

原子力人材・技術・産業基盤の維持・強化について

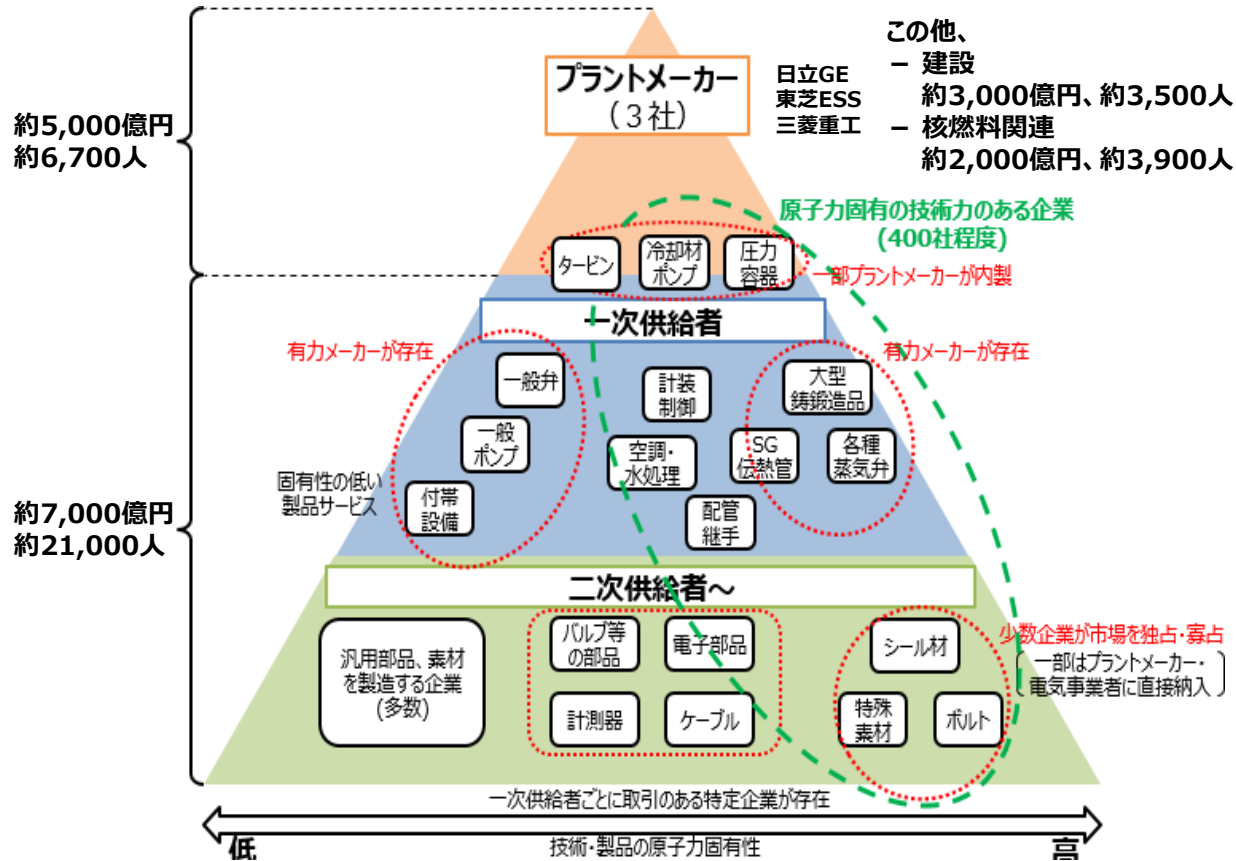
令和3年4月14日
資源エネルギー庁

1. 原子力技術・産業を担うプレイヤーの現状

原子力産業サプライチェーン

- 原子力産業は多くのサプライヤや建設事業者等に支えられており、プラント・機器の製造・メンテナンスだけでも**年間1兆円規模の巨大サプライチェーン**を構築。**素材及び製造技術に原子力固有の特殊性を持つ企業も数多く存在。**
- また、耐放射性・遮蔽性・気密性や高い耐震性等に加え、保守・メンテナンスやトラブル対策を確実に実施するための高いトレーサビリティといった**高度な品質管理が求められる。**

原子力のプラント・機器製造等のサプライチェーン



原子力固有の品質管理

・高温・高圧・高放射性といった特殊環境 に耐える品質性能 (高品質)

例：原子炉冷却材圧力バウンダリ内の機器等はクラス1に分類され、最も高い規制要求が求められる。

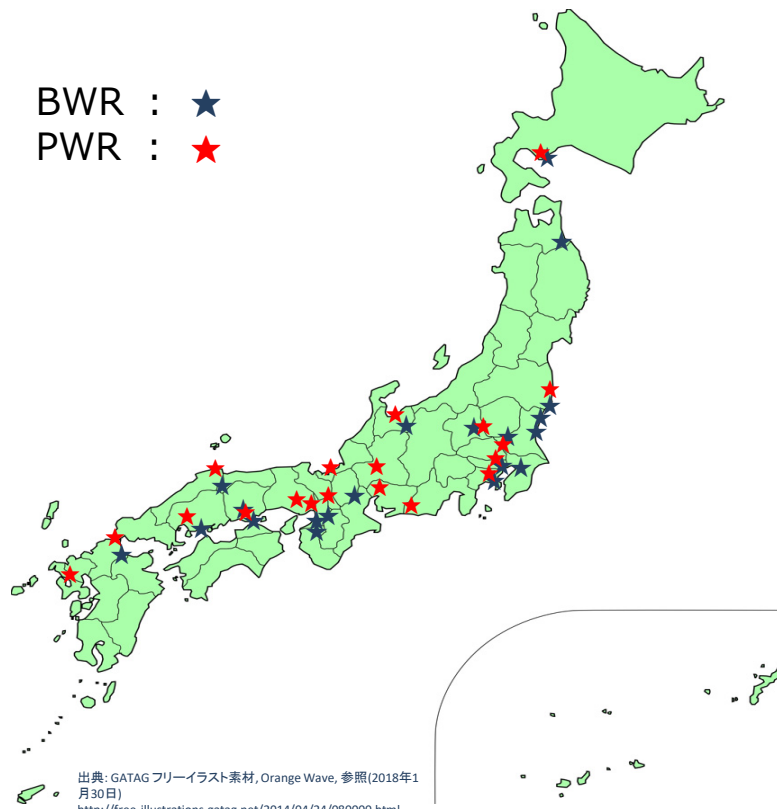
クラス1 機器等	製品例 (主要サプライヤ)
原子炉容器	原子炉圧力容器 (日本製鋼所)
管	蒸気発生器伝熱管 (日本製鉄)
ポンプ	PLRポンプ (荏原製作所)
バルブ	BWR：主蒸気逃がし安全弁 (岡野バルブ) PWR：加圧器安全弁 (東亜バルブ)
支持構造物	炉心支持構造物 (日立金属、大同特殊鋼)

- ・規制基準で求められる耐震性 (耐震性)
- ・トラブル発生時の追求可能性 (トレーサビリティ)

技術自給率

- 原子力の技術は、当初は海外からの機器輸入割合も高かったが、**1970年以降に営業運転を開始した原発の多くで国産化率90%を超えており、国内企業に技術が集積されている分野**である。
- 新型コロナウイルスの拡大によって、様々な産業分野でサプライチェーンの国内回帰の声もある中で、**原子力産業は、安定的に電力を供給するためのサプライチェーン（約1,000万個の部品点数）を国内に持つ強み**がある。

BWRおよびPWRの主なサプライヤマップ



原子力発電所の国産化率の推移

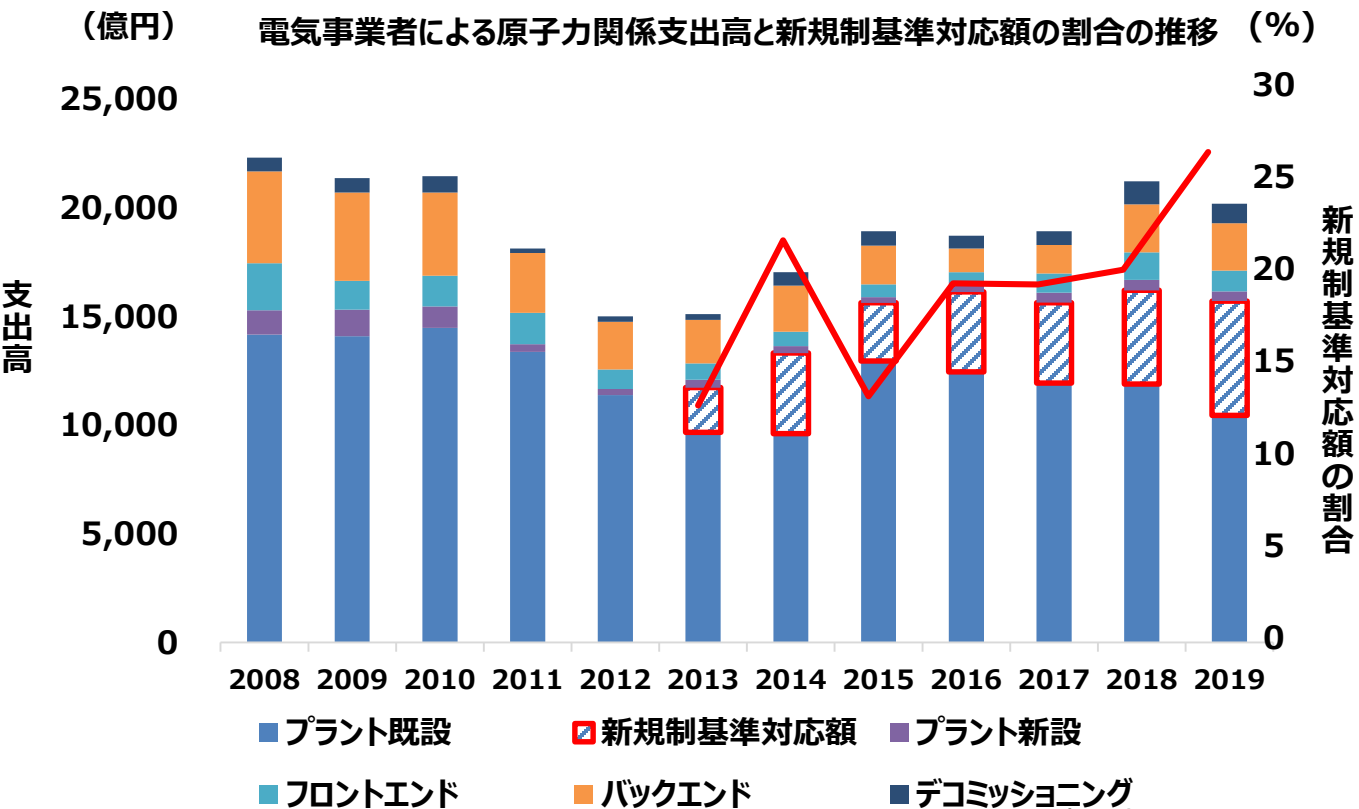
発電所	東海 (黒鉛炉)	美浜1号 (PWR)	高浜2号 (PWR)	美浜3号 (PWR)	柏崎刈羽5 (BWR)	柏崎刈羽7 (ABWR)
運転開始年	1966	1970	1975	1976	1990	1997
国産化率 (%)	35%	58%	90%	93%	99%	89%

廃炉決定済

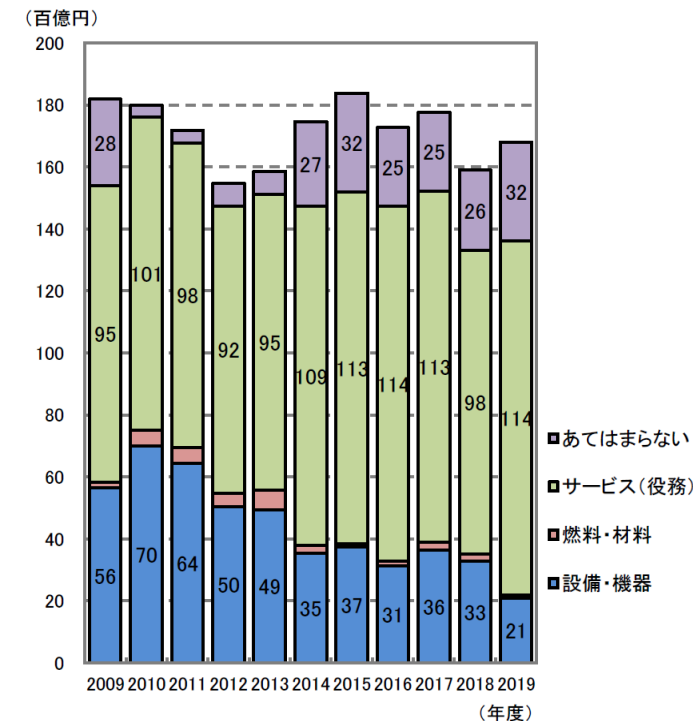
(出典) 原子力発電の効率化と産業政策 国産化と改良標準 (RIETI)、電力会社HP

原子力産業における環境の変化

- 震災前は、原子力発電所が稼働する中で、電力会社は、安定した収入を原資に、既設プラントに加え、バックエンドの課題解決や新設に向けた投資を継続し、プラントメーカー以下の原子力産業界は設計・製造や技術開発を行ってきた。
- 震災後、原子力発電所が長期稼働停止となる中で電力会社の支出額が減少。近年は既設プラントの再稼働に向けた安全対策工事支出に注力し、総額も回復傾向。
- 原子力産業界の売り上げは震災前後で横ばいだが、項目別ではサービス（建設業等）が太宗を占め、設備・機器や燃料・材料は著しく減少。



項目別の原子力関係売り上げの推移

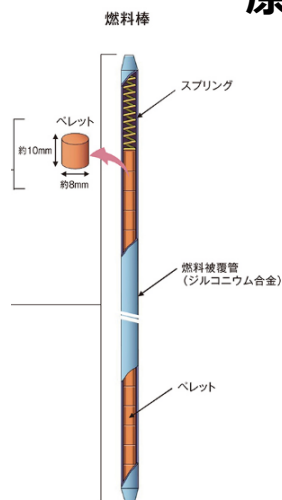


原子力関連事業者の状況①

- プラントメーカーは安全対策工事等の需要があることから原子力事業で一定の収益を維持するも、一部サプライヤにおいては、**市場の見通しが見えない中で収益が大幅に減少する厳しい状況に。**
- **特定の原子力関連製品を扱う企業の廃業**や原子力固有の品質管理体制の維持が困難になり、**原子力事業から事業撤退する企業**が相次いでおり、**サプライチェーンの劣化が懸念**される状況

原子力関連製品事業者の廃業

ジルコプロダクツ



- 神戸製鋼所と旧住友金属工業が合併で設立した、国内唯一のBWR向け原子力燃料被覆管の製造メーカー。
- 2017年、原子力発電所の長期停止により新規需要が望めないことから、会社を**解散、生産を停止**した。
- これにより、**燃料被覆管は国内で調達できない状況**となっている。
- 事故時に水素を発生しない燃料被覆管のプラントメーカーによる開発を支援中。（原子力の安全性向上に資する技術開発事業）

日本鑄鍛鋼



- 旧新日本製鉄と三菱製鋼が合併で設立した、大型鑄鍛鋼品の製造メーカー
- 原子炉圧力容器、蒸気発生器、タービン用部材（大型鍛造品）を製造。
- **2020年3月末に自主廃業**
- **原子炉圧力容器の部材を供給できる企業は国内1社（JSW M&E）に。**

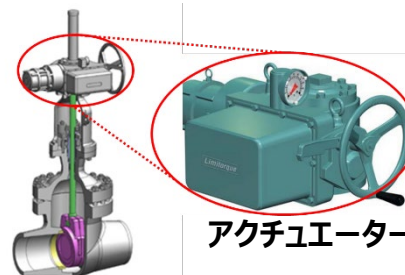
原子力事業からの撤退

川崎重工業



- 蒸気発生器等の主要部品を製造。2020年11月に**原子力事業をアトックス**（原子力発電所の保守管理や除染を手がける）へ**譲渡**すると発表。**2021年4月に正式譲渡。**
- シビアアクシデント発生時に発生する水素を処理する**可燃性ガス濃度制御系再結合装置の製造技術を持つ唯一のメーカー**
- 2023年3月までアトックスに保守・点検等の技術支援を予定。

電動弁（仕切弁）



アクチュエーター

甲府明電舎

- 直流電動弁の駆動装置（アクチュエーター）内の直流モータを製造
- **電動弁用直流モータの製造中止を決定。**アクチュエータ製造メーカーである日本ギア工業が主体となり代替調達先への技術伝承を実施中（令和2年度原子力産業基盤事業）。

原子力関連事業者の状況②

- 日本は、圧力容器、蒸気発生器、タービン等を使用される大型鍛造品の製造には一定の強みがあり、海外への納品実績も豊富にあったものの、**国内での新規受注低迷や中国等での国産化の進展により、売り上げが大幅に減少。**

日本製鋼所M & E (JSW M&E)

- ・ 原子炉の中核となる原子炉圧力容器の部材を供給するサプライヤ。
- ・ 世界最大級の最大670トン鋼塊から鍛鋼品を製造可能であり、プラントメーカーの溶接・検査コスト低減に貢献
- ・ 原発ルネサンス期の受注増に対応するため**震災前にラインを増設するも、震災後売上は1/10に低迷。**
- ・ 原子力発電所の新設が進む中国に対しても輸出をしているが、**中国では原子力製品の国産化が進み、納入件数は減少傾向。**



(AP1000 SG用チャンネルヘッド)

三菱パワー

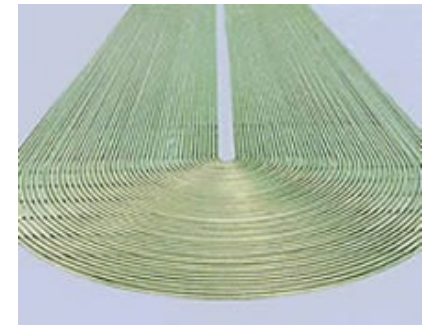
- ・ 原子力発電所向けのタービンを製造するサプライヤ（2020年7月に三菱日立パワーシステムズから社名を変更）。
- ・ 原子力のタービンは火力に比べて大型であり、耐震強度や放射性物質への耐性（BWRの場合）等の高度な品質管理が必要。
- ・ 主にPWR向けのタービンを製造する高砂工場では、**原子力向け製品の売上の割合は、足元は10%未満に。**
- ・ **海外でも豊富な納品実績をもつ（1990年以降欧州4件、アジア6件）も近年では実績は低下傾向。**



(54インチ低圧タービンロータ)

日本製鉄

- ・ 蒸気発生器伝熱管（SG管）を製造するサプライヤ。
- ・ 震災前に年間1,600トン（プラント8基分）の能力増強投資するも2020年の製造実績は年間100トン超で、**震災後売上は1/10程度に低迷。**
- ・ SG管は、蒸気発生器内にあるため高い信頼性が求められ、長く継ぎ目のない管を正確に曲げる技術、高い品質管理が必要。
- ・ **過去は世界シェアの33%を占めていたが、近年は交換需要のみで、新設が進む中国は国産に切り替えている。**

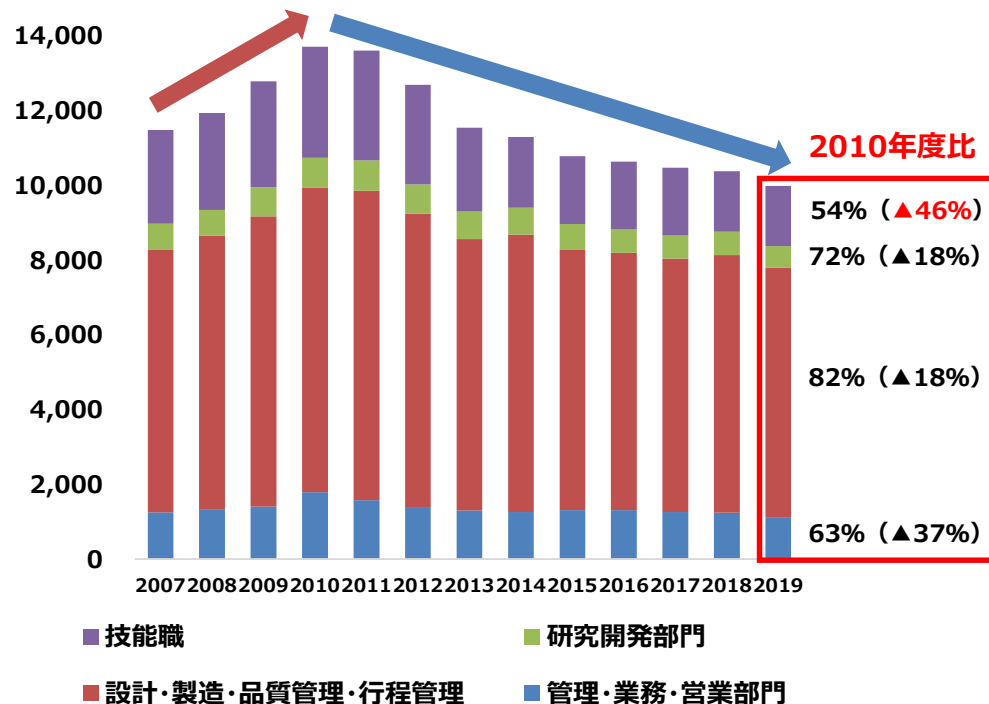


(蒸気発生器伝熱管：SG管)

原子力に関わる人材（産業）

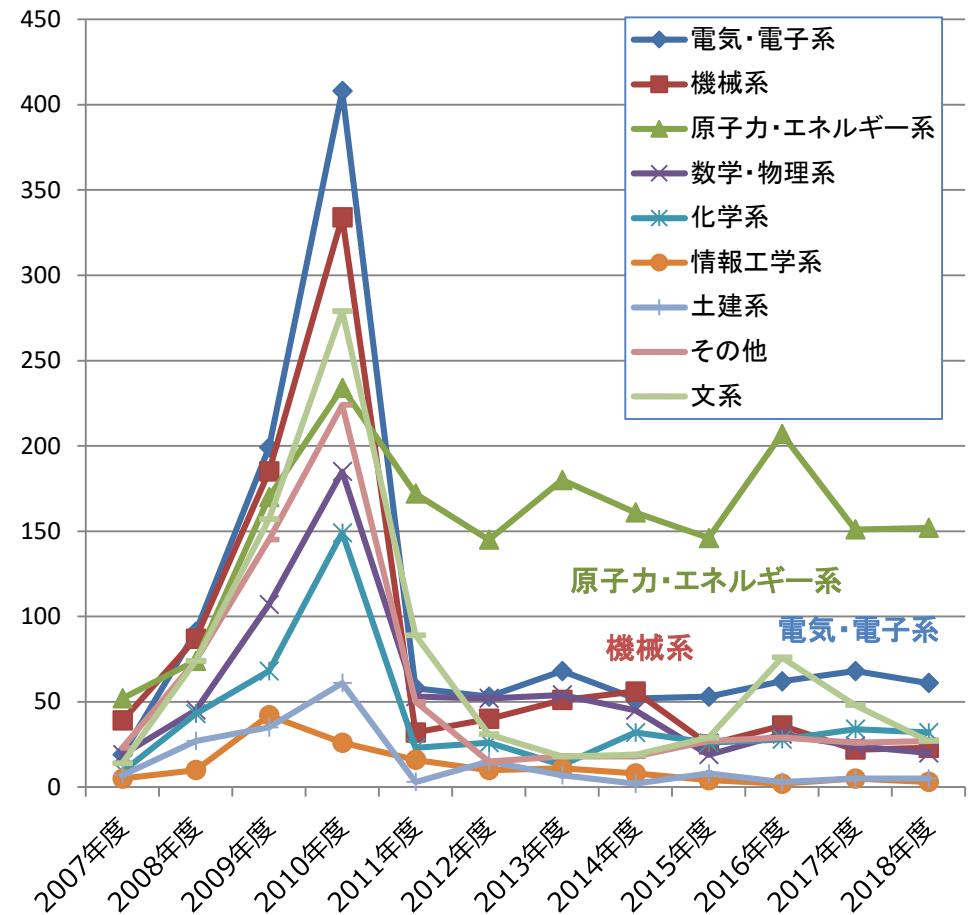
- メーカーにおいては、原子力関連業務に従事する従業員数は震災以降減少傾向。特に、大型設備の製造時に必要な溶接工・組立工・機械工などの高い技術を持つ技能職が大きく減少。
- 原子力関連企業の就職説明会に参加する原子力系の学生はほぼ横ばいであるが、将来の原子力産業の見通しが見えない中で、非原子力系の学生の参加は大きく減少。

メーカー14社の各部門の原子力従事者



(出典) 日本電機工業会資料より作成

原子力関係企業合同就職説明会の学生参加者数の推移



(出典) 原子力産業協会資料より作成

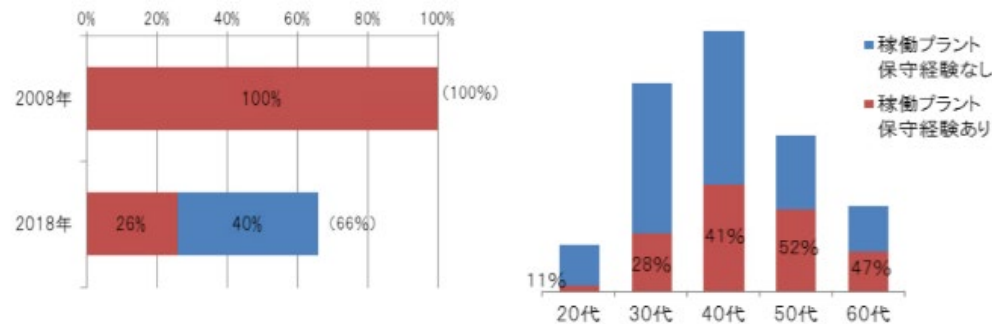
原子力に関わる人材（プラント保守・点検）

- プラントの長期停止により、稼働プラントの運転・保守作業の機会が減少し、技術作業員の維持が困難になるメーカーも。
- 電力会社では、人員の融通や研修等により、再稼働に備えて技術力を維持している。

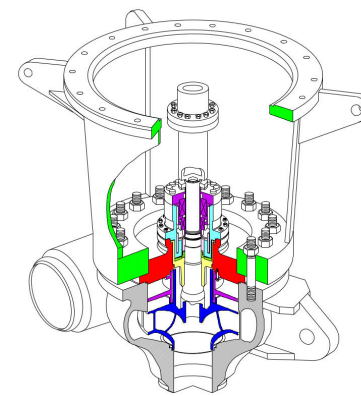
稼働プラントの保守・点検技術者の減少

- 保守・点検を行うA社では、2018年の**作業班長（各作業ごとの責任者）**は2008年に比べて**33%減少**。稼働プラントの保守経験を有する者の比率も低下している。

作業班長の人員数の変化と年齢構成



（出典）日本原子力産業協会資料より（2018年1月時点）



（PLRポンプの構造）

- BWR向けの原子炉再循環ポンプ（PLRポンプ）は高い信頼性が要求される。
- PLRポンプ専門の荏原バイロン・ジャクソンが納入し、メンテナンスを実施。
- BWRの再稼働が進まず、震災以降売上が激減した状況が継続する中、技術者の高齢化が進み、今後の維持が課題に。

（出典）事業者へのヒアリングより作成

電力会社の保守・点検作業員の技術力維持の取組例

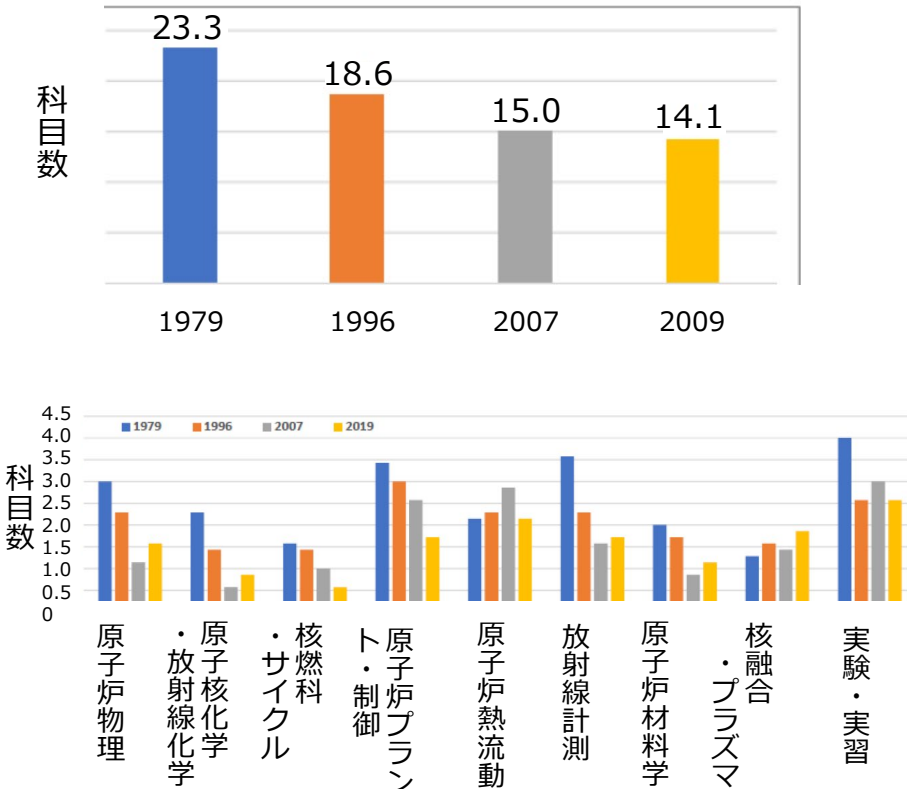
- **未稼働プラント（泊発電所）の運転員を稼働プラント（高浜発電所、伊方発電所）へ約2年間派遣し、当直勤務として経験を蓄積。**
- 活きた現場として火力発電所に運転員・保修員を派遣し経験を蓄積
- **海外プラントメーカーへの研修派遣等による技術レベル向上**
- 教育訓練の充実（シミュレータ訓練、ベテラン社員によるOJT等）
- 原子力安全推進協会（JANSI）による再稼働レビュー（先行プラントの知見を、後続プラントへ現場レベルで反映）

（出典）電気事業連合会調べ

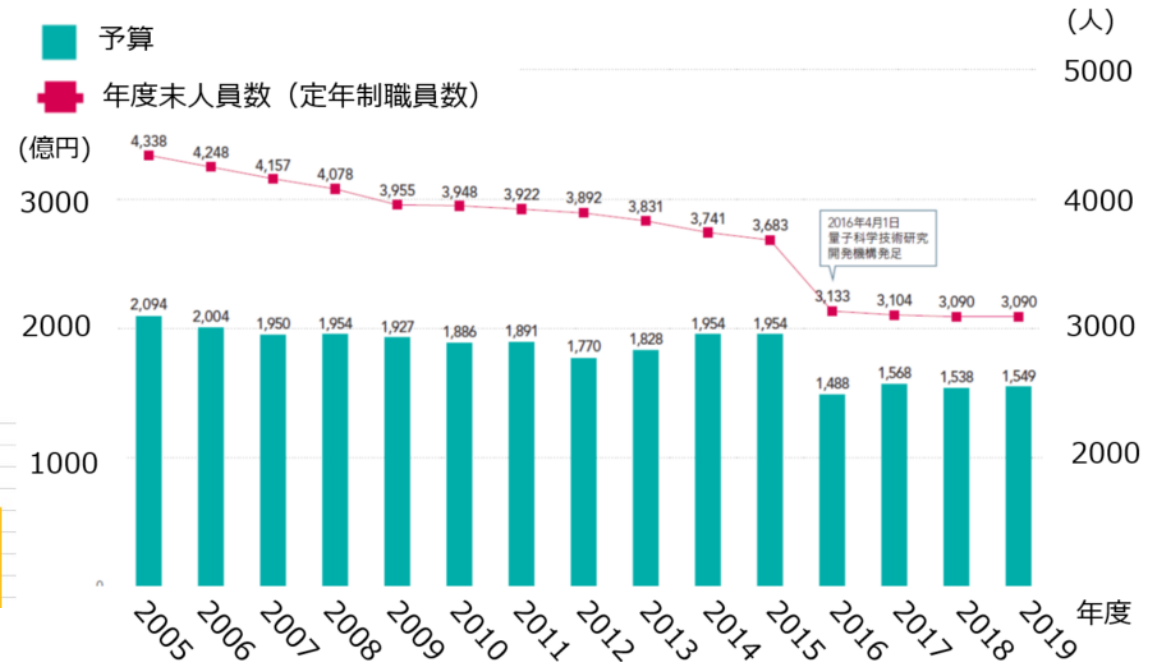
原子力に関わる人材（教育・研究）

- 大学における原子力関係科目総数は80年代以降半分に。震災後は、「核燃料・サイクル」「プラント・制御」「原子炉熱流動」等の原子炉工学分野の減少が顕著に。
- 国立研究開発法人として、我が国の原子力分野の研究開発を担うJAEA（日本原子力研究開発機構）の人員・予算は共に減少傾向。

原子力関係学科（大学）における
原子力関係科目数の推移



日本原子力開発機構の予算と人員数の推移



（出典）：日本原子力学会「原子力コアカリキュラム開発調査報告書」（平成20年3月）
文部科学省アンケート（2019年）

（出典）：JAEA HP

人材育成基盤としての試験研究炉の減少

原子力分野の人材育成を行う上で重要な試験研究炉については、その多くが建設から40年以上経過するなど、高齢化が進むとともに、新規規制基準への対応等により、これまで通りの運用が困難な状況になっている。

茨城県東海村

★原子炉

【東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻】
× 東京大学原子炉(弥生)

【日本原子力研究開発機構】

× JRR-2

○ JRR-3

※R3.2.26 運転再開

× JRR-4

○ 原子炉安全性研究炉(NSRR)

※H30.6.28 運転再開

★臨界実験装置

【日本原子力研究開発機構】

△ 定常臨界実験装置(STACY)

※H31.1.31 設置変更許可取得

× 過渡臨界実験装置(TRACY)

× 高速炉臨界実験炉(FCA)

× 軽水臨界実験炉(TCA)

青森県むつ市

★原子炉

【日本原子力研究開発機構】
× 原子力第1船 むつ

茨城県大洗町

★原子炉

【日本原子力研究開発機構】

× 材料試験炉(JMTR)

△ 高温工学試験研究炉(HTTR)

※R2.6.3 設置変更許可取得

△ 高速実験炉(常陽)

※H29.3.30 設置変更許可申請済

★臨界実験装置

【日本原子力研究開発機構】

× 重水臨界実験装置(DCA)

神奈川県横須賀市

★原子炉

【東京都市大学】

× 東京都市大学炉

神奈川県横須賀市

★原子炉

【立教大学】

× 立教大学炉

大阪府東大阪市

★原子炉

【近畿大学】

○ 近畿大学炉

※H29.4.12 運転再開

大阪府熊取町

★原子炉

【京都大学複合原子力科学研究所】

○ 京都大学炉(KUR)

※H29.8.29 運転再開

★臨界実験装置

【京都大学複合原子力科学研究所】

○ 京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)

※H29.6.21 運転再開

1995年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	20	0	6

2003年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	16	0	11

2016年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	0	13	6

現在	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	5	3	11

運転再開予定も含め、我が国の試験研究炉は、茨城県に5施設（日本原子力研究開発機構）大阪府に3施設（京都大学、近畿大学）計8施設のみ。

原子力発電利用国

- 現在、33カ国が原子力発電を利用、そのうち自国で炉型を開発した国は10カ国。

自国炉型開発国（10カ国）

国名	主な原子炉メーカー	国名	主な原子炉メーカー
日本	三菱重工、日立GE、東芝ESS	中国	中国核工業集団、中国広核集団
米国	ウェestingハウス、GE	ドイツ	シーメンス →現：仏フラマトムに統合
フランス	フラマトム	カナダ	CANDUEナジー（重水炉）
ロシア	ロスアトム	インド	インド原子力公社（重水炉）
韓国	斗山重工業	英国	BNFL（ガス炉） →現：米ウェestingハウスに統合

その他の原子力発電利用国（23カ国）

ウクライナ スウェーデン スペイン ベルギー 台湾 スイス スロバキア チェコ フィンランド
ブルガリア ハンガリー アルゼンチン パキスタン オランダ 南アフリカ ブラジル メキシコ
スロベニア アルメニア ルーマニア イラン UAE ベラルーシ

原子力発電所建設中・計画中の国（6カ国）

バングラデシュ、トルコ、エジプト、ウズベキスタン、リトアニア、カザフスタン

海外での原子力産業基盤の現状と支援策

- **露中韓は自国サプライチェーンを活用し、国内で原子炉建設を継続しつつ、海外展開での建設経験も蓄積中。** **米仏英**は国内新設に苦戦しながらも、**自国のサプライチェーンを政策支援**。

英 

- 建設中のヒンクリーポイントC（EPR 163万kW×2基）は仏フラマトムが受注し、**多くの資機材をフランスから調達**。
- 複数の新設案件に**中国CGNが出資**。
- **SMRの機器製造技術の国内での確立**を目指し、2017年より原子力イノベーションプログラムで1.8億£を計上。
- 2018年6月に次世代炉開発や**国内のサプライチェーン育成等**への官民の取組や予算支援を発表（セクターディール）。

露 

- **自国開発の炉（VVER）を国内に2基建設中**。
- 国営会社であるロスアトムを中心とする堅固な国内サプライチェーンを武器に、安価かつ現地サプライヤの活用による相手国産業への貢献を謳い、東欧諸国等の案件を多数受注（国外に9基建設中）。

世界の原子力発電所の建設状況

トルコ：1基（ロシア） ベラルーシ：2基（ロシア） イラン：1基（ロシア）

インド：6基（ロシア、インド） ウクライナ：2基（ロシア）

スロバキア：2基（ロシア） ロシア：3基（ロシア）

ルーマニア：2基（カナダ）

米国：2基（米）

英国：2基（仏・中）

日本：3基（日本）

フィンランド：1基（仏）

仏国：1基（仏）

韓国：4基（韓国）

ブラジル：1基（仏）

UAE：4基（韓国）

パキスタン：2基（中国） 中国：10基（中国）

（出典）日本原子力産業協会『世界の原子力発電開発の動向 2020』および各種資料から作成

中 

- 中国広核集団（CGN）は2010年代には**国産化率85%を達成**。
- 国産開発した「**華龍一号**」の初号機となる福清発電所5号機が**2021年1月商業運転を開始**、海外でも建設・計画中。

福清発電所



米 

- **自国開発の第3世代+炉であるAP1000（WEC）を国内に2基建設中**。
- プロジェクトマネジメントのノウハウ低下や規制強化により建設が遅延。
- 大型鍛造品の一部については、日韓等海外製品を活用。
- 産業界で**一般産業品の活用（ガイドライン整備）**により、供給途絶等に対応。
- DOEによる先進炉実証等は、原子力産業・人材基盤維持にも裨益。



韓 

- **自国開発のAPR1400（KHNP）は2基運開済、4基建設中**（初号機2021年4月商業運転開始）。
- UAEへ4基輸出。国内脱原発方針転換の中でもほぼ工期通りに運開。
- **案件マッチングや認証取得支援**を通じ、原子力サプライチェーン企業の**資機材の輸出を支援**。

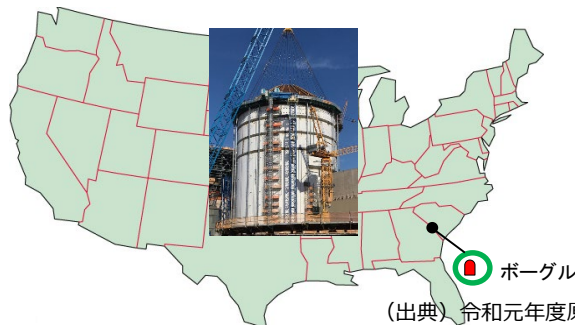


建設の空白による原子力サプライチェーンの喪失例

- 米国やフランスでは、長期間原子力発電所の建設がなかったことで原子力サプライチェーンが弱体化。近年の新設案件では建設遅延やコスト増加が発生し、未だ運転開始に至っていない。

米国

- スリーマイル原子力発電所の事故以降新設案件がなく、ボーグル原発3・4号機は、**35年ぶりの新設着工原発**として、2013年に建設開始。
- ウェスティングハウス（WEC）の新型炉AP1000の世界初の建設（FOAK炉）。
- 長期間建設がない間、**米国では原子力に関与する事業者が減少し、主要資機材を日韓等の海外から輸入**。
例）圧力容器（韓 斗山重工業）、格納容器（IHI）、タービン（東芝ESS）
- ✓ 米国機械学会が認証する原子力規格（N-Stamp）取得企業が**600社（1980年）から200社以下（2007年）に減少**。
- ✓ 米国エネルギー省は、2005年、米国企業には**第三世代原子炉の主要資機材（原子炉圧力容器、蒸気発生器等）を製造する能力はないと評価**。
- ✓ 2002年以降、**原子炉圧力容器上蓋（取り替え用）は全て海外に依存**。
- 建設ノウハウの喪失や同時多発テロを受けた規制強化等の影響で**工期5年、建設費用約160億ドル以上増加**。

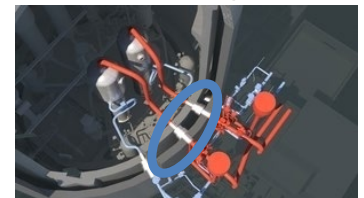


炉型	PWR (WEC AP1000)
出力	110万kW×2基

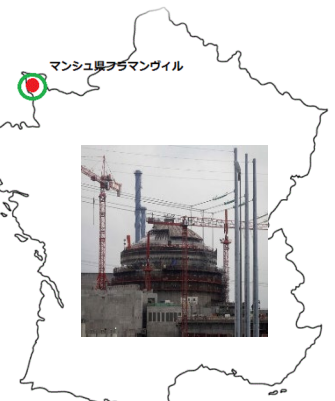
フランス

- フランビル原発3号機は、1993年着工のシボー2号機以来**14年ぶりの新設着工原発**として、2007年に建設開始。
- 仏電力会社EDFより仏フラマトム社が一括受注し、新型炉EPRの仏国内初の建設。
- ほとんどの資機材をフランス国内のサプライチェーン（フラマトム、アルストム等）でまかなうも、**原子炉容器上蓋の鋼材異常や冷却系配管の溶接不良等が発覚し、工期11年以上、建設費用約90億ユーロ増加**。
- ✓ 仏規制庁長官は「**新設にかかる原子力産業界の能力に対する疑念が生じている**」とし、仏政府は元PSAフォルツ氏に原因分析を依頼。
- ✓ フォルツ報告書では、「新規着工のない15年の間にEDFの**プロジェクトマネジメント能力や部品メーカーの製造能力が低下し、特に溶接の技術や人材を喪失した**」と指摘（2019年10月）。

溶接不良が発覚した箇所
(青丸部分)



(出典) ASNホームページ



炉型	PWR (フラマトムEPR)
出力	163万kW

(出典) 令和元年度原子力の利用状況等に関する調査（国内外の原子力産業に関する調査）等の公表情報を資源エネルギー庁で整理

2. 原子カイノベーションの推進

米英等では原子力技術リーダーシップの再興

- 2050年カーボンニュートラルに向けては脱炭素技術のサプライチェーンの競争。
- 米欧等では、民需断絶で既存軽水炉建設では遅延やコスト増。革新炉開発でも中口が台頭する中、原子力技術リーダーシップ再興のため、官民連携で原子力イノベーションの取組が加速中。

米国

2017年 原子力エネルギー革新法(NEICA)

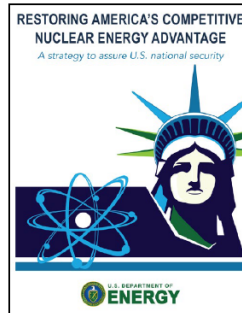
- 米国エネルギー省(DOE)に「国立原子炉イノベーションセンター」を創設し、民間の革新炉設計概念を試験、実証することを求める法案。

2019年 原子力エネルギー革新・近代化法案(NEIMA)

- 米国規制委員会(NRC)が費用徴収を通じてライセンスに係るコストを補填するルールを策定、2年以内に新型炉の審査プロセスの策定を義務付ける法案。革新炉を含めたライセンスングプロセスの公平性・透明性を高めるもの。

2020年 原子力エネルギーにおける米国のリーダーシップ回復戦略

- 大統領覚書に基づき核燃料WGが作成。
- 国家安全保障の観点から、国内燃料サイクルの支援、革新炉開発の推進等を通じて、米国原子力産業の再興を勧告。



原子力エネルギーにおける米国のリーダーシップ回復戦略

2021年3月 American Jobs Plan

- 原子力を①クリーン電力基準、革新原子力を②実証プロジェクト支援、③政府調達を活用したクリーンエネルギー製造基盤支援の対象に位置づけ。

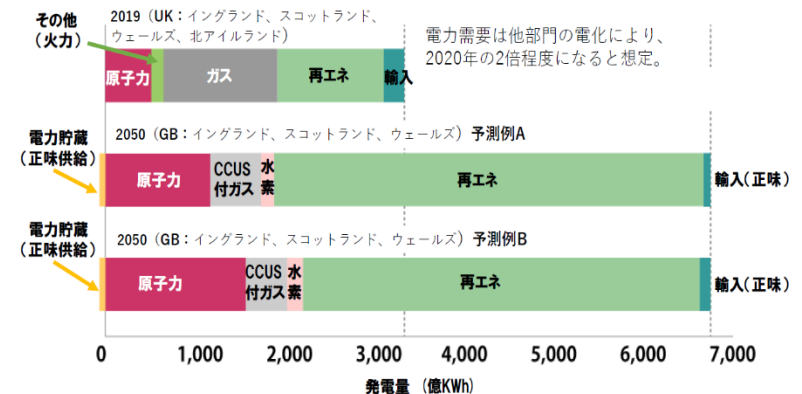
英国

2020年11月 10 Point Plan

- 「英国は引き続き、原子力技術のリーダーであり続ける」ことを宣言。
- 2030年代初頭までに、小型モジュール炉(SMR)の開発と革新モジュール炉(AMR)実証炉の建設を目指して、約547億円の革新原子力ファンドを創設。

2020年12月 エネルギー白書

- 2050年までに電力倍増の見込みから、電力部門では洋上風力とともに原子力重視。
- ①大型炉、②SMR/AMR、③核融合を支援。



出典：英国エネルギー白書(2020年)を基に作成

米英加で加速する革新炉開発に対する支援

- 大型炉建設計画に加え、米英加では負荷追従、水素・熱利用を含め、**多様な利用形態・ユーザーの革新炉モデルを追求**。2015年頃より大型予算で**小型モジュール炉（SMR）**を支援、最近では**高温ガス炉、高速炉**等の革新炉実証にも大型予算を配分中。

	軽水炉 S M R	革新炉（非軽水炉 S M Rを含む）
 米国	NuScale SMR 運開目標：2029年 政府支援：2013年以降、\$530M（約530億円）。 昨年10月、 10年間で\$1.355B（約1355億円）の追加支援 発表。	ARDP：革新炉実証炉建設に向けた支援（2020年～） 支援対象（7年以内に運開する炉型）： ①X-Energy社 高温ガス炉 ②Terra Power社 ナトリウム冷却高速炉 支援額： 初期支援\$80M（80億円）+ 7年間で\$3.2B（3200億円） を予定（50%のコストシェア）
 英国	ロールスロイスSMR 運開目標：2029年 政府支援：£ 18M （約25.2億円）	AMR：非軽水炉SMRを対象とした開発支援（第一フェーズ2017年～、第2フェーズ2020年～） 第2フェーズ支援対象： ①WH社 鉛冷却高速炉 ②U-Battery社 高温ガス炉 ③Tokamak Energy社 核融合炉 支援額：2年間で£ 40M（54億円） 革新原子力ファンド（2020年～） 支援額： 国産SMRに£ 215M（325億円） 高温等が利用可能な革新炉に£ 170M（257億円）
 カナダ	SMRロードマップ（2018年）、SMRアクションプラン（2020年） ：2020年代後半までにSMR初号機運開を目指す 革新炉導入に向けた各州の取組 ： オンタリオ州：州内でのSMR建設のため、GEH社（ 軽水炉SMR BWRX-300 ）、X-energy社（ 高温ガス炉 ）、 テレストリアル社（ 溶融塩炉 ）を候補に検討中。最速2028年の導入を目指す。 ニューブランズウィック州：ポイントルプロー原子力発電所へのARC社 高速炉 、Moltex社 溶融塩炉 導入を支援。	
		CNRI：国研のサイト提供を含むSMR開発支援（2019年～） 支援対象： 溶融塩炉 （①Moltex社 ②Kairos Power社 ③Terrestrial Energy社）、 高温ガス炉 （④Ultra Safe Nuclear社）

米国の原子カイノベーション支援プログラム (ARDP)

- 米国エネルギー省は2020年から、革新炉の実証を目指した革新的原子炉実証プログラム (ARDP: Advanced Reactor Demonstration Program) を開始。
- 技術熟度・実用化時期に応じて3種類のプランで多様な炉型の実証・開発を支援。

実用化時期

～2027年

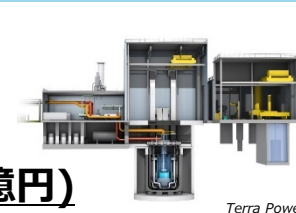
革新炉実証(Advanced reactor demonstrations)

7年以内に稼働する2つの革新炉原子炉の建設を支援

支援額：初期支援**\$80M (80億円)**

+ 50%のコストシェアのもと7年間・2炉型で**\$3.2B (3200億円)**

- ① TerraPower社：Natrium(金属燃料ナトリウム冷却高速炉)
- ② X-energy社：Xe-100(高温ガス炉)



ナトリウム冷却高速炉
Natrium



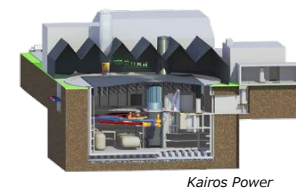
高温ガス炉
Xe-100

2030～
2034年

将来的な実証に向けたリスク低減(Risk reduction for future demonstrations)

10～14年後に許認可・実用化される5炉型に対し、技術的、運用上、規制上の課題解決を支援
支援額(最大)：**\$303M (303億円)**

- ① Kairos Power社：ヘルメス試験炉(溶融塩冷却高速炉)
- ② Westinghouse社：eVinci(マイクロ炉)
- ③ BWXT社：BANR(マイクロ炉)
- ④ Holtech社：SMR-160(小型軽水炉)
- ⑤ Southern Company Services社：MCRE(溶融塩炉)



溶融塩冷却高速炉
Kairos Power社



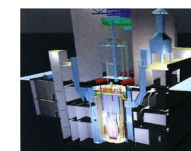
マイクロ炉
eVinci

2035年～

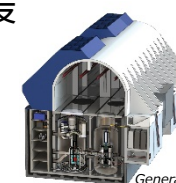
革新的炉概念2020(Advanced reactor concepts 2020)

2030年代半ばに実用化する可能性のある3炉型に対し、革新的で多様な設計を支援
支援額(最大)：**\$27.5M (27.5億円)**

- ① ARC社：ARC-100(ナトリウム冷却高速炉)
- ② General Atomics社：FMR (ヘリウム冷却高速炉)
- ③ MIT：MIGHTR (高温ガス炉)



高速炉
ARC-100



ヘリウム冷却高速炉
General Atomics社

NEXIP : Nuclear Energy × Innovation Promotion

技術開発支援、研究開発基盤の供用、人材育成・産業基盤強化を通じて原子カイノベーションを創出



技術開発支援

- 安全性向上技術開発予算： **25.0億円** ⇒ 東電福島事故の教訓を踏まえ安全性向上を追求。
- 高速炉開発予算： **43.5億円** ⇒ 「戦略ロードマップ」に基づき開発を推進。
- 革新技术開発予算： **12.0億円** ⇒ 多様な革新的技術のF/S（フェジビリティ・スタディ）を実施。

研究開発基盤の供用

- JAEAが持つ研究施設・解析コード・知見等の研究基盤の供用を通じ、原子カイノベーションの創出を支援。
- 産業界・大学・海外を繋ぐハブへ。

人材育成・産業基盤強化

- 産業基盤強化事業： **12.5億円** ⇒ 原子力利用を支えるサプライチェーンを強化。
原子力安全の最前線を担う人材の育成。

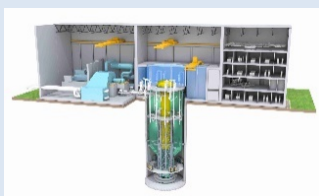
革新的原子力技術開発への支援

- 革新的な原子力技術の開発を支援するため、令和元年度より革新炉フィージビリティスタディに対する補助を開始。
- 令和2度末にユーザー等も含めた審査委員会による技術評価を実施し、全9案件の継続案件を決定。今年度から技術熟度や市場性等に応じて支援を重点化。

小型モジュール炉

軽水冷却SMR

- ・NuScale
- ・BWRX-300
- ・多目的PWR

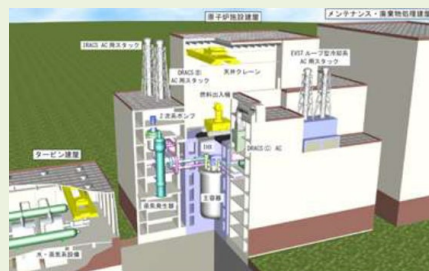


マイクロ炉



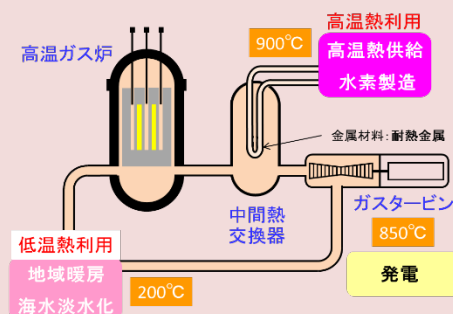
高速炉

- ・小型Na冷却炉
(粒子型金属燃料)
- ・PRISM
- ・軽水冷却高速炉
(四角格子燃料)



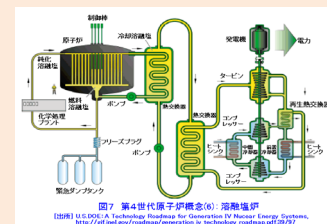
高温ガス炉

- ・高温ガス炉コジェネ
プラント
(水素製造/発電)
- ・蓄熱型高温ガス炉



溶融塩炉

米、加、仏等でも次世代の技術として開発。



一層の安全性向上を前提に、

- ✓ **安定供給**（大規模安定 + 革新的安全性・サプライチェーン + 技術自給）
- ✓ **資源循環性**（廃棄物問題解決への貢献 + 資源有効利用）
- ✓ **柔軟性**（負荷追従 + 水素・熱利用 + 立地の柔軟性）

安定供給

- 原子力は**安定供給に貢献する脱炭素電源**
- **革新的安全性向上**により、地域・国民の信頼獲得・安定供給へ
- **製造・調達等のプロセスイノベーション**を通じ、原子力サプライチェーンを維持・強化。技術自給にも貢献

資源循環性

- 原子力は脱炭素エネルギー源であるが、高レベル放射性廃棄物が発生
- 技術革新により原子力も**循環型エネルギー**へ
- 資源の有限性にも解決策を

柔軟性

- 安価な再エネを最大限活用するために**負荷追従**
- 発電しない時には**水素製造、熱の形で利用・貯蔵**（実質的な負荷追従）
- 炉型革新により、EPZ縮小・**立地の柔軟性**

一層の安全性向上

・東電福島第一原子力発電所事故を踏まえた一層の安全性向上技術開発と導入促進

- 2050年CNに向けて、一層の安全性向上、安定供給、資源循環、柔軟性などの課題を克服すべく、官民の取組により、複線的R&D投資で死の谷（実用化のギャップ）を越えていくことが必要。

一層の安全性向上



✓安定供給

- ・ 低廉安定
- ・ 技術自給

✓資源循環性

- ・ 廃棄物問題解決への貢献
- ・ 資源有効利用

✓柔軟性

- ・ 負荷追従
- ・ 水素・熱利用

イノベーションの死の谷を克服する複線的R&D投資戦略

革新的 安全性 向上技術

- ・ 事故時に水素発生のない燃料等
- ・ 炉型革新

安定原子力(Stable Nuclear)

- ・ 原子力を安全・安定的に活用していけるよう戦略的にサプライチェーンを維持・強化
- ・ 一般産業品活用や3Dプリンタ技術といった調達・製造等のプロセスイノベーションを推進。

廃棄物低減原子力（Circular Nuclear）

- ・ 革新的サイクル技術で、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度が自然界並みになるのが10万年から300年に。
- ・ 国際連携・異業種連携を活用。

柔軟性原子力（Flexible Nuclear）

- ・ 小型モジュール炉技術で負荷追従性向上。高温ガス炉や核融合炉の950℃以上の超高温を活用して水素・熱利用の可能性も。

R&D投資戦略①：革新的安全性・事業性向上を通じた安定原子力の追求

- 革新炉開発リスクも踏まえ、大規模安定原子力技術はサプライチェーン戦略として必要。
 - 革新的安全性向上で安定供給の確度を向上。事故耐性燃料等、燃料の高燃焼度化や革新炉開発に貢献する技術も。
 - 3Dプリンティング、ワイヤレス通信技術、一般産業品活用等のプロセスイノベーションを推進し、製造・調達等を最適化し、事業性を向上。
- 市場環境が整えば、負荷追従や水素製造により柔軟性を高めることのできる可能性も。

革新的安全性向上

事故耐性燃料(ATF)

- 事故時に水素を発生しない燃料被覆管

溶融燃料シールド

- 事故時の溶融燃料受け止め

気液二相流の挙動解明

- 炉内の水・蒸気の流れを精密に分析し、燃料の安全性向上に貢献

確率論的リスク評価

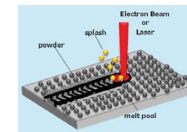
- 地震・津波リスクの定量評価

・
・
・

プロセスイノベーション

3Dプリンティング

- 小ロット生産でサプライチェーンの効率化や、コスト低減にも貢献可能(※航空宇宙産業等で導入が進む)



AM技術の模式図



大径配管の試作品

ワイヤレス通信技術

- 破断、火災要因排除で安全性向上。
- ケーブル削減、ワイヤレスセンサ導入によるメンテナンス等のコスト低減が可能。

一般産業品活用

- 調達コスト・納期を低減、他業種からの新規参入促進

原子力は総合工学。様々な要素技術の開発・実装に加え、各技術を統合し、プラント全体で安全性・経済性を高めていくシステム・インテグレーション技術・実証も重要な要素。

- 軽水炉の安全性向上を効率的に実施のため、2015年、資源エネルギー庁で「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を策定。震災後10年を経て革新的安全性向上技術の実装・開発が進む。

導入済みの事例

・ コリウムシールド

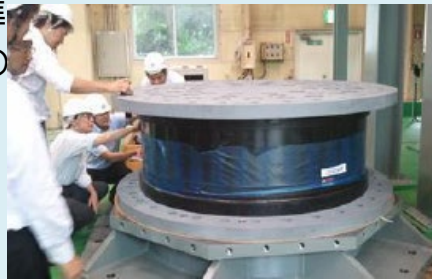
- 事故時に溶融燃料を受け止め
→ 柏崎刈羽発電所 6、7号機に導入



導入された
コリウムシールド

・ 免震システムの評価手法開発

- 免震技術の採用および設計標準化により、安全性確保と経済性の両立が期待される
→ 日本電気協会の免震設計技術指針に反映済



免震装置の例

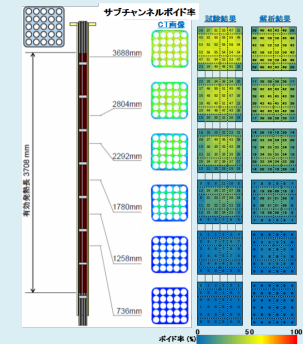
・ シビアアクシデント時用計装システム開発

- シビアアクシデント時もプラント重要パラメータ計測可能に
→ 女川2号機、柏崎刈羽6,7号機に導入

開発中の事例

・ 気液二相流の挙動解明

- 大型熱流動試験・データベース構築により、燃料集合体内部の水・蒸気の流れを精密に解析可能に
→ R3年度に完成、燃料技術革新に貢献の可能性



・ 事故耐性燃料

- 事故時に水素を抑制するクロム等のコーティング被覆管等の開発
→ 海外での照射試験の実施を計画



参考(2019年度成果):コーティングなし、1200℃、30%ECR

震災後10年で大きく進展する革新的安全性向上技術R&D

国が支援した技術開発のうち実装済みの事例

件名	実施内容	具体的成果
水素安全対策高度化	・シビアアクシデント(SA)時の水素挙動統合解析システム(*1)の開発 (*1)数値流体力学(CFD)を用いて水素の拡散・燃焼・爆発及びその影響評価までを解析するコードシステム	・日本原燃(株)の再処理事業変更許可に向けて、本事業の再結合触媒の成果(平成24年度～28年度)を活用。
重大事故解析手法の高度化	・燃料被覆管の酸化モデル・冷却スプレイの冷却性能評価モデルの開発 ・使用済燃料プール(SFP)に対する安全対策手法の実用化に向けた検討の実施	・本事業の成果の一部が重大事故解析コードのMAAP、SAMPSONにモデルとして反映。(電力事業者等による活用が可能) ・実機の使用済燃料プールと燃料の実配置を例に燃料温度評価を実施。(該当発電所等、詳細情報について非公開)
フィルタバントの性能評価のための技術基盤整備	・フィルタバント装置(FCVS)の性能評価に関する技術基盤の構築 ・FCVS性能評価ツールの開発	・本事業において構築されたFCVS性能評価技術が柏崎刈羽原発1～7号機へ導入されているFCVSに活用。 ・取得したデータが、再稼働審査対応においてFCVS性能を示すバックデータとして用いられた。
燃料露出過程における熱流動現象の解析手法の高度化	・事故時に原子炉水位が低下して炉心損傷に至る過程における実水位の予測精度の向上 ・露出燃料の冷却特性の把握に必要な技術基盤の整備	・島根3号の安全審査での炉心損傷防止解析において、本事業成果を実験根拠として活用し、審査を前進。 ・日立GE等の国内原子力ベンダーの自社内の解析技術に活用。
静的デブリ冷却システムの開発	・溶融デブリのコンクリート浸食を抑制する対策としての、耐熱材の試験や冷却システムの開発	・柏崎刈羽のSA対応として、コリウムシールドでの耐熱材に適用。
安全システムの高度化	・事故時の安全性向上に向けた、蒸気発生器による炉心冷却減圧性能の検証と非常用冷却ユニットの耐震性能検証	・検証したM-RELAP5を既設プラントの再稼働審査における安全解析に適用
高エネルギー密度蓄電池の火災防護対策に向けた基盤整備	・福島原子力発電所事故を受けた蓄電池容量の強化の要求に対する、リチウムイオン電池盤の火災防護に関する試験やデータ整備	・設計規準の整備により、設計製造された安全な電池盤を国内B電気事業者向け、SA設備等用直流電源に納入。
シビアアクシデント用計装システムに関する研究	・SA時における、プラント重要パラメータの計測を可能とする計装システムの開発	・BWRプラントに、水素吸蔵材式PCV水素濃度計、電極式PCV水位計及びヒータ付熱電対式使用済み燃料プール水位計について、これまでに3プラントで設置を完了済。 ・PWRプラントに、格納容器圧力計測(ひずみゲージ式圧力計・耐環境コネクタ)、格納容器水位計測(熱電対式水位計)を納入済。

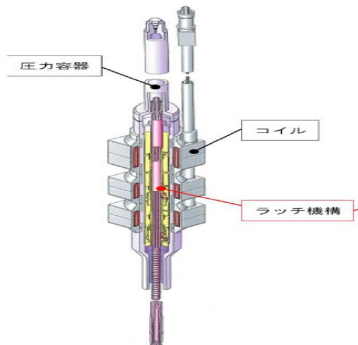
技術・人材の維持・継承支援とサプライチェーン戦略

- 将来にわたって原子力を安全・安定的に活用していけるよう、現下の状況でも戦略的に産業・サプライチェーンを維持するため、**技術・人材の状況分析を深掘り、必要な手当を講じていく。**
- 分析結果を踏まえつつ、**供給途絶の危機にある高い技術・サービスの継承、デジタル技術の活用等を通じた品質マネジメント等の負担軽減といった技術・人材維持の取組を支援。**
- 諸外国のサプライチェーン支援策も参考にしつつ、規格認証取得や案件マッチング等を通じ、**世界トップクラスの経験・実績を有するメーカー・サプライヤによる新規事業開拓を支援**していく。

＜原子力産業基盤強化事業での支援例＞

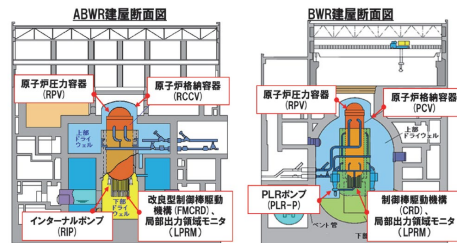
技術・サービスの継承

- ✓ 制御棒駆動装置（CRDM）は、原子炉の出力制御や緊急停止を担い、高い信頼性が求められる重要部品。
- ✓ 制御棒駆動装置（CRDM）に使用される磁極材の製造停止による供給途絶の懸念に備え、代替調達先を選定し、試作及び性能評価を実施。



デジタル技術の活用

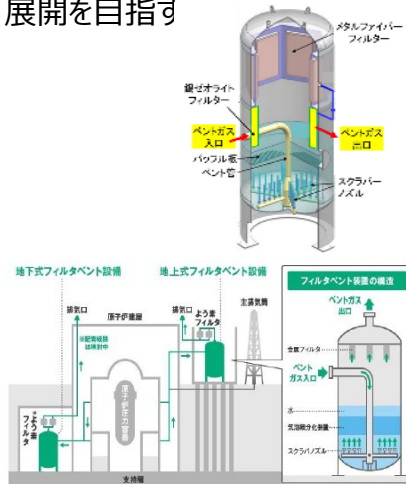
- ✓ ABWR、BWRの原子炉周辺の主要機器の保守点検作業をデジタルコンテンツとしてデータベース化し、プラント長期停止・高齢化等により途絶の危機にある人材の技術伝承を支援。
- ✓ ABWR、BWR双方の**プラントで実施予定。**



出典:原子力百科事典ATOMICA

新規事業開拓支援

- ✓ ラサ工業は、既存の活性炭に代わり、ヨウ素吸着性優れた銀ゼオライトを用いたフィルタベントシステムを開発し、北米・欧州に市場等を中心とした海外展開を目指す

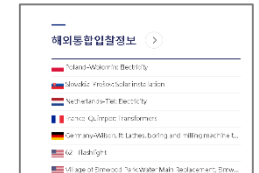


出典:ラサ工業

＜資機材輸出支援例＞

- ✓ 韓国では案件マッチングや認証取得支援を通じ、原子力サプライチェーン企業の資機材の輸出を支援

海外入札情報の提供



サプライヤーの技術動向の発信



出典：韓国産業通商資源部（MOTIE）
k-neiss.orgサイト、K-NEXTサイト

プロセスイノベーションによるサプライチェーンの維持・強化

- 一般産業品活用ガイドライン策定や3Dプリンタ製造規格化といった製造・調達等におけるプロセスイノベーションの基盤となる業界協調の取組を推進し、供給途絶対策に加え、業界の生産性向上につなげていく。

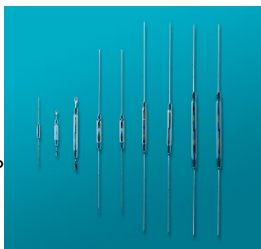
一般産業品の活用に向けた取組

- ✓ 米国ではTMI事故以降、原子力品質保証を満たす機器の国内調達が困難となったため、産業界が主導し、1980年代中頃より一般産業用品を原子力発電所に用いるための検査手法（Commercial Grade Dedication）を検討。1993年にはNRCが検査手順書を発行し、活用の枠組みが確立。
- ✓ 欧州原子力産業界協会も一般産業品活用の方法論を検討すべきとする報告書を公表（2020年6月）。
- ✓ 日本でも原子力規制庁が、一般産業品に対する管理方法等を品管規則にて要求し、日立GE、三菱重工、東芝ESS、IHIの4社で一般産業品活用のため必要な検査手法等を記載したガイドラインを作成（令和2年度事業）。
- ✓ 原子力産品として活用可能な目安を示すことで原子力産業以外からの新規参入を可能とし、イノベーションのきっかけになることも企図。

- ① 一般産業用工業品採用のデモンストレーション
 - ② 「一般産業用工業品採用ガイドライン」素案作成
 - ③ 有識者による第三者レビュー
- ⇒ 産業界の規格・基準化を目指す

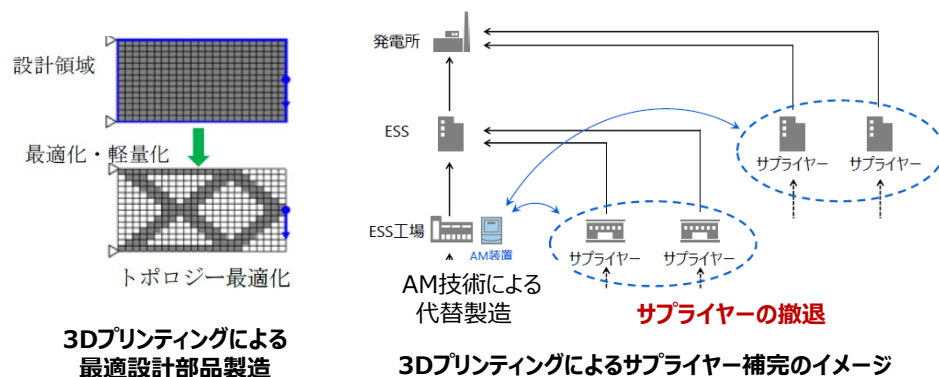
デモンストレーション例 リードスイッチ

- ✓ 安全系の機器における水漏れを検出するレベルスイッチの接点として使用。
- ✓ 100個強/基、10年程度で交換が必要。
- ✓ 原子力仕様に対応した調達先が既に撤退。今後の定期交換のため、一般産業品メーカーから調達先を選定予定。
- ✓ 一般産業品に切り替えることで、プラントメーカーで検査が必要になるが、サプライチェーンの維持及び製品の供給継続が可能。



3Dプリンタの活用に向けた取組

- ✓ 3Dプリンティングを活用することにより、部品製造にかかる期間・コストの短縮、撤退したサプライヤーの補完、従来手法では不可能であった最適形状の追求等が可能になることが期待される。
- ✓ 米国では原子力エネルギー協会(NEI)が、2026年以降に導入ピークを迎えるとするロードマップを作成(2019年5月)。原子力規制委員会(NRC)も3Dプリンティングによる機器の導入に関するガイダンスを策定(2021年1月)
- ✓ DOEの支援の下、BWXT社、GEH社等が既設炉向け部品の製造技術を開発するほか、NuScale社等は革新炉の主要部品の開発を実施。
- ✓ 日本でも、三菱重工、東芝ESSが3Dプリンティングによる部品製造に関する技術開発を実施(令和元年度より)。
- ✓ 技術開発に加えて、国内での実用化に向け、日本機械学会(JSME)での規格化に必要なデータ取得等を検討中。



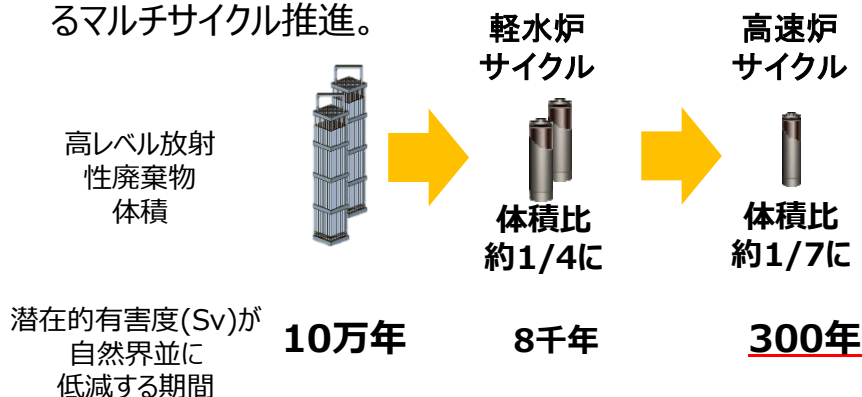
R&D投資戦略②：革新的サイクル技術による廃棄物低減の追求

- **革新的サイクル技術**で、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度が自然界並に低減するのに要する期間が**10万年から300年に**。長期的には更なる資源の有効利用も可能。
- 開発リスクもあり北米では長らく高速炉開発が停滞していたが、政府支援を得て、**ビル・ゲイツ氏創始のテラパワー社**等が高速炉開発で挑戦。**国際連携・異業種連携を活用**。

高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減

高速炉サイクル

- マイナーアクチノイド（MA）燃焼等でナトリウム冷却高速炉が米加で脚光を浴びる。
- 仏等では高速炉へのステップとして既存軽水炉でMA燃焼を図るマルチサイクル推進。



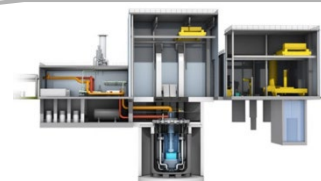
核融合炉・溶融塩炉の可能性も

- 高レベル放射性廃棄物が発生しない核融合炉も国際共同プロジェクトで開発中。
- 将来的な技術として、高速炉型溶融塩炉、プルトニウム・MAを生成せず豊富なトリウムを資源とする溶融塩炉も開発の取組あり。

テラパワー社のNatrium炉

- 米Terra Power社・GE-Hitachi社の開発する**小型ナトリウム冷却炉“Natrium”**（出力34.4万kW_e）では、ナトリウムの熱を伝えやすい性質により、全電源喪失時にも**自然循環で除熱可能**。
- **溶融塩熱貯蔵ループ**を組み合わせることで**柔軟性向上**。**再エネによる出力変動に対応**することで、**経済性向上**も企図。（発電コストは\$50/MW、エネルギー貯蔵を活用すると\$40/MW）

- 気候変動は非常に重要な問題。他方、**高排出量の産業の低炭素化コストが高すぎる**。**中進国の反発**を招かぬよう、**グリーンプレミアムを95%下げる必要**。
- テラパワーは**第4世代原子炉を開発し、安全性は非常に高い**。**世間の認識を変える**には劇的に違うものを出す必要。5年後にお見せしたい。



“Natrium”の概念図 27

世界で加速するナトリウム冷却高速炉開発

- ロシアでは**2015年に実証炉が稼働**、中国では**2023年実証炉が初臨界**を予定。
- 米（テラパワー社など）・加（ARC社など）は**2020年代後半の実証炉・商用炉**運転開始を目指して官民連携で果敢な挑戦。



ロシア

- ・ 原型炉と実証炉を運転中。
- ・ 商用炉を2030年頃から導入予定

1980年4月
実証炉(BN-600)
送電開始



2015年12月
実証炉(BN-800)
送電開始



2030年頃
商用炉 (BN-1200)
導入予定



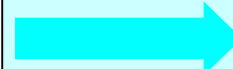
BN-800



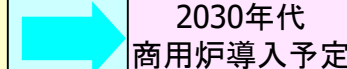
中国

- ・ 原型炉はスキップ、実証炉(CFR600)建設中
- ・ 実証炉から増殖の計画

2011年7月
実験炉(CEFR)
初送電



2023年
実証炉(CFR600)
建設完了予定



2030年代
商用炉導入予定



インド

- ・ 発電機能を有する実験炉を運転中
- ・ 原型炉から増殖の計画

1985年10月
実験炉(FBTR)
初臨界



2021年
原型炉(PFBR)
初臨界予定



2025年頃
実証炉・商用炉
(CFBR)導入予定



PFBR外観



アメリカ

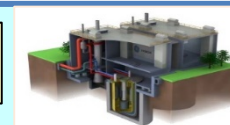
- ・ 実験炉(EBR-II等)の運転経験、その後、核不拡散政策変更により高速炉開発商業化を中断。
- ・ 高速炉サイクル研究を国立研究所等で実施中

- ・ 2015年～ GAINで民間の先進炉開発を支援
- ・ 2020年 ARDPでNatrium炉を選定

国立研究所で多目的試験炉
(VTR)建設を計画

テラパワー社Natirum炉
2020年代後半に活用可能

※他に民間による多様な高速炉開発が進展(ARC社、GA社等)



カナダ

- ARCニュークリア社は、ナトリウム冷却方式の小型高速炉を開発中。
- カナダ NBパワー社のポイントブロー原発敷地での初号機建設を目指す。
- 2020年12月、米国DOEのARDP ARC-20に選定（3年半で\$27.5millionの支援）
- 2021年2月、カナダニューブランズウィック州政府から\$20Mの資金を獲得

ARC社ARC100炉
2028年商用運転開始



フランス

- ・ 原型炉(フェニックス)、実証炉(スーパーフェニックス)の運転経験
- ・ 現在は、放射性廃棄物対策を主眼に高速炉を開発

現在運転中の炉なし

2060年以降
実証炉



21世紀後半
商用炉



韓国

- ・ 1997年から高速炉の設計研究等を実施、乾式処理で電解還元までの試験で可能
- ・ 2017年の文政権の脱原発政策により、今後の動向は不透明

原型炉
(PGSFR: 15万kWe)

「戦略ロードマップ」に基づく高速炉開発の推進

- **高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度低減、資源の有効利用**といった核燃料サイクルの効果を高める高速炉開発を推進。
- 2016年12月、「『もんじゅ』の取り扱いに関する政府方針」とともに、高速炉開発の目標や原則を定めた「**高速炉開発の方針**」を決定。本方針に基づき、2018年12月、研究開発政策の在り方やプレイヤーの役割を定めた「**戦略ロードマップ**」を策定し、ロードマップに基づく高速炉開発を推進中。

「戦略ロードマップ」（2018年12月21日 原子力関係閣僚会議決定）

<スケジュール>

- “**高速炉の本格的利用**が期待されるタイミングは**21世紀後半のいずれかのタイミング**”
- “**例えば21世紀半ば**の適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から**現実的なスケールの高速炉が運転開始**されることが期待”

<開発の進め方>

【ステップ1：競争の促進】

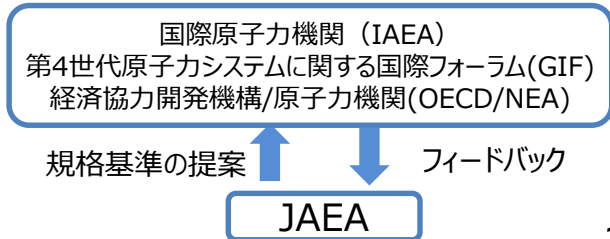
“当面5年間程度は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進する。”

【ステップ2：2024年以降に採用する可能性のある技術の絞り込み・重点化】

【ステップ3：今後の開発課題及び工程についての検討】

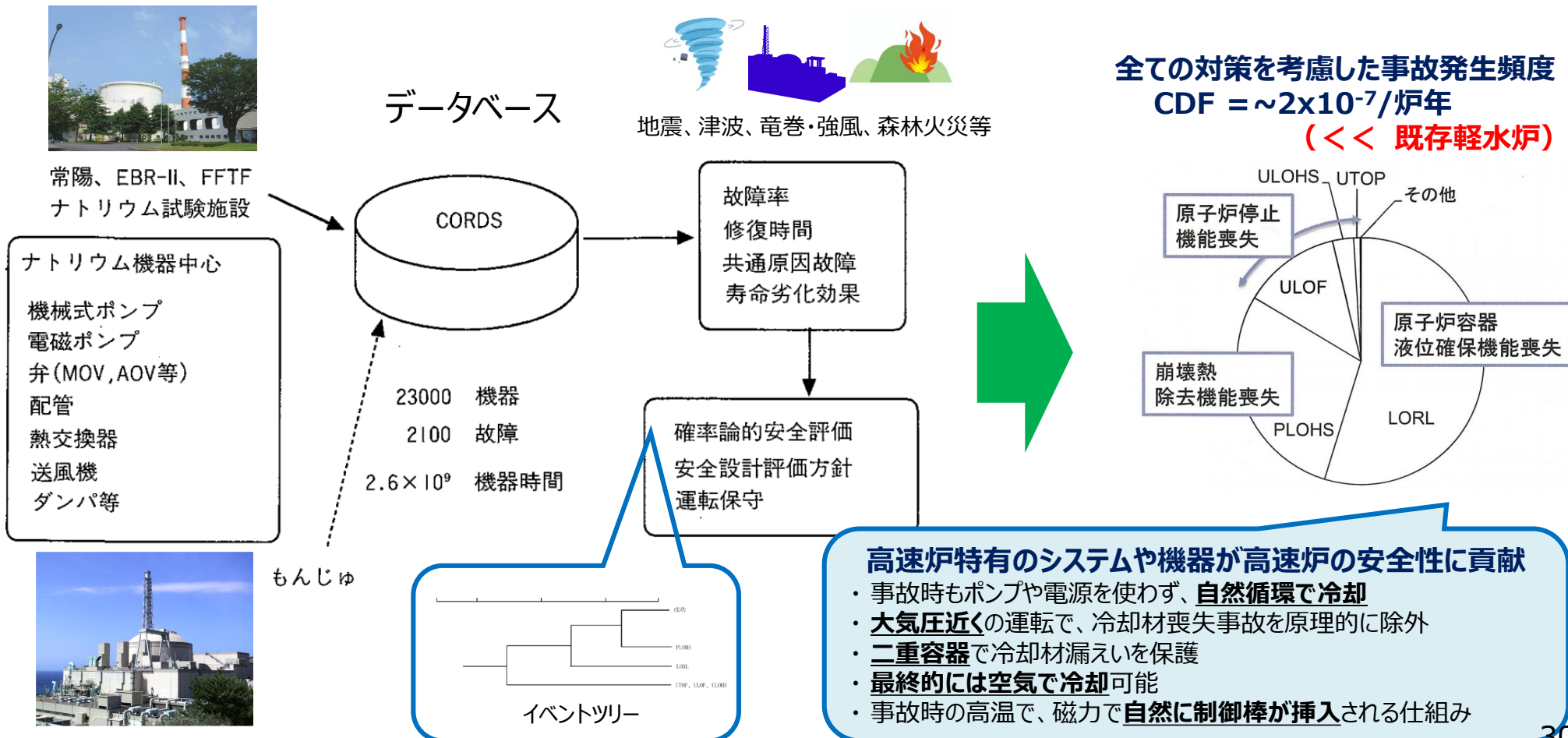
イノベーションによる技術間競争と基盤整備の取組

- 令和元年度より、補助事業において民間企業による多様なイノベーションを推進
 - ✓ 令和2年度は高速炉を含む12のフュージビリティスタディを支援
 - ✓ 令和2年度末に技術評価を実施し、継続案件を精査
- JAEAにおいて、イノベーションの基盤を整備
 - ✓ 常陽（実験炉）

多様な材料への照射が可能
 - ✓ 革新炉の規格基準策定

 - 国際原子力機関（IAEA）
第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）
経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）
 - 規格基準の提案 → JAEA → フィードバック

日本は高速炉の実機データ・安全評価で世界をリード

- **新型炉開発**においては炉型技術としての成立性を実証していくため、**実機データベースの構築が鍵**。
- JAEAを中心に我が国においては、**高速炉の「機器信頼性データベース」の構築が進展**。
 - 「**常陽**」(1977年～)、「**もんじゅ**」(1992年～)の運転・保守経験のデータベース
 - ➔ 世界的に貴重であり、**米国を含め海外の開発機関から渴望**
- **安全性向上に活用**できる、地震、津波、竜巻等、**様々な自然災害にも対応する安全評価手法**を整備中。



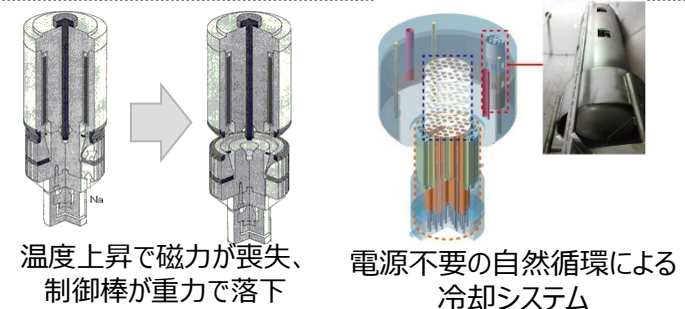
高速炉の国際協力について

- 「戦略ロードマップ」に基づき、国際協力を活用して効率的に高速炉開発を推進。

「今後の開発に当たっては、フランスや米国等との二国間及び多国間でのネットワークを活用した国際協力によって、研究基盤や規制に関する知見等を共有しつつ、実用化のための技術基盤の確立とイノベーションの促進に、国内外一体となって取り組んでいく。」

【日仏協力】

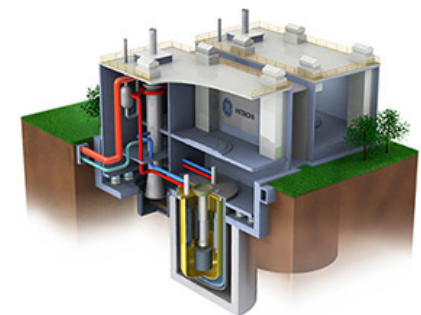
- 2014年～2019年 高速実証炉（ASTRID）協力
- 2020年～2024年 新たな一般取決に基づき、安全性向上、経済性向上に関わる技術開発を実施中
 - ✓ 試験・シミュレーションを共同/分担で実施



<共同開発中の安全性向上技術>

【日米協力】

- 米国は、ナトリウム冷却高速炉を含む様々な革新炉の実証を推進すると同時に、持続可能性や資源有効活用等を目指す革新炉のための燃料サイクルを2030年までに評価する予定。
 - ✓ 高速炉の試験炉であるVTR（多目的試験炉）を開発中
 - ✓ 革新炉実証プログラム（ARDP: Advanced Reactor Demonstration Program）でTerra Power社のナトリウム冷却高速炉（Natrium炉）に対して今後7年以内の運転開始を目指した支援を実施。
- 2019年6月に日米でVTR開発に関するMOCを締結。本協力を通じて最新知見の獲得・設計経験の蓄積を目指す。
- 日米民生用原子力研究開発ワーキンググループ（CNWG）のもと、金属燃料開発でも協力中。



<多目的高速試験炉(VTR)>

多様な高速炉・サイクル概念

- 「戦略ロードマップ」に基づき、多様な技術間競争を促進中。
 - － 「まず当面 5 年間程度は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進する。」
- NEXIP補助事業のもと、令和元年度から**多様な炉型の研究開発**を支援。

小型ナトリウム冷却金属燃料高速炉(MCR-200)

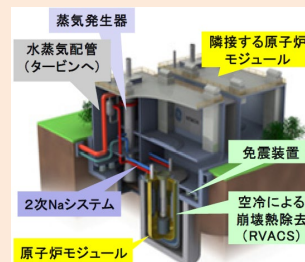
三菱重工業株式会社、三菱FBRシステムズ株式会社



- 二次系ループをモジュール型に増やして出力増が可能な小型ナトリウム冷却高速炉
- 金属燃料を粒子型とすることで、受動停止による安全性向上、ナノ粒子をナトリウム冷却材に混ぜることで、ナトリウムの化学的活性の抑制を目指す。
- 国産技術で高い技術成熟度。

小型ナトリウム冷却金属燃料高速炉(PRISM)

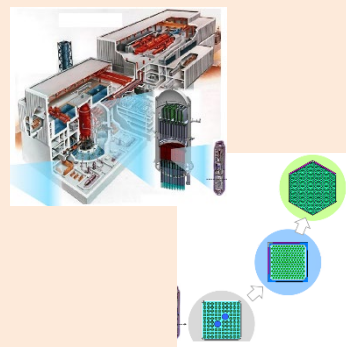
日立GEニュークリア・エナジー株式会社 (日立GE)



- 日立GEのパートナー・米GE Hitachi社開発のナトリウム冷却・金属燃料小型モジュール高速炉。
- 金属燃料による固有安全性、静的機器による受動安全、モジュール工法による工期削減等が特徴。
- 設計概念は米国のVTR、Natrium炉にも採用。

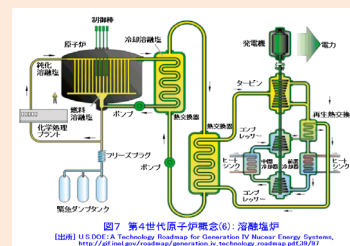
軽水冷却高速炉

日立GEニュークリア・エナジー株式会社



- MOX燃料棒を稠密に配した四角格子燃料を既設BWR・ABWRに装荷し、BWRでブルトニウムを集中的に経済効率よく燃焼することを可能とする提案。
- 現行再処理・MOX燃料技術を活用可能。

溶融塩炉



- 沸点が高く低圧で作動可能な溶融塩の液体燃料を循環させ、発電等に用いる炉型。米、加、仏等で次世代の技術として開発。

高速炉開発を通じた非エネルギー分野への貢献

- 原子炉はエネルギー利用のみならず、医療分野で利用される放射性同位体（RI）の製造に活用することが可能。
- 高速実験炉「常陽」では、高速炉開発のみならず、RI製造への貢献も期待される。

「常陽」でのRI製造のメリット

①大量生産：中性子の密度が高く、加速器に比べて大量のRI製造が安価に製造可能

	製造量(μg)	コスト(円/μg)
原子炉(JRR-3) ※年間当たり	3,900	1,000
加速器 ※1照射当たり	42	33,000

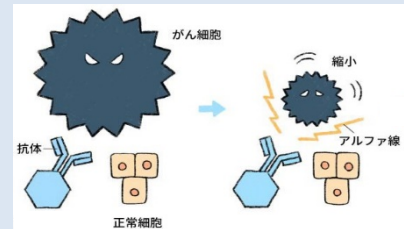
原子炉と加速器でのモリブデン（**Mo-99**）の製造量・コスト面比較



モリブデン（**Mo-99**）：
核医学検査でがん転移の発見等に利用

②希少なRI：高速中性子を活用して、希少なRI製造が可能

例：がん治療に使えるアクチニウム（**Ac-225**）の製造が可能
※減速材を併用することで、軽水炉と同様なRIも製造可能



アクチニウム(**Ac-225** 等)：
アルファ内用療法によるガン治療等に利用

高速実験炉「常陽」

- 日本原子力研究開発機構（大洗研究所）にある高速実験炉
- 1977年に臨界以降、40年間稼働。
- 新規制基準適合性に係る審査を2017年より継続。
- 高速炉開発の「戦略ロードマップ」で示された2024年度以降の絞り込み・重点化には、「常陽」での照射試験による検証が不可欠であり、速やかに許可取得に向けたプロセスを進める必要がある。

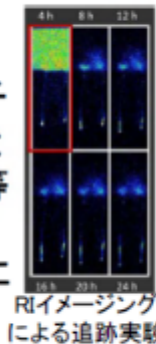


(参考)原子力技術の広がり

主な放射線利用の例

【科学技術】

- X線・中性子・量子ビームによる構造解析や材料開発等
- 放射性同位元素(RI)イメージングによる追跡解析



大強度陽子加速器施設J-PARC
(出典)日本原子力研究開発機構

【工業】

- 精密計測
- 非破壊検査
- 材料の改良・機能性材料の創製
(自動車タイヤ、半導体素子加工プロセス等)
- 滅菌・殺菌等(医療器具等)

半導体

半導体の製造

ラジアルタイヤの製造



微細加工、不純物導入等、放射線による加工技術を利用して半導体を製造。



電子線照射によりゴムの粘着性の制御を容易にできることを利用。

【農業】

- 品種改良

耐病性イネの作出



放射線照射による突然変異を利用して新品種を開発
→188品種を開発
(2008年現在)

- 害虫防除

ウリミバエの根絶



放射線を照射し不妊化したオスを大量に放ち、孵化しない卵を産ませ、害虫を根絶

- 食品照射

ジャガイモ芽止め

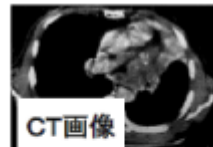


(未照射)(照射済み)
放射線照射によってジャガイモ発芽を防止

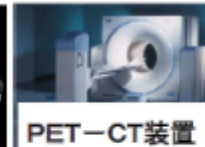
【医療】

＜放射線による診断＞

- レントゲン、X線CT
- PET
(陽電子放射断層撮象法)



CT画像



PET-CT装置

＜放射線による治療＞

- リニアック
線形加速器で作ったX線により治療する方法
- ガンマナイフ
放射性同位元素から発生するガンマ線により治療する方法
- 重粒子線による治療
加速器により加速した重粒子線(陽子線・炭素線)により治療する方法

【環境保全】

- 窒素酸化物、硫黄酸化物等の分解、除去
- ダイオキシンの要因となる揮発性有機化合物の分解等

【核セキュリティ】

- 核鑑識技術(核物質等の出所、履歴、輸送経路、目的等)を分析・解析)
- 隠匿された核物質の検出

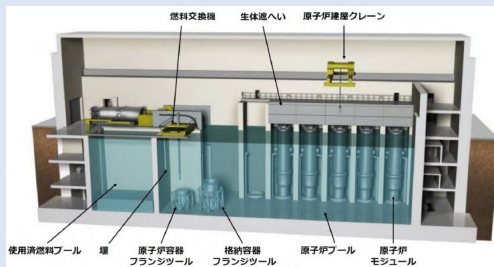
R&D投資戦略③：非連続的イノベーションを通じた柔軟性原子力の追求

- 2050年CNに向けては、再エネの変動性を補完するため、小型モジュール炉で**負荷追従性向上**、高温ガス炉や核融合炉の900℃以上の超高温を活用した**水素製造・熱利用**の可能性も。

小型軽水炉

- 小型、受動安全(約300℃)
 - モジュール生産、工期短縮
- ⇒避難範囲縮小、資本費低減による立地柔軟性向上の可能性
- ⇒モジュール単位の出力調整等による負荷追従性向上

◆ NuScale (NuScale社)



高温ガス炉

- 化学的に安定なヘリウム冷却材・多重被覆燃料等を使用した高温の原子炉(約950℃)
- ⇒原理的に高い安全性を持ち、避難範囲縮小による立地柔軟性向上の可能性
- ⇒高温熱による水素製造や、熱の産業利用が可能

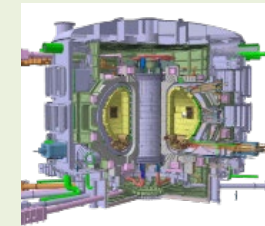
◆ 試験炉：HTTR (JAEA)



核融合炉

- 1億℃以上のプラズマを生成し、高温を利用可能な技術。(約1000℃)
 - プラズマ生成は反応維持が難しいため炉の暴走リスクがなく、高レベル放射性廃棄物も発生しない。
- ⇒原理的に高い安全性
- ⇒高温熱による水素製造や、熱の産業利用が可能

◆ 実験炉:ITER



◆ 実験装置：JT60SA

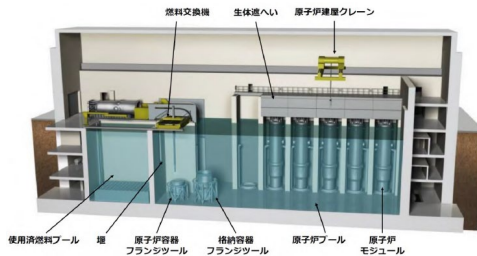


SMRの特徴

- 安全システムのシンプル化・高信頼化：小さな炉心を活かし、自然循環等を利用したシンプルな安全システムを採用
→ ヒューマンエラー、機器故障の回避
→ 配管破断による冷却水の全喪失等のリスクを大きく低減し、避難区域を縮小
- 小さな初期投資コスト：モジュール生産による品質管理の容易化、工期短縮
- 負荷追従・多目的利用：モジュール単位の出力調整や熱貯蔵・水素製造とのカップリング
- 多様な炉型：軽水炉型に加え、高速炉型、高温ガス炉型など、様々な炉型が存在。

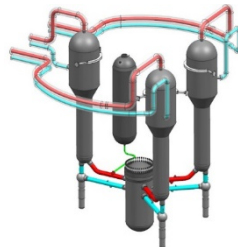
NuScale

- NuScale社の米国初、型式認証取得のSMR。
- PWR技術をベース
- DOEの支援のもと、アイダホ国研敷地内に建設・2029年初号機運開予定



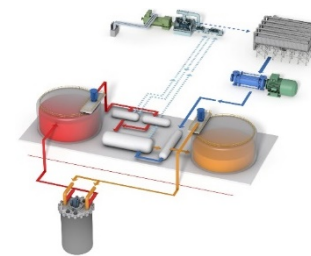
UK-SMR

- PWRタイプ、出力44万kWのSMR。
- Rolls-Royce、NNL（英国国研）等のコンソーシアムが開発。
- カンブリアの既存サイトを利用し、2029年の運転開始を目指す。



Natrium炉

- Terra Power社とGEH社が開発
- ナトリウム冷却高速炉で、溶融塩によるエネルギー貯蔵システムを備える
- 米ARDPの支援もと、7年以内の実証炉運転開始を目指す。



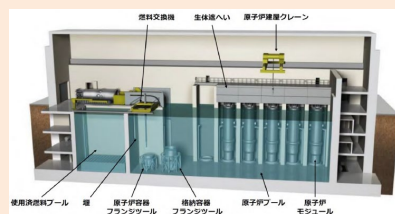
海外連携、国内開発等で推進するSMR開発

- **2020年代末の運転開始を目指す海外の実証プロジェクトと連携した取組**を支援し、日本企業がプロジェクトの主要プレーヤーとして参画し、脱炭素技術であるSMRの安全性の実証に貢献することを目指す。
- **日本企業独自の取組**による、多様なニーズを見据えた小型モジュール炉等の開発も支援。

NuScale SMR

日揮グローバル株式会社、
株式会社IHI

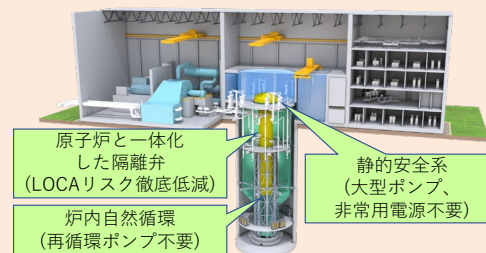
- PWRタイプのSMR。複数のモジュールをプール内に設置し、炉心冷却が可能。
- 1モジュールの出力は7.7万kWで、最大12個のモジュールを設置可能(最大92万kW)。
- 2029年に米国で実証炉運転を目指すNuScale社に、2021年4月、日揮が出資を発表。
- モジュール・メンテナンス機器等の課題について日米協力を通じて実証を目指す。



BWRX-300

日立GEニュークリア・エナジー株式会社(日立GE)

- 出力30万kWのBWRタイプのSMR。圧力容器と一体化した隔離弁を採用した原子炉とすることで、配管破断による冷却材喪失事故を排除する設計。NRCからも認可。
- 米GE Hitachi社と日立GE社が共同開発し、北米での実証を目指す。
- 日立GEの実温・実圧で試験できる設備を活用し、要素技術を実証を予定。



多目的利用小型PWR

三菱重工業株式会社

- PWRタイプのSMR。炉容器に蒸気発生器を内蔵することで冷却材喪失事故の排除、炉心冷却にポンプ等の動的機器を使わない受動安全性等が特徴。
- 独自IPで、出力30万kWの発電用炉と、革新的な窒化物燃料を使う出力3万kWの船舶搭載炉を開発。



マイクロリアクター

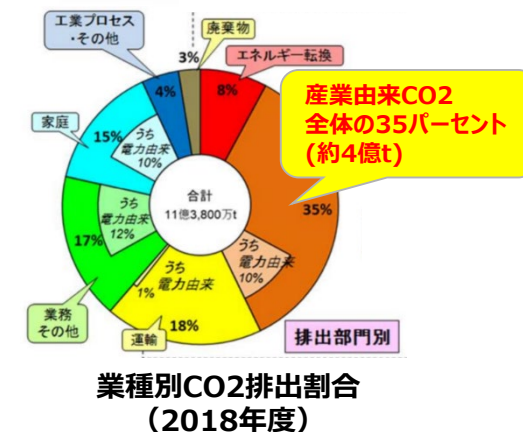
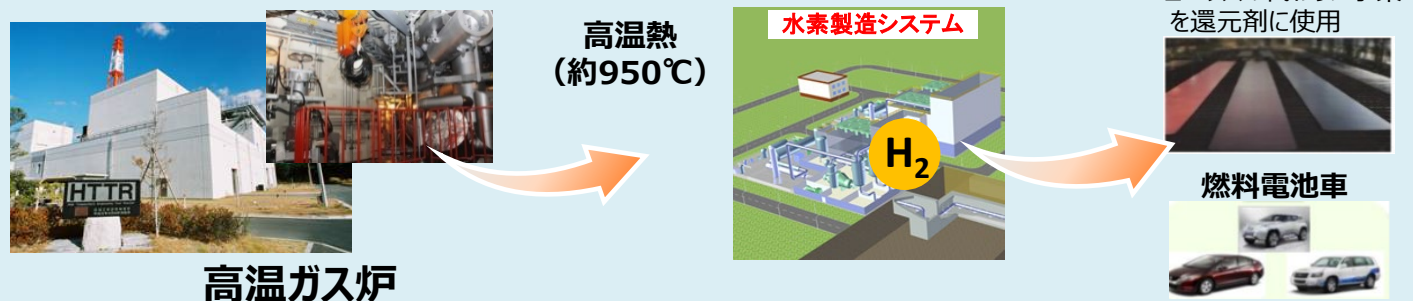
- 災害時の非常用電源、遠隔地などで多目的に利用できる出力0.05万kWのマイクロリアクターも開発。



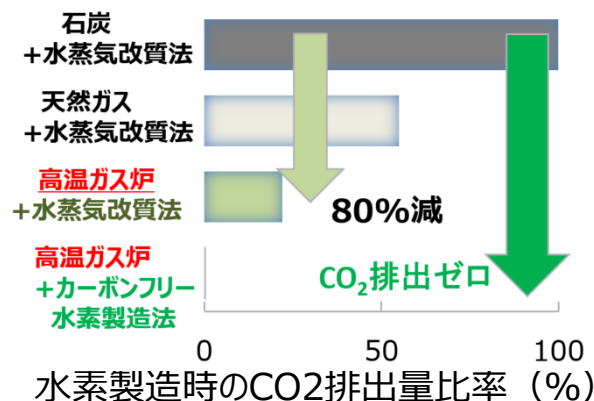
水素製造・熱利用に活用可能な高温ガス炉、米英加でも脚光

- 電源利用に限らず、**950℃の高温を利用した大規模・安定のカーボンフリーな水素製造**や、**産業プロセスへの熱供給**等の高温熱の産業利用、地域暖房等の低温熱利用が可能。例えば、水素を**水素還元製鉄等で活用**し、**産業の脱炭素化**に貢献。
- 米国のX-energy社が**2020年代後半までに実証炉建設予定**、英・加でもU-battery社、USNC社等が官民コストシェアで支援を受ける。

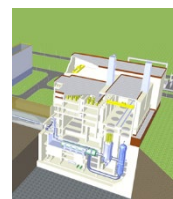
カーボンフリー社会での高温ガス炉活用のイメージ



高温ガス炉の活用により、カーボンフリーで大規模・安定の水素製造が可能



高温ガス炉



東京ドーム1/2個以下
(~2万m²)

約1/1600

<<

太陽光



東京ドーム約700個
(約32.4km²)

製鉄用高炉 1 基に水素を供給するのに必要な敷地

超高温の活用で脚光を浴びる高温ガス炉・核融合炉

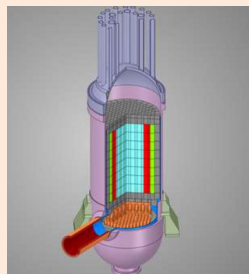
- NEXIPにおいて、水素製造、蓄熱のアイディアで柔軟性を有する高温ガス炉 2 炉型を支援。
- 日本発の核融合ベンチャー企業も登場。海外で進む実験炉プロジェクト市場へ参入中。

NEXIPで支援中の高温ガス炉提案

高温ガス炉コジェネプラント (水素製造・発電)

三菱重工業株式会社

- 高温ガス炉の900℃超の熱を活用し、発電と大量・安定の水素製造が可能なコジェネプラント。
- 水素の大量安定供給で製鉄等プラント等の脱炭素に貢献可能。
- HTTR設計・製作・建設、実用炉検討を通じた経験。



蓄熱型高温ガス炉

東芝エネルギーシステムズ株式会社、富士電機株式会社

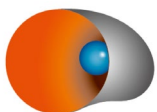
- 熱出力600MWt/ユニットで、4ユニット合わせて電気出力約100万kWを達成する高温ガス炉。
- 発電用を念頭とし、熔融塩蓄熱システム併設により負荷追従が可能。
- 高温水蒸気電解との接続による水素製造オプション
- HTTR建設主要企業としての経験。



核融合ベンチャーの動向

京都フュージョニアリング社

設立：2019年10月



Kyoto fusionENGINEERING



小型核融合と
水素製造装置

- 2025年頃の核融合エネルギー発生を目指す米・英・加の核融合ベンチャーへの機器納入・開発受託を通じて、核融合市場に参入。
- 核融合向けの部材は高度な原子力技術が必要。製造する国内サプライヤーの多くは軽水炉向けのサプライヤーと共通しており、日本の優れた産業基盤を活かすイノベーション、人材育成、製品開発、海外市場開拓が可能。

原子カイノベーションエコシステムの構築に向けて

- 原子カイノベーションエコシステムを構築すべく、産学官のコミュニケーションの推進が必要。
- 原子カイノベーションを加速するため、民間主導の原子カイノベーションを推進するプロジェクトの創出し、プレイヤー育成、研究開発基盤整備、イノベーションプロジェクトへの資金供給の促進などの取組を進める必要がある。効率的な開発の推進、事業性向上のため、海外連携、プロセスイノベーションも推進。

原子カイノベーションエコシステム構築のための産学官コミュニケーション

- ・開発目標（性能要求）を提示
- ・サプライチェーン状況を把握
- ・政策資源投入の在り方を議論
- ・海外連携/プロセスイノベーション戦略

プレイヤー

- ・ 原子カイノベーションプロジェクトの創出
- ・ 潜在的ユーザーの発掘
（例：協議会、ワークショップ）
- ・ イノベーションをけん引する若手人材の育成

研究開発基盤

- ・ JAEA施設・データ等の供用
- ・ JAEAをイノベーションハブとして共通課題解決・異業種連携
- ・ JAEA中心に規格基準整備/国際標準化推進

資金

- ・ 民間主導のイノベーションプロジェクトに政府としても支援を実施。
- ・ 潜在的投資家の発掘

- ・ 海外連携で米・英・加等の実証プロジェクトに参画推進

海外連携

- ・ 海外国立研究所等と協力・施設供用

- ・ サプライチェーン参画に支援

- ・ 一般産業品活用、3Dプリンタを支援し技術・人材を維持・強化

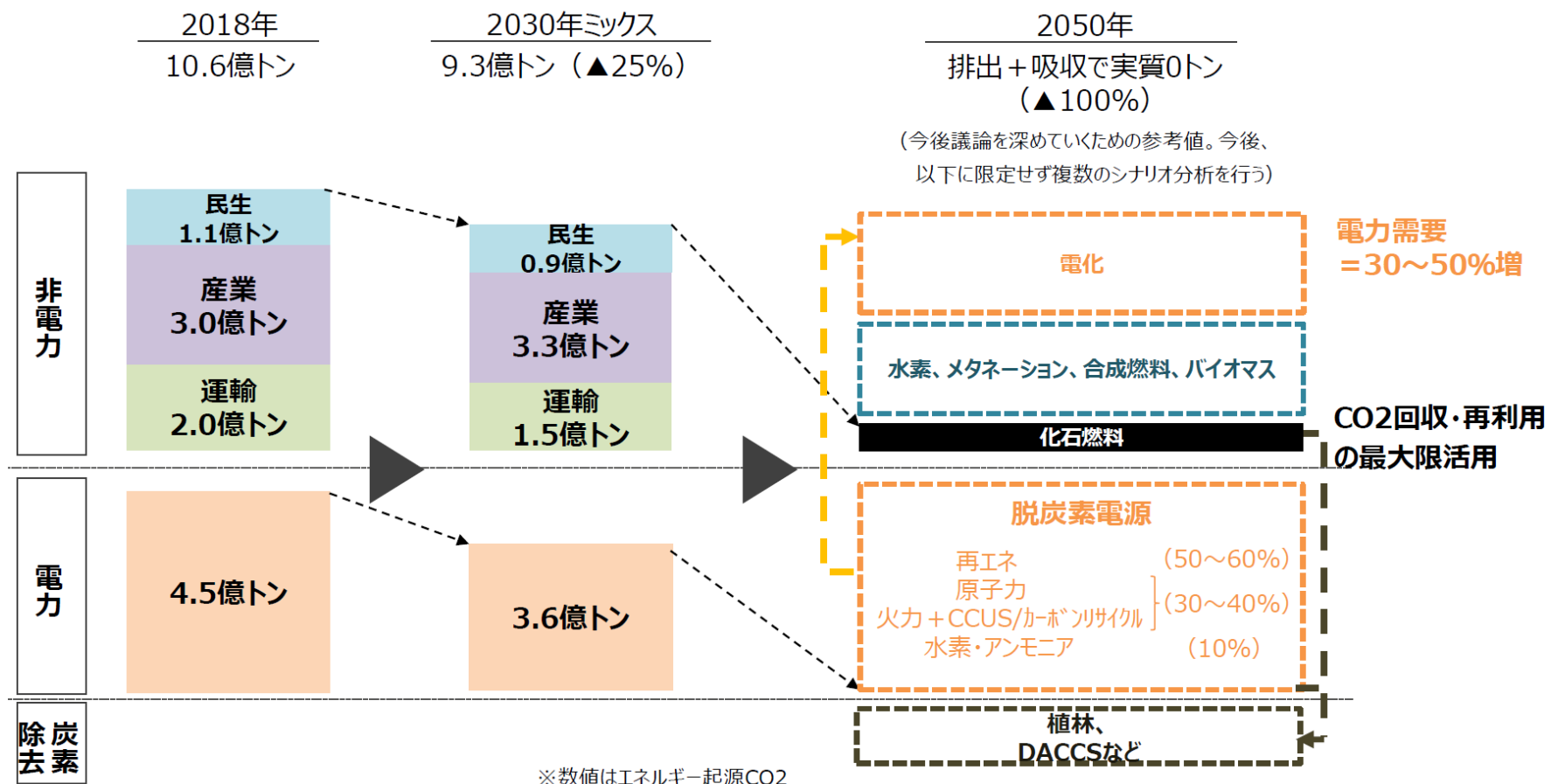
プロセスイノベーション

- ・ 炉型・技術革新を支える規格基準整備

- ・ プロセスイノベーションに支援

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（2020年12月）

- ◆ 2050年カーボンニュートラルへの挑戦を「経済と環境の好循環」につなげるための産業政策（2020年12月25日策定）
- ◆ 原子力を含む14の重要分野ごとに、高い目標を掲げた上で、現状の課題と今後の取組を明記し、予算、税、規制改革・標準化、国際連携など、あらゆる政策を盛り込んだ実行計画を策定。今後実行計画を各分野において深掘りしていく予定。



④原子力産業の
成長戦略「工程表」

- 導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ
- 具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
小型炉 (SMR)	米国・カナダ等で2030年頃までに実用化 →日本企業が海外実証プロジェクトに参画					日本企業が主要サプライヤーの 地位を獲得	販路拡大・量産体制化で コスト低減	アジア・東欧・アフリカ等に グローバル展開
高温 ガス炉 目標コスト (水素) 2050年 12円/Nm ³	HTTR 再稼働	HTTRを活用した「固有の 安全性」確認のための試験		カーボンフリー水素製造に必要な技術開発		カーボンフリー水素製造設備 と高温ガス炉の接続実証	販路拡大・量産体制化で コスト低減	
	世界最高温の950℃を出力可能なHTTRを活用した国際連携の推進					実用化スケールに必要な実証		
	高温熱を利用したカーボンフリー水素製造技術の確立（IS法、メタン熱分解法等）							
核融合	国際協力の下、核融合実験炉（ITER）の建設・各種機器の製作				ITER運転開始 ・核融合反応に向けたプラズマ制御試験		ITER核融合運転開始 ・重水素-三重水素燃焼による 燃焼制御・工学試験 ・核融合工学技術の実証	
	・JT-60SAを活用したITER補完実験、 ・原型炉概念設計・要素技術開発				原型炉へ向けた工学設計・実規模技術開発			実用化スケールに必要な実証
	人材育成、学術研究の推進							
	米国、英国等のベンチャーが2030年頃までに実用化目標							
	海外プロジェクトに日本のベンチャー等が研究開発・サプライヤーとして参画、 機器納入							

④原子力産業

- ◆ 原子力は、実用段階にある脱炭素の選択肢。国内での着実な再稼働の進展とともに、海外（米・英・加等）で進む次世代革新炉開発に、高い製造能力を持つ日本企業も連携して参画し、多様な原子力技術のイノベーションを加速化していく。

	現状と課題	今後の取組
小型炉 (SMR)	各種要素技術の開発が必要 ・海外での実証プロジェクトと連携した基本設計・開発。 ・日本企業独自で多様なニーズを見据えた小型炉を自主開発。 革新的技術の安全性や経済性を検証 ・安全性は、米・英・加で許認可取得に向けたプロセスが進行中。 ・経済性は、量産化で追求。	国際連携プロジェクトへの参画 ・2020年代末の運転開始を目指す<u>海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組</u>に対し、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応を念頭に置きつつ<u>支援</u>を行う。 ・海外で先行する規制策定を踏まえ、技術開発・実証に参画。 ・日本企業がプロジェクトの主要プレーヤーとして参画し、脱炭素技術であるSMRの安全性の実証に貢献。<u>主要サプライヤーの地位を獲得</u>。2020年代末の海外でのSMR初号機開発後、海外連携によりグローバル展開と量産体制を確立。
高温 ガス炉	開発・運転ノウハウの蓄積と実用化スケールへの拡張が必要 ・<u>高温工学試験研究炉（HTTR）で950℃（世界最高水準）・50日間の高温連続運転を達成（JAEA）</u>。安全性を実証。 ・日本企業が水素製造・発電コジェネプラント、蓄熱可能な発電用高温ガス炉などを開発中。 ・高温ガス炉と水素製造施設との接続技術の確立が必要。	HTTRを活用した試験・実証等 ・HTTRを活用し、安全性の国際実証に加え、2030年までに大量かつ安価な<u>カーボンフリー水素製造に必要な技術開発</u>を支援。 ・安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応を念頭に置いた開発支援を行いながら、技術開発・実証に参画。<u>海外の先行プロジェクトの状況を踏まえ、海外共同プロジェクトを組成</u>していく。 ・<u>日本の規格基準普及</u>に向けた<u>他国関連機関との協力を推進</u>。
核融合	国内施設を通じた研究開発や核融合実験炉（ITER）建設に向けた製造・試験、各種要素技術の開発が必要 ・<u>プラズマ制御技術</u>の高度化に向けた試験実施。 ・<u>ITER本体の組立・据付開始</u>、コイル等主要機器を日本から納入。 ・安全で安定稼働できる核融合原型炉の設計。	ITER計画等の着実な推進 ・ITER計画を始めとした国際共同技術開発や将来的な原型炉建設計画に向けた取組を通じて<u>主要機器の実証と、出力の長時間維持技術</u>を確立。日本の核融合原型炉の建設計画に反映。 ・2030年頃の実用化を目指す米・英のベンチャーと日本のベンチャー・メーカー等が連携を加速。 ・核融合炉の高温熱を活用したカーボンフリーな水素製造技術の開発を推進。

3. 原子力の国際協力

原子力の国際協力について

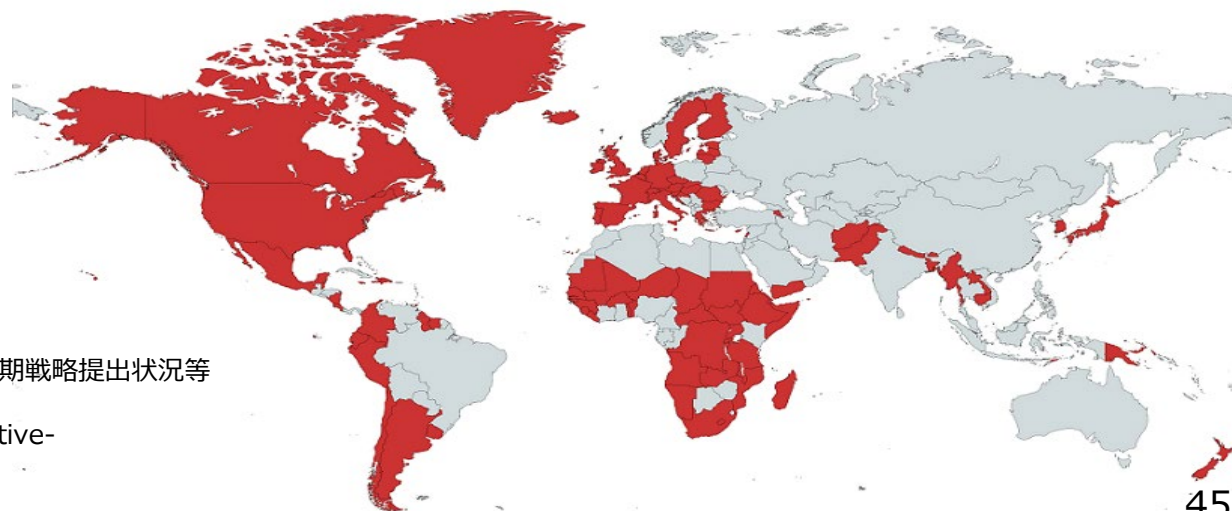
- 現在、原子力を利用している国の多くがカーボンニュートラルを表明している中、日本の原子力技術に対する期待の声は、引き続き、各国から寄せられている。こうしたニーズに応えることにより、日本の原子力技術が世界の脱炭素化に貢献可能。
- このため、米英仏等との海外実証プロジェクトによる国際連携を通じて、イノベーションを加速させ、様々な脱炭素化の要請に原子力で応える選択肢を拡大していくことが重要な課題。
- また、このようなオプションを米英仏等との国際連携を通じて、原子力発電所の新規導入国（東欧・アジア等）に展開することにより、今後、エネルギー需要が拡大するアジアを含めた世界の脱炭素化に貢献可能。
- なお、このような世界の脱炭素化への貢献の取組が、日本の原子力の人材・技術・産業基盤の維持・強化にもつながっていく。

2050年までのカーボンニュートラル を表明した国

124力国・1地域

（出典）COP25におけるClimate Ambition Alliance及び国連への長期戦略提出状況等を受けて経済産業省作成（2021年3月末時点）

[https://climateaction.unfccc.int/views/cooperative-initiative-
details.html?id=94](https://climateaction.unfccc.int/views/cooperative-initiative-details.html?id=94)



① 国際連携を通じたイノベーションや廃炉等における協力

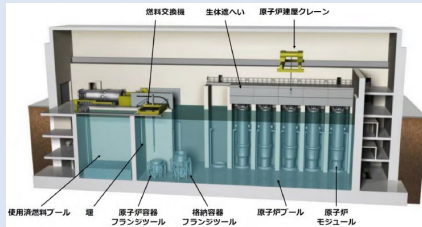
- 革新的技術の原子力イノベーションに向けた研究開発（SMR、高温ガス炉、高速炉等）を進めていくにあたっては、米英仏加等の海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組を積極的に支援。
- 海外事業者の技術やノウハウを活用し、日本の廃炉作業へ適切に活かすことを目的として、諸外国の有識者や事業者と情報・意見交換を行うワークショップ等を開催。事業者間での国際協力も進展。

国際連携を通じたイノベーション協力の取組例

SMR協力

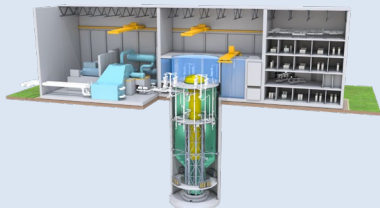
◆ NuScale（NuScale社）

- ・ 4月に日揮が出資を発表。メンテナンス機器等の課題について日米で共同実証を目指す。



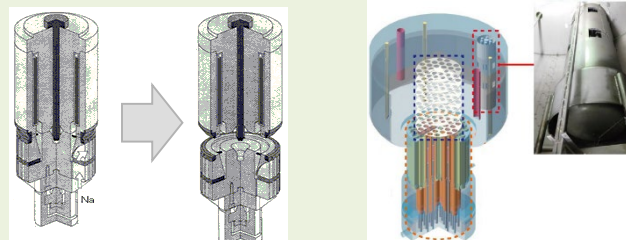
◆ BWRX-300（GE日立）

- ・ 米GE-Hitachi社と日立GE社が共同で開発し、北米での実証を目指す。



高速炉協力

【日仏協力】

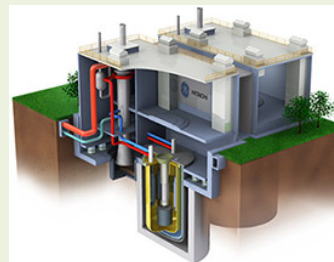


温度上昇で磁力が喪失、制御棒が重力で落下

電源不要の自然循環による冷却システム

＜共同開発中の安全性向上技術＞

【日米協力】



＜多目的高速試験炉(VTR)＞

廃炉協力の取組例

日米廃炉ビジネス・ワークショップ

(2020年5月・7月)

- ・ 日米官民での交流を促進し、日米事業者間の協力可能性の模索を目的（ウェブ開催）

東芝ESS・AECOM社※（米）提携

(2019年6月)

- ・ 東芝ESSの技術や工事实績と、AECOM社（エンジニアリング会社）の有するマネジメント経験等とのシナジーを創出



※現Amentum社

②国際連携を通じた新規導入国等への支援

- 東京電力福島第一原子力発電所事故以降、我が国は事故の知見や教訓を共有し、世界の原子力安全の向上や原子力の平和利用に貢献するために、米仏英との政策対話等の枠組みを活用し、原子力新規導入国等に対して、人材育成・制度整備支援を実施。
- 具体的には、グランホルム長官と梶山大臣が今年3月に今後の日米エネルギー分野での協力をテーマに会談を行い、原子力のイノベーション協力やアジアでの第三国協力等について意見交換。
- また、原発需要が見込まれる国（東欧・ASEAN等）で、これまで100以上の現地セミナーを開催。

原子力の政策対話（閣僚会談等）

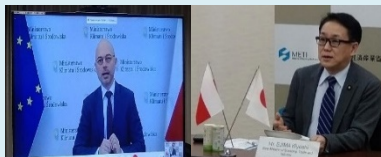
①梶山大臣と米国グランホルム長官（2021年3月）

- 原子力のイノベーション協力や、アジアでの第三国協力等について議論。



②江島副大臣とポーランド クルティカ大臣（2020年12月）

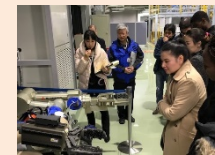
- 高級実務者レベルの原子力政策対話の創設。高温ガス炉研究開発及び人材育成等の二国間協力の推進について議論。



原子力新規導入国等への人材育成・制度整備支援

①原子力専門家の日本への招聘

- 国際原子力機関（IAEA）と連携した研修や原子力発電所の視察等を通じ、我が国の安全に対する取組・技術を共有。



②現地セミナー等の開催

- 日本から専門家を派遣し、現地セミナー等を通じて、原子力に地元合意や人材育成等の支援を実施。



(参考) 気候変動における原子力の役割等のグローバルな議論

- 国際エネルギー機関 (IEA) / 国際原子力機関 (IAEA)



2021年3月、「グリーンエネルギーへの移行における原子力の見通し」に関するWSをIEAとIAEAが共催。米国、英国、カナダ等の政府関係者が参加し、2050年カーボンニュートラルに向けた原子力の役割や原子力による熱利用や水素製造などについて議論。

- 経済協力開発機構 / 原子力機関 (OECD / NEA)



2019年10月の第1回会合
(共同議長：日本と米国)

長い年月をかけて地層処分に取り組む各国政府との国際強化を目的とした「最終処分国際ラウンドテーブル」(事務局：NEA)を2019年10月から計2回開催し、最終処分に関する政府間の国際連携強化に向けた基本戦略等や各国の知見・経験・ベストプラクティスを盛り込んだ最終報告書を取りまとめ。

CEM



EUタクソミー



グリーンエネルギー大臣会合(CEM)のイニシアチブにおいて、原子力の柔軟性についてのキャンペーンが2019年5月に発足。米国、英国、カナダ、日本等が参加。原子力の柔軟性や水素製造を含めた原子力の多様な役割などについて議論。

IEA

IEAは、2019年に報告書「グリーン・エネルギー・システムにおける原子力」を発表し、「グリーン・エネルギーへの転換において原子力は重要な役割を果たす。」「エネルギー転換を軌道に乗せるには、原子力発電所の運転期間延長が極めて重要。」等について言及。

- 欧州委員会は、EUサステイナブル・ファイナンスにおけるEUタクソミー（持続可能な経済活動を分類・定義するもの）を策定中。
- 原子力については、気候変動緩和に貢献するものの、放射性廃棄物などの観点で科学的な見地から検討中だったが、2021年3月、EUの政策について科学的助言を行う、共同研究センター（JRC）は、「原子力が人の健康や環境に害を与えるという科学的根拠はない」とする報告書を発表。