

国際協力事業団  
マレーシア国  
電力ガス供給局  
エネルギー通信郵政省

No. 5

マレーシア国  
省エネルギー促進計画調査  
最終報告書  
(本編)

JICA LIBRARY



J1148931 [7]

平成11年3月

テクノコンサルタンツ株式会社  
三菱化学エンジニアリング株式会社

鉦調資

JR

99-089







国際協力事業団  
マレーシア国  
電力ガス供給局  
エネルギー通信郵政省

マレーシア国  
省エネルギー促進計画調査  
最終報告書  
(本 編)

平成11年3月

テクノコンサルタンツ株式会社  
三菱化学エンジニアリング株式会社

## 序 文

日本国政府は、マレーシア国の要請に基づき、同国の省エネルギー促進計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成10年2月から平成11年2月までの間、4回にわたりテクノコンサルタンツ株式会社の橋本章則氏を団長とし、テクノコンサルタンツ株式会社及び三菱化学エンジニアリング株式会社の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団はマレーシア国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係者各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成11年3月

藤田公郎

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎

1999年3月

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎 殿

## 伝達状

拝啓

ここにマレーシア国省エネルギー促進計画調査の最終報告書を提出致します。本報告書は、貴事業団との契約に基づいて、1998年1月から1999年3月までの期間に、テクノコンサルタンツ株式会社及び三菱化学エンジニアリング株式会社が実施致しました調査の結果を取りまとめたものです。

本報告書の内容は政策調査及び技術的調査によって構成されます。前者はマレーシア国の省エネルギー促進に係わる法律及び制度を分析し、民生及び工業部門において有効であると考えられる促進計画を提言したものです。また、後者は民生及び工業部門に属する6ヶ所の施設を対象にエネルギー診断を実施し、省エネルギー促進に係わる提言を行なったものです。

ここで、本報告書の作成に当たって協力戴いた貴事業団及び外務省、通産省、在マレーシア日本国大使館に対し心から感謝申し上げます。また、マレーシア国において協力戴いた関係者すべて、特に電力ガス供給局、エネルギー通信郵政省、および選定された6施設（ミンコートピスタ・ホテル、バンドルウタマ・シティーコーポレーション社、セレンバン病院、アソシエイテッド・パンマレーシア・セメント社、セントラル・シュガー社、アムスチール・ミル社）のご好意並びにご協力に深く感謝致する次第です。

最後に、本報告書がマレーシア国における省エネルギー促進の一助になるよう念じて止みません。

敬具

橋本章則

団長 橋本章則

マレーシア国省エネルギー促進計画調査





## 目次

第1章	緒言	1-1
第2章	調査の背景と目的	2-1
2-1	調査の背景	2-1
2-2	調査の目的	2-1
第3章	調査の手順と成果	3-1
3-1	調査の手順	3-1
3-2	調査の成果	3-2
第4章	結論と提言の総括	4-1
4-1	省エネルギー促進政策と制度に関する提言	4-1
4-2	省エネルギー促進活動	4-4
4-3	診断施設・工場への提言	4-6
第5章	エネルギー事情	5-1
5-1	世界のエネルギー事情	5-1
5-2	マレーシア国のエネルギー事情	5-8
第6章	省エネルギー政策と計画	6-1
6-1	省エネルギー政策及び制度	6-1
6-2	エネルギー管理者育成及びPTMの省エネルギー促進部門 に関わる計画	6-16
6-3	省エネルギー促進計画と提言	6-32
Appendix 6 Law Concerning Rational Use of Energy (Japan)		
第7章	省エネルギー促進基準及びガイドライン	7-1
7-1	省エネルギー基準	7-1
7-2	省エネルギーガイドライン	7-21
Appendix 7 Co-generation and Ice Storage System in Malaysia		

第8章	エネルギー診断概要 .....	8-1
8-1	モデル施設及び工場の選定 .....	8-1
8-2	エネルギー診断の概要 .....	8-2

第9章	ホテル.....	9-1
9-1	ホテルの概要 .....	9-1
9-2	エネルギー診断の概要 .....	9-13
9-3	エネルギー診断スケジュール .....	9-14
9-4	測定項目・測定個所・測定機器 .....	9-15
9-5	測定結果 .....	9-22
9-6	エネルギー診断結果 .....	9-66
9-7	省エネルギー対策 .....	9-71
9-8	省エネルギーポテンシャル.....	9-80
9-9	省エネルギー対策のコスト .....	9-82
9-10	省エネルギー対策の便益 .....	9-83
9-11	省エネルギー対策の財務分析.....	9-85
9-12	省エネルギーのための提言 .....	9-91

#### Appendix 9 Schedule of Specification of the Facilities and Equipment in the Hotel

第10章	商業施設 .....	10-1
10-1	ショッピングセンターの特色 .....	10-1
10-2	商業施設調査の概要 .....	10-1
10-3	営業 .....	10-9
10-4	エネルギー消費状況 .....	10-10
10-5	主なエネルギー消費施設 .....	10-10
10-6	エネルギー管理と省エネルギー活動についての現状 .....	10-19
10-7	エネルギー診断 .....	10-20
10-8	測定結果.....	10-27
10-9	省エネルギーチェックリスト.....	10-54
10-10	エネルギー診断結果 .....	10-57
10-11	ショッピングセンターにおける総エネルギーバランス.....	10-60
10-12	省エネルギー対策.....	10-62
10-13	省エネルギー対策の技術選定.....	10-65
10-14	省エネルギーポテンシャル.....	10-68
10-15	省エネルギー対策のコスト.....	10-69

10-16	省エネルギー対策の便益.....	10-70
10-17	省エネルギー対策の財務分析 .....	10-73
10-18	省エネルギーのための提言.....	10-77
第 11 章	病院 .....	11-1
11-1	病院の特色 .....	11-1
11-2	エネルギー診断スケジュール .....	11-13
11-3	測定項目・測定個所・測定機器 .....	11-16
11-4	測定結果 .....	11-20
11-5	エネルギー診断結果 .....	11-29
11-6	省エネルギー対策 .....	11-50
11-7	省エネルギー対策の技術選定 .....	11-59
11-8	省エネルギー対策のコスト.....	11-61
11-9	省エネルギーポテンシャル .....	11-62
11-10	省エネルギー効果 .....	11-65
11-11	省エネルギー対策の便益.....	11-66
11-12	省エネルギー対策の財務分析.....	11-67
11-13	省エネルギーのための提言.....	11-73
第 12 章	セメント.....	12-1
12-1	セメント産業の特徴 .....	12-1
12-2	工場・設備・操業の概要 .....	12-2
12-3	運転稼動状況 .....	12-18
12-4	エネルギー使用量・原単位の推移 .....	12-25
12-5	エネルギー管理と省エネルギー活動についての現状 .....	12-27
12-6	設備の現状と問題点 .....	12-29
12-7	エネルギー診断の方法 .....	12-31
12-8	測定.....	12-38
12-9	測定結果 .....	12-43
12-10	工場のエネルギー・フロー .....	12-74
12-11	省エネルギー対策.....	12-90
12-12	省エネルギー対策の技術選定.....	12-97
12-13	省エネルギー対策のコスト.....	12-99
12-14	省エネルギーポテンシャル.....	12-100
12-15	省エネルギー効果.....	12-102

12-16	省エネルギー対策の便益.....	12-103
12-17	省エネルギー対策の財務分析.....	12-104
12-18	省エネルギーのための提言.....	12-109
<b>第 13 章</b>	<b>食品工業</b> .....	<b>13-1</b>
13-1	食品工業エネルギー診断の概要 .....	13-1
13-2	精糖工場の特徴 .....	13-1
13-3	工場・設備・操業の概要 .....	13-1
13-4	運転稼動状況 .....	13-9
13-5	生産量・エネルギー消費量 .....	13-9
13-6	エネルギー管理と省エネルギー活動についての現状 .....	13-12
13-7	設備の現状と問題点 .....	13-13
13-8	エネルギー診断の方法.....	13-21
13-9	測定 .....	13-34
13-10	測定結果 .....	13-41
13-11	工場のエネルギーの流れとエネルギーの主要消費設備.....	13-61
13-12	省エネルギー対策.....	13-67
13-13	省エネルギー対策のコスト.....	13-75
13-14	省エネルギーポテンシャル.....	13-77
13-15	省エネルギー対策の便益.....	13-78
13-16	省エネルギー対策の財務分析.....	13-79
13-17	省エネルギーのための提言.....	13-83
<b>第 14 章</b>	<b>鉄 鋼</b> .....	<b>14-1</b>
14-1	ミニミル鉄鋼の特徴.....	14-1
14-2	鉄鋼の概要.....	14-2
14-3	製鋼工場.....	14-10
14-4	圧延工場 .....	14-19
14-5	エネルギー管理と省エネルギー活動についての現状.....	14-32
14-6	設備の現状と問題点.....	14-34
14-7	エネルギー診断の方法 .....	14-35
14-8	測定 .....	14-43
14-9	測定結果 .....	14-47
14-10	工場のエネルギーの流れとエネルギーの主要消費設備.....	14-82
14-11	省エネルギー対策.....	14-85

14-12	省エネルギー対策の技術選定.....	14-89
14-13	省エネルギー対策のコスト.....	14-90
14-14	省エネルギーポテンシャル.....	14-91
14-15	省エネルギー効果 .....	14-92
14-16	省エネルギー対策の便益 .....	14-93
14-17	省エネルギー対策の財務分析 .....	14-96
14-18	省エネルギーのための提言 .....	14-100
Annex 1	熱精算計算書（5項目） .....	14-103
Annex 2	炉体からの熱放散 .....	14-110
Annex 3	蓄熱バーナシステム導入による省エネルギー量の計算 .....	14-114
第 15 章	6 サブセクターにおける省エネルギー・ポテンシャル .....	15-1
15-1	推算方法.....	15-1
15-2	ホテルの省エネルギー・ポテンシャル.....	15-3
15-3	複合商業施設の省エネルギー・ポテンシャル.....	15-9
15-4	病院の省エネルギー・ポテンシャル .....	15-14
15-5	セメント工業の省エネルギー・ポテンシャル.....	15-17
15-6	食品工業の省エネルギー・ポテンシャル.....	15-26
15-7	鉄鋼工業の省エネルギー・ポテンシャル .....	15-28
Appendix 15	Questionnaire Forms for Energy Consumption .....	15-A-1

## 表リスト

Table 5-1	Total Primary Energy Supply in the World.....	5- 1
Table 5-2	Total Final Energy Consumption in the World.....	5- 2
Table 5-3	TPES and GDP Growth Rate.....	5- 3
Table 5-4	Energy Intensity.....	5- 4
Table 5-5	Per Capita Energy Demand.....	5- 5
Table 5-6	Total Primary Energy Supply in 1995.....	5- 6
Table 5-7	Total Final Energy Consumption by Sector in 1985/1995.....	5- 7
Table 5-8	Mid-year Population by State, Malaysia.....	5- 9
Table 5-9	Economic Indicators.....	5-10
Table 5-10	Remaining Recoverable Reserves of Oil.....	5-10
Table 5-11	Crude Oil Production.....	5-11
Table 5-12	Oil Refinery Licensed Capacity.....	5-12
Table 5-13	Remaining Recoverable Reserves of Gas.....	5-12
Table 5-14	Natural Gas Production.....	5-13
Table 5-15	Coal Reserves.....	5-15
Table 5-16	Hydroelectric Power Potential.....	5-15
Table 5-17	Hydroelectric Power Generation in 1996.....	5-16
Table 5-18	Generation Mix of Major Three Electricity Supply Companies in 1996..	5-17
Table 5-19	Commercial Energy Supply by Source.....	5-18
Table 5-20	Selected Economic and Energy Indicators (1990-1996).....	5-19
Table 5-21	Final Energy Use by Type of Energy, 1980-1996.....	5-20
Table 5-22	Final Energy Use by Sector, 1980-1996.....	5-21
Table 5-23	Tenaga Nasional Berhad Tariff Rate (Effective since May 1 1997).....	5-23
Table 5-24	Comparison of Electricity Prices.....	5-24
Table 6-1	Preliminary List of Appliances to Meet Standards.....	6- 7
Table 6-2	Preliminary List of Appliances to be Labeled.....	6- 7
Table 6-3	Financial Assistance for Rational Use of Energy in Japan.....	6-14
Table 6-4	Comparison of Electricity Prices.....	6-15
Table 6-5	Content.....	6-20
Table 6-6	International Comparison of Measures for Promotion of Energy Efficiency.....	6-33
Table 6-7	Recommendations on the Promotion of Energy Efficiency.....	6-36
Table 6-8	Plan for Promotion of Energy Efficiency.....	6-53
Table 6-9	Priority of Measures for Promotion of Energy Efficiency.....	6-54
Table 7-1	International Comparison of Energy Standards.....	7- 3

Table 7-2	Lighting Intensity.....	7- 5
Table 7-3	Room Environment .....	7- 6
Table 7-4	Standards of Electricity Load.....	7- 6
Table 7-5	Standard Value for Energy Efficiency in the New Buildings .....	7- 9
Table 7-6	Typical Air-ratio Standards of Boilers. ....	7-10
Table 7-7	Standard Air Ratio Figures for Furnaces.....	7-11
Table 7-8	Management Standards of Heating, Cooling and Heat Transfer Systems .....	7-12
Table 7-9	Prevention of Heat Loss Due to Radiation and Transmission.....	7-12
Table 7-10	Surface Temperature Standards of Furnace Wall.....	7-12
Table 7-11	Standard Temperatures of Boiler Exhaust Gas.....	7-13
Table 7-12	Standard Waste Heat Recovery Ratios of Furnaces .....	7-14
Table 7-13	Rationalization of Systems to Convert Heat into Motive Power.....	7-15
Table 7-14	Prevention of Electric Power Loss Due to Resistance and Other Factors.....	7-15
Table 7-15	Energy Standard.....	7-16
Table 7-16	Maintenance and Inspection .....	7-16
Table 7-17	Target Air Ratios for Boilers .....	7-17
Table 7-18	Target Air Ratios for Industrial Furnaces.....	7-17
Table 7-19	Improvement of Facilities .....	7-18
Table 7-20	Targeted Temperatures of Furnace Outer Surface .....	7-19
Table 7-21	Improvement of Facilities.....	7-19
Table 7-22	Targeted Flue Gas Temperature of Boilers.....	7-20
Table 7-23	Targeted Waste Heat Recovery Ratios of Industrial Furnaces .....	7-20
Table 7-24	Improvement of Power Plant .....	7-21
Table 7-25	General Guidelines for Promotion of Energy Efficiency in Commercial Sector .....	7-23
Table 7-26	General Guidelines for Promotion of Energy Efficiency in Industrial Sector.....	7-27
Table 8-1	Fourteen Entities as the Candidates for Energy Audits.....	8- 1
Table 8-2	Entities to be Audited.....	8- 2
Table 8-3(1)	List of Equipment for Measurement Used in Each Entity.....	8-10
Table 8-3(2)	List of Equipment for Measurement Used in Each Entity.....	8-11
Table 8-3(3)	List of Equipment for Measurement Used in Each Entity.....	8-12
Table 8-3(4)	List of Equipment for Measurement Used in Each Entity.....	8-13
Table 8-3(5)	List of Equipment for Measurement Used in Each Entity.....	8-14
Table 8-4	General Questionnaire .....	8-17
Table 8-5	Individual Questionnaire of Commercial Sector .....	8-21

Table 8-6	Individual Questionnaire of Industrial Sector .....	8-22
Table 8-7	Trends of Unit Consumption of Energy in the Commercial Sector .....	8-25
Table 9-1	Major Services.....	9- 6
Table 9-2	Staff for Operation and Maintenance.....	9- 7
Table 9-3	Energy and Repair & Maintenance Costs.....	9- 8
Table 9-4(1)	Detailed Schedule for Measurement (Hotel).....	9-17
Table 9-4(2)	Detailed Schedule for Measurement (Hotel).....	9-18
Table 9-5(1)	Outline of Measurements for Energy Audit (Hotel).....	9-19
Table 9-5(2)	Outline of Measurements for Energy Audit (Hotel).....	9-20
Table 9-5(3)	Outline of Measurements for Energy Audit (Hotel).....	9-21
Table 9-6	Power Receiving.....	9-28
Table 9-7	1.5MVA Transformer No.1.....	9-33
Table 9-8	1.5MVA Transformer No.2.....	9-35
Table 9-9	Normal Riser N1.....	9-37
Table 9-10	Normal Riser N2.....	9-39
Table 9-11	Normal Riser N3.....	9-41
Table 9-12	Chiller No.1, No.2.....	9-43
Table 9-13	Chiller No.3.....	9-45
Table 9-14	Passenger Lift.....	9-47
Table 9-15	Service Lift.....	9-49
Table 9-16(1)	Distribution Board.....	9-51
Table 9-16(2)	Distribution Board.....	9-52
Table 9-17	Temperature and Relative Humidity, CO-CO <sub>2</sub> in Rooms and Atmosphere .....	9-64
Table 9-18	Temperature Trend Data of Office, Room and Atmosphere .....	9-65
Table 9-19	Trends in Annual Energy Consumption and Costs.....	9-66
Table 9-20	Energy Flowchart of the Hotel .....	9-68
Table 9-21	New Operational Scheme of Chiller No. 3 .....	9-72
Table 9-22	Lift Specification.....	9-74
Table 9-23	Performance Comparison of Power Supply Control System.....	9-75
Table 9-24	Method of Variable Type Air Flow Control.....	9-77
Table 9-25	Energy Efficiency Improvements.....	9-81
Table 9-26	Estimation of Benefit from the "Ice Storage System" Measure .....	9-83
Table 9-27	Estimation of Benefit from the "VVVF System in Lifts" Measure .....	9-84
Table 9-28	Estimation of Benefit from the "VAV System in Air-conditioning" Measure.....	9-84
Table 9-29	Estimation of Benefit from the "Increase in Room Temperature" Measure .....	9-85



Table 9-30	Fixed Investment for Measures.....	9-87
Table 9-31	Results of Financial Evaluation.....	9-88
Table 9-32	Cash Flow Table (Measure: Ice Storage System).....	9-89
Table 9-33	Cash Flow Table (Measure: VVVF System in the Lift).....	9-89
Table 9-34	Cash Flow Table (Measure: VAV System in the Air-conditioning) .....	9-89
Table 9-35	Assumed Rise in Electricity Rate for Study.....	9-88
Table 9-36	Results of Financial Evaluation at Assumed Increased Electricity Rate... 9-90	
Table 9-37	Other Recommendations.....	9-92
Table 10-1	Number of Facilities and Equipment of Each Floor.....	10- 7
Table 10-2	Individual Area of Commercial Complex Services (Sq.m).....	10- 8
Table 10-3	Annual Utilities Consumption.....	10-11
Table 10-4	Monthly Change in Utilities Consumption.....	10-11
Table 10-5	List of Energy Related Equipment.....	10-12
Table 10-6(1)	Detailed Schedule for Measurement (Shopping Complex).....	10-22
Table 10-6(2)	Detailed Schedule for Measurement (Shopping Complex).....	10-23
Table 10-7(1)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Shopping Complex).....	10-25
Table 10-7(2)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Shopping Complex).....	10-26
Table 10-8	Temperature Pattern of Chiller in and out.....	10-45
Table 10-9	Measured Flowrate and Temperature around Chillers .....	10-49
Table 10-10	(Air Condition) Heat Loss from Entrance.....	10-51
Table 10-11	Demand Ratio of Transformers.....	10-57
Table 10-12	Illumination Intensity (Lx).....	10-59
Table 10-13	Room Temperature (°C).....	10-59
Table 10-14	Total Energy Balance of the Shopping Complex .....	10-60
Table 10-15	Lighting Source and Efficiency.....	10-67
Table 10-16	Door Characteristics by Type Difference.....	10-67
Table 10-17	Estimation of Benefit from the “Stoppage of Incoming Transformer” Measure.....	10-70
Table 10-18	Estimation of Benefit from the “Decreasing the Illumination Intensity” Measure.....	10-71
Table 10-19	Estimation of Benefit by the Measure “Decreasing the Temperature of Building Area by 2°C” Measure.....	10-71
Table 10-20	Estimation of Benefit from the “Prevention of Heat Loss From Entrances” Measure.....	10-72
Table 10-21	Estimation of Benefit from the “Utilization of Off-peak Electricity” Measure.....	10-73
Table 10-22	Fixed Investment for Measures.....	10-75
Table 10-23	Results of Financial Evaluation.....	10-75
Table 10-24	Cash Flow Table (Measure: Decreasing the Illumination Intensity).....	10-76

Table 10-25	Cash Flow Table (Measure: Prevention of Heat Loss from Entrances)..	10-76
Table 10-26	Cash Flow Table (Measure: Utilization of Off-peak Electricity).....	10-76
Table 10-27	Other Recommendations.....	10-78
Table 11-1	Patient Treatment According to Clinic Specialist .....	11- 8
Table 11-2	Attendance for Outpatient According to Discipline.....	11- 9
Table 11-3	Outpatient Treatment According to the Clinic Specialist.....	11-10
Table 11-4	Patient Treatment According to Clinic Specialist in 1996 .....	11-11
Table 11-5	Outlines of Major Energy Consuming Facilities.....	11-12
Table 11-6(1)	Detailed Schedule for Measurement (Hospital) .....	11-14
Table 11-6(2)	Detailed Schedule for Measurement (Hospital) .....	11-15
Table 11-7(1)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Hospital) .....	11-17
Table 11-7(2)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Hospital) .....	11-18
Table 11-7(3)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Hospital) .....	11-19
Table 11-8	Incoming Transformer Specification.....	11-24
Table 11-9	Emergency Generator Specification.....	11-24
Table 11-10	Temperature, Relative Humidity, CO-CO <sub>2</sub> .....	11-24
Table 11-11	Illumination Intensity and Space Temperature.....	11-27
Table 11-12	Electrical Measured Data.....	11-28
Table 11-13	Motor/Pump Specification Data.....	11-28
Table 11-14	Temperature around Chiller System.....	11-36
Table 11-15	Boiler Operation Data.....	11-40
Table 11-16	Boiler Specifications at Hospital Seremban.....	11-40
Table 11-17	Boiler Flue Gas Content and Intake Air Condition .....	11-41
Table 11-18	Energy Flowchart of the Hospital .....	11-43
Table 11-19	Hospital Energy Management Comparison.....	11-48
Table 11-20	Lift Specification at Hospital Seremban.....	11-50
Table 11-21	Performance Comparison of Power Supply Control System.....	11-51
Table 11-22	Japanese Guidelines for Boiler Operation Conditions (Reference) .....	11-52
Table 11-23	Estimation of Benefit from the "Introduction of Inverter Control System for the Lift Power Supply" Measure.....	11-66
Table 11-24	Estimation of Benefit by the Measure "Introduction of Latent Heat Storage System" Measure.....	11-67
Table 11-25	Fixed Investment for Measures.....	11-70
Table 11-26	Results of Financial Evaluation.....	11-70
Table 11-27	Cash Flow Table (Measure: Introducing of Inverter Control System for the Lift Power Supply).....	11-71
Table 11-28	Cash Flow Table (Measure: Introduction of Latent Heat Storage System).....	11-71

Table 11-29	Assumed Rise in Electricity Rate for Study .....	11-72
Table 11-30	Results of Financial Evaluation at Assumed Increased Electricity Rate .....	11-72
Table 12-1	Trends in Annual Sales Amount.....	12-19
Table 12-2	Trends in the Production Output of Clinker and Operation Hours per Annum.....	12-19
Table 12-3	Trends in Production Output of Raw Meal and Operating Hours per Annum.....	12-20
Table 12-4	Trends in Product Output of Cement and Operation Hour.....	12-21
Table 12-5	Chemical Analysis of Raw Meal (Limestone and Shale) in 1997.....	12-22
Table 12-6	Chemical Composition and Physical Properties of Cement/Clinker .....	12-24
Table 12-7	Trends in Annual Energy Consumption and Unit Consumption.....	12-25
Table 12-8	Annual Energy Consumption (1997).....	12-25
Table 12-9	Relative Comparison of Energy Consumption (1997) .....	12-26
Table 12-10	Malaysia APMC Rawang Works Data.....	12-18
Table 12-11(1)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement) .....	12-33
Table 12-11(2)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement) .....	12-34
Table 12-11(3)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement) .....	12-35
Table 12-11(4)	Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement) .....	12-36
Table 12-12	Outlines of Equipment for Measurement .....	12-37
Table 12-13(1)	Detailed Schedule of Measurement (Cement).....	12-40
Table 12-13(2)	Detailed Schedule of Measurement (Cement).....	12-41
Table 12-13(3)	Detailed Schedule of Measurement (Cement).....	12-42
Table 12-14	General Material and Energy Consumption (Measuring term: Sep. 14 – Sep. 19) .....	12-48
Table 12-15	Measurement Results of Air and Exhaust Gas .....	12-49
Table 12-16	Measuring Results of Static Pressure of Cyclone Outlet and Ignition Loss (LOI) of Raw Meal .....	12-50
Table 12-17	Measurement and Survey Results of O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /CO% .....	12-51
Table 12-19	Measuring Data of Surface Temperature.....	12-57
Table 12-20	Electricity Consumption and Unit Consumption of Each Plant .....	12-60
Table 12-21	Measurement of Electricity for Main Equipment (Mill).....	12-61
Table 12-22	Measurement of Electricity for Pumps and Compressors .....	12-63
Table 12-23	Calculating Results of Radiation and Convection Heat Loss.....	12-70
Table 12-24	Gas, Material and Heat Balance Data.....	12-76
Table 12-25	Calculation of Heat Balance .....	12-74
Table 12-26	Energy Efficiency - Checklist for Existing Equipment .....	12-85
Table 12-27	Selected Measures for Energy Efficiency Promotion.....	12-91
Table 12-28	Trends of Energy Consumption in Japan.....	12-80

Table 12-29	Price and Heat Value of Fuel.....	12-103
Table 12-30	Benefits from Measures.....	12-104
Table 12-31	Fixed Investment Cost for Measures .....	12-106
Table 12-32	Results of Financial Evaluation.....	12-106
Table 12-33	Cash Flow Table (Measure: Waste Heat Boiler/Generator System) .....	12-107
Table 12-34	Cash Flow Table (Measure: Pregrinding System for Cement Grinding)	12-107
Table 12-35	Cash Flow Table (Measure: Construction of Coal Drying/ Grinding Mill).....	12-107
Table 12-36	Cash Flow Table (Measure: Adoption of Lifter Brick)..	12-108
Table 13-1	Rated Capacity of Sugar Refinery Sub-sector .....	13- 1
Table 13-2	Trends in Annual Sales Amounts.....	13- 2
Table 13-3	Production Capacity, Production Amounts and Annual Operating Hours.....	13- 9
Table 13-4	Unit Consumption Figure of Raw Materials and Energy for Each Major Product .....	13-10
Table 13-5	Annual Utility Consumption and Unit Price .....	13-11
Table 13-6	Details of No.3 Boiler.....	13-15
Table 13-7	Details of No.4 Boiler.....	13-16
Table 13-8	Equipment List (Turbine Generator No.3) .....	13-17
Table 13-9	Equipment List (Turbine Generator No.4) .....	13-18
Table 13-10	Equipment List (Air Compressor No.1, 3 & 4) .....	13-19
Table 13-11	Equipment List (Centrifugal Machine).....	13-20
Table 13-12(1)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-23
Table 13-12(2)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-24
Table 13-12(3)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-25
Table 13-12(4)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-26
Table 13-12(5)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-27
Table 13-12(6)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-28
Table 13-12(7)	Detailed Plan of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-29
Table 13-13	Schedule of Analysis and Measurement for Energy Audit (Food Processing) .....	13-32

Table 13-14	Specification for Orifice Steam Flow Meter .....	13-33
Table 13-15	Monitoring Parameters.....	13-41
Table 13-16	Air Intake Data.....	13-41
Table 13-17	Flue Gas Data .....	13-42
Table 13-18	Fuel Consumption Data .....	13-42
Table 13-19	Fuel Analysis Data.....	13-42
Table 13-20	Boiler Feed Water Data .....	13-43
Table 13-21	Steam Consumption Data .....	13-44
Table 13-22	High Pressure Steam Data .....	13-45
Table 13-23	Operation Data for Steam Turbine Generator .....	13-50
Table 13-24	Arrangement of Steam Traps by Type.....	13-47
Table 13-25	Summarized Failure Analysis of Steam Traps .....	13-48
Table 13-26	Total Steam Trap Analysis Data.....	13-51
Table 13-27	Heat Loss from Steam Main Line.....	13-54
Table 13-28	Electrical Equipment Service .....	13-56
Table 13-29	Energy Flow around Steam Boiler .....	13-61
Table 13-30	Energy Balance around Steam Transfer Line.....	13-63
Table 13-31	Energy Balance around Steam Turbine Generator .....	13-63
Table 13-32	Energy Balance around Steam Control Valve to Accumulator .....	13-64
Table 13-33	Electrical Power Balance.....	13-65
Table 13-34	Standard and Target Temperature of Boiler Flue Gas.....	13-67
Table 13-35	Failed Trap List .....	13-73
Table 13-36	Assumed Energy Price.....	13-78
Table 13-37	Estimation of Benefit from "Improvement of Heat Energy Efficiency in Steam and Steam Condensate Recovery System" .....	13-78
Table 13-38	Fixed Investment Cost for Measures.....	13-81
Table 13-39	Results of Financial Evaluation.....	13-81
Table 13-40	Cash Flow Table (Measure: Improvement of Heat Energy Efficiency in Steam and Stem Condensate Recovery System). .....	13-82
Table 13-41	Cash Flow Table (Measure: Replacement of Failed Steam Trap).....	13-82
Table 14-1	Training Modules Schedule Summary Jan.-Jun. 1998 .....	14- 4
Table 14-2	Production and Productivity for the Past Five Years .....	14- 5
Table 14-3	Steel Meltshop Chronology of Events.....	14-10
Table 14-4	Equipment List - Steel-Making Plant (SMP).....	14-13
Table 14-5	Monthly Operating Parameters for EAF - Steel-Making Plant .....	14-15
Table 14-6	Equipment List-Rolling Mill Plant (RMP).....	14-21
Table 14-7	Productivity for the Past 5 Years - Rod Mill 1 - .....	14-23
Table 14-8(1)	Yield and By-products for Recent 12-month Period - Rod Mill 1 - .....	14-24

Table 14-8(2)	Yield by Size for Recent 12-month Period - Rod Mill 1 - .....	14-25
Table 14-8(3)	Unit Consumption of Utilities for Recent 12-month Period - Rod Mill 1 - .....	14-26
Table 14-8(4)	Working Hours for Recent 12-month Period - Rod Mill 1 - .....	14-27
Table 14-8(5)	Repair Schedule for Recent 12-month Period - Rod Mill 1 - .....	14-28
Table 14-9(1)	Yield and By-products for Recent 12-month Period - Bar Mill 2 - .....	14-29
Table 14-9(2)	Unit Consumption of Utilities for Recent 12-month Period - Bar Mill 2 - .....	14-30
Table 14-9(3)	Repair Schedule for Recent 12-month Period - Bar Mill 2 - .....	14-31
Table 14-10(1)	Outline of Measurements for Energy Audit (ASM).....	14-41
Table 14-10(2)	Outline of Measurements for Energy Audit (ASM).....	14-42
Table 14-11(1)	Detailed Schedule of Measurement (ASM).....	14-45
Table 14-11(2)	Detailed Schedule of Measurement (ASM).....	14-46
Table 14-12	Results of Reheating Furnace Measurement.....	14-48
Table 14-13	Summary of Heat Balance Calculation.....	14-49
Table 14-14	Electricity Consumption for Incoming No.1 (Oct. 10).....	14-55
Table 14-15	Electricity Consumption for Incoming No.2 (Oct. 10).....	14-56
Table 14-16	Electricity Consumption for New Shredder Plant.....	14-66
Table 14-17	Electricity Consumption for Rod Mill 1.....	14-68
Table 14-18	Expected Unit Consumption of EAF.....	14-71
Table 14-19	Classification of Japanese Steel Shops.....	14-73
Table 14-20	Expected Value of Electric Power Consumption .....	14-74
Table 14-21	Furnace Parameterse.....	14-75
Table 14-22	Energy Consumption of Each Facility.....	14-83
Table 14-23	Total Heat Loss Reduction after 50mm Ceramic Fiber Blanket Veneering .....	14-87
Table 14-24	Summary of Selected Measures.....	14-89
Table 14-25	Estimation of Benefit from "Reduction in Temperature Variation of Extracted Material" .....	14-93
Table 14-26	Estimation of Benefit from "Reduction in Air/Fuel Ratio of Reheating Furnace" .....	14-94
Table 14-27	Estimation of Benefit from "Reduction in Heat Loss from Reheating Furnace Wall" .....	14-94
Table 14-28	Estimation of Benefit from "Replacement of Reheating Furnace Burner with Regenerative Burner System" .....	14-94
Table 14-29	Estimation of Benefit from "Introduction of Hot Billet Charging".....	14-95
Table 14-30	Estimation of Benefit from "Reduction in Electricity Consumption for New Shredder Plant".....	14-95

Table 14-31	Estimation of Benefit from “Reduction in Electricity Consumption for EAF” .....	14-96
Table 14-32	Fixed Investment Cost for Measures .....	14-98
Table 14-33	Results of Financial Evaluation .....	14-98
Table 14-34	Cash Flow Table (Measure: Reduction in Air/Fuel Ratio of Reheating Furnace).....	14-99
Table 14-35	Cash Flow Table (Measure: Reduction in Heat Loss from Reheating Furnace Wall).....	14-99
Table 14-36	Cash Flow Table (Measure: Replacement of Reheating Furnace Burner with Regenerative Burner System).....	14-99
Table 15-1	Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for Model Entity (Hotels) .....	15- 3
Table 15-2	Results of Questionnaire Survey for Hotels .....	15- 4
Table 15-3	Number of Hotels by Size and State.....	15- 5
Table 15-4	Energy Efficiency Promotion Potential in Hotel Sub-sector.....	15- 9
Table 15-5	Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for Model Entity (Shopping Complex).....	15- 9
Table 15-6	Results of Questionnaire Survey for Shopping Complex.....	15-10
Table 15-7	Energy Efficiency Promotion Potential of Shopping Complexes .....	15-14
Table 15-8	Results of Questionnaire Survey for Hospital .....	15-15
Table 15-9	Malaysian Hospitals by State (1996).....	15-16
Table 15-10	Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for Model Entity (Cement Industry).....	15-17
Table 15-11	Results of Questionnaire Survey for Cement Industry .....	15-18
Table 15-12	Energy Efficiency Promotion Potential in Cement Industry .....	15-26
Table 15-13	Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for the Model Entity (Food Industry) .....	15-26
Table 15-14	Results of Questionnaire Survey for Food Industry .....	15-27
Table 15-15	Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for Model Factory (Iron/Steel Industry).....	15-28
Table 15-16	Results of Questionnaire Survey for Iron and Steel Industry .....	15-29
Table 15-17	Malaysian Iron and Steel Production in 1995 .....	15-30
Table 15-18	Energy Efficiency Promotion Potential in Iron and Steel Industry .....	15-33

## 図リスト

Figure 5-1	TPES in 1995.....	5- 5
Figure 5-2	Final Energy Consumption by Sector.....	5- 7
Figure 5-3	Commercial Energy Supply by Source.....	5-18
Figure 5-4	Final Energy Use by Type of Energy .....	5-20
Figure 5-5	Final Energy Use by Sector .....	5-21
Figure 6-1	Organization of the Public Energy Sector .....	6- 3
Figure 6-2	Certification System in Japan .....	6-13
Figure 6-3	Current Organization of PTM (as on 17/10/1998) .....	6-30
Figure 6-4	Organizational Plan of Energy Efficiency Promotion Division .....	6-31
Figure 6-5	Plan for Promotion of Energy Efficiency .....	6-57
Figure 6-6	Plan for Extension of Efficient Energy Use .....	6-60
Figure 8-1	General Energy Audit Procedure (Commercial Sector) .....	8- 8
Figure 8-2	General Energy Audit Procedure (Industrial Sector) .....	8- 9
Figure 8-3	Overall Procedure of Energy Audit and Formulation of Measures for Energy Efficiency Promotion.....	8-15
Figure 9-1	Organization Chart.....	9- 3
Figure 9-2	Layout of Building.....	9- 5
Figure 9-3	Ground Floor Plan .....	9- 9
Figure 9-4	5th Floor Plan .....	9-10
Figure 9-5	Single Line Diagram.....	9-27
Figure 9-6	Power Receiving (Voltage).....	9-29
Figure 9-7	Power Receiving (Electricity).....	9-30
Figure 9-8	Power Receiving (Frequency) .....	9-31
Figure 9-9	Power Receiving (Electricity-Power Factor).....	9-32
Figure 9-10	1.5MVA Transformer No.1 (Electricity-Power Factor).....	9-34
Figure 9-11	1.5MVA Transformer No.2 (Electricity-Power Factor).....	9-36
Figure 9-12	Normal Riser N1 (Electricity-Power Factor).....	9-38
Figure 9-13	Normal Riser N2 (Electricity-Power Factor).....	9-40
Figure 9-14	Normal Riser N3 (Electricity-Power Factor).....	9-42
Figure 9-15	Chiller No.1, No.2 (Electricity-Power Factor) .....	9-44
Figure 9-16	Chiller No.3 (Electricity-Power Factor) .....	9-46
Figure 9-17	Passenger Lift (Electricity).....	9-48
Figure 9-18	Service Lift (Electricity).....	9-50
Figure 9-19 (1)	Illumination Intensity on Ground Floor.....	9-53
Figure 9-19 (2)	Illumination Intensity on 1st Floor .....	9-54



Figure 9-19 (3)	Illumination Intensity on 2nd Floor .....	9-55
Figure 9-19 (4)	Illumination Intensity on 3rd Floor - 12th Floor.....	9-56
Figure 9-20	Chilled Water System .....	9-57
Figure 9-21	Hot Water System .....	9-58
Figure 9-22	Hot Water Boiler Operation.....	9-59
Figure 9-23	Steam Boiler System.....	9-60
Figure 9-24 (1)	Air-Conditioning.....	9-61
Figure 9-24 (2)	Air-Conditioning.....	9-62
Figure 9-24 (3)	Air-Conditioning.....	9-63
Figure 9-25	Primary Energy Flow in the Hotel .....	9-67
Figure 9-26	Unit Consumption of Energy in the Hotel .....	9-69
Figure 9-27	Chiller No.3 (Electricity).....	9-73
Figure 10-1	Organization Chart of Bandar Utama City S/B .....	10- 3
Figure 10-2	Organization Chart of the Shopping Center .....	10- 4
Figure 10-3	Organization Chart of Building Services Department 1997.....	10- 5
Figure 10-4	The Site of around Commercial Complex .....	10- 6
Figure 10-5	Air Conditioning System .....	10-14
Figure 10-6	Water Supply System.....	10-17
Figure 10-7	Single Line Diagram (Main).....	10-30
Figure 10-8	Single Line Diagram (Sub).....	10-31
Figure 10-9	Electricity Consumption Pattern.....	10-32
Figure 10-10	Frequency Trend at 33KV Incoming Supply No.1.....	10-33
Figure 10-11	Electric Voltage at 33KV Incoming Supply No.1.....	10-33
Figure 10-12	Electric Consumption at 33KV Incoming Supply No.1 .....	10-34
Figure 10-13	Electric Current Balance at 33KV Incoming Supply No.1.....	10-34
Figure 10-14	Electric Consumption at 33KV Incoming Supply No.2 .....	10-35
Figure 10-15	Electric Current Balance at 33KV Incoming Supply No.2.....	10-35
Figure 10-16	Electric Consumption at Ring Feeder No.1A.....	10-36
Figure 10-17	Electric Current Balance at Ring Feeder No.1A .....	10-36
Figure 10-18	Electric Consumption at Ring Feeder No.2B .....	10-37
Figure 10-19	Electric Current Balance at Ring Feeder No.2B.....	10-37
Figure 10-20	Electric Consumption at T1 2MVA 11KV/433V .....	10-38
Figure 10-21	Electric Consumption at T3 2MVA 11KV/433V .....	10-38
Figure 10-22	Electric Consumption at TX-1 5MVA 11KV/3.3KV .....	10-39
Figure 10-23	Electric Consumption at TX-2 5MVA 11KV/3.3KV .....	10-39
Figure 10-24	Electric Current Balance at T1 2MVA 11KV/433V.....	10-40
Figure 10-25	Electric Current Balance at T3 2MVA 11KV/433V.....	10-40
Figure 10-26	Electric Current Balance at TX-1 5MVA 11KV/3.3KV.....	10-41

Figure 10-27	Electric Current Balance at TX-2 5MVA 11KV/3.3KV.....	10-41
Figure 10-28	Power Factor at Incoming Supply No.1.....	10-42
Figure 10-29	Power Factor at Incoming Supply No.2.....	10-42
Figure 10-30	Operation Mode of Chillers and Pumps .....	10-43
Figure 10-31	Brine / Chilled Water Loop (Daytime Operation).....	10-44
Figure 10-32	Brine / Chilled Water Loop (Nighttime Operation).....	10-46
Figure 10-33	Temperature Pattern of Chiller in and out .....	10-47
Figure 10-34	Temperature Pattern of Ice Storage .....	10-48
Figure 10-35	Flowrate around Chillers .....	10-50
Figure 10-36	Measuring Points of Heat Loss.....	10-51
Figure 10-37	Temperature Pattern.....	10-52
Figure 10-38	Illumination Intensity Pattern .....	10-53
Figure 10-39	Energy Flow of Shopping Complex .....	10-61
Figure 10-40	Stockage par Chaleur Latente.....	10-66
Figure 11-1	Hospital Organization Chart .....	11- 4
Figure 11-2	Layout of the Hospital .....	11- 5
Figure 11-3	Layout of the Hospital (Ground Floor).....	11- 6
Figure 11-4	Layout of the Hospital (1 <sup>st</sup> Floor: similar to the 2 <sup>nd</sup> -8 <sup>th</sup> Floors).....	11- 7
Figure 11-5	Electric Power Receiving and Distribution .....	11-21
Figure 11-6 (1)	Power Receiving from TNB .....	11-22
Figure 11-6 (2)	Power Receiving from TNB .....	11-23
Figure 11-7	Chiller System .....	11-25
Figure 11-8	Boiler System.....	11-26
Figure 11-9 (1)	Power Receiving TNB.....	11-29
Figure 11-9 (2)	Power Receiving TNB.....	11-30
Figure 11-10 (1)	Power Trend at Main Incoming Transformer No.1 .....	11-32
Figure 11-10 (2)	Power Trend at Main Incoming Transformer No.2 .....	11-33
Figure 11-10 (3)	Power Factor Trend at Main Incoming Transformer No.1.....	11-34
Figure 11-10 (4)	Power Factor Trend at Main Incoming Transformer No.2.....	11-35
Figure 11-11	Temperature Pattern around Chiller System.....	11-37
Figure 11-12	Electricity Trend at Chiller No.1 .....	11-39
Figure 11-13	Power Energy Consumption Balance .....	11-42
Figure 11-14	Power Trend at Lift No.4 & 5.....	11-44
Figure 11-15	Power Demand Profile at Hospital Seremban .....	11-45
Figure 11-16	Overall Energy Flow in the Hospital .....	11-46
Figure 11-17	Power Factor Trend for Chiller No.1.....	11-53
Figure 11-18	Ampere Trend at Chiller No.1 .....	11-54
Figure 11-19	Power Factor.....	11-55

Figure 11-20	Power Receiving .....	11-56
Figure 11-21	Schematic Flow for Latent Heat Storage System .....	11-58
Figure 11-22	Air Conditioning Power Demand Profile (After Future Expansion).....	11-64
Figure 12-1	Organization Chart.....	12- 5
Figure 12-2	General Arrangement Drawing of Cement Factory.....	12- 6
Figure 12-3	APMC Rawang Works Dry-Process Flow Chart.....	12-10
Figure 12-4	Flow Sheet-1 (Burning Department) .....	12-11
Figure 12-5	Flow Sheet-2 (Coal Drying and Grinding Department) .....	12-12
Figure 12-6	Flow Sheet-3 (Limestone Drying and Grinding Department) .....	12-13
Figure 12-7	Flow Sheet-4 (Coal Shale Drying and Grinding Department) .....	12-14
Figure 12-8	Flow Sheet-5 (Cement Grinding Department).....	12-15
Figure 12-9	O <sub>2</sub> (%) Recording Chart.....	12-52
Figure 12-10	Measuring Points of Surface Temperature (1) Air Quenching Cooler (AQC) (2) Kiln outlet Hood.....	12-53
Figure 12-11	Measuring Points of Surface Temperature (3) Kiln Shell (5) Tertiary Air Duct .....	12-54
Figure 12-12	Measuring Points of Surface Temperature (4) Preheater Cyclone & F.F Furnace.....	12-55
Figure 12-13	Measuring Points of Surface Temperature(APMC's Data).....	12-56
Figure 12-14	Gas Flow Diagram.....	12-78
Figure 12-15	Heat Flow Diagram.....	12-79
Figure 12-16	Thermal Analysis of Dump Shale.....	12-64
Figure 12-17	Thermal Analysis of Mixed Shale .....	12-65
Figure 12-18	Trend of Heat Consumption in Japan .....	12-83
Figure 12-19	Trend of Power Consumption in Japan .....	12-84
Figure 12-20	Schematic Diagram of Waste Heat Recovery Power Plant with 2-Stage Flash System.....	12-97
Figure 13-1	Company Organization Chart .....	13- 3
Figure 13-2	Factory Layout (Central Sugars Refinery) .....	13- 4
Figure 13-3	Outline of Production Facilities.....	13- 5
Figure 13-4	Simplified Flow Sheet of Sugar Refining.....	13- 7
Figure 13-5	Steam System Flow .....	13-30
Figure 13-6	Power Generation and Distribution System (Sugar Refinery) .....	13-31
Figure 13-7	Steam Turbine Flow Diagram.....	13-49
Figure 13-8	Steam Trap Failure Analysis .....	13-52
Figure 13-9	Power-Power Factor for Cooling Water Pump.....	13-57
Figure 13-10	Electricity Consumption-Power and Power Factor at TG #4 Output (29 Sep. 1998) .....	13-58

Figure 13-11	Electricity-Amp.-Power Factor for Air Compressor (Temporary Data) .....	13-59
Figure 13-12	Electricity-Power Factor for TSK Centrifugal .....	13-60
Figure 13-13	Material and Heat Balance of Boiler System .....	13-62
Figure 13-14	Overall Energy Flowchart (Central Sugars Refinery) .....	13-66
Figure 13-15	Material and Heat Balance of Boiler System (recommendation).....	13-70
Figure 13-16	Improvement for Condensate Recovery .....	13-71
Figure 13-17	Standard Drawing of Thermal Insulation for Valves and Flanges .....	13-74
Figure 14-1	Organization Chart of ASM.....	14- 3
Figure 14-2	Layout of Steel Works.....	14- 7
Figure 14-3	Process Flow Diagram.....	14- 9
Figure 14-4	Layout of Steel Making Plant.....	14-12
Figure 14-5	Material Balance in 1996.....	14-18
Figure 14-6	Layout of Rolling Mill Plant .....	14-20
Figure 14-7	Measuring Items and Points.....	14-37
Figure 14-8	Single Line Diagram.....	14-40
Figure 14-9 (1)	Heat Balance of 1st Shift.....	14-50
Figure 14-9 (2)	Heat Balance of 4th Shift.....	14-50
Figure 14-9 (3)	Heat Balance of 5th Shift.....	14-51
Figure 14-10	Voltage for Incoming 1 .....	14-57
Figure 14-11	Voltage for Incoming 2.....	14-58
Figure 14-12	Electricity and Power Factor for Incoming No.1.....	14-59
Figure 14-13	Electricity and Power Factor for Incoming No.2 (Oct. 10).....	14-60
Figure 14-14	Voltage for EAF (Oct. 10-3).....	14-61
Figure 14-15 (1)	Electricity and Power Factor for EAF (Oct. 10 - 1) .....	14-62
Figure 14-15 (2)	Electricity and Power Factor for EAF (Oct. 10 - 2) .....	14-63
Figure 14-15 (3)	Electricity and Power Factor for EAF (Oct. 10 - 3) .....	14-64
Figure 14-16	Electricity and Power Factor for LF (2) .....	14-65
Figure 14-17	Electricity and Power Factor for New Shredder Plant .....	14-67
Figure 14-18	Voltage for Rod Mill 1 .....	14-69
Figure 14-19	Electricity - Power Factor for Rod Mill.....	14-70
Figure 14-20-1	Oxygen Consumption and Electric Power Consumption (Commercial grade).....	14-76
Figure 14-20-2	Oxygen Consumption and Electric Power Consumption (Special scrap) .....	14-76
Figure 14-20-3	Oxygen Consumption and Electric Power Consumption (High grade steel) .....	14-77

Figure 14-20-4	Oxygen Consumption and Electric Power Consumption (Summary) .....	14-77
Figure 14-21-1	Oxygen Consumption and Billet Yield (Commercial grade) .....	14-78
Figure 14-21-2	Oxygen Consumption and Billet Yield (Special scrap).....	14-78
Figure 14-21-3	Oxygen Consumption and Billet Yield (High grade steel).....	14-79
Figure 14-21-4	Oxygen Consumption and Billet Yield (Summary).....	14-79
Figure 14-22-1	Oxygen Consumption and Carbon Addition (Commercial grade) .....	14-80
Figure 14-22-2	Oxygen Consumption and Carbon Addition (Special scrap) .....	14-80
Figure 14-22-3	Oxygen Consumption and Carbon Addition (High grade steel).....	14-81
Figure 14-22-4	Oxygen Consumption and Carbon Addition (Summary) .....	14-81
Figure 14-23	Energy Flow in ASM .....	14-82
Figure 14-24	Primary Energy Flow .....	14-84
Figure 14-25	Extracted Billet Temperature.....	14-85
Figure 15-1	Methodology for Estimation of Energy Efficiency Promotion Potential .....	15- 1
Figure 15-2	Energy Consumption Per Total Floor Area of Hotels .....	15- 4
Figure 15-3	Energy Consumption Per Total Floor Area of Shopping Complexes .....	15-11
Figure 15-4	Energy Consumption Per Total Floor Area of Hospitals .....	15-16
Figure 15-5	Electric Consumption Per Clinker Production (Cement Industry) .....	15-18
Figure 15-6	Total Energy/Fuel Consumption Per Clinker Production (Cement Industry) .....	15-19

## 略語リスト

A	Ampere
ABF	ASEAN Bintulu Fertilizer
AC	Alternating Current
ACEE	AC Feedback Control System
AHU	Air Handling Unit
API	American Petroleum Institute
APMC	Associated Pan Malaysia Cement Sdn. Bhd.
AS	Air Slide
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
ASM	Amsteel Mills Sdn. Bhd.
B.F	Bag Filter
Bar	Bar Thermometer
BE	Bucket Elevator
BFW	Boiler Feed Water
BTU/hr	British Thermal Unit per Hour
C/S mill	Coal Shale Grinding Mill
CCM	Continuous Casting Machine
CEB	Central Electricity Board
CEC/EV	Coefficient of Energy Consumption of Elevator
CEC/HW	Coefficient of Energy Consumption of Hot Water
CFC/L	Coefficient of Energy Consumption of Lighting
CEL/AC	Coefficient of Energy Consumption for Air-conditioning
CEO	Chief Executive Officer
CFG	Control Flow Gate
CFM	Cubic Feet per Minute
CHN	Carbon, Hydrogen, Nitrogen
CO(%)	Carbon Oxide (percent)
CO <sub>2</sub> (%)	Carbon Dioxide (percent)
CSR	Central Sugars Refinery Sdn. Bhd.
CW Pump	Chilled Water Pump
DB	Distribution Board
DB	Data Base
DC	Direct Current
DTA/TG	Differential Thermal Analysis / Thermal Gravimetric Analysis
EAF	Electric Arc Furnace
EBT	Eccentric Bottom Tapping
EP	Electrostatic Precipitator
EPU	Economic Planning Unit
ESCO	Energy Services Company
F	Frequency
F CaO, f cao	Free CaO
F.F	Flush Furnace
F.K pump	Fuller Kinyon pump
FCU	Fan Coil Unit
FIRROI	Financial Internal Rate of Return on Investment
G cal/h	Giga Calorie per Hour
GBF	Gravel Bed Filter

GCT	Gas Conditioning Tower
GDP	Gross Domestic Product
GPP	Gas Processing Plant
HM	Hydraulic Modulus
HP	High Pressure
HP	Horse Power
HRS	High Cycle Regenerative Combustion System
HSZ	Horizontal Single Zone
Humid.	Humidity
HV	High Voltage
Hz	Hertz
I	Electrical Current
IDF	Induced Draft Fan
IEA	International Energy Agency
IM	Iron Modulus
in w.g	Inch Water Column Gage
IPP	Independent Power Producer
IRR	Internal Rate of Return
JBE&G	Jabatan Bekalan Elektrik dan Gas Malaysia (Department of Electricity & Gas Supply, Malaysia)
JETRO	Japan External Trade Organization
JICA	Japan International Cooperation Agency
JIS	Japan Industrial Standard
JY	Japanese Yen
kl	kilo litter
KRM	Thousand Ringgit Malaysia
KTOE	kilo Ton Oil Equivalent
kTon	kilo Ton
kV	kilo Volt
kVA	kilo Volt Ampere
kW	kilo Watt
kWh	kilo Watt Hour
kWh/d	kilo Watt Hour per Day
kWh/h	kilo Watt Hour per Hour
kWh/t	kilo Watt Hour per Ton
L.O.I	Loss of Ignition
L/S mill	Limestone Grinding Mill
LF	Ladle Furnace
LFO	Light Fuel Oil
LHV	Low Heating Value
LNG	Liquefied Natural Gas
LP	Low Pressure
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LV	Low Voltage
Lx	Lux
m/s	Meter per Second
MECM	Ministry of Energy, Communications and Multimedia
MITI	Ministry of International Trade and Industry
MTBE	Methyl Tertiary Butyl Ether

MVA	Mega Volt Ampere
MW	Mega Watt
MWh/d	Mega Watt Hour per Day
N.A	Not Available
NEB	National Electricity Board
NSF	New Suspension Preheater with Flush Furnace
NSP	New Suspension Preheater
O <sub>2</sub> (%)	Oxygen Content (percent)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OJT	On-the-job Training
P	Effective Power
PAL	Perimeter Annual Load
PCD	Pitch Circle Diameter
PDA	Petroleum Development Act
PE	Professional Engineer
PETRONAS	Petroleum Nasional Berhad
PF	Power Factor
PGU	Peninsular Gas Utilization
PH	Preheater
pH	Symbol of acidity and alkalinity
PS	Production Sharing
PSC	Production Sharing Contract
psi	Pound per Square Inch
PTM	Pusat Tenaga Malaysia (Malaysian Energy Center)
Q	Reactive Power
R&D	Research and Development
R.F	Rotary Feeder
RH	Relative Humidity
RM	Ringgit Malaysia
RMP	Rolling Mill Plant
RPM, rpm	Revolution Per Minute
S	Apparent Power
S/W	Scope of Work
SEB	Sabah Electricity Board
SESCO	Sarawak Electricity Supply Corporation
SF	Suspension Preheater with Flush Furnace
SIRIM	SIRIM Berhad
SM	Silica Modulus
SMP	Steel Making Plant
Sp. Gr., S.G.	Specific Gravity
STL	Stockage par Chaleur Latente (Storage of Latent Heat)
Surface T.	Surface Thermometer
T.G.	Temperature Gauge
Temp.	Temperature
TFC	Total Final Consumption of Energy
TNB	Tenaga Nasional Berhad
TOE	Ton Oil Equivalent
TPES	Total Primary Energy Supply
UK	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland



UNDP	United Nations Development Program
US GPM	United State Gallon per Minute
US\$	United State Dollar
USA	United States of America
USRT	United State Refrigerating Ton
V	Voltage
VAV	Variable Air Volume
VSD	Variable Speed Design
VSZ	Vertical Single Zone
VVGD	Ward-Leonard System
VVVF	Variable Voltage Variable Frequency
VWV	Variable Water Volume
W	Watt
Wh	Watt Hour
WHO	World Health Organization
WTP	Water Treatment Plant
$\mu$ s/cm	Micro Second per Centimeter
$\phi$	Phase



## 第1章 緒 言

本報告書は、マレーシア国省エネルギー促進計画に関わるファイナルレポートである。国際協力事業団の委託により、日本に本社を置くコンサルタント会社である、テクノコンサルタンツ株式会社と、エンジニアリング会社である三菱化学エンジニアリング株式会社の共同企業体は、本調査を実施し、カウンターパートであるマレーシア国エネルギー通信郵政省電力ガス供給局 (Department of Electricity and Gas Supply (JBE&G), Ministry of Energy, Communications and Multimedia, Malaysia) に対し、本報告書を提出する。

本調査は、政府が民生及び工業部門での有効な省エネルギー推進を図れるように法律と制度等を調査し、さらに施設と工場を選定してエネルギー診断を実施し提案を行うものである。従って、本調査の目的は、政策の調査と技術の調査の2つに大別できる。第1は、マレーシア国の民生と工業部門の省エネルギーの推進を図るために必要な政策と計画の提言、第2は、本調査のために選定された民生部門の3施設及び工業部門の3工場のエネルギー診断を行い、そのエネルギー使用方法の改善策を提案する事にある。

本調査は、1998年1月から開始され、1999年3月迄の15ヶ月間で実施されたものである。その間に3回の現地調査に加えドラフトファイナルレポートの説明をマレーシア国で行った。さらに2回の省エネルギー促進セミナーを実施した。第1回目のセミナーは、第3次現地調査中に民生部門、第2回目は、ドラフトファイナルレポートの説明実施時に政策面及び工業部門に関わるセミナーを行った。なお、第1次、2次、3次、及び第4次現地調査（ドラフトファイナルレポートの説明及びセミナー）は以下のスケジュールに従って実施した。

調査	年月
第1回現地調査	1998年2月より3月
第2回現地調査	1998年5月より6月
第3回現地調査	1998年9月より10月
第4回現地調査 (ドラフトファイナルレポートの説明 及びセミナー)	1999年2月

調査団は、以下の報告書をJBE&Gへ提出した。

報告書	提出時期	要旨
インセプションレポート	1998年2月	調査計画
プログレスレポート	1998年5月	第1次現地調査結果
エネルギー診断計画書	1998年6月	エネルギー診断計画
インテリムレポート	1998年9月	調査の中間結果報告
ドラフトファイナルレポート	1999年1月	調査結果の説明
最終報告書（本編及び要約版）	1999年3月	調査結果報告

本報告書は、主として現在までに実施した調査をまとめたものである。即ち、エネルギー事情、政策、省エネルギー促進計画に加えホテル、商業施設及び病院から成る民生部門とセメント、食品及び鉄鋼から成る工業部門のエネルギー診断に関わる調査結果である。

なお、本調査に参加した専門家の氏名、担当、所属会社名を以下に示す。

氏名	担当	会社名
橋本 章則	総括／政策・制度	テクノコンサルタンツ株式会社
三谷 和光	省エネルギー促進計画	三菱化学エンジニアリング株式会社
大森 宏	エネルギー管理技術（熱）	株式会社ダイヤリサーチマーテック
石橋 靖夫	エネルギー管理技術（電気）	鋼管計測株式会社
吉沢 宗晃	省エネルギー診断（熱）	テクノコンサルタンツ株式会社
飯塚 俊一	省エネルギー診断（電気）	三菱化学エンジニアリング株式会社
神谷 清	セクター管理技術（民生）	三菱電機ビルテクノサービス株式会社
上田 禎彦	セクター管理技術（工業）	小野田エンジニアリング株式会社
永井 実	経済財務評価	テクノコンサルタンツ株式会社
木下 新也	プロセス技術（鉄鋼）	鋼管計測株式会社
佐々木 敏雄	業務調整員	テクノコンサルタンツ株式会社

また、カウンターパートである JBE&G から本調査に参加した氏名と役職を以下に示す。

名前	役職
Datuk Ir. Mohd. annas Bin Haji Nohd. Nor	Director General, JBE&G
Ir. Chong Cheong Yin	Director of Electricity Regulation, JBE&G
Ir. Chah Ain Chuan	Principal Assistant Director, JBE&G
Ir. Francis Xavier Jacob	Principal Assistant Director, JBE&G
Ms Teratai @ Zainab Leman	Assistant Director, JBE&G
Mr. Mohd. Elmi Anas	Assistant Director, JBE&G
Mr. Mohd. Asri Sharani	Assistant Director, JBE&G



## 第2章 調査の背景と目的

調査の背景と目的を、本章でまとめる。

### 2-1 調査の背景

マレーシア国の平均 GDP の成長率は、1991 年から 95 年までの年平均で 8.7% を記録した。マレーシア国政府は、ビジョン 2020 構想の中で、同レベルの成長を想定しているが、最近では経済成長の鈍化も見られる。このような経済成長に伴いエネルギー需要も年率 9～13% の伸びを示してきた。マレーシア国は、石油と天然ガスを産出するエネルギー供給国であるが、エネルギー需給バランスが悪化すると予測されている。エネルギー供給サイドの政策としては輸出収入源である石油の温存、環境との調和等の目的で 4 種類のエネルギー(石油、天然ガス、石炭、電気)の多様化政策を推進している。マレーシア国における 1 次エネルギーの GDP 原単位は先進諸国に比べ 2～4 倍と高い上、工業と民生部門での GDP 原単位は 1980 年から 90 年代にかけて悪化してきており、エネルギー需要総量の増大に加え、エネルギー消費効率の低下が問題となっている。

こうした背景の下で、マレーシア国政府は工業と民生部門での省エネルギーを促進する事を目標として、民生と工業分野における省エネルギー促進ガイドラインを含むマスタープランの策定を計画し、日本政府に対し、省エネルギー促進計画調査に係る正式要請を行った。これを受けて国際協力事業団は、要請の背景の確認と本格調査実施内容に関する協議を行い、その結果、97 年 2 月に S/W の署名・交換に至った。

### 2-2 調査の目的

調査の範囲に定義されているように本調査の目的は、国の省エネルギー促進にあり、調査の狙いは以下の通りである。

1. モデル施設及び工場の省エネルギー推進に関わる提言
2. 法律と規制、判断基準策定、省エネルギー技術者育成計画及び組織の強化に関わる実行計画の概要
3. マレーシア国政府が計画しているマレーシアエネルギーセンター(PTM)の省エネルギー促進部門に必要な提言

従って、以下の内容を含むものである。

1. 上記目的の達成に貢献する政策、法律、規則の内容
2. 省エネルギーの推進母体の組織
3. 省エネルギーを推進するための活動
4. 選定した工場・施設、(ホテル、病院、複合商業施設、鉄鋼、食品、セメント)におけるエネルギー診断の実施
5. エネルギーが非効率な利用をされている場合の問題の解決策と省エネルギー対策の効果の評価
6. 省エネルギーの推進に際し、参照するためのガイドラインの作成



## 第3章 調査の手順と成果

調査の手順及び調査の成果を本章にまとめる。

### 3-1 調査の手順

以下に述べる実施計画に基づき、調査を行った。

フェーズ1（国内準備作業）は、第1次マレーシア国現地調査に先駆けて日本国内で行われた予備作業であった。これらの作業は、インセプションレポートの作成、データと情報の収集と分析、エネルギー診断対象分野の工程・設備概要把握、エネルギー診断の予備調査フォーマット・調査内容説明資料の作成、及び技術移転と現地調査計画の作成であった。

フェーズ2（第1次マレーシア国現地調査）は、1998年2月16日から3月7日まで行った。調査内容は、インセプションレポートの説明と協議、エネルギー診断対象モデル工場と施設の選定及び選定されたモデル工場と施設の予備調査、エネルギー診断準備と財務状況把握であった。また基本情報の収集・検討も併せて行なった。

フェーズ3（第1次国内作業）は、主に第1次現地作業結果の見直しと分析であり、またエネルギー診断のフレームワークと第2次現地調査の計画を作成する事であった。なお、本フェーズの重要事項は、プログレスレポートの作成であった。

フェーズ4（第2次マレーシア国現地調査）は、プログレスレポートの説明と民生部門を対象とするエネルギー診断実施であった。本調査は1998年5月31日から7月14日まで行った。

フェーズ5（第2次国内作業）は、第2次現地作業結果の見直しとインテリムレポートの作成であった。

フェーズ6（第3次マレーシア国現地調査）は、インテリムレポートの説明・協議、第1回セミナーの実施、工業セクターを対象とするエネルギー診断及びマレーシアエネルギーセンター(PTM)の省エネルギー促進部門の業務計画作成であった。本調査は、1998年9月6日から10月21日にかけて実施した。

フェーズ7（第3次国内作業）は、第3次現地調査結果の見直しと分析、省エネルギー促進ガイドライン、同促進策の立案、同マスタープランの作成、ドラフトファイナルレポートの作成及び第2回セミナーの準備であった。

フェーズ8（第4次マレーシア国現地調査）は、ドラフトファイナルレポートの説明と協議に加え、第2回セミナーの実施であった。本調査は、1999年2月1日から2月7日にかけて実施した。

フェーズ9（第4次国内作業）は、ファイナルレポートの作成であった。

### 3-2 調査の成果

本調査の成果を下記に要約する。

1. マレーシア国のエネルギー事情を調査した。
2. 省エネルギー促進のための政策及び制度の調査を実施した。
3. 省エネルギー促進のための基準とガイドライン及び計画を立案した。
4. 民生部門の3施設及び工業部門の3工場のエネルギー診断を実施した。
5. 上記3施設及び3工場のエネルギー使用上の問題点を確認し、その改善のための運転と設備変更の提言を行った。
6. 3施設及び3工場のエネルギー節約量を推定した。
7. 3施設及び3工場のエネルギーフローを作成した。
8. 第1次現地調査の開始時においてJBE&Gにインセプションレポートを説明し、JBE&Gと調査団の間の理解を確立した。
9. 1998年4月にJBE&Gへ“Measurement and Modification Plans for Energy Audit”を提出し、エネルギー診断の方法を説明した。
10. 第2次現地調査時にプログレスレポートを第3次現地調査時に中間報告書をJBE&Gへ提出し、調査団とカウンターパートの業務、現地調査の成果、JBE&Gと調査団の合意事項をJBE&Gに報告した。
11. 1998年10月5日に民生部門の省エネルギー促進セミナーを実施した。
12. 第4次現地調査に先だってドラフトファイナルレポートをJBE&Gへ提出し説明を行った。調査団とJBE&Gは、ドラフトファイナルレポートの内容の打ち合わせを行い、最終報告書の内容に関し同意した。
13. 1999年2月4日に政策と工業部門の省エネルギー促進セミナーを実施した。
14. 調査団とJBE&Gは、第1次、第2次、第3次及び第4次現地調査時の終了時に、議事録の調印を行った。

## 第4章 結論と提言の総括

本章では、主に政府が実施すべき省エネルギー促進政策と制度及び活動、さらに省エネルギー診断を実施した施設及び工場に関する提言をまとめる。

### 4-1 省エネルギー促進政策と制度に関する提言

#### 4-1-1 省エネルギー促進コーディネーションボードの設立

##### (1) 現状と問題点

現在、多くの政府機関、大学及び民間企業が、省エネルギー促進計画あるいは活動に関与している。従って、これら機関及び民間企業との調整を効率良く行う強力で強制力を持った組織が必要である。

##### (2) 提言

Economic Planning Unit (EPU) を核とし Ministry of Energy, Communications and Multimedia (MECM) を主要メンバーとしたコーディネーションボードの設立を勧める。このボードが、計画を立案し、各種調査を実施し、啓蒙活動等を行うために関係組織との間の調整を行う。またこのボードには法的強制力を持たせることが望ましい。

#### 4-1-2 省エネルギー規則の制定

##### (1) 現状と問題点

全国で省エネルギーを推進するためには、法律の制定あるいは規則が必要である。しかし、マレーシア国では、現在省エネルギー法及び規則がない。1997年には Department of Electricity and Gas Supply (JBE&G) は、省エネルギー規則の制定を図り MECM の承認を得るべく案を作成した。

##### (2) 提言

###### 1) 省エネルギー法と規則の早期制定

政府、政府系機関、エネルギー供給者、エネルギー関連機器製造及び輸入業者、エネルギー消費者がそれぞれの立場で協力して省エネルギーを推進する必要がある。さらに政府は省エネルギーを推進する立場を明確にする必要がある。そのためには、省エネルギー対策の法的根拠としての法律が必要である。従って、現在 JBE&G で作成した省エネルギー規則の早期制定を図るべきである。

## 2) 省エネルギー規則の拡張

JBE&G が作成した省エネルギー規則案は、電気に関する規制が主体である。一層の省エネルギーを図るために、将来の法律改正時に、燃料を規制対象として含み、更に住宅部門と機械等に広げる必要がある。

### 4-1-3 判断基準となる基準及びガイドライン

#### (1) 現状と問題点

##### 1) 基準

JBE&G が作成した規則案には、民生と工業部門の省エネルギー実施企業が必要とする判断の基準が含まれていない。判断基準は、企業のスタッフが省エネルギー促進計画の立案での参考となる。また、企業の管理者及び運転員がエネルギー利用の無駄を省く上で役に立つ。

##### 2) ガイドライン

企業は、省エネルギーを図る努力が必要である。企業が、省エネルギー基準を達成するためには、ガイドラインが必要であると考える。

#### (2) 提言

判断基準の作成が必要である。MECM と JBE&G は、Malaysian Energy Center (PTM) 及び関係機関等と協力して、判断基準の作成に指導的役割を果たす必要がある。なお、調査団の基準及びガイドラインに関する案は、本報告書本編の7章「省エネルギー促進基準及びガイドライン」にまとめた。参考までに、本編で述べた基準の項目を以下にまとめる。

##### 1) 民生部門

短期課題（前期4年）： 照明基準、環境管理基準、電力負荷に関する管理基準

長期課題（後期6年）： 建築物の外壁及び窓等を通しての熱損失、空気調和設備、換気設備、照明設備、給湯設備に関する基準

##### 2) 工業部門

短期課題（前期4年）： 燃料燃焼の合理化、加熱と冷却及び伝熱等の合理化、放射及び伝熱等による熱の損失防止、廃熱の回収利用、熱の動力等への変換の合理化、抵抗等による電気の損失の防止、電気の動力への変換の合理化

長期課題（後期6年）： 燃焼設備、熱利用設備、廃熱回収設備、熱併給発電設備、電機使用設備

#### 4-1-4 エネルギー管理企業制度とエネルギー管理者制度

##### (1) 現状と問題点

企業をエネルギー管理企業に指定して管理することで、省エネルギー促進を効率的に進める方法がある。マレーシア国では、現在エネルギー管理指定企業制度はない。従ってエネルギー管理指定企業に管理者を置く制度もない。JBE&G が作成した省エネルギー規則案では、エネルギー消費が比較的大きい企業、例えば月間 360,000kWh 以上の電力を消費する企業はエネルギー管理企業に指定される。

##### (2) 提言

- 1) 省エネルギー促進を目的としてエネルギー管理指定企業制度を早急に確立すべきである。JBE&G の案のように、エネルギー管理指定企業に対して、効果的な省エネルギープログラムの報告と遂行、エネルギー需要供給等の状況報告の義務を規定することは望ましいが、中小企業は管理対象からは、効率の観点から除外する。
- 2) エネルギー管理者制度を早急に導入すべきと考える。エネルギー管理指定企業にエネルギー管理者を配置し、省エネルギー推進活動の核としての役割を果たさせるようにすることは、省エネルギー推進上有効な手段である。

#### 4-1-5 エネルギー管理者資格制度

##### (1) 現状と問題点

マレーシア国では、現在エネルギー管理者資格制度はないが、JBE&G の案には、エネルギー管理者資格者規定が盛り込まれている。

##### (2) 提言

エネルギー管理指定企業は、エネルギー管理者を指名する義務がある。この場合、各指定企業で管理者の育成を促進するために国による資格認定と資格証明書発行制度の導入を図ることが望ましい。さらに登録制度を作り、省エネルギー技術提供、技術研修等を行い、その資質向上と活用を図れるようエネルギー管理者を組織化することを勧める。

#### 4-1-6 省エネルギー表彰制度

##### (1) 現状と問題点

企業の省エネルギーに対する関心を高めるため、省エネルギーの推進に大きな成果をあげた技術者や職場グループあるいは企業全体を選び、広く周知される形で表彰を行う制度は、省エネルギーを推進する上で大きな役割を果たすと考えるが、現在このような制

度はマレーシア国にはない。

## (2) 提言

省エネルギーの推進に大きな成果をあげた企業、エネルギー管理を継続的に実施している企業、省エネルギー効果の優れた機器を開発した機器製造業者等を選び、広く国民に知られる形で表彰する制度が必要であると考え。この制度は、省エネルギーの推進に努力する当事者のモラルの向上につながるであろう。

### 4-1-7 省エネルギー優遇制度の確立

#### (1) 現状と問題点

省エネルギーの推進に適用できる優遇措置には、法的及び財務的優遇措置がある。このうち最も一般的な法的優遇措置は、税額控除と免税である。財務的優遇措置には、低金利ローンがある。これら優遇措置の適用は、省エネルギー促進投資に対してマレーシアでは行われていない。

#### (2) 提言

省エネルギー促進税制及び融資制度の確立を勧める。さらに税金控除と免税、融資に関わる優遇措置等をより一層有効なものとするために、税金控除と免除、低金利融資をインセンティブパッケージとしてまとめて適用を図ることは有効な手段と考える。

## 4-2 省エネルギー促進活動

### 4-2-1 JBE&G と PTM の省エネルギー促進活動

#### (1) 現状と問題点

最近の JBE&G の省エネルギー活動は以下の通りである。但し電力の省エネルギーに力点が置かれている。

セミナーと研修会及び展示会の開催、エネルギー診断の実施、省エネルギー促進資料の作成、コジェネレーションプロジェクトの認可

また、1998年に PTM が MECM のエネルギー関連技術開発と調査の分野を支援する目的で新規に設立され、省エネルギー促進活動をまさに開始したところである。PTM によると、省エネルギー促進に関わる活動の組織上の役割分担は、以下の通りとしたいとしている。

(a) PTM の実施範囲

PTM の実施範囲として挙げられている活動は、省エネルギーキャンペーン、省エネルギーのセミナー、研究活動及びエネルギー診断の実施である。

(b) 他の機関（JBE&G、大学等）の実施範囲

他の機関（JBE&G、大学等）の実施範囲として挙げられている活動は以下の通りである。

1. 省エネルギー関連の教育訓練
2. エネルギー管理者の資格審査
3. 大学生に対するエネルギー管理教育

調査団は、以下の項目が重要であると認識している。

1. 省エネルギー活動を分散させると、将来効率が悪化する。
2. 現在のエネルギー管理は電気に集中し過ぎており、熱と電気双方のエネルギー管理を本来行うべきである。

(2) 提言

当面の省エネルギー促進活動として、JBE&G 及び PTM が、協力しあるいは担当を分けて以下の活動をより活発に行うことを勧める。

1. エネルギー診断の実施（JBE&G、PTM）
2. 省エネルギーセミナーの実施（JBE&G、PTM）
3. エネルギーデータベースの構築（PTM）
4. 省エネルギー促進研究活動（PTM）
5. 省エネルギーキャンペーンの実施（JBE&G、PTM）
6. 省エネルギーに関わる出版活動（PTM）
7. 省エネルギー教育訓練・人材育成（JBE&G、PTM）

#### 4-2-2 PTM の省エネルギー促進部門の組織と役割

(1) 現状と問題点

PTM の省エネルギー促進部門は、新しい組織であり省エネルギー促進活動の経験は余りない。また、省エネルギー促進のための要員が不足している。

(2) 提言

- 1) 多くの機関、大学、企業による省エネルギー促進活動の分散は、将来非効率なものとなるだろう。従って、PTM への省エネルギー活動の集中化が望ましい。
- 2) 国際協カスキームの利用を勧める。この事により教育およびコンサルティングの分

野での省エネルギー促進活動がさらに発展・向上するものと望まれる。

- 3) 広報と出版部署、研究部署、技術と教育担当部署を PTM の中に組織化して、活動内容を多様化し、省エネルギー推進活動の中心的機関として組織を充実させる事を勧める。

#### 4-2-3 その他

民間企業であるエネルギーサービス会社（ESCO）の活性化調査を MECM が調整役となって、推進することを推奨する。ESCO の活性化が、市場、技術、財務等の面から可能であるならば、この様な会社の活性化を図ることは、より一層の省エネルギー推進を図る一手段である。一般に ESCO は、エネルギー診断を実施し、資金調達と設備の改造の手伝いを行い運転も行う。この様な活動は、企業と ESCO との間で省エネルギーによって得られた利益の配分によって可能となる。

#### 4-3 診断施設・工場への提言

本調査では民生部門 3 施設及び工業部門 3 工場に対してエネルギー診断を行った。その診断結果及び引き続き行われた検討に基づき、各施設及び工場に対し以下に示す省エネルギー対策を提言する。

##### 4-3-1 ホテル（ミンコートビスタホテル）

###### (1) 空調における VAV システム

このホテルの空調に可変空気量（VAV）システムを取り付けることを提言する。この対策は財務分析の結果財務的にフィージブルと言えるものである。

###### (2) エレベータの VVVF システム

この対策は、インバータ・システム（VVVF）がエレベータの更新時に設置されるものと仮定すれば、財務的フィージビリティのぎりぎりの水準にある。エレベータの更新時にこの対策を検討するよう提言する。

###### (3) 氷蓄熱システム

ホテルのチラー・システムへの氷蓄熱システムの設置は、電気代が現在の日本の水準に上昇すると仮定すれば財務的にフィージブルとなる可能性がある。将来において、電力料金が上がる状況があれば、この対策を検討することを提言する。



#### (4) 建物内の温度上昇

ホテルでは建物内の温度を上げることを提言する。この対策により温度を2℃上げることによって年間14万リングットの電気代削減が期待される。

#### (5) その他の提言

その他いくつかエネルギー施設の運転管理及び保守管理の観点から省エネルギー上有効と思われる対策を指摘し、第9章にまとめた。

### 4-3-2 複合商業施設（バンドルウタマ・ショッピングセンター）

#### (1) 照度の低減

照度によって作動する自動オン・オフ・スイッチを設置し、白熱球を蛍光灯へ交換し、さらに不要な照明を消すことを提言する。この対策は財務分析の結果により財務的にフィージブルと考えられる。

#### (2) 出入口からの熱損失防止

回転ドア及びエアカーテンを取り付けることによって出入口からの熱損失を防止することを提言する。この対策の投資は財務的にフィージブルであると考えられる。

#### (3) オフピーク電力の利用

現在の氷蓄熱システムを拡張することによってオフピーク電力をさらに利用することを提言する。この投資も財務的にフィージブルであると言える。

#### (4) 受電トランスの停止

受電トランス T-11-1 を停止することを提言する。この対策により投資なしで年間37,000リングットの電気代が削減できると期待される。

#### (5) 建物内温度の上昇

建物内の温度を2℃上げることが提言される。この対策によって年間220万リングットの電気代削減が期待される。

#### (6) その他の提言

その他にもエネルギー診断によって、いくつかエネルギー施設の運転管理及び保守管理の観点から省エネルギー上有効と思われる対策を指摘し、第10章にまとめた。

### 4-3-3 病院（セレンバン病院）

#### (1) 潜熱蓄熱システムの導入

セレンバン病院では現在のところ自然通風、機械的通風、集中冷房及び個別冷房を組み合わせて用いている。しかし、近い将来、自然通風や機械的通風に代り冷房設備の拡張が避けられないようになると考えられる。この様な状況では、潜熱蓄熱システムの導入を検討すべきである。この技術を採用し、ピーク需要をオフピーク需要にシフトすることによって、ピーク需要と最大負荷の削減が可能となる。

#### (2) 冷凍機システムにおける過電流トリップの解消

冷凍機システムは過電流によるトリップのためしばしば停止する。エネルギー診断の期間中に調査団が行った検討によれば、このシステムには、極端に低い力率とセット値の300アンペアに極めて近い電流値という2つの問題がある。検討すべき対策には、「力率が低い原因を明らかにする。」、「ヒューズを300アンペアから350アンペアに大きくする。」、「キャパシターを設置する。」及び「配電線ケーブルを太いものに取り替える。」等がある。

#### (3) 受電システムの改善

調査団によるエネルギー診断の期間中に Tenaga Nasional Berhad (TNB) からの受電システムでの力率が負の値になった。これには、キャパシター・バンクの自動制御を調整することを提言する。

#### (4) ボイラー排ガスの酸素濃度及び温度条件の改善

ボイラー排ガス空気比は日本のガイドラインを超えている。これはオンオフ運転の影響にもよると考えられるが、省エネルギーの観点から運転管理強化による改善が望まれる。

### 4-3-4 セメント工業（APMC 社ラワン工場）

#### (1) 廃熱ボイラ／発電

この対策はプレヒーター排ガスとクーラー排ガスの顕熱の回収を可能にするもので、次の装置から構成される：(1)プレヒーター排ガス顕熱を回収するボイラー、(2)クーラー排ガス顕熱を回収するボイラー、(3)タービン、発電機及びコンデンサーから成る発電システム。この対策は本調査で設定した条件の下では財務的にはぎりぎりの水準にあると言えるが、詳細な検討を行うよう提言する。

## (2) 石炭ミル増設

現在、既設石炭ミルの能力が小さいため、FF 炉では高価な重油が石炭と共に使用されている。そこで、次のような装置で構成される石炭ミルを建設するよう提言する：(1) 石炭の乾燥・粉砕のための縦型ミル、(2) バッグ・フィルター、(3) 微粉炭計量器一式。この対策によって工場内で使用しているすべての重油は石炭に転換され、燃料費の削減につながる。さらに、微粉炭の燃焼によって燃焼効率が改善される。また、財務的にはフィージブルであると言える。

## (3) 窯尻リフター・レンガの採用

プレヒーター FF 炉での燃料の燃焼が不完全なため多くの未燃炭素がキルンに戻ってきていることがエネルギー診断の結果明らかになった。プレヒーター FF 炉からの未燃炭素を効率よく燃焼させることにより熱消費を削減するため、キルンの内壁の窯尻部分にリフター・レンガを施工することを提言する。この対策は財務的フィージビリティの点からも優れており提言するものである。

## (4) リーク防止

エネルギー診断において、プラント内の様々な箇所においてリークが見られた。合計リーク量は排ガス全体の約 39.5% を占めると推定され、このリークを減らすことによって 3.8 kWh/ton-clinker の電力削減が期待できる。この対策を検討することを提言する。

## (5) 粉体輸送システムの合理化

現在、石炭及びセメントは FK ポンプ及びコンプレッサーといった空気輸送設備によって輸送されている。この輸送システムを機械式のバケット・エレベータとエア・スライド・システムに改造することによって約 5.3 kWh/ton-clinker の電力削減が期待できる。この対策についてさらに検討するよう提言する。

## (6) 頁岩の投入位置及び方法の変更

頁岩の示差熱分析 (DTA) 及び熱重量分析 (TG) の結果から、FF 炉での頁岩の燃焼を考えたとき、FF 炉への直接投入でなく、C4 サイクロン入口に投入することを検討する必要がある。さらに、頁岩の投入方法については、空気輸送方式から機械輸送方式に変更することを提言する。この対策によって 1,258 ton-coal/year の熱量削減が期待できる。

## (7) C5 サイクロン集塵効率の向上

C5 (ボトム) サイクロンの集塵効率が悪いことが判明した。この結果として C1 (トップ) サイクロンの排ガス温度が高くなっている。集塵効率を向上させることによって、排ガス温度が低下し、これにより 8,510 ton-coal/year の熱量が削減できると期待される。

この対策を推奨する。

#### (8) クーラー GBF の据替

クーラー排ガス用の既設のグラベル・ベッド・フィルター (GBF) の電気集塵器 (EP) への据替を検討するよう提言する。この対策によって「キルン及び EF 炉での燃焼の安定化による熱量低減」、「クーラー排ガス系及びキルン口元からのリーク防止による電力削減」及び「集塵効率向上によるクリンカ回収」といった便益が期待される。この対策のさらなる検討を提言する。

#### (9) 粉砕助剤

経済性はマレーシアにおける粉砕助剤の価格によるが、粉砕助剤の使用について検討することを提言する。粉砕助剤を 0.02% 添加するものとすれば、粉砕ミルにおいて 7,500,000 kWh/year の電力削減が期待できる。

### 4-3-5 食品工業 (セントラルシュガーズリファイナリー (CSR))

#### (1) 蒸気及びスチームコンデンセート回収システムにおける省エネルギー改善

エネルギー診断の結果、ボイラー排気ガス温度が高くスチームコンデンセートの回収率が低いことが明らかになった。ボイラー排気ガスの熱量は回収してボイラー給水 (BFW) の温度を上げるのに用いることを提言する。スチームコンデンセートの回収率を上げる対策としては、コンデンセート・タンク、コンデンセート回収ポンプ、及び関連配管によって構成されるスチームコンデンセート回収システムを設置することが推奨される。この対策は財務的にフィージブルであると考えられる。

#### (2) スチームトラップシステムの改善

スチーム利用設備には 64 基のスチームトラップが設置されているが、この内 31 基が吹き放し、漏れあるいは詰まりにより正常に作動していないことが判明した。吹き放しあるいは漏れのあるスチームトラップについては交換を、詰まりあるいは低温状態のトラップについては定期的な保守管理を推奨する。この対策は財務的にフィージブルであると考えられる。

#### (3) 断熱システムによる熱損失低減

エネルギー診断中に、直管部、バルブ及びフランジ部などで保温材が外れたままの箇所が見られた。このような箇所についても熱損失防止のために保温施工を行うことを推奨する。

#### (4) 蒸気制御弁における損失エネルギーの電力への回収

ボイラーの発生蒸気 50 ton/hour のうち、20 ton/hour は蒸気制御弁によって加熱用低圧スチームの 0.5 bar まで減圧されている。試算によると、減圧による損失エネルギーを回収することによって 750 kW の電力が回収できる。もし、現在の電力料金体系が変更され TNB を経由して CSR が余剰電力を外部の需要家に供給できるようになると仮定した場合、補助的なタービンを設置し、この損失エネルギーを回収することを推奨する。

### 4-3-6 鉄鋼工業（アムスチールミル（ASM））

#### (1) 線材工場鋼材加熱炉の空気/燃料比の低減

エネルギー診断中、鋼材加熱炉の空気/燃料比は 1.25 であった。この比を実現可能な範囲内での最適値である 1.15 にまで低減するよう提言する。空気/燃料比を低減すると燃焼排ガス量が減り、延いては鋼材加熱炉における省エネルギー効果をもたらす。この対策には鋼材加熱炉炉尻に酸素濃度計を設置するための投資が必要である。この投資は、本調査の条件の下では財務的にフィージブルである。

#### (2) 線材工場の鋼材加熱炉炉体からの熱放散低減

通常の加熱炉では一般的に炉体表面温度は 100°C と言われているが、エネルギー診断においては均熱帯の炉壁温度は 130°C を超えるものであった。断熱の改善によって炉壁からの熱損失を低減することを推奨する。断熱の改善の最も簡便な方法は化粧張りによる技術で、これは現存する耐火物内壁の上にセラミック樹脂のブランケットを上張りするものである。この対策は財務的にフィージブルであると考えられる。

#### (3) 線材工場における抽出鋼材温度のバラツキの低減

エネルギー診断においては抽出鋼材温度は 1,030°C から 1,097°C まで変化していたが、その変化範囲の最低の温度でも圧延は問題なく行われていた。ヒーティングパターンの変更タイミングの予測を改善することによって、抽出鋼材温度のバラツキを現行の半分にし、平均温度を 1,045°C に下げることが推奨される。この対策によって年間 RM 57,000 の重油に係わる経費の節減が期待できる。

#### (4) 線材工場における熱ピレット装入の導入

熱ピレット装入は多くの製鉄工場で採用されている省エネルギー対策である。ASM では、この熱ピレット装入のために設備及びレイアウトの面で好条件がそろっており、熱ピレット装入を ASM に導入することを提言する。この対策による便益は、操業とくに製鋼工場と線材圧延工場の協力に依存するが、年間 342 トンの中質重油、金額にして RM 111,000 が削減されるものと期待される。

#### (5) 新シュレッダー工場の電力消費削減

新シュレッダー工場では工場が停止している時でさえ約 35 kWh/hour の電力が消費されていることが、エネルギー診断により判明した。この損失の原因を究明し解消すべきである。

#### (6) 電気炉の電力消費量削減

ASM の電気炉での電力消費量を日本の工場のそれと比較すると、やや大きな数字を示しているが、原因としては炉内での熱の伝達が劣っていることが考えられる。この問題は電気炉内でのスラグの沸騰を活発にすることによって解消されることが考えられ、そのためには、加炭材の使用を増やし炉内での熱発生も増加させることが必要である。また、酸素ランスを溶融浴深部に位置させ、溶融鋼相に影響を与えることを推奨する。この対策によって電気炉において 15 kWh/ton の電力削減が期待できる。

## 第5章 エネルギー事情

本章では世界のエネルギー状況とマレーシアの社会経済の概要及びエネルギー状況をまとめる。

### 5-1 世界のエネルギー事情

#### 5-1-1 全世界におけるエネルギー状況

##### (1) 世界の一次エネルギー供給 (TPES)

表 5-1 に示すように IEA の資料によると、世界の一次エネルギー供給は 1971 年には 48 億 6 千万 TOE であったが、1995 年には 82 億 TOE に達した。この間、エネルギー供給の伸びは平均で 2.2% を示したが、この伸びの理由には発展途上国のエネルギー消費の増加が挙げられる。1990 年から 1995 年に至る最近 5 年間には、一次エネルギー供給は平均 1.1% の伸びを示した。1995 年の供給を種類別にみると、石油が最も多く全供給の 39% を占め、残りは固体燃料、天然ガス、原子力、水力の順であった。

Table 5-1 Total Primary Energy Supply in the World

	Primary Energy Consumption (Billion TOE)							Growth Rates (% p.a.)		Shares of Fuel (%)		
	1971	1973	1980	1985	1990	1993	1994	1995	1971	1995		
								-1995	-1995			
<b>TPES</b>	<b>4.86</b>	<b>5.42</b>	<b>6.44</b>	<b>6.94</b>	<b>7.78</b>	<b>7.97</b>	<b>8.01</b>	<b>8.20</b>	<b>2.2</b>	<b>1.1</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Solid Fuels	1.43	1.49	1.74	2.02	2.16	2.13	2.15	2.20	1.8	0.4	29.5	26.8
Oil	2.33	2.70	2.99	2.80	3.07	3.14	3.14	3.19	1.3	0.8	47.8	38.9
Natural Gas	0.90	0.98	1.24	1.42	1.67	1.75	1.75	1.81	3.0	1.5	18.5	22.0
Nuclear	0.03	0.05	0.19	0.39	0.52	0.57	0.58	0.61	13.5	3.0	0.6	7.4
Hydro	0.10	0.11	0.15	0.17	0.19	0.20	0.20	0.21	3.1	2.8	2.1	2.6
Other fuels	0.07	0.08	0.14	0.14	0.16	0.18	0.18	0.18	4.0	2.4	1.5	2.3
TPES per Capita (TOE)	1.30	1.39	1.46	1.44	1.48	1.45	1.44	1.45	0.5	-0.4	-	-
TPES/GDP (TOE/Mill. US\$ 1987 price)	463	461	443	425	408	404	396	396	-0.6	-0.6	-	-

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

- Notes: (1) TPES (Total Primary Energy Supply)  
 (2) Consumption is based on net heating value  
 (3) Other fuels are combustible renewables and waste, and solar energy etc. However, combustible renewables and waste are not included for non-OECD countries

## (2) 世界の最終エネルギー消費

世界の最終エネルギー消費（TFC）は、1971年には37億7千万TOEであり、一人当たり1.01 TOEであった。TFCは1995年には57億9千万TOEに達したが、一人当たりTFCにはさほど変化はなく1.03 TOEであった。なお、一次エネルギー供給と最終エネルギー消費の違いは、発電、熱電気併給、熱供給、都市ガス、石油精製等のエネルギー転換での自家消費及び損失に有る。1990年からの5年間における最終エネルギー消費は表5-2に示すように、工業部門と非エネルギー利用<sup>1</sup>において減少しているにもかかわらず、その他の部門（家庭、商業、農業、水産、公共サービス等）と運輸部門での伸びによって全体としては年間0.9%の伸びを示している。

Table 5-2 Total Final Energy Consumption in the World

	Final Energy Consumption (Billion TOE)								Growth Rates (% p.a.)		Shares (%)	
	1971	1973	1980	1985	1990	1993	1994	1995	1971 -1995	1990 -1995	1971	1995
	TFC	3.77	4.17	4.81	5.03	5.53	5.65	5.63	5.79	1.8	0.9	100
Industry	1.63	1.81	2.04	2.04	2.19	2.12	2.10	2.17	1.2	-0.1	43.2	37.5
Transportation	0.85	0.96	1.14	1.22	1.42	1.47	1.49	1.54	2.5	1.6	22.7	26.6
Residential, Commercial & Agriculture	1.16	1.26	1.45	1.60	1.73	1.90	1.87	1.91	2.1	2.0	30.8	33.0
Non-Energy	0.13	0.14	0.18	0.17	0.19	0.17	0.18	0.17	1.3	-2.3	3.3	3.0
TFC per Capita (TOE)	1.01	1.07	1.09	1.05	1.05	1.03	1.01	1.03				
TFC/GDP (TOE/Mill. US\$ 1987 price)	359	355	330	308	290	286	278	279				

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

Notes: (1) TFC (Total Final Energy Consumption)  
 (2) Consumption is based on net heating value  
 (3) Other fuels are combustible renewables and waste, and solar energy etc.  
 However, combustible renewables and waste are not included for non-OECD countries

### 5-1-2 主要国のエネルギー消費

ここでは、マレーシア、日本、ドイツ、英国、フランス、米国、シンガポール、タイ、インドネシア、韓国のエネルギー消費について纏める。

#### (1) 主要国のエネルギー需要と国内総生産の推移

<sup>1</sup> 非エネルギー利用にはパラフィンワックス、潤滑油、アスファルトやエネルギー以外に使用される石油コークスといったその他石油製品やカーボン・ブラック、黒鉛電極等が含まれる。石油化学工業原料は工業部門に計上されている。



マレーシアの国内総生産成長率は 1985 年から 1995 年に至る期間において平均 7.7% であり、1971 年から 1985 年の期間の平均成長率 7.1% を上回った。しかし、一次エネルギー供給 (TRES) の増加率は、1985 年から 1995 年において平均 8.1% であり、1971 年から 1985 年の間の平均 8.5% を下回っている。

マレーシアを含める ASEAN 諸国や NIES 諸国における一次エネルギーの伸びは国内総生産の成長に伴い非常に大きい。1985 年から 1995 年の間にこれら諸国で一次エネルギー消費は、マレーシアで 8.1%、シンガポールで 10.6%、タイで 12.8%、インドネシアで 9.1%、韓国で 10.5% と高い平均伸び率で推移した。これに対し、日本、ドイツ、英国、フランス、米国といった OECD 諸国では、同期間における一次エネルギーの平均伸び率は、これより低いマイナス 0.6% からプラス 3.1% の範囲にあり、国内総生産は 2% から 3% で成長した。

Table 5-3 TPES and GDP Growth Rate

	TPES (Million TOE)				GDP (Billion US\$, 1990 Price)				TPES Growth		GDP Growth	
	1971	1985	1994	1995	1971	1985	1994	1995	1985	1995	1971	1985
									-1985	-1995	-1985	-1995
Malaysia	5	15	33	33	12	31	59	65	8.3	8.1	7.1	7.7
Japan	270	367	483	497	1,358	2,369	3,144	3,191	2.2	3.1	4.1	3.0
Germany	308	361	337	339	1,041	1,421	1,750	1,781	1.1	-0.6	2.2	2.3
United Kingdom	211	204	221	224	632	828	1,013	1,040	-0.3	1.0	2.0	2.3
France	155	200	232	241	737	1,030	1,234	1,260	1.9	1.9	2.4	2.0
USA	1,593	1,782	2,058	2,088	3,348	4,846	6,005	6,147	0.8	1.6	2.7	2.4
Singapore	3	8	25	21	9	25	50	55	7.2	10.6	7.7	8.3
Thailand	7	16	44	52	22	52	118	128	6.4	12.8	6.4	9.4
Indonesia	9	36	75	86	32	81	154	166	10.6	9.1	6.9	7.4
South Korea	17	54	133	145	49	156	334	364	8.8	10.5	8.6	8.8

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

## (2) エネルギー消費の GDP 原単位

エネルギーインテンシティー (エネルギー消費の GDP 原単位) という概念は、エネルギー消費と国内総生産との間の変化を捕らえる有用な手段であり、これは一般に国内総生産に対する一次エネルギー供給の比率として定義される。この変化は、経済構造の変化、エネルギー効率の変化、また燃料構成比の変化が混ざった結果として現れる。これらの影響因子を各々分解することは難しいが、単純な表現方法として有効である。表 5-4 に各国のエネルギー消費の GDP 原単位を纏める。

マレーシアの 1995 年における原単位は 512 TOE/百万ドルであり、インドネシアとほぼ同じレベルに有るが、シンガポール、タイ、韓国より高いレベルにある。また、日

本、ドイツ、英国、フランスはマレーシアの30%から42%と低い原単位となっている。

マレーシアのエネルギー消費GDP原単位は1971年から1985年にかけては年1.2%、1985年から1995年にかけては年0.4%であり、増加している。同期間に日本、ドイツ、英国、フランス、米国のOECD諸国では原単位が概ね減少傾向にある。

Table 5-4 Energy Intensity

	TPES/GDP				Increase	
	(TOE/Million US\$, 1990 Price)				Rate (% p.a.)	
	1971	1985	1994	1995	1971-1985	1985-1995
Malaysia	415	491	562	512	1.2	0.4
Japan	199	155	154	156	-1.8	0.1
Germany	296	254	192	190	-1.1	-2.9
United Kingdom	334	246	219	216	-2.2	-1.3
France	210	194	188	192	-0.5	-0.1
USA	476	368	343	340	-1.8	-0.8
Singapore	337	315	491	390	-0.5	2.1
Thailand	298	299	377	407	0.0	3.1
Indonesia	277	443	489	516	3.4	1.5
South Korea	335	343	397	399	0.2	1.5

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

### (3) 一人当たりのエネルギー消費

マレーシアの一人当たりエネルギー消費は表 5-5 に示すように 1995 年において 1.65 TOE であり、日本、ドイツ、英国、フランス、米国及びシンガポールと比べかなり小さい。なお一人当たりのエネルギー消費は一人当たり国内総生産との間に関連があることは言うまでもない。

Table 5-5 Per Capita Energy Demand

	Per Capita Energy Demand (TOE)				Increase Rate (% p.a.)	
	1971	1985	1994	1995	1971-1985	1985-1995
Malaysia	0.45	0.97	1.69	1.65	5.7	5.5
Japan	2.57	3.04	3.86	3.96	1.2	2.7
Germany	3.93	4.65	4.14	4.15	1.2	-1.1
United Kingdom	3.77	3.59	3.79	3.83	-0.3	0.6
France	3.01	3.62	4.01	4.15	1.3	1.4
USA	7.67	7.47	7.90	7.94	-0.2	0.6
Singapore	1.55	3.15	8.44	7.15	5.2	8.5
Thailand	0.18	0.30	0.77	0.90	3.9	11.4
Indonesia	0.07	0.22	0.39	0.44	8.2	7.2
South Korea	0.51	1.31	2.98	3.23	7.0	9.4

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

(4) エネルギー消費と燃料構成

エネルギー消費における燃料構成比は図 5-1 及び表 5-6 に示すように各国の国内資源の状況によって大きく変わる。マレーシアでは従来国内で生産される石油資源が広く使われてきたが政府によるエネルギー転換政策によって、天然ガスや石炭にシフトされてきている。日本、ドイツ、英国、フランス、米国、韓国の OECD 諸国においては、石油、石炭、天然ガスに加え原子力が重要な地位を占めている。特にフランスでは一次エネルギー供給の約 40% が原子力に依存している。

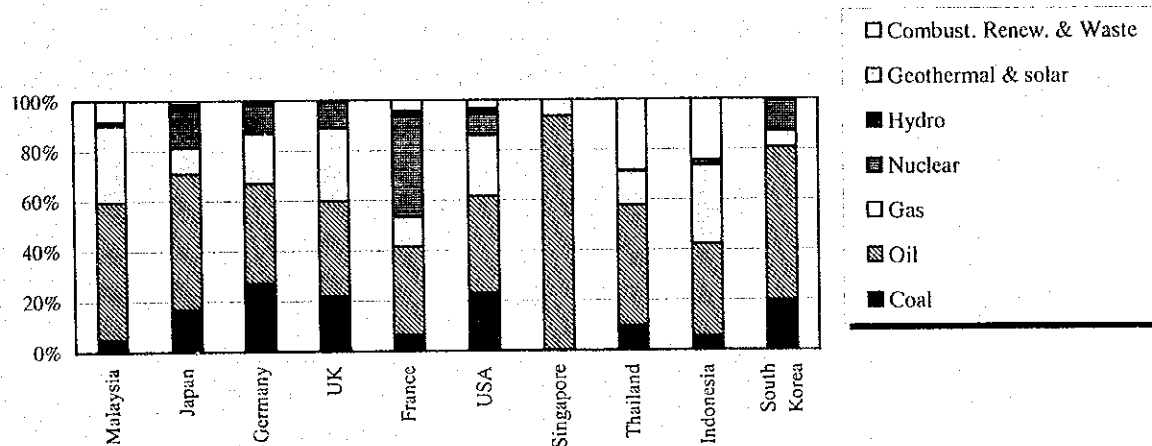


Figure 5-1 TPES in 1995

Table 5-6 Total Primary Energy Supply in 1995

	TPES (Million TOE)							Total
	Coal	Oil	Gas	Nuclear	Hydro	Geoth. Solar	Com. Renew	
Malaysia	1.6	20.0	11.1	0.0	0.5	0.0	3.1	36.3
Japan	82.6	269.6	52.0	75.9	7.1	2.9	7.0	497.0
Germany	91.0	135.7	66.4	39.9	1.9	0.1	3.5	338.6
UK	48.6	84.6	65.1	23.2	0.4	0.0	1.1	223.1
France	16.1	86.6	29.6	98.3	6.1	0.2	10.6	247.4
USA	475.3	804.4	508.7	186.0	27.0	13.2	70.6	2,085.2
Singapore	0.0	20.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4
Thailand	6.9	34.9	9.7	0.0	0.6	0.0	20.4	72.5
Indonesia	6.1	41.8	35.3	0.0	0.7	1.9	27.5	113.2
South Korea	28.3	89.7	9.2	17.5	0.5	0.0	1.1	146.2

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

#### (5) 主要国のセクター別最終エネルギー消費

工業部門、運輸部門、その他部門（家庭、商業、農業、水産、公共サービス等）および非エネルギー利用における 1995 年の最終エネルギー消費を図 5-2 及び表 5-7 に纏める。マレーシアでは最終エネルギー消費のセクター別比率が 1995 年において工業部門で 41%、運輸部門で 35%、その他部門で 15%、非エネルギー利用が 9%であった。1985 年と 1995 年を比較すると、工業部門の比率には変化がないが、運輸部門が 6%低下し、その分その他部門の比率が 2%、非エネルギー利用の比率が 4%上昇した。

日本、ドイツ、英国、フランス、米国では 1985 年から 1995 年の間に最終エネルギー消費における工業部門の割合が低下したが、これは経済のサービス部門への移行、工業部門での省エネルギー等の影響によるものと考えられる。これら諸国では、工業部門に代わって運輸部門及びその他部門の比率の上昇が見られる。

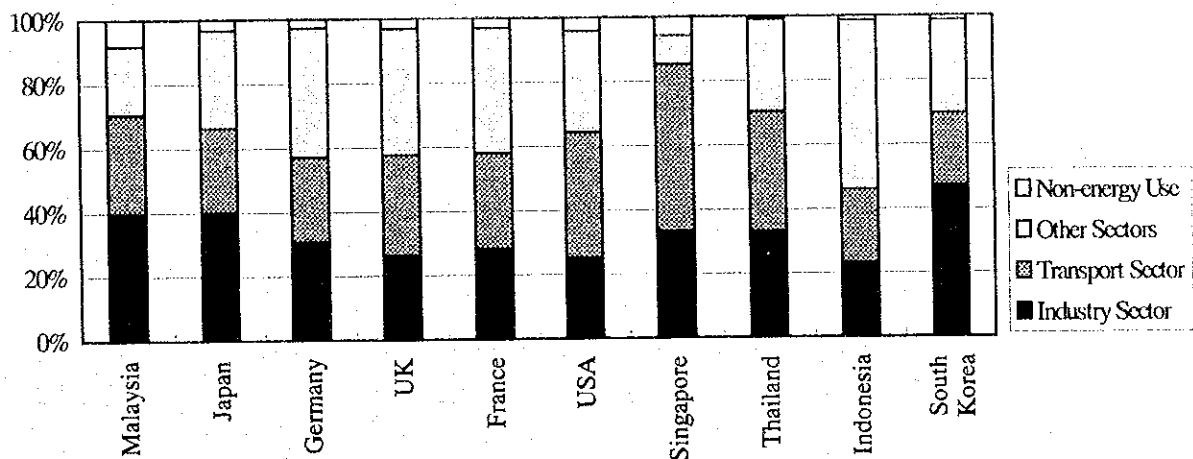


Figure 5-2 Final Energy Consumption by Sector

Table 5-7 Total Final Energy Consumption by Sector in 1985/1995

	1985				1995			
	Industry Sector	Transport Sector	Other Sectors	Non-energy Use	Industry Sector	Transport Sector	Other Sectors	Non-energy Use
Malaysia	41%	35%	15%	9%	41%	35%	15%	9%
Japan	47%	22%	27%	4%	43%	25%	29%	3%
Germany	37%	19%	41%	3%	32%	26%	39%	3%
UK	30%	26%	41%	3%	27%	31%	39%	3%
France	33%	25%	39%	3%	29%	29%	39%	3%
USA	30%	35%	31%	4%	25%	39%	31%	4%
Singapore	33%	47%	10%	9%	33%	52%	9%	6%
Thailand	25%	50%	24%	1%	32%	49%	17%	1%
Indonesia	31%	29%	39%	1%	35%	35%	28%	2%
South Korea	40%	17%	42%	1%	47%	23%	29%	1%

Source: Based on Energy Balances of OECD Countries, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries (IEA)

## 5-2 マレーシア国のエネルギー事情

### 5-2-1 マレーシア国の社会経済概況

#### (1) 自然条件

マレーシアは北緯 1 度弱から北緯 7 度、東経 100 度から東経 120 度の間に位置している。国土は約 329,733 平方キロメートルあり、半島マレーシア及びボルネオ島北西岸（サバ州、サラワク州とラブアン連邦直轄地がある。）から構成される。これらの二つの国土は南シナ海によって約 540 キロメートル隔てられている。面積 131,573 平方キロメートルの半島マレーシアは、北はタイ、南はシンガポールに接している。また、面積 73,619 平方キロメートルのサバと 124,449 平方キロメートルのサラワクは、ともにインドネシア領のカリマンタンに接している。

国土の約 5 分の 4 は熱帯雨林である。半島マレーシアには中央山脈と呼ばれる山脈が背骨のようにタイ国境から南へネグリ・センピラン州まで縦走しており、半島部を東西に分断している。このためケランタン及びトレンガヌ、ペハン各州の内陸部は、かなりの部分が山岳地域となっている。サバにある最も有名な山脈の一つにクロッカー山脈があるが、これによってサバ州の北西岸の狭い低地は内陸部と隔てられている。このクロッカー山脈の最高峰はキナバル山（標高 4101 メートル）である。この山はマレーシア及び東南アジアの最高峰である。

マレーシアは、その全体が赤道地帯に位置する。この国の気候は、一年を通じ交互に吹く北東季節風と南西季節風によって支配されている。北東季節風は 11 月中頃から 3 月まで吹き、南西季節風は 5 月から 9 月まで吹く。二つの季節風が変わる時期には、よく大雨が降る。南西季節風期は、全国的に比較的乾燥した時期である。この傾向は、大きなスマトラ島に保護された半島部西岸を除く州において顕著である。

熱帯に位置するため、平均気温は一年を通じ高く（摂氏 26 度程度）変化はない。気温及び降水量の地域格差は、主に土地の高低による。例えばキャメロン・ハイランドでは平均気温が摂氏 18 度、年降水量が 2500 ミリメートルを超えるのに対し、クアラルンプールではそれぞれ摂氏 27 度、2410 ミリメートルである。海岸近くでは、陸風と海風によって暑さが緩和される。このため、実質的には四方を海に囲まれている半島部は比較的变化の少ない気候となっている。一般的に午前中は天気が良く、午後遅く降る対流による雨はしばしば稲妻と雷鳴を伴う。高温と多い蒸発量のため、湿度は約 80% と高く、降水量も多く 2500 ミリメートル以上となっている。

## (2) 人口

1991年の人口国勢調査に基づき政府が推定したところによれば、マレーシアの人口は、表5-8に纏めたように1993年で1,956万人、1997年で2,167万人であり、この期間に年率2.6%で増加している。

マレーシアには13の州と二つの連邦直轄地があるが、それらの地域別に1997年の人口をみると、セランゴール州が全体の13.8%、次にサバ州が12.0%、3番目としてジョホール州が11.8%を占めている。また、人口増加率はサバ州とラブアン連邦直轄地で高くなっている。

Table 5-8 Mid-year Population by State, Malaysia

	1993		1997		Unit: Thousand
	Population	%	Population	%	Increase Rate % p.a.
Malaysia	19,563.7	100.0	21,665.4	100.0	2.6
Johor	2,309.9	11.8	2,554.1	11.8	2.5
Kedah	1,425.5	7.3	1,530.1	7.1	1.8
Kelantan	1,297.8	6.6	1,447.0	6.7	2.8
Melaka	555.4	2.8	582.0	2.7	1.2
Negeri Sembilan	754.8	3.9	810.5	3.7	1.8
Pahang	1,131.4	5.8	1,239.0	5.7	2.3
Perak	2,032.8	10.4	2,094.8	9.7	0.8
Perlis	199.5	1.0	217.4	1.0	2.2
Pulau Pinang	1,165.0	6.0	1,222.1	5.6	1.2
Sabah	2,048.8	10.5	2,593.4	12.0	6.1
Sarawak	1,801.0	9.2	1,954.3	9.0	2.1
Selangor	2,617.9	13.4	2,999.8	13.8	3.5
Terengganu	862.9	4.4	975.8	4.5	3.1
Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur	1,301.0	6.7	1,374.7	6.3	1.4
Wilayah Persekutuan Labuan	60.0	0.3	70.4	0.3	4.1

Source: Social Statistics Bulletin, Malaysia, 1997

Note: Population projections based on the 1991 Population Census.

## (3) 経済状況

マレーシアの経済は1993年以降8%を超える高い実質GDP成長率を保ってきた。特に製造業、建設業及び運輸・通信等の分野での成長は著しいものであった。また、全GDPに占める製造業の割合は、1993年の30%から1997年の35%へと年々拡大してきた。しかし、1997年7月にタイから始まった通貨・金融危機によって他のアジア諸国同様に経済成長は大幅に悪化している。

表5-9には1993年から1997年に至る経済指標を示す。

**Table 5-9 Economic Indicators**

Activity	1993	1994	1995	1996	1997
GDP at Current Price (Million RM)	165,206	190,294	218,703	249,610	280,888
GDP at 1978 Prices (Million RM)	100,617	109,915	120,309	130,227	140,639
1. Agriculture, livestock, forestry & fishing (Million RM)	16,205	16,047	16,230	16,616	16,955
2. Mining and quarrying (Million RM)	8,039	8,241	8,979	9,325	9,525
3. Manufacturing (Million RM)	30,324	34,782	39,825	44,664	49,577
4. Construction (Million RM)	4,023	4,589	5,385	6,085	6,879
5. Electricity, gas and water (Million RM)	2,176	2,474	2,797	3,119	3,479
6. Transport, storage and communication (Million RM)	6,921	7,776	8,855	10,006	11,311
7. Wholesale and retail trade, hotel & restaurant (Million RM)	12,428	13,427	14,781	16,111	17,536
8. Finance, insurance, real estate and business services (Million RM)	10,650	11,713	12,938	14,491	16,090
9. Government services (Million RM)	10,073	11,022	11,454	11,855	12,275
10. Other services (Million RM)	2,146	2,298	2,478	2,577	2,680
11. Less: Import bank service charges (Million RM)	6,411	7,381	8,503	9,966	11,360
12. Import duties (Million RM)	4,043	4,927	5,090	5,344	5,692
GDP Growth Rate		9.2%	9.5%	8.2%	8.0%
Population ('000)	19,564	20,112	20,689	21,169	21,666
Per Capita GDP at Current Price (RM)	8,444	9,462	10,571	11,791	12,964

Source: Yearbook of Statistics Malaysia 1997, Department of Statistics Malaysia

## 5-2-2 マレーシア国のエネルギー事情

### (1) エネルギー供給

#### 1) 石油

#### 埋蔵量

**Table 5-10 Remaining Recoverable Reserves of Oil**

(As of December 31, 1996)

Reserved Area	Billion Barrels
Peninsular Malaysia	2.7
Sarawak	0.7
Sabah	0.5
Total	3.9

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996),

Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

マレーシアの残存可採埋蔵量は、表 5-10 に示すように 39 億バーレルであり、可採年数 (R/P) は 16.6 年となっている。



## 上流部門

ペトロナス(Petroleum Nasional Berhad, PETRONAS)は、マレーシアの石油資源開発のために1974年に設立された国立石油会社である。ペトロナスは現在41の100%出資子会社を設立しており、この他17の子会社と26の関連会社に出資している。これらの会社の活動範囲は、探鉱・生産といった上流分野から石油精製、ガスの精製・液化・輸送、石油化学の製造・マーケティング・輸送といった下流分野に至る石油のすべてわたる。

上流分野においてペトロナスはマレーシアの石油ガス埋蔵量を維持しさらに増大させる事に力を集中させている。ペトロナスは多くの国際石油ガス会社を生産分与契約(PSC)によってマレーシアの石油及びガスの探鉱、開発及び生産に参加させることによって上流分野の管理をしている。生産分与契約の下では、契約者のコスト回収のために生産される原油と天然ガスをペトロナスと契約者の間で分割する。現在までに、ペトロナスは15カ国の40社と47の生産分与契約を結んでいる。

現在33の油田で生産されており、1997年には平均で645,000バレル/日の原油が生産された。1980年以降の原油生産量の推移は表5-11に示すように1980年から1992年にかけては増産し、661,000バレル/日にまで至ったが、その後1993年以降は若干減産し640,000から650,000バレル/日の間で推移した。

Table 5-11 Crude Oil Production

	Unit: Thousand Barrels per Day										
Year	1980	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Production	288.0	557.3	605.0	652.0	661.0	645.0	640.0	650.0	645.8	645.0	

Source: International Petroleum Encyclopedia, 1998

## 石油精製

表5-12に示すように、現在マレーシアには5ヶ所の製油所が運転されており、合計の設備能力は378,000バレル/日である。さらに100,000バレル/日の製油所がMalakaで建設中であり、この製油所の完成によってマレーシアは478,000バレル/日の精油能力を持つことになる。

Table 5-12 Oil Refinery Licensed Capacity

Company	Location	Capacity Barrels Per Day
Shell Refining Co. Berhad	Port Dickson	105,000
Sarawak Shell Berhad	Lutong	45,000
Esso Malaysia Berhad	Port Dickson	88,000
Petronas	Kertih	40,000
Petronas	Melaka	100,000
<b>Sub-total</b>		<b>378,000</b>
Under Construction:		
Petronas	Melaka	100,000
<b>Total</b>		<b>478,000</b>

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996),  
Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

2) 天然ガス

埋蔵量

マレーシアの天然ガスの埋蔵量は表 5-13 に示すように 1996 年末において 79 兆 8 千億スタンダード立方フィートであり、これは原油換算では原油可採埋蔵量の約 3.6 倍に当たる。

Table 5-13 Remaining Recoverable Reserves of Gas

(As of December 31, 1996)

Unit: Trillion Standard Cubic Feet

	Associated Gas	Non-associated Gas	Total
Peninsular Malaysia	8.9	29.3	38.2
Sarawak	3.0	32.6	35.6
Sabah	1.2	4.8	6.0
<b>Total</b>	<b>13.1</b>	<b>66.7</b>	<b>79.80</b>

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996),  
Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

上流部門

天然ガスの上流分野でも石油と同様にペトロナスが生産分与契約によって探鉱・開発・生産を管理している。天然ガス生産量は 1990 年以降、表 5-14 に示すように 7,460 億立方フィートから 1 兆 3 千億立方フィートへと大幅に伸びた。

Table 5-14 Natural Gas Production

Unit: Billion Cubic Feet

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Production	746.0	746.9	796.3	880.4	922.7	1019.9	1295.3	1300.0

Source: International Petroleum Encyclopedia, 1998

### 天然ガス利用

ペトロナスは国内の豊富なガス資源の価値を高める目的で数々のガス、石油化学プロジェクトを世界的規模で進めている。ガス開発・利用プロジェクトはサラワク、サバ及び半島マレーシアで実施されている。天然ガスは、発電、工業及び家庭用の燃料から石油化学及び肥料工業原料に至る幅広い用途に用いられる。また、液化した状態で重要な輸出品となっている。

### LNG

サラワク沖、セントラル・ルコニア省から産出される天然ガスは処理され液化天然ガス (LNG) として輸出されている。ペトロナス、シェル・ガス、三菱商事及びサラワク州政府の合弁会社であるマレーシア LNG (Malaysia LNG Sdn. Bhd.) は、ピンツルにある LNG プラントを所有し運転している。このプラントから生産される 810 万トン/年の LNG は日本へ輸出されている。LNG-2 プロジェクトと呼ばれる拡張プロジェクトによって、既設プラントの側に新たに 3 トレンが建設された。LNG-2 は 1996 年初めに稼動に入りピンツルの LNG コンビナートの生産能力は 1,600 万トン/年と倍増された。さらに 3 番目の LNG プラント (680 万トン/年) が 2001 年に完成される予定であり、これが完成されれば生産能力は 2,300 万トン/年に増える。

### PGU プロジェクト

半島ガス利用 (PGU) プロジェクトによってマレーシアにガスの時代が到来した。1984 年に開始された PGU プロジェクトは、ペトロナス・ガス処理・プラント (GPPs) に接続された半島横断ガス移送パイプライン・システム及びトレガンヌ沖のガス田からガスを送り出すための関連施設から構成される。

このプロジェクトは 3 つのステージに分けて実施され、それらすべてが終了する 1990 年代末には、ガス処理能力は 20 億スタンダード立方フィートになる予定である。1984 年に完了したステージ 1 は 2 億 5 千万スタンダード立方フィートの GPP と、輸出ターミナル、半島部東岸における GPP から輸出ターミナル、発電・工業の需要家まで至る 32 km のメイン・パイプライン及びケルテの町でのガス供給網から成る。ステージ 2 は 1992 年に完了し、これは各 2 億 5 千万スタンダード立方フィートの能力を持つ新規

GPP2 基、マレーシア西部・南部・シンガポールに至る 680km の半島横断パイプライン及び付帯設備から成る。ステージ 3 は 1998 年に終了する予定であり、半島マレーシア西岸に沿うマレーシア・タイの国境までのパイプラインの延長 (450km)、各 5 億スタンダード立方フィートの GPP2 基新設及び付帯設備から成る。

### 石油化学

PGU プロジェクトの実施により、ペトロナスにとって新規事業であるガス原料石油化学の道が開けた。トレガンヌ州ケルテにおいて、ペトロナスはエチレン/ポリエチレン・プロジェクトを多国籍企業との合弁事業で行っている。生産能力はエチレン・プラントが 320,000 トン/年、ポリエチレン・プラントが 200,000 トン/年である。ペトロナスはパハン州クアンタンに 300,000 トン/年のメチル・ターシャリー・ブチル・エーテル (MTBE) と 80,000 トン/年のプロピレンのプラントを所有し運転している。また、ペトロナスはこの MTBE/プロピレン・プラントのそばに 80,000 トン/年のポリプロピレンを製造する合弁事業に大株主として参加している。

ペトロナスは ASEAN 諸国と一緒に、470,000 トン/年のアンモニア及び 660,000 トン/年の粒状尿素を製造する能力を持つアセアン・ピンツル肥料 (ABF) コンビナートをサラワクに設立した。また、ペトロナスは 375,000 トン/年のアンモニア、600,000 トン/年の粒状尿素、67,000 トン/年のメタノール及び 5,700 トン/年のホルムアルデヒドを製造する第 2 の肥料プラントをケダ州に設立しようとしている。

ペトロナスによって実施中のその他石油化学プロジェクトには、ジョホール州パシール・グダンの 200,000 トン/年のエチルベンゼン/スチレンモノマー・プラント及びラバアンでの 660,000 トン/年のメタノール・プラントなどがある。

### 3) 石炭

石炭の埋蔵量は表 5-15 に示すように 1996 年末で約 9 億 7 千万トンである。その内 74% に当たる 7 億 2 千万トンがサラワクに、24% がサバに存在し、半島マレーシアの埋蔵量は極わずかである。

1996 年における石炭の生産量は 24 万 3 千トン (原油換算で 17 万 TOE) であった。マレーシアでの石炭・コークスの供給は輸入に依存するところが多く、1996 年の石油・コークスの消費 167 万 7 千 TOE の内の 90% を超える 154 万トンが輸入石炭・コークスによるものであった。また、消費量の 57% は発電、43% は工業用であった。

**Table 5-15 Coal Reserves**

(As of December 31, 1996)

Unit: Million tons

	Measured	Indicated	Inferred	Total
Peninsular Malaysia	-	-	17.00	17.00
Sarawak	200.98	129.09	388.74	718.81
Sabah	4.80	1.50	231.70	238.00
Total	205.78	130.59	637.44	973.81

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996),  
Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

## 4) 水力

約 2,500 ミリメートルにのぼる年間降水量と地形上の好条件のため、マレーシアでは水力資源が豊富である。技術的潜在量（経済、エコロジカル、及び環境面の検討前の潜在量）は、表 5-16 に示すように年間約 123,000 GWh であるが、水力資源が存在場所するは、人口及び電力需要の集中する場所とは一致しない。

**Table 5-16 Hydroelectric Power Potential**

(As of December 31, 1996)

	Capacity (MW)	Energy Output (GWh)
Peninsular Malaysia	4,000	16,000
Sarawak	20,000	87,000
Sabah	5,000	20,000
Total	29,000	123,000

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996),  
Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

1996 年の水力発電量は表 5-17 に示すように 5,150 GWh、技術的潜在量の約 4%であった。また、全発電量に占める水力発電量の比率は、サラワクで 25%、サバで 23.8%、半島マレーシアで 12.9%であり、全国平均で 14.3%であった。

Table 5-17 Hydroelectric Power Generation in 1996

	Hydroelectric Generation (GWh)	Share of Hydroelectric (%)	Total Generation
Peninsular Malaysia	4,130	12.9	31,959
Sarawak	570	25.0	2,276
Sabah	450	23.8	1,891
Total	5,150	14.3	36,126

Source: Statistics of Electricity Supply Industry in Malaysia, 1997 edition

Department of Electricity and Gas Supply Malaysia

### 5) 電力

中央電力庁 (Central Electricity Board (CEB)) は、1949年に当時のマレーシア (今の半島マレーシア) のほぼ全域において発電及び送配電を行うために設立された。その後、1963年にボルネオ島のサバ及びサラワクを統合した時、電力供給事業をサバ州はサバ電力庁 (Sabah Electricity Board (SEB)) が、サラワク州はサラワク電力供給会社 (Sarawak Electricity Supply Corporation (SESCO)) が行うことになった。中央電力庁は1965年に国立電力庁 (National Electricity Board (NEB)) と改名された。マレーシアの電力供給産業を民営化時代に向けるため、NEBは1990年に法人化されテナガ・ナショナル (Tenaga Nasional Berhad (TNB)) とした。

民営化によって、このような3つの大きな事業体に加え、1996年末までに15の独立電力供給事業 (Independent Power Producers (IPP)) のライセンスが出された。

1996年における各社の発電能力は、TNBが7,621 MW、SEBが707 MW、SESCOが593 MWであり、IPPの発電能力は合計で3,121 MWであった。また、大手3社の燃料別発電量は表5-18示すとおりである。TNBでは4割を超える発電量をガスによって賄っており次いで重油による発電となっている。SEBでは、発電はディーゼル発、ガス及び水力が主力である。また、SESCOではガスが6割近くを占め次いで水力発電が多くなっている。

TNBの送電線網は275 kV、132 kV及び66 kVの3つの電圧レベルから構成され、総延長は1996年では約12,000 kmであった。一方、SEBとSESCOの送電線網の電圧レベルは、前者が132 kVと66 kV、後者が275 kVと132 kVであり、1996年時点の総延長はそれぞれ約600 kmであった。

Table 5-18 Generation Mix of Major Three Electricity Supply Companies in 1996

Unit: GWh

Source of Fuel	TNB		SEB		SESCO	
	Capacity, GWh	Share %	Capacity, GWh	Share %	Capacity, GWh	Share %
Hydro	4,130	12.9	450	23.8	570	25.0
Gas	13,917	43.6	506	26.7	1,268	55.7
Coal	4,177	13.1	-	-	-	-
Oil	9,086	28.4	-	-	249	11.0
Distillate	324	1.0	-	-	-	-
Diesel	325	1.0	746	39.5	189	8.3
Others	-	-	189	10.0	-	-
Total	31,959	100.0	1,891	100.0	2,276	100.0

Source: Statistics of Electricity Supply Industry in Malaysia, 1997 edition

Department of Electricity and Gas Supply Malaysia

## 6) 燃料別エネルギー供給

1980年から1996年にかけてのエネルギー供給を図5-3に供給源別に示す。天然ガスについては、フレア燃焼での使用量、ガス田への再注入量、ガス生産段階での使用量、及び液化天然ガス(LNG)製造での使用量を予め差し引いてある。1996年のエネルギー消費は、1980年の940万TOE(原油換算トン)の4倍に当たる3,560万TOEへと増加した。

期間を通して原油が引き続き最大の供給源であったが、天然ガスの供給量も急速に伸びた。表5-19に示すように、1995年から1996年に至る期間を除くと、原油及び石油製品への依存は順調に低下した。原油及び石油製品の比率は1980年の87.8%から1996年の57.2%へ減少する一方で、同期間に天然ガスは7.4%から34.6%へと増大した。この構成比率の変化はエネルギー転換政策が成功裏に進んだことを示している。

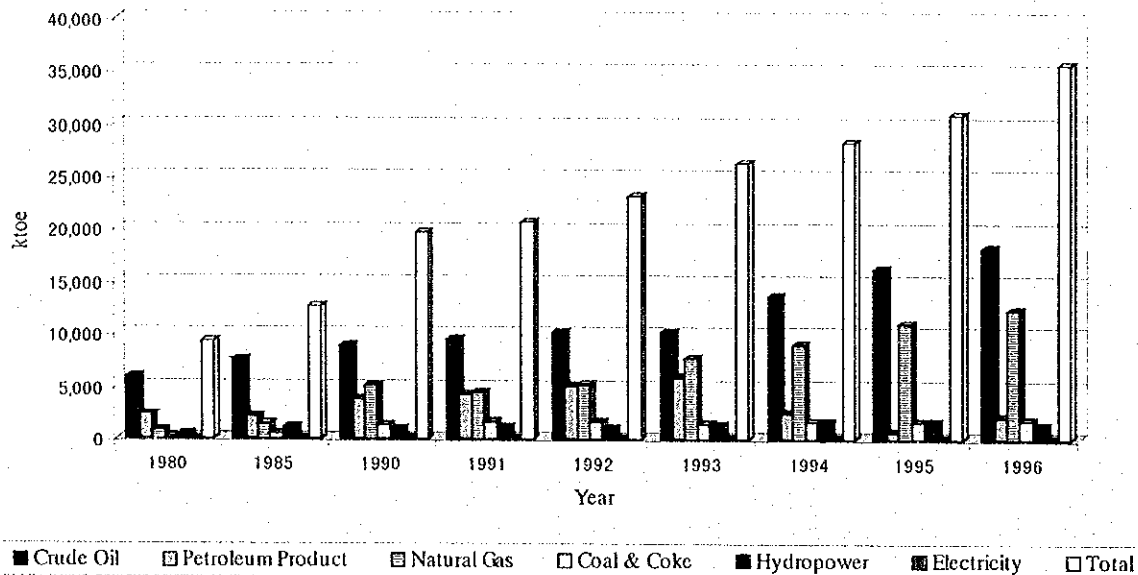


Figure 5-3 Commercial Energy Supply by Source

Table 5-19 Commercial Energy Supply by Source

	1980		1985		1990		1995		1996	
	ktoc	%	ktoc	%	ktoc	%	ktoc	%	ktoc	%
Crude Oil	5,901	63.0	7,579	60.2	8,783	44.7	16,159	52.3	18,255	51.3%
Petroleum Product	2,323	24.8	2,131	16.9	3,651	18.6	610	2.0	2,099	5.9%
Natural Gas	697	7.4	1,487	11.8	4,991	25.4	10,974	35.5	12,289	34.6%
Coal & Coke	53	0.6	362	2.9	1,326	6.7	1,612	5.2	1,677	4.7%
Hydropower	383	4.1	1,019	8.1	915	4.7	1,540	5.0	1,243	3.5%
Electricity	7	0.1	5	0.0	-5	0.0	-2	0.0	-1	0.0%
Total	9,364	100.0	12,583	100.0	19,661	100.0	30,893	100.0	35,562	100.0%

## (2) エネルギー需要

表 5-20 に示すように、マレーシアのエネルギー最終消費は、1990 年から 1996 年にかけて原油換算で 1,320 万トンから 2,440 万トンに増大し、平均年率で 10.6 %と高い伸びで推移した。これは国内総生産 (GDP) の年平均伸び率 8.7 %を上回るものである。電力消費は同期間においてさらに高い年率 14.1 %の伸びで推移した。この結果、同期間の GDP 原単位はエネルギー最終消費に対しては年率 1.8 %、電力消費に対しては年率 5.0 %で上昇した。

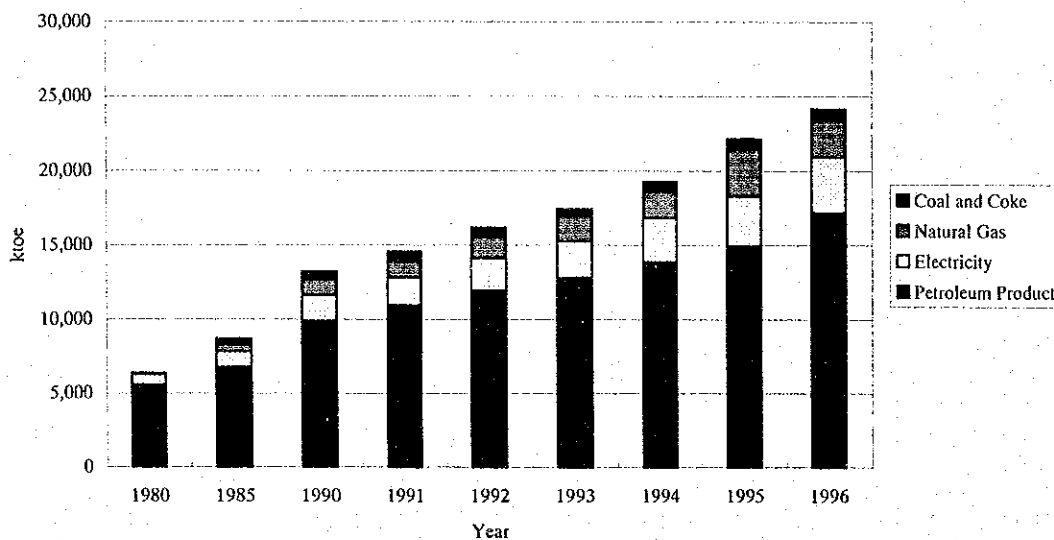


Table 5-20 Selected Economic and Energy Indicators (1990-1996)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Growth
GDP (Million RM 1978)	79	86	93	101	110	120	131	8.7%
Population (Million)	18	19	19	20	20	21	21	3.0%
Primary Energy (Mill. toe)	20	21	23	26	28	31	36	10.4%
Final Energy (Mill. toe)	13	15	16	17	19	22	24	10.6%
Electricity (Mill. toe)	2	2	2	2	3	3	4	14.1%
Electricity (TWh)	20	22	26	28	34	39	44	14.1%
<b>Average Annual Growth Rate (%)</b>								
GDP		8.6%	7.8%	8.3%	9.2%	9.5%	8.6%	8.7%
Primary Energy		4.8%	11.9%	14.0%	7.4%	9.4%	15.3%	10.5%
Final Energy		10.2%	11.2%	7.9%	10.4%	14.9%	9.0%	10.6%
Electricity		12.2%	15.2%	10.5%	19.7%	15.1%	11.9%	14.1%
<b>Per Capita</b>								
GDP (RM 1978)	4,468	4,645	4,877	5,143	5,465	5,815	6,171	5.5%
Primary Energy (ktoe)	1,107	1,111	1,211	1,344	1,404	1,493	1,682	7.2%
Final Energy (ktoe)	744	785	850	893	959	1,071	1,142	7.4%
Electricity (kWh)	1,123	1,206	1,354	1,455	1,694	1,896	2,074	10.8%
<b>Energy Intensity</b>								
Primary Energy (toe/1978 Mill. RM)	248	239	248	261	257	257	273	1.6%
Final Energy (toe/1978 Mill. RM)	167	169	174	174	175	184	185	1.8%
Electricity (toe/1978 Mill. RM)	22	22	24	24	27	28	29	5.0%
Electricity (MWh/1978 Mill. RM)	251	260	278	283	310	326	336	5.0%

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996), Ministry of Energy, Telecommunications and Posts, Malaysia

エネルギーの種類別に見ると、図 5-4 に示すように石油製品の最終消費が 1980 年から 1996 年に至る全期間を通して最も大きい。しかし、全消費に対する石油製品の比率は低下する一方、電力と天然ガスの比率は増大している。4 種のエネルギーの構成比率変化を表 5-21 に示す。同期間において石油製品の比率は 86.9 % から 71.1 % に減少した。これに対し電力の比率は 11.7 % から 15.6 % へ、天然ガスの比率は 0.5 % から 10.2 % へと増大した。このエネルギー消費構成比率の変化は、マレーシア政府のエネルギー転換政策の成功によるものと考えられる。



Source: Study Team from National Energy Balance Malaysia (1980-1996), Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

Figure 5-4 Final Energy Use by Type of Energy

Table 5-21 Final Energy Use by Type of Energy, 1980-1996

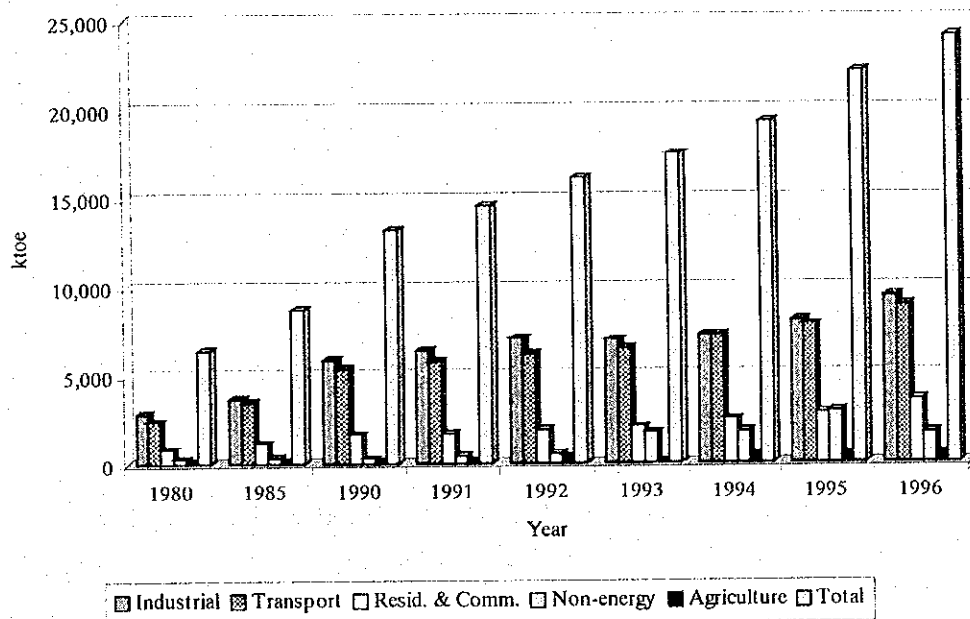
	1980		1985		1990		1995		1996	
	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%
Petroleum Product	5,550	86.9	6,756	77.5	9,896	74.9	14,930	67.4	17,189	71.1
Electricity	747	11.7	1,079	12.4	1,715	13.0	3,375	15.2	3,777	15.6
Natural Gas	35	0.5	515	5.9	1,093	8.3	3,147	14.2	2,474	10.2
Coal and Coke	53	0.8	362	4.2	513	3.9	712	3.2	727	3.0
Total	6,385	100.0	8,712	100.0	13,217	100.0	22,164	100.0	24,167	100.0
Growth Rate			6.4%		8.7%		10.9%		9.0%	

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996), Ministry of Energy, Telecommunications and Posts, Malaysia

エネルギー最終消費を部門別に見る 図 5-5 示すように期間を通して産業部門（製造業、鉱業及び建設業を含む）の消費が最も多く、次いで運輸部門が多くなっている。この2部門以外では、1980年から1996年にかけて民生部門が年率13.7%と高い伸びで、非エネルギー部門<sup>2</sup>が年率34.2%とさらに高い伸びで推移した。産業、運輸、民生、非工

<sup>2</sup> エネルギー転換プロセスで生産されるアスファルト、潤滑油、グリースといった製品をエネルギー以外の目的で使用する部門及び天然ガスのようなエネルギー製品を工業原料と使用する部門。

エネルギー及び農業<sup>3</sup>の各部門のエネルギー消費構成比率は、表 5-22 に示すように 1996 年においてそれぞれ 39%、37%、15%、7%及び 2%であった。



Source: Study Team from National Energy Balance Malaysia (1980-1996), Ministry of Energy, Telecommunications and Posts, Malaysia

Figure 5-5 Final Energy Use by Sector

Table 5-22 Final Energy Use by Sector, 1980-1996

Sector	1980		1985		1990		1995		1996		Growth 90/96
	ktoe	%	Ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%	ktoe	%	
Industrial	2,870	45%	3,726	43%	5,885	45%	8,060	36%	9,443	39%	8.2%
Transport	2,398	38%	3,477	40%	5,387	41%	7,827	35%	8,951	37%	8.8%
Resid. & Comm.	826	13%	1,123	13%	1,646	12%	2,837	13%	3,557	15%	13.7%
Non-energy	291	5%	386	4%	299	2%	2,994	14%	1,744	7%	34.2%
Agriculture	0	0%	0	0%	0	0%	446	2%	472	2%	
Total	6,385	100%	8,712	100%	13,217	100%	22,164	100%	24,167	100%	10.6%

Source: National Energy Balance Malaysia (1980-1996), Ministry of Energy, Telecommunication and Posts, Malaysia

マレーシアの MECM のデータに基づく表 5-22 と、IEA のデータに基づく表 5-7 では差があり、1995 年の工業及び非エネルギーが全体に占める比率においてその差は特に大きくなっている。この差は石油化学原料として使用される天然ガスの分類によって

<sup>3</sup> 農業、林業及び水産業を含む。

生じる。この石油化学原料用天然ガスを、IEA は工業に分類しているが、MECM は非エネルギーに分類している。1995年に石油化学原料として使用された天然ガスは約100万8千TOEであり、これはマレーシアの最終エネルギー消費の約5%にあたる。工業分野の比率はIEAのデータによると41%、MECMのデータによると36%となっており差があるが、この石油化学原料用天然ガスの量から考えると、差が石油化学用天然ガスの分類によって生じたのは明らかである。尚、1985年ではこれら二つのデータから求めた工業分野のエネルギー消費比率に大きな差はない。これはこの年には、マレーシアではまだガス原料の石油化学が始まっていなかったためである。

### (3) エネルギー価格

1997年5月1日発効のTNBから需要家へ供給する電気料金は表5-23に示すような体系になっている。

Table 5-23 Tenaga Nasional Berhad Tariff Rate (Effective since 1 May 1997)

Tariff Category	Unit	Rate
<b>1. Tariff A- Domestic Tariff</b>		
For the first 200 units per month	Sen/kWh	21.8
For the next 800 units per month	Sen/kWh	25.8
For each additional units per month	Sen/kWh	27.8
<b>2. Tariff B- Low Voltage Commercial Tariff</b>		
For all units	Sen/kWh	28.8
<b>3. Tariff C1-Medium Voltage General Commercial Tariff</b>		
For each kilowatt of maximum demand charge per month	RM/kW	17.30
For all units	Sen/kWh	20.8
<b>4. Tariff C2-Medium Voltage Peak/Off-Peak Commercial Tariff</b>		
For each kilowatt of maximum demand per month during the Peak Period	RM/kW	25.70
For all unit during the Peak Period	Sen/kWh	20.8
For all units during the Off-Peak Period	Sen/kWh	12.8
<b>5. Tariff D-Low Voltage Industrial Tariff</b>		
For all units	Sen/kWh	25.8
<i>Special for customers who qualify</i>		
For all units	Sen/kWh	23.8
<b>6. Tariff E1-Medium Voltage General Industrial Tariff</b>		
For each kilowatt of maximum demand per month	RM/kW	17.30
For all units	Sen/kWh	19.8
<i>Special for customers who qualify</i>		
For each kilowatt of maximum demand per month	RM/kW	13.20
For all units	Sen/kWh	18.8

	Tariff Category	Unit	Rate
7.	<b>Tariff E2-Medium Voltage Peak/Off-Peak Industrial Tariff</b>		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the Peak Period	RM/kW	21.70
	For all units during the Peak Period	Sen/kWh	20.8
	For all units during the Off-Peak Period	Sen/kWh	12.8
	<i>Special for customers who qualify</i>		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the Peak Period	RM/kWh	18.40
	For all units during the Peak Period	Sen/kWh	18.8
	For all units during the Off-Peak Period	Sen/kWh	10.8
8.	<b>Tariff E3-High Voltage Peak/Off-Peak Industrial Tariff</b>		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the Peak Period	RM/kW	20.80
	For all units during the Peak Period	Sen/kWh	19.8
	For all units during the Off-Peak Period	Sen/kWh	11.8
	<i>Special for customers who qualify</i>		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the Peak Period	RM/kW	16.20
	For all units during the Peak Period	Sen/kWh	17.8
	For all units during the Off-Peak Period	Sen/kWh	9.8
9.	<b>Tariff-Low Voltage Mining Tariff</b>		
	For all units	Sen/kWh	21.8
10.	<b>Tariff F1-Medium Voltage General Mining Tariff</b>		
	For each kilowatt of maximum demand per month	RM/kW	12.00
	For all units	Sen/kWh	17.8
11.	<b>Tariff F2-Medium Voltage Peak/Off-Peak Mining Tariff</b>		
	For each kilowatt of maximum demand per month during the Peak Period	RM/kW	17.00
	For all units during the Peak Period	Sen/kWh	17.8
	For all units during the Off-peak Period	Sen/kWh	9.8
12.	<b>Tariff G-Public &amp; Street Lighting Tariff</b>		
	For all units (including maintenance)	Sen/kWh	17.3
	For all units (excluding maintenance)	Sen/kWh	10.8
13.	<b>Tariff G1-Neon Light &amp; Floodlight Tariff</b>		
	For all units	Sen/kWh	11.8

Notes:

- 1) Supply voltage : "Low Voltage" below 6,600 volts; "Medium Voltage" from 6,600 volts to 66,000 volts; "High Voltage" 132,000 volts and above
- 2) "Kilowatt of maximum demand" for any month shall be deemed to be twice the largest number of kilowatt-hours supplied during any consecutive thirty minutes in that month.
- 3) "Unit" means one kilowatt-hour.
- 4) "Peak" period means the period between 0800 hours and 2200 hours. "Off-peak" period means the period between 2200 hours and 0800 hours.

表 5-24 では、マレーシアの電力供給 3 社と諸外国の電気料金を比較した。各国の電気料金は、供給量に連携する部分の他、昼間の使用状況、力率等の条件に左右される上、固定部分がある場合もある。このため、電気料金体系から平均電力料金単価を求めるのは実際的ではない。IEA では供給電力あたりの平均収入として電力会社から求めるか、或いは購入した単位電力あたりの平均支出として需要家から求めている。本報告書では、マレーシアの 3 つの電力会社の電力販売収入を全販売量で割って平均価格を求めた。

マレーシアの 3 電力会社の中では、TNB が最も安い価格で需要家に電力を供給しており、SESCO が最も高い価格で供給している。マレーシアのデータが産業と家庭用に別れていないため欧米諸国との比較は難しいが、日本に比べれば明らかに安いといえる。

**Table 5-24 Comparison of Electricity Prices**

	Unit: US cent/kWh			
	1993	1994	1995	1996
<b>Electricity Prices for All Users in Malaysia</b>				
TNB	7.3	7.1	7.9	8.3
SEB	9.0	10.1	10.2	9.8
SESCO	8.1	10.8	11.2	11.6
<b>Electricity Prices for Industry</b>				
Japan	16.3	17.2	18.5	15.7
Germany	8.9	8.9	10	8.6
France	5.5	5.3	6	5.7
United States	4.9	4.7	4.7	4.6
United Kingdom	6.8	6.7	6.8	6.5
<b>Electricity Prices for Households</b>				
Japan	23.0	25.0	26.9	23.0
Germany	16.9	17.8	20.3	18.0
France	14.6	15	16.7	16.4
United States	8.3	8.4	8.4	8.4
United Kingdom	11.6	12.2	12.7	12.5

Source: Based on Statistics of Electricity Supply Industry in Malaysia, 1997 edition, Department of Electricity & Gas