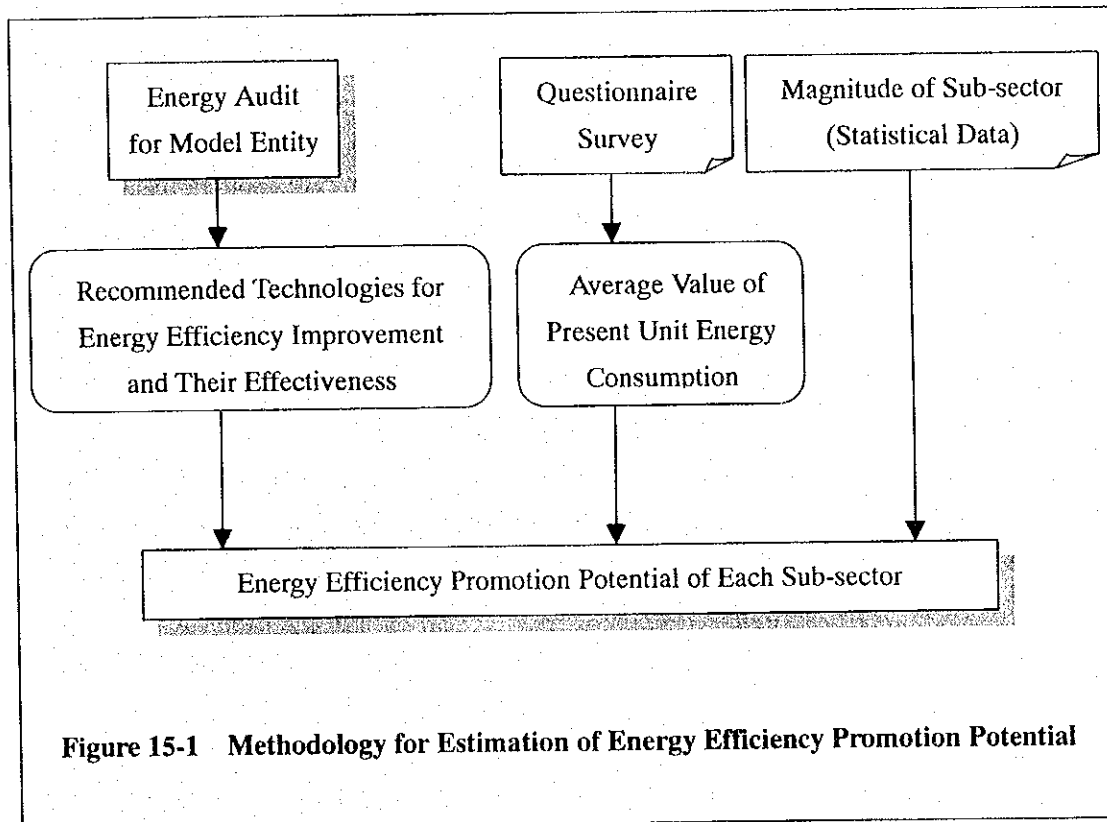


第 15 章 6 サブセクターにおける省エネルギー・ポテンシャル

本章では、民生部門の 3 サブセクター（ホテル、複合商業施設、病院）および工業部門の 3 サブセクター（セメント、食品、鉄鋼）のモデル施設に対して提案した省エネルギー対策技術をマレーシア全国に普及した場合の省エネルギーのポテンシャルを推算する。

15-1 推算方法

省エネルギー・ポテンシャルの推算方法を図 15-1 に図示する。



本調査では、マレーシア全国の省エネルギーのポテンシャルを推算するため、第 1 に 6 サブセクターにおいてモデル施設を選定し、それら施設に対しエネルギー診断を実施した。その結果に基づき、各診断施設に対して第 9 章から第 14 章に記載したような省エネルギー対策技術を提案し、それぞれの技術の効果を推定した。

第 2 に JBE&G と調査団は、1998 年 7 月から 8 月にかけて民生および工業部門の個別施設を対象とし、現在のエネルギー消費および施設規模を調査するためのアンケート調査を

行った。そのアンケート用紙を付録 15-1 に添付した。アンケート調査結果からは、各サブセクター毎に現在のエネルギー原単位の平均値が求められる。

第 3 に各サブセクターの規模を各種統計データから求めた。

第 1 ステップの結果に基づき、各対策技術の適応範囲および現在の普及率を想定しマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルを単位量あたり（民生部門では m^2 で表示した延べ床面積、工業部門では ton で表示した生産量）で推定する。さらにこれに、第 3 の調査で求めた規模を掛け合わせることで絶対量としての省エネルギー・ポテンシャルを推定する。

一方、第 2 ステップの調査で求めた現在のエネルギー原単位の平均値に第 3 ステップの調査で求めた規模を掛け合わせることで各サブセクターの現在のエネルギー消費量を求め、それぞれの省エネルギー・ポテンシャルと比較する。

この方法による推算について注意すべき事は、ここで全国に対して推算する省エネルギー・ポテンシャルは、期待されるほど大きなものにはならないことである。これは、省エネルギー対策技術の選定は各サブセクターについて 1 ヶ所のモデル施設に対して提案したものに限定しているためである。この限定された対策技術についてマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルを推算しているため、対策技術の数が少なく、省エネルギー・ポテンシャルは小さなものになっている。選定された対策技術がモデル企業の特徴を反映していることも有り得る。例えば、複合商業施設のモデル施設として診断したバンドルウタマ・ショッピングセンターは 1995 年に設立された新しい施設であり既に一部省エネルギー対策技術が適用されている。このため複合商業施設のサブセクターにはそのようなバンドルウタマ・ショッピングセンターで実施済みの技術は考慮されない。

また、ここではこの推算方法を実践し示すことによって今後のマレーシアで同種の推算を行う際の参考にされることを目的とした。マレーシアではこのような推算のため必要なデータベースは、まだ整備されていないため、アンケート調査結果等によってできる限り補完している。しかし 6 モデル施設以外の数多くの施設に対する詳細な調査は、本調査の範囲外と考えられ、専門家の人数および調査期間の制約からも困難であるため、不足するデータ（特に省エネルギー対策技術の普及度）については調査団によって仮定した。

以上のような背景から、推算結果は精度が粗いものにならざるを得ず、かつ数値的に小さなものとなっている点について留意が必要である。今後、省エネルギー促進に向けて

のマレーシア国内の組織において、本調査に基づきさらに検討することが望まれる。

15-2 ホテルの省エネルギー・ポテンシャル

15-2-1 診断ホテルに対する省エネルギー・ポテンシャル

本調査ではミンコートピスタホテルをホテル分野のモデル施設としてエネルギー診断を行い省エネルギー対策を第9章において提案している。提案された省エネルギー対策技術とその省エネルギー・ポテンシャルを表 15-1に示す。

**Table 15-1 Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness
for Model Entity (Hotels)**

Measures	Effectiveness
Apply inverter control for lifts (introduce VVVF system into lifts)	50% reduction in power consumption for lifts
Introduce VAV system into motors of fresh air intake blower	Potential is 15,000 kcal /year/ m ² .
Raise room temperature by 2 degrees centigrade	20% reduction in power consumption for chillers

15-2-2 マレーシアにおけるホテルサブセクターに対するアンケート調査結果

アンケート調査では43のホテルにアンケートを送付し、その内9ヶ所のホテルから回答を得ており回答率は21%であった。それら9ホテルにモデル施設のミンコートピスタホテルを加えた10ヶ所のホテルのデータを表 15-2に示す。これらのホテルのエネルギー消費量（1次エネルギー換算）は平均で690,810 kcal/year/m²となっている。

各ホテルの延べ床面積に対するエネルギー消費量の関係を図 15-2に示す。ホテル部門においては、延べ床面積当たりのエネルギー消費は図に示すように比較的狭い範囲に分布しており、モデル施設は延べ床面積、エネルギー消費とも平均に最も近いものとなっている。

Table 15-2 Results of Questionnaire Survey for Hotels

Hotel	Answer						Energy Consumption (Calculated)		
	Total Floor Area m ²	No. of Rooms	Electricity kWh/year	Diesel Litter / year	Medium Fuel Oil litter / year	LPG kg/year	Electricity kWh/year /m ²	Total Fuel kcal /year /m ²	Total Energy kcal/year /m ²
	HT-1	14,292	154	1,871,370	0	0	29,830	130.9	22,704
HT-2	18,480	364	5,089,750	294,840	0	39,732	275.4	159,193	778,886
HT-3	66,000	721	23,400,000	0	0	222,000	354.5	36,590	834,317
HT-4	23,968	294	5,992,800	132,300	0	50	250.0	47,008	609,583
HT-5	55,000	383	15,000,000	0	0	5,000	272.7	989	614,625
HT-6	67,890	468	17,200,000	520,000	0	136,800	253.4	87,117	657,156
HT-7	57,578	565	10,980,000	480,000	0	87,600	190.7	87,510	516,581
HT-8	51,858	577	16,812,000	0	554,463	81,570	324.2	118,107	847,541
HT-9	15,400	250	5,400,000	90,000	0	60,000	350.6	92,127	881,088
Model	35,100	447	9,568,000	354,700	0	122,700	272.6	124,044	737,377
Average	40,557	422					274.5	73,263	690,810

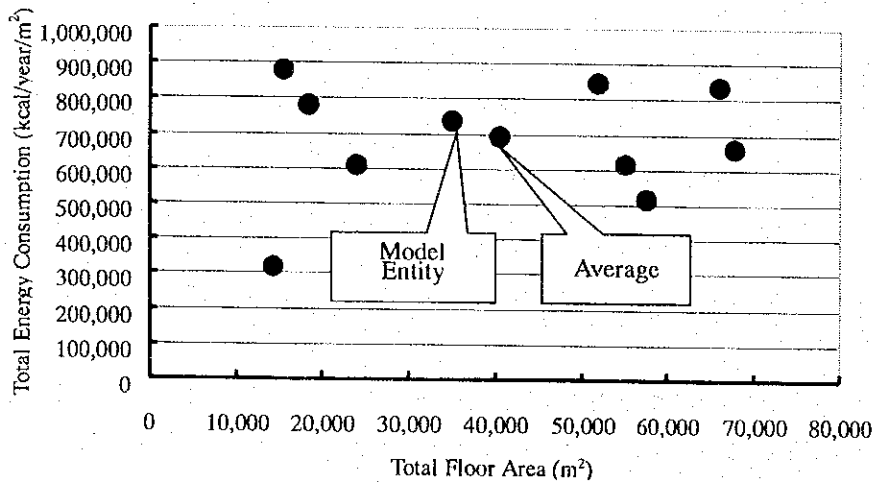


Figure 15-2 Energy Consumption Per Total Floor Area of Hotels

15-2-3 マレーシアにおけるホテルサブセクターの規模

表15-3に州別、サイズ別のホテル数を示す。客室数が300室以上のホテルが96ヶ所、100室から299室が224ヶ所、50室から99室が213ヶ所、20室から49室が657ヶ所、10室から19室が441ヶ所ある。マレーシア全国で合計1,631ヶ所のホテルがあり、客室は全部で121,030室ある。

Table 15-3 Number of Hotels by Size and State

State	Size 1 (300 rooms & above)		Size 2 (100-299 rooms)		Size 3 (50-99 rooms)		Size 4 (20-49 rooms)		Size 5 (10-19 rooms)		Total	
	No. of Hotel	No. of Room	No. of Hotel	No. of Room	No. of Hotel	No. of Room	No. of Hotel	No. of Room	No. of Hotel	No. of Room	No. of Hotel	No. of Room
JOHOR	8	4,543	16	2,467	30	2,082	71	2,132	30	434	155	11,658
KEDAH	3	1,381	37	5,886	17	1,154	35	1,097	21	393	113	9,911
KELANTAN	1	320	2	295	7	471	22	694	16	222	48	2,002
MELAKA	5	2,481	12	2,293	10	582	33	1,031	12	166	72	6,553
NEGERI SEMBILAN	4	1,273	10	1,726	8	496	13	390	11	146	46	4,031
PAHANG	11	5,799	19	2,921	22	1,364	80	2,291	82	1,156	214	13,531
PERAK	1	310	17	2,813	14	948	51	1,464	54	758	137	6,293
PERLIS	0	0	1	145	0	0	4	117	0	0	5	262
PULAU PINANG	14	5,442	16	2,724	14	973	30	906	18	269	92	10,314
SABAH	7	3,072	12	1,840	23	1,521	63	1,872	38	570	143	8,875
SARAWAK	2	705	19	3,223	22	1,473	104	3,034	84	1,234	231	9,669
SELANGOR	11	4,498	18	3,268	3	220	21	626	12	156	65	8,768
TERENGGANU	2	671	11	1,590	10	638	64	1,907	31	412	118	5,218
WILAYAH PERSEKUTUAN KUALA LUMPUR	27	12,826	31	5,629	29	2,044	57	1,807	26	379	170	22,685
WILAYAH PERSEKUTUAN LABUAN	0	0	3	578	4	279	9	314	6	89	22	1,260
MALAYSIA	96	43,321	224	37,398	213	14,245	657	19,682	441	6,384	1,631	121,030

Source: By the Study Team based on Accommodation Directory 1998/99

15-2-4 ホテルサブセクターにおける省エネルギー・ポテンシャル推算

(1) エレベータへのVVVFシステムの導入（エレベータのインバータ化）

これはホテルのエレベータのうち、インバータ制御以外のエレベータをインバータ制御によるVVVFシステムに変更することにより、省エネルギーを図るものである。この対策がマレーシア全国に普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような想定の下で推算する。

- 非インバータ制御のエレベータをインバータ化することにより、50%の省エネルギーが可能となる。
- また、この対策の適用対象となるホテルの規模としては約2,000m²以上と想定する。この規模以下のホテルでもエレベータが設置されたホテルは多いが、小規模になるとエレベータの利用頻度が少なくなるため、コストメリットが出にくいことから、ここでは2,000 m²以上を取り上げることにする。

- 近年に設置されたエレベータはほとんどの場合にインバータ化されているものと思われ、現時点でのこの対策の普及度を50%と仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは以下のとおり推算される。

- 1) エレベータの年間エネルギー消費は、ミンコートピスタホテルの例からホテルの全エネルギー消費の4.2%である。このパーセンテージおよび表15-2に示したマレーシアのホテルの平均エネルギー消費原単位690,810 kcal/year/m²から、エレベータの原単位は29,014 kcal/year/m²と計算される。

$$690,810 \text{ kcal/year/m}^2 \times 4.2/100 = 29,014 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 2) 省エネルギー量は、エレベータの原単位の50%と仮定したことより、14,507 kcal/year/m²となる。

$$29,014 \text{ kcal/year/m}^2 \times 50/100 = 14,507 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 3) 客室1室あたりの延べ床面積は、表 15-2中の平均延べ床面積 40,557 m²と平均客室数 422 から、約96 m²と推算される。

$$40,557 / 422 = 96 \text{ m}^2$$

- 4) 採用対象の基準とした2,000 m²は、客室数にすると約20室に対応する。

$$2,000 \text{ m}^2 / 96 \text{ m}^2 = 20.8$$

- 5) この基準を超えるホテルの客室数は表 15-3から以下のように計算され、合計で114,646となる。また、延べ床面積にすると11,006,016 m²に匹敵する。

$$43,321 + 37,398 + 14,245 + 19,682 = 114,646$$

$$96 \text{ m}^2 \times 114,646 = 11,006,016 \text{ m}^2$$

- 6) 以上に現在の普及度50%を考慮してマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルは、79.8 x 10⁹ kcal/yearとなる。

$$14,507 \text{ kcal/year/m}^2 \times 11,006,016 \text{ m}^2 \times (100-50)/100 = 79.8 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

一方、マレーシアのホテル全体の現状エネルギー消費合計は以下のように推算される。

- 1) ホテル全体の客室数は表 15-3から121,030室であり、これに上で求めた客室1室当たりの床面積96 m²を掛け合わせると、延べ床面積の合計は1,1618,880 m²となる。

$$96 \text{ m}^2 \times 121,030 = 11,618,880 \text{ m}^2$$

- 2) ホテルのエネルギー消費原単位は表 15-2に示すように690,810 kcal/year/m²と推算され、これを上記合計延べ床面積に掛け合わせると、ホテルのエネルギー消費量

が 8.03×10^{12} kcal/yearと推算される。

$$690,810 \text{ kcal/year/m}^2 \times 11,618,880 \text{ m}^2 = 8.03 \times 10^{12} \text{ kcal/year}$$

(2) 外気取り入れ用ブロワーのモーターへのVariable Air Volume (VAV)システム取り付け

ホテルにおける外気を取り入れは室内の空気環境維持の目的で行われているが、室内の人数によっては過剰な換気となっている場合がある。そこで、この対策では外気取り入れ用ブロワーのモーターへ空気量を調整するVAVを取り付けて換気量を抑制することによって外気取り入れ用ブロワーの電力消費を削減する。この対策がマレーシア全国に普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- VAVを外気取り入れ用ブロワーのモーターへ取り付けることによって、ミンコートビスタホテルの例と同様に $15,000 \text{ kcal/year/m}^2$ のエネルギー消費が削減される。
- また、この対策の適用対象となるホテルの規模としては $10,000\text{m}^2$ 以上と想定し、この対象ホテルでのこの対策の普及度を50%と仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは以下のとおり推算される。

- 1) 上記と同様に客室1室当たりの延べ床面積を 96 m^2 とすると、採用対象の基準とした $10,000 \text{ m}^2$ は、客室数約100室のホテルに対応する。

$$10,000 \text{ m}^2 / 96 \text{ m}^2 = 104$$

- 2) この基準を超えるホテルの合計客室数は表 15-3から以下のように計算され $80,719$ となる。また、延べ床面積にすると $7,749,024 \text{ m}^2$ となる。

$$43,321 + 37,398 = 80,719$$

$$96 \text{ m}^2 \times 80,719 = 7,749,024 \text{ m}^2$$

- 3) これに現在の普及度50%を考慮すると、マレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルは $58.1 \times 10^9 \text{ kcal/year}$ となる。

$$15,000 \text{ kcal/year/m}^2 \times 7,749,024 \text{ m}^2 \times (100-50)/100 = 58.1 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(3) 冷房設定温度の上昇

マレーシアのホテルにおいては、戸外の暑さを避け快適な環境を提供するためほぼすべての施設において1年中冷房しているが、過剰な冷房による冷やし過ぎの例が多く見ら

れる。そこで本調査では冷房設定温度を緩和することによって冷凍機でのエネルギー消費量を抑制することを推奨している。ここではミンコートビスタホテルの例のように冷房設定温度を2℃だけ上昇した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- 冷房設定温度2℃上昇により冷房消費エネルギーを20%削減することが可能となる。
- また、この対策の適用対象となるホテルの規模としてはすべての規模とするが、Genting HighlandやCameron Highlandsなどの涼しい高原にあるため冷房を必要としない場合は除く。これらの除外地域のホテルを全体の7%と仮定する。
- 近年建設されたホテルの中には適切な室温に制御している場合もある。現時点でこのようなホテルは全体の30%程度であると仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは以下のとおり推算される。

- 1) 冷凍システムの年間エネルギー消費は、ミンコートビスタホテルの例からホテルの全エネルギー消費 690,810 kcal/year/m²の24.1%であり、その原単位は166,485 kcal/year/m² と計算される。

$$690,810 \text{ kcal/year/m}^2 \times 24.1/100 = 166,485 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 2) 省エネルギー量はその20%であり、33,297 kcal/year/m² となる。

$$166,485 \text{ kcal/year/m}^2 \times 20/100 = 33,297 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 3) 対象ホテルの床面積は以下の基準の下では10,805,558 m²と計算される。

- 1室あたりの延べ床面積は96 m²
- ホテルの合計客室は表 15-3に示すように121,030室
- 延べ床面積基準で7%のホテルは冷房不要

$$96 \text{ m}^2 \times 121,030 \times (100-7)/100 = 10,805,558 \text{ m}^2$$

- 4) これに現在の普及度30%を考慮するとマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルは、251.9 x 10⁹ kcal/yearとなる。

$$33,297 \text{ kcal/year/m}^2 \times 10,805,558 \text{ m}^2 \times (100-30)/100 = 251.9 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(4) ホテルの省エネルギー・ポテンシャル

表 15-4にホテルに対して提案した対策がマレーシア全国に普及した場合の省エネルギー

ギー・ポテンシャルと、その値のエネルギー消費量に対する割合を示す。省エネルギー・ポテンシャルの合計は1次エネルギー換算で389.8 x 10⁹ kcal/yearであり、ホテル部門の全エネルギー消費の4.9%に当たる。また、これは電力換算では173 GWh/year、石油換算では38,980 TOEに当たる。

Table 15-4 Energy Efficiency Promotion Potential in Hotel Sub-sector

Measures	Potential	
	10 ⁹ kcal/year	% of Total Energy Consumption
(1) Apply inverter control for lifts (introduce VVVF system into lifts)	79.8	1.0
(2) Introduce VAV system into motors of fresh air intake blowers	58.1	0.7
(3) Raise room temperature by 2 degrees centigrade	251.9	3.1
Total	389.8	4.9

15-3 複合商業施設の省エネルギー・ポテンシャル

15-3-1 診断した複合商業施設に対する省エネルギー・ポテンシャル

本調査ではバンドルウタマ・ショッピングセンターを複合商業施設のモデル施設としてエネルギー診断を行い省エネルギー対策を第10章に提案している。提案された省エネルギー対策技術とその省エネルギー・ポテンシャルを表 15-5に示す。

Table 15-5 Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for Model Entity (Shopping Complex)

Measures	Effectiveness
Decrease the illumination intensity	1.3% power saving for lighting system
Raise room temperature by 2 degrees centigrade	20% reduction in power consumption of chillers
Prevent heat loss from entrances	80% reduction in heat loss from entrances (1.6% power saving for chiller)

15-3-2 マレーシアにおける複合商業施設サブセクターに対するアンケート調査結果

アンケート調査では36の複合商業施設にアンケートを送付し、その内13ヶ所から回答を得ており回答率は36%であった。

それら13の複合商業施設にモデル施設のバンドルウタマ・ショッピングセンターを加えた14ヶ所のデータを表 15-6に示す。これら複合商業施設のエネルギー消費量（1次エネルギー換算）は平均で498,035 kcal/year/m²となっている。

Table 15-6 Results of Questionnaire Survey for Shopping Complex

Shopping Complex	Answer				Energy Consumption (Calculated)		
	Total Floor Area m ²	Electricity kWh/year	Diesel Litter / year	LPG kg/year	Electricity kWh/year /m ²	Total Fuel kcal /year /m ²	Total Energy kcal/year /m ²
SH-1	20,708	6,058,665	0	0	292.6	0	658,289
SH-2	60,434	14,803,800	200	0	245.0	28	551,187
SH-3	58,000	24,201,053	0	0	417.3	0	938,834
SH-4	33,480	2,775,181	0	33,946	82.9	11,029	197,533
SH-5	69,675	12,332,160	900	0	177.0	110	398,350
SH-6	110,000	13,200,000	6,000	6,300	120.0	1,087	271,087
SH-7	93,000	14,616,534	455	0	157.2	42	353,667
SH-8	16,000	5,400,000	0	0	337.5	0	759,375
SH-9	NA	NA	NA	NA			
SH-10	NA	7,787,640	0	0			
SH-11	NA	3,457,540	400	0			
SH-12	80,642	4,796,000	1,820	0	59.5	192	134,006
SH-13	5,910	3,224,590	750	0	545.6	1,080	1,228,762
Model	191,752	61,947,665		25,056	323.1	1,421	728,311
Average	82,178				220.9	1,077	498,035

各複合商業施設の延べ床面積に対するエネルギー消費量の関係を図 15-3に示す。複合商業施設部門においては、延べ床面積当たりのエネルギー消費はホテルに比べ広く分布しており、モデル施設は延べ床面積が平均の約3倍と大きなものを選択している。また、モデル施設のエネルギー原単位は平均の約1.5倍と大きくなっている。

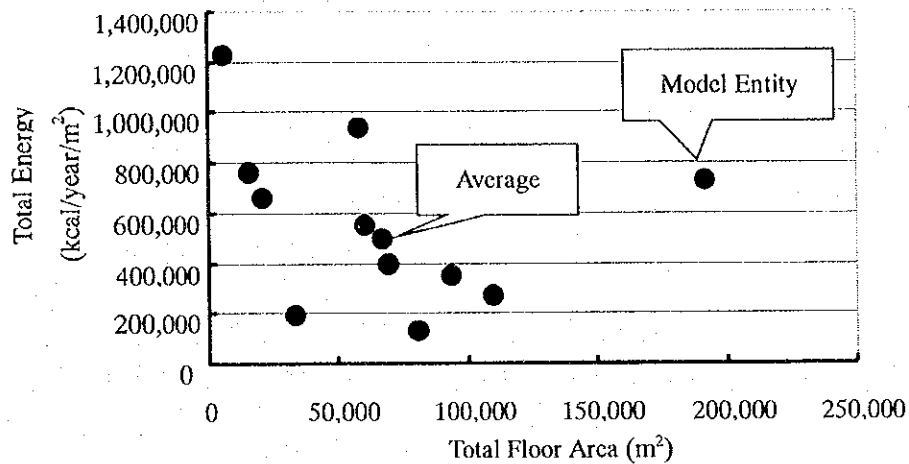


Figure 15-3 Energy Consumption Per Total Floor Area of Shopping Complexes

15-3-3 マレーシアにおける複合商業施設サブセクターの規模

複合商業施設の延べ床面積は、Valuation and Property Services Department, Ministry of Finance発行の”Property Market Report, 1997”によれば、マレーシア全国合計で383万m²である。

15-3-4 複合商業施設サブセクターにおける省エネルギー・ポテンシャル推算

(1) 照度低減

共有部分の照度を押さえることにより売り場内部の照度がある程度低くても売り場内は十分際立って見える。ここでは、複合商業施設内部の照度を下げた場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下の仮定の下算出する。

- 照度を下げることによって、照明用電力の1.3%が節減できると仮定する。これはバンドルウタマ・ショッピングセンターの結果に基づき全エネルギー消費の0.34%を占めると仮定する。
- また、この対策はあらゆる規模の複合商業施設に適用可能である。
- 照度が合理的な範囲まで押さえられた複合商業施設もかなり見受けられ、現時

点でのこの対策の普及度を60%と仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは以下のとおり推算される。

- 1) 複合商業施設のエネルギー原単位は表 15-6に示すようにアンケート結果から 498,035 kcal/year/m²である。この対策による省エネルギー・ポテンシャルはエネルギー消費の0.34%であることより、1,693 kcal/year/m²となる。

$$498,035 \text{ kcal/year/m}^2 \times 0.34/100 = 1,693 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 2) マレーシア全国の複合商業施設の延べ床面積は3,830,000 m²であり、この対策の普及度は60%であることから、全国での省エネルギー量は 2.6×10^9 kcal/yearとなる。

$$1,693 \text{ kcal/year/m}^2 \times 3,830,000 \text{ m}^2 \times (100-60)/100 = 2.6 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

一方、複合商業施設のエネルギー原単位は表 15-6に示すようにアンケート結果から 498,035 kcal/year/m²である。これにマレーシア全国の延べ床面積3,830,000 m² をかけあわせるとマレーシア全体のエネルギー消費量は 1.91×10^{12} kcal/yearとなる。

$$498,035 \text{ kcal/year/m}^2 \times 3,830,000 \text{ m}^2 = 1.91 \times 10^{12} \text{ kcal/year}$$

(2) 冷房設定温度の2℃上昇

マレーシアの複合商業施設においては、快適な環境を提供するため、過剰な冷房による冷やし過ぎの例が見られる。そこで本調査では冷房設定温度を緩和することによって冷凍機でのエネルギー消費量を抑制することを推奨している。ここではバンドルウタマ・ショッピングセンターの例のように冷房設定温度を2℃だけ上昇した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- 冷房設定温度2℃上昇により冷房消費エネルギーを20%削減することが可能となる。この削減量はバンドルウタマ・ショッピングセンターの例から全エネルギー消費の13.3%に当たる。
- また、この対策の適用対象となる複合商業施設の規模としてはすべての規模とする。
- 既にこの対策が不要な程度にまで冷房温度設定が高い場合が全体の50%程度あると仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは以下のとおり推算される。

- 1) 複合商業施設のエネルギー原単位は表 15-6に示すようにアンケート結果から 498,035 kcal/year/m²である。この対策による省エネルギー・ポテンシャルはエネルギー消費の13.3%であることより、66,200 kcal/year/m²となる。

$$498,035 \text{ kcal/year/m}^2 \times 13.3/100 = 66,200 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 2) マレーシア全国の複合商業施設の延べ床面積は3,830,000 m²であり、この対策の普及度は50%であることから、全国での省エネルギー量は126.8 x 10⁹ kcal/yearとなる。

$$66,200 \text{ kcal/year/m}^2 \times 3,830,000 \text{ m}^2 \times (100-50)/100 = 126.8 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(3) 出入口からの熱損失防止

この対策は複合商業施設の出入口を回転ドア等の気密性の良いものに換えることによつて熱損失を最小限にするものである。この対策の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- 出入口を気密性の高いものに換えることによつてここからの熱損失を80%削減できるものとする。この削減量はバンダルウタマ・ショッピングセンターの例から全エネルギー消費の1.1%に当たると仮定する。
- また、この対策の適用対象となる複合商業施設の規模としてはすべての規模とするが、建物の構造上、例えばロビー、廊下、階段などの共有部分が開放型になっており、この対策の適用が困難な場合が全体の40%あり、これらをこの対策の適用対象から除外する。
- この対策が適用対象の50%について既に実施されていると仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは以下のとおり推算される。

- 1) 複合商業施設のエネルギー原単位は表 15-6に示すようにアンケート結果から 498,035 kcal/year/m²である。この対策による省エネルギー・ポテンシャルはエネルギー消費の1.1%であることより、5,500 kcal/year/m²となる。

$$498,035 \text{ kcal/year/m}^2 \times 1.1/100 = 5,500 \text{ kcal/year/m}^2$$

- 2) マレーシア全国の複合商業施設の延べ床面積は3,830,000 m²であり、この対策の対象は構造有情上の問題から除外された40%の複合商業施設を除くものとし、さ

らに普及度が50%であることから、この対策が今後適用される可能性がある複合商業施設の延べ床面積は、1,149,000 m²となる。

$$3,830,000 \text{ m}^2 \times (100-40)/100 \times (100-50)/100 = 1,149,000 \text{ m}^2$$

3) 以上より全国での省エネルギー量は6.3 x 10⁹ kcal/yearとなる。

$$5,500 \text{ kcal/year/m}^2 \times 1,149,000 \text{ m}^2 = 6.3 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(4) 複合商業施設の省エネルギー・ポテンシャル

表 15-7に複合商業施設に対して提案した対策がマレーシア全国に普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルと、その値のエネルギー消費量に対する割合を示す。省エネルギー・ポテンシャルの合計は1次エネルギー換算で 135.7 x 10⁹ kcal/yearであり、複合商業施設全体のエネルギー消費の7.1%に当たる。また、これは電力換算で60.3 GWh/year、石油換算で13,570 TOEとなる。

Table 15-7 Energy Efficiency Promotion Potential of Shopping Complexes

Measures	Potential	
	10 ⁹ kcal/year	% of Total Energy Consumption
(1) Decrease the illumination intensity	2.6	0.13
(2) Raise room temperature by 2 degrees centigrade	126.8	6.64
(3) Prevent heat loss from entrances	6.3	0.33
Total	135.7	7.10

15-4 病院の省エネルギー・ポテンシャル

15-4-1 診断した病院に対する省エネルギー・ポテンシャル

本調査ではセレンバン病院を病院部門のモデル施設としてエネルギー診断を行い省エネルギー対策を第11章において提案している。第11章で検討した省エネルギー対策の内2つの対策に対しては定量的な便益が得られた。しかし、その1番目の対策である「エレベータの電力供給系へのインバータ制御導入」は、財務的にフィージブルと言えない。

また、その2番目の対策である「顕熱蓄熱システムの導入」は、エネルギー消費は低減せずにピーク需要をオフピーク需要にシフトすることを狙ったものである。したがって、病院部門においては、マレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルをエネルギー診断結果から得ることはできない。

15-4-2 マレーシアにおける病院サブセクターに対するアンケート調査結果

アンケート調査では12の病院にアンケートを送付し、その内6ヶ所から回答を得ており回答率は50%であった。

それら6の病院にモデル施設のセレンバン病院を加えた7ヶ所のデータを表 15-8に示す。これら病院のエネルギー消費量(1次エネルギー換算)は平均で261,969 kcal/year/m²となっている。

Table 15-8 Results of Questionnaire Survey for Hospital

Hospital	Answer							Energy Consumption (Calculated)		
	Total Floor Area m ²	No. of Bed	Electricity kWh/year	Diesel litter / year	Light Fuel Oil litter / year	Medium Fuel Oil litter / year	LPG kg/year	Electricity kWh/year/m ²	Total Fuel kcal /year/m ²	Total Energy kcal /year/m ²
HS-1	214,500	812	5,868,000	131,040	0	0	0	27.4	5,200	66,753
HS-2	41,235	250	720,000	4,546	0	0	0	17.5	938	40,225
HS-3	171,516	990	10,080,000	5,400	0	777,600	18,360	58.8	44,258	176,490
HS-4	8,581	760	11,672,760	40,267	388,800	0	144,000	1,360.3	650,483	3,711,164
HS-5	14,800	344	13,962,100	0	194,400	0	9,600	943.4	131,130	2,253,747
HS-6	2,600	23	40,000	200	0	0	0	15.4	655	35,270
HS-7	40,000	800	4,501,000	14,000	786,000	0	0	112.5	188,593	441,774
Average	70,461	568						95.0	48,279	261,969

病院の延べ床面積に対するエネルギー消費量の関係を図 15-4に示す。比較的小規模な病院2ヶ所において極めて高いエネルギー消費原単位を示しており、全体でもバラツキは多い。空調している床面積の全体に対する割合および空調の形式が個々の病院によって変わり、この違いがエネルギー消費原単位のバラツキの原因の一つになっていると考えられる。

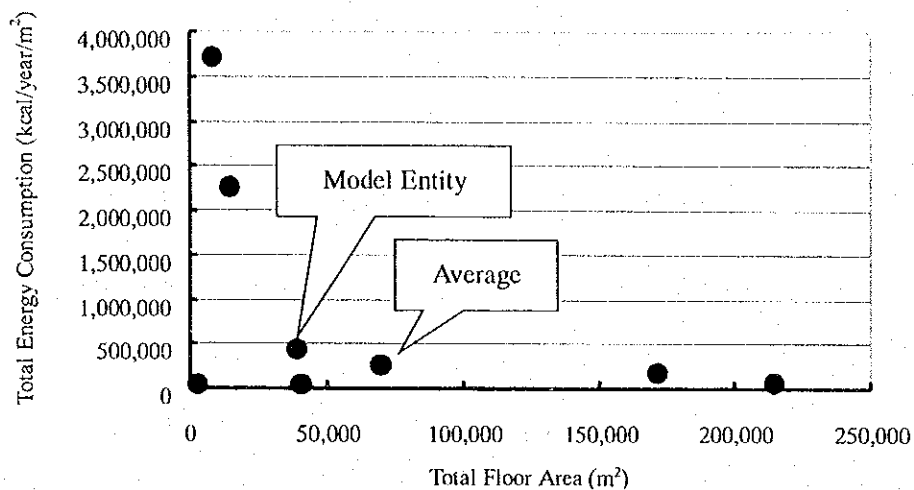


Figure 15-4 Energy Consumption Per Total Floor Area of Hospitals

15-4-3 マレーシアにおける病院サブセクターの規模

Table 15-9 Malaysian Hospitals by State (1996)

State	Government Hospitals			Special Medical Institutions			Private Hospitals, Nursing and Maternity Homes		
	No. Hospital	Total No. of Bed	Av. No. of Bed	No. Hospital	Total No. of Bed	Av. No. of Bed	No. Hospital	Total No. of Bed	Av. No. of Bed
Malaysia	111	27,126	244	7	6,692	956	203	7,471	37
Johor	10	2,645	265	1	2,080	2,080	35	637	18
Kedah	9	2,017	224				11	262	24
Kelantan	8	1,394	174				1	10	10
Melaka	2	835	418				7	614	88
Negeri Sembilan	5	1,298	260				6	120	20
Pahang	9	1,585	176				7	116	17
Perak	14	3,991	285	1	3,000	3,000	16	755	47
Perlis	1	404	404						
Pulau Pinang	5	2,023	405				21	1,323	63
Sebah	17	2,740	161	1	302	302	11	224	20
Sarawak	19	2,937	155	2	358	179	15	376	25
Selangor	6	1,547	258	1	836	836	29	1,078	37
Terengganu	5	1,182	236				2	21	11
W.P. Kuala Lumpur	1	2,528	2,528	1	116	116	42	1,935	46
W.P. Labuan	0			0			0		

Remarks: As from 1995, general hospitals and district hospitals were classified as governmental hospitals.

Source: Social Statistics Bulletin Malaysia, 1997, Department of Statistics, Malaysia

表 15-9に示すように、マレーシアには111ヶ所の国立病院（合計で27,126ベッド）と7ヶ所の特殊医療機関（合計で6,692ベッド）がある。これに加え、203ヶ所の私立病院および産院（合計で7,471ベッド）がある。

15-5 セメント工業の省エネルギー・ポテンシャル

15-5-1 診断したセメント工場に対する省エネルギー・ポテンシャル

本調査ではAPMC社ラワン工場をセメント工業のモデル施設としてエネルギー診断を行い省エネルギー対策を第12章において提案している。提案された省エネルギー対策技術とその省エネルギー・ポテンシャルを表 15-10に示す。

**Table 15-10 Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness
for Model Entity (Cement Industry)**

Measures	Power Saving (kWh/ton-clinker)	Heat Saving (10 ³ kcal/ton-clinker)
1. Prevention of air leakage	3.8	0
2. Rationalization of transportation system	5.3	0
3. Construction of coal dryer/grinding mill	-0.3	15.6
4. Change of feeding point and feeding system of coal shale	0	5.0
5. Reduction of cyclone pressure loss	2.0	0
6. Improvement of C5 cyclone collecting efficiency	-1.1	33.7
7. Waste heat boiler/generator system	61.2	0
8. Lifter brick at kiln backend part	0	11.7
9. Replacement of cooler GBF	0.6	18.2
10. Grinding aids	4.5	0

15-5-2 マレーシアにおけるセメント工業に対するアンケート調査結果

アンケート調査では7ヶ所のセメント工場にアンケートを送付し、その内3ヶ所から回答を得ており回答率は43%であった。回答があった3工場にモデル施設のAPMC社ラワン工

場を加えた4工場のデータを表 15-11に示す。

Table 15-11 Results of Questionnaire Survey for Cement Industry

Cement	Answer							Energy Consumption (Calculated)			
	Clinker tons/year	Electricity kWh/year	Diesel litter / year	Fuel Oil Ton/ year	Medium Fuel Oil litter / year	LPG kg/year	Coal ton/year	Coal Shale ton/year	Electricity kWh/ ton-clin'	Total Fuel kcal/ ton-clin'	Total Energy kcal/ ton-clin'
CM-1	1,617,850	199,779,000			8,202,234		197,200		123.5	840,176	1,118,015
CM-2	2,606,769	301,630,000	252,441		23,577	1,581	325,692		115.7	813,032	1,073,380
CM-3	1,319,662	167,428,115		3,665			161,993		126.9	826,225	1,111,687
Model	1,560,055	233,670,000		33,447			130,401	296,664	149.8	892,972	1,229,985
Average	1,776,084								127.0	839,689	1,125,520

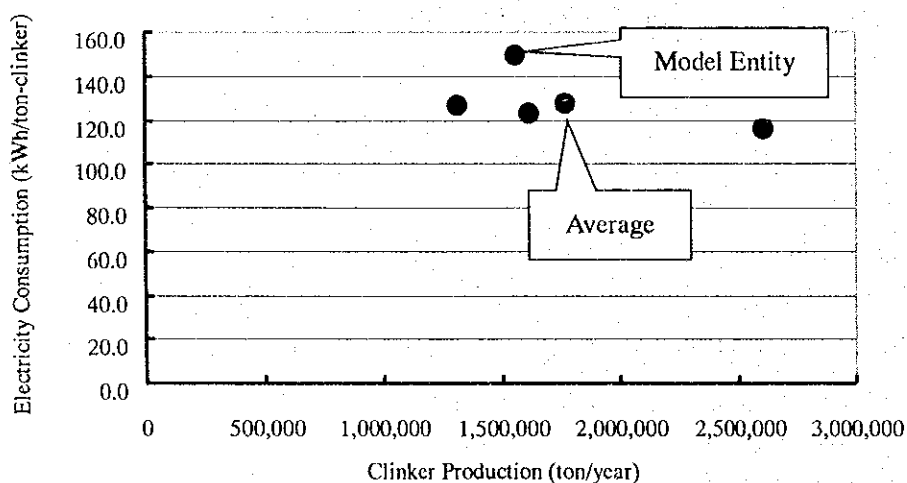


Figure 15-5 Electric Consumption Per Clinker Production (Cement Industry)

セメント工場のクリンカー生産量と電力原単位を図 15-5に示す。民生部門に比べると各施設間でバラツキが極めて少ないことがわかる。その中でモデル工場は他の3工場に比べて電力原単位が20%から30%程度大きくなっている。

また、図 15-6には、クリンカー生産量と燃料原単位および全エネルギー原単位の関係を示す。これも各施設間でバラツキが極めて少なく、モデル工場は他の3工場に比べて原単位は大きくなっている。

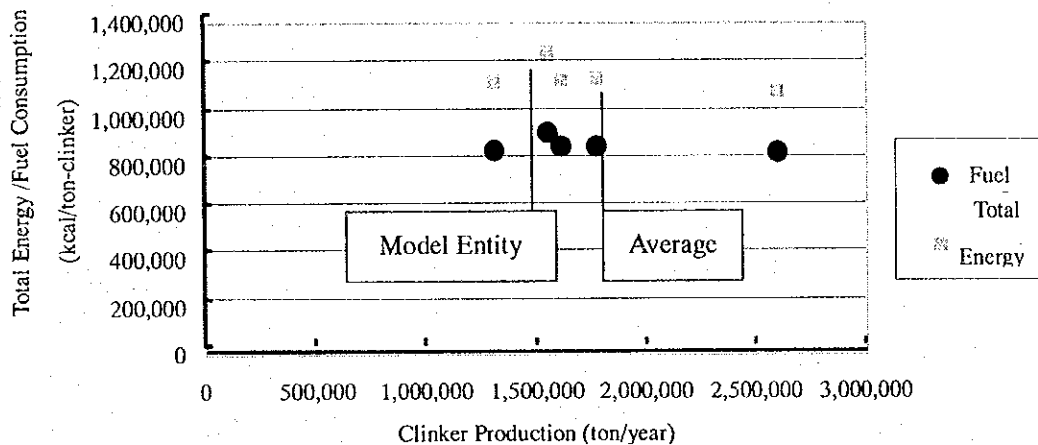


Figure 15-6 Total Energy/Fuel Consumption Per Clinker Production (Cement Industry)

15-5-3 マレーシアにおけるセメントセメント工業の規模

Cement and Concrete Association によれば、マレーシアの1996年におけるセメントおよびクリンカーの生産量は以下の通りであった。

- セメント： 929万トン
- クリンカー： 1,271万トン

15-5-4 セメント工業における省エネルギー・ポテンシャル推算

(1) リーク防止

この対策はプラントの様々な箇所からのリークを防止することによって電力消費削減を図るものである。この対策がマレーシア全国に広まることによる省エネルギー・ポテンシャルは以下の仮定の下で推算される。

- 電力消費削減は、個々のプラントにおけるリークの状態によるが、APMCラワン工場の例に基づき3.8 kWh/ton-clinkerと仮定する。
- この対策はすべてのセメント工場に適用される。

この対策によるマレーシア全国での電力削減はクリンカーの生産量およびクリンカー当たりの電力削減量から、 48.3×10^6 kWh/yearと推算される

$$3.8 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} = 48.3 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

この数値は以下のように1次エネルギー換算の熱量に変換される。

$$48.3 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 109 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(2) 粉体輸送システムの合理化

この対策は頁岩およびセメントの輸送システムを空気輸送から機械式のバケット・エレベータとエア・スライド・システムに変更することによって電力消費を削減しようとするものである。この対策がマレーシア全国に広まることによる省エネルギー・ポテンシャルは以下の仮定の下で推算される。

- 電力消費削減をAPMCラワン工場の例に基づき5.3 kWh/ton-clinkerと仮定する。
- この対策は空気輸送を使用しているセメント工場に適用される。APMCラワン工場を除くマレーシアのセメント工場の現状は調査していなが、マレーシアでは30%の工場で空気輸送が使用されていると仮定する。

この対策によるマレーシア全国での電力削減はクリンカーの生産量およびクリンカー当たりの電力削減量から、 20.2×10^6 kWh/yearと推算される

$$5.3 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} \times 0.3 = 20.2 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

この数値は以下のように1次エネルギー換算の熱量に変換される。

$$20.2 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 45.5 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(3) 石炭ミルの増設

この対策は燃料を重油から石炭に転換することによって燃料代を削減するとともに、粉

砕かれ微粉炭の燃焼によって燃焼効率を改善すること事を狙ったものである。この対策がマレーシア全国に広まることによる省エネルギー・ポテンシャルは以下の仮定の下で推算される。

- 15,600 kcal/ton-clinkerの熱量が削減されると仮定する。但し、石炭乾燥・粉砕ミルの運転のためには、0.3 kWh/ton-clinker の電力が新たに必要とされる。
- この対策はマレーシアの60%のセメント工場を対象に適用されるものとする。

この対策によるマレーシア全国での熱量削減はクリンカーの生産量およびクリンカー当たりの熱量削減量から推算される。

$$15,600 \text{ kcal/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} \times 0.6 = 119 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

一方、新たに発生する電力消費は以下のように推算される。

$$0.3 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} \times 0.6 = 2.3 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

合計省エネルギー量は1次エネルギー換算で以下のように推算される。

$$119 \times 10^9 \text{ kcal/year} - 2.3 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 114 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(4) 頁岩の投入位置および方法の変更

この対策は頁岩の投入位置をF.F炉への直接投入からC4サイクロン入口への投入に変え、投入方法を空気式から機械式に変えることによって熱量節減を図るものである。この対策はAPMC社ラワン工場に特化したものであり、マレーシア全国へ広まることはないと考えられる。したがって、省エネルギー・ポテンシャルとしてはAPMC社ラワン工場の 8.2×10^9 kcal/yearに限られる。

(5) サイクロンの圧力損失低減

この対策はサイクロンの圧力損失を低減することによって電力消費を削減するものである。この対策がマレーシア全国に広まることによる省エネルギー・ポテンシャルは以下の仮定の下で推算される。

- 電力消費削減をAPMCラワン工場の例に基づき2.0 kWh/ton-clinkerと仮定する。
- マレーシアのセメント工業においては50%において同様なサイクロンでの圧力損失があると仮定し、この対策がこれらの工場に適用されると仮定する。

この対策によるマレーシア全国での電力削減はクリンカーの生産量およびクリンカー当たりの電力削減量から、 12.7×10^6 kWh/yearと推算される

$$2.0 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} \times 0.5 = 12.7 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

この数値は以下のように1次エネルギー換算の熱量に変換される。

$$12.7 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 28.6 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(6) ボトム・サイクロンの集塵効率の向上

この対策はボトム・サイクロンの集塵効率を向上させ、排ガス温度を下げることによって熱消費を節減するものである。この対策がマレーシア全国に広まることによる省エネルギー・ポテンシャルは以下の仮定の下で推算する。

- 33,700 kcal/ton-clinkerの熱量が削減されると仮定する。但し、1.1 kWh/ton-clinker の電力が新たに必要とされる。
- この対策はマレーシアの30%のセメント工場を対象に適用されるものとする。

この対策によるマレーシア全国での熱量削減はクリンカーの生産量およびクリンカー当たりの熱量削減量から推算される。

$$33,700 \text{ kcal/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} \times 0.3 = 128 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

一方、新たに発生する電力消費は以下のように推算される。

$$1.1 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} \times 0.3 = 4.2 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

合計省エネルギー量は1次エネルギー換算で以下のように推算される。

$$128 \times 10^9 \text{ kcal/year} - 4.2 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 119 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(7) 廃熱ボイラー/発電システムの設置

この対策は廃熱ボイラーおよびスチーム・タービン発電システムを設置し、現在高温の排ガスとして大気に排出されている熱を用い廃熱ボイラーによってスチームを発生し、さらにこの発生スチームを用いスチーム・タービン発電システムによって発電することによって廃熱を回収するものである。

この対策がマレーシア全国に普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- 回収できる廃熱は各セメント工場のプロセスや運転状況に左右されるが、APMC社ラワン工場では61.2 kWh/ton-clinkerの発電が可能であるとしている。この数値は、現在の排ガスの温度が高く量的に多いというAPMC社ラワン工場の特殊性を含んだものであるといえる。日本の廃熱回収による発電の例では20から35kWh/ton-clinkerであり、ここでは廃熱回収による発電量を平均的に30kWh/ton-clinkerと仮定する。
- また、この対策はすべてのセメント工場を対象とする。
- この対策はマレーシアにおいて全く行われていないと仮定する。

この方法による発電はマレーシア全国では、マレーシアのクリンカー生産量と、クリンカー生産量当たりの発電量から 381×10^6 kWh/yearと推算される。

$$30 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} = 381 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

これを1次エネルギー基準の熱量に換算すると、

$$(381 \times 10^6 \text{ kWh/year}) \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 858 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(8) 窯尻リフター・レンガの採用

この対策は、窯尻にリフター・レンガを施工し、プレヒーター・セクションからキルンに持ち込まれる未燃燃料を効率よく燃焼させることによって燃料の低減を図るものである。この対策がマレーシアに普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- この対策による燃料削減効果をAPMC社ラワン工場の例に基づき、11.7 kcal/kg-clinkerと仮定する。
- この対策はすべてのセメント工場を対象として適用可能と仮定する。

省エネルギー・ポテンシャルは、クリンカーの生産量 12.71×10^6 ton-clinker/yearおよび上記仮定より、以下のように計算される。

$$11.7 \text{ kcal/kg-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ kg-clinker/year} = 149 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(9) クーラーGBFの据替

既設のグラベル・ベッド・フィルター（GBF）を電気集塵機（EP）に変えることによって、熱および電力の節減並びにクリンカーの回収が期待できる。この対策はAPMC社ラワン工場に限定された対策であり、マレーシア全国への普及は図れない。したがって、省エネルギー・ポテンシャルとしてはAPMC社ラワン工場の 30×10^9 kcal/yearの熱量削減と 0.96×10^6 kWh/yearの電力削減に限られる。

合計省エネルギー量は1次エネルギー換算で以下のように推算される。

$$30 \times 10^9 \text{ kcal/year} + 0.96 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 32.2 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(10) 粉砕助剤

この対策は粉砕助剤を使用することによって粉砕ミルでの電力消費を削減しようとするものである。この対策がマレーシア全国に広まることによる省エネルギー・ポテンシャルは以下の仮定の下で推算される。

- 粉砕助剤を0.02%とし、0.3 kWh/ton-clinkerの電力消費が削減されると仮定する。
- この対策はマレーシアのすべてのセメント工場に適用できるものとする。

この対策によるマレーシア全国での電力削減は以下のように推算される

$$0.3 \text{ kWh/ton-clinker} \times (12.71 \times 10^6) \text{ ton-clinker/year} = 3.8 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

この数値は以下のように1次エネルギー換算の熱量に変換される。

$$3.8 \times 10^6 \text{ kWh/year} \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 8.6 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(11) セメント工業での年間エネルギー消費量

セメントの電力、燃料および全エネルギー消費原単位は表 15-11に示すように、それぞれ127.0 kWh/ton-clinker、839,689 kcal/ton-clinker、1,125,520 kcal/ton-clinkerと推算され、これらをクリンカー生産量に掛け合わせると、マレーシアのセメント工業全体では以下のようなになる。

- 電力：1,610 x 10⁶ kWh/year
- 燃料：10.7 x 10¹² kcal/year
- 全エネルギー（一次エネルギー換算）：14.3 x 10¹² kcal/year

(12) セメント工業の省エネルギー・ポテンシャル

本調査で提案した対策がマレーシア全国に普及された場合の省エネルギー・ポテンシャルおよびそのポテンシャルの全エネルギー消費に対する比率を表 15-12に纏めて示す。省エネルギー・ポテンシャルは、電力で 460 GWh/year、熱で434 x 10⁹ kcal/year、1次エネルギー換算合計 1,472 x 10⁹ kcal/yearは、石油換算で147,200 TOE/yearとなり、セメント工業全体のエネルギー消費の10.3%となる。

Table 15-12 Energy Efficiency Promotion Potential in Cement Industry

Measures	Electricity	Fuel	Total Energy	
	10 ⁶ kWh/y	10 ⁹ kcal/y	10 ⁹ kcal/y	% of Current Energy Consumption
Energy Efficiency Promotion Potential				
Prevention of air leakage	48.3	0	109	0.76
Rationalization of transportation system	20.2	0	45.5	0.32
Construction of coal dryer/grinding mill	-2.3	119	114	0.80
Change of feeding point and feeding system of coal shale	0	8.2	8.2	0.06
Reduction of cyclone pressure loss	12.7	0	28.6	0.20
Improvement of C5 cyclone collecting efficiency	-4.2	128	119	0.83
Waste heat boiler/generator system	381	0	858	6.0
Lifter brick at kiln backend part	0	149	149	1.0
Replacement of cooler GBF	0.96	30	32.2	0.22
Grinding aids	3.8	0	8.6	0.06
Total (1)	460.46	434.2	1,472.1	10.3
Current Energy Consumption (2)	1,610	10,700	14,300	
Energy Efficiency Promotion Potential (1) / (2) x 100	28.6%	4.06%	10.3%	

15-6 食品工業の省エネルギー・ポテンシャル

15-6-1 診断した食品工場に対する省エネルギー・ポテンシャル

本調査ではセントラルシュガーズリファイナリー (CSR) をモデル施設としてエネルギー診断を行い省エネルギー対策を第13章において提案している。提案された省エネルギー対策技術とその省エネルギー・ポテンシャルを表 15-13に示す。

Table 15-13 Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness for Model Entity (Food Industry)

Measures	Effectiveness
To improve heat energy efficiency in steam and steam condensate recovery system	Fuel saving of 1,600 ton/year
To replace failed steam traps	Steam saving of 15,629 RM/year

15-6-2 マレーシアの食品工業に対するアンケート調査結果

アンケート調査では30ヶ所のセメント工場にアンケートを送付し、その内8ヶ所から回答を得ており回答率は27%であった。回答があった8工場にモデル施設のCSRを加えた9工場のデータを表 15-14に示す。

Table 15-14 Results of Questionnaire Survey for Food Industry

		Answer						Energy Consumption (Calculated)			
	Products	Annual Production ton/year	Electricity kWh/y	Diesel litter/year	LFO litter/year	MFO litter/year	NG M3/y	LPG kg/year	Elect-ricity kWh/ton	Total Fuel kcal/ton	Total Energy kcal/ton
FD-1	Wheat Flour Wheat Bran Wheat Pollard Wheat Germ Wheat Meal Semolina	61,355 766	5,716,500	26,200					68.0	2,651	155,542
FD-2	Biscuit	4,500	480,000	380,000					106.7	718,791	958,791
FD-3	Jelly Ice Pope Beverages	5,000 1,600 1,000	1,701,100		393,100			9,600	223.8	502,323	1,005,938
FD-4	Liquid Milk Sweetened Condensed Milk	43,000 34,000	10,039,945			1,740,689			130.4	213,540	506,915
FD-5	Monosodium Glutamate Hydrolysed Vegetable Protein	12,500 660	30,096,000	600		5,900	576		2,286.9	5,013	5,150,606
FD-6	Refined Sugar Molasses	125,000 32,000	26,000,000	320,000	50,000				165.6	20,358	392,969
FD-7	Palm Oil Products Soaps	429,000 16,800	26,500,000	2,300,000		9,400,000			59.4	243,091	376,839
FD-8	Sweetened Condensed Milk Evaporated Milk Ice Cream Sterilised/Past, Milk/Fruit Juice	104,808 31,488 11,000 4,670	15,960,000			3,700,000		540,000	105.0	28	236,331
Model	Refined Sugar								78.1	187,000	362,725

これによると食品工業のエネルギー原単位は製粉工場では約16万kcal/ton、合成調味料工場では約515万 kcal/ton、ビスケット工場では約96万kcal/tonと製品により大きく変わる。食品工業では製品の種類およびエネルギーの使用形態において大きな隔りがあり、エネルギー消費に関して食品工業を特徴づけることは難しい。また、ここで用いた方法で省エネルギー・ポテンシャルを推算することはなお更難しい。

もし範囲を狭め精糖分野に絞ったとしても、本調査で推奨した対策がモデル工場の性格に極めて強く依存している点を考慮すれば、この対策の効果からマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルを求めることは難しい。モデル工場では工場内の自家発電へ蒸気を供給するためかなり大きな能力のボイラーを持っており、この点はこの工場独自の特徴と考えられる。その上、提案した対策はこのボイラーおよび蒸気系統に集中している。したがって、現在用いている方法でモデル工場の省エネルギー・ポテンシャルからマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルを推算するのは妥当でないと考えられる。

15-7 鉄鋼工業の省エネルギー・ポテンシャル

15-7-1 診断した鉄鋼工場に対する省エネルギー・ポテンシャル

本調査ではAmsteel Mills (ASM)を鉄鋼工業のモデル施設としてエネルギー診断を行い省エネルギー対策を第14章において提案している。提案された省エネルギー対策技術とその省エネルギー・ポテンシャルを表 15-15に示す。

**Table 15-15 Energy Efficiency Promotion Measures and Their Effectiveness
for Model Factory (Iron/Steel Industry)**

Measures	Effectiveness
Reduction in Temperature Variation of Extracted Material	0.46 kg-fuel/ton-billet
Reduction in Air/Fuel Ratio of Reheating Furnace	0.5 kg-fuel/ton-billet
Reduction in Heat Loss from Reheating Furnace Wall	0.71 kg-fuel/ton-billet
Introduction of Hot Billet Charging	0.9 kg-fuel/ton-billet
Reduction in Electricity Consumption of EAF	15 kWh/ton

15-7-2 マレーシアにおける鉄鋼工業に対するアンケート調査結果

アンケート調査では12ヶ所の鉄鋼工場にアンケートを送付し、その内7ヶ所から回答を得ており回答率は58%であった。回答があった7工場にモデル施設のASMを加えた8工場のデータを表 15-16に示す。

各工場は、電気炉、レイドル炉、ロッドミル、バーミル、直接還元プラント等いくつかのプラントから成り立っているが、個々のプラントのエネルギー消費データはアンケート調査からは明らかでなく、工場の合計エネルギー消費のみが回答されている。また、各工場のプラントの構成や能力はまちまちであり、工場のエネルギー消費合計から各プラントのエネルギー消費に分割することは難しい。そこで、アンケート調査結果から各プラントのエネルギー原単位を求めることは断念した。

Table 15-16 Results of Questionnaire Survey for Iron and Steel Industry

No.	Answer								Energy Consumption (Calculated)		
	Products	Annual Production tons/year	Electricity kWh/y	Diesel kl / y	LFO kl / y	MFO kl / y	Natural Gas 10 ³ m ³ / y	LPG ton/y	Electricity kWh /ton	Total Fuel kcal/ton	Total Energy kcal/ton
IS-1	Hot Roll Steel	414,000	329,265,000	3,963	17,301			191	795.3	481,246	2,270,730
IS-2	Bar & Wire Rod	499,038	87,851,000		38.9	15,766			147.2	250,086	581,207
IS-3	Beam & Section	97,918									
IS-3	Billet/Bloom/Blanks	825,106	811,101,850	7,581			267,439		983.0	2,967,795	5,179,607
IS-4	DRI	820,595									
IS-4	Steel Welded Mesh	125,000	5,896,227	120					47.2	8,227	114,359
IS-5	High Yield Deformed Bar	100,134	9,414,794	155		4,358			94.0	424,375	635,924
IS-6	Billet	393,905	276,778,320		6,357		14,616		702.7	483,251	2,064,219
	Round bar	242,785									
	Angle bar	21,022									
IS-7	Cold Drawn Steel Bar	12,000	850,000	7.2	160				70.8	131,054	290,429
Model	Billet	660,286									
	Wire Rod	369,464									
	Bar	525,605									

15-7-3 マレーシアにおける鉄鋼工業の規模

表 15-17に1995年のマレーシアの鉄鋼業の生産量を纏める。1995年に鉄は併せて117万8

千トン、粗鋼生産量は245万トンであり、粗鋼はすべて電気炉によって生産された。また、熱間圧延による製品は307万1千トンであった。

Table 15-17 Malaysian Iron and Steel Production in 1995

Item	Production, '000 ton/year
1. Pig iron, Ferro-alloys, Crude Steel	
(1) DRI/HBI	1,178
(2) Ferro-alloys	0
(3) Crude Steel Total	2,450
(a) Ingots	0
(b) Continuous Cast	2,450
(c) Steel for Casting	0
(d) by Oxygen-blown Converters	0
(e) by Electric Furnace	2,450
(f) by Other Furnace	0
2. Hot-rolled Steel Products	
(1) Sections	215
(2) Bars	2,176
(3) Wire Rods	680
Hot-rolled Steel Products Total	3,071
3. Cold-rolled, Coated, Pipes & Tubes, Cold-formed Sections	
Total	1,338

Source: South East Asia Iron & Steel Institute

15-7-4 鉄鋼工業における省エネルギー・ポテンシャル推算

(1) 抽出鋼材温度のバラツキの低減

この対策は、抽出鋼材温度のバラツキを低減し低温側に移行することによって、鋼材加熱炉における燃料消費の低減を図るものである。この対策がマレーシアに普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- この対策による燃料削減効果は、個々のプラントの現状の操業条件に依存するが、ここではASMの例に基づき0.46 kg-fuel/tonと仮定する。

- この対策はすべてのプラントに適用可能である。

この対策による省エネルギー・ポテンシャルは、熱間圧延製品の生産量と鋼材当たりの省エネルギー量から、マレーシア全国で1,413 ton-fuel/yearと推算される。

$$0.46 \text{ kg-fuel/ton} \times 3,071,000 \text{ ton/year} / 1,000 = 1,413 \text{ ton-fuel/year}$$

この数値は正味熱量9,463 kcal/kg を用いて以下のように熱量に換算される。

$$1,413 \times 1,000 \times 9,463 = 13.4 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(2) 鋼材加熱炉の空気/燃料比の低減

この対策は、現在の鋼材加熱炉の空気/燃料比を実現可能な範囲での最適値にまで低減することによって、そこでの燃料消費を削減することを狙ったものである。この対策がマレーシアに普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- この対策による燃料削減効果は、個々のプラントにおける現状の操業条件に依存するが、ここではASMの例に基づき0.5 kg-fuel/tonと仮定する。
- この対策はすべてのプラントに適用可能である。

この対策による省エネルギー・ポテンシャルは、熱間圧延製品の生産量と鋼材当たりの省エネルギー量から、マレーシア全国で1,536 ton-fuel/yearと推算される。

$$0.5 \text{ kg-fuel/ton} \times 3,071,000 \text{ ton/year} / 1,000 = 1,536 \text{ ton-fuel/year}$$

この数値は正味熱量9,463 kcal/kg を用いて以下のように熱量に換算される。

$$1,536 \times 1,000 \times 9,463 = 14.5 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(3) 鋼材加熱炉炉体からの熱放散低減

この対策は、鋼材加熱炉からの熱放散を低減することによって、そこでの燃料消費を削減することを狙ったものである。この対策がマレーシアに普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- この対策による燃料削減効果は、個々のプラントにおける現状の熱放散の割合に依存するが、ここではASMの例に基づき0.71 kg-fuel/tonと仮定する。
- この対策はすべてのプラントに適用可能である。

この対策による省エネルギー・ポテンシャルは、熱間圧延製品の生産量と鋼材当たりの省エネルギー量から、マレーシア全国で2,180 ton-fuel/yearと推算される。

$$0.71 \text{ kg-fuel/ton} \times 3,071,000 \text{ ton/year} / 1,000 = 2,180 \text{ ton-fuel/year}$$

この数値は正味熱量9,463 kcal/kg を用いて以下のように熱量に換算される。

$$2,180 \times 1,000 \times 9,463 = 20.6 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(4) 熱ビレット装入

この対策は、鋼材加熱炉において熱ビレットを装入することによって、そこでの燃料消費を削減することを狙ったものである。この対策がマレーシアに普及した場合の省エネルギー・ポテンシャルを以下のような仮定の下で推算する。

- この対策による燃料削減効果は、ASMの例に基づき0.9 kg-fuel/tonと仮定する。しかし、そのために必要な投資は既存設備とそのレイアウトに大きく依存する。
- この対策はすべてのプラントに適用可能である。

この対策による省エネルギー・ポテンシャルは、粗鋼の生産量と鋼材当たりの省エネルギー量から、マレーシア全国で2,205 ton-fuel/yearと推算される。

$$0.9 \text{ kg-fuel/ton} \times 2,450,000 \text{ ton/year} / 1,000 = 2,205 \text{ ton-fuel/year}$$

この数値は正味熱量9,463 kcal/kg を用いて以下のように熱量に換算される。

$$2,205 \times 1,000 \times 9,463 = 20.9 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(5) 電気炉での電力消費量削減

ASMの電気炉に対しては、酸素ランスを溶融浴深部に位置させ、溶融相に影響を与えることによって、突然の激しい沸騰のようなスラグ相に偏在した沸騰を防ぐことを推奨している。マレーシアの他の電気炉についても、個々の対策はプラント毎に異なるものの、

電力消費は節減できると考えられる。これらの対策によるマレーシア全国の省エネルギー・ポテンシャルを以下の仮定の下で推算する。

- この対策による電力消費削減は、ASMの例に基づき15 kWh/tonと仮定する。
- この対策はすべてのプラントに適用可能である。

この対策による電力消費は、粗鋼の生産量と粗鋼当たりの電力消費削減量から、マレーシア全国で 36.8×10^6 kWh/yearと推算される。

$$15 \text{ kWh/ton} \times 2,450,000 \text{ ton/year} = 36.8 \times 10^6 \text{ kWh/year}$$

この数値は以下のように1次エネルギー基準の熱量に換算される。

$$(36.8 \times 10^6 \text{ kWh/year}) \times 2,250 \text{ kcal/kWh} = 82.8 \times 10^9 \text{ kcal/year}$$

(6) 鉄鋼工業における省エネルギー・ポテンシャル

推奨した対策が普及すると仮定した場合の省エネルギー・ポテンシャルを表15-18に示す。36.8 GWh/yearの電力削減および 69.4×10^9 kcal/yearの熱量削減が推算された。これらを合計した省エネルギー・ポテンシャルは1次エネルギー換算で 152.2×10^9 kcal/yearとなる。

Table 15-18 Energy Efficiency Promotion Potential in Iron and Steel Industry

Measures	Electricity	Fuel	Total Energy
	10^6 kWh/y	10^9 kcal/y	10^9 kcal/y
Reduction in Temperature Variation of Extracted Material	0	13.4	13.4
Reduction in Air/Fuel Ratio of Reheating Furnace	0	14.5	14.5
Reduction in Heat Loss from Reheating Furnace Wall	0	20.6	20.6
Introduction of Hot Billet Charging	0	20.9	20.9
Reduction in Electric Consumption of EAF	36.8	0	82.8
Total	36.8	69.4	152.2

Appendix 15

Questionnaire Forms for Energy Consumption

Study On Promotion Of Energy Efficiency In Malaysia
(JBE&G and JICA)

Questionnaire (Commercial Sector)

1. Particulars

- i) Name of Organisation : _____
- ii) Name and Title of Respondent : _____
- iii) Address of Organisation : _____
- iv. Telephone and facsimile : _____

v. Category (Please (✓) accordingly)

- Hotel Shopping/Commercial Complex Hospital

2. Total Floor Area : _____ m²
3. Number of Rooms (for hotels only) : _____ rooms
4. Numbers of Beds (for hospitals only) : _____ beds
5. Annual Electricity Consumption : _____ Kwh/year
6. Annual Fuel Consumption (please indicate suitable measurement unit)

Type of Fuel	Annual Consumption
i) Diesel	Litres/year
ii) Light Fuel Oil	Litres/year
iii) Medium Fuel Oil	Litres/year
iv) Natural Gas	m ³ /year
v) Others (please state)	/year

7. Annual Water Consumption : _____ m³/year
8. Electrical Power Demand
- i) Air Conditioning : _____ Kw
- ii) Lighting : _____ Kw

Study On Promotion Of Energy Efficiency In Malaysia (JBE&G and JICA)

Questionnaire (Industrial Sector)

1. Particulars

- i) Name of Organisation : _____
- ii) Name and Title of Respondent : _____
- iii) Address of Organisation : _____
- iv) Telephone and facsimile : _____
- v) Category (Please (✓) accordingly) : _____
- Iron and Steel Cement Food Product

2. Annual Production Volume (please use extra sheet, if necessary)

Name of Product	Annual Production Volume
i)	tons/year
ii)	tons/year

3. Annual Electricity Consumption : _____ Kwh/year

4. Annual Fuel Consumption (please indicate suitable measurement)

Type of Fuel	Annual Consumption
i) Diesel	Litres/year
ii) Light Fuel Oil	Litres/year
iii) Medium Fuel Oil	Litres/year
iv) Natural Gas	m ³ /year
v) Others (please state)	/year

5. Annual Water Consumption : _____ m³/year

6. Electrical Power Demand

- i) Air Conditioning : _____ Kw
- ii) Lighting : _____ Kw
- iii) Others : _____ Kw

JICA