

## 資 料

## 放射線被曝と死亡危険度

本郷昭三\*<sup>1</sup>(1978年8月21日受理)  
(1978年12月11日再受理)

## Radiation Exposure and Risk of Death

Syozo HONGO\*<sup>1</sup>

By using the risk factor given in ICRP publication 26 and an assumption of linear relationship between risk and dose, death rate and death number which correspond to radiation dose level and collective dose level of Japanese are estimated and they are compared with vital statistics of Japanese in 1975 to get out some ideas about radiation risk relative to the risks of everyday life.

KEY WORDS: radiation exposure, risk, death, vital statistics, Japan

## I 序

放射線の危険度について、数多い研究がなされ、その集約として、国際放射線防護委員会 (ICRP) の勧告<sup>1)</sup>や国連科学委員会 (UNSCEAR) の報告<sup>2)</sup>が出版されている。放射線の影響については、未知な部分が多く残されているが、この未知な部分を含みながらも、放射線に対する管理は他の危険物に対する管理に比して、著しく進んでいると思われる。しかしながら、現行の放射線管理に対して、「安全を保つには不十分である」という意見があり、また反対に、「安全を保つには十分すぎる」という意見もある。

この主な原因は「安全」なる概念があいまいである事、および一般に危険度が同等でも必ずしも同等な管理がなされていない事によるものと思われる。これらの混乱を少なくするには、「安全」、「危険」等のあいまいな言葉にたよらず、より定量的な表現である「危険度」を可能なかぎり用いる事が必要である。ここでは「危険度」を死亡率で代表し、危険度を定量的に考える上で参考とな

ると思われる、種々の放射線被曝線量\*<sup>2</sup>による推定死亡率を求め、それを種々の原因による現実の日本国民の死亡率と対比した。

本報は、放射線影響を学問的に論じたり評価したりしたのではなく、放射線防護を危険度を中心に把握することを目的に整理したものである。

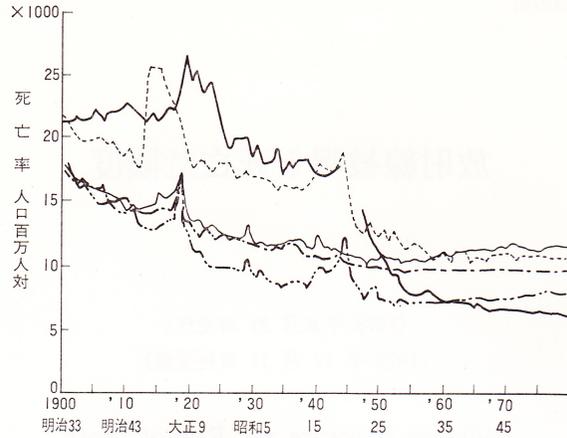
## II 危険度

放射線被曝の場合、主な影響は発癌→死、遺伝的影響→重篤な欠陥または死であり、中間的な重篤度の損傷は比較的少ないと考えられており、損害 (ICRP のいう Detriment) の第一次近似として死亡危険度を用いる事が通常行なわれている。この近似を用いて放射線作業の危険度を他の作業による死亡危険度と比較すれば、放射線作業の危険度は他の作業の危険度に比して相対的に過大に評価されると考えられている<sup>3)</sup>。

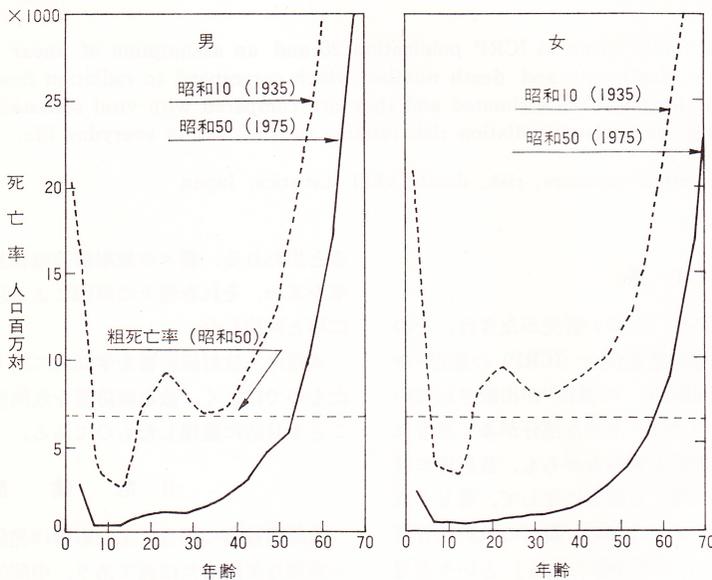
第1図に世界各国における死亡率の年次推移を示した<sup>4)</sup>。これによれば、近年の日本の死亡率は低率国グループとなっている。したがって放射線による死亡危険度

\*1 放射線医学総合研究所; 千葉市穴川 4-9-1 (〒280) National Institute of Radiological Sciences; 9-1, Anagawa 4-chome, Chiba-shi, Chiba-ken.

\*2 正しくは「被曝線量当量」とすべきであるが、本報では厳密な線量当量を扱うことを必ずしも目的としていないので、以下も単に線量と記す。



第1図 世界各国における死亡率の年次推移



第2図 性、年齢階級別死亡率

を日本の現実の死亡率と比較して、その相対的な大きさを  
 知ることは放射線の危険を考える時参考になるもの  
 と思われる。第2図に性、年齢階級別死亡率を示した<sup>\*)</sup>。  
 粗死亡率<sup>\*)</sup>が  $6 \times 10^{-3}$  に対して、最も死亡率の低い女子  
 10歳～14歳のグループではその3%にすぎない。また、  
 女子85歳以上では35倍に達する。また、職業別訂正  
 死亡率<sup>\*)</sup>によれば採鉱、採石作業者が最も高く、平均値

の約2倍、最も低い保安職業従事者は約1/2となってい  
 る。

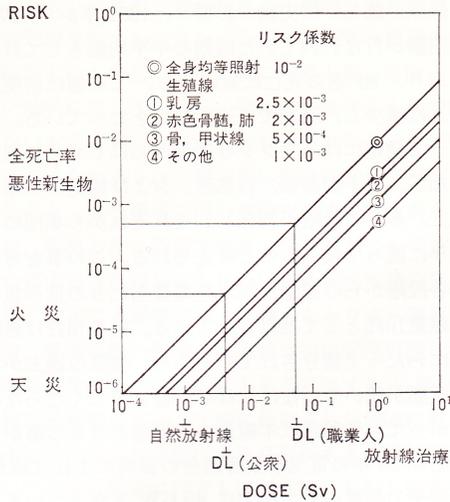
この様に死亡率は年齢、職業によって、それぞれおよ  
 そ係数30、係数2の変動があり、各個人の死亡危険度  
 とはいい難い面もあるが、平均値は個人の危険度を大ま  
 かに示しているといえよう。

III 線量反応関係

ICRP Publ. 26 によるリスク係数を第3図に示した。  
 これらの値と線量反応関係の直線性の仮定を認めれば、

<sup>\*)</sup> 死亡数を総人口で除した値。

<sup>\*)</sup> 年齢構成による死亡率の差を補正した死亡率。



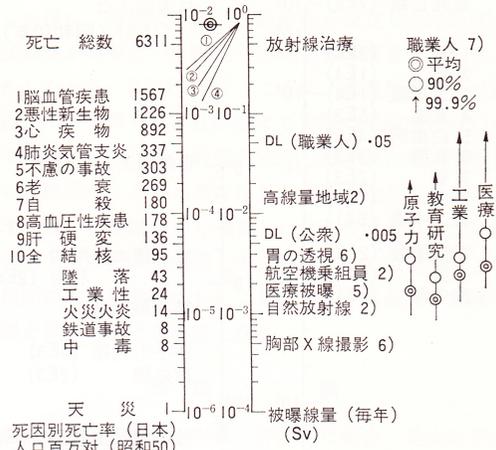
第3図 線量反応関係

毎年連続的にある線量を受けた人に付加される年当たりの死亡危険度を推定することができる。リスク係数および直線性の仮定は放射線防護の目的に適用できるように選定されたものであり、真の線量反応関係は、線量率、年齢、性別等により異なり、単一臓器に対しても一価関数とならないかもしれない。また形も直線でなく、シグモイドかもしれない。このような問題はあるが、ICRP は実際の危険度はリスク係数と直線性の仮定により得られた危険度よりも低いかもしいとしている。線量から危険度の変換に誤差はあり得る事を認めながら、本報では被曝線量と個人の死亡危険度のおおまかな対比をした。全身被曝に換算して毎年 1 Sv の放射線治療を受けたとしよう。このとき第3図に示したように、ICRP によれば危険度は  $10^{-2}$ /年であり、日本の全死亡率のおよそ2倍の危険度が毎年付加される事になる。職業人の線量限度値を毎年浴びつづけた場合、付加される危険度は日本人の全死亡率の約1割である。

#### IV 個人被曝線量と死亡危険度

第4図の左方に昭和50年の死因順位と死因別死亡率(人口100万当たり)を示した。明治から昭和の戦前にかけて上位を占めていた肺炎、気管支炎、結核、胃腸炎など感染性疾患は戦後後退し、脳血管疾患、悪性新生物、心疾患の3大成人病と不慮の事故が抬頭してきている。不慮の事故と自殺は15歳から29歳の若い年齢の主たる死因であり40歳までは第3位を下らない。不慮の事故のおよそ半数は自動車事故によるが、その他の不慮の事故を比較のために図左下方に示した。

第4図の右方は行為別の被曝線量を文献<sup>5-7)</sup>からとつ



第4図 個人被曝線量と死亡危険度

たものである。放射線治療、胃の透視、胸部X線は1件当たりのおよその線量<sup>8)</sup>であり、毎年1件の被曝をした場合に他の線量と同様に考えることができる。ICRP のリスク係数と直線性の仮定が正しいとすれば、全身被曝に対しては図上部に示したように横に平行移動して、また臓器線量に対しては左下りの直線で線量と危険度を結びつけることができる。一般的に横に平行移動して線量と危険度を結びつければ過小評価になる事はない。

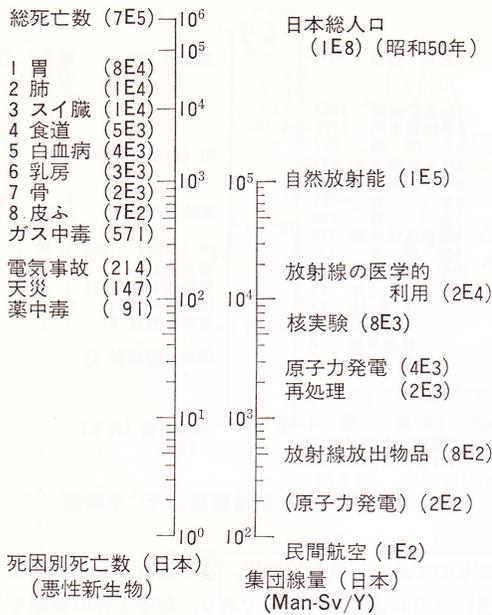
丸山等<sup>7)</sup>の日本の職業上の被曝線量に関するデータによれば、原子力および教育研究にたずさわる人々の平均の被曝線量は、およそ自然放射線によるそれと同レベルである。死亡率では工業性不慮の事故が対応しているが、この値は国民全体に平均されている(職業人に限定すればかなり大きい値となる)ので、直接対比するには不適當である。工業、医療にたずさわる人々の平均の被曝線量は、原子力および教育研究にたずさわる人々に比して多少高いが、公衆の線量限度(DL)を越えていない。90%レンジを見ても、医療を除く他の職業では公衆の線量限度を越えていない。公衆の線量限度値を毎年あび続けた場合付加される危険度は不慮の事故中の墜落死にほぼ相当する。

工業、医療にたずさわる人々のうちごく少数の人々(0.1%)は日本人の全死亡率のおよそ1/10に相当する死亡の危険度(= $6 \times 10^{-4}$ )が付加されることになる。

#### V 日本における死亡数と集団線量

日本における死亡数と日本人の集団線量による死亡数

<sup>8)</sup> 胃の透視、胸部X線撮影については、1件当たりの平均骨髄線量である。



第5図 日本における、集団線量と死亡数

を比較する場合、低線量、低線量率における線量反応関係が大きく関与し、誤差が非常に大きいかもしれない。ここでは、ICRP のリスク係数と直線仮定を用いれば決して過小評価にはならないと信じて比較することとする。

日本における昭和50年の総死亡数と死因別死亡のうち悪性新生物による死亡数を第5図の左軸に示した。また、右軸には、UNSCEAR の報告書<sup>2)</sup>に示されている種々の線源に起因する地球全体に対する全身線量預託の推定値を、日本の人口および原子力発電量にあてはめて求めた種々の線源に起因する日本人の集団線量を示した。ICRP のリスク係数と直線性の仮定が正しいとすれば、第4図と同様、全身均等被曝に対しては横に平行に、臓器別線量に対しては左下りの直線で両軸を対応させることができ、横に平行に対応させれば過小評価になる事はない。ここではすべて横に平行に対応させた。

自然放射線に対しては、総死亡数のおよそ0.1%にあたる1,000名の死亡が対応し、白血病死亡者の1/4に相当する。なお、ここではラドンガスとその娘核種による肺線量は加味されていない。放射線の医学利用は人工放射線のうち最も大きい集団線量をもたらす、不慮の事故中の電気事故にはほぼ等しい200名の死亡が対応する。この分野には有効性を損うことなく被曝線量の低減できる余地が最も多く残されている。一方、被曝管理を行なっ

ても低減の難しい核実験の影響は、1951年から1976年の核実験が行なわれていた時期の年平均値として計算されており、80名の死亡に対応する。この値は核実験がなければ減少し、現在では過大な値となっている。

原子力発電には、ウランの採鉱からはじまって製錬、燃料加工、原子炉運転、再処理、および輸送、廃棄物処分など、多くの段階が関係し、それぞれから集団の被曝が永年に渡って起るものと考えられる。この事を考慮して、各段階からの被曝を単位発電量当たりの世界規模の集団線量預託として推算されている。線量預託は無限の時間にわたって積分されているから、無限の過去から現在の状態が続いていなければ年線量と等しくならない。したがって線量預託は年線量の上限値と考える事ができる。昭和50年の電気事業審議会の資料によれば昭和60年の原子力発電の最大出力は49GWとなっている。稼働率を100%と仮定して計算した日本人の集団預託線量を原子力発電として示した(8 man rad/MW(e)y × 49000 MW(e)y × 10<sup>-2</sup> Sv/rad ÷ 4000 man-Sv)。

この計算において、全世界の原子力発電から日本国民に付加される集団線量預託を計算する代わりに、日本の原子力発電による、世界規模の集団線量預託がすべて日本国民に付加されるとしたが、日本の人口当たりの発電量は世界平均に比して高いため、日本国民の集団線量預託が過小評価になることはないと思われる。

この計算値を用いると、原子力発電により付加される死亡数は40名となり、この半数の20名は核燃料の再処理による集団被曝に由来する。原子炉運転のみによる集団線量預託は原子力発電全体の1/5以下と推定されており、再処理からのそれに比して小さい。(図中の放射線放物品と同レベル)計算に用いた発電量、稼働率、線量預託及び防護技術の発展から考えると、現実の線量はこの値よりはるかに小さいと思われる。

現在の世界の原子力発電量を80GW(e)yとし、世界規模の集団被曝線量預託を求め、日本の人口で比例配分して得られた原子力発電からの集団線量預託は、先の計算で得られた値のおよそ1/20で図中(原子力発電)として示した(0.08 man-Sv/MW(e)y × 80000 MW(e)y × (1 × 10<sup>8</sup>/35 × 10<sup>8</sup>) ÷ 200 man-Sv)。

時計、標識、煙探知器、テレビ等の放射線を放出する物品の利用に対しては8名の死亡が対応し、航空機利用による高空での宇宙線の被曝に対して1名の死亡が対応する。

## VI 考 察

人々は古来、種々の危険に対して、何らかの方法で管

理しようとしてきたと考えられる。危険を逃れるために種々の知恵をつくしてきたがなかには科学的根拠のない俗信的なものも少なくない。特に管理し難い危険や確率の低い危険に対して、御守、御札等、必ずしも科学的根拠のないものが多い。しかしそれはそれなりの価値があったのではなからうか。確率低い危険に対して過剰に注意を払うと、他の確率の高い危険を増す可能性がある。それ故、根拠のない俗信であれ、気を落ちつかせる事が第一の策であったのかもしれない。科学的知識の発達した今日、我々は人類集団および個人をとりまく確率の高い危険、確率の低い危険、技術費用的に管理可能な危険管理不可能な危険を体系的にとらえ対処する必要がある。特に放射線を含め人工的に付加された危険に対しては、十分管理された状態にする必要がある。危険度管理において未知な部分は付きものである。しかし通常未知な部分は主たる危険度ではないであろうから、その部分に過剰に注意を払うことは得策ではない。放射線管理においても同様に、低線量、低線量率の影響については未知な部分が多いが、個人の危険度管理においては必ずしも重要な欠陥とはならないと思われる。先に述べたように現実の死亡統計によれば死亡率は職業によって係数2の変動がある。この事は放射線被曝の危険度管理からみると驚かざるを得ない。日本の社会全体としてみればまだ  $10^{-3}$  レベルの危険度管理も十分行なえていないのである。低線量、低線量率による被曝の影響はより高い線量による被曝を管理することや、放射線以外の比較的高い危険度（たとえば不慮の事故等）を管理する事により十分補える可能性がある。結局、個人の危険度管理において、低線量の寄与は恐らく問題にならず、利益のない被曝や容易に排除できる被曝により危険度が付加されないよう危険が管理されていれば十分であると考えられる。

一方、集団の危険度管理においては、個人の危険度管理に比して低線量の問題は大きい。低線量の影響を評価するとき誤差（過大に評価してしまう度合いが大きい）が人数で拡大される。極端な場合、危険度が0のような低線量を人数倍し、大きな集団線量を得て、危険度を過大に評価していることも考え得る。もし自然放射線レベルのような小さな線量付近に、線量反応関係の直線仮定からはずれ、スレシホールドのような大きな変化があればそのレベルを越えるような職業人の被曝や放射線の医学利用等による被曝により集団に付加される危険度が相対的に高くなり、極端な場合は自然放射線が付加する危険度（相対的に小さくなるため）を越える事も考え得るの

である。

この様に、線量反応関係の直線性が成立しなければ、集団線量から集団の危険度を求める事ができなくなる。しかしながら、ICRP が言うように「線量反応関係の直線仮定により得られる危険度より実際の危険度は低いかもしれない」と認め、直線仮定から得られた危険度を実際の危険度が上まわる事はほとんどありそうもないと仮定すれば、集団線量から換算した危険度はその集団に付加される危険度の上限值と考え得る。この仮定のもとでは集団の危険度管理においても、大まかに個人の危険度管理と同様な見方が可能となる。

## VII 結 論

放射能や被曝線量を定量、評価した場合、過大な不安感を与えることが多い。これは人類をとりまく種々の危険の中で、放射線による危険度が多くの人々に納得できるように妥当に位置づけられていないことによるのであろう。本報では、昭和50年の日本の死亡率と放射線被曝線量による推定死亡率との対比を、ICRPの仮定を用いて行なった。全体として非常に大まかな比較となったが、放射線管理を死亡危険度の管理という次元から把握するための資料として、最小限の目的は達したものと考える。

本稿を執筆するにあたって、有益な助言をいただいた放射線医学総合研究所 環境衛生研究部長 市川龍資博士に深謝します。

## 参 考 文 献

- 1) ICRP Publication 26, Pergamon Press, London (1977).
- 2) UNSCEAR; "Sources and Effects of Ionizing Radiation," United Nations, New York (1977).
- 3) ICRP Publication 27, Pergamon Press, London (1977).
- 4) 厚生統計協会; 国民衛生の動向, 厚生指標 (特集), 24, 51, 56, 65 (1977).
- 5) 橋詰 雅, 丸山隆司; 日本医学放射線学会誌, 36, 3 (1976).
- 6) 橋詰 雅, 他; 日本医学放射線学会誌, 37, 6 (1977).
- 7) T. MARUYAMA *et al.*; *Health Phys.*, 21, 563 (1971).