

PEM システムの基本形の検討(その5 基本形の比較検討と今後の技術開発の方向性)

原子力発電環境整備機構	正会員	○ 鈴木 覚	北川 義人	窪田 茂
		加来 謙一	藤山 哲雄	藤崎 淳
清水建設(株)	正会員	多田 浩幸	戸栗 智仁	
(株) I H I	非会員	岩田裕美子	川上 進	
(株) クインテッサジャパン	正会員	川崎 大介	高瀬 博康	
(公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター	正会員	矢萩 良二	朝野 英一	

1. 目的

PEM システムの基本形の検討(その1~4)に示した, 人工バリアー一体化モジュールの検討, 操業システムの検討, 閉鎖後長期安全性の検討の結果に基づいて, 今後, 原子力発電環境整備機構が技術開発の対象とする PEM システムの基本形を絞り込むために, 評価項目を設定し, 基本形の比較検討を実施する. また, 今後の技術開発の方向性について述べる.

2. 評価項目の設定

表1に基本形の比較検討の評価項目を示す. 評価項目としては, 工学的実現性, 回収可能性, 閉鎖後長期安全性, 経済性を設定し, それぞれについて, さらに具体的な評価項目を設定した. 評価対象の方式を表2に示す.

表1 PEM システムの基本形の比較検討の評価項目

評価項目	
工学的実現性	・搬送・定置技術の実現性 ・定置速度(物流シミュレーション) ・搬送定置時の異常時対応のやり易さ
回収可能性	・回収のやり易さ
閉鎖後長期安全性	・残置物の物量(セメント量など)と化学影響 ・基本形や化学相互作用の核種移行への影響
経済性	・坑道掘削土量 ・支保施工費用 ・隙間埋め戻し材量

3. 比較検討の結果

(1) 工学的実現性の検討結果

搬送・定置技術の実現性: HS-G型, HL-G型, VS-G型については, 門型クレーンを採用するが, 概念的な装置設計を実施し, 実現可能であるとの見通しが得られた. HS-AB型については, エアベアリングという特殊な技術を使用しているが, 実規模スケールでの実現性が確認できている¹⁾.

定置速度: 4つの基本形候補とも, 隙間埋め戻し工程を含めて1日5体のモジュールの定置が可能であることを物流シミュレーションより示した(表3).

搬送定置時の異常時対応のやり易さ: 人工バリアー一体化モジュールの表面線量は低いため, 異常時には作業員がモジュールに近づいて作業することが可能である. 坑道断面が大きいHS-G型, HL-G型, VS-G型については, 装置のスタックなどの発生の可能性が低く, なおかつ発生した場合にも周辺の空間が大きいので, 様々な装置を導入して回復作業ができると考えられる. 一方, HS-AB型については, PEM容器と坑道壁面の空間が15cm程度と小さいため, スタッキング時の作業は相対的に容易ではない. なお, HS-AB型については, 装置故障時の回復方法についても実規模スケールでの検討が進んでおり²⁾, 現時点では技術的に対応が可能で

表2 基本形候補

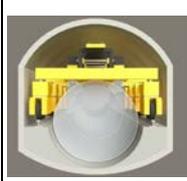
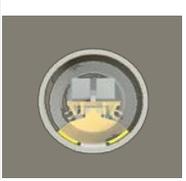
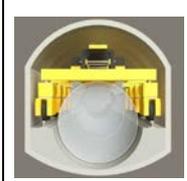
横置き・単体		横置き・複数	縦置き・単体
HS-G型	HS-AB型	HL-G型	VS-G型
			

表3 物流性の比較

基本形候補	HS-G型	HS-AB型	HL-G型	VS-G型
5体の作業に要する時間(対HS-G比)	1.00 (15.1時間)	0.81	0.93	1.35

上段: PEM 定置工程のみ 下段: 隙間埋め戻し工程を含む

キーワード 高レベル放射性廃棄物, PEM システム, 物流, 閉鎖後長期安全, 回収, 経済性

連絡先 〒108-0014 東京都港区芝4丁目1番23号 三田NNビル12階 原子力発電環境整備機構 TEL 03-6371-4004

あると考えられる。

以上のことから、坑道断面の大きい HS-G 型は、搬送定置や隙間埋め戻し作業において、異常時対応を含めて広い作業空間が確保され、工学的には柔軟性が高いと判断した。しかし、同様に坑道断面が大きい HL-G 型については、PEM 自体が重いことから HS-G 型に比べると相対的に難易度が高いと考えられる。VS-G 型については、実現性について技術的に問題はない。HS-AB 型については、実規模大での実現性が確認できているが、隙間が小さいため相対的に他の方法に比べ、技術的な難易度が高いと判断した。

(2) 回収可能性の検討結果

4つの方法で技術的に回収は可能である。ただし、HS-G 型、HS-AB 型、HL-G 型（横置き）では、処分坑道にモジュールを定置するため、端部から1体ずつ回収する必要があるのに対し、処分坑道が残されていれば、VS-G 型では任意の処分孔から回収が可能となる。また、上部の空間も大きいことなどから、VS-G 型が他の型と比較して相対的に回収は容易であると判断した。また、横置きの中でも HS-AB 型は隙間幅が狭く、技術的難易度が相対的に高いと判断した。

(3) 閉鎖後長期安全性の検討結果

残置物の物量：表4にコンクリート支保などの残置物量を示す。コンクリート支保は、セメント-ベントナイト相互作用の原因となるため、使用するセメント量が少なくする基本形が優位である。残置の可能性があ

表4 残置物量の比較
(HS-G 型に対する比率, 硬岩の場合)

残置物	HS-G 型	HS-AB 型	HL-G 型	VS-G 型
支保 ¹⁾	1.00	1.36	1.57	1.22
グラウト	1.00	0.85	1.57	1.66
防水シート	1.00	0.76	1.57	1.57

1) 支保に用いるセメント量

るセメント量は HS-G 型が最も少なくなる。また、HS-G 型、HL-G 型は、隙間埋め戻しの層が厚いことから、緩衝材を保護する効果を上げることも期待されると考えられる。

核種移行への影響：核種移行に対する影響について基本形の候補間で有意な差はなかった。

(4) 経済性の検討結果

経済性の評価結果を図1に示す。HS-AB 型は掘削土量が最も少なく、隙間埋め戻しの量も少ないことから、経済性に最も優れる。HL-G 型については熱の観点から、坑道の離間距離、廃棄体定置間隔を大きくとる必要があるため、坑道延長が HS-G 型に比べ長大化し、建設費、隙間埋め戻し費用が相対的に増加する。また、VS-G 型は縦置き・ブロック方式と差はない。

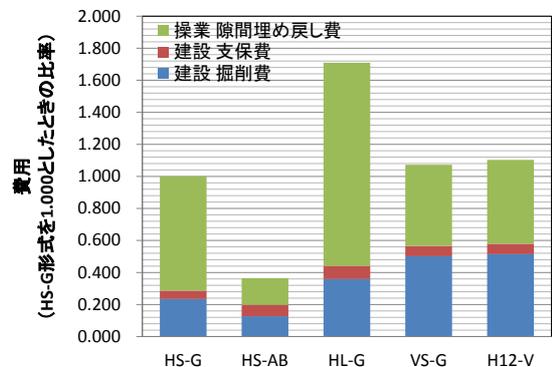


図1 経済性の分析結果

4. PEM システムの基本形の絞り込み

以上の検討に基づくと、4つの基本形の候補ともに、技術的には全ての候補で成立するが、経済性を除く項目で HS-G 型が最も有望であると判断した。なお、HS-AB 型は隙間が狭いため、異常時の対応や回収可能性の観点から相対的に難易度が高いと判断されたが、搬送技術としてのエアベアリング技術は、坑道断面が大きいケースでも適用可能であり、装置の要素技術のオプションとして有効と考えている。

5. まとめ (今後の技術開発の方向性)

PEM システムの基本形を絞り込み、HS-G 型が相対的に有望であると判断した。したがって、今後、HS-G 型に関連する技術の開発に焦点を絞る計画である。例えば、人工バリアー一体化モジュールの含水飽和過程の把握、湧水対策を含む隙間埋め戻し技術の開発および、残置物との相互作用の検討などについて拡充が必要であると考えている。また、その他の基本形については、オプションと位置づけ、今後、必要に応じて技術開発を進める計画である。

参考文献 1) 原子力環境整備促進・資金管理センター：平成22年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書(第1分冊)遠隔操作技術高度化開発(2/2),平成23年3月。2)戸栗ら：PEM 搬送における救援・復旧方法の開発,日本原子力学会「2012年秋の大会」B29,平成23年9月。