



ROSATOM

STATE ATOMIC ENERGY CORPORATION

革新的エネルギー技術の開発に向けた 国際協力

ピョートル・ゼレノフ

ロスアトム JSC サイエンス・イノベーション社

国際コミュニケーション・ビジネス開発部長

 **SCIENCE AND INNOVATION** イノベーションマネジメントカンパニー「サイエンス・イノベーション」社は2011年に創立し、
Innovation Management Company ロスアトムの各種研究機関の資産およびR&D活動を管理している。

次の分野において科学的サービスを提供する上で必要なあらゆる能力を有している：エネルギー/非エネルギー原子力技術、構造・機能材料、原料の抽出・処理、放射線利用、サーベイ技術

研究開発

科学的サービス、
ハイテク製造

顧客のための
包括的科学プログラム策定

顧客のための
科学的インフラ構築

理系職員の訓練

エネルギー物理学部門



НИИАР



НИИ НПО "ЛУЧ"



ФНИ РРФ-ФЗИ



ИРМ

化学・技術部門



НИИ РАДИОНУКЛИДОВ



ВНИИТ



ГИРЕДМЕТ



РАДИОНУКЛИДОВЫЙ ИНСТИТУТ

電気物理学部門



ТРИНИТИ



НИИФ



НТЦ ЯФИ

科学研究機関：11の科学研究機関（以下を含む）：

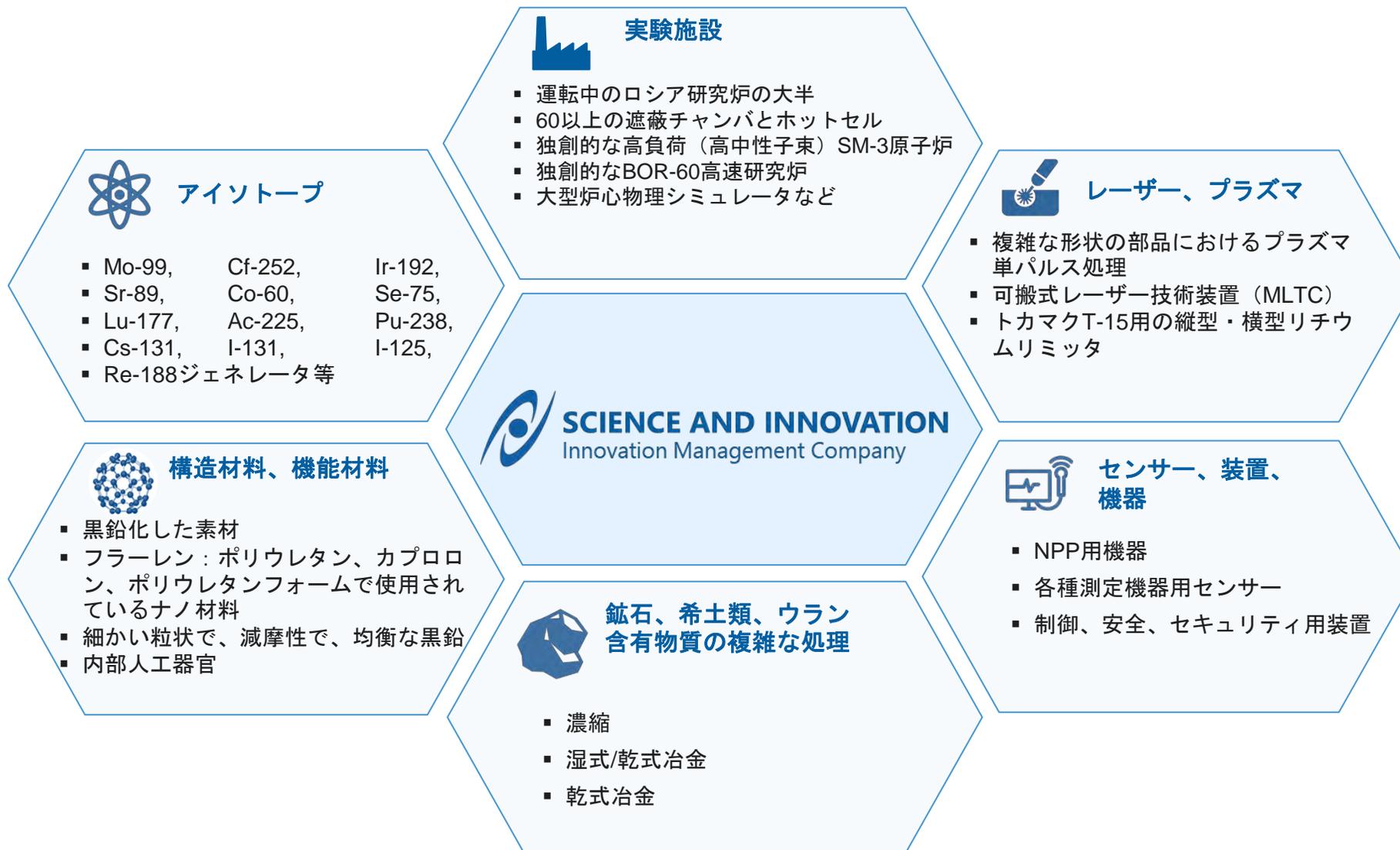
- 3カ所の国立科学センター（RIAR, IPPE, TRINITI）

従業員数：9,500名（以下を含む）：

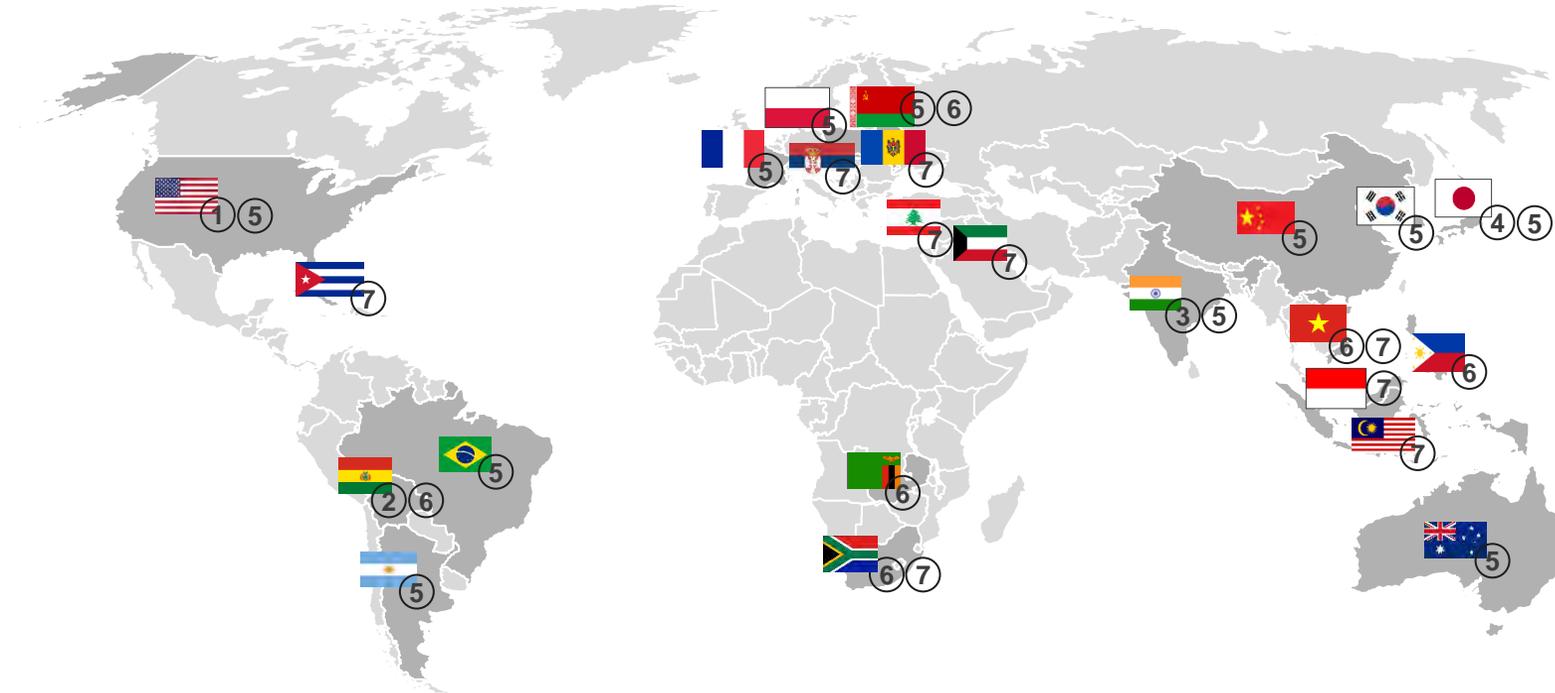
- 研究員：1,936名
- 理系博士：154名
- 理系博士候補：557名
- 院卒生：77名

実験研究施設：182施設（以下を含む）

- 原子炉材料科学、プラズマ研究、レーザー技術のための特別施設



サイエンス部門が手掛ける国際プロジェクト



1 米国
JSC「IRM」がIr-192をこの同位体の世界一の消費者であるQSA Global Inc.（米国）に供給。

3 インド
SSC SRIAR JSCが生成したキュリウム244に基づく放射線源を物理研究所に納入。

5 オーストラリア、アルゼンチン、ベラルーシ、ブラジル、インド、中国、ポーランド、米国、フランス、韓国、日本
JSC Isotopeが同位体製品を供給。

7 ベトナム、インドネシア、キューバ、クウェート、レバノン、マレーシア、モルドバ、セルビア、南アフリカ
JSC「科学技術センターYafi」がIAEAとの協力でポータブル放射線モニタと統合放射線安全システムを開発。

2 ボリビア
JSC「科学技術センターYafi」が供給した放射線モニタと放射線安全システムをエル・アルト空港に設置。

4 日本
JSC IPPEが福島NPP調査のための中性子検知器を開発。

6 ベラルーシ、ボリビア、ベトナム、フィリピン、南アフリカ、ザンビア
ボリビアは原子力科学技術センター（CNST）を設立中。その他の国々もCNSTを検討中。

商業協力

- R&Dサービス
- 革新的製品
- 同位体
- CNST
- レーザー、プラズマ

30

カ国

56

製品・サービス

非商業協力

- 科学技術協力
- IAEA会議
- テクニカルツアー
- 交流プログラム

188

の国際イベントに参加

58

海外代表団の受け入れ

4,800万ドル

2018年売上

11,100万ドル

受注ポートフォリオ（2018年実績）

40,000万ドル

受注ポートフォリオ（2019年予測）

2構成の原子力ー熱中性子炉と高速中性子炉の相乗作用



ROSATOM



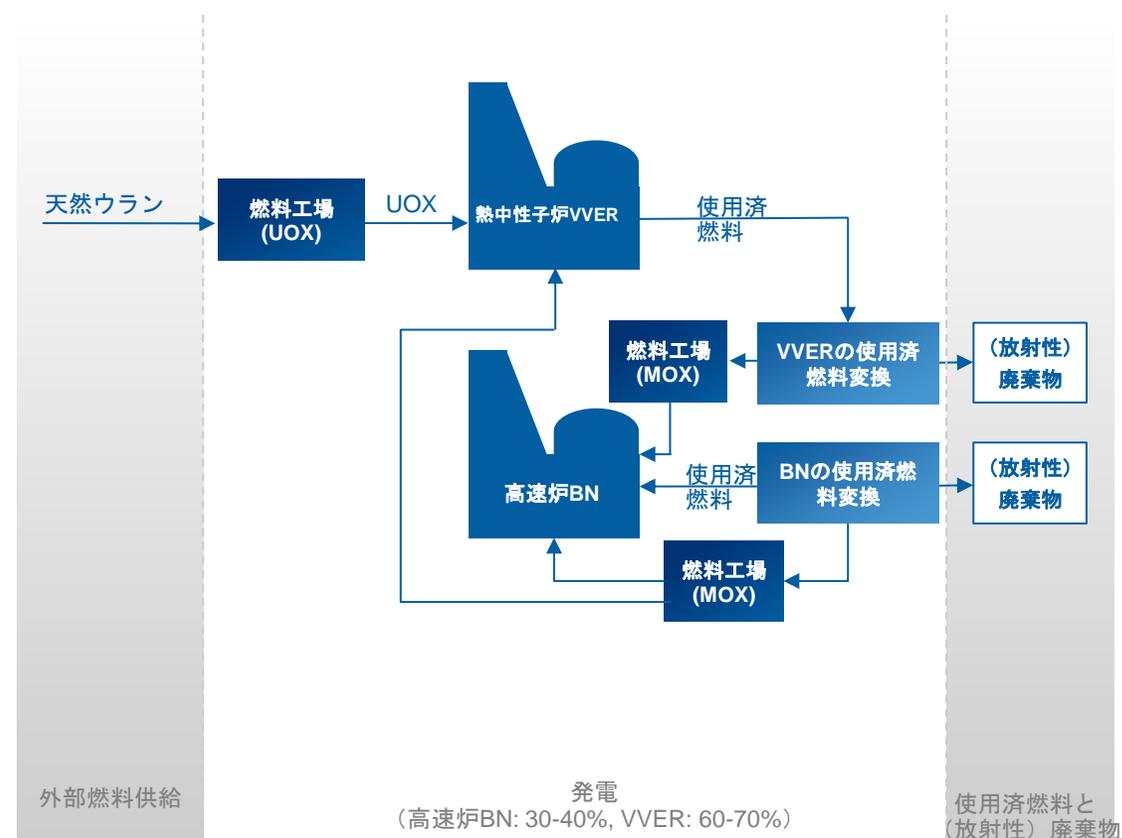
熱中性子炉

+



高速中性子炉

- 世界の使用済燃料蓄積の課題を解決
- 原料ウランの利用効率を10倍
- 高速炉でマイナーアクチナイドを核変換して短半減期化し、廃棄物を最少化



2構成の原子力は、より安価なVVER技術にも基づいている。

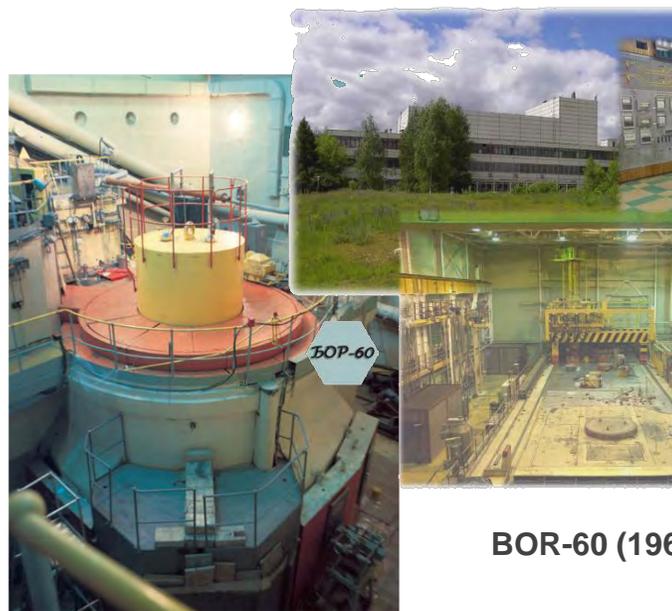
核燃料のリサイクルでは、使用済燃料再処理技術を改良し、燃料組成にマイナーアクチナイドを含めるための効果的な解決策が必要である。

ロシアにおけるナトリウム冷却高速炉開発段階



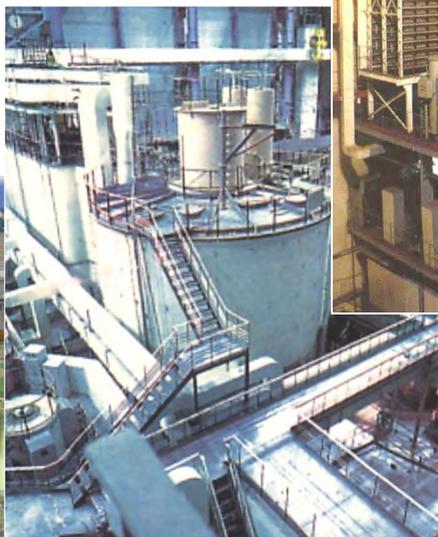
ROSATOM

ロスアトムサイエンス部門は、
ロシアのナトリウム冷却高速炉の
科学分野のリーダーである



BR-5/10 (1959)

BOR-60 (1969)

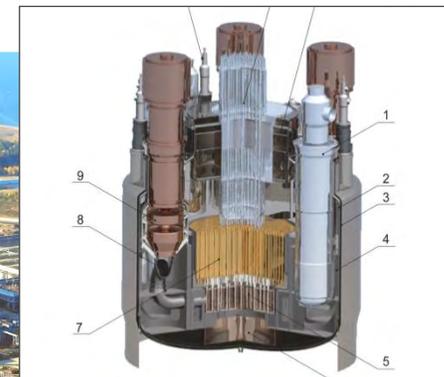


BN-350 (1973)

BN-600 (1980)



BN-800 (2015)



BN-1200 (2027)

- 高速炉の主な特性は、 ^{238}U と ^{232}Th を核燃料サイクルに取り込めることである。 ^{238}U と ^{232}Th は、現在熱中性子炉の主燃料となっている ^{235}U よりも自然界にはるかに多く存在している。
- 高速炉は現在直面している既存の熱中性子炉における使用済燃料問題を解決できる可能性がある。
- これらの特徴は、核燃料サイクルの完結（核燃料サイクルを閉じること）によって、最大の価値を発揮する。

ロスアトム サイエンス部門は、
ロシアのナトリウム冷却高速炉の
科学分野のリーダーである

IPPE（オブニンスク）：

- BR-1 (1955)
- BR-2 (1956)
- BR-5 (1959)
- BR-10 (1973)
- BFS-1 (1961)
- BFS-2 (1970)

RIAR（ディミトロフグラード）：

- BOR-60 (1969)
- MBIR（2025年に運転開始予定）



BR-1 – 欧州初の高速中性子研究炉



BFS-2 – 世界最大の実験施設



BFS-1 – ベンチマーク実験施設

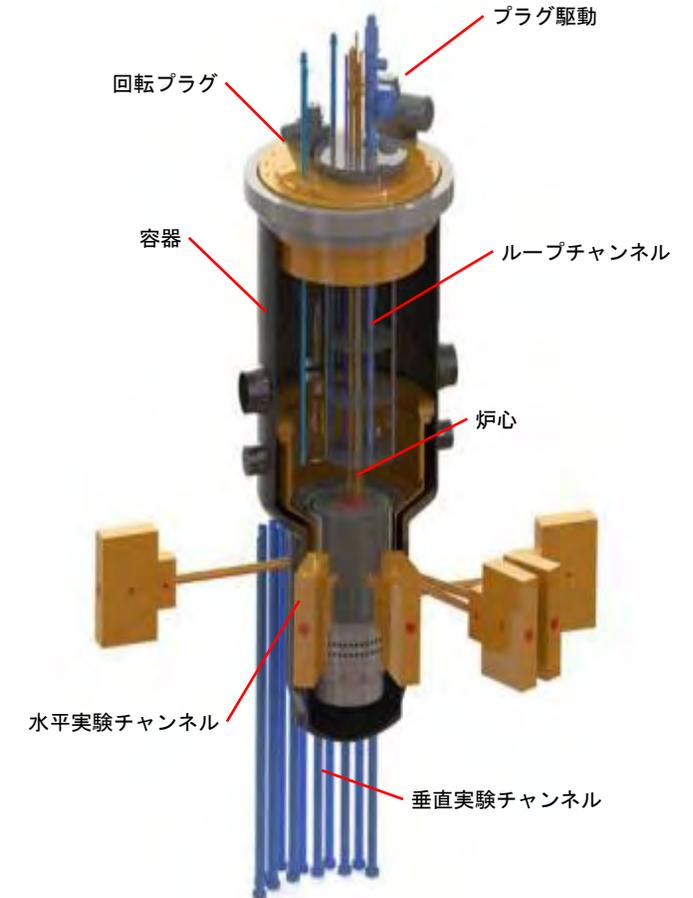


MBIR多機能研究炉（モデル）

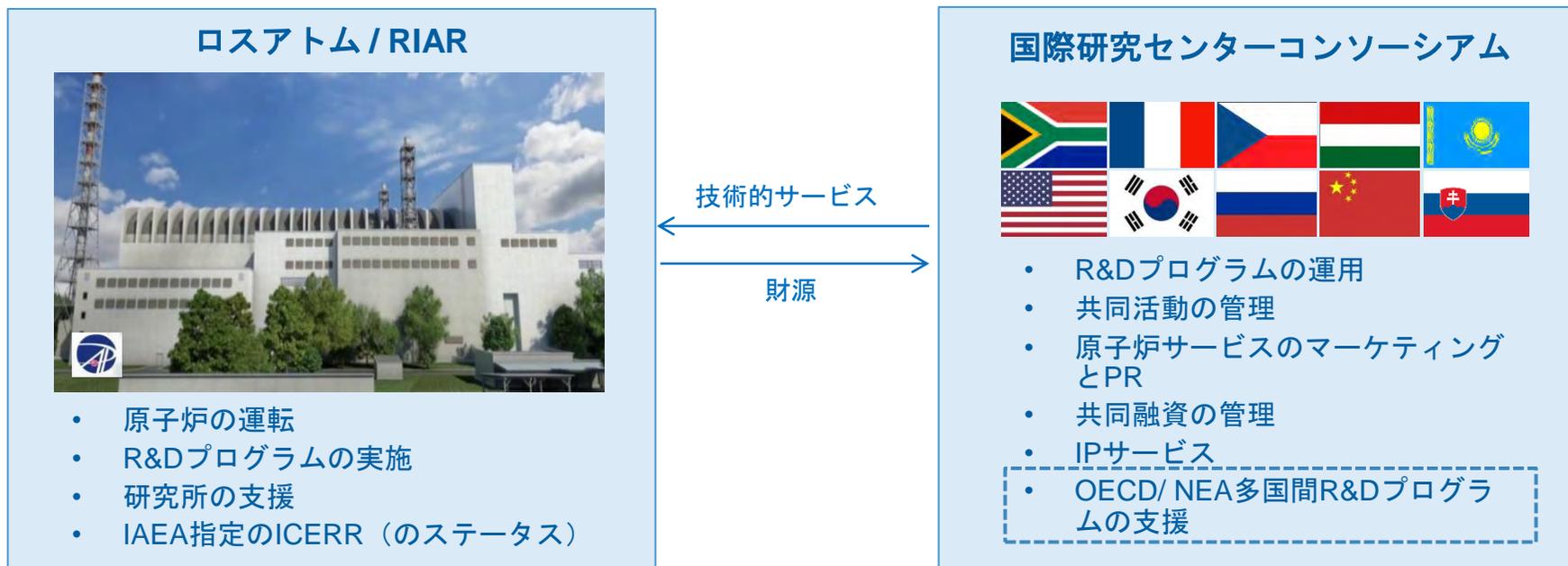
MBIR – ユニークな多目的研究インフラ

- 高速中性子スペクトル、ナトリウム冷却、MOX燃料、150 MW(t)熱出力、50 MW(t)電気出力 – MBIRは立地地域に電力を供給する
- 線出力密度 – 最大500 W/cm、被覆管最高温度700°C
- 設計寿命 – 最低50年
- 実験性能のアップグレード可能、ソケットでは実際に近い状況で実験器具の試験可能
- RIARで建設中 – 原子炉科学研究所（ロスアトム企業）

主な技術的能力	BOR-60	MBIR
最大中性子束、10E15/sec/(cmxcm) (10E15は10の15乗)	2.8	5.3
炉内の照射用集合体数	12	14
機器を備えたセル	1	3
外部ループチャンネル	0	3
垂直/水平チャンネル	12	18
中央チャンネルの最大dpa率 (年間)	22	34
炉心における合計dpa/l (年間) (dpaは照射損傷率の尺度)	300	1350



パートナーは照射後試験に関して別の契約を結ぶことができる。RIARには広範囲の研究施設があり、それを使えば照射済材料の移送や放射性廃棄物処分の問題を避けることができる。



国際協力のメリット

海外パートナーにとってのメリット：

- 2020年以降、MBIRでの研究を保証。
- 高速炉と原子炉実験の経験と知識を共有。
- 革新的原子炉に関する自国プロジェクトの実験とR&Dのプラットフォームになる。

世界のコミュニティにとってのメリット：

- 核不拡散体制へのリスクをもたらすことなく高速中性子炉の分野に途上国の専門家を惹きつけ得る。

ロシアにとってのメリット：

- プロジェクトの開発段階において、さらなる経験と知識を得られる。
- ロシアと海外の専門家の相互交流を拡大できる。
- プロジェクトに追加投資できる。

ロシアにおける鉛冷却高速炉の開発段階



ROSATOM



Pb-Biスタンド(1951)



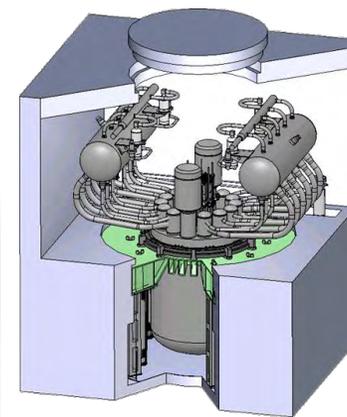
試験潜水艦
「プロジェクト645」
(1963)



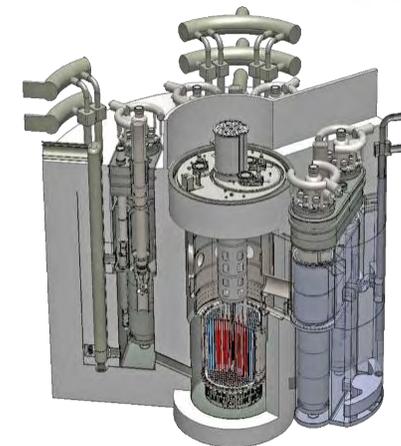
試験潜水艦
「プロジェクト705」
(1971)



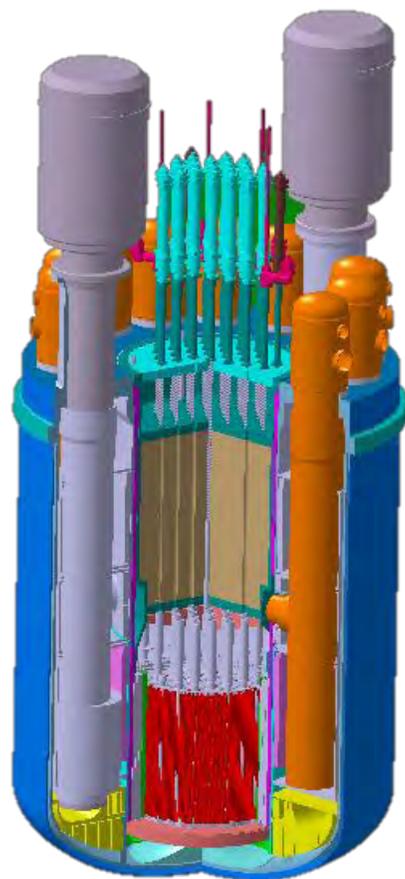
潜水艦シリーズ
「プロジェクト705」
(1976-1996)



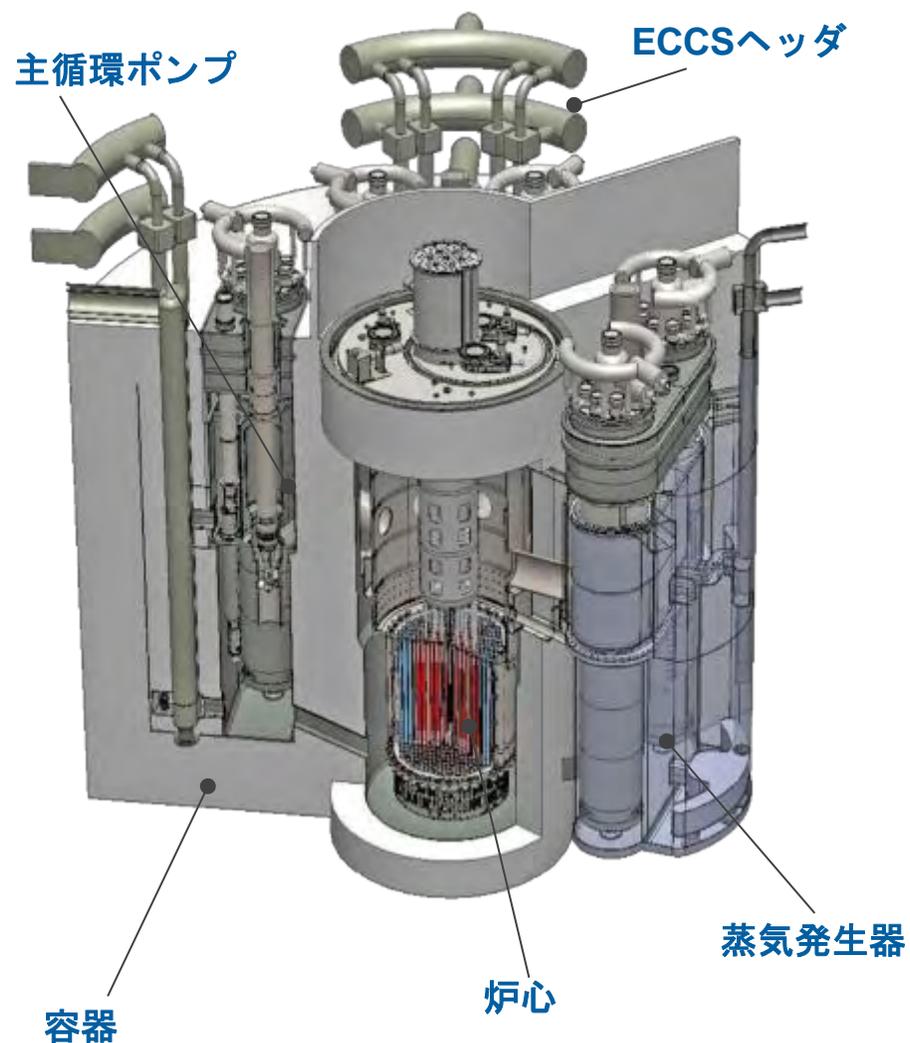
SVBR-100
(2025年以降)



BREST-OD-300
(2025年以降)



パラメータ	値
熱出力（定格）（MW）	280
温度（°C）	
炉心出口	482
炉心入口	320
燃料棒（本）	12,114
炉心の平均出力密度（kW/dm ³ ）	140
燃料棒あたりの平均線出力密度（kW/m）	~243
燃料タイプ	UO ₂
U235装荷量（kg）	1,470
平均濃縮度（at %）	16.1
1次冷却系の冷却材量（m ³ ）	18
原子炉モジュールの大きさ（直径×高さ）（m）	4.53×7.55



BREST-OD-300：革新的技術解決策

- 新しいタイプの冷却材—化学的に不活性液体の鉛
- (U-Pu) 窒化物燃料の平衡炉心：
 - 出力レベルでの低反応度裕度 ($< \beta_{\text{op}}$) により、チェルノブイリ型の事故を排除
 - 兵器級のPuを製造することなく、全炉心増殖（増殖比：1.04~1.06）（ブランケット燃料なし）
 - 運転3年目から—燃料自給のクローズド核燃料サイクル—開始
 - 長寿命MA利用（燃焼）の余地
 - 冷却材喪失の可能性を排除（新しいタイプのECCS）—福島型の事故は発生しない

熱出力 (MW)	700
電気出力 (MW)	300
蒸気発電容量 (t/h) (最低値)	1,480
一次冷却材量 (m ³)	鉛 1,000
LCより上部の気体圧力	
-過圧 (MPa)	0.003-0.005 0,02
-最大圧力 (MPa)	
炉心入口/出口の平均Pb温度 (°C)	420/540
蒸気発生器入口/出口の平均Pb温度 (°C)	340/505
ループの数	4

ロシアの現状

ロシアの気候状況では、熱供給に燃料が最も使われる（燃料エネルギー資源の40%超）。

熱エネルギーの75%は、地域暖房システムの施設で消費されている。

化石燃料を使用した熱源には明らかな欠点がある。

- 有機燃料の価格高騰
- 遠隔地への燃料輸送が困難
- 環境問題



原子力熱供給システムを有効なものとするための条件

- 最小の設置コスト
- 主に「基本モード」で原子力発電設備を運転
- シンプルな機器製造、据え付け、建設
- 最短時間での設計・建設
- 最高の安全性—消費者のすぐ近くに設置可能
- 保守が容易—大量の人員を要しない

住宅と地域の熱供給システムを有効なものとするには、特別な原子力設備が必要となる。

これらの条件下において、住宅と地域のニーズに対して、原子力は最も有効な熱源であると証明できる可能性がある。

ロシアは原子力発電炉を熱供給に利用する成功経験を有している



AM炉を備えた世界初のNPP（オブニンスク）



初の原子力による熱供給プラント（ビリビノ）

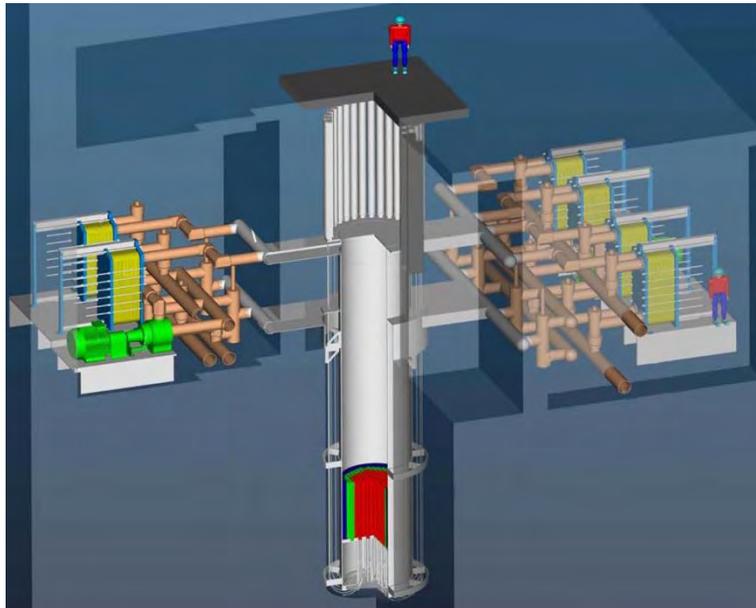


BN-600高速炉を備えたベロヤルスクNPP（ザレチニ）

一次系が大気圧の熱供給用原子炉 (Reactor Unit for The heat supply with Atmospheric pressure in the primary circuit)

プール型原子炉の一次系には余剰な水圧がかからないため、核燃料を損傷するような危険緊急事態が発生することはない。

安全性が高いことから、こういった原子炉を備える発電所は熱消費者の住む居住区域や市街地にも建設することができる。



メリット

単一目的での使用 – 熱供給

単純な設計

(プール型原子炉、
低圧力、低温度な一次系熱媒体)

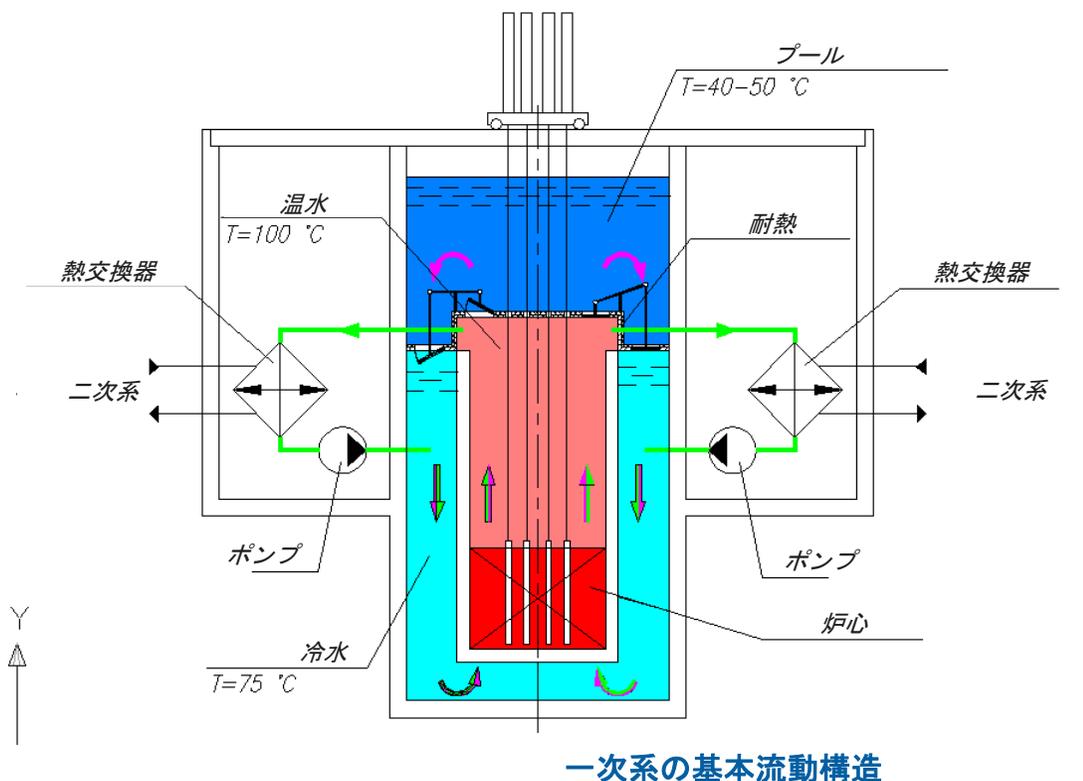
信頼性と安全性

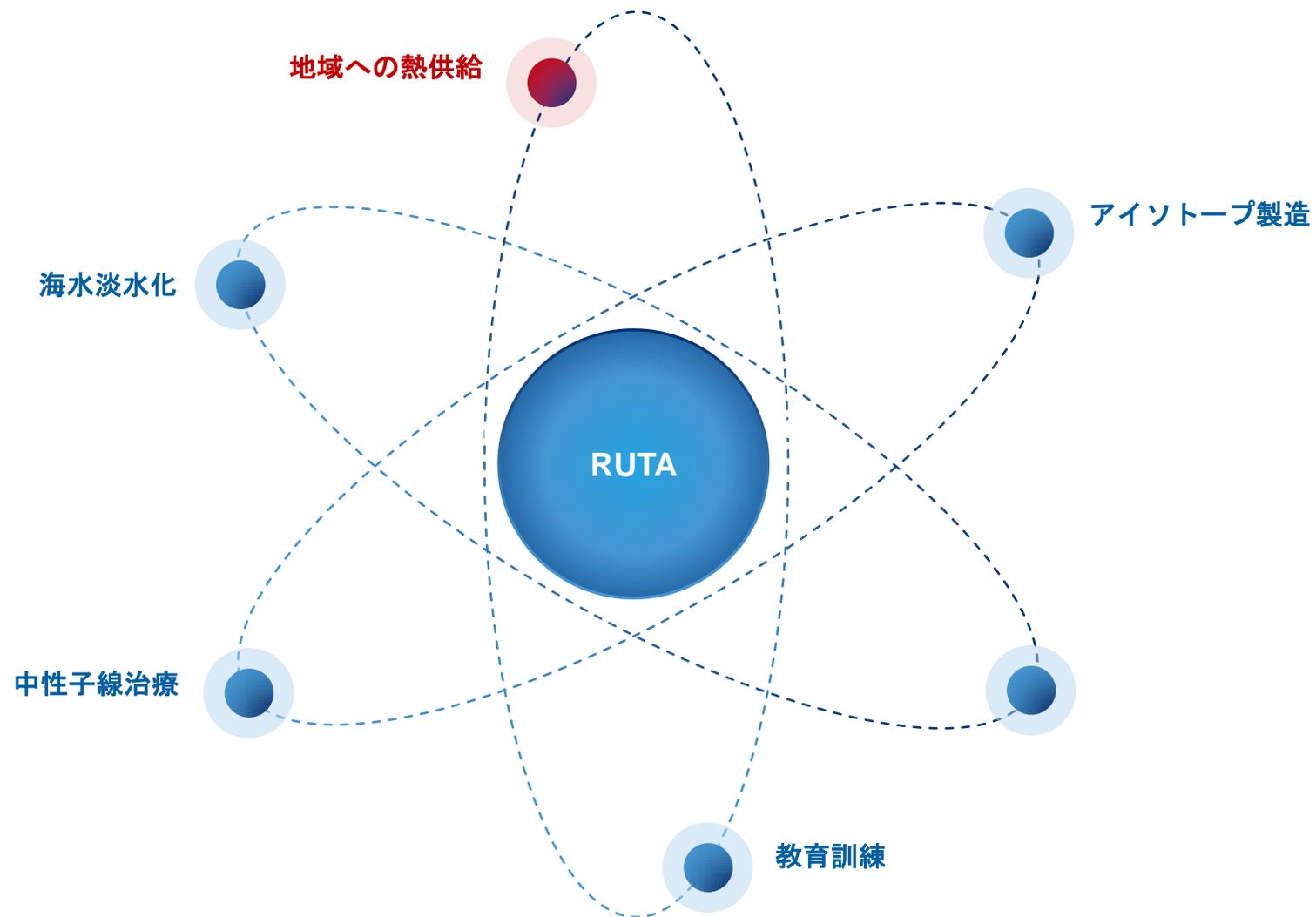
(熱を消費者に移送する3つの回路、大量に貯水できるプール、
フィードバック反応度、緊急時は自然循環)

低コスト

- シリーズ製造の原子力機器と非原子力機器を使用
- 低濃縮二酸化ウランを基にした核燃料 (VVER型原子炉用と類似)
- 一括提供 : RUTA原子炉の運転・保守の全サイクルを実施できる可能性がある (サービスと使用済燃料管理を含む)

原子炉の熱出力	20~70 MW
燃料	UO ₂ /サーメット
U-235濃縮度 (%)	3.6 / 5.4
燃料ライフサイクル	9 (30) 年
燃料交換間隔	3 (10) 年
炉心温度 (入口/出口)	75 / 101 °C
ループ数	2
年間熱供給量 (設備利用率=0.66)	100,000 – 350,000 Gcal
ライフサイクル	60 (100) 年







ROSATOM

日本の水素計画



日本 – 水素および水素技術開発分野をリードする国の1つである。

日本は「水素経済」を構築し、2020年までに「水素社会」を実現することを目指している。

日本の水素計画では、**2050年までに最大1,000万トン**を計画している。

「水素基本戦略」 - 国内水素市場開発のための段階的な実証アプローチ

- サプライチェーン商業段階
- 国内P2G技術の開発
※P2G技術=POWER-TO-GAS技術
=電気で水素を作って動力に使う



サプライチェーン開発と実証、スケールアップ
利用：



製造チェーン全体でのCO2フリー技術への移行
大規模利用：



ロシアは日本にとって信頼できるサプライチェーンパートナーの1つとなることができる

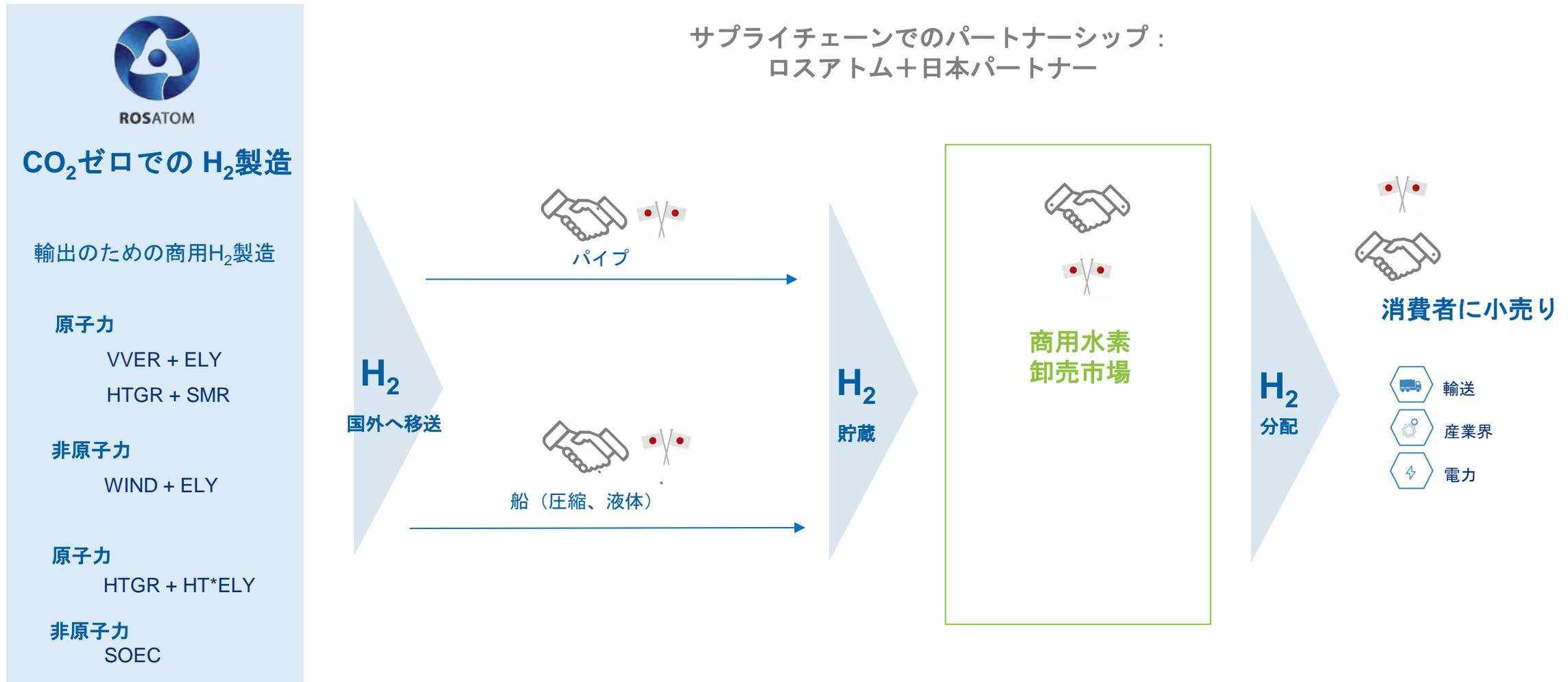
ロスアトムとの協力準備は整っている



ROSATOM



サプライチェーンでのパートナーシップ：
ロスアトム+日本パートナー





ピョートル・ゼレノフ / Petr Zelenov

ロスアトムJSCサイエンス・イノベーション社

国際コミュニケーション・ビジネス開発部長

e-mail: PeVZelenov@rosatom.ru

