

2020年10月29日
原子力市民委員会 ウェビナー その2

福島第一のデブリ取出しは断念せよ —「長期遮蔽管理」の提案

筒井哲郎・滝谷紘一（原子力規制部会）



原子力市民委員会

1

目次

1. デブリ取出しのアナウンス
 - (1) デブリ取出しの着手費用
 - (2) 拡大に向けた「準備工程」
 - (3) デブリ取出しに要するという施設
2. デブリ取出しを急いではいけない
 - (1) 全量取出しができない
 - (2) デブリの行き先がない
 - (3) デブリ取出しにかかわる技術上の困難
 - (4) 「中長期ロードマップ」の「大本営発表化」
3. 空冷化システムの概念と成立性
 - (1) デブリの成分と分布
 - (2) デブリの発熱量
 - (3) 受動型空冷システム
 - (4) 原子炉格納容器の構造と外寸
 - (5) デブリ温度解析の伝熱ネットワークモデル
 - (6) ペDESTAL内側の温度分布
 - (7) 2号機圧力容器底部デブリの温度分布
4. 長期遮蔽管理のための対策
 - (1) 外構シールド
 - (2) 安全上の配慮
5. まとめ

2

1. デブリ取出しのアナウンス

(1) デブリ取出しの着手費用

参考. 「廃炉中長期実行プラン2020」を踏まえた燃料デブリ取り出しに係る支出

6

- ▶ 本年3月27日に公表した同プランの作業プロセスをもとにした支出想定額は1兆3,700億円
で、そのうち作業費用に係る支出は3,500億円

…廃炉中長期実行プラン2020に基づき実施する内容

	試験的取り出し (2号機)	段階的な取り出し規模の拡大 (2号機)	取り出し規模の更なる拡大	想定支出
① 準備作業	<ul style="list-style-type: none"> 建屋内環境改善 内部調査 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋内環境改善 訓練・試運転 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋内外環境改善 PCV水位低下 線量低減等 排気筒解体 変圧器撤去等 	3,300億円 (※)
② 設備の 設置	<ul style="list-style-type: none"> 取り出し装置 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料デブリ取り出し設備 安全システム 燃料デブリー時保管設備 メンテナンス設備 	(3号機) <ul style="list-style-type: none"> 燃料デブリ取り出し設備 安全システム 燃料デブリ保管施設 メンテナンス設備 	1兆 200億円
③ デブリ 取り出し	<ul style="list-style-type: none"> 試験的取り出し 	<ul style="list-style-type: none"> 段階的な取り出し規模拡大 	想定困難	200億円 (※)

(※)計3,500億円

合計 1兆 3,700億円

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

出典: 「2019年度の連結業績予想について」東京電力、2020年3月30日、Sheet 6
<https://www.tepco.co.jp/press/release/2020/pdf1/200330j0301.pdf>



原子力市民委員会

3

1. デブリ取出しのアナウンス

(2) 拡大に向けた「準備工程」

参考. 燃料デブリ取り出しの工程と実施内容

7

- ▶ 2031年までに、2号機で段階的に取り出し規模を拡大し、取り出し規模の更なる拡大
に向けた準備を進める予定



↓
 終わりは不明
 ですね。

※3号機を先行して検討を進め、1号機に展開することを想定

出典: 「2019年度の連結業績予想について」東京電力、2020年3月30日、Sheet 7
<https://www.tepco.co.jp/press/release/2020/pdf1/200330j0301.pdf>



原子力市民委員会

4

1. デブリ取出しのアナウンス

(3) デブリ取出しに要するという施設

TEPCO

②-2 今後具体化を検討する施設 (遅くとも2020年代後半)

施設	必要な時期	理由
さまざまな試料の分析用施設	2020年代前半	分析能力の強化のため
燃料デブリ取り出し資機材保管施設	2020年代前半	デブリ取り出し装置のメンテナンスのため
燃料デブリ取り出しモックアップ施設	2020年代前半	デブリ取り出し装置の事前確認のため
燃料デブリ取り出し訓練施設	2020年代前半	デブリ取り出し前の訓練のため
燃料デブリ・放射性廃棄物関連の研究施設	2020年代後半	本格的なデブリ取り出しで得られる知見の研究
廃棄物リサイクル施設	2020年代後半	廃棄物の減容、再利用のため
廃棄物一時保管エリア	2020年代後半	至近10年以降の廃棄物保管のため
事故対応設備保管施設	2020年代前半	事故時に用いた設備が朽ちないように速やかに

20年代後半にも研究が続きますね。

— 今後、廃炉事業の進捗に従って必要な施設を検討する

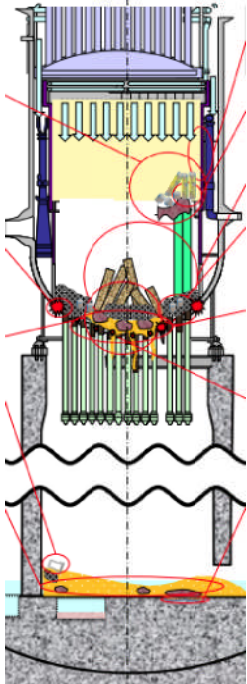
出典:「廃炉事業に必要と考えられる施設と敷地」東京電力、2019年9月27日、Sheet 3
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/pdf/014_03_01.pdf



原子力市民委員会

2. デブリ取出しを急いではいけない

(1) 全量取出しができない



凡例

	残留燃料棒及びその残骸
	酸化物デブリ(多孔質)
	粒子状デブリ
	燃料デブリ(金属を多く含む)
	コンクリート混合デブリ
	CRGT
	破損したCRGT

デブリ取出しの困難さ:

- 溶融した核燃料が鋼構造材やコンクリートと融合、固化しているものが多い。
- 納容器内は80Sv/hの放射能が観測されている。200年後でも1.6Sv/hでとうてい人が近づけない。
- 遠隔操作での切削、取出しに限度あり。



全量取り出しは不可能

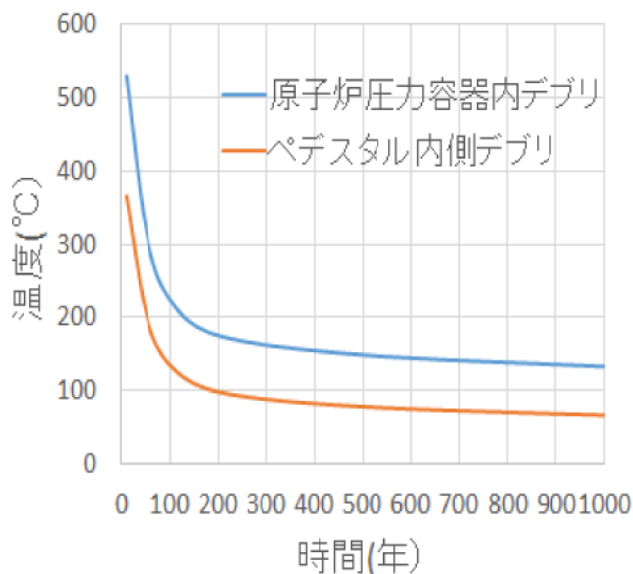
出典:「廃炉・汚染水対策事業費補助金(総合的な炉内状況把握の高度化)」
 IRID,エネルギー総合工学研究所、平成30年6月、Sheet 18
https://irid.or.jp/_pdf/20170000_01.pdf



原子力市民委員会

2. デブリ取出しを急いではいけない

(2) デブリの行き先がない



2号機燃料デブリ最高温度の長期変化

高レベル放射性廃棄物の行き先がない。

- 通常原発から排出された高レベル廃棄物でも、行き先の決定は最短でも50年かかる（日本学術会議提言）。
- 待ち時間をデブリ取出し作業前に置くべき。発熱量は時間経過とともに顕著に下がる。
- 左図は空冷方式にした場合のデブリ温度の長期変化：初期50年で急激に低下。



2. デブリ取出しを急いではいけない

(3) デブリ取出しにかかわる技術上の困難

- 保管は、敷地内の一時保管施設よりも、格納容器内の現状の方が安全。キャスク内では、金属の水素化が起こる。
- 敷地内でキャスクに入れて置いておくとテロ攻撃の危険を誘発する。
- 国際規制物質の核分裂性物質を含むデブリは、IAEAの査察を受けなければならない。取出分と残存分の微細な計量管理はきわめて困難。
- 本来、アクチノイド核種は内部被ばく管理を厳重に行わねばならないので、グローブボックスやホットセルの中でマニピュレータを使って扱う。デブリ取り出しでそのような厳しい作業は現実的に無理である。
- デブリの取出しには、規制機関がさまざまな段階での許認可制度を策定し、審査や検査を実施しなければならない。一例として、原発の設置許可と同様に設計基準事故や過酷事故を設定し、安全評価を行い、判断基準に照らして認可しなければならない。このような規制の仕組みが現状は欠落している。



2. デブリ取出しを急いではいけない

(3) デブリ取出しにかかわる技術上の困難(つづき)



力仕事: デブリ塊を
砕いて取り出す

力仕事と精密仕事を
並立する困難さ



精密仕事: 核物質を
グラム単位で計量管理する

(注: 左右の画像はイメージです)

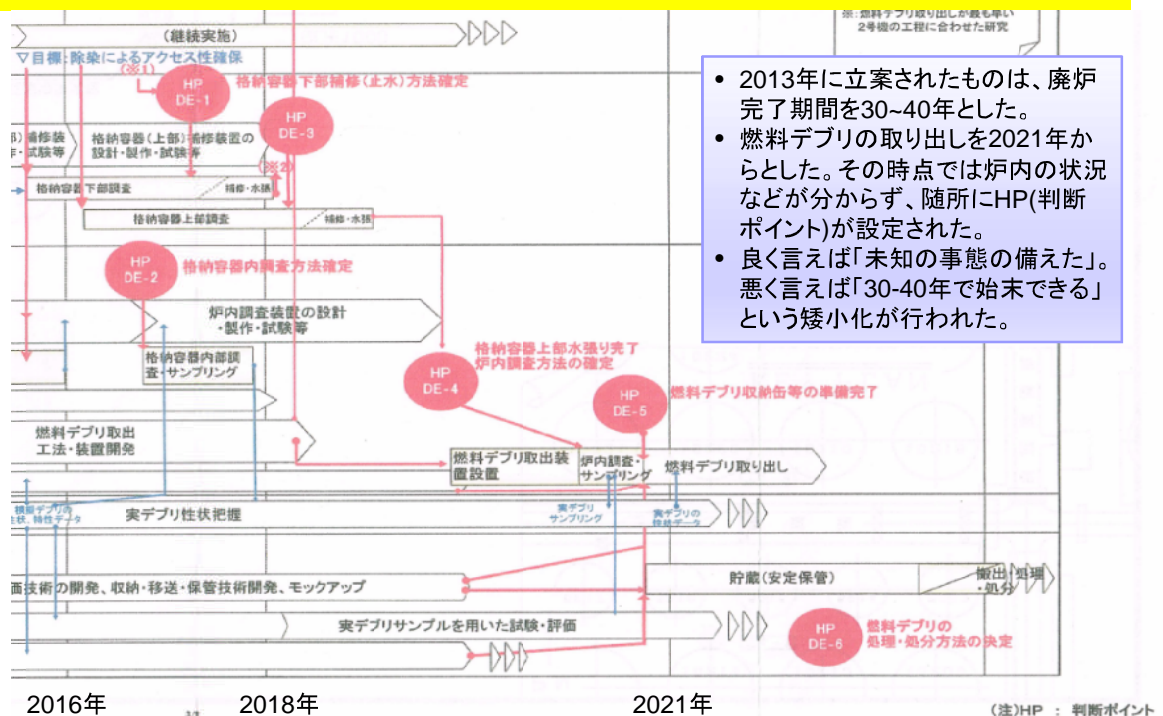


原子力市民委員会

9

2. デブリ取出しを急いではいけない

(4) 「中長期ロードマップ」の「大本営発表化」



- 2013年に立案されたものは、廃炉完了期間を30~40年とした。
- 燃料デブリの取り出しを2021年からとした。その時点では炉内の状況などが分からず、随所にHP(判断ポイント)が設定された。
- 良く言えば「未知の事態の備えた」。悪く言えば「30-40年で始末できる」という矮小化が行われた。

2. デブリ取出しを急いではいけない

(4)「中長期ロードマップ」の「大本営発表化」(つづき)

改訂番号	日付	主要改訂点	汚染水管理	デブリ取出し開始	備考
初版	2011.12.21	事故直後の処置			
改訂1	2012.7.30	汚染水管理などの改善	信頼性向上計画		
改訂2	2013.6.27	本格的ロードマップ HP(判断ポイント)あり	2020年度までに地下水流入量低減	2021年度から	関係閣僚会議と廃炉・汚染水対策チーム発足
改訂3	2015.6.12		2020年度に建屋内滞留水処理完了	同上	NDF(廃炉技術戦略)の司令塔強化
改訂4	2017.9.26		同上	同上	
改訂5	2019.12.27		同上	同上	

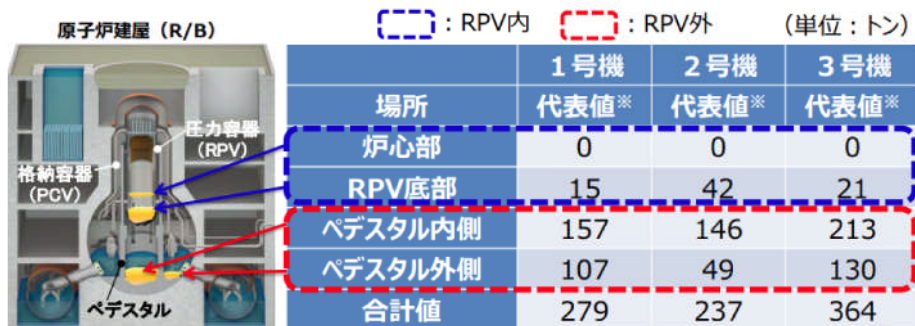
- HPで改訂しなかった業務組織・責任者の怠慢・無責任。悪いニュースを言う人がいない。
- 現場を知らない素人が、責任者になる。
- 知識のある専門家は、評論家になって責任回避する。

3. 空冷化システムの概念と成立性

(1) デブリの成分と分布

	燃料デブリ 合計	燃料成分 (UO ₂ など)	構造材成分 (Zr、SUS等)	コンクリート 成分
1号機	279	76	73	130
2号機	237	107	56	74
3号機	364	107	111	146
合計	880	290	240	350

出典:「解析評価等による燃料デブリ分布の推定について」IRID、2016年10月04日、Sheet 24
<https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2016/10/20161004.pdf>



「代表値」: 現時点において最も確からしい値。

「推定重量」: 燃料 + 溶融・凝固した構造材 (コンクリート成分を含む)

出典:「国際廃炉研究開発機構における研究開発の状況について」鈿田裕史、2016年10月20日、Sheet 14
https://irid.or.jp/_pdf/161020RADIEX.pdf



3. 空冷化システムの概念と成立性

(2) デブリの発熱量

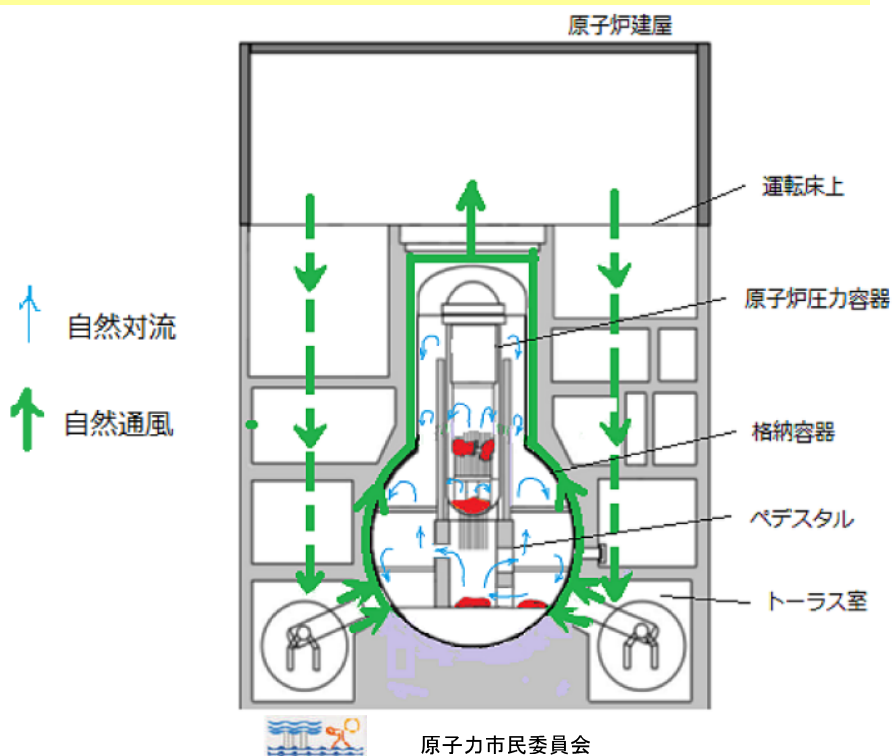
項目	単位	1号機	2号機	3号機
発熱量合計 (10年後、採用値 [※])	kW	40	45	45
原子炉圧力容器 炉心部 重量	t	0	0	0
発熱量	kW	0	0	0
底部 重量	t	15	42	21
発熱量	kW	2.2	8.0	2.6
ペDESTAL 内側 重量	t	157	146	213
発熱量	kW	22.5	27.7	26.3
外側 重量	t	107	49	130
発熱量	kW	15.3	9.3	16.1
重量合計	t	279	237	364

※注：測定値の不確かさを考慮し、高守による参考値をも包絡する値として設定。



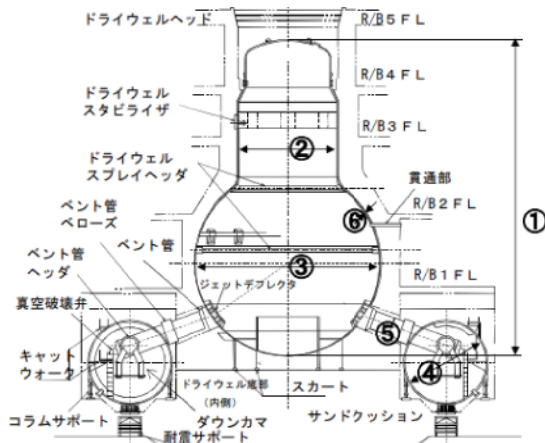
3. 空冷化システムの概念と成立性

(3) 受動型空冷システム



3. 空冷化システムの概念と成立性

(4) 原子炉格納容器の構造と外寸



- 上部は円筒状、下部は球形フラスコ形の鋼製耐圧容器。
- 球形部にはボルト締め機器搬入口と二重扉の所員出入口を設置。
- ドライウェル頂部は半楕円形鏡板（ドライウェルヘッド）で、その取付はガスケット二重シールボルト締め構造。
- ドライウェル外部は遮蔽目的とジェット力による過大な変形を防止するため、鉄筋コンクリートで囲んでいるが、ドライウェル基礎のコンクリート埋め込み部分を除き、ドライウェルとコンクリート間に約5cmのギャップを設置。
- ドライウェル円筒部にはスタビライザ（8箇所）を設けてドライウェルとその周辺のコンクリート構造とを連結し地震時の水平力を支持する。スタビライザはドライウェルの熱膨張を拘束することなく、有効に水平力を支持する構造となっている。
- ジェットディフレクタは、一次系配管破断に伴うジェット力に対してベント管を保護する。

	1号機		2号機		3号機	
	概寸	材質	概寸	材質	概寸	材質
①	約32m	炭素鋼	約34m	炭素鋼	約34m	炭素鋼
②	約10m		約11m		約11m	
③	約18m		約20m		約20m	
④	約8m		約9m		約9m	
⑤	約2m		約2m		約2m	
⑥	最小約15mm		約17~34mm		約17~34mm	

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

出典:IRID[参考文献]sheet 5 https://irid.or.jp/debris/Reference_J.pdf

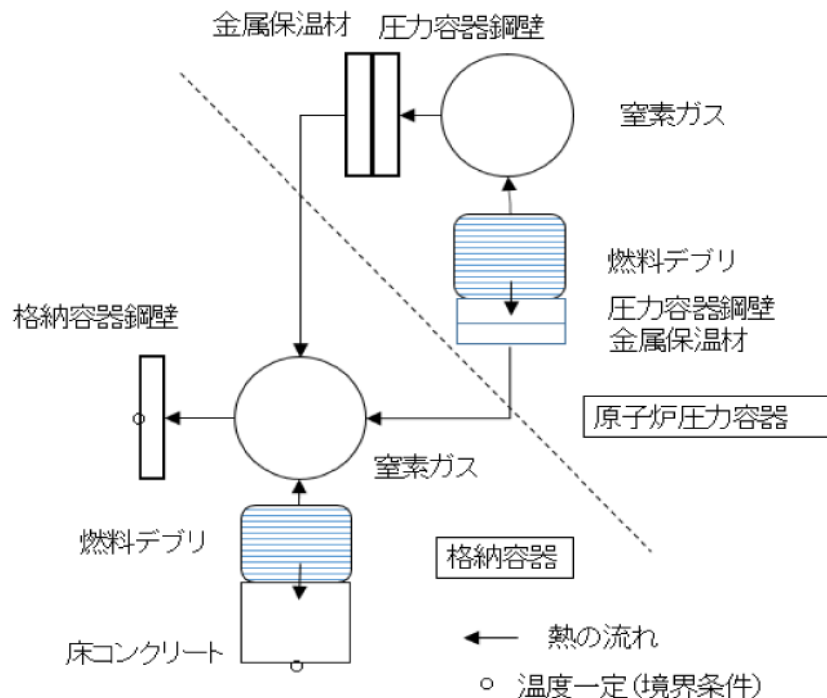


原子力市民委員会

滝谷6

3. 空冷化システムの概念と成立性

(5) デブリ温度解析の伝熱ネットワークモデル



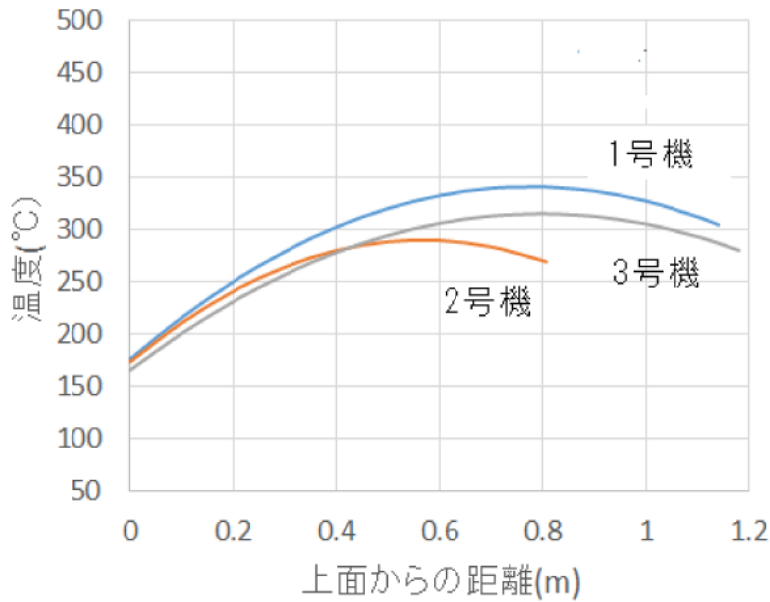
← 熱の流れ
○ 温度一定(境界条件)



原子力市民委員会

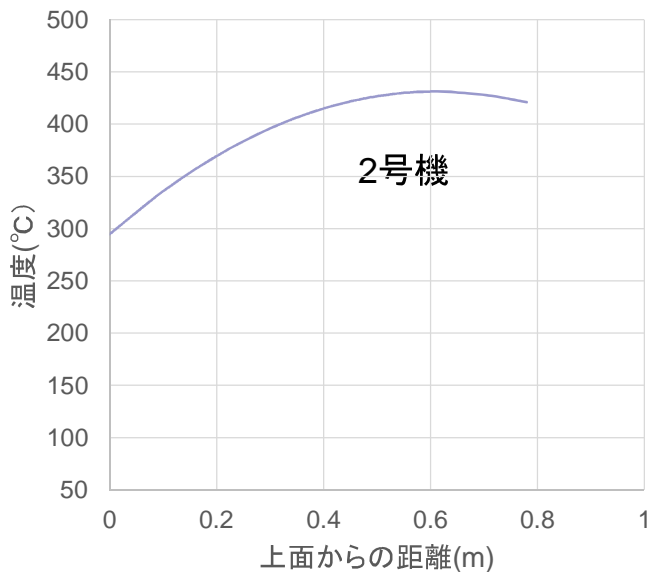
3. 空冷化システムの概念と成立性

(6) ペデスタル内側のデブリ温度分布



3. 空冷化システムの概念と成立性

(7) 原子炉圧力容器底部のデブリ温度分布



デブリ温度解析のまとめ

- デブリ最高温度は 450°C以下。
デブリ溶融温度 (2500°C以上) に対して、十分な余裕あり。

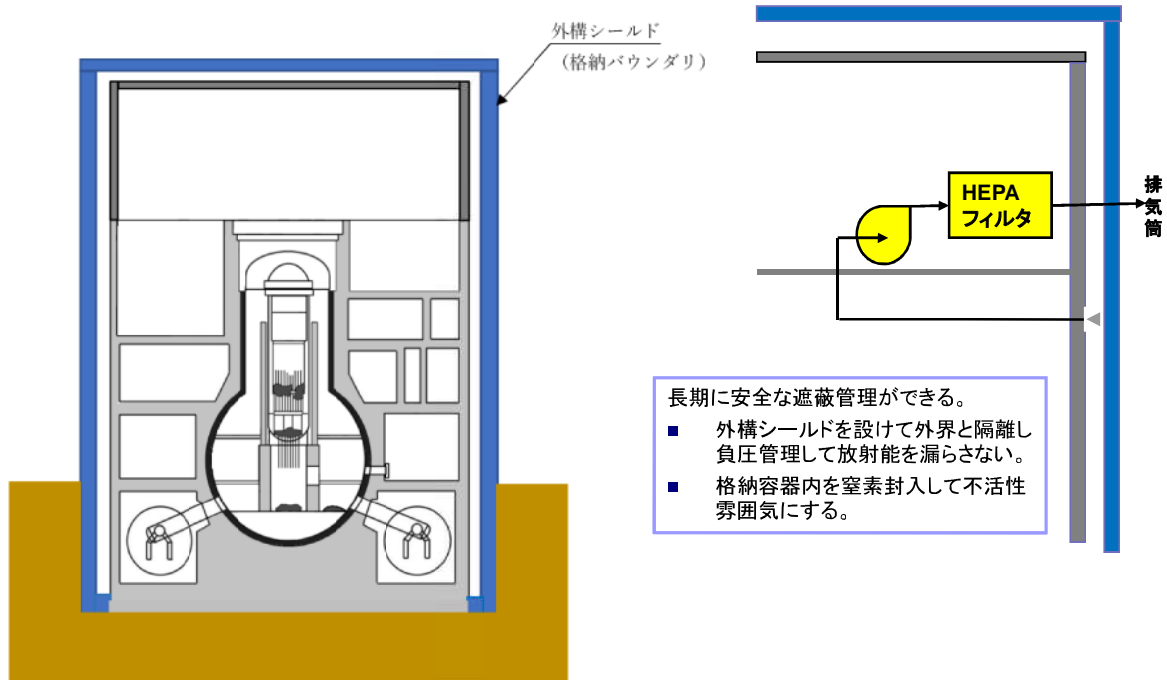


受動型空冷システムで
安全に冷却できる見通しが
得られた。



4. 長期遮蔽管理のための対策

(1) 外構シールド



4. 長期遮蔽管理のための対策

(2) 安全上の配慮

- 格納容器を貫通している配管の隔離作業
- 圧力抑制室の水抜き
- 格納容器内部の不活性化処理と維持
- 未臨界の証明
- 格納容器内の放射能濃度の監視と内圧制御
- 原子炉建屋の負圧維持
- セキュリティ対策
- 制御建屋と付属設備の撤去
- 保安規定の制定と運用



2. チェルノブイリのシェルター

図2. 建設中の第二シェルター（全体が旧シェルター上に移動）



出典：EBRD "Chernobyl 25 years on: New Safe Confinement and Spent Fuel Storage Facility"

<https://www.ebrd.com/documents/comms-and-bis/chernobyl-25-years-on.pdf>（閲覧日：2020年8月1日）

10/29/2020

原子力市民委員会

21

3. ハンフォードの石棺

原子炉は閉鎖され、「すっぽりくるまれた」状態だ。



Nicholas K. Geranios / AP

こうした施設は、放射線量が安全なレベルに落ち着き、処分できるようになるまで75年間、この状態で維持される。

出典：「写真で見る、アメリカで最も汚染された核施設『ハンフォード・サイト』」 Business Insider

<https://www.businessinsider.jp/post-199309>

2

5. まとめ

- 今、デブリの取り出しを急ぐことは、サイト内に不安要因を作り出す結果になる。
- 少なくともデブリの最終処分方針が確定するまではデブリの取り出しを行うべきではない。
- 私たちの検討結果は、数百年の長期にわたって遮蔽管理を継続することが、最も安全で信頼性が高く、経済的な方法であることを示している。この方法ぜひ採用されることを提言する。

