

H. Korda

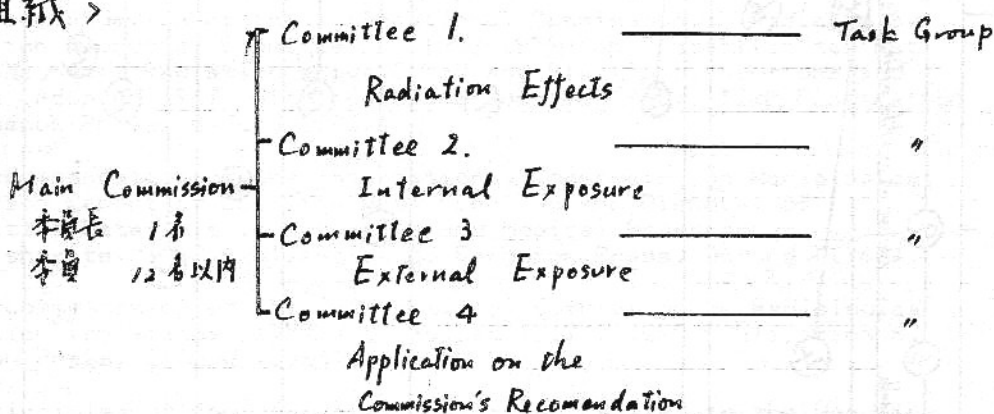
ICRP 勧告の発展とその意味

ICRP - Publication 26 を中心として

I. ICRP の設立と構成

1928年に、International Congress of Radiology (国際放射線医学会議) は、International X-ray and Radium Protection Commission (国際エックス線ラジウム防護委員会) と設立し、X線とY線について幾つかの報告を出した。しかし放射線利用が急速に拡大するともなっており、対象とする放射線もX線やY線にはとどまらなくなり、1950年に、ICRP すなわち International Commission on Radiological Protection (国際放射線防護委員会) と改組して現在に至る。

<組織>



Main Commission の委員は 国際放射線医学会議への各国代表団及びICRP 自身によって提出された候補者の中からICRPが選出する。

ICRPの財源は、世界保健機関(WHO)、国際原子力機関(IAEA)、国連環境プログラム、国際放射線医学会議、国際放射線防護学会、経済協力開発機構原子力機関(OECD-NEA)、欧州経済共同体(EEC)、カナダ、日本及び英国国内の諸団体、ICRP委員の所属する機関 等から提供される。

II. ICRP 勧告の全体的流れ

ICRP 勧告の全体的流れを表1に示す。ICRPも含めた、冰道のなかの許容量の発展を図1に示す。

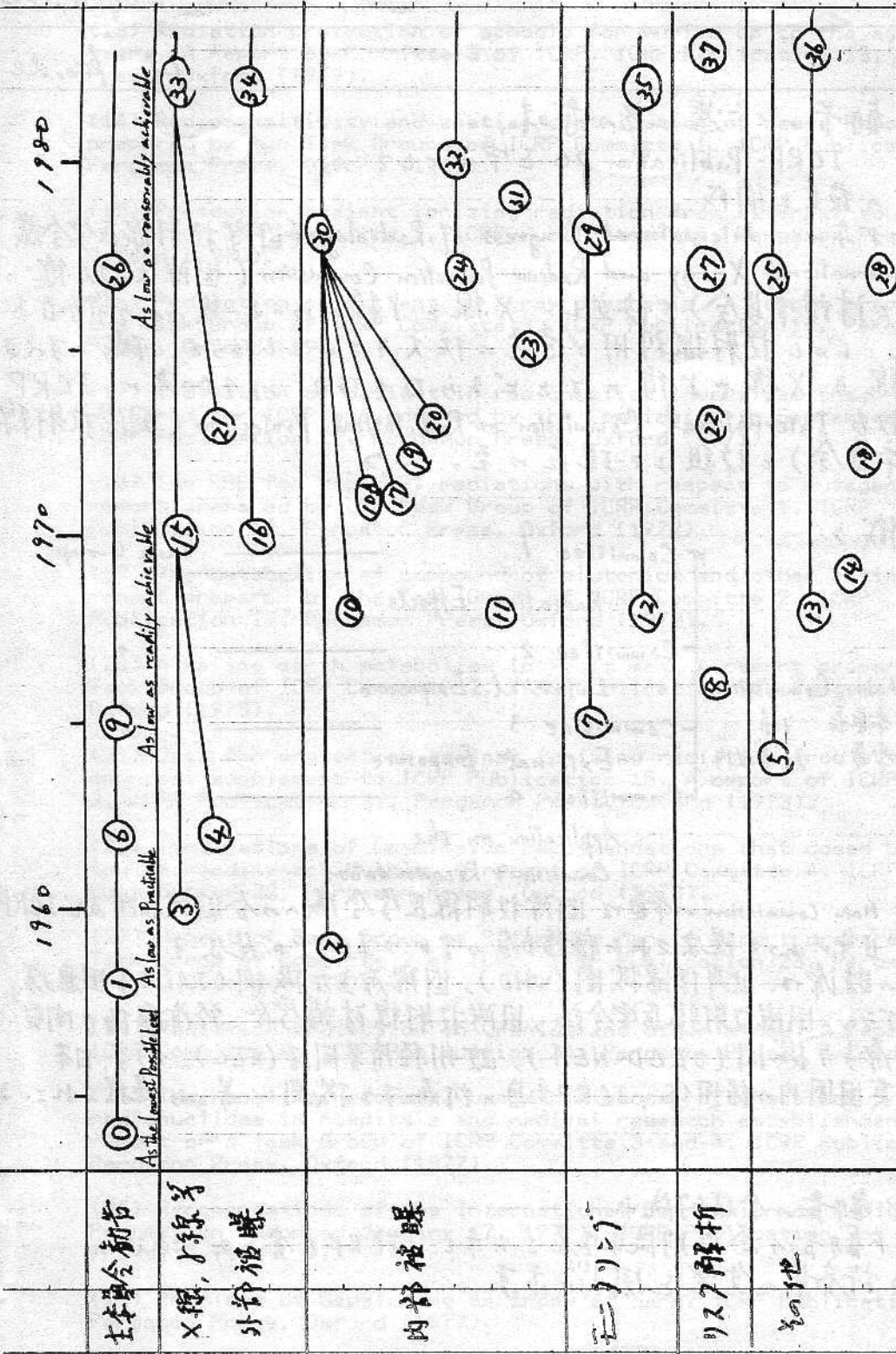


表1. ICRP勧告の全体的流れ

ICRP 報告一覽

3

- (0) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection (Revised December 1, 1954). Br.J.Radiol., Suppl. 6 (1955)
- (1) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection (Adopted September 9, 1958). ICRP Publication 1, Pergamon Press, London (1959)
- (2) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation (1959). ICRP Publication 2, Pergamon Press, Oxford (1960). Health Phys., 3 (1960).
- (3) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection Report of Committee III on Protection against X-rays up to Energies of 3 MeV and Beta- and Gamma-rays from Sealed Sources (1960). ICRP Publication 3, Pergamon Press, Oxford (1960).
- (4) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection Report of Committee IV (1953-1959) on Protection against electromagnetic Radiation above 3 MeV and Electrons, Neutrons and Protons (Adopted 1962, with revisions adopted 1963). ICRP Publication 4, Pergamon Press, Oxford (1964).
- (5) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection Report of Committee V on Handling and Disposal of Radioactive Materials in Hospitals and Medical Research Establishments. ICRP Publication 5, Pergamon Press, Oxford (1965).
- (6) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection (as amended 1959 and revised 1962). ICRP Publication 6, Pergamon Press, Oxford (1964).
- (7) Principles of Environmental Monitoring related to the Handling of Radioactive materials. A report prepared by a Task Group of ICRP Committee 4, ICRP Publication 7, Pergamon Press, Oxford (1966)
- (8) The Evaluation of Risks from Radiation. A report prepared by the Task Group of ICRP Committee 1, ICRP Publication 8, Pergamon Press, Oxford (1966). Health Phys., 12, 239-302 (1966).
- (9) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 17, 1965). ICRP Publication 9, Pergamon Press, Oxford (1966).
- (10) Report of Committee 4 on evaluation of radiation doses to body tissues from internal contamination due to occupational exposure. ICRP Publication 10, Pergamon press, Oxford (1968).
- (10A) The assessment of internal contamination resulting from recurrent or prolonged uptakes. A report of ICRP Committee 4, ICRP Publication 10A, Pergamon Press, Oxford (1968).
- (11) A review of radiosensitivity of the tissue in bone. A report prepared by Task Group for ICRP Committee 1 and 2. ICRP Publication 11, pergamon Press, Oxford (1968)
- (12) General principles of monitoring for radiation protection of

4

workers. A report prepared by a Task Group of ICRP Committee 4. ICRP Publication 12, Pergamon Press, Oxford (1969).

(13) Radiation protection of schools for pupils up to the age of 18 years. A report by Committee 3 of ICRP. ICRP Publication 13, Pergamon Press, Oxford (1969).

(14) Radiosensitivity and spatial distribution of dose. Reports prepared by two Task Groups of ICRP Committee 1. ICRP Publication 14, Pergamon Press, Oxford (1969).

(15) Protection against ionizing radiation from external sources. A report of ICRP Committee 3, ICRP Publication 15, Pergamon Press, Oxford (1970).

(16) Protection of patient in X-ray diagnosis. A report prepared by the Task Group of ICRP Committee 3. ICRP Publication 16, Pergamon Press, Oxford (1970).

(17) Protection of patient in radionuclide investigations. A reports prepared for ICRP and adopted by the Commission in September 1969. ICRP Publication 17, Pergamon Press, Oxford (1971).

(18) The RBE for high-LET radiations with respect to mutagenesis. A report prepared by the Task Group of ICRP Committee 1. ICRP Publication 18, Pergamon Press, Oxford (1972).

(19) The metabolism of compound of plutonium and other actinides. A report prepared by the Task Group of ICRP Committee 2. ICRP Publication 19, Pergamon Press, Oxford (1972).

(20) Alkaline earth metabolism in adult man. A report prepared by the Task Group of ICRP Committee 2. ICRP Publication 20, Pergamon Press, Oxford (1973).

(21) Data for protection against ionizing radiation from external sources: supplement to ICRP Publication 15. A report of ICRP Committee 3, ICRP Publication 21, Pergamon Press, Oxford (1973).

(22) Implications of Commission recommendations that doses be kept as low as readily achievable. A report of ICRP Committee 4, ICRP Publication 22, Pergamon Press, Oxford (1973).

(23) Report of Task Group on Reference Man. A report prepared by the Task Group of Committee 2 of ICRP. ICRP Publication 23, Pergamon Press, Oxford (1975).

(24) Radiation protection in uranium and other mines. A report of ICRP Committee 4, ICRP Publication 24, Pergamon Press, Oxford (1977).

(25) The handling, storage, use and disposal of unsealed radionuclides in hospitals and medical research establishments. A report of a Task Group of ICRP Committee 3 and 4. ICRP Publication 25, Pergamon Press, Oxford (1977).

(26) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted January 17, 1977), ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford (1977).

(27) Problems of Developing an Index of Harm. ICRP Publication 27, Pergamon Press, Oxford (1977).

(28) The Principles and General Procedures for Handling Emergency and Accidental Exposures of Workers. (Adopted by the Commission in June, 1977), ICRP Publication 28, Pergamon Press, Oxford (1977).

(29) Radionuclide Release into the Environment: Assessment of Doses to Man, (adopted by the Commission in Oct., 1978) ICRP Publication 29, Annals of the ICRP, Vol.2, No.2 (1978).

(30) Limits of Intakes of radionuclides by Workers, (adopted by the Commission in Jul., 1978) ICRP Publication 30, Annals of the ICRP, Vol.2, Nos.3~4 (1978) etc..

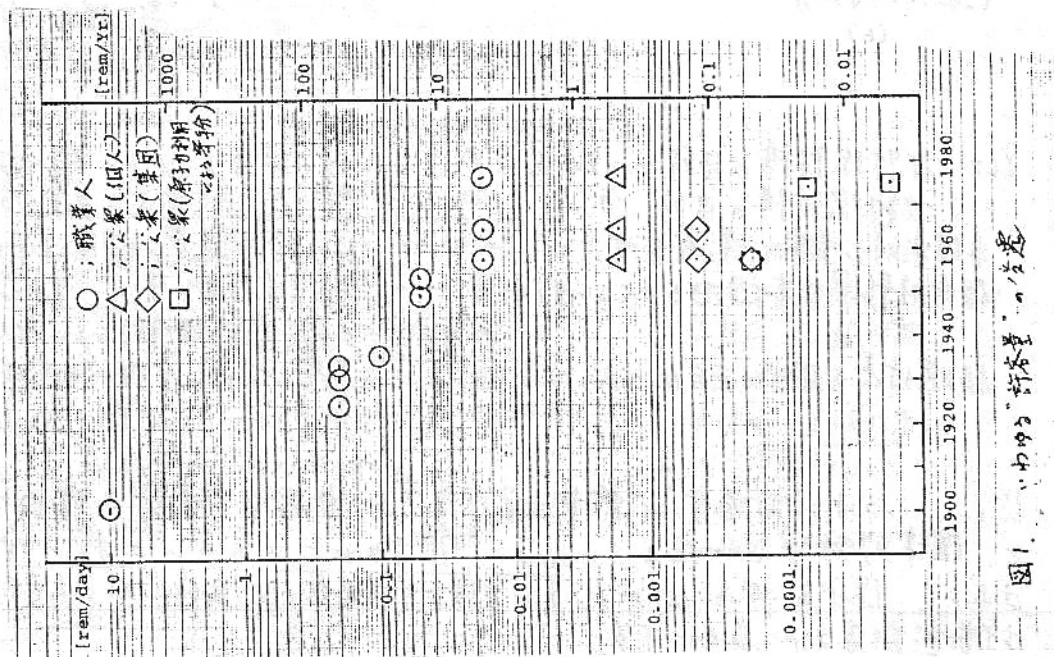
(31) Biological Effects of inhaled radionuclides, (adopted by the Commission in May, 1979) ICRP Publication 31, (1980).

(32) Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, ICRP Publication 32, (1980).

(33) Protection against Ionizing Radiation from External Sources used in Medicine, (adopted by the Commission in Mar., 1981) ICRP Publication 33, (1982).

(34) Protection of the Patient in Diagnostic Radiology, (adopted by the Commission in May, 1982) ICRP Publication 34, (1982).

(35) General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers, (adopted by the Commission in 1982) ICRP Publication 35, (1982).

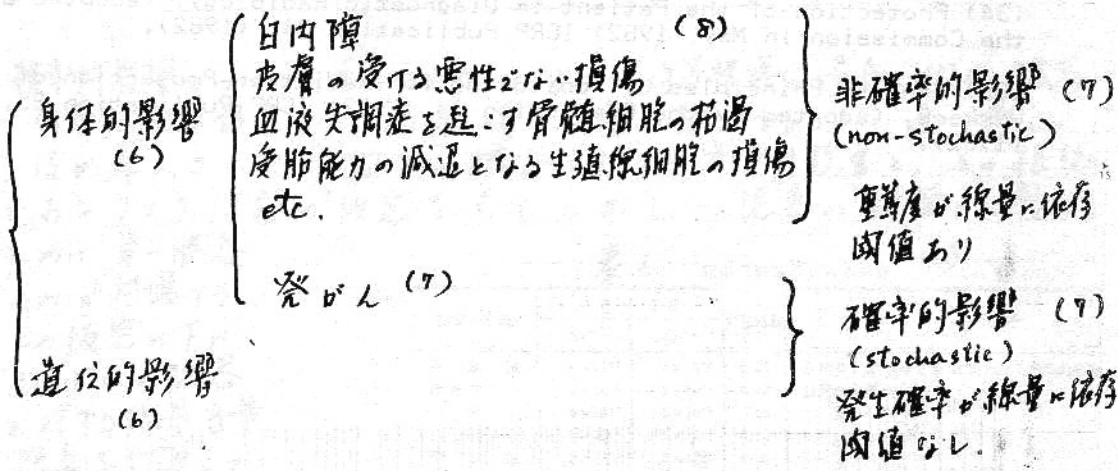


III. Publication 26 を虎とする変化

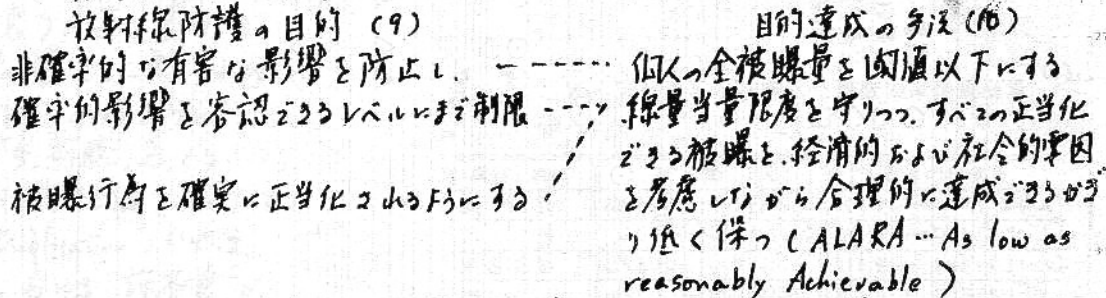
Publication 26 による変化の最も基本的な点の1つは線量当量限度を定めることである。放射線による非確率的影響と、確率的影響と明確に分離した点にある。

従来、ICRP は放射線による効果を、通常2~3週間以内にあらわれる“急性効果”と、数十年の潜伏期をもつとある“晩発性効果”にわけ、(9)(3)ととも、被曝した人にあらわれる場合を“身体的”、また影響する場合を“遺伝的”と分類(9)(4)してきた。

(* ④ は Publication 9 を表し、(3) は その3項を表す。以下同じ)
Publication 26 では、放射線効果を以下のように分類し直した。



そして、放射線防護の目的と、それを達成するための手法を以下のように設定した。



従って、いわゆる“許容量” (線量当量限度) は、非確率的影響を防止するものと、確率的影響を一定レベル以下に制限するためのものとの二種に分けられた。従来、Publication 6, 9 における“許容量”と Publication 26 における許容量を表2~表4に示す。

職業上の被曝(成人) 管理区域の近隣で働くか、集団の構成員
時々管理区域に入る成人 (子供も入る)

No. 7

Date

正常時

生殖腺	5(N-18)rem N才まで	1.5 rem/年	0.5 rem/年
増血器管	3 rem/3 カ月		
皮膚、骨	8 rem/3 カ月		
甲状腺	30 rem/年		
手、前腕	20 rem/3 ヶ月	職業人の $\frac{1}{10}$	職業人の $\frac{1}{10}$
足、くるぶし	75 rem/年		
他の単一器官	4 rem/3 カ月 15 rem/年		

集団に対する単位線量 (64)
一代(30年)当り 5 rem

その割当の例示 ((65)の補遺)

職業上の被曝 1.0 rem
直接に放射線作業
に雇用された成人
従業員の被曝 0.5 rem
集団全体の被曝(体内) 1.5 rem
" (体外) 0.5 rem
保留分 1.5 rem

緊急時	全身 12 rem (MPC)レベルで1年分の摂取	MRC報告を認 める
事故時	25 rem以上医師の診断 (MPC)レベルで1年分を1回 に摂取のとき医師へ	

表 3

ICRP (1965年) 個人に対する線量限度 (2)

職業上の被曝に対する最大
許容線量 (成人)

公衆に対する線量限度 **

正常時

生殖腺	5 rem/年 3 rem/3 カ月* 5(N-18)rem N才まで	0.5 rem/年
赤色骨髓		
皮膚、骨	30 rem/年	3 rem/年
甲状腺	15 rem/3 カ月	(16才まで 1.5 rem/年)
手、前腕	75 rem/年	
足、くるぶし	38 rem/3 カ月	7.5 rem/年
他の単一器官	15 rem/年 8 rem/3 カ月	1.5 rem/年

集団に対する単位線量 (83)
一代(30年)当り 5 rem

緊急時 例 全身(生殖腺、赤色骨髓)
年線量×2倍→10 rem/1回
年線量×5倍→25 rem/一生

事故時 10 rem以上は医師の診断 MRC(イギリス)
線量預託(dose commitment)の導入 FRC(アメリカ) } 参考のこと

* 3カ月に対する許容線量は、年間許容線量を半分にして四捨五入すれば得られる。

** 職業人の年間許容線量の1/10を公衆の構成員に対する線量限度とする。

表 4

個人に対する線量当量限度 (年線量) (3)

	職業人	公衆の構成員
確率的影響	全身均等被曝 50ミリシーベルト (5レム)	5ミリシーベルト (0.5レム)
不均等被曝	(臓器線量)×(荷重係数) を被曝したすべての臓器 について加算したものが 50ミリシーベルトを超え ないこと	(臓器線量)×(荷重係数) を被曝したすべての臓器 について加算したものが 5ミリシーベルトを超え ないこと
非確率的影響	水晶体 300ミリシーベルト* (30レム)	50ミリシーベルト (5レム)
皮膚	500ミリシーベルト (50レム)	50ミリシーベルト (5レム)
その他の臓器	500ミリシーベルト (50レム)	50ミリシーベルト (5レム)

計画特別被曝 (113)

線量当量預託が、1回当り

年限度の2倍以下

また生涯において

年限度の5倍以下

事故、緊急事態 (133)

報告せず

集団の被曝 (80)

報告せず

* 1980年ブライトン会議声明で
150 mSv (15 rem) に修正

表4に示した線量当量限度のうち、確率的影響に対する値の根拠については後に示す。非確率的影響の値の根拠は、表5に示す閾値の仮定と、全生涯期間(50年)から求められている。

表5 非確率的影響のしきい値 (4)

器官・組織	影 響	しきい 値		条 件
		Gy	rad	
生 殖 腺	受胎能力の永久的停止	3	300	低 LET, 一時的停止, 40 歳女性
	精子の一時的減少	0.25	25	低 LET, 高線量率
赤色骨髄	造血機能の損傷	20	2,000	γ線, 動物実験
水 晶 体	水晶体混濁	15	1,500	高 LET, 低 LET 遅延照射
皮 膚	笑容上受けがたい皮膚変化	20	2,000	局部照射, 数週～数カ月の被曝

確率的影響については、表4にも示したように、不均等被曝の場合、個々の臓器に荷重係数を設定して、全身の均等被曝に換算するという、全く新しい手法が導入された。個々の臓器に対する荷重係数と、その根拠であるリスク係数の仮定を表6に示し、従来の勧告と比較するため、単一臓器のみが被曝する

表6 確率的影響のリスク係数 (4)

器官・組織	リスク係数		荷重係数	影 響
	Sv ⁻¹	rem ⁻¹		
生 殖 腺	4×10^{-4}	4×10^{-3}	0.25	最初の2世代(子と孫)に現われる遺伝的影響
赤色骨髄	2×10^{-4}	2×10^{-3}	0.12	致死由血病の誘発
骨	5×10^{-4}	5×10^{-3}	0.03	骨がん
肺	2×10^{-3}	2×10^{-2}	0.12	肺がん
甲 状 腺	5×10^{-4}	5×10^{-3}	0.03	甲状腺がん
乳 房	2.5×10^{-3}	2.5×10^{-2}	0.15	乳がん
残りの組織	5×10^{-4}	5×10^{-3}	0.30	悪性腫瘍
	1.65×10^{-2}	1.65×10^{-1}	1.00	

表7の値と表2,3の値と比較すれば、明らかのように「手・前腕、足、くびし」に対する値を除けば、

Publication 26-2では、いわゆる「許容量」が引き上げられていることが解る。

表7 単一臓器のみが被曝した場合の年線量当量限度 (3)

臓器・組織	職 業 人	公衆の構成員
生 殖 腺	200ミリシーベルト(20レム)	20ミリシーベルト(2レム)
乳 腺	333ミリシーベルト(33レム)	33ミリシーベルト(3.3レム)
赤色骨髄	416ミリシーベルト(41レム)	41ミリシーベルト(4.1レム)
肺	416ミリシーベルト(41レム)	41ミリシーベルト(4.1レム)
甲 状 腺*	500ミリシーベルト(50レム)	50ミリシーベルト(5レム)
骨 表 面*	500ミリシーベルト(50レム)	50ミリシーベルト(5レム)
水 晶 体*	300ミリシーベルト(30レム)	50ミリシーベルト(5レム)
皮 膚*	500ミリシーベルト(50レム)	50ミリシーベルト(5レム)
その他の臓器*	500ミリシーベルト(50レム)	50ミリシーベルト(5レム)

* 臓器の線量当量限度は非確率的影響の線量当量限度によって決まる。その他の臓器については確率的影響の線量当量限度で決まる。

** $150 \text{ mSv} (15 \text{ rem})$ に修正される(1980)

線量当量限度の変更と其の Publication 26 の大まかな変更は、内部被曝に関する評価法と、実際の現場の意味をもち導出限度である。 Publication 26 に基づく Publication 30 と以前の勧告に基づく Publication 2 との相違を表 8 に示す。

表 8

Publication 30 (Part 1) と Publication 2 のおもな相違点 (5)

比較項目	Publication 30 (Part 1)	Publication 2
○基本概念		
考えるべき器官、組織	すべての器官、組織*	決定器官 (決定組織)
考えるべき線量	平均線量	平均線量と最大線量 (胃腸管)
放射線の影響と比較すべき	総線量当量	RBE 線量率
被曝量	積算線量当量 (H_{50})	〔総線量を暗に示している〕
○線量評価法		
評価する影響	複数器官 (組織) からの影響 標的組織 (T) ← 線源組織 (S)	決定器官 (組織) のみの影響 決定器官 (組織) 内
吸収エネルギー	比実効エネルギー $\{\sum SEE(T \leftarrow S)_i\}$ Q (線質係数) N (修正係数) AF (T ← S) : (比実効エネルギー)	有効エネルギー $\{\sum EF(RBE)_n\}$ RBE (生物学的効果比) n (障害係数)
代謝モデルの構成	複数コンパートメント 通過コンパートメント 組織コンパートメント	単一コンパートメント 該種のその比
代謝モデルの種類	呼吸器系モデル (新) 胃腸管モデル (新) 骨モデル (梁骨、皮質骨) (新) サブマージョンモデル (新)	肺モデル (旧) 胃腸管モデル (旧) サブマージョンモデル (旧)
標準人	標準人 (reference man)	標準人 (standard man)
○被曝の制限		
比較すべき限度 (基本)	年線量当量限度 確率的影響、非確率的影響	最大許容線量率 (13週) 四つの器官組織のグループ
比較すべき限度 (補助)	年摂取限度 (ALI) (★) 経口摂取によるもの 吸入によるもの	最大許容身体負荷量 (MPBB) (★) Ra との比較にもとづくもの 遅線量率にもとづくもの
比較すべき限度 (誘導)	誘導空気中濃度 (DAC) (★) DAC (サブマージョン), (希ガス, H)	最大許容濃度 (空気中, 水中) (MPC) _{inh} (MPC) _{10sh}
放射性物質の摂取率の制限	—	1/4 (後に 1/2) 年摂取量の 1 回摂取
化学毒性への配慮	考慮に入れない (ALI)	考慮に入れる (MPBB, MPC)
ラドン、トリウム	別報告書	考慮している
単位	Sv, Bq (SI 単位)	rem, Ci

—: “ない” または “記載がない” を示す。

* 実際は被曝量の少ない器官組織は無視する。

(★) (ALI) に相当する放射性核種を一日摂取すると、積算線量当量 (摂取後 50 年間の総線量当量) が、年線量当量限度に等しくなる。

(★) (MPC) を連続的に 50 年間摂取し続けると、体内蓄積量。 (MPBB) の 13 週間続けると体内に存在すると、最大許容線量率 (13 週) になる。

(★) DAC: Derived Air Concentration, (MPC) と同じ。 (MPC) は勧告された濃度のこと。

Publication 2においては、最大許容身体負荷量(MPBB)は、それが13週間を渡り、体内に存在し続けると、特定の決定器官(組織)の受ける線量当量が最大許容線量当量率(13週)になるように決められている。そして最大許容濃度(MPC)は、それを50年間に連続して摂取し続ける場合に、体内の蓄積量がMPBBになるように決められる。

一方、Publication 30においては基本概念を一言でせ、年摂取限度(ALI)に相当する核種を摂取した場合、摂取後50年間に受ける総線量当量(許容線量当量)が年線量当量限度に等しくなるようにALIが決められている。誘導空気中濃度(DAC)はALIを一年分の空気摂取量で除いて得られる。

またPublication 2では、組織(器官)相互間の被曝や照射を考慮している。Publication 30では、組織(器官)相互間の被曝や照射を考慮するという基本的な評価法の違いもある。

実際の現場で放射線管理に用いられるのは、(MPC)や(DAC)であるから、ここでは(MPC)と(DAC)の基本的概念を考察する。比較を容易にするため、組織としては全身と見て、体内での残留は指数関数に従うとする。

ICRP 2では、体内での放射性核種の量の変化は、次の微分方程式で記述される

$$\frac{d\phi}{dt} + \lambda_e \phi = P \quad \text{--- ①}$$

ϕ : 放射性核種の体内負荷量 [ex. μCi]
 λ_e : " 実効減衰定数 [ex. day^{-1}]

$$\lambda_e = \lambda_r + \lambda_b$$

λ_r : 放射性核種の物理的減衰定数 [ex. day^{-1}]

λ_b : " 生物学的 " ["]

P : 単位時間における放射性核種の摂取量 [ex. $\mu\text{Ci/day}$]

$$P = M \cdot S$$

M : 放射性核種の濃度 [ex. $\mu\text{Ci/cm}^3$]

S : 単位時間の空気、水等摂取量 [ex. cm^3/day]

①式は、容易に解ける。

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{P}{\lambda_e} (1 - e^{-\lambda_e t}) \quad \text{--- ②} \\ &= P t \left(\frac{1 - e^{-\lambda_e t}}{\lambda_e t} \right) \end{aligned}$$

となる。③式は

$$\lambda e T \gg 1 \text{ の時 } g = \frac{P}{\lambda e} \quad (\text{短半減期の核種})$$

$$\lambda e T \leq 0 \text{ の時 } g = P \cdot T \quad (\text{長半減期の核種})$$

に近似できる。

②式に T を 50 (Yr) とした時の g が MPBB となるように P を決める。それから M を求める (MPC) となる。

ICRP-30 によつて (ALI) 摂取後 50 年間にわたる¹³⁷Cs 崩壊数 U_s は次式で与えられる。

$$U_s = \int_0^T ALI \cdot r(t) \cdot e^{-\lambda e t} dt \quad \text{--- (3)}$$

$r(t)$; 体内での残留率数

$$\therefore \text{すなわち } r(t) = e^{-\lambda e t} \quad \text{とする}$$

T ; 50 (Yr)

③式は

$$\begin{aligned} U_s &= \frac{ALI}{\lambda e} (1 - e^{-\lambda e T}) \quad \text{--- (4)} \\ &= ALI \cdot T \left(\frac{1 - e^{-\lambda e T}}{\lambda e \cdot T} \right) \end{aligned}$$

となる。

MPBB が一年間体内に存在した場合の全身の線量当量は 5 rem となる。総崩壊数 U_s による全身の予想線量当量も 5 rem (50 mSv) となることから、③式での時間の単位を [年] とすれば

$$P = ALI$$

となる

$$MPBB = \frac{ALI}{\lambda e} (1 - e^{-\lambda e \cdot 50})$$

ただし λe の単位は $[Yr^{-1}]$

となる

(DAC) も (MPC) と同様に (ALI) とは

$$(ALI) = (DAC) \times S$$

であるので、結局

$$(DAC) = (MPC)_a$$

となる。

従って、(DAC) と (MPC)_a を求める手法には基本的な差異があるものの、評価に用いるモデルを同じとすれば、結局は同じ値になる。しかし、実際には、ICRP-30 で示された (DAC) は、わずかの例外を除いて ICRP-2 で示された (MPC)_a より高い値になっている。主要な核種に対する (DAC) と (MPC)_a の値を表. 9 に示す。

表. 9 主要な核種に対する DAC と (MPC)_a の違い

	DAC (40hr/Wk) [Bq/m ³] [μCi/cm ³]		(MPC) _a (40h/Wk) [μCi/cm ³]
H-3	8E5 (トリチウム水) 2E10 (元素状)	2E-5 5E-1	5E-6 (可溶, 体組織) 2E-3 (不溶, 皮膚)
Co-60	3E3 (W) 5E2 (Y)	8E-8 1E-8	3E-7 (可溶, LLI) 9E-9 (不溶, 肺)
Sr-90	3E2 (D) 6E1 (Y)	8E-9 1E-9	3E-10 (可溶, 骨) 5E-9 (不溶, 肺)
I-131	7E2 (D) (甲状腺)	1E-8	9E-9 (可溶, 甲状腺) 3E-7 (不溶, LLI, 肺)
Cs-137	2E3 (D)	5E-8	8E-8 (可溶, 全身) 1E-8 (不溶, 肺)
Pu-239	8E-2 (W) (骨表面) 2E-1 (Y) (骨表面)	2E-12 5E-12	2E-12 (可溶, 骨) 4E-11 (不溶, 肺)

これらの差は、体内各組織^{にわた}の残留函数の仮定や、比有効エネルギー (有効エネルギー) の仮定の違いから生じており、これらの仮定の妥当性の検討が必要であろう。

IV. Publication-26 の問題点

① Risk-Benefit 解析における 特に Benefit 解析の回避

Publication-26 は "人間の諸活動に関する正しい決断をなすことは、費用と利益とを暗号裏にばかりにかけた結果、ある選ばれた行為は行う "価値がある" と結論されるという形式であ" (11) リ。" "かなる行為も、その導入が正味プラスの利益を生むものでなければ採用してはならぬ" (12) と述べている。しかし、ICRP は Benefit の解析を全く行っていない。ICRP が行っているのは、放射線被曝によるリスクと他の職業のリスクとを比較したり (90~100)、或いは被曝を低減するためのコストと比較したり (122~175) しているにすぎない。

例えば、Publication 26 では、表 6 に示したリスク係数と、線量当量限度を 50 mSv にした場合に、実際の年線量当量限度の平均は約 5 mSv になる (199) という仮定によって、放射線被曝によるリスクを 10^{-4} ($1.65 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-3}$) とはじき出している。そしてこの値が他の安全水準の高い職業の平均年死亡率 10^{-4} と同程度であることと主張し、職業人に対する 50 mSv/年 という線量当量限度を正当化しようとしている。

さらに Publication 27 に至っては、ガンによる死亡は、被曝から死亡迄に時間がかかるので、他の職業上の死亡に比べて半分のリスクにしかならない (何故か道徳的影響も同様な扱い) とか、発病する前に他の原因で死んでしまう確率等を入れ、平均 6 mSv の被曝は、100万人当り年間 45人の死亡事故がある職業と同程度のリスクであると主張している。

また、一般大衆に対する線量当量限度 (5 mSv) も、それを適用すれば平均線量当量は 0.5 mSv 以下になり、これにともなう今後認めざるリスク ($10^{-6} \sim 10^{-5}/\text{年}$) になるとして正当性を主張している (117~121)。

Risk-Benefit 解析においては、Risk の評価よりは、むしろ Benefit の評価の方が難しいという点は従来から指摘されてきたが、未だにその指摘に充てた解析は現れていない。ICRP も表向きには Risk-Benefit 解析をしようと宣言しながら、実際には巧みにそれを回避している。

もともと Risk-Benefit 解析には、多次元のベクトル量をスカラー量に変換するという本質的な困難がある。ベクトル量をスカラー量に変換するものの写映軸は無限に存在するし、特に Risk を受ける主体と Benefit を受ける主体が分離している場合等には、特定の写映軸の設定は全く不可能であろう。そうした場合の Benefit を受ける主体が、無理やり Risk を受ける主体と区別するというのが歴史の

常道であるが、ICRPも、それに手を貸しているように見える。

② ICRPの採用した Risk 係数は過小評価である。

表6に示した Risk 係数の根拠は、ほとんど明らかでないが、白血病に関しては長崎の原爆被爆者データが基になったと言われている。

Publication 26では、"基本的な一つの決定は、確率的影響に関しては、放射線作業に通常起る被曝条件の範囲内では、線量とある影響の確率との間に線量値のな...直線関係が存在するということである" (27) と述べ、確率的影響に関する線量効果関係に直線仮説を採用したかのようになっている。しかし、実際には "小線量あるいは低線量率で与えられた線量での被曝に対する単位線量あたりの効果の頻度のほうがより低くなりそうである" (29) と主張し、"それゆえ、Risk の相違がおそらくあるということと斟酌するものの係数をこれらの推定値にかけ、その値を減らすのが適切であろう。後に議論する Risk 係数は、したがって、2/3 がより実際に放射線防護の目的に適用できるように選定されている" (29) と述べ、実際には、直線仮説で得られた Risk 係数は採用せず、もっと小さな Risk 係数を設定している。

Publication 26 が採択された 1977 年当時、まだ原爆線量再評価問題がこころなかつた。当時利用された T65 D (Tentative 1965 Dose) によれば、長崎被爆者のうち、50~99 rad (Free in Air kerma) の推定範囲において白血病の発生が観察されたため、あたかも線量に対する線量-効果関係が二次曲線的であるかの如く見え、それが、Publication 26 において、直線仮説による Risk 係数を値切った根拠となったと思われる。

しかし、上記の観察に用いられた Life Span Study (LSS) 集団以外に Leukemia Registry と呼ばれる統計母集団があり、その母集団に比べ、50~99 rad 範囲にも白血病の発生が見られ、長崎被爆者データは広島被爆者データと共に、より直線的な線量効果関係を示すようになる。(図2)⁽¹⁶⁾

さらに、1981年に明らかになった原爆線量の再評価によれば、広島被爆者と長崎被爆者の間に存在すると考えられてきた白血病発生の差はますます小さくなり、長崎被爆者データを最大の根拠としてきた線量効果関係の二次曲線説は、ますますその根拠を失っていく。

線量効果関係を二次曲線的であると見、低線量域の Risk を小さく

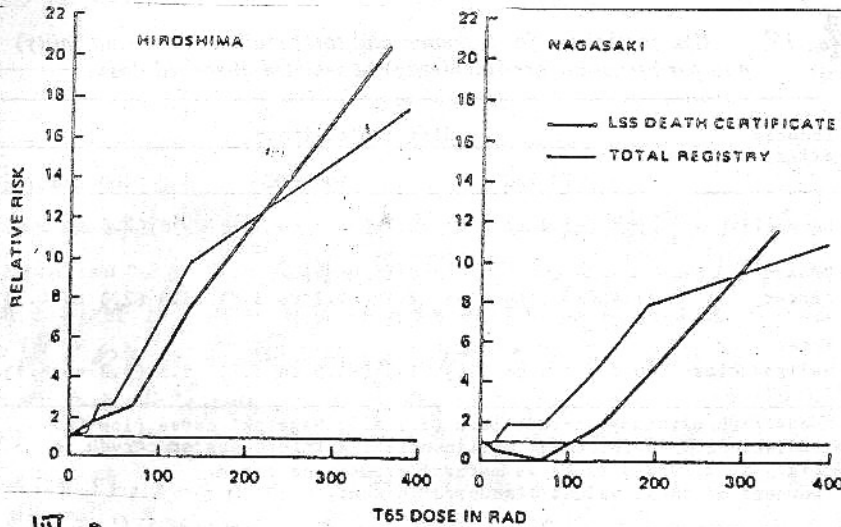


図. 2

Dose response for leukemia, LSS sample and death certificates, 1950-1974, versus atomic-bomb survivors' survey and total Leukemia Registry, 1946-1974.

評価しようとする典型的な例を
図. 3 と表 10 に示す。

リスク係数は、単位線量当量
当りの効果（例えば白血病による
死）で表わされるので、線量と
効果の各点にフィットさせた
直線の傾き⁽¹⁾あるいは曲線の
接線の傾きで表わされる。
図. 3 は、広島、長崎の白血病
による死亡数と、原爆線量周
評価後の線量とを利用し、
それに二次曲線をフィット
させたものである。こうした
場合、当然のことながら
低線量域での接線の傾きは
小さくなり、リスク係数
は小さくなる。すなわち
表 10 に示すように、10 rad
付近のリスク係数は 0.8
で、200 rad 付近のリスク
係数 4.8 に比べ 26 分の 1

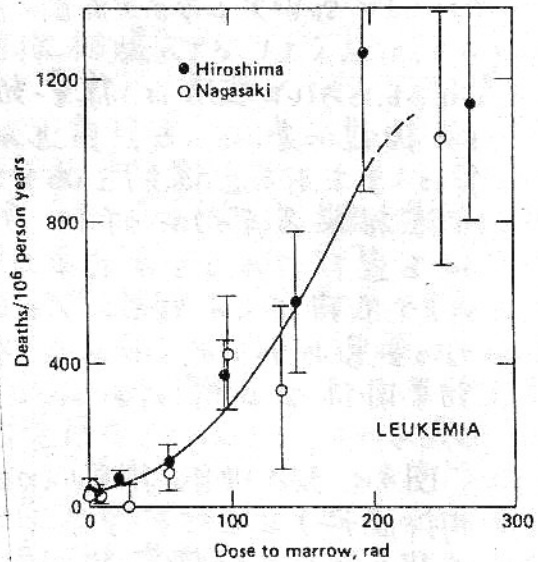


図. 3

Leukemia mortality in the two cities shown as a function of LLNL estimates of dose to bone marrow. Here, and in Figs. 2-4 and 6, solid curves are linear-quadratic, least-squares best fits to the data points, with each point weighted by $1/SD$; vertical bars are $\pm 1 SD$. Dashed curves extend beyond the data used for fitting and in most cases indicate downward curvature from cell-killing effects at higher doses (however, even if the high-dose points are included in the fitting they do not appreciably affect curve shapes below 100 rad, the regions of greatest interest).

表. 10 Risk coefficients for leukemia and total malignancies (mortality) and for breast cancer (incidence) at selected absorbed doses

Induced effect	Risk coefficient*		
	10 rad	100 rad	200 rad
Leukemia	0.8 (-1.2 to 2.8)	2.7 (1.4 to 3.9)	4.8 (2.8 to 6.8)
Breast cancer	1.4 (-3.6 to 6.4)	2.4 (1.1 to 3.7)	3.3 (2.3 to 4.3)
Total malignancies	-0.7 [†] (-1.2 to 1.6)	1.1 [†] (-1.5 to 3.7)	5.8 (3.3 to 8.3)

*Cases/106 person-year-rad, mean (± 1 SD); Nagasaki curve (low-LET radiation) used for total malignancies; Y-intercepts of curves in Figs. 1, 2, and 3 taken as natural occurrence rates.

[†]Lowness of these values discussed in text.

に評価することになる。この論文の著者は、このおまじい値と白血病の発生継続期間を25年とすることにより、白血病のリスク係数を $2 \times 10^{-5} \text{ rad}^{-1}$ ($2 \times 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$) とはじき出し、Publication. 26の値が正しいと主張している。

しかし、こうした主張は、線量-効果関係が、あくとも二次曲線的であるとの仮説に基いている。最近のデータの蓄積によれば、線量-効果関係は、ますます直線的である方向に動いている。恐らく今後、原爆被爆者データに対する疫学的アプローチによれば、単一のモデルを選択することは出来ないう。線量-効果関係は、放射線に対する生物体への効果のメカニズムを説明することによって明らかになると思われるが、せめて、それが明らかになるこの間は、線量-効果関係を直線と見做し、そのリスク係数を採用すべきであろう。

図4に、我々独自の線量-白血病発生率データとLSSデータを組み合わせた線量-効果関係を示す。広島と長崎の間に差はなく、この直線の傾きから求めた白血病的リスク係数は、 $100 \sim 130 \times 10^{-6} \text{ rem}^{-1}$ となり、ICRPのリスク係数に比べ2.5~6.5倍にも相当する。(9)

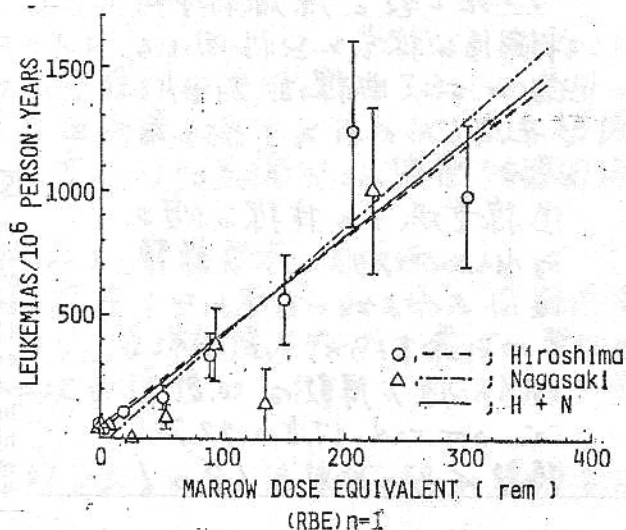


図4 両評価線量に基づく骨髓線量と白血病発生率

③ 現場の放射線管理の緩和

表 11

作業条件の分類

(10)

定 義		コ メ ン ト	Publ. 9 との対応
職業上の被曝	作業条件 A	1年間の被曝が線量当量限度の 3/10* を超えるおそれのある条件	個人モニタリングをして、必要な場合、被曝を制限する 同
	作業条件 B	1年間の被曝が線量当量限度の 3/10* を超えることは到底ありそうにない条件	個人モニタリングは不必要（ただし、作業条件が守られていることを確認する手段として個人モニタリングを行うことがある） じ
被曝と関係のない作業		(一般公衆の限度を守る)	新規

* この基本限度の 3/10 は参考レベルであって、限度ではない。

Publication 26 では作業条件、および作業場所を、それぞれ表 11 (161~162)、表 12 (163~164) のように分類しているが、特に作業条件を分類する目的は表 11 のコメントの項にもあるように、作業条件 B の労働者について個人モニタリングを省略する点にある。(および医学的サーベイランス)

現行の日本の国内法では、作業場所の分類は表 13 のとおりであり、表 14 に示すように、管理区域に常時立ち入る者(放射線作業従事者)を初めとして、管理区域随時立ち入る者についても定期的に健康診断を実施するように求めている。

表 13

場所に関する許容線量、許容濃度、許容表面密度(11)

	外部線量	空気(水)中濃度	表面汚染密度
事業所の境界	10 m rem/週以下	3 か月平均値が最大許容濃度の 1/25 以下*	—
管理区域**	30 m rem/週を超える場所	週平均値が最大許容濃度の 3/10 を超える場所	最大許容表面密度の 1/10 を超える場所
放射線施設内の常時立ち入る場所	100 m rem/週以下	最大許容濃度以下	最大許容表面密度以下
出入口等	30 mrem/週以下(管理区域境界)	8 時間の平均値が最大許容濃度の 1/25 以下(排気口、排水口)*	最大許容表面密度の 1/10 以下(管理区域の出口)

* 排気口または排気口における排気中または排水中の濃度を許容濃度以下にすることが困難な場合には、排気監視設備または排水監視設備を設けて監視し、事業所境界におけるその濃度を許容濃度以下にする。

** 外部線量と空気汚染が同時にある場合には、それらを複合し、和が 1 を超える場所を管理区域として設定しなければならない。

表 12

作業場所の分類

(10)

名 称	定 義	Publ. 9 との対応
管理区域 (controlled area)	継続して作業すると、作業条件 A (年限度の 3/10 を超えるおそれ) になることがあり、立ち入りを制限する区域。境界の決定には、既存の建物の境界を用いる	同 じ
監視区域* (supervised area)	この区域の外の年間線量当量が年限度の 1/10 (公衆の構成員に対する限度) を超えることとが、とうていありそうにない区域	新規

* この監視区域という名称は Publ. 9 にはなく、新しいものである。しかし、Publ. 9 (124) に、公衆の構成員が限度を超えないように、「放射線源へ接近することを制限すべきである」と述べている。また、わが国の「原子炉の設置、運転等に関する規則」の第 7 条に、周辺監視区域を定め、その区域への立ち入り制限の措置をとらなければならないとしている(周辺監視区域外の許容被曝線量は、1 年間に付き 0.5 レム、科学技術庁告示 21)。

表 14

健康診断概要表 (11)

健康診断項目 受検時期 該当者	検査・検診項目	受 検 時 期
管理区域に常時立ち入る者 (放射線作業従事者)	問診・皮ふ (眼)	業務従事前とその後3カ月以内
	血液検査	業務従事前とその後6カ月以内
業務上立ち入る者 (管理区域随時立入者)	問診・皮ふ (眼) 血液検査	業務従事前とその後6カ月以内
著しい放射線被曝または汚染を受けた者、またはそのおそれのある者	問診・皮ふ (眼) 血液検査	不測の事態発生直後

(眼): 眼の検診は中性子線、α線および重陽子線の被曝のおそれのある場合または医師が必要と認める場合に限る。

ところが、Publication 26
では、“作業条件A”の労働者
に対しては、
就業前の医学検査を
求めるだけだ (185)
継続的監視の必要、不
必要の判断は現場に
ゆだねられている (186)。
その上、“作業条件B”の労働者
に対しては、何らの医学検査も求
められない。

日本の国内法への取り入れに
当たっては、表15のような報告
が出された。それが、Publication 26
のその次の導入には及びずあ
るけれど、やはり大巾な医学サー
ベイランスの緩和が計られよう
とされている。

個人モニタリングについては、現行
の国内法では、放射線作業従事者
と管理区域随時立入者の両者に対して実施することとされているが、
Publication 26では“作業条件A”の労働者に対しては個人モニタリ
ングを求めず、表16に示すように、新たに記録レベルを設定し、

表 15 (2)

◎昭和53年6月「放射線作業従事者等健康診断
検討会」(座長:熊取敏之)から報告が出され
ている。

年間5レムの 3/10を超え るおそれの ある者	就業前及び 1年毎	(被ばく状況等の調査) 被ばく歴等 (検査・検診) 皮ふ……必要か否か医師 の判断 眼……同上 血液、血色素量、赤血球 数、白血球数、医師が必要 と認めた場合は白血球 像
年間5レムの 1/10を超え るおそれの ある者	就業前のみ	

表 16

個人モニタリングの調査レベルと記録レベル (10)

	Publ. 26	Publ. 9, 10, 12
日常モニタリング の調査レベル	年線量当量限度の 3/10 に個人モニ タリングの測定期間の1年に対する 割合をかけた値を基とする (178) (Publ. 10, 12 と同じ)	Publ. 9 では調査レベルという用語はない。 Publ. 10 では、体内被曝に対して、調査レベ ルは年限度の $1/20 = (3/10) \times (1/6)$ (体内摂 取が1年に6回起ると仮定して)。Publ. 12 (98) では、体外被曝に対して、年限度の3/10 を線量計の1年間における測定頻度で割った 値 (例: 頻度4なら全身300 ミリレム)
日常モニタリング でない場合の調査 レベル	年限度の3/10を、単発の事象の1年 間における期待数で割った値 (179)	Publ. 12 (99)。上記の調査レベルを超えるこ とがしばしばあれば、調査はもっと高い現実 的なレベルから開始する。この場合、上記レ ベルは記録レベルとする。
記録レベル	年限度の 1/10 に基づく値 (181) (Publ. 12 の3/10が1/10に変わった)	年限度の3/10に基づく値 (Publ. 9, 12)

記録レベルに達しないから、モニタリング結果は、"記録と作業に値する事実性"ともならないと主張するばかりが、それらは"ゼロとして取り扱うべきである" (150) と述べている。

ICRP が用いている Risk 係数には根拠がないことは、すでに述べたが、微量放射線の Risk 評価のためには、何よりもデータの蓄積が必要である。それにも拘らず、データの蓄積をあえて省略した上、一定レベル以下をゼロと見做して無視するなど、ふよと正気の沙汰とは思えない。

しかし、ICRP 自身の変遷だけを問題にするならば、表 11、12、16 等からわかるように、ICRP の勧告は publication 26 で変わったのではなく、実際には、1965 年の publication 9 からすでに変わったものである。にもかかわらず、今回が、ICRP 勧告の余りの無謀さの故に、その取り入れに躊躇したため、業を煮やした ICRP が、被曝基準や線量評価法の全面的改訂と並に、再度、現場の放射線管理の合理化を進めたというのが真相であるように思う。

誠に学者の空想とは思えない ということだが... ?!

個人モニタリングと医学的サーベイランスの簡略化と、線量当量限度が全一年単位に決められ、従来の三ヶ月毎の制限が撤廃されたこと等をあわせて考えれば、現実の被曝労働者(原登ジプシー)は、ますます過酷な状態に陥として入れられることになるであろう。

V. おわりに.

ICRP は記録レベルを設定することによって、被曝記録の簡略化がどうも主張している。一方では、住民管理を初めとして、歴久的なデータベースがコンピューター利用化される中で、被曝労働者の記録は簡略化が必要であると主張される時、"合理化"の本質が現われるように見える。

現実の下請、請負労働者による被曝作業の実態を知らないうちに、"学者"が机上の論理を暴走させているのが ICRP の勸告である。
(原力(放射線利用)推進派の意を受け)

<参考文献>

- (1) 辻本 忠, 「放射線管理」, 日刊工業新聞社 (1983) } etc より作成
 Code of General regulations 10
 ICRP Publication 1, 6, 9, 26
- (2) 宇沢 悠弘, 「ICRP勧告の国内制度への取入れに関する検討結果(放射線審議会基本部会
 の中間報告)」, 放射線会議資料 No.20-2 (1982)
- (3) 古澤 康雄, 草間 朋子, 「国際放射線防護委員会の新勧告 — 注目される内容と
 わが国への適用に関する問題点 —」, 原子力工業 24, 4 (1978)
- (4) 辻本 忠, 「放射線管理」, 日刊工業新聞社 (1983)
- (5) 矢部 明, 「ICRPの新しい体内被曝線量率定法」, 保健物理 15, 3 (1980)
- (6) Committee on the Biological Effects of ionizing radiations, "The Effects on Populations of
 Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation", National Academy Press (1980)
- (7) T. Straume, R. L. Dobson, "Implications of New Hiroshima and Nagasaki Dose
 Estimates: Cancer Risks and Neutron RBE", Health Physics 41, 4 (1981)
- (8) 若林 俊郎 他, 「寿命調査第9報 わが国腫瘍登録資料, 長崎, 1959-78年」, RERF TR 6-81
 , 放射線影響研究所 (1983)
- (9) 今中 曾二 他, 「広島・長崎原爆被曝量再評価問題とその意味について」,
 京都大学原子炉実験所 第17回学術講演会, 講演要旨集 (1983)
- (10) 藤田 穂也, 「ICRP Publication 26について」, 保健物理 13, 1 (1978)
- (11) 放射線取扱者教育研究会, 「放射線同位元素等取扱者大綱」, オーム社 (1983)