

## World Energy Outlook 2001

エネルギー動向分析室 研究員 杉野綾子

### はじめに

本レポートは、国際エネルギー機関（International Energy Agency、以下 IEA）が 2001 年 10 月に発行した、World Energy Outlook 2001 Insights（以下、WE02001 と略）の内容を紹介するものである。WE02001 は、前年に発表された 2020 年までの長期エネルギー需給見通しである World Energy Outlook 2000（以下、WE02000）の拡充版として発表された。

分析の前提として、WE02000 は、世界の GDP が 2020 年までに年平均 3.1%の成長をとげ、人口は年平均 1.1%増加する、と想定している。また、エネルギー価格は 2020 年まで比較的緩やかに上昇する、としている。世界の一次エネルギー需要は、1997 年から 2020 年までに 57%増加(年平均 2%)すると見込まれている。そして IEA は、世界のエネルギー資源量がこの需要を満たすのに十分な量であると考えている。なお、WE02000 の内容の詳細については、宇佐美崇「World Energy Outlook 2000 (IEA)」(日本エネルギー経済研究所ホームページ、ライブラリー、2001 年 4 月)を参照されたい。

今回発表された WE02001 は、WE02000 の分析結果を踏まえたうえで、一次エネルギーの供給に影響を及ぼすと思われる諸要因について分析を行っている。具体的には、石油、ガス、石炭、再生可能エネルギー、原子力の各エネルギー資源について、まず WE02000 で発表した需給見通しを概観し、次に供給に影響を及ぼす埋蔵量、価格、コストなどの Key Factors の展望を説明している。続いて、各資源の主要供給国における産業の動向を明らかにしている。

以下では、WE02001 の中から、各資源の供給を左右する Key Factors の分析を紹介する。

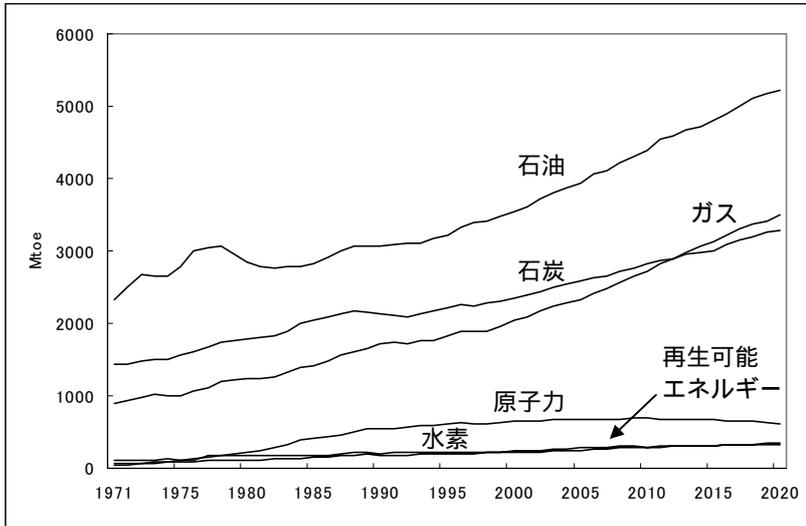
### 2. 概況

世界のエネルギー資源の確認埋蔵量は、2020 年までの需要（図 1）を満たして余りある量である。

エネルギー供給を見通す上で第一の不安定要因は、コストである。技術進歩と生産性の向上が生産、輸送コストを低下させている。しかし一方で、安価な埋蔵資源を使い果たし、供給源が遠隔化することから、エネルギーコストは押し上げられている。

不安定要因の第二は価格である。価格は、エネルギー供給能力拡大のために投下される資本の規模を左右する。

図1 2020年までの世界のエネルギー源別需要見通し



出所：WE02001

エネルギーインフラ構築のために大規模な投資が必要である。投資は主に発展途上国において必要とされるが、資本は先進工業国からの流入に頼るほかない。適切な投資が行われるためには、規制や障壁が撤廃されなければならない。アフリカ、中東、中南米の石油、ガス産出国では、外国投資の重要性が認識され、上流部門に関する政策や国際石油資本との合弁事業規則が見直されつつある。外国直接投資や内外企業との共同事業が増加すれば、より積極的な事業計画が可能になり、投資リスクは低下するだろう。

エネルギーの生産地と需要地が異なることから、エネルギー製品の国際貿易は今後いっそうの拡大が見込まれる。このことは、安全保障面への関心がさらに高まることを意味する。OECD 諸国をはじめとする石油消費国は、中東産油国への依存を深め、供給途絶によるショックへの脆弱性の問題が重要性を増すだろう。

欧州、北米などでの輸入ガスへの依存も、安全保障の問題を増大させるだろう。これは、政治的に不安定な地域からの輸入に頼ることに伴うリスクや、供給チェーンの長距離化に伴うリスクを指す。

世界のエネルギー供給の先行きは、生産国、消費国双方の政府にかかわる問題である。政府は、適切な規制や市場環境づくりを通じて、あるいは技術の開発、普及への支援を通じて、供給の安定性確保に努めている。また、炭素の排出に対する罰則のような環境政策は、需要を抑制したり、燃料構成に変更を加える。石油、ガス輸入国の政府は、供給国との良好な関係維持に注力すると同時に、短期的な供給危機あるいは価格ショックに対処するための措置を作り上げる。

エネルギー部門の規制、構造改革が供給見通しに及ぼす影響は大きい。改革とは、国有企業の私有化、民間資本への開放、貿易・投資障壁の削減、撤廃と、供給網への第三

者アクセスを通じたガス、電力分野への競争導入などを指す。国際パイプライン事業にとっては、貿易、料金規則の調和が、特に重要な意味をもつ。

エネルギー供給コストの削減を図るうえで、研究開発活動は不可欠である。この10年間、官民ともに研究開発投資は減少してきた。研究開発のための支出を増やすことは、エネルギー供給の技術にとって、ひいてはエネルギー安全保障上の貢献が大きいだろう。

### 3. 石油市場

世界の原油確認埋蔵量は、今度20年間の予想される石油需要に十分に応えられる量である。2020年には、世界の原油生産量は、日量1億1500万バレルに達し、世界の総エネルギー供給の40%を占めると思われる。現在の世界の石油消費量は年間280億バレルであり、2000年から2020年までの消費量は累計7300億バレルにのぼると見込まれる。これに対し、原油確認埋蔵量は、非在来型石油を除いても1兆バレルと推定されている(表1)。

表1 原油確認埋蔵量(10億バレル)

調査機関	埋蔵量	評価時点	調査時期
HIS Energy	1,100	2000年末	2001年7月
Opec secretariat	1,078	2000年末	2001年8月
World Energy Council	1,051	1999年末	2001年10月
Oil and Gas Journal	1,028	2001年1月1日	2000年12月
World Oil	1,003	2000年末	2001年8月
USGS 2000	960	1996年1月1日	2000年6月
ODAC(Cambell)	845	2000年末	2001年7月

出所：WE02001

在来型と非在来型石油の定義の違いから、各機関の値にはばらつきがあるが、いずれの調査でも、7300億バレルを上回る埋蔵量が確認されている。

オイルサンドから取り出す合成原油やGTLといった非在来型石油には、さらなる生産コスト削減が期待される。非在来型石油はカナダやベネズエラに豊富であり、2020年には石油供給に占める比率はさらに大きくなるだろう。

適切な投資が行われれば、2020年以降も世界の石油生産が減少に転じることはないだろう。新たな石油生産計画に投資を呼び込むには、石油価格と生産コストが重要な判断材料となる。

中東産油国は低コストの埋蔵資源を有するが、資金力に問題がある。中東産油国の生産、投資計画は、価格政策と密接に関連している。開発に必要な投資を国外から得るには、外国投資家にとって魅力的な投資環境が整備されなければならない。

石油の価格決定は複雑である。需要と供給、市場の期待に加えて、少数の産油国の政

策が、原油の生産量と価格の決定過程において重大な役割を果たす。

逆説的ではあるが、産油国の収益は、石油価格があまりに高い、あるいは低い場合よりも、安定的に推移したほうが大きくなる（表2、図2）。

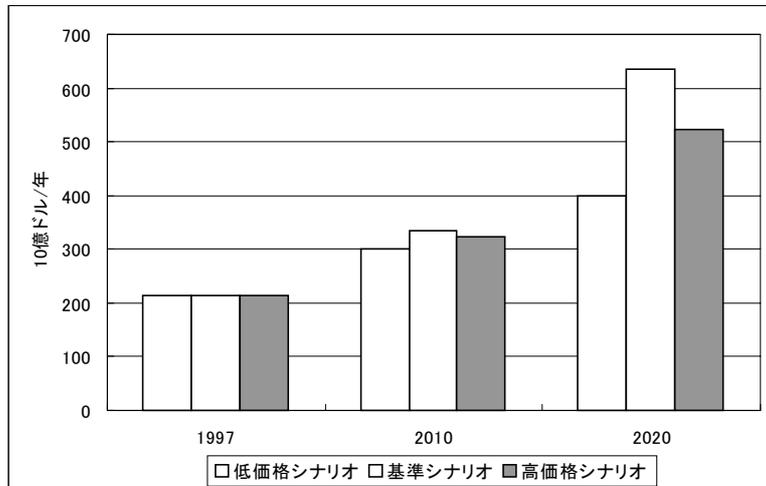
表1 原油価格と需給への影響、3つのシナリオ分析（1997～2020）

価格(ドル/バレル)		1997	2010	2020
World	高価格シナリオ		30	30
	基準シナリオ	20	21	28
	低価格シナリオ		15	15
需要(10万b/d)		1997	2010	2020
OECD	高価格シナリオ		44	47
	基準シナリオ	42	48	51
	低価格シナリオ		53	57
Non-OECD	高価格シナリオ		42	59
	基準シナリオ	33	48	64
	低価格シナリオ		50	67
World	高価格シナリオ		86	106
	基準シナリオ	75	96	115
	低価格シナリオ		103	124
供給(10万b/d)		1997	2010	2020
OPEC	高価格シナリオ		29	46
	基準シナリオ	30	44	62
	低価格シナリオ		54	74
Non-OPEC	高価格シナリオ		57	60
	基準シナリオ	45	52	53
	低価格シナリオ		49	50
World	高価格シナリオ		86	106
	基準シナリオ	75	96	115
	低価格シナリオ		103	124

出所：WE02001 をもとに、筆者作成

1997年から2020年までの石油価格の推移について、3通りのシナリオを想定した場合、2020年の世界の需要と供給は、価格が低いほど多くなることが予想される。

図2 各シナリオのもとでのOPEC諸国の石油収入



出所：WE02001

価格が基準シナリオを上回った場合も下回った場合でも、OPEC 諸国の石油収入は基準シナリオの場合よりも減少することが予想される。

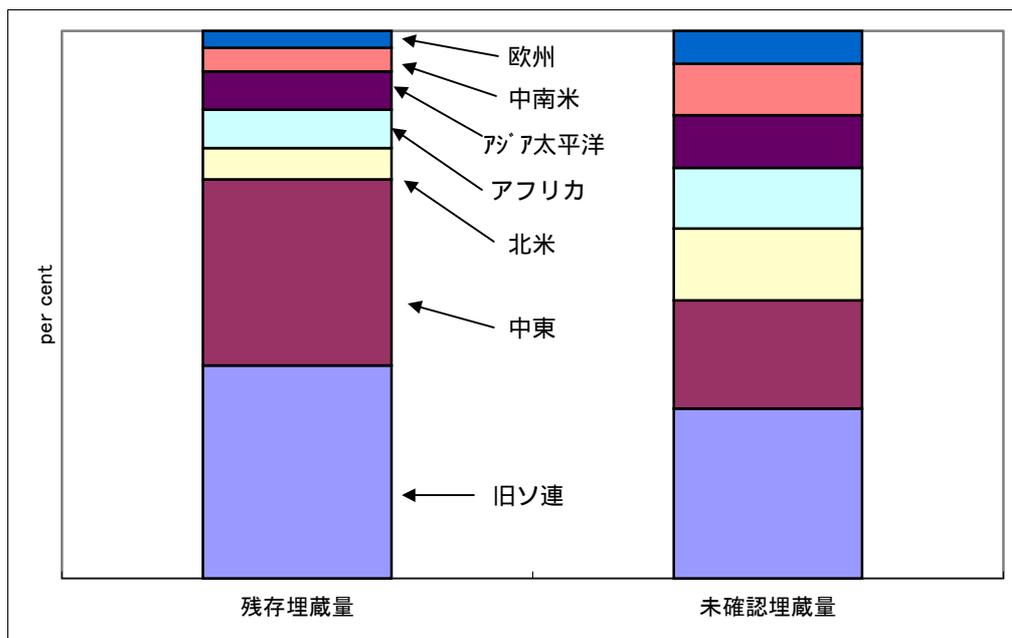
技術の開発と普及は、供給コストを削減し、生産性を伸ばすうえで極めて重要である。近年では、技術進歩により探査、開発、生産の効率性が上昇した。

上流部門への投資には、政府の政策や産業改革もまた影響を与える。OPEC 以外のいくつかの国において、生産性の上昇と市場条件の向上が、生産増加をもたらした。

#### 4. ガス市場

天然ガス埋蔵量は豊富で、増大が予想される今後20年間の需要を満たすのに充分である。確認埋蔵量は過去20年間で倍増した。未発見埋蔵量も含めると、残存埋蔵量は170～200年分の供給量に相当すると思われる。世界のガス埋蔵量の約半分がロシアとイランに集中しているが、石油と比較すると、ガスの分布は地理的に分散している（図3）。

図3 地域別天然ガス埋蔵量及び未確認埋蔵量（％）



出所：WE02001

ガス資源を利用するには、生産設備と輸送インフラへの多額の投資が必要となる。パイプライン輸送がガスの輸送手段の主力であることに変わりはないが、液化天然ガス（LNG）の重要性は増すだろう。今後20年間で、LNG貿易は、特にアジア・太平洋と大西洋市場において、急激に拡大する。

石油や輸送コストとの相対価格も含めて、ガス価格が、開発計画への投資誘致の鍵を

握る。供給チェーンが長大化してコストが増えるため、必要な投資がなされるには、1990年代の水準よりも高い井戸元価格が見込まれる必要がある。

供給コストを抑制するうえで、技術は極めて重要である。次の10年間のコスト削減率は、過去10年間の削減率には及ばないだろう。しかし一方で、革新的な技術によって、現在の技術では回収できない資源の利用が可能になる。また、高圧パイプラインや海底パイプライン、ガスの液化施設などの技術が、輸送コストを低減させるだろう。

ガス供給事業への投資に対して競争の導入がもたらす影響も、不安定要因である。競争の進展はスポット市場の発達を促し、長期契約のガス価格の石油価格からの離脱を加速させるだろう。

市場の拡大と新たな供給形態の出現により、市場間の連携が深まる。LNG貿易が急速に拡大することにより、地域市場の間の関連性がいっそう増すだろう。

## 5．石炭市場

WEO2000によれば、世界の石炭需要は年平均1.7%の成長が見込まれる。2020年には1170億トンの石炭が消費されるだろう。世界の石炭埋蔵量は膨大であり、石油、ガスと比較して地理的にも分散している。(経済的に回収可能な)確認可採埋蔵量はほぼ1兆トンであり、これは現在の消費量のおよそ200年分に相当する。そのうち半分近くがOECD諸国に分布している。今後石炭生産の拡大が予想される地域は中国、米国、インド、オーストラリア、南アフリカ、インドネシア、カナダ、ベネズエラとコロンビアである。欧州OECD諸国では減産が続くだろう。

今後の石炭供給を考える上で最大の不安定要因は、需要側、特に発電事業に対する環境政策の影響である。電力産業に、他の燃料を用いた電力と価格面での競争力を持ちながら、同時に環境面からの要求を満足するようなクリーンコール技術が導入されるかどうかの問題になる。

技術進歩により、一層の効率性の向上と、石炭の採掘、洗炭コスト等の削減が達成されるだろう。ますます厳格になる環境規則を満たすために、今後も採鉱および燃焼技術の開発への投資が必要とされている。

石炭の価格形成メカニズムは変化しつつある。長期供給契約と年次価格交渉の重要性は低下している。国際石炭取引所というようなものは存在しないが、一般炭のスポット市場や電子取引が発達してきており、今後ますます石炭市場が流動化することが予想される。

一部の国では、石炭産業への補助金政策が続くだろう。OECD諸国でもその他の国においても、補助金制度は減っているものの、近い将来に全ての国で全廃される見込みは薄い。

## 6. 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーとは、水素、バイオマス、風力、地熱、太陽光および海洋エネルギーを指す。再生可能エネルギーの生産は今後20年間で急速に拡大すると思われる。WE02000の見通しによれば、年平均2.3%の成長が予想されるが、それにもかかわらず世界の一次エネルギー供給に占める割合はなお限定的なものに留まるだろう。

再生可能エネルギーの導入が最も進むのは電力部門であろう。利用拡大の推進力となるのは、温室効果ガスの排出抑制とエネルギー構成の分散を目的とした政府の政策や措置である。新たな導入支援策がとられれば、OECD諸国における発電源に占める再生可能エネルギーの比率は、2020年には9%まで拡大すると思われる(1997年は2%)。

技術的には、再生可能エネルギーは世界のエネルギー需要の相当部分をまかなうことができる。しかし、現在の市場条件のもとでは、その経済性は低い(表3)。

表3 燃料別発電コスト

Euro Cents/kWh (1990 value)	石炭	ガス	バイオマス	風力	太陽光	原子力
オーストリア	3.6	3.4	3.6	7.2	64	5.9
ベルギー	3.2	2.8	3.7	7.2	64	4
デンマーク	3.6	2.9	3.9	6.7	85.3	5.9
フィンランド	3.2	2.6	3.9	7.2	85.3	3.8
フランス	3.2	3.2	4	7.2	51.2	3.4
ドイツ	3.2	3.5	4.3	6.8	64	5.1
ギリシャ	3.5	3.5	4	7.2	51.2	4.6
アイルランド	3.2	3.2	4.5	7.2	85.3	4.7
イタリア	3.2	3.4	4	7.2	51.2	5
オランダ	3.6	2.6	4	7.2	64	5.1
ポルトガル	3.2	3.4	4.3	7.2	51.2	5.9
スペイン	3.6	3.5	4.3	7.1	51.2	4.7
スウェーデン	3.6	3.3	3.4	7.2	85.3	4.7
イギリス	3.2	2.6	3.8	7.2	64	4.3

出所：WE02001

バイオマス、風力、太陽光及び原子力は、石炭、ガスと比較して高コストである。

再生可能エネルギー利用の最大の利点は、環境保護、特に地球温暖化対策と、エネルギー源の多様化による供給の安定性である。炭素排出削減量を盛り込んだ市場価値の評価基準が導入されれば、再生可能エネルギー利用への追い風となるだろう。

再生可能エネルギーの発展のためには、継続的なインフラ投資が必要である。2020年には、OECD諸国における発電事業への投資の10%が再生可能エネルギーに向けられ、その金額は900億ドルに達すると予測される。このシェアは、政府による推進措置や補助金政策がとられた場合には23%(2280億ドル)にのぼると思われる。

## 7. 原子力

原子力発電の燃料需要は、現在は一次供給ウランと在庫ウランによりまかなわれている。しかし、今後20年間は、政府備蓄の放出と二次供給ウランが主な供給源となるだろう<sup>1</sup>。

1999年には、世界の発電源に占める原子力の割合は17%であった。アジアにおいて原子力発電の拡大が見込まれる一方で、OECD諸国では原子力発電所が老朽化の時期を迎えている。しかし、気候変動に対処するため、2020年まで原子力発電は増加するだろう。

ウラン埋蔵量は膨大であり、現在の消費量にして約250年分が確認されている。近年ウラン価格は低下傾向にあった。これは、コストの低いウラン鉱床だけが開発されたことによる。当面は、生産コストの低いカナダ、オーストラリアを中心に、世界のウラン生産は増加するだろう。

二次供給ウランについては、多くの懸念材料がある。軍事目的のウランの商業目的への転用は、最も重要な問題である。特にロシアと中国のウラン保有量は、情報が限られているため、長期的な輸出能力に疑問が生じる。

ウラン価格は、中期的には大きな変動はないが、長期的には上昇すると思われる。これは、冷戦終結を機に放出された二次供給ウランが15~25年で枯渇すること、及びウランの探鉱、生産はリードタイムが長く、生産者が価格保証を必要とすることによる。

## 8. 2020年以降の展望

超長期のエネルギー供給を見通す上で、供給コストは資源量以上に重要である。

政府がどの程度、低炭素排出の、あるいは炭素ゼロの発電技術を支援するか、またそれに伴うコストがどの程度か、が長期的な課題である。

2020年以降、世界のエネルギー供給における再生可能エネルギーの役割は増すだろう。しかし、再生可能エネルギーの導入促進のスピードは、競合燃料との相対価格によって決まる。また、政府が課すであろう炭素税の影響も考慮に入れなければならない。

原子力の将来性は不透明である。一部の政府は炭素排出量の削減と燃料の多様化のために原子力発電の導入、拡張を図ると思われる。しかし他方で、原子力には環境負荷の大きさや安全性の問題が付きまとう。

多くの画期的な技術が考案中、または開発段階にある。最も注目すべきは水素燃料である。将来、原子力や再生可能エネルギーとの併用により、ほぼ炭素無排出の発電が可能になるかもしれない。二酸化炭素の分離、固定、回収などの処分技術も、長期的にはエネルギー供給に多大な影響を与えられると思われる。

長期の供給見通しに政府の政策が及ぼす影響は大きい。そのひとつとして、技術の開発、普及において政府は重要な役割を担う。価格設定や税制、研究開発投資などの施策

---

<sup>1</sup> 一次供給ウランとは、ウラン鉱石から直接生産されたウランを指す。二次供給ウランには、ここでは、在庫ウラン、再転換されたウラン及び軍事目的のウランからの転用を含めている。

は、長期のエネルギー供給見通しを変化させる。

供給途絶のリスク低減や効率的な市場作りの政策もまた、エネルギー供給に多大な影響を及ぼす。今後、さらに多くの国が規制・市場改革に着手し、供給コスト削減を達成するであろう。

お問い合わせ [info@tky.ieej.or.jp](mailto:info@tky.ieej.or.jp)