

# 海洋放出は避けられる！ ALPS汚染水処理の現実的な選択肢

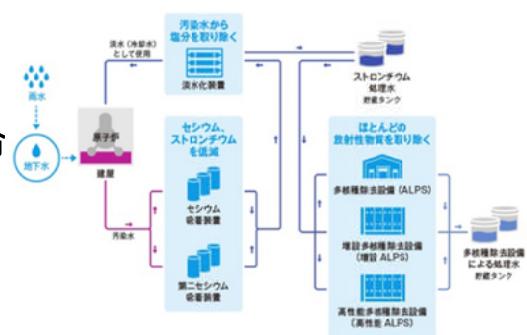


2020年10月22日  
原子力市民委員会  
連続セミナー その1  
報告者：川井康郎（原子力規制部会）

## これまでの経緯～汚染水の発生

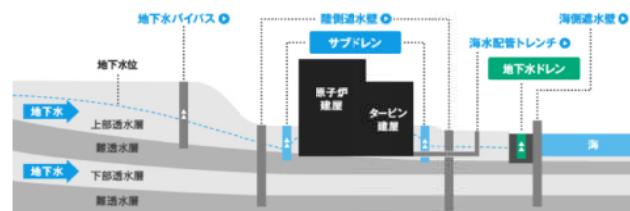
### 2011年3月11日：

地震により建屋ピットに亀裂発生、流入地下水とデブリ冷却注水が混ざり汚染水の発生が始まる。



### 2011年～現在：

- 汚染水処理～セシウム吸着装置、塩分除去装置(RO)、多核種除去設備(ALPS)など
- 流入地下水を減少させる諸施策(地下水バイパス、サブドレン、凍土壁など)



2

## これまでの経緯～議論

### 2018年8月：

福島と都内の計三会場にてALPS小委員会事務局主催の公聴会開催、地元や市民から海洋放出案に対して多くの反対意見



#### **5つの処分方法を提示**

- ①海洋放出(34億円)
- ②水蒸気放出(349億円)
- ③水素放出(1000億円)
- ④地下埋設(1624億円以上)
- ⑤地層注入(3976億円)

### 2018～2019年：

立て続けにALPS小委員会を開催。事務局による海洋放出案への誘導が顕著



3

## 経過統き

### 2020年2月16日：

小委員会報告書発表「海洋放出あるいは大気放出が現実的な選択肢である」

### 2020年3月24日：

東電が「放出素案」を提示。平均で約72万Bq/Lとされるトリチウムを1,500Bq/L以下に希釀、規制値を超えた他核種は再浄化、処分期間は約30年間と。

### 2020年4月～10月：

地元首長、業界団体代表らを対象に、7回にわたって「関係者の意見を伺う場」を開催。放出に積極的に賛成する意見は殆どなく、漁業や水産業者は明確な反対を表明。

### 2020年10月16日報道：

10月27日の関連閣僚会議にて海洋放出案に決定か？！

4

## 福島県漁連の声明(2020年4月6日)

- これまで、地下水バイパス、サブドレンの運用に苦渋の決断ながら協力してきた。
- 試験操業の実施から増産に向けて舵を切るところで、漁業は壊滅的な打撃を受ける。
- 海洋放出には断固反対、厳重な陸上保管を求める。

福島県における

### 試験操業の取組



**2020年10月15-16日:**

全漁連岸会長ら、関係閣僚に海洋放出断固反対を訴える。

5



2020.8.11大熊・双葉の  
両町長「処理水の保管  
継続に反対」「処理水の  
存在は復興の妨げ」



更田原原子力規制委員長  
「希釈して海洋放出が現  
実的な唯一の選択肢」



2020.9.26菅首相1F訪問  
「できるだけ早く政府とし  
て責任もって処分方針を  
決めたい」

海洋放出案は本当に「唯一の選択肢」か？



No！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、あるいは
- (2)モルタル固化による永久処分

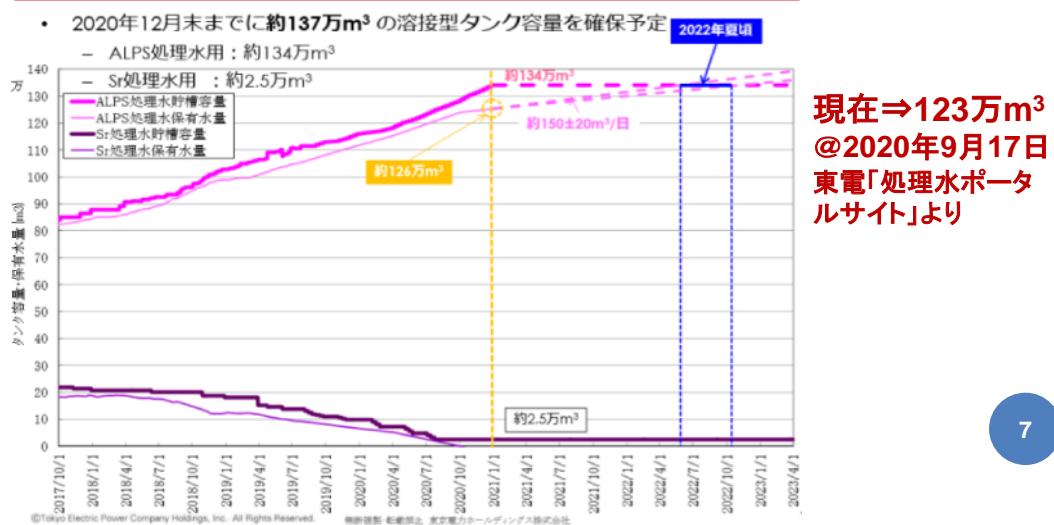
6

## 汚染水の現状 (2019.11.18、第15回ALPS小委員会資料より)

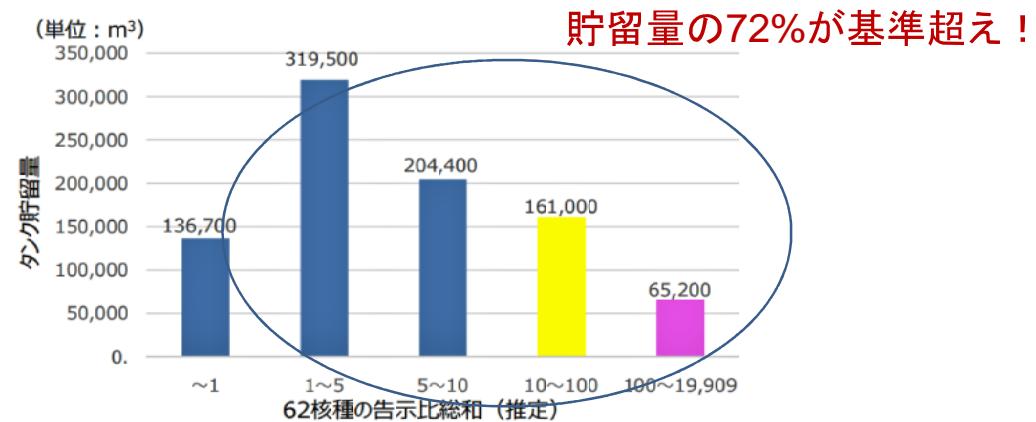
- 約100 – 180 m<sup>3</sup>/日で増加
- 総貯水量: 117万m<sup>3</sup>(ALPS処理水+Sr処理水) @2019年10月31日
- トリチウム量: 約856兆Bq (平均 73万Bq/L)
- 貯水可能量: 137万m<sup>3</sup>(東電は敷地制限により2022年夏頃に到達と)

### 貯留水タンクの建設計画

TEPCO



## トリチウム以外の核種も残留



- 基準超え核種: ルテニウム、Sr90、ヨウ素129など
- 東電は再浄化することで基準内に収めると  
⇒2020年9月15日より「増設多核種除去設備(ALPS)」にて処理試験を開始。10月15日、東電は約1,000トンについて8種類の核種は基準値を下回ったと発表。

8

## 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m<sup>3</sup>原油タンク  
(82mΦ x 22.5mH)

### ■ 仕様

- 容量: 10万m<sup>3</sup>/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)

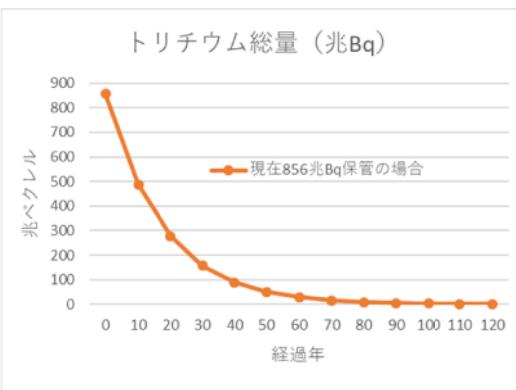
### ■ その他

- 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

9

## 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m<sup>3</sup> x Av. 73万Bq/L)
- 半減期: 12.3年
- 減衰グラフ(ただし、增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

### ● トリチウム総量について～東電見解(2019年12月23日小委員会資料)

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。

10

## いつまで保管するのか？～試算

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 <sup>3</sup>	117万m <sup>3</sup>	
原水中のトリチウム (T)	濃度	Bq/L	730,000
	T総量	Bq	$8.56 \times 10^{14}$
60,000 Bq/Lまで 減衰した場合	必要期間	年	44
	T総量	Bq	$7.0 \times 10^{13}$
1,500 Bq/Lまで 減衰した場合	必要期間	年	110
	T総量	Bq	$1.8 \times 10^{12}$

\*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) 計算対象は現在の汚染水量であり、その後の増加分は含まれていない。

11

## ■第13回小委員会資料の中での東電指摘事項 <2019.8.9>

東電指摘	当方コメント
1基当たり設置に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 <sup>3</sup> )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＞

- 防液堤は適切？
- 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？＞

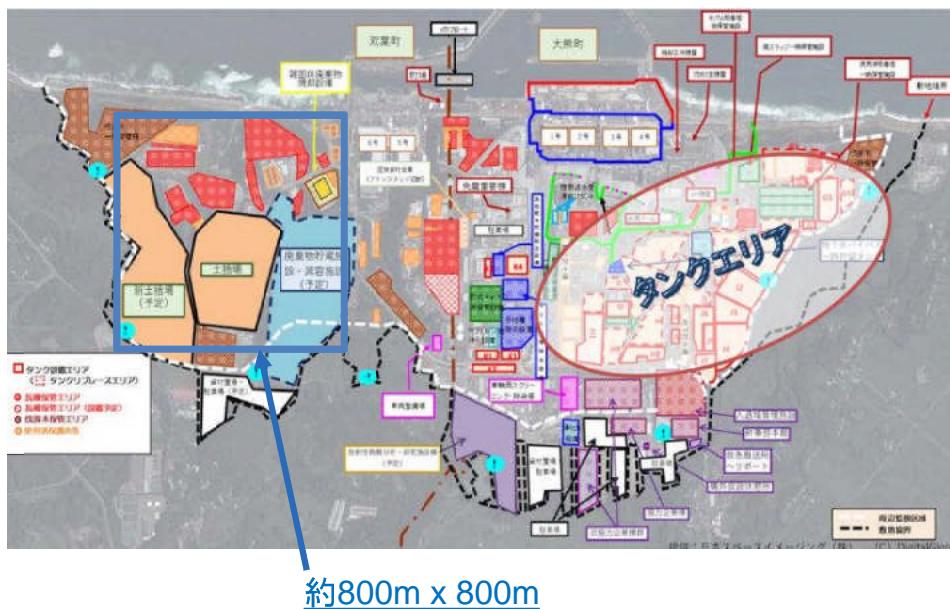
福島汚染水 ⇒ 泥縄式な増設

大型備蓄設備 ⇒ 計画的・堅牢

12

## 敷地候補1～土捨場

福島第一構内北側に計画されている土捨場、廃棄物貯蔵施設敷地。



13

## 東電が土捨場に計画している施設

～廃炉事業に必要？

- (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？
デブリ取出し用資機材保管施設	②多くの施設は敷地外でも可(例: 檜葉町の福島研究基盤創生センター)
同上 モックアップ施設	③緊急対処が優先されるべき
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	

14

## 敷地候補2～中間貯蔵施設敷地

- 福島第一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



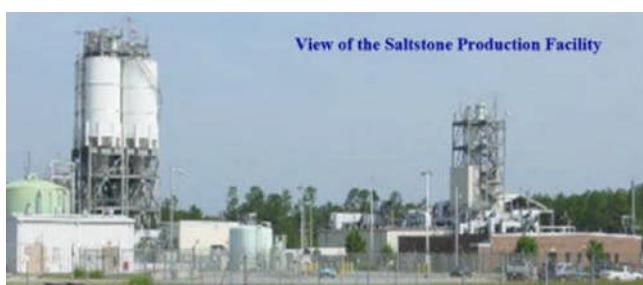
### 小委員会事務局/規制庁：

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？

15

## 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: 124,000m<sup>3</sup>



16

# 米国サバンナリバー施設

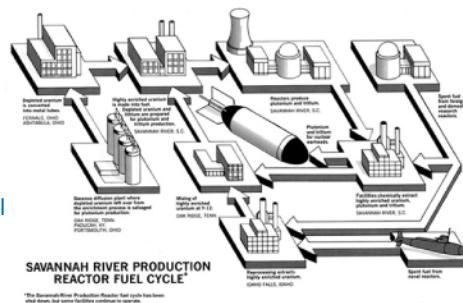
## Savannah River Site (SRS)

### ■ 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、米国エネルギー省によって環境汚染からの修復事業が進行中

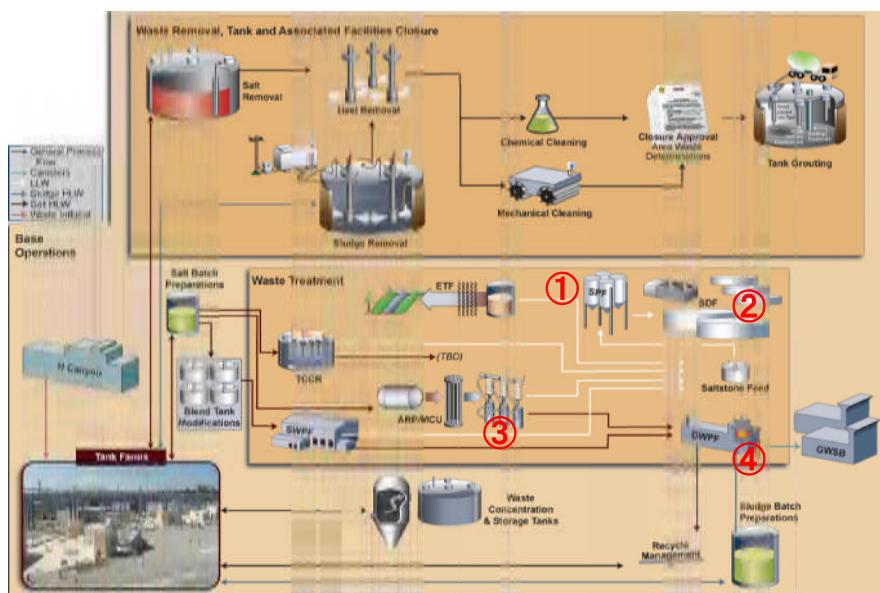


右図は“Institution for Science and International Security”のWebsiteより



17

### 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

18

# 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)が多くがモルタル固化され、ドラム缶詰め⇒トレーナー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

1m<sup>3</sup>のモルタルを作るのに必要な重量例、Kg

	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

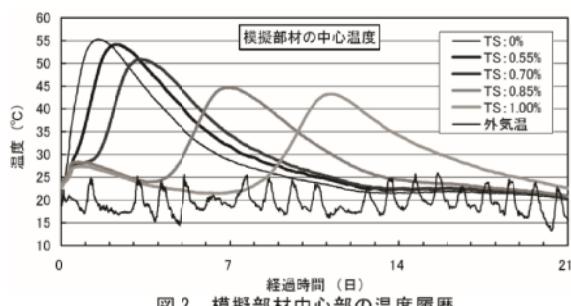
19

## 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



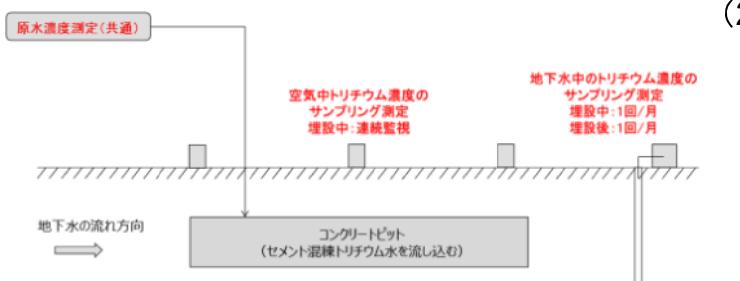
### <考察>

- 中心部の温度上昇は約  $30^{\circ}\text{C} \times \text{数日間}$
- 水和熱抑制剤の効果は約  $10^{\circ}\text{C}$
- 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

20

## 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>

- コンクリートピットの周囲にベントナイト層

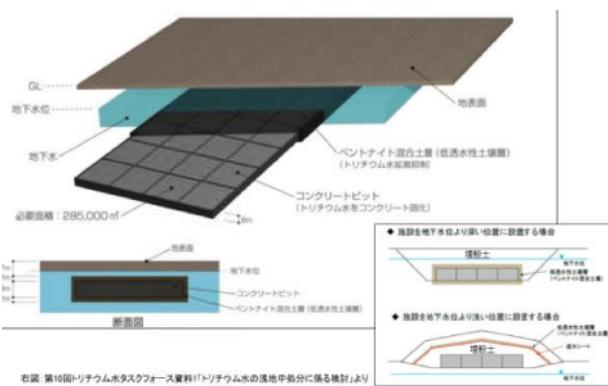
### <建設期間>

- 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、コスト共に下げる可能。モニタリングも容易



21

## モルタル固化案を葬っている理由

(2019年12月23日第16回小委員会事務局資料より)

- (1) 固化により体積が3~6倍となり、貯蔵継続より敷地が必要 ⇒利点(海洋汚染の遮断)が遥かに勝る。
- (2) 固化による発熱があるため水分の蒸発(トリチウムの水蒸気放出)を伴う ⇒対処は容易
- (3) トリチウム水の処分実績がない  
⇒第13回小委員会(2019.8.9)資料では「事例あり」と記載  
⇒米国での大規模プロジェクト進行中

海洋放出という「結論ありき」の方針のもと、真剣な検討を行なっているとは思えない！

22

## 敷地試算

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 <sup>ø</sup> x 22.5 <sup>h</sup>	82.0 <sup>ø</sup> x 22.5 <sup>h</sup>	300 <sup>L</sup> x 100 <sup>w</sup> x 20 <sup>h</sup>
容量(m <sup>3</sup> /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"><li>● 1F外敷地確保</li><li>● 固化ケースの形状検討</li><li>● 空冷化の実現による汚染水発生の停止 (=抜本的対策)</li></ul>		

23

## 両案の比較

	大型タンクに保管継続	モルタル固化
利点	<ul style="list-style-type: none"><li>● 保管期間の経過に伴いトリチウム減衰</li><li>● 既存技術の適用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● トリチウムの環境への放出を半永久的に遮断</li><li>● 既存技術の適用</li><li>● 将来の劣化に対しても減衰によりリスク小</li></ul>
弱点	<ul style="list-style-type: none"><li>● 将来の放出を前提とし、保管期間の合意が必要</li><li>● 地震、老朽化等による破損リスク⇒防液堤による海洋流出防止</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 水の約4倍の容積が必要</li><li>● 固化時の水和熱対策 ⇒対処は容易</li></ul>
概略コスト (100万m <sup>3</sup> ベース)	200-300億円規模	タスク報告書によれば地下埋設案で1,624億円以上と。半地下にすることでコストダウン可能。

最終的には地元関係者を中心とした合意によって決まるべきもの。

24

## 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)「廃炉のための中長期ロードマップ」の見直し。デブリの無理な取り出しへ止め、原子炉建屋の長期遮蔽保管に移行する。デブリの空冷化を図ることで汚染水の発生を止める。

25

**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](mailto:email@ccnejapan.com)

Tel/Fax 03-3358-7064

26