

原子力人材教育における創造型技術者育成の取り組み — 小中学生を対象とした原子力関連教材の開発 —

川村 淳浩[※], ゴパールラジヨン・スプラマニアン^{※※}

Approach to Training Creative Engineers Using the Nuclear Power Education Program — Development of Nuclear Teaching Materials for Primary and Secondary Students —

Atsuhiko KAWAMURA, GOPAALAJEYEN A/L SUBRAMANIAM

Abstract: In the nuclear power education project promoted by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology (MEXT) in Japan, the Institute of National Colleges of Technology (KOSEN) has advanced the practical training of engineers through cooperation among institutions in the nuclear power field since 2011. Kushiro National College of Technology (Kushiro-NCT) participates in this training program with other NCTs in Japan.

This report is written with the purpose of discussing the selection steam turbine and cloud chamber as teaching materials about nuclear power for primary and secondary school students. Furthermore this report also introduces the creative engineers training, which is currently in practice, through the development of such teaching materials.

Key words: Teaching material, Creative engineers training, Energy, Nuclear power

1. はじめに

放射線は原子力発電に留まらず、非破壊検査、作物の発芽防止、x線検査、或いは放射線治療など、現代社会を支える工業は固より、第一次産業や医療・福祉など、あらゆる人間活動で利用が進んでいる。このため、卒業後に何らかの形で放射線と向き合うことが予測され、放射線に対する正しい知識と理解が不可欠である。

また、平成23年3月に発生した福島第一原子力発電所事故を受けて、原子力や放射線に関する国民的な関心が高まり、放射線教育が小中学校や高等学校の新しい学習指導要領で求められるようになった。

独立行政法人国立高等専門学校機構（以下、高専

機構）は、文部科学省が進める「原子力人材育成等推進事業」の下で、平成23年度から「機関連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施」事業を実施しており、釧路工業高等専門学校（以下、本校）は全国の他の高等専門学校（以下、高専）と共にこの事業に参加している。

前報¹⁾では、この事業の概要と本校の参加スタンスを紹介した。本稿は、この事業を通して進めている創造型技術者育成の取り組みの一例として、本科卒業研究で実施している「小中学生を対象とした原子力関連教材の開発（卓上汽力発電模型と霧箱の製作）」について紹介し、科学体験イベント等の実施経験等を含めた教育効果の検証等について概説する。

これは、原子力や放射線に関する知識が少ない小中学生の理解を促す教材の開発を通して、学生自身の知識と理解をより深めることを目的としている。

[※] 釧路高専機械工学科

^{※※} 釧路高専機械工学科5年

また、画一的な解答が存在しないテーマに取り組ませることによって、物事の計画、実行、検証、そして改善という一連のサイクルを経験させることが可能となり、豊かな創造性を論理的に展開することができる技術者の育成に大いに役立つと考えている。

なお、当該卒業研究テーマは、この事業下で行っている「原子力関連卒業研究・特別研究の高専間研究連携テーマ」のひとつ「小中学生を対象とした原子力教材開発」としても実施している。これによって、各高専で得られたノウハウや他高専との討議結果等を開発教材にフィードバックして教育効果を更に高めることを目指している。

2. 小中学生を対象とした原子力関連教材

本校が立地する道東地域から最も近い原子力発電所は北海道電力(株)の泊発電所であるが、距離的に遠いこともあって普段の生活で原子力や放射線を意識することはほとんどないと思われる。

そこで、生活に必須な電力という観点から、汽力発電を取り上げることとした。汽力発電は、蒸気タービンによる発電であるため、蒸気を発生させる火力発電、地熱発電、そして原子力発電に共通する方式である。特に、火力発電所は道東地域にも存在し、地熱発電は阿寒地区が現在設置候補にあがっている。

一方、放射線は、原子力発電所から排出される放射性廃棄物などの印象が強いが、医療、工業、そして農業などで多用されており、既に生活に深く関係している。そこで、他の物理量との相違を踏まえて、きちんと理解してもらう必要があるという考えから、取り上げることとした。

2.1 汽力発電模型(実演展示用)

汽力発電は、高温高压の蒸気を安定的に連続発生させるボイラ部と蒸気によって発電する蒸気タービン発電部から構成される。模型としては、高温高压の蒸気を取り扱うため、第一に高い安全性が必須である。また、各種イベントなどへの持ち運び性能を勘案すると、部品点数が少なく比較的単純な構造で、操作しやすく、何よりわかりやすく説明できるものである必要がある。

図1に、製作した汽力発電模型の概観を示した。高い安全性を確保するために、ボイラは、圧力なべ協議会が認定するSG基準で市販されている調理器具「圧力鍋²⁾」を流用することとした。具体的には、標準装備されている安全弁や溶融栓などの安全機能には手を加えず、調圧用の蒸気排出口から高温高压の蒸気を取り出すように耐熱耐圧配管を接続する改造をおこなった。耐熱耐圧配管は、蒸気タービンを回転させるために先端を絞ったが、操作ミスなど

による配管の閉塞を防ぐために閉止弁などは一切設けなかった。更に、鍋の内圧を確認するブルドン管式圧力計と蒸気逃し管を設けた。蒸気逃し管の途中には、鍋の内圧の微調整や緊急時などに内圧を開放するためのボールバルブを設けた。また、ボイラへの入熱には、カセットガスコンロを用いた。これは、体験教室などの会場で必ずしも電力を使用できるとは限らないことから、機動性を考慮してのことである。

蒸気タービン発電部は、高温高压の蒸気のエンタルピーを回転力に変換する蒸気タービンと発電機で構成した。蒸気タービンは、安全性を確保するために市販の送風ファンを流用し、透明アクリルのフードで覆いをかけた。また、発電機には模型用のモーターを利用した。

本装置を運転したところ、蒸気圧力 0.04 MPa、回転速度 2,000 rpm、電圧 0.7 V を得ることができ、LED 等が安定して点灯することを確認した。

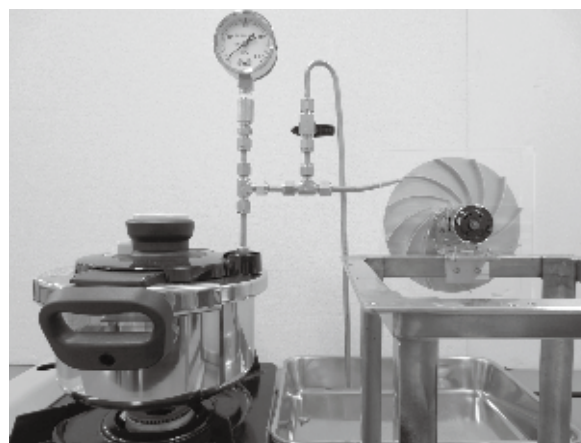


図1 汽力発電模型の概観

2.2 霧箱(実演展示・体験教室共用)

霧箱は、過飽和状態のアルコール蒸気中を放射線が通過すると、それが核となって放射線の通過経路でアルコール蒸気が凝結して霧となって現れる現象を使用したものである。ひこうき雲ができる原理と同じであり、放射線の飛跡を可視化するものである。霧箱は、過飽和状態の形成と霧箱内部の雑イオン排除がポイントである³⁾が、小中学生が体験教室で製作する前提であるため、飛跡の可視化の確実性が高い工作キットの形で提供することを考えた。

図2に、製作した霧箱の概観を示した。霧箱の本体は、スポンジケーキ用の耐熱ガラス容器とし、ガラス容器内側の上縁近くに貼り付けた隙間テープ状スポンジにアルコールを含ませ、ガラス容器の上縁を料理用ラップフィルムで封をする構造である。ガラス容器内側の底面には、放射性物質を僅かに含む

日用品であるランタン芯を針金のスタンドに取り付けて置いている。放射線の飛跡の可視化をするためには、更に粉状に砕いたドライアイスでガラス容器外側の底面を均一に冷却し、静電気を帯電させた塩ビ製パイプでラップフィルムの上空を数回移動させて、ガラス容器内の雑イオンを取り除く必要がある。図3に放射線の飛跡の可視化例を示した。

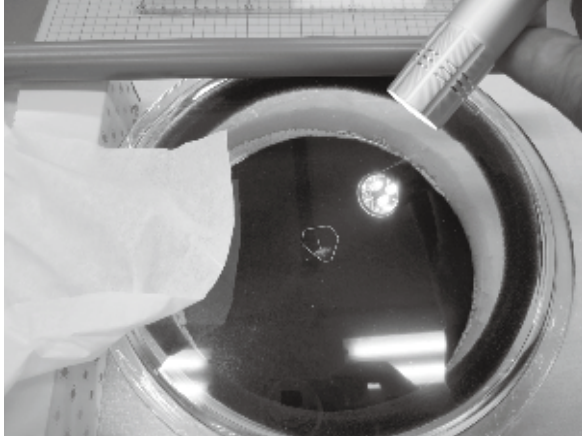


図2 霧箱の概観



図3 可視化された放射線の飛跡の例

3. 開発した教材による実演展示と体験教室

本稿執筆時点までに、2回の実演展示・体験教室を実施済である。以下に、それぞれの内容の詳細を示す。

3.1 平成25年度オープンキャンパス

平成25年7月20日（土）と21日（日）の2日間、本校で開催されたオープンキャンパス（以下、O.C.）の機械工学科熱工学研究室展示として、汽力発電模型と霧箱の実演展示をおこなった。また、説明用パネルも教材の一部として製作し、掲示した。

汽力発電模型の実演展示では、カセットコンロへの点火からスチームアップまでの間に汽力発電の背景などを説明用パネルで解説した。蒸気タービン起動後は、来場者にモーターの端子に接続するLEDの種類をつなぎかえてもらうなどの体験を通して、発電のたいへんさを伝えた（図4）。

霧箱の実演展示では、霧箱内部が適切な過飽和状態になるまでの間に放射線の種類や可視化原理などを説明用パネルで解説し、可視化が可能となった後は来場者に飛跡を確認してもらった（図5）。ここでは、複数の霧箱を使って適切な過飽和状態となるものを確保してランダムに到着する来場者に対処する工夫が認められた。この経験は、過飽和状態が確実に形成できるように製作したり管理したりするノウハウの取得にたいへん役立ったと思われる。



図4 汽力発電模型の実演展示（H25年度O.C.）

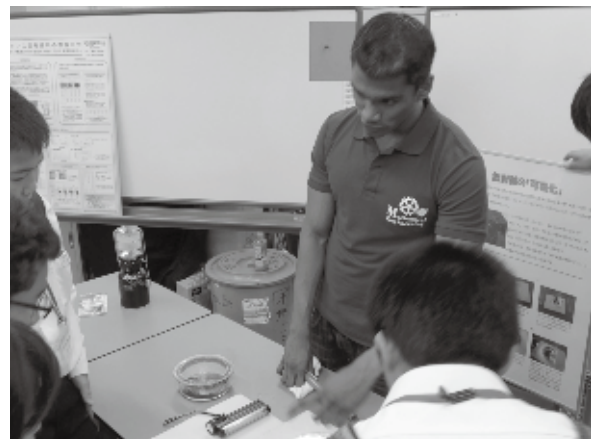


図5 霧箱の実演展示（H25年度O.C.）

3.2 平成25年度十勝地区体験教室

平成25年9月3日（日）、河東郡音更町で開催された本校機械工学科体験教室で、汽力発電模型の実演展示と霧箱製作の体験教室をおこなった。

汽力発電模型の実演展示では、カセットコンロへの点火からスチームアップまでの間に汽力発電の位置付けなどを説明用パネルも交えて説明した。その後、高温高圧になった蒸気でタービンが高速で回転する状態とモーターによる発電状況を確認してもらった。また、モーターの発電端に接続するLEDの種類を、来場者につなぎかえてもらうなどの体験を通して、発電の大変さを伝えることに努めた（図6）。

霧箱製作の体験教室に際し、先のO.C.でのノウハウを加味しながら、工作キットの事前準備をおこなった。部材は、耐熱ガラス、隙間テープ状スポンジ、黒色フェルト、断熱用発泡素材、ラップフィルム、消毒用アルコール、ランタンの芯、ティッシュ、塩ビ製パイプ、LED ライト、そしてドライアイス塊である。近年、複雑な工作作業が苦手な小中学生が多いため、比較的簡単な工作作業だけで、確実に観測ができるように工夫した。参加者の小中学生の作業は、隙間状スポンジテープの指定長さでの切断、黒色フェルトの指定半径での切り出し、ドライアイスの粉碎、ラップフィルムの貼り付け、そして塩ビ製パイプによる雑イオン除去である。この結果、参加者の全員が手早く完成まで進み、観察に多くに時間を充てることができた(図7)。

最後にアンケートをおこなった。図8に、この集計結果の抜粋を示した。6名の参加者のうち、「仕組みや原理の理解ができた」と答えた生徒は4名、「よくわからなかった」と答えた生徒は2名であった。他のアンケート項目への回答から、「よくわからなかった」と回答した生徒の放射線に関する興味と知識の度合いは他の4名よりも少ないことが推察された。今後、このような参加者の理解も進むように、更に分かりやすい説明が必要であると思われる。

一方、「観察」が最も一番役に立つ経験であった(興味を持って取り組めた)との回答であったことから、体験的な学習の有効性が確認できる結果となった。

今後、これらの反省を踏まえて内容の改善を進めていきたい。

4. 終わりに

本稿では、創造型技術者育成の取り組みの一例として、本科卒業研究で実施している「小中学生を対象とした原子力関連教材の開発(卓上汽力発電模型と霧箱の製作)」について紹介し、科学体験イベント等の実施経験等を含めた教育効果の検証等について概説した。

原子力・放射線分野の教材開発は、幅広い分野の多面的な要素を必要とするため、与えられた課題を客観的かつ多角的に分析し、最適な方策を抽出するプロセスを経験させるには、絶好の教材であったと考えている。

今後、教材の完成度と教育効果の更なる向上のために、他高専のノウハウ活用や提供を行いながら、機会を捉えて実演展示や体験教室を継続実施していきたいと考えている。



図6 汽力発電模型の展示実演(H25年度体験教室)



図7 霧箱の製作(H25年度体験教室)

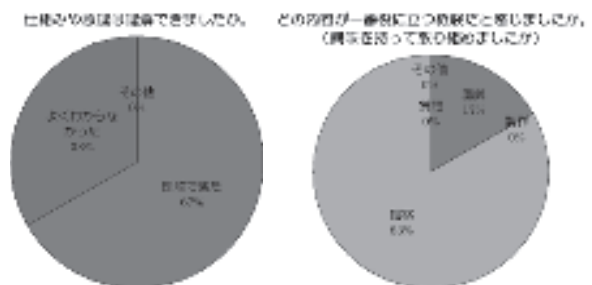


図8 アンケート結果の抜粋

参考文献

- [1] 川村淳浩：原子力人材教育における創造型技術者育成の取り組み，釧路高専紀要 46, p27・30, (2012)
- [2] 伊藤彰浩：圧力なべの SG 基準改正と安全に向けた圧力なべ協議会の取り組み，アルミプロダクツ 22(4), p5・6, (2009)
- [3] 戸田一郎：ガラス容器で霧箱をつくろう，連載「RI・放射線 一般向け教育実験ノート・2」，Isotope News 625, p23・27, (2006)