



国民生活産業・消費者団体連合会

# 原発問題

## ～「ファクト」集

1人ひとりがわが国において  
原発と向き合うために



# 0. はじめに

生団連では、2018年度より原発の抱える課題について調査・研究を行ってきました。

特に2011年の東日本大震災により発生した福島第一原発事故以降、わが国のエネルギー政策における原発の位置づけについては政官民それぞれにおいて様々な議論が行われておりますが、感情的な「賛成」・「反対」の二分論に陥りがちなことは大きな課題の一つと考えます。

「放射性廃棄物（核廃棄物）」の処分や、福島第一原発事故によって現在もなお発生している汚染水、除染土の処分については、本来国民一人一人が原発への賛否を超えて主体的に考えていかなければならない問題です。

この度、原発に関する「ファクト」を集め、まとめました。

「賛成」・「反対」ということを超えて、わが国において原発と向き合っていくための議論の一助になりましたら幸いです。

2020年12月 生団連事務局

# 目次

0. はじめに	P1
1. 国内原発の現状	
(1) 3.11 時点と現在	P4
(2) 電源構成の変化	P6
(3) 2030 年電源構成（国の計画）	P7
(4) 特定重大事故等対処施設	P8
(5) 原子力人材の減少	P9
2. 放射性廃棄物（核廃棄物）	
“国民全員が向き合わなければならない「最終処分」”	
(1) 核燃料サイクル	P12
(2) MOX 燃料	P13
(3) 使用済み核燃料	P14
(4) プルトニウム	P15
(5) 放射性廃棄物の分類	P16
(6) 放射性廃棄物の処分	P17
3. 福島第一原発事故	
“廃炉に向けた作業 / 増える処理水・除染土”	
(1) 廃炉作業の計画と現状	P20
(2) 処理水	P22
(3) 除染土	P27
(4) 事故処理費用	P30
【検討】 使用済み核燃料 再処理・直接処分 シナリオ比較	
(現状把握)	
日本の原子力政策	P32
原発で発生する高レベル放射性廃棄物	P32
高レベル放射性廃棄物処分・保管方法	P33
(参考) 検討された他の処分・管理方法	P34
直接処分シナリオ検討の必要性	P35
(参考) フィンランドの最終処分手業	P36
シナリオパターン	P37
シナリオ検討項目	P38
(検討項目)	
(1) コスト	P39
コスト まとめ	P40
(2) 廃棄物体積と地層処分に必要な面積	P41
(参考) 面積のイメージ	P42
(3) 地層処分後の被ばくリスク	P43
地層処分後の被ばくリスク（スイスの研究例より）	P44
シナリオ検討 まとめ	P45
(参考) 当面の使用済み核燃料の取り扱い	P46

# 1. 国内原発の現状

## (1) 3.11 時点と現在

“ 震災後、稼働原発は減少 ”

## (2) 電源構成の変化

“ 原発による発電量も減少 ”

## (3) 2030 年電源構成（国の計画）

“ 現状と将来の計画値との乖離 ”

## (4) 特定重大事故等対処施設

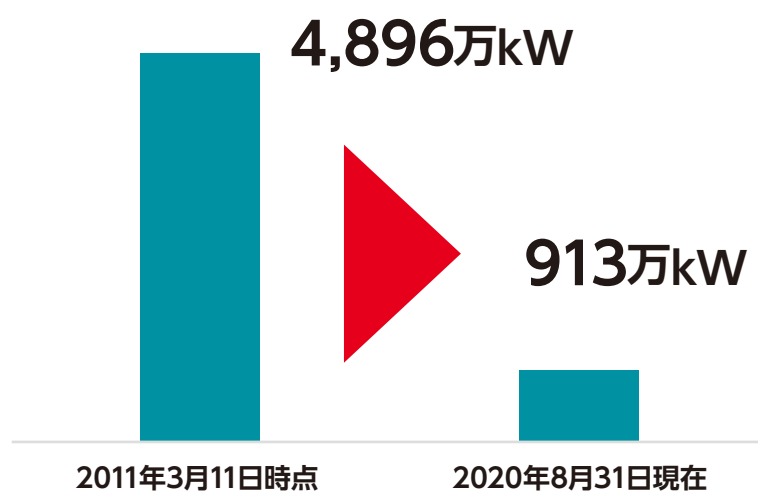
“ 再稼働後の運転停止を迫られる例も ”

## (5) 原子力人材の減少

“ 減少している原子力人材 原発の維持・廃炉共通の課題 ”

# (1) 3.11 時点と現在

## “ 震災後、稼働原発は減少 ”



(出典) 電気事業連合会資料 [FEPC INFOBASE 2019]、  
経済産業省 HP 等より生団連作成

### ● 2011年3月11日時点

稼働中: 35 基	} 4,896 万 kW
定期検査等停止中: 19 基	
廃炉決定: 3 基	
建設中: 3 基	
計: 60 基	

### ● 2020年11月19日時点

稼働中: 2 基	} 913 万 kW
定期検査等停止中: 7 基	
新規制基準 <sup>(※)</sup> 適合性審査 許可: 7 基	
// 申請中 (未許可): 9 基	
未申請: 8 基	
廃炉決定 (廃炉作業中含む): 24 基	
建設中: 3 基	
(うち新規制基準適合性審査申請中: 2 基 / 未申請 1 基)	
計: 60 基	

#### ※新規制基準

福島第一原発事故後、原子力規制委員会にて策定  
原子力施設の設置や運転等の可否を判断する基準となっている

# 現在の稼働状況

**再稼働  
9基**

稼働中 1基、停止中 8基 (起動日)  
※2020年11月19日現在  
稼働中 2基、停止中 7基

**設置変更許可  
7基**

(許可日)

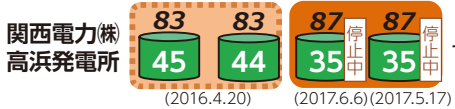
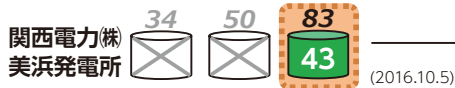
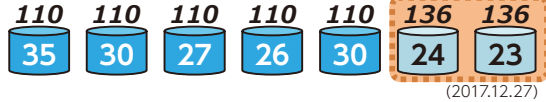
**新規規制基準  
審査中  
11基**

(申請日)

**未申請  
9基**

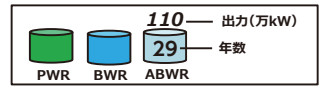
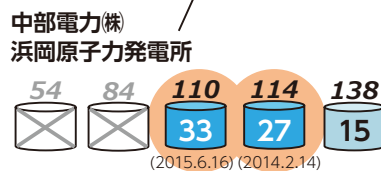
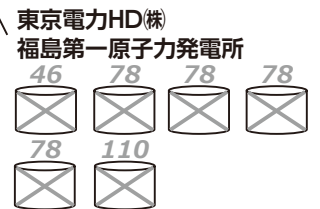
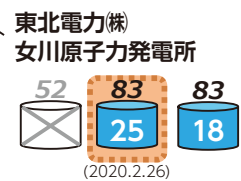
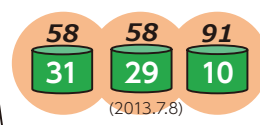
**廃炉  
24基**

東京電力HD(株)  
柏崎刈羽原子力発電所



※1号機は2020年11月19日再稼働

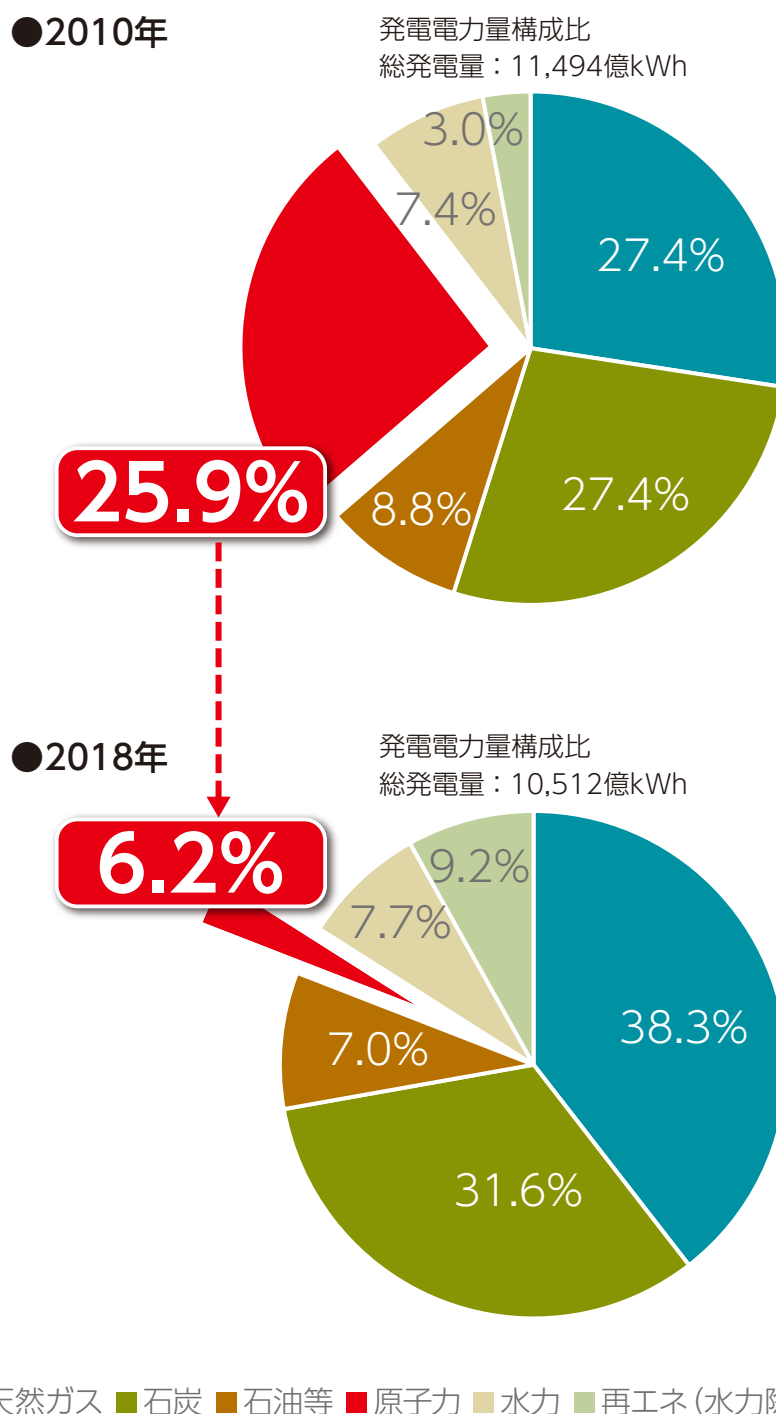
北海道電力(株)  
泊発電所



(出典) 経済産業省 資源エネルギー庁HP 「日本の原子力発電所の状況」 2020年11月11日時点

## (2) 電源構成の変化

### “ 原発による発電量も減少 ”



IEA [Electricity generation by source, Japan 1990-2019]  
経済産業省「総合エネルギー統計」等から生団連作成



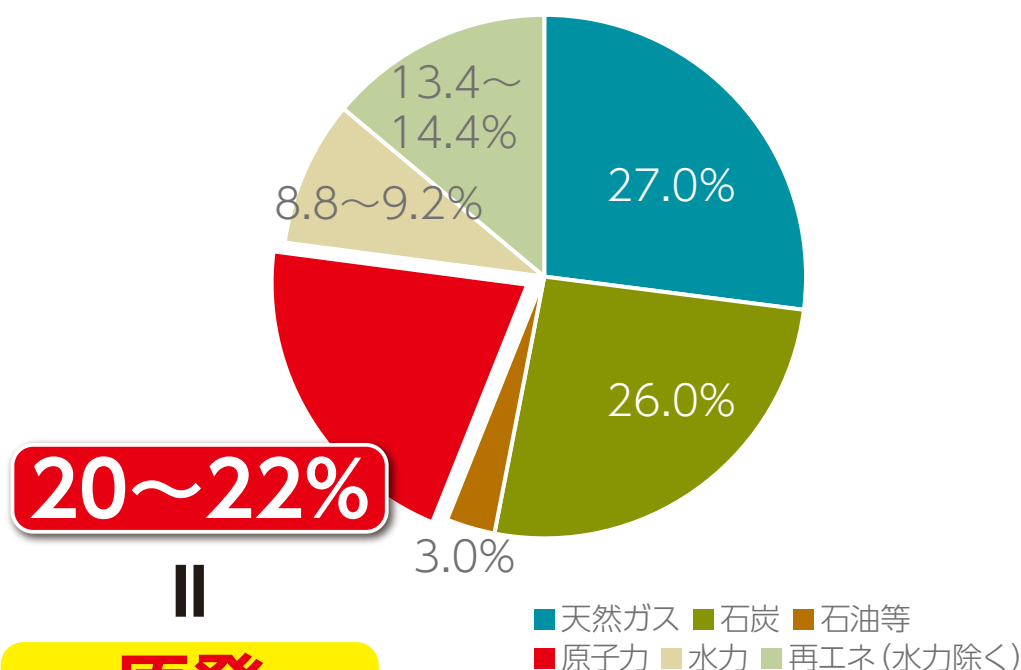
### (3) 2030年電源構成(国の計画)

#### “現状と将来の計画値との乖離”<sup>かい</sup>

〈 現行の第5次エネルギー基本計画における  
2030年の発電電力量に占める原子力の割合 〉

●2030年

(第5次エネルギー基本計画より)  
発電電力量構成比計画値  
総発電量：10,650億kWh



**原発  
約30基分**

(1基あたりの設備容量約100万kW、  
設備利用率約80%と仮定し、  
稼働して得られる電力量)

(出典) 経済産業省 資源エネルギー庁  
「第5次エネルギー基本計画」より生団連作成

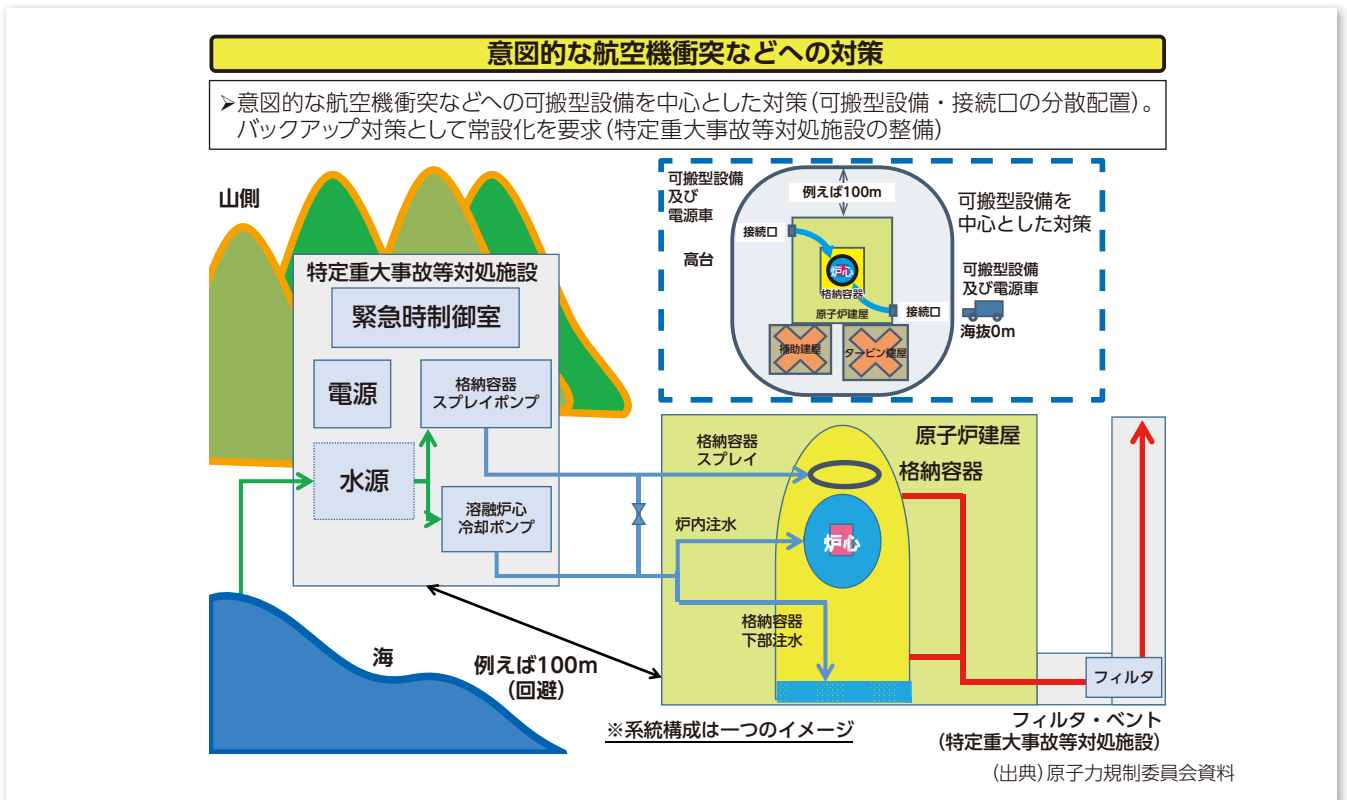
再稼働未申請の原発が複数存在し  
地元合意の難しさも増している中、  
計画達成は困難になってきている

## (4) 特定重大事故等対処施設

### “再稼働後の運転停止を迫られる例も”

#### 「特定重大事故等対処施設(特重施設)」

原子力発電所がテロ攻撃等を受けた際、中央制御室から運転員が避難して中央制御室から離れた(100m以上) **別の場所から原子炉を制御して原子炉の事故を防止するための施設**  
(2013年施行の新規制基準)



- ・自然災害等に対する新知見が得られた場合には、稼働後であっても都度追加の対応が必要となっている (**バックフィット規制**)
- ・原子力規制委員会は再稼働に向けた工事計画認可から5年以内の設置を要求し、**特重施設の完成が遅延した場合、完成まで当該原発を運転停止**とする方針を決めている

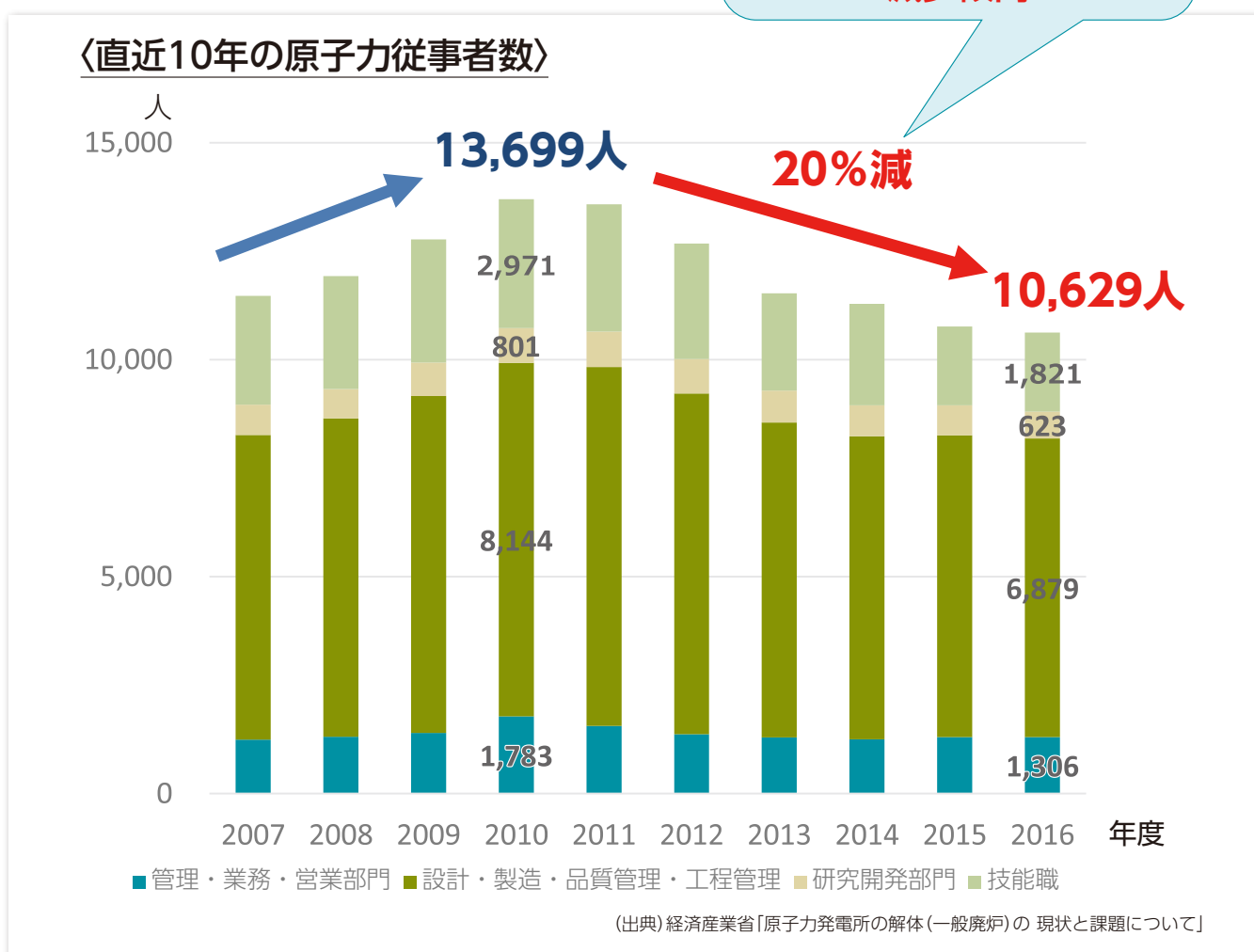
#### 特重施設完成遅延による影響

- 九州電力：川内原発1・2号機は特重施設完成遅延により2020年3・5月にそれぞれ**運転停止** (1号機は特重施設が完成し、2020年11月19日に再稼働)
- 関西電力：高浜原発3号機は、特重施設完成まで定期検査期間を延長、同4号機も特重施設完成遅延により、2020年10月に**運転停止**

## (5) 原子力人材の減少

### “減少している原子力人材 原発の維持・廃炉共通の課題”

福島第一原発事故を境に、  
原子力関連の従事者数は  
減少傾向



原発の維持、管理にとっての課題であるのみならず、既に決定している 20 基超、そして今後運転期限 (40年or60年) を迎えてさらに増えると見込まれる**原発の廃炉作業・廃棄物処分**にとっても大きな課題

※原発廃炉や廃棄物処分には新規建設とは異なる専門家も必要となる  
(原子力工学以外に、環境工学、ロボット、土壌・水汚染等の専門家)



## 2. 放射性廃棄物（核廃棄物）

“国民全員が向き合わなければならない「最終処分」”

### (1) 核燃料サイクル

“日本の原発政策の現状”

### (2) MOX 燃料

“プルサーマルでのウラン資源節約効果”

### (3) 使用済み核燃料

“溜まり続ける使用済み核燃料”

### (4) プルトニウム

“他国からも懸念されるプルトニウム保有”

### (5) 放射性廃棄物の分類

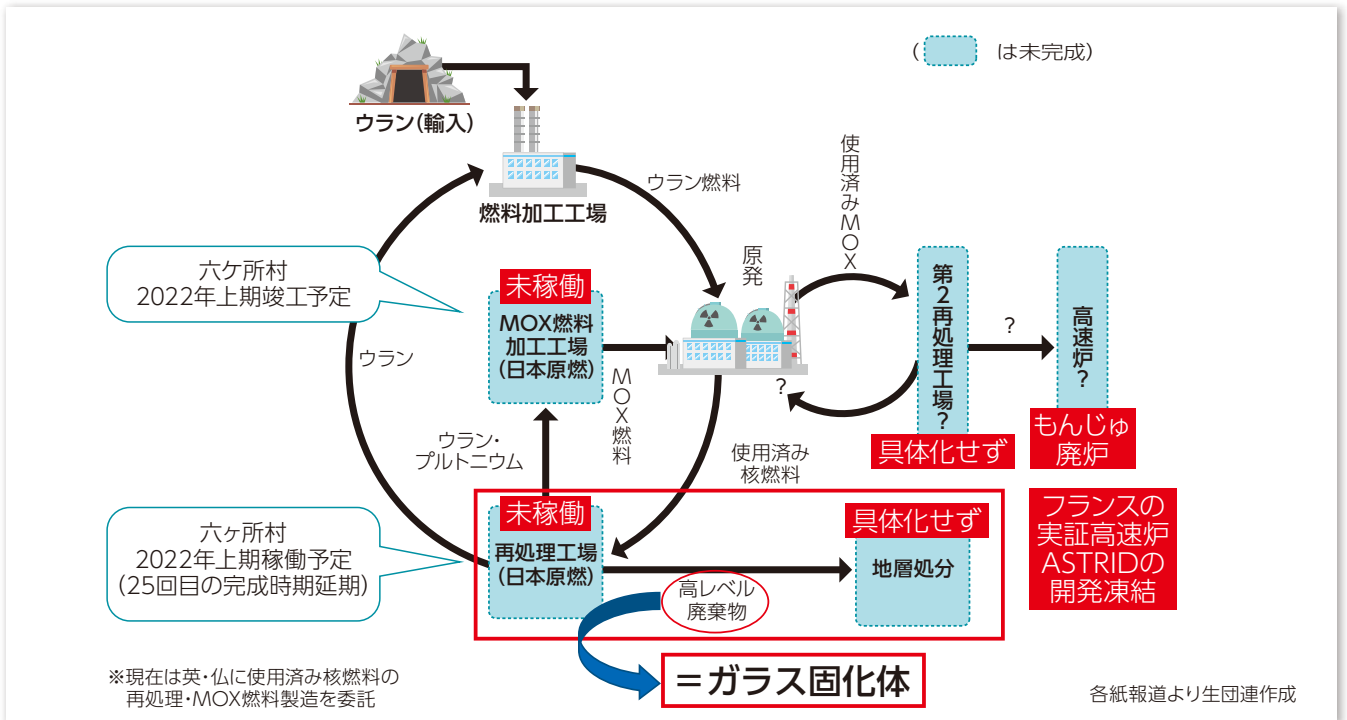
“核燃料サイクル前提の放射性廃棄物処分”

### (6) 放射性廃棄物の処分

“処分への長い道のり”

# (1) 核燃料サイクル

## “日本の原発政策の現状”



### 日本の原子力政策の根幹=核燃料サイクル

使用済み核燃料を再処理し、MOX燃料として再利用  
(さらに使用済みMOX燃料も再処理、加工して再々利用...)

→最終処分対象の高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)発生量も減らす

※高速増殖炉の実現が前提

各電力会社では「加工中等核燃料」  
(≒使用済み核燃料)として資産計上  
されている

(例) 関西電力:4,000億円超  
(連結売上高約3兆2,000億円、  
営業利益約2,000億円) (2019年)

しかし

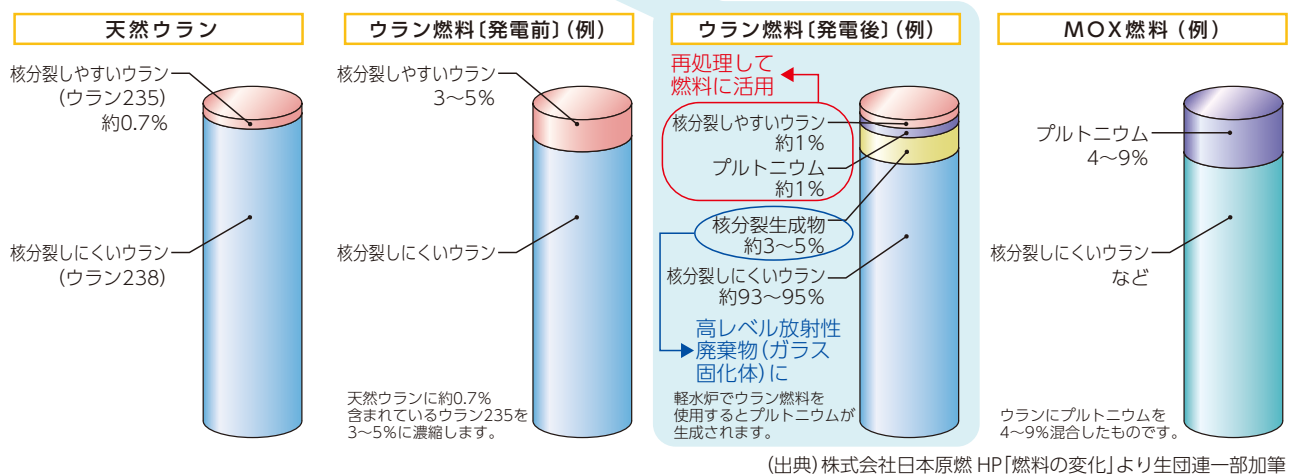
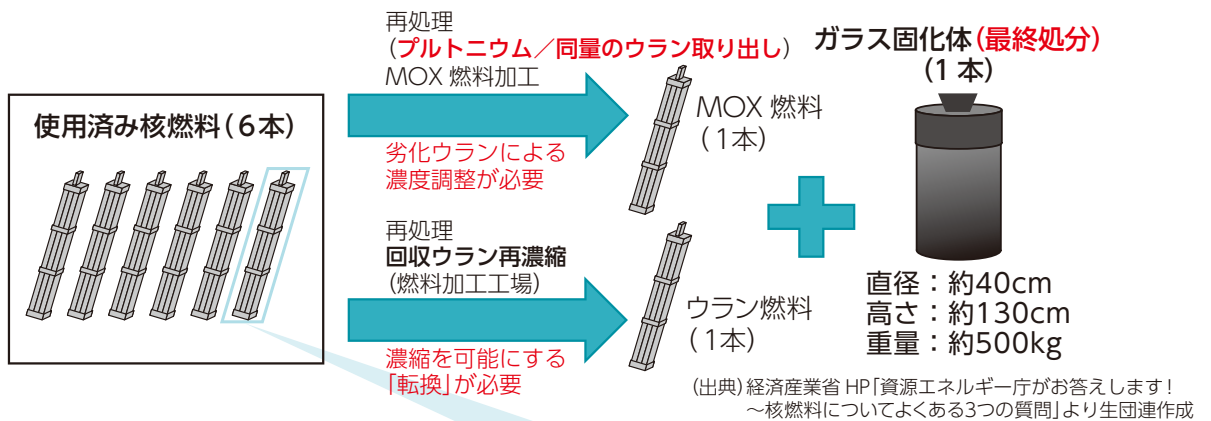
- ・再処理工場、MOX燃料加工工場は2020年9月現在未稼働(図の未稼働)
- ・MOX燃料の主要な消費先となるはずであった高速炉の開発は計画通りには進んでいない(高速増殖炉もんじゅ廃炉決定、フランスの実証高速炉ASTRIDの開発凍結等)
- ・現状、軽水炉でのMOX燃料利用(プルサーマル)のみ

**現状、大部分の使用済み核燃料、  
MOX燃料、プルトニウムは行き場が無い**

## (2) MOX 燃料

### “ プルサーマルでのウラン資源節約効果 ”

#### 〈国が想定する使用済み核燃料の「リサイクル」〉



**ウラン資源節約効果は約1割**

MOX 燃料の製造効率

||

使用済み核燃料6本につき1本

MOX燃料製造の際には劣化ウラン(ほとんどウラン235で構成)で濃度調整が必要で、**使用済み核燃料のみから出来るわけではない**

また、再処理、プルトニウム取り出し後の残ったウラン(回収ウラン)を再度濃縮してウラン燃料を製造することも理論上は可能だが、再濃縮前に必要な「転換」(ウランの化学的な性状を変える)を行うことができる工場が国内にないため**現状は極めて困難**

# (3) 使用済み核燃料

## “溜まり続ける使用済み核燃料”

使用済み核燃料：約 19,000t

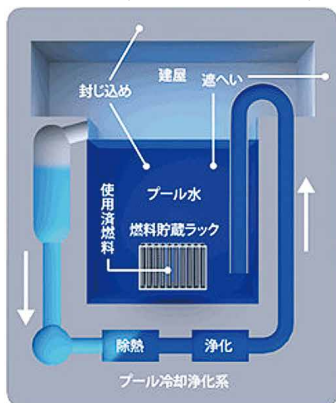
(原発内使用済み燃料プールの約 75%が埋まっている)

※100万kW 級原発 1 基あたり約 25t / 年の使用済み核燃料が発生

原発によっては、格納間隔を狭くしたり (リラッキング)、数年経過し温度が下がってきたものを順次乾式貯蔵に回すなど容量確保の努力が行われているが、使用済み核燃料が減量されるわけではない

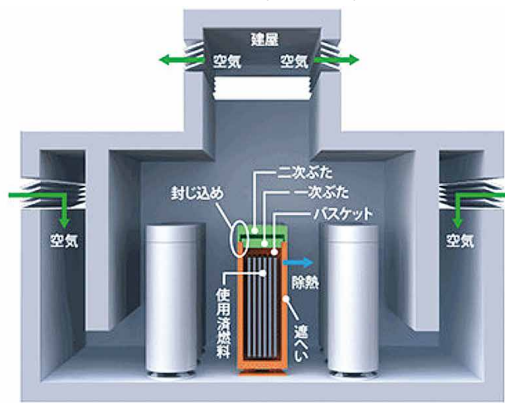
※「リラッキング」は事故時に発生熱量が大きくなるため、リスクが高いとされている

湿式貯蔵(使用済み燃料プール)



使用済み燃料から出る放射線の遮へいをコンクリートで行い、熱を除去する水を循環させます

乾式貯蔵(キャスク)

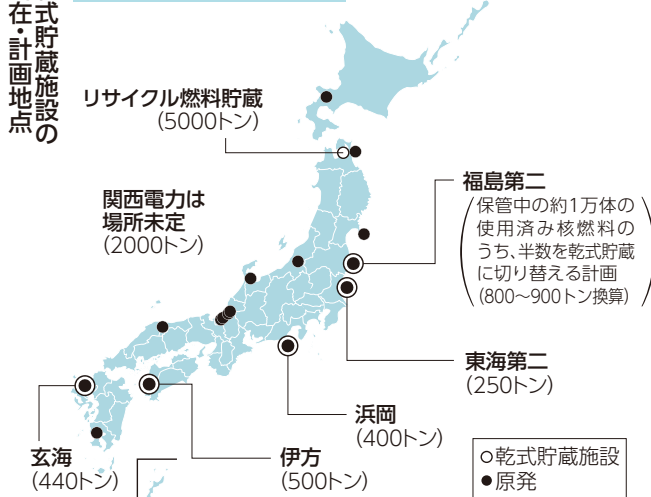


一定期間、使用済み燃料プールで冷却された物は、キャスクに入れて貯蔵できます。放射線の遮へいや除熱はキャスクで行います

(出典) 電気事業連合会 HP  
「使用済み燃料貯蔵対策の取り組み」対策の強化と貯蔵方法

所  
在  
・  
計  
画  
施  
設  
の  
地  
点

※( )内は乾式貯蔵の最大容量



(出典) 資源エネルギー庁 HP 他より生団連作成

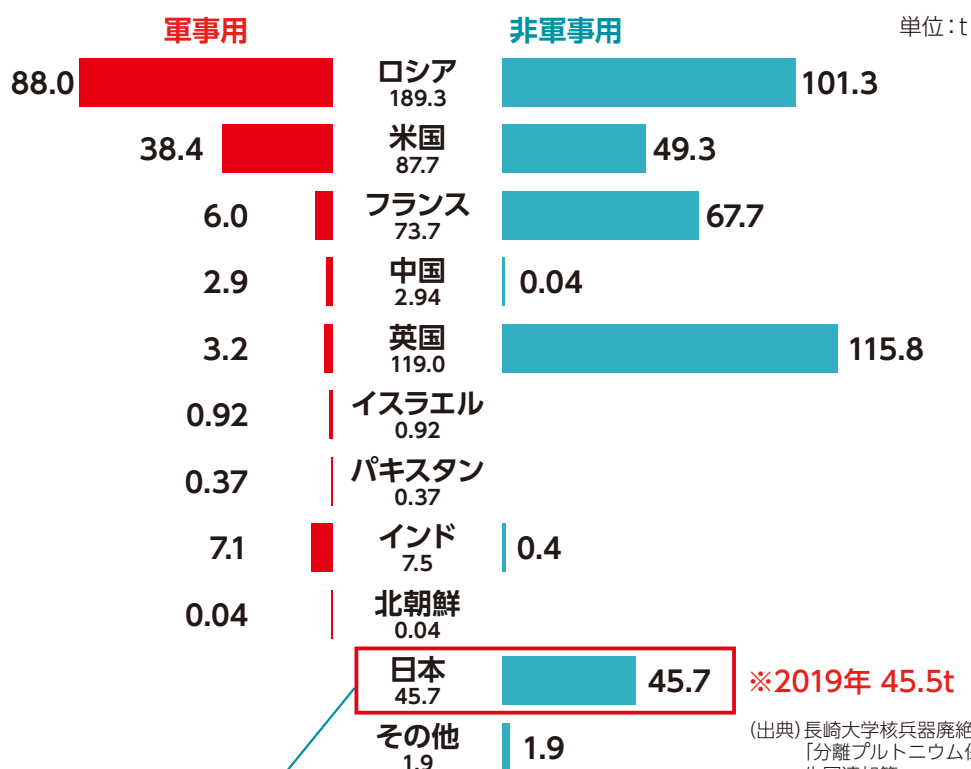
国内乾式貯蔵の可能量  
将来的に約1万トンと  
なる可能性もある  
(保管分の6割)  
(乾式>湿式)



## (4) プルトニウム

### “他国からも懸念されるプルトニウム保有”

〈各国の分離プルトニウム保有量(2018年末時点)〉



#### プルトニウム：45.5t(2019 年末時点)

(国内保管：8.9t / 海外(英仏)保管：36.6t)

→ナガサキ型原爆数千～1万発分とされる

※兵器用プルトニウムは核分裂性同位体<sup>239</sup>の比率が94%以上であるのに対し、原子炉級プルトニウムは<sup>239</sup>の割合が60～70%であり比較が難しい面もあるが、国際原子力機関 (IAEA) は原子炉級プルトニウムも兵器への転用が可能という見解

・今後、六ヶ所再処理工場が稼働すると最大約7～8t/年のプルトニウムが発生 (使用済み核燃料最大処理能力 800t/年)

・プルサーマルによるプルトニウム消費量は1基あたり約0.3t/年稼働原発でプルサーマル実施は4基(燃料中のMOX燃料割合は3分の1以下)

※建設中の大間原発は、世界初のMOX燃料のみでの発電を構想中(想定プルトニウム消費量約1.1t/年)

## (5) 放射性廃棄物の分類

### “核燃料サイクル前提の放射性廃棄物処分”

- 放射性廃棄物(核廃棄物)は核燃料サイクルを前提に、以下の2種類に大別される

#### 高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)

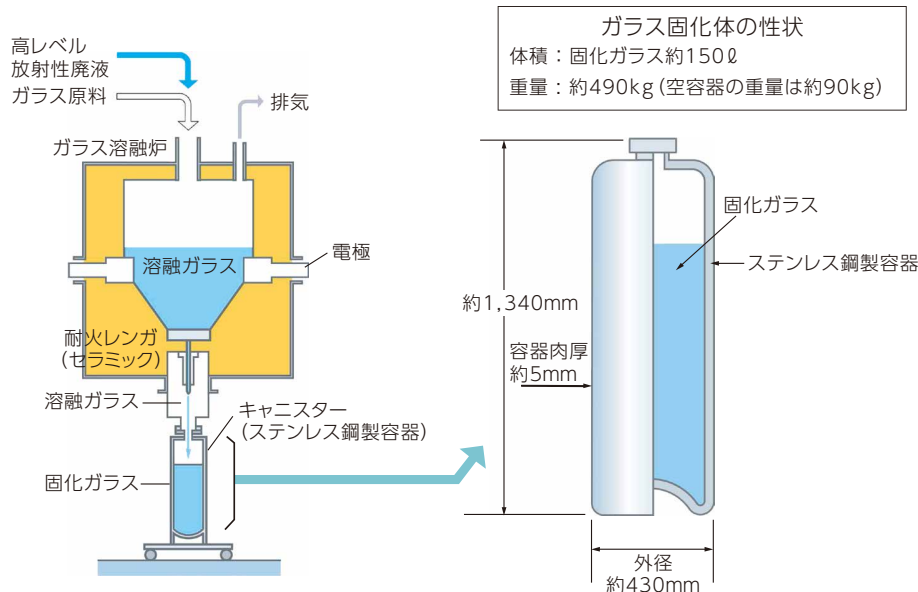
使用済み核燃料を再処理した際に出る高放射能レベルの廃液を、ガラスと溶かし合わせて固化したもの(下図参照)

#### 低レベル放射性廃棄物

原発や関連施設の運転に伴い放射化した構造物や廃液放射能レベルの高い順にL1(制御棒、原子炉内構造物など)、L2(廃液など)、L3(コンクリートなど)に分類される  
解体廃棄物の約2%が該当

※現行法では、使用済み核燃料自体は廃棄物に含まれない

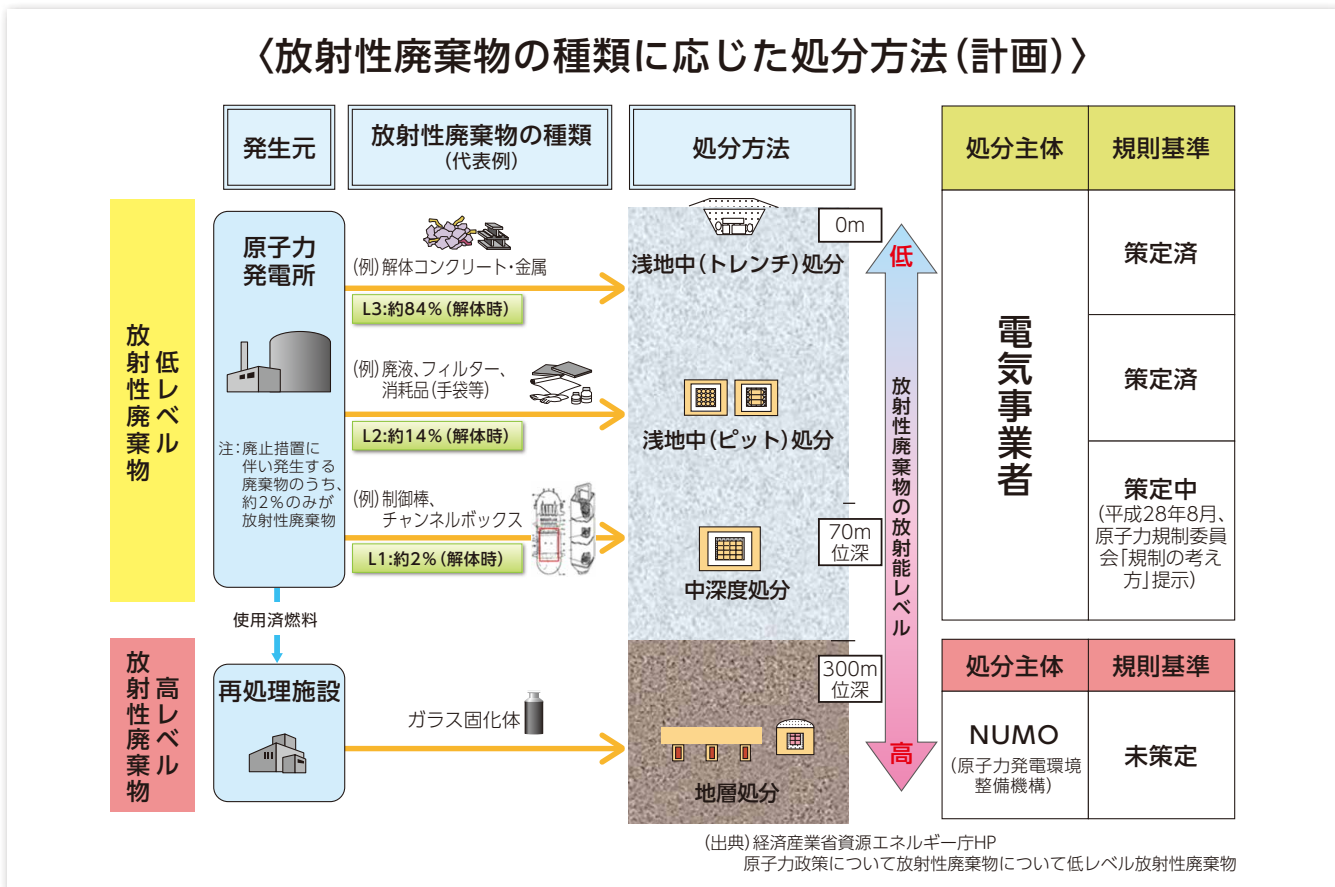
#### 〈ガラス固化体ができるまで〉



(出典)一般財団法人日本原子力文化財団  
「原子力・エネルギー図面集」

# (6) 放射性廃棄物の処分

## “ 処分への長い道のり ① ”



### 〈低レベル放射性廃棄物〉

比較的放射能レベルの低いL2、L3は青森県六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センター等で一部処分が行われている

しかし、今後の原発廃炉に伴う**16万t超**の低レベル放射性廃棄物のうち**9割の行先は未決定**

## (6) 放射性廃棄物の処分

### “ 処分への長い道のり② ”

#### 〈高レベル放射性廃棄物〉

最終処分法により、**300 m以深の地層へ処分**することとされている

NUMO（原子力発電環境整備機構、経済産業省の認可法人）主催の説明会を重ねながら、各地方自治体、市民の放射性廃棄物に対する理解・受容を促進していく計画

#### 地層処分 工程概要



2020年10月、北海道寿都町・神恵内村が最終処分場選定の第一段階となる「文献調査」にそれぞれ応募・受け入れを表明

(出典) 経済産業省 資源エネルギー庁 放射性廃棄物対策課へのヒアリングより生団連作成

最終処分場の想定キャパシティ：ガラス固化体 40,000 本超  
現存の使用済み核燃料（約 19,000 t）を全て再処理したと仮定した場合、生じるガラス固化体：約 26,000 本  
国内に既に存在するガラス固化体：約 2,500 本（六ヶ所貯蔵管理センター等で保管）

※最終処分は、使用済み核燃料の再処理＝核燃料サイクルが前提  
フィンランド等で計画されている、使用済み核燃料の直接処分は想定していない

(出典) 原子力発電環境整備機構 HP 経済産業省資源エネルギー庁 放射性廃棄物対策課へのヒアリング等から生団連まとめ

※高レベル放射性廃棄物の最終処分について、使用済み核燃料の直接処分ケースも含め、コスト等の比較検討を行った  
p31 ~ 「【検討】使用済み核燃料 再処理・直接処分 シナリオ比較」

# 3. 福島第一原発事故

“廃炉に向けた作業 / 増える処理水・除染土”

## (1) 廃炉作業の計画と現状

“ 廃炉への道のり 最終的な姿は示されていない ”

## (2) 処理水

- ① “ 逼迫している処理水保管容量 ”
- ② “ 処理水が含む放射性物質「トリチウム」 ”
- ③ “ 検討されている処理水放出 ”
- ④ “ トリチウム水は国内外の原発で海洋放出 ”
- ⑤ “ 処理水 = トリチウム水として扱うことへの疑義 ”

## (3) 除染土

- ① “ 除染土処理の道のり ”
- ② “ 事故当初には無かった除染土再利用方針 ”
- ③ “ 福島県外の除染土は埋立処分を検討 ”

## (4) 事故処理費用

“ 見通せぬ、 事故処理コストの全体像 ”

# (1) 廃炉作業の計画と現状

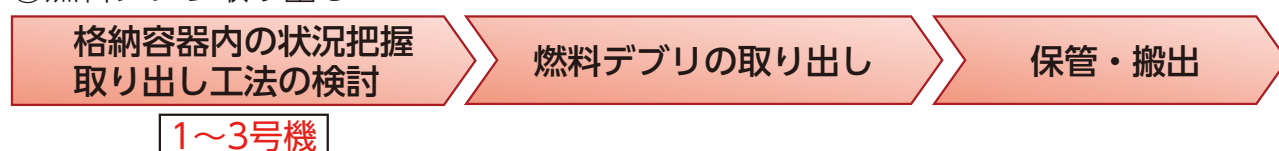
“ 廃炉への道のり 最終的な姿は示されていない ”

## 廃炉作業の計画と現状

### ①燃料取り出し



### ②燃料デブリ取り出し

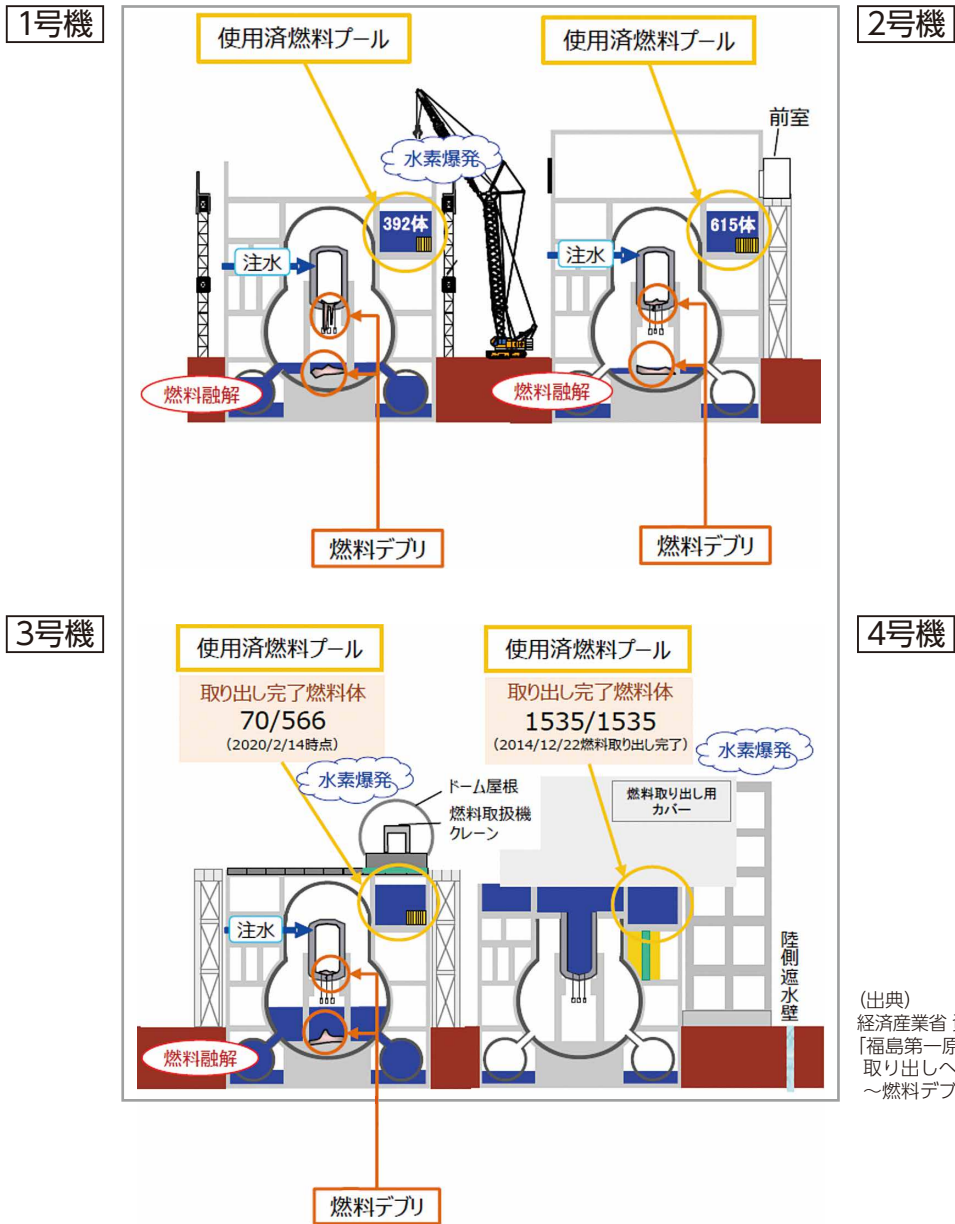


### ③原子炉施設の解体等



- ・ 中長期ロードマップ(最新版：2019年12月27日閣僚等会議にて承認)に基づく廃炉作業が行われているが、1・2号機の燃料取り出しなど全体的に作業の遅れが生じている
- ・ 2041～2051年頃の廃炉完了の目標は据え置かれているが、そもそも、**どこまでの作業を以て「廃炉完了」とするかの定義は為されていない**  
(更地化？地下構造物は残る？)

## ( 廃炉作業の現状 )



(出典)  
 経済産業省 資源エネルギー庁HP  
 「福島第一原発「燃料デブリ」  
 取り出しへの挑戦①  
 ～燃料デブリとは」

### 〈1/2号機排気筒の解体〉



地元企業が元請として参画  
 【2019.8】

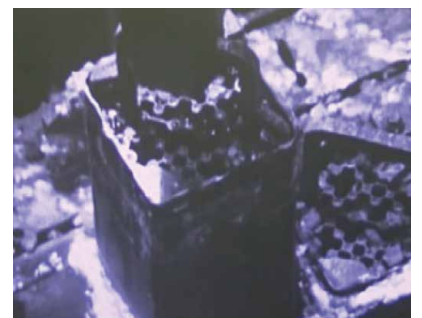
(出典)  
 第4回廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議(2019年12月27日)  
 「福島第一原子力発電所の廃炉に向けた 中長期ロードマップ改訂案について」  
 福島第一原子力発電所 1～4号機の現状

### 〈燃料デブリ取り出し〉



燃料デブリと思われる堆積物をつかんで動かせることを確認(2号機)  
 【2019.2】

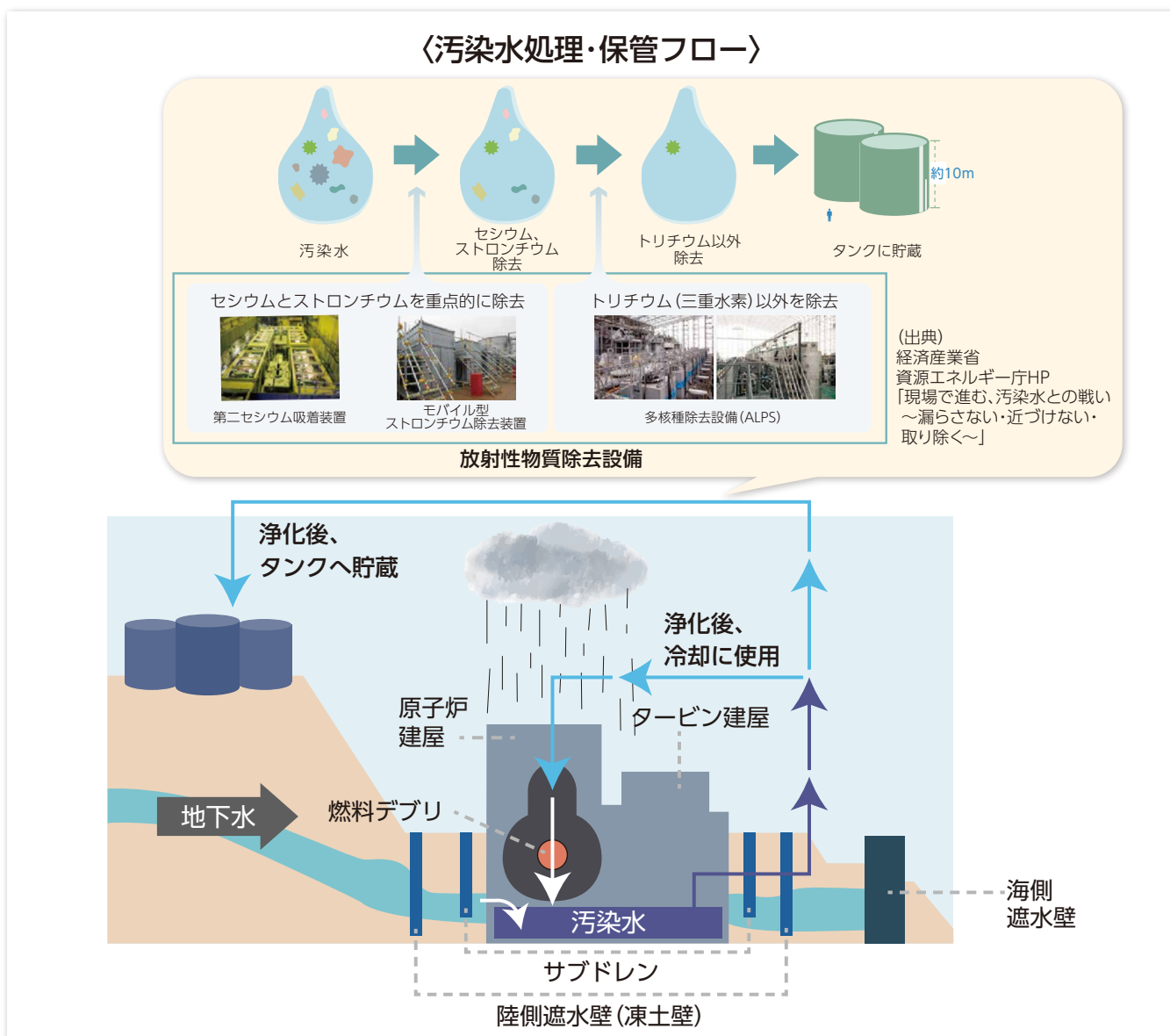
### 〈燃料取り出し〉



燃料の解け落ちた炉で初めて、遠隔操作による使用済燃料プールからの燃料取り出しを開始(3号機)  
 【2019.4】

## (2) 処理水①

### “ 逼迫している処理水保管容量 ”



2020年9月現在、貯蔵タンクは約1,040基＝**処理水約123万トン**  
(ストロンチウム処理水含む)

2020年末までのタンク建設計画によれば、保管可能容量は**137万トン**

汚染水発生量は現在約170トン/日

(出典) 東京電力ホールディングス「処理水ポータルサイト」・各紙報道から生団連まとめ

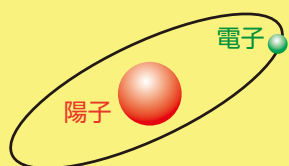
**2022年夏頃に貯蔵タンクが満杯となる目算**(東京電力の報道発表)



## (2) 処理水②

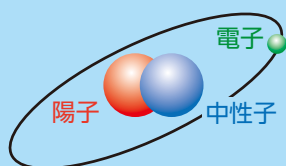
### “ 処理水が含む放射性物質 「トリチウム」 ”

プロチウム(軽水素)  
いわゆる「水素」



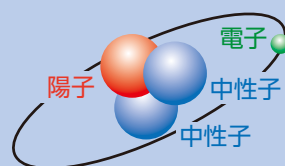
デュートリウム(重水素)

自然界に水素の  
約0.015%存在

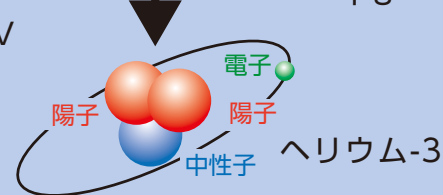


トリチウム(三重水素)

自然界に水素の  
(0.1~10) × 10<sup>-18</sup> 程度存在



半減期12.3年  
(356 TBq/g)



天然水中のトリチウム  
…1Bq/ℓ 程度  
人体水中のトリチウム  
…数+Bq/人

トリチウムの出すβ線：  
最大エネルギー 18.6keV  
最大飛程 5mm 空气中  
6μm 水中

(出典) 経済産業省 「トリチウム水タスクフォース報告書」トリチウムの物性等について(独)日本原子力研究開発機構 山西敏彦

- トリチウム=三重水素(陽子1つと中性子2つ)半減期：約12.3年
- 非常に弱い放射能を持つが、**分離が困難**
- 宇宙線と大気との反応により、天然にも生成されている(地球全体で7.2京ベクレル/年)
- 人間の体内にも数十ベクレルのトリチウムが存在
- 人体への影響についてはほとんど無いとされているが、長期的な影響等については一部議論もある

## (2) 処理水③

### “ 検討されている処理水放出 ”

経済産業省内の「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」において、主に以下の2つの処理水の放出方法が検討され、2020年2月に報告書がとりまとめられた

#### ケース1：海洋放出(規制値以下まで希釈して海に流す)

国内外の稼働中原発においてはトリチウム水の海洋放出が行われている

#### ケース2：水蒸気放出(蒸発させ大気中に出す)

米スリーマイル島原発事故の際に実施(約24兆ベクレル、2年間)

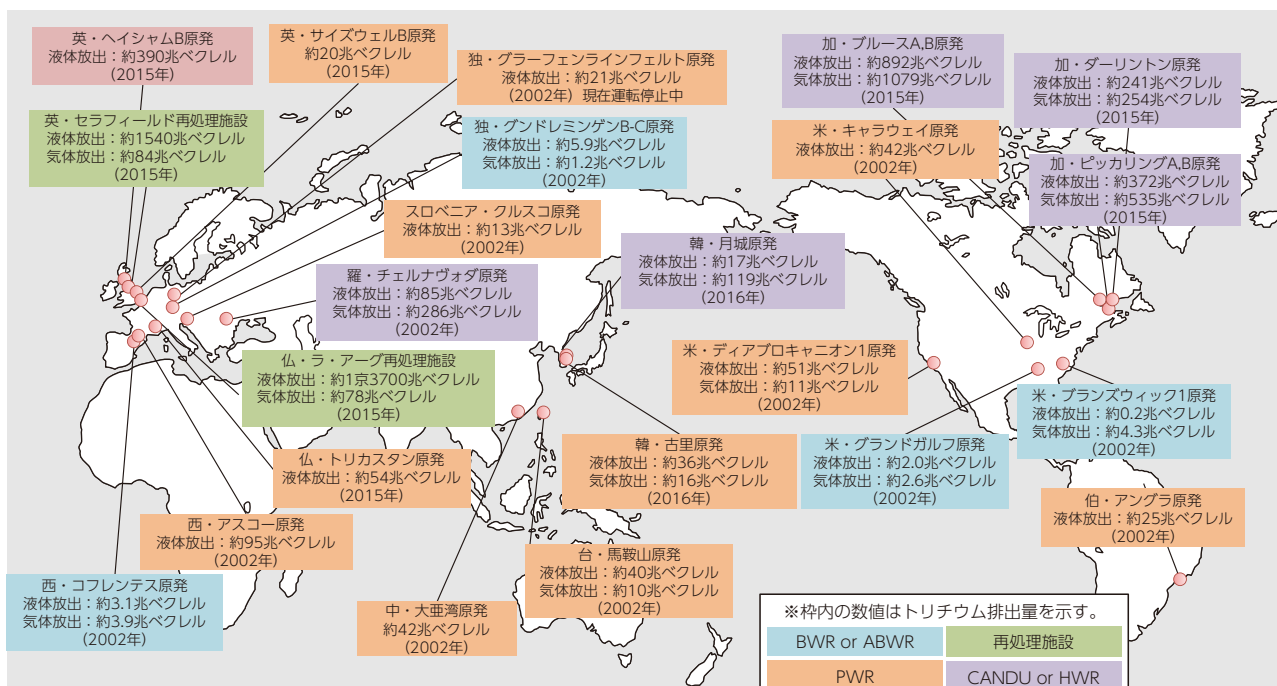
また、液体→気体ではないが、稼働中原発の換気の際に水蒸気放出自体は行われることがある

※報告書では、ケース1(海洋放出)の方がより確実に実施できると評価している

## (2) 処理水④

### “トリチウム水は国内外の原発で海洋放出”

〈海外原発・再処理施設のトリチウム水放出状況〉



出典：英国：Radioactivity in Food and the Environment, 2015  
 カナダ：Canadian National Report for the Convention on Nuclear Safety, Seventh Report  
 フランス：トリチウム白書2016  
 韓国：2016年度原発周辺の環境放射能調査と評価報告書, 韓国水力・原子力発電会社 (KHNP)  
 その他の国々：UNSCEAR「2008年報告書」

(出典) 経済産業省  
 「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」資料

東京電力では、2020年1月1日時点の福島第一原発における

トリチウム量は **2,069兆ベクレル**

(処理水タンク内約860兆ベクレル、建屋内1200兆ベクレル)と推定

**福島第一原発事故前もトリチウム水希釈放出(約2兆ベクレル/年)を行っていた**

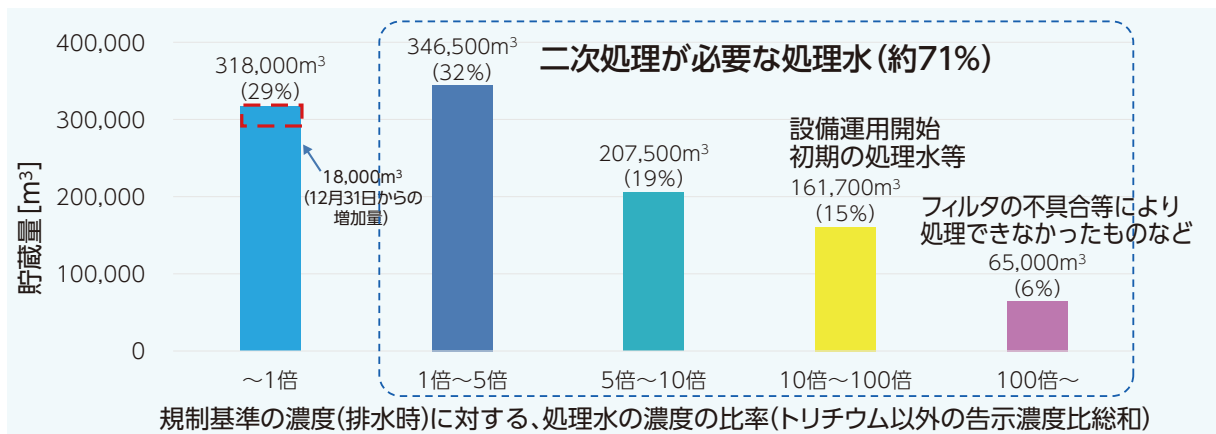
(管理目標値は22兆ベクレル/年)

## (2) 処理水⑤

### “処理水 = トリチウム水として扱うことへの疑義”

- 一方、一部の処理水にトリチウム以外の核種も告示濃度限度を超えて含まれている（二次処理が必要。下グラフ水色破線部分）ことが判明 ※ヨウ素129、ストロンチウム90等
- 他の稼働中原発のトリチウム水と同列に扱うことを疑問視し、海洋放出に反対する意見も挙がっている（地元漁協、市民団体、環境保護団体等）
- また、海洋放出による処理水の環境、生態系への影響が仮に無いとしても、地元漁業等への風評被害につながることを懸念する意見も多く出されている

〈処理水の性状(2020年3月時点)〉

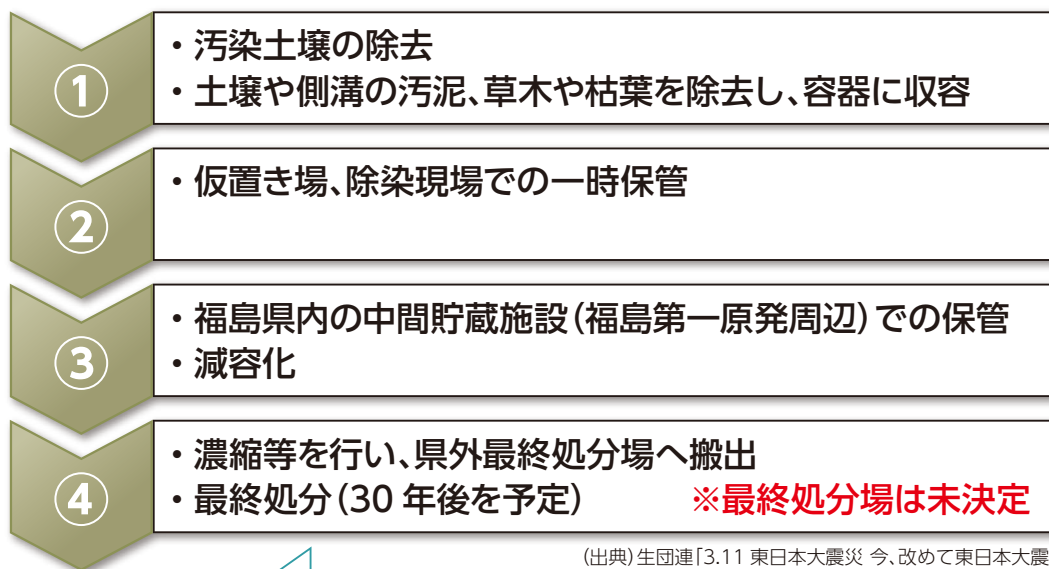


(出典) 経済産業省資料 (ALPS 処理水について (福島第一原子力発電所の廃炉対策))

# (3) 除染土①

## “ 除染土処理の道のり ”

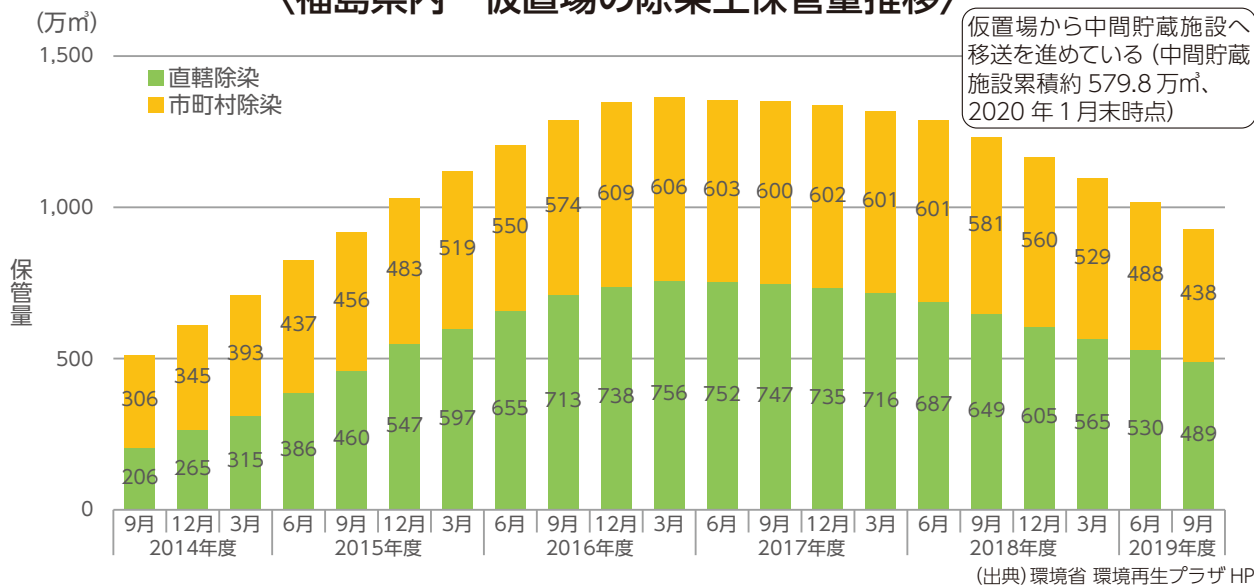
〈福島県内 除染土処理ロードマップ〉



(出典)生団連「3.11 東日本大震災 今、改めて東日本大震災を総括する」

### 中間貯蔵施設の最終処分地化を懸念する声も・・・

〈福島県内 仮置き場の除染土保管量推移〉



除染土は仮置き場+中間貯蔵施設で、約1,400万m³=東京ドーム約12個分

## (3) 除染土②

### “事故当初には無かった除染土再利用方針”

- ・環境省は福島県内で実施した除染で生じた約 1,400 万 $\text{m}^3$  (東京ドーム約 12 個分) の土のうち、**放射性物質 8,000 ベクレル/kg以下と見込まれる約 80%については再利用する方針 (最終処分量を減らす)**
- ・また、環境省は 30 年後には放射性物質の濃度が下がり、**99%が 8,000 ベクレル/kg以下**になると試算
- ・**道路や防潮堤、園芸作物 (花きなど) の農地造成への利用を計画**している
- ・環境省は除染土の再利用に向けた実証事業を 2017 年以降、福島県南相馬市の除染土仮置場と飯舘村の帰還困難区域で進めている

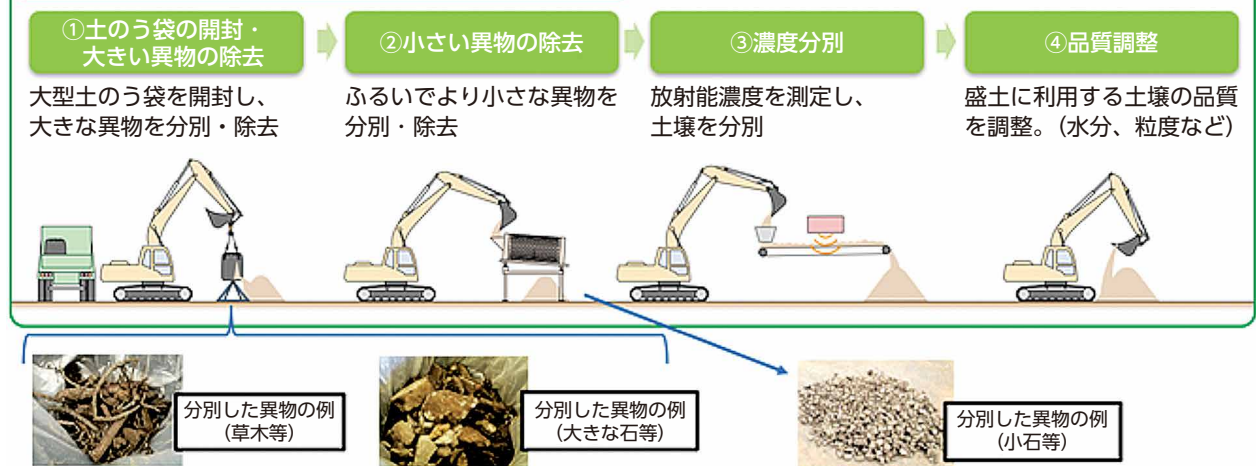
#### ※再利用可能 8,000 ベクレル以下の根拠

工事中の作業員や周辺住民の被ばく線量が年間 1 ミリシーベルト以下になるよう、除染土 1 キロに含まれる放射性セシウム濃度を制限

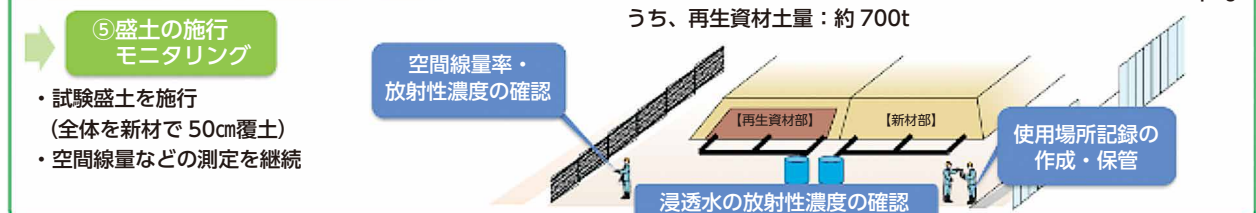
くぼ地をならす作業に 1 年間継続して関わる場合は除染土 1 キロ当たり 5,000 ベクレル以下、1 年のうち半年なら 8,000 ベクレル以下としている

(出典) 環境省「再生資材化した除去土壌の安全な利用に係る基本的考え方について」より生団連まとめ

#### 1. 再生資材化の実証 (2017 年 4 月～)



#### 2. 盛土の実証 (2017 年 5 月～)



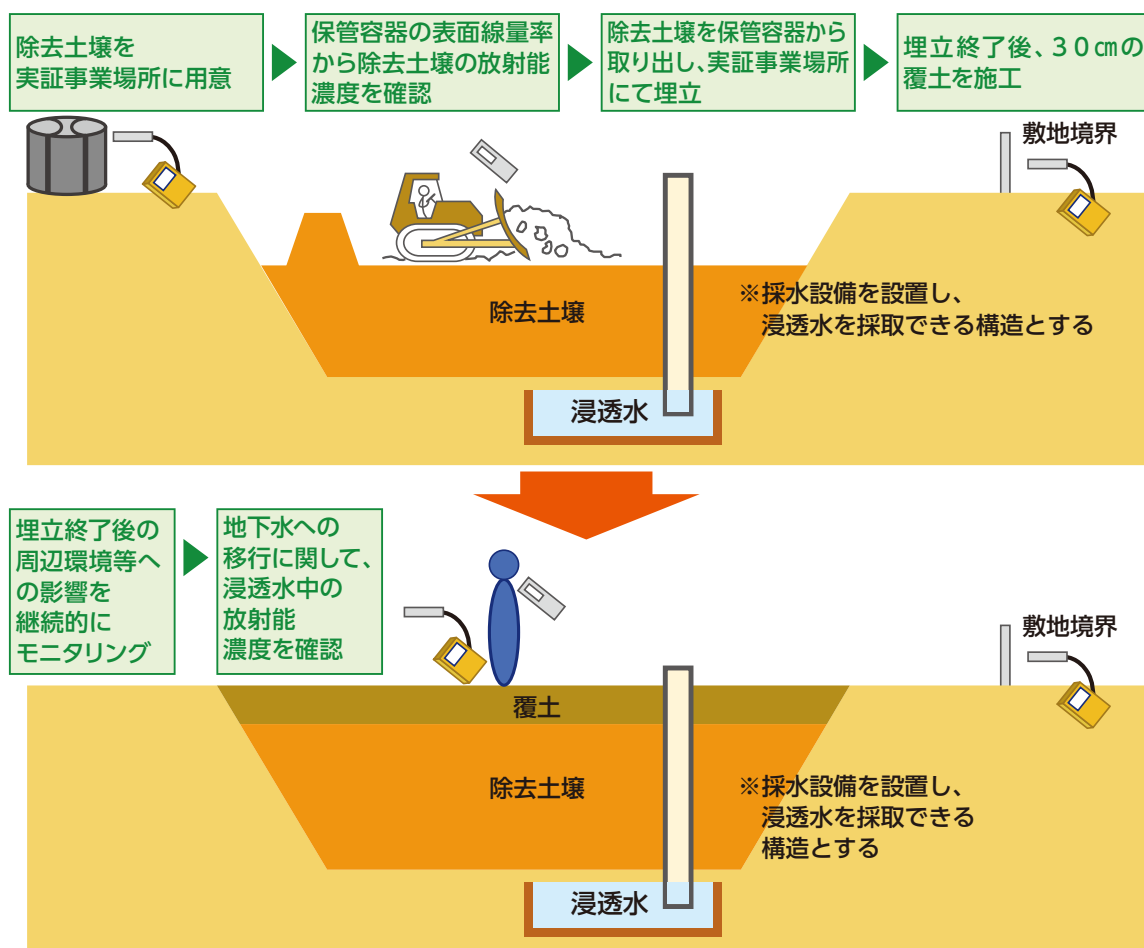
(出典) 環境省 HP 中間貯蔵施設情報サイト 「南相馬市における再生利用実証事業」

### (3) 除染土③

## “ 福島県外の除染土は埋立処分を検討 ”

- ・福島県外の除染土（約 33 万 $\text{m}^3$ ）については、環境省内で埋立処分が検討されており、環境省令やガイドライン策定に向けた有識者会合や埋立実証事業が行われている
- ・実証事業が行われているのは茨城県東海村と栃木県那須町の2ヶ所（事業内容は下図参照）
- ・空間線量率や土壌・浸透水の放射能濃度、作業者の被ばく線量、気象条件等をモニタリングしている
- ・環境省は、福島県外除染土の放射性物質の中央値は 800ベクレル/kg、約95%は2,500ベクレル/kg 以下としているが、実際に埋め立てる土に含まれている放射能濃度は現段階では不明

#### 〈除染土 埋立実証事業の概要〉



(出典) 環境省HP 除染情報サイト「除去土壌等の管理 除去土壌の処分について 実証事業での確認事項」

## (4) 事故処理費用

### “見通せぬ、事故処理コストの全体像”

課題	当初想定 (2014年)	政府試算 (2016年)	(公社) 日本経済研究センター試算 (2019年)
廃炉・ 汚染水処理	2兆円	8兆円	① 4.3兆円 (廃炉せず石棺方式処理水海洋放出) ② 11兆円 (処理水海洋放出) ③ 51兆円 (処理水海洋放出せず)
賠償	5兆円	8兆円	10兆円
除染・ 中間貯蔵施設	4兆円	6兆円	20兆円
合計	11兆円	22兆円	35～81兆円

(出典)日本経済研究センター 政策提言「エネルギー・環境の未来を語るラウンドテーブル」より生団連作成

2年間で政府試算による事故処理費用が2倍に膨れ上がるなど、各作業の進捗が順調とは言えず不透明な部分を大きく残している現状においては、今後も費用が大きく変動する可能性がある



**【検討】** 使用済み核燃料  
再処理・直接処分  
シナリオ比較

## (現状把握)

# 日本の原子力政策

### 日本の原子力政策の根幹＝核燃料サイクル

P12 参照

- ・ 使用済み核燃料を再処理し、**MOX 燃料**として再利用  
(さらに使用済み MOX 燃料も再処理、加工して再々利用・・・)
- 最終処分対象の高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体) 発生量も減らす



核燃料サイクルのプロセスの多くが未だ実現せず

**現状、大部分の使用済み核燃料、  
MOX 燃料、プルトニウムは行き場が無い**

## (現状把握)

# 原発で発生する高レベル放射性廃棄物

- ・ 日本国内の使用済み核燃料の保管量：約 19,000t
- ・ 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(最終処分法)により、**使用済み核燃料を再処理した後の廃液をガラスと混ぜて固化させたもの**  
(=**ガラス固化体**)を 300m 以深の地層に処分することが定められているが、**最終処分場は決定していない**

P14・P18 参照

※既にガラス固化体も国内に **2,492 本** (2020 年 3 月末時点) 貯蔵  
(←英仏に再処理・MOX 燃料への加工を依頼し、返送された分+国内試験製造分)  
さらに **380 本**が返送される予定  
また、再処理に伴い **45.5t** のプルトニウムが国内外に存在 (2019 年)

**今後の原発政策 (推進・縮小・廃止) 如何にかかわらず、  
既に発生している使用済み核燃料やガラス固化体の取扱・処分は  
正面から議論すべき問題である**

# (現状把握)

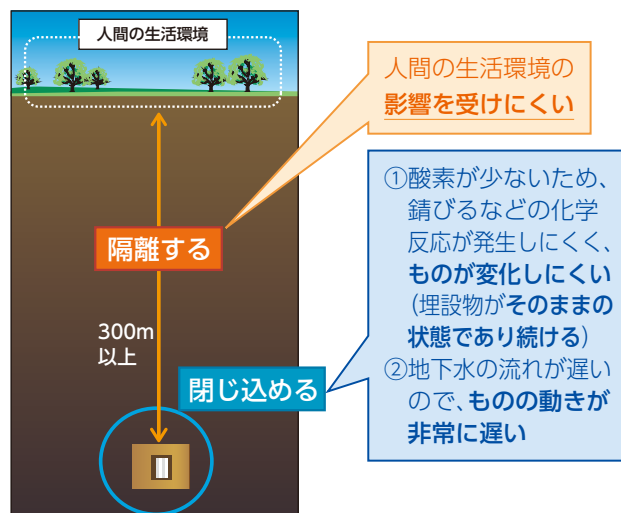
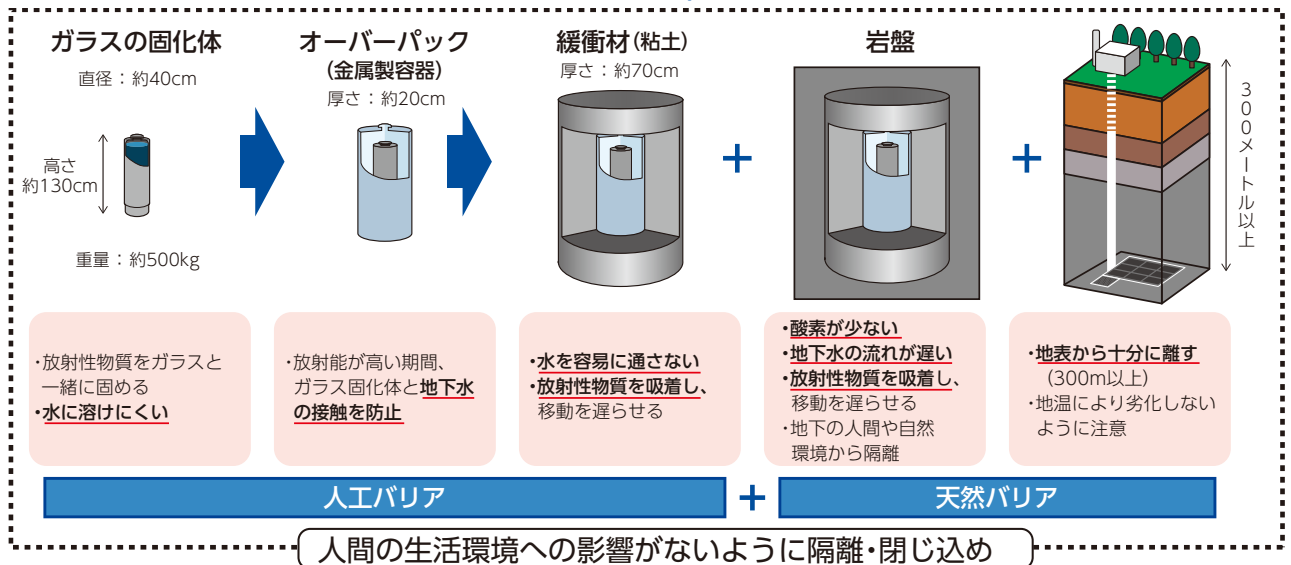
## 高レベル放射性廃棄物処分・保管方法

国は最も適当な処分方法として**地層処分**を計画・推進

### 〈国の地層処分計画 イメージ〉

- ・ガラス固化体は、地表から 300m 以上深い、安定した岩盤に増設します。【天然バリア】
- ・ガラス固化体をそのまま埋設するのではなく、オーバーパック(厚い金属製容器)に格納し、さらに緩衝材(粘土)で包みます。【人工バリア】

最終的には  
**4万本以上の  
ガラス固化体を処分**  
する計画

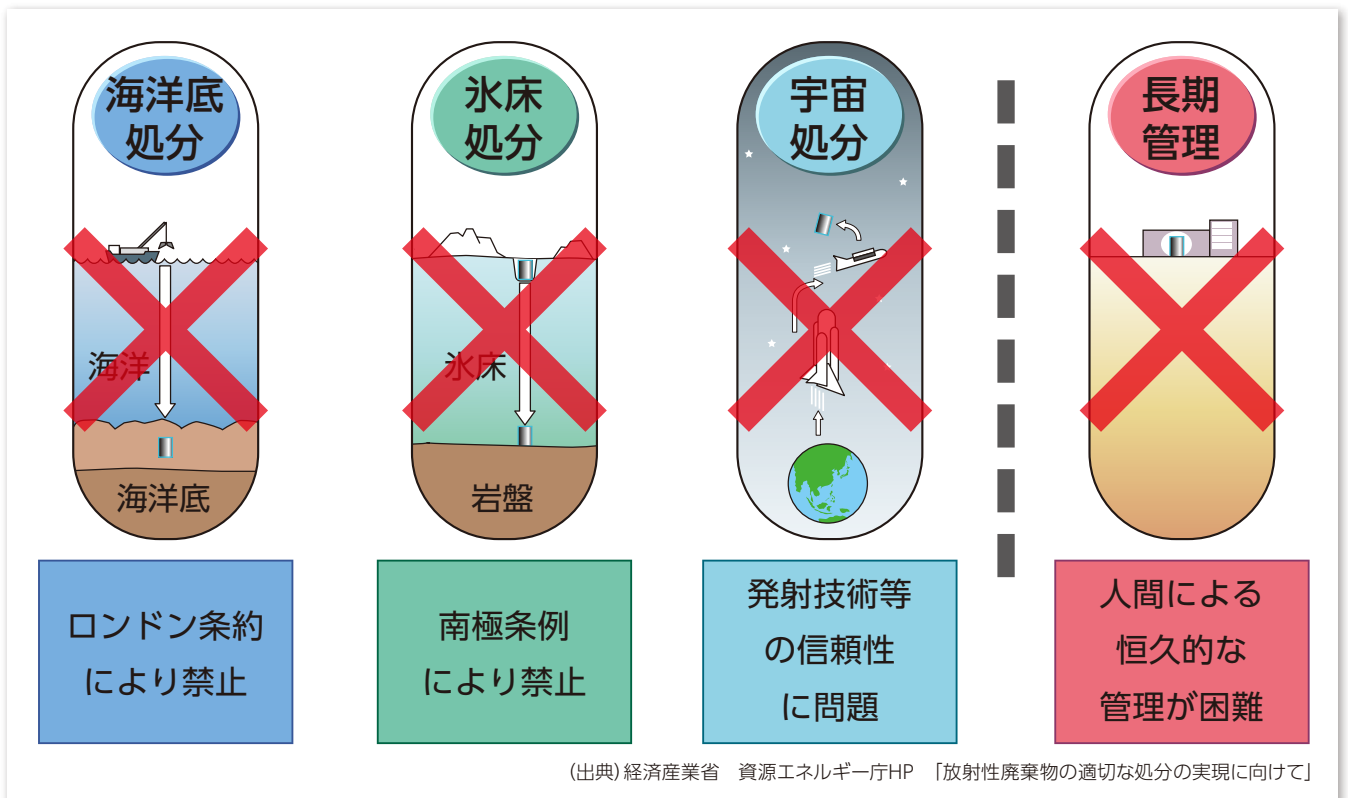


(出典) NUMO 「高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する対話型全国説明会 説明資料」

(参考)

## 検討された他の処分・管理方法

日本含む各国では、高レベル放射性廃棄物の地層処分以外の方法についても検討されていたが、安全性・コスト・国際条約等の制約により具体化することはなく、**現状では地層処分が最も適当な処分方法である**という見解が共有されるに至った



# 直接処分シナリオ検討の必要性

## 問題認識

### ①必ずしも全ての原発保有国が再処理を推進しているわけではない

日本の高レベル放射性廃棄物の最終処分は**使用済み核燃料の再処理を前提**としているが、2020年現在、世界的に見て再処理路線（核燃料サイクル政策）を採用している国は少ない

### ②プルトニウム保有に関する政府方針との整合性

（今回のシナリオ検討では詳細に触れないが）

再処理により新たにプルトニウムが発生することが核不拡散の観点からの懸念材料となっており、政府方針の「**プルトニウム保有量の削減**」との整合性が問われている

高レベル放射性廃棄物の最終処分について国民的な議論を行う際には、**再処理を前提とせず、使用済み核燃料を直接処分するシナリオも考慮すべきではないか**

（参考：フィンランドで建設中の最終処分場「オンカロ」 次頁）

※内閣府原子力委員会において 2011～12年（民主党政権時代）に直接処分も含めた複数のシナリオ検討が行われて以降、直接処分ケースの技術的検討は行われているものの、コスト試算等が国から公表されたことはない

(参考)

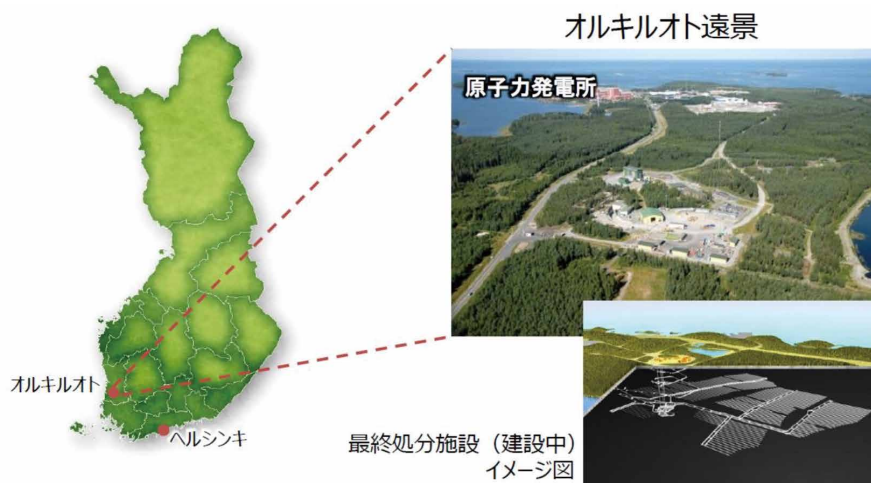
# フィンランドの最終処分事業

- ・フィンランドでは、オルキオト原発の隣接地に最終処分場「オンカロ」を建設中
- ・2020年代の操業開始を予定
- ・日本と異なり、使用済み核燃料を金属製キャニスターに入れ**直接処分**する計画  
(再処理は構想せず)

〈オンカロの地下坑道のイメージ〉



オンカロにて生田連撮影



事業主体：ポシヴァ社 (国内電力 2 社の合併)  
処分量 (計画値)：使用済み核燃料 約 6,500t  
処分深度：400 ~ 500 m  
総延長：約 40 km

(出典) 経済産業省  
資源エネルギー庁 HP「北欧の「最終処分」  
の取り組みから、日本が学ぶべきもの①」

# シナリオパターン

本検討においては、次の3ケースを想定する

## ①使用済み核燃料の全量再処理

ガラス固化体を地層処分

→全量再処理ケース (日本が目指している姿)

## ②使用済み核燃料の半量を再処理

ガラス固化体と残り半量の使用済み核燃料を地層処分

→併存ケース

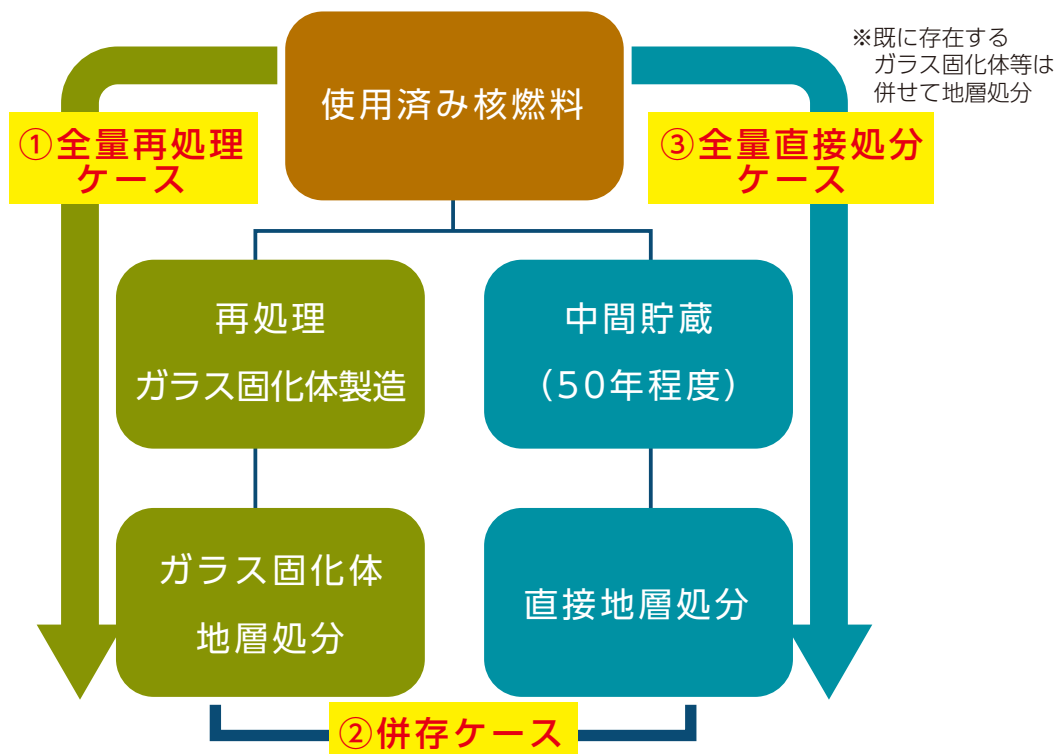
## ③全ての使用済み核燃料を再処理せず、地層処分

→全量直接処分ケース (フィンランド オンカロ)

現在行われている軽水炉サイクル (プルサーマル) に用いる MOX 燃料製造のための再処理により、1 割程度のウラン資源節約効果があるとされていることから、

①・③だけでなく②のケースも想定した

〈シナリオパターンのイメージ〉



# シナリオ検討項目

以下の項目について検討をする

## (1) コスト

再処理+ガラス固化体処分

／中間貯蔵+使用済み核燃料直接処分による比較

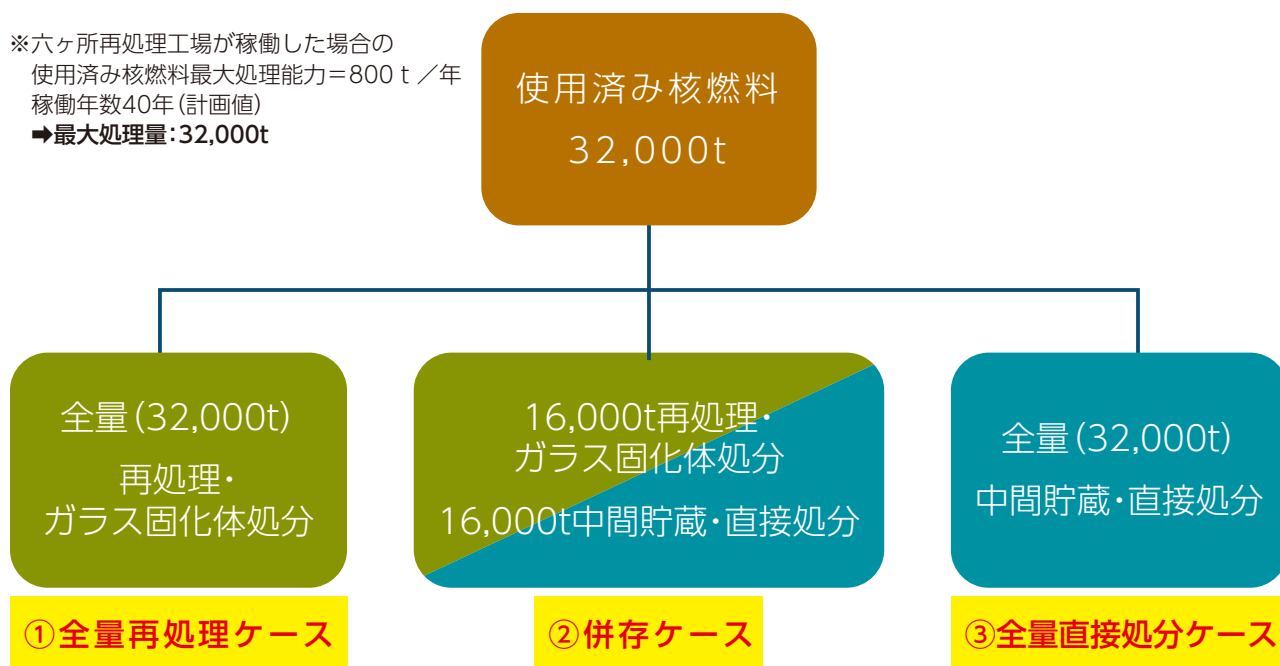
## (2) 廃棄物体積と地層処分に必要な面積

## (3) 地層処分後の被ばくリスク

## シナリオ検討の前提

再処理もしくは処分の対象となる使用済み核燃料の総量を 32,000t (※) とする

※六ヶ所再処理工場が稼働した場合の  
使用済み核燃料最大処理能力=800 t / 年  
稼働年数40年(計画値)  
→最大処理量: 32,000t



※最終処分場はいずれのケースにおいても1ヶ所と仮定



# 検討項目

## (1) コスト

### 〈再処理+ガラス固化体処分／中間貯蔵+使用済み核燃料直接処分のケース別比較〉

	㉠再処理量／中間貯蔵量	コスト見通し	コスト計
	㉡地層処分対象の廃棄物		
①全量再処理ケース	㉠再処理：32,000t	11.9兆円 <sup>(※2)</sup>	15.9兆円
	㉡ガラス固化体：40,000本超 TRU廃棄物 <sup>(※1)</sup> ：約18,000m <sup>3</sup>	3.9兆円 <sup>(※3)</sup> ※ガラス固化体分 約3兆円	
②併存ケース	㉠再処理：16,000t 中間貯蔵：16,000t	6.5兆円	10.5～10.9兆円
	㉡ガラス固化体：20,000本超 TRU廃棄物 <sup>(※1)</sup> ：約9,000m <sup>3</sup> 使用済み核燃料：16,000t	4～4.4兆円 <sup>(※4)</sup>	
③全量直接処分	㉠中間貯蔵：32,000t	1.2兆円	5.4～6.2兆円
	㉡ガラス固化体：約2,800本 TRU廃棄物 <sup>(※1)</sup> ：約1,300m <sup>3</sup> 使用済み核燃料：32,000t	4.2～5兆円	

※1：TRU廃棄物：再処理によって生じる半減期の長い放射性物質を含む廃棄物（燃料部品の吸着剤等）

※2：2011年原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会資料 から計算（割引率0%）／再処理等 37,200万円／tU, 中間貯蔵 3,600万円／tU

※3：①全量再処理ケースは 2019年資源エネルギー庁「特定放射性廃棄物の最終処分費用及び拠出金単価の改定について（参考資料）」を転載（割引率0.4%）建設・操業・モニタリング・閉鎖等諸費用計

※4：2011年原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会資料 から計算（割引率0%）／HLW処分 8,500万円／tU, 直接処分 13,200万円～15,700万円／tU ガラス固化体 500kg／本

（出典）

2019年資源エネルギー庁「特定放射性廃棄物の最終処分費用及び拠出金単価の改定について（参考資料）」

2011年原子力委員会 原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会 資料等から生団連作成

# 検討項目

## コスト まとめ

- ・最終処分場のみのコストを考えると再処理ケースに分があるが、**再処理費用が非常に高額**
- ・再処理ケースと直接処分ケースの**費用差は、使用済み核燃料の発生量が増えれば増えるほど拡大する**
- ・再処理を行う①全量再処理ケース②並存ケースについては、**使用済みMOX燃料の保管、処分(再々処理?)が費用算入されていない**ので、これを考慮すると①②の**最終処分費用自体も膨張する可能性がある**

総合的に考慮すると、  
**③全量直接処分ケースが経済性に優れると考えられる**

# 検討項目

## (2) 廃棄物体積と地層処分に必要な面積

	地層処分対象の廃棄物体積 (※一部低レベル放射性廃棄物含む)	地層処分に必要な面積
①全量再処理ケース	ガラス固化体：40,000 本 (TRU 廃棄物：約 18,000m <sup>3</sup> )	約 2km <sup>2</sup> + α (≒ 1.4km 四方)
②併存ケース	ガラス固化体：20,000 本 (TRU 廃棄物：約 9,000m <sup>3</sup> <sup>(※5)</sup> ) 使用済み核燃料：16,000t	約 4km <sup>2</sup> + α (≒ 2km 四方)
③全量直接処分ケース	ガラス固化体：約 2800 本 (TRU 廃棄物：約 1,300m <sup>3</sup> <sup>(※5)</sup> ) 使用済み核燃料：32,000t	約 5.5km <sup>2</sup> (≒ 2.4km 四方)

※ 5：TRU 廃棄物量：ガラス固化体の量から比例させたもの

(出典) 2012 年第 22 回原子力委員会「核燃料サイクル政策の選択肢に関する検討結果について (参考資料)」より

- ・地層処分の対象となる廃棄物の体積、またそれに伴い必要となる処分場の面積ともに、直接処分ケースが他の 2 ケースよりも大きくなる
- ・しかし、使用済み MOX 燃料の取り扱いが考慮されていないため、MOX 燃料再処理、高速炉等が実用化せず、処分する場合には①②の面積は増大する (+αの部分)

# 参考

## 面積のイメージ

〈国内空港の面積との比較〉

順位	空港名	面積 (km <sup>2</sup> )
1	東京国際空港 (羽田)	15.2
2	成田国際空港	11.5
3	関西国際空港	10.7
4	新千歳空港	7.2
5	中部国際空港	4.7
6	福岡空港	3.5
7	那覇空港	3.3
8	大阪国際空港 (伊丹)	3.1
9	仙台空港	2.4
10	広島空港	2.0

③全量直接処分ケース(約 5.5km<sup>2</sup>)

②併存ケース (約 4km<sup>2</sup>)

①全量再処理ケース (約 2km<sup>2</sup>)

①全量再処理ケース (約 2km<sup>2</sup>)

②併存ケース (約 4km<sup>2</sup>) の場合、面積増大の可能性も

※ちなみに、東京ドームは 0.047km<sup>2</sup>なので、①全量再処理ケースで東京ドーム 40 ~ 50 個分

# 検討項目

## (3) 地層処分後の被ばくリスク

### ① 廃棄物の毒性

- ・ 廃棄物自体の毒性は、(ヨウ素・炭素といった核種の影響により)  
**使用済み核燃料の方がガラス固化体よりも長期に渡って残り続ける**ことが明らかになっている

### ② 想定される被ばくリスク

- ・ 長年の浸食等により緩衝材やオーバーパック・容器が破損し、  
**放射性物質が地下水に乗って人類の生活圏まで流出すること**  
(人類の生活圏からは基本的に隔離されるため、ダイレクトに廃棄物の影響を受けるわけではない)

➡ 廃棄物からの被ばく線量について、  
全量再処理ケースと全量直接処分ケースでの比較シミュレーションの研究例がある

### (スイスの研究例 2012年原子力委員会資料より)

- ・ 全量再処理ケース・全量直接処分ケースともに、約1万年後～被ばく線量の増大が見られるものの、**被ばく線量は0.1 mSv/年を大きく下回るとされる**(日本の一般公衆の線量限度(基準値): 1mSv/年)
- ・ むしろ、再処理や、地上での暫定的な廃棄物貯蔵が長引いた場合のように、**地上で放射性物質を扱う過程での事故・被ばくリスクの方が高い**

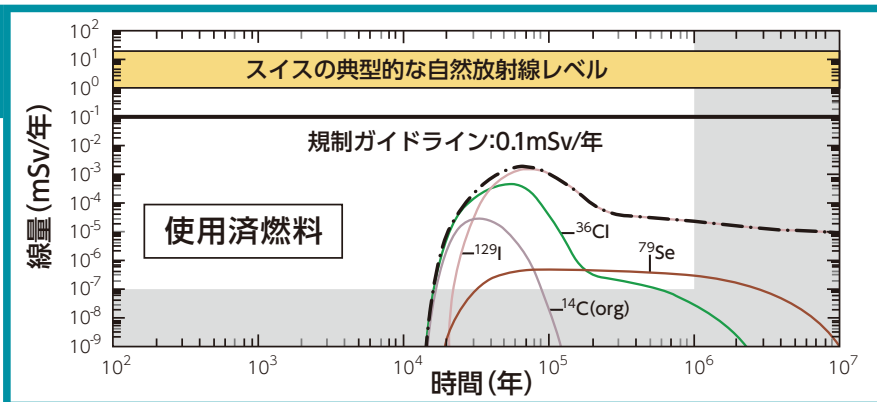
# 検討項目

## 地層処分後の被ばくリスク(スイスの研究例より)

### スイスの解析例

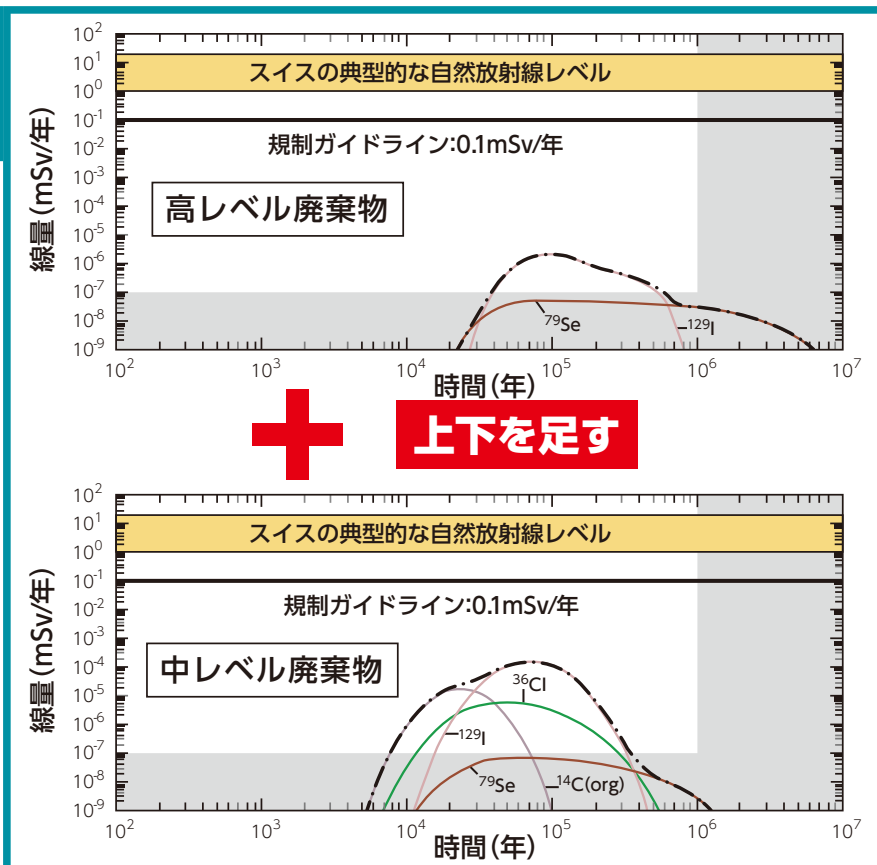
“ what if ” ケースとして、地下水の流量をリファレンスケースの 100 倍と仮定した場合の放射線量

#### 全量直接処分ケース



#### 全量再処理ケース

(再処理に伴い発生する、高レベル以外の放射性廃棄物も含む)



直接処分の場合(上段図)及び再処理を行った場合(中段図+下段図)のいずれも、廃棄物からの被ばく線量は、諸外国で提案されている安全基準(0.1mSv/年)に比べて十分低い

(出典) 2012年 第22回原子力委員会「核燃料サイクル政策の選択肢に関する検討結果について(参考資料)」より

# シナリオ検討 まとめ

## (1) コスト

- ・再処理を行うことの経済的コストは非常に大きく、ウラン資源の節約効果を考慮したとしても、全量直接処分ケースと比較した場合には無視できない費用差となる  
(最終的には電気料金として消費者負担となる)

## (2) 廃棄物体積と地層処分に必要な面積

- ・地層処分に必要な面積は全量直接処分ケースが最も大きくなると見込まれるが、再処理ケースの使用済み MOX 燃料の扱いについては留意が必要

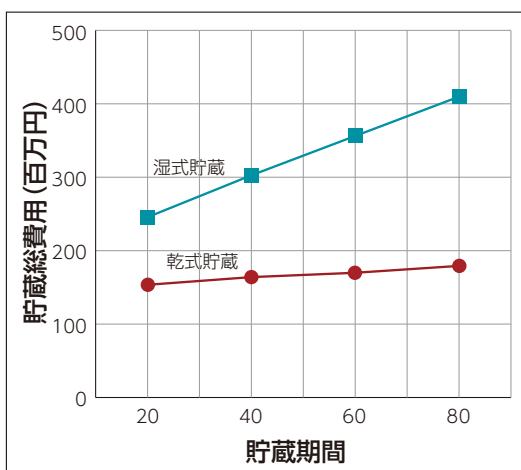
## (3) 地層処分後の被ばくリスク

- ・使用済み核燃料とガラス固化体では、潜在的には使用済み核燃料の毒性の方がより長期に渡って残る
- ・一方、これらを地層処分して人類の生活圏から隔離した場合の被ばくリスクについては両者ともに地上で取り扱う過程よりも小さくなる

## (参考)

# 当面の使用済み核燃料の取り扱い

- ・国内原発の使用済み核燃料プールは約75%が既に埋まっており、原発によっては貯蔵余地が残り数年分となっているところもある
- ・最終処分場が決定していない中、**逼迫するプール容量への当面の対応**としては、**使用済み核燃料の乾式貯蔵への転換**を進めることが政策柔軟性を高める選択肢となる  
(将来的に、再処理・直接処分のどちらにも対応可能)
- ・乾式貯蔵はプールでの貯蔵(湿式貯蔵)よりも**経済性に優れる**他、**災害等トラブルに対する安全確保が相対的に容易**であるというメリットがある(注水を必要とする湿式貯蔵⇔自然空冷の乾式貯蔵)



(出典) 2000年電力中央研究所  
「使用済燃料敷地外貯蔵技術の経済性評価」

(左) 5,000tの使用済み核燃料をそれぞれ湿式貯蔵・乾式貯蔵した場合の総費用の比較グラフ  
(横軸：貯蔵年数 縦軸：総費用)  
➔ **貯蔵年数が長くなるほど、乾式貯蔵の経済的優位性が大きくなる**

※ただし使用済み核燃料が減量されるわけではなく、**根本的な解決にはならない**  
**あくまで最終処分場とそのプロセスについての議論は必要**









国民生活産業・消費者団体連合会(生団連) | 2020