

## 第2部

### 南アフリカのエネルギー効率改善にかかる基礎研究



## 2.1 社会経済開発とエネルギー政策レビュー

### 2.1.1 社会経済動向

#### (1) 国情

南アフリカ共和国（Republic of South Africa：以下南ア）は、アフリカ大陸最南端に位置する。ナミビア、ボツワナ、ジンバブエ、モザンビーク、スワジランドと国境を接し、首都はプレトリアで、総面積 122 万平方 km で、人口は 2006 年時点で 4,828 万人である。

表 2.1-1 南アの国情（2006 年時点）

	南ア	日本	倍率
国土面積	121.9 万 km <sup>2</sup>	37.8 万 km <sup>2</sup>	日本の 3.2 倍
人口	4,828 万人	12,750 万人	日本の 37%
人口増加率	1.1%	0.7%	
名目 GDP	US\$2,540 億	US\$43,770 億	日本の 6%
一人当たり GDP	US\$5260/人	US\$34300/人	日本の 15%

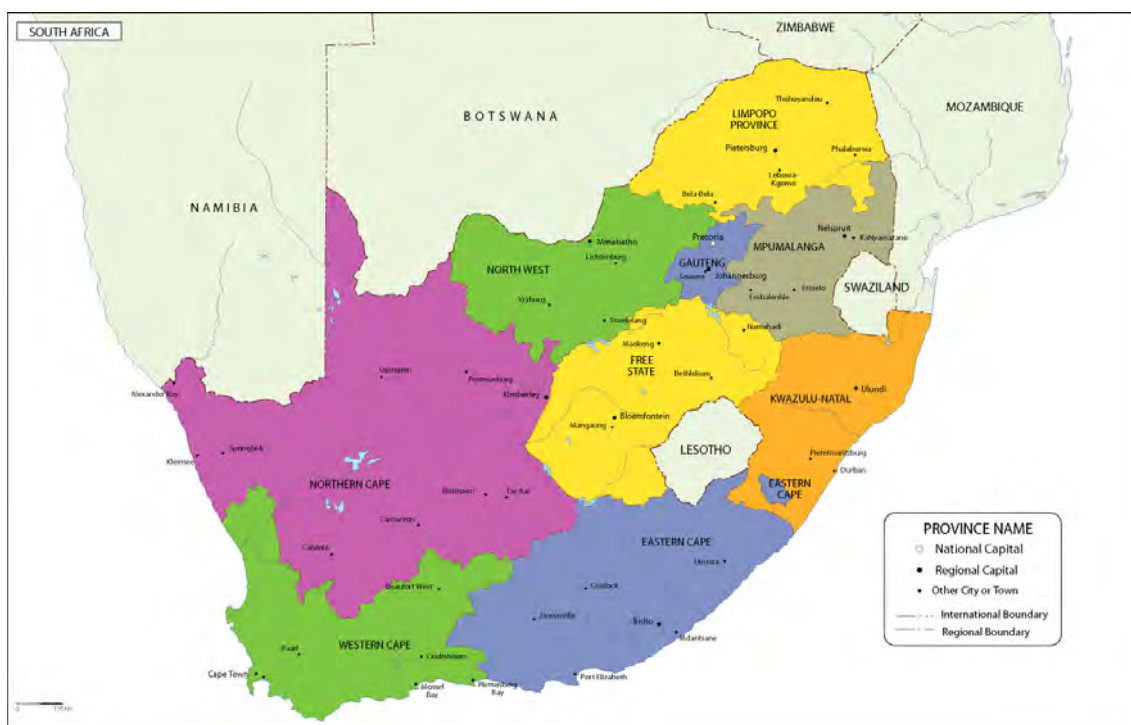
出典: Information Financial Statistics および ARC レポート「南アフリカ 2007」

行政区は、クワズール・ナタール州、北ケープ州、東ケープ州、西ケープ州、ノースウエスト州、ハウテン州、フリーステイト州、ムプマランガ州、リンポポ州の 9 州から構成されている。人種の割合は、黒人 79%、白人 9.6%、混血 8.9%、アジア系 2.5%。公用語は英語、アフリカーンス語、バンツール諸国語（ズールー語、ソト語他）の合計 11 言語。国内で最も多く使用されている言葉は、東部で話されているズールー語であるが、各部族によって異なる言語を使用しているため、イギリスの植民地時代に普及した英語が共通語的役割を果たしている。

表 2.1-2 南アの州と州都

	州	英語表記	州都	最大都市
1	西ケープ州	Western Cape	ケープタウン	ケープタウン
2	北ケープ州	Northern cape	キンバリー	キンバリー
3	東ケープ州	Eastern Cape	ビシヨ	ポート・エリザベス
4	クワズール・ナタール州	Kwazulu-Natal	ピーターマリッツバーグ	ダーバン
5	フリーステイト州	Free Sate	ブルームフォンテーン	ブルームフォンテーン
6	北西州	North West	マフィケング	ルステンバーグ
7	ガウテン州	Gauteng	ヨハネスブルグ	ヨハネスブルグ
8	ムプマランガ州	Mpumalanga	ネルスプロイト	ネルスプロイト
9	リンポポ州	Limpopo	ポロクワネ	ポロクワネ

出典: 在日南ア大使館 HP



出典: Results – Based country Strategy paper 2008–2012

図 2.1-1 南アの行政区マップ

気候は温暖で日照時間が長いですが、海岸部以外は高地のため同緯度の国に比べやや気温が低い。夏期は10月から3月、冬期は5月から8月。国全体の平均気温は、冬期が0～15度、夏期が20～40度と差が大きい。雨季は11月から3月。東部は季節風の影響で夏に雨が降るが、南西の海岸は地中海気候で、移動性低気圧の影響を強く受け、冬に降雨量が多い。

表 2.1-3 南アの気温と降雨量(ヨハネスブルク市)

	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	降雨量 (mm)	降雨日数(日)
1月	25.6	14.7	125	15.9
2月	25.1	14.1	90	11.2
3月	24.0	13.1	91	11.9
4月	21.1	10.3	54	8.6
5月	18.9	7.2	13	2.9
6月	16.0	4.1	9	2.0
7月	16.7	4.1	4	1.0
8月	19.4	6.2	6	2.1
9月	22.8	9.3	27	3.7
10月	23.8	11.2	72	9.8
11月	24.2	12.7	117	15.2
12月	25.2	13.9	105	14.9

(注) 各数値は、過去10年間平均値である。

出典: 在日南ア大使館 HP より

## (2) 経済の動向

南アの GDP はサハラ以南のアフリカ全体の約 45% を占め、同国の経済発展は南部アフリカをはじめ、アフリカ全体の発展にとり重要な役割を果たしている。世界経済に占める位置としては、2006 年の比較で GDP はインドネシアより小さくタイよりは大きい、ほぼ同じ経済規模である。南アの通貨、ランドも 2003 年来、対米ドルで上昇傾向にあったが、2008 年に入りランド安の傾向を示している。

表 2.1-4 各国の人口・GDP・一次エネルギー供給の推移

	1996			2006		
	人口 (百万人)	GDP (十億ドル)	PES (百万 toe)	人口 (百万人)	GDP (十億ドル)	PES (百万 toe)
南アフリカ	40	143.7	106	48	254.0	129
インドネシア	192	227.4	137	223	364.5	179
タイ	58	182.3	71	63	206.1	103
ベトナム	74	24.7	32	84	52.4	52
フィリピン	70	82.9	36	86	117.6	43
インド	949	386.1	400	1109	910.6	565

(注) PES: 一次エネルギー供給量 GDP: 各国の名目 GDP を当年為替レートでドル換算した。

出典: PES は IEA データベース、GDP、人口は IFS 統計

表 2.1-5 南アの国内総支出 (10 億ランド、2000 年価格)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
家計消費	620	642	685	732	792	847
政府消費	180	192	204	214	225	236
固定資本形成	157	173	190	203	237	258
輸出	266	266	274	296	312	338
輸入	243	262	300	331	394	435
国内総支出	980	1010	1052	1113	1172	1245

出典: 南アフリカ準備銀行 Quarterly Bulletin

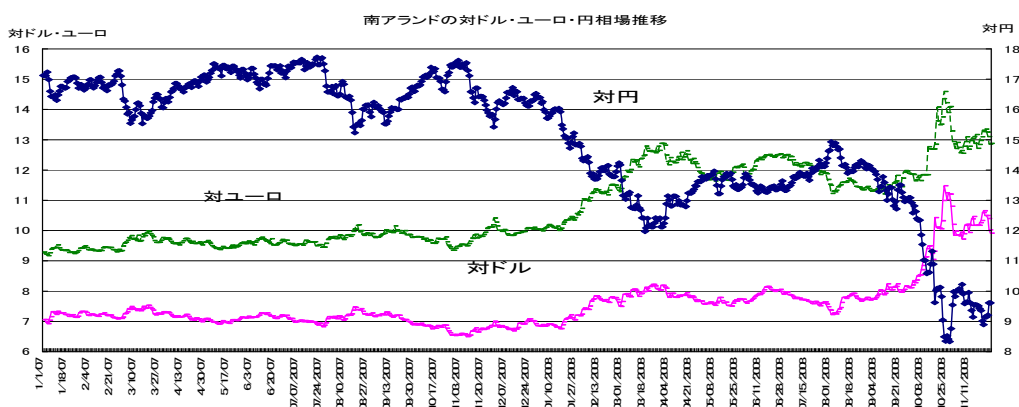


図 2.1-2 ランド(南ア)の対ドル、ユーロ、円の推移

出典 「サブサハラ便り(2008 年 11 月号)MUFJヨハネスブルグ駐在員事務所

2006年の一人当たりのGDPは、タイの(\$3,300/人)やインドネシア(\$1,600/人)よりも大きく\$5,260/人と中進国として位置している。しかし、長年のアパルトヘイト政策の結果、白人を中心とする富裕層と黒人を中心とする貧困層とに別れ、人種間の平均所得も約3倍と格差が大きい。2000年以降の南アの経済は安定した成長で、2000-2006年間の実質GDP平均成長率は4.1%であった。直近では2005年5.1%、06年5.0%と堅調な成長が続いている。南アの通貨、ランドも2003年来、対米ドルで上昇傾向にあった。南アの経済を2006年の支出面から眺めると、GDPの約68%を家計消費が占めており、経済が消費動向に左右される傾向にある。家計消費は低金利、雇用の改善などを背景にした自動車などの耐久消費財の消費が活発で、これらが過去5年間の景気を牽引してきた。

南アは生産部門をみると、19世紀後半にダイヤモンド(1867年)、金(1871年)が相次いで発見されて以来、同国の経済構造は鉱業への依存度を急速に強めた。現在ではこれらの金属鉱産物に加え、クロム、マンガン、バナジウム、プラチナ類などの希少金属の生産においても世界で大きなシェアを占める。農業も1970年代以降には成長率が低下しており、南ア経済に占める一次製品の割合は徐々に減少、その一方で、金融・保健や、民営化の影響により通信・運輸などのサービス業が高い成長を記録している。また、1980-1990年代に低迷していた鉱業も、2000年に入り成長を回復し、輸出関連製造業が成長している。

表 2.1-6 産業別 GDP(10億ランド、2000年価格)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	構成比%
農林漁業	28.3	27.7	28.1	29.6	27.3	27.5	2.4
鉱業土石	63.9	66.5	67.3	68.8	68.7	67.9	6.0
製造業	168.7	166.4	174.2	182.2	191.6	199.0	17.7
電気ガス水道	22.7	23.2	23.8	24.3	25.0	25.8	2.3
建設	23.4	25.1	27.8	31.3	35.9	42.4	3.8
卸売業	127.9	136.1	144.1	154.6	165.4	173.7	15.4
通信交通	93.4	98.9	103.5	109.0	114.4	120.4	10.7
金融不動産	179.6	187.1	201.8	212.3	230.6	249.8	22.2
公共	186.7	192.1	196.7	203.9	211.1	218.7	19.4
国内総生産	894.7	923.0	967.5	1016.1	1070.1	1125.2	100.0

出典:南アフリカ準備銀行

### (3) 金融危機後の経済動向

#### a. 最近のGDP

南アの2008年第3四半期成長率は年率で0.2%の成長と、大方の予想を下回る低成長となった。第1四半期は1.6%増(2.1%増から下方修正)、第2四半期は5.1%増(4.9%増から上方修正)の修正も発表されたが、一部には早期利下の観測も出ている。製造業は前四半期比6.9%の減少と大幅に低下し、小売業も同6.9%減と10年ぶりの水準であった。鉱業は前四半期比8.0%減で、これら3部門は全体の35%を占めるだけに、GDPへの影響は大きかった。金利高による個人消費の落ち込みや個人破産が今年の9ヶ月間で前年同期間比62%増えている。

## b. インフレ率

2008年10月の消費者物価指数は9月の13.1%から12.1%に下がり、これで2ヶ月連続して沈静化の方向に向かっている。特に原油価格の下落が寄与した模様で、物価安定の期待が大きかった。しかし、10月以降のランド安の影響が今後どのように出るか、大きな懸念材料である。多くの専門家は2009年第3四半期まで為替の下降トレンドが続くと見る人が多く、南アのGDP第3四半期の年率0.2%という低成長とあわせて、物価の安定が心配されるところである。

表 2.1-7 南アの消費者物価指数(対前年同月比)

(%)	5月	6月	7月	8月	9月	10月
消費者物価指数	11.7	12.2	13.4	13.7	13.1	12.1

## c. 中期財政計画

中期財政計画にて、財務大臣は2009年度以降、赤字財政になる見通しを発表した。成長率の鈍化と税収の落ち込みが主因で、国際的な金融危機は南アの投資計画の達成を困難にしていると指摘している。これまで2年にわたり財政黒字であったため、世界金融危機に対応する余力はあるとしている。経済成長に関しては年初4%の成長見通しに対し、3.7%と下方修正、09年度に関しては4.2%から3.0%への大幅修正をしている。成長の主軸は3年間で6,000億ランドの公共投資であるが、これにより公的債務はGDPの3%に増加する。インフレは原油や食料価格の下落により来年第3四半期には目標の3-6%内に下降すると予想されている。また、今年の歳入予定額6,420億ランドは達成可能としている。

## d. 失業率

南ア統計局の発表では、第3四半期失業率は23.2%と前期の23.1%より悪化した。零細・中小企業などで165千人の雇用が減少したことが影響している。失業者は412万人と前期411万人から増加した。南ア経済の成長率が鈍化する中、先進各国の景気の停滞も雇用拡大への障害となっている。2014年までに失業率を14%にという政府目標の達成は難しくなったとの見方が強い。南アの失業率は2003年の29.3%から着実に減少傾向を続けてきたが、ここ2年間は23.1%程度で停滞したままである。産業別では、鉱山関係の雇用は31万人(前期比9.2%減)、金融関係:163万人(同3.3%減)、建設:110万人(同3.2%減)、と軒並み減少しているが、商業関係(小売、ホテル、レストランなど)だけは318万人と前期比2.3%の増加を示している。

表 2.1-8 南アの労働指数(単位 1000 人)

労働指数	4月-6月 2008	7月-9月 2008
人口(15歳 - 64歳)	30,705	30,801
労働力	17,844	17,777
雇用者数	13,729	13,655
失業者	4,114	4,122
失業率	23.1%	23.2%
雇用者数 / 人口	44.7%	44.3%

出典:南ア統計局

## 2.1.2 経済政策

南アは、アフリカのみならず途上国のリーダーとして「南北の架け橋」たる役割を自認し、安全保障、環境など様々な分野で積極的な外交を展開している。南アは九州沖縄サミット（2000年）以降のすべてのG8サミットに出席するとともに、アフリカ自身による初の包括的な開発計画である「アフリカ開発のための新パートナーシップ（NEPAD：New Partnership for Africa's Development）」を他のアフリカ4カ国と共に主導している。こうした中、ムベキ大統領は2006年2月3日に開会した通常国会で、新たな施策「Accelerated and Shared Growth Initiative of South Africa（AsgiSA）」（成長加速と共有に向けたイニシアチブ）の実施を表明した。AsgiSAの主な経済政策は以下の通りである。

### (1) 開発経緯

南アは、貧困削減、高失業率（2008年9月で23%）及び高犯罪率、エイズ蔓延の防止等の課題に対処するため、1994年に貧困削減と弱者救済を基本方針とする「復興開発計画（RDP：Reconstruction and Development Programme）」を、1996年にその計画を実現するために経済自由化政策を推進する「成長、雇用、再分配（GEAR：Growth, Employment And Redistribution）」を策定し、これに基づく政策を実施してきた。そして2006年3月には、2010年以降経済成長率6%を達成し、2014年までに失業率を半減させることを目標とする経済成長加速化戦略（AsgiSA）および同戦略達成に不可欠な人材獲得のための、人的資源育成イニシアチブ（JIPSA：Joint Initiative on Priority Skills Acquisition）を策定・公表した。

南ア政府は、2014年までに貧困と失業者を2004年の半分にする方針を決議した。この目標は、経済効率改善と業務能力の向上を徹底することで達成可能としている。1994年から2004年間の経済成長は3%、1994年以前の10年間で1%の成長であったことを考えると格段の成長である。2004年は4%、2005年は5%成長したが、現地での見通しでは、中期的には3.5~4.0%/年の成長と見ている。

外国資本の流入は、2003年以来高位に推移しており、間接投資である南アへの金融投資は2005年から2006年の第一四半期間に800億ランド（US\$130億）もの資本が流入している。同時に巨額の直接投資が同期間南アに投資されている。このような急激な投資は、2005年半ばまでに54万人分の仕事を生み出し、失業率は数年前の32%から26%に改善された。しかし、失業率を15%以下にすることや貧困家庭を全家庭の16%（六分の一）以下にするという政府目標は、政府や関係者の今後の協力関係がなければ、達成できないことも事実である。

### (2) AgsiSAの実施体制

南ア政府は、AsgiSAを実施するために、以下のメンバーによるタスクフォースを立ち上げた。

議長：副大統領

政府機関からの委員：財務省、通商産業省、公共事業省

地方自治体からの委員：ガウテン州と東ケープ州知事、ヨハネスブルク市長

関係機関からの委員：財界人と労働組合の主導者、宗教指導者、



国民代表からの委員：若者および女性からの代表  
これらの委員により AsgiSA は推進される。

### (3) AsgiSA の目標

政府の調査によれば、南アにとって必要な経済成長は 2004-2014 年間で平均 5%である。最近の経済成長と国際的な環境を考慮すると、これを達成するために 2つの期間(フェーズ)に分けて目標とする。最初のフェーズは 2005-2009 年で、経済成長は 4.5%超を目標とし、次のフェーズは 2010-2014 年で 6%程度の成長を目標とするものである。これらの成長を実現するためには、労働吸収力の高い産業をおこすことが必要で、言い換えれば、成長の果実は、多くの労働者によって分かちあうということである。また、経済発展のビジョンは、製品とサービスの多様性を含んだ経済構造を実現するというものでなければならない。そして、労働者は持続的に雇用され新しいビジネスは拡大されなければならない。

### (4) 調和の取れた成長

南アの経済成長には、2つの要素に重点を置く必要がある。第一の要素はコモディティー部門での経済成長戦略である。最近の成長は強いコモディティー価格、高い資本流入、強い国内需要、政府の貧困対策、雇用機会の増大、資産価値の上昇などが下支えとなっている。他方、2005 年には、貿易収支は資本流入が多かったにもかかわらず 4.3%の赤字である。このような事実から金融以外のコモディティー部門での経済成長戦略を打ち立てなければならない。第二の要素は、社会福祉プログラムである。これまでの社会福祉プログラムは貧困の減少や収入の再分配に役立っているが、南アの 3分の1の家庭は、これらの社会福祉プログラムから直接的な便益を受けていない。これら貧困層を経済活動の中に組み入れることは南アの経済がさらに高まることを意味している。持続的な経済成長を果たすためには、この 2要素の戦略を推進する必要がある。AsgiSA を発展させるためには、具体的には、財政や金融政策の見直し、官僚機構の改善なども必要である。

### (5) 制約条件と今後の課題

#### a. 通貨の安定

財政と金融政策の改革にもかかわらず、南アの通貨の不安定さは、海外からの投資を阻害している。ランドの変動は、かつてよりは安定的であるものの現在も不安定さを残している。2008 年前半までは資源開発のための投資が大きく、ランド(2007 年 11 月で 1 ランド=16 円)は過大評価されていたが、2008 年の後半には一転してランド安(2008 年 11 月で 1 ランド=10 円弱)になっている。今後は、公共投資などで国内需要を調整することで通貨の安定を図る必要があると金融当局はみている。

#### b. 物流システムの効率・能力・コスト高の課題

南アでは製品とサービスを流通させるインフラが、全国規模で不足している。内陸地で生産される製品は、海岸地域での工業地帯へと長い距離を輸送しなければならない。現状ではそのためのインフラが不足している。この問題に取り組む必要がある。

#### c. 質の高い労働力の不足

この問題は、アパルトヘイトの遺産ともいえるもので、不合理な教育システムと人種問題

に起因している。最近の高度成長下では、十分な技能、高い経営能力を持った人が不足している。これらの問題を解決する必要がある。

#### **d. 新規投資への競争制限と弊害**

南アの産業は、鉱業、鉄鋼、製紙、化学などの上流部門産業と通信やエネルギーに集中している。逆に下流部門やサービス部門の発展は遅れている。下流部門やサービス部門の発展に対して阻害するような市場構造になっているとも見られる。これらを解消するために競争促進法や新たな産業政策を強化・実施する必要がある。

#### **e. 中小企業の発展の阻害要因の撤廃**

GDP や雇用に関して中小企業と零細企業の非効率性は、さまざまな規制が原因している。計画システム、税制、地域規制、労働法の運用、セクター別の規制環境、その他不必要な規制などが中小零細企業の発展を阻害している。これらを改善する必要がある。

#### **f. 国家組織、能力、リーダーシップの欠如**

政府部門では組織力や重要機関の能力不足、政策決定をおこなうリーダーシップの欠如などの課題がある。これらの問題をなくすために数々の対応策が求められている。今後、政府がリーダーシップを取って経済を促進する対策としては、インフラ投資、セクター別投資計画、技術教育、産業戦略、マクロ経済、公共政策などがある。詳細は以下の通りである。

##### **① インフラ投資**

現在公共投資は GDP の 6% に達しているが、公共インフラの積み残しを取り入れると公共投資は GDP の 8% に上る。2005 年 10 月の中期財政政策が示しているように政府と公共企業の投資額は 2005 年 4 月から 2008 年 3 月までに 3,700 億ランド支出される計画で、内容としては、Eskom が 840 億ランド、Transnet が 470 億ランドで、発電所・送配電網・鉄道網・港湾・石油パイプライン建設などが中心である。

##### **② セクター別投資**

政府のセクター別投資の主な支出は、地方道路、水道事業、エネルギー供給事業、住宅・学校・病院・ビジネスセンター・スポーツ施設・多目的政府サービスセンター（警察、裁判所、更生施設）の建設などである。また、通信施設は重要な社会的インフラであるので、高いプライオリティーで実施する。内容は、ブロードバンド戦略の実施、通信費用の低減、アフリカとアジアの海底ケーブルの施設、労働集約事業を促進するための通信施設への補助金などである。

##### **③ 産業戦略**

産業戦略は、実施段階のものも含めて National Industrial Policy Framework に集約されている。この中では、ビジネスのアウトソーシング・旅行事業などの第三次産業とバイオ燃料などに力点を置いている。これらに共通していることは、これらの部門がすべて労働集約産業であることで、Broad-Based Black Economic Empowerment (BBBEE) の促進や中小企業の発展に貢献するものである。

現在 GDP の 8% を旅行業が生み出しているが、これを 12% まで引き上げる計画である。この部門での雇用能力は 40 万人と予想されている。問題点としては、航空アクセス、安全性、技術の向上などで、この部門は他の部門以上に政府と民間企業との連携が必要である。

その他、バイオ燃料を含んだ農業および農産物加工産業の育成が重要である。さらに化

学、金属選鉱、映画やTVなどの創造事業、衣服繊維事業、耐久消費財、紙パルプ事業などが、次のプライオリティーを持った促進事業となる。

#### ④ その他の産業戦略

産業を横断的に見たとき、以下の事項が産業の育成政策として重要である。

- ・市場において不適切な競争を止め、輸入価格にリンクした価格決定メカニズムにする
- ・商取引での能力向上（交渉能力など）
- ・より明確なアフリカ開発戦略
- ・民間企業の研究開発投資の促進
- ・資本の移転と同時に工業移転における BBBEE の利用
- ・女性の職業参加へのアクセスの拡大
- ・若者の能力開発の促進
- ・BBBEE 政策の促進（AsgiSA を促進するために相乗効果がある）

#### ⑤ マクロ経済政策

南アのマクロ経済政策で重要なのは、通貨ランドの安定策とインフレの抑制である（目標インフレ政策の実施）。また、財政の健全化のためには、正確な収入と支出の見通しが必要で、収入の過小評価や支出の過大評価などは、関係者に間違ったシグナルを送ることになる。一方、予算の支出管理は改善の余地がある。特に公共投資関連では、予算の未消化や予算の使い過ぎなどが問題となる。2006年に財務省より導入された「New Capital Expenditure Management Information System」は、これらの改善に役立つものと思われる。

### (6)まとめ

表 2.1-9 AgsiSA の目標や行動計画

テーマ	内容
経済成長	2005年から2014年間のGDP成長目標は5.0% (金融危機により、3.5~4.0%になる見通しである)
経済の課題	マクロ経済の課題は、通貨の安定とインフレの抑制
セクター別投資では	道路、水道、エネルギー供給、住宅、学校、病院、ビジネスセンター、スポーツ施設、多目的政府サービスセンター、通信施設の建設
産業育成策	産業育成策としては、下流部門の労働集約産業を中心に、ビジネスのアウトソーシング事業、旅行事業、第三次産業、バイオ燃料事業など
労働力の確保	女性の職業参加拡大と若者の能力開発の促進
人種問題の解消	Broad-Based Black Economic Empowerment (BBBEE) 政策の促進

### 2.1.3 エネルギーに関する政策

#### (1) 担当省庁

南アのエネルギー担当省庁は、下表の通り「鉱物エネルギー省 (Department of Minerals and Energy : DME)」であり、エネルギーの効率改善に関しては、DME 中の「エネルギー効率・環境局 (Directorate of Energy Efficiency and Environment)」が担当している。

表 2.1-10 南アのエネルギー関連政府機関

組織名	部・局
鉱物エネルギー省: Department of Minerals and Energy	総括事務局 Office of The Director-General
	エネルギー効率・環境局 Directorate of Energy Efficiency and Environment
	エネルギー計画・クリーンエネルギー部門 Hydrocarbons, Energy Planning and Clean Energy Branch
	電力原子力部門 Electricity and Nuclear Branch
通商産業省 Department of Trade and Industry	南アフリカ規格局 South African Bureau of Standards (SABS)
エネルギー関係の団体 Energy related Organizations	国家ビジネス協定 National Business Initiative (NBI)
	国家エネルギー規制局 National Energy Regulator of SA
中央エネルギー基金 Central Energy Fund	国家エネルギー効率庁 National Energy Efficiency Agency
	エネルギー開発会社 Energy Development Corporation
	南アフリカエネルギー研究所 South Africa National Energy Research Institute (SANERI)

出典 各種資料より作成

実際のエネルギー供給では、電力は Eskom、石油は PetroSA や外資系企業 (Shell, BP, Mobil, Caltex, Total)、石炭は大炭鉱集中型といわれる、Ingwe、Anglo Coal、Sasol の大手3社で全生産量の80%を占めている。南アのエネルギー関連事業に進出している内外の企業は、以下のとおりである。

表 2.1-11 エネルギー部門への主要企業

エネルギー	企業
石炭	Ingwe (国内)、Anglo Coal (国内)、Sasol (国内) の大手 3 社が全生産量の 80%を占めている。
石油	Engen (国内) Shell (外資)、BP (外資)、Caltex (外資)、Total (外資) の内外の大手企業で、石油採掘、石油製品販売が行われている。 Sasol (石炭から石油製品) と PetroSA (天然ガスから石油製品) は、国内資本で、合成油の製造販売を行っている。
天然ガス	Iguli・Gas (国内)、Sasol・Gas (国内) により供給されているが、大半は PetroSA に供給され、合成油の原料になっている。CEF 傘下の iGAS がパイプラインの敷設の責任を負っている。
電力	Eskom (国営企業) により全国の 95%の電力が供給されている。
配電	配電は Eskom と 415 の地方自治体により行われている。地方自治体は南アの全需要家のうち 60%、販売電力量で 40%の供給を行っている。
原子力	原子力エネルギー公社 (NECSA) によって、放射線、信頼性管理が行われている。

## (2) エネルギー政策

1998年に作成されたエネルギー白書をもとに2007年に作成された「Energy Security Master Plan (Liquid Fuels)」が、現在のエネルギー政策の指針である。本計画は、「液体燃料の安全保障戦略」として作られたものであるが、直近のエネルギー政策を知る上で重要である。以下に本マスタープランの概要を示す。

### a. エネルギーマスタープラン (液体燃料) の目的

本マスタープランの短期的な目的は「液体燃料供給体制の開発と液体燃料の需要とエネルギー危機の管理」で、長期的には「エネルギー問題を需要、供給、マクロ経済、地政学、気候変動なども統合」することである。さらにエネルギーの転換、輸送、需要などの戦略を十分に情報収集した上で構築できるようにする。また、これらは、環境や経済への負の影響を最小にするものでなくてはならない。DME は、最近の電力不足問題や世界の関心がエネルギー問題に集まっていることを考慮して、以下の3項目を液体燃料の安全保障戦略の重要な柱とした。

- ① 短期的には、経済成長と開発を維持するためのエネルギー供給策の構築
- ② 中期的には、複雑なエネルギー問題を解決する政策
- ③ 長期的には、エネルギー戦略と経済の成長と開発を維持するための戦略

### b. アクションプラン

アクションプランとしては、短期から中期におけるアクションプランと中期から長期におけるアクションプランとがあるが、短期から中期には「各種インフラの整備」が中心で、中期から長期には、「政策とこれを実行したときの検証手段の確立」が重要であり、具体的なアクションプランは以下の通りである。

- ① 石油最終製品を地方で生産することを押し進め、かつ最終製品の 30%は少なくとも国内の原材料を使用する。

- ② 気候変動はエネルギー計画の重要な要素であり、それゆえに、エネルギーモデルプロセス（エネルギー戦略を構築する方法）とは一体化する必要がある。一体化とはエネルギーデータ収集と気候変動モニタリングを同時に行うことである。
- ③ 少なくとも南アと取引をする国々との間では、燃料の仕様と他の基準（住宅やビルの基準）などとの整合性が必要で、エネルギー供給のセキュリティー確保には、グローバルな燃料仕様の採用が必要である。
- ④ 南アの 80%以上の原油は民間企業によってイランやサウジからまかなわれている。これは、南アのエネルギー安全保障を危うくする。将来は、国営企業である PetroSA によって 30%ほどの原油が購入されるべきで、そのためのタンカーなどが必要とされている。
- ⑤ 液体燃料の地方での生産を促進するための輸入政策は、今後とも継続されるべきである。
- ⑥ エネルギーセキュリティーの最大の目的は、すべての国民の経済活動に応えることである。そのためにもエネルギー消費効率の向上がすべてのエネルギー消費者に求められる。エネルギーの DSM アプローチには、適切なエネルギー提供者の形態といった問題も含まれる。DSM は、工業部門から交通部門にいたるまで幅広く実施されるべきである。南アの原油は早晩使い尽くし、数年以内には原油換算で 90%以上が海外から輸入されるものと思われる。
- ⑦ 石油部門は、国が投資するのか民間が投資するか、にかかわらずインフラ投資の必要性を求めている。そのため、「独立したエネルギー計画調整局」を設置することが求められる。
- ⑧ 液体燃料の安全確保のためにいくつかのシステムや施設が求められる。エネルギー不足発生時のコストと安全保障のためのコストを比較すると後者のほうが格段に安い。エネルギーのピーク需要の問題を解決する方法は戦略備蓄である。
- ⑨ 南アの液体燃料部門での最も重要なインフラ投資は、パイプラインの建設である。これは、2010 年の第 2 四半期には完成しなければならない。Petronet がパイプラインを建設する必要があるが、資金調達のためリッターあたり最大 1 セントの税金が認められるべきである。
- ⑩ パイプラインができるまでの暫定措置として鉄道輸送車両を使って必要なところエネルギーを輸送する必要がある。たとえば、Spoornet（鉄道オペレーター会社）を改良し、輸送時間を短縮するという方法も検討されるべきである。
- ⑪ 港での石油製品荷揚げの最適化を図るために港湾オペレーションを独立した機関に集約する必要がある。独立した港湾組織はあらたな参加者を導き入れる可能性もあるし、さらに、最適なオペレーションを行うことも望める。
- ⑫ Moerane 調査（DME がエネルギー危機対策の提言を依頼したコミッション）によれば、石油業界では、商業用在庫として 28 日分を持つべきとしている。この費用は航空業界、電力業界にも適用されるべきである。これらの費用は最終的には石油消費者によって支払われるが、費用は 4 セント/リッター程度で備蓄のための施設の建設に使われる。
- ⑬ エネルギー計画を通しての南アの発展には、エネルギー政策を評価するシステムが必要である。そのため、エネルギーモデリング能力の開発が必要で、これはまたエネルギー関係者の様々な役割を明確にすることでもある。

### (3) エネルギー効率改善政策

南アのエネルギー効率改善に関する政策は、2005年3月に政府承認された。それは、2015年までに12%のエネルギー効率の改善を行うものである。内容は、「Energy Efficiency Strategy of the Republic of South Africa」(以下「エネルギー効率改善戦略」)に記載されている。この中には、EskomのDSMや地方自治団体自身のエネルギー効率改善戦略などが含まれている。また、産業界ではDMEの戦略をコミットするために、2008年11月に44の企業と団体が、DMEやEskomとともに共同で、エネルギー効率改善の協定(Energy Efficient Accord)にサインした。

#### a. DMEのエネルギー効率局の目的

エネルギー効率改善戦略の中でエネルギー効率局の役割と目的は、以下の通りである。

- ① エネルギー効率改善促進の実施、工業、商業、家庭、交通、農業などでのエネルギーセクターの標準と規範の設定
- ② エネルギー効率改善政策、戦略、ガイダンスなどの開発
- ③ 情報提供、エネルギー効率改善や環境問題などの能力開発、
- ④ エネルギーの持続的な開発
- ⑤ エネルギー利用に関する負のインパクトの緩和
- ⑥ エネルギー効率改善技術、環境的なクリーンエネルギー技術の促進
- ⑦ 国連のエネルギー持続的開発委員会を含む国際的な協調と協力の促進

#### b. セクター別エネルギー効率改善策

DMEが現在推奨しているセクター別のエネルギー効率改善策は、先の戦略の中で、以下のように指摘されている。

##### (a) 家庭部門でのエネルギー効率改善

南アの家庭では26%の最終エネルギーを消費している。これらは照明、断熱材、エネルギー節約タイプの機器を購入するなどして省エネルギーを行うことができる。家庭での省エネに関する重要な方策は建物ごと省エネをおこなうことである。

建物は、外気から内部を分離するために、ドア、屋根、窓、壁、土台基礎などすべてにおいて遮蔽が必要である。建物の断熱はいろいろな方法があるが、二重の窓やドアは熱ロスを少なくし、温暖な地方での窓ガラスの特別な加工により、日照による室内の温度上昇を防ぐ。また、天井や床、壁に断熱材をはめ込むことも有効な手段である。

冷暖房はもっともエネルギーを必要とする器具である。また、水を加熱するエネルギーやお湯を節約することで、エネルギーの節約ができる。今日では、高効率な洗濯機、冷蔵庫、コピー機、コンピュータなども利用可能であり、蛍光灯などエネルギー効率のよい照明器具も販売されている。

家庭でのエネルギー節約の方法は、以下のとおりである。

- ① 調理時の節約
- ② 電気と水の節約
- ③ 冷暖房時の節約

- ④ 家屋建設時の節約
- ⑤ リサイクルでの節約
- ⑥ 再生可能エネルギーの利用

#### **(b) 商業部門でのエネルギー効率改善**

商業セクターでは、2006年には最終エネルギーの7%をつかっているが、GDPでは、全体の43%を生み出している。電気は照明、加熱、エアコン、事務機器などに利用されている。商業ビルの省エネを推進するビルデザインやBEMS（Building Energy Management System）などがある。

#### **(c) 産業部門でのエネルギー効率改善**

南アでは、約40GWの発電能力があるが、産業部門は電気やエネルギーの最大の消費先である。2006年では最終エネルギーの40%が産業部門で消費されている。このうち10%は低投資や投資無しで省エネできるといわれている。南アでのエネルギーを消費する産業部門は8つのサブセクターがある。すなわち、鉱業、鉄鋼、化学、非鉄金属、非金属、窯業、製紙、食品タバコであるが、このうち鉱業と鉄鋼で特にエネルギー消費が多い。

産業部門でのエネルギー効率改善策は、ボイラーの効率改善、コンプレッサーの空気漏れ防止、冷蔵設備のコンデンサーの清掃、蒸気トラップの保守、断熱材の保守、遮熱保温材の導入などである。エネルギー効率改善戦略における産業部門での設備装置別のエネルギー効率改善は、以下のとおりである。

##### **① モーター**

南アの産業部門での電気消費の64%はモーターでの消費である。高効率モーターを使うことで、12%の節電になるといわれている。

##### **② スチームシステム**

スチームシステムの改善により、20%のスチームを改善することができる。改善の方法として、スチームや凝縮水の回収、ラインの断熱、スチーム漏れの廃絶、スチームトラップの適切なメンテなどがある。スチームラインのボイラーへの凝縮水の回収は、エネルギー効率には不可欠である。

##### **③ エアーコンプレッサー**

エアーコンプレッサーは、空気圧縮機、噴霧器、攪拌機、混合機などに使われているが、エアーコンプレッサーの最適化により20%~50%のエネルギーが節約されると言われている。また、可変速度のコンプレッサーは省エネタイプで、これらの空気漏れを防止することは重要な省エネ方法である。

#### **(d) 交通部門でのエネルギー効率改善**

液体燃料は、交通機関にとってエネルギーの貯蔵や効率の面で有効な燃料である。過去20年間を見ると交通部門は石油産業にのみ貢献してきた。交通部門は同時に環境汚染ももたらしている。交通部門の走行距離あたりのエネルギー消費の効率を上げることで、環境負荷を減らすことができる。

2008年7月から自動車工業は、DMEと協力して、燃費向上の基準を導入した。そしてCO<sub>2</sub>排出量のテストやディーラーベースではあるが新型自動車のラベリングシステムを導入した。



(e) セクター別エネルギー効率改善目標

エネルギー効率改善戦略におけるセクター別目標とアプローチは、以下の表の通りである。

表 2.1-12 エネルギー効率改善戦略におけるセクター別目標とアプローチ

セクター	目標	概要とアプローチ
鉱工業	15% 削減	<p><b>(概要)</b>            全体の消費量の 40% (2006 年) も同部門で消費            エネルギー多消費産業 (鉱業、鉄鋼、非鉄金属、製紙、石油化学など)</p> <p><b>(削減量)</b>            世界の最高と比し 50%もの削減が可能ならず。            少なくとも 11%。追加で 5%-15%程度は可能ならず。</p> <p><b>(アプローチ)</b>            デモンストレーションによる推進            産業ごとの自主イニシアティブ            義務基準の導入            省エネ診断の義務化</p>
発電	中間目標 : 15%	<p><b>(アプローチ)</b>            発電: Eskom の供給側マネジメント計画による            発電周辺設備: ポンプやファン等</p>
輸送	9% 削減	<p><b>(概要)</b>            エネ消費割合: 27%            ガソリンとディーゼルが道路輸送の主である            輸送用の石油の輸入の経済への影響が大きい</p> <p><b>(アプローチ)</b>            輸送部門燃料消費効率の向上            自動車の燃費ラベリング            自動車の定期点検の実施・支援            高効率車促進のための規制・基準等の導入            広報            国の輸送構造転換</p>
商業	15% 削減	<p><b>(概要)</b>            消費量割合は少ない (7%)            空調・換気・照明機器が主対象            建築計画段階での改善が必要</p> <p><b>(削減量)</b>            低・中コストで削減可能な量は 25%を超えるはず。</p> <p><b>(アプローチ)</b>            政府による省エネ意識向上政策            建物の省エネ効率基準と建物省エネ診断プログラム            建築計画への省エネ概念導入と改修時の省エネ技術導入            エネルギーラベルの導入            オフィスビルの基準の義務化</p>
民生	10% 削減	<p><b>(概要)</b>            エネルギー消費割合は約 26%            地方ではバイオマスが主だが電化政策により全体で電力消費は伸びている。            新築建物での断熱や機器ラベリング・基準、教育・広報が重要</p> <p><b>(アプローチ)</b>            省エネによる経済性の理解の推進            機器ラベリング導入            省エネ投資を促進するデモプロジェクト            高所得 (つまり多消費) 家庭、および被補助家庭での改善            住宅省エネ基準の義務化</p>

出典: Energy Efficiency Strategy of the Republic of South Africa

### c. エネルギー効率改善と再生可能エネルギーのための能力開発プロジェクト

エネルギー効率改善プロジェクト (the Capacity Building Project in Energy Efficiency and Renewable Energy Project : CaBEERE) は、デンマークと南アの政府間で行われたエネルギー効率と再生可能エネルギーのための能力開発プロジェクトで4~5年かけて、2005年12月に終了した。成果品としてのCaBEEREの資料は以下の通りである。

- ・エネルギー効率に関する戦略、政策、制度などの提案
- ・再生可能エネルギーに関する戦略、政策、制度などの提案
- ・以上の能力開発を目的とした南アおよびデンマークでの研修
- ・ステイクホルダーへの意識の向上

これらの調査内容は以下の通りであるが、今後は、DMEと関係する機関によって持続的に発展されることになっている。

#### ①エネルギー効率化に関する調査内容

- ・エネルギー効率化のベースラインと省エネの見通し
- ・公的ビルのエネルギー監査
- ・エネルギー機器のラベリングシステム
- ・エネルギー効率改善戦略
- ・家庭でのエネルギー節約
- ・工業部門のエネルギー管理
- ・工業製品の標準規定
- ・商業部門のエネルギー効率化
- ・ターゲットのモニタリング
- ・DMEの設立
- ・国家エネルギー規則
- ・ビル監査のトレーニング
- ・トレーニング
- ・実施プログラム

#### ②再生可能エネルギーに関する調査内容

- ・水力発電のベースライン
- ・太陽光発電のベースライン
- ・風力発電尾ベースライン
- ・再生可能エネルギーの技術標準
- ・再生可能エネルギーのマクロ経済分析
- ・再生可能エネルギーの市場形成
- ・発電のための埋立てガス資源利用
- ・埋立てガスの管理
- ・埋立てガスの計算
- ・バイオビジネスの評価
- ・南アの風力モニタリングプログラムの仕様
- ・再生可能エネルギーIPP事業者への情報提供

## 2.1.4 エネルギーに関する投資動向

### (1) 世界のエネルギー投資

IEAによれば、エネルギー需要の増大に応えるために世界は今後30年間に16兆ドル余り、即ち、年間に5,500億ドルをエネルギーに投資しなければならないとしている。IEAの報告書『World Energy Investment Outlook 2008』は、2030年までに世界のエネルギー需要は現在より3分の2、年率で1.7%増大すると予測している。この増加率は過去30年間に比べれば大きい、利用可能なエネルギー源も増えているとしながらも、問題は資金をどこから調達して、新しいエネルギー生産施設を建造し、既存施設を更新するかであるとしている。ここに示された投資総額は、世界の国内総生産の1%に相当するが、特に発展途上諸国の場合、負担は重いものとなる。アフリカ諸国はGDPの4%を投じなければならないとしている。

### (2) 南アのエネルギー関連設備

#### a. Eskom

Eskomの電力料金は世界でも安い(およそ3円/kWh)が、現在の低価格は安価な石炭、投資を抑制し債務コストを低減させていることで達成している。しかし、中長期的にみると、既存の発電施設は既に平均15年が経過しており、今後、電力供給能力を拡大するためには投資が必要で、今後電力価格の上昇が予測される。政府は、Eskomの民営化、発電業者の参入により電力市場を自由化することにより価格上昇圧力を抑え、効果的な投資、運営を促す方針である。

現在、Eskomは電力インフラを拡大し、質の向上をはかるプログラムを実行している。この計画により、新規の発電所を2013年に運開させるために、今後5年間で(2008-2012年)3,430億ランドを投資することになっている。これまでにEskomは、2つの新しい石炭火力発電所を稼働させ、そのうえ、新しい原子力発電を建設の計画がある。

さらに、Eskomは1990年代に休止させた3つの発電所を再開しようとしているし、2009年末までには、2つのオープンサイクルガスタービンを建設する予定である。また、KwaZulu-Natal州のDrakensbergで水力発電所建設計画をもっている。

政府は、これまでとは違いEskomと民間企業が共同発電プロジェクトをはじめめることを容認している。化学工業などは、副産物として蒸気を発生するが、これをEskomが利用して発電するといった事業も考えられる。これらの電気は、化学工場で利用されるもよし、Eskomによりグリッドを通して販売されることも考えられる。

エネルギー効率化の促進と同時に電力価格を調整することで、電力の消費を減らすことも必要なことで、Eskomは2012年までに3GWの需要を減らそうとし、2025年までには、さらに5GW減らそうとしている。(現状約40GWであるが、2025年には80GWになる見通しで、ここから8GW減らし72GWにする計画)そのために調理にはガスを使うことや太陽光発電の利用などのキャンペーンを推進している。

今日、南アの電力供給危機は、Eskom のエネルギー源の多様化を求めている。すなわち、原子力発電や天然ガス、再生可能エネルギーの利用などに移行するというものである。Eskom では、今後 20 年間で原子力発電所を 20GW 増やす考で、フランスの Areva とアメリカの Westinghouse Electric に 2016 年スタートの原子力発電所建設の入札を依頼している。(2008 年 12 月時点で、これらを中止または延期するとの情報がある)。これとは別に Eskom は、Pebble Bed Modular Reactor (PBMR) プロジェクトを進めている。

Eskom 社は国内の需要に追いつくことに苦戦しているが、たびたび電力供給停止に追い込まれており、2008 年 1 月には主要鉱山が 5 日間、操業を停止した。Eskom は電力監査当局 (NERSA) に今年、電気料金の 60% 引き上げを要請しているが、NERSA は、2008 年中は、前年より 2 回にわたり対前年比 27% の電気料金を値上げしている。

#### b. IPP の投資案件

こうした中 2008 年 11 月になって、Coega Development Corporation (CDC) が、南ア南部の Coega 工業開発区 (IDZ) で、天然ガスによる火力発電所を建設する計画が明らかになった。この発電計画は、第 1 期は 80 万 kW であるが、第 2 期以降漸次増設し、160 万 kW、240 万 kW、320 万 kW となる計画である。また、天然ガスの調達先については、現在検討中であるとされている。

#### c. PetroSA

PetroSA は、国内最大の石油採掘かつ石油精製事業者で、PetroSA と SASOL は合成油のトップメーカーでもある。PetroSA は、Western Cape の Mossel で世界最大の GTL (Gas to Liquid) プラントを稼働中である。南アの石油ガス田は規模が小さいが、石油精製と下流の石油部門は早期から発達していた。PetroSA は、2007 年に Saldanha 湾にて、南アで最初の海底石油ガス田の採掘をおこなった。Saldanha 湾は、ケープタウンから 60 マイル北西にあり、埋蔵量は 0.8 TCF と規模は小さい。

#### d. SASOL

SASOL は、国内最大の民間企業で、石炭からの合成油と小規模ではあるが天然ガスからの合成油事業を行っている。SASOL は世界最大の CTL (Coal to Liquid) プラントを保有し、南アの液化燃料の 21% (2006 年) を生産している。SASOL は、ナイジェリアやカタールと GTL の共同事業をおこなっている。また、モザンビークからは天然ガスを購入し、South Africa's Mpumalanga province の Secunda で GTL の生産を行っている。SASOL は、今後 8 年間で Secunda での GTL プラントを 20% 拡張する計画である。すなわち、SASOL は、モザンビーク政府と 2008 年 2 月に天然ガスパイプラインの拡張計画に合意し、現在の 1.2 億 GJ / 年から 1.47 億 GJ / にパイプラインの輸送能力を拡張するというものである。2004 年にスタートした 865km のパイプラインは、2.4 億 GJ / まで輸送能力が拡張できるといわれている。

#### e. その他の投資案件

南ア政府は、現在化石燃料を使った照明器具から電気照明に切り替える計画を実行中で、「南アフリカ国家エネルギー規制」(National Energy Regulator of South Africa (NERSA)) によ

れば、この作業のために 1,390 億ドルが必要とされている。南アの現在の電源開発は、石炭火力、原子力発電、再生可能エネルギーの利用に重点を置いている。再生可能エネルギーとしては、風力、太陽光、水力発電が予定されており、政府は、これらの資源開発調査に取り掛かっている。そして、来る 10 年間（2015 年まで）で、再生可能エネルギーにより南ア全体の 4～5%のエネルギーを供給しようとしている。

表 2.1-13 南アのエネルギー関係機関の投資内容

投資機関	投資案件	金額
Eskom	<p>①4,788MW の Medupi 石炭火力と Mpumalanga 州 Kusile の 4,818MW 石炭火力の 2 つの新しい石炭火力発電所建設計画の推進</p> <p>②2 つの原子力発電建設と Pebble Bed Modular Reactor (PBMR) プロジェクトの推進</p> <p>③休止していた 3 つの発電所、Camden, Komati、Grootvlei の再開計画</p> <p>④2007 年 10 月に稼働を始めたガス火力発電所 (Open Cycle Gas Turbine) の Ankerlig と Gourikwa の増設計画。Ankerlig に 750MW (150MW x 5)、Gourikwa に 300MW (150MW x 2) 増設を来年中にも完成させたいとしている。</p> <p>⑤KwaZulu-Natal 州で水力発電所建設</p>	2008-2012 年で 3,430 億ランド (343 億ドル) を投資する。
PetroSA	220,000 m <sup>2</sup> の石油ガス採掘場を建設した。	投資金額は 2 億 8400 万ランド (2.8 億ドル) と言われている。
SASOL	<p>①SASOL は、モザンビーク政府と 2008 年 2 月に天然ガスパイプラインの拡張計画に合意し、現在の 1.2 億 GJ/年から 1.47 億 GJ/年 にパイプラインの能力を拡張する。</p> <p>②SASOL 社の石炭液化プロジェクト計画は継続中で、南アの Limpopo 州に日量 8 万バレル規模の工場を建設する計画でプロジェクト名は 'Mufutha'。雇用も液化プロジェクト自体で 8,000 人、石炭採掘でも 4,000 人を雇用予定と、大型プロジェクトである。</p>	SASOL 社の石炭液化プロジェクト計画は総工費 50-70 億ドルと南アでも最大規模の投資となる。Industrial Development Corporation (IDC) も一部出資を予定している。
CDC	CDC は、天然ガスによる火力発電所建設を計画している。第 1 期 (2010 年以降の完成予定) は 80 万 kW であるが、第 2 期以降漸次増設し、160 万 kW, 240 万 kW, 320 万 kW となる計画である。	投資額は未定
政府	南ア政府は、化石燃料を使った照明器具から電気照明に切り替える計画を実行中である。	「エネルギー効率戦略 2005 年」では 1,390 億ドルが必要とされている。

(注) 為替は、1ドル=10ランドとして換算。

## 2.1.5 エネルギーに関する環境政策

### (1) 経緯

南アでは、民主化以降、早急な経済開発を目指したことにより、同国資源を利用したエネルギー集約的な産業の振興に重きが置かれ、環境保護については十分な政策が採られてこなかった。しかしながら、国際化の流れにおいて環境対策の強化は避けられず、公害問題への市民の関心が高まっていることから、産業界も環境への取り組みを開始するようになった。

1996年の憲法で、政府は、国民及び生物に対する環境の保護と、国民の環境保護を要求する情報提供を受ける権利を謳っており、全国民の「環境に対する権利」を保障している。また、国内の全ての環境関連法もこの権利を守ることを基本に作成されている。本憲法の制定以降、南ア政府は環境関連の政策に力をいれており、「環境マネジメント白書」を発行し、関連各省に対して4年毎に「環境管理法」、「環境実施計画」、「環境管理計画」を作成することを義務付けた。また、産業界、有識者で構成される環境大臣の諮問機関である「環境アドバイザリー・フォーラム」も設置した。

① 環境に関する主な基本法

- ・ 1977年 保健法
- ・ 1989年 環境保護法
- ・ 1989年 環境管理法
- ・ 1996年 南ア憲法 108条
- ・ 1999年 遺産資源法

② 大気に関する法律

- ・ 1965年大気汚染防止法

③ 産業における環境に関する法律

- ・ 1973年危険物法
- ・ 1991年鉱業法
- ・ 1993年職業上保健安全法
- ・ 2002年鉱物・石油資源開発法

④ 南アが批准した環境関連国際法

- ・ Convention on International Trade in Endangered Species or wild Fauna and Flora
- ・ Convention on Biological Diversity
- ・ UN Convention to Combat Desertification
- ・ Convention on Wetland
- ・ Protocol for the Protection of the Ozone Layer
- ・ Convention on the Prevention of Pollution by Dumping of Waste
- ・ UN Framework convention on Climate Change
- ・ Kyoto Protocol

(2) 環境問題

南アの温室効果ガスの排出量は、一人当たりの排出量（2005年、8.8t-CO<sub>2</sub>/人）では先進工業国と同様であるが、GDP比ではOECD諸国の2倍と多くなっている。南アが温室効果ガスの排出を減少させるには、石炭火力発電所を見直し、水力発電、風力、太陽光発電などの再生可能エネルギーの割合を高めていくことが必要である。

表 2.1-14 南アの化石燃料関連 CO<sub>2</sub> 排出量(単位:100 万トン-CO<sub>2</sub>)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
石炭	313.99	320.58	303.87	333.59	361.05	347.78
天然ガス	3.22	4.10	4.49	4.45	4.35	4.29
石油	65.90	65.76	68.44	71.03	72.46	71.47
合計	383.11	390.44	376.80	409.07	437.86	423.54

出典:IEA データベースより

国営電力会社 Eskom は安価な石炭にエネルギー源を依存しており、多量の二酸化硫黄、二酸化炭素、二酸化窒素を放出し、酸性雨、水資源汚染、健康被害の原因となっている。同社は大気および水質汚染を防ぐために必要な措置を講じて、石炭に含まれる硫黄、炭素の大気への排出量の削減に努力している。国内に 4 カ所ある製油所も大気汚染の原因となっており、ケープタウン北部、ダーバン南部では高水準の二酸化硫黄が観測されている。

また、貧困層では、未だに灯油を照明、料理、暖房に使用している家庭が多く、それに地方では石炭、薪も多く使用されており健康被害、森林伐採の原因となっている。

表 2.1-15 エネルギー白書におけるエネルギーと環境

分野	短期優先事項	中期優先事項
エネルギー関連の環境への影響を管理する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住宅地の大気状況の改善</li> <li>・パラフィンの使用を電化により削減</li> <li>・パラフィン・ストーブ使用の安全基準の導入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・核廃棄物の管理政策の作成</li> <li>・クリーンエネルギー技術の評価</li> <li>・石炭廃棄物の利用可能性調査</li> <li>・気候変動への取り組みのための戦略策定</li> <li>・環境税導入のための調査</li> </ul>

出典:南ア・エネルギー省

## 2.2 エネルギー需給構造レビュー

### 2.2.1 エネルギーバランスの推移

#### (1) 一次エネルギー需要の推移

南アの資源は、石油と天然ガスの埋蔵量は多くないが、石炭は世界第7番目の埋蔵量（2006年で488億トン）で、世界第6番目の生産国である。石炭の年間生産量の3分の1以上は輸出されている。逆に、石油は自国消費をまかなうほど生産されていないため、原油の多くを輸入に頼っている。また、過去にはアパルトヘイトにより石油禁輸措置を受けていたため、豊富な石炭を利用した液化技術が発達し、石油代替として利用されている。

原油は、国内生産と輸入を合計して2006年で2,260万toe（全体の19%）、石炭は国内需要で9,300万toe（全体の77%）、天然ガスは合成油向けがほとんどであるが、国内の最終需要として2006年で190万toe（全体の1.5%）である。すなわち、南アの一次エネルギーは、ほとんどが石炭でまかなわれている。（表2.2-1）

表 2.2-1 南アの一次エネルギー国内需要（単位：ktoe）

一次エネルギー	需要先	単位	1990	1995	2000	2005	2006	構成比(%)
原油	石油精製用	ktoe	12,460	16,456	18,630	22,006	22,646	18.7
石炭	合計	ktoe	71,126	75,713	81,768	90,859	93,002	76.7
	石炭加工用	ktoe	2,233	1,441	901	1,191	1,152	0.9
	合成油用	ktoe	14,043	13,936	14,843	17,440	17,168	14.2
	都市ガス用	ktoe	2,738	3,139	3,186	4,089	4,089	3.4
	電力用	ktoe	36,158	42,121	47,817	53,095	56,384	46.5
	最終需要	ktoe	15,954	15,076	15,021	15,044	14,209	11.7
天然ガス	合計	ktoe	2,001	2,285	2,254	5,498	5,662	4.7
	最終需要	ktoe	497	570	857	1,868	1,868	1.5
	合成油用	ktoe	1,504	1,715	1,397	3,630	3,794	3.1
合計		ktoe	85,587	94,454	102,652	118,363	121,310	100.0

出典：IEA データベースより

#### (2) 一次エネルギーの供給の推移

下表は南アのエネルギー資源量を見たもので、石炭（瀝青炭、無煙炭）の埋蔵量は世界全体の約11%、また、R/P（可採年数）も約180年と極めて豊富に存在することがわかる。反面、他のエネルギー資源を見るとウラン資源には恵まれているものの石油、天然ガスはともに極めてわずかな量で、R/Pではそれぞれ2年、7年程度に過ぎない。

表 2.2-2 南アのエネルギー資源埋蔵量（2006年末）

	石炭 百万トン	原油・NGL 百万bbl	天然ガス 10億cf	ウラン（1999年） 1000U
南アフリカ	48,750	15	780	293
R/P	180年	2年	7年	
世界	430,000	1,230,000	6,260,000	3,282
シェア	11%	少々	少々	9%

（注）石炭は瀝青炭＋無煙炭、R/P=Resource / production、  
出典：BP 統計 2008



南アはわが国と同様に石油資源に乏しく、大半を輸入に依存しているが、アパルトヘイトの時代に石油の禁輸が行われたことに対抗するため石炭から合成油の生産を行い、長年にわたり石油由来の製品と併用されている。近年では天然ガスからも合成油の生産を行っている。これまでの南アの一次エネルギーの供給状況をみると石炭が圧倒的に大きく、近年では天然ガスの供給が急増している。南アのエネルギー事情は、石炭中心から石油製品や天然ガスなども利用する形態に変化しつつある。

表 2.2-3 一次エネルギーの生産・輸出・輸入

一次エネルギー	需要先	単位	1990	1995	2000	2005	2006	構成比(%)
原油	生産	ktoe	0	0	667	1,516	1,278	
	輸出	ktoe	0	-84	-172	-5	-5	
	輸入	ktoe	11,313	15,906	19,029	20,495	21,372	
	国内供給	ktoe	11,313	15,822	19,524	22,006	22,645	18.9
石炭	生産	ktoe	100,163	118,018	126,926	138,365	138,255	
	輸出	ktoe	-33,624	-40,352	-46,867	-47,804	-46,343	
	輸入	ktoe	0	267	821	1,376	1,180	
	国内供給	ktoe	66,539	77,933	80,880	91,937	93,092	77.9
天然ガス	生産	ktoe	1,504	1,715	1,397	1,783	1,623	
	輸出	ktoe	0	0	0	0	0	
	輸入	ktoe	0	0	0	1,849	2,193	
	国内供給	ktoe	1,504	1,715	1,397	3,632	3,816	3.2
合計	生産	ktoe	101,667	119,733	128,990	141,664	141,156	
	輸出	ktoe	-33,624	-40,436	-47,039	-47,809	-46,348	
	輸入	ktoe	11,313	16,173	19,850	23,720	24,745	
	国内供給	ktoe	79,356	95,470	101,801	117,575	119,553	100.0

(注) IEA 統計では、石油製品の輸入は一次エネルギーとして加算されるが、上の表では石油製品の輸入は一次エネルギーとして加算していない。

出典 IEA データベース

## 2.2.2 エネルギー価格

### (1) 原油の価格

1995 年から 2005 年における南アの原油輸入量は、South African Petroleum Industry Association によれば、南アの原油輸入量は下表のとおりである。(南アでは国家石油備蓄を管理している国営会社 Strategic Fuel Fund も原油を輸入しているが、データを公表していないためこの分の輸入規模は表には含まれていない。)

表 2.2-4 南アの原油輸入量 (1,000ton)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
イラン	7,414	5,718	6,239	7,012	8,166	8,008	6,054
サウジアラビア	8,545	7,219	7,364	9,521	8,137	7,331	6,486
ナイジェリア	842	1,246	3,615	3,450	1,313	2,472	2,935
UAE	758	734	70	106	109	779	514
アンゴラ	48	382	138	116	654	404	1,144
イラク		343				107	322
イエーメン	140	475	62	179	338	272	192
その他	1,226	1,544	617	406	297	893	209
国産	689	524	791	570	1,482	701	684
合計	19,662	18,185	18,896	21,360	20,496	20,967	18,540

出典: South African Petroleum Industry Association

南アの原油輸入は、イラン、サウジからの輸入量が多く中東依存型となっている。したがって、南アの原油調達費用は、アラビアビアンライト、イラニアンライト、クウェート原油価格の加重平均と考えられるが、多くは、アラビアビアンライト、イラニアンライトであるため、この両者の平均価格が南アの原油調達コスト（FOB ベース）と考えられる。

表 2.2-5 南ア原油調達先原油価格（単位：\$/bbl FOB,公式価格）

年	アラビアン ライト	イラニアン ライト	クウェート	加重平均
1995	16.8	16.5	16.1	16.7
1996	19.8	19.5	18.9	19.7
1997	19.1	18.9	18.3	19.0
1998	12.1	11.9	11.3	12.0
1999	17.2	17.0	16.5	17.1
2000	26.5	26.9	26.1	26.7
2001	22.1	22.0	21.4	22.1
2002	23.0	23.2	22.7	23.1
2003	27.4	27.4	26.6	27.4
2004	33.8	33.8	32.2	33.8
2005	52.9	49.3	46.6	51.1
2006	62.3	62.4	58.9	62.4
2007	68.2	68.3	65.6	68.3

(注)加重平均は、アラビアビアンライトとイラニアンライトの単純平均である。また、南アの原油 CIF 価格は「FOB 価格+1 ドル」程である。

出典：エネルギー経済統計要覧 2008

## (2) 石炭の価格

下の表に示されるように 2006 年の南アの石炭国内需要量は 9,300 万 toe である。このうち火力発電用が 60%を占め、18%にあたる 1,717 万 toe が SASOL の石炭化学用で、工業用とその他が 21%を占めている。

表 2.2-6 南アの石炭需要と石炭価格（需要は ktoe、構成比%）

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	構成比
鉱業	291	389	93	985	972	912	965	1,362	1,377	1.5
電力向け	36,158	42,121	47,817	44,457	45,536	50,585	54,075	53,095	56,384	60.6
コークス	2,233	1,441	901	339	724	782	512	1,191	1,152	1.2
液化向け	14,043	13,936	14,843	18,149	17,953	16,656	17,275	17,440	17,168	18.4
工業向け	10,703	7,489	8,202	7,370	8,150	8,633	8,961	8,881	7,978	8.6
最終需要	2,419	2,813	1,535	2,478	3,262	3,772	4,348	4,748	4,800	5.2
非エネルギー・他	692	9,943	8,609	8,210	1,956	5,300	8,262	5,220	4,233	4.5
合計	66,539	78,132	82,000	81,988	78,553	86,640	94,398	91,937	93,092	100.0
平均石炭価格(ランド/ton)		56	89	108	120	135	112	95	98	
平均石炭価格(\$/ton)		15.0	12.8	12.5	11.4	17.9	17.3	15.0	14.5	

(注)2005 年、2006 年の価格は国際価格からの推定値、

ドルへの換算は当該年の為替レートを使用

出典：需要は IEA データ、価格は Minerals Bureau Coal Price Report

南アの平均石炭価格（表中の平均石炭価格参照）は、国際価格と比較して低い。これは最大の需要先である発電向け石炭価格が、国内のエネルギー政策により国際市場価格の1/4に抑えられているため、2000年時点で、国際価格（North West Europe 市場価格）\$35.9/トンに対して、南アの平均価格は\$12.8/トン、2004年では国際価格71.9/トンに対して、南アの平均価格は\$17.4/トンである。

表 2.2-7 南アと North West Europe (NWE)での石炭市場価格

年	南アの石炭市場価格		年	North West Europe 石炭市場価格 (US\$/ton)
	ランド/GJ	US\$/ton		
1995	2.55	15.4	1995	44.50
1996	2.69	13.8	1996	41.25
1997	2.49	11.8	1997	38.92
1998	3.71	14.7	1998	32.00
1999	3.96	14.2	1999	28.79
2000	4.03	12.8	2000	35.99
2001	4.89	12.5	2001	39.29
2002	5.45	13.4	2002	31.65
2003	6.14	20.9	2003	42.52
2004	5.10	17.4	2004	71.90
2005			2005	61.07
2006			2006	63.67
2007			2007	86.60

(注)ランド/GJ から US\$/ton への換算は、石炭 1kg=5000kcal、為替は当年為替を使用  
出典: Minerals Bureau Coal Price Report SA と BP 統計 2008

### (3) 天然ガスの価格

今のところガス田はモッセル・ベイ沖合 90 km に展開されており、海底パイプラインで陸上まで運ばれている。天然ガスの大半は合成油の原料となっている。南アの合成油生産は、民間企業の SASOL は、石炭を原料として、国営企業の PetroSA は天然ガスを原料に生産している。2006年の合成油の全石油製品に占める割合は27%前後と見られている。SASOL が21%で PetroSA が6%である。天然ガスは、そのほとんどが PetroSA により合成油の原料として利用されていて、PetroSA への天然ガス供給価格は公表されていないが、2004年からはモザンビークの Temane ガス田(埋蔵量2.7Tcf、895 kmパイプライン)からの輸入も始まり、ヨーロッパでの天然ガス取引価格とリンクしているものと思われる。

表 2.2-8 European Union 天然ガス価格

年	North West Europe 天然ガス市場価格 (US\$/MMBtu)	年	North West Europe 天然ガス市場価格 (US\$/MMBtu)
1995	2.37	2002	3.46
1996	2.43	2003	4.40
1997	2.65	2004	4.56
1998	2.26	2005	5.96
1999	1.80	2006	8.69
2000	3.25	2007	8.93
2001	4.15		

出典:BP 統計 2008

### 2.2.3 エネルギー転換部門

次表は、南アのエネルギーバランス表であるが、主要なエネルギー転換部門としては、電力業は石炭から電力を供給、石油精製業は原油を処理して石油製品を生産、ガス供給業は石炭を処理して都市ガスを供給、石炭加工業は石炭からコークスを生産、石炭液化事業は石炭から合成油を、天然ガス液化事業は天然ガスから合成油を生産している。南アの特徴として、石炭液化事業での石炭消費が大きいことが指摘できる。

表 2.2-9 南アのエネルギーバランス

(単位:エネルギー:ktoe、発電量:GWh)

		1990	1995	2000	2005	2006	06/00
一次エネルギー供給	合計	91230	105476	111270	127637	129815	2.6
	生産	114535	134778	145625	158781	158676	1.4
	輸入	11336	16571	20778	26847	27829	5.0
	輸出	-33922	-44203	-53585	-55323	-54065	0.1
	国際海運	-1865	-3224	-2667	-2668	-2625	-0.3
	在庫	1146	1554	1119	0	0	
転換部門での消費	転換部門計	-44305	-49471	-54059	-62308	-65620	3.3
	主要電力企業者	-22767	-27204	-31545	-33805	-36333	2.4
	自家発電等事業者	-1457	-1964	-1990	-1713	-1979	-0.1
	ガス	-2240	-2569	-2329	-2221	-2221	-0.8
	石油精製	862	283	821	-1132	-905	
	石炭加工	-2233	-1441	-901	-1191	-1152	4.2
	石炭液化	-10838	-8749	-9327	-13543	-13552	6.4
	その他	-2698	-2985	-3297	-3514	-3552	1.2
	電力自消	-2076	-3850	-4024	-3917	-4045	0.1
	電力配電ロス	-858	-992	-1467	-1272	-1881	4.2
最終エネルギー消費	全部門消費	50739	52942	56088	64217	64076	2.2
	鉱工業部門	21818	17728	20675	22773	22233	1.2
	交通部門	10667	12794	13546	15722	16267	3.1
	家庭部門	10374	11309	11689	15298	15548	4.9
	商業サービス部門	2379	2486	2001	4394	4474	14.4
	農林業	1280	1969	1470	1609	1690	2.4
	その他部門	0	1235	812	1206	674	-3.1
	非エネルギー利用	4220	5421	5895	3215	3191	-9.7
発電量	全発電量	165385	186551	207837	242924	251910	3.3
	主要電力企業者	157396	180653	197524	231188	241706	3.4
	自家発電等事業者	7989	5898	10313	11736	10204	-0.2

出典:IEA データベース

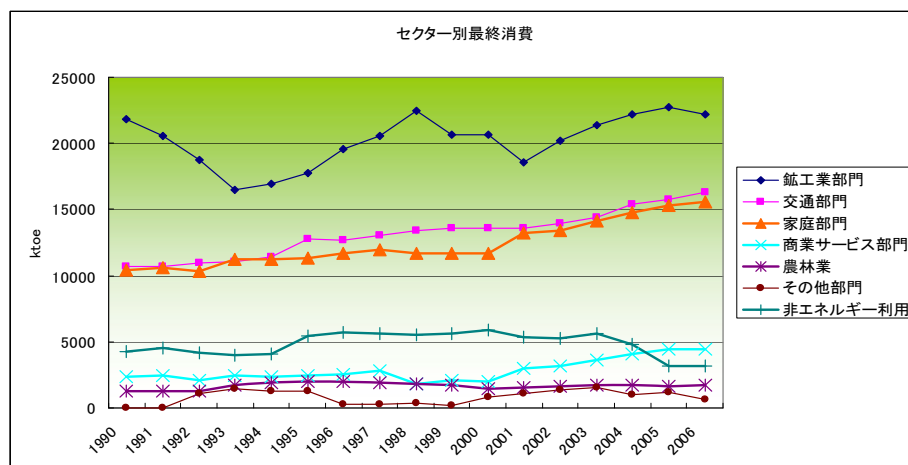
表 2.2-10 エネルギー転換部門のエネルギー消費と生産物

転換部門	消費	製品	単位	1990	1995	2000	2005	2006
石油精製	消費	原油	ktoe	12460	16456	18630	22006	22646
	製品	石油製品	ktoe	18031	24041	26642	28576	29325
石炭加工	消費	石炭	ktoe	2233	1441	901	1191	1152
	製品	コークス	ktoe	2233	1441	901	1191	1152
石炭液化	消費	石炭	ktoe	14043	13936	14843	17440	17168
	製品	合成油	ktoe	3205	5187	5516	3897	3616
都市ガス事業	消費	石炭	ktoe	2738	3139	3186	4089	4089
	製品	ガス	ktoe	2240	2569	2329	2221	2221
天然ガス事業	消費	NG	ktoe	1504	1715	1397	3630	3794
	製品	合成油	ktoe	1504	1715	1397	3630	3794
電力	消費	石炭	ktoe	36158	42121	47817	53095	56384
	製品	電力	GWh	165385	186551	207837	242924	251910

出典:IEA データベース

## 2.2.4 セクター別最終エネルギー需要

最終エネルギー需要部門として、鉱工業、交通、家庭、商業サービス、農林業、その他部門、非エネルギー消費部門があるが、高い経済成長に伴いエネルギー消費は堅調に増加しており、鉱工業、交通、家庭の三部門で、全体の84%以上の消費をしている。



出典:IEA データベース 2007

図 2.2-1 南アのセクター別エネルギー消費

## 2.2.5 セクター別電力需要

電力の2006年の総発電量は約252TWhであり、需要割合は、製造業42%、鉱業15%、家庭用19%、商業用14%、その他9%であった。1998年から2002年の4年間における販売電力量の推移では、全体平均で2.0%の伸び、商業および輸送業がそれぞれ年平均10%および10.5%と大幅に増大している。製造業や鉱業はほぼ横這いで、家庭部門は微減となっている。

また、電力供給は、Eskomが95%のシェアを占め、民間発電事業者が3.5%、地方自治体発電事業者が0.7%となっている。Eskomの発電設備容量(2006年3月の純発電能力ベース)は、38.7GWあり構成比としては、石炭が約87%と非常に多い。残りは、アフリカ大陸で唯

一の原子力 4.6%、水力 1.6%、揚水 3.5%、ガスタービン 3.5%となっている。

Eskom では新規発電容量を抑制するため需給対策として、効率の改善を図るとともにピーク時間帯における需要管理および付加移行プログラムを実施している。また、一部の大口需要家とは供給遮断可能契約を締結している。送配電設備は Eskom が所有運用しており、400kV、275kV で運用されているが、765kV 線、533kV 直流線、さらに 220kV、132kV の送電線も運用している。また、近隣 6 カ国すべてと連系しており、電力の輸出入が行われている。

表 2.2-11 セクター別電力需要（単位：GWh）

	1990	1995	2000	2005	2006	06/00
電力需要	129,384	143,186	162,512	198,791	198,105	3.4
鉱工業	82,337	80,663	99,698	109,860	113,140	2.1
運輸	3,953	4,291	5,384	5,442	5,605	0.7
家庭	22,442	24,372	28,674	36,965	38,070	4.8
商業サービス	17,012	17,314	17,198	27,105	27,907	8.4
農林漁業	3,640	5,302	3,953	5,523	5,686	6.2
その他部門	0	11,244	7,605	13,895	7,698	0.2

出典：IEA データベース

## 2.2.6 最終エネルギー供給能力の推移

### (1) 石炭

南アの石炭埋蔵量は 2006 年で 488 億トンとされており、世界の石炭埋蔵量の約 1 割を占める。現在の消費レベル（主として電力）が維持されるとすれば、今後 180 年は石炭資源の消費が可能と予測されている。きわめて低廉なコストで採掘できるため、多くの炭坑が操業されており、世界第 5 位の石炭生産国である。石炭は生産量の約 7 割が国内産業で燃料として広範囲に使用されており、残りの約 3 割は輸出に回されている。

南アの石炭産業は、大炭鉱集中型といわれる高度に資本が集中された産業となり、合併や買収の結果、Ingwe、Anglo Coal、SASOL の大手 3 社が全生産量の 80%を占めている。また、主要な 13 の炭坑での生産が全体の 70%を占める。採掘権は Mineral Act（1991 年）によって規定されており、最適な炭鉱開発を条件に、概して 30 年間の採掘権が認められている。選炭の結果、輸出用を中心に年間 6,000 万トンのボタが発生している。また、輸出用石炭の 30%、国内消費用石炭の 15-20%の原炭には市場性がなくボタとなっている。

石炭製品の代表であるコークスは、溶鉱炉とその他の鉄鋼部門で利用されている。しかし、鉄鋼部門の生産量の頭打ちにより、コークスの生産量、消費量ともに 2000-2006 年間で横ばい状態である。

表 2.2-12 コークスの生産と消費（単位:ktoe）

		1990	1995	2000	2005	2006
コークス生産	コークス	2476	1505	1194	1206	1166
	(石炭消費)	4201	3124	1902	2202	2129
コークス消費	溶鋳炉	1981	1124	955	965	933
	その他	495	381	239	241	233

出典:IEA データベース

## (2) 石油

一次エネルギー需要に占める石油の割合は全体の約 18.7%程度 (表 2.2-1 参照) と他国に比べると低い。南アでは 2006 年で、年間 2,900 万 toe の石油製品需要 (原油由来石油製品 + 石炭由来合成油 + 天然ガス由来合成油) があるが、その約 5 分の 1 の石油製品は石炭と天然ガスから生産され、残りは原油を輸入し、Engen、Caltex、BP、Shell、Total の 5 社が年間 2,260 万 toe (460,000bbl/日) の原油を精製している。SASOL 社は、石炭から合成油を生産する技術を確立し、年間約 360 万 toe (2006 年で石油製品全体の 12%) を生産し、PetroSA は、天然ガスから 280 万 toe (2006 年で石油製品全体の 8%) の合成油を生産している。

表 2.2-13 製油所および合成油生産設備(1000bbl/日)

	名称	場所	1997	2000	2006
石油精製	Sapref	Durban	165	180	180
	Enref	Durban	105	105	125
	Calref	Cape town	100	100	100
	Natref	Sasolburg	86	86	108
	計		456	471	513
合成油	SASOL	Secunda	150	150	150
	PetroSA	Mossel Bay	45	45	45
	計		195	195	195
合計			651	666	708

(注) 各製油所の資本割合 Sapref: Shell 50%, BP 50%, Enref: Engen 100%, Calref:Caltex 100%, Natref SASOL 64, Total 36%

南アは商業的に採算の取れるガスまたは原油の埋蔵はないとみられているが、PetroSA は、ガス・原油探査と生産を運営管理している。また CEF(Central Energy Fund)は、国家的な原油の輸入と備蓄を任されている他、液体燃料の価格調整や合成油生産に対する国の補助金の管理運営も行っている。南アの石油産業は 1884 年、ケープ・タウンに最初の石油会社が設立され、製品輸入が開始されたことに始まる。当時、国内の石油製品は全て Shell、BP、Mobil、Caltex の 4 社が卸売会社として輸入し、販売を行っていた。政府の石油産業に対する規制は 1931 年から行なわれていたが、第二次世界大戦終了後の 1947 年、政府は液体燃料・石油法 (「Liquid Fuels and Oil Act of 1947」) を定めた。この法に基づく石油精製事業の振興策により、1954 年に Mobil によりダーバンに最初の製油所が建設され、(この製油所は現在 Engen が保有している) その後 1970 年代初期にかけて計 3 つの製油所が海岸に、更に 1 つが内陸部に建設された。

1998年、政府は「エネルギー白書（The White Paper on Energy）」を発表し、今後のエネルギー政策の基本的な方向性を示した。中でも石油産業に関しては国際競争力のある産業の育成を目的として、最終的には完全な自由化を目指すとしたが、その前段階として黒人資本が25%以上のシェアを確保することなど、乗り越えるべきいくつかの問題を提示した。

南アの石油産業における精製会社には民族系の Engen、外資系の Caltex、BP、Shell、Total の5社と SASOL、PetroSA の合成油製造会社2社の計7であるが、Engen はもともと鉱山会社である Genkor（General Union Mining Corporation）の子会社であった。1989年にモービルが南アから撤退し、モービルの精製、販売事業を継承することで、Engen は石油精製事業に進出した。現在の精製能力は12.5万 bbl/日である。

石油産業関連企業7社のうち PetroSA を除く6社は石油製品の卸売会社でもある。卸売会社としては、これらの他に Exel、Tepco、Afric Oil の卸売専業会社3社がある。卸売会社は精製会社から製品を引取り、それぞれ自社のブランドで販売を行なっていることから、事業の性格としては日本の「元売」に近い。6製油所（4製油所+2合成油）の製品は、海外から石油製品を輸入したと仮定して算出した統一価格で卸売会社に販売されている。

卸売会社は、ガソリンスタンドを経営する小売業者に製品の販売を行なっているが、ガソリン、灯油、軽油については、卸売価格を政府が定めている。また小売業者保護のため、スタンドで販売されるガソリンの小売価格も政府が地域ごとに定めており、値引きや掛売り、クレジットカードによる販売などは認められていない。

南アの石油精製能力は、経済成長に伴う国内石油需要の増大を背景に徐々に拡張が行なわれ、2006年には約50万 bbl/日となった。平均的な稼働率は約90%、年間の原油処理量は約2,260万トンである。前述の通り、4つの製油所はいずれも1950年代から1970年代にかけて政府の石油精製事業振興策に基づき建設された。

一方、合成油の生産能力は原油処理能力換算で19.5万 bbl/日である。このうち SASOL の生産能力は原油処理能力換算で15万 bbl/日であり、合成油の生産能力は10万 bbl/日程度と見られる。同様に PetroSA の合成油生産能力は、通常の330日稼働の計算で3.2万 bbl/日であり、両社合計で13.2万 bbl/日が合成油の実生産能力と考えられる。前述の様に南アの石油製品需要の約80%はガソリン・軽油であり、これに灯油・ジェット燃料油を加えた白油の比率は90%以上となる。

下表は南アの石油製品の販売状況を示したもので、生産は国内分をまかなった上で、SACU（Southern African Customs Union）加盟4ヶ国に対してもガソリン、軽油を中心に製品の輸出が行なわれている。SAPIA（The South African Petroleum Industry Association）は、将来的にガソリンの国内需要はタイト化するものの、軽油については生産能力が需要を上回っており、余剰傾向が続くと予想している。このことから、今後も軽油を中心とした輸出が続くものと思われる。



表 2.2-14 南アの石油製品販売量（単位 1000kl）

	ガソリン	軽油	灯油	Jet 燃料	重油	LPG
1990	8,612	5,273	723	866	576	434
1991	8,906	5,130	725	861	526	464
1992	9,171	4,950	743	1,009	549	465
1993	9,202	4,940	834	1,095	595	454
1994	9,630	5,110	875	1,193	633	485
1995	10,153	5,432	850	1,368	616	472
1996	10,566	5,759	917	1,601	704	450
1997	10,798	5,875	970	1,777	635	502
1998	10,883	5,959	1052	1,877	574	523
1999	10,861	5,993	1054	1,995	561	540
2000	10,396	6,254	857	2,020	555	567
2001	10,340	6,488	786	1,924	555	599
2002	10,335	6,831	745	1,967	536	586
2003	10,667	7,263	769	2,099	528	558
2004	10,985	7,679	797	2,076	569	563
2005	11,165	8,115	761	2,180	489	550
2006	11,279	8,708	738	2,260	476	605

出典：The South African Petroleum Industry Association (SAPIA)

### (3) ガス

南アの石油・ガス開発の歴史は1973年にさかのぼる。当時、国営の石油・ガス開発会社ソエコール社（現 PetroSA）が西海岸沖でガス、石油埋蔵を確認したものの、採算が合わずに採掘を行わなかった。同社はその後、Mossel bay 沖で石油・ガス採掘に成功し、1992年に天然ガスの商業生産を開始、1997年には同じ地域のオリビ油田で石油採掘も開始している。南アには、約0.8兆立方フィートのガス埋蔵量があるとされており、現在、南ア東岸、西岸で開発が進められている。政府は、ガス開発を促進するために、2002年にガス法を制定し産業のフレームワークを作成、法律面ではガス開発規制組織の設立とライセンスの発行基準を定めた他、パイプライン産業をガス田から利用者まで3段階に分けた構造に規制している。南アのオフショアの石油・ガス開発ライセンスは、ペトロリアム・エージェンシー SA が発行しており、現在11社が試掘・調査を実施している。国内におけるガス供給は、イゴリ・ガス、SASOL ガスの2社が行っている。Iguli・gas は、SASOL からガスを購入し、約80%を1万3,000件の一般家庭に、残り20%を工業、商業需要家に供給している。SASOL ガスは、SASOL の化学工場で生産される石炭ガス、合成石油工場から生産されるメタンガスを1,500km のパイプラインを通じて、ハウテン州、ムプマランガ州、クワズール・ナタール州の工業中心に600の顧客に供給している。同社はこれまで合成ガスのみを使用してきたが、モザンビークの天然ガスから供給を開始することを予定している。

一方、天然ガスは国内生産と輸入をあわせて、380万 toe 国内に供給されているが、ほとんどが PetroSA にて合成油の原料となっている。2006年では、2,000ktoe の能力で、稼働率を70%とすると1,400ktoe の合成油（2006年の天然ガス消費量は3,794ktoe）を生産したことになる。これらは、製品としてはガソリンや軽油である。

#### (4) 原子力

南アでは、現在、西ケープ州 Koeberg に所在する、Eskom 社所有の原子力発電所（発電力：1,930MW、PWR 反応炉×2 基）が稼働している。また、Eskom 社は、2010 年の実用化を目指して政府や多国籍企業と共同し、非常に安全、かつ高効率な原子力発電技術である PBMR（Pebble and modular reactor）の開発に着手している。Koeberg 発電所から排出される中低レベルの核廃棄物は、南アフリカ原子力会社（NECSA）（前 Atomic Energy Corporation）が運営する Vaalputs 廃棄物施設（北ケープ州）で処理されている。

#### (5) 再生可能エネルギー

南アで利用可能な再生可能エネルギーは、バイオマス、太陽エネルギー、風力、水力などである。電線網の整備がされていない遠隔地等では、これらを利用した電化プロジェクトが実施されている。

南アの平均日照時間は年間 2,500 時間。1 日当りの太陽光線レベルは  $4.5\text{kWh/m}^2$  から  $6.5\text{kWh/m}^2$ 。この豊富な太陽エネルギーにより、南アは世界でも太陽熱や太陽光発電の可能性が高い国である。太陽エネルギーは、電力網の設置が困難な僻地居住者に対する電力供給手段として実用化できる可能性が高く、直接料理や温水などに使用するソーラー技術の導入により 2,000MW 相当のエネルギー消費が可能になると予測されている。このように直近は、太陽光発電よりは、太陽熱温水器などの太陽熱利用の可能性が高い。

風力発電の開発は 3 箇所で実験が進んでいる。南アでは、基本的に風力発電は水の汲み上げポンプ用動力として活用されており、約 400kW の小風力発電機が設置されている。

一般的に乾燥国として分類される南アでは、水力発電の可能性は非常に小さい。最近の大型水力発電能力 (10MW 以上) は、ポンプ式水力発電を含めて 2,000MW に過ぎない。Eskom 社は、レソト国と共同でレソト高原水力計画を実施し、2020 年までに全 5 期の工事を計画している。これはアフリカ最大の水力発電計画で、南アへの水供給とともにレソト国内に 180MW の電力を供給する。南アは南部アフリカの水使用の 80% を占めるが国内に利用可能な水資源は 10% しかない。

バイオ燃料の原料作物はいろいろなソースがあるが、南アでは大豆など食物系作物を想定している。そのため、食物との競合をどう協調させてゆくのが課題となっている。さらに、石油製品や合成油と調和させながら、バイオ燃料を市場に浸透させてゆくかという課題も残っている。一方、広い意味でのバイオマス資源、すなわち薪炭は地方において家庭用料理・暖房用に使用されている。しかし、資源である木材が枯渇している地域も出てきているとの報告もある。

## 2.2.7 最終エネルギーの輸出入

南アの最終エネルギー輸出入は、石油製品と電力の輸出と石油製品の輸入がある。南アは、近隣諸国のエネルギー供給基地としての役割を持っており、石油製品の輸出ばかりでなく余剰発電能力を利用した電力の輸出も行っている。また、国内生産と需要のバランスをとるため、ガソリン、ジェット燃料、軽油、重油の輸入も行っている。今後電力の輸出は減少するものと思われるが、石油製品の輸出は、軽油や重油を中心に継続的に行われるものと思われる。石油製品の国内価格は、政府の価格規制の対象となっているのはガソリン、軽油、灯油の3油種であり、他の石油製品は対象外である。精製会社は卸売会社に対し政府が定めた統一価格でこれらの石油製品を販売する。この価格はIBLC (In-Bond- Landed-Cost) と呼ばれる。IBLC はシンガポールの輸出製油所ならびにバーレーンの製油所の契約価格の平均値（ウェイト80%）とシンガポールの平均スポット価格（ウェイト20%）から構成される価格が基準となる。IBLCは、この価格（一種のFOB価格）にフレート、保険料、損耗料（Ocean Leakage Cost）を加算したCIFコストに、更に荷揚費用を加えた値を当該日の換算レートにより南ア通貨に換算したものである。精製会社は卸売会社に対しIBLC価格、即ち輸入製品と同等のコストで販売せねばならず、各製油所は海外の石油会社と同等の効率、経済性が求められることになる。

表 2.2-15 石油製品と電力の輸出

		1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ガソリン	ktoe	0	720	630	1,338	870	971	770	581	587
航空ガソリン	ktoe	0	86	33	156	147	39	11	10	10
ジェット燃料	ktoe	0	0	194	263	431	231	264	210	218
灯油	ktoe	0	239	846	18	40	6	6	9	9
軽油	ktoe	0	1,727	1,589	2,660	1,984	1,305	1,001	2,943	3,158
重油	ktoe	0	327	2,456	2,134	5,297	2,371	1,592	2,263	2,203
その他石油製品	ktoe	0	0	0	504	435	173	140	91	92
合計	ktoe	0	3,099	5,748	7,073	9,204	5,096	3,784	6,107	6,277
電力	GWh	1,535	3,000	4,012	7,000	7,244	10,267	13,256	13,419	13,767

出典:IEA データベース

表 2.2-16 石油製品の輸入

		1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ガソリン	ktoe	0	104	189	269	216	281	571	794	803
ジェット燃料	ktoe	0	0	0	147	352	11	132	96	100
軽油	ktoe	0	66	137	670	487	0	476	750	805
重油	ktoe	0	118	15	18	82	106	125	97	94
その他石油製品	ktoe	0	0	0	370	418	395	418	437	441

出典:IEA データベース

このように、南アの精製業者は海外から原油を輸入し、シンガポール、バーレーンの同業者と同等の精製マージンで販売しなければならない。ただIBLCに含まれる輸送コストは製品の輸送コストであり、原油の輸送コストよりは割高である点については有利に働いている。IBLCは政府が定めており、卸売会社からみればどの製油所からも基本的に輸入価格と同等の価格で製品を調達できることになる。SASOL、PetroSAの合成油も例外ではなく、石油製品と价格的な区別は行なわれていない。精製会社間における製品のスワップは、各社の会計

処理上は製品の売買としては処理されていない。この場合、IBLC は異なった油種でスワップを行なう際に取り量の増減で調整を行なうための基準として用いられている。精製会社から SASOL、PetroSA に対しては支払が発生するが、SASOL は前月 15 日の IBLC、PetroSA には前月の IBLC の平均値を用いており、支払いの基準が異なっている。また、IBLC は上限値であり、精製会社から卸売専門の Exel、Tepco、Afric Oil に販売する製品価格は IBLC を基準としてはいるものの若干のディスカウントが行なわれている。

## 2.2.8 最終エネルギーの価格推移

南アにおけるエネルギー価格（石炭価格と電力料金）は、現在でも国際価格と比較すると非常に安いレベルで、これが市場でのエネルギー効率化・省エネ推進に対するバリアーの一つにもなっている。しかしながら、最近の原油価格の急上昇を背景とする国際的なエネルギー価格の上昇傾向に伴って、南アにおける全ての燃料価格も上昇している。

### (1) 石油製品の価格

南アにおける 1995 年～2006 年のガソリン、ディーゼル油の価格推移を示す。下の表において、2006 年における石油製品の価格を円／リッター（ランド=¥17 として）に換算すると、ガソリン=108 円／リッター、ディーゼルは 109 円／リッターである。

表 2.2-17 石油製品の小売価格(単位:ランドセント/リッター)

	ガソリン	ディーゼル
1995	187	172
1996	219	202
1997	217	207
1998	232	203
1999	268	226
2000	331	284
2001	401	342
2002	419	378
2003	361	320
2004	471	428
2005	506	498
2006	636	640

出典: South Africa Petroleum Industry Association 2006

### (2) 電気料金

電気料金の体系は用途別、契約容量及び供給電圧別になっており、それぞれの料金は「サービス料金」と「ネットワーク料金」の固定料金と使用電力量に基づく「従量料金」の合計から構成される。需要家はサービス料金及びネットワーク料金について Eskom の口座への自動引き落としに応じる署名を要求される。下表 に用途別の電力販売単価の推移を示す。

表 2.2-18 電気料金 (単位:ランドセント/kWh)

	卸売り	家庭用	商業用	工業用	鉱業用	農業用	交通用	平均
1996	11.10	19.45	19.40	10.10	11.00	23.39	15.30	11.30
1997	11.41	21.33	20.23	10.78	11.66	24.66	15.04	11.85
1998	11.63	22.74	18.85	11.02	12.22	26.42	14.90	12.29
1999	11.85	25.36	22.27	10.56	12.61	26.58	15.19	12.44
2000	12.20	27.70	22.64	11.94	12.91	28.88	15.35	13.23
2001	12.91	30.90	17.95	11.56	13.35	26.85	15.69	13.76
2002	14.09	33.43	19.51	12.88	14.14	26.47	17.15	14.98
2003	15.25	36.58	20.62	14.16	15.07	29.14	18.98	16.05
2004	15.19	38.70	21.88	13.97	15.36	30.83	19.37	16.04
2005	16.13	40.08	22.69	14.75	16.19	32.86	20.25	17.05
2006								18.00
2007								19.00

出典: 海外電気事業統計 2006 年

上の表において、2005 年における用途別の電力料金を円/kWh (Rand =¥17 として) に換算すると、家庭用は 6.8 円/kWh (貧困層には、50kWh/月までは電気料金免除の優遇策がある)、商業用は 3.9 円/kWh、工業用は 2.5 円/kWh、鉱業用は 2.8 円/kWh、農業用は 5.6 円/kWh、交通用は 3.4 円/kWh、そして平均は 2.9 円/kWh である。

## 2.3 エネルギー多消費産業の概況

### 2.3.1 産業別エネルギー消費

#### (1) 産業の特徴

南アの産業といえば、金やダイヤモンドに代表される鉱物資源である。図 2.3-1 に示されるように、金とダイヤモンドは埋蔵量で 2005 年は各々世界第 1 位、第 5 位に、さらに 2006 年はマンガンと白金族は第 1 位、バナジウムとジルコニウムと第 2 位となっている。エネルギー資源である石炭も 2005 年には第 5 位となっている。南アの輸出額上位 3 品目は、プラチナ、金、石炭で鉱物資源が占めている。輸出品目第 1 位のプラチナは 2005 年にはそれまで最大の輸出品目であった金を抜いてトップにたった。南アのプラチナ生産量は世界の 4 分の 3 を占めており、ほぼ独占的な供給国といえる。南アの最大の輸出相手国は日本であり、対日輸出額の半分をプラチナが占めている。

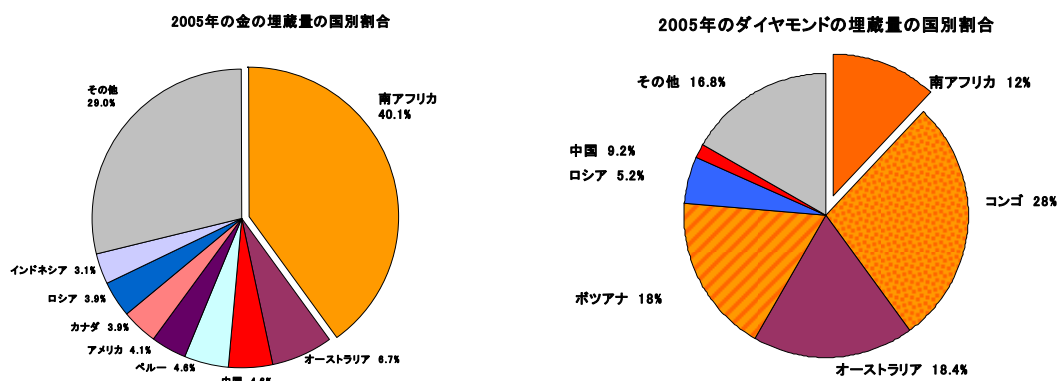


図 2.3-1 金の埋蔵量(2005 年)とダイヤモンドの埋蔵量

出典)エマージングカントリーレポート:南アフリカ 2006 年

しかし、金鉱山については、その生産量は年々減少の一途をたどっている。これは長年の採掘により鉱区の深度が深くなり、金含有量の多い鉱石も減少したため、採掘効率が低下していることが主原因である。鉱業が属する第一次産業が全体の GDP の占める割合は(2006 年:10.5%、2007 年:8.3%)と低く、むしろ近年の経済の牽引役は、サービス産業と製造業である。

南アでは農業も重要な産業のひとつとなっている。特にオレンジなどの柑橘類、ぶどう、トウモロコシの生産が盛んであり、その生産量は世界でもトップクラスを誇っている。ぶどうの生産だけでなく、ワインの生産も行われており、現在では 2000 以上のワイナリーが活躍している。鉱業はすでに低下傾向にあるが、工業は設備稼働率が上昇しており、特に国内向け、輸出向けともに好調なのが自動車産業である。輸出品目の第 4 位は乗用車となっている。BMW3 シリーズ、メルセデスベンツ C クラス、フォルクスワーゲンゴルフ・ジェッタの右ハンドル車はすべて南アで生産されている。日本への乗用車輸出台数をもっとも多い国はドイツであるが、第 2 位が南アである。自動車以外の製造業も国内消費拡大や、住宅建設

需要増加による建設産業向けの工業生産増加が続いている。

生産面から GDP の動きを見ると、ここ数年経済成長に大きく貢献しているのは第三次産業のサービス部門である。図 2.3-2 が示している様に、個人消費拡大に伴う銀行融資や金融サービスへの強い需要から金融部門も活況を呈している。特に 2005 年からは業種の中でトップを占めており第 2 位の製造業を引き離しつつある。

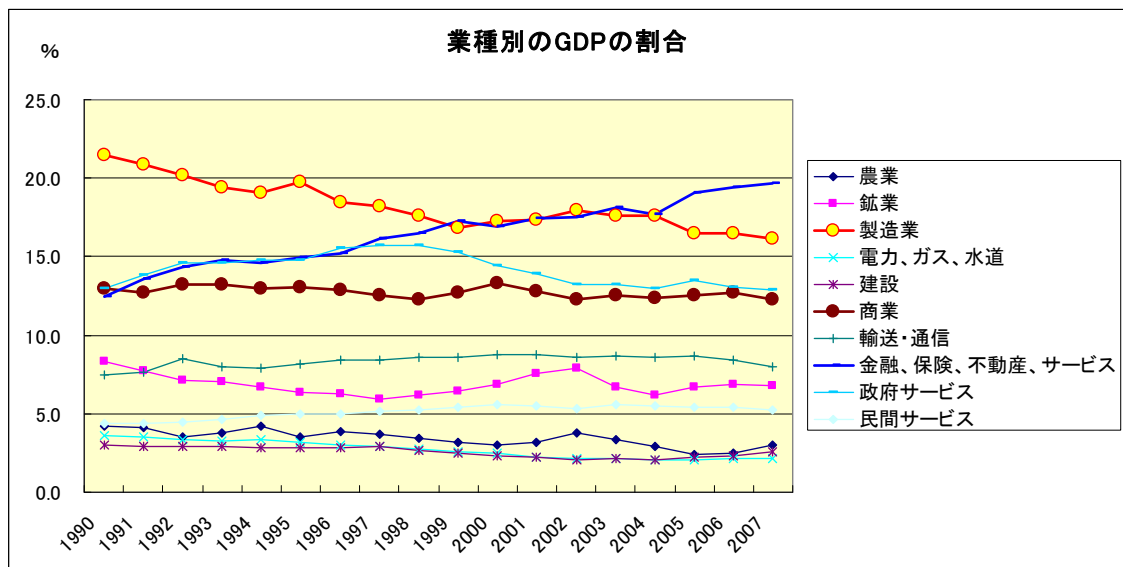


図 2.3-2 業種別の GDP の割合

## (2) 産業別の最終エネルギー消費、電力消費の分析

鉱業・製造業別のエネルギー消費量は表 2.3-1、図 2.3-3 に示されている。エネルギー消費量は多い順で鉄鋼、鉱業、化学、非鉄、窯業となっている。鉄鋼と鉱業が他の産業を大きく超えている。鉱業は GDP(付加価値額と同等)では図 2.3-3 よりセクター別では下位にあるが、エネルギー消費の観点から見ると、鉄鋼業に次いで第 2 位に位置している。(表 2.3-1 では鉱業、製造業のデータのみ記載されているが、農業、商業、家庭等の他のセクターを加えても鉄鋼について第 2 位である。) これはすでに述べたように南アは金やダイヤモンドや他の金属、石炭の生産量が大きく、この生産に多くのエネルギーを消費しているからであり、南アの大きな特徴といえる。

表 2.3-1 鉱業・製造業別のエネルギー消費量(ktoe)

	1990	1995	2000	2005	2006
鉱業	3,464	3,658	3,111	4,525	4,660
食品飲料	0	83	109	88	90
繊維衣料皮革	31	48	41	45	46
木工紙製品印刷	115	147	233	227	231
化学	958	1,398	1,268	1,822	1,848
窯業ガラス	1,494	1,337	1,103	1,618	1,358
鉄鋼	8,107	5,680	5,951	6,295	5,675
非鉄金属	2,107	616	1,342	1,603	1,651
機械	123	118	34	49	49
輸送機械	0	4	14	8	8
合計	12,935	9,431	10,095	11,755	10,956

出典)IEA データベース

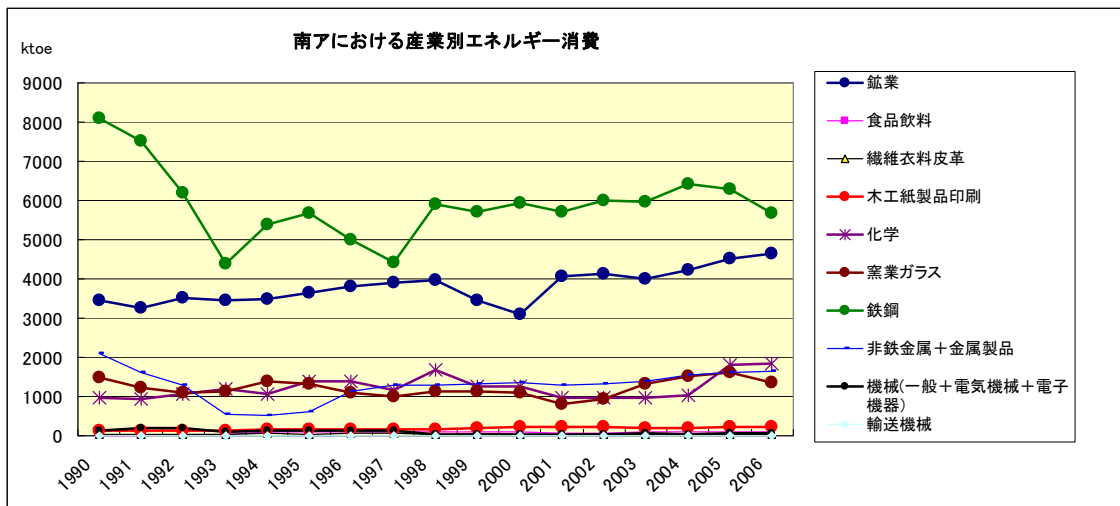


図 2.3-3 南アにおける産業別エネルギー消費量

表 2.3-2 は 2006 年における産業、製造業別、エネルギー源別のエネルギー消費量を示しているが、鉱業はエネルギー消費量の中で、電力が 50%を越えており、鉄鋼よりも多量に消費していることがわかる。これは生産時に鉱山の深くまで入り込まなければならず、空調器等の熱対策のために多く使用せざるをえないことも一因といわれている。石油は建設・鉱業・農業・商業、家庭で、石炭は鉄鋼・窯業・鉱業・商業・家庭で利用されている。ガスは化学・鉄鋼・窯業が主で他の産業での利用はわずかな量である。電力はどこの産業でも利用されていて、鉱業、鉄鋼、非鉄の順で消費されている。



表 2.3-2 エネルギー源別産業別エネルギー消費量

2006年		使用エネルギー源(ktoe)					合計
南アフリカ	石炭	石油	ガス	電気	RE		
製造業	鉄鋼	3,315	0	469	1,890	0	5,675
	化学	0	0	955	893	0	1,848
	非鉄金属	0	0	0	1,651	0	1,651
	窯業ガラス	974	0	153	231	0	1,358
	輸送機械	0	0	0	8	0	8
	機械	0	0	46	4	0	50
	食品飲料	0	0	22	67	0	89
	木材、木工製品	0	0	0	26	0	26
	紙・パルプ製品・印	0	0	50	155	0	205
	建設	0	217	0	5	0	222
その他	繊維衣料皮革	0	0	0	46	0	46
	鉱業	1,377	719	55	2,510	0	4,661
	農業	9	1,192	0	489	0	1,690
	商業・公共サービス	1,593	473	7	2,400	0	4,473
	家庭	3,186	850	0	3,274	8,238	15,548

鉱業・製造業の GDP（産業別付加価値額）の推移は図 2.3-4、表 2.3-3 で示されている。鉱業が圧倒的に大きく、次いで食品飲料、輸送機械、化学が続いている。特に第3位の輸送機械の伸びは著しいが、これは、自動車産業が近年盛んになってきたことによる。しかしエネルギー消費量の大きな鉄鋼の付加価値額は食品の50%程度である。

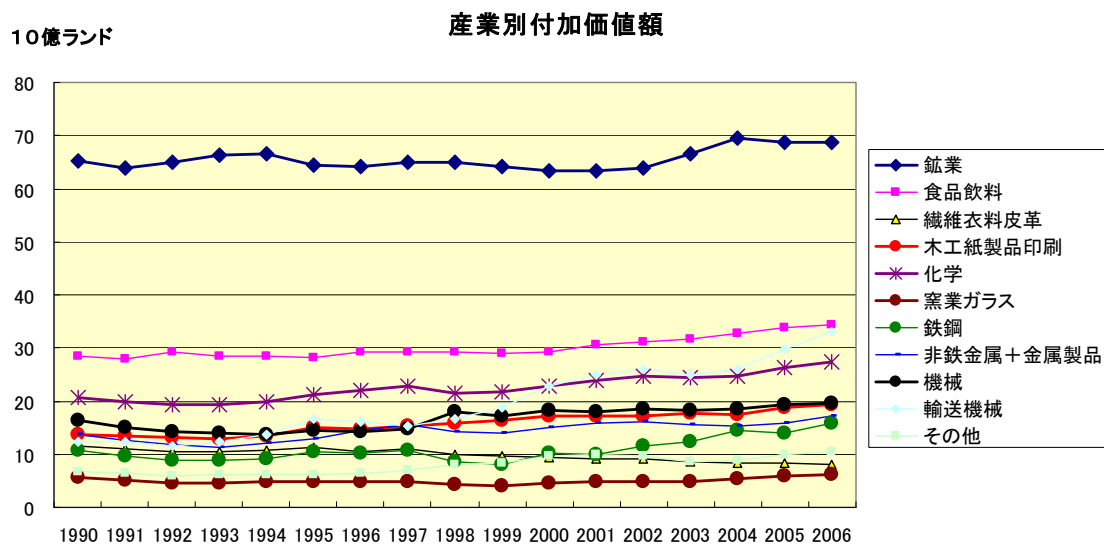


図 2.3-4 産業別付加価値額

表 2.3-3 産業別付加価値額（10億ランド）

	1990	1995	2000	2005	2006
鉱業	65,194	64,562	63,391	68,818	68,726
食品飲料	28,461	28,141	29,160	33,923	34,401
繊維衣料皮革	11,532	11,189	9,478	8,282	7,995
木工紙製品印刷	13,579	15,046	17,275	18,683	19,329
化学	20,701	21,150	22,802	26,269	27,354
窯業ガラス	5,672	4,886	4,539	6,029	6,244
鉄鋼	10,626	10,353	10,226	14,049	15,798
非鉄金属	13,695	12,979	14,993	15,924	17,300
機械	16440.0	14444.1	18186.8	19288.3	19709.6
輸送機械	12323.7	16544.0	22780.8	29901.6	33133.2
その他	6819.1	6147.3	9666.6	9870.4	10364.9

出典：南アフリカ準備銀行

次に GDP(付加価値額)、エネルギー消費量のデータを基にして付加価値額あたりの年度別エネルギー消費量の推移を見てみると図 2.3-5、表 2.3-4 (2006 年) のようになり、大きい順で鉄鋼、窯業、非鉄金属、(化学、鉱業)となる。付加価値額の大きさのリストでは中位にあった鉄鋼や窯業が 1, 2 位となっている。この 2 業種は製造の過程から考えて本来的に他の業種よりエネルギーを多く必要としているか、あるいはエネルギー消費のやり方に改善の余地があるかいずれかであろう。1 位の鉄鋼は 1999 年から減少傾向にあり、2 位の窯業は 2001 年からはほぼ横ばいである。化学と鉱業はほとんど同じ値を持ち、低位にある。付加価値額の大きさのリストでは比較的上位に位置する食品、輸送機械は 0 近辺に並んでしまう。輸送機械は組み立て産業であるため単位あたりのエネルギー消費は小さい。ところが付加価値額の高い鉱業は化学と同程度に位置している。

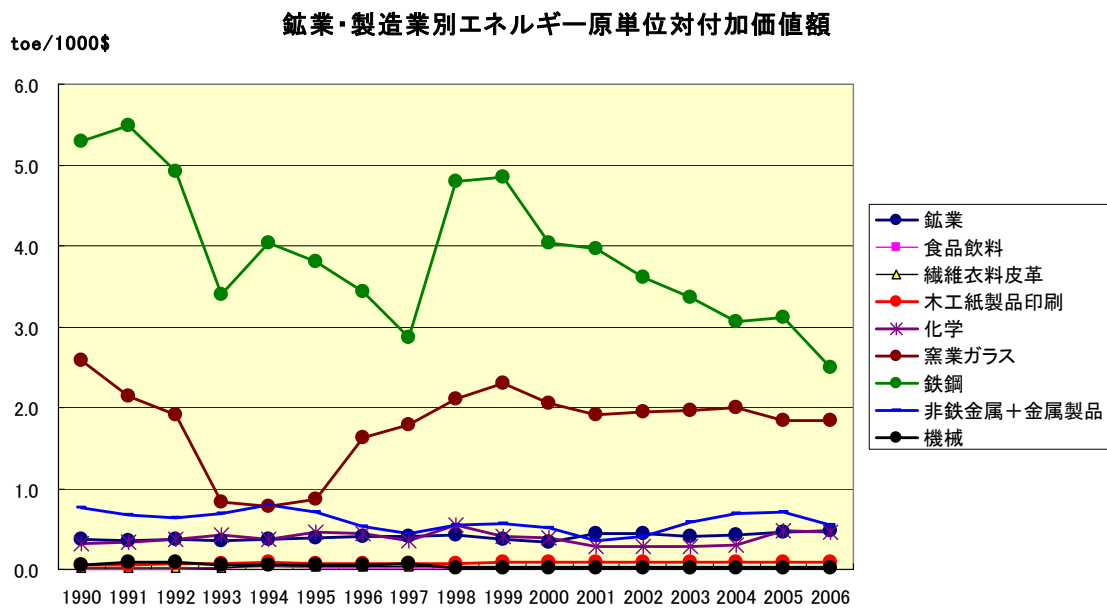


図 2.3-5 鉱業・製造業別エネルギー原単位対付加価値額

表 2.3-4 付加価値額あたりのエネルギー消費量(toe/\$1000、2000 価格)

	1990	1995	2000	2005	2006
鉱業	0.37	0.39	0.34	0.46	0.47
食品飲料	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02
繊維衣料皮革	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
木工紙製品印刷	0.06	0.07	0.09	0.08	0.08
化学	0.32	0.46	0.39	0.48	0.47
窯業ガラス	2.58	0.88	2.05	1.85	1.84
鉄鋼	5.29	3.81	4.04	3.11	2.49
非鉄金属	0.76	0.71	0.51	0.71	0.54
機械	0.05	0.06	0.01	0.02	0.02
輸送機械	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

出典)調査団が算出

次に電力を見てみると鉱業・鉄鋼・非鉄金属・化学・窯業の順になり、図 2.3-5 とは第 4 位と第 5 位が入れ替わっているが、上位 5 種ということでは同じである。

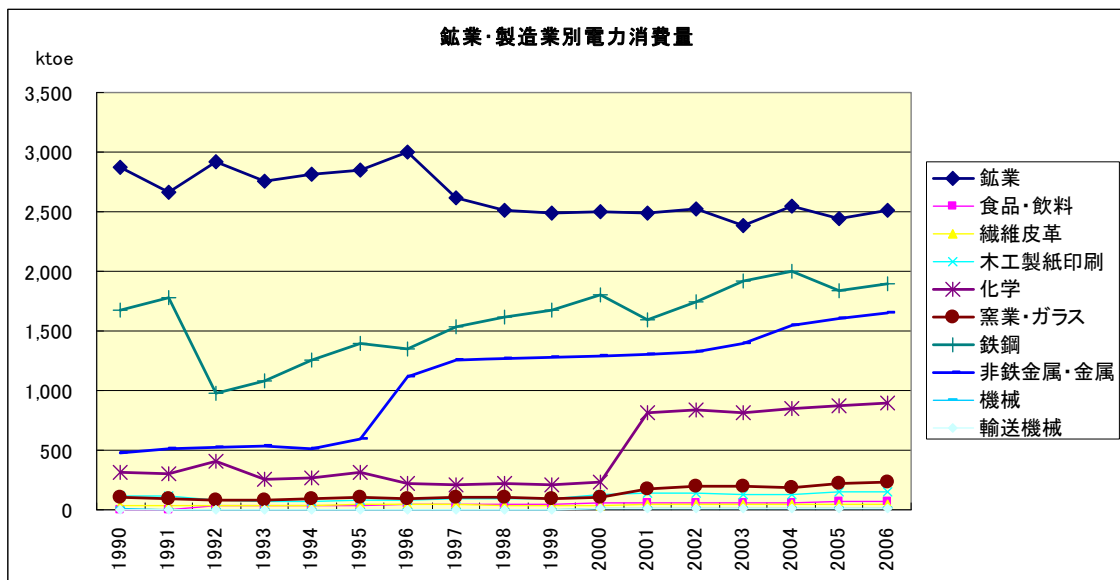


図 2.3-6 鉱業・製造業別電力消費量

### 2.3.2 エネルギー多消費産業の特定

エネルギー効率改善の効果はエネルギーを多く消費する製造業を対象に考察を進めるのが効果的である。

表 2.3-1 の表のうち 2006 年のデータを大きい順に並べ替え、全体に占める割合を示しているのが表 2.3-5 である。

表 2.3-5 2006 年のエネルギー消費量の大きい順 (ktoe)

	2006	割合 (%)	累計割合 (%)
鉄鋼	5,675	36.3	36.3
鋁業	4,660	29.8	66.2
化学	1,848	11.8	78.0
非鉄金属	1,651	10.6	88.6
窯業	1,358	8.7	97.3
木工紙製品印刷	231	1.5	98.8
食品飲料	90	0.6	99.3
機械	49	0.3	99.7
繊維衣料皮革	46	0.3	99.9
輸送機械	8	0.1	100.0
合計	15,616	100.0	

この表より鉄鋼、鋁業、化学、非鉄金属、窯業の 5 種でエネルギー消費量は全体の 97% になる。したがってエネルギー効率改善の対象にはこの 5 種を選択するのが妥当であろう。このうち鉄鋼と鋁業は 2 種だけで工業・製造業のエネルギー消費の 50%を超えている。すなわち、南アではエネルギー多消費産業は鉄鋼、鋁業、化学、非鉄金属、窯業で、1,2 位の鉄鋼業、鋁業のエネルギー効率改善が重要かつ効果的といえよう。エネルギー多消費産業ということで、日本では同じ基準で選択してみると鉄鋼、化学、非鉄金属、窯業の 4 業種が選択される。(日本では鋁業は衰退産業になっている)

### 2.3.3 エネルギー多消費産業のエネルギー消費の内訳

エネルギー多消費産業である 5 業種（鉄鋼、鋁業、化学、非鉄金属、窯業）のエネルギー消費の内訳を見てみる。図 2.3-7、図 2.3-8、図 2.3-9、図 2.3-10、図 2.3-11 は鉄鋼業、鋁業、化学、非鉄金属、窯業における最終エネルギー消費の推移である。5 種の図より鉄鋼業では石炭・電力、ガスがこの順で消費されている。鋁業は電力が主で、次いで石炭、石油製品、ガスの順であるが、化学業種は当初は石炭が主要なエネルギーであったが 2001 年からは電力が石炭に取って代わり、2004 年からはガスが急台頭している。非鉄金属は最終エネルギー消費として現在は電力のみである。次に窯業では石炭が群を抜き、ついで電力、ガスとなっている。2001 年までは石油製品がエネルギーとして利用されていたが、2001 年以降は電力の消費が増大していることから、設備の転換が起きたものと思われる。これらエネルギー多消費産業の 2006 年のエネルギー源別消費実績を示しているのが表 2.3-6 である。

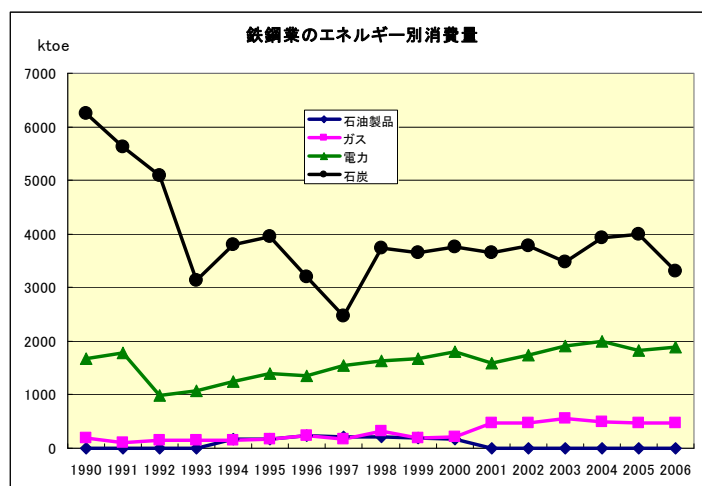


図 2.3-7 鉄鋼業のエネルギー別消費

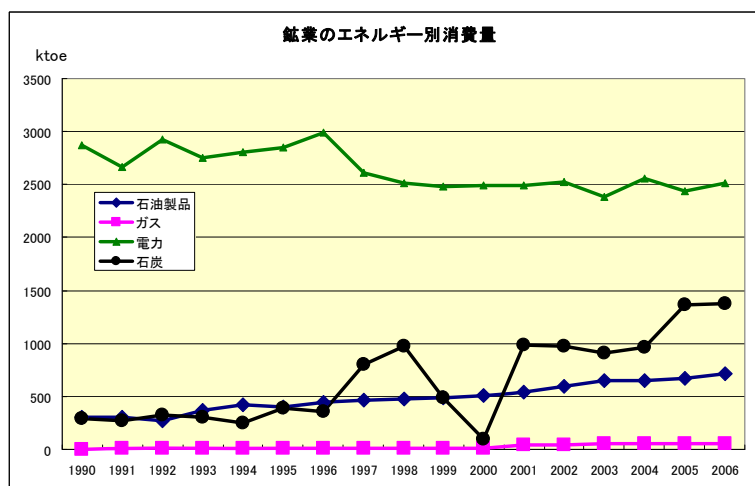


図 2.3-8 鉱業のエネルギー別消費

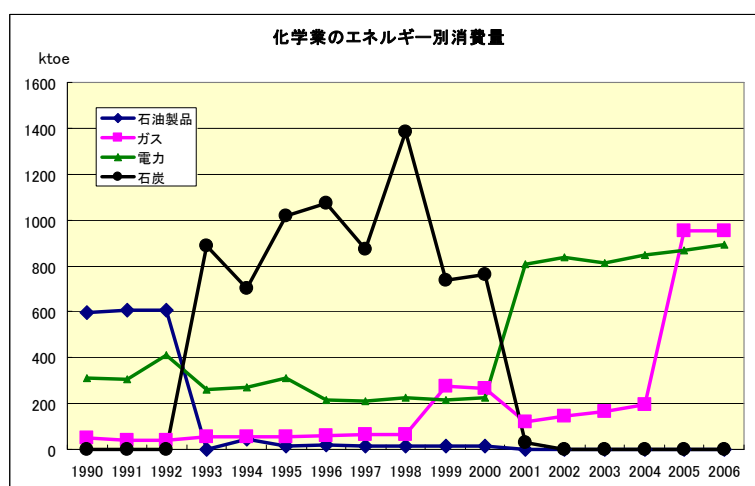


図 2.3-9 化学業のエネルギー別消費

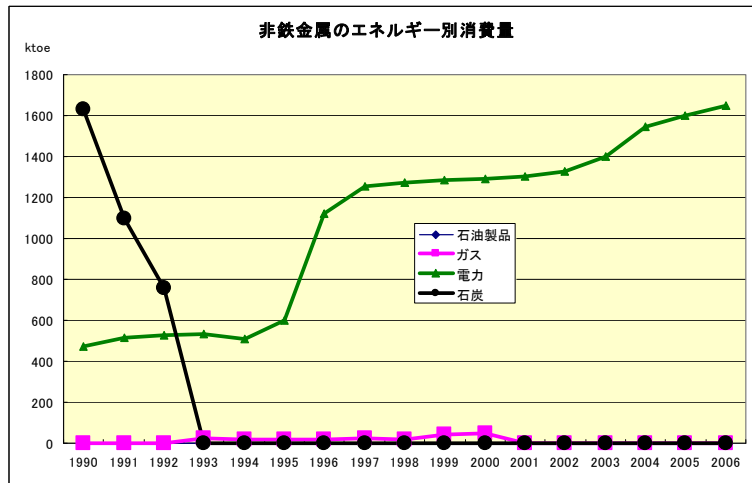


図 2.3-10 非鉄金属のエネルギー別消費

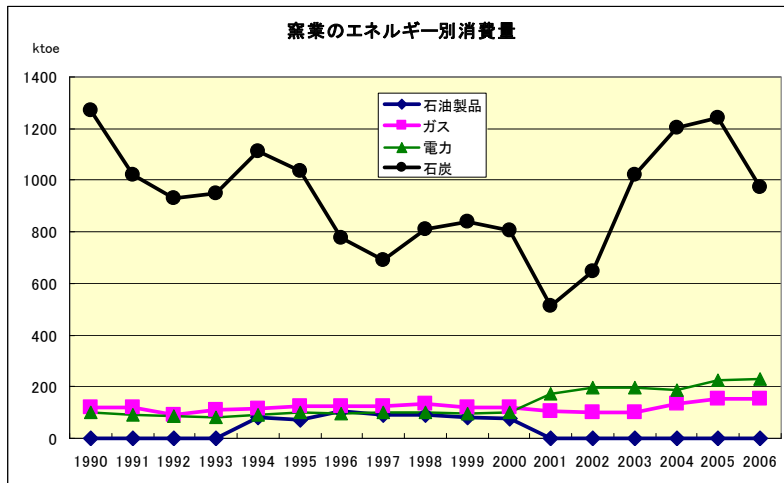


図 2.3-11 窯業のエネルギー別消費

この表からは、エネルギー多消費産業では石油は利用されていない。石炭は鉄鋼と窯業・ガラスで、ガスは化学、鉄鋼、窯業・ガラスで、電力は各産業で利用されていることがわかる。

表 2.3-6 エネルギー源別の 4 業種の最終エネルギー消費量

2006年	使用エネルギー源(ktoe)				
	石炭	石油製品	ガス	電力	合計
鉄鋼	3,315	0	469	1,890	5,674
鋳業	1,377	719	55	2,510	4,660
化学	0	0	955	893	1,848
非鉄金属	0	0	0	1,651	1,651
窯業・ガラス	974	0	153	231	1,358

エネルギー効率改善は、もっとも多く消費する部門とエネルギーを対象にするのが効果的と思われる。その基準で考えると、

- ① 鉄鋼では石炭
- ② 鋳業は電力
- ③ 化学ではガスまたは電力
- ④ 非鉄金属は電力
- ⑤ 窯業は石炭

の使われ方を検討するのが、効果的と思われる。

一方、日本では、これら4つのエネルギー多消費産業4産業は石炭、石油、ガス、電力すべてのエネルギーを消費している。(表2.3-7)日本では、エネルギー供給の多様化が進んでおり、価格が拮抗しているため、各産業は、ベストエネルギーミックスを思考しつつ消費していることがわかる。今後、南アではエネルギー供給の多様化が求められるものと思われる。(なお日本は石油、ガスの埋蔵量は少なく、石炭も閉山されているので鋳業は衰退産業といえるので、比較の対象には行い得ない)

表 2.3-7 日本のエネルギー源別の 2006 年の 4 業種のエネルギー消費量

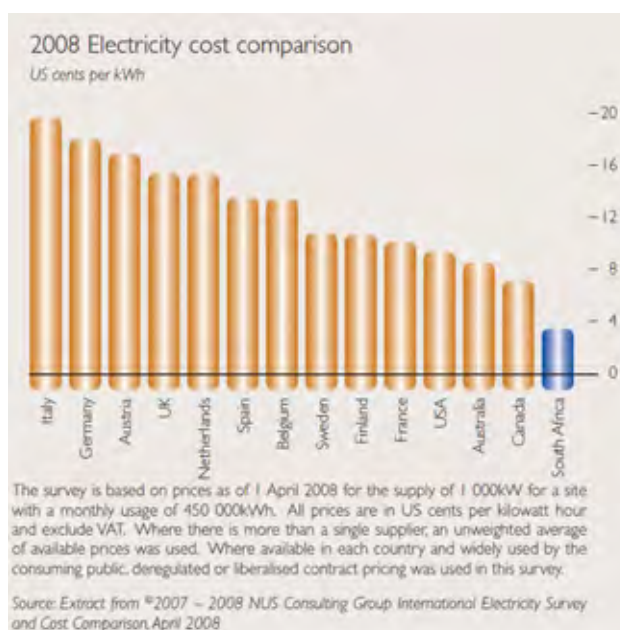
2006年	使用エネルギー源(ktoe)						
	日本	石炭	石油	ガス	電気	その他	合計
鉄鋼		12545	1841	1949	6067	0	22402
化学		3186	13746	843	4742	28	22545
非鉄金属		271	400	44	1400	0	2115
窯業ガラス		4334	2152	295	2028	122	8931

出典) IEA データベース

## 2.4 電力セクターの概況

### 2.4.1 電力産業の構造

南アの電力産業はアフリカ全土で消費される電力の内、実に3分の2の量を供給している。その内ほぼ90%は石炭火力発電所で発電されたものである。電力産業を管轄しているDMEは、その発電原価は全世界の中でも下から4番目の安さであるとしている。(図2.4-1)南アは堅調な経済成長を背景に電力需要が伸び続ける一方で、電力発電の開発投資が進まず、2007年9月以降は電力供給不足に陥っている。特に2008年1月には石炭火力発電所の計画停止が入り始めたところへ、例年になく多雨が続いたことにより、貯炭していた石炭が良好な状態で供給されなかったことにより、石炭火力の出力が低下し、大規模なload sheddingを余儀なくされた。



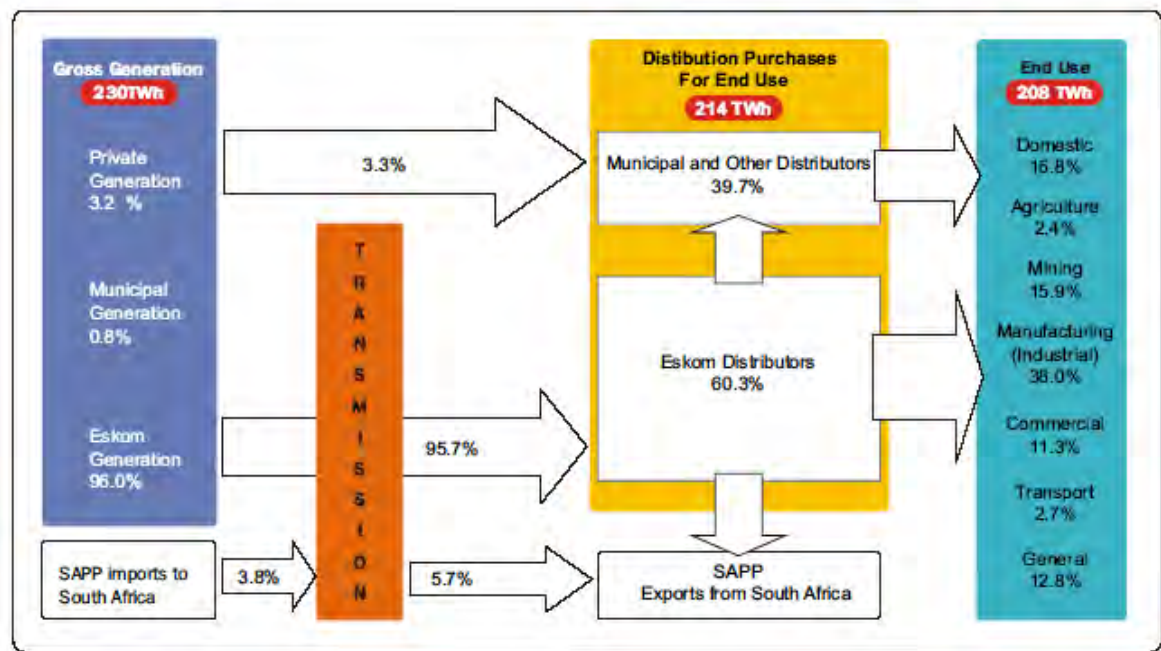
出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-1 南アの発電原価水準

電力産業の構造は図 2.4-2 に示すとおりであり、発電部門は送電部門を独占している Eskom がほぼ独占しており、約 95%の発電供給を行っている。その他自治体営、民間の発電所が発電に参入している。また、南ア、モザンビーク、ボツワナ、マラウイ、アンゴラ、レソト、ナミビア、スワジランド、タンザニア、ザンビア、ジンバブエ等が参加している Southern African Power Pool(以下 SAPP)との電力融通も行っている。

DME によると配電部門は Eskom 配電会社と 415 の地方自治体営により構成されている。自治体営は南アの販売電力量で全体の 60%を供給している。逆に Eskom は、全体の販売電力量の 40%を供給している。

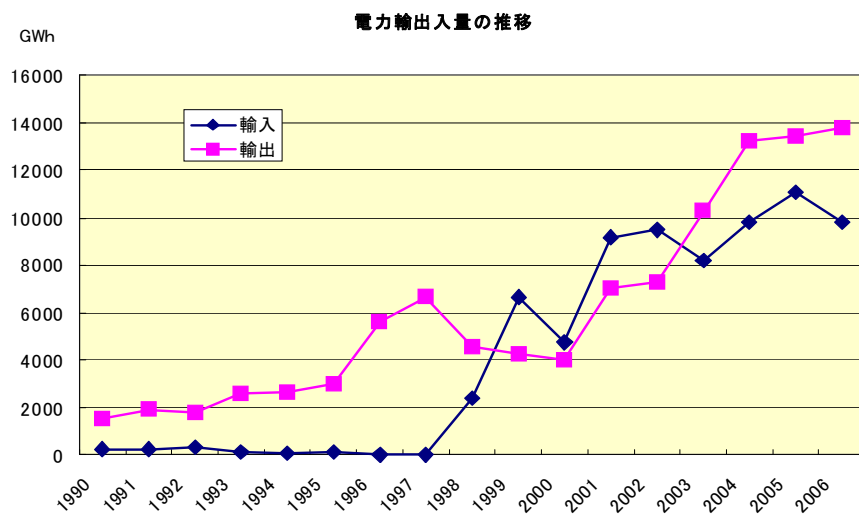




出典: Electricity Supply Statistics for South Africa 2004, NERSA

図 2.4-2 南アの電力産業構造

電力輸出入量の推移を以下に示す。電力輸出入量ともに拡大を続けている。



出典: IEAデータベース

図 2.4-3 南アの電力輸出入量

## 2.4.2 発電部門

### (1) Eskom

Eskom は南アの国営電力会社であり、国内の 95%の電力を発電供給しており、合計の設備出力で世界第 13 位、販売電力量で世界 9 位の大企業である。Eskom の諸元を下表に示す。

表 2.4-1 Eskom 諸元

社員数	35,404 人
顧客数	4,152,312
販売電力量	224,366GWh
名目設備容量	43,037MW
純最大設備容量	38,744MW
送配電線延長	366,203km

出典：“Annual Report 2008” Eskom



出典：“Annual Report 2008” Eskom

図 2.4-4 主要電力会社の設備容量と主要電力会社の販売電力量

Eskom の主な発電所を表 2.4-2 に示す。

表 2.4-2 Eskom 発電所一覧

Name of station	Location	Number & designed capacity of GE sets	Nominal cap.	Net maximum cap.
<b>Coal-fired satations</b>			<b>37,658</b>	<b>33,566</b>
Arnot	Middelburg, Mpumalanga	3 × 350; 3 × 370	2,160	2,040
Camden	Ermelo	8 × 200	1,520	1,250
Duvha	Witbank	6 × 600	3,600	3,450
Grootvlei	Balfour	6 × 200	1,200	190
Hendrina	Mpumalanga	10 × 200	2,000	1,895
Kendal	Witbank	6 × 686	4,116	3,840
Komati	Middelburg, Mpumalanga	5 × 100; 4 × 125	1,000	
Kriel	Bethal	6 × 500	3,000	2,850
Lethabo	Viljoensdrift	6 × 618	3,708	3,558
Majuba	Volksrust	3 × 657; 3 × 713	4,110	3,843
Matimba	Lephalale	6 × 665	3,990	3,690
Matla	Bethal	6 × 600	3,600	3,450
Tutuka	Standerton	6 × 609	3,654	3,510
<b>Gas/liquid fuel turbine stations</b>			<b>1,385</b>	<b>1,378</b>
Acacia	Cape Town	3 × 57	171	171
Ankerlig	Atlantis	4 × 149	596	592
Gourikwa	Mossel Bay	3 × 149	447	444
Port Rex	East London	3 × 57	171	171
<b>Hydroelectric stations</b>			<b>661</b>	<b>600</b>
Colley Wobbles	Mbashe River	3 × 14	42	
First Falls	Umtata River	2 × 3	6	
Gariep	Norvalspont	4 × 90	360	360
Ncora	Ncora River	2 × 0.4; 1 × 1.3	2	
Second Falls	Umtata River	2 × 5.5	11	
Vanderkloof	Petrusville	2 × 120	240	240
<b>Pumped storage schemes</b>			<b>1,400</b>	<b>1,400</b>
Drakensberg	Bergville	4 × 250	1,000	1000
Palmiet	Grabouw	2 × 200	400	400
<b>Wind Energy</b>			<b>3</b>	
Klipheuwel	Klipheuwel	1 × 1.75; 1 × 0.66; 1 × 0.75	3	
<b>Nuclear power station</b>			<b>1,930</b>	<b>1,800</b>
Koeberg	Cape Town	2 × 965	1,930	1800
<b>Total power station capacities</b>			<b>43,037</b>	<b>38,744</b>

at 31 March 2008

出典: "Annual Report 2008" Eskom

## (2) 自治体営・IPP

2003 年に南ア政府は発電部門への民間参入を承認し、将来的には Eskom が発電能力の 70%、民間 IPP が 30%程度を占有するよう、この部門を誘導することを目標として掲げている。現状の自治体営、IPP 発電所の発電能力は表 2.4-3 に示すとおりである。

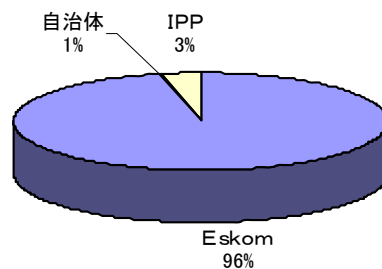
表 2.4-3 自治体所一覧と IPP 発電所一覧

発電所名	最大発電能力(MW)	発電所名	最大発電能力(MW)
石炭	646	パガス/石炭	80
Athlone	90	Tongaat-Hulett Amatikulu	10
Kroonstad	-	Tongaat-Hulett Darnall	7
Swartkops	-	Tongaat-Hulett Felixton	24
Blomfontein	30	Tongaat-Hulett Maidstone Mill	20
Kelvin A	90	Transvaal Suiker	19
Kelvin B	260	石炭	768
Orlando	-	SASOL Synth Fuels	629
Rooiwal	120	SASOL Chem Ind	140
Pretoria West	56	水力	2
ガス	188	Friedenheim	2
Roggebaai	36	合計	850
Athlone	29		
Port Elizabeth	21		
Johannesburg	102		
Pretoria West	-		
水力	3		
Lydenburg	2		
Ceres	0		
Piet Retief	1		
ポンプ式揚水	176		
Steenbras	176		
合計	1,013		

出所: Enginerring News

出典: Engineering News

2004 年時点での IPP 導入量は 3%に留まっている。



出典: "Electricity Supply Statistics 2004"NER

図 2.4-5 南アのIPP導入率

## (3) 原子力

南アはケープタウンの郊外に 2 ユニットの原子炉を有している設備出力 1,930MW の Koeberg 原子力発電所を有している。この発電所は Eskom により保有・運転されており、

最初の原子炉は 1984 年に商業運転を開始して、現在は南アの 6%程度の発電電力量を占めている。

南ア政府は現在将来の商業炉として Pebble Bed Modular Reactor(以下 PBMR)の開発を進めている。政府は PBMR の試運転促進のための予算承認を 2004 年に与え、2010 年の建設開始に向け研究開発を実施しているが、進捗は遅れている。

また、一般の原子力である PWR 等の開発の検討も、Eskom により進められており、開発主体である Eskom は将来的にはベースロードとして一般水力とあわせて全体の設備容量の 17%-28%相当を開発する計画を持っている。

#### (4) 送電部門

送電部門は Eskom による自然独占となっている。政府が効率化規制組織を創設し、全ての参加者にオープンアクセスを確保する予定である。消費者は SAPP や IPP からの購入も可能であり、そのアクセスに対する公平性の確保を目指している。



出典: Eskom HP

図 2.4-6 南アグリッドマップ

### 2.4.3 配電部門

配電は現在 Eskom と 415 の地方自治体により行われている。地方自治体は南アの全需要家のうち 60%、販売電力量で 40%の供給を行っている。地方自治体の配電部門は一般的には各自治体の行政区域の消費者に電力供給を行っている。それらの配電会社は消費者密度、規模、顧客タイプ、地形的な広がり、財務基盤並びに効率性の状況はそれぞれに大きく異なっている。

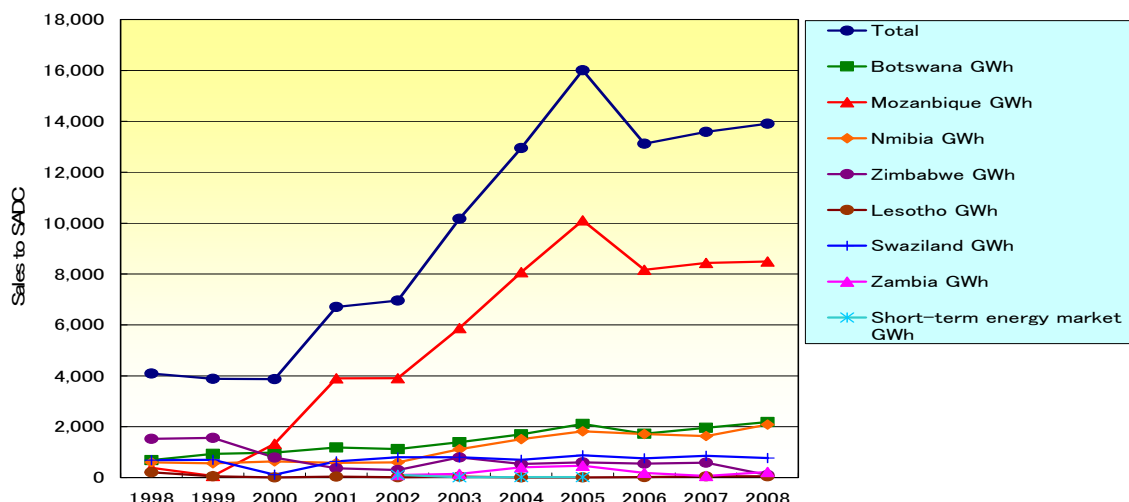
政府は成長を続ける経済、人口に対応して低価格で高品質の電力を供給するために、電力産業の改革を進めているが、その照準は卸し部門でなく、この配電部門に合わされている。その為に Electricity Restructuring Interdepartmental Committee (以下 ERIC) を設置し、これがより効率、効果的な産業を実現するために、配電部門の構造、財務モデルについて提言を行っている。具体的には配電部門の Eskom の分離と財務体質の強固な地域配電会社(RECs)を数多く形成するために市町村の電力局との合併を要求している。

至近の状況としては 2006 年に政府より 6 つの REC 設立が承認されており、第 1 回調査でヒアリング調査を行った Johannesburg の City Power もその 1 つである。

### 2.4.4 SAPP

SAPP の取引量は初年度の 1996 年には 4,648GWh であったのが、年々着実に伸び、2003 年には 9,977GWh に達した。その後、供給源である南アのリザーブマージンが 2006 年頃から低下するに至り、南アの他国への販売電力量が伸び悩んだことから、融通量も停滞している。

2007-08 年度の Eskom の輸出量は Eskom システムで供給している電力量の 5.7%であり、輸入量は 3.9%であった。従って、合計では 1.8%の輸出超になっているのが現状である。



出典: "Annual Report 2008" Eskom

注) 2005 年の値は 2004 年 1 月から 2005 年 3 月までの 15 ヶ月間の値

図 2.4-7 Eskom の南ア周辺諸国への販売電力量



## 2.4.5 電力政策

### (1) 電力産業関連

南アの電力産業は National Energy Regulator of South Africa (以下 NERSA)により免許を与えられ、その下で監督され活動を行っている。免許は、もともとは Electricity Act(41 of 1978)で、現在は Electricity Regulation Act(4 of 2006)に改正された法律に基づき交付されている。

NERSA の起源は National Electricity Regulator (NER)であり、南アの電力供給産業を指導監督する規制機関であったのが、2005年11月に National Energy Regulator Act of 2004 基づき NER に置き換わる形で発足した。現在はパイプライン供給のガス並びに石油の価格やエネルギーセクターにおける寡占状況を緩和し、競争を促して経済発展を図るべき権限を有している。NERSA の業務としては事業免許の発行、tariff & charge (料金、課金) の設定・承認、紛争の調停、ガス、石油パイプライン関連の情報収集とガス資源の最適利用の促進も含まれている。

### (2) 原子力関連

南アの原子力セクターは主に Nuclear Energy Act 1999, Act 46 of 1999 と National Nuclear Regulator(NNR) Act 1999, Act 47 of 1999 により規定されており、これらの法律は DME が所管している。

DME は原子力技術、核不拡散と安全に関する統治機構としても先頭に立っている。資源エネルギー大臣は Nuclear Energy Corporation of South Africa's (NECSA)と National Nuclear Regulator (NNR)の監督権限を有している。

NECSA は原子力エネルギー、放射線科学・技術、放射線医療工業、原理力信頼性管理、廃棄物管理とデコミに関する研究開発の実施・促進を行っている。

NNR は NECSA の Pelindaba 地点の原子力導入、Vaalputs 放射性廃棄物処理施設、Koeberg 原子力発電所、中核のウラン鉱山、その他の小規模の原子力利用者の安全規定に関して監督している。

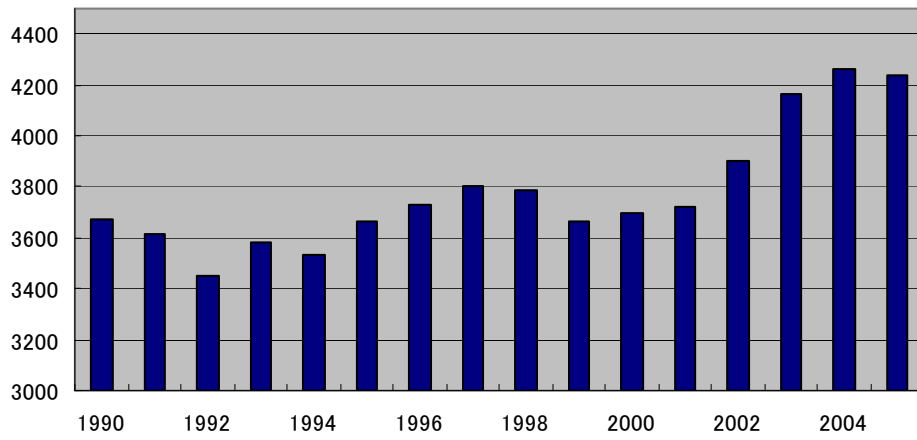
## 2.4.6 電力需給状況と関連指標

### (1) 電力需要と GDP

#### a. 一人あたり電力消費量

国民一人あたりの電力消費量は増加傾向にある。GDP あたりの電力消費量も増加傾向にあったが、2004年をピークに減少しつつある。

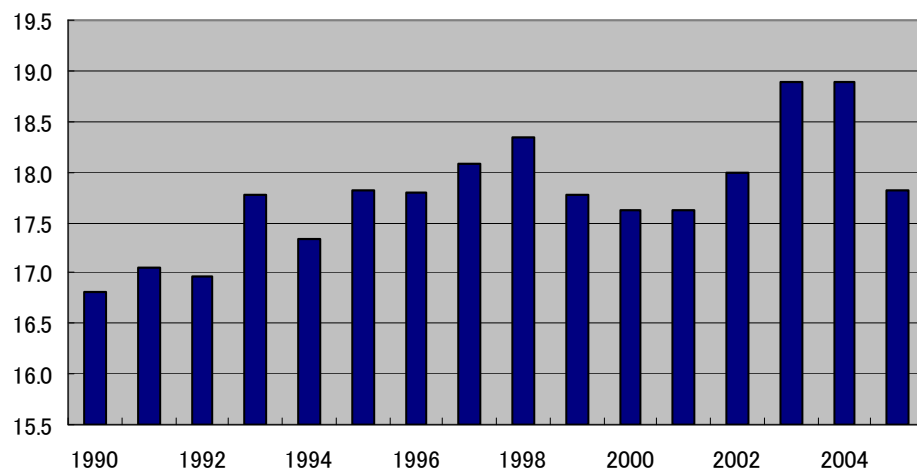
1人当たりの電力需要(kWh)



出典:IEA データベース 2008

図 2.4-8 一人当たり電力需要

GDP当たりの電力消費量(GWh)



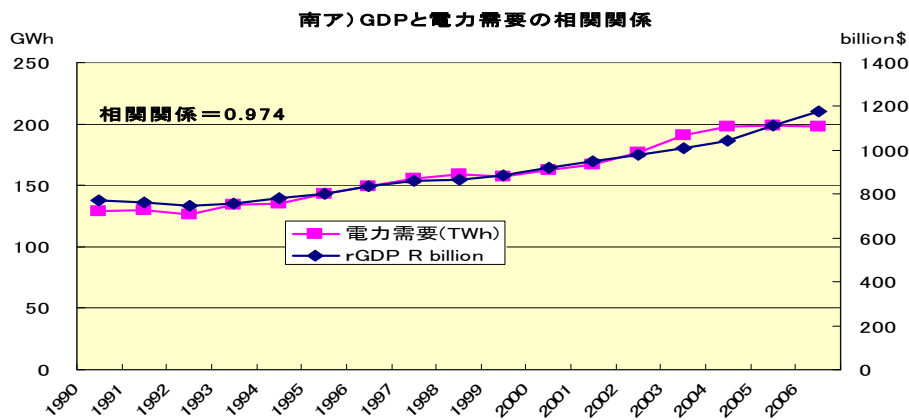
出典:IEA データベース 2008

図 2.4-9 GDP 当たり電力需要



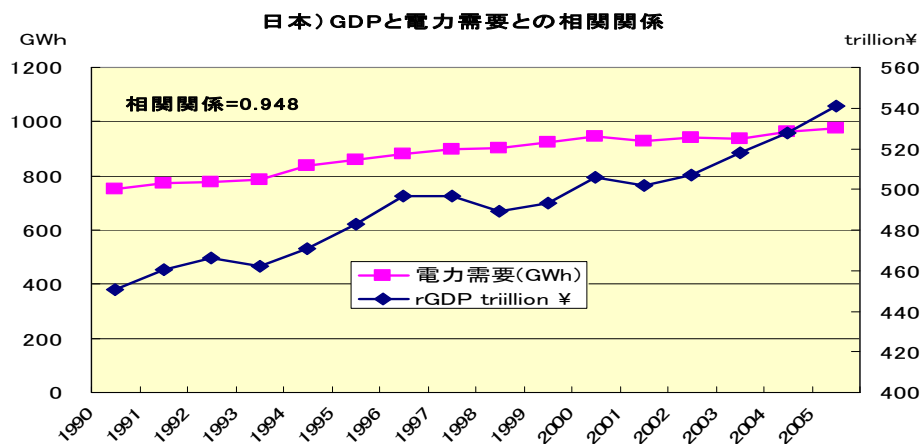
## b. 電力需要と GDP の相関関係

GDP と電力需要の相関関係は高く、相関係数は 0.97 と日本の 0.95 とほぼ同水準である。



出典:IEA データベース 2008

図 2.4-10 GDP と電力需要の相関関係

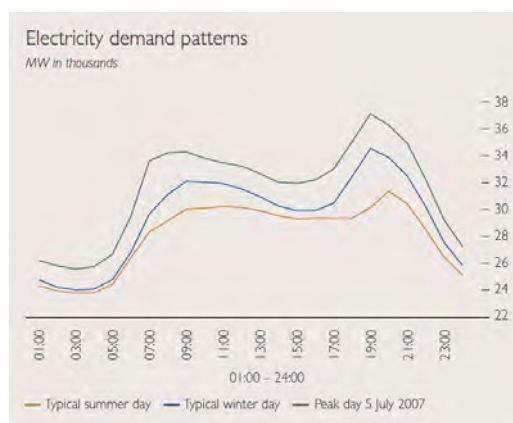


出典:IEA データベース

図 2.4-11 GDP と電力需要と供給能力の推移

## (2) 需要発生状況

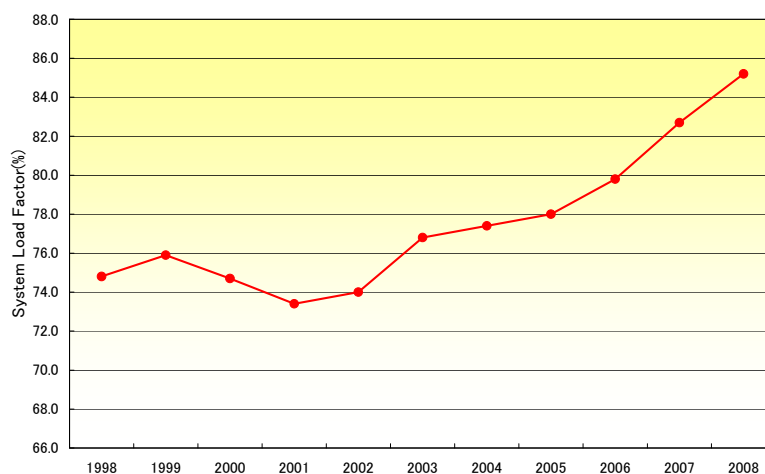
Eskom 送電システムの需要カーブの一例を図 2.4-12 に示す。現在は南半球の冬ピーク・点灯ピーク型を示している。本調査において複数の期間からピーク需要の 3-4 割がギーザーにより消費されているとの情報が得られた。



出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-12 Eskom 送電システム需要カーブ

電力システムの総合年負荷率は図 2.4-13 に示すように年々高くなり、一見改善しているように見える。



出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-13 Eskom 送電システム総合負荷率

南ア全体で見ても負荷率は改善傾向にある (表 2.4-4 参照)。

表 2.4-4 電力需要・最大需要・需要増加率・最大需要増加率・負荷率の推移

Year	Energy Demand (GWh)	Maximum Demand (MW)	Energy Growth Rate	Maximum Demand Growth Rate	Load Factor
1995	163,140	25,133			
1996	177,229	28,296	8.64%	12.59%	71.5%
1997	185,272	28,465	4.54%	0.60%	74.1%
1998	185,383	28,292	0.06%	-0.61%	74.8%
1999	188,216	28,308	1.53%	0.06%	75.9%
2000	194,909	29,786	3.56%	5.22%	74.5%
2001	196,581	30,573	0.86%	2.64%	73.4%
2002	204,895	31,608	4.23%	3.38%	73.8%
2003	211,984	31,509	3.46%	-0.31%	76.8%
2004	221,014	32,597	4.26%	3.45%	77.2%
2005	239,645	35,873	8.43%	10.05%	76.3%
2006	244,242	36,210	1.92%	0.94%	77.0%
<b>Average Growth</b>			<b>3.42%</b>	<b>3.09%</b>	<b>75.0%</b>

出典: South Africa Historical Loads(NERSA NIRP3 Stage 3 Report: Reserve Margin Assessment  
NERSA HP:Electricity:Electricity Infrastructure Planning

### (3) 供給信頼度

Eskom 送電システムの最大電力需要と供給能力の経時データを図 2.4-14 に示す。2004 年頃までは供給設備方であり、供給にも余裕があったが、需要の堅調な伸びにより 2006 年以降供給余力が減少し始め、特に 2007 年 9 月以降はリザーブマージンが極端に下がり、慢性的な電力不足に陥っている。現在のリザーブマージンは 8%程度まで落ち込み、NERSA が目標としている米国基準並みの LOLE(Loss of Load Expectation): 0.1day/yr 相当のリザーブマージンである 19%や欧米並みの 15%(政府評価で LOLE: 0.7day/yr 程度)を大きく割り込んでいる状態である。

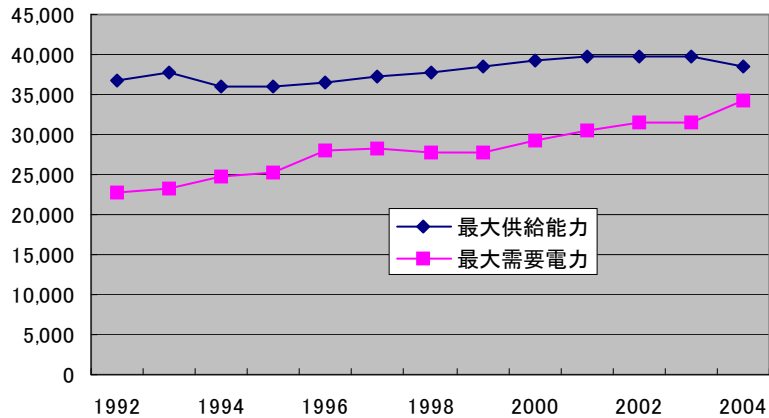


出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-14 Eskom システム最大電力

南ア全体の最大供給能力と最大需要の推移は以下の通りである。

電力需要と供給能力の推移(MW)



出典: Integrated National Electrification Planning Manual  
Eskom Annual Report 2004, NER Electricity Supply Statistics 2003&2004

図 2.4-15 電力需要と供給能力の推移

表 2.4-5 南アの供給予備力

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
最大供給能力	36,846	37,636	35,926	35,951	36,563	37,175	37,848	38,517	39,186	39,810	39,810	39,810	38,436
最大需要電力	22,640	23,169	24,798	25,133	27,967	28,329	27,803	27,813	29,188	30,599	31,621	31,621	34,195
供給予備力(%)	39%	38%	31%	30%	24%	24%	27%	28%	26%	23%	21%	21%	11%

出典: 上図に同じ

#### (4) 電力供給状況

Eskom の設備供給能力は 2008 年現在、名目出力で 43,037MW、実出力で 38,744MW であり、91%が石炭火力とガスタービン、4%が原子力、5%が揚水式水力並びに一般水力である。

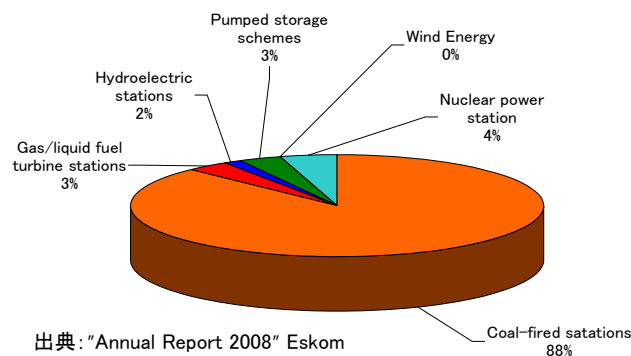
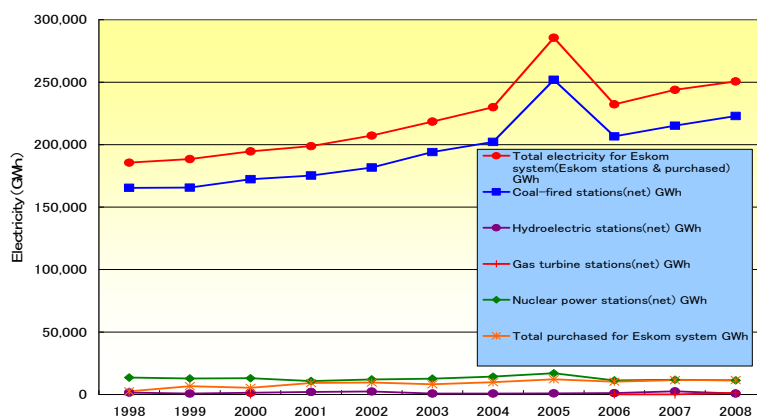


図 2.4-16 南アの電源構成

南ア全体で発電した電力量は 2007-08 年度で 240,618GWh に昇り、年々増加基調にある。その内、約 95%が石炭火力発電所により発電されている。次に続くのが原子力であるが、その差は大きく水があげられている。水力発電はピーク電源として使用されているため、発電量は微々たるものである。この3年間の特徴として、オープンサイクルのガスタービンの発電がピーク負荷対応として入ってきていることである。現在のところ、その量は水力以下であるが、今後の需要の伸長状況によっては、増加する可能性もある。

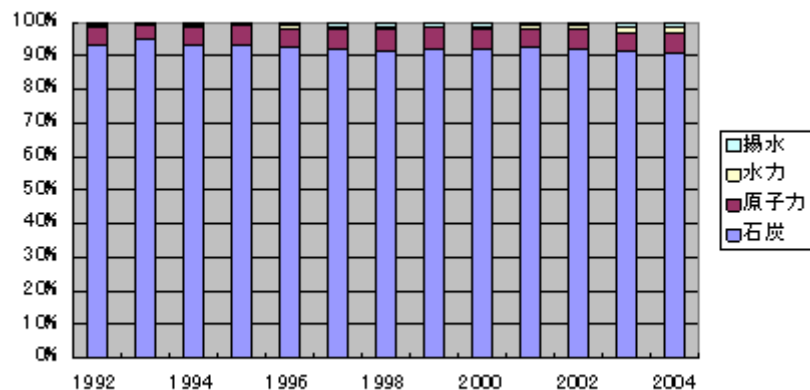


出典: "Annual Report 2008" Eskom

注) 2005年の値は2004年1月から2005年3月までの15ヶ月間の値

図 2.4-17 Eskom の燃料種別の発電電力量

南ア全体の電源構成の推移は以下の通りである。



出典: "Digest of South African Energy Statistics 2006" DME

図 2.4-18 南ア全体の電源構成の推移

## 2.4.7 需給計画

### (1) 需要予測

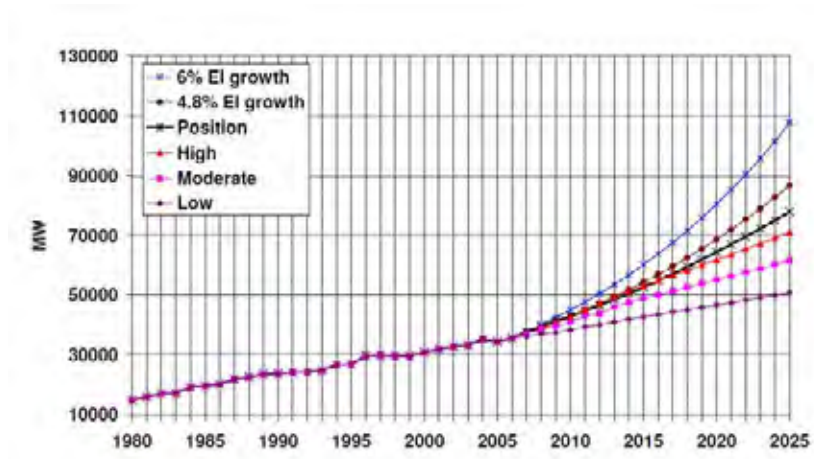
現在、発行された資料で確認できる南アの電力需要予測としては Eskom の”Annual Report 2008”に掲載されている 2026 年までのものと政府の DME の”ENERGY SECURITY MASTER PLAN – ELECTRICITY 2007-2025”で実施しているものがある。

DME の予測は消費部門を 100 以上のセクターに分割し、それぞれのセクターにおいてトレンド分析を行ったうえで集計し、それに海外の需要を想定して合算した上で算出している。図 2.4-19 に DME の需要予測結果をしめす。南ア政府は 2006 年に AsgiSA を打ち上げており、その構想の中で、2010 年から 2014 年の間の GDP の成長目標を 6% においている、それが達成された場合、電力需要の伸び率はおおよそ 4% であり、それが図の中の”Position”にあたり、2026 年には最大電力が約 81,000MW に達すると予想されている。

DME はこの予測と同時に適正なりザーブマージンの必要量を検討している。検討は次の 2 点を主に考慮して実施している。

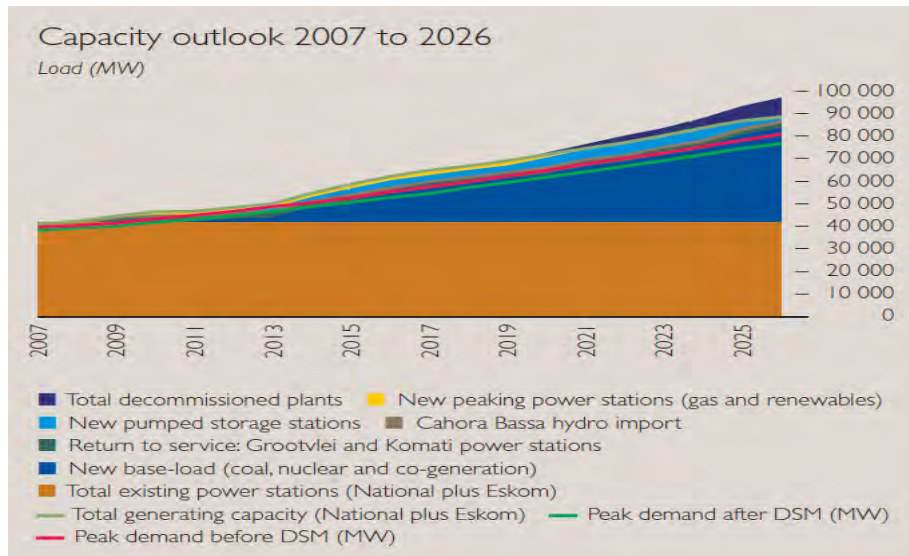
- ・ 米国における信頼度基準である LOLE < 1 日/10 年に相当するリザーブマージンの確保
- ・ 停電コスト + ピーク電源(オープンサイクルガスタービン)が最小となるリザーブマージン

この結果、必要リザーブマージンを 19% としている。電力の供給計画は先述の需要予測にこの必要リザーブマージンを加味して計画を立てているので、2026 年に必要な供給力はおおよそ 97,000MW としている。これは図 2.4-20 に示す Eskom の需要想定とほぼ合致している。



出典: ”ENERGY SECURITY MASTER PLAN – ELECTRICITY 2007-2025” DME

図 2.4-19 DME 電力需要予測



出典：“Annual Report 2008” Eskom

図 2.4-20 Eskom 電力需要予測

## (2) 供給計画

将来の電力供給部門において、政府は 30%まで IPP でまかなうよう誘導しているが、至近においては Eskom の卸単価が安価過ぎ、その参入は思うように進んでいない。また、電力不足から緊急に供給設備を増強する必要に迫られていることから、当面の間は供給計画は Eskom を中心に進められていくものと考えられ、ここではその内容を中心に見ていくこととする。

前項の予測に基づき、Eskom は 2026 年までに設備容量を現状から倍増する必要性に迫られており、増強予算として 2013 年までに 3,430 億ランドを投じることを決めており、2026 年までの投資予算は 1 兆ランドに達すると想定している。

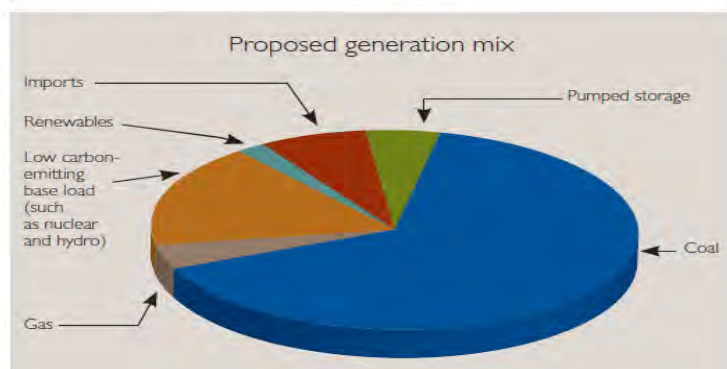
現状としては、繰り返しになるが、南アでは 2006 年以降電力不足が深刻となり、喫緊の電力供給設備の増強が必要となっており、新規の石炭火力発電計画の前倒し、建設リードタイムの短いガスタービンの新設、休止火力 (Camden, Komati, Grootvlei) の再稼動などの緊急措置の計画が供給計画の基本となっている (図 2.4-21 参照)。



MW	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Camden (coal-fired) <sup>1</sup>	400									400
Grootvlei (coal-fired) <sup>1</sup>	590	585								1 175
Komati (coal-fired) <sup>1</sup>	120	240	310	285						955
Ankerlig (OCGT) <sup>2</sup>		740								740
Gourikwa (OCGT) <sup>2</sup>		296								296
Arnot (coal-fired) <sup>3</sup>	90	60	30							180
Medupi (coal-fired)					798	1 596	798	1 596		4 788
Bravo (coal-fired)						803	1 606	803	1 606	4 818
Ingula (pumped-storage)						1 352				1 352
Lima (pumped-storage)								375	1 125	1 500
Wind farm (renewable)			100							100
Annual total MW	1 200	1 921	440	285	798	3 751	2 404	2 774	2 731	16 304

図 2.4-21 Eskom 電源開発計画

Generation mix	Target ranges
Coal-fired generation	<70%
Combined-cycle gas turbine	Only use for peak supply when needed
Low carbon-emitting base load (such as nuclear and hydro)	17% – 28%
Renewable energy	>2%
Imports	2% – 15%
Open-cycle gas turbine	Only use for peak supply when needed
Pumped storage	4% – 10%



出典: "Annual Report 2008" Eskom

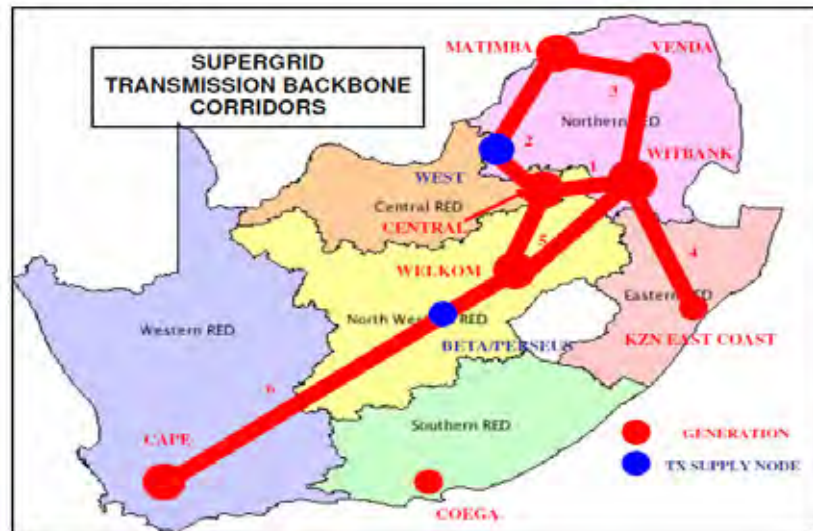
図 2.4-22 電源の構成計画

長期的な視点に立った Eskom の電源の構成計画は経済性、計画実施性、柔軟性、エネルギー多様性、自然・社会環境、地球環境等の面に配慮して検討されており、図 2.4-22 に示すような構成目標を提示している。これによると 2026 年までに石炭火力の設備容量を 70% まで減少させる一方で、原子力の設備量を大幅に引き上げることを志向している。また、再生可能エネルギーを 2026 年までに 2% 程度まで導入することを計画している。また、揚水式水力発電とガスタービン発電所をピーク電源として増強するとともにリザーブマージンの補強のために近隣諸国からの融通を増量することを志向している



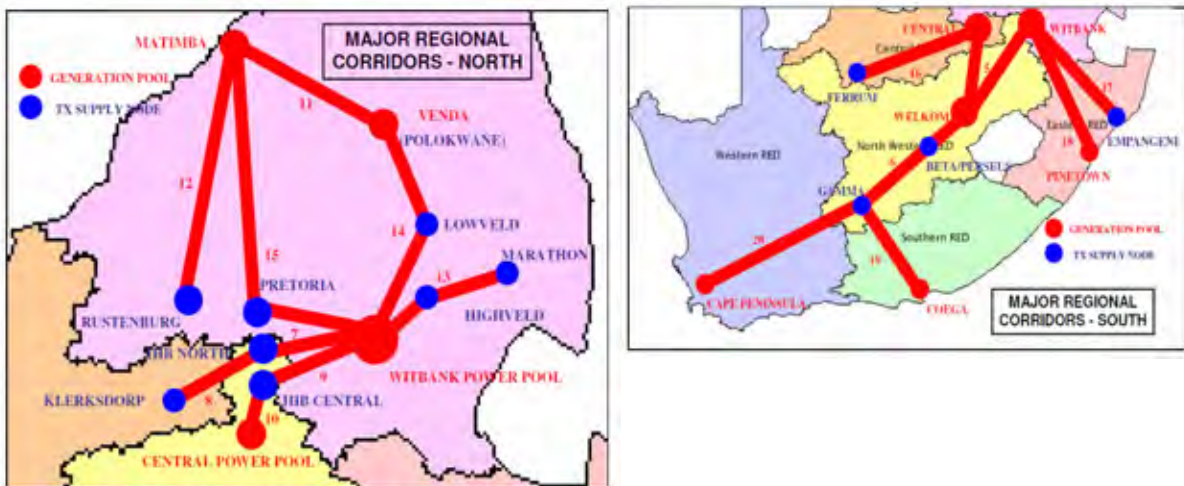
(3) 系統計画

”ENERGY SECURITY MASTER PLAN – ELECTRICITY 2007-2025”では実施した需要予測に基づき、基幹系統、地方系統の増強計画も示されている。その計画の概要を表 2.4-6 と図 2.4-23、図 2.4-24 示す。



出典: ”ENERGY SECURITY MASTER PLAN – ELECTRICITY 2007-2025” DME

図 2.4-23 The Main Power Corridor Backbone



出典: ”ENERGY SECURITY MASTER PLAN – ELECTRICITY 2007-2025” DME

図 2.4-24 The Regional Corridor

表 2.4-6 南アの系統計画

No.	MAIN CORRIDORS	ROUTE
1	East to West power corridor	Witbank power pool – Central Grid power pool
2	North Western power corridor	Central power pool – West Tx node (Rustenburg to Klerksdorp area) - Matimba power pool
3	Northern power corridor	Matimba power pool – Venda power pool – Witbank power pool
4	Eastern power corridor	Witbank power pool- Kwa-Zulu Natal East Coast
5	North to South power corridor	Witbank and Central power pools to Welkom power pool
6	Cape power corridor	Beta/Perseus-Hydra-Gamma-Omega 765kV & Beta-Hydra-Gamma-Omega 400kV network
	<b>MAJOR REGIONAL CORRIDORS</b>	<b>ROUTE</b>
7	Central Grid corridors	Witbank power pool – JHB North
8		Klerksdorp – JHB North
9		Witbank power pool – Central JHB
10		Central power pool – Central JHB
11	Northern Grid corridors	Matimba power pool - Polokwane
12		Matimba power pool - Rustenburg
13	North Eastern Grid corridors	Witbank power pool - Highveld North - Marathon
14		Witbank power pool – Lowveld - Polokwane
15		Matimba power pool – Pretoria – Witbank power pool
16	North Western Grid corridor	Central Grid power pool – Ferrum (Kimberley)
17	Eastern Grid corridors	Witbank power pool- Empangeni
18		Witbank power pool - Pinetown
19	Southern Grid corridor	Gamma – Coega (Dedisa)
20	Western Grid corridor	Hydra/Gamma – Cape Peninsula

出典: "ENERGY SECURITY MASTER PLAN – ELECTRICITY 2007-2025" DME

## 2.4.8 販売電力量・単価

### (1) セクター別顧客数・販売電力量

2004年のセクター別顧客数を以下に示す。顧客のうち約95%は民生部門であるが、販売電力量において圧倒的な割合を占める産業部門では1%に満たない。

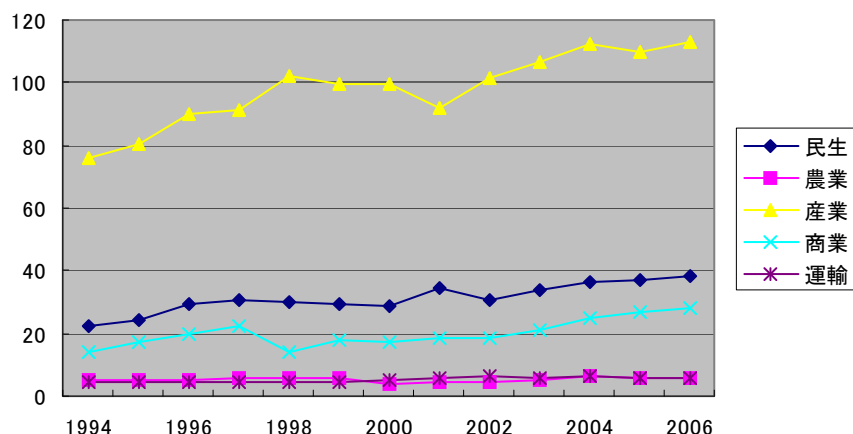
表 2.4-7 セクター別顧客数

	民生	農業	産業	商業	運輸	その他	計
顧客数	7,196,667	102,811	31,373	256,111	1,059	44,045	7632066
割合(%)	94.30%	1.35%	0.41%	3.36%	0.01%	0.58%	

出典: NER Electricity Supply Statistics for South Africa 2004

セクター別に販売電力量を見ると、順調な経済成長ともなって産業部門における拡大が続けており、全体の約60%を占めている。顧客数において大半を占める民生部門は販売電力量では20%、商業部門は約15%である。運輸部門への販売電力量はほぼ横ばいで3%程度である。

セクター別販売電力量の推移(GWh)



出典 IEA データベース 2008

図 2.4-25 セクター別販売電力量

### (2) 顧客あたり販売電力量および電気料金収入

顧客あたり販売電力量は、2004 年時点で、27,330kwh (顧客数: 763 万、総販売量: 208TWh) で、電気料金収入は、南ア全体では、570 億ランドである。

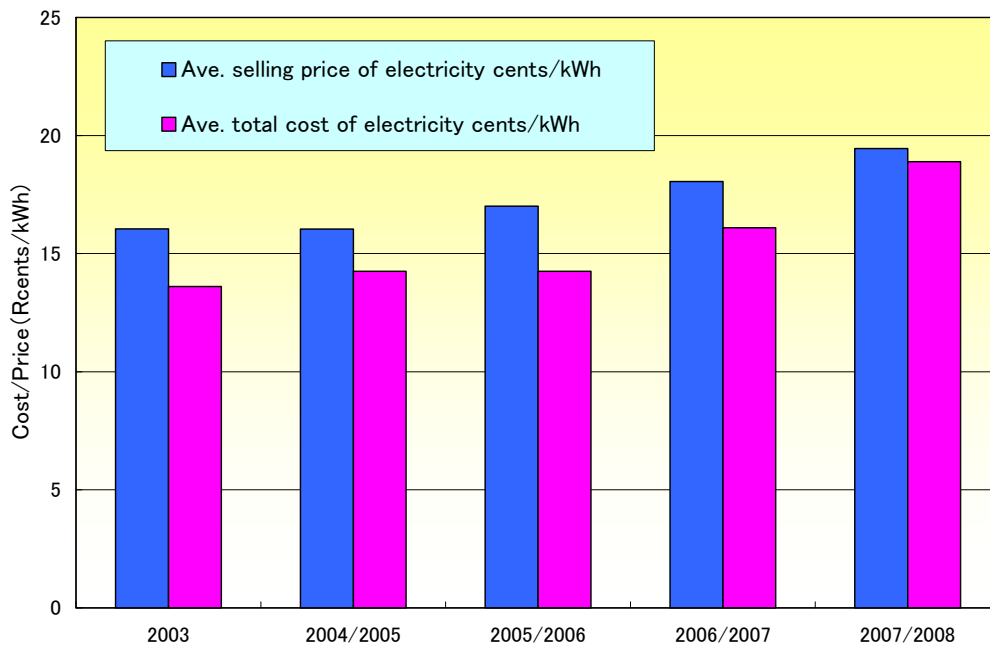
表 2.4-8 顧客あたり販売量

項目	内容
顧客数	763 万
総販売電力量	208,610 GWh
顧客あたりの販売電力	27,330 kWh/顧客
電気料収入	570 億ランド
Eskom	329 億ランド
自治体配電事業者	240 億ランド

出典:NER Electricity Supply Statistics for South Africa 2004

### (3) 平均販売単価

Eskom の平均の販売単価と発電コストを図 2.4-26 に示す。販売電力単価は 2007-08 年度で 19.45 ランドセント/kWh(日本円で 3 円に満たない)であり、世界的に見ると極端に低価格といえる。発電原価も低レベルであるが、近年の需要増に伴い、発電設備の増強を急速に実施していることから増加の一途をたどっており、それが売電価格の上昇につながっているといえる。その点では今後もコスト、料金ともに増勢は止まらないと推測できる。



出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-26 Eskom の平均売電価格と発電コスト

南ア全体の平均販売単価は、2004 年時点で 21.8 ランドセントである。全体的に増加傾向にあり、農業、民生、商業用はそれぞれ 31.1 ランドセント、28.8 ランドセント、28.5 ランドセントである。一方、工業用、産業用は比較的安く設定されている。

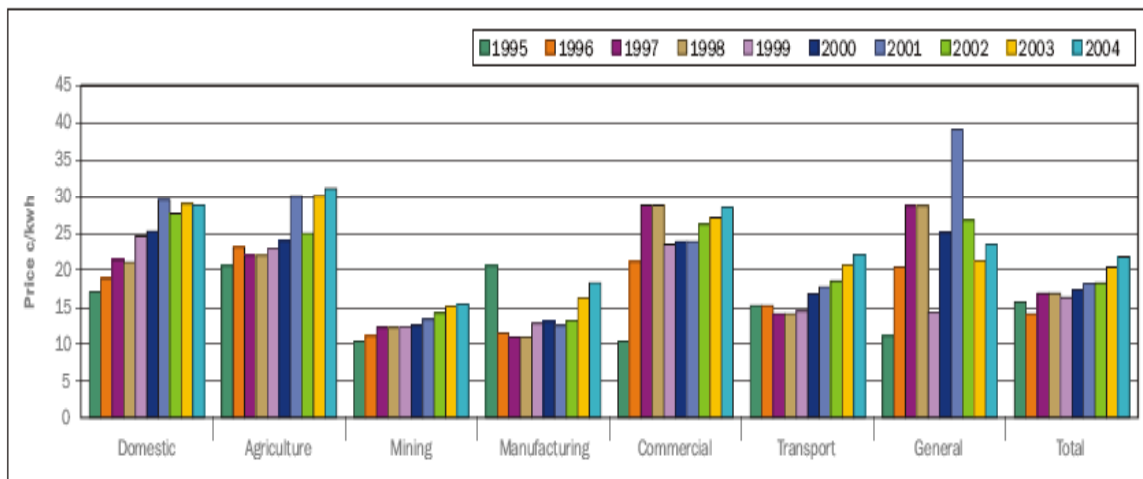


Figure 6.3: Electricity Distribution Industry electricity prices per customer category - c/kWh for the period 1995-2004

出典: NER Electricity Supply Statistics for South Africa 2004

図 2.4-27 平均電力販売単価(2004 年)

#### (4) 電力料金補助制度

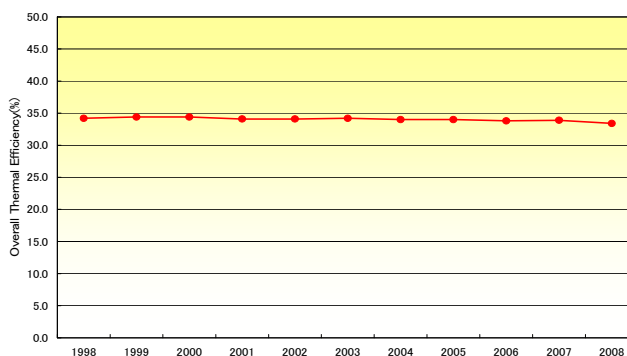
南ア政府は家庭、コミュニティの電力へのユニバーサルアクセスのために Integrated National Electrification Programme (以下 INEP) を政策として導入している。このための資金調達に関しては、以前は Eskom が実施していたが 2002 年 4 月からは DME が実施している。INEP により、2005 年 5 月までに 232,287 の世帯、2,233 の学校、50 の診療所の電化が達成された。2003 年 7 月に National Electricity Basic Services Support Tariff Policy が公布され、政府は INEP を通じて低所得者層の電力料金分野での支援に乗り出した。具体的には資格該当する市民は月々 50kWh までの電力を無料で使用することができるというものである。これをもって、政府は国内最低賃金レベルに満たない人たちに社会救済することを意図している。しかしながら、1 ヶ月 50kWh を超える部分は通常の料金を支払う必要がある等の課題もある。

また、太陽光発電に関しても 1 家庭 40 ランドの上限で運転・保守補助金を受けられることになっている。

#### 2.4.9 発電システムの効率

##### (1) 火力発電効率

Eskom の火力の火力総合発電効率を図 2.4-28 に示す。2005 年以前は石炭火力発電所のみ稼働しているため、その期間においては、火力総合発電効率は石炭火力発電所の効率と同義である。その間の効率はほぼ 34% で余り変動が無い。



出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-28 Eskom の火力総合熱効率

表 2.4-9 2007-08 年度の燃料別の火力発電効率

	Coal fired thermal	OCGT
発電効率	34.6%	31.8%

出典: "Annual Report 2008" Eskom

表 2.4-10 に Eskom が運転している石炭火力の設計効率を示す。長期間休止したのち再稼動を目指している Camden、Grootvlei、Komati を除けば、設計効率は約 35%–38%である。一方、先述の通り発電時の総合効率は 34%程度である。ここでいう設計効率は、定格能力を上回るマージン分も含んでおり、経年劣化による効率低下を見込んだものである。従って、現在の効率は許容できるレベルであるともいえる。

経年劣化の原因については、Eskom の火力発電所の請負、修繕を実施している日本の重工メーカーならびに Eskom 本体からのヒアリングによると、次のような要因が指摘されている。

- ・ボイラーの通気、蒸気漏れ
- ・タービンローターの劣化
- ・以上を把握するための設備診断技術（劣化診断、余寿命診断など）の低下など

表 2.4-10 発電所ごとの設計発電効率

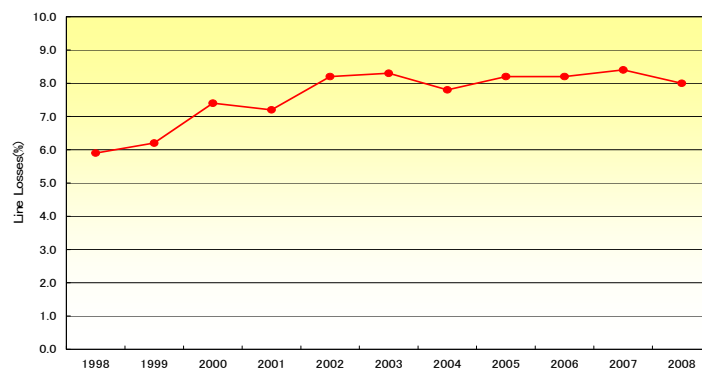
発電所名	形式	設備容量	運転開始年	設計効率	
Acacia	GT	171MW (57x3)	初号機：1976.3.1	30.30%	
Port Rex	GT	171MW (57x3)	1976	30.30%	
Camden	石炭	1,600MW (200x8)	初号機：1967.4	33.40%	
Duvha	石炭	3,600MW (600x6)	最終号機：1984	37.6%	
Grootvlei	石炭	1,200MW (200x6)	初号機：1969	32.90%	
Hendrina	石炭	2,000MW (200x10)	初号機：1970.6 最終号機：1976.12	34.20%	
Kendal	石炭	4,116MW (686x6)	最終号機：1993	35.30%	
Komati	石炭	1,000MW (100x5,12 5x4)	初号機：1961 最終号機：1966	30.00%	
Kriel	石炭	3,000MW (500x6)	最終号機：1979	36.90%	Turbine : Brown Boveri / CEM Boiler : Steinmuller 発電機 : CEM/BBC
Lethabo	石炭	3,708MW (618x6)	最終号機：1990.12	37.80%	37.80%
Majuba	石炭	4,110MW (665x3,71 6x3)	初号機：1996.4.1 最終号機： 2001.4.1	Dry:35.30 % Wet:37.70 %	665MW:dry-cooling 716MW:wet-cooling
Matimba	石炭	3,990MW (665x6)		35.60%	Dry cooling
Matla	石炭	3,600MW (600x6)	最終号機：1983.6	37.60%	
Tutuka	石炭	3,654MW (609x6)	初号機：1985.6.1 最終号機： 1990.6.4	38.00%	

注) 設計効率は、ボイラー最大連続蒸発量 (MCR: Maximum Continuous Rating) におけるものである。

出典: Eskom HP

## (2) 送配電ロス

Eskom の送配電ロスを図 2.4-29 に示す。1990 年代後半には 6%程度であったのが、2002 年以降は 8%程度に高止まっております、日本の 4%台と比較すると非効率な値となっているが、この値自体は決して高い値ではない。また、今回の調査では Eskom に送電用変圧器を納入している日本の商社にヒアリングを行っており、その結果、納入製品の仕様は日本に納入しているものと比べても高スペックであることが判明していること、また、Eskom の基幹系統は 765kV と高圧送電を採用していることなどからも送電部門のロスは全般的に高くないものと推定される。一方で、地方配電小売会社である Johannesburg の City Power の Annual Report 並びにヒアリング調査から配電部門のロスは 12%(盗電込み、テクニカルロス 9%とのこと)を超える水準であることが明らかになっており、この部門のロスは高いと考えられる。

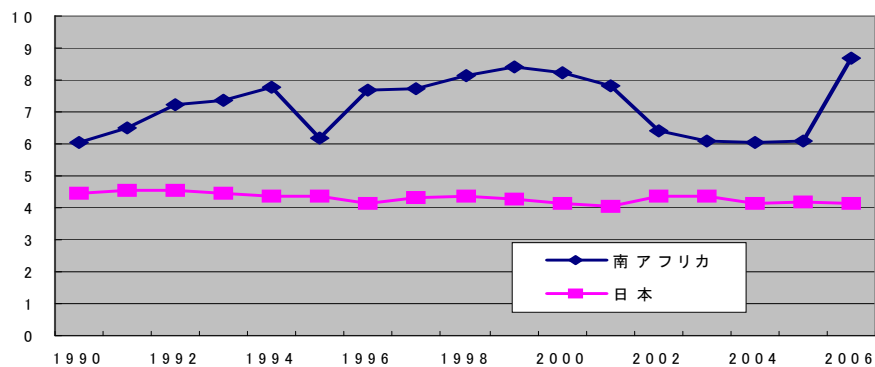


出典: "Annual Report 2008" Eskom

図 2.4-29 送配電ロス

南ア全体および日本の送配電ロスは以下の通りである。

(南アフリカ) 単位発電量あたりの loss (%)



出典 IEA データベース 2008

図 2.4-30 南ア全体の送配電ロス



(3) 一軒当たり停電回数(SAIFI)と一軒当たり停電時間

Eskom の 2007-08 年度の一軒当たり停電回数は 33.72 回であり、一軒当たり停電時間は 73.70 時間であった。東京電力における同様の数字は約 0.1 回、3 分である。

2.4.10 南アフリカにおける電力部門の効率化への取組

(1) 電力供給システムの効率化

現在、南アが取り組んでいる電力供給システムの効率化策としては、主に石炭火力発電所の効率化、燃料転換を上げることができる。このうち、燃料転換は厳密な意味での効率化ではないが、気候変動抑制策として強く意識されている。表に取り組みの概要を示す。

表 2.4-11 南アの電力供給システムの効率化方策

【効率化】	
超臨界圧火力発電の導入	Eskom は Mpumalanga の Emalahleni に 2017 年までに石炭火力発電所を建設する計画である”Bravo プロジェクト”を進めている。このプロジェクトについては、日立アフリカがボイラーを AlstomS&E がタービンの契約を結んでおり、ボイラーについては超臨界圧ボイラーを導入する予定である。これにより、Eskom は 6%程度の効率アップを期待している。
石炭ガス化複合発電 (IGCC)の導入	南アでは 2008 年 1 月 20 日に地下石炭ガス化(UCG)のパイロットプラントが完成し、初年度の運転において、1,300 万 m <sup>3</sup> の石炭ガスを生産し、330 の住宅へ暖房、厨房用として供給した。今後、第一段階としては、その供給量を 40 倍程度まで増強して Majuba 発電所に供給し、その石炭焚ボイラーで混焼する計画を進めている。その後、第二段階として、このガスを効率的に利用するために、2012 年頃を目指して新設の 350MW の超高効率発電所である UCG-integrated gasification combined-cycle(IGCC)を開発する計画を持っている。
天然ガスタービン複合化	現在、緊急にピーク電源としてオープンサイクルガスタービンを開発しているが、将来的にはこれをクロードサイクルガスタービン、若しくはスチームタービンとの複合化を図っていく計画を持っている。
【GHG 抑制】	
原子力への燃料転換	Eskom は PWR の導入を図るために米国ウェスティングハウスと仏国の Areva 社と契約交渉を開始している。Vendor が決定されれば、原子力免許発行のプロセスは 2008 年中に開始されると考えられている。候補地としては Northern Cape の西海岸に位置する Brazil と Schulpfontein、Western Cape 海岸に位置する Duynefontein と Bantamsklip、Eastern Cape 海岸に位置する Thyspunt の 5 地点があがっており、環境影響評価が実施される予定である。これら第 1 弾の原子力開発で約 3500MW の容量増が期待されている。 また、Pebble Bed Modular Reactor Ltd を通じて、中型の原子力発電所としてコストメリットが発揮できる PBMR を研究開発を進めている。
再生可能エネルギー導入	再生可能エネルギーは 2026 年までに発電容量の 2%まで導入することを目標とされている。個別の技術としては風力発電のほか太陽熱発電に取り組んでいる。



## (2) 電力需要側での効率化への取組

### a. 経緯

Eskomでは、エネルギー効率改善推進のための需要側における取組（DSM：Demand Side Management）で 2011/12 年までに 10,000GWhの削減を目標に掲げている<sup>4</sup>。20 年間で 4,255MWの削減という長期的な目標と年間目標としての 152MWがある<sup>5</sup>。EskomのDSMへの取組はDME・NERSAと協調しながら行われており、目標はピーク需要（08:00-10:00,18:00-21:00）のオフピーク時へのシフトと省エネによる全体消費量の削減（結果的にピーク需要も削減）である。導入経過としては、時間帯別料金制度、高効率照明頒布、DSMファンドの設立、ESCO産業の育成と進めている。以下は、EskomのHPで紹介されている 2004 年-2006 年の活動と成果（国全体）の概略と、現在のEskomの活動状況である。

#### 2004 年

- ・ 197MW の削減（省エネで 114MW、需要管理で 83MW）を達成
- ・ 100 以上の ESCO が登録
- ・ Eskom の”DSM school awareness programme”が成功
- ・ 2003 年の省エネ週間を基礎にし、国全体での省エネ月間へと発展

#### 2005 年

- ・ 171MW の削減（省エネで 116MW）を達成
- ・ Demand Market Participation<sup>6</sup>開始。目標は 200MW
- ・ TV ゲームショー”Power Play”を開始
- ・ 家庭部門に CFL の配布を開始（Eskom も実施を担当）
- ・ Eskom が家庭部門需要管理（RLM: Residential Load Management）（後述）開始

#### 2006 年

- ・ 次の DSM プログラムを基本に、高い目標設定

表 2.4-12 Eskom の DSM プログラム

Programme	MW
1. Efficient lighting	155
2. Extended operation of back-up diesel generators	50
3. Industrial, municipal, and commercial efficiency measures	40
4. Subsidies on efficient appliances	25
5. Extensive conservation drive	110-160
6. Gas cooking and heating	50
7. Water heating load management	7
Target	400

出典：[www.eskom.co.za](http://www.eskom.co.za)

<sup>4</sup> Eskom, Annual Report 2008

<sup>5</sup> Eskom website

<sup>6</sup>料金制度によるピーク削減促進方策

## b. 現在のプログラムと料金制度

DSM プログラムは NERSA の指導のもとに実施しており、5 つのプログラムと料金制度における支援策とを用意している。2007 年は当初の目標である 400MW をはるかに超える 650.4MW もの省エネを達成している。

### (a) プログラム

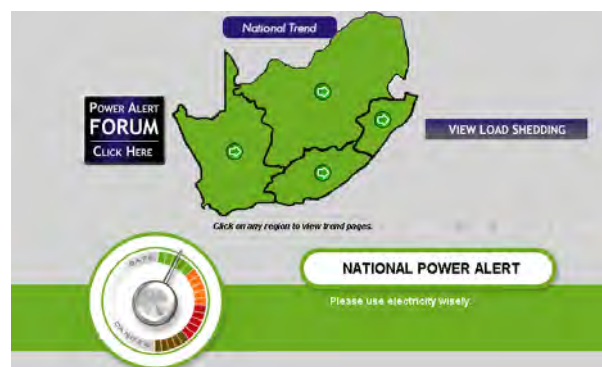
Eskom のプログラムは次の 5 つである。CFL への交換プログラム、電力警報 (Power Alert) プログラム、太陽熱給湯システム普及プログラム、高効率モーター普及プログラム、家庭向け負荷マネージメントプログラムである。概要を以下に示す。

#### ① CFL への交換プログラム(CFL Exchange)

これは家庭部門の選定したエリアを対象に白熱灯を CFL へ無料で交換する国全体のプログラム (Eskom 実施) である。2004 年に開始し、315,000 世帯にも及び 1800 万個以上が白熱灯から CFL に交換された。1 世帯あたりでは最大 5 個までである。南アフリカの全世帯が CFL に交換すれば、1,350MW が削減され、石炭火力発電所 1 か所の半分の発電容量に値すると試算されている。特徴的なのは“配布”ではなく、実際に家庭に入り CFL を取り付け、古い白熱灯を回収して確実に“交換”している点にある。

#### ② 電力警報プログラム (Power Alert)

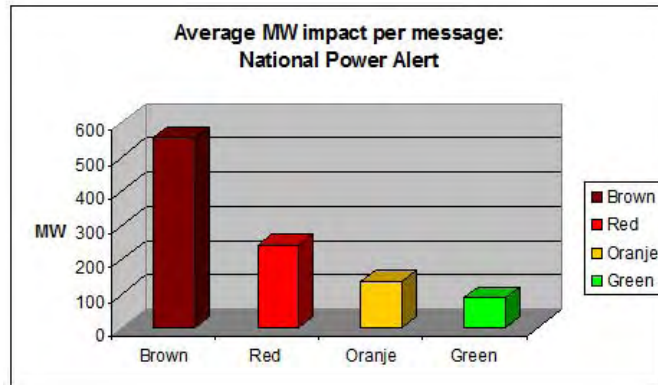
Eskom が国民にメディア (テレビ)、インターネットを通じて需給の逼迫度を 4 段階で知らせ、段階に合わせて切れる家電を切るように呼びかけている。自発的な協力を促すもので義務と見返りはない。地域により逼迫度が異なるため、地域ごとの警報が出される (地域分けは図 2.4-31 参照)。



出典: <http://www.eskomdsm.co.za>

図 2.4-31 電力アラートのメーターと地域図 (Eskom HP)

効果は図 2.4-32 のように見積もられている。これとは別に輪番停電も計画されており、スケジュールが HP 上で確認できる。



出典: <http://www.eskomdsm.co.za>

図 2.4-32 電力警報による効果(推定)

### ③ 太陽熱給湯システム普及プログラム (Solar Water Heating)

政府の目標である、“2013 年までに最終エネルギー消費の 10,000GWh を再生可能エネルギーで供給する” という目標を達成するべく、Eskom ではこの太陽熱給湯システム普及プログラムで前述の目標の 23% (想定 2,300GWh) を達成できると考えている。2008 年に開始したばかりでパイロットステージにある。太陽熱給湯システムを Eskom に登録した業者から導入すると、返金請求書が配布され、導入した太陽熱給湯システムによる電力削減効果の推定を元に返金額が決定し、返金される。システムは一定の基準を満たす必要があり、選定された家庭の電力量はモニター・評価される仕組みになっている。資金は、Demand Side Management Fund より拠出され、Eskom はプログラムの実施主体という位置づけである。



出典: <http://www.eskomdsm.co.za>

図 2.4-33 太陽熱給湯システム

### ④ 高効率モーター普及プログラム (Energy Efficient Motors)

モーターは家庭部門で 1,600 万以上の世帯で使用されており、産業分野の電力消費量の 60%、ピーク時電力の 57%に相当し、全体では 10GW に上ると推定されている。本プログラムは 2007 年中頃に開始し 1 年間のパイロット段階にあるが、古いモーターから効率のよいモーターに交換する際の補助金を提供している。対象モーターは、1.1kW から 90kW と幅広く、1.1kW で 400 ランド程度、90kW で 3,500 ランド程度が支給される。補助金額は、平均的なモーターのカタログ価格と EU の規格で Eff1 (premium efficiency) あるいは Eff2

(improved efficiency) に該当する高効率なモーターとの価格差分が支給される。全国が対象であるが、ケープタウンとダーバンは特に優先順位の高い地域である。交換されたモーターは再度市場に出回らないよう、廃棄処分までチェックされる。

#### ⑤ 家庭向け負荷マネジメントプログラム (Residential Load Management)

本プログラムは、結果として電力消費量の削減にも貢献するが、本来の目的は需給逼迫時の負荷削減 (家庭部門対象) を目的としている。南アフリカ全体で9百万ある世帯の電力消費のピークは、午前7-10時、午後6-9時に現れる。ピーク時の需要をコントロールするため、無線あるいはリップルスイッチを使うシステムを家庭に導入し、需給逼迫時にその家庭で最も電力を使っている機器 (geyser と呼ばれる給湯機器) のスイッチを自動的にリモートで切断する。その後短時間でスイッチは復旧されるため、需要家は電源が切られたという事にも気付かない可能性もある。このシステムにより、配電している地方自治体は需要のコントロールが可能になる。



図 2.4-34 家庭向け負荷マネジメントで導入するシステム

#### (b) 料金制度

料金制度には、通常の時間帯別料金 (TOU)、無効電力料金 (力率を指標に課される) を考慮したもの (家庭部門以外を対象) がある。更には DMP (Demand Market Participation) と呼ばれる、需要のシフト・カットを促す強力な料金施策 (3つのオプションと方針) もある。また、中断可能な電力供給 (Interruptible Load Supply) という、特定の顧客と合意の上で供給電力不足の局面には供給を中断するというものも準備している。見返りとして顧客は格安の料金設定を享受できる。

季節別時間帯別料金は、都市部対象の料金の一部と農村部対象の料金の一部に導入されており、高負荷季節 (6-8月)、低負荷季節 (9-5月) の分類と時間帯で三種の設定があり (平日の場合: ピーク (7-10時と18-20時)、スタンダード (6-7時と10-18時と20-22時)、オフピーク (22-6時))、それぞれ次表のように大きな傾斜をつけている。しかし、省エネルギーを促進する意図を持った体系 (使用量増加に伴い単価も増加する体系) にはなっていない。また、無効電力料金は高負荷季節にのみ適用され、力率96%を基準に超過分に対し請求される。

また、NERSA が強力な DSM プログラムとして検討中の Power Conservation Program Rules の案を 2008 年 12 月に公表し、2009 年 4 月末には導入を目指している。これは、年間電力消費量が 25GWh を超える消費家を対象に強制的に電力削減を課すプログラムである。消費者毎に事前に電力需要カーブの特定が行われ使用可能な電力量の枠が設けられる。特定期間後に電力削減量について個別に検証し、調整量（年率 4% 増）を超えてセクター別削減目標に届かない場合は、未達の程度に応じてペナルティが与えられる。また、使用可能な電力消費量の枠は他社とトレードする仕組（Right to Consume Trading）もある。

表 2.4-13 大規模需要家向けの料金構成の例

Tariff Components (including VAT)	Megaflex
<b>Service Charge (R/day)</b>	
>1MVA	R 81.05
<b>Administration Charge (R/day)</b>	
>1MVA	R 46.74
<b>Network charge (R/kVA)</b>	
Network Demand Charge (R/kVA)*#	R 9.23
Network Access Charge (R/kVA)*#	R 8.15
<b>Energy (c/kWh)</b>	
TOU energy rate: High Demand Season (c/kWh)	
Peak*#	72.05
Standard*#	19.04
Off-peak*#	10.37
TOU energy rate: Low Demand Season (c/kWh)	
Peak*#	20.52
Standard*#	12.77
Off-peak*#	9.01
<b>Electrification and rural subsidy (c/kWh)</b>	2.10
<b>Reactive Energy (c/kvar)</b>	3.65

\*Subject to voltage surcharge

#Subject to transmission surcharge

Peak: 7-10 & 18-20 Standard: 6-7, 10-18 & 20-22 Off-peak: 22-6

High Demand Season: June-August, Low Demand Season: September-May

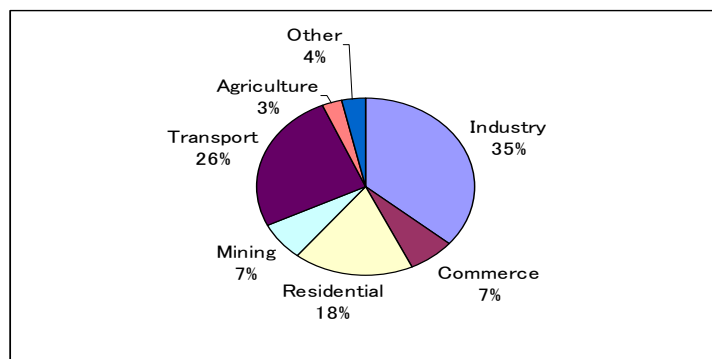
出典: 2008/9 Tariffs and Charges, Eskom

## 2.5 エネルギー消費効率

### 2.5.1 商業・家庭セクターにおけるエネルギー消費効率

#### (1) 商業・家庭セクターのエネルギー消費

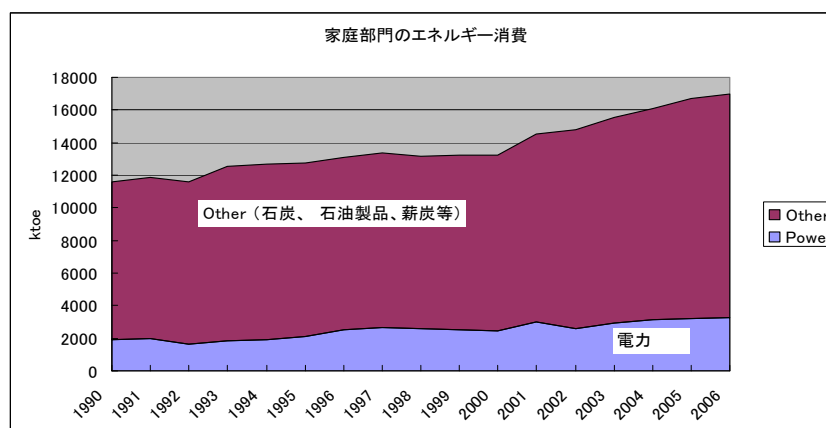
商業および家庭セクターの最終エネルギー消費における割合（2004）は以下のとおりである。家庭セクターは全体の18%（12,650ktoe）、商業セクターは7%（4,400ktoe）を占める。



出典: Digest of South African Energy Statistics 2006

図 2.5-1 商業・家庭セクターの最終エネルギー消費割合（2004）

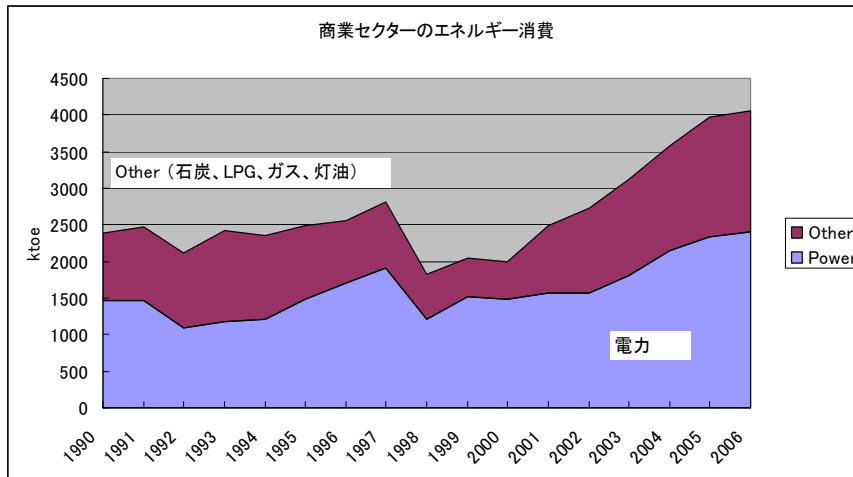
次に家庭セクターのエネルギー消費の推移を示す。家庭セクターは2001年以降家庭部門での石炭の使用量が増加し、同時に電気の使用量も年々増加している。2006年で、各エネルギーの使用割合は、電力19%、石炭19%、灯油3%、薪炭59%である。



出典: IEA データベース 2008

図 2.5-2 家庭セクターの最終エネルギー消費推移

商業セクターのエネルギー消費の推移を示す。商業セクターのエネルギー消費量は1998年のアジア通貨危機以降、順調に推移し2006年には、電力の供給不足と考える対前年比横這い状態となった。2006年時点のエネルギー消費内訳は、電力が59%、石炭が39%、石油製品やガスが2%である。

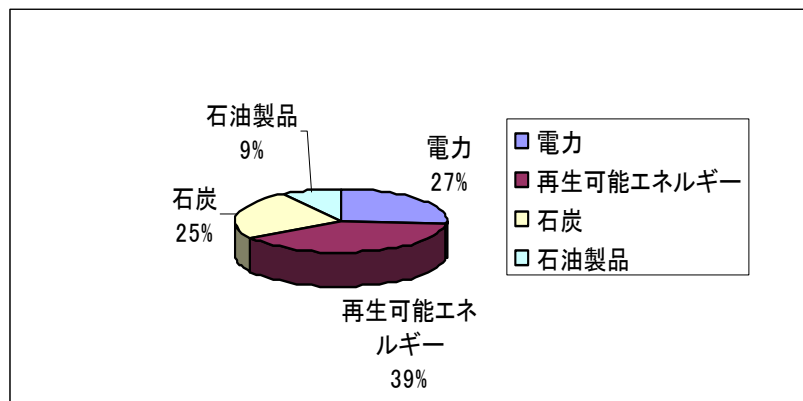


出典: IEA データベース 2008

図 2.5-3 商業セクターの最終エネルギー消費推移

## (2) 家庭セクターの効率化ポテンシャル

以下に 2004 年の家庭セクターのエネルギー消費内訳を示す。再生可能エネルギーは、薪などのバイオマスによる調理・暖房利用、石炭・石油製品も調理・暖房利用と想定される。



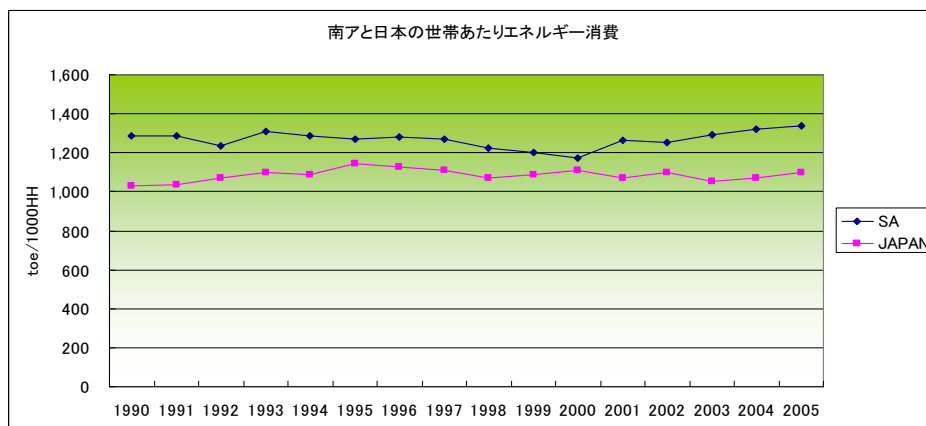
出典: Digest of South African Energy Statistics 2006

図 2.5-4 家庭セクターのエネルギー消費内訳(2004)

- ・家庭セクターの効率化のポテンシャルとして以下の項目があげられる。
- ・家庭消費の 30%程度を占めるといわれる電気温水器（ジーザー）からソーラー温水器の取替（50%程度の電力消費削減）または高効率ヒートポンプ温水器への取替（70%程度の電力消費削減）
- ・暖房利用している石油製品から高効率エアコン（COP3 以上あれば）への切り替え
- ・白熱電球の CFL への取替など（1つあたり 50W 程度の電力消費削減）
- ・各家電製品の賢い使い方（1.1.3(3)に示す冷蔵庫、洗濯機、テレビ/AV 機器などの効率的な使い方）

なお、家庭セクターでは、新技術の導入や賢い使い方などで個別の機器ごとに効率化を図るポテンシャルはあるが、経済成長の著しい国ではそれ以上に新たな電気製品の購入意欲が旺盛で、セクター全体でみた場合、1家庭あたりのエネルギー消費量は一般に増加に向かう。

これを南アと日本の家庭部門での最終エネルギー消費を世帯あたりの使用量で比較すると以下の図のとおりである。双方とも過去15年間（1990-2005年）大きな変動はなく南アは1.3toe/世帯（薪炭を含む）で、日本は1.1toe/世帯で、南アの世帯ではおおよそ日本の1.2倍のエネルギーを使用している。



出典: IEA データベースとエネルギー統計要覧

図 2.5-5 世帯数あたりの家庭部門での最終エネルギー消費量の比較

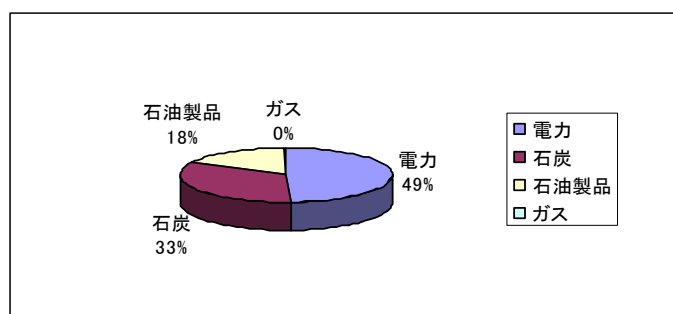
表 2.5-1 世帯数あたりの家庭部門での最終エネルギー消費量 (toe/1000 世帯)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
南ア	1,170	1,264	1,255	1,292	1,320	1,336
日本	1,111	1,072	1,100	1,052	1,068	1,098

出典: 上図に同じ

### (3) 商業セクターの効率化ポテンシャル

以下に2004年の商業セクターのエネルギー消費内訳を示す。石炭・石油製品・ガスとも温水・暖房利用等と想定される。



出典: Digest of South African Energy Statistics 2006

図 2.5-6 商業セクターのエネルギー消費内訳(2004)



商業ビルの電力消費量内訳については、DANIDA が調査を行ったレポートである「CaBEERE (2005)」にヨハネスブルグの 20F 建てオフィスビルをモデルにした計算結果がある（下図）。

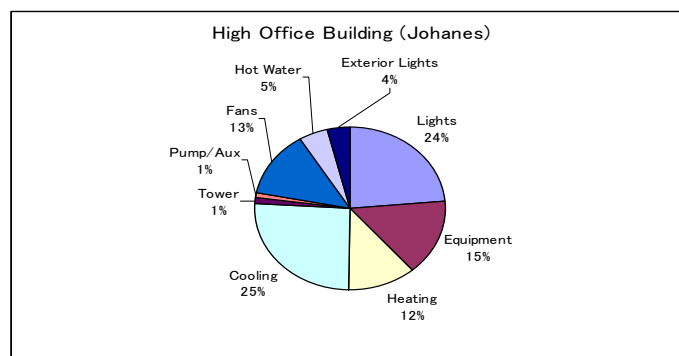


図 2.5-7 20F 建てオフィスビルの年間電力消費量内訳  
出典: CaBEERE 2005

本モデルによれば、電力消費が多いのは、空調で冷房暖房あわせて 37%を占める。次に電灯やファンの電力消費量が多い。

以上より、商業セクターにおける効率化のポテンシャルとして以下の項目があげられる。

- ・ 高効率空調機の導入 (COP2 から COP3 の機器導入より 33%の電力消費量削減)
- ・ 空調の電力消費を節減するための運転管理 (温度設定、運転時間管理などで 10%程度の電力消費量削減)
- ・ 白熱電球の CFL への取替 (1 つあたり 50W 程度の電力消費削減)
- ・ 地下駐車場等にある換気ファンの運転管理など

## 2.5.2 セクター別エネルギー消費効率

### (1) エネルギー効率のインデックス

エネルギーの消費効率の尺度としては、理想的には個別製品の単位あたりのエネルギーの使用量である。しかし、世界的な規模で個別製品別にエネルギー消費量を把握することは不可能に誓い。では、業界単位たとえば化学業界で製品の生産量を合計し、消費したエネルギーの総量からエネルギー消費を計算することも考えられるが、化学品の生産単位はトンからグラムまで幅広く、これらを合計してもほとんど意味がない。次に製品の重量や面積ではなく、製品の価値でなる付加価値 (製品別 GDP) をもって、単位尺度として捕らえることも可能である。付加価値は GDP として発表されているので利用しやすいという側面もある。

ここでは、エネルギー消費量/生産量をもってエネルギー消費効率とした。すなわちエネルギー消費原単位の多寡をもって、エネルギー消費効率の良し悪しとする。さらにポテンシャルとしては、日本のエネルギー消費効率は、いずれの産業においても南アより日本の方が優れているので、南アの現状と日本の現状の差を持って改善余地すなわち「効率化ポテンシャル」とする。

(2) セクター別 GDP に対するエネルギー原単位指標

セクター別の GDP に対するエネルギー原単位の計算結果が表 2.5-2 のとおりである。2006 年と 10 年前の 1996 年を比較すると農業部門で 30%弱、鉱業部門で 40%、製造業で 30%ほどの、GDP に対する原単位の減少、すなわち、エネルギー消費効率の向上が見られる。

表 2.5-2 南アのセクター別 GDP あたりの原単位 (ktoe/百万ドル、2000 年価格)

	農業	鉱業	製造業	建設	商業	輸送
1990	0.272	0.372	0.764	0.000	0.055	1.281
1991	0.261	0.352	0.689	0.000	0.051	1.155
1992	0.282	0.378	0.577	0.001	0.038	0.989
1993	0.345	0.374	0.509	0.062	0.043	1.060
1994	0.337	0.386	0.507	0.067	0.041	1.059
1995	0.370	0.381	0.463	0.064	0.038	1.043
1996	0.365	0.422	0.583	0.076	0.041	1.050
1997	0.355	0.443	0.605	0.074	0.043	1.042
1998	0.397	0.479	0.768	0.076	0.031	1.169
1999	0.402	0.405	0.756	0.074	0.034	1.184
2000	0.372	0.341	0.756	0.079	0.034	1.162
2001	0.416	0.452	0.695	0.088	0.057	1.310
2002	0.390	0.473	0.799	0.090	0.067	1.471
2003	0.303	0.359	0.585	0.065	0.049	0.992
2004	0.275	0.313	0.466	0.046	0.044	0.826
2005	0.273	0.278	0.449	0.039	0.040	0.742
2006	0.266	0.264	0.413	0.037	0.039	0.755

(注) 計算式: エネルギー原単位 = セクターでのエネルギー消費量 / セクターGDP  
出典 IEA データベースより計算

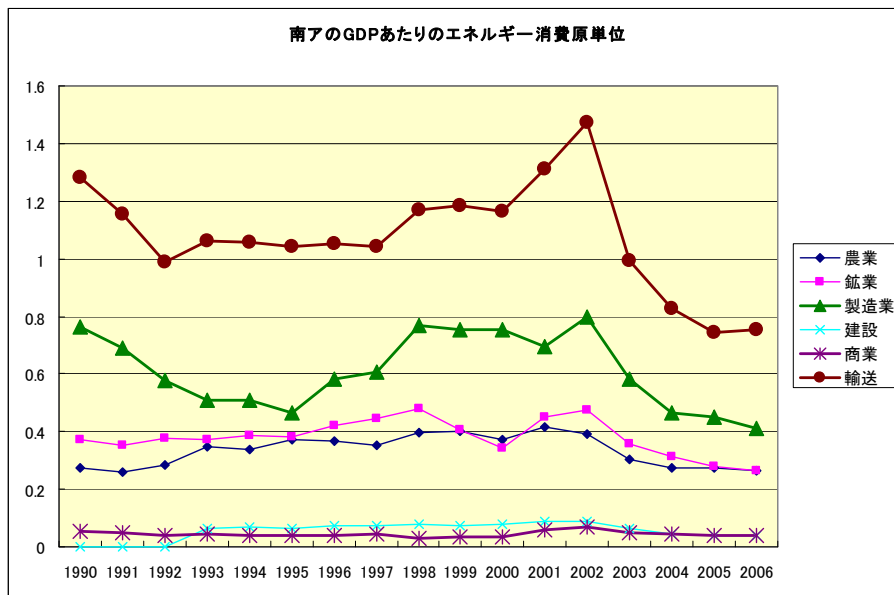


図 2.5-8 南アの GDP あたりのエネルギー消費原単位

同じ算出方法で得られた日本の値は表 2.5-3 で示されている。2006 年と 10 年前の 1996 年のエネルギー消費原単位を比較するとほとんどの部門で大きな変化はない。ただ、鉱業部門では、年々エネルギー消費原単位は上昇し、1996 年の 0.046 から 2006 年の 0.094 への 2 倍近く上昇している。

表 2.5-3 日本のセクター別 GDP あたりの原単位 (ktoe/百万ドル、2000 年価格)

	農業	鉱業	製造業	建設	商業	輸送
1990	0.029	0.063	0.116	0.016	0.029	0.379
1991	0.028	0.057	0.102	0.015	0.025	0.357
1992	0.028	0.052	0.094	0.014	0.023	0.338
1993	0.026	0.045	0.083	0.012	0.021	0.298
1994	0.026	0.042	0.082	0.011	0.019	0.287
1995	0.027	0.039	0.079	0.011	0.019	0.279
1996	0.033	0.046	0.091	0.012	0.022	0.317
1997	0.038	0.048	0.099	0.014	0.023	0.347
1998	0.043	0.051	0.102	0.015	0.026	0.370
1999	0.043	0.064	0.096	0.015	0.021	0.306
2000	0.036	0.069	0.097	0.014	0.022	0.300
2001	0.052	0.074	0.113	0.016	0.025	0.370
2002	0.043	0.079	0.115	0.016	0.026	0.334
2003	0.041	0.073	0.105	0.015	0.024	0.308
2004	0.040	0.079	0.098	0.014	0.023	0.295
2005	0.041	0.088	0.101	0.014	0.024	0.312
2006	0.042	0.094	0.105	0.014	0.025	0.319

出典)IEA データベースより計算

南アと日本の 2006 年のデータを比較したのが表 2.5-4 であるが、表の倍率は南アのエネルギー原単位が日本のその何倍かを示している。日本のエネルギー消費原単位は世界の中でもトップクラスであることから、日本の値まで南アの原単位は向上できる可能性があると考え、これをもってエネルギー効率改善の「ポテンシャル」と考えることができる。これによるとポテンシャルは各セクターで、1.5 倍から 6.3 倍までの幅がある。南アの製造業は日本の約 4 倍のエネルギー消費原単位で、改善の余地は十分にある、同様に農業は 6 倍、工業は 3 倍、商業・サービスは 1.5 倍、家庭は 2 倍である。

表 2.5-4 南アと日本の GDP あたりのエネルギー消費原単位の比較 (2006 年)

(ktoe/百万ドル、2000 年価格)

	農業	鉱業	製造業	建設	商業	輸送
南アフリカ	0.266	0.264	0.413	0.037	0.039	0.755
日本	0.042	0.094	0.105	0.014	0.025	0.319
倍率	6.324	2.799	3.926	2.620	1.571	2.369

### 2.5.3 エネルギー多消費産業のエネルギー消費効率

#### (1) 鉄鋼業のエネルギー消費と効率化ポテンシャル

鉄鋼の生産量を推算する。データの出所は南アの統計局が公表している 2003 年 11 月公表の“Manufacturing Statistics South Africa”の中の”Products Manufactured: Basic Metal and Fabricated Metal Products, Machinery and Equipment, Motor Vehicles and Parts and Miscellaneous Products”である。この中に”Basic Iron and steel products”の項目があり、このデータと生産指数とから生産量を計算する。ついで銑鉄と粗鋼の生産量は“SOUTH AFRICAN IRON &

STEEL INSTITUTE”が2003年から発表されているので、両者の合計をもって生産量とする。日本の場合は粗鋼、銑鉄、フェオアロイ、メッキ鋼材、鋼半製品、鍛鋼品（打放）、鍛鋼品（鑄放）、普通鋼熱間圧延鋼材、冷延広幅帯鋼、冷延鋼板、特殊鋼、ブリキとなっており、個別の生産量が把握されている。南アの製品の分類は必ずしも日本のそれと1対1対応にはなっていない。南アと日本の鉄鋼生産量とこの鉄鋼業の総エネルギー消費量を生産量で除して、エネルギー消費原単位を算出した結果が表2.5-5と表2.5-6である。

表 2.5-5 南アの鉄鋼業のエネルギー原単位対生産量

	生産量 (1000t)	エネルギー消費量 (ktoe)	エネルギー原単位 (ktoe/1000t)
2003	22,354	5,963	0.27
2004	22,399	6,417	0.29
2005	22,227	6,295	0.28
2006	22,817	5,675	0.25

表 2.5-6 日本の鉄鋼業のエネルギー原単位対生産量

	生産量 (1000t)	エネルギー消費量 (ktoe)	エネルギー原単位 (ktoe/1000t)
2003	445,542	20,505	0.046
2004	455,259	20,545	0.045
2005	451,429	21,946	0.049
2006	463,632	22,402	0.048

南アと日本のエネルギー消費原単位を図で示したのが図2.5-9である。

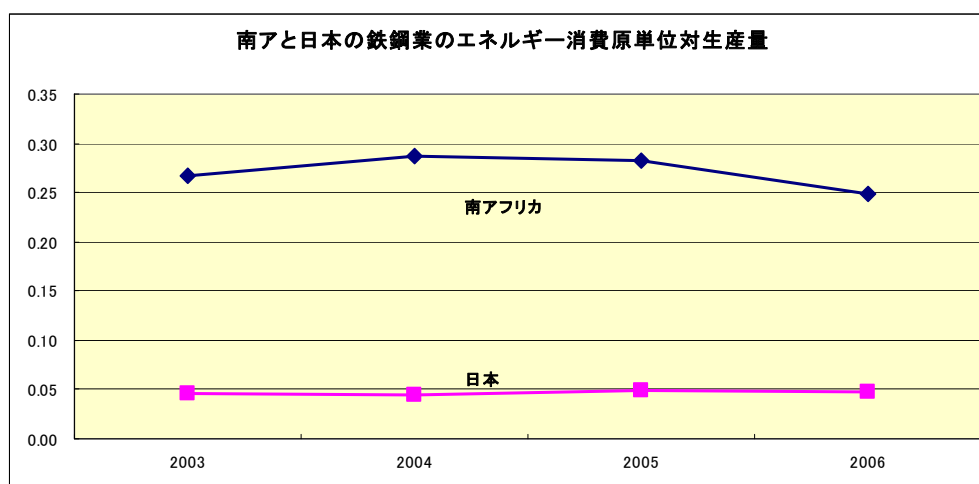


図 2.5-9 南アと日本の鉄鋼業のエネルギー消費原単位対生産量

GDPあたりのポテンシャルを見ると次のとおりである。すでに表2.3-3で鉄鋼業の2000年ベース基準の実質GDP（付加価値額）をランドで掲載しているが、日本との比較をするためにGDPをUS\$ベースに変換してエネルギー消費原単位対GDPを算出し、日本との倍率を計算したのが表2.5-7、図2.5-10である。

表 2.5-7 南アと日本の鉄鋼部門のエネルギー原単位対 GDP の比較

	南アフリカ	日本	倍率
2003	3.368	0.509	6.62
2004	3.058	0.450	6.80
2005	3.110	0.373	8.35
2006	2.493	0.391	6.37

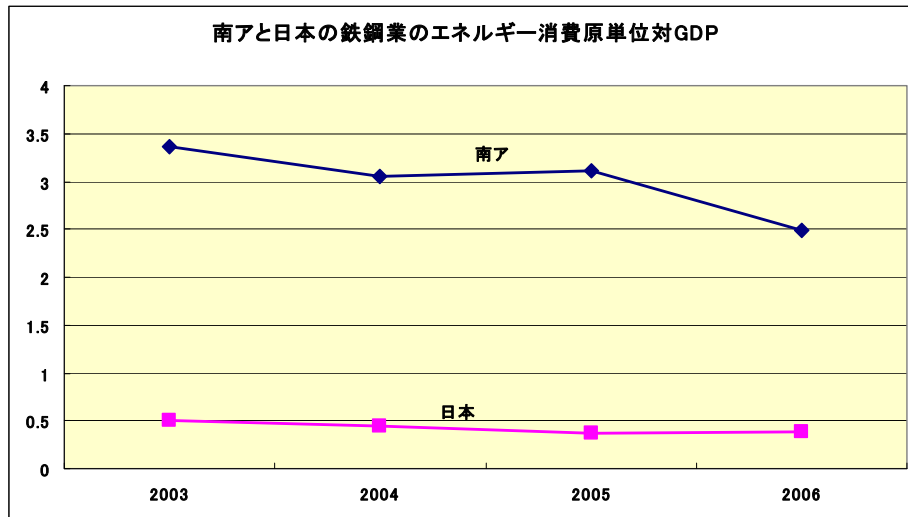


図 2.5-10 南アと日本の鉄鋼業のエネルギー消費原単位対 GDP

生産量に対するエネルギー原単位は 2006 年で 5.2 倍、GDP に対するそれは 6.4 倍で前者が若干少なめである。計算のベースとなる南アのデータが不正確であるため、どちらが正しいかは判定できないが、いずれにしても日本の鉄鋼業のエネルギー原単位は、南アとは 5 倍～6 倍の開きがあると言える。このことは南アの鉄鋼業のエネルギー効率改善のポテンシャルはまだ十分にあるといえる。

## (2) 非鉄金属産業のエネルギー消費効率と効率化ポテンシャル

鉄鋼業と同様に、表 2.5-8 に公表されている個別製品の生産量を示す。日本の非鉄金属の分類は、電気金、電気銀、電気銅、電気鉛、亜鉛、すず地金、アンチモン、ニッケル、コバルト、タングステン、アルミニウム（圧延製品、アルミニウム箔）、伸銅製品、電線・ケーブル（銅線、アルミニウム線）となっている。南アは鋳物製品(casting)が大きい、これは日本の分類では、鋳物という分類であり非鉄金属には属していない。しかし世界標準の工業製品分類表(ISIC)に準拠する IEA のエネルギー消費は鋳物という分類がなく非鉄金属の中に分類されているので、ここでは鋳物は非鉄金属の範疇に入れておく。

表 2.5-8 非鉄金属の生産量実績値(単位 1000t)

		2001	2002
Extrusion	aluminium	40.627	45.937
	copper And Brass	6.312	6.974
	casting	919.938	974.275
	total	966.877	1027.186
Structural metal processing			
	Reinforcing metal work	187	243
	cables,wire product and Gates		
	wire, netting and mesh	90.479	95.911
	total	277.479	338.911

次に非鉄金属の生産量を生産指数で推算し、エネルギー消費量とでエネルギー消費原単位(効率)を表 2.5-9 に示す。

表 2.5-9 南アの非鉄金属のエネルギー原単位

	生産量 (1000t)	エネルギー消費量 (ktoe)	エネルギー原単位 (ktoe/1000t)
1990	712	2,107	2.96
1991	705	1,606	2.28
1992	670	1,289	1.92
1993	653	558	0.86
1994	742	530	0.71
1995	836	616	0.74
1996	1,131	1,143	1.01
1997	1,133	1,281	1.13
1998	1,134	1,291	1.14
1999	1,125	1,323	1.18
2000	1,235	1,342	1.09
2001	1,244	1,305	1.05
2002	1,316	1,328	1.01
2003	1,266	1,398	1.10
2004	1,360	1,544	1.14
2005	1,373	1,603	1.17
2006	1,484	1,651	1.11

注 : 2001 年は実績、その他の生産量は、生産指数より計算

出典: IEA データベースと Manufacturing statistics South Africa

同様に日本を計算した結果は表 2.5-10 に示されている。日本の場合生産量に鋳物は除いている。日本のエネルギー消費原単位は安定しており、さらに着実に減少している。これに対して南アは日本の 3 倍以上の低い効率で推移し、改善の余地は十分にある。南アの非鉄産業の場合エネルギー消費は電力のみである。したがって、南アで使用されている電気精錬機器と日本の機器とを比較すると、その差が見えてくる。また、日本では電力以外でも熱源で石炭、石油、ガスが利用されているが、このエネルギーの差が、プロセスに関係するのであれば、エネルギー消費原単位に影響する可能性があるため検討の余地がある。

表 2.5-10 日本の非鉄金属のエネルギー消費原単位

	生産量 (1000t)	エネルギー消費量 (ktoe)	エネルギー原単位 (ktoe/1000t)
1990	5,545	2,760	0.50
1991	5,763	2,636	0.46
1992	5,681	2,571	0.45
1993	5,523	2,459	0.45
1994	5,771	2,427	0.42
1995	5,906	2,342	0.40
1996	5,990	2,170	0.36
1997	6,177	2,253	0.36
1998	5,860	1,984	0.34
1999	5,901	2,038	0.35
2000	6,184	2,065	0.33
2001	5,946	1,932	0.32
2002	5,964	1,937	0.32
2003	6,123	1,919	0.31
2004	6,213	1,933	0.31
2005	6,526	1,976	0.30
2006	6,708	2,115	0.32

出典)IEA データベースと「日本の統計」(経産省統計部)より算出

非鉄金属のエネルギー原単位対生産量を日本と比較をした表が 2.5.11 である。これをグラフで示すと図 2.5-11 である。

表 2.5-11 南アの非鉄金属のエネルギー原単位対生産量の比較

	エネルギー原単位(ktoe/1000t)		
	南アフリカ	日本	倍率
1990	2.957	0.498	5.941
1991	2.279	0.457	4.982
1992	1.925	0.453	4.253
1993	0.855	0.445	1.920
1994	0.714	0.421	1.698
1995	0.736	0.397	1.857
1996	1.010	0.362	2.789
1997	1.131	0.365	3.099
1998	1.138	0.339	3.362
1999	1.176	0.345	3.406
2000	1.087	0.334	3.254
2001	1.049	0.325	3.228
2002	1.009	0.325	3.106
2003	1.104	0.313	3.524
2004	1.135	0.311	3.649
2005	1.167	0.303	3.856
2006	1.112	0.315	3.527

出典)本調査団が算出

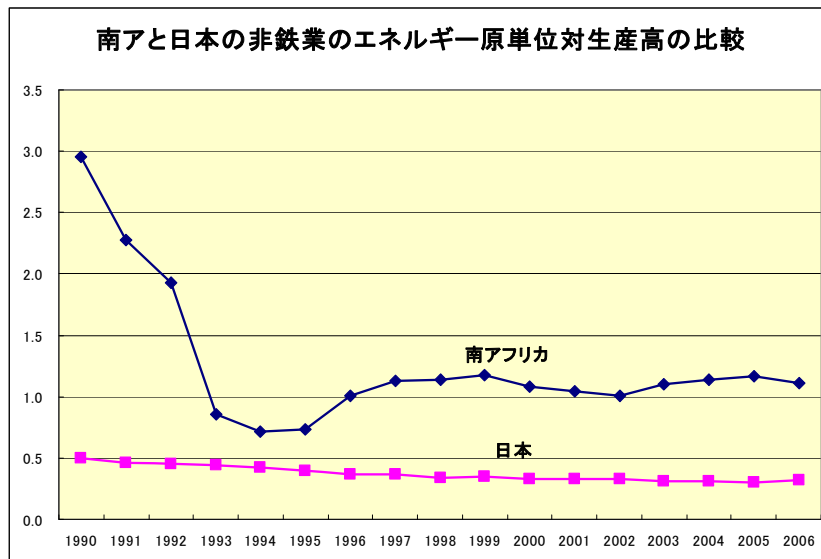


図 2.5-11 南アと日本の非鉄業のエネルギー原単位対生産高の比較

次に GDP あたりのエネルギーの原単位を算出し、日本と比較したのが表 2.5-12 で、そのグラフが図 2.5-12 である。

表 2.5-12 南アの非鉄金属のエネルギー原単位対 GDP の比較

	エネルギー原単位(ktoe/1000t)		倍率
	南アフリカ	日本	
1990	1.068	0.030	36.149
1991	0.882	0.027	32.923
1992	0.751	0.027	27.443
1993	0.340	0.028	12.227
1994	0.305	0.029	10.472
1995	0.329	0.027	12.230
1996	0.545	0.024	22.583
1997	0.569	0.025	22.596
1998	0.628	0.024	26.134
1999	0.663	0.027	24.506
2000	0.621	0.026	23.518
2001	0.576	0.026	22.267
2002	0.568	0.027	20.849
2003	0.625	0.027	23.141
2004	0.705	0.029	24.569
2005	0.699	0.029	24.340
2006	0.662	0.027	24.709

出典:本調査団が算出



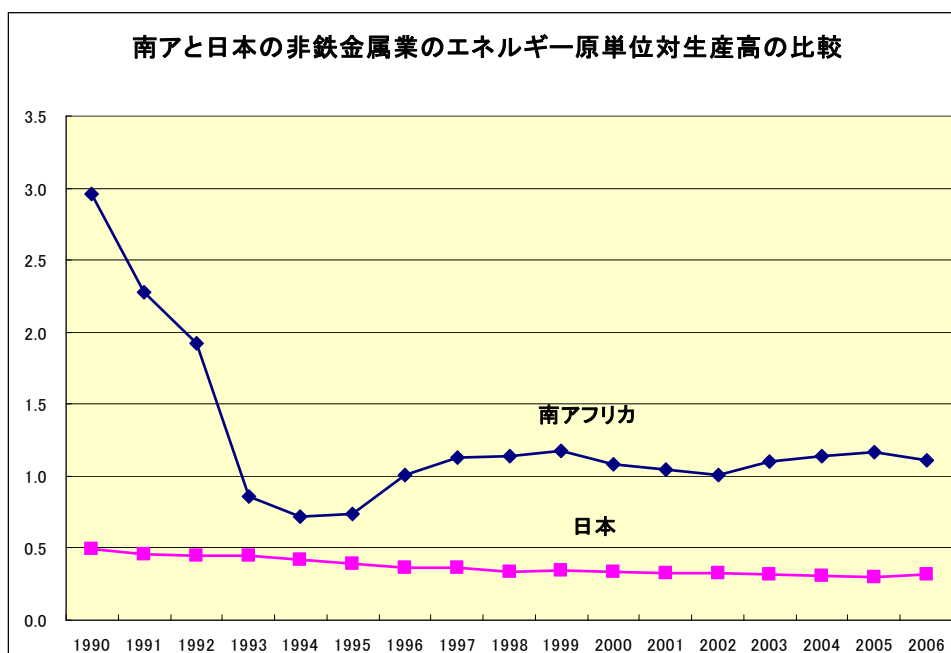


図 2.5-12 南アと日本の非鉄金属業のエネルギー原単位対 GDP

すでに述べたようにエネルギー原単位対生産量の 2006 年での日本の倍率は 3.5 倍であったが、対 GDP でみるとそれは 22.7 倍となっている。両者に大きな開きがあるが、この理由を明確に説明できないが、日本は金属資源が少ないために、生成される金属の価格が生産者が直接国際価格で取引をしており GDP である生産者付加価値が高いこと、さらに日本の精錬技術が高いため GDP に対するエネルギー消費原単位が小さいものと思われる。また、南アはアルミニウムの生産が世界で 9 位の 0.9 百万トンで、アルミ電気精錬で電力の使用量は大きいことも原因しているものと思われる。さらに南アの非鉄金属には金やダイヤモンドやレアメタルが多いが、日本の非鉄金属には、この産業はほとんどなく両国の非鉄製品の構成が大きく異なる。したがって、世界産業分類や各国統計による業界ごとのエネルギー消費原単位の比較には十分に注意する必要がある。

### (3) 窯業のエネルギー消費効率と効率化ポテンシャル

エネルギー消費効率の計算結果が表 2.5-13 で、表中の生産量はセメントの生産量である。

表 2.5-13 南のセメントの生産量とエネルギー消費原単位

	生産量 (1000t)	エネルギー消費 (ktoe)	エネルギー消費原単位 (ktoe/1000t)
2000	8,715	1,103	0.127
2001	8,036	793	0.099
2002	8,525	942	0.110
2003	8,883	1,319	0.148

出典: Statistical Year Book United Nations

表 2.5-13 中の生産量とエネルギー消費量から算出したセメントのエネルギー消費原単位対生産高は最右欄に記載されている。

同様に日本のデータは表 2.5-14 に示されている。

表 2.5-14 日本のセメントの生産量とエネルギー消費原単位

	生産量 (1000t)	エネルギー消費 (ktoe)	エネルギー消費原単位 (ktoe/1000t)
2000	94,168	9,585	0.102
2001	88,716	9,151	0.103
2002	83,649	8,886	0.106
2003	80,925	9,039	0.112
2004	79,964	8,467	0.106
2005	82,348	8,702	0.106
2006	82,510	8,931	0.108

出典：原単位は本調査団が算出

南アと日本のエネルギー消費原単位対生産高を比較した表が表 2.5-15 である。

表 2.5-15 窯業における南アと日本の比較(ktoe/1000t)

	南アフリカ	日本	倍率
2000	0.127	0.102	1.24
2001	0.099	0.103	0.96
2002	0.110	0.106	1.04
2003	0.148	0.112	1.33

次に GDP に対するエネルギー原単位をしてみる。その結果は次のとおりである。

表 2.5-16 南アと日本の窯業におけるエネルギー原単位対 GDP の比較

	エネルギー原単位(ktoe/1000t)		
	南アフリカ	日本	倍率
1990	2.957	0.498	5.941
1991	2.279	0.457	4.982
1992	1.925	0.453	4.253
1993	0.855	0.445	1.920
1994	0.714	0.421	1.698
1995	0.736	0.397	1.857
1996	1.010	0.362	2.789
1997	1.131	0.365	3.099
1998	1.138	0.339	3.362
1999	1.176	0.345	3.406
2000	1.087	0.334	3.254
2001	1.049	0.325	3.228
2002	1.009	0.325	3.106
2003	1.104	0.313	3.524
2004	1.135	0.311	3.649
2005	1.167	0.303	3.856
2006	1.112	0.315	3.527

2003年における南アの窯業における原単位は生産量に対する場合は1.3倍、GDPに対しては7.2倍である。生産量あたりの原単位は純粋にセメントだけの生産量を使っているが、エネルギー消費量はガラスなどのセメント以外の製品も含まれているので、原単位は大きめに出ていると推察される。1.3と7.2の差は、南アと日本の窯業界の付加価値の違いによりおきているものと考えられる。このことから、生産量に対するエネルギー消費原単位1.3を以って窯業のエネルギー効率改善のポテンシャルとする。

#### (4) 化学産業のエネルギー消費効率と効率化ポテンシャル

化学産業における製品は多岐に渡っており、エチレンやポリプロピレンのようなバルク化学品とファイン化学品が、同じ化学部門に分類されている。石油化学製品の生産量やエネルギー消費量のデータが入手できれば生産量に対するエネルギー消費原単位を計算できるが、実際は入手不可能であるため、化学部門は生産量に対するエネルギー消費原単位の計算は難しく、GDPあたりのエネルギー消費原単位を以ってエネルギー効率改善ポテンシャルを検討する。図2.3-6で産業別のエネルギー原単位対GDPを示しているが、化学のみを抽出し日本と比較してみると表2.5-17になる。

表 2.5-17 南アと日本の化学産業におけるエネルギー原単位対GDPの比較

	南アフリカ	日本	倍率
1990	0.321	0.118	2.724
1991	0.330	0.118	2.804
1992	0.380	0.114	3.324
1993	0.431	0.119	3.626
1994	0.376	0.125	3.009
1995	0.459	0.124	3.687
1996	0.434	0.128	3.390
1997	0.355	0.131	2.715
1998	0.548	0.132	4.147
1999	0.398	0.138	2.887
2000	0.386	0.139	2.776
2001	0.278	0.139	1.998
2002	0.275	0.135	2.042
2003	0.276	0.128	2.161
2004	0.293	0.128	2.300
2005	0.481	0.129	3.722
2006	0.469	0.135	3.467

この表より南アのエネルギー消費原単位対GDPは日本の約2~4倍の開きがある。この開きは他の業種よりは小さいが、改善の余地はある。ここで気をつけなくてはならないのは、南アの薬品に関するデータがなく、それに比較して日本の薬品は大きいので、エネルギー消費原単位対GDPは小さめに出ている可能性があることである。もしそうだとすると、この差はより小さいものと思われ、南アの化学部門は健闘しているといえなくもない。

#### 2.5.4 エネルギー効率協定(Energy Efficiency Accord)

エネルギー効率改善戦略が2005年に鉱物・エネルギー大臣により承認され導入され、そこで提案された活動のレビューを行うために、「Energy Efficiency Accord (以下、エネルギー効率化協定)」が産業界の自主参加のもと政府(DME)との共同署名という形で結成された。

本協定は、NBI（National Business Initiative）という業界団体組織により運営されており、2008年11月には協定に署名した団体の活動レビューが「ASSESSMENT STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY ACCORD（November 2008）」にとりまとめられている。以下、Assessment Study レポートより協定の概要、電力事情、参加企業の効率化活動等を抜粋して紹介する。

### (1) 協定参加組織

エネルギー効率改善戦略によれば、2015年までに、産業・鉱業・商業セクターで2000年時の想定需要に対し15%を削減する目標を掲げており、この国家目標を達成するため、参加各社は自主目標を立てて各自効率化活動を行い、それらの成果を報告することとなる。

2005年5月に23のトップ企業と7つの団体が協定に参加し、現在は36のトップ企業と8つの団体が参加している。参加業種は、鉱業、工業、石油化学、商業部門、金融部門などで、企業としては、Eskom, Sasol, BHP Billiton, Anglo American, AngloGold Ashanti, Anglo Platinum, Xstrata, ArcelorMittal、Exxaro などである。

### (2) 目的

協定の目的として以下の6つのポイントが上げられている。

- ・自主効率イニシアティブに向けた相互に裨益するフレームワークの構築（CDMに向けた投資の呼び込み）
- ・産業界が自主的に参加できるプログラムの構築
- ・より高い経済成長の達成
- ・エネルギー効率戦略に謳われる2015年までに12%の削減の追求
- ・クリーン開発事業となりうるようなイニシアティブへの協力
- ・エネルギー効率戦略に対する継続的レビューの実施

### (3) 電力不足の経緯

Assessment Study レポートでは、現在の電力不足に陥っている背景について以下の通り総括している。

- ・アパルトヘイトの影響で経済成長が鈍化し、90年代初期に Eskom の発電容量のうち1/3以上が余剰設備となってしまった。
- ・収益回復のため電気事業者は電力需要の促進を図った。
- ・多くの発電所の初期コストが償却され、さらに石炭の長期契約で安い燃料供給が可能となって、世界で最も安い電気料金の国のひとつとなった。
- ・結果的に多くのエネルギー多消費産業の投資を喚起することとなり、逆に電力不足という事態を招いた。

さらには、上記電力不足の個別要因として以下をあげている。

- ・最近になるまで省エネに対する関心がおろそかになっていた。
- ・他燃料から電力にスイッチする促進が行われてきた。
- ・大規模な地方電化計画が十分なピーク対策やエネルギー需要対策について十分な計画を立

てずに行われてきた。

- ・ 貧困者向けのフリーザービスが住宅セクターの効率的使用の促進なしに進められてきた。
- ・ エネルギー効率化の投資が安い電気料金によりコストにあわない状況となっている。
- ・ 94年以降の急速な経済成長が、Eskomの長期計画に適正に反映されなかった。

#### (4) 電力不足回復のための手段

Assessment Study レポートでは電力不足回復のための手段について以下のとおり述べている。

2008年1月にDMEとEskomが「National response to South Africa's electricity shortage」を発表し、3,430億ランドの発電事業への投資を発表した。さらに配電事業へのメンテナンスや投資の計画がなされた。

しかしながら、実際のところ上記発電計画は2013年までに実現しないため、Eskomは適正なりザーブマージン(15%)を確保するため、大規模な消費者サイド方策を実施する必要性に迫られた。

最も期待されたのは、私企業で設置されるコージェネレーション事業であり、産業プロセスからの排熱を利用した発電を自社内またはEskomへの販売に利用するものであったが、これらの承認や計画が遅延して立ち止まっている。

結果的に短中期的なりザーブマージン確保のため、Eskomは消費者サイドの効率化とDSMに重点を置くこととした。これは、消費者に対するインセンティブとペナルティの付与から構成される。

#### (5) 参加各企業に対するアンケート調査

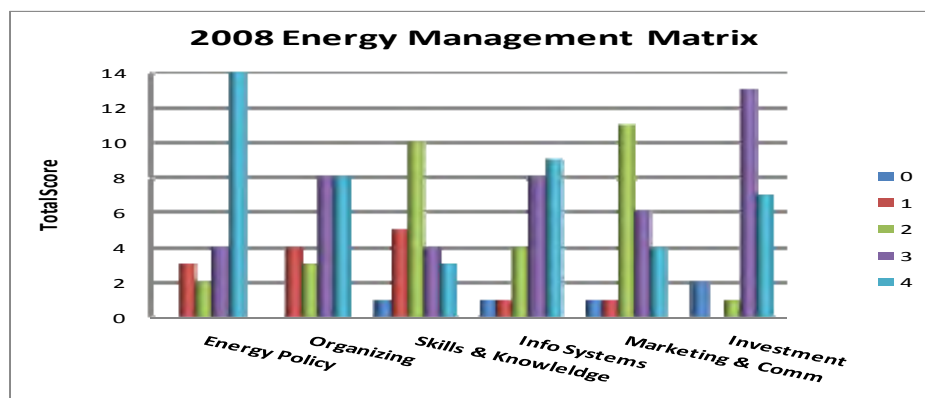
Assessment Studyにおいて、参加各企業に効率活動実施状況をアンケートにて集約した結果を以下に要約する(2008年実施)。アンケートへの対応企業は、参加全36社のうち21社であった。

アンケートは、定性評価アンケートと定量評価アンケートに分けられている。定性評価アンケートは、エネルギー方針(Energy Policy)、組織(Organization)、スキルと知識(Skills & Knowledge)、目標値モニタリングの情報システム(Information Systems for Target Monitoring)、投資判断(Investment Decision)、モチベーション(Motivation through Communication and Marketing)の6つの項目について、各社に0~4の5段階でレーティングしてもらうものである。0が何もしていない段階、1-2は開発段階、3-4は洗練された段階という評価にしている。

一方定量評価アンケートは、各企業のエネルギーデータや省エネ達成度等を集約したものとなっている。

##### a. 定性評価アンケート結果

以下に各企業が回答した結果を示す。各企業の自主回答のため、各企業同等の評価基準をもって回答されているものではないため企業間同士での比較は難しいが、同一企業内では6つの項目に対するレーティングは同等の基準をもって判断していると思われる。6つの項目を横並びで見ればある程度信頼できる傾向が把握できるものと思われる。



出典: ASSESSMENT STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY ACCORD (November 2008)

図 2.5-13 6つの項目の各企業評価

以上の評価結果より、エネルギー方針や投資判断などの経営層による管理は充実しているようであるが、従業員側のスキルと知識やモチベーションが弱いことがわかる。

Assessment Study においても従業員のスキルと知識の向上が、今後の協定活動にて努力を払うべき分野と位置づけている。

**b. 定量評価アンケート結果**

① エネルギー種

以下に、回答があった企業のエネルギー種の内訳を示す。電力、石炭、ディーゼル（軽油）のほか、石油、天然ガスがある。

表 2.5-18 回答企業のエネルギー消費量

Source of Energy	Electricity	Diesel	Petrol	Natural Gas	Coal
Unit of Measure	GWh	kilolitres	kilolitres	m <sup>3</sup>	Tonnes
No of Signatories that Reported	19	10	6	4	10
Industrial	35,530	202,214	1,463	265,626,789	127,934,371
Mining	20,472	170,905	2,462	71,037	250
Commercial	561	10,685	-	-	-
<b>Total</b>	<b>56,563</b>	<b>383,803</b>	<b>3,925</b>	<b>265,697,827</b>	<b>127,934,621</b>
National Consumption	240,000				
% of National	24%				

出典: ASSESSMENT STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY ACCORD (November 2008)

特徴的なのは、回答があった 19 社だけで、国全体の電力消費の 24%を占めていることであり、産業・鉱業向けに電力効率化を進める場合には、協定参加企業との連携、つまり NBI を通じた連携が重要と思われる。また鉄鋼とならんでエネルギー消費の大きい鉱業については、電力・ディーゼルが主要エネルギーであることもわかる。

天然ガスのユーザーとして報告があったのは 4 社であったが、報告された消費量の 86%

を占めるのは鉄鋼産業（ArcelorMittal 社）であった。ほかにも Sasol 社という大口ユーザーがいるが報告がなかったため含まれていない。

石炭は 10 社から 12,800 万 ton の消費が報告されているが、これら企業の主なエネルギー種は Eskom から購入する電力で、電力のエネルギー割合は 93%と報告がある。

② 電力需要の削減

電力需要の削減について、15 社より回答があった。2007 年度において 2,405GWh の削減に成功した（ベースラインは各社別々）。これは国全体の電力消費量の約 1%にあたる。

表 2.5-19 回答のあった企業の電力需要削減量（単位：MWh）

Sector	2007
Industry	789,857
Mining	1,594,374
Commercial	21,410
<b>Total Savings (15 Signatories)</b>	<b>2,405,641</b>

(出典: ASSESSMENT STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY ACCORD (November 2008))

③ エネルギー効率化・DSM 基金（Energy Efficiency and Demand-Side Management (EEDSM Fund)）の活用状況

NERSA（National Energy Regulator of South Africa）は、DSM 事業に 100%、エネルギー効率化事業の 50%の援助を与えるスキームをもつ。これは年度ごとに NERSA から予算承認を得た Eskom が実施機関となる。

2005 年以降累計の EEDSM Fund への協定参加企業の申請数・採択数を以下に示す。

表 2.5-20 協定参加企業の申請数と採択数

Sector	No of Applications	Successful Applications
Industry	8	6
Mining	19	10
Commercial	6	2
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>18</b>

(出典: ASSESSMENT STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY ACCORD (November 2008))

24 社から 33 件の申請があり、うち採択されたのが 18 件であった。採択案件の 10 件までが鉱業セクターであった。

## 2.5.5 調査団によるアンケート調査

### (1) アンケート結果

調査団は2008年11月25日のNBI訪問時に協定参加企業8社を集めてアンケートを行った。アンケートの結果を次ページに要約する。

### (2) 考察

アンケート結果から以下の考察ができる。

8業種はその業態により3つに分類される。現場展開型（鉱業・石炭積出港）、工場型（石油化学、鉄鋼、セメント、ビール・飲料）、ビル型（電力会社ビル、プロパティ）。

現場展開型は、比較的単純な電力消費設備構成（コンプレッサー、ポンプ、モーターなど）であり、（古い）非効率な機器を最新式に更新していくことで効率化が期待できる。

工場型は、自社内排熱利用発電または再生可能エネルギー利用などによる比較的大規模な効率事業が期待されている。

ビル型は、エネルギー管理における人材、予算、省エネ組織構築が課題と思われる。



表 2.5-21 調査団によるアンケート結果集約表(1/2)

	鉱業	電力 (ビル)	石油化学	鉄鋼	セメント	ビール・飲料	石炭積出港	プロパティ
<b>1. 会社概要に関する質問</b>								
年間生産高・サービス	金 75 ton	電力 38,000 MW	石油化学製品 1.3 billion R 売上	鉄 6.5 million ton	セメント 72 million ton	ビール 27 million hectoliter ソフトドリンク 17 million hectoliter	石炭輸出 76 million ton	ホテル運営管理 -
従業員規模	1 万人以上	1 万人以上	1 万人以上	1 万人以上	100 人以上 999 人以下	5,000 人以上 9,999 人以下	1,000 人以上 4,999 人以下	1,000 人以上 4,999 人以下
最大エネルギー消費サイト	マイニング	ビル (発電所は除外)	工場	工場	工場	工場	プラント	ビル
<b>2. 各社の最大エネルギー消費サイトに関する質問</b>								
最もエネルギーを消費するプロセス	抽出プラント	-	石油化学プロセス設備	-	粉砕プロセス	熱加工プロセス	ベルトコンベア	空調
最も多いエネルギー消費 2 番目に多いエネルギー消費	電力 オイル	-	石炭 電力	石炭 電力	電力 オイル	石炭 電力	電力 オイル	電力 ガス
電力消費設備 B: Boiler, C: Compressor, M: Motor, P: Pump, L: Lighting, A: AC	C, P, A	L, A	B, C, M, P, L, A	-	C, M, P, L, A	B, C, M, P, L, A	M, L, A	C, M, P, L, A
<b>3. 電力設備に関する質問</b>								
契約電力	480 MVA	-	800MW	754MW	22MW	15MVA	25MW	-
自家発電の有無	あり (80MVA) 緊急用	あり	あり (600MW) 常時運転用	あり (60MVA) 常時運転用	なし	あり 緊急用	なし	あり 緊急用
<b>4. エネルギー管理と意識に関する質問</b>								
トップマネジメントの意識	Very Positive	Positive	Very Positive	Very Positive	Positive	Very Positive	Very Positive	Very Positive
従業員の意識	Positive	Fair	Positive	Fair	Fair	Positive	Very Positive	Positive
社内省エネ推進組織	Yes and Well	Yes but not Well	Yes and Well	Yes but not Well	Yes and Still Developing	Yes and Well	Yes and Well	No Organized
人材の確保	Not Sufficient	Fair	Fair	Not Sufficient	Not Sufficient	Not Sufficient	Fair	Not Sufficient
予算の確保	Not Sufficient	Fair	-	-	Fair	Fair	Sufficient	Not Sufficient

表 2.5-22 調査団によるアンケート結果集約表(2/2)

	鉱業	電力 (ビル)	石油化学	鉄鋼	セメント	ビール・飲料	石炭積出港	プロパティ
<b>5. 過去の効率化事業と計画に関する質問</b>								
過去の効果的な事業	3 Pipe Chamber Pump	Head Office Building Refreshment	Replace of Steam Turbine	Heat Recovery 100MW P/S (planned in 2011) 100MW	Lighting	VSD on Compressor	Lighting & Diesel	Lighting
事業効果	9MW Saving	-	30MW Saving	-	-	Electricity 5% Saving, Boiler Thermal 8% Saving	-	-
今後期待される事業	Replace Compress Air Process with (1) Other Technology and (2) Heat Pump	Building Efficiency	Gas Turbine and Heat Boiler Optimization	Heat Recovery P/S (290MW) and Wind Power 60MW	Upgrade Ball Mill	Co-generation using Biogas	Bull Dozer Diesel Utilization	-
想定事業効果	12 GWh / year Saving	-	-	-	-	2.4MW	-	-
想定コスト	(1) 700 million R, (2) 10 million R	-	5 billion R	-	-	40 million R	-	-
今後推進する省エネ活動								
Renovation				X	X	X		
Small Equipment Improvement of Operation Method	X	X	X	X		X	X	X
Awareness	X		X	X		X		X
Advice form Consultant	X	X	X			X		
<b>6. 今後期待する技術分野に関する質問</b>								
Renewable Energy	X		X	X	X	X		
Heat Recovery			X	X		X		
AC	X	X	X	X		X		X
Lighting			X	X		X		X
Monitoring and Control System	X		X	X		X		X
Boiler			X	X				

## 2.6 取るべきエネルギー効率改善施策の検討

### 2.6.1 供給サイドにおけるエネルギー効率の課題

#### (1) 一次エネルギー供給

南ア全体の一次エネルギー供給は、国内に豊富に存在する石炭が全体の 78%を占め、ほとんどを輸入に依存する石油が 19%、残り 3%が天然ガスという構成である（いずれも 2006 年の石油換算値）。

さらに石炭は、電力用に 61%、石炭液化に 18%、最終消費にて 15%が消費される。一次エネルギー供給面かみて石炭、特に電力用、石炭液化が既存システムの中では効率化の重点対象といえる。

一般に天然ガスによるコンバインドサイクル発電のエネルギー転換効率は、石炭発電に比べ 10%以上の改善が期待できるが（最新技術での比較）、天然ガスは国内に乏しく輸入に頼らざるをえず、自国で安価に調達可能な石炭との価格競争において不利な位置にある。

一方、原子力発電については国内でウランが調達可能であり、今後の多くの導入が期待されている（現在の 1.9 GW から 2026 年までに 20 GW 相当分を新規原子力と想定）。原子力導入にあたっては、最近の設備の急騰、地元対策、運転員の安全教育、放射性廃棄物処理などクリアすべき課題は多い。

#### (2) 電力供給

南アでは、電力の安定供給が最大のテーマである。安定供給のための課題は以下の 3 つに整理できる。

リザーブマージンが低下し電力の安定供給に支障がでている。一方でリザーブマージンを回復させるための大規模な新規電源投入が 2013 年以降に予定されていることから、それまでの間に消費者サイドのピークカット（3,000MW）、電力消費量削減（10%）を如何に推し進めるか。

中長期的には、電力供給力不足を解消するため、供給能力を 2026 年までに現在の 2 倍の 80GW に引き上げる計画がなされており莫大な投資資金を如何に確保するか。

多くの既存発電所が 1980 年代に建設されたもので、すでに減価償却され、石炭購入価格も安いことから極めて安い電気料金を設定できている（日本円で平均単価 3 円/kWh 未満）が、新規発電所の建設費が電気料金に反映されれば、今後電気料金の上昇は避けられない。一方で、黒人貧困層を抱える南アにおいて電気料金の上昇をどのように転嫁させるか。

ここで、発電・送配電の効率化は、安定供給を支えるためのひとつの手段として位置づけられる。発電については、Eskom の全設備出力の 90%以上を占める石炭発電所の年間の平均効率（ネット）は 34%（Annual Report 20008）となっている。建設した当時の設計値（平均値 36.6%程度）に比較すると若干の差異があるが、この 34%という数字は、運転の起動停止による発電に寄与しない石炭消費分も含まれている可能性があり、一概に経年劣化による差異だけとは判断できないところもある。

ただ、Eskom 関係者は効率の低下はある程度認識しており、その理由として以下の 3 点を上げている。

設計値からの効率低下の原因としては、Eskom 関係者は以下の 3 点を上げている。

- ・ Eskom に（安く）卸売りする石炭の性状がよくない（注：石炭の性状変化にあわせたチューニングをしていない可能性や当初設計出力が出ず結果的に部分負荷運転状態となり発電効率が低下している可能性がある）。
- ・ 経年劣化している部分があるが、費用対効果に見合わないものはあえて投資していないこと。
- ・ 若年層の運転員、メンテナンススタッフのため、安定供給を重視し効率追求まで手が回らないこと。

### (3) 送配電

Eskom の送配電ロスほぼ 8%である。東京電力では 4-5%程度であるが、需要密度の違い、システム負荷率の違い（負荷が高いほどロスが大きくなる）、南アが盗電分を含んでいることなどを考慮すれば、技術ロスという観点では概ね良好なレベルと思われる。

Eskom は自社による配電以外に、自治体系配電会社に電力を卸している。その代表として、ヨハネスブルグ市内に配電する City Power を訪問したところ、配電ロスは 12%（うちテクニカルロスが 9%、ノンテクニカルロス（盗電・未収金分）が 3%）という回答があった。配電だけでテクニカルロス 9%は、かなり高いレベルといえる。City Power 担当者からは、配電設備そのものが古いことが大きな原因との回答があった。今後の設備更新計画の中で、ロスの主要因を追求した上で効果的な更新を検討する必要があるが、Eskom 以上に低い電気料金の中で運営を求められる自治体系配電会社としては、ノンテクニカルロスを低減して回収率をあげることも同時に検討課題である。

## 2.6.2 需要サイドにおけるエネルギー効率の課題

### (1) 全般

エネルギー効率改善に関する政策は、2005 年 3 月に政府承認された。目標は 2015 年までに想定予測値（ベースライン）に対して 12%のエネルギー効率の改善を行うものである。この目標は、産業・商業が 15%、民生が 10%というようにブレークダウンされている。

一方これとは別に、電力の安定供給から Eskom は短期的に 3,000MW のピーク電力削減（大口消費者には一律 10%のピーク電力削減を要請）を目指している。Eskom のピーク削減プログラムは、CFL への交換、料金制度上のインセンティブ/ディスインセンティブの付与、ソーラーヒーティングシステムの導入支援、リップルコントロール（電気温水器（ギーザー）の遠隔操作）の設置などがある。

### (2) 産業セクター

鉄鋼、化学、非鉄金属、窯業・ガラスの 4 種で全製造業のエネルギー消費量の 96%になる（2006 年）。鉄鋼が最も大きく全体の 52%を占める。次に大きいのが化学の 17%である。いずれの業種も今回調査で訪問できなかったのでマクロデータ上からでしかの評価しかで

きなかった。

以下に日本と南アのマクロデータ比較からの考察を述べる。マクロデータはその信用性（特に南ア側）、定義の統一性、取扱製品の相違などの問題があり、相当の誤差が含まれている可能性がある。

#### ① 鉄鋼

単純に南アと日本の鉄鋼業のエネルギー原単位（生産量ベース）を比較した結果、南アは日本の約 5 倍もの数値を示した（2006 年）。ただ南アの鉄鋼の生産量として表示されている数字が、日本の数字と比較してすべて捕捉されておらず原単位が大きく表れている可能性がある。

一方南アだけの推移をみると 1990 年から 90 年代後半にかけて約半分に改善され、以降ほぼ横ばいとなっており。ある程度の効率化技術は導入されているものと考えられる。

南アは世界的大企業であるアルセロール・ミッタル社が進出しているが調査団が行ったアンケート結果ではトップマネジメントの省エネ意識は高いものの、従業員の意識はそれほど高くなく省エネ推進体制の人材確保が課題としている。

#### ② 化学

化学は製品が多岐にわたり、その生産量を捕捉することは困難であり、生産量でのエネルギー原単位比較は行わなかった。GDP でのエネルギー原単位比較では、南アは日本の 3 倍以上の値を示している（2006 年）。しかしながら日本に比べ南アの GDP エネルギー原単位はばらつきが大きくデータの信憑性が薄い（2005 年値が 2002 年値の 1.7 倍を示すなど）。

また、南アの化学部門の大きなシェアをもつとみられる SASOL 社は世界的大企業であり数値ほどの効率ポテンシャルがあるとは考えられない。調査団によるアンケート結果では、トップマネジメント、従業員とも省エネ意識は高く、社内省エネ体制もうまく機能しているとの回答が得られている。

南アだけの推移をみると、エネルギー消費の大勢を占めていた石炭は、2000 年以降、電力とガスに完全に転換されており、これに伴い最新機器に取替がなされたものと想定されある程度の効率化が図られたものと見られる。

#### ③ 非鉄金属

南アのエネルギー原単位（エネルギー消費/生産量）は、日本の 3.5 倍という数値が得られた（2006 年）。異なる製品を比較している可能性が高く、比較は難しい。

#### ④ 窯業（セメント）

南アのエネルギー原単位（エネルギー消費/生産量）は、日本の 4 倍である。南アのセメント企業のひとつである、PPC 社からのアンケートでは、社内省エネ組織を育成中もやはり人材の確保が課題としている。

### (3) 商業セクター

商業セクターは南ア全体の最終エネルギー消費の7%と割合は小さいが、省エネポテンシャルの大きいセクターとみられる。ホテル管理を主体にしている Liberty 社は、調査団のアンケートによれば省エネ推進組織や人材、予算とも不十分と認識している。一般に商業セクターの中でもホテル部門はエネルギーコスト削減への意識は高いが、ホテル部門でさえも不十分である状況を鑑みると商業ビル全般においても省エネ活動が不十分な可能性がある。

なお、SASOL 社の Annual Report には、自社の本社ビルの電力削減に取り組んだ結果、34%の消費削減に成功したとの報告もある。

### (4) 家庭セクター

家庭では17%の最終エネルギー需要を消費している。電気が配電されている地域は、ほぼすべて電気でエネルギー消費がまかなわれている（つまりオール電化）。電気温水器（ギーザー）、調理、電灯、エアコンなどの電気消費が大きい。特に、電気温水器（ギーザー）の電力消費量は、世帯当たりの電力消費量の30%程度占めると言われており、このエネルギー効率化が求められている。この対策としては、政府が力をいれているのは、ソーラー温水器の導入支援で、これにより50%程度の電力消費の削減が期待できる。

家電製品の効率化として期待されているのはラベリング・基準制度で、今後すべての家電製品（冷暖房機器、電灯、洗濯機、冷蔵庫、テレビなど）に導入される計画である。家庭セクターは、個々の電気製品は技術の進歩により漸次効率改善されていくが、それ以上に電気製品の旺盛な購買需要から全体として消費は増えていく方向に向かうものと見られる。

## 2.6.3 主なエネルギー関連機関のインタビューから得られた課題

### (1) Energy Development Corporation (EDC)

#### <組織の機能>

2004年1月に設立された Central Energy Fund 社の一つの Division で、省エネ・再生可能エネルギーの導入を支援する機関である（100%政府出資の企業）。

#### <現在の主な施策>

2008年予算は US\$2.0 億である。全予算の 60%がビジネスベース、40%が非利益ベースでの事業投資で、US\$1.0 億は PV 関連予算である。

太陽光・風力発電・水力発電・バイオガス・低煙燃料の導入を民間企業や地方自治体とともに実施している。

CFL に関しては、メーカーへの直接投資や CFL の購入のファンドを提供している。

#### <現状の課題認識>

電気料金が安い再生可能エネルギー導入が難しい。

### (2) South Africa National Energy Research Institutes (SANERI)

#### <組織の機能>

2006年に DME と DST の共同機関として設立され、CEF の一つの構成機関でもある。設立の目的は、南アのエネルギー研究開発の促進、エネルギー研究の人材育成などである。

#### <現在の主な施策>

SANERI の 2007 年の活動内容は、53 の研究テーマの実施、2 つのセンター事業、51 の奨学金の支出などである。

SANERI の重点研究テーマとしては、以下のとおりである。

- ・エネルギーインフラの最適化
- ・エネルギー効率化と DSM
- ・エネルギー利用の環境への影響
- ・社会経済開発におけるエネルギー利用
- ・石炭を含むクリーン化石燃料利用
- ・再生可能エネルギー
- ・燃料電池と水素燃料の開発
- ・エネルギープランとモデル

#### <現状の課題認識>

エネルギー最適化のためのモデル構築

効率的な湯沸かし器

交通燃料の開発

工場での熱回収や熱に関する省エネ対策

家電の効率化技術

### (3) City of Johannesburg & City Power

#### <組織の機能>

ヨハネスブルク市が経営する配電会社である。Eskom 送電網から電力を購入し、顧客に小売り（配電）を行っている。

#### <現在の主な施策>

住民向け DSM として、市としては 100MW のピークカットを政府から要請されており、主なものは CFL の配布と Ripple Controller Relay Switch を使って遠方からギザーの電力をピーク時に遮断する方法である。CFL は各家庭に 3 個ずつ配布するもので、全部で百万個配布する予定である。

#### <現状の課題認識>

配電ロス は 12% でうち 3% がノンテクニカルロスで 9% がテクニカルロスである。テクニカルロスの原因は、70 年代の古い設備が起因している。ロス低減のために、statistical metering でロスの状況を特定し、次に改修や取替のための投資計画を立てる予定である。

市配電会社は、公共サービスなので Eskom よりも安い料金設定となっている。未回収料金を減らすため前払い方式 (pre-paid) に移行することを考えている。

### (4) Department of Trade and Industry

#### <組織の機能>

南アにおける通商および産業を管轄する省である。通商・産業育成という観点からエネルギー効率事業に参画している。

#### <現在の主な施策>

家電の使い方の改善やリサイクル。

UNIDO の協力を得て企業内エネルギー管理者の育成。

リサイクル等は新たな起業にもつながっており、WB や IFC によりクリーンプロダクションに対するファイナンスングを実施。

#### <現状の課題認識>

南アではエネルギー価格が低いので、いかにエネルギー消費行動改革を促すことが課題。

家庭セクターではギザーの効率改善が課題。

エネルギー管理制度導入より効率化が優先され、企業競争力がそがれないように留意が必要。

### (5) The South Africa Bureau of Standards (SABS)

#### <組織の機能>

通商産業省 (DTI) 傘下の一機関で、南アの工業基準を取り決める機関である。エネルギー効率化のための支援 (機器効率試験の標準化や啓蒙活動など) を行っている。

#### <現在の主な施策>

エネルギーに関する役割として、照明、電気温水器、生活空間、モーター、エネルギー管理、代替エネ、エネ貯蓄などの規格・開発・評価などがある。

そのほか、建設資材と断熱材の基準、太陽熱利用機器の基準、PV やバッテリーの基準なども作成している。

エネルギー管理や省エネ啓蒙活動を実施している。



### <現状の課題認識>

省エネ方策は関連省庁間にまたがるため、その調整は DME とみられる。実施機関として NEEA が立ち上がるが、SABS が行っている一部業務（キャンペーンや教育など）も引き継がれる可能性もある。

バイオ燃料に関しては、市場にどう浸透させてゆくかが課題である。バイオフェューエルの原料作物はいろいろなソースがあるが、当国では大豆など食物系作物を想定しており、食物との競合をどう協調させてゆくのかが問題。

## (6) Department of Mineral and Energy (DME)

### <組織の機能>

鉱物とエネルギーを所管する省で、エネルギー効率改善の法的根拠や実施方針を取り決める機関であり、エネルギー効率化推進の中心機関といえる。

### <現在の主な施策>

省エネの実施機関として NEEA を立ち上げた（最近、法的根拠(Energy Act)をえた）。しかしながら、NEEA の現在の職員は 1 名である（USAID3 名が体制支援）。将来的には人員を増やしていく予定で、組織運営費として 2000 万ランドの予算を見積もっている。

NEEA が実施する方策は、いずれも自主ベースのものである（教育、キャンペーン、情報提供、表彰など）。

強制力を必要とする「エネルギー管理制度」は、DME 自ら実施する予定。

### <現状の課題認識>

省エネの各種方策を実施する上で、最も必要なリソースは資金であり、これが課題。日本による協力の可能性としては特にトレーニングが効果的だと考えている。

DME の省エネ担当部門の職員数は自分をいれて現在 4 名。いずれエネルギー管理制度を導入していくことを想定して 20 名の配置を考えている。

省エネ方策をとる対象としては産業分野に優先順位があると考えている。家庭は（金銭的なインセンティブがない限り）効果を出すことが困難である。

Energy Efficiency Strategy というペーパーは、DANIDA の調査にて作成されたものであるが、同調査では、目標値のセッティング、必要な方策のアイデンティファイまでは完了したが、各種方策の具体的なスキームデザインはまだ実施されておらず、これから詰めていくという段階。

DME、大学、NEEA、民間等のコンビネーションでスキームデザインを行って行く予定。

省エネの基準となる原単位、たとえば、エネルギー消費量/生産量 (ton)、または、エネルギー消費量/GDP などの計算は、施設別のエネルギー消費量や産業別のエネルギー消費量が正確に把握できないので、厳密にはできていない。

ESCO（といわれる）会社は 120 程あるが、質もよくなく経験もなく、かえって ESCO 会社への信頼を損なっており、トレーニングが必要である。

## (7) National Energy Regulator of South Africa (NERSA)

### <組織の機能>

エネルギー事業者の許認可、設備の導入に対する許認可、料金の許認可等を担当する規制

機関である。

#### ＜現在の主な施策＞

NERSA が予算をつけて、Eskom が実施している EE-DSM プログラムというのがある。2008 年度には 4.8 億ランドの予算をつけている。申請者からの事業について、ピークカットやピークシフト、効率改善事業に補助金を出すものである。

ジーザーのソーラー温水器への取替や大口需要家向けのピークシフトやピークカットが重点を置いている対策である。

#### ＜現状の課題認識＞

自治体系配電事業者（City Power など）の効率化への課題は、設備のモニタリングシステムが構築されていないことである（設備のデータベースができていないので、非効率な運営になっている）。

盗電も課題のひとつである。対策として Pre-Paid カードを導入している。

IPP を導入すれば、事業者は当然リターンを要望するため、新規に導入した設備費と運営費の両方を回収する料金を、引き取り手の Eskom に提案する。Eskom の小売り電気料金とのギャップで成立しない可能性もある。

### (8) Eskom

#### ＜組織の機能＞

南ア最大の電気事業者で、発電・送電・配電部門を受け持つ。ただし、地域によって自治体系配電事業者に卸売りをを行い、当該事業者が配電事業を行っている。

#### ＜現在の主な施策＞

現在の最大の課題である安定供給を図るため、3,000MW のピーク電力削減のためのプログラムを実施している。

主な方策は、大口需要家向けの削減促進、省エネを促進させるようなインセンティブの設定、料金面からの省エネ促進、自家発のコジェネからの電力購入などである。

#### ＜現状の課題認識＞

既存の事業者の新規電源を制限しつつ、IPP 導入をもくろんだが方針やフレームワークが不十分で機能していない。

石炭の発電効率が建設当時の設計値に比べ若干低下しているのは、石炭の品質の問題、劣化した設備の回復のための修繕コストが効果に見合わないものは実施していないこと、若手運転・保守要員が効率まで目が届かないことなど。

電気料金上で省エネにインセンティブ、ディスインセンティブを与えるためのより適切な手法が必要。

#### 2.6.4 エネルギー効率改善ポテンシャル

南アエネルギー関係者とのインタビューを中心に抽出された課題および調査団が抽出した課題をもとに、エネルギー効率改善に関するポテンシャルについて整理した表を以下に示す。

表 2.6-1 エネルギー効率改善ポテンシャル評価表(1/4)

分類	効率改善テーマ	課題認識		考えられる 方策	想定対象 セクター	費用 対 効果の推定	最大効率改善 ポテンシャル	エネルギー効率 インパクト評価	
		先方認識	調査団認識				効果指標	経済効率評価	
エネルギー供給サイ ドの効率化	エネルギーの転換による効 率化・化石燃料削減	最適化シミュレーシ ョンを行うためのモデ ル構築が不十分。 電気料金が安く再生 可能エネルギー導入の 支障となっている。 再生可能エネルギー のより効率的、経済的 な技術の開発。	高効率な天然ガス コンバインドサイク ル導入を目指すも調 達価格が高い。 新規発電所建設コ ストの電気料金への 転嫁。 原子力の立地、運転 員技術向上、廃棄物処 理など。	石炭ガス化技術 (IGCC)	電力	<p>効率改善：発電効率 34%→42% 費用対効果計算： (前提条件) 400MW x 1 ユニット導入、利用率 90%。 効果は新設石炭発電との比較を 15 年間で行う。 IGCC の建設単価は 2,000US\$/kW と 想定 (NEDO Web サイトより)。一方 新設石炭発電所建設単価は 1,500US\$/kW とする。 石炭の熱量は 19,000MJ/ton (Eskom 年報より)。石炭は 10US\$/ton。</p>	<p>(計算結果) IGCC 建設および燃料費： 400MW x 1,000 x 2,000 US\$/kW / 15 year + 400MW x 1,000 x 8,760 h x 90% x 100/34 x 3.6 MJ/kWh / 19,000 MJ/ton x 10 US\$/ton= 70 million US\$/year 新設石炭発電建設および燃料費： 400MW x 1,000 x 1,500 US\$/kW / 15 year + 400MW x 1,000 x 8,760 h x 90% x 100/42 x 3.6 MJ/kWh / 19,000 MJ/ton x 10 US\$/ton= 54 million US\$/year B/C : 0.77 (=54/70) 石炭削減量：400MW x 1,000 x 8,760 h x 90% x (100/34 - 100/42) x 3.6MJ/kWh / 19,000 MJ/ton= 0.33 million ton/year 石炭削減額：0.33 x 10 US\$ = 3.3 million US\$/year</p>	<p>Eskom の既存石炭発電 量 (200,000GWh/year) が すべて IGCC に置き換わ たと想定すると年間 21 million ton の石炭削減につ ながる。  200,000GWh x (100/34 - 100/42) x 3.6TJ/GWh = 0.40 million TJ/year 0.40 million TJ/19,000MJ/ton = 21 million ton/year 効果指標：発電効率 (%) 効果指標：石炭削減量 (t)</p>	<p><b>A</b>  石炭消費の節減効果は大 きい。  <b>C</b>  効率改善にはつなが るが、現段階で研究的要素が 強い。また国内石炭価格が 破格に安い (国際情勢 の 1/5 以下)、現状では経済 効率はよくない。</p>
				原子力発電の導入	電力	<p>効率改善：原子力発電所は効率評価 できない。 費用対効果計算： (前提条件) 1GW クラス導入、利用率 90%。 新設原子力発電単価は日本の事 例を引用 (5.3 US\$/kWh)。 効果は新設石炭発電単価 (5.2 US\$/kWh)。これは建設単価 (4.6 US\$/kWh) は日本の事例を引用し、 燃料コストは南ア価格反映 (0.6 US\$/kWh)。</p>	<p>(計算結果) 原子力と石炭の発電単価差：▲0.1 US\$/kWh 年間発電量：1GW x 8760 h x 90% =7,884 GWh 金銭的効果：▲ 0.1 US\$/kWh x 7,884 GWh/100= ▲7.8 million US\$/year B/C : 0.98 (=5.2/5.3)</p>	<p>Eskom の既存石炭発電 量 (200,000GWh/year) が すべて原子力に置き換わ たと想定すると、110 million ton/year の石炭削減 につながる。ただしウラン の消費は増える。  200,000GWh x (100/34) x 3.6TJ/GWh = 2.1 million TJ/year 2.1 million TJ/19,000MJ/ton = 110 million ton/year 効果指標：石炭削減量 (t)</p>	<p>-  エネルギー効率化として の評価困難。化石燃料の削 減には非常に大きく寄与す る。  <b>B</b>  石炭発電と比較すると経 済性はやや劣る。エネルギ ー多様化や CO<sub>2</sub> 削減効果も 含めた総合的判断で推進さ れるものと思われる。</p>
				天然ガスコンバイ ンドサイクルの導入	電力	<p>効率改善：最新鋭天然ガスコンバイ ンドサイクル発電の発電効率 59% (低 位発熱量) だが、既存設備なく効率改 善比較はできない。 費用対効果計算： (前提条件) 1GW クラス導入、利用率 90%。 新設コンバインドサイクル発電単 価は日本の従来型単価 (燃料含む) を 使用 (6.0 US\$/kWh) 効果は新設石炭発電単価 (5.2 US\$/kWh)。これは建設単価 (4.6 US\$/kWh) は日本の事例を引用し、 燃料コストは南ア価格反映 (0.6 US\$/kWh)。</p>	<p>(計算結果) コンバインドサイクルと石炭の発電 単価差：▲0.8 US\$/kWh 年間発電量：1GW x 8760 h x 90% =7,884 GWh 金銭的効果：▲0.8 US\$/kWh x 7,884 GWh/100 = ▲63 million US\$/year B/C : 0.87 (=5.2/6.0)</p>	<p>Eskom の既存石炭発電 量 (200,000GWh/year) が すべてコンバインドサイ クル発電に置き換わった と想定すると、110 million ton/year の石炭削減につな がる。ただし天然ガスの消 費は増える。  効果指標：石炭削減量 (t)</p>	<p>-  エネルギー効率化として の評価困難。ただし石炭に 比して CO<sub>2</sub> 削減効果は期待 できる。  <b>C</b>  石炭発電と比較すると経 済性は劣る。パイプライン の敷設コストも考えると一 層経済性は低下する。</p>
				再生可能エネルギ ー導入 (太陽熱温 水器、太陽光発電、風力 発電、バイオマス発電 など)	家庭、電力、産業	<p>効率改善：化石燃料の削減に寄与す るが既存設備との効率改善比較はで きない。 費用対効果計算： (前提条件) 再生可能エネルギーの中でも経済 性が比較的に見込める風力発電をモデ ルとして検討。 100MW の事業、利用率 30%。 風力発電単価 (10US\$/kWh) は日 本の事例を引用 (年平均 6m/s ケース) 効果は新設石炭発電単価。</p>	<p>(計算結果) 風力と石炭の発電単価差：▲4.8 US\$/kWh 年間発電量：0.1 GW x 8760 h x 30% =788 GWh 金銭的効果：▲4.8 US\$/kWh x 788 GWh/100 = ▲37 million US\$/year B/C : 0.52 (=5.2/10)</p>	<p>Eskom の既存石炭発電 量 (200,000GWh/year) が すべてコンバインドサイ クル発電に置き換わった と想定すると、110 million ton/year の石炭削減につな がる。  効果指標：石炭削減量 (t)</p>	<p>-  エネルギー効率化として の評価困難。ただし石炭に 比して CO<sub>2</sub> 削減効果は期待 できる。  <b>C</b>  自然エネルギー利用、CO<sub>2</sub> 削減の観点から推進される もので、CDM 等の支援スキ ームが必要。</p>



表 2.6-2 エネルギー効率改善ポテンシャル評価表(2/4)

分類	効率改善テーマ	課題認識		考えられる 方策	想定対象 セクター	費用 対 効果の推定	最大効率改善 ポテンシャル	エネルギー効率 インパクト評価	
		先方認識	調査団認識				効果指標	経済効率評価	
エネルギー供給サイ ドの効率化	既存技術の効率改善	石炭品質の性状がよ くないため、石炭発電 所の効率が低下する原 因となっている。 石炭発電所の運転員 に若手が多く、効率ま で手が回らない。 大手産業の中に Eskom からの供給信頼 度低下や 10%削減目標 のため自衛的な自家 発・コジェネレーショ ン導入を検討。	現状、設計当初の平 均効率 36%程度(ネッ ト)から 34%程度(ネ ット)になっている ( Eskom Web サイト)。 石炭の品質の他に も、設備の経年劣化に よる影響も考えられ る。	既存石炭発電所の 効率改善	電力	効率改善：発電効率 34%→36%。 費用対効果計算： (前提条件) 1GW 発電所、利用率 90%を想定。 現状の 34%から 36%へ効率改善す るという前提。 改善実施後 10 年間の効果から得ら れる限界費用を計算する(費用算定は 困難なため)。 石炭の熱量は 19,000MJ/ton (Eskom 年報より)。石炭は 10US\$/ton。	(計算結果) 熱量削減量：1GW x 1,000,000 x 8,760h x 90% x (100/34 - 100/36) x 3.6MJ/kWh = 4,654 million MJ 石炭削減量：4,654 million / 19,000 = 0.24 million ton/year 石炭節減額：0.24 x 10 US\$ = 2.4 million US\$/year  (建設費 1,500US\$/kW の 3%を維持補修 費と考えると、45 million US\$/year が必 要)	Eskom の既存石炭発電 量 (200,000GWh/year) が 効率改善(発電効率 34%→ 36%)された場合、年間 6 million ton の石炭節減につ ながる  200,000GWh x (100/34 - 100/36) x 3.6TJ/GWh = 0.118 million TJ/year 0.118 million TJ/19,000MJ/ton = 6 million ton/year ----- 効果指標：発電効率 (%) 効果指標：石炭削減量(t)	<b>A</b>  石炭消費の節減効果は大 きい。  <b>B</b>  供給信頼度維持という命 題を確保するため、費用対 効果を見極めて維持補修す るかどうかの判断がなされ るものと思われる。コスト に対し効果の小さい維持補 修の正当化は難しい。
				新規建て替え時の 超臨界発電技術導入	電力	効率改善：発電効率 36%→42% 費用対効果計算： (前提条件) 1GW x 1 ユニット導入、利用率 90%。 効果は新設従来型石炭発電との比 較(15年間)。 超臨界の建設単価は 1,800US\$/kW とする。 新設従来型石炭発電所は 1,500US\$/kW とする。 石炭の熱量は 19,000MJ/ton (Eskom 年報より)。石炭は 10US\$/ton。	(計算結果) 超臨界建設および燃料費：1GW x 1,000,000 x 1,800 US\$/kW / 15 year + 1 GW x 1,000,000 x 8,760 h x 90% x 100/42 x 3.6 MJ/kWh / 19,000 MJ/ton x 10 US\$/ton= 155 million US\$/year 新設石炭発電建設および燃料費： 1GW x 1,000,000 x 1,500 US\$/kW / 15 year + 1GW x 1,000,000 x 8,760 h x 90% x 100/36 x 3.6 MJ/kWh / 19,000 MJ/ton x 10 US\$/ton= 141 million US\$/year B/C：0.91 (=141/155) 石炭削減量：1GW x 1,000,000 x 8,760 h x 90% x (100/36 - 100/42) x 3.6MJ/kWh / 19,000 MJ/ton= 0.59 million ton/year 石炭節減額：0.59 x 10 US\$ = 5.9 million US\$/year	Eskom の既存石炭発電 量 (200,000GWh/year) が 効率改善(発電効率 34%→ 42%)された場合、年間 21 million ton の石炭節減につ ながる  200,000GWh x (100/34 - 100/42) x 3.6TJ/GWh = 0.40 million TJ/year 0.40 million TJ/19,000MJ/ton = 21 million ton/year ----- 効果指標：発電効率 (%) 効果指標：石炭削減量(t)	<b>A</b>  石炭消費の節減効果は大 きい。  <b>C</b>  高い建設コストを負担し て、導入に踏み込むかは微 妙。現状では、燃料費が安 いため効率改善によるメリ ットで建設コストの追加分 を回収しきれない。
				コジェネレーショ ンの導入による効率 化	産業、商業	効率改善：既存設備がないため効率 改善比較はできない。 費用対効果計算： (前提条件) 工場がコジェネを導入するという 前提で費用対効果を計算(15年間) 規模は(電力 1MW + 熱 1.14 MW) 、利用率 90%。 発電効率 35%および熱利用効率 40%とする。 燃料は軽油、熱量は 38.2MJ/litter。 発電利用単体の場合の燃料効率は 0.27 litter/kWh。熱利用単体だと、 0.24 litter/kWh。総合すると 0.12 litter/kWh となる。 コジェネの建設単価は 2,000 US\$/kW とする。 平均電気料金は、2 UScent/kWh と する。 軽油単価は、50 UScent/litter とす る。	(計算結果) 導入前コスト：電気 1,000kW x 8,760 h x 90% x 2 UScent/100 + 熱 1,140kW x 8,760 h x 90% x 0.24 litter/kWh x 50 UScent/100 = 1.23 million US\$/year 導入後コスト：建設費 1,000kW x 2,000 US\$ / 15 + 燃料費 2,140kW x 8,760 h x 90% x 0.12 litter/kWh x 50 UScent/100 = 1.14 million US\$/year B/C = 1.08 (=1.23/1.14)	産業を中心に 30 箇所導 入(1 箇所あたり電力 1MW+熱 1.14MW)され ると想定すると、熱供給用の 軽油が年間 64 million litter 節減される。  1,140 kW x 8,760 h x 90% x 0.24 litter/kWh x 30 箇所 = 64 million litter/year ----- 効果指標：軽油節減量 (litter)	-  エネルギー効率化として の評価困難。化石燃料の削 減には寄与する  <b>B</b>  理想的に熱も利用できれ ば経済性は見込める。しか しそのようなサイトは限定 的と思われる。自社内の供 給信頼度向上という位置づ けで付加価値を見込めば経 済性は向上する。



表 2.6-3 エネルギー効率改善ポテンシャル評価表(3/4)

分類	効率改善テーマ	課題認識		考えられる 方策	想定対象 セクター	費用 対 効果の推定	最大効率改善 ポテンシャル	エネルギー効率 インパクト評価	
		先方認識	調査団認識						効果指標
エネルギー供給サイ ドの効率化	配電設備の効率改善	<p>配電ロスが12%のうち3%がノンテクニカルロスで9%がテクニカルロスである。テクニカルロスの原因は、70年代の古い設備が起因している。ロスの状況を特定し、次に改修や取替のための投資計画を立てる予定。</p> <p>自治体系配電事業者（City Power など）の効率化への課題は、設備のモニタリングシステムが構築されていないこと。</p> <p>市配電会社は、公共サービスなので Eskom よりも安い料金設定となっている。</p> <p>未回収料金を減らすため前払い方式（pre-paid）に移行することを考えている</p>	<p>Eskom以上に安い料金設定により設備改修に向けた資金の捻出が難しい可能性がある。</p> <p>配電ロスは12%と比較的高い（インドのバンガロール市内と同等12.5%（2005））。設備改修資金確保のための料金回収率アップ（ノンテクニカルロス低減）も、間接的には効率改善に寄与する。</p>	<p>ロスの低い各種配電機器の導入</p>	電力	<p>効率改善：テクニカルロスが9%→5%（ロス低減のため配電機器）</p> <p>・<u>力率改善のためのコンデンサ</u></p> <p>6.6kV 1 回線 10km ACSR120mm2 電流 100A の設備で力率が 0.8 から 0.95 に改善された場合、11.4kW の配電ロス低減。負荷率 60% の場合、43.1 MWh/year のロス低減につながる。金銭的価値に変換すると 862 US\$/year (=43.1 MWh x 1,000 x 2 UScent/kWh) の節減となる。一般的にコンデンサは数百万円であり数年の回収年数が必要。</p> <p>・<u>低損失変圧器</u></p> <p>従来品に比べ損失が30-40%程度低減。200kVA、利用率 70% とすると、2.0 MWh/year 程度の節減可能。金銭的価値に変換すると 40 US\$/year (=2.0 MWh x 1,000 x 2 UScent/kWh) の節減となる。一般的に 200 万円程度のコストがかかるのでまだ使えるものを交換してまで実施する正当化は難しい。</p>	<p>・<u>アモルファス変圧器</u></p> <p>従来品に比べ損失が 50%程度低減。200 kVA、利用率 100% とすると 6.0 MWh/year の節減可能。金銭的価値に変換すると 120 US\$/year (=6.0 MWh x 1,000 x 2 UScent/kWh) の節減となる。一般的に 300 万円程度のコストがかかるのでまだ使えるものを交換してまで実施する正当化は難しい</p> <p>・<u>電線太線化</u></p> <p>6.6kV 1 回線 10km ACSR120mm2 電流 100A の設備を Hal240mm2 に変更した場合、12.8kW の配電ロス低減。負荷率 60% の場合、48.4MWh/year のロス低減につながる。金銭的価値に変換すると 968 US\$/year (=48.4 MWh x 1,000 x 2 UScent/kWh) の節減となる。なお、一般的に Hal240mm2 は ACSR120mm2 の 2 倍以上の価格である。</p>	<p>南ア全体の販売電力量を 220,000GWh/year とすると配電ロス改善(9%→5%)により 9,670 GWh の発電分が節約できる。</p> <p>220,000 GWh / 91% x 95% - 220,000 GWh = 9,670 GWh</p> <p>これは、年間 5.4 million ton の石炭節減につながる</p> <p>9,670 GWh x 100/34 x 3.6TJ/GWh = 0.102 million TJ/year</p> <p>0.102 million TJ/19,000MJ/ton = 5.4 million ton/year</p> <p>効果指標：配電事業のテクニカルロス (%)</p>	<p><b>A</b></p> <p>石炭消費の節減効果は大きい。</p> <hr/> <p><b>B</b></p> <p>効率改善のためだけでまだ使える機器を更新しようとする経済的な正当化は難しい。設備の更新・増強時期に合わせて効率の高い機器導入を検討する場合であれば、従来製品と高効率製品の差額分をコストとみなせるため、経済性が正当化できるレベルになる可能性がある。</p>
				<p>効率性に配慮した配電設備更新計画策定</p>	電力	<p>上記各種効率化方策を効果的に取り入れていくための計画策定。基本的には、老朽化による設備更新や需要増大による設備増強時に合わせて、より効率的な設備形成を検討することとなる。</p>	-	-	
				<p>ノンテクニカルロス低減（プリペイドメーターや自動検針等の導入、メータ性能の定期検診など）</p>	電力	<p>効率改善：ノンテクニカルロスは電気事業者の減収につながっているが、ユーザー側では電気は有効に利用されている。</p> <p>ただしノンテクニカルロスを低減することで事業者の収入増につながり維持補修にかかる余力が増えるという意味で、副次的に効率改善効果は考えられる。</p>	-	-	
エネルギー需要サイ ドの効率化	産業セクターにおける効率化	<p>省エネ方策をとる対象としては産業分野に優先順位があると考えている。</p> <p>省エネの基準となる原単位が、施設別・産業別で正確に把握できていない。</p> <p>エネルギー管理制度導入より効率化が優先され、企業競争力がそがれないように留意が必要。</p> <p>日本による協力の可能性としては特にトレーニングが効果的。</p>	<p>産業セクターは全最終エネルギー消費の 35% を占める最大消費セクターである（次点は交通セクターの 26%）。</p> <p>産業セクターは他セクターに比べ効率化のための枠組み作りが容易。</p>	エネルギー管理制度の導入	産業	<p>（計算結果）</p> <p>発電削減量：200,000 TJ / 0.34 = 588,235 TJ</p> <p>石炭削減量：588,235 TJ / 19,000 MJ/ton = 31 million ton/year</p>	<p>さらに 10% の削減が可能とすれば（合計 25%）、年間 51 million ton/year の石炭節減につながる。</p> <p>効果指標：産業全体の GDP あたりのエネルギー消費量 (J/Rand)</p>	<p><b>A</b></p> <p>現在の国家目標として 15% 削減が掲げられているが、手法改善や軽微な設備改造での達成が可能なもの位置づけられており、制度構築や支援方策など最小限のコストで得られる効果は大きい。</p> <hr/> <p><b>A</b></p> <p>手法改善や軽微な設備改造での効率改善で限界がきた場合には、設備投資も必要となってくる。設備の更新時期に合わせて効率の高い機器導入を検討する必要がある。</p>	
				中小企業向け技術者支援	産業				
				企業間エネルギー融通	産業				
				ラベリング・基準制度の導入	産業				
				その他既存の方策	産業				





表 2.6-4 エネルギー効率改善ポテンシャル評価表(4/4)

分類	効率改善テーマ	課題認識		考えられる 方策	想定対象 セクター	費用 対 効果の推定	最大効率改善 ポテンシャル 効果指標	エネルギー効率 インパクト評価 経済効率評価	
		先方認識	調査団認識						
エネルギー需要サイドの効率化	商業セクターにおける効率化	ESCO (といわれる) 会社は 120 程あるが、質もよくなく経験もない。 ESCO 会社への信頼を損なっており、トレーニングが必要。	商業セクターは全最終エネルギー消費の 7% を占める。 ビル管理者による省エネ活動 (電気設備の効率的な運転維持管理) は不十分。	ビル管理技術者の能力向上	商業	効率改善: 2015 年までに想定エネルギー需要の 15% 削減 (目標値)。削減量は 37,000TJ に相当。 費用対効果計算: (前提条件) 上記、産業セクターに準ずる。	(計算結果) 発電削減量: 37,000 TJ / 0.34 = 108,823 TJ 石炭削減量: 108.823 TJ / 19,000 MJ/ton = 5.7 million ton/year	さらに 10% の削減が可能とすれば (合計 25%)、年間 9.5 million ton/year の石炭削減につながる。 効果指標: 単位床面積あたりのエネルギー消費量 (J / m <sup>2</sup> / year)	<b>A</b> 現在の国家目標として 15% 削減が掲げられており、効率改善インパクトは大きい。また制度構築や支援方策など最小限のコストで得られる効果は大きい。
				ラベリング・基準制度の導入	商業				
				ESCO 導入支援	商業				
				その他既存の方策	商業				<b>A</b> 産業セクターと同様。
家庭セクターにおける効率化	家庭セクターにおける効率化	家庭セクターではギーズの効率改善が課題。 家庭は (金銭的なインセンティブがない限り) 効果を出すことが困難。	家庭セクターは全最終エネルギー消費の 18% を占める。 一般に個別機器の効率は買換時に自動的に改善されるが、家庭トータルでみると電気製品のさらなる購買で消費そのものは増加する可能性が高い。	高効率温水器の普及促進	家庭	効率改善: 2015 年までに想定エネルギー需要の 10% 削減 (目標値)。削減量は 65,000TJ に相当。 費用対効果計算: (前提条件) 上記、産業セクターに準ずる。	(計算結果) 発電削減量: 65,000 TJ / 0.34 = 191,176 TJ 石炭削減量: 191.176 TJ / 19,000 MJ/ton = 10 million ton/year	一般に途上国の家庭セクターのエネルギー消費は、電気製品購買力向上に伴い増加する。実際には目標値の 10% 削減 (石炭削減量 10 million ton/year) が最大効率化ポテンシャルと思われる。 効果指標: 1 家庭あたりのエネルギー消費量 (J / 軒)	<b>B</b> 一般に個別機器の効率は、機器購入時に向上するが、1 家庭あたりエネルギー消費量では、電化製品普及により増加する可能性が高い。
				ラベリング・基準制度の導入	家庭				
				その他既存の方策	家庭				
省エネ推進組織の構築	省エネ推進組織の構築	省エネ方策は関連省庁間にまたがるため、その調整が課題。 実施機関として NEEA が立ち上がるが、SABS が行っている一部業務も引き継がれる可能性もある。 省エネの各種方策を実施する上で、最も必要なリソースは資金であり、これが課題。 各種方策の具体的なスキームデザインはまだ実施されておらず、これから詰めていくという段階。	すべての消費セクターに関わる効率化方策を実施する組織能力向上が課題 (DME や NEEA)。 人材の訓練やスキームをデザインするための基礎データ集約などが課題。 エネルギー需給シナリオ策定のためのシミュレーションスキルに課題。	NEEA の組織支援・スキームデザイン	クロス	-	-	-	<b>A</b> 上記各セクターの効率化推進の原動力となるため組織構築によるインパクトは大きい。
				大学向けエネルギー講座	クロス				
				エネルギー効率フォーラム開催	クロス				
				エネルギー需給シミュレーション構築	クロス				
				その他既存の方策	クロス				
								<b>A</b> 少ないアドミコストで最大限の効率化が期待できる。	



## 2.6.5 エネルギー効率改善ポテンシャルからみた優先方策

### (1) 優先方策の評価

エネルギー効率改善インパクトおよび経済効率の観点から効率改善優先方策を以下のとおり評価する。以下の表は効率改善という視点からみた方策の評価であって、エネルギー多様化、安定供給、CO<sub>2</sub> 排出削減などを加味した包括的な評価とは異なることに留意されたい。

表 2.6-5 優先方策の評価

効率改善テーマ	方策	インパクト	経済効率	総合評価
エネルギーの転換による効率化・化石燃料削減	石炭ガス化技術 (IGCC)	A	C	C
	原子力の導入	-	B	C
	天然ガスコンバインドサイクルの導入	-	C	C
	再生可能エネルギーの導入	-	C	C
既存技術の効率改善	既存石炭発電所の効率改善	A	B	A
	新規建て替え時の超臨界発電技術導入	A	C	B
	コージェネの導入	-	B	C
配電設備の効率改善	ロスの低い各種配電機器の導入および設備更新計画策定	A	B	A
	ノンテクニカルロス低減	-	-	C
産業セクターによる効率化	各種方策	A	A	A
商業セクターによる効率化	各種方策	A	A	A
家庭セクターによる効率化	各種方策	B	B	B
省エネ推進組織の構築	各種方策	A	A	A

A: 優先度高い、B: 優先度はそれほど高くない、C: 優先度は低い

## (2) エネルギー効率改善期待値

エネルギー効率改善ポテンシャルと2020年までを見越した達成可能性を加味して効率改善期待値を以下に示す。

表 2.6-6 各効率改善テーマのエネルギー効率改善期待値

効率改善テーマ	効率改善方策	2020年までを見込んだ最大期待量	導入された場合のエネルギー削減効果 (TJ)	2020年までの達成可能性	エネルギー消費削減期待値 (TJ)
エネルギーの転換による効率化・化石燃料削減	石炭ガス化技術 (IGCC)	400 MW x 1ユニット	6,270	20%	1,254
既存技術の効率改善	既存石炭発電所の効率改善	33,566 MW (全既存石炭ユニット)	118,000	50%	59,000
	新規建て替え時の超臨界発電技術導入	1 GW x 1ユニット	11,210	20%	2,242
配電設備の効率改善	ロスの高い各種配電機器の導入および設備更新計画策定	テクニカルロスが9%から5%に低減	102,000	20%	20,400
産業セクターによる効率化	エネルギー管理制度の導入	2015年までにエネルギー15%の想定需要低減	588,235	100%	588,235
	中小企業向け技術者支援				
	企業間エネルギー融通				
	ラベリング・基準制度の導入 その他既存方策				
商業セクターによる効率化	ビル管理技術者の能力向上	2015年までにエネルギー15%の想定需要低減	108,823	100%	108,823
	ラベリング・基準制度の導入				
	ESCO導入支援				
	その他既存方策				
家庭セクターによる効率化	高効率温水器の普及促進	2015年までにエネルギー10%の想定需要低減	191,176	50%	95,588
	ラベリング・基準制度の導入				
	その他既存方策				
省エネ推進組織の構築	NEEAの組織支援・スキームデザイン	上記消費者セクターの効率化に含まれる			
	大学向けエネルギー講座				
	エネルギー効率フォーラム開催				
	エネルギー需給シミュレーション構築				
	その他既存方策				

### (3) 各優先方策に対する支援分野案

以上の結果をふまえ、優先度が高くその実現性も期待される効率改善テーマについて、可能と思われる支援内容を以下のとおり提案する。

表 2.6-7 各優先方策に対する支援分野案

効率改善テーマ	優先度の高い方策	支援内容案
既存技術の効率改善	既存石炭発電所の効率改善	【研修】 Eskom 石炭火力発電所の運転員・保守要員に対し、効率化を指向した運転・保守方法に関する研修をおこなう。
配電設備の効率改善	ロスの低い各種配電機器の導入および設備更新計画策定	【調査】 City Power 等の自治体系配電事業者向けにテクニカルロスを削減するための各種対策および最適配電更新計画を提案する。
産業セクターによる効率化	エネルギー管理制度の導入 ----- 中小企業向け技術者支援 ----- 企業間エネルギー融通 ----- ラベリング・基準制度の導入	【研修】 各産業のエネルギー管理に関する責任者を招聘して、エネルギー管理手法、企業内省エネ活動、省エネ実例などを紹介し技術力向上のための研修を行う。
商業セクターによる効率化	ビル管理技術者の能力向上 ----- ラベリング・基準制度の導入 ----- ESCO 導入支援	【研修】 ビル管理技術者、ESCO 事業者等を招聘して、エネルギー管理手法、企業内省エネ活動、省エネ提案手法等を紹介し技術力向上のための研修を行う。
省エネ推進組織の構築	NEEA の組織支援・スキームデザイン ----- 大学向けエネルギー講座 ----- エネルギー効率フォーラム開催 ----- エネルギー需給シミュレーション構築	【調査】 NEEA の実施する各種省エネ制度のスキームデザイン支援、デザインに必要となる各種基礎調査（モニタリング、インタビュー調査等）および組織能力向上のためのスタッフ研修など。 ----- 【専門家派遣】 Pretoria 大学で、実施されている大学院レベルを対象にした省エネルギー講座に日本の専門家を派遣して、あるいは、日本に実務研修として短期に招聘して、日本のノウハウを移転する。 ----- 【フォーラム】 エネルギー効率の向上を目的として、定期的に南アと日本との技術交流をおこない南アの当該分野の研究と技術の向上を図る。 ----- 【調査】 DME および DTI などの計画部門向けに、エネルギー計画に利用できるエネルギー需要予測モデルと最適化モデルを提案。さらにシナリオプランニング手法を適用して複数のシナリオを策定し、中長期にわたる可能性を抽出して政策の立案を支援する。

#### (4) 他ドナーの動向

エネルギーおよび科学技術に関するに世界のドナーおよび日本の機関の動向について、インターネットやインタビューなどで把握できた情報を以下に示す。

表 2.6-8 他ドナーの動向

ドナー	協力内容
USAID	National Energy Efficiency Agency(NEEA)に3人の専門家を派遣している。
World Bank	南アの DME 向けに、①再生可能エネルギー活用に資する組織の創設・強化、及び政策策定・規制実施・サービス提供・監視/評価についての能力開発、②太陽熱給湯システムの販売・サービス・実施支援に携わる専門家・技術者・企業集団に対する技術支援と能力開発を行っている。 Eskom 向けに、DSM 手法に関する支援も行っている。
EIB (European Investment Bank)	逼迫するエネルギー需要に対応するため、コジェネレーション、再生可能エネルギー等への投資資金ヘクレジットラインを設定している。
デンマーク	“The Capacity Building Project in Energy Efficiency and Renewable Energy” Project を2005年に完了し、エネルギー効率改善の目標や制度を提案した。
ノルウェー	現在、実施中の案件は、以下の通りである <ul style="list-style-type: none"> <li>・ DEAT への資金協力</li> <li>・ DME への資金協力と電気、石油、CDM 案件での協力</li> <li>・ NERSA へのエネルギー効率案件で協力</li> <li>・ DST へ全 R&amp;D 分野で協力</li> <li>・ Regional Electricity Association へ協力</li> <li>・ SAPP (Southern Africa Power Pool) に協力</li> </ul>
UNIDO	UNIDO は、DTI と協力して企業内エネルギー管理者の育成を行っている。
科学技術振興機構/NEDO	The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) と研究と技術の交流をおこなっている。

## 2.6.6 エネルギー効率改善方策に関する実施計画

2020年までのエネルギー効率改善方策の実実施計画を以下に示す。

表 2.6-9 エネルギー効率改善方策の実実施計画

効率改善テーマ	効率改善方策	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021以降
エネルギーの転換による効率化・化石燃料削減	石炭ガス化技術（IGCC）	研究開発・実用化						計画・建設				運転	
	既存技術の効率改善	各発電所ごとに計画・実施											
配電設備の効率改善	新規建て替え時の超臨界発電技術導入	計画・建設						運転					
	ロスの高い各種配電機器の導入および設備更新計画策定	各配電事業者ごとに計画・実施											
産業セクターによる効率化	エネルギー管理制度の導入	制度設計	試験実施				本格実施						
	中小企業向け技術者支援	制度設計	本格実施										
	企業間エネルギー融通	計画			建設			運転					
	ラベリング・基準制度の導入	制度設計	試験実施				本格実施						
	その他既存方策	継続的に実施・評価・修正											
商業セクターによる効率化	ビル管理技術者の能力向上	制度設計	本格実施										
	ラベリング・基準制度の導入	制度設計	本格実施										
	ESCO導入支援	制度設計	本格実施										
	その他既存方策	継続的に実施・評価・修正											
家庭セクターによる効率化	高効率温水器の普及促進	制度設計	本格実施										
	ラベリング・基準制度の導入	制度設計	本格実施										
	その他既存方策	継続的に実施・評価・修正											
省エネ推進組織の構築	NEEAの組織支援・スキームデザイン	制度設計	本格実施										
	大学向けエネルギー講座	講座構築	継続実施										
	エネルギー効率フォーラム開催	適宜実施											
	エネルギー需給シミュレーション構築	構築	運用										
	その他既存方策	継続的に実施・評価・修正											

## 2.6.7 エネルギー効率改善方策に関する南アの期待

2008年11月～12月の3週間の現地調査において、現地の関係者との面談・意見交換を重ね、2009年1月には、関係者が一堂に会して、フィードバックの報告と関連討議を目的にセミナーを開催した。これらを踏まえると、今後の協力案件として以下のテーマが想定される。(括弧内は、想定されるカウンターパートの責任者。部署名。)

- ① 省エネルギーマスタープラン (Dr Elsa du Toit/Director of DME, Energy Efficiency and Environment)
  - ・エネルギー管理士制度の紹介、エネルギー診断サービスおよび産業の省エネ支援、エネルギー効率に関する情報提供および啓蒙、石油・ガスの効率的利用の検討、エネルギーサービス産業の促進、エネルギー効率ラベルおよび基準の設定、新設ビルディングのエネルギー効率設計と建築などのエネルギー効率改善制度の導入
  - ・上記エネルギー効率改善に係わる事項の体制構築とアクションプランの作成
  - ・日本での各種省エネルギー研修での技術移転
- ② エネルギー需要予測と供給最適化モデル (Ms. Tshilidzi Ramuedzisi/Director of DME, Energy Planning)
  - ・上記モデル構築とデータベースの構築
  - ・上記モデル構築の技術移転
  - ・エネルギーマスタープラン構築のためのシナリオ策定と最適化
- ③ エネルギー管理士制度の導入と産業部門への適用 (Ms. Marba Visagie/ Deputy Director, Environment, DTI)
  - ・省エネルギーマスタープランのうち、優先度の高い「エネルギー管理士制度」の導入
  - ・日本の、産業種別ごとの事例紹介 (セミナーの開催等)
  - ・NBIの「Energy Efficiency Accord」改定時の技術支援
- ④ 配電部門向け研修および調査 (Mr. Silas Zimu / Managing Director of City Power.)
  - ・来年行われるワールドカップでの電力安定供給を支援するためのスタッフ向け研修。
  - ・日本の優れた電力技術や業務プロセス・マネジメントを学ぶため、実際の配電制御所や配電事業所、市中の配電設備を見学。
  - ・供給信頼度向上に資する設備投資方策の確認および同方策の投資計画。

特に、DMEのEnergy Planning局等との打ち合わせでは「エネルギー需要予測・供給最適化モデル」について、多大な興味を示している。この上記②項、及び③項に対しては、時間を空けずに対応可能な方法で実施してゆくべきと思われる。一方、①項については、複数年の案件として対応することになると考えられる。

なお、「石炭火力発電設備の運転維持管理技術」については、既存設備をより長く活用するためのライフアセスメント調査の必要性があると思われるが、Eskomから特段の要望はなく案件形成は難しいと思われた。



調査団としては、本基礎研究案件の遂行過程において築き上がりつつある JICA 側と現地関係者との関係を今後より密接・堅固なものとしつつ、引き続き案件の進展と具体化に尽力して行きたいと考えている。

## **Appendix I**

### **Feedback Seminar on Energy-Efficiency Potential in South Africa**

**27<sup>th</sup>, January 2009, at Sandton Sun Hotel**



## **Appendix I:**

### **Feedback Seminar on Energy-Efficiency Potential in South Africa 27<sup>th</sup>, January 2009, at Sandton Sun Hotel**

#### 1. 報告資料

- 1) Our Observation on Energy Efficiency Potential and Future Potential Cooperation in South Africa

Mr. T. Suzuki, Team Leader, IEEJ

- 2) Energy Management System in Japan

Mr. Y. Kawano, TEPCO

- 3) Energy Efficiency Technology for Industrial, Commercial, and Residential Sectors

Ms. M. Nakashima, TEPCO

- 4) Efficient Operation and Maintenance of Existing Coal Power Plants

Mr. K. Kataoka, TEPCO

- 5) Loss Reduction & Reliability Improvement in Distribution System

Mr. K. Hoshi, TEPCO

- 6) Energy Demand Forecast Model

Mr. T. Inoue, IEEJ

- 7) Energy Supply Optimization Model

Mr. T. Asakura, IEEJ

#### 2. 出席者リスト





## AGENDA

### Feedback Seminar on Energy-Efficiency Potential in South Africa

**Venue: Sandton Sun Hotel**

**Date: 27<sup>th</sup>, January 2009**

8:30-	Registration	
9:15	Introduction	Ms. Valerie Geen, NBI
9:15-9:30	Opening Address	Dr. du Toit, Director, EE&E, DME Mr. Ono, Representative, JICA-SA
<b>9:30-14:30</b>	<b>Meeting Session</b> Chair: Mr. T. Suzuki, Team Leader	
09:30-10:00	Our Observation on Energy Efficiency Potential and Future Potential Cooperation in South Africa	Mr. T. Suzuki, Team Leader, IEEJ
10:00-10:30	Energy Management System in Japan	Mr. Y. Kawano, TEPCO
10:30-10:45	Discussion	
10:45-11:00	Tea Break	
11:00-11:30	Energy Efficiency Technology for Industrial, Commercial, and Residential Sectors	Ms. M. Nakashima, TEPCO
11:30-12:00	Efficient Operation and Maintenance of Existing Coal Power Plants	Mr. K. Kataoka, TEPCO
12:00-12:15	Discussion	
12:15-13:15	Lunch	
13:15-13:45	Loss Reduction & Reliability Improvement in Distribution System	Mr. K. Hoshi, TEPCO
13:45-14:15	Energy Demand Forecast and Supply Optimization Model	Mr. T. Inoue / Mr. T. Asakura, IEEJ
14:15-14:30	Wrap-up Discussion	
14:30-14:40	Closing Remark	Mr. T. Suzuki, Team Leader, IEEJ

Each session includes Q&A



# **Our Observation on Energy Efficiency Potential and Future Potential Cooperation in South Africa**

**January 27, 2009**

**The Institute of Energy Economics, Japan  
(JICA Study Team)**

**Takeo SUZUKI**



# Contents

1. Background and circumstance
2. Objectives
3. Meetings/ Interviews
4. Observations: Energy Supply/Demand
5. Energy Efficiency Potential Cooperation :  
Supply/Demand

Notes on JICA, IEEJ, and TEPCO?

# ( 1 ) Background

- Energy relating issues such as the energy price volatility/global warming, are common and important issues to be shared with all over the world. In G8 Hokkaido Toya-ko Summit 2008, this was confirmed and energy /environment topics were focused upon.
- IEEJ collaborating with TEPCO are working on “Research Project of Energy Efficiency Improvement Potential of South Africa and other countries” under JICA 's sponsorship.

## (2) Objectives

1. To grasp the current energy supply/demand situation and analyze the energy balance structure
  2. To search the possible policies/measures to enhance the energy efficiency and conservation
  3. To analyze the impact for the above-mentioned possible policies/measures
  4. To search the possibility for Japanese Potential Cooperation in this energy efficiency increase/conservation field
- Focusing upon industrial (especially, power generation and energy consuming industries), commercial, and residential sectors
  - Looking at South Africa, and other 5 Asian countries of Indonesia, Thai, Philippine, Vietnam, and India

# (3) Meetings/ Interviews

## (2008/11/17 – 12/4)

We visited governmental offices, business entities including both supply/demand (i.e. seller/buyer) sides, business organizations/associations, etc.

11/17 Mon	<JICA-SA>	11/27 Thu	Department of Trade and Industry (the dti)
11/18 Tue	BTMU-JHB Dept. of Science & Technology (DST) Mitsubishi Corp.-JHB	12/1 Mon	The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) Sasol Technology (Pty) Ltd Eskom
11/19 Wed	Univ. of Pretoria Hitachi-JHB	12/2 Tue	National Energy Regulator of SA (NERSA) The Nuclear Energy Corporation of South Africa (Necsa)
11/20 Thu	City of Johannesburg (incl. City Power) Central Energy Fund	12/3 Wed	Dept. of Minerals and Energy (Plan'g) + the dti +DST Norwegian Embassy Mitsui-JHB
11/21 Fri	Dept. of Minerals and Energy (E.Efficiency) <Japanese Embassy>	12/4 Thu	World Bank (SA Office) <JICA-SA>
11/24 Mon	The South African Bureau of Standards (SABS) Toshiba-JHB		
11/25 Tue	National Business Initiative (NBI) & 20 Energy Efficiency Accord Members/Organizations Sumitomo-JHB The South African Breweries Limited		
11/26 Wed	Dept. of Public Enterprises (DPE)		

<b>Gov. Offices, Public Organizations:</b>	<b>11</b>
<b>Business Entities, Group</b>	<b>: 4</b>
<b>University, Donor, etc.</b>	<b>: 3</b>
<b>Japanese Firms</b>	<b>: 6</b>
<b>Total</b>	<b>: 24</b>

# (4) Observations: Energy Supply

- In South Africa, some of Energy-relating Plans/Strategies have already been established. As for Energy Efficiency Increase, “Energy Efficiency Accord” has been released in Nov., ‘08
- In practical (economical) viewpoint, it is difficult to introduce new kind of primary energy source such as import-dependent natural gas (LNG) etc., since there is rich (and cheap) coal resources in South Africa.
- Regarding the supply diversification, only nuclear and renewables had been pointed out as new supply sources.
  - Eskom will introduce 20 GW of nuclear power plant in next 20 years.
  - Wind and biomass are expected as renewables, however, they seem to be pre-matured as stable supply sources.
  - As solar heating also looks prominent, the application is limited for the residential sector.
- Based on the issues “Until when coal supply mono-culture is allowed?”, the intention to diversify the primary energy supply sources is indicated.
  - There would be a interpretation that the introduction of gas/ fuel conversion, as a result of the diversification, enables to adopt IGCC (Integrated Combined Gas Cycle power generation) to achieve better/increased efficiency, bringing to Energy Efficiency Increase.
- In power generation sector, new boiler introduction or conversion of advanced coal combustion technology which is a part of Clean Coal Technology can be considered.
- As for power distribution part, 12% loss is reported by JHB City Power, which considerable room exist for the improvement. Main reason would be aging of the facilities and stealing/pinching electricity.

# (4) Observations: Energy Demand

- Looking at the current energy consuming industries, mining/smelting work is originally utilize much energy in nature.
  - It should be noted that the modernized facility that recently start-up, is on the world front-end design basis, and consequently, almost no room for further energy efficiency increase.
  - However, second-line factories seems to be enough subject to study.
- For process industries such as steel/refinery/chemical etc., world-class companies or its subsidiaries are operating the plants, and usually access to the information is limited.
  - These companies are tend to own on-site self-generation facility by themselves in response to the recent Eskom's power supply situation.
- In commercial sector, energy saving is not consistent or missing in the range of plan/design, operation/management of lighting and air conditioning in the buildings.
  - There seem to be the room to incorporate Co-Generation system in commercial complex or large-scale housing communities to be planned/built.
- For residential sector, improvement of Geyser or application of solar heat are considered.
  - This is the exact field that Japanese “water heating system with heat pump” (“Eco-cute” in the trade-name) can be adopted.
- Such consumption reduction targets are set as 10% peak-power demand cut till 2009, and 12% energy efficiency improvement by 2015:
  - DSM by Eskom
  - Several measures by DME/NEEA
- Specific scheme/system design for energy efficiency increase, shall be implemented.

# (5) Energy Efficiency

## Potential Cooperation : Supply (1)

- Efficiency Increase/Fossil Fuel Decrease by Energy Conversion
  - Coal Gasification: IGCC < Power >
  - Nuclear Power Introduction < Power >
  - NG Combined Cycle Gene. Introduction < Power >
  - Renewable Introduction < Residential, Power, Industrial >



# (5) Energy Efficiency

## Potential Cooperation : Supply (2)

- Energy Efficiency Improvement of Existing Facilities
  - Renovation of existing Coal Power Plant  
< Power >
  - Replace by such new technology of Sub- / Super-critical steam condition boilers <Power >
  - Cogeneration Introduction  
< Industrial, Commercial >



# (5) Energy Efficiency

## Potential Cooperation : Supply (3)

- Energy Efficiency Improvement of Power Distribution
  - Introduction of Loss Minimizing Power Distribution Equipment/ Facilities < Power >
  - Renovation Plan of Power Distribution Equipment/ Facilities taking Efficiency into account < Power >
  - Efforts to decrease Non-technical Loss <Power >

# (5) Energy Efficiency

## Potential Cooperation :Demand (1)

- Energy Efficiency Improvement in Industrial Sector
  - Introduction of Energy Management System
  - Technical Assistance for small and medium-sized enterprises
  - (Waste) Energy Accommodation among Industries
  - Introduction of Labeling/Standardization System
  - Other Existing countermeasures

# (5) Energy Efficiency

## Potential Cooperation :Demand (2)

- **Energy Efficiency Improvement in Commercial Sector**
  - Capacity Enhancement of Building Energy Manager
  - Introduction of Labeling/Standardization System
  - Assistance for ESCO Introduction
  - Other Existing countermeasures
- **Energy Efficiency Improvement in Residential Sector**
  - Penetration of High-Efficient Water Heater
  - Introduction of Labeling/Standardization System
  - Other Existing countermeasures

# (5) Energy Efficiency

## Potential Cooperation :Demand (3)

- Organization Settlement of Energy Efficiency Improvement Enhancement (cross-sectional)
  - Support and Assistance of NEEA
  - Collaboration with Energy Courses in Universities
  - Organizing the Forum on Energy Efficiency Improvement
  - Formulation of Energy Supply/Demand Simulation Model
  - Other Existing countermeasures

Notes:

# Japan International Cooperation Agency (JICA)



- Independent governmental agency coordinates ODA for the Japanese government
- Chartered with assisting economic and social growth, and the promotion of international cooperation
- Led by President Sadako Ogata, the former United Nations High Commissioner for Refugees
- Three major ODA components--technical cooperation, grant aid, and concessional loans under JICA

(<http://www.jica.go.jp/english/index.html>)

# Notes:

# The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ)



- Established in 1966, aspiring to become the “No 1 Think Tank” and the leading voice in Japanese and World energy-related issues and global environmental subjects
- “Considering the Energy-Environmental Issues from a Global Perspective and Proposing Policy Solutions,”
- Research and Study
  - Energy Security and Direction of Japan’s Resource Diplomacy
  - Worsening Global Warming Problems and Japan’s Strategy
  - Supply and Demand in Energy Markets in Japan and the World and Trends in Energy Prices
  - Promotion of Energy Cooperation with Various Countries
- Mission
  - Policy Proposals
  - International Cooperation
  - Public Education

(<http://eneken.ieej.or.jp/en>)

Notes:

# The Tokyo Electric Power Company, Inc.



## (TEPCO)

- An electric utility servicing Japan's Kantō region, Yamanashi Prefecture, and the eastern portion of Shizuoka Prefecture, including Tokyo
- The largest electric utility in Japan, and the 3rd largest one in the world after ÉdF and E.ON
- Total: 190 power stations / 62.825 million kW - generation capacity

(<http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html>)

**Feedback Seminar on  
Energy-Efficiency Potential in South Africa**

# **Energy Management System In Japan**

**- Japanese Case-**

**January 2009**

**Tokyo Electric Power Company**

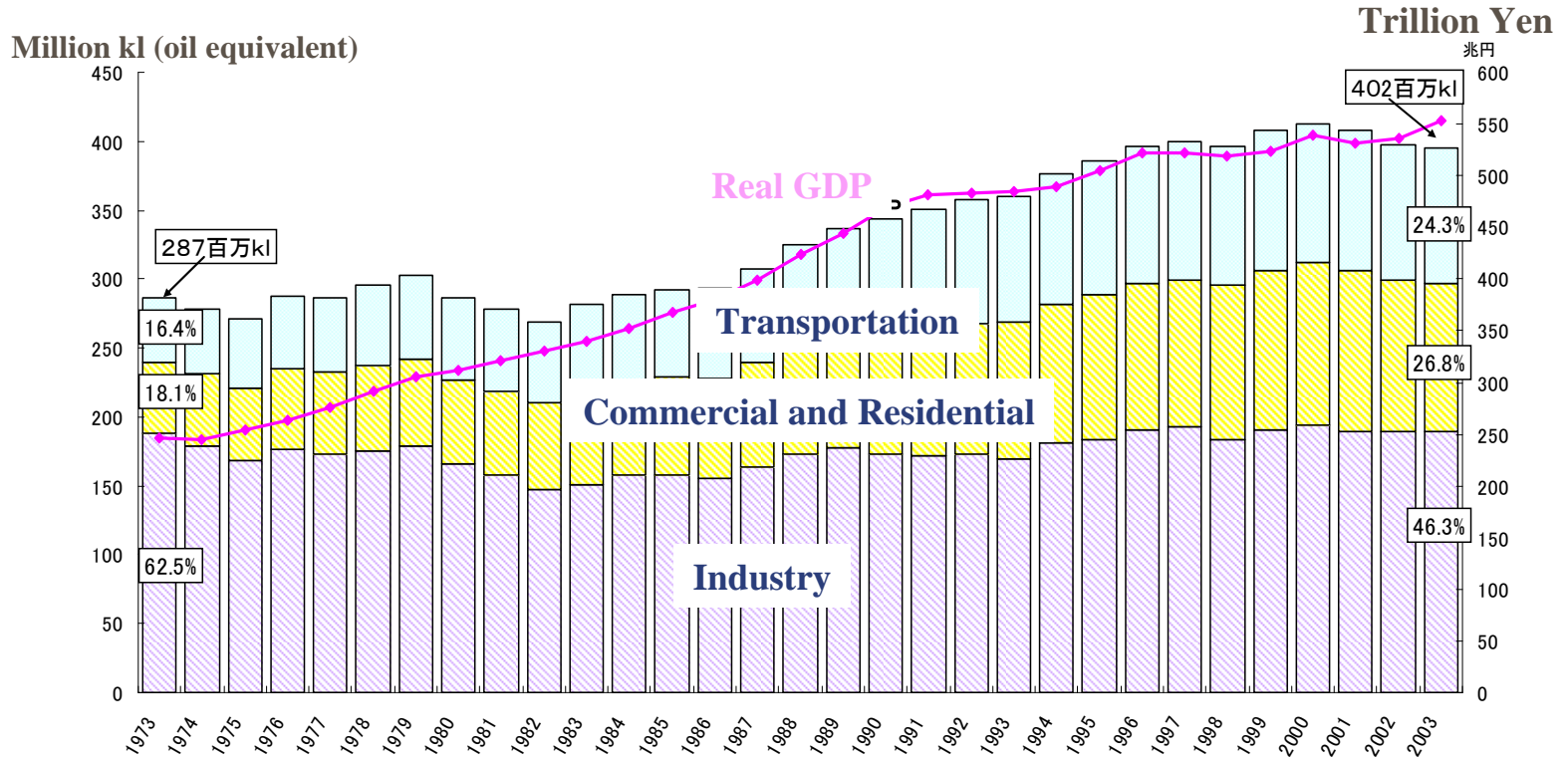
**(JICA Study Team)**

**Yasushi KAWANO**



# 1. General

# Historical Data of Final Energy Consumption by Sector

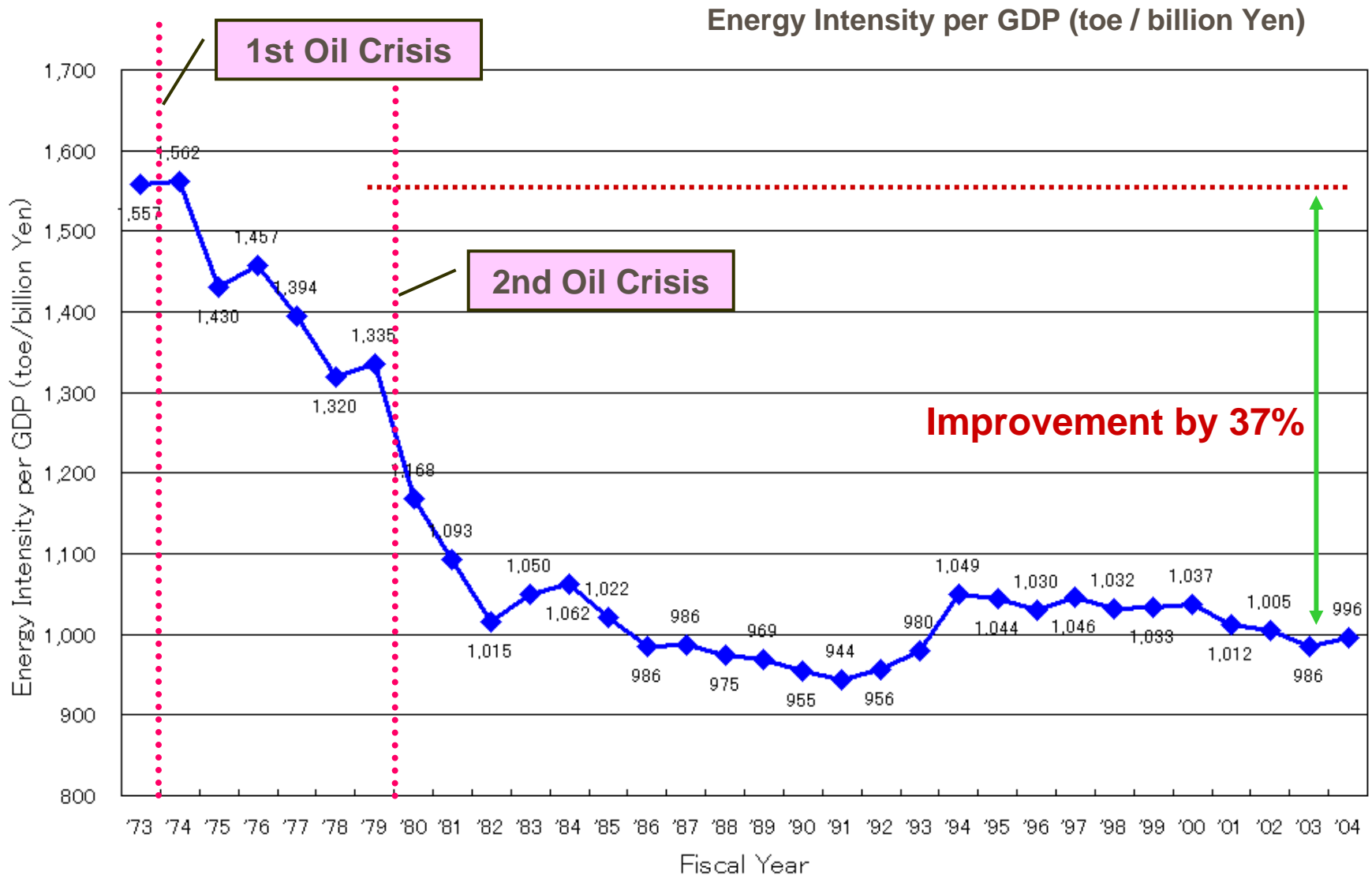


Source: METI

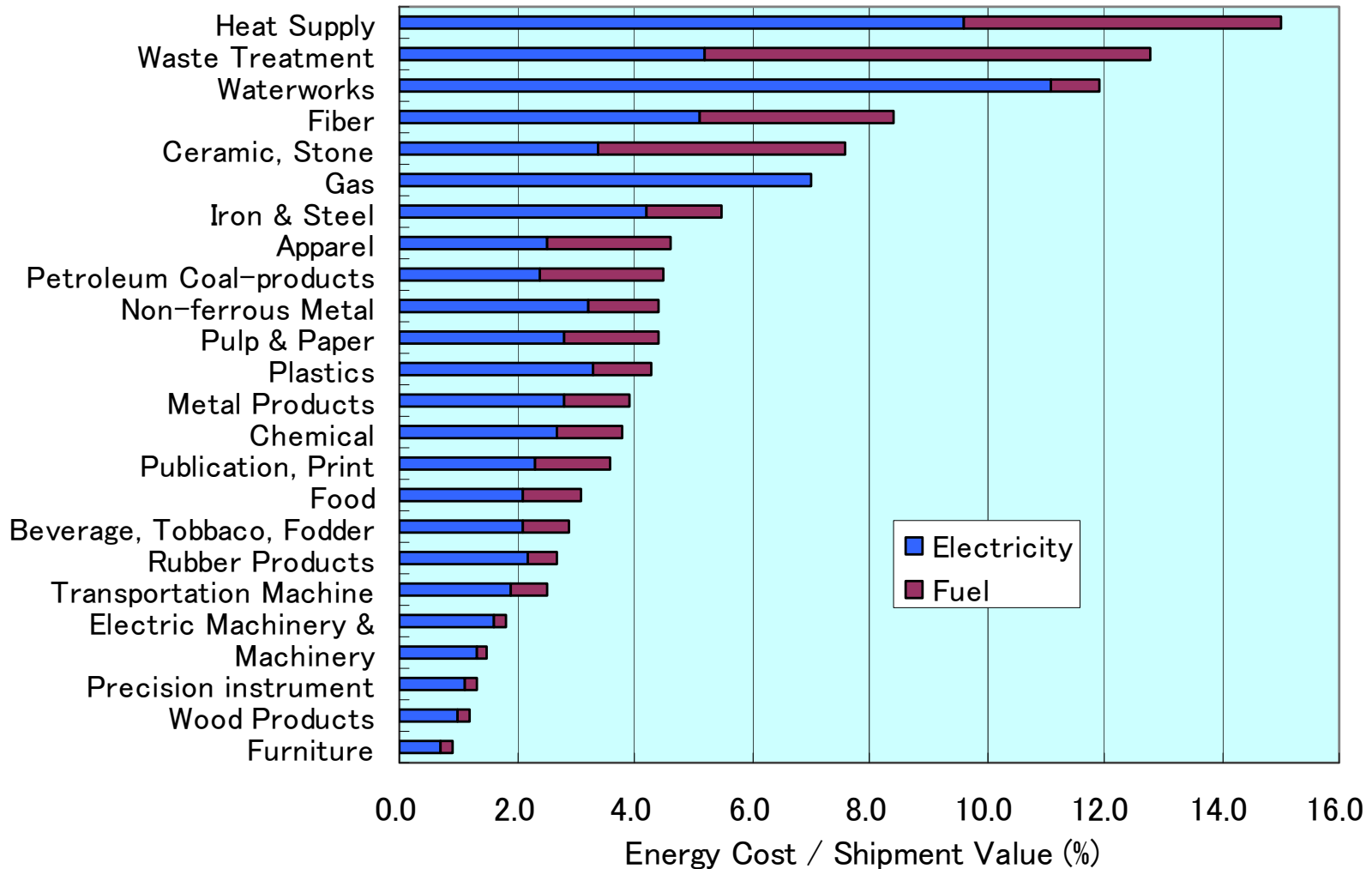
FY

- Final energy consumption in Japan has increased since 80's (except 1998).
- Industry: C&R: Transportation has changed from 4:1:1 (in 1973 oil crisis) to 2:1:1 (in 2004).

# Change in Primary Energy Intensity per GDP in Japan

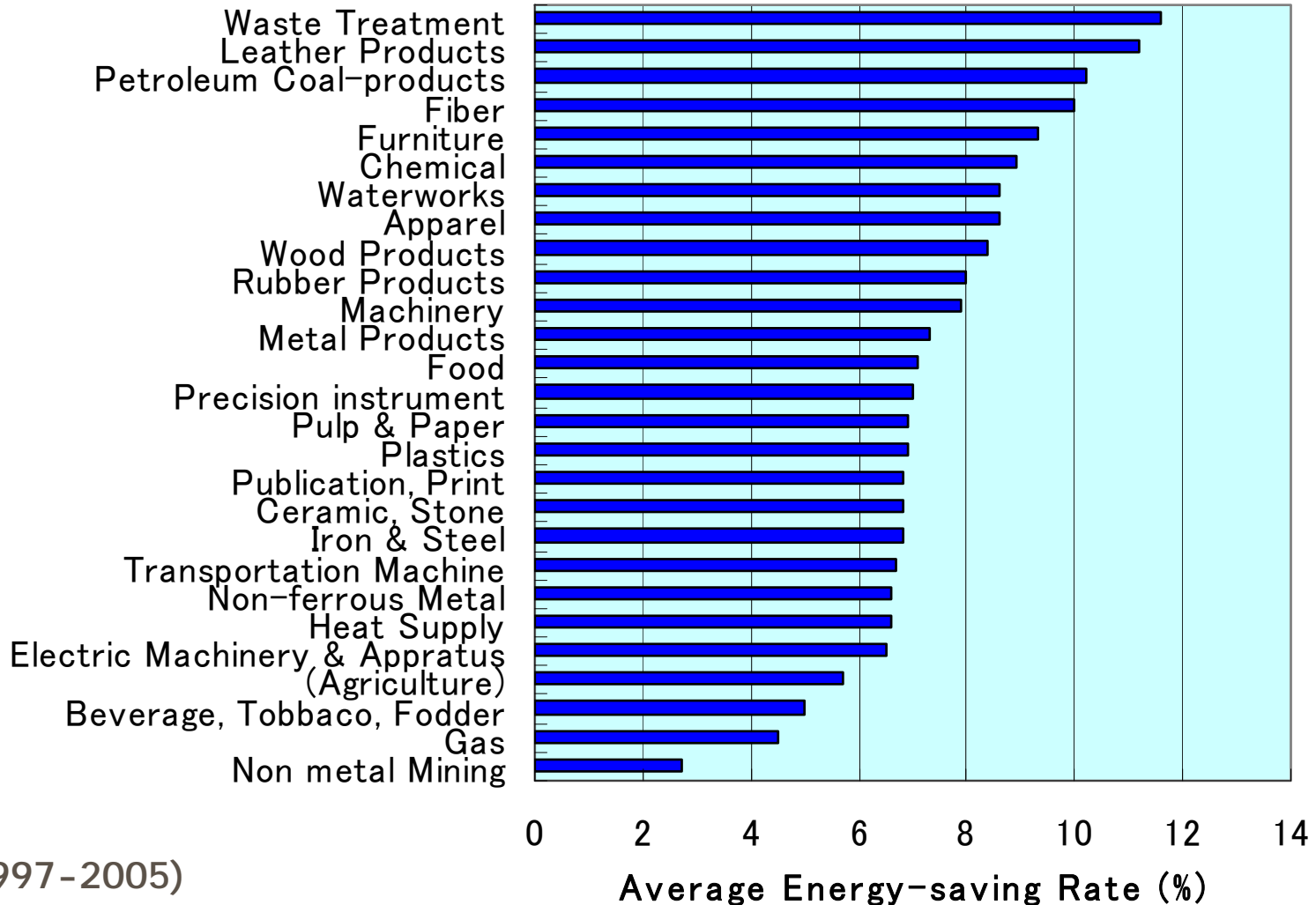


# Energy Cost of Each Industry



(Source: ECCJ)

# Energy Conservation Potential (estimated)



(1997-2005)  
Total 1627 cases

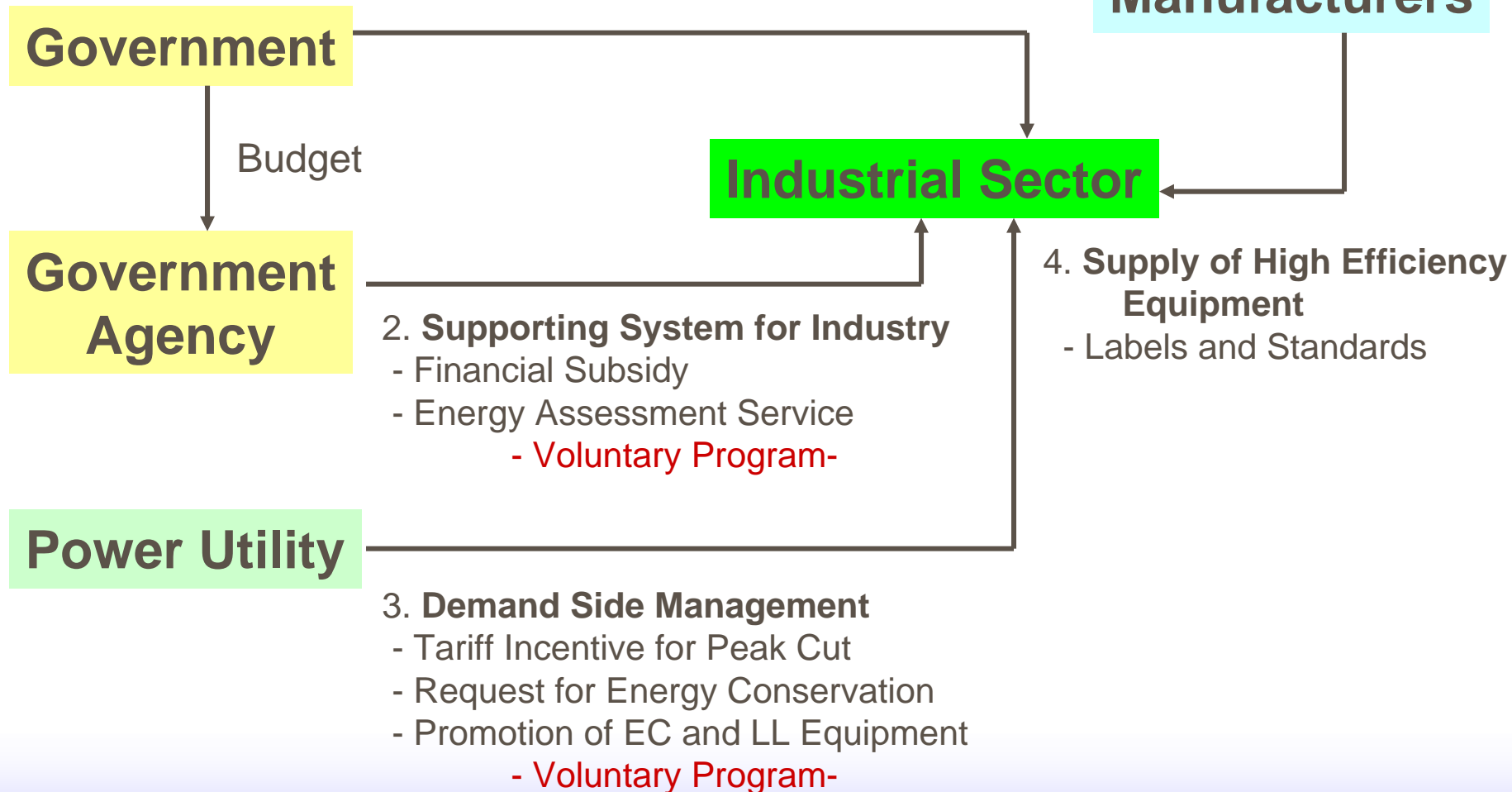
(Source: ECCJ)

# Overview of Energy Management in Industry

## 1. Energy Management System

(Assignment of Energy Manager, and Submission of Periodical Report)

- Mandatory Program -



## **2. Energy Management System In Japan**

# Objective of the EMS

## 1. Executing Agency

Ministry of Economy, Trade and Industry and their Local Offices

## 2. Designated Factories and Buildings

Electricity and Heat (3,000 kl-oe/year, or 12 GWh/year)

(Large Consumers in Government, Industrial and Commercial Sector)

## 3. Objective

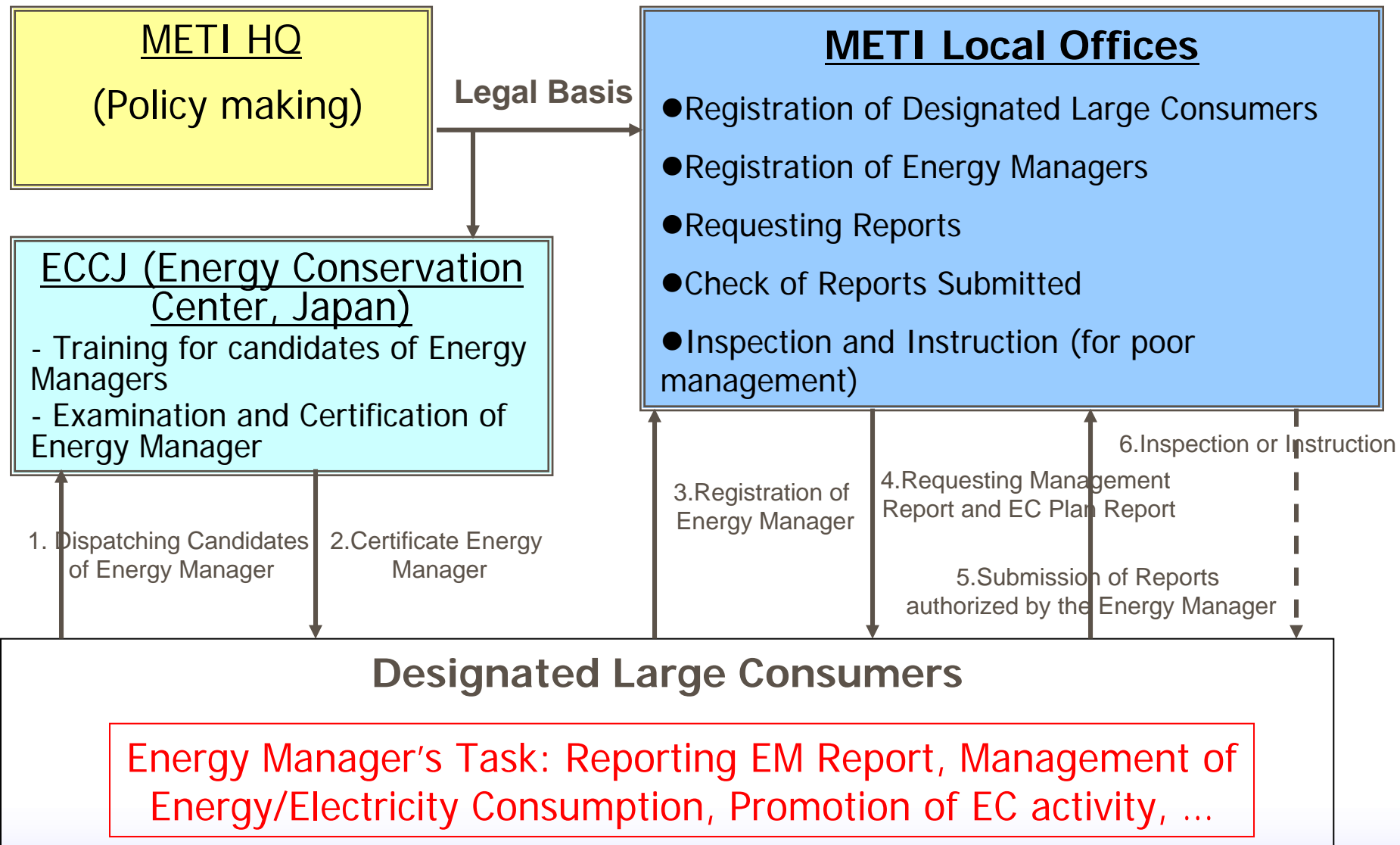
To promote voluntary EC practices within a business unit by mandatory reporting and assignment of energy manager

## 4. Contents of the Scheme

- Large consumers are designated by a criteria (3,000 kl-oe/year)
- Energy Manager is assigned by the designated consumers and submitted to METI.
- Energy Manager have to be qualified by government examination or training program.
- Large consumers have to submit annual reports (energy consumption report and middle term EC plan report), compiled by the Energy Manager, to METI Local Offices.
- Energy Manager has a responsibility for management within the business unit and instruction for workers and reporting to METI.
- METI checks the report and gives instruction in case of poor management.

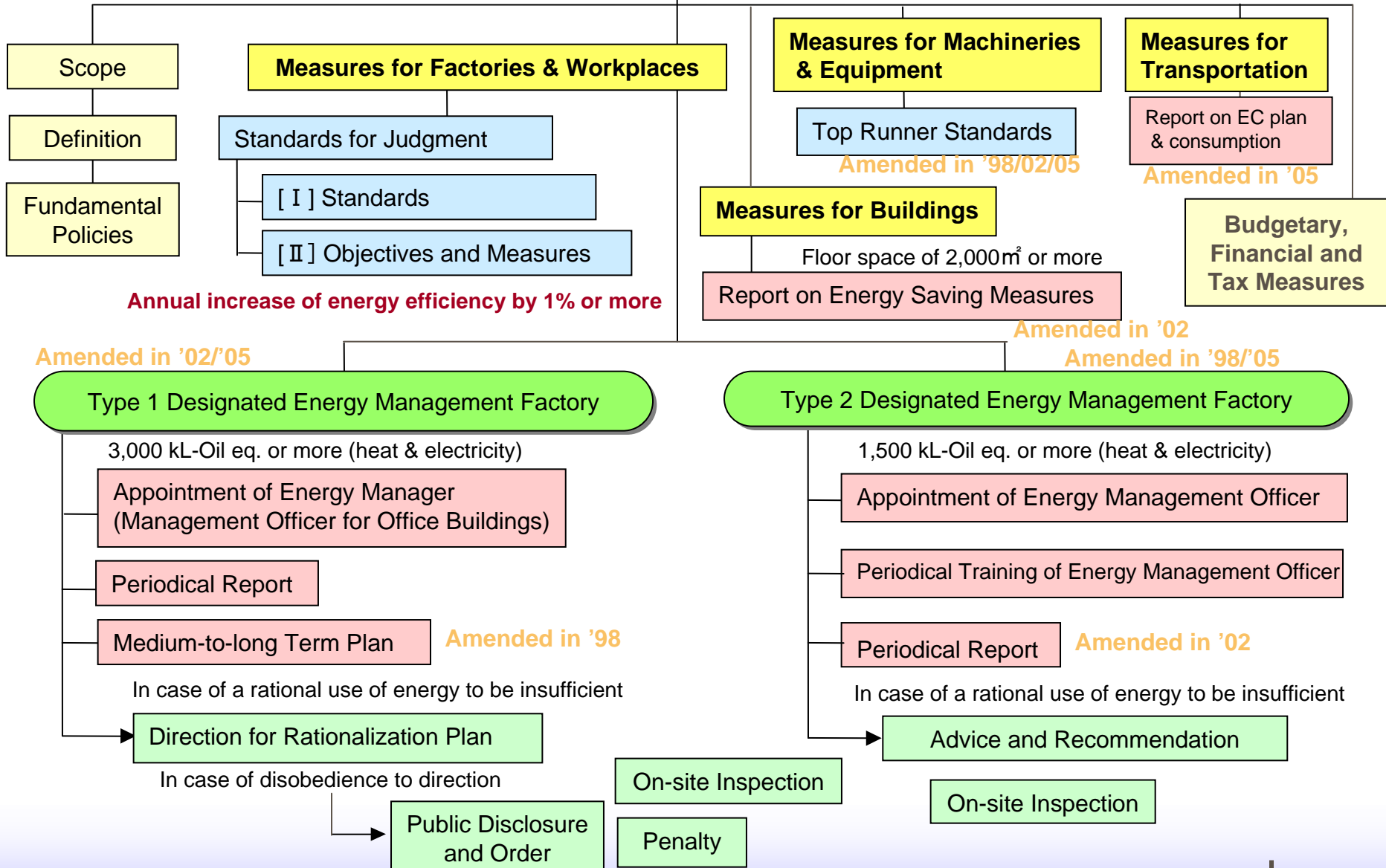


# Annual Procedural Flow



# Energy Conservation Law

[enacted in 1979, amended in 1983/1993/1998/2002/2005]



# Main Articles Regarding EMS in the Law (1)

Article	Explanation
<p><b>Article</b> Evaluation Criteria for Business Operators</p>	<p>Minister announces the evaluation criteria (6 fields) of rational use of energy to the designated factories and buildings.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rationalization of burning fuel</li> <li>2. Rationalization of heating, cooling and heat transfer</li> <li>3. Recycling heat waste</li> <li>4. Rationalization of converting heat into power</li> <li>5. Prevention of heat loss by emission, conduction etc and Prevention of electric loss by resistance etc</li> <li>6. Rationalization of converting electricity into power, heat etc</li> </ol> <p>Designated Business Operators have to have their own <b>Management Standards</b> according to the above evaluation criteria.</p>
<p><b>Article</b> Designation of Designated Energy Management Factories</p>	<p>The criteria for designation is defined by the Cabinet Order. In the current Order, 3,000 kl/year (oil equivalent) is the border line for the designation. Electricity is also converted to oil-equivalent in primary energy.</p>
<p><b>Article</b> Energy Manager</p>	<p>Designated Business Operator shall appoint <b>Energy Manager</b> for each of its Designated Energy Management Factories from among persons who have a qualified Energy manager's license, and notify to the Minister of Economy, Trade and Industry.</p>

# Main Articles Regarding EMS in the Law (2)

Article	Explanation
<p><b>Article</b> Qualified Energy Manager's License</p>	<p><b><u>A qualified Energy manager's license</u></b> shall be granted by the Minister of Economy, Trade and Industry to persons who fall under any of the following items.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Person who has passed an examination for qualification.</li> <li>-Person who has been recognized by the Minister of Economy, Trade and Industry as having equal or greater knowledge and experience than the person</li> </ul>
<p><b>Article</b> Duty of Energy Manager</p>	<p>Energy Managers shall, with regard to the rational use of Energy in Designated Energy Management Factories, manage the maintenance of Energy-consuming facilities, the improvement and supervision of methods for using Energy, and other affairs specified by an Ordinance of the Ministry of Economy, Trade and Industry.</p>
<p><b>Article</b> Preparation of Medium- and Long-Term Plans</p>	<p>Designated Business Operator shall prepare each business year a <b><u>medium- and long-term plan</u></b> for achieving the targets for the rational use of Energy that are specified for Designated Energy Management Factories in the standards of judgment.</p> <p>Qualified Energy manager has to participate in the planning process.</p>
<p><b>Article</b> Periodical Report</p>	<p>Designated Business Operator shall report to the competent minister each business year the matters specified by an Ordinance of the Ministry of Economy, Trade and Industry with regard to the Energy consumption and other status of Energy use. (<b><u>Periodical Report</u></b>)</p>

# License of Energy Manager (Heat/Electricity)

## 1. National qualifying examination

- ❖ Once a year
- ❖ 1 day, 4 subjects

< in 2005 >

<b>Applicant</b>	<b>8,950</b>
<b>Succeeded</b>	<b>2,290</b>
	<b>(22.5%)</b>

## 2. Training seminar with examination

- ❖ Once a year
- ❖ 6 day training & 1 day examination
- ❖ Background : education + experience

<b>Applicant</b>	<b>2,765</b>
<b>Succeeded</b>	<b>1,800</b>
	<b>(65.1%)</b>

**ECCJ is assigned to carry out the state exam. & training seminar by the government.**

# Management Standards

- Management standards (operation manual) are made for each energy consumption equipment.
- The standards are made by the business operator (in accordance with the guideline).



## Report of Management Standards (sample)

1. General Provision (purpose, definition, target equipment, energy reduction target, etc.)
2. Management structure and responsibility, and annual schedule (data collection schedule, making annual reports, making monthly report of energy consumption (internal), periodical maintenance schedule, etc.)
3. Facility Data and Equipment Data List
4. Monthly Report of Energy Consumption
5. Management Standards of Each Equipment

# Sample of Management Standards

Control Field

Name of Equipment

Check Points

Standard Value of the Check Point

How to control

Data Measurement and Recording

Maintenance Schedule (if necessary)

Control Standards under the "Energy Conservation Law"	Control Standards of Boiler System	Reference No. Revised: X Page: 1/3
<b>1. Purpose</b> The purpose of this Standard is to rationalize energy use of XX Building by specifying requirements for the measurement/recording, operation, maintenance/inspection of the one-through boiler system (with an evaporation rate of 300 kg/h) and by conducting the appropriate control/operation procedures.		
<b>2. Scope of Application</b> This Standard shall apply to the one-through boiler system (with an evaporation rate of 300 kg/h) installed in the XX Building.		
Category	Content	Control Standards
Control of Combustion (Standard for Air Ratio)	<b>1. Air Ratio</b> ①Control Amount of combustible air shall be as close as possible to the "Theoretical Amount of Air" in order to reduce the exhaust gas loss and to achieve complete combustion.(Description #1)  ②Measurement/Recording The measurement and recording of exhaust gas from the boiler system shall be performed: once per three (3) months	Standard air ratio: 1.2-1.3 (when load factor is 50-100%)  1.4-1.6 (when load factor is lower than 50%)
(Measurement/Recording)		
(Measurement/Recording) (Maintenance/Inspection)	<b>2. Control of Combustion Equipment and Exhaust Gas</b> ①Control - Monitoring of burner combustion conditions and of discharged smoke - Exhaust gas temperature ②Measurement and Recording Exhaust gas temperature, color of the smoke: once per day ③Maintenance and Inspection - Maintenance/inspection for burner tips, fuel-air-adjustment valves: twice per year - Cleaning of water-valves: once per year	Is the smoke discharged in a normal manner? Is there dark smoke coming out? Target value: 250°C or lower
Operation Control & Control of Efficiencies	<b>1. Load Factor &amp; Conditions for Startup/Shutdown</b> ①Control - When the load factor is low and frequent startup/shutdown operation is unavoidable, the boiler efficiency may become lower. Apparently, this is not preferable from the maintenance standpoint. i. Appropriate control of the number of plurality of boilers and lower startup frequency shall be considered preferable. ii. Load leveling shall have to be performed. iii. The burner shall be adjusted to the proper capacity level (ask the manufacturer). ②Measurement/Recording The startup frequency shall be recorded: once per day  <b>2. Steam Pressure</b> Higher than unnecessary steam pressure may cause lowering of thermal efficiency. Therefore, it is critical to maintain a proper level of steam pressure.	Startup Frequency: 20 times/h or fewer
	<b>3. Thermal Efficiency</b> ①Control Thermal efficiency of the boiler shall be calculated by monitoring the fuel usage and the evaporation amount. Thermal efficiency (Description #2)	When load factor is 80% or higher, thermal efficiency shall be 85% or higher.

# Medium and Long Term Plan

## I. Term of the plan

Fiscal year          to          fiscal year

## II. Details of the plan and expected effects on the rational use of energy

Process	Details of the plan	Expected effects of the rational use of energy

## III. Comparison with the plan of the previous year

Process	Withdrawn plan	Reason

Process	Additional plan	Reason

- M&L plan targets at 3 years in Japan.
- Planning program/project and expected effects are estimated.
- Comparison of last year's plan is also shown.



# Periodical Report (1)

Table 1: Quantity of energy use and quantity of energy sold or by-product

Type of energy	Unit	(Fiscal year)					
		Quantity of use		Quantity of energy sold or by-product			
				Quantity of energy sold		Quantity not contributing to own production	
		Quantity	Calorie GJ	Quantity	Calorie GJ	Quantity	Calorie GJ
Fuel and heat	Crude oil (excluding condensate)	k l					
	Condensate included in crude oil (NGL)	k l					
	Gasoline	k l					
	Naphtha	k l					
	Kerosene	k l					
	Diesel oil	k l					
	Fuel oil A	k l					
	Fuel oils B/C	k l					
	Asphalt	t					
Other fuels	City gas	1000m <sup>3</sup>					
	( )						
	Industrial steam	GJ					
	Non-industrial gas	GJ					
	Hot water	GJ					
	Cool water	GJ					
	Sub-total	GJ					
Electricity	Ordinary electric power supplier	Daytime purchased power	1000kWh				
		Nighttime purchased power	1000kWh				
	Others	Purchased power other than the above	1000kWh				
		Private power generation	1000kWh				
	Sub-total	1000kWh/ GJ					
Total GJ							
Crude oil equivalent kl			(a)		(b)		(c)
Comparison vs. previous fiscal year (%)							

- Energy consumption calculation sheet (annual) is submitted.
- Fuel consumption, purchase of heat, and purchase of electricity are converted to primary energy of crude-oil (Japanese case).

# Periodical Report (2)

Table 2: Brief summary of facilities related to rational use of energy and major facilities consuming energy and situations of operation including new installation, remodeling or dismantling

	Name of facilities	Outline of facilities	Operational status	New installation, remodeling or dismantling
Facilities related to rational use of energy				
Major facilities consuming energy other than the above				

- Energy consumption facilities and their operation (days and hours) are listed.
- Annual production quantity is also filled. The data is decided by the business operator (ex. ton, units, monetary value, m2, etc.)

Table 3: Production quantity and others

	(Fiscal year)	Comparison vs. previous fiscal year (%)
Values closely related to energy consumption such as production quantity, gross floor space or others ( )	(d)	

# Periodical Report (3)

Table 4: Unit energy consumption

Unit energy consumption =	Quantity of energy used (crude oil equivalent kl) (a) - ((b)+(c))	(Fiscal year)	Comparison vs. previous fiscal year (%)
	Values closely related to energy consumption such as production quantity, gross floor space or others (d)		

- Unit energy consumption (energy intensity) is calculated as follows.

Energy Intensity =  
Energy consumption  
calculated in the  
calculation sheet / Annual  
Production Quantity.

Table 5: Status of change in unit energy consumption for past five years

	(Fiscal year)	(Fiscal year)	(Fiscal year)	(Fiscal year)	(Fiscal year)	Change in average unit energy consumption for past five years
Unit energy consumption						
Comparison vs. previous fiscal year (%)						

- Past 5 years record of the Unit energy consumption.
- Reasons in case that efficiency target (1% improvement) is not achieved.

Table 6: Reasons for (A) a case where unit energy consumption for past five years was not improved by 1% or more or (B) a case where unit energy consumption for past five years was not improved from the previous fiscal year

Reasons for (A) above
Reasons for (B) above

# Assistance Scheme for the EMS (voluntary scheme)

<b>Title</b>	<b>Executing Agency</b>	<b>Contents</b>
Energy Audit Service (free of charge)	NEDO ECCJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Government agency or association provides free charge energy audit to promote EC practice.</li> <li>- Government supports the budget for the service.</li> </ul>
Subsidy for EC Project and EC Equipment	NEDO ECCJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Government agency or association provides subsidy for good EC projects or EC equipment to selected applicants.</li> <li>- Government supports the budget for the subsidies.</li> </ul>
Training Program for Energy Manager and Engineers	ECCJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Association (ECCJ provides training program for energy manager and engineers with fee.</li> <li>- Government supports a part of the cost of training program.</li> </ul>

NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization  
ECCJ: Energy Conservation Center of Japan

# Issues and Countermeasures

	Issue	Countermeasure
1	How to standardize quality of reports submitted by business operators? (quality control)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Holding seminars periodically to disseminate</li><li>- Making guidelines and samples of reports</li><li>- Preparing calculation sheet (excel sheet) to easily calculate energy consumption</li></ul>
2	How to check the report?	<ul style="list-style-type: none"><li>- METI local offices collect reports from business operators in June. There are so many reports submitted.</li><li>- The offices make database to easily input the operators data and their reporting data.</li></ul>
3	How to choose an indicator of product ion unit energy consumption?	<ul style="list-style-type: none"><li>- For mono-product industry, ton, m2 or m3, etc. is adopted.</li><li>- For multi-product industry, annual sales is possible.</li><li>- For building, total floor area is used.</li></ul>
4	How to use the periodical reports?	<ul style="list-style-type: none"><li>- Basically it is used for energy management within business operator and check by METI.</li><li>- In addition, it can be used for making database (specific company name should be closed)</li></ul>

### 3. Design of the EMS for South Africa

# Key Design Factors (1)

## Target of the Scheme

1. What energy should be targeted? (heat, electricity or both heat and electricity)
2. How to set designated consumers? (by energy consumption volume or type of business, etc.)

## Implementation Structure

3. Who is an executing agency/agencies?
4. What is role of each agency? (Law/regulation, Dissemination, Collection and check of reports, Inspection, etc.)

## Status of Energy Manager

5. How is the status of Energy Manager? (National qualification?)
6. How to qualify Energy Manager? (examination, training, etc.)
7. Who is responsible for examination and training for energy manager?
8. What are mandatory or voluntary tasks of energy manager?

# Key Design Factors (2)

## Reports

9. What data should be requested to designated operators?
10. What reports should be collected from designated operators? (energy consumption data, unit energy consumption data, M&L plan, etc.)
11. How to collect? (document, internet, etc.)
12. Is a management target set? (ex. 1%/year improvement, etc.)
13. How to evaluate reports submitted?

## Inspection

14. How to choose bad operators to be inspected?
15. How to inspect?

## Dissemination

16. What type of dissemination is expected? (seminar, guideline, booklet, etc.)



## 4. Experience of JICA Study

Energy Conservation Master Plan in the Power Sector in Saudi Arabia

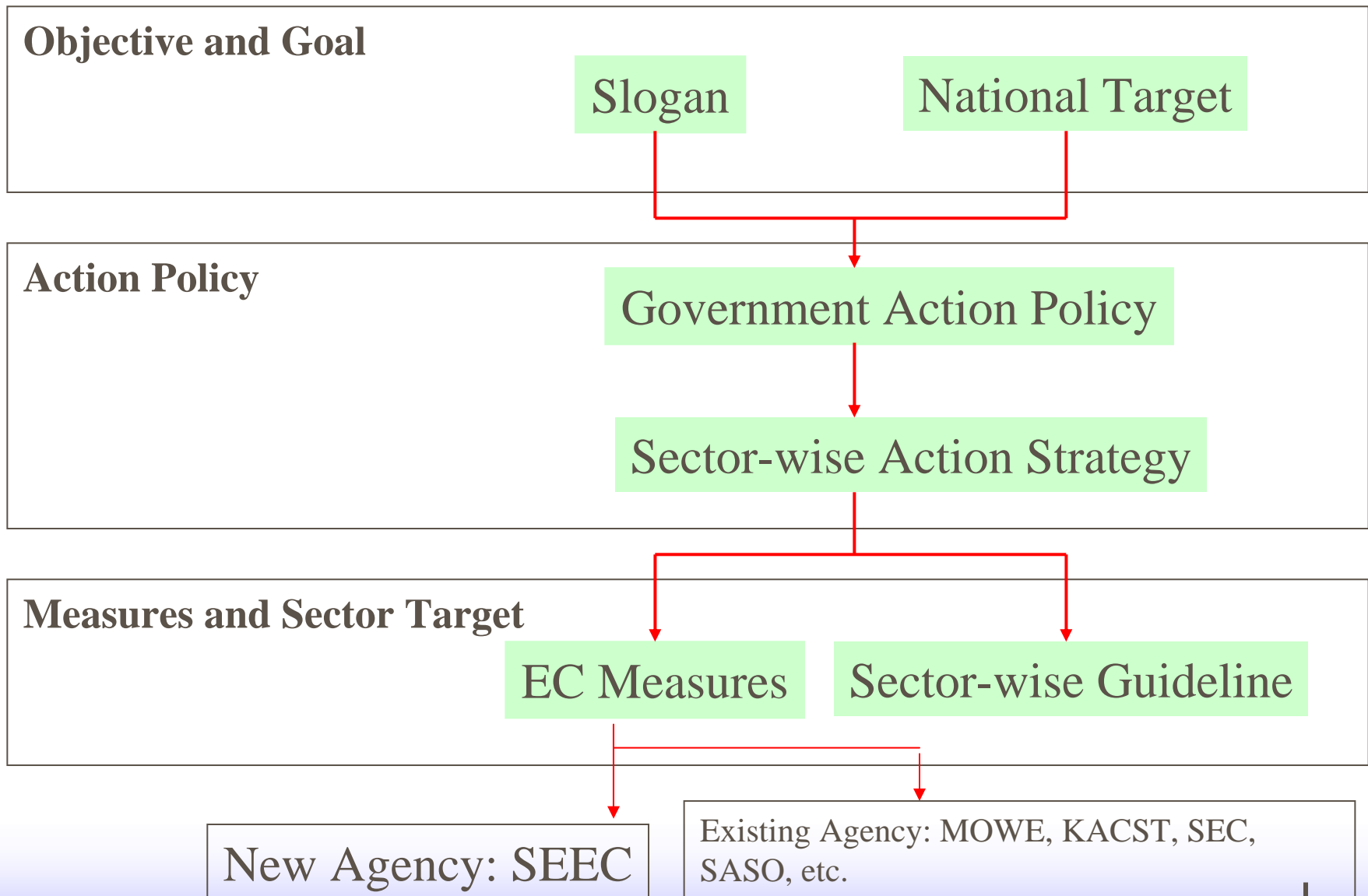
# General

1. Scheme: Japan's ODA study
2. Sponsor: JICA
3. Consultant: TEPCO and IEEJ
4. Duration: 2007/2-2008/10
5. Counterpart: MOWE and the Steering Committee
6. Objective of the Study:

**To make a master plan for comprehensive energy conservation by 2030 for Saudi Arabia.**

- Establishment of an energy conservation target and Scenario
- Propose energy conservation measures and action plan
- Capacity Development on energy conservation in the power sector

# Structure of National Basic EC Principle



# Slogan and National Target

## [Slogan]

- Improving energy efficiency on the demand side.
- Ensure a reliable power supply by managing peak demand while integrating efforts on the supply and demand side.
- Build an energy conscious society.

## [Target]

- 30% improvement of Electricity-GDP Intensity (=Electricity consumption per GDP) in 2030 compared with 2005 level
- 50% reduction of peak demand growth rate in 2015 compared with on average in 2000 - 2005

→ To accomplish the target, the Study Team identified **13 high priority measures** and have proposed action plan.

# Sector-wise Guideline

	<b>Government</b>	<b>Industrial</b>	<b>Commercial</b>	<b>Residential</b>
Annual Improvement Rate	<b>1.5 %</b>	<b>1.5 %</b>	<b>1.5 %</b>	<b>1.0 %</b>
Indicator	Electricity Consumption per Area (kWh/m <sup>2</sup> )	Productivity (kWh / production or sales)	Electricity Consumption per Area (kWh/m <sup>2</sup> )	Electricity Consumption per Household (kWh/household)
	(= Electricity Consumption / Total Floor Area)	(= Electricity Consumption / Product Output or Sales)	(= Electricity Consumption / Total Floor Area)	(= Electricity Consumption / household)

Thank you!

# Reference

# Energy Audit Service



# Outline of the Scheme

## 1. Objective

To promote energy conservation of industry and commercial building.

To support capacity building of the staff in charge of energy management

## 2. Target Sector

Industrial sectors by NEDO

Industrial and building sectors (ECCJ)

## 3. Contents of the Service

Detailed survey including measurement in a factory (NEDO)

Basic survey in a factory or building (ECCJ)

## 4. Budget (supported by Government)

FY2006: 147 million yen (NEDO) (about 40-50 sites)

FY 2007: 220 million yen (ECCJ) (about 700 sites)

## 5. Consultant

Consultant is hired by NEDO and dispatched to the factory. (NEDO)

Expert is dispatched to the factory or building. (ECCJ)

# Subsidy for EC Project and EC Equipment

# Outline of the Scheme

## 1. Objective

Category 1: Promotion of good EC project for Industry

Category 2: Demonstration of good practice for Buildings

Category 3: Promotion of high efficiency equipment for Buildings and Houses

## 2. Executing Agency

NEDO (supported by METI)

## 3. Feature

Category 1: 1/3 of total project cost (limit: 500 million Yen/year)

Category 2: 1/2 of total project cost (limit: 100 million Yen) for EC project

Category 3: 1/3 of total system cost (limit: 27 million Yen) for high efficiency system

# Training Program for Energy Manager and Engineers

# Outline of the Scheme

## 1. Objective

Training for candidate of energy manager

Capacity building for energy manager and management staff (engineers, technicians)

## 2. Executing Agency

ECCJ (supported by METI)

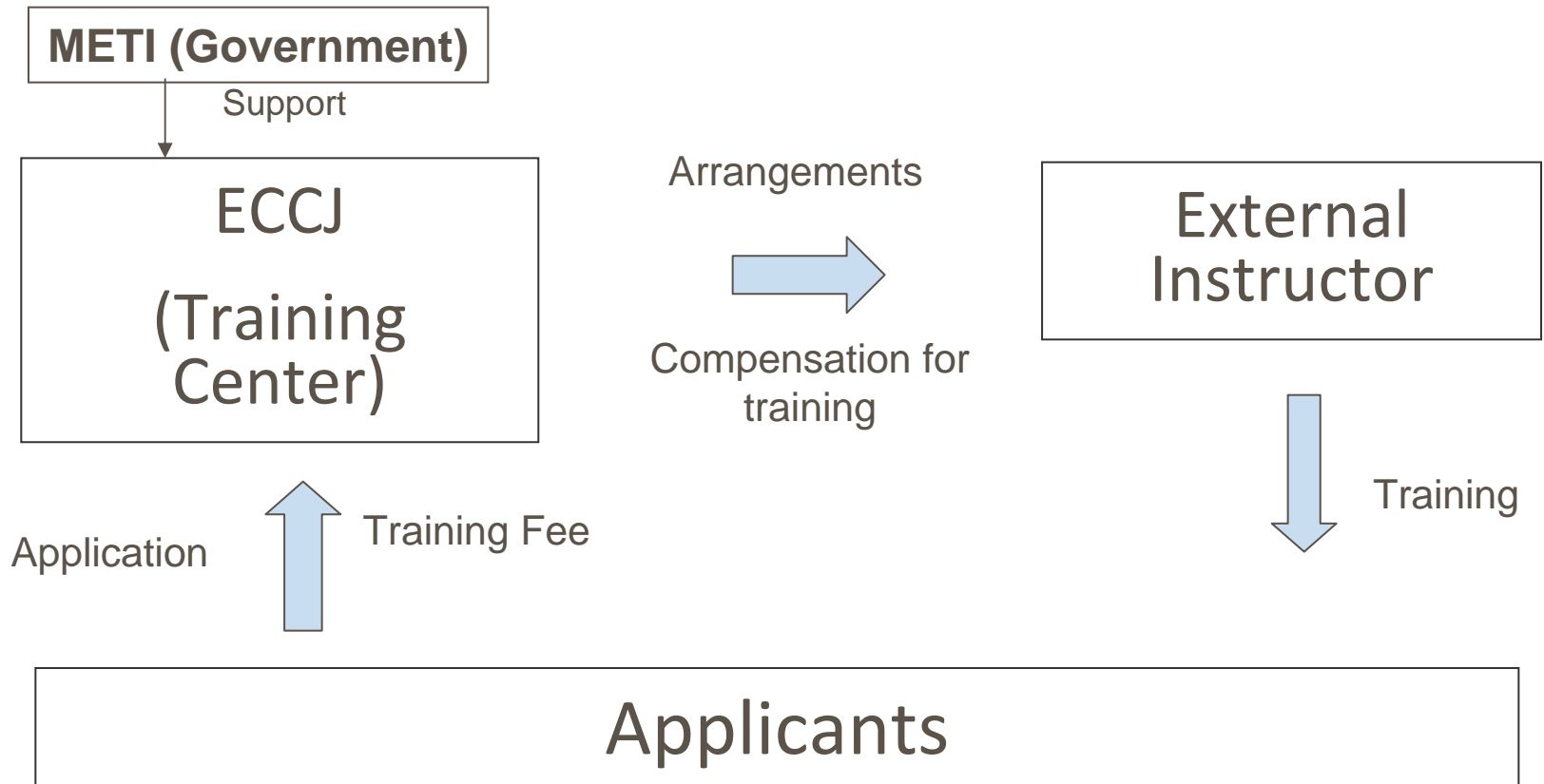
## 3. Feature

Training fee

Desk training and field training (Experience of audit way)



# Workflow



# Menu of the Training Program of ECCJ

Training Course	Contents	Duration
Training for Energy Manager	Introduction of Energy Management System Task of Energy Manager Fundamentals of Heat and Electricity	7 days
Training for Heat Energy Conservation	Theory Management of Steam and Trap Calculation of Heat and Measurement Introduction of Good Practice	2 days
Training for Electricity Conservation	Theory Compressor, and Pump & Fan Introduction of Good Practice	2 days
Training for Factory Energy Conservation	Theory Compressor, Pump & Fan Training of Audit Way in Factory	2 days
Training for Building Energy Conservation	Theory Compressor, Pump & Fan Training of Audit Way in Building	2 days





# **Energy Efficiency Technology for Industrial, Commercial and Residential Sectors**

January 2009

JICA Study Team  
Madoka Nakashima



Tokyo Electric Power Company

---

# Contents

---

1. Energy Consumption

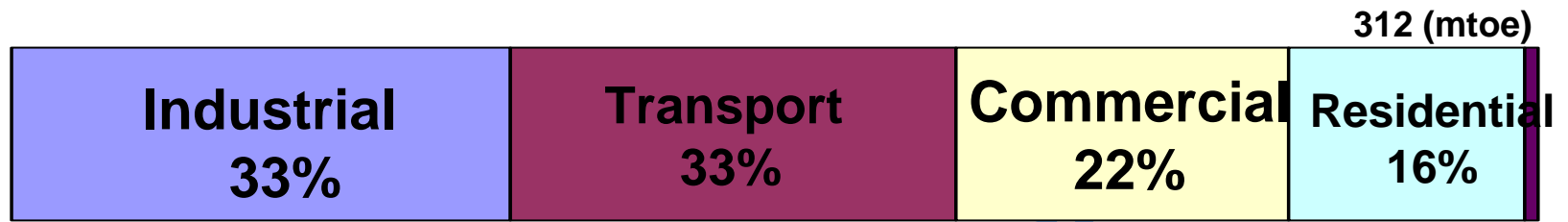
2. Why & What is Heat Pump?

3. Air Conditioner

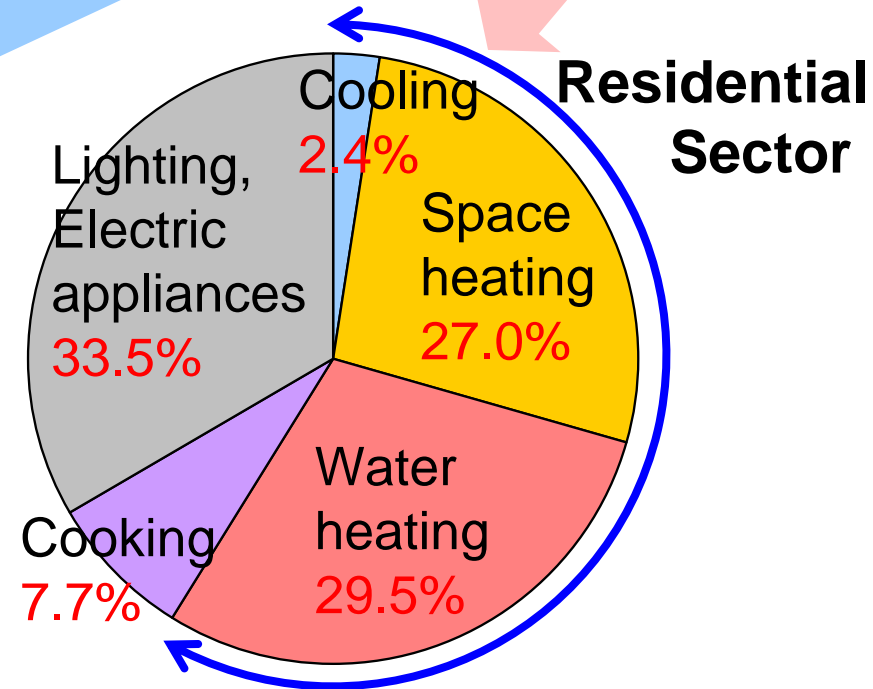
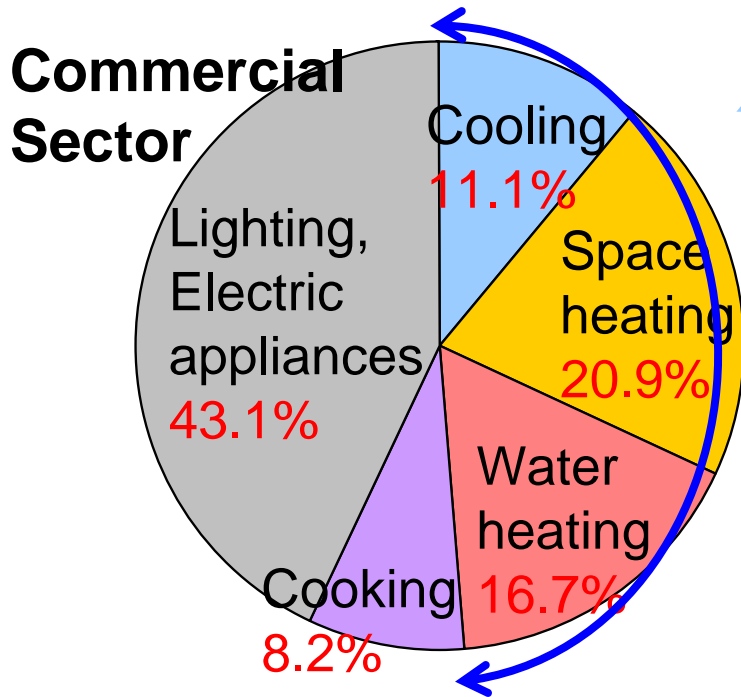
4. Water Heater

5. Potential and Governmental Support

# Energy Consumption Breakdown in Japan



(2006)



**Heat Demand : about 50%**

**Heat Demand : about 60%**

Source: Comprehensive Energy Statistics

# Why Heat Pumps?

## Heat Demand and High Efficiency

- Large **heat demand** in commercial (50%) and residential sectors (60%) in Japan
  - Home AC, Water heater
  - Heat generating equipment for industrial and commercial sectors
- **High Efficiency**

## Europe and IEA

- (Aerothermal, geothermal and hydrothermal) energy pumped by heat pumps is counted as **renewable energy** in Europe
- Heat pump is identified as one of the **key technologies** and measures to reduce CO<sub>2</sub> emissions in the IEA book “Energy Technology Perspectives 2008.”

