

## 審査の結果の要旨

氏名 川妻 伸二

川妻伸二氏の博士論文は、「原子力緊急時ロボットの運用方策構築に関する研究」と題し、全 8 章より構成される。本論文では、原子力施設で事故が発生した際に、高放射線環境下で作業員に替って調査や作業を行う原子力緊急時ロボットを運用するため、要求機能の体系化を行うとともに、運用方策の提案を行っている。

第 1 章では、本論文の背景である、日本国内で 2000 年代から開発されていた原子力緊急時ロボットが 2011 年 3 月 11 日に発生した福島第一原子力発電所事故直後には投入できなかったことを踏まえ、1970 年代から実用化されていた原子力保守ロボットと比較して、即応性、信頼性、除染保守性および作業性という要求機能に対する解決策を提示するとともに、原子力緊急時ロボットの運用方策を構築することの意義を述べている。

第 2 章では、ドイツ原子力緊急時対応組織 **Kerntechnische Hilfsdienst GmbH** のロボット、旧ソビエト連邦（現、ウクライナ）チェルノブイリ原子力発電所 4 号機事故で投入されたロボット、フランス原子力緊急時ロボット部隊 **Groupe INTRA** のロボット、1999 年の東海村 **JCO** 臨界事故後に開発された原子力災害ロボット等を調査し、前述の即応性、信頼性、除染保守性および作業性という要求機能ごとにどのような考慮がなされていたかと福島第一原子力発電所事故での実践経験を踏まえて、運用方策の構築が不十分であったことを述べている。

第 3 章では、原子力緊急時ロボットを設計するうえでの方法論の一環として、即応性、信頼性、除染保守性および作業性という要求機能について、機能構成と機能要素を整理して体系化を行っている。さらに、緊急時ロボットに要求される機能要素ごとに、それぞれの必要性和完成度を整理し、必要性が高いにもかかわらず完成度が低い、システム化、ユニット化、被曝管理および除染方法

の策定を喫緊の研究課題として抽出している。

第4章では、原子力施設で事故が発生した高放射線かつ高汚染の環境下では、原子力緊急時ロボット本体だけではなく、オペレータの放射線被曝低減のための遮蔽体を含む機材や放射線防護服などの資材を纏めて、現場に搬送、投入、操作および回収できるようなシステム化という課題があることを述べている。その上で、システム化の一つの解決策として、ロボット操作車を提案している。原子力緊急時ロボット本体、ロボットを操作するための周辺機器、遮蔽体、ロボットの運搬、ロボットの投入や回収のためリフタ等を含めたシステム全体を搭載するために、5トン車をロボット操作車に改装した例を示し、ロボット操作車に必要な要件を明らかにしている。その結果、福島第一原子力発電所事故後に、**Talon** ロボットを福島原発事故に投入することができており、ロボット操作車の有効性を確認している。

第5章では、福島第一原子力発電所事故の様に、水素爆発等で瓦礫が飛散したり、仮設のホースやケーブルが敷設されたりした事故現場では、第4章で述べたロボット操作車で原子炉建屋に接近したり、内部に進入することは困難であることを述べている。そのため、原子力緊急時ロボットシステムを分割し、オペレータ等が自ら作業現場まで搬送、組立および操作が可能となるユニット化を提案している。屋内偵察用ロボット **JAEA-3** 号にユニット化を適用して、福島第一原子力発電所事故後の2号機内部に投入し、その有効性を確認している。

第6章では、無人建設重機、**Brokk** や **Quince** 等ロボットを福島第一原子力発電所事故対応に投入する際に、それらの耐放射線性の評価やロボットの放射線被曝管理などが必要であることを述べている。1980年代の原子力保守ロボットの開発過程で実施された照射試験結果を基に、ロボット構成部材のうち半導体素子がロボットの耐放射線性を律速していることを示している。それ以降2011年までの、半導体素子の母材等の変化等を踏まえて、ロボットの耐放射線性の評価および被曝管理方法の提案を行っている。この被曝管理方法を「汎用重機やロボットにおける耐放射線性評価と管理方法の基本的な考え方」として纏め、政府・東電福島事故対策本部リモートコントロール化プロジェクトチームに報告するとともに、関係者に周知している。その結果、福島第一原子力発電所事故で投入された無人建設重機および **Quince** や **Brokk** 等では、福島第一原子力発電所事故の緊急時対応期間中に、放射線損傷によるものと思われる故障は発生していないことから、この有効性を確認している。

第 7 章では、福島第一原子力発電所事故の緊急時対応に投入されたロボットの除染が、通常の水スプレー除染では当時のスクリーニングレベル (100kcpm) 以下にすることができない事象があったことを述べている。そのため、ロボットの汚染部位の調査を行い、ロボット等の部位ごとに汚染形態が異なることを明らかにし、その部位ごとの除染方法を提案した。この方法により、ロボットを再除染して、ロボットの残留汚染をスクリーニングレベル以下に低減することができ、ロボットの部位ごとの除染方法の有効性を確認している。

第 8 章では、本論文の成果を総括し、原子力緊急時ロボットの運用方策が構築できたことを述べている。さらに、今後の課題についても整理している。

以上本論文では、原子力施設での事故が発声した際に、作業員に替って調査や作業を行う原子力緊急時ロボットの運用方策に必要な 4 つの重要な機構要素である、システム化、ユニット化、被曝管理および除染方策を達成しており、博士論文として十分なオリジナリティとコントリビューションがあると判断する。

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。