

アラブ首長国連邦におけるエネルギー需給の現況と その長期展望及び省エネルギー技術導入の効果

松尾 雄司*

要旨

本研究ではアラブ首長国連邦を対象とし、まず実態に不明な部分の多い産業部門を中心にエネルギー需要に係るデータを整理した上で、計量経済モデルを用い、2030年の将来にわたるエネルギー需給の見通しを作成した。今後もし原子力発電を含む各種省エネルギー・低炭素化対策が進まない場合には、同連邦の化石燃料消費は過去のトレンドに従って増加を続け、2011年の石油換算67百万トンから2030年には同97百万トンまで、1.5倍に拡大する。これに対し、現在建設中の原子力発電所の運転開始を見込んだ上で、産業・民生・運輸・エネルギー転換の各部門における省エネルギー・低炭素化技術の導入の大幅な促進を想定したケースでは、2030年の化石燃料消費は石油換算72百万トンと、2011年実績から微増程度に抑えられる。特に、空調機器の効率向上による省エネルギー効果が大きいことが特徴的である。

近年同連邦では、石油生産量に占める自国内消費の比率が上昇し、また天然ガスについては2008年に純輸入国に転ずるなど、エネルギー需要の拡大が貿易や経済に与える影響が重要な課題として認識されつつある。中東産油・産ガス国におけるエネルギー需給の動向は国際エネルギー市場にも大きな影響を与えるため、日本を始めとするエネルギー輸入国にとっても大きな問題である。今後、政府の主導のもとで積極的な対策が進められ、最新技術の導入を通じてエネルギー効率の向上が着実に進展することが、強く期待される。

1. はじめに

世界のエネルギー需要は急速に増加を続けている。その中心となっているのは言うまでもなく中国・インド・ASEAN諸国等、アジアの非OECD諸国であるが、同時にエネルギー生産地域である中東においても、高い経済成長を背景にエネルギー需要は急増している。IEA（国際エネルギー機関）のエネルギーバランス表¹⁾によれば、中東地域の一次エネルギー消費量は1990年から2000年までの10年間で1.7倍、2000年から2011年までの11年間で1.8倍に増加した。世界の他の地域とは異なり、中東地域の一次エネルギー供給は99%以上が石油及び天然ガスとなっていることが大きな特徴であり、その域内消費の拡大は同地域からの石油・天然ガスの輸出余力を減退させることが懸念されている。後述の通り中東地域は酷暑のため冷房用の電力消費量が大きいなど、他地域とは異なるエネルギー需要構造をもち、そこでの省エネルギーの可能性を探ることは世界のエネルギー需給を考える上で決して無視できない意義をもつ。

本稿では中東諸国のうち特にアラブ首長国連邦（United Arab Emirates: UAE）を対象として、2030年までのエネルギー需給の見通しと、省エネルギー・低炭素化の可能性について分析を行った。分析に当たっては、IEAエネルギー・バランス表の実績データをベースとして、まず当所「アジア/世界エネルギーアウトック」²⁾と同様の計量経済的手法により将来のエネルギー需給を推計し、その上で各種省エネ・低炭素化対策の効果を評価した。但し後述する通り、同バランス表はアラブ首長国連邦については産業部門のエネルギー消費の内訳が十分に示されていないなど、省エネルギー可能量の推定をするためには不十分な点が多い。そのため本分析では国内有力企業の環境報告書等の情報を用いてエネルギー消費の実態について推定を行い、見通し作成のための基礎データの一部とした。

以下、まず第2章で同連邦のエネルギー需給の現状についてまとめた上で、第3章において2030年までのエネルギー需給の推計を行うこととする。

* （一財）日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット

2. アラブ首長国連邦のエネルギー需給の概要

2-1 アラブ首長国連邦の概要

アラブ首長国連邦は1971年に成立した若い国である。同地では19世紀末以降英国による支配が続いていたが、第二次世界大戦後の1968年に英国はスエズ以東からの撤退を宣言し、1971年にはアブダビ (Abu Dhabi)、ドバイ (Dubai)、シャルジャ (Sharjah)、フジャイラ (Fujairah)、アジュマン (Ajman)、ウムム・アルカイワイン (Umm al-Quwain) の6首長国が連邦を形成、翌年にはラス・アルハイマ (Ras al-Khaimah) も加わって7つの首長国による成立となった。なお当初はカタール及びバーレーンも加わった9国による連邦が構想されたこともあったが、結果としてこれらの国は独自の国家を形成し、現在に至っている。

7つの首長国のうち最大のものはアブダビであり、連邦全体の8割の面積を有するとともに、その首長は一貫して連邦の大統領を務めている。それに次ぐ地位を占めるのはドバイであり、その首長は連邦の副大統領を兼任する。特にアブダビに多く産する石油・天然ガスが連邦の経済を大きく支えており、BP 統計³⁾によれば2012年の原油生産量は世界全体の3.7%を占める日量338万バレル (338万 b/d)、天然ガスの生産量は1.5%を占める517億立方メートル (51.7 Bcm: Billion cubic meters) であった。但し従来からドバイを中心に脱石油依存の経済の確立を志向しており、既に一定の成功は収めているものの、その大きな成否は今後の動向にかかっている。

原油の輸出先として最も大きな国は日本であり、2010年のアブダビからの原油輸出に占めるそのシェアは36%に達する。また2012年の日本の原油輸入のうちアラブ首長国連邦のシェアは22%であり、これはサウジアラビアに次いで第二位である。このように同連邦と日本との関係は強く、現在は原油以外にもさまざまな分野において交流が行われている。



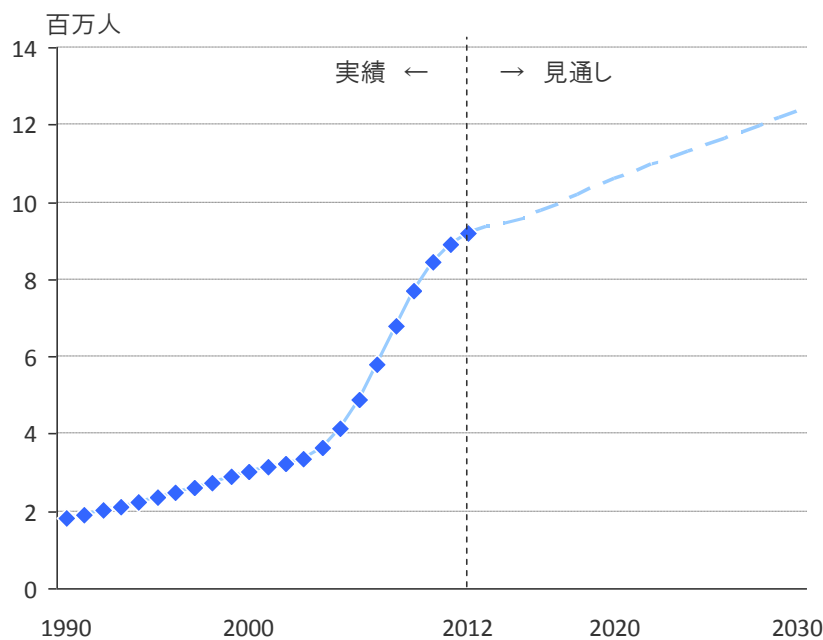
(出所) 外務省 HP

図2-1 アラブ首長国連邦の位置

2-2 人口及び経済成長率

アラブ首長国連邦の人口は1990年には180万人、2000年には300万人程度と年率5~6%程度で着実に増加していたが、2005年から2010年にかけて年率15%増という急速な増加を示し、2010年には840万人、2012年には920万人に達した⁴⁾。これは経済の成長に伴い、移民や外国人労働者が増加したことに起因するものである。連邦統計局⁵⁾によれば2005年末から2010年半ばにかけて連邦市民は1.1倍に増加した一方で、非市民の居住者は1.8倍に増加し、総人口に占める自国民比率は20%から11%まで低下している。

但し今後、原油価格の急騰とともに生じた経済の急拡大と人口の増加が永続的に推移するとは考えにくく、人口の増加率は穏やかな水準に回帰するものと予想される。本分析で前提として採用した国連の人口見通し（中位推計）⁶⁾では今後2030年までに年率1.6%程度で増加するものと見通されている。2030年の人口は現在の1.3倍の1,230万人程度となる。

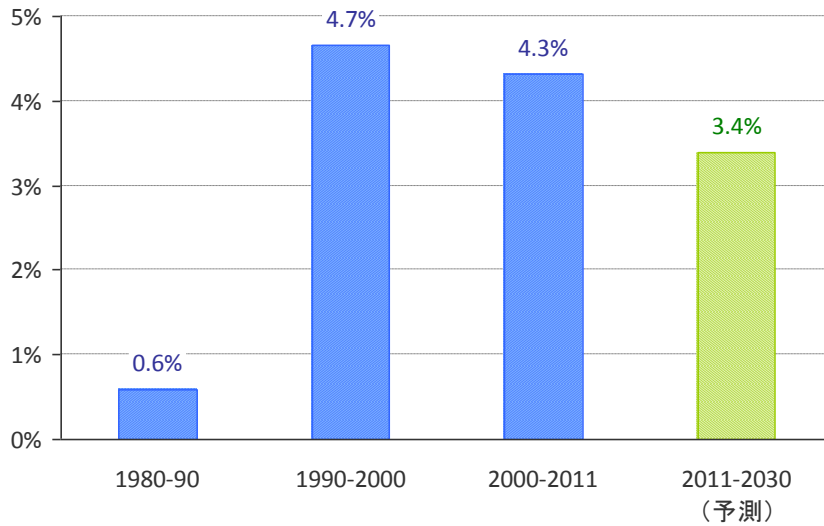


(出所) 世界銀行⁴⁾、予測値は国連見通し⁶⁾を参考に筆者作成

図2-2 人口の推移と見通し

アラブ首長国連邦の実質GDPは1990年代以降、着実な成長を続けてきた。特に原油価格が高騰に向った2004年~2007年までは8~9%という高成長を示したが、その後のリーマンショックによって2009年はマイナス成長に転じるなどの翳りも見せている。

上述の通りアラブ首長国連邦はかねてから経済の多様化を強く志向し、次第に成功を収めてはいるものの、その経済は依然として化石燃料の輸出に強く依存している。今後、特にアジア途上国において石油・天然ガスの需要が高まり、そのため中東産油国からアジアへの化石燃料輸出は拡大を続けることが見通される。但し一方で、化石燃料価格の急騰がもたらした2000年代半ばの高成長が長期にわたって持続するとも考えにくい。このような状況を踏まえ、本試算では、1990年~2000年の年平均GDP成長率4.7%、2000年~2011年の同4.3%に対し、2011年から2030年まではやや低めの3.4%で堅調に推移するものと想定した。

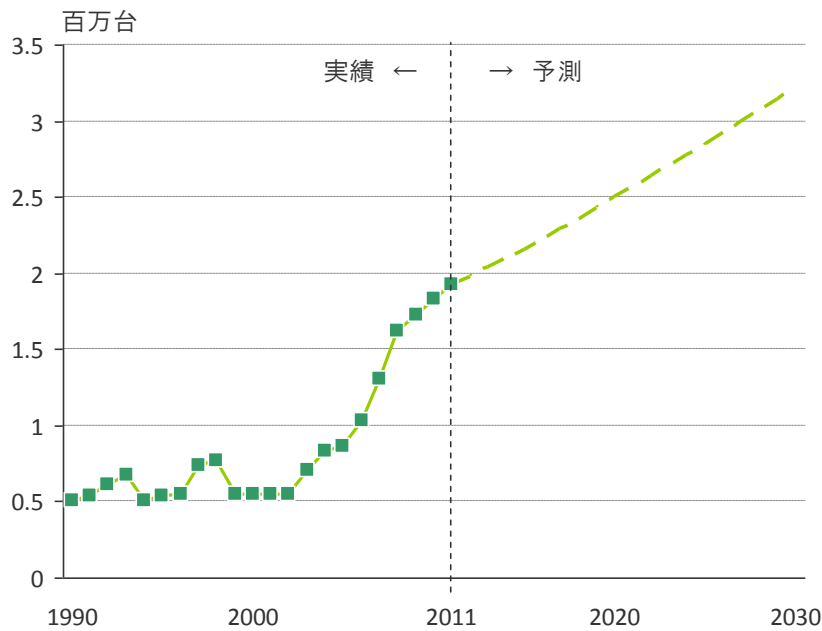


(出所) 世界銀行⁴⁾、予測値は筆者作成

図2-3 実質 GDP 成長率の推移と見通し

2-3 自動車保有台数

図 2-4 にアラブ首長国連邦の自動車保有台数を示す⁷⁾。2011 年における保有台数は 190 万台、一人当りの保有台数は 0.22 台程度となっている。通常は所得の上昇とともに一人当たり自動車保有台数は増加することが多いが、同連邦の場合は 1990 年台の 0.3 台程度をピークとして、若干の低下傾向を示しており、ここにも外国人労働者の増加の影響を見ることができる。しかし今後 2030 年にかけては通常通り一人当たり保有台数の増加が想定され、2030 年に全体で 320 万台程度まで増加することが見込まれる。

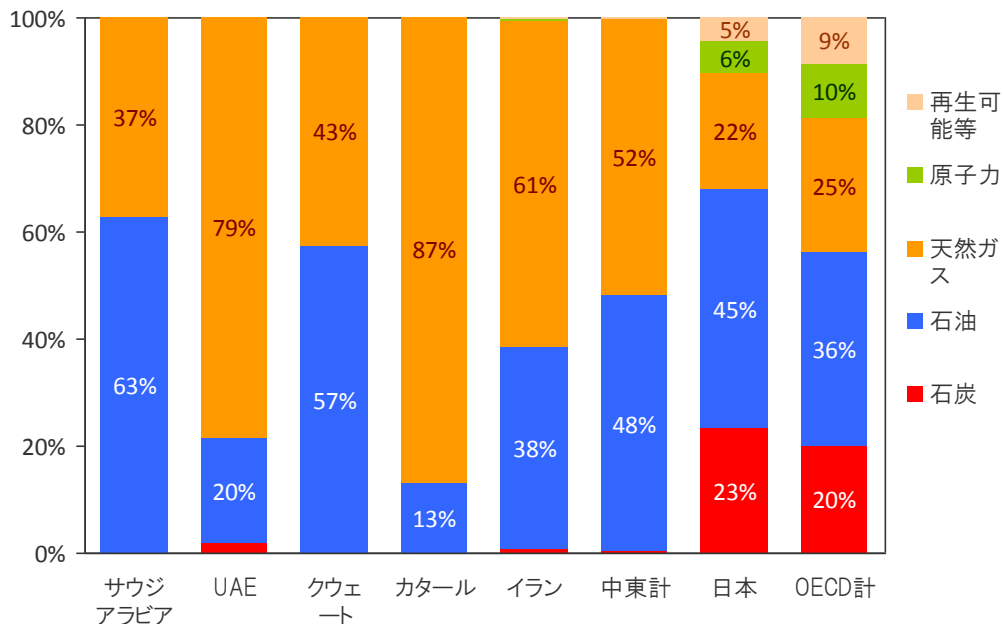


(出所) 日本自動車工業会⁷⁾、予測値は筆者作成

図2-4 自動車保有台数

2-4 エネルギー消費の国際比較

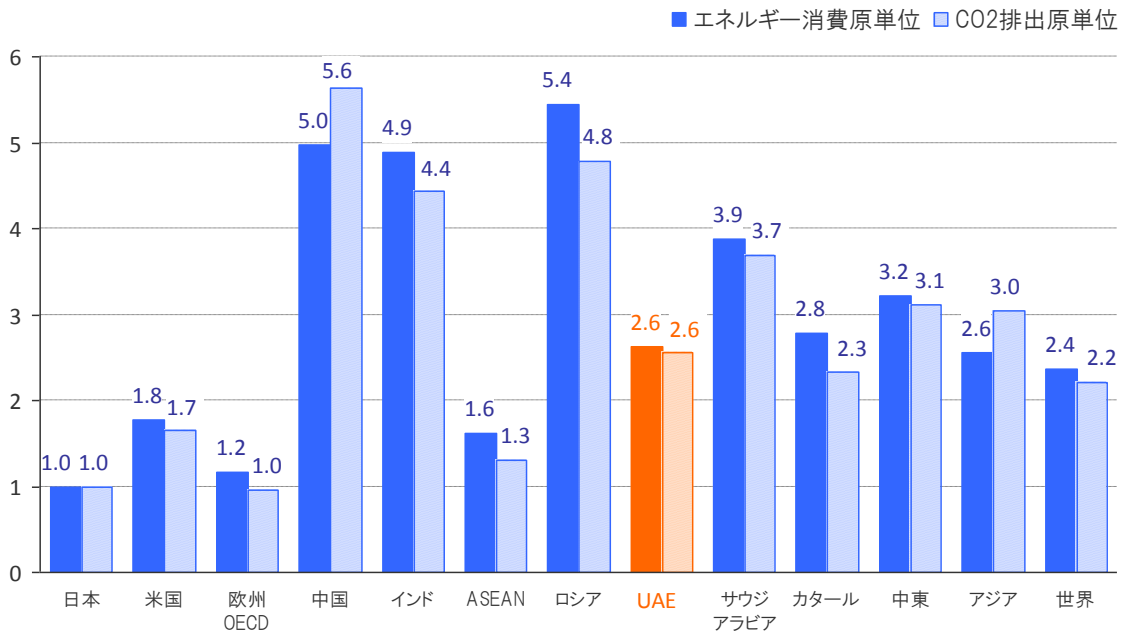
図2-5に2011年における各国の一次エネルギー消費構成を示す。ここに見られるように、OECD諸国は石炭、石油、天然ガス、原子力、再生可能エネルギー等をバランス良く利用しているのに対し、中東諸国においては現状ではエネルギー利用のほぼ全量を石油及び天然ガスに頼っていることが大きな特徴である。但しその中でも石油消費比率が比較的高い国と天然ガスへの依存が極めて高い国とが存在し、アラブ首長国連邦はカタールとともに後者に属する。2011年のエネルギー供給の8割が天然ガスに由来するものであるが、その大きな要因の一つとしては電源のほぼ全量が天然ガス火力によって賄われていることが挙げられる（これはサウジアラビアやクウェートにおいて電源の50%以上が石油火力であることと対照的である）。ここからは、生産された原油は最大限輸出に回し、国内での消費は可能な限り天然ガスによって賄おうとする戦略を読み取ることができる。但し後述の通り天然ガスの需要量は既にその生産を上回る状況となっており、今後のエネルギー戦略はこれまでとは異なるものとなることが不可避である。



(出所) IEA^{1),8)}

図2-5 各国の一次エネルギー消費構成 (2011年)

図2-6に示す通り、アラブ首長国連邦のエネルギー消費原単位・CO₂排出原単位はアジア諸国や他の中東諸国と比べて比較的低い水準にある。但し日本や欧州諸国に比べていまだ高いことに変わりはなく、今後の省エネルギーの余地は大きいものと考えられる。



(注) 一次エネルギー消費量及びエネルギー起源 CO₂排出量を 2010 年基準の実質 GDP で除し、日本を 1 として揃えたもの
 (出所) IEA^{1),8)}、世界銀行⁴⁾

図2-6 世界各国・地域のエネルギー消費・CO₂排出原単位 (2011 年)

2-5 エネルギー需給構造の概要

IEA のエネルギー・バランス表によれば、アラブ首長国連邦の 2011 年の一次エネルギー消費量は 66,108 ktoe (石油換算千トン)、うちエネルギー転換部門を除いた最終エネルギー消費は 48,675 ktoe であった。この中で産業部門での消費量が最も大きく、最終エネルギー全体の 62% を占める 30,063 ktoe となっている。4% を占める非エネルギー消費量の大半が石油化学用の原料であることを考えると、7 割近くが産業において利用されていることになる。運輸部門は 21% を占める 10,391 ktoe、民生 (家庭・業務等) 部門は 13% を占める 6,388 ktoe である。以下、これらの部門別にエネルギー需要の概要を示す。

2-5-1 産業部門

産業部門における 2011 年のエネルギー消費量 30,063 ktoe のうち天然ガスの消費が 89% を占め、残りは歴青炭 4.2%、重油 3.8%、電力 2.6%、LPG 0.08% となっている。IEA のエネルギー・バランス表には業種別内訳の項目が世界各国共通で存在するが、アラブ首長国連邦については歴青炭の消費が非金属鉱物産業 (セメント等)、微量の天然ガスと LPG の消費が化学・石油化学産業に割り振られる他には全量 (全体の 95%) が「非特定産業」 (Non-specified industry) での消費に帰属されており、具体的な業種別内訳は示されていない。但し実際には同連邦内にも石油化学産業の他に鉄鋼産業、アルミニウム産業等の所謂エネルギー多消費産業が存在し、しかもその生産量を急速に伸ばしている。このため、これらの産業でのエネルギー消費の実態を把握することは、今後の需給を考える上で重要である。以下、本節では同連邦の主要な産業である石油・天然ガス関連産業に加えて、エネルギー多消費産業と呼ばれるアルミニウム産業・鉄鋼産業・セメント産業・製紙産業について現況を述べることとする。

(a) 石油・天然ガス関連産業

i) 石油・天然ガス関連企業

アラブ首長国連邦の石油・天然ガス関連産業で最も大きな役割を担う企業は、アブダビの国営石油会社

ADNOC (Abu Dhabi National Oil Co.) である。同社はアブダビ首長をトップとする最高石油評議会 (SPC: Supreme Petroleum Council) の元で運営を行っており、以下に示す通り、外資との合弁を含め 15 の子会社を所有して石油・天然ガスの生産の他に石油精製、石油化学等の事業を包括的に行っている⁹⁾。

なお IEA エネルギー・バランス表上ではエネルギー転換部門において、製油所では 2011 年に原油 9,610 ktoe と NGL 12,738 ktoe の投入を行って 22,715 ktoe の石油製品を精製し、うち製油所ガス 245 ktoe を自家消費に用いている。また”Chemical and Petrochemical” (化学・石油化学産業) では天然ガスについて 125 ktoe、LPG について 25 ktoe、合計で 177 ktoe のエネルギー消費を行っている。また、石油化学用のフィードストック (原料) として石油製品 1,569 ktoe、天然ガス 232 ktoe、合計 1,801 ktoe が用いられている。石油・天然ガス関連産業に関するそれ以上の具体的な情報は、エネルギー・バランス表からは得られない。

ADCO (Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operations)

陸上油田の操業会社。9 つの油田から原油を生産。ADNOC の他 BP、Shell、Total、ExxonMobil 及び Partex が権益を保有していたが、2014 年に権益更改の期限を迎えたものの新たな権益保有者が決らず、暫定的に ADNOC が 100% の利権を保有している。

ADMA-OPCO (Abu Dhabi Marine Operating Company)

海上油田の操業会社。Umm Shaif 油田及び Zakum 油田からの生産を行っている。ADNOC が 60% を出資し、残りを BP、Total と国際石油開発帝石 (INPEX) 傘下のジャパン石油開発 (JODCO) が出資している。

ZADCO (Zakum Development Company)

Upper Zakum、Umm Al-Dalkh 及び Satah 油田を操業。ADNOC の他に ExxonMobil 及び JODCO が出資。

NDC (National Drilling Company)

陸上・海上での掘削サービスを行う企業。

GASCO (Abu Dhabi Gas Industries Limited)

陸上ガス田からの天然ガス・随伴ガスの処理を行う企業。アブダビ水・電力庁 (ADWEA) 等、国内の企業に対して燃料としてガスを供給する他、石油化学原料としてエタン、プロパン、ブタン、ペンタンや副産物の硫黄などを生産。ADNOC の他 Shell と Total が出資。

ADGAS (Abu Dhabi Gas Liquefaction Company Ltd.)

ADMA-OPCO が操業する洋上油田からの随伴ガスから LNG を製造、出荷する企業で、主に東京電力向けの LNG 輸出を行っている。ADNOC の他に三井物産、BP 及び Total が出資。

Al Hosn Gas (Abu Dhabi Gas Development Company Ltd.)

Shah ガス田の開発のために 2010 年に設立された企業。ADNOC 及び米オクシデンタル石油 (OXY) が出資。

ELXIER (ADNOC Linde Industrial Gases Company Ltd.)

連邦内の産業に対してガスを供給するために 2007 年に設立。窒素や稀ガスの供給も行う。ADNOC と独 Linde が出資。

TAKREER (Abu Dhabi Oil Refining Company)

Abu Dhabi (Umm Al Nar) 製油所及び Ruwais 製油所で石油精製を行う。

ADNOC Distribution

石油製品の配送・販売等を実施。

BOROUGE (Abu Dhabi Polymers Company Ltd.)

豪 Borealis 社との合弁により石油化学工場を操業。2010 年に生産能力を 3 倍増として 200 万トン、Borealis 社と併せて 540 万トン以上のポリエチレン・ポリプロピレン生産能力を有しているが、更に 2014 年中頃までに 250 万トンの生産能力拡大がなされる見込み。

FERTIL (Ruwais Fertilizer Industries)

ADNOC と Total の出資によりアンモニアと尿素を生産するプラントを運営。製品の 92%は海外に輸出されている。

ESNAAD (Petroleum Services Company)

油ガス田の開発・操業に係る各種サービス等を行う企業。

IRSHAD (Abu Dhabi Petroleum Ports Operating Company)

港湾（輸出用ターミナル）における保守・メンテナンス等を行う企業。

ADNATCO (Abu Dhabi National Tanker Company) 及び NGSCO (National Gas Shipping Company Ltd.)

原油、石油製品、LNG 等の輸送を実施。

このようにアラブ首長国連邦での石油・天然ガス関連産業の中心には ADNOC が位置しているが、その他の企業も存在する。例えば原油の生産に関しては上記の ADCO、ADMA-OPCO 及び ZADCO の 3 大企業で連邦全体の原油生産量の約 9 割を占めているが¹⁰、その他にアブダビ石油、合同石油開発、Total ABK (仏 Total と日 INPEX の合弁会社) などが中小油田で生産を行っており、またアブダビ政府出資のムバダラ開発傘下の Mubadala Petroleum やアブダビ国営エネルギー会社 TAQA などがアブダビ以外の首長国における生産活動を行っている。

石油化学に関しては、ドバイ天然ガス会社 (DUGAS) がガス事業の他に MTBE プラントを操業しており (生産能力 50 万 t/yr)、シャルジャの Hamriyah フリーゾーンにはアンモニア (生産能力 41 万トン/yr) や尿素 (35 万トン/yr) 等を生産する Green Dome Petrochemicals が存在する¹¹。またアブダビ国営投資会社 (IPIC: International Petroleum Investment Company) とアブダビ投資評議会 (ADIC: Abu Dhabi Investment Council) 及び ADNOC の出資になる ChemaWEyaat が大規模石油化学コンプレックスを建設中である。

製油所としては、上記の Umm Al-Nar (原油処理能力 15 万 b/d) と Ruwais (35 万 b/d、2014 年末までに第 2 系列の 40 万 b/d が稼働開始予定) の他に、ドバイに Emirates National Oil Co. (12 万 b/d)、フジャイラに Fujairah Refinery Co. Ltd. (8.2 万 b/d)、シャルジャに Sharjah Oil Refining Co. Ltd. (7.1 万 b/d) が製油所を有する¹²。

ii) エネルギー消費量

エネルギー消費量や二酸化炭素排出量等の情報については、ADNOC の”Sustainability Report”の中に記載がある¹³。ここでは ADNOC グループ企業の他に、上記の独立 3 操業会社 (アブダビ石油、合同石油傘下の Bunduq Oil Producing Co. 及び Total ABK) を含んで記載がなされている。

2011 年に ADNOC グループのエネルギー消費量は直接消費 450 PJ (2012 年には 527 PJ、うち再生可能エネルギーが 2011 年に 37 TJ、2012 年に 28 TJ)、間接消費 18 PJ であった。450 PJ のうち原油や天然ガスの資源開発・生産・ガス化等に伴うエネルギー消費量が ADNOC グループで 257 PJ、独立 3 社で 72 PJ、合計 329 PJ と、全体のエネルギー消費の約 7 割を占めている。

この 329 PJ のうち、資源開発・生産に携わる ADCO、ZADCO 及び ADMA-OPCO のエネルギー消費量は 2011 年にそれぞれ 18 PJ、36 PJ 及び 22 PJ、3 社合計で 76 PJ (1,640 ktoe) であった。これに独立 3 社の消費量を加算すると 147 PJ (3,180 ktoe) 程度である。残りは ADGAS、GASCO、Al Hosn Gas 等のガス事業 (ガス化含む) に係るエネルギー需要であると考えられる。ちなみにここに含まれるエネルギー消費のうち、資源生産に

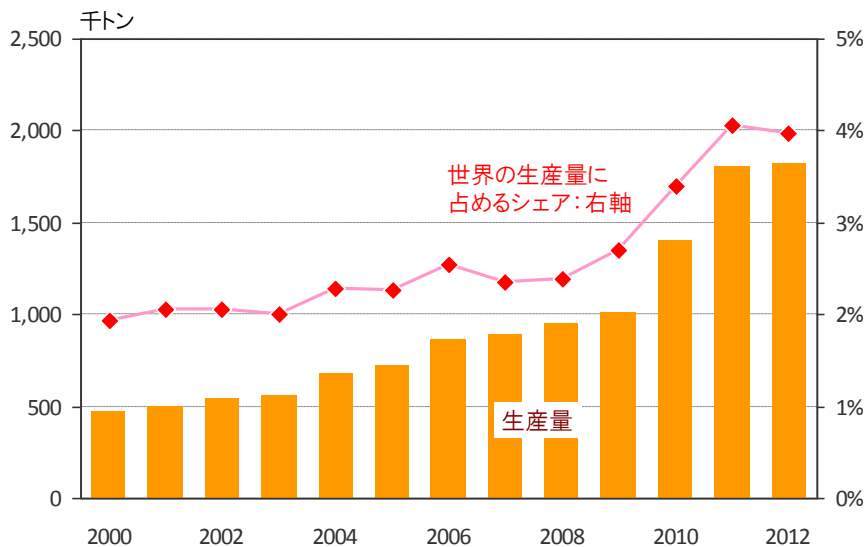
際する天然ガスのフレアについては低減のための取り組みが継続的に行われており、アラブ首長国連邦やサウジアラビア等の湾岸諸国ではフレアガスの消費はアフリカ・南米諸国に比べてかなり小さい。2011年におけるその消費量はADNOCグループ及び独立3社計で400～500ktoe程度となっている。

これらの原油・天然ガス生産等に係るエネルギー消費の他に、2011年には石油化学(BOROUGE及びFERTIL)で62PJ、その他(石油精製等)で60PJのエネルギーを消費している。

(b) アルミニウム産業

アルミニウム産業はアラブ首長国連邦が積極的に育成を進めている産業の一つであり、安価な電気料金の影響もあり近年大きな成功を収めている。従来同連邦のアルミニウム生産を担ってきたドバイ・アルミニウム(DUBAL)社は1979年、石油依存の高い産業構造からの多様化の一環としてドバイ首長家の主導のもとに設立された。同社はその後生産の拡大を続け、2012年現在の生産量はおよそ100万トン程度となっている。また2009年からはアブダビ政府の出資するムバダラ開発とDUBALとの合弁のもと、エミレーツ・アルミニウム(EMAL)社がアブダビで操業を開始しており、2011年には年間75万トンの生産能力を有するに至った。同社はその後も第二フェーズの設備投資を行っており、2014年末には年間130万トンの生産規模となる見込みである。

図2-7に示すように2012年現在、アラブ首長国連邦のアルミニウム生産シェアは世界の4%程度を占める。



(出所) U.S. Geological Survey¹⁴⁾

図2-7 アルミニウム新地金生産量の推移

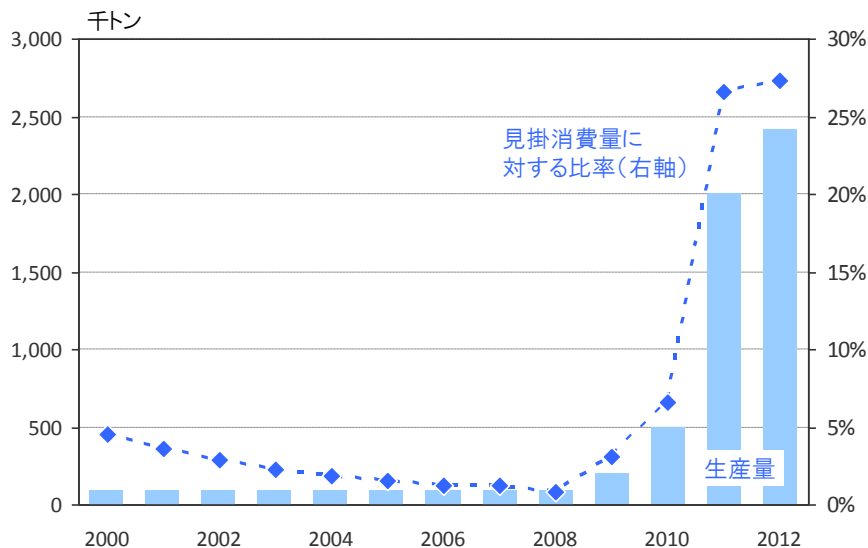
DUBAL社は自社内に天然ガス火力発電設備をもち、ごく微量のみ外部(DEWA)からの電力供給を受けているものの、ほぼエネルギーの自給を保ちつつ設備の運転を行っている¹⁵⁾。発電効率は2012年現在で44.4%(送電端、低位発熱量ベース)である。2012年の実績ベースでは105万トンの生産量に対し16,300GWhの発電を行っており、発電用燃料消費にしてアルミニウム生産量1トン当り144GJ(高位発熱量ベース)、その他のエネルギー消費も合せて164GJ/t(同)となっている。電力消費原単位15.5MWh/tのうち、電気分解に要する電力は14.7MWh/tである。

仮にEMAL社もこれと同等の効率で生産を行っているとした場合、2011年のアルミニウム産業における電力消費は28,800GWh程度、その他のエネルギー消費量は1,300ktoe程度と推定される。石油換算トンに換算して合計するとおよそ3,800ktoeであり、これはIEA統計による産業全体のエネルギー消費量の13%に相当する。

なお上記の電力消費量はIEA統計上の産業部門の電力消費9,200 GWhを大きく上回る。本来であればエネルギー・バランス表上、自家発電のためのエネルギー消費は転換部門に計上されるべきであるが、IEA統計では全く計上されていない。IEA統計における発電量（本来、電気事業者による発電量と自家発による発電量の合計値であるべきもの）は2010年に97,728 GWh、2011年に99,137 GWhと、連邦エネルギー省によるADWEA、DEWA、SEWA、FEWA（後述）の合計発電量（2010年97,339 GWh及び2011年104,142 GWh）と同水準にあり、アルミ産業等での自家発分を含まないものと考えられる。このため、アルミ産業の自家発のために使用される燃料は「非特定産業」の中の天然ガス消費として計上されているものと推測される。この場合には（発電によるロス分も産業部門のエネルギー消費の中を含むこととなるため）アルミニウム産業のエネルギー消費は6,500 ktoe、産業に占めるそのシェアは21%程度になる。

(c) 鉄鋼産業

粗鋼生産量の推移は図2-8の通りである。アラブ首長国連邦では鉄鋼需要の大半を輸入に頼る構造が続いていた。しかし2006年より国営持株会社General Holding Corporation（SENAAT）傘下のエミレーツ・スチール社が生産設備の拡張計画を実施、第一次計画として年間製造能力220万トン、第二次計画として同200万トンの直接還元鉄（DRI）プラント等の建設を開始し、2009年及び2011年に完成することにより生産量が大幅に拡大した。引き続き同社は第三次拡張計画として生産設備の拡大を進めている¹⁶⁾。



(出所) World Steel Association¹⁷⁾

図2-8 粗鋼生産量の推移

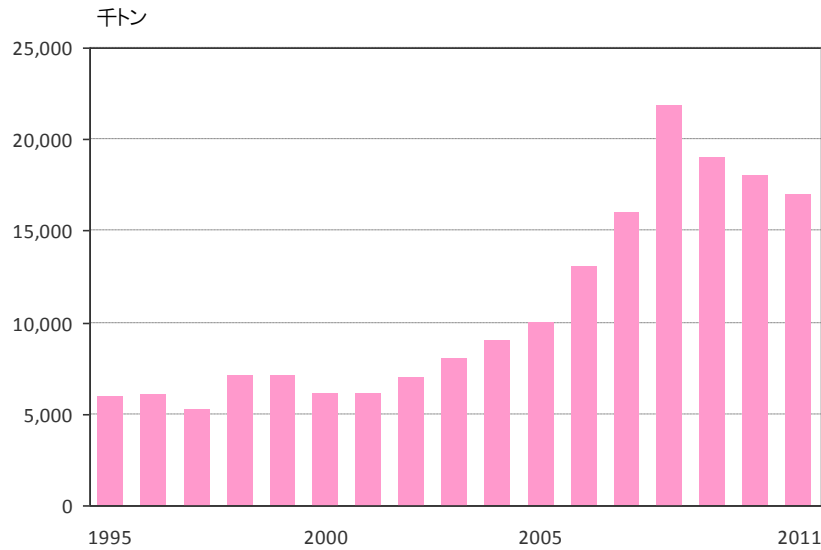
IEAのエネルギー・バランス表上は、アラブ首長国連邦において鉄鋼部門のエネルギー消費は計上されていない。但し、標準的な直接還元製鉄法のエネルギー消費量として粗鋼1トン当りの非電力（天然ガス）投入量15.9 GJ、電力投入量2.5 GJを仮定すると¹⁸⁾、2011年の同部門のエネルギー消費量は天然ガス760 ktoe、電力120 ktoe、計880 ktoe程度と推計される。これは産業全体のエネルギー消費量のおよそ3%に相当する。

(d) セメント産業

セメント産業は古くから存在しており、国内に10社程度のメーカーが存在する¹⁹⁾他、仏ラファージュ社、墨セメックス社等の海外企業も進出している。ラファージュ社はドバイの投資会社・ドバイグループとフジャイラ政府との合弁により、フジャイラに年間セメント生産能力320万トンのプラントを所有している。またセメックス社は年間160万トンのセメント粉砕工場を所有している。

セメント生産量の推移は図2-9の通りである。経済の急成長とともに2008年まで生産量が急拡大し、その後

2009年以降は停滞しているが、2000年代初頭と比べると依然として高い水準で推移している。



(出所) U.S. Geological Survey¹⁴⁾

図2-9 セメント生産量の推移

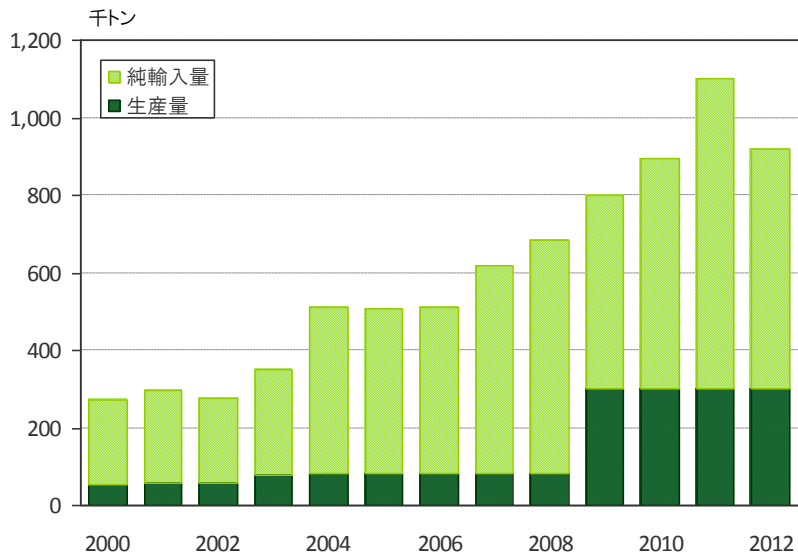
IEAのエネルギー・バランス表上はセメント産業を含む“Non-metallic minerals”の項目に瀝青炭のみが計上されている。その量は2002～2007年の間は100 ktoe程度(産業全体のエネルギー需要に占めるシェア1%程度)、その後急速に増加して2010年に716 ktoe(同3%)、2011年に1,250 ktoe(同4%)となっている。このエネルギー消費量をセメント生産量で除すると2002～2007年頃にはセメント1トン当り0.6 GJ、2010年には同1.7 GJ、2011年には3.1 GJとなる。

フジャイラ・セメント社によれば、セメント生産に要するエネルギーはおよそ6GJ/tである²⁰⁾。IEAによればセメント産業のエネルギー消費原単位は2009年に世界平均で3.5 GJ/t程度であり、またラファージュ社及びベメックス社の実績も概ねそれと同等である²¹⁾²²⁾。上記の“Non-metallic minerals”のエネルギー消費量をセメント生産量で割った値は2011年に3.8 GJ/tとなっている。これらのことから、少なくとも2010年までのIEAの統計では、アラブ首長国連邦のセメント産業のエネルギー消費が“Non-metallic minerals”にごく一部のみ計上され、正しく表記されていない可能性が高い。また2011年についてもセメント産業で利用される瀝青炭(全量が輸入されている)のみが計上され、その他のエネルギー消費は非特定産業“Non-specified industry”の項に計上されている可能性が高い。

ここでは上記の原単位を参考に、仮にセメント製造のエネルギー消費原単位を平均5 GJ/t程度と想定する。この場合、2011年のエネルギー消費量は2,000 ktoe程度、産業のエネルギー消費全体に占めるシェアは7%程度となる。

(e) 製紙産業

図2-10にアラブ首長国連邦の紙・板紙の生産量及び純輸入量を示す。人口・経済の成長とともに紙の需要も増加しているが、従来その多くを輸入に頼っていたのに対し、近年では国内の生産量を伸ばしている。2012年の生産量は30万トンである。但し多くの中東諸国と同様、パルプについてはほぼ全量を輸入に頼っている。



(出所) FAOSTAT²³⁾

図2-10 紙・板紙生産量・純輸入量の推移

紙・板紙の生産はアラブ首長国連邦のみならずサウジアラビア・イラン等でも行われているにもかかわらず、IEAのエネルギー・バランス表では非OECD中東諸国については製紙産業等(“Paper, pulp and print”)でのエネルギー消費が一切計上されていない。

ここで仮に2011年における世界の製紙産業等のエネルギー消費量を紙・板紙生産量で割った値を平均的なエネルギー消費原単位とし、それに同年におけるアラブ首長国連邦の生産量を乗じると、エネルギー消費量の推定値は118 ktoe、即ち産業部門のエネルギー消費全体の0.4%程度となる。実際には上記の通り国内でパルプを生産していないことから、エネルギー消費量は更に小さいものと推測される。

(f) まとめ

2011年の産業部門のエネルギー消費量は30,063 ktoeであるが、それに加えてエネルギー転換部門において、石油精製において製油所ガスを245 ktoe、LNGプラントにおいて天然ガスを634 ktoe、自家消費として消費している。前者はADNOC (TAKREER)の所有する製油所の他、ドバイ・フジャイラ及びシャルジャの製油所の自家消費分も含むと考えられる。後者はADNOC関連企業であるADGAS等でのエネルギー消費に含まれるものと推察される。

ここでは、以下の通り最終エネルギー消費(産業部門)の内訳の推計を試みる。まずADNOCのエネルギー消費量については文献13)に大まかな記載があるが、2011年のエネルギー消費468 PJのうち、“Marketing and Refining”に属するものが60 PJ程度である。この中には上記の石油精製に係る自家消費の他、ADNOC Distributionによる配送等や、ADNATCO・NGSCOによる国際輸送等のエネルギー消費が含まれ、その多くの部分は運輸部門や国際バンカーにおけるエネルギー消費として計上されているものと考えられる。そこで、最終エネルギー消費におけるADNOCのエネルギー消費量推定からは、これを控除する。また、LNG液化に伴うエネルギー消費634 ktoeも控除する。一方で、原油・天然ガスの生産等に係るエネルギー消費はエネルギー・バランス表上は産業部門ではなく、転換部門の中の“Oil and gas extraction”に含まれるはずであるが、IEA統計の上ではこの消費量はゼロとなっている。このため、生産に係るエネルギー消費はIEA統計上、ADNOCの他のエネルギー消費と一緒に産業部門の中にも含まれているものと想定する。また、ADNOCのSustainability Reportにおけるエネルギー消費量の記載値は高位発熱量ベースであると仮定して0.9を乗じることとする。

アルミニウム産業については上記の通り自家発電への燃料（天然ガス）投入も含めて産業部門に計上されていると想定し、また製鉄、セメント、紙・板紙の各産業についても上記の推定に従う。これらの結果として、アラブ首長国連邦の2011年の産業部門エネルギー消費量の内訳は図2-11のように推定される。石油・天然ガス関連産業とアルミ産業のエネルギー消費量が大きな部分を占めるが、一方でここに示された産業以外による消費も4割程度に上る。

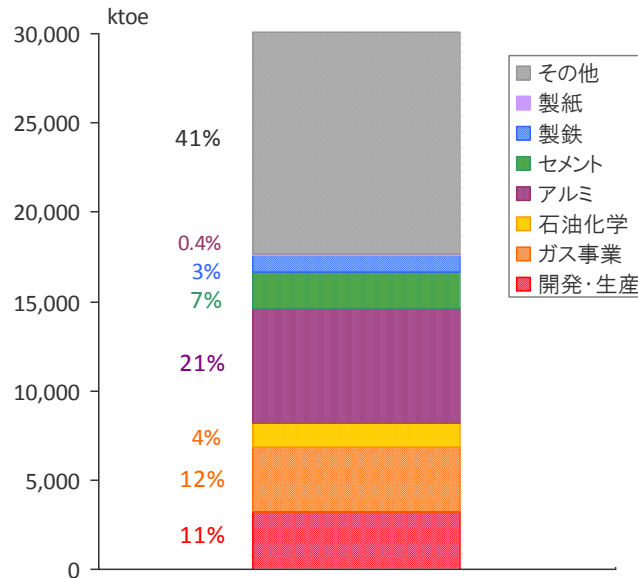


図2-11 アラブ首長国連邦の産業部門エネルギー消費内訳（2011年）

2-5-2 運輸部門

IEAのエネルギー・バランス表による2011年の運輸部門のエネルギー消費量は10,391 ktoeであり、そのうち5.6%に該当する584 ktoeが国内航空部門、残りの9,807 ktoeが自動車・二輪車による道路部門での輸送である。なお鉄道として2009年に日本企業の建設によるドバイ・メトロが運行を開始しているが、そのエネルギー消費量は運輸部門（少なくとも鉄道部門）には計上されていない。

アラブ首長国連邦内にはロタナ・ジェットのような国内線航空会社も存在し、輸送需要も増加してはいるが、自動車でも都市間を移動できることもあり、その比率は大きくはない（なお国際線の就航は多く今後も増加が予想されるが、国際航空によるエネルギー消費は「国際バンカー」として、国（連邦）のエネルギー消費の外に集計されている）。運輸部門の大半を占めるのは自動車・二輪車による道路部門の輸送であり、そのうち47%がガソリン、53%が軽油となっている。なおアブダビ首長国での統計によれば²⁴、自動車・二輪車保有台数のうち二輪車が0.9%、乗用車が87.6%、バスが2.2%、トラックが5.6%、重機等が3.7%である。

2-5-3 民生部門

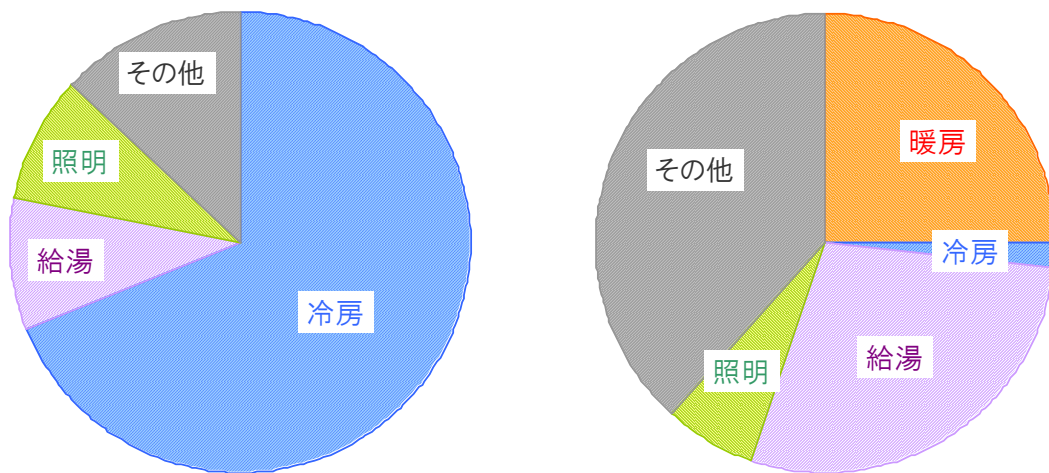
2011年の「民生・その他」部門のエネルギー消費量は6,388 ktoeであり、うち2,411 ktoeが家庭部門、2,405 ktoeが業務部門、残りの1,571 ktoeが非特定（Non-specified）となっている。それぞれのエネルギー消費に占める電力のシェアは家庭部門で89%（残りの11%はLPG）、業務部門で100%、非特定で96%（残りの4%は輸入による木炭）となっている。民生部門のエネルギー消費に占める電力の比率が高いのは湾岸諸国の特徴であり、サウジアラビアの90%、カタール及びクウェートの94%に対し、日本では47%、OECD平均では42%、世界平均では29%である（世界平均で低いのは、途上国で多く非商用のバイオマスエネルギーが用いられているためである）。

なおIEA統計による2011年の電力最終消費量は全部門計で79,895 GWhであるが、これは連邦エネルギー省による統計(95,508 GWh)よりも2割弱小さい。その理由の一つとしては、後者に発電所の自家消費分など、前者に含まれていないものが含まれることが挙げられる。内訳として前者は産業(Industry)、家庭(Residential)、業務(Commercial and public services)、非特定(Non-specified)となっており、後者は数字的にも概ねそれに対応する区分として、産業(Industry)、家庭(Residential)、商業(Commercial)、その他(Others)となっている。国内統計の「その他」には発電所の自家消費のほか、モスク、交番、政府関連の病院・教育施設などが含まれるとされており²⁵⁾、これらは本来、IEAの部門上は「業務」に区分されるべきものである。これらのことから、本稿ではIEA統計の「非特定」は実際には業務部門に対応するものとする。但し家庭部門の電力消費もIEA統計では25,070 GWh、連邦エネルギー省統計では33,502 GWhと差があることから、実際には家庭部門のエネルギー消費はIEA統計の「家庭」よりも大きいものである可能性が高いことも記憶に留めておく必要はある。

アラブ首長国連邦における電力の使用には大きな特徴がある。即ち、冷房用の空調需要比率が極めて高いことである。家庭部門における電力消費量の70%が空調用、10%が照明用であると言われ^{26),27)}、このため、空調機器の効率向上と建築物の断熱性能向上が省エネルギー対策として最も大きな効果をもたらすものとなる。

家庭・業務部門のエネルギー消費に占める冷房用需要の比率が高いことは、中東湾岸諸国に共通であると思われる。例えばカタール国を対象とした調査事例²⁸⁾では、現地機関からの聴き取りの結果として、家庭部門では2011年の電力消費のうち54%、業務・行政部門では同55%が冷房需要向けである、とされている。但しこの結果は上記の通りアラブ首長国連邦について言及される70%に比べると低く、その原因は照明用の電力需要が家庭部門で34%、業務・行政部門で25%と、高めになっていることによる。

一方で、国連環境計画(UNEP)による評価²⁹⁾で推計される家庭の照明用電力需要量をIEAエネルギー・バランス表上の家庭用電力需要(2011年)で除すると、そのシェアはアラブ首長国連邦について11%、カタール国について10%と、両国で概ね同程度となる。即ちカタール国については、文献²⁸⁾で3.0 TWhと推計されている家庭の照明用電力需要は、文献²⁹⁾では0.48 TWh程度と推計されており、この差が上記のような冷房需要シェアの差を生じさせる結果となっている。このように、湾岸諸国を対象とした電力需要の用途別推計については未だ不十分な点が多く、今後更なるデータの整備が望まれる。



UAEにおける評価例（電力のみ）

日本（2009年度：エネルギー計）

(出所) Baeza³⁰⁾、日本エネルギー経済研究所³¹⁾

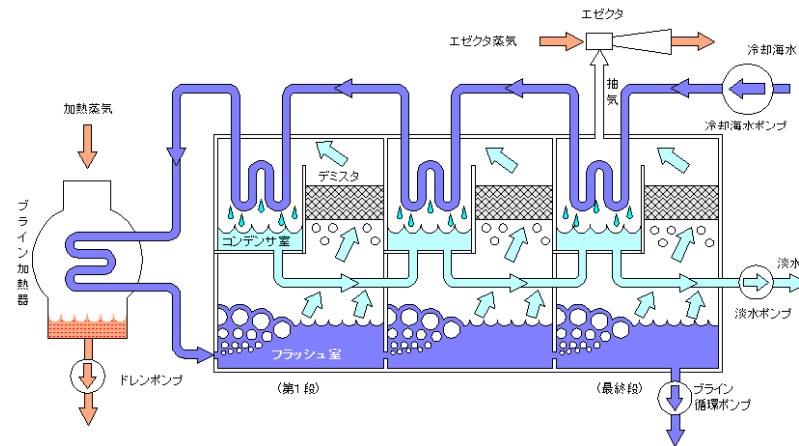
図2-12 家庭の用途別エネルギー消費

2-5-4 発電部門

(a) 海水淡水化と火力発電に係る動向

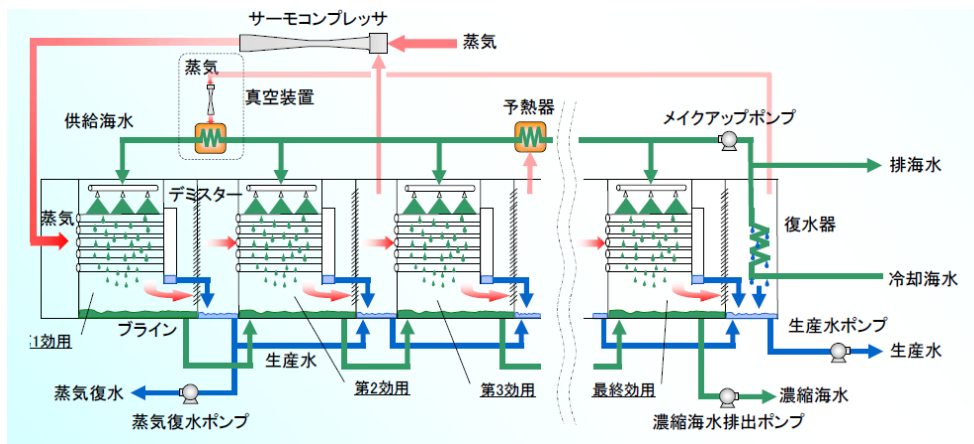
アラブ首長国連邦を含む中東諸国において、発電の問題は常に海水の淡水化の問題と関連している。現在世界で用いられている淡水化設備のうち主なものは、多段フラッシュ (MSF: Multi-Stage Flash) 法、多重効用 (MED: Multi-Effect Distillation) 法及び逆浸透膜 (RO: Reverse Osmosis) 法に大別される。前二者は海水を加熱して水を蒸発させ、その水蒸気を冷却することによって淡水を得る手法である。このうち最も古くから実用化され、淡水の大量生産に適しているのは MSF 法であり、この方式では減圧度が順次大きくなるよう設計した蒸発室に順次海水を導入し、蒸発させる。ここでは個々の蒸発室は個々に加熱されるのに対し、MED 法では第二効用以降の加熱には前段階で発生した蒸気を用いるのが特徴であり、MSF 法に比べて装置構成が複雑になる一方で、より高効率で淡水化を行うことが可能となる。

RO 法は海水に圧力を加えて浸透膜を通すことにより溶存する無機塩等を分離する方式であり、近年最も急速に技術革新が進んだ方式である。上記の蒸発法に比べて初期投資が安く、また必要とするエネルギーが少ないことを特徴とし、近年そのシェアを伸ばしている。既に世界では RO 法によるものが既存設備の半分程度を占め、今後の新規導入の中心となると見られている。但し後述の通り、アラブ首長国連邦を含む中東諸国では、化石燃料資源が安価で豊富に存在することなどからその導入は未だ部分的であり、MSF 法もしくは MED 法によるものが大半を占めている。



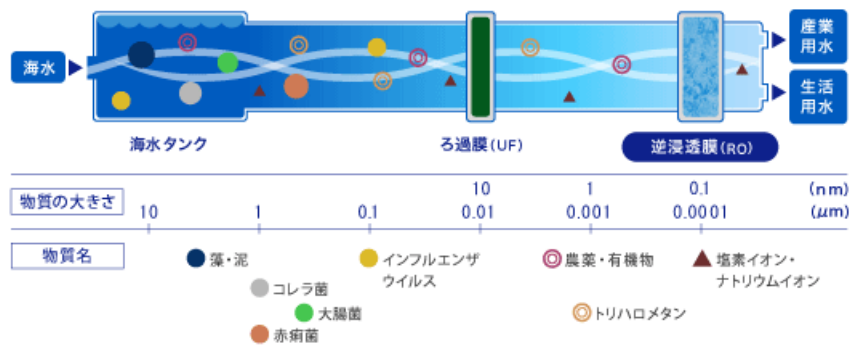
(出所) 高度情報科学技術研究機構

図2-13 多段フラッシュ (MSF) 法の概念図



(出所) 日立造船 (株)

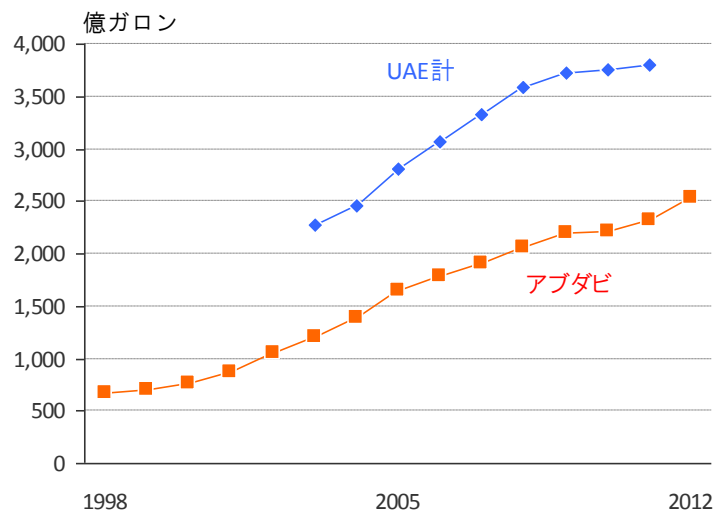
図2-14 多重効用 (MED) 法の概念図



(出所) 東レ (株)

図2-15 逆浸透膜 (RO) 法の概念図

アブダビ環境庁によれば同首長国における 2012 年の水需要量 34 億 m³ のうち約 65% が地下水によって賄われているが、これはほぼ全量が農業や植生等に利用されており、都市部での水利用はほとんどが淡水化により供給されている、という。図 2-16 に示すように、アブダビ及び連邦全体における水の生産量は急速な増加を続けている。



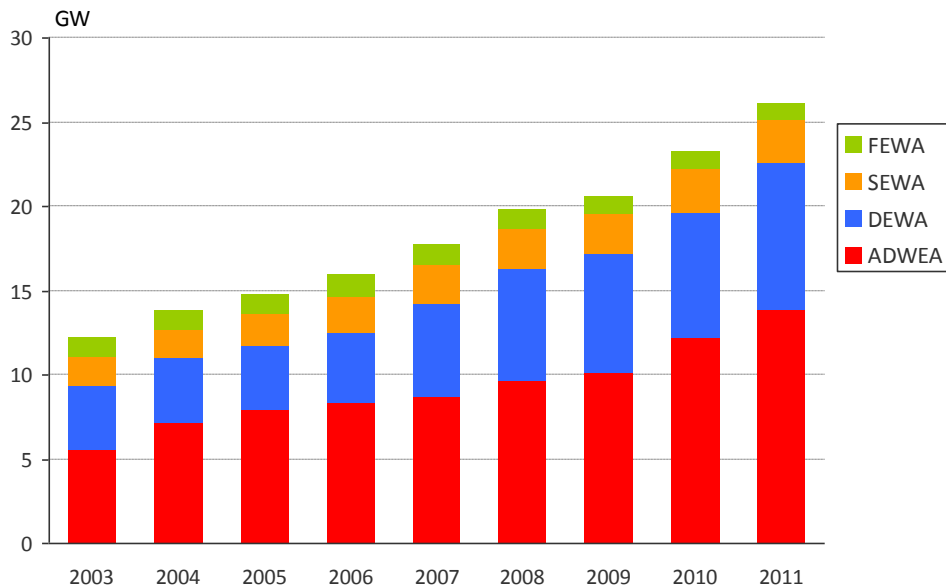
(出所) UAE Ministry of Energy³²⁾, ADWEC³³⁾

図2-16 淡水製造量の推移

アラブ首長国連邦では従来から、発電には主に天然ガス火力を用い、そこで得られる廃熱を利用して淡水化を行う方式が採られている。発電事業はアブダビ水・電力庁 (ADWEA: Abu Dhabi Water and Electricity Authority)、ドバイ水・電力庁 (DEWA)、シャルジャ水・電力庁 (SEWA) 及び連邦水・電力庁 (FEWA) によって管轄されており、ADWEA の下には事業会社であるアブダビ水・電力会社 (ADWEC) が存在している。

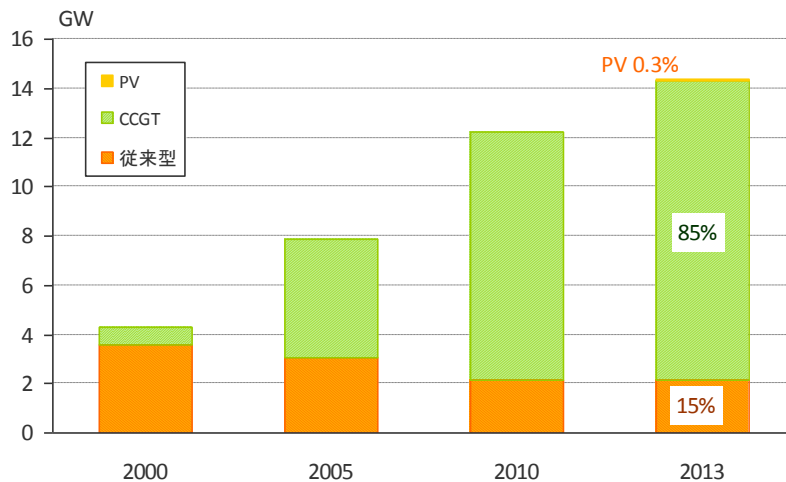
図 2-17 に示す通り、電力需要の増加に伴い発電設備も拡大している。2011 年時点でアブダビ (ADWEA) とドバイ (DEWA) が連邦全体の 9 割近くを占める。これらの発電設備は殆どが天然ガス火力であるが、2000 年以降旧式の設備を廃棄するとともにコンバインド・サイクル天然ガス発電設備 (CCGT: Combined Cycle Gas Turbine) の導入を進めており、例えば ADWEA では図 2-18 に示す通り 2013 年時点で 85% が、DEWA でも

7割以上が CCGT となっている。なおアラブ首長国連邦では先端環境調和型都市として建設が進められているマスター・シティの太陽光発電（PV）設備が2013年に0.3%を占めている。



(出所) UAE Ministry of Energy³²⁾

図2-17 アラブ首長国連邦の発電設備容量



(出所) ADWEC³³⁾

図2-18 アブダビの発電設備構成

これらの発電設備は、一部の例外を除き、淡水化設備を併設していることが特徴的である。発電所に併設される淡水化設備は、2000年時点では殆どがMSF法によるものであったが、その後MED法によるものも導入されるようになった。いずれにせよ、アラブ首長国連邦における淡水化のかなりの部分は現在、蒸発法によって行われている。一方で、最新鋭の発電・淡水化複合設備（IWPP: Integrated Water and Power Plant）である Fujairah F1 IWPP（2004年運開）及び Fujairah F2 IWPP（2011年運開）では CCGT による発電設備に加えて、Fujairah

F1ではMSF法とRO法の、Fujairah F2ではMED法とRO法のハイブリッド式の淡水化設備が採用された。例えばF2の設備容量は、発電用CCGTが合計2,000 MW、淡水化用MEDが100 MGD（百万ガロン/日）、淡水化用ROが30 MGDとなっている。このハイブリッド方式が採用された理由として、同連邦では電力の需要量は夏期に冷房用等のために大きく、冬季に小さいのに対し、水の需要はほぼ一定であるため、発電設備の稼働に比例して淡水化を行うMSF・MED設備とともに、発電された電力を用いて淡水化を行うRO設備を用いることで、電力・水双方の需要に最も低コストで対応することを可能とする、のだと言われている³⁴。

このようなことから、次章に示す将来見通し（レファレンスケース）では今後も主に高効率のCCGT及びMEDによる発電・淡水化複合設備によって電力・水需要の増加が賄われると想定した一方で、「省エネルギー促進ケース」ではRO法によって順次既存の設備が代替されると想定し、その両者のケース間での比較を行った。

(b) 発電構成多様化の動向

発電部門においても一つ特記すべきことは、アラブ首長国連邦はエネルギー源の多様化の取組みとして原子力及び再生可能エネルギーの導入を積極的に進めようとしている、ということである。現状の発電のほぼ全量を天然ガス火力に依存している状況に対し、アブダビでは2020年までに原子力発電を25%、再生可能エネルギー発電を7%、ドバイでは2030年までに原子力発電を12%、再生可能エネルギー発電を5%及び石炭火力発電を12%まで導入することを目指している。

原子力についてはアブダビにおいて4基5.6GWの新規建設計画が進展中であり、韓国との協力のもと、2012年には既に新規建設に着工している。但しイランを除く中東地域では初めての原子力発電所建設であり、発電所運営のための制度の構築等にも時間を要すると考えられることから、計画にある程度の遅延が見られる可能性は高い。またドバイでの原子力計画については未だ具体的な進展の段階にないことから、本試算では見込まなかった。

再生可能エネルギーとしては、太陽光・太陽熱等の研究開発が積極的に進められている。しかし上記の原子力とは異なり未だ研究開発段階に止まる上に、電気料金が安価に抑えられている同連邦において、高価な太陽光発電が大量に普及することは、先進国やアジア途上国と比較しても、制度上障害が高い、とも言える。これらのことから、2030年までの時間スケールではまず再生可能エネルギーよりも原子力の方が先に大量に導入されると想定される。

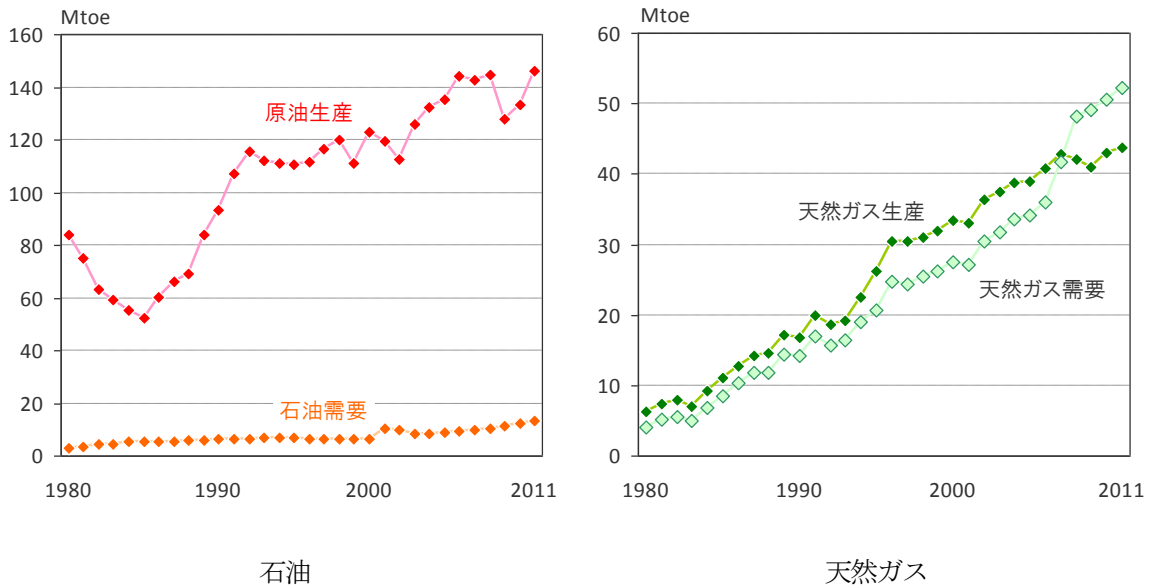
なお燃料多様化の観点から、これまで同連邦では導入実績のない石炭火力発電の新設計画が進められていることも注目に値する。具体的にはドバイにおいて120万kWのクリーン・コール火力発電所の新設計画があり、またラス・アルハイマ首長国においても27万kWの新設計画がある、と報じられている。本試算ではこれらの計画に準じて今後徐々に石炭火力発電が導入されるものと想定した。

2-6 エネルギー生産と需要の推移

経済の成長とともにアラブ首長国連邦のエネルギー需要は急速に拡大している。中でも天然ガスの消費量が増えることが特徴であり、2011年の一次エネルギー消費に占める天然ガスのシェアは80%となっている。

図2-19に石油及び天然ガスの生産量及び需要量を示す。原油生産は過去、1980年代半ばから増加を続けており、これによる収入が連邦の経済を支えていることは言うまでもない。但し国内の石油需要も拡大しており、原油生産に対するその比率は1980年の4%から、2011年には9%に拡大した。

天然ガスは需要の拡大とともに生産の拡大も続け、従来若干生産が需要を上回る状況が続いていたが、2008年には輸入が生産を上回り、以後天然ガスの純輸入国となった。LNGの貿易は長期の契約によるため同連邦から日本等へのLNG輸出は依然として継続しているが、例えばADGASによる東京電力への供給契約は2019年までとなっており、その後新たに契約更新がなされるか否かが注目されている。また今後の天然ガス需給を考える際において、省エネルギー対策による天然ガス需要の削減がどこまで進み得るかが大きな関心事となる所以である。



(出所) IEA¹⁾

図2-19 アラブ首長国連邦の石油・天然ガス需給

3. 2030年までのエネルギー需給見通し

以上の状況を踏まえ、2030年までの長期にわたるアラブ首長国連邦のエネルギー需給の推計を行った。ここでは、まずエネルギー需給に関する既存のトレンドが継続した場合を「レファレンスケース」として3-1節で分析し、次いで3-2節で各部門における省エネルギー対策や低炭素化技術の導入を想定し、その効果に関する評価を試みた。

試算に当たり、経済成長・人口及び自動車保有台数の将来見通しについては第2章で述べた通り想定した。また一次エネルギー価格については当所「アジア/世界エネルギーアウトック 2013」²⁾に基づき、2012年の原油価格115ドル/バレル、天然ガス価格16.7ドル/MBtu、一般炭価格134ドル/トンに対し、2030年にはそれぞれ122ドル/バレル、14.0ドル/MBtu、141ドル/トン（いずれも2012年実質価格）と推移するものとした。ここで天然ガス価格はアジアへの輸出価格相当を想定している。即ち本試算では、仮にアラブ首長国連邦において天然ガスの消費量が減少した場合には、それを日本をはじめとするアジア諸国に輸出し、対価を得ることが可能になると想定している。

3-1 レファレンスケース

3-1-1 最終エネルギー消費

最終エネルギー消費の見通しを図3-1に示す。2011年現在の消費量は合計で48.7 Mtoe（石油換算百万トン）であり、その66%が産業部門（非エネルギー消費含む）、21%が運輸部門、13%が民生部門である。2005年から2011年にかけて特に産業部門のエネルギー消費が増加しており、新たな石油化学プラントの稼働開始等に伴い引き続き産業部門のエネルギー消費は拡大することが想定される。一方で人口と所得の増加に伴い、民生（家庭、業務等）部門・運輸部門のエネルギー消費も拡大する。

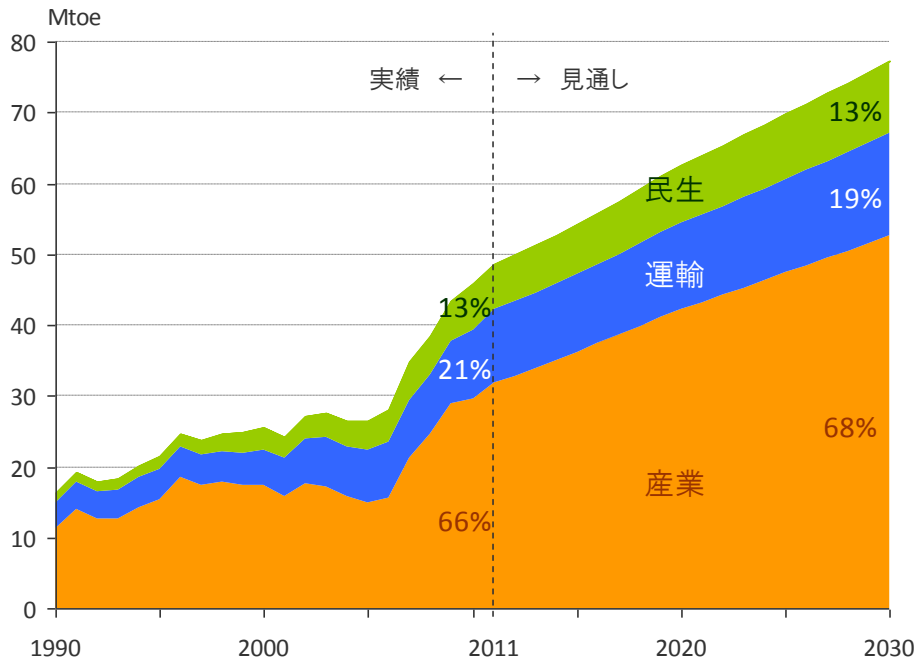


図3-1 最終エネルギー消費の見通し

図 3-2 は最終エネルギー消費のうち、民生部門のエネルギー消費量をエネルギー源別に見たものである。2011年現在で 96%が電力、4%が石油となっており、家庭やビル等におけるエネルギー供給はほぼ電力によって賄われていることがわかる(これは少なくともエネルギー・バランス表上は、多くの中東諸国に見られる特徴である)。今後も民生部門のエネルギー消費は電力が中心となる。逆に、図 3-3 に示すように、2011年現在、電力需要の9割近くが民生部門におけるものとなっている。

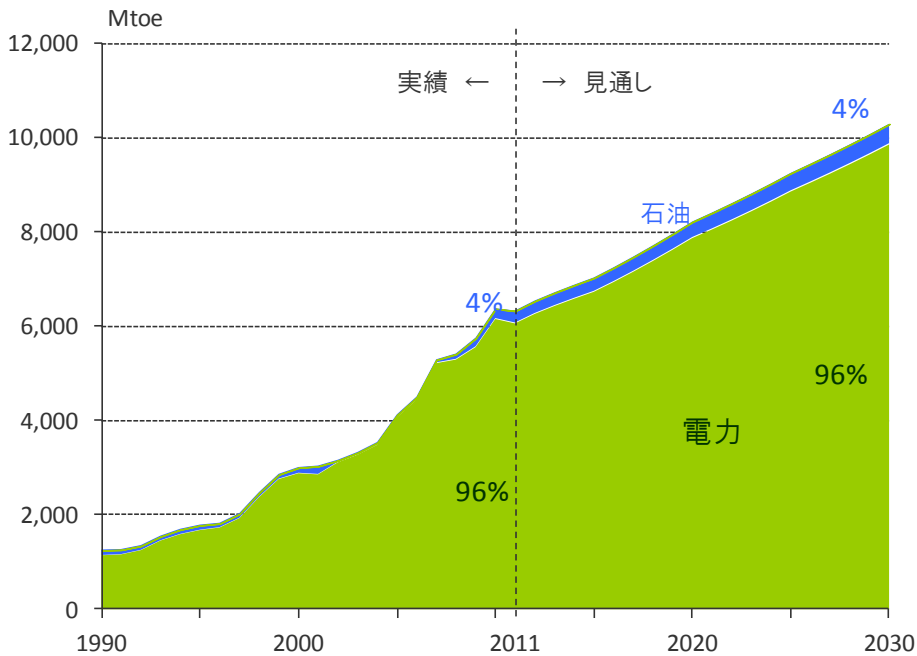


図3-2 民生部門のエネルギー消費見通し

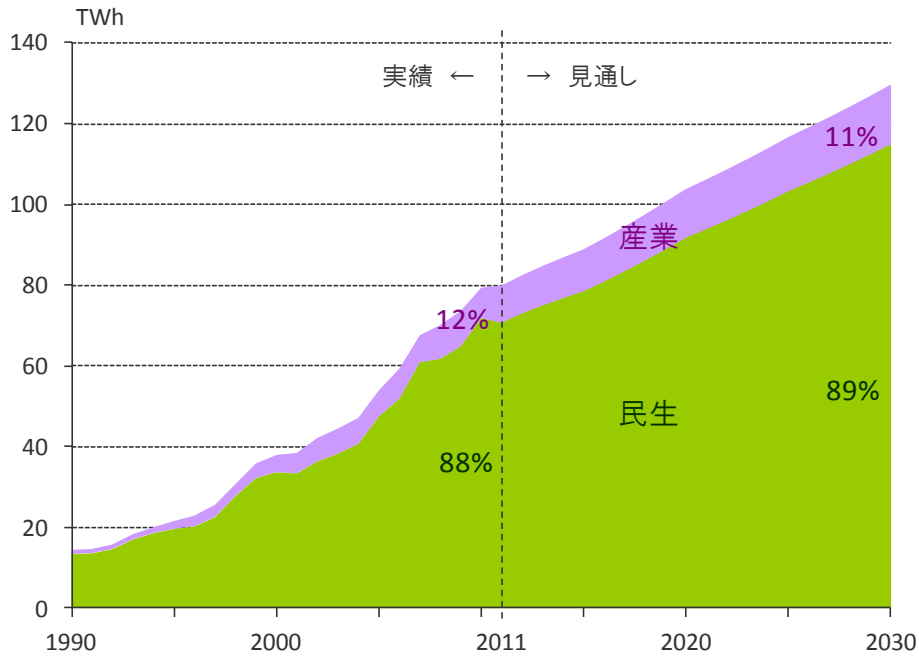


図3-3 部門別電力需要量の見通し

3-1-2 電源構成

図3-4はアラブ首長国連邦の電源構成見通しを示したものである。2011年に103TWhであった発電電力量は、2030年にはレファレンスケースで1.5倍の156TWhにまで増加する。発電の大半は依然として天然ガスによって担われるものの、4基導入される原子力発電が発電の25%のシェアを占め、また石炭火力が6%程度を占めるに至る。再生可能エネルギーについては、主に太陽光発電として2030年までに0.9TWhの導入がなされるものと想定している。

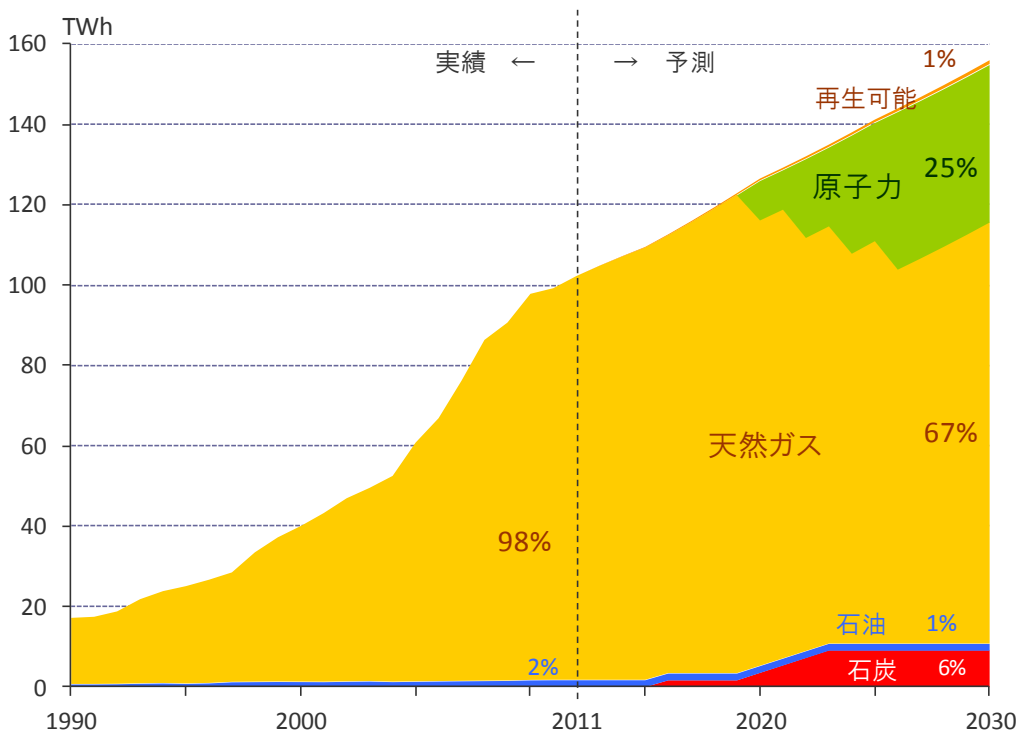


図3-4 電源構成の見通し

3-1-3 一次エネルギー消費

一次エネルギー消費（=供給）の見通しを図3-5に示す。経済の成長と人口の増加に伴いエネルギー需要は拡大するが、上記の通り人口の伸びが幾分落ち着くことなどから、2000年代後半に見られた極めて急速な増加が継続することはない。レファレンスケースでは一次エネルギー消費量は2011年の66 Mtoeから、2030年に99 Mtoeまで増加する。

2011年現在、同連邦の一次エネルギー消費は79%が天然ガス、20%が石油と、天然ガスへの依存が極めて高く、その傾向は今後も持続する。原子力発電は2020年頃から運転を開始するものと想定しているが、現在計画が確定している4基のみを想定した場合、一次エネルギーに占めるそのシェアは2030年に10%程度となる。

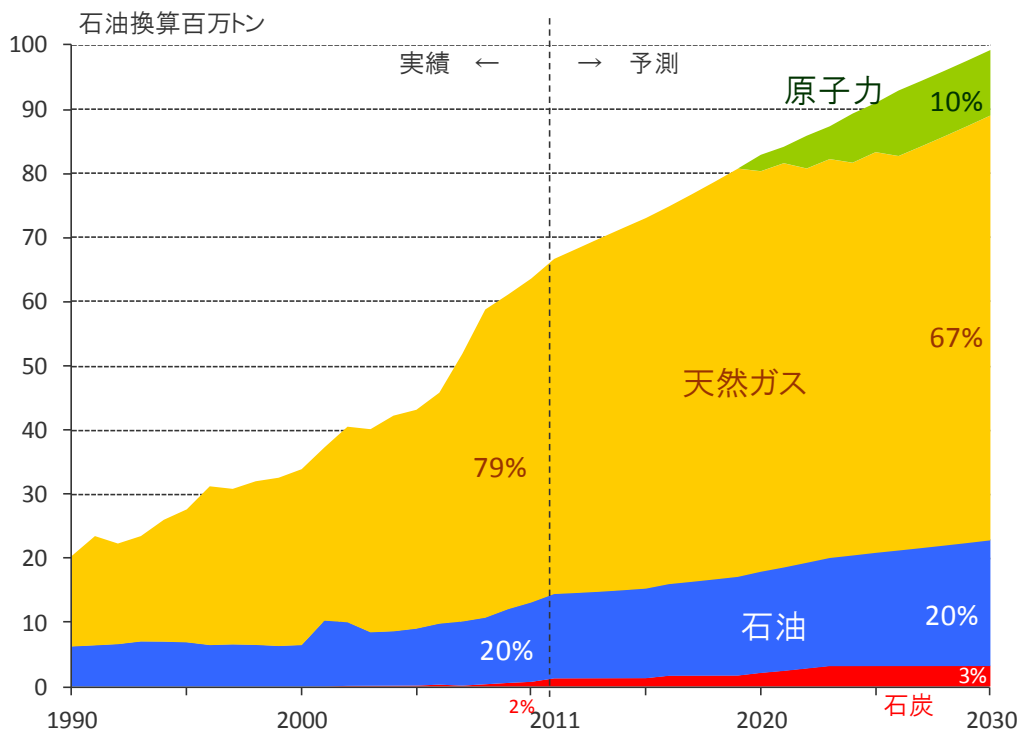


図3-5 一次エネルギー供給量の見通し

自動車保有台数の増加に伴い、石油消費量も増大する（図3-6）。2011年の石油消費量（最終消費ベース）は13 Mtoeであり、その77%が運輸部門における消費であった。なお、一次消費ベースでは発電部門での微量な消費や統計誤差等の影響が表れるものの、全体的な規模としては図3-6と大きくは変わらない。

今後自動車保有台数の増加に伴い運輸部門のエネルギー消費が拡大し、2030年の石油需要は20 Mtoe、そのうち72%が運輸部門になると見通される。このレファレンスケースにおいては、電気自動車（EV）の大規模な普及は見込んでいない。

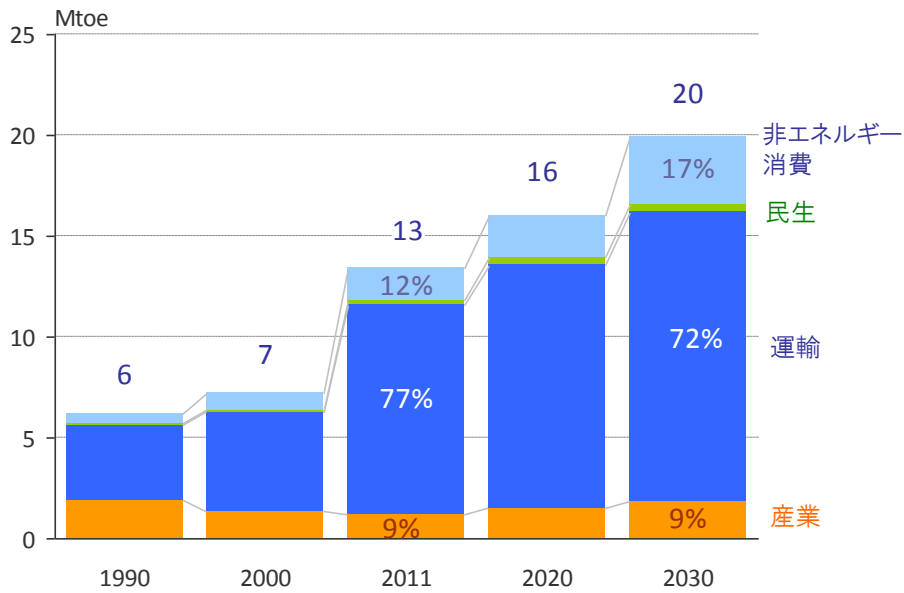


図3-6 部門別石油消費量（最終消費）の見通し

図3-7は天然ガス消費の見通しを示したものである。2011年の天然ガス消費量は52 Mtoe、うち48%が発電、51%が産業におけるものである。今後産業部門のエネルギー消費増加が見込まれる一方で、発電部門においては、原子力発電の導入や火力発電の効率向上に伴い、天然ガス消費が大きくは増加しない。このため、天然ガスの消費量の拡大率は石油と比べて大きくはない。但しそれでも2030年における天然ガスの消費量は石油の3.3倍と、天然ガスへの高い依存が継続する状況に変わりはない。

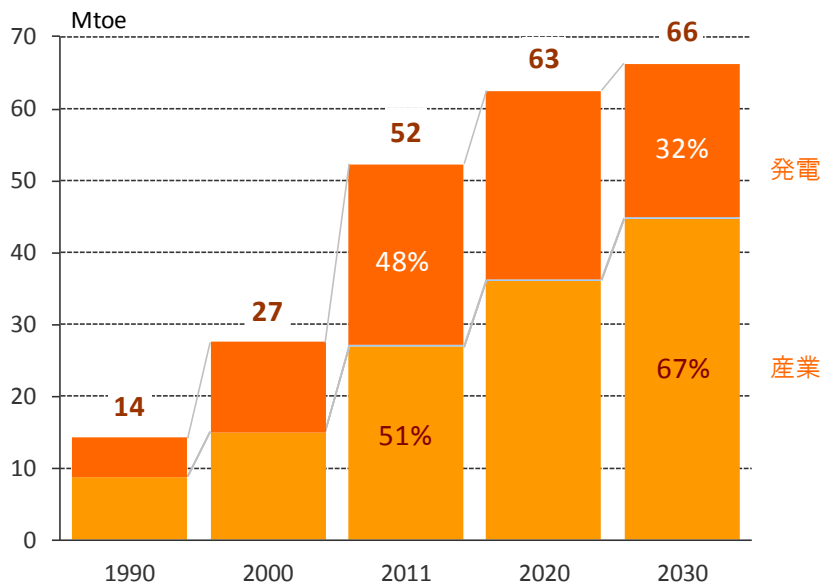


図3-7 部門別天然ガス消費量（一次消費）の見通し

3-2 省エネルギー促進ケース

3-1 節で述べたレファレンスケースに対し、本節では各種省エネルギー・低炭素化技術の導入拡大を想定し、その影響を評価する。その前提条件は以下の通りである。

3-2-1 技術導入の想定

(a) 産業部門

産業部門においては、各部門につき以下の通り 2030 年までの省エネルギー技術の導入を想定した。

(i) 石油・天然ガス関連産業

アラブ首長国連邦の産業の中で最も大きな位置を占める ADNOC は環境保全や省エネルギーの取組みにも力を入れており、2012 年度には広義の環境保全に対して年間 3 億 8,750 万ディルハム（1 ディルハムは約 0.27 米ドル）を費やしている。そのうち 19%が省エネルギーや汚染物質の排出削減に向けたものである。2011 年の環境報告書には、ADNOC グループ全体で 2035 年までにエネルギー効率を 25%改善する、との目標が示された。ここでは現状と同程度の省エネ投資等が継続することにより、この効率改善目標が達成されると想定した。

(ii) 鉄鋼産業

鉄鋼産業については、RITE¹⁸⁾に基づき、より高効率な直接還元製鉄法の設備（粗鋼 1 トン当たり非電力投入量 12.1GJ、電力 2.5 GJ）が導入されると想定した。

(iii) その他の産業

アルミニウム産業の電力消費、セメント産業及び製紙産業のエネルギー消費については、将来の原単位改善及びそのコストについて IEA³⁹⁾を参照した。また、アルミニウム産業における自家発電の効率については、DUBAL 社の過去の効率向上実績¹⁵⁾を将来にわたって延長した。またこれら以外の産業については、省エネルギーセンター³⁶⁾等に基づき、2030 年までに平均して 7%程度エネルギー消費効率が改善すると想定した。

(b) 運輸部門

2007 年にアブダビで初の国産車生産が行われたものの、アラブ首長国連邦の自動車産業は未だ発展途上にあり、急速に増加する自動車保有のほとんどは輸入車によって賄われている。但し次世代自動車の導入比率を上昇させることにより、運輸部門での省エネルギー促進は可能である。現在、環境調和型都市として建設が進められているアブダビのマスダール・シティにおいては日本製の電気自動車の運用が開始しており、将来に向けた利用の拡大が目指されている。

ここでは、仮に電気自動車を対象として、その導入の影響を評価する。具体的には、2030 年に自動車保有台数の 20%まで電気自動車が導入されると想定し、そのコスト及び燃費等については文献 37)を参照して設定した。但しその実現のためには自動車生産国における技術開発の進展と、導入国における相当程度の政策的支援が必要であることには注意を要する。

(c) 民生部門

民生部門においては、最も効果が大きいと思われる空調機器の効率改善と、照明機器の効率改善を想定した。

空調機器の効率改善に際しては、人口等の予測結果と文献 38)に示される実績推計値等を用いて 2030 年までの機器のフロー・ストックを推計した上で、最新鋭の機器への代替のコスト及び効果を評価した。なおアラブ首長国連邦における既存の機器の効率は正確にはわからないため、ここでは文献 28)に見られるカタールの機器効率と同様であると仮定した。

照明機器の効率改善によるコスト及びその効果については、文献 29)を参照した。

(d) エネルギー転換部門

エネルギー転換部門において最も大きな影響を与えるものは発電部門であるが、上述の通り中東諸国では発電は海水淡水化と密接に関係していることが特徴的である。ここでは今後建設される淡水化設備が全てRO法に代替されると想定し、既存のRO法による設備（Fujairah F1及びF2）の実績値をもとに電力消費量を推計した。RO法への代替自体には追加コストを想定しない一方で、電力需要の増加に伴って増設される火力発電設備について、文献39)及び40)に従ってコスト及び効率を想定した。

原子力発電についてはレファレンスケースと同様、現在建設中・計画中の4基の運転開始を見込んだ。再生可能エネルギーについては、アブダビ首長国では2020年までに発電設備容量の7%に相当する1.5GWの導入が計画されている。また、ドバイでは2030年までに同5%に相当する1GWの導入を計画している。ここでは2030年まで再生可能エネルギー発電（太陽光発電）設備の建設が急速に進展し、2030年に発電電力量の10%（設備容量8.3GWに相当）までの導入が進むと想定した。これらのコストについては文献39)及び40)を参照し、特に原子力については初期投資のみでなく、運転維持費・核燃料サイクル費等も計上した。

3-2-2 最終エネルギー消費

以上の想定のもとに省エネルギー量を計算し、最終エネルギー消費の見通しを推計した。結果は図3-8の通りである。省エネルギー促進ケースにおける2030年のエネルギー消費量はレファレンスケースに比べ、産業部門で10%、運輸部門で15%、民生部門で29%削減される。このように経済の成長に伴い、省エネルギー促進ケースにおいても産業部門を中心にエネルギー消費量は拡大を続けると見通される。

最終エネルギー消費計では2030年においてレファレンスケースの石油換算77百万トンから、省エネルギー促進ケースでは67百万トンまで13%減少する。但しこのケースでも、2011年の消費量に比べると2030年までに1.4倍に増加する。

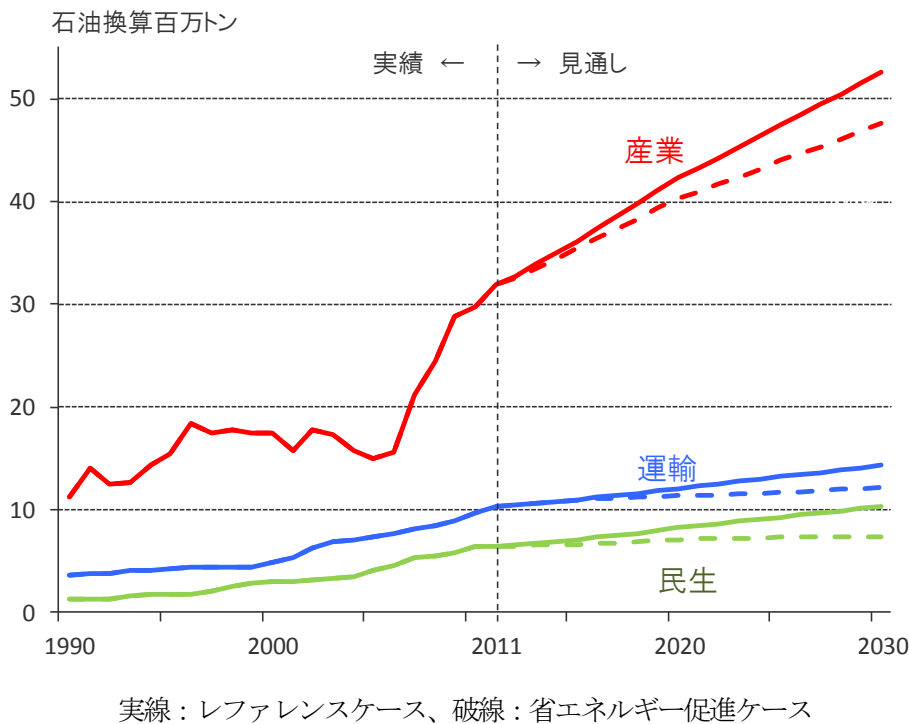


図3-8 最終エネルギー消費の見通し

図3-9は電力需要の見通しを示したものである。省エネルギーの促進に伴い電力消費は民生部門で35TWh、産業部門で2TWh削減されるが、一方で電気自動車の導入を大きく見込んでいることにより運輸部門で9TWh増加する。これにより2030年の電力需要はレファレンスケースに比べ28TWh(21%)減少するが、それでも

電力需要の増加を完全に抑えることは難しい。

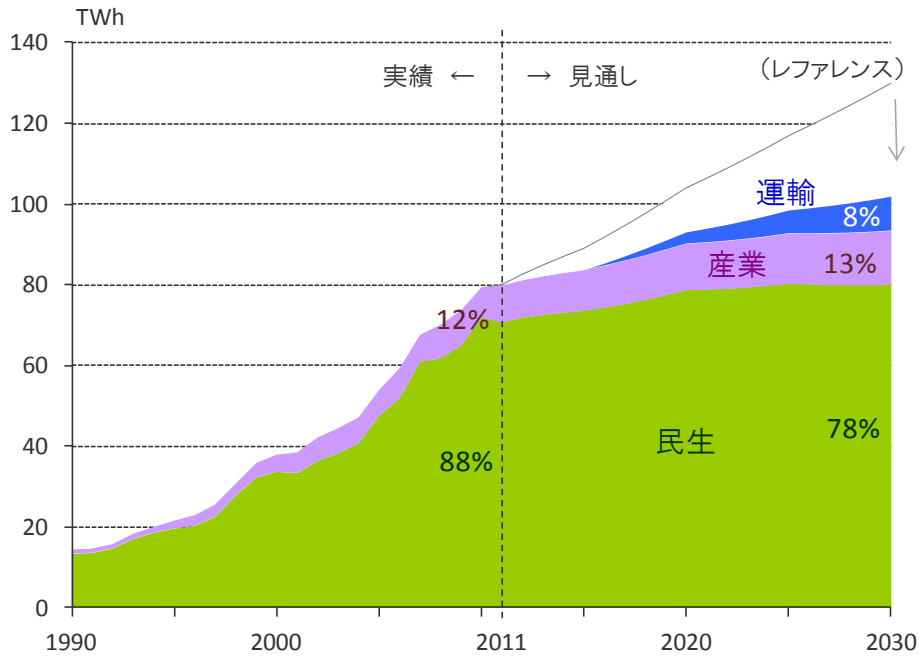


図3-9 電力消費量の見通し (省エネ促進ケース)

3-2-3 電源構成

電源構成の見通しは図 3-10 の通りである。省エネルギー促進ケースでは 2030 年に 10%の太陽光発電導入を想定している。これと原子力の導入・省エネルギーの進展の複合的な効果は大きく、このケースでの火力発電比率は現在のほぼ 100%から 2030 年には 58%まで低下、天然ガス発電比率は 50%まで低下する。

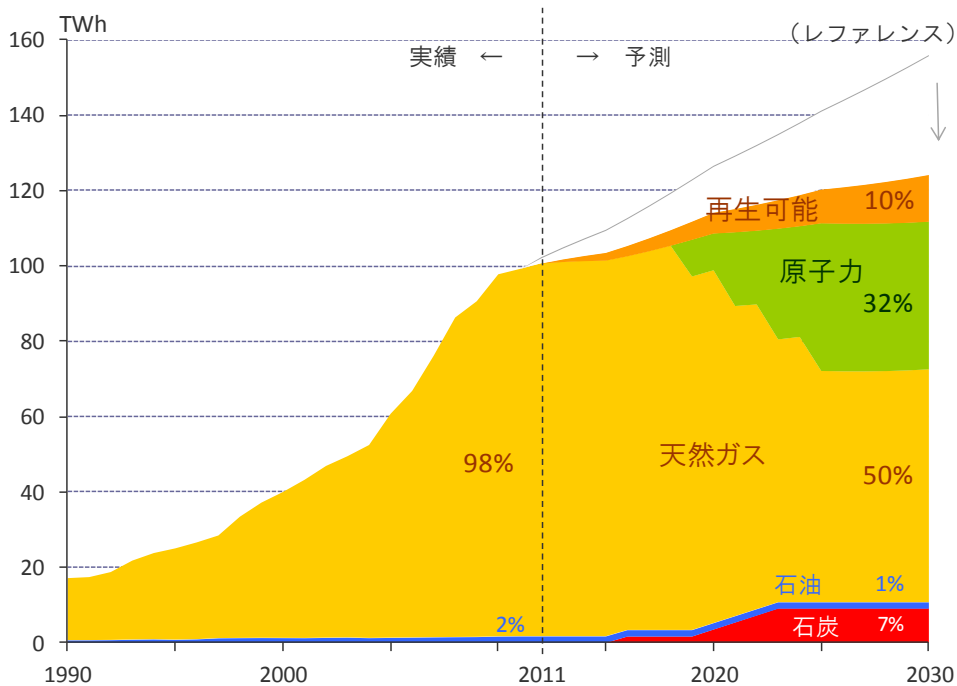


図3-10 電源構成の見通し (省エネ促進ケース)

3-2-4 一次エネルギー消費

2030年の一次エネルギー供給量は図3-11に示す通り、レファレンスケースの石油換算99百万トンから、省エネルギー促進ケースでは同83百万トンまで16%減少する。本試算の依拠するIEAエネルギー・バランス表では太陽光発電の効率を100%と規約しているため、2030年における再生可能エネルギーのシェアは見かけ上1%と少ないが、実際には再生可能エネルギー・原子力の導入と省エネルギーの促進が化石燃料、特に天然ガスの消費量を大きく低減させている。また運輸部門における電気自動車の導入に伴い、石油の消費量は将来に向けて緩やかな増加に止まる。

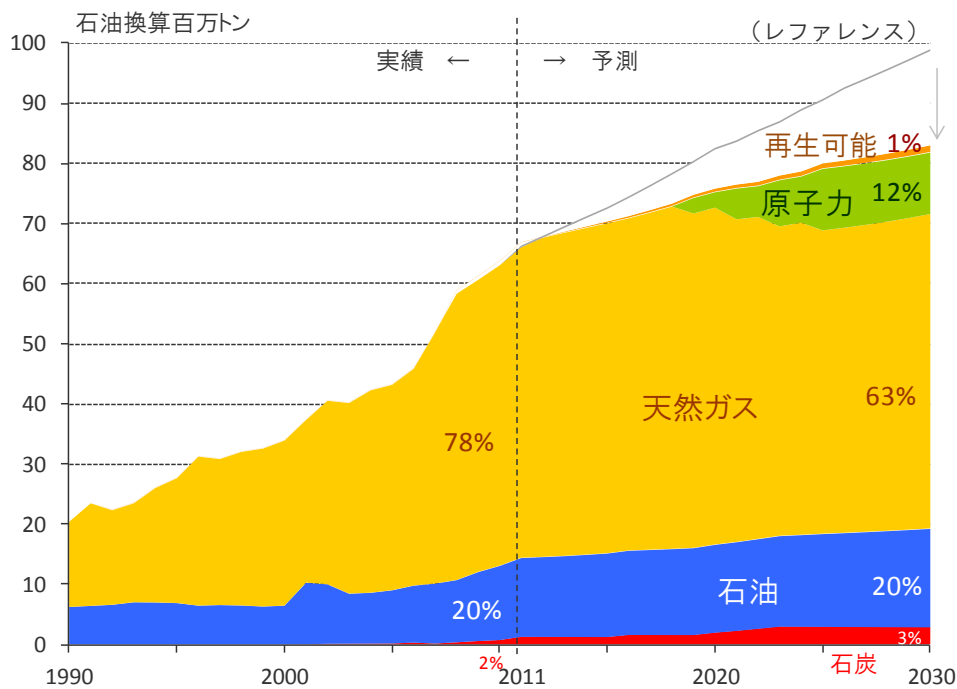


図3-11 一次エネルギー供給量の見通し (省エネ促進ケース)

3-2-5 化石燃料消費量

化石燃料消費量の見通しを図3-12に示す。アラブ首長国連邦の経済は化石燃料、特に原油の輸出に依存しており、化石燃料全体の生産量は消費量を大きく上回っているが、生産量に占める国内消費のシェアは1990年の19%から、2011年には35%まで上昇している。今後も国内需要が増加を続けた場合には、輸出余力を維持するために生産量を継続的に増加させることが不可欠となる。一方で天然ガスのみについて言えば、従来日本等への輸出を行ってきたものの、その輸出量が生産量に占めるシェアは概ね2割未満程度であり、2008年には国内需要の急速な増加により純輸入国へと転じている。今後同連邦が需要の拡大に伴い純輸入量を増加させ続けるか、或いは生産量を拡大させて再び純輸出国に回ることが可能となるかは、同連邦のみならず、日本のような輸入国にとっても重要な問題である。

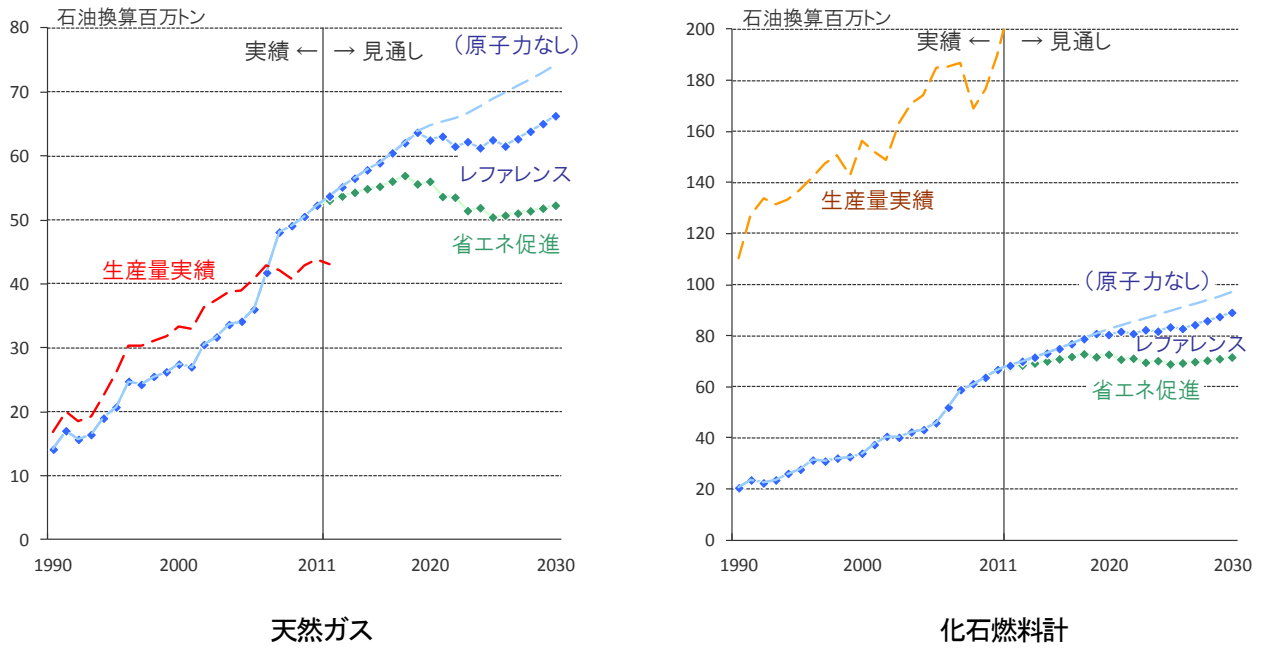


図3-12 化石燃料消費量の見通し

仮に今後省エネルギー対策が進まず、かつ原子力発電も行われなかった場合（「原子力なし」ケース）には同連邦の天然ガス消費量は2011年の石油換算52百万トン（概ね58 Bcmに相当）から2030年には同74百万トン（83 Bcm）まで、1.4倍に増加する。これに対し、省エネルギー促進ケースとして原子力及び再生可能エネルギーの導入を行い、省エネルギーの取組みを進めることにより、2030年の天然ガス消費量は石油換算22百万トン（24 Bcm：30%）削減され、ほぼ2011年と同等の水準を維持することとなる。このように、省エネルギー・低炭素化の進展はアラブ首長国連邦の今後のエネルギー需給及び経済のあり方にとって、極めて重要な意義をもつに至るものと考えられる。

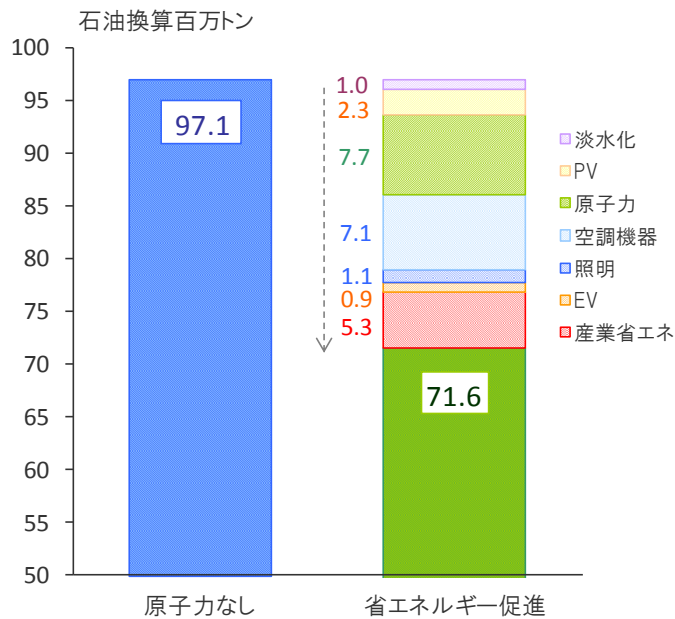


図3-13 化石燃料消費削減の内訳 (2030年)

省エネルギー促進ケースにおける化石燃料消費削減の内訳を図3-13に示す。2030年の化石燃料消費は原子力なしケースの97 Mtoeから72 Mtoeまで25 Mtoe削減されるが、その中で最も大きな要因は2030年の電源構成の32%までの導入が想定されている原子力発電、次いで空調機器の効率向上であり、この二つのみで全削減量の半分以上を占める。

原子力発電については建設中・計画中の4基が順調に運転開始し、安全な運転が継続されることが求められる。また冷房に係るエネルギー消費の大きな中東諸国にあってその削減は大きな効果をもつものであり、政府の主導による対策の深化が期待される。なお図3-13では電気自動車（EV）の導入による削減効果が比較的小さくなっているが、これはこの図の中では低炭素電源の導入は原子力もしくはPVとして計上され、EVの効果は電力需要の増加分を火力発電で賄うケースとして示されているためである。仮にEVの導入による電力需要の増加が原子力や再生可能エネルギーといった低炭素電源とセットになる場合には、その化石燃料消費削減効果はより大きなものとなる。

3-2-6 エネルギー起源 CO₂ 排出量

エネルギー起源 CO₂ 排出量の見通しを図3-14に示す。過去 CO₂ 排出量はエネルギー需要の拡大とともに急速な増加を続けており、1990年の51百万トンから2011年には163百万トンまで、3.2倍に拡大した。今後省エネルギーが進まず、また仮に原子力の導入もなされない場合には2030年の排出量は更に237百万トンまで拡大する。これに対し、低炭素化及び省エネルギーが進む場合には同年の排出量は63百万トン（26%）削減され、2011年から微増の174百万トンに抑えられる。

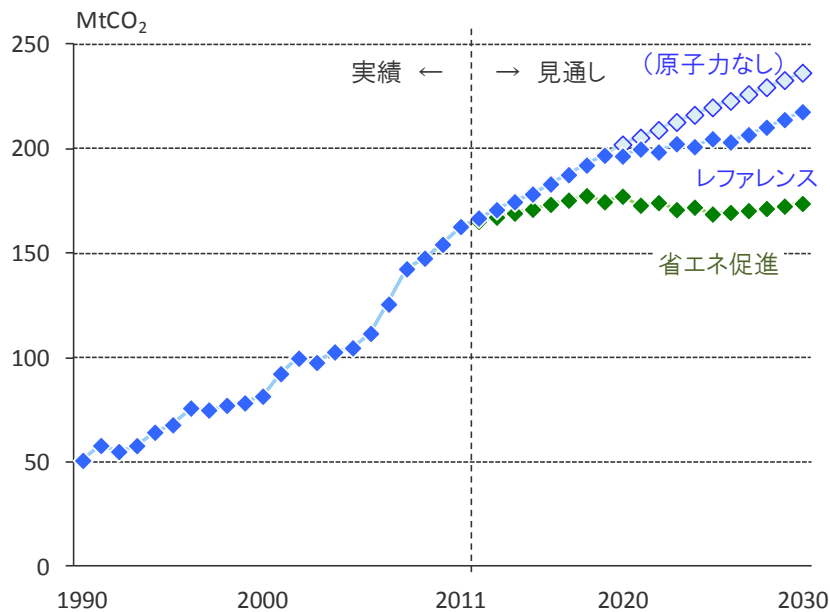


図3-14 エネルギー起源 CO₂ 排出量の見通し

3-2-7 省エネルギー対策のコストと便益

図3-15及び図3-16は省エネルギー促進ケースで想定した各対策について、コストと便益とを示したものである。ここでいう「コスト」とは主に省エネルギー・低炭素化関連技術の導入に係る追加的投資額であるが、原子力発電については初期投資のみではなく、運転・維持や燃料供給等についても多大なコストがかかるため、それを加算している。

図3-15に示すように、省エネルギー・低炭素化対策を進めるためには毎年各種のコストがかかる一方で、化

石燃料の消費を抑制することで追加的な便益を生むことができる。一度導入された省エネルギー・低炭素化関連の設備等は設備廃棄時までは継続的に利用されるため、その導入が進むにつれ、年間の便益は次第に大きくなる。図 3-16 に示す通り、2030 年までの単純な累積ではコスト 720 億ドルに対して便益は 1,420 億ドルとなり、割引率を考慮しない場合には差し引き 700 億ドルの便益が生じることとなる。仮に 5%、もしくは 10%の割引率を想定して現在価値に換算した場合にはこの純便益はより小さくなるが、割引率を 10%とした場合でも 140 億ドル程度の純便益が発生することとなる。但し省エネルギー・低炭素化の経済性は対策の種類によっても異なり、全ての対策がネットで大きな便益を生むわけではないことにも注意を要する。

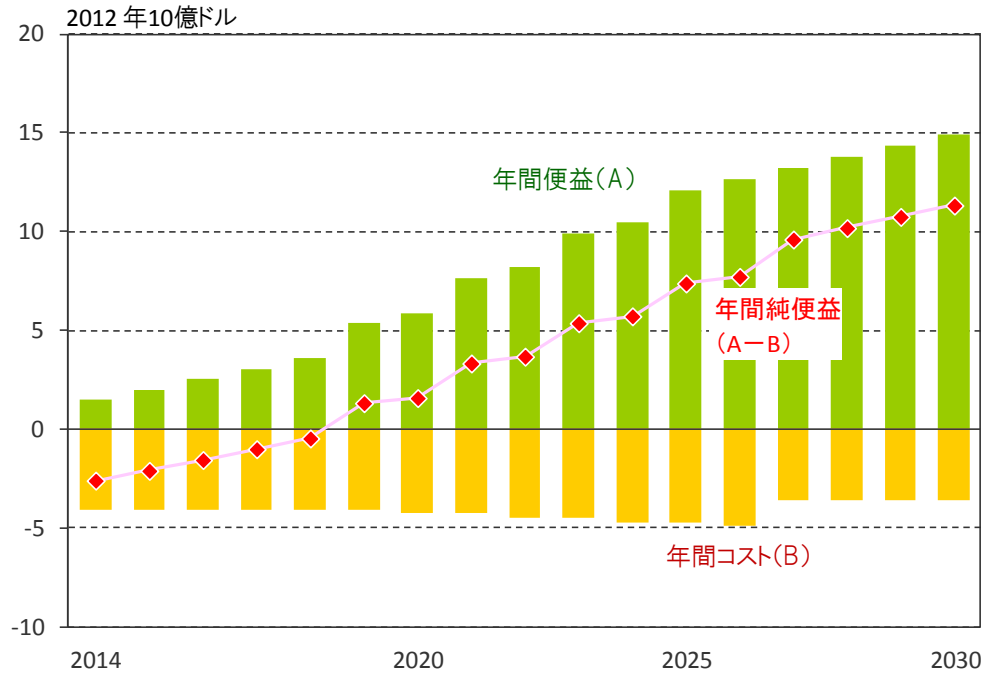


図3-15 省エネルギー対策の便益とコスト

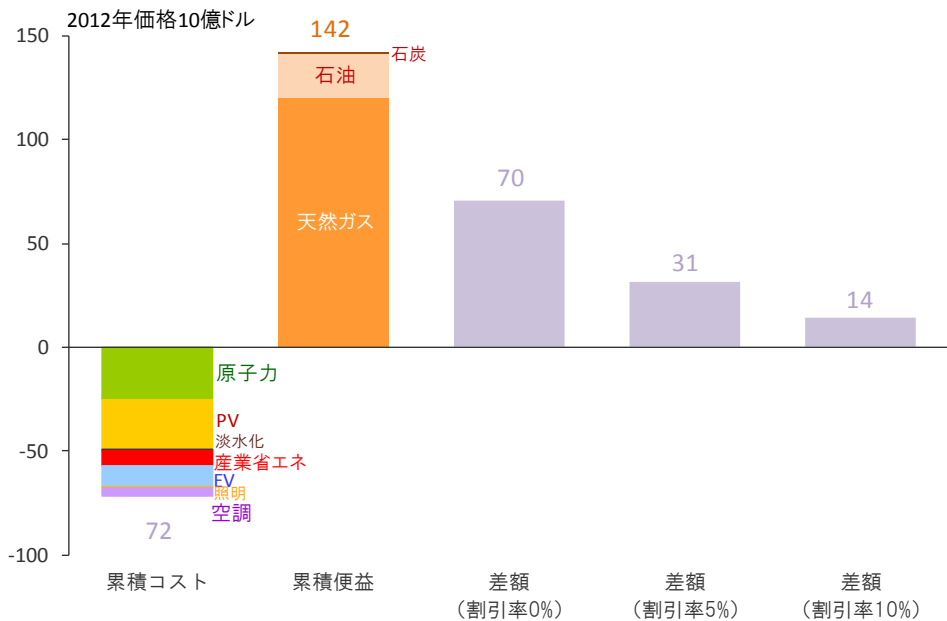


図3-16 省エネルギー対策の便益とコスト (2030 年までの累積)

各対策のコストと便益を表3-1に示す。例えば原子力発電と太陽光発電（PV）とを比較した場合、概ね同程度のコストに対して、省エネ量（ここでは化石燃料消費削減量と定義）は大きく異なり、従って便益も異なる結果となる。これは今回の想定では設備容量当りの単価と運転維持費等を合計するとPVよりも原子力発電の方が高価であるにもかかわらず、前者よりも後者の方が設備利用率が高く、同容量の設備から得られる電力量が大きいことに起因する（一方で原子力発電には、安全性等において特有の課題が存在することは言うまでもない）。コストと便益（省エネ量）とを比較した場合、例えば空調機器の効率向上が、大きな省エネルギーを安価なコストで実現できることがわかる。このような比較は、今後の望ましい政策のあり方に対して一定の示唆を与える。但し実際のエネルギー政策はコストのみによって決定されるものではなく、現状では初期投資額の高いPVを含め、さまざまな対策を講じることにより省エネルギー・低炭素化を大きく進展させることが目指されるべきであろう。

表3-1 各対策のコストと便益（2030年までの累積）

	累積省エネ量 ktoe	累積便益 百万ドル	累積コスト 百万ドル
原子力	74,011	40,925	25,611
PV	25,233	14,129	23,627
淡水化	12,175	6,877	422
産業省エネ	47,963	26,259	7,271
EV	6,177	9,842	10,492
照明	10,575	5,927	514
空調	68,346	38,294	4,169
計	244,480	142,253	72,105

4. おわりに

本稿ではアラブ首長国連邦のエネルギー需給に係るデータ等を整理し、特に実態の不明な産業部門のエネルギー消費に関して実績推定を行った上で、2030年までのエネルギー需給の見通しを作成すると同時に、産業・民生・運輸・エネルギー転換の各部門における省エネルギー・低炭素化対策による化石燃料消費削減効果を推計した。これらの対策の進展により将来の化石燃料消費増加の速度は大幅に抑えられることが期待され、しかもそれによって抑制される消費分をアジア諸国等への輸出に回した場合には、その利益により、対策にかかるコストを2030年頃までの期間で回収することが可能となる。但しその経済性は対策によって異なるものであり、直ちに回収できない対策についてはより長期の視野のもとに導入が図られる必要がある。またアラブ首長国連邦においては地下エネルギーの利用権は各首長国に属するものとされており、エネルギー輸出増加によって利益を得ることができるのは実質的にアブダビ首長国のみである、という事情も考慮する必要がある。

従来、同連邦を含む中東産油国では自国内の豊富なエネルギー資源を安価に利用できるため、省エネルギー対策が進まず、エネルギー効率の悪い社会構造や生活様式が形成されてきた。しかし近年の経済成長に伴うエネルギー消費の拡大により、経済の根幹をなすエネルギー輸出量確保の観点から、省エネルギー及び低炭素化がより真摯に目指されるようになってきているのも事実であり、仮にその試みが成功した場合には、その成果は大きなものとなることが予想される。中東産油・産ガス国における省エネルギーの進展は国際エネルギー市場の安定化にも資するため、日本をはじめとするエネルギー輸入国にとっても重要な問題である。今後、政府の主導のもとに各対策が着実な進展を示すことが強く期待される。

本稿の作成に当っては当所戦略研究ユニットの松本卓研究主幹より貴重なご示唆を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) International Energy Agency (IEA), “Energy Balances of Non-OECD Countries”, IEA Publications, (2013).
- 2) 日本エネルギー経済研究所, 『アジア/世界エネルギーアウトLOOK 2013』, (2013).
- 3) BP, “BP Statistical Review of World Energy June 2013”, (2013).
http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Stats%20Review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf
- 4) World Bank, “World Development Indicators”.
<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>
- 5) National Bureau of Statistics (UAE), “Methodology of estimating the population in UAE”.
<http://www.uaestatistics.gov.ae/ReportPDF/Population%20Estimates%202006%20-%202010.pdf>
- 6) United Nations Population Division, “World Population Prospects: The 2012 Revision”, (2012).
http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm
- 7) 日本自動車工業会, 「世界自動車統計年報」, (2013).
- 8) IEA, “Energy Balances of OECD Countries”, IEA Publications, (2013).
- 9) Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC), “ADNOC & its Group of Companies”
http://www.adnoc.ae/publications/eppublications/corporate_brochure_English.pdf
- 10) 松本卓, “2014 年に利権期限を迎える ADCO 権益更改の行方”, 日本エネルギー経済研究所, (2012).
- 11) (株) 三菱化学テクノロジーサーチ, 『中東の石油化学産業 2008』, (2008).
- 12) Oil & Gas Journal, “Worldwide Refineries - capacity as of Jan. 1, 2014”, (2013).
- 13) ADNOC, “Strengthening Our Energy Presence – Sustainability Report 2012”, (2012).
http://www.adnoc.ae/publications/hse_reports/ADNOC_SUSREPORT12_EN_4WEB_Singles.pdf
- 14) U.S. Geological Survey, “Mineral Commodity Summaries, January 2013”, (2013).
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/>
- 15) Dubai Aluminium (DUBAL), “Facing the future in partnership – Sustainability Report 2010/2012”.
http://www.dubal.ae/media/239922/dub039_sustainability_report_final.pdf
- 16) Emirates Steels 社ホームページ. <http://www.esi-steel.com/index.php/en/>
- 17) World Steel Association, “Crude steel production – December 2013”, (2013).
<https://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/steel-stats/2013/Crude-steel-pdf/document/Crude%20steel%20December%202013.pdf>
- 18) RITE システム研究グループ, “2010 年時点のエネルギー原単位の推計 (鉄鋼部門-スラップ電炉鋼)”, (2012).
http://www.rite.or.jp/Japanese/lab0/sysken/about-global-warming/download-data/Comparison_Energy_Efficiency2010steelEAF.pdf
- 19) UAE Cement, “UAE Cement Factories”. <http://www.uaecement.com/UAECementFactories.aspx>
- 20) Fujairah Cement Industries ホームページ. <http://www.fujairahcement.com/fcinew/>
- 21) Lafarge, “Sustainability report Lafarge 2012”, (2012).
http://www.lafarge.com/wps/portal/2_7-Rapport_de_developpement_durable
- 22) CEMEX, “Building the cities of the future – 2012 Sustainable development report”, (2012).
<http://www.cemex.com/InvestorCenter/files/2012/CemexSdr2012.pdf>
- 23) FAOSTAT, “FAO Statistical Yearbook 2013”, (2013). <http://issuu.com/faoofttheun/docs/syb2013issuu>
- 24) Abu Dhabi Statistical Centre, “Statistical Yearbook of Abu Dhabi 2013”, (2013). <http://www.scad.ae>
- 25) Dubai Electricity & Water Authority (DEWA) ホームページ. <http://www.dewa.gov.ae>
- 26) Abu Dhabi Environment Agency, “Turn it off Campaign – Facts and Figures”.
<https://www.ead.ae/turnitoff/en/facts.pdf>

- 27) Powerwise ホームページ. <http://www.powerwise.gov.ae/en>
- 28) (株) 三菱総合研究所, 『平成 24 年度国際石油需給体制等調査 (カタール国における中期のエネルギー需要見通し及びエネルギー需要低減のための政策ツールに関する調査研究) 報告書』, (2013).
- 29) United Nations Environment Programme (UNEP), “Country Lighting Assessments”.
<http://www.enlighten-initiative.org/ResourcesTools/CountryLightingAssessments.aspx>
- 30) Alejandro Baeza, “A zero energy house for UAE”, (2013).
<http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:657383/FULLTEXT01.pdf>
- 31) 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット, 『エネルギー・経済統計要覧』, 省エネルギーセンター, (2014).
- 32) U.A.E. Ministry of Energy, “Annual Statistical Report for Electricity and Water”.
<http://www.moenr.gov.ae/Portal/en/knowledge-center/reports.aspx>
- 33) Abu Dhabi Water and Electricity Company (ADWEC), “Statistical Report”.
<http://www.adwec.ae/Statistical.html>
- 34) Alstom, “Fujairah F2 IWPP Special Project Collection”.
<http://www.alstom.com/Global/Power/Resources/Documents/Brochures/fujairah-2-uae-ka26-cogeneration-advertorial.pdf>
- 35) IEA, “Energy Technology Perspectives 2014”, (2014).
- 36) 省エネルギーセンター, 「工場の省エネルギーガイドブック」, (2011).
- 37) 末広茂, 小宮山涼一, 松尾雄司, 永富悠, 森田裕二, 沈中元, 「自動車部門における CO₂ 排出削減効果」, 『エネルギー経済』, 35(6), (2009), pp.24-47.
- 38) 日本冷凍空調工業会, 「世界のエアコン需要推定」, (2013).
<http://www.jraia.or.jp/statistic/demand.html>
- 39) コスト等検証委員会, 「コスト等検証委員会報告書」, (2011).
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20111221/hokoku.pdf>
- 40) OECD/NEA, IEA, “Projected Costs of Generating Electricity 2010 Edition”, (2010).
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/projected_costs.pdf

お問い合わせ先 : report@tky.ieej.or.jp