



放射線衛生管理学カンファレンス

2025 年 3 月 6 日（木）

北九州国際会議場 33 会議室

北九州市小倉北区浅野 3 丁目 9 番 30 号



産業医科大学 産業生態科学研究所
放射線衛生管理学研究室

産業医科大学 放射線衛生管理学的研究室カンファレンス

日 時：2025年3月6日(木)12:55～17:20

場 所：北九州国際会議場 33 会議室(福岡県北九州市小倉北区浅野 3-9-30)

参加費：無料

プログラム

12:55～13:00 開会の挨拶

13:00～14:00 床次 眞司(弘前大学 被ばく医療総合研究所)
「原子力災害時に自分は何ができるか?～福島の実験を元に～」

14:00～15:00 松田 尚樹(元長崎大学 原爆後障害医療研究所)
「放射線衛生管理学と原子力災害の接点
～初期対応、放射線教育、原子力災害時対策～」

15:00～15:15 休憩(15分)

15:15～16:15 笹谷 めぐみ(広島大学 原爆放射線医科学研究所)
「動物モデルを用いた低線量・低線量率放射線発がん研究
(ヒトへの橋渡し研究を目指して)」

16:15～17:15 中村 典(放射線影響研究所 分子生物科学部)
「放射線生物学の忘れ物 生殖細胞突然変異と発がん影響」

17:15～17:20 閉会の挨拶

18:00 意見交換会(旬魚と旬菜 竹なか <https://takenaka.owst.jp/> 会費1万円)
福岡県北九州市小倉北区魚町3-3-22(魚町銀天街の中)

産業医科大学 放射線衛生管理学研究室カンファレンス

ご挨拶

平成 23 年に福島第一原子力発電所（福島原発）事故が起こり、14 年が過ぎようとしています。平成 24 年に当研究室は開設され、平成 25 年から実働し、福島支援を含め、低線量放射線影響、放射線災害や放射線管理等に関与してきました。このカンファレンスは、福島事故の影響を見据えながら、関連される先生方をお招きして、毎年行ってきました。放射線影響の基礎的な内容や福島に関連する話題の提供をしていただき、皆様と議論を深めることを目的に開催しております。

今回、福島原発事故におけるご経験の話題提供として、弘前大学の床次眞司先生と長崎大学の松田尚樹先生を、また、低線量影響など放射線生物学の立場から広島大学の笹谷めぐみ先生と放射線影響研究所の中村典先生をお招きしました。床次先生と松田先生には、福島原発事故が起こった時の経験をご講演いただきます。万が一、原子力事故が起こった際の対応として、記憶に残しておくべき貴重な内容になると期待しています。また、笹谷先生と中村先生には、低線量放射線の発がんのメカニズムや遺伝性影響など放射線生物学的側面よりご講演をお願いしております。最近でも INWOKS のような低線量放射線の影響があるとする報告がありますが、放射線生物学的にも低線量放射線影響をきちんと把握することは、放射線事故あるいは原子力災害が生じた時の対応やコミュニケーションへ役立つと考えております。

昨年 9 月に、日本放射線影響学会第 67 回大会と第 12 回日本放射線事故・災害医学会の合同大会を開催し、皆様のご協力もあり、盛会に終えることができました。その同じ会場でまた皆様と議論できることを、嬉しく、また楽しみにしております。年度末のお忙しい中、ご講演いただける講師の皆様、また参加者の皆様には感謝申し上げるとともに、有意義なカンファレンスとなることを祈念しております。

令和 7 年 3 月 6 日

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線衛生管理学研究室
教授 岡崎 龍史

原子力災害時に自分は何ができるか？～福島を経験を元に～

床次眞司 （弘前大学被ばく医療総合研究所 教授（所長））

東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故）以降、弘前大学被ばく医療総合研究所では、他部局との協力の下、福島県民に対する汚染スクリーニング検査、避難者による警戒区域への一時立ち入りなどの支援のみではなく、環境放射線調査などの研究活動を実施した。本発表では、弘前大学が事故直後に実施した住民への被ばく線量評価に資する調査活動を紹介する。

1) 走行サーベイによる空間線量率の経時変化

2011年3月15日に弘前大学を出発するにあたり、我々が所有し装備可能な装置で最大限の事をするべきと考え、まずは車内において空間線量率の走行サーベイを実施することにした。実際に走行サーベイは3月16日出発と同時に開始した。主として1インチのNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いて、ノートに1分ごとのデータを記録した。なお、車の車体によって γ 線が遮蔽されるため、途中の休憩の際に車内と車外の値を比較し、後で補正することで地表面から1mの高さにおける車外での空間線量率に換算した。走行サーベイは災害対策本部に到着するまでの8時間以上にわたって継続した。走行サーベイはその後4月11日にも実施し、3月16日の結果と比較した結果、岩手県南部の空間線量率が上昇していることが確認された。この結果の信憑性を確認するため、我々は4月25日にも再度同じルートを走行した。

1) 弘前大学の支援スタッフの外部被ばく線量評価

2011年3月15日に派遣された第1次隊メンバー以降、第20次隊に至るまで個人被ばく線量計を装着し継続的なデータの取得を行った。本学支援スタッフは基本的に月曜日に大学を出発し、火曜日から木曜日まで支援作業を行い、金曜日に大学に戻り引き継ぎを行うという手法をとった。個人被ばく線量の継続的な測定結果から事故直後の1次隊の最大積算線量は100 μ Sv程度であったものの、3月下旬以降は支援活動に伴う積算線量は約20 μ Sv程度であることが分かった。

2) 浪江町民及び南相馬市からの避難住民の甲状腺被ばく線量調査

当時最も汚染がひどかった地域の一つであり多くの住民が避難を強いられている浪江町津島地区において、4月12日から甲状腺被ばく線量調査を実施した。調査には3インチのNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータを用い、被験者の負担を考え5分間の測定を実施した。この時期はまだ町民全員が避難しておらず、自宅に残って生活をしている家庭もあった。最初に調査協力をして頂いた夫婦からの紹介によって甲状腺被ば

く線量調査を拡大していった。4月15日までの4日間で17名の成人に対して調査を実施することができた。

当時、本学支援スタッフが宿泊した福島市内のホテルには南相馬市からの避難者も宿泊していた。ホテルに宿泊していた避難者からの依頼によって、浪江町の住民と同じ手法で甲状腺被ばく線量調査を実施した。このホテルへの避難者に対しても測定をしてほしいと依頼された。そこで、ホテルを通じて南相馬市役所に確認をしたところ、住民の希望があれば弘前大学の責任の下に調査を実施しても構わないとの回答であった。その回答を受け、朝食会場において避難している方々に事前説明を行い、希望者を募った。この調査の問題の一つとして、バックグラウンドレベルが低い場所を探すことであった。しかし、我々が宿泊していたホテルにはカラオケ施設があり、防音のためホテル入口から離れた場所にあり、かつ壁が厚くバックグラウンドは100 nGy/h以下と自然放射線レベル程度と低かった。そこで、カラオケ施設を調査会場として乳幼児を含む45名に対して調査を実施した。この一連の調査結果より、小児と成人の甲状腺等価線量の最大値は、それぞれ23 mSv及び33 mSvであると評価され、チヨルノービリ原発事故による避難者の平均値である490 mSvと比べて遥かに低い線量であることが実測によって確認された。当初の計画では100名以上の調査を予定していたが、諸般の事情によりこの調査は62名で終わることとなった。

さらに、我々の調査では一部の避難者の波高分布に放射性セシウムのフォトピークも観測され、 ^{134}Cs と ^{131}I の放射能比を求めることに成功した。この結果を浪江町民が実施しているホールボディカウンタによる内部被ばく検査の結果に反映させ、2393名の ^{131}I による甲状腺等価線量を推定することが可能となった。この調査には浪江町役場の全面的な協力の他、放射線医学総合研究所(当時)や日本原子力研究開発機構の協力を得た。その結果、最大でも18 mSv程度であると評価され、直接測定した結果と比較的良好一致が認められた。

略歴 鹿児島県出身。早稲田大学大学院理工学研究科物理学及び応用物理学専攻。博士(工学)。放射線医学総合研究所研究員、室長、この間に米国エネルギー省環境測定研究所客員研究員を経て、現在は弘前大学被ばく医療総合研究所計測技術・物理線量評価部門教授。また研究所長及びアイソトープ総合実験室長を兼務。その他、広島大学、中国・衡陽師範大学、タイ・チェンマイ大学等の客員教授、国際原子力機関(IAEA)技術協力専門家、国際標準化機構(ISO)専門委員及びコンビーナ、国際電気標準会議(IEC)専門委員、福島県浪江町除染検証委員会委員、青森県顧問、青森県環境放射線等監視評価会議副議長、青森県防災会議原子力部会専門委員等を務める。

放射線衛生管理学と原子力災害の接点 ～ 初期対応、放射線教育、原子力災害時対策～

松田 尚樹 （長崎大学 名誉教授）

岡崎龍史先生が主宰しておられる研究室「放射線衛生管理学:Radiobiology and Hygiene Management」は、基礎放射線生物学から放射線安全、そして国民衛生までを包含した、実に言い得て妙なネーミングだ。そこには、平時の放射線利用時～放射線緊急時～回復期の全時相、ICRP 的なモノの言い方を使えば、計画被ばく、緊急被ばく、残存被ばくの全カテゴリーに向けた、医療者であり基礎研究者としての強い意志が感じられる。こんな研究室は他には見当たらない。わたしの現役時代の仕事など「放射線衛生管理学」のほんの一部に過ぎないが、今回、岡崎先生からなんでも自由に喋って良いという許可をいただいたので、定年前の約 10 年間の仕事を、大胆にも「放射線衛生管理学と原子力災害の接点」と称して紹介してみたい。

東京電力福島第一原子力発電所事故の発災当時、わたしは長崎大学 RI センターの教員と放射線取扱主任者という立場で、センター運営と放射線安全管理をミッションとしていた。ただ、長崎大学には原爆後障害医療研究所（原研）があり、病院も二次被ばく医療機関に指定されていたし、1999 年の JCO 臨界事故では発災翌日からひたちなか保健所で住民の汚染検査に明け暮れるという経験もあった。わたしの携帯に当時原研の山下俊一教授から電話が入ったのは、1 号機爆発の翌日となる 3 月 13 日午後早くのことで、医師、看護師、診療放射線技師とともにその夜に放射線医学総合研究所まで移動し、自衛隊ヘリで福島市の災害対策本部に入ったのは、翌 14 日、3 号機が爆発した 1 時間後のことだった。15 日の 2 号機と 4 号機爆発の後には福島医科大学病院に移り、高線量被ばく者受け入れ準備、幼児の甲状腺モニタリング、搬送者の線量評価などに追われた¹⁾。特に訓練を受けていたわけでもなかったが、GM の屋外バックグラウンドが 5000cpm を超えるという非日常的な線量にあるという点にさえ慣れてしまえば、単に放射線管理区域でのいつもの仕事の延長線という程度の意識で毎日働いていた²⁾。長崎帰着後は、福島からの避難住民や帰還した初期対応者をはじめ全国から押し寄せる被験者の内部被ばく検査に関わることとなったが^{3,4)}、これも、たまたま近くにホールボディカウンタがあるので、使ってみただけのことだ。しかし、当時の混乱の中で内部被ばくはどうしても耳目を集めることになるので、気がつくと御用学者のリスト入りしていて、エゴサーチしてみると御用学者と suggestion されるのには気が滅入った⁵⁾。ちなみに、山下先生はこのリストの上位を飾っておられたはずである。岡崎先生がどうだったかは知らない。

福島原発事故後、放射線による健康リスクの考え方に関する大きな混乱が生じた。その理由の一つとして、医療従事者を含めた「専門家」とみなされる人たちの対応が不均一、場面によっては不適切であったことがあるだろう。これは RI センターの職員でも同様で、放射線による健康リスクの認知を「安全線量」で調べてみると、やはり法定基準に軸足があり、これを超えてしまうと決して「一枚岩」ではない⁶⁾。医学教育でも新しい放射線教育が必要との声が高まり、2014 年 9 月に日本学術会議より提言「医学教育における必修化をはじめとする放射線の健康リスク科学教育の充実」が発出された。これを受けて、2015 年 1 月に国立大学医学部長会議に WG が設置され、放射線健康リスク科学教育の具体化構想の検討が始まり⁷⁾、新モデルコア・カリキュラムに反映された。さらに文部科学省は、課題解決型高度医療人材養成プログラム「放射線災害を含む放射線健康リスクに関する領域」を開始し、長崎大学では広島大学及び福島県立医科大学と連携した「放射線健康リスク科学人材養成プログラム」を試行錯誤の中で編成、体系化を目指した。そこで見えてきた基本カリキュラム、すなわち物理学→生物学→医療応用→規制科学→放射線災害医療→放射線リスクコミュニケーションの流れ、を次に水平展開するべく、ビデオコンテンツを 12 本制作して無料ストリーミング配信を始めた⁸⁾。多くの方々の協力を得て、教科書も昨年末に上梓した⁹⁾。しかし、ツールはあっても使わないことには始まらない。時は過ぎてゆく。放射線教育の継承は大きな課題である。

福島原発事故を契機として、わたしは原子力災害時対策、特に緊急被ばく医療と緊急時モニタリング¹⁰⁾に興味を持つようになった。前者は事故後の大学のミッションとして関わることとなったが、後者については多分に趣味的である。外部から正確なモニタリングデータを得ることも、外部に発信することもできなかった、福島での苦い経験が元にある。おかげで色々な訓練研修で評価したり講義したりするような仕事もさせてもらってきたが、どんな訓練にせよ想定事象はまだ甘い¹¹⁾。専門家が確率的リスク評価でハジキ出す数値に基づく想定など、自然の力は軽く超えてしまう。施設の設計ならともかく、防災はその想定を超えたところが出発点になるだろう。いわば、想像力がものを言う世界である。と、文句を言ってばかりでも仕方ないので、科研や原子力規制人材育成事業を頼って教育プログラムを立ち上げることにした。適切な測定器を使って正確に放射線を測定することだけではなく、測定値を解釈し、被ばく線量を評価し、健康リスクを推定し、そしてそれを正しく伝えることまでが緊急時の現場では要求される。大学でそのようなスキルのある人材を育ててみようというわけだ。その一部は全国公募型セミナーとして、三朝温泉、人形峠、島根県池田鉱泉、福島県川俣町山木屋地区等でフィールドモニタリングセミナーなどを実施してみた¹²⁾。受講生の専攻は医学生物学、薬学、保健学、工学、理学等多岐にわたっていて、まさしく複合領域、学際領域である緊急モニタリングと緊急被ばく医療の世界に触れ、その裾野となる人材が少しでも増えてくれることを期待したい。

だいたいこれでネタは尽きたようだ。昔の仕事をリコールし、こうして年寄りの昔話と自慢話にまとめる機会を与えていただいた岡崎先生に心よりお礼申し上げるとともに、「放射線衛生管理学」を少しでもかじった人間として、その確立に向けた岡崎先生の今後の益々のご活躍にエールを送らせていただきます。

参考文献

- 1) Radiation Measurements 55: 22-25, 2013
- 2) Isotope News 687: 78-81, 2011
- 3) Radiation Research 179: 663-668, 2013
- 4) Radiation Research 180: 299-306, 2013.
- 5) 日本原子力学会誌 53: 666-667, 2011
- 6) Health Physics 110: 558-562, 2016
- 7) 医学教育 50: 581-587, 2019
- 8) 放射線リスク科学教育教材シリーズ. <https://www.med.nagasaki-u.ac.jp/rh-risk/elearning/>
- 9) 基本がわかる放射線医学講義. 2024. 羊土社（東京）ISBN978-4-7581-2177-4
- 10) 日本放射線安全管理学会誌 17: 34-41, 2018
- 11) FBNews 570: 6-10, 2024
- 12) Radiation Protection Dosimetry 184: 294-297, 2019.

略歴および職歴

1979年 金沢大学薬学部卒業、薬剤師免許取得
1981年 金沢大学大学院薬学研究科修士課程修了（放射薬品化学教室）
1983年 サンスター株式会社研究開発本部
1990年 ニューヨーク州立大学バッファロー校歯学部口腔生物学部門
1995年 新技術事業団長崎研究室主任、博士（薬学）取得
1997年 長崎大学アイソトープ総合センター助教授
2003年 長崎大学先端生命科学研究支援センター教授
2014年 長崎大学原爆後障害医療研究所教授
2022年 長崎大学名誉教授

委員等

2014-2018年 日本放射線安全管理学会 会長
2017年-現在 原子力規制委員会放射線審議会委員
2020-2024年 日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会 部会長

動物モデルを用いた低線量・低線量率放射線発がん研究 (ヒトへの橋渡し研究を目指して)

笹谷めぐみ

(広島大学原爆放射線医科学研究所 分子発がん制御研究分野 准教授)

【要旨】

医療の高度化に伴う医療被ばく、放射線の産業利用や原子力発電に伴う職業被ばくでは、低線量・低線量率被ばくによる発がんリスク評価が国際的課題となっている。現在、ヒトにおける放射線発がんのリスク評価は、広島・長崎の原爆被ばく者の疫学調査から得られた情報がその基礎になっている。広島・長崎の原爆被ばく者の疫学研究結果から、被ばく時年齢が若いほど発がんリスクは高い(1-3)。しかし、低線量・低線量率被ばくにおける被ばく時年齢の影響やそのリスク評価には十分なデータがないのが現状である。成人の低線量・低線量率放射線発がんリスク評価では、高自然放射線地域における疫学研究や、原子力施設労働者国際共同研究 (INWORKS) が挙げられる(4, 5)。前者では線量率効果の存在が示唆され、後者では低線量域の発がんリスクが示唆されているが、いずれも交絡因子が存在する可能性を排除できず、結論には至っていない。小児を対象としたCT検査による医療被ばくでの大規模な疫学調査では、蓄積線量 100mSv 以下においても白血病と脳腫瘍のがん発症のリスク増加が認められた(6, 7)。しかし、本研究は、後ろ向きコホート研究であることに加え、観察期間が短いこともあり、この調査結果も結論には至っていない。この様に、低線量・低線量率放射線による発がんリスクに関する情報は十分とはいえない。そのため、線量・線量率・照射時期・環境要因などをより高精度にデザインすることができる動物実験は、ヒト疫学調査結果を補完することを可能にし、リスク評価が格段に進歩することが期待される。

原爆被爆者の疫学研究では、大腸は放射線による発がんリスクが高い臓器である。大腸がんモデルマウスである *Apc*^{Min/+}マウス (Min マウス) は、*Apc* がん抑制遺伝子が正常に機能する正常側アリルと変異をもつ Min アリルを有し、正常側アリルに生じた 1 ヒット (変異) で、がんが誘発される。更に我々は、Min マウスと別系統野生型マウスを用いた実験から、低線量域の発がん感受性を検出でき、線量依存的な放射線の爪あと (欠失) の増加を高感度に検出できることを明らかにした。このマウスモデルや、それを応用したモデルマウスを用いることにより、1) 低線量放射線発がんリスク、2) 線量率効果の機構解明、3) 放射線発がんにおける被ばく時年齢影響解明を目指しており、本カンファレンスでは、その知見を紹介したい(8, 9)。

【参考文献】

1. Preston DL et al, *Radiat Res*, 168(1):1-64, 2007
2. Preston DL et al, *Radiat Res*, 178(2):AV146-72, 2012
3. Ozasa K et al, *Radiat Res*, 177(3):229-43, 2012
4. Nair RRK et al, *Health Phys*, 96(1):55-66, 2009
5. Richardson DB et al, *BMJ*, 16:382:e074520, 2023
6. Hauptmann M et al, *Lancet Oncol*, 24(1):45-53, 2023
7. Gomez MBB et al, *Nat Med*, 29(12):3111-3119, 2023
8. Sasatani M et al, *Carcinogenesis*, 44(1):105-118, 2023
9. Zhou G et al, *Int J Mol Sci*, 25(18):10213, 2024

【略歴】

- 1999 年 3 月 岡山大学薬学部卒業
- 2001 年 3 月 岡山大学自然化学研究科（薬品科学専攻）修士課程修了
- 2003 年 3 月 日本学術振興会特別研究員（DC2）
- 2005 年 3 月 京都大学大学院医学研究科博士過程（生理系）修了 博士（医学）
- 2005 年 4 月 京都大学放射線生物研究センター教務補佐員
- 2006 年 4 月 京都大学医学研究科社会健康医学系専攻環境衛生学助手
- 2007 年 4 月 広島大学原爆放射線医科学研究所助教
- 2018 年 2 月 広島大学原爆放射線医科学研究所准教授

放射線生物学の忘れ物 生殖細胞突然変異と発がん

中村 典 (放射線影響研究所 分子生物科学部 特任研究員)

1) なぜヒトでは放射線の遺伝的影響が見られないか

- 休止期卵子は放射線による突然変異が起こらない (hypoxic だから)
 - ・ In vitro での ES あるいは iPS 細胞から卵子を作る実験 → いきなり 1 次卵胞 (始原卵胞はできなかった) → その後の研究で、5%酸素で培養すると始原卵胞 (休止期卵子) ができた!
 - ・ 休止期卵子は組織幹細胞と似ていて、長寿である必要がある = 低酸素環境が望ましい
 - ・ In vitro における未分化細胞の多分化能を維持するためには、低酸素培養が望ましい
 - ・ マウスもヒトも卵巣の構造は似ている (休止期卵胞は皮質部にあり、そこは血管も少ない)
- マウスの特定遺伝子座実験で使われた遺伝子は、hyper-mutable だった
 - ・ 毛色遺伝子など 7 個の遺伝子間の誘発率の差は大きい (平均は $2 \times 10^{-5}/\text{Gy}$ だった)
 - ・ その後の追加実験で、32 遺伝子の平均は半減して $1 \times 10^{-5}/\text{Gy}$ に下がった
 - ・ 更に 1,000 遺伝子について調べたら $1/10$ に下がった ($2 \times 10^{-6}/\text{Gy}$)
 - ・ 自然突然変異率の高い遺伝子は、放射線にもよく反応するというエビデンスがあるので毛色遺伝子等は遺伝子の代表とはいえない
 - ・ UNSCEAR (国連の科学委員会) は、骨格異常、白内障、先天異常の誘発率が合計 0.34%/Gy と推定、他方、ヒトの出生時の異常頻度は 1 ~ 3 % ある。
 - ・ 原爆被爆者の調査で厄介なのは、線量と家庭崩壊が交絡していること (出生時の異常と社会的状況との間には関係がある)
- マウスとヒトは違う
 - ・ マウスは多胎 (異常胎児を流産できない)、ヒトは原則単胎 (奇形胎児は流産しやすい)
 - ・ ヒトでは子宮内膜が着床される胚の良し悪しを見定めているかも
 - ・ 反復性流産の患者さんの子宮内膜は、発生停止した胚を近くに置くと、腕を伸ばす
 - ・ ヒトには月経がある (そもそも何のため?)
 - ・ 放射線誘発性の突然変異は欠失が特徴: 哺乳動物で欠失サイズと線量の間に関連性があるのだろうか? 低酸素だと欠失は小さいかも? 欠失と同程度の逆位があつてよい
- 全ゲノム調査
 - ・ ゲノムシーケンシング: 長崎の近距離被ばく者 3 家族とチェルノブイリ事故での被ばく者の子ども 130 人では親の放射線の影響は見られなかった
 - ・ 広島・長崎の被ばく者の子ども (トリオ) のゲノム調査は準備中 (倫理の課題: 差別を生じないように)

2) 放射線被ばくによりがんが増えるという考えは誤りだった (小児白血病などは除く)

- 1950~1960 年代 マウス発がん実験では、生涯飼育していないことが多かった → mutagen のスクリーニングは大体 1 年で打ち切りしていたらしい → 1 年で打ち切りした場合は、腫瘍死個体の割合が線量と共に増えた → しかし生涯飼育した場合は、増えていない! → 放射線はがんを増やすのではなく早期発症かと議論があった
- ところが 1970~1980 年代 RAS や P53 など発がん関連の遺伝子が続々見つかるようになって、議論は停滞。放射線による発がんは、腫瘍抑制遺伝子の欠失による可能性が浮上してほぼ固まった

- 個人的な疑問 ①被ばく者の疫学データ：なぜ相対リスク（RR）は時間経過に伴って低下するのか。②マウス生存率曲線は、放射線照射により平行移動する（突然変異説は崩れた）
- ②が意味する象徴的なことは、放射線は一部の個体に影響を及ぼす（その割合が線量と共に増える）のではなくて、照射された全ての個体に影響を生じるということ。
- そうすると、放射線の発がん影響は、突然変異ではなくなるから、確率的影響ではなく、確定的影響（組織反応）ということになる。確定的影響の場合、放射線量は、脱毛などでは症状の強さに関係するが、発がんでは潜伏期（照射とがん発症または腫瘍死までの時間）の短縮として現われる＝寿命短縮は線量に直線的に比例する。「放射線は自然に生じたがん細胞の腫瘍形成を早期化する」と考えるべき。
- 従って、放射線被ばくによってがん死する人が増えることにはならない（寿命短縮という影響がある）。放射線のがんリスクは、「相対リスクモデル」では分かりにくい（年数経過に従って変化するから）。「寿命損失」として表示する方が分かり易い（生涯不変だから）。

今後の課題

- 発がんのためのマイクロ環境とは？
 - ・マウス下肢に照射してからがん細胞を移植すると増殖がよい
 - ・照射されたマウスでは1年以上もサイトカインなどが大きく変動を繰り返す
 - ・がんの放射線治療によって生じる2次がんには、放射線誘発の fingerprint と思えるような大きな欠失がない（数個の塩基欠失は fingerprint か？）
 - ・DMBAによるラット乳がん誘発実験では、100日以内に100%がん発生するところ、餌にプロスタグランジン E2 合成の阻害剤（Non-Steroid Anti-Inflammatory Drug: NSAID）を加えると、がん発生が半分以下に減る。
 - ・微小がん（オカルト腫瘍）は珍しくない（女性乳房、前立腺が有名）。
 - ・マウスの腫瘍細胞の移植で、移植する細胞数を減らしていくと、増殖しない条件が分かる（分裂と免疫による排除が起こっている）→そこに創傷を作ると増殖が開始されるようになる。放射線では？
- 突然変異説では被ばくによる発がんを予防する手だけがない。早期化説では、被ばく後に炎症を制御することで、放射線発がんの予防ができるかも（がんをゼロにしなくても、遅れて発症するようにすれば、放射線被ばくによるがんリスクは減らせる（カロリー制限））。
- 低線量の影響は心配無用ではないか＝最大の不平等は寿命。低線量で数日から種週間の短縮が起こっても、誰にも分からないし、不満にも思えない。低線量研究の意義は？
- 中年以降のマウスは放射線照射しても寿命短縮はとても少ないのはなぜか？

略歴

1969. 3. 大阪大学工学部機械科卒業
 1974. 3. 広島大学理学部動物学科修士終了
 1974-1984 東京大学医学部放射線基礎 助手・講師
 1984 放影研 病理部（のち放射線生物学部に改組） 研究員
 1985 同研究所 放射線生物学部 室長～副部長
 1994 同研究所 遺伝学部に移籍 副部長～部長
 2007-2012 同研究所 主席研究員
 2012-2023 同研究所 分子生物科学部 顧問
 2024- 同研究所 分子生物科学部 特任研究員