

## 「IAEA/RCA 国内シンポジウム 2019」

### パネル討論「放射線技術・日本の国際貢献」の概要

#### ○パネル

- ・ファシリテータ：小出 重幸（日本科学技術ジャーナリスト会議理事）
- ・パネリスト：
  - － 田巻 倫明（福島県立医科大学 放射線腫瘍学講座 准教授）
  - － 玉田 正男（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
量子ビーム科学部門 研究企画部 次長）
  - － 鈴木 彌生子（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
食品研究部門信頼性評価ユニット 主任研究員）
  - － 辻村 真貴（筑波大学生命環境系 持続環境学分野 教授）
  - － 畑澤 順（大阪大学 核物理研究センター 特任教授）

#### （小出ファシリテータ）

- ・本日は放射線の技術が分かりやすく紹介され、中身や意義に私は大きなインパクトを受けた。NHK で番組を作っている素晴らしいプロジェクトもあった。
- ・私自身こういうことをまったく知らなかった。最初はジャーナリストとしての講演の依頼だったが、こういう研究の話やアジアの現地での皆さんの努力や苦勞をもっと知ってもらいたいと思い、パネル討論を引き受けた。
- ・いただいたパネルのタイトルが「原子力」だった。「原子力」の3文字でわれわれが一般的に思い浮かべるのが原子爆弾か原子力発電（軽水炉利用）であるが、このパネルは「放射線技術・日本の国際貢献：実績と今後の展開」という内容で進めたい。
- ・私は読売新聞の社会部記者（事件記者）を15～16年ほど続けたが、もともと化学屋だったことから科学部が一番長くて科学部長と編集委員をやった。福島第一原子力発電所事故の後、退職してから英国のインペリアル・カレッジでサイエンス・コミュニケーションのリサーチ・フェローをやった。科学と社会をどう結び付けたらいいのか、（成果を発表するだけでなく）どうやってひとりひとりの心に届けたらいいのかを考える研究で、日本でも始まったばかりである。
- ・最初に研究やプロジェクトでの体験を伺いたい。

#### （玉田）

- ・私の所属する高崎研究所の話では、近くの草津温泉の中からレアメタルであるスカンジウムを採る研究がメディアに注目された。温泉水は地中の金属を多含んでいる。通常金属は鉱山で採取するが、高崎研の開発した捕集剤を使うと温泉水に漬けて置くだけで高価なスカンジウムが採れるので話題を集めた。
- ・RCA 活動ではないが、グラフト重合剤の材料・技術を使った金属資源の採取以外

にも汚染物質の除去の国際協力もあった。

(小出ファシリテータ)

- ・今回のシンポジウムを前に **RCA** の活動を調べてみるともっと知られていい話があり、あまりにもメディアで報道されていないことに驚いた。こういう状況を変えたい。
- ・それぞれのパネラーにプロジェクト現場での苦勞を伺いたい。  
まず消費者が一番気にする食品では、産地偽装の隠蔽等があり、また先程ご報告のプラスチック・ライス（プラスチック粒のライスへの混入）等の国別の問題もあるようだ。プラスチック・ライスを知らずにフライパンで炒めてリゾットにするとどうなるかは考えただけで怖くなる。

(鈴木)

- ・日本での食品偽装は産地偽装が多いが、アジア等では緑茶や紅茶の色をよくするために染料を入れる、調理用のパーム油では使用して捨てるべきものと新しいものをミックスして売る等、あり得ないことがまかり通っている。
- ・国ごとに課題も違ってくる。マレーシアだとハラール食品（食肉だと何の肉か）に強い関心がある。**RCA** ではないが、**IAEA** では食品カプセルのゼラチンの由来を調べるプロジェクトもある。このように自分とは違う関心事項があるとお互いが知ることもある。

(小出ファシリテータ)

- ・ゼラチンのニカワ成分が牛からのものか豚からのものかということか？

(鈴木)

- ・ゼラチンではないが、カプセル等ではアニマル・ウエルフェアの観点から植物性のものもあり、それらをどう検査していくのかの研究もある。そういった技術協力もしている。

(小出ファシリテータ)

- ・日本国内でも産地偽装の問題から新しい法律もできているようだが？

(鈴木)

- ・**2017年9月**に食品表示法が改定され、生鮮食料品と一部の加工品のみが対象だった原材料原産地表示が、すべての加工品に義務付けられる。現在は移行期間中であるが、**2022年4月**の全面義務化に向けて食品原材料原産地の判別法の技術開発にとり組んでいる。

(小出ファシリテータ)

- ・福島第一原子力発電所事故の後、魚沼産コシヒカリの出荷量が減ったのは福島県からのコシヒカリが途絶えたからといった奇妙な噂話も飛び交った。産地の検査技術自体は新しいものなのか？

(鈴木)

- ・食品偽装の検査技術は、**EU** が食品安全性・信頼性で多くのプロジェクトを立ち上げて進んでいるが、安定同位体の利用は **1970年代**に「純粋蜂蜜」や「**100%果汁**」

での添加糖分検査で用いたのが始まりで、もともとは考古学や環境科学の起源特定技術の食品への応用で使われ出した。2000年以降に複数の異なる技術と組み合わせて精度を上げたことで、産地特定技術はさらなる発展を遂げている。

(小出ファシリテータ)

- ・新聞読者・テレビ視聴者の興味を引くテーマなので今後の展開を期待する。
- ・辻村先生の水の経歴を核種で追跡する研究は、どういう由来でいつ頃から始まったのか？

(辻村)

- ・水の研究で放射性あるいは安定同位体が使われた歴史は1970年代後半からIAEAの主導で始まった。当初は、河川の増水分が大雨によるものか、地下水によるものなのか、またそれらの比率を、雨水と地下水の同位体の組成比率の違いで特定する研究から始まった。これは洪水時の増水分の主因が雨水だとするには説明しきれない面があったからである。

研究の結果、止水域では増水分の6割、場合によってはそれ以上が地下水から来ていることが分かった。これが水の循環の科学の一番の成果で、それをリードしていたのがIAEAであった。

(小出ファシリテータ)

- ・日本の研究機関としてはどういうところがあったのか？

(辻村)

- ・水の環境は東京工業大学、筑波大学（当時は東京教育大学）等で1970年代後半に研究を始め、少しずつ増えていた。
- ・雪氷関係だと名古屋大学等もある。日本は研究者人口は多くはないが大学関係では10機関以上が従事している。

(小出ファシリテータ)

- ・若い人たちで興味を持つ人が多いと思う。
- ・かつて、サハラ砂漠の真ん中の井戸の水はアトラス山脈の氷河が源流と聞いたが、そういうことも調べられるのか？

(辻村)

- ・今エジプトの西部砂漠でオアシスの水あるいは地下水の源流調査に携わっているが、エジプト現地の人にはアスワンハイダムの上流、スーダンから来ていると言う。そういう言い伝えが正しいかは、同位体技術である程度は調べることはできるが、鈴木先生が先程言われたように、いくつかの情報を組み合わせて多分これが最も正しいだろうと推定する方法を今われわれは選んでいる。これは限界もあるし可能性もある。

(小出ファシリテータ)

- ・国外のプロジェクトで携わって来られたものは？

(辻村)

- ・ 国外の半乾燥域では水は地下水に頼ることが多い。日本だと水は、水道水は **100%** 地表水（ダム水あるいは河川水）だが、モンゴルの首都ウランバートルの水道水源はほぼ **100%** が地下水で、この源流の調査、あるいは先程の北アフリカの調査等に携わっている。北アフリカは地中海沿岸で、「気候変動に関する政府間パネル（**IPCC**）」のレポートでは温暖化で水が少なくなる最たる地域である。  
（小出ファシリテータ）
- ・ 同位体で分析する科学自体は急速に発展しているのか？ -  
（辻村）
- ・ 原理・原則は昔からあるが、**30** 年前に比べ処理速度で **10** 倍以上、精度でも **1** 桁以上上がっている。  
（小出ファシリテータ）
- ・ 特別な核種での進展ではないのか？  
（辻村）
- ・ 比較的若い地下水では **1960** 年代の核実験のトリチウム核種の影響で日本を含む北半球各国での降水の放射線量が **100** 倍、場合によっては **1000** 倍も上がっていた。当時トリチウム核種を測定を目安にしていたがだんだんなくなり、それに代わって地球温暖化ガスのフロンやその後は代替フロン（**6** フッ化イオウ **SF<sub>6</sub>**）の（核種ではなく）ガスの量を測定するように変化して来た。  
（小出ファシリテータ）
- ・ そのトリチウムは **1960** 年代に中国等の大気圏内核実験で出てきたものか？  
（辻村）
- ・ その通りで、半減期は **12.3** 年。それが地下水に溶け込んだのをを使って、日本を含む各国で **1980** 年代、**1990** 年代には地下水の年代測定がかなり行われた。  
（小出ファシリテータ）
- ・ そもそもなぜ高崎に放射線を研究する施設ができたかを伺いたい。  
（玉田）
- ・ 量子科学技術研究開発機構（量研）になって **4** 年になるが、量研には医療部門、量子ビーム（従来の放射線より指向性が高い人工のビームまで含む）部門、核融合エネルギー部門の **3** 部門がある。
- ・ 高崎研は日本原子力研究所の一部門として **1963** 年 **4** 月に設立された。**1952** 年、**1957** 年、**1960** 年にそれぞれポリエチレンに放射線を当てると橋掛けが起きて耐熱性が上がることが発見され、次いで（物干しざお等で湯をかけて縮む）熱収縮性チューブやポリエチレンテープの実用化が進み、日本でもこういう放射線利用開発の中核専門機関が必要となり設立された。その時から加速器と（基礎研究から応用までの幅広い利用ができる規模の）**C<sub>60</sub>-60** 放射線照射施設が備わっている。それから原子力研究開発機構、量研と名前は変わったが、一貫して放射線（量子ビーム）利用の研究を続けている。

(小出ファシリテータ)

- ・ポリエチレンを扱うことで最初から化学に縁の深い研究機関であったのか？

(玉田)

- ・ポリエチレンは分子が長い（高分子＝ポリマー）ので少しの分子の橋掛けでも分子量が大きくなり効果が大きくなる。放射線で橋掛けすると最大限の効果を発揮できることでポリエチレンを選んだのがきっかけとなっている。

(小出ファシリテータ)

- ・エチレンという炭素 2 個と水素が 4 個の分子がずうっとブリッジで繋がって行ってポリエチレンになっていく。そのままひとつの鎖だがそれを沢山つなげていくと  $H_6$  で水素結合がなくなると解していいか？

(玉田)

- ・それは共有結合。長い鎖のまま加熱すると、その鎖がずれて溶けてしまうことがあるが、鎖と鎖の間に共有結合ができると溶けなくなる、変形しない。例えば電線の被覆材にこれを用いると温度が上がっても形状を保つことができる。

(小出ファシリテータ)

- ・有機化学とか高分子化学はよく取材をし、関連の学会等にもかなり顔を出していたが、玉田先生のお話を伺うまでは、放射線を使って重合するとか合成する等は知らなかった。

最初からポリマーの素材の化学として発展したと思うが、最近の著しい応用進展の分野はどこか？先程の発表では車のタイヤの絵も出ていたが。

(玉田)

- ・放射線利用の対象は物質・材料から生物まで範囲が広い。
- ・エンジンのブレードの耐熱性素材の開発は 10 年位前だが、企業でいろいろ工夫してようやく実用化した。これからかなり広まり経済効果も出ると期待している。
- ・バイオの関係では今日もフロアに展示されていたようにイオンビームを当てると、花では花卉の形や色が変わったものがかなり確率よく出ている。酵母では吟醸酒製造で非常に芳香性の高いものが出ている。

(小出ファシリテータ)

- ・日本人は「原子力」、「放射線」、「核」の 3 つの言葉に対して非常にセンシティブである理由もあって、そういう話題は記事になりにくい。
- ・核医学でも「核磁気共鳴」だったものが「核」を取り去って「磁気共鳴」になった。最初に兵器としての被害を受けた歴史からスタートしている。RCA のプロジェクトがあまり知られていない背景にそういうこともあるかと思う。玉田先生に国外での苦勞されたお話を伺いたい。

(玉田)

- ・東南アジアでうまくいった例としては、RCA で始まり「アジア原子力協力フォーラム (FNCA)」で実用化が進んだ植物成長剤のプロジェクトがある。放射線で海

老や蟹の甲羅を分解すると植物の成長する活性が非常に高まる。その水溶液を作物にスプレーするだけで収穫が増える。東南アジアでは農業が大きいだけに非常なインパクトとなるが、ユーザーの側に「そうやって作ったものは危なくないか?」といった誤解がある。そのため農業に従事する人たちを招いて作り方を説明し、これは天然由来のものしか使っておらず、農薬とは違いまったく無害で安全だと分かってもらう。放射線を使うといろいろな添加物を入れなくても製品ができることを丁寧に説明することで正しい理解をしてもらい、成長剤を使ってもらうための活動や努力をしている。

(小出ファシリテータ)

- ・先程松本室長や中野先生から医療分野のプロジェクトがどういう風にできて来たかのお話を伺ったが、いつだれがどんなふうを始め、どういう人たちが関わってきたのか、また現場ではその利用を広げるためにどんな苦労をされたのかが今一步分からなかった。田巻先生から、現場でそういう問題にどう取り組まれたかを伺いたい。

(田巻)

- ・私の発表でも出したが、**2000**年以降中野先生がリード・カントリー・コーディネータをおやりになり、放射線治療が**20**年近く続いてきた。計画の段階から突発的に訓練コースをやることになったが、プロジェクトの**4**年間の後も持続的に発展できるプロジェクトに進んできた。
- ・中野先生が放射線医学総合研究所から群馬大学に移られた**2002**年に最初の訓練コースを開催した。私はまだ医学部の**5**年生の実習のときだった。尾身幸次先生や町末男先生が来られて盛大にはやっていたが、組織としては群馬大学でとは言いながら、その時その時の訓練コースを中野教室のみんなで支え合って頑張るといった方式だった。
- ・射線治療は実用化された技術ではあるが、絶対的に不足している放射線治療のリソース、人材を何とかして育ててアジアに広めて行こうというところから始まった。
- ・術的には画像医学の進歩とともに、**2**次元で見て治療方針を考えていたものが、コンピュータ断層撮影（**CT**）で撮って体や病気の状況を**3**次元でとらえて治療方法を考える方向に移っていく流れであった。
- ・の流れは日本でも私が医師になったころと今では全然違う。どんどん進歩している。それが大きな波となってアジアを呑み込んできているのが現状である。
- ・**IAEA**でもこの**2**次元、**3**次元、強度変調放射線治療（**IMRT**）という流れを安全にかつ有効に進めて行こうというストラテジーがある。

最初は小線源治療で、抽象的な「画像誘導、**3**次元治療」という書き方から始まった。現在は「**3**次元治療、**IMRT**へ」という表現になった。この技術の流れに追いつけるようにアジアを助けて行こうとなった。これが体外照射であるが、小線源治療でもただのレントゲン透視画像から**CT**や**MRI**（磁気共鳴画像）による**3**次元治

療法でより有効性を高めて行くプロジェクトに発展している。

- ・織としても今までは個人ベースあるいは大学の施設ベースで頑張っってやっていたものをその国の学会とかさらにはそれを広げたアジア地域の学会としてやっていく方向になっている。RCA や FNCA という枠組みを超えた自律的組織を作っていくという方向である。

(小出ファシリテータ)

- ・放射線治療の技術は 2000 年の頃から 20 年の間に急速に進歩したと受け止めていいか？

(田巻)

- ・そうです。より進歩した技術が普及してきた。もう一つ言えることは、私は RCA プログラム・アドバイザー・コミッティという諮問委員会のメンバーになっているが、RCA 活動の諸領域（工業、農業、環境、医療等々）のプロジェクトを 2 年サイクルでやり、その後をどうするかを（決めるのではないが）話し合っている。その委員会は 2000 年以前にはなかった。

- ・最初の頃は、中野先生は Thematic Lead Country Coordinator という RCA 医療プロジェクトのコーディネータをやって RCA 活動にアドバイスをしていた。その後 RCA はミッド・ターム・ストラテジーという 6 年間のサイクルで活動の焦点を絞りそれに沿った形でプロジェクトを運用して行く仕組みを作り出してきた。
- ・はそれがさらに進んで、6 年毎に作られていくミッド・ターム・ストラテジーが SDGs（国連の 17 の「持続可能な開発の目標」）のどれに繋がっていくのかをチェックしている。

だから視野としても、短期的なイベントをやるだけではなく、SDGs という長期的目標からどの分野ではどういうプロジェクトが必要か、そこではどういうアクティビティを組んでいくかで、従来の活動の決め方の逆の観点を取り込んでいる。そういう意味では技術的な進歩もあるが、RCA の枠組みや方向性もよりしっかりしたものになってきた。これは医療だけでなく他の領域のプロジェクトについても言える。

(小出ファシリテータ)

- ・技術だけではなくプロジェクトを支える仕組みや考え方が成熟してきているのか？

(田巻)

- ・そう感じる。RCA では 2 年毎に次のサイクルでは何をするかを決めている。今は 22 カ国がそれぞれ提案し、それがアドバイザー・コミッティに来て、それぞれができる創意を出しながら運営している。

ミッド・ターム・ストラテジーに適合しているのか、過去の活動と重複がないのかをチェックして、結果をやり取りして、政府代表者会合に回ってきて、再度評価をする。何回も何回も回って来るので、最終的にプロジェクトとして採択され



るまでには相当ブラッシュ・アップされる。

(小出ファシリテータ)

- ・RCA は相当優れた仕組みになっているが、プロジェクトに参加されている方々は、かなり手弁当でやっていると聞く。実際、どういう予算で、参加されている方はどういう思いで貢献されているのか、せざるを得ないからか、あるいは喜んでされているのかを伺いたい。

(田巻)

- ・もちろんイベントごとに予算はつくが、訓練コース等では畑澤先生も苦勞しておられると聞く。参加者の旅費は出る。イベント実施では主催するホスト機関とIAEA で契約をするが、ホスト機関が「貢献」としてボランティア、持ち出しでやるのが沢山ある。お金も出ないことも大変だが、訓練コースでは、カリキュラムを組んで、講師をアレンジして、その中には自分の講演もあり・・・

(小出ファシリテータ)

- ・そのマネジメントには対価がないのか？

(田巻)

- ・対価はまったくない。それに加えてロジスティックなホテルの手配や交通のアレンジといった事務的作業もすべてやる。ほとんどが手弁当。ではわれわれが何でやっているかと言うと、熱意としか言えない。

(小出ファシリテータ)

- ・そうすると手作り感一杯になる。

(田巻)

- ・あ、むしろ質の高い手作り感のあるものをめざしてはいるが・・・。やはりアジアの先生たちと毎回顔を合わせて、「次回はこういうものをやろう」といいものをめざしてここまでやってきた。そういう情熱の部分が一番大きいと思う。

(小出ファシリテータ)

- ・今日取り上げている RCA は外務省のプロジェクトだが、この場では多分外交のプロにできない外交とは何か、国際貢献とはなにかがテーマになってきていると思う。
- ・畑澤先生、私が仙台の支局で警察担当記者をやっていた駆け出しのころに先生の医局の中でお目にかかっているかもしれない。1977 年か 78 年だったと思うが、東北大学には石田名香雄という細菌学の学長、抗酸菌研究所には松澤大樹という先生がおられ、私はよく松澤先生の研究室にお邪魔した。
- ・そのとき「陽電子を放出する核種、中性子の数がひとつ違っている核種がある。陽電子は出た瞬間に周りの電子とぶつかってすぐ消えてしまう。その時に消滅ガンマ線を出す。その微弱なガンマ線をうまく取り出すと診断に使えるかも知れない」とお聞きした。「その核種はどうやって創るのですか？」とお聞きすると、東北大には青葉山の上に大きなサイクロトロンがあり、物理の研究者が実験に使



っていたが、そこで例えばフッ素のひとつ中性子が違うものを創り、それをもって急いで車で山を駆け下りて、農学部の井戸先生の研究室でグルコースの水酸基のひとつをフッ素で置き換えた糖を作り、医学部のがんの患者に注射する。するとがん組織は大量に栄養としての糖を欲しがり取り込むので、その糖の代謝の「クレブス回路」の呼吸と代謝の（二酸化炭素と栄養を交換してとり込む）最後のところでその酵素が、実はそれが水酸基ではなくてフッ素であることを見つけて止まってしまう。そうするとそのがんの部分にだけガンマ線を出す化合物（糖）が溜まってしまう。そこで横隔膜等に浸潤したごく初期のがん等が光って見える。それまでは外から見えるとは思わなかったものが見えるようになるということだった。私は物理屋が創り、化学屋が合成し、診断学と治療も加わりいろんな領域の専門家が集まって一緒にやるのが非常に面白いと思った。

- それが夕刊の一面記事になった。

その時からポジトロン・スキャナーというものに関心を持った。

先ほどの話では、それがすごい勢いで広まったというが、では加速器はどうしているのか？そういうことも含めて、背景を畑澤先生から伺いたい。

(畑澤)

- どの国どの地域でもがんで亡くなる患者が圧倒的に多い。それが見える、病気が見つかるとなると、田巻先生が発表されたような治療の道が開ける。
- 早く見つかれば、有効な治療の方法があれば、例えば早期の乳がんならば **90%**以上は治る。直腸がんや胃がんもそうになっている。だから治療法が進化し、画像診断はどこの地域でも必要とされている。
- それから、もうブレイク・スルーがなくてもいいくらいにイメージングの技術が成熟したのが普及のひとつの理由である。

今のお話にあったように、がんが初めて東北大学でブドウ糖（FDG）で映ったのが **1983年4月**でした。当時は確かに映るんです。すい臓がんでも肺がんでも映るんです。

しかしそれをもって臨床の先生方を訪ねると、「いやいやこれでは役に立たないよ」と言われた。理由は治療サイドでは、がんが確認できてそれがそこでとどまっているのか全身や周りに転移しているのかが問題なのです。で、当時のカメラは **1断面**しか撮れず、それに **10分**かかります。患者さんの全身を撮ろうとしたら **3~4時間**はかかります。これでは臨床には役に立ちません。その後島津製作所や海外のメーカーが **1時間半**くらいで全身が撮れる装置を作り、今では **10分**や **15分**で全身が撮れる装置ができています。

さらに中国がパワー・プレイで **20秒**で全身の撮影ができるカメラまで開発したが、臨床の技術ニーズも十分なレベルに到達しているので、すでにいろんな国でそれを必要としている。

(小出ファシリテータ)

- ・今日、畑澤先生は、ミャンマー（ヤンゴン）からお帰りになったばかりのところをここに駆け付けてくださった。今回はミャンマーではどういう仕事をされて来たのか？

(畑澤)

- ・IAEA の支援で 3～4 年前から、東南アジア各国に一つずつ PET / CT の画像センターを設置するプロジェクトがあり、最初がタイのチェンマイ大学、2 番目が今回のヤンゴン総合病院で、装置の稼働状況やトレーニングの状況を見てきた。次はモンゴルのウランバートルで同じような施設が来年中には開設される。
- ・ニーズがあって、計画を立て、政府と IAEA が支援するならば、次は人材育成。それが終わると運営・管理・維持のトレーニングになる。そういう継続的な支援・教育が求められている。そういうことは日本の先生方しかできないから手分けをして出かけて行って支援しているという状況です。
- ・先程の、「なんでこんなことを手弁当で、まあそれは大学の金ですが、しているのか？」という、それはやはり、自分たちが若いころ世界に先駆けて初めて見つけた現象を使った方法をもっと普及させたいということに尽きると思う。RCA やその他のいろんな支援を受けながらやっていることに喜びを見出しているからだと思う。広げることに喜びを見出すという点では、半分は宗教かなとも思う。

(小出ファシリテータ)

- ・皆さんのお話では、研究なりプロジェクトなりのクオリティが非常に高いとわかる。PET また陽電子放出核の医療では日本は今世界の中でどのようなポジションにあるのか？

(畑澤)

- ・始まったころ、1970 年代後半から 1980 年のころは、加速器にしろカメラにしろほとんどは日本製だった。例えばアメリカ国立衛生研究所 (NIH) の PET センターでもサイクロトロンメンテナンスはほとんど日本の企業の人たちがしていた。ところが数量が増えてくるとメンテナンスの人たちが不足するようになって、そこに GE とかシーメンスのような大きな会社が入ってきてその販売は彼らがやるようになった。しかし、今でもシーメンスの世界的に売れているカメラの蓋を開けると、電子回路とか検出器は日本製のもの、例えば浜松ホトニクスのもが入っている。ほとんどの製品がそうなっている。だからわれわれがシーメンスに製品の値段を下げろと言うと、かれらは「そういうことは浜松ホトニクスに言ってくれ」というのが決まり文句になっている。シンチレータも日立化成（日立ケミカル）製である。これらが世界最高性能である。最近是中国製装置でもこれらを使っている。
- ・日本製は部材としては最高のレベルを維持しているが、地理的に世界の隅っこに位置するので、完成品を販売してメンテナンスをきちんとすることは不得手（完

成品としてのマーケットをなかなかとれない、勝てない) という気がする。

(小出ファシリテータ)

- ・それくらい品質高い。浜松ホトニクス部材とは光電子増倍管のことか？

(畑澤)

- ・そうです。

(小出ファシリテータ)

- ・東大の小柴先生たちがニュートリノを捕まえた時の検出器がまさにそれで威力を知ったが、医療の現場でもそうだったことになる。
- ・粒子線組み合わせの 10 年、20 年の技術進歩の話が出たが、治療でも日本の技術は世界的な一番上のクオリティにあるのか？

(田巻)

- ・粒子線に関しては、日本の企業は加速器の技術があるので世界のトップを維持している。
- ・粒子線治療は 2 種類ある。炭素イオンを使う重粒子線治療は、千葉の放射線医学総合研究所が先駆けて開発し、今国内には 6 施設ができ、日本が世界のどこよりも進んでいる。またもうひとつの陽子線治療は、陽子という質量が炭素の 1/6 の粒子を使うので加速器も小型のもので済み、生物学的効果も X 線に似ていることから使いやすいので米国などで普及し、日本でも施設は増えている。
- ・こういったことから、粒子線治療に関してはまだ日本の企業はトップを走っていると思う。

(小出ファシリテータ)

- ・放医研の研究等はニュースで出ることはあるが、RCA のような活動が一般向けの記事や番組で報じられることはほとんどない。

(田巻)

- ・RCAでの放射線利用では、放射線、普通の X 線治療ですら十分使われていない現状にある。このため RCA では、重粒子線治療は研究として進めて行くべきではあるが、プロジェクトとして取り上げられる段階には至っていない。RCA では、より広いニーズがあることにもっと応えていく必要がある。

(小出ファシリテータ)

- ・玉田先生は、先ほど放射線科学の領域でも国際貢献は余計なこととの受け止め方もあるとおっしゃったが、国際貢献はこれまでの研究の流れとはちょっと違う世界なのか、あるいは違った受け止め方をされてもそれがどんどんとり込まれて来ているのか？

(玉田)

- ・高崎研の国際貢献でいえばこれまで 800 人くらいを世界各国から受け入れている。それらの方が今では各国の研究者の中堅から上層部になっている。その意味では、今の国際協力がうまくいっているのはこれまでの国際貢献で各国の人材が育って

きたおかげとも言える。

(小出ファシリテータ)

- ・昔ながらの研究者の眼からは、国際貢献なんかなくても済むとの見方もあると思うが・・・

(玉田)

- ・「国際協力のメリットは何か？」と聞かれるとやはりむずかしいところはある。しかし研究者は自分の研究の成果が会合などを通して世界に広がることに生き甲斐ややり甲斐がある。国際交流では、IAEA のサポートがあればより密な、効果的な広がり方ができるので、それを利用できるのは大きな魅力である。

(小出ファシリテータ)

- ・研修を受けた人がその成果を国に持ち帰り、何年かしてポジションを得て、研究の成果がより効果的に生きることがいろんな領域であると思う。

高崎研でもそういう実績が現れていると理解する。

(玉田)

- ・その研修を受けた方々がまた若い次の世代を育てて行くことでうまく技術が受け継がれていると感じることもある。

(小出ファシリテータ)

- ・先ほど「グラフト重合」という、切って「挿し木」のように別の化合物を付けて威力を出す技術が紹介された。汚染金属も吸着するとのことだった。どのようにして見つかри、どういう使われ方をしているのかをご紹介いただきたい。

(玉田)

- ・もともと吸着剤は 1970 年代ころから物質と金属がどうやって反応するのかを研究することから始まり、錯体化学の中でかなり明らかにはされていた。

その合成法は重合という高分子を作りながらその機能を入れるが、それでは導入できる化合物が限られていた。だから特定の金属や汚染物しか取れなかったが、グラフト重合だと放射線の力で元々の基剤に活性点を自由に作ることができる、目的とする官能基を非常に楽に入れられる。

またそういう機能を入れたいと思ってもその基剤の化学物質の反応性が非常に低くて入れられないという欠点はあったが、この RCA の活動の中で有機溶媒（例えばアルコール）に代わって水を使うと大変反応性が上がることが見つかった。反応性が上がるとこれまで使えなかった化学物質を官能基に入れて使えるようになった。その基剤を反応（活性化）させる放射線の線量も少なくて済み、化学物質の濃度も減らすことができるようになり、コスト・パフォーマンスが非常に上がり、競合物質に対する競争力も上がった。

(小出ファシリテータ)

- ・SDGs（国連の 17 の「持続可能な発展の目標」）の領域に入る。
- ・モンゴル等の地下水の話在先ほど辻村先生からお聞きした。汚染もひどいところ

では今の玉田先生の技術も使えるのではないかと思うが、実態としてはどうか？  
(辻村)

- ・モンゴルでは鉱山の廃液をほぼそのまま垂れ流している実態がある。その環境負荷をどうやって低減するかでは、汚染物質除去の技術をどこの原位置、場所で適用するのが一番効果的かの問題になる。その場合、河川や地下水を含めて水循環系がどうなっているかを調べて、汚染の出口ではなく入口に除去系を入れるのが一番いい。応用技術と環境動態理解がぴったりマッチングすると一番効果的な適用ができる。
- ・こういう問題では各国の国情・慣習の違いもある。  
世界的には、農業地域で多用の有機肥料を撒くことでそれが水に溶けやすいことから水系に入っていく硝酸性窒素の汚染が大きい。この場合は除染という表現は相応しくないかもしれないが、汚染浄化が問題になる。こういうところでも環境系と除化技術のカップリングが進む。  
これは **RCA** の枠組みの中で、研究面でも技術面でもできると思いながら話を伺った。

(小出ファシリテータ)

- ・放射線加工の技術の用途の可能性と理解する。
- ・先ほど国情が違ったりしてプロジェクトがうまく進まない等の苦勞を伺ったが、辻村先生のご体験は？

(辻村)

- ・発表の中で、北アフリカのチュニジアの水循環系とダムについて話した。  
日本のダムは貯水目的が多く、ダムから地下水系に水が入るのはそもそものダムの機能としては失敗なので、最もそういうことが起きにくいところにダムを造る。しかしチュニジアに行ったら、敢えて割れ目の多いところにダムを造り、ダムからの漏水を地下水の涵養にも生かすことをやっていた。それはわれわれにまったく考え方が違った。恐らくチュニジアという年間で **400~500** ミリという中間の降雨量があるところで機能するような適度の水循環を、地下水の持続可能な利用で実現しようとする現地ならではの発想があることを学んだ。
- ・**RCA** は、もちろん技術の移転という観点でもあるが、単なる技術移転の範疇を超えて、われわれがそれまで見たこともないような、新たな研究のベースになる発想を与えてくれる役割も担っていると感じた。

(小出ファシリテータ)

- ・水の対する考え方では、日本は火山国なのでヒ素とかカドミウムが基本的には多いが、国によってはカルシウムに対して考え方が違うと伺ったがそれはどういうことか？

(辻村)

- ・これもチュニジアでのことだが、首都チュニスでは水道管（管径 **20cm** くらい）

が、水に含まれるカルシウムの析出でどんどん狭くなり、半分以下になり、水が通りにくくなることが水道事業最大の問題になっている。水道局でその詰まって使えなくなった水道管を展示してあり、それを見て私が「日本では水が非常にピュアなのでカルシウム分が **20mg/l** 以下だ」と言ったら、「日本人はそれではどうやって十分なカルシウムを摂取しているのだ。栄養不足だろう」と言われた。売り言葉に買い言葉の面もあったかもしれないが、確かに日本人はカルシウム不足でサプリメントでカルシウムを補ったりしている。そういう感覚や発想は現地に行って、比較して、学んで初めてわかる。

- ・これがテクノロジーと言えるかどうかはわからないが、**RCA** はそういうことをもっているスキームだと思う。

(小出ファシリテータ)

- ・それが現地の風土であり、現地の生命、生き方ということだと思う。日本人はカルシウムは魚等の食べ物でそこら中から摂っている。
- ・鈴木先生は、今ご担当の食品の安全性・信頼性分析のプロジェクトは始まって間もないが、それまでに感じられたことを伺いたい。

(鈴木)

- ・日本国内の食品を主対象に、食品偽装、お米やうなぎの加工品や湯通し用塩蔵ワカメが鳴門産か三陸産かあるいは中国産なのかといった産地偽装等の分析技術の開発をしていた。

日本特有の食品を多く扱って来たため、**EU** の人にうなぎを見せても、「こんなものを食べるのか？」という反応であった等、かつては特殊な食品を対象とした特殊なケースの技術の発表と思われることが多かった。

(小出ファシリテータ)

- ・それぞれの土地の食文化と関りがあるということか？

(鈴木)

- ・コメの分析では、**5** 年前だと、「フーン」と言われるくらいだったが、寿司の世界への広まりなどから、今では関心も高まった。また和牛も輸出され、こういった日本食のブームから今では逆に「こういうデータはないのか？」と聞かれるまでに変わってきている。

(小出ファシリテータ)

- ・それは和牛の原産地証明をケミカルなデータで示せとなるのか？

(鈴木)

- ・そうです。
- ・この前 **RCA** の訓練コースで、英国の研究者から、「今、英国産の和牛というものまである。将来それらと日本産の和牛が英国国内の市場に出回るとき、両者を見分けるにはどうしたらいいか？ どういうデータが使えるか」と相談された。中国の研究者からも同じようなデータが欲しいと言われた。



(小出ファシリテータ)

- ・日本の消費者からも強い関心もたれそうなテーマだが、例えばうなぎの産地を見分けるにはどういうプロセスをとってどういう技術を使っているのか？

(鈴木)

- ・われわれの技術開発は最終的には日本国内で市販されている加工品を使ってもらうことを目標にしている。そうすると生のうなぎより、かば焼きや白焼きになっているうなぎを分析することになる。
- ・世界的には加工食品の分析は、調味料や焼き方等の加工が加わるため非常にむずかしくなる。かば焼きではタレがそこまで浸み込んでいるわけではないため、なるべく白身のところを選び、タレや調味料を水また有機溶媒でも洗い、なるべく筋肉組織にして分析すると、各国での給餌法の違いや養殖池の水成分等による差違が見えてくる。

(小出ファシリテータ)

- ・それは同位体比や元素の違い等かなりデリケートな分析ができるようになってるから・・・

(鈴木)

- ・そうです。辻村先生のお話にもあったように、分析技術ではそれが絶対正しく、一つの技術でいけるものはない。私もいろんな技術を組み合わせて精度を上げて、誤判別を避け、最も正しいらしいと思えるものを選ぶやり方をとっている。私は同位体比を主に使っているが、うなぎの骨のミネラル成分による地域差を分析している研究機関もある。

(小出ファシリテータ)

- ・まとめに入る。
- ・私は **RCA** で日本がどういうことをやっているかをできるだけ多くの人に知ってもらいたいとの思いでこのパネルを行った。
- ・最後に語りつくせなかったことを各先生からひとことずつ述べていただきたい。

(鈴木)

- ・日本の国際貢献はおコメの品質表示の技術提供でもできているが、こういう協力活動を通して知り合った人とのつながりも非常に重要だと感じている。
- ・「こういう偽装があって困っている」という一言からまた新しい研究がスタートすることもある。  
またトレーニングの場に来た欧米の人とも知り合うことで得るものも多い。自分の方から与える技術も増やしながら、多くを学び、出来るだけ貢献して行きたい。

(辻村)

- ・水環境では場所によりいろんな条件から状況の違いが出る。日本は降水量も多く、地質も若く、地形も急峻で、循環速度が速い。水が速いので、物質も速く動く。そうすると溶存成分も違ってくるので、欧米系、大陸系の研究のアウトプットに



はない知見が出てくる。

- ・そういう成果をもっともっとこの **RCA** のスキームを使い発信して行くことによって日本がある種、水資源分野でリードしたり、あるいは同位体を使った環境分野研究への貢献を増やす余地がまだまだある。そういう観点からこのスキームを使って努力して行きたい。

(玉田)

- ・工業分野では、東南アジアでは環境汚染が大きな問題になっていて染料やクロム等を除去したいとの要求が強い。それが放射線加工では簡単にできる。まずは実験段階では各研究所レベルでとりかかれるが、それを自力移転するにはエンド・ユーザーと協力して応用研究を進める必要がある。
- ・放射線にはそういう有用な価値もあるが、残念ながらマイナスのイメージもあるのでエンド・ユーザーにきちんと説明しながら協力を得て技術移転を進めていく必要がある。
- ・それに関しては、トレーニングは **RCA** の基本であるから次世代を担い放射線加工を熟知している研究者に趣旨をよく理解してもらい、エンド・ユーザーにも正しくわかりやすく説明してもらうことが重要である。そういう人材が育ち技術移転が進んで行くことを願っている。

(田巻)

- ・日本ができる国際貢献にはやはり日本の技術が優れていることがある。ただそれだけではなくて、日本人がまじめであることとか、助けてあげたいとか一緒にやっっていこうといった心意気が、貢献の本当の価値である。
- ・私は訓練コースで子宮頸がんの治療をテーマにする時でも、粒子線技術を伝えるというよりも放医研や群馬大学で蓄積して来たデータ、例えば最先端の 3 次元画像は **MRI** であっても実用的には使い慣れている **CT** が基になっているから、そこを突き詰めて実際のやり方を展開している。技術のトップを選ぶというよりも、人間的に信頼できるやり方をとる日本人の良さも伝えたいと思っている。
- ・それを裏から言うと、日本人は不得意なところを伝えるのが下手である。例えば今日のこういう場では知らないことを沢山学んだが、それを確認しつつ、周りにも伝え協力して、自分もともに成長するようなやり方を実践して行きたい。

(小出ファシリテータ)

- ・畑澤先生には、研修生を受け入れる際には送る側の国の事情もあって必ずしも適任の人が来るとは限らないが、そういうときにどうするか之苦労も伺いたい。

(畑澤)

- ・ワークショップをやると、あらゆる国、例えばイスラエル、サウジアラビア、イラン等コンフリクトのありそうな国から、いろんな背景を背負った人々が集まって来る。しかし、この研修の 1 週間は、「What is your religion?」と言われたら、

「Science！」と考える、「What is your nationality?」と聞かれたら、「Nuclear medicine!」と答えることにしましょうと、月曜日の朝言うことにしている。それはみんな分かっている、最後の金曜日のお別れパーティの時には、1週間一緒にいたから別れ難くなって、12時の終了時間になってもなぜかみんなうろうろして帰らない。そういう時は大成功の会であり、僕らが何も言わなくても受講者同士が自発的にネットワークを作って、それから後もチームとしての情報交換が続いていく。技術移転はもちろん大事だが、そういう場を提供することが非常に大切だと最近思っている。

- ・ 苦勞もあるが、RCA で心に強く残っているのは、故天野之弥 IAEA 事務局長と話をしたとき、われわれは「Nuclear medicine」と言っているが、最近は「Molecular imaging」等と、「Nuclear」を外す学会やジャーナルが出て来ている。これに対して天野さんは「Nuclear から逃げてはいけない」とおっしゃった。「君たちは Nuclear medicine と行って、『おお、それは素晴らしいですね!』と言われるまで Nuclear medicine という言葉を使い続けなさい」と言われた。それが大変心に残っている。「Nuclear」がポジティブな意味で世の中に認知されるような活動ができればいいと思っている。

(小出ファシリテータ)

- ・ 20 世紀前半、いや前半だけではなく後半も、ノーベル賞の受賞者はほとんどがニュークリア・サイエンスに貢献した人たちで占められている。
- ・ 時間の関係で加田先生の大気のお話は伺えなかったが、本日はニュークリアの科学の素晴らしい世界にいろいろと触れることができた。「ニュークリア」はなかなか理解されにくいが多くの人たちにその一端を知っていただく機会になった。
- ・ 日本の国内だけにいるとなかなか見えにくい国際貢献の意義、世界の中でこれから日本がどう生き延びていくのかの視点で見ると、本日のご発表の皆様の活動は大きな意義がある。

民間の立場での外交の一翼を担っていると思う。またこれからもこういう場を通してもっとこういう活動の意義を広めていきたい。

以上