

廃炉創造ロボコンにおける人材育成の取組みとその成果

安藤 太一*1
Ando Hirokazu

土井 智晴*1
Doi Tomoharu

鈴木 茂和*2
Suzuki Shigekazu

1. はじめに

福島第一原子力発電所の2011年3月14日の事故から13年経過した今も廃炉作業は未だ継続中である。完了までには30年以上かかると予測されており、燃料デブリの取出しや廃棄物の処理と処分等、技術的・社会的課題の解決が必要である¹⁾。原子炉建屋内及び原子炉建屋周辺環境は高い放射線量のために作業員が容易に立ち入れる環境ではなく、事故直後の緊急対応や廃炉の作業では遠隔操作機器やロボットが導入されてきた²⁾。今後持続的な廃炉への取組みを行うためには適切な人材育成が不可欠となってくる。

2024年で第9回を迎える廃炉創造ロボコンは、高等専門学校（以下高専）の学生を対象として、廃炉作業を模したロボット競技を行うことで、学生への廃炉技術への興味喚起と人材育成を目的としている³⁾。大阪公立大学高専（以下、大阪公大高専）も第1回よりこのコンテストへ参加し、学生の人材育成にあたってきた⁴⁾。

2. 廃炉創造ロボコンの概要

本ロボコンは、「文部科学省・英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業『廃止措置研究・人材育成等強化プログラム』」の一環として2016年度から開催されている⁵⁾。ロボット製作を通じて学生に廃炉に関する興味を持たせると同時に、学生の創造性の涵養に貢献し、課題解決能力のみならず課題発見能力を養うことを目的としている。ルールは4月下旬に公開され、5月下旬に参加が締め切られる。8月末には参加者に対して実際に福島第一原子



図1 第8回廃炉創造ロボコンの集合写真

力発電所の内部の見学や廃炉に関する基礎知識を学習できるサマースクールが開催されることが大きな特徴である。大会は12月中旬に行われ、審査により最優秀賞、優秀賞、アイデア賞、特別賞等が与えられる。図1に2023年12月に行われた廃炉創造ロボコンの様子を示す。ルールはこれまで4回の変更が行われており、第1回及び第2回大会は、ロボットの要素技術である駆動系の技術を問う競技であったが、第3回大会以降は、廃炉の具体的なミッションを想定した総合的な技術力を問う競技となっている。

3. 第9回の競技概要

2024年に開催される第9回大会はルールが大きく改定され、12月に行われる大会へ向けて各チームが製作活動を行っている。テーマは福島第一原子力発電所原子炉格納容器（PCV）内部調査を想定した競技となっている。内部調査は、X-1ペネトレー

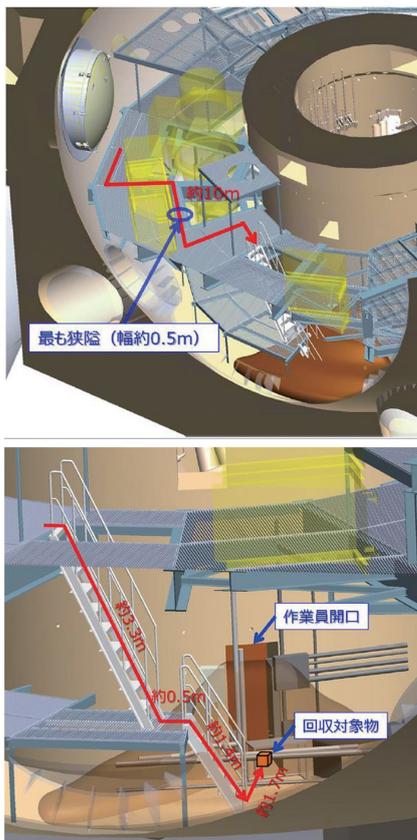


図2 X-1からのアクセスと経路

ションもしくは小口径配管からPCV内部にアクセスし、底部に存在する対象物（1辺10cmの立方体）を回収して戻ってくるといった流れになっている。ロボットは遠隔で操作され、本体を直接見ることはできない制約がある。ロボットに重量やサイズ制限はなく、10分間の競技によりロボットの評価が行われる。

X-1からのアクセスを選択した場合は図2のとおり、X-1からPCV内部にアクセスし、約10mのグレーチング上を走行し、階段を約5m降下する。途中で幅約0.5mの踊り場が存在する。その後、作業員開口に向けて約1.7m走行し、対象物を回収し、スタート位置に戻ってくる。

小口径配管を選択した場合は図3のとおり、小口径配管を約3m通過し、グレーチングの間隙を通り抜けた後、約4m下降する。下降後は作業員開口に向け約3.3m走行し、対象物を回収し、スタート位置に戻ってくる。

今回のルールについて、フィールドの詳細はまだ公開されておらず（原稿執筆7月現在）、今後公開される予定である。今までの競技と比較しても現実の

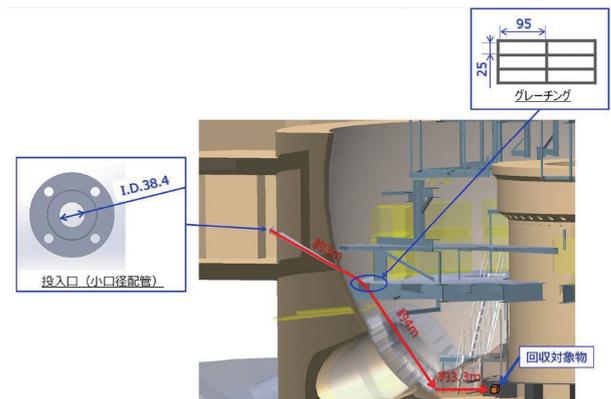


図3 小口径配管からのアクセス

廃炉作業に近く、難易度も過去最高となっている。今回は最優秀賞を獲得したチームには副賞としてマレーシアでの海外研修が贈呈される点も特徴である。

4. 近年の大阪公大高専のロボット

大阪公大高専は第1回からこの廃炉創造ロボコンに毎年参加している。年によって参加の形態は様々で、有志チーム、卒研チーム、高専ロボコン団体チーム、レスコン（レスキューロボットコンテスト）団体チームで参加をしてきた。

第3～5回は福島第一原子力発電所の原子炉格納容器内下部に存在する燃料デブリの取出しを想定したルールになっており、細い配管を通ったのちペダスタル上部に到達し、3.2m下にあるデブリを模した物体を回収する競技であった。

第5回大会はコロナの影響によりオンラインによるビデオ審査となったが、本校からは日頃は高専ロボコンに参加するクラブチームが興味を持ち、初参加をした⁹⁾。ロボット（愛称「Countach」）の外観を図4に示す。本チームはロボットを分離させて先端の子機で回収を行った。正確な操作で1番多くのデブリを回収した点が評価され技術賞を受賞した。

第6回は卒研チームで参加を行った。第6～8回は福島第一原子力発電所原子炉建屋内における、高線量エリアの遠隔高所除染がテーマであった。高さ2700mm、幅1000mmの壁の上部が汚染されており、その除染エリアを除染する。壁までの移動は経路が指示され、指定のペンで壁に設置されている模造紙のエリアを塗り潰すことで、作業精度が評価される。ROS（Robot Operating System）を使った高度な制御技術と剛性の高い伸縮機構が評価され優秀賞に輝い



図4 ロボット (Countach) の外観

た (図5)。

第7回は福祉科学研究会という日頃はレスキューロボットコンテストに出場しているチームが参加した。ロボットの足回りには2つのタイヤが1組になったクローラーを4つ有しており、段差に当たった時にクローラーの角度を自動的に調整する仕組みが評価され、技術賞を受賞した (図6)。

第8回は大阪公大高専からは最多となる3チームが参加し、イノベーション賞を初受賞した。

5. 廃炉創造ロボコンの教育的効果

本ロボコンに参加した学生にはコンテスト終了後にアンケートを取っている。過去の大会のアンケート結果は参考文献⁵⁻⁸⁾に記載されているとおりであるので、ここでは第8回のアンケート結果を紹介する。アンケートは31名の回答があり、全員が参加してよかったと回答していた。自由記述には「廃炉の課題を知ることが出来た」「現実の問題を解決する為のロボット製作が初めてだった」「他の高専と交流する時間があつた」と記載があり、他のロボコンではあまりない現実の課題を解決するという特徴を参加者側も意識できていると考えられる。また、今回よりテストランの日程が1日増え、他高専との意見交流、技術交流の時間が増えたことも参加者の満足度向上につながったと考えられる。

「参加して廃炉に対するイメージと思いは変わりましたか」という質問に対しては、11人が変わった、13人が少し変わったと回答しており、どちらでもないが4名、変わっていないと答えた学生は3名だった。変わらないと答えた学生は今回が初の参加では無かったようで、初めて参加したほとんどの学生は福島の実況に対して新たな発見や学びがあつたよう



図5 第6回大会で受賞したチームとロボット

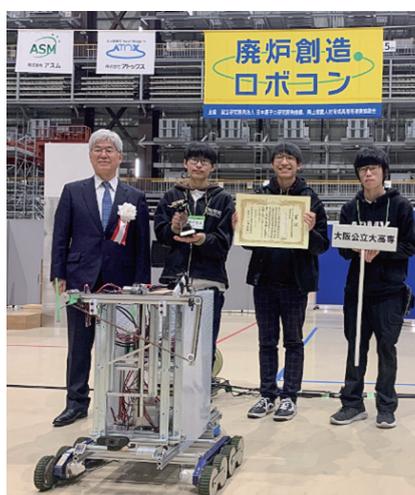


図6 第7回大会で受賞したチームとロボット

である。

「将来廃炉へ関わってみたいと思いませんか」という質問に対しては積極的に関わりたい4名、少し関わりたい19名、どちらでもないは8名であった。関わりたくないと答えた学生はおらず、自身の興味があるロボット分野で、廃炉へ関わることができるという意識が芽生えているものだと考えられる。

本大会に参加して得られたことについては、「原子力発電に関する正しい知識を得られた」「高専ロボコンの競技として勝つために作るロボットと、実際の現場を想定して作るロボットとでは根本的に設計思想等のコンセプトが違ってくるのだと学べた」「実際に見えない状態で操作することの大変さを知ることができました」等多くの学びがあつたようである。

以上のことから、人材育成という観点からは十分

に目標を達成できていると言える。一方で、例年参加している学校には偏りがあり、この取組みを更に広げていくことが重要であると言える。知名度や規模が大きくなればより大きな教育的効果を生むことができると考えられる。

6. おわりに

廃炉創造ロボコンは廃炉プロジェクトにおける人材育成を目的としており、その目的を十二分に発揮できるプロジェクトである。今後30年以上の廃炉作業の中で、本プロジェクトのOBから人材が輩出されることを願い、今後も取組みの輪を広げる活動に尽力していきたい。なお、廃炉創造ロボコンは、「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「廃炉に関する基盤研究を通じた創造的人材育成プログラム—高専間ネットワークを活用した福島からの学際的チャレンジ」の成果を受けて実施している。

参考文献

- 1) 福島第一原子力発電所1～3号機の事故の経過の概要, https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/outline/2_1-j.html
- 2) 岡田聡, 日本ロボット学会誌, **39(6)**, 498-503 (2021)
- 3) 鈴木茂和, 日本ロボット学会誌, **36(7)**, 483-486 (2018)
- 4) 土井智晴, 他, 日本高専学会誌, **28(4)**, 23-25 (2023)
- 5) 福島工業高等専門学校 廃炉創造ロボコンホームページ, <https://fdecomi.fukushima-nct.ac.jp/>
- 6) Tomoharu Doi, *et al.*, *Journal of Robotics and Mechatronics*, **34(3)**, 498-508 (2022)
- 7) 鈴木茂和, 日本ロボット学会誌, **36(7)**, 483-486 (2018)
- 8) 土井智晴, 他, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集 (CD-ROM), **2019**, ROMBUNNO.1P2-I08 (2019)
- 9) Youtube, 第5回廃炉創造ロボコン11 大阪府大高専安藤, <https://www.youtube.com/watch?v=MaCigGZxUJs>

(*¹ 大阪公立大学工業高等専門学校, *² 福島工業高等専門学校)