

作業者の
放射線防護のための
モニタリングの一般原則

ICRP *Publication* **35**

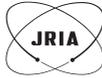
作業者の放射線防護のための
モニタリングの一般原則

国際放射線防護委員会専門委員会4の報告書

1982年5月に主委員会によって採択
されたもの
この報告書は ICRP Publication
12に置きかわるものである。

社団法人 日本アイソトープ協会





Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 35

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Giichirou TANAKA, Masao OSHINO,
Hisao KAWAMURA, Kazuo TAKADA

Editorial Board

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,
Japan Radioisotope Association

.....
Eizo TAJIMA (Chair) Tatsuji HAMADA (Vice-chair)
Masami IZAWA ** Sukehiko KOGA * Sadayoshi KOBAYASHI
Shinji TAKAHASHI ** Ichiro MIYANAGA
.....

* ICRP member at the time.

** Former ICRP member.

邦訳版への序

本書は ICRP Publication 35 として刊行された、ICRP 専門委員会 4 の報告書

General Principles of Monitoring for Radiation

Protection of Workers

(*Annals of the ICRP*, 9, No. 4 (1982) に発表)

を、ICRP の了解のもとに翻訳したものである。

これは、さきに 1969 年に刊行され、当協会から翻訳が発行された、同じ題名の Publication 12 に代わるものであって、全体として以前の構成をほとんどそのまま踏襲しながら、1977 年の ICRP 勧告と整合させることを目的として改訂された。

翻訳に当たっては、モニタリングの専門家およびモニタリングに関連する分野の専門家の手をわずらわせた。

田中義一郎 (放射線医学総合研究所那珂湊支所)

押野 昌夫 (日本原子力研究所大洗研究所)

河村日佐男 (放射線医学総合研究所那珂湊支所)

高田 和夫 (日本原子力研究所東海研究所)

できあがった原訳は当協会の ICRP 勧告翻訳検討委員会によって他の Publication の訳文との調整を主とした検討が行われて成文となった。ご多忙中にもかかわらず、たびたび会合を開いて原訳をお作り下さった上記の方々の労を多としたい。

昭和 59 年 2 月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

日本アイソトープ協会
ICRP 勧告翻訳検討委員会

- 委員長 田島 英三 (立教大学名誉教授)
副委員長 浜田 達二 (日本アイソトープ協会)
委員 伊沢 正実 (日本原子力発電㈱)
古賀 佑彦 (名古屋保健衛生大学)
小林 定喜 (放射線医学総合研究所)
高橋 信次 (愛知県がんセンター)
宮永 一郎 (日本原子力研究所)

目 次

	頁 (項)
序	
A. 緒 論	1 (1)
放射線防護における測定の機能	1 (3)
モニタリングの原則	2 (4)
B. 委員会の勧告.....	4 (8)
作業条件の区分による個人の被曝	4 (9)
体内被曝と体外被曝の加算	5 (11)
誘導限度および認定限度	7 (14)
誘導限度	7 (15)
認定限度	9 (16)
参考レベル	9 (17)
記録レベル	9 (18)
調査レベル	10 (21)
介入レベル	12 (24)
記録の保存	12 (26)
C. モニタリングの機能	15 (31)
作業場所のモニタリング	15 (32)
日常モニタリング	15 (32)
作業モニタリング	15 (33)
特殊モニタリング	16 (34)
個人モニタリング	16 (35)
日常モニタリング	17 (36)
作業モニタリング	17 (37)

(iv)

特殊モニタリング	17	(38)
作業場所の状況評価における		
個人モニタリング結果の利用	18	(39)
モニタリング結果の解釈におけるモデルの適用	18	(40)
モニタリングの補足的機能	18	(42)
モニタリングプログラムの再評価	18	(42)
管理区域	19	(43)
医学的監督	19	(44)
D. 体外放射線に関する作業場所のモニタリング	20	(45)
モニタリングプログラムの計画	20	(45)
日常モニタリング	20	(46)
作業モニタリング	21	(48)
結果の解釈	22	(50)
E. 表面汚染に関する作業場所のモニタリング	24	(54)
主要な目的	24	(54)
モニタリングプログラムの計画	25	(56)
結果の解釈と記録	26	(61)
F. 空気汚染に関するモニタリング	28	(64)
モニタリングプログラムの計画	28	(65)
結果の解釈	30	(70)
作業調査の使用	30	(71)
エリアサンプラの使用	31	(72)
個人サンプラの使用	32	(75)
粒度測定	34	(77)
G. 体外放射線に関する個人モニタリング	35	(78)
モニタリングプログラムの計画	35	(79)
サービスの規模	35	(79)
線量計の基本的要件	37	(83)

線量計の着用部位	37	(84)
β線, γ線およびX線用線量計の選択と形式	38	(85)
中性子に関するモニタリング	39	(87)
個人線量計を用いた作業モニタリング	41	(90)
事故時被曝の特殊モニタリング	41	(92)
結果の解釈	44	(98)
日常モニタリング	46	(105)
日常モニタリングにおいて要求される正確さ	47	(109)
事故時被曝のモニタリング	47	(110)
H. 皮膚汚染に関するモニタリング	50	(112)
I. 体内汚染に関する個人モニタリング	51	(113)
モニタリングプログラムの計画	51	(113)
サービスの規模	51	(113)
特殊モニタリング	52	(114)
モニタリング方法の選択	52	(116)
日常測定の頻度	53	(117)
結果の解釈	54	(119)
日常モニタリング	54	(120)
体内汚染に関する日常モニタリングにおいて		
要求される正確さ	56	(123)
特殊モニタリング	56	(124)
J. 品質保証	58	(125)
K. 用語の説明	60	(129)
参考文献	63	
付録 A 体外放射線に関する個人モニタリングのための		
作業者抽出基準	65	
低放射能の線源	66	
γ線源からの全身照射	66	

(vi)

(48)	γ 線源による手の照射	66
(49)	β 線源による照射	66
(57)	β/γ 放出体について示唆される限度	67
(58)	中性子線源	68
(59)	X線および γ 線によるラジオグラフィ装置と	68
(60)	蛍光透視装置 (医療用および工業用)	68
(61)	X線および γ 線による放射線治療装置	68
付録 B 体内汚染に関する個人モニタリングのための		
(70)	作業者抽出基準	70
(112 )	.....	H
(113 )	.....	I
(114 )	.....	.....
(115 )	.....	.....
(116 )	.....	.....
(117 )	.....	.....
(118 )	.....	.....
(119 )	.....	.....
(120 )	.....	.....
(121 )	.....	.....
(122 )	.....	.....
(123 )	.....	.....
(124 )	.....	.....
(125 )	.....	.....
(126 )	.....	.....
(127 )	.....	.....
(128 )	.....	.....
(129 )	.....	.....
(130 )	.....	.....
(131 )	.....	.....
(132 )	.....	.....
(133 )	.....	.....
(134 )	.....	.....
(135 )	.....	.....
(136 )	.....	.....
(137 )	.....	.....
(138 )	.....	.....
(139 )	.....	.....
(140 )	.....	.....
(141 )	.....	.....
(142 )	.....	.....
(143 )	.....	.....
(144 )	.....	.....
(145 )	.....	.....
(146 )	.....	.....
(147 )	.....	.....
(148 )	.....	.....
(149 )	.....	.....
(150 )	.....	.....
(151 )	.....	.....
(152 )	.....	.....
(153 )	.....	.....
(154 )	.....	.....
(155 )	.....	.....
(156 )	.....	.....
(157 )	.....	.....
(158 )	.....	.....
(159 )	.....	.....
(160 )	.....	.....
(161 )	.....	.....
(162 )	.....	.....
(163 )	.....	.....
(164 )	.....	.....
(165 )	.....	.....
(166 )	.....	.....
(167 )	.....	.....
(168 )	.....	.....
(169 )	.....	.....
(170 )	.....	.....
(171 )	.....	.....
(172 )	.....	.....
(173 )	.....	.....
(174 )	.....	.....
(175 )	.....	.....
(176 )	.....	.....
(177 )	.....	.....
(178 )	.....	.....
(179 )	.....	.....
(180 )	.....	.....
(181 )	.....	.....
(182 )	.....	.....
(183 )	.....	.....
(184 )	.....	.....
(185 )	.....	.....
(186 )	.....	.....
(187 )	.....	.....
(188 )	.....	.....
(189 )	.....	.....
(190 )	.....	.....
(191 )	.....	.....
(192 )	.....	.....
(193 )	.....	.....
(194 )	.....	.....
(195 )	.....	.....
(196 )	.....	.....
(197 )	.....	.....
(198 )	.....	.....
(199 )	.....	.....
(200 )	.....	.....

序

国際放射線防護委員会勧告の適用に関する専門委員会4は1978年5月の会合において、1968年5月に採択されたICRP Publication 12「作業者の放射線防護のためのモニタリングの一般原則」を改訂することを決定した。これは、ICRP Publication 26「国際放射線防護委員会勧告」で公にされた委員会勧告との整合をはかるためである。この報告書はこの改訂作業の成果であり、現在改訂が進められているICRP Publication 7「放射性物質の取扱いに関連する環境モニタリングの諸原則」と補足しあうものである。

作業者の放射線防護の問題と関連するICRP Publicationはこのほかに、Publication 10「職業被曝による体内汚染からの身体組織への線量の評価」、Publication 13「学校における放射線防護」およびPublication 30「作業者による放射性核種の摂取の限度」がある。

しかし、この報告書では、ICRP Publication 24「ウラン鉱山および他の鉱山における放射線防護」の中で特別に論じられている主題である鉱山労働者の防護は取り扱われていない。

専門委員会4の構成員：

(1977年—1981年)

H. Jammet (委員長)	D. Méchali
R. M. Alexakhin	D. W. Moeller
R. M. Fry	F. Morley
A. J. Gonzalez	H. Muth
O. Ilari	J. O. Snihs
E. Kunz	S. D. Soman

A. 緒 論

(1) 放射線および放射性物質による被曝の評価あるいは管理に関連する測定はモニタリング*という一般的な用語で表現される。この報告書のねらいは、モニタリングプログラムの目的を効果的かつ経済的に果たすために、その基礎となりうる一般の原則を確立することである。モニタリングのうちのある面は、国あるいは地域が要請する事項であるかもしれない。この報告書の勧告は、その要請が委員会の勧告に基づいている場合にだけこれらの面に関係をもつものである。

(2) モニタリングプログラムの目的は明確に定義して記録しておくべきであり、かつ、その計画はこれらの目的を反映すべきである。計画には、モニタリング結果の解釈に関する根拠と、それがプログラムの目的とどのような関係にあるかということが含まれているべきである。この根拠もまた記録しておくべきである。最後に、計画には、必要な記録についての指針と、関連する記録の保存および破棄の方法についての指針が含まれるべきである。これらすべてのことからは、数年ごとに、あるいは施設の運転上大きな変化があったとか、委員会の勧告、または国あるいは地域の要請に大きな変化があった場合にはいつも再検討されるべきである。

放射線防護における測定の機能

(3) 職業上の放射線防護およびそのもっと一般的な母体である職業衛生の主目的は、容認できる程度に安全でかつ満足できる作業条件を作りあげて維持することである。測定はいかなる放射線防護プログラムにおいても主要な役

* 下線を付した語はK章で定義されている。

(2)

割を果たさなければならぬものではあるが、モニタリングは測定以上のものを含んでいる。すなわち、モニタリングは、委員会の勧告および関連する国家的要請による解釈をも含んでいなければならない。それゆえ、その正当性はまず第一にモニタリングが十分な安全性を達成するのに役立っているという点に、およびこのことを立証することに見出されなければならない。労資関係または対社会関係、あるいは科学的研究の分野では、ときにはその他の付随的利益があるかもしれないが、これらの利益はそれ自体ではモニタリングプログラムに主要な正当性を与えるものではないであろう。モニタリングは、重要ではあるけれども放射線防護の一つの技術にすぎず、それ自体が目的ではない。

モニタリングの原則

(4) 委員会の勧告する線量制限体系では、さまざまな種類とエネルギーとの放射線に対する線量限度を表す共通の数値的基礎として、線量当量およびこれと関連する諸量、すなわち、器官または組織における平均線量当量、実効線量当量および預託実効線量当量^{1,2)}が使用されている^{1,2)}。それに加えて、線量当量は種々の放射線による損害を算定するための尺度を与える。また委員会は、体外放射線に関する補助限度、すなわち深部および表層部線量当量指標の限度、ならびに、体内放射線に関する補助限度、すなわち、放射性核種の年摂取限度を勧告している。実際の状況ではほとんどの場合、一次線量当量限度ではなく補助限度が使われるであろう。

(5) 満足な作業条件が存在していることを保証しようとするモニタリングの目的は、したがって、まず第一に、基本限度——一次限度にせよ補助限度にせよ——を表現している諸量によって作業者の被曝を推定するのに必要となる情報を提供することである¹⁾。しかしながら、組織または器官における平均線量当量、放射性核種の摂取量、および線量当量指標は、実際には直接に測定することができない。これらは、他の直接に測定できる量に基づいて推定した

ければならない。

(6) 測定結果の解釈は、測定される量と推定される量との関係を定量的に記述する一つのモデルに基づいて行われる。モデルと測定値とは両方とも重要である。モニタリングプログラムの測定値を解釈するためのモデルは、適切な測定方法を選択するさいの前提条件である。

(7) 実際には、たとえば排気系統における放射性核種の測定といった種類の異なった測定が行われる。こうした測定結果を、基本限度を表現している諸量によって解釈することはむずかしい。重要なことは、このような測定の機能と限界を明確に理解し、その測定が単独か、あるいは他の測定との組合せによって放射線防護の目的に沿えるようにすることである。

B. 委員会の勧告

(8) モニタリングプログラムを計画し、その結果を解釈する場合には、委員会の勧告^{1,2,14)} および専門委員会の勧告³⁻¹⁰⁾ ならびに関連する ICRU 出版物^{15,16)} に注意を払うべきである。委員会勧告の解釈上の問題の多くは、モニタリングプログラムの詳細な検討にてらしてのみ論じることができるので、この報告書の適当な個所で述べる。しかし、それとは別に取り扱う方が便利であるような解釈上の問題が若干あり、それを以下に述べる。

作業条件の区分による個人の被曝

(9) 委員会の現勧告は作業員すべてに適用される一組の年線量当量限度を与えているが、さらに、モニタリングプログラムの立案と遂行にあたって考慮しなければならないそのほかの制限も含んでいる。これは、生殖能力のある女性および妊娠中の女性の被曝に関する諸制限である。

(10) 作業員の放射線防護の問題はその規模と性質が大きく変わりうることを考えると、作業条件を分類する体系を導入することが実際上有利であり、委員会の勧告はそのような2つのクラスを与えている¹⁾。作業条件Aは、1年間の線量当量が該当する年限度の10分の3を超えるおそれのある状況である。作業条件Bは、1年間の線量当量が該当する年限度の10分の3を超えることにはほとんどなりそうもないような状況である。これらの定義は、特定の1年間に実際に受ける被曝線量ではなく、この被曝線量に達する可能性に関連してつくられたものである。実際には、作業条件Aの作業員が現実には受ける年間の線量当量は大部分が線量当量限度の10分の3よりも低い。この分類の目的の一つは、必要な管理方法を簡単にするにある。作業条件Bと対照的に、作業条

件Aにおいては、日常の個人モニタリングなしでは線量当量限度を遵守しかつそのことを立証することができない。しかし、作業条件Bにおける個人モニタリングは、状況が満足であるということを確認するための方法として、あるいは線量分布に関する統計的データを収集するためにときに行われることがある。経験によれば、放射線源や放射性物質が使用されている施設の作業者の大多数は作業条件Bで作業しているものとして分類できる。委員会が提案した分類によれば、安全基準を引き下げることなくモニタリングプログラムにおいてかなりの経済的節約を達成する機会が与えられる。個人モニタリングを必要とする作業者を見分ける規準は、この報告書のC章およびI章ならびに付録AおよびBの中で論じられている。

体内被曝と体外被曝の加算

(11) 委員会の勧告する非確率的影響に関する線量当量限度は、1年間の体外被曝による器官または組織の線量当量とその年の放射性核種の摂取による預託線量当量との和に関係している。委員会の勧告する確率的影響に関する線量当量限度は、1年間の体外被曝による実効線量当量と、その年の放射性核種の摂取による預託実効線量当量との和に関係している。実際には、体外被曝に関する2つの補助限度、すなわち深部および表層部線量当量指標についての年限度と、放射性核種の摂取についての補助限度すなわち年摂取限度 (ALI) が使用される。これらの諸量についての十分正確な推定値を得ることができるモニタリング方法を用いれば、次の2条件を満たすことによって、必要とされる防護レベルを達成すること、および、線量当量限度が守られていることを実証することが可能である。

$$\frac{HI_{1,d}}{HE,L} + \sum_j \frac{I_j}{I_{j,L}} \leq 1, \text{ かつ } \frac{HI_{1,s}}{H_{sk,L}} \leq 1$$

ここで、 $HI_{1,d}$ は年深部線量当量指標、 $HI_{1,s}$ は年表層部線量当量指標、 HE,L

(6)

は実効線量当量の年限度、 $H_{sk,L}$ は皮膚の線量当量の年限度、 I_j は放射性核種 j の年摂取量、および、 $I_{j,L}$ は放射性核種 j の ALI である。測定および解釈上の実際の諸問題はこの報告書ののちの章で取り扱う。体外被曝に関するこの両方の限度に適合すれば、実際のほとんどの状況において水晶体に対する線量当量限度を守ることができる。同様の方法により認定限度が守られていることを立証できるであろう。さらに、ALI が非確率的影響によって決定されている場合には、この方法は不必要にきびしくなるかもしれないことに注意すべきである。(ICRP Publication 30, Part 1 の 9.7 節も参照。)

(12) 個人モニタリングを導入すべきか否かに関する決定は、体外被曝および体内被曝の起こる可能性にそれぞれ独立に基づいて行えばよい。したがって、体外被曝が線量限度の 10 分の 3 を超えそうな状況にありうることに基づいて作業環境を作業条件 A と分類したとしても、もし体内被曝が補助限度の 10 分の 3 を超えることにほとんどなりそうもないならば、その分類は体内被曝のための日常モニタリングを導入する理由には必ずしもならないし、その逆もまた同じである。実際には、作業者の防護の適切なレベルを保証するため両方の種類の日常モニタリングが必要になる状況は、数少ないであろう。作業条件 A または B のいずれを適用するかの判断には不正確さが避けられないので、まれにあるどちらともいえない場合を除き、体外および体内被曝を別々に算定すれば十分である。また、両種の被曝に関する参考レベル(17項参照)とくに記録レベルはたいていの場合独立に考慮してよく、したがって一方を他に対して調整することは不必要になる。しかしながら放射性核種の混合摂取の場合、個々の放射性核種の参考レベルは数種の放射性核種の 1 年間にわたる摂取を制限するさい用いられるのと同様なやり方で相互に調整すべきである。

(13) 異常被曝* の場合には、さまざまな器官や組織の線量当量、またはその方がより適切である場合には吸収線量の、より正確な推定値を得るために、

* ICRP Publication 26¹⁾ 133—135 項, 188—194 項。

モニタリングおよび調査についてのより詳細なプログラムが必要になるであろう。このような被曝では、線量当量は日常起こる状況での線量当量よりも通常はるかに高いであろう。したがって、これらの器官および組織の線量当量または吸収線量を算定するにあたっては、体外放射線と体内放射線の両方を考慮に入れることが必要でもあり、また実行可能でもある。

誘導限度および認定限度

(14) モニタリングプログラムの過程で得られる測定値の多くは、委員会の勧告する量により直接に表現することができない。ある場合には、実際の測定値と委員会の勧告値との間の関係はかなり単純直截であり、委員会の勧告によりその測定結果のおおよその重要度を評価することはかなり容易である。この方法は、体外放射線に関する個人モニタリングの解釈や放射線の線量率モニタリングのあるものにおいてふつうに用いられている。しかし、そうした簡単な解釈でさえも、実際には、たとえば身体の特定の場所に着用した線量計などにより測定された量と、実効線量当量または線量当量指標のような基本限度が与えられている量との関係を表す一つのモデルに基づいていることをはっきりと理解すべきである。そのようなモデルの限界を認識していなければ、一見単純な状況においてでさえ誤った結論に至ることがある。その他のいくつかの測定値の解釈はもっとむずかしい。というのは、解釈は、作業者がその環境の中で動いたり環境を利用したりする仕方および被曝の機構と経路など、他の要因に依存するからである。たとえば、作業場所の床の表面汚染の測定値と委員会の勧告値との関係はきわめて複雑である。

誘導限度

(15) 誘導限度 (DL: derived limit) は、線量当量、預託線量当量あるいは摂取量以外の量に関連をもつ一つの限度であって、定められたモデルを用

(8)

いて、作業場所の特定の状況下で基本限度を反映するように意図されている限度である。それにより、モニタリングプログラムで測定される量と委員会が勧告する線量当量限度あるいは年摂取限度との間に定量的な結びつきを与えることができる。管理者により放射線防護の最適化に基づいて導入される諸限度も誘導限度を設定するための根拠として用いることができ、これは誘導認定限度と呼ばれる。その結びつきの正確さはそのモデルがどの程度事実近く選ばれたかに依存し、このことは次に得られた DL がどの程度一般的に適用できる必要があるかに依存している。たとえば、表面汚染に関する DL は、ある定められた擾乱を受けた、定められた表面材上の特定の汚染源物質に関して導くこともできるし、どのような汚染にも一般的に適用できるように導くこともできる。特殊性を中程度に選ぶこともまた可能である。より一般的な状況に適用できる DL はより広範囲に利用できるであろうが、不確かさの幅もずっと広くなり、よりきびしいものでなければならぬであろう。ある誘導限度を決めるにあたっては、これを守れば事実上確実に委員会の勧告する一次限度あるいは被曝を合理的に達成できるかぎり低く保つという原則に基づいて設定された作業限度を遵守することになるような数値を設定するよう意図すべきである。さらに、DL を遵守し得なかったことは、線量当量が該当する年限度を超えたことを必ずしも意味するものではないが、DL を超えないように作業を行うことを意図すべきである。したがって、結果が DL を超えたということは、意図した安全基準を満たし得なかったことになり、実行可能ならば改善措置を取るべきである。あるいは、使用されている DL が進行中の特定の作業にとって不当にきびしすぎることを示される場合もあろう。そのときには作業の方針を修正して新しい DL を採用するのが理にかなっているであろう。方針の一貫性を保ち DL の重要性に対する信頼を維持することの必要から、このような変更は軽々しくなされたり頻繁になされたりすべきではない。

認定限度

(16) 監督官庁または施設の管理者によりある種の限度が定められることがあり、これが認定限度である。それは、国あるいは地方の要請により指示された運用上の意味をもち、特定の状況に適用されるものである。それは防護の最適化の手法によって、あるいはその他の考察によって設定されるであろう。委員会は、そのような限度が委員会の一次限度あるいは該当する誘導限度を決して超えるべきでなく、むしろこれらよりも低くすべきであることを勧告する。

参考レベル

(17) 参考レベルは、放射線防護プログラムの中に含まれる任意の量に対してあらかじめ決められる値であり、ある量の値がこの決められたレベルを超えたとき、または超えると予測されたときに、一連の措置を取ることが要求されるレベルである。参考レベルはときには線量当量あるいは年摂取量の値であることもあるが、しかし、他のどのような量にも適用できる。そのとき、これらは誘導参考レベルと呼ぶことができる。参考レベルはそれ自体は限度ではなく、これに関連する措置は、値を記録するといった小さな措置から、介入といった大きな措置までの幅があるであろう。放射線防護プログラムにおいて関心のもたれる最もふつうの形の参考レベルは、記録レベル、調査レベルおよび介入レベルである。これらの概念は、ICRP Publication 26¹⁾ の149—152項に定義されており、以下の項でも論議する。

記録レベル

(18) 記録レベルは線量当量あるいは摂取量について正式に定められる値で、そのレベルを超えたならばモニタリングプログラムから得られた結果が保

(10)

管に値する重要性をもつような値である。委員会は、個人モニタリングの記録レベルは年限度のうちその個人モニタリング測定が行われた期間に対応する割合の10分の1に基づくべきことを勧告している。第3項に述べたような補足的なことを考慮すると、これより低い値が適当であるかもしれない。記録レベルを設定するもう一つの理由は、記録された線量算定上の情報を、最適化のために必要となる集団線量と集団線量預託を算定する目的に適用することから生ずる。このことは、委員会の勧告値よりも低い記録レベルを正当化するのであろう。しかし、このような記録レベルの諸目的は明確にしておくべきである。

(19) 記録レベルを導入する論拠は、次の事実すなわち、一般的に言って、モニタリングの結果を得ることはやさしいがそれを解釈することは困難であり、また、モニタリングプログラムで蓄積される大量のデータはほんの一时的な価値しかもたないことにある。たとえば、個人線量計の検出の限界値を超えた線量当量はすべて注目して記録することが習慣化している。ごく小さなリスクにしかならないような被曝に非現実的に注目することがないとすれば、全損害を推定するのに有益であろう。その他の被曝は、しばしば同じ程度の大きさの他の被曝であっても、検出の限界値以下であるとか、その個人がモニタされていないといった理由で記録されない。

(20) 記録レベルを使用することは、放射線防護の目的からは記録レベルより小さいモニタリングプログラムの結果は棄却することができ、年線量当量または年摂取量を算定するうえでゼロとして扱うべきであるということの意味するであろう。モニタリング結果は、単に記録レベル以下として個人の記録に記載することができる。

調査レベル

(21) 調査レベルは、集積線量当量あるいは1年間の摂取量ではなく、ふ

つうは1回の測定に関して決められる線量当量または放射性物質の摂取量*の値であって、その値を超えた場合には、結果はそれ以上の調査を正当化するほどの重要性をもつものである。委員会は、個人モニタリングの調査レベルは、当該年度のうちその測定期間に対応する割合の10分の3に基づくのが多くの場合適切であることを勧告している。他の種類のモニタリングについては、調査レベルの設定基準は、そのモニタリングプログラムの目的と行おうとする調査の種類に依存するであろう。作業場所のモニタリングに対する調査レベルの、一つのありふれた形は、正常な条件の下で期待されるモニタリング結果の一致性に基づいて決められるものである。

(22) 経験の示すところによれば、モニタリングプログラムから得られる情報の多くは、状況が満足なものであり、どのような対策も要しないことを単に確かめるにすぎない。こまごまとした解釈を要せずにこの点を見きわめるのが便利であり、調査レベルの概念はこれを達成するのに役立つ。調査レベルを設定する目的は、作業場所の状況に由来する線量当量あるいは摂取量が、確かに委員会の勧告した該当する年度の10分の3以下であることを、あるいは、1年以内の期間の測定に関しては年度の10分の3のうち対応する割合以下であることを保証することであるべきである。調査レベルの詳細な使用例がICRP Publication 10⁹⁾に収められている。調査レベルの概念は、測定されたレベルがたとえDLよりずっと低いときでさえも、その変化が管理の失敗と悪化しつつある作業手順の両方を見きわめるうえで重要であるかもしれないような作業場所のある種のモニタリングにおいても有用である。

(23) 調査レベルは限度として定められるものではなく、これを超えたことを防護手段の失敗とみなすべきではないことを認識することが重要である。調査レベルを超える結果に続いて行われる調査によって、その状況が平常より

* この報告書では、以後「摂取量」(intake)は放射性物質の「摂取量」の意味で用いてある。

(12)

やや高いレベルの被曝あるいは作業場所の汚染をひき起こすことが予想されたということを認知するだけにすぎない場合がしばしばであるが、ときには、その原因と結果の因果関係の全面的な調査に至ることもある。調査レベル以下であれば、その情報はそれ以上考察あるいは調査する必要はない。そのうえ、新しい工場の操業開始時、また装置の運転開始時のように、作業場所の状況が変わるような場合には、調査レベルを変更することがしばしば必要である。調査レベルを超えたままで長期間操業することがまったく差支えないこともある。

介入レベル

(24) 介入レベルはモニタリングで遭遇する任意の量に対してあらかじめ設定される値であって、もしもそれを超過せず、あるいは超過しないと予測されるときは、悪化しつつある状況、または明らかに容認できない状況を修正するための介入が必要になることはとうていあり得ないように決められた値である。このような介入措置の詳細は特定の状況に著しく左右されるであろうし、また介入措置は平常作業を妨げ易く、平常時の責任系統を乱すことがあるからつねに注意深く考慮されなければならない。

(25) 15—24 項で論議したさまざまな限度とレベルの間の区別を明確に理解することが重要であり、また管理要項ではこれらの区別を強調すべきである。モニタリング結果の解釈に関する管理指針は、これら概念のどれを用いているかについて明確であるべきである。

記録の保存

(26) 記録保存の目的、保存する記録の種類と範囲、および記録保存システムの規模は国の要請によって左右される。この要請には、地方の規制の遵守の程度を立証すること、被曝の傾向の評価、集団線量当量あるいは平均線量当量の算定、また医学的・法的目的（たとえば作業者の補償）および被曝集団に

おける影響の研究のための記録の利用といった考慮が含まれるであろう。

(27) 記録保存を計画するにあたっては、記録が将来の時点でどんなふう
に利用され解釈されるかに十分な注意を払わなければならない。たとえば、作
業場所のモニタリングの結果は、線量の算定がモニタリングプログラムの一部
としてその時点で行われなかり、個々の作業員の受けた線量の算定にとっ
て有用であるとは思われない。線量算定にはモニタリング期間におけるこれら
作業員の所在位置とそのさいに行われた作業の種類に関して多大の量の情報が
必要になるであろう。異常なことや不確かなことは監督者や個々の作業員との
議論によって解明しなければならないであろう。作業場所のモニタリング結果
を個人被曝に結びつけてうまく解釈することは、のちに記録を精読するだけで
は不可能であろう。したがって、作業場所のモニタリングに関する日常の記録
を保管することは、通例は、個々の作業員の被曝の算定よりもむしろ良好な作
業環境が維持されていたことを実証することを考えて行われるものである。

(28) ICRP Publication 26において、委員会は、記録レベルおよび調査
レベルに関する勧告を行い、それによって達成される作業員の防護レベル、個
人線量記録の値、あるいは作業場所の状況の管理に有意な影響を与えないで、
より簡単でかつより論理的なモニタリングプログラムを達成することを可能に
した。また、すべての個人記録には異常事態に関与したときはいつもその詳細
を、たとえ線量当量や摂取量の推定値が得られなかったとしても、含めておく
べきである。

(29) 個人記録を保管し将来それを利用することは、設計と作業の技術水
準を維持し改善する点において、また委員会の勧告または国の規制を遵守しか
つそれを立証する点において、ある面では管理上の問題である。個人記録は訴
訟において、または他の法医学的な理由で使われるかもしれないので、このこ
とは必要な保存期間に影響するであろう。放射線によって誘発されるいくつか
の疾病は潜伏期間が長いので、保存期間は長期にわたらなければならず、おそ

(14)

らく少なくとも30年間は必要である。個人記録には、単に生のデータだけでなく、推定された線量当量または摂取量はすべて含めるべきである。しかし、そのデータが得られたもとの試料、線量計、モニタリングフィルムなどを含む必要はない。

(30) 個人記録と同じようにして保管される必要のある他の重要な記録は、モニタリングプログラムの目的の説明と解釈の方法とが記されている記録類である。

C. モニタリングの機能

(31) すべての種類のモニタリングは、同じ一般的目的をもつけれども、細部の機能は大きく異なり、作業場所のモニタリングと作業者の個人モニタリングとを分けて考察することが便利である。この章では、種々の形のモニタリングのおもな機能を考察し、それらの関係を明確にする。モニタリングは3つの種類すなわち、日常モニタリング、作業モニタリングおよび特殊モニタリングに区分するのが便利である。日常モニタリングは継続作業に関連し、作業モニタリングはある特定の作業に関する情報を与えるために行われ、特殊モニタリングは現実に起きたか、あるいは起きた疑いのある異常事態に適用される。

作業場所のモニタリング

日常モニタリング

(32) 日常モニタリングは作業環境が継続作業に対して満足であること、および作業方法の再評価を必要とする変化が生じていないことを示すことを意図している。これは確認という性格が強いが、ラジオグラフィ用の強い線源が遮蔽容器にもどらなかった場合とかあるいは臨界事故のような、異常事態または緊急事態の発生を検知するための定置式検出器の使用を含めてもよい。

作業モニタリング

(33) 作業モニタリングは、特定の作業に関するチェックを行い、必要であればその作業の遂行についてすみやかな決定を下すための根拠を与えることを意図している。これは、長期間の使用には不満足であるような条件のもとでの短期の作業の手順を管理するのにとくに適している。作業環境は其中で行

(16)

われる作業を含んでいるから、日常モニタリングと作業モニタリングとを明瞭に区別することはできないが、実際には機能上十分明確な区別があるからそれらを別々に論じてよい。

特殊モニタリング

(34) 特殊モニタリングは、適切な管理を達成するための情報が不十分にしか得られていない作業環境における状況とか、あるいは事故またはその疑いのあるときのような異常な状況で行われる作業とかに用いるものである。特殊モニタリングは、問題を明確にし今後の手順を確立するためにもっと詳細な情報を得ることを目的としている。したがって、どのような特殊モニタリングプログラムも、限定された実施期間と明確な目的とをもつべきであって、いったんその目的を達成したときには終了させて、適当な日常モニタリングまたは作業モニタリングに置き換えるべきである。

個人モニタリング

(35) 個人モニタリングとは、作業者の身体に着用した用具による測定または作業者の体内あるいは排泄物中の放射性物質の量の測定を行うこと、およびそのような測定値を解釈することを意味する。こうした、モニタリングのおもな目的は、有意に被曝した組織における平均線量当量および実効線量当量の推定値を得ることである。この情報は個々の作業者に対する放射線量を制限し、また委員会勧告の線量制限の全体系および認定限度が守られていることを立証するのに有用である。この目標は通例、深部および表層部線量当量指標、あるいは対象とした組織に対する預託線量当量、体内への放射性核種の摂取量、またある場合にはそれら核種の体内残留量と十分正確に関連づけることのできる量を測定することによって、間接的に達成される。

日常モニタリング

(36) 日常個人モニタリングは作業者個人について定期的に繰り返して、あるいは連続して行われる測定のことである。年線量当量または年摂取量の推定値が委員会が勧告した該当する線量当量限度あるいは年摂取限度より十分低ければ、実際の値よりはむしろ推定値の上限を算定し、その重要度を、たとえば調査レベルを用いて評価すれば十分であろう。このことは、問題の作業者の集団に対する線量当量を過大評価することにつながるかもしれないので、日常モニタリングの結果を放射線防護の最適化の目的のために使用するときには、正確さに限界があるということを心に留めておくべきである。日常個人モニタリングの手法または機器では所要の信頼度をもった線量当量あるいは摂取量の推定値を得ることができない場合には、作業場所のモニタリングプログラムを実施して、該当する値を推定しなければならないであろう。

作業モニタリング

(37) 作業個人モニタリングすなわち、たとえば線量計を追加して行うような特定の作業中の個人モニタリングは、使用する用具が直読式であるか警報機能を有するならば、とくに作業モニタリングプログラムに重要な寄与をするであろう。しかしながら、そのようなモニタリングは特定の作業または一連の作業について行われるものであるという意味において、時間的にかぎられたものである。ある場合には、日常個人モニタリングが必要かどうかを確定するために個人作業モニタリングを試みるのが有用であろう。

特殊モニタリング

(38) 特殊個人モニタリングは、事故を含め現実に起きた、あるいは起きた疑いのある異常な状況の場合に行われるべきである(92—96項も参照)。

作業場所の状況評価における個人モニタリング結果の利用

(39) 個人モニタリングの結果は、作業場所の状況に関する情報を得るために利用できる。このことはまた、低コストで解釈の容易な個人モニタリングの方法を用いることによって、作業場所における一般的状況が十分な管理のもとにあるかどうか、および作業の変更により作業状況が改善されたかそれとも悪化したかを、簡単に確認する手段をしばしば提供するであろう。

モニタリング結果の解釈におけるモデルの適用

(40) 一般的にいて、相互に決まった関係にある放射線防護上の多くの量のどれかを推定する情報を得るためにモニタリングを行うときにはいつでも、問題とする量と測定値とを結びつけるような、いろいろな複雑さをもつ一組のモデルをモニタリング結果の解釈に適用することができる。ある直接に測定された量を、ある防護基準たとえば一次限度あるいは参考レベルまたは最適化に基づいて得られた限度に結びつけるような最も一般的に適用可能なモデルは、多くの仮定に基づいてつくられるが、その仮定は個人の被曝を過小評価するおそれが容認できるほどに小さいことが保証されるように選択される必要がある。

(41) もし、この最も一般的なモデルに基づいて推定された被曝が防護基準を超えているか、または超えそうであれば、新しい仮定に基づいて発展させた、現実の状況をより正確に反映するモデルを採用して被曝を推定する。こうして、被曝を過小評価する若干のリスクが残る一方、過大評価のリスクは減少する。

モニタリングの補足的機能

モニタリングプログラムの再評価

(42) どのようなモニタリングプログラムも、それが作業者に対するもの

であれ作業場所に対するものであれ、自己調整的であるべきで、経験が増すにつれて測定の種類、頻度および程度を適切な間隔で見直し、モニタリングが適切に行われるように努めるべきである。同じ情報はまた、作業手順および計画の特性の良い点と悪い点の両方をみきわめるためにも利用すべきである。作業条件の改善を達成するというこの積極的機能は、モニタリングプログラムの計画および適用にあたって、しばしば十分な注意が払われていないものである。最後に、条件の改善が達成されたときには、モニタリングプログラムを続けることの必要性とプログラムの範囲とを再考すべきである。

管理区域

(43) 放射性物質および放射線源を用いたほとんどの作業には管理区域の概念が利用されている¹⁾。モニタリングの結果はこのような区域を選ぶための根拠の一つを与えるにすぎない。しかしながら、体外放射線の場合には、作業場所のモニタリングの結果が支配的な因子であろう。空気汚染と表面汚染の場合には、管理区域の境界を通常決定する因子は、作業場所に実際に存在する汚染ではなくてそのような汚染の可能性であり、したがって判定の根拠となるのは過去のモニタリングから得られた幅広い経験である。

医学的監督

(44) モニタリングは医学的監督の程度と方式に影響する有用な情報も提供する。このような監督は、その区域内で予期される線量当量および摂取量によって影響されるばかりでなく、作業場所で遭遇しそうな一般的条件によっても影響される。こうした情報は、ICRP Publication 26 の 193 項に言及されている医療職員が利用できるようにすべきである¹⁾。

D. 体外放射線に関する作業場所の モニタリング

モニタリングプログラムの計画

(45) 日常モニタリングプログラムと作業モニタリングプログラムの計画は別個に扱うことが必要である。特殊モニタリングプログラムは、その特殊な目的を達成するように計画しなければならない、これらの計画を一般的に論ずることは不可能である。

日常モニタリング

(46) 作業場所の体外放射線に関する日常モニタリングプログラムの作成における重要なものの一つは、ある新しい施設が稼動に入るとき、または既存の施設に実質的な変更が行われたか、または行われたであろうときはいつも総合的なサーベイを行うことである。この種のモニタリングの一例は、原子炉あるいは臨界施設の周辺区域につき、起動あるいは長期にわたる停止後の再起動にさいして行われるサーベイである。

(47) 日常モニタリングを行うべき頻度は、放射線環境における予測される変化を考慮して決定される。作業場所における防護設備またはそこで実施されている工程に実質的な変更があった結果、その放射線場が変化する場合を除き(この場合には続いて総合的なサーベイを行うべきである)、放射線場が変化しそうでない場合には、作業場所の日常モニタリングは点検の目的ではごくまれに必要とされるだけである。しかしながら、作業場所の放射線場が変化しがちではあるがその変化が速くも激しくもないと思われるならば、主としてあら

はじめ設定された点において定期的にまたはときどき点検を行うことにより、通常は、状態の悪化に対する十分かつ適時の警告が得られる。このかわりに、体外放射線に関する個人モニタリングの結果がこの目的に利用できるかもしれない。放射線場が急速にかつ予測されずに重大なレベルにまで達することがありそうな場合には、その作業場所に配置するか、または作業者が個々に着用する警報機能をもつ計器のシステムが必要とされるであろう（90 項および 91 項も参照）。この種の警報モニタリングを必要とする状況を見きわめることがとくに重要である。というのは、もし効果的に行われれば、高線量率での大線量当量の集積を防止し、その結果危険な状況を除去できるからである。ほかの種類のモニタリングは作業の全般的安全には寄与してはいるが、このような直接的にももの状況を示す機能を満たすことはほとんどない。

作業モニタリング

(48) 作業モニタリングプログラムの計画は実施しようとしている作業が放射線の場に影響を与えるかどうか、あるいは放射線の場が作業中を通じて実質的に一定に保たれるかどうかにか大きく依存する。後者の場合には、作業者が作業する区域の線量当量率の予備的サーベイで通常十分であろうが、このサーベイは一連の作業ごとにその開始前に繰り返して行わなければならないであろう。作業自体が線量当量率に影響を与えるか、あるいは、放射線の場が変動しがちな場合には、作業の全期間にわたり、連続した一連の測定が必要とされるであろう。このようなサーベイの詳細な計画は、作業の形態と作業が行われる状況に決定的に依存しなければならない。

(49) β 線のモニタリングにおいて最も大きい困難を経験するのは、作業が放射線の場の変動をもたらすような作業においてである。 β 線の透過力が小さいために、ごく小さい操作が、線量当量率の γ 線成分にはわずかな変化しか起こさずに、 β 線成分には非常に大きな変化を起こすであろう。多くのモニ

(22)

タリング、とりわけ作業者に警報を与えるためのモニタリングは γ 線を測るものなので、 β 線と γ 線の線量当量率の比に急激な変化がある場合には管理手順が非常に複雑になるであろう。

結果の解釈

(50) モニタリングプログラムの中で行う測定は、決定する必要がある諸量の最もよい推定値が得られるように、また、解釈が容易にできるように選ぶべきである。作業者の実効線量当量または器官および組織の平均線量当量の観点から、作業場所での測定結果を解釈するという一般の問題はきわめて複雑である。放射線のフルエンス率および線質は空間的、時間的に変化するものであり、一方では、作業者は環境の中を動きまわり、その状況は予想することも、正確に知ることも、記録することもできない。それゆえ、単純化のための大きな仮定を導入することが必要になる。単純化の一例は、作業場所で測定されたある量が、作業者の実効線量当量または器官および組織における線量当量の適切な代表値を与えることができると仮定することである。線量当量指標（表層部指標および深部指標ともに）は、同一場所における作業者の最大線量当量と適切に対応する。線量当量指標はまた、体外放射線による実効線量当量（深部指標の場合）、および皮膚への線量当量（表層部指標の場合）のおよその尺度となる。手足や目が局所的に被曝するかもしれない状況下では、他の形態のファントムを用いることがより適当であろう。たいいていのサーベイ機器は、主として一方向性の放射線場に対して、深部線量当量指標の適切な推定値を与えるように校正することができる。これらの機器は、等方性または多方向性の場については、線量当量指標を定義するのに用いたファントム自体の遮蔽を備えておらず、したがって、線量当量指標および作業者が受けるとされる実効線量当量の両方を過大評価する。この過大評価は、空間的、時間的に異なる多数の点における線量当量指標を、ある作業者の積算線量当量と関係づけることのむず

かしさから生ずる誤差ほどには重大になりそうにない。

(51) ある場合の適用にあたっては、ある人が全作業時間中、線量当量指標率の最も高い場所にいると仮定すると便利である。作業者の手や、局所的に被曝する身体の他の部位の位置についても、同様の仮定をすることができる。この方法は、受ける可能性のある線量当量の上限値を与えるもので、もし線量当量指標率が十分低ければ、作業場所内での移動あるいはそこへの立入りを制限する必要がないという利点をもっている。実際には、そのような作業場所において受ける現実の線量当量はこの最大値を十分に下回りそうである。(18)

(52) 作業場所の線量当量指標率を、この簡単な解釈方法が有効であるほど十分低く保つことが実行可能でないならば、線量当量指標率の高い区域への立入時間を算定し、ある場合には立入りを制限することが必要になる。(19)

(53) 作業モニタリングにおいては、解釈は、いかなる作業者も定められた線量当量以上は受けたくないような作業時間を定めることによって、行うことが多い。原則的には、この線量当量を選択しある人にあてはめようとするさいには、その人の現行の管理期間のうちに行われる他の作業内容を知ることが必要とし、防護サービスと就労管理との間の密接な協力が必要となるであろう。(20)

E. 表面汚染に関する作業場所の

モニタリング

主要な目的

(54) 経験上、作業場所の表面汚染と作業者の被曝との間には必ずしも相関関係はないことがわかっている。しかしながら、ある定められたレベル以上の表面汚染が存在しないということは、通常一次封じ込めが高い技術水準にあることを示し、また、そのレベルが適切に選択されている場合には、作業者の異常な体内汚染はなく、したがって日常の空気モニタリングまたは体内汚染に対する個人モニタリングの必要性はないという強い確証を与えるものである。表面汚染の測定値はさらに、現在はもちろん過去においても封じ込めが有効に行われたことを示す指標としても有用である。こうした用途を除くと、表面汚染の測定値は作業者の被曝量算定のためには直接の価値は少ない。

(55) 表面汚染に関するモニタリングプログラムの主要な目的は次のように要約することができる：

- (a) 汚染の拡大防止を助けること；
- (b) 封じ込めの失敗または良好な作業手順からの逸脱を検知すること；
- (c) 良好な作業環境維持の一般的基準を守っていれば、被曝を合理的に達成できるかぎり低く保つことができ、またたとえば皮膚の汚染について定められた限度に近づくような被曝を防止することができるようなレベルに、表面汚染を制限すること；
- (d) 個人モニタリングと空気モニタリングの最も適したプログラムの計画のため、および作業手順決定のための情報を提供すること。

モニタリングプログラムの計画

(56) 表面汚染に関する日常モニタリングのふつうに行われる方法は、ある区域の表面のうちで代表的部分を、経験から得られた頻度でモニタリングを行うことである。ある状況では、他のもっと間接的なやり方を採用してもよい。徐々に悪化する条件の検出や、小さい飛散の検出は、清掃用モップ、真空掃除器の集塵袋、区域からの出口に敷いてある特殊マットやその他の表面材または区域で着用した靴あるいは手袋、またはポケットの内面などの汚染レベルを点検することによって行うことができる。これらの方法はすべて、少量の局所汚染が起こっていることの検出はできず、また、表面汚染のレベルを定量的に推定することもできないが、汚染レベルの一般的指示を与えるものである。著しい汚染が起こり易く、その結果個人がこの区域からかなりの量の放射能を1回に運び出す可能性がある場合には、出入口モニタを使用することにより日常モニタリングを補足することができる。更衣室の出口でこのモニタを使用すれば、とくに β および γ 放出体を含んでいるような汚染事象について信頼すべき検出を行うことができる。

(57) 更衣室の清浄区域側に置かれている表面汚染モニタは、ふつう、作業者が建物から退出する前に手と靴が汚染していないことを確かめるための個人用モニタとして用いることを意図している。このモニタが作業場所に一般的汚染が起こったときの追加的なチェックになると考えることがときにあるけれども、手を洗いオーバーシューズおよびその他の特殊な防護衣を脱いだ後にモニタリングを行うので、この目的のためには、信頼できるものとみなすべきでない。

(58) 表面汚染に関する日常モニタリングは、通常ある種の作業モニタリングによって補足され、その結果が作業中における汚染の拡大防止や制限に大いに役に立つ。この作業モニタリングのテクニックは、部分的封じ込めのもと

での実験室作業，たとえばフード内での作業においてとくに有効であり，作業
者個人個人がモニタリング器具を使用できるようにすることが汚染管理におい
て多大な役割を果たすであろう。

(59) 作業モニタリングのもう一つの種類は，管理区域あるいは監視区域
から持ち出される物品を検査することである。すべての管理区域あるいは監
視区域から持ち出されるあらゆるものを監視することは通常実行可能でないの
で，モニタリングが日常必要な区域および物品を定めておくことが必要である。

(60) 密封線源のみを使用する所では，作業場所の表面汚染のモニタリン
グは平常は不必要であるけれども，そうした線源は漏洩を起こすことがありう
る。したがって密封線源の定期的試験のプログラムが必要である。専門業者の
調製した線源については1年または2年間隔で試験すれば十分であるが，その
他の業者から入手した線源，あるいは，脆弱な線源はもっと頻繁に試験する必
要がある。ときには，線源の格納容器のモニタリング，あるいはラドン線源の
場合には漏れてくるラドンの短寿命娘核種の検出など，間接的なモニタリン
グを実施するのが便利であろう。

結果の解釈と記録

(61) 表面汚染に関するモニタリングの結果を解釈する場合， α 放射能と
 β 放射能とを区別するのがふつうである。その理由は，一つには測定が別々に
行われること，一つには α 放出体によるおもな障害がふつうは吸入によるの
に対して， β 放出体による障害は，その表面が部分的に遮蔽されていないかぎり，
むしろ体外放射線から起こり易いためである。しかしながら， β 放出体の摂取
による障害を無視すべきではない。表面汚染と作業者の被曝との相関が弱いた
め，誘導限度を委員会勧告から厳密に決定することはできず，いくぶん任意に
選択しなければならない。表面汚染の測定値を用いるにあたっては，適切な管
理上の数値と関連づけることが必要である。現在用いられている多数の誘導限

度が、ICRP Publication 25⁶⁾の中に、また、国際原子力機関¹⁾により記載されている。その意図するところは、作業場所でふつうに存在する状況のもとでは、表面汚染に帰せられる被曝の結果生ずる線量当量または摂取量が、該当する委員会勧告の基本限度または各国機関の設定する認定限度よりも低く、かつ通常は十分に低くなるように誘導限度を設定するための基準を与えることである。もし、作業場所の汚染がこの方法で決定された限度以下につねに維持されているならば、作業環境維持の一般的基準は通例十分に高く、汚染に関する他の形態のモニタリングは必要がないであろう。この一般法則に対する例外は、空気モニタリングと体内汚染に関する個人モニタリングの節で取り扱う(65項および113項参照)。

(62) 多くの種類の作業では、汚染レベルを誘導限度より十分低く保つのに何ら困難はなく、また、調査レベルの概念を適用することが便利であることが多い。たとえば、汚染がまれにしか起こらない区域では、測定器のバックグラウンド計数率のわずかな増加でも、新たな汚染源を見きわめるための簡単な調査を行うことを正当化するに十分な関心をひくであろう。もっと一般的に汚染の起こる区域では、測定結果の傾向が作業手順の悪化を早期に警告するので、誘導限度に到達する前に改善対策をとることを可能にするであろう。この目的のための調査レベルの設定は、作業場所の平常状況に依存し、また利用できる汚染モニタの感度によって制約されることが多い。

(63) 表面汚染の測定値に関して記録レベルが非公式に用いられることが多い。表面上の選んだ点で、または表面を走査することによって測定が行われるため、装置の感度に依存することの多いある選択した値より低い結果の記録は保存されない。このレベルを見きわめて公式に記録レベルとして定めておくことが有利である。

F. 空気汚染に関するモニタリング

(64) 空気中放射性物質のモニタリングは、作業者がその物質を摂取する通常の経路が吸入であるということのために重要である。空気中放射性物質のためのモニタリングは作業場所のモニタリングおよび個人モニタリングを通じて行われる。39項で述べたように、個人モニタリングの結果は作業場所の状況に関する情報をもたらす点で役に立つであろう。しかし、空気汚染のモニタリングは、大量の放射性物質、すなわち、該当する ALI より数千倍大きい量を取り扱う施設においてのみ必要とされることが多い。多くの場合、作業環境を良好に維持するふつうの手段により空気汚染は十分避けられ、またこのことは通常、表面汚染モニタリングの結果から十分確認することができる。トリチウムの皮膚からの直接取込みという特殊な場合は、この報告書の目的からして、空気汚染からの被曝の範ちゅうに含めてある。

モニタリングプログラムの計画

(65) 作業場所の空気汚染に関するモニタリングは、次のような状況の場合には、ほとんどつねに日常的に行う必要がある：

- (a) 気体状または揮発性物質が多量に取り扱われる場合、たとえば大規模な生産工程におけるトリチウムとその化合物、および重水炉中の酸化物として存在するトリチウム；
- (b) 作業場所の頻繁かつ著しい汚染が起こる状況におけるあらゆる放射性物質の取扱い（原子炉燃料の製造および再処理、天然ウランおよび濃縮ウランの機械加工を含む）；
- (c) プルトニウムその他の超ウラン元素の処理；

- (d) ウランの採鉱、粉碎および精錬*；
 - (e) 病院における治療量の非密封放射性核種の取扱い，ならびにホットセル，原子炉および臨界施設の使用。
- (66) 空気モニタリングのプログラムが必要とされるとき，次のような目的に合致するよう計画すべきである：
- (a) 作業者が吸入する可能性のある放射性物質質量の上限値を算定すること；
 - (b) 作業者を防護し事後処置を実施することができるよう，不測の空気汚染に注意を払うこと；
 - (c) 体内汚染の個人モニタリングプログラムの計画に情報を与えること。
- これらの目的が空気汚染のモニタリングプログラムの中でどの程度具体化されるかは，体内汚染に関する個人モニタリングが利用可能かどうか，またどの程度行うことができるかに依存する。ある場合には，空気モニタリングが有意な体内汚染がありうることを早期に警告する目的だけに実施され，その他の目的は個人モニタリングプログラムで満たすことがありうる。
- (67) 空気汚染モニタリングの最もふつうの形態は，作業者の呼吸域を合理的に代表させることを意図して選んだ多くの地点で，サンプラを用いて行われるものである。ごくまれではあるが，個人空気サンプラを用いて呼吸域をより正確に代表させた試料を得ることが必要になる場合がある。
- (68) 日常作業の結果として汚染がいつも起こるようなある状況では，日常作業のいろいろな作業段階で作業者の呼吸域を代表する点における空気汚染の詳細な調査を行い，次に1作業サイクル間の各作業者の全摂取量を算定することが適当である。
- (69) 予期しない空気中の汚染を検出するためには，突然の濃度変化があ

* ウラン鉱山およびその他の鉱山におけるモニタリングに関する諸要件は，ICRP Publication 24 に詳しく論じられている¹³⁾。

(30)

った場合警告を与えることができるように、連続検出装置をもった連続運転サンプラを用いることが必要であろう。のちに示すように(74項)、これらの変化の大きさを各作業者の被曝と関連づけることは容易ではないので、サンプラは呼吸域を代表する位置におくよりも放射性物質の放出を確実に検出できる位置に配置することの方がいっそう重要である。極端な例として、このような装置を作業場所から空気を排出する点またはその近くに設置することが適切であることもある。この方法は、空気の排出がフードのような囲いを通して行われる場合には現実的でないであろう。それは、検出された放射性物質の源が、作業場所ではなく囲いの中にあっただかもしれないからである。この型の警報装置は、作業または故障によって作業場所へ著しい放射性物質の放出が起こる可能性のある場合だけに必要である。経験上、高中性子束研究炉の作業面、および、プルトニウムその他の超ウラン元素がグローブボックス内で取り扱われる区域で、このような警報装置がとくに有用であることがわかっている。

結果の解釈

(70) 空気モニタリングの結果を、委員会の勧告する線量当量限度または年摂取限度、あるいは最適化に基づいて到達した他の作業限度に関連させて正確に解釈するためには、汚染物質の物理的、化学的特性と、この試料が作業者の吸入する空気をどの程度代表しているかについて詳細に知ることが必要である。単純化するための多くの仮定を、とくに汚染物質の粒度分布に関して行うのがふつうである。これらの単純化のあるものは、作業者が現実吸入する空気に適用される委員会の勧告した年摂取限度および誘導空気中濃度(DAC)³⁾に暗に含まれている。その他のものについては次項以降で検討する。

作業調査の使用

(71) 68項で記述されたモニタリング方法は、1作業サイクルの間の作業

者の全摂取量を算定するのに用いることができる。そのさい調査した作業サイクルが、長期間にわたる平常作業を代表するものと仮定できるならば、当該期間にわたる 1 作業者の全摂取量を推定することができる。次にこれらの推定値は、該当する限度と直接比較することができる。

エリアサンブラの使用

(72) もし、空気モニタリングが必要とされ、また、その条件が 68 項で述べられたものとは異なる場合には、連続的または規則的であつ頻繁に繰り返されるサンプリングを作業場所の多数の地点で行うことによつてのみ、委員会の定量的勧告あるいは該当する認定限度の見地から解釈できるデータが得られるであろう。

(73) エリアサンブラは、たとえ作業者の呼吸域の間近に置かれていたとしても、各作業者の摂取を十分代表するデータをつねに与えるとはかぎらないであろう。このことは、空気汚染源が局所的で、しかも時間とともに変化するような場合(たとえばグローブボックスの漏洩)、または、粒子径スペクトル中での放射能の分布が不均一であるような場合に、とくにあてはまる。これは、サンプリングされた体積中に存在する少数の粒子が、作業者の呼吸率を考慮して換算したさいに、ALI の大きな割合に相当することがありそうな核種についてはとくに重要である。このような場合には、試料の代表性は空気のサンプリング速度、空気サンブラの粒子径選別特性および作業者の作業場所での移動により、大きく左右される。それゆゑ、この代表性の欠如についての程度を、個人空気サンブラによる長期のモニタリングの結果と区域サンブラのそれと比較したり、他のより詳しい調査を行うことによつて知っておくべきである。こうして区域サンブラについての DL (誘導限度) を得ることができる。このような相互比較を欠く場合には、作業者の吸入による被曝は区域空気サンブラの示す値より 1 桁大きいと仮定するのが適切なことがある。この単純化は精度がよ

くないことを認識しなければならない。もっと大きい倍率が見出されることがある一方、ある状況ではより1に近い倍率が適当である。一般的には、おもな汚染源が作業者の行為の結果であれば大きな倍率が見出され、一方この空気汚染が広い面積の源から生じているのであれば、より小さな倍率となるであろう。

(74) 2つの空気モニタリング方法の結果を比較することは、長期間の平均的結果を解釈する場合には満足なものであるが、単に一交代またはそれ以内の期間に得られた試料からの単一の結果を解釈する場合には不適當である。このように短期間の試料では、個人サンプラの結果はエリアサンプラの結果と、73項に述べたのと同じ理由により、2ないし3桁異なることもありうる。このような状況のもとでは、個々の作業者の予想摂取量という点からエリアサンプラによる短期間の結果を解釈することは実用的ではなく、したがってDLを設定することは適當ではない。その代わりとして調査レベルを設定することが必要である。調査レベルはどんな有意な異常事態も検出できるほど十分低くあるべきであるが、平常の状況のもとではこのレベルに頻繁に到達することのない程度に十分高くあるべきである(22項も参照)。DACの低い物質では、調査レベルの選択は得られる検出感度および作業場所に通常存在しそうな空気中濃度(自然または人工の)によって決定されよう。

個人サンプラの使用

(75) 区域サンプラによる長期間の平均結果が該当するDLあるいは認定限度を超える場合、または結果が個々の試料に関する調査レベルを頻繁に超える場合には、区域サンプラでできる以上にもっと密接に呼吸域を代表する空気試料を採取することが、その作業者の被曝をより精度よく決定するために必要となるであろう。これを行う最も効果的な方法は、状況が完全に日常的でないかぎり(68項参照)、個人空気サンプラを使用することである。しかしながら、個人サンプラは低流量率なので、一交代の間、あるいはこれが1週間であって

も、動かしたサンプリングから得られる単一の結果は、代表的でないただ1個の粒子を捕集したことにより生ずる偏りに対してきわめて敏感である。長期間の平均結果においては、この効果の重要性はずっと少なく、現実に吸入する空気と関係づけられる誘導空気中濃度で個人空気サンプリングの長期間の結果を解釈することは適当である。しかしながら、これは事後における長期的管理を可能にするにすぎず、一方、個人空気サンプリングの使用を必要とする状況とは、通常短期間の救済処置の必要性の警告の方が長期間の状況の評価よりも重要であるような場合なのである。

(76) それゆえ、単一試料の結果は吸入する空気を代表していないかもしれないという事実があるにもかかわらず、その結果を利用することが必要となる。これは、調査レベル (IL) を設定することにより最もよく行うことができる。もしこの調査レベルを超えた場合には、特殊個人モニタリングのプログラムを実施すべきであり、それには、できれば身体モニタリング、尿、糞、鼻汁、呼気の測定および極端な場合には血液検査も含める。この調査レベルは、続いて行う調査が有意な結果を与えることができるほどに高く、また、有意な事象が除外されるのを防ぐことのできるほどに低く設定しておくべきである。この結果、範囲の下限は、ありうる調査の形態、たとえば実施される個人モニタリングの方法に依存し、したがってその方法の感度に依存する。範囲の上限を決めることは、事象の起こりそうな頻度が不確かであるため、もっとむずかしい。もし、個人がこうした事象に1年間に数回 (たとえば4回ないし6回) しかあわないと仮定することができれば、摂取量が ALI の 20 分の 1 以下、すなわち 2,000 時間の 1 作業年に対し 100 DAC・時という空気中濃度の時間積分値に相当する値以下であることが確実であるようにレベルを選ぶべきである。また、他の目的たとえば長期にわたる傾向に注目するために調査レベルを設定することも有用であろう。その場合その該当する量は、その人の個人空気サンプリングの結果から、またはある作業員集団のある期間にわたる個人個人の結果の

平均から得られる、個人の推定年摂取量であってよい。

粒度測定

(77) ALI および DAC は、空気力学的放射能中央径 (AMAD) が $1\mu\text{m}$ の標準エアロゾルに基づいており、すべての粒型にわたる全放射能あるいは全濃度で表されている。粒径選別をするように作られていない空気サンプラは、その捕集効率が空気力学的径が約 $10\mu\text{m}$ を超える粒子に対しては有意に下降するけれども、こうしたエアロゾル全体の値を適切に反映する結果を与える。もし、使用する空気サンプラが (粒径) 選択性を持ち、「吸入可能」な粉塵を捕集するように設計されているならば、補正係数を DAC およびその他の DL に対して適用すべきであり、またどのような IL を設定する場合にも、また認定限度を定めるときにもそれを用いるべきである。もし、エアロゾルの AMAD が $1\mu\text{m}$ と著しく異なることがわかっているならば、呼吸器に残留する割合は標準エアロゾルのそれと異なることになるので、補正係数を使う必要性を考慮すべきである³⁾。

G. 体外放射線に関する個人モニタリング

(78) 個人モニタリングのおもな目的は、35項ですでに述べてある。体外放射線に関する個人モニタリングの場合の補足的な目的は、作業者が受けた線量の傾向と作業場所の諸状況についての情報を得ること、および事故時被曝の場合の情報を得ることである。その結果はまた、疫学的調査の場合においても有用であらう。

モニタリングプログラムの計画

サービスの規模

(79) 個人モニタリングプログラムの計画にあたりまず必要となるのは、モニタリングの対象にしなければならない個人を見きわめることである。考慮すべきおもな因子は、作業者が放射線に被曝するときの状況である。委員会は、10項で述べた2種類の作業条件を明示している。委員会は、作業条件Aの作業者は個人モニタリングの対象にすべきであると勧告している。その他の作業者については個人モニタリングは必要なく、作業場所の状況の評価をたとえば作業場所のモニタリングによって行うことで通常は十分である。しかしながら、たいいてい種類の放射線による体外被曝では個人モニタリングは簡単であるので、作業状況が満足できるものであることを立証するために、作業場所のモニタリングの包括的なプログラムを組むよりも、いくつかの付加的な個人モニタリングを行う方が容易であらう。

(80) 作業条件に関してどのカテゴリーにあてはめるのが適切であるかを決定しようとするときは、一連の例を考えてみるのが便利である。

(a) 完全にインターロックされた遮蔽体内に収納されているのではない、

かなり大量の放射線源を扱う作業。この作業は明らかに作業条件Aのカテゴリに属する。

(b) 例(a)に類似しているが、経験上個人の線量がほとんどいつでも低く、しかしときどき年線量当量限度の10分の3になることがあるかもしれないことがわかっている作業。この作業は、例(c)および例(d)に記述されている諸状況の範囲からわずかにはずれた作業を含んでおり、81項でさらに検討する。

(c) 遮蔽を通してきた放射線による被曝以外のいかなる被曝も防止するための手段を講じた、十分に遮蔽された線源を扱う作業。インターロックが満足に作動することを保証するのに十分な安全装置がある場合、この作業は作業条件Bになるであろう(しかし、82項および94項も参照)。運送業者によって雇用されている運搬作業者は、梱包からの線量当量率が制限されており、この種の作業のための作業手順が定められているので、この例に含まれるであろう。

(d) 小さい放射線源を扱う作業。初歩的な注意を払うことによりこのような線源を扱う作業が明らかに作業条件Bになるように、放射能の限度を決めることが可能である。これらの限度は付録Aで提案する。

(e) 放射線源を扱わず、管理区域外で行われる作業。この作業は、ときとして管理区域や監視区域に近づくことがあって、近傍の管理区域や監視区域に起因する若干の被曝があるかもしれないとしても、明らかに作業条件Bになる。

(81) 例(b)に含まれる多くの作業者は、放射線の線量がかんりの値となる場合にはその線量を算定するために、また作業場所の状況の変動を見きわめるために、モニタされなければならない。実行可能な場合には、このような変動の原因をよりよい管理のもとにおくことによって、作業が例(c)の部類に入るようにすべきである。広い経験から、ある種の作業は良好な実施基準を

確立することにより管理することが可能であり、そうすることによって個人の線量が該当する年線量当量限度の10分の3をほとんど超えそうもなくなることがわかっている。そうなれば、付録Aに記載されたこれらの作業に従事する作業者は個人モニタリングを必要としない。例(a)に含まれる作業者は、記録の目的だけではなく個人の被曝を制限する一方策としても、つねに個人モニタリングを必要とする。得られた情報は、作業者の防護レベルを最適化する目的で作業手順と作業状況を改善するための処置を講ずるさいにも重要であろう。

(82) これらの例をあてはめるさいに最も困難なことは、例(b)と例(c)との間に一線を画すことであろう。これは、事故時被曝の可能性とその考えられる規模の評価に多くの場合依存するであろう。

線量計の基本的要件

(83) 個人モニタリングのための線量計測装置の基本的要件は、放射線の種類とエネルギーの全範囲にわたって合理的な正確さで、受けた線量当量の推定が可能であり、正常および異常な作業状況において出会うと思われる線量当量と線量当量率を推定できるべきであるということである。特殊な線量計または一般用線量計の特殊な構成要素が、ある種の被曝(90—97項参照)においてこの要求を満たすために必要であるかもしれない。日常の測定について必要な感度と正確さは、解釈に関する節(109項)で検討する。

線量計の着用部位

(84) モニタリングプログラムの計画において不可欠なことは、線量計の着用方法および着用部位について明示することである。一般に、表層部線量当量指標と深部線量当量指標の両方の算定が容易であるように、十分な数の線量計を使用すべきである。しかしながら、ただ一つの線量計を使用するときには、体幹部表面の最も多く被曝する部分を代表する位置に線量計を着用すると

よい。手足とくに手に対する線量はいくぶん高くなることがよくあるが、それが該当する年線量当量限度の10分の3に近づきそうもないかぎり、線量計を追加する必要はないであろう。設置してある遮蔽または鉛エプロンのような防護衣が、身体のある部分に入射する放射線を大きく減衰させる特殊な状況においては、2個以上の線量計が必要であるかもしれない。とくに、鉛エプロンの使用が一般的になっている放射線医学の分野では、次のような助言があてはまる。単一の線量計を使用する場合には、エプロンの外側で通常は体幹部の高い位置に着用すべきである。記録された結果は、皮膚、眼および遮蔽されていない身体部位（必ずしも手にはあてはまらないけれども）の線量当量に関する情報を与えるであろうが、実効線量当量を過大評価することになろう。記録された値の年間合計が実効線量当量に関する線量限度に近い場合、または、防護の最適化を行うときのように実効線量当量の現実的な算定が必要な場合には、この過大評価は受け入れられないであろう。そこで、防護エプロンの内側と外側にそれぞれ1個、計2個の線量計を使用すべきである。両線量計による結果の解釈は、局所的な照射の状況と規制要件とに基づいて行わなければならないであろう。

β線、γ線およびX線用線量計の選択と形式

(85) 線量計の選択は、モニタリングプログラムの目的だけでなく、使用する解釈方法にも依存する。実際、β線、γ線およびX線にどんな線量計を選ぶかは、基本的には身体の表面および一定の深さ、通常は10mm、の両方における線量当量についての情報を与える線量計と、放射線の種類とその実効エネルギーについて何らかの指示を与える弁別式のものとの間の選択である。広いエネルギー範囲にわたる放射線用には、たとえば、LiFのようなエネルギー依存性の少ない簡単な2素子熱ルミネセンス線量計で1つの素子が組織等価のフィルタで覆われているものが、前者の形式の線量計の好例である。一方、原子

番号と厚さの異なる材料からなる複数のフィルタをつけた、写真フィルムか熱ルミネセンス素子のいずれかを用いた多素子線量計は、後者の形式の例である。

(86) 後に解釈の節で示すように、ほとんどすべての実際の場合には、身体の表面および 10mm の深さにおける測定で十分であろう。補正なしではこれは、たいていの器官と組織に対する線量当量を過大に評価することになるであろうが、透過力の低い放射線の場合を除けば、この過大評価の結果は重大なことにはなりそうもない。透過力の低い放射線の場合には、多分皮膚に対する線量で制限されることになる。フィルタつきの部分とフィルタのない部分がある、もっと原子番号の大きい元素を含む単純なフィルムバッジまたは熱ルミネセンス線量計は、フィルタのない部分が電磁放射線に対してエネルギー依存性をもつので、有効な 2 素子線量計とはならないことに注意することが肝要である。

中性子に関するモニタリング

(87) 中性子に関する個人モニタリングプログラムの計画の原則は他の放射線に関するものと同じであるが、実際にはその計画は他の要因によって修正されることがある。かなりの進歩にもかかわらず、個人線量計はあるエネルギー領域の中性子に対してまだ満足なものではなく、熱中性子の場合を除いて、現在用いられている算定方法は時間を要しかつ高価である。しかしながら、中性子線量当量は線量当量限度に比べて低いことが多く、付随する γ 線があるために全線量当量の一部に寄与するにすぎない。それにもかかわらず、遮蔽なしかあるいは十分には遮蔽されていない中性子線源を扱う作業の場合には、中間エネルギーおよび熱エネルギーの中性子の線量当量に関する情報が得られるような簡単な形式の線量計によって、中性子による被曝をモニタすべきである。

(88) 作業場所における中性子スペクトルが大きく変わることがないようにある状況においては、アルベド線量計のような比較的簡単な測定システムが

有利である。アルベド線量計は、身体内で散乱して線量計に達する、検出が容易な低エネルギー中性子を測定する。この線量計は簡単で、入射中性子の広いエネルギー範囲にわたって感度が高い利点があるが、その感度はエネルギーによって大きく変わる。それゆえこの線量計は、作業場所で予想される中性子エネルギーを代表するエネルギーで校正されなければならない、多くの場合がそうであるように、中性子エネルギーが変わり易い場合には、かなりの不正確さが生ずる可能性がある。

(89) 入射する熱中性子に関するモニタリングは、たとえばカドミウム中の捕獲 γ 線を写真フィルムで測定することにより容易に行うことができる。しかしながら、熱中性子が組織に与える線量当量は、同じフルエンスの高エネルギー中性子が与える線量当量よりもずっと小さい。したがって、熱中性子に関するモニタリングは、中性子スペクトルが熱領域にほぼ限定されている例外的な状況においてのみ有用となるであろう。さらに、照射されている作業環境中の物質および身体組織と中性子との相互作用があるので*、中性子発生装置、粒子加速器、 ^{252}Cf その他の中性子線源を扱う場合のように、全線量当量に対する中性子の相対的寄与が大きい場合であっても、中性子線量計に加えてつねに適切な γ 線用線量計を使用すべきである。ある特殊な状況においては、中性子線量当量の算定値は γ 線と中性子線の線量当量の比から誘導されるであろう。しかしながらこの方法は、これらの線量当量の比が十分一定であることがわかっている場合にのみ有効である。事故時の高い中性子線量当量は、個人線量計によらなくても、身体中の中性子誘導放射能を測定し、中性子エネルギースペクトルに関する情報を利用することによっておよその算定ができる²⁰⁾。(この関係では95—96項も参照。)

* 訳注 中性子と物質の相互作用の結果 γ 線が発生し、これが線量当量に寄与する。

個人線量計を用いた作業モニタリング

(90) 線量当量指標率の高い区域における作業は、受けた線量当量に関して早期に情報を与える補助的な線量計の使用を必要とすることが多い。読みとり易く、聴覚的あるいは視覚的な警報を備えていることが、精密な線量測定よりも重要な機能であろう。この種の機器の多くはX線と γ 線に対してのみ感ずるので、多量の β 線または中性子の線量当量を受ける可能性のある状況のもとでは、重大な誤りをおかすかもしれないことに留意することが重要である。

(91) ある作業では高放射線場での短期間被曝が必要となることがある。このような作業はきわめて綿密に管理されなければならない、通常各作業者が数個の個人線量計を着用するモニタリングプログラムを計画することが適切であろう。直読式で警報付きの線量計が特殊な役割を果たすであろう。これらのモニタリングプログラムは個々の作業の場について計画しなければならず、したがって一般化された指針を与えることはできない。

事故時被曝の特殊モニタリング

(92) 小規模な事故時の線量当量の算定には、80項の例(a)と例(b)に属する作業用者の線量計を着用させることにより十分対処できる。これらの事象で受ける可能性のある線量当量は、線量計の設計に特殊な配慮を必要とするほどのものではない。

(93) ある状況では重大な被曝をする可能性がある。次の5つの代表的な状況がほとんどすべての場合を網羅している。

(a) 大量の放射性物質を遮蔽空間内または遮蔽空間の間で移送中に、誤操作や装置の故障が起こる可能性がある。

(b) たとえばX線装置、加速器、数十TBq(テラベクレル)*程度かそれ以上の放射能の線源のように高線量当量率を与えることができる装置、

* 訳注 1TBq(テラベクレル)= 10^{12} Bq(ベクレル) \approx 30Ci

(42)

あるいはホットセルで、インターロックの失敗が起こる可能性がある。

- (c) ラジオグラフィの目的で使用する線源が不注意に遮蔽なしのままにおかれる可能性がある。
- (d) 大量の核分裂性物質の取扱いで臨界事故が起こる可能性がある。
- (e) 原子炉または原子炉燃料再処理プラントで装置の故障または誤操作が起こる可能性がある。

(94) 警報つき線量計 (または線量率計) を着用することは、通常前述の (a) から (c) までの場合における重大な被曝を防止できるであろうし、(d) または (e) の場合に受ける線量当量をかなり軽減するのに役立つであろう。この防止機能は、たいいていの個人モニタによってなされる線量当量の単なる算定よりもはるかに重要である。警報つき線量計は、非常に正確である必要はないが、非常に信頼できるものであるべきである。他の個人線量計は、80—82 項に示された方針によって要求される場合にのみ必要とされるであろう。

(95) 臨界事故の場合には、据置型の装置によってより信頼性がありかつ強力な警報を与えることができる。事故の規模は予測することが困難であり、事故が起きた作業区域の外側にかかなりの線量当量をもたらすかもしれない。しかしながら、実際に起こったこれらの事故¹⁷⁾の大部分では、その大きさは 10^{16} fission ないし 10^{18} fission の範囲にあった。ほかの指示がなければ、計画の目的には 5×10^{18} fission の大きさを使用してよいであろう。臨界事故に関するモニタリングの方針をたてるためには、作業者を3つのグループに区分すると便利である。第1のグループは臨界事故が起こる可能性のある作業区域で働く人々からなる。事故が起こったときに、これらの作業者の一部は高い線量を吸収することがありうるので、少なくとも 10Gy までの γ 線による吸収線量に関する情報および放射線 (の発生) 源に対する作業者の向きに関する情報を与える特殊な線量計を作業者に着用させることが通常正当であろう。さらに、入射中性子のスペクトルを求めることができる放射化あるいは核分裂性箔を利用

した中性子用の特殊な線量計を着用させることもまた正当であろう。この情報と被曝した個人の向きとから中性子吸収線量を推定することができる。このような線量計は、事故が起こったときにのみ読みとられる。作業者の第2のグループは、作業区域の周辺にいる人々からなる。線量当量は年線量当量限度の10分の3をゆうに超えることがあるであろうが、この線量当量は臨床的意味をもつとは考えられない。このグループは通常はその区域に立ち入らない人々を含んでいるかもしれない。このグループ内で被曝した者を見きわめて、さらに調査を行い、その他の人々は被曝量が低かったことを確認することが望ましい。

(96) インジウム箔のような中性子被曝の簡単な指示器は、作業者のこれら両グループを選別するのにとくに有用である。それは、より時間がかかりかついくぶん便利さに欠けるが、身体中の ^{24}Na と ^{38}Cl から放出される放射線を簡単に測定することによって補足するか置き換えることができる。重大な中性子被曝のそのほかの指示器としては、身につけた放射化された金属製のものがある。被曝後に毛髪あるいは羊毛を含む衣服の ^{32}P 含有量を決定することにより、中性子スペクトルの硬さおよび被曝中におけるその者の向きに関する有用な情報を得ることができる。ある敷地では、従業員の大多数が被曝者のグループに含まれるかもしれない。それは、臨界事故が起こった作業区域に隣接した道路のような区域に彼等がたまたま居合わせる可能性を排除し得ないからである。しかしながら他の敷地では、事故現場に隣接した区域に立ち入ることがなく、臨界モニタリングを必要としない第3のグループの人々であろう。原子炉事故では重大な中性子被曝の可能性は少ないが、この項および前項の大部分は原子炉事故にも同様に適用される。

(97) 作業者の事故時被曝の算定に使用できる非常に重要な手法は染色体異常分析法^{18,19)}である。それは、放射化測定が適用できないX線と γ 線の被曝量の算定にとくに有用である。この手法は、X線または γ 線の吸収線量が0.1Gyを超える場合に使用することができる。この手法により、被曝が本質

的に一様であるときには全身線量を，個人線量計の方法による算定が通常困難であったり，また不確かであることの多い不均等被曝に対しては，平均全身線量の概算値を，それぞれ得ることができる。そのうえの利点は，この手法により大量の被曝があったかどうかを明確に立証することができるということである。さらにこの手法は，個人線量計を着用していない者が事故により被曝したときにきわめて有用であることが立証されている。

結果の解釈

(98) 作業者が体外放射線の場合にさらされる時、放射線源と作業者の身体の器官および組織が受ける線量当量との間の関係はきわめて複雑である。作業場所内では線量当量指標率は位置と時間の関数として変動し、一方作業者の体内では、器官または組織の線量当量は、放射線の種類と線質、放射線場に対する作業者の向き、体内の器官および組織の位置と組成などの因子によって身体表面における線量当量と関係づけられる。これらの因子のいくつかは作業場所内にいる時間と位置の関数であろう。

(99) ICRU によって最初に定義され、委員会によってその勧告^{1,2)}の中に採択されている線量当量指標の概念は、作業者の個人モニタリングに実際に適用することはむずかしいが、そのむずかしさは乗り越えられないほどのものではない。

(100) 作業者の身体表面に着用された線量計はサンプリング装置と考えるのが最もよい。この線量計は、線量計にごく近い皮膚およびその部分の直下の組織に対する線量当量の測定値を与える。一般に、この線量計はその他の器官と組織に対する線量当量の推定値を与えるものではない。また、それは必ずしも作業場所における状況の十分な評価を与えるものでもない。なぜなら、それは各作業者の身体上の1点のみにおける線量当量の測定値を与えるにすぎないからである。

(101) しかしながら、直径 30cm の球体の後方散乱特性を十分代表するファントムにつけた個人線量計は、深部線量当量指標および表層部線量当量指標の実測値または計算値によって校正することができる。この個人線量計は、一方向性の放射線場に面している人の身体に着用されているときには、深部線量当量指標および表層部線量当量指標を十分正確に示すであろう。作業者が作業場所内を動き回り、事実上多方向性の入射放射線場にいることになる実際の場合においてもなお、このように校正された個人線量計は、簡単な 2 素子計器であっても、ほとんどの実際の状況に対して、109 項で示すような必要とされる正確さで深部線量当量指標および表層部線量当量指標の妥当な測定値を与えるであろう。さらに、深部線量当量指標は可能性のあるすべての被曝の組合せに対して実効線量当量を過大に評価し、ある場合にはかなりの過大評価になるかもしれないということを認識すべきである。

(102) 身体表面近くの線量当量と約 10mm の深さにおける線量当量を推定するように校正された個人線量計を使用すれば、体外放射線にかぎれば ICRP Publication 26 の 110 項を適用するのに必要な情報が得られ、ICRP Publication 26 の 104 項で勧告されている防護水準と少なくとも同程度に良好な防護水準が保てるであろう。

(103) ある作業場所において多分適切な代わりの実際的な方法は、個人線量計を全装備ファントムにつけ、作業場所における作業者の行動を放射線源との関係で十分代表するように照射して校正することである。

(104) 器官および組織の実際の線量当量を推定する試みが必要なのは、通常は重大な事故時被曝と関連したような例外的な場合だけである。日常モニタリングから器官および組織の線量を算定する場合の最大の不確かさは、少数の線量計、多くの場合ただ 1 個の線量計の値を身体表面全体の被曝の代表としなければならないという事実由来する。線量計の結果が代表的なものでないかぎり、人体内での深部線量の詳細な計算を行ってもほとんど意味がない。この

(46)

ような場合には、身体の種々の部分の吸収線量と線量当量を算定するために事故を再構築することが有用であろう。

日常モニタリング

(105) 多くの線量計の使用を必要とすること、および実際の器官・組織線量当量を算定することの複雑さのため日常の個人モニタリングにはほとんど使えないので、深部線量当量指標および表層部線量当量指標に基づく単純化された方式が採用されなければならない。

(106) 体外放射線の管理において最も一般に必要とされる限度は、実効線量当量、皮膚に対する線量当量および水晶体に対する線量当量に関する限度である。すべての実際の状況の大部分で、身体表面における線量当量の測定が皮膚に関する線量当量限度に関連づけられ、かつ、10mmの深さにおける測定が実効線量当量に関する線量当量限度に関連づけられるならば、表面の線量当量と10mmの深さの線量当量を示す線量計により、十分な管理ができるであろう。水晶体は、表面と10mmの中間の深さなので、ほとんどの場合に十分防護されるであろう。高エネルギーの β 線による被曝が支配的であり、皮膚の被曝と実効線量当量とがそれぞれ該当する限度を下回っているのに、水晶体が線量当量限度を超えて被曝することが理論的にはあり得るような状況を仮定することは可能である。しかしながら、作業者に防護眼鏡を着用させることのようにすべての被曝を合理的に達成できるかぎり低く保つことにより、このような状況はどんな実質的意味ももたなくなるであろう。線量計の着用部位は身体表面の全面を代表するものであるとするか、あるいは、放射線場が著しく不均一であって数個の線量計を着用している場合には、その各々が身体表面のかなり面積を代表するものとする。

(107) たいていの状況においては、この解釈の方法は、極度に不均一な放射線場の場合を除けば、不合理なほどきびしすぎることはなく、日常の個人モ

ニタリングの目的に十分合致する。

(108) 被曝をもたらす放射線場が、たとえばその大部分が細い放射線ビームからなっているような場合には、身体表面に着用する線量計のどんな実行可能な組合せも、身体の器官および組織の線量当量を代表する推定値を与えることができない。このような状況においては満足な個人モニタリングを実行可能ではないので、管理は作業場所のモニタリングとビームへの接近を制限することによって達成しなければならない。

日常モニタリングにおいて要求される正確さ

(109) 体外放射線についての日常個人モニタリングにおいて容認できる不確かさは、調査レベルよりもいくぶん低くあるべきで、測定される年間の深部線量当量指標および表層部線量当量指標の推定値と関係づけて最もよく表現できる。これらの量の年間の値（または、慎重に解釈を行っている場合にはその上限値）の測定における不確かさは、合理的に達成できるかぎり引き下げるべきである。これらの量が該当する年限度と同じ桁である場合には、不確かさは95%の信頼度で係数1.5を超えるべきではない。線量当量が10 mSvに達しない場合には、95%の信頼度で係数2の不確かさが容認できる。この不確かさには、線量計とその校正における固有の誤差はもちろん、入射エネルギーと入射方向に対する線量計の感度の変化による誤差が含まれる。この不確かさには、線量計の結果から組織または器官の線量当量を誘導するさいの不確かさは含まれない。

事故時被曝のモニタリング

(110) 小さな事故で、深部線量当量指標が限度よりほんの少しだけ高い場合には、器官および組織の線量当量それ自体はなお実効線量当量に関する年限度を満足しているであろう。引き続き、入射放射線のエネルギースペクトルと

方向に関する情報により、これらの線量当量のより現実的な算定を行うことができるであろう。この情報は通常、放射線源と作業の方法とに関する知識から得られるであろうが、この情報が得られずそのような被曝がよく起こるものである場合には、必要なスペクトルの情報が得られる線量計を用いることが役に立つであろう。方向に関するデータは、フィルム線量計のような適切な線量計の使用、数個の線量計の使用、または作業者への質問によって得ることができる。

(111) 大きな事故で、吸収線量が医学的見地からの注目を必要とするほど高いかもしれない場合には、これらの線量を早期に示すことが必要であろう。実際には、体内における吸収線量の大きさと分布に関して不確かさが生ずることが多い。このような不確かさの解決には、使用している個人線量計で得られるよりもさらに正確な吸収線量の決定を必要とするであろうし、極端な場合にはこの被曝をひき起こした放射線場を再構築することが必要になるかもしれない。個人線量計からは参考となる重要な点が得られるはずであり、付加的な情報は事故に関する知識から得られるであろう。臨界事故の場合には、中性子のエネルギースペクトルと空間分布がわかっているならば、中性子による吸収線量の解釈は非常に容易になる。この理由から、事故用線量計には通常エネルギー依存性のある特別な素子が組み込まれており、被曝の方向と広がりに関する情報を得るために、そのいくつかは着用され、あるいは作業場所の要所に置かれる。放射線被曝の全面的な再構築を必要とするときには、いろいろな点での吸収線量の直接測定を試みることはもちろん、ファントムの内部と周囲における放射線場の基本的な特性の測定を行うことが通常適切であろう。たとえば、多数の点でのフルエンスとエネルギースペクトルを知ることは、吸収線量の種々の成分の算出を容易にし、吸収線量の直接測定を補うであろう。この複雑な測定は日常用個人線量計の能力範囲を超えており、したがって、再構築された事故がもとの事故に対応するように調整するのに必要な拡大率を算定するための

一手段とみなすべきである (95—96 項も参照)。事故時被曝の取扱いに関する原則と一般的手順は、ICRP Publication 28¹²⁾ に記述されている。

H. 皮膚汚染に関するモニタリング

(112) 身体の体外照射に寄与するものの一つに皮膚汚染がある。皮膚汚染は決して均等に起こるものではなく、身体のある特定の部分、とりわけ手に選択的に起こる。日常モニタリングの目的では、汚染は約 100cm^2 の面積にわたって平均化されているものとみなすのが適切である。したがって、皮膚汚染に関する日常モニタリングの解釈は、 100cm^2 の面積にわたる平均線量当量を基礎として行うべきである。皮膚汚染に関するたいていのモニタリングでは、その読みとり値を誘導限度あるいは認定限度と比較し、実行可能であれば汚染を減少させる。これらの限度を超えていない場合には、日常的には放射線の線量当量を算定する試みは行われぬ。しかしながら、ときには汚染が持続したり、あるいは初期の汚染が高くて、線量当量の何らかの推定値が必要になることがある。これらの推定値は、汚染源物質からの放射線が皮膚表面より下で吸収される場合にはとくに、極度に不正確なことが多い。2桁程度の不確かさはまれではない。したがって、このような推定は定性的なもののみをなさなければならず、体外放射線に関して一般に行われているモニタリングとは区別して考察しなければならない。しかしながら、線量当量の推定を行って該当する線量当量限度の10分の1を超えたときは、それを各人の個人記録に含めるべきである。汚染の一部はまた体内に移行して、体内被曝をひき起こすこともある。これに関連した放射性物質の体内への摂取に関するモニタリングは、次章で検討する。

I. 体内汚染に関する個人モニタリング

モニタリングプログラムの計画

サービスの規模

(113) 体内汚染に関する個人モニタリングの主要な目的は、35 項および 78 項で概要を述べた体外放射線に関する個人モニタリングの目的と原則的に同様である。体内汚染に関するモニタリングのプログラムは、通常、装置に要する費用だけでなく、科学のおよび技術的マンパワーに要する費用によって制限を受ける。それゆえに、重要なことは、モニタされる作業者の選択を適切にすべきであるということである。79 項で述べたように、個人モニタリングに関する作業者の選択は、彼等の作業する条件が作業条件 A あるいは B のいずれによって記述できるかということに基づくべきである (10 項参照)。作業条件 A の作業者は個人モニタリングの対象とすべきであるが、その他の作業者は通常これが必要でなく、作業場所の日常モニタリングで通常十分である。経験によれば、下記の作業においては、体内汚染に関する日常個人モニタリングがほとんどいっつも必要とされるであろう：

- (a) 大量の気体状および揮発性物質、たとえば、大規模な製造工程と発光体製造におけるトリチウムとその化合物の取扱いおよび重水炉中の酸化物として存在するトリチウムの取扱い；
- (b) 天然および濃縮ウランの処理また原子炉燃料加工で作業場所の汚染が頻繁に発生する状態にあるもの；
- (c) プルトニウムおよび他の超ウラン元素の処理；

(52)

(d) ウランの粉碎および精錬*;

(e) 大量の放射性核種の製造。

空気モニタリングの結果および同じような作業の過去の経験も、個人モニタリングの必要性を評価するために用いることができる。付録Bにその指針を与えてある。

特殊モニタリング

(114) 有意の摂取を起こしたかもしれないことを作業場所におけるモニタリングの結果が示した場合、あるいは放射性物質の有意な摂取を起こす可能性のある既知の事故に作業者が遭遇した場合には、特殊モニタリングを開始すべきである。皮膚汚染および鼻汁の簡単な検査によって、さらに詳細な調査を即座に行う必要性がないとわかることがときにはあるであろう。どんな状況が特殊モニタリングを必要とするかは経験によってのみ知ることができ、したがって、このようなプログラムの結果を、このプログラムを開始した状況との関連で検討することがきわめて重要である。

(115) 特殊モニタリングは、人体における放射性核種の代謝を調べるのに有効に利用されることがあろう。このことから、体内の放射能レベルが個人モニタリングにとって直接問題となるレベルよりも低い場合について測定を行うことがしばしば正当化されるであろう。この種の研究は促進されるべきである。

モニタリング方法の選択

(116) 体内汚染に関するモニタリングの2つの方法は、体外測定による人体あるいは組織中の放射性核種の算定と排泄物または体液の試料の分析であ

* 採鉱時のモニタリングは、ICRP Publication 24「ウラン鉱山その他の鉱山における放射線防護」で取り扱う。

る。これらの方法のどちらをとるかは主として汚染源物質が放出する放射線によって決められる。一般には、全身、肺あるいは甲状腺計測のような直接測定は γ 放出体およびX線放出体の算定に適した方法であるが、その他の放出体では制動放射線の測定あるいは試料の分析が唯一の可能な方法である。考慮すべきもう一つの要素は、モニタリングサービスの利用のしやすさである。サービスが集中的に行われる場合には、測定設備のある場所に作業者を送ることよりもむしろ分析のための試料を送る方が容易であろう。

日常測定の頻度

(117) 日常測定の頻度に影響を及ぼす最も重要な因子は、放射性物質の摂取の時間的な分布のパターン、汚染源物質の体内滞留時間ならびに該当する誘導調査レベルと記録レベルとの関連における検出感度である。日常測定が必要とされ、個人の摂取量または線量当量の算定のためそれを開始する場合には、測定は有意の摂取量をすべて検出できるような間隔で行うべきである。いくつかの状況では、ひとたび十分な作業状態が確立された後は、これを作業場所の日常モニタリングにより確かめることができるので、摂取量およびこれによる線量当量を日常的に推定することは必要ではない。さらに、作業状態が漸次悪化する場合は、適切な試料をたまに測定することによりうまく見出すことができる。これらの測定は個人の線量当量を算定することを意図するものではないから、測定の頻度は作業状況によって決定される。他方、消化管中にある不溶性物質のように非常に実効半減期の短い物質であれば、日常モニタリングは実際的ではないほどに頻繁にしなければならないことになる。幸いにして、このような物質については作業場所のモニタリングを行うことによって適切な管理状態を維持できる。体内汚染に関する個人モニタリングの頻度についてのこれ以上の指針は ICRP Publication 10⁴⁾ に与えられている(120—121 項も参照)。

(118) 体内における実効半減期が長い物質では、1 ALI を摂取した後の残留量は、体外計測器あるいは体液の分析によって測定できる量よりも通常はるかに少ない。したがって、このときの測定の間隔は、体内に放射性物質が長期間かかって蓄積していくことの定期チェックを行う必要性によって支配される。実効半減期の長い物質のための日常個人モニタリングで、作業場所の不満足な状況を早期に見出すために用いることができるような、実行可能な方式は存在しない。この目的のためには、作業場所のモニタリングが必要である。

結果の解釈

(119) 体内汚染に関する個人モニタリングの結果を、委員会の勧告、該当する誘導または認定限度、あるいは被曝を合理的に達成できるかぎり低く保つという見地から導入されたその他のレベルによって解釈することは困難である。なぜならば、線量当量あるいは預託線量当量は、時間の関数としての器官あるいは組織の放射性核種含有量によって決定されるからである。含有量は、その放射性物質の代謝特性および放射線学的特性だけでなく、時間の関数としての体内への摂取のパターンにも依存する。さらに、作業者による放射性核種の吸入あるいは経口摂取に関する委員会の補助限度は摂取量の年限度で与えられており、特定の器官および組織中の放射能についての限度では与えられていない。これらの理由により、実際には、体内汚染モニタリングプログラムで測定される量と該当する補助限度あるいは認定限度とを結びつける代謝モデルを確立することが必要になる。このようなモデルを確立することによって、体内汚染に関するモニタリングから得られる結果の意義を推定することができる。

日常モニタリング

(120) 日常個人モニタリングは既知の摂取とは必ずしも関係なくある決められた時間間隔で行われるので、119項で言及した代謝モデルを確立するため

には摂取のパターンを仮定することが必要である。日常モニタリングの目的には、モデルは次のような仮定、すなわち、作業者は適切な限度あるいは限度の一部に対応するほぼ均一な摂取があるようなあるレベルの作業場所の汚染に連続的にさらされているという仮定に基づいたものとする事ができる。あるいは、摂取がモニタリング間隔の中間点で起こったと仮定することもできる。こうすれば、代謝モデルは器官および組織の放射性核種含有量と身体からの排泄率についての情報を与えるはずであり、日常個人モニタリングプログラムの結果はこれらの情報に照らして解釈することができる。

(121) 日常モニタリングの測定がほぼ一定の間隔で行われるならば、調査レベルは22項で述べたように決めることができる。このことは、調査レベルをALI 勧告値の $0.3/n$ に相当する放射性物質の摂取量と定義することができることを意味している。ここで n は1年間におけるサンプリング期間の数である。120項で言及したような代謝モデルを使うことによって、ALI に直接関連した誘導調査レベルを定めることができ、こうして、それ以上詳細な情報が得られない結果を適切に解釈することが可能になる。実際の状況下では摂取が連続的に起こることはまれであり、また測定間のいかなる時点においても起こりうるが、上記の方法は、大部分の状況下で、長期間の平均摂取量を算定するのに適切なものであろう。摂取時点についてははっきりした情報がある場合には、適切な排泄関数を用いてさらに詳細に計算することができるが、これはかなりの量を摂取した疑いがあるときだけ行えばよい。適切とされる記録レベルはすべての場合に調査レベルの3分の1である。個人の結果がこの適切な記録レベル以下であれば、摂取量またはこれに相当する預託線量当量を計算する必要はない。記録レベル以下の個人モニタリング結果は、個人記録の一部とする必要がない。

(122) 118項で述べた問題があるので、119項および120項で提案した方法を適用することがつねに可能であるとはかぎらない。たとえば、プルトニウム

のようないくつかの物質については、測定により身体および器官含有量の推定値が得られるであろうが、その精度あるいは感度は1年間の摂取量を推定するためには十分ではないであろう。しかし、これらの測定は、体内汚染のより長期にわたる蓄積についての情報を与えるうえで、またこれにより、委員会の勧告が長期間にわたって守られているかどうかを検査するうえで、有用であろう。

体内汚染に関する日常モニタリングにおいて要求される正確さ

(123) 体内汚染に関する日常個人モニタリングにおける不確かさは、理想的には、体外放射線に関するモニタリングにおいて容認される不確かさ(109項参照)と同様であるべきである。しかし実際には、不確かさを50%程度に小さくすることでさえ、体内汚染に関する日常モニタリングにおいてはめったに可能ではない。これは、測定の誤差の他に、摂取および残留のパターンについての知識が不足していることから生ずる誤差があるためである。これらの状況のもとでは、ある決まった目標値*を一般的に設定するのは適切ではない。測定値を利用する場合、とくに摂取量あるいは預託線量当量を気にしている個人にそれを知らせる場合には、不確かさが大きいことを見過ごすべきではない。

特殊モニタリング

(124) 体内汚染に関する特殊個人モニタリングプログラムが必要となる諸状況は114項に述べられている。解釈の方法は日常モニタリングについてのものと基本的に同じであるが、摂取の時期と仕方、および、おそらくは摂取した放射性物質の物理的および化学的形態についても、かなり多くの情報が通常得られるであろう。入手可能な場合には、ALIを計算するために標準データ⁷⁾のかわりに個人の代謝データを使うことができるであろう。このときは、一次限

* 訳注 不確かさに関する係数(体外測定における1.5あるいは2に相当—109項参照)をさすものと考えられる。

度と直接比較するために、個人のデータを使用して個々の器官および組織の預託線量当量と預託実効線量当量を推定すべきである。通常、一つの型のモニタリングのみに信頼をおくべきでなく、体内量または組織線量当量の最終的な推定値を得るには、個人モニタリングおよび作業場所のモニタリングの両方から入手できるすべてのデータを考慮すべきである。

このように、本報告書は、放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。また、放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。また、放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。

- (a) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (b) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (c) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (d) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (e) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (f) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (g) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (h) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (i) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。
- (j) 放射線防護の目的を達成するために、必要となる最も適切な測定方法と、その結果の取り扱いについて、具体的な指針を提供する。

J. 品質保証

(125) この報告書では、品質保証を、モニタリングプログラムの結果に十分な信頼性を与えるのに必要な、計画された組織的な行為を意味するものとして述べる。品質保証には、用具、装置および手順が定められた要件にかなっているかどうかを評価するすべての行為を伴う品質管理が含まれる。重要なことは、どんなモニタリングプログラムにも、一つの肝要な部分として、用具および装置が正しく機能し、手順が正しく確立かつ実施され、分析が正しく行われ、誤差がかぎられ、記録が正しくかつ敏速に保存され、要求される測定精度が維持され、また系統誤差が起こらないことを保証するのに役立つ品質保証プログラムが含まれるべきであるということである。

(126) 一般に、品質保証プログラムの計画にあたっては、次の因子を考慮に入れるべきである：

- (a) 用具および装置の品質；
- (b) 職員の訓練および経験；
- (c) 品質管理用試料の日常分析による手法の正しさの確認、および標準的分析法の使用；
- (d) 用具および装置の校正と保守の頻度。測定系の変動しやすさがこのことに影響を与える重要な面であらう；
- (e) モニタリングプログラムの結果が国家標準に対してトレーサビリティをもつことの必要性；
- (f) 要求される品質が達成されておりかつ維持されていることを証明するために必要な文書の範囲。

(127) 測定の必要とされる正確さの問題に関しては、109項および123項

にいくつかの指針を示してある。しかしながら、モニタリングプログラムの全過程で行うすべての種類の測定に対し、必要とされる正確さについて、共通に適用可能な指針を与えることはできない。なぜならば、これは実施される測定の種類と作業防護の観点からのその重要性とに依存するであろうからである。さらに、いくつかの場合には、ある測定を行うために現在利用しうる最良の方法でさえも大きな誤差を本来的に生じ易く、それはそのまま受け入れざるを得ないであろう。

(128) 品質保証プログラムの範囲と程度は、モニタリングプログラムの一部として行われる測定の作業防護の観点からみた重要性にも依存するであろう。一方、品質管理で行うことは、組み込まれたチェック用線源による装置の簡単な動作試験から、個人線量計のサービスの正確さ、エネルギー依存性などに関し定められた要件に合っていることを確かめるための綿密な校正まで、さまざまであろう。

K. 用語の説明

(129) この報告書で使用した用語の説明と定義を以下に示す。多くの場合、用語は通常の意味で用いられている。この報告書で特別の意味をもたせた数少ない例外について以下に示す。

管理区域 (controlled area): 当該区域外の作業者が線量当量限度の 10 分の 3 以上を受けることがほとんどないように立入りを制限する区域で、しばしば、既存建造物等の構造上の境界をもとにして決められる。

誘導限度 (derived limit (DL)): ある定義されたモデルによって該当する線量当量限度あるいは年摂取限度から誘導される限度で、その限度に従うことが該当する基本限度に事実上従うことになるもの。DL は線量当量、預託線量当量あるいは放射性核種の摂取量以外の量と関連づけられるであろう。

線量計 (dosemeter): ここでは、ある種類の放射線量を測定するどんな装置をも一般的に表す意味で用いる。たとえば、フィルムバッジ。

弁別型線量計および表面線量計 (discriminating dosimeter and surface dosimeter): 85 項で定義したとおりである。

被曝 (exposure): ここでは、一般的な意味に用いる。

摂取量 (intake): 体内に摂取された放射性物質の放射エネルギー。

調査レベル (investigation level): 線量当量あるいは摂取量の値で、この値を超えると、それを引き起こした状況の検討あるいはなりゆきの評価などのないいっそうの調査あるいは事情聴取が正当化されるほどの重要な結果をまねくレベル。

医療職員 (medical staff): 健康管理 (医学的監督) にたずさわる医師および

そのほう助者。

モニタリング (monitoring): 放射線または放射性物質に対する被曝の推定あるいは管理に関係した理由のために行われる, 放射線または放射能の測定。この用語には測定の解釈が含まれる。

個人モニタリング (individual monitoring): 作業者個人が着用した装置による測定およびその解釈, あるいは体内や排泄物中または体液中の放射能について行われる測定およびその解釈で, そのような測定が, 身体の組織に対する線量当量あるいは預託線量当量, あるいは体内への放射性物質の摂取量, または体内の放射能量の推定値を与えることを意図している場合をいう。

作業場所のモニタリング (monitoring in or of the workplace): 作業者の環境に関する情報および作業者が行う作業についての情報を得ることを意図したモニタリング。

作業モニタリング (operational monitoring): ある作業にとくに関連したモニタリング。

日常モニタリング (routine monitoring): そのときに行われている作業の特定の段階には無関係に, 多くはあらかじめ定められた間隔で行われるモニタリングで, 継続して行われる作業にとって状況が満足なものであるかどうか, また作業状況の再評価を必要とする何らかの変化が起こったかどうかを確かめることを意図したもの。

特殊モニタリング (special monitoring): 特定の問題を解明するためあるいは異常な状況またはそのおそれが存在するときに, かぎられた期間行われるモニタリング。

記録レベル (recording level): 線量当量あるいは摂取量のレベルで, それを超えると, モニタリングプログラムの結果が記録と保管に値する重要性をもつようなレベル。

参 考 文 献

- 1) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 26, Annals of the ICRP*, 1(3), Pergamon Press, Oxford (1977).
- 2) Statement from the 1978 Stockholm Meeting of the ICRP. *ICRP Publication 28, Annals of the ICRP*, 2(1), Pergamon Press, Oxford (1978).
- 3) Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. *ICRP Publication 30, Annals of the ICRP*, 2(3/4); 4(3/4); 6(2/3), Pergamon Press, Oxford (1979-1982) Supplements and Index.
- 4) Evaluation of Radiation Doses to Body Tissues from Internal Contamination due to Occupational Exposure. A Report by Committee IV of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 10*, Pergamon Press, Oxford (1968). (Under Revision).
- 5) The Assessment of Internal Contamination resulting from recurrent or prolonged uptakes. *ICRP Publication 10 A*, Pergamon Press, Oxford (1971). (Under Revision).
- 6) The Handling, Storage, Use and Disposal of Unsealed Radionuclides in Hospital and Medical Research Establishments. *ICRP Publication 25, Annals of the ICRP*, 1(2), Pergamon Press, Oxford (1977).
- 7) Reference Man: Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics. *ICRP Publication 23*, Pergamon Press, Oxford (1975).
- 8) Protection against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine. A report of ICRP Committee 3. *ICRP Publication 33, Annals of the ICRP*, 9(1), Pergamon Press, Oxford (1982).
- 9) 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). (Under Revision).
- 10) Principles of Environmental Monitoring Related to the Handling of Radioactive Materials, A Report by Committee 4 of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 7*, Pergamon Press, Oxford (1966). (Under Revision).

- 11) Safe Handling of Radionuclides. *Safety Series No. 1*, IAEA, Vienna (1973).
- 12) The Principles and General Procedures for Handling Emergency and Accidental Exposures of Workers. *ICRP Publication 28, Annals of the ICRP*, 2(1), Pergamon Press, Oxford (1978).
- 13) Radiation Protection in Uranium and other Mines. *ICRP Publication 24, Annals of the ICRP*, 1(1), Pergamon Press, Oxford (1977).
- 14) Statement and Recommendations of the 1980 Brighton Meeting of the ICRP. *Annals of the ICRP*, 4(3/4), Pergamon Press, Oxford (1980).
- 15) Radiation Quantities and Units. *ICRU Report No. 33*. International Commission on Radiation Units and Measurements. 7910 Woodmont Ave., Washington D.C. 20814, USA (1980).
- 16) Conceptual Basis for the Determination of Dose Equivalent. *ICRU Report No. 25*, International Commission on Radiation Units and Measurements, 7910 Woodmont Ave., Washington D.C. 20814, USA (1976).
- 17) W.R. Stratton. A Review of Criticality Accidents. *Report LA-3611*, Los Alamos Scientific Laboratory (1967).
- 18) D.C. Lloyd, R.J. Purrot. Chromosome Aberration Analysis in Radiological Protection. *Radiation Protection Dosimetry*, 1(1), 19-28 (1981).
- 19) D.C. Lloyd *et al.* Doses in Radiation Accidents Investigated by Chromosome Aberration Analysis. A Review of Cases Investigated: 1981. *NRPB Report R 128*, National Radiological Protection Board, Chilton (1982).
- 20) H. J. Delafield, J. A. Dennis, J. A. B. Gibson. Nuclear Accident Dosimetry, Part I, II and III. *AERE Reports R7485, R7486 and R7487*. Atomic Energy Research Establishment, Harwell (1973).

付 録

これらの付録に示した例は委員会が勧告した限度に関連するものである。最適化に基づく限度に関連した同様の例を誘導することができる。

付 録 A

体外放射線に関する個人モニタリングの ための作業者抽出基準

A. 1. この報告書の 80 項に、個人モニタリングプログラムを計画する助けとするために、作業条件の例が与えられている。これらの例の一つに低放射能の線源を扱う作業がある。この付録の一つの目的は、初歩的な防護手段がとられているならば、手も含めていろいろな器官と組織とに対する線量当量がきわめて高い確率で勧告線量当量限度の 10 分の 3 未満であるような、線源の放射能の値を示すことである。これらの初歩的な注意が払われなければ手および皮膚の局所はこの値より高い線量当量となる可能性があるが、これらは日常の個人モニタリングサービスによって適切に検出あるいは算定されないであろう。そして、このような注意の不足がありうるということ自体が、個人モニタリングを必要とする根拠となるべきではない。

A. 2. この付録のもう一つの目的は、満足な実施規定が適用されていれば個人モニタリングを必要としない作業の種類を掲げることである。

低放射能の線源

γ 線源からの全身照射

A. 3. 1年につき 50mSv (5rem) という「勧告された線量当量限度」の 10分の3を与えることになる γ 線源の放射能を算定するためには、被曝時間と作業者の線源からの実効距離とを仮定することが必要である。作業時間を1年当たり 2,000 時間、作業距離を 1m とする組合せが算定のために合理的な基礎となると考える。これらの前提をとれば、個人モニタリングを必要とする線量当量率は $7.5 \mu\text{Sv/h}$ (0.75mrem/h) となり、これは、 γ 線エネルギーの広い範囲にわたり、50MBq \cdot MeV (約 1mCi \cdot MeV) よりも多少強度 (エネルギー放出率) の高い γ 線源に相当する。

γ 線源による手の照射

A. 4. 手に対する「勧告された線量当量」は 0.5Sv/y (50rem/y) である。この値は実効線量当量に対する数値の 10 倍であるが、線源から手までの実効距離は線源から身体までの距離よりも全体として短く、これを 30cm とするのが合理的であろう。このとき、同じ強さの線源に対し線量率が 10 倍に増大するので、身体の被曝に対して導いた値は手の線量を制限するためにもふさわしいものとなるであろう。

β 線源による照射

A. 5. β 線の線源に遮蔽のないものは少なく、また通常は線源内でいくらかの自己吸収がある。したがって、ある距離における線量当量率は γ 線源に対するようには容易に計算することができない。 β 線のある程度の吸収を考慮すると、単位放射能当たりの線量当量率は、 γ 放射体の場合の 10 倍ぐらいになるであろう。一方、皮膚に対する「勧告された線量当量限度」は全身に対する値の

10 倍である。

β/γ 放出体について示唆される限度

A. 6. 簡単なピンセットや tong を用い、また使われていない線源に遮蔽がしてあれば、50 MBq \cdot MeV (約 1mCi \cdot MeV) までの γ 線源を連続的に使用しても、年線量当量は勧告された線量当量限度の 10 分の 3 以下であろう。実際には、このような作業のほとんどすべては断続的であり、50 MBq \cdot MeV (約 1mCi \cdot MeV) 以下の γ 線源を扱う作業には日常的な個人モニタリングは要しないと考える。

A. 7. しかしながら、実質上遮蔽されていない 50 MBq (約 1mCi) の β 線源を扱う連続的作業では、手の皮膚に対する線量当量が、勧告された線量当量限度の 10 分の 3 を超えることがあるであろう。手以外の皮膚に対する線量当量が、当該年限度の 10 分の 3 より少ないことはほとんど確実であろう。したがって、80 項の例 (d) に該当する β 線源に対する上限値は、少なくとも高エネルギー β 放出体に対しては、50 MBq (約 1mCi) よりいくぶん少なく、たとえば 5 MBq (約 100 μ Ci) とすべきである。軟 β 放出体 (最大エネルギーが 0.3 MeV 未満) については、線源自体とそれを取り囲む空気中での吸収が比較的大きいので、50 MBq (約 1mCi) という値が適切であろう。個人モニタリングが必要とされる場合、指と手をモニタする必要性について注意深く考慮すべきである。

A. 8. 要するに、次に掲げる放射能以下の線源を取り扱うさいには、体外放射線に関する個人モニタリングは必要でないと考える。簡単な予防手段がとられ、またいかなる場合にも素手で線源を握ることがないものと仮定する。

γ 放出体 (β 線は完全に遮蔽)

50 MBq \cdot MeV (約 1mCi \cdot MeV)

β 放出体 (γ 線の有無に関係なし)

(68)

$E_{\max} \geq 0.3 \text{ MeV}$ 5 MBq (約 100 μCi)

$E_{\max} < 0.3 \text{ MeV}$ 50 MBq (約 1 mCi)

中性子線源

A. 9. 中性子モニタリングのための要件は 87—89 項で検討した。

X線および γ 線によるラジオグラフィ装置と蛍光透視装置（医療用および工業用）

A. 10. サーベイあるいはあるかぎられた個人モニタリングプログラムにより、作業手順が高い（安全）水準にあることを確認できる場合には、ある種の作業には日常個人モニタリングが必要ないと判定してよい。この種の作業の例としては次のようなものがある。

- (a) X線および γ 線によるラジオグラフィを取り扱っている部門での、放射線を扱わない作業；
- (b) 歯科（X線）撮影；
- (c) 放射線による制御あるいは測定を含む産業工程における決まった作業、たとえば厚さ計やレベル計による作業。

X線および γ 線による放射線治療装置

A. 11. 作業手順と機械的手段によって、放射線治療用照射室への立入りは通常制限される。これらの組合せによって線量の低いことが確認できる場合には、この作業は作業条件Bとして分類できる。しかしながら、このことは十分に明確でない場合が多いので、日常個人モニタリングの必要性に関するさらに詳しい指針が必要になる。作業手順が一貫して高い（安全）水準にあるならば、次のような種類の作業は日常個人モニタリングを要しないとみなしてよい。

- (a) X線治療および γ 線治療部門での、放射線を扱わない作業；

(b) X線, γ線および加速器による遠隔照射治療。

しかし, A. 10 項および A. 11 項で検討した作業の場合に, 予期しない高い放射線場に対して警告を与えるような個人線量計を支給することは, 日常個人モニタリングの観点からは必要ではないが, 事故による高被曝の発生を減少させることができるという点から正当化されるであろう。

付 録 B

体内汚染に関する個人モニタリングの ための作業者抽出基準

B. 1. この報告書の本文中(113—114項)に、体内汚染に関する個人モニタリングプログラムを必要としそうな作業の種類についての指針が与えられている。このほかの種類作業には個人モニタリングは必要でない場合が多いけれども、作業場所のモニタリングプログラムから得られる結果に照らして、その必要性の有無を考慮しなければならないことがときにはある。この付録の目的は、空気モニタリングの結果を、体内汚染に関する個人モニタリングの必要性の評価に使えるようにする方法についての指針を与えることである。この指針は113—114項につけ加わるものである。

B. 2. どこに線を引くかは明確ではないが、体内汚染をもたらす可能性のある3つの状況を別々に考えてみると便利である：

(a) きわめてまれに、通常は不規則に起こる事象が原因となって生ずる作業場所の汚染；

(b) 平常作業の結果として、変化はするが本質的には連続している作業場所の汚染；

(c) 小さなまちがいの結果として生ずる、不連続ではあるがまれとはいえない作業場所の汚染。

(a) と (c) との状況の区分は頻度の問題である。すなわち毎月あるいはそれに近い頻度で汚染が予測される場合、その状況は (c) で述べられたものとなる。

B. 3. (a) の状況では、作業者が年摂取限度の10分の3以上の放射性核

種を摂取する可能性は過去のモニタリング結果からだけでは算定できない。それは、経験に照らして行うその作業の一般的な検討に基づいて算定しなければならない。この検討によって摂取の確率が低いということが確証されるならば、個人モニタリングは日常的には必要ではないであろう。しかしながら、汚染事象が検出された後には、特殊個人モニタリングプログラムが必要となるかもしれない。このような汚染事象は作業場所のモニタリングによって検出されるかもしれないし、作業状況からみてはっきりしているかもしれない。

B. 4. (b) の状況では、空気モニタリングプログラムの結果がおもな情報源となるであろう。その測定が作業者の呼吸域で行われるならば、個人の摂取量は、作業分担と作業上の習慣の違いのために、平均値のまわりに分布するであろう。空気モニタリングプログラムがうまく計画され解釈されている場合には、作業モニタリングあるいは特殊モニタリングにより、一個人の1年間にわたる摂取量がそのグループの推定平均摂取量の約3倍以上にはなりそうもないことを確認することができるであろう。したがって、呼吸域における空気モニタリングの結果の年間平均が誘導空气中濃度の10分の1よりも小さい場合には、作業者の摂取量が勧告された年摂取限度の10分の3を超えることはほとんどありそうになく、個人モニタリングは日常的には必要ではない。

B. 5. (c) の状況では、汚染源は(b)の状況におけるほど明白には見きわめられず、空気モニタリングの結果は通常は呼吸域直接よりもむしろ作業場所の一般空気から得られる。このような測定の長期間平均と個人空気サンプラの結果の長期間平均との関係は73項で論じられている。これら平均値間の比は約1桁が典型的で、そのため、空気モニタリングの結果の年間平均が誘導空气中濃度の30分の1以下の場合には、作業者の摂取量が勧告された年摂取限度の10分の3を超えることはほとんどありそうになく、個人モニタリングは日常的には必要とされないであろう。しかしながら、特殊モニタリングプログラムが監視システムの重要な部分をなすことになるかもしれない。

B.6. 上述の(b)と(c)の状況において、もし空気モニタリングの結果からいく人かの作業員の摂取量が勧告された年摂取限度の10分の3を超えているかもしれないことがわかった場合には、個人個人の被曝をさらに注意深く算定することが必要になるであろう。これは必ずしも日常個人モニタリングの必要性を意味するものではない。より広範囲の空気サンプリングを含む、あるかぎられた期間にわたって行われる実験的検討と、おそらくいくらかの個人モニタリングとによって、空気モニタリングの結果がよりよく解釈できる十分な情報を得られることが多く、これにより体内汚染に関する日常個人モニタリングの必要性についてよりよい決定を下すことができる。

作業者の放射線防護のための
モニタリングの一般原則

定価 900 円

昭和59年3月10日 初版第1刷発行

編 集

および 社 団 日 本 ア イ ソ ト ー プ 協 会
法 人

発 行

113 東京都文京区本駒込二丁目28番45号

電 話 (03) 946-7111

振 替 東京 8-143345

発 売 所

丸 善 株 式 会 社

印刷・製本 中央印刷株式会社

ICRP 刊行物（理工関係）

日本アイソトープ協会翻訳・編集
丸善（株）発売

-
- Publ. 26 国際放射線防護委員会勧告（1977年1月17日採択）
——ストックホルム，ブライトン会議声明付——
ICRPの基本的考え方と線量当量限度値を勧告。他の刊行物の基礎をなすもの
A 5・103頁 800円
-
- Publ. 27 「害の指標」をつくるときの諸問題
放射線の影響を放射線以外の諸要因による影響と比較するため「害の指標」を提案
A 5・46頁 500円
-
- Publ. 28 作業者の緊急被曝と事故被曝に対処するための諸原則と一般手順
異常被曝をした作業者の初期医療処置を中心に，線量推定の手順や人事管理上とるべき措置等に言及
A 5・34頁 500円
-
- Publ. 29 放射性核種の環境への放出：人に対する線量の算定
環境に放出される放射性核種による個人の線量当量，線量当量預託を，事前に予測するための方法論
A 5・119頁 1,500円
-
- Publ. 30 作業者による放射性核種の摂取の限度
Part 1, Part 2, Part 3
作業者の体内被曝の制御に関する報告書。線量算定法，放射線防護上重要な放射性核種に関する代謝データ，年摂取限度（ALI）と誘導空気中濃度（DAC）の計算値を収載。放射性物質を取り扱う人に必携の書。
Part 1 21元素，187放射性核種
Part 2 30元素，245放射性核種
Part 3 43元素，323放射性核種
Part 1 A 5・205頁 2,000円
Part 2 A 5・127頁 1,500円
Part 3 A 5・216頁 2,300円
-