

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	地層処分場の負荷低減を目指した バックエンドシステムの構築
Title(English)	Establishment of Back-End Systems for Load Reduction of Geological Repository
著者(和文)	川合康太
Author(English)	Kota Kawai
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10810号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹下 健二,大貫 敏彦,木倉 宏成,相樂 洋,塚原 剛彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10810号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		川合 康太		
			氏名	職名			
論文審査 審査員	主査		竹下 健二	教授	塚原 剛彦	准教授	
	審査員		大貫 敏彦	教授			
				木倉 宏成	准教授		
				相楽 洋	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「地層処分場の負荷低減を目指したバックエンドシステムの構築(Establishment of Backend Systems for Load Reduction of Geological Repository)」と題し、7章より構成されている。

第1章「緒論」では、日本の原子力情勢を俯瞰し、わが国の核燃料サイクルの概要が示されている。特にガラス固化体製造工程における、ガラス溶融炉の仮焼層内挙動の解明が急務であると述べている。更に、ガラス固化体は最終的に地層処分されることから、処分場の負荷低減の観点から廃棄物含有率を増加させた高充填ガラス固化体の製造技術および核種分離・核変換技術が将来的に核燃料サイクルに組み込まれると指摘している。こうした現状を踏まえて、本論文では高レベル廃液のガラス固化の成立性を担保しつつ、最終処分場の負荷低減のために必要なバックエンドシステムを提示することを目的としたと述べている。

第2章「高レベル廃液の熱分解挙動の解明」では、ガラス溶融炉の仮焼層内挙動を明らかにするために、模擬高レベル廃液の熱分解挙動を解明している。まず、模擬高レベル廃液 (sHLLW) を構成する 15 種類の主要金属硝酸塩の熱分解挙動を調べ、金属硝酸塩同士の相互作用について検討している。その結果、600°C 付近では Ru によりアルカリ金属硝酸塩の熱分解反応が促進され、300°C 付近ではランタノイド硝酸塩が Na や Zr と複塩を形成し、かつ Ru により熱分解反応が促進されることを明らかにしている。9 種類の硝酸塩と $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を用いれば複雑な高レベル廃液の熱分解挙動が解明できると結論している。

第3章「高レベル廃液/ホウケイ酸ガラス間の相互作用の検討」では、高レベル廃液とホウケイ酸ガラスとの相互作用について検討している。ホウケイ酸ガラス粉末共存下における sHLLW の熱分解反応を調べた結果、Ru により NaNO_3 の NaNO_2 への分解が促進され、更にホウケイ酸ガラス中の SiO_2 や B_2O_3 により NaNO_2 の Na_2O への熱分解が促進されることを明らかにしている。これらの現象が 600~800°C の高温域における sHLLW/ホウケイ酸ガラス粉末系の熱分解挙動を決定づけていると結論している。また、高レベル廃液に含まれる元素のガラス内拡散現象を調べた結果、500~700°C のガラス溶融温度以下で Na と Cs がガラス内に拡散し、650°C で 1 時間保持すると sHLLW 中の 65% の Na がガラス相内へ拡散することを明らかにしている。Na のガラス相への拡散によってガラス表層の物性を著しく変化し、ガラス表層が多孔質化 (脆化) すると述べている。

第4章「多様な燃料サイクルシナリオにおける高レベル廃棄物の性質検討と地層処分影響の検討」では、廃棄体専有面積を決定づける発熱量に着目し、ガラス固化プロセスに至るまでの燃料サイクル諸条件 (燃料型、燃焼度、使用済燃料冷却期間、核種分離割合、ガラス固化体の廃棄物含有率) がガラス固化体の性質に及ぼす影響を調べ、処分場の設計に及ぼす影響を評価している。特に高燃焼度化、冷却期間長期化、核種分離およびガラス固化体の廃棄物含有率が処分場の設計に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。更に処分面積削減の有効性を評価する廃棄体専有面積削減効果指標 (CAERA 指標; Comprehensive Analysis of Effects on Reduction of disposal Area) を提案し、CAERA 指標と緩衝材温度の関係から、バックエンドシステムの構築に必要な燃料サイクル諸条件を明らかにしている。

第5章「核種分離プロセス導入による高レベル廃液熱分解挙動への影響」では、処分場の成立性を担保したバックエンドシステム条件として、使用済燃料冷却期間 4 年、Cs/Sr 分離割合 90%、Mo/PGM 分離割合 70%、ガラス固化体への廃棄物含有率 35wt% を想定し、この条件で発生する高レベル廃液がガラス固化プロセスに与える影響を検討している。 NaNO_3 の濃度、ガラス存在比、模擬廃液乾固体とガラスとの接触面積との違い等により、従来の高レベル廃液と多少異なる熱分解挙動を示したが、熱分解反応終了温度に影響がないことを明らかにしている。更に Mo/PGM 分離が 70% 以下であれば Ru による NaNO_3 の熱分解反応促進効果が得られることから、高充填ガラス固化体を製造してもガラス固化プロセスに大きな影響はないと結論している。

第6章「ガラス固化プロセスおよび地層処分概念の成立性を基にしたバックエンドシステムの構築」では、現行のガラス固化システムを用いて処分面積削減が可能なバックエンドシステムを 2 ケース例示している。使用済燃料冷却期間を 4 年とした場合、Cs/Sr 分離 90%、Mo/PGM 分離 70%、ガラス固化体への廃棄物含有率 35wt% の条件で廃棄体専有面積を 57% 削減でき、使用済燃料冷却期間を 20 年とした場合、Cs/Sr 分離 70%、Mo/PGM 分離 60%、ガラス固化体の廃棄物含有率 30wt% の条件で廃棄体専有面積を 9% 削減できると評価しており、本論文の目的が達成できたと結論している。

第7章「結言」では、本論文の結論と今後の研究課題についてまとめている。

これを要するに、本論文は高レベル廃液のガラス固化の成立性を担保しながら、地層処分場の負荷低減を可能とするバックエンドシステム概念を構築したものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認められる。