

国家産業技術戦略

平成 12 年 4 月 10 日
国家産業技術戦略検討会

5. エネルギー分野

○エネルギー産業技術戦略

エネルギー産業技術戦略

(総論)

I. エネルギー産業における産業競争力と技術の現状

1. エネルギー産業のおかれた状況

(1) エネルギー産業の現状と特徴

①我が国の脆弱なエネルギー供給構造

我が国は、従来からエネルギーの太宗を海外に依存してきており、過去の二度にわたる石油危機等を背景に、需要面においては、産業部門を中心にエネルギー利用の効率化、供給面においては、エネルギー源の多様化、原油の自主開発等の安定供給源の確保（現在原油輸入量の15%程度）等の対策を実施してきた。こうした結果、この四半世紀で石油依存度が2割以上低減する等の成果を得てきた。

しかしながら、国際的に見れば、依然として我が国のエネルギーの輸入依存度は約8割、石油依存度が5割と高く、脆弱なエネルギー供給構造にある（表1参照）。また、非鉄金属鉱石もその太宗（主要非鉄金属鉱石で約97%（98年）等）を海外に依存しており脆弱な供給構造にある。

表1 主要先進国におけるエネルギー供給構造の比較（1995年）

	日本	米国	独	仏	英国
輸入依存度(%)	79.9	21.0	59.8	48.8	▲14.7
石油依存度(%)	58.8	39.0	96.7	35.8	36.5
石油輸入依存度(%)	99.7	52.1	97.5	97.2	▲58.6

出所：IEA, Energy Balances(1995～96)

②エネルギー産業を取り巻く環境

エネルギー産業は、我が国が上述のとおり脆弱なエネルギー供給構造にある中、

- アジア等の経済成長に伴う化石エネルギーを中心とした相当な需要増が見込まれる21世紀に顕在化するであろう化石エネルギーの有限性を勘案し、エネルギー源のシフトやエネルギーの有効利用に向けて取組むこと
- 化石エネルギーの消費に伴い不可避免的に発生するCO₂の排出等による地球温暖化問題に対し、地球規模で取組むこと

が不可欠な状況におかれている。

一方で、エネルギーコストの低減も求められており、現在、市場原理の導入等により競争的環境整備に向けた供給構造の改革が進められている。また、エネルギー産業自身にとっても、自主的経営判断による効率化の徹底が必要とされている。

こうした状況の下、近時、需要面については景気低迷の影響を受け第2次石油ショック以来16年ぶりにマイナスに転じているが、民生・運輸部門の需要は大きく伸長し、産業部門でも設備投資の遅れにより省エネの今後の進展が遅れる兆しが見られる。供給面については、昨年のウラン加工施設臨界事故等原子力に対する信

顔を損なう問題が発生したこと等に伴い原子力立地の長期化の懸念が指摘されており、新エネルギー導入も進展しているもののコスト面や出力の不安定性等の制約要因により、更なる努力が必要な状況となっている。また、石油を中心とした国際エネルギー情勢の変化を背景に安定供給確保への関心が高まっている。このため、このようなエネルギーを取り巻く環境変化を踏まえ、今後のエネルギー政策について総合的な検討が必要となってきた。

また、非鉄金属についても、アジア等の経済成長に伴う需要増が見込まれる中、再資源化を含めた安定供給に取り組むことが必要とされている。

③資源エネルギー産業の特徴

資源エネルギー産業と一口にいうても、もともと標準産業分類や公式統計等において資源エネルギー産業という区分はないが、資源エネルギーの需給に関連する産業として捉えると、省エネ関連、新エネ関連、石油関連、石炭関連、電力関連、ガス関連、鉱物資源関連等、大変幅広く、多岐にわたる産業群である。

我が国の経済活動に占める位置づけとしては、例えば、便宜的に統計上の数値について見れば、97年の資源エネルギー産業^(注)がGDPに占める割合が4.2%と、我が国の主要産業である電気機械(4.0%)、一般機械(3.0%)、輸送用機械(2.4%)等と比較しても大きな比重を占めている。

また、80年と97年で比較すると、資源エネルギー産業(2.05倍)はGDP(2.11倍)とほぼ同じ伸びを示しているが、製造業全体(1.75倍)よりも大きく伸びている。さらに、90年との比較においては、資源エネルギー産業(1.30倍)の方が製造業全体(1.02倍)のみならずGDP(1.18倍)よりも大きな伸びを示している。

(注) 資源エネルギー産業：便宜上、鉱業、石油・石炭製品、電気・ガス・熱供給業(統計上不可分のため水道業も含む)を合計。出所：国民経済計算年報平成11年版)

(2) 生産性の分析

労働生産性については、石油・石炭製品工業と鉱業は、産業総合や製造工業の伸び率よりも高い伸び率で推移しており、近年の労働生産性向上努力が表れている一方、公益事業については、ここ数年は産業総合よりも伸びが鈍化している(表2参照)。

表2 労働生産性の推移

	1980年	1985年	1990年	1995年	1997年
石油・石炭製品工業	57	55.9	82.2	100	114
鉱業	46.9	50.9	77.2	100	119.4
公益事業	52.4	65.3	85.8	100	107
産業総合	50.6	73.8	97	100	110.4
製造工業	61.3	74.7	98.1	100	110.6

出所：社会経済生産性本部生産性研究所「季刊 生産性統計」

(3) 国際競争力

①エネルギー消費効率

エネルギー需要面については、産業分野では従来から積極的な取組がなされており、例えば、エネルギー多消費産業のエネルギー消費原単位は主要先進国に比して優れている（表3参照）。

民生・運輸分野では、個別製品ではエネルギー消費効率が良いと言われているが、使用状況や目的によって差が生じている。例えば、家庭部門では、暖房に用いられるエネルギー消費量は、米、仏、英に対して優れているが、給湯や照明等は必ずしも優位とは言えない。また、業務部門では、事務所や学校では優れているが、ホテル・病院等は優位とは言えない。さらに運輸部門でも、燃費性能は一般的に優れているものの、稼働率や交通渋滞等のため、自家用自動車の移動重量あたりのエネルギー消費原単位が米98、仏61に対し日本は100となっており、差が生じている。

表3 エネルギー多消費業種におけるエネルギー消費原単位の国際比較

	日本	米国	英国	独国	仏国
鉄鋼産業	100	118	112	103	111
化学産業	100	118	西欧 127		
ゼンマイ	100	180	—	110	120

出所：総合エネルギー調査会資料

②エネルギー価格

エネルギー供給面について、最も身近な料金についてみると、電気、ガスともに欧米先進国と比較して高くなっている（表4参照）。また、石油の精製コストに関しても、欧米と比較して、操業費、維持修繕費ともに我が国の方が約1.5倍前後割高（1996年、出所：（財）石油産業活性化センター調べ）になっている。石炭に関しても、一般炭の国内炭平均価格は平均輸入炭価格の約3倍（平成9年度）となっている。このように、総じて我が国のエネルギー供給が相対的に高コストにあるため、現在エネルギー供給構造の改革が取り組まれている。

表4 電気・ガス料金の国際比較

（1998年12月現在、ガスは税込み）

	日本	米	仏	独	英
電気料金(為替レート換算)	100	82	75	79	70
ガス料金(為替レート換算)	100	48	54	66	39

（資工庁公益事業部試算による）

③その他

エネルギー・資源開発産業については、欧米諸国のメジャーズと比較して企業規模が小さく、対等な競争力を持つまでに至っていない。

環境保全の面については、全般的に高水準にある（詳細は各論を参照）。

2. エネルギー産業技術の状況

(1) エネルギー産業技術の特徴と研究開発の取組状況

①エネルギー産業技術の特徴

エネルギー産業技術は、一般的に、材料、化学、情報処理、半導体、機械、バイオ、地質等様々な分野における基盤的な技術シーズを、ある具体的な特定の目的の達成のために複合し、応用する総合技術である。

また、エネルギー産業技術の多くは、安全の確保を前提とした上で安定供給確保、環境保全及び経済成長という、ともすれば相矛盾する複数の目標の同時達成を目指すブレークスルー技術である。

②研究開発の取組状況（出所：総務庁「科学技術研究調査報告」）

i) 研究開発全体におけるエネルギー研究

ア) 研究費

平成9年度のエネルギー研究費は1兆1660億円で、科学技術研究費全体の7.5%を占めており、科学技術研究費全体が減少した平成5～6年度も含め、これまで一貫して増加傾向にある。

イ) 研究費の支出源

科学技術研究費全体は、近年、国・地方公共団体が約20%、民間が約80%という支出割合で推移している。一方、エネルギー研究費については、ここ数年民間の支出割合が増加してきているが、国・地方公共団体が39.8%、民間が60.2%（平成9年度）と、依然として国・地方公共団体の支出割合が高い状況にある。

ウ) 研究本務者数

平成10年のエネルギー研究に関わる研究本務者数は26,634人で、全体の研究本務者数70万4500人の約3.8%を占めており、全体よりもやや高い割合で、一貫して増加傾向にある。

ii) エネルギー研究のテーマ別取組状況

ア) 研究費

平成9年度のエネルギー研究費を研究テーマ別にみると、省エネルギー研究費、原子力エネルギー研究費、化石エネルギー研究費、自然エネルギー研究費の順に大きい。近年のトレンドとしては、原子力が減少傾向である一方、省エネが増加傾向にある（表5参照）。

表5 研究テーマ別エネルギー研究費

（単位：億円。○内は当該テーマが占める割合）

	省エネ	原子力	化石エネ	自然エネ
平成5年度	3899(85.1%)	5197(49.3%)	1029(9.8%)	395(3.7%)
平成9年度	5382(45.4%)	4496(37.9%)	1130(9.5%)	467(3.9%)

（出所：総務庁「科学技術研究調査報告」）

イ) 研究本務者数

研究本務者数も研究費と概ね同様の傾向がみられる（表6参照）。

表6 研究テーマ別エネルギー研究本務者数

（単位：人。○内は当該テーマが占める割合）

	省エネ	原子力	化石エネ	自然エネ
平成5年	10744(48%)	7381(33%)	1971(8.8%)	1732(7.7%)
平成10年	14827(55.7%)	7024(26.4%)	2025(7.6%)	1883(7.1%)

（出所：総務庁「科学技術研究調査報告」）

(2) エネルギー技術を通る国際比較

① 研究開発に対する政府の取組

IEA 資料⁽²⁾によれば、我が国政府予算によるエネルギー研究開発投資額は、我が国のエネルギー供給構造が脆弱であることも反映し、ほぼ一貫して世界第1位となっており、平成10年度は、2位の米(20億2460万^{ドル})の1.5倍以上の31億7320万^{ドル}となっている。GDPに占める割合についても、継続的に我が国が1位となっており、平成10年度は0.084%となっている(2位の仏が0.041%、米は0.024%で6位)。また、フランス同様原子力の占める比率が高くなっている(仏91.9%、日73.5%(平成10年度))。

(注) IEA「Energy Policies of IEA Countries 1999 Review」

② 国際的な技術の強みと弱み

詳細は各論に述べることにするが、概して、エネルギー・資源開発分野の探査・開発技術が国際的に弱い、エネルギーの有効利用技術(供給、消費の双方)、環境対策技術は国際的に強い傾向がある。

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

詳細は各論に述べることにするが、全般的に、以下のような共通の問題がある。

- 産業界と大学の情報交流不足や諸制度の問題等により産学官連携が希薄
- 個別法令により事業規制・安全規制がなされており、非競争的環境にあたり、新技術に柔軟でない規制・基準があること

III. 今後の展望と戦略

1. 社会的要請・制約への対応

エネルギー産業は、地球環境保全(Environmental Protection)、市場の効率化(Efficiency)という各要請に同時に対応しつつ、経済活動や国民生活の基盤をなすエネルギーの安定供給(Energy Security)を実現するというエネルギー政策の基本目標(3Eの同時達成)に向けて、

- ・「経済性を考慮した環境調和型エネルギー需要構造の構築」と
 - ・「経済性と供給安定性を考慮した環境調和型エネルギー・資源供給構造の構築」
- に取り組んでいくことが必要となっている。

2. 技術革新の展望

こうした社会的要請・制約に対応するため、需要面では、熱・電気・化学エネルギーの高効率利用技術、電気・熱の動力等への変換合理化利用技術、エネルギー回

取・蓄エネルギー技術、情報技術等を活用した省エネルギーネットワーク化技術等の実効性が高い技術や波及効果の大きな技術が省エネルギー型社会を構築するための技術として、技術革新が期待されている。

供給面では、環境負荷のない新エネルギー等（太陽光、風力、次世代燃料電池、廃棄物発電、地熱発電等）のコスト低減及び信頼性向上、原子力発電所の安全確保技術、核燃料サイクル技術及びバックエンド対策、既存エネルギーの効率利用技術（天然ガス・石油利用高度化技術、セラミックスガスタービン技術、石炭ガス化複合発電技術等）、化石エネルギー等の環境負荷低減技術（クリーンコールテクノロジー、石油高度燃焼技術等）、超電導技術を応用した高効率エネルギー供給技術、海洋自然エネルギー利用技術、自主開発を目指す地域での効率的な探鉱開発技術等での技術革新が期待される。

また、資源については、「主要非鉄金属の安定供給及び再資源化の推進による資源セキュリティの確保」に向け、非鉄金属製錬・リサイクル技術等の技術革新が期待される。

3. 総合的戦略

(1) 目標

1. の社会的要請・制約に応えることである。

(2) 総合戦略

具体的な技術戦略については、個々の分野毎で様々であるため詳細については各論に述べることにするが、特に、我が国の産業競争力強化が求められている中、エネルギー産業についても同様に国際競争力の強化が求められる時代に入っていることを踏まえ、「長期的な視野とともにグローバルな視野を持ち、産学官が各々の適正な役割を果たしつつ連携し、個々の課題の優先度を考慮しながら取り組むことにより、3Eの同時達成という基本目標を実現することを通じ、エネルギー産業の競争力向上や新規産業創出を図る」ことを基本的スタンスとする。

その際、全般的に共通する、産学官各々が取り組むべき主要事項は以下のとおり。

①産が取り組むべき主要事項

- ・国際競争力のある製品や技術の開発・特許取得、国内外の市場創出の積極的推進
- ・将来を見据え、革新的事業の実施や新分野への展開を促す技術開発への積極的投資
- ・大学や公的研究機関等に対するニーズの発信やデータ提供、研究資金の提供

②学が取り組むべき主要事項

- ・産業界と積極的な連携による研究成果の実用化の促進
- ・産業界との情報・人材の交流
- ・基礎研究及び産業界のニーズを踏まえた研究の推進

③官が取り組むべき主要事項

- ・開発リスクの大きい共通基盤技術研究の推進

- ・ 戦略策定と技術評価の徹底による国が関与する技術開発の重点化
- ・ 規制緩和による競争環境の整備
- ・ 産学官連携、異業種・異分野交流の促進等の推進

(3) 重点化戦略の構築

特に、今後のエネルギー政策について総合的な検討が進められようとしているが、エネルギー産業技術戦略についても、エネルギー政策を形成する重要な要素の一つであることから、エネルギー政策の見直しと相互に関連しつつ、国が関与する技術開発等に係る重点化戦略を構築し、戦略的な政策資源の配分を行っていくことが必要である。

この時、国の関与の重点化に当たっては、

- ① エネルギー政策上国として取り組むことが不可欠な公共的、基盤的、汎用的な技術開発といった「非市場」分野の絞り込みと、
- ② 既に市場原理が機能している「既市場」には至っていないが、市場化に向けた民の主体的努力の支援を通して国として政策効果を上げていく「未成熟市場」分野における重点化について、

政策の費用対効果を考慮しながら取り組んでいくことが重要である。

(以下各論)

- | | | |
|---------------|--------------|-------------|
| i. 省エネルギー分野 | ii. 新エネルギー分野 | iii. 石油開発分野 |
| iv. 石油精製・利用分野 | v. LPガス分野 | vi. 石炭分野 |
| vii. ガス分野 | viii. 電力分野 | ix. 原子力分野 |
| x. 資源分野 | xi. 海洋分野 | |

i. 省エネルギー分野

I. 省エネルギー分野における技術の現状

1. 省エネルギー分野のおかれた状況

(1) 省エネルギー分野の現状と特徴

我が国の最終エネルギー消費は、産業分野では比較的改善が進んでいるものの、民生・運輸分野では増加傾向にあり、GDP3で合意した1990年比での温室効果ガス削減6%を達成するためには、原油換算で5600万klのエネルギー消費削減が必要であり、産業・民生・運輸分野で省エネルギー対策を推進することが重要である。産業分野：石油危機以降、工場を中心に省エネルギーが進展。エネルギー消費原

単位は第1次石油危機以前と比較すると大幅に改善されたが、近年は頭打ちの状況。また依然として産業分野は全エネルギー消費量の約半分を占めている。

民生分野：利便性・快適性の追求、OA機器・家電製品の普及等に伴いオフィスや家庭におけるエネルギー消費は、1980年代半ば以降ほぼ一貫して増加。今後もエネルギー消費の増加が予測。

運輸分野：個別輸送機器のエネルギー消費効率は向上。しかし、輸送需要の増大、自動車台数の増加、車両の大型化、交通渋滞等によりエネルギー消費量は、1990年～1998年間で約23%の増加。

(2) エネルギー消費効率の分析及び国際的格差

産業分野では、エネルギー多消費産業を中心に省エネルギーが進んでいる。

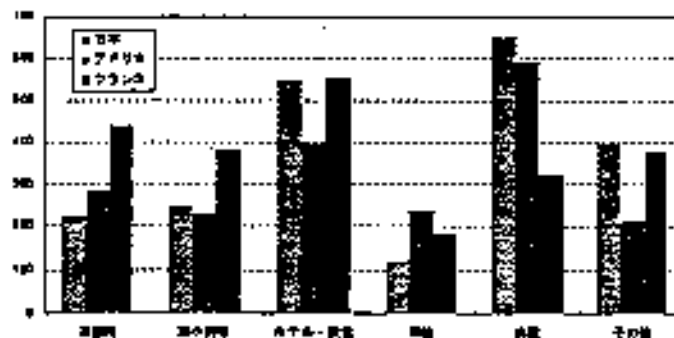
一方、民生・運輸分野では、個別製品では一般的に海外と比べてエネルギー消費効率は良いと言われているが、使用状況や目的によって差が生じている。例えば家庭部門では、暖房に用いられるエネルギー消費量を比較すると、米、仏、英に対して優れているものの、給湯や照明等は必ずしも優位とは言えない。また、業務部門では、事務所や学校では優れているものの、ホテル・病院等では優位とは言えない。さらに運輸分野でも、燃費性能は一般的に優れているといわれているものの、使用エネルギーあたりの仕事量の比較を行うと、移動人あたりのバスのエネルギー消費原単位では日本100に対して米122であるものの、自家用自動車の移動重量あたりのエネルギー消費原単位は日本100に対して、米98、仏61となっており、稼働率や交通渋滞等により差が生じている。

エネルギー多消費業種におけるエネルギー消費原単位の国際比較

	日本	米国	英国	独国	仏国
鉄鋼産業	100	118	112	103	111
化学産業	100	118	西欧 127		
セメント	100	180	-	110	120

出所：総合エネルギー調査会資料

業務部門の床面積当りエネルギー消費原単位の比較（1990年）



出所：「国際比較から見た日本のエネルギー消費」（エネルギー総合推進委員会、1995年6月）

2. 省エネルギー技術の状況

(1) 省エネルギー技術の特徴

省エネルギー技術は、機械・電子・通信・化学・材料など多分野の技術が複雑に相関する技術であり、幅広い基盤技術が必要となる。さらに機器・装置の性能低下、製造コストの大幅な増加等、製品化を図る上での困難な問題を抱えているものが多く、基礎技術の確立や製品の实用化に至るまでの開発リスクは大きい。一方、産業や国民生活の幅広い分野での適用・応用が期待されており、適用分野・波及効果が大きいため、産・官・学の各研究機関において、省エネルギーの研究は大幅な増加を見せている。

国内の省エネルギー研究費の推移

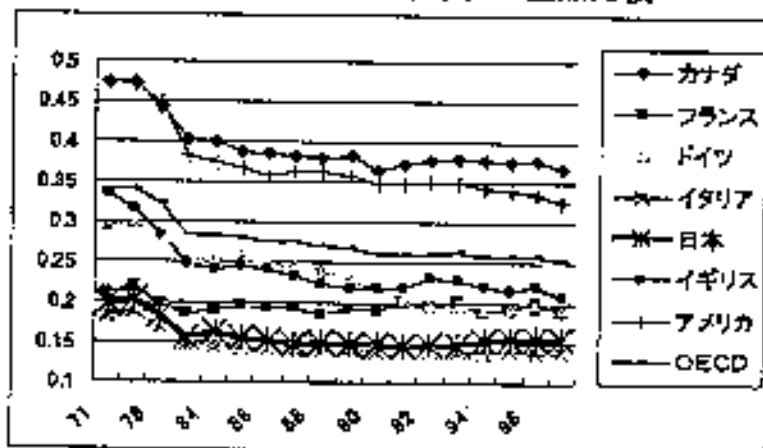
	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年
研究費(億円)	3,528	3,702	3,945	4,111	3,899	3,941	4,190	4,768	5,382
対前年比(%)	10.7	4.9	6.6	4.2	-10.0	6.5	6.3	13.8	12.9

出所 総務庁統計局「科学技術研究調査報告」

(2) 省エネルギー技術を巡る国際比較

米国国家重要技術評価において示されている技術力の日米欧比較から分析すると、省エネルギー分野の技術は米欧に対して、日本がやや優れていると評価されている。しかしながら、例えば、主要先進国のエネルギー消費の対GDP原単位の推移を見ても、欧米各国においてはエネルギー消費効率の改善が進んでいるにもかかわらず、日本のエネルギー消費効率の改善は下げ止まり傾向にあり、むしろ近年では増加傾向にすらあり、技術的優位差も縮まる傾向にある。

エネルギー消費の対GDP原単位の国際比較



出所 OECD ENERGY BALANCES (1995-1996)

Ⅱ. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

省エネルギー技術は、基礎技術や実用化開発等に多くのコストが必要であると同時に、製造や導入に係るコストも高くなることが多い。しかしながら導入側は、短期間での省エネルギーによる投資回収を期待するため、大幅なコスト増ができず、思い切った研究開発投資ができない状況にある。さらに、省エネルギー性能評価の標準化や共通的な基盤技術情報の整備等が行われておらず、効率的な技術開発が行えない状況にある。

2. 産・官・学において対応すべき課題

我が国では、国や企業の研究開発の大学への委託や大学における研究開発の産業への転用を行うための制度の整備を行っているところであり、産官学連携の研究を行うに当たっては、連携のためのスキームを適切に活用していくことが必要である。また、技術開発基盤となる標準化の推進や研究機関のリソースを有効に活用できるようなネットワーク化を推進する必要がある。

- ①産の役割：国際的にニーズの高い技術開発・特許取得、国内外の市場創出、国家プロジェクトへの参加、多様化する市場ニーズへの対応等を実施。
- ②官の役割：技術開発ロードマップの作成、開発リスクの大きい共通基盤技術等の国家プロジェクトの推進、標準化の推進、技術データベースの整備・技術開発支援・産官学連携・国際的技術交流等の環境整備、需要創出のための先導的導入促進等を実施。
- ③学の役割：共通基盤技術等の分担、技術移転の推進、人材教育の充実。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

個別機器・設備による省エネルギー技術開発を着実に実用化へ結びつけると同時に、情報技術等を利用した新たな省エネルギー技術やこれまでの省エネルギー技術とは違った革新的な省エネルギー技術の創出が期待されている。省エネルギー技術は、幅広い分野への波及効果があり、経済・社会構造を好循環に転換するためのエンジンとなることが期待される。

2. 社会の要請・制約への対応

第一に、COP3のCO₂排出削減目標の達成が重要であるが、さらに多様なエネルギーを柔軟かつスマートに活用する省エネルギー型社会の実現を図るため、産・官・学が一層連携し、幅広い分野で省エネルギー対策を進めることが必要である。

また、革新的な省エネルギー技術は幅広い分野に波及し、21世紀の新規産業創出と雇用の確保、循環型社会の形成を通じた地域振興にもつながる期待がある。さらに、地球規模のエネルギー有効利用の推進のため、発展途上国への積極的な省エネルギー技術の移転により、地球温暖化対策に資することとなる。

3. 総合的戦略

(1) 目標

省エネルギーにより、2010年までに原油換算5600万klのエネルギー消費を削減しつつ、3Eを同時に達成することが、最も重要な目標である。これと同時に、多様なエネルギーを柔軟かつスマートに活用する省エネルギー型社会の実現を目指す。

(2) 制度整備等を含めた総合的戦略

エネルギー消費削減の達成及び省エネルギー型社会の構築へ向けて産・官・学が十分に連携をとり、次の観点から技術開発を推進する。

(a) 省エネルギー重点技術の推進

エネルギー消費量の削減を確実に進めていくため、省エネルギー効果が大きく、実現性の高い技術について、技術開発・実用化を推進する。

(b) 省エネルギー共通基盤技術の推進

省エネルギー分野の共通基盤となる技術について、幅広い分野での波及効果が期待できる分野の研究開発を推進する。

(c) 省エネルギー技術のネットワーク化推進

これまでの個別設備・機器等による省エネルギー技術でなく、情報技術等を活用したネットワーク制御、モニタリング、システム化等によるエネルギー最適化利用のための技術開発を推進する。

このため、産業・民生・運輸分野において、

- ①熱・電気・化学エネルギー高効率利用技術
- ②電気・熱の動力等への変換合理化利用技術
- ③エネルギー回収・蓄エネルギー技術
- ④省プロセスによるエネルギー合理化利用技術
- ⑤情報技術等を活用した省エネルギーネットワーク化技術

の技術開発を行う。

また、税制優遇措置や融資制度等の省エネルギー技術導入のインセンティブ付与や国民意識の向上、規制緩和・強化等をバランスよく行うことが重要。さらに、

データベース整備や国際標準化、人材育成、海外への技術移転等、世界規模での省エネルギー型社会の実現に向けた取り組みを行う。

ii. 新エネルギー分野

I. 新エネルギー産業における産業競争力と技術の現状

1. 新エネルギー産業のおかれた状況

(1) 新エネルギー産業の現状と特徴

我が国ではエネルギー安定供給及び地球温暖化問題等の環境問題への対応が重要な課題となるなかで、今後の新エネルギー利用機器の導入の拡大が期待される。

新エネルギー産業には家電、重電、住宅メーカー等の様々な分野が含まれており、関連する産業としてもすそ野が広い分野である。

現状では既存エネルギーと比較して高コストであるものの、将来的な市場自立化に向けた各種技術開発、導入支援制度により、徐々に事業としての成長を見せている。石油代替エネルギー供給見通し(平成10年9月閣議決定)の2010年度の目標の達成に向けて、事業規模の拡大が期待される。

(2) 生産性の分析及び国際競争力の要因

新エネルギー産業育成のためには、有望市場の明確化とその顕在化のための技術開発から普及までの一貫した支援策が重要である。たとえば、デンマークでの風力発電の普及は、早くから導入補助等の支援を行い、市場の明確化をしてきた一方で、我が国は技術特性の向上を重視した技術開発に注力したこと等から、市場への浸透にやや遅れをとっている。一方で、太陽光発電は、補助金等による需要拡大に伴う量産効果によりコスト低減が進んでいる。

我が国の電力会社は、他国に比類のないレベルの安定かつ高品位の電力を供給しており、風力発電等の不安定電源の導入に対する技術的障壁が高い。また、我が国の新エネルギー利用機器は製造・設置費用が高く、国内外を含めた競争力の弱さが見受けられる。

新エネルギー(発電用に係るもの)の導入量の比較

[単位: 万kW]

	日本	英国	ドイツ	デンマーク	英国	オランダ
太陽光発電(98年度末)	13.3	10.0	5.4	0.1	0.1	0.6
風力発電(98年末)	3.2	206.5	257.9	136.1	47.4	42.5
燃料電池(99年2月)	1.2	1.3	欧州全体で0.6万kW			

(出所: 新エネルギー・産業技術総合開発機構、(社)日本ガス協会)

2. 新エネルギー産業の状況

(1) 新エネルギー産業技術の特徴

新エネルギー技術は、①太陽電池、風車等により自然エネルギーを利用する技術（再生可能エネルギー）、②廃棄物、排熱をエネルギーとして利用する技術（リサイクル型エネルギー）、③従来型エネルギーの新利用技術、の三種類に分類される。

新エネルギー技術については、石油依存度低減及び環境特性に優れているもののコストが高いという問題を抱えており、経済性の向上が最大の課題となっている。

加えて、太陽光発電、太陽熱利用、風力発電といった自然エネルギーについては、効率向上、利用率の向上、安定性の向上に関する技術開発が必要となる。

また、我が国特有の問題として、電力会社が他国に比べて安定かつ高品質の電力を供給していることから、不安定電源の導入に対する障壁が高いこと、熱供給事業では温・冷熱が必要であることにより新エネルギーの競争力が弱いことや小規模な廃棄物処理施設が多いことによる非効率性といった問題もある。

エネルギー別設置費用の比較について

エネルギー種	[万円/kw]						
	太陽光	風力	廃棄物	水力	LNG火力	石油火力	原子力
設置費用	100	25	30	13	20	19	31

出所：電気事業審議会需給部会中間報告(平成6年6月)、総合エネルギー調査会新エネルギー部会資料

(2) 新エネルギー産業技術を巡る国際比較

エネルギー研究開発予算のうち、再生可能エネルギーに対する技術開発等に係る国家予算を比較すると、我が国は米国に次いで世界第2位の予算規模であるが、エネルギー研究予算に占める割合は、米、独に比べて低い。

再生可能エネルギーのうち、我が国と米国を比較すると、太陽光発電及び地熱利用に関する割合が高くほぼ同等程度の予算規模であるが、その他の分野は非常に少ない。(IEA Energy Technology R&D Statistics 1974-1995)

また、論文発表件数については、米国に比べると全体的に少ないが、我が国は燃料電池、廃棄物発電、未利用エネルギーで優位にある。(JICST)

再生可能エネルギーR&D国家予算に関する各国比較(1995)

	MUS \$			
	日本	米国	ドイツ	フランス
再生可能エネルギー全体	139.42	383	98.21	6.09
エネルギー全体に占める割合	2.96%	13.48%	26.89%	0.81%
太陽熱	3.63	93.70	18.39	0.26
太陽光発電	80.41	87.50	40.42	2.22
太陽熱発電	0.00	31.50	4.56	0.00
風力	8.74	47.10	27.15	0.20
バイオマス	6.17	59.60	2.08	2.00
海洋	1.51	0.00	0.00	0.00
地熱	40.85	37.80	2.80	1.30
水力	0.00	4.90	0.00	0.10

出典：IEA Energy Technology R&D Statistics

JICSTによる国別研究論文発表件数比較

	[件数]			
	日本	フランス	ドイツ	アメリカ
太陽光発電	10,944	507	1,913	19,288
太陽熱利用	4,377	422	1,655	10,590
風力発電	1,795	23	643	2,916
未利用エネルギー	6,513	738	2,001	3,816
天然ガス	772	16	133	200
燃料電池	1,996	6	158	1,626
廃棄物発電等	3,700	195	1,453	4,737
電気自動車	3,843	220	835	4,593
バイオマスエネルギー	2,142	117	598	2,450

(3) 技術競争力の国際比較と強み・弱み分析

新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術庁、米国国家重要技術評価にて示される技術力の日米比較から分析すると、各新エネルギー分野の技術については、一部の技術力は優れているものの、全体的な市場競争力の観点からの技術力は必ずしも高いとはいえない状況にある。具体的には以下のとおり。

太陽光発電は技術力、シェアともにほぼ同等である。太陽熱利用は太陽熱発電分野、高温熱利用等の新規分野で劣位にある。風力発電は一部長所も見受けられるが、市場での競争力は非常に弱い。廃棄物発電・熱利用は高信頼度、長寿命を指向することもあり、コストが高く、効率は低い。未利用エネルギー利用は本体性能、生産力では優位にあるが、システム構築技術力は低い。天然ガス・コージェネレーションはガスタービン本体等の基礎技術面では米国に比べて劣位にあるが、パッケージング、高機能化技術では優位にある。燃料電池は米国とほぼ同等。クリーンエネルギー自動車は米国より同等以上であり、燃料電池自動車は国際的な開発連携を結んでおり、海外との優劣はつけ難い。

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

エネルギー技術は投資コストが高く、資金の回収に時間がかかるため、元々リスクの高い分野。

新エネルギーは既存エネルギーと比べてコストが高く、利点である環境特性が外部経済効果として現れないため、市場の見通しが明確でなく、民間企業が思い切った事業計画を推進しにくいという状況にある。

また、保安規制や系統連系要件が海外と異なる場合が多く、規制が比較的強いことなどから、市場の特殊性・高コスト構造を醸成し、これらが導入や技術開発の阻害要因となるといった問題もある。

2. 産・官・学において対応すべき問題

我が国では、国や企業の研究開発の大学への委託や大学における研究開発の産業への転用を行うための制度の整備を行っているところであり、産官学連携の研究を行うに当たっては、連携のためのスキームを適切に活用していくことが必要である。

また、技術開発基盤となる標準化の推進や研究機関のリソースを有効に活用できるようなネットワーク化を推進する。

①官の役割

長期技術開発ロードマップを作成し、開発リスクの大きい基礎研究を国家プロジェクトとして継続して推進するとともに、標準化、技術データベースの整備、開発支援、産官学連携、国際的技術交流基盤の整備等の開発環境整備、初期需要創出のための導入促進等の環境整備を実施する。

②産の役割

国際競争力のある製品の開発・特許取得、国内外の市場創出の積極的推進、国家プロジェクトへの参加、国際連携等による技術力の蓄積を行い、市場ニーズを反映した製品の開発を行う。

③学の役割

人材育成の場や基礎研究の拠点としての研究体制の充実を図り、併せて研究成果の特許化・事業化を自主的かつ積極的に行うことにより市場ニーズの研究への反映も考慮する。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

新エネルギー産業技術においては、ニューサンシャイン計画等の国家プロジェクトを中心とした技術開発が推進されている。

新エネルギー利用機器は、経済面における制約が普及の阻害要因となっているため、低コスト化のための技術開発を中心として自立的な普及を図ることとし、併せて、高効率化、用途開発等により市場の拡大を目指す。

2. 社会の要請・制約への対応

今後、引き続きエネルギー需要増が見込まれる中で、CO₂ 排出抑制等の環境保全及びエネルギーの安定供給確保を達成するため、新エネルギー技術の普及は非常に重要である。また、21世紀の環境産業の一翼としての新規産業創出と雇用の確保、地域社会における循環型社会の形成をを通じた地域振興にもつながる期待がある。

また、今後、特にアジアを中心とした経済成長等からエネルギー需要の増加が見込まれており、こうした発展途上国への新エネルギーの導入余地は大きく、新エネルギー技術の積極的な移転を行うことにより、よりグローバルな観点からのエネルギー需給の安定化や地球温暖化対策に資することとなる。

3. 総合的戦略

(1) 目標

新エネルギーを導入するにあたっての最大の阻害要因が経済性であるため、コスト低減を最重要課題として、効率向上等の技術開発を行う。

また、風力発電では潜在市場の大きい離島用高耐久性風車の開発及び出力安定化技術、廃棄物発電ではダイオキシン対策等の環境対策技術開発、天然ガス・コージェネレーションはセラミック材料開発、燃料電池、特に固体高分子型のものは用途が広いため、各種用途に適した性能を持たせるための開発、規格化・標準化、クリーンエネルギー自動車のうち電気自動車については蓄電池技術の確立を行う。

(2) 制度整備等も含めた総合的戦略

新エネルギーは、既存エネルギーのように市場が成熟していないため、幅広い視野で有望な技術シーズを発掘し、将来的な市場自立化に向け、価格低減、効率向上、用途開発を行い、併せて系統安定化等の導入の基盤整備のための技術開発を行う。また、新エネルギーは環境特性に優れているため、環境面の経済的評価を行うことにより、研究インセンティブの向上を図ることも重要。

研究開発の環境整備について、長期的な市場の動向、ニーズを技術開発にフィードバックする体制の整備が必要であり、そのための研究・技術情報、大学や国立研究所の基礎研究、標準化規格等の研究基盤の整備、また、質の高い研究開発を行うための人材育成、技術開発環境の整備を行う必要がある。

制度的な観点において、新技術が社会に普及するにあたり、従来の法制度が新技術を想定していなかったために過剰規制となり、円滑な導入の妨げになる場合が多々あるため、技術開発を行う分野に限らず、政策に技術革新を反映できる柔軟性を持たせることも認識を高める必要がある。

今後、経済大国として、特にアジア諸国から求められている国際協力、地球温暖化対策における活動の一環として、国際市場の開拓という観点も含めて、新エネルギー技術の確立・普及に努めていくことが重要。

iii. 石油開発分野

I. 石油開発産業における産業競争力と技術の現状

1. 石油開発産業のおかれた状況

- ①我が国企業による石油開発は、欧米メジャーに比べ後発であるため、国による石油の安定供給確保策である自主開発政策によって支援されてきた。
- ②我が国企業は後発性に起因し、石油開発における操業現場経験が不足しており、技術的ノウハウ、地質的情報の蓄積が未だ不十分であり、かつ資本や技術者が20数社の統括会社に分散しているため、欧米に比べて事業規模、及び収益規模は小さい。

原油換算生産量のメジャーとの比較(98年)

会社名	生産量	
	石油 (千B/D)	天然ガス (MMCFD)
Exxon-Mobil	2,526	10,895
RD/Shell	2,328	8,001
BP/Amoco	1,888	5,805
Chevron	1,071	1,849
Texaco	839	2,177
日本全社計	683	1,646

(石油審議会資料)

純利益におけるメジャーとの比較(97年)

会社名	百万ドル
Exxon-Mobil	3,352
RD/Shell	-247
BP-Amoco	1,677
Chevron	1,072
Texaco	540
日本主要5社計	82

(石油公団資料)

2. 石油開発産業技術の現状

- ①石油開発は、地下数千mという目に見えない自然を対象とすることによる不確定要素に起因して、その技術は
- (a)地学、物理学、化学、機械工学、情報工学等様々な技術分野の結集した学際的な総合技術。
- (b)操業現場での適用実績を通じて培う経験的・改善・改良型の技術。
- (c)対象地域の地質等に関する知見の裏付けが必要であり、個別的・地域的依存性が高い技術。

生産プロジェクト数とオペレーター数の比較(98年末)

(BPはAMOCOとの合併前、北米を除く)

	生産プロジェクト数	内オペレーター数
BP	152	62
日本全社計	72	14

(石油審議会資料)

- ②また、海外の石油開発会社は、探査や掘削のような現場の要素技術ではなく(要素技術は下請のコントラクターが保有)、国際市場でどのような要素技術が利用可能であるかを正確に把握し、各々の要素技術の適用限界、信頼度に関する情報を蓄積し、各分野での最先端の技術を適切に、操業現場において活用する管理能力を保有する。

- ③更に、海外の石油開発会社は自社内に技術サービス部門と技術開発部門を保有し、操業現場に即した技術的課題に対処している他、戦略的に進出するコアエリアに関する地質情報を蓄積している。

探査・生産活動の重点化におけるメジャーとの比較(98年)

	日本全体	メジャーA社	メジャーB社	メジャーC社
活動拠点数	38	32	17	12

(石油審議会資料)

- ④我が国企業は、海外での操業実績が乏しく、また企業数が多く技術的・地質的知見が分散し蓄積されていない他、民間レベルでの研究開発体制は不十分である。

- ⑤従って、我が国では、民間企業の研究開発機能を補完する目的で、TRC(石油公団石油開発技術センター)を中心に研究開発を実施しているところ。

メジャー等との研究開発体制の比較(98年)

	RD/Shell	Chevron	ENI/Agip	Texaco	Elf	日本全体
技術者数(人)	16,000	6,300	8,400	7,000	9,800	1,200
研究開発費(百万円)	300	140	150	120	130	69

注)日本の予算は、概ねTRCの予算。(石油審議会資料)

- ⑥これまでTRCでは、先端的・汎用的技術開発を中心としたため、欧米企業が重視している操業現場における技術的課題について、研究開発を実施した経験が乏しい。

表 我が国における研究開発予算の配分の推移 (%)

	先端技術開発	操業支援技術開発	産油国共同研究
平成7年度	75	19	6
平成11年度	42	36	20

(資源エネルギー庁調べ)

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

- ①実油田での操業(オペレーター)経験が不足しており、操業上の技術課題に直結する研究開発が行われず、人材の育成、技術ノウハウの蓄積がなされていないこと。
- ②操業現場への技術サービス体制が整備されていないこと。
- ③操業ニーズに直結した研究開発が重点的に実施されていないこと。
- ④進出すべきエリアに関する地質的・技術的知見が蓄積されていないこと。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

今後、10年にわたって以下の研究対象分野において技術革新が期待される。

- ①地震探査による分解能の向上、炭化水素の直接探知技術の開発、及び鉱区取得に関する油・ガス田情報の整備による探鉱成功率の向上。
- ②原油増進回収技術、油・ガス層評価技術による既発見油・ガス田における回収率の向上。
- ③無人操業掘削・生産システムの改良等による、開発・操業コストの低減。
- ④パイプライン・LNGコストの低減、ガスハイドレート輸送システムの開発等による天然ガスの有効利用の促進。
- ⑤氷海域等極限海域における石油生産施設等の海洋開発技術の向上。
- ⑥メタンハイドレート、超重質油等非在来型炭化水素資源の効率的な開発。
- ⑦未利用ガスのフレアーにより発生するCO₂の地中処分技術、生産設備の撤去後の海洋汚染を防止する技術等、地球環境保全技術の向上。

2. 社会的要請への対応

エネルギー供給の大宗を占める石油の大消費国であり、かつ、その大部分を輸入に依存している我が国にとって、石油の安定供給確保はエネルギー安全保障上極めて重要な課題。そのため、海外での石油開発における、埋蔵量の増大、回収率の向上等、操業現場に即した技術的課題を中心に技術開発を継続して実施する。

3. 総合戦略

(1) 目標：

高い国際競争力を備えた強靱な石油開発企業の育成等を通じて、我が国エネルギー安定供給を達成する。

そのための条件の一つとして、操業能力の向上、情報収集体制の確立、人材育成、技術開発などの総合的な技術力の強化を、石油公団の機能などを十分に活用しつつ行っていく。

(2) 個別戦略

Ⅲ.1における世界的な上流分野における技術革新の展望を踏まえつつ、次のような考え方に即して、我が国企業の技術力強化を図る。当面は、特に操業現場の技術的課題解決を強化する。

(a) 操業支援型の技術開発の推進

石油公団により石油開発企業の操業部門のニーズに対応した技術課題に対し、技術サポート、研究開発を実施することにより、事業基盤の強化、かつ国際競

争力の維持・向上を図る。

(b) 情報収集体制の整備

戦略的に進出すべきエリアに関する地質的、技術的情報収集体制を整備し、データベースにより蓄積し、情報提供の円滑化を図る。

(c) 海外産油国との共同研究の推進

海外産油国との良好な関係を維持・発展させるとともに、当該産油国での技術的知見を蓄積するため、共同研究を実施。

(d) 世界の技術動向のフォロー

技術革新の早い分野について、海外石油開発企業との共同研究（研究コンソーシアムへの参加）等を通じて、技術力の維持・向上、情報収集を図る。

(e) 天然ガスの有効利用・メタンハイドレート開発等長期的視点からの研究開発の推進

将来我が国のエネルギー供給システムに大きな影響を与えるテーマについて関係研究機関（大学・国研）との協力体制を整備しつつ、長期的視点から研究開発を推進。

（注）現在、今後の石油開発政策についての見直しが進められており、かかる見直しにあわせ、技術戦略についてもさらに検討を深めていく予定。

iv. 石油精製・利用分野

I. 石油産業における産業競争力と技術の現状

1. 石油産業のおかれた状況

(1) 石油産業の現状と特徴

我が国石油産業は、GDPで全製造業の3%、一次エネルギー供給の53.6%（1997年度）を占め、エネルギーの供給源として大きな役割を担っている。長期エネルギー需給見通しでも、2010年度の石油需要は減少するものの、エネルギー供給に占める割合は引続き大きく、特に輸送用燃料の大部分は石油を基盤として供給される。

(2) 国際競争力

全要素生産性については、米国が1995年に1990年比で15%向上したのに対し我が国は微増に止まっており、製油所稼働率も1998年で欧米が90%超なのに対し我が国は78%と低い水準にある。

また、原油・天然ガスの開発、生産部門を殆ど保有しないこと、欧州では低硫黄分の北海、アフリカ産の原油を多く使用しているのに対し我が国では高硫黄分の中

東原油への依存度が高いため脱硫装置の設備比率が極めて高いこと(日本 64 %、米国 41 %、欧州 28 %)から、収益構造や精製設備構成も欧米とは異なっている。

製油所の国際競争力についても、欧米や韓国等と比べエネルギー使用量の面では優位(日本を 100 とした場合、米国 114、欧州 105)であるものの、操業費(日本を 100 とした場合、米国 65、欧州 70)、維持修繕費(日本を 100 とした場合、欧米 60)等が割高なためコスト競争力は劣っている状況(例えば 98 年度で韓国の約 2 倍)にある。

2. 石油精製・利用技術の状況

(1) 石油精製・利用技術の特徴

石油精製・利用技術は、化学工学(触媒、プロセス等)関連の技術を中心に発展し、近年は機械、材料等分野の先端技術の適用も進められている。

(2) 石油精製・利用技術を巡る国際比較

我が国の石油精製は、欧米の基本技術の導入後、環境対策等の社会的要請に対応したことから、海外への技術依存度が高い(1997 年度における技術貿易における受取/支払総額比率は、全製造業の 1/10 と低水準)が、燃料品質向上のための技術(脱硫技術)等では独自技術の展開がみられる。省エネルギー対策技術、脱硫触媒開発等についても、高水準だがコスト低減が課題である。一方、設備診断・モニタリング等の運転設備管理技術や液体燃料転換技術分野では、欧米に比べ取組が遅れている。新たな石油利用技術である燃料電池用途への適用でも、欧米が先行している。

我が国石油産業における研究開発費は、1992 年度から減少に転じ、石油石炭産業全体の 1997 年度投資額は 650 億円(売上高の 0.4 %前後)で金額では米国エクソン 1 社とほぼ同規模である。

II. 石油精製・利用技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

石油製品は需要構造が短期的には大きく変化し難く、適用技術の寿命も長い。また、技術革新だけでは製品の付加価値が増加し難く差別化が困難である。さらに精製技術の基本部分を海外に依存している他、企業・大学等における研究者・技術者の不足、新技術の導入が困難な保安規制に係る技術基準の規定ぶり等により、技術革新が阻害されている。

2. 産・学・官において対応すべき課題

産業界においては、大学における知見を十分に活用し得るよう重点技術分野にお

ける企業と大学、公的研究機関等との連携による外部資源の有効活用の強化が必要である。更に人材の育成・確保のため、情報・人材交流等の取組を産学官共同で強化することが必要である。政府においても、保安規制に係る各種基準の機能性規定化を引続き実施する必要がある。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 社会の要請・制約への対応

石油精製・利用技術分野においては、自動車排出ガス対策への取組による大気環境改善の実現や石油精製・利用に係るエネルギー使用の合理化の推進、環境と調和した新たな石油の精製・利用技術の確立、石油系燃料の安定供給の確保等の社会の要請・制約に対応していくことが求められる。

2. 技術革新の展望

これまでの石油産業を巡る技術の進展及び社会の要請・制約への対応の必要性を踏まえ、今後重点的に取り組むべき技術分野としては、①環境対応技術（環境負荷低減技術、資源循環技術、温室効果ガス削減技術）、②安全性向上・効率化技術（安全操業技術、効率的操業技術）、③安定供給・資源有効利用技術（重質油利用技術、新燃料技術）の3分野である。

また、この3分野における技術開発を達成する上で重要な主な技術シーズ領域は、以下のとおりである。

- ①環境対応技術（触媒プロセス技術、効率的水素製造技術、石油利用機器の高度燃焼技術、低温廃熱等の熱回収技術）
- ②安全性向上・効率化技術（情報技術の適用によるシステム化技術、長期連続運転を支援する設備管理・診断技術、高効率触媒プロセス技術）
- ③安定供給・資源有効利用技術（液体燃料転換技術、高効率分餾触媒プロセス技術）

3. 総合的戦略

(1) 目標

石油精製・利用技術分野において今後重点的に取り組むべき上記3分野における個別技術戦略としては、環境負荷低減のための排出ガス低減技術や触媒プロセス技術、設備診断・モニタリング技術の実用化、高度燃焼技術の実用化等、2010年以前において対応が求められるものへの取組を強化するほか、以下の技術に対しては2010年頃を研究開発目標として設定し、その取組を推進することとする。

- ①2010年の二酸化炭素排出削減目標の達成に寄与するための製油所オペレーションの効率化、石油利用機器における高効率利用技術等の実用化

- ②燃料電池用燃料としての石油系燃料の供給に係る各種関連技術の実用化
- ③GTL (gas to liquid) の生産技術の実用化 (残渣油利用を含む)

(2) 制度整備等も含めた総合的戦略

技術戦略を効果的に推進し、上記の目標を達成するためには、研究開発に関連した各種制度等の環境整備を併せて推進し、これを促進することが重要であり、以下のような取組を強化していく必要がある。

- ①長期的な視点に立った重点化戦略を策定し、これに基づく新規技術開発項目の選定及び技術評価の徹底により、効率的な技術開発を実施する。
- ②外国企業や異業種を含む複数企業による集中的な共同研究や産学官の連携の強化により、外部資源を有効活用を図る。
- ③重点化すべき技術開発に対する財政的支援の集中的・効率的利用を図る。
- ④将来の石油精製・利用技術分野において必要とされる学生・研究者等の育成・確保のため、産学官における情報・人材の交流等の取組の強化、外国人研究者・技術者の積極的活用を図る。
- ⑤開発された技術・ノウハウの集約化及び積極的活用を図るため、異業種との連携も視野に入れながら、関連制度及び共通的な知的基盤としての研究体制等の整備を進める。
- ⑥石油産業の合理的・効率的運営の推進のため、標準化への取組を強化する。

V. LPガス分野

I. LPガス産業における産業競争力と技術の現状

1. LPガス産業のおかれた状況

(1) LPガス産業の現状と特徴

LPガスは、全国総世帯数の約55% (約2千5百万世帯) で利用されるなど、家庭用・工業用・自動車用等の様々な分野で使用されており、我が国一次エネルギー供給の約5%を占める国民生活に密着したエネルギーである。また、今後、環境問題が一層重要になっていく中で、クリーンエネルギーとして位置付けられるLPガスは、その果たすべき役割が大きくなることが予想される。

他方、LPガスの供給面では、供給の約8割を輸入に依存し、輸入の約8割を中東に依存するなど供給基盤が脆弱であり、輸入価格も乱高下している。また、流通面では、LPガス流通業者は元売、卸売、小売と多数存在 (3万業者程度) し、流通構造が複雑・多段階であるため、LPガス産業の競争力強化の観点から、供給効率化による流通コストの削減が大きな課題となっている。

①国内状況（平成10年度）

市場規模	需要量	需要先
家庭業務用	7,366千t(89.0%)	26,957千世帯
工業用	4,986千t(26.4%)	1,936箇所
化学原料用	2,286千t(12.1%)	
旅客用	1,645千t(8.7%)	LPGスタンド1874箇所、LPG車294千台
都市ガス用	2,151千t(11.4%)	都市ガス244社
電力用	455千t(2.4%)	
需要計	18,889千t(100.0%)	
従業員数	約22万人	
売上高	約262百億円	
付加価値額	約221百億円	
GDPに占める割合	約0.4%	

②供給状況

供給形態	輸入	14,465千t(77.1%)
	国内精製	4,294千t(22.9%)

輸入先	輸入量	輸入先	輸入量
クウェート	6,872千t(40.6%)	インドネシア	1,362千t(9.4%)
UAE	3,909千t(27.0%)	オーストラリア	677千t(4.7%)
クウェート	1,911千t(9.1%)	マレーシア	301千t(2.1%)
カタール	641千t(4.4%)	韓国	46千t(0.8%)
イラン	49千t(0.8%)	その他	295千t(1.6%)
バーレーン	62千t(0.4%)	非中東地域計	2,621千t(18.1%)
中東地域計	11,848千t(81.9%)	合計	14,465千t(100.0%)

(2) 国際競争力

①LPGガス料金比較

我が国LPGガス産業の国際競争力を、LPGガス料金によって比較すると、我が国は米に次ぐ需要量があり、その他の主要先進国に比較してもかなり需要量が多いにもかかわらず、家庭業務用LPGガス料金は欧米諸国と比べ高価格である。工業用LPGガスは海外より低価格な場合もある。

LPGガス料金の国際比較

	日本	仏	独	伊	蘭	英	加	米東	米西	豪州
家庭業務用	1	0.6	0.8	0.6	0.8	0.2	0.4	0.6	0.3	0.4
	日本	米	独	韓国	台湾	香港	中国	シンガポール		
工業用	1	0.3	3	0.5	1.4	2.4	0.7	2.4		

(出典) 家庭業務用：海外LPGガス価格調査報告書（平成11年3月）（経産省調べ）

工業用：産業の中間投入に係る内外価格差調査（平成11年6月）（経産省調べ）

L P ガス需要量の国際比較

(単位：上段千トン、下段%)

	日	仏	独	伊	蘭	英	米	西
総需要量	18,889 100	3,559 100	3,199 100	3,563 100	1,803 100	3,371 100	62,106 100	2,030 100
家庭業務用	7,366 39.0	1,851 51.9	1,130 35.3	1,697 47.6	46 2.5	586 17.6	11,715 22.5	195(家庭用) 9.6
工業、ガス事業、電 力、屋架用	7,592 40.2	1,068 30.0	876 27.3	514 14.5	80 4.4	1,486 44.1	17,135 29.9	605(工業用) 29.8
化学原料用	2,286 12.1	550 15.5	1,188 37.1	154 4.4	944 52.4	1,298 38.5	22,058 42.8	100 4.9
旅客用	1,645 8.7	80 2.6	6 0.2	1,198 33.6	733 40.7	1 0.0	1,198 2.3	1,130 55.7

注：日本に関しては平成10年度の、その他の国に関しては平成9年の数値

(出典) 海外L P ガス価格調査報告書(平成11年3月)(通商産業省調べ)

2. L P ガス産業技術の状況

(1) L P ガス技術の特徴

L P ガスは家庭業務用に使用されるほか、自動車用燃料、発電用燃料、化学原料等産業用にも幅広く利用されている。したがって、その技術開発分野も幅広く、安全を確保する保安技術、高温における耐久性のある材料の開発、高効率で燃焼させ発生した熱を利用する機械技術、燃焼を制御する電子技術、エチレン等化学製品の材料を合成する化学技術等多数の分野が複合した総合技術である。

(2) L P ガス技術を巡る国際比較

L P ガスは家庭業務用機器のほか、鉄鋼等産業用にも幅広く利用されている。我が国のL P ガス機器は電子制御により、高効率燃焼、低公害燃焼等を実現しており、当該分野では世界のトップレベルにある。しかし、マイクロガスタービン(米メーカーを中心に軍需用、自動車用エンジンのターボチャージャーを転用した超小型ガスタービン開発が先行)、大型L P ガスエンジン等の技術開発では欧米諸国に比べ立ち後れている。また、車両搭載等が可能な小型かつ高効率のL P ガス改質水果製造装置については、国際的に見ても開発の緒についたばかりである。

Ⅱ. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 産学官連携の希薄さ

L P ガス流通業界は、流通の各段階において企業規模が異なり、全体として3万程度の極めて多数の事業者が存在するため、目的とする技術開発の方向性が各企業において異なり、L P ガス産業全体にとって有益な長期的ビジョンを共有化できず、目先の技術開発を優先する傾向にある。また、ガス機器メーカーでは、大手都市ガ

スとの強力なティアップ体制が策かれており、都市ガス使用の機器開発が優先されている。さらに、機器業界と流通業界との情報交換不足といった問題もある。

こうした事情から、産業界のニーズが、学・官に対し有効かつ適切に発信されてこなかった面がある。

2. 制度面での問題

LPガス産業については、保安の確保が重要であるが、今後の技術革新の実現にあたっては、新たに開発された材料や設備等が迅速に導入できるよう規制の合理化が求められている。

3. 人材難

産・学においては、LPガスの研究は、石油産業の研究の1分野として研究され、独立した研究分野として確立していない面があり、LPガスを専門に研究している研究者は極めて少ない現状にある。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

LPガス産業において、今後重点的に取り組むべき技術分野としては、以下のようなものがある。

(1) 安定供給技術分野

低品質LPガス利用技術の開発、天然ガス等からのLPガス製造技術の開発

(2) 環境対応技術分野

燃料電池、燃料電池自動車、コ・ジェネシステム、CO₂、NO_x等の排出の少ない高効率バーナーや消費機器等の開発

(3) 流通合理化・LPガス関連技術分野

流通合理化、供給効率化を図るためのバルク供給システム技術等の開発、集中監視システムの高度化利用技術等の開発

(4) 保安技術分野

高度保安型バルク供給システムの開発、自己診断機能付き供給・消費機器の開発、危険評価技術等の開発

2. 社会的要請・制約への対応

LPガス産業は、今後ともガス体エネルギー供給の担い手として、都市ガスと相互補完関係に立ちながら、分散型で災害に強い等の特性を活かしつつ、安定供給の

確保、規制緩和が進む競合エネルギーに対するLPガスの競争力の強化、クリーンエネルギーであるというLPガスの特性を活かした地球環境問題への対応等の社会的な要請に応じていくことが求められる。

3. 総合戦略

(1) 目標

- ① 低品質LPガス利用技術等によるLPガス安定供給の確保
- ② 高効率LPガス機器、高効率LPガスエンジン、LPガス燃料電池等による地球環境問題への対応
- ③ バルク供給システム、充てん所における販売情報管理システムの開発等による流通の合理化
- ④ 誰もがLPガスを安全にかつ安心して使えるようなシステムの確立

(2) 総合戦略

- ① LPガスの安定供給確保の観点から、供給ソースの多角化を図るため、中東地域以外で産出される低品質のLPガスの利用技術の開発及び天然ガス等からLPガスを経済的に製造する技術開発を推進する。
- ② 地球環境問題対応の観点から、LPガスを高効率で利用するバーナー、消費機器、燃料電池等の開発を推進する。
- ③ 供給効率化による流通コスト削減の観点から、バルク供給システムの普及のため保安面を含め技術開発等を推進することにより、LPガス産業の体質強化を図る。
- ④ LPガス産業全体として、将来を見据えた上で重点的に取り組むべき具体的な技術開発分野を特定するため、LPガス産業全体の意見集約を図り、学・官に対するニーズを積極的に発信する。
- ⑤ 今後のLPガスの利用形態の動向等に応じて、安全にかつ安心してLPガスを使える供給・消費システムを構築するための技術開発等を推進する。
- ⑥ 燃焼技術・機器開発・流通・保安等の高度化とともに、これらの技術の複合化、統合化を図るため、技術及び知見の蓄積を図る。
- ⑦ 産学官の連携を強化し、特に産学間においては共同研究や人的交流による研究者の要請等を推し進め、官においては技術開発に対する財政的支援の重点化・効率化を図る。
- ⑧ ガス機器の開発等ガス体エネルギーの担い手としての立場を共有する都市ガス業界との連携が可能な技術開発については、積極的に相互協力を行うこととし、技術開発の成果について共有化を図る。

vi. 石炭分野

石炭産業は、①石炭を開発して採掘する石炭鉱業会社等の石炭開発産業、②石炭を利用する電力、鉄鋼、セメント会社、プラントメーカー等の石炭利用産業、に大別される。両者は全く異なった業態であるので、両者を分けて検討する必要がある。

I. 石炭関連産業における産業競争力と技術の現状

1-1. 石炭開発産業のおかれた状況

(1) 当該産業の現状と特徴

国内炭鉱は国の政策によって支援されている特異な産業(平成9年度産出額 572 億円、付加価値額 231 億円、従業員 2891 人)。国内炭鉱で生産される石炭の価格は輸入石炭の3倍程度あり、国際競争力はない。国の補助、電力事業者の国内炭引取協力により存続している状況。

(2) 生産性分析

昭和60年度には労働者一人当たりの生産量は94.0t/月であったが、平成9年度214.6t/月にまで上昇しており、生産性の向上は図られているが、海外炭鉱に比べれば依然として低い状況にある。

(3) 国際競争力の要因(強み・弱み)分析

国内炭価格は輸入炭価格の3倍程度あり、競争力はないが、価格差を縮める努力をしている。坑内掘り進捗率は豪州、米国の1/3程度であるが、777諸国の10倍以上ある。

1-2. 石炭利用産業のおかれた状況

石炭利用分野については、石炭を利用する電力、鉄鋼、セメント会社、プラントメーカー等で構成される。当該分野及びその技術の状況については、電力産業、鉄鋼産業、セメント産業等の記述に準ずるものである。

2. 当該産業技術の現状

(1) 当該産業技術の特徴

炭鉱技術は、製造業等においてみられる技術とは異なり、「自然条件」と「人」と「機械」が一体となった総合システム技術であり、地質、情報処理、機械等の多分野の技術が複合化した技術。石炭利用技術は石炭の環境負荷性を低減させるための技術であり、機械、材料、化学等の多分野の技術が複合したもの。

我が国の石炭分野の研究開発費は世界最大(186M US\$)であるが、石炭開発産業が脆弱な我が国では、その91%は利用技術に係るもの。一方、国内石炭開発産業が強い米国(同世界第2位 103M US\$)では利用分野69%であり、開発分野におけ

る研究開発も行われている(1997年: Energy Policies of IEA Countries 1998より)。

○石炭開発技術の特徴:

- ・**探査技術**: 地下に存在するであろう石炭層の状況(厚さ、広がり等)を地上から探る技術。地震波を送りその反射波の状況から状況を探る地震探査が一般的。データの処理/解析が最も重要であり、情報処理、地質、地球物理等多分野の技術を複合させたもの。
- ・**生産・保安技術**: 石炭を安全に採掘する技術、地下深くの様々な厳しい自然条件下で大型機械を使う作業であり、機械、材料、地質、土木等の多分野の技術が複合したもの。
- ・**選炭技術**: 石炭を細かく粉碎し、比重等の違いから石炭とそれ以外のものを区別する技術。重液等の選択、調整が必要であり、機械、素材、化学等の多分野の技術が複合した技術。

○石炭利用技術の特徴:

- ・**石炭燃焼効率向上技術**: プラント効率向上により石炭消費量を抑え、単位発熱量当たりのCO₂発生量を削減する技術。装置開発型の技術開発であり、機械、材料、情報処理等の分野技術の複合体。
- ・**脱硫/脱硝技術**: 石炭燃焼によって発生する排気ガスを脱硫/脱硝する技術。燃焼させながら行う技術と燃焼後のガスから除去する技術がある。高温セラミックスフィルターの開発など、機械、材料等の分野を複合させた技術。
- ・**多目的利用技術**: 石炭を液化する等によりLHG₂性を向上させる技術。石炭をDME等の化学物質に転換させるため機械、材料、化学等の分野を複合させた技術。
- ・**石炭灰利用技術**: 石炭燃焼後に大量に発生する石炭灰をコンクリート骨材等として有効利用するための技術。建築、土木、材料等の他分野の技術を複合させた技術。

(2) 当該産業技術を巡る国際比較

我が国石炭開発産業は、坑内掘が主体で、深部かつ海底下、奥部化という厳しい条件下において、安全かつ高能率の生産を達成しており、海外炭産に比して様々な条件に対応可能な技術を有している。利用技術については、我が国は他国に比べて厳しい環境基準を持っており、これに対応出来るように開発されてものであり、その製品は世界を凌駕していた

○石炭開発技術の国際的な強み

- ・**探査技術**: 深部かつ断層、褶曲の多い等の複雑な地質構造下で、安全に採掘を行うため、正確に炭層の状況及びガスの賦存状況を知ることが必要であったため、局地的な探査技術が発達した。
- ・**生産技術**: 我が国炭産は、地下600mという大深度下での採炭を強いられており、高地圧等の厳しい自然条件下で安全に採炭する技術にはついで世界のトップである。

* 探掘深度の比較 日本：地下 600m、中国：地下 370m、豪州：地下 365m

- ・ **選炭技術**：我が国の石炭需要家の厳しい品質要求に対応するため、少量多品種の精炭を効率良く製造する技術が発達した。

○石炭利用技術の国際的な強み

- ・ **石炭燃焼効率向上技術**：日本企業の公害防止技術、高効率微粉炭燃焼技術は世界を凌駕しており、1988～1997年10年間の世界市場での石炭燃焼炉受注メーカー10社のうち、我が国メーカーは4社である。

- ・ **脱硫／脱硝技術**：海外に比べて厳しい環境基準に対応するため、優れた環境対策技術が開発されている。

* 主要国のSO₂環境基準(ppm)：

日本0.04、米国0.13、伊国0.13、独国0.14、仏国0.35

- ・ **多目的利用技術**：炭鉱メタンガスからDMEを製造する技術を世界に先駆けて開発

- ・ **石炭灰利用技術**：国土が狭いため、石炭灰を埋め立てずに極力利用するための技術が発達しており、先進国のなかでも中位の利用率。

* 主要国の石炭灰利用率(%)

独国99.9、仏国95.0、日本52.1、伊国50.1、英国35.3、米国30.3

(3) 技術競争力の国際比較と強み・弱み分析

海外産炭国は、今後坑内掘化、その深部化、奥部化することが見込まれており、我が国の優れた炭鉱技術を活用した技術協力要請が強く、技術協力のポテンシャルは高い。

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

国内炭鉱は減少し、現在わずか2炭鉱となっており、技術開発のためのフィールドも減少しており、海外において、当該国研究機関等との共同研究を行っている。研究開発が相手の事情に左右されやすい。また、炭鉱減少とともに、技術者が散逸しており研究体制が脆弱。

石炭利用技術については、技術が高度化するに従い、欧米先進国との情報交換や共同研究等を進めることが効果的な技術開発に結びつくと考えられるが、現状ではほとんど行われていない。

2. 産・学・官において対応すべき課題

海外炭鉱をフィールドとして研究開発を行える体制が必要。具体的には、政府ベースで共同研究開発を実施するチームを構築し、学の支援のもと、産が実施主体となっ

て研究開発を実施することが必要。また、人材育成については、官民が協力しつつ、大学等における資源・地質系の教育・研究の充実に向けての検討が必要。

石炭利用技術については、将来の技術深化を見通して、大学、国研を中心とした次世代技術となる新たな技術シーズの研究開発を着実に進めることが求められる。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1-1. 石炭開発産業技術戦略の展望

(1) 今後の技術トレンド分析と展望

いかに、石炭を安全、安価にかつ環境に優しく開発するかが技術のトレンドであった。今後もこの方向性には変わらないが、今後は埋蔵量が全体の半分を占めているのに利用しにくい低品位炭の利用、回収されずに大気中に放出され、地球温暖化の要因の一つと考えられる炭鉱メタンガスの回収・利用といった新分野もトレンドである。

(2) シーズ技術領域の抽出

地下において石炭を直接ガス化することにより、極めて低コストに環境負荷を抑えて球状資源を回収することができる地下ガス化等の次世代技術の開発が必要。

石炭の吸着性を活かしてCO₂の地下吸着固定が可能。石炭のエネルギーとして利用だけではなく、素材としての特性に着目することも重要。

1-2. 石炭利用産業技術戦略の展望

(1) 今後の技術トレンド分析と展望

石炭利用においては、地球環境を改善するためのCO₂排出量削減のためのシステム効率の向上、SO_x等の排出抑制のための技術開発がトレンドであった。今後もこの方向性には変わらないが、更に、CO₂排出量等を低減させる技術開発が必要となる。

(2) シーズ技術領域の抽出

石炭高精製ガス化技術（都市ガス原料、化学原料ガス及び燃料電池用の高精製燃料ガスを石炭から供給する技術）

石炭からCO₂を完全に分離回収してクリーンエネルギーである水素を製造する技術。

石炭液化技術（オイルシェール等の一部の石油資源は、灰分の極めて高い石炭と考えられ、石炭液化技術が応用できる余地がある）。

未利用の低品位炭をガス化し低硫黄、低窒素の輸送燃料を製造する技術。

2. 社会の要請・制約への対応

- ・石炭開発において、安全、安価にかつ環境に優しい石炭開発、供給
- ・石炭利用における環境負荷の低減、地球環境に調和したエネルギーの供給

3-1-1. 石炭開発産業の総合戦略

(1) 目標

- ・我が国開発炭の輸入比率向上
資源探査/評価技術/生産・保安技術/コークリーング/の高度化、適用化による
権益の確保(増大)
- ・低品位炭等利用炭種の拡大
低品位炭利用技術の確立を図るための低品位炭改質/脱灰/脱硫プロセスの開
発。
- ・炭鉱メタンガス利用の拡大
地下深部炭層からのメタンガス回収及び回収完了後の石炭層強制ガス化回収技
術の開発

3-1-2. 石炭利用産業の総合戦略

(1) 目標

- ・CO₂削減対策技術
石炭火力発電にかかるプロセス効率を向上させCO₂排出量を10~20%削
減可能な技術の実用化
高炉用コークス製造プロセスの効率を飛躍的に向上させ、CO₂排出量を20%
程度削減する。
- ・SOX、NOX等の排出量の大幅削減
石炭燃焼システムからのSOX、NOX排出量を10ppm以下に低減させ、ばい
じんについては10mg/Nm³以下に低減する。
- ・石炭灰有効利用の拡大
コスト、環境、性能に優れた石炭灰を原料とする製品開発技術を確立等。

3-2. 制度整備等も含めた総合戦略

上記の目標に対して、経済性の向上を十分考慮しつつ、必要に応じ海外石炭生産・消費国に対しての技術移転を図り、技術の普及についても考慮することも重要である。

これら戦略を進めるには、産学官が各々の適正な役割を果たしつつ連携し、個々の課題の優先度を考慮しながら取り組むことが重要である。そのためには、的確な

プロジェクトの評価とそれぞれの役割分担を明確にし、国際競争力のある技術を開発していくと共に、技術の担い手である次の世代の技術者・研究者を育成していくことが必要である。

このような状況下、APEC等の場において、石炭利用・開発分野における技術センターを創設し、アジア太平洋地域各国から各専門家を招聘し上流から下流に至る石炭技術の情報交換、研究、教育、情報発信センターを設置することは、我が国のみならず、アジア・太平洋地域の各国においても、今後石炭を開発・利用していく重要性が高まることが予想されている状況を勘案すると有効であると考えられる。その際には、我が国の利用・開発部門における情報収集及び企画立案機能について、既存の組織を活用しつつ、強化する必要がある。

また、技術開発に当たっては、基本的には広範な鉱工業分野に利用されるような基盤技術や公共的で非市場分野の技術開発は国が行い、応用・開発かつ既存市場分野の技術開発は民間が行うことが適当であると考ええる。

vii. ガス産業技術戦略

I. ガス産業における産業競争力と技術の現状

1. ガス産業のおかれた状況

(1) ガス産業の現状と特徴

- ・天然ガスはわが国一次エネルギー供給の約 12 % (1998 年度) を占めるエネルギー源である。
- ・都市ガス事業者のガス売上高合計は、20,393 億円 (1998 年度) である。
- ・都市ガスは国民生活に欠かせないライフラインであり、販売量は年率 5.1 % で伸びている。
- ・1998 年 3 月末で需要家約 2,507 万戸に対して約 226 億 m³ のガスを供給している。
- ・1998 年における都市ガス販売量の構成比は、家庭用 39.8 %、商業用 16.4 %、工業用 36.0 %、その他用 7.8 % である。
- ・都市ガスの原料は、石炭から石油さらには安全性が高く環境負荷の少ない天然ガスへと推移し、1998 年には天然ガス比率が約 86 % に達している。

① ガス産業の強み

- ・資源量が豊富で、供給安定性が高く、CO₂ 排出量の少ない天然ガスを原料とする都市ガスを販売している。
- ・ガス導管網とその高度なオペレーション技術を保有している。
- ・需要家に直結した事業展開を行っているとともに、事業の上流から下流に至るまでの総合的な技術力を有している。

②ガス産業の弱み

- ・天然ガスはその大半が LNG としての輸入であり、海外生産基地での天然ガスの液化、LNG 船による輸送、国内での貯蔵と再ガス化など工程が複雑である。
- ・都市ガスの需要は気温に左右されるため、気象条件による需要変動リスクがある。

(2) 生産性の分析

- ・ガス事業者 6 社の労働生産性 (1995 ~ 1997 年度) の伸びは年率 5.1 % であり、全産業の 3.4 % に比べて大きい。また、他産業に比べて資本集約度は高い。

(3) ガス産業の国際比較

- ・わが国の一次エネルギーに占める天然ガスのシェアは 12 % 程度であるが、欧米諸国では 21 ~ 34 % であり天然ガスの利用が進んでいる。
- ・天然ガスの輸送形態が複雑なこと (LNG で輸入後、改めて気化)、需要家 1 件当たりの使用量規模が欧米の 1/3 ~ 1/4 と少ないこと及び導管埋設に係る施工環境 (夜間施工、埋設物の輻輳) が厳しいこと等の理由により、都市ガス料金は米国の約 1.4 倍 (購買力平価) となっている。
- ・わが国の天然ガス輸送幹線は欧米に比べて規模が小さい。

2. ガス産業技術の状況

(1) ガス産業技術の特徴

- ・ガスの技術は、製造、供給、利用に至る技術である。
- ・原料の天然ガス化に伴って、技術の中心が製造から供給・利用へと移りつつある。
- ・ガス産業技術は、低 NO_x 燃焼技術やガス化触媒技術など基礎研究の成果が製品に繋がるものもあるが、他分野で開発された技術を組合せ、技術革新を図るものも多い。
- ・大手都市ガス 4 社の売上に占める研究開発費の割合は約 2.2 % (1998 年度) である。
- ・ガス工作物や業務用・産業用機器の製品サイクルは比較的長い。(家庭用機器は除く)
- ・近年は、省エネ技術や地球環境保全技術、需要家サービス向上に繋がる情報技術の重要性が増している。

(2) ガス産業を巡る国際比較

- ・発表論文数は世界第 2 位であり、イギリスの約 1.5 倍、フランスの約 2 倍であるが米国に対しては約 3 分の 1 である。
- ・欧米はガスの探掘、幹線輸送、ガス供給材料等において、日本はガスの供給・利用においてそれぞれ有力な特許を有している。
- ・米国では GRI (Gas Research Institute)、IGT (Institute of Gas Technology) などのガス技術専門の研究機関があり広く活用されている。

(3) 技術競争力の国際比較と強み・弱み

(日本が強いガス技術分野)

- ・ガス冷房や家庭用ガス機器の効率、利便性、安全性に関する技術が強い。
- ・ボイラーや工業炉等の低 NO_x 燃焼技術が強い。
- ・LNGの貯蔵設備の設計・建設や維持管理技術が強い。

(欧米が強いガス技術分野)

- ・ガスエンジン、ガスタービン、円筒型固体電解質型燃料電池に関する技術が強い。
- ・高圧・長距離パイプライン、地下貯蔵施設の設計・建設、維持管理技術が強い。

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

(1) 新しい技術の市場導入に時間を要する。

- ・実績主義を重視する傾向が強く、革新的な技術の普及に時間がかかる。

(2) ガス技術の基礎研究・産業基盤の研究体制が脆弱である。

- ・ガス産業の基盤技術に関する研究体制が不十分であり、新しい発想・提案による革新的技術が生まれにくい。

2. 産・学・官において対応すべき課題

(1) 業界において対応すべき課題

- ・新しい技術の性能等を評価する体制の充実が必要である。
- ・限られた資源をコア技術に配分する戦略的基礎研究が重要である。
- ・大学や国立研究機関に対してニーズの発信やデータ提供が必要である。

(2) 政府や国立研究機関において対応すべき課題

- ・技術進歩に対応した制度整備や導入助成制度の充実が必要である。
- ・新しい技術の評価や基礎データの蓄積など技術基盤の強化が必要である。

(3) 大学において対応すべき課題

- ・受託研究制度や産学共同研究制度の産業界に対する積極的な情報発信が必要である。

III. 今後の展望と戦略

1. ガス産業の展望

(1) 社会の要請に応える天然ガス

- ・高い石油依存度および深刻化する環境問題を解決するために、供給安定性に優れ、

環境負荷の少ない天然ガスの一層の導入促進が期待される。

(2) 新たなエネルギーシステムの基軸となる天然ガス

- ・ コージェネレーション技術の登場により、天然ガスは熱源としての利用に加え、オンサイト電源としての利用が始まっている。今後の固体高分子型燃料電池の技術進歩により、小型で高効率なコージェネレーションが実用化され、産業用・業務用から家庭用まで飛躍的に普及が進む。これらがネットワークで結ばれ、経済的で省エネルギー性の高い運用が行われる。
- ・ 自動車部門においては、ガソリンや軽油に変わり水素やメタノールが燃料電池自動車用燃料として利用されるようになり、天然ガスは水素の原料として広く用いられる。
- ・ これらの結果、天然ガスは、熱、電気、水素を作り出す一次エネルギーとしてのフロンティアが拡大し、天然ガスを基軸とした新しいエネルギー供給形態が構築される。

(3) 進化するガス産業

- ・ インターネットの普及により、機器販売や資材調達などガス産業のビジネスパラダイムが大きく変わる。同時に、ガス機器と情報技術の融合も進みインターネットを利用した新たなサービスが始まる。
- ・ エネルギー産業の規制緩和が進み、垣根を越えたエネルギー間競争が激しくなる。国内外のエネルギー企業を巻き込んだグローバル・メガコンペティションも始まり、価格競争に加え、情報・通信技術などを駆使した質の高いアメニティサービスを巡る競争が激しくなる。
- ・ 都市ガス利用拡大の前提となる安全性確保について、2010年までに死亡事故をゼロに近い水準とする。

3. 課題とその対応

(1) 原料の安定供給

- ・ わが国は、天然ガスの大半を LNG としてアジア諸国から輸入している。今後、アジア諸国における天然ガスの大幅な需要増加が予想されることから、埋蔵量が豊富でかつ比較的開発が容易な中東・ロシアへの依存度が高まることも予想される。新たな天然ガス資源の開発や代替天然ガス製造技術の開発により、原料供給の安定性を高めることが必要である。

(2) インフラ整備

- ・ マイクロガスタービンや固体高分子型燃料電池などを利用した分散型エネルギーシステムやクリーンエネルギー自動車の技術が進展し、熱のみならず、電気、水素へと用途が広がり、新たな天然ガスの需要が創出される。これらの変化を具現化し、新しいエネルギー供給構造を構築するためには、天然ガス・水素に関する供給インフラの整備が必要である。

(3) 競争力の強化

- ・ 垣根を越えたエネルギー間競争が激しくなる中、価格に加えて需要家へのサービ

スがエネルギー選択の鍵を握るようになる。コスト競争力の強化に加え、省エネルギーコンサルティングやホームセキュリティなどインターネットを利用した新たなサービスの提供が必要となる。

- ・国際エネルギー資本は、ノウハウ、技術、資本力を武器にわが国のエネルギー市場への参入を目指している。わが国のガス産業においては、ナレッジデータベースを構築し知識を新たな価値創造に繋げ、より良い製品やサービスを提供できる仕組み作りが必要である。
- ・欧米では、エネルギー産業の規制緩和の進展に伴って、エネルギー企業同士が提携し、業務の効率化や需要家への包括的なサービスの提供等を目指し、電力、ガス、情報などのマルチ・ユーティリティサービスが始まっている。わが国としては、これらも視野に入れた技術への取り組みが必要となる。

(4) 環境対策

- ・化石燃料の燃焼に伴って発生する CO₂ や NO_x を削減するため、石油や石炭から CO₂ 排出量の少ない天然ガスへの転換を促進するとともに、高効率空調、クリーンエネルギー自動車などのエコ・エネルギー技術への取り組みが必要である。

(5) 安全高度化

- ・安全はガス産業にとって最も基本的なものであり、これまでも着実に向上が図られてきている。一層の安全に対する社会的要請に応えるべく、輸送・供給設備の更生修理・更新技術の開発・普及など安全の高度化が必要である。

4. 総合的戦略

(1) 基本目標

ガス産業は、天然ガスを基軸とした新しいエネルギー供給形態構築の中核的な役割を担うことを通じて、天然ガスの基幹エネルギーとしての地位を確立することを基本目標とする。

(2) 基本方針

上記の基本目標を達成するために、ガス産業は、エネルギーの安定供給、環境保全、安全高度化を達成しつつ、競争力の強化を図り、天然ガスの普及に取り組まねばならない。こうした中で「技術」が果たすべき役割は、①エコ・エネルギー、②マルチ・ユーティリティサービス、③コスト削減・安全高度化、④原料の安定供給など、社会ニーズの変化に応じた技術を創造することであり、これらの技術に取り組むことを基本方針とする。

①エコ・エネルギー技術

コージェネレーション技術、高効率空調技術、クリーンエネルギー自動車技術など、新しい天然ガス需要の創出と環境保全に貢献する革新的エネルギー利用技術に取り組む。

②マルチ・ユーティリティサービス技術

情報サービス、省エネルギーコンサルティングサービス、電子商取引、ナレッジ

マネージメントなど IT（情報通信技術）との融合や、分散エネルギーを相互に結び電力、熱、水系供給システムの最適運転を可能にするエネルギーネットワーク技術などに取り組む。

③コスト削減・安全高度化技術

天然ガスの貯蔵・輸送・供給コストの削減技術及び、漏えい検知技術、設備の診断技術、導管の更生修理・更新技術に取り組む。

④原料の安定供給技術

代替天然ガス製造技術、非在来型天然ガスの資源調査に取り組む。

(3) 重要技術開発課題

次表。

viii. 電力分野

I. 電力産業における産業競争力と技術の現状

1. 電力産業のおかれた状況

(1) 電力産業の現状と特徴

- ・資本集約的な設備産業、全国大でのネットワーク産業
 - ・売上高約16兆円（主要産業全体の4.2%、対GDP3.1%）⁽¹⁾、設備投資額約4兆円（産業全体の8.9%）⁽²⁾、従業者数約15万人（産業全体の2.4%）⁽³⁾、自己資本比率14.2%（全産業平均の約1/2）⁽⁴⁾
- ・地域独占の公益事業、他産業の国際競争力を支える基盤産業、電力自由化・規制緩和の進展
 - ・平成11年5月の電気事業法改正により大口需要家（特別高圧需要家で受電電圧2万V以上、契約電力2,000kW以上の需要家）への電力小売自由化
- ・地球環境問題への対応の緊急性
 - ・全世界のCO₂排出量の5%が本邦起因。うち1/4が電気事業起因⁽⁵⁾

注(1)：「わが国企業の経営分析（平成9年版）」通商産業省産業政策局

(2)：「主要産業の設備投資計画（平成11年版）」通商産業省産業政策局、
「日本の統計1999」総務庁統計局

(3)：「労働力調査年報（平成11年版）」総務庁統計局

(4)：「主要企業経営分析（平成9年版）」日本銀行

(5)：「エネルギー・経済統計要覧（2000年版）」省エネルギーセンター

(2) 生産性

- ・高コスト構造、高品質志向、高い労働生産性
 - ・販売電力量当たり料金単価は欧米主要電力会社（以下「欧米」という）平均の約2割増⁽⁶⁾
 - ・年負荷率（58.3%）が欧米より低く、設備の運用効率が低い（米（61.3%）、英（65.6%）、仏（68.0%））⁽⁷⁾
 - ・年間停電時間12分（欧米の1/6～1/8）⁽⁸⁾、熱効率39.7%⁽⁹⁾（欧米平均は36.4%）、送電損失率5.5%（欧米平均は6.1%）⁽¹⁰⁾等、いずれも世界最高水準
 - ・1人当たり付加価値は全産業平均の約3倍等労働生産性は高いものの近年は鈍化傾向⁽¹¹⁾

注(6)：資源エネルギー庁公益事業部調べ

(7)(9)(10)：「海外電気事業統計（1999年版）」海外電力調査会

(8)：電気事業連合会調べ

(11)：「主要企業経営分析（平成9年版）」日本銀行

(3) 国際競争力格差の要因（強み・弱み）

- ・電力供給の信頼性・安定性、世界有数の環境対策技術（強）
 - ・発電電力量当たりのSO_x、NO_x排出量は欧米に比べ格段に低量（SO_xは欧米

の1/18、NOxは欧米の1/7)⁽¹²⁾

- ・高品質志向であるが故の高コスト構造（弱）
- ・競争市場下での事業経験（新分野進出や革新的事業等）の不足（弱）
 - ・平成11年5月の電気事業法改正により兼業規制撤廃

注(12)：電気事業連合会調べ

2. 電力技術の状況

(1) 電力技術の特徴

- ・発電、送・変電、系統制御、配電、需要家関連の各技術から構成
- ・電気・機械（発・送電技術等）、化学（燃料電池技術等）、情報（DSM技術等）、電子（パワーエレクトロニクス技術等）、材料（耐高温材料技術等）等の複合技術
 - ・化学、電子、情報等の周辺技術の進展が電力技術の革新に寄与
- ・長期かつ巨額の投資が必要
 - ・超々臨界圧発電（USC）は研究着手から実用化まで約15年、80億円強の資金を投入⁽¹³⁾
- ・電気事業者の研究開発投資は他産業に比べ低位。他方、国及びメーカーの役割が大きい
 - ・電気事業者の売上高に占める研究開発費の割合1.25%⁽¹⁴⁾（全産業平均2.85%）⁽¹⁵⁾
 - ・平成9年度の研究開発費は、電気事業者が約1,900億円（38%）⁽¹⁶⁾、国が約2,500億円（50%）⁽¹⁷⁾、重電メーカーが約600億円（12%）⁽¹⁸⁾
- ・公益的課題への対応が必要（エネルギーセキュリティ、地球環境問題等）

注(13)：資源エネルギー庁公益事業部調べ

(14)：電気事業連合会調べ

(15)：「科学技術研究調査報告」（平成11年3月）

(16)：電気事業連合会調べ

(17)：資源エネルギー庁公益事業部調べ

(18)：「我が国の重電産業の活力ある展開を目指して」通商産業省機械情報産業局（平成11年6月）

(2) 電力技術を巡る国際比較

- ・電気事業者及び国の研究開発費は諸外国に比べ高位。重電メーカーの研究開発費は諸外国に比べ低位
 - ・電気事業者の売上高に占める研究開発費の割合1.25%（米（0.38～0.40%）、英（0.84%）、仏（1.80%）、独（0.80%））⁽¹⁹⁾
 - ・我が国の電力関連技術開発予算74.7百万US^{ドル}（英（2.0百万US^{ドル}）、独（16.0百万US^{ドル}））⁽²⁰⁾
 - ・我が国重電メーカーの売上高に占める研究開発費の割合2～3%（GE（5～6%）、ABB（5～6%））⁽²¹⁾
- ・電気学会会員数は米国の約1/2。⁽²²⁾ 発電機・電動機の特許出願数は米国の約4倍、

EUの約9倍。⁽¹⁹⁾ ただし、その多くは防衛的特許。

- ・電気事業者と主要重電メーカーの協調関係が顕著。一方で、ベンチャー企業や異業種産業等の関与は相対的に希薄。

注(19)：日本IERE会議調査

(20)：「Energy Policies of IEA Countries-1998 Review」

(21)：「我が国の重電産業の活力ある展開を目指して」(平成11年6月)

(22)：IEEE資料、電気学会資料

(23)：「出願系統図 特許出願からみた日米欧の技術の概要の特色」
特許庁(平成4年9月)

(3) 技術競争力の国際比較と強み・弱み⁽²⁴⁾

- ・超電導技術、NAS電池やリチウム電池等の電力貯蔵技術、パワーエレクトロニクス技術、SOx・NOx対策技術等は我が国が優位(強)
- ・現場の実態に即した改良技術、運用技術は我が国が優位(世界最高水準の供給信頼度、発電効率等に反映)(強)
- ・発電技術では、超々臨界圧発電技術(USC)は我が国が優位(強)だが、燃料電池技術は欧米が先行(弱)
- ・太陽光発電技術は我が国が優位だが、熱電併給技術、マイクロガスタービン技術等の分散型電源技術は欧米が先行(弱)
- ・新技術の開発や技術の融合を促すベンチャー企業や異業種産業が不在(米国における固体高分子型燃料電池の商用化等)(弱)
- ・標準化への取り組みは欧米が優位。技術基準の性能規定化、基準認証制度の導入、技術者教育の外部認定(accreditation)等は緒に就いたばかり(弱)
 - ・国際電気標準会議(IEC)の幹事引き受け数は欧米の1/3以下⁽²⁵⁾
 - ・平成7年より相互承認協定(MRA)交渉着手。現在、電気用品等優先4分野で交渉中
 - ・平成11年8月基準認証制度の導入に伴う電気事業法改正(保安規制緩和)

注(24)：「我が国研究活動の実態に関する調査報告(平成10年度)」科学技術庁、

「National Critical Technologies(1995)」米国科学技術政策局、等

(25)：「国際標準化はなぜ必要なのか」電気学会誌1997.7 Vol. 117

Ⅱ. 電力技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

- ・技術革新を促す競争市場の未整備
 - ・安定性・信頼性が重視される規制産業であり、大胆な発想や独創的な技術
 - ・人材を受け容れる余地が不足しがち
- ・電気事業者と大学や国立試験研究機関の相互交流や情報交換等の産学官の連携の不足

- ・ 重電・電力分野から電子・情報分野等他分野への人材のシフト
- ・ 需要の伸びの鈍化、コスト低減の要請等による電気事業者、重電メーカーにおける新規技術開発投資の抑制

2. 産・学・官において対応すべき課題

- ・ 革新的事業の実施や新分野への展開を促す技術開発への積極的投資（産）
- ・ 関連業界からの新規参入と異業種・異分野間の交流の推進（産）
- ・ 産業界との積極的な連携による研究成果の実用化の促進（学）
- ・ 電力自由化・規制緩和による競争環境の整備（官）
- ・ 産学官の連携や異業種・異分野交流の促進等のための施策の推進（官）
- ・ 政策の優先順位や官民分担等の基本的な方向性の明確化（官）

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

- ・ 発電効率を飛躍的に高めCO₂排出抑制に資する高効率発電技術
- ・ 自然・循環型エネルギーの活用による再生可能エネルギー技術（太陽光発電技術、風力発電技術、地熱発電技術等）や発電設備の小型化・効率化による分散型電源技術（廃棄物発電技術、熱電供給技術等）
- ・ 分散型電源と大規模・集中型電源を組み合わせた系統制御技術
- ・ 負荷平準化や電気の高効率利用に資する電力貯蔵技術（新型電池技術、超電導電力貯蔵技術、海水揚水発電技術等）
- ・ ネットワーク技術としての共通性を有する情報と電力の融合技術（次世代DSM技術、需要家・供給者インターフェイス技術等）

2. 社会的要請・制約への対応

- ・ エネルギーセキュリティの確保（電源の多様化等）
- ・ 地球環境問題への対応（CO₂排出削減等）
- ・ 電力自由化・規制緩和への対応

3. 総合的戦略

(1) 目標

- ・ 「市場」と「技術」を軸として、公益的な課題と市場的な課題に取り組む技術開発の新たな枠組み（＝戦略）の提示

- ・それによる健全で競争力のある電力産業の実現
 - ・重要技術開発課題を政策的観点から、①非市場分野（公益的市場分野）、②未市場分野（新規市場分野）、③既市場分野（競争的市場分野）に区分。政策プライオリティ及び官民分担を明確化

（2）個別戦略

（a）高効率発電技術分野

- ・発電効率の飛躍的向上のための技術開発を推進（石炭ガス化複合発電（IGCC）技術、燃料電池技術等）
- ・2010年時点：熱効率42%～46%を達成（石炭火力）
： “ 50%～52% ” （LNG火力）

（注）送電端、高位発熱量を想定

（b）新電力供給システム技術分野

- ・環境性・利便性・経済性等を兼ね備えた新電力供給システム構築のための技術開発を推進（分散型電源技術、電力貯蔵等技術）
- ・2010年時点：新電力供給システムを実証

（c）地球環境保全技術分野

- ・電気事業分野のCO₂排出原単位削減のための技術開発を推進（再生可能エネルギー技術、負荷平準化技術等）
- ・2010年時点：CO₂排出原単位90年比20%程度削減

（3）政策的課題

- ・技術政策上の課題
 - ・技術開発過程の合理化（技術評価の活用等）
 - ・技術開発制度の拡充（競争促進型の技術開発制度の整備等）
 - ・技術開発基盤の整備（産学官の連携体制の構築等）
- ・エネルギー政策上の課題
 - ・柔軟かつ強靱なエネルギー基盤の整備（電源及び燃料源の多様化等）
 - ・環境調和型エネルギー供給構造の構築（再生可能エネルギーの導入等）
 - ・総合エネルギー産業の創出（規制緩和の推進等）

ix. 原子力分野

1. 原子力産業と原子力分野の技術の現状

1. 原子力産業のおかれた状況

（1）原子力産業の現状と特徴

我が国の原子力関係売上高は約1兆5千億円（1998年度、前年度比17%減）で、1997年度（同12%減）に続き減少しており、1992年度のピーク時に比べると32.9%の減少。今後、新規プラント建設の立ち上がりが予定されているものの、売上高全体としては大きな増加は見込まれていない状況。他方、核燃料サイクル分野の売上高は安定的に推移。

また、我が国原子力産業の輸出高は、1993年度頃までは100億円強の水準で横這い。最近、特にR1・放射線機器分野、保守・メンテナンス分野での輸出額が増加しているが、R1放射線機器を除く輸出高を見れば、顕著な変化は見られるとは言えない状況。

一方、原子力分野のメーカー技術系従業員数（研究者を含む）は、1992年度の29,060人をピークに、1993年度以降、全体的に微減傾向で推移しており、1998年度は26,210人（1992年度比10%減）。部門別に見ると、1992年度以降は、研究者、設計技術者の人数減が顕著。他方、保守サービス部門の技術系従業者は増加傾向。

2. 原子力分野の技術の状況

（1）原子力分野の技術の特徴と技術開発の取組状況

①原子力分野の技術の特徴

軽水炉については、海外から輸入された軽水炉技術の安全性・信頼性の向上等を目的に、1975年度から、三次にわたって官民共同で改良標準化計画を実施。現在は技術的に成熟してきたこと等を受けて、経済性向上、更なる安全性の向上、廃炉対策等が技術開発課題の中心。

高速増殖炉については、「もんじゅ」事故後の「高速増殖炉懇談会」において、今後は、将来の非化石エネルギー源の一つの有力な選択肢として、その研究開発を進めることは妥当とされ、現在核燃料サイクル開発機構を中心に、電力会社等が協力し、実用化戦略調査研究を実施中。

核燃料サイクルの確立については、これまで、濃縮技術、再処理技術、放射性廃棄物処理処分技術等の技術開発が進展。特に、高レベル放射性廃棄物処分については、深地層域の地質状況を把握するための調査技術及び処分技術の高度化、地下研究施設等を用いた安全評価・安全規制等に係る技術開発が重要。

我が国の原子力発電技術は、軽水炉の改良標準化計画に代表されるように、海外から輸入された技術を基礎としており、また、創造的研究よりも技術の確証・実証試験に重点。

②技術開発の取組状況

我が国の原子力分野の技術開発費は産学官合わせて4496億円（1997年度）であり、1980年度との比較では約2倍に増加。

また、研究者数については7024人（1997年度）であり、1980年度との比較では約千人の減少。

(2) 原子力分野の技術を巡る国際比較

我が国の原子力技術の高度化及び海外における原子力技術開発の停滞を受けて、軽水炉技術等一部の原子力技術分野ではフロントランナー化。

Ⅱ. 原子力分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

技術開発費の推移をみると、新エネルギー・省エネルギーに対する取り組みの強化等によりエネルギー分野全体の技術開発費が増加している一方、原子力分野については、減少傾向。

研究者数の推移をみると、エネルギー分野全体の研究者数が増加している中、原子力分野については、減少傾向。

2. 産学官において対応すべき課題

技術開発課題の中で、安全性の向上、長期的なエネルギーセキュリティ確保、基礎基盤的技術等、市場原理が当面働きにくい分野の技術開発は、引き続き、官が取り組んでいくことが必要。一方、確立された技術の経済性向上等、市場原理が働く分野の技術開発は、民が取り組んで行くことが必要。

なお、技術開発過程での事故・トラブルは、技術開発を進める上での妨げになることはもちろんのこと、原子力技術一般に対する不安をも増大させるものとなるため、技術開発を進めていくに当たっては、実用段階にある成熟技術にも増して、安全の確保に努めることが必要。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 社会の要請・制約への対応

(1) 環境保全、効率化の要請、エネルギーの安定供給の確保への対応

エネルギー資源に乏しい我が国が、環境保全、効率化の要請に対応しつつ、エネルギーの安定供給を確保するためには、二酸化炭素を排出しない等の特性を有する原子力発電は極めて重要。従って、安全確保と核不拡散を大前提に、短期、中期、長期それぞれの観点から重要となる技術開発については着実に進めることが必要。

(2) 創造性・多様性に富んだ技術開発への取り組み

現在、欧米において原子力開発に停滞感もみられる中、我が国自らが、原子力技術の革新を行うことが必要であり、そのためには、これまでの技術の確証・実証を中心とした技術開発だけでなく、創造性・多様性に富んだ技術開発に取り組んでいくことが必要。

(3) 安全性の向上のための技術開発

原子力の安全性の向上は継続的に行われているが、近年の事故・トラブルの発生に鑑み、更なる安全性の向上のための技術開発面からの対応が必要。

(4) 人材の確保・育成

今後の原子力技術開発を支えていくためには、質・量両面にわたって人材の確保・育成が不可欠であるが、原子力分野の研究者数が減少傾向であることを踏まえ、技術開発活力の維持、技術の継承を図っていくためにも、人材の確保・育成への対応が必要。

2. 総合的戦略

(1) 短期・中期・長期的な観点から行う技術開発のバランスある推進

我が国が原子力のもたらす便益を長期にわたって享受できるようにするためには、短期・中期・長期的な観点から行う技術開発をそれぞれバランスよく推進することが必要。

特に、短期的な観点からの取組としては、直面する諸課題を解決するため、すでに実用化し、現在の供給力を担っている軽水炉の安全技術・運転管理技術の一層の高度化、廃炉対策のための技術開発等を実施するとともに、核燃料サイクルに関しては、プルサーマルの推進によるプルトニウム利用技術の蓄積、高レベル放射性廃棄物の処分事業にかかわる技術開発等を実施。

なお、中期的な観点からも、電力市場の自由化等新たな環境下において、原子力技術が他のエネルギー技術と、十分に競合し得る状況を確保するよう、安全性、信頼性、経済性に優れた次世代軽水炉の開発等を実施。

さらに、長期的な観点からは、将来の技術的可能性の拡大を図るため、高速増殖炉等の技術開発を実施。

(2) 提案公募型による技術開発の推進

創造性・多様性に富んだ革新的技術開発の実施のためには、技術開発が、研究機関のみならず大学等を含めた競争的環境の下、実施されることが必要であり、そのためには国も提案公募型による技術開発の支援を行うことが必要。

(3) 安全性向上のための技術開発の推進

原子力開発に当たっては、安全性確保が大前提であり、今後の技術開発においても、シビアアクシデント対策、高経年化対策等安全性を追求する技術開発に重点をおくことが必要。さらに、工学的知見のみならず、行動科学的知見も踏まえ、設計段階から運用までを視野に、システム全体としての安全性向上を図ることが必要。

(4) 国際的視野に立った技術開発

原子力技術開発の成果については、原子力開発への意欲が高まっているアジア諸国等に対し、核不拡散等の要請にも配慮しつつ提供。

欧米において原子力開発自体が停滞傾向にあり、我が国においても原子力技術開発費・研究者数が減少傾向にあることを踏まえると、研究開発資源の有効利用のため、今後の原子力技術開発においては国際共同作業の可能性をも探索しつつ国際協力を積極的に推進。

(5) 技術開発の効率的・効果的な推進

技術開発を効率的・効果的に実施するためには、各研究組織間の情報の共有化、ネットワーク化を図ることにより、技術開発を進めるにあたって必要となる情報を容易に入手できるようにすることが必要。

また、個々の技術開発を行うにあたっては、柔軟性を確保しつつ各技術段階における成果の目標、評価の基準を明確にし、評価結果によっては抜本的な見直しや技術開発の中止を行うことを含め、自己及び第三者による技術評価を行うことが必要。

(注) 今後の原子力政策については、現在、原子力委員会長期計画策定会議、総合エネルギー調査会原子力部会で議論しているところ。原子力分野についての技術開発戦略については、このような場における議論を通して見直しが図られる。

X. 資源分野

I. 資源産業における産業競争力と技術の現状

1. 資源産業のおかれた状況

(1) 資源産業の現状と特徴

わが国の資源産業大手の売上高は、約 2.1 兆円（製造業出荷額の約 0.6 %）であり、うち主要製品である非鉄金属地金の売上高は約 7,500 億円となっている。また従業員数は約 21,000 名（製造業従事者の約 0.2 %）であり、うち資源産業部

門の従事者は、関係会社を含めて約 6,200 名となっている。

非鉄金属一次製錬の付加価値額は約 1,400 億円（製造業 GDP の 0.1 %）であるが、銅、鉛、亜鉛等のベースメタル、金、銀等の貴金属、レアメタル等の非鉄金属は、情報・通信、家電、自動車、建設用資材等に利用され、鉄、石油等と並び、国民生活及び産業活動に必要不可欠な基礎的素材である。

主要非鉄金属地金の国内消費は世界の消費量の 10 %弱となっており、国内消費量の 20 %弱を輸入しているが、原料の鉱石は約 97 %を輸入している。

資源産業は資本集約設備型で、エネルギー多消費型の産業である。

（2）生産性の分析

国内の銅製錬所は世界的に大規模なもの、鉛や亜鉛の製錬所は中規模なものであり、世界的に見て生産性は低くはない。銅製錬を例にとれば、ここ 10 数年で労働生産性は 2 倍以上に向上、エネルギー原単位は約 20 %削減し、生産性は向上している。

最近の円高傾向で業績は悪化しているものの、必要な事業収益は確保している。

（3）国際競争力の要因（強み・弱み）分析

製錬コストについて国際的な民間調査機関の報告によると、国内の銅製錬所は約 150 ケ所中で 20 位までにランキングされ、国内の亜鉛製錬所も約 55 ケ所中中位以上にランクされており、国際的に十分な競争力があると考えられる。

環境対策技術についても、硫黄固定率（日本は 99 %以上）、エネルギー原単位に見られるように、国際的に競争力がある。

鉱石供給については、円高等の影響により国内鉱山が減少し、その大部分を競争力のある海外鉱山に依存している。また、国内においては、高いエネルギー単価、厳しい環境規制、休廃止鉱山の環境対策等がコストアップの要因となっている。

こうした状況から資源産業は競争力を維持しているものの、利益率は 2 %と他の産業に比べて低く、探鉱費等の再投資は海外企業に比べて大きな差（海外：売上高の 3 %、国内：売上高の 0.1 %）がある。

2. 資源産業技術の状況

（1）資源産業技術の特徴

資源技術は、地質・探鉱・選鉱・冶金・工業化学・電気・機械・材料・土木等の工学を基礎とする複合的な生産技術であり、その技術理論は成熟している。したがって、競争力は、特許件数・論文数に示される研究活動の活発さや各分野の技術向上よりも、専門性の高い総合エンジニアリング能力により左右される。

（2）資源産業技術を巡る国際比較

資源産業は総合的な生産・エンジニアリング技術を基盤としており、労働生産性は高く、エネルギー原単位は削減されており、現状において技術レベルは国際的に

遜色のないレベルと評価できる。

しかしながら、研究開発等長期展望にたった投資は、資源産業大手全体で約 350 億円（売上高比率 1.6 %、資源以外の産業分を含む。）と少ない。

(3) 技術競争力の国際比較と強み・弱み分析

製錬技術については、エネルギー・労務単価の高い中で国際コスト競争力を有しており、コスト上不利な条件を高水準の生産・エンジニアリング技術で補っている。

鉱山技術については、例えば、黒鉱鉱床の開発で培われた軟弱層探掘技術や複雑鉱の選鉱技術は高水準にあるが、露天掘り可能な大規模鉱床の開発について、諸外国に比べて将来に向けた技術開発が十分に行われていない。

II. 資源技術分野において技術革新を阻害している問題点

1. 技術革新を阻害している問題の所在

産・学・官それぞれが、そのトレンド・ニーズによって研究を実施しており、三者で一貫した技術戦略がない。

産業界は、個々の企業の独立性の高さ等により情報開示が不足し、ニーズの発信が弱いこともあり、学・官は産業界のニーズを十分把握しておらず、研究には実証のために大型設備、フィールドが必要なことも阻害の一因となっている。

また、産業界の発展性・収益力の低下は、産業界の研究部門の縮小、大学の専門講座の減少と研究内容の限定、国の助成の縮減を引き起こしている。

2. 産・学・官において対応すべき課題

産業界がまずニーズを提示し、産・学・官がニーズ、シーズに関する情報交換、意思疎通を図りながら一貫した技術開発戦略を作成し、産・学・官が共同で行うべきものを明確にすることが必要である。その上で、学会・官界が基礎技術・要素技術の研究開発を行い、産業界が具現化の技術開発を分担する。

III. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

(1) 今後の技術トレンド分析と展望

非鉄金属は他の素材で代替できないものも多く、21 世紀においても国民生活及び産業活動に必要不可欠な基礎的素材であり続けると見込まれる。このため、海外からの鉱石の安定供給確保、資源産業の維持・発展の基礎となる産業競争力強化及

び環境負荷の極小化への対応が求められる。

また国内製錬所は、高品質地金を小さい資源投入で供給でき、スクラップ・廃棄物の再資源化技術を合わせ持つことから、循環型経済社会における重要な社会インフラとして捉えることができる。

一方、海外で資源産業の寡占化等が進展しており、これに対抗するために産・学・官の連携による迅速な技術開発が必要である。

(2) シーズ技術領域（技術革新が求められる領域）

海外で鉱石を安定的に確保するためには、国際レベルの鉱山技術が必要である。具体的には探査ターゲット抽出技術・探査技術の高度化、採鉱技術・選鉱技術等の生産技術の高度化、環境保安技術の高度化が必要である。

製錬業の維持・発展のためには、操業コストを削減するための高効率製錬技術の開発、新技術による製錬技術の高度化、商品の付加価値を高めるための金属素材等の高品質化と新しい用途の開発が必要となる。

非鉄金属のリサイクルには、高度リサイクル技術の開発（廃棄物から有用な非鉄金属を回収し再資源化していくことは製錬原料の確保にも繋がる）が必要であり、環境負荷の極小化には、ゼロエミッション化技術の開発が不可欠となる。

2. 社会的要望・制約への対応

海外での寡占化が進展する中、資源産業は非鉄金属地金の安定供給を要請されており、鉱石確保に始まる様々な対応を講じ、国際競争力の強化を図る必要がある。

また、近年環境調和型循環社会の構築が求められており、資源産業では、非鉄金属の再資源化と非鉄金属地金製造時の環境負荷の極小化が社会的責務となる。

3. 総合的戦略

(1) 目標

現状の資源産業の抱える問題点及び将来展望から見た課題から、資源産業が担うべき責務を整理すると、資源産業の戦略目標は次のようになる。

イ. 資源セキュリティの確保

ロ. 産業競争力の強化

ハ. 環境調和型循環社会への対応

これらの目標を達成するための方策は以下のとおり。

a. 鉱山技術（探査技術・生産技術・環境保安技術の高度化）

b. 製錬技術（高効率製錬技術の開発、新技術開発による製錬技術の高度化、金属素材の高品質化と新用途開発）

c. 環境調和型循環社会への対応（高度リサイクル技術の開発、ゼロ・エミッション化技術の開発）

(2) 制度整備等も含めた総合的戦略

技術開発の実施に当たっては、産・学・官による資源技術人材の確保戦略も含めた「資源産業技術開発検討会」（仮称）を設置し、一貫した技術開発戦略を作成して、産・官・学で共同で行うべきもの、共同で行えるものを明確にする。

xi. 海洋分野

I. 海洋関連産業分野における産業競争力と技術の現状

1. 海洋関連産業のおかれた状況

海洋関連産業に関する売上高等の公式統計はないが、「海洋機器^(注)売上調査報告書（(社)日本機械工業連合会 平成11年10月）」によれば、第2次オイルショック後における海洋石油掘削リグ等の海外需要の好調によって昭和57年度前後の売上総額が急増した時期を除けば3,000～4,000億円程度（海洋工事等の投務費は含まず）であり、総じてほぼ横這いである。なお、海洋関連研究費総額については、過去数年間800億円前後で推移している（「科学技術研究調査報告（総務庁統計局）」）。

以下は、多分野にわたる海洋関連産業技術戦略（別添）のうち資源・エネルギー分野について扱う。

（注）海洋機器：海洋石油掘削リグ、石油生産プラットフォーム、各種作業船、貯蔵施設等

2. 海洋関連産業技術の状況

海水溶存資源、海底鉱物資源、海洋エネルギー利用技術及び非在来型天然ガス開発技術などは、世界をリードしている。また、海底石炭開発技術も世界最先端であり、東南アジアなどに技術輸出されている。在来型海底石油天然ガス開発技術は、欧米技術の利用及び改良が進められているが、氷海域石油天然ガス生産技術については、我が国も独自に技術開発が進められている。一方、海洋資源エネルギー開発に伴う海洋環境保全・影響評価技術の促進は遅れている。

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

石油ガス分野では国内で大規模海洋石油・ガス田が確認されていないこと及び海外の安価な資源が供給されること等から新技術開発の促進要因が乏しい。非在来型資源活用技術については実用化のための戦略が不足している。また、海洋自然エネルギーや海水溶存資源の利用においては、環境・水産業等へも配慮した複合的な技術開発が

効率的に促進されておらず、また横断的な省庁間の協力体制が欠如している。

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

海洋石炭・石油開発技術分野では、将来の在来型資源枯渇問題に対応すべく継続的な研究開発を進めるとともに、海外への技術協力が期待される。特に大水深・氷海域などの極限海域や小規模石油ガス田等については、各フィールドに適合する経済的な生産技術の開発が追求されているが、今後は地球環境問題にも配慮したより効率的な開発技術の確立が必要となる。

海底鉱物資源の分野では、一部基礎技術が確立されているものの、探査、採鉱、環境技術とも未だ調査・研究段階であり、将来有望な供給源として安全性を重視した経済的生産を可能とする技術開発が必要である。

海洋資源エネルギー利用や海水中希少金属採取技術分野では、単独技術での経済的実用化は困難であり、管理型漁業や環境保全なども考慮した環境調和型の複合的な技術の活用及び開発が望まれている。

2. 社会の要請・制約への対応

大規模な石油・ガス田や鉱物資源に乏しい我が国において、海洋資源・エネルギーの開発・利用により、従来型燃料や希少金属枯渇問題に対応する資源・エネルギーセキュリティ確保の要請に応えていくことが必要。

また、温暖化などの地球環境問題の解決策として、クリーンな海洋自然エネルギーの有効利用技術の開発も求められている。

3. 総合的戦略

(1) 戦略目標

海洋分野における新規産業創出に向けた目標を、2010年における市場規模、地球環境問題に関する国際的な枠組み、技術革新の展望及び社会的要請等を念頭に設定し、重点的技術分野及びその目的とともに以下に示す。

戦略目標：資源・エネルギー安定供給のための海洋ポテンシャルの活用		
重点技術分野	目的	目標達成時期
海洋資源エネルギー複合的活用技術 ⁽²⁾	自然エネルギーの複合的活用による採算性のある電力供給、レアメタル採取、管理型漁業等実現	2010年前後
極限海域石油・天然ガス開発技術	大水深や氷海域石油・ガス生産基地の設計技術実用化	2004年前後

非在来型資源・ エネルギー開発技術	メタンハイドレートや熱水鉱床などの環境保全を前提とする安全で効率的な生産事業実現	2025年前後
----------------------	--	---------

(注) 海洋資源エネルギー複合的活用技術：深層水、波浪、潮流など複数の自然エネルギーを抽出し、組み合わせることによって効率的な発電システムや採算性のある海中希少金属採取技術などを環境調和型の多目的活用技術

(2) 総合戦略

社会的要請、技術革新の動向を世界的な視点でとらえ、業際、学際、省際的な企画能力並びに世界市場（国際標準化等）に対する意識の向上が必要である。特に教育の場では、海洋研究を専門とする学部または学部を越えたフレキシブルな研究体制などの創設が必要である。

①総合戦略体制

戦略目標を達成するためには、関連する業界、教育機関及び省庁間において、海洋の重要性に係る認識を共有した上で、密接な協力体制の構築及び重点的技術分野の戦略体制と事業化までの手順を構築する必要がある。戦略体制構築に際しては、要素技術課題の整理、達成すべき定量的目標、スケジュール、役割分担、予算配分、基礎技術開発の実施、さらにはパイロットプラントの建設計画などを含める必要がある。

②産学官連携

地球環境問題並びに沿岸域環境修復・創造技術は、海洋資源活用事業を促進するための基盤技術であり、産学官共通の課題として技術開発の連携を強化する必要がある。また、海洋関連産業分野は多岐にわたることから、多業種間の横断的な連携が必要である。

③省庁間の協力及び法規制

縦割り行政及び管理主体省庁が複数であることの弊害を改善しなければならない。特に、環境問題に関しては、陸域と海域に関連する省庁間の統合的・横断的な省庁間の協力体制が求められる。法規制については、風力、波力などのエネルギーの利用に関し、港湾・漁港・海岸施設などの公的施設の民間活用など高度利用要請への柔軟な対応、海域の総合的な利用が可能となるような制度的規制の整合化、在来産業・海洋レジャー・港湾物流産業・漁港などとの統一的な利益調整が可能となるようなアセスメント技術の確立と調整メカニズムが必要である。

<別添>

海洋開発審議会基本問題懇談会報告書（平成10年6月）においても、海洋の取組は分野横断的であるべきとされており、海洋関連産業技術戦略についても可能な限り横断的な取組を進めてきていることから、ここに、前記の資源・エネルギー分野の戦略も含めた海洋関連産業分野全体としての技術戦略の検討結果を記す。

なお、海洋関連産業技術戦略は、資源（燃料資源および鉱物資源）・エネルギー政策

的観点のみでは扱い得ない分野も含めた海洋全般の戦略であることから、資源・エネルギー分野における扱いとしては別添とするものの、国家産業技術戦略においては分野別産業技術戦略の一つである。

I. 海洋関連産業分野における産業競争力と技術の現状

1. 海洋関連産業のおかれた状況

前記資源・エネルギー分野に同じ。

2. 海洋関連産業技術の状況

前記資源・エネルギー分野の状況に加えて、次のとおりの状況にある。

メガフロート研究開発及び素材開発技術等については世界をリードしているが、沿岸域再生・創造技術、海洋モニタリング機器、GIS利用の海洋データ活用技術等の分野においては欧米に追随。地球温暖化問題対応技術、海洋バイオ技術等は世界的に研究段階であり、今後、我が国も総合的な戦略体制のもとに技術開発を促進することにより、世界をリードする新産業を創出できる可能性が高い。

II. 当該技術分野において技術革新を阻害している問題点

(1) 海洋資源・エネルギー分野^①

前記資源・エネルギー分野に同じ。

(2) 海洋空間分野^②

海洋利用に関する総合的な計画性、海洋空間を活用することのメリット及び自然環境への影響等に関する詳細な調査研究及びパイロット事業等が不足しているとともに客観的な評価手法の開発が遅れている。

(3) 海洋環境分野^③

海洋環境に関する教育の場の不足や海洋環境の重要性の認識不足から、関連する環境技術開発予算も不十分。また、縦割り行政の弊害が総合的な沿岸海域管理を旨としたゾーニング計画の立案を阻害しており、開発・利用・保全に関する監督省庁間の調整並びに利用者の立場に立った海洋情報の提供も不足。

(4) 海洋基盤・先端技術分野^④

上記(1)、(2)、(3)各分野の阻害要因が主要な問題点であり、海洋の利用に関する長期的、最適な目標設定がなされていない。例えば、多面的なユーザーニーズに合った海洋データベース構築の遅れ、海洋バイオ分野では系統的な研究促進がなされていない、防災関連技術分野において国の政策的な取組がない等。

(注) 海洋の資源・エネルギー、海洋空間を活用する海洋関連産業分野を海洋資源利用の形態並びに環境問題や基盤・先端技術など横断的共通分野に主眼を置いて以下のように分類する。

- (1) 海洋資源・エネルギー分野(燃料資源、船舶燃料、エネルギー資源、生物資源等)
- (2) 海洋空間分野(輸送、スペース利用、レジャー等)
- (3) 海洋環境分野(地球環境、モニタリング、環境修復・創造等)
- (4) 海洋基盤・先端技術分野(基盤となる供給技術や革新をもたらす先端技術)

Ⅲ. 今後の展望と戦略

1. 技術革新の展望

海洋資源・エネルギー分野では海洋ポテンシャルの活用及び安定供給の技術、海洋空間分野では24時間対応の交通・物流技術及び防災対応技術、海洋環境分野では地球温暖化対策技術及び沿岸海域環境再生・創造技術、海洋基盤・先端技術分野ではこれらを支援する高度情報通信技術及び海洋バイオ技術等、戦略的な技術開発体制を強化することで、世界をリードする市場の拡大及び新規産業の創出を可能にする。

2. 社会の要請・制約への対応

海洋産業関連分野では、世界的な視野にたつて、①資源・エネルギーの安定供給、特に自給率の向上、並びに、温暖化などの地球環境問題の解決策としてクリーンな海洋自然エネルギーの有効利用技術の開発、②海洋バイオ技術促進及び高度情報通信技術の海洋への有効活用、③環境問題と調和した社会システムの構築、④安全な水資源・食糧の安定供給、⑤各種施設の立地難等に対応する安心・安全で質の高い生活実現のための空間活用等の複数の社会的要請・制約に対し、横断的に応えていくことが求められている。さらに、海を身近に感ずる生涯学習を進めることも必要である。

3. 総合的戦略

(1) 戦略目標

海洋分野における新規産業創出に向けた目標を、2010年における市場規模、地球環境問題に関する国際的な枠組み、技術革新の展望及び社会的要請等を念頭に以下のとおり設定する。

戦略目標	重点技術分野(目標達成予想時期)
資源・エネルギー安定供給のための 海洋ポテンシャルの活用	・海洋資源エネルギー複合的活用技術(2010年前後) ・極限海域石油・天然ガス開発技術(2004年前後) ・非在来型資源・エネルギー開発技術(2025年前後)

海洋バイオ技術、高度情報通信技術等の 先端的技術革新による新規産業創出	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋バイオ技術の活用（2003-2010年前後） ・高度情報通信技術の応用（2010年前後）
地球環境問題解決のための 海洋ポテンシャルの明確化	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋環境モニタリングシステム（2010年前後） ・CO2固定化技術（2025年前後）
沿岸海域の環境を修復・創造する 海洋環境産業の創出	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋環境情報取得、管理及び提供（2015年前後） ・海洋環境診断評価技術（2015年前後） ・沿岸海域環境修復創造技術（2015年前後）
安全な食糧・水資源の安定供給	<ul style="list-style-type: none"> ・環境調和型生物生産システム（2005-2020年前後）
安心・安全で質の高い生活の実現 のための海洋空間活用	<ul style="list-style-type: none"> ・海上廃棄物発電施設（2010年前後） ・防災・災害支援基地（2001-2005年前後） ・沖合交通・物流基地（2010年前後）

（2）総合戦略

前記資源・エネルギー分野に同じ。（海洋分野においては、横断的な取組が重要であることから、資源・エネルギー分野も含め、海洋関連産業全体の総合戦略として一体的に策定。）