

No. 2

国際協力事業団

イラン・イスラム共和国
計画予算庁

イラン国 エネルギー最適利用計画調査 最終報告書

要約

1997年9月

JICA LIBRARY



J 1137873 [4]

財団法人省エネルギーセンター
財団法人日本エネルギー経済研究所

鉦調資

JR

97-151

イラン国
エネルギー最適利用計画調査
最終報告書(要約)
97・9

国際協力事業団

JICA
304
67
HPN
RARY

国際協力事業団

イラン・イスラム共和国
計画予算庁

イラン国
エネルギー最適利用計画調査
最終報告書

要約

1997年9月

財団法人省エネルギーセンター
財団法人日本エネルギー経済研究所



1137873(4)

目 次

調査の内容

1. 調査の内容	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	2
1.3 カウンターパート	3
1.4 日本側実施体制	3
1.5 調査対象機関・工場	3
1.6 調査の内容	5
1.7 調査の方法および実施状況	6
1.8 調査団構成	6
1.9 カウンターパート構成	9

工場調査

1. 目 的	11
2. 調査工場	11
3. 調査の方法	11
4. エネルギー管理の状況	13
4.1 省エネルギーに対する経営者の方針	13
4.2 省エネルギー委員会の活動	13
4.3 エネルギー消費実態の把握	14
5. エネルギー原単位の水準	14
6. エネルギー使用上の問題点	14
6.1 燃 焼 管 理	14
6.2 燃焼排ガスの排熱回収	15
6.3 保 温 断 熱	15

6.4	電力設備	15
6.5	ポンプ・ファンなどの回転機	15
6.6	照明	15
6.7	製鉄所	15
6.8	石油精製所	16
6.9	セメント工場	16
6.10	ガラス工場	17
6.11	繊維工場	17
6.12	植物油工場	17
6.13	砂糖工場	17
7.	省エネルギー対策	18
8.	ガイドライン	18

6産業の省エネルギー・マスタープラン調査

1.	はじめに	21
2.	6産業のエネルギー消費の現状と省エネルギー対策の経済評価	23
2.1	はじめに	23
2.2	鉄鋼	23
2.3	セメント	37
2.4	板ガラス産業	44
2.5	繊維産業	47
2.6	食品(砂糖)	58
2.7	食品(植物油)	64
2.8	石油精製	68
2.9	経済評価の結論	73
3.	省エネルギー政策シナリオの設定と省エネルギー・ポテンシャルの推定	74
3.1	はじめに	74
3.2	省エネルギー“対策”と省エネルギー“政策”	74
3.3	省エネルギー対策についての考察	76

3.4	基本的な政策措置の検討	80
3.5	政策シナリオの設定	87
3.6	省エネルギー・ポテンシャルの推定	90
3.7	結 論	101
4.	政策シナリオおよび省エネルギー対策投資の評価	103
4.1	はじめに	103
4.2	「エネルギー需要予測」からの評価	103
4.3	「エネルギー利用計画」の検討による評価	110
4.4	結 論	115
5.	本調査における方法および手法	116
5.1	はじめに	116
5.2	経 済 評 価	116
5.3	エネルギー需要予測	117
5.4	エネルギー利用計画	119
5.5	データ・ベース	120
6.	省エネルギー・マスタープランの検討	122
6.1	6産業におけるエネルギー消費の現状	122
6.2	省エネルギーのための対策および政策の検討	122
6.3	省エネルギー・ポテンシャルの推定	123
6.4	政策シナリオおよび省エネルギー対策投資の評価	123
6.5	省エネルギー目標の設定とアクション・プラン	124

List of Tables

Table 2.1	Equipment List
Table 2.2	Summary of Proposals
Table 3.2.1	Iron & Steel Factories in I.R.Iran
Table 3.2.2	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Iron & Steel Industry
Table 3.2.3	Cement Factories in I.R.Iran
Table 3.2.4	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Cement Industry
Table 3.2.5	Sheet Glass Factories in I.R.Iran
Table 3.2.6	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Sheet Glass Industry
Table 3.2.7	Textile Factories in I.R.Iran
Table 3.2.8	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Textile Industry
Table 3.2.9	Sugar Factories in I.R.Iran
Table 3.2.10	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Sugar Industry
Table 3.2.11	Vegetable Oil Factories in I.R.Iran
Table 3.2.12	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Vegetable Oil Industry
Table 3.2.13	Petroleum Refineries in I.R.Iran
Table 3.2.14	Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Petroleum Refinery
Table 3.3.1	Scenarios for Forecasting Energy Demand in the Industry Sector
Table 3.3.2	Assumption of Energy Prices by Scenario
Table 3.3.3	Future Production of Crude Steel in I.R.Iran
Table 3.3.4	Future Consumption of Energy and Energy Intensity in the Iron & Steel Industry
Table 3.3.5	Future Production of Cement in I.R.Iran
Table 3.3.6	Future Consumption of Energy and Energy Intensity in the Cement Industry
Table 3.3.7	Future Production of Sheet Glass in I.R.Iran
Table 3.3.8	Future Consumption of Energy and Energy Intensity in the Sheet Glass Industry
Table 3.3.9	Future Consumption of Energy in Seven Industries
Table 3.4.1	Assumption of Simulation for the Reference Case
Table 3.4.2	Simulation Result of Macro Economy (' Reference Case ')
Table 3.4.3	Simulation Result of Primary Energy Requirement (' Reference Case ')
Table 3.4.4	Simulation Result of Final Energy Demand (' Reference Case ')
Table 3.4.5	Simulation Result of Energy Demand in the Industrial Sector (' Reference Case ')
Table 3.4.6	Assumption of Simulation for the Energy Conservation Case
Table 3.4.7	Comparison of Energy Intensities between MEM Results and Micro Analysis
Table 3.4.8	Factors of Energy Conservation in the Industrial Sector
Table 3.6.1	Targets and Policies for Energy Conservation in the Industrial Sector
Table 3.6.2	Items to be Studied for Promoting Energy Conservation

List of Figures

- Figure 1.1** Overview of the Study
- Figure 3.1.1** The Conceptual Flow of Studying the Master Plan for Energy Conservation in Industries
- Figure 3.4.1** Sheet Glass Industry Cost-Benefit Function
- Figure 3.4.2** Cement Industry Cost-Benefit Function
- Figure 3.4.3** Optimum Allocation of Investment to Maximize Three Years Net Benefit
- Figure 3.4.4** Optimum Allocation of Investment Ten Years Net Benefit
- Figure 3.5.1** Flow Chart of Macro-Energy Model (MEM)
- Figure 3.5.2** Potential Optimum in Domestic Market Value
- Figure 3.5.3** Potential Optimum in Economic Value
- Figure 3.5.4** EXCEL and the Optimization Module
- Figure 3.5.5** Basic Database Structure

調査の内容

1. 調査の内容

1.1 調査の背景

(1) イランにおいては、社会的な開発と環境に調和し、信頼度の高い、効率的で経済的なエネルギー供給システムを構築することが、今後の経済成長を左右する大きな課題となっている。このため、その構築を推進し得る総合エネルギー政策を策定することは非常に重要である。

(2) 計画予算庁 (Plan and Budget Organization, PBO) は、1989年7月に作成された第1次経済、社会、文化開発5カ年計画(1989年3月から1994年3月)と並行して、長期にわたるエネルギー戦略確立のために合理的で科学的な基盤と情報を整理することを目標とする「総合エネルギー開発計画」の策定を決定し、立案を計画・開発研究所 (Institute for Research in Planning and Development, IRPD) に諮問した。

(3) 1991年2月、イラン政府から IRPD の活動に技術的および論理的な提言を行うための開発調査の要請を受け、国際協力事業団 (JICA) は、1992年2月から1994年3月にかけて IRPD をカウンターパートとして、「イラン・イスラム共和国エネルギー計画調査」を実施した。

この調査の目的は、イランと日本の共同作業を通じて、総合エネルギー開発計画策定のための科学的基盤を構築するとともに、イラン側カウンターパートの技術的能力を向上させることであった。

主な調査内容は次のとおりである。

- a. エネルギーデータベースの開発
- b. 経済発展分析
- c. エネルギー需要分析
- d. エネルギー供給システム分析
- e. エネルギー市場のレビュー
- f. 省エネルギーの可能性の検討
- g. エネルギーの供給および消費に伴う環境問題の検討

(4) この調査により、エネルギーの合理的利用を図るためには、次の項目が重要であると提唱された。

- a. エネルギー供給コストの最適化を図ること。
- b. 環境負荷を可能な限り低くすること。
- c. 開発を持続するため、外貨獲得に必要な資源を温存すること。
- d. エネルギー消費原単位の最適化を図ること。
- e. エネルギーの供給および需給を管理するための施策を確立すること。
- f. エネルギーに係る研究開発活動を推進すること。

特に、エネルギー消費原単位の最適化は、エネルギー価格が比較的安いイランにとって重要な事項の一つであり、その定量化を図ることが、各社会・経済部門におけるエネルギー利用の合理化を促進するために、極めて重要であることが明らかになった。

しかし、そのために必要なデータおよび情報は十分ではなく、現時点では信頼に足る、現実的措置を描くことが困難である。

(5) そこで、イランから日本政府に対し、エネルギーの合理的利用を促進するための、より詳細なエネルギー使用状況調査を行うとともに、これに基づくエネルギー政策の立案に係る調査の要請がなされた。

(6) JICA は、1994 年 10 月に本調査を実施するにあたり必要となる諸取決めを協議するため、事前調査団を派遣し、必要な調査・協議を行った後、本調査の要請国側カウンターパート機関である PBO と調査団との間で Scope of Work (S/W) を締結した。

1.2 調査の目的

- (1) 省エネルギーポテンシャルを明確にするために、工業部門のような主要なエネルギー消費部門におけるマイクロレベルのエネルギー使用状況を解析する。
- (2) エネルギーデータ情報システムの拡充に対し協力する。
- (3) 省エネルギーポテンシャル評価の科学的基礎を提供し、イランのエネルギー管理改善のための適切な方法を明確にする。

1.3 カウンターパート

- (1) 計画予算庁 : PBO (Plan and Budget Organization)
- (2) 計画・開発研究所 : IRPD (Institute for Research in Planning and Development)
- (3) シャリフ工科大学 : SUT (Sharif University of Technology)

1.4 日本側実施体制

財団法人省エネルギーセンター（代表者）と財団法人日本エネルギー経済研究所の共同企業体により実施した。

1.5 調査対象機関・工場

(1) ヒアリング調査（省庁、業界団体、在イラン日本企業）

- a. Institute for Research in Planning and Development
- b. Plan and Budget Organization (Library)
- c. Ministry of Industry
- d. Ministry of Mines and Metals
- e. Central Bank of the Islamic Republic of Iran
- f. Iran Statistics Center
- g. Association of Iran Textile Industries
- h. Sugar Factories Syndicate
- i. State Sugar Organization
- j. Iran Cement Engineering Center
- k. Oilseed Research and Development
- l. Cement Research Center
- m. Consulting Office for Sugar Industries
- n. 日本貿易振興会 テヘラン事務所
- o. 丸紅イラン
- p. 日揮

(2) ヒアリング調査（工場）

- (鉄鋼) a. Mobarakeh Steel
- b. Khouzestan Steel
- (化学) c. Razi Petrochemical
- (ガラス) d. Mina Glass
- e. Saveh Jam Glass
- (繊維) f. Aliaf
- g. Yazd Baf
- (食品) h. Esfahan Sugar
- i. Shiraz Vegetable Oil

(3) 工場調査

- (鉄鋼) a. Esfahan Steel
- (化学) b. Tehran Refinery
- (セメント) c. Sephahan Cement
- d. Tehran Cement
- e. Soufian Cement
- (ガラス) f. Ghazvin Glass
- (繊維) g. Polyacryl Iran
- h. Kashan Velvet & Rayon Mills, Ltd.
- (食品) i. Behshahr Industry
- j. Karun Cane
- k. Abkouh Sugar

(4) 日本国内ヒアリング調査, 視察

- a. 精糖工業会
- b. 石油連盟
- c. 日本化学繊維協会
- d. (社) 日本植物油協会
- e. (社) 日本セメント協会
- f. (社) 日本鉄鋼連盟
- g. 日本ビート糖業協会
- h. 日本紡績協会

- i. 川崎重工業 (株)
- j. (株) 神戸製鋼所
- k. 日新製糖 (株)
- l. 日清プラントエンジニアリング (株)
- m. 日本セメント (株)
- n. 日本甜菜製糖 (株) 芽室製糖所
- o. 東日本精糖 (株) 千葉工場
- p. ホクレン農業協同組合連合会 清水製糖工場
- q. 明治製糖 (株)

1.6 調査の内容

1994年10月18日に署名した Scope of Work のIV. Scope of the Study に基づき、次の調査を実施した。

- (1) 既存のエネルギーデータベースの改善
 - a. 既存のエネルギーデータベースの確認
 - b. 省エネルギーのマイクロ分析に必要なデータの決定
 - c. 工場診断によって得られたデータを反映した上での、エネルギーデータベースの改善
- (2) 主要6業種におけるエネルギー使用状況調査
 - a. エネルギー消費部門におけるエネルギー使用状況と将来の見通しおよび省エネルギーに関する関係法令、規則、活動等の現状および将来計画に関する調査
 - b. 鉄鋼、セメント、ガラス、食品、繊維、化学産業におけるエネルギー使用状況調査
 - c. 上記業種におけるエネルギー管理状況調査
- (3) 省エネルギー技術対策の検討および省エネルギーポテンシャルの推定
 - a. 主要6業種における省エネルギー技術対策の検討
 - b. 省エネルギー技術対策実施による省エネルギーの技術的ポテンシャルの推定
 - c. 省エネルギー技術対策の経済性の検討

- d. 経済，社会部門におけるエネルギー-原単位最適化のための調査
- e. エネルギー価格形成，技術近代化および諸制度の改善等の対策による，エネルギー-管理政策の枠組策定。

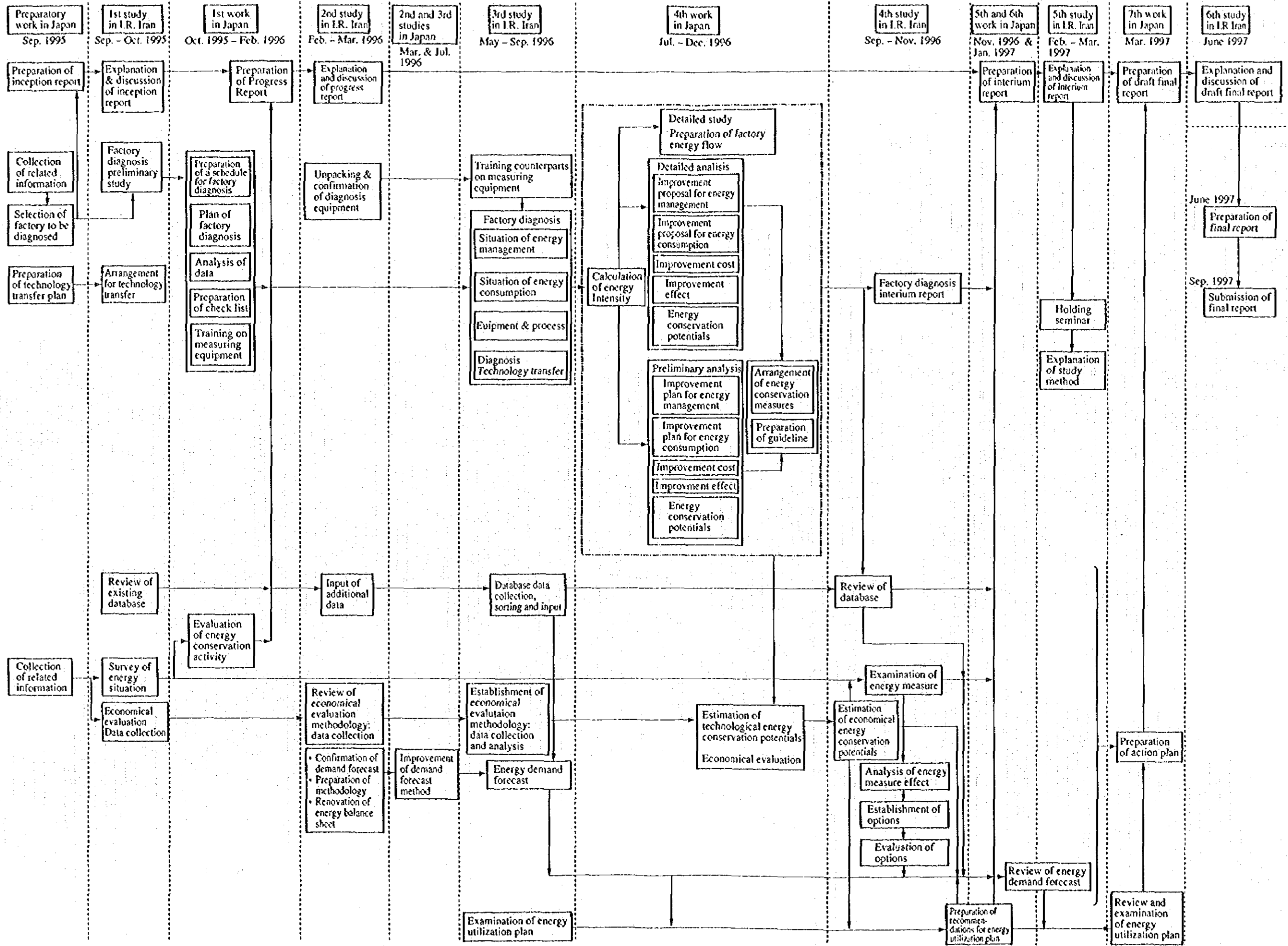
1.7 調査の方法および実施状況

調査の全体像を図式化し，Figure1.1 に示す。

1.8 調査団構成

No.	氏名	担 当
1	井口 光雄	総括
2	木村 徹	副総括，エネルギー政策 A
3	有働 紳也	エネルギー政策 B
4	福島 演雄	省エネルギーポテンシャル分析
5	山口 馨	エネルギー利用計画，データベース
6	木船 久雄	エネルギー需要予測 A
7	石田 博之	エネルギー需要予測 B
8	加藤 茂昭	経済評価
9	小山田明弘	計測器技術
10	小西 二郎	エネルギー管理技術 A (熱)
11	臼井 千雄	エネルギー管理技術 B (電気)
12	野崎 幸雄	エネルギー管理技術 C (熱)
13	中山 賢一	エネルギー管理技術 D (電気)
14	鎗木 勝彦	エネルギー管理技術 E (熱)
15	杉本 利夫	エネルギー管理技術 F (電気)
16	丸山征一郎	工場管理技術 A (鉄鋼)
17	谷口 隆重	工場管理技術 B (繊維)
18	池田 恒	工場管理技術 C (セメント)
19	加藤 正躬	工場管理技術 D (ガラス)
20	本多 四郎	工場管理技術 E (食品)
21	安西 輝男	工場管理技術 F (化学)
22	数馬 謙二	工場管理技術 G (化学)

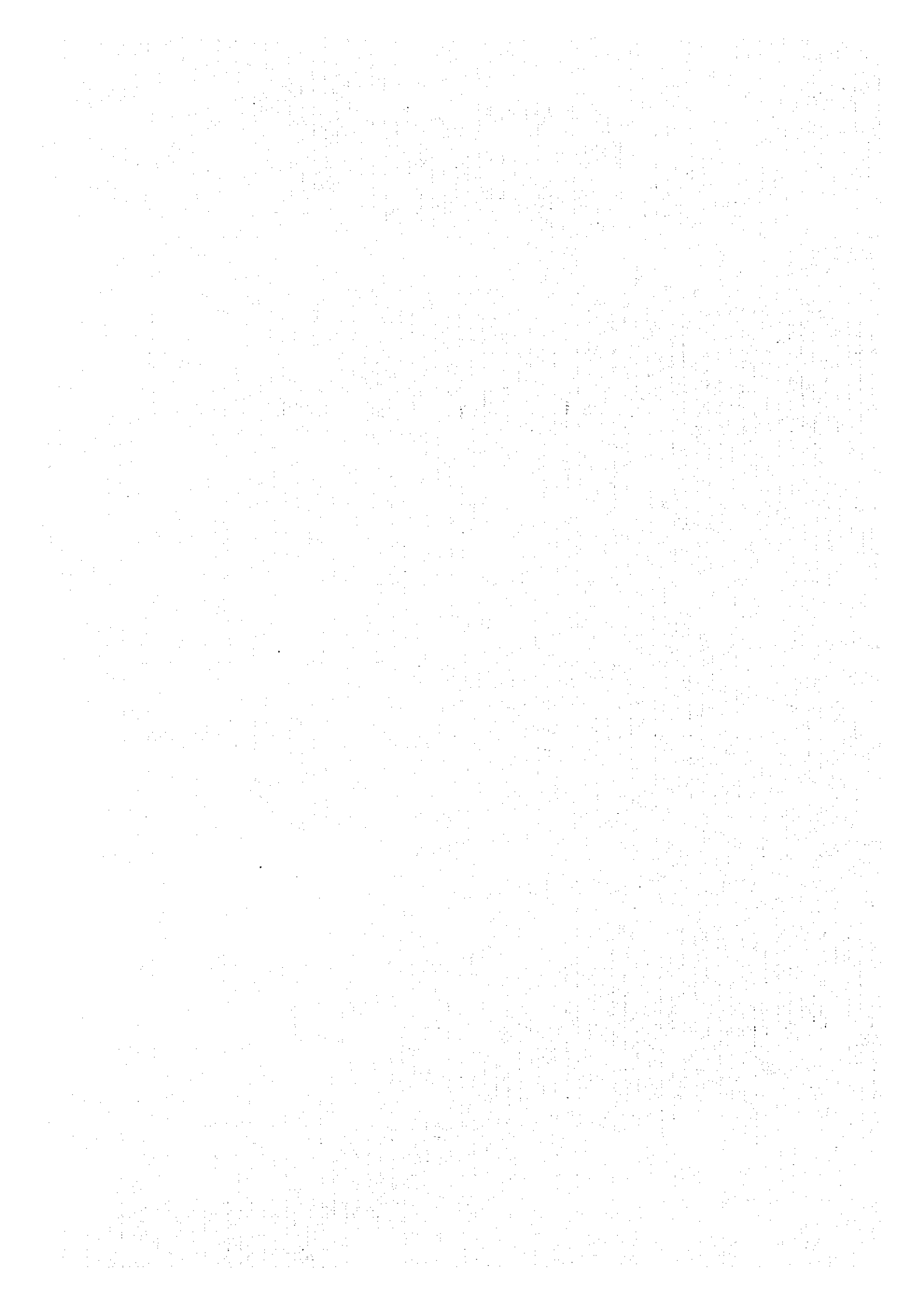
Figure 1.1 Overview of the Study



1.9 カウンターパート構成

Dr. Saboohi	Manager
Mr. Ali Mazhari	Energy conservation
Mr. Saeed Akhavan	Energy conservation
Mr. Fereidoun Mianji	Micro level energy management
Mr. Kasra Azizi	Macro level energy management
Mr. S. Mehdi Sajadifar	Factory management
Mr. Abolghasem Shayesteh	Instrumentation
Mr. Hossein Moosavi	Macro level energy management
Mr. Tohangchi	Micro level energy management
Mr. Seid-Reyhani	Micro level energy management
Ms. Zarvani	Macro level energy management

工場調査



1. 目的

産業の 6 業種の代表的工場を選んでエネルギー消費状況を調査し、業種の全体の省エネルギーポテンシャル推定の資料とする。

併せて調査工場の省エネルギー推進に有効な対策の提言、およびカウンターパートに対し診断機材の使用方法和工場診断方法の技術移転を行うことを目的とする。

2. 調査工場

鉄鋼業 1 工場、化学工業 1 工場、セメント製造業 3 工場、ガラス製造業 1 工場、繊維製造・加工業 2 工場、食品加工業 3 工場の 6 業種 11 工場を対象として調査を行った。

3. 調査の方法

調査日数は 3~5 日で、プロセス、エネルギー消費状況、エネルギー管理の状況のヒアリング調査、工場設備と運転状況の視察、主要設備の測定、視察及び測定結果について工場幹部との意見交換を行った。

測定は日本から持参した約 40 種の診断機材を用いて行った。これらはポータブルなもので、温度、温度分布、圧力、流量、ガス組成、水質、電力などの測定・記録装置およびデータ処理装置であり、調査の間にカウンターパートに使用法の技術移転を行った。ただし、バスの通関が遅れたため、輸送は航空機やタクシーを利用せざるを得なかった。診断機材は、Table 2.1 に示す。

Table 2.1 Equipment List

No.	Name	Set (s)
1.	Energy Audit Bus	1
2.	Ultrasonic liquid flow meter	3
3.	High temperature anemometer for gas	6
4.	Pitot type flow meter	4
5.	Voltex type flow meter	3 × 3
6.	Oxygen meter for exhaust gas	4
7.	Carbon dioxide and monoxide meter for exhaust gas	4
8.	Pretreatment unit for sampling exhaust gas	4
9.	Sampling tube for exhaust gas	1
10.	Thermometer for surface	2
11.	Thermocouple with compensate cable for gas	50
12.	Suction pyrometer	2
13.	Radiation thermometer (low range)	2
14.	Radiation thermometer (high range)	2
15.	Glass thermometer	5
16.	Hygrometer	10
17.	Thermal video system	1
18.	Portable hybrid recorder	6
19.	Desk-top type personal computer	1
20.	Note type personal computer	2
21.	SC meter	2
22.	pH meter	2
23.	Digital low pressure indicator	2
24.	Pressure transmitter for steam	3 × 3
25.	Clamp-on power meter	5
26.	Clip-on AC power meter	3
27.	Tacho meter	2
28.	Lux meter	2
29.	Tester	2
30.	Low voltage detector	5
31.	Heat-proof gloves	5
32.	Cobalt glass	10
33.	Camera	1
34.	Insulation rubber gloves	5
35.	Cord reel and others	1
36.	Stopwatch	2
37.	Carrying cart	4
38.	Long table	3
39.	Transducer for electricity (5 kinds)	2 × 5
40.	Training unit for combustion	1
41.	Training unit for liquid flow	1
42.	Training unit for gas flow	1

4. エネルギー管理の状況

エネルギーの使用の効率は設備・機器の性能によっても差を生じるが、むしろ運転や保全など関与する人の意識・行動によって生じる差の方が大きい。

従って、省エネルギーを効果的に推進するためには、設備的な対策とともに工場の経営の要請に迅速に対応し、全従業員が心を合わせて目標の達成に努力するような体制を作ることが肝要である。

4.1 省エネルギーに対する経営者の方針

工場における省エネルギーは経営者が省エネルギーに対して強い意欲を示すのでなければ一歩も進まない。今回の調査工場でみると経営者ないし管理者が強い関心を示した工場は半数程度に止まっている。これはエネルギー価格が逐次引き上げられつつあるといってもなお低い水準にあり、経営面での重要な管理項目に取り上げられていないためと思われる。

省エネルギーに関心のある工場においても、どの程度の省エネルギーをいつまでに達成するという具体的な目標を設定している工場は少なく、したがって全社一丸となって組織的に省エネルギーを推進するという体制はできていない。

4.2 省エネルギー委員会の活動

工業省の指導もあって、繊維、食品以外の業種では1995年から省エネルギー委員会が設置されており、その一部は活動目標を設定してデータ収集をしたり、蒸気漏れやトラップの点検などの活動を開始している。

まず、省エネルギーの活動に着手することが大切であり、委員会の設置はその意味で評価できる。この活動が核となり、漸次全社的な活動に発展して行くことが期待される。そのためにはこの活動を技術スタッフのみでなく、オペレータ層まで拡大して行くことが望ましく、従業員教育、改善提案制度、自主管理活動の奨励等の施策を整備する必要がある。

4.3 エネルギー消費実態の把握

省エネルギーを進めるに当たっては、工程別あるいは主要設備別のエネルギー消費量の水準およびその変動状況が把握されていなければならない。それによって、どの程度の省エネルギーを図るべきか、あるいはどこに改善の余地があるかを知ることができる。また、省エネルギー対策を実施した時にその効果を確認するためにも、エネルギーの計量装置が必須である。

今回の調査工場では、工場全体の購入エネルギー量は取引メーターあるいは購入伝票で把握できても、工程別あるいは設備別のエネルギー計量器のない工場が多かった。このような状況では操業に当たって、オペレータがエネルギー量に関心を払わないのも当然である。

計量設備のある工場でも、エネルギー消費量のデータを解析し、変動原因を調査して、エネルギー増加を抑制する必要な処置を速やかに実施するという体制にはなっていない。原単位、すなわち単位生産量あたりのエネルギー消費量の推移を管理して、省エネルギーを進めるため、まずエネルギー計量設備の充実が望まれる。

5. エネルギー原単位の水準

調査工場のエネルギー原単位は、合成繊維の工場を除くといずれも日本の水準より悪い。鉄鋼業で約1.6倍、石油精製工場で約1.5倍、セメント工場で1.06～1.38倍、ガラス工場で2.1倍、合成繊維以外の繊維工場で約6倍、食品工場で1.6～3.6倍のエネルギーを消費している。

これらはプロセスの差、設備規模の差によるもの他操業管理、設備管理の差によっても生じている。

6. エネルギー使用上の問題点

各業種に共通な問題点には以下のようなものがある。

6.1 燃焼管理

一般に燃料の燃焼設備における空気比管理が行われておらず、自動制御装置の設置されている設備はなかった。

6.2 燃焼排ガスの排熱回収

燃焼排ガスの温度が高い場合が多く、伝熱面の清掃が十分でない可能性がある。また、この排熱を回収する設備もほとんど設置されていない。

6.3 保温断熱

高温炉の断熱の程度が不十分なものがある。

蒸気配管については保温状態は概ね良好であるが、バルブやフランジ部の保温は殆ど行われていない。

6.4 電力設備

多くの工場は、自家発電設備を有し停電に備えて効率の悪い低負荷運転をしており、かつ電力会社から電力を購入しているが、市中配電網の信頼性が無いことがその原因の1つである。

6.5 ポンプ・ファンなどの回転機

ポンプ及びファンの圧力・流量が大きすぎるため、低効率運転を行っている。

6.6 照明

昼間に不要な照明が点灯している。

6.7 製鉄所

コークス工場では、電力原単位は良好であるが、コークス炉の操業面の改善、蒸気使用

の合理化が必要である。調湿炭設備の導入は有効である。

焼結プラントでは、コークス原単位改善のために操業改善が必要であり、漏風防止対策と直接点火バーナ採用により、電力原単位、燃料原単位は改善できる。

高炉設備では、日本の原単位と大きな差があり、増産による燃料原単位の悪化もあるが、燃料原単位改善のために、装入物分布制御は有効である。

製鋼設備では、燃料原単位の差が大きく、天然ガスを使用先の調査し、適切な使用法に改善する必要がある。現状では転炉ボイラの運転方法の改善が必要であり、将来的には、ガス回収方式にリプレースすることが有効である。

圧延設備では、鋼片加熱炉の燃料原単位改善のために生産・工程管理の改善と保熱用燃料の削減および燃焼管理の改善が必要である。また、ホットチャージの採用は有効である。

エネルギー設備では、ボイラ、タービン、発電機および酸素プラントの近代化の遅れと高炉ガスの酸素放散などのエネルギー配給ロスが多い。高炉ガスの放散およびコークス炉ガスの配給ロス対策としては、ガスホルダを設置することが有効である。

6.8 石油精製所

製油所内に、37基の加熱炉があり、燃焼管理、排熱回収が十分行われていない。燃焼管理の自動化、排熱回収等の対策を行えば、大幅に燃料原単位は向上する。

原料油の加熱に高温成品と熱交換を行うことが十分なされていない。減圧蒸留塔類のスチームエセクタの効率向上のため、冷却水管理を強化することが有効である。

6.9 セメント工場

サスペンションプレヒータ付キルン（SPキルン）の排ガス及び原料ミル系統の漏風により、キルン全体のドラフトバランスが悪くなり、サテライトクーラの冷却能力低下を招いている。これによりSPキルンの生産が抑えられ、エネルギー原単位が悪化している。SPキルンおよびニュー・サスペンションプレヒータ付キルン（NSPキルン）の燃料原単位向上には、冷却風量の変更が可能なグレートクーラが有効である。

燃料原単位の悪い湿式キルン及び乾式ロングキルンが多数稼働しているので、今後は、SPキルン、NSPキルンへの改造または廃棄により燃料原単位を改善することができる。電力原単位は、比較的良好であるが、原料ミル、仕上ミルのボール管理およびたて型ロー

ラミルへのリプレースにより一層改善できる。

6.10 ガラス工場

ガラス製造工程では溶解炉の燃料消費量が最も大きい。ガラス溶解炉の炉壁の保温能力が小さく、燃焼管理も十分でない。

ガラスの引き上げ能力不足により、溶解炉の負荷が低く、エネルギー原単位を悪くしている。また、製品歩留が低いことも、エネルギー原単位が悪い原因となっている。フロー卜設備の導入により、溶解炉の大型化、溶解負荷の増加が可能となり、大幅に原単位が向上する。

6.11 繊維工場

ポリエステル、ポリアクリルの製造工程は、連続重合および直接紡績方式のため、エネルギー原単位は良好である。

紡績工程において、精紡機糸切れによるニューマ屑発生量が多く、電力原単位を悪化させている。温湿度管理により、大幅に糸切れが減少可能である。

ユーティリティ部門は、ガスタービンの効率向上およびボイラの燃焼管理の強化による燃料原単位向上が可能である。

また、蒸気のコンデンセート回収、染色工程の温排水の利用、ディーゼル発電機の排熱回収により、燃料原単位を向上できる。

6.12 植物油工場

脱臭工程の真空発生用のエゼクタの蒸気使用量が多い。真空度の調整およびエゼクタのスチーム圧力、パロコン水温調整により蒸気量を減少することができる。

精製油と原料油との間の熱交換により燃料原単位の向上が図れる。

6.13 砂糖工場

甘蔗糖の歩留まりが悪く、エネルギー原単位が悪化している。原料甘蔗の貯蔵管理により、糖分の変質を防止できる。

結晶缶内の糖液濃度管理不良により、煎糖時間が長く、エネルギー原単位が悪い。結晶缶の自動制御および真空度向上により原単位を向上できる。

効用缶内のスケール付着が多いため、洗缶作業が発生し、エネルギー原単位も悪い。イオン交換樹脂による糖液の清澄化を行うと品質向上と歩留向上が可能になり、エネルギー原単位も改善される。

発電タービンからの抽気した蒸気圧力が高く、発電量をロスしている。抽気圧力を下げることにより、発電機出力が増加する。

7. 省エネルギー対策

エネルギー価格が低く、日本で行われている設備対策の多くは投資回収年数が長くなり、適用できないため、管理の強化を含む比較的設備投資の少ない対策を提案した。各工場別の省エネルギー対策提案項目とエネルギー節約量をTable 2.2に示す。

イランのエネルギー価格 (Energy Conservation case) を前提にして feasibleとされる対策により、燃料で約10%、電力で9%の節減が期待出来る。

Table 2.2の "feasibility in Energy Conservation case" の行に 10 years及び not(not feasible)と書かれた対策でも生産量増加、品質向上、環境改善などの経営戦略上の要因を含めると、十分feasibility があるので、検討対象に含めてある。これらの対策を含めた場合は、燃料で約15%、電力で約10%のエネルギー節約が期待出来る。

8. ガイドライン

各業種の省エネルギー推進のためのガイドラインは、工場診断の手順、エネルギー管理、6業種の省エネルギー技術及び熱計算ワークシートから構成され、カウンターパートが省エネルギー活動を推進するために、参考となる技術事項をまとめたものである。カウンターパートは、この報告書を参考にして独自のガイドラインを作成し、今後独自の工場診断等を通じて収集した情報を逐次追加して、充実を図ることを期待する。

Table 2.2 Proposal Items for Energy Conservation Measures and Saved Energy

Saved energy is shown in cells from the beginning year of implementation of energy conservation measures

Note 1. Saved energy: Fuel oil (KL), Natural gas (1000m³) and electricity (MWh)
 Note 2. Energy price: Fuel oil = 17.03\$/KL, Natural gas = 22.4\$/1000m³, electricity = 40.7\$/kWh (Average price in 2000-2002)

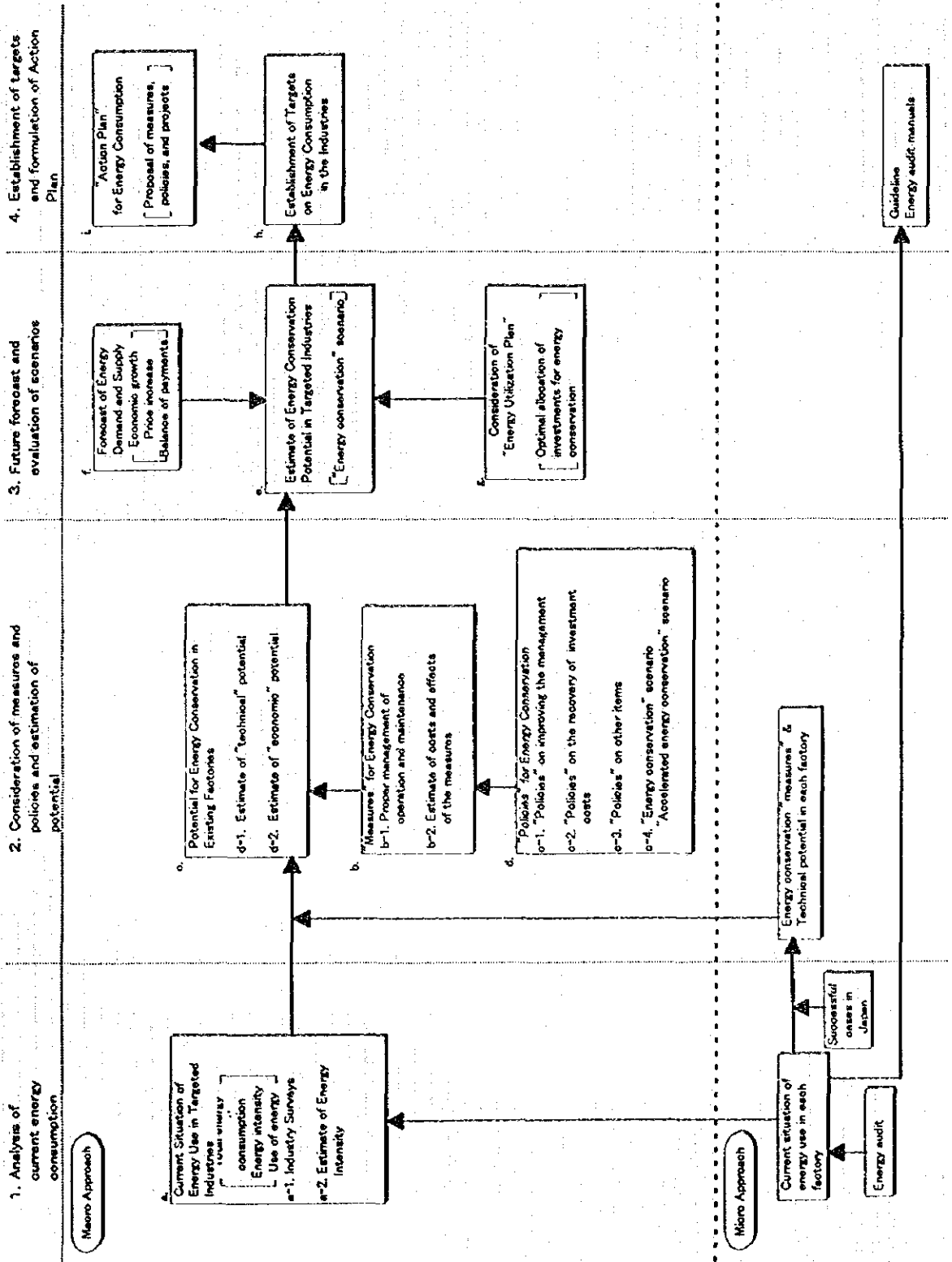
No.	Industry	Energy conservation measures	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Investment Saving money	Feasibility	
		feasible measures in accelerated energy conservation case										Million KL oil	Investment Million KL oil in energy conservation case	
1	Iron & steel industry													
1.1	Yafahm Steel													
	1) Coke oven	1) Optimization of combustion air ratio	2717	2717	2717	2717	2717	2717	2717	2717	2717	24453	0 feasible	
		2) Optimization of cooking temperature	5863	5863	5863	5863	5863	5863	5863	5863	5863	41041	3,300 not feasible	
		3) Review of steam utilization method	7580	7580	7580	7580	7580	7580	7580	7580	7580	68220	0 feasible	
	2) Sintering plant	1) Yield increase	10927	10927	10927	10927	10927	10927	10927	10927	10927	87416	1,958.118 feasible for 10 ys	
		2) Installation of high-efficiency burner	12230	12230	12230	12230	12230	12230	12230	12230	12230	85610	1,917.664 feasible for 10 ys	
		3) Develop. of low coke operation tech.	26002	26002	26002	26002	26002	26002	26002	26002	26002	182014	4,077.114 5,250 not feasible	
		4) Prevention of leak air	7104	7104	7104	7104	7104	7104	7104	7104	7104	49728	1,657.630 525 feasible	
	3) Blast furnace	1) Reduction of fuel ratio	81480	81480	81480	81480	81480	81480	81480	81480	81480	488880	10,950.912 8,750 feasible for 10 ys	
		2) Low oxygen operation of hot stove	2520	2520	2520	2520	2520	2520	2520	2520	2520	17640	395.136 175 feasible for 10 ys	
		3) Reduction of blowing oxygen	7712	7712	7712	7712	7712	7712	7712	7712	7712	69408	2,824.906 0 feasible	
	4) Steel-making process	1) Reduction of electricity in converter	22117	22117	22117	22117	22117	22117	22117	22117	22117	199033	4,458.787 0 feasible	
		2) Reduction of fuel in converter process	41340	41340	41340	41340	41340	41340	41340	41340	41340	372060	8,334.144 0 feasible	
		3) Reduction of fuel in steel-making plant	8268	8268	8268	8268	8268	8268	8268	8268	8268	74412	1,666.829 0 feasible	
		4) Improve. of LD boiler combustion	47782	47782	47782	47782	47782	47782	47782	47782	47782	430038	9,632.851 0 feasible	
	5) Rolling process	1) Improvement of production control.	30202	30202	30202	30202	30202	30202	30202	30202	30202	241616	5,412.198 875 feasible for 10 ys	
		2) Review of reheating furnace operation	11269	11269	11269	11269	11269	11269	11269	11269	11269	90152	2,019.405 875 feasible for 10 ys	
		3) Combustion control of reheating fire	15771	15771	15771	15771	15771	15771	15771	15771	15771	126216	2,822.238 875 feasible for 10 ys	
		4) Improvement of hot charge ratio	6085	6085	6085	6085	6085	6085	6085	6085	6085	54765	1,226.736 0 feasible	
		5) Improve. of yield in rolling process												
	6) Energy utilization facilities													
	a) Power station	1) Combustion control of boiler & others	4341	4341	4341	4341	4341	4341	4341	4341	4341	39069	875.146 175 feasible	
	b) Oxygen plant	1) Improvement of compressor operation	13167	13167	13167	13167	13167	13167	13167	13167	13167	118503	4,823.972 0 feasible	
	c) Water distribution	1) Reduction of oxygen supply loss	11286	11286	11286	11286	11286	11286	11286	11286	11286	101574	4,134.062 0 feasible	
	d) Water pump station	1) Improvement of water pump operation	13080	13080	13080	13080	13080	13080	13080	13080	13080	104640	4,258.848 175 feasible	
2	Petroleum refinery													
2.1	Tehran Refinery	1) Improve. of heating furnace refractory	538	538	538	538	538	538	538	538	538	3766	64.022 350 not feasible	
		2) Improve. of heating furnace air ratio	16983	16983	16983	16983	16983	16983	16983	16983	16983	118881	2,020.977 1,575 feasible	
		3) Influence. of heat recovery from cooler	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	1781	12467	211.939 1,085 not feasible	
		4) Replacement of pump motor	15	15	15	15	15	15	15	15	15	120	12 not feasible	
		5) Pump impeller cutting	899	899	899	899	899	899	899	899	899	292.714	53 feasible	
		6) Turning off unnecessary light	91	91	91	91	91	91	91	91	91	33.333	0 feasible	
3	Cement industry													
3.1	Sopahm Cement	1) Capacity up of EP induced draft fan	3780	3780	3780	3780	3780	3780	3780	3780	3780	34020	578.340 168 feasible	
		2) Raw mill fan operation control	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	43200	1,758.240 753 feasible	
		3) Total process draft control	9451	9451	9451	9451	9451	9451	9451	9451	9451	75608	1,283.336 103 feasible	
		4) Replace of cement mill screen plate	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	80000	3,256.000 849 feasible	
	3.2	Tehran Cement	1) No.3 kiln: Modification to NSP	42527	42527	42527	42527	42527	42527	42527	42527	212633	3,614.795 79,625 not feasible	
		2) No.4 kiln: Replacement of cooler (fuel)	10385	10385	10385	10385	10385	10385	10385	10385	10385	882.725	39,540 not feasible	
		3) No.6 kiln: Replace. of cooler (elec)	8190	8190	8190	8190	8190	8190	8190	8190	8190	44550	1,813.185 0 feasible	
		4) No.6 kiln: Improve. of operation (fuel)	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	46151	784.567 1,278 feasible	
		5) No.6 kiln: Improve. of operation (elec)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	100800	4,102.560 0 feasible	
		6) Improvement of kiln operation	4343	4343	4343	4343	4343	4343	4343	4343	4343	34744	590.648 1,663 not feasible	
		7) No.3 kiln: Modification to NSP	34286	34286	34286	34286	34286	34286	34286	34286	34286	171430	2,914.310 100,100 not feasible	
		8) No.4 kiln: Replacement of cooler	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	6593	46151	784.567 1,278 feasible	
4	Glass industry													
4.1	Shuman Glass	1) Excess air 25% to 15% in melting furnace	2863	2863	2863	2863	2863	2863	2863	2863	2863	22904	389.368 175 feasible	
		2) No.2, 3 & 4 furnace light insulation	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	3955	27693	470.815 875 not feasible
		3) Production yield improvement	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	32640	554.880 0 feasible	
		4) Checker height increase	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	927.350	3,500 not feasible	
		5) Compressed air leakage stop	217	217	217	217	217	217	217	217	217	1953	79.487 0 feasible	
5	Textile industry													
5.1	Polymer/ Iron	1) Improvement of Dowtherm boiler air ratio	290	290	290	290	290	290	290	290	290	2610	58.464 0 feasible	
		2) Review of quench cooling	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	16000	651.200 340 feasible for 10 ys	
		3) Recovery of waste heat in aery process	2282	2282	2282	2282	2282	2282	2282	2282	2282	15974	357.818 262 feasible for 10 ys	
		4) Replacement of chiller system pump	996	996	996	996	996	996	996	996	996	69723	283.760 648 not feasible	
		5) Improve. of gas turbine utilization rate	7442	7442	7442	7442	7442	7442	7442	7442	7442	66978	1,500.307 0 feasible	
		6) Reduction of supply/waste water	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1818	14544	391.941 525 feasible for 10 ys	
		7) Optimization of pump capacity	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	976.800 438 feasible for 10 ys	
		8) Rational use of compressed air	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	30600	1,245.420 525 feasible for 10 ys	
5.2	Kanban Velvet & Rayon Mills	1) Reduction of pneumatic waste rate	375	375	375	375	375	375	375	375	375	3375	137.363 0 feasible	
		2) Stopping of return fan	101	101	101	101	101	101	101	101	101	9099	36.996 0 feasible	
		3) Enhance. of condensate recovery rate	360	360	360	360	360	360	360	360	360	3240	55.080 105 not feasible	
		4) Recovery of heat of dyeing washing water	1124	1124	1124	1124	1124	1124	1124	1124	1124	8992	152.864 700 not feasible	
		5) Improvement of boiler air ratio	147	147	147	147	147	147	147	147	147	1323	22.491 0 feasible	
		6) Control of number of air compressor	65	65	65	65	65	65	65	65	65	585	23.810 0 feasible	
6	Food industry													
6.1	Behabahr Industry	1) Reduction of steam in deodorizing process	5534	5534	5534	5534	5534	5534	5534	5534	5534	49806	1,115.654 0	
		2) Boiler combustion control	1342	1342	1342	1342	1342	1342	1342	1342	1342	10736	240.486 525 not feasible	
		3) Recovery of exhaust heat of diesel engine	798	798	798	798	798	798	798	798	798	5386	125.126 875 not feasible	
6.2	Karun Cane	1) Automatic control of crystallizing pan	2594	2594	2594	2594	2594	2594	2594	2594	2594	18158	406.739 525 not feasible	
		2) Adoption of soft type ion exchange resin	4790	4790	4790	4790	4790	4790	4790	4790	4790	33330	751.072 1,750 not feasible	
6.3	Abkoush Sugar	1) Automatic control of crystallizing pan	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	2217	15519	347.626 350 feasible for 10 ys	
		2) Reduction of steam pressure	255	255	255	255	255	255	255	255	255	2295	51.408 0	
		3) Turning off unnecessary light	15	15	15	15	15	15	15	15	15	135	3.495 0	
Accelerated energy conservation case														
Total	Fuel saving amount (KL-fuel)		163358	250556	347760	429240	522391	522391	522391	522391	522391	3802969	115,823,857	289,222 fuel+
	Electricity saving amount (MWh)		44141	80353	102833	111043	111043	111043	111043	111043	111043	865415		
	Fuel consumption: 3,498,787 KL/y		4.7%	7.2%	9.9%	12.3%	14.9%	14.9%	14.9%	14.9%	14.9%			
	Electricity consumption: 1,155,133 MWh/y		3.8%	7.0%	8.9%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%			
Total	Fuel saving amount (KL-fuel)		160498	240987	327402	413882	509925	509925	509925	509925	509925	3826394	96,428,578	21,581 fuel+
	Electricity saving amount (MWh)													

6 産業の省エネルギー・マスタープラン調査

1.はじめに

本調査のこの部分の役割は、6つのエネルギー多消費産業について、省エネルギー・マスター・プランを作成することである。そのために、次の作業が行われた (Figure 3.1.1参照)。

Figure 3.1.1 The Conceptual Flow of Studying the Master Plan for Energy Conservation in Industries



第1に、6つの産業におけるエネルギー消費の現状を適確に把握することに努めた。

第2に、現状の適確な把握にもとづいて、省エネルギー対策を検討した。

第3に、それらの対策によって、既存の工場で、技術的には、どの程度の省エネルギー効果上がるか、を推定した（技術的ポテンシャルの推定）。

第4に、それらの対策について、そのコストと効果（便益）とを比較して、経済評価を行った（経済的ポテンシャルの推定）。

以上の検討の結果は、次章の「2. 6産業のエネルギー消費の現状と省エネルギー対策の経済評価」に記述されている。

第5に、各産業で省エネルギーを推進するための各種の政策の検討が行われ、政策シナリオが設定された。

第6に、設定された政策シナリオに沿って、2000年および2005年における、各産業の省エネルギー・ポテンシャルが推定された。

第7に、政策シナリオ、および、それに沿った省エネルギー・ポテンシャルが、マクロ経済の観点（経済成長、物価、財政収支などへの影響）、ならびに、省エネルギー対策投資の最適化の観点（イラン全体として、どの対策まで実施するのが、投資の効果が最も大きい）から評価された。それは、どのようなシナリオがイラン経済にとって望ましいか、を知るためである。

以上の検討のうち、第5、および、第6は、「3. 政策シナリオの設定と省エネルギー・ポテンシャルの推定」に、また、第7は、「4. 政策シナリオと省エネルギー対策投資の評価」に記述されている。

次に、この部分において使われた検討の“方法（メソドロジー）”および“手法（ツール）”について、「5. 検討の方法および手法」で説明が行われた。

最後に、以上の検討を取りまとめて、その結論を「6. 6産業における省エネルギー・マスタープラン」で説明した。

2. 6産業のエネルギー消費の現状と省エネルギー対策の経済評価

2.1 はじめに

本調査で対象とされたのは、鉄鋼、化学（石油精製）、セメント、ガラス、繊維、食品（砂糖、植物油）の各産業である。

石油精製を除く、これらの産業は、われわれの推定によると、1994年に816億1,000万Mcalのエネルギーを消費している。この量は、同年の産業部門におけるエネルギー消費量2,555億Mcalの32%を占める。また、産業部門のエネルギー消費から、化学用の原料に使われた天然ガスを除いた部分に対して、これらの産業のエネルギー消費は59%に当たる。なお、石油精製業は、エネルギー・バランス上で“エネルギー転換部門”に属することから、他の産業とは別に扱った方がよい、と考えられる。そして、ここでの記述も、他の産業の後に行う。

2.2 鉄 鋼

2.2.1 産業の概要

イランにおける鉄鋼製品の需要は、1980年代末から1990年代半ばにかけて年平均10%程度の伸びを示した、と推定される。これに対して、鉄鋼の生産は同じ期間に年平均20%程度で増大し、1994年の鉄鋼製品の生産量は540万トンに達した。

これは、この期間にAhwaz Steelの生産が本格化し、また、Mobarakeh Steelが1990年代初から生産を開始したことによる。

イランの鉄鋼生産はEsfahan SteelおよびINSIG (Iran National Steel Group) によって1972年から始まった。続いて、1984年からAhwaz Steel、さらに、1991年からMobarakeh Steelが生産を始めた。これらの他、大規模な工場としては、Kavian Steelが鉄鋼製品を生産している。

なお、1994年にAhwaz、INSIG、および、Kavianの3社が合併して、Khouzestan Steelとなった。

これらの製鉄所は、その生産プロセスから、次のように分けることができる。

- a. 高炉-転炉方式の工場で、圧延設備も持つもの …………… Esfahan Steel

- b. 直接還元炉-電気炉方式の工場 …… Ahwaz Steel (圧延設備は持たない) および Mobarakeh Steel (圧延設備を持つ)。
- c. 還元鉄・スクラップ-電気炉方式の工場、圧延設備を持つもの …… INSIG
- d. 半製品の供給を受け、圧延設備で製品を生産する工場 …… Kavian Steel (Ahwazからスラブを受け入れている)

これら製鉄所の生産量および主要装置を次表に示す。

2.2.2 鉄鋼生産工程とエネルギー消費

鉄鋼製品の製造プロセスは、製鉄、製鋼、圧延からなる。最初の製鉄プロセスでは、鉄鉱石が高炉、直接還元炉などで、石炭（コークス）、天然ガスなどによって還元される。次の製鋼プロセスでは、高炉から出てきた銑鉄、あるいは、還元炉から出てきた還元鉄が、転炉、電気炉などで、不純物を取り除かれて、鋼とされる（上のINSIGの場合は、還元鉄およびスクラップが電気炉へ投入される）。さらに、圧延プロセスでは、熱間圧延、冷間圧延、表面処理などを経て、最終製品が製造される。

高炉-転炉方式の一貫製鉄所では、通常、消費されるエネルギーの2/3から3/4が、製鉄プロセスにおけるものである。なかでも、高炉で使用されるエネルギーは全体の6割前後を占める（日本の例による）。直接還元炉-電気炉方式の一貫工場では、通常、消費エネルギーの50%近くが、製鉄プロセスにおけるものである（モデル値による）。

2.2.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策

Esfahan Steelのエネルギー消費原単位は9,140Mcal/t-crude steelで、類似の製品構成を持つ最新の製鉄所の5,500Mcal/tに比して、66%も大きい（1994年）。その理由は次の通りである。

- a. 増産指向が強く、高炉が高い燃料比で運転されている。
- b. 操業上、各工程間の調整が十分に行われていない。
- c. 副生エネルギーである高炉ガス、コークス炉ガス、および、転炉蒸気が有効に利用されていない。
- d. 発電所を初めとして、各種のエネルギー設備の効率が低い。

Table 3.2.1 Iron & Steel Factories in I.R. Iran

(1/2)

Company Name	Location	Production Phase	Manufacturer	Production Capacity(t/y)		Product		
				Start up	(1994 Product Output)			
Esfahan Steel Co.	Esfahan	Phase 1	USSR	(Crude Steel)	2,100,000	Crude Steel	1,881	Mt
				Coke Oven *2	1,150,000	Hot Rolled Prod.		
		Phase 2		Sinter Plant *3	2,516,000	I-beam	936	Mt
				Blast Furnace *2	1,925,000	Bar	703	
		1983		LD Converters *3	3*130t/charge	Billet	229	
				Billet C.C. *7	2,500,000	Channel	28	
Rolling Mill *6	2,150,000			Angle & rail	13			
		Oxygen Plant *6	11,000NM ³ /H	(Total)	1,909			
Mobarakeh Steel Complex	Esfahan	1993	Kobe Steel	(Crude Steel)	2,769,000	Sponge Iron	1,624	Mt
				Iron Ore Pelletizing	4,500,000	Crude Steel	1,534	
		Italmimpianti		D-Reductn. Unit	3,200,000	Hot Coil	1,105	
				Electric Arc Furnaces	8*180-200t	Pickling Coil	341	
				C.C. Slab *4	2,700,000	/charge Cold Coil	253	
				Rolling Mill *2				
				Hot Strip Mill	2,500,000			
				Hot Finishing	1,550,000			
				Cold Rolling	986,000			
				Oxygen Plant *3	10,400NM ³ /H			

continued

Company Name	Location	Production Start up	Manufacturer	Production Capacity(t/y)	Product (1994 Product Output)
Khuzestan Steel Co.					
Ahwaz	Ahwaz				1,550,000 Crude Steel
Steel Complex			Lurgie Chemie	(Crude Steel) Sinter Plant #2	5,000,000
		1978	Thyssen(G)	D-Reductn. Unit No.1	330,000 (Purofer 1 set)
		1984	Korf(G)	D-Reductn. Unit No.2	1,200,000 (Midrex 3set)+600,000
		1985	Pullmann Swindell	D-Reductn. Unit No.3	1,000,000 (HYL 3set)
			Lectromelt	Electric Arc Furnaces	6*180t
					/charge Main products;
				C.C. Slab & Billet	1,550,000 Bloom 1 line & Slab 2line
Iran National Steel Indu. G.					
Ahwaz	Ahwaz				150,000 Crude Steel
		1972		(Crude Steel) Melting 60t/b*4set	360,000
		1967-1973		Casting 2lines	Beam
		1977		Round & Rod Rolling	505,000 Plain & Ribbed Rounds
		1977	Demag	Beam Rolling	385,000 Flange Beams & channels
		1973	(Germany)	Pipe Mill	190,000 Welded Pipe & Seamless Pipe
				Metal Industry	119,000 Profile, Frame & Electrode
Kavian Steel Co.	Ahwaz	1991	Spezial Stahl (Germany)	Hot Rolled	Total mainly Plate, 840,000 Bloom & Slab
				Semifinished Products	
				Plate 12%	
				Bloom 43%	
				Slab 55%	

Source : Ministry of Mines and Metals
Metal Bulletin Books 11Ed. P.228-9
Esfahan Steel Complex
Mobarakeh Steel Complex

Mobarakeh Steelのエネルギー消費原単位は8,890Mcal/t (1994年)であり、直接還元炉方式の製鉄所の標準的な原単位を6,500Mcal/tとすると、それを40%近く上回っている。その理由としては、つぎのようなものが考えられる。

- a. いまだ稼働率が低く、1995年に漸く60%代に達したばかりである。
- b. 本格的な正常運転に入っていないことも手伝って、設備のトラブルが多い。
- c. エネルギー多消費型の設備が採用されている。

Khouzestan Steelの中核をなすAhwaz Steelのエネルギー消費原単位は7,880Mcal/t (1994年)で、同工場と同じようなプロセスを持つ工場の標準的な原単位を6,240Mcal/tとすると、それを26%上回っている。その理由としては、次のものが考えられる。

- a. 還元炉7基のうち、3基のMIDREX炉の他は、元々、原単位が高く、しかも、実際に稼働率が低い。
- b. 電気炉の生産性が低い。

INSIGの原単位は1,450Mcal/t-product (1994年)で、同じようなプロセスの標準的な原単位を880Mcal/tとすると、65%も大きい。その理由としては、次のことが考えられる。

- a. 電気炉のトラブルが多く、しかも、小型であるため、元々、原単位が低い。
- b. 圧延工程の稼働率が低い。
- c. 加熱炉の燃焼管理が十分に行われていない。

Kavian Steelのエネルギー消費原単位は1,490Mcal/t-product (1994年)で、同じようなプロセスの標準的な原単位を630Mcal/tとすると、その2倍以上の大きさである。その理由としては、次のものが考えられる。

- a. 加熱炉の設計原単位が、元々、高い。
- b. 加熱炉の燃焼管理が十分に行われていない。
- c. 圧延の生産能率が低い。
- d. 設備のトラブルが多い。

このような現状を前提に、各工場について、省エネルギー対策を検討し、その経済評価を行った。その結果は、操業・保守の管理の改善、機器・設備の改造、ならびに、プロセスの取り替え、の3つのグループに分けて、次の表に示した。

Table 3.2.2-1 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Iron & Steel Industry (Esfahan Steel)

A. E. C. Case (Natural Gas 123 Rial/Nm³, Electricity 100 Rial/kWh)
(1.750 Rial/USS)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation	Note	
		N.G. (1,000m ³ /y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial/y)	for 10 years (M Rial)	(M Y)			(M Rial)
<Improvement of Management>									
(C.O.P) Air Ratio for Combustion	Esfahan Steel	2,549		314	778	1,925	0	0	feasible
Carbonization Temperature	Esfahan Steel	5,501		677	1,678	4,154	200	3,500	feasible for 10 Ys.
Steam Utilization Method	Esfahan Steel	7,111		875	2,169	5,371	0	0	feasible
(S.P) Yield Increase	Esfahan Steel	10,252		1,261	3,127	7,742	100	1,750	feasible
High Efficiency Burner	Esfahan Steel	11,474		1,411	3,500	8,665	200	3,500	feasible
Low Coke Operation	Esfahan Steel	24,413		3,003	7,447	18,438	300	5,250	feasible
Prevention of Air Leak	Esfahan Steel		7,104	710	1,762	4,362	30	525	feasible
(B.F) Production Increase	Esfahan Steel	76,443		9,403	23,318	57,731	500	8,750	feasible
Low O ₂ Operation of Hot Oven	Esfahan Steel	2,364		291	721	1,786	10	175	feasible
(S.M.P) Converter Yield	Esfahan Steel								
O ₂ and Electricity			15,424	1,542	3,825	9,470	0	0	feasible
Fuel		20,750		2,552	6,330	15,671	0	0	feasible
Reduction of Fuel	Esfahan Steel	38,785		4,770	11,831	29,291	0	0	feasible
Boiler Aux. Combustion Method	Esfahan Steel	7,757		954	2,366	5,858	0	0	feasible
(R.P) Process Management	Esfahan Steel	44,828		5,514	13,674	33,855	0	0	feasible
Reheating Furnace Operation	Esfahan Steel	28,335		3,485	8,643	21,399	50	875	feasible
Reheating F. Combustion Control	Esfahan Steel	10,572		1,300	3,225	7,984	50	875	feasible
Hot Charge Ratio	Esfahan Steel	14,802		1,821	4,515	11,179	50	875	feasible
Yield	Esfahan Steel	5,709	5,948	1,297	3,217	7,964	0	0	feasible
(C.C.P) Low O ₂ Combustion et al.	Esfahan Steel	4,073		501	1,242	3,076	10	175	feasible
(O ₂ P) Operation Method	Esfahan Steel		13,167	1,317	3,265	8,085	0	0	feasible
Reduction of O ₂ Supply Loss	Esfahan Steel		11,286	1,129	2,799	6,930	0	0	feasible
Water Pump Operation Method	Esfahan Steel		13,080	1,308	3,244	8,031	10	175	feasible

continued

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation	Note
		N.G. (1,000m ³ /Y)	Electricity (MWh/Y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y)		
<Modification of Facility>								
(C.O.P) Moisture Control Facilities	Esfahan Steel	9,124	1,122	2,783	6,891	1,000	17,500	not feasible
(S.P) Steam Recovery from Waste Heat	Esfahan Steel	6,592	996	2,258	5,590	1,300	22,750	not feasible
(B.F) Air Preheater for Hot Oven	Esfahan Steel	3,349	412	1,022	2,529	250	4,375	not feasible
(S.M.P) Exhaust Gas Recovery Equip.	Esfahan Steel	7,757	954	2,366	5,858	5,000	87,500	not feasible
(C.C.P) Efficiency of the BF Blower	Esfahan Steel	54,687	6,726	16,682	41,301	3,500	61,250	not feasible
(T.P.P) Multi-Purpose Power G.Turbine	Esfahan Steel		(incl. in the above)					
(O ₂ P) Air Compressor Efficiency	Esfahan Steel		39,501	9,796	24,254	2,500	43,750	not feasible
(Other) BFG, CDG Holder	Esfahan Steel	97,738	12,022	29,814	73,814	800	14,000	feasible
<Modification of Process>								
(C.O.P) Introducing CDQ	Esfahan Steel	22,138	2,723	6,753	16,719	5,000	87,500	not feasible
(B.F) Introducing TRT	Esfahan Steel		50,641	12,559	31,094	1,000	17,500	feasible for 10 Ys.

Note : (Abbreviation)

Coke Oven Plant (C.O.P), Sintering Plant (S.P), Blast Furnace (BF), Steel Making Process (S.M.P)
 Rolling Process (R.P), O₂ Plant (O₂ P), Blast & Power Plant (CPP), Thermal Power Plant (T.P.P)

Table 3.2.2-2 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Iron & Steel Industry (Esfahan Steel)

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

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit		Countermeasure Cost		Economic Evaluation	Note	
		N.G. (1,000m ³ /y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M.Rial)	for 10 years (M.Rial)			(M.Y)
<Improvement of Management>								
(C.O.P) Air Ratio for Combustion	Esfahan Steel	2,549		57	142	470	0	feasible
Carbonization Temperature	Esfahan Steel	5,501		123	306	1,013	200	3,500 not feasible
Steam Utilization Method	Esfahan Steel	7,111		159	395	1,310	0	feasible
(S.P) Yield Increase	Esfahan Steel	10,252		230	569	1,888	100	1,750 feasible for 10 Ys.
High Efficiency Burner	Esfahan Steel	11,474		257	637	2,114	200	3,500 not feasible
Low Coke Operation	Esfahan Steel	24,413		547	1,356	4,497	300	5,250 not feasible
Prevention of Air Leak	Esfahan Steel		7,104	289	717	2,577	30	525 feasible
(B.F) Production Increase	Esfahan Steel	76,443		1,712	4,247	14,081	500	8,750 feasible for 10 Ys.
Low O ₂ Operation of Hot Oven	Esfahan Steel	2,364		53	131	435	10	175 feasible for 10 Ys.
(S.M.P) Converter Yield	Esfahan Steel							
O ₂ and Electricity			15,424	628	1,557	5,161	0	feasible
Fuel		20,750		465	1,153	3,822	0	feasible
Reduction of Fuel	Esfahan Steel	38,785		869	2,155	7,144	0	feasible
Boiler Aux. Combustion Method	Esfahan Steel	7,757		174	431	1,429	0	feasible
(R.P) Process Management	Esfahan Steel	44,828		1,004	2,490	8,257	0	feasible
Reheating Furnace Operation	Esfahan Steel	28,335		635	1,574	5,219	50	875 feasible
Reheating F. Combustion Control	Esfahan Steel	10,572		237	587	1,947	50	875 feasible for 10 Ys.
Hot Charge Ratio	Esfahan Steel	14,802		332	822	2,726	50	875 feasible for 10 Ys.
Yield	Esfahan Steel	5,709	5,948	370	918	3,042	0	feasible
(C.C.P) Low O ₂ Combustion et al.	Esfahan Steel	4,073		91	226	750	10	175 feasible
(O ₂ P) Operation Method	Esfahan Steel		13,167	536	1,329	4,406	0	feasible
Reduction of O ₂ Supply Loss	Esfahan Steel		11,286	459	1,139	3,777	0	feasible
Water Pump Operation Method	Esfahan Steel		13,030	532	1,320	4,377	10	175 feasible

continued

(2/2)

(1.750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation	Note
		N.G. (1,000-m ³ /y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y)		
<Modification of Facility>								
(Other) BFG, CDG Holder	Esfahan Steel	97,738	2,189	5,430	18,003	800	14,000	feasible for 10 Ys.
<Modification of Process>								
(B.F) Introducing TRT	Esfahan Steel		2,061	5,111	16,946	1,000	17,500	not feasible

Note : (Abbreviation) Coke Oven Plant (C.O.P), Sintering Plant (S.P), Blast Furnace (BF), Steel Making Process (S.M.P)
 Rolling Process (R.P)

Table 3.2.2.3 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Iron & Steel Industry (Mobarakeh/Khuzestan Steel)
 A. E. C. Case (Natural Gas 123 Rial/Nm³, Electricity 100 Rial/kwh)

Energy Conservation Potential	Factory	N.G. (1,000m ³ /y)	Electricity (MWh/y)	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation Note
				(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M US\$)	(M Rial)	
<Improvement of Management>									
(P.P) Increasing of productivity	Mobarakeh		21,240	2,124	5,268	13,041	0	0	feasible
(DR. P) Stability of DR plant operation	Mobarakeh	64,984	48,738	12,867	31,910	79,002	0	0	feasible
(S.M.P) Stability of EAF operation	Mobarakeh	7,672	122,752	13,219	32,783	81,164	0	0	feasible
Improvement of EAF heat loss	Mobarakeh		46,032	4,603	11,416	28,264	0	0	feasible
Stability of CC	Mobarakeh	7,376	14,752	2,382	5,908	14,628	0	0	feasible
(H. R) Increasing of productivity	Mobarakeh		54,872	5,487	13,608	33,691	0	0	feasible
Furnace operation improvement	Mobarakeh	20,577		2,531	6,277	15,540	0.5	875	feasible
(C. R) Increasing of productivity	Mobarakeh		12,675	1,268	3,143	7,782	0	0	feasible
Furnace operation improvement	Mobarakeh	2,535		312	773	1,914	0	0	feasible
(Others) Pump and blower operation	Mobarakeh		26,554	2,655	6,585	16,304	0.1	175	feasible
(P. P) Blower and pump efficiency	ASCO		47,512	4,751	11,783	29,172	0.1	175	feasible
(DR. P) Stop of old type DR plant	ASCO	150,782		18,546	45,995	113,874	0	0	feasible
(S.M.P) Productivity of EAF	ASCO	6,654	133,080	14,126	35,034	86,736	0	0	feasible
Increasing productivity of CC	ASCO	6,280	12,560	2,028	5,031	12,455	0	0	feasible

continued

(2/2)

Energy Conservation Potential	Factory	N.G. (1,000m ³ /y)	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation Note
			Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial/y)	for 10 years (M Rial)	(M US\$)	(M Rial)	
(S.M.P) Increasing of EAF productivity	INSIG		7,785	779	1,931	4,780	0	feasible
Stability of EAF	INSIG	973	7,785	898	2,227	5,515	0	feasible
Productivity increase of CC	INSIG	918	918	205	508	1,257	0	feasible
(P.M) Pipe mill productivity	INSIG	613	1,886	264	655	1,621	0	feasible
Furnace operation	INSIG	471		58	144	356	0	feasible
(R.R.M) Round rolling mill productivity	INSIG	7,397	7,767	1,687	4,183	10,355	0	feasible
Furnace operation improvement	INSIG	7,397		910	2,256	5,586	0	feasible
(B.R.M) Beam rolling mill productivity	INSIG	5,749	6,036	1,311	3,251	8,048	0	feasible
Furnace operation improvement	INSIG	5,749		707	1,754	4,342	0	feasible
(R.M) Rolling mill furnace operation	Kavian	2,395		295	731	1,809	0	feasible
Rolling mill productivity	Kavian	6,227	5,029	1,269	3,147	7,791	0	feasible
<Modification of Facility>								
(DR.P) Waste heat recovery	Mobarakeh	32,492		3,997	9,911	24,539	15.0	26,250 not feasible
(R.M) Rolling mill furnace	Kavian	7,185		884	2,192	5,426	0.5	875 feasible
<Modification of Process>								
(P.P) Replacement to high eff. P.P	Mobarakeh	121,562	33,767	18,329	45,455	112,539	70.0	122,500 not feasible

Table 3.2.2-4 Economic Evaluation of Measures Conservation in the Iron & Steel Industry (Mobarakeh/Khuzestan Steel)

E. C. Case

(Natural Gas 22.4 Rial/Nm³, Electricity 40.7 Rial/kWh, for 2000-2002)

(Natural Gas 30.0 Rial/Nm³, Electricity 54.5 Rial/kWh, for 2000-2009)

(1/2)

Energy Conservation Potential	Factory	N.G. (1,000m ³ /y)	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation Note	
			Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M US\$)		(M Rial)
<Improvement of Management>									
(P.P) Increasing of productivity	Mobarakeh		21,240	864	2,144	7,108	0	0	feasible
(DR.P) Stability of DR plant operation	Mobarakeh	64,984	48,738	3,439	8,529	28,279	0	0	feasible
(S.M.P) Stability of EAF operation	Mobarakeh	7,672	122,752	5,168	12,816	42,490	0	0	feasible
Improvement of EAF heat loss	Mobarakeh		46,032	1,874	4,646	15,404	0	0	feasible
Stability of CC	Mobarakeh	7,376	14,752	766	1,899	6,295	0	0	feasible
(H.R) Increasing of productivity	Mobarakeh		54,872	2,233	5,539	18,362	0	0	feasible
Furnace operation improvement	Mobarakeh	20,577		461	1,143	3,790	0.5	875	feasible
(C.R) Increasing of productivity	Mobarakeh		12,675	516	1,279	4,241	0	0	feasible
Furnace operation improvement	Mobarakeh	2,535		57	141	467	0	0	feasible
(Others) Improvement of pump and blower operation	Mobarakeh		26,554	1,081	2,680	8,886	0.1	175	feasible
(P.P) Blower and pump efficiency	ASCO		47,512	1,934	4,796	15,899	0.1	175	feasible
(DR.P) Stop of old type DR plant	ASCO	150,782		3,378	8,376	27,774	0	0	feasible
(S.M.P) Productivity increase of EAF	ASCO	6,654	133,080	5,565	13,802	45,758	0	0	feasible
Increasing productivity of CC	ASCO	6,280	12,560	652	1,617	5,360	0	0	feasible

Energy Conservation Potential	Factory	N.G. (1,000m ³ /y)	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation Note	
			Electricity (MWh/y)	for 3 years (M.Rial/y)	for 10 years (M.Rial)	(M US\$)	(M.Rial)		
(S.M.P) Increasing of EAF productivity	INSIG		7,785	779	1,931	4,780	0	feasible	
Stability of EAF	INSIG	973	7,785	339	840	2,784	0	feasible	
Productivity increase of CC	INSIG	918	918	58	144	476	0	feasible	
(P.M) Pipe mill productivity	INSIG	613	1,886	90	224	744	0	feasible	
Furnace operation	INSIG	471		11	26	87	0	feasible	
(R.R.M) Round rolling mill productivity	INSIG	7,397	7,767	482	1,195	3,962	0	feasible	
Furnace operation improvement	INSIG	7,397		166	411	1,363	0	feasible	
(B.R.M) Beam rolling mill productivity	INSIG	5,749	6,036	374	929	3,079	0	feasible	
Furnace operation improvement	INSIG	5,749		129	319	1,059	0	feasible	
(R.M) Rolling mill furnace operation	Kavian	2,395		54	133	441	0	feasible	
Increasing of plate mill productivity	Kavian	6,227	5,029	344	854	2,830	0	feasible	
<Modification of Facility>									
(R.M) Improvement of R. mill furnace	Kavian	7,185		161	399	1,323	0.5	875	feasible for 10 Ys.

2.2.4 省エネルギー対策の経済評価

省エネルギー対策の経済評価は、次のような方法で行われた（各産業共通）。即ち、

C = 省エネルギー対策の投資（または、支出）コスト（投資、または、支出の時点のもの）

B = 対策の効果（対策によって節約されたエネルギーの、3年、または、10年間の累積量を現在価値に割り戻したもの）

とすると、

$$B > C$$

である場合には、その対策は経済的に見て実行可能であるとみなした。但し、省エネルギー・ポテンシャル推定の際には、対策のための投資額、または、支出額の調達が難しいと考えられる場合には、その対策は実行されないであろう、と想定した。さらに、次の点に留意されたい。

- a. いずれの価格も1993年価格による実質価格で表わし、為替レートも1993年時点における $1\text{US\$} = 100\text{Yen} = 1,750\text{Rial}$ とした。
- b. Bに関する割引率は10%とした。
- c. エネルギー価格については、政策シナリオの1部として、次の2つのシナリオを用意した（詳しくは、第3章を参照されたい）。
 - ・省エネルギー・シナリオ (Energy Conservation Scenario) …… エネルギー価格は1994年から年平均8%（実質）で上昇する。
 - ・省エネルギー促進シナリオ (Accelerated Energy Conservation Scenario) …… エネルギー価格は2000年にそのコストを反映する水準まで上昇し、その後、それを維持する。
- d. 評価は、2000年時点において対策が採られ、即時に効果が出てくる、という前提で行われた。

なお、各産業とも、主に、エネルギー価格は省エネルギー・シナリオ、効果は10年についての結果のみを説明する。

ところで、鉄鋼についての経済評価の結果は、以下の通りである。

第1に、コストがゼロのものを別にしても、“管理の改善”に属する対策の中に、feasibleなものが多い。

第2に、“設備の改造”および“プロセスの取り替え”に属する対策は、省エネルギー促進シナリオにおいても（このシナリオでのエネルギー価格は、省エネ・シナリオに比して、非常に高い）、feasibleなものが殆どない。但し、省エネルギー促進シナリオにおける価格でも、日本を含む多くの国のエネルギー価格に比して、なお、かなり低いことに留意すべきである。

第3に、“管理の改善”に属する対策のなかでも、大きなコスト（35億リアル、53億リアルなど）のかかるものには、feasibleにならないものがある。

2.3 セメント

2.3.1 産業の概要

イランにおけるセメント需要は、1990年代前半は年平均3%程度の伸びを示した、と推定される。セメントの国内生産も、これとほぼ同じ速度で上昇してきた。1995年のセメント生産は1,750万トンに達している。

イランには、1995年現在、15のセメント会社があり、19の工場（グレイ・セメントの工場のみについて）が稼動している。次表にイランのセメント会社とセメント工場を示す。

イランのセメント工場の生産ラインは、その主要な部分（キルン、および、クリンカー・クーラー）によって、次の5つのグループに分けることができる（原料ミル、および、仕上げミルも主要な部分であるが、それらについては、データ、情報が十分には入手できなかった）。

- a. 湿式キルン-プラネタリー・クーラー Tehran CementのNO.1, 2, 3ラインなど5ライン。
- b. 乾式キルン-プラネタリー・クーラー Fars & Khuzestan CementのAbeyek工場、Soufian CementのNO.1, 2, 3など5ライン。
- c. SPキルン-プラネタリー・クーラー Esfahan Cement, Sepahan Cementなど11ライン。
- d. SPキルン-グレート・クーラー Khazar Cement, Kerman Cementなど12ライン。
- e. NSPキルン-グレート・クーラー Ourmia Cement, Khorasan Cementなど4ライン。

Table 3.2.3 Cement Factories in I. R. Iran

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

continued

(2/2)

Company	Factory	Start	Employee	Capacity	Production	Kiln Type	Cooler	Fuel
		Up	-cc	(T/M)	(T/D)	1995 (T/M)		
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	1SP FLS		
11	Gharb Cement Gharb	1977	456	600,000	2,000	502,553 D Humboldt	Planetary	F.O. 100%
12	Xhorasan 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	1SP 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 Fuel 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
CEMBUREAU 1991
Global Cement Report P.96-97
World Cement Apr. 1995 P.47

2.3.2 セメント生産工程とエネルギー消費

セメントの生産工程は、原料加工、焼成、仕上げ、の3つからなる。

このうち、焼成がセメント生産の主工程であり、セメント製造用の燃料の殆ど全て（日本の例で90%以上）はここで消費される。この工程では、原料が焼成されて、半製品のクリンカーとなり、それが冷却されて、仕上げミルに向かう。上の2.3.1のラインのグループ分けで、キルンとクリンカー・クーラーに着目したのは、そのためである。

キルンからの排ガスと熱交換して得られる熱を、原料の予熱に用いるサスペンション・プレヒーター付きキルン（SPキルン）、また、SPとキルンとの間に仮焼炉を組み込んだニュー・サスペンション・キルン（NSPキルン）の登場によって、焼成工程における燃料の消費量は、それまで主流だった湿式、乾式キルンの時代に比して大幅に低下するにいたった。

また、クリンカー・クーラーにおいても、多くの国での現在の主流はグレート・クーラーになっており、プラネタリー・クーラー（あるいは、サテライト・クーラー）との間には、エネルギー効率の点で大きな差がある。

一方、電気は、仕上げ工程で約40%、原料、焼成工程で、夫々約30%が消費されており、工程によるウエイトの差は小さい。

2.3.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策の検討

イランのセメント工場におけるエネルギー消費原単位は、鉄鋼と同様、日本、あるいは、最新の工場のレベルに比べると、かなり高い水準にある。「工場診断」の対象になった Tehran CementのNO.6ライン（SPキルン、グレート・クーラー）の原単位は燃料が880Mcal/t、電気が126kWh/tである。日本の対応する数字は、夫々、720と95であり（1995年）、両者の間には、かなり大きな差がある。因みに、上述の5つのグループのうちの“NSPキルン-グレート・クーラー”グループの原単位は、夫々、950と125と推定される。

イランのセメント産業におけるエネルギー消費原単位が日本のそれに比して高い理由は、工場診断の結果、その他の情報から、次のようなものだ、と考えられる。

まず、操業および保守の管理については、歩留まりが低いこと、工程全体への空気の洩れ込みが大きいこと、など、それが不十分であることを示す事実が多く見出されている。

これは、同じようなプロセスを比較した場合に、原単位に差が出る理由である。

つぎに、機器・設備に関しては、湿式キルン、乾式キルン、プラネタリー・クーラーに見られるように、旧式で、古いものが多く、かつ、規模が小さい、という事実がある。これは、日本とイランのセメント産業全体を比較した場合に、原単位に差が出る理由である。

このような状態を前提に、セメント産業における省エネルギー対策を検討し、その経済評価を行った。鉄鋼と同様、3つに分けて、次表にそれらを示した。

2.3.4 省エネルギー対策の経済評価

経済評価の結果は、大体、鉄鋼と同様のことを示している。

第1に、“管理の改善”に属する対策は、feasibleなものが多い。但し、鉄鋼とは異なり、この種の対策で、コストがゼロのものがリスト・アップされていない。それは、データ、情報の入手可能性の差によるものであり、セメント産業において、そのような対策がありえない、ということを示すものではない。その点で、本調査では、セメント産業における省エネルギー・ポテンシャルは、鉄鋼業のそれに比して、小さ目に推定されているかもしれない。

第2に、“機器・設備の改造”に属する対策は、省エネルギー促進シナリオにおいても、feasibleなものが極めて少ない。例えば、湿式キルンのNSPキルンへの改造、および、乾式キルンのNSPキルンへの改造は、ともに、省エネルギー促進シナリオでも、not feasibleという結果になっている。

Table 3.2.4-1 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 (KJ/y)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)			(M Y)
Improvement of Management									
Capacity-up of EP IDF	Sepahan C.	3,780		284	703	1,741	10	168	feasible
Raw Mill Fan Operation	Sepahan C.		5,400	540	1,339	3,316	43	753	feasible
Draft Control for Whole Process	Sepahan C.	9,451		709	1,758	4,352	6	105	feasible
Renewal of Screen Plate	Sepahan C.		10,000	1,000	2,480	6,140	49	849	feasible
No.6 Kiln Operation	Tehran C.	6,593	14,400	1,934	4,797	11,878	73	1,278	feasible
Operation Improvement	Soufian C.	4,343		326	808	2,000	95	1,663	feasible for 10 Ys.
Air Sealing									
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	3,963	9,811	2,280	39,900	not feasible
	Soufian C.	6,593		494	1,226	3,036	1,323	23,153	not feasible
Vertical Mill for Raw Materials	(300 t/h)		16,000	1,600	3,968	9,824	200	3,500	feasible
Vertical Mill for Clinker	(150 t/h)		12,000	1,200	2,976	7,368	200	3,500	feasible for 10 Ys.
High Efficiency Separator	(100 t/h)		4,000	400	992	2,456	100	1,750	feasible for 10 Ys.
1ry Air Preheating	(3,000 t/d)	3,024		227	562	1,393	70	1,225	feasible for 10 Ys.
Modification of Process									
Wet(No.3 Kiln) to NSP	Tehran C.	42,527		3,190	7,910	19,584	4,550	79,625	not feasible
SP(No.3 Kiln) to NSP	Soufian C.	34,286		2,571	6,377	15,789	5,720	100,100	not feasible
Automatic Operation	(6,000 t/d)	6,048	4,140	868	2,152	5,327	500	8,750	not feasible

Table 3.2.4-2 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	Factory	Benefit		Countermeasure Cost		Economic Evaluation			
		Fuel Oil (kl/y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)		(M ¥)	(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									
Utilizing Kiln Exhaust Gas									
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)
dry 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
- 115 kWh/t * 0.02 * 300 d * 6000 t/d

2.4 板ガラス産業

2.4.1 産業の概要

イランの板ガラス生産は、1990年代の前半、年平均7.5%程度の伸びを記録してきた。1995年の板ガラス生産は23万トン弱である。

現在、板ガラスを生産している工場（会社）は4つである。最大の生産能力を持つのは Ghazvin Glassで、Abguineh Glass、Saveh Jam Glass、Iran Glassと続いている。工場別の生産能力、主要装置などを次表に示す。

Table 3.2.5 Sheet Glass Factories in I. R. IRAN

Company Name	Location	Employee	Start-up Year	Estimated MGS	Process Lines	Production Capacity	Production in 1995	Fuel	Future plan
				(t/d)		(t/y)	(t/y)		
1 Ghazvin Glass	Ghazvin	1,232	1968	95	Roll out	27,700		N. Gas	Float Process
			1970	55	Roll out	16,100		Fuel Oil	
				55	Colburn	10,900			
			1972	150	Colburn	29,700		Fuel Oil	
			1978	230	Colburn	45,600		Fuel Oil	
(Sub-total)				585		130,000	89,381		
2 Abguineh Glass	Ghazvin		1973	100	Glaverbel			N. Gas	Float Process
				45	Roll out			N. Gas	
				20	Roll out				
			1992	230	Colburn			N. Gas	
(Sub-total)				395		98,000	71,614		
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) Liya Glass ?	Liya		(project)				--		Glaverbel to Float
Total				1,285		302,000	227,783		

Source : MOI, Ghazvin Glass, & Saveh Jam Glass

2.4.2 板ガラスの生産工程とエネルギー消費

板ガラスの生産工程は、原料の調合に始まり、溶解・清澄、成型、徐冷、切断の各段階を経て、最終製品にいたる、というものである。板ガラスの生産工程は、成型の工程で、どのようなプロセスが採用されているか、によって、いくつかに分類される。そのプロ

セスとしては、現在、Float法が最先端をいくものであるが、前表の“Process Lines”の欄に見られるように、イランでは、いまだ、このプロセスは採用されていない。板ガラス生産工程では、溶解の段階でのエネルギー消費が圧倒的に大きく、全体の82-85%を占めている。しかも、成型工程のプロセスの差は、溶解工程のエネルギー消費にも差をもたらす。即ち、Float法は、Roll Out法、Colburn法、Glaverbel法などに比して、品質の良いガラスを作り出すばかりでなく、エネルギー消費原単位が低く、大型化が可能であり、また、能力一杯の生産ができる、という利点を持っている。

2.4.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策

「工場診断」の結果によると、Gazvin Glassのエネルギー消費原単位は、1992年から1995年にかけて、変動がかなり大きいが、5,350Mcal/tから7,230Mcal/tの水準で推移した。また、Saveh Jam Glassの1995年の原単位は4,170Mcal/tであった。これに対して、日本における板ガラス産業のエネルギー消費原単位は、3,000Mcal/t以下である。

このような、大きな差が生ずる理由は、工場診断の結果、その他の情報から、次の通りである、と考えられる。

まず、工場の操業・保守の適正な管理という観点からは、製品の歩留まりが低い、という事実を指摘することができる。また、溶解炉における燃焼管理が不十分である、という事実も、重要であろう。

次に、機器・設備、さらには、プロセスについては、上述のようにFloat法が未採用であること、溶解炉の負荷、規模が小さいこと、同じく保温対策が講じられていないこと、などに留意すべきである。

以上のような判断にもとずき、イランの板ガラス産業について、次表にあるような、対策を検討し、その経済評価を行った。

Table 3.2.6 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	as Fuel Oil (KJ/y)	Benefit		Cost		Economic Evaluation
		(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y)	
Improvement of Management						
Improvement of Yield	3614	271	672	1,664	0.0	feasible
Combustion Control	7340	551	1,365	3,380	20.0	350 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	4,410	89.0	1,558 feasible
Heavy Insulation	8505	638	1,582	3,917	813.0	14,228 not feasible
Modification of Regenerator	4782	359	889	2,202	202.8	3,549 not feasible

(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)

E. C. Case

Energy Conservation Potential	as Fuel Oil (KJ/y)	Benefit		Cost		Economic Evaluation
		(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y)	
Improvement of Management						
Improvement of Yield	3614	61	152	504	0.0	feasible
Combustion Control	7340	125	309	1,023	20.0	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	1,335	89.0	1,558 not feasible
Heavy Insulation	8505	145	359	1,185	813.0	14,228 not feasible
Modification of Regenerator	4782	81	202	667	202.8	3,549 not feasible

2.4.4 省エネルギー対策の経済評価

上表を見ると、鉄鋼、セメントと同じように、板ガラスにおいても、“管理の改善”に属する対策には、feasibleなものが多いが、機器、設備の改造を伴うものは、多くがnot feasibleであることがわかる。

表の中の対策は、上述の理由から、主に溶解工程について検討されたものであるが、特に、溶解炉の重保温 (Heavy insulation) やリジェネレーターの改造などは、省エネルギー促進シナリオにおいても not feasibleである。

2.5 繊維産業

2.5.1 産業の概況

イランにおける繊維製品の生産は、全体として見れば、1980年代末から1990年代初めにかけて、年平均5%程度の割合で伸びてきた。

但し、品目別に見ると、その動きには違いがある。化学繊維と紡績糸の生産は、ある程度の変動があるものの、ほぼ横ばいであるのに対して、織布の生産は低下傾向を示している。

イランの繊維工場は、次表に示すように、主要なものだけで117を数える。それらは、生産している製品、あるいは、生産工程から、以下の4つに分けることができる。

- a. 化学繊維工場 3工場
- b. 紡績工場 44工場
- c. 織布工場 58工場
- d. 染色・整理工場 12工場

Table 3.2.7 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		21,850	19,896
			Polyester Tops		2,200	
			Acrylic Fiber		23,500	24,581
			Acrylic Tops		16,520	
2 Parsidan	Khoramabad	1979	Nylon 6		16,000	8,596
3 Aliaf	Tehran	1969	Nylon 6		10,000	11,500
<Weaving-1>						(1000m/Y) (1000m/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 Ettemadieh 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 Bafkar	Tehran	1958	Cot. & Syn.F.	644	28,000	12,500
9 Bafnaz	Esfahan	1950	Cot. & PE. F.	833	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 Bafteh 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.	44	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

Table 3.2.7 Textile Factorles in I. R. IRAN

(2/4)

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 Silkbat 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 Baft	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 Faragior Baft-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) (1,235M m2)	9,000 (1,250) (5,038) (1,851) (423M m2)
43 Mahbat 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.	100	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 3.2.7 Textile Factories in I. R. IRAN

(3/4)

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines		Capacity (/y)	Production in 1995 (/y)
				(R.S.)	(R.O.E.)		
<Spinning-1>							
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.	26,940	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	2,450
22 Gherghereh-ye-Ziba	Tehran	1960	Cot.Syn.Y. & Sp.	35,796		3,500	1,870
23 Gherghere Nakhtab Esfahan	Esfahan	1935	Spool Yarns	14,128		1,900	700
24 Gheytan	Shahroud	1983	Cotton Yarns		1,728	1,200	900
25 Kanaf Esfahan	Esfahan	1971	Cot. & PE. Y.	13,576		2,200	1,500
26 Gotriss	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 3.2.7 Textile Factorles in I. R. IRAN

(4/4)

Factory Name	Location	Estabsh. Year	Products	No. of Machines		Capacity	Production
				(R.S.)	(R.O.E.)	(t/y)	in 1995
<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 Baft Jazeb	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
				(m/y)	(m/y)		
<Dyeing, Printing, Finishing>				(m/y)	(m/y)	(m/y)	(m/y)
1 Aba	Tehran	1982	Finished Fabrics			4,000,000	750,000
2 Akmal	Esfahan	1968	Finished Fabrics			9,000,000	5,000,000
3 Takmil Faraz	Tehran	1978	Finished Fabrics			1,200,000	800,000
4 Tehran Gol	Tehran	1968	Finished Fabrics			12,000,000	5,000,000
5 Golesorkh Printing	Tehran	1963	Finished Fabrics			2,000,000	1,000,000
6 Maddaft Textile	Zanjan	1982	Finished Fabrics			20,000,000	11,000,000
7 Golbaft Industrial Group	Esfahan	1969	Finished Fabrics			10,000,000	6,000,000
8 Golriz	Esfahan	1964	Finished Fabrics			16,800,000	8,700,000
9 Moghaddani	Ghazvin	1959	Finished Fabrics			5,000,000	3,000,000
10 Nakh Rang	Hamadan	1984	Finished Fabrics			15,000,000	9,000,000
11 Naghshin	Yazd	1983	Finished Fabrics			10,000,000	7,000,000
12 Hell	Ghazvin	1973	Finished Fabrics			10,000,000	4,000,000
Total						115,000,000	61,250,000

Source : Association of Iran Textile Industries

2.5.2 繊維製品の生産工程とエネルギー消費

a. 化学繊維

イランの化学繊維3工場のうち、1工場でポリエステル、アクリルが、また、残りの2工場でナイロンが生産されている。

一般的に、化学繊維工場で使われる主なエネルギーは、電動機駆動用および加熱用の電気、加熱用および真空装置などでの蒸気、などである。

・ポリエステル

ポリエステルの主な製造法には、DMT法とTPA法とがある。工場診断を行った Polyacryl Iranの工場では、DMT法が採用されている。

その製造工程は、重合、紡糸、延伸・後処理、の3つに分かれる。エネルギー消費の多いのは、重合工程における加熱および攪拌、紡糸工程における熔融および押し出し、延伸工程における加熱および延伸などである。

・ポリアクリル

ポリアクリルの製造工程は、重合、原液（ポリマーを溶剤中に溶解し、紡糸原液としての均一な溶液を調整する工程）、紡糸、後処理・仕上げ、に分かれる。

エネルギー消費の多いのは、重合工程における攪拌、原液工程における攪拌、移送、加熱、紡糸工程における加熱、などである。

・ナイロン

ナイロンの製造工程は、重合、紡糸、後処理・仕上げ、からなる。

エネルギー消費の多いのは、重合工程における加熱と攪拌、紡糸工程における熔融および押し出し、後処理工程における加熱、延伸などである。

b. 紡績

一般に、紡績には綿紡績（短繊維紡績）と羊毛紡績があるが、ここでは、イランで多数を占める前者について述べる。

原綿および化学繊維から糸を作る短繊維製造工程は、前紡、精紡、巻糸、の3工程からなる。

エネルギー消費の多いのは、精紡工程で、生産用電力のほぼ半分がここで消費される。

精紡の方式には、Open End Spinning と Ring Spinning があり、エネルギー消費の点では、後者の方が勝っている。

また、紡績においては、温度・湿度の管理はきわめて重要であり、各工程に設置された空調装置で多くの電気が消費されている。さらに、糸屑を集めたり、清掃を自動化したりするためにも、電気は消費されている。

c. 織布

織布の工程は、準備工程と製織工程からなる。織物は、経糸と緯糸を互いに直角に交錯させて作られる。従来は、緯糸を通すのに、“ひ” (shuttle) を打ち込む機構が用いられていた。しかし、最近では、“ひ” を打ち込む代わりに、空気、または、水を噴射する“無ひ (shuttle-less) 織機”が登場した。後者は、前者に比して、生産性が高く、エネルギー消費量も小さい。

紡績と同じように、織布の工程でも、温度・湿度の管理は極めて重要であり、空調システムにおいて電気が使われている。

d. 染色・仕上げ

この工程は、準備、染色、仕上げの各段階からなる。

染色・仕上げにおいては、全ての段階で熱と用水が大量に使用される。

2.5.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策の検討

上述のように、繊維工場は多数に上るので、個々の工場の実態について、必ずしも十分なデータ、情報が入手できなかったが、日本における収集データ、情報にもとづく推定の結果をも用いて、以下に、エネルギー消費の現状の分析と、省エネルギー対策の検討を行う。

a. 化学繊維

ポリエステルとポリアクリルを生産している Polyacryl Iran のエネルギー消費原単位は、世界的に見ても、標準的な水準を示している。

同社は20年前に、連続重合、直接紡糸方式の新鋭設備を導入したが、現在でも、これらの設備が十分に効率よく機能していることを、そのエネルギー消費原単位は物語っている。

他方、ナイロン生産のためのエネルギー消費原単位は、日本における推定値の2倍以上の水準にある。

その理由について、具体的な指摘を行うことはむずかしいが、2工場の製造工程のみならず、自家発電装置などの付帯設備についても、“管理”および“機器・設備”の両面で、改善を要する点が多く存在するであろう、と推測される。

b. 紡 績

イランの紡績工場は、精紡工程で、上述のOpen End Spinning (イランではRotor Type) 方式のもの、Ring Spinning 方式のもの、さらに、これら両者を併用しているものの3グループに分けられる。

・Ring Spinning

この方式だけで操業している工場のエネルギー消費原単位は13,900Mcal/t (1995年)と推定される。これに対して、モデル値は8,820Mcal/tと、イランの水準よりも40%近く低いところにある。

・Open End Spinning (Rotor Type)

この方式だけで操業している工場のエネルギー消費原単位は12,560Mcal/t (1995年)と推定される。これに対して、モデル値は7,560Mcal/tと、上と同じくイランの水準よりも40%低い。

このような大きな差が出ている理由について、具体的な指摘を行うことはむずかしいが、機器・設備の運転・保守の管理の面で、改善すべき点が多くあるであろう、と推測される。

c. 織 布

イランの織布工場は、製織工程でShuttle式、Shuttle-less方式、それら両者、を夫々採用している3つのグループに分かれる。

・ Shuttle方式

この方式だけを使用している工場のエネルギー消費原単位は3,690Mcal/km (1995)と推定されている。この方式のエネルギー消費原単位のモデル値は4,970Mcal/kmであるから、イランの水準はモデル値を下回っていることになる。

各工場の操業状況に関するデータ、情報が入手されていないので、このような差が出た理由については、明らかでない。

・ Shuttle-less方式

この方式だけを使用している工場のエネルギー消費原単位は5,850Mcal/km (1995)と推定されている。これに対して、モデル値は3,580Mcal/kmあり、イランの水準はモデル値を大きく上回っている。しかも、本来、この方式の方がShuttle方式よりもエネルギー消費が少ないはずであるが、イランの推定値では、それが逆になっている。

各工場の操業状況に関するデータ、情報が入手されていないので、原単位におけるこのような関係の背景について、具体的に説明することはできないが、この方式の工場の運転効率が低いことは推測される。

d. 染色・仕上げ

この分野におけるエネルギー消費原単位については、比較のためのデータ、情報が必ずしも十分ではない。いま、工場診断を行ったKashan Velvetの染色工程のデータ(1995)にもとずいて、日本の水準との比較を行うと、以下のようになる。

	電気の原単位 (Mwh/1,000 m ²)	燃料の原単位 (Gcal/1,000 m ²)
Khashan	0.59	9.39
日本	0.13	0.94

ここに見られるように、日本の水準に比して電気、燃料とも、イランの方が大幅に高いところにある。

このような差は、温排水の管理、保温状態の点検などに関して、改善の余地がかなり大きいことを物語っている。

以上の現状調査にもとずき、化学繊維、紡績、織布、染色・仕上げ、それぞれについて、次の表に示したような省エネルギー対策を検討し、その経済評価を行った。

Table 3.2.8-1 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Textile Industry

A. E. C. Case
(Natural Gas 123 Rial/Nm³, Fuel Oil 75 Rial/l, Electricity 100 Rial/kwh)
(1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost			Economic Evaluation Note	
		N.G., F.O. (km ³ /y, kl/y)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y)		(M Rial)
Improvement of Management									
Air Ratio for Dowtherm Boiler	Polyacryl Iran	290		36	88	219	0	feasible	NG
Quench Cooling	Polyacryl Iran		2,000	200	496	1,228	20	feasible	NG
Utilization Rate of Gas Turbine	Polyacryl Iran	7,442		915	2,270	5,620	0	feasible	NG
Supply/Waste Water & Aeration	Polyacryl Iran		1,818	182	451	1,116	30	feasible	NG
Optimization of Pump Capacity	Polyacryl Iran		3,000	300	744	1,842	25	feasible	NG
Rational Use of Compressed Air	Polyacryl Iran		3,400	340	843	2,088	30	feasible	NG
Reduction of Pneumatic Waste	Kashan Velvet		375	38	93	230	0	feasible	FO
Stopping of the Return Fan	Kashan Velvet		101	10	25	62	0	feasible	FO
Combustion Air Ratio of Boiler	Kashan Velvet	147		11	27	68	0	feasible	FO
Enhancement of Heat Insulation	Kashan Velvet	238		18	44	110	16	not feasible	FO
Control of Air Compressors	Kashan Velvet		65	7	16	40	0	feasible	FO
Improve't of Oper'n & Maint'nce	Synthetic F. F.	4,295		605	1,500	3,713	50	feasible	NG
Spinning F.		2,586		3,133	7,770	19,237	44	feasible	NG
Weaving F.				3,160	7,837	19,402	250	feasible	NG
Modification of Facility									
Waste Heat Recovery (Acryl P.)	Polyacryl Iran	2,282		281	696	1,723	15	feasible	NG
Exchange of Chiller Pumps	Polyacryl Iran		996	100	247	612	37	not feasible	NG
Waste Heat Recovery	Kashan Velvet								
Condensate Recovery		360		27	67	166	6	feasible for 10 Ys.	FO
from Dyeing Washing water		1,126		84	209	519	40	not feasible	FO
from Diesel Engine		712		53	132	328	50	not feasible	FO
Modification of Facility	Synthetic F. F.	8,590		1,210	3,000	7,427	250	feasible for 10 Ys.	NG
Spinning F.				201	498	1,234	500	not feasible	NG
Weaving F.				170,000	42,160	104,380	300	feasible	NG
Modification of Process									

Table 3.2.8-2 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the 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 /y, 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
Improvement 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		360	6	15	50	6	105	not feasible	FO
Condensate Recovery	Synthetic F. F.	8,590		255	632	2,094	250	4,375	not feasible	NG
Modification of Facility	Weaving F.		170,000	6,919	17,159	56,887	300	5,250	feasible	NG
Modification of Process										

2.5.4 省エネルギー対策の経済評価

これまでに述べてきた鉄鋼、セメント、板ガラスと同じように、工場の“管理の改善”に属する対策は feasible なものが多いが、“機器・設備の改造”に属するものには、not feasible なものが見かけられる。

2.6 砂糖

2.6.1 産業の概要

イランの砂糖需要は、1990年前半に年平均7.5%程度の伸びを記録した、と推定される。これに対して、砂糖の生産は10%を上回る伸びを示している。イランにおける砂糖生産量は1995年に100万トンの水準に達した。

1995年現在、イランには、製糖工場が41あるが、使用原料などによって、次の4つのグループに分けることができる。

- a. ビート（甜菜）を原料とする工場 …………… 31工場
- b. 甘しゅ（砂糖きび）を原料とする工場 …………… 2工場
- c. 輸入原糖を精製する工場 …………… 4工場
- d. 上記a.とc.を兼業する工場 …………… 4工場

1995年の砂糖生産量100万トンの内訳は、ビート糖67万2,000トン、甘しゅ糖18万7,000トン、精製糖14万1,000トンである。Table 3.2.9に製糖工場の設備、生産能力などを示す。

Table 3.2.9 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	Broudjerd, Lorestan	1968	1,500		15,396	F. Oil
19	*Shazand Sugar	Shazand, Arak	1938	600	50	7,460	F. Oil
20	Ghazvin Sugar	Ghazvin, Zandjan	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	Kerman	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.

2.6.2 砂糖の生産工程とエネルギー消費

ビート糖の製造工程は、原料調整、滲出（原料から糖分をしみ出させること）、清浄、濃縮、結晶化、分離、乾燥・仕上げ、からなる。

甘しゅ糖の製造工程も、基本的には、これと同じ工程からなっている。違う点は、まず、原料が異なるため、上記の“滲出”の工程に“圧搾”という方法が用いられることである。但し、一般には、“滲出”法が用いられている甘しゅ糖工場もある。次は、イランの甘しゅ糖工場では、原料調整から仕上げまでの工程を経て、出てきた原糖（crude sugar）を改めて溶かし、それを濃縮、結晶化の工程に投入して、最終製品を作り出すことである。なお、東南アジアの諸国のように、“耕地白糖”と称して、後半の工程は経ずに、前半の工程で漂白を行い、最終製品とする方法もある。

最後に、精製専門工場の工程は、外部から供給を受けた原糖を、上に述べた甘しゅ糖の製造工程の後半部分を経て、最終製品にするものである。

ビート糖の製造工程では、濃縮と結晶化のために大量の熱エネルギーが消費される。この2つの工程をあわせると、熱エネルギー消費は全体の半分以上を超える。また、滲出工程から出てくる“パルプ”を圧縮、乾燥するためにも、多くのエネルギーが使われる（家畜の飼料などに供給する）。また、電気は主に遠心分離機、スライサー（原料の）などで使われる。

甘しゅ糖の製造工程でも、上記の2工程で大量の熱エネルギーが使われる。原糖工程と精製工程との熱エネルギー消費の割合は、原糖75%、精製25%といわれている。また、電気は主に遠心分離器、圧搾機などで使われる。

2.6.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策の検討

a. ビート糖

イランのビート糖工場のエネルギー消費原単位は7,800Mcal/t-product（1995年）と推定されている。これに対して、日本のそれは5,060Mcal/tであり、イランの水準は日本の1.5倍である。

次に、イランの甘しゅ糖工場のエネルギー消費原単位は9,500Mcal/t（1995年）と推定されている。これは、標準的な甘しゅ糖工場のそれ（5,100Mcal/t）に比して1.9倍

に当たる。

さらに、イランの精製工場の原単位は4,240Mcal/t (1995年) と推定されているが、日本の精製糖工場の平均値である1,200Mcal/tの3.5倍である。

このように、イランの製糖工場の原単位と日本の工場、あるいは、標準的な工場のそれとの間に大きな差が出てくる理由は、工場診断の結果、その他の情報から、次のようなものだと考えられる。

まず、“管理”については、原料の保存期間の長さから来る歩留まりの低さ、蒸気パイプなどの不十分な保温、などに見られるように、改善を要する点が多くある。

次に、“機器・設備”については、結晶缶に攪拌機が設置されていないこと、清澄用にイオン交換樹脂が利用されていないこと（濃縮缶の効率に係わる）、自動制御装置が少ないこと、などを指摘することができる。

さらに、工程について見ると、イランでは、コーン・シュガー（砂糖を数十センチの円錐状に固めたもの）が重要な製品であるところから、それを作るための工程でエネルギーを必要とする、という不利な点もある。

以上のような現状の分析にもとずき、次の表に示した対策を検討し、その経済評価を行った。

2.6.4 省エネルギー対策の経済評価

砂糖製造についても、これまで採り上げてきた4つの産業と同様に、“管理の改善”に属する対策は多くのものがfeasibleとなっている。

反面、“機器・設備の改造”に属するものには、not feasibleのものが多い。省エネルギー促進シナリオにおいてさえも、これらの対策は多くがnot feasibleである。

Table 3.2.10-1 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Sugar 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	Factory	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation Note		
		Natural Gas (km ³ /y)	Electricity (MWh/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		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	1	4	9	0	0	feasible
Improvement of Management	All Sugar F.	58,600	2,080	7,416	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	All Sugar F.	23,300	-550	2,811	6,971	17,259	760	13,300	feasible for 10 Ys.
Heat Recovery									
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 3.2.10-2 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 (Nm ³ /Y)	Electricity (MWh/Y)	for 3 years (M Rial/Y)	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									

2.7 植物油

2.7.1 産業の概要

イランの植物油の需要は、1990年代前半に年平均10%程度の速度で上昇し、1995年には約78万トンに達した、と推定される。

イランで消費されている植物油は、その90-95%が、輸入された原料油から精製されたものである。国内産の原料から精製されるのは残りの5-10%にすぎない。

さらに、生産量の90-95%は、硬化油タイプのもの（マーガリンなど）であり、液状のものは5-10%にすぎない（サンフラワー油、オリーブ油など）。

要するに、イランで使われている植物油は、大部分が輸入された原料油を精製することによって作られた硬化油タイプのものである。そこで、以下の記述も、それを主に対象とする。

次表に、イランの植物油工場の生産量、生産能力などを示す。

Table 3.2.11 Vegetable Oil Factories in I. R. IRAN

Company	Location	Start up	Employee (1981)	Capacity (t/y)	Production (1995) (t/y)	Fuel	Share
1 Behshahr	Tehran	1953		227,500	243,475	NG/Gas Oil	31 %
2 Pars	Tehran		1012	140,000	112,106	N. Gas	14.4%
3 Shiraz Vegetable Oil	Shiraz	1969	966	140,000	80,151	N. Gas	10.3%
4 Jahaan Vegetable Oil	Karadj	1956	417	70,000	67,421	Gas Oil	9.3%
5 Margarin	Tehran	1960	647	140,000	60,121	N. Gas	
6 Naab	Tehran	1963	131	35,000	40,600	Gas Oil	
7 Golnaz	Kernian	1989		37,500	37,892	G.O/F.O	
8 Kesht Va Sanat	Sari			35,000	34,261		
9 Naz-Esfahan	Esfahan			35,000	30,649		
10 Fazle Neishaboer	Neishaboer		195	17,500	20,055		
11 Etko Co (Processing oil)	Varamin		245	35,000	16,724		
	Shar Ray				15,931		
12 Gorgan Center Cotton	Kordkooy		157	5,250	6,869		
13 Ganje Roodbar	Roodbar	1959		(30T/D)	5,863	Fuel Oil	(Olive oil)
14 Shokufeh Oil Industry	Babol		182	11,900	3,195		
15 Tehran Golnaab	Arak	1995-96		3,000	0		
(Sub-total)				932,650	775,313		

Source : Oil Seed Research & Development Co.

2.7.2 植物油の生産工程とエネルギー消費

輸入原料油から硬化油を製造する工程は次の通りである。

原料油は、特有の臭気成分の他に、リン脂質、遊離脂肪酸、微量金属、色素などを含んでいる。そこで、有用成分を極力残しつつ、これらの不要成分を取り除くのが精製の工程である。そして、この工程は、脱ガム（リン脂質）、脱酸、脱色、脱蠟、水素添加（硬化のため）、脱臭、などからなる。

2.7.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策の検討

イランにおける植物油工場のエネルギー消費原単位は日本の水準を大きく上回っている。精製工程の熱エネルギーの原単位は日本の値の3.6倍と推定されている。他方、電気の原単位はほぼ日本と同じ水準である。

熱エネルギーの原単位において、このような大きな差があるのは、他の産業と同様、“管理”および“機器・設備”の両面で、問題点があることを物語っている。工場診断の結果を参考にすると、具体的には、処理油からの熱回収の不十分さ、真空装置の性能と運転の問題、さらには、保温の不十分さ、などが指摘される。

以上のような現状の把握にもとずいて、植物油工場における省エネルギー対策を検討し、その経済評価を行った。その結果を次の表に示す。

2.7.4 省エネルギー対策の経済評価

上述の各産業と同じように、この産業でも、“機器・設備の改造”に属する対策は、経済的に見て、実施が困難である、という結果が出ている。しかも、省エネルギー促進シナリオにおいても、それらの対策は全て not feasible となっている。

また、“管理の改善”に属する対策についても、feasibleなものが相対的に少ないようである。

言うまでもなく、各産業について、同じレベルで、諸々の対策を検討することは、データ、情報の制約から、極めてむずかしい。従って、このような結果は、この産業での対策の実施の、相対的な困難さを必ずしも示しているわけではない、と考えた方がよいかもしれない。

Table 3.2.12-1 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Vegetable Oil Industry
 (Natural Gas 123 Rial/Nm³, Fuel Oil 75 Rial/t, Electricity 100 Rial/kwh)
 A. E. C. Case
 (1,750 Rial/US\$)

Energy Conservation Potential	Factory	Benefit			Countermeasure Cost		Economic Evaluation	Note	
		Natural Gas (1,000m ³ /y)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)			(M ¥)
Improvement of Management									
Adjustment of Vacuum Degree	Behshahr Ind.	5,534		681	1,688	4,179	0	0	feasible
Ejector Steam Pressure									
CW Temp. for B. Condenser	All Veg. Oil F.	13,193		1,623	4,024	9,964	0	0	feasible
Boiler Combustion Control	Behshahr Ind.	1,342		165	409	1,014	30	525	feasible for 10 Ys.
	All Veg. Oil F.	3,174		390	968	2,397	120	2,100	feasible for 10 Ys.
Modification of Facility									
Heat Insulation of Steam V & F	Behshahr Ind.	266		33	81	201	19	333	not feasible
	All Veg. Oil F.	629		77	192	475	76	1,350	not feasible
Recovery of Exhaust Gas Heat from Diesel Generator	Behshahr Ind.	798		98	243	603	50	875	not feasible
	All Veg. Oil F.	944		116	288	713	250	4,375	not feasible
Modification of Process									

Table 3.2.12-2 Economic Evaluation of Measures for Energy Conservation in the Vegetable Oil 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 (1,000m ³ /y)	Electricity (MWh/y)	(M Rial/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)			(M ¥)
Improvement of Management Adjustment of Vacuum Degree Ejector Steam Pressure CW Temp. for B. Condenser	Behshahr Ind.	5,534		124	307	1,019	0	0	feasible
	All Veg. Oil F.	13,193		296	733	2,430	0	0	feasible
	Behshahr Ind.	1,342		30	75	247	30	525	not feasible
	All Veg. Oil F.	3,174		71	176	585	120	2,100	not feasible
Modification of Facility									
Modification of Process									

2.8 石油精製

2.8.1 産業の概要

イランにおける石油製品の生産は、1990年の4,780万klから1994年の7,040万klへと増大した。

イランには、製油所が8つあるが、それらは、次のように4つに分類される。

- a. 石油製品の輸出を目的に、ペルシャ湾沿岸に建設されたAbadanおよびLavanの両製油所
- b. 1960年代後半からの国内の石油製品需要増を賄うために、建設されたTehran、Kermanshar、Shirazの3製油所
- c. 同じく内需向けに計画され、NIOCが自力で建設したTabriz、Esfahanの両製油所
- d. イ・イ戦争後、日系企業によって建設された、または、建設中のArak、Bandar Abbassの両製油所

次表に製油所の生産量、生産能力などを示す。

2.8.2 石油製品の生産工程とエネルギー消費

石油精製とは、原油を構成する各種の炭化水素を処理して、燃料、その他の有用な製品に作り上げるプロセスである。このプロセスは、分離（蒸留）、転換（分解）、再構成（改質）、および、仕上げ（処理）、の4つのプロセスからなる。

夫々のプロセスが消費するエネルギーは、製油所のタイプによって、大きく異なる。1960年代末におけるシェル・グループの製油所では、原油の蒸留に使われるエネルギーは、ある製油所では25%であるのに対して、別の製油所では80%であった。また、1990年代初のアメリカの議会技術評価局の調査によると、アメリカの石油精製業では、蒸留に全体の23%のエネルギーを使っている、という。

イランでは、上記のKermansharやLavanなど、原油蒸留装置の他に何ら装置がない製油所が見受けられる。その他の製油所でも、分解や改質の比重は大きくない。それゆえ、全体としても、蒸留工程でのエネルギー消費の割合がかなり大きい、と推測される。

Table 3.2.13 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

石油精製に投入されるエネルギーのうち、燃料 … 通常は、製油所で発生する液体、ガス体、および、固体の燃料が用いられる … の占める割合は、いくつかの文献によると、1 - 10%である。その55 - 70%が加熱炉で消費され、蒸留、分解、その他の工程のためのプロセス・ヒートを作り出す。また、25 - 45%程度が、自家発電を含む所内の設備・機器向けの蒸気発生用に消費されている。

このようにして燃料から発生するエネルギーの、半分、あるいは、それ以上は、精製工程の最後の段階での製品の冷却において使われる（製品冷却による損失）。従って、一般的には、熱回収の方法を改善、強化して、このような熱損失をできる限り減らすことが、極めて重要である。

2.8.3 エネルギー消費の現状と省エネルギー対策

工場診断を行ったTehran製油所のデータ、情報に基づいて推定すると、イランの製油所では、原油処理量の約8%のエネルギーが消費されている。この割合は、日本の製油所の1.6倍である。Teheran製油所以外の製油所については、十分なデータ、情報が入手できなかったが、もしイランの全製油所についての、この推定値が現実に近いとすると、日本の製油所の工程においては、分解、改質、などのウエイトがイランよりもかなり高いことから推測して、イランの製油所では、省エネルギーの余地が極めて大きいことを物語っている、といえよう。

具体的には、加熱炉およびボイラーの燃焼の管理、熱交換器の操業・保守、タンク・配管の保温、廃熱の回収、などの点に、問題がある、と推測される。

これらの現状の把握のもとずき、省エネルギー対策を検討し、その経済評価を行った。その結果を次の表に示す。

Table 3.2.14-1 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	Refinery	Benefit				Countermeasure Cost		Economic Evaluation	
		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									
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 Cutting	Tehran R.		899	90	223	552	3	53	feasible
Turning off Unnecessary Lights	Tehran R.		91	9	23	56	0	0	feasible
Modification of Facility									
Reheating F. inside Refractory	Tehran R.	558		40	100	248	20	350	not feasible
Preheating of Combustion Air for Reheating Furnace for Boiler	Tehran R.	27,053		2,029	5,032	12,458	1,795	31,413	not feasible
Heat Recovery from the Cooler	Tehran R.	21,177		1,588	3,939	9,752	1,649	28,858	not feasible
Exchange of Pump Motors	Tehran R.	1,781		134	331	820	62	1,085	not feasible
	Tehran R.		15	2	4	9	1	12	not feasible
Modification of Process									

Table 3.2.14-2 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/y)	Electricity (MWh/y)	for 3 years (M Rial)	for 10 years (M Rial)	(M Y) (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.		37	91	301	3 53 feasible
Turning off Unnecessary Lights	Tehran R.		4	9	31	0 0 feasible
Modification of Facility						

2.8.4 省エネルギー対策の経済評価

“管理の改善”に属する対策は、多くのものがfeasibleと推定されている。しかし、“機器・設備の改造”に属するものは、少なくとも、この表にリストアップされたものについては、全てnot feasibleである。

2.9 経済評価の結論

以上では、主に省エネルギー・シナリオにもとずいて、6つの産業における省エネルギー対策の経済評価を行った。要約すると、省エネルギー促進シナリオにおいても、イランのエネルギー価格は、日本を含む多くの国の水準に比して、なおかなり低いところにあるので、投資を伴う対策は経済的に見て正当化されないものが多い。そこで、当面は、“管理の改善”による対策を中心に省エネルギーの努力を進めていくことになろう。後述するように、“管理の改善”によって、10%程度の省エネルギーが可能である、と推定される。

評価の結論をより具体的にのべると、次の通りである。

第1に、各産業とも、“管理の改善”に属する対策については、feasibleなものがかかなり多く見出された。

第2に、同じく、“機器・設備の改造”ならびに“プロセスの取り替え”に属する対策については、多くのものがnot feasibleである。

第3に、少なくとも一部の産業では、“管理の改善”に属する対策の中にも、not feasibleなものが散見された。

なお、エネルギー価格については、次のことにも留意しておく必要がある。

省エネルギー・シナリオでは、今後、2005年までの間、年平均8%という実質価格でのエネルギー価格の上昇を想定している（このような価格が、日本を含む多くの国に比して、なお、大幅に低いことは、上述の通りである）。しかし、1995年以來のエネルギー価格と物価の上昇率を見ると、前者は実質的に低下していること、さらに、今後も、少なくとも数年間は、エネルギー価格を上回る物価上昇が予想されること、から考えると、経済評価に耐えて、実際にfeasibleとされる対策は、このシナリオのもとで予想されるものよりも、かなり少なくなるかもしれない。