

ALPS処理汚染水取扱いの選択肢 ～汚染水はモルタル固化すべし



2020年5月2日

第3回オンラインパブコメセミナー

原子力市民委員会(原子力規制部会)

川井康郎

はじめに

2020年2月16日:

ALPS小委員会報告「水蒸気放出案と海洋放出案が現実的な選択肢」

2020年3月24日:

東電による放出素案(汚染影響シミュレーション)発表

2020年4月6日、13日:

福島にて経産省主催による「関係者の意見を伺う場」開催

- 当局(経産省・東電)は海洋放出を規定路線として押し進めようとしているが、本当にそれが「唯一の選択肢」か？
- **No！ 以下の方策で海洋放出・汚染は避けることができる！**
 - (1) 堅牢な大型タンクによる長期保管
 - (2) モルタル固化による永久処分

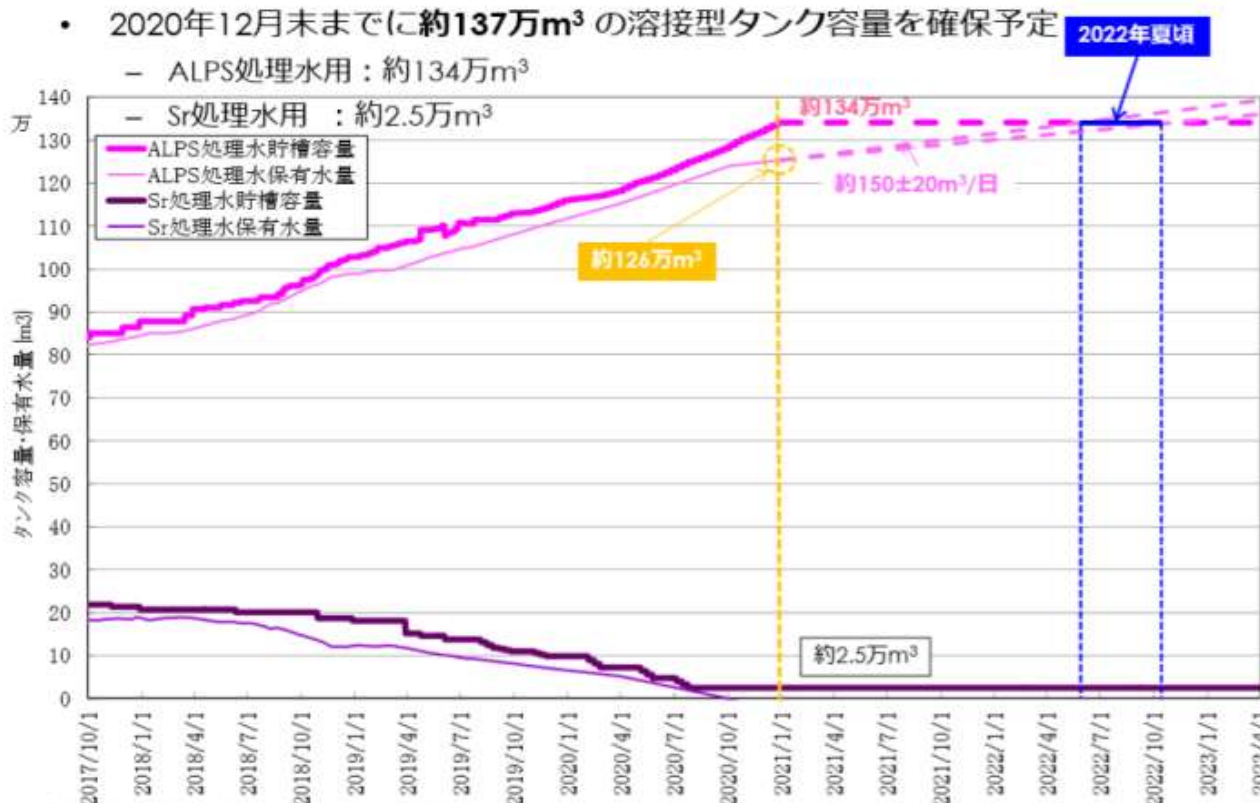
☞ 環境への放出を将来にわたって遮断！

汚染水の現状 (2019.11.18、第15回ALPS小委員会資料より)

- 約170m³/日で増加
- 総貯水量： 117万m³(ALPS処理水＋Sr処理水) @2019年10月31日
- トリチウム量：約856兆Bq (平均 73万Bq/L)
- 可能貯水量： 137万m³(敷地制限による。2022年夏頃に到達)

貯留水タンクの建設計画

TEPCO



選択肢(1)大型タンクによる長期保管

■ 利点

- 保存期間中の放射能減衰
- 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



10万m³原油タンク
(82mΦ x 22.5mH)

■ 仕様

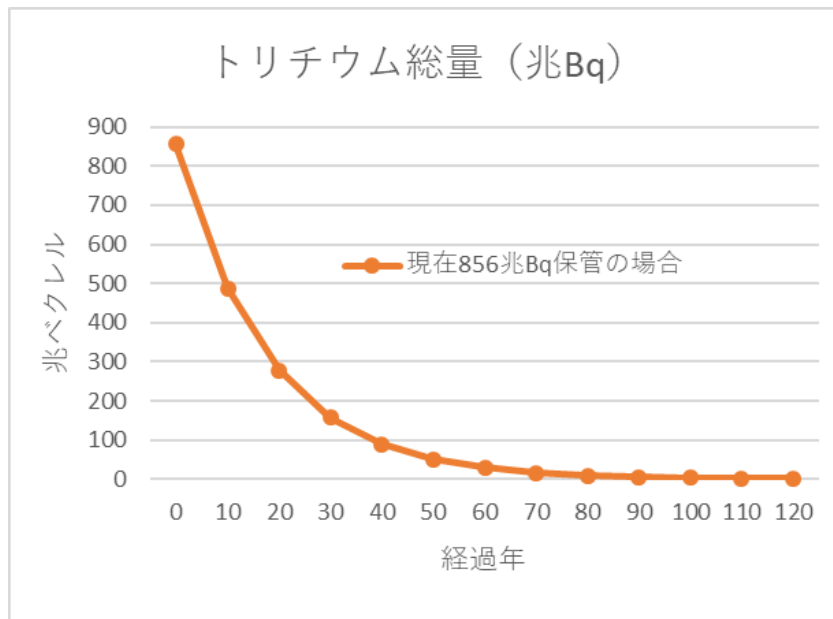
- 容量: 10万m³/基 (net) /基
- 型式: ドーム型屋根、水封ベント付き
- 材質: 高張力鋼(+充分な腐食代)

■ その他

- 建設候補場所: 土捨場予定地、敷地後背地等
- 工期: 18~24か月
- コスト: 20~30億円/基

長期保管の最大のメリット～減衰

- 保管中のトリチウム量：約856兆Bq
(2019年11月18日東電発表資料：117万m³ x Av. 73万Bq/L)
- 半減期： 12.3年
- 減衰グラフ(ただし、増加汚染水は考慮せず)



減衰の例

50年後⇒ 1/17
100年後⇒ 1/274
123年後⇒ 1/1024

● 東電見解(2020年4月8日)

原子炉内で発生したトリチウム総量は2,069兆Bqと評価(2020.1.1時点)。タンクに貯留されている860兆Bqを引くと最大1,209兆Bqが建屋内に残存していることになる。

いつまで保管するのか？

指標①：我が国の排出基準濃度：60,000 Bq/L

指標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

汚染水総量		m ³	117万m ³	
原水中のトリチウム (T)	濃度	Bq/L	730,000	5,000,000 (参考)
	T総量	Bq	8.56 x 10 ¹⁴	5.9 x 10 ¹⁵
60,000 Bq/Lまで 減衰した場合	必要期間	年	44	78
	T総量	Bq	7.0 x 10 ¹³	
1,500 Bq/Lまで 減衰した場合	必要期間	年	110	144
	T総量	Bq	1.8 x 10 ¹²	

*1) 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)

*2) 計算対象は現在ある汚染水量であり、その後の増加分は含んでいない。

■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(1,350 m 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。全量漏えい対応の防液堤を設置



＜既存タンクは密集状態～比較対象ならず＞

- 防液堤サイズは？
- 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
- 耐用年数に疑問

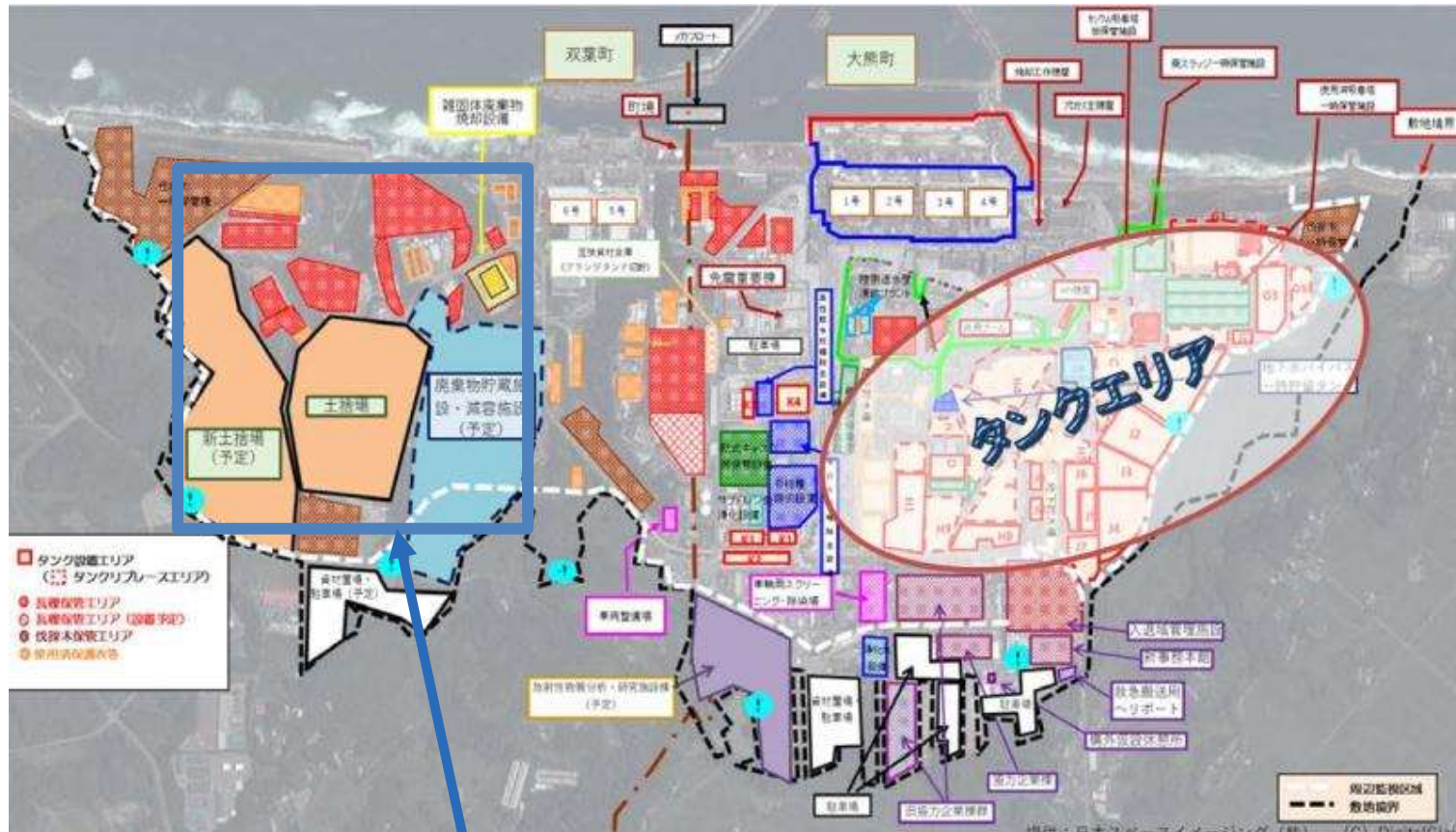
＜なぜ、こんなことになってしまったのか？＞

福島汚染水 ⇒ 泥縄式な増設

原油備蓄施設 ⇒ 計画的な大型化

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。



東電が土捨場に計画している施設

～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



小委員会事務局/規制庁:

福島第一構内と中間貯蔵施設内での廃棄物取扱いについては依拠する法律が異なるので移設は難しい？

選択肢(2)モルタル固化による永久処分

写真は米国サバンナリバー核施設(SC州)にて実施中の低レベル廃液
モルタル固化施設



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

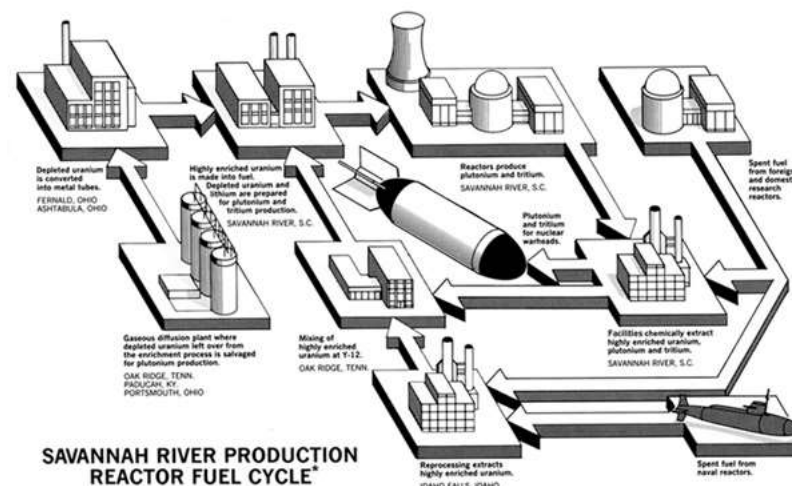


米国サバンナリバー施設

Savannah River Site (SRS)

■ 施設概要

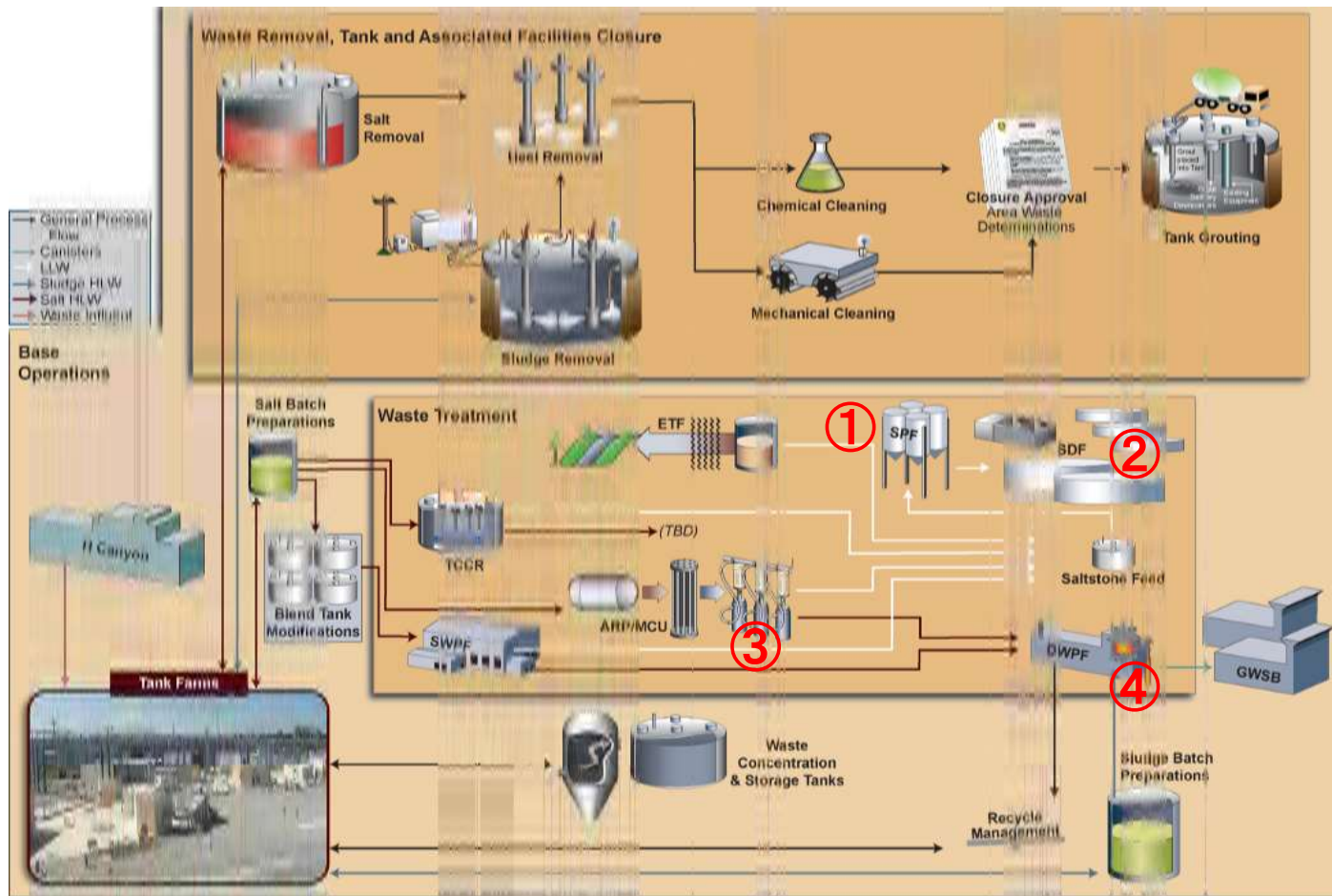
- 1950年に設置された軍事用核施設
- 5基の軍事炉と2系列の化学分離施設 (PUREX法)、その他関連施設を持ち、プルトニウム、トリチウムを生産(炉は1998年に停止)
- 現在は、DOEによって環境汚染からの修復事業が進行中



*The Savannah River Production Reactor fuel cycle has been shut down, but some facilities continue to operate.

右図は“[Institution for Science and International Security](http://www.isis.doe.gov)” のWebsiteより

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

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 1m³のモルタルを作るのに必要な重量(例)

	水	セメント	砂	砂利	合計
モルタル	270	530	1,600	-	2,400

- 発熱によるトリチウムを含む水分の蒸発(東電指摘)
⇒無視できる範囲&対処可能

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

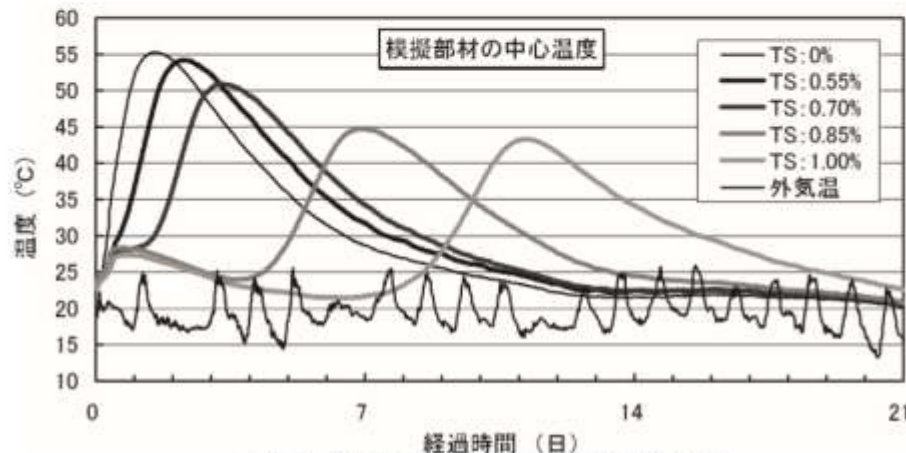


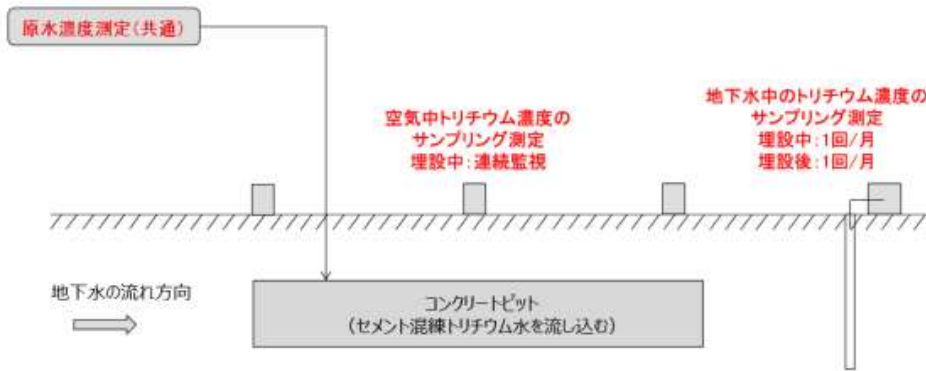
図2 模擬部材中心部の温度履歴

<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凝縮器あるいは水封式ベントを設置
⇒いずれも対処は容易

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)



＜候補から外した理由＞

- トリチウム水で実績がない
⇒ 詭弁
- 水和熱にてトリチウム蒸発
⇒ 僅少 & 対策は容易
- モニタリング難 ⇒ 半地下型

＜計画＞

- コンクリートピットの周囲にベントナイト層

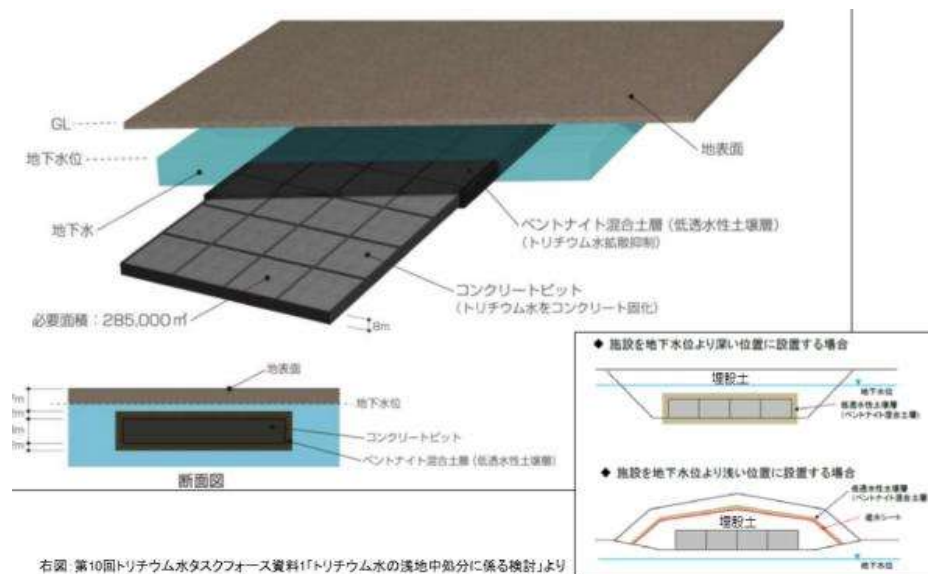
＜建設期間＞

- 最大26か月

＜コスト＞

- 1,624億円以上

⇒ 例えば半地下タイプにすることで期間、コスト共に下げること可能



右図 第10回トリチウム水タスクフォース資料「トリチウム水の浅地中処分に係る検討」より

敷地検討(比較試算)

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	82.0 ^φ x 22.5 ^h	82.0 ^φ 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 of 停止 (=抜本的対策)		

提言まとめ

- (1) ALPS汚染水の海洋あるいは大気への放出計画は直ちに止め、汚染水の「陸上保管」あるいは「モルタル固化」の案を採用する。
- (2) とりわけ「モルタル固化」については環境への放出を将来にわたって遮断できる有力な選択肢である
- (3) 長期的には、デブリの無理な取り出しは止めて、原子炉建屋の長期隔離保管に移行する。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