

対策の節約量を合計したもの)。

既存の工場における第1, 2, および3のカテゴリーの対策による省エネルギーの技術的ポテンシャルは, 以上のように226~246Mcalと推定されるので, 仮りに1999年における新規工場のエネルギー消費原単位を900Mcal/t-clとすれば, 同年におけるイランのセメント産業全体のエネルギー消費原単位は928~938Mcalとなる。したがって, イランのセメント産業におけるエネルギー消費原単位は, 技術的には今後5年間に22~23%の改善をみる事が可能である, といえる。

5.2.1.3 板ガラス製造業

(i) エネルギー消費の現状

a) 板ガラス需給

イランにおける板ガラス(住宅用の他, ビル用, 自動車用を含む)の需要は年間20万トン余りで, うち約4分の3に当たる16万トンが国内で生産されている。従って, 輸入量は4~5万トンと推定される。

b) 板ガラス生産

イランには4つの板ガラス生産会社(各1工場)がある。うち Ghazvin Glassが最大で, 年間12万トンの製造能力をもち, 同じく10万トンの Abguineh Glassがそれに続いている(下表参照)。

	製造能力	製造ライン
Ghazvin Glass	120,000 トン/年	4
Abguineh Glass	100,000	3
Saveh Jam Glass	70,000	1
Iran Glass	20,000	1
計	310,000	

c) 板ガラス製造業におけるエネルギー消費

板ガラスの製造工程は, 図5.4にみられるように, 原料の調合に始まり, 溶解~清澄, 成型, 徐冷, 切断の各段階を経て, 製品に至るというものである。

まず, 調合の工程では, けい砂, ソーダ灰, 石灰石, 苦灰石などの主原料が調合され, それにガラス屑(カレット)が配合される。次に, このように調合された原料は投入口から窯槽(スマルティング・ファーネス)に送り込まれて熱せられ, 1,500~1,600°Cの高温で溶解

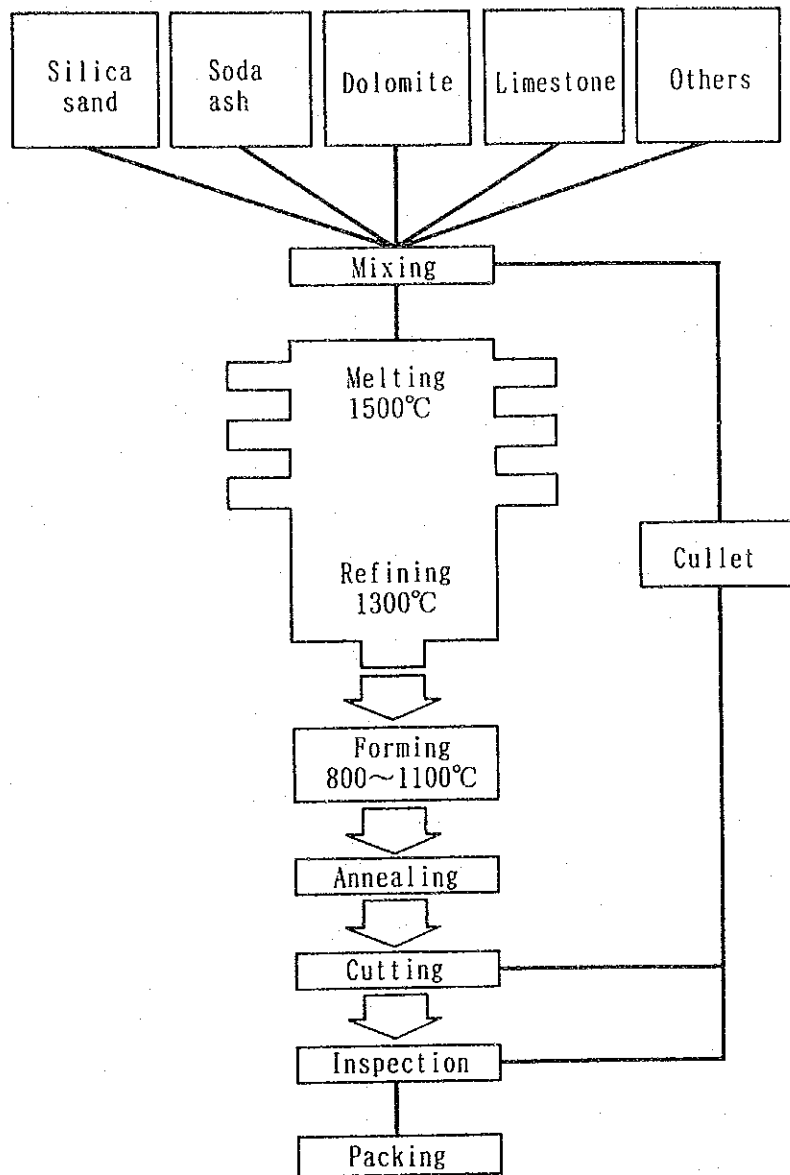


Fig. 5.4 Production Process of Sheet Glass

されてガラス化し、次第に澄み切った均質のガラス素地となる。

さらに、成型工程では、この素地を成型に適した粘度になるまで温度操作し、板状のものに作りあげる。この方法は種々あるが（図5.5参照）、われわれが訪問したGhazvin, Abguinehの両ガラス会社では、コルバーン法が用いられていた。こうして板状になったガラスは徐冷の工程に入り、残留ひずみを取去るように十分徐冷された後、洗浄、乾燥し、所定の寸法に切断されて、製品となる。

次に、各工程におけるエネルギー消費をみてみよう。まず、調合工程においては、原料粉碎、調合および輸送に電力が用いられる。溶解工程においては、上述のような高温をもたらすために重油、天然ガスなどが用いられる。

成型、徐冷の工程では、ライン運転用として電力が用いられ、徐冷用にはLPG、天然ガスなどが用いられる。上記2工場では天然ガスが用いられていた。また、Ghazvin Glassでは、近い将来、第5番目の生産ラインとしてフロート法にもとづくラインを導入する計画をもっているが、それが実現すると、フロート・バス（溶融した金属の上に溶融したガラスを浮かべて成型する工程）において熱源用に電力が使われることになる。最後に、切断、包装の工程では、ライン運転用に電力が用いられる。

ガラス工場におけるエネルギー消費を工程別にみると、上述のように1,500~1,600°Cの高温で原料を溶融する工程が工場全体の熱エネルギー消費の約90%を占めている。全体として、電気エネルギーの消費量は小さく、日本の例をみると、それは熱エネルギー消費の5~7%程度にすぎない。

d) 板ガラス製造業におけるエネルギー消費原単位

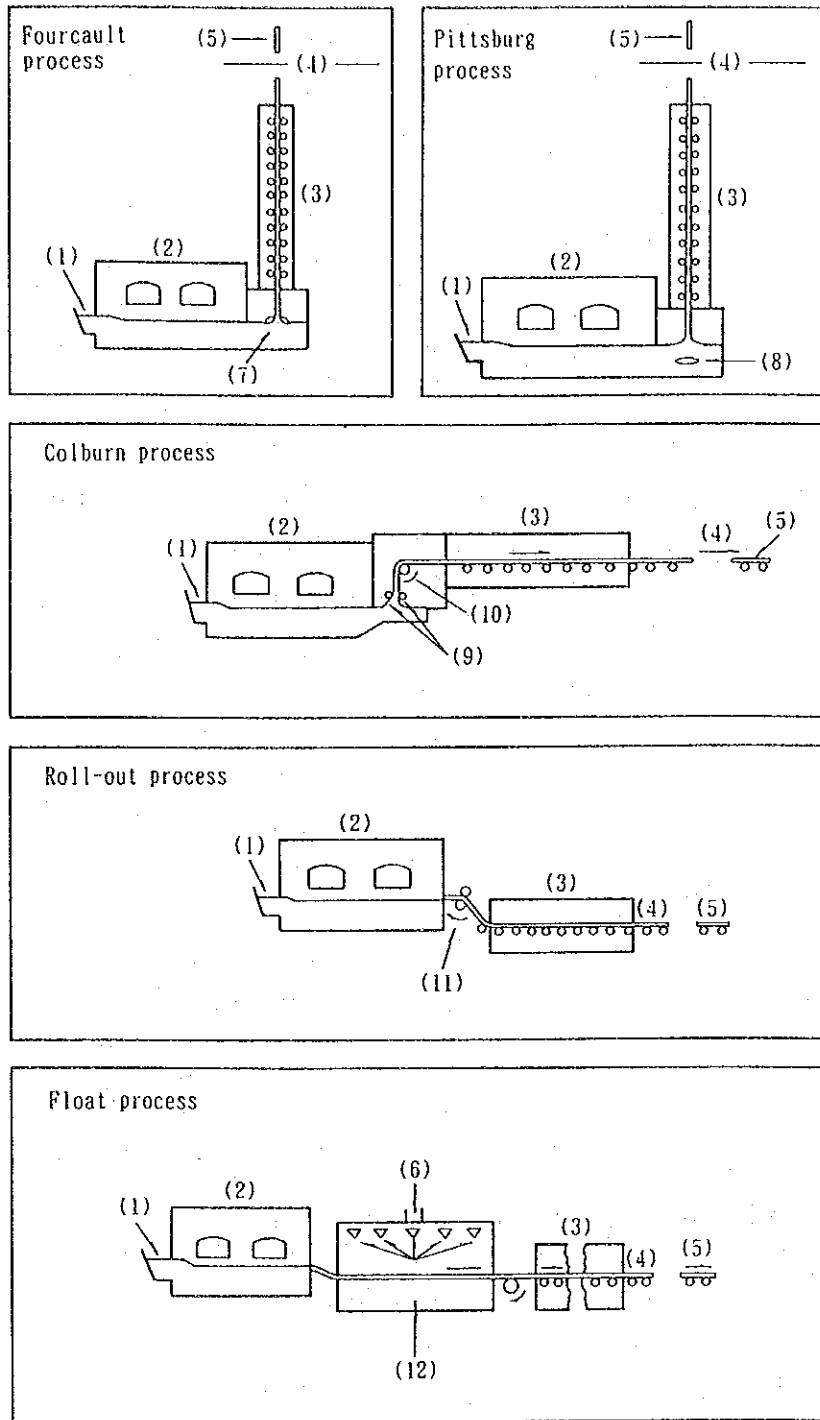
われわれが訪問した2工場では、エネルギー消費全体については、十分に信頼しうるデータが得られなかった。但し、燃料消費については、最近時点での消費量の数字を与えられたので、それらをもとに試算すると、製造されるガラス1トン当りの燃料消費はGhazvinでは約5,300Mcal、Abguinehでは約3,900Mcalになる。前者は1日当りの消費量、後者は1993年4月の消費量をそれぞれもとに試算したものである。

なお、日本のガラス製造業における燃料消費は2,930Mcal/tであり（1990年）、上記の数字が実態を反映しているとする、両者とも日本の水準を大幅に上回っていることになる。

(i) 板ガラス製造業における省エネルギー対策

a) 第1のカテゴリーの省エネルギー対策

第1のカテゴリーの省エネルギー対策としては、セメント製造業と同様、漏れの防止、燃焼管理が主要なものであろう。より具体的には、次のような対策をとることが勧められる。



- | | |
|-----------------------|-------------------|
| (1) Materials | (7) Debiteuse |
| (2) Melting furnace | (8) Draw bar |
| (3) Annealing furnace | (9) Knurl roll |
| (4) Cutting | (10) Bending roll |
| (5) Product | (11) Mold roll |
| (6) Float bath | (12) Molten metal |

Fig. 5.5 Various Processes for Manufacturing Sheet Glass

- (1) 溶融炉の炉壁の補修
- (2) 溶融炉の空気比の適正化
- (3) 原料, その他の飛散防止
- (4) 破損ガラス量の削減

b) 第2のカテゴリーの省エネルギー対策

このカテゴリーに属する主な省エネルギー対策としては、溶融炉を中心として、次の4つがあげられる。

(1) 断熱の強化

ガラス製造業においては、炉材補修費が大きいことから、炉材の寿命を出来る限り伸ばそうとして、炉壁の断熱を行わないことが多い。事実、Ghazvin Glassでは、炉壁に使われているレンガは輸入品で高価であるから、それらの寿命を延ばすことがエネルギーの節約よりも重要である、という趣旨の説明があった。しかし、追加的に一層だけの耐火レンガを設置する、というような“簡単な”断熱強化であっても、省エネルギーのためには望ましい対策である、といえる。

(2) 排熱回収措置

溶融炉は高温に加熱され、高温の排ガスを発生するので、通常、その排熱は2次空気の予熱用に回収され、排熱回収装置としては、リジェネレーターやリキュペレーターが用いられる。しかし、イランのガラス工場においては、これらの装置をつけていない溶融炉が見受けられた。そこで、これらの装置の設置が排熱回収のためには望ましい。さらに、排熱利用の発電も望ましい対策である。

(3) 空気比引下げのためのコンピューター利用

調査チームは、いくつかの溶融炉が過剰空気の下で運転されているのを観察した。空気量をより正確に調整するために、コンピューターを使用することが望ましい。

(4) カレット利用の拡大

製品の品質を悪化させないという前提で、原料としてのカレットおよび石灰石の使用量をふやすことは、溶融用のエネルギー消費の削減につながる (Abguineh Glass社のいくつかの炉では、この方法がすでに導入されていた)。

c) 第3のカテゴリーの省エネルギー対策

(1) 断熱対策を施した溶融炉の導入

既存の溶融炉のスクラップ時に、3~4層のレンガを設置した、より断熱度の進んだ炉を導入することが望ましい。

(2) 効率のよいリジェネレーターなどの導入

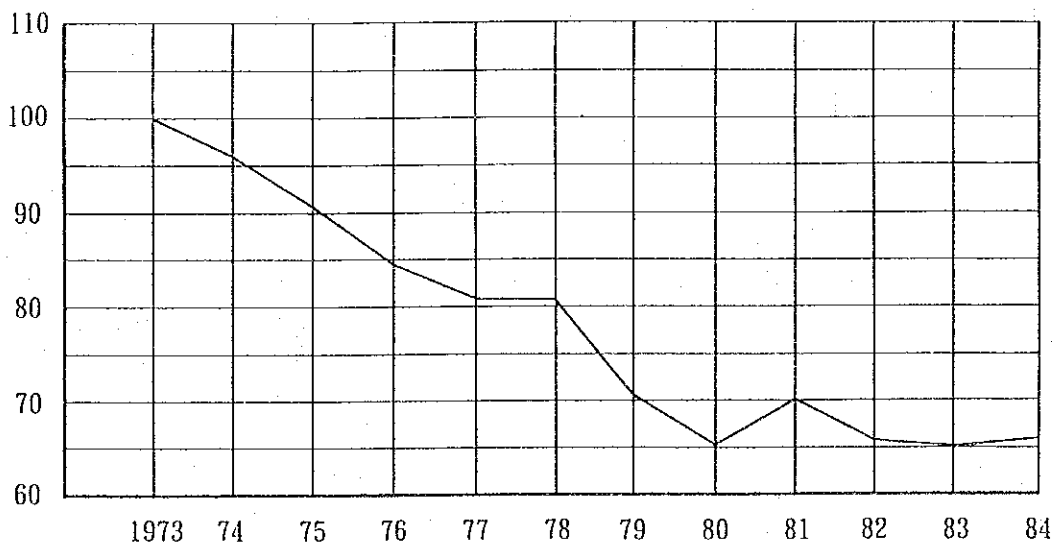
また、既存の炉をリプレースする時には、新規の炉により効率のよいリジェネレーターなどを設置することが望ましい。

(iii) 省エネルギーの技術的ポテンシャル

上記(ii) - a) に示したカテゴリー1の省エネルギー対策それぞれについて、板ガラス製造業における省エネルギーのポテンシャルがどれだけの大きさになるか、に関する推定は、残念ながら、いまだ行われていない。そこで、以下の経験に照らして、カテゴリー1の対策による省エネルギーのポテンシャルは少なくとも約5%である（恐らくもっとずっと大きい）、と想定した。

第1に、日本における板ガラス1トン当りの燃料消費は、1973年の「第1次石油危機」後の2年間に約10%、また4年間に約20%削減されている（図5.6）。この短期間にとられた対策は主としてカテゴリー1に属するものであって、それらによって上記の削減量の、それぞれ2分の1、3分の1が削減された、と推定されている。

Fig. 5.6 Trend of Fuel Oil Consumption for Manufacturing Sheet Glass in Japan



(Source) Japan Sheet Glass Association

さらに、日本のあるガラス会社の経験によると、カテゴリー1の対策を採用することによって、東南アジアのある国において、10~20%の省エネルギーが容易に達成される、と推定される。

調査チームが訪問した前記の2工場における燃料消費原単位の平均は約4,500Mcal/tであり、これは日本の板ガラス産業における1973年当時のそれにはほぼ等しい。いまこの原単位が5%削減されるとすると、その量は200~250Mcal/tということになる。

最後に、上述の日本の経験は、第1次石油危機後の2年および5年間に、第2および3のカテゴリーの対策によって、それぞれ約5%および13%の省エネルギーが達成されたことを示している（いずれも、この両期間における全省エネルギー量から第1カテゴリーの対策によるものを除いた数字）。もしもイランの板ガラス産業で10%の省エネが行われるとしたら、その量は400~500Mcal/tということになる。

5.2.1.4 砂糖製造業

(i) 砂糖製造業におけるエネルギー消費の現状

a) 砂糖の需給

イランにおける砂糖の消費量はここ数年、年間100万トンから140万トンの水準で推移している。そのうち半分から6割程度が国内生産によって賄われ、残りが輸入されている。イランからの砂糖輸出は行われていない（表5.8）。

1970年代半ばから現在までの供給面の推移をみると、多少の波はあるものの、最近数年と同じような推移をたどっていることがわかる。このことは、消費の面でも、全体量としては大きな変動がなかったであろうことを推測させる。

b) 砂糖の生産

イランにおける砂糖生産は39の工場によって行われている。後述のように、砂糖の原料にはてん菜 (beet) と甘しゃ (cane) の2つがあるが、イランで数の多いのはてん菜糖 (beet sugar) 工場であり、Khorasan州を中心に35をかぞえる。生産量も全体の約3分の2がてん菜糖によって占められている。これに対して、甘しゃ糖 (cane sugar) 工場はKhuzestan州に2つあるだけである。これらの他に外国から輸入された原糖を精製する精糖工場が2つあるが、われわれが訪問した砂糖工場の1つ、Varamin Sugar Factoryはその2つのうちの1つである。

c) 砂糖工場におけるエネルギー消費

てん菜糖工場と甘しゃ糖工場とでは、砂糖の製造方法に若干の違いがある。後者では、まず前半の過程として原料から原料糖が作られ、それが後半の過程でさらに精製されて精糖とされるが、前者では、通常、原料糖を作らず、純度の高い精製糖が直接作り出される。

てん菜糖の製造では、まず、原料であるてん菜が洗浄され、切り刻まれる。切り刻まれた

Table 5.8 Demand and Supply of Sugar in I.R. Iran

(1,000 ton; crude sugar equivalent)

	Consumption	Production			Import (B)	Supply (A + B)
		Beet	Cane	Total (A)		
1976	—	—	—	(722)	(262)	(984)
1977	—	—	—	(672)	(348)	(1,020)
1978	—	—	—	(580)	(227)	(807)
1979	—	—	—	(593)	(127)	(720)
1980	—	—	—	(595)	(583)	(1,178)
1981	—	—	—	(538)	(667)	(1,205)
1982	—	—	—	(708)	(212)	(920)
1983	—	—	—	(663)	(653)	(1,316)
1984	—	—	—	(633)	(560)	(1,193)
1985	—	—	—	(701)	(573)	(1,274)
1986	—	—	—	(721)	(377)	(1,098)
1987	1,300	464	136	600 (657)	582 (557)	1,182(1,214)
1988	1,150	500	225	725	280	1,005
1989	1,000	460	140	600	381	981
1990	1,200	450	170	620	606	1,226
1991	1,400	—	—	710	672	1,382

(Note) — means "not available".

(Source) An Iranian sugar company for figures in (); Japan's Sugar Refiners Ass. for others.

てん菜は、次のプロセスで温水の中に入れられ、そこで砂糖分の滲出が行われる。

滲出のプロセスで生産された砂糖を含む温水は、次に、石灰を加えて不純物を吸着させ、さらに、炭酸ガスを吹き込むことによって、清浄化される。このプロセスでは、工場によって、イオン交換が行われることもある。

次のプロセスでは、清浄汁が蒸発缶（効用缶）の中で濃縮され、さらに、中を真空状態にした結晶缶の中で濃縮され、やがて飽和状態になったところで、細かく粉状にした砂糖を加えると、それを種子として砂糖の結晶が生じてくる。

含まれている糖分が大部分、結晶になったところで、それを遠心分離機にかけ、まだ不純分を含んでいる残液（糖蜜）を振り分けると、結晶だけがとり出されるが、それを乾燥すると製品になる（図5.7）。

また、滲出プロセスから出てくるパルプは圧縮され、乾燥され — 時には成型されて — 家畜の飼料に利用される。

他方、甘しゅ糖の工場では、原料としての甘しゅは、まず機械で細かく切り刻まれ、次にローラー式の圧搾機にかけられて、汁が搾り出される。また、工場によっては、上述のような滲出プロセスが用いられることもある。

清浄、濃縮、結晶化、分離および乾燥については、基礎的なプロセスはてん菜糖の製造の場合と同じである。しかし、これらのプロセスを経て生産される原糖は、もう一度、上記とほぼ同じプロセスを経て精製され、最終製品になる。

圧搾あるいは滲出のプロセスから出てくる副製品はバガスと呼ばれるが、乾燥後、工場内のボイラーの燃料、あるいは製紙用の原料として用いられる。

てん菜糖工場および甘しゅ糖工場とも、濃縮（効用缶）および結晶（結晶缶）の過程で大量の熱が用いられる。日本最大のてん菜糖工場では、2つのボイラーから発生するプロセス蒸気の55%および35%がそれぞれ効用缶と結晶缶でつかわれている。また、同工場の重油消費の4分の3以上がボイラーによるものである。もう1つ例をあげると、他工場から供給される原糖から最終砂糖製品を生産している日本のある工場では、プロセス蒸気の65~70%が結晶工程でつかわれている、という。

熱はパルプやバガスの乾燥にも用いられている。さらに、砂糖汁を清浄化するための炭酸ガスを石灰キルンで発生させるために、コークスが燃焼されている。但し、コークスは砂糖工場の燃料消費の中では小さな割合しか占めていない（日本では約5%）。

電気は、てん菜糖工場では、てん菜の裁断や滲出後のてん菜の圧縮など、また、甘しゅ糖工場では、甘しゅの裁断、圧搾などに用いられている。さらに、電気はいずれの工場でも、真空ポンプ、分離機、乾燥機の運転にも用いられている。

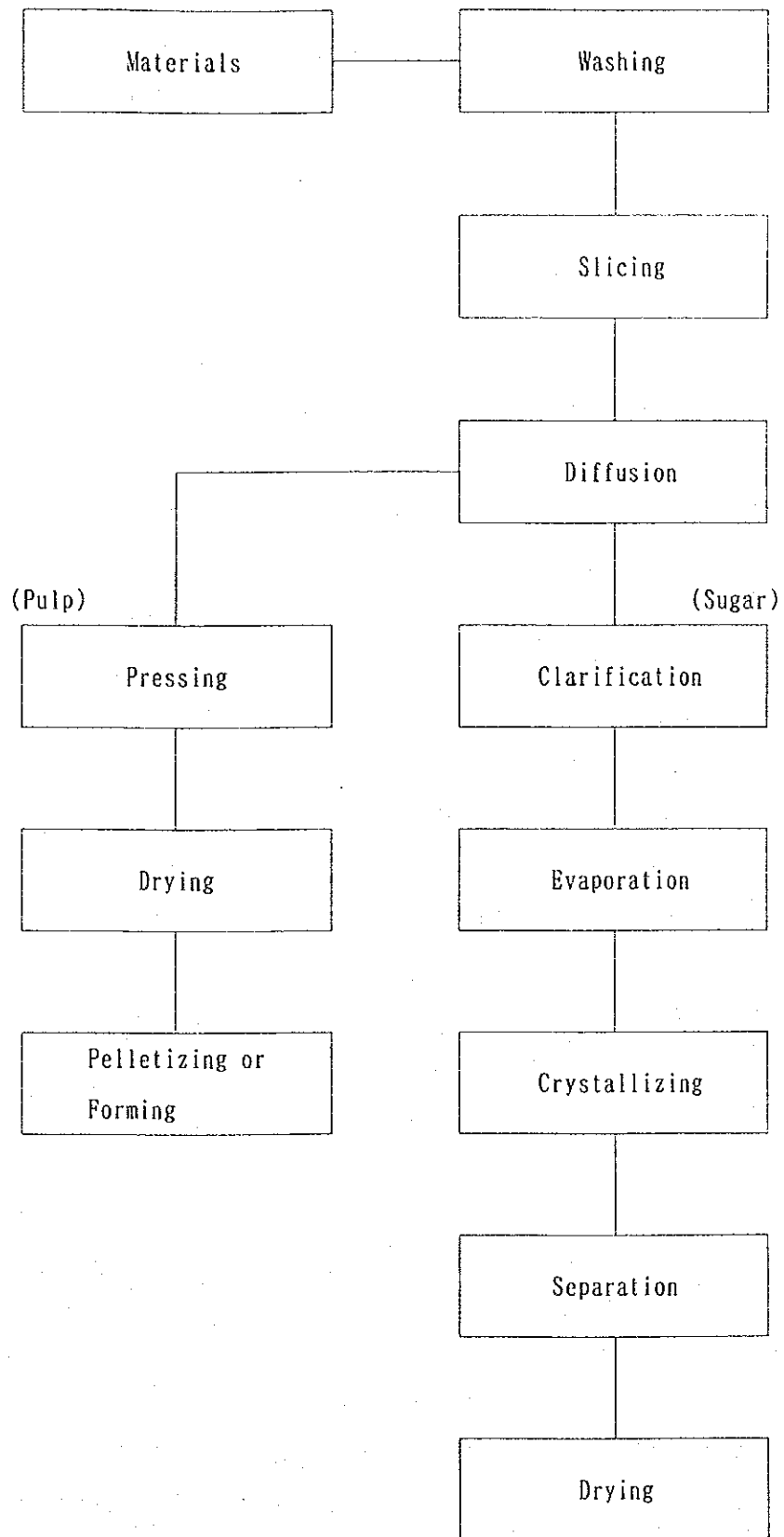


Fig. 5.7 Production Process of Beet Sugar

d) 砂糖製造業におけるエネルギー消費原単位

調査団は3つのてん菜糖工場、1つの甘しゅ糖工場、ならびに1つの製糖工場を訪問した。表5.9の数字は、工場訪問によって得られたデータ、情報を用いて推定されたものである。

Table 5.9 Specific Energy Consumption in Sugar Manufacturing Industry in I.R. Iran

	Fuel* (ℓ/t)	Electricity (Kwh/t)	Remarks
Varamin Sugar Refining	382	301	In 1991. Refining
Haft Tappeh Cane Sugar	750	n. a.	In 1991. Cane sugar
Khorasan Sugar	877	480	In 1992. Beet sugar
Sabet Fariman Sugar	815	n. a.	In 1992. Beet sugar
Torbat-e-Jam Sugar	530	308	In 1992. Beet sugar
Average in Japan	500	250**	In 1990. Cane sugar
Examples in Japan	330~380	170	In 1992. Beet sugar

* Heavy fuel oil equivalent (per ton of refined sugar)

** Estimated

イランのてん菜糖工場における燃料消費原単位は530ℓ-重油/トン-砂糖から880ℓ/トンにわたっているが、日本ではこの数字は330~380ℓ/トンと推定される。電気の消費量は、イランでは310~480kWh/トン-砂糖であるのに対して、日本では、上述の最大のてん菜糖工場の例をとると、170kWh/トン-砂糖にすぎない。

他方、甘しゅ糖製造においては、燃料消費原単位がイランのハフト・タペー工場では750ℓ/トンであるのに対して、日本では約500ℓ/トンと推定される。

これらの比較は、イランの砂糖製造業において大量の省エネルギーが可能であることを示している。

(ii) 砂糖製造業における省エネルギー対策

a) 第1のカテゴリーの省エネルギー対策

前述のように、砂糖の製造過程では、効用缶、結晶缶などで多量の低圧スチームが使用される。そこで、ボイラー、タービン発電機を設置して発電を行い、その排蒸気をこれらの用途に向けることが多い。これらの設備におけるこのカテゴリーの省エネルギー対策としては、次のようなものがあげられる。

- ① 空気比低減によって排ガス損失を削減するための、ボイラーの低 O_2 運転
- ② 蒸気管系、高温ダクト部などの保温の強化
- ③ 蒸気や高温復水の漏れの防止

また、生産設備における対策としては、次のようなものがあげられる。

- ① 結晶缶への差し水量の削減による蒸発水分の削減
- ② てん菜糖工場におけるスライサーの適正な管理（ビートを出来る限り薄く切り刻むことが省エネにつながる）
- ③ 原料や中間製品の飛散および漏れの防止

b) 第2のカテゴリーの省エネルギー対策

まず、ボイラーおよび発電設備については、次のような対策をとることが望ましい。

- ① ボイラー排ガスからの熱回収によって、燃焼用空気の予熱を行ったり、プロセス温水を製造したりする装置を設けること。
- ② 効用缶、結晶缶などスチームを使用する機器からの復水回収装置を設けること。
- ③ ボイラー負荷の平準化のためにスチーム・アキュムレーターを設置すること。
- ④ 燃料、電気などの管理・計測機器を設置すること。

次に、生産設備については、次のような対策をとることが望まれる。

- ⑤ 結晶缶へ投入する前の砂糖汁を事前に濃縮する濃縮缶の設置。
- ⑥ 結晶化を効率的にするために結晶缶の中に攪拌機を設置すること。
- ⑦ 結晶缶の排ベーパーからの熱回収により温水を造り出すための熱交換器の設置。

さらに、電気設備については、セメント製造の項で述べたように、通風機（ブローア）、給排水ポンプなどに回転数制御のためのインバーター・システムを導入することが望ましい、と考えられる。

c) 第3のカテゴリーの省エネルギー対策

われわれが訪問したVaramin Sugar Refining Factoryは建設後60年を経過した古い工場であるが、ここでは、水管ボイラーが運転されており、その効率は60%以下であると推定される。このようなボイラーについては、そのリプレースを検討する必要がある。

また、一般的には、次のような対策が望ましいと考えられる。

- ① てん菜糖工場において、水平式スライサー（裁断機）をドラム式に取り替えること。
- ② 甘しゅ糖工場において、原料の圧搾方式を滲出方式に取り替えること。
- ③ 既存の蒸発缶（効用缶）をより段数の多いものに取り替えること。
- ④ 砂糖汁の加熱器をチューブ式からプレート式へ取り替えること（これによって、より低温の蒸気の利用が可能になる）。
- ⑤ てん菜糖工場において、滲出プロセス後のパルプの圧縮について、例えば堅型ではなく水平型というように、より効率のよい機器に取り替えること。

(iii) 砂糖製造業における省エネルギーの技術的ポテンシャル

すでに(ii) - a) で述べた砂糖製造業におけるカテゴリー1の対策それぞれについて、省エネルギーのポテンシャルに関する推定は行われていない。そこで、本調査で取上げた他の産業の日本における経験を参考にして、カテゴリー1の対策による省エネルギーのポテンシャルはおおまかに約5%と想定する。

また、残念ながら、現時点では、データ、情報の不足から、砂糖製造業におけるカテゴリー2および3の対策による省エネルギーのポテンシャルについては、定量的な推定が行われていない。

5.2.1.5 鉄鋼業

(i) エネルギー消費の現状

a) 鉄鋼製品の需給

イランの鉄鋼製品の消費は、国際鉄鋼協会(IISI)によれば、1991年に740万トンであった(表5.10)。銑鉄の生産は1991年に約200万トンであり、このことはイランにおける鉄鋼消費の4分の1が国内の鉄鋼工場(そこで鉄鉱石から鋼が生産される)によって供給されていることを物語る。

Table 5.10 Demand and Supply of Steel in the Islamic Republic of Iran

(Unit: 1,000 metric tons)

	Production of Pig Iron	Imports of Semi-finished and Finished Steel Products	Consumption of Finished Steel Products
1982	220	3,114	3,577
1983	240	4,392	5,015
1984	250	3,250	3,979
1985	250	4,532	5,249
1986	250	3,036	3,760
1987	250	4,147	4,876
1988	250	3,100	3,953
1989	250	3,600	4,548
1990	1,267	4,900	6,152
1991	1,952	5,500	7,443

(Source) International Iron and Steel Institute, "Steel Statistical Yearbook 1992", 1992

b) 鉄鋼生産

イランで鉄鋼製品を原料である鉄鉱石から作り出している工場はIsfahan, Ahwaz, およびMobarakehの3つである。他に、これら3工場から半製品の供給を受けて製品を作っている製鉄工場はいくつかあるが、鉄鉱石から鉄を作り出す製鉄プロセスが、後述のように、大量にエネルギーを消費するので、本調査では、上記3つの工場を採り上げることとする。

3工場のうち、Isfahanは鉄鉱石を石炭（コークス）によって還元して鉄を作り出す、いわゆる高炉法をとる工場である。それに対して、AhwazおよびMobarakehの2工場は鉄鉱石を天然ガスによって還元して鉄を作り出す、直接還元製鉄法をとる工場である。但し、後者は操業を開始したもの、近い将来フル操業に達する見込みがたっていない。従って、現状では、われわれが現場調査の対象としたIsfahanおよびAhwazの2工場が、イランにおいて鉄鉱石から始まる鉄鋼製品の供給の全てを担っているということになる。

c) 鉄鋼業におけるエネルギー消費

上記のように、イランには、製鉄に高炉法および直接還元法の両方が取入れられているので、ここでの説明もこれら2つに分けて行う。

1) 高炉法

鉄鋼製品を製造するプロセスは3つに大別することができる。即ち、製鉄、製鋼、圧延

の3つである。

第1の製鉄工程では、前述のように、原料である鉄鉱石が石炭（コークス）によって還元されて、鉄（iron）になる。より具体的には、まず、鉄鉱石は粉状のものが多いため、焼結機において粉コークス、粉石灰などと混合して焼き固め、焼結鉱とされる。次に、この焼結鉱はコークス炉で作られたコークスと一緒に高炉に装入され、そこで銑鉄となる。

第2の製鋼工程では、まず、高炉から熔銑（hot metal）の形で出てきた銑鉄が、転炉（あるいは電気炉）で炭素、珪素、硫黄などの不純物を取除かれ、鋼（steel）とされる。次に転炉（あるいは電気炉）から出された溶鋼が鋳造設備（最近では多くの工場連続鋳造設備が採用されており、イランの工場もその例外ではない）において、圧延し易い鋼片に製造される。

第3の圧延工程では、熱間圧延、冷間圧延、表面処理などを経て最終製品が製造される。熱間圧延では、加熱した鋼片を圧延機にかけ、鋼板、形鋼、棒鋼、線材などに加工する。冷間圧延は、熱間圧延した鋼板を、常温で、より薄く、均一に圧延する工程である。最近では、鋼板の表面のきれいさ、強さ、加工のし易さなどを高めるために、連続焼鈍炉や熱処理設備がこの工程に設けられることが多くなっている。

図5.8に日本における典型的な高炉法製鉄プロセス、また、図5.9にIsfahan Steel Complexの製造プロセスとエネルギー・フローを示す。なお、図5.9にみられるように、Isfahan Steel Complexでは、熱延鋼板および冷延鋼板は製造されていない。

以上に述べたような製鉄プロセスにおいては、工場全体で消費するエネルギーの3分の2から4分の3が製鉄工程によって占められる。中でも、高炉で消費されるエネルギーは全体の6割近くを占める。これはコークス炉で作られ高炉に投入されるコークスの担うエネルギー量である。

但し、ここで注意しておかなければならないのは、コークス炉および高炉で、それぞれ石炭を蒸焼きにする際、およびコークスが燃焼する際に、コークス炉ガス（COG）、および高炉ガス（BFG）が発生し、これらが工場内の燃料として使用される、という点である。

Isfahan Steel ComplexでもCOGおよびBFGは発電用や圧延工場での加熱用に使われている。

次に製鋼工程では、転炉の熱源として燃料が用いられるが、全体の中での割合はそれほど大きいものではない（日本の典型的なプロセスでは、全体の約2%といわれている）。なお、Isfahan Steel Complexでは、この燃料としては天然ガスが用いられている。また、転炉では、溶銑に酸素を吹きつけて製錬するので、高温のガスが発生する。もっとも、これまでのところ、この工場では、転炉ガスを活用していない。

さらに、圧延工程では、加熱用（加熱炉）に燃料、また動力用（圧延機）に電気が使われる。

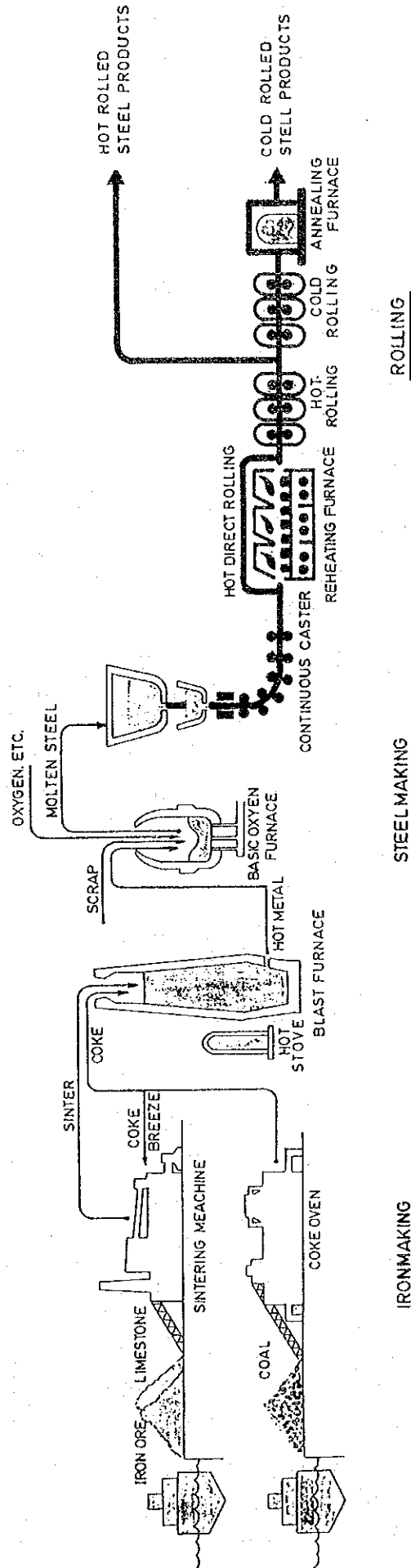
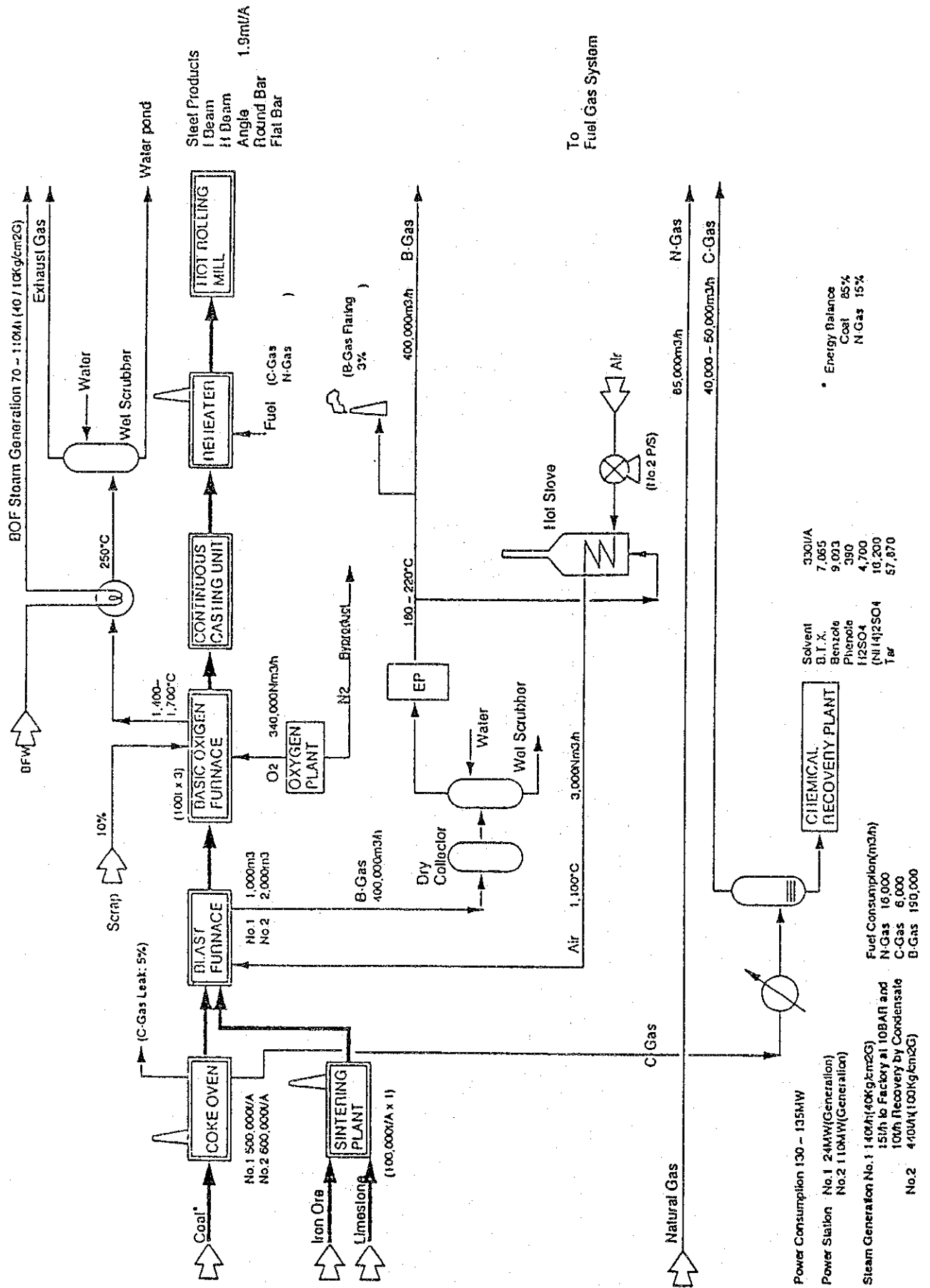


Fig. 5.8 Typical "Blast Furnace Process" in Japan

Fig. 5.9 Energy Flow in Isfahan Steel Mill



最後に、電力はすでに述べたものの他、動力源としては、プロア、ファン、コンプレッサーなどで使われる。

2) 直接還元法

前述の通り、この方法は鉄鉱石を還元して鉄にするプロセスに関するものであり、この方法を採用している工場も、製鋼工程以降のプロセスについては、高炉法と異なるところはない。

直接還元法は天然ガス産出国でかなり広く採用されている方法で、イランのAhwazおよびMobarakeh両工場とも天然ガスを使っている。これらの工場では、まず、鉄鉱石からペレットが作られ(ペレット・プラント)、それが還元炉に装入されて還元される(図5.10)。直接還元法には、いくつかのタイプがあり、Ahwaz Steel ComplexではPurofer, MIDREX, およびHYLの3つのタイプのプラントがあるが、HYLは建設中であり、未稼働である。現在、同工場の主力をなすMIDREXのプロセスおよびエネルギー・バランスを図5.11に示す。

また、この工場では製鋼工程で電気炉が使われている。

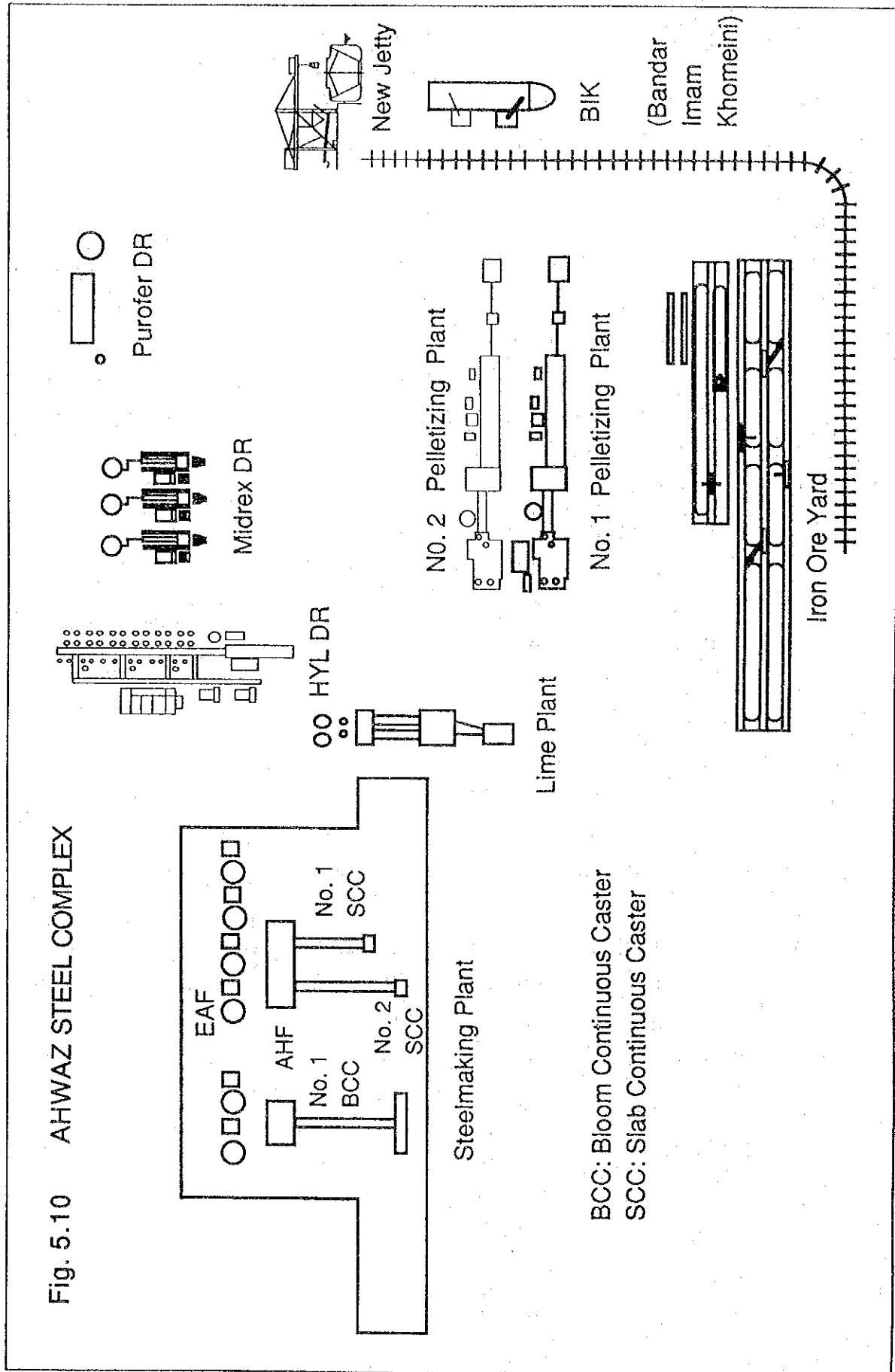
エネルギー消費をプロセス別にみると、この方法でも高炉法と同様、製鉄工程の比重が極めて高いが、Ahwaz Steel Complexは圧延工程を持たないので、とくに高く、全消費エネルギーの95%近くが製鉄工程によって占められている。

d) イラン鉄鋼業のエネルギー消費原単位

Isfahan Steel Complexによれば、そのエネルギー消費原単位は10.3Gcal/t-molten steelである(1991年度と推定される)。これは電気エネルギーも含む数字であるが、同年度における電気エネルギー消費原単位は585Kwh/t-molten steel (503 Mcal/t-steel)と推定される。これに対して、日本の高炉-転炉法の一貫製鉄所におけるエネルギー消費原単位は5.7 Gcal/t-crude steelである(1990年度)(表5.11)。

他方、Ahwaz Steel Complexの1992年度における燃料消費原単位は、製鉄が全てMIDREXプラントによって行われたと仮定すると、2.82 Gcal/t-molten steelであり、電気エネルギー消費原単位は711 Kwh/t-molten steelであった。本工場における同年度の計画値はそれぞれ2.39 Gcal/t-msおよび650 Kwh/t-msであったから、これら計画値の水準まで省エネルギーを進めるだけでも、現水準に比してそれぞれ15%および10%前後の省エネルギーが可能であるといえる。

Fig. 5.10 AHWAZ STEEL COMPLEX



MIDREX Process Energy Balance

(Net Gcal/t DRI)

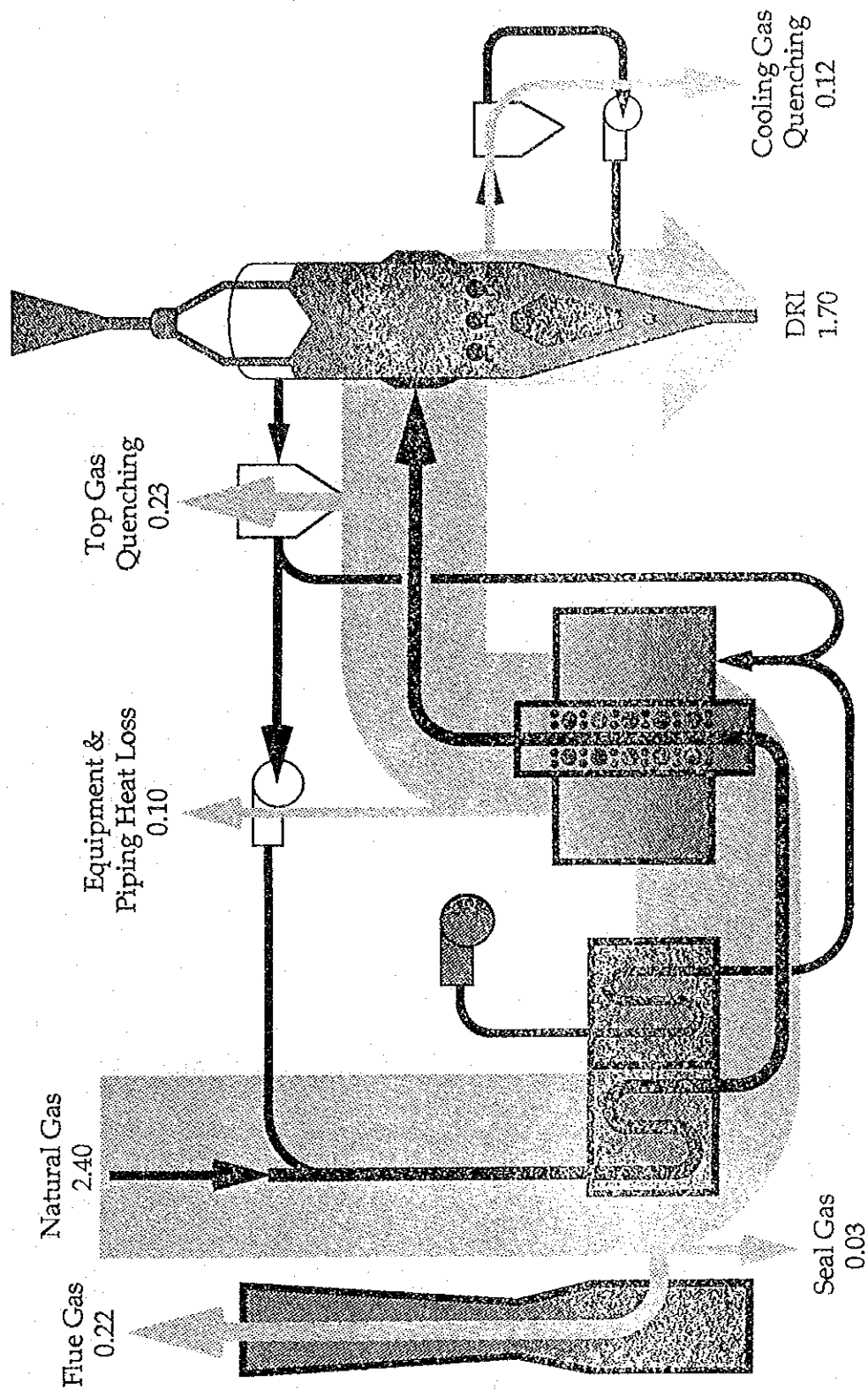


Fig. 5.11 MIDREX Process Energy Balance

Table 5.11 Specific Energy Consumption in Iron & Steel Industry

	Total (Gcal/t-ms)	Fuel (Gcal/t-ms)	Electricity (Kwh/t-ms)	Remarks
Isfahan Steel	10.3 (5.7)	9.8	585 (450~480)	In 1991
Ahwaz Steel	3.43	2.82 (2.39)	711 (650)	In 1992

(Note) (1) Figures in () means those in Japan for Isfahan, and those planned by the factory for Ahwaz.
(2) Ms means molten steel.

なお、Ahwaz Steel ComplexのPuroferプラントのエネルギー消費原単位はMIDREXプラントに比べると、燃料については30%以上高いが、電気については逆に30%以上低い。しかし、燃料の消費量は電気のそれに比して圧倒的に大きいから、燃料消費の原単位の小さいプラントが、少なくとも省エネルギーの観点からは、高く評価されてしかるべきである。

(ii) 鉄鋼業における省エネルギー対策

a) 第1のカテゴリーの対策

鉄鋼業においても、他の業種と同じように、このカテゴリーに属する主要な対策は、燃焼管理の徹底ならびに高温ガス、スチームなどの漏れの防止である。

高炉法の工場については、このカテゴリーの対策として、コークス炉、焼結炉、高炉、ボイラーなどにおける燃焼管理をより適正なものにすることがあげられる。また、その他の対策として、1)各種の炉やボイラーの断熱の強化やそれらへの冷空気の流入の防止、2)パイプやダクトの保温の強化、それらからのスチーム、ガスの漏れの防止などが考えられる。

これらの対策は、該当するものについては、直接還元法の工場でも適用することができるのは、いうまでもない。

また、Ahwaz Steel Complexでは、プロセス・ガス・コンプレッサーの部品が不足して、メンテナンスが十分に行えない、という問題に直面しているといわれるが、この問題が解決してMIDREXプラントの稼働率が高まれば、全体としての省エネルギー促進にも寄与することになる。

b) 第2のカテゴリーの省エネルギー対策

このカテゴリーに属する対策には、前記の5.2.1.1の(ii) d) (排熱回収)に対応するものが多い(高炉-転炉方式について)。

まず、比較的小さい投資を伴うものとしては、焼結炉の排ガス回収、高炉の熱風炉の排熱回収などがある。

次に、投資コストに対して最も大きな省エネ効果を期待できるのは高炉の炉頂圧発電機（湿式）の設置である。さらに、転炉の廃ガス回収装置の設置も、それにかなり近い効果を期待できる。その他には、次のようなものがある。

- コークス炉におけるコークスの乾式消火装置
- 高炉における乾式の炉頂圧発電機
- 密閉式の転炉ガス回収装置

上記（ii）d）以外の項目に対応するものとしては、

- 連続铸造工程後の、加熱炉に対する熱片装入
- コークス炉における石炭調湿装置
- 連続焼鈍設備

などがある。

また、Ahwaz Steel Complexの電気炉については、スクラップ予熱装置の設置が省エネルギー効果の大きい（投資コストに対して）ものとしてかぞえられる。さらに、

- 水冷炉壁の取付け
- 開口部のシーリング（密閉）強化

などの対策もある。

なお、この工場の製鉄プラントは廃ガス回収装置としてのレキュペレーターはすでに備えている。

c) 第3のカテゴリーの省エネルギー対策

まず、高炉-転炉方式については、現在開発中の直接溶融還元製鉄法の導入が考えられる。この方式が導入された場合には、粗鋼トン当たり300~600Mcalと、連続铸造方式の導入に比しても2~3倍に当たる大きな省エネルギー効果があがるものと予想されている。本調査の対象期間は2021年までの約30年間であるが、この間には同方式の開発が終り、その導入が始まるであろう。

さらに、現在は基礎的研究が始まったばかりではあるが、転炉から出てくる溶鋼から直接的に熱間圧延製品の形状に近い形状の製品に加工することができる“半凝固加工プロセス”についても、留意しておくことが必要であろう。

他方、直接還元炉-電気炉方式については、直流式電気炉の設置が、このカテゴリーに属する対策としてある。

また、直接還元炉から出てくるpig ironの電気炉への直接投入（あるいは連続式投入）も、検討に値する省エネルギー対策であろう。図5.12にみられるように、pig iron（この場合はDRI）の顕熱損失は全体の71%を占める大きなものであり、その排熱損失を防ぐことによって大きな省エネルギー効果があがる、と期待しうる。

なお、より直接的にAhwaz Steel Complexについてみると、次の2～3の対策が検討に値するであろう、と考えられる。

第1は、現在稼働中の第1直接還元炉（DRプラント）（Purofer）のシャット・ダウンである。PuroferプロセスによるDRプラントは現在、世界に数えるほどしかなく、同工場のものはその中の唯一の稼働中のものである。このプラントは効率が悪く、かつ、設備のトラブルも多発している、と伝えられる。因みに、1992年における製品トン当りの天然ガス消費量はMIDREXプラントの293Nm³に対して351Nm³である。したがって、このプラントのシャット・ダウンとMIDREXプラントの高稼働によって大きな省エネルギーが可能になる。

第2は、現在建設中（近く完成予定）の第3DRプラント（HYL）のNo.1 unitの運転開始後の稼働状況によっては、No.2およびNo.3の建設を取止め、No.1 unitを効率の高いMIDREXにre-buildすることも検討に値するであろう。というのは、Ahwaz Steel Complexが採用したHYL Process-1はHYL Processの中でも最も旧式のものであり、稼働中の同プロセスの他のプラントの実績をみても、効率、稼働率とも低いことが明らかになっているからである。

第3は、同工場の一貫製鉄工場化である。前述のように、同工場には製鉄工程までではなく、そこで生産されるブルームおよびスラブは他工場へ運ばれて、加工されている。省エネルギー（あるいは生産性向上）の観点からは、一貫製鉄工場化は極めて望ましい対策の1つであろう。

最後に、これは技術的な対策ではなく、また、“第4”のカテゴリーの省エネルギー対策と呼ぶべきかもしれないが、イランにおけるスクラップの回収システムをさらに整備し、本工場でも電気炉におけるスクラップの利用率を高めることは、電気炉における電気消費原単位を引き下げることにつながる。また、これは他工場にも共通する対策となる。

(iii) 鉄鋼業における省エネルギーの技術的ポテンシャル

日本の鉄鋼業は、1948年度から1955年度の間に粗鋼1トン当たり624Mcalの省エネルギーを達成したが、そのうち55%に当たる部分は操業努力、即ち、第1カテゴリーに属する対策によるものであった。日本エネルギー経済研究所の推定によると、この間の省エネルギーのカテゴリー別内訳は次の通りである（佐川直人「主要産業における省エネルギー・燃料転換の動向-I；1.鉄鋼業」〔日本エネルギー経済研究所『エネルギー経済』1983年4月号〕）。

	(Mcal/t-c)	(%)
第1 カテゴリー	341	55
第2, 3 カテゴリー	283	45
全省エネルギー量	624	100

他の業界と同様、この期間における省エネルギーに占める第1カテゴリーの対策の効果の割合は第2, 第3のそれを上回っている。新日鉄の資料によると、1973年度上半期に比して1978年度上半期には10.4%の省エネルギーが達成されたが、この間の省エネルギー量の55%が第1カテゴリーの対策（「操業技術と努力」）によるものであった。

このように、日本では“第1次石油危機”後の数年間に第1カテゴリーの対策によって粗鋼1トン当たり300~350Mcalの省エネルギーが達成された。先にセメント製造の項で述べたように、この省エネルギー量を、鉄鋼業における全製造プロセスで採られたワンセットの諸対策によって実現されたものと解釈するならば、イランにおいても、第1カテゴリーの対策によって、最低この程度の省エネルギーが達成される、と推定することができる。日本の鉄鋼業の1973年度のエネルギー原単位は5,407Mcal/t-cであったのに対し、イランの鉄鋼業（高炉方式）の1991年におけるそれは10,300Mcal/t-cとIsfahan Steel Complexによって報告されている。このような大きな差をみると、イランでは第1カテゴリーの対策によって300~350Mcal/t-cをかなり上回る省エネルギーが達成される、と推定しても不当ではないであろう。

さらに、カテゴリー2の対策の中では、次のようなものが比較的早期に実施される、と考えられるが、これらによって、46.4~59.0ℓ（重油換算）の省エネルギーがもたらされるであろう（表5.35参照）。

- ・ 炉頂圧発電（湿式）
- ・ 転炉廃ガス回収
- ・ コークスの乾式消火
- ・ 加熱炉への熱片装入
- ・ コークス炉の石炭調湿

一方、Ahwaz Steel Complexでは、前述の通り、1992年度においてエネルギー消費原単位の計画値と実績値について10~15%差があった。この差 — 計画値の方が小さい — を埋めることは、主として第1カテゴリーの対策によって達成しえたはずのものだ、と考えられる。

5.2.2 エネルギー転換部門

5.2.2.1 火力発電

(i) 火力発電におけるエネルギー自己消費と損失の現状

a) 電力需要の推移と現状

イランにおける販売電力量は1978年度の14,345GWhから1991年度の49,175GWhに増大した。1991年における最大の電力消費部門は住宅であり、商業部門、次いで産業部門がこれに続いている(表5.12)。

Table 5.12 Sold Energy by Consuming Sector (GWh)

	1967	1978	1989	1990	1991	Compounded Average Increase (1991/1967)(%)
Residential	473	3,862	15,791	17,344	19,128	16.7
Commercial	271	3,464	10,867	11,930	13,609	17.7
Industrial	504	5,877	8,466	10,220	10,637	13.5
Others	213	1,142	4,832	5,613	5,801	14.8
Total	1,461	14,345	39,956	45,107	49,175	15.8

(Source)MOE

b) 発電の推移と現状

イランにおける発電設備容量は1991年度に18GWであり、そのうち15GWがエネルギー省の所有になるもの、残りの3GWがその他所有であった。

電源別にみると、エネルギー省所有の発電能力のうち、55%をスチーム・タービンが占め、次いでガス・タービンが27%で続いているが、水力は発電量の12%を占めるにすぎない(1991年度)。このように、イランでは化石燃料が発電において大きな役割を果たしている(表5.13および表5.14)。

Table 5.13 Installed Generating Capacity of MOE

(MW)

Year	Hydro	Steam	Gas Turbine	Diesel	Total
1967	309	343	84	198	934
1972	804	746	172	372	2,094
1978	1,804	1,719	2,887	614	7,024
1987	1,827	7,155	3,492	837	13,311
1988	1,914	7,475	3,489	803	13,681
1989	1,953	8,086	3,600	803	14,442
1990	1,953	8,086	3,940	824	14,803
1991	1,953	8,086	3,940	869	14,848

(Source) MOE

Table 5.14 Energy Generation in MOE

(GWh)

Year	Hydro	Steam	Gas Turbine	Diesel	Total
1967	658	732	56	396	1,842
1972	3,528	2,513	265	564	6,870
1978	6,249	6,316	3,928	893	17,386
1987	8,390	25,360	7,305	1,499	42,554
1988	7,311	26,968	8,146	1,350	43,775
1989	7,522	33,056	6,974	1,173	48,725
1990	6,083	38,836	8,723	1,254	54,896
1991	7,056	41,947	9,463	1,244	59,710

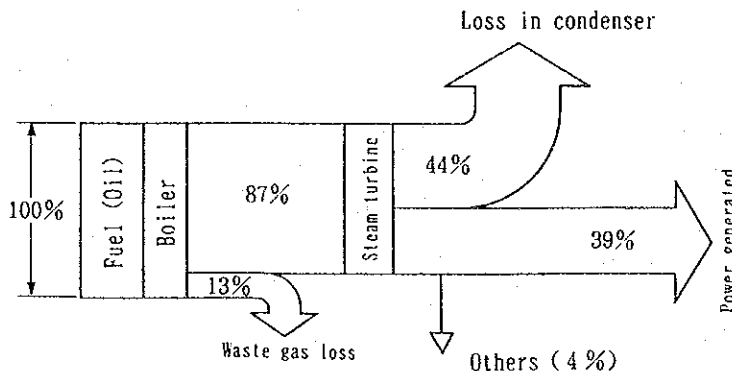
(Source) MOE

c) 発電におけるエネルギーの損失と自己消費

ここでは、スチーム・タービン、ガス・タービン、およびディーゼル・エンジンによる発電、いわゆる火力発電を取上げる。しかも、スチーム・タービンによる発電、すなわち汽力発電を検討の主な対象とする。その理由は、石油および天然ガス、とくに前者の節約がイランにとっての大きな課題であること、ならびに、汽力発電がイランにおける発電量の3分の2を占めていること（1992年度）である。なお、複合発電方式（コンバインド・サイクル方式）による発電は — この方式による発電所は建設中ではあるが — イランではいまだ行われていない。

汽力発電とは、燃料をボイラーで燃やし、その熱エネルギーによって高温高圧の蒸気流を作り、それを蒸気タービンに入れて機械動力（回転動力）にかえ、それによって発電機を動かして電気を発生させる発電方式である。図5.12は、汽力発電における熱損失の諸要因と、損失量のおおよその割合を示す熱勘定図である（600MWの石油火力の場合）。いま100の熱量をもつ燃料が蒸気発生のために投入されると、まず、ボイラーにおいて、その13%が排ガス損失として失われる。次に、タービンにおいて、その機械損失として3%、また復水器の熱損失として44%がそれぞれ失われる。かくして、発電機において発電のために用いられるのは、残りの約40%となる。つまり、汽力発電においては、投入されるエネルギー量の約60%が損失となる。

Fig. 5.12 The Thermal Account of Steam Power Generation(Oil fired; 600MW)



さらに、発生した電力のうち、一定の部分は発電所内の動力や照明のために用いられる。これが、所内消費電力であり、通常、発電量の数%（日本では3～7%）を占める。

発電量から熱損失と自己消費を差引いた残りが、発電所の外へ送出される。したがって、汽力発電（および他の発電方式）においては、ある発電所のエネルギー（燃料）消費効率をそれ1つだけで表わす尺度は、そこから送出される電力量1単位当りの投入エネルギー（燃料）量ということになる。しかし、実際には、熱損失についての発電端燃料消費率と、自己

消費についての所内率の2つが、それを表わすものとして用いられることが多い。因みに、

$$\text{燃料消費率} = \frac{\text{燃料消費量 (lまたはkg)}}{\text{発生電力量 (kwh)}}$$

$$\text{所内(比)率} = \frac{\text{所内消費電力量}}{\text{発生電力量}} \times 100 (\%)$$

である。

d) 火力発電におけるエネルギー消費原単位

イランにおける火力発電所の熱効率は、1967年には23%、1978年には27%だったが、1992年には31%に上昇した。その結果、発電端の燃料消費量は1967年の0.399(重油換算。以下同じ)、1978年の0.342から1992年には0.249まで低下した(表5.15)。

Table 5.15 Generation, Heat Rate and Thermal Efficiency

Year	Generation of Thermal Units (GWh)	Heat Rate (Kcal/KWh)	Thermal Efficiency (%)	gross fuel rate (kl/kwh)
1967	1,149	3,792	22.7	0.399
1972	3,342	2,975	28.9	0.313
1978	11,137	3,250	26.5	0.342
1987	34,164	2,837	30.5	0.299
1988	36,465	2,816	30.5	0.296
1989	41,203	2,754	31.2	0.290
1990	48,813	2,785	30.9	0.293
1991	52,654	2,753	31.2	0.290
1992	63,782	2,363	31.1	0.249

(Source) MOE

また、発電所における、自己消費は1992年に発電量の5%であった(火力発電以外のものも含まれる)(図5.13)。

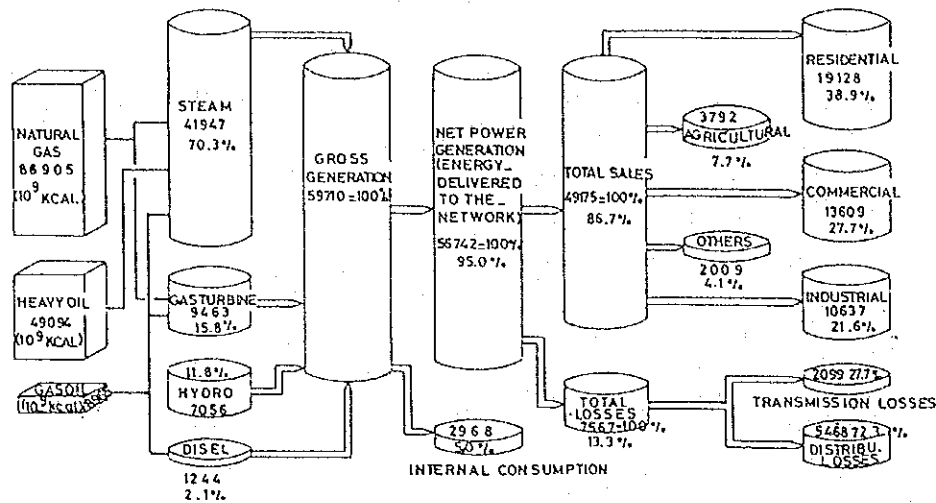


Fig. 5.13 Balance of Electric Energy in 1991(GWh)
(Source) MOE

図みに、日本における燃料消費率および所内率はそれぞれ0.227, 4.7%である（いずれも1990年の火力全体の数字）。

(ii) 既存の火力発電所における省エネルギー対策の検討

a) はじめに

“エネルギー転換部門”における省エネルギー対策の検討は、省エネルギーの基本的な方法、および、その個別対策のいずれについても、5.2.1.1において述べたものと同じ定義、および同じ分類にそれぞれそって進められる。即ち、省エネルギーの基本的な方法としては7つのものが留意され、また、個別対策は3つに分類される。

省エネルギーには7つの基本的な方法があるとはいえ、工業部門と同様、エネルギー転換部門にも、それに属する各産業それぞれに、その転換プロセスの中に、省エネルギー対策を実施すべき主要な対象となる部分があることに注意すべきである。

即ち、汽力発電においては、前述のように、復水器で失われるエネルギー量が投入全体の44%を占め、次いで、ボイラーにおける排ガス損失が全体の13%を占めている。そこで、損失量の大きいこれらの部分において、省エネルギー対策が効果をあげれば、発電プロセス全体における損失を小さくすることにも、大きな効果がある。

まず、復水器への放出熱量損失を小さくするためには、復水器の真空度を設計値に近く維持することが肝要である。復水器の真空度を低下させる要因はいくつかあるが、最も影響力の大きいのは復水器の冷却細管 — タービンから排出されてくる蒸気が放熱して復水するた

めに、海水、河川水、あるいは井戸水を通す多数の細管 — の汚れである（表面冷却式復水器の場合）。この汚れは“逆洗”による他、ブラシやボールを用いて掃除することができる。

次に、ボイラーの排ガス損失を小さくするためには、過剰空気率を引下げること（空気比を適正に保つこと）、ならびに排ガス温度を低下させることが重要である。即ち、燃焼を良好に保てる範囲内で、できる限り過剰空気率を引下げること、また、排ガス低温部の低温腐食を著しくしない範囲内で、できる限り排ガス温度を低くすることが望ましい。

さらに、タービンの機械損失（全体の3%）を低減するためには、設備の面では、高効率翼の採用、スチーム・シールの適正化、また運転の面では、部分負荷運転時における変圧運転などが有効な対策である（変圧運転または減圧運転は、蒸気圧力を定格値より下げて運転する方法であるから、ボイラーに関する対策ともいえる）。

発電プロセスにおけるこれらの重要な部分に留意しながら、3つのカテゴリー別に個別対策を整理すると、以下の通りである。

b) 第1のカテゴリーの省エネルギー対策

まず、ボイラーについては、次のような対策をとることが望ましい、と考えられる。

- 1) 空気比の改善（過剰空気率の引下げ）による燃焼効率の引上げ
- 2) ボイラー排ガス温度の引下げ
- 3) ボイラー断熱の補強
- 4) 空気予熱器の適正なメンテナンス
- 5) ボイラー・チューブ外壁に付着する灰の除去（重油火力の場合）
- 6) 変圧運転、あるいは減圧運転の実施

次に、タービンについては、次のような対策をとることが望ましい、と考えられる。

- 1) 復水器の真空度の維持
- 2) 冷却塔の運転効率低下の改善
- 3) タービン翼の腐蝕、損傷部分の修理

また、全体的にみると、われわれが訪問した発電所では、計器の整備不良が多く見受けられたので、その点の改良も重要な対策であるといえる。

さらに、テヘラン近郊の Ray 発電所のようなガス・タービン発電所（ピーク・シェイピング用）においては、発電機の運転を最適化する — どの発電機を、どのように運転すれば、発電所全体として最も効率が良くなるか — ための対策（ソフトウェア）が必要である、と考えられる。

最後に、多くの点で全ての火力発電に共通する対策として、給水ポンプ、冷却ポンプ、通風機などの運転台数を低負荷時には減らすこと、また、一般的に所内動力のうち不要な部分の節減をはかることなどがある。

c) 第2の категорииの省エネルギー対策

まず、汽力発電におけるボイラーに関しては、次のような対策をとることが望ましい。

- 1) ボイラーにおける空気漏洩を防ぐこと（空気予熱器にシールを設置することなど）。
- 2) 空気予熱器の熱伝達エレメントを改善すること。
- 3) ボイラーの起動時の損失を低減するための機器を設置すること。

次に、タービン関連については、次のような対策をとることが望ましい。

- 1) 蒸気タービンに高効率翼を設置すること。
- 2) 蒸気タービンのバルブの操作システムを改善すること（日本では、この対策は上記1)と同時に実施されることが多い）。
- 3) 復水器の細管掃除装置を設置すること。
- 4) 復水器の空気抽出器として、蒸気エジクターの代わりに真空ポンプを設置すること。

その他、動力の節減対策としては、ファンおよびポンプを可変翼方式に変えることが望ましい。

また、ディーゼル・エンジンによる発電所においては、その発熱を活用するために、コージェネレーション・システム（熱・電力併給システム）を導入することが、1つの省エネルギー対策として考えられる。

最後に、ガス・タービン発電所においては、多数のガス・タービンの運転を最適化するためのハードウェア（コンピューターなど）を設置することが望ましい。

d) 第3の категорииの省エネルギー対策

このカテゴリに属する対策は通常、既存の機器、設備が耐用年数がつきて、廃棄・更新される際に実施される。その際の対策は2つの種類がありうる。

第1は、ボイラーやタービンを含め、それぞれの機器、設備の基本的プロセスには変更はないが、効率がより高くなった機器、設備が新たに設置される場合である。汽力発電におけるこのような例としては、低 O_2 運転のための強圧通風ボイラー方式、部分負荷時の効率向上のための変圧式貫流ボイラー方式の導入などがある。

さらに、前記のレイ発電所においては、あるヨーロッパのメーカーのガス・タービンに代えて、効率のより良いものを設置することが望ましい、と考えられるが、これは、将来において実施すべき“スクラップ・アンド・ビルド”の1例であろう。

第2に、改良された発電方式がすでに開発されている場合には、投資額、土地の広さ、燃料、その他の関連事項につき、特に制約がない限りにおいてそれら新方式が採用されることになる。コンバインド・サイクル方式は火力発電における改良方式であり、イランでも、いくつかの地点で、この方式による発電所の建設が始まっている。さらに、これは火力発電方式ではないが、今後5～10年の間に商業化される見込みである燃料電池は、天然ガスも燃料とされるといふ点で、イランでは、将来の電源 — とくに分散型電源 — の一翼を担うこ

Table 5.16 Examples of Measures in Category 1 and their Effects in Thermal Power Generation in Japan

Measures (in the order of implementation)	Year(*)	Installed Capacity of Power Generation (MW)	Capacity Factor (%)	Saved Energy		
				Per Power Generated (fuel oil equivalent) (l/mWh)	To Auxiliary Power (%)	
<Boiler-related> Improvement in air ratio(**) Operation at variable pressure(1) Improvement in soot blower steam injection device in air pre-heater Change in minimum air Efficient use of heating steam in air pre-heater Cut in temperature of waste gas Operation at variable pressure(2)	1980	750(375 x2)	63.2	0.483	3.4	
	1980	500(250 x2)	30.4	0.710	6.8	
	1981	750(250 x3)	45.8	0.343	3.4	
	1982	350(359 x1)	34.7	0.241	2.1	
	1982	1,200(600 x2)	57.4	0.829	9.7	
	1982	1,120(220+450 x2)	20.7	0.196	1.5	
	1983	700(350 x2)	29.0	0.163	1.4	
	<Turbine-related> Increase in the speed of flow in condenser Optimization of time for cleaning condenser Efficient use of extracted steam in turbine Improvement in method for cleaning condenser	1982	900(450 x2)	23.3	0.069	0.5
		1982	375(375 x1)	60.0	0.518	0.5
1983		1,200(600 x2)	60.0	0.453	5.5	
1989		500(250 x2)	82.2	0.822	6.9	
1980		1,125(375 x3)	55.2	0.152	0.2	
<Others> Saving of power for fan by improving gas damper control system Rationalization of auxiliary machines and equipment operation Saving of power for pump by cut in cooling water in boiler	1982	2,550(250+325 x2+450+600 x2)	53.8	0.194	2.1	
	1983	1,031(156+375+500)	22.0	0.427	3.5	

(*)Year when a measure was implemented. (**):including measures in category 2.

(Source)ECCJ

とが期待される。

(iii) 既存の火力発電所における省エネルギーの技術的ポテンシャル

a) 第1のカテゴリーの省エネルギー対策

既存の発電所における各種の省エネルギー対策の定量的な効果について、十分に整理されたデータ、情報は今のところ、存在していない。そこで、日本におけるいくつかの例を参考にして、定量的な効果に接近してみよう。

表5.16は、第1カテゴリーに属する、投資（支出）がゼロか、または極めて小さい対策と、その効果の、日本における例を示したものである。定量的効果は設備の規模および利用率によっても異なるので、表中には、参考までに、それらも示されている。“第1次石油危機”後にとられたこれらの対策は、発電量1mwh(10³kwh)当り重油換算0.069ℓから0.829ℓの効果をもたせたことが、この表には示されている。これらの中で最大に近い効果をもたせた「復水器の掃除方法の改善」による省エネルギーの量は、所内消費電力を100とすると、6.9の大きさをもっている。また「復水器の掃除時期の最適化」もかなり大きな効果をもたせている。さらに、ボイラー関連では、空気予熱器にかかわるものが大きな効果を示している。

いずれにせよ、これらの対策は相互に矛盾しないものが多いとみられるので、明らかに矛盾するもののうちの1つ（「変圧運転」の(2)）と設備上の対策を含んでいる「空気比の改善」を除いて、各効果を合計してみると、4.954ℓ/mwhとなる。前述のように、イランにおける燃料消費率は1992年に249ℓ/mwhであったから、仮りにこれだけのエネルギー節減が行われたとすると、その率は2.0%ということになる。

但し、ここで注意しなければいけないのは、これらの対策は、イランで実施されるとすれば、第1カテゴリーの中でも最初の段階にではなく、第2、第3の段階で実施されるものが多いであろう、ということである。われわれの発電所訪問によれば、これらの対策が実施される前に実施されるべき、もっと初歩的な対策が沢山あるはずだ、と推測される。

まず、「空気比の改善」についてみると、表中の日本における例は、日常的な計測、およびボイラーのバーナー・チップの取替えなどの運転、保守面における対策に加え、計測器の取替えを含む部分的な設備上の改善を含むものであるが、イランにおいては、まず、ボイラーのボトム、コーナー、ウィンド・ボックス、さらにはドアなどからの空気の洩れ込みの有無の調査、ならびに、それがあつた場合には（かなり多くのボイラーで発見されると思われる）、洩れ込み箇所をふさぐ作業を行う必要があるだろう。

次に、復水器の十分な点検と保守によって真空度が大幅に引上げられる可能性がある、と予想される。われわれが訪問したMontazer Ghaem, TabrizおよびRaminの3つの発電所で得られたデータは、とくに前2者においては、復水器真空度の引上げによって、大量のエネルギー（重油）節減が可能であることを示している（表5.17）。例えばMontazer Ghaem発電

所では、復水器の真空度はわれわれの訪問時（1993年8月）に586mmHg（23.0 in Hg）であったのが、同所で入手したパンフレットによると、設計値は697mmHg（27.4 in Hg=2.50 in Hg abs）であった。いま仮りに現状値が設計値との差111mmHgだけ改善（引上げ）されるとすると、2.896 l/mwhの重油が節減されるであろう。

Table 5.17 Current Vacuum Degree in Condensers and Possible Saving of Energy in Three Power Plants Visited by the Study Team

	Montazer Ghaem	Tabriz	Ramin	
Installed Capacity (Commissioning Year) (MW)	156 (1972)	387 (1986)	300 (1979)	
	156 (1972)	387 (1989)	300 (1983)	
	156 (1974)			
	156 (1974)			
Main Fuel	Fuel Oil	Fuel Oil	Natural Gas	
Capacity Factor(1992) (%)	72.0	53.3	64.6	
Gross Fuel Rate(*) (1992)(A) (l/kwh)	0.263	0.248	0.224	
Vacuum Degree in Condenser (mmHg)				
	(1) Current	586	700	737
	(2) Designed	697	724	747(***)
(3) (2)-(1)	111	24	10	
Possible Saved Energy(**)(1992)(B) (l/MWh)	2.896	0.812	n.a.	
B/A×100(%)	11.0	3.3	n.a.	

(*)l-fuel oil /kWh-power generated. Calorific Value of fuel oil is 9,500 kcal/l

(**)Meaning energy which can be saved if current vacuum degree which was observed at the visit of the Study Team is improved to designed one.

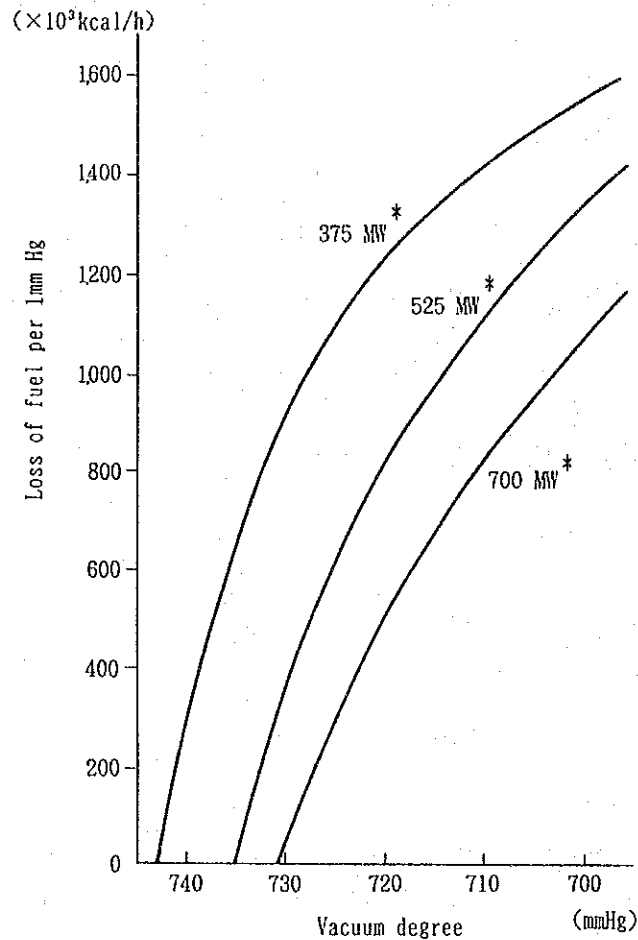
(***)Estimated

(Source)Annual Report of MOE(Persian); Others

この計算は、図5.14によって、真空度が1 mmHg上昇した場合、 $1,550 \times 10^3$ kcal/hの燃料が節減される、という前提で行われたものであるが、この単位節減量はタービン出力375MWの697mmHgについてのものである。しかし、この図中には、それに関する曲線が示されていないが、Montazer Ghaem発電所の1基当りタービン出力は156MWであること、しかも、図中の曲線はいずれも右上がりであることの2つの理由から、単位節減量は実際には上記の数字を大きく上回るであろう、と考えられる。その点で、Tabriz発電所の試算においては、

そのタービン出力が387MWであり、単位節減量として375MWのカーブにもとづいた $1,400 \times 10^3$ kcal/hが用いられているので、表中の節減量はより実際に近いといつてよいであろう。いずれにせよ、復水器の真空度を設計値に近づけるだけで、かなり大きなエネルギー節減が可能であることは、殆ど間違いない。

Fig. 5.14 Changes in Fuel Loss due to Changes of 1 mm Hg in Vacuum Degree by Turbine Capacity



* Turbine Capacity

(Source) ECCJ

さらに、Montazer Ghaem発電所では、蒸気の圧力および温度が設計値をかなり下回っていたが、これについては、ボイラーの水管の損耗により、止むをえず、そのような運転を行っている、という説明がなされた。とすれば、水管の適正な保守によって、圧力および温度を回復し、燃料消費を削減することが可能になるであろう。

以上に採上げた3つの例に含まれる熱損失が全て、第1カテゴリーの、投資(支出)を伴

わない、あるいは、伴っても極めて小さい対策によって、解消されるというわけではない。しかし、特に最初の2つの例 — 空気比の改善および復水器の真空度の引上げ — においては、コストのかからない対策の寄与は極めて大きいであろう。

日本における対策の経験およびイランにおける熱損失の現状をこのようにみていると、コストのかからない対策によって、イランの火力発電における現在の燃料消費率 (0.249 ℓ /kwh) が、3～5%程度削減されるとみることは、あながち不当ではないと考えられる。

b) 第2のカテゴリーの省エネルギー対策

表5.18は、第2カテゴリーの対策と効果の、日本における経験を整理したものである。これらの対策の中で最も大きな効果をあげたのは「タービン翼の高効率化」であり、節減エネルギー量は6,000 ℓ /mwhにのぼる (これは、熱効率約1%の上昇に当たる)。この量は、所内電力と対比すると、その半分近くに当たる大きなものであり、しかも、設備利用率が38%とかなり低い場合の効果であることに注意すべきである。

これに続くのが「復水器の掃除方法の改善 (掃除器の設置)」であり、節減量は2,081 ℓ /mwh、所内電力対比で12.8%である。これはボール洗浄器を新たに設置して掃除方法の改善をはかった事例であるが、上の例とともに、第1のカテゴリーの対策による効果の大きさを一桁上回る効果をあげている。

同じことは、ボイラー関連の「ボイラー出口主蒸気の温度引上げ」および「空気予熱器の漏洩ガス削減 (シール方式の改善)」についてもいえる。

この表に含まれる全ての対策が仮りにイランで実施されたとすると、節減量は合わせて11,882 ℓ /mwhにのぼり、1992年の燃料消費量を4.87%引下げる効果をもたらすであろう。

c) 第3のカテゴリーの省エネルギー対策

前述の通り、このカテゴリーの対策には2つの種類がある。第1は、在来方式の機器、設備ではあるが、改良されて、より高い効率を有するにいたったものの採用であり、ボイラー、タービン、発電機、その他のいずれについても、“スクラップ・アンド・ビルド”方式が採用できる場合には、それらの導入が行われる。

イランの火力発電の熱効率は31.1%であるのに対して、日本の汽力発電の熱効率は38.8%である (ともに発電端、1992年)。イランと日本との単一容量の差、イランではガス・タービンおよびディーゼル・エンジンが全発電量の3分の1を占めていること (日本では汽力が火力の発電量の殆ど全てを占める) などの事情の差から、単純な比較から結論を導くことは危険であるが、両者の火力発電の熱効率の間には、なおかなり大きな差のあることは間違いない、といってよからう。とすれば、上記のような対策の効果もかなり大きいといえることができる。

Table 5.18 Examples of Measures in Category 2 and their Effects in Thermal Power Generation in Japan

Measures (in the order of implementation)	Year (*)	Installed Capacity of Power Generation (MW)	Capacity Factor (%)	Saved Energy	
				Per Power Generated (fuel oil equivalent) (l/mWh)	To Auxiliary Power (%)
<Boiler-related>					
Cut in spray in boilers reheater	1978	750(375 X 2)	69.9	0.436	3.1
Cut in gas leaks in air pre-heater (Improvement in sealing)	1980	125(125 X 1)	27.5	1.070	2.1
Cut in temperature of steam at the outlet of boiler	1981	220(220 X 1)	30.0	1.903	10.5
Cut in temperature of waste gas	1983	1,200(600 X 2)	60.0	0.253	3.0
Recovery of boiler drain	1983	1,031(165+375+500)	22.0	0.082	0.6
<Turbine-related>					
Improvement in efficiency of turbine blades (Conversion)	1980	175(175 X 1)	38.0	6.000	49.1
Improvement in method for cleaning condenser (To install cleaning device)	1982	350(175 X 2)	88.1	2.081	12.8
<Others>					
Improvement in cooling water system	1981	500(500 X 1)	81.5	0.057	0.4

(Source) ECCJ

さらに、古い設備、機器が“スクラップ”され、新しい方式の設備、機器が制約条件を乗り越えて“ビルド”されるとすれば、大きな省エネルギー効果がもたらされるであろう。

天然ガスを燃料とするコンバインド・サイクル方式の発電では、現在でも1,100℃級のガス・タービンにより44%程度の熱効率が達成されているが、1990年代後半から商業運転が始まると見込まれている1,300℃級のガス・タービンによって、熱効率は47%程度に引き上げられ、さらに、1,500℃級ガス・タービンが実用化されれば、熱効率は50%程度に上昇すると予想されている。

他方、火力発電ではないが、天然ガス利用の燃料電池の実用化も、熱効率の向上には大きく貢献する見込である。即ち、熔融炭酸塩型および固体電解質型のものでは、それぞれ50%以上の熱効率が予想されている。

5.2.2.2 石油精製

(i) 石油精製におけるエネルギーの自家消費の現状

a) 石油製品需要の推移と現状

イランにおける石油製品需要は1980年の570万B/Dから1991年の940万B/Dに増大した。その中では、中間溜分（灯油および軽油）が大きな部分を占めている（1991年に54%）（表5.19）。

Table 5.19 Production and Consumption of Refined Products ('000 b/d)

A-Production

	1989	1990	1991
Gasoline	105.2	118.9	--
Kerosene	74.5	82.6	--
Distillate fuels	196.4	229.2	--
Residual fuels	211.3	230.9	--
Others	65.8	78.0	--
Total	653.6	739.6	853.2

B-Consumption

	1989	1990	1991
Gasoline	119.9	131.0	148.1
Kerosene	118.3	129.3	150.6
Distillate fuels	264.7	289.3	350.1
Residual fuels	198.5	216.9	222.0
Others	77.1	84.3	64.4
Total	778.5	850.5	935.0

(Source) OPEC, Annual Statistical Bulletin 1991

石油製品の生産はイラン・イラク戦争の終結後、急速に増大しつつあるが、石油製品の輸入（主に中間溜分）は引続き行われている。

b) 石油精製

石油精製（原油蒸溜）能力は1986年の58万5,000B/Dから1992年の95万4,000B/Dへ増大した。イランには7つの稼働中の製油所があるが、建設中だったArak製油所が最近完成し、一部操業を開始した（表5.20）。

Table 5.20 Refining Capacity ('000 b/d)

Existing Refineries	1986	1992	1994	1996(2)
Abadan(1)	—	260	390	500
Tehran	200	220	240	240
Isfahan	220	280	365	365
Tabriz	80	99	110	110
Shiraz	40	40	40	40
Kermanshah (Bakhtaran)	25	35	35	35
Lavan	20	20	20	20
Total	585	954	1,200	1,310
New Refineries				
Arak	—	—	150	300
Bandar Abbas	—	—	232	232
Grand Total			1,582	1,840

(1) Destroyed during the Iraq-Iran war.

(2) Planned.

(Source) Arab Oil and Gas Directory, 1993

c) 石油精製プロセスにおけるエネルギーの自己消費と損失

石油精製とは、原油を構成する各種の炭化水素化合物を処理して、燃料、その他の有用な製品に作り上げるプロセスである。石油精製によって製造される主な製品を、比重の小さいものから順に並べると、次のようになる。

- 液体石油ガス（LPG — エタン，プロパン，ブタンなどからなる）
- ガソリン（ナフサ）
- 航空用ジェット燃料油
- 灯油
- 軽油（ディーゼル燃料油）
- 重油
- 石油コークス
- アスファルト

これらの製品の他、潤滑油、ならびに、石油化学中間製品（エタノール、スチレン、エチルクロライド、ブタジェン、メタノールなど）を製造する製油所もある。

石油製品は、分離（蒸溜）、転換（分解）、再構成（改質）、および仕上げ（処理）の4つのプロセスからなる。

蒸溜は、原油をいくつかの類似の成分ごとに相互に分離するプロセスである。原油はまず常圧蒸溜装置に投入され、沸点の差を利用してガソリン、灯油、軽油などに相当する部分に分けられ、それらは次のプロセスに送られる。また、それらよりも重質の溜分は減圧蒸溜装置へ送られて、さらに潤滑油部分、重油・アスファルト部分などへの分離が進められる。

分解は、重質の炭化水素をより軽質のものに転換するプロセスである。これには、いくつかの方式がある。まず、接触分解法においては、中間溜分（灯油、軽油に相当するもの）がガソリンに転換される。次に、水素化分解法においては、芳香族系の溜分がガソリンに転換される（芳香族系は触媒を悪化させるので、最初の方法での分解はむずかしい）。さらに、熱分解法では、低品位の残渣油が分解され、ガソリン、軽油、コークスが製造され、さらに、重油の粘度低下が行われる。より具体的には、熱分解法の1つであるコーキング法では、減圧蒸溜残渣油（アスファルト・重油部分）を原料に、ガソリン、軽油、コークスが製造され、さらに同じくビスブレーキング法では、重質油粘度引上げと軽油製造が行われる。

改質プロセスは、分解プロセスの延長線上で、ガソリンのオクタン価向上のために用いられる。オクタン価は炭化水素分子の構造を変えることによって高められるが、その方法には、分解プロセスからの原料油を500~600°Cに加熱して、オレフィン分やイソパラフィン分を製造する熱改質法と、水素ガスを循環しながら、触媒によって芳香族やイソパラフィン分を製造する接触改質法がある。但し、経済性の点から、現在では専ら後者が用いられている。なお、アルキレーション法、アイソメライゼーション（異性化）法なども改質法に属する。

最後に、仕上げ（処理・精製・洗浄）プロセスでは、各溜分から不純物が除去される。現在、最も広く用いられているのが水素化処理法（ハイドロトリーティング）である。

さて、それでは、以上に述べた主要プロセスでは、エネルギーがそれぞれどのような割合で消費されているのであろうか。

1960年代末にシェル・グループの P. Schenkが、製油所全体で用いられる燃料 — 後述の通り、電気の割合は概して小さい — のうち、原油蒸溜のために用いられるのは、ある製油所では25%だが、別の製油所では80%である、として、各製油所毎に適正な「エネルギー消費とロス」の大きさを計算することのできる方式を提案したことにみられるように、各プロセスのエネルギー消費割合は製油所毎に大きく異なっている（“Oil and Gas International”, March 1968）。

一般的に、アメリカの製油所では、蒸溜プロセスの割合が小さく、分解および改質の割合が大きい。アメリカ議会技術評価局の調査によると、アメリカの石油精製業では、現在、蒸溜に全体の23%のエネルギーを消費している。このうち、常圧蒸溜だけではその割合は

16%であり、また、他のプロセスの割合は分解13%、改質30%、仕上げ17%、その他17%となっている (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, "Industrial Energy Efficiency", August 1993)。この蒸溜の割合はSchenkのあげた最も小さい数字に近い。

他方、イランでは、ケルマンシャー製油所 (28,000B/D)やラバン製油所 (23,000B/D)など、原油常圧蒸溜装置の他には何ら装置がない製油所が見受けられるように、全体的に装置構成の中における蒸溜プロセス部分のウェイトが高い。詳しい数字はわからないものの、イランのプロセス別エネルギー消費の平均的割合はアメリカのそれに比して、蒸溜については、かなり大きく、分解および改質については、かなり小さい、ということが明らかである。

次に、石油精製のために投入されるエネルギーの形態別の割合をみてみよう。表5.21は、投入された燃料 — 製油所で発生する液体、ガス体、および固体の燃料が用いられる — および購入された電気の割合を示したものである。日本の例では、燃料の割合が極めて大きく、購入電力は1~3%にすぎないのに対して、アメリカやシェル・グループの例では、10%前後を電力が占めている。しかし、いずれにしても、燃料の割合が非常に高いことには変りがない。

燃料として消費されるエネルギーの55~70%が加熱炉 — 蒸溜、分解、その他のプロセスのための装置に付属していて、プロセス・ヒートをつくり出す — で消費される。また、25~45%程度が、製油所内の発電を含む蒸気使用設備・機器のために、蒸気発生用に消費されている。

次に、このようにして燃料から発生するエネルギーの半分、あるいはそれ以上は、全精製プロセスの最後の段階での製品の冷却のために失われる。前出の表5.21に含まれているアメリカの製油所の例では、約50%が製品冷却による損失であり、また、日本のある製油所の例では、この数字は60%近くに上っている (省エネルギーセンター『省エネルギー事例集1982年』)。したがって、熱回収の方法を改善、強化して、このような熱損失をできる限り減らすことが省エネルギーの観点からは非常に重要である。

d) 製油所におけるエネルギー消費原単位 (処理原油当りの自己消費と損失)

われわれは上記のイランの製油所のうち、テヘランとタブリーズの2つの製油所を訪問した。訪問時の調査によると、テヘラン製油所の自己消費と損失は合せて原油投入量 (通油量) の7.2% (1993年1月の記録)、タブリーズ製油所のそれは8% (1993年7月の訪問時の最近のものと思われる) である。

また、国際エネルギー機関 (IEA) の統計によると、イラン全体の石油精製部門における自己消費率は1989年に8.0%、1990年に6.2%である。

石油精製における適正なエネルギー自己消費率は精製装置の構成によって大きく左右される。上のc) で述べたように、アメリカ型の装置構成は、分解および改質 (とくに後者) のウェイトが高いことを特徴としているが、このような型の製油所では、一般に、蒸溜装置の

Table 5.21 Consumption Share of Power Bought and Fuel Used in Petroleum Refinery

Refineries	Survey Time	Power Bought	Fuel Used	Share of Process Heat and Steam(Fuel=100)	
				Process Heat	Steam
(1) A refinery in Japan	1976	3	97	55	45
(2) B refinery in Japan	1974	1	99	53	47
(3) A Oil Company in the U.S.A.	around 1975	10	90	72	28
(4) Average refinery in Shell Group(except for North America)	around 1980	9	91	56	44

- (Source) (1) ECCJ, "Annual Report: The 5th Edition" ,1980(Japanese)
 (2) Aizawa,M.. "Energy Conservation by Technology in Oil Refinery" November 1982.
 (3) Shiroko,K.,et.al., "Energy Conservation in Petroleum Refineries,
 -Current Status and Future Trends-" (Chemical Economy & Engineering Review,November 1976).
 (4) "Optimization of Energy Consumption in Refineries" ,The Sekiyu, November 1981(Japanese)

ウエイトの高い製油所よりも、自己消費率は高くなる。また、日本の製油所のように、脱硫装置などの環境保全対策のための装置を設けている場合も、自己消費率は高くなる。

装置構成からみると、上述の通り、イランの製油所では、蒸溜プロセスのウエイトが高いから、平均的に見れば、適正な自己消費率はアメリカや日本の製油所よりも小さい、と考えられる。因みに、自己消費率はアメリカでは5%、日本では6.3%である（1990年。IEAの統計による）。

ところで、主に個別製油所における適正な自己消費率を推定する方法が、製油所の省エネルギーを促進する目的で、いくつか検討されてきた。その中の1つである製油所の”コンプレクスティ”（complexity）という概念を用いた方法によると、適正水準はテヘラン製油所では5～6%、タブリーズ製油所では5%以下、さらに、イラン全体の平均では5%程度であろう、と推定される（注）。

（注） “コンプレクスティ” 概念を用いた方法は W.L. Nelsonによって導入されたものである（Oil and Gas Journal, 1975年3月7日, 他）。その他には、W.P. Thomsonがネルソンに一部依存して開発した“リファイナリー・エナジー・ファクター”（Oil and Gas Journal, 1978年1月2日）、前出のシェル・グループのP. Schenkが考案した“CEL Index”、さらには、エクソン・グループが使用した“エナジー・ガイドライン・ファクター”（第10回世界石油会議論文集, 1979年）などがある。

（ii）既存の製油所における省エネルギー対策の検討

a) はじめに

発電所における省エネルギー対策と同様に、製油所における対策についても、その主な対象を十分に認識しておくことが必要である。

まず、プロセス・ヒートおよび蒸気の発生に用いられる燃料を効率よく燃焼させるためには、加熱炉およびボイラーの空気比を適正に保つことが重要である。

次に、燃料から発生するエネルギーの半分、あるいはそれ以上が失われる、とされている製品の冷却プロセスにおいて、熱回収を可能な限り行うことも、重要な対策である。一連の精製・処理が終った製品ははまだ相当大きな熱をもっており、そのままタンクへ入れるには温度が高すぎるので、さらに冷却する必要がある、そのために設けられているのが熱交換器の一種であるウォーター・クーラーやエア・クーラーである。ここで失われる熱を回収して有効に使うことが、この対策の狙いである。

さらに、蒸気を十分に活用すること、蒸気の洩れを防いだり、復水を可能な限り回収したりすること、などの対策も大きな省エネルギーにつながる。

また、プロセス・ヒートおよび蒸気のいずれについても、機器・設備の保温を十分に行うことによって、それらの熱の損失を防ぐことが望ましい。

最後に、ガス体のもつエネルギーの回収 — オフ・ガスの回収や排気ガスからの熱回収 — にも留意しなければならない。

ところで、これらの対策は殆ど全てのものが、既存のプラントでは、①運転上や保守・点検上の工夫、②機器・設備の改善（改造、増補など）という段階を追って実施されることが一般的である。空気比の適正化について、日本の経験をたどってみると、第1の段階は適確な観測を行うことであった（これはオルザット分析器によって行われるから、この分析器が設置されていなかったり、設置されていたとしても、有効に機能していなかったりした場合には、その設置や修理から始めなければならない）。次は、空気供給の管理を行うことである（具体的には、ダンパー、エア・レジスターの開度のコントロールを手動できめ細かく行う、という作業になる）。さらには、空気の流入（洩れ込み）を防ぐことである（そのためには、アルミ・テープ、アスベスト・ヤーンなどのシール材を用いて、目地づめを行う。また、未使用のバーナー・ガンそう入口にゴム栓をつけたり、点検窓を改善することも必要になる）。その後の段階では、第2カテゴリーの対策として、低O₂バーナーの導入やダンパー自動制御システムの導入が行われる（O₂メーターが未設置の場合は、その設置も必要となる）。

以下では、これらの重要な対策を中心に、各種の対策をカテゴリー別に整理した。

b) 第1のカテゴリーの省エネルギー対策

既存の製油所では、このカテゴリーに属するものとして、次のような対策をとることが望ましい。

- ① 加熱炉やボイラーについて、その空気比の点検や調整を含むコントロール、保守・点検の改善を通じて効率を引上げること。
 - 訪問した製油所では、過剰空気の状態が見受けられた。
- ② 断熱の改善
 - 訪問した製油所では、断熱材がはがれているのが見られた。
- ③ 蒸気の洩れの防止や消費の削減、復水の回収などを含む蒸気システムの改善。
 - 訪問した製油所では、蒸気洩れがかなり見られた。
- ④ 蒸溜プロセスでのリフラックス（還流油）比を削減するなどの既存設備の操業上の改善。
- ⑤ 必要のない時には電力利用機器の運転を止めるなどの、ある範囲の操業の停止。
- ⑥ 熱交換器のモニタリングや清掃による熱回収の改善。

c) 第2のカテゴリ-の省エネルギー対策

第2のカテゴリ-の対策としては、次のようなものを採用するのが望ましい。

- ① プロセス・ストリームからの廃熱回収，熱交換の最適化，蒸溜の最適化などを含む熱利用の改善。
 - 常圧蒸溜装置，接触分解装置，その他に熱交換器を設置すること。
- ② 燃焼用空気の予熱および蒸気発生の実施を含む加熱炉の効率改善。
 - 常圧蒸溜装置，減圧蒸溜装置，その他の加熱炉に廃熱ボイラーを設置すること。
 - 常圧蒸溜装置，その他の加熱炉に空気予熱器を設置すること。
 - 常圧蒸溜装置，減圧蒸溜装置，その他の加熱炉に改良ダンパーを設置すること。
- ③ タンク，パイプ，その他の機器を含む，追加的な断熱工事の実施。
- ④ 復水や廃スチームからの熱回収。
- ⑤ パワー・リカバリー・タービンやガス・エキパンダーによる高圧あるいは大量のフロー・ストリームからのエネルギー回収。
- ⑥ 高効率の回転機器の使用。
 - 常圧蒸溜装置，その他にインバーター・システムを導入すること。
- ⑦ 副産物等低質燃料の利用。
 - 製油所にガス・ホルダーを設置すること。
- ⑧ 水のサイクル・システムのメンテナンス改善。
- ⑨ 製造ライン，反応塔，炉，コラム，熱交換器を含む，重要箇所における圧力低下の防止。

d) カテゴリ-3の対策

イランでは、このカテゴリ-に属する最も重要な対策の1つは重質油の中間溜分への分解装置の設備である。その設備によって、灯油および軽油の供給を増大させ、かつ、重油の供給過剰を低減させることができる。

(iii) 既存の製油所における省エネルギーの技術的ポテンシャル

1973年の“第一次石油危機”後、工業諸国では、石油精製を含む多くの産業で省エネルギー対策が急速にとられるようになった。それらの対策は、最初は設備・機器の運転・保守の適正化を中心としたものであり、次第に、設備・機器の改造・増補へと重点を移していった。ここでは、日本およびその他地域の経験を参考にして、製油所における省エネルギー対策の効果を定量的に明らかにしてみよう。

日本の石油連盟の調査によると、日本の製油所では、1974～78年の間に、第1のカテゴリ-の対策によって16%、また、第2のカテゴリ-の対策によって7%のエネルギー消費量の節減

Table 5.22 Examples of Effects of Measures for Energy Conservation in Petroleum Refining in Japan

	FY1976	FY1977	FY1978
(A) Annual Crude Oil Throughput	246,521	248,587	249,983
(B) Annual Energy Consumption(*) (Fuel oil equivalent 1,000kl)	12,700	12,700	12,341
(C) Energy Saved by Conservation Measures (Fuel oil equivalent 1,000kl) (D+E)(**)	873	2,143	3,721
(D) Energy Saved by Measures in Category 1 (**) (Fuel oil equivalent 1,000kl)	715	1,613	2,573
(E) Energy Saved by Measures in Category 2 (**) (Fuel oil equivalent 1,000kl)	158	530	1,148
(F) The Specific Energy Consumption without Any measures [(B+C)/A x 1,000]	55.1	59.7	64.3
(G) S.E.C. when only measures in category 1 are implemented [(B+C-D)/A x 1,000]	52.2	53.2	54.0
(H) S.E.C. when only measures in category 2 are implemented [(B+C-E)/A x 1,000]	54.4	57.6	59.7
(I) Rate of Savings (G/F x 100) (%)	94.7	89.1	84.0
(J) Rate of Savings (H/F x 100) (%)	98.7	96.5	92.8

(*) Increase in energy consumption by installing anti-pollution devices is excluded.

(**) Energy saved in 1977 and 1978 is cumulative one.

(Source) Estimated by IEEJ using data and information compiled by PAJ in February, 1979.

が達成された（表5.22）。

第1のカテゴリーの対策による成果は、この間に、年間原油処理量1kl当り重油換算で10ℓにのぼっているが、この表には、1974～75年の2年間に実施された対策によって、その間に達成された成果は含まれていないから、1974～78年の5年間には、実際には、もっと大きな成果があがっていた、とみてまちがいない。しかも、後に詳しく述べるように、これらの対策は、その大部分がコストのかからないものであり、他のものも、それに要するコストは極めて小さなものであった。さらに、第1のカテゴリーの対策によるエネルギー節減量は1976年には全体の82%、1977年には70%、1978年には63%と、第2のカテゴリーの対策によるそれを大幅に上回っている。

1976年～78年の間に大きな効果をあげた第1カテゴリーの対策とその効果の大きさは、以下の通りである（単位はℓ-重油/kl-原油処理量）。

① 加熱炉のO ₂ 管理	2.8
② タンクの油温管理	1.0
② 蒸気系統の合理化	1.0
④ 設備稼働のバランスの適正化	0.8
⑤ リフラックス比の低減	0.6
⑤ リサイクル・ガス比の低減	0.6
⑦ 運転条件の適正化	0.4
⑦ 吹込みスチームの管理	0.4
⑨ 熱交換器の掃除方法の改善	0.3
⑩ 運転温度・反応温度の適正化	0.2

第2のカテゴリーの対策による節減量は、1976～78年の間に年間原油処理量1kl当り4.6ℓで、第1カテゴリーの対策による効果の半分以下であった。しかし、上述の通り、第2のカテゴリーの対策についても、1974～75年の2年間に実施された対策（それらは少なかったと推測されるとはいえ）によって、その間に達成された成果は、この数字には含まれていない。しかも、このカテゴリーの対策の実施が本格化するのには、この時期以降のことである。

第2のカテゴリーの対策のうち、1976～78年の間に大きな効果をもたらしたものと、その大きさは以下の通りである（単位は上と同じ）。

① 熱交換器の増設、配列の適正化	0.5
② 蒸気の有効利用	0.4
② O ₂ 低減対策	0.4
④ スチーム・ジェネレーターの 신설	0.3
④ 設備稼働バランスの適正化	0.3
④ 保温の強化	0.3
⑦ オフ・ガスの回収	0.2

- ⑦ スチーム・トラップの適正化 0.2
- ⑦ 水素ガスの回収 0.2
- ⑦ 制御方法の改善 0.2

この調査の他には、以下のような経験が報告されている。第1に、日本の省エネルギーセンターの年次調査によると、日本では、1973年以降の数年間に、多くの製油所で第1のカテゴリーの対策によって、エネルギーの自己消費は9～15%の低下をみた。

第2に、アメリカのいくつかの製油所では、“第1次石油危機”後、エネルギー診断を行って、1971年のエネルギー消費にもとづき、その後4～5年間に10～15%の省エネルギーを達成するという目標を設定することが可能である、と判断した。そして、1975年初めまでに、10～15%という目標の約3分の2が、主に第1カテゴリーの対策の成果として達成された（前出の表5.21の(3)の出所と同じ）。

第3に、シェル・グループは北アメリカを除く33カ所の製油所で、1972～80年の間に、約20%の省エネルギーを達成したが、その半分以上が装置の十分な整備と保守管理の強化によってなされた（前出の表5.21(4)の出所と同じ）。

上に紹介した日本および他の地域における例は、製油所におけるエネルギーの自己消費および損失が、“第一次石油危機”後の数年間に、第1カテゴリーの対策によって、7～15%、また、第2のカテゴリーの対策によって3～8%削減されたことを示している。いうまでもなく、例えば10%の削減という場合の、各事例における内容は同じではない。採られた対策は種類および強度において同じではないであろうし、省エネルギー対策が実施される前のエネルギー消費の水準も相互に異なっていたであろう。

にもかかわらず、ある同じ範囲の対策が採られた場合の効果は、イランにおいては、他の諸国におけるよりも、かなり大きいであろう、と推定することは、間違いではなからう。前述のように、イランの設備・機器には、戦争や外貨事情から十分な保守やリハビリテーションが行われてこなかったからである。われわれが訪問した2つの製油所の加熱炉やボイラーにおける排ガス温度の高さは、イランの製油所におけるエネルギー自己消費（損失を含む）が日本や他の工業諸国よりもかなり大きい、と推測させるデータの1つである。即ち、これらの設備の排ガスの適正温度は120～150℃とされているのに対し、両製油所における温度は下記の通りであった。

(排ガスの出所)	(テヘラン)	(タブリーズ)
常圧蒸溜装置の加熱炉	480℃	340℃
減圧蒸溜装置の加熱炉	480℃	460℃
ボイラー	260 ～ 370℃	260℃

そこで、例えば、上記のように1974～78年の間に日本で採られたのと同じ第1カテゴリーの対策が、イランでも採られるとすれば、その効果は原油処理量1kl当り重油換算10ℓを上回る可能性は極めて大きい、と考えられる。仮りにイランの現在の自己消費率を60ℓ-重油/kl-原油、第1カテゴリーの対策による節減量を10ℓとすると、節減率は17%になる。

同じようにして計算すると、第2カテゴリーの対策による節減率は8%になる。したがって、第1、第2のカテゴリー対策によって約25%の節減が技術的には可能である、ということができる。

5.2.3 道路輸送部門

5.2.3.1 道路輸送部門における省エネルギー対策

道路運輸における省エネルギー対策は、個々の自動車に対する対策からインフラストラクチャに大きく依存する対策まで多く存在する。ここでは、車両技術による対策、ユーザによる自動車利用時の対策、自動車交通の改善による対策に分けて述べる。

(i) 自動車メーカーによる車両技術面からの対策

車両技術による省エネルギー対策は、燃費改良の面から、そして最近では地球環境の面からも、自動車生産国である先進国で進められてきた。

a) ガソリンエンジン自動車の改善

一般の乗用車ではガソリンエンジンが使用されている。その燃費改良はこれまでも多くの技術開発が行われてきたが、二酸化炭素に関連した環境問題によってさらに必要性が増している。

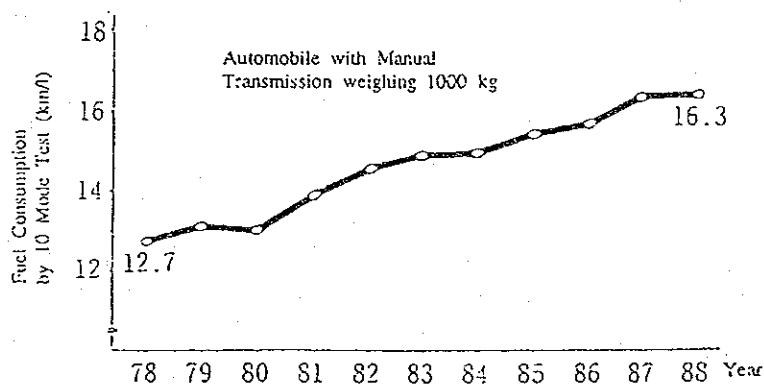


Fig. 5.15 Transition of Fuel Consumption of Gasoline Car

図5.15はガソリン乗用車の燃費の年ごとの推移を示すが、近年では伸び悩みの傾向にある。その理由は、燃費改良技術を使い尽くしたことと、安全性、快適性のために車両重量が増したことにある。現在使われている燃費改良技術を表5.23に示す。表5.23に示した項目の中でディーゼル化を挙げたのは、ディーゼルエンジンは、燃費の点でガソリンエンジンに比較して低速域で40-50%、100km/hでも20%程度の改善が可能であるからである。しかしディーゼルエンジンにはガソリンエンジンにはない環境汚染の問題がある。

Table 5.23

Automotive Technologies for Fuel Efficiency

Parts		Details	Examples
Engine	Improvement of Thermal Efficiency	Improvement of Combustion Chambers	Optimization of Swirls Increase in Compression Ratio Use of Multi Valves Optimization of Port Shapes Variable Valve Timing
		Optimization of Mixing Ratio and Ignition Timing	Lean Burn Electronic Fuel Injection Electronic Spark Advance Improvement of Carburetor
		Improvement of Measures for Exhaust	Catalytic Converter Rhodium
		Use of Diesel Engines	
	Reduction of Loss	Lightening and Reduction of Friction on Moving Parts	Lightening of Pistons and Valves Variety of Engine Oil Use of Two Piston Rings
		Reduction of Loss in Auxiliary Equipment	Improvement of Fans Electric Power Steering
	Miscellaneous	Reduction of Idling Rotation	
		Fuel Cut on Braking	
Resistance due to Acceleration	Lightening of Vehicles	Use of FF	
		Use of Light Materials	Use of High Tension Steel Use of Plastics for Bumpers Use of Aluminum Cylinder Blocks
	Lightening of Power Train	Use of FF	
		Use of Light Materials	
Running Resistance	Improvement of Rolling Resistance	Use of Radial Tires	
		Improvement of Wheel Bearing	
	Improvement of Air Resistance	Improvement of Body Shapes	Use of Flush Surfaces Use of Spoilers
Loss in Power Train	Transmission	Use of Lock-up in Automatic Transmission	
		Manual Transmission of Five Speeds	
		Electronic Automatic Transmission	
		Continuously Variable-ratio Transmission	
	Differential Gears	Use of FF	
	Air Conditioner	Optimization of Loads on Power Train	Two Way Control Modes Variable Capacity

b) ディーゼルエンジン自動車の改善

バスやトラックでは、燃費や耐久性が優れていることと理由でディーゼルエンジンが使用されている。ガソリンエンジンと同様にディーゼルエンジンにおいても燃費改善の技術開発が行われており、その燃費の推移を図5.16に示す。

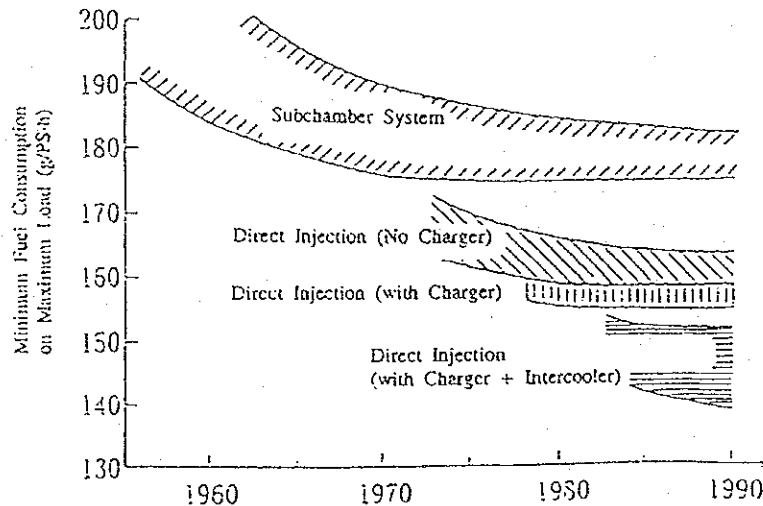


Fig. 5.16 Transition of Fuel Consumption of Diesel Engine for Automobiles
(Source) J. of Traffic Engineers

ディーゼルエンジンにおける燃費向上の技術開発を以下に紹介する。

① 熱損失の低減

熱損失が大きいのは排気と冷却水への損失である。排気エネルギーの有効利用を図ったのが排気タービン過給機である。さらに過給によってエンジンの出力を増大させることにもなる。いっぽう、冷却熱損失の低減のために冷却ファンや冷却水ポンプの制御方法が工夫されている。

② 制動エネルギーの有効利用

バスやトラックでは制動時の慣性エネルギーが大きいことから、このエネルギーを電氣的に回生する方法がある。

c) 代替エネルギーの利用

ガソリンやディーゼル燃料油にかわって、省エネルギーと地球環境を考慮して、代替エネルギーを使用する試みが先進国を中心に行われている。図5.17にエネルギーと自動車の関係を示す。代替エネルギー自動車の本格的普及には、自動車側の改良だけでなく、燃料供給体制の確立などインフラストラクチャの整備も必須である。

省エネルギーだけでなく地球環境問題を考慮すると、燃料の生産時と利用時に大気中に二酸化炭素を放出しないものが望ましい。この基準を満たす燃料は、化石燃料以外から生産された水素、バイオマス、化石燃料以外から生産された電気の3種である。

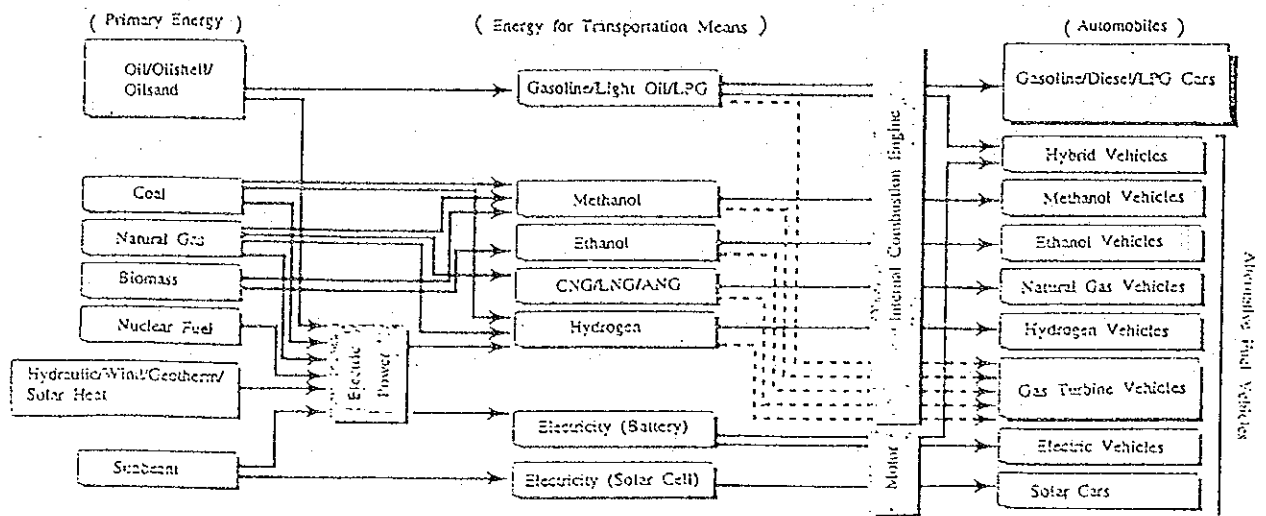


Fig. 5.17 Relations between Energy and Automobiles
(Source) Nissan

① 電気自動車

現在、先進国では電気自動車が部分的に実用化されているが、性能や価格のために普及が進んでいない。米国カリフォルニア州では、1998～2000年の間は新車の2%，2001～2002年は5%，2003年以降は10%の電気自動車の生産を義務づけている。

② 天然ガス車

天然ガス車は、行続距離がガソリン車の数分の一程度であるが、ガソリンエンジンの燃焼技術が活用可能なエンジンを用いており、天然ガス産出地域をもつ一部の国では1930年代から数十万台の規模で使用されてきた。

③ 水素自動車

水素の貯蔵法が困難なために、水素自動車は現在のところ研究段階にある。

④ メタノール車

メタノールを燃料に用いると、常温で液体であるために、車両やエンジンの構造がガソリン車やディーゼル車と大きく変わらないという利点がある。行続距離はガソリンの半分であるが、先進国で実用化試験が進められている。

(ii) ユーザによる自動車利用時の対策

a) 自動車の保守

自動車の保守のうち、ユーザが実行可能な省エネルギー対策は次のようになる。

- 適切なオイル交換
- 点火プラグの調整, 清掃
- エアークリーナの掃除
- バッテリーの点検
- タイヤ空気圧の適正化

b) 自動車の運転方法

自動車の運転方法によって燃費は大きく左右される。省エネルギーを考慮した運転方法とその効果を列挙すると、表5.24のようになる。

Table 5.24 Driving Method for Fuel Efficiency

Items	Fuel Consumption(Passenger Car of 2 l engine)
Do not start your car with large acceleration	100 cc/10 times
Do not accelerate your car abruptly	50 cc/10 times
Do not load your car with unnecessary stuff	80 cc on run of 50 km with stuff of 10 kg
Do not rev up while stopping	50 cc/10 times
Do not leave the engine idle	200 cc/10 minutes
Make a route plan to your destination beforehand	500 cc on stray driving for 10 minutes
Run at a fuel-efficient speed (40-50 km/h on urban streets; 80 km/h on expressways)	

(iii) 自動車交通面における対策

車両技術による省エネルギー対策と自動車利用時の省エネルギー対策を述べたが、道路運輸の省エネルギー対策に最も効果があるのは、交通渋滞の解消である。図5.18に自動車の平均速度と燃費の関係を示すが、平均速度が60km/h以内では速度と燃費はほぼ比例し、最も燃費が良いのは平均速度が60~80km/hのときである。またこの図から平均速度が60km/h以下のときは、平均速度が1 km/hあがると燃料消費率が約3%改善されることがわかる。現在、欧米日では自動車交通の情報化システムが国家プロジェクトとして取り上げられ研究開発が進められているが、その目的の一つに渋滞の解消と省エネルギー、環境汚染低減がある。

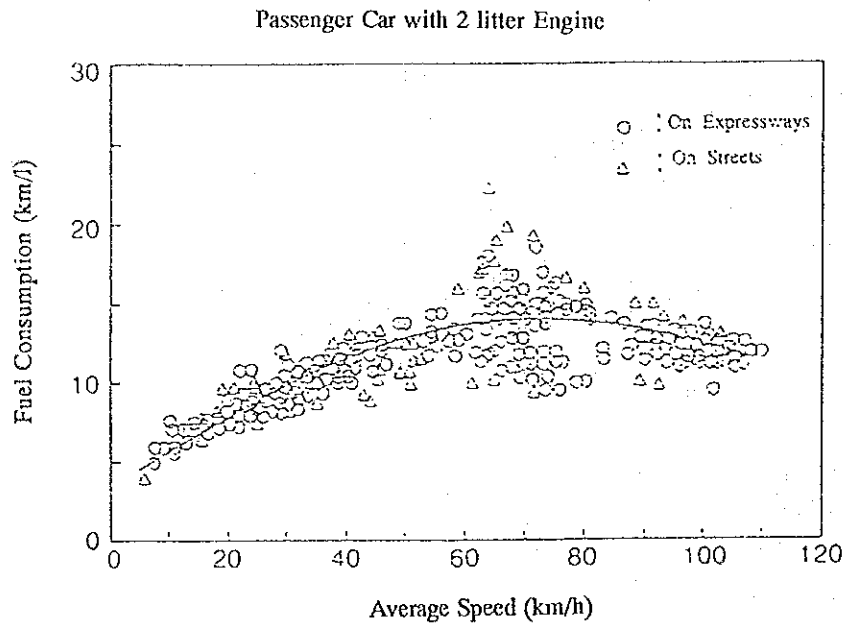


Fig. 5.18 Relations between Fuel Consumption and Average Speed

ここでは、いままで先進国で実施されたシステムや近い将来実施される予定のシステムを紹介する。

a) 交通容量の拡大

新たに道路を建設すると渋滞を解消することができるのはいうまでもない。むしろここで指摘したいのは、既存の道路の車線を有効に使う方法である。以下のような方法が日本を含む先進国で実施されている。

① 施設の整備

- 体系的な道路ネットワーク整備
- 道路幅の確保

道路を多車線化し、また十分な幅員を確保して道路幅を確保する。

- ボトルネックの解消

渋滞が発生しやすい地点の一つである交差点を改良する。たとえば、交差点に右折車線を設置して直進車の進行が妨げられないようにする、交差点を立体化するなどの対策をとる。また、坂道では速度の遅い自動車のために登坂車線を設置する。

② 交通運用の改善

- 既存道路の有効利用

信号制御システムや道路交通情報提供システムを高度化して交通流の円滑化を図る。また、多車線の道路でラッシュ時にセンターラインを移動するリバーシブルレーンを設

置して道路容量を増す。さらに駐車場を整備して、交通の妨害となる違法駐車をなくす。

日本で1991年に円滑化対策が主要72路線、総路線長1783kmにわたって行われた。その内容は、信号機の系統化と信号パラメタの最適化、右左折車線の設置などである。表5.25にこの円滑化対策の効果を示す。

Table 5.25 Effects of Smooth Traffic Flow

Items	Effects		
	Before Installation	After Installation	Improvement
Travelling Time (per 10 km)	16 min.9 sec.	14 min.40 sec.	9.2 %
Stopping Times (per 10 km)	4.75 times	3.77 times	20.7 %
Road Capacity	1603.8 veh./h	1710.6 veh./h	6.7 %

—公共交通機関の利便性向上

バスと鉄道を利用しやすくするために、駅前広場やパークアンドライド用の駐車場、バスロケーティングシステムなどのバス情報システムを整備する。またバス優先車線を設置する。

—新技術の実用化と普及

米国やホンコンで実施されている有料道路での料金自動徴収システムを導入する。また貨物輸送を合理化してトラック交通量を減らす。

b) 交通需要マネジメント

交通容量の拡大を図る一方で交通需要を管理し交通量を増やさないことも重要である。以下のようなシステムが日本を含む先進国で実施されている。

① 自動車利用の工夫

—輸送効率の向上

カープールなどの相乗りを促進する。米国にはカープールの促進するために、2～3人が乗った乗用車の専用車線を設置している。また、バスやトラックの路線や配置を最適化する。

—交通需要の時間的平均化

フレックスタイムや時差出勤の導入によってラッシュ時を分散させる。また、休日分散させる。

② 適切な自動車利用への誘導

ー交通負荷の小さい都市づくり

職住接近型都市構造を構築する。

ブラジルのある都市の例がよい参考になる。ブラジル東南部パラナ州の州都クリティバでは、優れた都市計画によって無駄な燃料消費と渋滞を防いでいる。すなわち、放射状のバス専用高速レーンを地区間道路で接続し、職住接近を計っている。その結果、この都市の乗用車保有率はブラジルで最も高い水準にあるが、乗用車1台あたりの燃料消費量は最も低い水準にある。市民は日常的な移動にはバスを利用している。

ーコスト負担による誘導

都心への車の乗入れに対して賦課金をとるロードプライシングシステムを導入する。シンガポールでは既に実施している。また西ヨーロッパの都市でも、都心部の道路が狭い都市では導入を予定している。

(iv) 自動車交通の知能化

先端技術を用いて自動車交通が引き起こしている重大な問題 — 事故、渋滞、環境汚染 — を解決するためのプロジェクトが欧米日の先進国で盛んに行われまた考えられている。ヨーロッパのPROMETHEUS (Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) とDRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe), 米国のIVHS (Intelligent Vehicle-Highway Systems), わが国のいくつかの提案に見られるように、これらのプロジェクトは、エレクトロニクスや情報処理、通信技術を活用して自動車と道路にインテリジェンスをもたせ、自動車交通の安全と効率を両立させようとするものである。

米国のIVHSでは、その発展の段階を、まず交通信号制御などのATMS (Advanced Traffic Management Systems), ついでナビゲーションシステムを中心とするATIS (Advanced Traveler Information Systems), その後にドライバの運転操作支援や自動運転まで含むAVCS (Advanced Vehicle Control Systems) としている。

これらのシステムのうち、信号制御システムは既に実現され多くの都市で高度な制御が行われ、交通流の安全化と円滑化に効果をあげている。

ナビゲーションシステムについては、インフラストラクチャを要しないシステムは既に実用化されている。インフラストラクチャを用いて実時間の交通状況に基づいて道案内を行うシステムの実験は日本やヨーロッパで行われ、省エネルギーに対する有用性が明らかとなっている。このようなシステムは近い将来、実現される可能性があるが、莫大な初期投資が必要である。

しかしながら、自動車の自動運転システムはまだ研究段階にある。ドライバーの運転操作支援システムは一部実用化されているにすぎない。表 5.26 に示すように自動車の自動運転システムには多くの特長があり、研究は盛んに行われているが、技術的にも未解決の問題が多く残されている。自動運転システムが実現されるのは遠い将来のことである。

Table 5.26 Features of Automatic Driving

Features of Automatic Driving	Effects		
	Increase in Safety	Decrease in Congestion	Energy Saving / Environmental Protection
Early Detection and Operation	Prevention of Accidents	Driving with Small Gap on Narrow Lane	Elimination of Congestion
		Prevention of Delayed Start	
Elimination of Human Errors	Prevention of Accidents	Prevention of Congestion due to Human Behavior	
Certain Operation	Prevention of Accidents		Prevention of Unnecessary Acceleration
Elimination of Effects of Psychology of Drivers		Prevention of Congestion due to Human Psychology	Prevention of Unnecessary Acceleration
Controllability of Individual Vehicles		Driving with Small Gap on Narrow Lane	Elimination of Congestion

(v) モーダルシフト

旅客輸送を乗用車からバス、鉄道などの公共交通機関に移したり、貨物輸送をトラックから鉄道に移すことをモーダルシフトというが、省エネルギーの観点からモーダルシフトは有効な手段となり得ることがある。

モーダルシフトだけでなく都市交通とエネルギーについて米国の国家予算局が1977年に研究を行っている。表 5.27 は米国の都市交通におけるエネルギー効率を比較したものである。この表は平均的概念を用いているために個々のケースには必ずしも当てはまらないが、鉄道は必ずしもエネルギー効率の高い交通手段ではないことがわかる。

いっぽう日本における都市交通のエネルギー効率（モーダルエネルギー）を調査した結果を表 5.28 に示す。表 5.27 に示した米国の結果との違いは、日本の道路交通の効率は米国の 2 - 2.5 倍であり、鉄道の効率は 4.8 - 6.4 倍に達する点にある。なお表 5.27 の結果は鉄道駅へのアクセス条件を加味したものである。

Table 5.27 Comparison of Energy Efficiency of Urban Transportation Means in U.S.A.

Transportation Means	Operational Energy [cal/capita km]	Line Haul Energy(1) [cal/capita km]	Modal Energy(2) [cal/capita km]
Passenger Car(one passenger)	1723	2227	2227
Psngr Car(mean productivity)	1231	1591	1591
Car Pool	575	742	853
Van Pool(3)	244	316	379
Dial-a-Ride(4)	1517	1928	2698
Heavy Railways(old)	398	485	625
Heavy Railways(new)	560	713	1030
Commuter Railways	411	453	786
Light Railways	587	670	792
Bus	409	442	481

Note

- (1) Line haul energy is a sum of operational energy and energy for production, construction, and maintenance of vehicles and infrastructure.
- (2) Modal energy is a sum of line haul energy and energy for access and detour.
- (3) A ride sharing system with a van of a capacity of 10-12 passengers that employers lease their employees within a same residential area to drive by themselves.
- (4) A ride sharing system with taxis responsive to telephone calls under public operation.

(Source) U.S. Federal Bureau of Budget

Table 5.28 Energy Efficiency of Urban Transportation Means in Japan

	Mean Trips for Urban Commuting [kcal/trip]	Trips by Less-Crowded Railways [kcal/trip]
Railways Only	2408	3612
Railways + Route Bus	3387	4591
Railways +Passenger Car	5674	6878
Railways + Taxi	9654	10858
Route Bus Only	6566	6566
Private Bus Only	3496	3496
Passenger Car Only	22070	22070

5.2.3.2 省エネルギーの技術的ポテンシャル

(i) 自動車の保守と運転

個々のユーザによる日常的な自動車の保守と運転方法の啓蒙は、現在から実施可能な省エネルギー対策である。ドライバに交通法規や正しい運転マナーを遵守させることも必要であろう。たとえば、違法駐車によって道路容量が著しく低下し、渋滞の原因となることをドライバに教える必要がある。

テヘラン市内の乗用車の保守状況は、部品の不足や技術者の不足があって必ずしも満足のいくものではないと推察される。

しかし、省エネルギーを考慮した運転方法を一般のドライバーに知らせることは現在とりうる最も現実的かつ効果的な省エネルギー対策であろう。さらに自動車修理工の養成やパーツの供給を確立することも短期的対策であろう。

(ii) 車両技術

a) 個々のガソリン車、ディーゼル車に対する対策

個々の車両に対する技術は先進国では広く用いられている技術である。したがってこのような車両を長期間にわたって導入すれば、短期的（2001年まで）にも長期的（2011年～2021年）にも省エネルギー化に効果があろう。

テヘラン市内の乗用車は、10年未満の車齢が20%、10年ないし20年の車齢が50%、20年ないし30年の車齢が30%と推定される。現在の乗用車の燃費は、図5.17からわかるように、これらの乗用車に比べて少なくとも30%は良いと推測される。

b) 代替エネルギー車の導入

代替エネルギー車のうち、天然ガスの産出地域では、天然ガス車を近い将来導入することが可能であろう。イランは天然ガスの産出国であり埋蔵量も多いので、天然ガス車の利用は短期的対策として考えられてよい。

そのほかの代替エネルギー車が実用化されるのは長い時間が必要である。

(iii) 自動車交通システム

交通渋滞を防ぎ、自動車の速度を適正な速度にあげることは、きわめて効果的な省エネルギー対策となる。テヘラン市内では20-30km/hで走行していると推定されるが、この速度を10km/hあげると、約30%の省エネルギーとなる。自動車交通システムの改善は、インフラストラクチャの整備が伴うために、短期的な対策とはならないと思われる。しかし将来のために、すでに日本などで使われているような信号制御システムの整備やラジオによる交通情報の頻繁な放送が必要であろう。

しかしながら、交差点に右左折専用車線を設けることや、渋滞の発生しやすいボトルネックの車線数を増すことは、短期的に実現可能なことである。ドライバの啓蒙とあいまって安全で円滑な交通流を実現することができる。

市民が集中するショッピング街や市場へは車の乗入れを禁止することが適当な場合がある。このときは、近くに設けた駐車場からバスで客を送迎する、パークアンドライドシステムを運用することになる。

(iv) 自動車交通の知能化

道路と自動車に知能をもたせ自動車交通を知能化する試みは、一部のシステムが先進国で実用化されているだけである。多くのシステムは、先進国で研究開発が行われている段階であり、実用化するのは遠い将来のことであろう。

5.3 省エネルギーの経済的ポテンシャルの推定

5.3.1 工業部門

5.3.1.1 はじめに

(i) 省エネルギーの経済的ポテンシャルの推定の方法

省エネルギーの経済的ポテンシャルの推定は、図5.19に示されたようなフローに従って行われるべきであろう。ある産業に属するプラント（機械・機器を含む）を既存のものと今後増設、新設されるものとに分け、それぞれについて、将来の — 例えば5年後の — エネルギー消費原単位を推定し、それらを加重平均することによって、その産業のその時点におけるエネルギー消費原単位が得られる。その値と現在の原単位との差が経済的ポテンシャルである。より詳しくいえば、データ・情報が入手可能であることを前提とすると、以下のような方法がとられることが望ましい。

第1に、ある一定のタイム・スパンが想定される。例えば、1999年までには、セメント産業において、これこれの省エネルギーが達成されるであろう、という具合である。

第2に、既存のプラントについては、省エネルギーの個別対策を実施するために要する投資（または支出）額と、その時点でのエネルギー（燃料）価格を考慮に入れて、すでにこれまでに検討された技術的ポテンシャルのうちの、実際に達成可能な経済的ポテンシャルが推定される。

いうまでもなく、経済的ポテンシャルの中には、投資（支出）を全く必要としない対策による省エネルギーの効果も含まれる。

第3に、既存のプラントについては、老朽化したプラントのリプレースメントが考慮される。即ち、寿命のつきたプラントを“スクラップ”し、新たに、より効率の高いプラントを“ビルド”することによって達成される省エネルギーも、経済的ポテンシャルの中に加えられる。

第4に、増設・新設されるプラントについては、まず、Best Available Technologies (BAT) にもとづくプラントが採用される、と想定する。次に、それらの投資の資金調達の可能性が検討された上で、BATの採用の可否が決定されるであろう。換言すれば、BATの採用に要する資金の調達が困難であれば — 外貨調達を含めて —、より効率の劣るプラントが採用されるであろう。そして、このようなプラント選択の際には、エネルギー価格の水準（現状と見通し）も考慮されるであろう。

最後に、上に述べたような方法で推定された既存プラントおよび増・新設プラントそれぞれのエネルギー消費原単位の加重平均値として、当該産業の、将来のある時点の原単位が推定される。

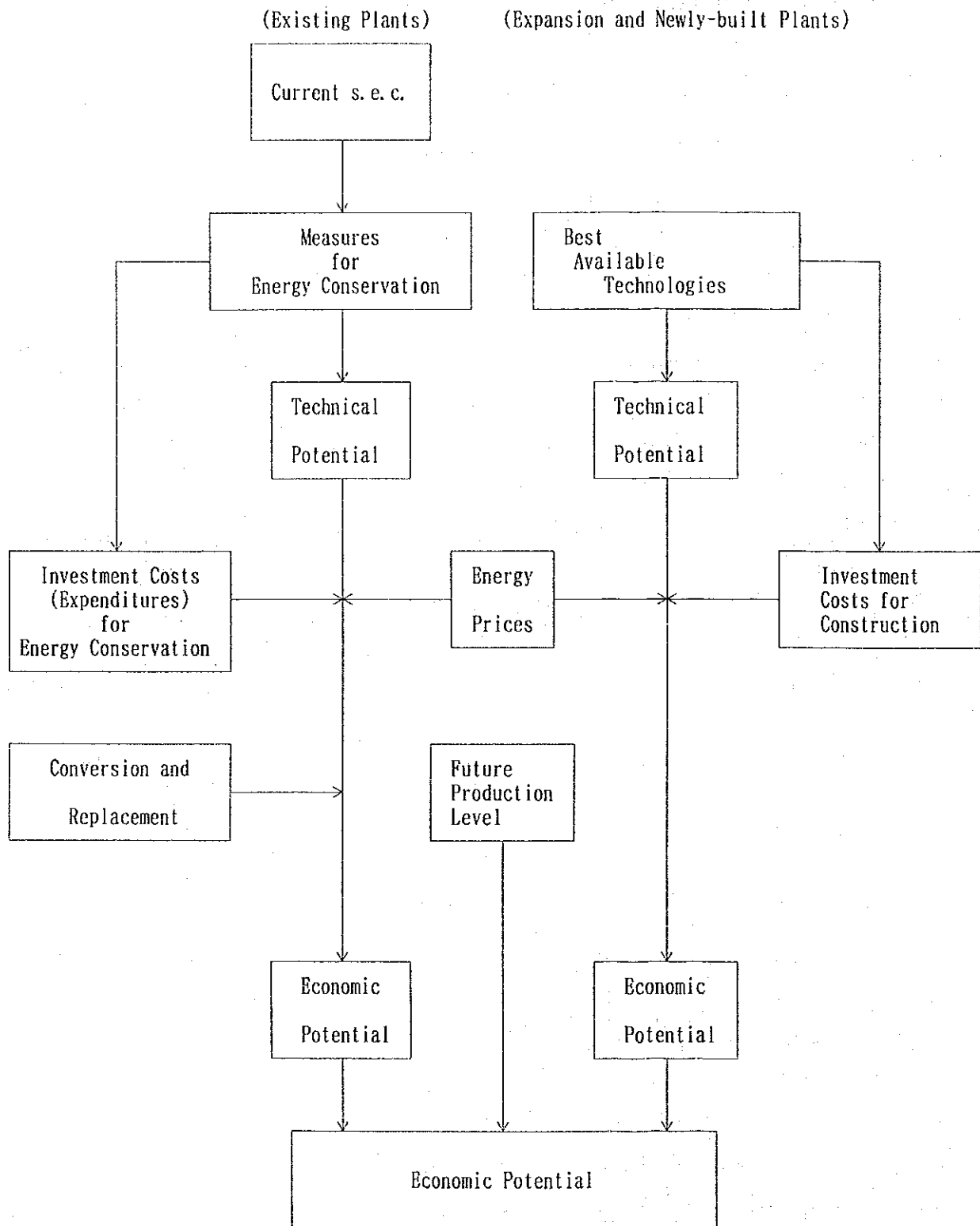


Fig. 5.19 The Model for Estimating Economic Potential of Energy Conservation [In the Case of Industry and Energy Conversion Sector]

(ii) 投資コストの推定方法

省エネルギー対策に要する投資（支出）額の推定は、省エネルギーの経済的ポテンシャルの推定においては、最も重要な部分の1つである。その推定に当たっては、次のような問題への留意が必要である。

第1に、対象としている投資額の中には、どんな要素が入っているか、の確認がある。多くの場合、投資額の中には、機械・機器のコストのみならず、工事費やその材料費、さらには、間接費（エンジニアリング費を含む）および一般管理費も含まれている。しかし、ある場合には、単に機械・機器のコストのみが投資額として示されることもある。

第2に、投資額の、国や地域によるちがいを十分に考慮に入れなければならない。同じ種類の、同じ規模のプラントを日本で建設する場合と、イランで建設する場合では、いくつかの理由から、コストに相違が出てくる。

省エネルギーに要する投資額を推定する際は、これらの他に、プラントの規模を考慮しなければならないが、本調査では、推定におけるそれぞれの重要性やデータ・情報の入手可能性から、上の2つに重点をおいて推定作業を行った。

投資額について、われわれが入手したデータは殆ど全てが日本のものであった。そして、これらのデータは単に機械・機器のコストのみではなく、工事費、間接費および一般管理費をも含むものである、と解釈された。

それでは、日本のコスト・データを用いてイランの投資コストがどのように推定されたか。まず、われわれは、日本で製造された機械・機器がイランに輸送され、それらを用いて、ある工業プラントが建設されると想定すると、そのプラントの総建設コストは日本における機械・機器のコストの約2倍 — それ以上という説もある — になる、と推定した。表5.29はイラン在住の日本企業関係者から聴取したプラント・コストの内訳である。refractory plantの例は、一般管理費が含まれていないので、その分として0.25~0.35を加えると、総建設コストはiron & steel plantの例と同じように、日本から積出された機械・機器のコストの約2倍となる。

次に、われわれは、日本におけるプラントの建設費に占める機械・機器の割合を約3分の1と推定した（表5.30）。言い換えると、日本におけるプラントの総建設費の約3分の2がイランにおけるそれである、ということになる。

しかし、われわれが経済的ポテンシャルの推定に用いた投資コストの数字は、日本で入手したそのままのもの — 1993年価格に換算はされているが — であった。その理由は次の3つである。

第1に、イランにおけるプラント建設費は、もしも日本から機械・機器が持込まれるとすると、日本における機械・機器のコストの2倍をかなり上回る可能性がある、という見方も、日本の専門家によってなされている。

Table 5.29 Examples of Investment Costs of Plants in I.R. Iran

[A] Iron & Steel plant

Equipment and machines	1.00
Transportation to the site	0.33
Civil engineering	0.16
Construction	0.24
Sub-Total	1.73
In-direct costs	0.26 - 0.35
Total	1.99 - 2.08

[B] Refractory plant (50,000 tons/year)

	US\$ 1,000
Machines & Equipment*	Total 24,000 (1.00)
Civil engineering; labor; insurance; etc**	16,000 (0.67)
	40,000 (1.67)

* Including transport, supervision of construction, and commission.

** Indirect costs are not included.

(Source) Japanese companies.

Table 5.30 Composition of Investment Costs in Japan

	(%)	
	Chemical	Cement
Machines & Equipment	34	31
Construction and materials	45	52
In-direct costs (including engineering cost)	12	7
General management	9	10
Total	100	100

(Source) Sangyo Kikai Kogyo Kai, 1993

第2に、現在、日本で製造される機械・機器のコストは、一般的にみて、欧米で製造されるものよりも割高である、という見方が有力である。

第3に、これが最も重要な理由であるが、後に示されるように、第2および第3のカテゴリの対策に要する投資コストとイランのエネルギー価格との比は、少なくとも10~20倍という大きさであり、1.5~2.0倍という大きさではない、という事実である。

以上の理由から、われわれが、日本における投資コストのデータを用いてイランにおける経済的ポテンシャルの推定を行ったとしても、誤った結論に導くことはない、と考えられる。

Table 5.31 Examples of Investment Costs of Energy Conservation Measures in the Cement Industry in Japan(*)

Measures	Saved Energy per Unit of Clinker Production (fuel oil equivalent) (**) (l/t)	Investment Cost per Unit of Saved Energy (fuel oil equivalent) (Rs/l)	Present Value of Annual Pay-back (***) (Rs/l)
<Category 2> Conversion of Lepol kiln to NSP (SP) kiln Power generation using waste heat Preliminary crushing mill (finishing) Improvement of clinker cooler efficiency	15.8~21.1 5.8 0.6 1.6	2,910~2,180 24,830 30,560 n.a.	383~287 3,265 4,018 n.a.
<Category 2> Replacement of wet kiln with NSP (SP) kiln Roller-type vertical crusher (finishing) Roller-type vertical crusher (raw material) Replacement of NSP kiln with fluidized bed furnace	52.6~63.2 0.9 0.6 30.0	7,920~6,590 45,930 45,280 20,830	1,040~870 6,040 5,950 2,740

(*) 1993 price. Exchange rate: US\$1=¥105=Rs1,750 (As of February 20, 1994)

(**) Calorific value of fuel oil is 9,500 kcal/l.

(***) Present value (P) of annual pay-back to investment cost is calculated according to a formula below.

$$\text{Initial Investment} = \sum_{j=1}^n P \times 1 / (1+i)^j$$

i: discount rate = 0.1

n: 15 in this case

(Source) Environmental Protection Agency (Japan)

5.3.1.2 セメント製造における経済的ポテンシャル

(i) 既存のプラント

すでに述べたように、日本のセメント製造におけるエネルギー消費の経験から推定すると、イランの既存のセメント製造プラントにおいては、30~50Mcal/t-cの省エネルギーの技術的ポテンシャルがある、とみられる。しかも、この程度の省エネルギーは主として、コストのかからない第1カテゴリーの対策の実施によって達成されるであろう。

これに対して、第2、第3のカテゴリーの対策による省エネルギーの経済的ポテンシャルは、少なくともここ5年位の間は、極めて限られたものであろう。これらの諸対策の中では、「レポール・キルンのNSP(SP)キルンへの改造」がコストの最も小さいものであるが、それでも節減エネルギー1ℓ(重油換算)当りの投資コストは2,200~2,900Rsであり、この金額を15年間で回収しようとする、年間回収額(現在価値)は290~380Rs/ℓ-重油にのぼる(表5.31)。イランにおける現在の重油価格が製油所渡しで4Rs/ℓ、また、消費工場渡しで約10Rs/ℓであるとすると、上記のような投資を正当化することは全く不可能であり、しかも、近い将来、そのような事情には大きな変化はみられないであろう、と予想される。

もっとも、寿命のつきた、古いキルンの改造およびリプレースメントによっては、多量の省エネルギーが達成されるであろう。一般に、セメント・キルンは、改造による延命も含め、25~30年の耐用年数を有する、といわれている。イランには、1970年以前に建設され、1999年までにNSPキルンに改造、またはリプレースされると予想されるキルンが12基ある(乾式キルンが3つ、温式キルンが9つ)。加えて、1970年代(1971~80)に建設された10基の乾式キルンは2009年までに改造、またはリプレースされるであろう。

以上に述べたような対策が実施されると、イランの既存のセメント製造プラントにおけるエネルギー消費原単位は、現在の1,200Mcalから1999年には1,117Mcal、2009年には、1,044Mcalに低下すると見込まれる(但し、第1カテゴリーの対策の効果を50Mcalとする)(表5.32)。

Table 5.32 The s.e.c. in Existing Cement Factories in I.R. Iran

	s.e.c. (Mcal/c-t)
<u>1991</u>	<u>1,200</u>
(category 1)	(-50)
(conversion)	(-4)
(replacement)	(-29)
<u>1999</u>	<u>1,117</u>
(conversion)	(-73)
<u>2009</u>	<u>1,044</u>

(ii) 増・新設プラント

イランには、建設中および計画中のセメント・プラントが多数ある。仮りに建設中のプラント全てが1999年までに運転を開始するとすると、イランのセメント製造能力は10万8,160トン/日と、今後8年間に2倍の大きさに達することになる。その後も、セメント生産はかなり大きな速度で — 例えば年率5%で — 増大するかもしれない。セメント生産能力は年5%の割合で増大すると、2009年には17万6,180トン/日に達するであろう。

既存プラントの能力が、改造やリプレースメントにもかかわらず、1991年のそれと変わらないと仮定すると、全生産能力に占めるその割合は1999年には52.2%、2009年には32.0%であろう(表5.33)(なお、実際には、既存プラントの能力が改造やリプレースメントによって増大することはしばしばみられる。例えば、ケルン・セメントのNo.1キルン — 乾式。300トン/日 — はS PまたはN S Pキルンへ改造中であるが、その能力は1,200トン/日に拡大される予定である、と伝えられている)。

Table 5.33 Forecast of Production Capacity in I.R. Iran (Ton/Day)

Year	Production Capacity	Addition	Total
1999	56,460 (52.2)	51,700 (47.8)	108,160 (100.0)
2009	56,460 (32.0)	119,720 (68.0)	176,180 (100.0)

一方、新・増設のプラントのエネルギー消費原単位は既存プラントのそれに比して大幅に小さくなるであろう。既存プラントにおける最低の原単位は、われわれが調査した限りでは、約900Mcal/t-cである(表5.6のSoufian CementのNo.3, No.4キルンを見よ)。新・増設プラントの原単位は1999年にこの水準まで低下するとみることができる。また、それは2009年には830Mcal/t-cの水準 — 1990年の韓国と等しい — まで低下するかもしれない(表5.34)。

Table 5.34 Tentative Estimate of the Specific Energy Consumption in the Cement Industry in I.R. Iran (1999 and 2009)

Year	(Mcal/t-clinker)		
	Existing (A)	Newly-built (B)	Total (Weighted average of (A) and (B))
1991	1,200	-	1,200 (100)
1999	1,117	900	1,013 (84)
2009	1,044	830	898 (75)

(iii) 1999年と2009年のエネルギー消費原単位

仮りに新・増設プラントの原単位が1999年には900Mcal、2009年には830Mcalになるとすると、イランのセメント産業全体の原単位は1999年には1,013Mcal、2009年には898Mcalとなるであろう。これらは、1991年に比してそれぞれ16%および25%の改善である(表5.34)。

但し、このような大幅な省エネルギーが達成されるのには、関係者が次のような行動や対策をとることが前提となる。

まず、セメント製造に携わる経営者や作業員が、エネルギー価格の上昇がない場合でも、省エネルギーへの「モラル」を向上させるべきである。

次に、新・増設プラントにおいては、最も効率の良い設備(BAT)が諸条件の許す限り選択されるべきである。

ところで、以上の推定は、エネルギー価格の引上げが行われぬ、という前提の上になされている。今後、5年程度の間、かなり大きなエネルギー価格の引上げ—消費工場渡りで現在の約10Rs/ℓ—重油を5倍程度引上げる—が実施されると仮定した場合、セメント製造業における省エネルギーの経済的ポテンシャルはどの程度大きくなるであろうか。第1カテゴリーの対策がさらに実施に移され、それによる効果がある程度見られるようになるとはいえ、表5.31の必要回収額からみる限り、第2および第3カテゴリーの対策が本格的に実施される可能性は、極めて小さいであろう。

5.3.1.3 板ガラス、砂糖、および鉄鋼における省エネルギーの経済的ポテンシャル

これら3つの産業については、上でセメント製造について行ったと同様の、新・増設プラントを含む、全体的な推定を行うための十分なデータ・情報が入手されていないので、既存プラントについての推定のみを行う。

まず、すでに技術的ポテンシャルの推定に当たって述べたように、板ガラス製造および砂糖製造については、第1～第3カテゴリーの対策による省エネルギーの効果を推定するに足る日本のデータ・情報が十分には入手されていない。ただし第1カテゴリーの対策のみについては、それによって数パーセントの省エネルギーが達成されるであろう、という推定がなされた。これらの対策は、後にのべる日本の火力発電および石油精製における経験から、コストのかからないものが多い、と推測されるから、ここでは、この技術的ポテンシャルが同時に経済的ポテンシャルでもある、と想定することとする。

次に、鉄鋼業においては、日本の経験から、第1カテゴリーの対策によって、少なくとも350Mcal/t-cの省エネルギーが達成される、と推定されているが、上に板ガラスおよび砂糖について述べたのと同じ理由から、この大きさ(技術的ポテンシャル)が経済的ポテンシャルでもある、と想定することにしよう。

また、第2、第3のカテゴリーの対策に要するコストは、表5.35に掲げる通りであり、現在のエネルギー価格を前提にする限り、投資が正当化されるものは全くない。仮りにエネルギー価格が消費工場渡しで5倍程度に上げられるとしても、事情は殆ど全く変わらない（但し、密閉式転炉排ガス回収装置の導入は例外といえるかもしれない）。

もっとも、後述のように、火力発電および石油精製における第2カテゴリーの対策の中には、比較的小さいコストのものもかなりあるという事実から推して、板ガラス、砂糖、鉄鋼についても、実際にはそれらと同じような事情があるとすれば、消費者渡し価格の5倍程度の引上げによって、ある程度の経済的ポテンシャルを見込むことができるであろう。

5.3.2 エネルギー転換部門

この部門において、省エネルギーの経済的ポテンシャルを推定する方法は、5.3.1.1-(i)で述べたものと同じである。但し、板ガラス、砂糖、鉄鋼と同様に、特に新・増設プラントについてはデータ・情報の入手が不十分であるから、経済的ポテンシャルの推定は既存プラントについてのみ行われる。

5.3.2.1 火力発電における省エネルギーの経済的ポテンシャル

日本における経験は、第1カテゴリーの多くの対策による省エネルギーがコスト・ゼロか、極めて小さなコストで達成されることを示している。先に表5.16にリスト・アップした第1カテゴリーの対策のうち、大部分がコストのかからない対策である、と報告されている。それらのうち、僅かではあるが、コストのかかるものを表5.36に紹介した。これらはいずれも、イランの現状の重油価格の下でも実施が十二分に正当化される。したがって、先に技術的ポテンシャルとして推定された3～5%はそのまま経済的ポテンシャルである、とみても大過ないであろう。

次に、先に表5.18にリスト・アップした第2カテゴリーの対策で、投資コストのデータが入手可能であるものを表5.37に改めてリスト・アップした。これらは全て、既存のエネルギー価格水準の下では、実施を正当化しえないが、消費者渡し価格が5倍程度引上げられると仮定した場合には、いくつかの対策が実施を正当化されるようになる、とみられる。もしもこれらの対策が実施されるとすれば、それらによる省エネルギー効果は合せて現在の燃料消費率の2%程度に上げるはずである。

Table 5.35 Examples of Investment Costs of Energy Conservation Measures in the Iron and Steel Industry in Japan (*)

Measures	Saved Energy per Unit of Crude Steel Production (fuel oil equivalent)(**) (ℓ/t)	Investment Cost per Unit of Saved Energy (fuel oil equivalent) (Rs/ ℓ)	Present Value of Annual Pay-back (***) (Rs/ ℓ)
<Category 2> Blast furnace top pressure recovery turbine (wet)	9.5~12.6	1,228~926	161~122
Converter waste gas collecting unit	21.1~25.3	1,548~1,291	204~170
Coke dry quenching unit (CDQ)	10.5~15.8	7,556~5,021	994~660
Hot charge rolling	3.2	5,833	767
Coke furnace humidity-controlling unit	2.1	3,333	438
Blast furnace top pressure recovery turbine (dry)	1.6	7,292	959
Sealed-type converter waste gas-collecting unit	4.7	496	65
Scrap pre-heating unit (electric arc furnace)	7.4~11.6	90~58	12~8
Continuous annealing line	1.1	61,525	8,090
<Category 3> Direct current electric arc furnace	2.0	9,000	1,183
Direct iron on smelting production process	31.6~63.2	11,867~5,934	1560~780

(*)(**)(***) The same as that in Table 5.31.

(Source) Environmental Protection Agency (Japan)

Table 5.36 Examples of Investment Costs of Energy Conservation Measures in Category 1 in Thermal Power Generation in Japan(*)

Measures	Total Investment (Expenditure) (¥1,000)	Saved Energy (fuel oil equivalent) (**) (kℓ)	Investment per Unit of Saved Energy (fuel oil equivalent)		Present Value of Annual Pay-back(***) (Rs/ℓ)
			(¥/ℓ)	(Rs/ℓ)	
Improvement in soot blower steam injection device for air preheater	15	670	0.02	0.37	0.10
Improvement in method for cleaning condenser	314	2,960	0.11	1.77	0.47
Decrease in cooling water in boiler (decrease in power for pumping)	400	930	0.43	7.11	1.89

(*) (**) (***) The same as in Table 5.31 except that "n" in (***) is 5 years in this case.
(Source) ECCJ "Annual Report" each edition

Table 5.37 Examples of Investment Costs of Energy Conservation Measures in Category 2 in Thermal Power Generation in Japan(*)

Measures	Total Investment (¥1,000)	Saved Energy (fuel oil equivalent) (**) (kℓ)	Investment per Unit of Saved Energy (fuel oil equivalent)		Present Value of Annual Pay-back(***) (Rs/ℓ)	
			(¥/ℓ)	(Rs/ℓ)	15	20
<Boiler>						
Cut in spray in boiler's reheater	48,390	1,000	48.4	806	106	95
Cut in gas leaks in air preheater (improvement in sealing)	37,210	322	84.5	1,408	185	165
Cut in gas leaks in air preheater	73,940	190	389.2	6,486	853	762
Efficient use of steam for heating air pre-heater	5,330	5,000	1.1	178	2	2
Cut in temperature of steam at the outlet of boiler	16,160	1,100	14.7	245	32	29
Recovery of boiler drain	6,580	163	20.2	337	44	40
<Turbine>						
Improvement in efficiency of turbine blades (conversion)	563,380	3,500	161.0	2,683	353	315
Improvement in method for cleaning condenser (to install cleaning device)	136,000	5,620	24.2	403	53	47
<Others>						
Improvement in cooling water system in generator	3,420	203	16.9	281	37	33

(*)(**) (***) The same as in Table 5.31. 15 and 20 in (**) mean 15 and 20 years.
(Source) ECCJ "Annual Report" each edition

5.3.2.2 石油精製における省エネルギーの経済的ポテンシャル

日本における経験は、第1カテゴリーに属する多くの省エネルギー対策が、コスト・ゼロか、極めて小さいコストで実施されることを示している。先に5.2.2.2でリスト・アップした第1カテゴリーの対策は全て、コストのかからないものであるか、かかるとしても、極めて僅かである、と報告されている(表5.38)。この表にみられるように、1~2の例外を除いて、1976~78年の間に実施された各対策の平均コストは、現在のイランにおけるエネルギー価格によっても正当化されるものであった。したがって先に技術的ポテンシャルとして推定された、現在のエネルギー消費原単位の約15%は、そのまま経済的ポテンシャルである、とみて間違いないと考えられる。

次に、先に5.2.2.2でリスト・アップした第2カテゴリーの対策のコストは、各年別に平均すると、次のようになる(1993年価格。重油1ℓ当り)。

1976年	Rs 42.5
1977年	Rs 52.7
1978年	Rs 52.7

また、各対策の各年別の平均コストは表5.39に示す通りである。これらのデータによると、2~3の対策を除く全ての対策が、消費者渡しエネルギー価格が5倍程度に上げられた場合には、その実施を正当化されるであろうことが明らかである。もしもこれらの対策が実施されるとすれば、その効果は現在のエネルギー消費原単位の約3%であろう。但し、日本においては、第2のカテゴリーの対策が本格的に実施されるのは、むしろこの時期より後のことである、という事実に十分留意する必要がある。

5.3.3 工業部門およびエネルギー転換部門のまとめ

まず、第1カテゴリーの対策については、実証的にみて、各産業とも、3~5%程度の省エネルギーが経済的に可能である、と推定される。

しかも、次のような事実を考慮に入れると、実際には、もっと大きい省エネルギーが経済的に可能であろう、と推測することができる。

第1は、日本の石油精製において、コストのかからない第1のカテゴリーの対策によって15%以上の省エネルギーが達成されたことである。

第2には、イランでは、これまで省エネルギー対策が殆ど全くとられたことがなく、したがって、第1のカテゴリーの対策だけでも、大きな効果をあげる余地がある、と予想されることである。

第3は、省エネルギーセンターが発展途上国で行った多くの調査にもとづいて、第1カテゴリーの対策によって10~15%の省エネルギーが達成可能である、と推定していることである。

Table 5.38 Examples of Investments of Energy Conservation Measures in Category 1 in Petroleum Refining in Japan (*)

Measures	Investment per Unit of Saved Energy (fuel oil equivalent)(**) (Rs/ℓ)		Present Value of Annual Pay-back(***) (Rs/ℓ)	
	1976(****)	1977	1976(****)	1977
	1978	1978	1978	1978
Control of O ₂ in heating furnace	12.82	3.60	3.38	0.95
Improvement in insulation in storage tanks	-	-	-	-
Rationalization of steam system	10.61	-	2.80	-
Improvement in balance of operating plants	-	-	-	-
Cut in reflux rate	-	-	-	-
Cut in recycle gas rate	1.31	30.83	0.35	8.14
Improvement in operating conditions	2.41	-	0.63	-
Control of injected steam	1.02	0.51	0.27	0.14
Improvement in method for cleaning heat exchanger	-	6.41	-	1.69
Improvement of operation temperature and reaction pressure	-	-	-	-

(*)(**)(***) The same as in Table 5.31 except that "n" in (***) is 5 years in this case.

(****) Including investments (expenditures) for the period of 1974-75.

(Source) Estimated from PAJ's survey made in February, 1979.

Table 5.39 Examples of Investments of Energy Conservation Measures in Category 2 in Petroleum Refining in Japan(*)

Measures	Investment per Unit of Saved Energy (full oil equivalent)(**)		Present Value of Annual Pay-back(***)	
	(Rs/ℓ)		(Rs/ℓ)	
	1976(***)	1977	1976(***)	1978
Installing heat exchangers and improvement in their arrangement	999.7	1,066.0	131.5	140.2
Efficient use of steam	453.5	239.8	59.6	31.5
Cut in O2 in heating furnaces	359.5	246.2	47.3	32.4
Installing steam generator	638.8	576.2	84.0	75.8
Improvement in balance of operating plants	149.3	741.2	19.6	97.5
Strengthening insulation	851.8	732.1	112.0	96.3
Recovery of off-gas	453.5	78.6	59.6	10.3
Better functioning of steam trap	268.2	221.7	35.3	29.2
Recovery of hydrogen gas	113.4	76.1	14.9	10.0
Improvement in controlling method	110.3	73.5	14.5	9.7
				1978
				86.3
				42.3
				46.0
				123.1
				13.9
				65.2
				1.8
				2.3
				n.a.
				89.7

(*) (**) (***) The same as in Table 5.31.

(****) Including investments in the period of 1974-75.

(Source:) The same as in Table 5.39.

第4に、セメント製造について、われわれが推定した例にみられるように、多くの産業において、生産量または供給量の拡大に伴って、より効率の良い機械・機器が導入され、その結果、新・増設プラントを含む産業全体のエネルギー消費原単位が引下げられるであろう、という見通しである。

次に、第2～第3のカテゴリーの対策については、エネルギー価格が現状のままだとすると、経済的ポテンシャルは極めて小さいであろう、と推定された。しかし、イランのエネルギー（重油）価格が消費工場渡しで現在の約5倍に上げられた場合には、火力発電および石油精製においては、2～3%程度の経済的ポテンシャルがある、と推定された。

セメント、板ガラス、砂糖、鉄鋼に関しては、実証的には、定量的に経済的ポテンシャルの推定が行われていないが、下に述べることを考慮に入れると、データ・情報が入手可能になれば、これら産業においても、エネルギー価格の5倍上げの場合には、少なくとも数パーセント程度の経済的ポテンシャルが存在することが明らかになる、と推定することは不当ではないであろう。

一般的にみて、火力発電および石油精製におけると同様の、比較的成本のかからない第2カテゴリーの対策が、これら産業にも必ずある、と予想されることである。具体的には、セメント製造における断熱の強化や、鉄鋼業における排熱の回収などの例にみられるように、われわれが第2カテゴリーの対策として、表の中に掲げたもの以外の、よりコストの小さい対策がある、という事実を指摘することができる。

いずれにせよ、第7章に詳述したように、省エネルギーの経済的ポテンシャルの推定のためには — それは適確な省エネルギー政策の樹立を目的とするものであるが —、今後の追加的な調査が必要である。

5.3.4 道路輸送部門

道路輸送部門でも、省エネルギー対策には3つのカテゴリーがある。即ち、ドライバー、自動車会社、および、政府のそれぞれによってとられる対策である。

上の5.2.3で述べた対策のうち、自動車の適正な運転およびメンテナンスの2つはドライバーによって実施されるものであり、さらに、燃費向上は自動車会社、道路輸送システムの改良およびモーダル・シフトは中央、地方の政府によって実施されるものである。

上記の各対策による省エネルギーの経済的ポテンシャルについては、全体的にはいまだ定量的な推定が行われていない。しかし、上記のカテゴリー1の対策については、経済的ポテンシャルの推定は可能であるかもしれない。

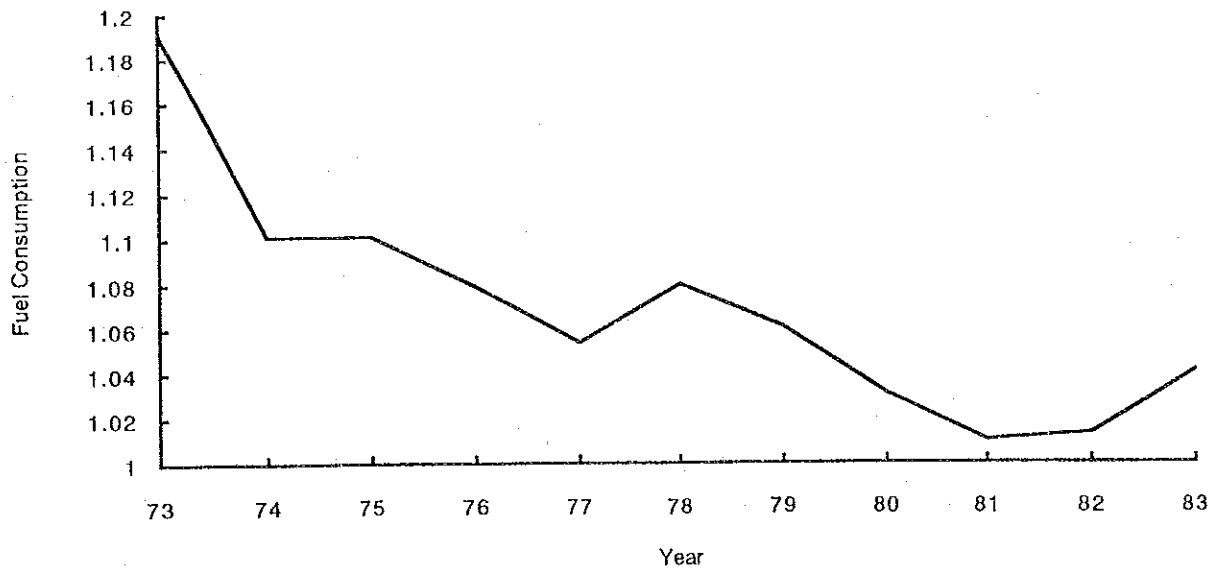
図5.24に示したように、日本では第1次石油危機後の数年間に、乗用車1,000台当りの燃料消費は10%低下している。そこで、次のように推定することは不合理ではあるまい。即ち、燃料価格急上昇による自動車の走行距離の短縮という事実は考慮に入れるべきであるが、乗用

車の燃費が低下したこの期間に、カテゴリー1の対策が上記の低下の大部分に寄与した、と。

いま仮にイランの道路輸送部門においてエネルギー消費が10%低下するとすると、省エネルギーの量は年間68万1,000klに達する。

Fig. 5. 20 Fuel Consumption of Passenger Cars in Japan

(10¹⁰kcal/
1,000cars)



5.4 省エネルギー促進のためのシナリオ

5.4.1 省エネルギーのための政策

省エネルギーを促進するための政策措置としての基本的方法は、次のように分類することができる。

- ① 指導, 助言, および教育
- ② 強制的措置
- ③ 指 示
- ④ 誘 導
- ⑤ 奨 励
- ⑥ 詳細な調査

まず、指導, 助言, および教育においては、次のような例が含まれる。

- ① “省エネルギー日” および/または “省エネルギー月” を設けること。
- ② 省エネルギー運動を始めること。
- ③ 次のような活動を担当する “省エネルギー・センター” を設立すること。
 - －指導, 助言, および教育
 - －調査および研究
 - －エネルギー診断
 - －訓 練

強制的措置の方法には、次のような例がある。

- ① 金曜日にガソリン・スタンドを閉鎖すること。
- ② 大都市の一定区域への車の乗り入れ禁止。

指示の方法には、次のような例がある。

- ① 工場や機器, 自動車などのエネルギー効率を評価する基準の設定。
- ② エネルギー診断の実施。
- ③ 市民, 会社, その他に対して省エネルギーのために必要な情報や知見を提供すること。

さらに、誘導の方法には、次のようなものがある。

- ① 各種エネルギー源への価格政策
- ② 同じく税制

奨励には、次のような政策措置がある。

- ① 省エネルギー機器への投資を行う者に対して税控除や特別償却の特典を与えること。
- ② 同じく長期, 低利の資金を貸与すること。

最後に、上記の諸方法に加え、具体的な政策措置を実施するためには、各部門に関する詳細な調査がなされなければならない。そのような調査の主な内容は次の通りである。

- ① 信頼しうるデータベースを構築するためのデータの収集と整理。
- ② ミクロ・レベルにおけるエネルギー利用の分析。
- ③ 省エネルギー促進のための詳細な措置の検討。
- ④ 省エネルギーの技術的・経済的ポテンシャルの推定。

5.4.2 省エネルギーのためのシナリオ

上述の政策措置、ならびに、5.3で述べた経済的ポテンシャルを考慮した上で、イランにおける省エネルギー促進のための現実的なシナリオを次のように描くことができよう。

5.4.2.1 短期（1994～1999）のシナリオ

第1に、5.2に示した工業部門および転換部門の既存の工場などにおける個別の対策の中では、カテゴリー1に属するもののうち若干が現実的なものとして実施に移される、と考えられる。道路輸送部門では、運転方法の改善および車輛の適正なメンテナンス（両方とも政府の支持の下に運転者によって実施されるべきものである）、ならびに既存の道路の効率的な利用がこの期間における現実的な対策である、と考えられる。

第2に、新設または拡張工事においては、効率的なプラントおよび機器の採用が、その資金調達が可能である限りにおいて、望ましい対策である。さらに、効率の良い車の導入が政府によって促進されるべきである（テヘランにおけるガソリン車の燃費は100km当り15リッターと伝えられているが、これは日本の約2倍である）。

第3に、これらの個別対策を促進し支持するものとして、次のような政策措置をとることが望ましい。

- ① 指導、助言、および教育
- ② 強制的措置（とくに道路輸送部門において）
- ③ エネルギー価格の実質的な引上げ

これまで繰り返し述べているように、製造業およびエネルギー転換部門においては、10～15倍に及ぶエネルギー価格の引上げを行っても、カテゴリー2および3の対策による省エネルギーを大きく誘発することはできないかもしれない。しかし、5年間にそれ以上の価格引上げを行うことは、特に市民の生活に与えるインパクトを考えると、余りにも急激な措置である、と考えられる。

それゆえ、工業部門、エネルギー転換部門、ならびに道路輸送部門において、主としてカテゴリー1の対策によって達成される省エネルギーを追求することが合理的である、と思われる。

最後に、各部門の省エネルギーに関する詳細な調査がこの期間に始められるべきであろう。その結果は長期的にみた政策の実施に役立つであろう。

5.4.2.2 長期（2000～2021）のシナリオ

第1に、より詳細な調査を行うことによって、具体的な政策措置が明らかになり、かつ、省エネルギーのポテンシャルについて、より信頼できる推定がなされるようになるだろう。即ち、推定されるポテンシャルには、工業部門、エネルギー転換部門、および道路輸送部門において、主にカテゴリー2および3の対策によって達成されるものと並んで、家庭、商業、および農業の各部門において、全てのカテゴリーの対策により達成されるものも含まれるであろう。

第2に、投資コストのかかる対策が、上述の調査にもとづいて、既存の工場およびプラントで実施されるであろう。

道路輸送部門では、カテゴリー2および3における多くの対策も検討され実施され、さらにより効率の良い車の導入も進められるであろう。

第3に、上述のような対策や、より効率の良いプラントおよび機器ならびに車の採用を促進し支持するために、財政的支援を含む、より強力な政策措置が打ち出されよう。

6. エネルギーと環境

6.1 はじめに

6.1.1 エネルギーと環境

我々の近代的な生活と経済活動にエネルギーは欠かせないものである。ただし、エネルギー・システムはエネルギー資源を消費し、各燃料サイクルの異なる段階で環境への負担を強い、廃棄物を生み出す。特に、石油、石炭、天然ガスおよび他の化石燃料は、環境問題と強く結び付いている。燃焼、保管およびその他の段階で、硫黄酸化物、窒素酸化物、粉塵、炭化水素、および他の大気汚染物質が排出され、地域的な大気汚染や酸性雨の原因となっている。

化石燃料も二酸化炭素および地球の温暖化の原因となる温室効果のある気体を放出する。採鉱プロセスでメタンが放出され、出荷プロセスでメタンが漏れる。都市近郊のエネルギー消費が時としてヒートアイランド現象の原因となる。

海洋油田では、北海油田の事故のように、ひとたび大事故が発生すると、その海洋汚染は深刻なものになる。巨大タンカー事故で排出された原油やバラスト水も、海洋汚染の原因である。

大気汚染に焦点を当てると、エネルギー消費に伴う環境汚染は、次の3グループに分けられる。

(1) 局地的な大気汚染

潜在的に、化石燃料の燃焼によって、粉塵、硫黄酸化物(SOX)、窒素酸化物(NOX)一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)および他の化学物質など従来型の大気汚染物質が排出される可能性がある。

粒子直径が10ミクロン以下である粉塵は、長期に亘り大気中に留まり、気道や肺胞に蓄積され、肺に影響を与えるため、環境基準は、浮遊粒子物質(SPM)の環境基準として決定される。SOXは、人間の健康、海洋の生体系、作物および森林、さらに建物に悪影響を与える。NOXは、主として高圧で化石燃料を燃焼することによって生じる。NOXは、硫黄酸化物と同時に光化学オキシダント、スモッグおよび酸性雨を発生させる。SOXとNOXの環境レベルは、空気中の測定濃度で表され、その排出量は、二酸化硫黄(SO₂)および二酸化窒素(NO₂)の量として与えられる。

COは、赤血球の酸素吸収を阻止する。揮発性有機化合物(VOC)は、窒素酸化物と共に光化学大気汚染物質の主要先駆物質とみなされている。結局、光化学オキシダントは、燃料の不完全燃焼によって発生するCO、NOXおよびHCによって発生し、エネルギー消費と絡んで、地域の大気汚染に問題を投げかけている。

(2) 酸性雨（地域的な大気汚染）

酸性雨は、化石燃料の燃焼によって生産されるSO_xおよびNO_xが溶けて発生する。時々、酸性雨が降り、酸性雨の発生源から何千キロメートルも離れた地域に深刻な損害を与えることがあり、国際的な政治問題となっている。

(3) 地球温暖化

二酸化炭素（CO₂）、メタン、クロロフルオロメタン（CFC）などの温室効果のある気体（GHG—グリーン・ハウス・ガス）の放出や森林伐採などを含む他の要因が、地球温暖化の原因となる要素とされている。US—EPA “Policy Options for Stabilizing Global Climate（地球の気象安定化に対する政策選択案）”，1989年2月によると、地球温暖化の人為改変的な原因の約57%がエネルギー生産と消費であり、CFCが17%、農作業が14%、土地利用の変化が9%で、その後が続いている。CO₂は、潜在的に気象、海拔および世界の農業に影響を与える温室効果の最大の原因となっているため、エネルギー消費に関連のあるCO₂は、地球温暖化を防止する対応策の中できわめて重要である。

6.1.2 本調査の焦点および目的

エネルギーと環境に関するこの種の研究の最終目的は、環境保全という目標達成のために、環境改善のための個々の対策を明確化し、それらの対策を支援、促進する具体的な政策を作成することである。具体的な政策を作成し、提案するためには、以下のステップが必要とされる。

まず、局地的な汚染および地域的な汚染に関しては、地区別の環境汚染の現状を正確に把握するために、環境汚染物質の濃度および汚染物質の排出量について調査する（あるいはモニタする）。

第二に、現状がその地域または周辺の住人に対して望ましくないとみなされる場合、基準を設定するために、受容可能な、あるいは望ましい環境汚染レベルを検討するが、この基準は、その地域または周辺の汚染物質の排出量を規制するために用いられるものである。

第三に、基準の設定に伴い、技術装置の取付などの環境保全の諸方法が、それらの経済的実現可能性と並行して検討される。

本調査では、主として国際機関が調査した大気汚染濃度のデータと情報のいくつかが集められ、解析される一方、過去および現在の排出量について推定が行われる。

現在イラン政府が基準を検討中であるため、イランにおける環境汚染の受容可能な、あるいは望ましいレベルについては研究されなかったが、イランの環境規制の現状については、調査が行われた。

政策に関する基本的な考えを提案するために、固定および移動の両方の発生源に関して、環境保全対策の研究が行われている。さらに、政策立案者に具体的な政策を立案するためのデータおよび情報を提供する目的で、これら対策の費用または所要資金についての調査が行われている。

最後に、上記の諸研究に基づき、将来、より具体的な政策を立案できるように、政策的措置に関して、ある程度の検討が行われている。

6.2 イランにおける環境管理体制の現状

6.2.1 管轄官庁

環境省（環境保護庁；EPO）は1974年の環境保護・改善法によって設立された。この法律は依然としてイラン・イスラム共和国（以下、イラン）の環境政策を規定している。EPOは大統領府に所属しているが、同じ法律によって設立された環境最高会議の下で活動している。同会議はイランの環境政策を形成する権限と管轄権を与えられている。EPOは、環境の均衡を乱すような、どんな形の汚染あるいは悪化をも阻止し、かつ管理するために、環境の保護と改善という仕事を委託されている。

EPOの機能と責務は以下の通りである。

- －イランにおける環境政策を作成すること。
- －環境を保護、改善し、そのための諸措置を実施し、さらに汚染を管理すること。
- －石油汚染を除く海上汚染（地上および航空機・船舶に起因する海上汚染）の全ての源をモニターすること。
- －領海内および大陸棚における自然資源の探鉱および採掘による汚染から海上の環境を保護すること。
- －汚染の拡大を阻止するために必要な措置をとるよう、イランの公的港湾当局に権限を与え、かつ受入れ施設を監督すること。

EPOは自然および人間の環境の保護に関する全ての責務を想定して、立法および組織的措置を通じて環境政策を遂行する。それらの措置の中には、大気、水、および固形物の質および排出基準に関する調査、野生動物の保存、遺伝学的な保護、さらには、環境法規および規制の強化などが含まれる（以上は1992年のリオ環境会議への提出資料による）。

図6.1はEPOの組織図である。EPOの長官は5つの部局、即ち、人間環境局、環境評価局、国立歴史博物館、自然環境局、ならびに研究所によって支えられている。各部局はいくつかのセンターをもっている。大気汚染研究センターは人間環境局の傘下にある。EPOの約20の地方局が諸都市に存在している（その典型的な組織については、図6.2参照）。

環境各分野に責任を有するEPO以外の他の組織は以下の通りである。

- －保健省、環境健康事務所
- －気象庁
- －原子力庁
- －テヘラン大学、保健部
- －科学・産業調査庁
- －NIOC研究センター
- －地方自治体

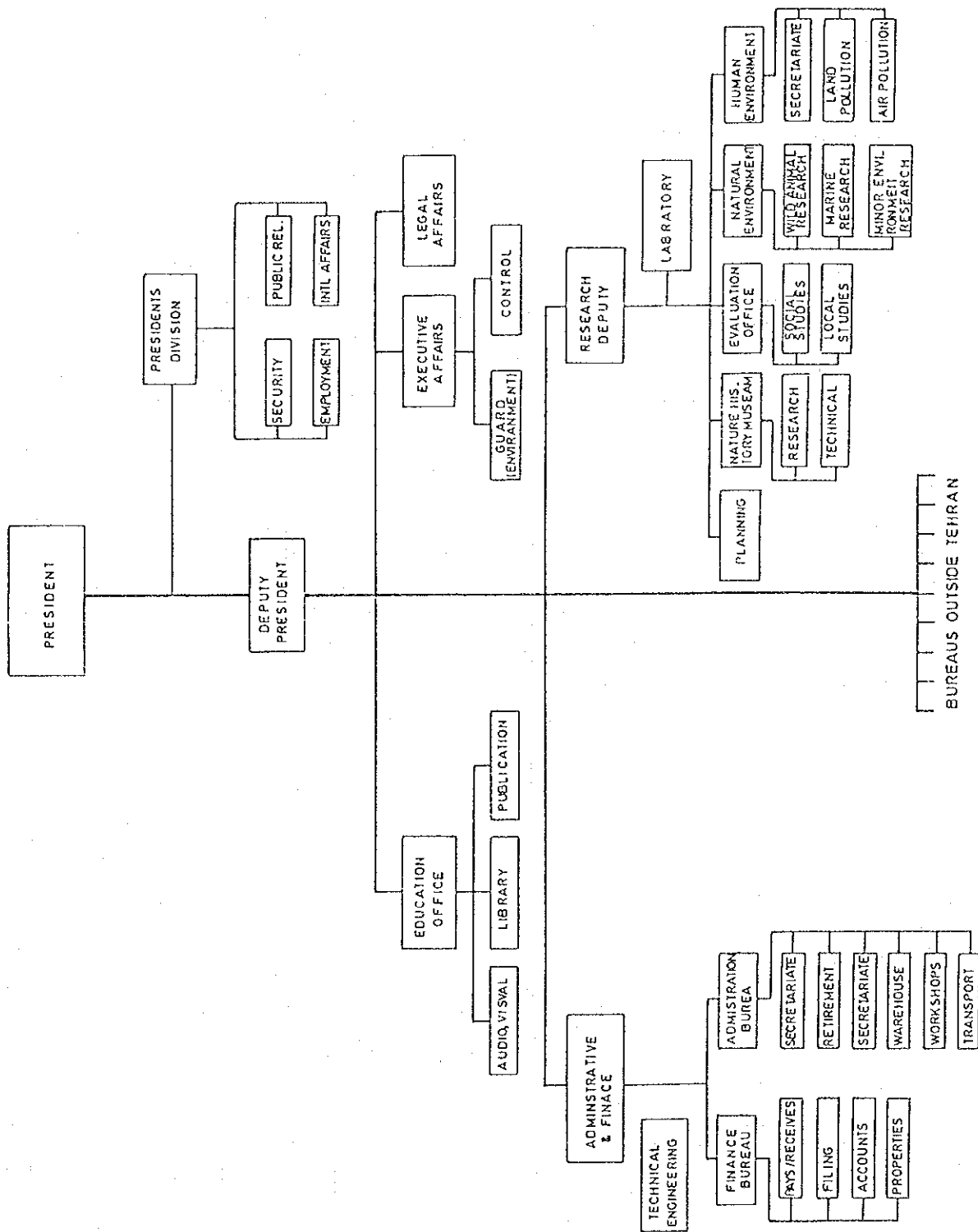


Fig. 6.1 Organizational Chart of Environmental Protection Organization

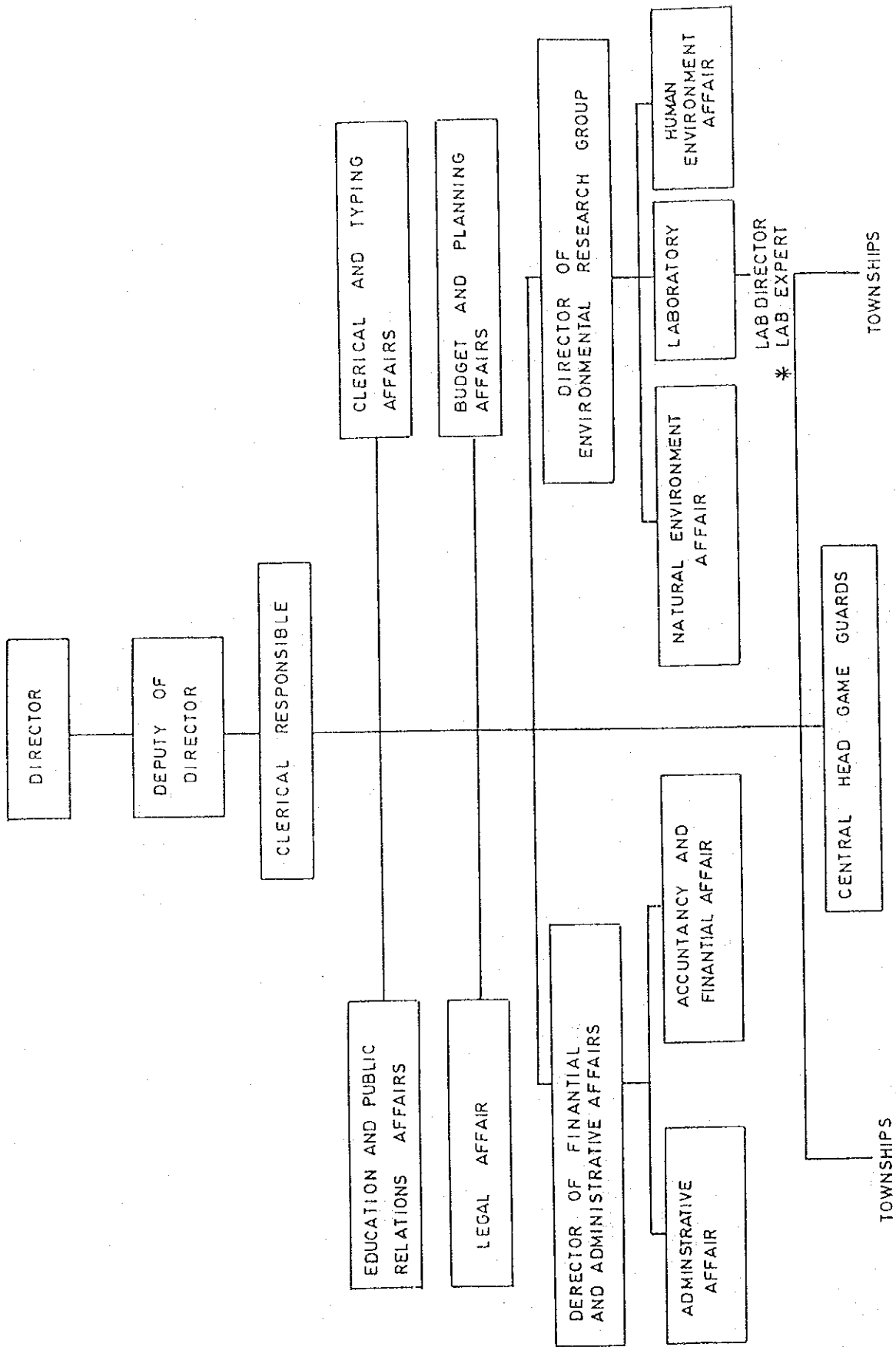


Fig. 6.2 Typical Organizational Chart of Local Office of Environmental Protection Organization

地方自治体は、都市交通の管理、交通量や大気汚染の減少を目的とした政策立案、工業団地の再配置、公害企業の市内から郊外への移設に関して責任と権限を有している。

テヘラン市は、環境関連部課として、輸送・交通部、廃棄物処理部、産業再配置部、公園部を有する。

6.2.2 環境保護に関する法律および規制

(1) 環境保護に関する基本法

1974年、環境保護法がイラン国会によって公布された。続いて1975年に大気保全法が公布された。本法下、大気汚染の管理、改善に関する以下の機能がEPOに付与された。

- 大気質の調査とモニタリング
- 大気汚染源の調査、確認とこれら汚染源の分類
- 地域別大気環境基準の策定
- 地域別排出基準の策定
- 地域別大気汚染源の管理、基準の策定
- 各種基準、条件の執行状況の監視

(2) 環境基準

現時点では、テヘラン市当局はWHO（国際保健機構）によって採用されている大気環境基準を採用している。

汚染物質	基準 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	50 (年間値)
粒状物質	
—煙	125 (24時間値) 50 (年間値)
—浮遊粒状物質	60 (年間値)
鉛	0.5~1.0 (年間値)

表6.1は、WHOガイドラインと各国の基準値を比較して示す。

Table 6.1 Selected Ambient Air Quality Standards

Nation	Classification	Unit	SPM			SOx			NOx			
			1 hr	24 hrs	Annual	1 hr	24 hrs	Annual	1 hr	24 hrs	Annual	
WHO	Guideline	mg/M3		0.15-0.23	0.06-0.09	0.350	0.100-0.150	0.040-0.060		0.400	0.150	
Japan		mg/M3	0.20	0.10		(0.10) 0.286	(0.04) 0.114				(0.04-0.06) 0.082-0.123	
Germany		mg/M3	0.20	0.10		0.400		0.140		0.200		0.080
U.S.A.		mg/M3		0.15-0.25	0.05-0.08		(0.14) 0.400	(0.03) 0.086				0.100
S. Korea		mg/M3	(TSP)	0.30	0.15		(0.15) 0.429	(0.05) 0.143		(0.15) 0.307		(0.05) 0.103
Malaysia		mg/M3	(TSP)		0.09		(0.04) 0.114			(0.17) 0.358		
Indonesia		mg/M3	(TSP)	0.26								
Thailand		mg/M3		0.33	0.10		(0.10) 0.286				(0.05) 0.103	
Philippines		mg/M3		0.18			0.300	0.100		0.320		
Taiwan		mg/M3	0.25			0.850	0.369			0.190		
	Industrial Residential	mg/M3				(0.50) 1.430	(0.15) 0.429	(0.075) 0.215			(0.10) 0.205	
China	1st. Class	mg/M3		0.05-0.15		(0.30) 0.858	(0.10) 0.286	(0.050) 0.143			(0.05) 0.103	
	2nd. Class	mg/M3		0.15-0.30		0.150	0.050	0.020		0.100	0.050	
	3rd. Class	mg/M3		0.25-0.50		0.500	0.150	0.060		0.150	0.100	
	Industrial(A)	mg/M3		(8 hrs) 0.20		0.700	0.250	0.100		0.300	0.150	
	Commercial(B)	mg/M3					(8 hrs) 0.120				(8 hrs) 0.120	
	Residential(C)	mg/M3		(8 hrs) 0.50			(8 hrs) 0.080				(8 hrs) 0.080	
Hong Kong		mg/M3				0.800	0.350	0.080		0.300	0.150	0.080
Singapore	Guideline	mg/M3					0.365	0.080				0.100

Note : Unit of figures in () is ppm.

Nation	Classification	Unit	CO			Ozone			HC 3hrs	Smoke	Lead (microgram/cubic meter)	
			1 hr	8 hrs	24 hrs	1 hr	8 hrs	24 hrs			24 hrs	Annual
WHO	Guideline	mg/M3		10		0.15-0.20	0.10-0.12				0.50-1.00	
Japan		ppm	30	8		0.08-0.10	0.05-0.06		0.04-0.08			
Germany		ppm	24	20	10	0.06						
U.S.A.		ppm	24	(Annual) 8								(Quarterly) 2
S. Korea		ppm	35	9	8	0.12		0.24				(Quarterly) 1.5
Malaysia		ppm		9		0.10						
Indonesia		ppm		20		0.10						20
Thailand		ppm	44	18		0.10		0.24				60
Philippines		ppm	28	8		0.06						10
China	1st. Class	mg/M3			4-10.	0.12						0.100
	2nd. Class	mg/M3			4-10.	0.16						0.150
	3rd. Class	mg/M3			6-20.	0.20						0.300

Note : SOx: 1 ppm = 2.86 mg/M3, NOx: 1 ppm = 2.05 mg/M3, CO: 1 ppm = 1.25 mg/M3, O₃: 1 ppm = 1.93 mg/M3

Source : Governmental Organizations, UNEP, World Bank

(3) 排出基準

以下の車両に関する排ガス基準が、環境最高会議によって承認、適用されている。

- 排ガス中の最大CO濃度は容積比 1.5%を越えてはいけない。
- 有色煙を排出する車両は操車してはいけない。
- テヘラン市の車両テストは欧州ECE15方式に基づいて行われる。

上記の基準は以下の通りである。

エンジン容量	ECEサイクル(g/Test)		
	CO	HC+NO _x	NO _x
VH < 1.4	45	15	6
1.4 < VH < 2.0	30	8	—
2.0 < VH	25	6.5	3.5

EPOはEC諸国で広く採用されているのと同じ基準を事実上、適用している。いくつかのアジアおよびEC諸国における排出基準が表6.2(a), (b), および(c)に示されている。

Table 6.2(a) Emission Standards in Asian Countries

Nation	Classification	Unit	Dust	SO _x	NO _x	CO
Japan	(Existing) (New Facilities)	mg/M ³ mg/M ³	(100-300) (50-150)	K-value and Total Control	Facilities & Total Control	Exhausted Gas Control
Indonesia		mg/M ³	600	300	4600	1000
Thailand	Bangkok Others	mg/M ³ mg/M ³	500	400 700	1000	1000
Philippines	(Existing) (New Facilities)	mg/M ³ mg/M ³	500 300	2000 (P/P)200 (Others)1500	1000	

Note : P/P = Power Plants

Source : NEDO

Table 6.2(b) EEC SO₂ Emission Standards for Coal-Fired Plants

Plant type (new plants)	plant size, MW	Emission standards*
-combustion plants	50-99	limits to be decided
-combustion plants	100	(2,000 mg/m ³)
-combustion plants	101-499	sliding scale between (2,000-400 mg/m ³)
-combustion plants	>500	(400 mg/m ³)
-combustion plants firing indigenous high or variable sulphur coal	100-166	40% S removal
-combustion plants firing indigenous high or variable sulphur coal	167-499	sliding scale between 40-90% S removal
-combustion plants firing indigenous high or variable sulphur coal	<300	60% S removal
-combustion plants firing indigenous high or variable sulphur coal	>500	90% S removal

Table 6.2(c) EEC NO_x Emission Standards for Coal-Fired Plants

Plant type (new plants)	plant size, MW	Emission standards*
-combustion plants	>50	(650 mg/m ³)
-combustion plants firing coal with volatiles <10%	>50	(1300 mg/m ³)

* figures in brackets denote emissions standards at 6% O₂, stp (0°C (273K), 101.3kPa) on dry flue gas

Source : IEACR/43 December 1991 IEA Coal Research, London
"Emission Standards Handbook : Air Pollutant Standards for Coal-Fired Plants "

6.2.3 大気汚染物質のモニタリング

EPOは1985年以降いくつかの地方組織と共同して大気汚染のモニタリングを行っている。それには、テヘラン、クゼスタン、シラズ、イスファハン、タブリーズが含まれる。EPOは、テヘランには10カ所の測点を設けており、測定項目は、CO、NO_x、SO₂、O₃、SPMと鉛濃度である。

EPOの他にも保険省、石油省などの機関が以下のように大気汚染に関する調査を行っている。

- a) 保健省の環境・保険事務所もまた、テヘランに10カ所の測点を設けている。そのうち5カ所は市中央部の各所に、2カ所は市の南部、3カ所が市の北部、東部と西部に設置されている。環境・保険事務所では、SO₂、煙、SPMと鉛の濃度を測定している。また、血中での鉛濃度とヘモグロビンへのCOの影響に関する研究も行われている。
- b) NIOC研究センターは1969年以降、SO₂、H₂S、NO₂、T.H.C.、CO、SPM、Dust-FallやSoiling Indexの測定を、製油所、ガス処理工場や石油化学工場及びその周辺の居住地域で行っている。
- c) 気象庁はテヘランの西部と北部に2つの測定所を有している。
- d) テヘラン市は3つの大気汚染測定局（2つは固定局、1つは移動局）を設置する計画であり、それらの測定局では、SO₂、O₃、NO_x、CO、SPM、T.H.C.と気象データを測定する計画となっている。また、市の輸送交通部は、テヘランに機械工場を設置し、そこに最近購入した車両エンジンテスト用のターン・アップ設備を備え付ける計画でいる。

6.2.4 政策と計画

(1) 現 状

最近、いくつかの対策が都市部の大気汚染を軽減するために導入されつつある。

イランにおける大気汚染防止のための主要な計画および対策は、次のように要約することができる。

- a) 有害な汚染物質を全国的に消滅するために、無鉛ガソリンを導入すること。
- b) テヘランおよびシラズの両都市において自動車（タクシー）向けにガスを供給すること。
- c) テヘランにおける汚染産業の移転（それらの産業は工業地域に移動することを求められる）。
- d) テヘランにおける地下鉄の建設

政府が提案した第2次5カ年計画によると、合計2,468億リアルを投じて、次のような特別プログラムが実施されることになっている。

- 風力(10MW) および太陽(2MW)を含む非汚染エネルギーの使用。
- 公共輸送機関(電気バスおよび地下鉄)の拡大。
- テヘランおよび他の5都市における5,000台の大型車輛の燃料をガスへ転換すること。
- 地方においても環境基準を導入すること。
- 石油製品の生産に関する品質基準を研究すること。
- テヘラン、アラク、イスファハン、シラズ、アフワズ、およびタブリーズにおける自動車の燃料システムおよび排ガスの管理と規制。
- 汚染産業を市中心ブロックから120km外へ再配置すること。
- 冷蔵庫および冷凍食品を製造する産業の生産プロセスを変更すること。
- 40の都市に環境研究センターを設置すること。
- 25の都市に大気汚染モニタリング・ステーションを設置すること。
- 300の鉱山の汚染問題を研究すること。

(Kayhan紙, 1993年11月15日, 「環境保護: 政府の第2次5カ年計画の要約」による。)

テヘラン市は、内務省の代わりに権限を付与された市長のリーダーシップの下で、全般的な政府の政策目標から出発して、テヘラン市における大気汚染問題に総合的かつ効果的に取り組むイニシアチブをとっている。同市が取り組んでいる短期的計画には、以下のようなものがある。

- テヘラン市中央ブロックへの無許可車の乗入れ禁止。
- 市内における発煙車の運転の禁止。
- 無鉛ガソリンの供給。
- 高速道路および迂迴道路の建設。
- 燃料転換のための実車テスト。
- テヘランにおける地下鉄網の建設。
- とくにテヘランおよびその近郊の工業および住宅地域におけるガス配給網の拡張。
- 工業からの汚染物質を管理する設備を工業団地に建設すること。

これらの対策に関連するプロジェクトとしては、以下のものがある。

- a) テヘラン輸送部門排ガス減少プロジェクト(テヘラン市と世銀によるプロジェクト)は、グリーンハウスガスと都市交通システムからのローカルな大気汚染を減少するための政策をまとめた。
- b) テヘラン・バス会社はディーゼル車からの排ガス減少のための調査を実施している。この計画の最初の段階は10台のバスを使った燃料転換テスト(3台のLPG車, 3台のCNG車, 残り4台はCNGとディーゼルの混焼車)であり、次の段階では上記の1つの方法を選定して、100台から順次1000台までの走行テストを行う予定である。

c) テヘラン市の技術開発部の下部事務所である産業再配置事務所は、産業セクターの環境汚染対策を目的に1989年から事業を開始した。当事務所は工場の市街部から郊外への移転に関して責任を有している。当事務所はEPOやテヘラン市当局と密接に連動している。工場立地はEPOの認可を必要とする。

テヘラン市は環境問題に重大な責任を有しており、また、大気汚染が最も重要な問題であることから、1991年6月、大気質管理会社が設立され、大気汚染を管理するために、汚染源の調査と解決策の検討を行うことになった。同社は“エンジン規制およびその大気汚染への効果”、および“テヘランにおけるモーターサイクルとその大気汚染での役割”などの計画を検討しており、また、大気汚染を含む環境問題に関する国民の知識を向上させるため、新聞で一般的情報を発表している。同社はまたこの点に関して他の政府機関の協力を得るための努力も行っている(Hamshahri紙、1993年9月11日、「テヘラン：大気汚染管理への新しい努力」)。

(2) 大気質改善のための中・長期計画

EOPおよび(あるいは)テヘラン市によって行われている大気質改善のための中・長期計画は、以下の通りである。

1) 移動発生源対策

- 交通量の改善
- 電気車導入の調査
- LPGやCNGへの燃料転換
- 車両用液化ガス充填所の設置
- 汚染対策機器の車両搭載
- 汚染物質発生に関する自動車テスト方法の検討

2) 固定発生源対策

- 汚染対策用フィルタ設備の使用
- 浮遊粒子吸着設備の設置
- 煙突へのフィルター設置
- 産業廃棄物の清浄化

3) 家族での汚染の削減

- エネルギー源の分散
- エネルギーの効率的利用

4) 規則および規制

- 分散化
- 都市開発コード
- ビルディング・コード