

内閣府

平成29年度 防災業務関係者研修

Q&A 集

新 潟 県

目次

- 原子力発電のしくみ 1
- 放射能と放射線の基礎 3
- 放射線の測定 17
- 放射線の人体への影響 26
- 放射線の防護と防護基準 43
- 安定ヨウ素剤 50
- 福島原発事故後の新しい防護対策 . . 54

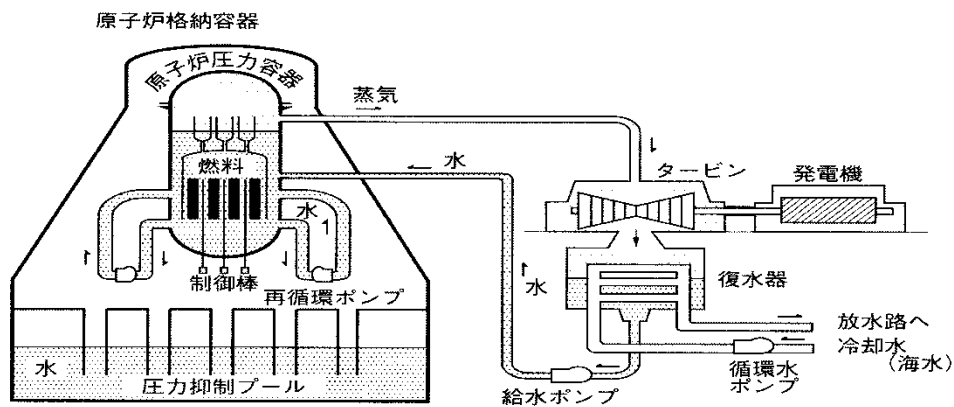
1. 原子力発電のしくみ-1

原子力発電の種類は。また、構造はどうなっているのか。

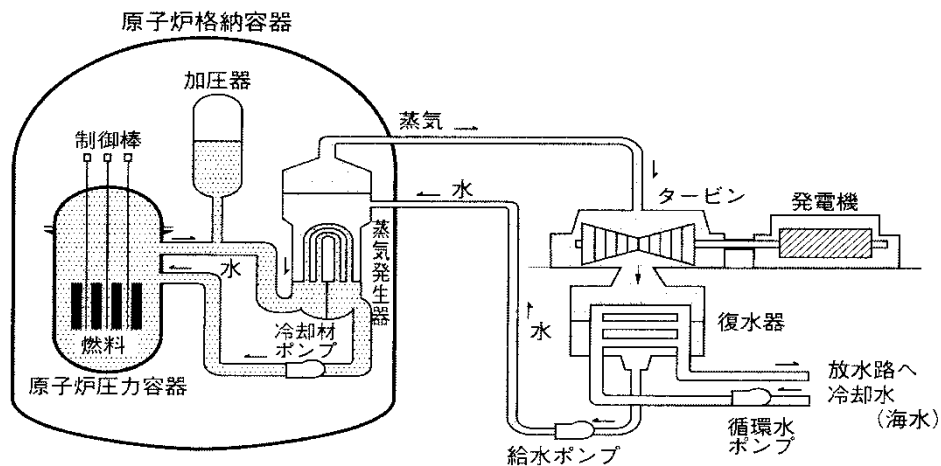
(答)

日本の原子力発電に用いられる炉型は軽水炉が主体になっていて、沸騰水型原子炉(BWR)と加圧水型原子炉(PWR)の2つの型があります。発電の原理は、原子炉で水を加熱して蒸気を作り、その蒸気でタービンを回転させ、タービンに直結した発電機で発電します。蒸気を原子炉で直接作るのがBWRで、蒸気発生器で間接に作るのがPWRです。

原子力発電には、この他にガス炉、重水炉などがありますが、軽水炉はこれらの炉型に比べて経済性がよく、また炉心部分がコンパクトで、炉心部分を原子炉圧力容器、さらにその外側を原子炉格納容器などで囲い、安全性を高める設計が可能など有利な点が多いことが評価されて原子力発電の主流となっています。



沸騰水型 (BWR) 原子力発電の仕組み



加圧水型 (PWR) 原子力発電の仕組み

1. 原子力発電のしくみ-2

原子力発電所のスタック（排気筒）から普段は何が出ているのか。

（答）

原子力発電所のスタックからは、管理区域内の空気が放出されています。

原子力発電所が運転されると、原子炉の中では放射性希ガス、揮発性のヨウ素の他にさまざまな放射性核種が発生します。これらの放射性核種は、燃料棒の被覆管内に保持されますが、その極一部は一次冷却水中に漏れ出し、管理区域内の空気が汚染されることがあります。このため、原子力発電所では、管理区域内の空気をフィルタ等を介してスタックから大気中に放出しています。この際、放射性ヨウ素はチャコールフィルタで95%以上が捕集され、粒子状放射性物質は高性能フィルタで99.9%以上が捕集されます。一方、放射性希ガスは、化学的な方法で取り除くことができないので、排ガス減衰設備(PWR)または活性炭希ガスホールドアップ設備(BWR)で効率よく減衰させます。このためスタックから排出される放射性物質は極僅かで、燃料棒の被覆管が健全であれば放射性物質が環境中に放出されることはほとんどありません。

発電用原子炉は原子炉圧力容器と原子炉格納容器で護られており、原子炉事故時には外部から遮断されます。この2重の容器は原子炉の全ての想定された事故にも対応出来るよう設計されているので、固体状、液体状の放射性物質はこの容器内に閉じこめることができます。従って、事故時に放出され被ばくに寄与する可能性があるのは、希ガスとヨウ素の気体状の放射性核種ですが、これも非常用気体廃棄物処理系で除去され、放出量が最低量に抑えられます。

2. 放射能と放射線の基礎-1

X線と γ 線の違いは何か。

(答)

X線も γ 線も光やTV、携帯電話に使われている電波と同じ電磁波の仲間、本質的には違いはありません。しかし、X線と γ 線は発生機構の違いによって区別しており、原子核の外側から放出される光より短い波長の電磁波をX線、原子核の内側から放出される電磁波を γ 線と呼んでいます。

レントゲン教授は陰極線管という真空管の中で、電子を勢いよく電極（対陰極）に当てると電極から未知の光線が出ることを発見しました。この未知の光線をX線と名付けました。電子を加速して電極に当てると、電極の材質によって定まる特殊なX線と、電子を加速する電圧によって定まる連続エネルギーのX線の二つが出ます。

一方、原子核が壊れて他の原子核になるとき、 α 線、 β 線が出ますが、そのとき、不安定な状態の原子核は余分なエネルギーを γ 線として放出します。

X線と γ 線の発生機構の違いがここにあります。

この発生機構の違いにより、放射線エネルギーと線量率の可変性に違いがあります。

- エネルギーの可変性について

X線のエネルギーは電子を加速する電圧の大きさで変わります。ですから、同じX線管でも加速電圧を変えれば、違ったエネルギーのX線がでます。医療では、1000万電子ボルト（10MeV）以上のエネルギーを持ったX線が使われることもあります。一方、 γ 線は放射性核種固有の単色（放射線のエネルギーが単一）、または数種類のエネルギーの放射線が放射性核種から放出されますが、そのエネルギーは最大のもので数MeVです。ですから、一概に、 γ 線の方がエネルギーは高いとはいえません。

- 出力の可変性と半減期について

X線は同じ加速電圧であれば、流す電流の大きさで自由に線量率を変えることができます。また、X線管に掛ける電圧を切れば、X線は発生しません。人為的に線量率とエネルギーを制御できるのがX線です。しかし、放射性核種から出る γ 線の量を決めるのは、放射性核種の放射能の強さです。また、放射性核種がある限り、常に放射線は出ていて止めることはできません。ただ、時間経過とともに放射線の量は半減期に従って自然に減少し、減少の速さは放射性核種によって決まっています。

2. 放射能と放射線の基礎-2

放射能・放射線の単位、Bq・Sv等の関係は。

(答)

放射能と放射線はよく似た言葉ですが、大いに異なります。これらには、それぞれに対応した単位のBq、Gy、Svがあります。

Bq (ベクレル) は放射能の単位で、放射性核種が1秒間に壊れる (壊変と言います。) 数を表します。100Bqとは1秒間に100個の原子核が壊れることで、1壊変で1～数本の放射線が放出されます。**Bq**は放射線を出す能力を表す単位で、放出される放射線の数を表しているわけではありません。

Gy (グレイ) は線量の単位で、放射性核種から出る放射線が物質に当たったときに、物質が放射線のエネルギー (ジュール: J) を吸収した量 (吸収線量) を表します。物質1kg当たりが1Jのエネルギーを吸収したとき、1Gyになります。同じ位置で同じように放射線にさらされても、物質の構成元素によって吸収線量は異なります。

放射線の種類やエネルギーにより、吸収線量 (Gy) が、同じでも人体への影響の大きさが変わります。そこで、放射線の種類ごとに影響の大きさの重み付けをし (放射線加重係数)、その線量を等価線量といい、単位はSv (シーベルト) です。また、全身の被ばく線量は実効線量と言い、放射線防護のために考案されたもので、単位はSvです。等価線量に対して、臓器や組織の感受性の違いによる重み付け (組織荷重係数) をしてそれらを合計することで全身の影響を表します。

例えば、 γ 線、 β 線の1Gyは1Svになります。同じ吸収線量でも、 α 線、中性子線の場合は、5倍から20倍 (1Gy=5~20Sv) になります。

実効線量 = 等価線量 × 組織荷重係数

組織名	生殖腺	骨髄	結腸	肺	胃	膀胱	乳房
組織荷重係数	0.20	0.12	0.12	0.12	0.12	0.05	0.05
組織名	肝	食道	甲状腺	皮膚	骨表面	残り組織	
組織荷重係数	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.05	

(ICRP Publication90)

組織名	生殖腺	骨髄	結腸	肺	胃	膀胱	乳房
組織荷重係数	0.08	0.12	0.12	0.12	0.12	0.04	0.12
組織名	肝	食道	甲状腺	皮膚	骨表面	残り組織	
組織荷重係数	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01	0.12	

(ICRP Publication103)

等価線量 = 吸収線量 × 放射線加重係数

	ガンマ線	ベータ線	アルファ線	中性子線
放射線加重係数	1	1	20	5~20*

* 中性子線のエネルギーによって異なる。

(ICRP Publication90)

2. 放射能と放射線の基礎-3

cpmとmSv/hは同じか。

(答)

cpmとは測定した位置でその計測器が毎分いくつの放射線を検知したかを表すもので、計数効率等から放射能の強さを計算することができます。なお、平成4年5月20日の計量法が改訂され7年の猶予を持って、平成11年10月1日より min^{-1} と標記することになりました。

一方、mSv/hは測定した位置での1時間あたりの空間線量です。人に対する実効線量（または等価線量）を評価するため指標になります。cpm (min^{-1})は同じではありませんし、直接的には関連しません。

cpm値を時間当たりの実効線量に換算するには、 γ 線、X線は放射線のエネルギーが解れば当該エネルギーの1cm線量当量率を使用し、比較的簡単にmSv/hに換算できます。しかし、 α 線、 β 線等の粒子線は、放射線の種類、エネルギーの他に吸収線量に影響する種々の因子を評価または仮定し複雑な計算をする必要があります。

2. 放射能と放射線の基礎-4

表面汚染密度と被ばく線量との関係はどうなっているのか。

(答)

表面汚染は、溶液や液中の微粒子の飛散や放射性塵埃の付着により発生します。付着している汚染物質は通常は微粉末状の放射性粒子であり、固着性のものと空気汚染の原因になる遊離性のものとがあります。

表面汚染は、表面から舞い上がって吸入摂取されることあるいは手を経て口から摂取されることなどによる内部被ばく、および汚染部に触れた場合の外部被ばくなどをもたらしますが、遊離性の汚染による内部被ばくが最も問題となります。

表面汚染の測定には、原則としてすべての汚染に対してはサーベイメータなどによる直接測定法、遊離性汚染に対してはスミア法などによって採取された試料の放射能を測定する間接測定法があります。

皮膚が汚染した場合（放射性物質が皮膚に付着）には、その β 線により皮膚（真皮）が外部被ばくします。その場合、皮膚が受ける等価線量は放射線エネルギーにより異なりますが、汚染密度に比例します。

表面汚染に起因する内部被ばくや外部被ばくによる線量は、汚染密度や汚染核種などだけでなく、空気やその他の物質などを介し、どのようにして人体に取り込まれたかなどいろいろな状況や因子に関係します。そのため、表面汚染による線量評価は非常に複雑であり、専門家に頼る必要があります。

2. 放射能と放射線の基礎-5

放射性核種で半減期が短いのは安全で、長いのは危険であると聞いたことがあるが本当か。

(答)

放射性物質は、人体に取り込まれるとき、吸入の場合は肺から、飲食物の場合は腸から、さらに傷口から直接末梢血管にというように血液を介して全身に分布し、化学形等その物質の形状や性質などによって、特定の臓器や組織などに取り込まれ、それらに放射線被ばくを与え、人体に健康影響をもたらします。臓器等に滞留した放射性核種は壊変し、放射線を放出することにより時間とともに放射能が弱くなっていくだけでなく、代謝や排泄などの生体機構により排出されるために量が減っていきます。

生体中に取り込まれた放射性核種は前述の両方の作用により放射能が弱くなってゆき、体内に取り込まれた放射能の強さが半分になる時間を実効半減期 T_{eff} といい、次式で求めることができます。

$$1/T_{\text{eff}} = 1/T_p + 1/T_b$$

実効半減期は、壊変による物理学的半減期 (T_p) より短く、また代謝や排泄などによる生物学的半減期 (T_b) よりも短くなります。(7. 放射線の人体への影響-9 参照)

人体への影響を考える場合には実効半減期が重要になりますが、体内に取り込んだ放射性核種による影響は、実効半減期だけではなく放出される放射線の種類やエネルギーなどによっても異なります。従って、物理学的半減期が長いから危険だとは一概には言えません。

2. 放射能と放射線の基礎-6

放射性ヨウ素はどのようにしてできるのか。

(答)

放射性ヨウ素には、ヨウ素-121からヨウ素-133まで11種類の放射性核種があります。それらの内ヨウ素-129、ヨウ素-131、ヨウ素-133の3核種はウランなどの核分裂によって生成される、いわゆる核分裂生成物です。

医療関係で用いられる短半減期のヨウ素-123、低エネルギーの光子を放出するヨウ素-125、甲状腺治療に使われるヨウ素-131は、サイクロトロンや原子炉を用いた核反応によって生成されます。

2. 放射能と放射線の基礎-7

原子力防災において外部被ばくを低減するために、距離、時間、遮への3要素はどのように関わっているのか。

(答)

原子力施設の緊急時において、周辺住民の外部被ばくを低減するために講じられる防護

対策として、屋内退避、コンクリート屋内退避及び避難の3つが挙げられます。

屋内退避は、建物の屋根、壁等の構造材による遮へい効果による外部被ばくを低減する措置です。通常木造建家では10%程度の外部被ばくの低減が期待され、また、コンクリート屋内退避では、主要構造材であるコンクリートの遮へい効果により40～80%の低減が期待されます。

避難は、放射性プルーム又は放射線源から距離をとることにより外部被ばくの大幅な低減を図る措置です。もちろん、屋内退避もコンクリート屋内退避も放射性プルームや線源にさらされている時間が短ければ短いほど被ばくは少なくなります。

緊急時の防災業務関係者の被ばく低減対策として、高放射線量率の場所には放射線遮へい体を設置し作業するのが有効です。また、距離を取る観点からロボットを導入することも検討されています。しかし、放射線遮へいがままならない状況での業務が多いと予想されます。このような場合は、業務を効率的に進める、或いは、人員の交代を行う等により放射線にさらされる時間を短くし、被ばく低減化に努めることが重要です。

2. 放射能と放射線の基礎-8

全国的に自然放射線量の分布を見ると四国地方（西日本）が高いのはどうしてか、また、地域分布と原子力施設のある地域との関係はあるか。

（答）

自然放射線の線量は大地と宇宙からの放射線に起因しています。大地からの線量は大地を形成している元素のうち、自然放射性核種の存在量で左右されます。一方、宇宙からの放射線量は、その土地の高度や緯度が高いほど増えますが、日本各地であまり差はありません。平均して、四国地方（西日本）の自然放射線量が高いのは緯度、高度からみて宇宙線の線量よりもむしろ大地からの線量が影響しているものといえます。花崗岩地帯といわれる地方の大地からの放射線量は、関東ローム層で覆われた地方よりも高いといわれています。これは花崗岩に含まれる自然放射性核種の量が多いからです。全国の原子力施設がある地方の自然放射線量をみると、決して、施設設置と自然放射線量とは関わりがないことが分かります。

2. 放射能と放射線の基礎-9

γ 線の被ばくは、遮へい材がどのくらいの厚さがあれば防げるのか。また、物質によりのどのくらい放射線が遮へいされるかの指標は何を見れば解るのか。

（答）

γ 線と中性子線の線量を1/100にするために必要な遮へい材とおよその厚さの例を以下に示します。

	核種	エネルギー	線量を1/100にするために必要な厚さ (cm)
--	----	-------	--------------------------

		(MeV)	水	コンクリート	鉄	鉛
γ 線	Kr-85	0.52	90	43	11	3.5
	Co-60	1.17 1.33	110	60	16	8.5
	Cs-137	0.66	95	46	12	4.5
n 線	—	0.4	30	75	185	—
	—	1.0	28	70	180	—

このように、遮へいする放射線の種類とエネルギーによって、有効な遮へい材と必要な厚さが異なります。

放射線の遮へいに関するデータ等は「放射線施設の遮へい計算実務マニュアル1」に詳細に記載されています。また、放射性核種のエネルギー等のデータを知るには「アイソトープ手帳²⁾」が手軽でしょう。

- 1) 発行元：公益財団法人 原子力安全技術センター 定価：5,500円
- 2) 発行元：公益社団法人 日本アイソトープ協会 定価：2,100円

2. 放射能と放射線の基礎-10

人体への汚染の観点から放射性核種の半減期と放射能の強さの関係は。

(答)

人体表面、即ち、皮膚に放射性物質が付着することを人体汚染と云います。付着した放射性物質から出る放射線で外部被ばくするだけでなく、傷口や手で触って口から体内に入り内部被ばくの原因にもなりますので、できるだけ速やかに汚染を除去（除染）することが大切です。しかし、拭ったり、洗っても完全には除染できない場合、皮膚の汚染が続くこととなります。

しかしながら、放射能、即ち、放射線を出す能力は、懐中電灯の電池がいつまでも電球を光らせ続けられないと同様に、徐々に（だんだんに）低下します。この放射線を出す能力が半分になる時間を半減期といっていますが、放射性核種の半減期は常に一定で、電池や人間のように急激に能力が低下し、全く能力を失うことはありません。

このため、皮膚の汚染の量、即ち放射能も徐々に低下してやがて問題の無い（放射線が検出されることのない）量になります。また、皮膚は常に新しいものと入れ変わっており、死んだ皮膚はアカとしてとれてしまいます。このため、皮膚表面の汚染が完全に除染できないからと云って、一生放射能を持ちつづける、即ち放射能人間になってしまうのではないかなどと心配することはありません。

なお汚染が続いている間の被ばく線量は、この半減期による放射能の低下を考慮して計算されます。

2. 放射能と放射線の基礎-11

放射線はなぜ遮へいできるのか。

(答)

放射線には種々の特性があります。まず、 α 線はヘリウム原子核の流れであり、正の電荷を持っています。 β 線は、電子の流れで殆どは負の電荷（プラスの電荷を持った β （陽電子）線を放出する核種もあります。）を持っています。 γ 線は電磁波のため電荷も質量もありません。さらに、中性線は電荷を持たない粒子の流れです。

このため、放射線が遮へいされるメカニズムは放射線の種類によって異なります。

α 線や β 線のように電荷を持った粒子（荷電粒子と呼びます。）は、遮へい材を構成する物質の電荷と引き合ってエネルギーを失っていき、やがて遮へい材の中で止まってしまいます。

γ 線は、電磁波のため電荷を持っていませんので、 α 線や β 線のように、電荷による力（クーロン力）が作用する事はありませんが、遮へい材を構成する物質の原子と相互作用（光電効果、コンプトン散乱、電子対生成）を引き起こしてエネルギーを失います。

中性子は、遮へい材を構成する原子核と衝突を繰り返して、少しずつエネルギーを失います。また、一部は原子核と核反応を起こしてとまります。

2. 放射能と放射線の基礎-12

γ 線が鉛で遮へいできる理由は。

(答)

ガンマ線は光と同じ電磁波（光子）のため、電荷を持たないので電子や陽子の電気力によるクーロン力は働きません。ガンマ線は原子と以下のような相互作用でエネルギーを失います。

・光電効果

光子が原子核に束縛されている軌道電子にぶつかり、運動エネルギーを電子に与えて消滅する現象。 $0.1\sim 0.5\text{MeV}$ の光子は、主に光電効果によりエネルギーを失います。

・コンプトン散乱

光子が電子に衝突して、弾性散乱（衝突後の光子の運動エネルギーと衝突した相手（この場合は電子）の運動エネルギーの和が、衝突前の光子の運動エネルギーと等しくなるような散乱）をし、この繰り返しでエネルギーを失う現象。光電効果でエネルギーを失う領域より高いエネルギーを持つ光子は主としてこれによりエネルギーを失います。

・電子対生成

1.022MeV 以上のエネルギーを持った光子が原子核のそばを通過するとき、プラスとマイナスの電子の対を作り自分は消滅する現象。

以上のような現象を起こす確率が（本当はもう少し複雑なのですが、簡単にいうと）原子番号の大きい原子（重い原子）ほど高いのです。

鉛は比重が11.3と重い上に比較的廉価なため、ガンマ線の遮へいによく使用されます。

2. 放射能と放射線の基礎-13

バスのガラスは放射線の遮蔽になるか。

(答)

窓ガラス等は、外部からの γ 線については、ほとんど遮蔽できません。

2. 放射能と放射線の基礎-14

距離による防護（距離の逆二乗）は γ 線でも β 線でも同じと考えてよいのか

(答)

放射性核種から放出される放射線は、360度方向に平均的（放射線放出の等方性）に放出されます。これは、放射線源からの距離が同じであればどの方向でも放射線の数が等しいということです。ここで、放射線源を中心として半径1 mと半径2 mの球を考えてみましょう。この2つの球の表面を通過する数は、途中で放射線が止まってしまうなければ同じです。球の表面積は $4\pi \times \text{半径}^2$ （ $4\pi r^2$ ）ですので、半径1 mと2 mの球の表面積はそれぞれ、 $4\pi \times 1^2 \text{ m}^2$ と $4\pi \times 2^2 \text{ m}^2$ となり、放出される放射線の数をAとすると1 m²の面積の中を通過する放射線の数、半径1 mと2 mの球では、それぞれ $A/4\pi$ と $A/4\pi \times 2^2$ となり、2 mの球の表面では半径の2乗分の1になります。すなわち、放射線量は距離の二乗に反比例することになり、これを逆二乗則と呼んでいます。

この法則は真空中では全ての放射線に共通です。ところが、地球上には空気が存在します。このため、電荷を持っているために物質との相互作用の大きい α 線や β 線は空気との相互作用で停止してしまいますので遠くまでは届きません。

一方、物質との相互作用が弱い γ 線と中性子はほぼ逆二乗則に従って減衰します。

2. 放射能と放射線の基礎-15

α 線、 β 線、 γ 線がそれぞれどのような物質（核種）から出るのか。

(答)

元素の基である原子核は陽子と中性子で出来ており、エネルギー的に安定な原子核であるための陽子と中性子の数は元素毎に決まっています。ところが同じ元素でも中性子の数が多い原子核や少ない原子核が存在しています。中性子の数が多い原子核や少ない原子核は核分裂等により生成されます。

これらの原子核はエネルギー的に不安定なため、中性子の割合が多い元素は β 線を放出して安定な原子核を持つ別の元素に変わります。逆に中性子の割合が少ない原子核は原子核の周りの軌道電子を原子核内に取り込むか(軌道電子捕獲)、あるいは、 α 線を放出して安定な原子核に変わります。 α 線壊変は鉛-210より重い(質量数大きい)元素でしか起こりません。さらに質量数大きい元素では、カリホルニウム-252のように自発的に核

分裂を起こし中性子を放出します。ウランも極まれに、自発核分裂を起こし中性子を放出します。このため、ウランを大量に集めた場所に水などの中性子減速材が存在すると、核分裂の連鎖反応を起こす危険があります。JCO の臨界事故はこれに該当します。

γ 線は α 壊変、 β 壊変、自発核分裂に伴って発生します。 γ 線だけを放出する核種はありません。

自然界に存在する元素のうち、原子番号 83 番の Bi (ビスマス) 以上の元素は、すべて放射性核種が存在します。現在、天然放射性核種は 63 核種、人工放射性核種は約 2,500 核種が発見されています。

3. 放射線の測定-1

放射線の測定を行うとき、測定器のレンジはどの位置にあわせれば適正か。

(答)

通常、サーベイメータなどでは、測定器のレンジ切り替えスイッチを最大レンジの位置にして、電源を入れます。その後、つまみを回してバッテリーなどのチェックを行い、つまみを測定の位置にして測定可能となります。そのときメータの針が振れなければ、レンジを感度の高い方にまわしていきます。フルスケールの中位のところ（針が読みやすい位置）で測定するのが適切です。メータによっては、そのレンジでのゼロ点をチェックすることが必要です。測定器によって取扱方法が異なることがありますので、測定器に付属しているマニュアルなどをよく読んでから、測定器を扱うよう心がけて下さい。

3. 放射線の測定-2

サーベイメータのプロブ（検出部）にポリ袋をかぶせる必要性は何故か。

(答)

サーベイメータは、空間放射線量（率）測定、或いは、その付近に放射性物質などの放射線源が存在するか否かを調べるのに使用します。

この時、 β 線、 γ 線の発生源である放射性物質がサーベイメータを使う場所に浮遊して、ほこり、土壌等が汚染している可能性がある場合には、プロブが放射性物質で汚染される可能性があります。プロブが汚染された場合、正確な測定が行えません。

事前に薄いポリ袋等をプロブにかぶせることにより、たとえ袋が汚染してもプロブの汚染は防止され、この袋を取り替えれば、サーベイメータを正常に使用できます。これがプロブにポリ袋等をかぶせる理由です。

3. 放射線の測定-3

サーベイメータ等の点検・校正はどの位の頻度で行うべきか。

(答)

一般にサーベイメータは、放射線の種類やエネルギーに応じて種々の機種が使用されています。従って、点検・校正についても各形式で異なる点がありますが、年に1回は行ったほうが良いと思われる点検項目は、外観検査(損傷、劣化などのチェック)、測定・回路系の検査、および既知量の放射線源による校正などです。

放射線のエネルギーや入射方向によるサーベイメータの感度の依存性、線量や線量率による感度の直線性などについては製造業者の仕様書や取扱説明書に記載されています。しかし、修理などにより検出器系や測定系に手が加えられた場合などには、専門の校正機関での点検・校正が必要です。

3. 放射線の測定-4

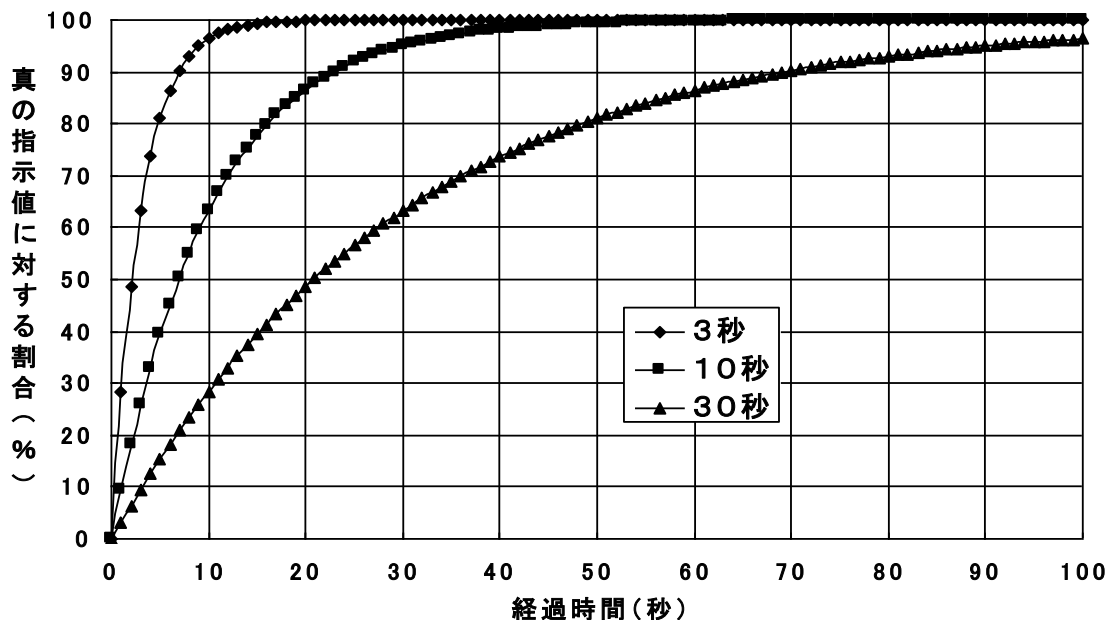
GMサーベイメータの時定数とは何か。何故3秒の時定数では6～9秒後に読むのか

(答)

時定数は電気回路に伴う定数です。サーベイメータのような放射線の計測器もまた電気回路からなる計測器の一つです。この計測器に放射線が入ると電気信号が発生し、その信号の発生量は時間経過とともに増加します。信号量が真の値の約37%になるまでの時間が、時定数と同じになります。この時定数の3倍の時間が経過すると信号量は約95%になり、真の値に近いものが得られるのです。すなわち、時定数が小さければ短時間で真の計数が得られ、時定数が大きければ真の計数を得るためには長い時間待つ必要があるということになります。

しかし、時定数を小さくして、自然放射線を測定した場合、測定器の針が大きく揺れ動き、安定しません。測定器の計測表示は設定した時定数の時間内に感知した放射線の数を単位時間あたりに換算し、不規則に入射する放射線に対応して表示するためです。一方、時定数を大きく設定すると、小さく設定した場合より長い時間にわたり、入射放射線を測っており、入射放射線のばらつきが緩和されるため、針が安定して、測定値が読みとりやすくなります。

一般的には、バックグラウンドのように少ない放射線量を測るときは時定数は大きく、多い放射線量を測るときは時定数を小さく設定します。



時 定 数

3. 放射線の測定-5

内部被ばくでは重要になる、体内に入った α 線・ β 線を出す放射性物質はどのように測定するのか。

(答)

α 線、 β 線は透過力が弱いので、体外から直接計ることは困難です。しかし、 ^{90}Sr 等ごく一部の核種を除いて、 α 線、 β 線を放出する核種は、同時に γ 線を放出します。この γ 線を測ることにより、体内に取り込んだ放射性核種の量を知ることができます。体外で γ 線を測定して体内の放射エネルギーを知るための測定装置がホールボディカウンタです。

また、体内に取り込まれた放射性物質の量を糞尿、血液等の人体から採取した試料から間接的に評価する「バイオアッセイ法」があります。

この方法は、一般に、次の手順で行われます。

- ① 試料採取 : 核種、化学形、摂取径路に対して最も適した試料を選ぶ必要があります。試料採取の容易さ、分析結果の信頼性、利用目的を考慮して、試料の種類や量を決めます。
- ② 前処理 : 化学的処理を行う前に試料の蒸発、灰化、沈殿などの前処理を行います。
- ③ 化学的処理 : 共沈法、イオン交換法、溶媒抽出法などにより問題としている放射性核種を化学的に分離します。
- ④ 放射能測定 : 化学的に分離された試料の放射能測定を行います。

旧ロシアのマヤック工場での汚染測定では、特殊なプラスチックシンチレーションカウンタを用いた β 線体外全身カウンタが開発され、精度の高いデータが得られています。

3. 放射線の測定-6

地表1 mをサーベイする根拠は何か。

(答)

地表1 mとは、立っている人の体のほぼ中心にあたり、また、放射線感受性の高い生殖腺をはじめ主要臓器が集まっています。このため、空間放射線量率は地表1 m近辺の高さで測定し、人の実効線量を評価することになっています。

3. 放射線の測定-7

シンチレーション式サーベイメータは γ 線しか測れないのか。また、測定器は用途によって使い分けた方がよいのか。

(答)

一般的に使用されているシンチレーション式サーベイメータには、NaI(Tl)式とZnS(Ag)式の2種類のサーベイメータがありますが、NaI(Tl)式は γ 線しか測定できませんし、ZnS(Ag)式サーベイメータは α 線しか測定できません。

測定器は、使用目的と測定する放射線の種類によって使い分ける必要があります。

以下に、使用目的に応じた測定器の例をまとめておきます。

使用目的		放射線の種類	測定器の種類	備考
空間放射線量の測定	・ 1時間あたりの線量の測定 ・ 積算線量の測定	γ 線	NaI(Tl)シンチレーション式	低線量の測定
			GM計数管式	低線量から中線量までの測定
			電離箱式	低線量から高線量までの測定
		中性子線	^3He 計数管式 BF ₃ 計数管式	中性子の測定
表面汚染の測定	身体・機材等の表面汚染測定	α 線	ZnS(Ag)シンチレーション式	α 線は自然界に存在する量が少ないため、微量の放射能が測定できる。
		$\beta(\gamma)$ 線	GM計数管式	
個人被ばく線量の測定	積算線量の測定	γ 線 中性子線	電子式ポケット線量計	個人被ばくの管理
			警報機付ポケット線量計	アラームの設定により、過剰被ばくの防止。主に高線量の場所での使用

(財)原子力安全技術センター 原子力防災研修副読本 緊急時モニタリング機材取扱いポケットブック参照

3. 放射線の測定-8

放射線の種類を見分ける方法はあるのか。

(答)

異なった放射線を測定するサーベイメータを用意して、同時に測定すれば放射線の種類を見分けることができます。

サーベイメータは測定目的に応じて作られていますので、 α 線測定用のサーベイメータで測定しBG値より高い値が検出されれば α 線が存在しています。その他の測定器も同様です。但し、GM計数管式表面汚染測定用のサーベイメータは γ 線にも感度がありますので、 γ 線測定用サーベイメータの測定値と比較する必要があります。比較した結果、十分に高い値が計測された機器が対応している放射線が存在していると判定します。

3. 放射線の測定-9

GM計数管式サーベイメータでヨウ素の付着は分かるのか？

(答)

人体等が放射性物質で汚染している場合、どういう核種で汚染しているかを判別するためには、放射線のエネルギーを分析できる放射線測定機器が必要です。しかし、原子力発電所の事故では人体や機器の汚染は、ほとんど全てが放射性ヨウ素により汚染していると考えて問題ありません。原子力発電所の事故で問題となるI-131は606keVの β 線を放出しますので、 β 線を測定できるサーベイメータで測定可能です。

GM計数管式サーベイメータには、 γ 線測定用と β 線測定用の2種類がありますが、原子力発電所の事故時の住民や防災業務関係者の汚染検査には β 線測定用のGM計数管式サーベイメータを使用します。この測定により放射線が検出されたら放射性ヨウ素が付着していることになります。

3. 放射線の測定-10

サーベイメータが汚染した場合水洗いしてよいか

(答)

サーベイメータは水洗いをしないで下さい。サーベイメータは防水性を有していません。一部防滴性を謳っているものがありますが同じです。水が電子回路上に漏れると、電気的リークを起こし誤動作の可能性や高圧回路に漏れた場合、故障の可能性がります。汚染がある場合、軽く拭取ってください。そのとき、 α 線用、 β 線用の検出器は計数管の窓（放射線の入射する部分）の強度が弱くなっていますので十分注意してください。

汚染が考えられる場合は汚染防止のため、ポリエチレンキャップで検出部先端を保護したり、全体をポリエチレン袋で覆うなど注意が必要です。

3. 放射線の測定-11

α 線、 β 線、 γ 線、X線を一度に測定できて、コンパクトなサーベイメータはあるか。

(答)

放射線を測定するには、特殊なガスやシンチレータなどの物質を用い、その物質に放射線が当たった時発生する電荷や光を計測します。放射線と物質との作用は、粒子線(α 線、 β 線、中性子線)と電磁波(γ 線、X線)の違い、粒子線でも電荷を持つもの(α 線、 β 線)と持たないもの(中性子線)の違いにより、測定に用いる物質や計測の方法が異なります。そのため同じ検出器で、すべての放射線を検出することは出来ません。

放射線と物質(サーベイメータのプロンプの中にある狭義の検出器)が相互作用した後、放射線は電気信号として出力されます。電気信号は、次にメータや数字で放射線の量として表示されます。いったん電気信号に変えますと、その後は指示装置の中での電気的な処理ですのである程度共用化を図ることが出来ます。このように指示装置を共用化している

サーベイメータもあります。

質問にあるような 5 種類の放射線を一度に測定できるようなサーベイメータはありません。しかし、 β 線、 γ 線の両方を測定できる検出器や指示装置を共用化したものであればあります。また、最近では、汚染測定として、 α 線、 β 線、X線、 γ 線の表面汚染測定ができるサーベイメータもあります。サーベイメータを使用するときは、用途に合わせ放射線の性質により最適なものを選定することが必要です。

3. 放射線の測定-12

GMサーベイ以外に、空港のゲート（金属探知機）のようなものはないか。とりあえず、被ばくしているかどうかを検査するため。

（答）

着衣や人体表面が汚染しているかどうかを短時間で測定する測定器としては、ハンドフットクロスモニターがあります。この測定装置は、人体等が汚染する可能性のある原子力発電所等の放射性物質取り扱い施設の出口に必ず設置されています。

しかし、放射線に被ばくしているかどうかを即座に測定できる機器はありません。被ばく線量は、作業した場所の放射線量率及び体表面等の汚染状況から計算で求める必要がありますが、ポケット線量計のような個人線量計を付けていれば、外部被ばく線量は計算等することなく簡単に分かります。

被ばくの可能性がある作業等を行う場合は個人線量計を装着します。

なお、内部被ばくは、ホールボディカウンターで体内に取り込んだ放射性核種を測定することにより、計算で求めることが可能です。

3. 放射線の測定-13

α 線、 β 線用の空間線量率用のサーベイメータがないのはなぜか？

（答）

空間線量率用のサーベイメータは、空間に飛び交っている放射線量が、人体にとってどの程度影響があるか、その影響の度合いを指示する測定器です。放射線防護上、指示値は外部被ばく線量の値を示すものとして使われます。

アルファ線の場合、皮膚で遮へいされるため、外部被ばくは考慮しなくてもよいとされています。ベータ線の場合、透過力はあまり強くないため、皮膚、目の水晶体^{*1}の被ばくが問題となります。皮膚や目の水晶体への大量の被ばくが考えられる作業をするとき、皮膚や目の近くに個人線量計を着け、被ばく線量をモニタリングします。透過力の弱い放射線は減衰により、正確な値が出せないため、被ばくする組織の近くで測定しないと、被ばく線量を評価できません。このため装置が大きくなるサーベイメータでは、作業が煩雑になり、有効ではないと考えます。

※1：体の他の部分は手袋、帽子や作業服で覆うので、ベータ線もかなり遮へいされるため、問題にはなりません。

6. 放射線の測定-14

ポケット線量計の操作及び性能は吹雪などの低温状態で問題ないか。

(答)

お使いになっているポケット線量計の取扱説明書を確認してください。使用温湿度範囲、温湿度等の使用条件などの欄に、その線量計の動作するための温度及び湿度条件が書かれています。その条件の範囲内であれば、動作については問題はありません。注意することは、条件の欄に「ただし、結露しないこと。」と付記されていると思います。温度、湿度条件を守っていても、冷たいところから急激に暖かいところに環境が変わると、結露します。ポケット線量計の外部が結露する分にはよいのですが、内部が結露すると、問題があります。冷たいところで保管していたものを室温など暖かいところで使用するなどの場合、暖かいところで時間をおいてから電源を入れるようにしてください。

3. 放射線の測定-15

セシウム-137からはガンマ線とベータ線が出るが個人線量計ではガンマ線のみ計量するが、それでよいのか。

(答)

外部被ばく線量を測定するためには、個人線量計を使います。個人線量計には、様々な種類があり、測定する放射線の種類などにより使い分ける必要があります。通常放射線業務従事者の方は、ガラス線量計やフィルムバッジを使用しています。これらの線量計は、ベータ線も測定できます。緊急時の個人用の線量計として、測定値が直読できる電子式ポケット線量計があります。被ばく線量の途中経過が現場作業中に確認でき、便利な線量計ですが、この線量計はベータ線は測定できません。

緊急時において防災業務関係者が被ばくする原因は、放射性プルームの下での作業などがありますが、この場合ガンマ線による全身被ばくが問題になります。ベータ線については、透過力がガンマ線ほど強くないため、特に被ばく線量を測定し、管理する必要はありません。ベータ線源がある近くで作業する必要が生じ、皮膚や目の水晶体の被ばくを考慮する必要がある場合、ベータ線を測定します。

個人線量計は、ガンマ線による外部被ばくを考慮しているため、通常1cm線量当量で測定していますが、ベータ線の場合70 μ m線量当量で測定します。

目の水晶体については、1cm線量当量又は70 μ m線量当量のうち安全側の値で評価することになります。皮膚については、70 μ m線量当量で測定することになります。70 μ m線量当量で測定することは、1cm線量当量の10倍を超える恐れのある場合に義務付けられています。

70 μm 線量当量での測定は、70 μm 線量当量率測定用のサーベイメータ又はガラス線量計、熱ルミネッセンス線量計（TLD）などで測定することになります。

4. 放射線の人体への影響-1

外部被ばくと内部被ばくでは、どちらが危険か。

(答)

放射線を体の外から受ける場合を外部被ばく、体の中から受ける場合を内部被ばくと区別しています。レントゲン撮影の時にX線を受けるのは外部被ばくの一例です。

ヨウ素-131やセシウム-137等を呼吸や飲食物により体内に取り込み、それらからの放射線を受けるのが内部被ばくです。

人体への影響を考えると、外部被ばくで問題になるのは、X線や γ 線のように透過力の強い放射線です。 α 線は飛程が短いため、外部被ばくでは放射線に感受性の高い生体組織が障害を受けることはありません。これに対して、内部被ばくの場合は線源が体内にあるので α 線の場合も組織に障害をもたらす可能性が高くなります。

内部被ばくの場合には、放射性核種によって体内分布が違います。ヨウ素の場合は、ほとんどが甲状腺に集まり、セシウムは筋肉をはじめとして体を構成している細胞に広く分布します。また、ラドンは吸入によって肺に取り込まれ、壊変して生成した放射性核種は、主に肺気管支組織に沈着します。さらに、取り込んだ放射性核種がどのような放射線を放出するのか、 α 線か、 β 線か、或いは γ 線か、時にはその混合で、また、それらの放射線がどのくらいのエネルギーを持っているかなどで、沈着した組織への障害を与える範囲が異なります。

一概には外部被ばくと内部被ばくの何れが危険であるとは言えません。吸収線量、或いは、実効線量が同じであれば外部被ばくも内部被ばくも人体に与える放射線の影響は同じと考えられています。何れにしても放射線の種類と被ばく量、そして内部被ばくの場合は核種が問題になります。

4. 放射線の人体への影響-2

α 線・ β 線・ γ 線と放射線の種類があるが、被ばくしたときの影響は同じか。

(答)

人体の組織・臓器の吸収線量が同じであれば確定的影響は同じといえます。しかし、将来がんが発生する等の確率的影響は放射線の種類とエネルギーによって異なります。例えば、同一吸収線量の β 線と γ 線による確率的影響は同じですが、 α 線ではがん等の発生確率は20倍になります。この放射線の種類等による確率的影響の違いを補正する係数を放射線荷重係数といいます。そして、吸収線量に放射線荷重係数を乗じ、全ての放射線に対して、組織や臓器の確率的影響を共通の尺度で評価できるようにした線量の単位の呼称がシーベルト (Sv) です。(5. 放射能と放射線の基礎-2 参照)

4. 放射線の人体への影響-3

全身被ばくと局部被ばくは実際分けることはできないのではないか。

(答)

放射線を全身に受けた場合を全身被ばく、身体の一部だけに受けた場合を局部被ばくと言っています。

内部被ばくの場合は、人体に取り込んだ元素が特定の臓器等に沈着する特性から局部被ばくと言えます。また、放射線源の汚染による被ばくは局部被ばくです。

しかし、 γ 線・中性子線による外部被ばくの場合は厳密な区分は困難な場合がありますが、ビーム状の放射線による被ばく、及び放射線源の直近での被ばくは局部被ばくと考えられます。また、放射線源から数メートル以上離れた場所での被ばくは全身被ばくと考えて差し支えないでしょう。

4. 放射線の人体への影響-4

テキスト中の図「医療診断で受ける放射線量」において胃と胸部の被ばく線量が異なるのはなぜか。

(答)

胸部撮影では、X線が透過しやすい空気の充滿している密度の低い肺が被写体であるため、比較的少量のX線で撮影が可能で、撮影も背面から腹面方向に投影した1枚のX線写真と時には胸部の側面から投影した1枚のX線写真の合計2枚のみで、撮影位置の確認などのための透視検査を行う必要はありません。

これに対して、胃の検査ではバリウム造影剤を嚥下しながら、またバリウムで充滿した胃を圧迫させたり、身体の斜め方向あるいは正面方向などいろいろな方向から透視によって撮影部位を検索しながら、10数枚から時には20数枚の撮影が行われます。透視はイメージ増倍管やテレビジョンシステムが用いられて、以前に比べて被ばく線量は低減されていますが、胃のX線検査では、撮影枚数が少ない胸部撮影とは比較にならない多量の線量を受けることとなります。

4. 放射線の人体への影響-5

がんの治療で大量の放射線を当てるが、大丈夫か。

(答)

がんの治療の標準的分割照射スケジュールは、1日1回2Gy、週5回で、総線量の決定は腫瘍組織学的種類、部位、大きさを参考に臨床経験に基づいて決められています。大体60Gy相当の線量を照射します。1回に60Gyもの線量を当てれば、完全に致死線量を遙かに越えてしまいます。実際にはこのように分割照射をし、さらに他の健康な臓器に放射線が当たらないように、がんの部位のみに照射します。密封線源治療の場合は普通連続して数日間照射します。

放射線治療においては、がん組織ばかりでなく周辺の正常組織も同時に照射されますので、なるべく正常組織を痛めないように、いろいろな工夫がなされています。たとえば、放射線を発生する装置をがんの組織を中心に回転しながら放射線を照射します。こうすることにより、中心のがん組織は常に放射線が照射されていますが、まわりの正常な組織の被ばくは低減されます。

最近では、重イオン粒子線を用いてがんの部位に的を絞って照射する方法が導入されています。従来のX線やγ線等の低LET放射線ではどうしても周辺の健全組織まで照射されるのですが、粒子線では飛程の終点の手前に最大のエネルギーを与え、ブラッグピークを形成します。この性質は身体の表面より深部に高い線量を与え、体表面の正常組織を余り傷つけず、深部にある腫瘍にエネルギーを集中的に与えることができるので、非常に効率が良いといえましょう。

また、粒子線は生物学的効果比が高く、X線やγ線に較べて同じ線量で大きな細胞致死効果をもたらします。しかし、あまりLETが高くても細胞を殺すためのエネルギーロスが生じるので、適当なエネルギーを用います。

4. 放射線の人体への影響-6

妊娠中のレントゲン撮影による胚や胎児への健康影響はどのように考えているか、また、その影響や被ばくを防ぐためにどのような対策が講じられているのか。

(答)

細胞増殖が盛んな細胞は放射線致死感受性が高いため、従来、胚や胎児は放射線感受性が高いとされ、放射線による奇形や小児がんなどの生後の赤ちゃんへの影響を重視してきました。そのため、1962年にICRPは、胎児への放射線影響を防止するため、妊娠可能な女性のX線診断は妊娠している可能性のない月経開始後の10日以内に行うよう勧告しました。これを「テンディールール（10日間則）」といいます。しかし、ヒトの胎児に対する放射線影響として「妊娠8-15週における胎児の放射線被ばくが生後の知能のおくれ（精神遅滞）などを生じる確率が高いこと」が明らかになったことから、1983年のICRPのワシントン会議で「月経開始後4週間においても胎児に対するリスクは、被ばくに関する特別の制限をする必要がないほど小さい」としました。その後、2000年にICRP Publication 83で妊婦の医療被ばく問題を取り扱っていますが、精神遅滞児の発生が約100mSv以上であることからすれば、通常のX線診断における胎児の被ばく線量は、母体の骨盤CT検査でさえ25mSvであり、胎児に重篤な影響を与える線量ではないとしています。しかし、胎児に対する放射線影響については、一般的に十分理解されていません。胎児が直接被ばくするようなX線診断では、医療関係者は、特に事前に患者に被ばくによる影響について納得のいく説明をし、患者の不安を和らげることが必要です。現在、医療機関では、胎児に被ばくの危険を伴うX線診断の際には、患者に対する説明を行うことになっています。この問題については、医療関係者への教育も実施されているようですが、ICRPの考え方が一般の

医療関係者に十分浸透するよう専門機関による対策が望まれます。

4. 放射線の人体への影響-7

γ線による内部被ばくを考える必要があるか。

(答)

放射性核種を体内に取り込んだ場合を内部被ばくといいます。内部被ばくの影響も、どのくらいの被ばく線量かにより異なります。取り込んだ核種は、核種ごとに壊変する際にどのような壊変形式をとるか、即ち放出される放射線がα線か、β線か、γ線か或いはその混合の場合もあり、ほとんどの核種はα線やβ線とともにγ線を放出します。放射線の種類によっても影響が異なります。線量評価は線質ごとに評価されるのではなく、体内に取り入れた各核種についてまとめて評価されます。しかし、Svという単位で表される場合は、がんの発生のリスクは放射線の種類によって変わりません。

どのような核種が、どの位の量体内に取り込まれたか、その物理的性質と生物学的性質が重要です。

4. 放射線の人体への影響-8

放射線の人体に対する健康影響、発病率はどうなっているのか。

(答)

放射線が人体に当たった場合、ある程度の線量を受けると症状が現れ、かつその重篤度が受けた線量に依存するしきい値のある確定的影響（血液の変化、脱毛、皮膚紅斑等）と、がんや遺伝的影響のように影響の現れる頻度が線量に依存するしきい値のない確率的影響に分けることができます。

確定的影響は、しきい値以下の線量では影響の無いことがはっきりしているもので、ある線量以上になると影響が出る現象を言います。これは多くの細胞が放射線によって損傷を受けた場合に起きるもので、白血球の数が減ったり（200mGy以上）、毛が抜けたり（2,000～3,000mGy以上）、皮膚が赤くなったり（5,000mGy以上）するという障害が起きます。このような線量を受けた人は、例外なくほとんどの人が同じような障害の程度を示します。すなわちしきい線量を超えれば発病率は100%であると言うことができます。また、10,000mGy程度を受けたような場合は100%の人が確実に死亡します。

一方、確率的影響は必ずしも影響が出るというのではなく、受ける線量が多くなるほど影響の出る確率が高くなる場合を言い、がんや遺伝的影響がこれに相当します。言い換えますと、がんや遺伝的影響は放射線によってわずか1個の細胞が変化しても発現する可能性があると考えられるものです。この場合、確定的影響とは異なり、線量が高いからと言って全ての人のがんになるというのではなく、また、がんの症状が重くなるという性質のものではありません。発病する確率が受けた線量が多ければ高くなるということで、これを線量反応関係があると言います。

原爆被ばく者の50年にわたる調査では、がんの種類や白血病では被ばくしたときの年齢、被ばく後の経過年数によっても異なりますが、1,000mSvを受けると白血病では自然発生率の4.4倍、白血病以外のがんでは自然発生率の1.6倍、乳がんでは1.6倍増加します、肺がんでは自然発生率の2倍となります。

4. 放射線の人体への影響-9

放射線障害は何故しきい値以下では起こらないのか。また、がん等の影響はどのようなか。

(答)

人体が放射線を受けると、ある線量を超えた場合に症状が現れ、かつ影響の重篤度が受けた線量に依存するというしきい値のある確定的影響（血液の変化、脱毛、皮膚紅斑等）と、がんや遺伝的影響のように影響の現れる頻度が線量に依存するしきい値のない確率的影響に分けることができます。

確定的影響はしきい値以下では影響の無いことがはっきりしているもので、ある線量以上になると影響が出る現象を言います。これは多くの細胞が放射線によって損傷を受けた場合に起きるもので、白血球の数が減ったり（200mSv以上の局所被ばく）、毛が抜けたり（2,000～3,000mSv以上の局所被ばく）、皮膚が赤くなったり（5,000mSv以上の局所被ばく）するという障害が起きます。しかしながら、このような線量以下であればこれらの障害は生じないことが実例で証明されています。

一方、がん等の確率的影響は必ずしも影響が出るというのではなく、受ける線量が多くなるほど影響の出る確率が高くなる場合を言い、がんや遺伝的影響がこれに相当します。言い換えますと、がんや遺伝的影響は放射線によってたった1個の細胞が変化してもがんになる可能性があると考えられるものです。この考え（しきい値無しの直線仮説、LNT説）によれば、線量に応じてそれなりの影響がある、すなわちしきい値がないということです。しかしながら、原爆被ばく者の50年にわたる調査では、200mSv以下というような低い線量ではがんによる死亡者が増加したという明確な結果は出ていません。遺伝的影響に関しては被ばく者全体についても現時点では確認されていません。

参考

最近、放射線ホルミシスといって、少量の放射線は害になるところかかえって体に良いような現象があるという研究結果が報告されています。確かに、マウスなどの実験で少量の放射線（50～100mSv）を先に当ててから、後に大量（7,750mSv）の放射線を当てると前照射しなかった場合より生存率が高まったという結果が得られています。何らかの防御機構或いは抵抗性を獲得したのかもしれませんが、しかし、高い自然バックグラウンド地域に住む住民のがん死亡率や寿命について疫学調査が幾つか行なわれていますが、統計学的信

頼性をもって有意にホルミシス効果があるといえるような結果は得られていません。このため、ICRPの1990年勧告では、「現在入手しうるホルミシスに関するデータは、放射線防護において考慮に加えるには十分でない。」としています。今後の研究が待たれるところです。

4. 放射線の人体への影響-10

広島・長崎では遺伝的障害の事例は無いとのことであるが、データ（3世代位）が少ないためなのか。

(答)

被ばく者の子供に関する遺伝調査は世界中で実施されたこの種の調査としては最大規模のものですが、遺伝性の疾患や異常の増加は見つかっていません。

	両親の被ばく線量の合計(Sv)	
	0.005未満	0.005以上
出生時の調査数 (1948～1954年)	57,322	12,384
出生時障害を含む妊娠終結異常	2,880	618
出生時障害を含む妊娠終結異常の割合	(5.0%)	(5.0%)
調査した子供の数 (1946～1985年)	40,692	26,894
白血病による死亡	27	17
固形がん(白血病以外のがん)による死亡	48	23
がん以外の疾患による死亡	1,852	914
がんによる死亡の割合	(3.9%)	(4.2%)
調査した子供の数	7,976	8,322
染色体異常をもつ子供の数	51	43
染色体異常をもつ子供の数の割合	(0.64%)	(0.52%)

動物実験(ショウジョウバエ、マウス)では確かに放射線により遺伝的影響のあることが知られています。しかし、このような動物は1匹の親から産まれる子供の数は数十から数百と非常に多く、一方、ヒトでは多くても子供の数は数人で、もし遺伝的障害があったとしても、自然に発生する遺伝的障害がかなりあるので、それにかくれてしまい、おそらく検出できないでしょう。

4. 放射線の人体への影響-1 1

放射性プルームを浴びると放射性物質はどのように取り込まれるのか。皮膚からも取り込まれるのか。

(答)

放射性プルームとは、原子力施設等から放出された放射性物質が風下に向かって流れる煙状の一団のことですが、このプルームによる被ばくは放出の様相、気象条件、地勢、居住区域までの距離によって異なります。このプルームの中にある放射性物質は雨等により地上に落ちて地表を汚染します。

原子力施設事故により周辺環境に多量に放出される可能性のある放射性物質は、キセノン、クリプトンなどの放射性同位体の希ガスと、蒸気またはエアロゾル化した放射性ヨウ素の二種類が考えられています。キセノンは生理学的に不活性であり、クリプトンは身体に吸収されないので、實際上内部被ばくは余り問題にはなりません。これらの希ガスはむしろ外部被ばくをもたらし、ヨウ素は内部被ばくをもたらします。

住民の被ばくは、放射性プルームから放出されるガンマ線による外部被ばくと、放出された放射性ヨウ素等の放射性物質の吸入による内部被ばくです。皮膚からの吸収は、上皮に傷がなければ極僅かで、内部被ばくは問題になりません。したがって、危険の程度は放射性ガスの放出量、大気安定度（無風に近いほど安定）、風向、風速、放出点からの距離等によって決まり、風下側の区域を中心に防護対策が講じられます。

4. 放射線の人体への影響-1 2

放射線を一度に受けるのと、数回に分けて受ける場合の影響の違いはあるのか。

(答)

放射線を全身に一度に大量に受けると、身体内の放射線感受性の高い細胞（造血臓器、腸上皮、皮膚などの幹細胞）が大量に死滅します。そうすると残っている正常な幹細胞による分裂増殖が死んだ細胞の数を埋め合わせることができないため、3Gy～4Gy程度の放射線を受けると2カ月程度で約半数の人が急性障害（腸管出血、造血器障害など）を起こして死亡し、7Gy以上では即死となります。また、部分的に大量の放射線を受けるとその部分の幹細胞が死ぬため、その部分に皮膚紅斑や脱毛などの障害が生じます。

一方、少量の放射線（1Gy未満）を長期にわたって受けると、細胞や遺伝子に傷が付きます。その傷は多くの場合、修復機構や修復遺伝子によって直されますが、時に修復間違いを起こします。この間違いを突然変異と言います。この突然変異が細胞分裂の際に、他の細胞へ受け継がれていくことによって、10～20年も経ってからがんが発症するのだと考えられています。

急性障害を起こすような線量、数Svの放射線を長期にわたって受けた場合には、上述の修復遺伝子などが十分に働く期間があり、放射線を受け傷ついた細胞や遺伝子は修復されますので、影響は低くなります。

4. 放射線の人体への影響-13

外部被ばくを受けた場合、影響は蓄積しないのか。また、被ばくした人の線量は、時間がたてば減少するのか。

(答)

放射線に被ばくすると細胞が傷つけられ、一部の細胞は死んでしまいますが、時間が経過すれば死んだ細胞は新しい細胞と置き換わり、傷ついた細胞も修復されます。このように異常をきたした組織を元に戻す力は、人間に限らず全ての生物が本来備えている能力です。

このことから、放射線被ばくによる影響は蓄積されないといえます。しかし、傷ついた細胞の全てが修復される前に、くり返し放射線に被ばくすると傷ついた細胞が徐々に増えていきます。このような状況では、放射線の影響は蓄積するといえるでしょう。

このように、放射線被ばくによる影響は被ばく量と被ばくのしかたによって異なります。

一方、個人の被ばく線量は、被ばくする毎に単純に積算します。被ばく履歴として記録するわけですので時間がたっても減少するわけではありません。このため、積算した被ばく線量がそのまま放射線影響の程度を表している訳ではありません。

4. 放射線の人体への影響-14

半減期が同じ物質でも人体への影響は異なるのか。

(答)

外部被ばくは放射線の種類とエネルギーによって決まりますので、同じ半減期の放射性核種でも影響は異なります。

一方、内部被ばくは、取り込んだ放射性核種の放射線が人体の組織・臓器に影響を与えるわけですので、放射性核種の半減期が短ければ、体内の放射性核種が早くなくなるので放射線による人体への影響は当然少なくなります。しかし、人体の組織臓器に与える影響は放射線の種類とエネルギーによって決まります。また、人体に取り込んだ放射性核種は、代謝作用により体外へ排出されますが、この代謝速度は元素によって異なります。

このように、内部被ばくは取り込んだ放射性核種の半減期だけで決まる訳では有りませんので、外部被ばく、内部被ばくとも、半減期が同じでも人体への放射線影響は必ずしも同じではありません。

4. 放射線の人体への影響-15

放射線の遺伝的影響について人では確認されていないとの事だが、人以外の知見も知りたい。

(答)

放射線の遺伝的影響については、ショウジョウバエとマウスなどを使った実験があります。

ショウジョウバエの場合には、羽が短い、目の色の変異などの指標で調べられています。マウスの場合には、毛の色の違い、骨格の異常、目の色の変異などの指標で調べられています。ショウジョウバエを用いた実験では 50mGy 以上の線量で遺伝的影響があると報告されています。マウスの場合には、約 1 Gy 以上で遺伝的影響があると報告されています。

4. 放射線の人体への影響-16

放射線により被ばくするとなぜがんになるか。

(答)

過去の多くの実験研究の結果から、細胞分裂が盛んな細胞は放射線致死感受性が高いことが分かっています。身体内で細胞分裂が盛んな組織は、造血組織、皮膚組織、生殖組織などで、それらの組織を作っている細胞を補充しているのが、幹細胞なのです。血液細胞や皮膚細胞などは一定の割合で死んで行きますので、幹細胞は、絶えず自分と同じ細胞と血液細胞や皮膚細胞などになる細胞の2つを毎回の細胞分裂で作出し、失われた細胞を補充しています。従って、放射線致死感受性が高いのです。

がんは、遺伝子病と言われているように、遺伝子の異常ががんの原因と考えられています。放射線を被ばくすると身体を構成している細胞に放射線が当たることになります。細胞は、核と細胞質とからできていて、核の中には遺伝子情報を構成しているDNAがあります。放射線は最終的にこのDNAに障害を及ぼします。異常をきたしたDNAは、通常は修復されるか、死んでしましますが、異常のまま生き残ったDNAの障害は遺伝子の障害に結びつき、その障害が細胞増殖遺伝子や細胞増殖抑制遺伝子に及んだ場合には、正常な細胞分裂ができなくなり、増殖異常となってがんになるのです。

4. 放射線の人体への影響-17

専門機関以外では、被ばくしているかどうかの確認（測定）しかすることができないのか。被ばくしていたときの対処方法。

(答)

ご質問のように、専門機関以外では、被ばくの有無の確認しかすることができません。

高線量を被ばくした場合は自覚症状がありますが、放射線の被曝によりどのような障害が生じているかは、専門の医療機関で検査することになります。

しかし、低線量ばくでは急性障害は発生しませんので、専門機関といえども、検査だけで被ばくしていることの確認は困難です。0.25～0.5Sv 程度の被ばくをすると白血球の一時的減少が起こりますので、一般の医療機関でも血液検査をすれば 0.25SV を超えて被ばくしたことが推定されます。

防災業務関係者の被ばく限度指標 50mSv を超えて被ばくしていることが分かった場合は、血液検査及び目、皮膚、爪等の目視検査を実施し、特別な異常が無ければ、定期的な健康診断により、身体に異常が生じていないかどうかを継続観察することになります。こ

の健康診断は専門機関ではなく、産業医等により実施されることとなります。

なお、人命救助等の緊急作業に伴う計画被ばく以外では、ルールを無視して個人行動をしない限り、防災業務関係者が 50mSv を超えて被ばくすることはないと言えます。

4. 放射線の人体への影響-18

水晶体の被ばく線量はどうやって求めるのか。また、水晶体を守るために目を保護する対策が必要か。

(答)

水晶体の被ばく線量は、サーベイメータで測定した水晶体付近の線量率（単位：Sv/h）に被ばく時間（単位：h）を乗じて簡易的に求められますが、事業所周辺で行う原子力防災業務では特に水晶体の被ばく線量を求めたり、保護する必要はありません。

防災業務関係者が被ばくする原因のひとつは、身体の外からの放射線、特にガンマ線による外部被ばくです。この場合、放射線を身体全体で受ける（全身被ばく）こととなり、特定の組織・臓器が集中的に被ばく（局部被ばく）することは考えられません。従って、防災業務における被ばく状況では水晶体の被ばくを特に考慮する必要はありませんし、水晶体の保護を考える必要もありません。

しかし、身体の近くに放射線源があるような場合、特定の組織・臓器が集中的に被ばくすることとなり、その部位（組織・臓器）に着目した被ばく線量の評価が必要になります。

水晶体の等価線量は 1cm 線量当量又は 70 μ m 線量当量のうち安全側の値で評価することになっています。一般的なサーベイメータは 1cm 線量当量率を計るように設計されていますので、70 μ m 線量当量率が測定できるサーベイメータを併用し、高い方の値を水晶体の等価線量として適用します。しかし、70 μ m 線量当量率測定用のサーベイメータは一般的ではないため、通常は、水晶体の被ばくを評価しなければならないような状況では、水晶体での吸収が大きい低エネルギー γ 線及び β 線の被ばくを測定できる個人線量計を目の近くに着用することになります。

また、このような作業での目の被ばく低減には、めがね、ゴーグル等が有効です。

4. 放射線の人体への影響-19

プルーム中の希ガス（Kr、Xe）を吸入して内部被ばくすることはないのか。

(答)

クリプトン、キセノンは不活性化ガスといわれ、他の原子（分子）と結合せず単独で存在します。そのため、肺に吸入しても血液中には取り込まれません。また、肺の組織に沈着することもなくすぐに排気されます。厳密に言うと、肺に滞在する時間ベータ線による被ばくはありますが非常に僅かです。問題となる被ばくは人体周辺にある放射性クリプトン及びキセノンのガンマ線による外部被ばくです。

放射性のクリプトンやキセノン等の希ガスは「サブマージョン」核種と言われ、被ばく評価はガンマ線による外部被ばくだけを評価すればいいことになっています。

5. 放射線の防護と防護基準－1

被ばく管理目安値 1 mSvの根拠はなにか。

(答)

内閣に設置されている原子力防災会議、その連絡会議のコアメンバー会議で、住民避難のための搬送等への支援をしていただく民間企業の運転手等の被ばく線量の目安の考え方が示されています（共通課題についての対応方針：平成25年10月9日）。それによると以下のように記載されています。

○民間企業の運転手等の被ばく線量の目安

民間企業等から車両等と共にその運転手等を提供してもらう際、運転手等の被ばくの線量の目安と、被ばくした場合の責任を明確化してほしいという要望があることから、これを整理すると次のとおり。

民間企業の運転手等は、放射線業務従事者や防災業務関係者とは異なり一般公衆の被ばく線量管理の考え方の適用が適当であることから、道府県及び市町村が民間企業との協力協定を締結する際に前提とする運転手等の被ばく線量の管理の目安は、ICRP勧告における平時（計画被ばく状況）の一般公衆の被ばく線量限度である1ミリシーベルトを基本とする。

管理の目安を超えて被ばくすることがないように、運転手等には、防護服や個人線量計等の装備を自治体から提供し、運転手等の雇用者は、個人線量計による被ばく線量が1ミリシーベルトを超えないよう管理する。

5. 放射線の防護と防護基準－2

女性の場合はなぜ線量計を腹に装着するのか。

(答)

女性は妊娠の可能性があるからです。労働安全衛生法に基づき定められた電離放射線障害防止規則によると、線量計の装着箇所については、妊娠する可能性がないと診断された女性にあっては胸部、その他の女性にあっては腹部、とされています。

5. 放射線の防護と防護基準－3

女性がポケット線量計を誤って胸に付けた場合はどうするのか。

(答)

- ① 妊娠する可能性がないと診断された女性及び妊娠の意志のない旨を使用者に書面で申し出た女性は、胸部に個人線量計を着用しますから、問題ありません。
- ② ①以外の女性は妊娠した事実が直ちには分からないため、個人線量計の着用部位は腹部と決められていますから、着用部位の誤りに気がついた時点で腹部に着用するように指示します。

なお、誤って付けていた期間の腹部の被ばくについては、その者の作業場所や作業内容等を調査して胸部の被ばくと比較して過大な被ばくがなかったかどうか評価します。過大な被ばくが考えられる場合は再現法などの手段を用いて、腹部の被ばく線量を再評価し、記録します。ただし、一般の作業では腹部と胸部では問題になるような大きい差はありません。

5. 放射線の防護と防護基準-4

防護具の取扱いの実習で、マスクで覆われていない部分の安全性はどうか。

(答)

マスクを着用する目的は、主に汚染した空気を呼吸することによって生じる内部被ばくを防止するためです。もし、マスクを着用して作業した結果、万が一顔面等に汚染が検出された場合には、湿らせた綿布による拭き取りや、中性洗剤と流水を使った洗顔等によって付着した汚染を除去します。

5. 放射線の防護と防護基準-5

防護服の一つであるタイベックスーツを着用する目的及び作業内容はどのようなものか。また、放射線を遮へいする防護服はないか。

(答)

(1) タイベックスーツ

タイベックスーツは空気汚染のおそれのある区域内での作業等、さらに、原子力事故時の防災業務関係者の活動時に、作業者の身体、作業着等の汚染を防護または予防する目的で、それらの上から着用します。タイベックスーツは薄い不織布製ですから汚染した水で濡れるような作業には不向きです。汚染区域での作業終了後はタイベックスーツが汚染している可能性が高いため、はさみで静かに切り裂いて汚染をまき散らさないように、内側から巻き取るように脱がせます。

(2) 放射線遮へい防護服

放射線を遮へいする防護服として比較的なじみのあるものは、歯科等でレントゲン写真撮影の際に使用する含鉛防護エプロンです。

また、消火作業時に着用する目的でつくられた防護服RI-100は、0.3mm含鉛アクリル面体、0.3mm含鉛シート製パンツ内装となっており、空気呼吸器の着用が必要です。

いずれにしてもこの程度の遮へいではエネルギーが150keV以下のX線やγ線しか遮へいすることができません。原子力防災時に問題となる放射性希ガスや放射性ヨウ素から出るγ線は、平均でエネルギーが0.5MeV程度で、放射線遮へいに重点を置くとその防護服の重量(被ばく線量を半分にするためには100kgぐらいの重量となります。)で身動きできなくなるおそれがあります。

原子力防災時には機敏な動作が要求されますので、放射線を遮へいする実用的な防護服はないと考えていいでしょう。

5. 放射線の防護と防護基準-6

防護服はどのようなものか。また、防護服の着用基準、使用限度はどうなっているのか。

(答)

防護服は基本的に人体等を放射性汚染から防護するために着用する保護衣類です。

保護衣類には、下着、服（作業着、実験着、上下つなぎ服（ワンピース）、エプロン、タイベックスーツ、アノラック、エアラインスーツ、加圧服）、手袋、靴下、靴（短靴、長靴）、靴カバー、腕カバー、帽子（綿帽、ヘルメット）、防護眼鏡等が適時使用されます。

使用限度は、手袋、腕カバー、靴カバー、タイベックスーツ等は使い捨てで放射性廃棄物となります。その他の防護衣類は汚染検査をし、破損等不具合のないことを確認して再使用します。実験着、ワンピース等は放射能汚染の検査をし、汚染のないことを確認し、汚れを洗濯して、再使用しています。

下表に防護服、マスク等の着用基準の例を示します。

表. 呼吸用保護具及び身体保護具の着用基準（例）

作業環境中の 汚染濃度	作業場の表面密度* ¹ (Bq/cm ²)	使用する保護具* ²	
		呼吸用保護具	身体保護具
<1 (濃度限度)* ³	$\alpha : <0.4$ $\beta(\gamma) : <4$	必要に応じて半面マスク	実験衣 特殊作業着(ワンピース) タイベックスーツ
1×(濃度限度)~ 10×(濃度限度)	$\alpha : 0.4\sim4$ $\beta(\gamma) : 4\sim40$	半面マスクまたは全面マスク	特殊作業着(ワンピース) ビニールアノラック タイベックスーツ
10×(濃度限度)~ 100×(濃度限度)	$\alpha : 4\sim40$ $\beta(\gamma) : 40\sim400$	全面マスク 自給式空気呼吸器* ³ 浄気式空気呼吸器（自給式加圧服） エアラインスーツ	ビニールアノラック
>100×(濃度限度)	$\alpha : >40$ $\beta(\gamma) : >400$	浄気式空気呼吸器（自給式加圧服） エアラインスーツ	

* 1 広範囲に汚染した場所で、乾燥状態で作業を行う場合の指針。

* 2 半面および全面マスクの場合、塵埃にはフィルタ付カートリッジ（キャニスタ）を、トリチウム水蒸気、ヨウ素などのガスには活性炭付キャニスタを用いる。

* 3 酸欠のおそれのある雰囲気中で作業を行う場合、空気汚染濃度、表面汚染密度のレベルにかかわらず自給式空気呼吸器を用いる。

*) 平成12年度科学技術庁告示第1 第四欄、別表第2 第二欄の空气中濃度限度をいう。

5. 放射線の防護と防護基準-7

マスク等の着用の目安は。また、どの程度まで防護できるのか。

(答)

研修では直接触れませんでした。参考として原子力防災活動時使用される呼吸用保護具について示します。次の2つに分類されます。

1) 浄気式呼吸用保護具

口と鼻の部分のみをカバーする半面マスク、顔全体をカバーする全面マスクなど肺力によって作業場所の空気を面体に取り付けた粒子フィルタあるいは吸収缶でろ過しながら呼吸するもので、小型軽量であるため使用頻度が高いものです。この場合、マスク面体と顔との密着性が防護効果を大きく左右し、例えば、髭をよく剃っておくことが重要です。

2) 自給式呼吸用保護具

いわゆる呼吸器と呼ばれるもので、ボンベに充填した圧縮空気を、あるいは化学反応で発生させた酸素を全面マスク内に供給するものです。吸い込む時に面体内部が負圧になるもの（デマンド型）と、常に陽圧に保たれているもの（プレッシャーデマンド型）があり、後者は大きな防護効果が得られます。

呼吸用保護具を実際に着用したときに得られる防護効果は、個人の顔面と面体との密着性などで一概には決まりませんが、防護係数が1つの目安となっています。

防護係数＝作業場所の濃度／マスク内の濃度

この係数が大きいほど防護効果は大きいことを表し、例えば、この係数が50であれば、マスクを着用すると体内への摂取量は1／50に低下することを意味しています。下表にマスクの防護係数を示します。

表 防護マスクの防護係数

マスクの種類	空气中放射性物質	
	塵 埃 ^{注)}	ヨウ素
半面マスク（塵埃フィルタ）	10	1
全面マスク（塵埃フィルタ）	50	1
（ヨウ素用吸収缶）	50	20

注)：防護マスクの集塵能力は非常に高く、防護性能は通常顔とマスクの密着の度合いで決まる。

5. 放射線の防護と防護基準-8

内部被ばく者は線源になるか。内部被ばく者からは外部被ばくしないのか。また、内部被ばく者の搬送はどのようにすればいいのか。

(答)

内部被ばく者は、体内に放射性物質を取り込んでいるため線源となります。しかし、内部被ばく者から他の人が受ける外部被ばく線量は非常に少なく、ほとんど問題になりません。例えば、ヨウ素-131をスクリーニング振分け基準である30kBq取込んだ人からの外部被ばく線量は、その人から30cmの位置に8時間居たとしても0.02 μ Sv程度です。

従って、内部被ばく者を搬送するに当たっては、体表面汚染がない場合はシートでくるむなどの措置は必要ありませんが、嘔吐物など体内からの排泄物には放射性物質が含まれている可能性を考慮し、搬送車の内部をプラスチックシートで養生することが必要でしょう。また、内部被ばく者やその体内からの排泄物に素手で直接触れないよう、ゴム手袋などをすることも必要でしょう。なお、内部被ばく線量の評価などの資料として使用するため、排泄物は出来るだけポリ袋等に回収し、氏名や日時などを記入しておいてください。

5. 放射線の防護と防護基準-9

船の中にいれば、放射線、放射性物質は止まるか。

(答)

一般の船舶は鉄板等の金属が使用されているので α 線及び β 線は遮へいされます。また、 γ 線も鉄板によりある程度遮へいされるので、外部被ばく低減の効果は十分あるでしょう。特に大きな船舶の船底に近い部分では、途中に何重かの鉄板があることになり、船室の側面は水がありますので、 γ 線及び中性子線も遮へいされ、放射線による外部被ばくはほぼ防護できると思います。

また、船舶は荒天時に雨や海水の進入を防ぐため、防水（気密）構造になっています。防水扉を閉め、換気を止めて船室内にいれば、放射性物質の吸入は防止できるでしょう。

5. 放射線の防護と防護基準-10

一般公衆の線量限度は1 mSvの根拠はなにか。

(答)

一般公衆は、主に成人男性から構成される職業人とは異なり、放射線に感受性の高い胎児や乳幼児が含まれています。従って、一般公衆の線量限度は、これらの者が一生放射線を継続して受け続けた場合の死亡リスクを考えて設定されています。

国際放射線防護委員会（ICRP）は、原爆被爆者の疫学データ等から導かれたリスク係数を用いて放射線に被ばくした場合の死亡リスクを計算により求め、一般公衆及び職業人の線量限度を算出しています。一般公衆の場合は、年間の被ばく線量が1 mSvで生涯継続するときの死亡リスクは、男性80歳では1万人当たり3人、女性80歳では1万人当たり2.5人と計

算され、また、年間の被ばく線量が5 mSvで生涯継続するときの死亡リスクは、男性80歳では1万人当り15人、女性では13人と計算されています。この両者の年齢別死亡リスクの増加率を比較すると、変化は非常に小さいことが判りました。

大地からの自然放射線による年被ばく線量は、ほとんどの国々で約1～2 mSvです。

国際放射線防護委員会は、これらの事を考慮して、人工放射線からの一般公衆の年線量限度を1 mSvと勧告しているのです。

5. 放射線の防護と防護基準- 1 1

放射線業務従事者と一般人で線量限度が異なるのはなぜか。

(答)

一般人の中には、放射線感受性の高い子供、妊婦が含まれています。また放射線測定器を用いて被ばく線量の管理を行っていません。そのため、知らずに高い被ばく線量を被ばくすることになる可能性があります。このような理由から放射線従事者と異なる線量限度を設けています。

放射線は五感では感じないため、放射線の測定器を用いて被ばく線量を決定する必要があります。このような管理を行っていない場合、線量限度に余裕を見る必要があります。

5. 放射線の防護と防護基準- 1 2

防護服が汚染した場合再使用は可能か。

(答)

通常、汚染した防護服は廃棄されます。ただし、汚染核種が分かっている、かつ、半減期が短い場合は、放射性物質が減衰した後、使用することは可能です。また、高価な防護服の場合、除染を行った後、再使用することも考えられます。

6. 安定ヨウ素剤-1

ヨウ素剤は備蓄しているのか、また、代用物（ヨウ素系造影剤）はあるか。

（答）

原子力施設のある地方公共団体などでは、緊急時に備えて安定ヨウ素剤として、ヨウ化カリウム剤を必要量分、保管しています。東京電力福島第一原子力発電所事故後には、原子力発電所よりおよそ5km以内（PAZ）の住民に対しては、医療関係者等による説明会を開催し、問診票を提出させ、必要数の事前配布を行っています。ヨウ化カリウム剤は、災害対策本部より服用指示があった場合、服用し、避難等を行います。

ヨウ素剤の代用として、ヨードチンキ、甲状腺ブロック剤、昆布などの使用が検討されましたが、やはり医薬品ヨウ化カリウムにかなうものはないようです。特に、ヨードチンキには、メタノールなどが含まれており、服用したとき健康を損なう可能性があるのとでも代用はできません。甲状腺ブロック剤にしても、必要とされる100ミリグラムのヨウ素を摂取するには相当量が必要であり、ブロック剤に含まれる混合物による副作用が心配です。また、乾燥昆布では100グラムを一度に食べる必要がありますが、対象者が集団的にヨウ素を摂取するには、現実的には困難です。

6. 安定ヨウ素剤-2

ヨウ素剤の保管方法（保存温度等）と有効期限はどのぐらいか。また、事前に各家庭に配布されるのか。

（答）

安定ヨウ素剤として使用される医薬品ヨウ化カリウムは、ヨウ化カリとも呼ばれ、臭いはなく、水にはきわめて溶けやすい製剤です。日本の丸薬は非常に硬く、粉末を溶かしたものは、保管ができないため、小児用にゼリーが開発されました。

上記に示した通り、PAZの区域の、飲んではいけない人以外については、各家庭で配布を受け備蓄しています。

保存は遮光された、湿気のない通常の薬品等の保管場所がよいでしょう。

医薬品ヨウ化カリウムは非常に安定な化合物ですので、保管が適切に行われれば、かなり長期にわたり有効ですが、メーカーにより保証期間が異なりますが3年間を保証期間としているのが一般的です。薬剤に記載された有効期限を確認して適切に交換してください。

6. 安定ヨウ素剤-3

ヨウ素剤の服用で副作用はあるか。また、服用していけない病気はあるのか。

（答）

放射性ヨウ素の甲状腺への取り込みを低減するために服用するわけですが、副作用などがありますので、服用にあたってはいくつかの注意事項を守らねばなりません。

1. 適用の注意事項

- ① 食事直後の経口投与により、胃内容物に吸着されることがある。制酸剤・牛乳などとの併用により胃障害が軽減することができる。

2. 服用上の注意事項

- ① 投与禁忌 — ヨウ素過敏症の患者及び肺結核の患者

- ② 慎重投与 — ①ヨード造影剤過敏症

②甲状腺機能異常症

③腎機能障害、先天性筋硬直症、高カリウム血症

④低補体血症性蕁麻疹様血管炎、ジューリング疱疹状皮膚炎

⑤肺結核

- ③ 相互作用 — ①カリウム含有製剤

②リチウム製剤

③抗甲状腺薬：甲状腺機能低下症

④カリウム貯留性利尿剤：高血圧症

⑤ACE阻害剤：高血圧症

⑥アンジオテンシンⅡ阻害薬：高血圧症

⑦降圧剤：高血圧症

※ ②併用により、甲状腺機能低下作用、甲状腺腫発症作用を増大させることがある

①④併用により高カリウム血症を起こすことがある

④ 副作用

イ. 過敏症 発疹などの過敏症状があらわれることがある。この症状が出たら、投与を中止すること。

ロ. 長期連用 長期連用により次のような症状がでたら、投与を中止して、適切な処置をとること。

- a. ヨウ素中毒 結膜炎、鼻炎、咽頭炎、気管支炎、耳下腺炎、胃炎など。
- b. ヨウ素悪液質 皮膚の粗荒、体重減少、全身衰弱、不眠、神経過敏など。
- c. 消化器 悪心・嘔吐、胃痛、下痢、血便など。
- d. その他 かぜ症状、不規則心拍、原因不明の発熱など

⑤ 妊婦等の服用

イ. 妊婦又は妊娠している可能性のある婦人にも、服用が必要である。安定ヨウ素剤を服用した妊娠後期の妊婦より生まれた新生児については、甲状腺機能をモニターする必要がある。

ロ. 授乳婦についても服用が必要。ただし、ヨウ素の母乳への移行により、乳児に甲状腺機能抑制を起こすことがあるので投与期間中は授乳を避ける。授乳児については人工栄養に変え、安定ヨウ素剤を服用させる。

⑥ 小児の服用

小児の服用にあたっては、皮疹や甲状腺機能抑制を引き起こすことがあることに注意が必要であり、甲状腺機能をモニターする必要がある。

⑦ 過剰服用

安定ヨウ素剤を規定量以上に服用することは、防護効果を高めることにはつながらず、逆に甲状腺機能低下症等の副作用を生じる可能性が高くなるので、定められた量以上に服用させてはならない。誤って、規定の服用量以上に服用した場合、吐かせる等の処置までは必要ないが、体調に異変が見られないかどうかを確認し、医師等に相談することを勧める。

6. 安定ヨウ素剤-5

安定ヨウ素剤の効果はどうか。

(答)

安定ヨウ素剤による効果は、成人では少なくともヨウ化カリウムの製剤30mgの服用量で、放射性ヨウ素の甲状腺への集積の95%を抑制することが出来ます。服用時期に関しては、放射性ヨウ素の吸入あるいは体内摂取される前24時間以内または直後に服用すれば、放射性ヨウ素の甲状腺への集積の90%以上を抑制することが出来ます。また、放射性ヨウ素の摂取後であっても、8時間以内の服用であれば約40%の抑制効果が期待できますが、24時間以降では約7%となります。

この効果は、安定ヨウ素剤服用後、少なくとも1日は持続することが認められています。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-1

福島原子力発電所事故の原因は何か。

(答)

- ・すでに各種事故調査報告に述べられているところです。
- ・直接的な原因としては津波により電源喪失が発生し、原子炉を冷やす機能を喪失したことによります。
- ・詳細については各種報告書等をご覧ください。

[参考：主な事故調査報告書]

政府事故調報告書：東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会

国会事故調報告書：東京電力福島原子力発電所事故調査委員会

民間事故調報告書：福島原発事故独立検証委員会

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-2

事故後どのような防災対策がとられることとなったのか。

(答)

- ・カリキュラム2の中の「福島第一原発事故を踏まえた原子力災害対策指針」で述べたように、「原子力災害対策指針」が定められる等技術的な検討が進められています。
- ・この中で新たな「原子力災害対策重点区域」が示される等の対応がとられています。様々な対策がなされていますが、おおまかには以下の通りです。

- ① 原子力災害対策重点区域の拡大
- ② 防護措置の事前行動計画の策定
- ③ 放射性物質の放出前の予防的な防護措置
- ④ 施設状態に基づき意思決定できる判断基準
- ⑤ 放射線量等の実測値に基づく防護措置

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-3

新しい防災体制に、事故の教訓は生かされているのか。

(答)

- ・「原子力災害対策指針」の策定に当たっては福島原発事故に対する各種報告書の指摘や国際機関の資料が参考にされていると承知しています。
- ・また、予測ではなく、実測に基づく迅速な対策実施のため、固定モニタリングシステムの増設等の対策も進められていると承知しています。
- ・なお、この現在の測定値については、各自治体のホームページや規制庁のホームページにて確認することができます。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-4

PAZ、UPZの範囲の根拠は何か。

(答)

- ・これらの区域は、あらかじめ原子力施設での異常事態の発生を仮定して、その影響が及ぶ区域を定めておいて、その区域に対し重点的に対策を講じておくために設定されています。
- ・PAZ は、急速に進展する事故においても放射線被ばくによる確定的影響（一定の被ばく線量を超えると症状が現れる影響）等と避けるために、即時避難を実施する等放射性物質の放出前の段階から予防的に防護措置を準備する区域のことで、発電用原子炉における PAZ の具体的な範囲は、IAEA の国際基準において、PAZ の最大半径を原子力施設から 3～5km の間で設定すること（5km を推奨）とされていること等を踏まえ、「原子力施設から概ね半径 5km」を目安とするものです。
- ・UPZ は、確率的影響（がん等の発生確率が被ばく線量の増加により上昇する影響）のリスクを最小限に抑えるために、防護措置を準備する区域のことで、発電用原子炉の UPZ の具体的な範囲については、同じく IAEA の国際基準において、UPZ の最大半径は原子力施設から 5～30km の間で設定されていること等を踏まえ、「原子力施設から概ね 30km」を目安とするものです。

[参考] 原子力災害対策指針（平成 29 年 3 月 22 日全部改正）

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-5

OIL1、OIL2の値はどのように設定されたのか。

(答)

- ・OIL1 は、放射性物質の放出後に、一部に放射線量の高い地域が生じた場合に、即時の避難を判断する基準の値です。また、OIL2 は同様に一時移転を判断する基準の値です。これらの基準値は、福島原発事故で実施された防護措置の例と教訓、実際に観測された空間放射線量率等の水準などを踏まえ、現実の実効的な防護措置を実施するには判断基準をどのように定めることが適切かという観点から定められたものです。

[参考] 平成 25 年 2 月の原子力災害対策指針改定における防護措置の実施の判断基準（OIL：運用上の介入レベル）の設定の考え方 平成 25 年 3 月

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-6

UPZ外の地域で防護対策を必要とすることはないのか。

(答)

対策が必要となる可能性は低いものと思われませんが、いずれにせよ適切にモニタリングを実施し、その結果を踏まえ必要な対策をとることとなると考えられます。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-7

OILによる防護措置での「避難」と「一時移転」の違いは何か。

(答)

「避難」は OIL1 に基づき数時間内を目途に区域を特定し直ちに遠方に移動するという防護措置であり、「一時移転」とは OIL2 に基づき一日内を目途に区域を特定し1週間程度内に遠方に移動するという防護措置です。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-8

警戒事態、施設敷地緊急事態、全面緊急事態、それからOILというような事態進展の考え方を、福島第一原発事故に当てはめると、その時間推移はどのようになるか。

(答)

警戒事態は地震発生時で、施設敷地緊急事態（10条通報）に至るまで1時間程度、それから全面緊急事態（15条通報）に至るまで1時間程度と、非常に短かったと言えます。15条通報から放射性物質放出までが大体24時間程度、それから1号機の水素爆発まで大体24時間程度でした。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-9

福島第一原発事故の際、空間放射線量率は大体どの程度だったか。

(答)

当時約5km付近のある観測局で、空間線量率 $600\mu\text{Sv/h}$ 以上を観測しました。また、発電所の敷地境界付近で $500\mu\text{Sv/h}$ 程度以上の空間放射線量率を観測しました。これらがOIL1を $500\mu\text{Sv/h}$ に設定した根拠の一部になっています。

また、事故後「計画的避難区域」とされた北西方向の地域付近では、約 $20\mu\text{Sv/h}$ ～ $170\mu\text{Sv/h}$ を観測しました。こういった結果も踏まえて、OIL2として $20\mu\text{Sv/h}$ に設定されています。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-10

避難退域時検査は、どのような場合に行われるのか。

(答)

避難退域時検査は、放射性物質放出後にOILに基づく防護措置としての避難等の際に、

避難や一時移転される方の汚染状況を確認することを目的として実施される検査です。放射性物質が放出される前に予防的に避難した住民は対象に含まれません。

[参考] 原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル
(平成 28 年 9 月 30 日修正)

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-11

汚染検査する車両としない車両は、どのように区別するのか。

(答)

避難退域時検査は、放射性物質の放出があった場合に実施されます。放出がなければ実施しません。PAZ の住民は、放出の段階では、既に 30km 圏外に避難しているので汚染検査の必要はありません。UPZ の住民が OIL に基づいて避難や一時移転をする際には汚染検査が必要となり、検査が済めば証明書が発行されます。検査を終えたバスはその証明書を持っていることとなります。つまり汚染検査をするトリガーは、放出があった時ということです。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-12

バスが汚染されて、除染しても基準をクリアできないときは、そのバスはどうするのか。

(答)

避難退域時検査の結果、除染しても基準値(事故直後 40,000cpm 等)以下にならない車両は、検査場所に一時保管されると考えられます。

7. 福島原発事故後の新しい防護対策-13

避難退域時検査の除染の基準の根拠は何か。

(答)

除染を講じるための基準は OIL4 であり、初期設定値は 40,000cpm、1 ヶ月後には 13,000cpm となっています。

福島原発事故時には、汚染密度 40Bq/cm² に対応する 20cm² の有効窓面積を持つ GM サーベイメータによる計測値で除染レベルとして 13,000cpm が用いられました。その後事故進展に伴いバックグラウンドレベルが上がり、実効的な運用ができない状況となり、100,000cpm に引き上げられました。

これを踏まえて、OIL4 では、100,000cpm 以下で、かつ、バックグラウンドの影響が相対的に小さくなる数値のうち最低の水準として、13,000cpm の 3 倍程度として 40,000cpm が適当と考えられました。

また、福島原発事故時に初期段階ではセシウムの寄与より 10 倍以上大きかったヨウ

素 131 の寄与は、半減期が 8 日と短いため、1 ヶ月程度でセシウムの寄与より小さくなっており、もっと早い段階で基準値を低くする変更が必要であったと考えられました。このことから、1 ヶ月後には 13,000cpm に引き下げることが必要であると考えられました。

[参考] 平成 25 年 2 月の原子力災害対策指針改定における防護措置の実施の判断基準
(OIL : 運用上の介入レベル) の設定の考え方 平成 25 年 3 月