

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	大気圧非平衡プラズマによる化学転換と湿式分離を用いた燃料デブリの化学処理に関する基礎研究
Title(English)	Basic study on fuel debris treatment using chemical conversion by atomic-pressure non-thermal plasma and the aqueous separation
著者(和文)	北垣 徹
Author(English)	Toru Kitagaki
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10167号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鈴木 達也,池田 泰久,小澤 正基,竹下 健二,塚原 剛彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10167号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

本論文は、「大気圧非平衡プラズマによる化学転換と湿式分離を用いた燃料デブリの化学処理に関する基礎研究」と題し、難溶性物質である燃料デブリを対象として、大気圧非平衡プラズマを用いた化学転換により可溶化する手法とイオン交換による湿式分離法を組み合わせた新規化学処理法を提案し、各工程の技術的成立性を明らかにした上で一連のプロセスとして具現化したものであり、7章より構成されている。

第1章「序言」では、これまでの原子力過酷事故で発生した燃料デブリの特性と処置方法について概観し、燃料デブリは難溶性で化学処理が困難であることを明らかにした上で、計量管理方法や処理・処分法が課題となっている燃料デブリからUおよびPuの回収が可能な化学処理法の提案とその技術的成立性を明らかにするという本研究の目的を述べた。

第2章「燃料デブリの熱力学的評価」では、過酷事故で発生する燃料デブリの相状態について、福島第1原子力発電所の過酷事故で生じたと想定される熔融燃料とコンクリートの反応(MCCI: molten-core concrete interaction)による生成物を熱力学平衡計算により推定している。この結果、MCCI生成物中でUの多くは(U, Zr)O₂および(Zr, U)SiO₄の化学形で存在している可能性を示唆した。

第3章「大気圧非平衡プラズマによる模擬燃料デブリの可溶化処理」では、燃料デブリの可溶化処理として、大気圧非平衡プラズマによる酸化及び塩素化処理の技術的成立性を検討している。酸化処理は燃料デブリ中のUO₂の粉体化を目的としており、UO₂の模擬物質として酸化挙動が比較的類似しているWO₃を用いて、大気圧非平衡プラズマによる酸化処理試験を行い、酸化により粉体が得られることを明らかにしている。塩素化処理は難溶性物質を可溶性の塩化物に化学転換することを目的としており、CCl₄ガスを塩素源として難溶性のCeO₂を大気圧非平衡プラズマ塩素化処理により、常圧且つ100℃以下の低温で化学転換し、純水中にCeを溶解させることが可能であることを明らかにした。

第4章「電解凝集法による模擬溶解液からのセシウムの分離」では、電解凝集法による模擬燃料溶解液からのCs分離について技術的成立性を検討している。燃料デブリ中に含まれるCsは高い放射能を有し、UおよびPuの分離工程で使用するイオン交換樹脂を放射線劣化させる懸念があり、事前に除去することが望ましく、電解凝集によりCs以外のUを含む元素の大部分が沈殿物中に移行することを確認した上で、沈殿物の濾過と塩酸溶解によりCsを分離した溶解液が得られることを明らかにした。

第5章「イオン交換による模擬溶解液からのウランの回収」では、耐放射線性、耐熱性に優れたイミダゾール系陰イオン交換樹脂をシリカビーズに担持させたイオン交換体を用いて、模擬燃料デブリ溶解液からのU回収の適用性を評価した。分配係数の測定試験、クロマトグラフィー分離試験により燃料デブリ溶解液中からUが回収可能であることを明らかにした。

第6章「新規化学処理法の提案」では、第3章から第5章までで技術的な成立性が検証された個別化学処理技術を統括し、燃料デブリ中からのUおよびPuの分離処理のための新規化学処理方法を提案した。すなわち、具体的には第2章で検討した燃料デブリに対し、第3章で検討した大気圧非平衡プラズマによる可溶化処理を行い、塩酸溶液に溶解させた後に、第4章で検討した電解凝集法を用いてCsを分離し、第5章で検討したイオン交換法によりUおよびPuを分離するプロセスを提案した。提案したプロセスを実用化させるための課題についても明らかにした。

第7章「結言」では、各章で得られた結果を総括し、本論文の結論とした。