

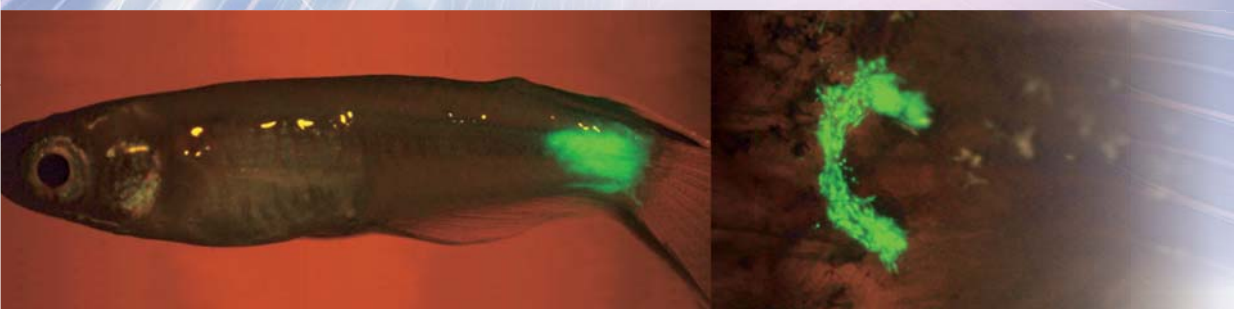
Radiological Sciences

放射線科学

2009.10

Vol.52

第52巻 第10号



Radiological
Sciences

最近の成果

「メダカでがんを視る：
がんの新しい動物モデル」

最近の成果

「ブロッコリーよりの抽出物スルフォラファンに
放射線増感作用があることを発見」

ISSN 0441-2540



水生動物舎屋外の実験用メダカ飼育池



水生動物舎室内の実験用メダカ飼育水槽



当所で継代維持されている実験用近交系メダカHB11系統



当所で継代維持されている実験用近交系メダカHB32D系統



当所で継代維持されている実験用近交系メダカHNI系統



旧変電所前で美しい実をつけた
紫色のコムラサキシキブと白色のコシロシキブ

Contents

最近の成果

04 「メダカでがんを視る：がんの新しい動物モデル」

-先人たちが残してくれたもの-

分子イメージング研究センター 分子病態イメージング研究グループ
分子診断研究チーム 長谷川 純崇

08 「ブロッコリーよりの抽出物スルフォラファンに放射線増感作用があることを発見」

重粒子医学センター 粒子線生物研究グループ 岡安 隆一、関根 絵美子、
于 冬(現所属：国立ガンセンター)、安西 和紀

茨城県立医療大学 窪田 宣夫

連載／知財を知る(1)

13 「サイエンスしながら特許は書ける」

-官学研究機関の知財に関する一私見-

山形大学 大学連携推進室 前田 裕司

印象記

18 「放射線防護体系の進展に関する第5回OECD/NEAアジア会合」

放射線防護研究センター センター長 酒井 一夫

21 第5回OECD/NEAアジア会合若手セッション 「放射線防護に責任を有する若手専門家の確保と育成」を開催して

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所
放射線管理部 山外 功太郎

放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター
発達期被ばく影響研究グループ 今岡 達彦

東京大学 大学院工学研究科 原子力国際専攻 小佐古研究室 Le Ngoc Thiem
東京工業大学 原子炉工学研究所 物質工学部門 松本 義久

26 “Leading the World in Radiological Sciences”

-第53回IAEA総会展示-(2009年9月14日-18日、ウィーン、オーストリア)

企画部企画課 工藤 智典

30 お知らせ 第12回独立行政法人放射線医学総合研究所 一般講演会

第4回分子イメージング研究センターシンポジウム

第9回重粒子医学センターシンポジウム

33 SR Salon Photograph

三井 正紀

34 随想

市川 龍資

35 編集後記

最近の成果

メダカでがんを見る：がんの新しい動物モデル

-先人たちが残してくれたもの-

分子イメージング研究センター 分子病態イメージング研究グループ
分子診断研究チーム 研究員
長谷川 純崇



長谷川 純崇 (Sumitaka Hasegawa)

はじめに

私は、研究において“伝統”は重要であると考えている。現在、サイエンス、特に私が携わる生命科学の分野は欧米（特に米国）の研究者たちが作った枠組みの中で動いていることを日々痛感しているが、その理由の一つとして、彼らには長く培われた生命科学の歴史があるから、と答えてもまんざら間違いではないだろう。それでは、日本はどうか？日本にはそのような分野があるのだろうか？私は、がん研究がその一つではないかと考えている。だから、私は、がん研究を志向しているし、いろいろな分野を変遷しながらも、軸足はがん研究において研究を続けてきたつもりだ。様々な異論があるだろうが、私個人としては、がんを本当の意味でサイエンスにしたのは、人工発がんで有名な山極勝三郎（1863-1930）だと思っているし、山極からがん研究が始まったといっても過言ではない（ちなみに、山極と私は同じ信州の産ということもあり、山極に対する思い入れは強い）。こうした伝統に裏打ちされてだろう、数多くの日本人が、がん研究の歴史のなかで金字塔を打ち立てていることを我々は忘れてはならない。こうした歴史からも研究において伝統という有形無形の力を本当に大切にしなければいけないと思う。もちろん、研究における伝統の継承には常に創造と進化を伴わなければならないことは言うまでもない。

数年前、私は、放医研で行なわれたメダカ関連のセミナーにコメンテーターとして参加し勉強する機会を与えて頂いた。以前から放医研のメダカ研究の話は聞いていたものの、これほど可能性と将来性のありそうな話は久しぶりであった。いろいろ話を聞いてみると、驚いたことに（失礼！）、放医研はメダカ研究において世界に先駆けた仕事を数々残しているという。私は、これこそ“伝統”ある研究だと思ったし、この優れたリソースを自身の研究に生かしたいと思った。実は、魚を使ったがん研究については大学院時代にも少なからず興味があり、卒業したらゼブラフィッシュをやっているラボに留

学することも考えていた。というのも、私の大学院時代の仕事は、Cre-loxPのコンディショナルノックアウトマウスを使ってがん抑制遺伝子を組織特異的につぶし、その変異導入細胞をLacZ染色で染め、表現型を観察する仕事^{1), 2)}であったが、変異細胞を同定するには無数の組織切片を作製しなければならないし、解析のためのマウスを得るためには、数回にわたる複雑な交配が必要であった。研究の面白さを感じながらも、こうした作業に日々忙殺され辟易としていた。GFPはすでに使われていたものの、当時、インビボイメージングは現実的ではなかった。マウスではなく小型魚類や線虫だったらそのまま観察できて簡単なのに、とずっと考えていたので、当然の如く、ゼブラフィッシュに興味を持った。しかし、当時はノックアウトマウス全盛の時期だったし、最先端分野での活躍を夢見る医学部出の大学院生だったので、“ゼブラフィッシュをやっても仕方ないよなあ〜”と思い、小型魚類を使った研究への道を断念してしまった。メダカの話聞いて心の奥底に残っていた大学院生時代の思いが甦ってきた。今度こそ、と思って放医研のメダカ研究を独り背負って立つ放射線防護研究センターの丸山耕一さんに声をかけたのが今回紹介する研究のはじまりである。

なぜ、メダカ？

メダカを知らない人はいないと思うが、実験動物として知る人は少ないと思う。本題に入る前に、ここで少し実験動物としてのメダカについて説明したい。メダカは、学名 *Oryzias latipes* で日本を含むアジア固有の淡水魚（インドでは海にいるものもあり）である。成魚は体長約3センチ、体重約0.7グラムである。メスは、産卵期になると毎朝5-25個の卵を産み、孵化までは約10日（26℃）である。実験動物として確立した背景には、近交系メダカが存在していることが重要であり、これにより遺伝的背景を均一にした状態で実験ができる。体外受精で胚は大きく透明、胚操作が容易なため、

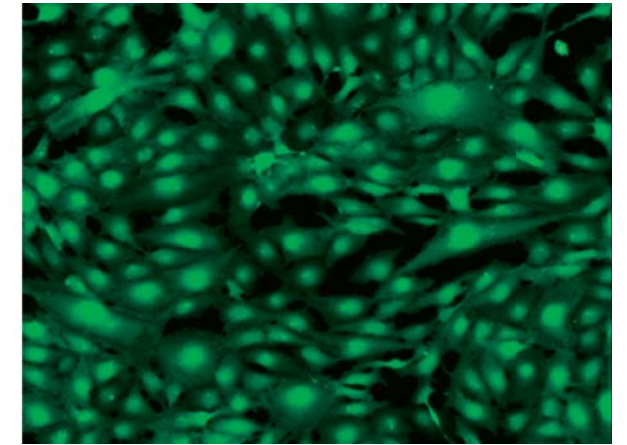
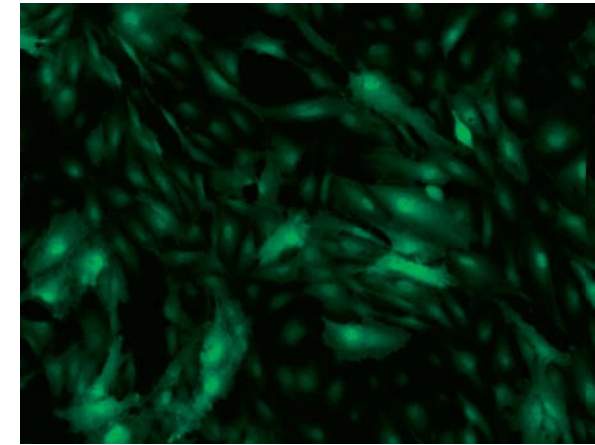


図1：光るメダカがん細胞。異なる種類の蛍光タンパク遺伝子を用いて2株作製した。

初期胚は発生学にもよく使用されている。また、遺伝子操作も確立しており、トランスジェニックメダカや最近ではTilling法による遺伝子破壊メダカも作製されている。メダカは、狭いスペースでも飼育可能、管理費が安価、殖えやすい、ゲノム解析をはじめとしたデータベースが充実しているなどの利点があり、飼育しやすい優れた実験動物といえる。小型魚類の実験動物としてゼブラフィッシュが欧米を中心によく使われており、メダカとの比較が議論に上がるが、ゼブラフィッシュでは近交系がないことを考えると実験動物としてはメダカに一日の長があると思われる。もちろん、このことはゼブラフィッシュを実験動物として否定するものではないことを付け加えておく。国内や、特に海外では、メダカ研究者が少ないので、独自性を十分に発揮すれば他の追随を許さない研究を行えることも魅力である。詳しくは成書を参照してもらいたい³⁾⁻⁵⁾。

放医研とメダカ

ここで放医研とメダカのつながりについて述べたい。放医研では1961年に江上信雄先生が着任して以来、現在まで脈々とメダカ研究が続けられている。90年以降は人員の補充がなかったため、メダカ研究も大幅に縮小されてしまったが、先人たちの不屈の努力によりその灯は守られ続けた。簡単にその歴史を振り返ってみると、特に初期の30年間は、放医研での研究がいかにこの分野を世界的にリードしていたかがわかる⁶⁾。例えば、江上先生らによる放射線影響研究への応用から始まり、江藤久美先生による放射線障害の温度依存性の証明やがん細胞を含めた魚類細胞株の作製、田口（兵藤）泰子先生による近交系メダカの樹立、青木一子先生および松平

寛通先生のメダカ化学発がん系の開発などである。現在、メダカが実験動物として確立しているのはこれらの先人たちの努力があったからこそである。90年以降も石川裕二先生らによるメダカの脳発生における放射線影響研究や突然変異体研究などが行われ、消えかかった伝統の灯は守られてきた。94年には放医研のメダカは宇宙に行き、2007年には放医研から提供された近交系メダカがゲノム解析に大活躍した⁷⁾。このように放医研のメダカ研究には長い歴史に裏打ちされた伝統があることがわかり頂けると思う。

メダカがんモデル

さて、ここから本題に戻る。いかに放医研がメダカ研究でブランドだと意気込んでみても、手を動かしてデータを出さなければならない。丸山さんと二人で始める研究なので、とにかくお金をかけず簡単なことから始めようと実験を計画した。がんの動物モデルの手始めはがん細胞を移植することと相場が決まっている。まずは、がん細胞が移植できるかどうか検討してみようと思った。放医研のメダカ研究のすごさを知らなかった当時の私はそこに行くまでに結構な時間がかかると思っていたのだが、なんと、その材料はすでに近くにあったのだ！今回の実験で必要不可欠な2つのモノ、移植可能な近交系メダカとそれ由来のがん細胞は前述のように放医研ですでに作製され手元にあったのだ！これで我々の見通しは立った。後は、マウスで我々がよくやっている手法を踏襲していけばよい。マウスでの実験と比べて、どれほどのものになるか知らないがとにかくやってみようということで始めた。まずは、メダカ生体内でがん細胞を可視化するため、HB32C近交系メダカ由来の悪

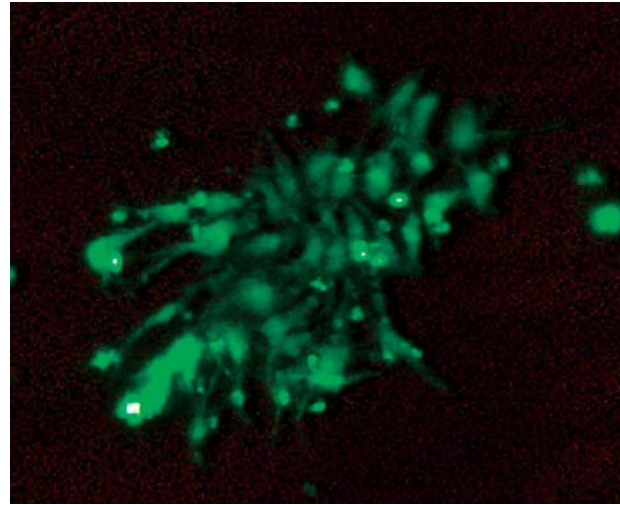


図2:メダカ生体内がん細胞の単一細胞レベルでの観察。がん細胞は生体内に存在しながらも、細胞培養皿上で観察するような解像度で観察できる。

性黒色腫から樹立されたがん細胞株に GFP 遺伝子を導入し、光る“がん細胞”を作製した(図1)。2種類の GFP 遺伝子を用いて2つの細胞株を樹立した。一つは、ほ乳類細胞でよく使用される CMV プロモーターの下流に EGFP 遺伝子を連結したもの、もう一つはメダカのベータアクチンプロモーターの下流に ZsGreen 遺伝子を連結したものである。それぞれの細胞株を MM-E および MM-Z と名付けた。これらの細胞株を同種同系である HB32D の腹腔に移植したところ、生着し細胞が増殖していくのが確認された。異系である HNI には生着しないことも確認された。後者の細胞株の方がより強く蛍光を発し観察しやすいため、以降の実験では主に MM-Z を使った。腹腔内への移植は成功したものの、マウスと比べてメダカの特長がなければ意味がない。実は、この研究を始める前、丸山さんが作製した GFP トランスジェニックメダカ胚で一個一個の光る血球が血管を流れていくさまを見て、この単一細胞レベルで生体内でのがん細胞をイメージできれば面白いだろうと考えていた。実際、メダカ皮下にがん細胞を移植してみると、実体蛍光顕微鏡下できれいにがん細胞が観察され、少数の細胞が増殖している部位を高倍率で観察したところ、がん細胞の一つ一つがはっきりと観察された(図2)。このように、生体内のがん細胞を単一細胞レベルで簡単に観察できる点がこのモデルの特長である。マウスではこう簡単に観ることは出来ない。皮下に移植したがん細胞が経時的に増殖している様子も簡単に観察することもできたし(図3)、いくつかの個体では、生体内がん細胞動態として重要な転移や dormant な状態(休止期とも休眠とも言われ

る)も観察された。更に興味深いことに、移植2日前に致死線量の半分以下である5-10グレイのエクソ線をメダカ全身に照射し移植すると、非照射メダカと比べて、がん細胞増殖や転移が促進する傾向が認められた(図4)。今回の線量とほぼ匹敵する線量のガンマ線を照射するとメダカ胸腺のサイズが一時的に減少することが知られており、おそらく今回我々が観察した現象も免疫学的影響が関与しているものと思われる。しかし、大量のエクソ線照射による宿主細胞の障害を通して、がん細胞増殖や転移に促進的に働くような環境をつくっているとの議論もあり、様々な要因が考えられる。こうした現象はマウスでも認められるものの、その分子機構については議論が多く、今後更なる解析が必要である。このように放射線生物学とがん研究の接点に存在するこのメダカモデルは大変興味深いモデルであり、このモデルを中心にして放医研のアドバンテージを生かした研究も可能である。これらの研究は最近、論文として発表された⁸⁾。

おわりに

結局、今回の成果は、近交系メダカやメダカがん細胞株など、先人たちが長い苦闘の末に残してくれた素晴らしいリソースがあったからこそなした仕事だと断言できる。特に、今現在、近交系が確立している実験動物が限られていることを考えると、数十年ほど前に放医研でなされた近交系メダカの樹立は我々が世界に誇れる仕事である。いずれにせよ、今後はこの優れたリソースを生かすも殺すも我々にかかっていることは間違えない。先人たちの苦労を思うとき、我々の責任は重大である。

今回のこの仕事を通じて“放医研の伝統”の力を改めて思い知ることができた。今後も、微力ながらこの伝統を継承していきたいと思う。メダカを使った放医研のがん研究は、今、スタート(正確には、再スタート)したばかりであり、今はまだ小さな一歩しか踏み出していないが、いつの日か放医研で行われたメダカがん研究が世界にインパクトを与える日を信じて研究を続けていく。きっとその時、先人たちが成し得た仕事世界的にも再評価されるだろうし、こうした研究を支えてきた放医研の先見性も国際的に大きな評価を得るに違いない。最後にニーチェの言葉を引用して終わりにしたい。「汝の立つ所を深く掘れ。そこに泉がある」

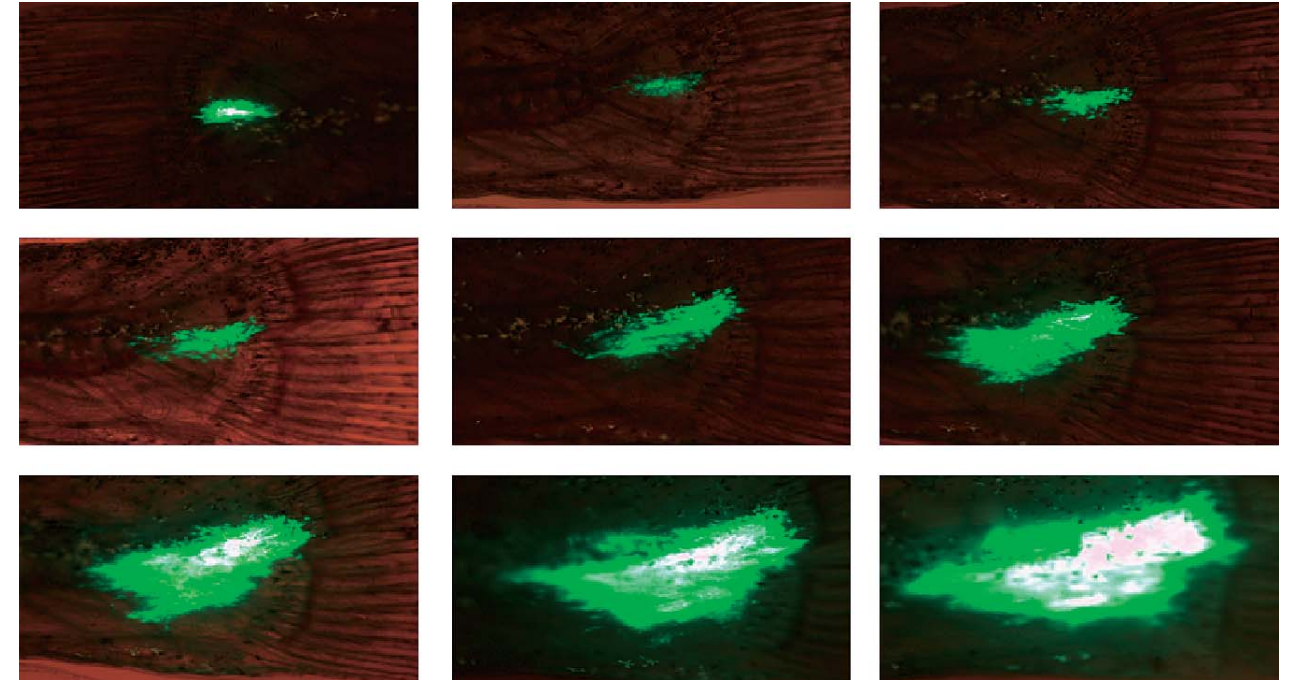


図3:メダカ生体内での移植がん細胞増殖。写真内の数字は移植後の日数を示す。

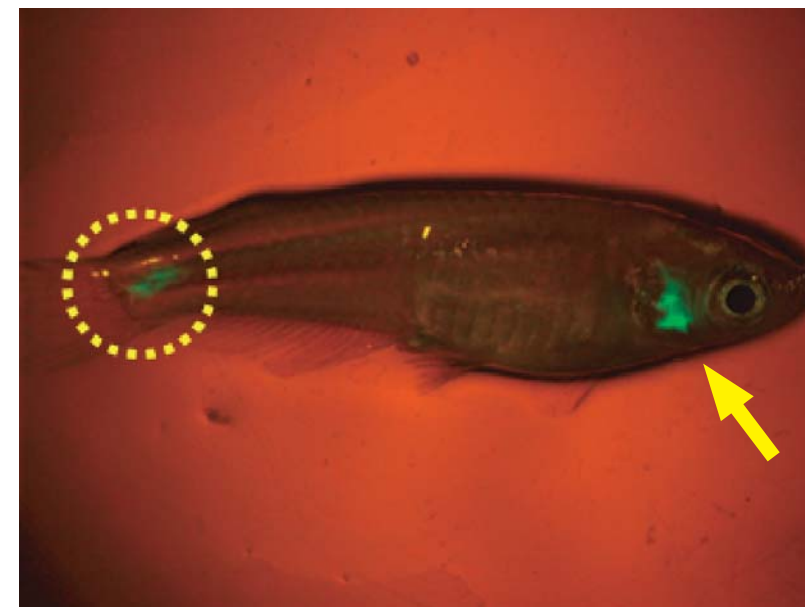


図4:移植がん細胞の転移。移植部位(黄色円内)から離れた場所(黄色矢印)にがん細胞が転移している。

参考文献

- 1) Shibata H, et al. (1997) Science 278 : 120-123.
- 2) Hasegawa S, et al. (2002) PNAS 99 : 297-302.
- 3) 岩松鷹司:メダカ学全書、大学教育出版、2006.
- 4) Kinoshita M, et al. 編: Medaka: Biology, Management, and Experimental Protocols, Wiley-Blackwell, 2009.
- 5) 丸山耕一:実験動物としてのメダカの有用性、アニテックス 2009年7月号:27-31.
- 6) 独立行政法人放射線医学総合研究所:放射線医学総合研究所50年史、2007.
- 7) Kasahara M, et al. (2007) Nature 447 : 714-719.
- 8) Hasegawa S, et al. (2009) PNAS 106 : 13832-13837.

最近の成果

ブロッコリーよりの抽出物スルフォラファンに放射線増感作用があることを発見

重粒子医科学センター 粒子線生物研究グループ
 岡安 隆一(グループリーダー)、関根 絵美子(研究員)、
 于 冬(研究員・現所属；国立ガンセンター)、安西 和紀(チームリーダー)

茨城県立医療大学 副学長・教授
 窪田 宣夫



岡安 隆一 (Ryuchi Okayama)

要旨

がん予防に効果を示すことで有名なブロッコリースプラウト等からの抽出物であるスルフォラファンに放射線に対する増感作用があることを、細胞培養実験と動物実験により確認した。特に細胞実験では放射線によって生じる損傷の中で最も重要とされる DNA 二重鎖切断の修復をスルフォラファンが抑制していることが判明した。将来的には、放射線と化学物質スルフォラファンを併用するがん治療法が考えられ、新しい化学・放射線療法の可能性を示した。本内容の主な部分は、平成 21 年 9 月 1 日、欧州の代表的な腫瘍学に関する専門誌である International Journal of Cancer¹⁾ に掲載された。

背景

スルフォラファン (sulforaphane) (構造式 図 1) はブロッコリー (特にブロッコリースプラウト)、カリフラワー、大根、キャベツなどに含まれる辛味成分で、イソチオシアネート (-N=C=S) の構造を持つ化学物質で抗酸化作用、解毒作用が知られている) の一種である²⁾。1990 年代のはじめに米国ジョーンズ・ホプキンス大学のタラレー博士らによって、この物質ががん予防に効果があることが発見され^{3) 4)}、スルフォラファンのがん予防剤としての名声が世界中に広まった。最近ではピロリ菌の除菌効果があることも報告されている。また、がん予防とは違った視点から、細胞周期を停止させることやアポトーシスの誘発によりがん細胞の増殖抑制に寄与するという報告もされている⁵⁻⁷⁾。我々はこのようなスルフォラファンの生物作用に鑑み、放射線との併用により、より有効ながん細胞の増殖抑制に寄与するのではと考え、実験を開始した。この研究に先立って、2008 年には、放医研・粒子線生物研究グループの関根らが、スルフォラファンのみをがん細胞に投与すると、DNA の二重鎖切断が起こることを発表している⁸⁾。しかしながら、これまでに放射線との相互作用を研究した例はなかった。筆者らは、スルフォラファンが放射線の治療効

果を増感するとの仮定を証明すべく、細胞レベル・動物レベルで研究を行い、スルフォラファンには放射線増感作用あること、その機序として細胞レベルでは DNA 二重鎖切断修復の阻害があることを示した。

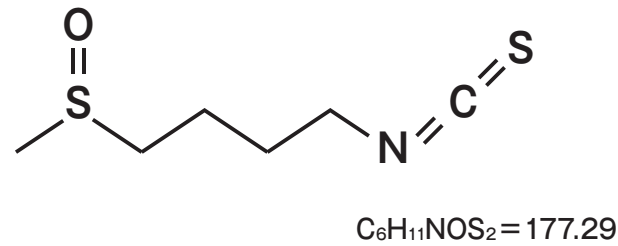


図1: スルフォラファンの構造式

実験方法 (詳しくは文献1)を参照)

細胞培養、スルフォラファン、X線照射

子宮頸部がん由来の HeLa 細胞 (東北大学加齢研付属細胞資源センター) を用い、RPMI 1640 培地で培養した。スルフォラファン (LKT Laboratory) は DMSO で溶解して 20mM の源液を作製し、希釈して使用した。X 線照射は放医研 PANTAC HF-320 (200kVp, 20 mA 線量率: 0.93 Gy/min) を用いた。

細胞生存率

コロニー形成法を用い、50 個以上の細胞からなるコロニーの数を測定し、処理なしの際のコロニーの形成率 (Plating efficiency) で補正した後、生存率を計算した。

DNA二重鎖切断測定法

低電圧電気泳動法 (constant field gel electrophoresis: CFGE) を用いた。アガロースに取り込まれた細胞は、lysis buffer 処理後、0.6% ゲル (0.5XTBE buffer) で、0.6V/cm の条件で 36 時間室温で電気泳動処理した。その後泳動パターンは臭化エチジウムで染色後、UV イルミネーター上でデジタルカメラで撮影され、NIH ソフトウェアで解析された。切断された DSB の量は外に流

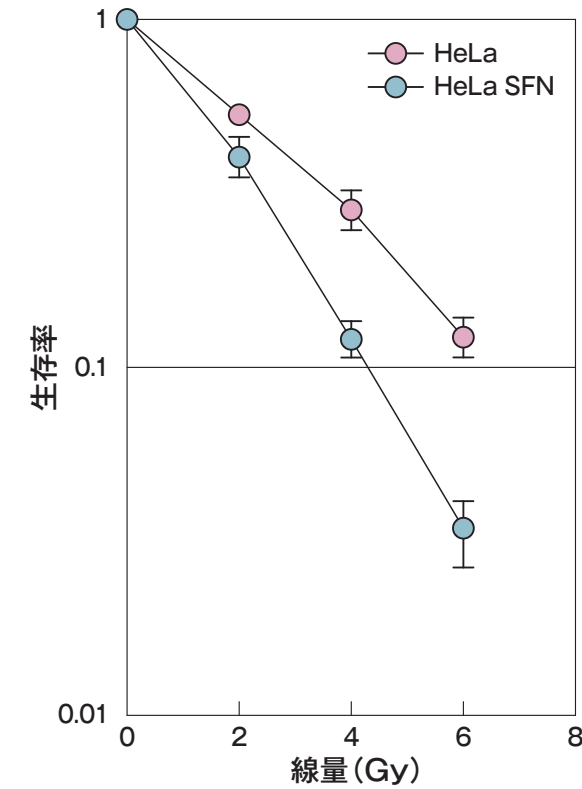


図2: HeLaがん細胞を20μMのスルフォラファン(SFN)で24時間前処理、その後X線照射した細胞の生存率を放射線の線量の関数で表したグラフ。スルフォラファンで処理した細胞(●)は処理なし細胞(○)と比べ、生存率が有意に下がっていることが分かる。文献1)より

れ出た DNA/ 全体の DNA の量の比で求められた。

Western blot法

Whole cell extract, nuclear extract (p10 fraction) が用いられた。一次抗体としては anti-Ku80 (Ab-2 clone 111)、anti-Ku70 (Ab-4 clone N3H10)、以上 Labvision より購入、phosphospecific anti-DNA-PKcs (2609 Thr) は SIGMA Genosys (Japan) で作製された。anti-Rad51、2次抗体の rabbit IgG-HRP、mouse IgG-HRP は Santa Cruz Biotechnology より入手した。抗体処理後のサンプルは ECL advance detection system (GE Healthcare) で目的の蛋白を検出した。

免疫染色法

Anti-gamma H2AX は Invitrogen より購入、他の抗体は上記のものを用いた。2次抗体として Alexa 488 anti-mouse goat antibody も用いた。蛍光イメージはオリンパス蛍光顕微鏡 DP 70 で観測し解析された。

アポトーシス評価

flow cytometry による sub-G1 の定量または PARP、Caspase3 の割れた状態 (cleaved) での検出により判断

した。anti-PARP、mouse anti-Caspase3 抗体は BD Bioscience より購入された。

In vivo xenograft 腫瘍モデル

8 週齢のヌードマウス (BALB/c-nu/nu) の下肢に HeLa 細胞 (10⁶ cells/100ul PBS) を移植し、腫瘍体積をスルフォラファン・放射線処理後、経時的に測定した。腫瘍体積は長径 (mm) X 短径 (mm)²/2 で計算された。

結果及び考察

典型的ながん細胞の HeLa 細胞をスルフォラファンで 24 時間前処理した後に X 線照射をすると、スルフォラファンの処理がないものと比べて、細胞の生存率が有意に減少した (図 2)。この結果は、スルフォラファンが放射線の効果を増感して、がん細胞が効率的に死滅したことを示している。放射線がん治療において、スルフォラファンをがんに投与することで、照射する線量を少なくしても、同レベルのがん殺傷効果が得られ、正常細胞への放射線による副作用が少なくなるという利点がある。

放射線増感作用の原因を調べるために、X 線によって起される DNA の損傷でもっとも深刻であるとされる DNA 二重鎖切断の修復過程に着目した。スルフォラファ

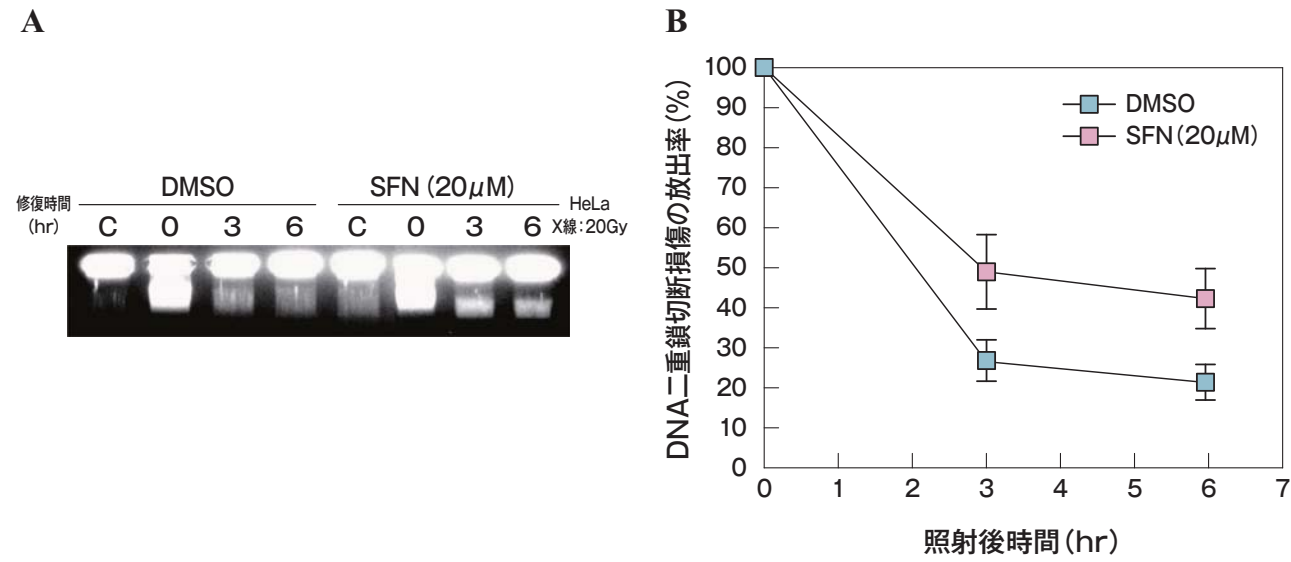


図3: コンスタントフィールドという電気泳動法を用いDNA二重鎖切断・修復を観測した例。スルフォラファン(SFN)を加えた後、X線照射したがん細胞とスルフォラファンなし(DMSOのみ)の細胞を比較している。A:電気泳動後の写真で、下に出てくる像が切断されたDNAを表す。スルフォラファンを加えた細胞では切れたDNAの回復が遅く、残った損傷も多いことが分かる。B:Aを定量化した結果で、スルフォラファン添加群(■)は、対照群(□;DMSOのみ)に比べ、修復が悪い(■が上に近い)ことが分かる。文献1)より

ン処理した細胞群(スルフォラファンはDMSOで溶解しており、図中ではSFNとのみ記入)と未処理の細胞群をX線照射した後に、電気泳動法によりDNA二重鎖切断・修復を観測した。その結果、スルフォラファンで処理した細胞は、切れたDNAの修復が遅く、残った損傷も多いことが分かった(図3)。

さらに、DNA二重鎖切断修復では2種類の典型的な修復経路が知られている。ひとつは非相同末端結合(non-homologous end joining: NHEJ)といい、哺乳類の細胞ではこの経路が最もよく使われ、細胞周期には無関係に働く。もうひとつは相同組換え修復(Homologous recombination repair: HRR)と呼ばれ、この系は相同な2重鎖DNAを鋳型にして修復するため、細胞周期においてDNA複製後のS後期、G2期で主に働くとされている。スルフォラファンはこの両方の経路に影響を与えていることを、ここで端的に示す。図4Aは相同組換え修復のキー蛋白であるRad51の発現を免疫染色法で観察したものである。2GyのX線照射後Rad51のフォーカスが出現し、修復とともにその役割が終わりこの蛋白が消えていくが、スルフォラファンの投与があると、24時間後にもまだフォーカスが残っている細胞が多く、この薬品がHRR系の修復を阻害していることが判る。さらに非相同末端結合の重要な蛋白であるDNA-PKcsのリン酸化もしらべた(図4B)。NHEJ経路ではこの蛋白がリン酸化されることにより、その修復が進んでいくとされている。スルフォラファンを投与した細胞では、X線照射後に長い間、リン酸化のフォーカスが残り、

NHEJの修復もやはり抑制されていることが判る。

これらの結果の一部として、スルフォラファンとX線を併用した場合は細胞死のひとつのパターンである、あらかじめプログラムされた細胞死(アポトーシス)の増加も有意に認められている(図5)。これらをまとめると、スルフォラファンと放射線を併用することで、より効果的ながん細胞殺傷効果が得られ、放射線の正常細胞への影響を軽減することが可能になると考えられる。

さらにマウスに移植腫瘍を施した動物実験では、γ線のみ、スルフォラファンのみ、スルフォラファンとγ線の併用をした実験群を比べると、併用療法をした腫瘍の成長が単独の場合と比べて、有意に抑制されていることが分かった。(図6)。スルフォラファンの投与はγ線照射の前に4回、照射後に4回腹腔に注射したときの結果である。

以上のことから、スルフォラファンはがん細胞の実験においても、また動物を用いた実験においても、放射線増感効果があることが明らかになった。これらのデータは、今後の放射線・化学物質を用いるがん治療においてスルフォラファンとの併用療法の可能性を示すものと考えられる。

今後の展開

今後、放射線・化学物質を用いた併用療法に結び付ける一手段としては、スルフォラファンはイソチオシアネート系の化合物であるため、他の同系の物質にも同じような増感作用があるか否かの検討を進めることが考えられる。さらにX線やガンマ線との併用に加えて、放

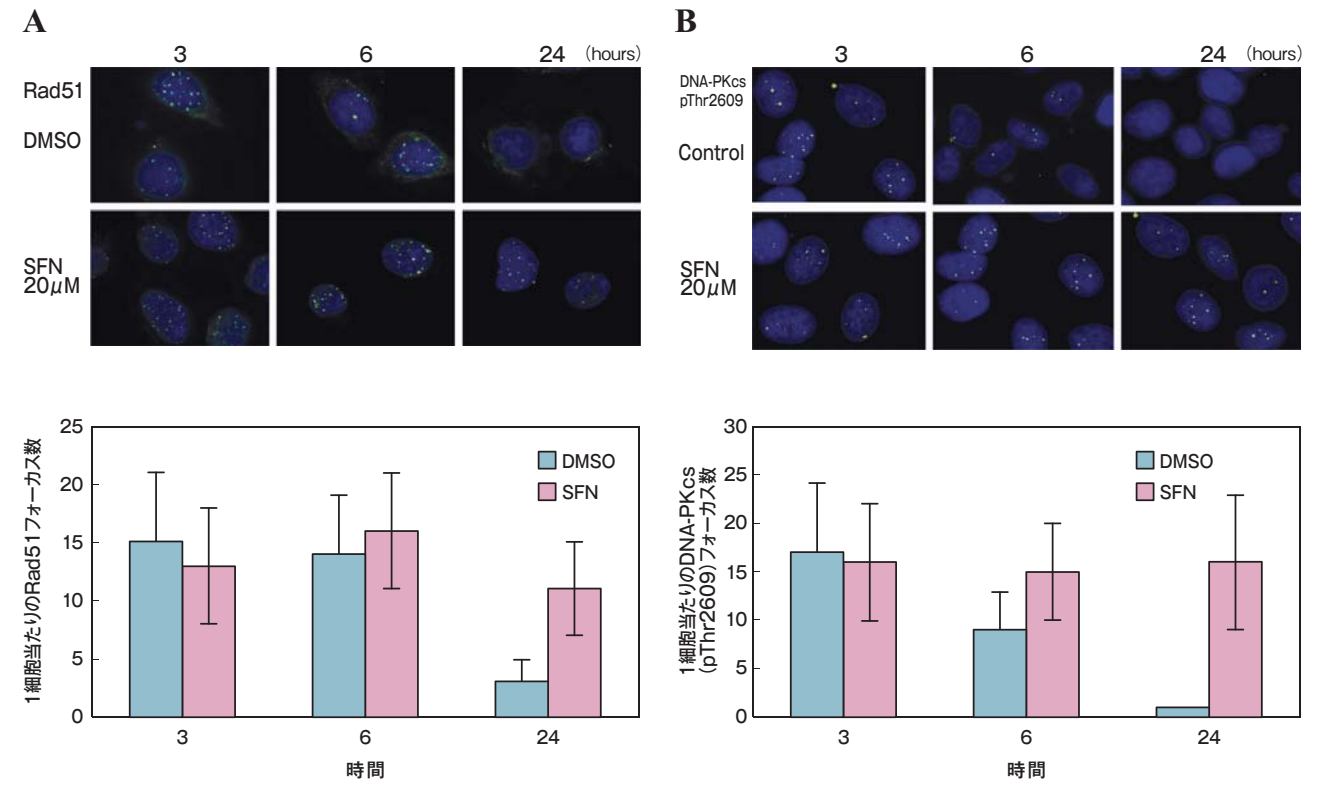


図4: HeLa細胞を2GyのX線で照射し、相同組換え修復の代表的な蛋白であるRad51の発現を免疫染色で経時的に観測した。スルフォラファン(SFN)を加えた細胞では加えていない細胞(DMSO)と比べて、Rad51の発現が長期間残っているのが解る(A)。同様の条件で非相同末端結合の代表的蛋白DNA-PKcsのリン酸化(Thr2609)を観察すると、やはり長期間にわたってリン酸化が消えていないことが解る(B)。文献1)より

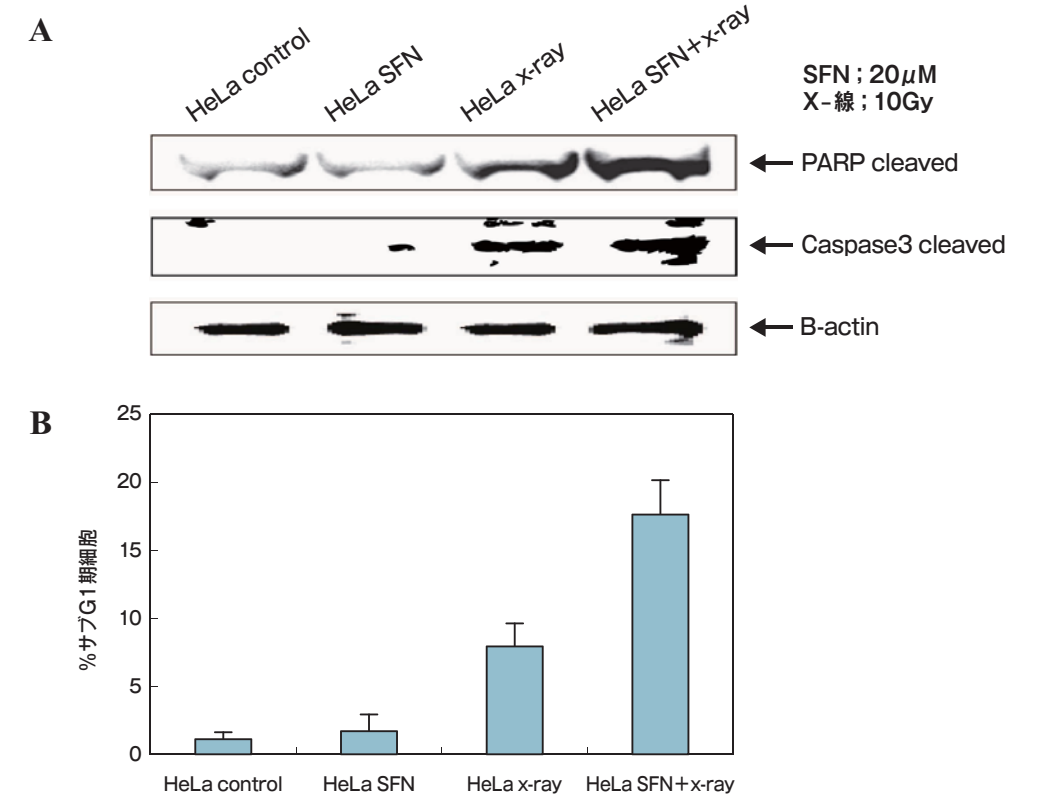


図5: アポトーシスのできる方をスルフォラファンのみ、X線のみ、両者併用の場合の3区で比較したデータ。A: アポトーシスの指標としてPARP(cleaved)とCaspase3(cleaved)という蛋白の発現量が、特に併用の場合に多くなっていることが分かる。B: 他のアポトーシスの指標として細胞周期上で、サブG1期の細胞が増えていることが、特に併用療法の場合に明らかなことが分かる。文献1)より

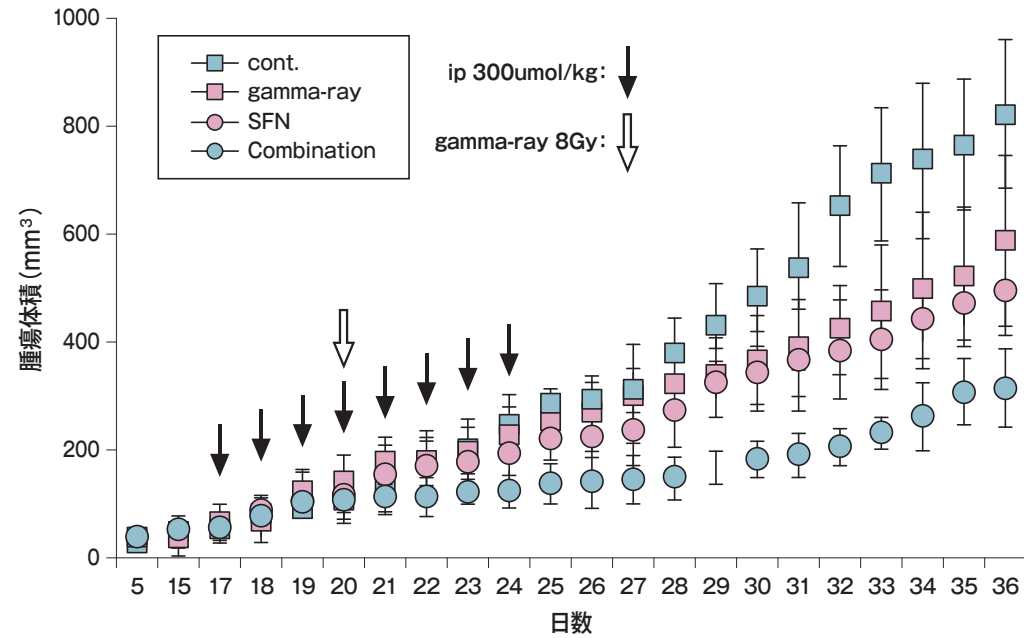


図6:マウスを用いて、HeLa細胞でマウスの足に移植腫瘍を作り、その腫瘍にスルフォラファンのみ、X線のみ、両者併用した場合の3区で、がんの成長をその体積を測って測定したグラフ。スルフォラファン単独(○)、ガンマ線単独(□)でもがんの成長率は落ちるが、併用(●)によってがん抑制効果が強まること分かる。(■:処理なしの対照群) 文献1)より

研でがん治療を行っている重粒子線と併用した場合にはどのような結果が得られるかが注目される。これに関しては現在まで、動物を用いた実験で、一部有用な結果が観察されている。

謝辞

この原稿の元になった文献1)の共著者である藤森亮チームリーダー、Soochow大学のXue博士に感謝いたします。

文献

- 1) Yu D, Sekine-Suzuki E, Xue L, Fujimori A, Kubota N, and Okayasu R. Chemopreventive agent sulforaphane enhances radiosensitivity in human tumor cells. *Int. J. Cancer* 125, 1205-1211, 2009.
- 2) Fenwick, G.R., Heaney, R.K., Mullin W.J. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 18, 123-201 1983.
- 3) Zhang, Y., Talalay, P., Cho, C.G., Posner, G.H. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 89, 2399-2403, 1992.
- 4) Fahey, J.W., Zhang, Y., Talalay, P. Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers

of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 94, 10367-10372, 1997

- 5) Gamet-Payraastre, L., Li, P., Lumeau, S., Cassar, G., Dupont, M.A., Chevolleau, S., Gasc, N., Tulliez, J., Terce, F. Sulforaphane, a naturally occurring isothiocyanate, induces cell cycle arrest and apoptosis in HT29 human colon cancer cells. *Cancer Res.* 60, 1426-1433, 2000.
- 6) Singh, S.V., Herman-Antosiewicz, A., Singh, A.V., Lew, K.L., Srivastava, S.K., Kamath, R., Brown, K.D., Zhang, L., Baskaran, R. Sulforaphane-induced G2/M phase cell cycle arrest involves checkpoint kinase 2-mediated phosphorylation of cell division cycle 25C. *J. Biol. Chem.* 279, 25813-25822, 2004.
- 7) Yeh, C.T. and Yen, G.C. Effect of sulforaphane on metallothionein expression and induction of apoptosis in human hepatoma HepG2 cells. *Carcinogenesis* 26 2138-2148, 2005.
- 8) Sekine-Suzuki, E., Yu, D., Kubota, N., Okayasu, R., Anzai, K. Sulforaphane induces DNA double strand breaks predominantly repaired by homologous recombination pathway in human cancer cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 377, 341-345, 2008.

連載/知財を知る(1)

サイエンスしながら特許は書ける

—官学研究機関の知財に関する一私見—



前田 裕司 (Yuji Maeda)

山形大学 大学連携推進室
教授
前田 裕司

はじめに

以前に在籍した職場で同じタイトルで、研究者に対する知財啓蒙を目的とした、その機関の広報誌に原稿を書いたことがあります。それを放医研の本誌事務局の方がご覧になり、今回の寄稿になりました。折角の機会を与えて頂いたので私の文字通りの産学官在籍経験で感じたことなどから官学研究機関の知財システムについても言及して、研究者のみならず知財部門、産学連携部門の方々にご意見等をお伺いする機会にもなればと考えています。なおサブタイトルに記載したように、本稿は全くの私見であり、組織を代表する見解ではないことをご了承頂ければ幸いです。

研究者の知財

官学の研究者にとっては約10年前までは産学連携とか知財については必ずしも推奨されていなかったのに、近年、急に産学連携とか知財とかを薦められても・・・と戸惑っていらっしゃる方が多いのではないのでしょうか？内閣府の相澤益男先生が高所から「産学官連携の現状と今後のあり方」¹⁾を述べられていますので、全体的な情報にご関心をお持ちの方はそちらをご参照頂ければ幸いです。一方、私は一部の知財・産学連携の狭い範囲の僅かな実務現場のことしかわかりませんので、その観点からのお話になります。

京都大学松重副学長の調査によりますと、ノーベル賞受賞者の福井謙一博士は研究成果を論文化のみならず特許出願もされています。特許出願されているので企業と共同研究ができ、企業との共同研究により世の中にご自身の研究成果を広めることが出来たわけです。また鳥津製作所の田中耕一氏のノーベル賞受賞については研究先行の証拠として特許出願日が採用されたと噂されています。このようにノーベル賞を受賞するのにも特許出願が重要な役割を果たします。ノーベル賞までいかなくとも、レフリーとのやりとりで時間がかかる論文投稿より、特許を出願すれば、特許出願日で

研究先行の証拠として使えます。論文では特定の分野の議論をするわけですが、レフリーがその専門分野を熟知すればするほど新しい概念を受け入れることに抵抗感を抱かれる可能性があり、折角の新しい発見を葬り去られてしまう可能性を否定できないこともあるのではないかと思います。従って、特に新しい概念に結びつくようなサイエンスの研究成果に関しては、特許出願は、研究先行の証拠として非常に重要な役割を果たすと考えてよいのではないかと思います。

特許は科学・技術を基礎としていますが、特許とサイエンス(真理探究)は似て非なるものと認識する必要があります。というのは科学技術を基礎としていながらも、国の政策、特許庁の都合、発明者の保護と第三者の利用に関するバランスなど人為的なものが考慮された特許法を基礎にしていますので、単純に自然法則を基礎にしたサイエンスとは必ずしも同じ思考法で処理できるものではありません。

例えば、中国語と日本語は漢字で類似しているように思えますが、日本語の自動車は、中国語では自動車の意味です。日本語と中国語をミックスして使用すると意味が異なったりします。同様にサイエンスと特許の思考をミックスすると研究が中途半端になってしまいますが、特許とサイエンスの思考(発想)をバイリンガルのようにスイッチングすることにより、思い切りサイエンスをすることが可能になります。サイエンスのレベルが高ければ、高いほど、独自性が高ければ高いほど、また研究成果が及ぼす人の数が多いほど、強力な特許が得られる可能性が高く、サイエンスのレベルが高く、独自性も高い、また多くの人のためになる研究が望まれます。

知財システム

1.企業との差異

官学の研究機関の知財部門を考えると、企業の知財部門と全く異なる点を認識する必要があります。

サイエンス(真理探究)と特許は両立する

- サイエンスでは1の証明に10の実験が必要(何故(理論解析)が必要/理論の裏づけ必要)
 - 特許では1の実験で10の権利化発想が必要(何故(理論解析)は不要/目的、構成、効果が明確であれば良い)
- 科学の裏づけがあって良い発明が生まれる(サイエンスしながら特許は書ける/思考のスイッチング)

特許(例)……そのような状況を鑑み、鋭意研究した結果、驚くべきことに抗癌効果があることを発見し、本発明に至った……
⇒公知技術から抗癌効果が推測されると、特許要件の「進歩性」が否定される

図1:(山口大・知的財産本部長・佐田教授との共作)

一つ目は、企業の知財部門は採算を考慮する必要がそれほどないということと、二つ目は知財活用をそれほど積極的に考える必要がないことが挙げられます。

企業では営業、研究、生産部門等で収入が得られるので、知財部門には出願権利化とか訴訟等の専門性が高いことが要求されますが、採算に関してそれほど考える必要はありません(知財そのものの採算を考えないという意味ではありません)。また企業の研究者は自分の所属する組織の経営資源(研究開発能力、生産技術、販売ルート等)を考慮して、自己実施を考えた研究をする事が多く、知財部門は積極的に知財活用をそれほど考える必要がないのが通常です。

しかしながら官学の研究機関の知財・産学連携部門は唯一の稼ぎどころなので、企業ほど知財の専門性は要求されませんが、積極的な知財活用・展開能力が必要ではないかと考えられます。企業は場合によっては単に出願して公知にするだけで出願の意義がある時もありますが、官学では単に出願するだけでは全く無駄なものになります。場合によっては公知にすることにより、その周辺技術の知財化が難しくなり、それと関連する産業技術の進歩を妨げることもあるかも知れません。従って、出願した場合には、なんととしても、その知財を積極的に活用を図る必要があります。

2.採算性を指す知財システム

研究者の中には科研費等が得られれば、それでよいとお考えの方も少なくないと思います。しかしながら科研費や共同研究費等は短期間しか取得できないのが通常ですが、知財を基礎とした場合には製品化までに例え10年かかったとしても、知財権はまだ10年残っています。知財収入の得られる知財をコツコツと増やすしかないのではないかと考えています。それほど簡単なものとは考えられませんが、米国の一部の大学で達成されているような継続的に採算性のある知財

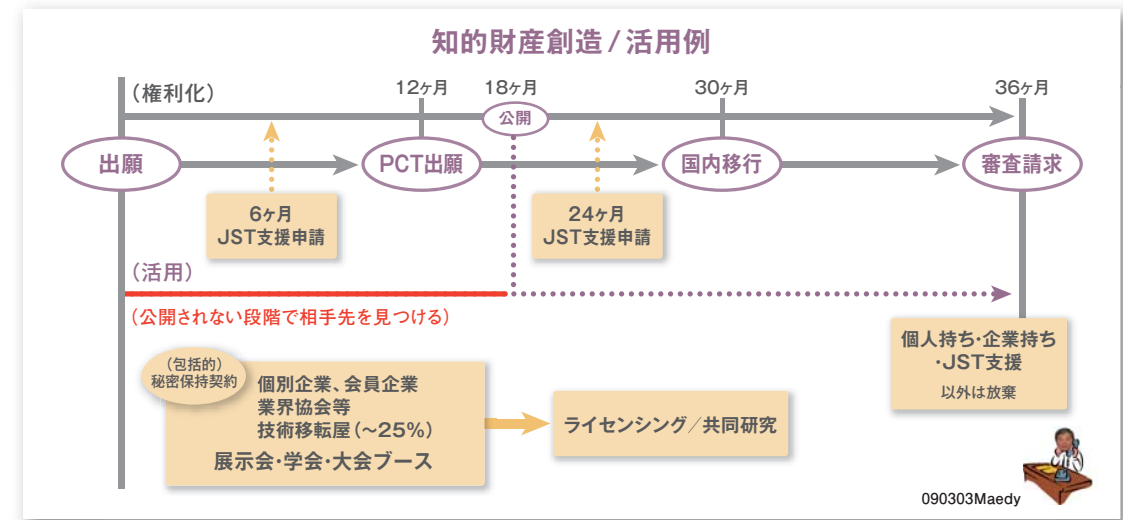
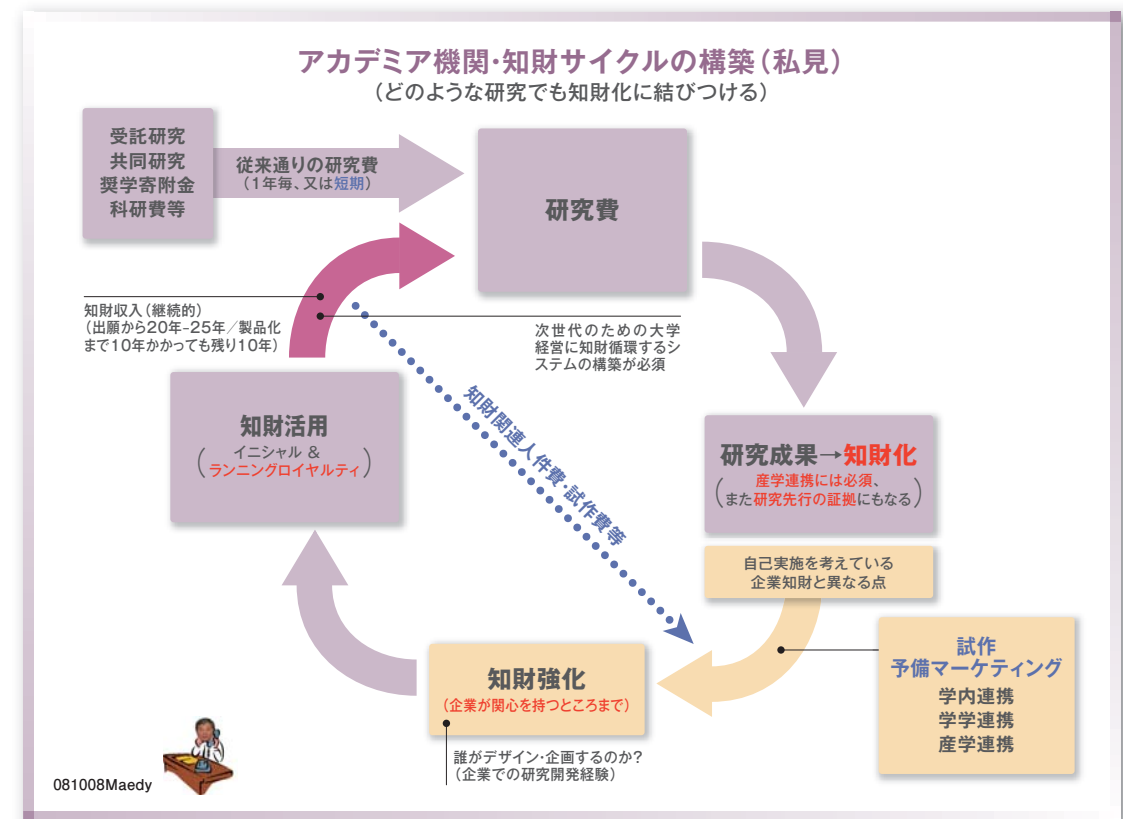
管理システムの構築が必要ではないかと考えます。

継続性および採算性を考慮した知財管理システムはそう簡単にはできないものではありませんが、継続性および採算性を意識しなければいけないわけはありません。

ある調査では米国の大学の知財収入が約5000万円くらいになると50%程度が採算とれるとしています。個人的には工夫次第ではもう少し少ない金額でも採算をとることが可能ではないかと考えています。病院を持っている大学では採算性に関しては有利だともいわれています。フロリダ州立大学ではライセンス関連2人、管理1.6人で約70億円の知財収入を得ています²⁾。基本的には出願費用や関連する人件費にお金をかけないということが重要ではないかと思えます。

自己実施を考えた企業の研究でさえ、それほど多くが製品化までには至っていないのに、自分の関心事で研究している官学の研究成果を製品化までに繋げるのは容易なことではありません。従って自己実施を考えない官学の研究成果を知財化しても、どのような製品に繋がるかは、殆ど不明のものが多いと考えられます。しかしながら出願時に厳しい審査が行われると、企業でも出願が半減します。一部の大学では出願件数が多くなりすぎて審査を厳しくしなければならないところもあるようですが、個人的な考え方では、官学の研究者の少なくとも5分の1以上の人が知財出願経験をするところまでは出願を奨励した方がよいように思います。

具体的には出願時には「新規性がない」ものを出願するわけにはいかないのですが、「進歩性がない」という点について現実の市場がないとか、用途が不明確とかの理由からあまり判断しない方がよいと考えられます。ある職場では、職務発明の報奨金を出願時には支払わずに、登録時に支払われるそうです。どのような活用が見込まれるかわからない知財に報奨金を支払うことは不自然だという解釈かと思われます。審査請求期限の3年以内に企業またはJSTの支援が受けられないものについて



は、個人帰属に戻すという方法で活用の見込みのない知財に報奨金を支払わなくてもすむわけです。このような取扱い方は、人によっては職務発明に関する特許法第35条との関連を気にされる人がいるかも知れませんが、出願時に必ず支払なさいと明文化されているわけではありません(組織の規則の問題)。また、営業活動をしていない官学の研究機関が活用のできない知財にそのようなお金を支払う必要もないと考えられます。このように内容の審査ではなく形式的な審査(①出願時には新規性があること、②審査請求時には経済的支援の確保されていること)の方が公平性を保てるのではないかと考えます。

内容の審査は、とにかく非常に難しいものがありますし、場合によっては研究者から恨まれる可能性を否定できません。繰り返しますが、出願を奨励して、その知財活用を積極的にはかることが基本ではないかと考えます。

1万5千円でできる電子出願で行う場合には、審査ではなく届け出のみで出願を認めても良いのではないかと考えます。その後、上図の様に活用を図り審査請求の期限までに企業との連携とかJST等の出願支援が得られないものは、放棄又は個人帰属に戻すということをするればそれほど出願・維持費用を組織で持つ必要がなくなるのではないかと思います。

積極的な営業活動もできない、さらに自己実施を考えていない、実施に繋がる研究成果の少ない官学の組織が、企業と同じように知財、産学連携、ライセンス・契約、国際産学連携等、各業務分野ごとの専門家の採用には無理があるのではないかと感じています。

むしろそういう能力を持っている民間企業と連携して相互の利益に繋がるようなやり方ができないか、現在模索中です。

知財収入が少ないときは、技術移転や契約の担当等とそれぞれ専門の人を雇えばその人件費は非常に負担になり、電子出願等で節約した努力は吹っ飛んでしまいます。

知財収入が専門家を雇用できるほどになるまでは研究者が明細書を作成したり、事務職員が電子出願や知財管理を兼務で行うなどの努力をすれば何と出来るのではないかと思います。現実には、以前いた職場の研究者および現在相談を受けている研究者は私と一緒に明細書を作成しています。そのくらいの意志がないと知財活用も難しいように感じています。基本的に重要な点は研究者が自分の研究成果を社会に貢献したいという意志を強く持たない限り知財活用は不可能です。そのときに企業の考え方等も研究者は理解しようとする努力が必要だと思います。研究者と企業と我々のようなコーディネーター人間が相互理解して努力すれば、官学の研究成果はサイエンスにも社会にも更に貢献できるのではないかと考えます。

知財活用、産学連携調整には どのようなことを考える必要があるだろうか？ 具体的な事例もまじえて

知的財産は活用しなければ全く意味が無いのですが、単に概要を公開するだけでは殆どの企業は買いに来ません。また公開されたものについてはさらに関心がありません。従って、出願直後から公開されるまでの間にできるかぎり積極的に知財活用を図ることが重要だと思います。具体的には産業界との連携が必要で、知財がなければ産学連携はあり得ないと考えられます。研究費、人員、時間を投資した研究開発成果が知財で守られずに他人に模倣されるのであれば企業は多くの投資を必要とするような研究開発はできるわけがありません。

米国では経営感覚、技術力評価能力およびマーケットの予測能力の優れたベンチャー企業が官学の研究成果の研究開発のステージアップをして基礎的な研究成果の実用的な価値を高めて大企業にトランスファーして成功しているところがありますが、日本ではそのような開発型のベンチャーは殆ど無いといって良いのでは

ないかと思っています。さらに日本の大企業の多くは3～5年以内に儲かる可能性があるものしか研究開発をしないところが増えてきています。従ってどのような製品に繋がるか不明な官学の研究成果と、儲かるものしか研究をしない大企業とのギャップをつなぐ組織は、残念ながら日本には余り無いと考えなければならないような状況ではないかと思っています。

従ってベンチャーほどの能力はなくても企業の人材が社内説得をして技術導入をしても良いかも知れないと関心を持つところまでは官学側の知財・産学連携の担当者が持つて行く必要があると思います。

知財を単にデータベースに載せただけでは、そう簡単に活用されません。どのような製品に繋がって、どのくらいの市場（絶対金額が不明でもそれを利用する人の数等だけでも有用な情報となりうると考えられます）があるか等々についてある程度情報を企業に提案できるぐらいでなければ企業は関心を持ってくれません。従って、企業の人材が分かり易く、上司を説得しやすいような何かイメージしている製品に近いようなものを試作したり、機能品質の分析等々（研究開発の僅かなステージアップ）をした方が、産官学連携が促進する場合が多いと思います。

そのためには試作費等の経費が必要となるので、出願後にはできる限りJSTとかNEDOの官学の研究開発支援事業などに申請をすべきかと思っています。

実際に相談を受けたもの（銀ナノ粒子）については、出願後にJSTのつなぐ仕組みに応募して採用されて、一瞬、研究者と一緒に喜んだのですが、お金は出ずに目利きレポート（知財、市場関連）が得られるだけだったので少しがっかりしました。しかしJSTの担当者からイノベーションジャパンで技術説明会に発表することを薦められ、研究者が発表したり、ブースに展示したところ、結果は大盛況で、多くの企業からその後、サンプル提供の相談を受け、現在、対応が大変な状況になっています。これは全て研究成果の出願から始まっています。出願したから、つなぐ仕組みに採用され、つなぐ仕組みに採用されたのでイノベーションジャパンでの技術説明会に繋がり、多くの異なる分野からの引き合いに繋がっているわけです。

銀ナノ粒子の相談を受けた時点では家電機器メーカーと導電性繊維に関心のある企業の2社との共同研究が進行していました。

家電製品に関連する材料はコストと品質に対する要求が厳しいだけでなく、製品化までに時間がかかることが予測されたので、早く製品化出来る可能性のある用途も探索すべきだと考えて異なる分野についてもいろいろ

展開をしています。用途（ニーズ）によってはサイエンス・テクノロジーのレベルの高さより、実用性（消費者の新しい価値観）を優先すべきだと考えています。

どんなものでも同じような展開ができるというわけでは無く、通常の銀ナノ粒子では達成できていない室温焼結で導電性が得られるという特長があり、さらに合成プロセスが収率が良く、環境に対する負荷も他の銀ナノ粒子の製造方法より明らかに有利で、恐らく製造比例費では他の方法より最も安くできるであろうと従来のものと比較して明らかに優位性があるものであるために、いろいろと展開できると考えています。

下手な鉄砲を数撃っても当たるとは思いませんが、数撃たなければ当たるわけではないので思いつく用途については時間のある限り展開していきたいと考えています。

知財活用、産学連携調整等に望ましい適性

多くの人が簡単に産学連携という言葉使っていますが、そんなに簡単に連携ができるわけがありません。営利を目的とする産とサイエンス・テクノロジーを追求する官学は油と水のような関係といっても過言では無いと考えられます。ドレッシングはいくら振ってもしばらく置けば水と油は分離するように、産と官学とは油と水のように、何もなければ混じるわけがありません。営利を目的とする産業のことを理解して、官学の研究者のサイエンス・テクノロジーの追求を両立させるためには、混じり合わない2者を混合・融合する両親和性の界面活性剤のようなコーディネーター的な仕事ができる人が必要です。そういう存在によって牛乳のようなエマルジョン製品ができると考えられます。

産と官学の研究者とコーディネーターの3者がうまく融合して始めて産学連携製品（エマルジョン製品）ができると考えます。以下に望まれる研究の質とコーディネーターに望まれる質の例を挙げてみます。コーディネーターは必ずしも技術系である必要がなく、開発営業的な経験もこのような仕事に適性があるのではないかと考えています。とにかくコツコツとやるべきことをやっていくしかないのではないのでしょうか？

1. 研究成果：

1点でも良いからこれだけは誰にも負けないという独自性の高い、サイエンス・テクノロジーのレベルの高い、多くの人に研究成果が及ぶようなものが望ましい。

2. 知財&産学連携コーディネーター：

① 知的好奇心（勉強が嫌いでないこと / シーズ & ニーズのより正確な把握のために）

② 異なる属性（分野、職位、経験等々）の人・企業の通訳になれること（企業心理、企業の担当者の心理、企業の経理体質、企業職位の裁量権、企業予算時期、研究者の心理、官学組織の経理財務体質等々）

③ 経済感覚（投資費用対効果）があること

④ 同時並行処理が可能で、出願権利から知財活用まで研究者に企画提案ができること（専門性より問題把握・解決能力、バランス感覚、企画力・実務処理能力等々）

終わりに

具体的に実績があるわけではなく、上記具体的事例が期待していると通りの展開が可能かどうか不明の段階で、分かったように書いていますが、私は全てケースバイケースで、一つの方法でうまくいったからといって他のものにそのまま適用できるとは全く思っていません。研究成果の得失をケース毎に具体的に把握して、その得失にあわせて知財活用・産学連携調整を図るしかないと考えています。

官学の研究者には独自性の高い、サイエンス・テクノロジーレベルの高い、多くの人に研究成果が及ぶような研究を期待しています。また知財化することにより若い次世代の人の研究費を捻出できるような知財システムの構築を期待しています。いろいろとご批評頂ければ幸いです。

私の今までの全ての経験から感じていることを書ける機会を与えて頂いた放医研の岡本様には感謝します。

また今までの経験と知識を活かして、ほぼ私の考え方で仕事ができるのは、山形大学小野浩幸教授、恩師である元姫路工業大学の故森川等教授、吉田善一京都大学名誉教授、元シカゴ大学/ロックフェラー大学の故カイザー教授および医薬品研究時代の上司である元呉羽化学工業(株) 理事吉汲親雄博士のご指導のお陰と心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 相澤益男 「産学官連携の現状と今後」、技術と経済通巻508号、2-15p (2009)
- 2) 独立行政法人工業所有権総合情報館請負事業「大学や公的研究機関における知財活用、支援機関に関する調査研究」、平成14年3月、株式会社 日本総合研究所

印象記

**放射線防護体系の進展に関する
第5回OECD/NEAアジア会合**

放射線防護研究センター
センター長
酒井 一夫



酒井 一夫 (Kazuo Sakai)

去る9月3日と4日の両日にわたって、経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA) および国際放射線防護委員会 (ICRP) の共同主催、原子力安全委員会および文部科学省の共催、並びに放医研の後援で、放医研にて標記会合が開催された。

ここでは、その背景等に触れつつ本会合の概要をまとめ、今後の放射線防護の方向性を考える材料を提供したい。

1.OECD/NEAとは

経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA <http://www.nea.fr/>) は、OECDの専門機関として、加盟国政府間の協力を促進することにより、安全で環境的にも受け入れられる経済的なエネルギー資源としての原子力の開発の促進を目的として1958年に設立された。当初の名称は欧州原子力機関 (European Nuclear Energy Agency) であったが、1972年に日本が欧州以外の国としてはじめて参加したことを受け、現在の名称に改められた。

加盟国は、日本のほか、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イタリア、韓国、ルクセンブルク、メキシコ、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、イギリス、アメリカ合衆国及びスロバキアの計28カ国である。

NEAの方針及び活動は、NEA加盟国の各代表により構成される運営委員会において審議・決定され、OECD理事会の承認を受ける。NEA運営委員会は、政策的見地からNEAの活動成果を議論し、必要に応じて加盟国政府に対して声明を出し、勧告を行う。また、個別の課題についてNEA運営委員会を支援するため、加盟国からの専門家により構成される常設委員会が設けられている。現在、設置されている常設委員会は次のとおりである。

- (1) 原子力科学委員会 (NSC)
- (2) 原子力開発委員会 (NDC)
- (3) 放射性廃棄物管理委員会 (RWMC)
- (4) 放射線防護及び公共保健委員会 (CRPPH)
- (5) 原子力施設安全委員会 (CSNI)
- (6) 原子力規制活動委員会 (CNRA)
- (7) 原子力法委員会 (NLC)

このうちCRPPHが放射線防護に関する活動を進めており、今回の会合を企画するにあたり中心的な役割を果たした。

国際的な放射線防護体系の構築にあたっては、(1) UNSCEAR (放射線の影響に関する国連科学委員会) が、関連情報のとりまとめを行い、(2) これをもとにICRPが防護の考え方を提示し、(3) IAEA (国際原子力機関) が具体的な基準等を制定するという枠組みが構築されている (図1)。この中で、OECD/NEAは、ICRPの勧告策定にあたってICRPの会合にオブザーバとして参加し、コメントを提出してきた。また、IAEAにおける安全基準の策定にあたっては、co-sponsorとして関与している。

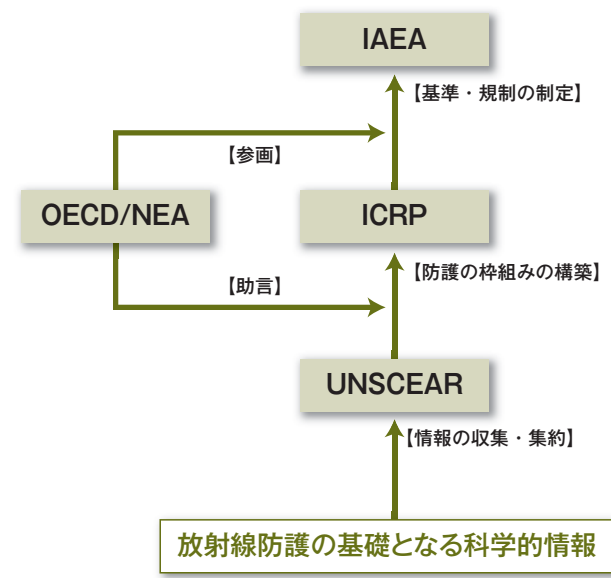


図1: 防護体系構築の枠組みとOECD/NEAの役割

2.アジア地域会合とは

2002年10月に第1回会合が開催されて以来、2004年7月、2006年7月、2007年12月にいずれも東京にて開催されてきた。第3回までは国際放射線防護委員会の主報告の改訂に向けての議論が行われ、放射線防護体系のあり方に関する議論が行われた。2007年の会合は、新報告が出版された直後のタイミングで開催され、これに対する各国のからの意見表明や専門家からの論点整理が行われた。

今回は、2007年報告が公表されてから約2年という時期であり、各国が新報告をどのように国内基準等に反映しようとしているかについて情報を共有し、問題点について議論しようとするものであった。

また、放射線防護の分野における人材不足が各国で深刻な問題となりつつあり、OECD/NEAでもこの点を重要課題ととらえている。5月に開催されたCRPPHの総会においてもこの点が話題となり、アジア会合では初めて次世代の人材育成をテーマとして取り上げることとなった。

3.会合の概要

(1) ICRP2007年報告について: 改革か進展か

ICRP主委員会委員 John Cooper氏より、新報告の概要が紹介された。

2007年報告の特徴

- 1) これまでの「行為」と「介入」といった作業のプロセスに基づいた考え方に代えて、計画被ばく状況、現存被ばく状況、緊急被ばく状況といった被ばくの状況に応じたアプローチを採用することとした。
- 2) 放射線加重係数と組織加重係数に修正が加えられた (注: これまで、放射線の種類による影響の違いを補正するための係数 Radiation Weighting Factor には、放射線加重係数の訳語が与えられていたが、2007年報告から放射線加重係数の語を採用することとなった。組織加重係数についても同様)。
- 3) 医療被ばくを章のタイトルとして明示的に記載し、その重要性を強調した。
- 4) 環境の防護を独立した1章として記載した。

以上のような変更点はあるものの、放射線防護の原則として「正当化」(放射線の被ばくを伴う活動については、「害」を上回る「便益」があること)、「最適化」(最適化された活動について、社会的・経済的な要因も考慮した

上で、合理的に達成できる限り被ばく線量を低減すること)、「線量限度の遵守」(正当化された行為であっても、被ばく線量が定められた限度を超えないこと) という防護の三原則は堅持されており、全体としては「変革ではなく進展である」と結論付けた。

しかしながら、従来と文言は同一であっても線量拘束値 (注: 特定の個人が複数の線源から被ばくする状況において、全体としての被ばくが線量限度を超えないように個々の線源に関して設定される線量基準) を活用した最適化の重視等、放射線防護・管理の実践に影響を与えるような変更点も見受けられ、これらが本会合でも大きな論点となった。

(2) 国際安全基準の改訂

ICRPの勧告改訂を受けて、IAEAではより具体的な線量基準等につながる「基本安全基準 (Basic Safety Standards: BSS)」の改訂を進めている。改訂の進捗状況がIAEA 原子力安全・保障部門の Trevor Boal氏から紹介された。

改訂にあたっては、現状のBSSとの継続性に配慮しつつ提案されている変更点を適切に位置づける、OECD/NEAを含めたco-sponsorの参画を求める、加盟国からの意見等を尊重する、発展途上国の参画を支援する、などが配慮しつつ作業を進めているとのことである。内容についての議論はやはり、線量拘束値を用いた最適化のあり方に重点がおかれているとのことである。また、今般のICRP勧告において新たに提示された環境の防護に関しては、いまだ具体的、定量的な議論に至っていないとの理由で、原則論として記載するにとどまる見込みである。

(3) 各国の対応状況

日本 (放射線審議会 中村尚司会長)、米国 (放射線規制委員会 Kimyat Morgan-Butler氏)、韓国 (原子力安全技術院 Na Seong Ho氏)、オーストラリア (放射線防護・原子力安全局 Peter Burns氏)、中国 (国家原子力機構科学技術委員会 Pan Zi Qiang氏)、およびロシア (連邦医学生物学局 Nataliya Shandala氏) より、各国における新報告に対する取り組み状況が紹介された。

わが国では、放射線審議会において線量拘束値や医療被ばく、あるいは女性作業員の線量限度等について検討が進められており、2010年に中間報告としてまとめる旨、報告があった。

他の国々も、おおむね新勧告を国内の規制に反映させる方向で検討が進められているところであるが、線量拘束値の取り扱いなどについては議論が行われているとのことであった。前回1990年勧告の国内法への取入れを見送った米国においても、今回は検討を進めているとの発言は興味を引いた。また、IAEAにおけるBSSの改訂の進行状況を見守るといふ国が多かった。

(4) 放射線防護の専門家の意見

日本保健物理学会・国際対応委員会副委員長・服部隆利氏（電力中央研究所）より、線量拘束値の現実の運用の側面について論点が提示された。

- 1) 線量限度と線量拘束値の関係について。両者は同一の値でもよいのか、それとも線量拘束値は必ず線量限度よりも低い値を設定しなければならないのか。新勧告の中では、職業被ばくについては前者のような記述が、公衆被ばくについては後者のような記述が見られる。統一すべきではないか。
- 2) 作業の現場では、個別の線源からの被ばくを管理しているのではなく、個人線量計を用いて個々の線量管理が行われている。このような状況の中で、個々の線源からの被ばくの基準である線量拘束値を用いた管理は困難であり、合理的ではないのではないか。
- 3) 一般公衆の線量拘束値については、年間1ミリシーベルト以下のレベルで設定されることになるが、このような低い線量によるリスクの上乗せがどれほどものか、たとえば自然放射線レベルとの比較の中で検討した上で対処すべきではないか。

(5) 原子力事業者からの意見

電気事業連合会・武藤栄氏からは、放射線作業の現場に即した管理のあり方を求める意見が表明された。作業者の被ばく管理は個々の線源ごとに行うのではなく、一連の作業を単位として行うことが実効的であること、被ばく線量をモニターしている作業者にとっては、線量拘束値で管理するよりも総線量で管理するほうが合理的であること、また、放射線以外の様々なリスク要因も考慮した上で、バランスのとれた放射線管理が求められるといった意見が表明された。

(6) 新勧告の適用に関する論点

新勧告の中で協調されている最適化の重視については、線量拘束値の取り扱いなどに関して過度の線量低

減の要請に関する危惧も表明された。また、新勧告の中で強調されている医療被ばくに関する正当化と最適化、さらには主動告としては新たに導入された環境の防護に関する考え方をどのように適用するかについては今後も検討が必要であるとの合意に至った。

(7) 次世代を担う人材の育成と確保

原子力や医療を含めた放射線の利用がますます広く展開する中で、これに伴う安全を支える放射線防護の専門家が不足していることが世界的な問題となっている。本年5月に開催されたCRPPHの総会においても2.5日の会期のうち半日余りをかけて議論が行われた。その中で日本からアジア会合の議題としてこの問題を取り上げることが提案され、全会一致で採択された経緯がある。これを受けて、初めての試みとして行った若手技術者・研究者自らの企画による人材育成に関するセッションは、好意的に受け止められ、若手の意欲的な姿勢にこたえるような仕組みづくりや経済的な支援の必要性が議論された。NEAが準備を進めている報告書の中でも高い評価を得ている。

セッションの概要等については、実際に担当した若手技術者・研究者が別にまとめているので、そちらをご覧いただきたい（21ページ）。

4. 結語

アジア会合も5回目を数え、国際的な放射線防護関連機関等との密な議論を重ねることにより、放射線防護体系の在り方に関する理解が深まるとともに、アジア地域に特有の問題点なども明らかになってきたように思う。アジアに特徴的なNORM（Naturally Occurring Radioactive Materials：自然起源放射性物質）の産業利用にともなう被ばくや、アジア地域特有の気象・環境条件の中での放射性核種の環境中挙動などがこれに相当する。また、欧米との文化の違いも「社会的・経済的な要因」の一つとして考慮すべきであろう。

今後、国内において議論を深めるとともに、アジア地域における意見交換を進め、国際的な防護体系に資する情報として提供することが求められると考えられる。また、人材育成に関しても、地域協力を活用した国際的な枠組みを構築することが求められることになろう。

印象記

第5回OECD/NEAアジア会合若手セッション

「放射線防護に責任を有する若手専門家の確保と育成」を開催して

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
原子力科学研究所 放射線管理部/
日本保健物理学会若手研究会
山外 功太郎

放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター
発達期被ばく影響研究グループ/
若手放射線生物学研究会
今岡 達彦

東京大学 大学院工学研究科
原子力国際専攻 小佐古研究室
Le Ngoc Thiem

東京工業大学 原子炉工学研究所 物質工学部門/
若手放射線生物学研究会
松本 義久



山外 功太郎 (Kouataro Yamamoto)



今岡 達彦 (Tatsuhiko Imaoka)



Le Ngoc Thiem



松本 義久 (Yoshihisa Matsumoto)

1. はじめに

平成21年9月3、4日に経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）の常設委員会である放射線防護・公衆衛生委員会（CRPPH）が主催する「第5回放射線防護体系の進展に係るアジア会合」（以下、アジア会合）が開催されました。本会合の第3セッションには、若手が企画するセッション「放射線防護に責任を有する若手専門家の確保と育成」（以下、若手セッション）が設けられました。これまでに開催されたアジア会合の議題は国際放射線防護委員会（ICRP）勧告の意味合いに係る検討やその規制への取入れについての各国の状況が中心であり、今回、若手主導のセッションが開催されることは初めての試みでした。本報告書では、若手セッションの企画から実施までの印象を、各講演者と議長の立場からそれぞれ述べてさせていただきます。

2. 若手セッションの開催の経緯と実施

2.1 開催の経緯

放射線防護に携わる若手専門家の確保や育成については、日本だけでなく、各国で重要課題の一つとされています。そのような中、5月にパリで開催された第67回OECD/NEA CRPPHの委員会において、日本からアジア会合における若手の参加を提案し、各国から高い関心を果たしたことが一つの契機となりました。

同時期に国内で開催された（財）放射線影響協会のOECD/NEA調査委員会では、初めてアジア会合若手

参加枠の具体案が提示されました。若手セッションの具体案は、当委員会の専門委員である山外（原子力機構、日本保健物理学会若手研究会主査）より提示され、放射線防護に若手を参画させる動機となることから、その場の委員の関心も高いものとなりました。ここで提案者の所属する若手研究会は、放射線防護に関係する日本保健物理学会が設置するもので、国際的会議等に率先関与する機会、国内外の若手との連携を活動目的の一つとして挙げています。

以上のような経緯で国内外の放射線防護専門家や規制当局関係者の後押しを受け、若手セッションを開催する運びとなりました。

2.2 開催までの工程

若手セッションは日本保健物理学会若手研究会から山外功太郎（日本原子力研究開発機構）、小池裕也氏、阿部琢也氏（東京大学）、荻野晴之氏（電力中央研究所）の4名、日本放射線影響学会に関係する若手放射線生物学研究会から今岡達彦、浜田信行氏（放射線医学総合研究所）、松本義久（東京工業大学）、富田雅典氏、前田宗利氏（電力中央研究所）の5名、そしてアジアからの留学生の代表としてLe Ngoc Thiem（東京大学）の1名が参加しました。関係者間の打合せにより、放射線防護に責任を有する専門家の確保と育成について技術者、研究者、そして留学生の3つの視点から講演を展開することに決定しました。

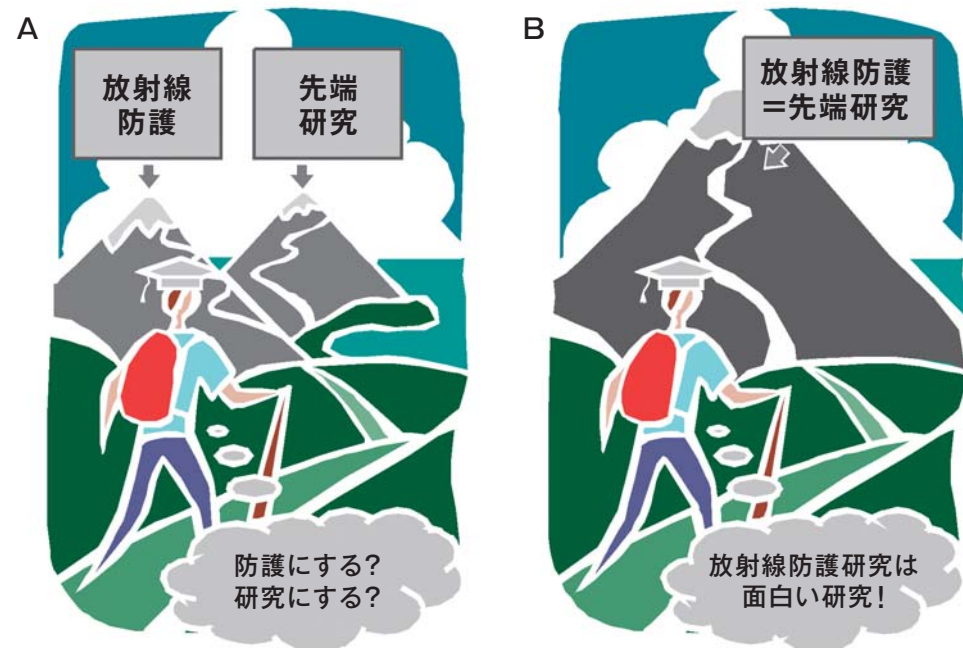


図1: 若手研究者における“放射線防護”と“研究の第一線”のジレンマの概念図。(A) 若手研究者の前途には分岐点があり、それぞれ放射線防護と先端研究に通じている。若手はどちらに進もうか迷っている。(B) もし放射線防護が先端研究として十分に魅力的であれば、このジレンマは解決されるのではないか。

講演の目的は、人材の確保・育成についての若手の考えを主張することにあります。そのため講演では、日本の放射線防護に関係する研究所、企業、大学、アジアからの留学生を対象とした人材育成の現状について質問票調査を実施し、その結果をもとに、若手との見解の相違や主張を反映することで、建設的な講演とすることにしました。

3. 各講演の概要と印象

3.1 技術者からの視点 (山外 功太郎)

放射線防護の技術者は、研究者とは異なる側面を有しております。研究者は、測定精度の高度化、極めて詳細な分析法の確立、新規技術の創出などの役割を担っています。一方、技術者は現場管理に直結する迅速かつ合理的な解決策を導き出す者です。放射線防護の将来に必要な人材の育成には、ICRP 勧告を初めとした放射線防護体系を理解するための十分な時間、国際的な思考や議論の感覚の研鑽などが必要です。更に技術者に対しては、実務現場における専門性の高度化、そして技術・管理上の不具合の発見やその解決といった経験を積み重ねることで、国際的に貢献できる力が得られます。このような力を得るために、若手技術者は以下の育成方法を重要視しております。それらは、① 職場内外の技術者との議論、② 組織目標・戦略の共有、③ 若手への裁量権の付与、④ 責任の付与となります。

これらの提案のうちの多くは、放射線防護に関係する機関の実施していない斬新な提案でした。これらは、いずれも専門性の高度化、自主的な活動範囲の拡大に通じると考えられます。また、若手技術者の独自の力で人材育成システムを構築できる可能性を提示したと考えられます。

今回の調査で、放射線防護に責任を有する若手技術者の多くの意識が国内外を見据えており、「現場」を超えたところに在ることを再認識させられました。放射線防護は科学と現場が融合した学問です。人や環境を放射線から防護するためには、数多くの技術者の経験から得た知恵を活かし、より高度で合理的な放射線防護体系に発展させていくべきであると感じます。そのために、現場と常に直面する技術者の育成は必要不可欠であると言えます。

3.2 研究者からの視点 (今岡 達彦)

研究者の確保・育成に関しては、放射線防護の特殊性に加え過剰ポストドク問題という社会問題も背景にあることから、「(放射線防護に限らない) 若手の確保・育成全般」と「放射線防護分野特有の問題」の両方を扱いました。

まず若手研究者全般の問題に関して、質問票調査結果では、現状の確保が不十分であることが広く認識されていました。採用方法・採用基準の現状は若手の要

望をほぼ満たすものとなっており、各研究組織で多様な育成制度が実施され、それらは若手にもよく周知されていました。このように、現状ではやはり若手のポスト(特に常勤職)の不足が最大の問題であると考えられます。

一方、放射線防護分野の若手研究者の確保・育成について、各研究組織は、自己にその責任があり現在も貢献していると回答する傾向があり、責任感と自負が窺われました。対照的に若手は、自己の組織にもその責任があるが果たされていないと回答する傾向がありました。その解釈は困難ですが、放射線防護の専門家になるべき人間として育成されている実感が、当の若手自身には少ないと考えられました。

また放射線防護に関わる研究者をどのように育成すべきかについて、研究組織では各自の専門分野に精通させることが有効であると考えられる傾向があり、実際に行っている取り組みに関しても、各専門分野に精通した人材を育成しているという点がよく共通していました。対照的に、各自の専門分野に精通することが有効であると回答した若手はごく少数でした。

その他の意見として、放射線防護の研究が他の先端科学と比べ魅力的でない印象があること、放射線防護に関わることで研究の第一線から退く決断が必要となること、防護専門家の育成を阻害しているという指摘がありました。にもかかわらず、若手の多くは放射線防護に関わる意思があると回答し、その理由には、自身の研究内容と放射線防護の関連、放射線防護の社会的な重要性と自身の責務が挙げられました。

これらの調査結果から、放射線防護分野に特有の問題として、若手の前途に「放射線防護」と「研究の第一線」のジレンマ」という問題が横たわっていると考えられます(図1A)。仮に、放射線防護に関連する研究テーマの多くが他の最先端科学と比べても十分に魅力的であり、その研究の遂行と放射線防護への関与に乖離が感じられなければ、若手は自身の研究が放射線防護に直結することを感じられるであろうし、研究の第一線を退くことなく放射線防護に貢献できるのではないかと提言しました。

3.3 アジア留学生からの視点 (Le Ngoc Thiem)

Young human resource is very important for the future sustainable development of society and science thus securing and fostering young human resource is crucial necessary. In the scope

of the 5th Asian conference on the evolution of radiation protection system, authors would like to show here their opinions on how to secure and foster young students and researchers from the viewpoint of international students studying in Japan. To secure and foster young students and researchers in any country, authors would like to propose the establishment of a society of radiation protection in each individual member country. Then all member countries will hold a poll to select a standing committee general that is responsible for controlling all radiation protection activities of all member countries. By this way, authors think that we can also secure and foster young students and researchers who are responsible for radiation protection. To secure and foster young students and researchers, the idea is to know their wills and difficulties therefore authors sent a questionnaire sheet to international students, researchers to know their living and studying situation. Based on their answers, authors would like to propose a network to secure and foster young students and researchers in Asian countries as in Figure 2. Authors hope that young students and researchers can be secured and fostered by the establishment of the network. Authors can also hope that, with this proposal the radiation safety situation of Asian countries will be improved day by day with the respect to the development of all students and researchers in member countries.

(若手の人材は、社会および科学が将来も持続的に発展するためにきわめて重要であり、したがって若手人材の確保・育成は重大かつ避けて通れない問題です。今回のアジア会合を機に、在日留学生の視点から、若手の学生・研究者をどう確保・育成すべきかについて意見したいと思いました。

あらゆる国で若手の学生・研究者を確保・育成するために有用なこととして、次の提案をしました。すなわち、まず各構成国で放射線防護に関する学会組織を創設します。これら各構成国の投票で総括常任委員会を選定し、この委員会がすべての構成国の放射線防護に関する活動を統括する役目を持ちます。こうすることによって、放射線防護に責任のある若手の学生・研究者を確保・育成することもできると考えました。

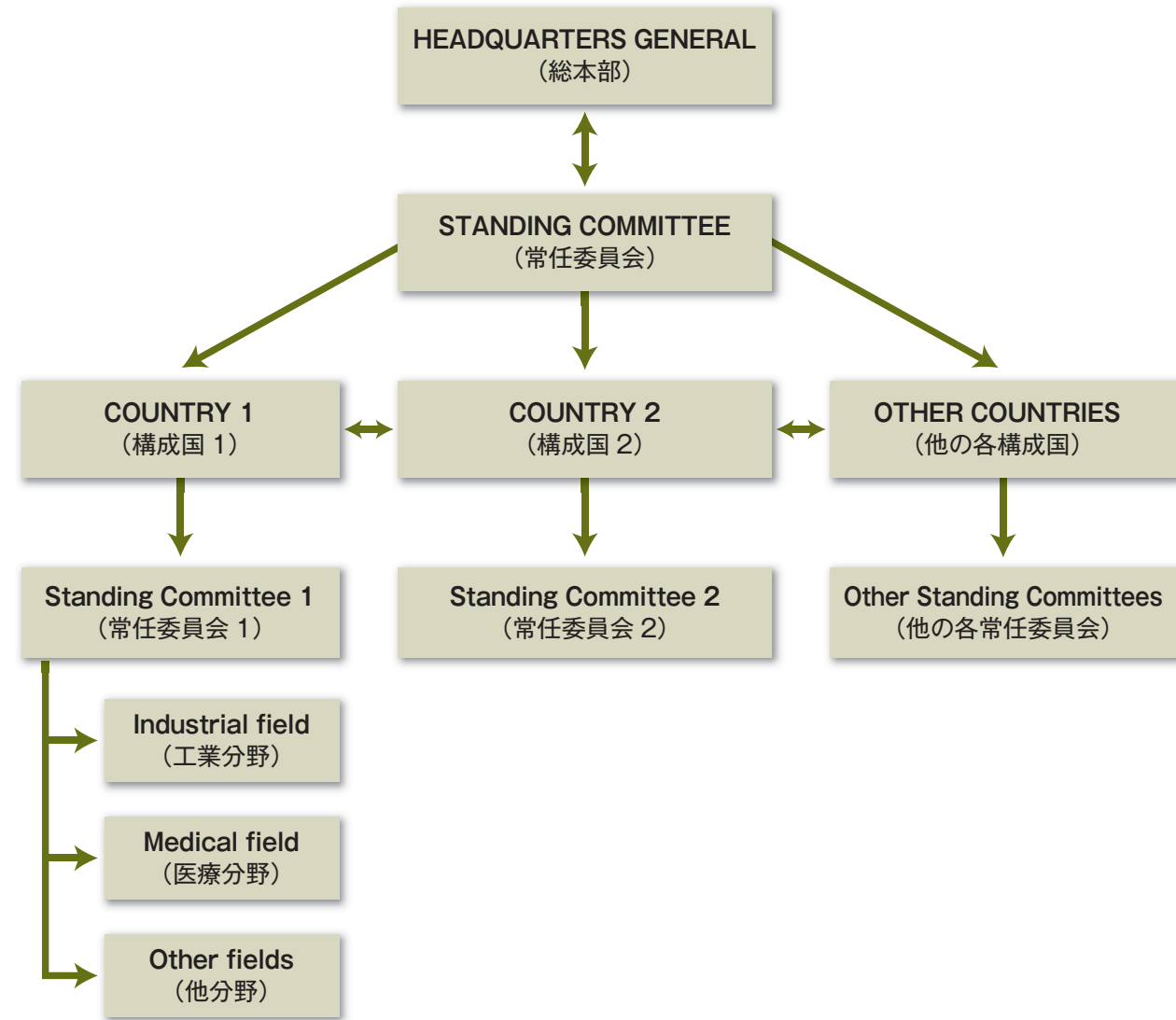


Figure 2: Network for securing and fostering young students and researchers in Asian countries (図2: アジア各国において若手学生・研究者を確保・育成するネットワーク)

In the network, headquarters general will consists of some people from several advance countries as Japan, Korea, Australia, etc, which normally have many international students and researchers from different Asian countries coming to study. Headquarters general controls all member country activities related to radiation protection field. Each member country also has its own standing committee that controls the radiation safety situation of that individual country and periodically communicate with other countries to know the situation of each other.

Local standing committee of each country is also responsible for appealing to other people for participating in its society and propagating radiation safety knowledge to other students and researchers. By this way, young researchers and students will gain much useful knowledge in the field of radiation protection that may make more young researchers and students be interested in the society activities therefore they will be more familiar with society activities and be more dedicated with the development of the society that means we can not only secure but also develop young human resource.

Periodically all member countries communicate to each other via internet and then summarize their existed problems and opinions for improving activities of the network. They will submit their ideas to the headquarters general periodically. Based on member countries' reports, the headquarters general will give out the suitable commands for each country. By this approach, the radiation safety situation will be improved. That means we can foster the development of the evolution of radiation safety situation.

(このネットワーク中で総本部は、アジア各国から学びに来る留学生・研究者の多い日韓豪等の先進数カ国の代表より成る。総本部は各構成国の放射線防護分野に関連する全活動を統括する。各構成国は各自の常任委員会を有し、各国内の放射線安全情勢を統括するとともに、国外の状況について定期的に情報交換する。

各国内の常任委員会は、他分野の人材に関連学会へ呼び入れ、放射線安全の知識を他分野の学生・研究者に普及する役目も持つ。これにより若手研究者・学生に放射線防護分野の有用な知識を与え、より多くの若手が学会の活動に関心と親近感を持ち、学会の発展に寄与する。すなわち若手人材の確保だけでなく育成も実施できる。

各構成国はインターネットを通じて定期的に情報交換し、各国に存在する問題およびネットワーク活動を改善する意見を総括する。各国の意見は定期的に総本部へ提示される。総本部は構成国からの報告に基づいて各国へ適切な指示を与える。この方法により放射線安全情勢が改善される。すなわち放射線安全情勢の進展を進めることができる。) (和訳: 今岡達彦)

また、若手の学生・研究者を確保・育成するためには、若手の考えや彼らの抱える困難を知ることが必要であると考え、在日の留学生と研究者に対し、生活および研究上の状況を調査する質問票を送付しました。その回答に基づき、図2のような、アジア各国で若手の学生・研究者を確保・育成するためのネットワークを提案しました。このネットワークを実現していくことで、若手の学生・研究者が確保・育成されると考えております。またこの提案によってアジア各国の放射線安全情勢も日々改善され、構成国の学生・研究者の育成も重視されるであろうことを期待したいです。(和訳: 今岡達彦)

4. 座長から見た若手セッション(松本義久)

以上、3氏の発表を受けて、私は「若手の育成は“ever-evolving”、また、“self-developing”である」と総括させて頂きました。放射線防護のあり方は、科学技術の進歩と社会的背景に応じた不断の進化が求められます。だからこそ、若手エキスパートの育成が重要な課題であるわけですが、そのための方策もまた、時代とともに進化、変容していくことになります。そこで、若手エキスパートの育成のためには、先達(かつては若手としてこの分野に入ってきた方々)が後進達を伸ばそうとすることだけでなく、若手自身が自らの能力や可能性を高めるためにどのようにしたらよいか、考え、行動することが極めて大事だということです。今回のセッションを通して、若手が放射線防護の重要性を認識し、将来にわたって世界をリードしていこうという熱意と責任感にあふれていること、若手は自ら向上しようとする意欲を持ち、それを行動に移す力があること、が伝わったことと思います。Co-chairの酒井氏は、「若手に必要なのは、『ほんの一押し(just a small push)』である、そうすれば、若手は自らの力で成長し、次の時代を担って行くだろう」と総括してい

ました。今回のセッションは、何かの結論を求めるものではなかったと思いますが、これは「若手の育成はいかにすべきか」という難しく、重要な問題に関する一つの結論であると思います。

3.3で提起された若手専門家の人的ネットワークに関して、日本保健物理学会若手研究会、若手放射線生物学研究会が精力的な活動を行っています。これについては、それぞれの研究会の現代表である山外、今岡から紹介させて頂きました。双方とも、現在、国際的な活動への展開を視野に入れており、若手放射線生物学研究会ではその試みとしてアジア若手放射線研究者の会合を開催したという実績もあります。今回の会合を、若手研究者・技術者のネットワークがアジア、更に、世界へ展開する契機としていく契機としていきたいと思ひます。

謝辞

この度、若手セッションを開催するにあたってご協力を頂いた皆様に厚く感謝申し上げます。



パネルディスカッションの様子



各国からの報告の様子(オーストラリア, Burns氏)



会場の様子

印象記

“Leading the World in Radiological Sciences”

—第53回IAEA総会展示—

(2009年9月14日-18日、ウィーン、オーストリア)

企画部企画課
工藤 智典



工藤 智典 (Tomonori Kudou)



写真1: IAEA総会会場のVienna International Centreの外観



写真2: 日本ブース全体の様子



写真3: 放医研の展示コーナー

はじめに

放医研は、放射線科学分野の国内外の中核的機関として、国際機関や委員会等へ職員を派遣し、専門性を生かした活動を行っています。2007年には低線量放射線の生物学的影響研究分野で国際原子力機関（IAEA）の協力センターとして認定され、組織としての貢献度を一層高めているところです。

そのIAEAの第53回総会が、2009年9月14日～18日の5日間にわたってウィーン国際センター【写真1】で開催され、放医研は、“Leading the World in Radiological Sciences”をモットーに、本総会に参加し、また展示活動を通してその活動を広く紹介しました。ここでは展示活動の記録と所感を簡単に述べます。

展示活動の概要

この展示会は、IAEA 総会の開催に合わせて併設される展示スペースに、加盟各国の原子力事業に携わる企業や政府組織が出展して広報活動を行うものです。

今年、(独)日本原子力研究開発機構（JAEA）、(社)日本原子力産業協会（JAIF）との3機関合同で日本ブースとして出展しました。放医研はこの展示活動に初めて参加しました。

放医研からは村田理事を団長、渡辺調査役を副団長に、明石緊急被ばく医療研究センター長、島田放射線防護研究センター発達期被ばく影響研究グループリーダー、企画部から原田広報課長、伊藤係長、安東係員、筆者の計8名が代表団として派遣されました。

展示場所は総会会場に近い廊下の一角で、日本ブース全体で幅約5メートルの空間が割り当てられました【写真2】。放射線の安全利用の世界における放医研の役割を示し、国際社会への具体的貢献を発信するため、1) 研究所の使命と活動概要・国際機関との協力関係及び医学利用の事例として重粒子線がん治療、2) 低線量放射線影響研究分野のIAEA協力センターとしての取組、3) アジア地域で中心的役割を果たす緊急被ばく医療の取組に関する3枚のポスターを貼りました【写真3】。また、多数のパンフレット類（研究所概要、重粒子線がん治療、分子イメージング、緊急被ばく医療、低線量影響研究）を用意し、放医研のロゴマークの入ったストラップと布製のバッグを記念品として配布しました。

なお、JAIFは「MADE IN JAPAN-On time, On budget」を掲げ、納期と予算を守る原子力発電所建設プロジェクトの展開を日本刀の鍛錬技術になぞらえるなどして紹介し、またJAEAはもんじゅ・ITER・J-PARCの各事業を分かりやすく説明したポスターと映像媒体による展示を行いました。

各機関1～3名が常時ブースで総会に参加する各国代表者や会場を往來するIAEAの職員らに活動を紹介しました。

展示活動の報告と所感

筆者の主な役割は、事前の展示物作成とブースの設営及び当日の説明でした。事前準備はJAEAウィーン



写真4: 展示会場の様子



写真6: 放医研展示説明の様子(2)



写真8: リラックスした様子で訪れた野田大臣(当時)



写真10: スウェーデンブースの展示



写真5: 放医研展示説明の様子(1)



写真7: 放医研展示説明の様子(3)



写真9: 研修受講生と再会 [ブルキナファソのDr.Tapsoba氏(中央)]



写真11: 韓国ブースの展示

事務所のご尽力もあって滞りなく行われ、開催日を迎えました。

展示会では、最も人通りのあった初日を中心に、50カ国以上からVIPを含む約400名の方が訪れ、放医研の概要説明やパンフレット配布を行いました【写真4～7】。

来場者は、基本的にビジネスや行政の分野で原子力に深く携わっている方々ですが、大半の方は放医研に関する予備知識はないため、個人的にはそのような方々との今後の関係構築の可能性を探る、いわば新規開拓の営業活動と考えて臨みました。言葉と時間の限界をカバーするため、疑問点などがあれば後日でも気軽に連絡をいただきたい旨を伝えることを心がけました。

全体的な印象としては、原子力事業の世界展開に当たって前提となる被ばく事故への備えや放射線安全研究とともに、重粒子線がん治療の紹介も耳目を集め、原子力の応用分野の中でも特に被益者の幅が広い医学利用に寄せられる期待の大きさを感じました。特にアフリカ諸国からの関心の高さが印象的で、JAEAの担当の方によると、

日本でのがん治療に関する具体的な取組を聞かれ放医研の展示まで案内したケースも多かったとのことでした。

総会での演説を終えた野田内閣府科学技術担当大臣(当時)が立ち寄り村田理事と談笑されたり【写真8】、以前放医研で行われた研修を受講した方が懐かしそうにブースを訪れたり【写真9】といった、国際会議場ならではの一幕もありました。

2日目以降は、他国のブースや、IAEAが行っているプロジェクトの紹介展示を見て回る事ができました。

他国の展示内容は、ポスター用紙ではなくシルクスクリーンやアクリルのパネルに印刷されているものもあり、また文字情報が少なく簡潔な表現でまとめているものが主流でした【写真10】。一見したときのインパクトが重視されており、原始時代から現代へのエネルギーの変遷(火力から原子力)を表した人形を飾るなど趣向を凝らしたブースもあり【写真11】、参考になりました。

このように人目を引く展示の有効性は頭で理解はしていても具体化するのには中々に難しく、入念な準備と

センスが要ることを実感しました。もっとも、日本ブースも全体として小奇麗にまとまっていて、展示の内容に合った日本らしい堅実さを醸していたように思います。

展示活動の効果は長い目で見る必要がありますが、多数訪れた原子力関係者に放医研の名称と活動を知っていただいたことは、日本の国際社会への貢献のアピールであると同時に、「放医研ブランド」確立に向けた第一歩であったと言えると思います。現在検討が行われている次期中期計画の策定に当たっては「世界の」「見える」「歴史に残る」放医研、という3つの観点がキーワードになっていますが、出展を今後も継続することで、それらの達成度合いを確かめる場としても活用できるようになるかもしれません。

全体の所感

本稿ではIAEA総会に付随して行われた展示会に焦点を当てましたが、総会そのものも、放医研にも数回来所されている天野之弥・前ウィーン国際機関代表部大使

が正式にIAEA次期事務局長として承認されるなど歴史的にも大きな意味を持つもので、その場に居合わせられたことは刺激的な体験でした。展示ブースでの対応と並行して出席した天野次期事務局長、Cetto事務局長、UNSCEARのCrick事務局長らとの各懇談では、今後の業務遂行に当たり大きな動機付けを得ました。

兵站を確保しつつ国際戦略を練り実行に移すことは、喫緊の課題であると同時に、非常に面白く意義のあることであると改めて感じる事ができた数日間でした。今後も放医研の国際活動に積極的に関わって行きたいと考えています。

謝辞

最後になりましたが、展示会への出展に際して初めから終わりまで様々な面で温かいご配慮をいただきましたJAEA、JAIFの担当の方々に、この場を借りてお礼を申し上げたいと思います。どうもありがとうございました。

講演会のお知らせ

第12回 独立行政法人 放射線医学総合研究所
一般講演会(佐賀県鳥栖市にて開催)

健康な明日への確かな一歩。
最先端の重粒子線がん治療

第12回
独立行政法人 放射線医学総合研究所
一般講演会
【人に優しい最先端の重粒子線がん治療】

■開催日時/平成21年11月23日(月・祝)
13:30~16:40(13:00開場)

■開催場所/サンメッセ鳥栖(4F・ホール)
(佐賀県鳥栖市本鳥栖町1819 TEL0942-84-2121)

■主 催/独立行政法人 放射線医学総合研究所
■共 催/佐賀県 ■後 援/鳥栖市

入場無料 参加登録が
必須です **定員**
300名

参加登録はWEBで!
<http://www.nirs.go.jp/12th-kouen>
(電話・FAXによる登録・お問い合わせは)

●独立行政法人 放射線医学総合研究所
TEL043-206-3026
FAX043-206-4062

●佐賀県健康福祉本部粒子線治療普及グループ
TEL0942-87-3075
FAX0942-87-3075

※当日の都合により変更の可能性があります。

《会場案内図》

放射線医学総合研究所(以下「放医研」)は、世界で初めて重粒子線によるがん治療用装置(HIMAC:ハイマック)を開発・建設し、これまでがん治療に高い成果を上げています。

放医研では、開かれた研究所を目指す一環として一般の皆様へ研究成果を紹介する講演会の開催に力を注いでいますが、本年でがん治療を開始して15年目の節目であること、また、佐賀県との間で重粒子線がん治療施設開設に関する協力協定を締結していることから、施設建設計画が進められている佐賀県鳥栖市にて重粒子線がん治療に関する講演会を開催します。

本講演会では、放医研の重粒子線がん治療装置や治療の成績をわかりやすく紹介するとともに、九州新幹線「新鳥栖駅」に設置予定の重粒子線がん治療施設への期待について、専門家や治療体験者などの方々によるパネルディスカッションを行います。

本講演会を通じて、重粒子線がん治療やその施設についてご理解を深めていただければと考えております。

皆様お誘い合わせの上、ぜひご来場ください。

第12回 独立行政法人 放射線医学総合研究所
一般講演会

日 時: 2009年11月23日(月・祝) 13:30~16:40(13:00開場)
主 催: 独立行政法人 放射線医学総合研究所
会 場: サンメッセ鳥栖(4F・ホール)
(佐賀県鳥栖市本鳥栖町1819 TEL.0942-84-2121)
参 加 費: 無料
参加登録: <http://www.nirs.go.jp/12th-kouen>
または、以下の電話・FAXにて

お問い合わせ 独立行政法人 放射線医学総合研究所 広報課 TEL.043-206-3026 FAX.043-206-4062
お申し込み 佐賀県健康福祉本部粒子線治療普及グループ TEL.0942-87-3075 FAX.0942-87-3079

シンポジウムのお知らせ

放射線医学総合研究所
第4回分子イメージング研究センターシンポジウム

独立行政法人
放射線医学総合研究所
第4回 分子イメージング研究センターシンポジウム

生体イメージングの未来

日時 平成21年11月27日(金) 10:00~17:00
会場 放射線医学総合研究所
重粒子治療推進棟2階
大会議室
参加費 無料

《講演者》
小川 誠二 (東北理大) 黒田 輝 (東大, 先端医療振興財団)
Denis LeBihan (CEA, フランス) U Winn Aung (加医研)
神谷 之康 (国際電気通信基礎技術研究所) 玉木 長良 (北医大)
正本 和人 (慶応義大, 筑波大) 間賀田 泰寛 (法政大)
狩野 光伸 (東大) 長縄 美香 (筑波大)

主催: 独立行政法人 放射線医学総合研究所
後援:
日本アソシエーション 日本経科学会 日本神経科学会
日本生化学会 日本放射線学会 日本分子生物学会
日本薬学会 日本経理検査士会 日本臨床検査学会
日本医学放射線学会 日本分子イメージング学会 日本理化学会
日本医学物理学会 日本生体工学学会 日本放射線工学学会

お問い合わせ
独立行政法人 放射線医学総合研究所
企画部 人材育成・交流課 研究推進係
【TEL】 043-206-3024
【E-mail】 kokukou@nirs.go.jp
【URL】 <http://www.nirs.go.jp>

今年がガリレオが望遠鏡を作って400年になりますが、望遠鏡という新しい測定法を手に入れた天文学はそれまでの宇宙観をくつがえし新しい宇宙像を築き上げました。新しい測定法や観察法が生まれるとその分野に大きなブレークスルーが起こります。医学や生物学も生体をイメージングする測定法の発展がいろいろなくつもの大きな変革をもたらしてきました。例えば、1970年代のCTの開発は放射線診断学に革命を起こしただけでなく、その後の放射線医学画像装置や生体のイメージング法の考え方を大きく変えてきました。その先端に分子イメージング技術があり、ライフサイエンス分野に様々な変革を生み出してきました。

今回、生体イメージングをリードしている先生方を演者にお招きして、PET、SPECT、MRI、光計測、画像解析、それぞれの分野の最先端のお話を分かりやすくお話していただくことにしました。医学やライフサイエンスに様々な変革をもたらした生体イメージングの最新の状況を把握できるようにと企画しました。また、それぞれの先生方には、その分野の最先端の話とともに未来像も語っていただくようお願いしました。これからの若い研究者に向けた刺激的なメッセージになればと期待しています。

多くの皆様のご来場をお待ち致しております。

放射線医学総合研究所
第4回分子イメージング研究センター
シンポジウム

日 時: 2009年11月27日(金) 10:00~17:00
主 催: 独立行政法人 放射線医学総合研究所
会 場: 放射線医学総合研究所 重粒子治療推進棟2F大会議室
参 加 費: 無料
事 務 局: 放射線医学総合研究所
企画部 人材育成・交流課 研究推進係
TEL:043-206-3024
E-mail: kokukou@nirs.go.jp

シンポジウムのお知らせ

放射線医学総合研究所
第9回重粒子医学センターシンポジウム

放射線医学総合研究所
第9回重粒子医学センターシンポジウム

特別講演
iPS細胞技術と神経研究
岡野采之（慶應大学教授）

先端科学と社会の接点
粒子放射線生物研究の展開と先進治療

会場：放射線医学総合研究所
重粒子治療推進棟 2階大会議室
会期：平成21年12月18日（金）19日（土）
参加費：無料

お問い合わせ
独立行政法人 放射線医学総合研究所
企画課 人材育成・交流課 研究推進係
TEL: 043-206-3024
E-mail: kenkyusuisshin@nirs.go.jp
URL: http://www.nirs.go.jp

後援：
日本アイソトープ協会・日本医学放射線学会・日本長生物理学会・応用物理学会・
日本物理学会・日本医学物理学会・日本放射線影響学会・日本放射線腫瘍学会・
日本加速器学会・日本保健物理学会・日本放射線技術学会・日本粒子線治療臨床研究会

当研究所では、1994年に世界で初めて重粒子線によるがん治療を開始し、2009年8月までに4800名を超える多くの方々の治療を行なってきました。その高い治療効果は世界的にも認められ、2003年10月には、厚生労働省によって高度先進医療に承認されました。そのような中、放射線がん治療のための基礎研究は、治療効果の更なる向上のために必須だと考えられております。

本年は、基礎生物学を含む研究を報告することで、重粒子線がん治療の将来像に結びつく情報を中心にご紹介したいと考えております。さらに特別講演ではiPS細胞研究など最新の分子生物学を踏まえた基礎医学研究の情報が、著名な研究者により提供される予定です。

また、2日目は放医研の各分野の研究者が重粒子線がん治療の将来像と夢を語ります。

多くの分野の方々のご来場をお待ち致しております。

放射線医学総合研究所
第9回重粒子医学センター
シンポジウム

会期：2009年12月18日（金）、19日（土）
主催：独立行政法人 放射線医学総合研究所
会場：放射線医学総合研究所 重粒子治療推進棟2F大会議室
参加費：無料
事務局：放射線医学総合研究所
企画部人材育成・交流課研究推進係
TEL: 043-206-3024
E-mail: kenkyusuisshin@nirs.go.jp

SR Salon Photograph

高速列車を撮る!!



東海道・山陽新幹線 700系「のぞみ」号 山陽新幹線 東広島駅にて

日本の新幹線の最高速度は、山陽新幹線を走るN700系車両および500系車両の時速300kmである。これはドイツのICE（時速330km）、フランスのTGV（時速320km）に次いで世界第3位である。一方、山陽新幹線の主役は、主に「のぞみ」と「ひかりレールスター」で活躍する700系車両であり、こちらは時速285kmである。時速285kmで走ると、秒速に直すと秒速0.079kmである。数字をみると大したことにはないように見えるが、kmをmに直すと、秒速79mとなる。こう考えると結構速く感じる。しかし、実際に駅で見ると、その速さにもものすごく驚く。関東地区や大きなターミナル駅では、速度制限のため、最高速度で駅を通過する姿を見ることは難しいが、山陽新幹線の各駅に立って最高速度で疾走する新幹線を見るとあっという間に通過していく。

写真は山陽新幹線東広島駅で撮影した700系であるが、パッと見ただけでは止まっているようにしか見えない。しかし、よく見るとホームがない線路を走っている。それはすなわち駅を通過しているということである。ということは、この区間の最高速度である285km/hで通過していることになるのだ。撮影はとても難しいが、その分撮影に成功した後の満足感は最高である。このときも撮影後に「ヨッシャ」と心の中で叫んでいたが、被写体である700系は何事もなかったように目の前をたった3.6秒で駆け抜けていった。

企画部企画課 三井正紀



猿橋勝子さん外史 市川龍資

女性の物理学者である元日本物理学会会長の米沢富美子さんの書かれた「猿橋勝子という生き方」と題する本を読んだ。これに刺戟を受けて、ほくも猿橋勝子さんについて思い出されることのほんの一部でも書いてみることを思い立った。

猿橋さんとほくとの出会いのきっかけとなったのは、1954年の第五福竜丸被災事件と、それに続く核実験フォールアウトの研究に関して、気象研究所の三宅泰雄先生と東京大学の松山義夫先生とが、もともと親しい関係にあり、共にこの時の放射能問題に強力に取り組まれたことであった。この二人の先生は、地球化学・海洋化学の専門家と魚類学・水産学の専門家という関係とともに、大の酒好きという友好関係にあった。そして三宅先生の研究室に猿橋勝子さんがおられ、松山先生の研究室にほくが所属していた。そのため、ほくはたびたび気象研へ所用で行くことが多く、猿橋さんから必要な情報ももらっていた。

最初の頃は、降雨と落下塵の放射能を測定しておられた。毎日雨水をビーカーで濃縮し、試料皿に蒸発乾固させて放射能を測る仕事をしておられ、誠にものごとであるが、「面倒で、面倒で」と笑っておられたのを覚えている。毎日雨水を煮つめるのはいかに面倒であるかは、やったことのある人にはよくわかることであろう。その後はこれらに含まれる⁹⁰Srの分析定量をされるようになった。後年になってほくが放射線医学総合研究所に出向し、農作物などの生物中⁹⁰Srの経時変化と比較するため、猿橋さんの降雨中⁹⁰Srのデータももらって使わせていただくことが多くなった。

三宅先生の部屋にうかがうと、先生と猿橋さんの机は向い合っており、三宅先生が部屋の中を洗い顔をして歩き廻っておられることが時々あった。猿橋さんが、「動物園の熊みたいね」と形容して笑っておられた。二日酔いが原因だったのである。

放射線影響学会が北大で開かれたとき、ポプラ並木の見える中庭で休憩していたとき、ほくは三宅先生に「放医研のほく達の部の女性研究員は、発表用の図表をつくるより

も着て行くドレスをつくるのが一番の関心事だった」と笑い話をした。三宅先生は隣に腰掛けていた猿橋さんに「あなたもドレスをつくったのか」と聞かれた。猿橋さんは、にやにや笑っていた。その頃は皆若かったのである。

夜は三宅先生、松山先生、猿橋さんとほくとは居酒屋でお酒を飲みながら食事をした。ほくが「レバーなんて女子供（おんなこども）の食べるものだ」と言ってタン（舌のこと）などを注文して食べていた。当然のことながら猿橋さんに「男子供（おとこども）という言い方もあるのよ」とおこられてしまった。

環境放射能問題が核実験フォールアウトを中心とする時代から、次第に原子力発電や核燃料再処理にかかる問題に移ってきて、ほく達も低レベル放射性廃棄物の深海処分の安全性評価に深く関与するようになった。5,000mの深海で固化体から溶出すると仮定した各種放射性核種が海洋の上層部に長年月を経るとどのように拡散するかを推定するのに、猿橋さんが測定した⁹⁰Srの海洋中分布の経年変化のデータによって拡散速度を計算してくれた情報を使い、深海処分した場合、海洋生物を経て人体にとり込まれることによる体内線量を推定することができた。

その結果を外国で最初に発表したのは、南仏のエキサンプロヴァンスにおけるIAEA主催のシンポジウムにおいてであった。このとき猿橋さんも発表者のほくも、そして他の多くの日本人も出席した。外国からの出席者はこの日本の深海投棄処分の安全性評価に大きく注目し、多数質問がでたことを覚えている。

モナコのIAEA研究所に留学していた日本の若い研究者の車に乗せてもらった猿橋さんとほくは、南仏の海岸の景勝地や遺跡を半日間一緒に見て楽しんだこともとても良い思い出になっている。

ICHIKAWA RYUSHI (元放医研科学研究官)

編集後記

読者の皆様今日は。10月号をお届けします。秋も深まりましたが、お変わりないことと思います。秋ですと食が思い浮かびますが、私はふるさとの味魚ずしを思い出します。郷里ではすし魚は専ら塩鯖を使いますが、脂がのった秋鯖は近い山陰や若狭地方から来たものと思います。この時期、実家では鯖を何匹も求め、骨を除き一昼夜薄い塩水に浸け塩抜きしてからすしに使います。出来上がったすしは大きなすし桶に並べ重しをしておきます。この魚ずしは、今は以前ほどには作らなくなっていますが、私の好物の一つでもあり、伝承されてきた郷里の食文化として今後も大事に残していけたらと思います。

今月号は、先ず、最近の成果として、プレス発表後に新聞紙面などに数多く取り上げられた二つの最新の研究成果を掲載しました。これらの成果はさらに研究が進むことを期待しています。次の印象記は、国際機関に関わる二つの会合を通して当所の国際活動を紹介しました。最後の記事は、知財を知るとし次号との連載を企画しており、今回は国立大学法人の知財部門担当の方に興味あるタイトルで研究者が知財を考える際の留意点等分かり易い内容でご寄稿願いました。それでは、引き続きご愛読頂けたら有り難いと思います。(OM)

次号予告

最近の成果 「放射性ストロンチウムによる疼痛緩和治療」(仮)
東京医科大学 放射線医学教室
吉村 真奈

国際機関活動報告 「IAEAにおける国際活動」(仮)
重粒子医科学センター病院
今井 礼子

印象記 HIMAC15周年記念講演会
「重粒子線がん治療の15年 5000例の治療効果」
重粒子医科学センター運営企画室
伴 貞幸、他

《編集委員会》

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| 委員長 | 酒井 一夫 | 小橋 元 | 立崎 英夫 |
| 委員 | 内堀 幸夫 | 菊池 達矢 | 鈴木 敏和 |
| | 白川 芳幸 | 長谷川純崇 | 杉森 裕樹 |
| | 高田 真志 | 神田 玲子 | |
| | 玉手 和彦 | 石井 伸昌 | |
| | 金澤 光隆 | | |
| 事務局 | 岡本 正則 | | |

放射線科学

第52巻 第10号

2009年10月15日発行

《編集・発行》

独立行政法人 放射線医学総合研究所
〒263-8555 千葉県稲毛区穴川4-9-1
電話 043(206) 3026 Fax.043(206) 4062 Eメール info@nirs.go.jp
本誌 URL: <http://www.nirs.go.jp/info/report/rs-sci/index.shtml>
(禁無断転載)



水生動物舎前の柿(もう一本の甘柿)
もすっかり秋の色になりました

放射線科学
Radiological Sciences

第52卷 第10号

2009年10月15日発行 《編集・発行》独立行政法人 放射線医学総合研究所
〒263-8555 千葉県船毛区次川4-9-1
電話 043(206)3026 Fax 043(206)4062

