

H4エリアタンク漏えい水の抑制対策工事について

～ 土壤中ストロンチウム捕集 ～

平成26年6月27日

東京電力株式会社



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1. H4エリアタンク漏洩水（Sr-90）に対する対策と工程

「タンクからの漏えい水により汚染された地下水の海洋流出防止（タンクエリア下流において、ストロンチウムを捕集する吸着材を用いた土壌改良を速やかに実施）」

「福島第一原子力発電所における廃炉・汚染水問題に対する追加対策」（平成25年12月20日に原子力災害対策本部）

1. 現在実施している対策等

- ・漏洩エリア周辺の汚染土壌の回収，E-1WPによる地下水の揚水

2. H4エリアの更なる追加対策

- ・タンクリアにおける過去の漏洩水への抑制対策を基本とするが，Sr流下速度，漏洩量，対策位置等を考慮し，H-4エリア漏洩水に対して**予防的・重層的対策**として実施する。
- ・対策としては，漏洩エリア下流側（海側）に改良材（アパタイト，ゼオライト）による地盤改良を実施し，Srの流下を可能な限り抑制する。

	H26												H27						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4			
工事工程	適用性検討				▼工事着手	測量,地盤補強,砕石敷き,ヤード整備													
					材料・機材搬入・設置			土壌改良 (Sr捕集)											
								観測孔設置							モニタリング				

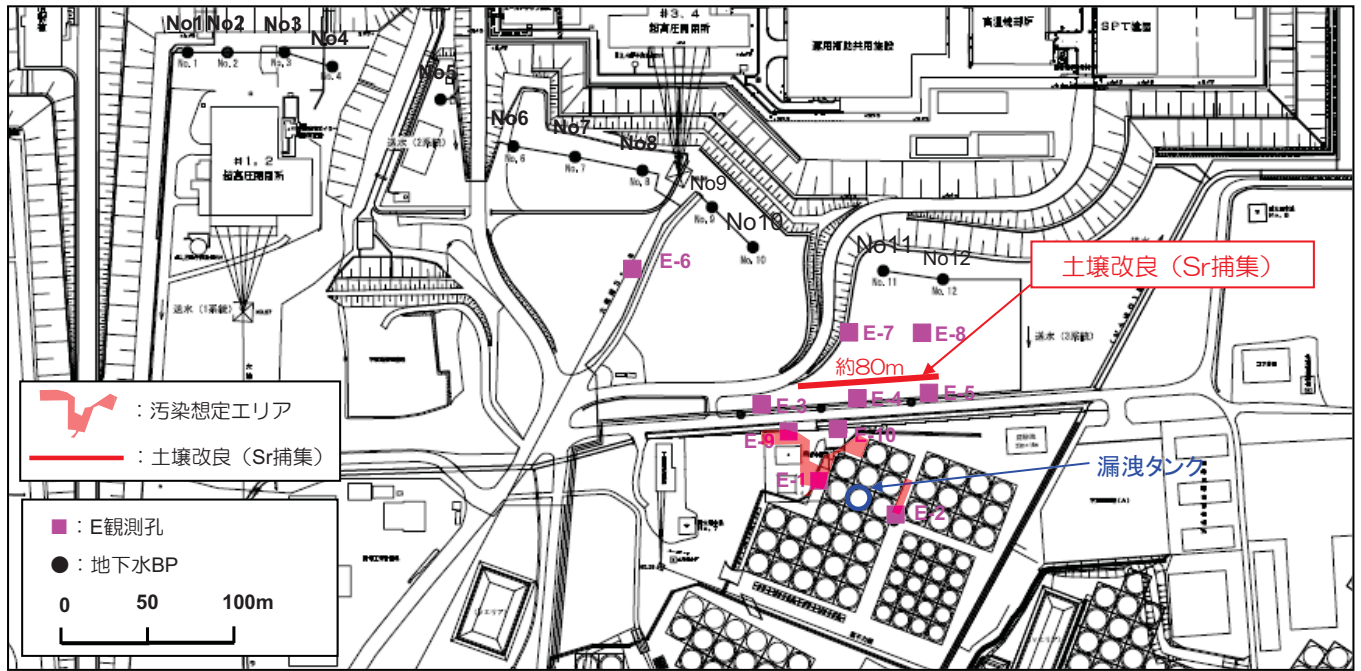


無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

2. 対策レイアウト

- ・H-4エリア東側に改良材（アパタイト+ゼオライト+砕石）※による土壌改良を実施し、Srの固定化および流下の遅延を図る。
- ・対策位置は、漏洩水流下範囲等を踏まえた位置とする。

※ アパタイト：IRID提案229（大成建設，CH2MHILL）
ゼオライト：IRID提案653（電力中央研究所）

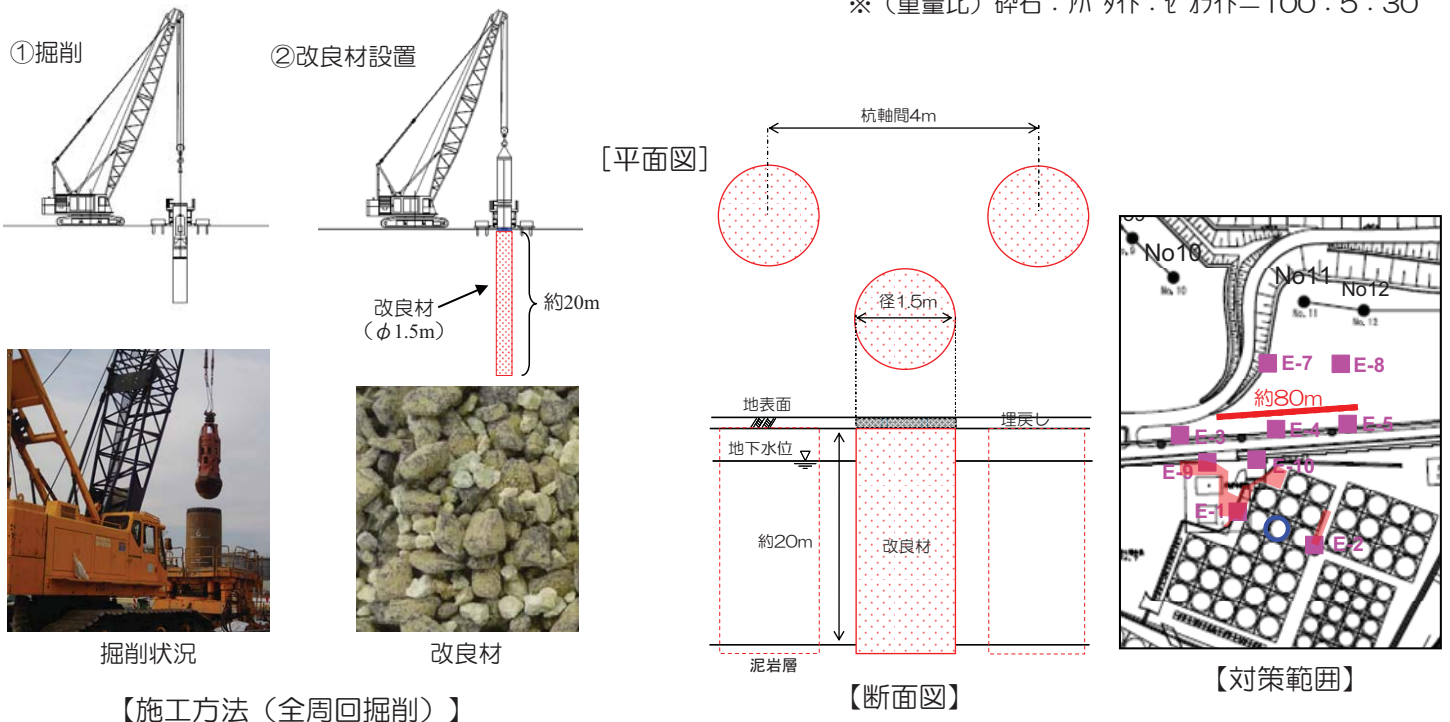


【対策位置】

3. 工事概要

- ・土壌改良方法：全周回掘削機による掘削後、改良材（アパタイト+ゼオライト+砕石）※を設置。
- ・改良材寸法：直径1.5m，深さ約20m，千鳥配置（施工性，地下水流線を考慮）。
- ・対策範囲：約80m

※（重量比）砕石：アパタイト：ゼオライト=100：5：30



【施工方法（全周回掘削）】

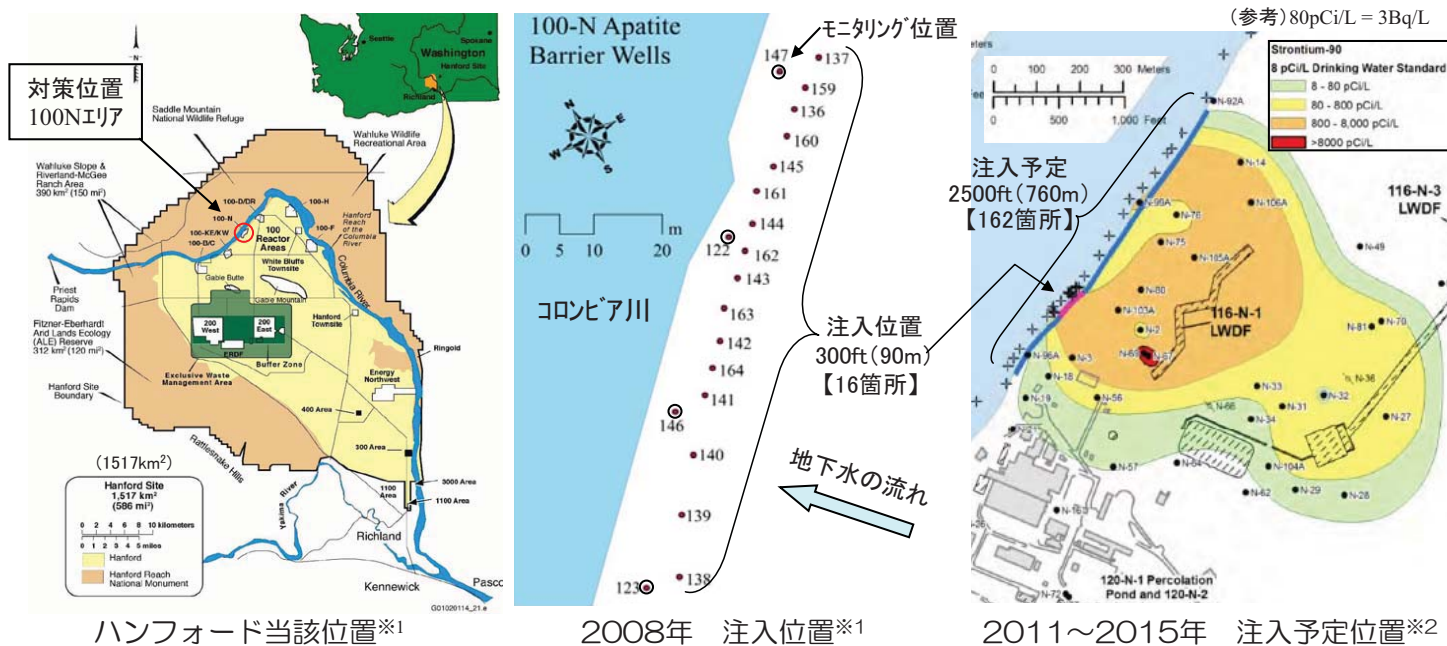
【断面図】

【対策範囲】

<参考-1> 海外適用事例（ハンフォードサイトにおける土壤中Sr捕集技術）

- ・米国ハンフォードサイトで放射性Srの流下抑制対策として実施中。
- ・当初、約90mのアパタイト（吸着材）による土壌改良を実施。現在、約760mまで延長中。効果としては、地下水中のSrを9割程度低減するとの報告あり。

※ 対策工では溶液を注入。試験サイトでは、溶液と粉末の各々で試験を実施し、同程度の性能と評価。



ハンフォード当該位置※1 2008年 注入位置※1 2011~2015年 注入予定位置※2

※1 出典元「100-NR-2 Apatite Treatability Test: High-Concentration Calcium-Citrate-Phosphate Solution Injection for In Situ Strontium-90 Immobilization FINAL REPORT September 2010, Pacific Northwest NATIONAL LABORATORY」に付記
 ※2 出典元「U.S. Department of Energy 100-NR-1 and NR-2 Operable Units Hanford Site - 100 Area Benton County, Washington Amended Record of Decision, Decision Summary and Responsiveness Summary September 2010, United States Environmental Protection Agency」に付記



<参考-2> 適用性検討（1） 室内試験（材料選定試験）

材料の種類	焼成温度	備考	蒸留水		蒸留水+Ca※3.4		供給力	コスト	選択	
			分配係数 (ml/g) ※1	除去率 ※2	分配係数 (ml/g)	除去率				
天然 アパタイト系	アパタイト①：牛骨	1100℃	当初の試験材料	200	56%	—	—	○	△	
	Bone Char (粗粒)：牛骨（活性炭含む）	1000~1100℃	ハンフォードで使用	4700	99%	1100	91%	×	△	
	APATITE II※ (細粒)：魚骨	350℃	ハンフォードで使用	360	97%	700	87%	×	△	
	アパタイト②：牛骨	850~900℃		37	78%	64	39%	○	×	
	蒸製骨粉：豚骨	蒸180℃		1500	99%	300	75%	○	○	◎
合成 アパタイト系	ハイドロキシアパタイト	未焼成		890	98%	72	41%	×	△	
	ハドロキシアパタイトスラリー	未焼成		1500	98%	140	39%	×	△	
	第三リン酸カルシウム①	未焼成		620	98%	110	51%	○	△	
	第三リン酸カルシウム②	未焼成		710	98%	120	55%	○	△	
	溶液型 CaCl ₂ + (Na ₂ HP04+Na ₃ PO ₄ +NH ₄ NO ₃)	—	ハンフォード仕様を参照	316	74%	490	32%	×	×	
天然 ゼオライト系	クリノプチロライト（石見太田産）	—		26,000	99%	—	—	○	○	
	クリノプチロライト（ニッ井産）	—		240,000	99%	560	85%	○	○	◎
	ゼオフィル1424#（モルデナイト）	—		790	88%	—	30%	○	○	
合成 ゼオライト系	日東ゼオライト2号（モルデナイト）	—		10000	99%	—	30%	○	○	
	P型ゼオライト（人工）	—		83,000	99%	8,800	—	○	×	
	X型ゼオライト	—		1,100,000	99%	790	89%	×	×	

【実験ケース】

- ・蒸留水 (アパタイト系) 固液比: 1/10, 固相: 10g, 液相: 100ml (Sr 10mg/L)
(ゼオライト系) 固液比: 1/100, 固相: 1g, 液相: 100ml (Sr 10mg/L)
- ・蒸留水+Ca (アパタイト系) 固液比: 1/100, 固相: 0.3g, 液相: 30ml (Sr 9.6mg/L), Ca: 40mg/L (0.001mol/L)

※4 ゼオライト系は、海水影響の結果(文献等)を記載
 (クリノプチロイト, X型): 海水1%, 固液比: 1/100, 固相: 0.3g, 液相: 30ml (Sr 1mg/L)
 (ゼオフィル, 日東): 海水2.5%, 固液比: 1/40, 固相: 1g, 液相: 40ml (Sr 2mg/L)
 (P型): 海水4%

- ※1 分配係数 (ml/g) = (固相1g当たりのSr吸着量) / (液相1ml当たりのSr残存量)
- ※2 除去率 = 1 - (液相吸着後Sr濃度) / (液相初期Sr濃度)
- ※3 E-1観測孔でのCa濃度(地下水成分): Ca 14mg/L (0.00035mol/L)

- ・改良材は、アパタイトとゼオライトの混合（アパタイトは、Sr固定化、ゼオライトは、Srの流下遅延）。
- ・アパタイトは、性能が良く供給が可能な天然アパタイト「蒸製骨粉」を選定。
- ・ゼオライトは、性能が良く安価な天然ゼオライト「クリノプチロライト（ニッ井産）」を選定。

アパタイト：IRID提案229（大成建設，CH2MHILL） ゼオライト：IRID提案653（電力中央研究所）



<参考-2> 適用性検討（2） 現地試験 配合確認

- ・ 現地試験では、改良材設置時における材料のばらつきを確認し、配合量を設定する。
- ・ アパタイト系材料：設計値の2倍程度を配合。
- ・ ゼオライト系材料：設計値の1.1倍程度を配合。

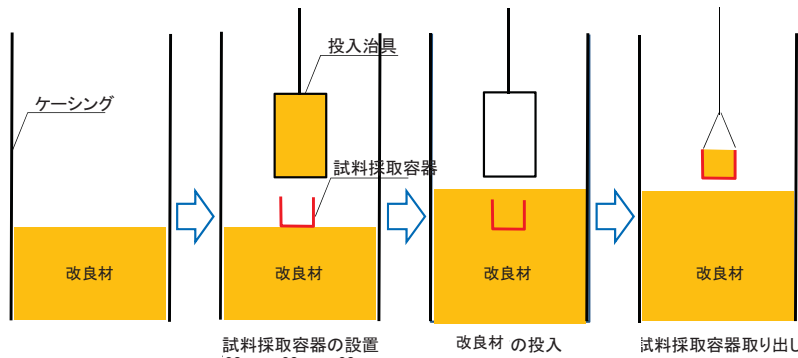


図 改良材の採取方法（投入後）



サンプリング状況（投入前）



サンプリング状況（投入後）

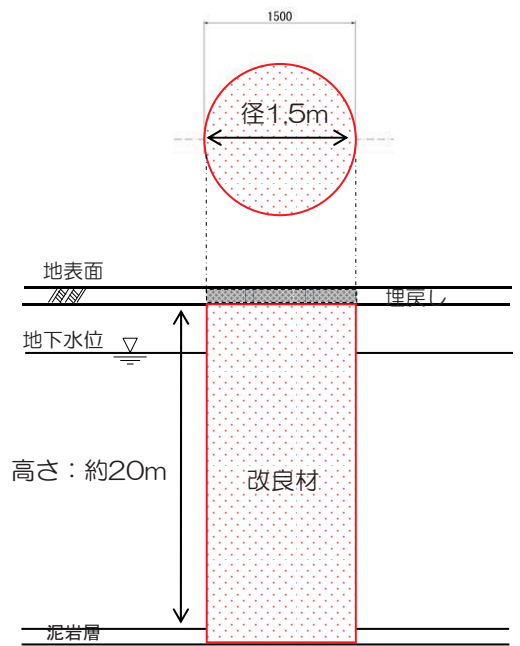


図 試験体

<参考-2> 適用性検討（3） まとめ

室内試験：改良材（アパタイト、ゼオライト）のSr捕集効果の確認（材料選定）。
 現地試験：施工性・品質確認の確認（配合量の設定）。

【室内試験結果】

<改良材の選定>

天然アパタイト（蒸製骨粉）

天然ゼオライト（クリノプチロライト：ニッ井産）

の混合

【現地試験結果】

<配合量の設定>

・ アパタイト：配合量は、設計値の2倍程度

・ ゼオライト：配合量は、設計値の1.1倍程度



<設計値（重量比）>

砕石：アパタイト：ゼオライト＝100：5：30

<配合量（重量比）>

砕石：アパタイト：ゼオライト＝100：10：35