

地下貯蔵等の技術提案事例

分野別の主な技術提案の総括 [技術分野1: 汚染水貯留]

特にご提案をお願いしたい技術		ご提案			ご提案いただいた技術の傾向	専門家レビュー会議によるコメント	東京電力(株)によるコメント
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード			
(2)その他タンクに求める要求事項	大量の汚染水を長期的に貯蔵することができる手法(タンク以外も含む)	洋上貯留 Storage on the ocean	13, 197, 273, 335, 395, 432, 457, 517	タンカー、メガフロート等	汚染水の大量長期安定保管に関しては、外洋での汚染水の洋上貯留についての提案が多数あった。タンカーやメガフロートを用いたものが多く、中には石油の洋上備蓄の実績から、タンカー、コンテナ船、中継港での積み替え等様々な検討と提案もなされている。	<p>・汚染水の洋上貯留は、漏えい時のリスクについて考慮する必要がある。国際的に見ても過去に実績がなく、技術面での信頼性と地元関係者の同意の点で難しいと考えられる。この場合堤防に囲まれた湾内での浮き貯留は漏えいの観点から比較的可能性があるが、津波対策を考慮することが必要となる。洋上貯留の場合には、海水中の塩素による鋼材の腐食が課題となる。</p> <p>・地下タンクは、工事が長期間になることを考慮する必要がある。また、地下からの漏えい検知についても検討が必要である。</p> <p>・汚染水の貯留が現地における非常に重要な課題である状況を鑑みると、既設の地下貯水槽を何らかの切り札として活かしておくことも策の一つとして考えられる。本年4月に漏水事故が生じたものではあるが、一定の層厚を有した粘土ライナーによる底部遮水層を設ければ遮水性能は格段に向上し、タンクに将来何らかの不具合が生じたときのフェールセーフの避難的措置として位置づけることが可能と考えられる。</p> <p>・大量の汚染水は蒸散により減容することも考えられる。その場合、トリチウムなどの放射性核種の放出と核種および塩類の濃縮に注意を払う必要がある。</p> <p>・今回の技術提案には海洋貯留、大型地上タンク、大型地下タンク、地下貯槽などいずれも既往の大型プロジェクトで一定の実績のある方法での提案がなされた。今後、これらの活用の可能性を検討していくにあたっては、サイトの条件や優先度、時間的制約等様々なリスクを考慮の上、課題への対応を図ることが可能かどうか検討する必要がある。その際、予期せぬ汚染水の増大に備えてのオプションを考えておくことも重要である。</p> <p>・地盤沈下に関しては、正確な地盤情報に基づく設計が重要と考えられる。</p>	<p>【大量長期安定保管】</p> <p>○洋上・湾内貯留 汚染水の洋上貯留を検討する際には、福島第一の港湾使用状況(廃炉作業のための資材運搬船舶が通過)を踏まえると港湾内に大規模設備を貯留することが困難であり、港湾外へ係留する等の処置が必要と考える。港湾外係留の際には、貯留設備の漏えい防止・検知機能、万が一の漏えい時の対策、荒天時の安全性、長期的な耐久性、撤去解体方法や法的な課題等がある。</p> <p>○その他 汚染水を保管する設備の検討にあたっては、設置期間、効率的貯留(大型化)、構造(耐震性、信頼性等)を含めて、総合的に検討する必要がある。</p> <p>【地盤沈下への対応】 タンクの設置にあたっては、設置場所(コンクリート基礎)の地盤沈下対策として、設置時に地質調査を実施し、タンク設置に必要な地盤強度を確保するため、セメント改良等による地盤改良を実施し、変形等が生じないように施工している。 地盤改良として、セメント以外の方法を検討する際には、長期使用可能であるか、設置期間などを含めた検討が必要である。</p>
			39	石油備蓄に基づく洋上備蓄の考察			
			493	洋上貯留のコスト工期、地上タンクとの比較			
			503	鋼製ボックス			
			555	メガフロートによる港湾内貯留			
		湾内貯留	421	フレキシブルタンク	防潮堤に囲まれた湾内に貯留する方法として、浮体を浮かべて貯留する方法、湾内に遮水材を設置して直接貯留する方法も提案された。		
			550	ダブル堤			
			668	防潮堤内の遮水、直接貯留			
			697	汚染水タンク、処理設備、処理水タンク、浮体			
		地下タンクと地下貯留	192	埋設配管の利用	トレンチ形状の地下貯水槽も多数提案され、多くがベントナイトバリアと遮水シートを組み合わせたものであった。		
			367	地下深層部の利用			
			557	石油タンカーを流用した埋め込みタンク			
			574	50万t地下タンクの高速度施工			
		トレンチ形状の地下貯水槽全般	103, 382, 478, 554, 647, 666, 667, 702	構造と材料の改良、総論的アドバイス、活用方法	小型タンクを多数用いる方法、集積する方法なども提案された。		
			溶接以外の地上タンク(コンクリートタンクなど)	36, 71, 146, 360, 565, 691, 699	コンクリートタンク		
		217		大口径超長尺ホースへの貯留	土木学会および地盤工学会からは地下貯水槽の改良や貯水タンク基礎工の改良など、溶接型タンクに求める要求事項も含め、多数の有益なご提案をいただいた。		
		454		アラミド繊維、補強			
		619		現地組み立て			
		663		漏えいバックアップ			
		小型タンクの活用	54, 106	プラスチックタンク			
			223	小型タンクの立体積み重ね設置			
257, 371, 719	フレキシブルバッグ						
502, 651	飲料缶技術						
地盤沈下にも対応できる手法	58	機能性継ぎ手					
	578	グラウトによる地盤改良工法					

※国際廃炉研究開発機構(IRID)からの報告に、汚染水処理対策委員会事務局が東京電力(株)によるコメントを追記。

御提案書

技術分野	①汚染水貯蔵(タンク等)
御提案件名	鋼管埋設処理工法(汚染水・高濃度汚染物質)
御提案者	山本基礎工業株式会社 鈴木 邦彦

1 技術等の概要(特徴、仕様、性能、保有者など)

- ① オールケーシング工法(全周回転)でφ3000のmmケーシングチューブでGL-31.5m程度掘削作業を行いケーシングチューブ内の土砂をハンマーグラブにて排土し、ケーシングチューブ内を空洞にします。
- ② 養生管(鋼管φ2700mm 厚みt=27mm L=10m×3本)を溶接ジョイントし、ケーシングチューブ内の底まで挿入します。
- ③ ケーシングチューブと鋼管の隙間は洗い砂を充填しながらケーシングチューブを引抜ます。
- ④ 地下水がある場合は、鋼管挿入時に鋼管内に浮力防止の為に注水した孔内水をスライムバケツ及び吸水材で汲み上鋼管内をドライな状態にします。
- ⑤ 鋼管天端に鉄板蓋を設置し、次の鋼管埋設作業に移行します。
- ⑥ 鋼管埋設作業終了後、鋼管内に汚染水を注水し鉄板上蓋に防水コンクリートを打設します。
(外蓋内部にグリスかバリウム)
- ⑦ 地中に空いた削孔場所に表土を埋戻し、地表面を整形し汚染水貯蔵作業を完了します。

* 貯蔵した鋼管内の汚染水の処理後、空洞化した鋼管内には高濃度汚染物質の格納容器として使用出来ます。

補足資料別紙参照

2 備考

- ・ 開発・実用化の状況(国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む)

特になし

- ・ 開発・実用化に向けた課題・留意点

コストの削減

- ・ その他(特許等を保有している場合の参照情報等)

特許第5172033号

[様式2 (汚染水処理対策委員会に報告し、一般公開となるものです)]

御提案書	
技術分野	①、②、⑥ (「技術提案募集の内容」の該当番号を記載願います)
御提案件名	地下深部地層を利用した汚染水隔離に関する提案
御提案者	登坂博行、山田正、斉藤拓巳、丸井敦尚、佐々木憲司
<p>1. 技術等の概要 (特徴、仕様、性能、保有者など)</p> <p>[背景と提案内容]</p> <p>①現在、汚染水の地上貯蔵量は35万トン以上といわれ、タンクからの漏洩・海への直接流出事故も報じられている。地上タンクヤード自体が高放射能地帯となっており、地上貯蔵の増大はリスクの増大と、長期にわたる廃炉作業の妨げとなることが予想される。</p> <p>②今後、遮水壁による地下水流入量の抑制、浄化装置アルプスによる処理が計画されているが、トリチウムを含む処理水の海洋希釈放流については、昨今の国際情勢や漁業との関連で不透明な状況である。そこで、アルプス処理水(および条件の合う貯蔵水)を地上に貯めず、地下深部(例えば深度100m~500m程度)の透水性の高い地層中へ注水し、人間圏から隔離する可能性を早急に検討しておくことを提案する。</p> <p>③深部地層は核種(Cs137、Sr9010、トリチウムなど半減期10年~30年)の隔離・吸着除去・減衰を同時に達成する天然の浄化装置となる。また、吸着されないトリチウムの水分子は原位置地下水とすみやかに同化・減衰し、仮に海底や生活圏まで達するとしても完全に無害化された後になる(そのような場所を選べば良い)。これは、陸域生活圏や海洋に影響を与えない抜本的な対策となる可能性がある。</p> <p>④本地域周辺は、将来にわたり国が管理する形をとれば、生活や産業などで深部地下水をくみ上げ利用することは避けられるだろう。また、廃炉措置の上でも、周辺地質状況の調査・把握は有用な情報となる。</p> <p>[実現可能性と技術的状況に関して]</p> <p>①現の可否は、適切な地層の存在の有無にある。この地域の過去のボーリングデータからは、泥岩・砂岩などの堆積層の繰り返しがあり、たとえば、深度200m程度以深に多賀城層、湯長谷層などが知られている。これら(これら以外も含め)の地質・水理状況の検討により、適当な遮蔽層と透水層の組み合わせなど見つかる可能性がある。</p> <p>②地下深部隔離は、すでに長年にわたり高レベル放射性廃棄物地層処分や二酸化炭素の処分方法として検討されてきており、地質調査・物理探査、ボーリング掘削技術、地下水解析などの技術的基盤は整っている。</p> <p>③また、地層への注水については、古くより石油回収の際に一般的に行われている水攻めや、地熱発電における熱水還元、地下備蓄基地における人工注水などの長期実績がある。</p> <p>[検討の進め方に関して]</p> <p>本提案の実施にあたっては、以下のように段階的に狭めて行く方法が時間・効率・コスト的に良いと思われる。以下に、それらについて述べる。</p>	

- ①本原発サイト直下および周辺（沿岸域も含め）における地下浅部～500m 程度の地質状況の既存データの収集
 - ②地質専門家（集団）による精査、有望地域を含む地層 3 次元構造の一次的推定
 - ③概括的 3 次元地下水モデル構築と注入ポテンシャルの検討（注入量、速度、地層の変化、揚水と注入のバランストインジェクションの検討、核種挙動評価など）
 - ④適地と考えられる地域における物理探査、数本のボーリング調査、現地透水試験、室内コア試験（吸着）、それらに基づき地下水モデルの詳細化、隔離可能性の定量化、安全性評価
 - ⑤注水試験の実施 ⇒ 以降、本格的実施の判断
- *仮に、地層の間隙率 15%、厚さ 50m とすると、10 万トン井戸から半径 65m 程度に収まる量である。注水速度は地層透水性によるが、日量数百トンオーダーの注水は数本の井戸で井戸口のある程度の昇圧で可能と考えられる。注水だけでは地層の間隙圧を増大させる場合は、遠方での原位置地下水の揚水と汚染水注水の組み合わせ（バランストインジェクション）が良いかもしれない（地層状況とモデル解析から判断される）。
- *注水の継続は目詰まり等の障害も発生することがある。石油回収の水攻法、地熱発電の熱水還元、地下備蓄基地における人工注水、二酸化炭素注入実験などが参考になろう。

[実施できるとした時の期間・コストなど]

様々な条件が絡むので予想は難しいが、1 年程度のフィージビリティスタディ、その後試験注水などを経て、早ければ 2 年程度で可能かも知れない。コストについては試算していないが、これを実施しない場合や他の方法と比較する必要があるだろう。

2. 備考（以下の点など、可能な範囲で御記入いただけますようお願いいたします）

- ・開発・実用化の状況（国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む）
地下への注入は石油開発、地熱発電、地下備蓄、CO₂ 注入試験などで日本・世界で行われている。すべての技術は国内にそろっていると考えてよい。
- ・開発・実用化に向けた課題・留意点
調査範囲の特定の仕方、どこまで詳しく地質を調べるか、バランスト注水などオペレーション上の対策など。
- ・その他（特許等を保有している場合の参照情報等）

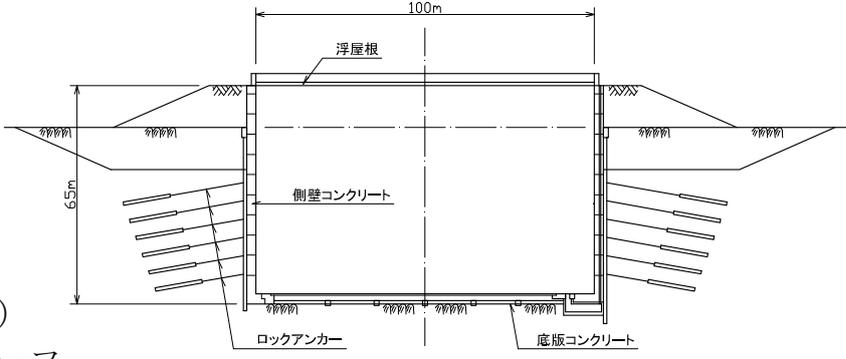
（備考）技術提案募集の内容（6 分野）

- ① 汚染水貯蔵（タンク等）
- ② 汚染水処理（トリチウム処理等）
- ③ 港湾内の海水の浄化（海水中の放射性物質の除去等）
- ④ 建屋内の汚染水管理（建屋内止水、地盤改良等）
- ⑤ 地下水流入抑制の敷地管理（遮水壁、フェーシング等）
- ⑥ 地下水等の挙動把握（地下水に係るデータ収集の手法、水質の分析技術等）

[様式2 (汚染水処理対策委員会に報告し、一般公開となるものです)]

御提案書	
技術分野	① 汚染水貯蔵(タンク等)
御提案件名	漏えい検知付大型汚染水貯蔵タンク(タンカー活用)
御提案者	三菱重工業株式会社
<p>1. 技術等の概要(特徴、仕様、性能、保有者等)</p> <p>多核種除去設備にて主要な汚染物質を除去された後の処理水を既存のタンカー(2重隔構造)にて長期に保管することを提案するものである。</p> <p>① 特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2重隔構造(ダブルハル)方式。常時接液部で漏えいが発生しても2重部で外への漏えいを防止。 ・ 2重構造を利用して漏えい検知機能を設け、漏えいを常時監視する。 ・ 万が一にも海への流出を防止するため、タンカーは海より隔離して設置する。 ・ 10年以上漏えいを防止できる板厚(腐食代)を確保。 ・ 石油タンカーを利用することにより、新規設計を不要とし、かつ、品質を確保する。 ・ タンカー内は区画化されており、一つの区画が漏えいした場合、他区画へ液送可能。 ・ 洋上を自走或いはタグボートによる搬送にて、貯蔵設備としての大型化を実現。 ・ タンカーを海からの隔離する為に海岸工事が必要。 <p>② 仕様</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ タンク容量 約10万～30万m³/艇 	
<p>2. 備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 開発・実用化の状況(国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む)タンカーの2重隔壁は石油タンカーにて活用済。 ・ 開発・実用化に向けた課題・留意点 開発要素はないが留意点として次項があげられる。 津波対策の考慮 設置場所の選定 海岸工事の工法の具体化 ・ その他(特許等を保有している場合の参照情報等) 	

[様式 2]

提案書	
技術分野	① 汚染水貯蔵（タンク等）
提案件名	汚染水貯蔵大規模地中タンクの構築
提案者	鹿島建設株式会社
<p>1. 技術等の概要（特徴、仕様、性能、保有者など）</p> <p>福島第一原子力発電所敷地内に、汚染水貯蔵大規模地中タンク（50 万 m³）を 2 基構築し、合計 100 万 m³の汚染水を貯蔵する。</p> <p>(1) 目的</p> <p>現在、汚染水及び処理水はボルト方式及び溶接方式のタンクに貯蔵されている。本提案は、汚染水貯蔵の重層的対策として、大量の処理水を長期安定的に敷地内に貯蔵することを目的とする。</p> <p>(2) 特徴</p> <p>限られた敷地に対する貯蔵効率を高めるため、大型の地中タンク（地表からの開削方式）を構築する。早期着工が必要であること及び貯蔵期間が長期にわたることを踏まえ、液体の長期間保管実績のある原油備蓄地中タンク方式を適用する。以下に、概要（例）を示す。詳細は現地条件等により修正する。</p>	
<p>【地中タンク概要（例）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 直径 100m 深さ 65m 躯体：RC 構造 （止水：ライニングプレート） 屋根：鋼製フローティングルーフ （浮屋根） 	
<p>【地中タンク設置位置（例）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 平面位置：35m 盤 *設置位置、作業ヤード等は現地条件を踏まえ決定する。 	
<p>図 1 汚染水貯蔵大規模地中タンク概要</p> <p>図 2 汚染水貯蔵大規模地中タンク配置例（平面）</p>	

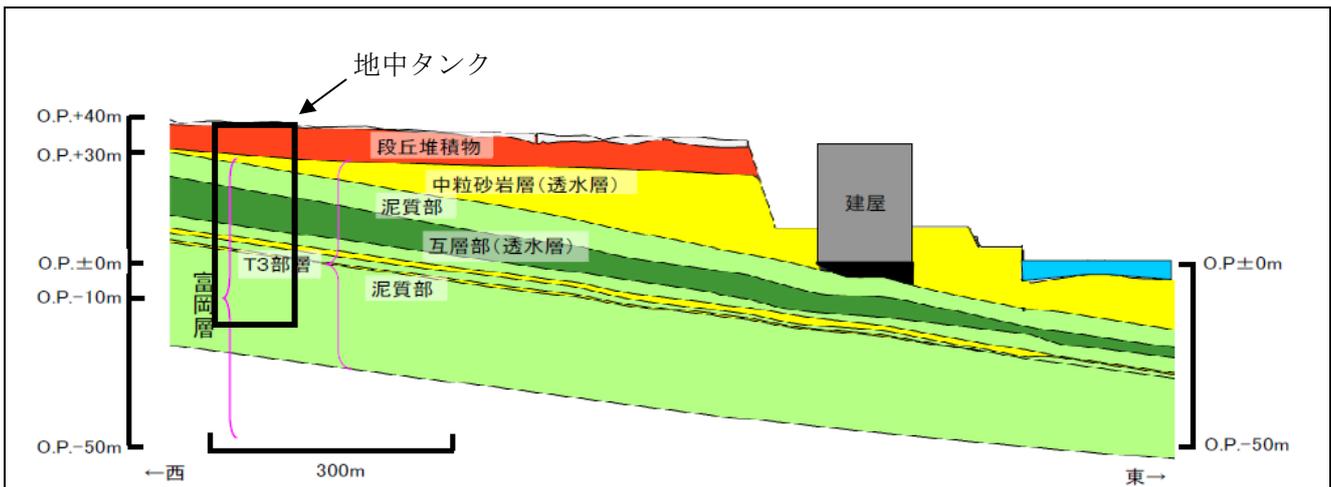


図3 汚染水貯蔵大規模地中タンク配置例（断面）

【工程】

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目以降
調査・設計	■				
準備工		■			
掘削工		■	■		
内部構築			■	■	
設備工					■
運用					■

2. 備考（以下の点など、可能な範囲で御記入いただけますようお願いいたします）

- ・開発・実用化の状況（国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む）
最大 35.3 万 k1（内径：97m、深さ：51.5m）の原油タンクの実施例がある

（備考）技術提案募集の内容（6分野）

- ① 汚染水貯蔵（タンク等）
- ② 汚染水処理（トリチウム処理等）
- ③ 港湾内の海水の浄化（海水中の放射性物質の除去等）
- ④ 建屋内の汚染水管理（建屋内止水、地盤改良等）
- ⑤ 地下水流入抑制の敷地管理（遮水壁、フェーシング等）
- ⑥ 地下水等の挙動把握（地下水に係るデータ収集の手法、水質の分析技術等）