

2.3 化学工業 (石油精製業)

2.3.1 石油精製業界の概要

イランの石油製品は、主として南部の油田地帯から産出される国内産の原油を8カ所の製油所へ送って生産されているが、採油から石油製品の販売に至るまで国営の National Iranian Oil Company (NIOC) によって一元的に管理・運営されている。

(1) 石油製品生産の推移

イ・イ戦争終結後のイランの石油製品生産の推移を Table 2.3.1 に示す。

Table 2.3.1 Production of Oil Products in Refineries and Extraction from the Other Sources

	(unit: 1,000kl/y)						
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<Input>							
Crude Oil	39,279	48,558	50,518	57,536	57,638	66,017	73,335
Liquid Gas	28	424	655	677	892	861	534
Gas Oil	0	303	460	498	257	81	0
Motor Oil	162	166	167	162	150	148	156
Total Input (A)	39,469	49,451	51,800	58,873	58,937	67,107	74,025
<Products>							
Liquid Gas	1,473	1,808	1,839	2,031	2,077	2,330	2,595
Gasoline	5,659	7,006	7,150	8,194	8,224	9,082	10,442
Kerosene	4,625	6,812	6,063	7,090	7,756	8,722	9,159
Gas Oil	10,720	12,753	13,805	15,230	14,594	16,790	19,436
Fuel Oil	11,551	15,227	15,790	18,320	18,437	20,617	22,029
Motor Oil	162	143	133	232	409	497	540
Aircraft Fuel	662	470	637	742	765	734	890
Tar	1,603	1,590	1,644	1,963	2,187	2,873	2,878
Others	394	727	775	865	798	1,564	2,456
Total Products (B)	36,849	46,536	47,836	54,667	55,247	63,209	70,425
Fuel & Waste (A-B)	2,620	2,915	3,964	4,206	3,690	3,898	3,600
(A-B)/A	6.64%	5.89%	7.65%	7.14%	6.26%	5.81%	4.86%

Source : The Energy Balance Sheet of 1373

これによれば、Abadan Refinery の復旧と Arak Refinery の新設もあって、1994 年までに、石油製品の生産はほぼ倍増の 70,000 千kl を突破した。この間、生産パターンと国内消費構成の不均衡から、不足するガソリン、灯油、軽油、潤滑油等は輸入によって補い、余剰の重油、light/heavy naphtha は、Abadan Refinery 又は Lavan 製油所より輸出されている。Table 2.3.2 に石油製品の輸出入の推移を示す。

Table 2.3.2 Petroleum Products Trade of I. R. Iran

	(unit: 1,000kl)						
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Imports Total	184	7,809	7,176	7,436	10,189	8,979	6,578
Gas oil	103	4,628	4,664	4,298	6,049	5,031	3,763
Kerosene	50	2,397	2,279	2,309	3,047	2,274	2,032
Engine Gasoline	31	614	99	635	1,014	1,674	780
Liquid Gas		170	44	0	0	0	0
Other Products			90	194	79	0	3
Exports Total	0	0	3,501	5,744	5,626	7,165	7,893
Fuel Oil			3,501	5,744	5,270	6,896	
Others					356	269	

Source : SCI Statistical Yearbook

今後の石油製品の生産見通しについては、第 2 次 5 カ年計画によれば、Bandar Abbas Refinery 及び Taheri Refinery の新設を見込んで、1999 年にはほぼ 90,000 千kl に達するものと思われる。(Table 2.3.3 参照)

Table 2.3.3 Production Plan of Oil Products
in the Second Plan

(unit: 1,000kl/y)

	1995	1996	1997	1998	1999
<Input>					
Crude Oil	75,074	83,387	85,882	88,436	88,678
Liquid Gas					
to B. Abbass Refinery		508	696	696	698
Liquid Gas					
to Taheri Refinery				3,477	3,486
Total Input (A)	75,074	83,895	86,578	92,609	92,862
<Products>					
Liquid Gas, Household	2,661	2,897	2,977	3,333	3,342
Liquid Gas, Industry	233	232	232	232	233
Gasoline	9,963	11,828	12,213	14,317	14,344
Kerosene	8,618	10,191	10,518	11,453	11,428
Gas Oil	19,812	22,795	23,422	24,346	24,413
Fuel Oil	23,934	26,188	27,130	28,056	28,133
Motor Oil	443	430	402	443	444
Light Jet Fuel	276	281	287	293	299
Heavy Jet Fuel	807	845	887	931	981
Others	4,794	4,907	5,065	5,179	5,208
Total Products (B)	71,541	80,594	83,133	88,583	88,825
Fuel & Waste (A-B)	3,533	3,301	3,445	4,026	4,037
(A-B)/A	4.71%	3.93%	3.98%	4.35%	4.35%

Source : The Energy Balance Sheet of 1373

(2) 製油所の概要

イランの製油所は、Table 2.3.4 に示すように、現在主要都市6カ所及びペルシヤ湾沿岸の臨海部2カ所、計8カ所に立地しているが、これらの製油所は大きく次の4つに分類される。

Table 2.3.4 Outline of Oil Refinery in I.R. IRAN

	Abadan	Lavan	Tehran	Kermanshab	Shiraz	Tabriz	Esfahan	Arak
<Start up Year>	1913	1968	1968	1971	1973	1978	1980	1993
<Product Ratio (Design)>								
Liquid Gas (%)	3.8	0.0	2.9	3.0	2.0	3.0	2.5	4.5
Gasoline (%)	13.8	0.0	13.2	19.8	19.0	15.0	14.0	12.7
Kerosene (%)	7.1	0.0	14.8	20.6	23.0	20.0	21.0	17.9
Gas Oil (%)	25.2	26.1	21.8	20.3	19.0	25.0	23.0	31.0
Fuel Oil (%)	43.2	41.0	32.8	27.7	25.0	26.0	31.0	24.8
Others (%)	4.4	28.4	6.5	0.0	6.2	2.7	2.4	7.3
Fuel & Waste (%)	2.5	4.5	8.0	8.6	5.8	8.3	6.1	1.8
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Source : The Energy Balance Sheet of 1373

- a. 石油製品の輸出を目的とし、ペルシヤ湾沿岸に建設された Abadan Refinery 及び Lavan Refinery

このうち、Abadan Refinery は1913年にBPにより建設され、最も古く最大規模の精製能力を有している。イラクとの国境に近く、イーイ戦争による戦災を受けたが、戦後の復旧、新設工事によって1989年後半より操業を再開している。

Lavan Refinery は重油の輸出を目的とした常圧蒸留装置のみの小規模の製油所である。

- b. 1960年代後半からの高度成長による石油製品の需要増加を満たすために、国内向け製油所として建設された Tehran Refinery、Kermanshahr Refinery 及び Shiraz Refinery

このうち、Tehran Refinery は全人口の約15%を占める首都 Tehran を中心とする需要に対応するもので、Abadan Refinery に次ぐ規模で 100 千 bbl/d 級の精製設備 2 系列よりなる。

- c. b. と同じく内需向けに計画され、NIOC が自力で完成させたとされる

Tabriz Refinery, Esfahan Refinery

このうち、Esfahan Refinery は公称原油処理能力で Tehran Refinery より 1 割下回っているが、実績は遥に上回っており、稼働率が最も高い。

- d. イーイ戦争後、第 1 次 5 カ年計画によって日系企業によって建設された、又は建設中の最新鋭の Arak Refinery, Bandar Abbass Refinery

このうち、Arak Refinery は 1993 年より本格操業を開始し、Bandar Abbass

Refinery も間もなく本格操業を開始するものと思われる。

(Table 2.3.5参照)

公称精製能力合計は、1988年 575 千 bbl/d より現在 1,105 千 bbl/d と倍増しこれに伴って石油製品の生産も同様の傾向を示している。

更に、建設中の Bandar Abbas 製油所が完成すれば、国内の公称精製能力は 1,285 千bbl/d となる。更に Taheri 製油所新設及び Tehran 製油所をはじめとする各製油所の増強等の計画が予定されている。

2.3.2 エネルギー消費の現状

石油精製において消費されるエネルギーの大部分は、原油の蒸留や各種精製反応に必要な熱や水素及び動力として使用されている。

石油精製業では、各製油所間の消費エネルギー原単位を評価する場合に、次の事情を考慮する必要がある。

- a. 石油精製業は単品の製品を生産している業界と異なり、原油から複数の石油製品を製造していることにより、単純に各製品毎のエネルギー消費量を割り当てることが困難である。
- b. 石油製品が原油からの連産品であるという基本的な性格により、製油所においては様々な二次装置の組み合わせになっており、原油の重質化と製品需要の軽質化、及び環境対策に対応しているが、二次設備を活用すればそれだけエネルギー使用の効率が低下する。

Table 2.3.5 Petroleum Refineries in I. R. Iran

	Tehran	Esfahan	Tabriz	Shiraz	Kermanshahr	Lavan	Abadan	Arak	Total
1988 Capacity (k bbl/d)	220	200	80	40	15	20	20		575
Crude Input(M l/y)	13,350	17,568	3,965	2,307	1,099	990			39,279
Production (M l/y)	12,482	16,791	3,590	2,128	1,039	819			36,849
1989 Capacity (k bbl/d)	220	200	80	40	15	20	130		705
Crude Input(M l/y)	13,671	17,949	4,701	2,294	1,376	1,251	7,316		48,558
Production (M l/y)	12,909	17,411	4,402	2,105	1,314	1,211	7,184		46,536
1990 Capacity (k bbl/d)	220	200	80	40	15	20	260		835
Crude Input(M l/y)	14,126	18,171	5,144	2,137	1,557	1,339	8,044		50,518
Production (M l/y)	13,154	17,393	4,806	1,976	1,472	1,288	7,747		47,836
1991 Capacity (k bbl/d)	220	200	80	40	15	20	260		835
Crude Input(M l/y)	13,776	19,282	5,102	2,495	1,659	1,254	13,968		57,536
Production (M l/y)	13,022	18,408	4,704	2,249	1,579	1,221	13,484		54,667
1992 Capacity (k bbl/d)	220	200	80	40	15	20	260		835
Crude Input(M l/y)	13,738	20,353	5,020	2,608	1,334	1,333	13,252		57,638
Production (M l/y)	13,048	19,688	4,711	2,424	1,271	1,288	12,817		55,247
1993 Capacity (k bbl/d)	220	200	110	40	15	20	350	150	1,105
Crude Input(M l/y)	13,470	19,767	5,725	2,277	1,424	1,309	16,254	5,791	66,017
Production (M l/y)	13,180	18,757	5,407	2,193	1,364	1,268	15,764	5,246	63,179
1994 Capacity (k bbl/d)	220	200	110	40	15	20	350	150	1,105
Crude Input(M l/y)	13,981	20,481	6,083	2,474	1,416	1,563	18,742	8,595	73,335
Production (M l/y)	13,330	20,182	5,723	2,420	1,353	1,468	17,942	8,037	70,455

Source : The Energy Balance Sheet of 1373

製油所装置構成の複雑度を示す評価方法として Nelson の Complexity Factor が世界的に広く採用されている。

Table 2.3.6 に日本の石油精製業界で用いられている Complexity Factor の一覧を示す。

これは、基本となる常圧蒸留装置の係数を 1.0 として、装置構成の複雑度に応じて個々の二次装置の係数を決めているもので、経験的に Complexity Factor とエネルギー消費量は強い相関を持っていることが知られている。参考までに日本の 42 製油所の 1994 年度における燃料消費実績と Complexity Factor との関係を Figure 2.3.1 に示す。

石油精製業界では、一般に用いられているエネルギー原単位に相当するパラメータとして、次の式で示されるエネルギー使用効率(η)が用いられている。

$$\eta = F_R / (A * (CF)_R) \quad (\text{unit : 1/kI})$$

ここで、

- F_R : 製油所エネルギー全使用量 (原油換算、I)
- A : 常圧蒸留装置原油処理量 (kI)
- $(CF)_R$: 製油所 Complexity Factor

製油所の Complexity Factor は各装置の処理量にそれぞれの Complexity Factor を乗じたものを合計することで算出するが、各装置の実処理量が正確に把握できない場合には、便宜的に各装置の設計能力で概略推定することができる。(Table 2.3.7参照)

参考までに、日本全製油所のエネルギー使用効率の実績推移を Table 2.3.8 に示す。

Table 2.3.6 List of Complexity Factor (1/2)

(Rev. 1994.4.27)			
Name of Unit	Complexity Factor	Rev. Complexity Factor	Remark
(Refinery Process Unit)			
Crude Distillation	1.00	1.00 (*1)	Feed bbl/Feed bbl
Vacuum Crude Distillation	2.00	2.00 (*1)	
Vacuum Flasher	1.00	1.00 (*1)	
Visbreaker	2.00	2.00 (*1)	
Thermal Cracking	3.00	3.00 (*1)	
Delayed Coker	5.50	5.50 (*1)	
Fluid/Flexicoking	5.50	11.00 (*1)	
Coke Calcining	98.00	120.00 (*2)	Feed bbl/Product Coke t
Catalytic Cracking	6.00	-- (*1)	
VGO FCC	--	6.00 (*1)	
RFCC	--	12.00 (*1)	
Hydrocracking	6.00	6.00 (*1)	
Catalytic Naphtha Reforming	5.00	5.00 (*1)	
Hydrogen Production	1.20	3.00 (*3)	Feed bbl/Product M scfd
Hydrogen Recovery	0.70	0.70 (*3)	
Polymerization	9.00	9.00 (*4)	Feed bbl/Product bbl
Alkylation	11.00	7.00 (*4)	
MTBE	11.00	11.00 (*4)	
Isomerization	3.00	3.00 (*4)	
Hydrotreating			
Naphtha	1.70	1.70 (*1)	
Kerosene	1.70	1.70 (*1)	
Distillate	1.70	-- (*1)	
Light Gas Oil	--	2.20 (*1)	
Heavy Gas Oil	--	2.50 (*1)	
Desulfurization			
Cracking Feed	3.00	3.00 (*1)	
Vacuum Gas Oil	3.00	3.00 (*1)	
Residual Desulfurization			
AR low metal	5.00	4.00 (*1)	
AR high metal, VR low meta	6.00	4.00 (*1)	
VR high metal	7.00	5.00 (*1)	
Solvent Deasphalting	5.00	5.00 (*1)	
Acid Regeneration Units	75.00	40.00 (*5)	Feed bbl/Spent acid t

Continued

Table 2.3.6 List of Complexity Factor (2/2)

(Rev.1994.4.27)

Name of Unit	Complexity Factor	Rev. Complexity Factor	Remark
Special Fractionation Units			
Propane Splitter	3.00	3.00 (*1)	Feed bbl/Feed bbl
Deisobutanizer	3.00	3.00 (*1)	
Reformate Splitter	1.50	1.50 (*1)	
Secondary Cat.	1.50	1.50 (*1)	
Naphtha Splitter	--	1.50 (*1)	
H-oil, LC Fining	7.00	7.00 (*1)	
Asphalt Manufacture(blown)	2.00	2.00 (*1)	
Normal Paraffin(Molecular Sieve)	--	14.00 (*1)	
Total Isomerization Process	--	5.80 (*1)	
(Lube Process Units)			
Solvent Extraction(Furfural)	4.50	3.00 (*1)	
Dewaxing(MEK-TOL)	9.00	9.00 (*1)	
Hydrofinishing, Hydrotreating	3.00	3.00 (*1)	
(Aromatics Process Units)			
p-Xylene(Molecular Sieve)	16.00	16.00 (*4)	Feed bbl/Product bbl
Hydrodealkylation	8.50	4.00 (*1)	
Extraction (Sulfolane)	8.00	5.00 (*1)	
Aromatics Fractionation	2.00	4.00 (*1)	
Aromatics Separation	2.00	2.00 (*1)	

Note : Calculation Base

(*1) Per (Feed bbl/d)

(*2) Per (Product Coke t/d)

(*3) Per (Product Hydrogen M scfd)

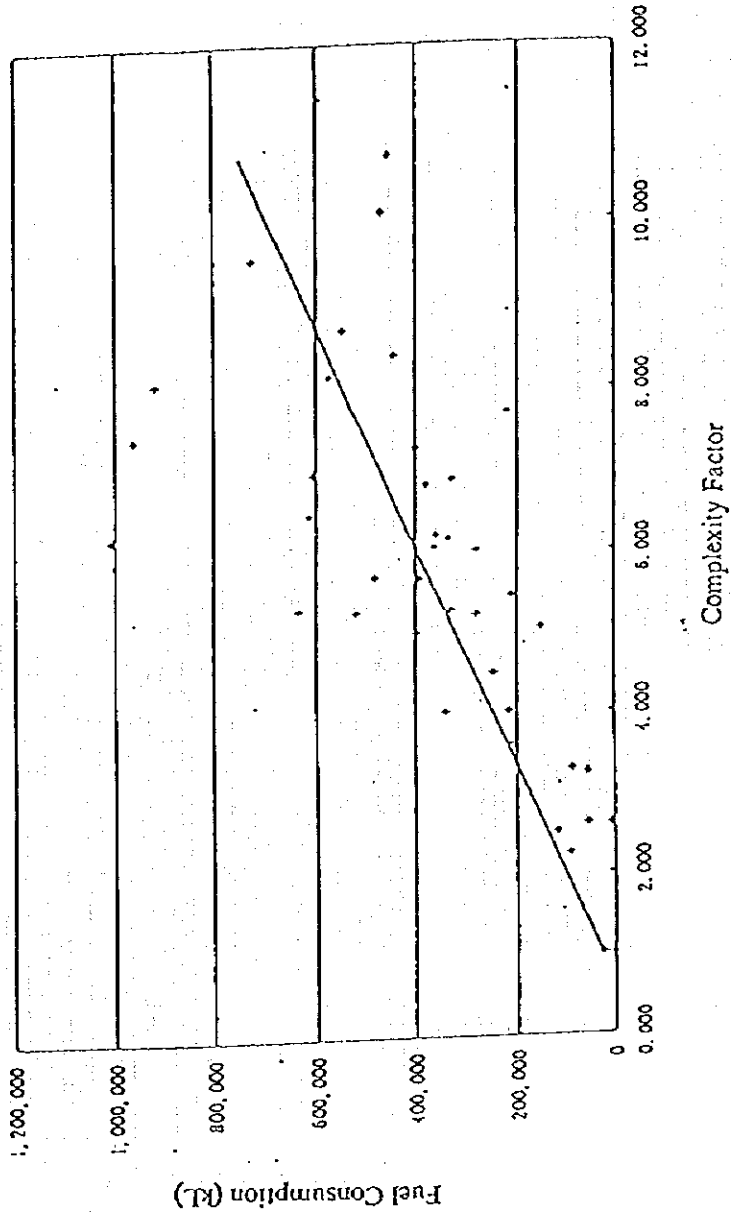
(*4) Per (Product bbl/d)

(*5) Per (Spent Acid t/d)

Original Complexity Factor(Oil & Gas Journal, Vol.87 No.40 P.90, 1989)

Source Petroleum Association of Japan

Figure 2.3.1 Relation between Fuel Consumption and Complexity Factor



Source : Petroleum Association of Japan

Table 2.3.7 Example of Calculation Method for Complexity Factor

Name of Unit	Complexity Factor	Operation (Feed KL)	Complexity	Energy Consumption (kcal)
Atm. Crude Distillation	1.0	A	1.0	AA
Vac. Crude Distillation	2.0	B	B/A*2.0	BB
Hydrotreating	(Naphtha)	1.7	C/A*1.7	CC
	(Kerosene)	1.7	D/A*1.7	DD
	(Gas oil)	2.2	E/A*2.2	EE
Catalytic Reforming	5.0	F	F/A*5.0	FF
Desulfurization				
Gas Oil from Vac. D.	3.0	G	G/A*3.0	GG
Res. Oil from Crude D.	4.0	H	H/A*4.0	HH
Res. Oil from Vac. D.	5.0	I	I/A*5.0	II
Catalytic Cracking	6.0	J	J/A*6.0	JJ
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	ZZ
Total			(CF)_R	F_R

Note ; Nelson's Complexity Factor

The factor was proposed by Nelson (Oil & Gas Journal Vol.87.No.40 1989) in order to assess the unit of the petroleum refinery.

Table 2.3.8 Progress of Energy Conservation in the Japanese Petroleum Refineries

Year	Amount of Production (A) 1,000kl	Input Crude Oil (B) 1,000kl	Complexity Factor (A)/(B)	Fuel Consumption (C) 1,000kl	Purchased Electricity (D) GWh	Crude Oil Equivalent (E) 1,000kl	Total Energy (F)=(C)+(E) 1,000kl	Energy Efficiency (F)/(A) 1/kl	Energy Conservation Progress %
1973	943,600	250,798	3.762	11,767	2,192	533	12,300	13.03	100.0
1980	982,768	218,294	4.502	10,783	2,792	678	11,461	11.66	89.4
1981	953,373	200,353	4.758	10,053	2,763	671	10,724	11.25	86.3
1982	943,024	186,008	5.070	9,614	2,715	660	10,274	10.89	83.5
1983	972,855	189,608	5.131	9,848	2,702	657	10,505	10.80	82.8
1984	986,730	188,960	5.222	9,830	2,910	707	10,537	10.68	82.0
1985	976,280	176,791	5.522	9,354	2,781	676	10,030	10.27	78.8
1986	933,578	168,095	5.554	9,591	2,419	588	10,179	10.90	83.6
1987	968,790	164,819	5.878	9,702	2,286	555	10,257	10.59	81.2
1988	1,036,075	174,230	5.947	10,542	2,372	576	11,118	10.73	82.3
1989	1,090,433	186,111	5.859	10,820	2,046	497	11,317	10.38	79.6
1990	1,163,726	204,971	5.678	11,529	2,064	502	12,031	10.34	79.3
1991	1,227,473	215,875	5.686	12,189	2,135	519	12,708	10.35	79.4
1992	1,312,995	228,541	5.745	13,122	2,138	520	13,642	10.39	79.7
1993	1,516,614	234,573	6.465	14,111	2,580	627	14,738	9.72	74.5
1994	1,603,663	246,414	6.508	14,935	2,843	691	15,626	9.74	74.7
1995	1,630,282	247,394	6.590	15,109	2,973	722	15,831	9.71	74.5

Note: (E)=(D)*2250(kcal/kWh)/9250(kcal/l)

Electricity Consumption (In-house Generation + Purchased)

in 1993	8,386,439 MWh	5.53 kWh/kl-Prod.
in 1994	9,141,508	5.70
in 1995	9,536,913	5.85

Source: Petroleum Association of Japan

現在イランで稼働中の 8 製油所のうち、現状に於けるエネルギー消費量が把握出来たのは工場診断を実施した Tehran Refinery のみで、その他の 7 製油所についてはエネルギー消費量に関するデータも製油所装置構成に関する情報も NIOC より直接入手出来なかった。

そこで、イラン全製油所に於けるエネルギー消費実態は、Tehran Refinery とほぼ同レベルと見做して、Tehran Refinery のデータ・情報から、イラン全製油所に於けるエネルギー消費量を概算で推定した。

この場合、工場診断報告にある Tehran Refinery の Complexity Factor 6.734 は各装置への通油量を公称能力ベースで計算した見掛けの値であるので、真の値よりも大きくなっている。これに伴って、エネルギー使用効率 15.2 は、この分過小となっていることを考慮して、イラン全製油所平均のエネルギー使用効率を 16.0 と想定した。

又、イラン全製油所平均の Complexity Factor を 5.0 と想定した。

推定結果を Table 2.3.9 に示す。

Table 2.3.9 Rough Estimation of Total Energy Consumption for Petroleum Refining

<Source>				
Estimation Basis :	Total Feed of Crude Oil in 1955		75,074	*1,000kl/y (Ref. Table 2.3.3)
	Complexity Factor			
	Tehran Refinery	(Apparent)	6.7	(Ref. Vol.3, Table 2.8)
	8 Refineries	(Estimated)	5.0	
	Energy Efficiency			
	Tehran Refinery	(Apparent)	15.2 l/kl	(Ref. Vol.3, P.2-14)
	8 Refineries	(Estimated)	16.0 l/kl	
Energy Consumption:	Total Energy Consumption		55,555	Teal/y

これによれば、1995 年のイラン全製油所における消費エネルギー総量は 55,555,000 Geal/y、原油換算 6,006,000 kl/y と推定される。即ち、原油処理量の 8% が消費されていることとなり、日本のレベルに比べて約 1.6 倍であることを示している。

2.3.3 省エネルギーポテンシャルと対策コスト

日本の製油所では、第一次オイルショック以降、原油の重質化と製品需要の軽質化、及び環境対策に対応しながら様々な省エネルギー対策を実施して来た。このために費やされた省エネルギー関係設備投資額は約 1,500億円にも達し、その内の約 7 割が『伝熱の合理化、廃熱の回収利用、熱の動力等への変換の合理化』に向けられている。

これによって 1973年に比較して、現在では年間で約 600万kl (原油換算)の節減が図られており、省エネルギー達成率としては Table 2.3.8 に示すごとく 1995年で 74.5 % に達している。

1987年以降の 7年間の実績集計で省エネルギー対策の内訳を Table 2.3.10 に示す。

Table 2.3.10 Energy Conservation Countermeasure in Japanese Petroleum Refineries

Energy Conservation Countermeasure	Investment Cost (M ¥)	(1987-1993)
		Saved Energy (Fuel Oil, 1,000kl)
1 Rationalization of fuel combustion	2,619.4	61.3
2 Rationalization of heating, cooling and heat transfer	13,558.7	243.0
3 Prevention of heat loss due to heat radiation and transfer	2,074.9	36.9
4 Waste heat recovery and reuse	8,562.2	114.4
5 Rationalization in conversion of heat into power	22,833.9	174.1
6 Prevention of electric heat loss due to resistance	95.1	3.9
7 Rationalization in conversion of electricity into power	1,825.3	23.4
8 Others	17,841.5	293.1
Total	69,411.0	950.1

Source : Petroleum Association of Japan

以下に Table 2.3.10 にあげた各省エネルギー対策別の代表的実施例を示す。

(1) 燃料の燃焼合理化

a. 加熱炉/ボイラーの O₂ 管理

O₂ メータの設置

コンピュータコントロールによる制御

(2) 加熱及び冷却並びに伝熱の合理化

a. 熱交換器の配列最適化

b. 熱交換器汚れ防止対策

オンストリーム洗浄設備

汚れ防止剤

- c. ボイラー給水予熱器
- d. ダイレクトチャージ(ホットチャージ)化

(3) 放射・伝熱等による熱の損失防止

- a. 保温強化

タンク、塔槽類及び配管の保温/保冷

- b. 省エネ型スチームトラップへの変更

(4) 廃熱の回収利用

- a. 加熱炉/ボイラーの空気予熱器設置
- b. スチームジェネレーター設置
- c. FCC ガスエキスパンダー設置

(5) 熱の動力等への変換の合理化

- a. 発電タービンバイパススチームの低減
- b. 複合サイクルタービン設置
- c. パワーリカバリー設置

(6) 抵抗等による電気の損失防止

- a. 発電機の力率改善

(7) 電気の動力、熱等への変換の合理化

- a. ポンプインペラーカット

(8) その他

- a. 省エネルギー運転

低圧化、低モル比化

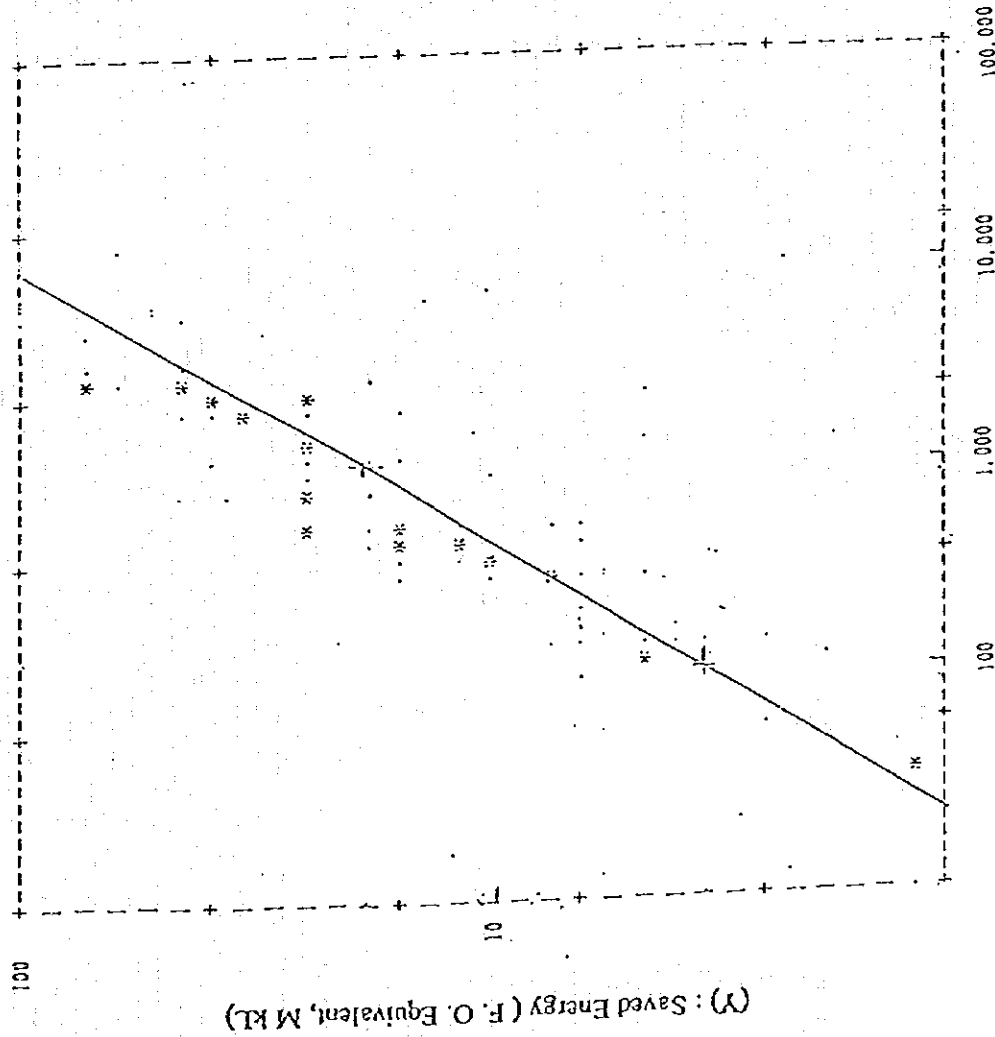
溶液/溶剤の変更・濃度アップ

- b. リフラックス比低減
- c. ストリッピングスチーム低減
- d. コンピュータコントロールによる最適化運転

最近では、省エネルギー対策は一巡しているもので、投資効率の低いものが取り残され年々減少傾向にある。

省エネルギー投資額とエネルギー節減量の関係を Figure 2.3.2 に示す。

Figure 2.3.2 Relation between Saved Energy and Countermeasure Cost (1982-1992)



前節で検討したように、イランの全製油所のエネルギー使用効率は Complexity Factor が比較的低いにも拘わらず、日本の全製油所のレベルに比べて、少なくとも約 60% 上回っていると想定される。

石油精製は元来、常圧蒸留を出発点として発展して来た装置産業であるため、エネルギー消費はプラント設計上の重要な配慮項目であるが、省エネルギー対策に対する判断はエネルギー価格と設備投資額の相対水準によって決定されているため、エネルギー価格の安いイランでは、日本でこれまで実施されて来た省エネルギー対策が殆ど取られて来なかったためである。

イランの製油所における省エネルギー対策としては、日本の製油所の経験と実績が大部分適用可能と考えるので、これを設備投資の観点より分類し、対策の期待効果とコスト（フローティングレート 1,750 Rial/US\$ ベース）の具体例について Tehran Refinery の工場診断結果を引用して示す。

なお、イランの全製油所の装置構成が明らかでないので、Tehran Refinery のケースからイランの全製油所に展開して考えることは困難である。

(A) 運転管理・設備管理の強化によるもの

a. 運転管理値の見直し/プロセス条件改善

〈省エネルギー運転、リフラックス比低減、ストリップングスチーム低減〉

b. コンピュータコントロールによる最適化運転

c. 加熱炉/ボイラーの空気比低減

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	重油換算	16,983 kl/y
	対策コスト		1,575 M Rial

d. ポンプのインペラーカット

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	電力	899 MWh/y
	対策コスト		53 M Rial

e. タンク、塔槽類及び配管の保温/保冷

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	重油換算	1,789 kl/y
スチームバルブ	対策コスト		2,013 M Rial

f. 熱交換器汚れ防止対策

g. 照明(不要時の消灯)

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	電力	91 MWh/y
	対策コスト		0 M Rial

(B) 設備の改造を伴うもの

a. 加熱炉/ボイラーの空気予熱器設置

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	重油換算	27,053 kl/y
加熱炉	対策コスト		31,413 M Rial
(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	重油換算	21,177 kl/y
ボイラー	対策コスト		28,858 M Rial

b. 高温排ガス熱回収装置設置(廃熱ボイラー/エコノマイザー)

c. 熱交換器増強/最適化

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	重油換算	1,781 kl/y
クーラ	対策コスト		1,085 M Rial

d. モーターの回転数制御

e. 既設発電機のスチームタービンの効率化

f. ダイレクトチャージ(ホットチャージ)化

g. 加熱炉炉内耐火物改善

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	重油換算	538 kl/y
	対策コスト		350 M Rial

h. ポンプモータ置換

(Tehran Refinery)	省エネルギー効果	電力	15 MWh/y
	対策コスト		12 M Rial

(C) プロセスの変更によるもの

a. ガスタービン・コージェネレーションの導入

b. ディーゼルエンジン・コージェネレーションの設置

c. ヒートポンプの設置

d. 精製装置の熱統合

e. プロセスタービン設置

2.3.4 省エネルギーポテンシャルの経済評価

前節であげた省エネルギーポテンシャルのうち、対策コストと効果の明らかな Tehran Refinery のケースについて、2000 年時点で対策を実施するとして、次の 2 ケースに

ついて経済性を検討した。

ケース 1 : 省エネルギー促進ケース

ケース 2 : 省エネルギー・ケース

各ケースにおけるエネルギー価格は、Table 2.1.2 に示す値を用い、Rial の対 US\$ レートは 1993 年の 1,750 Rial/US\$ とした。

検討結果を Table 2.3.11, Table 2.3.12 に示す。

これによれば、ケース 1 では運転管理・設備管理の強化によるものはスチーム・バルブの保温を除いて経済性があるが、設備の改造を伴うものはいずれも経済性がない。

ケース 2 では運転管理・設備管理の強化によるもののうちでも、加熱炉の空気比低減は 10 年間で評価しないと経済性がないことになる。

なお、今回具体的な検討を行わなかったが、プロセスの変更によるものは何れも大型投資案件であるため、省エネルギー効果のみで判断するのではなく、設備能力増強または設備更新時に検討すべき課題である。

Table 2.3.11 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Petroleum Refinery
 A. E. C. Case (Fuel Oil 75 Rial/L, Electricity 100 Rial/kWh, 1.750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Benefit				Countermeasure Cost		Economic Evaluation
	Fuel Oil (kJ/y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial/y)	for 10 years (M Rial)	(M Y)	(M Rial)	
	Refinery						
Improvement of Management							
Combustion Air for Reheating F.	Tehran R.	16,983	1,274	3,159	7,821	90	1,575 feasible
Insulation of Steam Valves	Tehran R.	1,789	179	444	1,098	115	2,013 not feasible
Pump Impeller Curting	Tehran R.		899	223	552	3	53 feasible
Turning off Unnecessary Lights	Tehran R.		91	23	56	0	0 feasible
Modification of Facility							
Reheating F. inside Refractory	Tehran R.	538	40	100	248	20	350 not feasible
Preheating of Combustion Air for Reheating Furnace	Tehran R.	27,053	2,029	5,032	12,458	1,795	31,413 not feasible
for Boiler		21,177	1,588	3,939	9,752	1,649	28,858 not feasible
Heat Recovery from the Cooler	Tehran R.	1,781	134	331	820	62	1,085 not feasible
Exchange of Pump Motors	Tehran R.		15	2	9	1	12 not feasible
Modification of Process							

Table 2.3.12 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Petroleum Refinery
E. C. Case
 (Fuel Oil 17.0 Rial/L, Electricity 40.7 Rial/kWh, For 2000-2002, 1,750 Rial/US\$)
 (Fuel Oil 22.7 Rial/L, Electricity 54.5 Rial/kWh, For 2000-2009, 1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Benefit			Countermeasure Cost			Economic Evaluation		
	Fuel Oil (kJ/h)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M ¥)		(M Rial)	
Improvement of Management									
Combustion Air for Reheating F.	Tehran R.	16,983	289	716	2,367	90	1,575	feasible for 10 Ys.	
Pump Impeller Cutting	Tehran R.		899	37	91	301	3	53	feasible
Turning off Unnecessary Lights	Tehran R.		91	4	9	31	0	0	feasible
Modification of Facility									

2.4 セメント工業

2.4.1 セメント工業界の概要

(1) 需給の推移

工業省発行の Industry Statistics Year Book 1374 により、1989年以降のセメントの生産と輸出入の推移を示す。(Table 2.4.1参照)

Table 2.4.1 Production, Import and Export of Cement in I. R. Iran (unit: 1000t)

Year	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Production	12,869.0	15,055.0	15,152.0	15,142.0	16,260.0	16,836.0	17,491.0
Import	1.3	2.0	0.0	115.0	47.0		
Export	169.0	60.0	30.0	0.0	25.6		

Source : Ministry of Industry

これによれば、1990年以降は国内生産が 15,000 千 t/y を突破しているが、これはイ・イ戦争終結後の復興と第1次5カ年計画におけるインフラ整備・強化に伴う旺盛な需要増加に支えられたものと思われる。

輸出はこれまでは堅調で、1994年度にはセメントで 50 千 t/y に過ぎないのに対して、クリンカで 550 千 t/y に達している。しかし、今後2～3年後には新規プロジェクトの立ち上がりにより急増することが予想されている。

輸入は石油採掘用の特殊セメントに限られている。

(2) 工場の概要

イランのセメント生産は 1933 年に Tehran 南方 7 km の Bibisharbanu 山麓の 100t/d プラントで操業開始しているが、現存のプラントは第2次世界大戦後に建設されたもので、大部分が革命前のものである。

Table 2.4.2 にセメント工場の所在地、生産開始時期、設備能力、最近の生産実績、キルンとクリンカ・クーラの型式及び主な使用燃料を示す。

イランのセメント工場は、現在 15 社 20 工場稼働しているが、このうち 1 工場で白色セメントが生産されている。大部分が原料立地でほぼ全国的に分布している。(Figure 2.4.1 参照)

Table 2.4.2 Cement Factories in I. R. Iran

Company	Factory	Start -Up	Employee	Capacity (t/y)	(t/d)	Production in 1995 (t/y)	Kiln Type	Cooler	Fuel
1 Abadch Cement 2 Fars & Khouzestan Cement	Abadch	1995	165,000	500	143,353	SP PSP	Rotary	F.O. 100%	
	Abyek	1974	2,250,000	3,500	2,263,412	D Polysius	Planetary	Gas 100%	
	Behbahan	1980	708	825,000	4,000	717,956	SP Polysius	Grate	
	Dorud	1979	1,404	1,197,000	2,750	814,960	SP IHI	Grate	
		1959	300	Scrapped	300	Scrapped	1W Kennedy Vensa	2 Rotary	F.O. 100%
		1965	300	Scrapped	300	Scrapped	2W Polysius	2 Rotary	Gas 100%
		1968	400		400			Planetary	
		1969	1,000		1,000		SP Polysius	1 Grate	
		1980	2,500		2,500		NSP IHI	1 Grate	
		1966	965	1,051,500	300	947,292	2SP Polysius	Planetary	Gas & F.O.
3 Ourmia Cement 4 Isfahan Cement	Ourmia	1989	690,000	2,300	768,296	NSP FLS	FOLAX Grate	Gas & F.O.	
	Isfahan	1968	490	679,500	500	642,133	3SP Polysius	2 Planetary	Coal
		1975	700		700				
		1976	900		900			1 Grate	
5 Tehran Cement	Tehran	1956	2,096	2,226,000	300	1,803,987	3W FLS	4 Planetary	Gas & F.O.
		1958	300		300				
		1968	600		600				
		1962	2,100		2,100		1SP FLS	1 Rotary	
		1972	300		300		1W GHH	1 Grate	
		1979	4,000		4,000		ISP Polysius	1 Grate	
		1984	600,000	2,000	595,749	ISP Perago Inv.	1 Planetary	Gas & F.O.	
6 Khazar Cement 7 Sepahan Cement	Khazar	1987	600,000	2,000	473,407	Voest Alpine	Grate	F.O. 100%	
	Sepahan	1978	1,375	1,980,000	3,300	1,902,540	2SP Humboldt	2 Planetary	Gas & F.O.
		1981	3,300		3,300				
		1958	900	660,000	2,000	666,589	1W FLS	2 Planetary	Gas & F.O.
8 Shomal Cement (White)	Shomal	1967	85,800	200	97,138	1W GHH	1 Rotary		
	Ghani-Abad	1979	99,000	300	97,138	ID KHD			
	Mashad	1970	510	492,740	300	457,041	ISP Polysius	1 Grate	
9 Shargh Cement	Mashad	1975	1,250				1 Planetary	Gas 100%	

continued

(2/2)

Company	Factory	Start	Employee	Capacity	Production	Kiln Type	Cooler	Fuel
		-Up	(Uy)	(Ud)	1995 (Uy)			
10 Soufian Cement	Soufian	1970	1,075	1,428,000	600	1,372,252 3D FLS	4 Planetary	F.O. 100%
		1975			1,000			
		1977			1,000			
		1984			2,000	ISP FLS		
11 Gharb Cement	Gharb	1977	456	600,000	2,000	502,553 D Humboldt	Planetary	F.O. 100%
12 Khorasan C.	Ghaen	1995		660,000	2,000	-- NSP FLS	FOLAX Grate	F.O. 100%
13 Kerman Cement	Kerman	1970	920	1,104,000	300	963,000 2SP Polysius	2 Grate	Gas & F.O.
		1974			1,000	ISP Humboldt	1 Planetary	
		1979			2,300			
14 Shimansaz	Loshan	1958		99,000	300	108,142 1SP Polysius	2 Grate	F.O.
15 Gorgan Cement	Neka	1981	530	600,000	2,000	561,656 1SP Humboldt	1 Planetary	Gas & F.O.
Total				18,092,540	59,100	15,898,594		

Note : Kiln Type W Wet Process Fuel Gas Natural Gas
 D Dry Process F.O. Fuel Oil
 SP Dry Process with Suspension Preheater
 NSP Dry Process with Suspension Preheater and Calciner

Source : Cement Magazine of Iran No.23 Jan. 1996
 CEMBUROAU 1991
 Global Cement Report P.96-97
 World Cement Apr. 1995 P.47

Figure 2.4.1 Location of Cement Factories in I. R. Iran



最大生産能力を誇るのは Fars and Khuzestan Cement で、4 工場の稼働設備合計で 17,400 t/d と全設備能力の 31 % を占めている。これに続くのは Tehran Cement 9,600 t/d、Sepahan Cement 6,600 t/d、Soufian Cement 4,600 t/d である。

一方、設備の状況は操業開始後 10 年以内の最新設備は 3 工場と少なく、古い工場では逐次キルンを増設したケースはあっても、プロセス又は設備の改造は殆ど実施されていないのが実態である。

セメント製造設備の中心となるキルンの形式別に既設のプラントを見ると、下記のごとく、エネルギー多消費型の湿式キルン及び排熱回収を伴わない乾式キルンが全設備能力の 22 % も現存していることは注目される。

a) 湿式キルン(W)	7基 (4,100 t/d)
b) 乾式キルン(D)	6基 (8,400 t/d)
c) サスペンションプレヒータ付キルン(SP)	24基 (37,250 t/d)
d) 仮焼炉とサスペンションプレヒータ付キルン(NSP)	4基 (8,050 t/d)

また、クリンカークーラも日本では圧倒的に Grate 式であるのに対して、イランでは Planetary 式又は Rotary 式 が全設備能力の 52% も占めている。

使用燃料は、重油又は天然ガスが主流で、石炭は Esfahan Cement 1 工場のみである。設備の稼働率は旺盛な国内需要に支えられて高く、建設中の工場の完工が待たれているが外貨事情等により当初予定からの遅れが目立っている。

Table 2.4.3 にセメント工場の新設計画の概要を示す。

この計画によれば、白色セメント 4 プロジェクトを含めて、2 年以内に 20 プロジェクトの遂行によって既存設備能力の約 70 % に相当する 39,100 t/d の新規設備が立ち上げられることになる。既に '96 年秋までに 7 工場が操業を開始しており、このうち普通セメント 5 工場 9,100 t/d、白色セメント 2 工場 1,000 t/d の生産能力が増加したことになっている。

これらの新鋭設備は既に操業を開始した 2 工場と白色セメント工場を除き、省エネルギータイプの NSP-Grate cooler という組み合わせになっている。

何れにしても、これらの新鋭設備の稼働により Fars & Khuzestan Cement/Dorud 工場の例に見られる如く生産性の劣る設備の廃棄も進められ、これによっても省エネルギーも進むことになる。

Table 2.4.3 Cement Projects in I.R. IRAN

Name of Company	Location	Product	Capacity (t/d)	Anticipated Commissioning	Process	Kiln	Cooler	Intensity (Design)	
								Fuel kcal/kg-cl.	Electricity kW/t-com
1 Estahban Cement	Fars	Gray	500	Jun. '96	PSP	SP	Rotary	850	95
2 Ekbatan Cement	Hamedan	Gray	500	Operation	PSP	SP	Rotary	850	95
3 Ilam Cement	Ilam	Gray	2,000	Apr.-Jun. '97	ABE/O+K	NSP	Grate	750	95
4 Ardabil Cement	Ardabil	Gray	2,300	Operation	Onoda	NSP	Grate	750	95
5 Yazd Bohrouk C.	Yazd	Gray	3,600	Oct.-Dec. '97	KHD	NSP	Grate	750	95
6 Bojnurd Cement	Khorasan	Gray	2,000	Apr.-Jun. '98	Uzine	NSP	Grate	750	95
7 Khuzestan Cement	Khuzestan	Gray	3,000	Jul.-Sep. '98	FCB	NSP	Grate	750	95
8 Khash	Sistan & Baluch	Gray	2,000	Operation	KHD	NSP	Grate	750	95
9 Shahrud Cement	Semnan	Gray	2,300	Apr.-Jun. '97	FLS	5-stage NSP	FOLAX grate	750	95
10 Khorasan Cement	Khorasan	Gray	2,000	Operation	FLS	5-stage NSP	FOLAX grate	750	95
(East Expansion)	(Qaen)								
11 Kurdistan Cement	Kurdistan Bijar	Gray	2,300	Operation	FLS	5-stage NSP	FOLAX grate	750	95
12 Karun Cement	Khuzestan	Gray	3,000	Jul.-Sep. '98	FCB	5-stage NSP	Grate	750	95
13 Hegmatan Cement	Hamedan	Gray	2,300	Apr.-Jun. '97	FLS	5-stage NSP	FOLAX grate	750	95
Hormozgan Cement									
14 1st line	Hormozgan	Gray	3,000	Oct.-Dec. '96	FCB	NSP	Grate	750	95
15 2nd line	Hormozgan	Gray	3,000	Apr.-Jun. '97	FCB	NSP	Grate	750	95
16 Shargh Cement	Mashad	Gray	3,300	Apr.-Jun. '98	ABE/FCB	NSP	Grate	750	95
17 Banvid Cement	Esfahan	White	500	Apr.-Jun. '98	O+K	SP	Rotary	1,450	125
18 Savch Cement	Markazi	White	500	Operation	FCB	SP	Rotary	1,450	125
19 Asgarabad Cement	West Azarbaijan	White	500	Jul.-Sep. '97	O+K	SP	Water Basin	1,400	125
20 Neiniz Cement	Fars	White	500	Operation	Nihon	NSP	Rotary	1,150	125
Total			39,100	G 9,100+W 1,000					

Source : Industry and Development Vol. 1 No. 4 Jun.-Jul. P.25, 1995

Global Cement Report P.96-97, World Cement Apr. 1995 P.47

2.4.2 エネルギー消費の現状

イランのセメント工場におけるエネルギー消費の現状を把握するに当たって、Sepahan Cement, Soufian Cement, 及び Tehran Cement No.1 Factory 3工場の工場診断によって得られたエネルギー消費原単位と 1993 年に調査した新鋭の Ourmia Cement の実績値及び Cement Research Center より提供された 14 工場の平均値を Table 2.4.4 に示す。

これによれば、工場診断を実施した工場については、製品 t 当たりエネルギー原単位は 950~1,250 Mcal/t-cem. と工場によってかなり大きな差がある。しかし、これは仕上げ工程でクリンカに添加する石膏以外の成分（高炉滓、ポゾラン等）配合割合に大きく影響されるので単純には比較できない。

特に 3 工場のうちでは Sepahan Cement がクリンカに添加する成分の配合割合が 7~31% と大きいのが特徴的である。

エネルギー原単位の中で大きなウエイトを占める燃料原単位は 830 - 1,120 Mcal/t-cl. と幅が大きい。この差はキルンの形式、設備規模、及び運転・設備管理技術に由来していると思われる。

いずれにしても、これらの工場は、Cement Research Center より提供を受けた 14 工場の平均値と対比するとレベルが高い。

従って、イランのセメント工業全体のエネルギー消費量を推定するには、Cement Research Center より提供を受けた 14 工場の平均値を使用した。

(Table 2.4.5 参照)

(註) Cement Research Center : Iran Univ. of Science & Technology Dr. Taeb
の主宰する研究機関

Table 2.4.4 Energy Intensity of Cement Factories in I. R. Iran

Company	Start	Kiln Capacity (td)		Cooler	Fuel	Production Cement (ty)	Intensity		Remarks
		Wet	Dry				Fuel (Mcal/t-cl)	Electricity (kWh/t-cem)	
Sepahan Cement	1978	3,300		Planetary	Gas & F.O.	1,556,240	897	132	1,067 in 1989
	1981	3,300		Planetary		1,749,149	863	134	1,042 in 1990
						2,073,624	830	101	959 in 1991
						1,888,943	828	126	994 in 1992
						2,039,740	835	105	951 in 1993
					2,081,203	839	115	979 in 1994	
					1,905,798	860	118	1,003 in 1995	
Soufian Cement	1970	600		Planetary	F.O. 100%	1,313,839	1,088	104	1,283 in 1990
	1975	1,000		Planetary		1,255,736	1,129	104	1,322 in 1991
	1977	1,000		Planetary		1,329,551	1,079	102	1,270 in 1992
	1984	2,000		Planetary		1,403,147	998	103	1,194 in 1993
Tehran Cement (No.1 Factory)	1956	300		Planetary	Gas & F.O.	1,337,944	1,013	97	1,195 in 1994
	1958	300		Planetary					
	1968	600		Planetary					
	1962	2,100		Planetary		570,156	950	118	1,181 No.4 train, in 1995
1972	300		Rotary						
1979	4,000		Grate						
						891,888	843	128	1,101 No.6 train, in 1995
							(1,019)	(118)	(1,248) Mean V. of No.1 Fac.*
(No.2 Factory)	1984	2,000		Planetary	Gas & F.O.				
Ourmia Cement	1989			2,300 FOLAX Grate	Gas & F.O.		947	113	1,154 in 1992
Mean Value of	11 Factories								125
	3 Factories (using Natural Gas)						1,135		
	14 Factories (using Fuel Oil)						1,093		

Note : * The data of intensity in () are estimated value

Source : Sepahan Cement, Soufian Cement, Tehran Cement, Ourmia Cement
Cement Research Center

Table 2.4.5 Estimation of Total Energy Consumption for Cement Production

Estimation Basis :	Total Production of Cement in I!	17,491 * 1,000t/y	
	by Fuel Oil(incl.Coal)	13,957 * 1,000t/y	
	by Natural Gas	3,534 * 1,000t/y	
<hr/>			
	Overall Energy Intensity		
	Fuel Oil(incl.Coal)	112 t/t-cl.	1,051 Mcal/t-cem
	Natural Gas	116 Nm ³ /t-cl.	1,091 Mcal/t-cem
	Electricity	115 kW/t-cl.	249 Mcal/t-cem
<hr/>			
Energy Consumption Total Energy		22,872 Tcal/y	
<hr/>			
	Fuel Oil(incl.Coal)	14,664 Tcal/y	1,496 Mkl/y
	Natural Gas	3,856 Tcal/y	393 Mm ³ /y
	Electricity	4,352 Tcal/y	1,934 GWh/y
<hr/>			

2.4.3 省エネルギーポテンシャルと対策コスト

イランのセメント工業における省エネルギーポテンシャルを考える前に、日本のセメント工業におけるエネルギー消費の推移について眺めてみる。

日本のセメント各社はこれまで、燃料のほぼ 100% を海外からの輸入に依存しながら、常に厳しい企業間のコスト競争にさらされて来たので、内外の経済環境の変化に対応して、生産性の向上と製造コスト低減を目的として、プロセスの変革と燃料の転換、並びに省エネルギー改善が進められて来た。

この推移は Vol. 4 Figure 6.16, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21 に紹介されているので、以下にその概要を要約する。

- (1)セメント製造様式が湿式から乾式、なかでも NSP プロセスへの転換が急速に進められ、現在では NSP 79%, SP その他 21% の構成となっている。
- (2)燃料は重油から石炭への転換は、第 2 次石油危機直後の 1982 年には完了し、現

在では高炉スラグ、石炭灰、廃タイヤ等産業廃棄物や副産物の利用等によって、燃料の節減が進められている。

(3) 省エネルギーの成果としては、下記に示すごとく、過去 20 年間でエネルギー原単位が 24 %低下した。

1975		1,145	Mcal/t-cement
1995		871	Mcal/t-cement
	内訳		
	燃料(石炭)	107.3	kg/t-cement
	電力	95.1	kWh/t-cement

(4) エネルギーの消費部門別消費割合は

燃料：焼成用	87.9%
発電用	11.8
原料乾燥用その他	0.3

(但し、原料乾燥用に利用されているキルン排ガスの熱量は焼成用としてある。

電力：原料部門	27.2%
焼成部門	27.7
仕上部門	39.0
その他	6.1

一方、イランのセメント業界の現状は、前節 Table 2.4.4 に示すごとく、エネルギー原単位の実績値から判断すると、日本のほぼ 20 年前のレベルよりも更に低く、技術的には省エネルギーの余地は大きい。従って、プロセス又は設備が同じであれば、日本の省エネルギー対策の経験は同様にして技術的には適用可能と考えられる。参考までに、セメント産業基本問題検討委員会で纏められた『これまでの日本のセメント製造業の主な省エネルギー技術』を Table 2.4.6 で紹介する。

Table 2.4.6 Main Energy Conservation Technology of Cement Industry in Japan

Energy Conservation Technology		Introduction	Rate of Diffusion	Rate of Energy Conservation
			%	%
1. NSP Kiln		1973	79	16
2. Power Generation Utilizing Waste Heat		1975	25	25
3. Vertical Mill	Raw Materials	1980	34	64
	Coal	?	80	64
	Clinker/Slag	1986	18	64
4. High Efficiency Separator		1980	45	25
5. Preliminary Mill	Finishing Sec.	1987	16	38
6. High Efficiency Clinker Cooler		1992	1	40

Source : Basic Problem Study Committee of Cement Industry in Japan

しかしながら、イランのセメント工場の設備内容については、(既設) Table 2.4.2 及び(建設中) Table 2.4.3 に示すごとく、焼成キルンとクリンカークーラーの形式のみが判明しているのみであるので、堅型ミル、高効率セパレーター、予備粉碎機についてはどれだけイランのセメント工場に適用可能かを推定することは困難である。

同様に前記 3工場の工場診断によって提案されている省エネルギー対策がどれだけ他工場に適用可能かを推定することが困難なものが多い。

イランのセメント工場における省エネルギー対策を 3工場の工場診断の結果として提案されたものを中心に、設備投資の観点より分類して、対策の期待効果とコストの具体例を示す。

(A) 運転管理・設備管理の強化によるもの

a. EP ファンの能力増加

(Sepahan C.) 省エネルギー効果	重油換算	3,780 kl/y
対策コスト		168 M Rial

b. 原料ミルファン運転改善、			
(Sepahan C.)	省エネルギー効果	電力	5,400 MWh/y
	対策コスト		753 M Rial
c. キルンドラフトの改善			
(Sepahan C.)	省エネルギー効果	重油換算	9,451 kl/y
	対策コスト		105 M Rial
d. セメントミルスクリーンプレート取り替え			
(Sepahan C.)	省エネルギー効果	電力	10,000 MWh/y
	対策コスト		849 M Rial
e. No.6 キルンの改善			
(Tehran C.)	省エネルギー効果	重油換算	9,451 kl/y
		電力	14,400 MWh/y
	対策コスト		1,278 M Rial
f. エアシーリング、キルンバーナ combustibility改善			
EP ファンの能力増加、キルン排ガスの利用			
(Soufian C.)	省エネルギー効果	重油換算	4,343 kl/y
	対策コスト		1,663 M Rial

(B) 設備の改造を伴うもの

a. サテライトクーラーよりグレートクーラーへの転換			
(Tehran C.)	省エネルギー効果	重油換算	10,385 kl/y
		電力	8,190 MWh/y
	対策コスト		39,900 M Rial
(Soufian C.)	省エネルギー効果	重油換算	6,593 kl/y
	対策コスト		23,153 M Rial
b. 堅型原料ミル			
(300 t/h)	省エネルギー効果	電力	16,000 MWh/y
	対策コスト		3,500 M Rial
c. 堅型クリンカーミル			
(150 t/h)	省エネルギー効果	電力	12,000 MWh/y
	対策コスト		3,500 M Rial
d. 高効率セパレーター			

(100 t/h)	省エネルギー効果	電力	4,000 MWh/y
	対策コスト		1,750 M Rial
e. 1次空気の予熱			
(3,000 t/d)	省エネルギー効果	重油換算	3,024 kl/y
	対策コスト		1,225 M Rial
(C) プロセスの変更によるもの			
a. 湿式キルンの NSP への転換 (No. 3 キルン)			
(Tehran C.)	省エネルギー効果	重油換算	42,527 kl/y
	対策コスト		79,625 M Rial
b. SP の NSP への転換 (No. 3 キルン)			
(Soufian C.)	省エネルギー効果	重油換算	34,286 kl/y
	対策コスト		100,100 M Rial
c. コンピュータ化による自動運転			
(6,000 t/d)	省エネルギー効果	重油換算	6,048 kl/y
		電力	4,140 MWh/y
	対策コスト		8,750 M Rial

2.4.4 省エネルギーポテンシャルの経済評価

前節であげた省エネルギーポテンシャルについて、2000年時点で対策を実施すると
して、次の2ケースについて経済性を検討した。

ケース1：省エネルギー促進ケース

ケース2：省エネルギー・ケース

各ケースにおけるエネルギー価格は、Table 2.1.2 に示す値を用い、Rial の対 US\$
レートは、1993年の 1,750 Rial/US\$ を用いた。

検討結果を Table 2.4.7, Table 2.4.8 に示す。

これによれば、ケース1では運転管理・設備管理の強化によるものはもとより、設備
の改造を伴うものでも、原料/仕上工程で堅型ミルの採用、高効率セパレータ採用、

1次空気の予熱は経済性があるので、10 %以上の省エネルギー達成は可能と思われる。

なお、プロセスの変更によるものは経済性がない。

ケース2では運転管理・設備管理の強化によるものでも、増産メリットを計算に加えないと、経済性のないものもでて来るので、10 %以上の省エネルギー達成は容易ではなくなる。

Table 2.4.7 Economic Evaluation for Energy Conservation Potential of Cement Industry
A. E. C. Case (Fuel Oil 75 Rial/l, Electricity 100 Rial/kWh, 1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation	Note
		Fuel Oil (R/l/y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M ¥)		
Improvement of Management								
Capacity-up of EP IDF	Sepahan C.	3,780		284	1,741	10	168	feasible
				+ Merit due to production increase(60,000t/y)				
Raw Mill Fan Operation	Sepahan C.		5,400	540	3,316	43	753	feasible
Draft Control for Whole Process	Sepahan C.	9,451		709	4,352	6	105	feasible
				+ Merit due to production increase(60,000t/y)				
Renewal of Screen Plate	Sepahan C.		10,000	1,000	6,140	49	849	feasible
No.6 Kiln Operation	Tehran C.	6,593	14,400	1,934	11,878	73	1,278	feasible
Operation Improvement	Soufian C.	4,343		326	2,000	95	1,663	feasible for 10 Ys.
Air Sealing				+ Merit due to production increase(80,000t/y)				
Combustion Control								
Capacity-up of EP fan								
Utilizing Kiln Exhaust Gas								
Modification of Facility								
Satellite C. to Grate Cooler	Tehran C.	10,385	8,190	1,598	9,811	2,280	39,900	not feasible
				+ Merit due to production increase(270,000t/y)				
	Soufian C.	6,593		494	3,036	1,323	23,153	not feasible
				+ Merit due to production increase(300,000t/y)				
Vertical Mill for Raw Materials	(300 t/h)		16,000	1,600	9,824	200	3,500	feasible *(1)
Vertical Mill for Clinker	(150 t/h)		12,000	1,200	7,368	200	3,500	feasible for 10 Ys. *(2)
High Efficiency Separator	(100 t/h)		4,000	400	2,456	100	1,750	feasible for 10 Ys. *(3)
1ry Air Preheating	(3,000 t/d)	3,024		227	1,393	70	1,225	feasible for 10 Ys. *(4)
Modification of Process								
Wet(No.3 Kiln) to NSP	Tehran C.	42,527		3,190	19,584	4,550	79,625	not feasible
				+ Merit due to production increase(420,000t/y)				
SP(No.3 Kiln) to NSP	Soufian C.	34,286		2,571	15,789	5,720	100,100	not feasible
				+ Merit due to production increase(600,000t/y)				
Automatic Operation	(6,000 t/d)	6,048	4,140	868	5,327	500	8,750	not feasible *(5)

Table 2.4.8 Economic Evaluation for Energy Conservation Potential of Cement Industry

E. C. Case
 (Fuel Oil 17.0 Rial/l, Electricity 40.7 Rial/kWh, for 2000-2002, 1,750 Rial/US\$)
 (Fuel Oil 22.7 Rial/l, Electricity 54.5 Rial/kWh, for 2000-2009, 1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Benefit			Countermeasure Cost			Economic Evaluation		
	Factory	Fuel Oil (kJ/y)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)		(M Y)	(M Rial)
Improvement of Management									
Capacity-up of EP IDF	Sepahan C.	3,780		64	159	527	10	168	feasible for 10 Ys.
Raw Mill Fan Operation	Sepahan C.		5,400	220	545	1,807	43	753	feasible for 10 Ys.
Draft Control for Whole Proce	Sepahan C.	9,451		161	398	1,317	6	105	feasible
				+ Merit due to production increase(60,000t/y)					
Renewal of Screen Plate	Sepahan C.		10,000	407	1,009	3,346	49	849	feasible
No.6 Kiln Operation	Tehran C.	6,593	14,400	698	1,731	3,876	73	1,278	feasible
Operation Improvement	Soufian C.	4,343		74	183	605	95	1,663	not feasible
Air Sealing				+ Merit due to production increase(60,000t/y)					
Combustion Control				+ Merit due to production increase(80,000t/y)					
Capacity-up of EP fan				+ Merit due to production increase(80,000t/y)					
Utilizing Kiln Exhaust Gas				+ Merit due to production increase(80,000t/y)					
Modification of Facility									
Vertical Mill for Raw Material	(300 t/h)		16,000	651	1,615	5,354	200	3,500	feasible for 10 Ys. *(1)
Vertical Mill for Clinker	(150 t/h)		12,000	488	1,211	4,016	200	3,500	feasible for 10 Ys. *(2)
High Efficiency Separator	(100 t/h)		4,000	163	404	1,339	100	1,750	not feasible *(3)
1ry Air Preheating	(3,000 t/d)	3,024		51	127	421	70	1,225	not feasible *(4)

Note : Calculation Basis of Energy Conservation

- *(1) 10 kWh/t * 300 t/h/1.5 * 8000 h/y
- *(2) 10 kWh/t * 150 t/h * 8000 h/y
- *(3) 5 kWh/t * 100 t/h * 8000 h/y
- *(4) 112 t * 0.03 * 3000 t/d * 300 d/y
- *(5) 112 t * 0.03 * 6000 t/d * 300 d/y

2.5 ガラス工業

2.5.1 板ガラス工業界の概要

(1) 生産の推移

1990年以降の工場別板ガラスの生産推移を Table 2.5.1 に示す。

Table 2.5.1 Sheet Glass Production in I. R. Iran

	(unit : t)				
	Ghazvin G.	Abguineh G.	Iran G.	Saveh Jam G.	Total
1990	139,361	43,161	11,759	0	194,281
1991	136,533	45,309	7,794	0	189,636
1992	147,328	76,903	9,199	11,190	244,620
1993	120,304	89,105	7,472	39,359	256,240
1994	117,419	87,051	6,041	48,544	259,055
1995	89,381	71,614	11,193	55,595	227,783

Source : Ministry of Industry

これによれば、1992年以降は Saveh Jam Glass の稼働開始もあり国内生産が 200,000 t/y を突破しているが、これはイ・イ戦争終結後の復興と住宅・ビル建築ブームに支えられた旺盛な需要に対応したものである。なお、1995年の生産低下は主として Ghazvin Glass No. 1 窯の定修によるもので、さらに1997年まで同工場 No. 4 窯、No. 3 窯と逐次定修が予定されているので他工場の大規模な生産増がなければ当分の間頭打ちの傾向は続くと思われる。

(2) 工場の概要

Table 2.5.2 に板ガラス工場の所在地、生産開始時期、公称設備能力、推定ガラス熔融炉能力、最近の生産実績、板ガラスの生産方式及び主な使用燃料を示す。イランの板ガラス工場は、現在 4 社 4 工場稼働している。合計生産能力は、ほぼ 300,000 t/y に達している。しかし、製品は普通板ガラスが中心で、この他に型板ガラスを Ghazvin Glass と Abguineh Glass が生産しているが、近年世界的に急速に普及しているフロート式成型法の導入に遅れているので、自動車用等の歪みのない高品質の製品は輸入に依存している。

Table 2.5.2 Sheet Glass Factories in I. R. IRAN

Company Name	Location	Employee	Start-up	Estimated	Process	Lines	Production	Capacity	Production	Fuel	Future plan
		Year	MGS	(t/d)	(t/y)	(t/y)	in 1995				
<Sheet Glass>											
1	Gharzin	1,232	1968	95	Roll out	27,700		N. Gas			Float Process
			1970	55	Roll out	16,100		Fuel Oil			
			1972	55	Colburn	10,900					
			1978	150	Colburn	29,700		Fuel Oil			
				230	Colburn	45,600		Fuel Oil			
				585		130,000	89,381				
(Sub-total)											
2	Abguineh Glass	Gharzin	1973	100	Glaverbel			N. Gas			Float Process
				45	Roll out			N. Gas			
				20	Roll out						
			1992	230	Colburn			N. Gas			
				395		98,000	71,614				
(Sub-total)											
3	Saveh Jam Glass	Saveh	300	1992	250	Glaverbel	60,000	55,595	N. Gas		2001? Float Process
4	Iran Glass	Tehran			55	Fourcault	14,000	11,193	Fuel Oil?		
(5)	Azar Glass	Tabriz	(project)			(100,000?)		--			Float Process
(6)	Liva Glass ?	Liva	(project)					--			Glaverbel to Float
Total				1,285		302,000	227,783				

Source : MOI, Gharzin Glass, & Saveh Jam Glass

最大生産能力を誇るのは Ghazvin Glass で、公称 120,400 t/y と全設備能力の約 40 %を占めている。

なお、Ghazvin Glass では 第5系列の生産ラインとして、フロート法プロセスの導入計画をもっているが、Abguineh Glass, Saveh Jam Glass もこれに追従する計画を持っており、更に Azar Glass 及び Liya Glass の新規参入計画があるので、4～5年後には大きな変化が予測される。

2.5.2 エネルギー消費の現状

イランの板ガラス工場におけるエネルギー消費の現状を把握するに当たって、Ghazvin Glass の工場診断と Saveh Jam Glass の訪問調査によって得られたエネルギー消費原単位を Table 2.5.3 に示す。

なお、使用燃料は Abguineh Glass と Saveh Jam Glass は天然ガス、Ghazvin Glass は重油を主として使用してきたが、Ministry of Industry の指導として Natural Gas への転換が進められている。Ghazvin Glass では No.1 窯は 1995 年の定修の際には転換が完了し、さらに 1997 年までに No.4 窯, No.3 窯と逐次定修にともなって転換が予定されている。

これによれば、製品 t 当たりエネルギー原単位は Ghazvin Glass が 1995 年では 7,233 Mcal/t と新鋭 Saveh Jam Glass の 4,170 Mcal/t に比して格差が大きい。しかし、この年は Ghazvin Glass No.1 窯の定修年であったことを考えると、Ghazvin Glass の平常値としてはほぼ順調な運転が達成できた 1994 年の実績値が適当で、他の 2 工場は操業開始時期、製品の多様化度等を考えると、Ghazvin Glass の平常値レベルに近いものと思われる。

この内訳はフロート化の完了している国では、溶解用燃料 82%、成型・徐冷用燃料 2%、電力 16% となっているが、Ghazvin Glass では、溶解用燃料 84%、成型・徐冷用燃料 9%、電力 7%であった。この差の主な原因はフロート法プロセスでは成型・徐冷用に電熱を使用するためである。

従って、直近の最大生産を記録した 1994 年の使用エネルギーについて、Ghazvin Glass の平常値を用いてイラン全体でどれぐらいになるかの推定を行った結果は Table 2.5.4 に示すごとくである。

この結果は Ghazvin Glass の No.1 窯の燃料転換の終了している現在に比して、天然ガス使用割合がやや少ない点注意を要する。

Table 2.5.3 Energy Consumption of the Representative Sheet Glass Factories

Company Name	Production Capacity	Production (t/y)	Fuel Consumption			Electricity Consumption			Total Energy Intensity	
			Kind	Quantity	(Gcal/y)	Intensity (Mcal/t)	Kind	Quantity (MWh/y)	(Gcal/y)	(Mcal/t)
<Sheet Glass> Ghazvin Glass	120,400 (Nominal)	105,700 (in 1995)	N.Gas	8,570	81,415	770	Purchased	12,700	31,115	294
			Fuel Oil	66,650	626,510	5,927	Generated	9,000	22,050	209
			Gas Oil	3,010	25,471	241				
			(S-total)		733,396	6,938				
Saveh Jam Glass	60,000 (in 1995)	55,595 (in 1995)	N.Gas	7,260	68,970	530	Purchased	12,700	31,115	239
			Fuel Oil	75,390	708,666	5,447	Generated	10,200	24,990	192
			Gas Oil	3,360	28,432	219				
			(S-total)		806,068	6,196				
Saveh Jam Glass	60,000 (in 1995)	55,595 (in 1995)	N.Gas	8,170	77,615	617	Purchased	12,700	31,115	248
			Fuel Oil	73,740	693,156	5,514	Generated	11,100	27,195	216
			Gas Oil	2,790	23,609	188				
			(S-total)		794,380	6,320				
Saveh Jam Glass	60,000 (in 1995)	55,595 (in 1995)	N.Gas	8,500	80,750	525	Purchased	12,700	31,115	202
			Fuel Oil	72,760	683,944	4,444	Generated	11,400	27,930	181
			Gas Oil	3,230	27,332	178				
			(S-total)		792,026	5,146				
Saveh Jam Glass	60,000 (in 1995)	55,595 (in 1995)	22,982	218,329	3,927	Purchased	5,506	13,490	243	4,170

Note : Unit of Energy Consumption for Quantity

- N. Gas. 1,000m³/y
- Fuel Oil kJ/y
- Gas Oil kJ/y
- Electricity MWh/y

Source : Ghazvin Glass, Saveh Jam Glass

Table 2.5.4 Estimation of Total Energy Consumption for Sheet Glass Production

Estimation basis : Overall Energy Intensity		6,435 Mcal/t
	(Ghazvin Glass 1994)	
Fuel for glass melting	84%	5,405 Mcal/t
Fuel for forming & annealing	9%	579 Mcal/t
Electricity	7%	450 Mcal/t
Total Production of Sheet Glass in 1994		259,055 t/y
Glass Melting using Fuel Oil		135,745 t/y
Glass melting using Natural Gas		123,310 t/y
Energy Consumption : Total Energy in 1994		1,667,019 Gcal/y
	Fuel Oil	78,059 kJ/y
	Natural Gas	85,955 km ³ /y
	Electricity	47,629 MWh/y
Fuel for glass melting		1,400,296 Gcal/y
	Fuel Oil	52%
	Natural Gas	48%
Fuel for forming & annealing		150,032 Gcal/y
	Natural Gas	
Electricity		116,691 Gcal/y
		78,059 kJ/y
		85,955 km ³ /y
		47,629 MWh/y
		78,059 kJ/y
		70,162 km ³ /y
		15,793 km ³ /y
		47,629 MWh/y

2.5.3 省エネルギーポテンシャルと対策コスト

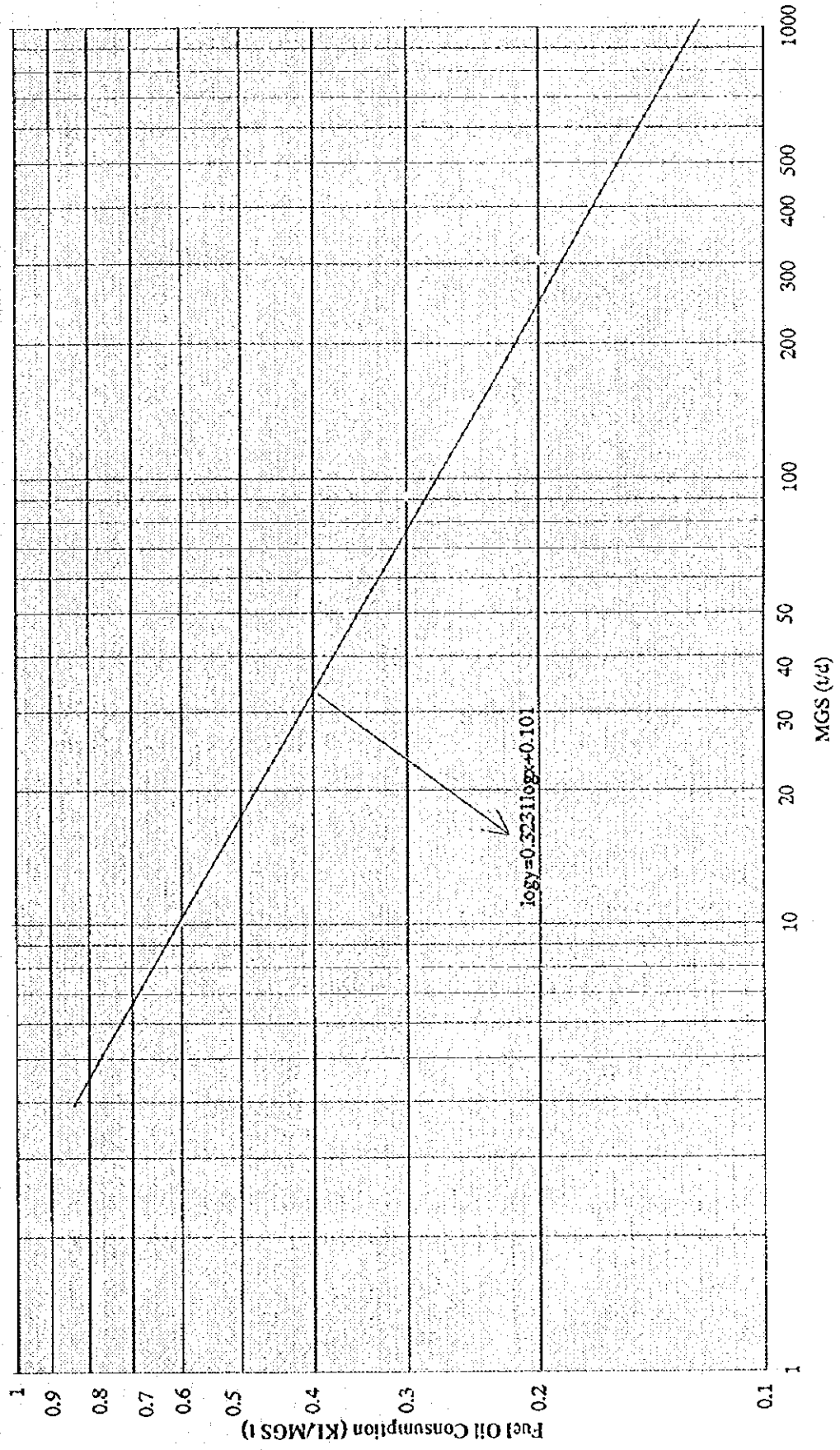
前記の如く、イラン全体でみて板ガラス工業におけるエネルギー消費原単位は Ghazvin Glass の平常値で代表して考えることができることから、Ghazvin Glass の平常値と省エネルギーの進んだ工場の実績値(1989年 日本の板ガラス工場の平均)と対比して両者の差を解析すると Table 2.5.5 となる。

Table 2.5.5 Energy Conservation Potential of the Sheet Glass Factory in I. R. IRAN

		Ghazvin Normal(N)	Excellent F.(E)	(E-N)/N
F.O. Consumption	(kl/d)	51.6	67.2	
MGS	(t/d)	130	365	
Product	(t/d)	89	274	
F.O. Intensity	(kcal/kg MGS)	3,731	1,731	-53.6%
	(kcal/kg Prod.)	5,450	2,305	-57.7%
1 Furnace Scale	(MGS t/d)	214	365	
	(kL/t MGS)	0.223 *(1)	0.188 *(1)	-15.7%
2 Furnace Load	(t/d)	130	214	
	(Calc. Oil kL/d)	52.3	67.5	
	(kL/t MGS)	0.402	0.315	-21.6%
3 Production Yield		68.5%	75.1%	
	(Reciprocal)	1.461	1.332	-8.8%
Sub Total				(1-0.157)*(1-0.216)*(1-0.088)-1
				-39.7%
4 Insulation		None	Heavy	
Conductivity	(kcal/mh degC)	1.0	0.8	
Heat loss from wall	(kl/d)	29.3	23.4	
	(Calc. Oil kL/d)	52.3	43.0	-17.8%
5 Regenerator				
(Heat recovery)		64.0%	71.5%	
	(Reciprocal)	1.563	1.399	-10.5%
6 Combustion Control				
(Heat Efficiency)		64.0%	66.5%	
	(Reciprocal)	1.563	1.504	-3.8%
7 Others				
				-1.0%
Sub Total				(1-0.178)*(1-0.105)*(1-0.038)*(1-0.010)-1
				-29.9%
Total				(1-0.397)*(1-0.299)-1
				-57.7%

Note : *(1) Refer to Figure 2.5.1

Figure 2.5.1 Relation between Fuel Oil Consumption and Capacity of Melting Furnace in Sheet Glass Production



これによれば、両者の差は溶解窯の規模、窯の溶解負荷、収率(製品歩留まり)、保温、蓄熱室効率、及び燃焼管理の6要因に大別して考えられる。

このうち、溶解窯の規模、窯の溶解負荷は製品の販売面からの制約条件が加わる一方、その対策による効果は売上増加によるものも加算できるので、単純な省エネルギーポテンシャルとしては扱えない。特に、溶解窯の規模は前記の技術動向を考慮すると現状維持を前提として考えることとし、その他の要因を省エネルギーポテンシャルとして定量的に記述する。

(1) 管理技術の向上

主な施策を挙げると、

- a. 従業員全員に省エネルギー教育を実施し、意識改革を図る。
- b. 運転要員に品質管理教育を実施し、製品歩留まりの向上を図る。
製品歩留まりを現在 68.7 % と推定し、75% まで引き上げるものとするれば、
重油換算 3,614 kl 節減可能。
- c. 運転・保守要員に設備管理教育を実施し、設備稼働率の向上を図る。
- d. 職場単位、工場単位、企業単位、業界単位で省エネルギー推進組織を確立する。
- e. 各工程、並びに工場の要所に計測器を設置し、エネルギー管理に必要なデータをとる。
- f. フレームの監視、排ガス分析を定期的に行い、燃焼管理を徹底する。
過剰空気率を現在 25% と仮定し、15 % まで引き下げるものとするれば、
重油換算 7,340 kl 節減可能。
- g. 炉の開口部のシールを徹底し、フレームの吹き出し、輻射熱の放散と冷気の侵入を防止する。

以上の諸施策実施に当たって生産設備には実質無投資を原則とするが、e. 項及び f. 項実施に当たって計器類購入・取り付け費用として投資額 350,000,000 Rial (1,750Rial/\$ ベース)を計上した。

b. 項、f. 項合計重油節減量 10,954 kl/y

現状に対して約 10 %の省エネ効果を上げることが出来る。

(2) 生産性向上

成型マシンのスピードアップに伴って窯の溶解負荷が高くなるが、現状は充分余裕があり、最高温度も1500℃と低い。Ghazvin Glass の型板マシンはロールの改造により 50% のスピードアップが可能であり、コルバーンマシンも 20%

まではスピードアップが可能である。この場合原料管理、操窯管理技術の向上が製品の歩留まり、品質、及び窯の寿命維持に不可欠となる。

対象としては、現状における操業状況よりマシンのスピードアップが確実に見込まれる Ghazvin Glass No.1 窯, No.3 窯, 及び No.4 窯が考えられる。

溶解負荷向上	475 t/d より 555 t/d (17%)
重油原単位向上	0.331 kl/t より 0.308 kl/t
重油節減量	4,659 kl/y
投資額	875,000,000 Rial

(3) 簡易保温

炉壁からの放熱を低減するために、炉壁を保温すると内部炉材が高温となるので、それに耐えるように内部炉材のグレードアップが必要となるが、内部炉材のグレードアップを必要としない程度の軽度の保温で窯の操業中に実施する。既設の4工場のうち Ghazvin-1F 及び Saveh Jam -1F のみは既に実施済みとして、これを対象から除き、対策効果とコストを試算した。

重油節減量	9,576 kl/y
投資額	1,558,000,000 Rial

(4) 重保温

前記の如く、内部炉材のグレードアップのため定修時にのみ実施できる。

コストの試算に当たっては、内部炉材のグレードアップに必要な単価差のみを計上した。

既設の4工場のうち Saveh Jam -1F のみは既に重保温済みとして、これを対象から除き、対策効果とコストを試算した。

重油節減量	8,505 kl/y
投資額	14,228,000,000 Rial

(5) 蓄熱室空積煉瓦の伝熱面積拡大

これには次の2方法に大別される。

- 蓄熱室の容積を大きくし、中の空積量を増せば、空積煉瓦の伝熱面積も比例して大きくなるが、長さや幅は機能上制約があるので、高さを高くすることになる。この場合は1m程度が限度である。なお、第2蓄熱室を設

置することも考えられるが、一般的でない。

- b. 空積煉瓦の形状変更によるもので、バスケットウエーブタイプから煙突型ボックスタイプの煉瓦積みに変更するもの。

既設の 4 工場のうち、Ghazvin-1F 及び Saveh Jam-1F のみは既に実施済みとして、また、蓄熱室のない Abguineh-2F も対象から除き、上記 2 方法により実施するものとして対策効果とコストを試算した。

重油節減量	4,782 kl/y
投資額	6,084,000,000 Rial

2.5.4 省エネルギーポテンシャルの経済評価

前節で挙げた省エネルギーポテンシャルについて、2000 年時点で対策を実施するとして、次の 2 ケースについて経済性を検討した。

ケース 1 : 省エネルギー促進ケース

ケース 2 : 省エネルギー・ケース

各ケースに於けるエネルギー価格は、Table 2.1.2 に示す値を用い、Rial の対 US\$ レートは 1993 年の 1,750 Rial/\$ とした。

検討結果を Table 2.5.6 に示す。

これによれば、ケース 1 でも重保温及び蓄熱室の改造については経済性がなく、また、成型マシンの改造は省エネルギー効果のみでは 10 年間で評価しないと経済性がないことになる。

ケース 2 では管理技術向上によるしかないことを示し、歩留まり向上対策と計測器への投資による燃焼管理の強化が具体的な課題である。

なお、製品の販売面からの制約条件がなく、売上増加によるメリットが充分見込める場合には成型マシンの改造による生産性向上対策は実行可能となる。

Table 2.5.6 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Sheet Glass Industry

A. E. C. Case

(Fuel Oil 75 Rial/L for 2000-2002 and 2000-2009, 1,750 Rial/S)

Energy Conservation Potential	Benefit			Cost		Economic Evaluation
	as Fuel Oil (kJ/y)	for 3 years (M Rial/y)	for 10 years (M Rial)	(M ¥)	(M Rial)	
Improvement of Management						
Improvement of Yield	3614	271	672	0.0	1,664	feasible
Combustion Control	7340	551	1,365	20.0	3,380	feasible
Improvement of Productivity	4659	349	867		2,145	
Mod'n. of Forming Machine				50.0		875 feasible for 10 Ys.
Load up of Melting Furnace				0.0		feasible
Insulation						
Light Insulation	9576	718	1,781	89.0	4,410	1,558 feasible
Heavy Insulation	8505	638	1,582	813.0	3,917	14,228 not feasible
Modification of Regenerator	4782	359	889	202.8	2,202	3,549 not feasible

E. C. Case
(Fuel Oil 17.0 Rial/L for 2000-2002, 1,750 Rial/S)
(Fuel Oil 22.7 Rial/L for 2000-2009, 1,750 Rial/S)

Energy Conservation Potential	Benefit			Cost		Economic Evaluation
	as Fuel Oil (kJ/y)	for 3 years (M Rial/y)	for 10 years (M Rial)	(M ¥)	(M Rial)	
Improvement of Management						
Improvement of Yield	3614	61	152	0.0	504	feasible
Combustion Control	7340	125	309	20.0	1,023	350 feasible
Improvement of Productivity	4659	79	196		649	
Mod'n. of Forming Machine				50.0		875 not feasible
Load up of Melting Furnace				0.0		feasible
Insulation						
Light Insulation	9576	163	404	89.0	1,335	1,558 not feasible
Heavy Insulation	8505	145	359	813.0	1,185	14,228 not feasible
Modification of Regenerator	4782	81	202	202.8	667	3,549 not feasible

2.6 繊維工業

2.6.1 繊維工業界の概要

イランの軽工業を支えてきた綿紡績業、絹・毛織物、手織物絨毯などの繊維産業は、合成繊維工業の導入など一部において近代化が進められてきている。

(1) 生産と設備の動向

イランにおける繊維製品の生産推移を、1976年以降の織布と紡績糸及び化学繊維の生産実績で Table 2.6.1 に示す。

Table 2.6.1 Production of Textile Products in I. R. Iran

Year	Fabric (km)	Yarn & Chemical Fiber (t)	Imported Fabrics (km)
1976	512,000	130,000	124,000
1977	511,000	125,000	141,000
1978	350,000	95,000	98,000
1979	456,000	100,000	100,000
1980	485,000	100,000	100,000
1981	533,000	105,000	160,000
1982	551,000	115,000	175,000
1983	604,000	125,000	399,000
1984	595,000	126,000	220,000
1985	572,000	122,000	100,000
1986	585,000	129,000	
1987	581,000	138,000	
1988	550,000	120,000	
1989	538,000	100,000	
1990	543,000	108,000	
1991	525,000	115,000	
1992	510,000	142,000	
1993	381,000	122,000	
1994	350,000	115,000	
1995	390,000	135,000	

Source : Association of Iran Textile Industries

これによれば、最近の10年間では紡績糸及び化学繊維生産は100~140千t/年の範囲で変動があるもののほぼ横ばいであるのに対して、織布生産は58~350万m/年と低落傾向となっている。

紡績と製織の設備動向を Table 2.6.2-1, Table 2.6.2-2 に示す。

Table 2.6.2-1 Trend of Spinning Machines in I. R. Iran

	Ring Spinning			O. E. Spinning	
	Installed Number of Spindle		Operation Hour (hr/1-Sp.)	Installed Number of Spindle (Rotor)	Operation Hour (hr/1-Ro.)
	Short Fiber Spinning (Sp.)	Long Fiber Spinning (Sp.)			
1987	1,100,000	-----	-----	38,000	-----
1988	1,100,000	60,000	-----	38,000	-----
1989	1,100,000	60,000	-----	38,000	-----
1990	1,100,000	60,000	-----	38,000	-----
1991	1,200,000	60,000	-----	40,000	-----
1992	1,500,000	60,000	4,500	41,500	5,000
1993	1,550,000	60,000	4,500	41,500	5,000
1994	1,650,000	110,000	4,800	51,500	5,500

Note: Operation Hours

Asia/Oceania(1994)	
Ring Spinning	8,400-4,800 hr / 1-Sp.
O. E. Spinning	8,400-5,500 hr / 1-Ro.
Japan(1994)	
Ring Spinning	6,000 hr / 1-Sp.
O. E. Spinning	6,000 hr / 1-Ro.

Source: Monthly Report of Japan Spinners' Association

Table 2.6.2-2 Trend of Weaving Machines in I. R. Iran

Year (End of the Year)	Shuttleless Loom		Shuttle Loom	
	Installed Number of Cotton Loom	Operation Hour (hr/1-Loom)	Installed Number of Cotton Loom	Operation Hour (hr/1-Loom)
1987	3,200	-----	-----	-----
1988	3,500	-----	-----	-----
1989	3,600	-----	22,000	-----
1990	3,800	-----	20,000	-----
1991	4,000	-----	20,000	-----
1992	7,350	3,800	28,000	4,200
1993	7,850	4,200	28,000	3,900
1994	9,100	5,200	16,000	4,100

Note: Operation Hours

Asia/Oceania(1994)	
Shuttleless Loom	8,400-5,100 hr/1-Loom
Shuttle Loom	8,200-3,900 hr/1-Loom
Japan(1994)	
Shuttleless Loom	5,500 hr/1-Loom
Shuttle Loom	5,500 hr/1-Loom

Source: Monthly Report of Japan Spinners' Association

精紡機の据付錘数について;

世界の Ring Spinning 及び Rotor Type Open End Spinning (O. E. Spinning) の据付錘数は、世界的な設備過剰状況を反映して、この数年減少(1993 年末 Ring Spinning で 2.7% 減)している。これに対してイランの据付錘数は Ring Spinning 及び O. E. Spinning の双方で微増しているが、その運転効率は Ring Spinning で 4,500 時間/1 錘、O. E. Spinning で 5,000 時間/1 錘 であり必ずしも高くない。参考までに、アジア・オセアニア及び日本におけるそれぞれの運転時間を表の欄外に示した。

織機の据付台数について;

イランにおける Shuttleless Loom の据付け台数が 1992 年頃より急増しているのに対して Shuttle Loom の据付け台数は 1993 年をピークにして減少している。

イランにおいても世界的潮流である Shuttle Loom から新鋭機である Shuttleless Loom への入れ替えが進んでいる。

しかし、機械 1 台当たりの運転時間を見ると、イランにおける運転効率は高くない。生産調整等のため、生産効率の高い Shuttleless Loom 関連の設備が十分に機能していない状況が伺える。

(2) 工場の概要

イランの繊維工場は、Table 2.6.3 に示すごとく、主要なもののみで現在 117 工場あるが、その業態から次のように分類できる。

- a. 合成繊維工場 (3 工場)
- b. 紡績工場 (44 工場)
- c. 織布製造工場 (58 工場)
- d. 染色整理工場 (12 工場)

Table 2.6.3 に これらの繊維工場の所在地、設立時期、製品の種類、設備能力、及び最近の生産実績を示す。

Table 2.6.3 Textile Factories in I. R. IRAN

(1/4)

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines	Capacity	Production in 1995
<Man-made Fiber Production>						(t/y)
1 Polyacryl Iran	Esfahan	1978	Polyester Fiber		30,800	34,707
			Polyester Filament		21,880	19,896
			Polyester Tops		2,200	
			Acrylic Fiber		23,500	24,581
			Acrylic Tops		16,520	
2 Parsilon	Khoramabad	1979	Nylon 6		16,000	8,596
3 Aliaf	Tehran	1969	Nylon 6		10,000	11,500
<Weaving-I>						(kn/y) (km/y)
1 Azar	Esfahan	1957	Cot. F.	250	3,200	1,700
2 Atlas Baft	Tehran	1956	Cot. & PE. F.	178	4,000	1,500
3 Abhar Brezent	Abhar	1983	Tarpaulin	24	2,300	1,000
4 Eitemadieh Boushehr	Boushehr	1938	Grey F.	300	9,000	3,500
5 Iran poplin	Rasht	1974	Cot. & Syn. F.	259	20,000	14,500
6 Iran Nou Baft Production	Esfahan		Cot. & PE. F.	11	1,200	700
7 Baresh	Esfahan	1957	Cot. & PE. F.	718	21,000	11,000
8 Bakkar	Tehran	1958	Cot. & Syn. F.	614	28,000	12,500
9 Bafnaz	Esfahan	1950	Cot. & PE. F.	883	29,000	10,000
10 Baft Harir Semnan	Semnan	1983	Cot. & PE. F.	60	3,200	2,800
11 Brezent Iran	Karaj	1967	Tarpaulin	32	3,200	1,800
12 Baftch Mazandaran	Ghaemshahr	1982	Grey F.	96	2,500	1,500
13 Fomenat	Rasht	1973	Cot. & Syn. F.	296	9,000	6,500
14 Tar-e-Esfahan	Esfahan	1984	Cot. & Syn. F.	50	1,200	500
15 Khazar Weaving	Ghaemshahr	1982	Grey F.	60	1,200	700
16 Semnan Weaving	Semnan	1983	Grey F.	57	1,000	600
17 Mohammad Sadegh Khojasteh Weaving	Yazd	1977	Grey F.	35	400	250
18 Shiraz Weaving	Shiraz	1948	Grey F.	596	6,500	3,500
19 Pakris	Semnan	1973	Grey F.	911	24,000	18,500
20 Pileh	Tehran	1962	Cot. & Syn. F.	80	3,000	1,950
21 Zarpoor Weaving	Saveh	1982	Grey F.	41	2,000	1,100
22 Joulabaf	Ghom	1982	Grey F.	6	900	200
23 Heydar Esfahan Weaving	Esfahan	1985	Grey F.	57	2,200	1,000
24 Rangin Baft	Esfahan	1977	Grey F.	220	6,000	2,500
25 Jonob Yazd	Yazd	1952	Cot. & Syn. F.	162	5,000	3,500
26 Chit Behshahr	Behshahr	1938	Cot. & Syn. F.	978	25,000	6,000
27 Ray Spinning & Weaving	Tehran	1947	Cot. & PE. F.	1,548	40,000	18,500
28 Khosravi Khorasan	Mashad	1968	Grey F.	205	4,500	1,400
29 Kashan Spinning & Weaving	Kashan	1934	Cot. & Syn. F.	1,396	40,000	18,000
30 Zayandeh Roud	Esfahan	1935	Cot. F.	312	10,000	3,200
Sub-Total				10,468	308,500	150,400

continued

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines	Capacity	Production in 1995
<Weaving-2>						
31 Zarran Weaving	Ghazvin	1963	Cot. & PE. F.	36	1,500	450
32 Sa-adat Nassajan Yazd	Yazd	1947	Cot. & Syn.F.	490	18,000	11,000
33 Silkbaf Yazd	Yazd	1974	Grey F.	500	15,000	9,500
34 Simin Esfahan	Esfahan	1957	Cot. & Syn.F.	577	18,000	10,000
35 Shahreza-ye-Jadid	Esfahan	1935	Cot. & Syn.F.	400	8,000	3,200
36 Sanaye Poshesh Iran	Rasht	1973	Towel, Denim, Velvet Velvet, Garments	580	20,000	6,800
37 Jahan Industrial	Karaj	1956	Cot. & Syn.F.	655	25,000	15,000
38 Sanaye Chahr Mehal- Bakhtiari	Shahr-e- Kord	1984	Grey F.	26	1,200	400
39 Kosar Baf	Esfahan	1983	Grey F.	30	2,500	1,100
40 Fakhr-e-Iran	Ghazvin	1958	Cot. & Syn.F.	1,148	28,000	16,500
41 Faragiur Baf-Balouch	Iranshahr	1974	Cot. & PE. F.	939	28,500	11,500
42 Kashan Velvet & Rayon M.	Kashan	1950	Cot. & Syn.F. (Spinning) (Clothes) (Velvet) (Carpet)	799	24,000 (10,000) (4,460) (1,235km ²)	9,000 (1,250) (5,038) (1,851) (423km ²)
43 Mahbaf Weaving	Yazd	1959	Grey F.	66	5,000	2,100
44 Momtaz	Tehran	1958	Cot. & Syn.F.	1,051	30,000	11,000
45 Najaf Abad	Najafabad	1945	Cot. & Syn.F.	693	22,000	11,500
46 Nakh kar	Tehran	1955	Cot. & Syn.F.	190	2,500	1,600
47 Ardakan Textile	Ardakan	1984	Cot. & Syn.F.	124	10,000	4,000
48 Ekbatan Textile	Hamedan	1983	Cot. & Syn.F.	44	4,500	3,000
49 Boroujerd Textile	Boroujerd	1974	Cot. & PE. F.	128	10,000	8,850
50 Pars Tehran Textile	Semnan	1957	Cot. & PE. F.	400	10,000	1,500
51 Tejarat Textile	Esfahan	1987	Cot. & PE. F.	250	6,700	4,200
52 Ghaemshahr Textile	Ghaemshahr	1930	Cot. & Syn.F.	580	19,000	8,000
53 Nasaji Kordestan	Sanandaj	1986	Grey F.	280	10,000	5,800
54 Mazandaran Textile	Ghaemshahr	1962	Cot. & Syn.F.	1,121	40,000	16,000
55 Yazd Baf	Yazd	1956	Cot. & Syn.F.	1,309	50,000	47,500
56 Khoub Kar Textile	Najafabad	1981	Grey F.	40	1,750	600
57 Kerman Textile	Kerman	1982	Grey F.	30	1,200	500
58 Ali Tex. & Chem.	Saveh	1977	Cot. & Syn.F.	50	2,200	1,000
Total				22,914	723,050	372,000

Note :

continued

Estabsh. ; Establishment
PE ; Polyester
Cot. F. ; Cotton Fabrics
Cot. & PE. F. ; Cotton and Polyester Fabrics
Cot. & Syn.F. ; Cotton and Synthetic Fabrics
Grey F. ; Grey Fabrics

Table 2.6.3 Textile Factories in I. R. IRAN

(3/4)

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines		Capacity	Production
				(R.S.)	(R.O.E.)	(t/y)	in 1995 (t/y)
<Spinning-1>				(R.S.)	(R.O.E.)	(t/y)	(t/y)
1 Ataiyeh	Saveh	1973	Cotton Yarns	20,304		2,400	819
2 Aydin Bonab	Bonab	1982	Cotton Yarns		400	600	240
3 Behriss Esfahan	Esfahan	1958	Cot. & PE. Y.	18,036	436	2,500	1,200
4 Parvin Esfahan	Esfahan	1957	Cot. & Syn.Y.	26,910	400	3,900	3,100
5 Bandhye Pezeshki Iran	Takestan	1983	C.Y. Hyd.C., G.		768	1,200	900
6 Nakh-Va-Gherghereh Gilan	Chaboksar	1982	Cotton Yarns	10,720	1,152	3,500	2,700
7 Jahan Nakh	Takestan	1982	Cotton Yarns		1,344	1,200	900
8 Khambaf Esfahan	Esfahan	1975	Cot. & PE. Y.	10,000		1,000	700
9 Khosh Nakh Yazd	Yazd	1982	Cot. & Syn.Y.	10,000		1,200	700
10 Douk Nakh	Abhar	1933	Cotton Yarns	5,000		1,200	600
11 Rahim Zadeh	Esfahan	1933	Cot. & Syn.Y.	40,076	672	4,700	2,800
12 Reshtan	Amol	1973	Cotton Yarns	2,656	400	1,500	400
13 Riskar Yazd	Yazd	1957	Cot. & PE. Y.	12,100		1,400	500
14 Parnakh Spinning	Arak	1983	Cot. & Syn.Y.	1,152	1,152	2,200	1,300
15 Khavar Spinning	Rasht	1976	Cot. & PE. Y.	27,000		2,500	2,450
16 Natanz Spinning	Natanz	1983	Cot. & Syn.Y.		1,344	1,200	850
17 Seyed Mohammad Agha	Yazd	1948	Cot. & PE. Y.	10,160		1,200	600
18 Shoukouh	Esfahan	1958	Cotton Yarns	11,396	1,200	1,300	500
19 Doukriss	Delijan	1983	Cot. & Syn.Y.		1,728	1,500	800
20 Nakh Semnan	Garmsar	1984	Cot. & Syn.Y.		1,920	1,500	700
21 Far Nakh	Ghazvin	1967	Cot. & Syn.Y.	32,704		3,000	2,480
22 Gherghereh-ye-Ziba	Tehran	1960	Cot. Syn.Y. & Sp.	35,796		3,500	1,870
23 Gherghereh Nakhtab Esfahan	Esfahan	1935	Spool Yarns	14,128		1,900	700
24 Gheytan	Shahrud	1983	Cotton Yarns		1,728	1,200	900
25 Kanaf Esfahan	Esfahan	1971	Cot. & PE. Y.	13,576		2,200	1,500
26 Golriss	Abhar	1982	Cot. & PE. Y.		768	1,000	825
27 Mashad Nakh	Mashad	1980	Cot. & PE.-A. Y.		1,760	6,000	3,500
28 Mah Nakh	Ghazvin	1974	Cot. & Syn.Y.	36,576	3,600	6,000	5,500
29 Mehr Koupa	Esfahan	1969	Cot. & Syn.Y.	10,080		1,300	700
30 Mahyaran	Esfahan	1973	Cot. & PE. Y.	20,400		1,800	1,550
31 Nabriss	Ghazvin	1982	Cot. & Syn.Y.		1,944	1,350	1,100
32 Nahid	Esfahan	1947	Cot. & Syn.Y.	15,228		1,500	950
33 Nakhtab Firouzan	Tabriz	1969	Cot. & Syn.Y.	15,012	1,344	1,600	1,250
34 Nakh Rissy Yazd	Yazd	1931	Cotton Yarns	20,560		2,300	1,200
35 Nassaji Babakan	Amol	1973	Cot. & Syn.Y.	49,392		6,000	3,500
36 Baftehai-e-Kerman	Kerman	1990	Cot. & PE. Y.	17,760		2,050	2,380
37 Chookha Textile	Sari	1976	Cot. & Syn.Y.	15,216	300	2,000	1,500
38 Qarb Textile	Kermanshah	1975	Cot. & Syn.Y.	47,520	768	6,500	3,500
39 Novin-e-Shahreza	Shahreza	1936	Cot. & Syn.Y.	6,000		900	750
40 Hamedan Nakh	Hamedan	1982	Cot. & Syn.Y.		960	1,200	700
Sub-Total				555,488	26,088	91,000	59,114

continued

Table 2.6.3 Textile Factories in I. R. IRAN

(4/4)

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines		Capacity	Production
				(R.S.)	(R.O.E.)	(t/y)	(t/y)
<Spinning-2>				(R.S.)	(R.O.E.)	(t/y)	(t/y)
41 Yazd Tab	Yazd	1983	Cotton Yarns		1,344	1,100	420
42 Khoy Textile	Khoy	1984	Cot. & Syn. Y.		4,600	2,800	2,700
43 Khameneh Textile	Khameneh	1984	Cot. & PE. Y.		1,728	1,700	1,500
44 Ghaem Baf Jazeh	Esfahan	1983	Cot. & Syn. Y.	14,796		1,500	1,420
Total				570,284	33,760	98,100	65,154

Note:

- Estabsh. ; Establishment
 Cot. & PE. Y. ; Cotton and Polyester Yarn
 Cot. & Syn. Y. ; Cotton and Synthetic Yarn
 C.Y.Hyd.C.,G. ; Cotton Yarns, Hydrophil Cotton, Gauze
 Cot.Syn. & Sp. ; Cotton, Synthetic and Spool Yarns
 Cot. & PE-A. Y. ; Cotton and Polyester-Acrylic Yarns
 (R.S.) ; Ring Spindle
 (R.O.E.) ; Roter Open End

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines		Capacity	Production
				(R.S.)	(R.O.E.)	(km/y)	(km/y)
<Dyeing, Printing, Finishing>				(R.S.)	(R.O.E.)	(km/y)	(km/y)
1 Aba	Tehran	1982	Finished Fabrics			4,000	750
2 Akmal	Esfahan	1968	Finished Fabrics			9,000	5,000
3 Takmil Faraz	Tehran	1978	Finished Fabrics			1,200	800
4 Tehran Gol	Tehran	1968	Finished Fabrics			12,000	5,000
5 Golesockh Printing	Tehran	1963	Finished Fabrics			2,000	1,000
6 Madbaf Textile	Zanjan	1982	Finished Fabrics			20,000	11,000
7 Golbaf Industrial Group	Esfahan	1969	Finished Fabrics			10,000	6,000
8 Golriz	Esfahan	1964	Finished Fabrics			16,800	8,700
9 Moghaddam	Ghazvin	1959	Finished Fabrics			5,000	3,000
10 Nakh Rang	Hamadan	1984	Finished Fabrics			15,000	9,000
11 Naghshin	Yazd	1983	Finished Fabrics			10,000	7,000
12 Hell	Ghazvin	1973	Finished Fabrics			10,000	4,000
Total						115,000	61,250

Source : Association of Iran Textile Industries

これらの工場は、主要都市及びその近郊を中心にはほぼ国内の全地域に散在している。操業率は大部分が 50% を下回っている。これは外貨事情による原材料手当の面で制約がある他、合成繊維 3 工場を除くと、操業開始後 15 年以内の新鋭工場は極めて少なく、また改造/更新等も殆どなされていないので、老朽化した設備が多いことも一因と思われる。

2.6.2 エネルギー消費の現状

イランの繊維工業におけるエネルギー消費の現状を把握するに当たって、Polyacryl Iran 及び Kashan Velvet & Rayon Mills の 2 工場の工場診断によって得られたエネルギー消費データのみでは不十分であるので、Aliaf 及び Yazd Baf の訪問調査と Association of Iran Textile Industries の協力を得て実施したアンケート調査によって得られたエネルギー消費データを加えて、出来るだけ解析結果が偏らないように努めた。

一般に繊維製品の生産に必要なエネルギーには、化学繊維工程における反応や融解など素材の質的変換や、紡織工程の混綿、繊維の配向化、加燃など繊維の集合状態の変換に要する加工エネルギー、加熱・冷却や装置駆動などに要する直接エネルギー、空調や照明など付属設備に要する間接エネルギーが含まれる。

今回、収集できた消費エネルギーデータにはこれら項目に沿った内訳は無く、エネルギー消費量をマクロにとらえざるを得なかった。また、エネルギー消費量の二重計上を避けるため、電力については購入電力のみを計上し、燃料には自家発電設備を稼働している工場の場合、発電に消費した燃料も含めてある。従って、電力については正確な消費実態を把握することは困難である。

以下に前記の 4 業態毎にエネルギー消費の現状を推定する。

(1) 合成繊維

イランの合成繊維工場は 3 工場合計で 120,900 t/y の設備規模を有し、その内訳は Polyester Fiber 54,880 t/y、Acrylic Fiber 40,020 t/y、Nylon-6 Fiber 26,000 t/y である。

1995 年の総生産量は 100,608 t と平均 83.2 % の高稼働率である。その内訳は Polyester Fiber 55,931 t、Acrylic Fiber 24,581 t 及び Nylon-6 Fiber 20,096 t である。

エネルギー消費実績については、Polyacryl Iran の工場診断及び Aliaf の訪問調査によって把握できた実績データと前記 Parsilon の推定値を加算して、イランの合成繊維工場の現状におけるエネルギー消費量を推定すると、Table 2.6.4 に示すごとくになる。

実態が把握出来なかった Parsilon については、同業の Aliaf の訪問調査によっ

て把握できた Nylon 6 Fiber 工場の原単位をベースに推定した。

Parsilon は Aliaf よりも設備規模が大きく新鋭工場であるが、稼働率が低いので、エネルギー原単位は Aliaf を上回ることはないと考えられる。

(2) 紡績

調査の対象となった 44 社の紡績工場の設備・生産の規模は Table 2.6.3 に示した如くで、44 社の 1995 年における生産量は 65,154 t/y である。

これらの工場の内、消費エネルギーのデータが把握出来た 21 工場全体の設備規模は Ring Spinning 311,323 sp.、Rotor Type Open End Spinning 20,748 dram である。

綿紡工場は精紡工程の方式により、工程の構成及び消費エネルギーの状況が大きく異なるため、上記工場を Ring Spinning 方式採用の工場、Rotor Type Open End 方式採用の工場及び両方式併用の 3 工場群に分類し、それぞれの工場群について、消費エネルギーを検討した。

a. Ring Spinning 方式紡績工場

Ring Spinning 方式のみで操業している工場は 19 工場である。これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 9 工場である。

9 工場の実績値から 19 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.5 に示した。

Table 2.6.4 Estimation of Total Energy Consumption for Synthetic Fiber Production in 1995

Factory Name	Products	Capacity (ty)	Production in 1995	Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption			
				Kind	Quantity	(Gcal/y)	(Mcal/t)	(Gcal/y)	(Mcal/t)	(Gcal/y)	(Mcal/t)
1 Polyacryl Iran	Polyester Fiber	30,800	55,931	Fuel Oil	484	4,743	59	3,446	7,754	96	10,302
	Polyester Filament	21,880		Natural Gas	83,362	816,948	10,147				
	Polyester Tops	2,200									
	Acrylic Fiber	23,500	24,581								
	Acrylic Tops	16,520									
2 Parsilon	Nylon 6	16,000	8,596			180,066	20,948	3,274	7,367	857	21,805
3 Aliaf	Nylon 6	10,000	11,500	Gas Oil	6,232	57,334	4,986				
				Natural Gas	18,731	183,564	15,962	4,380	9,855	857	21,805
Sub-total		120,900	100,608			1,242,655		11,100	24,975		

Note : Energy consumption of Parsilon is estimated based on energy intensity of Aliaf

Table 2.6.5 Estimation of Total Energy Consumption for Ring Spinning in 1995

Factory Name	Products	No. of Machines		Capacity in 1995	Production in 1995		Kind	Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption (Mcal/t)
		(R.S.)	(R.O.E.)		(t/y)	(t/y)		(Gcal/y)	(Mcal/t)	(Gcal/y)	(MWh/y)	
<Ring Spinning>												
1 Atayeh	Cotton Yarns	20,304	(R.O.E.)	2,400	819							
8 Khabaf Esfahan	Cot. & PE. Y.	10,000		1,000	700							
9 Khosh Nakh Yazd	Cot. & Syn. Y.	10,000		1,200	700							
10 Douk Nakh	Cotton Yarns	5,000		1,200	600							
13 Riskar Yazd	Cot. & PE. Y.	12,100		1,400	500							
15 Khavar Spinning	Cot. & PE. Y.	27,000		2,500	2,450	Fuel Oil	1,000	9,800	4,000	11,088	24,948	10,183
17 Seyed Mohammad Agha	Cot. & PE. Y.	10,160		1,200	600							
21 Far Nakh	Cot. & Syn. Y.	32,704		3,000	2,480	Fuel Oil	2,221	21,766	8,777	10,404	23,409	9,439
22 Gherghereh-ye-Ziba	Cot. Syn. Y. & Sp.	35,796		3,500	1,870	Gas Oil	636	5,851	3,129			
						Fuel Oil	3,596	35,241	18,845	9,493	21,359	11,422
						Fuel Oil	382	3,514	5,021	660	1,485	2,121
23 Gherghereh Nakhfab Esfahan	Spool Yarns	14,128		1,900	700	Gas Oil						
25 Kanaf Esfahan	Cot. & PE. Y.	13,576		2,200	1,500							
29 Mehr Koupa	Cot. & Syn. Y.	10,080		1,300	700	Fuel Oil	210	2,058	2,940	960	2,160	3,086
30 Mahyarani	Cot. & PE. Y.	20,400		1,800	1,550							
32 Nahid	Cot. & Syn. Y.	15,228		1,500	950							
34 Nakh Rissy Yazd	Cotton Yarns	20,560		2,300	1,200							
35 Nassaji Babakan	Cot. & Syn. Y.	49,392		6,000	3,500	Gas Oil	240	2,208	631			
						Fuel Oil	390	3,822	1,092	22,400	50,400	14,400
36 Baftchai-e-Kerman	Cot. & PE. Y.	17,760		2,050	2,380	Fuel Oil	310	3,038	1,276	10,368	23,328	9,802
39 Novin-e-Shahreza	Cot. & Syn. Y.	6,000		900	750	Gas Oil	40	368	491	365	821	1,095
44 Ghacm Baft Jazeh	Cot. & Syn. Y.	14,796		1,500	1,420	Fuel Oil	100	980	690	7,344	16,524	11,637
Sub-total				18,250	13,630			47,186	3,462		142,254	10,437
Total		344,984		38,850	25,369			87,826		117,676	264,772	

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity :

Gas Oil kJ/y
N. Gas kNm³/y
Fuel Oil kJ/y

Source : Association of Iran Textile Industries

19 工場の精紡錘数は全体で 344,984 sp. である。これにより 1995 年には 25,369 t の綿糸及び合繊糸を紡出している。

このグループのエネルギー原単位は最大 33,396Mcal/t ~ 最小 1,586 Mcal/t と幅広く分布している。エネルギー原単位の最大値と最小値を除いた 7 工場のエネルギー原単位の加重平均値は 13,899 Mcal/t である。

この結果、このグループ 19 工場のエネルギー消費量は 352,598 Gcal/y と推定される。

b. Rotor Type Open End 方式紡績工場

Rotor Type Open End 方式のみで操業している工場は 12 工場である。これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 7 工場である。7 工場の実績値から 12 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.6 に示した。

12 工場の精紡ドラム数は全体で 18,688 dram であり、1995 年には 14,535 t の綿糸と合繊糸を生産している。

7 工場のエネルギー原単位の加重平均値は 12,558 Mcal/t である。

この結果、このグループ 12 工場のエネルギー消費量は 182,532 Gcal/y と推定される。

c. Ring Spinning 方式と Rotor Type Open End 方式とを併用した紡績工場
Ring Spinning 方式と Rotor Type Open End 方式を併用して操業している工場は 13 工場である。但し、このグループには機械の内容が不明のもの 2 工場を含む。

これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 5 工場である。5 工場の実績値から 13 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.7 に示した。

Table 2.6.6 Estimation of Total Energy Consumption for Roter Open End Spinning in 1995

Factory Name	Products	No. of Machines		Capacity Production in 1995		Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption (Mcal/t)	
		(R.S.) (R.O.E.) (R.S.) (R.O.E.)	(t/y) (t/y)	Kind	Quantity	(Gcal/y)	(Mcal/t)	(MWh/y)	(Gcal/y)		
<Roter Open End Spinning>	Cotton Yarns	400	400	900	900	6	65	2,832	6,372	7,080	7,145
2 Aydin Bonab	C. Y. Hyd. C., G.			240	240						
5 Bandhye Pezeshtki Iran	Cotton Yarns	1,344	1,344	900	900						
7 Jahan Nakh	Cot. & Syn. Y.	1,728	1,728	850	850	112	1,291	7,036	15,831	18,625	19,916
16 Natarz Spinning	Cotton Yarns	768	768	900	900	150	1,633	3,600	8,100	9,000	10,633
24 Gheytan	Cot. & PE. Y.	1,760	1,760	825	825						
26 Golriss	Cot. & PE. -A. Y.	1,944	1,944	3,500	3,500	1,300	3,640	11,000	24,750	7,071	10,711
27 Mashhad Nakh	Cot. & Syn. Y.	960	960	1,100	1,100	102	909	1,100	2,475	2,250	3,159
31 Nabriss	Cotton Yarns	1,344	1,344	420	420						
40 Hamedan Nakh	Cot. & Syn. Y.	4,600	4,600	2,700	2,700	100	341				
41 Yazd Tab	Cot. & Syn. Y.	1,728	1,728	1,500	1,500	127	779				
42 Khoy Textile	Cot. & PE. Y.			192	192						
43 Khameneh Textile											
Sub-total		15,450	15,450	11,450	11,450		36,996	3,231	106,794	9,327	12,558
Total		18,688	18,688	14,535	14,535		46,964	60,252	135,568		

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity ;

Natural Gas kNm³/y
Gas Oil kJ/y
Fuel Oil kJ/y

Source : Association of Iran Textile Industries

Table 2.6.7 Estimation of Total Energy Consumption for Ring & Roter Open End Spinning in 1995

Factory Name	Products	No. of Machines		Capacity Production in 1995		Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption (Mcal/t)
		(R.S.)	(R.O.E.)	(t/y)	(t/y)	Quantity	(Gcal/y)	Quantity	(Gcal/y)	
<Ring & Roter Open End Spinning>										
3 Behrass Esfahan	Cot. & PE. Y.	18,036	436	2,500	1,200					
4 Parvin Esfahan	Cot. & Syn. Y.	26,940	400	3,900	3,100					
6 Nakh-Va-Gherghereh Gilan Cotton Yarns		10,720	1,152	3,500	2,700	Fuel Oil	786	7,703	2,853	7,522
11 Rahim Zadeh	Cot. & Syn. Y.	40,076	672	4,700	2,800	--	--	--	9,000	20,250
12 Reshtan	Cotton Yarns	2,656	400	1,500	400					
14 Parnakh Spinning	Cot. & Syn. Y.	1,152	1,152	2,200	1,300	Fuel Oil	1,200	11,760	9,046	2,500
18 Shoukoush	Cotton Yarns	11,396	1,200	1,300	500					
19 Doukriss	Cot. & Syn. Y.			1,500	800					
20 Nakh Semnan	Cot. & Syn. Y.			1,500	700					
28 Mah Nakh	Cot. & Syn. Y.	36,576	3,600	6,000	5,500	Fuel Oil	3,929	38,504	7,001	31,634
33 Nakhlab Firoozan	Cot. & Syn. Y.	15,012	1,344	1,600	1,250					
37 Chookha Textile	Cot. & Syn. Y.	15,216	300	2,000	1,500	Gas Oil	750	6,900	4,600	5,934
38 Qarb Textile	Cot. & Syn. Y.	47,520	768	6,500	3,500					
Sub-total				18,400	13,800			64,867	4,701	127,328
Total		225,300	11,424	38,700	25,250			118,688	103,543	232,972

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity :

Natural Gas kNm³/y
 Gas Oil kl/y
 Fuel Oil kl/y

Source : Association of Iran Textile Industries

このグループ全体の設備規模は Ring Spinning 103,664 sp., Rotor Type Open End Spinning 11,424 dram であり、これらにより 1995 年には 25,250t の綿糸と合繊糸を生産している。

5 工場のエネルギー原単位の加重平均値は 13,927 Mcal/t である。

この結果、このグループ 13 工場のエネルギー消費量は 351,660 Gcal/y と推定される。

以上の 3 グループの推定から、イランの紡績工場 44 工場の現状におけるエネルギー消費量を推定すると、886,790 Gcal/y となる。

(3) 製織 (織布製造)

調査の対象となった 58 社の製織工場の設備・生産の規模を Table 2.6.3 に示した如くで 58 社の 1995 年における生産量は 372,000 km/y である。

製織の消費エネルギー原単位は織機の機種により大きく異なるため、消費エネルギーデータが把握出来た 33 工場を中心に、使用している織機の機種により分類し、それぞれのグループ別に消費エネルギーを検討した。

分類は装置の機構上、基本的に消費エネルギー原単位が大きい Shuttle Loom と、これより消費エネルギーが小さく、消費エネルギー値が近似している Shuttleless Loom とに大別した。

分類の日安とした各織機の下糸挿入に要する標準的消費エネルギー原単位を Table 2.6.8 に参考として示す。なお、下糸挿入消費エネルギー原単位の最も少ない Water Jet Loom は調査対象の工場では稼働していないため、グループ分けの資料から除いた。

Table 2.6.8 Energy Intensity for Inserting Weft Yarn

Method	Type of Loom	Energy Consumption	
		(Wh / m)	(kcal / m)
Shuttle loom	Automatic shuttle loom	238	535.5
	Air jet loom (a)	111-130	250-293
Shuttleless loom	Rapier loom (b)	126-145	284-326
	Gripper loom (c)	110	248
	Water jet loom	44-52	

a. Shuttle Loom 使用の製織工場

Shuttle Loom のみを用いている製織工場は 20 社であり、7,593 台が設置されており、これにより 101,450 km (1995年) の綿布及び化繊布が生産されている。

これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 13 工場である。13工場の実績値から 20 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.9 に示した。

13 工場の消費エネルギー原単位の加重平均値は 3,690 kcal/m である。この結果、このグループ 20 工場のエネルギー消費量は 374,358 Gcal/y と推定される。

b. Shuttleless Loom 使用の製織工場

Air Jet Loom、Repier Loom 等の Shuttleless Loom のみで操業している工場は 12 社であり、ここでは 927 台の織機により 1995年には 47,100 km の綿布及び化繊布が生産されている。

これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 7 工場である。7 工場の実績値から 12 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.10 に示した。

7 工場の消費エネルギー原単位の加重平均値は 5,854 kcal/m である。この結果、このグループ 12 工場のエネルギー消費量は 275,746 Gcal/y と推定される。

c. Shuttle Loom と Shuttleless Loom を併用している製織工場

Shuttle Loom と Air Jet Loom、Repier Loom 等の Shuttleless Loom とを併用している製織工場は 18 社であり、Shuttle Loom 10,989 台、Shuttleless Loom 1,486 台、総数 12,475 台の織機で、1995年には 20,450 km の綿布及び化繊布が生産されている。

これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 10 工場である。10 工場の実績値から 18 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.11 に示した。

Table 2.6.9 Estimation of Total Energy Consumption for Weaving by Shuttle Looms in 1995

Factory Name	Products	Shuttle Looms less Looms	Capacity (km/y)	Production in 1995 (km/y)	Kind	Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption	
						Quantity	(Gcal/y)	Quantity	(MWh/y)	(Gcal/y)	(Mcal/km)
<Weaving by Shuttle Looms>											
1 Azar	Cot. F.	250	3,200	1,700	Fuel Oil	90	882	519	1,200	2,700	2,107
2 Atlas Baf	Cot. & PE. F.	128	4,000	1,500	Gas Oil	684	6,293	4,195			
					Fuel Oil	192	1,882	1,254	6,169	13,880	9,254
4 Entemadieh Boushehr	Cot/PE.Ya & Grey F.	300	9,000	3,500	Gas Oil	185	1,702	486	3,088	6,948	1,985
11 Brezmet Iran	Tarpaulin	32	3,200	1,800	Fuel Oil	616	6,037	3,354	4,364	9,819	5,455
12 Bafteh Mazandaran	Grey F.	96	2,500	1,500	Gas Oil	168	1,546	1,030	628	1,413	942
14 Tar-o-Esfahan	Cot. & Syn.F.	50	1,200	500							
15 Khazar Weaving	Grey F.	60	1,200	700							
17 Mohammad Sadegh	Grey F.	35	400	250	Gas Oil	10	92	368	130	293	1,170
18 Khojasteh Weaving	Cot. & PE. F.	296	6,500	3,500							
26 Chit Behshahr	Grey F.	978	25,000	6,000							
30 Zayandeh Roud	Cot. & Syn.F.	312	10,000	3,200							
32 Sa-edar Nassajan Yazd	Cot. & Syn.F.	490	18,000	11,000	Fuel Oil	2	20	2	8,468	19,053	1,734
33 Silkbar Yazd	Grey F.	500	15,000	9,500	Fuel Oil	1,700	16,660	1,754	11,000	24,750	4,359
35 Shahreza-ye-Judid	Cot. & Syn.F.	400	8,000	3,200	Gas Oil	36	331	104			
					Natural Gas	900	8,820	2,756	850	1,913	598
37 Jahan Industrial	Cot. & Syn.F.	655	25,000	15,000	Gas Oil	4,384	25,760	1,717	2,800	6,300	420
45 Najaf Abad	Cot. & Syn.F.	810	22,000	11,500	Fuel Oil	30	294	26	10,232	23,022	2,002
46 Nakh Kur	Cot. & Syn.F.	100	2,500	1,600	Gas Oil	1,150	10,580	6,613			
					Fuel Oil	1,000	9,800	6,125	3,072	6,912	4,320
50 Pars Tehran Textile	Cot. & PE. F.	400	10,000	1,500							
52 Gharnshahr Textile	Cot. & Syn.F.	580	19,000	8,000	Fuel Oil	4,200	41,160	5,145	4,280	9,630	1,204
54 Mazandaran Textile	Cot. & Syn.F.	1,121	40,000	16,000							
Sub-total			131,800	70,050			131,858	1,882	56,281	126,632	1,808
Total		7,595	225,700	101,450			190,963	81,509	183,395		

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity ;

Natural Gas kNm³/y
Gas Oil kl/y
Fuel Oil kl/y

Source : Association of Iran Textile Industries

Table 2.6.10 Estimation of Total Energy Consumption for Weaving by Shuttleless Looms in 1995

Factory Name	Products	Shuttle Looms less Looms	Capacity (km/y)	Production in 1995		Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption		
				(km/y)	(km/y)	Kind	Quantity	(Gcal/y)	(Mcal/km)	(MWh/y)	(Gcal/y)	(Mcal/km)
5 Iran poplin	Cot.& Syn.F.	Proj 255	20,000	14,500	Fuel Oil	-	0	0	28,000	63,000	4,345	4,345
		Mali 4										
7 Baresh	Cot.& PE.F.	Air 50	21,000	11,000	Fuel Oil	2,260	22,148	2,013	7,052	15,867	1,442	3,456
10 Baft Harn Semnan	Cot.& PE.F.	Air 96	3,200	2,800	Fuel Oil	1,200	11,760	4,200	600	1,350	482	4,682
21 Zarpood Weaving	Grey F.	Air 44	2,000	1,100								
22 Joulabaf	Grey F.	Mali 4	900	200	Gas Oil	40	368	1,840	155	349	1,744	3,584
31 Zarran Weaving	Cot.& PE.F.	Rapi 36	1,500	450								
38 Sanaye Chahr Mehdi-Bakhtari	Grey F.	Air 26	1,200	400								
39 Koser Baft	Grey F.	Rapi 30	2,500	1,100								
43 Miahbaf Weaving	Grey F.	Proj 66	5,000	2,100	Fuel Oil	282	2,764	1,316	1,997	4,493	2,140	3,456
47 Ardakan Textile	Cot.& Syn.F.	Proj 124	10,000	4,000								
49 Borujerd Textile	Cot.& PE.F.	Proj 128	10,000	8,850	Fuel Oil	6,311	61,848	6,988	20,676	46,521	5,257	12,245
56 Khoub Kar Textile	Grey F.	Air 40	1,750	600	Gas Oil	50	460	767				
		Proj 12			Fuel Oil	150	1,470	2,450	922	2,075	3,458	6,674
	Cot.& Syn.F.											
Sub-total			61,850	40,050			100,817	2,517	59,402	133,655	3,337	5,854
Total		927	79,050	47,100			118,564		69,859	157,182		

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity ;

Natural Gas kNm³/y
Gas Oil kJ/y
Fuel Oil kJ/y

Abbreviation of Shuttleless Looms :

Rapi : Rapiier (Total 132)
Air : Air Jet (Total 256)
Proj : Projectile (Total 531)
Mali : Malimo (Total 8)

Source : Association of Iran Textile Industries

Table 2.6.11 Estimation of Total Energy Consumption for Weaving by Shuttle & Shuttleless Looms in 1995

Factory Name	Products	Shuttle Looms less Looms	Capacity (km/y)	Production in 1995 (km/y)	Kind	Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption	
						Quantity	(Gcal/y)	Quantity	(Gcal/y)	(MWh/y)	(Gcal/y)
<Weaving by Shuttle & Shuttleless Looms>											
8 Baftar	Cot. & Syn. F.	491 Proj 153	28,000	12,500							
9 Baftaz	Cot. & PE. F.	833 Air 50	29,000	10,000							
16 Serman Weaving	Grey F.	32 Rapi 25	1,000	600							
19 Pakris	Grey F.	1000 Rapi 20 Proj 10	24,000	18,500	Gas Oil	2,763	25,420	1,374	31,580	71,055	3,841
					Fuel Oil	2,529	24,784	1,340			6,555
20 Pitch	Cot. & Syn. F.	60 Proj 28	3,000	1,950	Gas Oil	1,317	12,116	6,214			
					Fuel Oil	1,768	17,326	8,885	5,483	12,337	6,327
23 Heydar Esfahan Weaving	Grey F.	45 Rapi 12	2,200	1,000							
25 Jonob Yazd	Cot. & Syn. Y. & F.	48 Rapi 98	5,000	3,500	Fuel Oil	1,711	16,768	4,791	3,894	8,762	2,503
27 Ray Spinning & Weaving	Cot. & PE. F.	1171 Rapi 150 Air 150	40,000	18,500	Gas Oil	2,500	23,000	1,243			
					Fuel Oil	65	637	34	22,787	51,271	2,771
28 Khorasvi Khorasan	Grey F.	141 Proj 64	4,500	1,400							
29 Kashan Spinning & Weaving	Cot. & Syn. F.	1240 Rapi 156	40,000	18,000	Natural Gas	19,000	186,200	10,344	58,000	130,500	7,250
34 Siman Esfahan	Cot. & Syn. F.	693 Rapi 30	18,000	10,000	Gas Oil	1,500	165,600	16,560	18,000	40,500	4,050
36 Sanaye Poshesh Iran	Towel, Denim, Velvet Velvet Garments	578 Rapi 2	20,000	6,800							
40 Fakhr-e-Iran	Cot. & Syn. F.	728 Proj 30	28,000	16,500	Gas Oil	2,485	22,862	1,386	13,592	30,582	1,853
41 Faragur Baft-Balouch	Cot. & PE. F.	643 Rapi 7 Proj 18	28,500	11,500							
42 Kashan Velvet & Rayon M.	Cot. & Syn. F.	726 Rapi 73	24,000	9,000	Gas Oil	1,860	17,112	2,333	1	7,378	
					Fuel Oil	1,250	12,250	170	P	18,476	
					Natural Gas	6,943	68,041	9,278	18,476	41,571	5,668
44 Morniaz	Cot. & Syn. F.	1021 Rapi 18 Proj 12	30,000	11,000							
51 Tejarat Textile	Cot. & PE. F.	230 Rapi 20	6,700	4,200	Fuel Oil	1,850	18,130	4,317	3,455	7,774	1,851
55 Yazd Baft	Cot. & Syn. F.	1309 Proj 360	50,000	47,500	Gas Oil	370	3,404	72	49,934	112,352	2,365
					Fuel Oil	78,200	766,360	16,134			18,571
Sub-total			238,700	147,650			1,380,011	9,347	225,201	506,702	3,432
Total		10,989	381,900	202,450			1,892,199	308,784	694,764		12,778

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity :

Natural Gas
Gas Oil
Fuel Oil

kNm³/y
kM/y
kM/y

Total No. of Shuttleless Looms :
Rapiet
Air Jet

1,486
611
200

Projectile
675

Source : Association of Iran Textile Industries

10 工場の消費エネルギー原単位の加重平均値は 12,778 kcal/m である。
この結果、このグループ 18 工場のエネルギー消費量は 2,586,963 Gcal/y
と推定される。

d. 織機の機種の内訳が不明な製織工場

使用している織機の機種が不明な製織工場は 8 社で、総数 955 台の織機
で、1995年には 21,000 km の綿布及び化繊布が生産されている。
これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 3 工場であ
る。3 工場の実績値から 8 工場全体のエネルギー消費量を推定するた
めに、設備能力・生産実績を併記して Table 2.6.12 に示した。

3 工場の消費エネルギー原単位の加重平均値は 3,615 kcal/m である。
この結果、このグループ 8 工場のエネルギー消費量は 75,919 Gcal/y と
推定される。

以上の 4 グループの推定から、イランの製織工場 58 工場の現状における
エネルギー消費量を推定すると、3,312,986 Gcal/y となる。

(4) 染色整理

調査の対象となった 12 社の染色整理工場の設備・生産の規模は Table 2.6.3
に示した如くで 12 社の 1995 年における生産量は 61,250 km/y である。
これらの工場のうち、エネルギー消費状況が把握できたのは 5 工場である。
5 工場の実績値から 12 工場全体のエネルギー消費量を推定するために、設備
能力・生産実績を併記して Table 2.6.13 に示した。

5 工場の消費エネルギー原単位の加重平均値は 2,865 kcal/m である。
この結果、染色整理 12 工場のエネルギー消費量は 175,511 Gcal/y と推定さ
れる。

以上の 4 業態毎の推定結果を集約すると、Table 2.6.14 に示す如くとなり、織
維工業全体のエネルギー消費量は 5,642,917 Gcal/y と推定される。

Table 2.6.12 Estimation of Total Energy Consumption for Weaving by Unknown Machines in 1995

Factory Name	Products	No. of Machines	Capacity		Production		Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption	
			(km/y)	(km/y)	(km/y)	(km/y)	Kind	Quantity	(Gcal/y)	(MWh/y)	(Gcal/y)	(Mcal/km)
<Weaving by unknown machines>												
3 Abhar Breznet	Tarpaulin	24	2,300	1,000	Gas Oil	63	580	580				
					Fuel Oil	134	1,313	1,313	1,679	3,778	3,778	5,671
6 Iran Nou Baft Production	Cot. & PE. F.	11	1,200	700								
13 Fomenat	Cot. & Syn. F.	296	9,000	6,500								
24 Rangin Baft	Grey F.	220	6,000	2,500								
48 Ekbatan Textile	Cot. & Syn. F.	44	4,500	3,000	Fuel Oil	441	4,322	1,441	2,100	4,725	1,575	3,016
53 Nasaji Kordestan	Grey F.	280	10,000	5,800								
57 Kerman Textile	Grey F.	30	1,200	500	Gas Oil	105	966	1,932	260	585	1,170	3,102
58 Ali Tex. & Chem.	Cot. & Syn. F.	50	2,200	1,000								
Sub-total			8,000	4,500			7,181	1,596	4,039	9,088	2,020	3,615
Total		955	36,400	21,000			33,509	18,849	42,410			

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity :

Natural Gas
Gas Oil
Fuel Oil

kNm³/y
kJ/y
kJ/y

Source : Association of Iran Textile Industries

Table 2.6.13 Estimation of Total Energy Consumption for Dyeing, Printing, & Finishing in 1995

Factory Name	Products	Capacity		Production in 1995		Fuel Consumption		Electricity Consumption		Energy Consumption	
		(t/m ²)	(km/y)	(t/m ²)	(km/y)	(Gcal/y)	(Mcal/Mm)	(MWh/y)	(Gcal/y)	(Mcal/Mm)	(Mcal/Mm)
<Dyeing, Printing, Finishing>											
1	Aba	Finished Fabrics	4,000	750							
2	Almal	Finished Fabrics	9,000	5,000							
3	Takmil Faraz	Finished Fabrics	1,200	800							
4	Tehran Gol	Finished Fabrics	12,000	5,000							
5	Golesorkh Printing	Finished Fabrics	2,000	1,000							
6	Madbaft Textile	Finished Fabrics	20,000	11,000	Gas Oil	118	1,086	99			
					Fuel Oil	5,017	49,167	4,470	5,241	11,792	1,072
7	Golbaft Industrial Group	Finished Fabrics	10,000	6,000	Fuel Oil	890	8,722	1,454	1,754	3,947	658
8	Golriz	Finished Fabrics	16,800	8,700							
9	Moghaddam	Finished Fabrics	5,000	3,000							
10	Nabth Rang	Finished Fabrics	15,000	9,000	Gas Oil	646	5,943	660	874	1,967	219
11	Naghshun Yazd	Finished Fabrics	10,000	7,000	Fuel Oil	936	9,173	1,310	438	986	141
12	Hell	Finished Fabrics	10,000	4,000	Gas Oil	500	4,600	1,150			
					Natural Gas	725	7,105	1,776	683	1,537	384
	Sub-total		65,000	37,000			85,795	2,319	8,990	20,228	547
	Total		115,000	61,250			142,026		14,882	33,485	

Note : Unit of Fuel Consumption for Quantity :

Natural Gas kNm³/y
 Gas Oil kJ/y
 Fuel Oil kJ/y

Source : Association of Iran Textile Industries

Table 2.6.14 Estimation of Total Energy Consumption for Textile Industry in 1995

Products	No. of Factory	Capacity Production in 1995	(Unit)	Energy Consumption	
				Gcal/y	Intensity (Unit)
Synthetic Fiber	3	120,900	t/y	1,242,655	
Spinning					
Ring	19	38,850	t/y	352,598	13,899 Mcal/t
Roter Open End	12	20,550	t/y	182,532	12,558 Mcal/t
Ring & Roter Open End	13	38,700	t/y	351,660	13,927 Mcal/t
Sub-total	44	98,100		886,790	
Weaving					
Shuttle Looms	20	225,700	km/y	374,358	3,690 Mcal/km
Shuttleless Looms	12	79,050	km/y	275,746	5,854 Mcal/km
Shuttle & Shuttleless Loom	18	381,900	km/y	2,586,963	12,778 Mcal/km
Unknown	8	36,400	km/y	75,919	3,615 Mcal/km
Sub-total	58	723,050		3,312,986	
Dyeing, Printing, & Finishing	12	115,000	km/y	175,511	2,865 Mcal/km
Total	117	1,057,050		5,617,942	

2.6.3 省エネルギーポテンシャルと対策コスト

今回、収集できた消費エネルギーデータは、繊維工業における4業態、即ち合成繊維、紡績、製織、および染色整理ごとに仕訳されていたものの、マクロなもので、エネルギー消費項目に沿った内訳または製品製造プロセスと蒸気、電気を供給するエネルギー転換部門別の内訳も無く、エネルギー消費の分析は困難である。

従って、省エネルギーポテンシャル推定及び対策の検討は、上記業態毎に分け、全エネルギー原単位をベースに、日本の実績をベースに算出したモデル値とイランにおける現状とを対比することにより行った。

(1) 合成繊維

一般に、合成繊維工業におけるエネルギーの消費は原料と製品の形態、繊度など品種、生産方式、設備、および立地条件等の違いにより大きく異なる。

消費エネルギーの正確な把握はプロセスのノウハウとも関係するので、その内容は明らかではないものが多い。

日本ではこの20年間に約40%のエネルギー節減が図られ、1995年度における全化学繊維の総エネルギーの原単位は原油換算で約1 kJ/tである。この値を基準に、各種繊維の生産量、品種、プロセス特性等を考慮して求めた各種繊維の消費エネルギー原単位の推定値を Table 2.6.15 に示す。

Table 2.6.15 Estimated Energy Intensity
for Synthetic Fiber Production
(in Japan)

Synthetic Fiber	Energy Intensity (Estimated)
Polyester Filament	8,000 - 10,000 Mcal/t
Polyester Fiber (Staple)	4,000 - 6,000
Acrylic Fiber (Staple)	9,000 - 11,000
Nylon 6 Filament	7,000 - 9,000

各製品についての繊度や紡出速度などエネルギー消費要因の細部が不明であるため、マクロな判断とならざるを得ないが、Table 2.6.4 に示した消費エネルギーデータのある2工場について、Table 2.6.15 と比較して消費エネルギー

の現状を見ると、イランにおける全合成繊維設備の 74 % 強を保有し、ポリエステル繊維とアクリル繊維の国内生産の全てを製造している Polyacryl Iran の消費エネルギー原単位 10,302 Mcal/t はエネルギー消費についての現状技術として標準的な水準にあると考えられる。

Polyacryl Iran は 20 年前に連続重合、直接紡糸方式の世界的新鋭設備を導入して設立された工場であり、主として定番手の製品を生産している。現時点においても、これらの設備が十分に機能しており、連続重合、直接紡糸方式設備、特に POY 方式ポリエステル紡糸による生産性向上と省エネルギー化が効果をあげているものと考えられる。

一方、イランにおける Nylon 6 の全生産量の約 60 % を製造している Aliaf 社のエネルギー原単位は大きく、設備規模の影響もあると思われるが、設備能力を上回った稼働にもかかわらず、日本における推定値の 2 倍以上の値であり、消費エネルギー原単位 21,805 Mcal/t は過大であると言わざるを得ない。製造工程の省エネルギーもさることながら、自家発電装置等付帯設備のエネルギー効率を改善するなど一層の省エネルギー推進が期待される。

何れにしても今回の調査結果から、Nylon 6 工場の具体的省エネルギー対策を指摘することは困難であるが、Polyacryl Iran 社の工場診断結果を参考にして総括的にイランの Nylon 6 工場の省エネ対策を以下の如く指摘する。

1) 設備の運転・保守管理の改善

流量、圧力、温度などのプロセスデータを基にした生産用の直接的設備及びユーティリティ設備に対するエネルギー負荷の算出とその管理を行う。これらの資料は装置及び機器の効率の評価並びに最適な操業条件の判断などに活用する。またこれにより、品質、信頼度の向上、安全性の確保など多くの生産性に関する副次的効果が期待できる。

特に、ユーティリティ設備に関する改善点として、次の項目のチェックと対策が考えられる。

ガスタービンの発電効率、廃熱回収装置の効率、圧縮空気、窒素ガスの管理、チラー消費電力の削減、スチーム及びダムサムボイラーの効率改善、用水使用の合理化と用排水処理消費電力削減等である。

省エネルギー効果： 10 % (43,800,000 Mcal/y)

N. G. 4,295 * 1,000Nm³/y, Electricity 765MWh/y

対策コスト : 50 百万円
(875 M Rial)

2) 設備機器の改善 (廃熱回収、非効率機器の取り替え)

省エネルギー効果 : 20 % (87,600,000 Mcal/y)

N. G. 8,590 * 1,000Nm³/y, Electricity 1,530MWh/y

対策コスト : 250 百万円
(4,375 M Rial)

(2) 紡績

a. Ring Spinning 方式紡績工場のエネルギー原単位の比較

Ring Spinning 方式のみで稼働している9工場のうち、エネルギー原単位の隔たりの大きな最大値及び最小値に対応する2工場を除いた7工場の規模はSpindle 数で約10,000-30,000sp.である。この規模の紡績工場の装置の駆動に要する操業エネルギーの試算結果をモデル値としてTable 2.6.16に示す。

Table 2.6.16 Energy Consumption of Typical Spinning Factory
(40 S Combed Yarn, 30,000 sp, 8,576 kg/d)

Process	Number of Machines	Operation Hours (h)	Power Consumption		
			(kWh/d)	(kWh/t)	(%)
Blowing	2	17.0	883.7	103.0	3.4
Carding	57	17.0	1,747.3	203.7	6.8
Pre-drawing	4	15.5	185.9	21.7	0.7
Lap Former	5	15.5	203.1	23.7	0.8
Combing	40	15.5	1,805.4	210.5	7.0
Drawing	4 * 2	15.5	342.1	39.9	1.3
Roving	12	15.5	1,212.7	141.4	4.7
Spinning	75	24.0	15,006.2	1,749.8	58.0
Winding	12	21.75	4,160.8	485.2	16.1
Compressor	2	15.5	34.9	4.1	0.1
		21.75	293.6	34.2	1.1
Total			25,875.7	3,017.2	100.0
			(6,788 Mcal/t)		

なお、空調、照明など付属設備に要する間接的消費エネルギー値には、全消費エネルギー値の 23 % を見込んである。

エネルギー原単位について、イラン 7 工場の平均とモデル値を比較して次に示す。

イラン 7 工場の平均値	13,899 Mcal/t		
モデル値	8,815 Mcal/t	うち、装置駆動	6,788 Mcal/t
		付属設備	2,027 Mcal/t

イランにおける Ring Spinning 方式紡績工場の消費エネルギーの平均値はモデル値より約 1.58 倍大きい。モデル値を下回る 2 社の内の 1 社は Spool Yarn の紡出工場であり、その理由は、巻糸工程のエネルギー負荷が小さいことによるものと考えられる。

b. Open End Spinning 方式紡績工場のエネルギー原単位の比較

イランで稼働している Open End Spinning 工場は Rotor Type を採用している。これらの工場のうち、エネルギー消費状況の把握できた 7 工場全体の規模は Rotor 数 13,872 で、消費エネルギー原単位の加重平均値は 12,558 Mcal/t である。

得られたデータのみから Open End Spinning 方式紡績工場の装置の駆動に要する操業エネルギーや空調、照明等の間接的消費エネルギーを正確に分析・評価することは困難である。

ここでは、現在までに開発され発表された Rotor Type Open End Spinning 方式精紡機の消費エネルギーを基に、Open End Spinning 方式紡績工場の消費エネルギー原単位を算出し、調査対象工場の消費エネルギー原単位と比較する。参考のために、Rotor Type Open End Spinning 方式精紡機の消費エネルギーを Ring Spinning 方式の精紡機と対比させて、Table 2.6.17 に示す。

Table 2.6.17 Energy Intensity of Open End Spinning and Ring Spinning

System	Number of Units/Frame	Spinning Count(s)	Take-up Speed(m/min)	Energy Consumption		Remark
				(kWh/t)	(Mcal/t)	
Open End Spinning		20	67	1,597	3,593	
	168	30	55	2,919	6,568	Rotor : 60,000 rpm
		40	47	4,406	9,914	
Ring Spinning	432	20	14.3	1,156	2,601	Spindle : 11,200 rpm
	400	40	14.9	1,487	3,346	Spindle : 13,500 rpm

イランにおける Open End Spinning 紡績工場の消費エネルギー原単位と、Open End Spinning モデル工場消費エネルギー原単位とを比較して次に示す。なお、モデル工場消費エネルギー原単位の計算には、イランにおける紡出番手を 20 S と仮定し、Table 2.6.17 に示した Open End 精紡工程の消費エネルギー 1,597 kWh/t に上記 Ring Spinning の消費エネルギー原単位の算出に用いたモデル工場 (Table 2.6.16) の前紡工程 (即ち、混打綿工程、カード工程及び練篠工程) と巻糸工程、及びユティリティ関連の付属設備に要する消費電力を加算して求めた。

Open End Spinning 紡績工場の消費エネルギー原単位の比較

イラン 7 工場の平均値	12,558 Mcal/t
モデル値	7,578 Mcal/t 装置駆動: 5,551 Mcal/t (内 Open-End 精紡機 3,593 Mcal/t) 付属設備: 2,027 Mcal/t

Spindle 数の比較的に多い工場の消費エネルギー原単位が大きく現れている。これらの工場では、設備規模に比して生産量が少ないことによるものと考えられる。

紡績工場の省エネ対策を以下に示す。

1) 設備の運転・保守管理の改善

改善の着眼点としては、一般的には合成繊維工場の場合と同様であるが、紡績工場特有の点に付いて指摘すると、紡績工場消費エネルギー原単位

低減の対策として、Table 2.6.16 にあげたモデル工場の操業状態を維持するために必要と考えられる省エネルギー面のチェックポイントを Table 2.6.18 に示す。

Table 2.6.18 Inspection Items for Energy Conservation at the Spining Factory

Common Items	Special Items for Process
<General>	<Carding>
Adjustment of abnormal machine	Optimum speed of cylinder
Measurement of power of machine	Level up of sliver count
Increase of efficiency with optimum speed	
Adjustment of tension of belt	<Roving>
Adoption of bearing to revolving part	Optimum twist of roving
Efficient use of cleaner	
Efficient use of pneumatic conveyer	<Spinning>
Maintenance and cleaning of apparatus under the most optimum interval	Optimum tension of spindle tape
	Normal revolution of spindles
<Lighting>	Check on quality and quantity of spindle oil
Power Saving	Optimum roller weight
Local control	Small sized package
<Air Conditioner>	
Turn off needless operation	

なお、精紡の Spindle 回転数の調査値が不明であるが、設備上の余裕が有ることから、13,000 r.p.m. での低速操業が省エネルギーの観点から望まれる。

また、生産量調整のための装置停止（休機）等があるものと考えられるが、操業状況に合わせた空調、照明等の管理が望まれる。

省エネルギー効果： 10 % (88,680,000 Mcal/y)
 N. G. 2,586 * 1,000Nm³/y,
 Electricity 28,150 MWh/y

対策コスト： 44 百万円
 (770 M Rial)

2) 設備機器の改善（非効率機器の取り替え）

一層の省エネルギー対策として、省エネルギー型の Open End Spinning

装置の採用が考えられる。Table 2.6.19 に省エネルギー型の Open End Spinning 装置の省エネルギー効果を示す。

Table 2.6.19 Estimated Energy Conservation
of Energy Saving Type Open End Spinning Machine

Yarn Count	Spinning Speed		Energy Consumption			Annual Saving (8,000 h/y) (MWh)
	Rotor rpm	Take-up (m/min)	Conventional Type (kWh)	Save Energy Type (kWh)	Difference (%)	
20's	40 * 80,000	100	44.2-46.0	32.2-32.5	25-30	96-108
7s	40 * 80,000	160	49.4-54.4	38.2-38.5	22-30	90-127

Note: Estimated Cost for Energy Saving Type Machine 437.5 M Rial/Frame(168 unit)
1,750 Rials/US\$ basis

Source: Producers' Catalogue

これを既設 Open-End Spinning Machine の 10%, 3,376 Rotorを対象に
取り替えを行った場合の効果と投資額の子測値を下記に示す。

省エネルギー効果: Electricity 2,010 MWh/y

対策コスト : 8,750 M Rial

(3) 製織

織機の運転に要する電力など要素値を積算して求めた製織工場の消費エネルギー算出例を Table 2.6.20 に示す。

Table 2.6.20 Example of Energy Consumption at the Weaving Factory

Items		Shuttleless Loom (kW)	Shuttle Loom (kW)
Power of Loom/Frame		1.5	
Power of Compressor/Loom		3.7	
Power of Loom/216Frame	(A)	1,123.2	
Lighting(40w/m ²)	(B)	129.6	
Air Condition	(C)	129.6	
Total	(A+B+C)	1,382.4	
Power Consumption(6,000 hour)		8,294,400.0	
Power Intensity	(kw/km)	569	789
		(1,280 Mcal/km)	(1,775 Mcal/km)
Woven Fabrics		Polyester Curtain (Warp 20s,24/cm)	
Type of Loom		Air Jet Loom	Loom Winder with Unifil
Reed Space		162 cm	162 cm
Loom Speed		500 rpm	180 rpm
No. of Loom		216 Frame	625 Frame
Output/year		14,580 km	

Source : SENI-GIJYUTU NEWS No.545 p11-18 (1982)

この算出値に運転効率、織機回転数の現状との差についての補正係数 2.8 を乗じた値が基準値として妥当と判断される。Table 2.6.21 に基準値を併記した。

Table 2.6.21 Current Situation of Weaving Machine in I. R. Iran

Type of Loom	No. of Factory	No. of Loom	Production in 1995 (km/y)	Energy Intensity	
				W. Average (Mcal/km)	Model (Mcal/km)
Shuttle Loom	20	7,593	101,450	3,690	4,970
Shuttleless Loom	12	927	47,100	5,854	3,584
Shuttle Loom & Shuttleless Loom	(A)	10,989			
	18 (B)	1,486	202,450	12,778	
Unknown	8	955	21,000	3,615	
Sub-total	58	21,950	372,000	8,906	

Note : (A) means Number of Shuttle Loom
 (B) means Number of Shuttleless Loom
 W. Average means weighted average

Table 2.6.8 に示したように、Shuttleless Loom の消費エネルギーは、よこ入れ機構の構造上の違いにより、基本的に Shuttle Loom の消費エネルギーより少ない。

イランの製織工場では Shuttleless Loom 特有の省エネルギー効果が十分に活かされていない、上記の関係が逆の状況にあり、省エネルギーの観点から改善の余地が大きい。

イランでは、Shuttle Loom から Shuttleless Loom への更新が進められ、Shuttleless Loom は全織機の 11.5 % を占めるに至っているが、その運転効率は低いものと思われる。

イランの製織業界にとって、Shuttleless Loom の運転効率を高めることが省エネルギー効果を上げる上で当面の重要な課題である。

工場調査による消費エネルギー原単位は、操業エネルギーなど直接消費エネルギーの他に、製織準備、検反、仕上げなどの工程及び照明、空調などに要する間接的消費エネルギーを含めた総消費エネルギーについての原単位と考えられる。製織工場の消費エネルギー量に大きく影響する要素として、製織条件の他にサイジングなどの製織準備工程の消費エネルギーがある。これらの間接消費エネルギーは比較的に大きいことから十分な対策が必要である。

老朽化が進んでいる Shuttle Loom 使用工場についての設備更新と操業環境の整備が望まれる。Shuttleless Loom 使用の工場の多くは、設立が古い(1934年～)。これらの工場の一部では、Shuttleless Loom の導入に際しての操業環境の最適化が十分に行われていないことが考えられる。また、Shuttleless Loom 導入の工場では製品が多品種におよび、品種切り替え等により消費エネルギーの率が高くなっていることが考えられる。新しい生産管理システムの導入を含めた操業環境の見直しと改善が望まれる。

次に、上記状況改善の対策をあげる。

- 1) 全体的処置として Table 2.6.22 に示す基本的電力節減項目のチェックを行い不良点の改善を図る。チェックの対象は全織機である。

Table 2.6.22 General Countermeasure for Energy Conservation at the Weaving Factory

Process/Items	General Countermeasure
Preparation	Thinned-out operation of fans and compressors Shift to multi-cylinder drying system from hot air warping sizer
Weaving	Shift to reasonable loom speed Change to long quiller weft replenishing Thinned-out operation of fans and compressors Adjustment of tension of belt
Lighting	Power saving
Air Conditioner	Turn off needless operation
<Common Items>	
Motor	Inspection and adjustment/exchange of abnormal machine
Machinery load	Adjustment of belt tension Adoption of bearing to revolving parts Cleaning and scheduled maintenance of apparatus Low speed operation for efficiency improvement

Source : SENI-GIJYUTU NEWS No.445 p.26

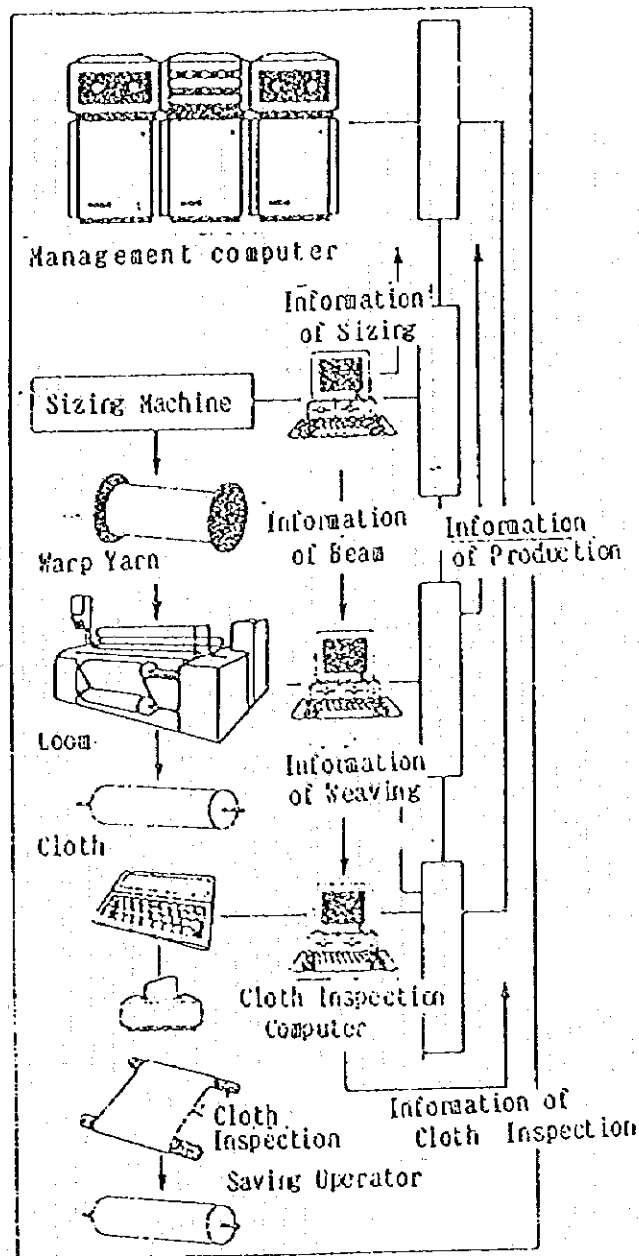
改善・改良を必要とする台数を Shuttle Loom の稼働台数のほぼ 1/5 に相当する 2,500 台と仮定し、対策コストと、その効果の予測値を下記に示す。

省エネルギー効果 : 71,000,000 Mcal/y
Electricity 31,600 MWh/y
対策コスト : 250 百万円
(4,375 M Rial)

2) Shuttle Loom と Shuttleless Loom とを併用しているグループのエネルギー原単位を大きくしている原因が工程の複雑さ及び織物品種の多様さにあるとの考えの基に、700 台の織機を有し、エネルギー原単位の値が 7,000 Mcal/km を越える 6 工場について、製織現場中心とした生産管理システムを強化し、効率化を図る。このために稼働情報、保全情報、製織長情報等のデータベース化と、準備工程を含めた各種仕掛品の移送や交換合理化を行う。

Figure 2.6.1 に織機工場内のコンピュータ生産管理の例を示す。

Figure 2.6.1 Computer Network for Weaving Factory



Source: Monthly Report of Japan Spinning Association No.581 (1995)

これを 3 工場で実施した場合の投資額及び効果の予想値を下記に示す。

省エネルギー効果： 382,000,000 Mcal/y)

Electricity 170,000 MWh/y

対策コスト： 300 百万円

(5,250 M Rial)

(4) 染色整理

染色整理工場の消費エネルギーの値は、製品の品種構成、加工度及び装置等により大きく異なるため、現状におけるエネルギー消費量のみから、数量的に省エネルギーポテンシャルを算出することは困難である。

ここでは、染色工場の省エネルギー技術に焦点を置き、染色業界の課題と対策について述べる。

染色加工には、大型設備と多量の水が必要であり、エネルギー消費率が高く、電気、蒸気、廃水、排煙など、エネルギーと環境対策のためのマネジメントが特に重視されている。

近年、産業界全般の問題として、化石燃料による炭酸ガスの発生に伴う地球温暖化が世界的に論議されてきており、エネルギー多消費型産業である染色加工に課せられる省エネルギーの要請は更に厳しくなっている。

染色業界で現在進められている基本的省エネルギー対策は、

- (1) 現有設備の熱管理による消費エネルギーの削減、
- (2) 熱効率の良い設備への置き換え

である。これらの例を挙げると、

- a. パッチ染色工程については、液流染色機の汎用性の向上が図られ、低浴比化、ラビット化による省エネルギーの実をあげている。また、液流の一部を気流で置き換えた所謂気流染色への移行が進められている。
- b. 捺染機では、高速化をもたらしたロータリ捺染機の汎用化が進み、自動色整合、セット時間の短縮、洗浄水の減少などに進展が見られる。

- c. 連続染色方式の切り替え時の膨大な熱ロスの低減がある。このためには中間乾燥を必要としない連続染色方式の開発が必須である。これに関連して、綿の反応染色をバットドライのみで完成させ、助剤、薬剤を使用することなく染色を行う省エネルギー、省資源技術の開発が進められている。
- d. 試験染めと本機染めとのギャップを無くし、本機染めの再現性を高めるための試染機が開発されている。染色加工においては、多品種小ロット・短納期生産が重視されている。間違いなく生産することや不良品をなくすことなど「無駄を生じない技術」は省エネルギーの視点からも重要である。

これらの技術は小ロット多品種、短サイクルへの対応のみでなく、アパレルなど最終品の評価に決定的な影響を与える染色工場では、自社の染色プロセスを解析する能力を持ち、染料・薬品・昇温、pH 値コントロール等の最適化技術を確立することが今後の省エネルギー、省資源、加工時間の短縮などのニーズに対応する力となる。

2.6.4 省エネルギーポテンシャルの経済評価

Polyacryl Iran 及び Kashan Velvet 両工場の工場診断で挙げられた省エネ対策と、前節で挙げたその他繊維工場の省エネルギーポテンシャルについて、2000 年時点で対策を実施するとして、次の 2 ケースについて経済性を検討した。

ケース 1 : 省エネルギー促進ケース

ケース 2 : 省エネルギー・ケース

各ケースにおけるエネルギー価格は、Table 2.1.2 に示す値を用い、Rial の対 US\$ レートは、1993 年の 1,750 Rial/ US\$ を用いた。

検討結果を Table 2.6.23, Table 2.6.24 に示す。

この結果を要約すると、

ケース 1 で経済性のある省エネルギーポテンシャルは、染色を除く繊維業界全体で

Natural Gas	15,471 * 1,000 m ³ /y	
Electricity	232,045 MWh/y	
Total Energy	671,467 Gcal/y	(12.3 %)

(註) 上記表における括弧内数値は、省エネルギー率 (予測値)

ケース 2 でも 10 年間で経済性を評価することとすれば、ケース 1 と同じ結果が得られる。

即ち、何れのケースでも 10 % 強の省エネルギーが期待できることを示している。

Table 2.6.23 Economic Evaluation for Energy Conservation Potential of Textile Industry
 (Natural Gas 123 Rial/Nm³, Fuel Oil 75 Rial/l, Electricity 100 Rial/kWh)
A. E. C. Case
 (1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Benefit		Countermeasure Cost		Economic Evaluation Note
	N.G., F.O. (cm ³ /y, kl/y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	
Improvement of Management					
Air Ratio for Dowtherm Boiler	290	36	88	219	0 feasible
Quench Cooling		200	496	1,228	20 feasible
Utilization Rate of Gas Turbine	7,442	915	2,270	5,620	0 feasible
Supply/Waste Water & Aeration		182	451	1,116	30 feasible
Optimization of Pump Capacity		300	744	1,842	25 feasible
Rational Use of Compressed Air		340	843	2,088	30 feasible
Reduction of Pneumatic Waste		38	93	230	0 feasible
Stopping of the Return Fan		10	25	62	0 feasible
Combustion Air Ratio of Boiler	147	11	27	68	0 feasible
Enhancement of Heat Insulation	238	18	44	110	16 not feasible
Control of Air Compressors		7	16	40	0 feasible
Improve't of Oper'n & Maint'nce	4,295	605	1,500	3,713	50 feasible
Synthetic F. F.	2,586	3,133	7,770	19,237	44 feasible
Spinning F.		3,160	7,857	19,402	250 feasible
Weaving F.					4,375 feasible
Modification of Facility					
Waste Heat Recovery(Acryl P.)	2,282	281	696	1,723	15 feasible
Exchange of Chiller Pumps		100	247	612	37 not feasible
Waste Heat Recovery		27	67	166	6 feasible for 10 Ys.
Condensate Recovery	360	84	209	519	40 not feasible
from Dyeing Washing water	1,126	53	132	328	50 not feasible
from Diesel Engine	712	1,210	3,000	7,427	250 feasible for 10 Ys.
Modification of Facility	8,590	201	498	1,234	500 not feasible
Synthetic F. F.		170,000	42,160	104,380	300 feasible
Spinning F.					8,750 not feasible
Weaving F.					5,250 feasible
Modification of Process					

Table 2.6.24 Economic Evaluation for Energy Conservation Potential of Textile Industry

E. C. Case (Natural Gas 22.4 Rial/Nm³, Fuel Oil 17.0 Rial/l, Electricity 40.7 Rial/kWh, for 2000-2002)
 (Natural Gas 30.0 Rial/Nm³, Fuel Oil 22.7 Rial/l, Electricity 54.5 Rial/kWh, for 2000-2009)
 (1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost			Economic Evaluation Note		
		N.G., F.O. (km ³ /N, kJ/y)	Electricity (MWh/y)	(MRial/y)	for 3 years (MRial)	for 10 years (MRial)	(M Y)		(MRial)	
Improvement of Management										
Air Ratio for Dowtherm Boiler	Polyacryl Iran	290		6	16	53	0	0	feasible	NG
Quench Cooling	Polyacryl Iran		2,000	81	202	669	20	350	feasible for 10 Ys.	NG
Utilization Rate of Gas Turbine	Polyacryl Iran	7,442		167	413	1,371	0	0	feasible	NG
Supply/Waste Water & Aeration	Polyacryl Iran		1,818	74	184	608	30	525	feasible for 10 Ys.	NG
Optimization of Pump Capacity	Polyacryl Iran		3,000	122	303	1,004	25	438	feasible for 10 Ys.	NG
Rational Use of Compressed Air	Polyacryl Iran		3,400	138	343	1,138	30	525	feasible for 10 Ys.	NG
Reduction of Pneumatic Waste	Kashan Velvet		375	15	38	125	0	0	feasible	FO
Stopping of the Return Fan	Kashan Velvet		101	4	10	34	0	0	feasible	FO
Combustion Air Ratio of Boiler	Kashan Velvet	147		2	6	20	0	0	feasible	FO
Control of Air Compressors	Kashan Velvet		65	3	7	22	0	0	feasible	FO
Improve of Oper'n & Maintenance	Synthetic F. F.	4,295		127	316	1,047	50	875	feasible	NG
	Spinning F.	2,586		1,204	2,985	9,896	44	770	feasible	NG
	Weaving F.		31,600	1,286	3,190	10,574	250	4,375	feasible for 10 Ys.	NG
Modification of Facility										
Waste Heat Recovery (Acryl P.)	Polyacryl Iran	2,282		51	127	420	15	263	feasible for 10 Ys.	NG
Waste Heat Recovery	Kashan Velvet									
Condensate Recovery		360		6	15	50	6	105	not feasible	FO
Modification of Facility	Synthetic F. F.	8,590		255	632	2,094	250	4,375	not feasible	NG
	Weaving F.		170,000	6,919	17,159	56,887	300	5,250	feasible	NG
Modification of Process										

2.7 食品工業(製糖工業)

2.7.1 製糖工業界の概要

(1) 生産の推移

Table 2.7.1 に 1988 年以降のイラン国内における砂糖の需給推移、即ち、消費と生産及び輸入の推移を示す。

Table 2.7.1 Demand and Supply of Sugar in I. R. Iran

unit : 1,000 t, crude sugar equivalent

	Consumption	Production		Total(A)	Import (B)	Supply (A+B)
		Beet	Cane			
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	530	180	710	685	1,395
1992	1,500	755	220	975	736	1,711
1993	1,500	710	225	935	500	1,435
1994	1,600	720	230	950	645	1,595
1995		(672)	(187)			

Note : Figures in () are refined sugar base

Source : Japan's Sugar Refiners Association
Syndicate of Sugar Factories

これによれば、1992 年以降は国内消費が 1,500 千 t/y に達しているのに対して、生産は年々上向いているものの 1,000 千 t/y に達せず、500 千 t/年強を輸入に依存している。最近の生産の伸びは主としてビート糖によっており、甘蔗糖の生産は国内生産全体の 1/4 弱の 220 千 t/y 前後で頭打ちとなっている。輸入は大部分が原糖で行われ、国内の 8 工場で精製されているものと思われる。

しかし、最近の Tehran Times (Sep. 9, 1996) によれば、砂糖の国内消費は 1,650 千 t/y に達しており、第 2 次 5 ヶ年計画の最終年までに国内生産が 1,700 千 t/y 年に達することを目標に南部の Khouzestan 州で甘蔗糖新工場の建設計画を含む 8 プロジェクトが進められているので、将来は自給率が大幅に向上するものと思われる。

(2) 工場の概要

イランの製糖工場は、現在 41 工場あるが、その業態から次のように分類できる。

- a. ビートを出発原料とするビート糖工場 (専業 31 工場)
- b. 甘蔗を出発原料とする甘蔗糖工場 (2 工場)
- c. 輸入した原糖を精製する精糖工場 (4 工場)
- d. 上記 a + c の兼業工場 (4 工場)

Table 2.7.2 に製糖工場の所在地、生産開始時期、設備能力、最近の生産実績及び主な使用燃料を示す。

これらの工場は原料立地で、甘蔗糖工場は南部の Khouzestan 州のみに偏在しているが、ビート糖工場はほぼ全地域に散在している。

工場の操業開始はすべて革命以前で、設備の一部は更新されたものもあるが、その内容は明らかでない。

工場の規模は、原料処理能力ベースで甘蔗糖工場が 10,000 ~ 20,000 t/d に対して、ビート糖工場は 500 ~ 5,000 t/d と零細である。

Table 2.7.2 Sugar Factories in I.R. IRAN

Company	Factory Location	Start -Up	Capacity (T/D)	Ref. Cap. (T/D)	Production in 1995	Fuel
<Beet Sugar>						
1 Abkooch Sugar	Mashad	1935	2,500		22,950	NG/FO
2 Torbat-E-Heydaryeh S.	Torbat-E-Heydaryeh, Khor	1951	1,200		14,007	F. Oil
3 Torbat-E-Jam Sugar	Torbat-E-Jam, Khor.	1969	1,500		11,992	F. Oil
4 Joveyn Sugar	Joveyn, Khor.	1976	3,000		31,462	F. Oil
5 Chenaran Sugar	Khorassan	1956	1,000		12,858	F. Oil
6 Shirvan Sugar	Shirvan	1960	4,000		31,926	F. Oil
7 Shirin Sugar	Khorassan	1964	2,500		28,014	N. Gas
8 Sabet Khorassan	Fariman, Khor.	1959	2,500		36,009	F. Oil
9 Ghohestan Sugar	Assad-Abad	1961	500		12,235	F. Oil
10 Nelshabour Sugar	Mashad	1965	1,500		21,482	F. Oil
11 *Shahrood Sugar	Shahrood, Semnan	1962	750	220	10,688	F. Oil
12 Ouromeyeh Sugar	Azarbayedjan(West)	1950	700		5,794	F. Oil
13 Pyranshahr Sugar	Pyranshahr, Azar.(W)	1968	1,000		20,432	F. Oil
14 Khoy Sugar	Khoy, Azar.(E)	1966	1,500		8,552	F. Oil
15 Miandoab Sugar	Miandoab, Azar(W)	1936	1,800		32,412	F. Oil
16 Eslam-Abad(West)S.	Kermanshah	1935	1,000		10,742	F. Oil
17 Bissotoon Sugar	Kermanshah	1963	2,000		23,720	F. Oil
18 Lorrestan Sugar	Broujerd, Lorestan	1968	1,500		15,396	F. Oil
19 *Shazand Sugar	Shazand, Arak	1938	600	50	7,460	F. Oil
20 Ghazvin Sugar	Ghazvin, Zandjari	1966	2,000		22,436	F. Oil
21 Karadj Sugar	Karadj	1932	1,100		10,448	F. Oil
22 Esfahan Sugar	Esfahan	1959	4,000		46,298	NG/FO
23 Naghshe Jahan Sugar	Mobarakeh, Esfahan	1966	1,500		22,836	N. Gas
24 Hekmatan Sugar	Hamedan	1955	1,000		12,825	F. Oil
25 Eghlid Sugar	Eghlid, Fars	1966	1,500		37,723	F. Oil
26 Pars Sugar	Kavar, Fars	1959	1,500		23,308	FO/NG
27 Fassa Sugar	Fassa	1953	800		14,237	F. Oil
28 Marvdasht Sugar	Marvdasht, Fars	1935	1,650		25,702	N. Gas
29 Mamassani Sugar	Noor-Abad, Fars	1965	1,000		8,101	F. Oil
30 Bardsir Sugar	Kernan	1955	1,000		14,716	F. Oil
31 *Ahvaz S. Refinery	Ahvaz	1960	2,500	250		F. Oil
32 *Dezfool Sugar	Dezfool Khuz.	1975	5,000	600	34,508	F. Oil
33 Chahar-Mehal Sugar	Chahar-Mehal Khuz.	1971	1,000		11,151	F. Oil
34 Yassodj Sugar	Yassodj	1965	1,000		8,276	F. Oil
35 Moghan Sugar	Moghan Valley, Azar.(E)	1978	5,000		21,016	F. Oil
(Sub-total)					671,712	
<Cane Sugar>						
1 Haft-Tappeh Cane S.	Haft-Tappeh, Khuz.	1959	10,000		81,795	F. Oil
2 Karun Agro Ind.	Dalmcheh, Khuz.	1974	20,000		104,950	F. Oil
(Sub-total)					186,745	
<Refining>						
1 Ferdows S. R.	Meshad	1978		130	35,000	F. Oil
2 Kamyab S. R.	Esfahan	1973		130	32,000	F. Oil
3 Noor-Sepahan S. R.	Esfahan	1973		130	34,000	F. Oil
4 Varamin Sugar R.	Varamin	1935		130	40,000	F. Oil
(Sub-total)					141,000	

Note:

Azar.(E): Azarbayedjan(East) Khor. : Khorassan
 Azar.(W): Azarbayedjan(West) Khuz. : Khuzestan

Capacity means treating capacity of feed materials (Beet or Cane)

Ref. Cap. means refining capacity of raw sugar

Source: World Sugar and Sweetener Yearbook 1995

Syndicate of Sugar Factories, The list of Production of Sugar Factories
 State Sugar Organization Co.

2.7.2 エネルギー消費の現状

イランの製糖工場におけるエネルギー消費の現状を把握するに当たって、今回工場診断を実施した Abkooch Sugar, Karun Agro Industry 及び訪問調査を行った Esfahan Sugar のエネルギー消費原単位を Table 2.7.3 に示す。

ビート糖工場 2 工場を比較すると Abkooch Sugar では、エネルギー消費原単位は最近の 3 年間で変動が大きくしかも悪化しているが、その原因は明らかでない。従ってビート糖工場の代表値とするのは適当でなく Esfahan Sugar の直近値をビート糖工場の代表値として採用する。

甘蔗糖工場については Karun Agro Industry のエネルギー消費原単位も変動が大きく、その原因は明らかでないが、直近値を甘蔗糖工場の代表値として採用する。

精糖専業 4 工場については、今回の調査ではエネルギー消費原単位を把握できなかったが、1992 年調査で得られた Varamin Sugar の実績値を用いて推定することとした。

なお、製糖工場では一般に蒸気の使用量が多いことから、自家発電設備を稼働させているので、電力消費量については購入電力に自家発電による電力を加算したものとなるが、全エネルギー消費量の計算には二重計上を避けるために購入電力のみ計上している。

例えば Esfahan Sugar 1995 年実績では、購入電力原単位が 404 Mcal/t であるのに対して、全電力消費原単位は 1,328 Mcal/t であるので、実質電力消費量は Table 2.7.4 に計上されたものの約 3.3 倍となることに注意されたい。

Table 2.7.3 Energy Intensity of the Representative Sugar Factories

Company Name	Production (t/y)	Energy Consumption				
		kind	Quantity		(Gcal/y)	(Mcal/t)
Karun Agro Ind.	(1995)	Natural Gas	95,796	(M Nm ³ /y)	938,801	8,808
		Electricity	32,105	(GWh/y)	72,236	678
		Total				9,485
	(1994)	Natural Gas	66,116	(M Nm ³ /y)	647,937	6,055
		Electricity	17,602	(GWh/y)	39,605	370
		Total				6,426
	(1993)	Natural Gas	85,749	(M Nm ³ /y)	840,340	9,025
		Electricity	25,593	(GWh/y)	57,584	618
		Total				9,644
	(1992)	Natural Gas	67,863	(M Nm ³ /y)	665,057	8,733
		Electricity	24,031	(GWh/y)	54,070	710
		Total				9,443
	(1991)	Natural Gas	56,737	(M Nm ³ /y)	556,023	6,308
		Electricity	26,948	(GWh/y)	60,633	688
		Total				6,996
Abkooch Sugar	(1995)	Kerosene		(kl/y)		
		Fuel Oil	2,928	(kl/y)	28,694	1,225
		Natural Gas	19,448	(M Nm ³ /y)	190,590	8,133
		Electricity	12,723	(GWh/y)	28,627	1,222
		Total				10,580
	(1994)	Kerosene	2	(kl/y)	20	1
		Gas Oil	78	(kl/y)	718	27
		Natural Gas	21,431	(M Nm ³ /y)	210,024	7,938
		Electricity	18,000	(GWh/y)	40,500	1,531
		Total				9,497
	(1993)	Kerosene	3	(kl/y)	27	1
		Gas Oil	140	(kl/y)	1,288	38
		Natural Gas	20,694	(M Nm ³ /y)	202,801	5,985
		Electricity	16,020	(GWh/y)	36,045	1,064
		Total				7,087
Esfahan Sugar	(1995)	Coal	1,150	(t/y)	8,280	179
		Fuel Oil	5,375	(kl/y)	52,675	1,138
		Natural Gas	28,828	(M Nm ³ /y)	282,514	6,102
		Electricity	8,318	(GWh/y)	18,716	404
		Total				7,823
	(1994)	Coal	900	(t/y)	6,480	166
		Fuel Oil	3,250	(kl/y)	31,850	815
		Natural Gas	26,691	(M Nm ³ /y)	261,572	6,694
		Electricity	5,563	(GWh/y)	12,517	320
		Total				7,995
	(1993)	Coal	750	(t/y)	5,400	193
		Fuel Oil	3,150	(kl/y)	30,870	1,105
		Natural Gas	16,534	(M Nm ³ /y)	162,033	5,798
		Electricity	3,785	(GWh/y)	8,516	305
		Total				7,400

Source : Karun Agro Ind., Abkooch Sugar, and Esfahan Sugar

Table 2.7.4 Estimation of Total Energy Consumption for Sugar Production

Estimation basis : Total Production of Sugar in 1995		999,457 t/y	
Beet Sugar		671,712 t/y	
Cane Sugar		186,745 t/y	
Sugar from Refining Factories		141,000 t/y	
Overall Energy Intensity			
Beet Sugar (Estaban Sugar, 1995)		7,823 Mcal/t	
Natural gas		78%	
Fuel Oil		15%	
Coal		2%	
Electric power		5%	
Cane Sugar (Karun Agro, 1995)		9,485 Mcal/t	
Natural gas		8,808 Mcal/t	
Electric power		678 Mcal/t	
Refining F. (Varamin Sugar 1992)		4,238 Mcal/t	
Fuel Oil		3,747 Mcal/t	
Electric power		491 Mcal/t	
Energy Consumption Total Energy (in 1995)			
Natural gas		7,624 Tcal/y	586 M m ³ /y
Fuel Oil		5,744 Tcal/y	132 M kJ/y
Coal		1,293 Tcal/y	17 MM t/y
Electric power		120 Tcal/y	208 GWh/y
Beet Sugar			
Natural gas		5,255 Tcal/y	
Fuel Oil		4,099 Tcal/y	418 M m ³ /y
Coal		764 Tcal/y	78 M kJ/y
Electric power		120 Tcal/y	17 MM t/y
Cane Sugar		271 Tcal/y	121 GWh/y
Natural gas		1,771 Tcal/y	
Electric power		1,645 Tcal/y	168 M m ³ /y
Refining F.		127 Tcal/y	56 GWh/y
Fuel Oil		598 Tcal/y	
Electric power		528 Tcal/y	54 M kJ/y
		69 Tcal/y	31 GWh/y

2.7.3 省エネルギーポテンシャルと対策コスト

前節で述べたごとく、今回収集できた消費エネルギーデータは、それぞれビート糖工場については2工場、甘蔗糖工場については1工場、精糖工場については1工場の実績値であるが、これらがそれぞれの工場群を代表するものであるとしても、マクロなもので、各工場毎の装置構成、エネルギー消費項目に沿った内訳または製品製造プロセスと蒸気、電気を供給するエネルギー転換部門別の内訳も明らかでなく、エネルギー消費の分析は困難である。

従って、省エネルギーポテンシャル推定及び対策は、甘蔗糖工場、ビート糖工場各1工場の工場診断の結果として提案されたものを中心に示す。

(1) 運転管理・設備管理の強化によるもの

a. 結晶缶の自動制御による煎糖時間の短縮

(Karun Cane)	省エネルギー効果	天然ガス換算	2,594 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		525 M Rial

(Abkouh Sugar)	省エネルギー効果	天然ガス換算	2,217 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		350 M Rial

b. 蒸気圧の低減

(Abkouh Sugar)	省エネルギー効果	天然ガス換算	255 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		0 M Rial

c. 不要灯の消灯

(Abkouh Sugar)	省エネルギー効果	電力	15 MWh/y
	対策コスト		0 M Rial

d. 歩留・操業条件の改善

上記対策のほか、原料の貯蔵条件の改善、Diffuser の効率向上、パルプ脱水率向上、Standard Syrup 濃度上昇等による

(全工場)	省エネルギー効果	天然ガス換算	58,600 * 1,000m ³ /y (10%)
		電力	2,080 MWh/y (1%)
	対策コスト		7,000 M Rial

(2) 設備の改造を伴うもの

a. 軟化型イオン交換樹脂塔設置

(Karun Cane)	省エネルギー効果	天然ガス換算	4,790 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		1,750 M Rial
(Abkouh Sugar)	省エネルギー効果	天然ガス換算	1,108 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		1,750 M Rial
(全工場)	省エネルギー効果	天然ガス換算	45,000 M m ³ /y
	対策コスト		70,000 M Rial
b. R-Cl型イオン交換樹脂塔設置			
(Karun Cane)	省エネルギー効果	天然ガス換算	2,874 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		3,500 M Rial
c. 蒸気ラインの保温強化			
(Abkouh Sugar)	省エネルギー効果	天然ガス換算	107 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		403 M Rial
d. バガスボイラーの整備・改良補修による天然ガスの節減			
バガスの一部は従来通り製紙原料として外販することを考慮して、天然ガスの60%をバガスで代替する。			
(Cane Sugar 2 工場)			
	省エネルギー効果	天然ガス換算	100,800 * 1,000m ³ /y
	対策コスト		5,250 M Rial
e. 結晶缶に攪拌機取付け攪拌による結晶効率化			
(全工場)	省エネルギー効果	天然ガス換算	23,300 * 1,000m ³ /y
40缶		電力	- 550 MWh/y
	対策コスト		13,300 M Rial
f. 結晶工程より排出される蒸気の廃熱回収による温水の製造			
(全工場)	省エネルギー効果	天然ガス換算	2,800 * 1,000m ³ /y
40缶	対策コスト		22,400 M Rial
g. ボイラー排ガスの廃熱回収による温水の製造			
(全工場)	省エネルギー効果	天然ガス換算	1,680 * 1,000m ³ /y
24缶	対策コスト		29,400 M Rial

2.7.4 省エネルギーポテンシャルの経済評価

Karun Cane 及び Abkouh Sugar 両工場の工場診断で挙げられた省エネ対策と、前節で挙げた製糖工場全体の省エネルギーポテンシャルについて、2000年時点で対策を実施するとして、次の2ケースについて経済性を検討した。

ケース 1 : 省エネルギー促進ケース

ケース 2 : 省エネルギー・ケース

各ケースにおけるエネルギー価格は、Table 2.1.2 に示す値を用い、Rial の対 US\$ レートは、1993年の 1,750 Rial/ US\$ を用いた。

検討結果を Table 2.7.5, Table 2.7.6 に示す。

この結果を要約すると、ケース 1 でも、設備又はプロセスの改善を必要とする省エネルギー対策は Bagasse を当初設計されたようにボイラー燃料とするもの、及び結晶缶に攪拌機を取り付けて結晶の効率化を図るもの、以外は殆ど経済性がないので、省エネルギーの進捗は運転管理・設備管理の強化に依存せざるを得ない。

ケース 2 となると、結晶缶に攪拌機を取り付けて結晶の効率化を図るものは経済性がなくなり、単純な省エネ投資のみでは省エネルギーの展開には限界がある。

しかし、既に一部の工場では、老朽化設備の更新が進められており、これによって製品の歩留まりが向上し、運転管理・設備管理技術も改善されることが期待されるので、省エネルギーもこれに伴って促進されると思われる。

Table 2.7.5 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Sugar Industry
 (Natural Gas 123 Ria/Nm³, Fuel Oil 75 Ria/l, Electricity 100 Ria/kWh)
 A. E. C. Case
 (1,750 Ria/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost			Economic Evaluation Note
		Natural Gas (Nm ³ /y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Ria/y)	for 10 years (M Ria)	(M ¥)	(M Ria)	
Improvement of Management								
Automatic Control								
of the Crystallizing Pan	Karun Cane	2,594	319	791	1,959	30	525	feasible
of the Crystallizing Pan	Abkough Sugar	2,217	273	676	1,674	20	350	feasible
Reduction of Steam Pressure	Abkough Sugar	255	31	78	193	0	0	feasible
Turning off Unnecessary Lights	Abkough Sugar		15	4	9	0	0	feasible
Improvement of Management	All Sugar F.	58,600	2,080	18,391	45,533	400	7,000	feasible
Modification of Facility								
Adoption of								
Softening Type Ion E. Resin	Karun Cane	4,790	589	1,461	3,618	100	1,750	feasible for 10 Ys.
	Abkough Sugar	1,108	136	338	837	100	1,750	not feasible
	All Sugar F.	45,000	5,535	13,727	33,985	4,000	70,000	not feasible
R-Cl Type Ion E. Resin	Karun Cane	2,874	354	877	2,171	200	3,500	not feasible
Steam Pipe Insulation	Abkough Sugar	107	13	33	81	23	403	not feasible
Bagasse Fuel for Boiler	Cane Sugar F.	100,800	12,398	30,748	76,126	300	5,250	feasible
Install'n of Stirrer to Cryst'r	All Sugar F.	23,300	2,811	6,971	17,259	760	13,300	feasible for 10 Ys.
Heat Recovery			-550					
from Crystallizer	All Sugar F.	2,800	344	854	2,115	1,280	22,400	not feasible
from Boiler Exhaust Gas	All Sugar F.	1,680	207	512	1,269	1,680	29,400	not feasible
Modification of Process								

Table 2.7.6 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Sugar Industry

E. C. Case
 (Natural Gas 22.4 Rial/Nm³, Fuel Oil 17.0 Rial/l, Electricity 40.7 Rial/kWh, for 2000-2002)
 (Natural Gas 30.0 Rial/Nm³, Fuel Oil 22.7 Rial/l, Electricity 54.5 Rial/kWh, for 2000-2009)
 (1.750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost			Economic Evaluation Note		
		Natural Gas (km ³ /y)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y)		(M Rial)	
Improvement of Management:										
Automatic Control:										
	of the Crystallizing Pan	Karun Cane	2,594		58	144	478	30	525	not feasible
	of the Crystallizing Pan	Abkough Sugar	2,217		50	123	408	20	350	feasible for 10 Ys.
	Reduction of Steam Pressure	Abkough Sugar	255		6	14	47	0	0	feasible
	Turning off Unnecessary Lights	Abkough Sugar		15	1	1	5	0	0	feasible
	Improvement of Management	All Sugar F.	58,600	2,080	1,397	3,465	11,490	400	7,000	feasible for 10 Ys.
Modification of Facility										
Adoption of										
	Softening Type Ion E. Resin	Karun Cane	4,790		107	266	882	100	1,750	not feasible
	Bagasse Fuel for Boiler	Cane Sugar F.	100,800		2,258	5,600	18,567	300	5,250	feasible
	Install'n of Stirrer to Cryst	All Sugar F.	23,300	-550	500	1,239	4,108	760	13,300	not feasible
Modification of Process										