



Title	Improvement of corrosion resistance on equipments for spent unclear fuel reprocessing
Author(s)	竹内, 正行
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44565
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	たけ うち まさ ゆき 竹 内 正 行
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 8 2 5 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 1 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Improvement of corrosion resistance on equipments for spent unclear fuel reprocessing (核燃料再処理機器の高耐食化に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 山 中 伸 介 (副査) 教 授 西 嶋 茂 宏 助教授 山 本 孝 夫 助教授 宇 埜 正 美

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は核燃料再処理技術の PUREX 法および熔融塩電解法を対象に、再処理機器の腐食損傷防止ならびに寿命延長に資するために、腐食環境の厳しい機器を明らかにして高耐食化を図ることを目的としており、以下の五章から構成されている。

第一章では、本研究の背景と目的について述べられており、再処理施設における安全性の確保や稼働率向上を図るために、材料腐食研究が重要な基盤技術であることが指摘されている。

第二章では、再処理技術と材料の関わりとして、PUREX 法および熔融塩電解法の各プロセスと腐食環境について述べられている。

第三章では、PUREX 法用再処理機器の高耐食化に関する研究成果が示されている。本成果では、まず装置材料の大半を占めるステンレス鋼の腐食について、ウランやプルトニウムに代表される再処理溶液側の化学種の影響が詳細に調査されている。それらの結果から、ステンレス鋼の腐食加速因子を見出すとともに、腐食メカニズムを明らかにし、ステンレス鋼にとって苛酷な腐食環境を有する再処理機器が指摘されている。さらに、これら機器の高耐食化を図るために、チタン 5% タンタル合金やジルコニウムの腐食挙動が評価されている。また、酸回収蒸発缶の運転試験から、両材料の製作性、機器性能、長期耐久性等、再処理用装置材料としての適用性が工学的に検証されている。

第四章では熔融塩電解法用再処理機器の高耐食化に関する研究成果が示されている。本成果では、装置材料の耐食性確保が難しい酸化物電解法の熔融塩電解槽に対して高耐食化を図るために、飛躍的な環境緩和が可能なコールドクルーシブル技術とセラミックコーティング技術の適用性が検討されている。コールドクルーシブル技術に関しては、熔融塩中の材料腐食試験によって、材料温度と腐食速度の関係を明らかにし、金属材料による耐食性確保が可能であることを検証している。この知見をもとに、臨界管理型坩堝を製作して、塩の熔融試験を実施することにより、コールドクルーシブル型熔融塩電解槽としての機器性能が工学的に検証されている。一方、セラミックコーティング技術に関しては、熱力学計算および腐食試験を通して、コーティング膜に適用可能な高耐食セラミック材が見出されるとともに、溶射法およびゾル・ゲル法による複合膜の密着性および耐食性が腐食試験によって評価されている。この結果から、双方の技術ともに、熔融塩電解槽の高耐食化を実現するための飛躍的な腐食低減効果が得られている。

第五章は結論であり、本研究で得られた成果が要約されている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、核燃料再処理施設における安全性の確保ならびに稼働率の向上を図るために、腐食環境の厳しい再処理機器を明らかにし、高耐食化を図ることを目的としている。

世界中の商用再処理プラントで採用されている PUREX 法に関しては、装置材料の大半を占めるステンレス鋼の腐食について、溶液側の環境因子を詳細に評価し、再処理溶液中に存在する化学種全体について、その影響が定量的に評価されている。特に、ウラン、プルトニウム、放射線等の再処理環境特有の因子については、硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム、 γ 線と実際の再処理溶液中に存在する物質および化学形態で評価されており、他に研究例の極めて少ない貴重なデータである。また、以上の腐食試験結果から、ステンレス鋼の腐食を加速する化学種が見出され、電気化学的考察により、その化学種の条件が明確化されている。さらに、腐食加速因子の影響と各再処理機器の運転条件を考慮して、ステンレス鋼にとって腐食が懸念される再処理機器を具体的に指摘していることも腐食対策上、重要な知見である。このように、高耐食化が必要とされる再処理機器に有効な材料として、チタン 5%タンタル合金およびジルコニウムの腐食挙動が詳細に調査されており、ステンレス鋼が有する耐食性上の欠点を補完する特性を有することが確認されている。さらに、腐食環境の厳しい代表的な再処理機器として酸回収蒸発缶を挙げ、実際に、チタン 5%タンタル合金およびジルコニウムで製作した機器の運転試験により、再処理材料として必要とされる製作性や長期耐久性について工学的に検証されている。これらの知見については、東海再処理工場で稼働中のチタン 5%タンタル合金製機器の運転に反映されている。

一方、経済性、核拡散抵抗性、環境負荷低減性の向上を図るため、近年、研究開発が進められている乾式再処理の溶融塩電解法に関しては、装置材料の耐食性確保がプロセス成立上の主要課題とされる酸化物電解法の溶融塩電解槽を対象として、コールドクルーシブルおよびセラミックコーティングによる高耐食化技術について研究成果がまとめられている。コールドクルーシブル技術の適用性に関しては、溶融塩中の腐食評価により、金属材料の温度と腐食速度の関係を明確にし、冷却による環境緩和の効果で、通常の腐食環境では困難とされる金属材料の適用が可能になることを見出すとともに、有望な装置材料を具体的に提案している。また、その材料によって臨界管理に対応可能なコールドクルーシブル用坩堝を製作し、溶融塩電解槽への適用に要求される加熱、冷却、電解の各性能が良好であることを工学的に検証している。また、セラミックコーティング技術に関しては、熱力学計算および腐食試験を通して、コーティング膜に適用するセラミック材の耐食性を評価するとともに、溶射法とゾル・ゲル法による複合膜を考案して、黒鉛を基材としたコーティング膜の優れた密着性および耐食性を実証している。結論として両技術ともに、溶融塩電解槽の高耐食化を図る上で、飛躍的な耐食性改善効果が認められており、研究例がほとんど認められていない中で、貴重な腐食データの提供ならびに高耐食化技術の提案がなされている。

以上のように、本論文は、核燃料再処理分野における機器の高耐食化に関して、重要な知見を与えており、これらの知見は、原子力工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。