

HARD TRUTHS

エネルギーに関する厳しい現実直面して

2030年までのグローバルな
石油・天然ガスの
総合的見地



2007



全米石油審議会

NATIONAL PETROLEUM COUNCIL

An Oil and Natural Gas Advisory Committee to the Secretary of Energy

1625 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006-1656

Phone: (202) 393-6100
Fax: (202) 331-8539

2007 年 7 月 18 日

米エネルギー省
Samuel W. Bodman 長官殿
ワシントン D.C. 20585

エネルギー省長官殿、

貴殿が 2005 年 10 月 5 日付けの手紙によって提示された質問にお答えするため、全米石油審議会は、これから 2030 年までの石油・天然ガスの将来について、グローバルなエネルギー・システムの観点から総合的な調査を実施しました。今日の統合されたエネルギー市場の複雑さと、現在のエネルギー問題が要する緊急性は、以下の項目を含む調査を必要としました。

- 需要と供給、インフラ、技術、地政学を総合的にとらえた見方
- 公のエネルギー予測と専有データを用いた予測の包括的なレビュー
- 技術的トレンドと機会の綿密な分析
- 経済的観点、国家安全保障と環境問題の各側面から見た政策の選択肢
- 多様な経歴や組織を背景とした 350 人以上の参加者
- エネルギーに積極的に関わる個人やグループ、合計 1000 人以上との対話

この調査により当審議会は、全世界におけるエネルギー需要が、人口増加と人類の生活水準の向上追求によって、2030 年までに 50-60%成長すると予測されていることが分かりました。と同時に、これだけの需要の伸びを支えられるだけの安価で安定したエネルギー供給を実現するためには、政治的問題やインフラの整備、熟練労働者の確保などの面からリスクが山積しています。十分に安定的なエネルギー供給には、経済的で、なおかつ環境面からも責任を持てるすべてのエネルギー源の確保が必要です。

今後のグローバルな変化に対応するために、たった一つの簡単な解決策というものはありません。グローバルなエネルギー・システムの規模が巨大であり、重大な変化を起こすには時間も必要であるため、今すぐ行動を起こし、それを持続する必要があります。

今後 25 年の間に、米国と世界各国はグローバルなエネルギーの将来について、以下の厳しい現実と直面します。

- 石炭と石油、天然ガスはエネルギー需要の増加に対応するため、これまで通り不可欠である。
- 世界のエネルギー源が枯渇するわけではないが、歴史的に我々が依存してきた在来型の石油・天然ガスの生産をこのまま拡大することに対してはリスクが高まっている。これらのリスクはエネルギー需要の成長予測に対応するにあたり、大きな課題を生む。
- これらリスクを回避するためには、石炭や原子力、バイオマス、その他の再生可能エネルギー、そして非在来型の石油・天然ガス資源など、すべての経済的エネルギー源の拡大が必要だ。各エネルギー源は、それぞれ安全性や経済性、環境・政治面からの問題を抱えており、開拓と供給に新たなインフラの構築を要する。
- 「エネルギー自立」をエネルギー安全保障の強化と混同してはならない。米国のエネルギー安全保障は、需要の抑制や国内のエネルギー供給の拡大・多角化、国際的なエネルギーの貿易と投資の拡大を通じて強化することが可能なのに対し、エネルギー自立というコンセプトは、当面、現実的ではない。米国のエネルギー安全保障は、グローバルなエネルギー安全保障なくしてはあり得ない。

- 熟練した科学者や技術者など、米国におけるエネルギー分野の労働人口の大部分が、今後 10 年間に退職する可能性がある。労働力の補充と訓練を実施しなければならない。
- 二酸化炭素排出量の削減を目指した政策は、エネルギーミックスの変化とエネルギー・コストの上昇をもたらす、需要の伸びの縮小を必要とする。

当審議会は、市場が 2030 年まで、そしてそれ以降のエネルギーの課題に対応するため、以下の 5 つのコア・ストラテジーを提案します。この 5 つの戦略はどれも不可欠であります。我々が直面する複数の課題に対する簡単なひとつの解決策というものには存在しないからです。しかしながら、これら戦略の速やかな導入と持続的な遂行は、経済と安全保障、環境の各側面から打ち立てられたゴールにバランスを与えることによって、米国の競争力の向上につながると我々は確信しています。

米国は以下のことに取り組まなければなりません。

- エネルギー需要の伸びを抑制するため、交通運輸、住宅、商業、工業の各分野におけるエネルギー利用効率を高めなければならない。
- クリーンコールや原子力、バイオマス、その他の再生可能エネルギー、そして非在来型の石油・天然ガスといった各資源を用いてエネルギー生産を多様化し拡大する；在来型石油・天然ガスの国内生産の減少を緩和する；新しい資源の開拓へのアクセスを拡大する。
- エネルギー政策を、通商、経済、環境、安全保障、外交の各政策と統合する。国際的なエネルギー貿易と投資を強化し、グローバルなエネルギー安全補償を改善するために、エネルギーの生産国と消費国の両方との対話を広げる。
- エネルギーの需給システムのすべての側面から、科学・工学的能力を高め、長期的な研究開発の機会を創出する。
- 炭素の回収と隔離を可能にするための法的、規制的枠組みを構築する。政策担当者らが二酸化炭素の排出削減の選択肢を検討する中で、経済全体を網羅する明白で予測可能な二酸化炭素排出コストを含め、炭素管理のための効果的な国際的枠組みを提供する。

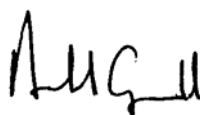
以下に添付した報告書「Facing the Hard Truths about Energy（エネルギーについて厳しい現実と直面する）」は、調査チームによって行われた包括的な分析結果とそれに基づく提言を詳述します。

当審議会は、この調査報告を貴殿とエネルギー省関係者の方々ととどまらず、広く政府と一般人のみなさんと共有できることを願っています。

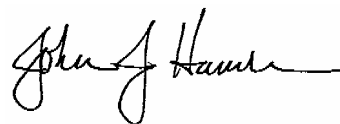
敬意を表し、



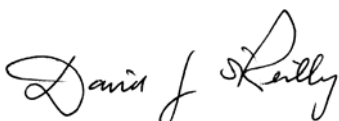
Lee R. Raymond
会長



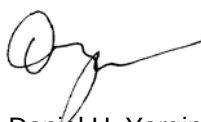
Andrew Gould
副会長（技術）



John J. Hamre
副会長（地政学と政策）



David J. O'Reilly
副会長（供給）



Daniel H. Yergin
副会長（需要）

添付書類

HARD TRUTHS

エネルギーに関する厳しい現実直面して

2030年までの
グローバルな
石油・天然ガスの
総合的見地



全米石油審議会による報告書
2007年7月

国際石油・天然ガス委員会
Lee R. Raymond委員長

全米石油審議会

Lee R. Raymond 会長
Claiborne P. Deming 副会長
Marshall W. Nichols 事務局長

米エネルギー省

Samuel W. Bodman 長官

全米石油審議会はエネルギー省に
対する連邦諮問委員会である。

全米石油審議会は、石油と天然ガス、
または石油・天然ガス業界に関連し
エネルギー長官が要求するあらゆる
事柄について、同長官に対し情報提供し、
助言し提案することを唯一の目的とする。

著作権所有

Library of Congress Control Number: 2007937013

© 全米石油審議会 2007

アメリカ合衆国で印刷

この報告書の中の文章と図は、どんな体裁・媒体でも複製を許可する。
ただし、複製に関しては正確を期し、誤解を招くような
使用を避け、全米石油審議会の著作権と
報告書の表題に言及すること。

レポート全文の概要

送り状

序文

エグゼクティブ・サマリー

第1章：エネルギー需要

需要調査に関する所見

需要概要

需要データ評価

発電効率

石炭のインパクト

工業分野の効率性

文化・社会・経済的トレンド

住宅・商業部門の効率性

需要調査から見た政策的オプションの可能性

推奨戦略

第2章：エネルギー供給

供給概要

エネルギー供給の見通し

エネルギーの将来展望の分析

石油とその他の液体燃料

天然ガス

石炭

バイオマス

非バイオ代替エネルギー源

エネルギー変換と配給インフラ

資源へのアクセス

第3章：技術

主要結果

技術開発と配備

人材の問題

炭素の回収・隔離

在来型の源泉（EORと北極圏を含む）

探査技術

深海技術

非在来型の天然ガス源－タイト・ガス、炭層ガス、頁岩

非在来型炭化水素：重油、超重質油、ビチューメン

非在来型炭化水素：頁岩

非在来型炭化水素：ガスハイドレート

石炭から液体へ

バイオマスのエネルギー供給

原子力の展望と石油・天然ガスへのインパクト

輸送効率

第4章：地政学

いかに世界が変化しているか

米国にとっての意味

結論

第5章：炭素管理

炭素管理

エネルギー効率と需要削減

輸送

炭素の回収と隔離

第6章：提言

エネルギー効率の向上により需要を抑制せよ

米国のエネルギー供給を拡大し多様化せよ

米国とグローバルなエネルギー安全保障を強化せよ

新しい課題に立ち向かう能力を補強せよ

炭素制限に対応せよ

第7章：方法論

指針

調査組織

タスクグループ

横断的グループ

統合チーム

情報管理

解析手法

情報の保存—データウェアハウス

公開データと情報

専属データと情報

並行研究

概要

付録

付録A：依頼状とNPCの説明

付録B：調査グループの名簿

付録C：調査のアウトリーチのプロセスとセッション

付録D：並行研究—プロセスと概要

付録E：CDに掲載されている付加資料

頭字語と略語

換算率

研究トピック・ペーパーについて

全米石油審議会はこの報告書を承認するにあたり、タスクグループとそのサブグループが作成した個々の題材に関する詳細報告書を含み、この研究プロセスで使われた特定資料を公表することも承認した。これらトピック・ペーパーは、本書のエグゼクティブ・サマリーとレポート・チャプターの結論に至るまでの分析の土台となった。最終報告書のCDにはこれらのペーパーが含まれている。

これらトピック・ペーパーはそれぞれの筆者の見解と結論を記載したものであり、全米石油審議会はそれに含まれる表明や結論を支持または承認するものではないが、調査結果の一部としてこれら資料の公表を承認した。

研究データウェアハウス・ファイルについて

この研究のために使用された多岐にわたるオリジナルの情報源をすべての参加者が容易に利用できるよう、データウェアハウスが開発され、それによって収集された多次元的なデータの一元管理が可能となった。この研究が完了した時点で使用・集計されたエネルギー関連の予測や見通しは100件近くに上る。これらの予測や、エネルギーセクターの様々な側面に関する数百件に上る論文や文書を解釈した結果が、この研究の結論や提言の土台となっている。

データウェアハウスは、調査アンケートで収集したデータやその他のデータ源からの情報をすべて受け入れ、タスクグループの主要な分析ツールとなるべく設計された。データウェアハウスに入れられたデータは、いかなる側面からも、値もしくは値の範囲を指定し、それをフィルタとして適用することによって分析可能である。

トピック・ペーパー同様、全米石油審議会は本研究のデータウェアハウスの内容を支持または承認するものではないが、調査結果の一部としてこれら資料の公表を承認した。

序文

全米石油審議会

全米石油審議会（National Petroleum Council、NPC）は連邦政府に対して助言を与えることを唯一の目的とした組織である。連邦政府が公認し、民間資金によって運営されるこの諮問グループは、石油と天然ガスの各産業界の考え方を連邦政府に伝え、政策に対する助言や提案を行うため、ハリー・トルーマン大統領の要望で、1946年に米国内務長官によって設立された。第二次世界大戦中、フランクリン・ルーズベルト大統領の下、連邦政府と石油産業軍事会議（Petroleum Industry War Council）は、連合軍の勝利を後押しした石油供給の動員のため、緊密に連携した。その成功した協力関係を、戦後の不確実な時代に持続しようというのが、トルーマン大統領のゴールだった。今日のNPCは、1972年の連邦諮問委員会法（Federal Advisory Committee Act）の下、米エネルギー省長官によって承認されている。

審議会のメンバー約175名は、石油・天然ガス業界のすべての分野、米国の全地域、そして大企業と小企業の両方をバランスよく代表するため、エネルギー長官によって選任される。また、この中には、大学や研究・金融機関、公的組織、アメリカ先住民の関連団体の関係者など、石油・天然ガス産業の外部から選ばれたメンバーもいる。審議会は、絶え間なく変わる世界のエネルギーと安全保障、経済にかかわる問題について、十分な情報に基づいた対話を行うフォーラムの場を提供する。

調査に関する要望

エネルギー長官のSamuel M. Bodman氏は2005年10月5日付けの手紙で、世界における石油・天然ガスの供給が国際的な需要増加に追隨できるかどうかについて、全米石油審議会に対して調査を実施するよう要望した。特に長官はこの調査の中で、以下の重要な問題点について調べることを要求した。

- 世界的な石油・天然ガスの供給の将来は？
- 石油・天然ガスの将来の需要に対応するため、経済成長を脅かすことなく、タイムリーに適正価格で供給を増やすことは可能か？
- 審議会は、経済の安定と繁栄をより保証するために、米国政府がどういった石油・天然ガスの供給・需要戦略を追求するべきであると推薦するか？

（付録Aに長官の手紙とNPCの説明を付加する）

調査団

長官の要望に対応し、審議会は国際石油・天然ガス委員会（Committee on Global Oil and Gas）を設置した。同委員会はこのテーマを研究し、審議会が検討するための草案の準備を監督するのが目的だった。審議会はまた、調整分科会（Coordinating Subcommittee）と4つのタスクグループを設けた。4つのタスクグループはそれぞれ、「需要」「供給」「技術」「地政学と政策」に的を絞りを、調査の実施面から委員会を補助した。各グループは特定のテーマにフォーカスした36のサブグループ

Global Oil and Natural Gas調査の代表者

Chair
Lee R. Raymond
Retired Chairman and
Chief Executive Officer
Exxon Mobil Corporation

Government Cochair
Jeffrey Clay Sell
Deputy Secretary of Energy
U.S. Department of Energy

Vice Chair – Demand
Daniel H. Yergin
Chairman
Cambridge Energy Research Associates

Vice Chair – Supply
David J. O'Reilly
Chairman of the Board and
Chief Executive Officer
Chevron Corporation

Vice Chair – Technology
Andrew Gould
Chairman and Chief Executive Officer
Schlumberger Limited

Vice Chair – Geopolitics & Policy
John J. Hamre
President and Chief Executive Officer
Center for Strategic & International Studies

Chair – Coordinating Subcommittee
Alan J. Kelly
Former General Manager, Corporate Planning
and Manager, Global Logistics Optimization
Exxon Mobil Corporation

Cochair – Coordinating Subcommittee
James A. Slutz
Deputy Assistant Secretary for Oil and Natural Gas
U.S. Department of Energy

Chair – Demand Task Group
James Burkhard
Managing Director, Global Oil Group
Cambridge Energy Research Associates

Chair – Supply Task Group
Donald L. Paul
Vice President and Chief Technology Officer
Chevron Corporation

Chair – Technology Task Group
Rodney F. Nelson
Vice President
Innovation and Collaboration
Schlumberger Limited

Chair – Geopolitics & Policy Task Group
Frank A. Verrastro
Director and Senior Fellow
Center for Strategic & International Studies

プの支援を得た。次頁に各調査のリーダーを務めた人々を一覧表にまとめる。

各調査グループのメンバーは、NPCの会員組織だけでなく、米国内外の産業界と政府機関、非政府団体、金融機関、コンサルタント会社、大学、研究機関の出身者で構成された。委員会と分科会、タスクグループ、サブグループのメンバー数は、合計350人以上に上った。（付録Bにこれら調査グループの名簿を付加する）

これら調査グループのメンバーに加え、多数の人々が外部から調査に加わった。関心のある団体に幅広く情報提供し、それぞれから意見を求めるアウトリーチ活動は、今回の調

査の重要な部分を占めた。米国の省庁や米議会の委員会、州政府や地方自治体、非政府団体、大学、専門家組織、産業界と合わせて、合計24回以上のセッションが開かれた。外部から調査への参加を求める過程で、エネルギーの主要消費国と産出国にも呼び掛けた。Bodman長官は、世界19カ国のエネルギー省とコンタクトを取り、各国の政府やエネルギー会社に対して需要と供給に関するデータの提出を依頼した。多くの国から建設的な回答を得ることができた。

各国のエネルギー関係者とその他関心のある団体から得られたデータ・フィードバックは記録され、エネルギー分野の将来に関する洞察を構築し、この調査がエネルギーにまつ

わる重要な問題を追究していることを確認するために活用された。こうした利害関係者からは幅広い見方や意見が得られた。こうした情報は、この調査結果と提言をまとめるために検討・分析したデータの重要な部分を占めた。（付録Cに調査のアウトリーチのプロセスとセッションの概要を付加する）

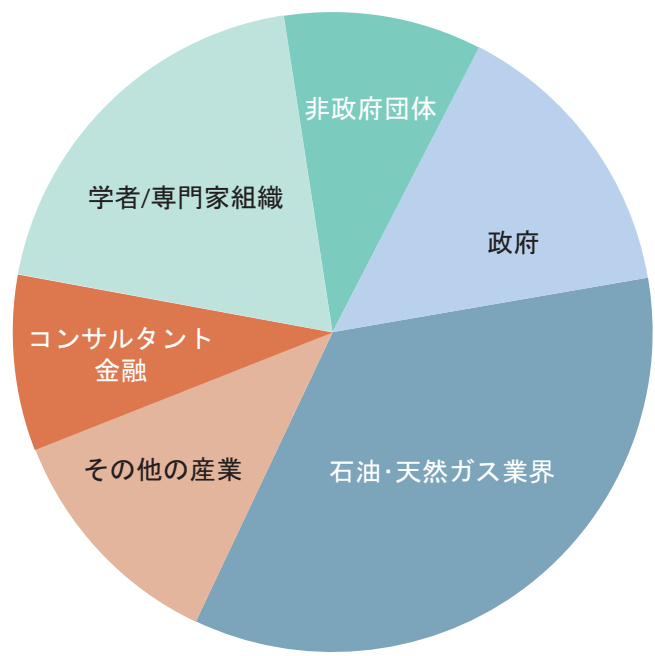
図P-1は調査の参加者の多様性を示す。

調査グループとアウトリーチの参加者は様々な方法で調査に貢献した。複数の研究分野にフルタイムで参加した人から、ある特定のテーマに加わった人、提案された資料をレビューする人、あるいはアウトリーチのセッションのみに参加する人まで、さまざまだった。こうした調査活動に参加したことは、この報告書の結果や記述、提言と必ずしも合意、ないしは後押しするものではない。また、米政府関係者がデータ・情報の取得と編集に多大な支援を提供してくれたものの、彼らはこの調査の政策提言に対しては見解を示していない。政府によって任命され承認を受けた諮問委員会として、全米石油審議会が唯一、エネルギー長官に対する最終的な助言に対する責任を持つ。しかしながら、広範囲で多様な調査グループとアウトリーチ活動によって、より多くの情報を集め、調査と提言をより良いものできたと審議会は信じている。審議会は調査に関わり、貢献してくれたすべての参加者にたいへん感謝している。

調査の規模とやり方

調査の第一焦点は石油と天然ガスだった。しかし、すべてのエネルギー形態が、競争の激しい国際的なエネルギー市場で互いに密接に関連し合っているため、そのすべてを評価した。実際、石油と天然ガスに関する有益な助言を与えるためには、すべてのエネルギー形態を理解することが必要だった。調査は以下の指針に従って行われた。

- エネルギーの需要、供給、価格に関するまたひとつの「草の根」的な予測を打ち出すのではなく、どちらかといえば既存の予測の分析に焦点を絞り、そうした予測が土台となった前提条件を確認し、なぜそれぞれの予測が異なる結果に至ったのかを理解することによって、石油・天然ガスの将来を左右する重要な要素を見極める



65%の参加者が石油・天然ガス業界の外

350人以上の参加者プラスその他1000人以上からのインプット

図 P-1. 幅広い参加

- 政府や大学、その他の団体が持つ公的データと、石油会社やコンサルタントが所有する専属データを収集・分析する
- 非政府団体や諸外国など関心のある団体から幅広くインプットを求める
- 短期的なエネルギー市場の変動ではなく、2030年以降の長期的な状況に重点を置く
- データと科学に裏打ちされた提言を行い、推論を防ぐため、調査結果の分析と解釈をすべて完了してから、政策的オプションや提言をまとめる
- 詳細な疑問点の枠組みを作り、すべての調査チームがその枠組みの中で時間通りに作業ができるようにする
- 独占禁止法や規制、連邦諮問委員会法を厳守する。審議会は、価格が需給の両面から重要な役割を果たすと認識しているが、独占禁止法の観点から、価格の与えるインパクトや将来の価格水準の評価といった問題を調査から排除した。

NPCの分析は、既存の他の調査や予測が土台となった。NPCは入手可能な既存の予測を広範囲に調べた。

- 最も利用され評価の高いエネルギー予測を提供している2つの団体－国際エネルギー機関（IEA）と米エネルギー情報局（EIA）－からデータを取得した。
- 企業などが持つエネルギー予測に関連する私有データの広範な調査を実施した。このプロセスの重要な部分として、私有データを受け取り、収集し、保護するうえで、審議会は公認会計事務所のArgy, Wiltse & Robinson, P.C.と契約した。
- Wide-Netプロセスにより、このほか大学や政府機関、非政府団体などが公開している予測データを集めた
- 集めたすべての予測を保存し分析するため、データウェアハウスを構築した。ウェアハウスのデータは、この報告書（印刷版）に添付したCDに含まれる。
- 本調査と並行して、最近のエネルギー政策にまつわる多数の他のレポートを精査する研究を行い、その結果を審議会の調整分科会に報告した。（付録Dにこれら調査の概要をまとめた。）

「需要」と「供給」の各タスクグループは、2030年までの国際的なエネルギー需要・供給の様々な予測と、それらの予測の前提となった重要な仮定・要因を分析し、解釈することに焦点を絞った。「技術」のタスクグループは、各予測の前提となった技術と、これらの技術が今後25年間に世界のエネルギー需要・供給にどのような影響を与えるかを調べた。「地政学と政策」のタスクグループにはフォーカスする分野が2つあった。地政学的な分析では、各国、地域、また国際的な政策判断が、グローバルな需給の将来に与える影響を評価した。政策面での作業は、経済と安全保障、環境の各側面から見た妥協点を反映する簡潔な提言をエネルギー長官に提示できるよう、各調査グループから上がってくる選択肢をまとめることが中心になった。これらタスクグループの仕事に加え、本調査はエネルギー効率、炭素管理、マクロ経済的問題といった全体にわたるテーマについても取り扱った。

こうした複数の取り組みから得られた結果が、NPCの推奨する需給要戦略の根拠とな

り、エネルギー長官に対する政策的提言の土台を形成した。

（作業範囲の詳細や枠組みとなった疑問点、各研究グループの研究手法についてはレポート・チャプターの各章とトピック・ペーパーを参照。）

調査報告書

NPCは透明性を確保し、読者が今回の調査をよりよく理解できるように、調査結果と研究グループが作成した多数の関連資料を公開する。調査報告書は以下の項目から成る。

- エグゼクティブ・サマリーはエネルギー市場のダイナミクスに関する洞察を提供するとともに、経済成長や国際安全保障、環境面からの責務を果たして繁栄を拡大しながら、十分に信頼できるエネルギー供給を確保するために必要な総合的緊急措置をまとめた。
- レポート・チャプターは「需要」「供給」「技術」「地政学と政策」のそれぞれのタスクグループが行った分析の結果概要；炭素管理に関する議論；各調査から得られた推奨項目一覧；各調査の方法論－をまとめた。これらの章ではエグゼクティブ・サマリーの結論と提言の根拠となったデータと分析を提供する。
- 付録は審議会と各調査グループの名簿と、調査のアウトリーチのプロセス、その他の情報をまとめた。
- トピック・ペーパーはこの報告書の裏表紙にあるCDに含まれ、各タスクグループとサブグループによってまとめられた詳細なテーマごとの論文・レポートをまとめた。これらトピック・ペーパーは、エグゼクティブ・サマリーやレポート・チャプターの結論に至るまでの分析の土台となった。審議会は、報告書の読者がこれらの資料に関心を持ち、調査結果をより良く理解するのに役立つと信じている。NPCのメンバーはこれらの資料に含まれる記述や結論を是認・承認することは求められなかったが、同資料を調査結果の一部として公表することに対し承認を求められた。（CDの中のトピック・ペーパーの要約とその他の書類の一覧表については付録Eを参照。）

（印刷された報告書とCDはNPCから購入することができるほか、NPCのウェブサイト www.npc.org で閲覧・ダウンロードが可能）

エグゼクティブ・サマリー

米国民はエネルギーの利用性や信頼性、価格、環境へのインパクトなど、エネルギー全般について大きな懸念を抱いている。エネルギーは緊急な政策的判断の対象ともなっている。しかしエネルギーは複雑なテーマである。日常生活と経済全般のあらゆる部分に触れ、広範囲な技術と関わりながら、米国と諸外国との関係にも深く影響を及ぼしている。米国はグローバルなエネルギー・システムの中で最大の参加国である。米国は世界最大のエネルギー消費国であり、石炭と天然ガスの生産量は世界第2位、そして石油に関しては最大の輸入国であり世界第3の生産国でもある。石油・天然ガスの観点から米国の位置づけを考えるための枠組みを作るには、大局的で長期的な視点が必要であり、この調査はその両方を提供する。

過去四半世紀、世界のエネルギー需要は約60パーセント成長し、巨大な規模に拡大したグローバルなインフラによって支えられてきた。次の四半世紀も同様の割合でエネルギー需要が伸びるというのが大方の予測だ。過去の経済活動を支えるために石油・天然ガスが果たした役割は大きく、今後もこれらが他のエネルギー源との組み合わせで、引き続き欠かせない役割を果たさだろう。今後数十年、世界は成長を持続させるために、エネルギー効率を高め、低価格で環境に負荷の少ないあらゆるエネルギー源を確保する必要に迫られている。

幸運にも、世界はエネルギー源の枯渇に直面しているわけではない。しかしたくさんの複雑な問題が、こうした多様なエネルギー源を、豊富で信頼できる経済的なエネルギー供給源として活用することを妨げる可能性がある。こうした問題は新たに生まれつつある不確定要素に由来する。例えば、エネルギーの開発と貿易、安全保障への地

政学的な影響や、将来のエネルギー利用に変化をもたらす二酸化炭素の排出削減強化の動きなどだ。エネルギー事業には常にリスクが付き物であったが、現在は新たにリスクが累積し、集中している。

全米石油審議会(NPC)は2030年までの、世界のエネルギーの供給と需要、関連技術の予測を幅広く調査した。審議会は安全で信頼できるエネルギーの将来に立ちはだかるリスクと課題を特定し、経済と安全保障、環境のすべての面からバランスよくゴールを達成するための戦略と提言をまとめた。

米国と世界のグローバルなエネルギーの未来は、今後25年の間、厳しい現実と直面する：

- 石炭と石油、天然ガスはエネルギー需要の増加に対応するため、これまで通り不可欠である。
- 世界のエネルギー源が枯渇しているわけではない。しかし、歴史的に我々が依存してきた在来型の石油・天然ガス資源の生産をこのまま拡大することに対してはリスクが高まっている。これらのリスクはエネルギー需要の成長予測に対応するにあたって、大きな課題を生む。
- これらのリスクを回避するため、石油や核燃料、再生可能エネルギー、非在来型の石油・天然ガスを含めたすべての経済的エネルギー源を拡大することが必要だ。各資源は安全性や環境、政治、経済的理由などから大きな課題を抱えており、開発と輸送には新たなインフラを必要とする。
- 「エネルギー自立」はエネルギー安全保障の強化と混同してはならない。米国のエネルギー安全保障は、需要の抑制と国内エネルギー供給の拡大・多様化、国際的なエネルギー貿易と投

資の拡大を通じて、強化することが可能なのに
対し、エネルギー自立という概念は、当面、現実
的ではない。米国のエネルギー安全保障は、グ
ローバルなエネルギー安全保障なくしてはあり
得ない。

- 熟練した科学者や技術者など、米国における
エネルギー分野の労働人口の大部分が、今後
10年間に退職する可能性がある。労働力の補
充と訓練を実施しなければならない。
- 二酸化炭素排出量の削減を目指した政策は、
エネルギー混合の変化とエネルギー・コストの
上昇をもたらす、需要の伸びの縮小を必要とす
る。

効率的な解決策の創出は、できるだけ自由で
オープンな市場に任せるべきである。市場が手助
けを必要とする部分は、注意深く政策を導入す
べきであり、その際には政策が意図しなかった結
果につながらないように考慮しなければならない。
審議会は市場が2030年までとそれ以降のエネ
ルギーの課題に対応するため、5つのコア・スト
ラテジー(中核的戦略)を提案する。我々が直面
する複数の課題を解決するためには、たったひと
つの解は存在せず、5つの戦略はすべて必須で
ある。しかし審議会は、これら戦略の速やかな導
入と持続的な遂行、経済と安全保障、環境の各側
面から打ち立てられたゴールにバランスを与えら
れ、米国の競争力の向上につながると信じる。米
国は以下のことに取り組まなければならない。

- エネルギー需要の伸びを抑制するため、交通
運輸、住宅、商業、工業の各分野におけるエネ
ルギー利用効率を高めなければならない。
- クリーンコールや原子力、バイオマス、その他
の再生可能エネルギー、そして非在来型の石
油・天然ガスといった各資源を用いてエネルギ
ー生産を多様化し拡大する；在来型石油・天然
ガスの国内生産の減少を緩和する；新しい資
源の開拓へのアクセスを拡大する。
- エネルギー政策を、通商、経済、環境、安全保
障、外交の各政策と統合する。国際的なエネ
ルギー貿易と投資を強化し、グローバルなエネ
ルギー安全補償を改善するために、エネルギーの
生産国と消費国の両方との対話を広げる。
- エネルギーの需給システムのすべての側面から、
科学・工学的能力を高め、長期的な研究開発の機
会を創出する。
- 炭素の回収と隔離を可能にするための法的、規
制的枠組みを構築する。政策担当者らが二酸
化炭素の排出削減の選択肢を検討する中で、

経済全体を網羅する明白で予測可能な二酸化
炭素排出コストを含め、炭素管理のための効果
的な国際的枠組みを提供する。

審議会は350人以上の幅広い領域の専門家か
ら情報と分析、洞察を得ることによって、これらの
戦略に到達した。これに加え、広範囲なアウトリー
チ活動を通じて、エネルギーに関わる1000人以
上の人にも調査に参加してもらった。この調査の
タスクグループは、最近の国際的なエネルギー
予測の背景となった様々な仮定や要因を理解す
るために、広範囲な公開資料と私有データを調
べた。

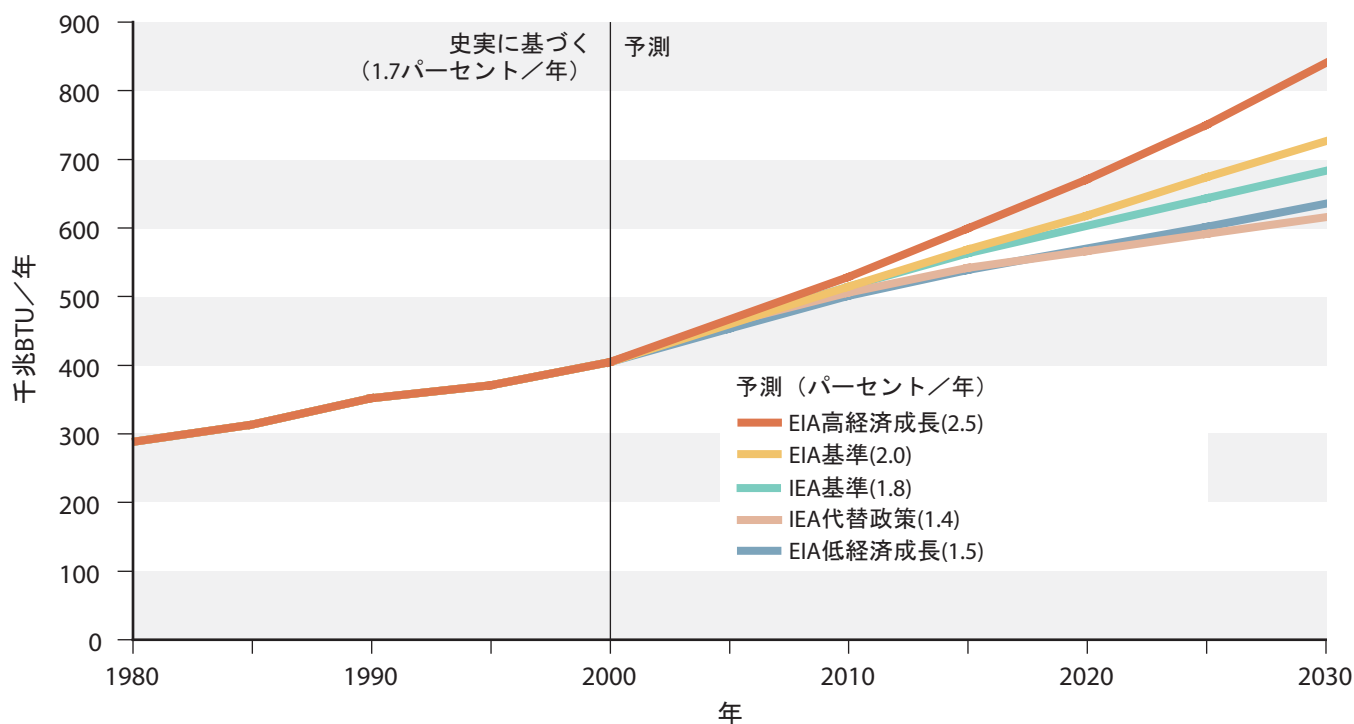
国際的なエネルギー・システムの規模の巨大さ
と、大きな変化には長い時間が必要であることか
ら、経済と安全保障、環境面からのゴールにバラ
ンスを与え米国の競争力を高めるためには、今す
ぐ協調行動を取るべきであり、それを長期的に持
続しなければならない。審議会の結論と推奨を下
記に要約し、レポート・チャプターの各章で詳細な
説明を行う。

エネルギー需要の増加

今後数十年、経済と人口が拡大するに伴い、エ
ネルギー需要はますます高いレベルに成長する。
これは供給システムにプレッシャーを与え、エネ
ルギー利用の効率化を重視する必要に迫られる。

エネルギーはクオリティー・オブ・ライフを維持
し改善する経済活動のために不可欠である。将
来のエネルギーのニーズに関する予測は、どれも
エネルギー需要の成長を牽引する経済・人口の
拡大を前提としている。技術進歩と消費者教育、
政策的イニシアチブのおかげで、エネルギー利
用効率は時間とともに増進した。こうした発展は、
エネルギー利用の成長をしのぐ勢いで経済活動
の成長を許した。図ES-1に見られるように、将来
のエネルギー需要の様々な予測が異なる理由
は、それぞれが前提とする世界人口、経済活動、
エネルギー効率の違いによる。

歴史的に、エネルギーの消費は経済活動の中
心だった先進国に集中していた。今日、経済協力
開発機構(OECD)¹で代表される先進国は、世界の
国内総生産²の半分を生産するため、世界全体の
エネルギーの半分を利用している。しかし、図ES-
2が表しているように、途上国の人口は2030年ま
でに世界の人口の80パーセント以上になる見込
みだ。



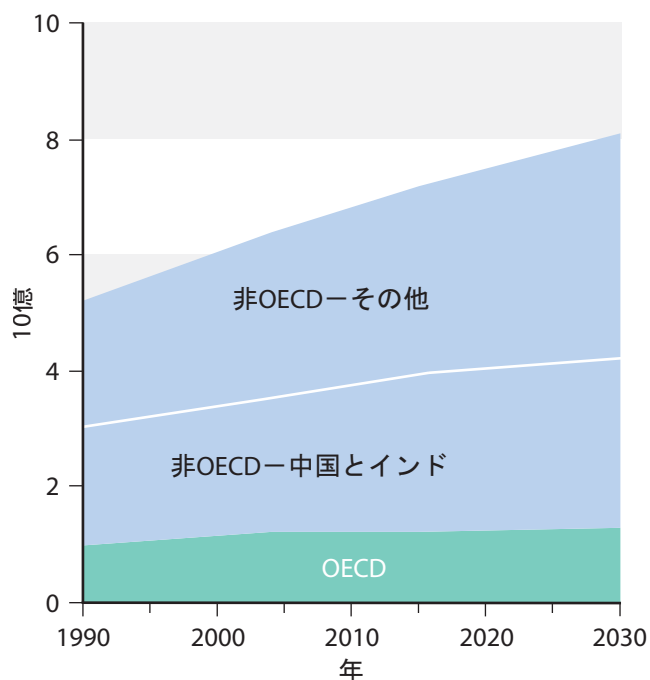
注：1千兆BTUは、 10^{15} British thermal unit（イギリス熱単位）。
1千兆BTU/年とは、約50万バレル/日の石油と同等のエネルギー。
出典：EIA：米エネルギー情報局、International Energy Outlook 2006

図ES-1. 世界エネルギー需要一年平均成長率

多くの途上国はちょうど、個人的富とエネルギー消費の成長が加速を始める段階に到達しつつある。例えば、中国の自動車台数は2000年から2006年の間に2倍以上に増えたが、まだその数は国民40人に1台の割合だ³。一方、米国は2人に1台の比率であり⁴、よって中国における自動車販売量と燃料需要は今後、劇的に成長する可能性が高い。こうした消費の加速が巨大な人口のさらなる増加とあいまって、今後のエネルギー需要の成長は主に途上国で生じると見込まれる。図ES-3にこうした1つの予測を示す。

エネルギー供給の展望

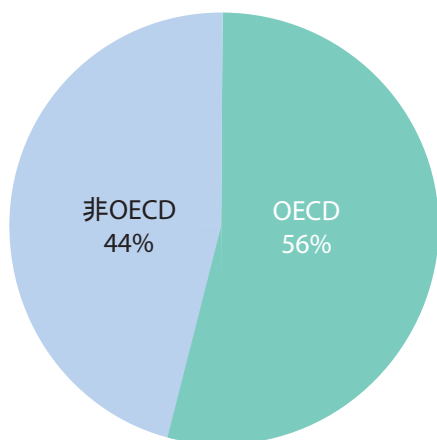
世界は現在、幅広いエネルギー源を利用する。図ES-4のように、世界の一次エネルギー⁵の60パーセント近くが石油と天然ガスによるものであり、エネルギー需要の成長予測に対応するためには、石油・天然ガスがこれまで通り不可欠であるというのが厳しい現実である。



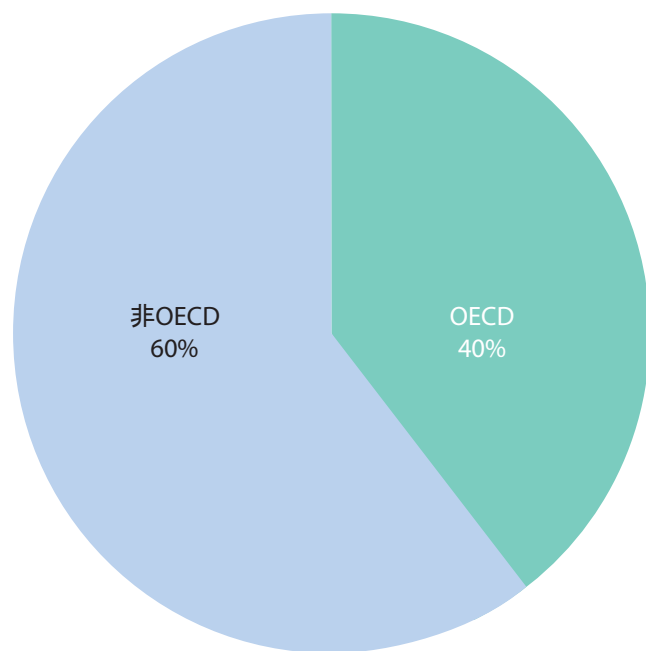
出典：国連 World Population Prospects

図ES-2. 世界人口

2004年—44.5京BTU／年



2030年—67.8京BTU／年

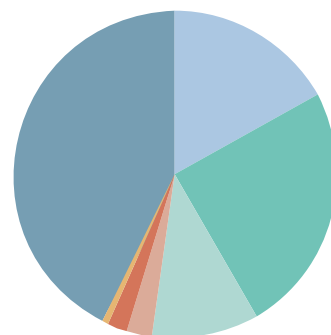


出典：IEA、World Energy Outlook 2006

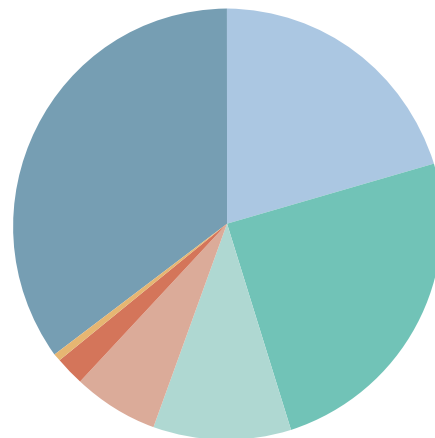
図ES-3. 2004年から2030年の
世界エネルギー需要の拡大

また、急激に成長する世界経済が今後四半世紀の間に、エネルギー供給の急増を必要とすることも厳しい現実である。石炭、原子力、再生可能エネルギー、そして非在来型の石油・天然ガスなど、すべての経済的なエネルギー源の拡大が、確実に需要に対応するために必要だ。すべてのエネルギー源は、生産と輸送、増加の一途をたどる消費を実現するために、それぞれ独自の課題を抱えている。

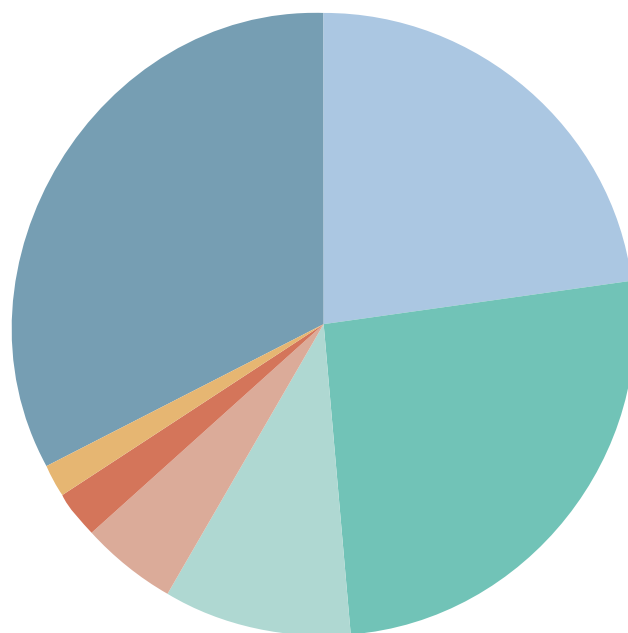
1980年—28.8京BTU／年



2004年—44.5京BTU／年



2030年—67.8京BTU／年



■ 石油 ■ 石炭 ■ 原子力 ■ 風力/太陽光
■ 天然ガス ■ バイオマス ■ 水力 ■ 地熱

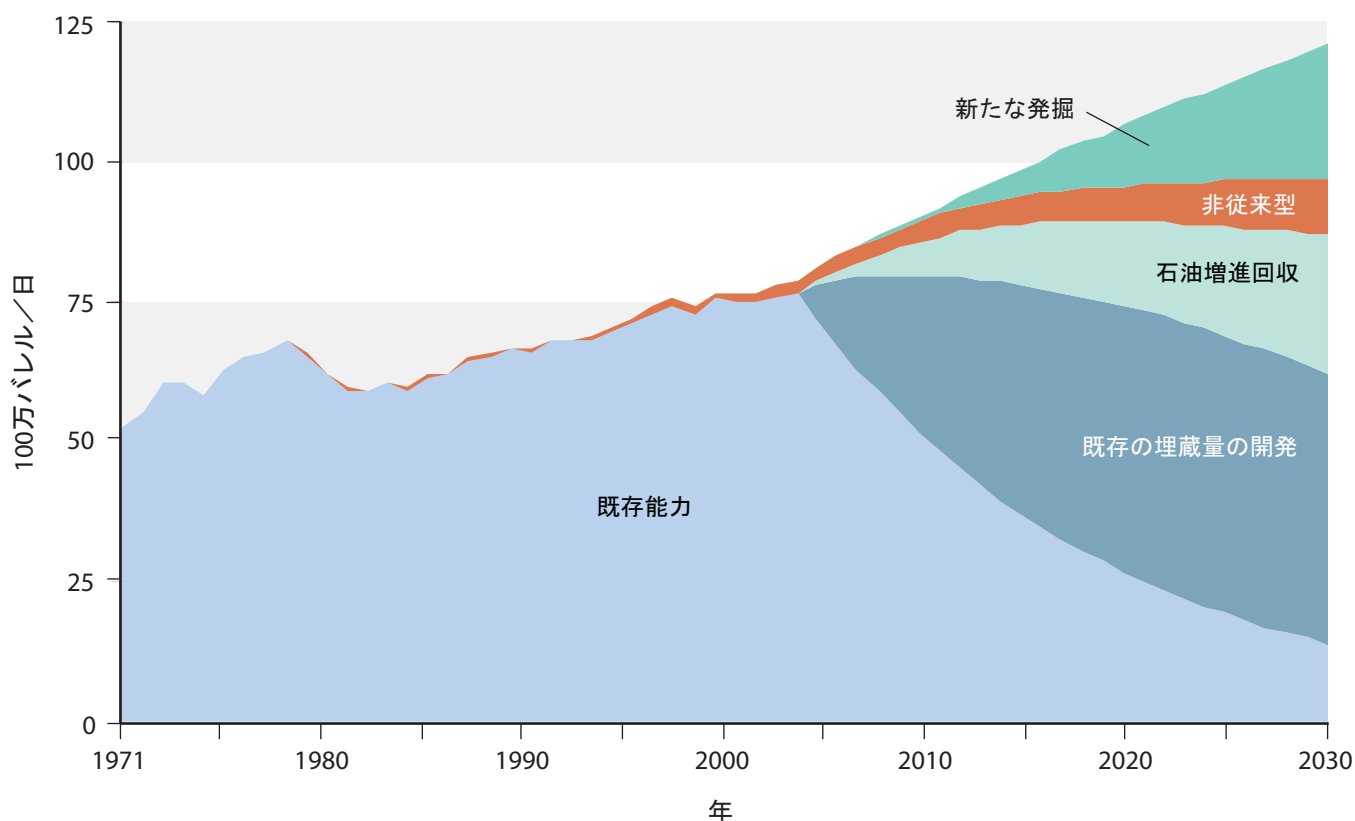
出典：IEA、World Energy Outlook 2006

図ES-4. 世界のエネルギー供給—過去と予測

石油と天然ガスに関する現在の評価は、いずれも資源が豊富に存在することを指し示している。天然ガスに関しては、調査期間中の一般的なエネルギー需要予測に対応するのに十分以上の資源があると見られる。

将来の石油供給は様々な供給源から来るだろう。既存の生産能力と、現存する埋蔵量の開発、原油の二次回収、非従来型石油の拡大、そして新しい埋蔵地の開拓だ。図ES-5は、IEAのWorld Energy Outlook 2004に記載されているこれら供給源の図式である。石油資源基盤が石油生産量の拡大を維持できるかどうかについては不確実なところがある。潜在的な埋蔵地へのアクセスや投資の水準とタイミング、技術開発、インフラの拡大といったリスクが、石油産業を取り巻く不確実性を増す要因となっている。この調査で取り扱った予測には、2030年の石油供給量として、8000万バレル未満／日とする予測から、1億2000万バレル／日といった予測まで幅広く存在した。こうした不確定要因の捉え方によって、予測結果に開きがあることが分った。

主に木材と糞を暖房のために燃やすバイオマスは、現在使われている最大の非化石エネルギー源である。近年、トウモロコシやサトウキビから得られるエタノールなどバイオマスからの液体燃料は利用が急拡大しているものの、石油の総消費量が巨大であるだけに、石油から得ているエネルギーの約1パーセントにしか満たない。米国における、木材やエネルギー作物、食用作物の廃棄物といったセルロースを含む潜在的なバイオマス源は大きい。米農務省と米エネルギー省は、米国が400万バレル／日の量の石油に匹敵する液体燃料を生産できるほど十分なバイオマスを創出可能と予測している⁶。他のエネルギー源の拡大と同様、バイオ燃料が大量生産できるようになるには課題がある。例えば、セルロース系材料を経済的に大規模で液体燃料に変換する技術が存在しない。米国におけるエタノールの生産拡大は複数の課題を抱えている。鉄道、水路、パイプラインの輸送能力の増強と、配給システムの大規模化、食物利用と水需要のバランスといった課題だ。



出典：IEA、World Energy Outlook 2004

図ES-5. 液体燃料の総供給量

風力と太陽光エネルギーも急拡大し、世界のエネルギーミックスの約1%を貢献している。風力・太陽光エネルギーは今後も急拡大を続ける見通しだが、経済性や断続的な供給能力、土地利用の面から考慮すべき課題を持ち、グリッドの相互接続と長距離の送電線を必要としている。

水力発電は今日のエネルギーの約2%を供給する。先進国では水力発電に最も適した場所はすでに活用済みであるため、開発途上のアジア太平洋地域を除き、今後、水力発電量が大きく伸びるとは見られていない。

原子力は世界における今日のエネルギーの約6%を提供し、一般的に米国外ではその利用が増える見込みだ。原子力は安全性とセキュリティ、放射性廃棄物の管理・処分、武器の拡散といった懸念を抱えている。二酸化炭素の排出量制限やエネルギーの多様化による安全保障の強化といった面から、原子力の拡大を推進することもできる。その半面、原子力産業に課されている、プラントの耐用年数の短縮やプラント新設の制限といった新たな規制は、天然ガスや石炭、風力、太陽光といった代替エネルギーの需要を増やすだろう。

現在、石炭は石油に次いで二番目に世界のエネルギーで大きなシェアを持つ。二酸化炭素の排出量に規制を見込まない予測では、一般的に石炭がシェアを伸ばすとされている。石炭利用の拡大予測は主に、発展途上国における電力需要の増加によって推進される。石炭は石油・天然ガスに比べてはるかに埋蔵量が多く、例えば米国は現在の消費率で今後最低100年間、経済的に発掘できるだけの石炭埋蔵量がある⁷。中国も大きな石炭源を持つ。ただし中国では主要な鉱床は消費地から遠く、輸送インフラが整備されていない。鉄道、水、送電線といった物流の課題に加え、石炭燃焼は単位エネルギー当たり、在来型の石油・天然ガスよりも多くの二酸化炭素を生む。一般的に、石炭と天然ガス、石油の組み合わせで2030年の世界エネルギーニーズの80パーセント以上をまかなうと予測されており、これは二酸化炭素の排出抑制の課題に悪影響を及ぼす。

変化する世界エネルギー地図

エネルギー生産の拡大は、国際間取引とオープンな市場、エネルギーの生産・輸送に伴う設備投資によって支えられてきた。発展途上国におけるエネルギー消費は今後、劇的に増えると予想される一方、欧米における石油・天然ガスの生産量は

減少する。この組み合わせは石油・天然ガスの国際貿易を顕著に増やすことを要求し、世界エネルギー地図を大きく書き変えることになる。

石油と液化天然ガス(LNG)の出荷量の拡大予測は、信頼できる輸送、通商、配給システムにより重点を置く一方、地政学や環境、安全保障の各面からの問題を挙げている。現在、世界における地域間の石油移動の半分以上は、スエズ運河やボスポラス、ホルムズ、マラッカの各海峡など、一握りの潜在的な“難所”を通過する⁸。

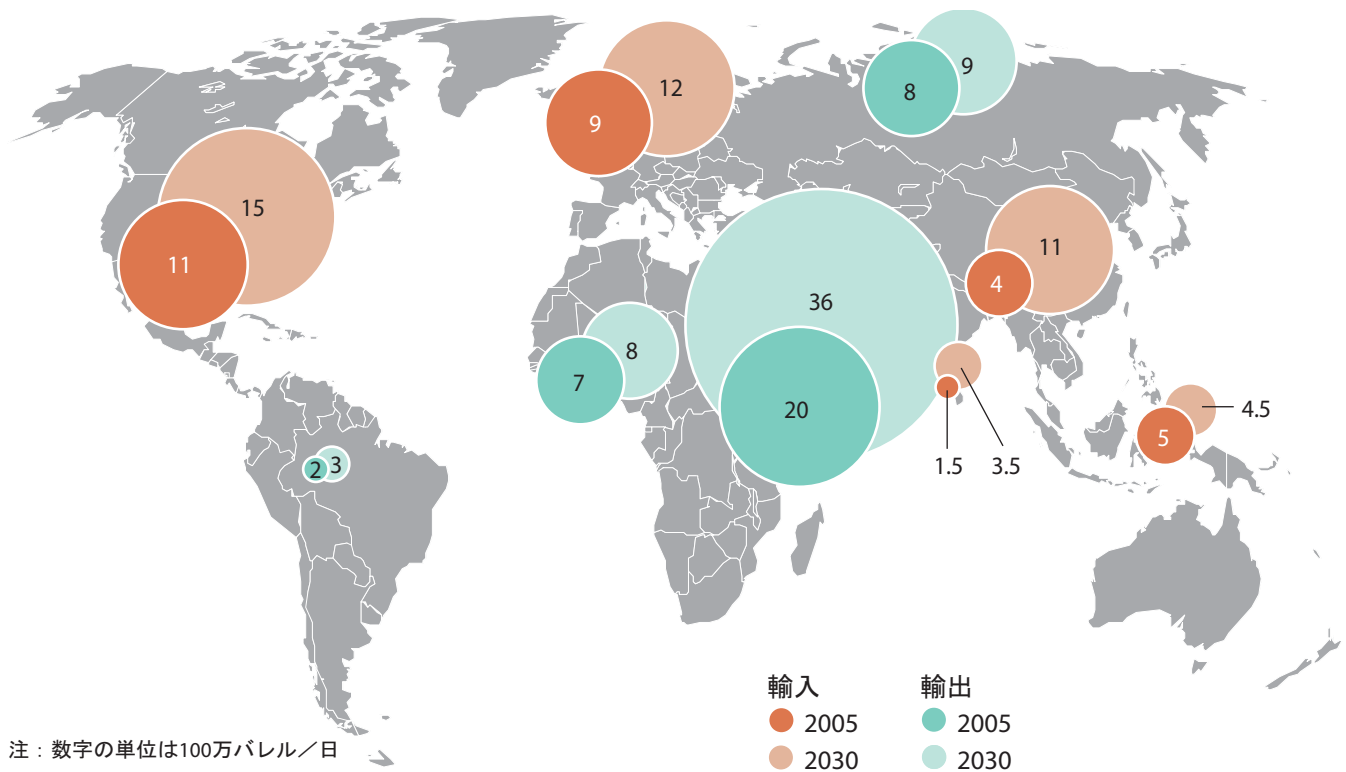
図ES-6は、各地の石油の輸出入を現在と2030年の間で比較した一つの予測である。天然ガスの需要・供給も同様の变化を遂げると見込まれている。

石油・天然ガスの国際取引の増加に加え、世界のエネルギー地図は別の局面からも変化しつつある。在来型の石油・天然ガスの源が、ますます一握りの非OECD諸国に集中しているということだ。これらの資源をどのように開拓・生産するかといった政策を決める際には、各国の国営石油会社とエネルギー省が中心的な役割を演じる。生産国は石油会社や消費国と対応する際、商業利益を得て、国内・外交政策の目的を推進するために、ますますエネルギー資産を活用する可能性がある。1990年代に国際的なエネルギー取引と投資を拡大した市場の自由化のトレンドは、新たなプレッシャーに直面している。

米国と国際的なエネルギー安全保障

米国と国際的なエネルギー安全保障は、信頼できる十分なエネルギー供給量が国家間で自由で取り引きされてこそ、成り立つ。この依存の度合いは、石油・天然ガスの国際貿易の拡大によって強まり、ますます政治的・緊張によって影響を受けるようになる。こうしたトレンドは、米国のエネルギー安全保障に関して、新たな懸念を生み出している。

こうしたエネルギー安全保障にまつわる懸念は、米国がエネルギー供給を完全自給できるようになるべきだといった声を生み出した。通常、「エネルギー自立(energy independence)」と呼ばれる考え方だ。このコンセプトは当面、非現実的であり、もっと広範囲な外交政策の目的と条約義務と両立しない。「エネルギー自立」を支持する政策は、国際的取引のパートナー間で大きな不安定要素を生み、国際的なエネルギー供給開発に対する投資の妨げになる可能性がある⁹。



図ES-6. 各地域の石油の純輸入と純輸出

エネルギー安全保障のためにはエネルギー自立は不要であるというのがまぎれもない事実である。米国はエネルギー自立を追求するのではなく、エネルギー需要の抑制と、国内エネルギー供給の拡大と多様化、エネルギーの国際間取引と投資の拡大によって、エネルギー安全保障を強化すべきである。たとえ米国がエネルギーを完全自給できるようになったとしても、グローバルなエネルギー活動と貿易、金融から解放されることはない。グローバルなエネルギー安全保障なくしては、米国のエネルギー安全保障はあり得ない。

グローバルなエネルギー開発への投資

何千フィートもの深海における数十億ドルの石油プラットフォームの新設、険しい地域や国境を越えたパイプラインの敷設、製油所の拡大、天然ガスを輸送・備蓄するための船舶やターミナルの建設、石炭やバイオマスを輸送するための鉄道の建設、遠隔の風力発電地帯をつなぐ高压電線の敷設—どれも数十年をかけた大型投資を

必要とする。生産能力を拡大するためには、本当の意味での投資額の増加が欠かせない。将来のプロジェクトは今よりも複雑で遠隔地で行われる見通しで、その結果、生産されたエネルギーの単位当たりのコストは高まる¹⁰。エネルギー・インフラの進化と拡大を実現するのに十分な資本を引き付けるため、安定的で魅力的な投資環境が必要だ。

米国はエネルギー供給者と積極的に関与し、世界のエネルギー生産とインフラを拡大するため、自由貿易と投資を促進しなければならない。国際貿易と外交交渉は、法の原則と財務上の安定性、公平なアクセス、そして環境面から責任のある開発をすべてのエネルギー源について促進するよう、定期的にエネルギー関連問題を取り扱うべきだ。

技術の進歩

人間の創意と技術進歩は、新しいエネルギー源を開発し、既存のリソースの開発をより推し進め、エネルギーをもっと効率的に、環境にやさしい方法で利用することを実現する。石油・天然ガス業界は技術進歩の長い歴史を持ち、現在は数十年前には予想もできなかった水準で、材料科学、化学、工学、コンピューター、センサー技術を活用している。技術はエネルギー需要の節約と供給の増加を実現しながら、環境に与える悪影響を削減してきた。今後も技術開発は持続する見込みだが、広範囲な技術のインパクトが生まれるには、その技術の誕生から大規模な導入まで10年以上かかることがある¹¹。

世界のエネルギーニーズを経済的に、環境に責任のある方法で満たすために、たったひとつの技術的解決策というのはあり得ない。多方面から、多くの進歩とブレークスルーが必要だ。このためには、ある一定期間、大きな経済的・人材的リソースがあてがわれなければならない。一方、米国のエネルギー産業は深刻な人材リソースの不足に直面しており、今後ますます多様化するエ

ネルギー源の需要増に対応するために必要な、将来の技術開発を弱体化する可能性がある。業界の技術系労働力の大部分が退職時期に近づく一方、過去四半世紀の間に工学と地学の分野を専攻する米国の大学卒業生の数は顕著に減少した。将来の技術進歩が危険にさらされている。

審議会の結論は、全米科学アカデミーの報告書「Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future」が記したものと多くの部分で共通する。同報告書は、数学・科学教育と長期の基礎研究に焦点を当て、米国が研究と技術革新を行うための世界で最も適した場所であることを保証することを呼び掛けている。

重要情報：エネルギー・システムの規模と時間軸

世界のエネルギー・システムの規模と、需要・供給の両面において大きな変化を成し遂げるのに必要な時間については、しばしば過小評価されている。いくつか具体例を挙げると：

- 現在、世界は1日に8600万バレル(毎秒4万ガロン)の石油を使用する。
- 大規模な新しい油田は発見から実際の生産開始までに15-20年かかることがある。また生産は50年以上続く可能性がある。
- 大規模な石油プラットフォームの新設には数十億ドルのコストがかかり、完成までに10年以上かかる。カナダの東海岸沖にあるHiberniaプラットフォームは50億ドルかかり、発見から生産までに19年間を要したが、世界の石油需要のたった0.2パーセントしか生産していない。12米国のメキシコ湾にあるThunder Horseプラットフォームは40億ドルかかり、発見から8年経った今もまだ運営開始に至っておらず、世界の石油需要の0.3パーセントを満たす能力がある¹³。

- 平均的な大きさの米国の製油所(原油蒸留能力が1日に12万バレル)を新設するには30億ドル以上がかかり¹⁴、米国の製油能力を1パーセント未満だけ高める。
- 米国には過去100年間に渡り建設した約20万マイルの石油パイプラインと¹⁵、約28万マイルの天然ガスパイプラインがある¹⁶。
- 新技術が商業化されてから実際に道路上を走る車に大規模に導入されるまでには20年以上かかる可能性がある。燃料噴射と前輪駆動が良い例である。
- 建造物の耐用年数は通常、数十年。例えば壁の厚さや断熱、機密性、窓といったエネルギー消費に影響する要素を、最初に取り付けたものから変えるのは難しく高価である。
- 石油・天然ガス市場において新技術を一から実用化し、広範囲に商業利用されるようになるまでには平均16年間かかる。

二酸化炭素の抑制に対応する

二酸化炭素の排出抑制の動きが持ち上がっており、これはエネルギーの需給に深刻な影響をもたらす。図ES-7が示すように、エネルギー利用による二酸化炭素排出量は一般的に増加する見込みだ。気候変動に関する懸念が強まっていることから、排出量の制限はますます強まる可能性がある。二酸化炭素の排出量削減を目指した政策はエネルギーミックスに変化をもたらし、エネルギー関連コストを増やして、需要拡大の削減を必要とするというのが厳しい現実だ。

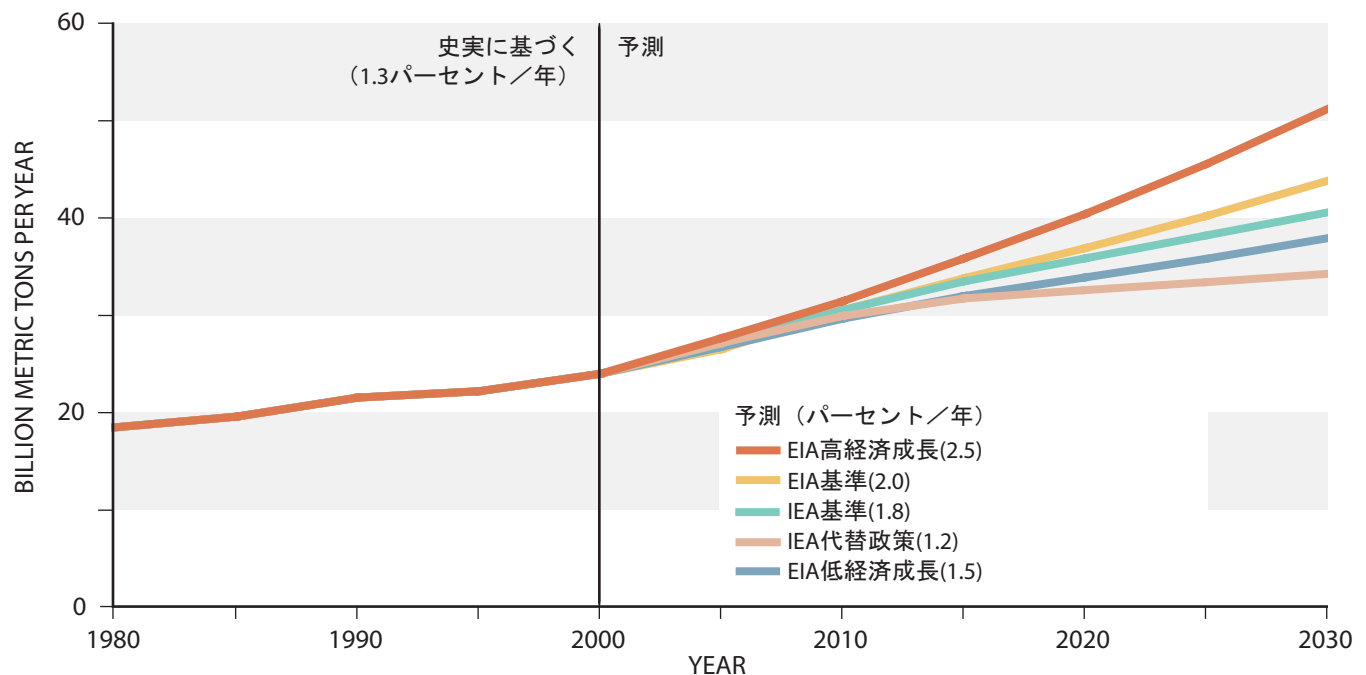
二酸化炭素排出を著しく削減することはエネルギーの生産とインフラ、利用に大きな変化を要求する。需要の削減、低炭素またはカーボンニュートラルな燃料での代替、石炭・石油・天然ガスの燃焼から生じる炭素の回収と隔離などの対策が必要になる。十分な規模で効果的な変化を実施するには、時間も金も技術も必要だ。新たに実用化された車両用技術が実際に路上を走る車に導入されるまでには20年以上かかる可能性がある。建物のエネルギー効率の改善はゆっくり行われる。建物の寿命は何十年という長さで、断熱材を増やしたり品質の良い窓に入れ替えたりといっ

た効率改善に必要な処置は難しく、高価であるからだ。発電所や工業施設の耐用年数は50年以上であることも多く、こうしたセクターの資本回転率を制限している。エネルギーの効率を顕著に高め、使用燃料を変更し、二酸化炭素を回収するには、車両や建造物、工場、発電施設、そしてインフラに大きな変更を加える必要があり、それには数十年がかかる。

米国エネルギー政策のための戦略

世界のエネルギーの課題を解決するために、たった一つの簡単な答というものはない。世界はこれから数十年、繁栄を後押しし維持するために、経済的で環境にやさしいすべてのエネルギー源を必要とする。これを保証するには直ちに複数の面から行動が取られるべきであり、その活動は長期に持続されなければならない。NPCの調査参加者は、以下の5つの戦略的ゴールを達成するために、取るべき対策の提言をまとめた。

- エネルギー効率の改善で需要を抑える
- 米国のエネルギー供給を拡大し、多様化する
- 米国と世界のエネルギー安全保障を強化する



出典：EIA：米エネルギー情報局、International Energy Outlook 2006
IEA：国際エネルギー機関、World Energy Outlook 2006

図ES-7. 世界の二酸化炭素排出量－成長予測

- 新しい課題に対応するための能力を増強する
- 二酸化炭素抑制に対応する

この報告書の焦点は重要な所見を見極め、意味のある効果的な提言をまとめることであったが、過去の教訓を心に留めておくことも賢明だ。粗末な政策的選択によって意図しなかった結果やマイナス効果が生まれる可能性を過小評価してはならない。¹⁷ ある産業分野にペナルティーを科す政策は政治的に魅力があるかもしれないが、しばしば安全保障のゴールやもっと広い意味での国家目標を台無しにする。

エネルギー効率を高め需要を抑えよ

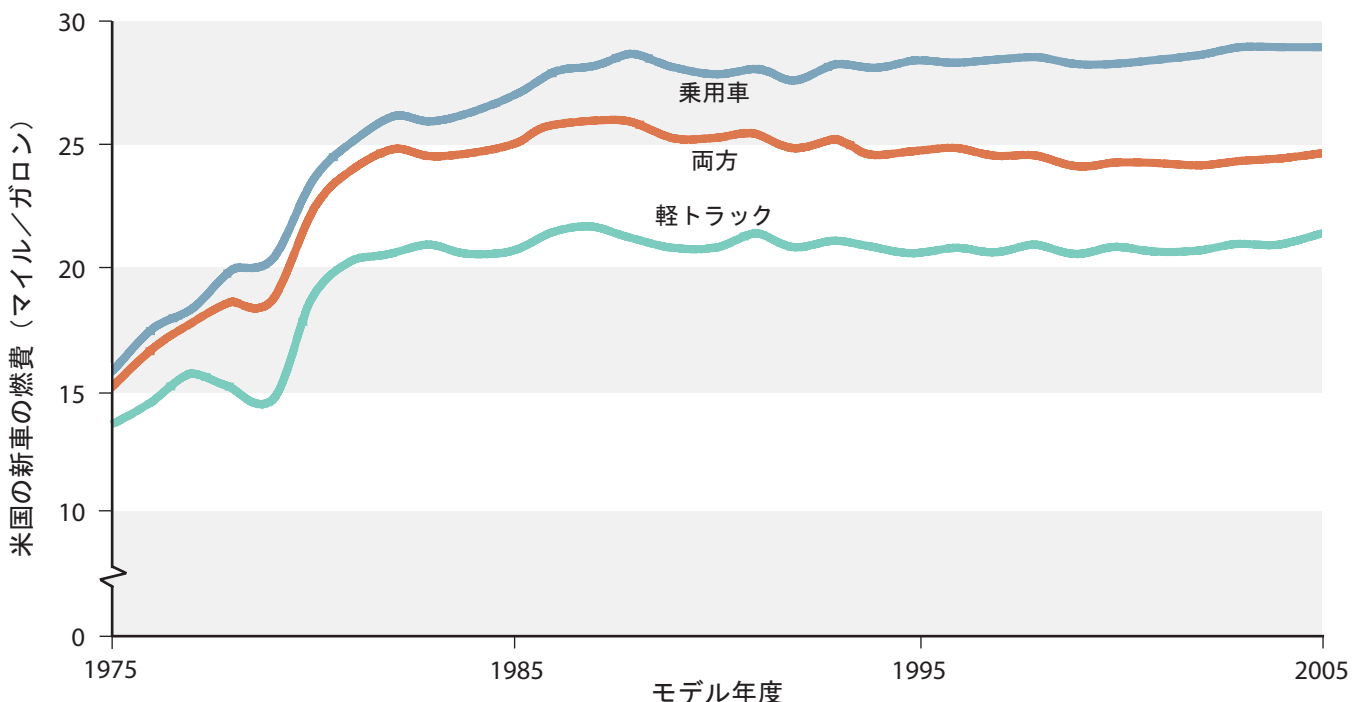
車両の燃費を改善せよ

米国が1日に消費する2100万バレルの石油製品の半分近くは、乗用車や軽トラックに使われるガソリンだ。米エネルギー情報局(EIA)の年鑑「Annual Energy Outlook 2007」の基準ケース(Reference Case)は、2005年から2030年にかけてガソリンの消費量が毎年平均1.3パーセント増加し、合計で日に300万バレル増えると予測している。

企業平均燃費(CAFE)の基準が過去30年、米国における乗用車・軽トラックの燃費改善を推進する政策的道具に使われてきた。当初の基準は乗用車に向けた燃費の条件と、軽トラック向けのよりゆるやかな条件とを定め、2つを分けていた。作業用トラックの利用者に不利益をもたらすのを防ぐためだった。当時、軽トラックの販売台数は乗用車の4分の1程度だったが、その後、スポーツ・ユティリティー・ビークルやミニバンといった軽トラックに分類される車の市場シェアが上昇した。今はこうした軽トラックの販売台数が通常の乗用車を抜き、軽トラック向けの低い基準の車が増えることで、全体の燃費の改善に歯止めをかけている。

今日売られている乗用車とトラックは、20年前のものに比べて技術的に効率が高い。しかしこの20年間の技術進歩によって得られるはずだった燃費の改善は、車両の重さと馬力、快適装備を増やすことに費やされた。その結果、図ES-8に見られるように、乗用車とトラックの燃費水準は、過去20年間、ほぼ横ばいだ。

技術的可能性の詳細なレビューによると、既存技術と将来の実用化が見込まれている技術を使



出典：米国EPA、Light Duty Automotive Technology and Fuel Economy Trends: 1975 through 2006

図ES-8. 米国の乗用車・軽トラックの燃費

えば、新しい乗用車と軽トラックの燃費を2030年までに2倍に高めることが可能である。ただし、これは車両の性能やその他の特性が現在と変わらないと想定した場合だ。¹⁸ このような燃費の改善は車両価格の上昇を伴う。ブッシュ大統領が2007年の一般教書演説で提案した、2010年からCAFE水準を年率4パーセントずつ改善して行くというのは、2030年までに新しい軽作業車の燃費を現在の2倍にするということと矛盾しない。新しい車両向け技術がどれだけ迅速に道路上の軽作業車に実際に組み込まれるかによって、米国の石油需要は2030年までに1日300万—500万バレル削減できる可能性がある。¹⁹ 車両の重さや馬力、快適装備を減らすこと、またはもっと高価で飛躍的な新技術を開発することで、さらに燃費を改善することはできるだろう。

提言

NPCは燃費の改善のために以下を提案する。

- 経済的で利用可能な技術を用い、乗用車と軽トラックの燃費水準を可能な限り改善する。
 - 基準を定期的に更新する。
 - 軽トラックの販売増による燃費水準のさらなる低下を食い止めるか、軽トラックと乗用車の市場シェアの変化を反映するよう軽トラックの基準を見直す。

潜在的効果: 米国が2030年に節約できる燃料は、1日に300万—500万バレル。

住宅と商業分野のエネルギー消費を削減せよ

米国のエネルギーの40パーセントが住宅と商業分野によって消費されている。これは発電と電力分配の過程で失われるエネルギーロスを含む。EIAの予測では、米国の住宅・商業分野のエネルギー利用は2030年までに3分の1近く増加する。

過去数十年、建物のエネルギー効率は大きく改善された。改善分野は建物の構造そのものから冷暖房、照明システム、電気器具などだ。しかし、こうしたエネルギー効率の改善は建物の大きさが大きくなったことや複数の電気器具の使用などによって、部分的に相殺されている。建物の費用効果的なエネルギー効率改善技術は、現在の米国の連邦、州、地方自治体の規定を追い越している。

現在利用できる効率化技術を適用すれば、エネルギー利用をさらに15-20パーセント減らすことも達成可能だ。²⁰

建物は通常、何十年の寿命がある。壁の厚さや断熱、構造的な密封性、窓といったエネルギー消費に影響する建物の要素は、その建物の寿命が尽きるまで大幅に変わることはない。こうした長寿命の建物の在庫に新技術・手法が浸透し全体的な効率性が高まるには時間がかかるので、大幅な長期的節約を達成するためには、政策を早期に導入することが重要になる。

エネルギー効率を改善するための投資を阻害する主な障壁は、初期投資額、不透明なエネルギー価格の将来見通し、消費者と施設提供者の間でインセンティブが異なること、個人の消費者の情報不足などだ。エネルギー消費が予測基準を大幅に下回るようにするためには、エネルギー効率の改善を牽引する政策が必要だ。

エネルギー規定を構築する

エネルギー規定の構築は、新築や大改築を行う建物のエネルギー効率の改善を促進するのに有効な政策的道具であることは実証済みだ。建築規制条例は50州と数千の地方当局によって管理されている。州政府と地方自治体を支援するため、モデルとなる国家のエネルギー規定が数年おきに更新、作成されている。連邦法の下、各州は建物のエネルギー規定を課す義務はないが、最低41の州が何らかの建物用エネルギー規定を採用している。

建物用のエネルギー規定の採用がエネルギー節約を保証するものではない。規定の執行と順守も不可欠だ。いくつかの管轄区域の報告によると、新築物件の3分の1、またはそれ以上が、重大なエネルギー規定である窓とエアコン機器の基準に適合していない。窓とエアコン機器は点検が最も簡単なエネルギー節約機能の一種だ。²¹

一般的にエネルギー規定の構築は、建物の新築と大規模改築のみをターゲットとしている。既存の建物のエネルギーを徐々に節約し、大きな節約の実現を促進するには、追加的な政策が必要だ。

電子機器・機具の基準

電気器具とその他の機具の基準は、既存の建物のエネルギー利用を削減する重要な政策的措置である。こうした製品は個々にはそれほどのエ

エネルギーを消費しないが、合計すると国のエネルギー利用の大きな部分を占める。²²

エネルギー効率の基準は、幅広くデジタル技術を用いた機器など、ますます普及しつつある多くの電子機器に適応しない。重要なエネルギー消費機器が常にカバーされるよう、対象製品群を継続的に評価し直し、必要ならば拡大して行かなければならない。さらに、産業界とその他の利害関係者らは、住宅用の暖炉やボイラーといった製品の基準についても話し合いを進めてきた。拡大・強化された基準を導入し執行すれば、現在のエネルギー省の基準に比べ、エネルギー消費量を減らすことが可能だ。²³

住宅と商業分野のエネルギー効率の改善は、効率の上がった製品やサービスの利用が増えることによって一部、相殺される。例えば、米国の一般家屋の大きさは年を追ってどんどん大きくなっており、もし家が巨大化しなければ得られるはずだったエネルギー効率の改善をほとんど台無しにした。同様に、家庭の冷蔵庫も数とサイズが膨れ上がっており、せっかくエネルギー効率の基準によって冷蔵庫1台当たりのエネルギー消費が減っても、その分を結局消費してしまっている状況だ。エネルギー効率に関するプログラムは、エネルギーサービスの需要増加を防止する方策を考えるべきだ。

提言

NPCは住宅と商業分野のエネルギー効率を改善するために以下を提案する。

- もっと積極的に建物のエネルギー効率を高め、定期的に更新される建築規制条例を導入し、執行することを州に促す。
- 新しい電気器具のための基準を構築する。
- 連邦政府の電気器具の基準を定期的に更新する。

潜在的効果: 米国で2030年までに7-9千兆Btu/年。この内訳は、2-3千兆Btu/年(50億-80億立方フィート/日)の天然ガス、4-5千兆Btu/年の石炭、~1千兆Btu/年(50万バレル/日)の石油。

工業分野のエネルギー効率を高めよ

工業分野は米国のエネルギーの約3分の1を消費し、世界と米国における石油・天然ガスの利用拡大の大きな部分を占める。全世界で見ると、天然ガスの工業需要は2030年までに倍増する見込みだ。同じく全世界で、工業分野の石油需要は2030年までに1日に500万バレル増える見通しで、これは石油の需要増加分のうち15%を占める。

工業分野は価格に敏感に反応するエネルギーユーザーである。エネルギーを大量消費する米国の産業やメーカーは国際的な競争力を維持するために、国際的な価格競争力のあるエネルギー供給に依存する。近年、米国産の天然ガスの価格は世界の他の地域に比べて上昇率が高い。その結果、天然ガスを大量消費する米国の製造業者は、業務の効率化を進めるか、米国外のエネルギーコストの安い地域に業務を移転するか、またはその両方に取り組んでいる。

工業分野全体で、エネルギー効率を約15%高められる可能性がある。²⁴ エネルギーの節約ができる領域としては、廃熱の再利用、分離プロセス、発電と熱供給の組み合わせが挙げられる。²⁵ これら省エネ対策の4割が今すぐに導入可能だが、残りを実現するまでにはさらなる研究開発と実証実験、配備が必要である。エネルギーの効率化技術の配備を促進するプログラムの提供を通じて、これらの導入を迅速化できるだろう。研究開発に対する連邦政府の税額控除を恒久化することは、こうした分野への民間投資を促進する1つの手法だ。しかし、技術的に訓練された労働者の不足はエネルギー効率化プロジェクトの導入を妨げ、また、価格変動による不確実性はこうしたプロジェクトを正当化するのが困難にする。

提言

NPCは工業分野の効率性を高めるために以下を提案する。

- エネルギー省は工業分野のエネルギー効率化技術の研究開発と実証試験、導入を実施・促進し、ベストプラクティスを推奨する。

- 民間の研究開発投資に拍車を掛けるため、研究開発の税額控除を恒久化する。

潜在的効果: 米国において2030年までに4-7千兆Btu/年。内訳は石炭と天然ガス、石油で3分の1ずつ程度。

発電はエネルギーを大量に利用する。米国では一次エネルギーの約30パーセントが発電目的に使われる。既存の発電所では効率化の改善は定期的なメンテナンス業務の間に行われ、2-6パーセント程度の小幅の効率化しか経済的に可能ではない。効率化改善の大きな可能性は、既存の発電所が新しい技術や設計図を用いて新施設に置き換わるときだ。既存施設の休止と代替技術の選択は、燃料コスト、発電所の信頼性、送電に関する考慮といった経済的要因によって決定される。

米国のエネルギー供給を拡大し、多様化せよ

交通運輸、暖房、電力、産業利用に使われる石油と天然ガス、石炭の化石燃料は、工業国にとって圧倒的に大きな部分を占めるエネルギー源である。今後、特にバイオマスとその他の再生可能エネルギーを中心とする代替エネルギーが全体のエネルギー供給に占める割合が高まる可能性が高いが、少なくともこれから2030年まではこの3種類の化石燃料が独占的地位を保ち続ける見通しだ。

石油と天然ガスの生産見通しは複雑な問題をはらんでいる。人間が歴史的に依存してきた在来型の石油・天然ガスのグローバルな供給が今後25年間、50-60パーセントの需要増に対応できる可能性は低い。在来型の石油・天然ガスの供給を今より増やすことにはリスクが高まっている。生産能力の問題をはじめ、環境面からの束縛、インフラのニーズ、地政学的な複雑さといった、国際的な不確実性が増しているからだ。

リスクは常にエネルギー事業には付き物ではあったが、現在はリスクが累積しており、新たに融合もしている。地政学的な課題は、ますます規模が大きく複雑になって行く技術の問題と同時に生まれる。環境問題の懸念から米国のある資源開発を制限するべきだという考えが、安全保障の面

からその資源の開発を促進するべきだという考えと対立するようになることもあり得る。二酸化炭素抑制は、エネルギー生産を維持する上で巨額の設備投資を要求する。こうした不確実性とそれらが生み出すリスクが、今後数十年間のエネルギー供給予測を理解するうえでの背景となる。

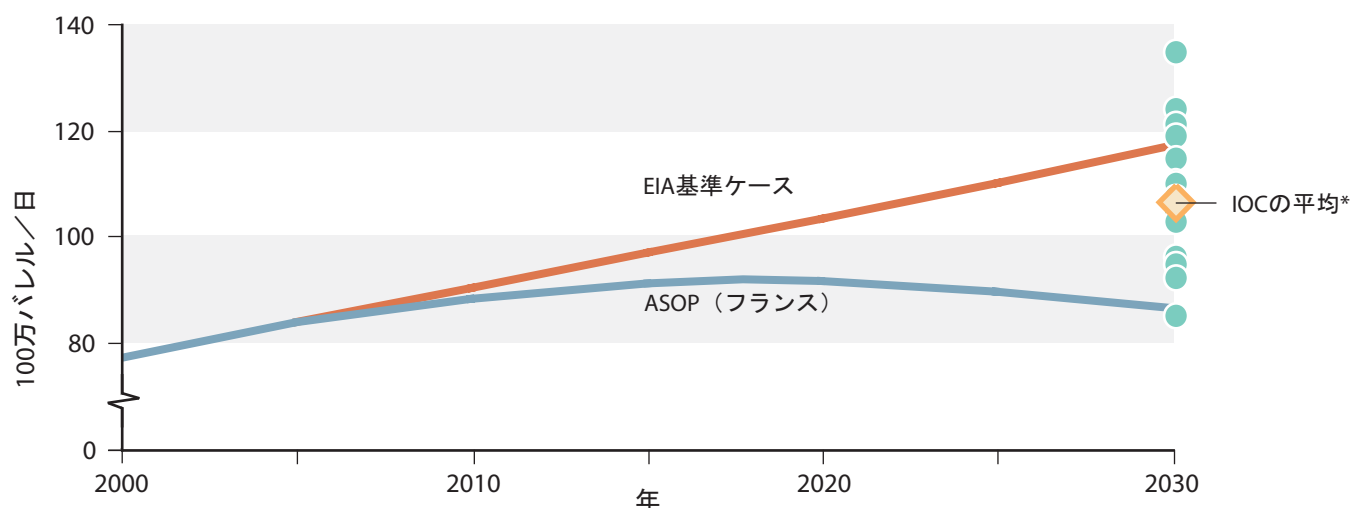
資源量(endowment)と可採埋蔵量(recoverable resources)は化石燃料の供給に関する議論で基本的なコンセプトである。「資源量」とは地球が物理的に貯蔵している潜在的なエネルギー源である。化石燃料の資源量は決められたものであり、使い切ることはできても補給することはできない。「可採埋蔵量」は資源量の一部で、生産し燃料や電力に変換できる部分を指す。

世界全体における化石燃料の資源量の見積もりは巨大に見えるが、このうちほんの一部しか技術的に生産できない。現在の推測では、石油の資源量は13兆-15兆バレル、天然ガスが5万兆立方フィート、石炭が14兆トンだ。

バイオマスや風力、太陽光といった再生可能エネルギーは、新たに膨大な資源量をもたらす、化石燃料と異なって、これらは常に補充される。

生産予測の幅を理解する

この調査は石油の生産予測を広範囲に調べた。この中にはEIAとIEAの統合された需給調査から、その他の公開されている様々な予測データ、国際的な石油会社(IOC)やエネルギー関連のコンサルタント会社が所有する独自の予測までが含まれた。これらの予測の幅に開きがあることを示すため、図ES-9ではEIAの基準とAssociation for the Study of Peak Oil (ASPO、フランス)の予測、IOCによる2030年の予測の平均を表した。生産予測が1日に8000万バレル未満から1億2000万以上まで開きがあるのは、埋蔵資源と地上で起きる問題の両方に、どれだけのレベルのリスクと不確実性を与えるかによって予測が変わってくることの象徴だ。このような結果の割り当てと総資源の分析評価から、エネルギー供給で考慮すべき重要な事柄は資源量ではなく、「生産能(producibility)」である。今後25年間は、地下の資源量の制約よりも、地政学や技術的課題、インフラといった地上におけるリスクのほうが、石油・天然ガスの生産率に影響を与える可能性が高い。生産予測の幅は、2030年に向けて液体燃料の配給にまつわるリスクを管理する積極的な戦略の必要性を訴えている。



* NPC調査で返答のあった国際石油会社（IOC）各社の独自予測の平均。
 ここで示された他の予測の特定については、第2章「エネルギー供給」内、
 「エネルギーの将来展望の分析」のうち「世界の液体燃料の総生産」の項を参照

出典：EIA、International Energy Outlook 2006、NPC Survey of Outlooks

図ES-9. 世界の石油生産予測の幅を理解する

在来型の石油と天然ガスの両方の生産予測に開きがあることの説明は、「ピークオイル」の論議の一部として広く議論されている。この結果、今回の調査は世界の石油・天然ガス資源量に関する新しい評価と、継続議論に用いるためのもっと新しい

データを提供できるリソースが必要であると判断した。

重要情報: ピークオイルの議論

石油の生産予測や可採埋蔵量の信頼性に対する懸念は、将来の石油の供給や配給能力について問題を提起する。こうした懸念は、ピークオイルの予測に強く表れている。ピークオイル予測とは、(1)石油生産は現在の水準から大きく成長しない、(2)石油生産の減少は避けられず、それは遠くない将来に起きる、という考え方を前提としている。石油の供給に関する見方は2015年を境に枝分かれする傾向にあり、ピークオイル予測はこのうちの下限を提供する。こうした予測は一般的に、需要とは無関係に石油供給をとらえており、供給不足を指摘する。このような見方は、少なくとも2030年までは市場原理がグローバルな炭化水素とその他の資源開発に対するインセンティブを提供すると見る予測や経済モデルに相反する。

石油生産が近くピークアウトすると見る予測は、その根拠として次のいくつかの指標を用いる：各国の歴史的な生産ピーク、個々の油井の生産サイクルを元とした油田、油だめ、そして全世界の状態の推定、世界の石油供給で石油貯留層が歴史的に大きな比重を占めてきたこと、などだ。こうした在来型の石油生産の歴史的指標は、新発見や採掘技術の進歩、先端技術、非在来型資源からの石油生産、既存リソースの再評価・修正といった将来期待される事柄によって否定される。経済状況と投資環境、資源へのアクセスも生産ベースに影響を与える。

ピークオイル予測に関するさらなる議論は、この報告書の第2章「エネルギー供給」をご参照ください。

米国の在来型石油・天然ガスの生産縮小を緩和せよ

米国はかつて世界最大の石油生産国であったが、現在はサウジアラビアとロシアに次いで、世界第三位だ。図ES-10で見られるように、米国の石油生産は過去35年の間に着実に減少している。図ES-11のように米国の天然ガス生産はもっと安定しているが、石油、天然ガスともに需要が着々と増えたため、需給にギャップが生じ、その差分は輸入によって埋められている。国内の石油・天然ガスの需給のギャップは今度25年間でさらに大きくなると多くの予測は見込んでいる。歴史的に見ると、技術進歩が既存の油井や貯留層からの可採能力を高めてきた。原油増進回収法（EOR）などの技術は採取量を改善し、生産減少を食い止めるのに利用できる。²⁶

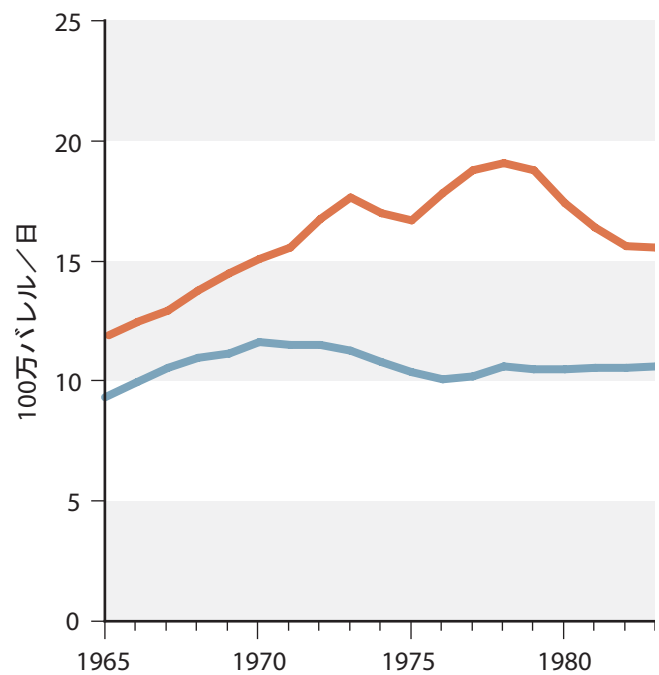
2005年には、米国の陸上で生産された石油の17パーセント以上と天然ガスの9パーセントがマージナル・ウェルから生じた。米国内のマージナル・ウェル²⁷の数は40万以上に上り、その生産量は1日に平均2.2バレルである。これらマージナル・ウェルがなければ、米国の輸入量は不足を補うために7パーセント近く増加する。運営・規制関連コストの増加やパイプラインによる市場へのアクセスの低下は、マージナル・ウェルの放棄を必要以上に早める重大な原因になる。油井や油田の放棄が時期尚早だと、経済的理由やリース契約の終了、その他の関連する問題から、その石油・天然ガス資源は二度と採取できないかもしれない。既存の油田へのアクセスは、新技術を導入する機会を与え、これらの油田からの石油・天然ガスの最終的な採取量を増やすことができるようになる。

提言

NPCは既存の貯留層からの原油増進回収（EOR）を促進するために以下を提案する：

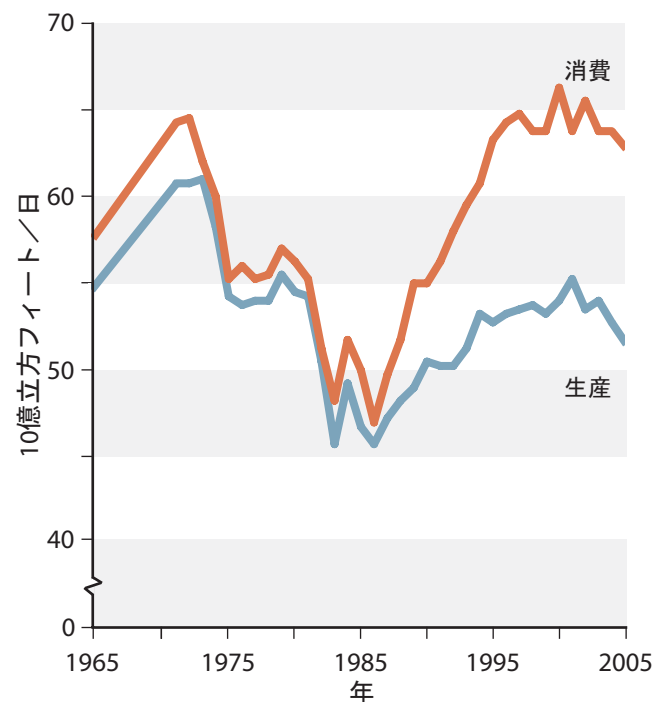
- マージナル・ウェル対応の規制緩和と研究開発プログラムを支持する。
- EORのプロジェクトとパイプライン、関連施設の許可を迅速化する。

潜在的効果：米国単独で、900億－2000億バレルの原油回収量の追加。現在の生産減少を緩和するのに役立つ。



出典：BP Statistical Review of World Energy 2006

図ES-10. 米国の石油生産と消費



出典：BP Statistical Review of World Energy 2006

図ES-11. 米国の天然ガス生産と消費

新エネルギー開発へのアクセスを増やせ

過去に様々な理由から、米国内におけるいくつかのエネルギー源へのアクセスが禁止された。米国内で技術的に回収できる石油資源のうち、立ち入り禁止、または厳しいリース規制の対象となっているものは、400億バレルに相当すると見られている。図ES-12に示されるように、これらの資源は陸上と沿海で半分ずつ分布する。同様の制限が、250兆立方フィート分以上の天然ガスにも適応されている。さらにカナダでも、110億バレルの石油資源、51兆立方フィートの天然ガス資源が制限されているという見積もりだ。技術と運営手法の進歩により、もともとこうしたアクセス規制の理由となった環境関連の問題を軽減することができるかもしれない。

提言

NPCは米国の最も見込みのある石油・天然ガスの堆積盆に対するアクセスを拡大するため、以下を提案する。

- 国・地域が堆積盆と市場に対する評価を行い、石油・天然ガスの供給を増やす機会を見つける。
- 技術と運営手法の進歩を活用して、現在、モラトリアムかアクセス規制で開発が制限されている陸上・沿海の地域のうち、エネルギー源として潜在力の大きい場所を、環境に責任を持ちながら開発できるようにする。

潜在的効果: 今後5-10年間で、現在アクセスできない地域から採取できる埋蔵量の増加は大きく、既存技術を使うだけでも、その量は石油400億バレル、天然ガス250兆フィートに上る可能性がある。

今後25年間に米国の石油・天然ガス生産に著しく貢献する可能性を秘めるのが「非在来型」の資源である。非在来型の天然ガスは、物理的に制約のある「タイト(tight)な」鉱床、炭層、頁岩層に存在する。非在来型天然ガスは現在、米国における天然ガス生産の20-25パーセントを占めるとされ、その比率は大きく、また拡大もしている。一般的に、非在来型の天然ガス井は在来型よりも長く産出力があり、長期にわたって供給量を維持する上で役立つ。同様に原油も非在来型の大きな鉱

床が存在し、近年の技術革新でこの生産量が増えている。

米国のロッキー山脈にあるオイルシェールには大量の炭化水素の堆積物が存在する。最近まで、環境に負荷を与えない方法と競争力のある価格でこのオイルシェール層を開拓する技術は存在しなかった。経済的、環境的に維持できる資源開発を拡大する技術を進歩させるため、研究と開発、実証実験の件数が増えている。しかし、大規模生産で成功するにはまだ数十年かかるかもしれない。

提言

NPCは非在来型の石油・天然ガス生産を増やすために以下を提案する。

- 米国のオイルシェールとオイルサンドの研究開発とリース契約を促進する
- 米国の非在来型天然ガスのリース契約と開発を促進する。

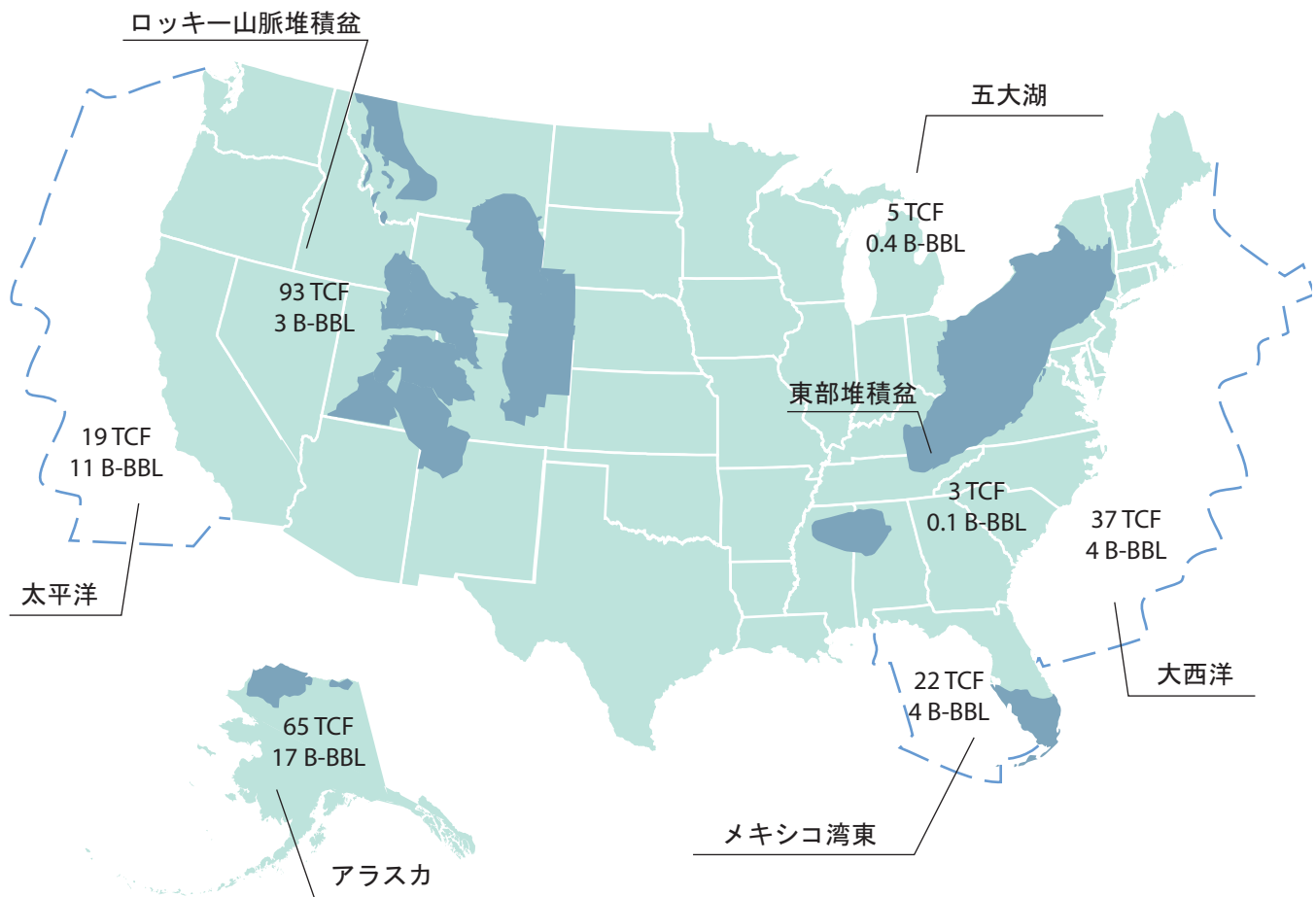
潜在的効果: 米国における非在来型天然ガスの生産が100億立方フィート／日以上に倍増し、米国の天然ガスの総生産量が約10パーセント増える。

これらの戦略の導入は、米国における石油・天然ガスの必然的な生産減少を緩やかにすることはできても、増加に転じさせることはできそうにない。米国の生産量と需要のギャップは引き続き拡大し、特に石油ではその傾向が強まるだろう。新しい場所や遠隔地、非在来型の石油・天然ガス資源から経済的なエネルギーを開発するのに必要な長期のリードタイムと高価な設備投資は、どれも米国の生産量減少を緩和するための課題に挙げられる。

長期的なエネルギー生産を多様化せよ

バイオマスからのエネルギー開発を加速せよ

米国の総エネルギー需要が拡大するのに伴い、経済的で環境に負荷を与えず、商業規模で開発できる国内の多様なエネルギー源でエネルギー供給を補充する必要性が高まる。石炭と原子力はすでに重要な役割を果たしており、主に輸送燃料への転換用としてバイオマスが選択



注：TCF=1兆立方フィート（Trillion Cubic Feet）；B-BL=10億バレル(Billion Barrels)
出典：米国内務省

図ES-12. アクセス規制のある米国の石油・天然ガス源

肢の一つとして持ち上がっている。風力と太陽光エネルギーの供給はエネルギー需要全体の成長率よりも伸びが大きくなる見込みだが、今回の調査の対象となった期間内は、まだこれらの総供給量が全体に占める割合は小さくとどまる。総じて、こうしたすべてのエネルギー源が、エネルギー供給の安全性に対するリスクを軽減するのに貢献できる。

バイオマスとは木材、栽培作物、エネルギー源に変換できる可能性のある自然の植生を含む。バイオマスを燃料に転換する第一世代の技術は、とうもろこしやサトウキビ、大豆、ヤシ油といった作物を使ってきた。例えば、木やエネルギー作物、植物廃棄物を材料とするセルロース性エタノールを燃料に変換する第二世代バイオマ

ス技術は、非食物植物を重要な燃料源にすることができる。

新たに開発されるすべてのエネルギー源に共通することだが、バイオ燃料が大規模に使われるようになるまでには、技術的課題と物流上の問題、市場の要求に対応しなければならない。解決すべき課題としては、鉄道と水路、パイプラインの拡充、エタノールの生産工場と配給システムの拡大、有効なセルロース系エタノールの転換技術の開発、そして耕作地の潜在力を最大化することが挙げられる。

提言

NPCはバイオマス・エネルギー源の大規模商業生産の開発を促進するため、以下を提案する。

- 従来よりも生産に必要なインプットが少なく、へき地で生産が可能な第二代バイオ燃料作物向けの研究を支援する。
- 食用作物と燃料用バイオマスの両方の世界生産を強化する農業政策を推進する。
- エネルギー作物の収穫と貯蔵、輸送のためのインフラ開発を促進する政策を推進し、国家の輸送燃料供給へのバイオ燃料の組み込みを促進する。

潜在的効果: 米国の燃料生産を、石油に相当する液体燃料換算で最大400万バレル／日増やす。²⁸

長期的に石炭が環境に負荷を与えることなく電力と燃料、材料に利用できるようにする

米国内に膨大な石炭資源が存在すること(世界最大との見積もりもいくつかある)と、今日、石炭が発電事業で果たしている大きな役割を考えると、石炭は長期的に米国のエネルギー供給の重要な部分として使い続けられるようでないといけない。多くの調査が、発電用に石炭の需要が増えると予測しており、さらに燃料供給の多様化を目的に石炭を液体燃料に直接変換するのに追加的な需要増が見込まれている。しかし石炭燃焼はエネルギー生産の中でCO₂の排出量が最大である。石炭液化事業の大規模化は、ほとんどの非在来型重質炭化水素の変換がそうであるように、新たに大量のCO₂を生み出す。そこで、エネルギー供給システムの重要な要素として石炭を残すためには、大きなスケールで二酸化炭素抑制に対応することが必須となるだろう。石炭の長期的な有用性を維持するための提案は、このエグゼクティブ・サマリーで後ほど「二酸化炭素の排出抑制に対応する」と題したセクションで具体的に論じる。

国内の原子力能力を拡大する

原子力は安全性やセキュリティ、放射性廃棄物、武器拡散の面から懸念があるにもかかわらず、エネルギー予測では一般的に今後も継続的に役割を果たすと考えられている。二酸化炭素が抑制された条件下では、原子力はエネルギーミックスのうちもっと大きな比率を占めるようになる必要があるかもしれない。原子力は今回の調査が対象とした今後25年間、エネルギーの需要増予測を満たし、さらにCO₂の排出削減が必要となれば能力拡大に対応するためにも、有用であり続けなければならない。

提言

NPCは原子力エネルギー/発電産業の技術と工業的能力を拡大するために以下を提案する。

- National Commission on Energy Policy²⁹ が提案したように、連邦政府のエネルギー関連の研究開発、実証試験、設置用予算を今後10年間で20億ドル投じ、先端的な新しい原子力施設1-2か所で実証実験ができるようにする。
- 放射性廃棄物の管理にまつわる連邦政府の既存の責務を遂行する。

潜在的効果: 米国のリーダーシップを再建する。有用な原子力エネルギーのオプションを維持することは、将来、二酸化炭素抑制の状況下で、政策的選択肢を増やす。

米国とグローバルなエネルギー安全保障を強化せよ

石油・天然ガスの米国内生産を拡大し、商業規模で追加的な国内エネルギー生産手段を開発すること以外に、国際市場からの石油・天然ガス供給を拡大し、多様化することが必要だ。国内において代替エネルギーを商業規模で生産できるようになるまでには長い時間がかかるので、米国は今回の調査が対象とした期間よりもさらに長期にわたり、国際的なエネルギー市場に関与し続けなければならない。また、主要生産国から

■ 重要情報: エネルギー安全保障と石油の戦略備蓄

今回の調査は、長期的なエネルギーの将来を分析し、基本的な需給に焦点を当てた。グローバルなエネルギー安全保障の実現には強靱な需給バランスが必要だからだ。短期的に見ると、エネルギー安全保障にはもう一つの側面がある。短期的な供給途絶に対応するための戦略備蓄の在庫だ。

1973-74年のオイルショックの後、OECD諸国は石油の戦略備蓄を維持することで合意し、石油供給にまつわる緊急事態の際に調整役を務める国際エネルギー機関(IEA)を創設した。現在、OECD各国はそれぞれ、90日分の輸入量に相当する石油備蓄を持つことが義務付けられている。

この戦略備蓄は、2005年秋に米国メキシコ湾で起きた大型ハリケーン「カトリーナ」と「リタ」の後、真価を発揮した。一時、ハリケーンは

メキシコ湾岸のすべての原油生産を停止し、米国の精製能力の30パーセント近くを閉鎖した。IEAは世界中の備蓄の放出を調整し、世界市場は迅速にバランスを取り戻した。この際、米国は欧州と日本を含む世界各国から石油製品の供給を受けた。

合計すると、OECD諸国は現在、約14億バレルの戦略石油備蓄を所有する。今日、米国の国家戦略石油備蓄(SPR)だけでも、7億バレル近くの原油を持つ。米国のSPRは、米国が現在ベネズエラから輸入している石油量16ヶ月分に相当する。

OECD全体の戦略備蓄量は、イランの原油輸出量全体³⁰のほぼ19ヶ月分に匹敵する。(米国は現在、イランから原油を輸入していないが。)

の石油・天然ガス供給はしばしば、米国内資源よりも生産・開発コストが安い。こうした海外資源に対する米国のアクセスを維持することは、米国のエネルギー供給の低価格化に貢献し、米国の国際的な競争力の促進につながる。

世界は、国際的なエネルギーの開発と貿易が、自由市場や従来のような国際エネルギー会社間の商取引ではなく、地政学的な材料によってより影響を受けるような時代に突入しつつある。エネルギー需要が拡大して市場への新規参入が増える一方、供給側が政治目的のために資源を利用しようとし、消費側が供給確保のために新しい方法を模索する中、石油・天然ガスを巡る国際競争は激化するだろう。

このような変化は、米国の利害と戦略、政策決定に多大な影響をもたらす。エネルギー会社の商売の仕方にも影響する。経済力が米国から徐々に他の国々へ移行し、米国の影響力が低下すると見られる中、予測される多くの変化は米国のエネルギー安全保障のリスクを増やしかねない。将来、石油・天然ガスの主要生産国に対する安全保障上の脅威は高まる可能性がある。

地理経済学の観点から見ると、発展途上国における石油・天然ガスの需要増大が最大のインパクトを持つ。発展途上国の需要増加は新しい供給源の開発よりも早く進む可能性があり、そうなれば価格が押し上げられる。地政学的な見地からは、先進国と途上国の間のバランスをシフトする結果として起き得ることは、特に中国とインド、その他の新興経済圏に由来する急速な需要増加によって増幅される。

これらの展開は、地球上の広い領域で反グローバリゼーションの動きが増えている中で起きている。グローバリゼーションによって利益を得る国々でもこの動きが見られ、このような対立は国際的な貿易システムを破壊する可能性がある。主要生産国と消費国が二国間、または地域間の優先的な契約を追求するようになり、多国間の貿易交渉を完結させようという政治的意思が減退しているかもしれない。こうした動きは世界貿易を寸断し、コストを増やし、市場の効率性を低めかねない。

提言

NPCは米国とグローバルなエネルギー安全保障を促進するため、以下を提案する。

- エネルギーとエネルギー安全保障にかかわる政策的問題で、エネルギー省が国防省と国務省、財務省、商務省と同等の役割を持つようにし、エネルギー政策を通商、経済、環境、安全保障、外交の各政策と統合する。
- 中国やインド、カナダ、メキシコ、ロシア、サウジアラビアといった主要消費国・生産国を交えてエネルギーに関する対話を拡大することで、国際エネルギー市場の開拓を続ける。
- 多国間、または国際的な組織を通じた透明で市場本位のエネルギー取引を世界が採用するように促す努力を怠らず、その動きを強化することで、効果的な国際エネルギー市場を推進する。多国間、国際的組織には、世界貿易機関、G8、アジア太平洋経済協力(APEC)、IEA、国際エネルギーフォーラム、共同石油データイニシアティブ(Joint Oil Data Initiative、JODI)が含まれる。
- 技術移転プログラムや貸与契約を通じて、エネルギー効率化技術のグローバルな採用を支援し促進する。

潜在的効果: 資源へのアクセス規制とそれによる生産縮小は、2030年までに見込まれているエネルギー成長(石油が1日当たり2500万ー3500万バレル以上、天然ガスが1日1500億ー2000億立方フィート以上)の一部を脅かす可能性がある。

新しい課題に立ち向かうための能力を強化せよ

世界のエネルギーニーズの拡大に対応するためには、エネルギー供給に必要な重大な能力が改善されなければならない。このような重大な能力には以下のものが含まれる:

- 将来必要なインフラの評価
- 人材開発

- 技術進歩の促進
- 資源賦存量に関する知識を広げるなど、エネルギー関連データと情報の質の向上。

米国のインフラ要求に関する包括的な予測を開発せよ

輸送インフラは、エネルギーや他の物資を生産地から配送センター、加工工場、そして最終的に消費地へ届けるのに不可欠な役割を果たす。輸送インフラ全体はパイプラインや鉄道、水路、港、駅、道路で構成される巨大なネットワークで、過去200年をかけて進化してきたものだ。今日のシステムは極めて複雑・強靱な配送ネットワークであり、安全で信頼性が高く、国の経済活動の基盤となっている。

商品の輸送はあらゆる輸送手段を活用して著しく伸びた。様々なインフラシステムにおいて、25-30年前までは存在していた余力と冗長性はもはやなくなった。成長の持続はインフラへの追加を必要とする。

非在来型のエネルギー資源の利用が拡大すれば、新しいインフラに対する投資も必要となる。バイオ燃料や非在来型石油・天然ガスなど多くの代替エネルギー源が必要とするインフラは大規模であるにもかかわらず、過小評価されることがしばしばある。炭素の回収・隔離(CCS)の取り組みも、その規模によっては、大きな新インフラを要求する。

一般的に2030年までのエネルギー需給予測は、経済性があればインフラの構築は進むと想定している。このような予測は通常、エネルギーの種類や量にかかわらず、その供給インフラのための資金調達や許可、建設に制限が加わることを想定していない。しかし実際には、インフラの設計・開発には社会と環境、土地利用の各面からの制限が影響してくる。複雑な許認可手続きはインフラの建設と保守管理に必要な時間とコストを増やす原因となり、時にはある特定のエネルギーに必要なインフラを全く不可能なものにするかもしれない。エネルギーインフラの追加に必要な条件全般と、時機を得た投資に対する潜在的な制限について理解するためには、さらに情報を得ることが必要だ。

提言

NPCは米国における今後のエネルギーシステムの拡大に対応するため、インフラニーズに関する理解を深められるよう、以下を提案する。

- エネルギー省(DOE)は、2030年までのエネルギーインフラのニーズに関する総合的な調査を実施する。
- EIAはエネルギー関連情報の収集制度に、インフラ関連データを組み込む。

米国の科学・工学の能力を再構築せよ

第二次世界大戦後のベビーブーマー世代が退職時期を迎え始め、エネルギー業界は深刻な人材不足の問題に直面している。米国のエネルギー産業の半分近くが今後10年以内に退職する資格を得る一方、それに見合うだけの新しい労働力が業界に入ってきていない。エネルギー業界のあらゆる部門で、「労働人口の絶壁(demographic cliff)」が待ち構えている。³¹ 米国のエネルギー産業の労働力は新たに補充され、訓練を受けなければならないが、こうした機会に向けて準備している若者があまりにも少ないというのが厳しい現実だ。

米国石油協会が2004年に実施した調査によると、米国の石油・天然ガス業界は2009年までに、技術者と地球科学者が38%、計測や電気技術者が28%、それぞれ不足する見通しだ。エネルギー産業の中で、その他の科学・技術者、技術職に関する統計はないが、この問題はそれらの領域でも共通している。石油・天然ガス業界への将来の人材供給について、より重要な判断材料となるのが、石油工学と地球科学の分野で学位を取得している大学生の数である。こうした石油関連の技術系学科への入学者数は、過去25年の間に約75パーセント減少した。

米国は歴史的に世界のエネルギー産業のリーダーとして存在してきたが、その地位は、退職者増と後継者不足による経験の喪失によって、脅かされている。米国政府とエネルギー業界はこの不可欠な労働力を、教育と人材募集、人材開発、人材留保を通じて積極的に補充する必要がある。これは企業が新しいエネルギーの補給にまい進するのと似ている。

連邦・州政府は科学技術分野における大学の研究開発に資金提供することで重要な役割を果たすことができる。エネルギー業界に関わる大学の研究プログラムへの一貫した支援は、これらの分野が国にとって不可欠であることを学生たちに知らしめるのに有効だ。例えば、いくつかの大学は最近、高校生とその親、進学カウンセラーに対して積極的な募集活動を展開することで、石油技術系の学科への入学者数を増やすことができた。こうした結果は、積極的な募集活動が肯定的な結果を生み出すことを示しているが、このような努力はもっと広範囲で行われなければならない。

提言

NPCは米国の科学・技術教育プログラムを強化するために以下を提案する。

- 大学の奨学金制度と研究助成、技術系学部に対する援助を増やすことで、工学など技術系の学位取得を目指す大学生と大学院生を支援する。

これから10年間で空くポジションをすべて埋められるだけの若い人材を訓練するには時間が足りない。知識の共有化とコーチング、メンター制度を通じて能力開発を加速することが重要になる。多くの退職者は段階的に退職することを希望するかもしれないが、パートタイム労働を制限する規制の壁にぶつかる。こうした個人の専門能力は、次の世代を準備するために、専門教育と職業訓練の両方で、生かされるべきである。

大陸を見渡すと、いくつかのエネルギー関連分野における大学新卒者の供給に地域間の格差がある(図ES-13)。今後10年間、米国内で働くこと

提言

NPCは退職者がコンサルタントや先生、コーチとして働き続けることを容易にするため、以下を提案する。

- 退職後にパートタイム労働に携わっても不利益を被らないよう、米国の税法と退職金積立制度を改定する。

を許される外国人の数は、毎年発行される労働許可の数によって制限される。労働・学生ビザの割当数を増やすことは、こうした地域の不均衡を緩和し、米国のエネルギー生産力を高めることを助ける。

提言

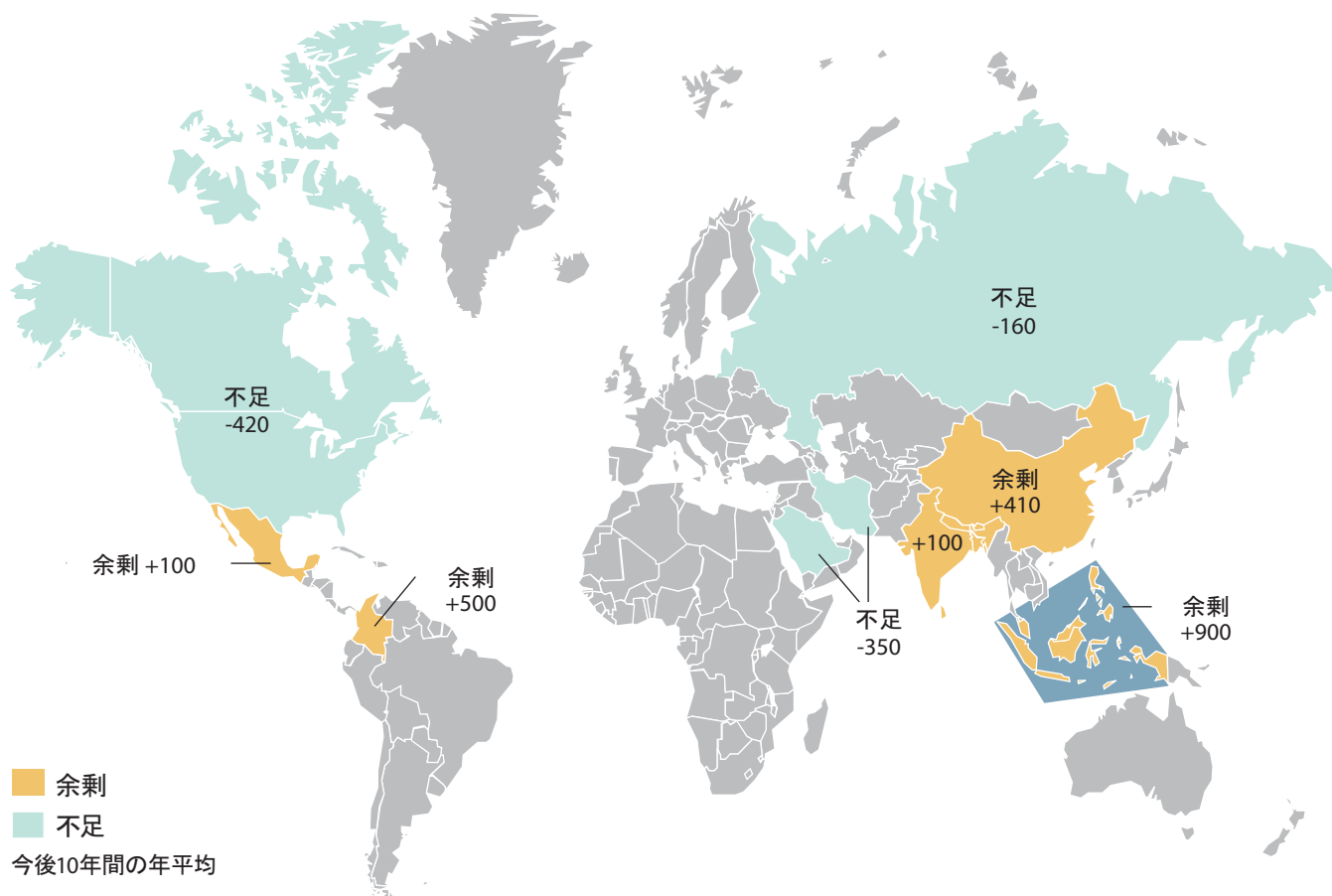
NPCは訓練を受けたエネルギー領域の専門家の供給を米国において増やすのに以下を提案する。

- エネルギーと技術分野の学生・移民ビザの割り当てを増やす。

研究開発の機会を創出せよ

石油・天然ガス産業は高度な最先端の技術を使用する。探査の専門家は地下数マイルの場所にある地質構造を解明する。掘削技術者は、高温・高圧の極めて深い場所で見つかった資源まで到達できるようにするが、こうした場所は多くの場合、遠隔地であり、肉体的に厳しい環境にある。同様に劣悪環境下で、生産に携わる技術者は、石油・天然ガスを何マイルもの長さのパイプラインを通じて地表に持ち上げ、精製所に届ける。いったんそこにたどり着くと、ますます重く多量の硫黄を含むようになった原油は、有用な製品に精製される。今日これらすべての偉業は、10年前に比べても、人間が環境に及ぼす影響量（フットプリント）が小さく、かつてないほど効率的に達成されている。

ほとんどのエネルギー関連技術は、ある資源を開発できるようになるために、産業界が開発したも



出典：シュルンベルジェ・ビジネス・コンサルティングの調査（2005年）

図ES-13. 石油技術系の大学卒業生の地域的不均衡

のである。例えば、メキシコ湾の深海で新たに探査を開始したときが一つの例だ。米国大陸のエネルギー生産に関しては、アクセスできる在来型資源の開発機会が少なくなりつつあることから、その可能性調査に費やされる投資額は減っている。政府は新しい機会を創出し、新資源の引き出しに必要な規制の枠組みやインフラを開発するのに役割を持っている。原油増進回収(EOR)技術は、米国エネルギー省(DOE)が研究助成をし、米国内生産の増大で大きな利益を生む可能性がある。炭層メタンとオイルシェールは新たな機会を提供する。

過去2年の、DOEによる石油・天然ガス関連の研究開発費の減少は、大学と国立研究所の両方に影響を及ぼした。工学・科学分野の政府の補助金は、大学と国立研究所を維持するための重要な資金源となる。政府の補助金は、出費の会計義務と成果の達成を約束する契約を伴わなければならない。

政府が大規模な実証試験を支援することも国益にかなう。例えば、大規模発電と炭素の回収・隔離(Carbon Capture and Sequestration, CCS)技術とを組み合わせたFutureGen計画が良い例だ。これに加え、政府と産業界は、先端材料とバイオプロセス、気象や海洋の研究など、いくつかの重要な領域で協力することで利益を得られる。

提言

NPCは長期的な研究ゴールを支援し、研究開発の機会を拡大するために以下を提案する。

- DOEの現在の研究開発プロジェクト全体を再吟味し、EORや非在来型石油・天然ガス、バイオ燃料、原子力、石炭液化、CCSといった分野における革新的な応用研究に資金提供するよう焦点を絞りなおす。
- DOEの科学部(Office of Science)に、新技術開発を支援する基礎研究予算を計上する。
- 米国の大学と国立研究機関における研究の焦点を絞り、強化する。
- 先端材料や海洋・気象情報と分析など先進分野で、DOEと国防省、産業界の協力を促す。

エネルギー関連データと情報の質を改善せよ

調査チームは複数の予測を調べる中で、いくつかの重要な基本的データ・情報の不完全性、一貫性の欠如、データが古い、または簡略化し過ぎているといった問題を見つけた。こうした不確実なデータを使って、投資や政策的判断が決定されている。例えば、将来の石油・天然ガス供給の各種予測における格差の一部は、根本的な資源とその利用可能性に関する予測に開きがあることに由来する。また、新たなインフラ能力の必要性について明確に理解するための定量的データが少ないか、ほとんど存在しない。

提言

NPCはエネルギー関連データ・情報の質を高めるために以下を提案する。

- EIAとIEAが生産・消費データの発生源を追加できるよう収集データを拡大し、それらを毎年、一般公開するエネルギー予測に含める。
- 的確な情報に基づいてインフラにまつわる判断ができるよう、エネルギー輸送システムに関するデータ収集と分析に対し資金援助を拡大する。

多数のエネルギー予測が存在するが、その多くが将来の化石燃料生産の予測を、公表されている数少ない資源推定値に依存している。特によく利用されているのが、米国地質調査所(USGS)によるアセスメントだ。こうしたアセスメントが総合的に更新されるのは十年に一回程度の頻度のため、エネルギー政策判断に使われている基本的データは最新の見方を反映していない可能性がある。さらに、エネルギー予測・分析に携わる多数の組織がアセスメントに異なった方法論や推定を加えることがよくあるため、将来の生産能力に関して誤解を生む可能性がある。

今回の調査は、世界の石油・天然ガス・石炭の賦存量と回収可能資源に関する最新かつ包括的、基本的なアセスメントを維持することが最も重要であることを確認した。そのようなアセスメントは、その時々地質学上の知識と観測に基づくので本質的に不確定ではあるが、包括的で新しいアセスメントは政策判断や戦略策定のために、化石

燃料資源の状態をより正確に表すことができる。さらに、2030年までにバイオマスによるエネルギーの貢献度合いが拡大する見通しであるため、この再生可能エネルギーに関するグローバルなアセスメントがあれば、利用できるエネルギー賦存量のもっと完全な展望を提供することができるようになるだろう。

基本的な賦存量と資源量に関するデータの信頼性と適時性を高めるために、米国政府はエネルギー賦存量と回収可能資源のデータ・予測の収集と管理、解釈、伝達方法を改善できるよう、世界の利害関係者たちと協力するべきである。

提言

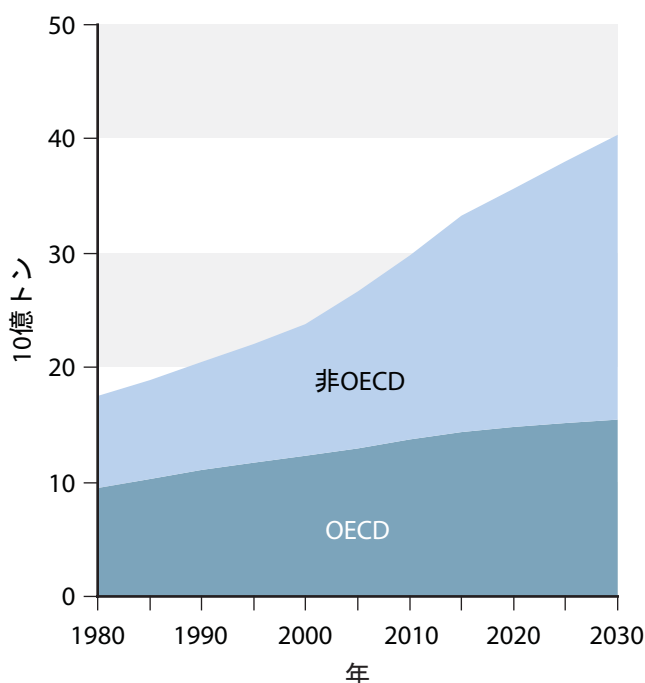
NPCは公表されているグローバルな賦存量と資源量の見積もりを更新するために以下を提案する。

- USGSは米国と世界の石油・天然ガスの賦存量と回収可能資源に関する包括的な地質学評価を実施する。
 - 産業界と国際的な専門家、最新データをもっと広範囲に取り込む。
- USGSは一般的な分析手法と報告方法を用いて、米国と世界の石炭の回収可能資源量と可採埋蔵量に関する新しく包括的な調査を実施する。
- 米国のエネルギー省と農務省はグローバルなバイオマス資源量の評価を行う。

潜在的効果: 重大な資源データに関する共通の理解を土台に、タイムリーな情報に基づいた政策的判断が可能になる。

二酸化炭素の排出抑制に対応する

世界の気候が温暖化しており、人類の活動によるCO₂の排出がその一因になっているとの懸念が広がっている。NPCは気候変動の科学については調査を行なわなかった。しかしCO₂排出量を削減するためのイニシアチブの数が増えていることを認識し、NPCはCO₂排出削減がエネルギーに与える潜在的影響と、技術応用の機会について検討した。CO₂の排出抑制は、現在、世界のエネルギー



出典：IEA、World Energy Outlook 2006、基準ケース (Reference Case)

図ES-14. 世界の二酸化炭素の排出量

ギーの80パーセント以上を提供している化石燃料の利用を制限する可能性がある。そこで、全体的なエネルギー戦略の一環として、CO₂排出抑制の可能性を考慮することがますます重要になってきた。

気候変動は本質的にグローバルである。化石燃料の燃焼によって生じるCO₂は、大気と大地、海洋の間の、炭素の全体的な流動に影響する。大気に交わることで、世界のどこかで発生したCO₂は地球全体に行き渡る。

米国は2005年時点³²、エネルギー利用によるCO₂排出で、総排出量も一人当たりの排出量も世界最大だった。しかし図ES-14に表れているように、今後のCO₂排出予測では、増加の大部分が発展途上国に由来する見通しだ。CO₂排出量を劇的に減らすためには、今後数十年間、大規模で持続的な投資を伴う、グローバルで広範囲な対策を必要としている。

炭素の回収・隔離を可能にする

石炭はエネルギー利用によるCO₂排出の中でも最大の原因であるが、ほとんどの予測の中で、発電のための主要燃料としての地位を保ち続け

ると見られている。石炭の資源基盤は石油・天然ガスよりもずっと大きく、米国は世界最大の石炭資源を保有すると見る概算もいくつかある。³³ 排出削減の一つのやり方が炭素の回収と隔離(carbon capture and sequestration、CCS)で、これはCO₂を捕獲して地下に貯蔵するという方法だ。この技術の大規模な商業導入は、CO₂排出が制限された未来でも、石炭の継続的利用を可能にする。さらに、非在来型の石油生産の中には大量のエネルギーを必要とするものがあり、最終的に届けられるエネルギーの単位当たりのCO₂排出を増やす要因になるため、非在来型石油の将来の開発はCCSが利用できるかどうか依存する可能性がある。すでに石油・天然ガス業界の中には大規模でCCSを行うための、初期的な技術一式が存在する。しかしこれらの技術は今後、複数を組み合わせ、商業規模で実証されなければならない。さらに重要なことは、長期的なCO₂貯蔵のための法と規制の枠組みがまだできていないという点だ。

CCSに関しては、規模の問題も大きい。もし米国で、今日、石炭を燃料とする発電所から発生するCO₂をすべて回収・圧縮すれば、その量は1日5000万バレルになる。³⁴ これは、米国で日々扱われる石油の量の2.5倍に相当する。これだけ大量

提言

NPCは石炭を電力と燃料の両方のエネルギー源として、環境面からも長期的に使えるようにするため、以下を提案する。

- CCS実現につながるような法と規制の枠組みを構築する。
 - 土地利用と賠償責任に関する規制を明確化する
 - 貯蔵のために国有地へのアクセスを提供する。
- フルスケールのCCSとクリーン・コール技術の実証試験を可能にする。
 - 電力会社と石油・天然ガス業界の取り組みを調整する
- 国家レベルでCO₂の隔離能力評価を実施する。
 - DOE Regional Partnershipsの既存の取り組みを土台にする。
 - グローバルな参加を促進する。

- 連邦政府による先端的な石炭液化技術の研究開発支援を持続する。

潜在的効果: 二酸化炭素抑制の条件下でも、米国の将来のエネルギーミックスにおける石炭の貢献見通し(25パーセント、石炭液化の潜在生産能力を含む)を維持する。

のCO₂を処理するためには、貯蔵できる場所を評価し決定しなければならない。

炭素管理のための包括的なアプローチには以下の対策を含む: エネルギー効率を高め需要を減らす; 炭素を基準としない発電の利用を増やす(原子力、風力、太陽光、潮汐、海洋熱、地熱); 再生可能エネルギーを含めた低炭素燃料へのシフト; CCSの配備。すべての経済セクターにわたり、炭素税ないしは排出権取引のキャップ・アンド・トレード制度など、二酸化炭素排出に対してコストを課すことは、市場が二酸化炭素削減を最小コストで達成するための段取りの組み合わせを見つけることを促すだろう。どんなコストであっても長期的に予測可能な形で課すべきである。なぜならば規制に不確実性が伴うと、投資環境を弱め、経済活動を混乱させる可能性があるからだ。どんなコストを負わずにしても、他国の対策と、その結果として米国の競争力に与える影響についても検討すべきである。

提言

政策立案者らがCO₂の排出削減対策を検討する中、NPCの提案には以下を含む:

- CO₂の主要な排出源を網羅し、特に米国と中国の協力できる機会に焦点を当てた炭素管理の効果的な国際的枠組み。
- CO₂排出の効果的なコストを定める米国のメカニズム。具体的には:
 - 経済全体を対象とし、市場本位、明白、透明、すべての燃料に適応。
 - 安定的な投資環境の確保のため、長期的に予測可能。
- 石油・天然ガスの増進回収で使用されたCO₂に対するクレジット。

重要情報: 二酸化炭素排出規制のための政策的手段

直接規制: CO₂排出は発電所や工業施設など個々の発生源に対して排出制限を課すことで抑制できる。経済学者は一般的に、こうした規制は効果がないと認識している。なぜならば、ある発生源が他よりも経済的に排出削減を達成できる可能性を考慮していないからだ。最も経済的に排出削減を実現できる発生源に対して、より削減量を増やすことを促したほうが、ある総コストに対して、総削減量をより大きくすることができるが、一定の規制ターゲットではこうしたことを達成するのは難しい可能性がある。

キャップ・アンド・トレード方式の規制: キャップ・アンド・トレード制度は、CO₂削減を最も経済的に実現できる人に対し、そうすることを促す市場本位のメカニズムを提供することで、直接規制の非効率性を克服することを目指す。規制当局は、この制度によってカバーされる発生源と、ある一定期間内に許される総排出量を定めなければならない。次に、ある量(例えば1トンのCO₂)の排出が許される排出権が割り当てられるか、オークション(入札)にかけられる。排出権は取り引きされ、排出権の市場価格よりも低コストで排出削減できる発生源は削減することを促される一方、排出制御にもっとコストがかかる発生源は他から排出権を購入することができる。

キャップ・アンド・トレード制度の創出には重要な政策的選択肢が伴う:

- どのセクターを含めるか。

- 排出許可量の水準と、排出権の価格、価格変動性を制限するための何らかの「安全弁」を提供するかどうか。
- 排出権を無償で分配するべきか、オークションにかけられるべきか。
- すべての対象セクターを網羅する単一の排出権制度にするべきか、異なったセクターごとに複数の制度を設けるべきか。

基本的には、キャップ・アンド・トレード制度は排出量の水準を規定するもので、市場がその価格を決める。

炭素税または料金: CO₂排出のコストを定め、市場が排出水準を決められるように、CO₂排出に対して税金、または料金を課することができる。原理上は、キャップ・アンド・トレード方式で達成できる排出削減は、税金や料金でも達成可能である。燃焼に由来するCO₂排出のための最も簡単な方法は、主要燃料に料金を課し、石油化学製品の生産のようにCO₂を排出しない利用についてはクレジットを与える方法だ。

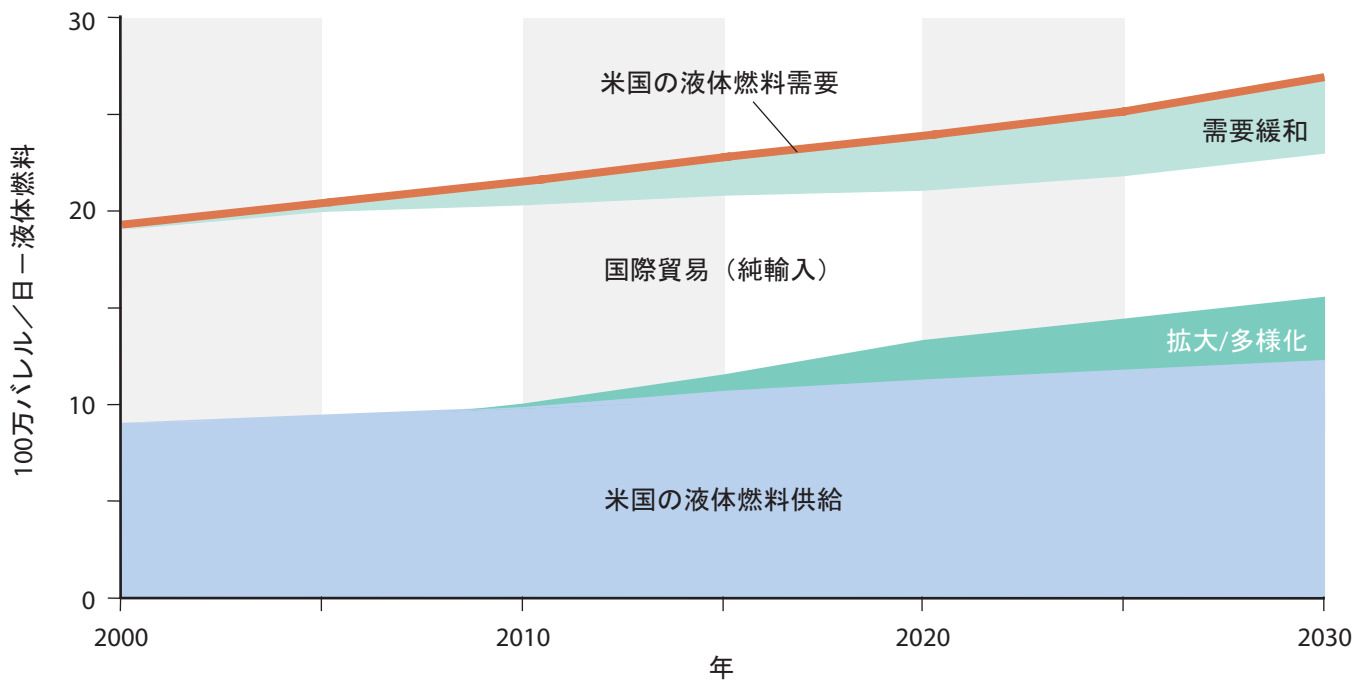
税・料金システムの利点は、予測可能なコストを定めることで長期的な計画と投資を促しながら、排出権取引制度のようにセクターや施設ごとの公平な排出許可量水準を決めるという規制の複雑さを必要としないことだ。税・料金システムの欠点は、その結果による排出量の水準が事前に定められないという点だ。また、税・料金システムは、その収入を公平に経済活動に還元するにはどうすれば良いかという課題も提起する。

推奨戦略の潜在的效果

当審議会は、市場が2030年までとそれ以降のエネルギー課題に対応できるよう、5つの中核戦略(コア・ストラテジー)を提案する。図ES-15に、すべての戦略を実践した場合の潜在的效果を表した。米国の液体燃料需要に関するEIAの基準ケース(Reference Case)を始めに、需要削減戦略の潜在的效果を薄い緑色で示した。在来型供給の減少緩和を目指す戦略と供給のさらなる拡大と多様化を目的とした戦略による潜在的效果は濃い緑色で示した。推奨戦略を総合した効果は、

2006年から2030年までの国内需給のギャップを三分の一ほど縮小し、エネルギーの利用性と信頼性、コスト、環境へのインパクトの見通しを明るくする。

世界のエネルギーシステムのスケールが巨大であることと、大きな変化を成し遂げるためには長い時間を必要とすることから、経済と安全保障、環境の各側面から打ち立てられたゴールにバランスを与えることによって米国の競争力を向上させるには、これらの提案を実行に移すための協調行動を今直ちに取るべきであり、その活動は長



出典：EIA、International Energy Outlook 2006、基準ケース(Reference Case)/NPCの Global Oil and Gas調査予測

図ES-15. 米国のための推奨戦略による具体的効果

期的に持続されなければならない。以下に続くレポート・チャプターにおいて、世界の統合されたエネルギーシステムの複雑さにより提示される課題と、今以上に信頼できるエネルギーの未来を確保するための機会について詳述する。

巻末の注

- 1 経済協力開発機構（OECD）の加盟国は、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ共和国、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、イタリア、日本、韓国、ルクセンブルク、メキシコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スロバキア共和国、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、英国、米国。
- 2 2003年、IEAのWorld Energy Outlook 2005とEIAのInternational Energy Outlook 2006による
- 3 2005年末時点、車3160万台と人口13億人、中国国家统计局の報告による
- 4 米Bureau of Transportation Statisticsによると、2004年の米国の車両台数は1億3700万台、人口は2億8100万人。しかし米国には多数のトラックとスポーツ・ユーティリティ・ビークル（SUV）が乗用車として使われており、残念ながらこれらについては別に報告がない。「その他の車両二軸、四輪」の分類が近く、これによって車両台数が9200万台増え、米国の「乗用車」の合計台数を2億2800万台に高める。10人に乗用車8台の割合だ。
- 5 「一次エネルギー」とは自然から直接得られるエネルギーを言う。例えば、石炭は電気を生み出すために燃やすことができ

る。電力の創出と消費者まで送電する過程でエネルギーのロスが生じ、最終的に使われる電力のエネルギー価値は、最初に燃やした石炭のエネルギー価値に比べて少ない。この例では、最終的に使われた電力ではなく、石炭が一次エネルギーである。

- 6 「Billion Ton Study」 - Biomass as a Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply, USDAとUSDOE、2005年4月、<http://www.osti.gov/bridge>で入手可能
- 7 直近のUSGSの調査（1974年）によると、約240年。米科学アカデミーはこのNPC調査を発行する直前に、米国において経済的に回収できる石炭資源量は1974年のUSGS調査よりも少ない可能性があるというレポートを発行し、現在の消費量で約100年と定めた。
- 8 この報告書の第4章地政学「貿易の新しいパターン」の項を参照。
- 9 OPEC事務局が発行するWorld Oil Outlook 2007、特に2,7,8ページを参照
- 10 IEAのWorld Energy Outlook 2006 第12章、315ページ
- 11 この報告書に添付されたTechnology Development Topic Report, Section E参照
- 12 Hiberniaプラットフォームは1979年に発見され、1997年に生産開始、生産量は1日に18万バレル <http://www.hibernia.ca>
- 13 Thunder Horseプラットフォームの発見は1999年、設計上の生産能力は1日に25万バレル。<http://www.bp.com>
- 14 Arizona Refining Companyが提案している新精製所で報告されている予測。<http://www.arizonacleanfuels.com>
- 15 American Association of Oil Pipelines.

- 16 全米石油審議会のBalancing Natural Gas Policy, 2003
- 17 例えば、以下のサイトで入手可能なThe Crude Oil Windfall Profit Tax of the 1980s—Implications for Current Energy Policy (Congressional Research Service, 2006年)を参照。http://nationaljournal.com/policycouncil/energy/legnar/031406CRS_Crude.pdf
- 18 この報告書の第3章「技術」の「輸送効率」の項を参照。技術が燃料消費の削減にどれだけつながるか、コスト、消費者の嗜好、普及具合、導入やタイミングといった要素に依存する。
- 19 1日に300万—500万バレルの燃料が節約できるというのは、今から2030年まで燃費水準に変化がないシナリオと比較した場合。
- 20 ベースラインの予測はエネルギー情報局のAnnual Energy Outlook 2007 with Projections to 2030の表2(2007年2月)から抜粋 http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/excel/aeotab_2.xls 節約の見積もりは「Building on Success, Policies to Reduce Energy Waste in Buildings」(Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz and Harry Misuriello – Alliance to Save Energy, 2005年7月)を含む複数の文献から抜粋した。ここで「達成可能」というのは、各方策が現在利用可能であり、アメニティー価値を変えずに、あるいは許容範囲内で下げたうえで、それなりの努力で満足できる節約が実現可能との意味。
- さらなる議論のためには、National Action Plan for Energy Efficiency (http://www.epa.gov/cleanrgy/actionplan/eeactionplan.htm)を参照。
- 21 Building on Success, Policies to Reduce Energy Waste in Buildings, Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz, Harry Misuriello – Alliance to Save Energy (2005年7月)の18-19ページより。規定順守調査のまとめについては、米エネルギー省のBaseline Studiesを参照。(http://www.energycodes.gov/implement/baseline_studies.stm) アーカンソー州は調査サンプルの住宅100軒のうち36軒が州のエネルギー規定のHVAC基準を満たさなかったと報告している。
- 22 Building on Success, Policies to Reduce Energy Waste in Buildings, Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz, Harry Misuriello – Alliance to Save Energy (2005年7月)の24ページより。
- 23 さらなる節約の可能性については、Steven Nadel, Andrew deLaski, Maggie Eldridge, & Jim Kleisch, Leading the Way: Continued Opportunities for New State Appliance and Equipment Efficiency Standards (2006年3月)を参照 http://www.standard-sasap.org/a062.pdf
- 24 Chemical Bandwidth Study (DOE, 2004年); Energy Bandwidth for Petroleum Refining Processes (DOE, 2006年); Pulp and Paper Industry Energy Bandwidth Study (AIChE, 2006年)から抜粋
- Curbing Global Energy Demand Growth: The Energy Productivity Opportunity, McKinsey Global Institute, May 2007
- 25 「発電と熱供給の組み合わせ」とは、発電から得られる余分な熱を建物の暖房などに活用すること。この組み合わせはよく「cogeneration (熱電併給システム)」と呼ばれ、電気と熱を別々に発生させるのとは比べ、効率性の大きな改善につながる。
- 26 在来型石油・天然ガスの可採量を高められる可能性のある技術については、この報告書の第3章「技術」にある「在来型石油」の項を参照。
- 27 「マージナル・ウェル (marginal well)」は1日の石油生産量が10バレル未満の油井
- 28 「Billion Ton Study」 – Biomass as a Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply (USDAとUSDOE, 2005年4月)、http://www.osti.gov/bridgeで入手可能。
- 29 www.energycommission.org/files/contentFiles/report_non_interactive_44566feaabc5d.pdfのIVページを参照。
- 30 EIAによると、2006年のイランの石油輸出量は1日に250万バレルだった。
- 31 米国労働省：「Identifying and Addressing Workforce Challenges in America's Energy Industry」、President's High Growth Job Training Initiative、従業員雇用・訓練事業団 (2007年3月)
- 32 オランダ環境アセスメント局の予備的な概算によると、2006年にはCO2の総排出量で中国が米国を抜き世界トップとなった。詳細はhttp://www.mnp.nl/en/dossiers/Climatechange/more-info/Chinanowno1inCO2emissionsUSAinsecondposition.html
- 33 1974年のUSGS評価による。米国科学アカデミーが行ったつい最近の調査によると、経済的に回収できる米国の石炭資源量はUSGSの見積もりの40%以下である可能性があるという。
- 34 1ギガワットの石炭火力発電所は15万バレル/日の超臨界二酸化炭素を生じ、米国では2004年に2,090テラワット時の石炭火力発電量があったというEIAのデータに基づく。

