

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年9月6日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03094

研究課題名(和文)放射線生体影響に関する物理学、疫学、生物学の認識文化の比較分析

研究課題名(英文)Comparative analysis of physics, epidemiology and biology recognition cultures on radiation and biological effects

研究代表者

坂東 昌子 (Bando, Masako)

大阪大学・核物理研究センター・協同研究員

研究者番号：20025365

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,000,000円

研究成果の概要(和文)：日本における物理学、分子生物学、疫学の各分野の「認識文化」を放射線の生体影響という課題を介して比較分析することで、ホームページで、調査研究を報告している。

<http://radi.rirc.kyoto-u.ac.jp/sci/index.html>

。現場の科学者へのアンケート(予備調査と本格調査)を実施、異分野交流の実態と放射線リスク評価について分析結果を掲載した。異分野交流を実践した先輩科学者のインタビューを実施、HPに公開、科学者のアクセスも多く評価が高い。トランスサイエンスの問題点を2回の合宿研究会で詰めた。実態から科学者組織の未来像、アセスメント科学という視点が浮上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本企画は、「放射線の生体影響に関する分野横断的研究」JSPS研究開発専門委員会とも連携して、科学者間、科学者と市民とのネットワークを強めるなかで通じて、高い意識を持つ市民の率直な疑問に応える真摯な営みの重要性を明らかにした。市民、女性、そして子供が科学者間の横のつながりを促進するメカニズムは、ヒトの脳の働き、感情と理性との連動を示した。国際会議「BER2018」での市民フォーラムと高校生セッションは海外からも評価を得た。科学者の異分連携を進める重要なカギは、高校生、女性研究者の存在だということが明確に見えた。以上を理論化することで、今後の異分野交流促進への方向への後の指針を与えると期待する。

研究成果の概要(英文)：We have launched a website and reported research by comparing and analyzing recognizing culture in the fields of physics, molecular biology and epidemiology in Japan through the issue of biological effects of radiation (

<http://radi.rirc.kyoto-u.ac.jp/sci/index.html>).(1) We conducted a questionnaire (preliminary survey and full-scale survey) to scientists in different fields, and published analysis results on the actual situation of cross-sectoral interaction and radiation risk assessment. (2) Conduct interviews of senior scientists who practice different fields of exchange, to which we can access via our website. Those who have accessed to this website are highly evaluate the contents. Through such study we are gradually approaching vivid image how we can organize vivid interaction among scientists and gradually have the notion of future organization which enables us to cooperation of scientists, bridging basic approach to solve wide-range multidisciplinary problems.

研究分野：放射線生物 物理学 科学史

キーワード：分野横断 放射線影響 科学者組織 科学と社会 認識文化 トランスサイエンス 放射線防護 TEPCO

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日、東日本大震災、続く津波、そして原発事故が起こった。関東方面は事故現場に近く、事故による放射性物質が周辺に広がったこともあり、科学者も含めて事故後大学や研究所での被害も出て混乱が続いていた。その混乱のなかでも、放射線被ばくの生体への影響については、当初から、世論が極端な2つの評価に分かれて、その間のコミュニケーションが不足という状態が続き、今なお意見が極端に分かれている。こうした問題について、これまで世論の形成と科学者のコミュニケーションの問題が焦点だったが、果たしてこれだけであろうか？例えば、熊本地震の後の状況で同じような世論の混乱が生じているか？確かに科学者の中にも多少の意見の相違はあるにせよ、極端に混乱を巻き起こすほどの世論の相違はない。では、放射線の生体影響に対して、これだけ極端に意見の相違があるのはなぜか。その違いがどこからきているのか、そして本当にどこまで科学として明確にわかっているのか。幸い、周りに生物学や防護額の研究者をはじめとして集っている「NPO あいんしゅたいん」という幅広いネットワークを持つ私たちは、おそらくどこよりも異分野交流が可能なところである。実際、3・11直後から生物学、放射線防護などとの異分野交流が始まり、その上学生などの若者や市民まで巻き込んだ議論の場ができた。議論すれば、研究をしたくなる。物理屋らしく定量的な議論を進めようと研究を始めた。そして数量を問題にするこの重要さを痛感したのである。そこで、分野が異なると認識の違いや重点の置き方にずいぶん差があることを発見した。これがそもそもの始まりであった。

この分野に入ってみると、この課題に関係する学会は、国内だけでも10を超えており、物理学会のように幅広い分野をカバーして交流できる場というものが意外と少ないことに気が付いた。

そして、生物学や医学との科学的アプローチが、認識の違いを痛感するようになった。科学者間でこれだけ意見の相違があり、異なった評価をする科学者間の交流がいかに少ないかも目の当たりにした。学会の在り方や、そこでの議論の仕方にも、様々な価値観の違いをみるにつけ、世論が2つに割れているのは、科学者のこうした異分野間の交流のなさや、徹底的に異なった評価を突き合わせる習慣のなさが、大きな要因ではないかと考えるようになった。

そこで、放射線被ばく問題に関与する複数の科学分野間の関係に注目して、物理学、分子生物学、疫学・医学の各分野の「認識文化」の比較検討を行って、異分野交流の在り方を追及する研究が必要だと感じるに至った。幸い、NPOで行っているサロン・ド・科学の探索で、科学史研究者の中尾と樋口と出会い、福島原発事故以後の放射線被ばく問題の混迷の原因について議論を重ねる中で、上記の国内外の研究動向を批判的に検討し、自然科学者と人文学者が協同し、放射線被ばく問題に関与する物理学、分子生物学、疫学の各分野の特性と分野間関係を人文・社会的な手法で多角的に解明するという着想を得た。自然科学者と科学史研究者が協同し、この問題を解明しようと意気投合したのである。問題の焦点は、様々な分野での科学的 метод論の違いや価値観について内容にかかわって掘り下げること、そして、なぜ、異分野交流が困難なのか、である。

すでに、放射線被ばく問題が純粋科学の問題とは異なる特徴を有することは、物理学者のワインバーグ Alvin Weinberg が、1972年に指摘している。彼は、「トランス・サイエンス」という概念を提唱し、「科学に問うことはできるが、科学によって答えることの出来ない問題群」の例として低線量被ばく問題を挙げた。続いてフントウィッツ Silvio O. Funtowicz とラヴェッツ Jerome R. Ravetz は1990年に「ポスト通常科学」という概念を提唱した。これらはともに、科学的不確実性が高いだけでなく社会的利害の対立も高いことを指摘し、こうして問題に対しては、科学者共同体だけでは不十分であり、市民や利害関係者を包括した「拡張された共同体」が必要であると述べた。これらは、科学と社会の関係に焦点を当てたものである。実際、社会的利害関係の分と科学的事実とを、どう切り分けるかは、当問題にとって深刻な問題である。3・11の福島第一原子力発電所の事故を契機として、放射線被ばくの生体影響に関する見解の乖離を「原発推進」と「反・脱原発」という利害対立で捉える見方が広がったことは記憶に新しい。

しかし、逆に、この点ばかりが浮き彫りになると、科学社会の歪みだけが目につき、科学者間の政治的な対立が、かえって科学的真実から遠ざけることにもなりかねない。放射線被ばく問題だけでなく、環境問題、健康問題、人工知能の問題などのように、それに関与する多数の分野が共同して解明することが要求されている課題は、今後ますます広がってくるだろう。果たして、複数の科学分野間での、真の共同作業は可能なのか、それを阻害している要因は何なのか、それがいま問われているのである。

2. 研究の目的

物理屋として新たに参画して、生物学者との共同作業で放射線の影響の定量的評価のための新たな数理モデルの構築に取り組んできた。その過程の中で、物理学、分子生物学、疫学の各分野の研究者間の交流が驚く程少なく、分野間の障壁が非常に高いことを体験的に実感してきた。さらに、科学史研究者の中尾と樋口両氏と出会い、福島原発事故以後の放射線被ばく問題の混迷の原因について議論を重ねる中で、上記の国内外の研究動向を批判的に検討し、自然科学者と人文学者が協同し、放射線被ばく問題に関与する物理学、分子生物学、疫学の各分野の特性と分野間関係を人文・社会的な手法で多角的に解明するという着想を得た。さらに、アンケートなどのデータ分析にも関連して小波、尾上（情報学）が加わり分析技法とともに、情報系という分野横断の経験の深い分野へと広がりを持つに至った

3. 研究の方法

本研究の目的は、さらに一歩進めて、放射線の生体影響という共通の課題を媒介として分野の異なる科学者の「認識文化」を統合的に分析することで各分野間の対照性と共通性を明らかにする。自然科学者（物理：坂東、和田、真鍋、分子生物学：中島、角山、疫学：田中）による各分野の研究過程の分析に加え、申請者（坂東）が過去に女性研究者とポストドク問題に関して行った実績があるアンケートによる社会調査、そして中尾と樋口がそれぞれ取り組んできた日本における放射線の生体影響の研究（広島・長崎の被爆者調査）とその社会的応用（放射線防護基準の策定）の歴史研究を連動して行うことで、従来の実験室研究では未解明であった各分野のマクロな構造と時代的变化を同時に明らかにしたい。

本研究の学術的な特色の第一は、日本における物理学、分子生物学、疫学の各分野の「認識文化」を放射線の生体影響という同一の課題を媒介として比較分析することで、分野間の対照性と共通性が明確化され、同じ課題に取り組みながら全く異なる見解が生じるメカニズムを解明できる。

特色の第二は、従来の実験室研究で主流であった参与観察と異なり、社会調査と歴史研究を方法論として採用することで、実験室のスケールを超えた各分野全体の構造と分野間関係の変化も同時に明らかにすることである。この方法論の組み合わせにより、ミクロな観察をマクロな構造とその変化の中に位置づけることが可能となる。

第三は、放射線の生体影響の研究に実際に取り組んでいる自然科学者が人文・社会科学者と分野の枠を超えて協同する分野横断型の研究体制への視座である。放射線被ばく問題は本質的に科学と社会、そして専門分野間を横断する性格を有しており、この問題の本質の解明には文理・分野を横断する研究協力が不可欠である。

さらに、本研究は上記の学術的意義と共に、社会的意義も大きい。福島原発事故後、放射線被ばくをめぐる様々な科学者が異なる見解を発信し、市民のみならず科学者の間でも混乱を起こした。意見の対立が先鋭化した重要な要因の1つは、日本における異なる分野の科学者間の相互理解と対話の不足にあると考えられる。本研究は放射線被ばく問題の混迷の原因を科学者共同体の内部を探る試みである。その成果は、申請者がかかわる日本学術振興会先導的研究開発委員会「放射線の影響とクライシスコミュニケーション」「放射線の生体影響の分野横断的研究」と連動し、新たに「放射線の利用と生体影響委員会」が発足した。これらと連携することによって、新たな分野間コミュニケーションと真の学際研究のあり方を示すとなることを期待している。

4. 研究成果

本研究の目的は、放射線誘発の突然変異発生頻度を定量化する数理モデルの構築、ならびに、「市民と科学者のコミュニケーションネットワークを組織して、科学者のみならず高関心層の市民と一緒に、さらにはそこで芽生えた放射線の計測に取り組み、放射線の日常感覚を養いつつ測定という技術を身に着けるグループ「チームゆりかもめ」とも連携したことで、これまでの手法とは異なる画期的な成果を生むことができたと考える。

アンケート調査による科学者の実態予備調査の結果はすでに、ホームページで報告されており、また国際会議や国内学会で発表しているが、いくつかの特徴が浮かび上がった。まず異分野交流を常日頃実践している具と絶えた科学者たちとほとんど専門に閉じた交流関係という2つのグループに分けると、前者は、TEPCO 事故直後には放射線のリスクを強く意識していても、1年後には状態が捉えられるようになり、「福島産の野菜」やお米の購入に抵抗がなくなっているのに対し、後者は意見が変わっていない。この傾向は韓国の原子力関係の人材への調査で、



10年以上の経験者と短い経験者との間でも前者の方がリスクに対して低評価という傾向がみられたが、どう関係しているか今後の検討が必要である。これらは、ヒトの脳の働きが、過去の蓄積での固定概念から、情報を新たに加えることによって過去の固定概念が変化する脳科学の知見とも連動して分析する事が必要で、まだデータ数が少ないが興味深い。そのほか、情報発信組織である国際的国内的防護組織や政府機関、あるいは電力会社等への信頼度は、科学者の間でもかなりの落差があり、圧倒的に国際機関を信用していることも堅調だった。そのほか興味深い結果がHP からみられる。本格調査については、現在分析中である。

インタビューに見る分野交流これまで、行ったインタビューを整理し、HP にアップしている。これらの人材は今や貴重な存在で歴史的背景も含めて異分野挑戦を支えた要因を分析する事が必要と考え、文章分析を行試みている。クラスター分析対応分析、階層クラスター分析などを用いた分析等を行った予備結果はすでに得られており、個人の特性と環境がどう人材を育てるかという観点から、外部要因と内的要因に分けて調査分析を進めていきたい。すでにある特定高尾人の所属によって、キーワードのクラスターが分かれることが見えて、放射線⇨原子力⇨科学的視野⇨社会 の連関が見ているのは興味深い。これも間もなく HP に掲載予定で準備を進めている。

ここで、特記する必要がある成果を報告しておく。それは興味深いインタビューを行うことができたことである。それは、放射線の生体影響に関わって、700万匹ものマウスを用いた照射実験を遂行した初期の研究者たち、ショウジョウバエ実験でLNTの基盤を気付いたミュラーやW. Russell はすでに世界しているが、メガマウス実験のリーダーとして活躍したL. Russell (W. Russell との共同研究) 夫人が実験を行ったオークリッジにおられ(96歳) 当時の放射線影響の議論を経験しておられる。Russell 博士とのコンタクトに成功し、世界で初めてWilliam Russell の個人文書に関して協力の確約も得た。これによって、メガマウス実験をめぐる各領域の研究者の交流の経緯を実証的に解明することができる。2018年9月訪問し、インタビューをすることができた。現在、テープ起こしを終えて、整理中であり間もなく、HPにもアップする予定である。貴重な資料となろう。(右はインタビューの様子、一番奥におられるのがRussell 博士)

以上困難な調査を粘り強く行ってきたが、むしろこの中から異分野交流の在り方をめぐって歴史的にも様々な疑問が整理された段階と言えよう。今後の課題として、

問1 科学者の分野横断的連携の実態は？

問2 各学会の評価基準や認識文化の違い

をレフリーとのやり取りで探りたい。これは科学者がどう評価されたかをレフリーを通して明確に見えてくる。

問3 論文から見る異分野研究者の評価基準や認識文化の違いは？ 同じ対象の論文を分野の異なる著者がどう分析しているかの検証(合宿で経験済み)

これ等を通して、医療分野と疫学分野との認識・価値の相違を理論化し、放射線をめぐる学問的評価の実情と今後の方向性を探りたい。

国際的な活動としてはEU主催国際学会Munich(2016)、Oxford(2017)、Pari(2018)に参加し口頭発表の機会を得、認知度が高まった。また、2018年3月、大阪大学核物理センター、学審産学連携委員会等の共催で国際会議“International Workshop on the Biological Effects of Radiation-Bridging the Gap between Radiobiology and Medical Use of Ionizing Radiation” BER2018/www.rcnp.osaka.ac.jp/~ber2018/ を開催、そこでの発表論文が採択されオンライン情報公開中

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計9件)

[学会発表](計38件)

[図書](計1件)

論文:

Bando M, Kinugawa T, Manabe Y, Masugi Tokita M, Nakajima H, Suzuki K, Tsunoyama Y, Wada T, Toki H,

“Study of Mutation from DNA to Biological Evolution”

International Journal of Radiation Biology, accepted and to be

published(2019) ISSN: 0955-3002 (Print)1362-3095,2019 (Online) Journal

homepage: 査読あり

<https://www.tandfonline.com/loi/irab20>

Tsunoyama Y, Suzuki K, Masugi-okita, M Nakajima H, Manabe Y, Wada T and Bando M

“Verification of a dose rate-responsive dynamic equilibrium model on radiation
- induced mutation frequencies in mice”
Int J Radiat Biol.1 - 7.2019 DOI:10.1080/09553002.2019.1569772. 査読あり

坂東昌子

“アセスメント科学と EBR”

日本原子力学会氏 ATOMO Vol.3 2019 招待講演

Wada T, Tsunoyama Y, Nakajima H, Nakamura I, Bando M

“Wack-a-mole model”: towards a unified description of biological effects
caused by radiation exposure. JPhys Soc Jpn.84,2015:
044002-104004 査読あり

国際会議オーラルトーク:

• Bando M, Wada T, Manabe Y, Higuchi H, Tsunoyama Y and Nakajima H

“The Role of Scientists-What we learned after Fukushima?”

Radiation protection Week 2016 @ Oxford, Univ

• Bando M, Wada T and Manabe Y

“From DDREF to EDR-what the history of LNT indicates”

ICRP-ERPW 2017(4th Int.nt.Symp.the System of radiological Protection

And the 2nd European Radiation Protection Research @ Munich

出版

「放射線 必須データ 32 - 被爆の影響の根拠」

田中司朗・角山雄一・中島裕夫・坂東昌子編

創元社(2016年3月第1版) ISBN978-4-422-41090-6 C3047

〔産業財産権〕

出願状況(計 1件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ構築

<http://radi.rirc.kyoto-u.ac.jp/sci/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

・研究分担者氏名: 和田 隆宏

ローマ字氏名: Wada Takahiro

所属研究機関名: 関西大学

部局名: システム理工学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 30202419

- ・研究分担者氏名：真鍋 勇一郎
ローマ字氏名：Manabe Yuichirou
所属研究機関名：大阪大学
部局名：工学研究科
職名：助教
研究者番号(8桁): 50533668

- ・研究分担者氏名：角山 雄一
ローマ字氏名：Tsunoyama Yuichi
所属研究機関名：京都大学
部局名：環境安全保健機構
職名：助教
研究者番号(8桁): 90314260

- ・研究分担者氏名：中尾 麻伊香
ローマ字氏名：Nakao Maika
所属研究機関名：長崎大学
部局名：原爆後障害医療研究所
職名：助教
研究者番号(8桁): 10749724

- ・研究分担者氏名：尾上 洋介
ローマ字氏名：Onoue Yosuke
所属研究機関名：日本大学
部局名：文理学部
職名：助教
研究者番号(8桁): 50795630

(2)研究協力者

・連携研究者

樋口 敏弘 (Higuchi Toshihiro)

ジョージタウン大学外交学院

Assistant Professor

科学史 科学論

業績例：

Toshihiro Higuchi

“Epistemic frictions: radioactive fallout health risk assessments,
and the Eisenhower administration’s nuclear-test ban policy”

1954-1958 International Relations of the Asia-Pacific, Volume 18

Issue 1, January, 2018, 99-124, Published: 12 Jan. 2018

<https://doi.org/10.1093/irap/lcx024>