

## サウジアラビア王国の電力省エネルギー政策<sup>1</sup> — 電力需要と国家数値目標の検証 —

戦略・産業ユニット付 井上 友幸  
東京電力(株) 国際部 海外コンサルティング開発グループ 川野 泰

### 要 約

サウジアラビア王国（以下、「サウジアラビア」）における電気事業者は、2004年4月から発送配電一貫した電力会社 Saudi Electricity Company (SEC) に統合された。一方、SECを所管する水電力省 (Ministry of Water and Electricity : MOWE) が電力行政を実施しており、需要想定、省エネ推進、電源計画、研究開発、情報・統計、規格・基準策定などに取り組んでいる。近年、急激な人口増加と経済成長に伴い、電力需要が増加し年4～6%程度の伸びを示している。現在は電力不足が顕在化していないが、このまま電力需要が伸びると電力供給が追いつかない、いわゆる“電力危機”の事態を招くおそれがある。MOWEは民営化による電力供給市場の効率化、湾岸諸国電力網の国際連系、電力供給側の施策を実施する一方、需要側の省エネ意識の浸透、技術および政策面での方策をとりまとめる必要に迫られている。

世界最大の石油輸出国であるサウジアラビアが、国内の電力需要の上昇という理由があるにせよ、真剣に電力省エネルギーを考えていることは、他に理由がある。それは昨年(2008年)のような原油価格の高騰時に国内での原油消費をできるだけ減らして、原油輸出の増大を図りたいという思惑である。この方針はサウジアラビアばかりでなくベトナムやインドネシアのようなエネルギー輸出国においても同様である。つまり、国内の省エネによって余剰になった原油・石油製品を輸出するということが政策の一つにもなっている。

ただ、現状のサウジアラビアのエネルギー消費状況は、日本とあまりにもかけ離れていて、安い電気料金を背景に無駄とも思える電力消費のあり方である。サウジアラビア政府は2008年10月に省エネの重要性を国民向けに発表し、今後は工場・家庭・公共施設などでの省エネルギー活動に取り組む方針を打ち出し、今年(2009年)に入り、省エネルギー対策の具体化の検討を行っている。

本報告書はサウジアラビアの電力需要を想定し、日本の調査団によって提案された電力省エネルギー方策が実施されたときの省エネ目標の達成の可否を検証し、これが実行されたときの経済分析を行うものである。

---

<sup>1</sup>本報告書は、2007年3月から2009年2月にかけて、独立行政法人国際協力機構の開発調査案件として、東京電力株式会社と当研究所共同で調査したものである。

## サウジアラビア王国の電力省エネルギー政策<sup>2</sup> — 電力需要と国家数値目標の検証 —

戦略・産業ユニット付

井上 友幸

東京電力(株) 国際部 海外コンサルティング開発グループ 川野 泰

### 1. はじめに

サウジアラビア王国（以下、「サウジアラビア」）における電気事業者は、2004年4月から発送配電一貫した電力会社 Saudi Electricity Company (SEC) に統合された。一方、SECを所管する水電力省 (Ministry of Water and Electricity : MOWE) が電力行政を実施しており、需要想定、省エネ推進、電源計画、研究開発、情報・統計、規格・基準策定などに取り組んでいる。近年、急激な人口増加と経済成長に伴い、電力需要が増加し年4-6%程度の伸びを示している。現在は電力不足が顕在化していないが、このまま電力需要が伸びると電力供給が追いつかない、いわゆる“電力危機”の事態を招くおそれがある。MOWEは民営化による電力供給市場の効率化、湾岸諸国電力網の国際連系、電力供給側の施策を実施する一方、需要側の省エネ意識の浸透、技術および政策面での方策をとりまとめる必要に迫られている。

世界最大の石油輸出国であるサウジアラビアが、国内の電力需要の上昇という理由があるにせよ、真剣に電力省エネルギーを考えていることは、他に理由がある。それは昨年(2008年)のような原油価格の高騰時に国内での原油消費をできるだけ減らして、原油輸出の増大を図りたいという思惑である。この方針はサウジアラビアばかりでなくベトナムやインドネシアのようなエネルギー輸出国においても同様である。つまり、国内の省エネによって余剰になった原油・石油製品を輸出するということが政策の一つにもなっている。

ただ、現状のサウジアラビアのエネルギー消費状況は、日本とあまりにもかけ離れた消費形態である。夏季休暇で海外に出かけるときも自宅のエアコンは切らない、モスクでの冷房装置の無駄な使用、効率の悪い家電製品、高層ビルでの不合理な電気消費など猛暑地帯という環境ではあるが、安い電気料金を背景に無駄とも思える電力消費のあり方である。サウジアラビア政府は2008年10月に省エネの重要性を国民向けに発表し、今後は工場・家庭・公共施設などでの省エネルギー活動に取り組む方針を打ち出し、今年(2009年)に入り、省エネルギー対策の具体化の検討を行っている。

本報告書はサウジアラビアの電力需要を想定し、日本の調査団によって提案された電力省エネルギー方策が実施されたときの省エネ目標の達成の可否を検証し、これが実行されたときの経済分析を行うものである。

<sup>2</sup>本報告書は、2007年3月から2009年2月にかけて、独立行政法人国際協力機構の開発調査案件として、東京電力株式会社と当研究所共同で調査したものである。

## 2. 需要想定のお考え方

本報告書での電力需要想定は、サウジアラビアが実施しようとする省エネ基本方針の効果を評価することを目的としている。そのため、電力需要予測モデルは省エネ対策を行ったときと対策がなかった時の電力需要量を比較検討できる構造であることが望ましく、具体的には、これまでの電力需要の現況を把握し、2030年までの電力需要をサウジアラビアの「長期戦略2024」(Long Term Strategy)、「第8次5か年計画」(The Eighth Development Plan for Saudi Arabia)などを織り込んだ需要予測を作成し、その上で国家数値目標である省エネの達成度を検証する。モデルの前提とアウトプットは、図2-1の通りで、長期戦略2024と省エネルギー政策を前提とし、サウジアラビアの電力需要とピーク需要を予測するものである。

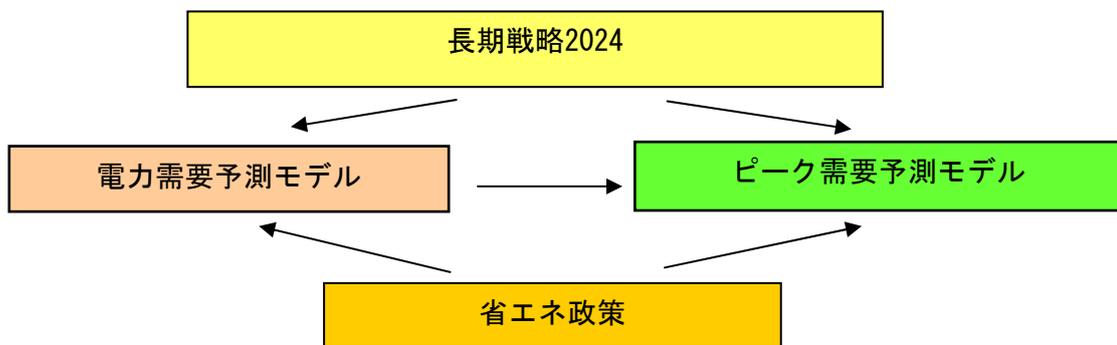


図 2-1 電力需要想定フロー

### 2.1 電力需要予測モデルの必要機能

サウジアラビアの電力需要は、2003年以降の順調な経済成長を背景に急速な増加を見せている。したがって、同国の今後の電力需要を予測するためには、これまでの電力需要の推移並びに現況を分析し、その構造的要因を把握する必要がある。電力需要は、ある意味では社会経済活動の結果であることから、こうした電力需要の変化は、経済発展に伴う社会や産業構造の変遷を反映しているものと考えることができる。今回構築する電力需要予測モデルは、以下の機能を持つ。

#### ① 社会経済の変化とリンクした電力需要予測

既存の長期戦略2024、第8次5か年計画、現状の原油変動などを分析し、経済シナリオを設定して電力需要予測の前提とする。

#### ② 原単位の変化を考慮した電力需要予測

近年、省エネの評価をエネルギー消費原単位で行うことが多いが、産業部門でのエネルギー消費原単位は、特段の対策を採らない限り下降傾向を示すか、あるいは現状維持である。今回は、セクター別に過去のGDPに対するエネルギー消費原単位を分析し、省エネ対策を行わなかったときには、原単位は緩やかに収束するとした。逆に省エネを行ったときは、省エネ効果の比率を設定することでエネルギー消費原単位の改善(生産に対するエネルギー消費の低下)が起こるとした。

③ 地域別需要量

電力消費量を考えて省エネは全国の電力需要量を予測すれば済むが、ピーク需要の予測のためには、地域別（配電会社別）の電力需要予測が必要である。そのため、必要な配電地域別の電力需要量を推定する。

④ ピーク需要の予測

ピーク需要の伸び率は省エネ政策にとって重要な指標になる。地域別（配電会社別）日負荷曲線と地域別の電力需要量を参考に必要な地域のピーク需要を推定する。

電力需要予測モデルの前提とサウジアラビアの経済計画との整合性を保つために、サウジアラビアの経済計画の経済指標を外生変数として使う。ただ、サウジアラビアの長期戦略 2024 の見通しについて当国の財務省（Ministry of Finance）や経済計画省（Ministry of Economic & Planning）のスタッフに意見を求めると多くの人が“過去と将来の乖離”、“理想的過ぎる将来像”などの理由で、長期戦略 2024 の実現性を危ぶんでいる。そのため、長期戦略 2024 の経済見通しを下方修正することで、本モデルの経済成長の前提とした。

また、電力需要予測は、モデル内でセクターごとにエネルギーと電力需要を求め、その後、発電量・電力用エネルギー消費量を求めている。下図は、電力需要予測モデルの概要図である。本モデルは、大きくマクロ経済ブロックと電力需要ブロックから構成され、電力需要ブロックで予測された電力需要見通しが、さらに地域別（配電会社別）需要量に割り振られ、最後に地域ごとの「ピーク需要モデル」に引き継がれている。

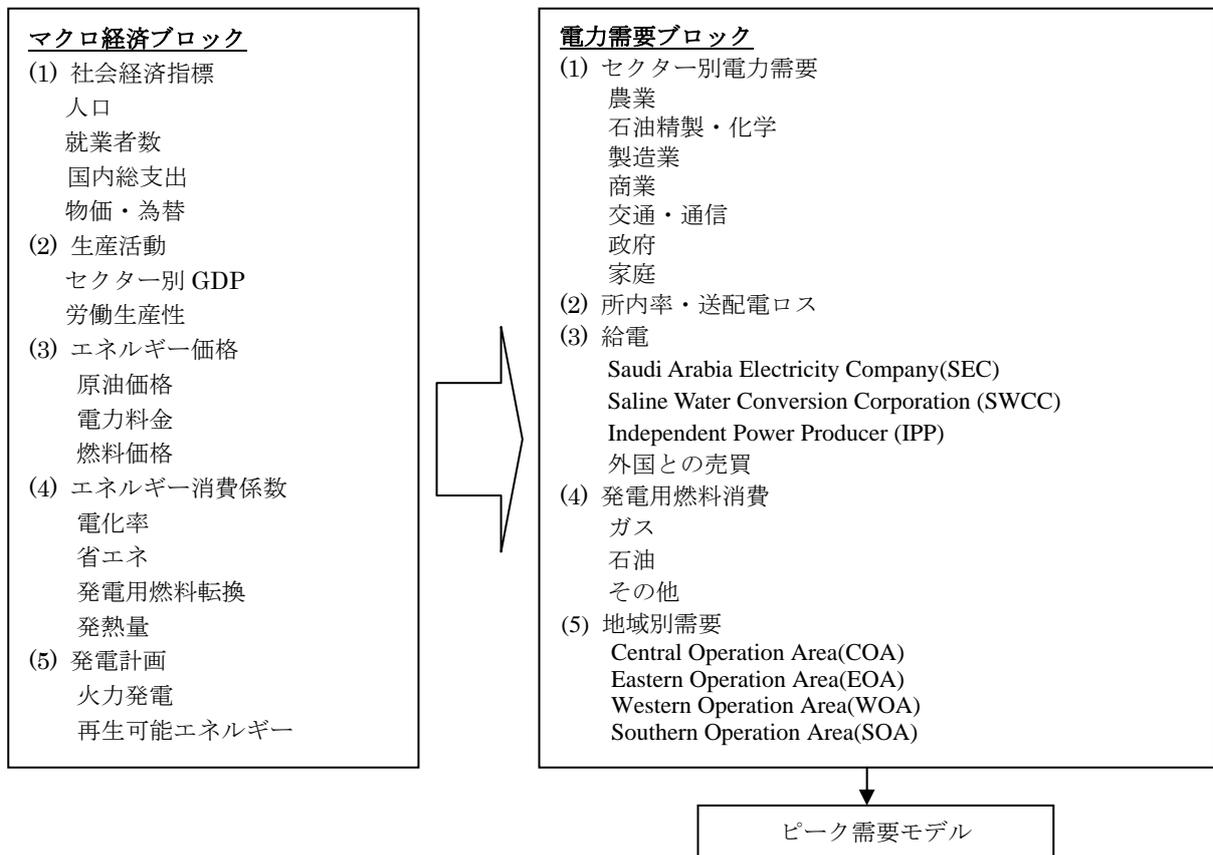


図 2-2 電力需要予測モデル概要

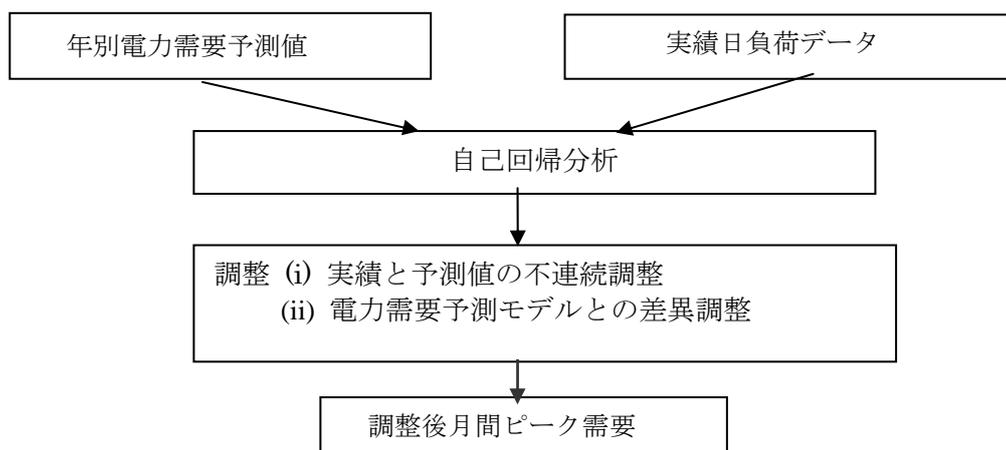


図 2-3 ピーク需要モデルの概要

## 2.2 ケースの設定と前提条件

### (1) シナリオ設定

省エネが行われなかったケースを「BAU (Business as Usual) ケース」とし、省エネが促進されたケースを「EE&C (Energy Efficiency and Conservation) ケース」として設定する。

#### ① BAU ケース

省エネ対策をとらないケースで、現在の経済計画や予想される経済環境を前提としたシナリオである。

#### ② EE&C ケース

BAU ケースに比較して総電力消費量を 2030 年時点で 25 %削減するケースで、電力 GDP 原単位で 2005 年比 34%改善に相当する。25%の削減は、省エネルギー政策目標として本予測作業以前に検討された事項で、ここでは、EE&C ケースの達成するための目標として設定されている。なお、提案された省エネ方策と対象セクターは以下の表のとおりである。

表 2-1 省エネ方策と対象セクター

プログラム名	政府	産業	商業	家庭
1. エネルギー管理制度	○	○	○	
2. エネルギー効率ラベルおよび基準	○	○	○	○
3. エネルギー管理士トレーニングプログラム	○	○	○	
4. エネルギー診断サービス	○	○	○	
5. 省エネ好事例と表彰制度	○	○	○	
6. 省エネキャンペーン				
省エネ月間の創設	○	○	○	○
モスク省エネキャンペーン				○
7. 電力消費チェックシステム	○	○	○	○
8. 小学校向け省エネ教育				○
9. 省エネミュージアム				○
10. 建築技術の普及促進	○	○	○	○
11. 各種調査	○	○	○	○
12. 負荷管理		○	○	
13. R&D スキームの開発		○	○	

## (2) BAU ケースの前提条件

①サウジアラビアの過去 5 年ほどの GDP に対する電力原単位は、石油精製・石油化学部門は下降傾向にあるものの、それ以外の部門は横ばいまたは上昇傾向にある。通常、特段の技術改良や環境変化がない限り GDP に対する電力原単位は一定水準で推移する。したがって、現在上昇または下降している原単位も新規投資や省エネ対策がなければ、将来の原単位の変化率は減少することになる。すなわち、上昇傾向の原単位は上昇が止まり、下降傾向の原単位は下降が止まることになる。

②現在、世界の原油価格は大きく変動しているが、長期的には原油代替エネルギーの登場により、実質価格で\$60/bbl 程度になるものと想定される。これは、現在のサウジアラビア内の低廉な石油製品価格が多少の上昇はあるものの今後とも維持され、火力発電所で消費されている重油や天然ガスなどの石油ガス製品価格の急激な上昇は起こらないという前提に繋がる。したがって、電力価格の多少の上昇により電力需要の低下といった現象は起らないと想定される。

③サウジアラビアの GDP 成長率は、長期戦略 2024 や第 8 次 5 年計画に設定されている成長率を参考に、2005-2010 年は 6.5 %、2010-2020 年は 5.0 %、2020-2030 年は 4.0 %とした。この場合全期間平均における GDP 成長率は 5.0 %である。

表 2-2 BAU ケースにおける GDP 伸び率前提値

	単位	2005-10	2010-15	2015-20	2020-25	2025-30
BAU ケース	%	6.5	5.0	5.0	4.0	4.0

## (3) EE&C ケースの前提条件

①EE&C ケースは、BAU ケースに対して 2010-2030 年間で、25 %の省エネ（BAU ケースに比較して総電力消費量が 2030 年時点で 25 %削減）が行われるケースで、これは GDP に対する電力消費原単位に換算すると 34 %の改善に相当する（2005 年比）。

②25 %の省エネについてセクター別に毎年の省エネ削減率（省エネファクター）を下表のとおり配分する。

表 2-3 BAU ケースと EE&C ケースの省エネファクター

Sector	Case	05-09	10-15	16/20	21-25	26-30
農業	BAU (%)	0	0	0	0	0
	EE&C (%)	0	-1	-1	-1	-1
石油精製・石油化学	BAU (%)	0	0	0	0	0
	EE&C (%)	0	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
製造業	BAU (%)	0	0	0	0	0
	EE&C (%)	0	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
商業	BAU (%)	0	0	0	0	0
	EE&C (%)	0	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
政府	BAU (%)	0	0	0	0	0
	EE&C (%)	0	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
家庭	BAU (%)	0	0	0	0	0
	EE&C (%)	0	-1	-1	-1	-1

（注意）BAU ケースでは、すべての欄が「0」で、省エネは行われないことを示しているが、EE&C ケースでは、セクターごとに毎年 1%（表中では-1）や 1.5%（表中では-1.5）ほどの省エネが実施される。

**(4) その他の前提条件****a. 人口の伸び率**

今後のサウジアラビアの人口構成比は労働力になる15-64歳の人口が増えることにより大きく変化するものと思われる。現在、サウジアラビアには多くの外国人労働者が就労しているが、今後はサウジ人の労働人口の増加により外国人労働者の減少がおこる。したがって、現在3%で増えている人口は、今後はサウジ人の増加率2.3%、外国人の人口減少率マイナス1.0%で全体として1.2-1.3%の人口増加になるものと予想される。この前提は、BAU ケース・EE&C ケースにおいて設定される。

表 2-4 サウジアラビアの人口増加率

	Unit	05-10	10-15	15-20	20-25	25-30
伸び率	%	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2

**b. 原油価格の見通し**

2009年4月現在、ニューヨークの West Texas Intermediate (WTI) 価格は、US\$ 50-55/bbl で推移しているが、サウジアラビアのアラビアンライトは WTI より US\$ 5-10/bbl ほど低い価格で取引されているので、2009年4月現在のアラビアンライトは US\$ 40-50/bbl で取引されていることになる。しかし、2007、2008年のような高い原油価格が継続すれば原油代替エネルギーが出現し、原油価格の低下が起こることが予想されている。オイルサンド・石炭ガス化・石炭液化などのいわゆる石油代替エネルギーのコストは US\$ 50/bbl 前後といわれており、これらのエネルギーは US\$ 60/bbl で取引される可能性はある。したがって、直近の原油価格の推移を延長するのではなく、有力な原油代替エネルギー価格に収斂すると考え、将来の原油価格は実質価格で US\$ 60/bbl になるとした。ただし、これは2009年実質価格でドルのインフレを含んだ名目的な価格は2030年には、ドルのインフレを2.5%/年と見込むと US\$ 100/bbl 程度になるものと思われる。サウジアラビアでは、国内石油製品の価格が国際価格の1/10程度であるため世界の原油価格の動向が直接サウジアラビアの電力需要に影響するわけではない。

表 2-5 アラビアンライトの価格見通し

	Unit	2005-10	2011-15	2016-20	2021-25	2026-30
原油価格	\$/bbl	60 - 80 - 60	60	60	60	60

**c. セクター別 GDP の設定**

セクター別 GDP は長期戦略 2024 のセクター別見通しを参考に設定した。長期戦略 2024 では 2004-2024 年の GDP 平均伸び率 6.6% をもとにセクターごとの伸び率を設定しているが、BAU ケースでの伸び率は平均で 5.0% であるため 6.6% から 5.0% に比例的にセクター別の伸び率を修正している。なお、農業部門のように低い伸びの産業では、これ以上の低下は考えられないので比例的な低下は考えず若干の低下とした。セクター別の今後の方向は非石油部門の成長が著しく、特に、工業部門の役割は大きくなる。また、サービス部門では通信・観光・情報部門で成長が望める。特に、観光開発により将来の経常収支は原油輸出に頼らなくても良好に推移すると期待されている。

表 2-6 セクター別 GDP 伸び率見通し

	2005-10	2010-15	2015-20	2020-25	2025-30
農漁業	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5
鉱業（石油、ガス、他）	5.2	4.2	4.2	3.2	3.2
石油精製・石油化学	7.8	5.0	5.0	4.0	4.0
製造業（電気、建設、他）	7.8	5.6	5.6	4.6	4.6
交通と通信	8.1	5.8	5.8	4.8	4.8
政府サービス	4.3	4.0	4.0	3.0	3.0
民間サービス（貿易、ホテル、他）	6.0	5.0	5.0	4.0	4.0
実質 GDP(1999 価格)	6.5	5.0	5.0	4.0	4.0

### (5) GDP に対する電力消費原単位の設定

BAU ケースの予測のためにセクター別の GDP に対する電力消費原単位の動向を分析する。前述したとおり BAU ケースの電力消費原単位の将来動向を設定してから、省エネファクターにより電力消費原単位を変化させて EE&C ケースの電力需要予測をおこなう。電力消費原単位は、特段の改良や製造工程での工夫がなければ一定で推移する。ところがサウジアラビアの過去のセクター別電力消費原単位は、部門によりまちまちで、ある部門は上昇傾向、他の部門は下降傾向を示し一定ではない。これらは作業過程や製造方法などに変化があったためと考えられ、BAU ケースでは、将来は変化が起きないという前提で電力消費原単位を推定する。具体的には過去の電力消費原単位の変化率が、近い将来ゼロになるという前提をおく。

#### a. 農業部門

農業部門のセクター別 GDP の電力消費原単位は「農業部門電力消費量/農業部門 GDP」で定義される。この原単位は 1991 年 30 GWh/10 億 SR であったが、2005 年には 80 GWh/10 億 SR と上昇している。この上昇は農園での作業場の新設が増えたためと考えられる。1991-2005 年間の電力消費原単位の対前年増減率は古くは +15 %、直近では +5 % で電力消費原単位の変化率は逡減傾向にある。2005 年の増加率は +5% であるが、2015 年までは漸減して 2015 年以降の増加率はゼロになる前提である。その結果、農業部門の電力消費原単位は、2005 年の 80 GWh/10 億 SR から、2030 年に向かって 100 GWh/10 億 SR に近づく。

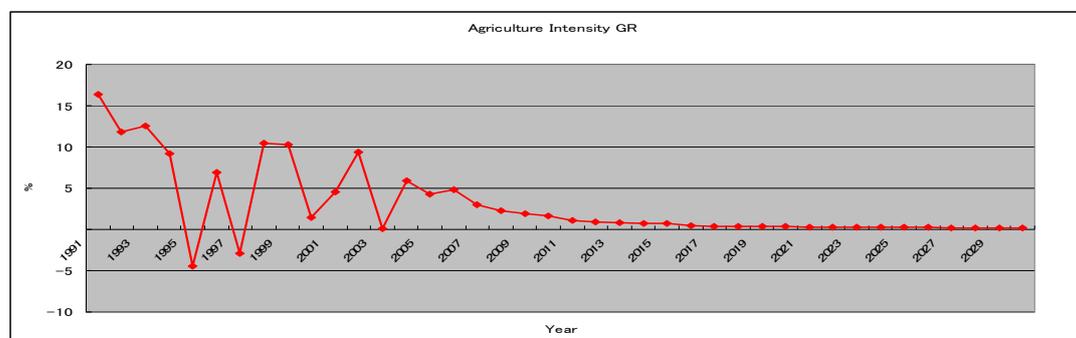


図 2-4 農業部門の GDP あたり電力消費原単位の対前年増減率

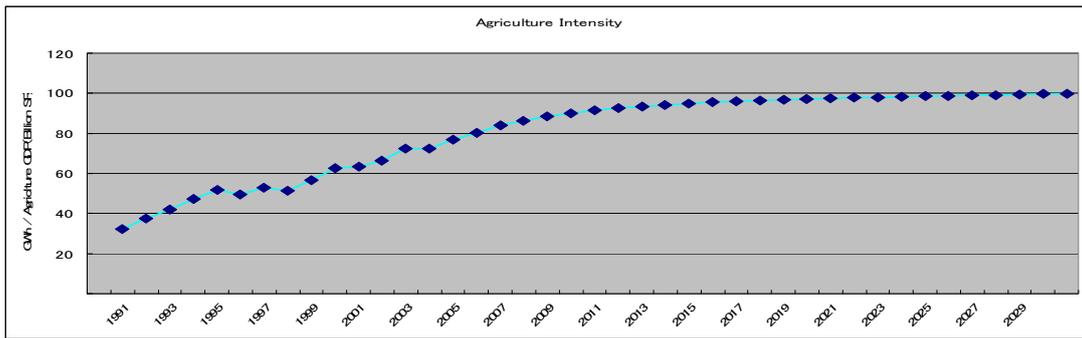


図 2-5 農業部門の GDP あたり電力消費原単位の推移

**b. 石油精製・石油化学部門**

石油精製・石油化学部門の GDP あたり電力消費原単位は、「石油精製・石油化学部門電力消費量/同部門 GDP」で定義される。この電力消費原単位は 1995 年の 600 GWh/10 億 SR が、2005 年には 500 GWh/10 億 SR と減少している。これは同部門が、これまでも省エネに努めてきた結果と思われる。1991-2005 年間の電力消費原単位の対前年増減率は古くは+15 %、2003 年にゼロになり、直近では-5 %程度で変化率は遞減傾向にある。2005 年の電力消費原単位の減少率はマイナス 5 %であるが、これらの漸減傾向が今後も続くものではなく 2012 年までには減少傾向はなくなると想定する。その結果、同部門の電力消費原単位は 2005 年の 500 GWh/10 億 SR から 2030 年に向かって 400 GWh/10 億 SR に近づく。

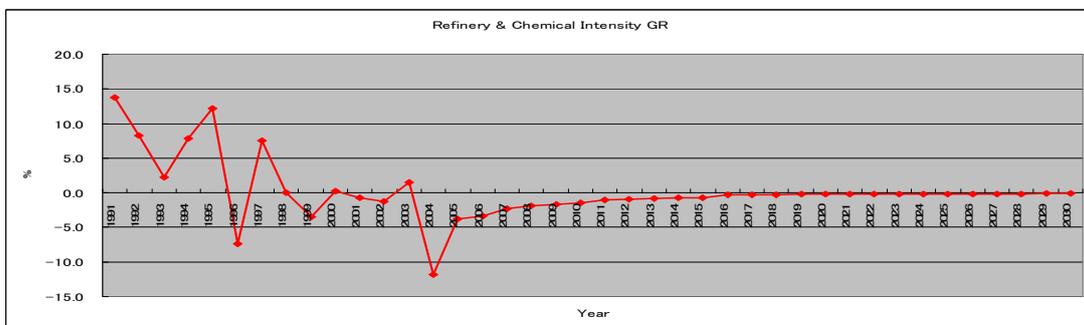


図 2-6 石油・石油化学部門の電力 GDP 原単位の対前年増減率

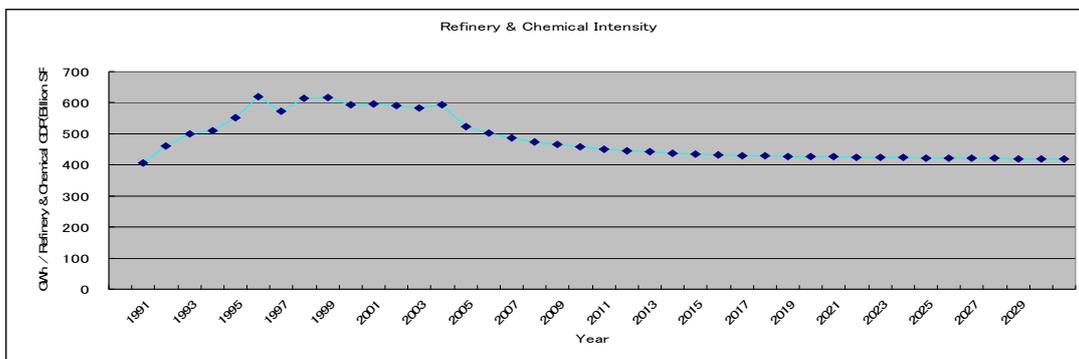


図 2-7 石油精製・石油化学部門の電力 GDP 原単位の推移

**c. 製造業部門**

製造業部門の GDP あたり電力消費原単位は、「製造業部門電力消費量/同部門 GDP」で定義されるが、この電力消費原単位は 1995 年の 160 GWh/10 億 SR から 2005 年の 150 GWh/10 億 SR とほぼ横ばいとなっている。1991-2005 年間の電力消費原単位の対前年増減率は+10 % からマイナス 10 % の間を往復しており、平均的な変化率はゼロである。2006 年の電力消費原単位の減少率は+3 % であるが、過去の平均はゼロであるため、2010 年以降の変化率はゼロで推移すると見られる。その結果、同部門の電力消費原単位は、2005 年の 150 GWh/10 億 SR から 2030 年でも 160 GWh/10 億 SR と横ばい状態である。



図 2-8 製造業部門の電力 GDP 原単位の対前年増減率

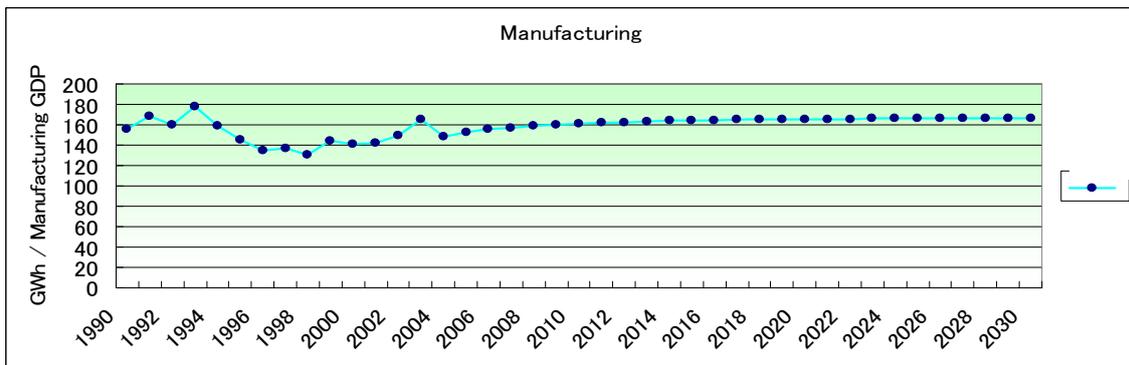


図 2-9 製造業部門の電力 GDP 原単位の推移

**d. 商業サービス部門**

商業サービス部門の GDP あたり電力消費原単位は、「商業サービス部門電力消費量/同部門 GDP」で定義される。この原単位は 1995 年 60 GWh/10 億 SR が、2006 年には 90 GWh/10 億 SR と上昇している。ビルの大型化・IT 機器の導入などが影響しているものと思われる。1991-2005 年間の対前年増減率は+10 % からマイナス 5 % であるが、総じて漸減傾向にある（2003 年の+25 % の増加は、特殊要因によるものと思われる）。2006 年の電力消費原単位の減少率は+4 % であるが、過去の漸減傾向はゼロになるため、2012 年以降は変化率ゼロで推移すると見られる。その結果、同部門の電力 GDP 原単位は、2005 年の 90 GWh/10 億 SR から、2030 年でも 105 GWh/10 億 SR と多少の増加傾向となる。

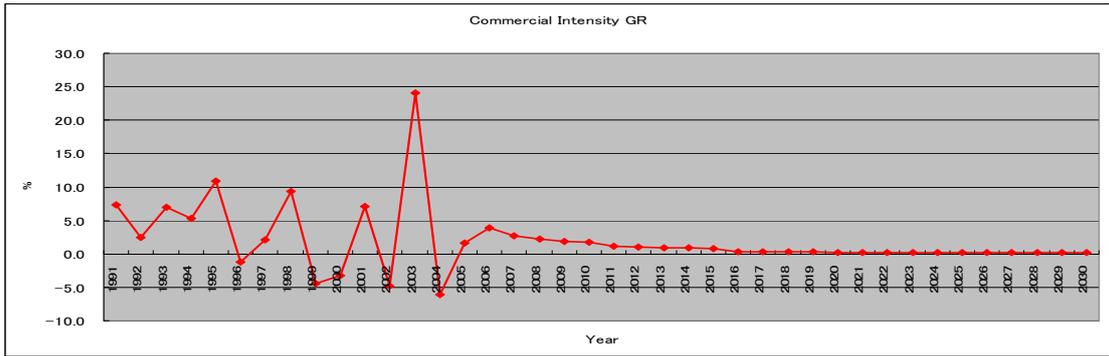


図 2-10 商業サービス部門の電力消費原単位の対前年増減率

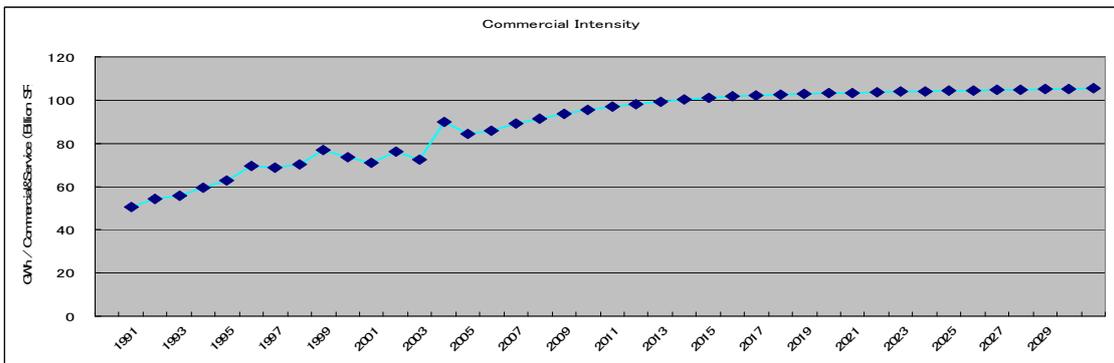


図 2-11 商業サービス部門の電力消費原単位の推移

e. 政府部門

政府部門の GDP 電力消費原単位は、「政府部門電力消費量/同部門 GDP」で定義される。この原単位は 1995 年 120 GWh/10 億 SR が、2006 年には 140 GWh/10 億 SR と多少の増加傾向である。この電力消費原単位は公共施設・街頭・宗教施設などでの電気の使用量に対する政府部門の GDP（おもに公務員の人件費）の比率である。1991-2005 年間の対前年増減率は、大きく振れるものの +8 % からマイナス 4 % と漸減傾向にある。2006 年の電力消費原単位の減少率はマイナス 4 % であるが、過去の漸減傾向はマイナスになっているため、2009 年以降は変化率ゼロで推移するものと見られる。その結果、同部門の電力消費原単位は 2005 年の 140 GWh/10 億 SR から、2030 年でも 140 GWh/10 億 SR と一定と見られる。

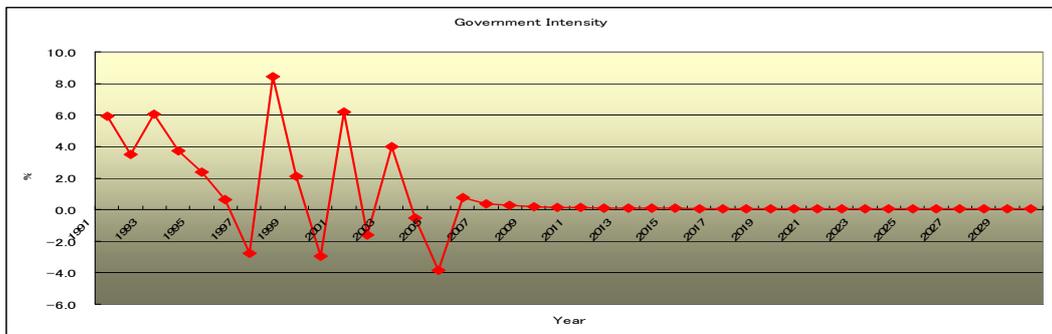


図 2-12 政府部門の電力消費原単位の対前年増減率

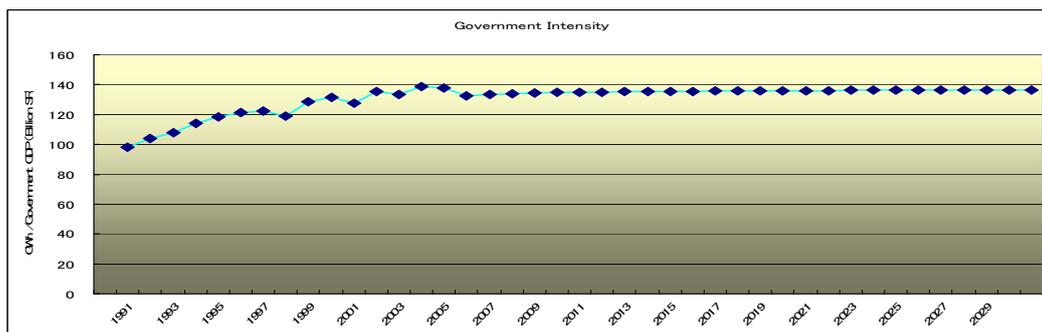


図 2-13 政府部門の電力消費原単位の推移

### f. 家庭部門

家庭部門の電力消費原単位は「家庭部門電力消費量/人口」で定義される。家庭部門のみ電力消費原単位は一人当たりの電力消費量になる。この原単位は 1991 年 2,000 kWh/人が 2006 年には 3,300 kWh/人と直線的に上昇している。家庭部門の原単位は日本の例でも GDP の増減や人口の増減に関係なく上昇する特性がある。1991-2005 年間の対前年増減率は+11 %から+5 %と増加幅は減少しているが、なおも電力消費原単位は増加傾向にある。2006 年の電力消費原単位の減少率は+5 %であるが、過去の漸減傾向を反映しながらも将来は+1%に収斂するものとした。これは、日本の家庭部門での電力消費原単位が 2005 年までの過去 15 年間で 1.5 ~2.0 %で推移しているためで、サウジアラビアでも 1 %程度の電力消費原単位の増加は維持されると見た。その結果、同部門の電力消費原単位は、2005 年の 2,200 kWh/人から、2030 年には 5,000 kWh/人に増加するものと予想される。

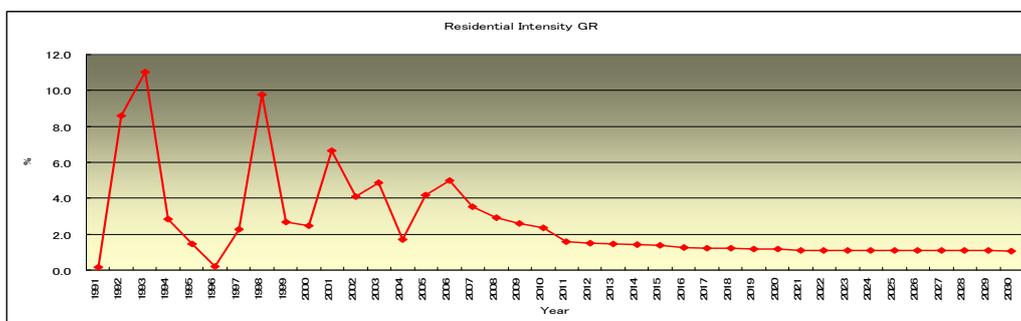


図 2-14 家庭部門の電力消費原単位の対前年増減率

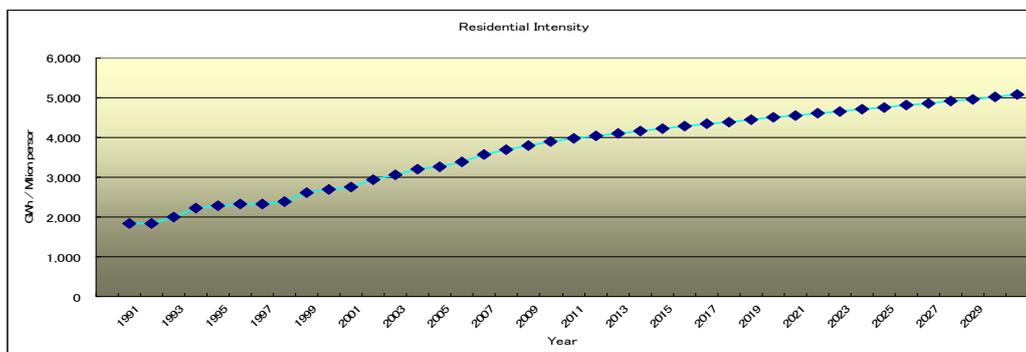


図 2-15 家庭部門の電力消費原単位の推移

### 3 電力需要想定結果

#### 3.1 国全体の電力需要想定<sup>3</sup>

##### (1) BAU ケースと EE&C ケースの電力需要

BAU ケースの電力需要は 2005-2030 年平均で 4.3 %の電力需要の伸びであるが、特に、製造業と商業サービス部門での需要の伸びが大きい。EE&C ケースの伸びは 3.2 %で、BAU ケースより 1.1 %/年ほど伸び率が低い。2020 年時点では EE&C ケースは 13 %ほど BAU ケースより需要が低く、2030 年時点では 25 %ほど低い。これは、2010 年から省エネ効果を考慮し (EE&C ファクター) その成果が徐々に現れてきたものである。

表 3-1 BAU ケースの電力需要

BAU Case		2005	2010	2015	2020	2025	2030	%
Agriculture.Fishery	GWh	3,164	4,348	5,232	6,133	7,132	8,260	3.9
Refinery & Petrochemicals	GWh	15,698	21,229	26,441	33,878	41,410	50,664	4.8
Manufacturing	GWh	18,103	28,744	39,228	52,717	67,239	85,583	6.4
Commercials & Services.	GWh	15,580	25,006	34,454	45,844	57,757	72,536	6.3
Government	GWh	22,434	29,205	36,369	45,139	53,181	62,557	4.2
Residentials	GWh	78,304	99,105	114,288	129,470	145,158	162,569	3.0
Total	GWh	153,283	207,638	256,012	313,179	371,876	442,169	4.3

表 3-2 EE&C ケースの電力需要

		2005	2010	2015	2020	2025	2030	%
Agriculture.Fishery	GWh	3,164	4,305	4,925	5,491	6,072	6,688	3.0
Refinery & Petrochemicals	GWh	15,698	20,911	24,149	28,689	32,515	36,886	3.5
Manufacturing	GWh	18,103	28,313	35,827	44,642	52,796	62,309	5.1
Commercials & Services.	GWh	15,580	24,631	31,467	38,822	45,351	52,810	5.0
Government	GWh	22,434	28,766	33,216	38,225	41,758	45,544	2.9
Residentials	GWh	78,304	98,114	107,600	115,919	123,596	131,637	2.1
Total	GWh	153,283	205,040	237,185	271,788	302,087	335,874	3.2

##### (2) ECRA 作成による電力需要想定との比較

サウジアラビアの電力コジェネ規制公社 (ECRA : Electricity & Cogeneration Regulatory Authority) が作成した「発電計画 (Generation Planning for Saudi Electricity Sector)」と

<sup>3</sup> この需要予測の目的は省エネ対策の効果の測定である。具体的には、①省エネ対策と省エネ率の妥当性、②省エネ目標の達成率変化オプションを分析することである。このため本モデルは、電力消費原単位を現状維持、またはあり得るべき電力消費原単位の姿を推定し予測の出発点としている。すなわち、農業、工業、商業という生産部門ではセクターごとの GDP に対する電力消費原単位が収斂するとした上で、あらたに省エネ政策による省エネ効果を付け加えるという方法である。一方、家庭部門においては、従来の変化や家電製品の増加による生活の向上は、その速度は低下するものの今後とも継続するものとして一人当たりの電力消費原単位は上昇続けるように設定されている。しかし、場合によっては産業部門でも今後とも GDP 原単位が上昇することも考えられる。その場合、電力の需要量は現在の見通しよりさらに上昇する。

BAU ケース、EE&C ケースを比較すると以下の表のとおりとなる。なお、ECRA の需要想定は 2023 年までであるため、最終年比較は 2023 年時点のものとなる。電力需要は BAU ケースと ECRA ケースとは、ほとんど同じであるが、EE&C ケースとは 2023 年時点で約 15 %ほど ECRA ケースよりは低い。

表 3-3 BAU ケース、EE&C ケースおよび ECRA の電力需要想定結果の比較

	BAU ケース		EE&C ケース		ECRA ケース	
GDP	2006-10	6.5%	2006-10	6.5%	2008-13	4.3%
	2010-20	5.0%	2010-20	5.0%	2013-18	3.5%
	2020-30	4.0%	2010-30	4.0%	2018-23	3.0%
電力需要	'13	236 TWh	'13	224 TWh	'13	249 TWh
	'18	289 TWh	'18	257 TWh	'18	298 TWh
	'23	347 TWh	'23	290 TWh	'23	343 TWh
ピーク発電	'13	42.3 GW	'13	40.0 GW	'13	41.9 GW
	'18	51.7 GW	'18	46.0 GW	'18	50.2 GW
	'23	62.1 GW	'23	52.0 GW	'23	57.8 GW

出典 : ECRA ケース “Updated Generation Planning for The Saudi Electricity Sector”

### 3.2 地域別電力需要想定

#### (1) 地域別送電量

サウジアラビアには 4 つの送配電会社がある。Riyadh 州、Qasim 州、Hail 州などに配電する COA (Central Operating Area:中央地区)、Eastern 州、Northern Border 州、Jawf 州などに配電する EOA (Eastern Operating Area:東部地区)、Makka 州、Madinah 州、Tabulk 州などに配電する WOA (Western Operating Area:西部地区)、Assi 州、Jizan 州、Najran 州 Baha 州などに配電する SOA (Southern Operating Area:南部地区) である。

表 3-4 送配電会社の営業範囲

送配電会社	州 (人口 1000 人)
中央地区 COA	Riyadh(5456) Qasim(1016) Hail(527)
東部地区 EOA	Eastern Province(3360) Northern Border(279) Jawf(362)
西部地区 WOA	Makka(5798) Madinah(1512) Tabulk(692)
南部地区 SOA	Assi(1689) Jizan(1189) Najran(420) Baha(377)

出典 : SEC 資料より

各送配電会社は相互に融通しあっているが (EOA から COA の送電や将来予定されている WOA から COA への送電など)、基本的には独立的に地域別の送電をおこなっている。したがって、地域別の電力需要を予測することは難しい面もあるが、過去の地域毎の送電量の伸びを

参考に今後の地域別の送電量を予測すると下の表のとおりである。予測にあたっては COA の将来の地域別発電シェアは過去 22.7 %で今後も同様、EOA は 2005 年 44.7 %であるが今後は WOA や SOA の上昇によりマイナス 0.3 %/年のシェアの低下、WOA は 2005 年 26.7 %のシェアであるが今後は+0.2 %/年の上昇、SOA は 2005 年 5.9 %のシェアであるが今後は+0.1 %/年のシェアの上昇とした。

表 3-5 BAU ケースの地域別発電量

		2005	2010	2015	2020	2025	2030
COA	GWh	38,995	51,698	63,743	77,976	92,591	110,093
EOA	GWh	76,918	98,411	117,126	138,128	157,898	180,469
WOA	GWh	45,962	63,123	80,637	102,079	125,289	153,822
SOA	GWh	10,160	14,588	19,391	25,439	32,246	40,766
Total	GWh	172,035	227,745	280,804	343,508	407,889	484,989
COA	S%	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7
EOA	S%	44.7	43.2	41.7	40.2	38.7	37.2
WOA	S%	26.7	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7
SOA	S%	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4
Total	S%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表 3-6 EE&C ケースの地域別発電量

		2005	2010	2015	2020	2025	2030
COA	GWh	38,995	51,052	59,055	67,671	75,215	83,627
EOA	GWh	76,918	97,180	108,513	119,872	128,266	137,085
WOA	GWh	45,962	62,334	74,707	88,588	101,777	116,844
SOA	GWh	10,160	14,406	17,965	22,077	26,194	30,966
Total	GWh	172,035	224,897	260,154	298,109	331,342	368,400
COA	S% of GWh	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7
EOA	S% of KTOE	44.7	43.2	41.7	40.2	38.7	37.2
WOA	S% of KTOE	26.7	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7
SOA	S% of KTOE	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4
Total	S% of KTOE	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

## (2) ピーク需要

ピーク需要は、本来は COA・EOA・WOA・SOA 別に日負荷量を予測して各年の最大発電量をピーク需要とすべきであるが、EOA から COA に電力が移送されていることを考えると EOA の発電量は COA 地区の需要を含んでいることになる。そのため、EOA と COA の日負荷量を合計したところで予測を行う。また、将来 WOA は COA に電力の移送をおこなう予定であるが、詳細が決まっていないため今回は考慮していない。また、SOA について、いくつかの独立系の供給システムがあり現在の統計では、これら独立系の日負荷量は加算されていない。そのため、SOA のナショナルグリッドだけのピーク需要は意味を持たない。したがって、COA+EOA のピーク需要と WOA のピーク需要を推定した。おのおののピーク需要は以下のとおりである。

表 3-7 COA+EOA のピーク需要

ピーク想定時間	BAU ケース	EE&C ケース
2005 Jul 15 pm	20,248 MW	20,963 MW
2010 Jul 15 pm	26,457 MW	27,054 MW
2015 Jul 15 pm	31,871 MW	30,574 MW
2020 Jul 15 pm	38,080 MW	34,218 MW
2025 Jul 15 pm	44,141 MW	37,128 MW
2030 Jul 15 pm	51,202 MW	40,272 MW

(注意) 本モデルでは 2005 年の実績日負荷量を基準として推定している。

表 3-8 WOA のピーク需要

ピーク想定時間	BAU ケース	EE&C ケース
2005 Aug 18 pm	8,643 MW	8,643 MW
2010 Aug 18 pm	10,667 MW	10,507 MW
2015 Aug 18 pm	15,164 MW	13,862 MW
2020 Aug 18 pm	19,196 MW	16,417 MW
2025 Aug 18 pm	23,561 MW	18,853 MW
2030 Aug 18 pm	28,926 MW	21,628 MW

(注意) 本モデルでは 2005 年の実績日負荷量を基準として推定している。

#### 4 省エネ目標値の達成度検証

ここでは、今後の省エネ達成目標として提案されている中長期目標の達成度を検証する。提案している省エネの目標は以下のとおりである。<sup>4</sup>

表 4-1 省エネ目標

期間	目 標
1) 長期目標	2030 年で GDP に対する電力消費原単位を 2005 年比で 30 %改善
2) 中期目標	2015 年でピーク需要の伸び率を 2005 年比 50 %削減

##### 4.1 電力 GDP 原単位

###### (1) 各ケースの達成状況

提案された長期目標は、2005 年時点の GDP に対する電力消費原単位を 2030 年に 30 %ほど小さくするという目標である。具体的には、2005 年時点の GDP あたりの電力消費量は 202 kWh/1,000SR であるから、2030 年時点での GDP あたりの電力消費量を 30 %減らした 140 kWh/1,000 SR にすることになる。BAU ケース、EE&C ケースそれぞれにつき達成度を検証したが、結果は以下のとおりである。

- ① 2005 年の電力消費原単位 202kWh/1,000SR、BAU ケースの電力消費原単位は 2030 年では 176kWh/1000SR で、これは 13%ほど 2005 年よりは小さい。すなわち、BAU ケースは長期目標を達成していない。
- ② 2030 年時点の EE&C ケースの電力消費原単位は 134 kWh/1000SR で 2005 年比 34%減である。これは長期目標の電力消費原単位 30%削減をクリアーしている。

表 4-2 各ケースの長期目標達成状況

	2030 年時点の電力消費原単位削減率 (2005 年比)
BAU ケース	13 %
EE&C ケース	34 %

目標  
クリア

<sup>4</sup> 本目標は、JICA 調査団より MOWE に提案された省エネ目標である。

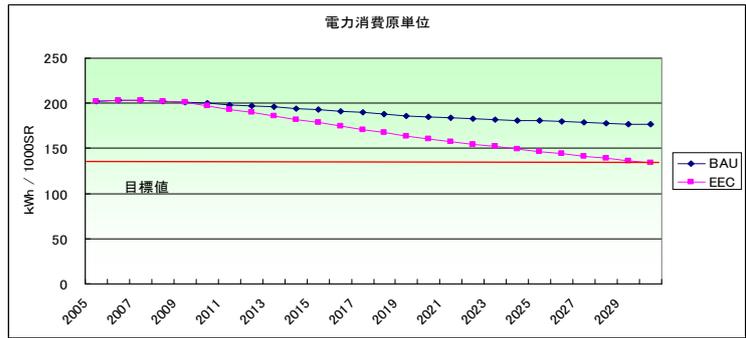


図 4-1 各ケースにおける電力原単位の推移

(2) ピーク電力需要

提案されている中期目標は、2000-2005 年のピーク需要の伸び率を 2010-2015 年には半分にするという目標である。2000-2005 年のピーク需要の平均伸び率は 6.7 % であるから、2010-2015 年でのピーク需要の伸び率を半分にするには、同平均伸び率を 3.35 % 以下にする必要がある。結果は以下のとおりである。

- ① BAU ケースの 2010-2015 年の伸び率は 3.7 % で、目標値である平均伸び率 3.35% よりは大きく BAU ケースは目標を達成していない。
- ② EE&C ケースでは 2010-2015 年の伸び率は 2.1 % で 中期目標である 3.35% 以下の伸び率となり目標を達成している。

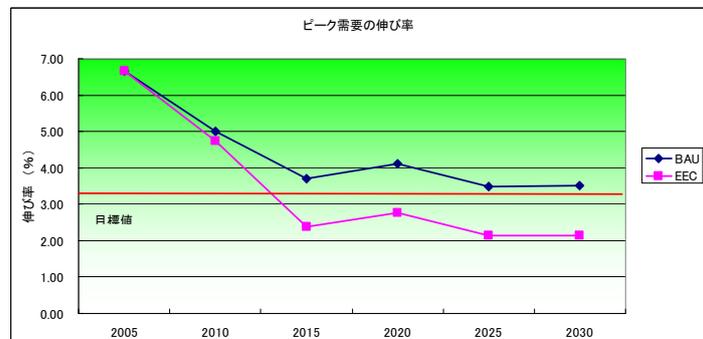


図 4-2 ピーク需要の伸び率

以上のように BAU ケースでは、中期目標、長期目標ともに達成していないが、EE&C ケースでは達成している。EE&C ケースは、表 2-1 で提案された「13 の電力省エネルギー方策」を実施し、かつ、これらの方策が表 2-3 の「省エネファクター」のような効果をもたらすという前提である。EE&C ケースの実施は、電力省エネルギーの中期目標である「2015 年でピーク需要の伸び率を 2005 年比 50 % 削減」と長期目標である「2030 年で電力 GDP 原単位が 2005 年比で 30 % 改善」が達成できることになる。2009 年 8 月現在、サウジアラビアでは、これら 13 の電力省エネルギー方策プログラムの具体化に向けて検討中である。

## 5. 省エネの経済分析

### 5.1 経済分析の目的

一般に経済性評価は、ある事業を念頭にそれを選択した場合と選択しなかった場合を比較することで行われる。しかしながら、国家的な立場でみる省エネの場合は、個別の事業を評価するものではなく、各種事業の集合体として評価することになる。本報告においては、特別な施策を講じない場合（BAU ケース）と今回提案する省エネ施策に基づき省エネ事業が推進された場合（EE&C ケース）での、国家的なコストと便益の比較評価により経済分析を行う。ここでいう国家的なコストとは、政府が施策を実施するためのコストと国全体で各電力ユーザー（政府、産業、商業、家庭等）が省エネを実現するための追加コストの総和で表されるが、現実的には政府の施策コストは、国全体で省エネを実現するための追加コストに比べ無視できるほど小さい（1%以下）。したがって、本分析では省エネ実現のための追加コストのみを考慮する。一方便益は省エネによって節約された発電用燃料の節約（サウジの場合は石油製品の輸出の増大）と新規発電所建設の抑制効果の和として表される。なお、個別の省エネ投資は各電力消費者が行うことになるが、ここでの経済分析は、国家的立場からの分析であり個々の省エネ投資の経済性を計算するものではない。

### 5.2 費用の計算

#### (1) 費用項目

すべての電力ユーザー（農業、石油・石油化学、製造業、商業サービス、政府部門、家庭部門）が2010-2030年間で、「BAU ケース」（経済分析では Without Project という）に対して毎年1.0-1.5%の電力の節約を行うのが EE&C ケース（経済分析では With Project という）である。したがって、EE&C ケースでは、各部門で省エネ投資や家庭での省エネのための消費支出の増加が起こると見てよい。各部門での省エネ効果向上には、各部門の省エネ活動や意識の変化などが不可欠であるが、ここでは、これらから発生する費用は計上しない。仮に計上したとしても大きな金額にならないので、結果にほとんど影響しない。目標となる省エネを達成するためにセクター別の省エネ率と省エネ項目の内訳は、下表のとおり設定する。

表 5-1 セクター別の省エネ率と対策

	省エネ率	省エネ機器の導入	省エネ建物の導入
農業	1.0%	○	
石油・石油化学	1.5%	○	
製造業	1.5%	○	
商業・サービス業	1.5%	○	○
政府関連	1.5%	○	○
家庭	1.0%	○	

**(2) 日本の省エネ投資の実績**

サウジアラビアの省エネ投資を計算するにあたり、日本の過去の省エネ投資を参考にする。日本では、1973 年の第一次、1978 年の第二のオイルショックによる原油価格の高騰があり、その対策として産業界では省エネが行なわれた。表 5-2 は経済産業省により 1996 年に行われた省エネ投資の調査で、1985 年から 1992 年までの日本の主要企業の設備投資金額と省エネ投資金額である。(1984 年以前は調査されていない) この表の省エネ投資は、省エネ対策が取られなければ投資されない金額であるから主要企業の設備投資額は省エネ活動により、省エネ投資分だけ上昇したことになる。日本の省エネ投資をみると、1985 年 550 億円 (当該企業の全設備投資に対して 2.7 %)、1992 年には 3,836 億円 (同 13.7 %) である。また、1985-1992 年間の全設備投資に対する比率は平均で 6.8 %で、これにより 1984 年の GNP 原単位 131 kl/億円から 1992 年の 119 kl/億円に下がっている。これは、年率 1.2 %の減少である。

表 5-2 日本の省エネ投資と省エネ原単位

年	省エネ投資 億円	大企業 設備投資 億円	省エネ投資 比率 %	対 GNP 原単位 kl/億円	省エネ率 %
1984	-	-		131	0.8
1985	550	20,553	2.7	126	-3.8
1986	326	19,642	1.7	122	-3.6
1987	774	21,300	3.6	122	0.0
1988	1,017	26,051	3.9	121	-0.5
1989	2,279	32,269	7.1	120	-1.0
1990	2,511	37,153	6.8	120	0.0
1991	2,693	19,833	13.6	117	-2.2
1992	3,836	27,926	13.7	119	1.4
合計	13,986	204,727	6.8		-1.2

注意 1 大企業設備投資：鉄鋼、非鉄金属、石油・化学、繊維、窯業

注意 2 対 HGNP 原単位は、日本の GNP 対国内エネルギー消費量

出典：「エネルギーデータブック」、「産業別設備投資計画」経済産業省、1996 年  
「温暖化に関する経済分析」 IEEJ, 1994 年

**(3)サウジアラビアの省エネ投資**

前述のとおり日本の省エネ率は 1984-1992 年間で平均 1.2 %であった。今回のサウジアラビアの省エネ率は 1.0~1.5 %が想定されているので、省エネ投資も日本の設備投資の 6.8 %に対して少し大きめに見て 10 %前後と想定される。これを前提にサウジアラビアの省エネ投資を試算すると以下のとおりである。

**a. 電気機器および電気装置の輸入額**

サウジアラビアの特徴として、電気製品のほとんどが輸入されている。そのため、省エネ対応の機器を輸入することは、輸入金額が増加することにつながる。先の計算では省エネ投資は、全体の投資額の 10 %程度増加するものと想定されるが、仮に、すべてのセクターで省エネ投資を 10 %増したとき電気機器・装置の輸入額は、BAU ケースに対して 10 %ほど増加することになる。

表 5-3 電気機器・装置の輸入額とセクター別省エネ投資増加 (単位: 百万 SR)

項目	セクター	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2101-30
電気機器の輸入額(1990 価格)		54,168	77,563	99,142	118,135	134,562	150,982	3.4%
セクター別電気機器類への投資額	農漁業	0	465	555	603	650	687	2.0%
	石油精製・石油化学	0	462	622	761	883	1,004	4.0%
	製造業	0	1,747	2,421	3,050	3,640	4,261	4.6%
	商業サービス	0	1,900	2,560	3,134	3,635	4,134	4.0%
	政府	0	2,120	2,722	3,178	3,511	3,805	3.0%
	家庭	0	1,063	1,036	1,088	1,137	1,207	0.6%
	合計	0	7,757	9,916	11,814	13,456	15,098	3.4%

家庭部門での増加額は、新規の全世帯と既存世帯の 5 % (機器の耐用年数 20 年) が電気機器を購入するとした。省エネタイプの機器の購入については、そのコストは全輸入額の 10 % 高である。電気機器装置輸入額のセクター別の配分は、輸入額に対して家庭部門で使用される電気機器装置を除いた残りをセクター別 GDP 比率で配分している。この省エネ投資はセクター別に配分される必要があるが、今回はセクター別 GDP の大きさを省エネ投資、すなわち、電気機器・装置の輸入額の 10 % を配分する。機器の輸入額は、サウジアラビアの輸入総額との相関で求めセクター別の配分はセクター別 GDP を基準に行う。ただし、家庭部門については、世帯数の増加との相関で機器への省エネ投資を求める。

#### b. ビルへの省エネ投資

省エネには、建築物の省エネ対策も必要になる。サウジアラビアの固定資本形成額を見ると、「Building」への投資が、2000 年の 290 億 SR から 2006 年の 450 億 SR と年率 7.7 % で成長している。セクター別建築物投資の計算に際して、省エネが必要な建物は商業用・業務用・政府関連機関の建物であり、農業用・工業用の建物には省エネ投資をしないと仮定する。また、将来は住宅にも省エネ対策が取られるものと思われるが、今回は家庭用の省エネ対策は電気機器装置への対策のみとし、住宅に対する省エネ対策は行わないと仮定した。下表は項目別固定資本形成実績値であるが、将来については構築物への全投資額は国民総支出の固定資本形成との相関で計算され、住宅投資・ビル投資・設備機器投資・輸送機器投資・その他などへの配分は実績構成比を一定にして求めている。

表 5-4 固定資本形成投資額実績 (1999 年価格) (単位: 10 億 SR)

投資項目	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000-06
住宅	28	28	30	28	30	32	27	-0.7 %
ビル	29	30	32	36	38	49	45	7.7 %
設備	38	38	36	45	48	46	46	3.6 %
輸送機器	20	21	22	23	25	28	24	3.0 %
その他	9	10	11	13	14	14	13	6.1 %
合計	124	126	130	145	154	168	155	3.9 %

(出典: Saudi Arabia Year Book 2003-2006)

以上の前提で「Building」の投資額を推定し、建物に省エネ投資が行われると思われる商業サービスと政府関係機関とで省エネによって増加した投資額をこれらのセクターGDP 比で配分すると以下の表の通りである。これは商業サービス部門と政府関係機関部門が通常の建物に

対し省エネのために投資額を10%増加させたときの増加投資額である。

表 5-5 ビルの投資とセクター別省エネ投資増加額（単位：百万 SR）

		2005	2010	2015	2020	2025	2030	2010-30
ビルへの投資		48,695	59,197	80,470	107,369	135,525	170,516	5.4%
セクター別建物投資	農漁業	0	0	0	0	0	0	
	石油精製・石油化学	0	0	0	0	0	0	
	製造業	0	0	0	0	0	0	
	商業サービス		1,681	2,320	3,138	3,999	5,075	5.7%
	政府		1,875	2,467	3,181	3,863	4,671	4.7%
	合計		3,556	4,787	6,319	7,862	9,746	5.2%

### c. 省エネ投資の全体額

以上の計算で、2010-2030年間で、セクターごとに毎年1.0～1.5%の電力省エネをしようとしたとき、電気機器・装置および建築物に対する投資の増加額は以下の表のとおりである。特徴的なことは、2010年から2015年にかけて家庭部門での投資増加額は多少減少しているが、これは人口増加率が減少しているためである。全費用は、経済規模の拡大とともに平均4.0%/年で増加しているが、石油精製・石油化学部門、製造業部門、商業サービス部門などは4.0%以上の投資額が増加している。一方、農業部門や家庭部門では2.0%、0.6%と増加率は比較的少ない。

表 5-6 電気機器・装置および建築物に対する投資の増加額（単位：百万 SR）

項目	セクター	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2010-30
電気機器、設備	農漁業	0	465	555	603	650	687	2.0%
構築物への投資	石製精製・石油化学	0	462	622	761	883	1,004	4.0%
	製造業	0	1,747	2,421	3,050	3,640	4,261	4.6%
	商業サービス	0	3,581	4,879	6,272	7,634	9,209	4.8%
	政府	0	3,995	5,189	6,358	7,374	8,476	3.8%
	家庭	0	1,063	1,036	1,088	1,137	1,207	0.6%
	合計	0	11,312	14,701	18,132	21,318	24,844	4.0%

(注)：上記表は、電気機器・装置の投資増加額と建築物に対する投資増加額の総和

### d. 経済分析の費用

経済分析での費用は、すべて機会費用で計算される。この機会費用は、省エネ投資によって「失われた価値は何か」という捕らえ方で求める。たとえば、10億SRの省エネ投資の場合、この10億SRの投資によって失われるものはなにかという考えで、その価値を機会費用という。一般に企業の余剰資金は拡大再生産に使われる。すると余剰資金を電力消費削減に使うということは、拡大再生産を抑制することになる。したがって、電力消費削減に使う余剰資金の機会費用は、拡大再生産される価値ということになる。今回は、「電力が削減される価値＝拡大再生産される価値」と考え、経済分析で使用される省エネ投資の機会費用は、省エネ投資合計額と同一と設定する。

### 5.3 便益の計算

#### (1) 便益の項目

はじめにセクターごとには電力省エネ対策により電気の節約が行われる。今回の省エネ対策を国家的見地から見ると電力の節約は発電量の低下になり、本来消費されるはずの化石燃料を消費する必要がなくなるという便益がある。サウジアラビアでは、水力や原子力発電はなく天然ガスや石油製品が発電に使われているので、これらは、すべて貿易財とみなすことができる。したがって、節約された火力発電所向けの化石燃料は輸出可能とも考えられるので、サウジアラビアの省エネは、原油または石油製品（将来的には天然ガスも）の輸出増に繋がるものである。

次に電力の省エネは、年々増加するサウジアラビアの発電所の増設を抑制する効果があり、このことも国家的な便益と考えられる。すなわち、電力の節約に見合った発電所建設コストを計算することで、当該便益を求めることができる。経済分析では、不必要になった投資は他のプロジェクトに投入でき、そこで、あらたな付加価値が創出できるという立場から、不必要になった投資を便益として扱う。

第 3 に考えられる便益は、CO<sub>2</sub> 排出の減少である。現在サウジアラビアには、温暖化対策として「緑化計画」を実施している。省エネによる CO<sub>2</sub> 排出量の減少は、緑化をおこなったことと同等の効果があり、CO<sub>2</sub> 削減は、これに相当する緑化費用の抑制とも考えられる。また、サウジアラビアでは、これまで CDM の経験はないが、将来サウジアラビアが CDM 案件を実施することになれば、それは、サウジアラビアの便益と考えることができる。現在 CO<sub>2</sub> の国際排出権取引では US\$25~30/t-CO<sub>2</sub> で取引されているので、経済分析の立場から見ると省エネによる CO<sub>2</sub> の削減は US\$25~30/t-CO<sub>2</sub> で評価される。しかし、現状サウジアラビアは CO<sub>2</sub> 排出削減の義務国でもなく、現段階で義務国になるスケジュールもないところから、本経済分析では緑化費用の抑制効果や CDM での国際排出権取引による CO<sub>2</sub> の価値を考慮しないものとする。

#### (2) 便益の計算

石油および石油製品の国内消費の節約は、これらの輸出増加になる。ここでは、節約された化石燃料はすべて原油換算し、原油として輸出されるものとする。また、発電設備の建設抑制による便益は、抑制された発電量 (MW) にサウジアラビアの発電所建設単価 US\$33 万/MW をかけたものを便益とする。なお、原油価格の見通しは、US \$ 60/bbl としている (実質価格)。CO<sub>2</sub> の削減は便益に計上しない。

表 5-6 便益評価額（化石燃料、発電所増設抑制）

項目1	項目2	単位	2005	2010	2015	2020	2025	2030
火力発電燃料削減	BAU ケース	kTOE	44,700	59,352	73,179	89,520	106,298	126,391
便益	EEC ケース	kTOE	44,700	58,609	67,798	77,689	86,350	96,007
	バランス (1)	kTOE	0	742	5,382	11,831	19,949	30,384
	バランス (2)	1000bbl	0	5,493	39,819	87,542	147,604	224,815
	原油価格 (アラビアンライト)	US\$/bbl	49	60	60	60	60	60
	輸出額 (US\$)	100万ドル	0	330	2,389	5,253	8,856	13,489
	輸出額 (SR)	100万SR	0	1,235	8,952	19,681	33,184	50,543
火力発電新規投資削減	BAU ケース	MW	32,337	41,996	50,373	61,621	73,170	87,001
便益	EEC ケース	MW	32,337	41,471	46,668	53,477	59,438	66,086
	バランス	MW	0	525	3,704	8,144	13,732	20,915
	建設コスト単価	US\$/MW	330,000	330,000	330,000	330,000	330,000	330,000
	発電所投資削減 (US\$)	100万ドル	0	173	1,222	2,688	4,531	6,902
	発電所投資削減 (SR)	100万SR	0	650	4,581	10,070	16,979	25,861
便益合計		100万SR	0	1,885	13,533	29,752	50,164	76,404

(注意)：火力発電燃料削減便益で BAU ケース、EE&C ケースには、燃料の使用量が記載されていて、これらの差が燃料削減便益である。また、火力発電新規投資削減便益で BAU ケース、EE&C ケースには、必要な投資額が記載されていて、これらの差が新規投資削減便益である。

#### 5.4 経済分析結果

以上の前提から内部収益率 (Economic Internal Rate of Return: EIRR) は 19.2 % という数値が得られる。加重平均資本コスト (Weighted Average Capital Cost: WACC) を 7 % とすると期待される EIRR は 14 % であるから、経済分析の立場からは (国家的立場からは) 十分に採算性がとれる。

表 5-7 経済分析結果

		2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
費用	100万SR	0	0	11,312	14,701	18,132	21,318	24,844
便益	100万SR	0	0	1,885	13,533	29,752	50,164	76,404
回収	100万SR	0	0	-9,427	-1,168	11,619	28,846	51,560
EIRR	%	19.2						

逆に期待される EIRR を 14% と固定し、国家としてどれほど省エネ対策への予算が出せるかを計算する。省エネによって増加した原油輸出額の 23 % を省エネ対策に使ったとすると EIRR は 14 % となる。しかし、「省エネによって増加した原油の輸出額の 23 %」はサウジアラビア全体で使える金額であり、この額がすべて政府に入るわけではない。原油の輸出額のうち国庫への繰り入れられる金額は、石油輸出額に対する政府石油収入割合の過去の実績をみるとおよそ 70 % で、他の 30% は企業の収入となる。したがって、23% に相当する増加輸出額うちの 70 % が、政府が省エネ対策に使える資金ということになる。

表 5-7 EIRR が 14% になるときの補助金可能額

		2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
費用	100万SR	0	0	11,312	14,701	18,132	21,318	24,844
便益	100万SR	0	0	1,885	13,533	29,752	50,164	76,404
インセンティブ資金	100万SR			-284	-2,059	-4,527	-7,632	-11,625
回収	100万SR	0	0	-9,711	-3,227	7,093	21,213	39,936
EIRR	%	14.0						
政府への収入割合	%			70	70	70	70	70
政府からのインセン	100万SR			199	1,441	3,169	5,343	8,137

つまり、最初の増加輸出額のうち 16 % (=23 %\*0.7) が、国の歳出可能な資金となる。その金額は 2010 年で 2.0 億 SR (0.5 億ドル)、2015 年で 14.4 億 SR (3.8 億ドル)、2020 年で 31.6 億 SR (8.4 億 US\$)、2025 年で 53.4 億 SR (14.2 億 US\$)、2030 年で 81.3 億 SR (21.7 億 US\$) となる。

## 6 まとめ

通常はエネルギー価格の高低によりエネルギー需要は変化する。サウジアラビアの場合、国内の電力を含めたエネルギー価格は低く抑えられており、多少の電力料金や石油製品価格の上昇では需要に影響しない。しかし、世界のエネルギー利用機器は、今後間違いなく省エネが追求され、それがサウジアラビアにも輸入される。省エネ機器の出現は国際的な要請であり、近い将来サウジアラビアに輸入される機械・設備・電気製品は省エネタイプになる。しかも、現在の石油輸出価格が維持されれば、サウジアラビアの国際収支も良好に推移し、むしろサウジアラビアは他の国よりも早く省エネタイプの機器の利用が可能になることも考えられる。

サウジアラビアの電力は、半分が家庭で消費されている。家庭部門に省エネ意識を浸透させることは難しい面もありサウジアラビア政府の今後の努力が待たれる。仮に家庭部門の単位あたりの省エネが進んだとしても所得の向上・人口の増加により電力の消費量そのものは減らない可能性がある。今回、家庭部門の一人当たりの電力消費量については、増加率は 1 %に収斂するという前提を置いているが、2 %に収斂する可能性もある。そのときは家庭部門の電力の需要量が大幅に増加するので、サウジアラビア政府には特段に家庭部門での省エネ活動の推進が求められる。

省エネ対策のための経済的評価は節約されるエネルギー価格の動向により大きく影響される。2008 年のように原油価格が US\$100~120/bbl (WTI ベース) となると石油、ガス、石炭などの化石燃料の節約効果は一層大きくなる。サウジアラビアのように節約された化石燃料を輸出できれば、化石燃料の販売価格は国際市場価格となり国内価格より高い価格で販売されることになるので、省エネのメリットは十分に享受できる。

ただ、サウジアラビアとしての省エネから生み出された利益が、サウジアラビアで活動している企業の利益になるとは限らない。サウジアラビアではエネルギー価格が安いので、企業レベルや個人レベルでの省エネ投資の経済性が成り立ちにくい。本報告では、あくまでもサウジアラビア内での省エネ投資、余剰石油製品の発生、原油・石油製品の輸出増といった流れの中で国家として省エネ投資の経済性が成り立つということで、その利益の大半は政府に入ることになる。したがって、政府は、実際に投資する企業や個人にどのように利益を還元するかを考える必要がある。

この立場で省エネ投資を行う企業に対して、政府資金を「補助金」という形で直接企業に投

入することは外資企業が多いサウジアラビアでは難しいと見られている。しかしながら、企業への直接の資金投入でなく各種省エネ対策（エネルギー管理制度、ラベリング基準制度、研修、診断など）を実施するための省エネ促進機関への資金の投入であれば問題も少ない。この時、企業は大きな投資を必要としない省エネ方策だけを実施する可能性があり、当初の期待通りの省エネ対策が行われない恐れはある。しかし、省エネ促進機関が必要とする資金（2030年までは、年平均 76 百万 SR と推定される）は、その効果に比して無視できるほど小さく省エネ方策への資金投入は経済性が期待できる。

一般にエネルギー価格の低い国では省エネは進まないという見方がある。しかし、最近のように国際的にエネルギー価格が上昇してくるとサウジアラビアのようなエネルギー低価格国でも政府の指導の仕方によっては経済性を持った省エネルギー促進ができる可能性はある。サウジアラビアの成功は、多くのエネルギー輸出国で省エネルギー政策が成り立つことを示すものであり、サウジアラビアでの省エネルギー政策が成功する意義は大きい。

以上

お問合せ : [report@tky.ieej.or.jp](mailto:report@tky.ieej.or.jp)