

特集

エネルギー・資源の現状と将来

原子力発電の現状と将来

Current Status and Future Prospects of Nuclear Power Generation

秋山 守*

Mamoru Akiyama

1. はじめに

世界で最初の商用原子力発電所であるコールドハーホル原子力発電所（ガス冷却炉）が1956年に運転を開始してから、今年で32年が経過した。1957年の、米国における軽水型原子力発電所の運転開始から数えても、すでに30年を越えたことになる。

いま原子力発電の大宗を占める軽水炉についてみると、この約30年の間に加圧水型軽水炉（PWR）、沸騰水型軽水炉（BWR）共に、それぞれ基本的に約7種のシステムが開発され（2～4ループPWR, APWR; BWR1～BWR6, ABWR）、単基容量の面では電気出力で約20万kWから約140万kWへとスケールアップしてきた。

1972年頃から米国などでプラントの標準化が行なわれるようになり、わが国でも1次改良標準化（1975～1977年）、2次改良標準化（1978～1980年）、3次改良標準化（1981～1985年）と順を追って進められ、その結果、プラントの性能、信頼性、経済性などが次第に向上してきた。

こうした設計・製造・管理等に係わる技術開発と並んで、安全確保の体制の強化、指針・基準類の整備、

安全研究、信頼性実証試験等が着々と実行されてきており、最近ではさらに情報の高度利用、マン・マシンインタフェースなどの分野を含めた、いわゆる軽水炉の高度化が推進されつつある。

本稿では軽水炉を主体とする原子力発電の現状と、将来の展望について要約を述べることにしたい。

2. 原子力発電の現状

原子力発電を行なっている国は、現在26ヶ国にのぼり、運転中の発電用原子炉は世界全体で400基約3億300万kWの規模に達している。また、建設中のものと計画中のものを合わせると、233基約2億2500万kWと報告されている。

これら全体の約68%がPWR、約18%がBWRであり、軽水炉全体では実に87%の割合を占めるに至っている。

国別の原子力発電規模、および原子力発電比率を、それぞれ多いほうから例示すると表1、表2のようになる（文献1）。

わが国の運転中の商用原子力発電プラントは現在35基約2788万kWで、これは全発電設備容量の約16.2%であるが、発電電力量で見ると全体の30%近くを担う

表1 主要国の原子力発電設備容量（文献1）（単位：万kW、グロス電気出力）

順位	国名	運転中		建設中		計画中		総計	
		出力	基数	出力	基数	出力	基数	出力	基数
1	アメリカ (1)	9,418.6	103	2,634.8	22	239.2	2	12,292.6	127
2	フランス (2)	4,573.5	48	1,971.7	15	424.4	3	6,969.6	66
3	ソビエト連邦 (3)	3,375.3	49	3,156	32	2,000	20	8,531.3	101
4	日本 (4)	2,804.6	36	1,116.8	12	442.7	5	4,364.1	53
5	西ドイツ (5)	1,991.5	19	431.2	4	1,208.8	9	3,631.5	32
6	カナダ (7)	1,286.4	18	374	4			1,660.4	22
7	イギリス (6)	1,275.1	38	382.2	5	118.2	1	1,775.5	44
8	スウェーデン (8)	1,005.9	12					1,005.9	12
9	スペイン (9)	581.5	8	532.2	6	304	3	1,468.7	17
10	韓国 (12)	571.5	7	190	2	190	2	951.5	11

* 東京大学工学部原子力工学科教授
〒113 東京都文京区本郷7-3-1

に至っている。炉形別では炭酸ガス炉（GCR）1基、PWR16基、BWR18基となっている。また、建設中ならびに計画中のものは16基となっている、（表3）

原子力発電の働きを示す代表的な指標である設備利用率（年間の発電電力量の実績値と定格で年間フル運転した場合の発電電力量との比）は近年、図-1のようになっており、各国ともに比較的順調に推移している（文献2）。わが国では他の国にはあまり類例の無い定期検査の制度により、約1年に1回、運転を停止するにも拘らず、ここ数年は70%を大幅に越える利用率（1984年72.3%、85年74.2%、86年76.2%）を達成して

いることは特筆に値する。

信頼性を示すもう一つの指標であるスクラム頻度（外乱等により原子炉が緊急自動停止する年間の回数）を見ると、軽水炉の1984年の実績では、日本0.1、米国6.0、フランス8.4、西独0.7などとなっている。

経済性については、最近原油価格の値下がりにより、火力発電コストと原子力発電コストとの差は縮まってきてはいるが、石油/LNG火力で11~12円/kWh、石炭火力で10~11円/kWh、原子力で約9円/kWh

表2 原子力発電の発電実績（文献1）

	1986年の原子力発電電力量			1986年の原子力発電電力量	
	1億kwh	総発電電力量に占める割合(%)		1億kwh	総発電電力量に占める割合(%)
1. フランス	2,414	69.8	11. 日本	1,665	24.7
2. ベルギー	371	67.0	12. チェコスロバキア	162*	21.0*
3. スウェーデン	670	50.3	13. イギリス	517	18.4
4. 台湾	258*	43.8*	14. ハンガリー	70	18.3
5. 韓国	266	43.6	15. アメリカ	4,140	16.6
6. スイス	213	39.2	16. カナダ	672	14.7
7. フィンランド	160	38.4	17. 東ドイツ	122*	11.6*
8. ブルガリア	112	30.0	18. アルゼンチン	54*	11.3*
9. 西ドイツ	1,121	29.4	19. ソビエト連邦	1,480*	10.0*
10. スペイン	359	29.4	20. 南アフリカ	88	6.8

*印はIAEAの想定値。

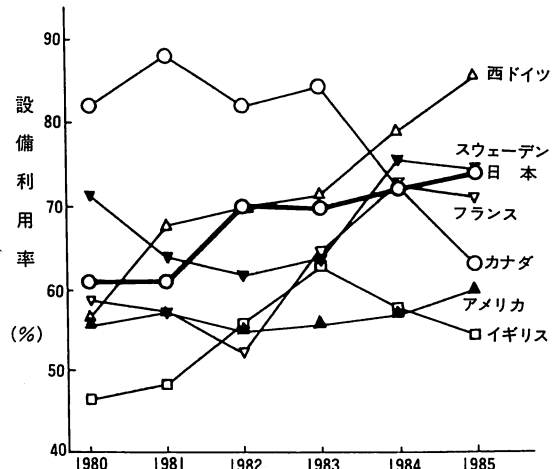


図-1 主要国の原子力発電所の設備利用率の状況（文献2）

表3 わが国の運転、建設、または申請御の商用原子力発電プラント一覧（1988年5月）

設置者	プラント名	炉型	電圧出力*	運転開始	所在地
日本原子力発電	東海 2	GCR	166	1966.7.25	茨城県東海村
日本原子力発電	東海第二	BWR	1,100	1978.11.28	茨城県東海村
日本原子力発電	敦賀1号機	BWR	357	1970.14	福井県敦賀市
日本原子力発電	敦賀2号機	PWR	1,160	1987.2.17	福井県敦賀市
北海道電力	泊 1号機	PWR	579	1989.6.予定	北海道泊村
北海道電力	泊 2号機	PWR	579	1981.6.予定	北海道泊村
東北電力	女川1号機	BWR	524	1984.6.1	宮城県女川町・牡鹿町
東北電力	女川2号機	BWR	825	1995.7.予定	宮城県女川町・牡鹿町
東北電力	巻 1号機	BWR	825	1997.予定	新潟県巻町
北陸電力	能登1号機	BWR	540	1993.3.予定	石川県志賀町
東京電力	福島第一1号機	BWR	460	1971.3.26	福島県大熊町・双葉町
東京電力	福島第一2号機	BWR	784	1974.7.18	福島県大熊町・双葉町
東京電力	福島第一3号機	BWR	784	1976.3.27	福島県大熊町・双葉町
東京電力	福島第一4号機	BWR	784	1978.10.12	福島県大熊町・双葉町
東京電力	福島第一5号機	BWR	784	1978.4.18	福島県大熊町・双葉町
東京電力	福島第一6号機	BWR	1,100	1979.10.24	福島県大熊町・双葉町
東京電力	福島第二1号機	BWR	1,100	1982.4.20	福島県楢葉町・富岡町
東京電力	福島第二2号機	BWR	1,100	1982.4.20	福島県楢葉町・富岡町
東京電力	福島第二3号機	BWR	1,100	1985.6.21	福島県楢葉町・富岡町
東京電力	福島第二4号機	BWR	1,100	1987.8.25	福島県楢葉町・富岡町
東京電力	柏崎刈羽1号機	BWR	1,100	1985.9.18	新潟県柏崎市・刈羽村
東京電力	柏崎刈羽2号機	BWR	1,100	1990.10.予定	新潟県柏崎市・刈羽村
東京電力	柏崎刈羽3号機	BWR	1,100	1993.7.予定	新潟県柏崎市・刈羽村
東京電力	柏崎刈羽4号機	BWR	1,100	1994.7.予定	新潟県柏崎市・刈羽村
東京電力	柏崎刈羽5号機	BWR	1,100	1990.4.予定	新潟県柏崎市・刈羽村
東京電力	柏崎刈羽6号機	ABWR	1,356	1996.7.予定	新潟県柏崎市・刈羽村
中部電力	浜岡1号機	BWR	540	1976.3.17	静岡県浜岡町
中部電力	浜岡2号機	BWR	840	1978.11.29	静岡県浜岡町
中部電力	浜岡3号機	BWR	1,100	1987.8.28	静岡県浜岡町
中部電力	浜岡4号機	BWR	1,137	1993.9.予定	静岡県浜岡町
関西電力	美浜1号機	PWR	340	1970.11.28	福井県美浜町
関西電力	美浜2号機	PWR	500	1972.7.25	福井県美浜町
関西電力	美浜3号機	PWR	826	1976.12.1	福井県美浜町
関西電力	高浜1号機	PWR	826	1974.11.14	福井県高浜町
関西電力	高浜2号機	PWR	826	1975.11.14	福井県高浜町
関西電力	高浜3号機	PWR	870	1985.1.17	福井県高浜町
関西電力	高浜4号機	PWR	870	1985.6.5	福井県高浜町
関西電力	大飯1号機	PWR	1,175	1979.3.27	福井県大飯町
関西電力	大飯2号機	PWR	1,175	1979.12.5	福井県大飯町
関西電力	大飯3号機	PWR	1,180	1991.10.予定	福井県大飯町
関西電力	大飯4号機	PWR	1,180	1992.8.予定	福井県大飯町
中国電力	島根1号機	BWR	460	1974.3.29	島根県鹿島町
中国電力	島根2号機	BWR	820	1989.2.予定	島根県鹿島町
四国電力	伊方1号機	PWR	566	1977.9.30	愛媛県伊方町
四国電力	伊方2号機	PWR	566	1982.3.19	愛媛県伊方町
四国電力	伊方3号機	PWR	890	1995.3.予定	愛媛県伊方町
九州電力	玄海1号機	PWR	559	1975.10.15	佐賀県玄海町
九州電力	玄海2号機	PWR	559	1981.3.30	佐賀県玄海町
九州電力	玄海3号機	PWR	1,180	1993.7.予定	佐賀県玄海町
九州電力	玄海4号機	PWR	1,180	1997.7.予定	佐賀県玄海町
九州電力	川内1号機	PWR	890	1984.7.4	鹿児島県川内市
九州電力	川内2号機	PWR	890	1985.11.28	鹿児島県川内市

*単位: MW

と、依然原子力が優位であることに変わりはないと算定されている。経済性、供給安定性、環境負荷などの面を総合して、原子力発電はこれまで以上に、将来も重要な役割を果していくものと考えられる。

3. 原子力発電の将来需要

原子力発電の将来規模の予測について、1987年にOECD/NEA（経済開発協力機構原子力機関）から報告書が出されており、それによれば概略以下のようなものである（文献3）。

(1) 短期（1985-1995年）

世界全体で原子力発電設備容量は253GW（1GWは百万kW）から約430GWに拡大する見通しである。内訳はOECD諸国が207GWから約320GWへ、途上国が12GWから約22GWへ、そして共産圏が35GWから約85GWへととなっている。

(2) 中期（1996-2000年）

2000年には世界全体で、多ければ約500-650GWあたりまで拡大する可能性がある。内訳はOECD諸国で約370-430GW、途上国で約40-70GW、共産圏で約100-150GWと推定される。

(3) 長期（2001-2025年）

予測の不確実性はさらに増すが、化石資源の枯渇と途上国のエネルギー需要増加から、原子力への依存度は高まるとして、2025年時点で、世界全体では880-2200GW程度、そのうちOECD諸国で560-1200GW程度、途上国で120-400GW程度、共産圏で200-600GW程度と推測している。

以上の予測に従えば、OECD諸国と途上国を合わせた自由世界において、全発電量中の原子力発電の比率は、1985年の約18%から2025年には30-40%に増大する勘定となる。

ところで、チェルノブイル原子力発電所の事故以後、特に欧州の幾つかの国において、原子力を抑制しようとする運動が広がっており、そのような社会・政治的な要因が、今後の原子力発電の需給予測に多かれ少かれ影響するものと考えられる。

一方、わが国の長期エネルギー需給見通しによれば、原子力発電は1986年度実績が2580万kW（9.5%、16.2%、27.8%）、1995年度予測4150万kW（13.4%、21%、35%）、2000年度予測5350万kW（15.9%、25%、40%）（括弧内は順に、全エネルギー需要量に対する比率、全電源設備容量に対する比率、全発電電力量に対する比率）とされている。

以上に対するウラン燃料の需給については、少なくとも2000年頃までは必要な量の供給は満たされること、それ以降の需要を満たすには新規鉱山の開発が必要であること、探鉱インセンティブが増せば将来の確認埋蔵量は増加すること、などが指摘されている。

4. 燃料サイクルと炉型戦略

フロントエンド（ウラン鉱石、転換、濃縮、再転換、加工）とバックエンド（再処理、混合酸化物燃料MOX、放射性廃棄物処理・処分）を含めた燃料サイクルとこれに整合する炉型について、基本戦略ならびに具体計画が各国で策定されつつある。

エネルギー資源小国の日本やフランスはウランの全体的な有効利用を図ることを基本としており、そのため軽水炉からプルトニウムを本格利用できる高速増殖炉（FBR）へと移行していく計画であるが、米国の路線はこれと異なっている。

わが国の燃料サイクル・炉型戦略に関して以下には二、三の例を記すに留めるので、詳しいことは文献2を参照して頂きたい。

まず、濃縮については、2000年以降の需給を睨み、3000トンSWU/年を上回る規模の遠心分離プラントを整備することとしている。2000年頃までは米国、フランスへの委託、ならびに遠心分離法による国内計画の範囲でまかなえる見通しであるが、2015年頃には12000トンSWU/年程度の国内需要のうち、約半分を国内濃縮でまかなう見通しである。

より新しいレーザー法については研究組合を組織して、研究開発を進めているところである。

再処理は英国核燃料公社とフランス核燃料会社に海外委託しているほか、国内では動力炉・核燃料開発事業団の東海再処理工場が稼働している。1995年には日本原燃サービス(株)による第一再処理工場（800トンU/年）が稼働を始める計画であり、引続き第二再処理工場やFBR用実用再処理工場を検討する計画である。

FBRは現在建設中の原型炉もんじゅから実証炉を経て、2020年頃には実用化が進むと期待されるが、それ以前にプルトニウムを有効利用するために、軽水炉や新型転換炉ATRによるプルトニウム利用（プルサーマル）、高転換軽水炉の開発などの研究が進められている。プルサーマルについては西独やフランスで先行実績がある。

表4 在来型の軽水炉の例と比較した改良型軽水炉（ABWR, APWR）の設計仕様（文献4）

原子炉形式		沸騰水型軽水炉			加圧水型軽水炉			
名称	単位							
発電所名		浜岡-2	福島II-1	ABWR	川内-1	大飯-2	APWR	
国名		日本	日本	日本	日本	日本	日本	
所在地		静岡県小笠郡	福島県双葉郡	—	鹿児島県川内市	福井県大飯郡	—	
所有者		中部電力	東京電力	—	九州電力	関西電力	—	
設計者		東芝/日立	東芝/東芝	東芝・日立・GE/ 東芝・日立	三菱/三菱	WH/三菱	三菱・WH/三菱	
運転開始年		1978	1982	—	1984	1979	—	
熱出力	MW	2436	3293	3926	2660	3423	3823	
電気出力	MW	840	1100	1356	890	1175	1350	
炉心寸法(高×径)	m×m	3.7×4.1	3.7×4.8	3.7×5.2	3.7×3.0	3.7×3.4	3.9×4.0	
燃料	種類	UO ₂	UO ₂	UO ₂	UO ₂	UO ₂	UO ₂	
	濃縮度	%	3.0	3.0	3.4	3.1	3.4	3.2
	燃焼度	MWd/t	29 500	33 000	38 000	30 000	31 000	39 000
	装荷量	t	97	133	152	72	89	119
	燃料交換		停止中	停止中	停止中	停止中	停止中	停止中
	燃料棒本数/燃料集合体		62/8×8	62/8×8	62/8×8	264/17×17	264/17×17	296/19×19
燃料集合体本数		560	764	872	157	193	193	
被覆管材料		Zry-2	Zry-2	Zry-2	Zry-4	Zry-4	Zry-4	
ペレット径/被覆管内径	mm/mm	10.3/0.86	10.3/0.86	10.3/0.86	8.2/0.57	8.2/0.57	8.8/0.7	
冷却材	種類	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	
	炉入口温度/炉出口温度	℃/℃	278/286	278/286	278/288	284/321	289/325	293.5/329.7
	圧力	MPa	7.03	7.03	7.17	15.5	15.5	15.5
	炉心流量	10 ³ t/h	34.9	48.3	52.2	45.7	60.1	64.5
ループ数		2	2	(インターナルポンプ) 10台	3	4	4	
蒸気	温度		282	282	283	266	276	284
	圧力	MPa	6.65	6.65	6.72	5.43	6.27	6.86
	流量	10 ³ t/h	4.75	6.41	7.64	5.20	6.72	7.86
制御	材質		B ₄ C	B ₄ C	B ₄ C	Ag-In-Cd	Ag-In-Cd	Ag-In-Cd, B ₄ C
	体数		137	185	205	48	53	69 + Gray Rod + WDR* + WDR*
	燃焼度補償		制御棒+可燃毒物	制御棒+可燃毒物	制御棒+可燃毒物	B(冷却材中)	B(冷却材中)	B(冷却材中)
原子炉容器	材質		SA533BCI 1 SA508 CI 2	SA533BCI 1 SA508 CI 2	SA533BCI 1 SA503 CI 2	SA533BCI 1 SA508 CI 2	SA533BCI 1 SA508 CI 2	SA533BCI 1 SA508 CI 2
	寸法(高×径×肉厚)	m×m×m	21.1×5.6×0.14	22.2×6.4×0.16	約21×約7.1×0.18	12.4×4.0×0.2	12.9×4.4×0.22	16×5.1×0.25
減速材		軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	

* 水排除棒 (Water displacer rod)

5. 軽水炉の高度化

我が国の原子力発電技術は、過去の海外技術の導入を基礎とし、自主技術の開発、トラブルの克服、各種の改良・改善等を経て、今日では世界の最高のレベルに達している。このような時期に、さらに信頼性・経済性等の向上を図り、また念には念を入れて安全を一層確保することが重要であるとの認識にたち、施設・技術・人材・情報・制度等の広い範囲にわたる、いわ

ゆる軽水炉の高度化の活動が展開されている。

通産省の原子力発電高度化懇談会は昭和61年3月、21世紀への軽水炉技術高度化戦略と題する報告書を取りまとめており、それによればまず、既存型軽水炉に関してはトータルライフ的視点と経験蓄積および先端技術の積極的活用を基本として、プラントの長寿命化、作業線量や廃棄物量の低減、原子炉解体技術の確立、立地の多様化などを含む重点課題を策定している。改良型BWR (ABWR) と改良型PWR (APWR)

については、それらの役割を明確に位置付けている。図-2と表4にABWRおよびAPWRの概要を示す。ABWRは二基、具体的な設置計画が進んでおり、1990年代中頃には運転が始まるものと期待されている。

改良型軽水炉の先の、いわゆる次世代軽水炉については、炉心の高機能・高性能化、安全設計技術の高度化耐震技術の高度化などをキーワードとして、さまざまな設計概念や技術シーズを検討し、取組むべき方向を示している。

これらを受けて、昭和62年度から通産省に軽水炉高度化推進委員会が設置され、既存型軽水炉・改良型軽水炉、次世代軽水炉、燃料高度化、立地高度化の各ワーキンググループを設けて活動を行っている。

6. 既存軽水炉に関する改良・改善等の課題例

軽水炉の運転サイクルについては、フランスや西独のように寒冷で冬場に大きな電力需要のピークがあり、しかも点検・補修の日数が少ない国では、12ヶ月サイクル方式をとっているが、米国などでは約18ヶ月サイクル運転のプラントが多く、長サイクル化による設備利用率の向上、ひいては経済性向上の効果が現れている。わが国では1年間の運転毎に行われている定期検査によって運転サイクル長さが限られているが、今後は長サイクル運転に向うのが合理的であると考えられ

ている。

プラントの点検・補修は、欧米では燃料交換の時期に合せて弾力的に行っており、また、新しい保全手法や保全設備を開発・利用している。わが国でも定期検査の合理化が進められており、保全についても世界最高のレベルに達している。

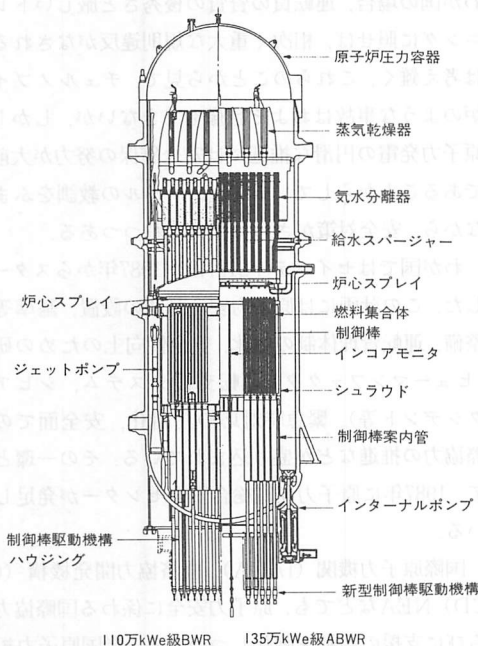
プラントの運転管理に係わる技術・設備としては、新型制御盤、デジタル方式の検出器、AI・エキスパートシステムなどが、また、保全に関しては検査補修ロボット、自動遠隔装置などが、それぞれ導入されており、信頼性向上、作業線量低減などに貢献している。このような技術の適用は今後ますます進むであろう。

軽水炉燃料の経済性向上を目指して、いずれの国でも大なり小なりの高燃焼度化を進めている。わが国でも約50GWd/tのレベルを目標に確認試験等が行われている。

高燃焼度化に伴う被覆やスペーサの改良、FPガス対策、燃料・被覆相互作用等の研究、ならびに照射試験による燃料の健全性実証も活発に行われている。

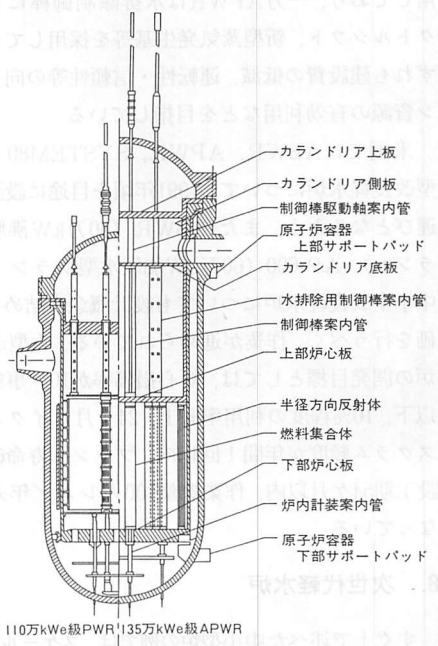
プラントの設計・製造・施工技術も大幅に進歩しており、建設工期も約4年と短縮されてきた。

プラントの長寿命化のためのプロジェクトが日本、米国、フランスなどで進められている。劣化診断、余寿命評価、補修・交換等の技術がその中心である。また、



110万kWe級BWR 135万kWe級ABWR

(a) BWRとABWR



110万kWe級PWR 135万kWe級APWR

(b) PWRとAPWR

図-2 在来型の軽水炉と比較した改良型軽水炉 (ABWR, APWR) の構造 (半断面)

原子炉の解体技術、放射性廃棄物処理等についても研究開発が行われている。日本原子力研究所の動力試験炉（JPDR）は目下、解体工事に入っている。

7. 改良型軽水炉

改良型軽水炉の定義は一律ではないが、ここではフランスで建設中のN4（1991年運転開始予定）、西独で建設中のコンボイプラント、日本で計画中のABWRならびにAPWR、米国で検討中の大型ならびに中小型の改良軽水炉などの概要を述べることにする。

N4は150kW級のPWRで、在来型よりも5%以上の建設費低減、設備利用率・運転性の向上等を目指したものであり、基底負荷運転と負荷追従運転との短時間切替、反応度・出力分布等の自動制御、高燃焼度燃料の使用、新型制御盤、新型蒸気発生器などの採用が特徴である。

コンボイは130kW級のPWRであり、N4等と同様な目標レベルを目指している。設計だけでなく、計画、エンジニアリング、許認可などを含めて標準化が行われている。

ABWR、APWRは日米国際協力によって開発された135kW級の改良型軽水炉の設計である。

ABWRは外部再循環ポンプに代る内蔵型ポンプ（10基）、電動式制御棒、コンクリート格納容器等を採用しており、一方APWRは水排除制御棒によるスペクトルシフト、新型蒸気発生器等を採用している。いずれも建設費の低減、運転性・信頼性等の向上、ウラン資源の有効利用などを目指している。

米国ではABWR、APWR、SYSTEM80+等の大型改良軽水炉について、1991年頃を目途に設計認定の運びとなるよう、また、SBWR（60kW沸騰水型プラント）、AP-600（60kW加圧水型プラント）等の中小型改良軽水炉についても設計概念を詰めながら評価を行うべく、作業が進められている。大型改良軽水炉の開発目標としては、炉心損傷率が 10^{-5} 事象/炉年以下、10%程度の利用率向上、24ヶ月サイクル運転、スクラム頻度が年間1回以内、プラント寿命60年、建設工期54ヶ月以内、作業線量100人レム/年未満等となっている。

8. 次世代軽水炉

すぐ上で述べた中小型炉の例では、スケールメリットをカバーするため、システムを単純化し、その結果として外部駆動力を極力減らした、いわゆるパッシブ

（受動的）なものとなっている（例えば自然循環冷却、重力落下式非常用炉心冷却系）。わが国では、このようなパッシブ炉は次世代炉の範疇とされ、軽水炉だけでなく中小型のFBRやガス炉なども含めて幅広く検討されている。

電源喪失時には冷却材ポンプ吐出圧が失われ、これに基づく圧力不均衡により、炉心に周囲のボロン水が自動的に入り炉が自動停止するという、PIUS炉の概念がスウェーデンから提唱されている。これらは革新的軽水炉の概念に属するが、検討を要する問題点も多い。

高機能・高性能炉心によりウランを有効利用しようとする高転換軽水炉（ハイコンバータ）は、炉心の減速材（水）対燃料（ウラン）の比率を約0.5と、従来の軽水炉の場合よりもかなり小さくし、稠密炉心としているのが最大の特徴である。フランス、西独、および日本で、炉物理、熱水力、安全、システムなどにわたる基礎的研究が進められている。

次世代炉の他の構想としては、ハイテクをフルに活用した全自動プラントなどもある。

9. 原子力発電の安全性

原子力発電は開発の当初から安全確保を最重点に据えて進めてきた。軽水炉は全運転領域で負の出力係数、すなわち核的な固有の安全特性を持っており、また、わが国の場合、運転員の資質の優秀さと厳しいトレーニングに照せば、相次ぐ重大な規則違反がなされるとは考え難く、これらのことから見て、チェルノブイル炉のような事故はおよそ想像もできないが、しかし、原子力発電の円滑な推進には安全確保の努力が大前提であることからして、チェルノブイルの教訓をふまえながら、安全対策がさらに強化されつつある。

わが国ではセイフティ21計画が1987年からスタートした。この計画には原子力安全月間の設置、基準等の整備、運転管理体制の強化、安全性向上のための研究（ヒューマンファクタ、運転支援システム、シビアアクシデント等）、緊急時対応の円滑化、安全面での国際協力の推進などが盛り込まれている。その一環として、1987年に原子力発電総合安全センターが発足している。

国際原子力機関（IAEA）、経済協力開発機構（OECD）NEAなどでも、原子力安全に係わる国際協力ならびに支援の活動を強化しつつある。米国原子力規制委員会（USNRC）では、近年、運転管理面での規制にも重点をおいてきている。

原子力発電に限らず、安全には絶えざる努力をすること、確率論的リスク評価等を通じての合理的客観的理解に努めることなどの態度が、これからも必要であろう。

10. 新型転換炉と高速増殖炉

わが国の自主技術で開発された新型転換炉原型炉「ふげん」は165MW容量の圧力管型重水減速沸騰軽水冷却炉で、1979年から稼働している。MOX燃料の使用に適し、ウラン資源の有効利用が図れるのが大きな特徴である。「ふげん」に続いて600MW級の実証炉の建設が計画されており、さらに実用炉に向けての技術開発と設計合理化研究が進められている。

わが国の高速実験炉「常陽」は極めて順調に運転実績を伸ばしている。原型炉「もんじゅ」は目下建設中で1992年10月に臨界の予定である。フランスのスーパーフェニックス (SPX-1) は順調に運転を開始したが、燃料貯蔵ドラムからのNa漏洩等を経験した。英国の原型炉 (PFR) は運転中と伝えられる。西独の原型炉 (SNR-300) は建設は完了しているが燃料装荷の許可が出ていない現状である。米国では金属燃料の小型Na冷却炉の設計研究が進められている。

各国の現状は概略以上のものであるが、高速増殖炉実証炉の今後の動向としては、まずわが国では1989年頃までに基本設計を固める予定で、技術開発と並んで安全評価に必要な指針やデータの整備が進められてい

る。欧州では欧州統一設計高速炉 (EFR) につき、一次系に絞って今後2年間概念設計を実施し、その後3年間詳細設計研究を実施する計画であるという。米国では本年秋にも設計概念を一つに絞り込んで研究を推進していくとのことである。

実用化までには経済性的問題を中心に解決すべき課題があるので、今後着実に、国際的な協力の下に進めていくことが必要である。

11. おわりに

以上、軽水炉を中心に、原子力発電の動向について概要を述べた。将来的には原子力発電を取巻く社会的・経済的・科学技術的環境の変化に対応しながら、高速炉の実用化、核融合炉の開発なども含めて、長期にわたる電力供給源として一層重要な役割を果たしていくものと期待される。

文 献

1. 日本原子力産業会議編；原子力年鑑（昭和62年版），日本原子力会議（昭和62年10月）
2. 通商産業省編；21世紀の原子力を考える，通商産業調査会（昭和61年9月）
3. OECD/NEA Expert Group；Nuclear Energy and Its Fuel Cycle-Prospects to 2025, OECD/NEA (1987)
4. 日本機械学会編；機械工学便覧B6 動カプラント，日本機械学会（昭和61年7月）

