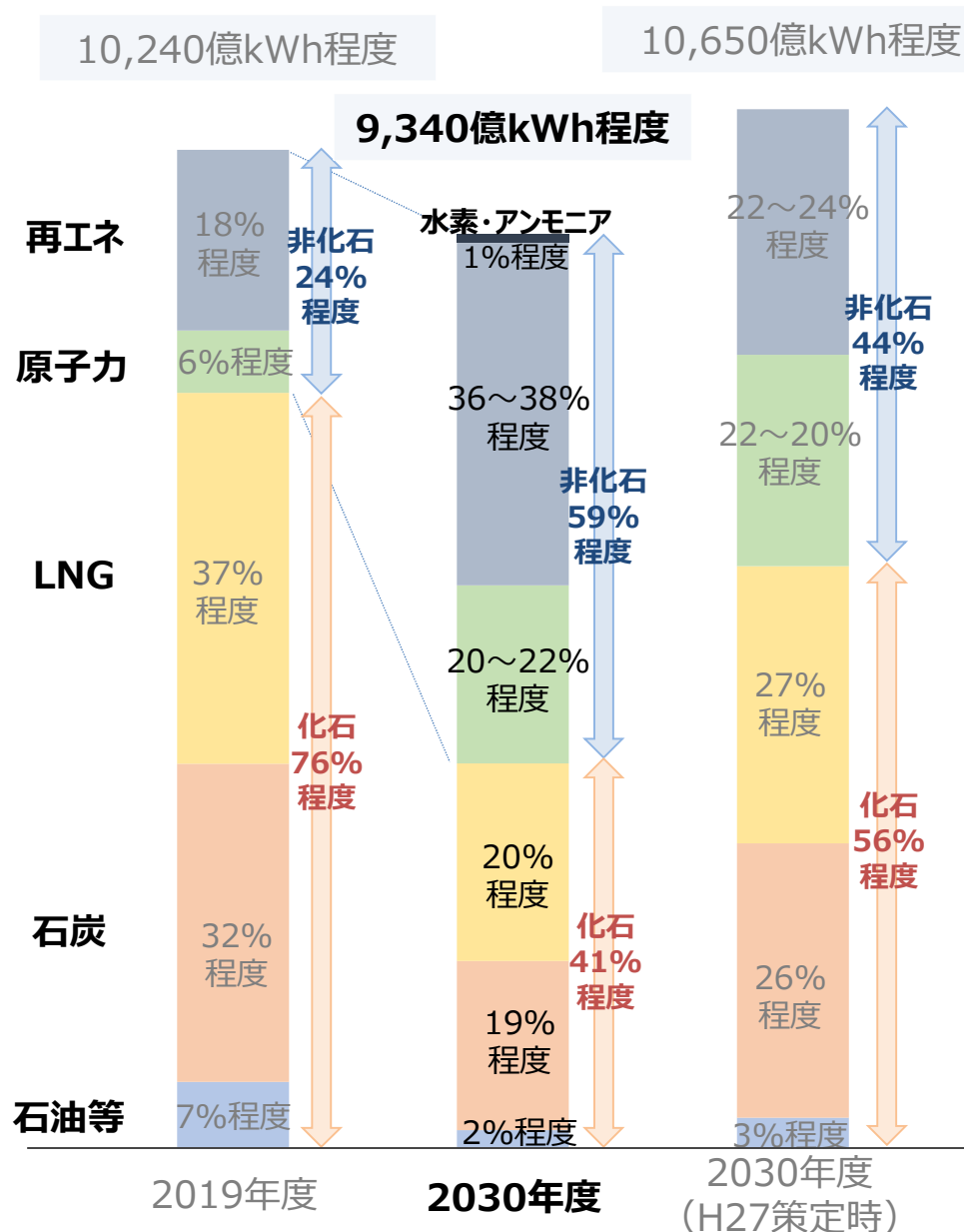


# カーボンニュートラル実現に向けた原子力政策

令和4年1月17日  
資源エネルギー庁

# 第6次エネルギー基本計画 -2030年に向けた政策対応-

- 2030年に向け、徹底した省エネ、再エネの最大限導入、安全最優先での原発再稼働等に取り組む。



出典:「2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)、令和3年10月、資源エネルギー庁」から抜粋  
URL : <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005.html>

# 原子力発電所の現状

2022年1月4日時点

再稼働  
10基

稼働中 9基、停止中 1基 (起動日)

設置変更許可+理解表明  
3基

(許可日)

設置変更許可  
4基

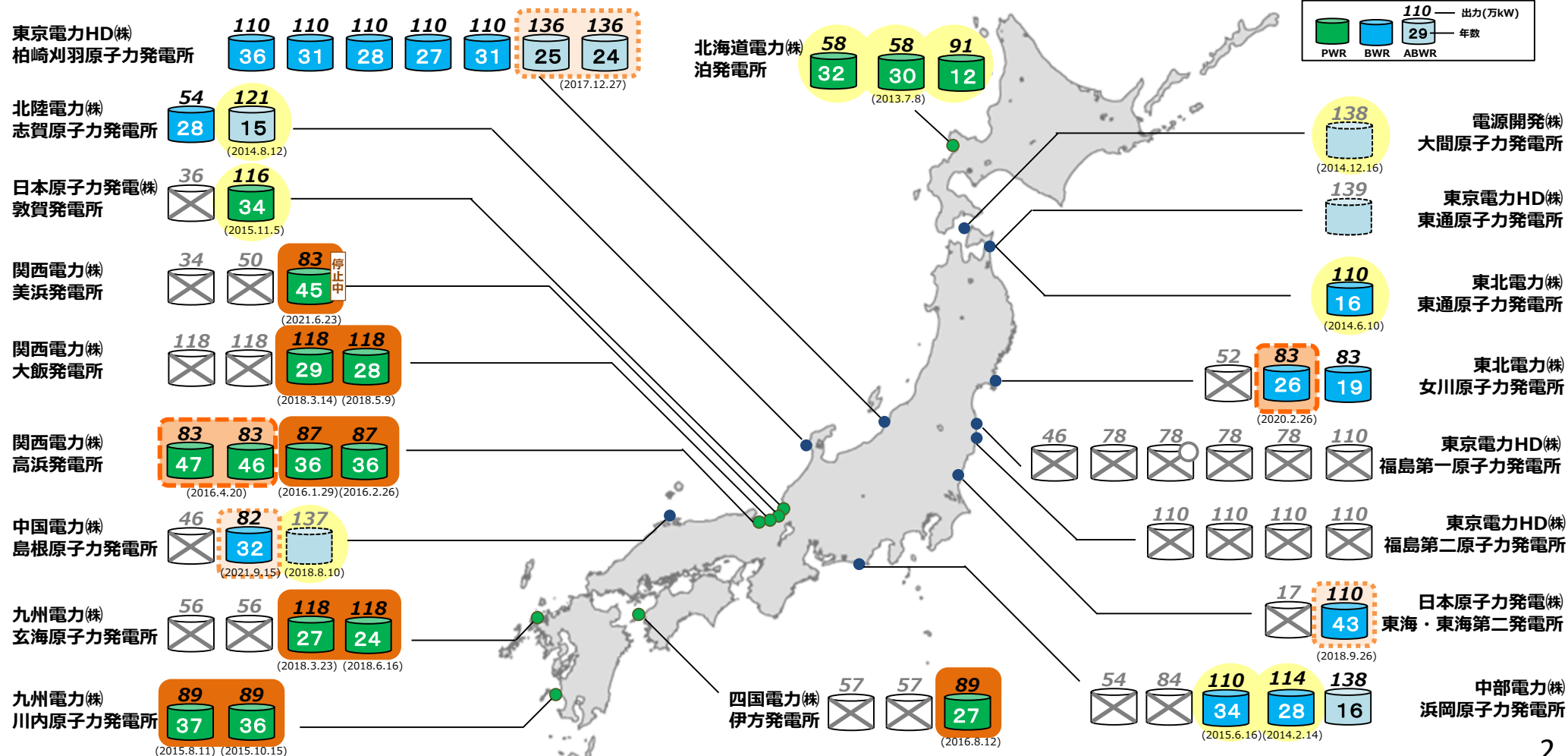
(許可日)

新規規制基準  
審査中  
10基

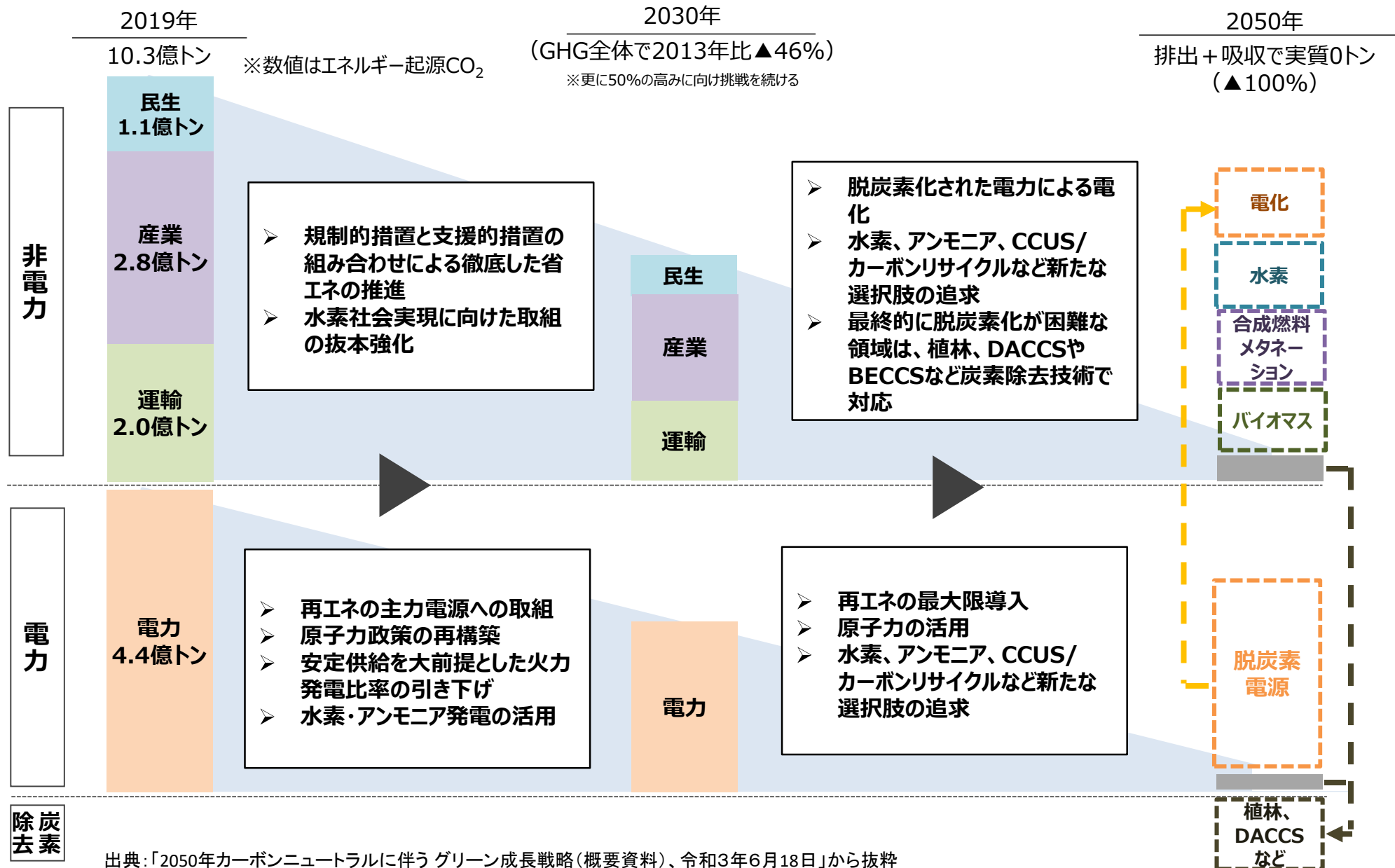
(申請日)

未申請  
9基

廃炉  
24基



# 2050年カーボンニュートラルの実現



出典:「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(概要資料)、令和3年6月18日」から抜粋  
URL:<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html>

# 原子力産業

- ◆ 原子力は、実用段階にある脱炭素の選択肢。可能な限り依存度を低減しつつ、国内での着実な安全最優先の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していく。

	現状と課題	今後の取組
高速炉	<p><b>資源循環性の向上が必要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力の持続的な利用には、放射性廃棄物の減容化・有害度低減、中長期的には資源の有効利用に向けた技術開発を進めることが重要。</li> </ul> <p><b>世界各国で高速炉の開発が進展</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ロシアは実証炉を運転開始済みで、中国も実証炉建設中。</li> <li>北米でも政府支援を得て、ベンチャー企業等による高速炉開発が加速。</li> </ul>	<p><b>国際連携を活用し開発を着実に推進</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「戦略ロードマップ」に基づき、例えば今世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待。それに向けて、2023年度末頃までは多様な技術間競争を促進。<u>日仏、日米協力で効率的な開発を推進。</u></li> </ul> <p><b>原子力研究開発機構が保有するデータ・施設を最大限活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>建設・運転・保守経験で培われたデータ、施設を最大限活用。「常陽」の再稼働に向けた準備を速やかに進める。</u></li> </ul>
小型炉 (SMR)	<p><b>各種要素技術の開発が必要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海外での実証プロジェクトと連携した基本設計・開発。</li> <li>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。</li> </ul> <p><b>革新的技術の安全性や経済性を検証</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>経済性は、量産化で追求。</li> </ul>	<p><b>国際連携プロジェクトへの参画</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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支援を行う。海外で先行する規制策定を踏まえ、技術開発・実証に参画。</li> <li><u>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。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。</li> </ul>
高温ガス炉	<p><b>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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><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）。安全性を実証。</u></li> <li>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。</li> <li>高温ガス炉と水素製造施設との接続技術の確立が必要。</li> </ul>	<p><b>HTTRを活用した試験・実証等</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>HTTRを活用し、<u>安全性の国際実証に加え、2030年までに大量かつ安価なカーボンフリー水素製造に必要な技術開発を支援。</u></li> <li>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していく。</u></li> <li><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></li> </ul>
核融合	<p><b>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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>プラズマ制御技術の高度化に向けた試験実施。</u></li> <li><u>ITER本体の組立・据付開始、コイル等主要機器を日本から納入。</u></li> <li>安全で安定稼働できる核融合原型炉の設計。</li> </ul>	<p><b>ITER計画等の着実な推進</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ITER計画等の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を確立。</u>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。</li> <li>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。</li> </ul>

# 原子カイノベーションの創出に向けた支援

## 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： **23.3億円** ⇒ 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（フィジビリティ・スタディ）を実施。
- 水素製造技術実証： **7.0億円（新規）** ⇒ 原子力の超高温を活用した水素製造要素技術開発。

### 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： **12.4億円** ⇒ 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。



# 原子カイノベーションの創出に向けた支援

- 2050年カーボンニュートラルに向けては、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(SMR)

- 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、低資本費

◆ VOYGR  
(NuScale)



◆ BWRX-300  
(GE日立)

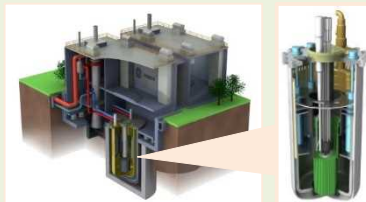


## 高速炉

- 高速中性子を利用した、ナトリウム冷却炉(約550℃)

⇒資源の有効利用、  
放射性廃棄物の減容化・  
有害度低減

◆ PRISM (GE日立)

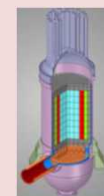


## 高温ガス炉

- 化学的に安定なヘリウム冷却材・多重被覆燃料を使用した高温の原子炉(約950℃)

⇒熱利用・水素製造、  
高い安全性

◆ 水素製造・発電用小型炉  
(三菱重工、東芝/富士電機)



出典：第23  
回 総合資源  
エネルギー  
調査会 電  
力・ガス事  
業分科会 原  
子力小委員  
会、2021年  
4月14日、  
資料5を基に  
一部追記

フランス  
高速炉協力



イギリス



高温ガス炉

2020年、JAEAが、英国  
国研（NNL）との協力や  
規制当局（ONR）との情  
報交換を開始

国際協力

アメリカ



高速炉協力



常陽  
(実験高速炉)



HTTR  
(高温工学試験炉)

JAEA



## 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

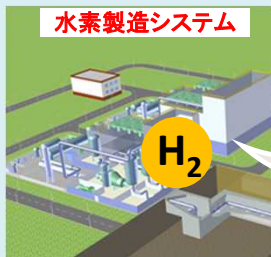
- 電源利用に限らず、950℃の高温を利用した大規模・安定のカーボンフリーな水素製造や、産業プロセスへの熱供給等の高温熱の産業利用、地域暖房等の低温熱利用が可能。例えば、水素を水素還元製鉄等で活用し、産業の脱炭素化に貢献。
- 米国のX-energy社が2020年代後半までに実証炉建設予定、英・加でもU-battery社、USNC社等が官民コストシェアで支援を受ける。

## 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

高温熱  
(約950℃)

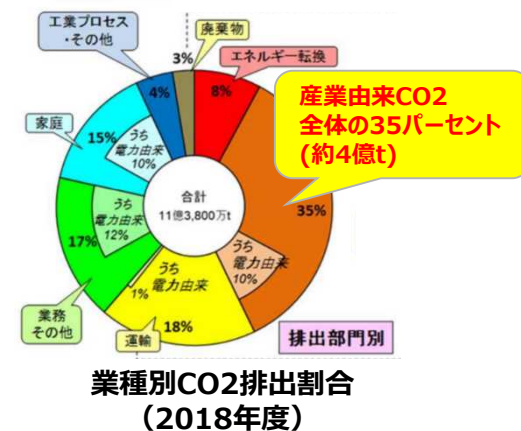


## 水素還元製鉄等

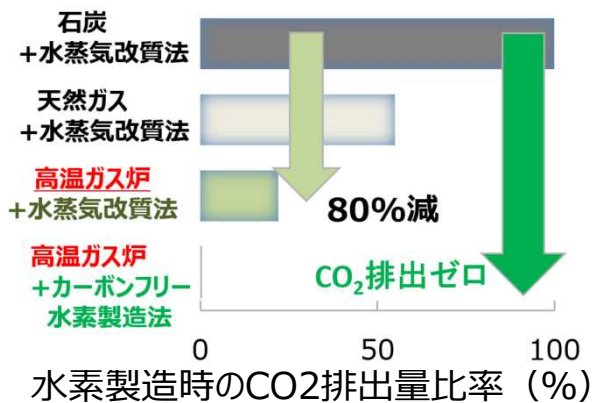
- ・コークスの代わりに水素を還元剤に使用



## 燃料電池車



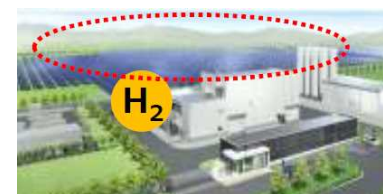
## 高温ガス炉の活用により、カーボンフリーで大規模・安定の水素製造が可能



東京ドーム1/2個以下  
(~2万m<sup>2</sup>)

**約1/1600**

&lt; &lt;



東京ドーム約700個  
(約32.4km<sup>2</sup>)

## 製鉄用高炉 1 基に水素を供給するのに必要な敷地



# HTTRを活用した更なる実証

- HTTRは、**世界最高温度である950℃での連続50日間の運転**を達成。
- HTTRで、**冷却流量ゼロでも自然冷却**されることを確認。
- **水素製造実証や追加の安全実証に向けた研究開発**が行われる予定。

## 高温工学試験研究炉

## 安全性実証試験

OECD/NEAプロジェクト



### 目的

- 高温ガス炉技術基盤の確立
- 高温ガス炉熱利用技術の確立



茨城県大洗町

### 主要仕様

熱出力 30MW  
 冷却材 ヘリウムガス  
 出口温度 850℃、950℃  
 炉心材料 黒鉛  
 燃料 被覆粒子燃料 (UO<sub>2</sub>)  
 濃縮度 3～10% (平均6%)

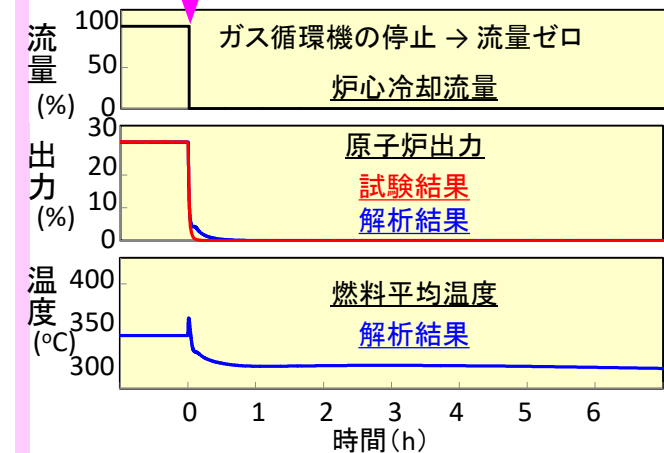
基盤技術  
の確立

世界初

原子炉の  
建設

研究開発と  
概念設計

2021	再稼動 (7月30日)
2020	設置変更許可取得 (6月3日)
2014	設置変更許可申請書を 原子力規制庁に提出
2010	安全性実証実験 (炉心流量喪失試験等)
2007	連続50日950℃運転
2004	連続30日850℃運転
2004	原子炉出口温度950℃達成
2002	安全性実証実験 (制御棒引抜実験)
2001	定格出力 (30MW) 原子炉出力850℃達成
1998	初臨界
1981～1997	建設
1989～1990	設置許可申請～取得
1985～1988	詳細設計
	高温工学試験研究炉
1981～1984	基本設計
1974～1980	システム総合設計
1969～1973	概念設計



制御棒挿入なし、冷却流量ゼロにおいて、  
物理現象のみで、  
原子炉が自然に静定・冷却されることを確認

### 燃料・材料



炉内ガスループ (OGL-1)

### 炉物理



高温ガス炉臨界実験装置 (VHTRC)

### 熱流動



大型構造機器実証試験ループ (HENDEL)

## 研究開発

# 超高温を利用した水素大量製造技術実証事業

令和4年度予算案額 **7.0億円（新規）**

## 事業の内容

### 事業目的・概要

- 世界が脱炭素に舵を切る中、脱炭素資源に限られる我が国の産業がグローバルサプライチェーンで生き残るためには、ゼロカーボン水素を安定供給することが重要な課題。特に鉄鋼や化学を含む産業部門のCO<sub>2</sub>排出量は国内総排出量の約25%を占めることから、水素還元製鉄等が進められており、大規模かつ経済的な水素供給が必要。
- 2050年には、800℃以上の脱炭素高温熱源（例えば、高温ガス炉、太陽熱、核融合等）を活用したIS法やメタン熱分解法等のカーボンフリーな水素製造法によって、約12円/Nm<sup>3</sup>で大量の水素を安定的に供給する可能性を念頭に、製鉄や化学等での産業利用に繋げることを目標とする。
- 本目標を達成するため、2030年までに、800℃以上の高温を利用したカーボンフリーな水素製造法（IS法やメタン熱分解法、高温水蒸気電解等）のFSを実施しつつ、800℃以上の脱炭素高温熱源とまずは商用化済みのメタン水蒸気改質法による水素製造技術を用いて高い安全性を実現する接続技術・評価手法を確立する。その際、水素製造量評価技術を開発するため、高温熱源として世界最高温度950℃を実現した高温ガス炉試験炉HTTRを活用して水素製造試験を実施。加えて、将来的な実証規模のカーボンフリーな水素製造施設との接続を見据え、接続に関する機器の大型化の実現性及び成立性を確認するため、機器の概念設計を行う。

### 成果目標

- 2030年までに、高温熱源と水素製造プラントの接続技術を確立し、水素製造が可能なことを実証する。また、カーボンフリーな水素製造法（IS法やメタン熱分解法、高温水蒸気電解等）の技術成立性の実証を得る。

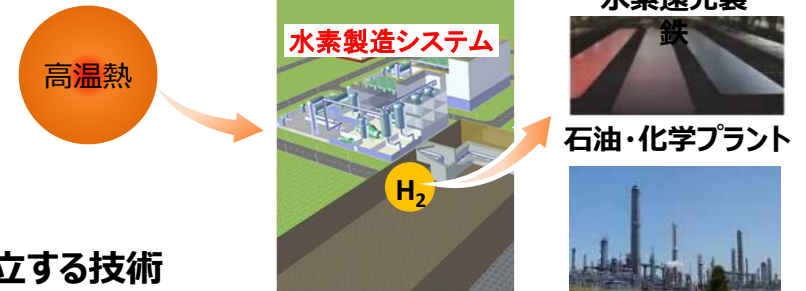
### 条件（対象者、対象行為、補助率等）

国

委託

JAEA、民間企業

## 事業イメージ



### 確立する技術

- 800℃以上に耐える大型隔離弁等の接続技術を開発、HTTRを高温熱源に活用し水素製造試験を実施することで、水素製造量評価技術を確立
- 実用化スケール向けの接続設備機器の概念設計を実施し、実現性及び成立性を確認
- 2050年の製鉄等の脱炭素を念頭に、800℃以上の高温を利用したカーボンフリーな水素製造法（IS法やメタン熱分解法、高温水蒸気電解等）のFSを実施し、技術コンセプトが確認された水素製造技術を対象にシステムレベルで技術を実証（目標TRL5）

**2030年：超高温を活用したカーボンフリーな水素製造技術の技術的成立性に見通しを得た上で、高温ガス炉と水素製造プラントの接続技術を確立**

**2050年：大量かつ経済的なカーボンフリー水素を安定供給（約12円/Nm<sup>3</sup>の可能性）、2050年政府目標（水素流通量2000万トン/年、水素コスト20円/Nm<sup>3</sup>）に貢献**