

2. 一次エネルギー源の確保

2.1 エネルギー開発における国際協調の推進

【ポイント】

- 化石燃料の可採量は当面は十分な量が確保されているが、埋蔵量の分布は地域により大きな隔たりがあり、資源を持たない国にとっては将来の供給確保に向けた不安が大きい（表 2.1-1、図 2.1-1）。また、ピークオイル論に代表されるような資源枯渇の可能性が指摘されている（図 1.4-3）。
- 非在来型燃料は、カナダのオイルサンドが、一部経済性が見通しが立ったとして、可採埋蔵量に組み込まれた（図 2.1-2）。ベネズエラの超重質油も有力な非在来型燃料である。しかし IEA によると、石油供給に占める非在来燃料の割合は、2030 年でも 7% 程度に留まると予想されており、中期的にエネルギーの需給関係を安定化させる程には至らない可能性がある。
- 上記の状況を鑑みて、主要各国が一次エネルギー源確保に向けて産油国との協調関係強化をエネルギー政策の重要な柱として位置付けている。ただし、自国が必要とするエネルギー源の確保、又は自国が有するエネルギーの戦略的活用を主眼としており、世界的な見地でエネルギー需給の安定化を目指す動きは少ない。

[例]中国のアフリカ進出（図 2.1-3）

欧州各国の LNG 基地整備（図 2.1-4）

我が国における政策方針（表 2.1-2）

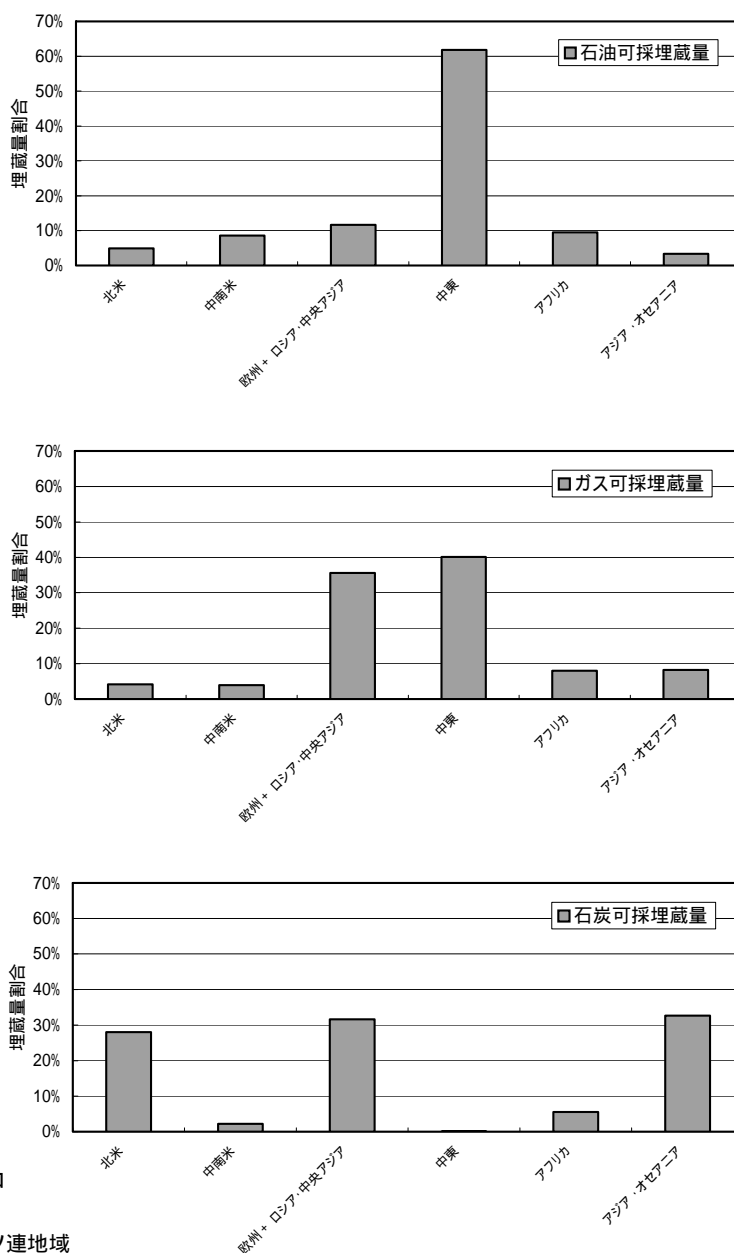
- 従って、エネルギー需給の世界的な安定を将来に渡って持続していくために、自国の利益のみを追求した資源獲得競争を回避し、エネルギー開発やエネルギー輸出入における国際協調等への取組みが必要である。

[関連するデータ、ファクト]

表 2.1-1 化石燃料の可採埋蔵量と可採年数(2005年12月末時点)

	可採埋蔵量	可採年数
石油	1兆2007億バレル	40.6年
ガス	179.83兆m ³	65.1年
石炭	9090.64億トン	155年

出典：BP Statistical Review of World Energy 2006



注：

北米：米・カナダ・メキシコ

中南米：メキシコ以南全域

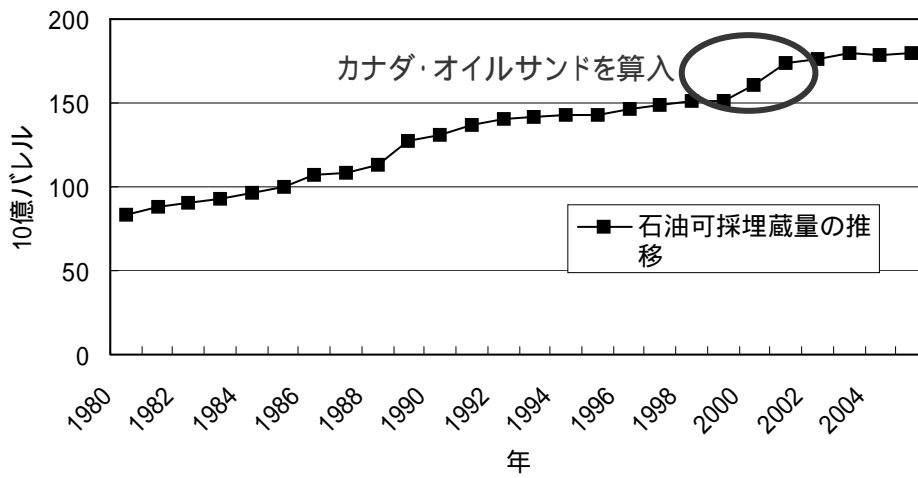
欧州・ロシア：欧州及び旧ソ連地域

アフリカ：アフリカ大陸全域

アジア・オセアニア：インド・オーストラリア含む

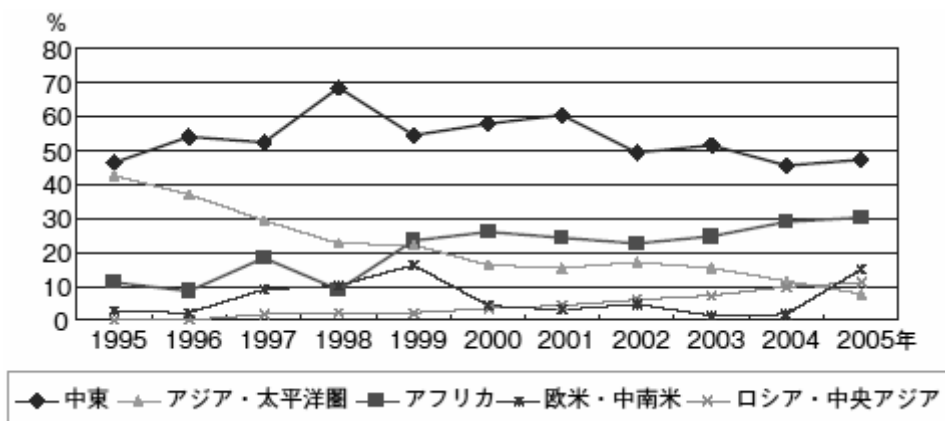
出典：BP Statistical Review of World Energy 2006

図 2.1-1 化石燃料(可採埋蔵量)の地域偏在性



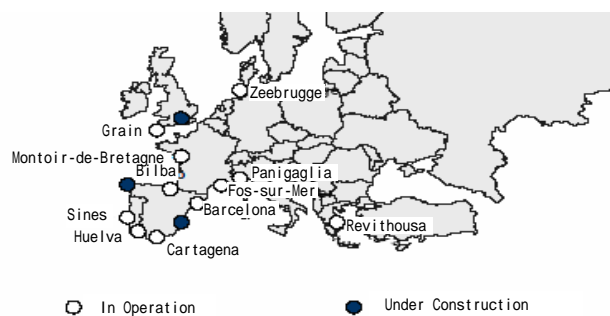
出典：BP Statistical Review of World Energy 2006

図 2.1-2 石油の可採埋蔵量の推移



出典：石油・天然ガスレビュー (JOGMEC) 2006年11月

図 2.1-3 中国の地域別原油輸入比率 (アフリカからの輸入増加)



No	Country	Terminal	Owner	Start Date	Existing Capacity (bcm p.a.)	Existing+Potential Capacity (bcm p.a.)
Existing Terminal						
1	Spain	Huelva	Enagas	1988	4	12
2	Spain	Cartagena	Enagas	1989	4	12
3	Spain	Barcelona	Enagas	1969	11	12
4	Italy	La Spezia	Snam Rete Gas	1969	5	5
5	France	Fos sur Mer	GDF	1972	5	5
6	France	Montoir de Bretagne	GDF	1980	10	10
7	Greece	Revithousa	DEPA	2000	3	3
8	Belgium	Zeebrugge	Fluxys	1987	5	9
9	Spain	Bilbao	Repsol, et al.	2003	4	7
10	Portugal	Sines	GALP	2003	5	16
11	UK	Isle of Grain	National Grid	2005	5	17
				Subtotal	61	108
Expected Future Terminal						
12	Spain	El Ferrol	Sonatrach et al.	2006		4
13	Spain	Sagunto	Union Fenosa	2006		5
14	Italy	Rovigo	QP/EM/Edison	2007		8
15	Italy	Brindisi	BG	2006		12
16	France	Fos II	GDF	2006		8
17	France	Le Verdon	TFE			?
18	UK	Milford Haven	Petroplus	2006		9
19	UK	Milford Haven	EM/QP	2007		21
				Subtotal		67
Other Future Potential Terminal						
20	Italy	Livorno	BP/Edision			3
21	Italy	Calabria 1				10
22	Italy	Calabria 2				8
23	Greece	New Terminal				?
24	Netherlands	Emshaven				?
25	Cyprus	Vasilikos				1
26	UK	Coryton	BP			?
27	Poland	Gdansk				?
				Subtotal		22
Total (Existing + Planned + Potential)						197

出典：OFGEM 資料等より作成

図 2.1-4 EU 各国の LNG 基地建設計画（中東・中南米ガスへのアクセスを目的とする）

表 2.1-2 日本のエネルギー政策方針（資源確保）

ODA 白書 (2006 年 12 月 公表)	「BRICs 諸国等が台頭する新たな国際環境の中、ODA に新たな使命が求められている。特に、アジア市場の拡大・発展によって各国の相互依存関係が一層深まっており、貿易・投資環境を整備するための経済協力を通じて民間経済活動を促進し、連携を深めること及び資源・エネルギーの確保に ODA を活用すること等が重要である。」
新・国家エネルギー戦略 (2005 年公表)	「我が国におけるエネルギーの安定供給確保を図ることを第一義的目標として、国内対策、対外対策を含め総力を挙げて取り組むが、その際、こうした取組みの結果、国際的な資源獲得競争を煽るようなことのないようにしなければならない。そのためには、アジア、世界経済と共生するとの基本的立場の下、我が国の持つ技術力、エネルギー問題に取り組んできた経験などを国際的な場で活かしていく。」

出典：各種資料より作成

2.2 原子力開発に関する議論の深化

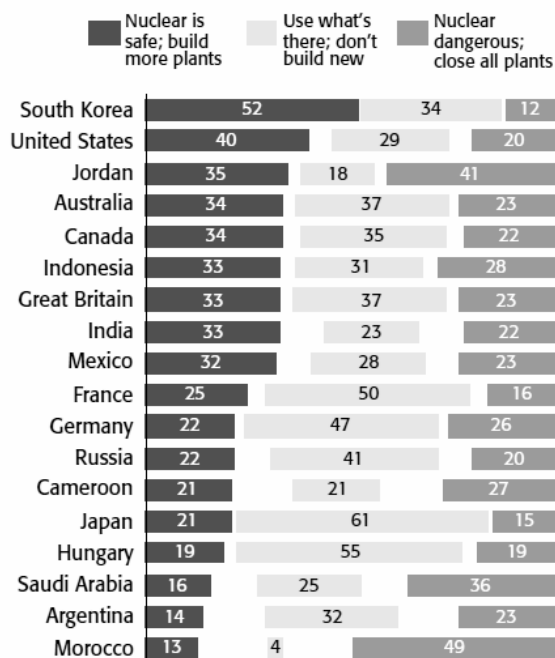
【ポイント】

- 原子力利用に係るスタンスについては、エネルギー自給率をはじめとするエネルギー需給動向、国民の受容性などの世論動向（図 2.2-1）等を背景に、各国で異なったものとなっている。例えば、先進国においてはドイツやスウェーデンでは否定的な立場をとる一方で、他国ではエネルギー安全保障や地球温暖化対応等の面から原子力の位置づけを見直す動きもある。他方、アジア諸国（中国、インド等）を中心とする発展途上国では経済成長に伴うエネルギー安定供給の視点から、今後、大幅に導入拡大される見込みとなっている（表 2.2-1、図 2.2-2、図 2.2-3）。
- 原子力利用にあたっては、経済成長、エネルギー安全保障向上、地球温暖化抑制の同時達成が可能な方策と評価できる一方で、安全性確保の問題、バックエンド対策の問題、核拡散の問題など配慮すべき事項も存在し、各国の実情を踏まえ、更に議論を進めていく必要がある。
- 併せて、今後増大が見込まれる発展途上国においては、先進国からの技術供与、技術移転を行うことで安全性確保を実現するほか、核不拡散への対応等も行いつつ、導入拡大を図ることが重要である。
- さらに、バックエンド対策とともに核燃料サイクル等に対する議論も重要である。有限な原子力エネルギーの有効利用や放射性廃棄物の低減の側面では推進すべきと言えるが、安全性確保や核拡散への対応の側面では技術確立や国際的な枠組み整備の動向を踏まえ、見極めていく必要がある。

[関連するデータ、ファクト]

Support for Nuclear Power

By Country



The white space in this chart represents "DK/NA" and "None of the above / other."

出典 : IAEA "Global Public Opinion on Nuclear Issues and the IAEA", 2005

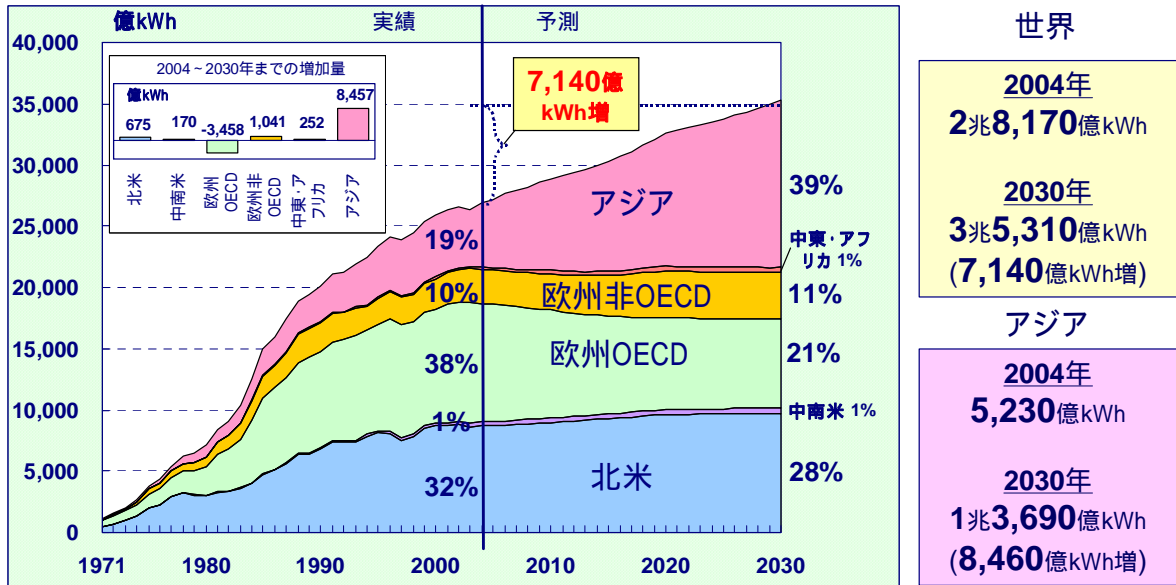
図 2.2-1 原子力発電の容認

表 2.2-1 地域別の総発電電力量と原子力発電シェアの見通し

Country Group	2002			2010			2020			2030			
	Total Elect.	Nuclear		Total Elect.	Nuclear		Total Elect.	Nuclear		Total Elect.	Nuclear		
	TW-h	TW-h	%	TW-h	TW-h	%	TW-h	TW-h	%	TW-h	TW-h	%	
North America	4,779	851.1	17.8	5,034	874	17	5,784	870	15	6,451	844	13	
				5,444	894	16	6,709	939	14	8,146	944	12	
Latin America	1,078	28.6	2.7	1,178	29	2.5	1,628	47	2.9	2,227	30	1.3	
				1,427	38	2.7	2,291	50	2.2	3,758	92	2.4	
Western Europe	3,084	880.2	28.5	3,352	858	26	3,634	823	23	3,942	564	14	
				3,609	893	25	4,687	961	20	6,061	1,090	18	
Eastern Europe	1,758	298.5	17	1,884	319	17	2,174	423	19	2,463	378	15	
				2,074	399	19	2,867	552	19	4,133	611	15	
Africa	459	12	2.6	538	13	2.5	699	14	2	876	14	1.6	
				612	14	2.3	973	24	2.4	1,530	60	3.9	
Middle East and South Asia	1,176	19.6	1.7	1,342	41	3.1	1,805	53	3	2,327	70	3	
				1,626	47	2.9	2,596	100	3.9	3,946	194	4.9	
South East Asia and the Pacific	600			736			934			1,162			
				786			1,119	5.5	0.5	1,584	18	1.2	
Far East	3,157	484.3	15.3	3,399	695	20	4,199	855	20	5,073	981	19	
				4,296	702	16	6,605	1,125	17	9,830	1,361	14	
World Total	Low Estimate	16,090	2,574.2	16	17,463	2,830	16	20,857	3,085	15	24,520	2,881	12
	High Estimate				19,873	2,987	15	27,848	3,756	13	38,989	4,369	11

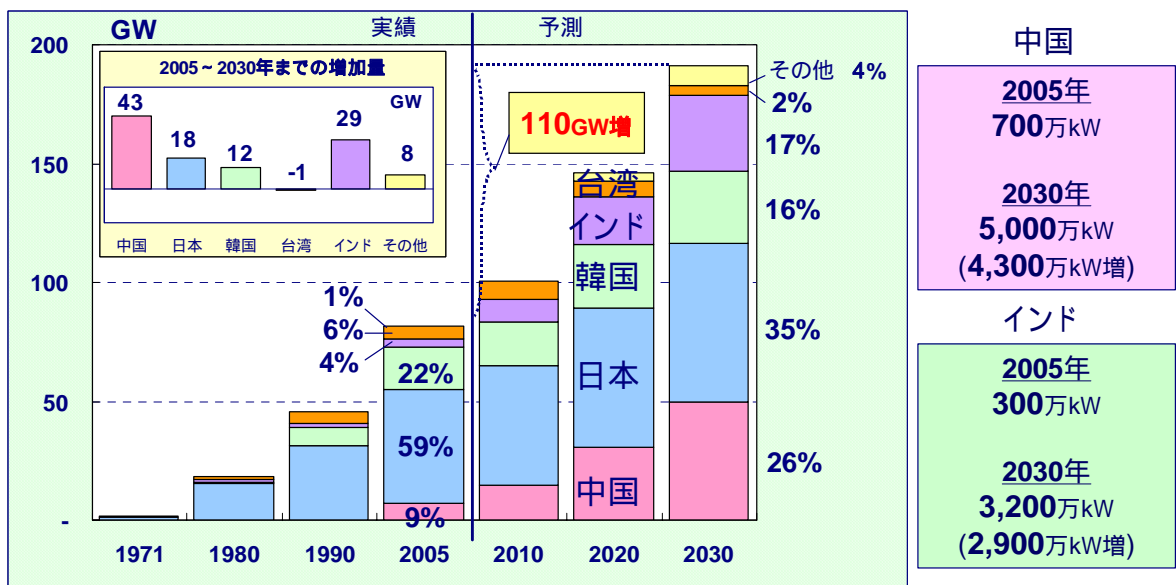
出典：Nuclear Technology Review 2004 (IAEA)

注：“Low Estimate”：電力需要低位予測ケース
“High Estimate”：電力需要高位予測ケース



出典：アジア/世界エネルギーアウトック 2006（日本エネルギー経済研究所）

図 2.2-2 世界の原子力(発電電力)の将来見通し



出典：アジア/世界エネルギーアウトック 2006（日本エネルギー経済研究所）

図 2.2-3 アジアの原子力(設備容量)の将来見通し

表 2.2-2 様々な原子力利用技術適用による資源利用可能年数

Reactor/Fuel cycle	Years of 2002 world nuclear electricity generation with known conventional resources (1)	Years of 2002 world nuclear electricity generation with total conventional resources (2)	Years of 2002 world nuclear electricity generation with total resources (3)
Current fuel cycle (LWR, once-through)	85	270	8,200
Recycling fuel cycle (plutonium only, one recycle)	100	300	9,200
Light water and fast reactors (mixed with recycling)	130	410	12,000
Pure fast reactor fuel cycle with recycling	2,500	8,500	240,000

(1) Known conventional resources include all cost categories of reasonably assured resources (RAR) and estimated additional resources - category I (EAR-I) for a total of 4,588,700 tU.⁶

(2) Total conventional resources include all cost categories of reasonably assured resources, estimated additional resources, and speculative resources for a total of 14,382,500 tU.

(3) Total resources assume conventional resources of 14,382,500 tU, plus 90% of phosphate resources of 22,000,000 tU (=19,800,000 tU), plus 10% of the estimated seawater uranium resources of 4,000,000,000 tU (=400,000,000 tU) for a total of 434,182,500 tU.

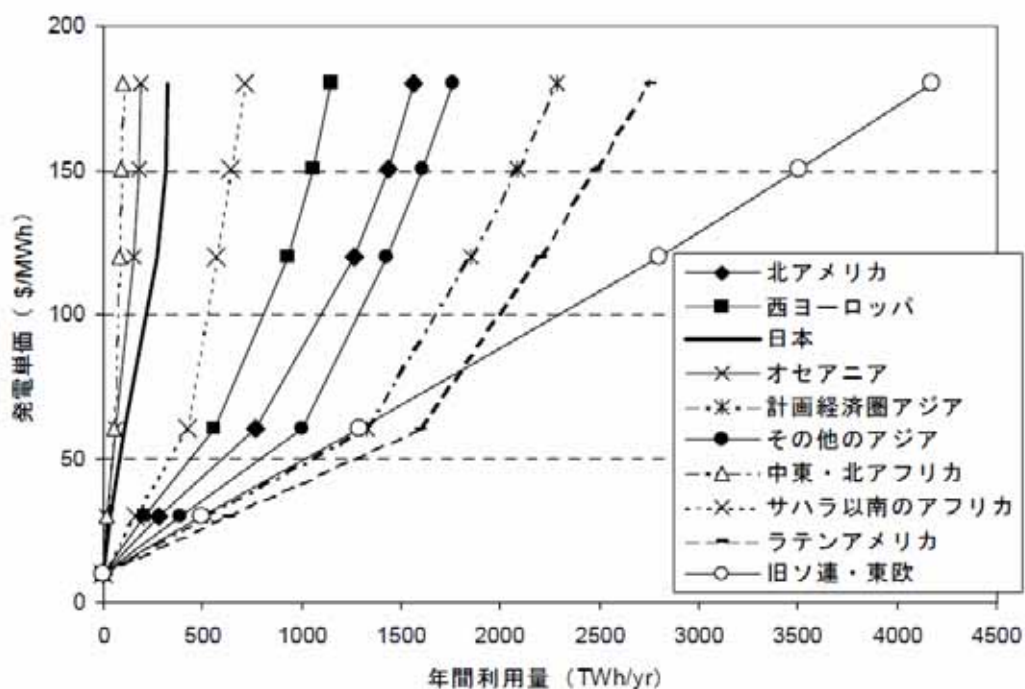
出典：Nuclear Technology Review 2004 (IAEA)

2.3 再生可能エネルギー導入の拡大

【ポイント】

- 太陽光、風力による発電は近年急速にその導入量を増している（図 2.3-4、図 2.3-5）。しかし、水力、地熱等の従来型技術に比較すれば、まだその導入量は少ない（図 2.3-2）。
- IEA では、気候変動の緩和、エネルギー安全保障の確保、エネルギーアクセス性の向上の観点のために、2050 年までに現在の再生可能エネルギー（水力・地熱等含む）導入量の数倍が必要であるとされている（図 2.3-6）。太陽光発電、風力発電は資源量ポテンシャルが大きく、導入の拡大が期待されている（図 2.3-1）。
- 太陽光発電、風力発電の導入を拡大するためには、発電量の変動（図 2.3-8、図 2.3-9）、高コストといった技術開発課題の解決が必要である。また、政策による普及支援も大きな役割を果たす。
- 各国共通の技術開発課題として、太陽光発電パネルの材料開発や、発電量の変動を緩和する電力システム開発、風況の予測技術等が挙げられる。規格や品質・環境影響基準作成においても、国際協調が有効である。一方で、低速風車・洋上風車等、各国の状況に合わせた技術開発も必要とされている。（表 2.3-1、表 2.3-2）
- 将来の実用化を目指して、浮遊式洋上風力発電、大規模太陽光発電、宇宙太陽光発電等の革新的な再生可能エネルギー利用技術も研究されている。
- 先進各国では、再生可能エネルギー普及政策として、確実に一定量を導入するための義務量政策や、証書取引制度が導入されている（図 2.3-10）。
- 途上国では、再生可能エネルギーが送電インフラ未整備の地域でのエネルギーアクセスを可能にする側面もある。発電の低コスト化、地域電力網技術の開発が求められている。

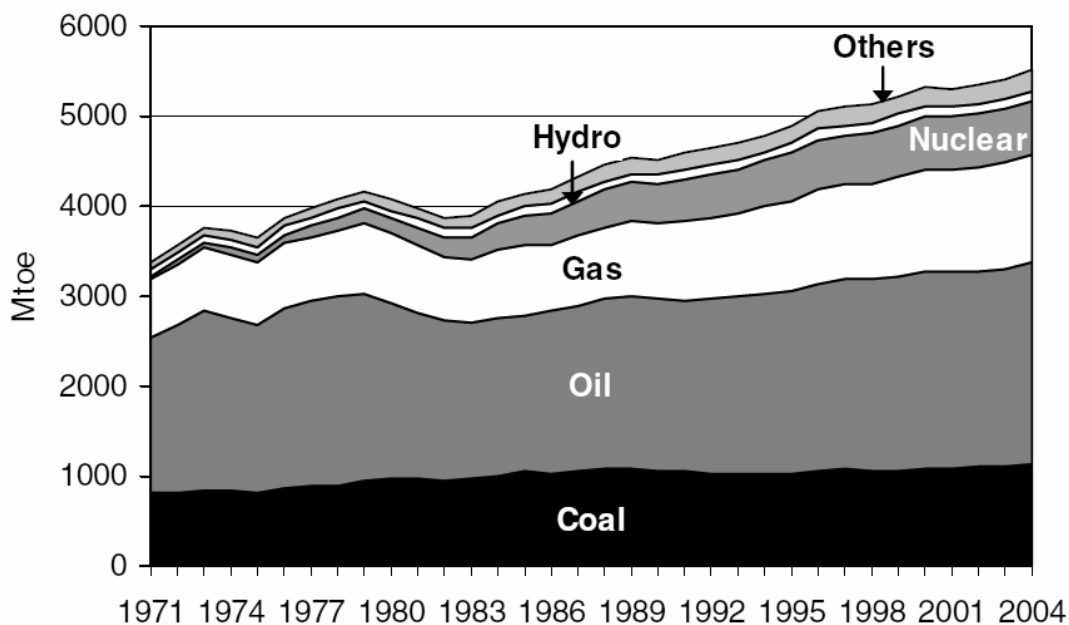
[関連するデータ、ファクト]



出典：RITE “統合評価モデルDNE21 の概要”，2002

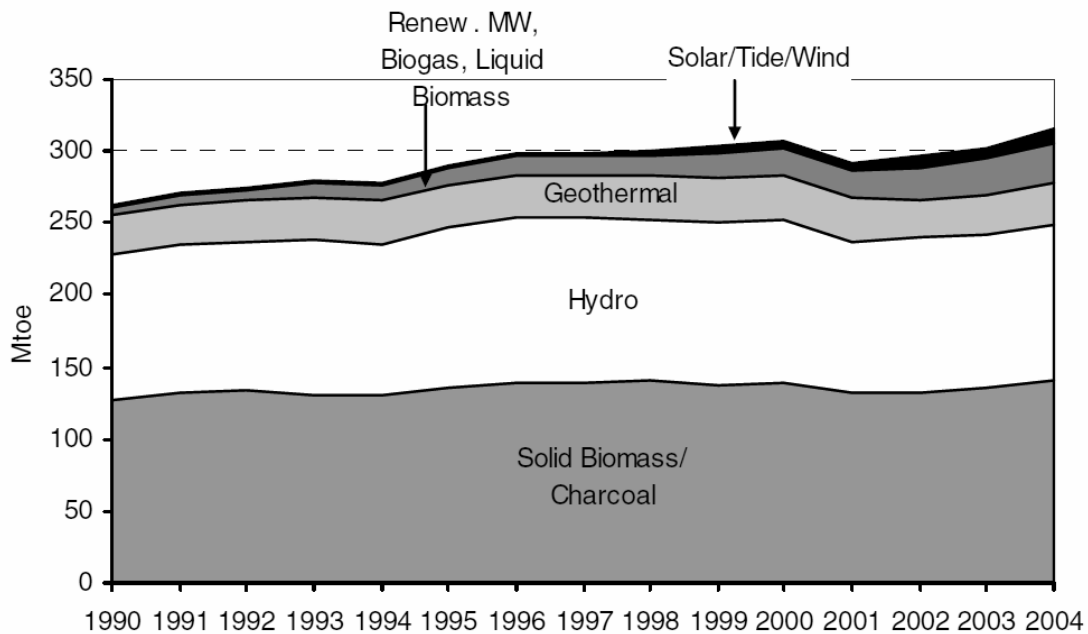
注：1TWh~0.215MTOE(一次エネルギー換算)

図 2.3-1 風力発電の供給曲線推定



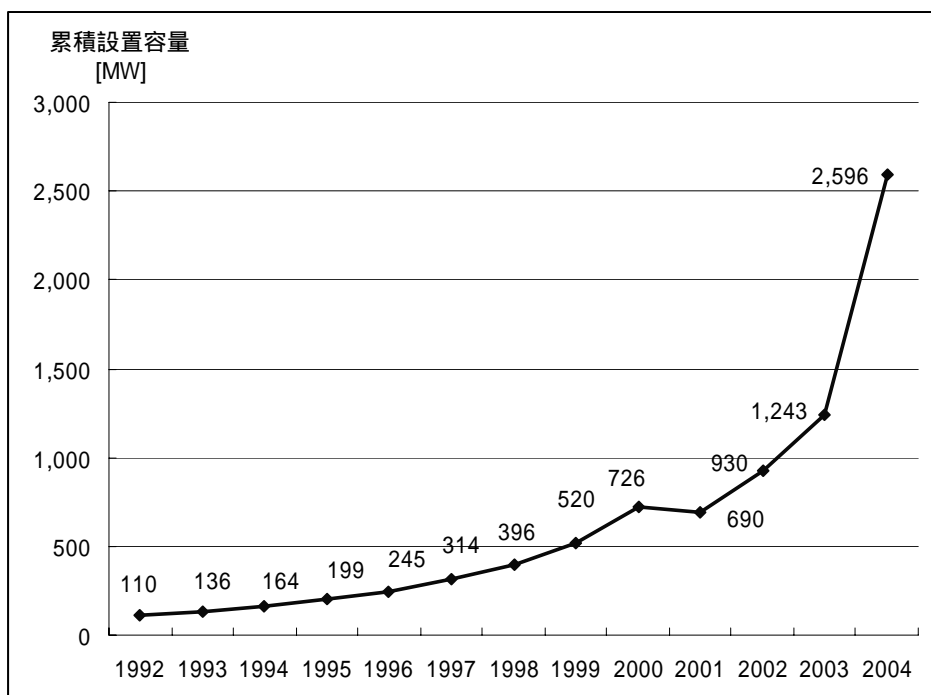
出典：IEA “Energy Balances of OECD Countries: 2003/2004”，2006

図 2.3-2 OECD 諸国における一次エネルギー供給



出典：IEA “Renewables Information:2006Edition”, 2006

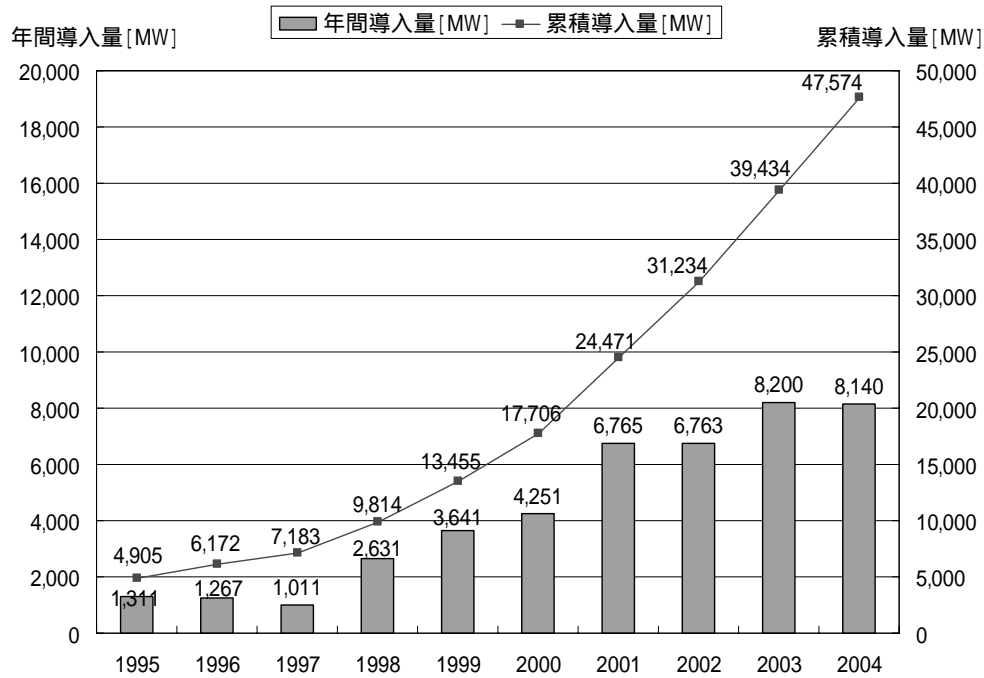
図 2.3-3 OECD 諸国における再生可能エネルギー導入量実績



出典：NEDO 資料より作成

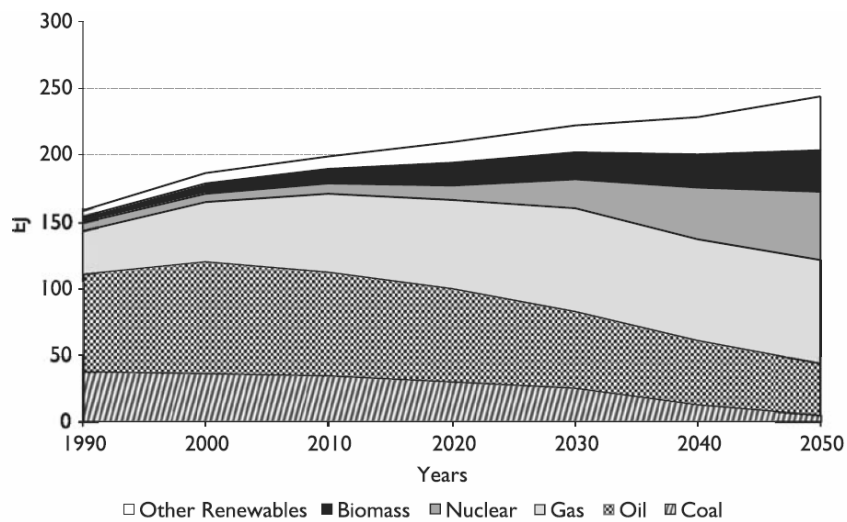
原典：Trends in Photovoltaic Applications, IEA-PVPS

図 2.3-4 世界の太陽光発電導入量実績



出典：NEDO “風力発電導入ガイドブック第8版”，2005
 原典：IEA 1994-1996, WINDPOWER MONTHLY April 1997-2005

図 2.3-5 世界の風力発電導入量実績

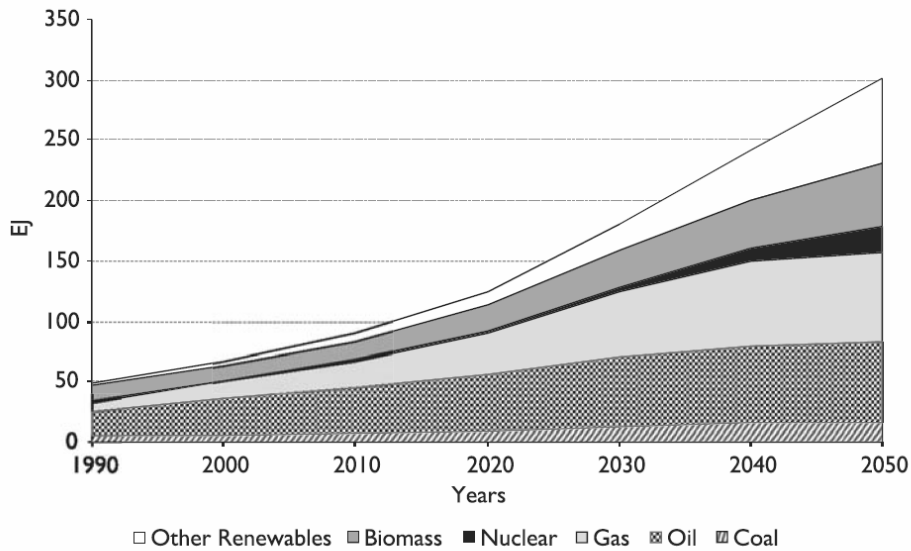


Source: Elaboration on data from SRES and IIASA.

出典：IEA “Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future”, 2003

注：持続的な発展、すなわち気候変動の緩和、エネルギー安全保障の確保、エネルギーアクセス性の向上の観点から、バックカスティング的に設定した「規準設定型シナリオ」に基づく見通しである。Other Renewables には水力・地熱等の従来型の再生可能エネルギーも含む。

図 2.3-6 OECD 諸国における一次エネルギー供給見通し

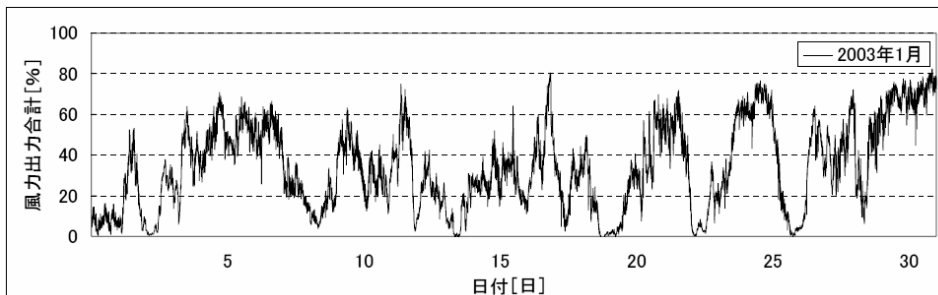


Source: Elaboration on data from SRES and IIASA.

出典：IEA “Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future”, 2003

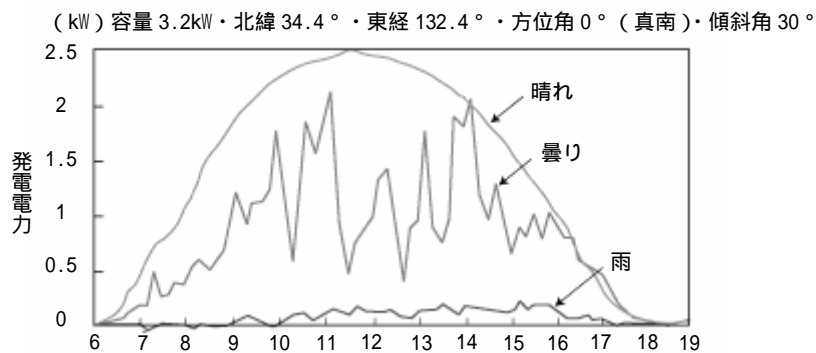
注：図 2.3-6 (注) 参照。

図 2.3-7 世界の一次エネルギー供給見通し



出典：東京電力資料

図 2.3-8 風力発電の出力変動例 (東北エリア全体における風力出力合計の変動例)



出典：電気事業連合会資料

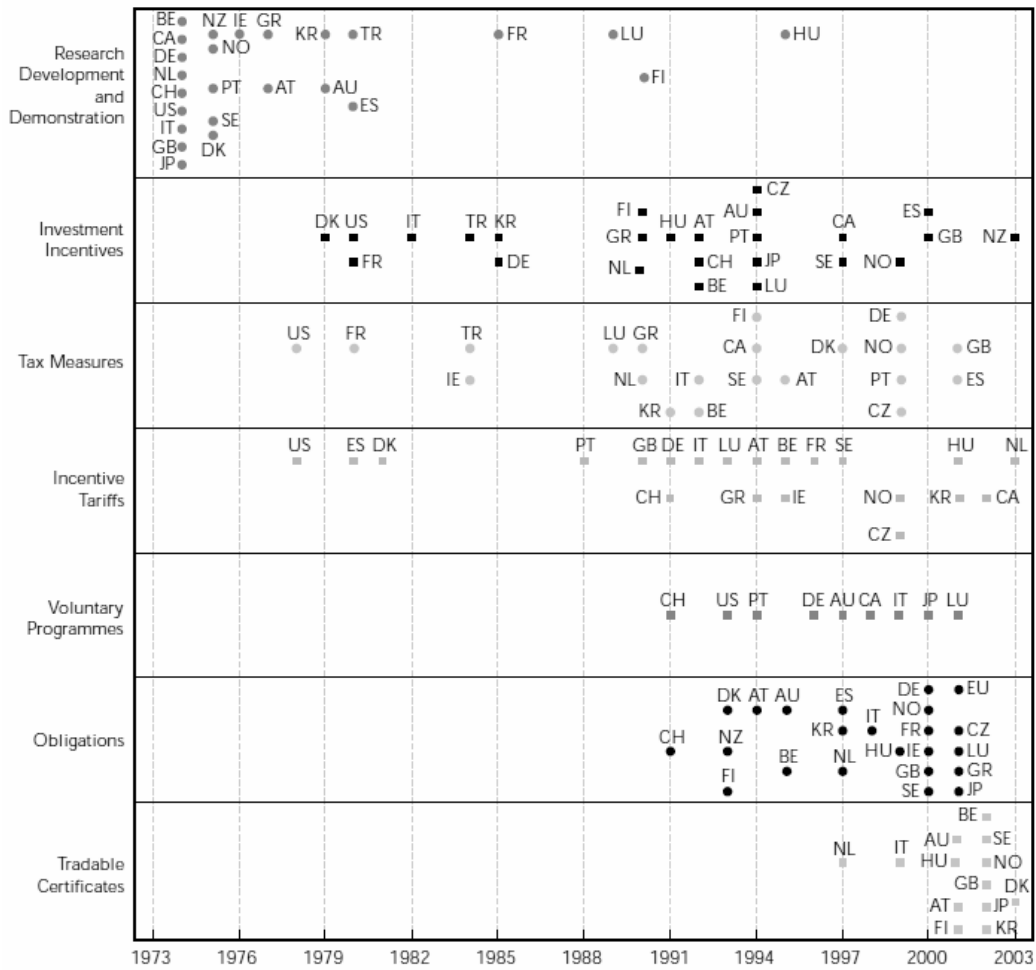
図 2.3-9 太陽光発電の出力変動例 (春季)

表 2.3-1 主要国の再生可能エネルギー技術開発戦略の比較

	日本	米国	欧州
太陽光	<ul style="list-style-type: none"> 電池技術（薄膜シリコン化合物、色素等新材料） システム技術（自立度向上型システム、アクティブネットワーク制御） 	<ul style="list-style-type: none"> Fundamental Research (Measurements and Characterization, Basic Research, High-performance Advanced Research) Advanced Materials & Devices (Crystalline silicon technology, Thin films, PV modules) Systems Technology Development (Systems Modeling and Analysis, Systems engineering, Concentrator PV Systems) 	<ul style="list-style-type: none"> Devises Wafer technologies, thin film silicon and compound semiconductors, novel devices Module technology Grid connection, storage, mounting Standardization, harmonization
風力	<ul style="list-style-type: none"> 日本型風車 電力安定化（系統安定化、発電量予測、新電力ネットワーク） 風況シミュレーション高速化 洋上風力発電（風車開発、実証試験） エネルギー変換（水素・エタノール等への変換） 	<ul style="list-style-type: none"> Low-cost power (Low wind speed technology, Distributed wind technology) Acceptance in marketplace (Systems integration) 	<ul style="list-style-type: none"> Wind turbine & component design Testing, standardization, certification Grid integration, energy systems & resource prediction Operation & maintenance Offshore wind technology Mega watt wind turbine

出典：下記資料より作成

- ・ NEDO 海外レポート「我が国における再生可能エネルギー技術開発・導入の動向」2005.9.7
- ・ DOE Energy Efficiency and Renewable Energy Website (<http://www.eere.energy.gov/>)
- ・ PVNET “European Roadmap for PV R&D”
- ・ The European Wind Energy Association “The European Wind Industry Strategic Plan for Research & Development”



AT=Austria - AU=Australia - BE=Belgium - CA=Canada - CH=Switzerland - CZ=Czech Republic - DE=Germany
 DK=Denmark - ES=Spain - FI=Finland - FR=France - GB=United Kingdom - GR=Greece - HU=Hungary - IE=Ireland
 IT=Italy - JP=Japan - KR=Korea, Republic of - LU=Luxembourg - NL=Netherlands - NO=Norway - NZ=New Zealand
 PT=Portugal - SE=Sweden - TR=Turkey - US=United States.

出典：IEA “Renewable Energy: Market & Policy Trends in IEA Countries”

図 2.3-10 OECD 諸国における再生可能エネルギー政策導入時期

表 2.3-2 RD&D Priorities

<p>Bioenergy</p>	<p>Primary objectives of additional RD&D are to:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Promote market deployment of technologies and systems for sustainable energy production from biomass. -Actively encourage the maintenance and development of networks of participants involved in RD&D and education, and to provide for the effective dissemination of information on bioenergy. <p>Short-term technology needs include:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Increasing the relative availability of cheap feedstocks in large quantities; the development of fuel quality standards. -Improving the efficiency of some basic processes while reducing their costs; innovative approaches in materials. <p>Medium-term needs include:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Further development of the biorefinery concept for biomass feedstocks. -Production of ethanol from lignocelluloses. -Development of dedicated crops tailored to the requirements of biorefineries. <p>Long-term needs include:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Development of pathways for bioenergy to start playing an important role in the evolving hydrogen economy through gaseous and liquid biofuels.
<p>Wind energy</p>	<p>Increase value and reduce uncertainties in areas such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Forecasting power performance (target of uncertainty of power output 5% to 10%). -Reduce uncertainties related to engineering integrity, improvement and validation of standards in terms of providing better understanding of extreme environmental conditions, safety, power performance and noise. -Storage techniques. <p>Continue cost reductions through:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Improved models for aerodynamics/aeroelasticity. -Improved site assessment including off-shore. -New intelligent structures/materials and recycling. -More efficient generators and converters. -New concepts including devices such as highly flexible downwind machines and diffuser-augmented turbines. -Improved stand-alone and hybrid systems that integrate PV or diesel generating systems for remote locations where grid connection is not feasible. <p>Enable large-scale use through:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Electric load flow control and adaptive loads. -Improved power quality (especially in weak grids). <p>Minimise environmental impacts by addressing issues related to:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Compatible use of land and aesthetic integration (e.g., visual impact). -Noise studies. -Flora and fauna.
<p>Photovoltaics</p>	<p>Additional RD&D priorities can be categorised as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> -New feedstock production to meet the demand of world market c-Si. -Early assessment for immature solar cell technologies, including thin-film manufacturing processes. -Better balance-of-system (BOS) components in terms of the efficiency, lifetime and operation of some components, especially inverters and batteries. -Performance improvement and further cost reduction of thin-film technologies. -Exploration into scientific fields, including nanotechnology, organic thin films and molecular chemistry for novel concepts regarding PV. -Develop devices with high conversion efficiencies and long-term stability in order to match the expected lifetime of 25 years and more. -Building integration, manufacturing issues, quality assurance and standardisation.

出典：IEA “Renewable Energy: RD&D Priorities”

2.4 バイオマスエネルギーの持続可能な導入

【ポイント】

- バイオマスエネルギーは再生可能エネルギーの中では比較的成本面で優位であり、各国で導入が進みつつある（表 2.4-1）。先進国ではバイオマス資源の発電利用（直接燃焼発電、ガス化発電など）に加え、バイオ燃料（バイオエタノール、バイオディーゼル燃料 等）といった輸送用燃料としての利用が進展しつつある（図 2.4-2）。一方、発展途上国などではエネルギー消費に占めるバイオマスエネルギー比率が高いものの、調理用など低効率・伝統的な利用が多い上、資源利用面においても持続可能な利用形態でない場合も多い（図 2.4-1）。
- このようなことから、バイオマスを高効率に利用できる技術開発や先進国から発展途上国への技術移転を通じ、限りあるバイオマス資源を有効に利用することを目指す必要がある。また、バイオマス利用の推進による食糧需給への影響、食糧価格への影響を最小限に止めるためにも、非食糧バイオマス資源としてのセルロース系エタノール製造技術の確立や遺伝子組み換え技術などの導入による資源生産性向上が今後ますます重要となる（表 2.4-2、表 2.4-3）。
- さらに、環境保護団体等からの指摘として、バイオマス資源利用の持続可能性に関する議論がある（表 2.4-4）。正確な事実認識を行う一方で、バイオマス利用が熱帯雨林やその他自然環境の破壊に繋がらないような利用形態、利用スキーム（認証制度の導入など）の構築が必要である。

[関連するデータ、ファクト]

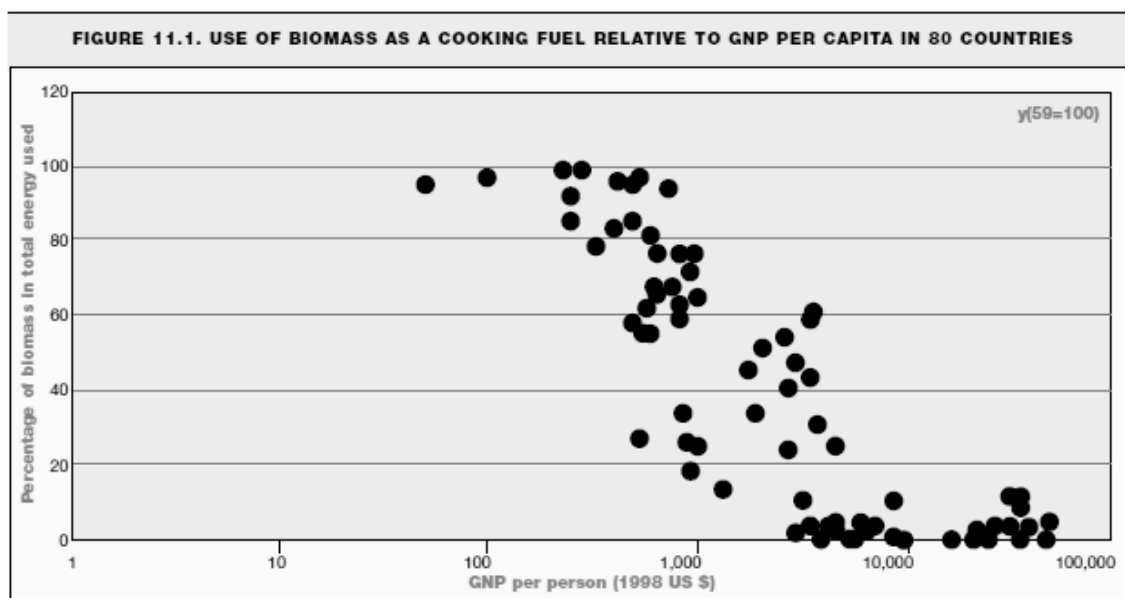
表 2.4-1 主要な再生可能エネルギーの導入量、コスト (現状/見通し)

CURRENT STATUS AND POTENTIAL FUTURE COSTS OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES							
Technology	Increase in installed capacity in past five years (percent a year)	Operating capacity, end 1998	Capacity factor (percent)	Energy production, 1998	Turnkey investment costs (U.S. dollars per kilowatt)	Current energy cost	Potential future energy cost
Biomass energy							
Electricity	-3	40 GWe	25-80	160 TWh (e)	900-3000	5-15 ¢ /kWh	4-10 ¢ /kWh
Heat ^a	-3	>200 GWth	25-80	>700 TWh (th)	250-750	1-5 ¢ /kWh	1-5 ¢ /kWh
Ethanol	-3	18 billion litres		420 PJ		8-25 \$/GJ	6-10 \$/GJ
Wind electricity	-30	10 GWe	20-30	18 TWh (e)	1100-1700	5-13 ¢ /kWh	3-10 ¢ /kWh
Solar photovoltaic electricity	-30	500 MWe	8-20	0.5 TWh (e)	5000-10000	25-125 ¢ /kWh	5 or 6-25 ¢ /kWh
Solar thermal electricity	-5	400 MWe	20-35	1 TWh (e)	3000-4000	12-18 ¢ /kWh	4-10 ¢ /kWh
Low-temperature solar heat	-8	18 GWth (30 million m ²)	8-20	14 TWh (th)	500-1700	3-20 ¢ /kWh	2 or 3-10 ¢ /kWh
Hydroelectricity							
Large	-2	640 GWe	35-60	2510 TWh (e)	1000-3500	2-8 ¢ /kWh	2-8 ¢ /kWh
Small	-3	23 GWe	20-70	90 TWh (e)	1200-3000	4-10 ¢ /kWh	3-10 ¢ /kWh
Geothermal energy							
Electricity	-4	8 GWe	45-90	46 TWh (e)	800-3000	2-10 ¢ /kWh	1 or 2-6 ¢ /kWh
Heat	-6	11 GWth	20-70	40 TWh (th)	200-2000	0.5-5 ¢ /kWh	0.5-5 ¢ /kWh
Marine energy							
Tidal	0	300 MWe	20-30	0.6 TWh (e)	1700-2500	8-15 ¢ /kWh	8-15 ¢ /kWh
Wave	-	exp. Phase	20-35	Unclear	1500-3000	8-20 ¢ /kWh	Unclear
Current	-	exp. Phase	25-35	Unclear	2000-3000	8-15 ¢ /kWh	5-7 ¢ /kWh
OTEC	-	exp. Phase	70-80	Unclear	Unclear	Unclear	Unclear

Note: The cost of grid-supplied electricity in urban areas ranges from 2-3 (¢ /kWh (off-peak) to 15-25 ¢ /kWh(peak).

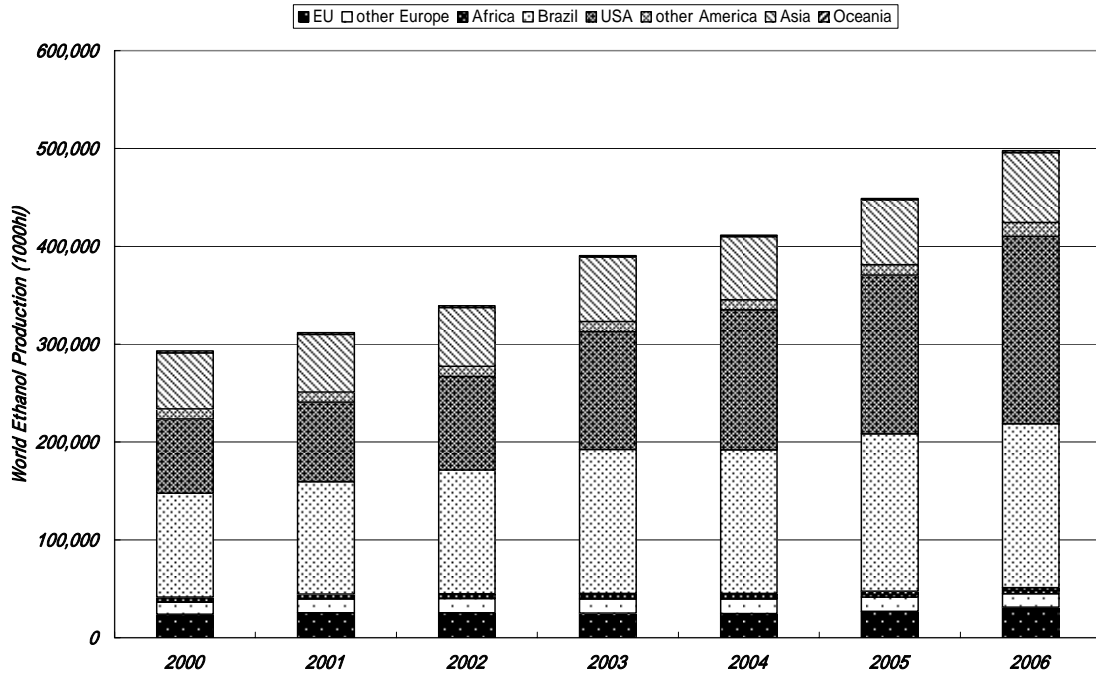
a. Heat embodied in steam (or hot water in district heating), often produced by combined heat and power systems using forest residues, black liquor, of bagasse.

出典 : World Energy Assessment / overview 2004 Update (United Nations Development Program / United Nations Department of Economic and Social Affairs / World Energy Council)



出典 : World Energy Assessment / energy and the challenge of sustainability (United Nations Development Program / United Nations Department of Economic and Social Affairs/ World Energy Council)

図 2.4-1 経済成長レベルとバイオマスエネルギー利用率



出典：F.O.Licht 資料

注：上図の数値は燃料用以外の用途も含んだ数値（世界計にて燃料用 / 総量 = 約 76%）

図 2.4-2 世界のバイオエタノール生産量の推移（輸送用バイオ燃料の進展）

表 2.4-2 バイオマス資源と転換技術の組み合わせ

		バイオマス種											
		木質系バイオマス			製紙系バイオマス	草本系バイオマス			糞尿・汚泥系バイオマス	食品廃棄物系バイオマス	その他バイオマス		
		D	D	D	D	牧草・水草・海草	アオサホテイアオイ	農業残渣	W	W	W	糖・ひんぷん	植物油
Dry/Wet		D	D	D	D	D	W	D	W	W	W		
例示		製材残材・林地残材	建築廃材	エネルギー作物	古紙	牧草・ネピアグラス	アオサホテイアオイ	とうもろこし 稲藁、もみ殻、麦藁	家畜糞尿	下水汚泥 尿尿浄化槽汚泥	食品廃棄物、厨芥、水産加工残渣	甘藷	廃食用油、菜種油、パーム油
転換技術	燃焼	直接燃焼発電											
		混焼発電											
	熱化学的変換	ガス化											
		熱分解											
		超臨界メタノール処理											
		超臨界水ガス化											
		炭化											
	生物化学的変換	エステル化											
		メタン発酵											
		エタノール発酵											
アミノ・ブタノール発酵													
	水素発酵												

出典：NEDO 技術開発機構資料より作成

注：色分けは以下の通り分類されたものを示す。

■ 転換技術の対象として適切と考えられるバイオマス種 □ 最適ではないが利用できるバイオマス種

表 2.4-3 バイオマスエネルギー・ロードマップにて構成される主な転換技術例

技術分野	個別技術	
生産技術	遺伝子組み替え作物、新里山構想、伐採の機械化、遺伝子組み替え海洋バイオマス	
収集・運搬	木質の機械化、移動型プラント、情報プラットフォーム	
前処理	木質の糖化(水熱、酵素、生物化学)、各種乾燥(VCR、水熱、超音波、マイクロ波、成分分離、粉碎、半炭化)	
エネルギー変換	ガス化関連	熱分解、マイクロ波熱分解、部分酸化超臨界水、炭化経由、油中改質、混焼、DME、GTL、コンパクトガス化発電
	エタノール関連	セルロース直接発酵、固体発酵
	水熱技術	スラリー化、液体燃料、新バイオディーゼル
	直後スターリングエンジン	
	新生物系	生物電池、電気水素生産、光メタン発酵、微生物高密度発酵、複雑微生物系制御、生産性向上、木質乾式メタン発酵、耐塩性菌
	新規エステル化	超臨界メタノール、超音波、固体触媒、マイクロ波、光
	低価格化	
後処理	エタノール	超音波濃縮、膜脱水
	消化液	ナノバブル、生物脱色、超音波分解、光漂白
	膜利用	水素分離、気体濃縮、エタノール脱水、ブタノール濃縮
	タール除去改質、メタン化学	
	省エネルギー	
周辺	GTL触媒、カーボンナノチューブ、木炭高度利用、廃液中有用成分利用、対塩耐食性合金	
燃料利用	炭関係	微粉炭燃焼、触媒炭化、炭素燃料電池
	水熱スラリー燃焼、温室用ペレットボイラー	
副産物・残渣利用	木質ガス化関係	ガス化残渣、タール
	肥料成分回収	枝葉、消化液、超臨界水ガス化排出液

出典：NEDO 技術開発機構資料より作成

表 2.4-4 バイオマス資源利用に関するNPO等の見解

対象資源	団体名	バイオ燃料全般に関する見解
バイオ燃料全般	世界自然保護基金(WWF) インターナショナル	<ul style="list-style-type: none"> バイオ燃料の生産にあたっては、場所によって最適な材料・方法を用いるのが望ましく、効果的な実施・モニタリング手法による裏付けがあるべき。 バイオエネルギーを生産するために、森林や環境価値の高い生態系を他の土地利用に転換して生態系や生物多様性に対する負荷を増大させるべきではない。
	国際自然保護連合(IUCN)	<ul style="list-style-type: none"> バイオ燃料の原料生産によって、これまでの土地利用パターンが変化し、動植物種の生息地の喪失・分断、生態系の劣化、個体群の変化、単作化促進による生物多様性や遺伝資源の問題を引き起こす。また、食糧との競合や農作物の価格上昇といった社会的影響も発生する。
バイオエタノール	ワールドウォッチ研究所	<ul style="list-style-type: none"> 生産方法によってはエネルギーのインプットがアウトプットよりも多くなること、場合によっては温室効果ガスの排出量が増加すること懸念される。 バイオ燃料利用は大気汚染軽減につながるが、注意して利用しないと様々な環境問題を引き起こすことになる。 バイオ燃料への需要が高まれば、生産性の低い土地でも燃料作物が作られることになり、熱帯雨林破壊、土壌浸食、地下水源の汚染などの環境問題を引き起こす可能性がある。 実効性のある確固とした政策がなければ、環境問題だけでなく、社会問題を招くこともある(例：農民の所得格差)。
パーム油	WWF インドネシア	<ul style="list-style-type: none"> パーム油はインドネシアの重要な収入源であるが、アブラヤシのプランテーション拡大により、インドネシアでは熱帯雨林の破壊が進み、森林資源に依存している生物種や先住民に負荷がかかっている上、森林火災や火を用いた開墾方法が健康被害をもたらしている。 また、生産者が大規模プランテーションを作る際に先住民の権利や関心事を侵害するなどして社会問題を引き起こしている。
	FoE UK (Friends of the Earth UK)	<ul style="list-style-type: none"> バイオ燃料が持続可能な形で利用されない場合は、温室効果ガス排出量の増加、食糧安全保障への悪影響、生態系や生物多様性の破壊、社会問題の増大といったリスクが発生する。 パーム油はマレーシアとインドネシアの経済発展に大きく寄与したが、拡大するパーム油需要への対応は、耕作面積拡大による熱帯雨林の破壊やオランウータン生存の危機、森林火災などの環境コストや、生産者による地域住民からの土地や森林資源の搾取といった社会コストをはらんでいる。 エネルギー源としてのパーム油の需要拡大、インドネシアの不安定な政情、政府のプランテーション促進策を鑑みると、発電用バイオマスとしてパーム油を利用するのは反対である。
木材	グリーンピース・ジャパン	<ul style="list-style-type: none"> オーストラリア、タスマニア州の原生林から産出された木材チップの輸入は、原生林の破壊を促進するため、直ちに購入を停止すべきである。 持続可能に適切に管理された人工林起源の木材チップを購入することは可能である。

出典：各種資料より作成