

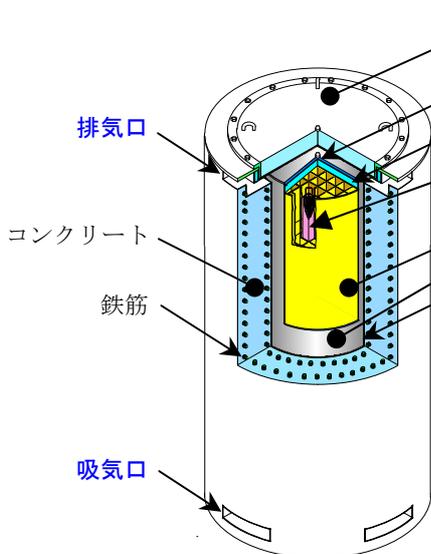
高温での放射線遮へい性能に優れたコンクリート系材料の開発

大成建設（株）土木技術研究所	正会員	○宮原 茂禎
大成建設（株）土木技術研究所	正会員	大脇 英司
大成建設（株）土木技術研究所	正会員	岡本 礼子
大成建設（株）原燃サイクル部	正会員	杉原 豊
大成建設（株）原燃サイクル部	正会員	下野 正人
（株）神戸製鋼所 高砂機器工場		下条 純
トランスニュークリア（株）		谷内 廣明

原子力発電所で発生する使用済燃料は再処理や直接処分の前に発電所の敷地内外で一時的に貯蔵される。我が国でもコンクリートキャスクを用いた貯蔵方法について検討が進められているが、通常のコンクリートは高温で水分が蒸発し、中性子遮へいに有効な水素が失われる。より安全で合理的なキャスクを提供するため、高温での遮へい性能に優れたコンクリート系材料を開発し、長期加熱試験を実施して耐久性を確認した。

1. はじめに

我が国では1997年までに6,400tU（トン・ウラン；ウラン換算量）の使用済燃料が貯蔵され、最近では年間900tU程度発生している¹⁾。青森県六ヶ所村に準備中の再処理施設は年間処理能力が800tUであり、フル稼働した場合でも国内で発生する使用済燃料を直接、全量再処理することはできず、適切に保管する必要がある¹⁾。輸送、貯蔵の両面で実績があり信頼性の高い金属キャスクを用いた施設が計画されているが、経済性の観点からコンクリートキャスクも検討が進んでいる。従来のコンクリートは高温では水分が蒸発し、中性子遮へいに有効な水素含有量の減少が著しい。また、温度上昇によりコンクリートの強度が低下するため吸排気口を設け、外気を対流して冷却している（図-1）。しかし、開口部を介した放射線の漏洩、外気中の海塩粒子等によるキャニスタの腐食等の可能性が指摘されている。

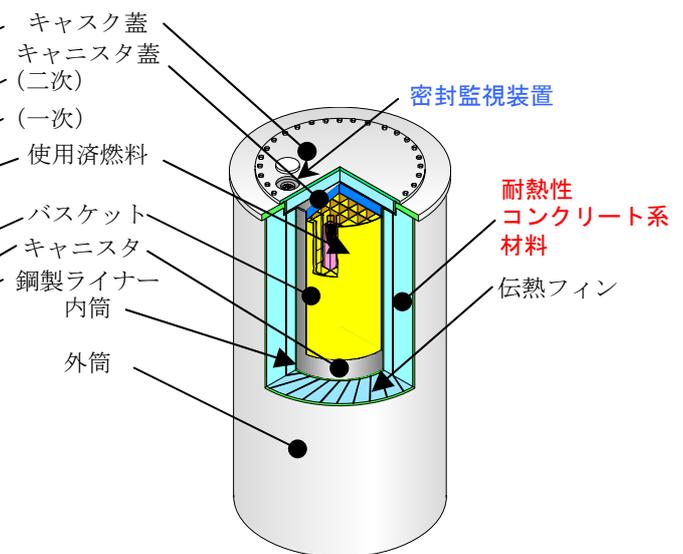


において十分な水素含有量を保つコンクリート系材料について報告する。本材料の適用により開口部のない、金属キャスクと同様の概念の新しいキャスク（図-2）の設計・製造が可能になった。

2. 耐熱性コンクリート系材料の開発

水酸化カルシウムを添加し、その結晶水で高温での水素含有量を確保することを期待した。また、鉄粉、鉄繊維の添加により所定の密度とし、同時に求められる γ 線の遮へい性能を確保することとした。基本的な配合物の物性を表-1に示す。150℃においても室温にある普通コンクリートに対して、含水率は2～3倍であり、密度は同等であった。

使用済燃料のモデルを用いて中性子と γ 線の線源



ここでは高温

図-1 従来型コンクリートキャスク

図-2 耐熱性材料を用いたハイブリッドキャスク

キーワード コンクリートキャスク、耐熱性、中性子遮へい、原燃サイクル、含水率

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株）技術センター土木技術研究所 tel.045-814-7228

強度を求め、図-2 に示すキャスクの側部をモデル化して一次元輸送遮へい計算コード⁶⁾により遮へい性能を検討した。本材料は中性子遮へい性能に優れ、中性子を約 50%，合計線量当量率を約 20%低減できることが確認された（表-2）。

3. 耐熱性コンクリート系材料の長期加熱試験

本材料の耐久性を検討するため、予め 105°C で 48 時間加熱して自由水を除去した供試体を用いて、150, 200, 250°C の開放系の乾燥器で加熱試験を行った。含水率はおよそ半年間で約 9% に収束することが確認された（図-3）。密度は予備加熱によって減少するが、その後は一定の密度を維持した（図-4）。

環境温度 250°C までは必要な密度や含水率が保たれ、遮へい性能が維持されると考えられた。

4. 耐熱性コンクリート系材料の製造安定性、施工性

容量 1m³ の強制 2 軸練りミキサーで同一配合物を約 10 バッチ製造し、スランプフロー約 70cm の良好な流動性を持つ材料を安定して製造できることを確認した。また、図-2 のキャスクは伝熱フィンを持つ複雑な断面形状をしているが、1/3 スケールモデルを用いて充てん試験を行い、締め固め作業なしに隅々まで空隙なく充てんできることを確認した。硬化後に 23 箇所から試料を採取して測定した平均密度は 2.35g/cm³、変動係数（相対標準偏差）は 2.5% であり、材料分離や空気の巻き込みなどの影響のない、遮へい材として十分な均一性を有する材料であった。

5. まとめ

水酸化カルシウムと金属材料の適切な添加により 250°C 程度までの高温で遮へい性能を維持できる材料を開発し、加熱試験により耐久性を確認した。また、この材料はキャスクの遮へい材として十分な施工性、均一性を有する材料であった。

本材料を遮へい材として適用することにより、金属キャスクと全く同じ概念の、吸排気口のない安全性の高い使用済燃料貯キャスク（ハイブリッドキャスク）を設計・製造することが可能になった。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁総合エネルギー調査会：リサイクル燃料資源中間貯蔵の実現に向けて，原子力部会中間報告，1998。
- 2) 関口晃ほか：再処理施設の放射線遮蔽安全ガイド資料，JAERI-M-86-060，p. 143，1986。
- 3) 土木学会編：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，pp. 29-49，2002。
- 4) 土木学会編：コンクリート標準示方書 [施工編]，p. 46，2002。
- 5) JIS A 5308-1998 レディーミクストコンクリート。
- 6) R. G. Soltesz：Revised WANAL ANISN Program User's Manual，WANL-TMI-1967，1969。

表-1 耐熱性コンクリート系材料の物性

	耐熱性 コンクリート系材料		一般的な コンクリート
	150°C	室温	室温
含水率(mass%)	11	17	4~7 ²⁾
密度(g/cm ³)	2.2	2.3	2.25~2.30 ³⁾
熱伝導度(W/m/K)	1.4	2.0	2.6~2.8 ⁴⁾
比熱(kJ/kg/K)	—	0.9	1.0~1.3 ²⁾
線膨張率(1/K)	—	1.1×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵ ³⁾
圧縮強度(MPa)	90	60	18~40 ⁵⁾

表-2 キャスク表面から 1m での線量当量計算結果

	線量当量率(μSv/h)		
	中性子	γ線	合計
耐熱性コンクリート系材料	20	60	80
一般的なコンクリート	40	60	100

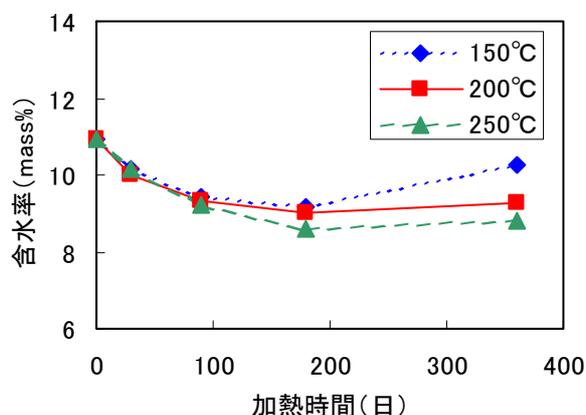


図-3 加熱後の含水率の変化

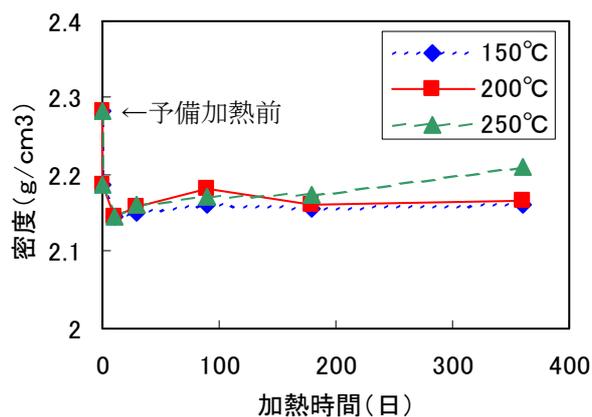


図-4 加熱による密度の変化