

## 論文の内容の要旨

論文題目 原子力緊急時ロボットの運用方策構築に関する研究

氏名 川妻 伸二

### 1. 序論

日本国内では、原子力保守ロボットは 1970 年代から実際の原子力施設に投入され、作業員の放射線被曝低減などに貢献している。一方で原子力災害ロボットは 2000 年頃から開発されていたが、2011 年 3 月 11 日の福島第一原子力発電所事故の際に直ちに投入することはできなかった。このため、原子力緊急時にロボットを運用するための方策が必要であることが判明した。

原子力保守ロボットと比較することで、即応性、信頼性、除染保守性および作業性という、原子力緊急時ロボットの要求機能を明らかにした。

### 2. 先行事例

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、フランス原子力緊急時ロボット部隊 **GroupeINTRA** 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、福島第一原子力発電所事故発生直後に投入されたロボットなどについて、即応性、信頼性、除染保守性および作業性ごとに、どのような考慮がなされていたか、その結果がどのようなものであったかについて調査した。

### 3. 要求機能

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た。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、必要性和高いにもかかわらず完成度が低い喫緊の研究課題を抽出した。これらの喫緊の研究課題について、第 4 章から第 7 章で論じることとした。

### 4. システム化

原子力緊急時ロボットを事故が発生した原子力施設の放射線かつ汚染の環境下で投入するためには、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明らかにした。その上で、本章ではシステム化の一つの方策として、ロボット操作車を提案した。

原子力緊急時ロボット、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ト等を含めたシステム全体を搭載するために、5t

車を改装したロボット操作車 RC-1 を福島第一原子力発電所事故に対応するために改装整備した。その結果、Talor ロボットを福島原発事故に投入することができ、高線量部位を特定することができ、ロボット操作車の有効性を確認した。

さらに、上記経験も踏まえ、今後のロボット操作車の改装整備に際し必要となる要件を明確化した。

## 5. ユニット化

第 4 章では、福島第一原子力発電所のような事故が発生した場合でも、搬送、投入、操作および回収を可能とする、ロボット操作車のようなシステム化が必要であることを示した。しかしながら、水素爆発等で原子炉建屋内外に瓦礫が飛散した、事故現場ではロボット操作車で原子炉建屋に接近したり近づいたり、内部に進入することは困難であった。

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するユニット化を提案した。福島第一原子力発電所事故に際して、屋内偵察用ロボット JAEA-3 号をユニット化して、同発電所 2 号機内部に投入し、高放射線部位の特定を行うことができた。

上記経験も含めて、分割ユニット化するうえでの基本方針をまとめた。

## 6. 被曝管理

福島第一原子力発電所事故で、無人建設重機や Brokk や Quince 等ロボットを投入するに際して、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となった。

ロボット構成部材のうち半導体素子は、1980 年代の原子力保守ロボットの開発過程で多くの照射試験を行っていたが、それ以降、その母材や製造プロセスが大きく進化しており、1980 年代の照射試験結果を用いてそのまま評価することができなかった。

半導体の母材の違いや製造プロセスの違いによる耐放射線性の違いを考慮して、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の下で、「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」を作成し関係者に周知した。そのガイドラインを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 等のロボットに適用し、その結果として、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。

## 7. 除染方策

原子力保守ロボットや原子力緊急時ロボットは、ロボットを防水構造とし、水スプレーによる除染により、メンテナンスの際のオペレータの放射線被曝を低減できるよう配慮していた。しかしながら、福島第一原子力発電所事故の緊急時対応の初期では、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。

福島第一原子力発電所構内に投入したロボット操作車や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。

その結果、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、専門業者による重整備を行うことが可能となり、再び福島第一原子力発電所の事故現場に再投入することができ、ロボットの部位ごとの除染方法の有効性を確認することができた。

## 8. 結論

原子力緊急時ロボットの要求機能を体系化するとともに、喫緊の研究課題であった、システム化、ユニット化、被曝管理および除染方策についてそれぞれの解決策を提示し有効性を確認したことで、原子力緊急時ロボットの運用方策を構築することができた。

さらに、今後の課題についても整理した。

