

東京電力福島第一原子力発電所の事故対応における ロボット技術の導入

浅間 一（一九八二年卒）

平成23年3月11日に生じた東日本大震災と津波によって、東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生した。地震直後は非常系が機能し、SCRAMによって原子炉は停止したものの、その後の津波によってすべての電源が喪失し、冷却系の異常によって運転中の原子炉内の原子力燃料はメルトダウンしたと考えられている。またその後の水素爆発によって、1、3、4号機の原子炉建屋は大きな損傷を受けている。圧力容器、格納容器、圧力抑制室なども損傷を受け、汚染水は今も漏えいを続けている。

原発の事故以来、私の人生は大きく変わった。事故の収束、廃炉に向けて、ロボットをはじめとする遠隔操作技術を逐次開発し、現場に投入するための様々な活動に深く携わることになった。事故直後には、対災害ロボットイクス・タスクフォース (ROBOTAD: ROBOTics Taskforce for Anti-Disaster) の主査を仰せつかり、また政府・東京電力が設置したりリモートコントロール化特

別プロジェクトチームのメンバーとして、遠隔操作技術導入の支援活動を行った。現在でも、政府・東京電力中長期対策会議運営会議・研究開発推進本部／運営会議の委員、遠隔技術タスクフォースの主査をはじめ、原子力委員会東京電力福島第一原子力発電所中長期措置検討専門部会の委員、産業競争力懇談会「災害対応ロボットと運用システムのあり方」プロジェクトのプロジェクトリーダー、NEDO「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」のプロジェクトリーダーなどを務めさせていただいている。

私は、現在、サービスロボティクスや移動知、バイオロボティクスなどの研究に携わっているが、これまで学生時代、またその後務めた理化学研究所において、原子力用点検ロボットシステムの開発や原子力基盤技術の研究プロジェクトに関わったことがある。また、東北大学の田所諭先生がプロジェクトリーダーをされていた文科省大都市大震災軽減化特別プロジェクト「レスキュー

による原子炉建屋内外の調査などが行われた。また、走破性に優れ、瓦礫上走行や階段昇降が可能な Quince (千葉工業大学、東北大学、国際レスキューシステム研究機構 (IRS)、NEDO が開発) が平成23年6月に投入され、原子炉建屋内の1階以外の部分の調査も加速度的に進展した。その後も、Warrior (米国 iRobot 社製) Talon (米国 QinetiQ 社製)、Bob Cat (米国 iRobot 社製)、Brokk シリーズ (スウェーデン Brokk 社製) などの海外のロボットに加え、日本の各プラントメーカー、ロボットメーカー、日本原子力研究開発機構 (JAEA) などが開発したロボットも次々に導入された。

昨年末、政府は安定冷却が達成されたことを宣言した。それは、スプレイ冷却系の稼働によりはじめて達成できたが、このスプレイ冷却系に異常がないかどうかの確認に使用されたのも Quince であった。上記のロボット群は、毎月3〜4回使用され、調査、瓦礫除去などにおいて、顕著な貢献を果たしている。また、これら以外のロボット技術 (たとえば、水中ロボットによる水中調査や飛行船ロボットによるオペレーションフロア調査など) も、適宜開発、導入されている。マスコミはほとんど報道していないが、まさにロボット技術は、廃炉に向けた中長期措置においても極めて大きな貢献を果たして

いる。事故当時はロボット技術の導入に対して懐疑的な意見も東京電力内にはあったが、現在は、作業員の被曝を低減する切り札としてロボットなどの遠隔操作機器を積極的に導入しており、国もその開発を積極的に支援している。

ただし、反省すべきことは多々ある。社会的なロボットの期待と実際のロボットの機能(特に実用面での機能)の間にギャップが存在したことは事実である。事故当時、ユーザである東京電力には、どのようなロボット技術が存在し、それがどの程度現場で使えるかの情報がなく、また開発・提供者側も、どこにどのようなニーズがあるのかを把握できなかった。ユーザと開発者との情報共有が不十分であったことは間違いない。また、事故当時、現場に投入できる製品レベルのロボットは極めて少なく、日本製のロボットで導入されたものは、ほとんどが開発品(プロトタイプ)だった。これまで様々なプロジェクトで開発された原子力用点検ロボットや事故対応ロボットの多くはプロトタイプまでしか開発されず、それが現場で使用されことはなく、開発の終了と同時に廃棄されていた。

技術は生ものである。単に開発しただけで、使用しなければ腐ってしまう。継続的に使用し、それをさらなる

ロボット等次世代防災基盤技術の開発」(平成14年度～18年度)に参加させていただいたり、国交省総合技術開発プロジェクト「ロボット等によるIT施工システムの開発」(平成15年度～19年度) 研究委員会分科会主査や、NEDO「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」(平成18年度～22年度) の特殊環境用ロボット分野のサブプロジェクトリーダーを務めさせていただいたこともある。すなわち、今回の事故に対するロボット技術の導入においてキーとなる、原子力用ロボット、災害対応ロボット、無人化施工という3つの技術のいずれにも関わり合いがあった。そのことが、様々な委員を仰せつかることになった一つの理由なのであろうと理解している。

福島原発の事故が発生した当時は、外部に公開されている情報は少なく、状況を把握することが困難であった。高放射線環境ということで、人が近づくとさえ困難な状況で、様々な作業においてロボットの導入が求められた。現在では、多くのロボット技術が事故現場で用いられているが、事故直後は、ロボット関係の研究者や技術者が様々な努力を行っていたものの、ロボット技術の現場への投入は必ずしもスムーズに行えたわけではない。マスコミは、日本のロボットは役に立たないという

記事を書き、ロボット科学者の役割や責任を迫及した。

ROBOTADは、東日本大震災発生20日後の平成23年3月31日に設立された。原発事故の直後は、原子炉の冷却が最大の課題であり、状況調査(映像の取得や放射線量の測定など)や瓦礫の除去においてもロボット活用のニーズが高かった。東京大学中村仁彦教授の呼びかけで集まったロボット関係の研究者や技術者が、その場で設立し、ロボットで用いられている部品の耐放射線性能や原子炉建屋内でのロボットを遠隔操作するための無線通信の可否など、災害現場や事故現場にロボットを導入するための技術的な議論を行い、その内容を発信した。また、平成23年4月6日からロボットの専門家として経産省に呼ばれ、リモートコントロール化特別プロジェクトチームのメンバーとして、様々な助言を行ったり、ロボット技術活用のための支援活動を行うようになった。

その後、注水冷却、建屋内外の調査(映像、放射線量、温度、湿度、酸素濃度、等)、瓦礫除去、機材の運搬・設置、サンプル採取、遮蔽、除染などのニーズに対し、コンクリートポンプ車(独Putzmeister製)の遠隔操作化による注水、無人化施工機械(日本製の遠隔操作可能な建設機械など)を用いた瓦礫除去、Packbot(米国iRobot社製)やT-Hawk(米国Honeywell社製)の遠隔操作

改良、開発にフィードバックするという、開発と使用のループを継続的に回すことが重要である。

しかし、原子力事故対応ロボットを含む災害対応ロボットは、災害時や事故時にしか用いられない。需要は官需が中心であり、使用者は消防、防衛、警察や今回の電力事業者などに限られている。このような極めて小さいマーケットに対し、民間の努力だけでは、ロボットなどの機器を製品化し、継続的に開発、運用していくことは極めて厳しい。今後、災害対応の備えを持つのであれば、国の戦略的な投資や制度設計が必要であろう。

今後、福島第一原子力発電所の廃炉に向けた中長期対策として、使用済み燃料プールからの燃料、さらにはメルトダウンした燃料（燃料デブリ）を取り出す必要がある。廃炉までには30年〜40年かかると考えられている。原子力委員会の福島第一原子力発電所における中長期措置検討専門部会の報告書には、国が責任を持って必要な研究開発を進めること、国内外の叡智を結集して中長期の事故収束にあたる必要があると述べてられている。廃炉にむけての様々な遠隔操作機器の開発も、その方針に基づき進められている。その一環として、必要となる要素技術を国内外で公募、その技術カタログを作成し、それに基づき有用な技術を積極的に調達して開発を

行う検討がされている。ただ、様々なミッションに対して、要素技術のみならず、ソリューションを導出し、システムを設計することこそ重要であり、それには現在の技術カタログだけでは不十分である。DARPA Challengeのような、コンテスト形式のシステム開発の枠組みなども取り入れることも有効であろう。また、長期にわたり継続的な技術開発が必要であることから、その人材育成も大きな課題である。

今後も、この苦い経験を大きなチャンスと捕え、技術力の向上、産業競争力の強化につなげていくことこそ肝要である。そして、それは、福島原発の中長期対策・廃炉に対してだけでなく、今後の災害や事故に対する備えとして役立てられるようにしなければならない。