

<概要>

世界の高速増殖炉**実証炉**では、唯一運転中であったフランスのSuper-Phenix-1は、1998年2月に閉鎖となった。計画されていたものはSuper-Phenix-2、DFBR、SNR-2、CDFR、BN-800、BN-1600及びEFRの7基であったが、このうちロシアのBN-800、BN-1600を除いた5基の計画は中止された。中断していたBN-800は設計変更を行い2003年に工事が再開された。これら実証炉に関する主要な情報を表形式にまとめた。炉型は、ループ型のDFBRを除いて、総てタンク型（プール型とも呼ぶ）であり、最大燃焼度は10万MWd/t以上を目標にしている。ナトリウム**冷却材**の温度は最高で約550℃、蒸気温度は約490℃程度である。ロシアのBN-800とBN-1600以外は非常用熱除去系を別に設けている。

<更新年月>

2004年11月

<本文>

実験炉、**原型炉**に続いて開発が進められている高速増殖炉**実証炉**は、安全性、信頼性、運転・保守性の向上を目指すと共に、経済性の向上を図り、**実用炉**を実現するために計画が進められていたが、1998年2月にSuper-Phenix-1の閉鎖が決まり、現在運転中の**実証炉**は無い。建設が中断されていたロシアのBN-800は2003年に技術的な面と経済的な面の設計の改良を終了し、2010年完成の予定で建設が再開された。

Super-Phenix-2、SNR-2及びCDFRの3基の計画は中止され、EFRの計画に統合された。EFR（ヨーロッパ統合高速炉）の計画は、フランス、ドイツ、イギリス、イタリア、及びベルギーのヨーロッパ諸国が共同で開発を始めた**実証炉**であるが、予算措置の不足などの理由によりイタリア、ベルギーが脱退し、1993年3月にはイギリスも脱退した。EFR計画の状況は、Phase-2（概念設計）まで終了しているが、1995年5月の時点でPhase-3（詳細設計）は開始されていないようである。

わが国のDFBR-1については、**もんじゅ**の二次系ナトリウム漏洩事故の後、**原子力委員会**の高速増殖炉懇談会が**実証炉**の具体的計画は**もんじゅ**の成果を十分に評価した上で決定すべきとし、DFBR-1の計画は事実上中止となった。

これら**実証炉**の出力、型式、燃料、冷却材などに関する事項を**表1**に示す。型式は、ループ型のDFBR-1（日本）を除いて、総てタンク型（プール型とも呼ぶ）である。

炉心の設計諸元を**表2**に示す。最大燃焼度は殆ど10万MWd/t以上を目標にしている。増殖比は1.12~1.25であるが、イギリスのCDFRは1.5と高い増殖比をねらっていた。

冷却系の流量、温度など冷却系に関する設計諸元は**表3**に示す。ナトリウムの流量、温度および蒸気条件など殆ど同程度の値でナトリウムの温度は最高で約550℃前後、蒸気温度は約490℃程度である。

表4に示した主要機器の設計諸元では、SNR-2、BN-800を除いて、大体同程度であり、再熱器を使用していない。

主要な安全設備については、**表5**に示すように、**格納容器**の材質にコンクリートを採用する傾向がある。非常用冷却系は、ロシアのものを除いて主冷却系とは別に非常用熱除去系を設け、**崩壊熱**を除去することにしている。工学的安全設備としては、すべての炉で炉容器に安全容器（**ガードベッセル**）を設ける設計を採用している。

高速増殖炉**実証炉**の開発は、安全性、信頼性、運転・保守性の向上を追求すること同時に、経

済性の向上も重要な課題である。各国で新技術の採用などいろいろな検討が行われているが、軽水炉に比べて経済的に太刀打ちできないのが実情である。そのため、ウラン資源の有効利用のみを目的とするのではなく、核変換による高レベル放射性廃棄物の低減やTRUの燃焼も同時に実現する原子炉を目指す動きが活発である。それにより、経済的な核燃料サイクルを実現するよう、各国が幅広く検討している状況である。そのひとつの表れが、米国が主導で展開している第四世代原子炉である。

<関連タイトル>

- [世界の高速増殖炉実験炉 \(03-01-05-01\)](#)
 - [世界の高速増殖炉原型炉 \(03-01-05-02\)](#)
 - [わが国の高速増殖炉実証炉計画 \(03-01-06-05\)](#)
-

<参考文献>

- (1) IAEA: LMFBR Plant Parameters 1991, IWGFR/80 (1991)
 - (2) 日本原子力産業会議(編): 原子力年鑑平成8年版, (平成8年10月22日)
 - (3) 三浦正憲ほか: トップエントリー型FBR実証炉の概要, 日本原子力学会誌, Vol.35, No.4 (1993)
 - (4) 三浦正憲ほか: 高速増殖実証炉開発の現状と実用化身通し, 日本原子力学会誌, Vol.37, No.2 (1995)
 - (5) J.Nedderman: Japan's No.1 Demonstration FBR, Nucl.Eng. Int'l., May (1995)
 - (6) 日本原子力産業会議(編): 原子力ポケットブック2003年版 (2003年8月15日)
 - (7) 動力炉・核燃料開発事業団: 第30回IAEA/IWGFR定例年会報告(1997年5月、北京)、PNC-TN1410-97-024
 - (8) V. M. Poplavsky & et al: Russian Fast Reactors in 2003 and Their Prospects, IAEA-TM, 37th TWG-FR Annual Meeting, May (2004) (Private Communication)
 - (9) Jordi Roglans: Status of the U.S. Activities in Fast Reactors and Accelerator Driven Systems, IAEA-TM, 37th TWG-FR Annual Meeting, May (2004) (Private Communication)
 - (10) 日本原子力産業会議(編): 原子力年鑑1999年版、平成11年10月
 - (11) 日本原子力産業会議(編): 原子力年鑑2003年版、平成15年10月
-

表1 世界の高速増殖炉実証炉の一般設計諸元

施設名	国名	出力(MW)		型式	炉心燃料	冷却材 1次/2次	初臨界	初発電 または 運転開始	現状
		熱	電気						
Super-Phenix-1	フランス	3000	1240	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	1985年	1985年	閉鎖
Super-Phenix-2	フランス	3600	1500	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	-	-	*
SNR2	ドイツ	3420	1500	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	-	-	*
DFBR-1	日本	1600	660	ループ	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	-	-	計画中止
CDFR	イギリス	3800	1500	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	-	-	*
BN-1600	ロシア	4200	1600	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	-	-	計画中
BN-800	ロシア	2100	800	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	2010年予定	-	建設中
EFR	EU	3600	1520	タンク	PuO ₂ ・UO ₂	Na/Na	-	-	計画中止

* EFR計画に統合

[出典] 1) IAEA高速増殖炉WG: LMFBR Plant Parameters 1991, IWGFR/80, IAEA(1991)

2) 日本原子力産業会議(編): 原子力年鑑1996年版、平成8年10月22日

3) 日本原子力産業会議(編): 原子力ポケットブック2003年版、原産(2003年8月15日)

4) 日本原子力産業会議(編): 原子力年鑑1999年版、平成11年10月

5) 日本原子力産業会議(編): 原子力年鑑2003年版、平成15年10月

6) V. M. Poplavsky & et al: Russian Fast Reactors in 2003 and Their Prospects, IAEA-TM, 37th TWG-FR Annual Meeting, May (2004) (Private Communication)

[出所] 1) Advanced Nuclear Power Reactors, Nuclear Issues Briefing Paper 16, December 2003, <http://www.uic.com.au/nip77.htm>

表2 世界の高速増殖炉実証炉の炉心設計諸元

施設名	濃縮度(%)		核分裂性物量(kg)			出力密度(kW/l)		燃焼度(MWd/t) ¹⁾		増殖比
	内側	外側	U-235	Pu-239	Total Pu	最大	平均	最大	平均	
Super-Phenix-1				4800	6000	1250	785	100,000	70,000	1.18
Super-Phenix-2						1200	755	120,000	75,000	
SNR-2	Pu tot 18	Pu tot 23	210	4800	8000	800	500	150,000	120,000	1.12
DFBR-1 ²⁾	15.8	22.2							約90,000	1.2
CDFR	15.0	20.5	60	3000	3400	2400	1750	170,000	115,000	1.5
BN-1600	17.3	20.4		3780	6230	1410	864	120,000	65,000	1.21
BN-800	20.0	26.5	29	1563	2630	690	420	120,000		1.25
EFR						520		190,000		

1)目標値

2)概念設計の設計値(燃焼度は高燃焼度段階炉心、増殖比はブランケット有りの炉心の値)

【出典】IAEA高速増殖炉WG:LMFBR Plant Parameters 1991,IWGFR/80,IAEA(1991)
日本原子力産業会議(編):原子力ポケットブック1997年版、原産(1997年5月26日)

表3 世界の高速増殖炉実証炉の冷却系設計諸元

施設名	一次冷却系				二次冷却系				蒸気条件	
	ループ数	Na量(t)	全流量 (kg/s)	1) 温度(℃)	ループ数	Na量(t)	全流量 (kg/s)	2) 温度(℃)	温度(℃)	圧力 (kg/cm ²)
Super-Phenix 1	4	3300	15700	542/395		1240	13100	525/345	490	181
Super-Phenix 2	4	3300	19700	544/397		800	15700	525/345	490	181
SNR-2	4	3300	18000	540/390	8	1250	16000	510/340	495	175
DFBR-1 ³⁾				550/395	3				497	175
CDFR	4	3000	15400	540/370	4	1600	15000	510/335	490	177
BN-1600	4	2600	17600	547/354	4	2700	17000	505/309	485	130
BN-800	3	760	8600	547/354	3	1025	8400	505/309	490	140
EFR			19750	545/395			15330		490	185

1) 原子炉容器出口／原子炉容器入口

2) 中間熱交換器二次側出口／中間熱交換器二次側入口

3) 概念設計の設計値

[出典] IAEA高速増殖炉WG：LMFBR Plant Parameters 1991, IWGFR/80, IAEA(1991)

(一部最新の情報)

表4 世界の高速増殖炉実証炉の主要機器設計諸元

施設名	炉容器		中間熱交換器		蒸気発生器(基数/ループ)			蒸気発生器容量(MW/基)		
	内径(mm)	内高(mm)	基数/ループ ¹⁾	容量(MW/基)	蒸発器	過熱器	再熱器	蒸発器	過熱器	再熱器
Super-Phenix1	21000	17300	2	375	1	1	-	-	-	-
Super-Phenix2	20000	16200	2	450	1	1	-	-	-	-
SNR2	15000	-	2	-	2-4	2-4	-	-	-	-
DFBR-1 1)	10400	16000	1	534	1		-	534		-
CDFR	19220	18100	2	475	2	2	-	-	-	-
BN-1600	19300	19000	2	525	-	-	-	-	-	-
BN-800	12900	14000	2	350	10	10	-	50.5	19.5	-
EFR	15660	14621	2	-	2	2	-	-	-	-

1)概念設計の設計値

[出典]IAEA高速増殖炉WG:LMFBR Plant Parameters 1991,IWGFR/80,IAEA(1991)(一部最新の情報)

表5 世界の高速増殖炉実証炉の主な安全設備設計諸元

施設名	制御棒(本)		格納容器		非常用冷却系			工学的安全設備	
	安全棒	調整棒	形	材質	方式	容量(MW)	記号	方式	記号
Super-Phenix 1	3+21	21	円筒	鋼と コンクリート	ES,PM TS	≥50	NCM : 主冷却系の 自然循環 ES : 独立の非常 用熱除去系 PM : ポニーモー タ運転 TS : 自然対流に よる大気中 への放熱	CI, TGV	CI : 格納容器隔離 TGV : 炉容器の保 護容器 EC : 自然循環冷却 の低下防止 NP : ナトリウム液 位の低下防止
Super-Phenix 2	3+24	24	直方体	コンクリート	ES, TS	≥100		CI, TGV	
SNR 2	25+12	25	同筒	コンクリート				CI, TGV EC, NP	
¹⁾ DFBR-1	24	6							
CDFR	12	18	同筒	鋼と コンクリート	PM, NCM ES, TS	60		TGV	
BN-1600	12	24	直方体	コンクリート	PM, TS	2)		TGV, NP	
BN-800	10	20	直方体	コンクリート	NCM, PM TS	80		TGV, NP	
EFR					ES				

1) 概念設計の設定値 2) PM : 120MW, TS : 60MW/ループ

[出典] IAEA高速増殖炉WG : LMFBR Plant Parameters 1991, IWGFR/80, IAEA(1991)
(一部最新の情報)