

サウジアラビア王国の CO₂削減ポテンシャル¹

戦略・産業ユニット付

地球環境ユニット 地球温暖化政策グループ

井 上 友 幸

田 上 貴 彦

要約

これまでのサウジアラビア王国（以下、サウジアラビア）は、国際的な地球温暖化会議などで原油輸出減少を心配してか、CO₂削減による温暖化対策には後ろ向きであった。しかし、2006、07 年ごろからその態度も少しずつ変わり、2007 年に開催された OPEC 首脳国会議では、温室効果ガスの研究のため総額 3.0 億ドルを拠出することを発表した。これより先に 2006 年 5 月にドイツ・ボンで開催された気候変動枠組条約第 24 回補助機関会合の CCS（Carbon dioxide Capture and Storage : 二酸化炭素の回収・貯留）に関するワークショップで、サウジアラビアは CCS による CO₂の地中貯蔵を CDM の対象にするように主張している。

一方、現在サウジアラビアは「電力省エネルギー政策」の導入を検討しており、電力の省エネは石油ガス火力発電に頼るサウジアラビアでは、CO₂の削減につながるものである。同時にサウジアラビアは火力発電所から出る CO₂の回収にも積極的に発言し、CCS の CDM 化を前提に導入に前向きになっている。サウジアラビアに省エネルギー制度が導入されれば、サウジアラビアでは、GDP あたりの CO₂発生量を現状以下に抑えることができ、2030 年の GDP あたりの CO₂排出量は、2005 年のオーストラリアと同程度となる見通しである。

サウジアラビアは、国際交渉の場では国際的な温暖化対策が石油輸出国に悪影響を及ぼすのではないかと懸念を示しているが、国内では省エネルギー政策・地球温暖化対策を検討している。これらのサウジアラビアの考えは、近隣の産油国にも影響しており、今後温暖化対策や省エネルギー対策については GCC 諸国がサウジアラビアと同じ歩みをする可能性もあり、サウジアラビアに限らず GCC 諸国に対する日本の温暖化対策や省エネルギー対策の国際協力の重要性が高まりつつある。

お問い合わせ : report@tky. ieej. or. jp

¹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 CO₂ 削減ポテンシャル¹

戦略・産業ユニット付

地球環境ユニット 地球温暖化政策グループ

井 上 友 幸

田 上 貴 彦

1. はじめに

これまでのサウジアラビア王国（以下、サウジアラビア）は、国際的な地球温暖化会議などで原油輸出減少を心配してか、CO₂ 削減による温暖化対策には後ろ向きであった。たとえば、温暖化の原因を CO₂ の排出量の増加でなく地球の自然現象であるという「ミランコビッチ周期」² を主張したり、温暖化対策によって原油輸出の減少が起きたときの補償を求めたり³、石油輸出国ならではの悩みを国際社会に問いかけてきた。しかし、2006、07 年ごろからその態度も少しずつ変わり、2007 年 11 月にリヤドで行われた OPEC 首脳国会議では、温室効果ガスの研究のため総額 3.0 億ドルを拠出することを発表した⁴。これより先に 2006 年 5 月にドイツ・ボンで開催された気候変動枠組条約第 24 回補助機関会合の CCS（Carbon dioxide Capture and Storage：二酸化炭素の回収・貯蔵）に関するワークショップで、サウジアラビアは CCS による CO₂ の地中貯蔵を CDM の対象にするように主張している⁵。これは見方を変えれば、サウジアラビアが温暖化の原因が CO₂ の排出によるものであることを認めていることにもなる。一方、国際会議での発言とは別に、現在サウジアラビアは「電力省エネルギー政策」の導入を検討している。導入の発端は電力供給余力の不足であるが、電力の省エネは石油ガス火力発電に頼るサウジアラビアでは、CO₂ の削減に直接つながるものである。同時にサウジアラビアは火力発電所から出る CO₂ の回収にも積極的に発言し、CCS の CDM 化を前提に導入に前向きになっている。

本報告では、サウジアラビアの温暖化に対する考え方とこれまでの経緯および今後予定されている電力省エネルギー対策後の CO₂ 排出量を推定し、省エネ対策がどの程度地球温暖化対策に寄与するのかを分析する。

¹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ミランコビッチ周期とは、地球の公転軌道、自転軸の傾き、自転軸の歳差運動により日射量変動する周期で、約 2 万年、約 4 万年、約 10 万年の 3 つの周期に分けられている。1920～30 年代に地球物理学者 ミルティン・ミランコビッチがこの周期を唱えた。

³具体的には、「先進国の緩和約束と途上国の緩和行動すべては、化石燃料の輸出に大きく依存する国などの途上国に対する悪影響およびスピルオーバー効果を考慮に入れなければならない」、「ポスト京都の附属書 I 国による手段、政策および措置の途上国に対する影響、および、途上国に対する悪影響を最小化するため附属書 I 国による資金、保険および技術移転の取り決めを検討対象にする必要がある」などである。

⁴地球温暖化対策に対する資金支援については、原油高騰に対する効果的な方策を打ち出せない状況について各国より批判が高まっていたという背景があった。OPEC は、従来、温室効果ガス排出量削減目標実行に伴い予想される原油消費低迷への懸念から、原油価格が低迷していた京都議定書採択当時（90 年代後半）には地球温暖化対策に対して消極的な姿勢を示していたが、その後の原油価格の上昇を受け、かかる姿勢を変化させてきた（鈴木将仁、「OPEC、地球温暖化対策で国際社会との協調姿勢を示す」、『IEEJ 地球温暖化ニュース』Vol.13（日本エネルギー経済研究所ホームページ、2008 年）。

⁵CCS-CDM に対する産油国の積極的な態度は、これまで UNFCCC において議論すること自体に否定的であったのと対照的である。この背景には、2005 年 10 月に、ナイジェリアの Ovade Ogharefe ガス回収・加工プロジェクトの有効化審査が開始され（2006 年 11 月登録）、産油国の CDM への関心が高まったこと、さらに、2006 年 9 月 19 日～21 日には、サウジアラビア・リヤドで CDM に関する国際会議が開催され、特に 3 日目には EU と OPEC による CCS に関するラウンドテーブルが開かれたことなどがある。

2. 地球環境対策の経緯

サウジアラビアでの地球温暖化対策を所轄する機関は、従来は気象・環境保護管理局 (Meteorological and Environmental Protection Administration : MEPA) と称していたが、2001 年に気象・環境統括機関 (Presidency of Meteorology and Environment : PME) に名称変更をした。PME は、ジッダに本部を置きリヤドや主要都市には事務所を配している。PME を中心とするサウジアラビアの環境および地球温暖化対策の経緯は以下のとおりである。

1951 年にサウジアラビアは、航空機の発達に伴い気象情報の観測が必要になった。これに対応するため民間航空局 (Civil Aviation Directorate) の中に「気象部」 (Department of Meteorology) が設立された。これが、サウジアラビアの環境行政の始まりである。気象情報は、工業・農業・交通・その他あらゆる分野で必要な情報となったため、1966 年に、Royal Decree on 1.7.1386 (15. 10. 1966) により気象部を発展させて「気象総局」 (General Directorate of Meteorology) とし、「防衛・民間航空省」 (Ministry of Defense and Civil Aviation) に設置した。

1981 年、このころのサウジアラビアは、工業部門を中心とした経済の発展が著しく、土地・水・大気などの面でさまざまな環境問題が起きてきた。これらの問題を一元的に対処するために新たな機関が必要になり、政府は、Royal Decree No. 7/M/8903 (1981 年 2 月 25 日付け) で、先の気象総局を「気象・環境保護管理局」 (Meteorological and Environmental Protection Administration : MEPA) としてジッダに本部を置き全国の気象観測と環境保護を行うことにした。

なお、MEPA の運営項目は先の Royal Decree No. 7/M/8903 で、以下の通り規定されている。

- ① MEPA は、気象・気候に関する見通しや環境保護によってサウジアラビア民の安全・健康・厚生を改善する。
- ② MEPA は、関係する会議に出席して環境政策を開発立案し、必要な国家自然資源ための管理・投資・利用を提言する。
- ③ MEPA は、生産基準・適正なサービス・最新の研究・管理・ワークショップ・コンピュータ機器・地方センターなどの進歩に沿ったプログラムの改善をおこなう。
- ④ MEPA は、重要な環境問題や地方や海洋での自然遺産に対して国民の保護意識を向上させる。これらは、環境保護の便益や目的を教えるメディア・学校教育・大学のカリキュラムなどと一体となっておこなう。
- ⑤ サウジアラビアや他の国々の長期研究、大学や研究機関の研究の促進などを通して、MEPA の活動の市民参加を促進する。
- ⑥ MEPA は必要なデータバンクを設立し気象・気候・環境に関する見通しを主なプロジェクトや国家経済事項の開発や計画に提供する。
- ⑦ MEPA は、Gulf Cooperation Council (GCC) や各地での気象・環境問題の会議に出席し当該問題のサウジアラビアの効率・効果向上を図る。具体的には公的・民間を問わず気象・環境の面で各機関の技術的な能力向上をはかる。また、MEPA は、サウジアラビアの国

際条約や民間部門の発展と合わせて起きる環境プロジェクトや環境問題を取り扱う学会や研究センターを支援する。

1994 年 12 月、サウジアラビアは、温室効果ガス（GHGs : Greenhouse Gases）排出を規制するための UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)を批准した（当初は、附属書 I 国について 2000 年までの温室効果ガス排出量を 1990 年レベルに押し下げるというものであった）。

2001 年 10 月、気象・環境統括機関（MEPA から PME に名称を変更）は、「環境規制と実施のための規定」（General Environmental Regulations and Rules for Implementation）を発効している。この中で規定されている物質は、大気発散物質では SO₂、浮遊粒子状物質（Suspended Particulates）、オゾン（Ozone）、NO₂、CO、H₂S、フッ素化合物（Fluorides）などで、水に関しては水道の水質、クーラー・ボイラー・工場などから排出される水質の規定がある。

2005 年、サウジアラビアは、温室効果ガスの排出を規制した京都議定書（Kyoto Protocol）を批准している。ただ、サウジアラビアは、Annex I 国（京都議定書で温室効果ガス排出規制を受ける国または地域）ではないので、温室効果ガス排出の制限は受けていない。また、同年、気象・環境統括機関（PME）は、UNFCCC の第 12 条に沿って「First National Communication Report」を国連に提出した。同レポートは、PME のコーディネーションのもとにサウジアラビアの科学者と専門家によって検討・作成されたもので、内容は、第 1 章 国の状況（National Circumstances）、第 2 章 排出物質の現状（National Inventory of Anthropogenic Emissions）、第 3 章 脆弱性評価と適切な対策（Vulnerability Assessment and Adaptation Measures）から構成されている。

2007 年 11 月、リヤドで行われた OPEC 首脳国会議では、温室効果ガスの研究のため総額 7.5 億ドルを拠出することを決めた。各国の拠出金はサウジアラビア 3.0 億ドル、クウェート、カタール、UAE それぞれ 1.5 億ドルである。

以上のように 1951 年から今日まで、気象観測・大気水質汚染対策・地球温暖化対策など GCC 諸国や世界の趨勢に合わせて確実に歩んでいる。これまで、サウジアラビアは「CO₂ 対策すなわち原油輸出の減少」というシナリオを描き、COP13（Conference of Parties No.13）での発言のように「温暖化対策で石油消費量が減ることになったら、産油国の損失補填を求める。」など地球温暖化対策推進に逆行する立場を取ってきた。しかし、一方では 2007 年、サウジアラビアも GCC 諸国とともに 3.0 億ドルもの資金を地球温暖化対策に向けるなど新たな展開も見せている。

3. 地球温暖化による気温と降雨量の変化

3.1 温室効果ガスの発生量

「First National Communication Report」は、UNFCCC の第 12 条規定にしたがって作成されたものである。これによると温室効果ガスの発生場所と発生量・自然吸収量・温暖化による国土の脆弱性と対策などが示されている。内容は以下のとおりである。

- ① 1990 年の CO₂ 発生量は 140.9 百万 t-CO₂ で、自然吸収量は 15.2 百万 t-CO₂ である。
- ② 1990 年のエネルギー源からの発生量は全体の 90 %で、次いでセメント、金属鉄鋼、ガラス、ソーダ、アンモニア、アスファルト、石油化学、食品工業などの工業プロセスか

- ら 8 %、農業プロセスから 2 %である。
- ③ 1990 年の部門別では、発電部門から 26 %、交通部門から 25 %、浄水部門から 15%、石油精製部門から 10 %、セメント部門から 3 %、石油化学部門から 3 %、航空機から 3 %、金属鉄鋼部門から 3 %、その他 12 %となっている。
 - ④ メタン (CH₄) は工業部門では化学工場だけであるが、農業部門では家畜・農業土壌・農業残査から排出されている。
 - ⑤ 牛・羊・駱駝からも温暖化係数の高いメタンや N₂O は排出されているが、今のところその排出量は把握されていない。醗酵・肥料・野焼きなどから出るメタンは、醗酵 74,560 t-CH₄, 肥料 8,540 t-CH₄, 野焼き 4,900 t-CH₄ と推定されている。
 - ⑥ 肥料・農業土壌・野焼きから出る N₂O は、それぞれ 6,980 t-N₂O、23,590 t-N₂O、90 t-N₂O である (一方で野焼きは、2.692 百万 t-CO₂ を排出している)。
 - ⑦ 1990 年には森林化 (緑化) やその他のバイオマス利用により 93,000 t-CO₂ の CO₂ の吸収があった。
 - ⑧ サウジアラビアは世界の 1/4 の原油埋蔵量を持ち、世界にこれらを供給している。したがって、原油生産にともなう温室効果ガス排出量の規制は、自国では限界があり、その動向は世界の原油消費動向に依存するとしている。
 - ⑨ サウジアラビアの CO₂ 排出量は、1990-2004 年間で年率 5.4 %の上昇であったが、これは発展途上国内で比較すると大きな伸びではない。しかし、一人当たりの CO₂ 排出量では世界比較で見ると大きい。これは国策により石油を安価に国内市場に供給しているためと見られる。

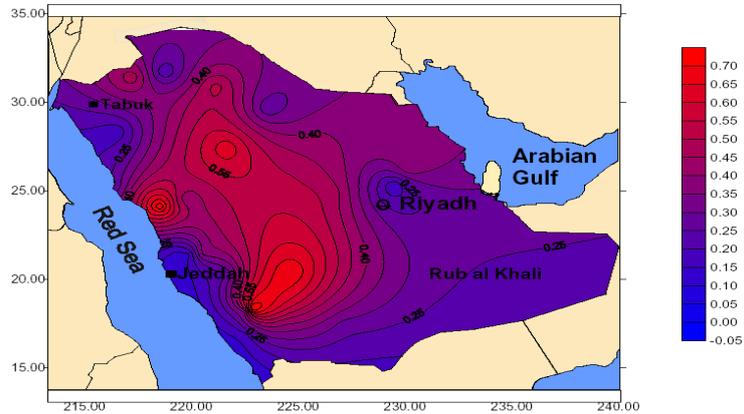
3.2 温暖化による気温と降雨量の変化

「First National Communication Report」では、サウジアラビアの過去の気温上昇と降雨量の変化を各地の観測データをもとに推定すると同時に、Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) の温暖化予測モデルを使って将来の気温と降雨量の予測を行っている。

(1) 気温の上昇

サウジアラビアでは、1991 年から 2003 年の間で、少なくとも 0.15 °C (Tabouk, Makkah, Al Ahssa の各地域)、最大でも 0.75 °C (Khamis, Mushait, Wadi Al Dawasser, Yonbu の各地域)、平均で 0.40°C の気温上昇があると推定される。気温上昇は、内陸部では比較的高く 0.40 °C 程度、東西の海岸地域では比較的低く 0.20 °C 程度である。将来のサウジアラビアの気温は世界平均の上昇 (2°C 程度) よりも高く 2041 年で夏場に北西部で 2.2~2.7 °C ほど現状よりも高くなると推定されている。一方では、夏場の上昇が低いところもあり南と南西部で 0.2~0.4 °C 程度である。これらは、IPCC 提供の気候変動予測ソフト「MAGICC/SCENGEN (バージョン 4.1) を使い予測したものである。一方、サウジアラビアでは IPCC 以外のいくつかの気候変動ソフト (Hadley Center Global Model, Canadian Climate Center Model, Global Climate Model by National Center for Air Research, Australian Global Model) も利用可能で、これらのソフトを使って 2041 年の気温上昇を予測すると、夏から秋にかけて 3.9 °C~4.1 °C の気温上昇が起きると推定されている。

図1 気温の変化 (1991-2003) 青 : 減少、赤 : 上昇 (単位: °C)

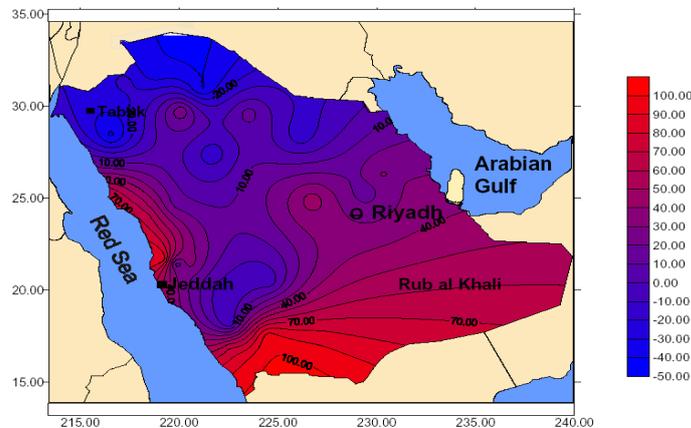


(出典: First National Communication Report, PME)

(2) 降雨量の変化

1970 から 2003 年の間で、サウジアラビアの北部で降雨量の減少が起きている。(Tabuk と Arar では 40 % の減少) また、Asir の東側山岳地帯でも降雨量の減少が見られる (Abha では 14 % の減少)。

図 2 降雨量の変化 (1970-2003) 青 : 減少、赤 : 上昇 (単位: %)



(出典: First National Communication Report, PME)

しかし、逆に降雨量が上昇したところもある。西部地区のジッダでは 92 %、中部地区のリヤドでは 45 %、東部地区のダーランでは 32 %、南部地区のシャロラでは 109 % の降雨量の上昇である。全般に北部の降雨量が減少し南部の降雨量が増加している。「First National Communication Report」は、2041 年の全国の降雨量を夏場で 14.4~24.6 % の上昇、春は 14.0~18.0% の減少、秋は 2.8~1.3 % の減少、冬場は 1.6~1.9 % の減少とし、年間では 13.9~16.4% の減少と予測している。上昇は、すべての地域で夏場である。夏場の雨量の上昇は問題にならないが、南や南西地域では、雨のピークが春と夏の 2 回になるので、農業への影響が心配される。以上のように温暖化によるサウジアラビアの気候は、世界平均と比較しても厳しいものがあり、現在でも高温少雨の気候が、より高温より少雨になると推定されている。

4. 省エネ対策による温室効果ガス排出量と国際比較

ここではサウジアラビアの CO₂ 排出量を「消費する化石燃料」と IPCC のデフォルトの「化石燃料からの CO₂ 排出係数」をもとに 2030 年までの CO₂ 排出量を推定する。なお、CO₂ 排出量は、電力需要想定ときの BAU ケース⁶と EE&C ケースについて計算し、2006-2030 年の推定値を各国の現状（2005 年）と比較する。

4.1 化石燃料消費量

サウジアラビアは発電部門、石油精製・石油化学部門、工業部門、民生部門、交通部門でエネルギー源として化石燃料が使われている。化石燃料の種類としてはガソリン・灯油・軽油・重油・LPG・天然ガスなどである。化石燃料の需要想定は、電力需要想定と同様な方法で、BAU ケースは将来の原単位が一定、EE&C ケースは各年 1.0~1.5 %の省エネを実施したときのエネルギー消費量を推定する。なお、交通部門については両ケースともに GDP 弾性値 1.0 で推定している。その結果、両ケースのエネルギー消費量は以下のとおりである。

表1 BAU ケースのエネルギー需要

BAU ケース	単位	2005	2010	2015	2020	2025	2030	30/05
電力供給	100万toe	53	75	92	108	125	147	4.2
石油精製・石油化学	100万toe	21	28	34	44	54	65	4.6
製造業	100万toe	22	36	50	67	86	111	6.7
家庭	100万toe	1	2	2	2	2	3	2.7
交通	100万toe	27	37	46	58	70	85	4.7
合計	100万toe	125	178	224	280	338	411	4.9

(注 1) 1990-2000 年は実績、2005-2030 年は予測

(注 2) 各部門には電力の消費量は含まれていない。

(注 3) 電力部門のエネルギー消費量は、ECRA の調査資料の発電計画を元に計算している。

(注 4) Non-energy use は含まれていない。

表2 EE&C ケースのエネルギー需要

EEC ケース	単位	2005	2010	2015	2020	2025	2030	30/05
電力供給	100万toe	53	75	86	97	105	117	3.2
石油精製・石油化学	100万toe	21	28	31	37	42	48	3.3
製造業	100万toe	22	35	45	57	67	80	5.3
家庭	100万toe	1	2	2	2	2	2	1.8
交通	100万toe	27	37	46	58	70	85	4.7
合計	100万toe	125	176	211	251	287	332	4.0

表 1 の (注 1) から (注 4) 表 2 にも適用される

2030 年の電力消費量は、BAU ケースと EE&C ケースを比較すると 25 %ほど EE&C ケースは少ないが、エネルギー全体では交通部門の省エネが勘案されていないこともあり 2030 年時点で EE&C ケースは BAU ケースより 20 %程度の削減に留まっている。交通部門では燃費の

⁶ サウジアラビアの電力需要想定ときのシナリオで、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」として設定している。BAU ケースは、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、EE&C ケースは、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。

向上や効率の向上はあるものと考えられるが、GDP の上昇とともに車両数の増大も考えられるので、燃料消費としては GDP 弾性値 1.0 と考えた。

4.2 CO₂ 発生量予測

先の需要想定をもとに CO₂ の発生量を計算する。計算の方法は IPCC の燃料別の TJ (テラジュール=兆ジュール) あたりの炭素発生量と酸化係数 (Fraction of Carbon Oxidised) を使う⁷。下表に示すように重油 (Fuel Oil)、軽油 (Diesel)、天然ガス (Natural gas)、LPG、ガソリンなどは、それぞれ固有の発熱量当りの炭素発生量を持っているが、表中の炭素発生量は、IPCC が示した代表的な値である。厳密には各国固有の燃料別の炭素発生量を使用すべきであるが、今回はこれらが入手できないため、IPCC の示す代表値を使う。酸化係数についても同様である。また、CO₂ の排出量を計算する式は以下のとおりである。なお、式中の 41.868 は「KTOE から TJ への変換係数」、3.667 は「発生炭素から CO₂ への換算係数」である。

$$\text{CO}_2 = \text{Consumption} * (41.868/1000) * (\text{Ton-C/TJ} * 3.667) * \text{Fraction CO}_2$$

表3 消費燃料別の CO₂ 発生量

部門	エネルギー	消費 (Million toe)	排出係数 t-C/TJ	酸化係数 CO ₂	CO ₂ 排出量 (100万 t-CO ₂)
電力供給	軽油	3.4	20.2	0.99	10
	重油	32.9	21.1	0.99	105
	天然ガス	80.5	15.3	0.95	188
石油精製	灯油	4.8	19.6	0.99	14
	重油・他	3.2	21.1	0.99	10
石油化学	LPG	0.6	17.2	0.99	1
	軽油	7.2	20.2	0.99	22
製造業	重油・他	40.1	21.1	0.99	128
	天然ガス	32.7	15.3	0.95	76
	灯油	0.2	19.6	0.99	1
家庭	LPG	2.0	17.2	0.99	5
	ガソリン	43.6	18.9	0.99	125
交通	軽油	37.0	20.2	0.99	110

(注) 燃料消費量 (Consumption) は、EE&C ケースの 2030 年の値である。

以上の計算式で BAU ケースおよび EE&C ケースの発電部門、石油精製・石油化学部門、工業部門、家庭部門、交通部門 (農業と商業サービス部門は電力消費のみであるため、これら部門のエネルギー消費は発電部門に入っている) のエネルギー消費量ごとに CO₂ を計算すると以下の表のとおりである。

表4 BAU ケースの CO₂ 発生量 (単位: 1,000ton-CO₂)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
電力供給	1000t-CO ₂	55,084	93,972	112,229	138,883	193,091	232,495	278,626	324,653	385,131
石油精製・石油化学	1000 t -CO ₂	17,044	17,096	17,300	15,852	18,396	20,860	24,483	28,148	32,654
製造業	1000 t -CO ₂	31,033	33,181	42,216	61,315	101,191	140,282	190,368	245,458	315,052
家庭	1000 t -CO ₂	2,514	2,915	3,229	3,793	4,488	5,113	5,782	6,472	7,239
交通	1000 t -CO ₂	52,598	57,356	62,890	80,606	108,502	136,854	172,871	208,782	252,346
合計	1000 t -CO ₂	158,273	204,520	238,863	300,449	425,667	535,604	672,129	813,514	992,422
1990 に対する倍率	倍	1.0	1.3	1.5	1.9	2.7	3.4	4.2	5.1	6.3
一人当たりCO ₂ 排出	t-CO ₂ /人	10.1	11.3	11.7	13.0	17.1	20.1	23.6	27.0	31.0
GDPあたりCO ₂ 排出	t-CO ₂ /100万US\$	1,107	1,241	1,285	1,328	1,373	1,353	1,331	1,324	1,327

(注) ここでの CO₂ 発生量はエネルギー源からの CO₂ 発生量のみである。その他の温室効果ガスについては計算されていない。

表5 EE&C ケースの CO₂ 発生量 (単位 : 1,000ton-CO₂)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
電力供給	1000t-CO ₂	55,084	93,972	112,229	138,883	191,146	218,550	247,644	271,911	304,282
石油精製・石油化学	1000 t-CO ₂	17,044	17,096	17,300	15,852	18,237	19,726	21,925	23,773	25,890
製造業	1000 t-CO ₂	31,033	33,181	42,216	61,315	99,650	127,987	160,428	191,167	227,391
家庭	1000 t-CO ₂	2,514	2,915	3,229	3,793	4,444	4,819	5,185	5,523	5,877
交通	1000 t-CO ₂	52,598	57,356	63,890	80,606	108,502	136,854	172,871	208,782	252,346
合計	1000 t-CO ₂	158,273	204,520	238,863	300,449	421,978	507,937	608,053	701,157	815,786
1990 に対する倍率	倍	1.0	1.3	1.5	1.9	2.7	3.2	3.8	4.4	5.2
一人当たりCO ₂ 排出	t-CO ₂ /人	10.1	11.3	11.7	13.0	17.0	19.1	21.4	23.2	25.5
GDPあたりCO ₂ 排出	t-CO ₂ /100万US\$	1,107	1,241	1,285	1,328	1,361	1,284	1,204	1,141	1,091

(注) ここでの CO₂ 発生量はエネルギー源からの CO₂ 発生量のみである。その他の温室効果ガスについては計算されていない。

BAU ケースと EE&C ケースのエネルギー消費量は、2030 年で EE&C ケースの方が 20 %ほど(電力消費は 25 %ほど)少ないが、CO₂ の発生量では EE&C ケースは BAU ケースより 18 %ほど少ない。これは、交通部門の CO₂ 発生量が BAU ケースと EE&C ケースと同じため、電力部門のみを比較するとエネルギー消費量と CO₂ 発生量ともに EE&C ケースは、BAU ケースより 20 %ほど少ない。ただ、EE&C ケースでも 2030 年の CO₂ の発生量は、1990 年と比較して 5.2 倍、2005 年と比較して 2.7 倍である。

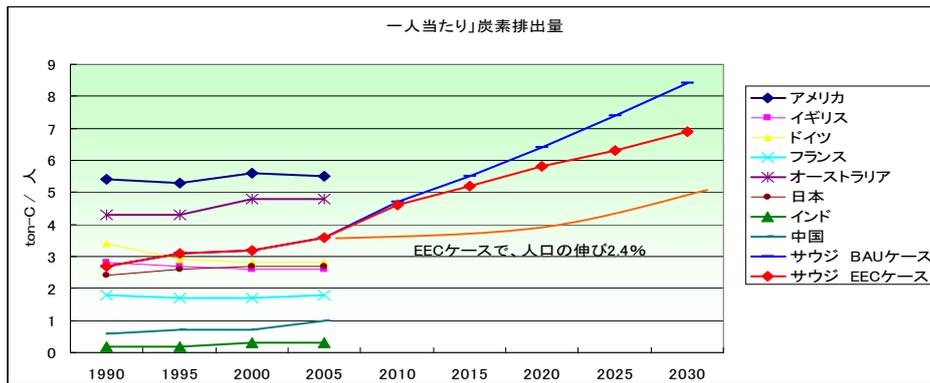
4.3 CO₂ 発生量の国際比較

CO₂ の発生は国の絶対量でなく、一人当たりの CO₂ 発生量や GDP あたりの CO₂ 発生量で各国の比較を行うべきとの考えがある。これは、エネルギー効率の良くない国に対して改善を求めるという考え方であるが、2013 年以降(京都議定書以降)の CO₂ 削減対策で注目される尺度である。そこで、先のサウジアラビアの一人当たり CO₂ 発生量と GDP 当り CO₂ 発生量を各国と比較する。

サウジアラビアは、2005 年時点の総人口は、2,310 万人(うちサウジ人は 1,650 万人)で、2030 年には 3,200 万人と推定される。その上、水力発電や原子力発電もなく電力はすべてを化石燃料に頼っていること、国土面積(225 万平方キロ)は日本の 6 倍で輸送距離も長いこと、石油資源が豊富で安価であることなどにより、一人当たりの燃料の消費量は多い。

このような背景で 2005 年の一人当たり排出量は同年のドイツの 1.3 倍である。今後の所得の増加、生活の向上などを考えると、2030 年には BAU ケースで今のドイツの 3.0 倍、EE&C ケースでも 2.4 倍になる。現状の EE&C ケースのままでは、2020 年には今のアメリカと同じ排出量になる。これは、今後サウジアラビアの人口増加率は 2.5 %から 1.5 %さらに 1.2 %に低下するという前提に立っているため、仮に人口増加率が現状の 2.5 %のまま推移すると 2020 年では 4.9 炭素 ton/人、2030 年では 5.1 炭素 ton/人となり、2005 年のオーストラリアほどである。

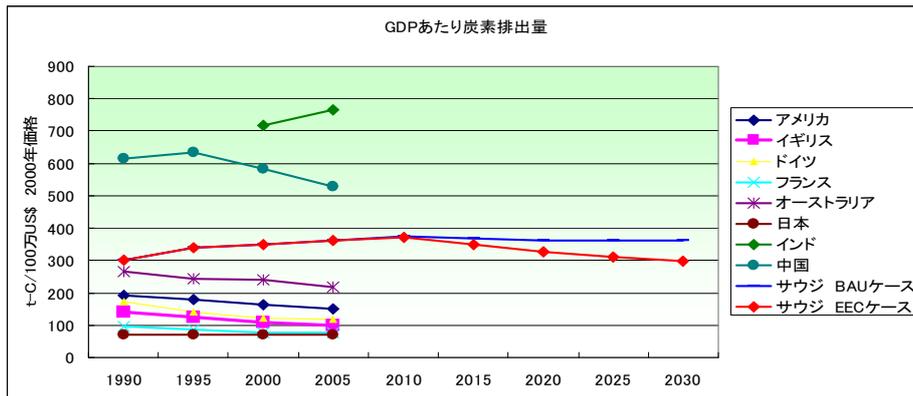
図 3 一人当たり排出炭素量の国際比較



(注意) 国際比較では、CO₂ 排出量でなく、炭素排出量表記を使っている

以下の図は、各国の GDP あたりの CO₂ 発生量を示している。サウジアラビアの GDP(2000 年実質価格)あたり CO₂ 発生量は 2005 年では 362 炭素 t/百万ドルと、イギリス、ドイツの 3 倍ほどであるが、中国 (527 炭素 t/百万ドル) やインド (764 炭素 t/百万ドル) と比較すると小さい。

図 4 GDP 当たり CO₂ 発生量 (単位: 炭素 ton/百万ドル、GDP:2000 年価格)



(注意) 国際比較では、CO₂ 排出量でなく、炭素排出量表記を使っている

将来においてもこの傾向、すなわち各国とサウジアラビアの相対的な位置関係は変わらないが EE&C ケースでは 2010 年以降は改善に向かう。このことは、EE&C ケースが今後期待されている方向に向かっていることを示している。ただ、2030 年になっても 2005 年時点における先進国の値よりは高いので、今後のサウジアラビアは EE&C ケース以上に省エネや化石燃料からの代替を求められる可能性はある。

5. サウジアラビアの CO₂ 削減の政策

これまでに各国では CO₂ 削減の政策として、いくつかの方法を取り入れているが、それらを分類すると、自主努力 (Voluntary Effort methods)、法的規制 (Regulation methods)、経済的手法

(Economic methods) の 3 つに分類される。これらの利点と欠点は下表のとおりであるが、日本では、産業界の自主努力(経団連自主行動計画)、省エネ法(規制的手法:「エネルギーの使用の合理化に関する法律」、国際排出権取引(経済的手法)、新エネルギー利用の補助金制度(経済的手法)など表中のすべての政策手法を使っている(2009年4月現在、日本国内では自主的な排出権取引は実施されている)。

表 6 CO₂削減の政策手法分類

手法	メリット	デメリット
自主的取組	実情を知る当事者が設定 ・実現可能性が高い ・費用対効果が高い ・社会的抵抗がない	・社会的に望ましい水準まで対策が講じられるが疑問 ・ただ乗りが存在する
規制的手法	大規模発生源や大量生産商品の限定的な取締りに有効 ・これまでの経験がある ・効果は限定的だが確実	・行政コストが高い ・規制値を超える CO ₂ 排出減努力に対するインセンティブがない
経済的手法 税課徴金 排出権取引 預託金 補助金	各主体の経済合理的な活動が促進される ・社会的に最小の費用で実現可能 ・継続的なインセンティブ効果がある。 ・民生部門や運輸部門において効果的	・倫理的に批判を受ける ・税率の設定が困難 ・目標の達成が担保されない ・行政コストと社会コストが増大する

出典: 環境政策における経済的手法活用検討会報告、環境省

以上の政策手法のメリットとデメリットを踏まえ、かつ、サウジアラビアの CO₂ 削減に繋がる省エネ政策手段を考えると、以下のような手法が考えられる。

- ①政府によって規制された制度として、「エネルギー管理制度」、「エネルギー効率ラベルおよび基準」などで、強制力をもって実施される制度でエネルギー多消費産業や製造者・輸入者などが対象となる。
- ②自主的取り組みによる制度として、「トレーニングプログラム」、「エネルギー診断スキーム」、「省エネ好事例の表彰制度とキャンペーン」、「小中学校向け省エネ教育」、「省エネ建築評価制度」などがある。政府系実施機関または省エネ支援組織によりすべての部門が対象となる。
- ③電気事業者による自主的取り組みとして、「電力消費チェックシステム」、「負荷管理システム」などで、電気事業者を通して大規模電力消費者が対象となる。
- ④排出権取引制度の利用としては、CCS により大気中への CO₂ 排出量を削減するなどの方策が CDM として認められることで促進されることが考えられる。SEC や ARAMCO などの電力会社や石油生産会社が対象となる。

以上のうち、CCS 以外は、2009年2月から省エネ政策の導入に向けてサウジアラビア内での検討がスタートした。これらが導入されれば、サウジアラビアでは、GDP あたりの CO₂ 発生量を現状以下に抑えることができるものと思われる。

6. まとめ

サウジアラビアは国際交渉の場では、温暖化対策のための政策・措置等による石油輸出国への悪影響（原油消費低迷）について懸念を示してきたが、同時に国内では省エネルギー政策、地球温暖化対策を検討している。省エネルギー対策が国内の電力需要の抑制をもたらし、それが国内石油ガス消費の減少となり、その結果 CO₂ 排出量が抑制されるということが期待できる。

サウジアラビアが CO₂ に関してどの程度の見通しを立てて、省エネを含む各種政策を打ち出して行けるかは今後の課題であるが、これまで述べてきたように省エネ実施のための各種制度の整備や CCS などで大気中への CO₂ 排出量を減らすなどの対策を考えていることは確かである。これらのサウジアラビアの考えは、近隣の産油国にも影響し、省エネ促進に関する問い合わせが、すでに日本の関係機関に来ている。

サウジアラビアの地球温暖化対策に関する国際的なアピールは、2007 年 11 月の OPEC 首脳国会議で示されているように GCC 諸国と歩調を合せて進められるものと思われる。このことは省エネルギー対策についても GCC 諸国が同じ歩みをする可能性があり、サウジアラビアに限らず GCC 諸国への日本の省エネや温暖化対策に関する国際協力は重要になってくる。

以上

お問い合わせ : report@tky.ieej.or.jp