



基調講演



【座長】土肥 博雄

日本赤十字社中四国ブロック血液センター所長
広島大学医学部卒業(博士) 1970年

広島大学附属病院勤務後、同大学及び国立大竹病院で文部教官(1977-1984)、広島赤十字・原爆病院第一内科部長(1984-2004)、院長(2004-2012)、日本赤十字社中四国ブロック血液センター所長(2012-)

【講師】フレッド・モトラー

ニューメキシコ大学医学部名誉教授 臨床医学教授
コロンビア大学学士、トーマスジェファソン大学医学博士、
ハーバード大学公衆衛生学修士

著書360冊以上(うち教科書21冊)、国際放射線防護委員会(ICRP)理事名誉委員、核放射線防護審議会(NCRP)名誉会員、米国アカデミー原子力・放射線研究委員会会員。原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)の米国代表を28年間務める。国際チェルノブイリプロジェクトの健康影響チームリーダーを務める。米国保健福祉省、安全保障省、及びWHO、IAEAに放射線影響と放射線事故の専門家として貢献。現在、福島原子力事故の日本政府のアドバイザーを務めている。

70年: Sadakoに学ぶ

原爆投下から70年の節目に、基調講演を行わせていただく栄誉に与り、平松恵一先生、児玉和紀先生、HICAREおよび本シンポジウムの主催者の皆様に感謝を申し上げます。

佐々木禎子(サダコ)は、罪のない戦争犠牲者(特に子どもたち)の象徴である。サダコは、広島に投下された原爆の放射線を受け白血病で亡くなったが、他にも放射線の影響に苦しんだ何万人もの人々がいた。他の放射線被ばく者を救済するために、この惨事から蓄積されてきた膨大な量の知見と専門知識がどのように有効活用され、世界中の何百万人もの人々に影響を与えてきたかを示すことが私の意図である。特に、原爆投下から70年、RERF設立40周年、チェルノブイリ原発事故から30年、HICARE設立25周年、福島原発事故から5年という節目が重なる年(2015~16年)であることを踏まえてこの経験を振り返ることが重要である。大久保利晃先生による適切な指摘のように、健康調査プログラムの参加者の協力がなければ放射線影響の理解における成果と派生的な恩恵はとうてい実現できなかっただろう。

遺伝的影響の可能性、がんの誘発、妊娠に及ぼす影響および非がん影響(白内障、循環器疾患の可能性など)を含めて、原爆被爆者の調査/研究から明らかになった健康への影響は大きく4つに分類される。時が経つにつれ、これらの影響の認識および調査/研究の焦点に転換があった。1945年から1960年頃までの初期段階には、主として急性影響と遺伝的影響への取り組みがなされ、1960年代までには、放射線誘発がんがおそらく重要な長期的影響であろうという認識によって焦点の再調整が行われた。1970~2000年の期間には、RERF(公益財団法人放射線影響研究所)の創設によって、特定のがんの種類の評価、統計的解析モデリングおよび経時的なリスクの調査/研究がなされ、2000年からは、非がん死亡率と非がん影響へのさらなる関心と評価が高まった。

罪のない戦争犠牲者のシンボル



- 1945年8月6日、2歳の時に広島で被爆
- 1954年急性白血病発症
- 入院中、千羽鶴の話に望みを抱く
- 1955年10月25日、12歳で永眠

1

知識の4大カテゴリー

- がんの種類別、被ばく時年齢別の経時的ながんリスクの評価
- 放射線の遺伝的影響の可能性の評価
- 妊娠中の放射線の影響についての知識
- 白内障や循環器疾患などの非がん疾患への影響の評価

2

1960年代の中期および後期には、遺伝的影響の発生はなさそうだと思われることが判明したが、RERFは、被爆二世の死亡リスクの調査／研究を継続している。グラントらによる2015年の発表では、62年間の追跡調査によって、子孫には有害な健康への影響の兆候はなかったと結論付けた。この調査結果は、子どもの時に放射線治療を受けたがん患者の子孫を対象に実施した他の長期的な調査／研究によっても裏付けられている。しかしながら、証拠がないということが、影響がないという証拠ではなく、そのような影響は発現するまでに何世代もかかるのかもしれないが、特定できる遺伝的リスクがないという事実は、子どもがいるか、子どもを持つ予定の何百万人もの放射線作業員やその他の被ばく者にとって重要かつ励みになる事実である。

遺伝的影響 (2015年更新)

Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up: a cohort study

Yokoyama C, Goto T, Yoshida K, et al. Health Effects of Atomic Bomb Radiation: Health Status, Mortality, and Genetic Disease. *Journal of Radiation Research* 2015; 177:229-243.

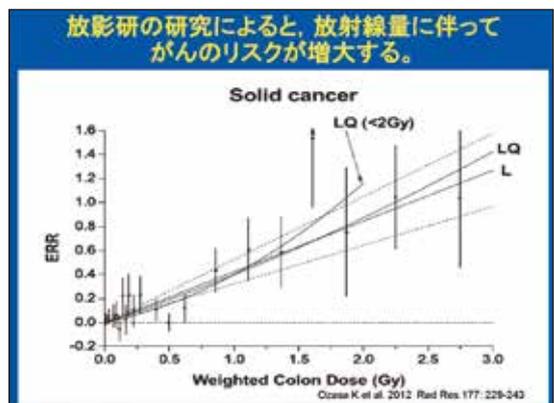
Interpretation Late effects of ionising radiation exposure include increased mortality risks, and models of the transgenerational effects of radiation exposure predict more genetic disease in the children of people exposed to radiation. However, children of people exposed to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki had no indications of deleterious health effects after 62 years. Epidemiological studies complemented by sensitive molecular techniques are needed to understand the overall effects of procreation exposure to ionising radiation on human beings.

この情報は放射線治療を受けたがん患者の子孫の最新の研究によって裏付けられている。

Grant EJ et al. 2015. *Lancet Oncol* 16: 1316-23

3

精巧な統計的分析がなされたRERFのデータは、放射線誘発がんの理解において極めて重要なものであった。寿命調査(LSS)および成人健康調査(AHS)は、放射線影響の疫学的研究のゴールドスタンダードとみなされている。このデータでは、がんの統計的に有意な過剰リスクがあることが示されており、この過剰リスクは、約150ミリグレイ(mGy)を超えて約3グレイ(Gy)までの線量においてほぼ直線的に増加する(図4)。非常に低い線量においては、がんのリスクがあるかどうかの確信を持てるほどの統計的に説得力のあるデータが存在せず、がんのリスクが小さ過ぎて検出できないかおそらくリスクがない、というのが私の見解である。

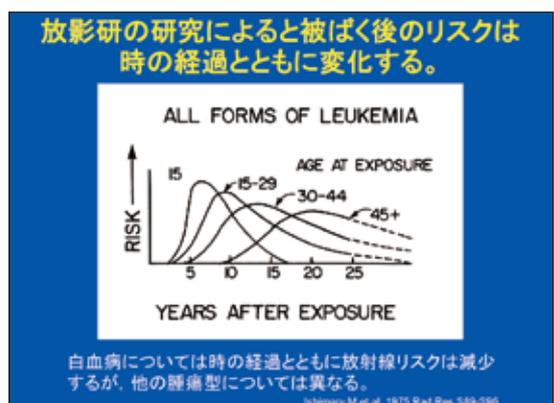


4

図4: 放射線量の増加に伴う死亡率の過剰相対リスク(ERR)の増加(Journal of Radiation Research 177:229~243、2012年、小笹ら)。線形(L)モデルおよび線形二次曲線モデルで示された傾向推測。黒丸は線量分類のERRを示し、垂直線は95%信頼区間を示す。

2012年に発表された小笹らのデータは、過剰がん死亡率が原爆放射線にどの程度起因しているかも示している。2003年にかけてのLSSのデータは、86,111人の調査集団(コホート)を持ち、総死亡者数は50,620人であり、そのうち10,929人(22%)は固形がんが死因で、放射線による固形がん過剰死亡数(死亡率)は推定527人(1%)であった。これは、一般の人々が通常想定している割合よりかなり低いものである。

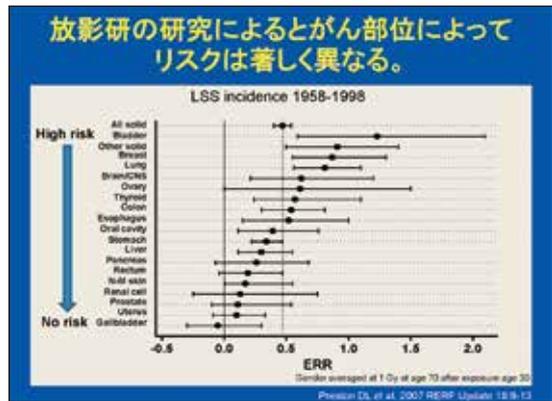
RERFのデータは、さまざまな被ばく年齢および被ばく後のさまざまな時期におけるがんのリスクをある程度明らかにしてきた。全体像の理解には、次の20~30年にわたるコホート内のすべての被験者の完全な追跡調査が必要となるが、潜伏期を経て一部の放射線誘発がんのリスクは生涯を通して増加するものの、その他の腫瘍(新生物)へのリスクは比較的安定しており、少数(白血病など)については、20~30年後にはリスクは減少するか、消滅することさえあることが明らかになってきた(図5)。この知見は、放射線に被ばくした多くの人々にとっては極めて重要である。一つの例を挙げると、チェルノブイリ原発事故で被ばくした子どもたちの放射線誘発白血病のリスクは、被ばくが30年前に起こったため実質的には消滅した。



5

図5: 被ばく時の年齢を関数とする白血病の誘発期間とリスクの略図(石丸ら、Journal of Radiation Research 16[補遺]: S89~96、1975年)。曲線は、若年齢での被ばくでは約5~10年後に白血病リスクが最大になることを示している(サダコの場合と同様)。

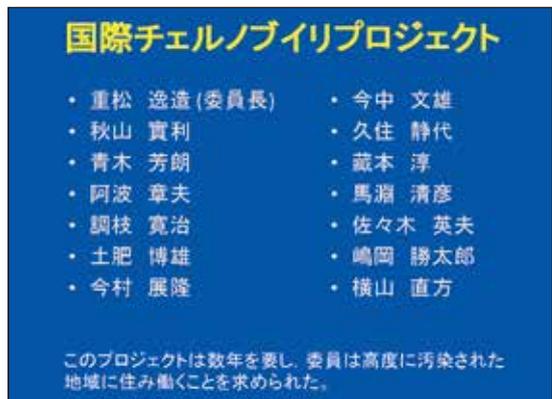
最も興味深い研究成果の1つに、さまざまな組織における放射線誘発がんのリスクがかなり多様であるということがある(図6)。ほとんどの人々は、すべての種類のがんが一樣に放射線によって引き起こされるという間違った考えをもっている。膀胱、乳房および肺の組織は、放射線に感受性があるようだが、放射線被ばく後における前立腺がん、子宮がんまたは腎細胞がんの有意な過剰はないとの見解がある。この知見は、放射線被ばくの何年か後に放射線作業員およびその他の被ばく者に発生するがんの多くの症例の因果関係の評価に極めて重要なものとなってきた。



6

図6:LSSがん発生率データは、放射線によるがん誘発に対するさまざまな組織の感受性に大きなばらつきがあることを明白に示している(プレストンら、「RERF Update」2007年)。

日本の科学者や医師の放射線専門知識は全世界で認められており、その関与／貢献は何十万人の人々に影響を与えてきた。例えば、数年を要した国際チェルノブイリプロジェクトは、RERFの重松逸造博士が代表を務め、多くの日本人チームのメンバーが重度に汚染された地域において状況の評価に取り組んだ(図7)。

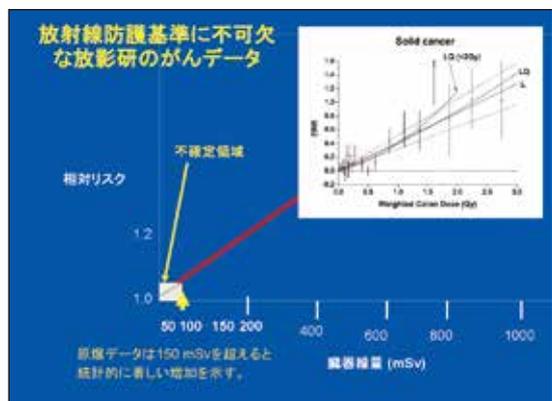


7

また、笹川氏の惜しめない財政的支援によって、日本の科学者は、もう一つの大規模な5年間の調査／研究を行った。これは、チェルノブイリで被ばくした160,000人を上回る子どもたちを対象としたこれまでで最も包括的な甲状腺の評価であった。

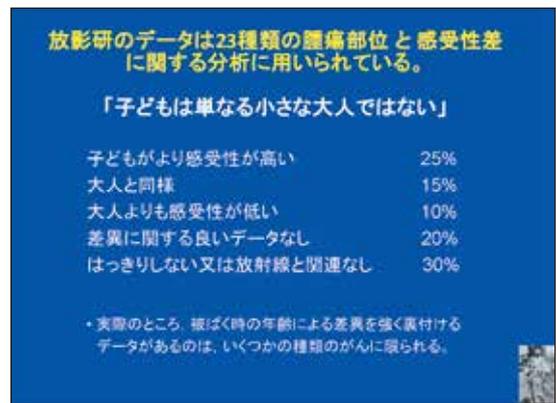
放射線源および放射線影響に関する重要な国際的な合意形成科学報告書が、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)によって定期的に刊行されている。1957年以降のほぼすべての報告書は、原爆被爆者のデータに依拠しており、同委員会は、塚本憲甫、熊取敏之、佐々木康人、米倉義晴を委員会の役員として擁してきたことや日本の科学派遣団の投入によって大きな恩恵を受けてきた。UNSCEARの最新の報告書には、福島第1原発事故の放射線線量と潜在的放射線影響の評価が記載されていた。

放射線影響に関する合意の形成により、別グループの国際放射線防護委員会(ICRP)がデータの審査を行い、国際社会に対して公衆被ばく線量限度および職業被ばく線量限度を勧告している。がんが主要な長期的健康問題であり続けていることから、RERFのデータは、勧告が行われる基盤となる大きな柱であり、1960年代以降ずっとそうである。RERFのデータの影響の具体例は、ICRPの1990年の勧告の中に見ることができる。この時、ICRP(重松逸造を含む)は、一般公衆の年間線量限度を5ミリシーベルト(mSv)から1ミリシーベルト(mSv)に引き下げるように勧告した。これは、主として、乳幼児や子どもの時に被ばくした場合にがん誘発の感受性が高くなることを示すRERFの新たなデータに基づくものであった。公衆の推奨年間線量限度の引き下げにつながったこのRERFのデータが、今日までさらには未来に至るまでの何億人もの人々に影響を与えていることは明らかである。



8

ここ20～30年間の一般的な見識は、子どもは放射線のがん誘発に対する感受性が成人の約3倍であるということであったが、近年、UNSCEARのタスクグループ(作業部会)によって子どもへの放射線影響の問題が再検討された。ロイ・ショアによってまとめられたRERFのデータを使用して、子どもへの放射線影響に関する状況は単純なものではなく、ある程度は使用される統計モデルに左右されることが明らかになった。その結果は以下(図9)に示されており、被ばくした成人からの調査／研究の成果を若年時の被ばくりスクの評価に直接使用することはできないことがわかる。

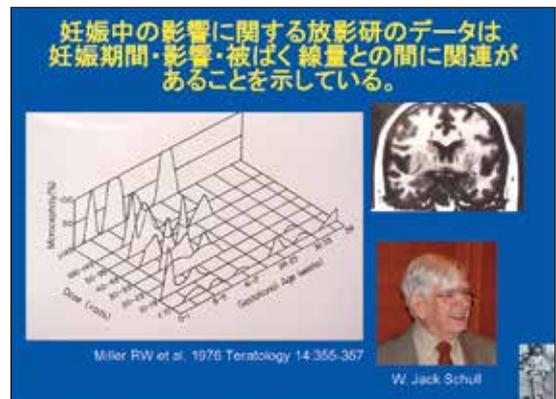


9

図9: 科学文献(主としてRERFのデータから)の分析によって、放射線誘発がんの種類と子どもと成人の感受性には多様性と差異があることが示されている。

RERFで採用され発展を遂げてきた生物学的線量測定の方法は世界中で広く利用されており、チェルノブイリの原子炉作業員、東海村臨界事故の患者の管理、およびその他多くの偶発事故や疫学的調査における線量の推定に使用されてきた。

Choshiらによって発表された原爆被爆者の白内障の調査／研究では、それまでの想定よりもかなり低い線量で白内障が起こりうることが示された。この知見は現在、他のグループの調査／研究において裏付けが行われており、特に毎年X線透視下で治療を行う何千人もの心臓病専門医や放射線科医にあてはまる。さらに、このRERFのデータは、目の水晶体に対する国際的な職業被ばく線量限度を引き下げるICRPの勧告につながった。



10

胎児への放射線の影響は、放射線作業員にとっても一般公衆にとっても放射線被ばく後の重大な懸案事項である。RERFからのデータでは、高線量で妊娠の8～25週の期間においては脳と知能レベルへの影響があることが明確に示されており、低線量でその他の妊娠期間においてはいかなる影響も検出できなかったことも示されている(図10)。このような知見は、医療処置または福島のような事故で被ばくした多くの妊婦のカウンセリングにおいて非常に重要であることが判明している。このような知見がなければ、世界中で何万件もの正当な根拠のない妊娠中絶が行われていたであろう。

図10: さまざまな線量レベルと被ばく時の在胎月齢における小頭圍(小頭症)の発生率(ミラーら、Teratology(先天異常学)14:355～357, 1976年)。妊娠初期の1グレイ(Gy)以上の高線量の被ばくでは発生率は100%に近いが、低線量かつ妊娠後期ではほとんど影響がないかまったく影響がないように思われることがわかる。

福島第1原発事故で被ばくした人の診断、健康管理および予測される健康リスクは、主として環境測定、モデリングおよびRERF／チェルノブイリのデータに基づいている。このデータは、福島県立医科大学の教職員によって、健康調査を計画しその実施を開始するために利用されてきた。若年齢での甲状腺がんの発生率の明らかな増加という問題は、甲状腺がんの発見と診断に関わる問題とともに、原爆被爆者の潜在性甲状腺がんの調査／研究の成果によって示唆されていた。2014年に福島原発事故をめぐる国際諮問委員会の健康勧告が安倍首相に送付されたこと、およびこの勧告は一定の範囲内で原爆被爆者の経験に基づいていたということも付言したい。

原爆データの恩恵は、現在および将来にわたって、HICAREの支援・研修プログラムを通して無数の人々に及ぶものである。RERFが過去40年間に蓄積してきた膨大なすべての知識基盤と経験を利用してこれから成すべきことは何であろうか? RERFに最近着任した丹羽太貴、ロバート・ウーリック両氏はいくつかの重要な任務を負っている。多くの原爆被爆者が生存しており、生涯にわたる追跡調査は20～30年間は完了することはない。がんやその他のリスクの実態を明らかにするためにこのような知見を補完することが求められている。また、入手してきた組織標本をどう扱うのか、ゲノミクスなどの新たな技術を有益に利用できるかどうかという問題があり、政府官僚がRERFの研究の影響と卓越した特質を十分に理解していない場合には予算問題と

いう継続的な課題が常に存在する。最終的には、非がん死亡率という重要な問題もある。

1990年代の初期までに、RERFの研究者(ウングラ)は、非がん疾患と死亡率において線量関連の増加があることを報告した。これらの調査/研究の成果は、2004年の発表(山田ら)においてさらに解明され、研究が継続されて清水および小笹らによる最近の発表につながった。要約すれば、循環器疾患と呼吸器疾患の両方による死亡率に増加がみられるようである。循環器疾患に関する問題は、放射線以外の主要危険因子や交絡因子(日常の飲食物、喫煙、肥満、遺伝的要因など)によって格段に複雑化している。さらに、時間の経過とともに、診断方法の向上、疾患のコード化、死亡診断書の正確性、診断基準および治療において変化が現れた。2013年のRERFのワークショップにおいては、さまざまな種類の循環器疾患すべてが放射線からの同一のリスクを呈するわけではなく、さらに、症状の多くには内在する種々の病理や病因があることが明白となった。例えば、リウマチ性心疾患は、1950~1968年の期間においてのみ増加し、心不全による死亡は、主として1980~1990年代に限って増加したが、虚血性心疾患または心筋梗塞における増加はなかった。したがって、何百万人もの人々や今後の放射線防護基準に影響を与えかねないこのようなテーマに関してはさらなる研究が求められている。

放射線問題について極めて広い見識を持ち、私に対して常に親切・丁寧な対応をしてくださり、私の見解を正確に伝えてくださっている日本の報道関係者に感謝の意を表したいと思う。

60年以上にわたってサダコの遺志を直接的に継承してきた医学博士の小牧律子先生に関する注目すべき感動的な話を私が知ったのはごく最近のことである。小牧先生は、小学校でサダコと一緒に徒競走をする同級生であったが、サダコの闘病中にはサダコが折り鶴を作るのを手伝い、サダコが亡くなった時、「原爆の子の像」を設立するための募金活動の開始に協力した。サダコのような病気の患者を助けたいという思いで、律子は広島大学医学部に入学し、夏期にはABCC(RERF)で研究を行って、最終的には先進的な米国がんセンター(MDアンダーソンがんセンター)に入り、米国屈指の専門家の一人となった。傑出した経歴の一部であるが、小牧律子先生は、米国ラジウム学会の会長を務めており、日本医学放射線学会、日本肺癌学会などのさまざまな専門学会から5つ以上のゴールドメダルを受賞し、広島においても、放射線治療の整備に関わってきた。小牧先生は、RERFの評議員であるジェームズ・コックス博士と結婚しているが、小牧先生の原動力は、「多くの人々が放射線で命を落としているが、放射線は命を救うために利用することができる。サダコは死の間際まで回復を願っていた。目標とするのは、サダコのように病気と闘っている子どもたちの命を救い続けること」であると自らの言葉で述べている。

これらを大きくまとめると、一般の人々には広く知られていることではないが、原爆被爆者(およびサダコ)の悲惨な経験は、放射線に被ばくした世界中の何十万人もの人々への助言を支えるために用いられてきた知見と方策をこれまでに提供し、かつ世界中の何百万人もの人々に影響を与える国際的な放射線防護勧告の大きな柱と基盤を提供しているということである。過去の努力に増して、さらに重要な研究を引き続き行う必要がある。

小牧律子氏による
佐々木禎子さんの心が揺さぶられる話



11

佐々木禎子さんは小学生時代
運動会でよく男子と競争した。



12

小牧博士の素晴らしい経歴の一例

- MDアンダーソンがんセンター、テキサス大学教授
- 米国アメリカ放射線学会上級会員
- 米国最優秀医師およびアメリカのトップ医師に選出
- 米国ラジウム学会 会長
- ジュアンデルレガート金賞受賞
- 日本医学放射線学会金賞受賞章
- 日本放射線腫瘍学会金賞受賞
- ギルバートフレッチャー金賞受賞

13

この基調講演を終えるにあたり、次のことを申し述べたい。核兵器はここ70年間使用されてはいないものの、現在、核兵器の保有国または核兵器を開発している国がかつてないほどに増えているということは憂慮すべきことであり、それゆえに私たちはサダコとその碑文「これはぼくらの叫びです これは私たちの祈りです 世界に平和をきずくための」に立ち返りたいと思う。



14