

安易な海洋放出は許されない！

トリチウム等汚染水取扱いの選択肢



公開シンポジウム
「どうなっているの？ALPS汚染水」

2019年11月17日

@いわき・ら・ら・ミュウ観光物産センター

原子力市民委員会(原子力規制部会)

川井康郎

はじめに

2019年8月9日(第13回)、9月27日(第14回)と立て続けに「多核種除去設備等処理水の取り扱いに関する小委員会」が開催された。そこでは東電より多核種除去設備(以下「ALPS」と略す)処理水(ストロンチウム処理水を含む)の総貯留量が約115万 m^3 に達し(2019年7月18日時点)、敷地制限により最大可能貯留量の137万 m^3 には2022年夏頃に達するであろうとの報告がなされた

我々原子力市民委員会は、汚染水問題に関してこれまで多くの報告書や声明を発表し、トリチウムに汚染されたALPS処理水の当面ならびに長期的視野にたった対策を提示してきた。本シンポジウムにおいてもその基本的立場を踏襲しつつ、小委員会で提示された新たな情報や議論を踏まえて、現時点での見解をまとめ、提言を行なうものである。

目次

1. 汚染水問題の現状
2. 長期保管をめぐる議論
3. 有力な選択肢～モルタル固化
4. 長期的な視野
～廃炉ロードマップとの関連

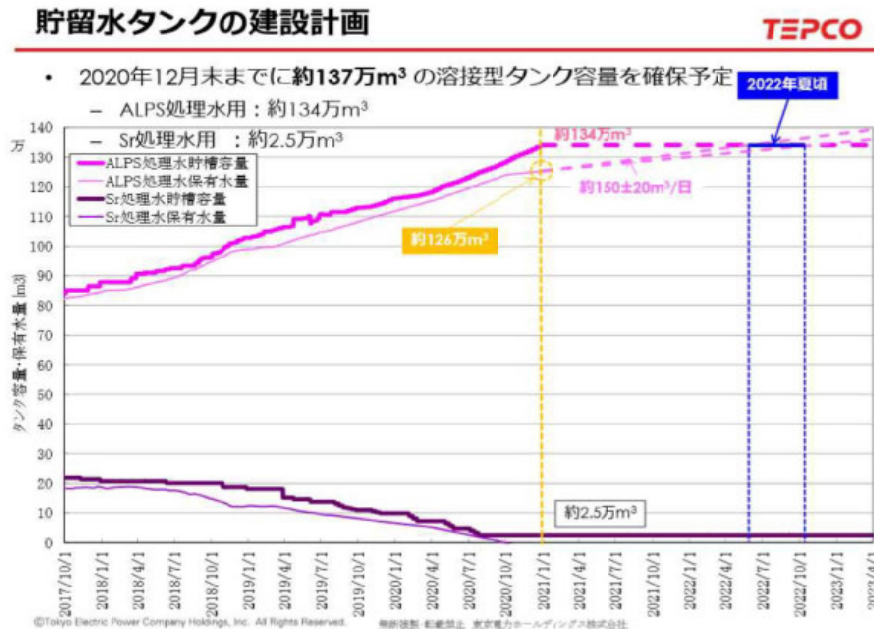
3

1. 汚染水問題の現状

4

汚染水の現状

- 約170m³/日で増加
- 総貯水量：115万m³(ALPS処理水+Sr処理水)@2019年7月18日
- 可能貯水量：137万m³(敷地制限による。2022年夏頃に到達)



5

<第13回(8月9日)小委員会での主要意見>

- (委員)タンク保管の敷地は北側の土捨て場を利用できるのでは？
(東電)廃炉行程で生み出される廃棄物は東電敷地内で保管したい。
- (委員)周辺の間蔵施設に拡大可能では？
(東電)「無理ではないだろう」
- (委員)保管を継続するにしても、貯留期限に関する基準が必要

<第14回小委員会(9月27日)での主要意見>

- (東電)北側の敷地は廃炉事業に必要な施設のために確保したい。
- (事務局)中間貯蔵施設への拡大は難しい。
- (委員)敷地の有効利用を徹底し、原発敷地内に可能な限りタンクを増設する方向で議論継続

<第15回小委員会 (11月18日予定)>

- 議題
「前回までの議論の整理と残された論点について等」



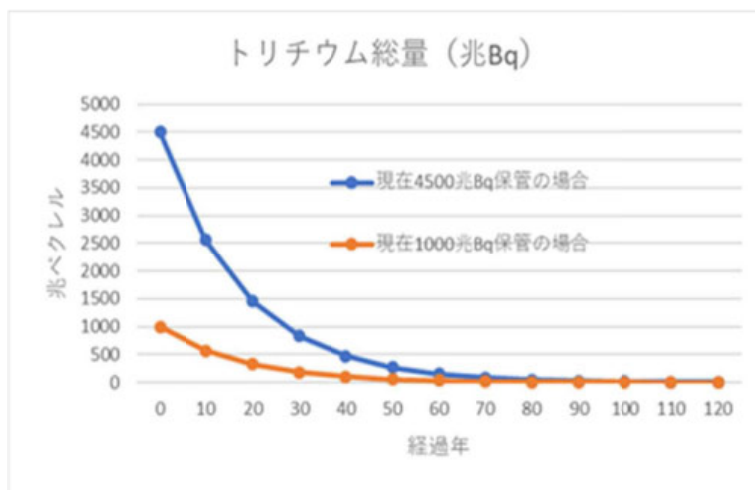
6

2. 長期保管をめぐる議論

7

長期保管の最大のメリット～減衰

- 保管中のトリチウム濃度： 約100万~450万Bq/L
- 貯水量：115万m³
- 保管中のトリチウム総量： 1,200兆Bq~5,200兆Bq
- 半減期： 12.3年



減衰の例
50年後⇒ 1/17
100年後⇒ 1/274
123年後⇒ 1/1024

8

いつまで保管するのか？

案①：我が国の排出基準濃度：60,000 Bq/L

案②：福島第一におけるサブドレン、地下水バイパス
排出時の運用目標濃度：1,500 Bq/L

原水中のトリチウム (T)	濃度	単位	100万 Bq/L	450万 Bq/L
	T総量	Bq		1.15×10^{15}
60,000 Bq/Lまで 減衰した場合	必要期間	年	50	77
	T総量	Bq	6.9×10^{13}	
1,500 Bq/Lまで 減衰した場合	必要期間	年	115	142
	T総量	Bq	1.7×10^{12}	

事故以前の福島第一のトリチウム年間放出量：1~2.6兆Bq
(1F放出管理目標値は 22兆Bq)

9

大型タンク案

■ 利点

- 長期保存による放射能減衰
- 石油備蓄に多くの実績を有する堅牢さ
- 面積当たりの貯水量向上
- 長期保存期間中の新技術開発期待(?)

■ 仕様

- 容量：10万m³/基 (net) X 当面10基
- 型式：ドーム型屋根、水封ベント付き
- 材質：高張力鋼(十分な腐食代+
内面コーティング+底板電気防食)



10万m³原油タンク
(82mΦ x 22.5mH)

■ その他

- 建設場所：7・8号機予定地、土捨場、敷地後背地等から、
地元の了解を得て選択
- 工期：18~24か月
- コスト：20~30億円/基

10

■第13回小委員会資料の中での東電指摘事項

東電指摘	当方コメント
1基当り設置に3年、検査等に1年かかる	実に間延びしている。 通常のプラントでは1.5～2.0年
敷地利用効率は標準タンク(1,350m ³)と大差ない	大型化は敷地効率向上や信頼性強化に貢献
浮屋根式は雨水混入の恐れ	ドーム型を採用
破損した場合の漏えい量大	原油備蓄タンクは堅牢で実績あり。 勿論、防液堤は設置



<既存タンクは密集状態～比較対象ならず>

- 防液堤は？
- メンテナンスの困難(アクセス、スペース等)
- パトロール時の被ばく(他核種の存在)
- タンク呼吸時の放射性物質拡散

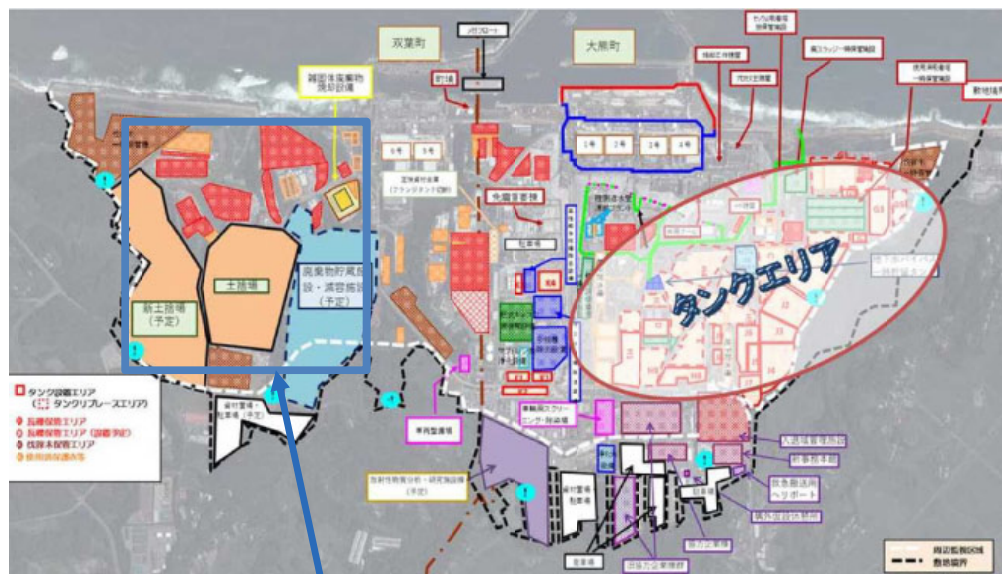
<なぜ、こんなことになってしまったのか？>

福島汚染水 ⇒ 泥縄式な増設～耐用年数にも疑問
原油備蓄施設 ⇒ 計画的な大型化

11

敷地候補1～土捨場

東電敷地北側に計画されている土捨場、廃棄物貯蔵施設敷地。



約800m x 800m

12

東電が土捨場に計画する施設

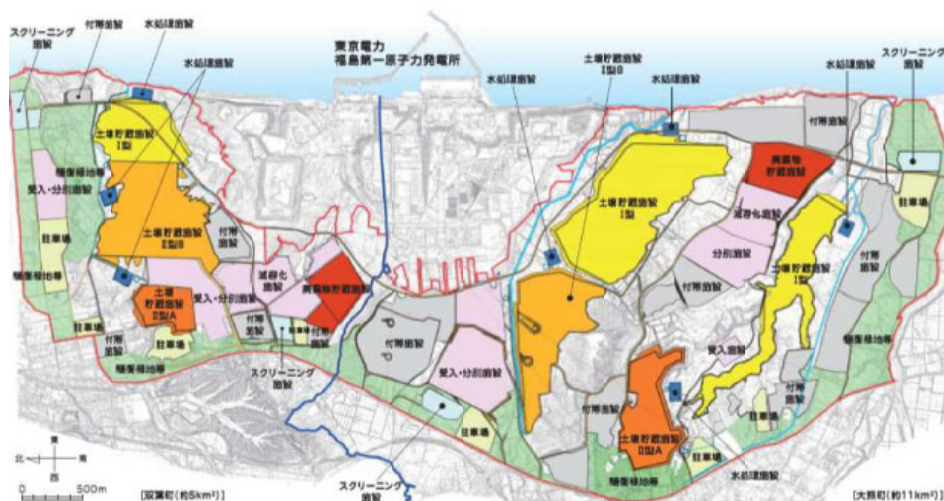
～廃炉事業に必要と考えられる施設

- (1) ALPS処理水の貯留タンク(発生に応じ)
- (2) 使用済み燃料や燃料デブリの一時保管施設
- (3) 今後具体化を検討する施設

計画施設	疑問
さまざまな試料の分析用施設	① そもそもデブリ取出しは現実的か？ ② 多くの施設は敷地外でも可(例: 楡葉町の福島研究基盤創生センター) ③ 緊急対応が優先されるべき
デブリ取出し用資機材保管施設	
同上 モックアップ施設	
同上 訓練施設	
関連研究施設	
廃棄物リサイクル施設	
廃棄物一時保管エリア	
事故対応設備保管施設	

敷地候補2～中間貯蔵施設敷地

- 東電敷地を取り囲む広大な除染廃棄物中間貯蔵施設
- 総面積: 約1600 ha、環境省所管、約70%契約済み

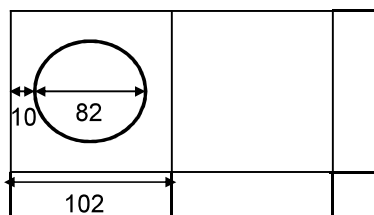


9月27日小委員会事務局/規制庁発言:

中間貯蔵施設の汚染水貯蔵への利用は難しい。しかし、廃棄物として管理されるならば持ち出し可? ～未検討事項が多い。

敷地サイズ検討(①大型タンクの場合)

■ 基本配置



- タンクサイズ:
82 φ x 22.5 h ⇒ net 100,000m³ / 基
- 敷地
800m x 800m (1F北側土捨場)

■ 貯水可能量試算

- 20基 / 800m x 800m Area
⇒ 既設タンクを順次置き換え、計40基を設置
- 貯水可能量 100,000 x 40 = 4,000,000
既発生分(@2022年7月) 1,370,000
新規受け入れ可能量 2,630,000 m³
2,630,000m³ / (150m³ × 365日) = 48.0年分
- 不足対策
⇒ 新たな敷地(中間貯蔵施設等)確保
⇒ 空冷化の早期実現~汚染水発生ストップ

15

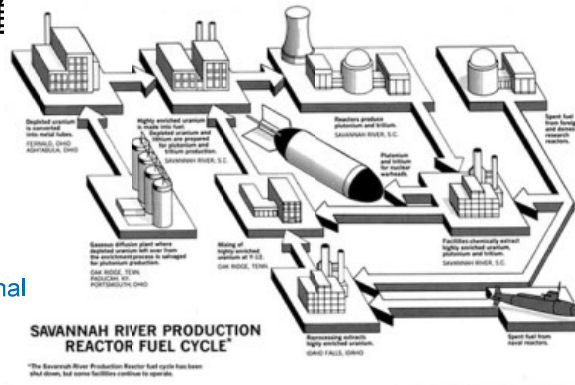
3. 有力な選択肢 ~モルタル固化

16

サバンナリバー(SRS)核施設

■ 施設概要

- 1950年に設置された軍事用核施設
- 5基の軍事炉と2系列の化学分離施設 (PUREX法)、その他関連施設を持ち、プルトニウム、トリチウムを生産(炉は1998年に停止)
- 現在は、エネルギー省によって環境汚染からの修復事業が進



右図は“Institution for Science and International Security” のWebsiteより

17

サバンナリバー廃液固化施設

図、写真は”SRS Liquid Waste Planning Process Rev.20 (Mar 2016)、Rev.21 (Jan.2019)”より



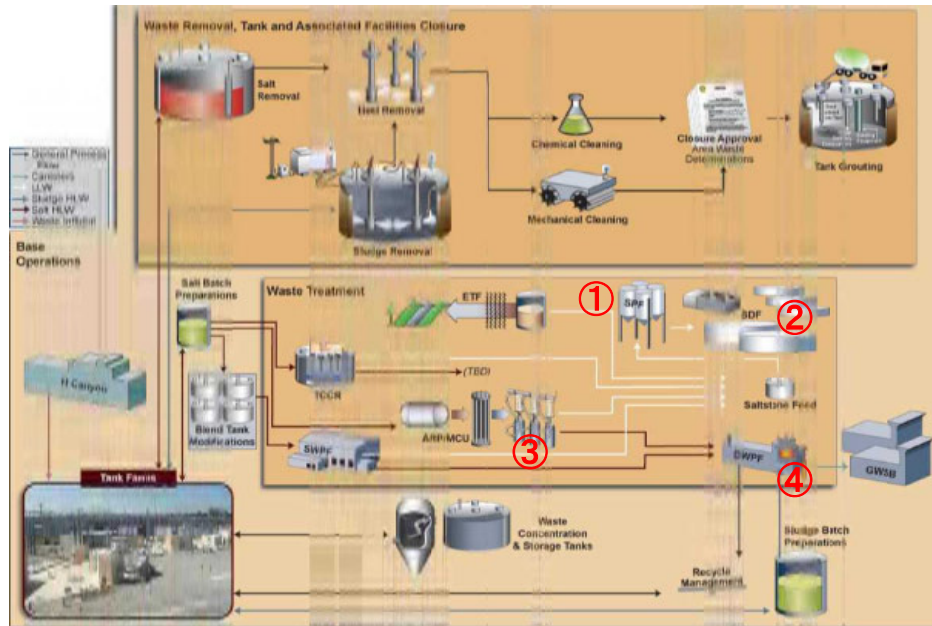
低レベル汚染水をセメント、砂と共にモルタル固化し、コンクリートタンクの中に流し込む

2018年10月に完成した大型コンクリートタンク
“Salt Disposal Unit (SDU) 6”
容量: 124,000m³



18

SRS 廃液処理フロー



- ① SPF (Saltstone Production Facility)～固化設備
- ② SDF (Saltstone Disposal Facility)～廃棄設備
- ③ MCU (Cesium Removal Unit)～Cs除去設備
- ④ DWPF (Defense Waste Processing Facility)～高レベルガラス固化設備

19

固化案の利点と弱点

■ 利点

- 永久処分～放射性物質の海洋流出リスクの遮断
- 期間中のトリチウム減衰
- 既存技術の適用
原発の通常運転時に発生するLLW(低レベル廃棄物)も多くがモルタル固化され、ドラム缶詰め⇒トレンチあるいはピット処理を行なっている。
- 2022年夏までに最初の一基を完成させれば、現状タンク計画でも処理可能

■ 課題

- 低い容積効率～約1/4
⇒次ページ参照
- 発熱による水分(トリチウムを含む)の蒸発？
9月27日小委員会資料5に指摘あり
⇒次々ページ参照

20

<参考>モルタルとコンクリート

➤ コンクリート

(セメント+砂+砂利)を水と共に混和。強度が必要な場合は鉄筋の周囲に流し込む。

➤ モルタル

(セメント+砂)を水と共に混和。基本的に強度を必要としない壁、三和土(たたき)などに使用

➤ セメント

石灰石を焼成し粉末化した、コンクリートやモルタルを作る時の原料

■ 配合比の例(種類や用途によって若干異なる)

(1m³の生成物を作るのに必要な重量)

	水	セメント	砂	砂利	合計
コンクリート	175	320	720	1,035	2,250
モルタル	270	530	1,600	-	2,400

⇒モルタルの場合、水の容積効率は約1/4となる。

21

水和熱実験の一例

水和熱抑制剤(TS)を用いた場合の効果

表 7 模擬部材の中心温度

No.	TS 添加率 (C×%)	最高温度 到達日数	初期温度 (°C)	最高温度 (°C)	最高温度 上昇量 (°C)	温度低下量 (°C)
1	0	1.53	23.6	55.3	31.7	—
2	0.55	2.23	23.5	54.2	30.8	0.9
3	0.70	3.22	23.3	51.0	27.7	4.0
4	0.85	6.89	23.2	44.8	21.6	10.1
5	1.00	11.08	22.8	43.3	20.5	11.2

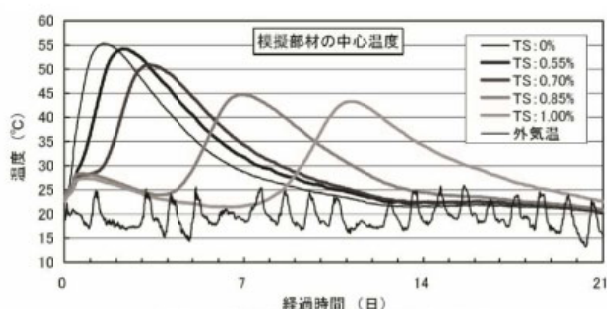


図 2 模擬部材中心部の温度履歴

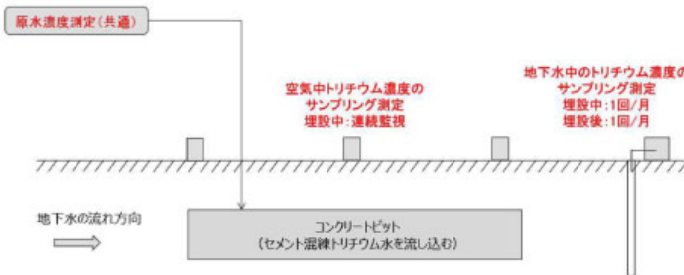
<考察>

- 中心部の温度上昇は約30°C x 数日間
- 水和熱抑制剤の効果は約10°C
- 表面での蒸発量は僅少と思われる。
⇒大気と繋がった貯水タンクの呼吸に比較しても僅かと思われる(大型タンク案では水封ベント付き)
- 必要ならば、コンクリートタンクに水封式ベントを設置
⇒詳細設計時に検討

22

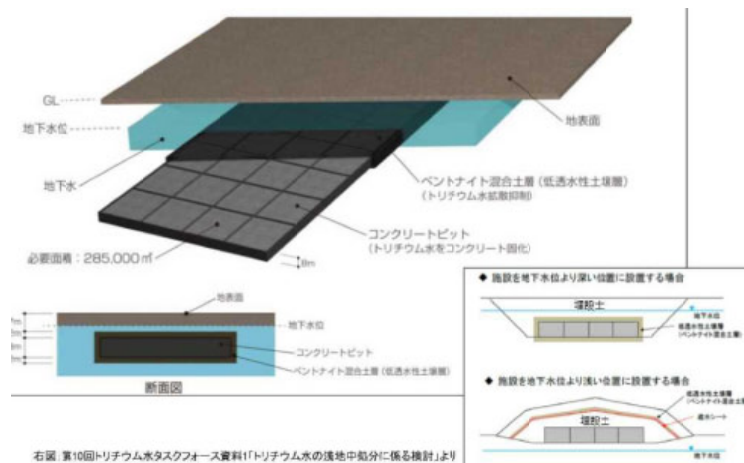
タスクフォースによる「固化・地下埋設案」

(2018年6月報告書より)



<計画>

- 地下水位よりも深い位置に埋設
- コンクリートピットの周囲にベントナイト層



23

■タスクフォースによる評価

<建設期間>

地盤・地勢調査: 最大12ヶ月

設計: 8ヶ月

建設(最初の区画): 6ヶ月

合計: 最大26ヶ月

⇒SRSのように半地下とし、同時並行に進めれば
12~18ヶ月程度で可能か？

<コスト>

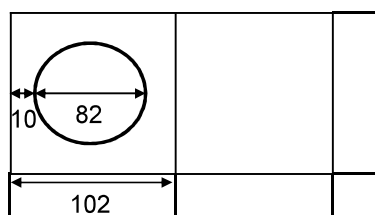
タスクフォース報告書では、1,219~2,533億円との見積もり(深度や処分量によって異なる)。2018年8月の公聴会では、ケース④地下埋設案として「1,624億円以上」と提示

⇒半地下とすることにより1,000億円規模か？

24

敷地検討(②円形固化の場合)

■ 基本配置



- サイズ(大型タンクと同じ):
82 φ x 22.5 h ⇒ gross 115,000m³ / 基
(空隙部は不要)

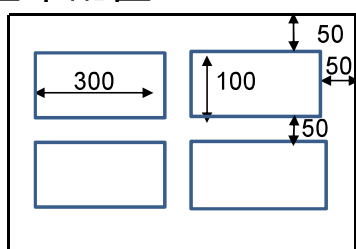
■ モルタル貯蔵可能量試算

- 42基 / 800m x 800m Area
⇒ 既設タンクを順次置き換え、計84基を設置
- モルタル貯蔵可能量 115,000 x 84 x 1/4 = 2,400,000
既発生分(@2022年7月) 1,370,000
受け入れ可能量(as 汚染水) 1,030,000 m³
1,030,000m³ / (150m³ × 365日) = 18.8年分
- 不足対策
⇒ 新たな敷地(中間貯蔵施設等)確保
⇒ 空冷化の早期実現～汚染水発生ストップ
⇒ 矩形貯蔵

25

敷地検討(③矩形固化の場合)

■ 基本配置



- 矩形サイズ:
300 h x 100 L x 20 h
⇒ 600,000 m³ / 基

■ モルタル貯蔵可能量試算

- 10基 / 800m x 800m Area
⇒ 既設タンクを順次置き換え、計20基を設置
- モルタル貯蔵可能量 600,000 x 20 x 1/4 = 3,000,000
既発生分(@2022年7月) 1,370,000
受け入れ可能量(as 汚染水) 1,630,000 m³
1,630,000 m³ / (150m³ × 365日) = 29.8年分
- 不足対策
⇒ 新たな敷地(中間貯蔵施設等)確保
⇒ 空冷化の早期実現～汚染水発生ストップ

26

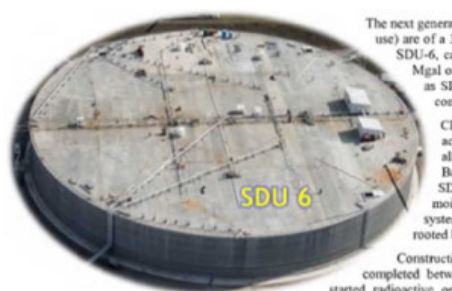
敷地検討(④試算比較)

容器形状	①大型鋼製 タンク	②円形 コンクリート	③矩形 コンクリート
貯蔵内容物	汚染水	固化モルタル	固化モルタル
サイズ	82.0φ x 22.5 ^h	82.0φ x 22.5 ^h	300 ^L x 100 ^w x 20 ^h
容量(m ³ /基)	100,000	115,000	600,000
1F敷地内設置 可能数	40基	84基	20基
貯蔵可能年数 (2022年以降)	48	19	30
不足対策	<ul style="list-style-type: none"> ● 1F外敷地確保 ● 固化ケースの形状検討 ● 空冷化の実現による汚染水発生への停止 ● 隔離された場所での土木工事利用(モルタルの場合) ⇒慎重な検討が必要 		

27

今後(緊急)の検討課題

- SRSにおける詳細知見の導入
- 概念設計と環境評価
- 小規模固化実験 ⇒直ちに実施可能
- 建設場所の決定
- 関係者による合意



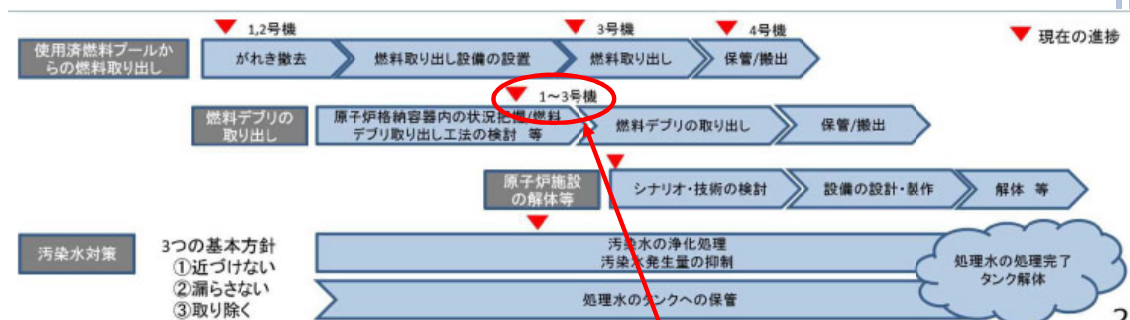
28

4. 長期的な視野 ～廃炉ロードマップとの関連

29

ロードマップの概要

正式名称: 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の
廃止措置等に向けた中長期ロードマップ



■ 具体的な対策

- 汚染水対策
- 使用済み燃料の取り出し
- 燃料デブリ取り出し
- 廃棄物対策(固体廃棄物等)
- その他

原子炉冷温状態の継続、全体の放射線量低減・汚染拡大防止

実質的な進捗はなし！
意図的な虚偽イメージ！？

30

デブリ取出しは現実的か？

- 高線量～内部調査が困難
 - ・建屋内：～6 Sv/h、格納容器内：～42 Sv/h
 - ・デブリの位置、分布、形状、性状、組成等不明
- デブリ取出し計画は暗礁に(冠水方式は断念)
- 取出し後のデブリの処分方法も目処つかず
- 関連するロボット等技術開発も停滞
- 巨額費用と被ばくを伴う膨大な作業を必要とする
- 政府・当事者による事故・廃炉作業過小評価のツケ
 - ・根拠のないまま30～40年での廃炉措置収束を決定
 - ・「福島はアンダーコントロール」発言
 - ・2016年7月の「石棺方式」提案に対する地域の猛反発

デブリの存在は地域にリスクと不安を与え続けている。
しかし、その取り出しの実現は「絵に描いた餅」であり、
新たな神話をつくり出していると言える。

31

長期隔離保管案

■ 原則

- 環境への放射性物質放出を最小にする
- 被ばく労働を最小にする
- 「後始末」作業の総費用(国民負担)を最小にする
- 既存技術の採用(開発費用・開発リスクは避ける)

■ 提言の内容

- 100年を超える長期間の隔離保管
 - ・原子炉建屋の外構シールドあるいは石棺を設置
 - ・デブリの空冷化を図る。それが実現したら地下ピットを埋めることで汚染水の発生は止まる。
- 長期隔離保管後の「デブリ取出し」あるいは「半永久的な隔離」については将来に委ねる。
～原発そのものが地域や将来世代に対する無責任
技術の最たるものであることを再認識

32

■ 長期隔離保管案の効果

- 作業環境の放射線レベルは、100年後は約1/16、200年後は約1/65と試算される(事故6年後比)
- デブリ空冷化が可能となれば汚染水の発生が止まる。
- 現場作業員の被ばく総量と費用合計は現ロードマップ案より小さくなる。

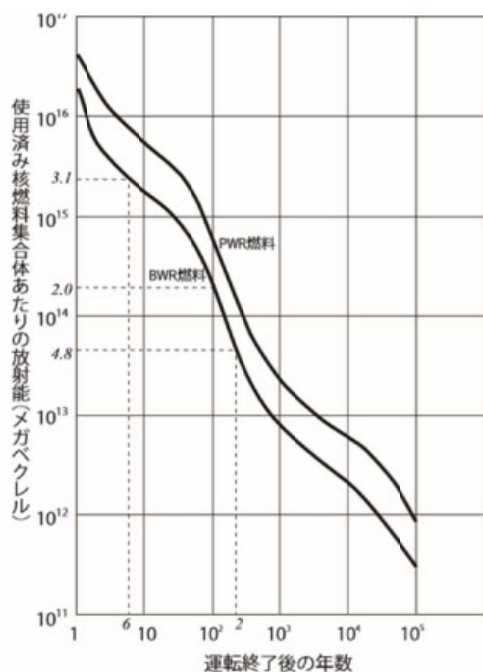
⇒詳細は「100年以上隔離保管後の後始末」
2017改訂版(原子力市民委員会)」参照

■ 解決せねばならぬ課題

- デブリ空冷化の実現性
- 長期保管建築物の耐用年数
- 地震・津波・再臨界対策
- (早期の使用済み燃料取り出し)
- (1・2号機排気筒の倒壊対策)
- 地域の合意

33

(参考) 炉内放射能減衰曲線
(市民委員会レポートより)



(参考) 空冷可能性についての
東電の見解

(東電2013年10月24日、国会エネ調査会
(準備会)向け資料より)

デブリ発熱量(MW)

号機	2013.11	2016.11	2019.10
1	0.15	0.08	0.07
2	0.21	0.10	0.08
3	0.20	0.10	0.08

課題

- デブリの位置、形状に関する情報が必要
- 熱源の位置に十分な冷却用空気を供給するラインアップが必要

注水停止試験

- 東電は2019年5月に2号機、10月に1号機におけるデブリ注水停止試験を実施(それぞれ7.5時間、48時間)。評価結果の共有化を。

34

提案まとめ

- (1) デブリの取り出し計画は当面凍結し、長期隔離保管に移行する。
- (2) 敷地北側は大型貯留タンクあるいはモルタル固化施設に使用する。
- (3) モルタル固化案については有力な選択肢のひとつとして早急に検討を行なう。
- (4) デブリの空冷化を図ることで汚染水の発生を止める。

END

原子力市民委員会 事務局
〒160-0003 東京都新宿区四谷本塩町4-15 新井ビル3階
高木仁三郎市民科学基金 内
URL <http://www.ccnejapan.com>
E-mail email@ccnejapan.com
Tel/Fax 03-3358-7064