

添付資料1 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		
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード				
(1)溶接型タンクに求める要求事項	部品納入&現地施工期間が現状と比較して短期間であること	工場製作	558, 586, 620	工場製作一括設置大型タンク	溶接型タンクに求める要求事項として、 ・部品納入&現地施工期間が現状と比較して短期間であること ・タンク内面から点検&補修せずに10年以上漏えいを防止できること ・効率的に貯留できる構造であること ・少なくとも0.36G以上の地震に対して漏えい防止機能を維持できること ・タンク内で発生する制動X線を抑制できる遮へい機能を有すること が挙げられている。 これらをすべて満たすものとして、二重鋼殻の大型鋼製タンクの工場製作および現地一括設置が提案されている。 また、個々の要求事項に対しての提案も多数寄せられており、これらの組み合わせによる課題解決についても検討の余地がある。 納期工期の短縮については、工場製作+現地一括設置し、かつ設計から据付までのサプライチェーンを確保することで納工期短縮を実現する鋼製タンクの提案があった。 タンク内面から点検&補修せずに10年以上漏えいを防止することについては、鋼製タンクの内面をエポキシ、ポリエチレンまたはゴム等の樹脂でライニングする提案が多数あった。また、コンクリート二次製品にチタン等のライナーを施して耐久性を得る方法も提案された。電気防食による腐食対策も提案されている。さらに、タンクの維持管理方法に関する提案、タンクに接続する配管からの漏えいを防止する方法も提案された。 効率的に貯留できる構造であることに関する提案については、現地で部材を組み立てる案、工場で製作する案に分けられる。現地組立では最大30,000tの配水池、工場製作では2,000tの鋼製タンクが提案されている。 耐震性については、地震時の破壊を避けるためタンクの剛な連結を外すべきとの意見が示された。タンク縦横の継ぎ手部に変形追従機能を持たせる方法が提案されている。また、タンクを免震化・制震化する方法も提案されている。 制動X線遮へいについては、躯体や遮へい材の設置によりX線の遮へいを期待する案が多数示された。また、高分子材料により制動X線そのものを抑制することも示されている。	・十分に検討された実現性が高い提案が多い。 ・二重鋼殻大型タンクは挙げられたすべての技術スペックを直ちに満たせる提案と考えられる。 ・漏えい防止のための樹脂ライニングは樹脂の耐放射線性を確認する必要がある。高分子材料によるベータ線の制動放射低減に関してはフィージビリティスタディーを実施し、設計に取り入れることも検討することが望ましい。 ・タンクの大型化は貯留効率を高める一方で、事故時のリスクを高めることに留意が必要であるが、現状の2倍程度の容量(2000t)であれば許容範囲と考えられる。大型タンクの設計・製作自体には大きな課題はないと考えられる。 ・耐震性に関しては、タンクの連結部の柔軟性確保が指摘されている。今後の地震などの災害リスクを考えると、いずれかの方法を選定して早期に着手する課題と考える。 ・石油貯蔵の分野では、タンクの1割はローテーションで空にしてメンテナンスに供するといったことが行われている。今回対象とする汚染水タンクでは汚染水を入れ替えることを頻繁に行うべきではないが、このような他分野のノウハウも技術の一つとして取り上げられるべきと考える。海外の原子力施設でも実施しており、精油施設や化学プラントにも関連するノウハウがあるはずである。		
			タンク内面からの点検&補修せずに10年以上漏えいを防止できること	ライニング			36	チタンシート
							86, 100, 286, 771	エポキシ
							94	低密度ポリエチレンライナー
							136	様式2なし
							152	塑性保護コーティング
							176, 216	繊維強化プラスチック(FRP)
							206	タンク内部へのシートまたは吹き付けによる漏えい防止
							219	耐放射線コーティング、高性能繊維
							280	ゴム袋によるライニング
	397	耐放コーティング、遮へい材重ね吹き						
	腐食防止	二重鋼殻タンク	433	貯留状態でボルトタンクの内部を防水施工				
			664	タンク内に袋状構造物を配備する				
			373	電気防食による長寿命化				
			102	二重構造のタンクの間隙に遮水遮へい材設置				
			219, 558, 620	二重鋼殻				
			400	遠隔検査、鋼材肉厚				
			174	炭素繊維シート巻きつけ				
			鋼製タンクの維持管理	タンクの補強	603, 665	バックアップ、配管		
					687, 688	補修補強技術、配管接続部		
			有限の敷地内に効率的に貯留できる構造であること(標準:円筒鋼製1000トンタンク)	タンクの大型化	58	ステンレス鋼(SUS)製配水池1万~3万t製品		
	147, 551	大口徑鋼管のタンク化						
	328	現地組み立て9,000tタンク						
	334	1,000tタンク(SUSおよびグラスファイバー)						
	443	石油タンク						
	558	工場製作1,000tタンク						
	586	工場製作1,500tタンク						
	587	現地組み立て5,000tタンク						
	620	工場製作2,000tタンク						
	相当程度(少なくとも0.36G)以上の地震に対し漏えい防止機能を維持できること	タンク部材の耐震化			58, 72	機能性継ぎ手		
			152	塑性保護コーティング				
			620	二重鋼殻タンク				
		タンク本体の免震・制震	その他	174	タンクの免震化			
				361	スロッシング制御装置			
				692	粘弾性ダンパー			
		その他	制動X線の遮へい	28	タンク配管の剛連結解除			
				669	耐震設計			
				36	チタンシート			
				219	二重鋼殻間に鉛を挿入			
	可能であれば、タンク内で発生する制動X線を抑制できる遮へい機能を有すること	制動X線の発生抑制	549	様式2なし				
586			遮へい設計					
620			二重鋼殻					
274			プラスチックタンク、エポキシ樹脂					
698			性能評価システム					

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	
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い、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>	
			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	地下タンクとしては、大型の地下タンクを短期間で構築する方法や、タンカーを利用した地下タンクの提案も示された。		
			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	大型地上タンクとしては、プレストレスト・コンクリートや石油タンクなど既往の経験に基づく提案がなされた。また、コンクリートタンクへの新材料の提案があった。		
			36, 71, 146, 360, 565, 691, 699	コンクリートタンク			
			217	大口徑超長尺ホースへの貯留			
			454	アラミド繊維、補強			
			619	現地組み立て			
		溶接以外の地上タンク(コンクリートタンクなど)	663	漏えいバックアップ	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。		
			54, 106	プラスチックタンク			
223	小型タンクの立体的積み重ね設置						
257, 371, 719	フレキシブルバッグ						
小型タンクの活用	502, 651	飲料缶技術	また地盤沈下対応として、地盤改良により沈下を防止する方法、変形可能な継ぎ手をタンクの継ぎ目部に配置することにより、地盤沈下に対応するアイデアなどが提案された。				
	58	機能性継ぎ手					
	578	グラウトによる地盤改良工法					
地盤沈下にも対応できる手法							
(3) 微小漏えいを検出できる技術	パトロール時のβ線測定能力向上	高γ線雲囲気下でのβ検知	83	フレキシブルな遮へい材料	<p>取り扱いやすいフレキシブルな遮へい材料によりγ線遮へいを行った上でβ線を検知する方法が提案された。</p> <p>プローブの改良によるβ線検知方法は多数提案されたが、いずれも開発段階とされている。その中で、薄層プラスチックシンチレータを用いる方法も研究段階であるが、提案によっては実現に近いともされている。また、既往のプローブの利用方法を工夫することでベータ線の測定を可能にする研究の提案もあった。</p> <p>測定機器の軽量化に関しては、遮へい材の工夫とプローブの改良の提案があった。プローブの改良はいずれも研究段階とされている。</p>	<p>・計測場所は線量や気象などの環境が厳しく、精緻な作業は困難である。一般に、モニタリングのエラーの95%はサンプリングに起因することを考慮すると、現場作業を簡素化することは重要である。また、漏えい検知をβ線検出により行う場合、タンク近傍での作業になる。一方で、染料により漏えい検知する場合は、ある程度離れて作業することができるため、被ばく低減の観点からメリットがある。</p> <p>・海外ではハンディのベータ線モニタを開発済みである。また、プラスチックシンチレータの実現性は高いと考えられる。今後福島サイトへの適用性を検討するため、実証の状況についてメーカー等に確認するべきである。</p> <p>・β核種の漏えい検知には、パッキン部分をスミアし、液シンバイアルに入れて液体シンチレーションカウンターにて測定する方法も考えられる。ベータ線モニター、プラスチックシンチレータとも合わせて、実作業での効率も含めて検討を行うべきである。β線の定量計測でなく検知であれば、現状のサーベイメータにγ線とβ線の物質透過力の差を応用するアプローチを加えることで適用可能と考えられる。</p> <p>・有機染料はβ線で分解するため、放射線量の把握とその環境下で使用可能な染料の選定が重要である。一方で、これを利用した検知は可能性はある。汚染水に添加物を入れる方法は水処理への影響も考慮しなければならない。</p>	
			304	非破壊遠隔測定			
			320, 622, 725	プラスチックシンチレータ箔			
			376, 485	プローブの改良			
			472	ガスフロー式サーベイメータ			
			559	濃縮前処理、イオン吸着剤			
			621	β表面線量計、細い窓を活用した遮へい			
			623	オンラインモニタリング、Sr90			
			測定機器の軽量化	83			フレキシブルな遮へい材料
				472			ガスフロー式サーベイメータ
	485	プローブの改善					
	タンクからの漏えい水の視認性向上	染料	15, 552	染料の利用	<p>汚染水の漏えい視認のため、既存の染料を応用する提案があった。食品、医療で用いられている染料の提案が多数あり、これらは人体には影響ないが、除染への影響や脱色方法、環境への影響は今後検討すべき課題とされている。β線照射により有機色素が分解する特性を検知に利用する方法も研究されている。</p>		
			69	汎用染料の活用			
			191	食用染料利用、タンクの部分的白色塗装			
			225, 354	蛍光色素			
379			様式2なし				
720			リグニン				
照射による変色		532	照射量による色相変化				
		570	漏えい検知塗料、ゲル				
612	顔料のβ線による変色の調査						

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
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード		
(3) 微小漏えいを検出できる技術	水の漏えい検知	水位センサ	111	遠隔監視システム	水位計測による漏えい検知も多数提案された。差圧式センシングは燃料貯蔵用タンクおよび米軍に採用されている検出方法である。タンクの継ぎ手部の圧力変化で漏えいを検知する方法、タンク表面を分光機で監視する方法なども提案された。地上タンクの底板にアクセスできる構造を採用し、漏水または底板そのものを目視観察する方法も提案された。	<p>・貯留水そのものの漏えい検知方法として、差圧モニタリング式の漏えい検知方法は、石油、軍事、原子力サイトの適用されている着目すべき技術である。環境が安定している地下タンクでは有力な技術であるが、地上タンクでの適用は測定条件の確認が必要である。</p> <p>・二重鋼殻タンクについては、鋼殻の間でモニタリングすることが可能と考えられる。</p>
			176	レベル計、回転表示灯		
			331	差圧式センシング		
		漏えい検知	498	高精度液面計		
			58	機能性継ぎ手		
		漏えい監視	121	ゼリー化、可視化		
			638, 645	レーザー分光機、遠隔同定		
214	排水溝を備えた基礎構造					
215	監視可能なタンク底板とタンク移設方法					
(4) ボルト締め型タンクの撤去作業の円滑化	撤去時の除染高速化・作業時の被ばく低減	除染技術	132	超高压液体窒素除染技術	<p>さまざまな除染技術と遠隔技術が提案された。</p> <p>液体窒素、鋼球や水を高压で吹き付ける方法、レーザーで表面を気化させる方法、タンクを電極としてタンク内で電気分解を行う方法などによる遠隔除染が提案されている。除染後のスラッジを可動長尺ノズルで遠隔回収する方法も提案された。溶断の遠隔技術、油田や原子力で実績のある遠隔解体技術も提案されている。そのほか、剥離塗料による除染の合理化も提案されている。</p> <p>除染廃棄物の取り扱いに関しては、除染排水の処理方法、廃棄物の固化剤の提案や、鋼材等を溶融して減容または廃棄物容器等として再利用する方法が提案された。</p> <p>そのほか、除染や解体の手順に関するノウハウ、CAD上でのシミュレーションによる手順検討などが提案されている。</p>	<p>・除染方法を選定する際には、汚染の状況、許容される除染期間など現地のニーズを十分に考慮する必要がある。また、二次廃棄物の処置も考慮すべきである。不必要に高性能な方法を採用する必要はなく、水だけの除染のみで効果が得られた実績もあることを踏まえて検討すべきである。</p> <p>・液体窒素吹付、ファイバーレーザー法など比較的先進的な方法については除染作業に要する時間や面的除染への有効性についても十分な検討が必要である。</p> <p>・抽出された技術は、海外で採用されているか適用を検討中のものが含まれている。</p> <p>・その他、提案されているもの以外にもドライアイスブラスト、アイスブラストなどの除染技術がある。</p> <p>・遠隔技術は原子力を含め多くの産業ですでに適用されている。</p> <p>・サイト内でのタンク材料の再利用は良い視点であり、サイト内での溶融炉設置の可能性も含めて検討に値するものである。</p>
			224, 588	スチールブラスト遠隔除染		
			305	ファイバーレーザーによる除染、遠隔処理		
			553	レーザー除染技術、溶断、自動化技術		
			613	電気化学分解、超音波洗浄		
			630	サンドブラスト除染		
		遠隔回収技術	696	水、高压水、遠隔除染		
			333	リモートマニピュレータによる除去物の回収		
		遠隔解体作業	431	スラッジ、回収方法		
			553	レーザー除染技術、溶断、自動化技術		
	164		ロボット技術、レーザー技術			
	その他	167	解体円滑化			
		419	剥離性樹脂によるタンク内面除染			
	除染廃棄物の取り扱い	除染廃液の処理	729	剥離塗料による汚染固定と除染合理化		
			756	電気化学的処理プロセス、塩化物の除去、錯体の酸化		
			420	汚染廃棄物の固化剤		
			556	放射性廃棄物への作り替え		
その他	除染作業の合理化	644	鋼材の除染とリサイクル			
		188	除染手順			
		233, 336	除染、撤去、解体技術全般			
306	除染最適化検討ツール、CADシミュレーション					
445	除染技術全般(除染、減容化、再利用)					

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
項目	小項目	分類	番号	関連するキーワード		
(5)タンク本体以外のご提案	貯留水のゲル化、固化、吸着	ゲル化	64	ゲル化剤	<p>その他、特に技術提案をお願いしたい事項以外の提案として、貯留水をゲル化または固化して漏水を防ぐ方法、漏水後に吸水または吸着する材料が提案されている。</p> <p>雨水と汚水の混入を防ぐため、タンクに屋根をかける提案も示されている。</p> <p>ボルト型タンクを、除染後に内部をライニング、フランジ部を溶接または樹脂で補修する等により、再利用する方法も多数提案された。</p> <p>コンクリート製の地下貯留設備と遮水壁を兼用する構造の提案があった。</p> <p>タンク漏えい時に吸着材をタンク周りに配置する方法、タンク内で水処理する方法、貯留水の処理方法と処分方法等についても提案があった。</p> <p>なお、海外の多くの組織が汚染水問題に関する実績と経験を提示している。</p>	<p>・貯留水のゲル化・固化については、その後の処理に課題が多いと考えられる。再度液体に戻せる技術があれば可能性はあるかもしれないが、困難と考えられる。</p> <p>・非セメント・非ポリマー系の固化材は1960年代から建設に用いられている材料であり、物質の吸着性に優れる。固化後の状態はコンクリートに似ているものであり、他の1F工事への検討にも値する。</p> <p>・ボルト締めタンクをライニングして再利用する提案は、廃棄物低減、コスト削減、制動X線遮への観点からメリットがあると思われるが、耐震に関しては追加対策が必要である。また、貯留効率改善、作業者の被ばく低減と補修の品質管理の観点でも更なる検討が必要と考えられる。</p>
			121	ゼリー化による漏えい防止		
		固化	37	固化剤、安定剤		
			42	空気硬化性混和剤		
			161	無機系固化剤		
			468	非セメント非ポリマー固化材		
			471	石膏、タンク全体		
		吸着、吸水	16	バイオセーフティー、ナノ複合材料吸着剤		
			130	ゼオライト、タンク隙間充填、放射性核種の回収		
			171	高吸水性高分子		
			365	感温性高吸水性樹脂		
		タンクの雨除け		25, 127, 196, 207		
			124	屋内式タンク		
	ボルト型タンクの補修		202	ゴム充填		
			513, 689, 690, 693	接合部		
			630	二重底構造、ゴムライニング(鉛入り)、オーバフロー接続		
			722	タンク浮上工法		
	地下タンク兼遮水壁		96	遮水壁内部に汚染水を貯留		
			456	コンクリート二次製品、土留め、貯留、遮水構造		
	タンク内および漏えい時の貯留水の処理(添加剤、吸着剤の活用、凍結、蒸散など)		43	凍結、濃縮、減容		
			50	様式2なし		
			55	凝集沈殿		
			73	農薬、分解		
			115	ゼオライト、地下壁、Sr吸着		
			122	貯水頁岩		
			162	オゾン水、分離		
			178	様式2なし		
			247	ストロンチウム、セシウム、吸着処理		
			277	浄化		
			285	放射能除去機能		
			504	緊急対策、漏えい		
			525	汚染水処理		
	534, 631	水処理設備				
	715	バックアップ				
汚染水問題に関する海外の経験の共有		142, 382, 445, 462, 539, 766	海外の原子力関連機関、電力関連研究所等			