

放影協 ニュース



2025. 1, No.121



年 頭 換 拶 (令和 7 年)

公益財団法人 放射線影響協会

理事長 酒井 一夫

新年あけましておめでとうございます。年頭に当たり、本年が日本と世界の人々にとって良い年となることを心からお祈り申し上げます。

旧年も前年に引き続き記録的な猛暑に見舞われ長い夏が続き、元日の能登半島地震をはじめとして国内外で大きな災害が発生しました。また、国内や国際社会での分断や格差がさらに助長され、政治資金規正法が改正され衆院選の大きな争点になるなど、組織・機関の統制(ガバナンス)や法令・規則遵守(コンプライアンス)のゆるみが大企業をはじめ各界でも大きく取り上げられましたが、当協会も他山の石として今後の業務運営に取り組んでまいりたいと思います。

一方、明るい話題といえば、移籍1年目で、打撃と足で大活躍し、ワールドシリーズの優勝までも成し遂げた大谷選手を挙げる事ができるでしょう。昨年は肘の手術の関係で打撃に集中したようですが、今年は二刀流の復活が期待されます。

令和7年(2025年)の干支は「乙巳(きのとみ)」で、十二支では蛇年です。蛇は生命力のシンボルや神の使いとして崇められており、再生や変化、知恵を象徴する特別な年とされています。震災のみならず大雨による災害に合われた能登地方をはじめ、各地の被災地の復興や国外での戦火の終息を祈念したいと思います。

さて、当協会は昭和35年(1960)9月に財団法人として設立され、平成24年(2012)4月に公益財団法人に移行し、現在に至っております。

本年は、協会の4つの公益事業、(1)放射線影響に関する知識の普及・啓発及び研究活動への奨励・助成 (2)放射線影響に関する調査研究 (3)放射線の防護及び利用に関する調査研究 (4)放射線業務従事者等の放射線被ばく線量等に関する情報の収集、登録及び管理を引き続き推進してまいります。また、平成23年(2011)3月の東電福島第一原子力発電所事故以降、協会の果たすべき役

◆◆◆目

- 年頭挨拶(令和7年)..... 1
- 協会の使命(協会の目的)、経営理念及び行動指針について..... 3
- 令和6年度放射線影響研究功績賞・放射線影響研究奨励賞及び研究奨励助成金交付研究課題の決定について..... 4
- 国際交流助成の概要紹介(令和6年度(2024)第Ⅱ期).... 6

次◆◆◆

- 令和4年度(2022)研究奨励助成金交付研究の紹介..... 9
- ICRP調査・研究連絡会行事 令和6年度放影協開催講座「ICRPセミナー」..... 11
- 自由さんば アンパンマンと私..... 13
- (公財)放射線影響協会からのお知らせ..... 16
- 主要日誌..... 16

割は益々重要になってきていると認識しております。被災地の復興をはじめ協会が社会の要請に的確に応えお役に立てるよう、様々な状況の変化に合わせて協会業務を見直し、機動的に対応できるように日々の業務を推進してまいります。

放射線疫学調査センターは、低線量放射線の慢性被ばくによる健康影響の疫学調査を国からの受託事業として平成2年(1990)から実施しております。特に、原子力施設の放射線業務従事者の方々から多大のご協力をいただきながら推進しております。これまでの調査結果では低線量放射線が悪性新生物による死亡率に影響を及ぼしていると結論付けられておりません。これまでの調査により得られた重要な知見の一つは累積線量とがん死亡との関連には喫煙等の放射線以外の要因が交絡しており、低線量放射線のリスク分析には生活習慣等の情報が不可欠であることが分かったことです。その成果を国内外の学会や学術誌に発表してきました。

令和6年度(2024)は第VII期調査の最終年度にあたります。第VII期調査では、平成26年度(2014)までの成果に基づいて平成27年度(2015)から開始した第VI期調査で設定した約8万人からなる新たな調査集団(コホート)について、全国がん登録制度に基づくデータを利用し、健康影響の指標を従前の生死情報から更に広げてがん罹患情報に基づく放射線リスクの分析を行うと共に、従来用いてきた実効線量から、国際的な放射線疫学研究で採用されている臓器吸収線量を用いた分析を行います。さらに、第VII期の分析では福島第一原子力発電所事故に伴う緊急作業に従事した期間の線量を含むことから、緊急作業線量から臓器線量への換算も行います。第VII期調査の最終年度にあたる令和6年度はこれらの結果のとりまとめを行います。

このように、調査で得られる多くの情報を基に、未だ科学的に解明されていない低線量域における放射線影響についての新たな知見を得るべく、今後とも疫学調査の推進に尽力してまいります。

放射線従事者中央登録センターは、昭和52年(1977)11月に原子力施設等で働く放射線業務従事者の被ばく線量などの放射線管理情報を登録、保管するために設立されました。以来、国から被ばく線量等の記録保存機関としての指定を受け、事業者から引渡される放射線業務従事者の被ばく線量記録等を確実に保存管理すると共に、原子力事

業、除染等事業及びRI等を利用する事業に携わる放射線業務従事者を対象とした3つの被ばく線量登録管理制度をそれぞれの制度参加事業者とともに運用しております。

それぞれの被ばく線量登録管理制度では、作業員一人ひとりの被ばく線量を一元的に登録し、管理を行っています。登録作業員数は令和6年(2024)9月末までの累計で約80万人に及びます。これらの記録については、保存・保管するだけでなく該当記録の本人や被ばく管理を行う参加事業者からの情報照会に適切に対応しています。

また、原子力事業及び除染事業においては、放射線管理手帳制度を運用しており、最新の被ばく記録等が事業者により適時追加され、個人線量管理の推進に大きな役割を果たしています。

今後とも、これらの運営を的確に実施してまいります。

放射線防護及び利用に関する調査研究は、日本から選出されているICRP委員の活動を支援し、その活動情報を関係者と共有すると共に知識・情報を一般向けに解説・公開・提供しています。国際的枠組みの中で構築される放射線防護に係るICRP勧告は、世界各国において尊重され、日本においても放射線審議会の下でその内容や放射線防護関係法令への取入れについて審議がなされており、本調査研究事業はこの点においても国の放射線防護に対する取組みに寄与することができます。

放射線影響に関する知識の普及・啓発及び研究活動への奨励・助成事業は、長年にわたる協会の実績を踏まえつつ継続し、放射線影響研究のさらなる発展に貢献します。放射線影響研究を推進する優れた人材の支援と卓抜した業績の顕彰は未来と過去を繋ぐ有意義な事業と位置づけています。

協会は、今後とも放射線影響研究に係る科学技術の進展と国民保健の増進に寄与することを目指して、積極的に社会に貢献してまいります。予想される国内外の激動に対応して、適時的確な活動に役職員が力を合わせて挑戦し、協会の益々の発展を期してまいります。

新年が平和で穏やかな年となり、協会と関係各位が元気に高く飛翔することをお祈りいたします。本年も、旧年同様、皆様方のご鞭撻・ご支援をお願い申し上げます。

協会の使命(協会の目的)、経営理念及び行動指針について

企画部

公益財団法人放射線影響協会は、協会に勤務する従業員一人ひとりが、日々の業務を進めていく上で、絶えず念頭において判断の拠り所としていくため、「協会の使命(協会の目的)、経営理念、行動指針」を制定しております。

これらの使命等の下、協会は今後もの確な業務推進に向け努力してまいります。皆様方のご指導の程よろしくお願い申し上げます。

使命(協会の目的)

公益財団法人放射線影響協会(協会)は、放射線影響に関する調査研究及び放射線業務従事者等の放射線被ばく線量等に関する登録・管理等を行うことにより、原子力・放射線利用の進展と国民保健の増進に寄与します。

経営理念

コンプライアンスの実践と個人情報の保護に努め、社会のニーズに応える価値の創造と国内外への積極的な情報発信を行うことにより、合理的に達成可能な放射線被ばく低減に寄与します。

(コンプライアンスの実践、個人情報の保護)

○法律に定められた内部統治に則して公益法人として健全な運営を行うと共に、個人情報の保護を確実に実施します。

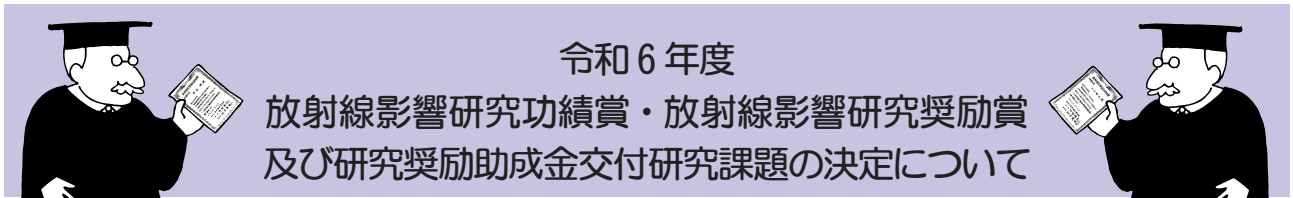
(社会のニーズに応える価値の創造、国内外への積極的な情報発信)

- 個人の放射線被ばくデータ等を蓄積する被ばく線量登録管理制度の一層の充実・進展をはかり、社会のニーズに応える価値を創造すると共に、放射線業務従事者の適切な放射線防護管理に役立つ情報の提供に努めることにより、合理的に達成可能な放射線被ばく低減に寄与します。
- 疫学的手法を用いた低いレベルの放射線の人体への影響の解明等に努め、社会のニーズに応える価値を創造すると共に、必要な情報を国内外へ積極的に発信することにより、また、放射線影響に関する調査研究の奨励を図ることにより、合理的に達成可能な放射線被ばく低減に寄与します。

行動指針

私たちは、使命を達成するため、業務遂行にあたって以下を行動指針とします。

- (1) 誠実に対処します。
- (2) 個人情報を大切に扱います。
- (3) 事実に基づいて行動します。
- (4) 本質を見極め簡潔に考えます。
- (5) 内外との連携・調和・協働を大切にします。
- (6) 社会のニーズに的確に対応します。
- (7) 科学技術の進展を活用します。



1. 放射線影響研究功績賞

本賞は、放射線の生物及び環境への影響、放射線の医学的利用の基礎並びに放射線障害の防止など、放射線科学研究の分野において顕著な業績をあげた者に対して授与し、もって我が国の科学技術の進展及び国民保健の増進に寄与することを目的としています。

この目的に従って、公募により受賞候補者の推薦を求め、学識経験者からなる選考委員会での審議・選考を経て、令和6年度は次表のとりの受賞者1名を理事会にて決定しました。

2. 放射線影響研究奨励賞

本賞は、放射線の生物及び環境への影響、放射線の医学的利用の基礎並びに放射線障害の防止など、放射線科学研究の分野において活発な研究活動を行い将来性のある若手研究者に対して授与し、もって我が国の科学技術の進展及び国民保健の増進に寄与することを目的としています。

この目的に従って、公募により受賞候補者の推薦を求め、学識経験者からなる選考委員会での審議・選考を経て、令和6年度は次表のとりの受賞者2名を理事会にて決定しました。

受賞者(申請時の所属)	受賞業績／研究課題
【放射線影響研究功績賞】 佐渡 敏彦 一般社団法人日本放射線影響学会 名誉会員	免疫系ならびに放射線発がんに対する放射線影響と骨髄移植に関する研究
【放射線影響研究奨励賞】 坂田 洞察 大阪大学大学院医学系研究科 保健学専攻 准教授	放射線輸送シミュレーションを用いた計算放射線生物学の開拓
【放射線影響研究奨励賞】 島田 幹男 東京科学大学 総合研究院ゼロカーボンエネルギー研究所 助教	幹細胞・組織細胞における放射線影響と染色体不安定性の解明

3. 研究奨励助成金交付研究課題

本事業は、放射線の生物及び環境への影響、放射線の医学的利用の基礎並びに放射線障害の防止など放射線科学研究の分野における調査・研究に対して研究奨励助成金を交付し、もって我が国の科学技術の進展及び国民保健の増進に寄与することを目的として実施しています。

この目的に従って、公募を行い、学識経験者からなる選考委員会の審議・選考を経て、令和6年度は次表のと通りの3件の研究課題に対して研究奨励助成金の交付を理事会にて決定しました。

	申請者(申請時の所属)	交付研究課題
1	面川 真里奈 岡山大学 学術研究院医歯薬学域産学官連携センター 助教	α 線によるがん治療を目指した白金錯体結合型抗体薬剤の開発
2	香崎 正宙 産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線衛生管理学 講師	低線量放射線によって誘導される放射線適応応答因子と寿命との関係の研究
3	安田 武嗣 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 主幹研究員	BRCA2欠損癌細胞の合成致死に関わる、放射線誘発DNA二重鎖切断修復タンパク質、ヒトRAD52の標的機能の同定

日本放射線影響学会第67回大会における招へい講演の報告 低線量放射線影響シンポジウム

産業医科大学 教授 岡崎 龍史

はじめに

招へいの経緯と概要

2021年に日本放射線影響学会第67回大会の大会長に応募し、低線量放射線影響のシンポジウムなどを企画するという事で採択された。低線量放射線影響は放射線生物影響に携わるものとして、常に関心のある事項である。また、国際シンポジウムとすることとした。

まずシンポジウムの演者として、Columbia UniversityのTom K. Hei先生の招へいが頭に浮かび、メールを2022年1月13日に送った。Tom K. Hei先生に初めてお目にかかったのは、16年前の日本放射線影響学会第51回大会(於北九州国際会議場)で、当時私は、タイムキーパーとして会場説明をした。その後、日本放射線影響学会などの日本の学会や研究会によく参加され、また私がアメリカのRadiation Research Societyに参加した際にお目にかかり、交流を深めてきた。2023年にTom K. Hei先生は定年退職される予定であったが、放射線による細胞の変異や遺伝子レベルでの変異、また発がんなどのメカニズム、さらに宇宙放射線の影響など多岐に渡り放射線影響の研究に携われてこられ、低線量放射線影響に関してもかなり高い知識を持たれている。今回のシンポジウムの演者として適任と考えた。

日本放射線影響学会第67回大会は9月25日から28日、北九州国際会議場にて開催した。27日から28日は第12回日本放射線事故・災害医学会との合同大会であった。

Tom K. Hei先生の旅程や滞在先の紹介

9月22日から24日まで中国の蘇州でInternational Symposium on Space Radiation

Research and Particle Radiotherapyが開催され、Tom K. Hei先生はそのシンポジウムに招待されていた。25日に北九州に移動され、リーガロイヤルホテル小倉に宿泊していただいた。26日の午前に学会にて企画した低線量影響のシンポジウムにて、座長と演者をお願いした。27日と28日の学会期間中、英語で行われていたセッションにご参加されていた。

26日の夜は皿倉山で行った放射線衛生管理学セミナー2とその観光に参加していただいた。現在、北九州市の夜景は日本一と評価されている。



写真1 皿倉山にて

27日は懇親会にも参加していただいた。



写真2 懇親会にて

29日に北九州を離れられ、岡山のご友人と

再会されたようで、10月1日帰国の途につかれた。

Tom K. Hei先生の紹介

1953年9月29日中国で生まれ、現在はアメリカ国籍である。1976年にUniversity of Wisconsin-WhitewaterのBiologyでB.Sc.、1983年にCase Western Reserve UniversityのExperimental PathologyでPh.D.を取得されている。その後、ニューヨークのColumbia Universityにて助手、講師、准教授と昇進され、1999年に教授とされている。現在継続されているポジションとしては、1996年から中国の合肥市にあるChinese Academy of SciencesのAdjunct Professor and Ph.D. mentor、2014年から中国の蘇州大学のAdjunct Chair Professorであり、中国との関連も強い。2023年にColumbia Universityを定年退職され、名誉教授とされている。

Tom K. Hei先生研究室の主な研究分野

研究室では、ラドン、アスベスト、ヒ素など、一見多様な環境発がん物質でありながら、その作用機序にはすべてフリーラジカルが関与している放射線と環境発がんに関心を持って研究されてきた。

1. 電離放射線の核外影響

放射線による突然変異やがんの主な標的は核、特にDNAであると考えられてきた。そのため、何世代にもわたって放射線生物学を学ぶ者達は、このような遺伝性の生物学的影響は放射線と核の直接的相互作用の結果であると教えられてきた。精密荷電粒子マイクロビームを用いて、標的細胞質への放射線照射がヒット細胞の核に突然変異を誘発すること、誘発される突然変異のタイプは直接核照射によって生じるものとは全く異なることを示した。この最初の観察は、電離放射線の核外影響という概念を打ち立てた。1999年に発表された最初の研究以来、さらに、ミトコンドリアが最終的な標的であること、そして膜脂質の過酸化とシクロオキシゲナーゼ2 (COX2) の誘導と結びついた活性ラジカル種が、標的細胞質照射の遺伝毒性反応を媒介することを明らかにしてきた。

2. 電離放射線の細胞外影響

単粒子マイクロビームを用いて、荷電粒子に直接被ばくしていないが、荷電粒子の近傍に存在する、あるいはそのような細胞からシグナルを受け取ったことのある細胞も、損傷過程に関与しうることをさらに明確に示している。放射線誘発非標的効果／バイスタンダー効果と呼ばれるこの現象は、電離放射線の標的理論に対する我々の理解にパラダイム・シフトをもたらすものである。この研究は動物モデルを用いることにより、そのメカニズムや場外反応の役割の解明に大きな役割を果たしている。

3. ヒ素の遺伝毒性および発がんメカニズム

ヒ素は重要な環境汚染物質であり、汚染された飲料水を通じて世界中で1億人以上の人々に影響を及ぼしている。染色体突然変異を検出できる変異原性アッセイ系を用いて、ヒ素が遺伝毒性を有すること、その過程には活性酸素と活性窒素種の生成が関与していることを明らかにしてきた。さらに最近では、ヒ素が神経幹細胞のアポトーシスと分化の変化を誘導し、慢性的な環境ヒ素にさらされた子どもたちにみられるIQの低下や認知機能の喪失に関与している可能性があることを明らかにした。

これまで285論文を報告され、350から600回引用された評価の高い論文も多くある。また様々な賞を受賞され、数多くの雑誌編集に携わられてこられた。日本人を含む数多くの研究者の研究指導をされてこられた。

低線量放射線影響シンポジウムの概要

9月26日、本学会のメインシンポジウムの一つとして「低線量放射線の生物影響研究の現状と今後の展望 (Current status and future prospects of research on biological effects of low-dose radiation)」を企画した。Tom K. Hei先生には座長の労もお願いした。

当研究室の香崎正宙講師に「Unexpected biological aspects revealed by comparative study of low-dose radiation effects in young and middle-aged C57BL/6 mice」というタイトルで当研究室の発表と、座長も任せた。

公益財団法人環境科学技術研究所のIgnacia Tanaka氏には「Low dose-rate Radiation Research



写真3 シンポジウム前の壇上にて

at the Institute for Environmental Sciences」というタイトルで報告していただいた。

さらに McMaster University の Carmel Mothersill 氏には「Development of population level biomarkers for low dose radiation : the importance of non-targeted effects」というタイトルで、ご講演いただいた。



写真4 座長中のTom K. Hei先生

Tom K. Hei先生には演者として、「Low Dose Radiobiology : From Mitogenetic Signaling, Mitochondrial Dysfunction, to the Future of Low Dose Radiation Research」というタイトルで、



写真5 講演中のTom K. Hei先生

ミトンドリアの内容と低線量放射線影響の総括をしていただいた。

シンポジウム総括

様々な規制機関による低線量放射線の公式定義は100 mGyである。100 mSvを超えると生態影響はみられることは疫学研究で報告されてきた。それ未満では様々な競合的な力によって修飾されるため、放射線だけの生態影響を説明するのはかなり複雑で困難である。低線量現象に関する細胞および分子メカニズムをよりよく理解することにより、低線量電離放射線の健康影響を評価するためのより正確なモデルを策定することが可能になるであろうとまとめていただいた。



写真6 シンポジウム終了後演者ととともに
左からIgnacia Tanaka氏、Carmel Mothersill氏、
Tom K. Hei先生、著者、香崎正宙講師

謝辞

本学会では、北九州市の共催、公益社団法人北九州コンベンション協会の協賛、また日本産業衛生学会、日本保健物理学会、福岡県医師会から後援をいただいた。Tom K. Hei先生の招へいは、公益財団法人放射線影響学会の国際交流助成、並びに京都大学原田浩教授のJSPS研究拠点形成事業によりご後援いただいた。本学会に対し、数多くの企業・団体より協賛やご協力をいただいた。

本学会開催にあたり支援していただいた皆様には、心より感謝申し上げる。

炭素イオン線がん治療における線エネルギー付与変調治療計画 実現のための物理・生物学的基盤研究

群馬大学重粒子線医学研究センター
尾池 貴洋

(1)背景と目的

炭素イオン線治療は光子線よりはるかに高い線エネルギー付与(LET)を有し、難治性がんにも有効性を示す有望ながん治療法ですが、個別最適化の余地が多分にあります。私達はこれまでに、炭素イオン線の強い殺細胞効果は高LETビームによる大きく複雑なDNA二重鎖切断(DSB)の誘導とそれに起因する高効率な分裂期崩壊の誘導によることを示唆するデータを報告してきました(Oike T et al. *Scientific Reports* 2016; 6 :22275, Amornwichee N et al. *Plos One* 2014; 9 :e115121他)。このことから、炭素イオン線治療計画におけるLETの能動的な変調が治療成績向上に寄与するのではないかと考えました。しかし、本研究の開始当時、所属する群馬大学において、炭素イオン線治療計画は標的体積への投与線量を評価基準とする一方でLETの評価は困難でした(2024年10月現在においては、限られた施設で治療計画のLETプロファイルの参照が可能になってきています)。

このような状況においてLET変調治療計画を臨床へ実装するためには以下の未解決課題が挙げられました。

- (i) 群馬大学で使用されている治療計画ソフトXiO-Nに使用可能なLET評価ツールが存在しない。
- (ii) LETと細胞致死の関係が不明である。

そこで、課題(i)、(ii)の克服を目的として本研究をおこないました。

(2)結果

課題(i)：QSTの兼松博士らは2018年に当時の放射線医学総合研究所病院で使用されていたXiO-Nの治療計画のLETを推定する方法(原法)を開発しました(*Radiol Phys Technol* 2018;11:242)。そこで私達は原法の精度向上と群馬大学での使用可能性の評価をおこないました。炭素イオン線ビームの深度方向を拡大ブラッグピーク(SOBP)領域、非SOBP領域と定義し、SOBP部の遠位端前後1mmの範囲をoverkill領域と定義しました。各領域についてQSTで炭素イオン線治療開始当初に使用された治療計画ソフトであるHIPLANにおけるLETと生物学的効果比(RBE)の関係を二次近似し、そこにXiO-NのRBEを代入することで推定LETを算出する手法(修正法)を確立しました。同法をQSTならびに群馬大学のXiO-Nのモノビームデータセットに適用し、それぞれHIPLANデータ、モンテカルロシミュレーションデータをレファレンスとしてLET推定精度を検証しました。結果、QSTのデータセットにおいて修正法は原法と比較してoverkill領域におけるLET推定精度を80.0%向上させました。群馬大学のデータセットにおいて、修正法のレファレンスに対する誤差は $2.3\% \pm 0.67\%$ ($n=5$)でした。プログラミング言語Pythonを用いて、修正法により治療計画CTの各voxelにおける線量平均LETを算出するプログラムを作製しました。算出された線量平均LETデータを治療計画装置MIM Maestroに転送することで、群馬大学で実臨床に使用された複数の治療計画CTについてLET分布図とLET-体積ヒストグラムを表示することができました。

課題 (ii) : ヒト癌細胞株A549にLET13-100 keV/ μm のモノビーム炭素イオン線を照射し、細胞生残率をコロニー形成法、DSB指標 γH2AX fociを超解像顕微鏡DeltaVision OMXで評価しました。同実験におけるLETとfoci体積の関係をガウス関数で近似しました(式1)。臨床使用される幅3-12 cmのSOBPビーム中心におけるLETプロファイルをGEANT4を用いてシミュレーションしました。式1とシミュレーションデータを用いて任意幅のSOBPビーム中心における任意体積以上のfociの誘導確率を求める式を作製しました(式2)。A549に幅3-12 cmのSOBPビーム中心を照射し、コロニー形成法により細胞生残率を求め、式2の結果と比較しました。結果、モノビームの殺細胞効果はLETに関わらず $0.7\mu\text{m}^3$ (閾値とする)以上のfociの誘導確率と高度に相関しました($r = 0.98$)。SOBPビームの殺細胞効果は閾値以上のfociの誘導確率と $1.6\% \pm 1.2\%$ の精度で一致しました。

(3)結果のまとめと将来展望

課題 (i) に取り組んだ結果、XiO-Nを用いて作製された炭素イオン線治療計画のLETプロファイルを取得する方法が開発されました。課題 (ii) に取り組んだ結果、臨床使用される混成LET炭素イオンビームの殺細胞効果をDSBの超解像三次元データを介してLETの関数として予測する式が開発されました。現在は上記の2つの成果物を組み合わせることで、治療計画CT画像の各voxelにおける抗腫瘍効果をマッピングすることを目指し研究を続けております。究極的には、「どこに、どのくらいのLETのビームをどれだけ投与すれば腫瘍を制御することができるか」を知るツールを開発することにより、炭素イオン線がん治療の個別最適化による成績向上に貢献したいと考えております。

本研究の遂行にあたり、放射線影響協会様に多大なご支援を賜りましたことを深く感謝申し上げます。

(4)発表論文

1. Anakura M, Kubota Y, Oike T(責任著者),

Matsumura A, Sakai M, Kanematsu N, Tashiro M, Ohno T. Improved Algorithm for Estimation of Linear Energy Transfer in Carbon Ion Radiotherapy Plans. *Anticancer Research* 43;2975-2984 (2023)

2. Oike T (責任著者), Kakoti S, Sakai M, Matsumura A, Ohno T, Shibata A. Analysis of the relationship between LET, γH2AX foci volume and cell killing effect of carbon ions using high-resolution imaging technology. *Journal of Radiation Research* 64; 335-344 (2023)

(5)学会発表

1. Oike T, Kakoti S, Sakai M, Matsumura A, Ohno T, Shibata A. Prediction of the cell killing effect of clinically-used mixed-LET carbon ions by clustered DSBs volumes using super-resolution microscopy. American Society for Radiation Oncology 2024 Annual Meeting 米国ワシントンD.C. 2024年9月

2. 吉松幸彦、穴倉麻衣、尾池貴洋、吉田英恵、久保田佳樹、松村彰彦、酒井真理、兼松伸幸、田代睦、大野達也。炭素イオン線治療計画におけるLET推定アルゴリズムの改善と臨床応用について。第3回日本量子医科学会学術大会 埼玉県和光市 2023年12月

3. 吉松幸彦、穴倉麻衣、尾池貴洋、吉田英恵、久保田佳樹、松村彰彦、酒井真理、兼松伸幸、田代睦、大野達也。炭素イオン線治療計画におけるLET推定アルゴリズムの精度向上と臨床実装。日本放射線腫瘍学会第36回学術大会 神奈川県横浜市 2023年11月

4. 尾池貴洋、Sangeeta Kakoti、酒井真理、松村彰彦、大野達也、柴田淳史。超解像 γH2AX foci体積を用いた混成LET炭素イオン線の殺細胞効果予測。日本放射線影響学会第66回大会 東京都港区 2023年11月

5. 尾池貴洋、Sangeeta Kakoti、酒井真理、松村彰彦、大野達也、柴田淳史。炭素イオン線におけるLET、 γH2AX foci 体積、および殺細胞効果の関係性の解析。第60回日本放射線腫瘍学会生物部会学術大会 京都市 2023年6月 以上

令和6年度 放影協開催講座「ICRPセミナー」(Webセミナー形式)

公益財団法人 放射線影響協会 企画部

放射線影響協会では、放射線影響に関する調査研究も事業の柱としており、国際放射線防護委員会 (ICRP) の勧告や報告等について調査研究するICRP調査・研究連絡会を組織し活動を行っています。

放射線の防護に関しては、放射線の人体への影響に関する科学的な知見を踏まえて、ICRPが放射線防護の基本的な考え方と具体的な基準について勧告等を出しており、この内容は我が国の規制にも多く取り入れられています。ICRPは専門家の立場から放射線防護に関する勧告等を行っており、理解が難しい部分もあります。そこで、当協会ではICRPに関心を寄せる方々を対象に、ICRPが公表する勧告・報告等を分かりやすく解説する場を設けることとし、平成26年度から放影協開催講座 (ICRPセミナー) を定期的実施してきています。本講座は放射線防護に関係する方々のみならず、一般の方々も対象に開催してきているものです。

今回のセミナーは、放影協ホームページ等により事前に参加者を募り、令和6年10月23日 (水) にWebセミナー形式で開催し、100名を超える方々にご参加いただきました。

京都大学名誉教授 / 前ICRP主委員会委員であられる丹羽太貫 (にわ おおつら) 先生を講師に迎え、「ICRP Publication 131放射線防護のための発がんの幹細胞生物学」の解説についてご講演いただきました。

前段では、低線量・低線量率放射線のリスクに係る各種の問題点、リスクの評価モデル (LQとLNT)、固形がんの過剰相対リスクと線量との関係、リスクへの対応などについて説明がなされました。次に、丹羽先生がICRP委員に就任されて、Publication 131として幹細胞生物学に係る知見をまとめることと

なった2000年当時のICRP主委員会委員Roger Cox博士とのLNTモデルに対する議論内容 (低線量率被ばくでの線量率効果、放射線発がんのモデル) について紹介がなされました。

続いて、これらに関与する組織幹細胞について、幹細胞ニッチや組織構築、幹細胞の観点からの放射線発がんについての解説がなされ、さらに、発がんの標的は幹細胞と前駆細胞 (プロジェニター) であり、それらはニッチをめぐって競合を起こすこと、幹細胞ニッチが健全であれば前がん細胞は排除されるが、不健全になると保持を助けることなどが説明されました。

年齢依存性に関しては、胎児期・新生児期・成体での幹細胞分裂と競合の違いや胎児期の幹細胞や発がんについて、関連する研究結果等とともに紹介がなされました。胎児期の幹細胞は発がんを抑制するが、これらの機構についてはいまだ不明であり、胎児期に損傷した幹細胞が生後におこる幹細胞ニッチをめぐり厳しい競合に敗れることなどが考えられるとのことでした。

最後に、幹細胞の視点から考えた場合における従来の放射線防護のサイエンスに対する所感を述べられ、丹羽先生のご講演が締めくくられました。

<プログラム>

14:00~14:03 開会の挨拶 放射線影響協会
14:03~14:48

「ICRP Publication 131放射線防護のための発がんの幹細胞生物学」の解説

丹羽 太貫先生

14:48~14:58 質疑応答

14:58~15:00 閉会の挨拶 放射線影響協会

令和6年度放射線影響協会開催講座ICRPセミナー要旨 「ICRP Publication 131：放射線防護のための発がんの 幹細胞生物学」の解説

京都大学名誉教授/前ICRP 主委員会委員 丹羽 太貫

ICRPの報告書は、放射線防護体系についての解説と説明のためのものである。しかし本日紹介するPublication 131は、その第1章から第3章の本文で、まず放射線による確率的影響の一つであるがんの標的である組織幹細胞について、細胞学的な性質と組織内での動態などを紹介し、つぎにこれらの細胞の性質が、放射線防護に重要な直線しきい値なし(LNT)モデル、発がんリスクの組織ごとの違い、放射線発がんリスクの被ばく時年齢依存性、到達時年齢に応じたリスクの低下、線量・線量率効果との関係などと、どうかかわっているかを考察する。さらにこれらの放射線発がんリスクの挙動には、幹細胞のもつどのような性質が、機構としてかかわっているかなどについて考察している。本文に続く付録では、各体組織における幹細胞とそれによって保たれる組織構築、さらに放射線によりそれらがかく乱されることで生じるがんが紹介されている。なお、Publication 131の和訳は、本文のみについて行われている。

上記のPublication 131の内容は、ICRPの報告書として極めて特殊な構成になっているには、理由がある。本日の演者である丹羽は、本来放射線生物学の基礎研究分野で実験研究を行ってきた人間で、ICRPなどの放射線防護とは縁遠い分野を専門にしていた。しかし2000年に、国内であった講演会で当時のICRP主委員会委員のRoger Cox博士と出会

い、本報告にある放射線発がんの線量効果関係を記述する直線二次式モデルの直線項の線量率依存性について議論を交わした。Cox博士は低線量率でも一次項の低減はないとする立場であったが、私は損傷を受けた細胞そのものの排除の可能性を考えれば、低減はあってもよいとの主張であった。そのご縁で彼の説得を受け、ICRPの第一委員会の委員になった。その彼は、2008年にICRPから離れるにあたり、私に幹細胞についての知見をまとめるように強く求め、本報告書の作成になった。ただ丹羽は2007年に大学から放医研に移り、その後も2010年には民間会社、2012年に福島医大、そして2015年に放射線影響研究所に移ったこともあり、本報告の完成は大幅に遅れることになった。なおこの間に、幹細胞生物学は驚くほどの進展をみせ、21世紀におけるきわめて重要な研究分野に進歩したことは、皆様のご存知の通りである。

今回の講演では、まず組織幹細胞についての総論として、幹細胞ニッチやその組織構築について述べる。次に幹細胞の観点から放射線発がんLNT仮説と直線二次式の問題を論じ、そのうえで低線量および低線量率のリスクを考察する。最後は、放射線発がんの年齢依存性、被爆後の到達年齢とともに低下するリスクの問題を幹細胞の動態と関連付けて考察したいと思っています。



アンパンマンと私

放射線影響協会 常務理事 富田 英二

【アンパンマンとの出会い】

平成元年の春である。近所のスーパーにアンパンマン(ぬいぐるみ)が来て握手会と写真撮影会を行うというので、幼稚園に入る前の子供と出かけた。子供はいつもテレビで見るアンパンマンが目の前にいるので興奮して喜んだ。映像では無く、生きている本物のアンパンマンに会えたと思ったのである(それくらい幼かった)。

その頃から小学低学年くらいまで、子供と一緒にアンパンマンのテレビ放映をよく見ていた。最初は意識していなかったが、気がついた事が二つあった。一つは、悪事やいたずらを仕掛けるばいきんまんにアンパンマンがアンパンチ(素手のパンチ)などを浴びせて追い払うというストーリーなのだが、アンパンマンは相手を滅ぼさない(殺さない)のである。ばいきんまんは「バイバイキーン」と言ってバイキン城へ逃げ帰る。力を回復したばいきんまんは翌週のテレビでまた悪事やいたずらを仕掛けてくる。それをアンパンマンがまた追い払う、という繰り返し。

⇒⇒でも、これって人間(医学、衛生学)と黴菌の戦いの本質ではないか。退治したと思っても新種の黴菌や耐性をつけた黴菌がまた誕生する。人間(医学、衛生学)はまた戦う。戦いは永遠に続く。アンパンマンって深いぞ、と思ったのである。(※1)

もう一つは、悲しみに沈んでいる子供、空腹で泣いている子供がいると、アンパンマンは自分の顔(すなわちアンパン)をちぎって「大丈夫だよ。これを食べて元気を出して。」と励ますのである。

⇒⇒でも、これってユニセフと同じではないか。アンパンマンって深いぞ、という思いを強くしたのである。

なお、ちぎれたアンパンマンの顔はジャムおじさんが新しいアンパン(アンパンマンの顔)を作って付け替えるので、アンパンマン

は、また、元気を取り戻す。

【やなせたかし氏について】

私は、しばらくアンパンマンから遠ざかっていたが、NHKテレビ小説でアンパンマンの作者であるやなせたかし氏と小松暢(のぶ)氏夫婦を題材にしたドラマ「あんぱん」を放映するという話を知り、やなせたかし氏関連について調べてみる気になった。

やなせ氏は大正8年生まれ。旧制東京高等工芸学校図案科を卒業して昭和14年に製菓会社宣伝部に就職。昭和16年に陸軍に召集され砲兵隊員(暗号担当の下士官)として中国戦線に出征。戦後は新聞社編集部、百貨店宣伝部でデザイン業務等に従事。昭和30年前後からテレビ、劇、雑誌などのデザイン担当・美術担当で活躍し始める。昭和48年から絵本「あんぱんまん」を発表し始めたが、爆発的に著名になったのは昭和63年のテレビアニメ「それいけ!アンパンマン」放映開始からである。近所のスーパーにアンパンマンを見に行っただのが平成元年春なので、放映開始から1年足らずの頃という事になる。

アンパンマンのテレビ放映により、やなせ氏が絶頂期を迎えるのは69歳以降であり、遅咲きと言えるかもしれない。一つ年上の奥様は、やなせ氏が74歳の時にがんで亡くなられた。やなせ夫妻に子供はなく両親・兄弟も亡くなっているため、以降、やなせ氏は一人で頑張って20年ほど生きた。この頑張り具合はすさまじいほど驚異的である。60代末期に腎臓結石、70代に白内障、心臓病、80代にすい臓炎、ヘルニア、緑内障、腸閉そく、膀胱がん、90代で腸閉塞(再発)、肺炎、心臓病(再発)と病気を重ねた。膀胱がんの手術は10回近くに及ぶと言う。これら多くの病気と自身の孤独と付き合いながらも仕事は明るく朗らかに続けて、平成25年に94歳で生涯を閉じた。公表されている死因は心不全である。亡くなる

2か月ほど前の劇場版アニメの舞台挨拶が公衆の前に現れた最後であるが、この時も（身体はだいぶ弱っていたと思われるが）ユーモアを交えて、本人も笑いながらの挨拶だったと言う。上記の病気に悩む人も多いと思うが、94歳まで生きたやなせ氏の生き様は、患者にとって病との付き合い方・生きる希望をどう維持するのかの参考になると思う。

やなせ氏は、視力減退を主な理由として漫画家引退を考え、生前葬を企画したが、生前葬企画発表直前に東日本大震災が発生した。この企画内容は、これまでのやなせ氏の受勲披露会などと同様、やなせ氏らしい洒落とユーモアあふれるものだったが、震災状況に鑑み生前葬を取りやめた。その後、被災各地で、「アンパンマンのマーチ」がラジオで流れると、リクエストが殺到し、YouTubeの再生回数も爆発的に上昇する事態となった。被災者である幼児たちが放送に合わせて、皆、その時だけは明るく朗らかに歌い出したのである。その場の大人たちも涙しながら一緒に歌い出した。「アンパンマンのマーチ」の歌詞は深い。肉親を亡くし、家や故郷を破壊され、悲しみに沈んでいる被災者が子供のみならず大人も「アンパンマンのマーチ」を歌って、生きる希望を持とう、前を向いて進もうという気持ちを奮い立たせたのである。この話が伝わると、やなせ氏は漫画家引退を撤回。被災地向けのアンパンマンポスターや奇跡の一本松をテーマにしたCDの自主制作等も行い、生涯、現役を貫いた。

【アンパンマンのマーチ（テーマソング）について】

皆さんも知らず知らず耳にしている「アンパンマンのマーチ」は、いずみたく氏作曲・やなせ氏作詞であるが、歌詞が深いという意味で当初から評判であった。調べていくと、アンパンマンのみならず、やなせ氏の殆どの作品の底流に自身の戦争体験が色濃く反映しているのが分かる。海軍に入った弟（柳瀬千尋氏；京都帝国大学法学部卒）の戦死も大きく影響している。生まれること死ぬことの意味・命の大切さ・飢えの苦しみ・正義とは何かなど明るく朗らかな幼児向けの作品であっ

ても、実は大人にも問いかける深い作品ばかりである。

ネットでは「アンパンマンのマーチ」について、空飛ぶアンパンマンが特攻隊（航空特攻）を暗示しているとか、人間魚雷回天（海中特攻）操縦員で戦死した弟を偲んでやなせ氏が書いた等のフェイクが出回っている。

最近ではフェイクでも広く拡散すると真実と誤認されてしまう恐ろしさがあるので、明確にしておく必要がある。私がフェイクと断言する根拠は次のとおりである。やなせ氏自身がそうでは無いと否定しているのが一つ。「ぼくはそんなつもりはなかったのですが、アンパンマンのマーチが弟に捧げられたものと指摘する人もいます」（※2）。すなわち「そんなつもりはない＝海中特攻の弟を偲んで書いたものではない」と明確に述べているのである。二つ目は、「ぼくの望む【アンパンマンの】正義は、悪人を倒す【殺す】ことよりも、弱い人を助け、ひもじい人にパンを一切れ分けてあげること」（※3。【 】内は私なりの補足。）と述べていることである。自分を滅ぼし敵も滅ぼすのはアンパンマンの正義ではない。アンパンマンの正義とは、敵とか味方とかに関係なく目の前にいる飢えた人に自分の顔をちぎってアンパンを差し出すことなのである。「アンパンマンのマーチ」の歌詞は、たしかに人間が覚悟をもって何かやろうとした時の心情にあてはまるので、特攻隊員の心情に結び付けられなくもないが、これはこじつけである。やなせ氏本来の趣旨を曲解するものとして注意する必要がある。

ただ、ここで誤解が生じやすいのであるが、やなせ氏は、「弟は、人間魚雷回天操縦員で出撃のため輸送船で移動中、バシー海峡で米軍の攻撃により沈没、戦死した」とあちこちの講演・雑誌インタビューで述べているのである（※4）。しかし、これはやなせ氏の勘違いである事が後に明らかになる。回天の史実研究者が柳瀬千尋氏の名前を見つけることが出来なかったと述べているのもそうであるが、決定的なのは、やなせ氏没後の平成26年角川書店「慟哭の海峡」（門田隆将）において、千尋氏は、京都帝国大学法学部卒業、志願し

て海軍兵科第3期予備学生となり、神奈川の武山海兵団で潜水艦関連の教育を受け、海兵団終了後は駆逐艦「呉竹」の対潜水艦探知室分隊長として配属、バシー海峡で「呉竹」撃沈時に戦死という事実が明らかにされたのである(この書は、千尋氏を含めバシー海峡で戦死した日本兵、生還した日本兵の何人かについて丹念に事実をたどってまとめられた労作である)。人間魚雷回天操縦員ではなく対潜水艦探知室分隊長だった、輸送船ではなく駆逐艦で戦死だったわけである(バシー海峡は合っている)。では、なぜ、やなせ氏が勘違いしたかであるが、主たる原因は、やなせ氏が中国戦線出征直前の昭和18年に、九州小倉で千尋氏と面会したときの会話にあると私は推測している(この面会が生前最後の面会)。この時の具体的な会話やりとりについて、やなせ氏は複数の著作(インタビュー記事を含む)で述べているが、やなせ氏が誤解したと思われる箇所が幾つかある。それらが原因であろう。しかし、長くなるので本稿では割愛する。

「アンパンマンのマーチ」の歌唱はドリーミング(寺田千代氏、嘉代氏の双子デュオ)。アニメソングなので時に声優っぽい声色で歌うが、二人とも同じ学校のクラシック声楽科出身で、基礎・基本に裏付けられた歌声は一級品である。昭和63年25歳で「アンパンマンのマーチ」でデビュー以来、妹の嘉代氏が56歳で突然逝去(脳出血)するまでの間、すなわち40歳を過ぎても50歳を過ぎても、キー・声量・衣装・身振り手振りなどデビュー当時のスタイルをずっと維持し、四季を問わず屋上や駐車場など厳しいステージも含めて子供たち親たちに明るく朗らかな歌声を届け続けた。

⇒⇒長い間ぶれずに若い時のままのスタイルを貫いたことに驚いてしまう。確固たる基礎・基本の上に、ボイストレーニングをはじめ日々の鍛錬を怠らなかったのであろう。でも、このモチベーションはどこから来たのだろうか。やっぱり子供や現場が好きだったのかな。やなせ氏の影響もあるのかな。

【私のアンパンマンごっこ】

私は50代なかば位から献血を行っている。正月、5月連休、旧盆等の血液窮乏期になると、献血会員である私に日赤から依頼メールが来るので、ほぼ欠かさず応えるようにしている。アンパンマンは自分の顔(アンパン)をちぎっておなかをすかせた子供に食べさせて励ますが、私の場合は献血することで『アンパンマンごっこ』をしているのである。ただ、献血するには日赤基準をクリアしなければならない。体重・血圧・該当血液検査項目の値が基準の範囲内にあること、400cc献血の場合は3か月以上の間隔を空け且つ年3回以下であること、70歳未満であること等が基準である。この基準に合致する程度を維持し献血を続けることが、私の心の励みになっている。献血後は小さな達成感と小さな幸せを感じる時間である。しかし、私のこの『アンパンマンごっこ』も最大あと4回となってしまった。次の『アンパンマンごっこ』をどうしようか、現在、模索中である。

(注)

- ※1 私の気づき(理解)は、少し幅が狭かったようである。アンパンマンとばいきんまんの関係は正と悪の関係であるが正と悪は共存すると述べている。平成25年PHP研究所(やなせたかし)「何のために生まれてきたの?」
- ※2 平成25年小学館(やなせたかし)「ぼくは戦争が大きらい」【没後刊行】
- ※3 平成26年NHK出版(やなせたかし)「みんなの夢まもるため」【没後刊行】
- ※4 平成21年フレーベル館(やなせたかし)「オイドル絵っせい 人生90歳からおもしろい」他

上記の(注)書籍は口述を図書化したものを含む。

以上

(公財)放射線影響協会からのお知らせ

放射線管理記録の引渡しについて

RI等使用事業者は、法令により従事者の被ばく線量の測定記録および健康診断記録の保存が義務付けられています。ただし、当該記録の対象者が従事者でなくなった場合又は当該記録を5年以上保存した場合には、国の指定した記録保存機関である当協会へ記録を引渡すことにより法令上の記録保存の義務が免除されます。また、RI等使用事業者が、RI等の使用を廃止した場合は、当協会へ記録を引渡すことが義務付けられています。

当協会では、引渡しを受けた記録を、厳正な管理の下に保管するとともに、記録に関わる本人からの開示請求等に対応しています。

なお、廃止措置での記録の引渡しの際に、保存しておくべき記録が紛失のため引渡せないケースが発生しておりますので、5年以上保存の記録については当協会へ順次引渡すことをお勧めいたします。

「RI等記録引渡しの手続き、料金等」のお問合せ先
(公財)放射線影響協会
放射線従事者中央登録センター RI等記録管理課
電話：03(5295)1790 e-mail：ri@rea.or.jp
URL：https://www.rea.or.jp/chutou/hikiwatashi.htm

主 要 日 誌

【活動日誌】

○総務部

- 10月3日 令和6年度第3回理事会(令和6年度第Ⅲ期国際交流助成の決定について、(書面形式))
- 12月9日 令和6年度第4回理事会(令和6年度放射線影響研究功績賞・同奨励賞及び研究奨励助成の決定について)(書面形式))

○企画部

- 10月11日 令和6年度第Ⅲ期国際交流助成金選考委員会(書面回答形式)
- 10月23日 ICRP調査・研究連絡会行事「令和6年度放影協開催講座(ICRPセミナー)」(Webセミナー形式)
- 11月20日 令和6年度放射線影響研究功績賞及び同奨励賞選考委員会(対面及びWeb

ミーティング形式)

- 11月29日 令和6年度研究奨励助成金選考委員会(対面及びWebミーティング形式)

○放射線従事者中央登録センター

- 11月27日 第134回被ばく線量登録管理制度推進協議会(令和7年度事業計画及び収支予算について等)(対面及びWebミーティング形式)

○放射線疫学調査センター

- 10月9日 令和6年度第1回あり方検討会フォローアップ委員会(Webミーティング形式)
- 10月24日 令和6年度第2回調査研究評価委員会(Webミーティング形式)
- 12月5日 令和6年度第3回成果利活用検討委員会(Webミーティング形式)

放影協ニュース 2025. 1, No.121

編集・発行 公益財団法人 放射線影響協会

URL：https://www.rea.or.jp

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1丁目9番16号 丸石第2ビル5階

電話：03(5295)1481(代) FAX：03(5295)1486

●放射線従事者中央登録センター

電話：03(5295)1788(代) FAX：03(5295)1486

●放射線疫学調査センター

電話：03(5295)1494(代) FAX：03(5295)1485