

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 青 砥 紀 身

常圧下で広い温度範囲で液相を保つ金属ナトリウム(Na)は、その熱特性などの良好さから高速増殖炉(FBR)の冷却材として適用される。一方で、Na は化学的に非常に活性であり、大気中で燃焼し、酸化物( $\text{Na}_2\text{O}$  や  $\text{Na}_2\text{O}_2$ )を生成する。また、酸化物は容易に湿分と反応して水酸化物( $\text{NaOH}$ )に変化する。このため、FBR プラントにおける 2 次系 Na 漏えい事故では、そうした大気下で形成される高温 Na 系溶融塩中における鉄鋼材料の腐食評価を適切に行うことは重要である。実際、原型炉もんじゅで発生した Na 漏えい事故および事故原因究明のために行われた 2 度の実規模 Na 漏えい燃焼実験では、Na 漏えい流下部にあった炭素鋼製構造物に激しい腐食が発生した。

本論文は、Na 系溶融塩中における炭素鋼(鉄)の腐食挙動を、浴塩の主成分となる  $\text{Na}_2\text{O}_2$  (≡酸素ポテンシャル)および  $\text{Na}_2\text{O}$  (≡塩基度)、ならびに浴塩に接する雰囲気中の酸素が腐食進行に及ぼす効果を含め、明らかにすることを目的としている。漏えい現場から採取した試料の分析、炭素鋼を用いた全/半浸漬試験、電気化学実験および熱力学的な検討に基づき、炭素鋼の腐食が Na 系溶融塩中の酸素ポテンシャルと塩基度により 2 つの典型的な挙動に分けられることを指摘するとともに、各腐食形態における腐食速度や動的挙動を明らかにした。また、いずれの浴塩組成においても、一般的な溶融塩腐食とは異なり、浴塩に接する雰囲気中の酸素は炭素鋼の腐食進行に影響を与えないことを明らかにした。本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章では、実際に発生したもんじゅ事故や 2 つの漏えい燃焼実験で認められた損傷事例を俯瞰するとともに、これまでに腐食挙動解明の視点からの研究報告が無いことを踏まえ、研究課題の抽出を行っている。

第 2 章では、3 つの実 Na 漏えい燃焼現場から採取した試料について、化学的および冶金的分析を行うとともに平衡論に基づく化学熱力学的な検討に基づき、Na 溶融塩中の炭素鋼の腐食挙動が、浴塩中の酸素ポテンシャルと塩基度により 2 つの異なる形態に区分できることを示している。

第 3 章では、Na 系溶融塩中で炭素鋼の全浸漬試験を行い、想定した各腐食環境において、指摘した腐食が発生することを確かめるとともに、試験結果に基づき各腐食形態における腐食速度および動的挙動を明らかにしている。また、

浴塩に接する雰囲気中の酸素が腐食進行に影響しないことを明らかにしている。

第4章では、気液界面における腐食進行に及ぼす気相酸素の影響を半浸漬試験結果に基づき評価検討し、同部の腐食促進は、浴塩中に過酸化イオン( $O_2^{2-}$ )が有意存在する場合のみ顕著となること、腐食進行には気相酸素はほとんど影響しないことを明らかにしている。

第5章では、これまで報告例がないNa系溶融塩中の炭素鋼の腐食電位および分極特性の測定を行っており、各腐食形態における腐食電位や分極特性の違いを明らかにしている。また、測定データに基づき求めた腐食進行速度が、全浸漬試験データに基づき提案した腐食速度式と整合することを示している。

第6章では、前章までの全および半浸漬試験結果、電気化学実験結果、および熱力学的な検討に基づき、得られた結果や知見を整理し、それらが相互に矛盾しないことを示し、結論をまとめている。

以上を要約すれば、本論文はNa系溶融塩により構成される腐食環境での鉄の腐食挙動を明らかにしたものであり、浴塩中の酸素ポテンシャルと塩基度により、腐食形態が分けられること、また、腐食の進行に外接する雰囲気中の酸素が、一般に最も大きな影響があるとされる気液界面も含め、ほとんど影響しないことを、各種実験や熱力学的評価によって明らかにしたものである。得られた知見は、ナトリウム冷却型高速増殖炉開発ならびにそのプラントの安全性向上のみならず、広くナトリウムを原材料とする化学工業における安全性確保に寄与するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。