

## (1) 米国

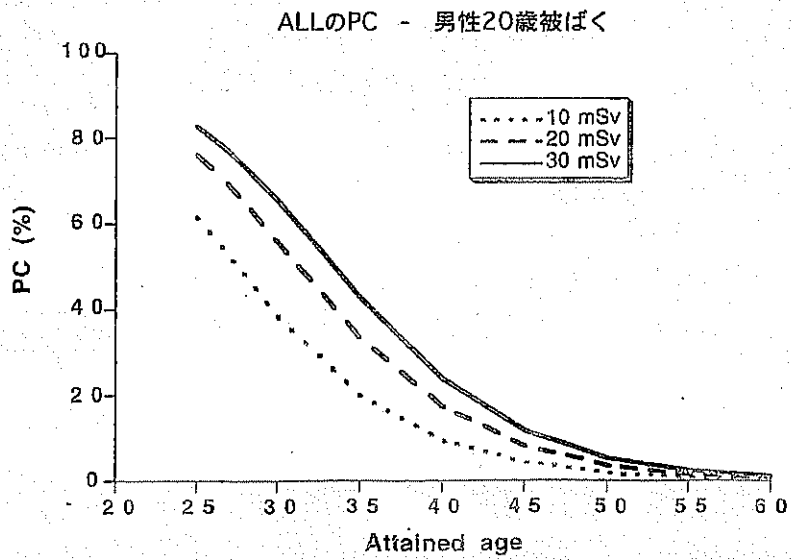
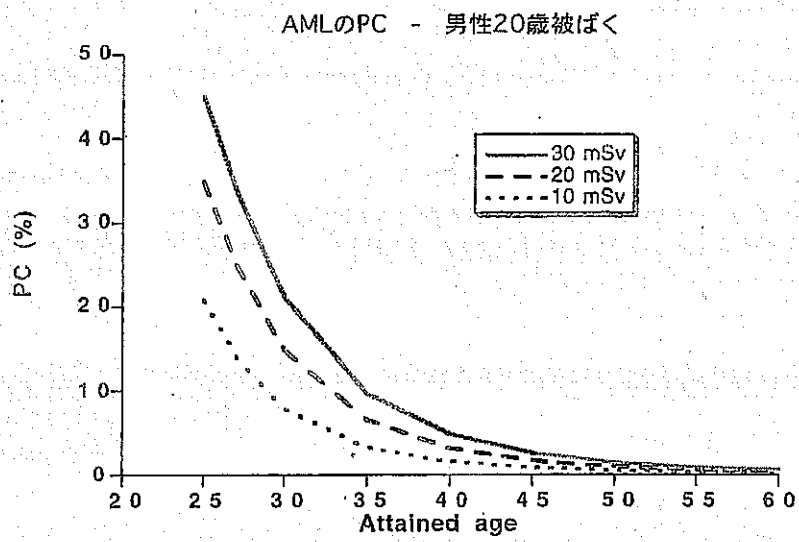
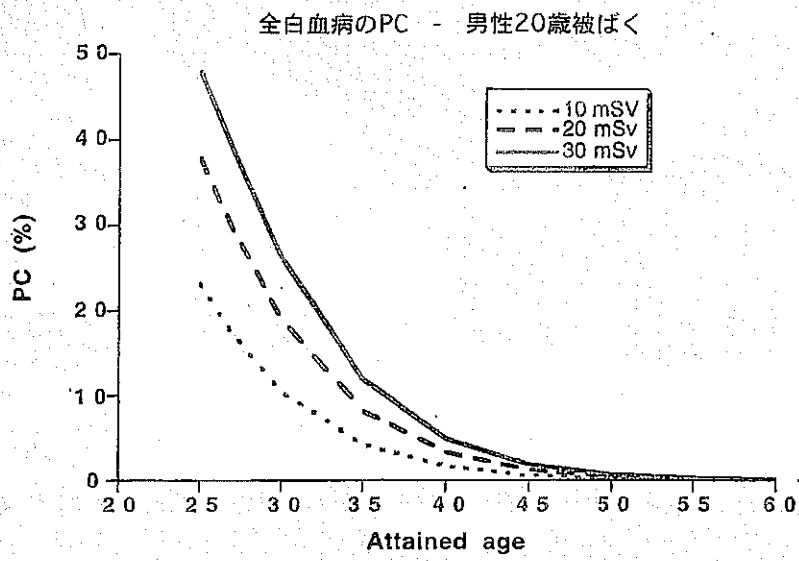
1985年にNIHが作成したPC表の改訂作業が進められている (Department of Health and Human Services, 2001)。この改訂の主たる変更点は、従来の死亡率に代わって発症率を用いたPCの計算である。IREP(Interactive RadioEpidemiological Program)と呼ばれる評価のためのプログラムが作成されている。これは、Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act (EEOICPA)の基づいて申請のあったがんのPCを評価するためのプログラムの開発 (NIOSH-IREP)をNIHの共同で行っているのが国立職業安全衛生研究所 (NIOSH)である。

## (2) 英国

英国の原子力産業界は、操業初期に比較的高い線量の被ばくした作業者に現れたがんと放射線被ばくとの関係についての訴えを処理するために、PCに基づいた「放射線関連疾病の補償スキーム」を自主的に確立した (Wakeford,1998)。これによると、PCが50%以上では全額補償し、20%以上ならばPCの値に応じて部分補償を行うというものである。この補償スキームは、あくまでも雇用者と非雇用者との間での同意に基づいて実施されるものであり、作業者が裁判所に訴訟を起こさないことを強制するものではない。PC評価は、BEIR-Vのリスクモデルを採用している。

## 4-4.PCの推定例

白血病のPCを、原爆被爆生存者データ (Preston,1994)をもとに評価した結果を図に示す。線量反応関係については、AMLに関しては直線2次であるが、ALLおよびCMLについては直線となっている。被ばく後の時間反応解析では、Prestonら是对数線形モデルを用いている。PCの計算ではPrestonらが原爆データに当てはめて得られたハザード関数のモデル (Background rate および Excee rate) を用いた。被ばく後10年までは、統計的変動に伴う不確かさが大きいところに留意する必要がある。



## 文 献

Beyea J and Greenland S; The importance of specifying the underlying biologic model in estimating the probability of causation. *Health Physics* 76, 269-274, 1999.

Greenland S and Robins JM; Conceptual problems in the definition and interpretation of attributable fractions. *Am J Epidemiology* 128, 1185-1197, 1988.

Greenland S; Relation of probability of causation to relative risk and doubling dose: A methodological error that has become a social problem. *Am J Public Health* 89, 1166-1169, 1999

Lagakos SW and Mosteller F; Assigned shares in compensation for radiation-related cancer. *Risk Analysis* 6, 345-380, 1986.

NCRP; The probability that a particular malignant may have been caused by a specified irradiation. NCRP Statement No.7, 1992.

Preston DL, et al; Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III: Leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. *Radiation Research* 137, S68-S97, 1994

Robin J and Greenland S; Estimability and estimation of expected years of life lost due to a hazardous exposure. *Stat Med* 10, 79-93, 1991

Wakeford R, Antell BA and Leigh WJ; A review of probability of causation and its use in a compensation scheme for nuclear industry workers in the United Kingdom. *Health Physics* 74, 1-9, 1998.

Department of Health and Human Services; 42 CFR Part 81 Guidelines for Determining the Probability of Causation Under the Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act of 2000; Notice of Proposed Rulemaking, 50967 Federal Register / Vol. 66, No. 194 / Friday, October 5, 2001

#### 4. 基発 810 号で提示されている認定基準に対する提案

##### 4-1 線量に関して

##### (1) 被ばく線量は申請疾患に関連する臓器線量として表示

被ばく線量は、その測定目的等に応じて次のように区分される。

①物理量：吸収線量、カーマ線量

②防護量：実効線量、等価線量

③実用量：1cm 線量当量、70 $\mu$ m 線量当量

個人モニタで測定される放射線業務従事者の被ばく線量は、実用量としての 1cm 線量当量、70 $\mu$ m 線量当量であり、それぞれ放射線防護量としての実効線量、皮膚の等価線量に相当する。

基発 810 号では、認定のための線量として「被ばく線量」と記述されているだけでありどのような線量であるかは明示されていない。

ガンをはじめとした放射線傷害については、その発生や重症度の程度は、それぞれの臓器の線量が、直接、関係する。

申請者に発生した傷害の業務上・外の判断の基準となる労災の認定要件の一つとしての線量は、申請された傷害の発生した臓器の線量であることを明示したほうがよい。例えば、白血病の場合には、「赤色骨髄の吸収線量」あるいは「赤色骨髄の等価線量」、皮膚障害の場合は、「皮膚の吸収線量」あるいは「皮膚の等価線量」で表すことが妥当であろう。

一方、申請をしてくる作業員（放射線業務従事者）の日常の個人モニタリングとして実施されている線量の測定・評価は、胸部または腹部、あるいはそれ以外の身体部位に装着した個人モニタによって行われている。前者の個人モニタでは「実効線量」を、後者の個人モニタでは「皮膚の等価線量」または「眼の水晶体の等価線量」が測定・評価される。したがって、認定に際しては、個人モニタの測定値から、各申請者の申請疾患に関連する臓器の被ばく線量（吸収線量または等価線量）を算定する必要がある。

##### (2) 被ばく線量は、等価線量または吸収線量で表示

認定要件としての臓器の被ばく線量を、物理量としての吸収線量（あるいはカーマ線量）で表すか、防護量としての等価線量で表すかを明確にしておく必要がある。著者等は、認定要件の臓器の被ばく線量の表現を以下のようにすることを提案する。

##### 1) ガン（白血病）に関する認定要件は、臓器の等価線量（赤色骨髄の等価線量）で表す。

放射線業務従事者は外部被ばくと内部被ばくの混合被ばくをする可能性がある。とくに、内部被ばくに関しては X 線、 $\gamma$  線等の低 LET 放射線以外の

放射線すなわち放射線荷重係数が 1.0 以外の放射線による被ばくも関係する。そこで、ガンに関しては、被ばく線量を、吸収線量よりも等価線量で表したほうが便利である。なぜなら、内部被ばくの線量評価はホールボディカウンタやバイオアッセイから求めた放射性物質の摂取量の評価をもとに線量係数 (Dose coefficient: mSv/Bq) を用いて算定されるからである。

外部被ばくに関しては、個人モニタで算定された 1cm 線量当量 (実効線量に相当する) の値を、申請者の赤色骨髄の等価線量と見なしても申請者にとって不利にはならない。

2) 確定的影響に関しては吸収線量あるいは gray equivalent (Gy-Eq) で表す。

吸収線量から等価線量を算定する際に用いられる放射線荷重係数 (WR) は、LET とガンの RBE を考慮して設定されたものであり、確定的影響の RBE は考慮されていない。

これは、確定的影響の発生は防止することが放射線防護の目標であり、線量限度の値は、確定的影響のしきい線量に比べてかなり低い値に設定されているからである。

申請者 (放射線業務従事者) が確定的影響に関して業務上・外の判断を申請してきた場合には、線量限度をかなり超える過剰な被ばくがあったと考えられる。過剰被ばくの場合の線量評価は、再現実験などにより実測や、計算によって算定される場合が多い。そこで、再現実験などによって直接、測定される吸収線量で、認定要件を表しておくことが適切であると思われる。

放射線荷重係数が、1.0 以外の放射線 (中性子線など) による被ばくの場合には、吸収線量に、着目している影響と放射線の線質係数を考慮して求められた最適な RBE の値を乗じた gray equivalent を算定し、認定要件に定められた吸収線量 (Gy) と比較することが適切であると思われる。

なお、確定的影響の RBE (確率的影響に対する RBE は RBEM、確定的影響の RBE は RBEm と表される) については、ICRP、NCRP、NRPB などが値を提示している。確定的影響の RBE は、線量反応関係のスロープに着目して求められる場合と、しきい線量に着目して求められる場合があり、線量反応関係を基に求められた RBEm のほうが、しきい線量をもとにした RBEM のほうより一般的に高い値を示す。表に ICRP Publ.58(1989) に提示されている RBEm を示す。

表 8

放射線の種類	RBEm	RBEm の範囲
1-5MeV 中性子線	6.0	4-8
5-505MeV 中性子線	3.5	2-5
重粒子線 (He, C, Ne, Ar)	2.5	1-4
陽子線 > 2MeV	1.5	-

#### 4-2 被ばくの形式（短期間の被ばく/長期間にわたる被ばく）

確定的影響のしきい線量の値は、線量率（急性被ばくか遷延被ばくか）が関係する。基本的には、線量率が高いほうがしきい線量の値は低い。そこで、確定的影響の認定要件に示す線量は、短時間の「急性被ばく」に対応するものであるか、遷延被ばくであるかを明示する必要がある。

#### 4-3 相当因果関係を判断するための被ばく線量の基準値

##### (1) 確定的影響

2章で示したそれぞれの放射線傷害のしきい線量の値を参考に基発 810号に提示されている値を見直す必要がある。

##### (2) 白血病の認定要件について

基発 810号では、相当因果関係を判断するための被ばく線量に関する基準は以下のように提示されている。

「 $0.5 \text{ rem} \times (\text{業務年数})$ 」

多くの疫学調査では、放射線被ばくにより白血病に限らず、ほぼ全ての臓器のガンが誘発されることが明らかにされている。

一方、電離放射線に関する労災認定では、申請事例の疾病がガンの場合には、全て事例を地方の労働基準局から本省に稟伺することになっている。これらの点を考慮すると、白血病のみについて認定要件を提示する必要がないとの意見もあり得る。

しかし、現在のわが国の死因別の死亡割合をみると、ガンが男女とも30%近くを占めており、放射線業務従事者にも放射線被ばくの有無と関係なくガンが発生する可能性が大きい。したがって、放射線業務従事者に発生したガンに対して、地方の労働基準局で、被ばくとの相当因果関係があるかどうかを予備的に判断し、本省に稟伺するかどうかの判断をするための目安として白血病についての基準値を示しておくことも一つの方法である。そこで、本研究では、白血病の基準としては、各地の労働基準局から本省に稟伺するかどうかの判断をする場合の目安として使うことを前提にして線量に関する基準値を検討した。その結果以下の結論を得た。本省に稟伺された事例については、放射線被ばくのみではなく、個々の既往歴や生活歴などを十分考慮して判断されることは当然である。

- ① 被ばく線量の表現：上述したように「被ばく線量」だけでは、どこの臓器の線量であるかがハッキリしないので「赤色骨髄の等価線量」と明記することが望ましい。

「rem」は、現在では使われていないので「mSv」に変更する必要がある。

②「0.5 rem × 業務年数」の妥当性

放射線被ばくに伴う白血病の発生には、被ばく時年齢、被ばく線量などが関係する。

基発 810 号に示されている白血病の線量に関する認定要件では、放射線業務従事者の積算線量（業務年数）が示されている。現在の規定では、業務年数が、数年のみの場合には、積算線量が数 rem（数 10 mSv）でも業務上であると判断されることになる。

広島・長崎の原爆被爆者を対象にした疫学調査の結果では、被ばく線量が 50mSv を超えた場合には、白血病が統計的に有意に増加することが認められているが、50 mSv 以下の被ばくで白血病が増加するかどうかは明らかではない。

本研究の 3 章で放射線業務従事者に発生した白血病の放射線の PC を求めたが、これは、本省に稟伺された事例について判断する場合に、参考になるものと考えている。また、下記に述べる積分線量の値の妥当性を判断する上でも参考になる。

認定要件に示す被ばく線量の数値を、本省に稟伺するための目安となる線量であると考えれば、あまり複雑な数値を提示しないほうがよい。そこで、現在の認定要件に、積算線量の下限值（例えば 50 mSv など）を追加して示すことが一つの方法であると考えられる。

すなわち、① 5 mSv ×（業務年数）

② 積分線量：50 mSv（例示）

の二つの要件を満たす場合に、相当因果関係があると判断する。

ただし、若年者に発生した白血病とくに ALL については、慎重な判断が必要とされる。

基発 810 号に提示されている 5 mSv は、現在、一般公衆の特殊な場合の年あたりの線量限度とされている値と同じであること、放射線業務従事者の平均年線量等などから考えて妥当な数値であろう。

ちなみに、放射線業務従事者に対する実効線量の限度は以下の通りであり（平成 13 年施行）、原子力発電所で働く放射線業務従事者の平均の実効線量（実効線量当量）は 1.2 mSv/年である。

① 100 mSv/5 年間

② 50 mSv/年

## 5. おわりに

労災認定制度が作業者の安心につながるためには、認定作業がより客観的に行われることが望まれる。放射線の場合は、労働環境の他の要因に比べてヒトでの情報が豊富であるということ、個々の作業者の上限値が法令で規定されていること、さらに、個人の被ばく線量の測定・評価が日常的に実施されているなどの特徴がある。

労災認定制度が、これらの特徴を労災認定に活用するためには、常に新しい医学生物学的な情報、技術的な情報などを収集していくことが必要であろう。