人間に対する放射線影響のゴールドスタンダード
科学的価値と倫理的責任

国際放射線防護委員会科学秘書官　クリストファー・クレメント

●序章：X線の発見から第二次世界大戦まで（1895～1939年）

1895年11月のX線の発見（レントゲン1895年）からわずか数か月後、初期実験を行う研究者に皮膚への放射線障害（紅斑、皮膚炎、潰瘍など）がすでに確認されている（グルッベ1933年）（ドゥルーリー1896年）（レッピン1896年）。それにもかかわらず、人体の内部を透視することができるX線は、ほぼ時を移さず、早くも1897年には、野戦病院など医療分野で使用されており（チャーチル1898年）、治療用の使用も、1896年には早くも試験が行われている（ベロー1905年）。1898年のキュリーのラジウムの発見（キュリー1898年）とともに、医療における放射線の使用は増え続け、医療従事者や患者の放射線誘発障害の報告も同様に増え続けた。

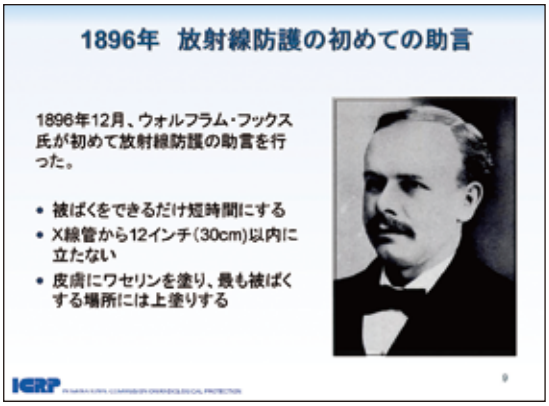
X線の発見からわずか1年後の1896年12月12日、ヴォルフラム・フックスがWestern Electrician誌に初の放射線防護勧告を掲載し（フックス1896年）、9か月間に1,400件の症例で「身体のあらゆる部分にX線を照射」し、「回復の遅いやけどは4例のみであったが、最近になって新聞のコラムを通してかなりの注目を集めることになった」と報告した。フックスは、「この素晴らしい発見がもたらす恩恵と比較するとこの創傷は軽微なものとみなすことができる」と述べているものの、その次の文で、「しかしながら、もちろんこのような“日焼け（放射線による火傷）”の不利益と苦痛を防ぐことが望ましい」と加筆している。

1925年に、第1回国際放射線医学会（ICR）がロンドンで開催され、国際X線単位委員会（現在の国際放射線単位および測定委員会）が創設された。国際放射線防護委員会の創設に関する協議も行われ、これが1928年にストックホルムで開催された第2回ICRでの国際X線およびラジウム防護委員会（IXRPC）の設立につながった。

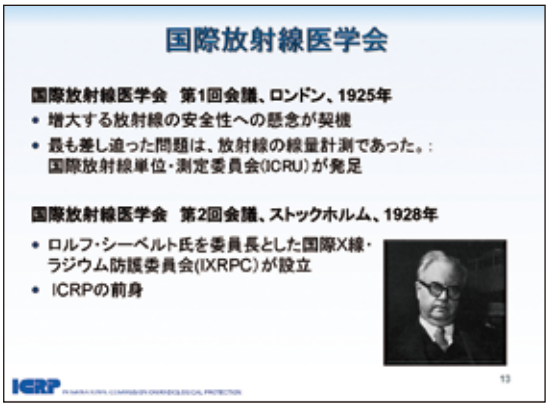
1928年の会議に端を発し、ICRは初の「X線およびラジウム防護に関する国際勧告」を行った（ICR 1929年）。この勧告は、医療施設における「X線およびラジウム業務作業者」の防護に焦点をあてており、第1文において、「X線およびラジウムの過剰被ばくの危険性は、適切な防護と適切な作業環境の提供によって回避することができる」と宣言していた。危険性は、「表在組織への損傷」と「内臓障害および血液変化」とみなされていた。防護の主たる方法は、就労時間の制限とともに、操作者にX線管から可能な限り離れておくように助言すること、X線管の周囲に遮蔽物を使用することであった。

IXRPCは、次に1931年にパリで開催されたICR、その後1934年にチューリッヒで開催されたICRの期間中に会合を開いた。1931年には新たな勧告は提示されなかったが、1934年の主たる追加事項は、「健康な人がX線の被ばくに耐えることができる」基準値が提言されたことであり、この基準値は、現在の単位で約500ミリシーベルト

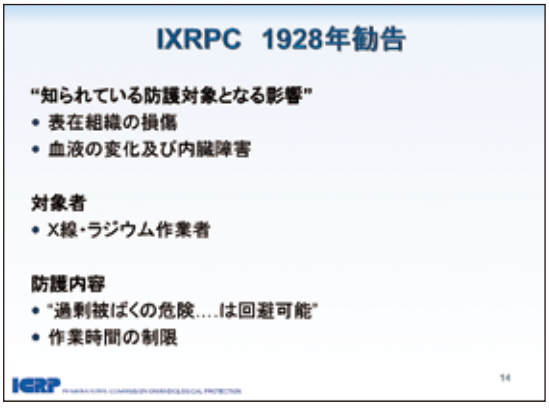
1



2



3



4

（mSv）の年間線量に相当する。

IXRPCは、シカゴでの1937年のICRにおいて再度会合を開いたが、その時点で放射線防護の勧告における大きな進展はなく、第二次世界大戦以前に再び会合を持つことはなかった。

●空白期間：第二次世界大戦（1939～1945年）

第二次世界大戦は、多くの物事を変化させた。何千万という人々が亡くなり、枢軸国と連合国の平時の多くの努力は、戦争遂行努力に総力が結集されることにより中断された。この大戦の最終段階で将来的に大きな影響力を持つ2つの出来事が起こった。広島と長崎への原爆投下である。今日に至るまで、戦争における原爆の使用はこの2回のみである。

1945年8月6日、原子爆弾「リトルボーイ」が広島に投下され、そのわずか3日後の1945年8月9日に原子爆弾「ファットマン」が長崎に投下された。何万人もの人々が即死し、その後数か月間でさらに何万人もの人々が亡くなった。しかしながら、被爆した多数の人々は生き残った。死傷者数は、他の主要都市空爆作戦の死傷者を上回るものではなかったものの、それまでとは異なり、たった2発の原子爆弾によって放射線被ばくが引き起こされた。この大規模な破壊力と原爆被爆者への長期にわたる懸念は、人間の魂に消し去ることのできない瘢痕を残した。

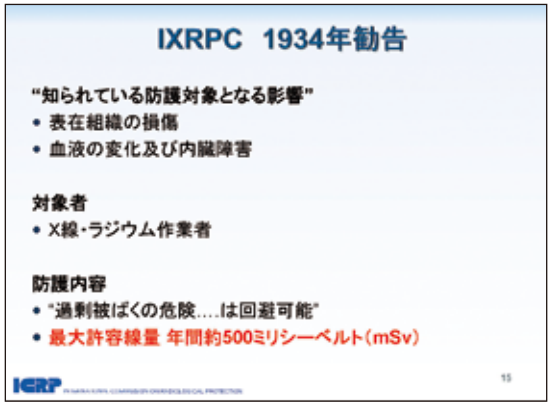
●変容：知見の向上と防護の進化（1946～1990年）

第二次世界大戦終結直後の1945年9月、日米の科学者が原爆投下の医学的影響を調査するために合同委員会を設立した。これに続いて、1947年3月、原子爆弾の生物学的・医学的影響についての長期にわたる研究を行うために原爆傷害調査委員会（ABCC）が創設された。

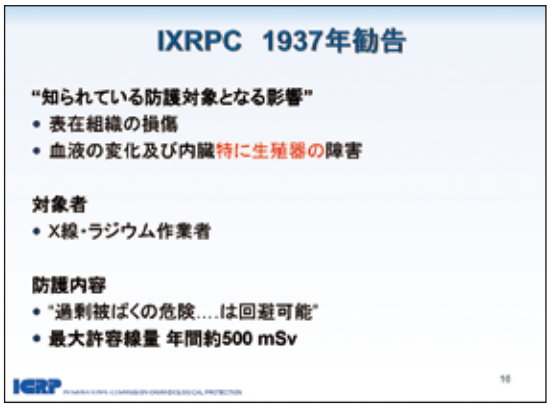
1975年4月、ABCCは、公益財団法人放射線影響研究所（RERF）へと引き継がれた。RERFの任務は、平和的目的の下に、放射線の人に及ぼす医学的影響およびこれによる疾病を調査研究し、原子爆弾の被爆者の健康保持および福祉に貢献するとともに、人類の保健の向上に寄与することである。長年にわたり、ABCCおよびRERFは、原爆被爆者の広範かつ有益な調査／研究を行ってきたが、その調査／研究の成果は、人体への放射線の影響を理解する上でのゴールドスタンダード（究極の判断基準）である。

ABCCおよび後のRERFの研究に大きく支えられて、戦後数年の間に、放射線の影響の理解において大きな転換があった。高線量で見られる直接的な「表面組織への損傷」と「内臓障害および血液変化」をはるかに超えた長期的な影響があることが明確になりつつあった。比較的低線量の放射線も、長期的にはがんを誘発する可能性があり、かつ（その当時の考えでは）遺伝的影響につながるおそれがあった。

一方では、大戦後、国際放射線防護組織も再び姿を現した。1937年以降初めてとなる国際放射線医学会議（ICR）が1950年にロンドンで開催され、そこで、IXRPCは、国際放射線防護委員会（ICRP）に改称された。

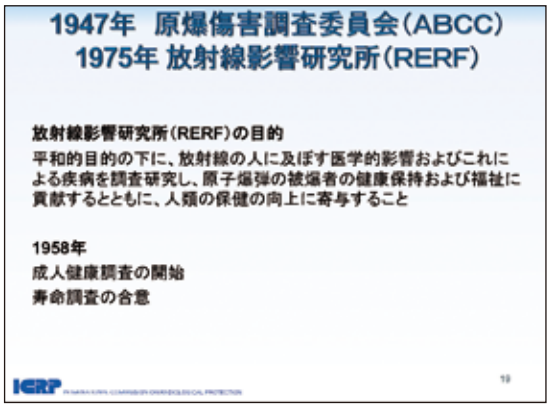


5



6

7

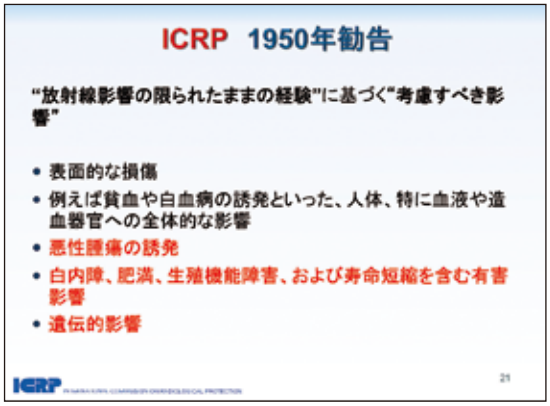


8

1950年のICRPの勧告（ICRP 1951年）には、「放射線影響の限られたままの経験」に基づく放射線被ばくの影響の詳細リストが含まれていた。

（1）表面的な損傷
（2）人体（特に血液および造血器官）への全体的な影響（貧血および白血病の発生など）
（3）悪性腫瘍の誘発
（4）その他の有害な影響（白内障、肥満、生殖障害、および寿命短縮など）
（5）遺伝的影響

ここにきて、皮膚反応や明確に定義されていない「障害」についてばかりではなくなり、事態は、がんの誘発、遺伝的影響やその他の影響を伴ってさらに複雑なものになっていき、この複雑さは、潜在的影響の単なる冗長なリストをはるかに超えた。放射線被ばくの潜在的に有害な影響が「適切な防護の提供によっても完全には回避すること」ができないことが認識されていなかった。新たに発見された影響（顕在化するまでにやや長い時間がかかるもの）が比較的低線量においてでさえ発生するおそれがあるように思われた。



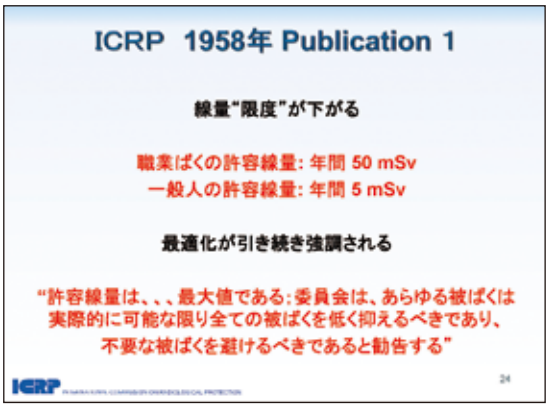
9

10

これが、「全種類の電離放射線への被ばくを可能な限り低いレベルに低減する」という勧告、および現在の単位で年間150ミリシーベルト（mSv/年）にほぼ相当する最大許容被ばく線量の引き下げという勧告につながった。

最大許容被ばく線量の危険性についての社会的関心は、1950年代の半ばに高まり始めた。広島と長崎に投下された原子爆弾の記憶が依然として鮮明であったばかりでなく、第二次世界大戦に続いて大規模な核兵器実験が実施され、それが放射能汚染の拡大につながったこともその理由であった。ラッキードラゴン（ラップ1958年）（シュレイバー2012年）事件も、日本および世界中の世論に多大な影響を与えた。日本の漁船、第五福竜丸（ラッキードラゴン5）の23名の乗組員が、1954年3月1日にビキニ環礁での米国の核兵器実験「キャッスル作戦ブラボー実験（水爆実験）」の放射性降下物を浴びた。第五福竜丸は、広島に投下された原子爆弾の1000倍もの威力の核爆発のあらゆる影響を回避できるほど遠く離れた場所で操業中であったが、その乗組員は放射性降下物に被ばくした。広島に原爆が投下されてから10年も経っていなかった。被ばく当時、乗組員はその影響の重大性に気付いていなかったが、日本への2週間の帰港航海中に症状の一部が発現し始めた。港に着くと同時に、漁船、乗組員および漁獲物は、放射能に汚染されていることが判明し、乗組員は急性放射線症候群の治療を受けたが、そのうち1名は同年9月に死亡した。

11



12

第五福竜丸（ラッキードラゴン）と幸運（ラッキー）とはいえないその乗組員だけにとどまらず、856隻の日本漁船と約20,000人の乗組員がキャッスル作戦ブラボー実験の放射線に被ばくしたと日本の厚生省は報告した。マグロの価格は暴落し、同年末までに捕獲された75トンのマグロは食用に適さないことが判明した。

一般公衆を放射線被ばくから防護することも、この時期のICRPの懸念リストの上位を占めていた。核兵器実験の実施ばかりでなく、原子力や多くの分野での放射線源の利用が増加していたからである。

このような状況の中で、1954年のICRPの勧告（ICRP 1955年）は、もう一つの重要な変化を遂げた。すなわち一般公衆の防護の明確な導入である。それまで、防護の勧告は「業務従事者」を対象としていたが、「大集団の長期被ばくの場合、最大許容

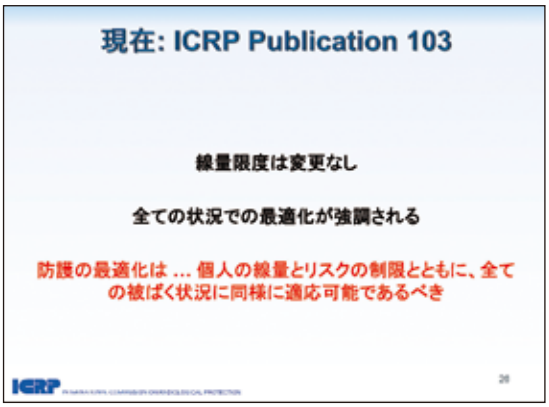
量線量（被ばく線量の上限値）を職業被ばくで認められている許容量を下回る値（すなわち、現在の単位で年間約15ミリシーベルト（mSv/年））まで引き下げるべきである」というわずか一文によってこれが拡大された。

これを踏まえ、かつ、放射線影響に関する新たな情報にも対応しつつ、1958年のICRPの勧告（ICRP 1959年）では、職業被ばく以外の防護に対する勧告についてさらなる展開があった。「管理区域周辺の一般住民」「人口全般（一般公衆）」および「医療被ばく」について明確な言明がなされた。

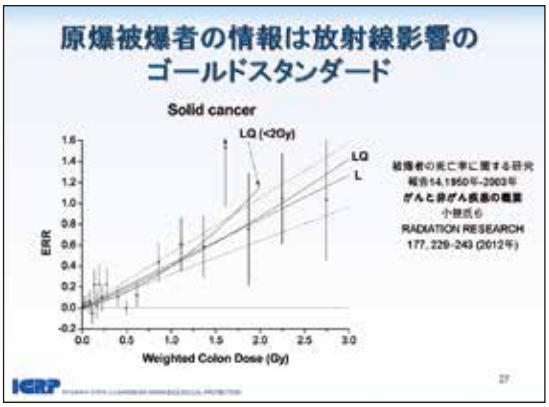
さらに、1958年には、「許容線量は上限値である」「委員会（ICRP）はすべての線量を可能な限り低く抑えることを提言する」「不要なあらゆる被ばくを避ける」という注意事項とともに、職業被ばく線量限度を年間50ミリシーベルト（mSv/年）、公衆被ばく線量限度を年間5ミリシーベルト（mSv/年）までとする重要な引き下げがみられた。

これに続く数十年間に、放射線影響の知見および放射線防護体系高度化の二つの点において、さらなる大幅な進展があった。1977年の勧告（ICRP 1977年）では、今日でもなお使用されている防護体系の原則が導入された。1990年の勧告（ICRP 1991年）では、現在使用されている線量限度が設定された。すなわち職業被ばくでは5年間の平均で年間20mSvまで、ただし50mSvを超える年があってはならず、公衆被ばくでは年間1ミリシーベルトを超えてはならないとした。これ以降変化をもたらしたのは目の水晶体に対する職業線量限度の勧告のみである（ICRP 2012年）。

13



14



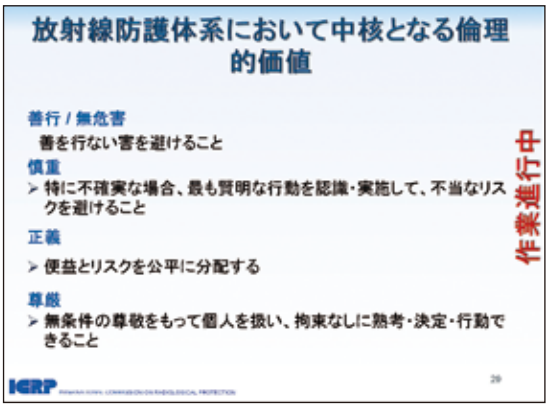
15

●要約：今日の放射線防護

RERFの研究は、依然として人類への放射線の影響を理解する上でのゴールドスタンダードである。原爆被爆生存者の追跡調査を行い、さらに高度な方法を活用しながらその結果を分析しながらその研究は継続する。

がんは、いまだに放射線被ばくに関連する気がかりな重要な長期的影響である。いくつかの動物実験を主たる根拠として、1950年代に懸念の声が上がったものの、人類における遺伝的影響の直接的な証拠は確認されていない。しかしながら、原爆被爆者の調査／研究などに基づく新たな証拠によって、低線量および低線量率においてであっても循環器疾患や脳血管疾患の潜在的可能性を重要視するべきとの指摘がなされている。状況の明確化には、本分野においてさらなる研究が必要とされている。

今日に至るまで、ICRPは、依然として放射線防護体系の整備および維持に関する中心的な国際機関であり、1977年以降、電離放射線防護のあらゆる側面に関する150件近くの報告書をその機関誌「ICRP年報」に掲載しており、ICRPの勧告は、世界中の放射線防護の基準、法令、手引きおよび慣行の基盤を成している。

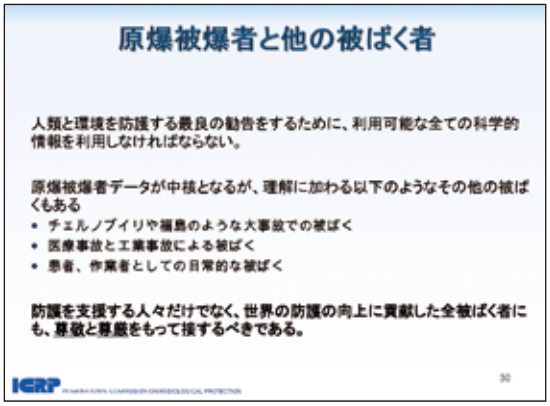


16

科学の発展に追従しながらも、ICRPは、近年、放射線防護の倫理的基盤の明確化にもさらに重点を置いてきた。現在、ICRPタスクグループ94（第94作業部会）が、防護体系の理解を向上させ、放射線の危険性とその認識を伝えるための基盤を提供するためにICRPの勧告の倫理的な基盤を整理統合する責任を負っている。

この取り組みは、防護体系の倫理的基盤を表現するための中核的な倫理的価値を使用していくつかの暫定的な成果を得

ている。
•善行／無危害：善を行ない害を避けること
•慎重：特に不確実な場合、最も賢明な行動を認識・実施して、不当なリスクを避けること
•正義：便益とリスクを公平に分配する
•尊厳：無条件の尊敬をもって個人を扱い、拘束なしに熟考・決定・行動できること



17

このような初期の成果は、放射線防護専門家、倫理学者、福島の住民など放射線防護の倫理に直接的な利害関係を持つその他の個人を含む多種多様な人々と連携して創出されてきたものであり、この作業は、幅広い協議によって来年またはその翌年においてさらに精緻化されることになっている。

しかしながら、放射線防護における尊厳の概念は、防護の対象者のみならず、その被ばく経験が防護体系に貢献してきた人々にも適用される可能性があり、適用すべきものでもあろう。

数字の背後に人間がいることを忘れてはならない。広島と長崎の原爆、チェルノブイリや福島のような事故、また日常的な治療や作業によって放射線にさらされた人々に対して、敬意と感謝の念を表し、尊敬をもって接するべきである。世界中で放射線被ばくの有害な影響から人々を守るための寄与に当たって、科学者や放射線防護の専門家は、情報を最良の方法で活用しなければならない。

【参考文献】

Belot, J., 1905. Radiotherapy in skin disease. Rebman.

Churchill, W.S., 1898. The Story of the Malakind Field Force. Longman's Green & Co., London.

Curie, M., 1898. Rayons emis par les composes de l'uranium et du thorium. C. R. Acad. Sci. Paris 126, 1101.

Fuchs, W.C., 1896. Effect of the Röntgen Rays on the Skin. Western Electrician, December 1896, 291.

Grubbé, E.H., 1933. Priority in the therapeutic use of X-rays. Radiology XXI, 156–162.

ICR, 1929. International Recommendations for X-ray and Radium Protection. A Report of the Second International Congress of Radiology. P.A. Nordstedt & Söner, Stockholm, pp. 62–73.

ICRP, 1951. International recommendations on radiological protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection and the 6th International Congress of Radiology, London, 1950. Br. J. Radiol. 24, 46–53.

ICRP, 1955. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Br. J. Radiol. (Suppl. 6) 100 pp.

ICRP, 1959. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 1. Pergamon Press, Oxford.

ICRP, 1977. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1(3).

ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21(1–3).

ICRP, 2003. A framework for assessing the impact of ionising radiation on non-human species. ICRP Publication 91. Ann. ICRP 33(3).

ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

ICRP, 2012. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).

Lapp, R.E., 1958. The Voyage of the Lucky Dragon. Harper & Bros., New York.

Leppin, O., 1896. Aus kleine Mitteilungen. Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Haut. Dtsch. Med. Wschr. 28, 454.

Lindell, B., 1996. The history of radiation protection. Rad. Prot. Dosim. 68, 83–95.

Röntgen, W.C., 1895. Über eine neue Art von Strahlen. Sitzungsberichte d. Phys. Mediz. Ges. Würzburg 9, 132.

Schreiber, M., 2012 March 18. Lucky Dragon's lethal catch. The Japan Times. Retrieved from http://www.japantimes.co.jp/.