

作業者の放射線防護のための
モニタリングの一般原則

社団法人 日本アイソトープ協会
財団法人 仁科記念財団

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 12

国際放射線防護委員会
専門委員会4の報告

1968年5月24日に主委員会によって採択されたもの

社団法人 日本アイソトープ協会
財団法人 仁科記念財団

本書は“General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers—A Report by Committee 4 of the International Commission on Radiological Protection—ICRP Publication 12”の全訳であり、ICRPの諒解のもとに、仁科記念財団と日本アイソトープ協会が共同で編集、出版したものである。

訳出にあたっては、日本原子力研究所保健物理安全管理部放射線管理課および関西電力(株)原子力部において、それぞれ内部資料としてすでに翻訳したものがあったので、関係者のご了承をえてこれらの資料を原訳として利用させていただいた。

これら関係者各位に厚く謝意を表するものである。

1970年10月

Nishina | Japan
Memorial | Radioisotope
Foundation | Association

Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 12

This translation was undertaken by the following colleagues.

Primary Translations are kindly provided by
Division of Health Physics and Safety Radiation Control Section,
Japan Atomic Energy Research Institute
and
Nuclear Power Division, The Kansai Electric Power Company

Editorial Board

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

Fumio YAMAZAKI (Chair) Hidehiko TAMAKI (Vice-chair)
Masami IZAWA * Tatsuji HAMADA Eizo TAJIMA

Presumed the founding committee members.

* Former ICRP member.

目 次

| | |
|-----------------------|--------|
| 序 | (1) |
| A 緒 論 | (3) |
| 放射線防護における測定の諸機能 | (4) |
| モニタリングの諸原則 | (4) |
| B 委員会の勧告 | (5) |
| 関連する勧告 | (6) |
| 勧告の解釈 | (6) |
| 被曝する個人の 카테고리 | (6) |
| 体内被曝と体外被曝との加算 | (7) |
| 誘導実用限度および調査レベル | (8) |
| 記録の保存 | (11) |
| C モニタリングの諸機能 | (12) |
| 作業場のモニタリング | (12) |
| 環境モニタリング | (13) |
| 作業モニタリング | (13) |
| 特殊モニタリング | (13) |
| 個人モニタリング | (14) |

(ii)

| | |
|--------------------------|--------|
| 作業モニタリングと特殊モニタリング | (14) |
| 個人モニタリングの結果の作業場の状況評価への利用 | (14) |
| モニタリングの補足的諸機能 | (15) |
| モニタリングプログラムの再評価 | (15) |
| 管理区域 | (15) |
| 医学的監督 | (16) |

D 体外放射線に関する作業場のモニタリング (16)

| | |
|----------------|--------|
| モニタリングプログラムの計画 | (16) |
| 環境モニタリング | (17) |
| 作業モニタリング | (17) |
| 結果の解釈 | (18) |

E 表面汚染に関する作業場のモニタリング (19)

| | |
|----------------|--------|
| 主要な目的 | (19) |
| モニタリングプログラムの計画 | (20) |
| 結果の解釈 | (22) |

F 空気汚染に関する作業場のモニタリング (23)

| | |
|----------------|--------|
| モニタリングプログラムの計画 | (23) |
| 結果の解釈 | (25) |
| 作業調査の利用 | (25) |
| 定置サンプラーの使用 | (25) |
| 個人サンプラーの使用 | (26) |

| | |
|--|--------|
| 粒度測定 | (27) |
| G 体外放射線に関する個人モニタリング | (28) |
| モニタリングプログラムの計画 | (28) |
| サービスの規模 | (28) |
| 線量計の基本的要件 | (30) |
| 線量計の着用部位 | (31) |
| β 線, γ 線およびX線についての線量計の選択と型式 | (31) |
| 中性子に関するモニタリング | (32) |
| 個人線量計を用いた作業モニタリング | (32) |
| 事故時被曝のモニタリング | (33) |
| 特殊モニタリング | (34) |
| 結果の解釈 | (35) |
| 日常モニタリング | (36) |
| 調査レベルの利用 | (37) |
| 日常モニタリングにおいて要求される精度 | (39) |
| 事故時被曝のモニタリング | (39) |
| H 皮膚汚染に関するモニタリング | (40) |
| I 体内汚染に関する個人モニタリング | (41) |
| モニタリングプログラムの計画 | (41) |
| モニタリング方法の選択 | (42) |
| 日常測定の頻度 | (43) |

(iv)

| | |
|----------------|--------|
| 結果の解釈 | (44) |
| 日常モニタリング | (44) |
| 特殊モニタリング | (46) |

| | |
|---------------|--------|
| J 用語の説明 | (47) |
|---------------|--------|

| | |
|------------|--------|
| 引用文献 | (49) |
|------------|--------|

| | |
|--|--------|
| 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 | (50) |
|--|--------|

| | |
|---------------|--------|
| 低放射能の線源 | (51) |
|---------------|--------|

| | |
|-------------|--------|
| 中性子線源 | (53) |
|-------------|--------|

| | |
|--|--------|
| 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) | (53) |
|--|--------|

| | |
|----------------------------------|--------|
| X線および γ 線による放射線治療装置 | (53) |
|----------------------------------|--------|

| | |
|---|--------|
| 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 | (54) |
|---|--------|

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1965年4月の会合において、作業者の放射線防護に関する個人モニタリングおよび環境モニタリングの諸原則に関する報告書の作成について考えるために、2つのグループを設立した。1966年6月に同専門委員会は、単一の報告書をつくるために1つの課題グループを設けるといふこれらのグループの勧告を採択し、1966年8月、委員会は次の付託事項およびメンバー構成のもとでこの課題グループをつくることを認めた。

作業者の放射線防護に関するモニタリングの諸原則に関する報告書を作成すること。この報告書には ICRP Publication 9 のなかの 110, 111, 112, 113, 117, 120および122の各項と特に関連して、作業場のモニタリング、個人モニタリングおよびこの両者間の関係を含むこと。

この報告書はモニタリングプログラムの結果の解釈に関する助言も含むこととするが、モニタリング方法および装置の詳細は除外することとする。

構成メンバー：

| | |
|---------------------|---------|
| H. J. Dunster (委員長) | イギリス |
| G. Cowper | カナダ |
| K. Koren | ノールウェー |
| J. Pradel | フランス |
| H. F. Schulte | アメリカ合衆国 |
| J. Vennart | イギリス |

専門委員会4のこの報告書はこの課題グループによる作業の成果である。これは 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」と補足し合うものである。

専門委員会 4 の構成メンバー (1965年～1969年)

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| H. Jammet (委員長) (フランス) | D. Mechali (フランス) |
| D. J. Beninson (アルゼンティン) | C. Polvani (イタリア) |
| G. C. Butler (カナダ) | P. Recht (ベルギー) |
| H. Daw (アラブ連合共和国) | E. G. Struxness (アメリカ合衆国) |
| H. J. Dunster (イギリス) | F. Western (アメリカ合衆国) |
| K. J. Koren (ノールウェー) | B. Windeyer (イギリス) |

専門委員会 4 の報告

A 緒 論

(1) 放射線および放射性物質による被曝* (exposure) の評価あるいは管理に関連する測定は、モニタリング (monitoring) という一般的用語で表現される。極めて重要なことは、モニタリングプログラムはその目的(後節参照)に合うよう正しく計画すべきであり、同時に、人力や資金をむだにしないようにたてるべきであるということである。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。モニタリングのある面は、国家的あるいは広域的規準によってきめられることであるかもしれない。この報告書の勧告は、その規準が国際放射線防護委員会¹の勧告に基づいている範囲でのみ、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は明確に定義された目的に合うように計画されるべきであり、かつこれらの目的は記録しておくべきである。モニタリングプログラムの計画には、その目的に関する解釈の基準を含んでいなければならない。この基準もまた記録しておくべきである。最後に、計画にはどのような記録が必要であるかについて、および、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がらは、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、または国家的あるいは広域的規準に大きな変化があった場合にはいつも、検討されるべきである。

* 120 項で説明されている用語は、本文中に最初にあらわれたときに下線を施しておく。

放射線防護における測定 の 諸機能

(3) 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、安全かつ満足できる作業状況をつくりあげ、それを維持することである。放射線が関与しない多くの環境では、これらの作業状況は、直接に、あるいは従業員にあらわれる臨床的徴候および症状を考察することによって、定性的に判断することができる。これらの定性的なやり方は、もっと定量的な考察に著実に置き換えられつつある。この傾向は、放射線防護という専門分野では初期警告となる放射線傷害の臨床的徴候が高線量の場合を除けば存在しないため、一層顕著である。これらの徴候が個人について検知でき、あるいは発現したときにはすでに、その傷害の程度は通常は重篤であり、回復できないかもしれない。それゆえに、どんな放射線防護プログラムでも、測定が重要な役割を果たさなければならない。

(4) しかしながら、モニタリングは測定以上のものを意味している。すなわち、モニタリングとは、委員会の勧告の見地からするものを含め、測定結果の解釈ということも含まなければならない。それゆえに、モニタリングプログラムの正当性はまず第1に、それが安全を達成するのに役だっているという点に、あるいは安全がこれまで満足な形で達成されてきたことを証明することに、見出されなければならない。産業内関係または対公衆関係、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正当性を与えるものではない。モニタリングは、重要ではあるけれども単に放射線防護の技術にすぎず、それ自身が目的ではない。

モニタリングの諸原則

(5) 異なった種類の放射線の許容線量を表わすための共通の数値的基礎と

して、放射線の線量当量が委員会によって用いられている。線量当量は被曝後の傷害の相対的危険度を、かなり直接的に測定が可能な表現で算定するための1つの尺度を与えるという利点がある。線量(dose)の推定値を判断するための基準は、委員会の基本的勧告⁽¹⁾によって示されている。放射性物質の摂取に由来する線量を算定することは必ずしも実用可能ではないので、委員会は摂取量の推定値を判断するための基準も勧告している(2, 6)。

(6) しかしながら、モニタリングには、その結果が線量または摂取量で直接に解釈できず、そのために委員会の勧告と直接比較することのできない多くの種類がある。この種の測定に対しては、それ単独で、または他の測定と組み合わせ、それらの測定がモニタリングの1つまたは2つ以上の基本的目的に合致するように、解釈の方式を用意しておくことが重要である。このような解釈の方式を論ずるに先だて、委員会の勧告を検討し、作業場のモニタリング (monitoring of the workplace) および個人モニタリング (individual monitoring)の諸機能を明確にしておくことが必要である。ここで“individual monitoring”という語を用いたのは“personal monitoring”および“personal monitoring”という語が別の意味で用いられることがあるからである。

B 委員会の勧告

(7) 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⁾および専門委員会の勧告⁽²⁻⁷⁾に注意をはらうべきである。委員会の基本的な勧告は、身体の各器官に対する放射線の線量で示されており、モニタリングという手段によってこれらを直接に決定することは実際にはできないので、モニタリングプログラムの計画および解釈に委員会の勧告を適用するためには、勧告を解釈することが必要である。

関 連 す る 勧 告

(8) ICRP の Publication 9⁽¹⁾ においてモニタリングの問題に特に関係しているのは次の諸項である。

| | |
|---------------------|----------------------------|
| 基本原則 | 25, 26, 28, 34, 37, 41~51項 |
| 職業上の被曝に関する線量の制限 | 52~69項 |
| 制御されていない線源に関する対策レベル | 96~102項 |
| 作業上の放射線防護に関する一般原則 | 108~113, 117~120, 122項 |

勧 告 の 解 釈

(9) 委員会の勧告の解釈について生ずる問題の多くは、モニタリングプログラムの詳細な検討に照らしてはじめて論議することができるので、この報告書の該当する個所で扱われる。しかしながら解釈についての問題には、別個に取り扱った方が便利なものがいくつかある。

被曝する個人のカテゴリー

(10) ICRP Publication 9 が発表されるまでは、委員会は作業者の2つのカテゴリーについて異なった最大許容線量を勧告したため、このようなカテゴリーの定義づけが重要な問題であった。しかしながら現在の勧告は、すべての作業者に適用できる一組の線量限度を与えており、これらの作業者をカテゴリーに区分するという勧告は、現在では管理上または作業の便宜上だけの問題である。

(11) 経験の示すところでは、放射線源および放射性物質を取り扱う人の大部分は、「受ける線量が最大許容年線量の3/10を越えることには殆んどなりそうにないような状況」* で作業しているものとして分類することができる。適

* ICRP Publication 9⁽¹⁾, 110項

切に運営されている施設では、放射線源や放射性物質に間接的にしか関係していない人々は、確かにこのようなカテゴリーに入る。しかしこのようにカテゴリーに分けることは、次のようなことが知られていたかまたは仮定するのが合理的であったという経験に基づいていることを知っておかなければならない：

- (a) 該当する作業者が妥当な個人モニタリングを受けていたこと；
- (b) すべての作業者が厳格な運営管理と適切な環境モニタリングを受けていたこと；
- (c) すべての放射線源が十分に制御されていたこと。

したがって、これらの条件が満たされれば、委員会によって提案されたこの分類は、安全の基準を低下させることなくモニタリングプログラムにおける大きな節約をもたらす機会を与えることになる。個人モニタリングを必要とする作業者を確定するための判断基準は、この報告書のG章とI章、および付録AとBで論じられている。

体内被曝と体外被曝との加算

(12) 委員会によって勧告された最大許容線量は、体外線量と体内線量との和に関係するものである。しかしながら、この報告書で後に詳しく述べるように、体外放射線に関する日常モニタリング (routine monitoring)の方法では、測定された表面線量から個々の器官線量を得ることは通常はできない。身体表面で、1/4年あるいは1年間にわたって測定される、記録された線量は、殆んど常に器官線量よりも高いであろう。体内線量は間接的に算定しなければならず、しかも日常モニタリングプログラムから得られるデータが線量として解釈できるのは極く少数の場合だけであって、その良い例は酸化物としてのトリチウムである。この報告書および ICRP Publication 10⁽⁸⁾において勧告された解釈の方法は、記録された線量がしばしば器官線量よりもずっと高いとい

うことを暗に含んでいる。

(13) それゆえ、実際には、日常モニタリングプログラムの一部として体外線量と体内線量とを加算する必要がある場合は極めてまれであると思われる。最も普通なのは、体外放射線による被曝と全身を決定器官とする体内沈着核種による被曝とが組み合わさった場合である。このような核種からの線量はかなりの精度で算定でき、それが相当な値であるならば、記録された体外放射線の線量に加算することができる。

(14) 異常被曝* の場合には、モニタリングと調査とのもっと詳細なプログラムによって器官線量をより正確に推定することが可能となるであろう。このような被曝では、線量は日常起こる状況での線量よりも通常はるかに高いであろう。したがって、器官線量を算定するのに、体外放射線と体内放射線との両方を考えに入れることが必要であり、また可能でもある。

誘導実用限度および調査レベル

(15) モニタリングプログラムの過程で行なわれる測定は、委員会勧告の数値で直接に表現することができない場合が多い。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、委員会の基本的勧告で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普通に用いられている。その他のいくつかの測定の解釈はそれほど容易ではない。というのは、解釈は作業者が彼らの環境のなかで動いたり環境を利用したりする仕方など、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極めて複雑である。排泄物の分析結果とそれに対応する器官線量との関係もまた同様である。

* ICRP Publication 9 (1), 99—102項

(16) これらのかなり複雑な状況においては、解釈という仕事をへらすのに2つの考え方が有用である。第1の考え方は、誘導実用限度 (derived working limit, DWL) の考え方である。被曝経路の様式化したモデルを用いれば、モニタリングプログラムにおいて測定される量と委員会によって勧告されている最大許容線量あるいは摂取量との間の定量的な結びつきを与えることができる。その結びつきの精度は、真の状況を代表するためにこのモデルがどの程度事実に近くえらばれたかに依存し、このことは次に、決定したDWLがどれだけ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DWLは、あるきめられた擾乱を受けた、あるきめられた表面上の特定の汚染物質に関して導くこともできるし、どん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。特殊性を中程度にえら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DWLはより広範囲に利用できるであろうが、不確実さの幅もずっと広くなり、よりきびしくなることがある。1つの実用限度を導くにあたっては、これを固く守れば事実上確実に委員会の勧告に合うことになるような数値を確定するように心がけるべきである。しかし逆に、DWLを守りきれないことは、必ずしも委員会の勧告に合わなかったことを意味するものではなくて、諸状況をもっと注意深く調査することの必要性を示すのみかもしれない。DWLをこのように用いることによって、器官線量または摂取量に対する上限値を確定することは可能になるが、実際の線量または摂取量の算定ができるわけではない。

(17) ある1つのモニタリングプログラムから得られる情報の多くは、単にその状況が満足なものであること、およびどんな対策も必要としないということを確認するものにすぎない。最小の労力で、このような情報を棄てる方法を用いるのが便利であり、このことを達成するのに調査レベル (investigation level) という考え方が有効である。調査レベルとは、ある特定の種類の測定につき設定される1つの数値であって、その値以上の場合には結果はさらに進

んで調査することを正当づけるほどの重要性をもつものである。ここでいう調査のなかには、状況が重大な結果になったということの単なる認知から、その結果の原因と成行きとの徹底的な調査までが含まれるであろう。調査レベル以下ならその情報はそれ以上検討、調査する必要はない。調査レベルの詳細な使用例は、ICRP Publication 10⁽⁸⁾に示されている。たとえDWLより十分低いときでさえも、測定されたレベルの変化が管理の失敗と悪化しつつある操作手順との両方を確認するうえで重要でありうるような、作業場のある種のモニタリングにおいても、この考え方が有用である。

(18) 調査レベルを設定する目的は、この調査レベル以下の状態から受ける線量または摂取量が、明らかに委員会によって勧告された年間限度の3/10以下であることを保証することとすべきである。DWLと調査レベルとの間には簡単な関係はない。その理由の1つはそれらの目的が異なっているためであり、他の1つは、殆んどすべてのDWLが1年までの期間にわたる平均的な状況に適用されるのに対して、調査レベルは単一の結果あるいはまれには短期間の平均的結果に適用されるためである。

(19) DWLと調査レベルとははっきり区別することが大切である。結果がDWLを越えても必ずしも委員会の線量限度を越える線量を意味するものではないが、DWLを超過しないように作業を行なうことを意図すべきである。したがってDWLを超過したということは、初めに意図した安全基準を守り得なかったことを意味し、できることなら事後処置がとられるべきである。あるいは、使用されているDWLが進行中のこの特定の作業にとりぎびしすぎることを示している場合もあろう。そのときには、作業の方針を修正して新しいDWLを採用することが合理的であろう。方針の一貫性を保ちDWL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。

(20) それとは対照的に、調査レベルはそれほど重大に扱われなくてもよ

い。調査レベル以上の結果が生じたあと行なわれる調査は、平常よりもやや高いレベルの被曝または環境の汚染をひき起こす可能性のある状況にあったということを知覚するだけにすぎないことがしばしばである。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。調査レベルを越えたままで長期間運転することも、ある場合には全く妥当でありうる。

(21) 管理要綱にはDWLと調査レベルとの区別を強調すべきであり、モニタリングの結果を解釈する指針をだそうとするときには、どちらの概念が使用されているかを明らかにすべきである。

記録の保存

(22) 一般的にあって、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たデータの大部分は極めて一時的な価値しかもたない。それゆえ、記録が将来の時点で解釈される場合には、その仕方に十分な注意をはらわなければならない。たとえば、作業場のモニタリングの結果は、モニタリングプログラムの一部としてその時点で線量の算定が行なわれないうえ、個々の作業者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。したがって、作業場の日常モニタリングの記録を保管することは、通例は、個々の作業者の被曝の算定よりもむしろ作業環境維持の良好さとむすびつけられるものである。

(23) 個人モニタリングの結果の解釈に関して後に諸節で述べるように、ある適当な調査レベル以下の結果を除外することによって個人記録をかなり簡単なものにすることができる。その際たいいていの個人記録には、作業者とその作業場所との確認、それに加えて、いかなる調査レベルも越えなかったという記述だけを含めておけばよい。いくつかの結果が調査レベル以上になっていれば、個人記録はこれらの結果に関する詳細な数字を示す必要がある。すべての

個人記録は、異常事態に関与した場合にはいつもその詳細を含むべきである。

(24) 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、また委員会の勧告に合うようにし、そのことを明示する点において、部分的には管理上の問題である。個人記録は、訴訟その他の法医学の問題にも役にたつかもしいし、このことは必要な保存期間にも影響をもつであろう。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から、保存期間は長期にわたらなければならず、おそらく少なくとも30年間は必要である。個人記録はなまのデータだけでなく、推定された線量または摂取量はすべて含むべきであるが、そのデータが得られたもの試料、線量計 (dosemeter)、モニタリングフィルムなどを含む必要はない。

(25) 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 モニタリングの諸機能

(26) 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、詳細な諸機能は大きく異なり、作業場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、いろいろなかたちのモニタリングの主な諸機能を考察し、それらの関係を明確にする。

作業場のモニタリング

(27) 作業場のモニタリングを環境モニタリング (environmental monitoring)、作業モニタリング (operational monitoring) および特殊モニタリング (special monitoring) の3種に分類することが便利である。

環境モニタリング

(28) 環境モニタリングは、作業の環境 (environment) が継続して行なわれる作業に対し満足であること、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。これは確証を得るためという性格が強いが、臨界事故のような異常事態または緊急事態の初期段階を検知するための固定検出器の使用を含めてもよい。この用語は、放射性物質または放射線源を扱っている施設の境界の外側におけるモニタリングにも使われるが⁽⁷⁾、通常、2つの意味の混同は文章の前後関係から十分に避けられる。

作業モニタリング

(29) 作業モニタリングは、特定の作業に関するチェックを行ない、必要であれば、作業の継続についてすみやかに決定するための基礎を与えることを意図している。それは特に、長期間継続して使用したとすれば不満足であるような状況のもとで行なう短期間の作業手順の管理に適している。環境とはそのなかで行なわれる作業を含むので、環境モニタリングと作業モニタリング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

(30) 特殊モニタリングは、適切な管理を達成するための十分な情報が得られない環境状況か、あるいは、初めてまたは異常な状況で行なわれている作業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。それゆえに、どん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り、一たんその目的が達成されたならば、適当な環境モニタリング

(14)

または作業モニタリングに置き換えられるべきである。

個人モニタリング

(31) 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ないし排泄物中の放射能の測定および解釈を意味する。このようなモニタリングの主な目的は、特定の器官ないし組織に対する全線量または線量預託 (dose commitment) の推定値を得ることである。日常モニタリングでは、問題とする期間は数か月ないし数年の範囲にわたる。線量が委員会によって勧告された当該最大許容線量よりもずっと低い場合には、たとえば調査レベルの使用によって、線量の実際の値ではなくてその上限を算定することで十分であろう。

(32) 不幸にして、ある種の被曝については最大許容値に近い線量および摂取量においてすら、個人モニタリングはまだ実用的ではない。たとえば、中速中性子被曝、ラドン、トロンとそれらの娘核種およびトリウムによる被曝がそうである。したがって、問題とする線量または摂取量を推定するためには、作業場のモニタリングの特殊なプログラムを実施しなければならないかもしれない。

作業モニタリングと特殊モニタリング

(33) 個人モニタリングは、使用する測定器が直読式かまたは警報機能を有するならば特に、作業モニタリングプログラムに寄与するであろう。それはまた特殊モニタリング、特に、高い放射線場への人の立入りあるいは放射性物質による事故時の人体汚染の際行なわれる調査に関連した特殊モニタリングプログラムにおいても、重要な役割を果たすかもしれない。

個人モニタリングの結果の作業場の状況評価への利用

(34) 個人モニタリングの結果は、作業場の状況に関する情報を得るために

利用できる。また安価で解釈がやさしい個人モニタリングの諸方法を用いれば、しばしば作業場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を確認する簡単な手段となりうるであろう。

モニタリングの補足的諸機能

モニタリングプログラムの再評価

(35) 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、作業場に対するものであれ、自己調整的であるべきであり、経験が増すにつれ、測定の種類、頻度および程度を適当な間隔で検討して、モニタリングの労力が最大の利益をもたらすようにすべきである。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とをみきわめるために利用されるべきである。作業状況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はらわれていないものである。最後に、状況の改善が達成されたとき、モニタリングプログラムを続けて行なうことの必要性和範囲を再考すべきである。

管 理 区 域

(36) 放射性物質および放射線源を用いた殆どどの作業には管理区域の概念が必要になる。モニタリングの結果は、このような区域を選択するための基準の1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、作業場のモニタリングの結果が有力な因子でありうる。空気汚染と表面汚染の場合には、管理区域の境界を決定する要因は、実際に存在する汚染よりも作業場にそのような汚染の存在する可能性である。したがって、判定の基礎となるのは過去のモニタリングから得られる幅広い経験である。

医学的監督

(37) モニタリングはまた、医学的監督の程度と方式に影響するような有効な情報を与える。医学的監督は、区域内の人々の予想線量および摂取量によって影響されるだけでなく、遭遇しそうな一般環境状況によってもまた影響される。この目的のために、モニタリングは平常な諸状況の定性的評価と事故時の大線量被曝や大量摂取の可能性に関する定性的評価を含むべきであり、必要とあれば、ICRP Publication 9⁽¹⁾の121項で示した担当医師 (medical officer) がみずから関与することを含めるべきである。

(38) 被曝の相当大きい作業者のグループに対して適切な医学的監督と個人モニタリングとを組み合わせることが、終局的には、勧告された最大許容線量の正当性を評価するために重要であろう。しかしながら現在のところ、被曝者の数は少なすぎその被曝レベルは低すぎるので、たぶんウランの採鉱の場合を除いて、個人の健康あるいは疾病統計と死亡統計に、検出できるほどの影響を及ぼさないと信じられている。

D 体外放射線に関する作業場のモニタリング

(39) 考慮されるべき主な放射線はX線および γ 線であるが、ある状況においては β 線、中性子線も問題になるかもしれない。

モニタリングプログラムの計画

(40) 環境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と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されるべきであり、その計画を一般的に論ずることは不可能である。

環境モニタリング

(41) 作業場の体外放射線に関するモニタリングプログラムの最も重要な部分は、ある新しい施設が稼動に入るとき、または既存の施設に本質的な変更が行なわれたかまたはあったかもしれないとき、広範なサーベイを行なうことである。この種のモニタリングの1例は、停止後再起動時に即刻行なわれる研究用原子炉周辺区域のサーベイである。

(42) 防護設備や作業場で行なわれる工程の実質的な変更のあった場合は別であるが（この場合には引き続き広範なサーベイが行なわれるべきである）、作業場の放射線の状況が変化しそうでないならば、日常の環境モニタリングは必要でない。しかしながら、作業場の放射線の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、主として定点においてときどきチェックを行えば状態の悪化に対する警告を与えるのに通常は十分であろう。他の方法としては、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（ただし90項も参照）。放射線の場が急速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、その環境のなかに置くか、または作業員個人々々が着用するような警報計器の体系をつくる必要があるであろう（86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定めることが特に重要である。というのは、警報モニタリングのプログラムはそれが効果的に行なわれた場合、高線量率での高線量被曝を防止し、その結果真の危険状況を取り除くことになるからである。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いるが、このような積極的機能を満たすことは殆んどない。

作業モニタリング

(43) 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大きく依存する。後者の場合には、作業者がいる区域の放射線線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行なわれるべきであろう。作業自体が線量率に影響を与える場合には、作業が継続している間、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なわれる場所の状況に決定的に依存しなければならない。

(44) 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、作業が放射線の場に影響する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、極く小規模の作業でも β 線量率に極めて大きな変化を起こさせるかもしれない。多くのモニタリング、特に個人警報モニタリングは γ 線をはかるものなので、 β 線量率と γ 線量率との比の急激な変化がある場合は管理手順が非常に複雑になるであろう。

結 果 の 解 釈

(45) 作業場の放射線線量率の測定結果を作業者の器官および組織への線量という観点から解釈するという一般的問題は極めて複雑である。放射線の線量率および線質は、空間と時間と共に変化するであろうし、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ができない。それゆえに、大きい単純化のための仮定を導入することが必要になる。単純化の1例は、ある位置で測定された γ 線量率および中性子線量率とその同じ位置における人の生殖腺および赤色骨髄に対する線量率を正確に表わすと同時に、 β 線、 γ 線および中性子線による合計線量率が皮膚に対する線量率を表わすと仮定することである。後方散乱および深部線量効果を見捨てる(あるいは中性子の場合には規格化)することによって生ずる誤差は、空間的および時間的に異なる多数の位置での線量率を作業者の積算線量に関連づける

この困難さに比べるとささいなものである。

(46) ある場合の適用にあたっては、ある人が全作業時間中、作業場の最大線量率の位置にいると仮定すると便利である。この方法は受ける可能性のある線量の上限值を与えるもので、作業場内での移動を限定する必要がないという利点をもっている。実際には、そのような環境で受けた現実の線量は、この最大値よりはるかに下まわると思われ、かつ、もし作業場の防護の計画および作業工程が適切であるならば、委員会によって勧告された最大許容線量よりはるかに低くなるであろう。

(47) この簡単な解釈の方法が有効であるほどに十分低く作業場の線量率を保つことが实际的でないならば、高線量率の区域への立入時間を算定し、ある場合には制限することが必要となる。このことは、定性的には、警告標示を利用するか、あるいは作業をそのように計画することにより達成される。定量的解釈はすべて個人モニタリングによって得られる(42項および86項も参照)。

(48) 作業モニタリングにおいては、解釈はいかなる作業も規定した線量以上は受けたくないような作業時間数を規定することによってしばしば行なわれる。原則的には、この線量を選択するにあたっては、現行の管理期間、通常は1/4年のうちに行なわれる他の業務内容について知ることを必要とし、かつ、防護サービスと人事管理との間の密接な協力が必要である。

E 表面汚染に関する作業場のモニタリング

主 要 な 目 的

(49) 放射性物質を取り扱う作業における汚染の管理には、多重の防御——縦深防御の原理(the principle of defence in depth)——を必要とする。放射性物質は程度の差こそあれ使用の場所に限定されるが、ある程度はこの場所か

ら広がり、作業場自体が全体の封じこめの付随的部分とみなされる。経験上、作業場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、通常一次封じこ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、作業者の日常的な体内汚染はなく、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。

(50) たとえ表面汚染の測定がその他のもっと直接的な被曝測定（たとえば呼吸空気試料の測定）と比較して作業場における被曝を算定するのにあまり価値がないとしても、それは過去と現在における封じこめの有効さを示す指標として有用である。

(51) 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) 封じこ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；
- (b) 作業環境維持の良好さについての一般的な水準を保っていれば委員会によって勧告された限度に近い被曝が避けられるようなレベルに、表面汚染レベルを押えること；
- (c) 個人モニタリングと空気モニタリングプログラムの計画および作業手順の決定のための情報を与えること。

モニタリングプログラムの計画

(52) 表面汚染に関する環境モニタリングの普通に行なわれる方法は、ある区域の表面のうちで代表的部分を経験上得られた頻度でモニタリングすることである。ある状況に対しては他のもっと間接的な技術を採用してもよい。徐々に悪化する状況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、または区域で着用した靴の汚染レベルをチェックすることによって行なうことができる。これらの方法はすべて、少量の局所汚染だけが起きている場合の検出はできないけれども、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やすく、その結果個人が単一の事象においてこの区域からかなりの量の放射能を運び出す可能性があるような場合には、出入口モニターを使用することによって環境モニタリングを補足することができる。この出入口モニターが更衣室の汚染区域側に位置している場合、 β 放射体および γ 放射体による汚染事象について信頼すべき検出を行なうことができる。

(53) 更衣室の清浄区域側に置かれているモニターは、普通、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ーとして用いられることを意図している。このモニターは、ときには作業場の一般的な汚染が起こったときのチェックをさらにつけ加えることになると考えられているが、手を洗った後にモニタリングが行なわれるので、この目的のためには信頼すべきものとみなすべきでない。

(54) 表面汚染に関する環境モニタリングは通常ある種の作業モニタリングで補足され、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たつ。この作業モニタリングの技術は部分的な封じこ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特に有用であり、作業者個人々々がモニタリング用具を使用できるということが汚染管理において本質的な役割を果たすであろう。

(55) 作業モニタリングの他の種類は、管理区域から持ち出される物品をチェックすることである。すべての管理区域から持ち出されるあらゆる物をモニターすることは実際的ではないので、日常的にモニタリングを必要とする区域や物品をきめておくことが必要である。

結 果 の 解 釈

(56) 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普通である。その理由は、ひとつには測定が別々に行なわれること、ひとつには α 放射体による障害が通常吸入によるのに対して、 β 放射体による障害は体外放射線から起こりやすいためである。表面汚染と作業者の被曝との相関関係が悪いため、実用限度は委員会勧告から厳密に誘導することはできず、いく分任意に選択しなければならない。しかしながら、表面汚染の測定が適切な管理上の数値と関連づけて行なわれるのでなければ殆んど意味がない。通常用いられている誘導実用限度の多くが ICRP Publication 5⁽⁵⁾ および IAEA(国際原子力機関)の刊行物⁽⁹⁾に記載されている。その意図するところは、作業場で普通に存在する状況では表面汚染が放射線の線量または放射性物質の摂取量に有意の寄与をすることのないように、およびこれらの値が委員会によって勧告された該当する限度を越えることは確実にないように、DWLを設定することである。もし作業場の汚染がこの方法で誘導された限度以下に常に維持されているならば、作業環境維持の一般的水準は通例十分に高く、汚染に関する他の型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についての項(59項と105項参照)で取り扱う。

(57) 多くの種類の作業については、汚染レベルをDWLよりずっと低く保つのに何ら困難はなく、それに加えて調査レベルの概念を用いるのが便利ながが多い。たとえば、汚染がまれにしか起こらない区域では、汚染測定器のバックグラウンド計数率のわずかな増加でも、新しい汚染源を確認するための簡単な調査を行なうことを正当づけるのに十分な理由となるであろう。もっと一般的な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

し、DWL 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、作業場の平常の状況に依存し、利用できる汚染モニターの感度によってしばしば制約される。

F 空気汚染に関する作業場のモニタリング

(58) 空気中の放射能のモニタリングは、作業者がこのような物質を摂取する通常の経路が吸入であるため重要である。しかし空気汚染のモニタリングは、大量の放射性物質を取り扱う施設においてのみ必要とされることが多い。実験室規模の場合、作業環境を良好に維持するための普通の手段で空気汚染は十分避けられ、通常このことの十分な確証は表面汚染に関するモニタリングの結果から得ることができる。

モニタリングプログラムの計画

(59) 空気汚染に関する環境モニタリングは、次のような状況の場合を除いては、日常的に行なう必要はめったにない：

- (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、重水炉中の酸化物として存在するトリチウム、および数百 mCi レベルのヨウ素同位体；
- (b) 作業場の頻繁かつ著しい汚染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、天然および濃縮ウランの機械加工を含む）；
- (c) プルトニウムおよび他の超ウラン元素の処理；
- (d) ウランの採鉱、粉碎および精練。

(24)

(60) 空気サンプリングのプログラムが必要なとき、次のような主な目的に合致するよう計画すべきである：

- (a) 作業者によって吸入される放射性物質量の可能な上限を算定すること；
- (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はらうこと；
- (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。

(61) 空気汚染モニタリングの最も普通な型は、作業者の呼吸域 (breathing zone) を合理的に代表させることを意図してえられた多くの地点で、サンプラーにより行なわれる環境モニタリングである。極くまれではあるが、個人空気サンプラーを用いて呼吸域をより正確に代表させた試料が必要になる場合がある。

(62) 極めて日常化された作業の結果、汚染が規則的に起こるようないくつかの状況では、日常作業の種々の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なうことが可能で、したがって1作業サイクルの間各作業者が取り込む全摂取量を算定することが可能である。

(63) 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ーを用いることが必要であろう。後に (68項) 示すように、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し、サンプラーは呼吸域を代表する位置に置くよりも放射能の放出を確実に検出できるところに配置することの方が一層重要である。極端な例として、このような装置を作業場からの空気が排出され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。空気の排出がフードのような囲いを通して行なわれる場合にはこの方法は適当ではない。なぜなら、検出された放射能の源は作業場ではなく囲いの内部にあったかもしれないからである。この型の警報装置は、作業または誤動作によって作業場への著しい放射能の放出が起こる可能性のある場所にのみ必要

である。経験上、高中性子束研究炉の作業面、および、大量のプルトニウムや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に、このような警報装置が特に有用であることがわかっている。

結 果 の 解 釈

(64) 委員会によって勧告された最大許容線量または摂取量で空気モニタリングの結果を正しく解釈するためには、汚染物質の物理的および化学的特性と、試料が作業者の呼吸する空気をどの程度代表しているかに関する詳細な知識が必要である。単純化するための多くの仮定を特に汚染物質の粒度分布に関して行なうのが普通である。これらの単純化のあるものは、作業者が実際に呼吸する空気に適用される専門委員会Ⅱによって勧告された最大許容濃度に暗に含まれている。他のものについては次項以降で検討する。

作業調査の利用

(65) 62項に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。その際、調査された作業サイクルが長い期間にわたる平常作業として代表的であると仮定できるならば、1/4年または1年間にわたっての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、摂取に関する誘導実用限度または専門委員会Ⅱによって勧告されている長期間平均の最大許容濃度⁽²⁾と直接比較することができる。

定置サンプラーの使用

(66) 空気サンプリングが必要とされ、62項で記述された状況以外の状況である場合には、連続的な、または規則的かつ頻繁にくりかえされるサンプリングによってのみ、委員会の数値に関する勧告の見地から解釈できるデータが

得られるであろう。

(67) 定置サンプラーは、たとえ作業者の呼吸域の真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結果をもたらさないかもしれない。それゆえに、個人空気サンプラーの結果を定置サンプラーの結果と比較したり他のより詳しい調査を行なうことによって、この呼吸空気の代表性の欠如についてのある尺度を得るべきである。こうして定置サンプラーについての DWL を得ることができる。このような相互比較がなければ、作業者の吸入による被曝は定置サンプラーの示す値の10倍と仮定することが適切な場合がある。

(68) この方法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、1シフトまたはそれ以下の期間に採取した試料からの単一な結果を解釈する場合には不適當である。このような短期間の試料では、個人サンプラーの結果は定置サンプラーの結果の100~1,000倍になることさえある。このような状況のもとでは、個々の作業者の摂取可能量という点から定置サンプラーによる短期間の結果を解釈することは実際的ではなく、したがって DWL を設定することは適當ではない。その代りとして調査レベルを設定することが必要である。これは、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はない程度に十分高くあるべきである。空気中の最大許容濃度が低い物質では、調査レベルの選択は、得られる検出感度および作業場に通常存在しそうな空気汚染（自然または人工的）濃度によって制限されるであろう。

個人サンプラーの使用

(69) 定置サンプラーによる長期間の平均結果を適切な DWL 以下に維持することが実行しにくいことがわかった場合、または結果が個々の試料に関する調査レベルを頻繁に越える場合には、定置サンプラーで可能である以上にず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必要であるかもしれない。

い。これを行なう最も効果的な方法は、状況が完全には日常的(62項参照)でなければ、個人空気サンプラーを使用することである。しかしながら、個人サンプラーは低流量率で、1シフトの間、あるいはこれが1週間であっても、運転されたサンプラーから得られる単一の結果は、ただ1個の代表的でない粒子を捕集したために生ずるずれに極めて敏感である。この効果は、長期間の平均結果においては重要性はずっと少なく、実際に呼吸する空気に対する最大許容濃度で個人空気サンプラー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の長期間の管理方法を提供するにすぎず、一方、個人空気サンプラーの使用を必要とする状況とは、短期間の事後処置のほうが長期間にわたる状況の評価よりも本質的に重要である場合なのである。

(70) それゆえ、単一試料の結果は呼吸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、これらの結果を利用することが必要である。このことは、調査レベルを設定することによって最もよく行なうことができる。もしこの調査レベルを越えた場合には、特殊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、続いて行なう調査によって有意な結果を得るのに丁度よい高さに設定しておくべきである。体内汚染の個人モニタリングについて提案された調査レベル(114項)から類推して、100 MPC・h の値、すなわち専門委員会IIによって勧告された最大許容濃度で100時間均等に被曝したのに等しい時間積分濃度を提案する。

粒 度 測 定

(71) この章で以上論じた測定は、空気試料から捕集された全塵埃中の放射能についてであった。このような測定については、MPC_a およびその結果からの DWL は約 1 μm の空気力学的放射能中央径 (activity median aero-

dynamic diameter, AMAD) の標準化されたエアロゾルの性質に基づいている。空気サンプラーがエアロゾルの一部を“吸入できないもの (non-respirable)”として除去するように設計されている場合、または AMAD および幾何学的標準偏差の実際の値に関する情報が得られる場合、MPC_a および DWL に対して補正係数が適用できるし、ある場合には適用すべきである。

G 体外放射線に関する個人モニタリング

(72) 体外放射線に関する個人モニタリングの主な目的は、各作業者に対する放射線の線量を算定し、それをもとにして制限することである。補足的な目的は、これらの線量の傾向および作業場の諸状況についての情報を与えること、および、事故時被曝の場合の情報を与えることである。

モニタリングプログラムの計画

サービスの規模

(73) 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、どの個人に対してモニタリングを行なわなければならないかを判定することである。考慮すべき主な因子は、作業者が放射線に被曝するときの状況である。委員会は ICRP Publication 9⁽¹⁾ の110項において2組の状況を規定している：

- (i) 受ける線量が最大許容年線量の 3/10 を越えるおそれのあるような状況；
- (ii) 受ける線量が最大許容年線量の 3/10 を越えることには殆んどなりそうにないような状況。

委員会は、作業条件が(i)のカテゴリーに相当する作業者はモニタリング、通常は個人モニタリングの対象とすべきであると勧告している。その他の作業者には個人モニタリングは通常は必要でなく、環境モニタリングで十分である。しかしながら、たいいていの種類の放射線による体外被曝については個人モニタリングは簡単であり、また作業の諸状況が上記のカテゴリー(ii)に明らかに属すると判定することが容易でない状況においては、環境モニタリングの包括的なプログラムを組むよりは、何らかの付加的な個人モニタリングをつけ加えたほうが容易であるかもしれない。

(74) 作業の状況に関してどのカテゴリーが適切かを決定しようとするとき、ある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内には収納されていない、かなり大きい放射線源を扱う作業。この作業は明らかにカテゴリー(i)に属するであろう。
- B 例Aと類似しているが、経験上個人の線量が常に低く、しかしときどき最大許容年線量の3/10になることがあるかもしれないとわかっている作業。この作業は例Cと例Dに記述されている諸状況からわずかにはずれた作業を含んでいて、75項でさらに検討される。
- C 遮蔽を通して来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。インターロックが十分に動作することを保証するのに十分な安全装置がある場合、この作業はカテゴリー(ii)に属するであろう(しかし86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、梱包からの線量率が制限されており、この種の作業のための手順が規定されているので、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。初歩的な注意をはらうことによりこのような線源を扱う作業がカテゴリー(ii)に入るように、放射能の上限をきめ

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 放射線源に関係のない、管理区域外で行なわれる作業。この作業は、ときどき管理区域へ近づくことがあるとしても、また近傍にある管理区域から若干の被曝があっても、明らかにカテゴリー (ii) に属する。

(75) 放射線の線量がかかりの値となる場合には、例Bに含まれる多くの作業者は、線量を算定するために、また作業環境の変化を判定するために、モニターされなければならない。実行可能な場合いつも、このような変化の源をより良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、そうすることによって、個人の線量は、最大許容年線量の 3/10 を殆んど越えそうもなくなることが示されている。そうなれば、付録Aに記載されたこれらの業務に従事してい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、記録のためだけではなくて個人被曝を制限するための一助としても、常に個人モニタリングを必要とする。得られた情報は作業手順と作業状態を改善するための処置を講ずる際にも重要であろう。

(76) これらの例をあてはめる際に最も困難なことは、例Bと例Cの間に一線を引くことであろう。しばしばこれは、事故時被曝の可能性とその考えられる規模との評価に依存するであろう。

線量計の基本的要件

(77) 個人モニタリングのための線量計方式の基本的要件は、平常および異常な作業状況において経験されると思われるすべての放射線とそのエネルギー、および線量と線量率の全範囲にわたり、受けた線量を合理的な精度で記録すべきことである。特殊な線量計、または一般用の線量計の特殊な構成要素が、ある種の被曝 (83~88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の必要な精度は、解釈に関する項（101項）において、調査レベルに関連して検討する。

線量計の着用部位

(78) モニタリングプログラムの計画において不可欠な部分は、線量計の着用方法について明示すべきことである。その目的は、躯幹表面の最も多く被曝する部位を代表する位置に線量計を置くことである。普通これは胸部に着用される。手足、特に手に対する線量はいく分高くなることがよくあるが、それが最大許容年線量の3/10に達しそうもないかぎり、線量計をふやす必要はないであろう。

β 線、 γ 線およびX線についての線量計の選択と型式

(79) 線量計の選択はモニタリングプログラムの目的に依存するだけでなく、使用するよう提案されている解釈の方法にも依存する。実際 β 線、 γ 線およびX線のための線量計の選択は、基本的には、身体表面における線量に関する情報のみを与える線量計（ここでは表面線量計と呼ぶ）と、実効エネルギーについての何らかの指示を与えるエネルギー弁別装置との2つの間での選択である。通常、日常モニタリングにおいては、 β 線、 γ 線およびX線の全体からの線量と、X線と γ 線のみ（低エネルギーの放射線に対しては避けたい損失がある）からの線量との2つに関する情報を与える表面線量計を用意することが便利である。エネルギー弁別型線量計は、電磁放射線のエネルギーおよびおそらくは β 線のエネルギーについても情報を与える。

(80) 後に解釈の項で示すように、殆んどすべての実際の場合にこの2素子表面線量計で十分であろう。これは、透過力の弱い放射線による器官線量を過大評価するであろうが、この過大評価の経済的不利益は重大であるとは思われない。フィルターのある部分とフィルターのない部分から成る簡単なフィルム

バッジは、フィルターの無い部分が電磁放射線に対してエネルギー依存性をもつため、有効な2素子線量計とはいえ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

(81) 中性子線量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からの線量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かもしれない。個人線量計はあるエネルギー領域の中性子に対してはまだ技術的に満足なものでなく、熱中性子を除き現在用いられている算定方法は時間を要しかつ費用がかさむものである。そのうえ、中性子線量は最大許容線量と比較して低いのが普通で、 γ 線のような放射線がそのほかに存在するため、全線量に対する割合としてはほんの一部の寄与をするだけのことが多い。事故時の高い中性子線量は、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、また中性子のエネルギースペクトルに関する情報を利用して、ほぼ算定できる。

(82) これらすべての要因のために、個人の中性子モニタリングは74項の例Aに属する作業者に対してのみ、そしてまたありそうな中性子線線量当量が γ 線線量当量に比べてかなりの割合、たとえば1/3以上であるときのみ、必要である。

個人線量計を用いた作業モニタリング

(83) 高線量率区域における作業は、受けた線量に関して早期に情報を与える補助的な線量計の利用を必要とすることが多い。読みとりやすく、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るであろう。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 線または中性子線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。

事故時被曝のモニタリング

(84) 小さな事故時における線量の算定は、74項の例Aと例Bとに属する作業者に対して線量計を着用させることにより十分に対処できる。これらのことが起こる可能性とその規模とは、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。

(85) ある状況では、極めてまれであるとはいえ、重大な被曝をする可能性がある。次の4つの代表的な状況が殆んどすべてのこれらの被曝を網羅している：

- (a) 大量の放射能を遮蔽の内部でまたは遮蔽と遮蔽の間で移送中に、誤操作や装置の故障が起こるかもしれない；
- (b) X線装置または加速器のような高線量率の発生装置でインターロックの故障が起こる可能性がある；
- (c) 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；
- (d) 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。

(86) 通常、アラームつき線量計（または線量率計）を着用することにより、上述の(a)、(b)の場合における重大な被曝を防止できるであろうし、(c)または(d)の場合にかなり線量の軽減に役だつであろう。この防止機能のほうが、たいていの個人モニターにより与えられる線量の単なる算定よりはるかに重要である。アラームつき線量計は高い精度を必要としないが、しかし信頼性は高いものであるべきである。他の個人線量計は、73～76項で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。

(87) 臨界事故の場合には、固定装置によってより信頼性のある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るうえ、事故が起きた作業区域外にかなりの線量を与えるかもしれない。臨界事故に関するモ

モニタリングの方針をたてるためには、作業者を3つのグループに区別すると便利である。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これらの作業者の一部が受ける線量は高いと予想されるので、少なくとも1,000 radまでの γ 線線量に関する情報と中性子スペクトルおよび中性子フルエンス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正しいやり方である。このような線量計は事故が起こったときにのみ読みとればよい。第2のグループはその周辺で作業する人々からなる。線量は最大許容年線量の3/10を越えるかもしれないが、この線量は臨床的意味をもつとは予想されない。このグループはいつもはその区域に立ち入らない人々を含んでいる。さらに進んだ調査を行なうためにこのグループ内で被曝した者を判定すること、および被曝が低かった他の人々を再確認することが望ましい。インジウム箔のような中性子被曝の簡単な指示器は特に有効であり、また、いく分簡便さを欠くが身体中のナトリウム-24を簡単に測定することにより補足できる。ある敷地ではこのグループは大多数の従業員を含むかもしれない。なぜなら、臨界事故が起こった作業区域に隣接した道路等の区域に彼等がたまたまい合わせる可能性を排除し得ないからである。しかしながら他の区域では、事故現場に隣接した敷地に立ち入らず、臨界モニタリングを必要としない第3のグループがあろう。原子炉事故では重大な中性子被曝の可能性は少ないが、この項の大部分は原子炉事故に対しても同様に適用できる。

特殊モニタリング

(88) ある作業では高線量率下の短期間被曝の起こることはやむを得ない場合がある。このような作業は極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特殊モニタリングプログラムを計画することが適切である。直読式でアラームつき線量計が、このような作業で特殊な役割を果たすであろう。この種のモニタリングプログラムは個々の作業について

計画すべきで、一般化された指針は与え得ない。

結 果 の 解 釈

(89) 作業者が体外放射線の場合にさらされると、放射線源と作業者の体内の器官および組織が受ける放射線の線量ととの間の関係は非常に複雑である。作業場内では放射線の線量率は位置と時間の関数として変化し、一方作業者の体内では、器官または組織内の線量は、放射線の種類と線質、放射線の場合における作業者の向きおよび体内の器官の位置と組成などの因子によって表面線量と関係づけられる。これらの因子のいくつかは作業場内にいる時間と位置との関数であろう。

(90) 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、作業者が環境で行動している間に受ける身体表面の線量の資料を与える。それは、線量計に極く近い皮膚に対する線量の場合を除いては、器官や組織に対する放射線の線量の直接の測定値を与えるものではない。またそれは必ずしも作業区域における状況の十分な評価を与えるものではない。なぜなら、各作業者の身体上の一点のみで線量を測定しているからである。

(91) 身体表面での線量ではなくて実際の器官線量を推定する試みが必要なのは、通常重大な事故時被曝と関連した例外的な場合だけである。日常モニタリングから器官線量を算定する場合の最大の不確かさは、少数の線量計、しばしば1個の線量計の値を身体表面全体の被曝の代表と考え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限り、不均質で有限な媒質である人体内での深部線量の詳細な算出を行なっても殆んど意味がない。

日常モニタリング

(92) 多くの線量計の使用を必要とすること、および、実際の器官線量を算定するのに必要な解釈の複雑さが、日常の個人モニタリングの一部として器官線量の算定を行なうことを困難にしている。ある単純化された解釈の方式が採用されるべきであり(93項参照)、通常はこの方式は器官線量の実際の値ではなく上限値を算定する効果をもつであろう。

(93) 皮膚について勧告されている最大許容線量は、手足を除く皮膚の下にある組織の多くについての値とは異なっている。 β 線のような透過力の弱い放射線からの線量と、中性子線や γ 線のような透過力の強い放射線からの線量とを分離して測定できる線量計について通常採用されている実用的な解釈方法は、次のとおりである。線量計の位置が身体表面の全面を代表するものであるとするか、または、放射線の場合が著しく不均一であってかつ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その部分を代表するものであるとする。そこで、皮膚に対する線量は線量計に記録された全線量であるとし、一方皮膚の下の器官に対する線量は透過性放射線によって記録された線量とするのである。

(94) たいいていの状況においては、この解釈の方法は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に合致する。しかし、そうでないかもしれない2つの状況がある。体外放射線に対する被曝がときには大部分が低エネルギーX線のような中程度の透過力の放射線による場合があり、そのときには造血器官と生殖腺に関する最大許容線量を皮膚の下にあるすべての組織に適用することはきびしすぎる。このことは、もし線量が低ければ重要でないが、被曝を生じる放射線の線質と線量計およびその着用者に対する放射線の向きの情報が十分にあるならば、何らかの補正を加えることがときには価値があるであろう。

(95) 第2の状況の取扱いはさらに困難である。被曝を与える放射線の場合が

ときには極端に不均一であって、その大部分が細い放射線ビームから成っているかもしれない。このときは身体の表面に着用する線量計の実用可能ないかなる組合せも表面線量の代表とはなり得ない。このような状況においては、満足な個人モニタリングを行なうことはむずかしく、管理は作業場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されなければならない。

調査レベルの利用

(96) 個人線量計の検出しきい値以上のすべての線量に注意し、記録することが習慣となっている。低線量にこのような詳細な注意を向けることは、ある場合にはそれらが何らかの危険を生じるとしても、それは生命に対する他の危険と比較してささいな危険しか生じないレベルの被曝に対し非現実的な注意を向けることになるであろう。しばしば同程度の大きさの他の被曝が、それが検出しきい値以下であるとか、またはその個人がモニターされていないという理由で、記録されないことがある。委員会は現在では、線量が最大許容年線量の3/10を殆んど越えそうもない場合、個人のモニタリングとそれに関する記録は必要でないということを勧告している。個人モニタリングをもっと簡単かつ論理的にするためにこの勧告を用いることが可能である。この改善は、現在の立場を公式化し、論理的に選択された調査レベル以下のすべての情報を無視することによって達成できる。この調査レベルは、低レベルにおけるデータの無視によって個人線量の記録の価値あるいは作業場における状況の管理に重要な影響を及ぼさないほどに十分に低くえらぶべきである。一方、個人記録が、あるいは環境状況に関係している人々への通知が、このようなささいな情報であふれるような事態をもたらすほど、調査レベルは低いものであってはならない。

(97) 原則としては、調査レベルは適切な最大許容年線量のちょうど3/10に相当するようにえらばれるので、被曝が調査レベルに達しなかった期間とは、その個人が「受ける線量が最大許容年線量の3/10を越えることには殆んどな

りそうにないような状況]*のもとで作業するとして分類された就業期間に相当するであろう。そこで次の2つの場合には、この最大許容年線量の3/10という線量に達しない情報は個人記録からはぶかれるであろう。その1つは線量が環境モニタリングと経験から推定された場合、もう1つは線量が個人モニタリングによって算定された場合である。

(98) しかし実際には、体外放射線に対するたいていの個人モニタリングは1年よりもずっと短い期間について行なわれるので、正確に上述のことを達成することはできない。それゆえに、全身については、透過性の放射線に対する調査レベルはこれよりいくらか低い値、すなわち2週間毎に配布される線量計では50 mrem, 1か月のものでは100 mrem, 3か月のものでは300 mremに設定すべきであると勧告する。まれではあるが、ある個人に対する線量のかなりの部分が中性子あるいは体内汚染から生ずる場合には、調査レベルは中性子または体内汚染の別々の寄与のそれぞれについてではなく、ある管理期間中に記録された全線量にあてはめるべきである。原理的には、個々の器官や組織に関する調査レベルは同様に当該最大許容線量と関係づけることができるが、実際には、こうすることに伴う複雑さをおしてまでそうしなければならないということはまれである。適切な調査レベル以下の線量は無視してよく、記録する必要はないであろう。それより高い線量は調査されるべきである。

(99) ある種の作業では、線量が98項に示された調査レベルをしばしば越えるであろう。そのときには、この調査レベルは線量を記録するための方針を定めるためにのみ使用されるべきである。そして、調査の開始のためにはもっと高いかもっと現実的なレベルを適用すべきであり、低い方のレベルはそれをたとえば記録レベル (recording level) と呼んで区別すべきである。作業場の変化しつつある状況に注意をうながすための調査レベルはかなり任意に設定でき、個人記録のための勧告値、あるいは、線量がより高い場合には個人調査に

関して勧告された値をとれば、通常は十分であろう。

(100) 体外放射線についての個人モニタリングの性質上、線量自体の算定の労力を軽減するために調査レベルを使うことは困難である。なぜなら、調査レベルというものは線量算定の最終結果にだけ適用することができるものだからである。したがって、記録すること、長時間の記録保存、および記録の伝達において節約ができるだけである。

日常モニタリングにおいて要求される精度

(101) 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数値的にいく分小さくあるべきで、年線量と関係づけて最も良く表現できる。全身または体内の器官に対する年線量当量の上限を算定するときの不確かさ(92項参照)は50%を越えるべきではない。これらの線量が2 rem 以下の場合には、1 rem の不確かさは容認できる。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のみならず、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を含んでいる。

事故時被曝のモニタリング

(102) 表面線量が皮膚の下にある器官についての最大許容線量よりほんの少し高いような小さな事故では、器官線量自体はなお委員会の勧告を満足しているであろう。その際、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って、このことが証明されるかもしれない。この情報は通常、放射線の源と作業方法とに関する知識から得られるであろうが、情報が得られない場合でそのような被曝が普通に起こるものである場合、必要とされるスペクトルに関する情報を与える線量計を用いることは役にたつであろう。方向に関するデータは数個の線量計の使用または作業員への質問によって得られる。

(103) 表面線量が医学的見地* から注目を必要とするほど高い大事故の際に

* ICRP Publication 9(1), 102項

は、器官線量を早期に算定することが必要であろう。実際には、体内における線量の大きさと分布に関して不確かさがしばしば生じる。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線量の決定を必要とするであろうし、極端な場合には被曝の原因となった放射線の場を再現することが必要になるかもしれない。個人線量計は重要な参考資料を与えるべきであって、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、中性子線量の解釈には中性子のエネルギースペクトルと空間分布の知識が大いに役にたつ。この理由から、事故用線量計にはエネルギー依存反応をもつ特別な構成素子が組み入れられるのが普通である。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、あるいは作業場の要所に置かれる。放射線被曝の全面的な再現を必要とするときには、通常いろいろな点での線量の直接測定を試みるよりも、人体ファントムの内部と周囲における放射線の場の基本的な特性の測定を行なうほうがより適切であろう。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の知識は、カメラ、吸収線量、線質係数および線量当量などの量を算出することを可能にする。これらのあるものは一連の吸収線量の測定よりもはるかに役にたつかもしいない。この複雑な測定は日常用個人線量計の能力範囲を越えているので、個人線量計は主として、事故の再現をもとの事故に対応させるのに必要な倍数を算定するための手だてとみなすべきである。

H 皮膚汚染に関するモニタリング

(104) 身体の体外照射に寄与するもののひとつに皮膚汚染がある。また、汚染の一部は体内に移行して体内被曝の原因となることもある。皮膚汚染に関するたいいていのモニタリングでは、その読みは誘導実用限度と比較され、実行可能

な場合には汚染はへらされる。DWL を越えていない場合には日常的には放射線の線量を評価する試みは行なわれない。しかしながらときには、汚染が持続したり初期の汚染が高く、線量の算定が必要になることがある。汚染物質からの放射線が組織内で短飛程であったり、また汚染物質が皮膚の表層より下へ吸収されるような場合には特に、これらの算定はしばしば極端に不正確になる。2桁程度の不確かさはまれではない。それゆえに、このような算定方法は定性的とみなさなければならず、体外放射線の在来の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、線量算定を行なって最大許容年線量の3/10を越えるときには、それを各人の個人記録に記入すべきである。これに関連した体内への放射能の摂取に関するモニタリングは次の章において検討される。

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

(105) 体内汚染に関するモニタリングのプログラムは、通常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、モニターされるべき作業者の選択が適切でなければならないということである。経験によれば、体内被曝に関する日常の個人モニタリングは、下記の状況を除いてはまれにしか必要とされないであろうということがわかっている：

- (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、大規模な生産工程と発光体製造におけるトリチウムとその化合物、重水炉中の酸化物として存在するトリチウム、および数百 mCi のレベルのヨウ素同位体；
- (b) 天然および濃縮ウラン処理および原子炉燃料加工で作業場の汚染が頻繁

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；

(d) ウランの採鉱，粉碎および精練。

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。核分裂生成物を扱うたいの作業は，燃料再処理でさえも，体内汚染に関する日常の個人モニタリングを必要としないほどに低い作業場の汚染状態で行なわれているということは注目に価することである。

(106) 有意の摂取を起こしたかもしれないことを作業場におけるモニタリングの結果が示した場合，また有意な放射能の摂取を起こした可能性がある事故に作業者が遭遇した場合には，特殊個人モニタリングを始めるべきである。皮膚汚染および鼻汁の簡単な検査によって，さらに詳細な調査の必要性がなくなることがときにはある。どんな状況が特殊モニタリングプログラムを必要とするかをきめる指針として役だつのは経験のみであり，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させる状況に関連して検討することが極めて重要である。

(107) 特殊モニタリングプログラムの1つの目的は，人体における放射性元素の代謝をしらべることである。この目的から，個人モニタリングにとって直接問題となる放射能レベルよりもずっと低いレベルにおいて調査することが適当であるとされることがしばしばある。この種の研究は，委員会の勧告の科学的根拠を改善するために大いに促進されるべきである。

モニタリング方法の選択

(108) 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放射能または器官放射能の算定と排泄物または体液の試料の分析である。これらの方法のどちらをとるかは主として汚染物質の性質によってきめられる。一

般には、 γ 放射体は直接測定によって、その他の放射体は試料の分析によって算定するのがより良い方法である。考慮すべきもう1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。これが中央に設けられる場合には、中央にある測定設備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ほうが容易であろう。

日常測定の頻度

(109) 日常測定の頻度に影響を及ぼす最も重要な因子は、汚染物質の体内における実効半減期と許容摂取量または許容身体負荷量との関連における検出感度である。日常測定が個人の摂取量または線量の算定のため必要とされ、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なうべきである。トリチウム化合物を扱う発光体製造のようないくつかの状況では、ひとたび満足な作業状態が確立された後には、摂取量および線量の日常算定は必要ではない。作業状態が漸次悪化する場合には、ときどきの（トリチウムの場合は尿の）測定で都合よく検出することができる。これらの測定は個人線量を算定することを意図するものではなく、測定の頻度は作業状況によって決定される。他方、消化管中の不溶性物質のように非常に実効半減期の短い物質については、日常モニタリングを行なうならば実用不可能なほどに頻繁でなければならない。幸いにしてこのような物質については作業場のモニタリングをすることによって適切な管理状態を維持できる。その他の物質については、頻度は採用される調査レベルに依存するであろう。これらは解釈の節（114～117項）および ICRP Publication 10⁽⁸⁾において検討されている。

(110) 実効半減期の長い物質については、測定の間隔は体内に放射能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なう必要性によって支配される。十分に管理された状態のもとで作業する作業者については、約1年の間隔でチェックすることで十分である。しかしながら、作業場のモニタリングでた

びたび汚染が示されるならば、3か月から12か月の範囲内に間隔を縮めることが必要となろう。また、もっと満足すべき作業状況をどのようにして達成すべきかを考究することも望ましいであろう。

(111) 実効半減期の長い物質のための頻繁な日常個人モニタリングで、作業場の不満足な状況を早期に検出するために用いることができるような、実用的な方式は存在しない。これらの物質については、個人モニタリングよりも作業場のモニタリングのほうが、変化を検出する一層満足できる方法である。

結 果 の 解 釈

(112) 体内放射能の直接測定の結果と試料の分析結果とを委員会の勧告によって解釈することは困難である。なぜならば、器官に対する線量または線量預託は、時間の関数としてのその器官の放射エネルギーによって決定されるからである。これは、その放射性物質の代謝様式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。

日常モニタリング

(113) 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きめられた間隔で行なわれるので、その結果を委員会の勧告と関係づけ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。

(114) この困難さは ICRP Publication 10⁽⁸⁾ で詳しく論じられている。その報告書において勧告された解釈の1つの方法は、そのレベル以下ではモニタリング結果の解釈を必要としない調査レベルをえらぶということである。そこで選択された調査レベルは、結果として当該最大許容年線量の1/20の線量預託となるような量の放射能の摂取、器官への取込み、あるいは沈着と定義された。これをもとにして、身体からの排泄の割合についての誘導調査レベル、および体内量または器官内量についての誘導調査レベルが、1回摂取後の時間の関

数として算出された。1回摂取の起こった時刻がわからない場合には、前回の測定直後に摂取があったと仮定すべきである。

(115) このやりかたにより、1回取込みおよび多数回取込みの両方について、決定器官に対する線量の上限をモニタリングの結果から算定することができる。それゆえに、モニタリングの結果が誘導調査レベル以下であるということは、測定と測定との間に受けた線量または線量預託が最大許容年線量の $1/20$ 以下であることを示すことになる。しかしながら、見出されなかった取込みが前回の測定直後に起こったと仮定すると、真の器官線量をはなはだしく過大評価することがたびたびある。摂取の時刻をもっと正確に推定できる何らかの情報がある場合には、このことを線量算定の際に考慮に入れるべきである。たとえば、サンプリングとサンプリングとの間のくりかえし摂取からの線量預託を算出するのによく使われる1つの単純化は、全摂取がその期間の中点で起こったと仮定することである。

(116) 一般的な場合、調査レベルとしてえらばれた値は、原則としては、試料を採取する間隔、したがって体内にある放射性物質の実効半減期の関数であるべきである。ICRP Publication 10 で示唆された最大許容年線量の $1/20$ という数値は、約2~3か月のサンプリング間隔に対して最も適切である。試料採取の間隔をもっと長くとした場合、誘導調査レベルを年間限度の $1/20$ よりも大きい線量に対応する調査レベルから算出して、その調査レベル以下の線量預託を合計しても最大許容年線量値の $3/10$ を越える確率を極めて小さくすることが可能である。しかしながら、その解釈は不正確であるので、このような付加的な複雑さを正当化することにはならないであろう。プルトニウムのような実効半減期の長いいくつかの物質については、最大許容摂取量のある割合として誘導される限度は、誘導調査レベルとして実際に用いるには低すぎるであろう。これらの物質については、調査レベルは最大許容身体負荷量または最大許容器官負荷量、および日常的分析方法の現在得られる感度と関係づけられるべきである。

(117) 体内での実効半減期の短い物質については、測定間隔は数週間または数日にさえなるかもしれず、どの1回をとっても調査レベルを越える線量とはならないような数回の摂取が1年のうちにあるかもしれない。ありそうもないことであるが、各々は調査レベル以下の線量であるような数回の連続した摂取によって、年間の全線量は調査レベルの3倍ないし4倍になるかもしれず、その際には、全線量は最大許容年線量の3/10に近づくことになろう。

(118) 個人モニタリングだけが手近なモニタリングの型ではなく、関連した作業場のモニタリングプログラムによって、くりかえし摂取を生じさせる状況に注意を向けさせることができる。それゆえ、ICRP Publication 10⁽⁸⁾において示唆されている最大許容年線量の1/20という線量預託に基づいた調査レベル、および排泄物分析と身体モニタリングに関する誘導調査レベルは一般的に適用することができ、年に2回以上の摂取が起こるかもしれないような状況においてさえも使うことができる。作業場におけるモニタリングによってたびたびくりかえして摂取が起こっているらしいとわかった場合、作業者の日常モニタリングは特殊モニタリングプログラムによって補足されるべきである。また、より満足すべき作業状況をどのようにして達成すべきかを考究することが望ましい。

特殊モニタリング

(119) 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106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、摂取の時刻と経路、およびおそらくは摂取したもの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。個人の代謝のデータも得られるかもしれないし、これは標準人に関するデータ^(2, 10)の代りに用いることができる。通常、1つの型のモニタリングのみに信頼をおくべきではなく、体内量または器官線量の最終的な算定には、個

人モニタリングおよび環境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に加えるべきである。

J 用語の説明

(120) この報告書中の殆どどの用語は慣例に従って用いられている。用語が普通の使い方といく分違った意味で用いられている場合を次に説明しておく。

誘導実用限度 (Derived working limit — DWL) : 委員会の線量限度から誘導された限度で、その限度に従うことが、該当する線量限度に事実上従うことになるように定められたもの。

線量 (Dose) : ここでは文脈により、吸収線量と線量当量との両方を包括した一般的用語として用いる。

線量預託 (Dose commitment) : 体内にある量の放射性物質を摂取したことによって、ある器官が50年間(職業上被曝の場合)にわたって受ける全線量。

線量計 (Dosemeter) : ここでは、ある種類の放射線の線量を測定するどんな装置も一般的に表わす意味で用いる。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) : 79項で定義したとおりである。

環境 (Environment) : ここでは、作業者の環境すなわち作業場の状況という、限定された意味に用いる。

被曝 (Exposure) : 国際放射線単位・測定委員会によって採択されている限定された意味*ではなく、一般的な意味に用いる。

* 訳注 国際放射線単位・測定委員会は、Exposure を照射線量(すなわちレントゲン単位で表わされる量)の意味に限定して用いている。

調査レベル (Investigation level) : そのレベルになると、それを引き起こした環境の検討あるいは成行きの評価などのような、一層の調査あるいは事情聴取を進めることを正当づけるに値する重要な結果となるレベル。

担当医師 (Medical officer) : ICRP Publication 9⁽¹⁾, 121 項に述べられている、健康管理 (医学的監督) にたずさわる医師。

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算定または被曝の管理に関係した理由のために行なわれる、放射線または放射能の測定。この用語は測定の解釈を含む。

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の放射能についての測定およびその解釈を行なうことで、そのような測定が、体内の特定器官や組織に対する全線量または線量預託、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など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な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。

環境モニタリング (Environmental monitoring) : モニターされた環境が継続して行なわれる作業について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作業場のモニタリング。この用語は、原子力施設の近傍における公衆の住む環境のモニタリングを意味するためにも広く用いられている。

日常モニタリング (Routine monitoring) : そのときに行なわれている作業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なわれるモニタリング。

作業モニタリング (*Operational monitoring*) : ある作業に特に関連したモニタリング。

特殊モニタリング (*Special monitoring*) : 特定の問題を解明する目的で、限られた期間行なわれるモニタリング。

引用文献*

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 17, 1965). *ICRP Publication 9*, Pergamon Press, Oxford (1966).
2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation. *ICRP Publication 2*, Pergamon Press, London (1959).
3. Recommendations 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. *ICRP Publication 3*, Pergamon Press, Oxford (1960).
4. Recommendations 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. *ICRP Publication 4*, Pergamon Press, Oxford (1964).
5. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee V on the Handling and Disposal of Radioactive Materials in Hospitals and Medical Research Establishments. *ICRP Publication 5*, Pergamon Press, Oxford (1965).

* 訳注 文献1.-8.の訳が日本アイソトープ協会、仁科記念財団から発行されている。

6. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 1962 Supplement to Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation, *In: ICRP Publication 6*, p. 37, Pergamon Press, Oxford (1964).
7. 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).
8. Evaluation of Radiation Doses to Body Tissues from Internal Contamination due to Occupational Exposure, A Report by Committee 4 of the International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 10*, Pergamon Press, Oxford. (1968).
9. Safe Handling of Radioisotopes, *Safety Series No. 1*, IAEA, Vienna (1958).
10. The Standard Man as Applied to Internal Dose Calculations, A Report by a Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection, (In preparation).

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74項に、個人モニタリングプログラムの計画を助ける目的で、作業状況の例が与えられている。これらの例の1つに低放射能の線源を扱う作業がある。この付録の1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が極めて高い確率で最大許容年線量の3/10以下であるような、低放射能の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はらわれなければ手および皮膚の局所はも

っと高い被曝線量となるかもしれないが、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し、また、このような注意の不足がありうるということがそのまま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1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は必要とされない作業の種類を掲げることである。

低放射能の線源

γ線源からの全身線量

A.3 1年につき5 rem という最大許容年線量の3/10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有効距離とを仮定することが必要である。作業時間を1年当り2,000時間、作業距離を1 m とするのが算定のために合理的であろうと考える。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率は0.75 mrem/h となり、1 mCi・MeV よりも多少強いγ線源に相当する。

γ線源からの手の線量

A.4 手に対する最大許容年線量は75 rem/年である。この値の3/10は、2,000時間に対して約10 mrem/h の線量率に相当する。有効取扱距離を30 cm にとると、求めるγ線源強度は約2 mCi・MeV である。

β線源からの線量

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放射線のある程度の吸収を考慮する

と、1 mCi 当りの線量率は、1 MeV の γ 放射体の場合の 10 倍位になるであろう。一方、 β 線に対する全身の体外被曝に関する最大許容年線量は、 γ 線に対する値の 6 倍である。しかしながら手に対してはこのような条件の緩和はない。

β/γ 放射体について示唆される限度

A.6 簡単なピンセットやトングを用い、また使われていない線源に遮蔽がしてあれば、1 mCi \cdot MeV までの γ 線源を連続的に使用しても、年線量は年間限度の 3/10 以下であろう。実際には、このような作業の殆んどすべては断続的であり、1 mCi \cdot MeV 以下の γ 線源を日常的に扱う作業にはいかなる個人モニタリングも要しないと考える。

A.7 しかしながら、実質上遮蔽のしてない 1 mCi の β 線源を扱う連続的作業では、手の皮膚に対する線量が、最大許容線量の 3/10 を超過することがあるであろう。手以外の皮膚に対する線量は、当該年間限度の 3/10 より少ないことは殆んど確実であろう。したがって、74 項の例 D に該当する β 放射線源に対する上限値は、少なくとも高エネルギー β 線の放射体に対しては、1 mCi よりいく分少なく(たとえば 100 μ Ci と)すべきである。軟 β 線放射体(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、1 mCi という値は満足すべきものであろう。個人モニタリングが必要とされる場合、指と手をモニターする必要性については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際には、体外放射線に対する個人モニタリングは必要でないと考える。適切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 放射体 (β 線は完全に遮蔽されている)

1 mCi \cdot MeV

β 放射体 (γ 線の有無に関係なく)

$$E_{\max} \geq 0.3 \text{ MeV} \quad 100 \mu\text{Ci}$$

$$E_{\max} < 0.3 \text{ MeV} \quad 1 \text{ mCi}$$

中性子線源

A.9 中性子モニタリングのための必要条件は、81～82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 サーベイあるいは限られた個人モニタリングプログラムによって、作業手順を整然とした高い水準におくことが確実にできる場合には、何ら日常個人モニタリングを必要としないある種の作業をきめることができる。このような種類の作業の例は次のようなものである：

- (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) 歯科のラジオグラフィ；
- (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きまった作業、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接近は通常制限される。これらの組合せによって線量の低いことが確証できる場合には、作業状況は ICRP Publication 9⁽¹⁾ の 110 項のカテゴリー(ii)として分類で

(54)

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。作業手順が整然とした高い水準にあるならば、次のような種類の作業は何ら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。

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(105～106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する可能性のある作業の種類についての指針が与えられている。このほかの種類の仕事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、作業場のモニタリングプログラムの結果の経験に照らして、ときどきその必要性の有無を再考慮しなければならない。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105～106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) 極めてまれに、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の

汚染；

(c) 小さな事故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1/4年に数回の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，作業者が最大許容年線量の3/10以上の体内汚染による線量を受ける可能性は，過去のモニタリングの結果からだけでは算定できない。それは，経験に照らして行なわれるその作業の一般的な検討に基づいて算定されなければならない。この検討によって摂取の確率が低いということが確認されるならば，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主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なわれるならば，その個人の摂取量は，作業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は，1個人の1年間にわたる摂取がそのグループの推定平均摂取量の約3倍以上になる可能性は殆んどないことが経験的にわかっている。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最大許容値の1/10よりも小さい場合には，作業者の被曝が最大許容線量の3/10を越えることは殆んどありそうもないし，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判定されず，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ーの結果の長期間平均との間の関係は67項で論じられている。これらの平均値間の比は10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最大許容濃度の1/30以下の場合は、作業者の被曝が最大許容線量の3/10を越えることは殆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機構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幾人かの作業者の被曝が最大許容年線量の3/10を越えつつあるかもしれないことがわかった場合には、個人々々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。——ある限られた期間にわたり、かつ、さらに広範囲の空気サンプリングを含めた実験的研究と、おそらくいくらかの個人モニタリングとが、しばしば空気モニタリングの結果のより良い解釈を可能にするための、したがってまた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良い決定をくだすための、十分な情報を与えることが多い。

作業者の放射線防護のための
モニタリングの一般原則

¥ 400

昭和45年10月1日 発行
昭和53年3月1日 第4刷発行

編 集
お よ び
発 行

社 団 日 本 ア イ ソ ト ー プ 協 会
法 人 仁 科 記 念 財 団
財 団
法 人

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

印刷・製本 大洋印刷産業KK