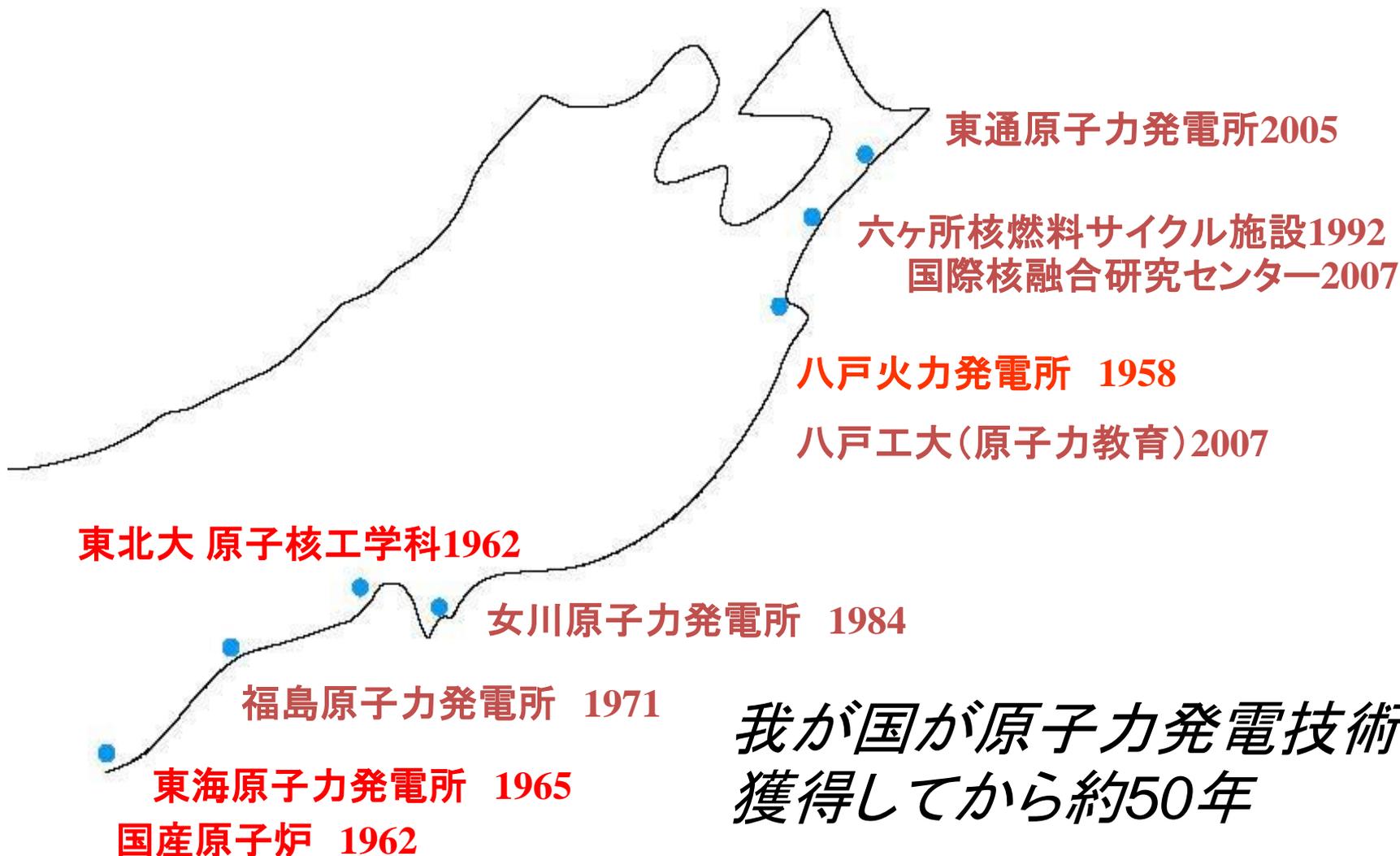


「原子力の問題を考える」

シニアネットワーク東北 阿部勝憲

- (1) はじめに
- (2) 原子力の意義
- (3) 課題と対策
- (4) 原子力の展開
- (5) まとめ

(1) はじめに (自己紹介)



我が国が原子力発電技術を
獲得してから約50年

(2) 我が国における原子力開発の意義

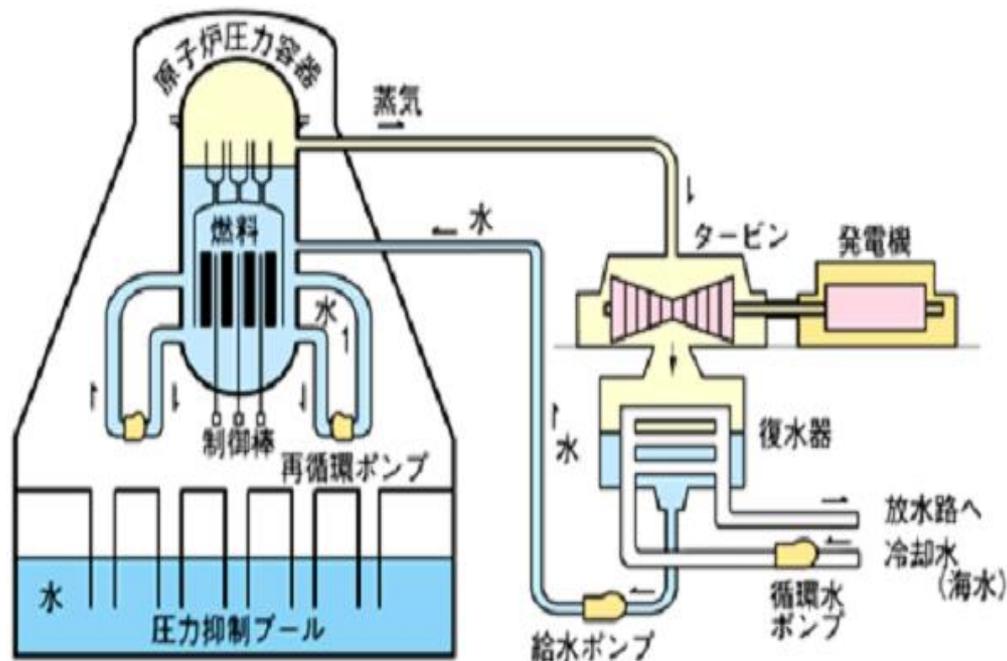
- 原子力発電の特徴(技術的側面)
- エネルギー源の条件
- 準国産エネルギー源
- 特色ある産業技術

原子力発電の特徴(技術的側面)

- 核分裂反応の利用
連鎖反応の制御
高いエネルギー密度
放射性物質取り扱い
減速材として軽水
CO₂排出の抑制

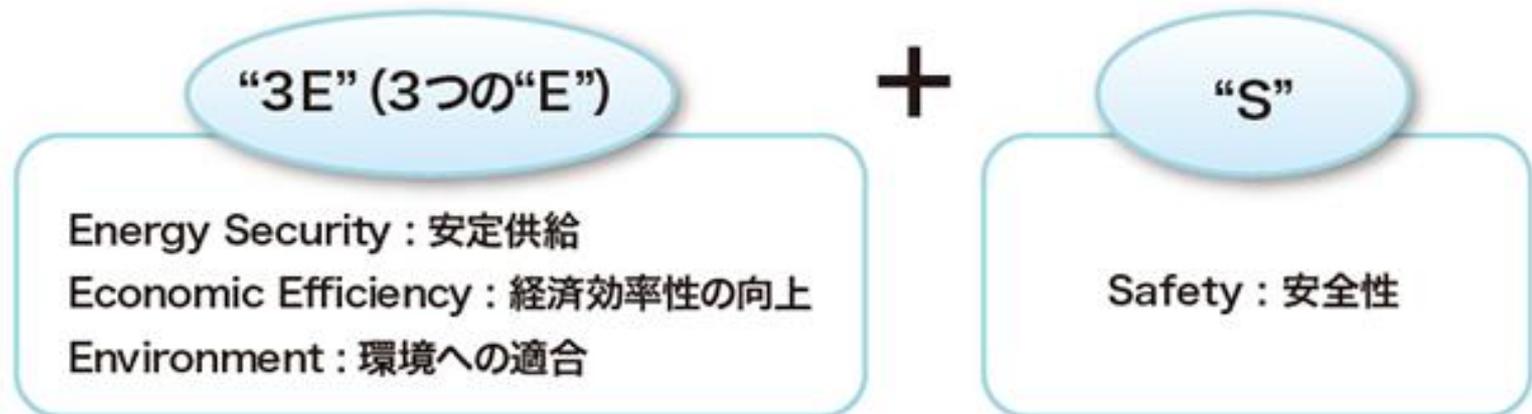
- 燃料はウラン
天然ウランを輸入
国内で濃縮・加工
プルトニウム利用も

- 軽水炉による発電
蒸気タービンの利用
基幹電力としての条件
冷却材として軽水

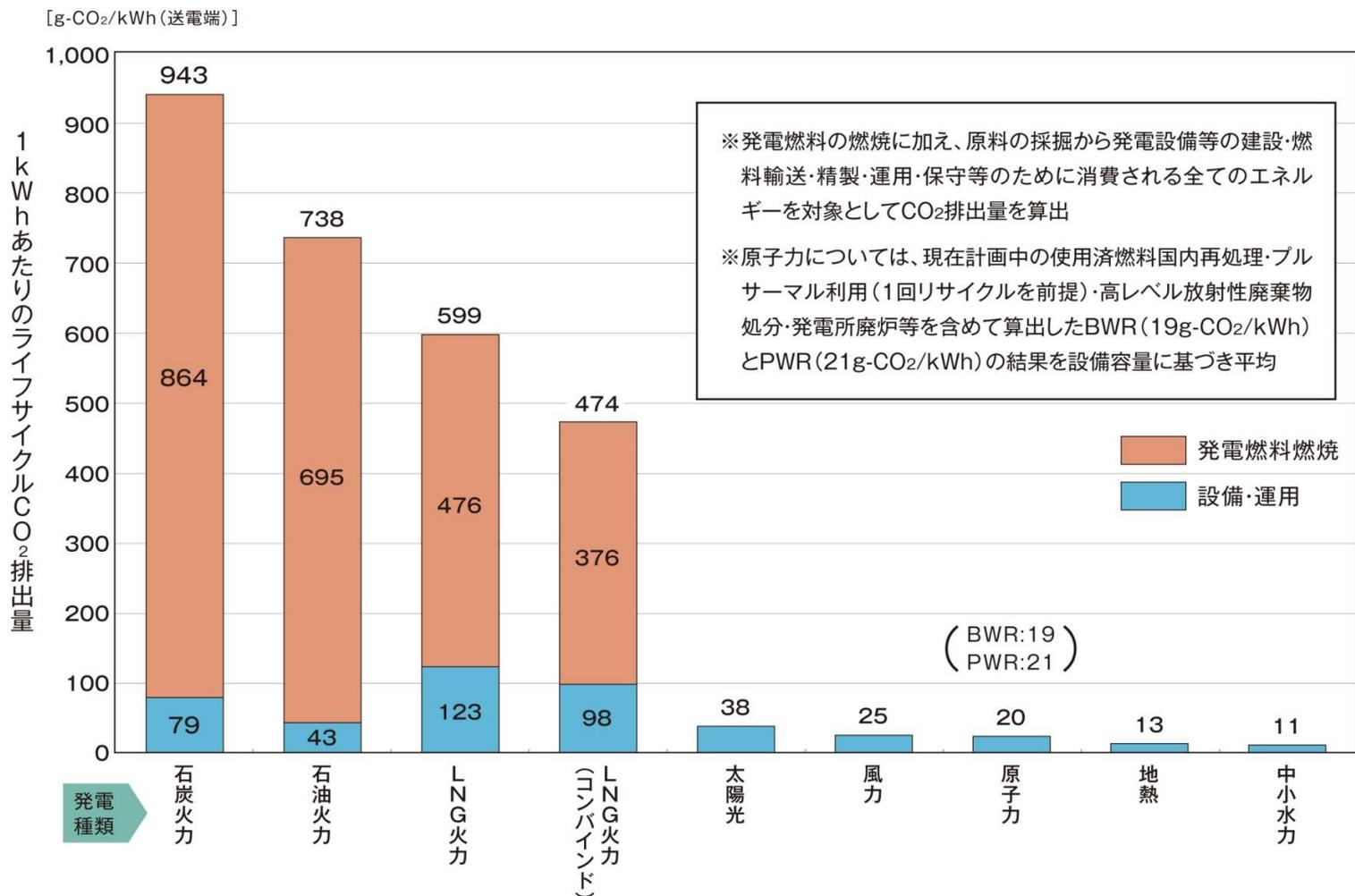


我が国で原子力発電を利用する理由

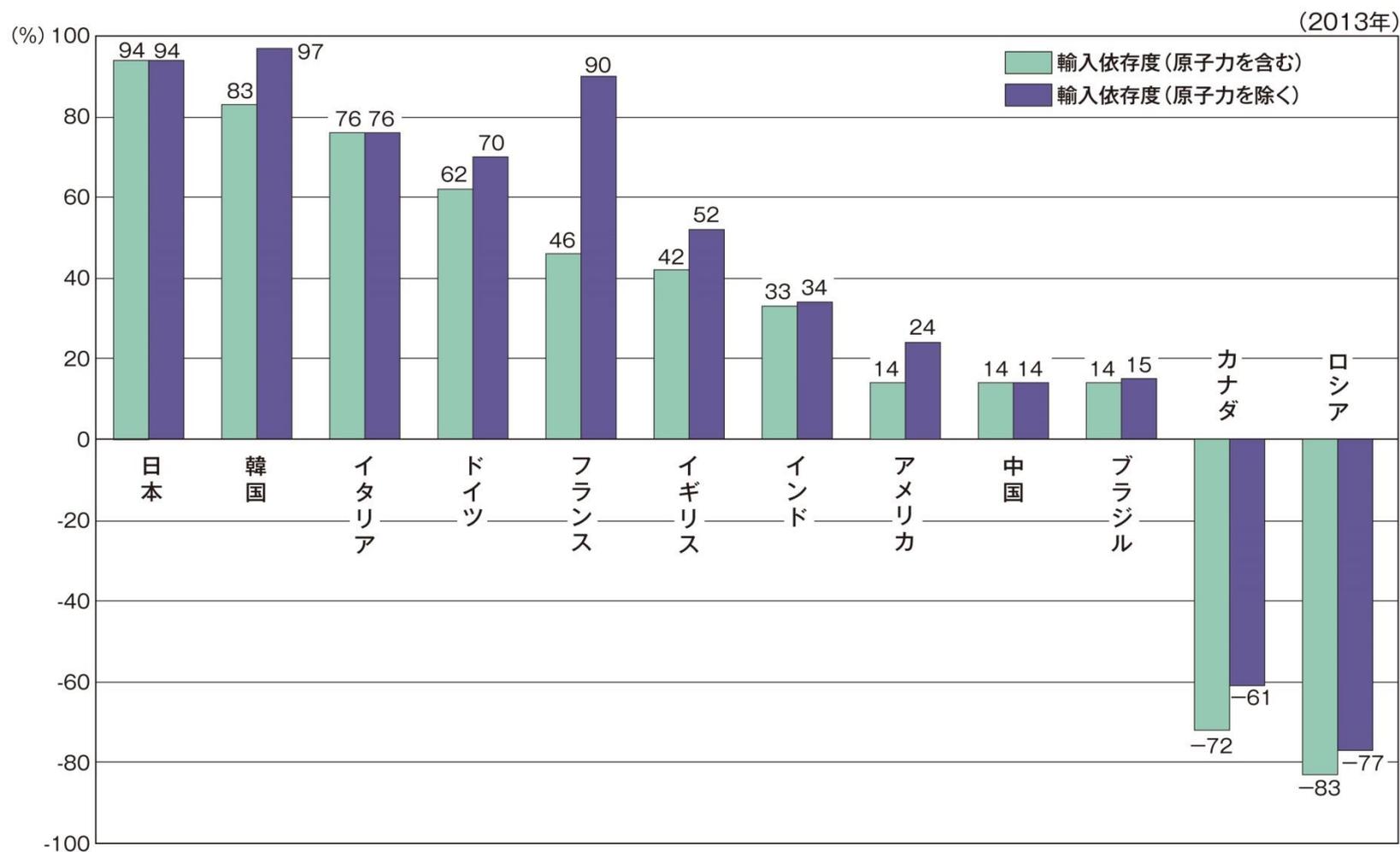
- CO₂排出量が少なく温暖化対策になる
- 燃料のウラン資源量が化石燃料(石油)に比べて豊富
- ウランの輸入先が安定で多方面である
- 準国産燃料としての特徴
- 供給安定性(季節や時間帯)とエネルギー密度が高い
- 周波数安定性が高い
- 経済性に優れる(事故を起こさないことが必要)



各種電源別のライフサイクルCO₂排出量



主要国のエネルギー輸入依存度

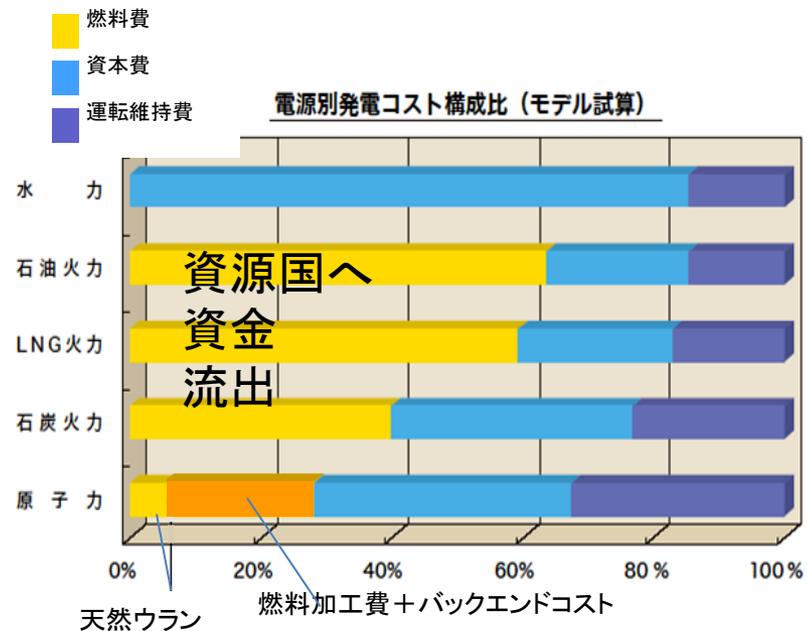


(注) 下向きのグラフは輸出していることを表す

準国産エネルギー源としての特徴

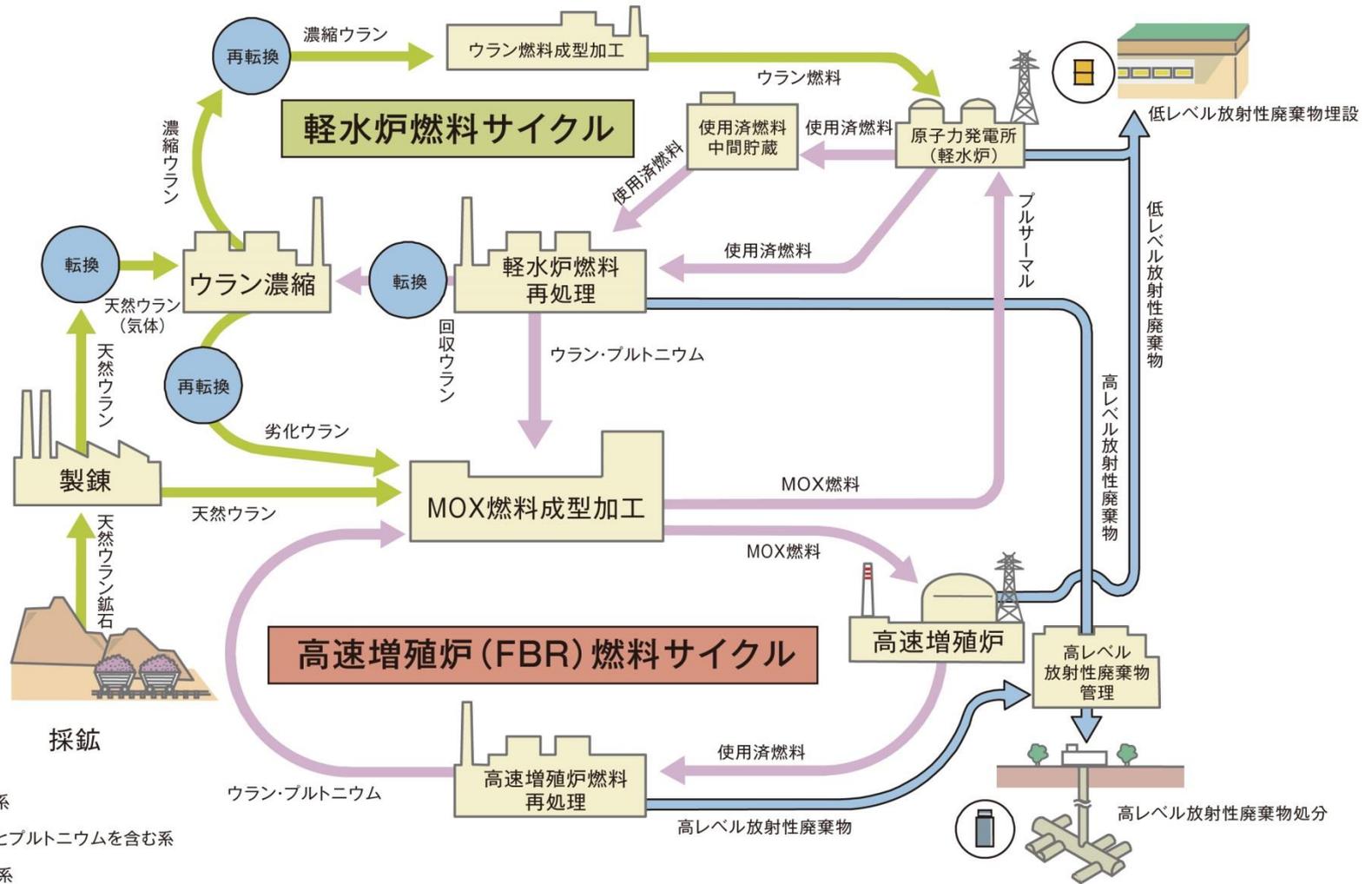
- 天然ウラン原料は輸入
- 国内で濃縮
日本原燃濃縮工場
- 国内で燃料集合体製造
原子燃料メーカー

- 国内で使用済み燃料からプルトニウム取り出し再利用
日本原燃再処理工場

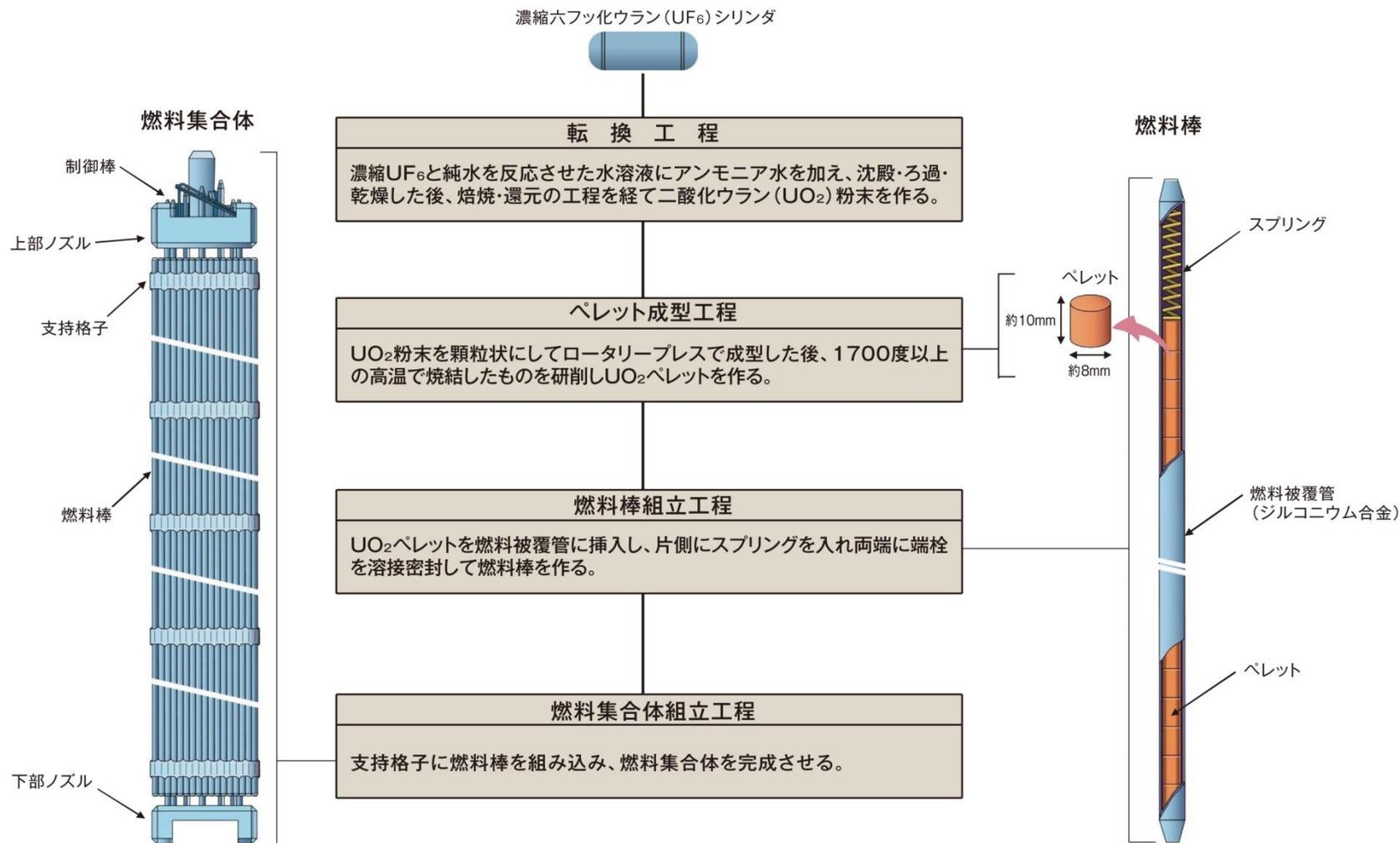


資源エネルギー庁資料

原子燃料サイクル(FBRを含む)



ウラン燃料加工工程



(注) PWRの場合

特色ある産業技術

- 原子炉、発電施設製造
重工、主要メーカー、燃料・
材料メーカー
- 発電所維持・運転
電力各社、協力会社
- 発電所建設
土木建築会社
など
- 高品質の機器例
燃料棒（ジルカロイ合金
被覆管、燃料破損率が
10万分の1以下）
圧力容器（日本製鋼所低合
金鋼、世界的な信頼性）
など

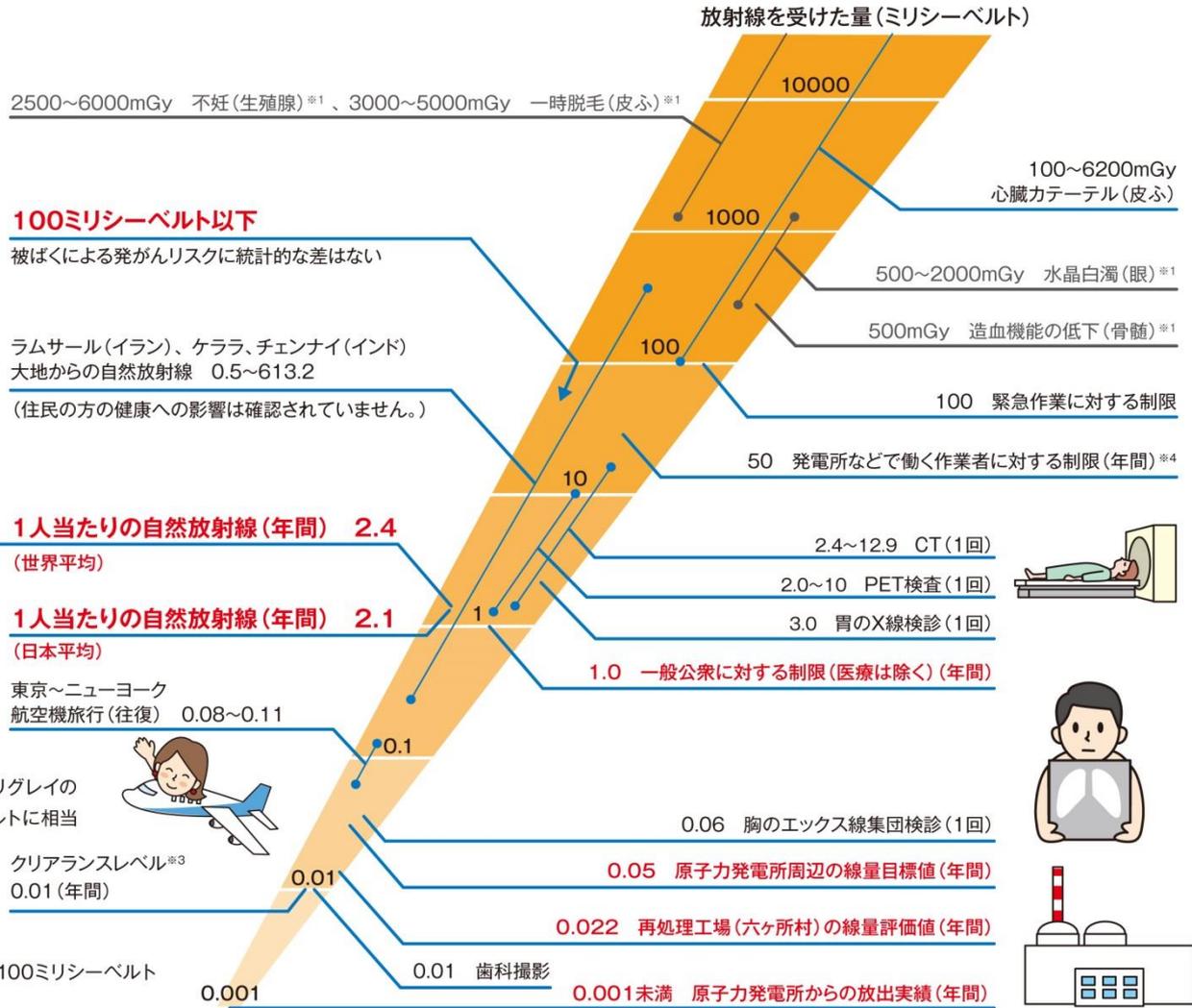
(3) 原子力発電の課題と対策

- 放射線の影響と健康管理
- 原子力発電プラントの事故と対策
- 原子力災害への備え

放射線の影響と健康管理

- 日常生活における放射線
- 放射線と生活習慣による相対リスク

日常生活と放射線



※1 放射線障害については、各部位が均等に吸収線量1ミリグレイのガンマ線を全身に受けた場合、実効線量1ミリシーベルトに相当するものとして表記

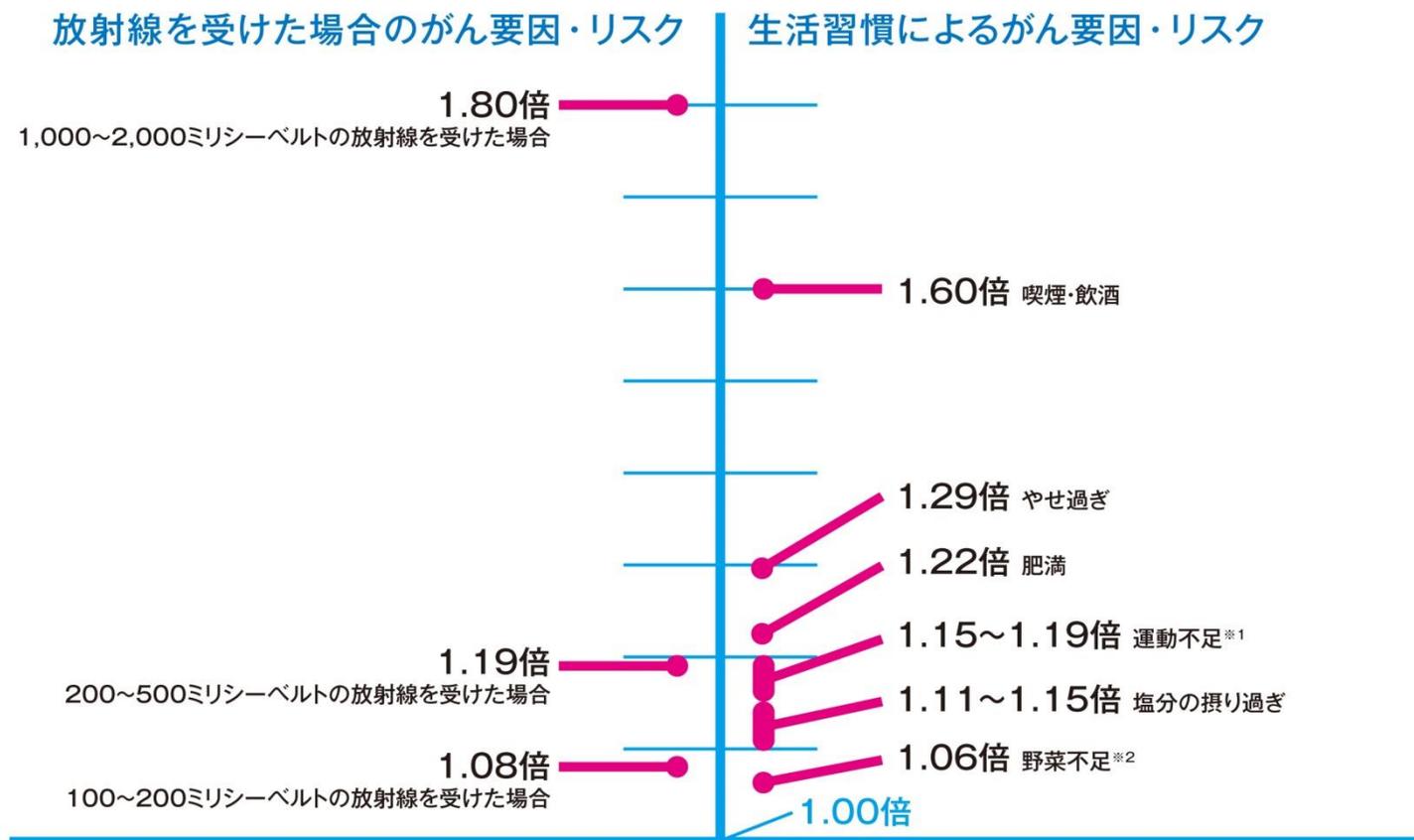
※2 空気中に存在する天然の放射性物質

※3 自然界の放射線レベルと比較して十分小さく、安全上放射性物質として扱う必要のない放射線の量

※4 発電所などで働く作業員に対する線量は5年間につき100ミリシーベルトかつ1年間につき50ミリシーベルトを超えない

放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク

(対象:40～69歳の日本人)



(注) 放射線は、広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない

※1 運動不足:身体活動の量が非常に少ない

※2 野菜不足:野菜摂取量が非常に少ない

原子力発電プラントの事故と対策

- 技術的側面

地震と津波による全電源喪失、冷却低下、崩壊熱による燃料損傷・溶融、水素爆発、閉じ込め機能喪失、放射性物質拡散

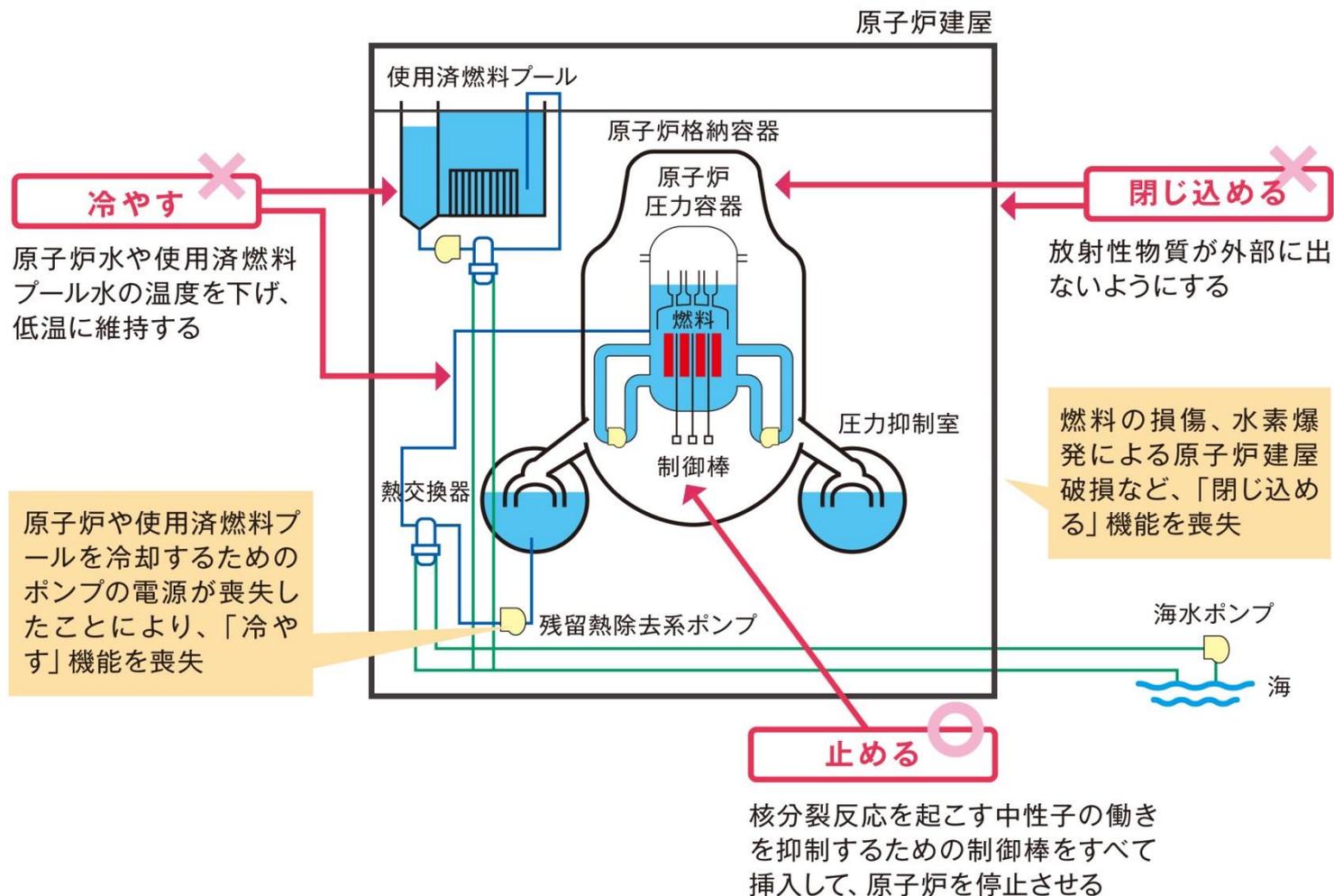
- 事故の根本原因と提言

日本原子力学会

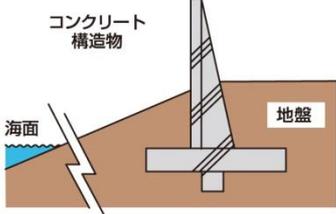
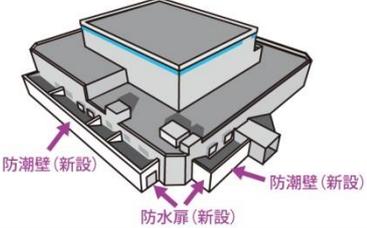
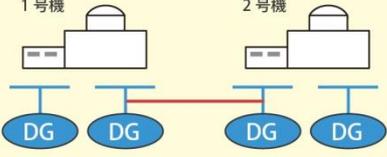
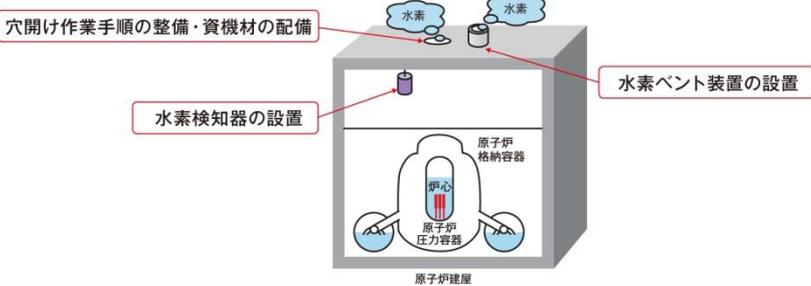
東京電力福島第一原子力発電所事故に関する
調査委員会 最終報告

直接要因と背後要因の分析、および提言

福島第一原子力発電所の事故概要



福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全対策の主な具体例

	短期対策（終了）	中長期対策（2～3年以内に実施）
緊急安全対策	<p>非常用電源車の追加配備</p> 	<p>防潮堤の設置</p>  <p>防潮壁の設置</p> 
電源信頼性向上対策	<p>非常用発電機の号機間での融通</p> 	<p>送電鉄塔の点検および地震・津波対策</p> 
シビアアクシデント対策	<p>ホイールローダーの配備</p> 	<p>建屋ベントおよび水素検知器の設置（BWR）</p> 

原子力災害への備え

- 原子力災害時の対策区域
- 放射線防護のイメージ
- わかりやすい広報の例
- 地域における活動の例

原子力災害時の対策区域の拡大

約5km圏内

PAZ

(Precautionary Action Zone)

予防的防護措置を準備する区域

全面緊急事態に至った時点で、直ちに避難し、原則として安定ヨウ素剤を服用する。

約30km圏内

UPZ

(Urgent Protective Action Planning Zone)

緊急時防護措置を準備する区域

原則として屋内退避。

その後、発電所の状況に応じて、避難・一時移転や、安定ヨウ素を服用などの準備をする。



住民に対する放射線防護のイメージ

事態の進展	PAZ (~5km)	UPZ (5~30km)	30km~
事業者が施設の状況に応じて、緊急事態区分を国・地方公共団体へ通報	<ul style="list-style-type: none"> ●避難については、国の指示・要請により、地方公共団体が準備および実施 ●安定ヨウ素剤については、国または地方公共団体が服用準備および服用を指示 		
警戒事態 (EAL1*) (例) 大津波、震度6弱の地震など 新たに設定	<ul style="list-style-type: none"> ●避難行動要支援者(傷病者、高齢者、障害者、乳幼児、妊産婦など)の避難準備 		<ul style="list-style-type: none"> ●避難行動要支援者の避難準備への協力
施設敷地緊急事態 (EAL2*) (例) 全交流電源の損失が30分以上継続など	<ul style="list-style-type: none"> ●避難行動要支援者の避難実施 ●避難準備 ●安定ヨウ素剤の服用準備 	<ul style="list-style-type: none"> ●屋内退避準備 <p style="background-color: #90EE90; padding: 5px; text-align: center;">国・地方公共団体・事業者が緊急時モニタリングを開始</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●避難行動要支援者の受け入れ ●避難準備への協力 <p style="background-color: #90EE90; padding: 5px; text-align: center;">国・地方公共団体が緊急時モニタリングを開始</p>
全面緊急事態 (EAL3*) (例) 全交流電源の損失が1時間以上継続など 放射性物質の放出なし	<ul style="list-style-type: none"> ●安定ヨウ素剤の服用 <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px; text-align: center;">国の指示により、PAZ外へ住民の避難実施</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●屋内退避実施 ●安定ヨウ素剤の服用準備 ●避難などの準備 	<ul style="list-style-type: none"> ●避難の受け入れ ●避難などへの協力 ●安定ヨウ素剤の服用準備
<div style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 10px; text-align: center; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 施設外への放射性物質放出 </div>		<p style="background-color: #90EE90; padding: 5px; text-align: center;">緊急時モニタリング結果を踏まえ、国は空間線量率などを基準に避難などの防護措置を実施</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #00AEEF; color: white; padding: 5px;">OIL * 1</p> <p>空間線量500マイクロシーベルト毎時</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px;">避難</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #00AEEF; color: white; padding: 5px;">OIL 2</p> <p>空間線量20マイクロシーベルト毎時</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px;">一時移転</p> <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px;">地域生産物の摂取を制限</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #00AEEF; color: white; padding: 5px;">OIL 6など</p> <p>飲料水の放射性ヨウ素 300ベクレル/kgなど</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px;">飲食物のスクリーニング・摂取制限</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px;">汚染検査</p> <p style="font-size: 20px;">↓</p> <p style="background-color: #00AEEF; color: white; padding: 5px;">OIL 4</p> <p>体表面でベータ線40000cpm (1か月後、13000cpmに切り替え)</p> <p style="font-size: 20px;">↓</p> <p style="background-color: #FFB6C1; padding: 5px;">体表面除染</p> </div>	

※OIL: 放射性物質が放出された場合、モニタリングなどの結果に応じて住民の防護措置の実施を判断する基準
 *次の呼称の場合もあります。EAL1 (AL: Alert)、EAL2 (SE: Site area Emergency)、EAL3 (GE: General Emergency)

わかりやすい広報の例

「原子力防災の手引き」宮城県2015年9月、全12頁

1. 原子力災害ってなに？
2. 準備が必要な地域はどこ？
3. 原子力発電所で事故が発生したら、どうすれば いいの？
4. 「避難や一時移転」はどうすればいいの？
5. 「屋内退避」はどうすればいいの？
6. 「退域検査ポイント」ではどんなことをするの？
7. 安定ヨウ素剤ってなに？

地域における活動の例

街中サテライトで放射能スクリーニング(八戸工業大学)

依頼者は、個人、公的機関や県内の NPO 法人等。

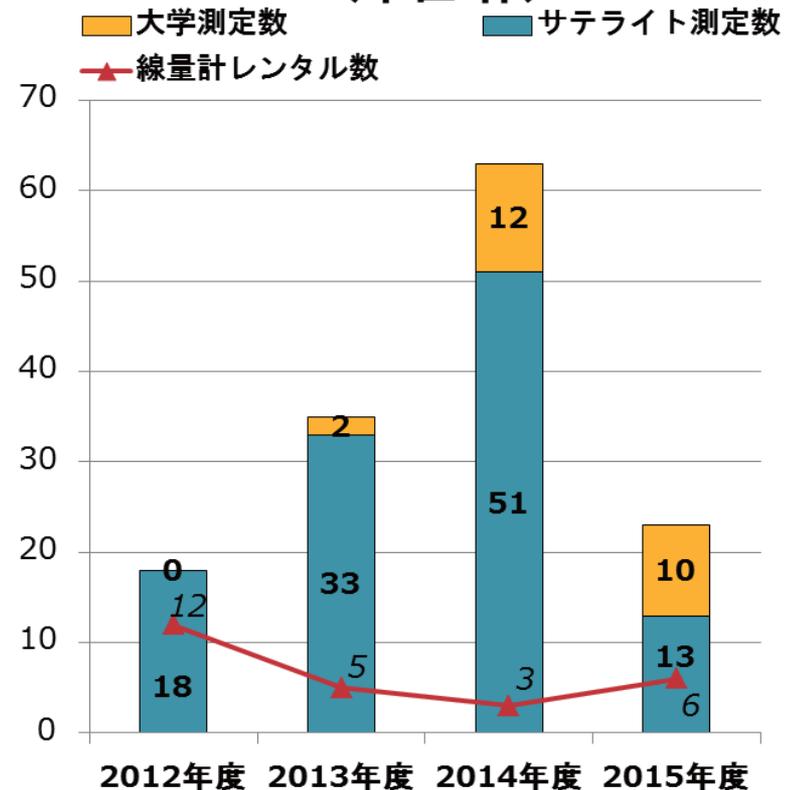
測定依頼はコメ類をはじめとする食品で、次いで家庭菜園などの土、水が多かった。

□ 利用者からは、「東北産の野菜というだけで不安がられるが、これで安心して食べてもらえる」、「放射線汚染の子どもへの影響が心配なので、測定することで安全が確認できる」、「無料で測定できるのはありがたい」など。

(八戸工業大学紀要2015年度より)

放射能関連サービス利用状況

(単位:件)



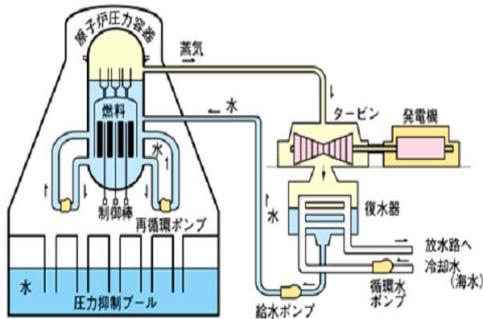
(4) 原子力の継続と展開

- 原子力発電の国際的動向
- 国際協力による核融合開発
- その技術開発には核分裂炉技術が不可欠

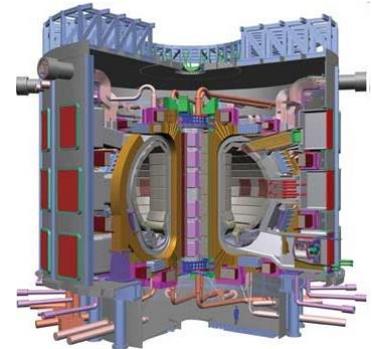
原子力発電の国際的動向

- CO₂の少ない持続的なエネルギー源の柱として
- エネルギー危機への対応策の最重要選択肢
- 我が国および各国の状況
 - 日本、米国、ヨーロッパ(仏、英国)、アジア(中国、インド、韓国)
 - ロシア、ウクライナ、今後(ベトナム、トルコ、UAE、リトアニアなど)
 - 脱原子力の動きは一部(西ドイツ、イタリア、スペイン)

核分裂炉と核融合炉の比較



核分裂炉



核融合炉

少ない

CO₂排出量

少ない

ウラン

- ・増殖炉により数十倍
- ・海水からの回収

燃料資源

重水素と3重水素

- ・重水素(海水から)
- ・リチウム(鉱物、海水から)

高レベル廃棄物
低レベル廃棄物

- ・消滅技術、低放射化

放射性廃棄物

高レベル廃棄物はない
低レベル廃棄物

- ・低放射化材料開発

- ・早期に実用化
- ・軽水炉
 保全技術
- ・高速炉

技術的課題

- ・はるかに難しく、
 ようやく実験炉ITER計画
- ・実用化には材料開発など

実用化には経済性

国際協力による核融合開発

国際熱核融合実験炉ITER鳥瞰図

核融合出力

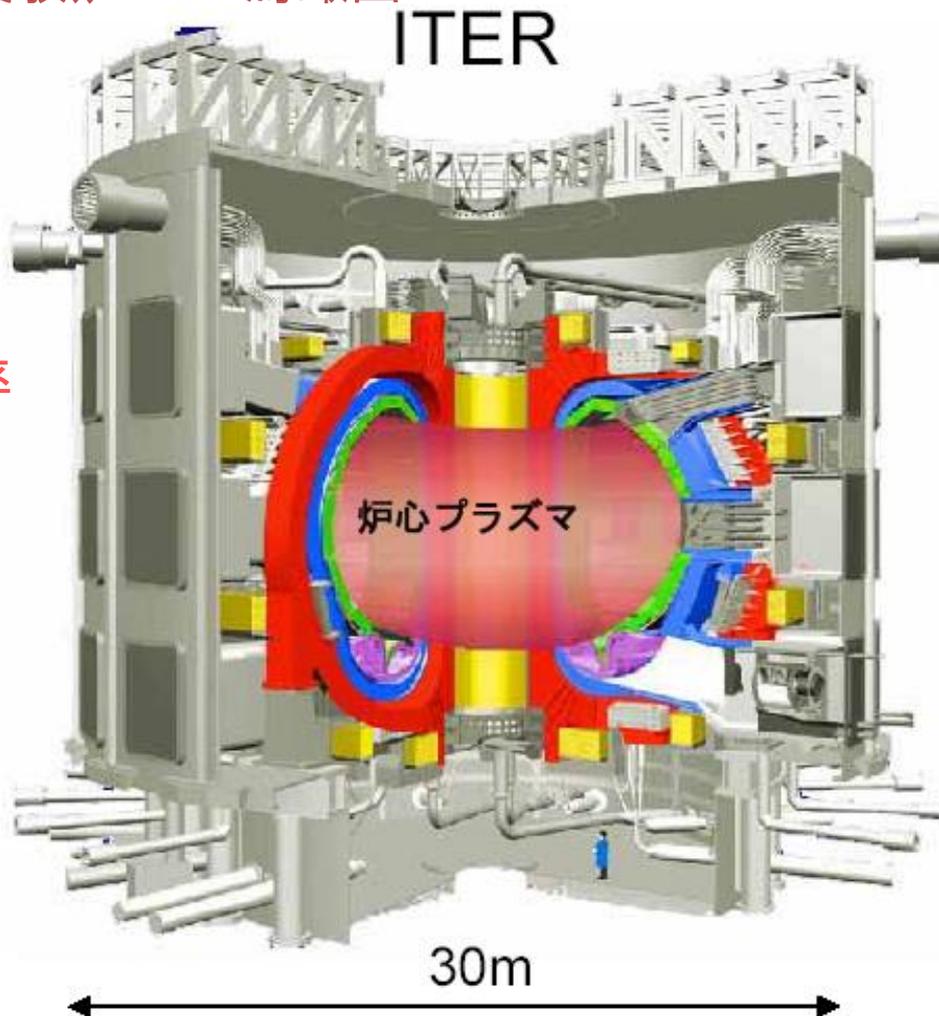
500MW

燃焼時間

300秒～定常

エネルギー増倍率
($Q = \text{出力} / \text{入力}$)

5以上



・ITER国際機構

リーダー:

池田要氏／本島修氏

・参加国

日本、EU、米、ロシア、
韓国、中国、インド

・スケジュール

設計 -2004

建設 2006-(2015)

実験 (2015)-2035

(前半:物理、後半:工
学)

・建設地

カダラッシュ(仏)

サテライト

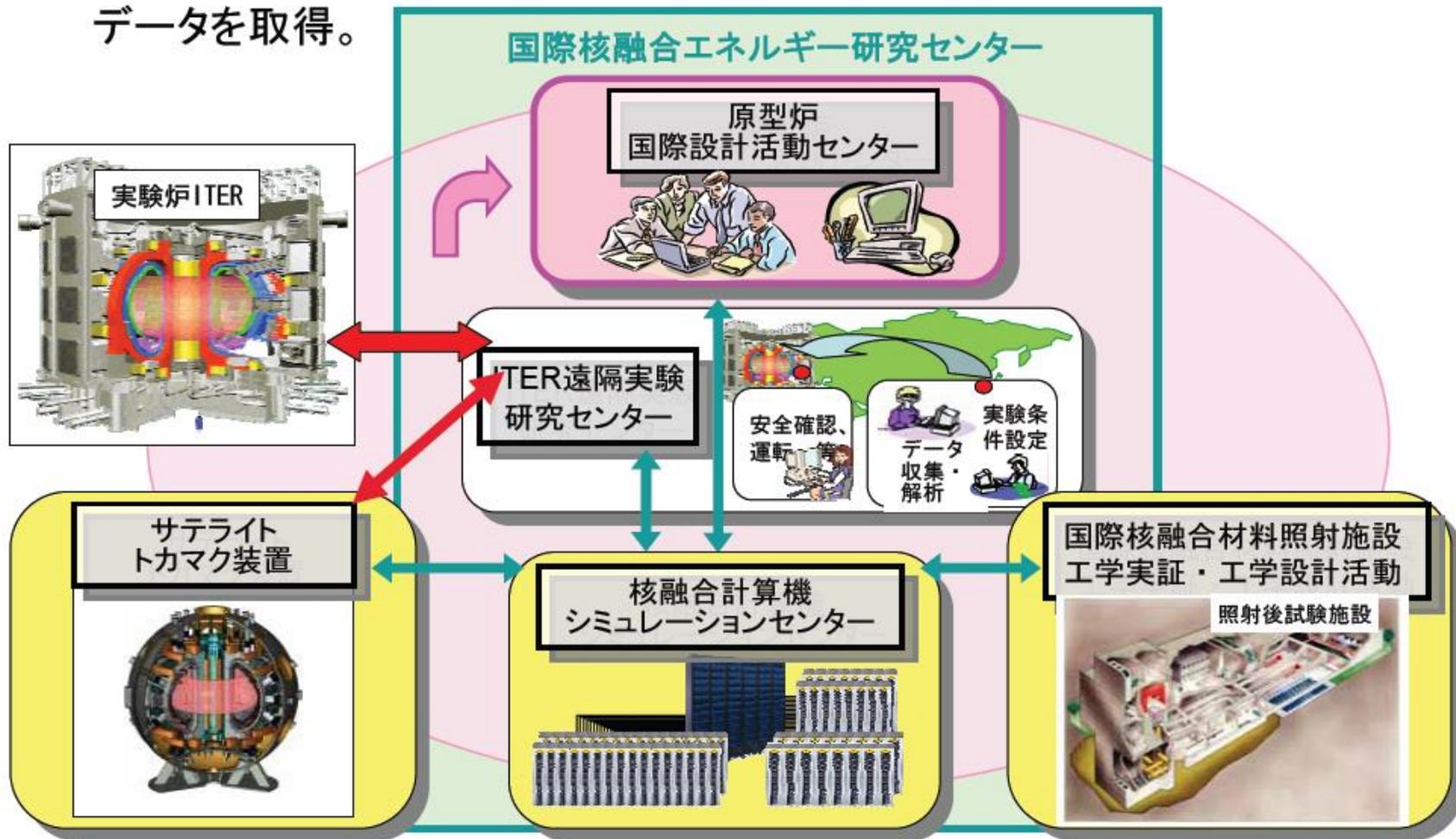
六ヶ所(日本)

日本がEUと並んで主導的な役割

国際核融合エネルギー研究センター

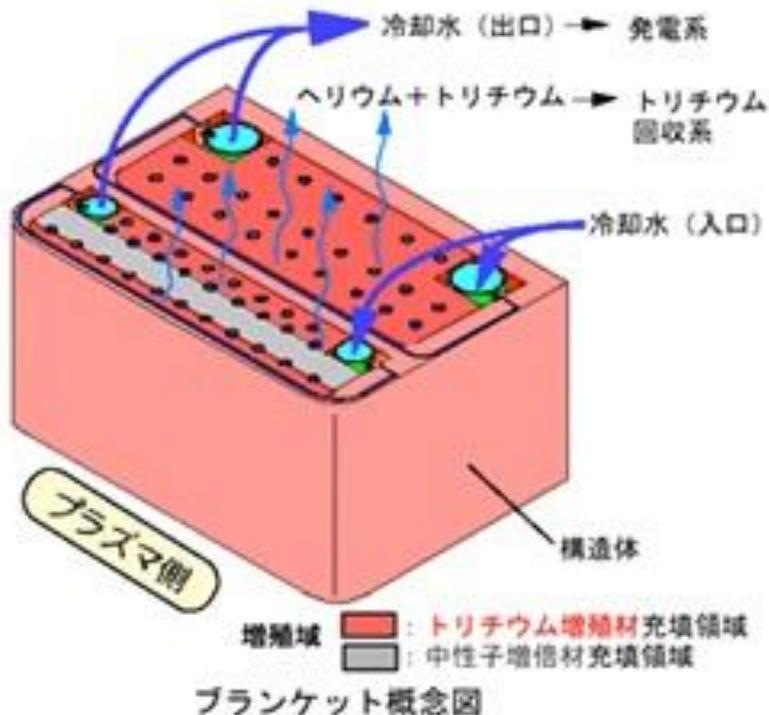
(六ヶ所地域、2007年～)

- ◆ 核融合原型炉の共通概念を確立する。
- ◆ 早期実現に必要な工学的R&D計画の調整と、予備的なR&Dを実施。
- ◆ ITERとスーパーコンピュータの活用により、核燃焼プラズマに関する実験データを取得。



核融合炉開発には核分裂炉技術が不可欠

- 構造材料の例
低放射化フェライト鋼
鉄鋼材料技術
耐熱鋼の実績



- 照射損傷評価に
原子炉を活用

国内:

JMTR材料試験炉

JOYO高速実験炉

US:

HFIR高中性子束

アイソトープ炉
など

(5) まとめ

- 50年かけて獲得した準国産エネルギー源
これからもベストミックスの柱
- 安全性の確保と備え
立地地域の懸念に答える
- これからの50年
我が国の安全保障と国際貢献
核融合など新技術分野も面白い

若い技術者・研究者に期待します
「百聞は一見に如かず」