

## 電離放射線の生物学的効果： 日本に贈る一視点

T. D. ラッキー, PhD (有志グループ訳)

世界のメディアの大半が放射線は全て有害であると思いこんでいる。もし日本の政府が、2011年3月の地震と津波がもたらした福島原発事故への対応に当たってこうした思いこみに支配されるならば、既に苦境に喘ぐ日本経済が途方もない無用の出費に打ちのめされることになる。ミハイル・ゴルバチョフが遅きに失して思い知った次の教訓を日本も学ばなければいけない。「20年前にチェルノブイリで起った原子炉のメルトダウンが、恐らく5年後のソ連崩壊の真の原因であった」<sup>1</sup>。

電離放射線(以下放射線とする)にはホルミシスの性質がある。ホルミシスという概念は、メディアにも政府にも一般的に理解されていないのだが、少量なら有益である一方大量では有害、というものである。このような効果は約40種の必須栄養素、全ての薬品、及び他の大多数の物質において生じることが知られている。慢性、急性いずれの放射線被曝にもホルメシスが見られる。核降下物の重要性の理解には、有益から有害までの全域にわたる放射線の考察を欠かすことができない。

低線量放射線の有益性を示す何千もの科学論文が発表されている<sup>2,3,4</sup>。日本は国内に服部禎男博士(元日本電力中央研究所理事)<sup>5</sup>という世界的な権威がいて指導を仰ぐことができるのだが、現実はそのと違って広島放射線影響研究所(RERF)に頼る傾向がある。RERFは放射線の害の研究に何百万ドルもの資金を費やしているが、放射線の健康への恩恵に関しては信頼すべき情報源ではない。

### 放射線は生命にとって不可欠

適切な遮蔽の下に行われた塩水小エビ<sup>6</sup>、原生動物<sup>7,8</sup>、マウス及びラット<sup>9</sup>を対象とする実験から、放射線が生命にとって不可欠であることを示す説得力のある証拠が得られている。筆者自身の原生動物を使った研究、及びクージンのマウスとラットによる研究では、天然(放射性)カリウムに代えて非放射性カリウム-39を用いることにより放射線不足の状態を創出した。これらの報告は、放射線も人間にとって不可欠の物質であることを示唆している。

我々が放射線不足の状態にあるという考えは、低線量被曝が実験動物にも人間にも健康に良い刺激を与えることを示す2,000を超える科学論文によって裏付けられている<sup>3,4</sup>。これらのデータは、世界を通じての放射線の自然レベル、3ミリシーベルト/年(mSv/y)<sup>10 p198</sup>、が真の健康のためには不十分であることを示している。例えば、我々が適量の放射線を受ければガンは稀な病気になるであろうことを示唆する研究結果がある。

## 慢性(継続的)被曝

総線量率応答曲線(図1)が示すところでは、最低発ガン死亡率と最長寿命につながる最適放射線量率は約100ミリグレイ/年(mGy/y)である<sup>11</sup>。健康に良い効果と悪い効果とを分けるゼロ相当点(zero equivalent point = ZEP)は約10,000mGy/yである。ZEPを上回る被曝率においては、放射線疾患の諸症状や死をもたらす可能性がある。

この考え方を裏付ける事例が台湾の台北にある<sup>12</sup>。1982年から1984年にかけて、放射性のコバルトで汚染された鋼材が或るマンションの梁に使用された。その後約20年間、約1万人がこの高濃度の放射性環境の中で生活した。平均被曝線量は50mSv/yであった。これは最適線量である100mSv/yに近い。(新しい評価法ではSvとGyはほぼ等値)<sup>13</sup>。この建物の住民のガンによる死亡率は10万人年当り3.5に過ぎなかった。一般平均の考察からは1,000人年当り116例の死亡が予測された。完全な研究は行われていないが、慢性的な低線量率放射線の被曝はガン死亡率を低下させるように見える。この見方は、米国における屋内ラドン濃度の関数としての肺ガン死亡率によって裏付けられている。

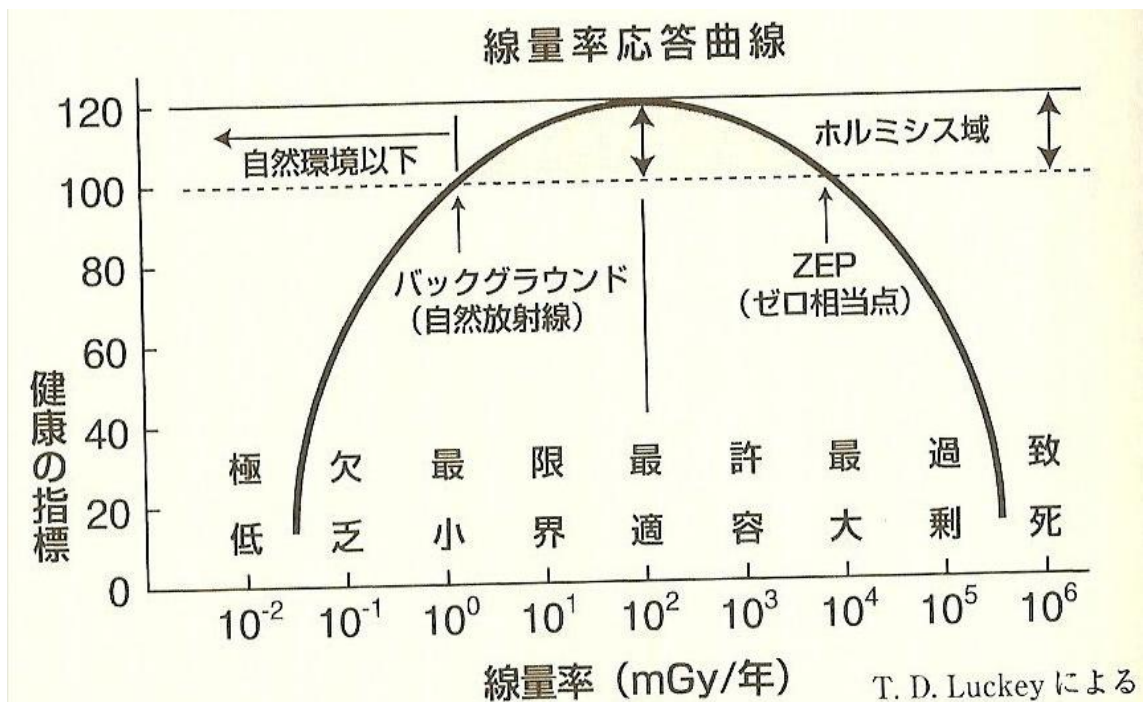


図1. 放射線の効果の範囲。放射線に対する全線量率反応曲線は放射線不足、最適放射線量、放射線毒性を示している。(ラッキー1991<sup>3</sup>、p230、図9.3を修正)。縦座標は相対的健康指数、横座標は10を基数とする被曝の強度を示す。自然環境値(バックグラウンド)は約3mGy/y、ZEPは約10Gy/y(10,000mGy/y)。

## 急性被曝

急性放射線被曝の効果についての各種の結論は、一般的に原爆攻撃から生き残った日本

人に関するデータに基づいている（図 2）。<sup>15</sup> RERF は広島・長崎の生存者のガン死亡率を爆心地から 3-10 キロ離れていた人々（「市内対照群」）のそれと比較した。これらの対照群は原爆からある程度の放射線を浴び、多くが残留放射線が高い内に爆撃された地域に立ち入った。原爆生存者 120,321 人における総（全原因）死亡率が 490mSv 未満の線量において増加することはなかった。<sup>16, p46</sup>

広島と長崎で 10-19mSv 被曝した生存者 7,430 人のガン死亡率は対照群のその 68.5% ( $P<.01$ ) であった。被曝線量 200mSv 未満の生存者 28,423 人（全生存者の 69%）におけるガンによる死亡数は 1,000 人当たり 76.6 であった（図 2 参照）。これは被曝を免れた広島の北西の村落居住者に係る相当数値、1,000 人当たり 77、に近い。この「市外」対照群の 1,000 人当たりガン死亡数が RERF の「市内」対照群のそれよりも大きかった — RERF はこの比較をしようとしな — ことに注目されたい。

200mSv 超の被曝例においては、線量の増加に呼応するガン死亡率の上昇が見られた。即ち、急性放射線被曝における ZEP 値は約 200mSv であった。200mSv 超の被曝は放射線疾患の原因となった。

放射線被曝の効果に関する更なる証拠が、1954 年 3 月、ビキニ環礁での水爆実験による放射性降下物を浴びた 23 人の若い日本人漁夫の事例から得られる。全員が重度の放射線疾患に罹った。アイゼンバッドの表 12.1 によると、全身被曝線量は 170-590cSv (1,700-5,900mSv) であった。<sup>10</sup> 甲状腺の被曝は 300-1,000cSv に達した。最大線量の被曝者は被曝の 206 日後に死亡した。その他の人々はガンを患うことなく 20 年以上生存した。

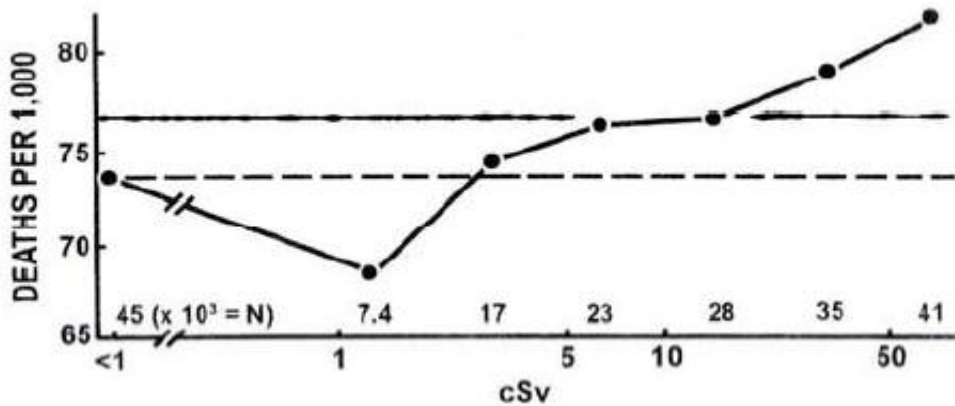


図 2. 累積ガン死亡率。広島、長崎の生存者について推定被曝線量に対する 1,000 人当たりのガン死亡率を示す。横座標の上の数値は各点ごとの人数（千人単位）、即ち線量  $\leq X$  を被曝した人の数を示す。水平の破線は RERF の「市内（爆心地から 3-10km）対照群」を表わす。約 1cSv の被曝者の死亡率は RERF の対照群におけるそれより有意に低い ( $P<.01$ )。直線は広島の北西に位置する諸村の住民のガン死亡率を表わす。

## 放射線被曝者のための推奨指針

上述の情報は、線量を異にする放射線の慢性又は急性被曝者の処置についての当面の指針を提供している。核事故あるいは核爆発後の推奨指針は最大多数の人々に最大の善をもたらすものである。急性放射線被曝者のための推奨指針には、通常、被曝以外の問題の考慮が含まれる。例えば心理的反応、肉体的能力不全、破片による負傷、食料・水・住居の不足など。

急性被曝者用推奨指針での主たる問題は直接被曝による外傷である。これは原爆に起因する全傷害の約5%を占める。<sup>19</sup> 推奨指針はまた、多数の体外及び体内放射性核種からの放射線被曝を含む。核爆発による全傷害の約10%がこれらの問題である。全体の80%は爆風と高熱を原因とする。これらのガイドラインの核事故の場合の効用は限定的である。

放射線推奨指針は、体外照射源からの慢性的被曝者については比較的簡単である。10 Gy/y (約1 mGy/h) 未満の体外放射線被曝者は、直ちにより重度の被曝者の救護に当ててよい。2–10 mGy/h を長時間にわたって浴びた人々は要観察である。(日焼けのような)皮膚の紅潮は軽度の被曝過剰の徴候である。11–100 mGy/h を長時間にわたって浴びた人々は放射線疾患の恐れがあり、加療を要する。1 Gy/h 超だと重症の可能性が高い。10 Gy/h 超ならホスピスでケアを受けるべきである。

広島、長崎両市を総合したデータ<sup>17</sup>は100 mSv 未満の急性被曝者は負傷者や病人の救護に当らせるべきことを示している。100–200 mSv の被曝者は放射線疾患の治療が必要かもしれない。200–600 mSv なら即刻入院を要する。600 mSv 超の人にはホスピスでのケアが望ましい。核爆発の線質係数(Q)は見直しが必要である。

### T. D. ラッキー博士

1941年コロラド州立大学(化学)、ウイスコンシン大学で理学修士(生化学)、ノートルダム大学助教授、准教授(1946-1954)、ミズーリ大学生化学主任教授(1954-1968)、退職により名誉教授授与される。NASAのアポロ計画に協力し、地上の数百倍の宇宙放射環境内での安全性を追求する中で、適度の放射線被曝は「人体に恩恵をもたらすこと」を発見し、”放射線ホルミシス効果”と名付けて世界に発表した。

---

### <参考>

1 Jaworowski Z. Observations on the Chernobyl disaster and LNT. *Dose-Response* 2010;8:148-171.

2 Luckey TD. *Hormesis with Ionizing Radiation*. Boca Raton, Fla.: CRC Press; 1980.

3 Luckey TD. *Radiation Hormesis*. Boca Raton, Fla.: CRC Press; 1991.

4 Muckerheide J. *Low-Level Radiation Health Effects: Compiling the Data*. Needham, Mass.: Radiation Science and Health; 2003.

5 Hattori S. State of research and perspective on radiation hormesis in Japan. *Am J Occup Med Toxicol* 1994;3:203-217.

- 6 Eugaster J. *Weltraumstrahlung*. Berlin: Hans Huber; 1955.
- 7 Planel H, Soleilhavoup JP, Tixador R, et al. Influence on cell proliferation of background radiation or exposure to very low, chronic gamma radiation. *Health Physics* 1987;52:571-581.
- 8 Luckey TD. Ionizing radiation promotes protozoan reproduction. *Radiat Res* 1986; 108:215-219, 1986.
- 9 Kuzin AM, Natural atomic radiation and the phenomenon of life. *Byulleten Eksperimental noi Biologii I Meditsiny* 1997;123:364-366.
- 10 Eisenbud M. *Environmental Radioactivity*. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press; 1973.
- 11 Luckey TD. The health effects of low-dose ionizing radiation. *J Am Phys Surg* 2008;13:35-42.
- 12 Chen WL, Luan YC, Shich MC, et al. Effects of cobalt-60 exposure on health of Taiwan residents suggest new approach needed in radiation protection. *Dose Response* 2007;5:63-75.
- 13 Luckey TD. Sv has a negative Q. *Health Physics News*, submitted March, 2011.
- 14 Cohen BL Test of the linear no-threshold theory of radiation carcinogenesis for inhaled radon decay products. *Health Physics* 1995;68:157-174.
- 15 Luckey TD. Atomic bomb health benefits. *Dose-Response* 2008;6:369-382.
- 16 Sanders CL. *Radiation Hormesis and the Linear-No-Threshold Assumption*. Berlin: Springer; 2009.
- 17 Shimizu Y, Kato H, Schull WJ, Mabuchi K. Dose-response analysis among atomic-bomb survivors exposed to low-level radiation. In: Sugahara T, Sagon LA, Aoyama T. *Low Dose Irradiation and Biologic Defense Mechanisms*. London: Excerpta Medica; 1992: 71-74.
- 18 Mifune M, Sobue T, Arimoto H, et al. Cancer mortality survey in a spa area (Misasa, Japan) with a high radon background, *Jpn J Can Res* 1992;83:1-5.
- 19 Kondo S. *Health Effects of Low-level Radiation*. Medical Physics Publishing; 1993.