

アクティブ・ラーニングを活用した放射線・原子力教育の充実と問題点

東海大学工学部原子力工学科 教授 吉田 茂生

1. はじめに

身近にある「空気」、これは風船等を膨らませて「はい、空気です。」と言えば、その存在はイメージでき、また、風を感じればその存在を意識することができる。しかし、「放射線」については、視覚（目）・聴覚（耳）・臭覚（鼻）・味覚（舌）・触覚（皮膚）の五感（五官）では全く捉えることができず、特別な測定機器等で測らない限り、その存在すらも認識することができない。それ故に難解の部分も多く、誤解を生じ、風評に左右されてしまっている点も多々あるものと思われる。

2. 放射線利用の現状

この放射線の性質には、物質との相互作用によって放射線のエネルギーを損失することとなる「放射線の三大作用」と呼ばれる電離作用・蛍光作用・写真（感光）作用と、エネルギー損失無く物質中を通り抜ける透過作用の性質を有している。このような放射線の性質を活用し、放射線によって誘発された物質に関する情報を計測・分析・検査する計測応用と、放射線のエネルギーが物質に及ぼす効果を利用する照射応用に放射線利用法は大別される。

これらの放射線利用の経済規模の評価が、平成 19 年（2007 年）度に平成 17 年（2005 年）度の統計データを用いて実施され、総額 8 兆 8,500 億円に対して、工業・農業・医学医療での放射線利用の 4 兆 1,117 億円（46%）と原子

力発電を主体とするエネルギー利用の 4 兆 7,410 億円（54%）との経済規模の比較がなされ、それらの放射線利用のうち、工業利用に 2 兆 2,952 億円（56%）、農業利用に 2,786 億円（7%）、そして、医学・医療利用に 1 兆 5,379 億円（37%）との割合で示された。さらに、図 1 に示される通り、放射性同位元素等の使用許可・届出事業所数の機関別・年度別の推移は、平成 19 年（2007 年）度以降、民間企業での年々の増加が著しく、全事業所数は右肩上がりの増加を呈していることがわかる。その平成 27 年（2015 年）度の全事業所数は、平成 19 年（2007 年）度の 1.6 倍もの増加に及んでいる。しかしながら、これら放射線の利用・応用技術は、工業、農業、医学・医療分野等の多方面に渡った社会に、さらには身近な生活へと深く浸透し、利用されているが、残念ながらその認知度は大変低い状況となっている。

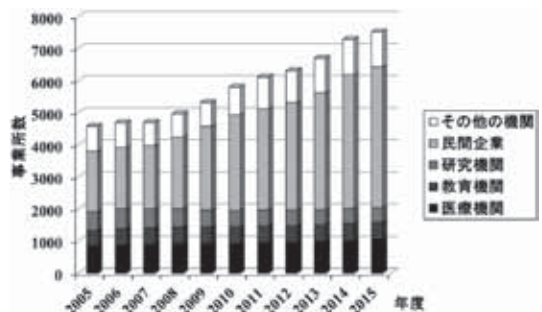


図 1 使用許可・届出事業所数の推移

3. 放射線・原子力教育の現状

また、教育体制においては、平成 24 年（2012 年）度より完全実施された中学校新学習指導要領の理科第 1 分野の「エネルギー」においては「原子力発電ではウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していること、核燃料は放射線を出していることや放射線は自然界にも存在すること、放射線は透過性などをもち、医療や製造業などで利用されていることなどにも触れる。」として、約 30 年ぶりに「放射線」の学習内容が扱われるようになった。しかしながら、平成 23 年（2011 年）3 月 11 日には、東北地方太平洋沖地震に伴った東京電力福島第一原子力発電所の事故により、原子力発電や放射線に関して、不安とともに、関心が高まる状況となってしまうことは、大変残念なことである。

さて、工業教育での放射線・原子力教育における、教科書（実教出版）での取扱い状況を、表 1 に簡略的にまとめた。工業教育においては様々な科目にて、主にエネルギー利用をする原子力発電に関して、原理・構造から、安全性や燃料サイクルの基本、環境対策等を、さらに「地球環境化学」においては放射性廃棄物の処理についても触れる科目としてもある。これに対し、「工業化学 1」にあっては、放射線の発生・性質からその利用・防護等についてと、放射線利

用に関する科目もあり、全体的にはかなり広範囲の科目履修が可能となっている。

しかし、先に述べたように放射線利用においては半数以上の割合を占める工業利用に対して、エネルギー利用として捉えた工業教育においては多少の不十分さを感じる。特に工業教育の目標とする「基礎的・基本的な知識と技術を習得」、「工業と社会の発展を図る創造的な能力と実践的な態度を育てる」ことを考慮すると実験・実習的な部分が強化されるべきものと考ええる。

4. アクティブ・ラーニングの活用例

今日、新しい時代を生きる上で必要な資質・能力を確実に育んでいくことを目指し、教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方を一体として捉えた学習指導要領等の改善を図る必要があることが言われる。なかでも課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（アクティブ・ラーニング）や、そのための学習・指導方法や評価手法等について注目がなされ、議論が進められている。では「アクティブ・ラーニング」とは？ 文部科学省の用語集の定義によると「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」とあり、「発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカ

科目名	教科書対応部分とその学習内容	
工業化学 1	第 10 章 放射性物質と原子核エネルギー	
	1. 原子核	原子核の結合エネルギーとその単位について理解させる。
	2. 放射性物質	放射線の種類や性質、原子核の崩壊の核反応式など、放射線の基礎を理解させる。
	3. 放射線の測定と利用	放射線の測定方法と単位、利用や防護について理解させる。
環境工学基礎	第 3 章 地球温暖化とエネルギー	
	2. エネルギーの利用技術と地球温暖化対策	日本のエネルギー供給と消費の関係を学習し、各国の発電構成について比較、検討させる。
		化石燃料や原子力、再生可能エネルギーの利用技術を身につけるとともに、最新のエネルギー転換技術やエネルギーを効率的に利用する技術を理解させ、低炭素社会に向けた取組について考察させる。
原動機	第 5 章 蒸気動力プラント	
	4. 原子炉	原子炉の働き、原理、構造、運転法、および環境対策などを把握させる。
電力技術 1	第 1 章 発電	
	4. 原子力発電	原子エネルギー、原子炉の構造、種類、原子炉の安全性および燃料サイクルの基本的知識を習得させる。

表 1 工業教育の教科書（実教出版）における放射線・原子力教育の取扱い例

ッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法」とある。

この手法を放射線・原子力教育に活用した実施例を数例紹介する。まず初めに当大学付属高校 SPP (Science Partnership Program) にて実施した、問題解決型のグループ実験である。ここでは中学3年生2名と高校1年生2名の1グループ4名にて構成され、問題解決のための実験方法をそれぞれグループにて考案し、それらの試行錯誤的な実験結果から考察し、結論を導き出していくものである。今回の課題は、図2に示すように、20 cm 四方の亚克力板の厚さ1.2 cm 中に、3種類の金属、アルミニウム、鉄、鉛のいずれか1種類の10 cm 四方の板を、ある厚さ(0.2～0.6 cm)分を埋め込んだ未知試料を用意し、放射線を利用して、埋め込み金属の種類とその厚さを特定するものである。放射線の測定には簡易放射線測定器「はかるくん」を、線源には極低放射能の¹³⁷Cs 密封線源を用

いた。ここで1回1回の測定条件は全て統一させ、試行実験数は可能な限り少ない回数にて、しかも、制限時間内にて結果を導き出すことが条件となっている。図2の表中にある4種類の物質のそれぞれの厚さの板で、枚数・種類等の組合せを考慮して、試行実験を行い、これらの測定結果から未知試料の測定結果を分析し、埋め込み金属を特定する。これらの実験を通じ、放射線の性質である「透過作用」について学び、どのような物質が放射線を透過しやすいのか、反対にどのような物質が放射線を透過しにくい、すなわち、放射線を「遮蔽」することができるのか、そして、どのようにすると遮蔽が効果的に行えるのかを理解する。この理解は、工業にて多方面にて利用されている「非破壊検査」の基礎的理論の修得へとつながっていく。

実際には、全プログラムの最終ステップでの実験で、この前段階として、放射線の性質や自然放射線等の基礎知識を学ぶ講座、次に簡易放射線測定器を用いた放射線特性実験にて、放射線の減弱過程を測定値から理解するとともに、放射線測定の原理・方法を習得するためにある。この2段階のステップ後に、試行錯誤的な実験を通じ、生徒が学んだ基礎知識や放射線の減弱原理等を問題解決のためにどのように応用するのか、グループ内のディスカッション・コミュニケーションにて検討・展開していく。また、これらの実験作業の過程を見ることで、生徒たちの理解度を確認することも可能とする。

さて、今回の実施では、全ての生徒が放射線に関する知識を有しない状況からのスタートであったにもかかわらず、基礎知識習得(座学)から基礎特性実験(基礎実験)、さらに問題解決・試行錯誤実験(応用実験)とステップを追い、実験を主体に集中的な講座としたため、生徒の関心度及び理解度も高めることとなった。また、グループには1名ずつ大学院生(原子力工学を専門とする)がTAを担当するが、積極

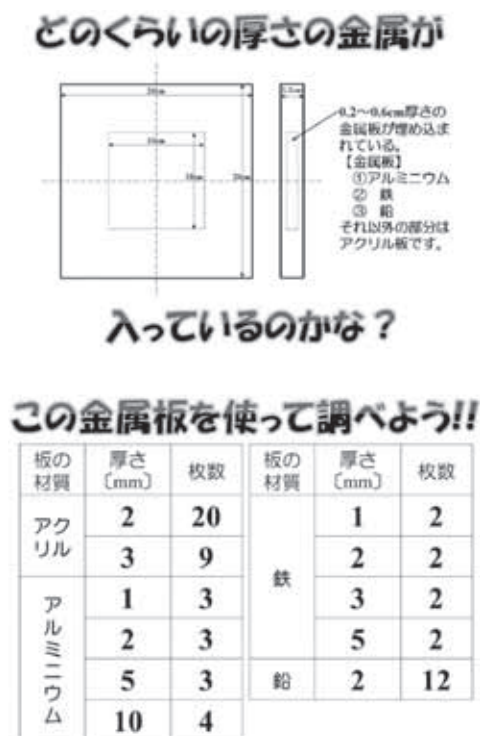


図2 SPPにおける実験課題内容

的に実験指導をするのではなく、あくまでも生徒たちが安全に実験を実施できるように監督する程度とし、実験に関しては生徒が主体となるように望み、データのまとめ方や評価の方法についての総括部分は理解しやすいように解説することに努めた。この点も最も年齢的に身近な存在である学生とのコミュニケーションが生徒の理解を促進させることにつながっている。

次に、大学の初年次生を中心に行ったグループ・ワークの一つで、学園祭の学科イベントに展示する原子炉模型の製作を紹介する。この背景には、2011年3月11日に発生した東日本大震災、その後の津波による「東京電力福島第一原子力発電所事故」の発生、大量放射性物質の漏洩、高濃度放射性物質による汚染、さらには環境の広域における放射能汚染と未曾有の大惨事がある。このような渦中にて、正しい理解を求め、原子力工学科に入学する学生も多い。しかし、初年次（1年生）学生では「原子炉（核燃料）が爆発した」と誤解する学生も少なくはない。この事故原因を正しく理解させるために、この事故にて損傷した原子炉模型を製作し、どの部分がどのように崩壊したのか、そして、それがなぜ発生してしまったのか、を専門の教員と学生とが相互にコミュニケーションを取り、原因を検討しつつ、学生がその詳細を理解しながら、模型を製作した。フリーな雰囲気の中で教員と学生との触れ合いができ、授業ではわ

かり得ない理論も、詳細にわたって専門的な部分を確認し合いながら理解を深めることができ、さらに関心度を深める結果となった。

5. アクティブ・ラーニングの問題点と対策

前章ではアクティブ・ラーニングの実例を紹介しながら、その効果の有効性を示してきた。しかしながら、アクティブ・ラーニングには様々な手法があり、場面々々において適不適もある。もちろん、担当者の能力の得手不得手もあり活用できる場面も大きく異なってくる。特に「放射線・原子力」の分野は、特異的な領域で、これまで中学校理科で触れることもなく、高等学校の物理系科目の最後の現代物理学領域で触れるか触れないかの程度で、極めて馴染みの薄い領域にあった。現教員においても教職課程にて学んだ経験の少ない方も多いかと思う。

では、工業教育での「放射線・原子力」分野にどう対応するのか、目標の「工業技術の諸問題を主体的、合理的に、かつ倫理観を持って解決し、工業と社会の発展を図る創造的な能力と実践的な態度を育てる」点を鑑みると、アクティブ・ラーニングの手法が最も効果的と考える。実験・実習・実技を主体的に活用し、正しく理解を深めていくためにも、専門的な知識・技術理論等を熟知できた人材が必要となる。この部分をいかにカバーできるか、これを可能とする対策が、高大連携として大学の専門家を人材として活用する。また、エネルギー・原子力・放射線等に関する専門家を無料で派遣する団体等に依頼することで人材を確保し、支援的にアクティブ・ラーニングを活用した授業形態を構築していくことも可能と考える。

将来において、環境を考慮したエネルギー開発は重要となり、「放射線・原子力」分野も正しい理解が必須と考える。そのためにもアクティブ・ラーニングを活用した効果的な知識・技術の修得にて、工業分野への優秀な人材育成を望むものである。

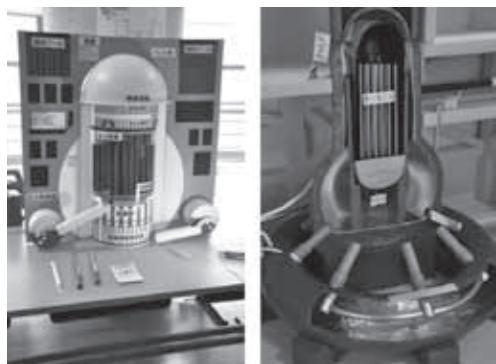


図3 製作した展示用原子炉模型