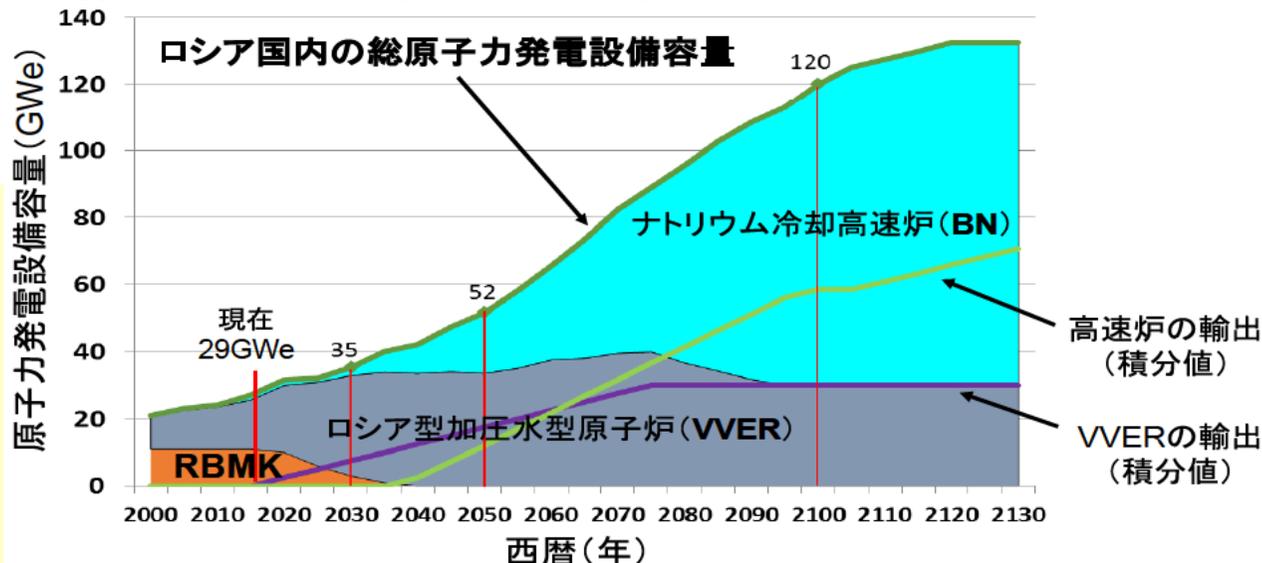


- ◆ 原子力発電の現状（2020年6月）：
 - 運転中38基・29.2GWe(その内2基がナトリウム冷却高速炉であるBN-600(0.6GWe)とBN-800(0.88GWe))
全発電設備容量に占める原子力比率11%（2018年）、全発電量に占める原子力比率20%（2019年）
建設中4基・4.9GWe、計画中24基（内ナトリウム冷却高速炉2基）・25.8GWe、提案中22基・21GWe
- ◆ ロシアの一人当たりの年間のエネルギー消費量を将来的に欧米並みに倍増させる。
そのためには原子力発電設備容量の増大が必須とし、**ロシア型加圧水型原子炉:VVERとナトリウム冷却高速炉:BNの2炉型で対応する方針(Two Component System)**。具体的には以下の通り：
 - VVER-1200(1.2GWe級)を中核としつつ、BN-1200(1.22GWe)を2030年代から本格導入
 - 2050年までに原子力発電規模を倍増し、高速炉BNでの発電規模を約20GWeへ増加させる
 - 2100年には120GWeのうち約90GWeを高速炉BNとする計画
 - 並行してVVERとBNの輸出を計画しており、**2080年以降の輸出は全てBNとする計画**
- ◆ 燃料サイクル（燃料製造、再処理）の技術開発も活発であり、クローズド燃料サイクルの実用化に向け、着実に開発を展開中で、**2030年頃に高速炉BN-1200と燃料サイクルを実用化予定、**

(注)

- 1GWe=100万kWe
- 発電設備容量は
 - ・運転中は、ネット電力（発電所の全発電量から所内消費電力を差し引いた発電量）表示
 - ・建設中・計画中・提案中は、グロス電力（発電所の全発電量）表示



ロシアのナトリウム冷却高速炉開発の歴史

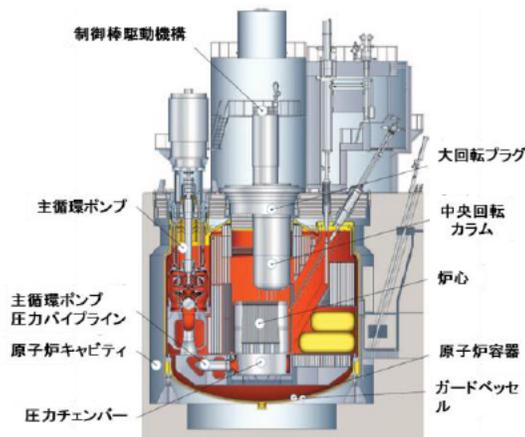


	BR-5/10	BOR-60	BN-350	BN-600	BN-800	BN-1200
型式	ループ	ループ	ループ	タンク	タンク	タンク
燃料	PuO ₂ /UPuO ₂	UO ₂ /UPuO ₂	UO ₂	UO ₂	UPuO ₂	UPuO ₂ /UPuN
増殖比	-	-	0.93	0.85	1.0	1.2-1.4
定格熱出力 (万kWt)	0.59/ 0.8	最大6*	75*	147*	210	280
電気出力 (gross) (万kWe)	-	1.2	最大15	60	88	122
1次冷却材 出入口温度 (°C)	500 430	最大530 310-340	440 280	550 377	547 354	550 410
3次系パラメータ ・蒸気温度 (°C) ・蒸気圧 (MPa) ・給水温度 (°C)	-	480	410 4.9 160	505 14 240	490 14 210	510 17 275
備考	廃止措置準備中	* 発電と地域への熱供給	現在はカザフスタン、廃止措置中 * 発電と海水脱塩	* 発電と地域への熱供給		

出典: OKBM高速炉パンフレット(2021年3月8日アクセス)

<http://www.okbm.nnov.ru/upload/iblock/931/931a33e1b7d0c8f89ee19e967ee3b74c.pdf>

高速炉 BN-600



- 1980年4月8日 ベロヤルスク原子力発電所の3号機として、初送電
- 1981年12月 定格出力達成（商業運転開始）
- 商業運転開始以降、高い設備利用率で運転中
 - 2017年の設備利用率： 88.1%（過去最高値）
 - 平均設備利用率（1982年～2019年）： 75.9%
- 発電と地域への熱供給
- 2010年 ロシア連邦環境・技術・原子力監督局は、2020年3月31日までのBN-600の運転期間延長を許可
- 2020年 同局は更に5年（2025年3月31日まで）の運転期間延長を許可
（ロシア原子力は、2040年まで寿命延長させたい意向）

項目	値
熱出力(万kWt)	147
電気出力(万kWe)	60
冷却ループ数	3
1次冷却系の型式	タンク型
蒸気発生器の型式	ワンスルー型 分割モジュラー形式
最大中性子束密度 ($n \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$)	$6.5 \cdot 10^{15}$
燃料	UO ₂
最高燃焼度(%燃焼率)	11.1
炉心入口/出口 ナトリウム温度(°C)	377/550
蒸気発生器入口/出口 ナトリウム温度(°C)	518/328
蒸気発生器入口/出口 水・蒸気温度(°C)	241/507
蒸気圧力(MPa)	13.2
設計寿命(年)	30+10

出典: OKBM高速炉パンフレット(2021年3月8日アクセス)
<http://www.okbm.nnov.ru/upload/iblock/931/931a33e1b7d0c8f89ee19e967ee3b74c.pdf>
 出典: ロスエネルゴアトムHP(2021年3月8日アクセス)
http://stock.rosenergoatom.ru/uploaded/foto/fb_001559.jpg

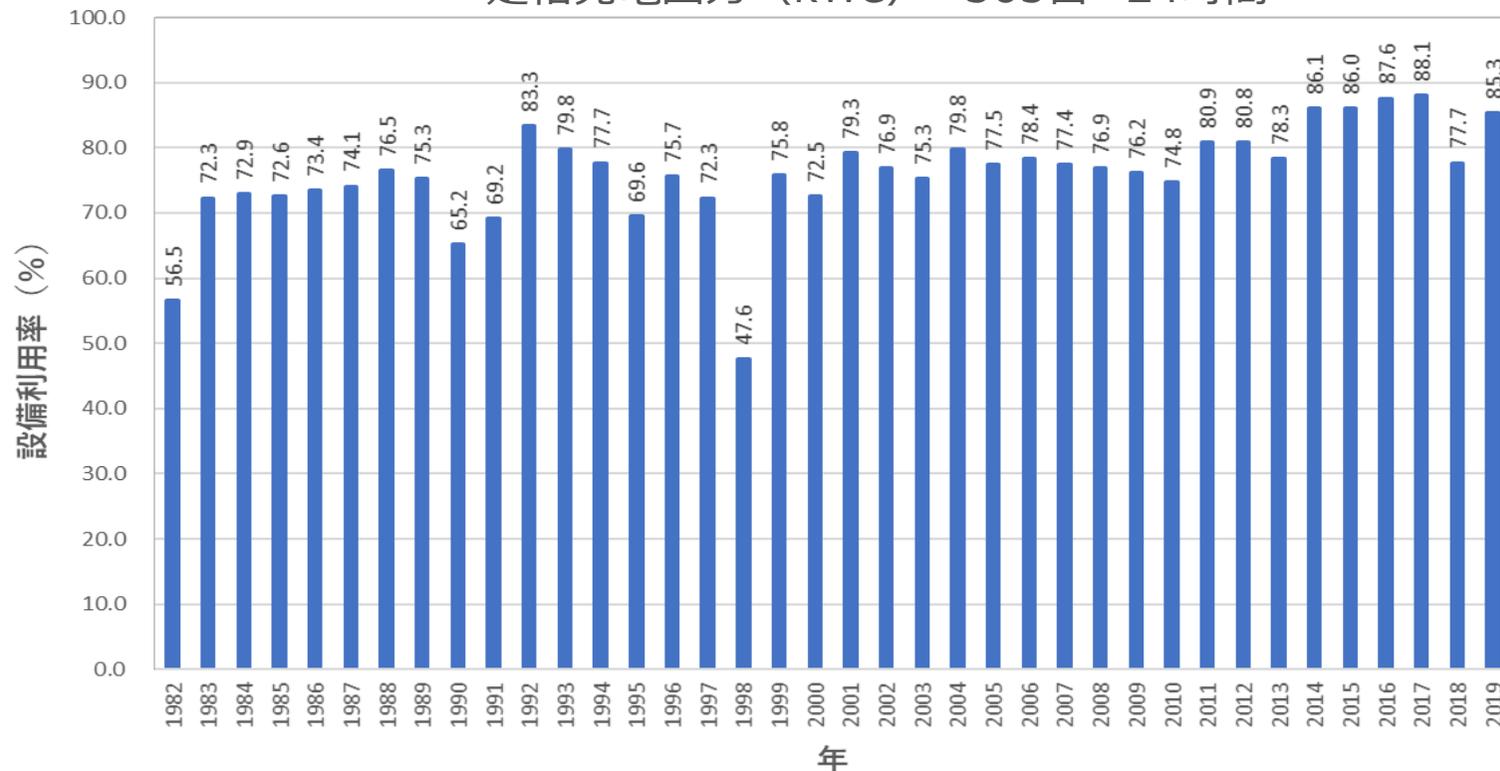
出典: Yu. M. Ashurko, et al., "Russian Fast Reactors: Status of the art in 2016 and prospects for development," IAEA-TWG-FR, (2017)
 より原子力機構作成

高速炉 BN-600の運転実績



- 2020年4月8日に、電力グリッドへの初併入(1980年4月8日)から40周年を達成。
- **BN-600の商業運転開始以降の平均設備利用率(1982年～2019年) : 75.9%**
2014年から2019年までの平均設備利用率は85.1%。
- 2017年には、過去最高の設備利用率88.1%を記録。

$$\text{設備利用率} = \frac{\text{年間発電量 (kWh/年)}}{\text{定格発電出力 (kWe)} \times 365 \text{日} \times 24 \text{時間}}$$



高速炉 BN-800



原子炉上部の写真

- **建設経緯：**
 - 1984年 基本設計を開始
 - 1986年4月のチェルノブイリ事故後の安全基準強化のため開発を中断
 - 2006年 主建屋の建設を再開
 - 2014年6月27日 初臨界
 - 2015年12月 ベロヤルスク原子力発電所の4号機として、初送電
 - **2016年5月30日 定格出力達成**
 - 2016年10月31日 商業運転開始
 - 2020年1月の装荷で述べ18体のMOXを装荷。2020年内にさらに180体のMOXを装荷予定
- **目的：**
 - **高速炉を用いた閉燃料サイクルの実証**
 - 産業が発達しているウラル地方への電力の供給
- **その他： 2021年末に、フルMOX炉心に移行予定**

項目	値
熱出力(万kWt)	210
電気出力(万kWe)	88
冷却ループ数	3
1次冷却系の型式	タンク型
蒸気発生器の型式	ワンスルー型 分割モジュラー形式
最大中性子束密度 ($n\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	$8.8\cdot 10^{15}$
燃料	UO ₂ -PuO ₂
最高燃焼度(%燃焼率)	9.9
炉心入口/出口 ナトリウム温度(°C)	354/547
蒸気発生器入口/出口 ナトリウム温度(°C)	505/309
蒸気発生器入口/出口 水・蒸気温度(°C)	210/490
蒸気圧力(MPa)	13.7
設計寿命(年)	40

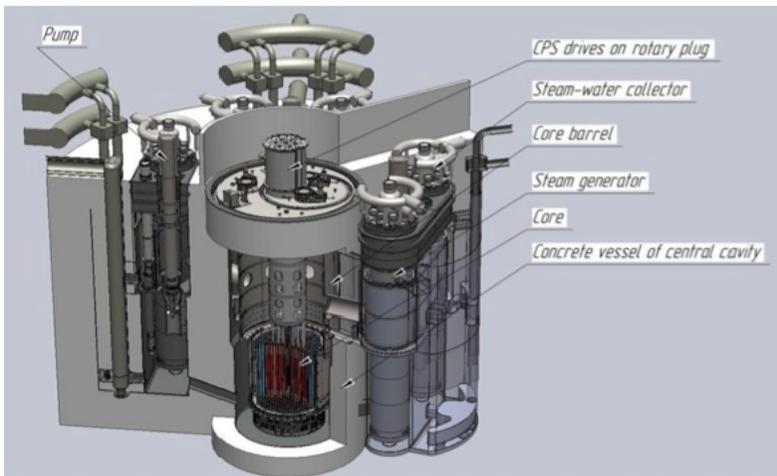
(Puの年間消費量: 1.7トン)

鉛冷却高速原型炉BREST-OD-300と燃料サイクル



- 連邦目標プログラムに基づき、トムスク近郊のシベリア化学コンビナート (SCC)に、窒化物燃料を用いた鉛冷却高速炉と燃料サイクル施設を併設して建設予定、運転開始は2026年以降とされる。
- 運転を通して、鉛冷却高速炉の固有安全性と、鉛冷却高速炉を用いた閉燃料サイクルの実証を目標
 - ✓ 2019年原子炉建屋とタービン建屋等インフラ施設を2026年末までに建設するための契約を締結。
 - ✓ 2020年6月、燃料製造施設 (14トン/年) で主要機器設置を開始することが発表された (完了に1.5年の予定)
 - ✓ 窒化物燃料再処理施設(5トン/年) に向けては、湿式法及び乾式+湿式のハイブリッド方式の検討がなされている段階。
 - ✓ これら3施設でパイロット実証エネルギー複合施設(PDEC)を構成

項目	値
熱出力(万kWt)	70
電気出力(万kWe)	30
燃料	U-PuN
1次冷却材	鉛
炉心入口/出口 冷却材平均温度(°C)	420/535
蒸気圧力(MPa)	17.0
蒸気発生器入口/出口 冷却材温度(°C)	340/505
燃料集合体数	169
冷却ループ数	4
燃料装荷量(トン)	20.6



出典: Yu. M. Ashurko, et al., "Russian Fast Reactors: Status of the art in 2016 and prospects for development," IAEA-TWG-FR, (2017)
より原子力機構作成