

(研究期間)平成26年度～30年度

図2 オンサイト・オフサイト分析システム

2. これまでの研究成果

2.1. 遠隔操作技術に関する研究

① 高所・狭隘部アクセスとそれらの遠隔操作インタフェースの開発

高所・狭隘部アクセス可能なロボット、およびそれらの遠隔操作インタフェースの開発を進めている。

高所かつ狭隘部にアクセスするための飛行ロボット、配管等狭隘部にアクセスするための索状ロボット、高所へのアクセスが可能なクローラロボット、高所・狭隘部にロボットがアクセスするための軌道構造体自動施工システムの開発を行っている。また、狭隘部において小型の移動ロボットが大型重量物体を扱うための機構を開発している。遠隔操作インタフェースとしては、魚眼カメラと3次元レーザ測域センサを用いた俯瞰映像提示システムを開発している。さらに、移動ロボットを用いたガンマ線CTシステムについて検討を進めている。

② 遠隔水中活動機器の要素技術開発と人材育成プログラムの作成（再委託先：福島大学）

遠隔水中活動機器の要素技術の開発を進め、実現場に近い状況を想定した試作・評価を行っている。

微量サンプリングを想定し、低融点合金を用いた関節ロック機構に基づくフレキシブルアームを考案した。フレキシブルアームの手先に高精度2爪（または3爪）ハンドを取り付ける予定である。また、揺れるカメラから得られた画像列からの3次元復元手法の開発を行っている。さらに、添加元素とその割合を変化させたFRP材を作製し、ガンマ線遮蔽能力の評価を進めている。

③ 遠隔マニピュレーションシステムの設計・評価に関する基礎的研究と柔軟なシステム構築が可能な人材育成（再委託先：神戸大学）

遠隔マニピュレーションの基盤技術の開発をすすめるとともに、遠隔マニピュレーションシステムの設計指針と性能評価手法を検討している。

動作範囲の限られたマスタアームによる遠隔操縦法の開発、遠隔操縦における一体感実現のための視野提示許容誤差の推定を行うとともに、一体感の獲得度合いの指標として Crossmodal Congruency Effect を用いることを検討している。

2.2. 核種分析に関する研究

① ガンマ線CTシステムの開発

ガンマ線検出素子としてシンチレーション検出器を用いて複数光子の画像を取得し、ガンマ線CT画像を得ることが出来た。また、ガンマ線CTシステムに用いるためのフレキシブルな線量計の開発、ガンマ線CTシステムプロトタイプの製作と並行して、遠隔操作ロボットとの統合について検討を行っている。

② 微量分析システムの開発

微量試料に対する分析手法の検討を行っている。

標準溶液を用いて模擬微量試料を作成し、ウラン同位体の定量のためのプロトコルの検討を進

めている。ICP-MS と AMS の結果を有機的に比較検討することで、ウラン濃度、ウラン同位体比を評価する予定である。また、レーザー分析装置については相互作用距離の延長およびレーザーパルス化による時間分解の装置製作を進めるとともに、固体、液体試料に対して発光を確認している。また、微量サンプリングとの連携について検討を進めている。

2.3. 廃止措置に関する俯瞰的人材育成

① 廃止措置に関する講義

東京大学大学院工学系研究科（原子力国際専攻・精密工学専攻）の講義として、平成 27 年度より毎年「廃止措置特論 E」を英語で開講している。本年度は 3 年目であるが、常時 30 名程度が受講している。また、再委託先を含めた連携機関向けに本講義の日本語版動画を別途作成し配布している。

② 廃止措置教育プログラム

平成 28 年度までに人材育成セミナーを東京（3 回）、福島、富山、神戸、いわき、福岡、京都、会津で計 10 回開催し、のべ約 600 名が参加した。本年度は 11 月 1 日に東京大学において国際廃炉研究開発機構（IRID）と共催でワークショップを開催した（参加者約 150 名、図 3）。ワークショップでは、東京大学、IRID 双方からの講演に加え、学生によるポスター発表を行った。



(a) ワークショップ会場の様子



(b) ポスター発表の様子

図 3 東京大学・IRID ワークショップの様子

さらに、日本機械学会、日本原子力学会等の学会でオーガナイズドセッションの開催や学生による成果発表を行っている。

また、これまでに国際サマースクールを平成 27 年度にスウェーデン、平成 28 年度にアメリカ、平成 29 年度にフランスで開催した。スウェーデンでは SKB、KTH、Studsvik、Uppsala 大学を訪問し、視察・セミナーを行った。アメリカではハンフォード・サイトおよび PNNL の視察及び NASA Johnson Space Center の視察を行った。フランスでは CEA (Saclay, Cadarache, Marcoule)、ITER 及び LAAS-CNRS の視察を行った（図 4(a)）。

国内サマースクールについては日本原子力研究開発機構の東海（平成 27 年度）及び檜葉遠隔技術開発センター（平成 28 年度、29 年度）で開催した。平成 27 年度は参加学生の研究発表及び JAEA の施設見学を行った。平成 28 年度、29 年度は講師による講演及び JAEA 檜葉遠隔技術開発センターの施設見学の後、VR システムやロボットシミュレータを活用しながら与えられたテーマ（平成

28 年度：高所除染、平成 29 年度：止水）についてグループワーク（図 4(b)）を行ってもらい、最終的にプレゼンテーションを行ってもらった。



(a) フランスでの国際サマースクール



(b) 檜葉での国内サマースクール

図 4 サマースクール

また、平成 27 年度より他採択機関と連携して次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス (NDEC) を開催しており、本年度は 3 月 19 日に福島県富岡町の富岡町文化交流センター学びの森で開催予定である。

さらに、原子力発電所等の視察を毎年行い、廃炉の現場状況に関する知見を深めている（平成 27 年度：浜岡原子力発電所、福島第一原子力発電所、平成 28 年度：女川原子力発電所、島根原子力発電所、平成 29 年度：敦賀原子力発電所、ふげん、もんじゅ、美浜原子力緊急事態支援センター）。

上記に加えて、廃止措置を俯瞰的に考察し、廃炉に関する重要研究課題を抽出するために、専門家を招聘して学生とともにブレインストーミングを行い、新たな工法等の代替案を検討している⁽¹⁾。

3. 今後の研究

今後は、遠隔操作技術及び核種分析技術の要素技術についてさらなる開発を行うとともに、移動ロボットによるガンマ線 CT システム、および微量サンプリング・分析システムについて、システム統合を進めていく。

これらの研究開発および講義・教育プログラムを通じ、廃止措置を俯瞰的に理解できる人材を育成する。

4. 参考文献

- (1) 鈴木俊一，田村雄介，岡本孝司，“俯瞰的アプローチによる福島第一廃止措置の新たな工法検討”，日本保全学会第 13 回学術講演会要旨集，pp. 482-483，2016.