

将来のエネルギー需給バランスと 原子力の位置づけ

1980年6月

財団法人政策科学研究所
Institute for Policy Sciences, Japan

まえがき

わが国における原子力開発の将来のポテンシャルと課題をみるためには、エネルギー需給システム全体の展望の中にそれを位置づけて検討・分析することが欠かせない。エネルギー需給の動向は、さまざまな社会的、政治的、技術的な選択が積上げられて出来てゆくが、長期の産業社会と国民生活にとって、エネルギー問題は、さらにその重要性を増してゆくものとみられる。将来の供給パターンとしては、石油代替の方向として、原子力重視型、石炭重視型、それに新エネルギー重視型などが考えられる。これらのパターンと需要動向を結びつけることによって、原子力開発の将来の役割をいささかなりとも明らかにしようと試みた。

なお、本研究は、斎藤雄志と竹下寿英の議論にもとづいて、斎藤雄志がとりまとめたものである。

斎藤雄志	電力中央研究所
竹下寿英	政策科学研究所

目 次

第 1 章 エネルギーと経済成長	1
第 2 章 超長期のエネルギー需給バランスと原子力の位置づけ	14
第 3 章 エネルギー供給構造の変化による影響	27

第 1 章 エネルギーと経済成長

将来の我が国のエネルギー供給の中における原子力の位置づけを明らかにするためには、2000 年以後をも含めた超長期の経済活動や生活水準、エネルギー需要構造、エネルギー供給構造の三者の相互関係を検討するとともに、可能性のあるいくつかのシナリオの変化によるエネルギー需給構造や経済規模の変化などを考察する必要がある。以下では原子力そのものの問題に焦点をあてるよりは、原子力をそのサブシステムとして含む我が国のエネルギーシステム全体の超長期的なふるまいを中心に中心をおいて議論を進めよう。そのような分析の中で、たとえば原子力発電所の建設が順調に進まない場合の影響や逆に原子力規模が増大した場合のエネルギー需給構造の変化とその影響などを検討しよう。

今後、短・中期的には産油国および消費国の経済的、政治的要因によって、長期的には資源的要因によって、石油の供給は量的に制約されるとともに価格上昇が生じ、今後の世界のエネルギー供給に占める石油の比率はしだいに低下していくと考えられている。しかし一方では石油の代替エネルギーとなるべき原子力、石炭、LNG、新エネルギーにもそれぞれ様々な障害があり、これらのエネルギーの供給で石油の減少分を補っていくことはたやすくはない。エネルギー全体としてみれば、現在、政府機関その他で計画されている将来の経済規模にみあうエネルギーを供給できない可能性も多分にある。もちろん、エネルギーと経済成長の間には省エネルギー、エネルギー利用技術の変化、産業構造や生活形態の変化が関与しており、一概にエネルギー供給不足が経済成長の低下あるいは鈍化に結びつくわけではないが、エネルギーは最も基本的な生産要素であり、かつ生活必需品であるから、その有効利用にも自ずから限界がある。また、エネルギー価格の上昇のみを考慮しても輸出入バランス、各種生産物の製品価格上昇による需要の減退その他を通して経済の成長に制約を与えることになる。

エネルギー供給が不十分になり経済の伸びが鈍化すれば、小エネルギー資源国の我が国にとっては最も重要な石油代替エネルギーである原子力の位置づけはより重要なものとなってくる。

そこで以下では、まず、エネルギーと経済成長の基本的な関係から検討してみよう。

超長期¹⁾に亘る将来のエネルギーと経済の関係を検討する上で、両者の関係を歴史的にみてもめることは大きな意味がある。もちろん、低廉な石油の供給が安定的に行なわれた1973年以前とそれ以後とでは事情がかなり異なるので過去におけるトレンドをそのまま将来に伸すことはできないが、過去の長期に亘るエネルギーと経済の関係をみてもれば両者の結びつきが明らかになる。

図1-1は十市²⁾によって作成された明治3年から現在までの約100年間の我が国のエネルギー供給量とGNPの関係である。基本的に両者は強く結合されており、経済活動にとってエネルギーがいかに重要な生産財であり、また消費財であるかがわかる。より詳細にみれば、³⁾明治初頭から第一次世界大戦までの我が国の近代的工業の発展期にはエネルギー/GNP比は上昇傾向を示し、それ以後は、経済の成長に対応して大きく上下動を示しながら、全体としては多少の下降傾向を示している。1880年～1975年の95年の一次エネルギーの対GNP弾性値は1.0と計測されている。

日本、米国、英国その他を対象とした同様な研究によると、^{4), 5)}一次エネルギーの対GNP弾性値は1905年～1974年の日本では1.08、1889年～1970年の米国では0.89であり、10年程度の期間をとれば0.5前後から1.5前後までバラついている。英国の場合は1880年以後、米国の場合は1931年以後、弾性値は1以下となっている。(いずれも10年間の弾性値で考えて)

1) 以下単に長期といえは現在～2000年前後、超長期といえは、現在～2020年前後をさすものとする。

2) 十市勉：エネルギーと経済成長——その歴史的考察——，エネルギー経済，1977年8月。

3) 原論文参照。

4) 室田：エネルギーの所得弾力性について，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 23 No. 1, pp29～3, 1978

5) Smil & Kuz, Darmstadter, Brookes, Adams & Miovic, Humphrey などによって計測が行なわれている。(上記 室田参照)

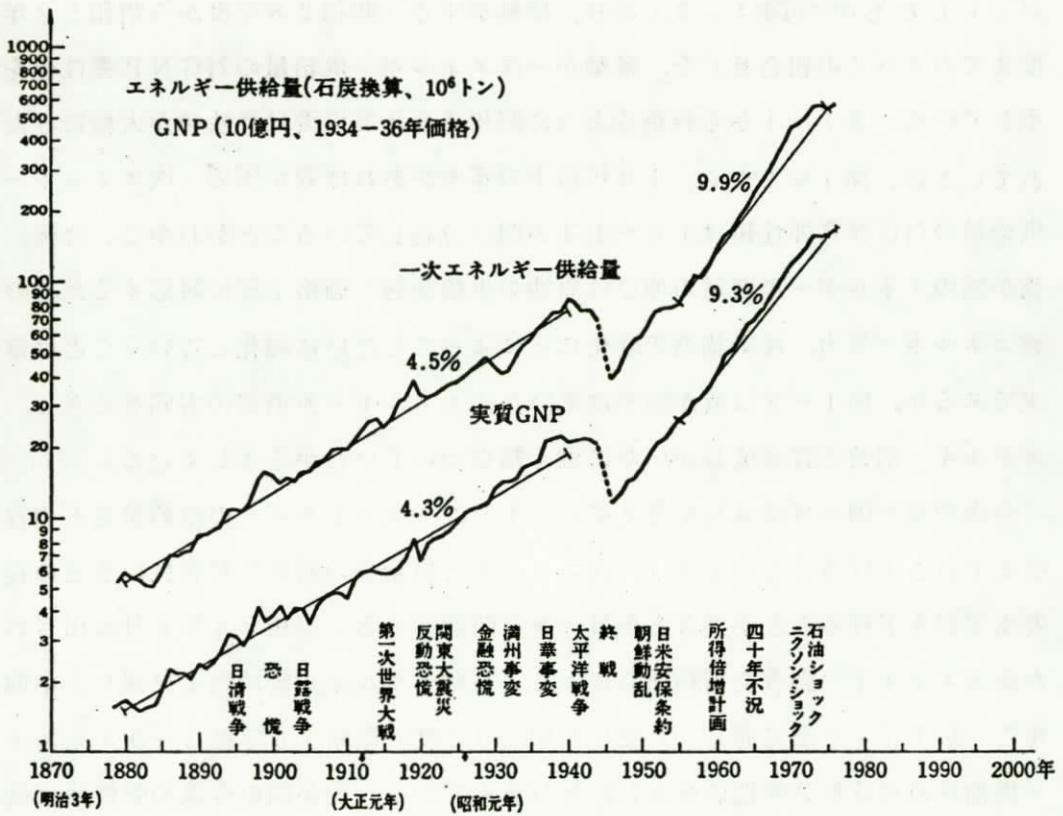


図 1 - 1 わが国におけるエネルギーと経済成長の歴史的推移

出所：十市（前掲）

しかし我が国の場合は、近年、高い弾性値を示しており、また我が国のおかれた立場や貿易構造からエネルギー多消費構造になっており、今後、弾性値を下げていくのはけして容易ではないであろう。¹⁾

我が国の昭和 28 年度から昭和 52 年度に亘る一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値を表 1 - 1 に示す。この間に GNP は 6.86 倍になったが一次エネルギー

1) 現在～2000年のエネルギー需給予測では 0.7 程度の一次エネルギー供給の対 GNP 弾性値を仮定することが多い。

供給量は 7.25 倍になっており、弾性値は 1.03 を示している。表 1-1 をプロットしたものが図 1-2 であり、横軸が年差（昭和 28 年度から昭和 52 年度までのすべての組合せ）を、縦軸が一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値を示している。表 1-1 からわかるように昭和 48 年度以後は弾性値が大幅にみだれているが、図 1-2 から、10 年以上の年差があれば我が国の一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値は 1.0 ~ 1.3 の間に分布していることがわかる。今後、我が国のエネルギー消費量の伸びは原油の供給制約と価格上昇に対応するための省エネルギー努力、産業構造の変化などによってしだいに鈍化していくことは確実であるが、図 1-2 は我が国が従来いかにエネルギー多消費の方向をめざし、エネルギー消費と経済成長がいかに強く結びついていたかを示している。

今後の我が国の経済成長を考えていく上で、一次エネルギーの供給量をどの程度まで引き上げることができ、一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値をどの程度まで引き下げることができるかは大きな問題である。昭和 54 年 8 月に出された総合エネルギー調査会需給部会による「長期エネルギー需給暫定見通し」中間報告（以下「エネ調見通し」）では昭和 50 年度～昭和 70 年度の一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値を 0.73 と見込んでいる。我が国の今後の弾性値は低減していくことは確実であるが 0.7 ~ 0.6 の間にかなり大きなカベがあると見るのが妥当であろう。

今後のエネルギー供給と経済成長を考える上で、一つのエネルギー供給見通しを与えたとき、経済がどの程度の規模にまでなりうるかをマクロ的に見る上で一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値は重要である。

今後のエネルギーと経済成長およびその両者をとりもつ弾性値を関係をみためるために、2000 年を例にとり、つぎのようなことを考えてみる。

まず 2000 年時点における我が国の一次エネルギー供給シナリオをいくつか設定してみる。たとえば、表 1-2 に示す 6 つのシナリオを仮定してみよう。これらは予測というよりは比較のためのシナリオにすぎないが、ケース 1 はエネルギー低成長型で原子力 6,000 万 kw、新エネルギー 1000 万 kt であり、II、III、IV、V、VI の順にエネルギー供給が増加している。輸入石油（含 LPG）は全ケース共通に 3.48 億 kt（600 万 B/D）としてあり、また全体的にウェイトの少ない

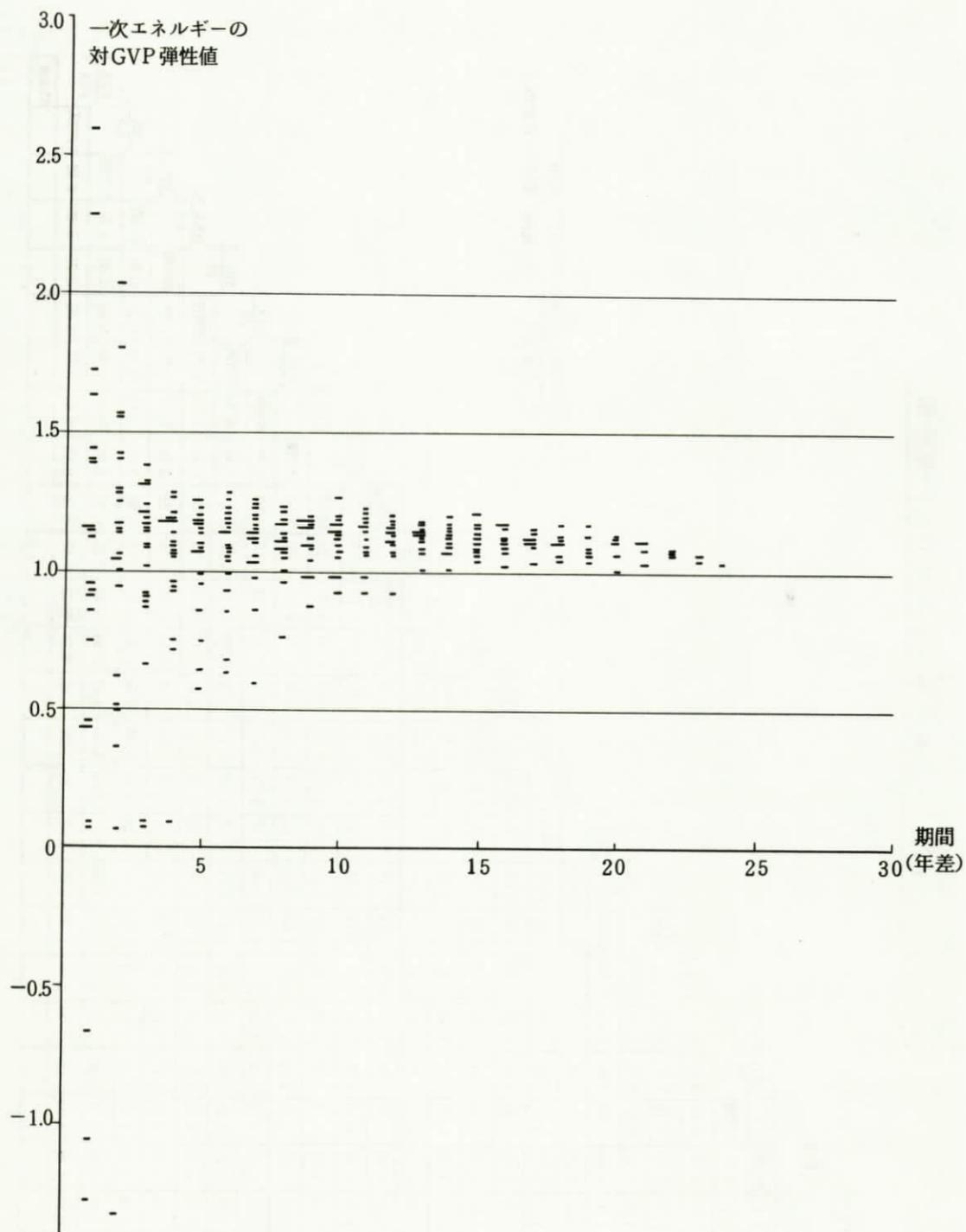


図 1 - 2 一次エネルギーの対GVP弾性値の分布

(表 1 - 1 より作成)

一般水も、地熱、国内石油天然ガス、国内石炭と鉄鋼用の原料炭は固定してある。

つぎに2000年の一次エネルギー供給量を一定にして縦軸に2000年のGNP（1975年に対する倍率および年平均伸び率）、横軸に1975年～2000年の一次エネルギーの対GNP平均弾性値をとったグラフを考える。¹⁾図1-3に示す8本の線が一次エネルギー供給量を6.5億kl～10.00億klの間で8段階に固定したグラフである。○印および●印は表1-2の6つのケースを1975年～2000年の年平均弾性値を0.65および0.70と仮定してプロットしたものである。また2重黒丸は「エネ調見通し」を1995年～2000年のGNPの伸びを年平均3.5%、一次エネルギーの対GNP弾性値を0.72と仮定して延長したものである。図1-3はいわばエネルギー制約のもとでの「経済成長早見表」であり、これからいくつかの重要なことがいえる。

ケースIはたしかにエネルギー低成長型のシナリオであるが、いずれのエネルギーの供給も厳しい状況ではけしてありえない状況ではない。このシナリオの下で弾性値を0.7（これも一つの妥当な値とみることができる）と仮定すると、GNPは1975年に比較して2倍強（年平均成長率3.0%弱）にしか達成できない。これは「エネ調見通し」の1990年以前の経済規模である。大幅な省エネルギーや産業構造の転換によって0.60程度の弾性値を達成することができたとすれば2.3倍強のGNPを実現できるが、弾性値をこの程度まで下げるのは容易ではない。

ケースIに対して石炭、LNG、原子力を拡大したケースII、III、IVにおいても0.70程度の弾性値ならば、対1975年のGNPは3倍をかなり下まわる。II～IVのケースがはたして実現できるかどうかは不明であり、これらのレベルの達成もむずかしいとの見方もありうる。ケースV、VIになると始めてGNPが約3倍の水準に達する。

2000年において今の3倍近いGNPをシナリオI、IIのレベルで達成するこ

1) i 年 ($i = 1975$ 年, 2000 年) の一次エネルギー供給量を E_i , GNP を G_i , 1975年～2000年の年平均の一次エネルギー供給のみGNP弾性値を α とすれば $E_{2000} / E_{1975} = (G_{2000} / G_{1975})^\alpha$ の関係が成立する。

表1-2 2000年における一次エネルギー供給シナリオ

	ケースⅠ	ケースⅡ	ケースⅢ	ケースⅣ	ケースⅤ	ケースⅥ
一般水力	3,300万kw	"	"	"	"	"
地熱	200万kw	"	"	"	"	"
国内石油天然ガス	1,000万kℓ	"	"	"	"	"
輸入原料炭	11,100万t	"	"	"	"	"
輸入一般炭	3,000万t	4,000万t	5,000万t	6,000万t	7,000万t	8,000万t
国内石炭	2,000万t	"	"	"	"	"
L N G	3,000万t	4,000万t	5,000万t	6,000万t	6,000万t	6,000万t
原子力	6,000万kw	7,000万kw	8,000万kw	9,000万kw	10,000万kw	10,000万kw
新エネルギー	1,000万kℓ	2,000万kℓ	3,000万kℓ	4,000万ℓ	6,000万kℓ	8,000万kℓ
輸入石油	3.48 億kℓ	"	"	"	"	"
合計	6.56 億kℓ	7.02 億kℓ	7.471億kℓ	7.93 億kℓ	8.34 億kℓ	8.62 億kℓ

注 1) このシナリオは単に一次エネルギー供給と経済成長の関係をみるために作られたものであり、エネルギー需要とのバランスは厳密にはとれていない。またこのシナリオが現実的でありうるかどうかは別に議論する必要がある。

2) 原子力の設備利用率を0.65と仮定。

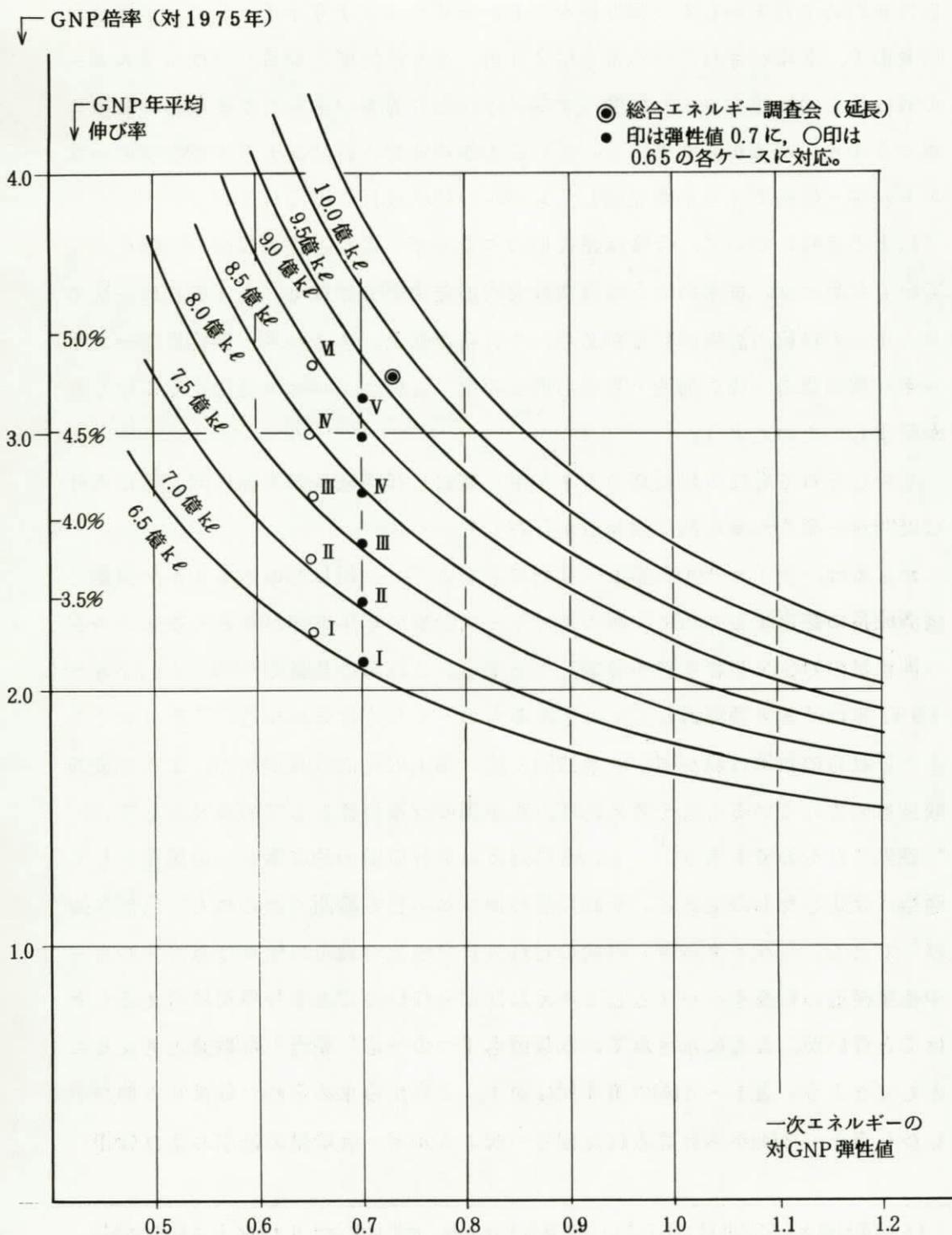


図 1-3 一次エネルギーの対GNP弾性値と経済成長の関係

注) 本図は電力中央研究所報告 (石油供給制約下における長期エネルギー需給, 昭和55年) を参考に作成。

とはきわめてむずかしく（弾性値を 0.65 とすればシナリオ I, II の経済成長は白丸の I, II に示されているように 2.2 倍, 2.5 倍程度となる）一次エネルギーの対 GNP 弾性値を 0.60 程度にするにはかなりおもいきった産業構造の転換や省エネルギー対策が必要である。このことが達成できればシナリオ III 程度の一次エネルギー供給で「エネ調見通し」レベルの経済成長が得られる。

以上の意味において、今後は超長期のエネルギー需給と経済成長の関係を考えていくためには、従来のように経済社会指標先決型ではなく、まず最初に一次エネルギーの供給可能量の想定があり、これらが順次、エネルギー供給構造→エネルギー需要構造→経済構造・生活形態その他、というプロセスで決定していく方が望ましいといえよう。

しかしそれでもなお超長期のエネルギー需給と経済成長の関係に関しては素朴な疑問から発する基本的な問題点が存在している。

たとえば、表 1-3(A)の第 1, 2 列に示すように、超長期のエネルギー需給と経済成長の想定するために一次エネルギー供給量の年平均伸び率と一次エネルギー供給量の対 GNP 弾性値を設定したとする。これらの数値のうち、1977 年～1995 年は「エネ調見通し」に対応するもの、もしくはそれに近いシナリオである。これらの数値は我が国が欧米諸国と比べ過去の経済成長が高く、また今後の成長も望まれていることを考えれば、我が国の政策目標としての成長としては“妥当”なものであろう。¹⁾ 1995 年以後はそれ以前の伸び率からの延長として適当に設定したものである。それ以前の伸び率から見る範囲ではこれも“自然な伸び”である。一次エネルギー供給の対 GNP 弾性値の設定は様々な省エネルギーや産業構造の転換をベースとして考えねばならないのであまり単純に考えることはできないが、ここに示されている数値も 1 つの一応“妥当”な数値と考えることもできよう。表 1-3(A)の第 3 列は第 1, 2 列から求められた GNP の伸び率しかし表 1-3(A)から計算された(B)の一次エネルギー供給量の倍率および GNP

1) 政策目標としては低目であるという意見もありうる。後に示すシナリオはこれよりやや高目のものである。

表1-3 エネルギー供給と経済成長についての1つのビジョン

(A)

年 度	一次エネルギー供給 年平均伸び率 (%)	一次エネルギー供給 対GNP弾性値	GNP 年平均伸び率 (%)
1975~1985	4.09	0.72	5.7
1985~1990	3.81	0.76	5.0
1990~1995	2.89	0.72	4.0
1995~2000	2.20	0.69	3.2
2000~2005	1.70	0.66	2.6
2005~2010	1.30	0.64	2.0
2010~2015	1.10	0.63	1.7
2015~2020 ¹⁾	1.0	0.62	1.6

(B)

年 度	一次エネルギー供給量		G N P	
	倍 率	億 k t	倍 率	兆円 *
1975	1.00	3.90	1.0	98.7
1985	1.49	5.82	1.74	171.7
1990	1.79	7.00	2.22	219.1
1995	2.07	8.07	2.70	266.5
2000	2.31	9.01	3.16	311.9
2005	2.51	9.79	3.60	355.3
2010	2.68	10.45	3.97	391.8
2015	2.83	11.04	4.32	407.7
2020	2.97	11.58	4.68	441.7

注 1) 昭和45年価格

2) ここに示すシナリオは後に示すエネルギー需給のシナリオと直接の関係はない。

の倍率をみると、2000年で前者が2.31倍、後者が3.16倍（いずれも1975年度に対するもの）、2020年で前者が2.97倍、後者が4.68倍になっている。たしかに前述のように我が国の一次エネルギー供給量もGNPも石油ショック以前は常に予想を上まわる速さで伸びてきたが、エネルギー供給の困難度が増していく今後において、このような経済成長やエネルギー消費がはたして可能であろうか。またはたして現実的であろうか。最終消費レベルで考えれば、今後エネルギー消費構成の中における家庭部門の割合は増加するといわれているので我々は家庭で2000年では今の2.3倍以上、2020年では3.0倍以上のエネルギーを使うことになる。仮に個人消費支出の水準がかなり伸びるものとしても（長期的にはその伸びはGNPの伸びよりやや小さくなる傾向を示している）、我が国の住宅の床面積と今後の伸びを考え、家庭におけるエネルギー消費が住宅床面積にかなり影響受けることを考慮すれば、少なくとも家庭部門におけるエネルギー消費は今後表1-3のように伸びていくことは疑わしいという考え方も一つの自然な発想法であろう。産業部門におけるエネルギー消費、生産水準、輸送部門における輸送需要とエネルギー消費量、家庭部門におけるエネルギー以外の消費を考えても同様の疑問が生ずる。

つまり、表1-3(A)に示す一次エネルギー供給量やGNPの伸び率は一見妥当にみえても絶対水準で考えたとき、今後のエネルギー供給の困難性や産業活動・消費活動における様々な制約を考えれば、表1-3(B)のエネルギーとGNPの拡大傾向は過大ではないかということである。もちろんこれらの数値が政策目標としての妥当性を持っていることは否めないし、またその可能性は否定できることではない。

前述の図1-3に関する議論についても同様である。ケースⅠはともかくケースⅡ～Ⅳを我が国の2000年における一次エネルギー供給の妥当なレベルと考えるならば、省エネルギー、産業構造の変化にもよるが、2000年の対1975年に対するGNPは3.0倍を超えることは容易ではないとみることが一つの妥当な考え方であろう。

過去、我が国の経済は低廉なエネルギーを基礎に拡大主義で進んできたが、ある程度の経済規模と生活水準を達成でき、将来のエネルギー供給に多くの困難な

点がある現在、単なる物質中心の経済の拡大は適切ではないであろう。もちろん現在の我が国の生活水準その他が十分なものということではなく、国民の間には各種の格差や不公正があるのは事実であるが、よくいわれているような量から質への転換は、我々が直接望むでないにしても一つの適切かつ自然な方向といえるかもしれない。

第2章 超長期のエネルギー需給バランス と原子力の位置づけ

今後の超長期的なエネルギー需給はエネルギー供給側の要因によって方向づけられていく傾向がますます高まるものと考えられる。石油供給の量的制約、価格の上昇、供給の不安定性は原子力、石炭、LNG、新エネルギーなどの石油の代替エネルギーの開発・導入を必然的に加速するが、前述したようにそれらもまた多くの問題をかかえており、その供給が十分に行なわれる保証はなく、したがってこれらの供給側の制約はエネルギー需要構造に大きな影響を与え、さらにエネルギー需要構造の変化が産業構造や生活形態その他に影響を与えていくというパターンをとる可能性がある。

我が国にとっては原子力は最も重要な石油の代替エネルギーであり、その導入水準の大小が我が国の超長期にわたる経済社会に様々な直接間接の影響を与えていく可能性が高い。原子力が主として供給するのは電力であり、原子力の規模は電力需要の大きさに依存し、すべてのエネルギーが原子力によって供給されるわけではないのでその影響力には上限があるが、原子力規模の水準が他の発電用燃料の消費量に大きな影響を与え、間接的には産業、輸送、業務、家庭の各部門のエネルギー消費形態にも作用を及ぼす。

今後、石油の供給は低下する可能性が高く、原料として優れ、また輸送特性と貯蔵特性に優れた石油は石油化学や輸送部門など石油を不可欠とする部分へまわし、石油を他のエネルギーによって代替させることの可能な部門ではなるべく省石油化、脱石油化を図っていく必要がある。¹⁾ そのような手段の中で最も重要なものの1つが原子力であるが、ここではエネルギー需給バランスに焦点をあて、各エネルギーの相互関係の分析を通して原子力の位置づけを検討する。

そこで以下では、この点を検討するため2020年に至る超長期の経済社会フレームを考え、その上に立ってエネルギー需給を想定し、エネルギー供給構造が変化

1) もちろん石油化学部門でも脱石油化の動きもあり、輸送用燃料としてのアルコール、電気も検討されている。

したときの影響およびその中における原子力の位置づけを分析しよう。エネルギー需給シナリオが変化した場合のエネルギー各需要部門への影響については改めて第3章で検討することにし、ここではエネルギー需給バランスの分析に中心をおく。

エネルギー需給シナリオを想定する手順としては少なくとも2つの考え方がある。第一の考え方は経済社会フレーム→エネルギー需要構造→エネルギー供給構造というふうに、需要側から決定していく従来行なわれてきた手順で、第二の考え方はこの逆にエネルギー供給側から需給側へと計算していく方法である。¹⁾ エネルギー供給がよりむずかしくなっていく今後のエネルギー需給構造を想定していく上では、前述のごとく後者の方法の方がより適切と考えられるが、²⁾ 原理的には両者は等価であるし、本稿ではエネルギー以外にも種々の複雑な問題をかかえる今後の経済社会のフレーム設定をある程度単純化して考えるため、さし当り第1の考え方でエネルギー需給バランスを設定し、エネルギー供給構造の変化にとともなう影響については前述のように第3章で定性的に述べるのにとどめよう。

2020年までの超長期の経済社会フレームを想定するのはきわめて困難であり、第1章で述べたような問題点もあるが、ここではエネルギー需給を考えるための前提条件とある程度考えた方が適当である。エネルギー制約のもとで以下の経済社会フレームがどの程度現実的なものかは別に十分な議論が必要である。

表2-1に2000年および2020年の基本的な経済社会フレームを示す。GNPは2000年で1975年の3.01倍、2020年で4.44倍となっており、2000年でみると「エネ調見通し」にくらべるとやや低めとみることができる。過去、我が国は急速な成長をしてきたが、今後の我が国の超長期的な経済成長は、エネルギー供給制約と高価格化のもとでは、はたして表2-1に示すレベルに達するかどうかかなり問題がある。また前述のように現在の数倍もの経済規模が成立しうるかと

1) もちろん実際にはフィードバックもあるのでこれはかなり単純化して述べているにすぎない。

2) 富舘考夫：サミット以後になにがおこっているか、中央公論1979年/10月号、

pp122~142

表 2 - 1 超長期の経済社会フレーム

	1975年	2000年	2020年
人 口 (百万人)	111 (100)	135 (121)	142 (128)
世 帯 数 (百万世帯)	32 (100)	45 (140)	49 (153)
G N P (兆 円)	93 (100)	280 (301)	413 (444)
個人消費支出 (兆 円)	50 (100)	136 (271)	200 (400)
鉱工業生産指数	100 (100)	264	362
住宅戸数 (百万戸)	30 (100)	41 (140)	45 (153)
住宅延床面積 (m ²)	77.4 (100)	99 (128)	115 (149)

注 1) () 内は指数。 2) 兆円=昭和45年価格
 3) 歴年と年度は区別しない。 4) 前掲 電力中央研究所報告を
 参考に作成。

いう疑問もある。¹⁾ 「エネ調見通し」に示されている経済規模はある程度政策目標に近いものと考えらるならば、表2-1に示す経済成長は超長期の上限に近いものと考えてもよいかもしれない。

表2-1に示す経済社会フレームをベースに2000年および2020年の各産業の生産額、各輸送部門の輸送需要、民生部門における暖冷房その他の生活水準を設定し、省エネルギーやエネルギー代替を考慮して求めた一つのエネルギー需給シナリオが表2-2および表2-3である。²⁾以下これを「基準ケース」としてエネルギー需給構造を検討するために利用する。なお表2-2および表2-3に示すエネルギー需要シナリオはどちらかといえば一つの予測もしくは将来の望ましいエネルギー需給構造とはみなすべきではなく、シナリオ分析のための用具とし

1) 1980年代の日本の経済成長は依然として、かなり高いという見方もある。(日経新聞、昭和55年2月11日、13日)

2) 細かい前提条件は省略。産業は12部門、輸送は10部門、業務は6部門、家庭は6部門に分けられている。

表 2 - 2 2000年のエネルギー需給バランス(基準ケース)

Tcal

	石 炭	石炭製品	原 油	石油製品	合成燃料 新エネルギー	L N G 天然ガス	都市ガス	原子力	水 力 地 熱	電 力	合 計
一次エネルギー国内生産	128		46		30	49		1,160	289		1658
輸 入	1,420		2,710	561	720	798					6209
輸 出				-370							-370
国内一次エネルギー需要	1,548		2,757	191	750	847		1,160	289		7,498
電 力	-530	-62		-89	-45	-401		-1,160	-289	2,530	
都 市 ガ ス		-12		-41		-113	164				
石 炭 製 品	-855	780									
石 油 精 製			-2,753	2,478							
合成燃料・新エネルギー	-30				21						
最 終 消 費	133	705	4			3,761				2,530	7,132
産 業 部 門	133	689	4			2,079				1,483	4,387
輸 送 部 門						985				56	1,041
民 生		16				696				990	1,704

注 1) 電力は 1 kWh = 2,450 kcal で表現。

2) 便宜上、国内における石炭液化油の精製は考えないものとした。

3) 本表は電力中央研究所報告(前掲)を参考に作成。

表 2 - 3 2020 年のエネルギー需給バランス (基準ケース)

T cal

	石 炭	石炭製品	原 油	石油製品	合成燃料 新エネルギー	L N G 天然ガス	都市ガス	原子力	水 力 地 熱	電 力	合 計
一次エネルギー国内生産	128		93		150	59		1954	-455		2838
輸 入	2584		1620	561	1530	1064					7359
輸 出				-469							-469
国内一次エネルギー需要	2,712		1,713	92	1,680	1,122		1,954	455		9,728
電 力	-650	-36			-62	-350		-1,954	-455	3,507	
都 市 ガ ス		-16		55		-151	218				
石 炭 製 品	-1,057	925									
石 油 精 製			-1,708	1,537							
合成燃料・新エネルギー	-800				560						
最 終 消 費	205	873	4		4,592					3,507	9,181
産 業 部 門	205	851	4		2,490					2,008	5,559
輸 送 部 門					1,251					77	1,328
民 生		21			850					1,422	2,293

注 1) 電力は 1 kWh = 2,450 kcal で表現。

2) 便宜上、国内における石炭液化油の精製は考えないものとした。

3) 本表は電力中央研究所報告(前掲)を参考に作成。

ての一つの基準ケースである。

まずこの基準ケースそのものをみてみよう。一次エネルギーの年平均伸び率、対GNP弾性値、電力需要（最終需要）の年平均伸び率、対GNP弾性値は表2-4に示すとおりである。なお表2-2、表2-3に示す電力需要は自家発分が除かれており、電力需要全体では2000年で1.15兆kWh、2020年で1.57兆kWhとなっており、「エネ調見通し」レベルよりは多少低い。一次エネルギーの対GNPの弾性値をどうみるかはきわめて重要であることはすでに述べたとおりであるが、我が国の地理的位置と貿易構造を考えればあまり下がらないという

表2-4 一次エネルギーと電力需要の伸び

	1975年～2000年	2000年～2020年
GNPの年平均伸び率	4.5%	2.0%
一次エネルギー供給の年平均伸び率	3.3%	1.3%
一次エネルギー供給の対GNP弾性値	0.72	0.67
電力需要の年平均伸び率	4.3%	1.6%
電力需要の対GNP弾性値	0.95	0.84

見方もある。表2-4に示す値は一応妥当とみることができよう。

最終エネルギーの消費構造は表2-5(A)に示すように、産業部門の比率が多少下り、民生部門の比率が上昇傾向を示している。超長期的にみても民生部門の比率はあまり大きく上昇しない。現在民生用エネルギーの比率は増加傾向にあるが、我が国の場合には、今後、断熱材の大幅な普及が考えられる上、住宅床面積の拡大に大きな制約があり、これがネックとなって超長期的には家庭用の暖冷房用のエ

表 2 - 5 最終エネルギーの消費構造の変化 (%)

(表A)

	1975年	2000年	2020年
産業部門	63	62	61
輸送部門	15	15	14
民生部門	22	24	25
合計	100	100	100

合計は丸め誤差のため100%とならないところがある。

(表B)

	1975年	2000年	2020年
電力	72	35	38
非電力	72	65	62
合計	100	100	100

注 1) 電力は自家発を含まない。

2) 最終エネルギーは輸出を含まない。

エネルギー¹⁾、家電品用電力などはGNPほどにはのびず、民生用エネルギーのエネルギーの比率はおそらく2000年以前か(場合によればそれ以後)にピークをむかえる可能性さえある。²⁾ 事務所ビルや店舗などについてもほぼ同様のことがいえる。

一方、表2-5(B)に示されているように、産業生産物の加工度の上昇、公害防

1) 冷房用エネルギーだけをとり上げれば現在急速に伸びているし、今後もかなり伸びるものと予想される。

2) ここで前提としている民生用エネルギー消費に関する前掲条件はかなり高目のものを用いているからである。

止設備や自動機械の導入・拡大、生活水準の向上によって最終エネルギーに占める電力の比率は増大していくものと考えられる。

つぎに表2-2、表2-3のエネルギー供給構造をみてみよう。まず一次エネルギーの構成は後に示す表2-6の基準ケースにまとめてあるとおりでである。この基準ケースから将来のエネルギー供給構造について一つの重要な点が指摘できる。

石油の代替エネルギーである原子力、石炭、LNGはいずれも大規模な設備を必要とするエネルギーであり、一般産業よりは電力部門の方へ導入する方が相対的に容易であり、¹⁾ 現実にその方向で事態は動いていくものと思われる。つまりまず最初に石油供給不足に対するエネルギー供給構造の変化は電力部門における燃料転換という形であらわれ、電力部門がエネルギー代替の第一の調整部門として働く。輸送部門や小規模のボイラー、工業炉を有する一般産業、民生部門等では石油から非石油エネルギーへの代替は容易でないからである。

たとえば表2-3に示す2000年の発電用燃料構成(除自家発)は原子力4.6%、石炭21%、LNG16%、水力地熱11%、新燃料油2%で石油は4%、約950万ktに縮小している。²⁾

しかし、電力部門でこのような大幅な脱石油化をはかってもエネルギー需給はバランスせず、産業、輸送、民生の各部門で石油から非石油エネルギーの代替を行う必要がある。表2-2に示す2000年の基準ケースでは、産業部門用の重油の代替エネルギーとして石炭(一般炭)を2000万t使用し、暖房用にヒートポンプを活用し、さらに大幅なLNGの導入とともに産業、輸送、民生などで使用する石油をかなり新燃料油、新エネルギーでおきかえることによってエネルギー需給バランスをとっている。つまり、石油から非石油エネルギーへの代替は電力部

1) セメント工業における石炭の導入など例外は除く。

2) これは一つのシナリオにすぎないか、このシナリオでは現存する石油火力の相当の部分を他の発電方式に転換するか、もしくは設備利用率がかなり低くなる。このシナリオは電力部門に多大のコストを発生させるが、電力部門で石油を利用すれば、最終エネルギー消費部門でそれだけ使用可能な石油が減ることになる。

門だけの調整だけでは不十分であり、産業、民生（場合によっては輸送部門）にまでおよぶ。

この点は2020年では、より明確な形であられる。表2-3の輸入石油は400万B/Dであり、¹⁾ 石油の輸入水準をこの水準におさえるためには膨大な石炭、石炭液化油の導入ばかりでなく、アルコール、太陽エネルギーその他の利用も考える必要がある。

もちろんこれは表2-1に示すような経済社会の規模を前提にした議論であって、²⁾ 前提が変わればエネルギー代替構造も変化するが、超長期的には一般産業、輸送、民生の各部門でもかなりの脱石油化が必要になるものと思われる。

このような石油の代替エネルギーの中で原子力はかなり重要な位置を占めている。表2-2、表2-3に示す2000年と2020年のエネルギー需給シナリオでは、原子力は全一次エネルギーのそれぞれ15%、19%、発電用燃料のそれぞれ46%、56%を占めている。今後建設される原子力発電所の水準が我が国のエネルギー需給構造にかなり大きな影響を与えることになる。

今後の超長期的な我が国のエネルギー需給は、石油をなるべく最終消費部門にまわし（最終消費部門の中でも石油以外のエネルギーを利用可能な部門ではなるべく石油の消費を減らし）、電力部門は原子力を中心とする石油代替エネルギーを導入していくことが必要である。

以下では2000年と2020年に対して基準ケース以外にもエネルギー需給シナリオを考え、それらの比較を通じて原子力の位置づけを含む2、3のエネルギー需給上の問題点を検討してみよう。

表2-6に基準ケースに対比させた原子力重視型と石炭重視型の2つのシナリオを示す。ここでは主としてエネルギー代替の範囲をほぼ原子力と石炭に限定し

1) 2020年でわが国がこれだけの石油を輸入できると考えるかどうか不確定の点が多い。

2) エネルギー代替が順調に進まず、エネルギー輸入も不十分であれば当然に経済成長が制約される可能性もある。これは第1章で述べたとおりである。このような可能性はかなり高いとみてよいであろう。

たので、3つのシナリオ間のエネルギー代替は主として発電用燃料で生じているとみてもよい。それゆえここで示すシナリオのちがいは直接的にはエネルギー需要構造に大きな影響を与えないですむとみることもできる。

ここでは核熱の直接的利用を考えないことを前提にすれば、原子力は電力のみの供給源であり電力需要がその上限を与えている。2000年の原子力重視型ケースは電力需要の61%を、2020年のそれは72%¹⁾を原子力が供給しており、いわば原子力規模の上限を与えている。電気自動車が大幅に普及すれば電力需要がさらに増大し、したがって原子力もさらに増加する可能性があるが、このことを考えないかぎり、エネルギー需給バランスの計算のベースとなっている経済規模もけっして低目であるといえないので、原子力重視型ケースに示されている水準を大幅に超える原子力規模を考えることは妥当ではない。

2000年の原子力重視型では輸入一般炭は3000万t、2020年で15,000万tであり、このうちかなりの量は最終エネルギー需要にまわす必要がある。

一方石炭重視型では2000年、2020年の原子力発電規模を6,000万kW、10,000万kWにおさえてあるため、石炭火力用の一般炭の輸入が著しく増大し、2000年、2020年でそれぞれ1.3億t、3.0億tにも達している。このために必要な貯炭場、灰捨場、港湾設備、公害防止設備は膨大な量に達するであろう。このことの経済的、社会的インパクトはきわめて大きいと考えることができよう。さらに新エネルギーの中で石炭液化油が相当な部分を占めるので実質的には一般炭の消費量は膨大な量になっている。

このように石炭消費量が増大する理由は、特に2020年では産業部門その他の石油代替エネルギーとして石炭のガス化を利用していることもあるが、石炭重視型ケースの原子力規模が小さいことが大きく原因している。表2-2、表2-3に示す原子力発電と石炭火力発電の合計の発電電力量を固定し、両者の比率を変化させた場合のグラフを図2-1に示す。基準ケースは原子力重視型に近い。ここに示されている原子力重視型もある意味で極端なケースであるが、その逆に原子力発電がまったく存在しない場合の石炭消費量はいかに大きいか、図2-1に

1) 原子力の寄与率をここまで上げるのは電源構成からは多くの問題があろう。

表 2-6 超長期エネルギー需給シナリオ

	1975年度 ²⁾	1995年度 (エネ調)	2000年			2020年		
			基準ケース	原子力重視 ケース	石炭重視 ケース	基準ケース	原子力重視 ケース	石炭重視 ケース
一般水力(万kW)	2,500	3,000	3,300	3,300	3,300	4,000	4,000	4,000
地熱(万kW)	.5	700	200	200	200	1,000	1,000	1,000
国内石油・天然ガス(万kl)	350	1,400	1,000	1,000	1,000	1,600	1,600	1,600
国内石炭(万t)	1,900	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
原子力(万kW)	660	7,800	8,000	11,000	6,000	14,000	18,000	10,000
輸入原料炭(万t)	6,150	9,750	11,100	11,100	11,100	13,700	13,700	13,700
輸入一般炭(万t)	50	8,050	9,052	3,000	13,000	24,219	15,000	33,000
L N G(万t)	500	5,000	6,000	6,000	6,000	8,000	8,000	8,000
新エネルギー(万kl)	0	6,100	7,764	7,500	8,000	17,444	17,886	17,303
小計(億kl)	1.05	4.59	4.89	4.89	4.89	8.53	8.53	8.53
輸入石油(億kl)	2.85	3.48	3.48	3.48	3.48	2.32	2.32	2.32
供給合計(億kl)	3.90	8.07	8.37	8.37	8.37	10.85	10.85	10.85

注 1) 基準ケースは表 2-2, 表 2-3 に対応。

2) 総合エネルギー統計による。

3) 便宜上, ガス用の石炭は輸入一般炭に含めた。

明確に示されている。

以上では単に原子力発電と石炭火力発電の代替という形でシナリオの変化をみてきたが、石炭その他のエネルギーの輸入可能量に制限があった場合などはより複雑なエネルギー供給システムの変化が必要になる。その場合に最も重要な点は今後超長期的には減少していくと考えられている石油の供給力と最終エネルギー需要部門における石油需要のアンバランスをいかにうめるかという問題である。

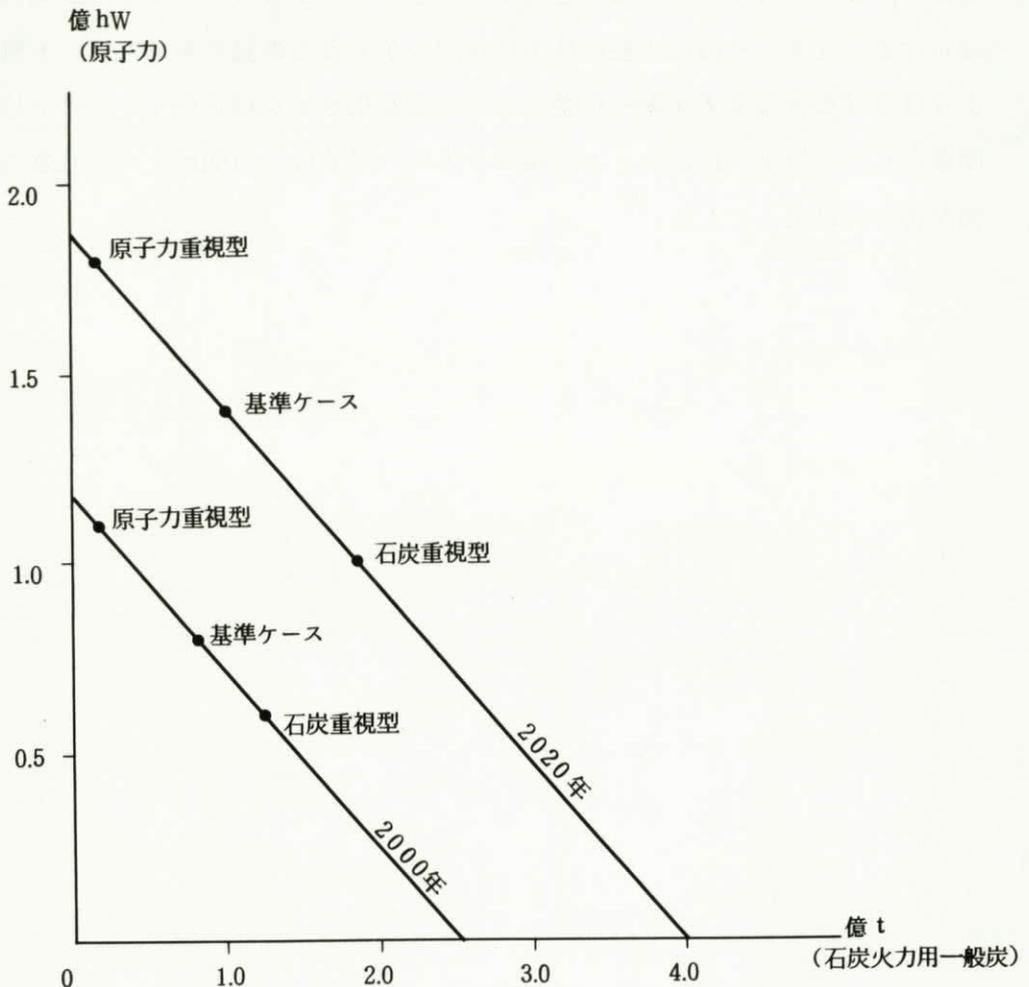


図 2 - 1 原子力発電と石炭火力の関係

注) 両方式による発電電力量の和は2000年
2020年とも表2-2, 表2-3の基準ケ
ースと同じにした。

基本的には石油およびそれと同様な形で利用できる石油代替エネルギーを産業部門や輸送部門へなるべくまわし、電力の供給は原子力を中心とし石炭、LNGなどで補っていく必要がある。

現在、エネルギー需給計算のベースにしている経済規模は「エネ調見通し」に近いものとその延長であるが、この水準の経済規模と長期的、超長期的な石油の供給低下を前提にした場合には、表2-2、表2-3にみられるように石炭、LNG、新エネルギーを大量に必要するため、どのようなエネルギー供給構造を設定するにせよ、その現実性にはかなり問題があるとの見方もできる。それゆえ、より重要なことはエネルギー供給シナリオを変化させた場合のインパクト以前の問題として、第1章に述べたエネルギー供給と経済成長の関係という基本的な問題が再び浮び上ってくる。¹⁾

1) 表2-6に示すシナリオを主として発電用燃料の変化の範囲内にとどめたのはこのような理由による。

第3章 エネルギー供給構造の変化による影響

以上述べてきたようにエネルギーの高価格化、量的な制約はエネルギー需給構造を変化させ、その結果として産業活動や日常生活に様々な影響を与える。表3-1は長期、超長期エネルギー需給の方向や変動要因についてエネルギー供給側も含めて1つの考え方を多少大胆にまとめたものである。全体を資源・国際環境、一次エネルギー供給、二次エネルギー、エネルギー需要部の4つに分け、それらが今後相互に影響を与えながらどのように変化していくかを示したものである。

エネルギー供給構造の変化による産業、輸送、業務、家庭の各部分への影響に対して各部門はおよそつぎのようなステップをふんで対応していくものと考えられる。第1の対応は省エネルギー努力である。現在、我が国では産業部門においてはきわめて熱心な省エネルギー運動が展開されており、単なる節約や精神的対応でない省エネルギーがなされている。¹⁾ 省エネルギー努力は輸送部門や業務部門でもなされているが、家庭部門では住宅用断熱材などむしろ産業側のリードに行なわれている省エネルギー以外については必ずしも熱心とはいえない。²⁾ また、我が国ではもともと家庭部門でのエネルギー消費が欧米にくらべそれほど多くないこともある。

第2の対応は需要部門におけるエネルギー代替である。超長期的に考えた場合には、かなり大幅なエネルギー代替が生ずる可能性もあり、その結果として産業活動や生活は各種の影響を受けることになろう。エネルギー代替のうち最も重要なものは石油から非石油エネルギーへの代替であるが、それには石油→LNG（都市ガス）、石油→石炭（ガス化、液化も含む）、石油→電力という3つの方向がある。我が国全体のエネルギー需給バランスから、産業部門における重油や

1) 現在の省エネルギー投資の回収期間はほぼ2年以下であり、今後もさらに進む余地は残されているといわれている。

2) 最近エネルギー価格が急上昇しているが、日常我々が使用する電力、都市ガス、灯油などはその効用に比べれば、まだ安いと見ることもできるし、その価格上昇も所得の伸びによってかなり相殺されている。

民生部門における灯油、重油を他のエネルギーに転換させなければならないという事態も生じうるであろう。¹⁾ その一つの例としては産業用重油の代替エネルギーとしてのLNG、液化石炭、ガス化石炭、COM、一般炭そのものの利用、暖房を電気によって行うヒートポンプなどが考えられる。石油を原料として用いる石油化学や輸送用の石油を他のエネルギーに変えるのは容易ではない。

今後のエネルギー供給構造の変化は前節で述べたように石油供給減に対応するための石炭、LNG、原子力、新エネルギーの大幅導入という方向に進む可能性が高いが、このことによって電力部門は大きな影響を受けることになろう。というのはこれらの石油代替エネルギーは電力の形でしか供給できないか、もしくは発電用燃料として使用するのに適しているエネルギーが多いからである。長期契約と大型で高コストな設備を必要とするLNG、石炭は都市ガス部門および一部の産業部門を除けばその導入はけっして容易ではない。原子力はその熱エネルギーの直接利用も考えられているが、基本は電力供給用である。石炭の液化、ガス化が低コストで行なえ、それらが石油なみの価格で供給されるようにならなければ、LNG、石炭、原子力、新エネルギーのかなりの部分は電力用燃料として使用せざるを得ない。

このようなエネルギー供給構造の変化に対応するためには、エネルギー需要部門では従来石油に依存していたものをなるべく原子力による供給を中心とする電気に代替させる必要が生じよう。もちろんごく一部を除けば従来石油を使用していたボイラーや工業炉で電気を使用することは考えられないので、たとえば、中長期的には上に述べた暖房用ヒートポンプの大幅導入、超長期的には電気自動車の導入などが考えられる。

もちろん、これとは逆の現象が生ずるという見方もある。現在、最終エネルギー需要の中に占める電力の比率は増大しつつあるが、一方では原子力発電を始めとして電源立地が順調に進んでいないという事実があり、電力の需給がバランスしなくなる可能性があるという考え方である。

前者はエネルギー需給バランスに中心をおいた考え方であり、後者は立地を中

1) 第2章で述べた基準ケースではこのことが行われている。

表3-1 長期・超長期のエネルギー需給の方向、変動要因

資源・国際環境	一次エネルギー供給	二次エネルギー	エネルギー需要部門(経済・社会)
<p>エネルギー資源国</p> <ul style="list-style-type: none"> 石油生産力を抑制し、石油資源保護政策を高めていく。生産力の抑制に対応し価格を上昇させる。 産油国内の政情不安の可能性が高まるとともに産油国間の対立も明確になっていく。 石油製品輸出を増大させる。 国際石油市場におけるメジャーの力は低下していくが依然として強大である。 	<p>原油</p> <ul style="list-style-type: none"> 価格は上昇を続ける。超長期的には資源的要因で供給が低下していく。 石油供給の不安定は増大していく可能性が高い。 産油国からの直接販売ルートによる比率が高まっていく。 自由世界のエネルギー供給に占める石油の割合は1/3以下になるとともに減少をつづける。 	<p>石油製品</p> <ul style="list-style-type: none"> 2,000年頃までは、石油は依然として我が国の最も重要なエネルギー源として経済活動の基礎をなすが、超長期的にはかなりウェイトがさがっていく。 経済構造を省石油型、脱石油型としていくことが必要で、石油を非石油エネルギーで代替しうる部門では積極的に代替エネルギーへの転換が必要となる。 石油産業は縮小していく。 石油製品の需要は軽質化していく。ガソリン軽A重油のシェアが増加する。 	<p>産業</p> <ul style="list-style-type: none"> 省石油が進み、一部の部門では脱石油化の方向に向う。 脱石油が進み、石油の産業間配分が問題になる。 省電力努力がなされるが全体としては生産物の高度化、公害防止、自動制御機器の発達などによって増電力の方向に向う。 アルミ、鉄鋼などエネルギー多消費産業の伸びが小さくなる。 セメント部門その他では一般炭の利用が行なわれる。 LNG、液化石炭、ガス化石炭が石油の代替エネルギーとしてかなり使用される。
<p>先進国</p> <ul style="list-style-type: none"> 先進国の経済の伸びは停滞する。工業はより加工度の高い製品の生産へと移行していく。 エネルギーの国際的配分がますます問題になっていく。 省エネルギー・脱石油化が進む。 スタグフレーションが続く。 北米・ヨーロッパの地位が低下するとともに計画経済諸国の地位が高まる。 	<p>石炭</p> <ul style="list-style-type: none"> 資源量からいえば石油の量も重要な代替エネルギーとなっていく可能性が高い。 国内炭の生産増は労働者の不足、炭鉱条件の悪化から望めない。 石炭のガス化、液化技術が実用化する。 港湾設備、貯炭場、公害防止設備、灰捨場のための膨大な投資が必要になる。 石炭火力反対運動が高まっていく。 	<p>電力</p> <ul style="list-style-type: none"> 石油の代替エネルギーとしての原子力、LNG石炭の導入は長期的には電力部門が中心となるが超長期的には一般産業にもかなり及ぶ。 冷房の普及その他によって負荷率が低下傾向を示す。ヒートポンプの導入は負荷率を高める方向に作用する。 石油火力の比率は低下し原子力、石炭火力、LNG火力の比率が高まる。超長期的には石油火力はなくなる。石炭ガス化火力、石炭液化火力、COM火力などが現われる。 最終エネルギーに占める電力の割合は一貫して増加する。 燃料電池などによる小規模分散発電が行なわれる。 	<p>輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> 輸送機械の省エネルギー化が進むが、自動車は交通混雑のためにエネルギー原単位は下らない。 一部でアルコール、電気自動車を使用される。 自家用車台数の伸びは低下していく。 公共交通機関がみなおされる。
<p>中・後進国</p> <ul style="list-style-type: none"> 後進国の経済規模は先進国以上の速さで伸びるとともにエネルギー消費量が拡大し、先進国のエネルギー輸入量に影響を与える。 中進国の工業化が進みエネルギー消費量が増大する。 後進国では債務残高の増加が続き、国際経済上の大きな問題となる。 	<p>LNG</p> <ul style="list-style-type: none"> LNGの導入は我が国の一次エネルギー源の分散化に役立っていく。 タンカー、受入基地などに多くの資金を要する。 LNGパイプライン建設が社会的問題となる。 LNGをメタノール化して輸入する可能性がある。 	<p>都市ガス(ガス)</p> <ul style="list-style-type: none"> 原料構成のうちLNGの比率が高まる。 ガス化石炭の利用がなされる。 石油代替エネルギーとしてのガスの需要が増大する。産業・業務用需要が増加する。民生用エネルギーとしての地位も高まる。 	<p>業務</p> <ul style="list-style-type: none"> 省エネルギー努力がなされるが、地方の事務所、店舗の近代化により床面積当りのエネルギー原単位は上昇する可能性がある。 暖房用にヒートポンプが使用されていく。
	<p>原子力</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子力発電所の建設は地域住民の反対や安全性の不安その他のために順調には進まないが、石油の代替エネルギーとしてますますその必要性は高まる。 一次エネルギーに占める原子力の割合は高まり、発電用燃料に占める割合は50%をこえる。 核融合の実用化はまだなされない可能性が高い。 原子力開発のための設備投資が著しく増大する。 原子力規模の増大とともに再処理、廃棄物処理処分が大きな問題となっていく。 発電用燃料の脱石油化が進むため原子力発電所の建設が順調でないで電力供給不足の可能性が生ずる。 	<p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 小規模分散型火力による熱併給が利用される。 	<p>家庭</p> <ul style="list-style-type: none"> 暖房用にヒートポンプがかなり使用されるようになっていく。 最終エネルギー消費に占める家庭部門のシェアは上昇の後下降する。 一世帯当りの電力消費量が増大していく。 断熱材の普及が進む。 ソーラハウスが一部で利用される。 太陽熱給湯はかなり普及していく。
	<p>新エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽エネルギーの導入はコスト高のため部分的にしか行なわれない可能性が高い。 水素エネルギー利用の可能性はあまり高くない。 バイオマスエネルギーの可能性については未知の要素が高い。 タールサンド・オイルシェールの利用可能性がでてくる。 		

注 1) ここに示されている項目は必ずしも全面的に整合とされているものではない。
 2) ○印は長期(現在~2000年前後)、●印は超長期(2000年前後~2020年前後)を表わす。●は共通。

心にした見方であり、どちらが正しいかは速断できないが、石油の代替エネルギーの導入が非電力部門で順調に導入されず、かつ電力部門でも立地がネックになって導入が期待されているほど進まないという好ましくない事態も生じうる。

実際の各産業部門や民生部門等におけるエネルギー配分とエネルギー需要の水準は価格の上昇の中で基本的には市場メカニズムを通して行なわれることになろうが、その背景にはエネルギー需給の量的制約が大きく作用する可能性があり、一部の部門では量的バランスのために必然的にエネルギー代替が必要になるかもしれない。

エネルギーの量的不足、その結果としての高価格に対する産業その他の第3の対応はその部門の相対的な縮小である。企業はエネルギーの高価格に対してまず省エネルギーで対応し、つぎにより低価格なエネルギーへシフトしようとするが、各エネルギーには量的な限界もあり、また連動して高価格化する傾向があるので、このような対応にも限界があろう。

特にエネルギー多消費部門において使用エネルギーが高価格化すれば、利潤率が低下するので、資本は利潤率の低い部門から他の部門へ移動していく。

このときの問題はその産業の生産物たる財貨とサービスが国の経済にとってどの程度本質的に必要なものかということである。

たとえば、最近、エネルギーの生産額に生める割合はどの部門でも急速に上昇しているが、輸送部門などはエネルギーが高価格化して輸送コストが上昇しても他の代替物があまり考えられないので前述のメカニズムはあまり強くは働かない。しかし、アルミ産業や石油化学、鉄鋼等は輸入製品あるいは他の製品との競争力の低下、外国における輸出競争力の低下によって今後ますますエネルギー高価格の影響を受けていくことになる。

以下では、このようなエネルギーの高価格化と供給力不安定性に対する対応としてすでになされている省エネルギーやエネルギー代替についてみてみよう。

産業部門の省エネルギーについては数多くの分析がなされているので¹⁾ここで

1) 日本エネルギー経済研究所：わが国における省エネルギーの現状と今後の可能性について
1979年など多数の文献が知られている。

改めてふれる必要はほとんどないが、最近の重油や電力の価格上昇に対応する各産業はかなり柔軟に適應している。

アルミ業界は国際競争力を失っている一部の国内精錬所を廃棄・凍結する一方、炉の大型化などによってここ4年程の間にアルミの電力原単位を3～4%低下させたといわれるし、セメント業界や鉄鋼業界でも省電力、その他の対応を行っている。

また、セメント工業でキルン用の重油を一般炭に切り換え始めており、ある意味では現在のところ一般炭の導入に最も熱心な産業である。「エネルギー源多様化研究会」¹⁾の調査によれば、石炭の利用が経済的に有利であれば6割程度まで転換できるといわれている。重油から石炭への転換が経済的に可能なのは燃成用燃料の場合はカロリー当たりの石炭価格が重油の70%以下になる場合とされている。

セメント工業が他の部門と異なり石炭への再転換が可能なのはセメントの燃成プロセスでは燃料中に硫黄分があまり問題にならないこと（燃料中の硫黄が石灰と結合して石膏となる脱硫機能がある）、NSPキルンの利用によって窒素酸化物に対する規制に対処できるなどの技術的理由が存在する。¹⁾

昭和52年度における重油原単位はセメント1t当たり95tであり、仮に2000年におけるセメント生産量が1.9億t（昭和50年の2.9倍）とし、6割程度の重油を一般炭にふりかえるものとすれば、その量は輸入炭換算で1700万tに達する。

石油の一般炭へのふりかえは紙パルプ部門に関しても検討されている。同産業では相当数の石炭ボイラーが現在しており、一般炭の転換の可能性は重油の30～40%あるとされているが、技術面、経済面に問題があり、業界全体は消極的である。²⁾

また鉄鋼部門では急速に高価格しつつある石油事情に対応し、高炉ふきこみ用の重油を減らすためにコークス比の増大をはかっている。石油化学工業が石炭を

1) 一般炭プロジェクト&利用技術、プロジェクトニュース社、1979年。

2) 昭和54年11月24日 日経新聞

再び利用する可能性は少ないとされている。

一般産業における一般炭の再利用可能性についてはつぎのような見解がひとつの妥当な線であろう。¹⁾

石炭は他のエネルギーと比較してエネルギーそのものの価格は相対的に安いが、設備が割高であり、排煙処理と灰捨に一定の困難がある。また既存のボイラーを石炭用に転換するのは技術的に困難であり、新設ボイラーに関しても一般産業用ボイラーの場合は相対的に小型であるため建設費が石油に較べ2倍も高く、石油と石炭の価格差が少なくとも現状（昭和56年時点）程度で進むとすればボイラー燃料を石炭に切り換えるのはむずかしく、一般産業への石炭の導入は特定の用途に限られるであろう。またボイラー以外の工業炉に関してはその用途、形態が多岐にわたっており、個別に検討せずには石炭の導入を明らかにすることはできないが、導入の可能性は一般には高くはない。

石炭の導入は中長期的には石炭火力が中心であり、超長期的にはガス化、液化もかなり導入されるものと思われるが、以上のような一般産業における石炭の直接利用も脱石油化の一環として重要である。

石油から非石油エネルギーへの代替努力は必ずしも大企業レベルだけでなく、中小企業レベルでもかなりなされようとしている。たとえば石油の価格上昇、量的な不足に対応するため、今まで灯油、重油などを使用してきた繊維関連の企業、金属熱処理、メッキ、ガラス、食品の各業界では代替エネルギーとしての都市ガスの導入をはかっている。これは一時的に石油と都市ガスの価格差が縮小したことや燃焼操作、設備管理、省力化、公害対策メリットがあるためであるが、長期的にみた場合、石油の供給は伸び悩むか低減し、LNGの導入が大幅になされる方向にあることを考えればこれは一つの自然な方向であろう。²⁾

灯油、重油から都市ガスへの転換は商業ビル、ホテル、事務所ビル、スーパーなどでもかなり活発になっている。

また自動車の部品メーカー等における重灯油炉から供給安定度の高い電力、

1) 石炭、LNG導入の長期戦略、総合研究開発機構、昭和54年8月

2) 日経新聞、昭和54年8月1日

LPGを燃料源とする電気炉，LPG炉への移行の動きなどもあげることができる。

以上はいわば短中期的なエネルギー代替であるがより重要なものは長期もしくは超長期的なエネルギー代替であり，これには多くの重要な問題が含まれているエネルギーの量的不足，価格上昇によってどのようなエネルギー利用構造の変化が起こり，その結果として産業構造および生活形態にどのような影響があらわれるかが問題である。現在段階でこれに対する正確な予測を行うことはほとんど不可能であるが，ほぼつぎの形に要約できるものと思われる。

長期・超長期的には石油の供給が低減してゆき，石油から非石油エネルギーへの代替はまず最初は電力部門と一部の産業を中心に行なわれる。その結果，石油火力の割合は2000年を超えると大幅に減少し，原子力，LNG火力，石炭火力（あるいは新燃料油による火力など）が増加する。このプロセスで原子力は我が国にとってかなり重要な一次エネルギー供給源となり，その水準が直接間接にエネルギー需給構造に影響する。

しかし超長期的にエネルギー供給構造の変化を考えた場合，電力部門と一部の産業のエネルギー利用構造の転換では石油の減少分を補うことができないことは3.2でみたとおりである。以下，各部門において考えられるエネルギー代替の方向について述べよう。

まず最初に産業部門についてであるが，基本的には省石油，脱石油，増電力の方向に進むものと思われる。脱石油のうち最も手近なものは前述の現在進められている石炭の再利用である。しかし貯炭場，灰捨場，公害防止などからもたらされる制約によって石炭の大幅な再導入はむずかしいものと考えられている。その次の手段として残されているものはLNGの利用，ガス化石炭，液化石炭その他の利用である。LNGはパイプラインやホルダーの建設に様々な障害があるが，LNGそのものの供給の大幅な増加がみこまれるならば，産業部門ではかなり利用されることも考えられる。特に都市ガス配管網が存在する都市地域の中小工場では灯油，重油の代替エネルギーとして都市ガス（LNG）がかなり重要なものになっていく。LNGのパイプラインそのものが建設可能であれば大型工場への供給も可能であり，今後ガス事業（必ずしも現在の都市ガス事業をさすわけでは

ない)は超長期的にはかなり拡大する可能性がある。

もともとパイプラインのない我が国では石炭ガス化は石炭液化より相対的に技術が容易であること以外にあまり大きなメリットがないが、石炭からの液化油については輸送や貯蔵が簡単なため、石油の価格上昇と液化コストの低下によって石油と競争しうるようになれば、産業部門における最も重要な石油の代替エネルギーとなりうる。液化油あるいはそれを精製した合成石油は石油と同様に海外から輸入されることになろうが、現在のところその技術やコストについては不確定の要素が多い。

第2に輸送部門については、超長期的にみた場合、エネルギー需要以前に輸送需要の将来動向をどうみつめるかという問題がある。輸送は産業活動と生活の基盤的要素の1つであり、エネルギー価格上昇の波及効果として輸送サービスの価格が上昇しても、直ちにすべての輸送需要が大幅に落ち込むという性格のものではない。

輸送需要には人間の経済社会活動上、必要不可欠な部分とレジャー的性格なものに分けて考える必要がある。自家用乗用車による輸送需要の一部は後者の典型であり、ガソリン価格の上昇が生じればその影響を受けよう。

鉄道、トラック、船舶による輸送需要は基本的には産業活動の水準の伸びに従って拡大していくものと思われるが、超長期的には全体的な輸送距離を小さくするよう産業を配置することによって、エネルギー使用効率を高めることも必要である。

我が国の輸送の一つの特質は、狭い国土に高密度の産業と人口をかかえているために、大都市地域の自動車による道路混雑にみられるごとく物理的要因によって輸送の限界が生じ、またエネルギー利用効率を低めている点である。自動車輸送は騒音、大気汚染などの公害からの制約もあり、今後も今までのように伸びていくとはかぎらない。

ガソリン、軽油、重油のように可搬性と貯蔵性に優れた液体燃料は輸送機関にとって不可欠のエネルギー源であり、石油の供給力が低下しても輸送部門における石油は確保されねばならない。アルコールや電気自動車の利用も考えられているが、両者とも当分あまり大きな割合を占めることはないものと考えられる。輸

送部門に対する石油の供給が不十分になり、石炭その他から作る合成燃料の供給も不十分とすれば、流通部門は大きな影響を受けることになり、産業活動にも多大の影響が現われるので、輸送部門に対する石油は最も優先される必要がある。

第3に業務部門では長期あるいは超長期的にどのような影響が現われるであろうか。業務でのエネルギーは冷暖房、動力、照明などに使用されており、暖房と一部の業務に石油・都市ガスが、残りは電力が使用されている。石油の量的な不足に対しては暖房を電気によるヒートポンプにおきかえることによって、業務部門ではその使用エネルギーの大半を電力にすることが原理的に可能である。

第4に家庭部門についてはつぎのような点が考えられる。

現在の我が国の一人当りの家庭用エネルギー需要はOECD統計（1976年）によれば、米国の3割、西ドイツ、カナダの4割、イギリス、フランスの5割であり、今後我が国の家庭用のエネルギー需要の全最終エネルギー需要に占める割合は上昇していくものとされているが、超長期的にみた場合に必ずしもそのことが妥当といえない面があることはすでに述べた。

家庭用エネルギーの用途別構成は現在で暖房31%、冷房1%、給湯37%、その他32%程度であると考えられている。¹⁾冷暖房およびその他の中に含まれている冷蔵庫用電力等は住宅床面積に制約されるが、これは我が国の場合、土地の不足や著しい高価格化によって大幅な拡大は見込めない上、気候が比較的温暖であり、さらに近年急速に断熱材が普及し始めていることを考慮すれば、冷暖房その他のエネルギーの使用が今後のGNPや個人消費支出に比例して伸びると思えない。²⁾

家庭用エネルギーのなかで重要なものは給湯用エネルギーであるが、そのうちかなりの部分は入浴用が占めており、生活の向上にともなって給湯用エネルギーは上昇することは当然であるが、あまり大幅な上昇はないかもしれない。

さらにエネルギー供給量の制約や価格上昇がともなえば、超長期的には全最終

1) エネルギー需要の価格、所得弾力性に関する計量経済的研究、日本エネルギー経済研究所、昭和54年9月。

2) もっとも支出に占める光熱費の割合はかなり安定しているが、超長期的には不確定の要素が多い。

エネルギーに占める家庭用エネルギーの割合は上昇の後、下降するという可能性も高い。家庭用のエネルギーには産業部門と異なり（産業部門では生産額が増大すれば通常はエネルギー消費も増える）ある程度の弾力性があるとみてよいであろう。ただし都市と農村、所得階級の上の人々と下の人々の間におけるエネルギー消費水準の格差の縮小による増加は全体的なエネルギー使用量増加の重要な要因である。

超長期的に生ずる家庭用のエネルギー消費形態の変化の中で重要な点の1つは、エネルギー供給側と需要側の双方から生じる電力への指向である。石油の供給が不十分になり、その代替エネルギーとしてのLNG、石炭の高カロリーガス化（都市ガス）あるいは石炭の液化も不足ぎみである場合には暖房用には大幅にヒートポンプが採用されるようになるだろう。また生活向上にともなって電気製品が大型化、多様化していくことになるだろう。

ソーラーハウスなど太陽エネルギーの利用も一つの重要な家庭用エネルギーであるが、当分はかなり高く相当な政策的援助なしにはその利用は望めない。素朴な判断からいえば現在段階のソーラーハウスは、個人の住宅にとっては多少ふつり合いな「機械装置」であり、当面利用が考えられるのは太陽熱給湯にとどまるとみてよいであろう。

我が国全体のエネルギー需給関係の変化によって家庭部門におけるエネルギー使用形態が変化した場合に、生活形態への影響はエネルギー供給水準によって異なり一概にはいえないが、現在進行中のエネルギー高価格や前述の理由によって家庭用のエネルギーはしだいに伸びを落とし天井に近づいていくものと思われる。

以上述べてきたような将来のエネルギー需給構造の変化に対して経済および社会がどのように対応していくかは最も重要な点であろう。経済および社会のもつ巨大な慣性は部分的な技術上の変化や経済の変化では簡単には動かされないが、エネルギーという経済活動にとって最も重要な要素の1つが大きく変化すれば、最終的には経済構造ばかりでなく人々の価値観まで影響を与えることになるだろう。