



Photo Kiranori Kirano

Index

原爆被爆の誤解	中島 裕夫	1
ラジウム再訪	青山 伸	6
〔コラム〕 40th Column		
【形質細胞】	中川 恵一	11
原子力・放射線人材の育成及び流動化の促進	井上 浩義	12
放射線安全技術講習会		
第65回放射線取扱主任者試験受験対策セミナー・開催のお知らせ		17
「2022国際医用画像総合展」のご案内		18
〔サービス部門からのお願い〕		
4月1日はガラスバッジ、ガラスリング、DOSIRISの交換日です。		19

原爆被爆の誤解



中島 裕夫*

日曜日に寝っ転がっていると「いつもごろごろしている！」と言われたことがありますでしょうか。月曜から金曜まで、いえ、土曜まで働いて、日曜のひと時をごろごろしているだけなのに、いつもと言われると、心穏やかには居られないですね。

正しくは、「日曜日の午前は」や「日曜日はいつも3時間」という言葉が、「ごろごろしているね」の前につくはずです。このように、日本人は量に関してわりとあいまいな表現を普通に使っています。それは、英語のように数詞がないところが大きく影響しているかもしれません。短歌「白鳥は悲しからずや、空の青、海のをにも染まずただよふ（若山牧水）」には白鳥が何羽かは書かれていませんが、日本人であれば、普通1羽の白鳥をイメージします。「えっ！なぜ1羽？」と思われた方は、心が異国人かも？！

量が重要になることと言いますと、まず、思い当たるのがお金勘定ですね。ただ、日本人にとってその金銭ですら勘定するのは、はしたないというイメージが江戸時代の士農工商の順からもうかがえます。ですから、絶対量を示さずとも暗黙で大方の量をお互いに共有し得るようになったのかもしれませんが。そのような暗黙の意思疎通ができる日本人は素晴らしいと思われませんが、時にこの意思の疎

通が大きくすれ違ってしまうこともあります。原爆や放射線に対するイメージにも同じことがあるのではないかと思います。

生まれながらにして放射線を怖がる人はいませんが、多くの人は幼少の頃から、8月の原爆記念式典を見ながら、そして、平和教育としての原爆の悲惨さや放射線について、いろいろと聞かされて育っています。ですから原爆被爆国である日本人は、世界でいちばん原爆や放射線のことを知っていなければならないはずなのですが、残念なことに、この平和教育の中で、抜け落ちていたものが一つあります。それは、「どれだけの放射線量を浴びたからこのような状態に、どれくらいの放射線量では、大丈夫だった」というような線量と影響の関係です。このことを教えられた人はどれくらいいるのでしょうか。このように線量と放射線影響の関係が教えられていないために、先ほどの、「いつもごろごろしている」と言われると年がら年中ごろごろしているようなイメージになると同じように、放射線に関しては、ちょっとでも被曝すれば必ずなにがしかの影響が出るのだというイメージになってしまっています。事実、私が接した多くの学生は、少しでも放射線に被曝すると何らかの病気になり、死に至ることもあると理解しており、原爆の犠牲者の殆どが

* Hiroo NAKAJIMA 大阪大学 放射線科学基盤機構 放射線教育部門 准教授 / 医学系研究科未来医療イメージングセンター(兼任)

放射線によるものだと思っていました。本稿では、あえて原爆についての誤解に焦点を当ててみたいと思います。

さて、皆さんは、1985年に一世を風靡したマイケル J フォックス主演のSF映画「バックトゥザフューチャー I」をご覧になりましたでしょうか。未来から戻ったドクが、タイムマシンのエネルギー源としてごみ箱の残飯や缶を使うラストシーンが印象的でした。これが、アインシュタインの発表（1907年）した「物質が消失すると相応量の熱や光が発生する $E=mc^2$ （E:エネルギー、m:質量、c:光速）」を利用しているシーンです。人類は、このエネルギーを原爆として使い、筆舌に尽くしがたい広島・長崎の惨劇を起こしました。このようなことは2度と繰り返されないよう世界に、そして子々孫々に伝えて風化させないことが、バトンを受けた私たちの義務だと思います。しかし、この惨劇を伝える中で、いくつか誤解されていることがあります。この誤解は単に、科学的な問題だけではなく、社会の問題にも影響を与えています。身近なところでは、福島第一原発事故の被災者への心無い差別やいろいろな風評被害などです。

原爆エネルギーの50%は爆風、35%は熱線、5%は初期放射線、10%が残留放射線と見積もられています。初期放射線が殆ど届かなくなる爆心地から2kmの地点でも、白い紙が熱線で燃えだし、木造建築が全壊する風速60mであったのですから、爆弾は爆弾であって2km以内の殆どの人は炸裂したときの熱線と爆風によって命を落としたのです。その中で、原爆の悲惨さが強調されたのは、生存できた人々、投下後に市内へ入った人々、黒い雨に濡れた人々に認められた長年にわたる放射線被曝影響です。放射線は非常に危ないもので、

多量に被曝すると命にかかわりますが、少なくなれば、人体影響がなくなる線量も存在します。しかし、残念なことに、子供の頃からいつも聞かされてきた原爆の話の中に、前述のごとく、被曝線量と症状の関係についての説明がなかったことから、線量のちがいによる影響のちがいが伝わっていません。そのために、少しでも放射線に被曝すると何か体に悪いことが起こるのではないかと不安を抱いている人が多くいるわけです。

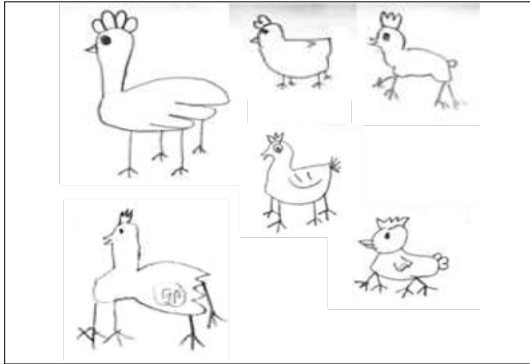
戦後生まれの人にとっては、戦争、特に原爆や放射線は非日常的なことです。ですから多くの場合は、教科書、テレビ、新聞や週刊誌などから散発的に入ってくる部分的な情報を自らの記憶と照らし合わせ、つなぎ合わせて推測していることが殆どですので、誤解が生まれやすい状況にあると思われます（図1～3を見て情報が100%ではなくても全体を推測できる素晴らしい能力が時として誤まることがある経験をしてみませんか?）。



図1

ここには何が書かれているのでしょうか。分からないと思いますので、図2を見てください。

しかし、日常でさえも結構誤解が起こっています。皆さん、ニワトリを描けますか? ぜひ、今、読み進める前に描いてみてください。私の講義のはじめには、いつも受講者にニワトリを描いてもらうのですが、数%から多い時で20%くらいの人が4本足のニワトリを描



学生が描いた4本足のニワトリ

きます。ニワトリをいつも見ない人にとっては、歩くニワトリが犬や猫と同じ4本足になっているのです。これは、驚きですが、このような日常的なことですら誤解されている現実から考えると、非日常的な情報の少ない放射線については、たびたび聞かされたインパクトの強いイメージに引張られた誤解があっても仕方がないことかもしれません。

線量と影響の関係の大切さを語るうえで、同様に皆さんにあまり伝わっていないことがあります。それは、広島への被曝線量と人体影響の評価が非常に困難であったことです。

まず第1に、原爆投下後1ヶ月と11日目にあたる9月17日に広島では最大瞬間風速45m/sを記録し、県民2千余名の死者（台風被害による総死者数の8割）を出した超大型の枕崎台風に見舞われたことです。そのために、残留放射能測定のもととなる放射性物質の多くが洗い流されてしまい、各地の残留放射能はどれくらいであったか、黒い雨が降った地域の放射能はどれくらいだったのかの測定が困難となり、後の線量評価に大きく影響を与えました。

また、第2に、広島への原爆がウラン型、長崎への原爆がプルトニウム型で構造から爆発の仕方まで異なり、当然、炸裂時の放射線分布も異なっていたことです。世界で行われた原爆実験はすべてプルトニウム型の原爆なので

実験時に線量分布の測定ができたのに対して、広島に投下されたウラン型の原爆は、世界で1回しか炸裂していないために、線量分布が分からず、広島の人々の被曝線量評価に困難を極めました。

そこでアメリカは、ICHIBAN Project in Nevada（ネバダ1番作戦）で東京タワー（333m）より高い466mの鉄塔をネバダ砂漠の真ん中に建て、先端に裸の原子炉を取り付けて暴走させ、日本から大工を呼んで再現した日本家屋を用いて広島の人々の被曝線量を推定しました。しかし、この壮大な目を見張る大作戦も、原爆投下時は8月の高い湿度であった広島への気候とは異なる乾燥した砂漠で行ったために、水蒸気で止められやすい中性子が遠くまで飛ぶことになり、当初は、広島原爆投下時の線量推定に失敗したという落ちがありました。中性子線量と被曝影響において長崎との整合性も得られず、当初の線量評価は改訂されることとなったのです。

では、原爆が炸裂したときに発せられた放射線はどれくらいの距離まで届いたのでしょうか。実は、これも誤解が多いのですが、意

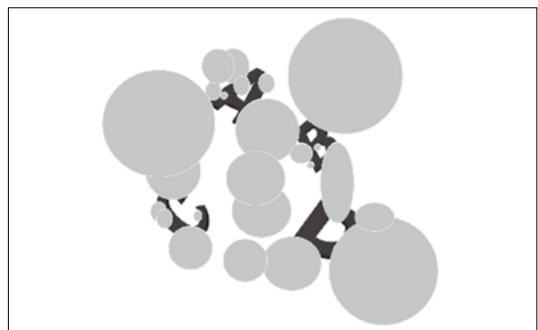


図2

図1の上に円盤を被せてみました。何が書かれてるかわかりましたでしょうか。すべては見えていなくとも、皆さんの知識と想像力でアルファベットが見えたことだと思います。情報が少なくとも答えを導く素晴らしい予測能力の一つです。しかし、図3を見てください。

外と放射線の届いた距離は短かったのです。前述のごとく、白い紙が燃え始める2 kmの地点でγ線は、広島が0.0764Gy、長崎は0.138Gy、そして、中性子線は、広島で0.00039Gy、長崎で0.00024Gyでした。国際宇宙ステーションで半年間のミッションを終えた若田さんや油井さんたちの総被曝線量がおよそ0.18Gyですので、その被曝線量より低かったこととなります。したがって原爆が炸裂したときに発せられた放射線は2 kmより外側では、人が半数死亡する半致死線量である4 Gyどころか、1 Gy以上で認められる急性障害（放射線宿酔、皮膚紅斑、脱毛など）が出る線量にも達していません。ただし、投下時に、爆心地から2 km以内で熱線や爆風、高い放射線を遮られる場所に居り、その後長い時間市中に滞在した人、投下直後に市中へ入った人、2 kmより外側でも黒い雨に濡れた人は、多量の放射線を被曝することになりました。ただ、個人線量計があったわけではありませんので、当初は、前述のような実験から得られた距離と諸条件を加味した物理学的計算によって線量評価がなされました。後に、多角的に行われた研究結果から個人や特定場所の線量推定がなされるようになりました。

その一つが、被曝したレンガやタイルを使った線量測定です。被曝したレンガやタイルを数百度に熱すると、蛍光を発します。この蛍光量は被曝した放射線量に比例するので、暗室で蛍光量を測れば被曝した放射線量を推定することができます。現在、皆さんがお使いの熱蛍光線量計（TLD）の原理と同じです。この測定が行われたのは、戦後40年を経過してからで、都市計画が進み、爆心からの方向および距離を考慮した試料の収集が困難であったようですが、市民をはじめ放射線影響研究所および広島大学等の関係者が努力され

ました。私も広島の元安川で試料を採取している高校生たちに何回か会ったことがあります。

また、被曝者の体内にも被曝の痕跡が残されています。一つは被曝者の歯です。被曝した歯のエナメル質を強い磁場内に置くと、弱い電気信号（電子スピン共鳴（ESR）信号）が出ます。信号の強さは被曝放射線量に比例しますので被曝者の歯のESR信号を測れば被曝線量が分かります。

もう一つは、被曝者から採血し、分離されたリンパ球の染色体を調べる方法です。ヒトはどの細胞も46本の染色体を持っていますが、被曝すると細胞の中の染色体が切れたり、切れた染色体が他の染色体とつながったりする染色体異常を起こします。リンパ球の染色体異常の数は被曝放射線量に比例しますので、被曝線量が分かるのです。この被曝者から提供された歯の電子スピン共鳴測定値と同じ人のリンパ球染色体異常頻度が非常によく相関することから、欠点もありますが、両方の試料は生物線量計としてとても有用です。

これらを駆使して原爆被曝者の長年の追跡調査の結果から、ドバっと高線量率被曝した場合、0.1~0.2Gy（100~200mGy）を超えると被曝線量に比例してがんになるリスクが高まるとされ、これをもとに、線量・線量率効果係数（DDREF）を2として、ジワジワと低線量率で0.1Gy（100mGy）被曝した場合には、この被曝により0.5%のがん死亡リスクが被曝とは関係ない自然の生涯がん死亡率（約30%）に上乗せされると推定されています。しかし、それ以下の被曝線量については、自然の発がん率のばらつきに埋もれて、放射線による発がんなのか、自然発生による発がんなのかを統計学的に区別できないのです。このことをもとに、仮に生涯で被曝する追加放射線の許容線量を0.1Gy（100mGy）までとし、一般人が

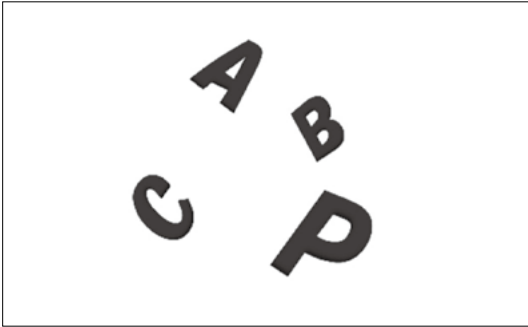


図 3

本当はABCDではなく、ABCとPだったのです。すべてを確認しないと予想に反していることもあるのです。推測による知識は、得てしてこのようなことが多いのです。

100歳まで生きると仮定すると1年あたりの許容線量は0.001Gy (1mGy)と計算でき、放射線加重係数*が1のX線やγ線などは、1mGy = 1mSvなので、設定根拠が異なる現行の年間公衆被曝線量限度の1mSvと同じような値になるのは面白いことですね。

被曝線量を表す横軸 (X軸) をしっかり測ることが放射線被曝影響評価の一番地ですが、放射線被曝とその影響との相関性を述べているにもかかわらずチェルノブイリをはじめ福島第一原発事故関連の論文報告の中には、横軸の線量があいまいなものが散見されます。記事を読まれるときには、まず、線量が正しく測定されているか、X軸の信頼性を確認されることが大切だと思います。

ただ、福島第一原発事故後に見受けられましたように、正確な線量を測定することは重要なのですが、自らコントロールできない非日常状態の下では、個人線量計を毎日携帯すること自体が受け入れがたいものとして批判の対象となりました。科学者が知りたい、伝えたいことと一般市民の知りたいことに齟齬

* ICRP2007年勧告邦訳で、weighting factorは、weightが“加重”であり、“荷重”はloadであることから、“荷重係数”から“加重係数”に変更されています。

が生じた一例です。このような問題をお互いに理解し合うのは難しいことですが、本稿をお読みの方々が、ファシリテーターとなり説明されることが、一般市民の安心につながると思います。

皆さんは、被曝線量が減るにしたがって被曝影響がどのようになるかをイメージできましたでしょうか。どれくらいの線量から「ヤバイ」か、どれくらいの線量なら「まーいっかー」の判断ができないと、怖さだけが強調されてしまいませんか？平和教育でなおざりになっていた被曝線量と影響の関係を再確認することがどれだけ大切かお判り戴けましたら幸いです。まだまだ、放射線に対する誤解がありますが、またの機会をお楽しみに。

注) 「被曝」の曝は、常用漢字でないことから一般に「被ばく」と記述されますが、折角、曝露を意味する漢字がありますので、本稿では、放射線に曝露する「被曝」を使っています。

著者プロフィール

1958年仙台生まれ。1987年大阪大学大学院医学研究科博士課程修了 (医学博士) 大阪大学大学院医学系研究科遺伝医学・放射線基礎医学講座 助教 (医学部講師) を経て現在に至る。専門分野は、放射線基礎医学、発生遺伝学で放射線、化学物質によるがん、奇形の発生機構、次世代への影響を中心に研究。ここ13年間は、セシウム137の放射線を40世代以上にわたって低線量内部被曝させ続けたマウスの子孫への遺伝学的、生理学的影響について研究。また、チェルノブイリ原発事故後や福島第一原発事故後の20km圏内調査、一時帰宅者のスクリーニング支援に従事。学振委員。International Congress of Radiation Research (2015): Excellent Poster賞、Environmental Mutagen Society of Japan Meeting (2015): Best Presentation Elsevier賞を受賞

ラジウム再訪

青山 伸*

ラジウムは、後続物質や新たな手法の台頭により放射線治療の表舞台から姿を消していたが、近年、Ra-223が前立腺がん治療に実用化され、またRa-226が加速器によるAc-225製造のターゲットとして期待されるなど、息を吹き返しそうな感がある。改めてラジウムの発見、生産、社会での受け止めの一端を振り返ってみたい。

運が無いとみなされた鉱物からの発見：ラジウム

キュリー夫妻は、1898年にポロニウムとラジウムを発見した。1895年のレントゲンによるX線の発見、1896年のベクレルによるウランが放射線を発することの発見に続く画期的な成果であった。ベクレルは、ポアンカレが1996年1月20日にX線について紹介した際の示唆を受けて、蛍光を発する物質とX線の関係を調べ初め、数ヶ月でウランが放射線を発することを発見した。

しかしながら、ウランの放射線（ベクレル線と呼ばれていた。）はX線に比べ透過力が弱く、写りの良い写真が得られなかったため、あまり研究者の関心を引かなかった。これが幸いし、この方面は誰も手がけていないだろうということで、博士号取得の研究課題を探していたキュリー夫人は、1897年11月からベクレル線の研究に着手した。知られている全ての鉱物を対象にベクレル線の存在を確認することからはじめた。写真乾版や金箔検電器では精度が出ないので、夫のピエールが発明したピエゾ圧電電位計を用いて電離を量的に把握した。すごい成果が出始めたので、1898年3月からは夫妻で実験に従事した。

1898年4月には、夫人は「ウラン及びトリウムの化合物から放出される線について」と題するベクレル線についての最初の論文を公表した。ウラン鉱物とトリウム鉱物からしか放射線は発見されなかった。ザクセンとボヘミアから産出され

たピッチブレンドでは、金属ウランやウラン化合物の3.5倍の電流を計測していた。なお、トリウムの化合物が放射線を発することはこの論文の2ヶ月前に発表したゲルハルト・シュミットの成果となっている。

この後、金属ウランの2.5倍の放射線を発する100gのピッチブレンド試料について、夫妻はピエールの同僚の化学者グスタフ・ベモンと実験を開始した。1898年7月には、夫妻の名前での最初の論文「ピッチブレンドに含まれる新たな放射性物質」を発表した。ビスマスから得られた物質は、ウランの400倍の放射線発出能力を有していた。これを、既に国名は無くなっていたものの夫人の生まれた国ポーランドに因んでポロニウムとした。ただ、得られた量が少なかったため原子量もスペクトルも不明であった。また、論文で初めて放射性（radio-active、後にradioactive）という言葉を題名で使い、これはすぐに広く受け入れられた。

1898年12月には、夫婦の名前での第2の論文「ピッチブレンドに含まれる新たな高放射性物質」で、バリウムから得られた物質をラジウムと名付けた。ウランの900倍の放射能でポロニウムの5,000倍の濃度であったので作業は順調で、スペクトルも波長3814.8Åと同定された。この論文では、ベモンも3番目の著者に加わった。

これまでの研究で手持ちのピッチブレンド試料100gを使ってしまった夫妻は、ピッチブレンドは高価だが、ガラスや陶器の色つけに使われるウランを取り除いた後の残渣は価値がないだろうと考えた。1898年11月に、当時ウラン工場のあったボヘミアのザンクト・ヨアヒムスタールを統治していた奥国（オーストリア）のアカデミーを通じて調べたところ、確かに森に放置しているとのことであった。これを無料で100kg入手でき、返礼にラジウム含有試料を送った。翌1899

* Shin AOYAMA 弊社 特別顧問

年には、運送料のみで1t入手できた。これらの残渣からは、1902年までに90~120mgのラジウム試料が得られた。奥国からの供給は1903年まで続き、その6月に夫人はラジウムの原子量225.9(現在では、226.0とされている。)を含む学位論文を提出した。この論文は5つの異なる版で17冊、仏語、独語、ロシア語、ポーランド語と英語で転載された。夫妻は11月には、アンリ・ベクレル教授によって発見された放射線現象に関する共同研究の素晴らしさが認められ、ベクレル教授と共にノーベル物理学賞を受賞すると発表された。授賞式にはベクレルは出席し、キュリー夫妻は病気のため欠席し、代わりに在スウェーデン公使が賞を受け取った。夫妻は、2005年6月にストックホルムに赴き、受賞講演はピエールが行った。

ピッチブレンドとは

ピッチブレンドは、独語で“Pechblende”と書き、黒い鉱物または運の無い混合物との意味を持つ。銀やコバルトを採掘していたザクセンの鉱夫の間では、現場でピッチブレンドが出るともう終わり、運が尽きたと思われていた。最初にこのピッチブレンドを記録したのは、ザクセンのヨハネス・ケントマン(1518年独ドレスデン生まれ。1574年独トルガウで没。)で1565年のことである。ケントマンは、最初ライプチヒ、ヴィッテンベルク、ニュールンベルグで学び、その後イタリアのパドヴァ、ボローニャで医学を学んだ。自然史に関心を持つようになったのは、パドヴァ大学付属で世界最古(当時は最新)の植物園を訪れてからであった。イタリアの帰途、博物学で有名なスイスのコンラート・ゲスナーを訪ねてもいる。1565年には1600以上のザクセンの鉱物などのカタログをゲスナーのもとで出版した。次のURLでデジタル化されている。

<https://digital.slib-dresden.de/werkansicht/dlf/4362/6>

最初にラジウムを日本にもたらした田中館愛橋

ラジウムを初めて日本に持ち込んだのは、東京帝国大学理科大学教授の田中館愛橋博士。1903年に欧州出張した帰りに購入した。当時のことを

田中館博士が国際対がん連合(UICC)主催のラジウム発見40周年記念日(1938年11月23日)のお祝いに東京から仏語で放送したものの和文原稿(学会月報第609号昭和13年12月。ローマ字表記)で、次のように記している。

「当時、レントゲン線の著しき現象、続いてベクレルの発見したある物質から出て物体を透き通す線や、なおそれらよりも一層著しいラジウムという新しいものを、大変な手数を尽きた研究の上取り出されたこと、そしてそれらについて学会に現れた論文、報告、討論とは日本の学会でも非常な興味をもって読まれておりました。ですが、日本ではその珍しいラジウムなる現物を見ることはできませんでした。それがラジウムプロマイドの形で初めて売り出された1903年までは。

この年に、ちょうど私はストラスブールで開かれた万国地震学会創立委員会へ政府の代表を言いつかり、またコペンハーゲンで開かれた第14回万国測地学会へも同様なわけでヨーロッパに旅しておりました。この後の会議が終わりましてから、バルリン大学の物理学実験室を訪れましたところ、Warburg教授がその節きたラジウムプロマイドの小さな容れ物に入れたのを見せてくれました。その一つが5mg入りで6マルク(当時の相場で金3円)でBraunschweigのBuchler会社で売るということでしたから、早速手紙を書いて二つほど注文しました。

ところが、それがなかなか送ってきません。その内私の出立が近々に迫ってきたので、また手紙を書いて早速送るようにせつきました。その返事は、その値段が2倍に上がった、5mgで6マルクのものが12マルクになったというのでした。時が足りないの、電報為替で24マルク送って、やっと出立の朝、二つの5mgずつのRd.Br.の小さな入れ物が郵便で届きました。この時の私の考えは、ラジウムの製造法もどんどん進むだろうから、その値段もずっと下がるだろう、して、私が日本へ着く頃には、今24マルクで買った物が50銭かそこらになってしまうだろう! 初物買いの馬鹿道楽かな! と思いました。

シベリア鉄道では、汽車の中でこれを多くの乗合たちに見せて喜ばせ、ウラジオストックについたら、川上俊彦総領事が日本人を晩餐に招きました。その時このラジウムから出る目に見えない線が手のひらを透して領事の奥さんの指輪を光らすのを見て一同驚いたことでした。

それから日本海を乗り越してもとの東京大学に帰ってきますと、ラジウムの要求が非常に多くなり、その値段が百倍以上も高くなったということを聞いてびっくりしました。この初物を良いときに買ってきただけでした。

買って来た二つのうち一つは京都大学のたつての望み(予算が取って遭ったが、急激な騰貴で買うことができない。是非譲って欲しいと水野敏之丞教授

が懇願する。「6円のを300円では気が咎めるけれども、今は500円するのだから」というわけで)でこれを譲り、もう一つのでいる試験をしました。(以下略) (括弧内は、中村清二「田中館愛橘先生」第2版1944年より補足)

この後、わが国でも世界と同様に医療応用が追求され、膨大な営みと努力の結果、今日の放射線治療・診断に至っている。その過程でラジウムの利用は幕を引いた。後藤五郎、館野之男、尾内能夫、山下孝といった方々が多岐にわたる諸活動全体を見渡す端緒となる秀作を提供されている。

“放射線科学”の特集：キュリー夫妻のRa発見100周年に因んで (Vol.41 No.4 1998) では、館野之男が「ラジウムの栄華と凋落」を著し、「(略) 厄介者になり果てている。まるで卒塔婆小町である。」と結んでいる。

なかなか捕まらないラジウムがもたらした二度目のノーベル賞

ラジウムの原子量はほぼ明らかとなったものの、単離されてはいなかったため、元素としての存在を疑う向きがまだあった。このため、夫人はラジウムの単離に向けて努力を続けていた。1906年にピエールが馬車に轢かれて事故死し、1908年にベクレルが亡くなってからは放射能に対する関心は薄れ、専らラジウムの単離と医療応用に向かっていった。1910年1gの塩化ラジウムを用意し、電気分解で金属ラジウムを得ることができた。原子量は、225.35を計測した。1911年のノーベル化学賞は、ラジウムとポロニウムという元素の発見、ラジウムの分離、この注目すべき元素の性質と化合物の研究に対して、キュリー夫人に贈られた。受賞の通知を受けた後に、個人生活の出来事をスキャンダルとして新聞などで取り上げられ、夫人は、非難、揶揄され、責め立てられていた。しかし夫人は、個人の生活云々をもって科学を判断するのは間違いとして、毅然と授賞式に臨み講演も済ませた。

ラジウムの生産と価格

ラジウムは、ウランが3tあれば約1gあるという意味では、どこにでもあるものの、ウラン鉱山がなかなか無いように身の周りでは極めて

微量な元素ではある。このため力尽くでも生産する意味があるかが課題となる。

1899～1913年までの15年間でラジウム生産量は30g程度と見積もられている。なお、1909年～1913年の5年間でラジウムの価格は、g当り75,000-90,000ドルから160,000-180,000ドルと倍になっている。その後、ベルギーの台頭により1925年には70,000ドルになり、カナダの生産が始まってからは、1935年に50,000ドル、1938年には25,000ドル、1950年代後半には20,000ドルまで下がった。次に主な生産を示す。

○独 国

- ✓ オイゲン・デ・ハューン化学会社では、ガラス産業用にボヘミアのピッチブレンドからウランを抽出していた。1892年～1901年までウラン鉱とトリウム鉱を処理していたので、キュリー夫妻の論文を読んで、1899年～1902年にかけて、ラジウムを販売。
- ✓ ビュヒラー社では1901年～1958年まで、ラジウムを販売。同社の科学主任、フリードリヒ・オスカー・ギーゼルは、キュリー夫妻の塩化水素酸の代わりに臭素酸を用いて最終段のバリウムからラジウムを分離する作業を行った。これにより分離に要する日数を90日から30日にすることができ、収量もキュリー夫妻がピッチブレンド2tから32.5mgの塩化ラジウムしか得られないのに比べ、ヨアヒムスタールのピッチブレンド1tから260mgの臭化ラジウムを得ることができた。ラザフォード、ソディ、ラムゼー、ハーン、ブラッグ、メンデレエフ等に通常価格mg当り400フランの10%で提供した。1904年に奥国がピッチブレンドの禁輸をしてからは、品位の低い独産や英国産、米国産に頼らざるを得なかった。

○仏 国

- ✓ 中央化成協会 (Société Centrale de Produits Chimiques) では、キュリー夫妻の求めに応じ、ピッチブレンド処理の前段を担当し、1902年～1923年に製造。
- ✓ アルメ・ド・リール・ラジウム社は、奥国の禁輸が実施されたのを受けて、それまでのキニーネ製造工場と人材をもってラジウム生産に参画。1904年～1926年に主に医療応用に生産。
- ✓ 化学処理会社 (Société Anonyme des Traitements Chimiques) は、ロートシルト家の会

社でパリ北部に位置し、ロートシルト病院へラジウムを供給するために作られた。

- ✓ 仏国ラジウム工場協会は、1912年～1930年まで、英国コーンウォールのサウステラの鉱石を用いて活動した。

○ 奥 国

- ✓ アウアー社は、ウィーン近郊でウィーンアカデミーの依頼を受けて1904年から生産を開始。11tのピッチブレンドから3gの塩化ラジウムと0.236gの臭化ラジウムを抽出した。これらはウィーンアカデミーから英国、仏国、独国などの科学者に供給された。
- ✓ ザンクト・ヨアヒムスタール・ラジウム工場は、当時ピッチブレンドを供給していたウラン工場の敷地内に設立され、1909年から生産を開始し、10tの残渣から3.236gのラジウムを生産した。生産は、最初の4年間は残渣があったので多かったが、後には年間2g程度となった。1909年～1936年までの年間生産は平均2.2gであった。その後、1938年にナチス独国に鉱山は併合され、アウアー社が指導的立場を取ったラジウムコンソーシアムが事業を継承し、第二次世界大戦中は、年間3.3-3.5g生産した。

○ 英 国

- ✓ 英国ラジウム会社は、ノーベル化学賞を受賞したラムゼー卿の指導で1910年に設立され、年末までにラジウム500mgを生産した。英国ではあまり良くないピッチブレンドしかなく、1911年までに数gの純度10%の臭化ラジウムを生産したものの、1921年に解散した。
- ✓ ジョン・スチュアート・マッカーサー会社では、米国のカルノータイト鉱石を使用した。1911年には、ハルトン・ラジウム工場を建設し、1915年までに臭化ラジウム1,500mgを生産し、同年スコットランドに移転してロッホ・ローモンド・ラジウム工場と呼ばれた。製品は、発光塗料用として海軍に納められた。1920年に後を継いだデムスター兄弟は、ポルトガルの鉱石を利用して1926年まで操業した。

○ 米 国

- ✓ 希少金属還元会社 (Rare Metals Reduction Company) は、1903～1904年に試験操業。主製品のウランが売れなかったので終了した。
- ✓ 米国希少金属会社 (American Rare Metals Company) は、1912～1913年まで試験操業。

150mgのラジウム製造。

- ✓ スタンダード・ケミカル会社は、1911年～1933年まで操業。1911年～1913年までは試験操業で、キュリー夫人の抽出過程を産業的に改善しつつラジウム2.1gを生産。1913年以降、濃縮したカルノーライト500tから1gのラジウムを製造。
- ✓ ラジウム・ガールとして後年社会問題となる放射線障害の原因となった放射線発光塗料は3社が生産。1914年のUSラジウム社 (1921年までの社名は、ラジウム・ルミナス・マテリアル社) によるアンダーク、1916年のラジウム・コロラド社 (1917年までの社名は、シュレジンガー・ラジウム社。生産は、子会社のコールド・ライト・マニュファクチュアリング社) のマーベライトと、1917年のスタンダード・ケミカル社 (生産は、子会社のラジウム・ルミナス社) によるルナ。
- ✓ ラジウム・ケミカル社は、1933年にスタンダード・ケミカル会社の一部を承継。1987年にライセンスが失効し、事業と財産を放棄。環境保護庁 (EPA) が放棄有害廃棄物処理のためのスーパーファンドで廃棄物処理と環境回復。120Ci見つかったラジウム針などは、ネバダ州のビーティ処分場へ輸送、埋設された。
- ✓ 米国のラジウム生産は、1913年～1942年までの30年間で218g。
- ✓ 米国のラジウム産業は、旧ラジウム・ケミカル社の廃棄物処理と環境回復を終えて1995年に一旦終了。

○ ベルギー

- ✓ ホボーケン冶金協会 (Société Générale Métallurgique de Hoboken) が、オーレンで1923年から1937年までの15年間で664g生産。1925年までに世界市場の80%以上を占め、価格も70,000ドルに下がった。

○ カナダ

- ✓ エルドラド・金鉱業会社 (Eldorado Gold Mining Company) が、1933年から生産開始。1938年には本格生産となり、価格も1934年に50,000ドル、1938年には25,000ドルに下がった。ベルギーとカルテルを締結し共存。

日本の特徴：温泉

温泉は、欧州では医療のための入浴、飲用がほとんどだが、わが国では湯治はもとより、休

養、気分転換、行楽に人気がある。特に明治に入ってからの鉄道の整備、温泉の開発・取締に関する各地方の規則等整備、内務省衛生局による分析などが相まって地域の発展を見ている。

ラジウムについては、ラジウム・エマナチオン（ラジウムから放射される気体：ラドンガス）とともに健康に良いとの考えが広まり、天然に含まれている温泉水のみならず、石鹼・化粧水への添加、ラジウム温泉水でゆでた卵（ラジウム卵）、さらには餅、煎餅など物品の宣伝に「ラジウム」を冠して使われてきた。1916年（大正5年）には、東京帝国大学医科大学を卒業した後、肺炎の療養で森ヶ崎鉱泉の旅館で静養していた小酒井光次が「放射線中心時代」の題で次を記している。

「(略) ラヂウム！この名は極めて普ねく行き渡って了った。其の語呂の良いのも一つの原因をなして居るには違ひないが、白髪のお婆之を稱し、白面の少年之を唱ふ。正にこれラヂウム中心時代換言すれば放射線中心時代を示しているのではあるまいか。

(中略) 温泉にはラヂウムがなくてはならなくなり、あらゆる疾病には兎に角ラヂウム療法が施されねばならなくなった時代の欲求、時代の趨勢につきて考えて見たくなったのである。(略)」

一方で、このような風潮を批判する論調もこれより若干遡る1914年（大正3年）2月28日の医海時報に「ラヂウム問題」として次がある。

「ラヂウムの声は我邦の上下を通じて一種の旋風を生じせしめ、彼等は其性状と分量を知ることなしに、たとへ僅少なりとも之を含めば萬病即治の偉効あらんと妄信し、夫れが為にラヂウムの聲に迷はされて人々は其財を惜まず、奸悪の徒は其處に乗じて、凡ゆる機會を利用し、又辛辣なる手段を弄し良民の囊中を掠奪せんと企つと雖もラヂウムの何者なるかを領解せざるが故に唯酔ふて酒を求むるが如く之を求めんと急りて怪まず。(以下略)」

わが国の温泉医学については、1926年東京帝国大学医学部に温泉気候物理医学を研究する内科物理療法学講座が創設され、講座主任にはト

表 1

年	国立大学等における温泉医学組織
1926	東京帝国大学医学部内科物理療法学講座設立(主任教授 眞鍋嘉一郎)
1931	九州帝国大学温泉治療研究所設立
1935	北海道帝国大学医学部附属病院登別分院開設 日本温泉気候学会設立(会長 東京帝国大学医学部薬理学 林春雄教授)
1937	県立鹿児島病院附属霧島温泉療養所設立
1939	岡山医科大学三朝温泉療養所開設
1944	東北帝国大学医学部附属病院鳴子分院開設
1951	群馬大学医学部附属病院草津分院並びに研究所開設(医療法)
1953	群馬大学医学部附属病院草津分院設立(国立学校設置法施行規則)
1954	北海道大学医学部附属温泉治療研究施設開設
1962	日本温泉気候学会、日本温泉気候物理医学会に改称
1994	北海道大学医学部附属温泉治療研究施設廃止 東北大学医学部附属病院鳴子分院、本院に統合されて閉院
1996	北海道大学医学部附属病院登別分院閉院
1998	東京大学医学部内科物理療法学講座、 内科再編成によりアレルギー・リウマチ内科となって消滅
2002	群馬大学医学部附属病院草津分院閉院
2011	九州大学病院別府病院に名称変更し、温泉医学研究部門は消滅
2016	岡山大学病院三朝医療センター廃止
2018	鹿児島大学病院霧島リハビリテーションセンター廃止

イツで温泉医学、放射線医学を学んできた眞鍋嘉一郎教授が就任したことを嚆矢とする。以後、表1のように大学などに研究部門が置かれたが、整理・統廃合の波の中消失してしまっている。総合科学である温泉医学においてラジウムの評価を確立するには定点観測が不可欠である。関係研究各位の不断の努力を期待したい。

おわりに

キュリー夫人の研究があつてラジウムは世に出された。先述の田中館愛橋博士のお祝い放送の結びを紹介して本稿を終える。

「ラジウムの発見によって、物質の元の起こり、進んでは宇宙の組立てまでも考え直すように力学を見直し、哲学的に人間の頭の奥を照らしたことは、私の申すまでもございません。

放送を終るに臨み、発見者たるキュリー婦人の思い出を申し上げる。お許しを願いたい。私は、婦人とは国際連盟の知的協力委員会の委員たるの務めを共にする榮譽を得て、婦人の高き人格と優しくつつまやかな心立てに親しみ、こういう方こそ所謂四海同胞主義の花たる自然科学そのものの表れであるかの如き鮮やかな感じが心の奥に残っています。」

形質細胞

テレビドラマ「ずっとあなたが好きだった」の冬彦さん役でブレイクした俳優の佐野史郎さん(66)が多発性骨髄腫であることを公表しました。

多発性骨髄腫は形質細胞というリンパ球の一種が、がん化した病気です。

リンパ球は白血球の一部で、B細胞、T細胞、NK細胞(ナチュラルキラー細胞)などに分類されます。

NK細胞は原始的生物にも備わっている「自然免疫」を担当する免疫細胞で、がん細胞やウイルスに感染した細胞を発見するとその細胞を攻撃します。

自然免疫は既製品の免疫系で、「獲得免疫」はオーダーメイドの免疫系と言えるでしょう。

獲得免疫の主役がT細胞とB細胞で、T細胞はウイルス感染細胞やがん細胞を殺傷し排除する細胞性免疫の中心となる他、一度侵入してきた病原体を記憶し、他の免疫細胞のはたらきを調節する司令塔の役割も果たします。

B細胞は細菌やウイルスなどの抗原を見つけると、形質細胞に姿を変えます。形質細胞は、抗原を攻撃する抗体を作ります。

しかし、形質細胞ががん化すると、抗原を攻撃しないばかりか、役に立たない異常な抗体＝「Mタンパク」を作ります。

同時に、がん化した形質細胞(骨髄腫細胞)が骨の中などで無秩序に増殖し、痛みや骨折の原因となります。

多発性骨髄腫では、がん化した形質細胞が一定量まで増えないと、症状は見られません。無症候性は経過観察で、治療は症候性になってから行うのが一般的です。

症候性の多発性骨髄腫のカギは「自家造血幹細胞移植」です。まず、患者さんの末梢血から、血球をつくり出すもとになっている細胞(造

血幹細胞)を採取し、凍結保存します。その後、体の中に残っている骨髄腫細胞を大量の抗がん剤を使って殺します。正常の血球や免疫の細胞も殺されますが、保存しておいた造血幹細胞を体に戻すことで、骨髄機能は回復できます。

移植と大量の抗がん剤の併用は、高い効果が期待できますが、体への負担も大きい治療です。そのため、移植を受けられるのは、一般的には65歳以下で体調がよい方に限られます。佐野さんは66歳ですが、この方法にチャレンジすると報じられています。

さて、B細胞が抗原に触れて形質細胞に変化し、抗体を作る。この過程を実感できるのがワクチン接種です。

私の場合、昨年3月半ば、4月初めにコロナのワクチンを受け、12月初めに3回目の接種を終えました。

初回は激しい肩の痛み、2回目は38度の発熱がありました。3回目は2回目より副反応が少ないと聞いていましたが、39度の熱が出ました。

予定していた仕事をドタキャンし、1日寝ていましたが、Bリンパ球が形質細胞に変化し、コロナへの抗体を作ってくれていると思うとガマンもできました。

3回目の接種に先立って、11月末にコロナウイルスのスパイク(突起部分)に対する抗体量を測ってみました。結果は266.5 AU/ml。抗体量の検査は初めてでしたから、2回の接種でどこまで数字が上がったかは分かりません。しかし、日本人を対象にした調査結果と比べて、かなり低い量で、がっかりしました。

しかし、3回目の接種後に行った抗体量の検査では、なんと2万AU/mlと激増していました。これなら、重症化を防ぐだけでなく、感染の予防にも有効だろうと、うれしくなりました。

なお、オミクロン株のように、ウイルスは弱毒化の方向に進化する傾向があります。コロナがふつうの風邪ウイルスとなって、事態が収束する道筋が見えてきたように思っています。

原子力・放射線人材の育成及び流動化の促進

井上 浩義*

2022年に入り、未だオミクロン株による第6波が世界的に広がっている。この2年以上のパンデミックに対する人類の戦いは単に医学・医療だけでなく、社会構造や労働のあり方にも変化を及ぼしている。そのような中で、年初より原子力・放射線に関する各種報道に触れる機会があった。順不同に挙げてみよう：

- ・EUの欧州委員会は従来から環境重視の方針を示して来た。例えば、事業仕分けに利用する「EUタクソノミー」を採用しているが、これに原子力と天然ガスを加えることを決めた。この条件として、生物多様性、水資源に影響を与えない、2045年までに建設許可が出ることなどがあるものの原子力と天然ガスは脱炭素に結びつくとした。
- ・スウェーデン政府は、核のゴミの最終処分場の建設計画を承認した。処分は地層処分を採用する。隣国のフィンランド（建設中）に次ぐ、世界2例目であり、10万年単位で保管することを想定している。
- ・政府は2022年6月に制定する「クリーンエネルギー戦略」の中で、都市部等の電力消費地に再生可能エネルギー（太陽光、風力など）を送る次世代送電網を構築することを表明する。この送電網は現行の地域単位の電力供給を超え、例えば、北海道から本州への“直流”による送電を可能とする。
- ・経済産業省は、2022年度にプルサーマル発電に新規合意した自治体に交付金を出すことを決定した。現在、4基であるものを12基まで増やすとしている。
- ・次世代原子炉の一つである高速炉のアメリカによる開発に日本原子力研究開発機構と三菱重工業が協力することが発表された。この高速炉

はアメリカエネルギー省とテラパワー（Terra Power）が開発を目指すものである。テラパワーは筆頭株主がビル・ゲイツ氏であることで有名である。

- ・昨年から本年にかけてのエネルギー価格は10数年ぶりの高値となっている。昨年11月のガソリンは前年同月比で27.1%、灯油は同36.2%上昇した。電気代やガス代は未だ10%未満程度であるが、これは燃料費調整制度のためであり、今後数ヶ月で同様に値上がりする。実際に、昨年12月の電気代金は40年ぶりの値上がりとなった。

さて、このように原子力・放射線はエネルギー政策だけでなく、環境政策、さらにはSDGsの完遂にも関わって来ている。これらを円滑に進めるためには、原子力・放射線の技術的側面だけでなく、社会的側面を遂行する多様な人材の確保が必要である。私たちは、以前にも提示させて頂いたが、**図1**のように原子力や放射線のような利益相反の先端科学技術等の意思あるいは政策決定には、科学的理解と社会的理解が階層的に同時に進行すること、そして、両者を自ら探究できる成熟した段階で、事象を抽象化することが重要であると考えている。事象を抽象化することにより、初めて多様な意見あるいは基礎知識を持つ市民の討議対象となり得る。これらの過程を経て、意思あるいは政策決定がなされない場合には、賛同者の増加は期待できず、将来的には原子力・放射線は国民の選択対象となるかもしれない。例えば、日本原子力文化財団による「2020年度原子力に関する世論調査」では今後の原子力利用に関して、“原子力発電をしばらく利用するが徐々に廃止していくべき”が最多で48.0%であった。“原子力発電は即時廃

* Hiroyoshi INOUE 慶應義塾大学医学部 教授／慶應義塾労働組合 執行委員長／(NPO放射線安全フォーラム 理事)

止すべき”は8.4%であった。周知のように、電力は2000年の大手需要家への小売自由化、そして2016年4月の電力小売完全自由化により、旧来の自然独占から現在では選択の幅が広がって来た。もちろん、エネルギーは社会のインフラであるため、アメリカのように完全自由化によって安定供給が危うくなる可能性もあるが、これからは高値であっても自然エネルギーを起源とする電力を選択する個人は増加するかもしれ

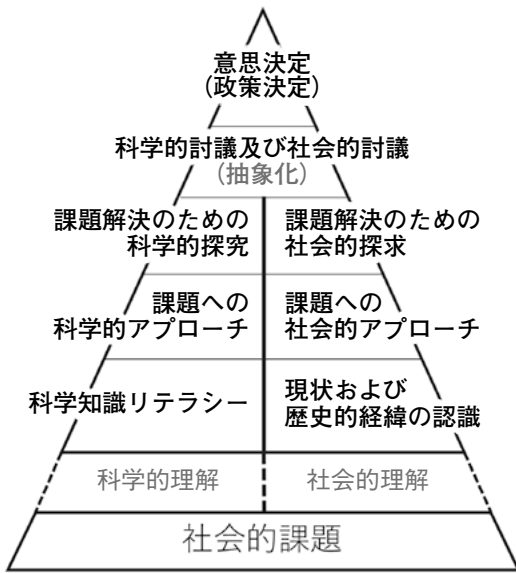


図1 社会的課題に対する科学的理解と社会的理解の重要性

ない。これらを将来的なエネルギーのあり方、市民の不安、技術的課題、国際協調などを総合的に説明し得るメディエーターの存在が必要である。医療放射線においても同様である。特に、患者被ばくは今後、問題となり得るだろう。現在でも患者からの被ばく量についての問い合わせが増えて来ており、医療放射線の使用採否を患者が選択する時代もそう遠くないかもしれない。特に、日本の医療放射線について問題を提起した2004年のUniversity of Oxfordの報告(Lancet (2004) 363: 345-51)を待つまでもなく、日本には多くの放射線診断機器があり(例えば、図2)、日本の患者被ばくが高水準にあることは明らかである。今後、運用について患者、家族、介護者等の意見を汲み上げ、そして、説明できる人材の育成は不可欠になるだろう。

原子力・放射線の人材育成は、これまで技術的側面が重視され、個々あるいはチームとして専門性を高めることに主眼がおかれて来たのかもしれない。しかし、これからの原子力・放射線分野では、広報や教育だけでなく、農漁業、宇宙産業、スポーツといった一見無関係の分野を結びつけるマルチコミュニケーターや、丁寧な報道を可能とするサイエンスライター等の人材の育成が必要であるように思える。

さて、実際の人材育成のための原子力・放射線教育については、こちらも周知のように、学校教育では、中学校理科では1980年までは放射線について教えられていたが、2008年に新学習指導

要領が告示されるまでの30年間は教えられなかった。そして、その後は原子の構造及び放射線(原子力発電、放射線の性質と利用)について学習されたが、2018年の改訂により、2021年度から中学2年生の理科でクルックス管が導入され、これに付随して新たに中学3年から中学2年へ放射線の性質と利用の学習が移動した。そして、中学

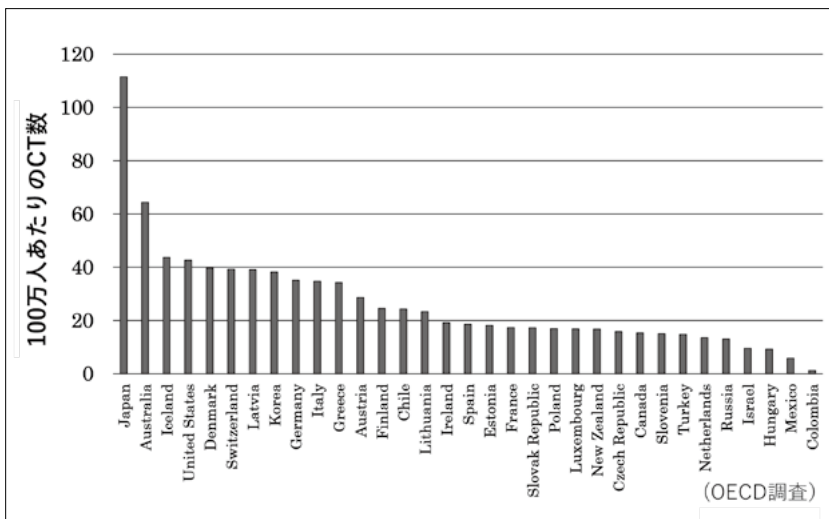


図2 2017年の世界の主要国のCT装置数(100万人あたりの台数)

3年生の理科では原子力発電の仕組みや核燃料からの放射線の発生などが教えられるようになった。加えて、高等学校でも、私が文部科学省中央教育審議会委員として審議に参与した「理数探求」及び「理数探求基礎」が2022年度から導入される。単なる理科にとらわれない研究を含めた学際的かつ高度な内容を学習することができる。世界的なEarly Exposureの傾向を受けて、大学の高等教育内容が中等教育へ波及する傾向も明白になりつつあり、原子力・放射線に関する知識・実験も是非、高校で指導して頂きたいと願っている。その時、各高等学校では予算や設備に限りがあるため、大学や研究機関、あるいは企業との協働を行って頂くと良い循環が生まれると思っている。

このようなオンキャンパス教育の充実と共に、オフキャンパスでも多くの団体や個人で原子力・放射線が教えられて来た。しかし、2019年から続く、新型コロナウイルス（COVID-19）の流行によって対面での教育実施が困難になり、また、オンライン教育についても、募集活動が困難を極めており実施が難しくなっている。私たちも、初等教育（小学校の児童）や中等教育（中学と高校の生徒）を対象とした原子力・放

射線の教育を24年間続けて来た。講演受講者を含めると約34,000人を対象とした。この中には、現在、原子力や放射線を専攻し、私など足元にも及ばない専門家になった者も何人もいるが、多くは教養としての原子力・放射線を学んだのみである。また、残念ながら、その効果は不明である。他の教育効果と同様に、評価方法の開発とその実践を当初より組み込んで来なかったことを悔やんでいる。

私たちはこれらのオフキャンパス教育に続き、本年より、サイエンスライターの育成活動を実施する予定である。これは、高校生を対象にし、全国から募集する。選抜された高校生は新聞社の科学部記者や大学教員から指導を受け、必要な基礎知識、文章の構成力、情報の取得方法などを1年間習得する。そして、その結果は、高校生サイエンスライターとして実際の新聞に記事を掲載する。この育成活動は我々が従来行って来た講演や実習中心の原子力・放射線教育に比して費用や人員が必要になってくる。このための財団法人の設立も行った。

さらには、児童生徒そして学生の教育だけでなく、社会人を対象とした原子力・放射線教育もこれまでの生涯教育としての原子力・放射線

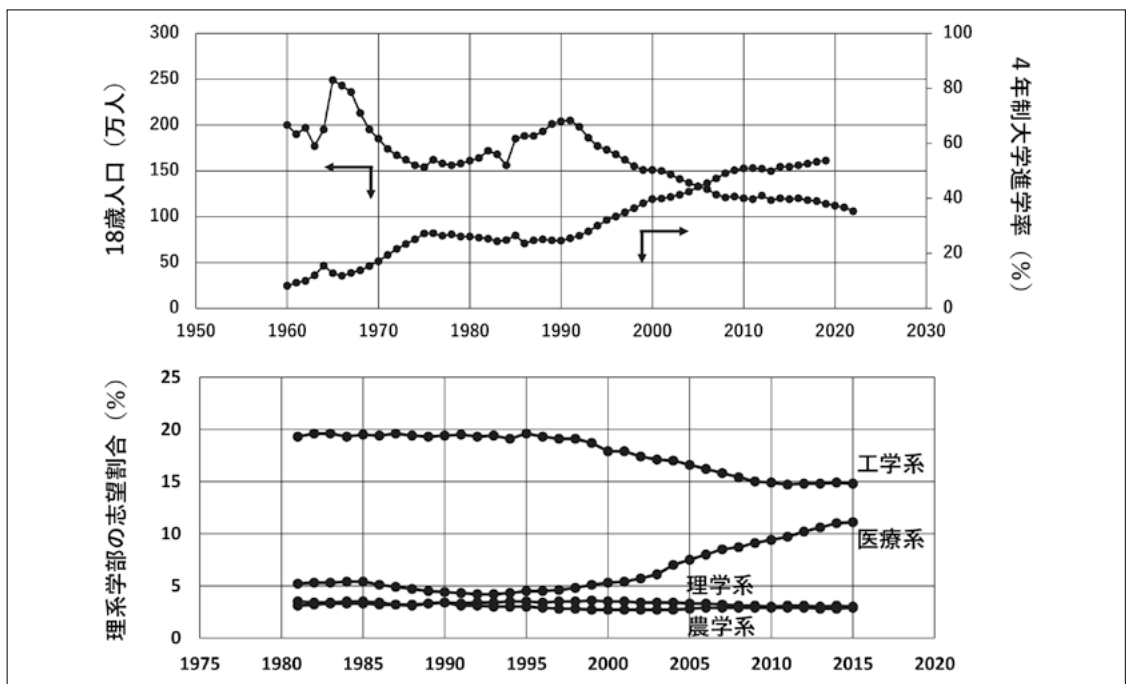


図3 18歳人口と4年制大学進学率の推移(上)と理系受験生の志望先推移(文部科学省:学校基本調査)

教育ではなく、職業教育としての原子力・放射線教育の機会提供を探っていく予定である。現在、若い世代を中心に人材の流動性が高まっている。例えば、総務省の労働力調査によれば、転職者比率は総数としては2011年の4.5%から2019年の5.2%まで微増であるが、同期間に15～24歳については1.3%増加しており、25～34歳についても1%増加している。これらの若年層は元々の転職比率が高く、若年層の転職比率は平均すると約10%に及ぶ。なお、これらはIT技術の進展と共に、コロナ禍でますます増加傾向が高まっている。

本稿で目的とする原子力・放射線分野の人材育成については、そもそもの対象である労働人口が減少の一途を辿っていることにも注目すべきである。我が国は先進諸国と同様に、若年人口の減少が著しく、図3上段に示すように、18歳人口は1991年以降減少に転じ、2022年現在、約半数にまで落ち込んでいる。一方で、4年制大学進学率は、1970年代半ばの停滞の時期を経て、1990年から増加の一途を辿っており、現在では52%程度まで増加し、高等教育が普及・充足している。したがって、原子力・放射線のように専門性が高いが、成熟性も高い分野においては、従来のようにペンの先を形成するような人材の確保ではなく、より広い裾野から、多様な人材を確保し、教育することが必要になってくるであろう。そもそも、原子力・放射線分野の人材の源として来た工学部志願者が図3

下段にあるように減少している。1981年度は工学系が19.3%で、医療系が5.2%であったのに対して、2015年度には工学系は14.8%に減少したのに対して、医療系は11.1%に増加している(学校基本調査：理学系3.1%→3.0%、農学系3.5%→2.9%)。したがって、我が国の将来の産業育成のためにも、原子力・放射線の単独な人材育成だけでなく、周辺分野との連携を含む複合的な人材育成が不可欠となっている。

少し、寄り道にそれるが、我が国は、様々な報道にあるように労働生産性は低く、図4に示すように先進諸国の間でも下位に属する。労働生産性を高めるためには、経年的なスキル取得が重要である。しかし、例えば、我が国が得意とするOJT (on-the-job training) では専門性は高まるものの、全く異なる業種のスキルを取得することは至難である。これが長じると、技術革新に対応できない人材の組織内での非企图的怠業を生み、労働生産性を低下させる。これに対して、そもそも労働生産性を高める必要があるのかという議論もある。我が国の労働生産性は以前から決して高くなく、それでも経済は成長して来たと主張する向きもある。これは労働力が拡大基調にあり、図3に示すように、賃金の安い若年者を大量に供給できたからである。労働条件の厳正化や労働者の意識変革により、既に従来の労働力モデルはその前提を失っている。このため、社会人に対する職業再教育が必須となって来た。これらのことは我が国の政府も重々

承知しており、昨年、情報技術や医療をはじめとする成長分野に人材を振り向けるため、職業訓練制度を拡充し30万人規模の就労を支援することを表明している。職業訓練制度は1969年に職業訓練法が制定され、1985年に職業能力開発促進法と名を変えて、今日に至っている。この分野で先行しているのは欧州である。我々は、ここ11年、毎年

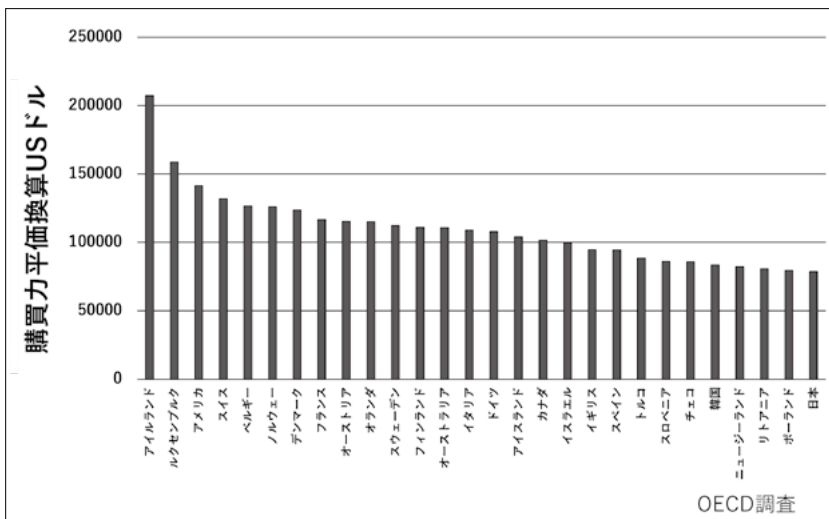


図4 就業者1人あたりの労働生産性(2020年)

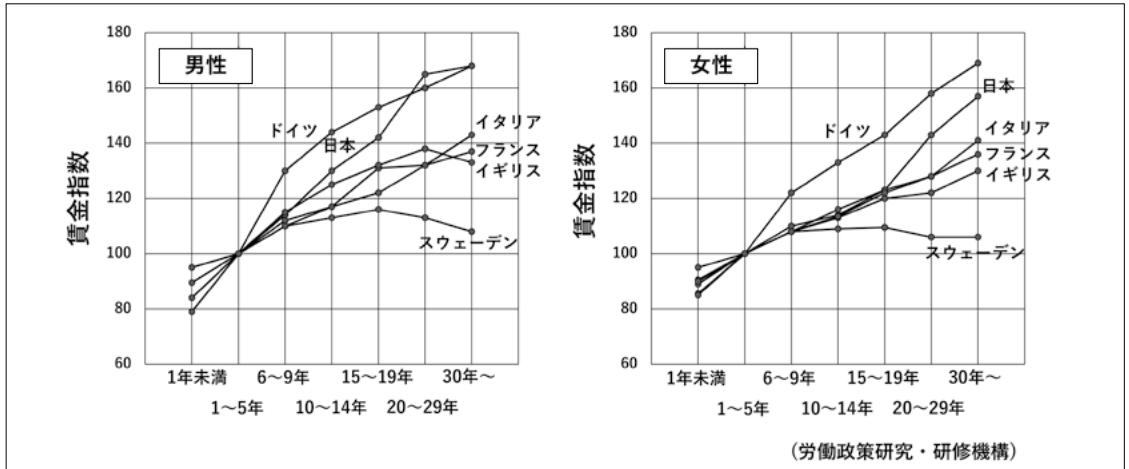


図5 勤続年数別賃金格差 (勤続年数1～5年の賃金を100とした指数：2014年)

意欲のある全国の高校生をスウェーデンとイスラエルに派遣・交流している。この引率で、毎年スウェーデンの各都市に行くが、職業再教育施設が充実していることに驚く。もちろん、日本でも同様な立派な施設が存在する。が、そこで学ぶ人たちの意識が大きく異なる。皆、職業再教育は当然の権利であり、新しいスキルを付けることを嬉々として楽しんでいる。人生で3回目、4回目という人も珍しくない。同じ建物内にはインキュベーション施設(起業支援)もあり、雑多なベンチャーが生まれている。医療分野から出た放射性廃棄物の処理を研究しているベンチャーなどがあり、その多様性に二度驚いた。

労働人材の流動性を高めることは、労働者の新たなスキル獲得を促し、組織としても人材の適材適所を可能にし、最終的には労働生産性を高めることができる。原子力・放射線分野では特定の専門性を高める訓練機会を多く得ることができるものの、専門領域から逸脱することは困難であることが多い。これにより、産業分野における新たな起業、あるいは異業種との協働を難しいものにしてしている。これに同期して、図5に示すように、我が国では、男女ともに、勤続年数に応じた賃金の上昇が生じている。これはドイツなども同様である。これまで、工業先進国では、長年の勤続により、会社への帰属意識を高め、工業所有権だけでなく、詳細なknow-howなどを守秘する傾向があったが、IT技術による技術革新の急激な進展や情報のオープン化によって、この状況は変化し始めた。

我々のような非力な小組織で行い得ることは少ないが、上記に示すように原子力・放射線分野で、従来から行って来た小中高生での基礎知識の学習機会の提供の他に、本年からサイエンライターの育成、そして、非原子力・非放射線分野の社会人に対する専門教育の付与を試験的に実施する予定である。私たちの組織では、そのような教育の場においては、受講生は学習意欲を有することは勿論のこと、科学技術の社会への還元を意識することができることを重視している。この目的のために、人材は全国から募集するだけでなく、外国籍の者からも受け入れることで、組織の非相同性を保っていくように努めて来たが、将来的にもこの方針は保持していきたいと思っている。また、女性の原子力・放射線分野への進出を図るために、女性の積極的な応募を促進してきた。これらを可能にするためにアドバイザーを配置して来たが、今後は、このアドバイザーの育成にも努めていきたい。

最終的に、育成する人材として、原子力・放射線分野で、①高い学習意欲を有すること、②国際性を有すること、③高い学習能力を有すること、④原子力・放射線分野あるいはその周辺分野を含めて社会貢献を志していること、⑤倫理および社会通念上の道徳を有すること、⑥大学卒業程度の知識および研究技術を有すること、⑦外国語でのコミュニケーションが可能であること、および⑧事象に対して科学的理解と社会的理解を均衡に育むことができることを目標とする。

さあ、多様な人材を育成しよう！

放射線安全技術講習会 **－ 受験対策の決定版！ 優れた講師陣！！－**

第65回放射線取扱主任者試験受験対策セミナー・開催のお知らせ

1. 期 日 第一種コース 2022年6月20日(月)～6月24日(金)の5日間
第二種コース 2022年6月28日(火)～7月1日(金)の4日間
2. 会 場 東京都文京区湯島2-31-15 和光湯島ビル4階
公益社団法人日本保安用品協会
3. 受講対象者 第一種又は第二種放射線取扱主任者の国家試験受験を予定している方
4. 定員及び
受講料

定 員	受講料(消費税込)
第一種コース 20名	60,500円
第二種コース 20名	49,500円
5. 申込締め切り 各コースともに定員になり次第締め切りとさせていただきます。但し、コロナウイルスの感染拡大状況等により、講習会を中止とすることもございますので、ご了承ください。
6. 講習会主催者 公益社団法人日本保安用品協会
及び問い合わせ先 放射線取扱主任者試験受験対策セミナー事務局
〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-15 和光湯島ビル5階
TEL 03-5804-3125 担当 澄川
e-mail : r-seminar@jsaa.or.jp URL : <http://www.jsaa.or.jp>
7. 申込方法 申込は主催者ホームページの申込画面より行なってください。
8. 受講料の
お支払い方法 受講料のお支払いは当協会の指定する銀行口座へのお振込みとなります。

「2022国際医用画像総合展出展」のご案内

画像診断学・放射線腫瘍学・核医学を問わず放射線医学の全ての分野における、国内最大級のイベント、日本放射線技術学会・日本医学物理学会・日本医学放射線学会の学術大会が横浜で開催されます。弊社は今年も併設する「国際医用画像総合展 (ITEM2022)」に出展いたします。お馴染みの製品をはじめ、感染症対策商品のご紹介もいたします。

日頃ご愛顧を賜っているお客様にお会いできることをスタッフ一同、心待ちにしております。お客様のお役に立てる製品の展示をいたしますので、学会へお出かけの際はぜひお立ち寄りください。

* 展示予定商品 *

- ①高線量率密封小線源治療装置用
「アプリケーションタ」
- ②放射線治療計画装置
「Oncentra Brachy」
- ③定位放射線治療用加速器システム
「ZAP-Xラジオサージェリーシステム」
- ④ウイルス抑制・除菌用紫外線照射装置
「Care222[®] i シリーズ」
- ⑤放射線治療装置用QA/QC製品
- ⑥ガラス線量計小型素子システム
「Dose Ace」
- ⑦個人放射線被ばく線量測定サービス
「ガラスバッジ」
- ⑧眼の水晶体用線量計
「DOSIRIS」
- ⑨放射線業務従事者個人管理システム
「ACEGEAR NEO」

展示品内容は変更する場合がございます。

* 開催日時 *

2022年4月15日(金) 10:00~17:00
2022年4月16日(土) 9:30~17:00
2022年4月17日(日) 9:30~15:00

* 会場 *

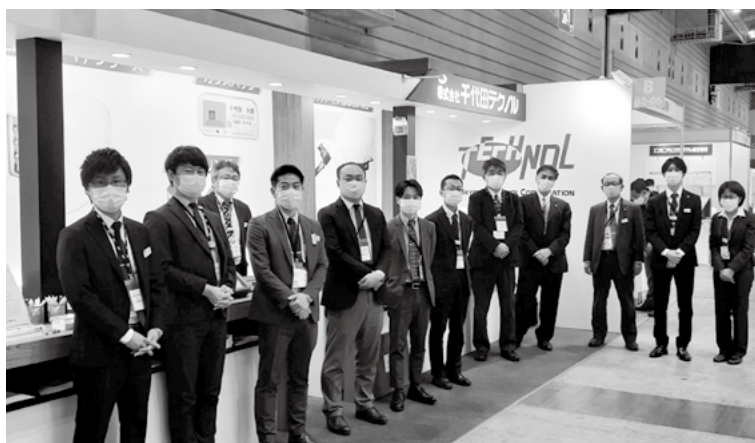
パシフィコ横浜展示ホール：ブースNo.D3-06

* Web展示開催日時 *

2022年4月15日(金)~5月18日(水)

* 学術大会 *

会期：2022年4月14日(木)~17日(日)
第81回日本医学放射線学会総会
第78回日本放射線技術学会総会学術大会
第123回日本医学物理学会学術大会



(担当：営業統括本部 高橋 萌)

サービス部門からのお願い

4月1日はガラスバッジ、ガラスリング、DOSIRISの交換日です。

平素より弊社の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。

4月1日はガラスバッジ、ガラスリング、DOSIRISの交換日です。

ご使用期間が3月31日までのガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISは、ご使用期間終了後、速やかに弊社測定センターまでご返送くださいますようお願いいたします。

2021年度の個人線量の集計は、2021年4月1日から2022年3月31日までのご使用分が対象です。ご使用になったガラスバッジ等をすべてご返却ください。

法定管理帳票として「個人線量算定値管理票」を出力いたします。関係法令で定められた線量限度を超えていないことをご確認ください。



編集後記

- この編集後記を書いております今(2022年2月)、冬季北京オリンピックの真最中です。日本との時差がほとんどなくLiveで観戦できることは大変嬉しいのですが、手が進みません(汗)。
- さて、今月号の巻頭では、「原爆被爆の誤解」と題して大阪大学 放射線科学基盤機構 中島裕夫先生にご執筆いただきました。被ばく影響を考えるとときには、「量」との関係をきちんと知ることの大切さについて書かれています。日常における量への関心・誤解についても例に挙げられ、楽しみながら読める内容になっています。弊社はこの「量」を測定しご報告していますので、正しい値をお知らせすることについて、改めて思いを強くしました。
- FBNews編集委員の青山伸委員に、ラジウムについて、発見から製造、各国の社会への活用をまとめていただきました。私が放射線を初めて知ったのが、キュリー夫人のマンガだったことを思い出しました。ラジウム温泉の効能についても、今後研究が進むことを期待しています。
- 第40回目となる、東京大学医学部附属病院 中川恵一先生の今回のコラムは、「形質細胞」についてです。コロナのワクチン接種による辛かった副反応も、ポジティブに考え直すことができました。
- 慶應義塾大学医学部 井上浩義先生からは、原子力・放射線分野の人材育成についてご執筆いただきました。世の中の流れの変化に伴い求められる人材の能力にも変化が必要です。今はコロナ禍により対面教育にも制限があり大変ですが、弊社でもお力になれることがないか、考えていきたいと思っています。
- 半導体不足が深刻です。PlayStation 5で遊べるのがまだまだ先になりそうで残念ですが、気持ちを切り替えて、新年度のスタートです！ (W.S)

FBNews No.544

発行日/2022年4月1日

発行人/井上任

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 藤森昭彦
篠崎和佳子 高橋英典 廣田盛一 前原風太 山口義樹

発行所/株式会社千代田テクノ

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/03-3252-2390 FAX/03-5297-3887

<https://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)