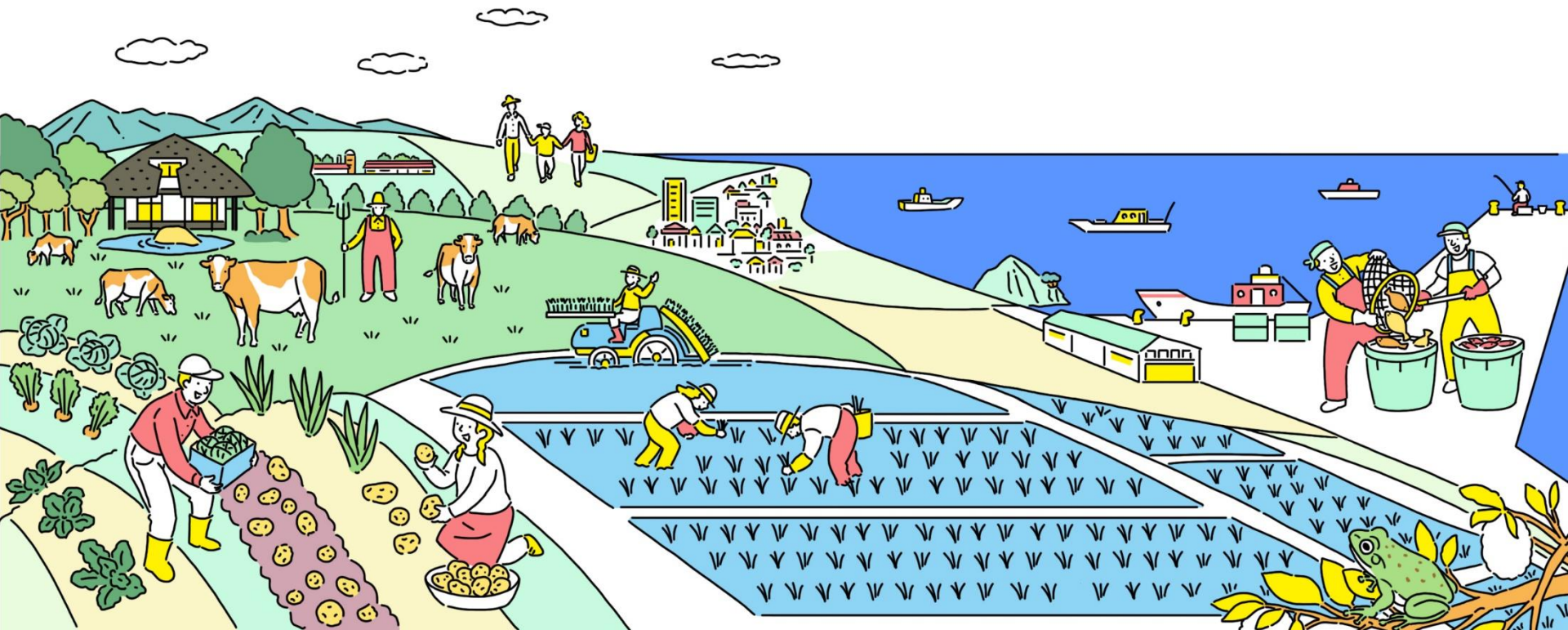


# 福島第一原子力発電所 廃炉の今後

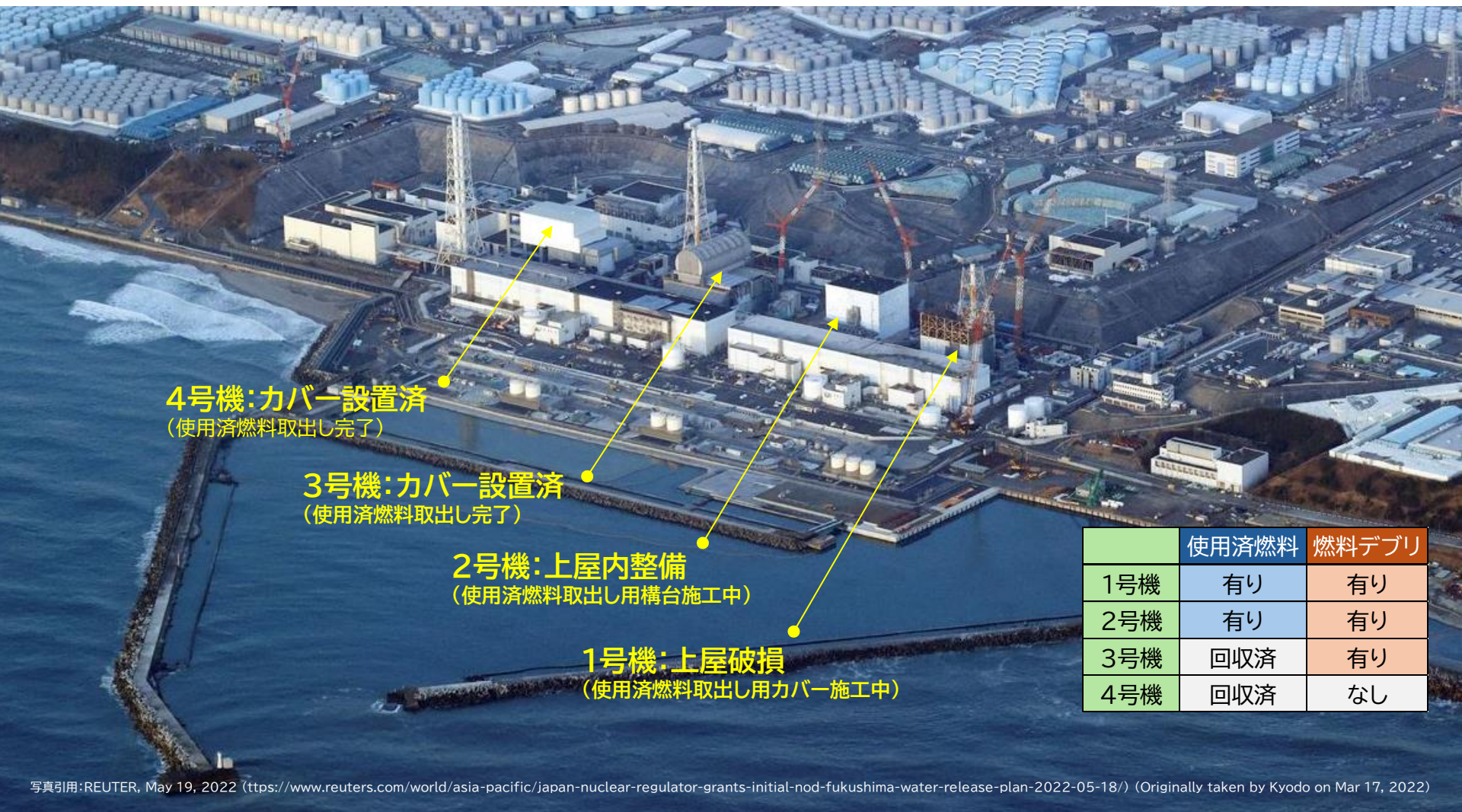
原子力損害賠償・廃炉等支援機構理事長 京都大学名誉教授

山名 元



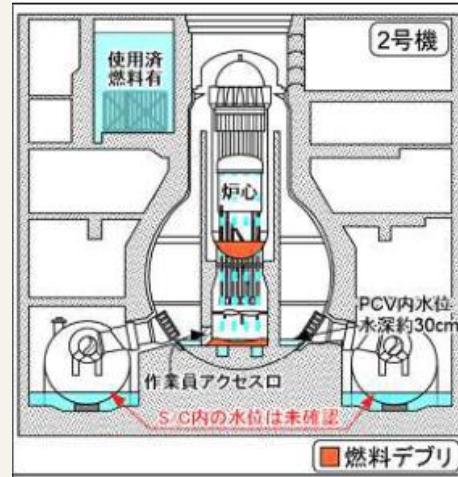
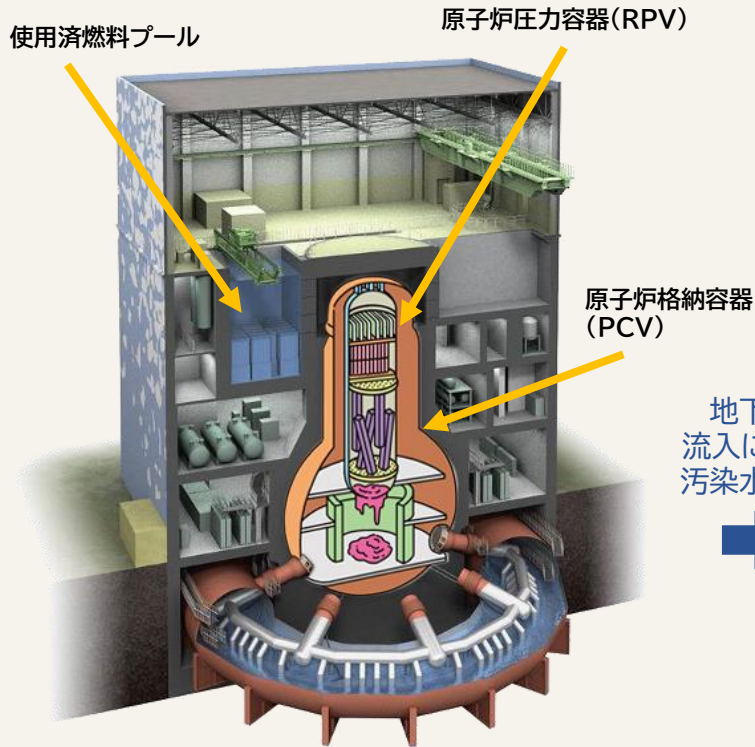


1～4号機やその他の周辺施設で  
 廃炉の作業が、**様々なプロジェクトとして進められている**



主要な放射線リスク源は、  
使用済燃料、燃料デブリ、汚染水、建屋内汚染、そして固体廃棄物

原子炉内は放射線量が非常に高い



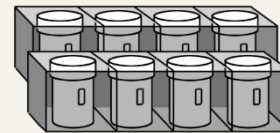
2号機の格納容器底部(遠隔カメラで撮影)

地下水  
流入による  
汚染水発生



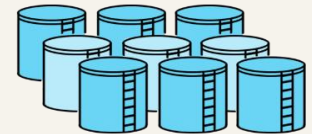
セシウム除去装置  
(SARRY)

汚染水から  
放射性セシウムを除去



ALPS

ほぼ全ての放射性  
核種を除去

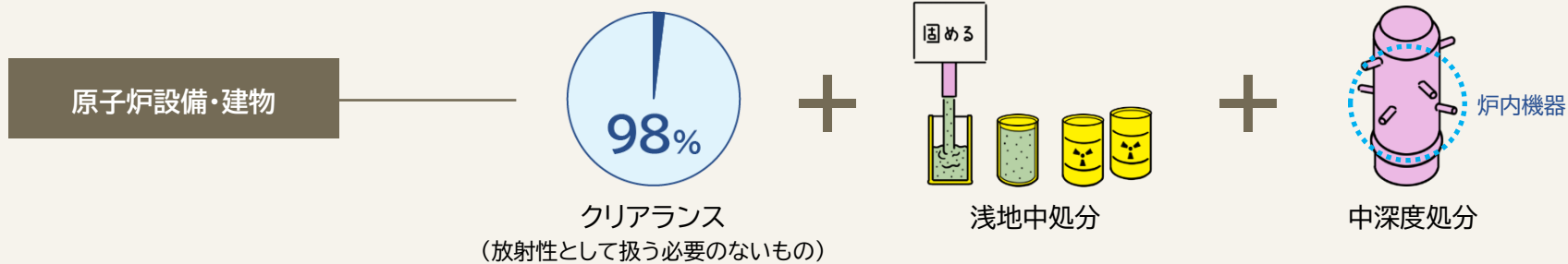
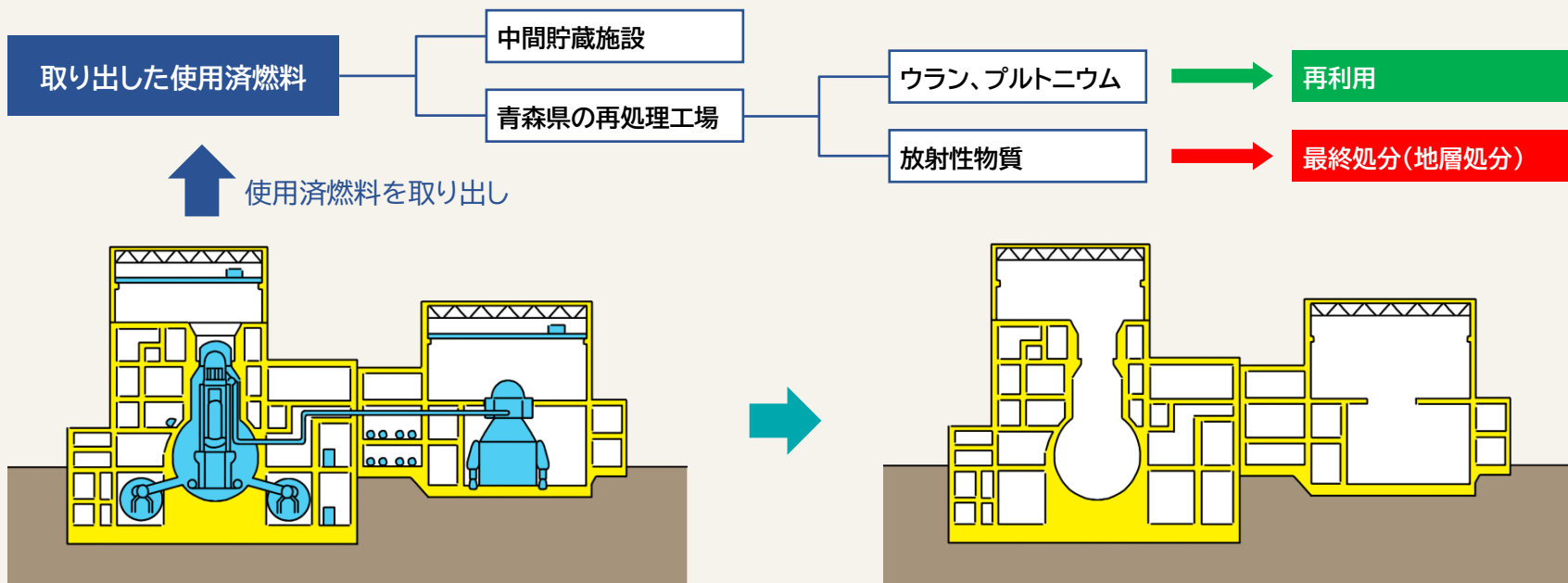


タンク

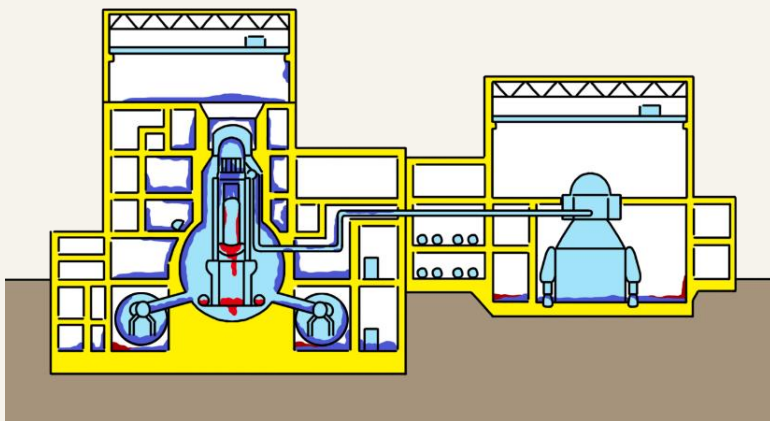
ALPS処理水  
(トリチウム水)



# 正常に運転を終了した原子炉では 使用済核燃料を取り出してから廃止措置を開始



福島第一原子力発電所では、使用済燃料が破損して、簡単には取り出せず  
周到な準備と様々な工夫が必要



① 核燃料が原子炉内に飛び散っていて  
燃料デブリとなっており、回収が大変

② 原子炉建屋や原子炉の構造物が核燃料やセシウムで  
汚染しており全てが放射性廃棄物になる

③ 建屋が壊れていて使用済燃料の取出しが大変



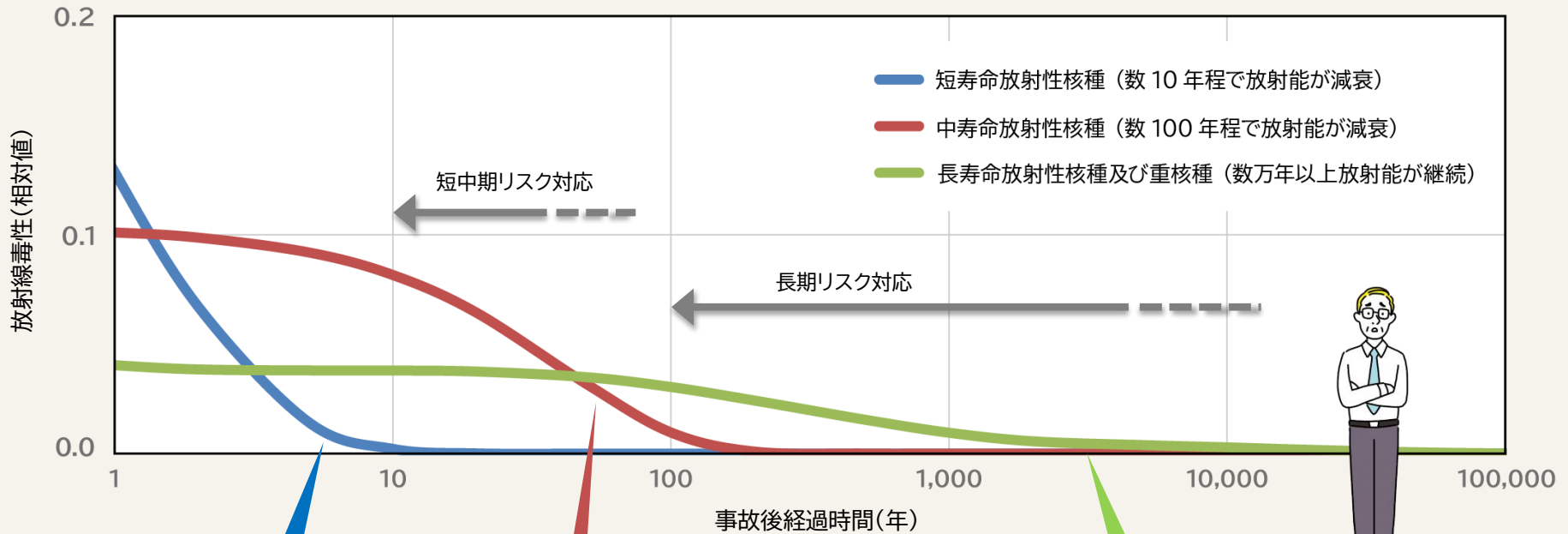
このような廃棄物を受け入れる施設や処分方法は想定されていなかった

放射性核種の寿命によって、対応すべき時間軸が異なる  
**現世代の安全確保と将来の次世代の環境確保**の両方が大切

中寿命と長寿命核種を完全に閉じ込めて、  
 廃炉期間中の安全を守る



数十年以降は、中寿命と長寿命核種を、  
 長期に亘って社会環境から隔離する



短寿命の核種(ヨウ素等)

ほぼ減衰し終わっている

中寿命の核種(セシウム等)

使用済燃料や燃料デブリ、建屋、瓦礫、  
 汚染水処理の吸着剤等

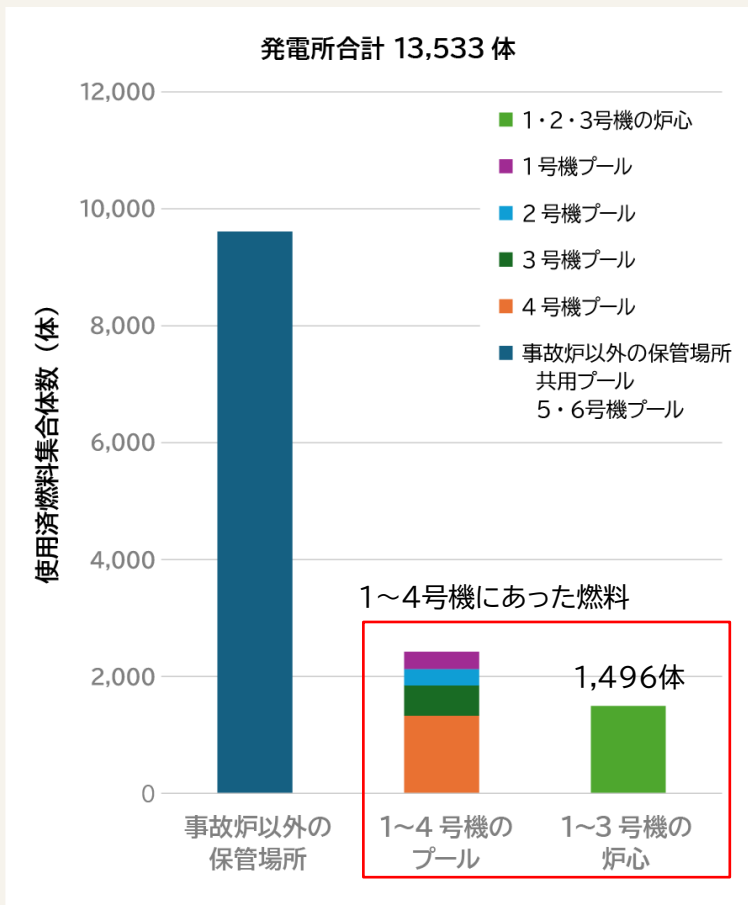
長寿命の核種(プルトニウム等)

大半が使用済燃料と燃料デブリ



## 全国の使用済燃料問題の中での福島第一の取り扱い が問われる

事故前での使用済燃料の存在状況



### 全国の原子力発電所

使用済燃料累積貯蔵量 約 118,000 体(相当)

### 福島第一原子力発電所

使用済燃料総量 13,533 体  
このうち事故で破損(燃料デブリ) 1,496 体

- 福島第一の燃料デブリは、全国で貯蔵されている使用済燃料の1%程度に過ぎない
- 事故炉以外の場所に保管されていた使用済燃料(9,613体)は、全国と同様の健全な使用済燃料
- 1~4号機から回収される使用済燃料は、健全な使用済燃料と同格に扱える可能性があり、このための精査が重要
- 燃料デブリは、事故炉から**回収して適切な処置をすれば**、使用済燃料や高レベル放射性廃棄物と同様の考え方に沿って、安全に処置する事が可能とみられる

# 原子炉施設の長期の不確実性に対して、 燃料デブリ等を回収して**安全な保管状態に移行させる**

**内的な要因として**

格納容器や建屋の  
経年劣化の可能性

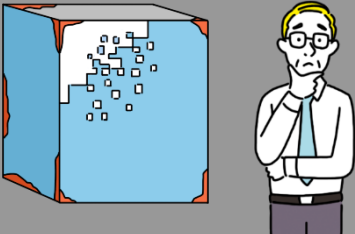
燃料デブリや  
格納容器内状況の変化

保守が難しい機器な  
どの損耗



想定される劣化等に対して、監視や点検を含む積極的な閉じ込め確保の措置を実施し、外部への影響を防止

長期将来に亘る健全性の保証が難しく、  
期間が長くなるほど不確実性が拡大する



現在

将来

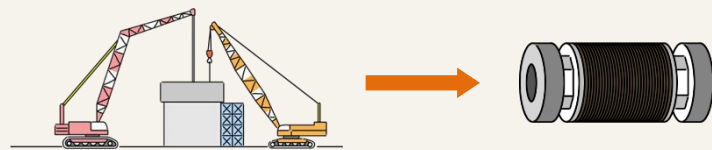
**外的な要因として**

地震や津波等の  
自然災害の発生など



想定される自然災害に耐える事の確認と、必要に応じて補強措置を実施

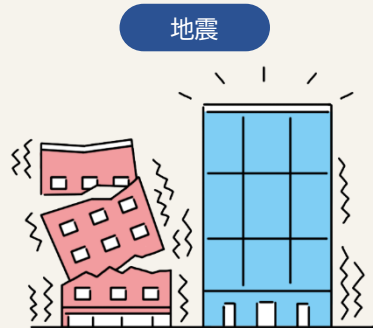
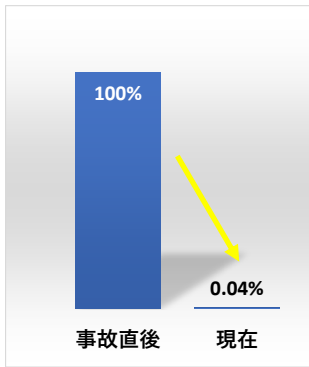
燃料デブリや使用済燃料を、損傷した建屋から積極的に回収して、確実な保管状態に持ち込む



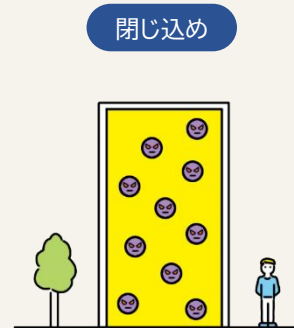


廃炉作業中に2011年のような**破壊的な事態が起こる可能性はほとんどない**

原子炉の発熱量



地震  
大きな地震に耐える  
十分な耐震性

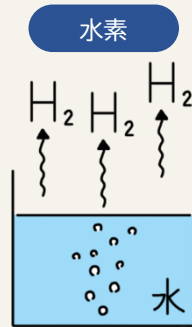
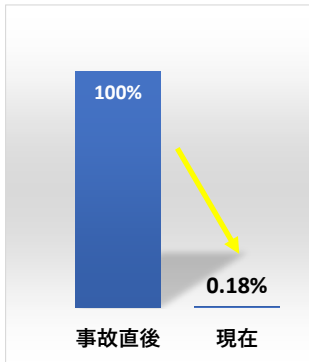


閉じ込め  
放射性物質を  
漏らさない仕組み

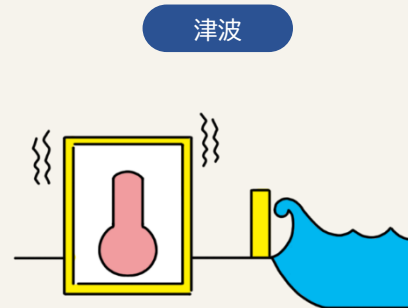


作業員  
作業員が被ばくしないよう  
万全の措置

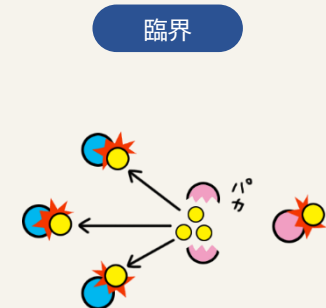
原子炉の放射能



水素  
水素濃度が  
上がらないような措置



津波  
防波堤と水密扉により  
津波をブロック



臨界  
臨界が起こらないよう  
十分な措置

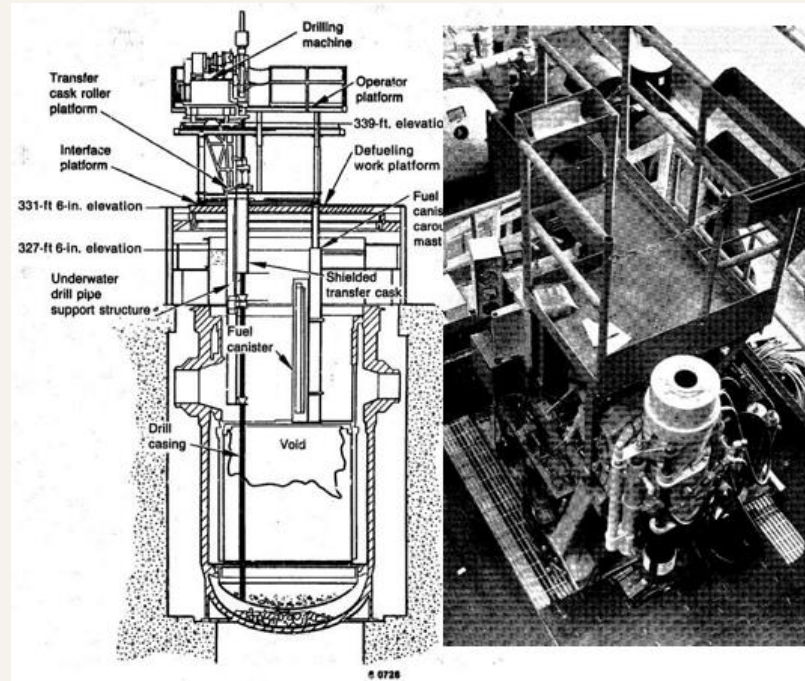


スリーマイルアイランド2号機(1979)では、  
**事故後約10年で燃料デブリの大半が回収された**

炉心上での作業



コアボーリング装置





スリーマイルアイランド2号機(1979)では、  
回収された燃料デブリは、輸送されて国立研究所にて長期保管中

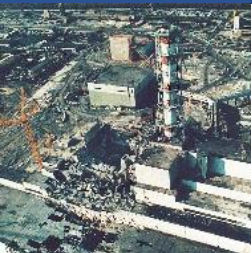
回収した燃料デブリをアイダホ国立研究所に移送



アイダホ国立研究所にて保管中







チョルノービリ4号機事故(1986)では、原子炉建屋全体が大規模に破損  
現在は、金属製シェルターで覆われている

事故直後の原子炉建屋



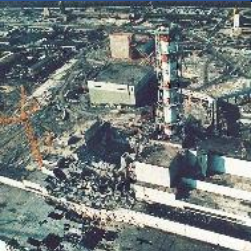
出典: 欧州復興開発銀行(EBRD)

旧石棺



SSE ChNPP





チョルノービリ4号機事故(1986)では  
**金属製シェルターの中で、100年近い廃炉が計画**されている

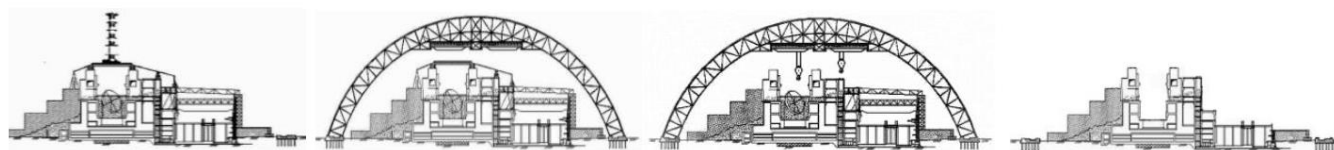
新シェルター(設置2016年11月)



新シェルター内の旧石棺



環境安全システムを目指したシェルター計画の戦略的考え方



**第1フェイズ**  
 現状の安定化

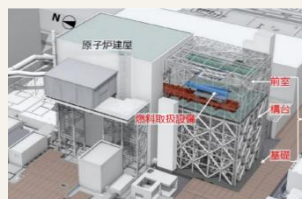
**第2フェイズ**  
 保護バリア機能の追加設置

**第3フェイズ**  
 燃料デブリや長寿命放射性  
 廃棄物の回収

# 中長期ロードマップでは 今後、**廃炉事業(燃料デブリ取出し、廃棄物管理等)**が徐々に本格化



## 第3期



2号機使用済燃料取出し

燃料デブリ本格取出し  
放射性廃棄物処理・保管

デブリ取出し工法  
評価小委員会

### 第3-①期

燃料デブリ試験的取出し  
 段階的な取出し規模の拡大  
 使用済燃料取出し完了(1・2・5・6号機)  
 汚染水発生量抑制(150m<sup>3</sup>/日以下)  
 放射性廃棄物一時保管解消

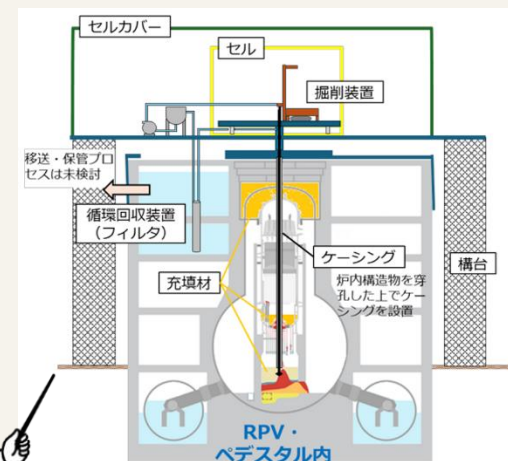
### 第2期

廃棄物保管改善  
 放射線環境改善  
 使用済燃料回収(3・4号機)  
 建屋滞留水低減  
 原子炉内部調査  
 研究開発

### 第1期

事故後状態  
安定化

2023年夏より  
ALPS処理水放出開始

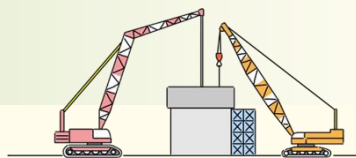


例えば、気中工法と充填固化工法の合わせ技

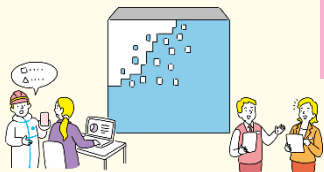
サイトのリスクを積極的に抑えながら、  
**安全な保管状態を一旦達成**した上で**最終的なリスクの隔離**を目指す

廃炉作業の展開

汚染水の削減や処理水の放出  
 固体廃棄物の安定保管や性状把握  
 放射能閉じ込めの強化と維持  
 放射線環境の改善 ほか



燃料デブリ・使用済燃料の回収  
 放射性廃棄物の保管や処理等



サイトの安全確保のための操作や管理の徹底

現状では、燃料デブリや廃棄物等の性状、事故施設の破損状況、取出し工事の設計などが十分には整っていないため、この将来領域を明確に見通す事が難しいのが実情

建屋解体や  
 放射性廃棄物の処分

**安全保管状態の達成**  
 十分に低いリスクレベルを達成

**最終的な隔離状態の達成**  
 極めて低いリスクレベルを達成



積極的な安全管理や施設保全により、  
 作業員や環境への影響を極力抑えると共に、  
 様々なリスク源の解消に努める

廃炉の将来像や最終形については、  
**廃炉の技術的検討と地元の将来構想をしっかりと整合**させて検討していく必要がある

- 廃炉は、今年から第三期に入り、燃料デブリ取出しや放射性廃棄物対応等が本格的段階に入る
- 第三期に入っても、燃料デブリや廃棄物等の処理処分方策、廃炉の全体像については、直ぐに明確に出来るわけではない。サンプルの分析や状況把握を進めながら技術的検討を重ね、徐々に、これを具体化していくことになる
- 廃炉の最終形については、技術的側面だけではなく地域の将来像ともしっかりと整合した検討が不可欠である。廃炉作業を全力で進めながら、地域にとって最もメリットを生む廃炉の最終形を、地元と共に検討していくことが重要
- 将来において、地元を経済的な活力を生み、安心な生活を確保できるような、福島第一の最終形を、技術サイドと地元サイドが共に考えていくことが必要
- そのためには、廃炉実施者側からの情報提供を進め、地元の皆様との十分な対話を重ねていくことが必要





## 今日と、明日と、未来のために

