解 説

廃炉創造ロボコンを通じた廃止措置人材育成

Human Resource Development through the Creative Robot Contest for Decommissioning

鈴木 茂 和* *福島工業高等専門学校

Shigekazu Suzuki* *National Institute of Technology, Fukushima College

1. 高専における廃止措置人材育成

福島工業高等専門学校（以下、福島高専）は、東京電力（株）福島第一原子力発電所（以下、福島第一）から45[km]離れた福島県浜通り南部のいわき市に立地しており、浜通りで唯一の工学系高等教育機関である。福島県の原子力発電所事故からの復興に貢献したいと思っている学生が多数いることから、廃炉に関する基盤研究を通じた人材育成に中長期的に実施していく必要があると考えている。

福島高専では、2007年の文部科学省（以下、文科省）の「原子力教授人材充実プログラム」へ応募し、採択をきっかけに、2009年文科省「原子力研究促進プログラム」、2010年経済産業省「原子力地域人材プログラム」への応募、採択を受けて、原子力分野での人材育成を進めてきた。2011年の東日本大震災後は、文科省の「大学等における地域復興のためのセンター的機能整備事業」の採択により東日本大震災からの復旧復興に向けた復興人材育成プログラムを開始した。復興人材育成プログラムの中で原子力安全に関する教育を実施しており、学生の福島第一廃止措置への興味と関心が高まりつつあったことから、2014年に文科省の「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」（以下、英知事業）へ申請を行った。2014年はFS採択であったが、2015年に正式採択となり、「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なチャレンジ—」を開始した。

「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」では、福島県内の自治体や地元企業を含む地域の社会との連携に加え、全国の国公立高専や大学等と連携して「廃止措置人材育成高専等連携協議会」を設立し、基盤研究を通じた人材育成を実施している。その中で、人材育成の一環として1年生から5年生まで各学年1科目の原子力や放射線、廃炉に関する選択科目を開講している。平成29

年度は390名の学生が受講した。また、連携高専の学生も対象とした高専海外サマースクールを実施し、課題提出後に選抜された6名の学生を、福島・国際研究産業都市（イノベーションコースト）構想のモデルとなっているアメリカワシントン州ハンフォードやカリフォルニア大学バークレー校に連れて行き、廃炉や環境回復、放射性廃棄物処理処分に関する研修を実施している。その他、平成28年度からは福島第一でのインターンシップも実施している。

福島第一の廃止措置に関して、地元である福島高専の学生の興味と関心は高いものの、全国の高専生に目を向けると興味や関心を持つ学生は少ない。そこで、一人でも多くの高専生に興味や関心を持ってもらうために、高専生が大好きなロボットコンテストを活用することとした。福島第一廃止措置に関連した課題のロボットコンテストを開催することで、福島第一への興味や関心を高めるだけでなく、高専生の柔軟な発想力が廃炉技術開発に何らかの形で貢献できればと期待している。

2. 廃炉創造ロボコン

2.1 廃炉創造ロボコンの目的

廃炉創造ロボコンの開催目的は以下のとおりである。福島第一の廃止措置等については、「東京電力福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」に基づいて、現在様々な取り組みが進められてきている。また、中長期ロードマップでは、「中長期の視点での人材育成及び大学・研究機関との連携」が強調されている。廃炉について、若い世代に関心を持ってもらうためには、ロボットを通じた教育・人材育成が効果的である。一方、各高専では、多国籍チームによる“ものづくり”をプロジェクト形式で行うといった、国際汎用性を意識した多様なPBL（Project Based Learning）教育が展開されている。また、メタ認知能力を高めるアクティブ・ラーニングに関しても、すでに様々な実践が行われている。このような主体的な学びを通じて、汎用的能力はもちろんのこと、事実等に隠れている問題点やその要因を発見し解決すべき課題を設定する力、また、その課題の解決策を導く能力は、今後の社会を担う若者達にとっては、最重要な能力の一つと考えられ

原稿受付 2018年4月16日

キーワード: Robot, Decommissioning

*〒970-8034 いわき市平上荒川字長尾30

*Iwaki-shi, Fukushima

る。さらに、そのような実践的な課題発見能力、課題解決能力は、机上の論によるものではなく、実際の社会で起きている課題に取り組むことによってこそ身につけられるものである。本ロボコンは、文科省の英知事業である廃止措置研究・人材育成等強化プログラムの一環として実施するものである。また、廃止措置にかかわる廃炉そのものをプロジェクトの題材としたPBL教育そのものであり、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。第1回廃炉創造ロボコンは平成28年12月3日、第2回廃炉創造ロボコンは平成29年12月16日に日本原子力研究開発機構榑葉遠隔技術開発センターにて開催した。

2.2 課題

廃炉創造ロボコン課題は以下のとおりである。なお、失敗から学ぶことも大きいので、原則として2年間は同じ課題で実施することとしている。

(1) 競技フィールド

原子力発電所原子炉建屋を想定し、図1に示す①モックアップ階段、②ステップフィールドの二つのフィールドから各チームにおいて競技フィールドを選択する。なお、それぞれのフィールドでロボットが遂行しなければならない課題は別途指示する。

(2) フィールド環境

モックアップ階段およびステップフィールドは以下の共通する環境を有する。①照明がなく暗闇である。②ロボットを遠隔で操作するため、本体を直視することができない。③コンクリートの厚い壁があることから電波は届かない。④強い放射線の影響によりカメラ・半導体機器の動作には制限時間がある(スタートから5分)。ただし、遮へいの方法などを考案した場合は、この限りではない。

(3) ロボットが遂行する課題

①モックアップ階段(下記より1項目を選択する)

- ・重量5[kg]の荷物を平坦な1階床面から2階まで階段を上って運び、荷物を置いて元の場所に戻ってくる。
- ・2階に置かれている物を、階段を上って調べる。なお、場所は不定とする。

- ・その他、廃炉に関して遂行すべきと考えられる課題。

②ステップフィールド(下記より1項目を選択する)

- ・フィールドの形状(面積や凹凸など)を調べる。
- ・フィールド内に置かれている物を調べる。なお、場所は不定とする。
- ・その他、廃炉に関して遂行すべきと考えられる課題。

(4) ロボットの大きさや重量

①大きさは特に制限しない。

②重量は特に制限しない。

これらの課題で全国の国公立高専に参加をよびかけ、アイデアシートの提出後に書類審査を行い、参加チームを決定させた。第1回大会は13校15チームから応募があり書類選考の結果15チーム(函館、旭川、仙台、福島、東京、富山、舞鶴、奈良、高知、北九州、熊本、都立産技、大阪府大)が参加した。第2回大会は25チームから応募があり書類選考の結果16チーム(旭川、一関、福島、小山、富山、長野、鈴鹿、舞鶴、奈良、呉、高知、北九州、熊本、大阪府大、神戸市立)が参加した。

2.3 榑葉サマースクール

廃炉創造ロボコンは、福島第一廃止措置に関する興味や関心を高め、学生の課題解決能力や課題発見能力を養うことを目的としているが、福島県や福島第一の現状を正しく理解させることも大きな目的としている。そのため、参加学生は全員夏休み中に榑葉サマースクールへの参加を義務付けている。榑葉サマースクールでは福島第一、福島第二原子力発電所の視察、日本原子力研究開発機構榑葉遠隔技術開発センターでの廃炉に関する講義や競技フィールドの見学を行った。

2.4 廃炉創造ロボコンの結果

大会の様子を以下に示す。図2は学生がロボットを操作している様子である。ロボットの動きを目で直接確認することかできないためモニタ越しでの操作となり、操作に四苦八苦している様子であり、実際の廃炉の現場でのロボット操作の難しさを参加学生全員が実感していた。第1回大会は初めての課題であったことから階段を上って課題をクリアしたチームはゼロであった。

ロボットの一例として大阪府大高専と福島高専のロボッ

(1) モックアップ階段

(2) ステップフィールド

図1 競技フィールド

図2 競技中の様子

(1) 大阪府大高専

(2) 福島高専

図3 第1回大会の競技中の様子

トの競技中の様子を図3に示す。図3(1)の大阪府大高専は2台が連携して段差を乗り越えていくロボットを製作した。前のロボットが段差を乗り越えることができない場合は後ろのロボットが前のロボットを押上げて段差を乗り越え、後ろのロボットが段差を乗り越えることができない場合は、前のロボットが後ろのロボットを引張ることで大きな段差を乗り越えていた。ほとんどのチームが鉛板で放射線の遮へいを行っていたが、図3(2)の福島高専はFRPに金属粉末を添加した遮へい材を自作し、ほかのチームとの差別化を図っていた。ほかにもドローンを自作したり、半導体を一切使わないロボットを製作したりと工夫を凝らしたロボットが多数参加した。

第2回大会では、第1回大会での失敗を経験したため、奈良高専、一関高専、小山高専の3チームが階段を上り課題をクリアし、ステップフィールドでは熊本高専のロボットが課題をクリアすることができた。失敗から学ぶことの大切さや学生自身が課題を見つけてロボットに実装していくことの難しさを学んでいたようであった。第2回大会の主な受賞校は以下のとおりである。

・文部科学大臣賞（最優秀賞）

奈良高専・奈良廃炉ロボコン友の会

・福島県知事賞（優秀賞）

一関高専・機械技術部 Enter

・高専機構理事長賞（アイデア賞）

熊本高専・NITK-K Robocon Team

・原子力機構機構理事長賞（技術賞）

小山高専・小山高専ロボット製作チーム2017

第2回大会で奈良高専のロボット「YOT3」は、荷物の運搬と2階の調査を完全にクリアし、課題発見力、課題解決力、創造性、アイデア、技術力が高く評価され文部科学大臣賞を受賞した。YOT3の競技中の様子を図4に示す。

第1回大会では車輪やクローラのベルトに小さな突起を付けたロボットが多く見られた。モックアップ階段は金属製であり、学校等で使われている階段とは摩擦係数が異なる。そのため、各高専の階段を使った練習では上ることができたのにモックアップ階段では上ることができなかったというチームがあった。その失敗を活かし、YOT3はポリウレタン製のタイミングベルトにアタッチメントを適度な

(1) 階段の上り始め

(3) 踊り場での方向転換

図4 奈良高専 YOT3

ピッチで取り付け、階段への引掛りをしっかりと確保することで階段を上ることができた。また、限られた空間の中で方向転換をしたり姿勢を変えたりする必要があることから、エアシリンダを活用した姿勢補正機構を備えていた。

また、校舎内の階段を使用した段差昇降の評価を行い、階段を上っているときにクローラの突起と階段のエッジが点接触となり重心が後ろ側になってしまい、階段を上ることができない理由を発見した。解決策として進行方向を逆にし、重心が少しでも前になるようにエアシリンダ機構や荷物をロボット前方に配置し直した。その結果、安定して校舎内の階段を上ることができるようになった。

3. 参加学生へのアンケート調査

参加した学生全員にアンケート調査を行い（有効回答数38）、学生の意識変化について調べた。質問項目は下記のとおりである。

(1) 廃炉創造ロボコンに参加した感想。

(2) ロボコンを通じて福島第一廃炉へのイメージ、思いは変化したか。

(3) 将来、福島第一廃止措置へかかわってみたいと思ったか。

第1回大会と第2回大会のアンケート結果を図5に示す。図の左が第1回大会、右が第2回大会の結果である。第1回、第2回ともに大部分の学生が参加してよかったと回答した。学生からは「廃炉作業における技術的な問題に取り組んだことで、廃炉にかかわれたことと実用的なロボット製作ができて良かった。思っていた以上に炉内の人間の目に見えない場所でロボットを操作することが難しいものだということが分かった」との意見があった。(2)の福島第一廃炉へのイメージ変化は、第1回大会では福島県や福島

(1) 廃炉創造ロボコンに参加した感想

(2) ロボコンを通じて福島第一廃炉へのイメージ、思いは変化したか

(3) 将来、福島第一廃止措置に関わってみたいと思ったか

図 5 学生へのアンケート調査結果

第一を初めて訪れる学生が多かったため 95% の学生が意識を変化させたが、第 2 回大会では 84% に減少した。しかし、それでも多くの学生の意識が変化した。学生からは「ニュースなどで廃炉に関する知識はある程度ありましたが技術者の視点で見ることがなかったので変わった」と技術者を意識した意見が出された。(3) の将来廃炉にかかわりたいかへの問いについては、55% から 34% と減少した。すでに就職や進学が決まっている学生が多いことや、技術的に困難なことを実感した結果だと考えている。

4. ま と め

廃炉創造ロボコンに参加した学生の中から、第 1 回大会は 1 名、第 2 回大会は 2 名の学生が原子力機構や東京電力

へ就職した。福島第一廃止措置の現場を自分の目で見て肌で感じて、専門性と全体を俯瞰する力、複数シナリオを考える柔軟性、分野を超えた連携力、挑戦心と実行力を身につけた学生が育つような廃炉創造ロボコンを継続していきたいと考えている。

鈴木茂和 (Shigekazu Suzuki)

2006 年長岡技術科学大学大学院博士課程修了、博士 (工学)。2005 年より福島高専機械工学科助手。2009 年より福島高専機械工学科准教授、現在に至る。微小試験による核融合炉材料の機械的特性評価、水中ロボット開発、遮蔽効果を有する FRP 材開発に関する研究を行っている。日本原子力学会、溶接学会、日本塑性加工学会、自動車技術会などの会員。