

企画セッション | 部会・連絡会セッション：原子力発電部会

■ 2016年9月7日(水) 13:00 ~ 14:30 | ■ F会場 久留米シティプラザ Cボックス

[PL1F] 原子力発電に関する国際動向

座長：北田 孝典（阪大）

[PL1F01] 世界におけるエネルギー・電力及び原子力の情勢

*東海 邦博¹ (1.海外電力調査会)

[PL1F02] 先進国及び発展途上国における原子力発電の動向

*小林 雅治¹ (1.原産協会)

原子力発電部会セッション「原子力発電に関する国際動向」

(1) 世界におけるエネルギー・電力及び原子力の情勢

(1) Energy, Electric Power and Nuclear Power Situation in the world

東海 邦博¹¹一般社団法人 海外電力調査会

1. 「3E」から見たエネルギー・電力の現状

エネルギー・電力の現状は、「3E」の観点から以下のように分析される。

まずエネルギー・セキュリティ（Energy Security：エネルギーの安定供給）の観点からみると、一時、世界的に「アラブの春」、イランの核問題などで石油・ガス供給の不安定化への懸念から、化石燃料価格が上昇し、中・長期的にも中国、中東などの消費増で価格上昇が予想されていた。しかし、近年、米国でのシェールオイル、シェールガスの増産、また世界的な経済活動停滞によるエネルギー需要の鈍化により、化石燃料価格が低下しており、そのため、エネルギー・電力供給は現在、比較的安定している。この低価格は当面、続くとの予想もあるが、長期的には世界経済の回復により一定の上昇を示すと予想されている。

また、環境保護（Environmental Protection、地球温暖化の防止・抑制）の観点からは、ポスト京都として、2015年12月のCOP21でパリ協定が合意され、各国は温室効果ガス（GHG）削減など中長期的な気候変動対策の実施を求められている。

さらに、経済性（Economical Efficiency：廉価なエネルギー・電力）の観点からは、特に欧米でガス・電力市場の規制緩和、自由化が1990年代から実施されてきた。この自由化により、電力の小売電力価格は一時的に低下したが、欧州では近年、再エネ開発補助コストなどが価格に上乗せされ、上昇している。米国では全面自由化が一部の州に限定されているが、近年、シェールガス増産でガス価格が低下していることから、電力価格が低下する州も出現している。

2. 世界各国のエネルギー・電力政策

世界各国のエネルギー・電力政策は、前述の「3E」に加え、福島事故を受けて、安全（Safety）の観点が改めて強調され、「3E+S」観点から策定されるようになってきている。欧州連合（EU）では2009年に「エネルギー・気候変動関連法規」が制定され、CO2削減、省エネ、再エネ開発などの2020年目標が法制化されたのに続き、現在、2030年目標の法制化に向けて作業が進められている。加盟各国では、このEU政策に沿って、それぞれエネルギー・気候変動施策が実施されている。

特にEUでは、固定価格買取制度（Feed-in-tariff: FIT）に支えられ、再生可能エネルギー電源の開発が進んでいる。

米国ではブッシュ政権下、「包括エネルギー法」（2005年）が制定され、化石燃料、原子力開発の推進が謳われたのに続き、現オバマ政権（2009年～）下では、All of the above政策（化石燃料、再生可能エネルギー、原子力などすべてのクリーンエネルギーの開発推進）が進められている。

その他世界各国、特に中国やインドなどの新興国においても、近年、発電部門においては、従来の石炭火力やガス火力に加えて、再エネや原子力電源の開発が進められている。

Kunihiro Tokai¹¹Japan Electric Power Information Center, Inc.

3. 世界各国の原子力政策と開発状況

原子力発電開発は、欧米、日本など主に先進国で進められてきた。しかし、欧州では米国 TMI 事故、旧ソ連・ウクライナのチェルノブイリ事故、日本の福島事故を受けて、ドイツなど脱原子力に舵を切った国も出現している。しかし、福島事故後も、欧米の多数の原子力発電国では、既設の原子力発電所の運転を継続するとともに、米国、フランス、フィンランド、英国など新規建設に向かう国もある。また、脱原子力国の中には、電力供給上の必要性から、既設炉の運転を延長している国も存在する。

また、中国、インドなどの新興国など世界的には、原子力発電は、再生可能エネルギー電源と並ぶ重要な CO2 ゼロ・エミッション電源として、新規建設が進められている。特に中国での開発計画は大規模で、将来は米国と並ぶ原子力発電大国になるものと見られている。

この原子力発電の課題の一つは経済性である。既設炉については、天然ガス価格の低下により卸市場での電力価格が低下した米国の州などでは、経済性が成立せず、閉鎖される炉も出現している。このため、電力供給事業者が買い取る義務のあるクリーン電力の中に、再生可能エネルギーと同じく原子力発電も含める仕組みを導入することも検討されている。また、新規建設についても、EPR、AP1000 など第三世代炉の建設コストが巨額になることから、欧米では今後の建設計画が見直される事例も出現している。このため、英国では原子力発電にも、固定価格買取制度に類似した制度（FIT-CFD）を適用し、投資リスクを軽減する仕組みが導入されている。

原子力発電部会セッション「原子力発電に関する国際動向」

(2) 先進国及び発展途上国における原子力発電の動向

(2) Trends on Nuclear Power Generation in Advanced and Developing Countries

小林雅治¹¹一般社団法人 日本原子力産業協会

福島第一原子力発電所事故後、世界の原子力開発は一時的にブレーキがかかった。ごく一部の国では、原子力の段階的廃止を決めた。しかし、世界全体としては、スローではあるが、原子力開発が推進されつつある。

表 1 に、国際原子力機関（IAEA）が纏めている世界の原子力発電規模予測を示す。それによると、地域的には、極東、中東・南アジア、中東欧、中南米で、原子力規模が増加している。特に目立つのが、中国を含む極東である。これまで、世界の原子力開発の専らの担い手であった北米や西欧では、今後、原子炉の高経年化に伴い引退する原子炉数が、新規に建設・運転する原子炉数よりも多くなる傾向があり、中期的には原子力発電規模は停滞状況（あるいは減少状態）にあると言える。端的に言えば、原子力開発は、先進国から途上国にシフトしつつあるということである。因みに、2014 年の世界の原子力発電規模は、3 億 7,600 万 kW であった。これが 2030 年には、3 億 8,500 万～6 億 3,200 万 kW（2014 年値の 1.02～1.68 倍）になると予測されている。将来予測にかなりの幅があるが、低予測値と高予測値の中間値が、実現可能性が高いと見られている。

表 1. IAEA による世界の原子力発電予測（2015 年 8 月発表） 単位：万 kW

地 域	2014 年 (実績)	2030 年		2050 年	
		低予測	高予測	低予測	高予測
北米	11,210	9,200	13,970	6,000	15,700
中南米	480	680	1,340	1,300	5,500
西欧*	11,370	6,270	11,200	2,700	12,100
中東欧**	4,970	6,410	9,350	6,300	12,600
アフリカ	190	190	650	700	3,800
中東・南アジア	690	2,590	4,380	4,800	9,400
東南アジア・太平洋	—	0	400	500	1,800
極東	8,710	13,180	21,900	14,900	35,500
世界合計	37,620	38,530	63,180	37,100	96,400

*西 欧：ベルギー、フィンランド、仏、独、英、伊、蘭、西、スイス、スウェーデン、墺、トルコなど

*中東欧：アルメニア、ベラルーシ、ブルガリア、チェコ、ハンガリー、カザフスタン、リトアニア、ポーランド、ルーマニア、ロシア、スロバキア、スロベニア、ウクライナなど

表 2 に、世界原子力協会（WNA）が纏めている世界各国の原子力発電開発状況を地域別に一覧表で示す。世界の地域分類が IAEA と若干異なっているが、ご容赦願いたい。中国の原子力開発が顕著であると上述したが、中国の建設中基数は 21 基で世界全体の 62 基の 34%（kW ベースでは 36%）を占めている。また、中国の計画中は 42 基、検討中は 136 基であり、まさに突出している。

Masaharu Kobayashi¹¹Japan Atomic Industrial Forum, Inc.

運転中の原子力発電所の規模を国別に見ると、①米国 100 基、1 億 1 万 kW、②フランス 58 基、6,313 万 kW、③日本 43 基、4,048 万 kW、④中国 33 基、2,958 万 kW、⑤ロシア 35 基、2,605 万 kW、⑥韓国 25 基、2,302 万 kW、と続く。

しかし、原子力発電電力量（2015 年）のランキングでは、①米国 7,980 億 kWh、②フランス 4,190 億 kWh、③ロシア 1,828 億 kWh、④中国 1,612 億 kWh、⑤韓国 1,572 億 kWh、⑥カナダ 956 億 kWh、と続き、日本は、はるか後方に位置する。福島事故を契機に、日本の原子力発電所のほとんどがいまだに運転再開できていないためである。

また、表 2 から、各国の全電力供給に占める原子力発電電力量のシェアが分かる。それによると、①フランス 76.3%、②ウクライナ 56.5%、③スロバキア 55.9%、④ハンガリー 52.7%、⑤スロベニア 38%、⑥ベルギー 37.5%、となっている。

運転中の原子炉を持つ国を原子力発電国と呼び、運転中の原子炉を持たないが原子炉の導入を進めている国を（原子力発電）新規導入国と呼ぶ。原子力発電国は現在、31 カ国・地域である。同表は、主な原子力発電導入国も示しており、それらはアジア・中東・東欧地域に多い。新規導入国の中でも、ベラルーシとアラブ首長国連邦（UAE）では現在、原子力発電所を建設中であり、近いうちに原子力発電国に仲間入りする。次いで、ポーランド、ベトナム、バングラデシュ、トルコ、ヨルダンなどの国が原子力発電所の建設を計画している。サウジアラビアは検討中の国であるが、16 基 1,700 万 kW の大規模開発を検討している。

原子力発電国も新規導入国も共に、基本的には、エネルギーの安定供給と地球温暖化対策として、原子力開発を推進している。現在は、世界的には、軽水炉（PWR、BWR）（一部の国では重水炉）の開発が中心であるが、将来炉として、中小型炉（小型モジュール炉 SMR）や第 4 世代炉としての高速炉の開発も進行中である。石油の豊富な中東諸国が原子力開発に乗り出しているのは、将来的に石油を輸出目的等に温存し、電力は原子力で賄うと言う意味と、海水淡水化への利用も念頭においている。

図 1. 主な原子力発電国・新規導入国

（太字は原子力発電国、細字は新規導入国）

	先進国(OECD加盟国)			途上国(OECD非加盟国)		
欧 州	西欧・北欧・中東欧			旧ソ連		
	欧州連合(EU) オランダ、ベルギー フィンランド、チェコ、スペイン、スロバキア スロベニア スウェーデン ハンガリー ポーランド			ルーマニア ブルガリア リトアニア	スイス ウクライナ	ベラルーシ アルメニア カザフスタン
	EU	G7 英国 フランス ドイツ イタリア			G20	
				BRICS ロシア		
北 米		メキシコ	米国 カナダ			
南 米	チリ			ブラジル	アルゼンチン	
アジア・大洋州		韓国 オーストラリア	日本	中国 インド	インドネシア	台湾、北朝鮮、パキスタン ベトナム、バングラデシュ タイ、マレーシア
中東・北アフリカ	イスラエル	トルコ			サウジアラビア	イラン、UAE、エジプト ヨルダン
アフリカ				南アフリカ		

なお、先進国と途上国について、各種の分類方法があるが、一般的には経済協力開発機構（OECD）加盟国を先進国、非加盟国を途上国ということが多い。この分類に基づいて、表 2 の国々を原子力発電国と新規導入国に分けたものを図 1 に示す。

図 1 には、G7、G20、BRICS（ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ）、EU（欧州連合）の分類も示す。この分類によると、ロシアは途上国であるが、1954 年に世界初の原子力発電所を運転させ、濃縮や再処理技術も保有し、現在、高速炉開発では世界の先頭におり、むしろ「原子力先進国」と呼ぶべきだろう。中国もまた、一般的には途上国であり、原子力発電の導入も遅かったが（最初の原子力発電所の運転開始が 1994 年）、最近では自身が知的財産権を持つ原子炉の輸出を積極的に進めており、高速炉や高温ガス炉の開発もかなり進んでいるなど、原子力については「新興原子力国」と呼んでもいいかもしれない。事実、OECD によると、ロシアが OECD への加盟手続き中であり、中国、ブラジル、インド、インドネシア、南アフリカについては、OECD との関係を強化する主要パートナーの扱いになっている。

講演では、主な先進国及び発展途上国（或いは原子力発電国と新規導入国）について、原子力開発の考え方（政策）、原子力発電計画、新型原子炉開発や放射性廃棄物処分・核燃料サイクルなどを含め、最近の原子力開発動向を紹介する。

表 2. 世界各国・地域の原子力発電開発状況

日本原子力産業協会作成

地 域	国・地域名	2015 年の原子力 発電量とシェア		運転中の 原子力発電所		建設中の 原子力発電所		計画中の 原子力発電所		検討中の 原子力発電所	
		億 kWh	%	基	万 kWe	基	万 kWe	基	万 kWe	基	万 kWe
欧州	フランス (2)	4190	76.3	58	6,313.0	1	175.0	0	0	1	175.0
	ドイツ (9)	868	14.1	8	1,072.8	0	0	0	0	0	0
	英国 (10)	639	18.9	15	888.3	0	0	4	610.0	9	1,180.0
	スウェーデン (11)	545	34.3	9	884.9	0	0	0	0	0	0
	スペイン (12)	548	20.3	7	712.1	0	0	0	0	0	0
	ベルギー (13)	248	37.5	7	594.3	0	0	0	0	0	0
	チェコ共和国 (16)	253	32.5	6	390.4	0	0	2	240.0	1	120.0
	スイス (17)	222	33.5	5	333.3	0	0	0	0	3	400.0
	フィンランド (18)	223	33.7	4	274.1	1	170.0	1	120.0	1	150.0
	ブルガリア (19)	147	31.3	2	192.6	0	0	1	95.0	0	0
	ハンガリー (21)	150	52.7	4	188.9	0	0	2	240.0	0	0
	スロバキア (23)	141	55.9	4	181.6	2	94.2	0	0	1	120.0
	ルーマニア (26)	107	17.3	2	131.0	0	0	2	144.0	1	65.5
	スロベニア (29)	54	38.0	1	69.6	0	0	0	0	1	100.0
	オランダ (30)	39	3.7	1	48.5	0	0	0	0	1	100.0
	ポーランド	0	0	0	0	0	0	6	600.0	0	0
	リトアニア	0	0	0	0	0	0	1	135.0	0	0
	イタリア	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
旧ソ連 (CIS 等)	ロシア連邦 (5)	1828	18.5	35	2,605.3	8	710.4	25	2,775.5	23	2,280.0
	ウクライナ (8)	824	56.5	15	1,310.7	0	0	2	190.0	11	1,200.0
	アルメニア (31)	26	34.5	1	37.6	0	0	1	106.0	0	0
	ベラルーシ	0	0	0	0	2	238.8	0	0	2	240.0
	カザフスタン	0	0	0	0	0	0	2	60.0	2	60.0
北米	米国 (1)	7980	19.5	100	10,001.3	4	500.0	18	831.2	24	2,600.0
	カナダ (7)	956	16.6	19	1,355.3	0	0	2	150.0	3	380.0
	メキシコ (25)	112	6.8	2	160.0	0	0	0	0	2	200.0
南米	ブラジル (20)	139	2.8	2	190.1	1	140.5	0	0	4	400.0
	アルゼンチン (24)	65	4.8	3	162.7	1	2.7	2	195.0	2	130.0
	チリ	0	0	0	0	0	0	0	0	4	440.0
アジア	日本 (3)	43	0.5	43	4,048.0	3	303.6	9	1,294.7	3	414.5
	中国 (4)	1612	3.0	33	2,957.7	21	2,403.6	42	4,833.0	136	15,600.0
	韓国 (6)	1572	31.7	25	2,301.7	3	420.0	8	1,160.0	0	0
	インド (14)	346	3.5	21	530.2	6	430.0	24	2,390.0	36	4,160.0
	台湾 (15)	351	16.3	6	492.7	2	270.0	0	0	0	0
	パキスタン (28)	43	4.4	3	72.5	3	184.1	1	116.1	0	0
	ベトナム	0	0	0	0	0	0	4	480.0	6	670.0
	バングラデシュ	0	0	0	0	0	0	2	240.0	0	0
	インドネシア	0	0	0	0	0	0	1	3.0	4	400.0
	タイ	0	0	0	0	0	0	0	0	5	500.0
	マレーシア	0	0	0	0	0	0	0	0	2	200.0
	北朝鮮	0	0	0	0	0	0	0	0	1	95.0
中東・ 北アフ リカ	イラン (27)	32	1.3	1	91.5	0	0	2	200.0	7	630.0
	UAE	0	0	0	0	4	560.0	0	0	10	1,440.0
	トルコ	0	0	0	0	0	0	4	480.0	4	450.0
	エジプト	0	0	0	0	0	0	2	240.0	2	240.0
	ヨルダン	0	0	0	0	0	0	2	200.0	0	0
	サウジアラビア	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,700.0
	イスラエル	0	0	0	0	0	0	0	0	1	120.0
アフリカ	南アフリカ (22)	110	4.7	2	183.0	0	0	0	0	8	960.0
世界合計	49ヶ国・地域	24410	11.5	444	38,775.7	62	6,602.9	172	18,120.5	337	37,920.0

出典：WNA データ（2016 年 7 月 1 日現在）をもとに作成。

国・地域欄の（ ）表示は、運転中原子力発電規模の世界順位を示す。

運転中＝送電開始を含む、建設中＝原子炉建屋への初コンクリート打設、又は大規模改修工事中

計画＝承認、投資確認、8～10 年以内に運転開始見込み、検討中＝個別プログラム、サイト提案、15 年以内に運転見込み。

太字は原子力発電国（原子力発電所が運転している国、現在 31 カ国・地域）。

細字は新規導入国（運転中の原子力発電所を持たない国、表には主な国として 18 カ国列挙）。

発電規模（kWe）については、運転中はネット出力、その他はグロス出力を示す。