and considerations, such as those for the environment, energy, and health.

Our Dialogue Group agrees strongly that the two countries should **encourage the use of scientific results and thinking in policy and decision making.** We encourage scientists to participate actively in appropriate and sound policy decision making. A fundamental requirement for this goal is to **preserve the integrity of science** in the decision making process, and further, there is agreement that a **transparent approach to decision making is preferable**. In many ways this topic is also about Education and the Public Understanding of Science, with policy makers and the voting public as the intended audience. The ultimate goal is reaching a consensus on what policies should be followed.

9.2. Present State

Many policy decisions require an appreciation of complex scientific or technological matters, particularly in understanding incomplete scientific data and uncertainty. There already exist a number of mechanisms to provide these inputs, both on a national and international basis. In the US, for example, there are advisory bodies to governmental units. PCAST in the White House is a good example. Internationally, many UN agencies have appointed committees, as does the OECD. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is another example of science advisory groups appointed by governments. Since many issues like trade and health involve the interests of many countries, these international groups help meet the increasing need to provide common advice to several governments. Finally, there are also non-governmental sources of scientific advice. The National Research Council in the US conducts independent policy-related studies at the request of the US government and also drafts reports at its own initiative.

An initiative is now under way to provide a means for **independent science-based advice to be supplied on an international basis**, reflecting expertise and inputs drawn from many countries both developing and industrialized. The Science Council of Japan, the National Academy of Sciences, and counterpart organizations around the world are designing an institutional means to provide such advice. We note the **great potential and importance of such a source of global scientific input**, and encourage the involved organizations to proceed in this effort.

The challenge is twofold: first to develop new scientific insight into political issues, but also to provide appropriate judgment to the interpretation of empirical observations for their meaning in relation to the political issues.

9.3. Initial Steps

Always in the context of respecting and preserving the integrity of the body of scientific material relevant to the policies in question, we propose three important areas in which scientists can help

to assure the appropriate interpretation of scientific evidence and to explore better ways of using scientific evidence in the political process.

9.3.1. Consensus Building

Many issues related to modern science are not easy for the general public to understand. Therefore, we propose that scientists make the best effort to offer the appropriate information constantly to the public in ways understandable to the public. It is another (more difficult) challenge for scientists and policy makers to evaluate public opinions on topics relevant in framing specific policies. Much effort should be made to assess public opinions and acceptance using a variety of methods. There are two sorts of consensus building, one dealing with the scientists themselves and the other dealing with the public. Our Dialogue Group agrees to the **great importance but also the difficulty of consensus building in decision making**.

For scientists, it must be acknowledged that in many cases it is difficult to build scientific consensus. Further, with a more transparent decision making process, disagreements among scientists will be visible and public. Since scientists themselves have helped to raise the public expectation that "they have the answers," therefore some effort must be spent in trying to explain these scientific disagreements clearly.

For the public, both in Japan and the US, it has been difficult to build public consensus about certain technologies, for example nuclear power. There has been some success in the US building local consensus, but this has not grown to the national scale. In Japan, the Atomic Energy Commission has convened a series of meetings with a balance of scientists, social scientists, economists, opponents, and supporters in hopes of building consensus about the future of nuclear energy in Japan. In **comparing case studies and experiences**, many of which are complementary, the two countries could gain valuable insight into consensus building in the public.

9.3.2. Use of Best Scientific Knowledge and Judgment in Policy Making

Scientists have traditionally not been involved in the actual writing of policy. Because of the increasing number of political topics and challenges related to science and technology, **scientists should make an effort to be involved in policy making**. Governments must also play a role by arranging mechanisms by which scientists' ideas can be better reflected in policies.

There is another indispensable role for scientists to play when they are not directly involved in the setting of policy. Even when policy makers have access to data, they still have to interpret it in order to make a decision. The two countries should work together to find successful ways to **ensure that policy makers are provided with the skills and help they need in interpreting scientific information**. Applied and basic researchers in a particular field can meet and then publish an "inventory of knowledge" for timely topics with the intention that it be used by policy makers and judges. Such an approach has already proven useful in the US judicial system [?--check that--?].

9.3.3. Effective Implementation of Policies

As mentioned above, Our Dialogue Group recommends that scientists pay more attention to social aspects of scientific outcomes and become more active in proposing policies based on their knowledge and perspectives. Many developed countries have systems to absorb scientists' ideas

or proposals, although they are not always well functioning. It is sometimes difficult to recruit scientific expertise, and it is sometimes even more difficult to obtain politicians' consent and support. As above, effective implementation of policies requires work and cooperation on both the scientific and political sides.

Since the two countries have different methods for setting policy, the first step in bilateral cooperation should be to **produce a position paper from each government describing how policies are set** when they require scientific input. Scientists in the US and Japan should then periodically **exchange their views** on this important subject in order to develop better methods for reflecting science in policy decision making in the government. The two countries should **collect and analyze case studies** to try to determine the best institutional approaches for advising policy makers. The New Initiative described below gives a specific example of how this strategy can be implemented.

9.4. New Initiative—High Level Conference on Environment and Science Policy

Making decisions about the environment is an excellent example of the new challenges facing policy making in a scientific context, and we will focus on this specific problem in this New Initiative. As discussed in the section on the Environment, policy makers face the following question, often in the face of inadequate scientific understanding and information: Should we make the most conservative of decisions to seek zero-risk or should we accept the potential consequences while we develop the knowledge that will support rational public policy choices?

We propose that the US and Japan convene an **High Level Conference on Environment and Science Policy** that would bring together the top levels of government officials responsible for the environment along with law-makers, scientists, and the private sector (possibly including public interests). The conference would **compare the environmental policies and systems of both countries** in regard to the decision-making process (including the relationship between scientists and policy-makers) and **determine the most important environmental policy issues** facing our two countries and the role of science and technology in addressing those issues.

By discussing these topics as well as possible future directions on energy, chemical use, transportation, resource consumption, land use, etc., the summit would to try to **identify and develop ways to bring the best scientific evidence and knowledge to bear** in order to continuously inform the development of environmental policy.

10. Science Education and Public Understanding of Science and Technology

10.1. Importance

Education of today's students in the fundamentals of science, engineering, and mathematics will affect the competence and the attitudes of the next generation of adults. The quality and scope of education is especially crucial during secondary school as lifelong skills and interests are crystallized.

It is of continually growing importance that the public's general understanding of science and technology must be improved. While the outcomes of science and technology greatly influence the economy and culture, it is becoming more difficult for the general public to grasp the complexities of research and the implications of possible technological applications.

An increasing number of occupations require substantial skills in science and technology. Yet schools are not responding quickly enough to prepare students for their first jobs and many adults need retraining. In a short, a **reasonable level of technical literacy is essential** for understanding important public policy issues, fulfilling the obligations as a citizen in a modern society, and jointing the workforce in any capacity.

10.2. Situation

At a time when the role of science and technology in society is greater than ever, scientists, engineers, and governments around the world are concerned that the level of the public's understanding of science and technology should be strengthened.

A recent survey in Japan shows the decrease of young people's interest in science and technology. And a recent US survey reports that only a few people are well-informed about either new discoveries or the use of new inventions.

At the same time, because fewer Japanese and American citizens recognize science and engineering as being attractive professions, fewer young people consider advanced technical training. To reverse these trends, the visibility of constructive scientific and technological activities should be increased, and the social benefits and personal satisfactions of professional careers should be emphasized. The economic future of both countries depends on developing and sustaining a technically trained workforce. Prosperity at home and competitiveness abroad are at stake. Yet both the US and Japan are aware of major challenges in assuring a well –schooled society.

10.3. US-Japan Cooperation

These issues have been considered in forums such as Japan's Council for Science and Technology and the US National Academy of Sciences. Such discussions have led to the development of TV programs, invitations to visit laboratories, and other mechanisms designed to promote understanding of science and technology. Taken together, however, the **bilateral efforts on science education and public understanding of science and technology have been modest in scale and impact**.

At the international level, the OECD has conducted comparative studies of science and mathematics curricula. International comparisons and analysis of academic achievements have involved Japan and the US. Regarding public understanding of science and technology, the OECD conference "Science and Technology in the Public Eye" in Tokyo, 1997, was a recent example of multinational efforts.

Some progress has also been made in school exchanges and collaborations between Japan and the US. The Fulbright Memorial Fund (FMF) has expanded the opportunities for educators in two countries to make direct contacts in various fields. Science museums play a pivotal role in both countries by promoting public understanding of science and technology, often linked to school systems, independent professional organizations and universities.

Little or no large-scale bilateral cooperation has occurred on understanding the underlying trends in building a technical workforce.

10.4. Future Cooperation

Expanded bilateral cooperation will help enrich science education and promote heightened public understanding of science and technology, and focus on long-term technical workforce trends in the two countries. Two broad lines of action are called for.

10.4.1. Science Education

The US middle school (or Japanese lower secondary) years often determine whether a student develops interest in science. At this level of schooling the capability of teachers is crucial. Teachers should have not only strengths in the techniques of instruction but also mastery of the subject matter. The skill of many middle school teachers leaves much room for improvement. It is, therefore, important that science **teachers in both countries exchange their experiences and ideas** about more effective teaching methods and materials and about how to deepen their knowledge of the fields they teach.

Moreover, **basic research must be increased** to extend and sharpen **empirical evidence about the best practices** in science education, taking into account the results of studies about adolescent development and cognitive science. Joint research activities by science and math education experts should encompass **comparative review of successful cases**.

10.4.2. Public Understanding of Science and Technology

A **network should be established among science museums** because of their important role for public understanding of science and technology. In order to establish the network, a regular meeting attended by specialists such as science museum directors and journalists should be held with the **first meeting preferably in the autumn of 2000**. Joint **use and development of special materials** (multi-media content such as CD-ROM and Internet), cooperative programs such as science camps, and **exchange programs** of personnel by the Center of Public Understanding of Science and Technology (tentative name) in Japan and relevant centers in US should be encouraged.

10.5. New Initiative

We propose a **High Level Conference on Science Education and Public Understanding of S&T** to be convened. Because of the broad societal sweep and long-range of economic goals of this subject, the meeting should be also conceived as a "Technology Workforce Summit." The session would involve high level representatives from industry and university as well as government. Representatives and observers from other nations and professional groups would be invited.

The details of this conference should be further developed, but the subjects of the one day meeting would include: K-12 education (ages 5-18) in science and mathematics; cooperation on policies for public understanding of S&T; development of science journalists; and especially the global mobility and immigration of scientists and engineers—in short, all **issues central to the general improvement of educational systems** of science and technology for students and the public. Specific cases might include: examples of the **FMF Master Teacher Program**; evidence of "**best practices**" in K-12 curricula; **methods for inspiring the public to learn about research** results through museums and popular media; and critical skills needed by most employed persons.

To create the momentum for accelerated progress in this field, the highest level leaders must lift the visibility of—and their commitments to—science education and the public understanding of science and technology. With this push will the performance of educational institutions improve and the workforce reach the performance standards demanded in the future.

11. Ethics and Social Responsibility of Scientists and Engineers

11.1. Importance

Ethics depends on individual cultures, with norms embedded in history, tradition and social conventions. In medicine, strong ethical guidelines date back to the Hippocratic oath and have been respected through doctrines such as informed consent. For engineering and technology, robust guidelines have long governed the social responsibility of professional work; codes of conduct derived from the demands of clients. For science, the ethical standards have been more inner-directed, encompassing integrity in the research environment as well as rigorous tests of evidence and of the priority in discovery. As knowledge from the scientific community is increasingly being exploited more quickly and in more situations, science is being performed in the context of society as a whole.

Since knowledge about science and technology possess a universal nature—crossing geographical boundaries with ease-the ethical and social responsibilities of the professional community impel a universal approach. Throughout the world the public expects **high standards of honesty** within research, **clear statements about risks** related to the applications of technology, and **thorough analysis of the pros and cons** of the alternate technological paths that a society may choose.

The energy and depth of our Group's discussions show that there is consensus on both sides that the **ethics and social responsibility of scientists is already and will continue to be of utmost importance to the two countries**. In short, Albert Einstein's famous remark summarizes the guiding principle: "Concern for man and his fate must always be the chief interest of all technical endeavors . . . never forget this in the midst of your diagrams and equations."

11.2. Situation

New, sensitive and pervasive social issues emerge every day with respect to science and technology. For example, progress in genetics reveals ethical questions for medicine about novel treatments and life-enhancing interventions. Even laboratory research in certain biomedical fields has become controversial. In every institution, the risks identified by "whistle-blowing" must be investigated. **To ensure the public's trust**, in short, the world's science and technology **professionals must fulfill their obligations to society**. Today, that challenge is growing more complex.

The Asilomar Conference in 1975 was an example of scientists freely convening to gauge the possible risks of the then-new biological frontiers related to working with recombinant DNA. That successful landmark event in self-governance by investigators would not have been possible—and the social responsibility it fulfilled would not have occurred—unless both high norms and wide freedoms were present.

The United Nations' Universal Declaration of Human Rights is as important for the research community as it is for all other citizens in the world. Inquiry cannot thrive without freedom, and the rewards of intellectual freedom are widely shared.

To understand and fulfill the rising ethical and social responsibility of scientists and engineers, appropriate norms must be more clearly codified. As this process proceeds, the necessary education about those norms can be provided.

At the same time, the users of science and the general public must grapple in greater depth with the unfolding issues. Society as a whole holds the ultimate responsibility for the uses of science. Citizens in every occupation—together with lawyers, humanists, theologians, journalists, politicians, and artists—all should be ready to participate in exchanges with scientists, physicians, and engineers about the ethical and social choices appearing at research frontiers. In democracies, this process of debate and education takes time and patience, and it requires tolerance. Policy-makers are requested to respect the results of such well-prepared communication between experts and laypersons.

11.3. US-Japan Cooperation

Ethical guidelines have been formed by groups of scientists and engineers in each country. The United States often pioneered in norm-setting and implementation, and played a key role in leading accreditation procedures. US universities and firms are increasing their efforts on varied perspectives about the considerations affecting the conduct of research. In Japan, similar measures are being taken to respond, for example, to APEC initiatives about engineers; and the government is strengthening the ethical dimension through the revision of the Registered Engineer Law. The Japanese Council for Science and Technology has discussed general issues relating to science, technology, and societysuch as ethical and social responsibility of scientists and engineerings, as well as issues relating to bio-ethics in fields such as cloning and human embryonic stem cell research.

Yet most actions and most policies have been set independently in each country. The exchange of knowledge between Japan and the US is limited to a few specific fields and groups. No forum organizes cooperation comprehensively enough to span the broad social questions presently in view.

11.4. Future Collaboration

Accordingly, we recommend organizing a Bilateral Forum on Ethics and Social Responsibility in Science and Technology. The mission would be to compare experiences and reappraise issues arising from both long-standing as well as the recently emerging challenges. **A major biennial conference** should be arranged in order to explore diverse Public perspectives and shape a continuing scholarly program. Cooperative relationships, exchanges of staff, and joint research links with **observers from other countries**, and publications should be encouraged. Public participation should be included, opinion surveys conducted, and the media engaged. The dialogue should be open and enriched by continuously confronting **topics affecting people in their daily lives**. The results of this initiative would be useful for Japan, the US, and for worldwide understanding.

本報告書の内容を公表する際は、あらかじめ新エネルギー・産業技術総合開発機構産業技術研究開発部国際共同研究課の許可を受けて下さい。

Tel　03-3987-9357
Fax　03-5952-0082