



Photo Masaki Abe

## Index

「原子力の日」に思う 放射線防護を思う……………	甲斐 倫明	1
日本における原子力と再生可能エネルギーの共生……………	佐賀山 豊	3
JIS Z 4325環境γ線連続モニタの 2019年度改正の概要について……………	中島 定雄	8
[コラム] 10th Column 【遺伝より生活習慣】……………	中川 恵一	13
教育課題としての放射線……………	井上 浩義	14
[サービス部門からのお願い] 変更連絡方法についてご協力お願いします……………		19

## ●「原子力の日」に思う

### 放射線防護を思う

一般社団法人 日本保健物理学会  
会長

甲斐 倫明\*



原子力は未だ有望なエネルギー源であると考える人は少なくなった。その背景に原子力事故の歴史があることは言うまでもない。1986年に起きたチェルノブイリ事故が我が国の人材育成に及ぼした影響は大きかった。大学の原子力工学科が名前を変え、量子や環境といった原子力とはわからない名称に変わっていった。筆者自身、原子力の将来に関心を持ち、大学時代には学生として籍を置いた。エネルギー源ではなく安全問題としての原子力に関心をもったからであった。炉物理や核燃料といった原子力のメインストリームの講義に興味を持たず、大学の講義から遠ざかっていた頃に、出会ったのが放射線影響・防護に関する講義であった。当時、医学部から講義に来ていた吉澤教授は工学や医学生物などの総合科学の色彩を持った放射線防護という学問（放射線健康管理学）が成長してきていることを独特な語り口で話した。筆者はこの講義をきっかけに放射線影響・防護という学問の存在を知り、大学院では協力講座であった吉澤教授の医学部の研究室に進んだ。当時ICRP委員であった吉澤教授はICRPの歴史と哲学を語り、筆者は放射線防護という学問に触れるスタートとなった。

その頃、米国TMI事故が起き、原子力安全の論争が沸き立っていき、我が国でも緊急時対応研究が開始される。東海村の日本原子力研究所（現在のJAEA）環境安全研究部では

放射性物質が大量に放出する場合の環境での線量予測とモニタリング研究が行われることになり、大学院修了後その研究に参加することになる。そのプロジェクトの成果がSPEEDIと名前のついた、福島事故後に有名になった線量予測の計算システムである。しかし、残念なことに、福島事故ではSPEEDIは影響予測ではなく影響の事後説明となってしまう、緊急時対応のツールとしての社会的な信頼を失っていった。

日本原子力研究所から東大の研究室に移籍した直後にチェルノブイリ事故を経験する。このとき、チェルノブイリ原子力発電所から北に300キロ離れたモギレフに滞在していた日本人4名が帰国し、彼らの体内放射能を東大のホールボディカウンタで測定することになった。その4名の衣服や体内からはヨウ素、テルル、セシウムなどの放射性同位元素が検出され、幸い線量は低かったものの、予想しなかった放射性同位元素の検出に事故の規模を間接的ではあったが経験することになる。成田空港では入国者の汚染スクリーニングが行われ、チェルノブイリ事故の我が国への影響は小さくなかった。原子力安全の観点からは原子炉の型の違いや規則違反などが論点となっていたが、放射線影響・防護においては、急性障害が出たことで障害治療、さらには晩発影響に対する予測や事故後にどのように放射線に対峙するのかが国際的な話題となっていく。ICRPが放射線防護を事故時に拡大して適用することを考え、チェルノブイリ事故は1990年勧告に介入と行為という概念が生まれ、事故後の放射線防護を考える契機となった。

1999年はJCO事故が発生し、3名の重大な被ばくをもたらした2名の作業者が亡くなるという我が国の最大の原子力事故となる。この事故は原子力安全委員会の組織再編、オフサイトセンター（緊急事態応急対策拠点施設）

\* Michiaki KAI

## ● 原子力の日に思う

の設置と緊急時体制の見直しに繋がった。しかし、2011年の福島事故では様々な要因があったことは確かであるが、十分な機能を果たすことはなかった。このとき、日本保健物理学会に設置された委員会（筆者は幹事）は、JCOの放射線防護に関する教訓の一つとして放射線安全を説明するスポークスパーソンの必要性を訴えた。福島事故後に叫ばれたリスクコミュニケーション的な役割を果たす人材である。

2011年に東日本大震災によって発生した福島第一原子力発電所事故は、我が国の原子力開発に甚大な影響を与えたことは言うまでもない。放射線影響・防護の点からは、事故後の対応として避難の判断の妥当性が議論となった。飯館村は「計画的避難区域」に指定されるなど、事故前からは到底想定できなかった問題の対応に迫られた。リスク管理のもとで、どこで線引きをすべきか、事故の教訓となった放射線防護の実務的課題である。現実には発生している種々の影響、社会経済的影響（自律性の喪失、地域コミュニティの崩壊など）、心理的影響、さらには生活スタイルの変化による健康影響などが、これまでのリスク（潜在的可能性）といかにバランスを取るのか、サイエンスだけでは決定できない問題である。そこに現代の放射線防護に登場してきたのが、倫理的配慮であり、ステークホルダー関与である。ICRPは、2018年に「放射線防護システムの倫理的基礎」というPublication138を勧告した。放射線防護はサイエンス（自然科学）だけでなく、倫理とこれまでの経験の上に成り立っていることを改めて強調した。

一方、放射線影響・防護は原子力分野以外にも医療分野において重要な役割を果たしてきた。筆者は看護系大学に籍を移してからは、医療被ばくの健康影響と防護に重心を移して研究を行ってきたが、放射線防護の基本であるリスクの評価とその対応は共通である。し

かし、たとえ同じリスクであっても、事故被ばくと医療目的であらかじめ受け入れた被ばくの間には決定的に倫理的違いがある。これと類似した認識が福島事故後の住民の反応として起きたことは予想できたことである。ICRPはPub.103で「ほとんどの現存被ばく状況では、被ばくした個人と当局者が、被ばくを“通常”と考えられるレベルに近いあるいは同等のレベルまで引き下げることを望んでいる」と指摘し、倫理的な判断の重要性をすでに強調していた。被ばく低減に要する社会的費用が費用便益効果の点から適切かどうかだけでは決定できない側面を示したのである。この点はサイエンスに籍を置く多くの専門家からは理解されずにいる問題である。事故後に社会的に複雑な状況を生み、従来の放射線防護だけでは扱うことができない多くの側面をもたらす原子力事故からいかに復興するのか、この問題を目の前にして異なった考えが生じるのは避けられないが、地域住民中心の判断を支援することが必要であることをICRPは最新のドラフト（Pub.109,111の改訂レポート）で強調している。

緊急時対応、廃炉、廃棄物管理などこれからも直面する原子力の課題は、総合科学としての性格を持つ放射線影響・防護分野にとっては分野を超えた挑戦が求められている。

## 著者プロフィール

1981年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。日本原子力研究所環境安全研究部研究員、東京大学大学院医学系研究科助手、米国フレッドハッチンソンがん研究センター客員研究員を経て、現在、公立大学法人大分県立看護科学大学環境保健学研究室教授。工学博士。国際放射線防護委員会(ICRP)第4専門委員会委員を経て、2017年からICRP主委員会委員、一般社団法人日本保健物理学会会長、日本学術会議連携会員、放射線審議会委員。専門は、放射線防護・リスク解析。最近は、WAZA-ARI開発など、小児CTリスク評価に関する研究、急性骨髄性白血病に関する動物実験による線量率効果の研究を主に続けている。

# 日本における原子力と 再生可能エネルギーの共生\*



佐賀山 豊\*\*

## はじめに

NPOニュークリア・サロン (NSF) は、原子力エネルギーの本質に対する理解活動を促進するとともに、原子力に根ざした社会を構築することを目的として、様々な活動を実施している。本稿は、昨年度の笹川平和財団からの委託調査「原子力と再生可能エネルギーの共存」の成果を基にしている。

## 1. 地球温暖化とその防止に向けた国内 外の取り組み

2015年12月に先進国・途上国を含めたパリ協定が採択され、21世紀後半に産業革命前からの世界的な平均気温上昇を2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求することが示された。日本政府は、近年のエネルギー政策議論において、2050年までに温室効果ガス (GHG) 排出量を80%削減することを目標として掲げている。そのために、発電分野において、再生可能エネルギー (以下、再エネ) を主力電源として位置付け、太陽光や風力発電等の変動型再エネ (Variable Renewable Energy : VRE) の導入促進と、これらの調整電源として大容量蓄電池システムの開発、水素利用の拡大を目指すとともに、火力発電で排出される炭酸ガスを回収・利用・貯留 (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage : CCUS) する技術、安全性を向上させた新型原子炉の開発等、あらゆる分野

でのイノベーションによるブレークスルーに期待して取り組む方針としている。

我が国の第5次エネルギー基本計画 (2018年7月3日閣議決定) では、原子力発電は重要なベースロード電源としつつも、「安全最優先の下で軽水炉の再稼働」と「原子力依存度を可能な限り低減」が基本方針とされ、主力電源として導入拡大を目指すVREと、原子力以外の調整電源の開発に重点が置かれている。このような状況に対して経団連は、2019年4月に原子力の長期必要性を政策に位置付けるよう提言している<sup>1)</sup>。

世界の状況はどうであろうか。米国、カナダ、フランス、英国、ドイツ等の各国は、2050年に向けて、GHGの排出削減目標を80%以上に設定すると共に、GHGを排出しない電源比率の引き上げに向けて、福島第一原子力発電所事故後、脱原子力に転じたドイツを除き、「再エネと原子力の組み合わせ」で実現を目指していく方針を基本としている<sup>2)</sup>。また、マサチューセッツ工科大学 (MIT) や経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) は、パリ協定の実現を念頭に、2050年の電力コストを評価したレポートを公表し、脱炭素化を実現していくために原子力の重要性を指摘している<sup>3)、4)</sup>。

## 2. 日本の目指すべき2050年の電源ミックスの検討

VREの導入・拡大を目指している我が国

\* この小論の元になった詳しい資料はNSFのホームページ ([http://www.ns-fuji-ie.jp/npa\\_index.html](http://www.ns-fuji-ie.jp/npa_index.html)) にアップされている。

\*\* Yutaka SAGAYAMA NPOニュークリア・サロン 代表理事

を含む各国の動向と、それらに伴う課題を明確にした上で、我が国の地政学的な条件も考慮して、2050年の脱炭素化社会における電源構成の在り方について検討した。ここでは、VRE導入の影響が端的に表れる最も厳しい条件で、余剰及び不足電力の発生量を評価した。具体的には、過去の最大・最小電力需要日の実績に対し、想定する3つの電源構成で1日の需給バランスを試算した。

## 2.1. 検討の考え方

2017年度の総発電電力量は1,039TWhであり、その内訳は再エネ16%（水力・バイオマス・地熱等の安定再エネが約10%、VRE：太陽光約5%、風力約1%）、原子力約3%、火力約81%である。経済産業省の長期エネルギー需給見通し（2015年7月）では、2030年度の総発電電力量を1,065TWhとし、この電力を再エネで22~24%（安定再エネ：13.5~14.9%、VRE：太陽光7%+風力1.7%）、原子力で22~20%、火力で56%担うとの電源構成の実現を目指している。

これらのデータを元に2050年における日本の総発電電力量は、人口減少や更なる省エネと共に、1次エネルギーの電化拡大も考慮して1,100TWhと想定した。電源構成は、VREの導入割合をパラメータとして設定した（表1）。2050年の電源構成の設定に当たっては、①水力・バイオマス・地熱等の安定再エネ、②VREである太陽光及び風力、③電力需要に応答できる安定電源として原子力及びCCUS付火力等で構成されると想定した。その上で、表1に示す3ケースの電源構成で、

表1 2050年の電源ミックスの検討ケース

	ケース1	ケース2	ケース3
安定再生可能エネルギー (水力・バイオ・地熱)	15%	15%	15%
変動型再生可能 エネルギー(VRE) (太陽光・風力)	20%	40%	85%
安定電源 (原子力・CCUS付火力等)	65%	45%	0%

(比率は年間の発電電力量(GWh)の割合)

「最大電力需要日にVRE発電が最小になる日：台風や集中豪雨が日本列島に大規模な被害を及ぼした後に相当」と「最小電力需要日にVRE発電が最大になる日：5月の連休やお盆休暇中に相当」の2つの条件を評価した。ここで、VRE20%の想定は、欧州等の例でVRE比率が20%を超えると余剰電力問題が顕著となる知見を踏まえたものであり、VRE85%は安定再エネ以外を全てVREで賄うケース、VRE40%はその中間的ケースである。また、安定再エネについては、日本の国情から大幅な拡大は見込めないため、2030年時点と同一の15%、太陽光と風力の発電量比率は、2030年度の両者の比に近い4:1と仮定した。なお、太陽光の最大出力は、過去の発電実績に基づき設備容量の80%とし、風力は年間設備利用率23.9%に相当する一定出力と仮定した。

## 2.2. 電源構成のケース・スタディ結果と課題 (1) 発電量割合が安定再エネ15%、VRE20%、安定電源65%：ケース1の場合

図1に、ケース1での設備容量、最小及び最大電力需要日の電力トレンド（経時変化）、余剰及び不足電力の発生量を示す。図1左は、2018年5月4日の電力需要の実績を用いて、余剰電力を評価した図である。太陽光の導入規模が現在の約3倍であるため、5月連休やお盆休暇中のような最小電力需要日に、全国的に晴天、良好な風況となると、昼間に大きな余剰電力が発生する。これを抑制するため、安定再エネによる発電を停止し、かつ安定電源の発電出力を10%程度まで低下させても、1日当たり約120GWhの余剰電力が発生する（図1左図）。現在、世界最大の大容量蓄電設備は、南豪州に設置された約230MWh規模であり、1日当たり120GWhの余剰電力を蓄電することは、この施設の約500倍もの巨大な施設を国内に設置することを意味する。一方、蓄電できない場合には電力系統を保護するために、多くの施設でVREを停止させる等の措置が必要になる。

このような状況が5月連休のように1週間

**ケース1の発電設備容量**  
**VRE 166GW(太陽光 145GW、風力 21GW)、安定再エネ 55GW、安定電源 96GW**

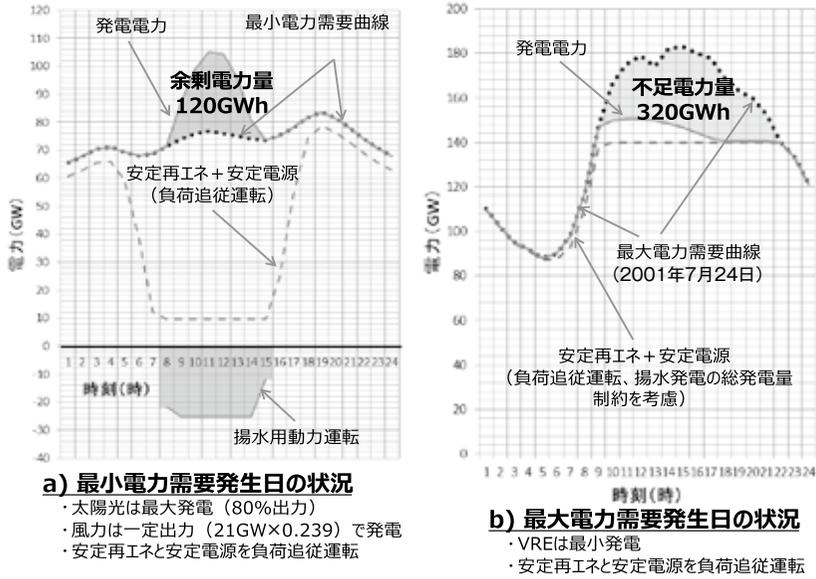


図1 ケース1における電力トレンドと余剰又は不足電力の発生量

る(図1右図)。このような不足電力への対応は、電力予備力の検討や系統融通、デマンドレスポンス(DR)等も含めると、より小さくできると期待されるものの、その多くを蓄電池で対応することは上述と同じく困難である。その一方で、非常用電源として30GW規模の安定電源があれば、異常気象の継続日数とは関係なく、VREによる発電量

程度も継続すれば、余剰電力を蓄電する容量は、約7倍にもなり、大容量蓄電設備で対応することは更に困難になる。また、蓄電池の耐用年数は今後の技術開発に期待しても20年程度と短いため、定期的な交換も考慮しておく必要がある。大容量蓄電池はその開発が期待されてはいるが、ここで評価された設備規模を考えると、その実現性を見通すことは難しい。更に、この膨大な蓄電池を製造するための資源量や発生する廃棄物量等も考えると、VREの調整電源として蓄電池に全てを期待することの困難さ、技術的実現性の乏しさが浮かび上がる。

この一方、台風や集中豪雨が日本列島に大規模な被害を及ぼした場合には、長期間にわたり太陽光及び風力発電等が利用できないことも想定される。仮にVREの発電量がほとんどない日が過去の最大電力需要日(2001年7月24日)と重なれば、安定再エネと安定電源をフルパワーで発電しても、一日当たり約35GW(電力量にして約320GWh)不足す

不足を補うことができる。なお、最近、我が国で脚光を浴びている水素は、長期間のエネルギー貯蔵が可能であり、将来のエネルギーキャリアとして期待されているが、電気分解による水素生成、生成水素の貯蔵・輸送方法、水素から電力にするための方策(水素燃焼や燃料電池)などが、未だ基礎的な開発段階にあり、現時点で、どの程度の規模で調整電源の役割が果たせるのか定量化できる状況には至っていない。

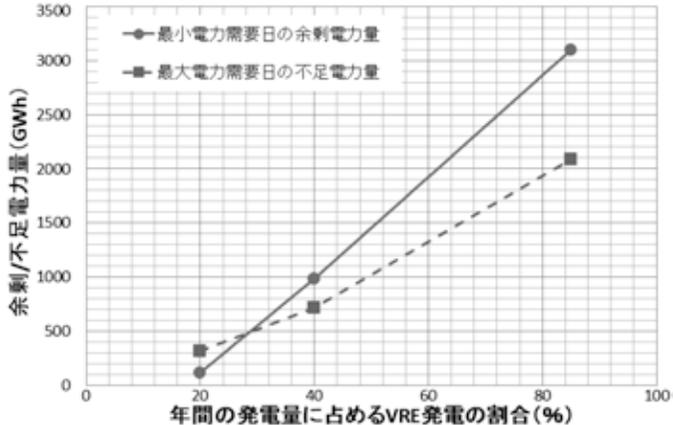


図2 VRE導入割合と余剰又は不足電力の発生量の関係

## (2) その他のケース

VRE比率が、40%のケース2では、発電設備容量は、安定再エネ55GW、VREの内太陽光289GW、風力42GW、安定電源67GWである。VRE比率が85%のケース3では、太陽光615GW、風力90GWが必要となる。図2には、VREの導入割合に対する、余剰電力、不足電力の評価値を示すが、VREの導入割合が増えるにつれ、ほぼ一様に調整電源の必要量が増加することが分かる。

全てを再エネで賄うケース3では、VREの設備容量は合計で700GWと極めて大量の導入が必要となる。この場合のVREの導入規模は、日本の国土（洋上を含む）では、環境への影響（景観や自然環境の保護、災害対策等含む）や周辺住民の受容性（パネルの熱風、低周波騒音、漁業補償、VRE設備の廃棄物問題等を含む）といった観点からも非現実的な規模となる。

仮にこのような大量のVREが導入されたとしても、図2に示した通り、この場合には1日の電力量として、最大2,000GWh以上の過不足が生じる可能性があり、VRE導入20%の場合に比べ6.5倍以上の大容量の調整電源が必要となる。VRE40%導入のケース2においても、ケース1の蓄電容量の2倍程度が必要となり、経済合理性に叶う対策を見通すことは難しい。

太陽光中心の日本の状況を踏まえた今回のケース・スタディでは、日本のVRE構成では20%程度でも、電力需給に1日最大120～320GWh程度の過不足が生じ得ること、VRE割合が増すにつれこれらの規模は拡大していくことが分かった。欧州では、国際連携線が整備され、又風況が良いため設備利用率が日本の約2倍（約40%）の洋上風力がVREの中心であることから、ダックカーブ（電力需要から太陽光発電によって供給される電力を引いたカーブのことで、昼間に大きく減少し夕方方に大きく増大する）等の問題は小さくなるので、同じVRE割合でも、過不足の度合いは少なくなる。従って、我が国の風力発電も、今後は陸上風力から洋上風力に切り替え、ダッ

クカーブの影響を緩和することが重要である。

しかしながら、蓄電技術の大規模かつ経済的な実用化が見通せていないことを踏まえると、今後のVREの比率としては、洋上風力に重点を置いたVRE導入の方針やDR、電力系統での調整力の向上で、蓄電技術への依存度を低減可能な20%程度が当面の目安になると考えられる。

## 2.3. 2050年の安定電源の役割は何か？

以上の検討から、VREの導入比率20%程度が導入の目安となりそうなことが分かったが、脱炭素を実現できる安定電源を65%あるいは45%確保する方策はどうなるのだろうか？

現在日本の主たる発電は、LNG、石油、石炭の火力発電であり、現在の発電量の80%を超えている。これらの発電はGHG排出量に差があるものの、発電量に応じてCO<sub>2</sub>を排出する。このため、火力発電所から排出されるCO<sub>2</sub>を回収し、これを地下1,000mから3,000mにある帯水層に高圧（約100気圧）で注入するCCSの実証試験が進められている。しかし、帯水層における安定貯留の信頼性、大容量CO<sub>2</sub>を貯蔵する貯留適地の確保等の課題が指摘され、2050年までにこれらの課題を解決して、大規模なCO<sub>2</sub>貯留を実現できる目途は立っていない。

一方、原子力発電は、2019年7月8日現在、新規基準に合格して再稼働した原子力発電所9基（9.1GW）の他、設置変更許可済、安全審査中、未申請を合わせ、合計36基（37.2GW）である。2030年度の目標である原子力発電比率20～22%を満たすには、設備利用率70%とすれば、原子力発電設備容量としては35.3～37.8GWとなり、これは再稼働を目指す36基の全てが運転を開始して達成できる量となる。このような状況の中で、安定電源を全て原子力で賄うと仮定して、2050年に原子力発電比率として、65%、あるいは45%を達成するには、設備利用率を85%に向上させたとしても、2050年の原子力発電設備容量はそれぞれ96GW、67GW必要になる。既存

の原子力発電所の全てについて60年の運転寿命延長を行うとした場合でも、2030年以降に発生する再稼働プラントの廃止措置による減少分を、新增設でカバーしていく必要がある。新增設にはこれまでの建設実績から15年以上を要すると考えられ、遅くとも2020年頃から新增設に着手して、2035年頃から150万kW級の原子力発電所をケース1では毎年3基強ずつ、ケース2でも毎年2基強ずつ運転開始する必要がある。これらは、3.11以降の原子力発電に対する厳しい世論の中で容易でないと考えられるものの、我が国では1980年代初頭に最大14基の原子力発電所を同時建設し、また1年に4基を運転開始した実績がある。国が原子力政策を明確にし、官民が連携・協力していけば、実現可能な目標ではなかろうか。更に、この原子力の発電量割合65%は、フランスで既に実績のある数値でもある。

欧米でのVREと原子力の共存による脱炭素社会を目指す動きが加速していくと、大型軽水炉の導入を拡大しているロシア、中国、インド、中近東諸国等と相まって、21世紀半ば以降には、ウラン資源の需要が増加して、需給バランスが不安定となりウラン価格の高騰に至ることが懸念される。このため、同時期までにウラン資源の価格動向から解放されるプルトニウムを中心にした高速炉サイクルへ移行できる技術基盤を構築しておくことが不可欠となる。高速炉サイクルは、研究開発段階の技術であり、その実用化の目途を立てるには20年程度の期間と実機スケールの高速炉の建設・運転が必要になる。原子力発電による発電割合を増加させ、これを持続的に利用していくためには、軽水炉の新增設に向けた取り組みとともに、今世紀半ば頃までの高速炉サイクルの実用化に向けた技術開発が重要である。

### 3. 結論

今回の研究で以下のことが明らかとなった。

- 欧米を中心として、「VREと原子力」を中心に2050年以降の脱炭素社会を実現する動

きが活発化している。我が国のVREの特性を前提とした電源ミックスの検討の結果、VREの導入割合が20%程度でも調整電源として安定電源が必要となる可能性が高い。

- VREの変動性を軽減するには、太陽光よりも洋上風力の割合を増やしていくのが望ましく、また、調整電源となる大容量蓄電池やCCUS付き火力発電等の技術開発、更には水素技術の開発に取り組んでいくことが重要である。今後、2050年頃までに、これらの技術が、どの程度導入可能であるか、具体的な検討が急務である。
- 低炭素技術かつ安定電源である原子力発電を脱炭素社会実現に向けた主要電源と位置付け、原子力発電の社会受容性を獲得する努力を続けつつ大型軽水炉の新增設に取り組む必要がある。そして2050年以降の持続的な脱炭素社会の継続のためには、今世紀半ばまでに、ウラン資源の制約からの脱却と放射性廃棄物の減容等を実現できる「高速炉サイクル」の実用化を目指す着実な技術開発が必要である。

### 参考文献

- 1) 経団連, “日本を支える電力システムを再構築する – Society 5.0実現に向けた電力政策 –”, 2019.4.16.
- 2) 資源エネルギー庁, “エネルギー情勢懇談会提言～エネルギー転換へのイニシアティブ～関連資料”, 第9回エネルギー情勢懇談会資料3, 2018.4.10.
- 3) MIT, “The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World”, An Interdisciplinary MIT Study, 2018.9.
- 4) OECD/NEA, “The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables”, NEA No.7335, 2019.

### 著者プロフィール

筆者は、1974年慶応大学工学部を卒業後一貫して日本の高速炉開発に従事してきました。1999年からは、現在の国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構の前身の核燃料サイクル研究開発機構において、FBRサイクル開発推進部長、日本原子力研究開発機構発足時には、次世代原子力システム研究開発部門長兼理事長特別補佐を歴任し、これまで一貫して高速炉の開発方針策定の主要メンバーとして活動しています。2013年からは理事長シニアアシスタントを務めています。

また2000年より開始された第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)の活動に日本代表の一人として当初より参画し、2010年からは同フォーラムの議長を歴任し、現在は名誉議長を務めています。

ニュークリア・サロン(NSF)での活動については、2010年の発足当時から参画すると共に、藤家洋一元原子力委員長の後を継いで、2017年よりNSFの代表理事を務めています。

# JIS Z 4325環境γ線連続モニタの 2019年度改正の概要について



中島 定雄\*

## 1 はじめに

国内の原子力施設及びその周辺環境放射線監視を目的として設置されるモニタリングポスト等の環境γ線モニタは、設計及び試験の適用規格としてJIS Z 4325-2008「環境γ線連続モニタ」を利用している。この規格が、2019年4月22日に改正されたため、改正の経緯、趣旨、対応国際規格への整合上のポイント、及び主要な改正点について紹介する。

## 2 改正の経緯

今回の改正までの経緯は、次のとおりである。

- a) 1983年にJIS Z 4325として制定された。JIS Z 4325：1983は、主に原子力施設周辺の環境γ線線量率監視のための連続モニタの製作と使用に活用されてきた。また、同時に“環境γ線連続モニタの校正方法”の規格もJIS Z 4326として制定され、このモニタの校正に有効に活用されてきた。
- b) 1994年に“放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律”などの改正

(1988年5月)に関連し、原子力安全委員会の“環境放射線モニタリングに関する指針”が改正され、環境γ線線量率の測定は、従来の照射線量率から空気吸収線量率による測定に変わったことを受け、このモニタの校正方法を附属書としてまとめ、JIS Z 4325にJIS Z 4326（2004年に廃止）を包含し、改正した。

- c) 2005年に環境γ線連続モニタの校正方法にかかわる規格であるJIS Z 4511（照射線量測定器及び線量当量測定器の校正方法）が改正され、（照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法）となったことを受け、これらとの整合を図るとともに、その後の技術動向、使用状況の多様性及び品質向上に対応するために2008年に再び改正した。

## 3 改正の趣旨

今回の改正では、国際電気標準会議規格の中で環境γ線モニタを規定したIEC 61017-2016をJIS Z 4325の対応国際規格とし、これを基に改正した。

JIS Z 4325は、制定から2008年度の改正ま

\* Sadao NAKASHIMA 富士電機株式会社 放射線システム部 主席

では、対応国際規格はないとして、国内の環境γ線モニタの技術動向及び使用状況を基に規格の制定又は改正を進めてきた。一方、国際電気標準会議規格では、環境γ線モニタの線量率計の規格IEC 1017-1が1991年に制定され、積算線量計の規格IEC 1017-2が1994年に制定された。2016年2月には、日本のIEC委員の手により、これらの統合版としてIEC 61017 Ed.1.0-2016が刊行された。今回、この統合版の刊行を契機として、JIS Z 4325をIEC 61017:2016（以下、対応国際規格という。）に整合させる改正を行った。

東日本大震災に伴う東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故以来、据置形の環境γ線モニタの他に多数の可搬形及び移動形のモニタが使用されてきた。しかしながら、旧規格は、適用範囲を据置形の環境γ線モニタに限定した規格であるため、可搬形及び移動形のモニタには適用ができなかった。一方、対応国際規格は、据置形、可搬形及び移動形の環境γ線モニタを適用範囲としているため、旧規格をこれに整合させて改正することで、可搬形及び移動形のモニタに対しての規格化が可能となる。

\*\*\*\*\*

#### 4 対応国際規格への整合上のポイント

\*\*\*\*\*

今回の改正にあたり対応国際規格へ整合を図る上でポイントとなった事項は、次のとおりである。

- a) 旧規格は、環境放射線モニタリングに関する指針に従い、環境γ線の測定量を空気吸収線量率又は空気カーマ率と規定しているが、対応国際規格はこの他に周辺線量当量率も測定量としており、周辺線量当量率をこの規格に取り込むべきか否かが問題と

なった。検討した結果、対応国際規格との整合を図ることと、国内で多数の周辺線量当量率を測定量とするモニタが設置されているという情勢も考慮して、周辺線量当量率を測定量に加えた。

- b) 対応国際規格は、線量率及び線量を測定対象とするモニタを規定しているが、旧規格は、線量率を測定対象とするモニタに限定した規格になっている。対応国際規格に合わせて線量測定に関する性能及び試験方法を規定すべきか議論になったが、国内で製作されているモニタは、線量率を測定対象とするモニタが大多数であることから、今回の改正では線量率を測定対象とするモニタに限定して規定した。
- c) 旧規格は、ドリフトの性能及び試験方法を規定しているが、対応国際規格は規定していない。環境γ線モニタは、長期の連続監視を要求されるモニタであるため、ドリフト試験は必要ではないかとの指摘があったが、対応国際規格との整合の観点から、ドリフトを規定に含めないこととした。その代わりに、検出器の構造の規定に検出器の出力信号は長期間にわたり安定でなければならない旨を追記した。

\*\*\*\*\*

#### 5 主な改正点

\*\*\*\*\*

主要な改正点は、次のとおりである。

- a) 適用範囲
  - 対応国際規格の適用範囲を反映して、50keV～7MeVの環境γ線の空気吸収線量率、空気カーマ率又は周辺線量当量率を連続的に監視する、据置形、可搬形又は移動形の環境γ線モニタを適用範囲とした。

ただし、事故時又は緊急時の線量率の監視を行うモニタは適用範囲外とし、さらに、 $\beta$ 線及び中性子の監視を行うモニタも適用範囲外とした。

旧規格では、原子力施設及び放射線施設の周辺の環境 $\gamma$ 線モニタを適用範囲と規定していたが、今回の改正では、国内の適用実績から以下の環境 $\gamma$ 線モニタへの適用が可能な記載に変更した。また、設置場所が明確でないとの指摘があり、野外で用いる記載を追加した。

- 1) 施設の敷地内及び敷地境界に施設者が設置する環境 $\gamma$ 線モニタ
- 2) 施設の周辺地域に地方公共団体が設置する環境 $\gamma$ 線モニタ
- 3) 環境省及び原子力規制庁が全国的环境放射線レベルを把握するために設置する環境 $\gamma$ 線連続モニタ

## b) 直線性

旧規格で“相対基準誤差”として規定していた性能を、対応国際規格の規定に合わせて、“直線性”に置き替えた。

旧規格では、線量率計の有効測定範囲における性能は、線量率の取決め真値に対する相対基準誤差と不確かさ( $U$ )との和が $\pm(20+U)\%$ 以下で適合とされていたが、この規格では、基準条件下及び特定条件下において、正味の指示値と線量率の取決め真値との比で定義した相対レスポンス( $r$ )の不確かさ( $U_{rel}$ )を考慮して $(0.85-U_{rel})\sim(1.22+U_{rel})$ を適合とした。

なお、対応国際規格の直線性の許容値は、指示値( $D_I$ )が(線量率の取決め真値 $D_T+$ その不確かさ $U$ )の $-15\%\sim+22\%$ の規定及びレスポンスは基準レスポンスの $-15\%\sim+22\%$ の規定とが混在しており、どちらが

正しいのか確認できなかった。そこで、直線性の性能を規定する上で後者の規定が適切であると判断し、試験点のレスポンスと基準レスポンスの比である相対レスポンスにより許容値を定めるものとした。さらに、前者の規定で線量率の不確かさを考慮した規定としていることから、相対レスポンスの不確かさ $U_{rel}$ を考慮した許容値とした。

直線性試験方法に関して、対応国際規格は、低線量率における対応として、有効測定範囲の下限を引き上げることが許容しているが、国内ではそれが許容されないケースが想定されるため、模擬信号入力装置を用いた電気試験を並記した。モニタが $G(E)$ 関数を用いたエネルギー特性の補正を行うものである場合には、電気試験は基準放射線のエネルギーを考慮して模擬信号を設定する必要がある。具体的には、次の方法で電気試験を行うことができる。

- 1) 基準レスポンス決定時の基準放射線を所定の線量率でモニタに照射し、その時の指示値 $I$ を読み取るとともに、波高分析器でパルスのエネルギースペクトルを測定する。
- 2) エネルギースペクトルから基準放射線のピークチャンネルにおけるパルス波高を読み取る。
- 3) 模擬信号入力装置をモニタの信号処理部に接続し、パルス波高を2)のパルス波高に設定し、信号入力パルス率を少しずつ上昇させて、モニタの指示値が指示値 $I$ と同じ値になる信号入力パルス率 $Q$ を求める。
- 4) 以上で求めたパルス波高、 $I$ 及び $Q$ を用いて、直線性試験に規定した電気試験を行う。

**c) エネルギー特性**

対応国際規格の反映及び国内技術動向から、エネルギー範囲は、50keV以上80keV未満、80keV以上1.5MeV以下、及び1.5MeV超3MeV以下の3レベルに変更した。また、検出器ごとのレスポンスの比の許容範囲をなくし、エネルギー範囲が80keV以上1.5MeV以下の場合だけ許容範囲を0.7~1.3とし、その他のエネルギー範囲の許容範囲は受渡当事者間の協定によるとした。なお、許容値は<sup>137</sup>Csの線量率の取決め真値の不確かさを考慮しないものとした。

**d) 方向特性**

対応国際規格の反映及び国内技術動向から、旧規格の角度範囲0°~±90°、許容範囲±20%に対して、角度範囲の違い(0°~±90°又は0°~±120°)及び水平方向試験の有無により3形式に分類し、放射線の種類により許容範囲を規定した。

**e) 警報応答時間及び警報レベルの安定性**

対応国際規格を反映して、旧規格では警報設定値の95%の信号入力に対して警報が発生しないこと及び105%の信号入力に対して5分以内に動作する規定となっていたが、この規格では、80%の信号入力に対して警報が発生しないこと及び120%の信号入力に対して1分以内に動作する規定に変更した。また、対応国際規格を反映して、この規格では警報応答時間の規定を追加した。警報応答時間は、高レベル警報に対して1秒以内、低レベル警報に対して5分以内の規定とした。

**f) 温度特性**

対応国際規格を反映して、旧規格の指示値の変化±5%の規定に対して、温度範囲及び温度制御機能の有無により3形式に分類し、それぞれに許容範囲を規定した。

**g) その他追加特性**

対応国際規格を反映して、旧規格には規定されていなかった、応答時間及び予熱時間を性能として追加規定した。また、電気的特性試験として静電気放電イミュニティ特性、放射無線周波電磁界イミュニティ特性、電気的ファストトランジェント/バーストイミュニティ特性、サージイミュニティ特性、無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ特性、リング波イミュニティ特性、電源周波数磁界イミュニティ特性、電圧ディップ、短時間停電及び電圧変動に対するイミュニティ特性までを追加規定した。機械的特性試験として耐インパクト特性及び耐衝撃特性)を追加規定した。環境特性試験としては、旧規格の耐雨性をJIS C 0920に従った防水特性の規定に置き替えた。

**h) 附属書**

対応国際規格に記載されたAnnex A~Annex Dは、技術的に有益な情報であることから、附属書A~Dに記載した。附属書Aは宇宙線及び内部バックグラウンドによる影響の評価方法、附属書Bはモニタ仕様及び構成例、附属書Cは検出器の特性概要、附属書DはG関数の解説を記載している。旧規格で記載されていた附属書A(参考)環境γ線連続モニタの校正方法は、JIS Z 4511-2018の附属書JC(参考)低線量率における実用測定器の校正方法の記載内容と整合を図り、附属書JA(参考)環境γ線連続モニタの現場校正とした。

\*\*\*\*\*  
**6 今後の対応**  
\*\*\*\*\*

今回の改正では、方向特性及び温度特性は、

国際規格適合品と国内製品対応品で性能をモニタ形式で分けて規定しているが、今後の国内製品技術開発状況を踏まえて次回改正時に、国際規格適合品への一本化を図る予定である。また、国際電気標準会議国内委員会と連携して、対応国際規格の次回改正時に、5b) 項の直線性の規定への変更提案を行う予定である。

**\* 主要な改正点に関する規定内容の新旧対比表を弊社ホームページのFBNews WEB版 第514号に掲載しています。**

[<http://www.c-technol.co.jp/fbnews>]

#### 著者プロフィール

1977年3月 津山工業高等専門学校 工学部機械工学科 卒業  
 1982年3月 豊橋技術科学大学 工学部エネルギー工学科 卒業  
 1984年3月 豊橋技術科学大学 工学研究科エネルギー工学 修了  
 1984年4月 富士電機製造株式会社入社  
 放射線機器システムのエンジニアリング業務に従事  
 1988年7月 日本原燃サービス株式会社出向  
 再処理施設放射線管理施設の設計に従事  
 1992年7月 復職 富士電機株式会社 放射線システム部  
 現在に至る  
 2018年度に「JIS Z 4325 環境γ線連続モニタ」改正の原案作成委員として活動

## 《 保物セミナー2019開催のご案内 》

開催日時：令和元年11月29日(金) 10:00~19:30

会場：大阪科学技術センター 8階大ホール

参加費：5,000円 (ポイリング・ディスカッション参加は別途5,000円)

主催：「保物セミナー2019」実行委員会

- テーマ1 人工知能技術の活用と将来展望
- テーマ2 電磁界における最新技術
- テーマ3 低線量放射線の健康影響
- ポイリング・ディスカッション

問合せ先：保物セミナー2019実行委員会事務局

〒542-0081 大阪市中央区南船場3丁目3番27号サンエイビル 2階

NPO安全安心科学アカデミー内

Tel / Fax : 06-6252-0851 E-mail : seminar@esi.or.jp

詳しくは、安全安心科学アカデミーHP (<http://www.anshin-kagaku.com>) の広報をご覧ください

#### 【お詫びと訂正】

FBNewsNo513(2019年9月号)におきまして一部誤りがございましたので下記の通りお詫びして訂正いたします。  
 6ページ「個人線量の実態」 (誤)：平成30度 → (正)：平成30年度



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

## 遺伝より生活習慣

がんは細胞の増殖に関わる遺伝子が傷ついて不死細胞ができる「遺伝子の病気」ですが、「遺伝病」という見方は誤解です。遺伝はがんの原因の5%程度にすぎません。「がん家系」などほとんどないと言えるのです。

まったく同じ遺伝子を持つ一卵性双生児でも同じがんにかかる確率は1割程度にすぎません。逆に、結婚後長い時間をともに暮らす夫婦は同じがんにかかりやすい傾向があります。とくに、肺がんや胃がんでは、夫婦が同じがんになる確率が高いことが分かっています。

がんの原因の半分以上が生活習慣によるものですから、社会のあり方や生活習慣によって、がんの種類も変わってきます。たとえば、日本は長い間、世界の「胃がん大国」でした。今でも、がんの罹患数では大腸がんに次いで2位です。

胃がんは、ピロリ菌感染がある人が高い塩分をとり続けるとリスクが高まることが分かっています。とくに、いくらや塩辛などの「塩蔵品」の影響が高いことに注意が必要です。実際、日本で一番、胃がんが多いのは、いぶりがっこなどで有名な秋田県です。逆に少ない塩分が特徴の沖縄県で最低です。

一方、米国では、胃がんは日本人の十分の一程度で、白血病を下回ります。冷蔵庫が普及してピロリ菌感染が低下したのと、もともと塩分の少ない食事だからです。

しかし、米国でも1930~40年代は胃がんがトップで、今の日本並みに発生率が高い時代がありました。日米の「胃がん格差」は民族差によるものではないのです。

ハワイやブラジルなど、海外に移住した日系人は日本人の遺伝子を持っていますが、かかりやすいがんの種類は日本に住む私たちと大きく異なります。たとえば、乳がんはわが国でも増えているものの、依然として欧米と比較すれば罹患率、死亡率ともに半分にも満たない低さです。しかし、ハワイやブラジルの日系人の罹患率は国内の2~5倍に達します。動物性脂肪などが多い西洋的な食生活が、海外の日系人に乳がんを増やしたと考えられています。

逆に、ハワイへ移住した日系人では、胃がんの発生率は大幅に低くなっています。塩分の少ない食事になったことが原因でしょう。一方、ブラジルの日系人では、国内とほとんど変わっていません。ブラジルの日系社会では、日本の生活がかなり維持されています。ハワイとの差は、塩分の多い日本的な食生活を海外の移住先でも続けたかどうかによるものだと思います。

がんの発生原因の半分以上が、喫煙、飲酒、食事、塩分過多、運動不足などによるものです。特に悪いのはタバコです。喫煙の健康影響は、1,600ミリシーベルト程度の全身被ばくに相当します。毎日日本酒換算で3合以上飲む人も同様の影響を受けます。

男性のがんの約6割が、女性のがんでも3割程度が予防できることが分かっています。

ただし、家系による発がんも全体の5%とわずかですが、たしかに存在します。ハリウッドスターの女優アンジェリーナ・ジョリーさん(42)は遺伝子検査でその異常を知り、両方の乳腺組織と卵巣を予防的に切除しています。次回は「家族性腫瘍」を取り上げます。

# 教育課題としての放射線



井上 浩義\*

放射線の教育では2017年3月に公布された新中学校学習指導要領で「真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れること」が記載され、中学校での放射線の取り扱いが厚くなるのが話題になっている。これは、クルックス管などの真空放電の観察も含むことからさらに注目度が上がっている。なお、この学習指導要領は、2019年度及び2020年度は先行実施年度（この間に教科書検定、採択・供給あり）であり、完全実施は2021年度からである。これで中学校では従来からの“科学技術と人間”の単元の中の「原子の成り立ちの中で放射線の性質と利用に触れること」の記載と共に、より深く放射線について学べるようになる。これらの話題については他の先生が多く情報を発信されているので本稿では避け、放射線と関連の深い理科と社会の教育課題について記させて頂く。

## 1. 現在の初等中等教育の課題

文部科学省による学習指導要領の検討では、現状での初等中等教育課題の解決を目指して議論がなされる。その結果、その後およそ10年間の学校教育（課程教育）内容が定まる。理科教育でその歴史を振り返ると、1960年告示では「基礎学力の向上と科学技術教育の充実をめざして、教材を精選し、系統的な学習を目指す。」ことを課題としており、1970年告示では「“科学技術の高度の発展”に対応することを明示、内容をさらに精選して質的向上を図るとともに“探究の過程を通して、

科学の方法を習得させ、創造的な能力を育てる”ことを目標とする」ことを表明してきた。つまり、50～60年前から、文部科学省は教材の整備とその質的向上に努めてきたのである。それでは、今回の学習指導要領改訂では何を目指しているのだろうか。複数の課題が挙げられているが、例えば、「学力の上位層割合は他のトップレベルの国・地域より低い。（日本は平均的な成績は良いが上位層が少ないという意）」や「科学について学ぶことに興味がある生徒の割合は低い。」などが主要なものであるだろう。もう少し詳細に見ると「自然や科学への興味や関心は、日米中韓の中で最低」であり、「社会に出たら理科は必要なくなると回答した割合は、日米中韓で最多」であった。

それでは、社会科では如何であろうか。今回の学習指導要領改訂では「子供たちに求められる資質・能力とは何かを社会と共有し、連携する“社会に開かれた教育課程”を重視すること」としており、具体的には、「社会的な見方・考え方を働かせた思考力、判断力、表現力等の育成」、及び「主権者として、持続可能な社会づくりに向かう社会参画意識の涵養やよりよい社会の実現を視野に課題を主体的に解決しようとする態度の育成」などを挙げている。つまり、社会科においても知識重視ではなく、応用に力点を置くことを課題としている。

## 2. 経験主義から系統主義、そして経験主義と系統主義の融合

社会科においては1956年に告示された中学

\* Hiroyoshi INOUE NPO法人放射線安全フォーラム 理事

校学習指導要領において、分野別社会科が誕生した。つまり、社会科を支える理論・学習方法は経験主義的教育を基盤とする問題解決学習から、系統主義的教育である暗記中心の学習へ移行した。これはその後、小学校や高等学校へ、また、他の教科へと広がっていった（例えば、系統主義的教育が小学校社会科へ広がったのは1958年告示の学習指導要領）。もちろん、それに対する揺り戻しもすぐに起こっており、1967年教育課程審議会答申では小学校低学年の理科について、「児童が自ら身近な事物や現象に働きかけることを尊重し、経験を豊富にするように内容を改善」することを求めている。しかし、この先は知識の蓄積や集団的学習を中心とする系統主義的学習方法が中心となり、経験や個人的体験を重視する経験主義的学習を従属的に位置づけする教育がなされて来た。これは児童・生徒が爆発的に増加した高度経済成長期には最適な教育手法であった。しかし、前述のように児童・生徒の自然や科学への関心が低く、トップレベルの児童・生徒の才能が低く抑えられていると考えられる現在では、より経験主義的学習を厚く、また選択的に実施し得る教育が求められるようになってきている。

### 3. 社会的課題における学習スキーム

放射線に代表される先端科学技術は、認知および意思決定に関して、科学的理解と社会的理解が相伴って階層的に学習されていくこ

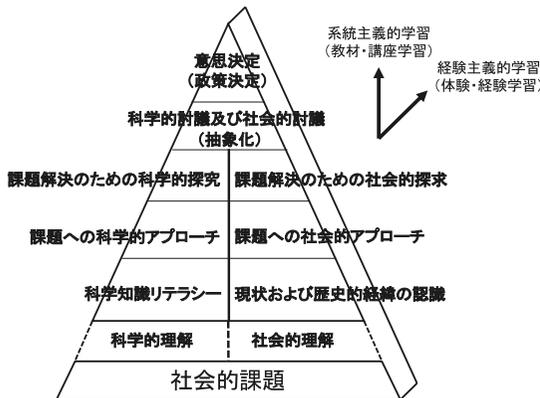


図1 社会的課題における学習スキーム

とが望ましい（図1）。しかし、放射線は情報量や与えられた情報の理解容易性に依存して、一方的な理解のみが進展する科学技術事例の一つでもある。加えて、放射線は、利点と欠点が明確な価値相反的な先端科学技術の代表的な事例でもある。なお、この階層的学習は前述の教材や授業を主体とする系統主義的学習を主とするが、図1のように体験や経験を主体とする経験主義的学習を相加的に実施することが望まれている。2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故により放射線に関する関心は急激に高まり、前述の中学校課程教育による放射線教育や2014年度に文部科学省によって作成された放射線副読本が全国の小学校、中学校、高等学校等に配布されたように、その実績は積み上がっている。まさに、これらは系統主義的学習の充実である。一方で、2011年以降に多くの専門家による課外教育あるいは生涯学習としての放射線教育が実施されてきたが、これらは系統主義的学習に厚みを増す経験主義的学習である。

なお、多くの専門家が貴重な時間と労力を費やして来られた放射線教育は、先年より研究者や行政者に求められる科学技術開発における社会的位置づけと言われる公共空間における説明責任（アカウンタビリティ）の一部をなすのかもしれない（図2）。近年はこの公共空間定義の前提として「自然との共生」や「持続可能社会への貢献」が当たり前になっており、せっかく良い教育を行っていても、言葉の選び方で却って効果を失する場合もあるので注意を要する。

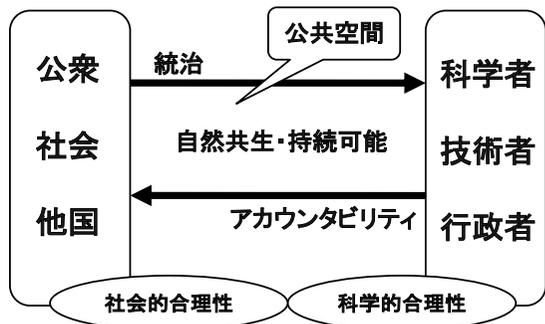


図2 科学技術開発における社会的プラットフォーム

加えて、これらの専門家による放射線教育は社会的需要も大きい。例えば、我々が21年前から実施している小中学生を対象とした放射線教育活動「放射線を知っていますか？」では、参加希望者数は一部の課程教育（学校出前授業）を含めると小中学生では4,100名を超えており、保護者を含めると4,700名に達している。これら活動への参加希望者数は東日本大震災直後の2011年は一時的に減少したが、その後は放射線学習機会の獲得に熱心な小中学生が急激に増加している。また、受講を希望する小中学生の要望する内容も格段に高度になっており、選抜された受講生の多くは事前に予習をして来ており、ベクレルやシーベルトなどの単位もその用語としては認知している場合が多いくらいである。

#### 4. 教科書調査

教育にはテキストが必要である。統合型科学技術教育における筆者が理想とする教材は(図3)のようなものである。テキストとして整合性、正確さ、及び表現性は必須であるのは当然であるが、教育目標(教授側)と学習活動(学習者側)の双方からアプローチが論理的で容易でなければならない。このようなテキストの例が前述の文部科学省の放射線

副読本であり、最も効果的で、検討が重ねられているのが検定教科書である。

この教科書に記載されている放射線・原子力関連用語について前回の学習指導要領改訂前後において調べた。我々は、2006年および2014年に出版された小学校、中学校、および高等学校の教科書について、放射線および原子力関連用語に関する調査を行った。本調査では小学校、中学校、および高等学校の検定教科書について、2006年および2014年と同じ出版社の教科書(理科49冊;社会40冊)を用いて、原子力・放射線に関する用語の検出を実施した。教科はいずれの場合も、理科、社会、技術・家庭科を対象とした。なお、高等学校については一部、工業科の教科書についても対象とした。その結果、ここには示していないが、小学校では、理科において2006年には記載があった放射線・原子力の記載は2014年には見いだせなかった。一方で、社会

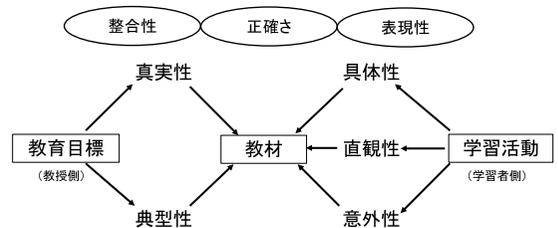


図3 統合型科学技術教育における優れた教材の観点

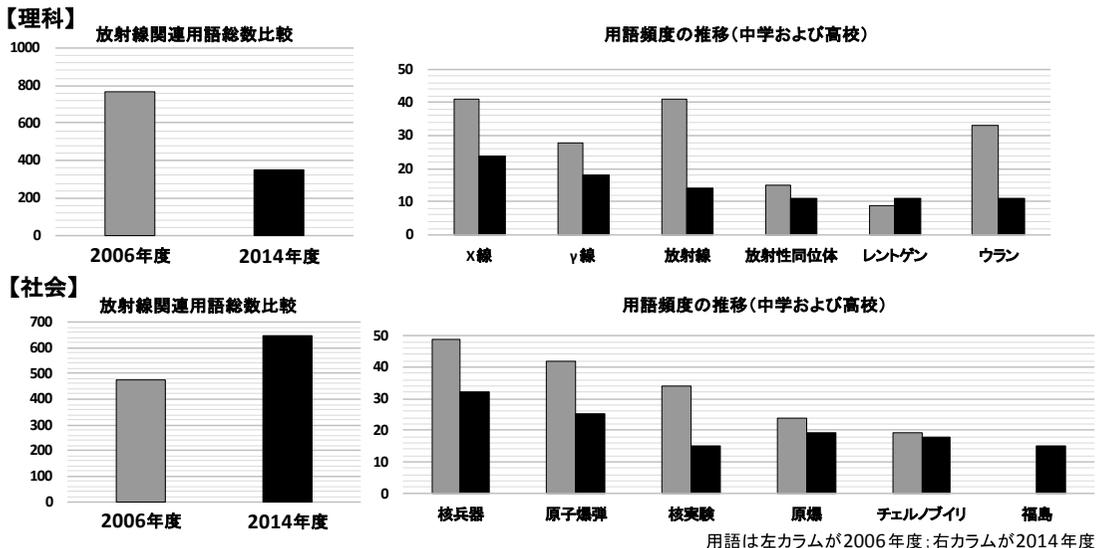


図4 理科と社会科の教科書における放射線用語の頻出度(前学習指導要領改訂前後の比較)

科では放射線・原子力に関しては歴史的な観点から多くの記載が見られた。理科についてみると、図4のように、中学校と高等学校を併せた用語の出出は2006年に比べると2014年にはほぼ半減していた。前述のようにこの期間内に、学習指導要領改訂で、中学3年生で「放射線の性質と利用にも触れること」と明記されたが、用語の出現頻度からみるとその他の項目で明らかに整理・削減されていた。用語別に見てみると、「放射線」、「ウラン」、「X線」、「γ線」の順に減少が顕著であった。社会科では、地理、歴史、公民の各分野で放射線・原子力を取り上げられていた。社会科では福島第一原子力発電所事故の影響で、用語の出現頻度が2006年に比べると2014年には約36%増加していた。明らかに事故の影響だと分かるのが、用語の出現頻度である。「核兵器」、「原子爆弾」、「核実験」は大幅に減少しているが、2006年には当然見られなかった「福島」及びその関連用語が新出しており、全体の放射線・原子力関連用語記載を押し上げていた。なお、中学校では技術・家庭科でも原子力発電などが挙げられていたし、高等学校では工業科でも取り扱われている。

5. 新教科・理数探求



今回の学習指導要領改訂で高等学校では新しい教科として「理数探求基礎（標準単位数1）」と「理数探求（標準単位数2～5）」が設置される。筆者はこの設置にかかわる中央教育審議会委員として議論を尽くさせて頂いた。この強化では様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせて、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指している（以下、文部科学省報告書記載のまま；図5参照）。

- (1) 対象とする事象について探究するために必要な知識及び技能を身に付けるようにする。
- (2) 多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究

し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。

- (3) 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決や新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度、探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養う。

この教科は上記にあるように、理科と数学にまたがる内容を学ぶことで高校生に深い資質・能力を身に付けさせ、将来、学術研究を通じた知の創出をもたらすことができる人材の育成を目指すものである。また、この新規設置に伴い、これまで存在した「理科課題研究」は廃止となる。この新規教科の利用は高校生全体の1～2%程度を見込んでいる。数字としては非常に少ないように思われるが、高校生の1学年あたり的人数である約109万人（2017年統計）のうち1～2万人が高校生の時から研究に触れる機会を得ることになる。科学・技術教育のEarly Exposureに賛否があるのは承知しているが、少なからぬ人数に科学・技術研究に関する大きな経験を与えることに間違いはない。さらに、この新教科の注目すべき点は、この新教科では大学や研究機関、企業等の協力を得て探求を進め、内容等に助言をもらうように提言されていることである。まさに本稿読者の出番である。専門家である皆様が、高等学校で直接高校生に放射線あるいは原子力について指導する機会を得られる。近隣にはスーパーサイエンスハイ

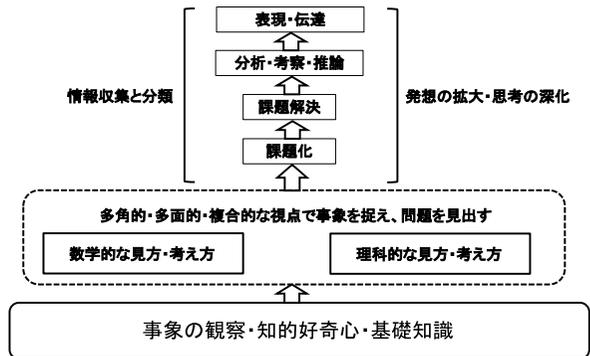


図5 新科目「理数探求基礎・理数探求」の学習ステップ  
文部科学省中央教育審議会資料を一部改変

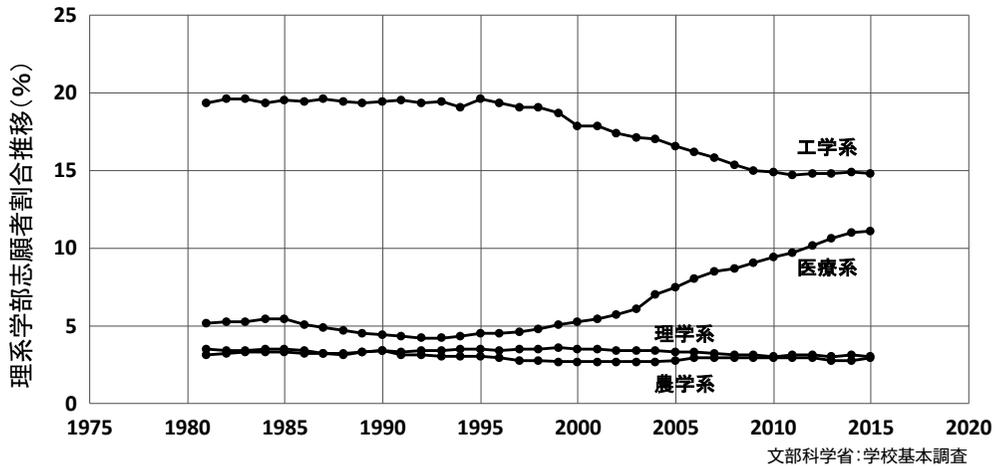


図6 大学入試における志願学部(理系)推移

スクール (SSH) に指定されている高等学校がある。これらの高等学校では、この「理数探求基礎」あるいは「理数探求」を利用する可能性が高い。現在では、皆様と高等学校を繋ぐ教育委員会やNPO法人もたくさん出てきている。是非、利用頂きたいものである。

## 6. まとめ

近年の急速に進む産業構造の変化や国際競争力の激化に対応するために、理科や数学の学習内容の改革を求める声が増加している。一方で、このような時代だからこそ、基盤知識をじっくり教える必要があるとの意見もある。これはまさに図1に示した系統主義的学習と経験主義的学習の均衡の問題であり、両者の学習割合を調整することにより時代適合性の教育が成り立つのかもしれない。

なお、これらの教育改革は、初等中等教育の一つの出口である大学入試にも影響を与えている。現在、筆記試験を受けない大学入学者は国公立を合わせた全体の半数を超えている。これは国立大学でも顕著であり、国立大学の6割以上がAO (Admission Office) 入試を実施しており、推薦入試に至っては国立大学の9割以上が採用している。これは国立大学協会が「2021年度までに、推薦入試やAO入試などの非筆記試験入試の割合を30%まで引き上げる」という方針に基づいている。

これらについては本稿では記載を避けるが、この傾向は今後も拡大していくであろう。これら非筆記試験入試で大きなアピールを生むのが前記のような研究経験などである。大学入試が変われば、初等中等教育も変わると言われている。中学生や高校生の研究への関心を受け取り、それを育む努力が理系専門家には必要なかもしれない。それが、放射線や原子力であればなお望ましい。最後になるが、図6に理系学部の志願学部の推移を示す。理系全体の志願者が減少する中で、特に工学系学部への志願者の減少が顕著である。放射線・原子力にとってはあまり望ましい傾向ではない。これらの傾向を反転させるためにも皆様の初等中等教育への寄与が望まれている。

### 著者プロフィール

1961年福岡県生まれ、1989年九州大学大学院理学研究科博士課程修了、山口大学医学部生理学教室助手、久留米大学医学部放射性同位元素施設教授などを経て、2008年から慶應義塾大学医学部化学教室教授。現在、日本抗加齢医学会・理事、日本薬理学会・評議員、日本生理学会・評議員、日本医学教育学会・代議員など。文部科学省中央教育審議会委員、経済産業省資源エネルギー庁専門委員などを歴任。公益財団法人友愛・理事、公益財団法人渡邊財団・評議員、特定非営利法人新世紀教育研究会・理事長など。平成22年度文部科学大臣表彰科学技術賞、化学コミュニケーション賞2012、慶應義塾大学医学部赴任時から現在まで11年連続Best Teacher Award受賞など受賞多数。「世界一受けたい授業」、「あさイチ」などテレビ出演多数。医学博士、理学博士。

サービス部門からのお願い

## 変更連絡方法についてご協力お願いします

平素はガラスバッジサービスをご利用くださりまして、誠にありがとうございます。

測定依頼いただきました封筒やGBキャリアの中に、コメントが書かれた付箋が入っている場合がございます。付箋は剥がれやすいため、輸送中に線量計や依頼書から外れてしまうことがあります。付箋による変更等のご連絡はご遠慮くださいますようお願いいたします。ご面倒でも“ご使用者変更連絡票”もしくは“測定依頼票”の通信欄に記入してご連絡くださいますようお願い申し上げます。



\*「ご使用者変更連絡票」はこちらまで…

測定センター フリーダイヤルFAX: **0120-506-984**

## 編集後記

- 今月号の巻頭は、日本保健物理学会長の甲斐倫明氏による「原子力の日に思う」の記事である。これまで掲載された記事と違って、チェルノブイリ、TMI、JCO、東京電力福島第一原子力発電所などの事故を受けて、今後の廃炉、廃棄物管理等の原子力の課題において放射線防護の重要性が述べられている。
- NPOニュークリア・サロンの佐賀山豊氏は、笹川平和財団からの委託調査の成果を元に、「日本における原子力と再生可能エネルギーの共生」について、日本が目指すべき2050年の電源ミックスについてのケース・スタディについて検討が述べられていて、低炭素技術で安定電源である原子力発電の重要性を指摘し、高速炉サイクル技術開発の必要性に言及している。原子力を取り巻く厳しい環境の中で重要な内容を含んでいる。
- 富士電機の中島定雄氏は原案作成委員として活躍された、「JIS Z 4325環境γ線連続モニタの

2019年度改正の概要」を紹介している。これは2016年に改訂発刊された環境γ線連続モニタの国際規格であるIEC 61017規格を受けて、それに対応するための改正である。主な改正点である適用範囲、直線性、エネルギー特性、方向特性、警報応答時間及び警報レベルの安定性、温度特性等について簡潔に述べられている。改正点の新旧対比表は千代田テクノルのホームページ（「FBNews」WEB版）に掲載されている。

- 放射線安全フォーラムの記事として、井上浩義氏は「教育課題としての放射線」と題して、放射線と関連の深い理科と社会の教育課題について述べられている。現在の初等中等教育の課題として、学力の上位層割合が他のトップレベルの国より低いことや科学への興味を持つ学生の割合が低いことなどである。福島事故以来放射線教育の重要性が高まっている現在、理数探求教育の重要性を指摘している。(T. N. 記)

## FBNews No.514

発行日/2019年10月1日

発行人/細田敏和

編集委員/新田浩 小口靖弘 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 河村弘  
谷口和史 岩井淳 高橋英典 中本由季 廣田盛一 四方田章裕

発行所/株式会社千代田テクノル

所在地/〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話/03-3816-5210 FAX/03-5803-4890

http://www.c-technol.co.jp/

印刷/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体364円)