

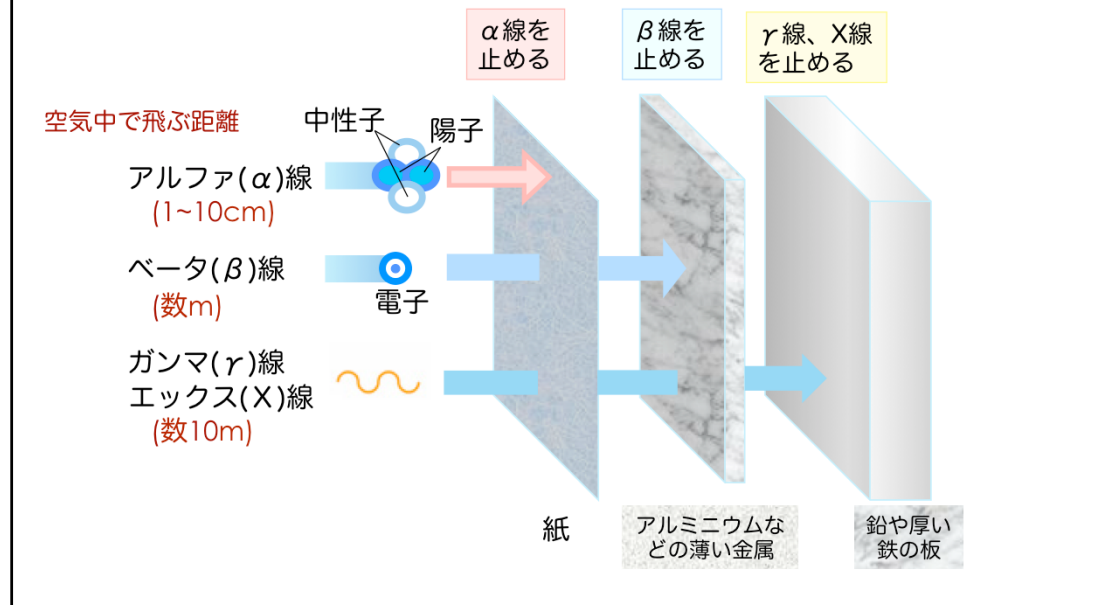
原子力災害における病院等の 避難・屋内退避について

放射線の性質から汚染検査、避難支援についての基礎資料

内容

- 放射線の種類と透過力、遮蔽効果
- 外部被ばくの防護三原則
- 内部被ばくの防護
- 放射線の人体への影響
 - 確率的影響と確定的影響
 - 急性障害と晩発性障害
 - 放射線によるがん・白血病の増加
- 被ばくと汚染
- 原子力発電所事故での放射性物質の放出
- 原子力発電所の事故時の防護
- 避難時の注意点
- 汚染検査と除染
 - GMサーベイメーターの使い方
 - 除染の方法

放射線の種類と透過力、遮蔽効果



一般的に放射線とは、物質を構成する原子を電離(+電荷のイオンと一電荷の電子に分離)する能力をもつ粒子線と電磁波を指します。

粒子線の仲間には、アルファ線、ベータ線、中性子線などが含まれます。ガンマ線、エックス線は電磁波の一種です。

放射性物質とは放射線を出す物質のことです。放射性物質は、種類によって出す放射線が異なります。セシウムには、セシウム-134やセシウム-137、ヨウ素には、ヨウ素-129、ヨウ素-131といった同位体があり、これらのセシウムやヨウ素はベータ線とガンマ線を放出します。

粒子線や電磁波は、電磁力で物質と相互作用し、エネルギーを失った結果、透過力が下がり、最終的には止まります。アルファ線は空気中で数センチしか飛ばず、紙1枚で止めることができます。ベータ線はエネルギーにもよりますが、空気中で数メートル飛ぶことができ、1cm程度のプラスチックや2-3mm程度のアルミ板で止めることができます。ガンマ線、エックス線は、空気中を数10mから数100m飛ぶことができ、数cmの鉛や鉄の板で止めることができます。

外部被ばくの防護三原則

時間

作業時間を短く

被ばく量は時間とともに増えます



外部被ばくは3つの方法によって防護できます。

距離

線源からできるだけ離れる

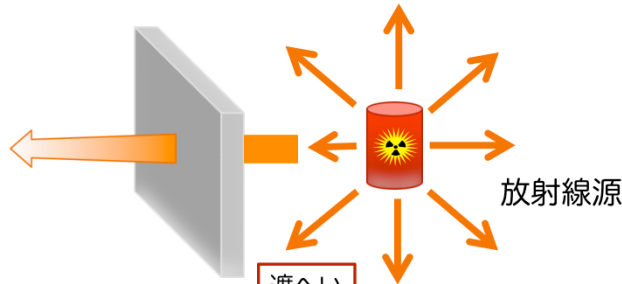
放射線の強さは遠くに行くと弱くなり、線量は距離の2乗に反比例して減ります



遮へい

放射線に応じた遮へい体を線源と人の間に置く

物体によって空気と比べて放射線を弱めてくれます



無用な放射線の被ばくを避けたり、低減させることを放射線防護といい、外部被ばくの防護と内部被ばくの防護の方法があります。

外部被ばくの防護には、時間、距離、遮へいによる三原則があります。放射線源からの放射線にさらされる時間を短くすることで被ばく線量を少なくします。放射線の強度は、線源からの距離が離れれば離れるほど弱くなります。これは距離の逆二乗に従って放射線は弱くなります。このため、線源から離れることで、被ばく線量が少なくなります。また、放射線は、金属やコンクリートなど様々な物質によって遮ることができます。アルファ線は紙1枚で遮ることができ、ベータ線やガンマ線、エックス線は厚い鉛や鉄などの金属によって遮られ、中性子線は水層やコンクリートで遮られます。このような遮へいを利用して、被ばく線量を少なくすることができます。

内部被ばくの防護

吸入摂取の防護



サージカルマスク
(普通のマスク)



N95マスク (DS-2, DS-3)
粒子捕集率95%以上



- ・粉塵用フィルタ
- ・チャコールフィルタ
(放射性ヨウ素対応)

経口摂取の防護



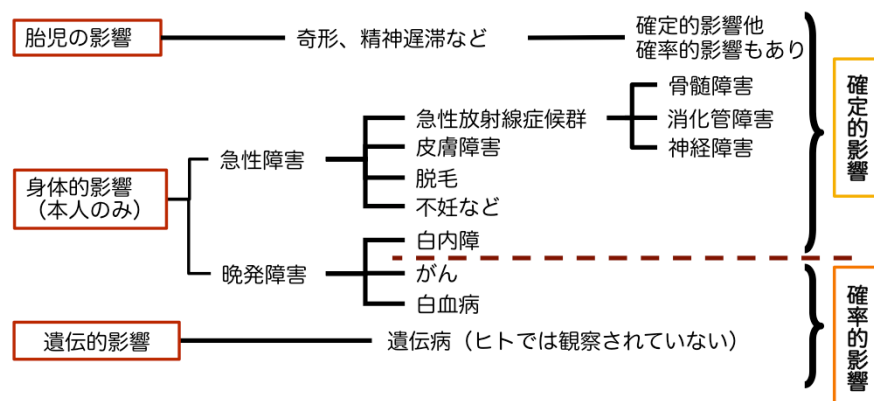
出荷制限・摂取制限

内部被ばくを防ぐためには、放射性物質を体内に取り込まないようにすることが重要です。マスクやフィルター付きの呼吸保護具を使用して呼吸によって体内に取り込む放射性物質を少なくする方法があります。高濃度の放射性ヨウ素の吸入の防止には、活性炭入りのフィルターを備えたマスクを使用します。

他には、食物に含まれる放射性物質を摂取しないように、基準値を超える放射性物質が検出された食品については、状況に応じて、出荷や摂取の制限が行われます。

放射線の人体への影響

- 急性障害
 - 急性放射線症候群：全身に短時間で1Gy以上の線量を被ばくしたときに生じる
 - 放射線熱傷：放射線による皮膚障害、体の一部分の被ばくでも生じる
- 晩発性障害
 - 白内障：数年～十数年後に現れる目の症状
 - 悪性腫瘍：がんや白血病など



放射線の人体への影響は、医学的な観点から被ばくした本人に現れる身体的影響と被ばくした人の子孫に現れる遺伝的影響があります。遺伝的影響は人ではこれまで観察されていません。

身体的影響は、被ばくした本人の体に症状が現れる時期によって急性障害と晩発性障害に分けられます。急性障害は、被ばくして数週間以内に現れる症状で、全身に短時間で1グレイ(Gy)以上の線量を被ばくした時には、骨髄障害、消化管障害、神経障害などの全身の症状が現れます。これを急性放射線症といいます。また、体の一部分だけを被ばくすることを局所被ばくといい、高線量の局所被ばくをした場合は、皮膚の障害として、熱傷のような症状が現れます。

被ばく後数年から数十年経ってから現れる症状を晩発性障害といいます。晩発性障害には、白内障、がん、白血病などがあります。

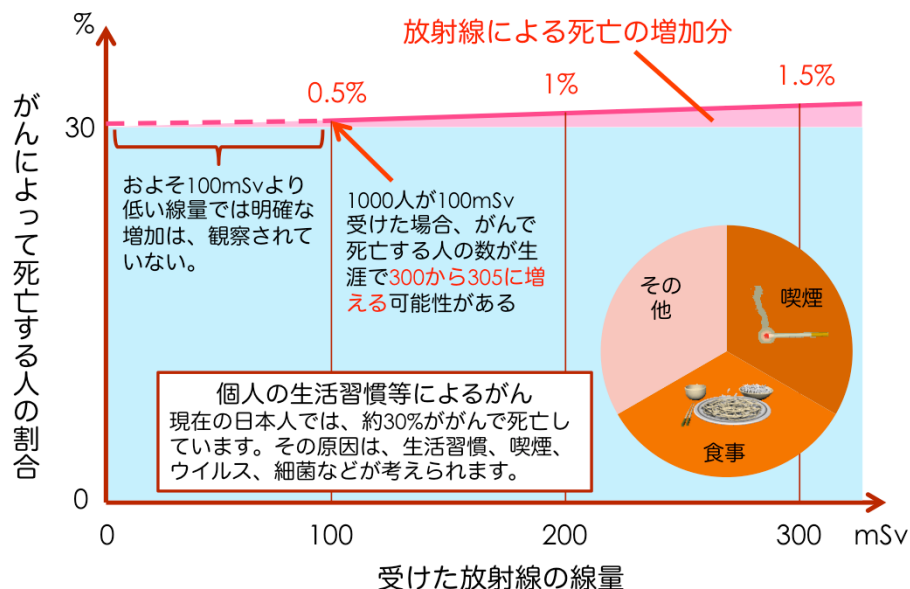
母親の胎内にいた時に被ばくした場合は、胎児の影響があり、奇形や精神遅滞などが現れることがあります。

確定的影響は、一定量以上の放射線を被ばくすると必ず現れる影響で、被ばくした線量が多くなればなるほど、症状も重篤になります。この一定量をしきい線量といい、臓器によって異なります。

確率的影響は、放射線を被ばくしても必ず影響が現れるわけではなく、放射線の被ばく線量が多くなればなるほど、症状が現れる確率が高まります。

*グレイは、物質が放射線から受けるエネルギー量を表す量であり、シーベルトは生体が放射線から受けたエネルギーによって起こる影響を示す量です。それらの関係は係数(放射線加重係数及び組織加重係数)を用いて換算することになりますが、X線、ガンマ線およびベータ線が全身にあたる場合には、両者の数字は同じになります。ただし、意味合いは異なります。

放射線によるがん・白血病の増加

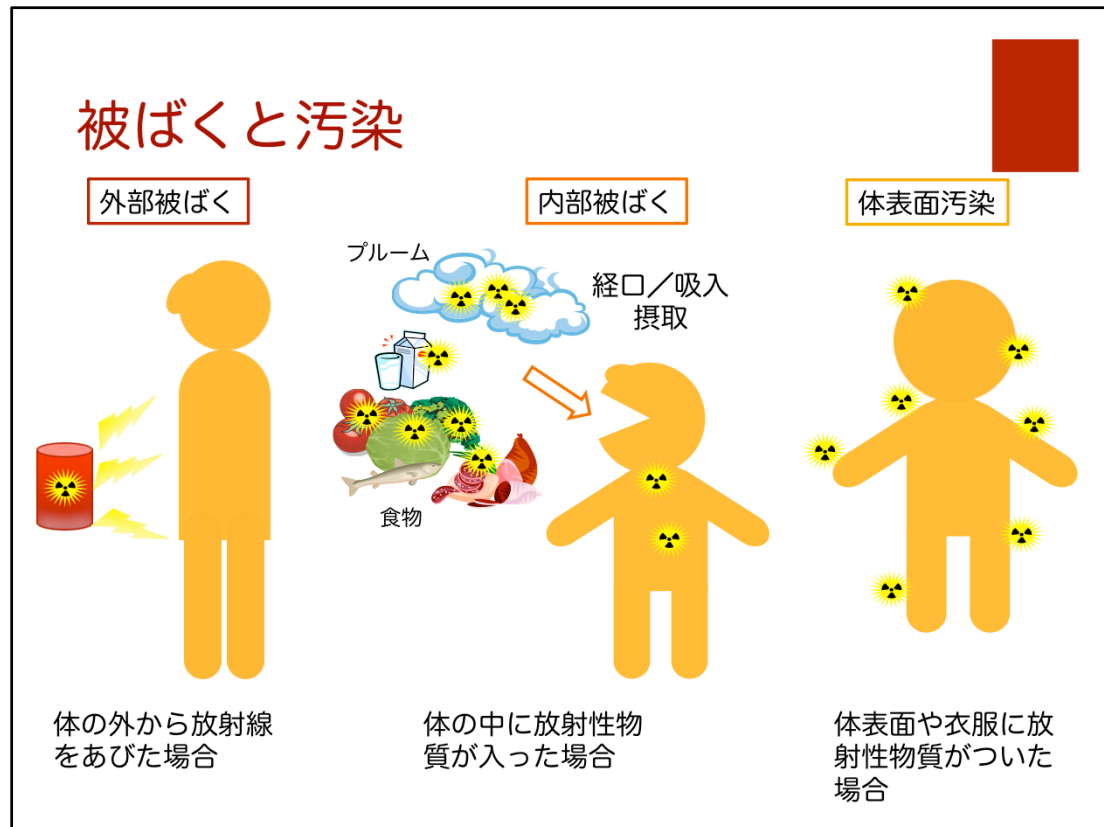


被ばくした放射線量が高くなれば、高いほどがんの発生率は増加します。長期的な影響として、受けた線量が高いほど数年後から数十年後になんになる危険性が高まると考えられています。

がんの原因には、放射線以外に喫煙、野菜不足などの食事、ウイルス、細菌、肥満などがあります。起こった個々のがんが放射線によるものであると特定することはできません。原爆被爆者を主とした疫学調査では、およそ100ミリシーベルト以上の線量では、線量とともにがん死亡が増加することが確認されています。およそ100ミリシーベルトまでの線量では、放射線によりがん死亡が増えることを示す科学的に明確な証拠はありません。しかしながら放射線防護の目的のための慎重な考え方として、年間100ミリシーベルトまでゆつくりと被ばくする場合、放射線によるがん死亡が1,000ミリシーベルトあたりおよそ5%であるとされており、国際放射線防護委員会(ICRP)もこれを妥当であるとしています。

日本人は元々約30%(1,000人のうち300人)ががんで亡くなっています。この国際的な推定値を用いると、仮に1,000人の方が100ミリシーベルトの線量を受けたとすると、生涯になんで亡くなる方が300人から305人に増加すると計算できますが、統計学的な差の検出は困難です。

*ここで言う100ミリシーベルトとは年間の被ばく線量ではなく、これまで受けた積算線量です。また、この100ミリシーベルトには自然界から受ける放射線量は含まれません。



外部被ばくとは、体の外から放射線をあびることです。これに対し、内部被ばくは体の中に取り込まれた放射性物質から放射線をあびることです。この内部被ばくは、放射性物質を吸ってしまったり、食べてしまったりした時に起こります。

外部被ばくは被ばく時間を短くする、または線源から離れる、もしくは遮蔽することで、被ばく線量を抑えることができます。

内部被ばくは放射性物質が体内に存在している間は被ばくし続けることになります。しかし、内部被ばくでは外部被ばくと異なり、預託実効線量が1シーベルト(Sv)を超えても急性の症状がでることはほとんどありません。また、放射性物質に含まれる元素の種類によって蓄積する臓器が異なります。たとえば、放射性ヨウ素は甲状腺に蓄積し、その他の臓器にはほとんど集積しないため、全身への影響は少ないのが特徴です。放射性セシウムはカリウムと性質が似ており、量に違いはありますが、特定の臓器に集積せず、全身に分布します¹。

放射性物質が体の表面(皮膚、頭髮)や衣服などに付着することを体表面汚染といいます。体表面汚染は、拭き取りや洗うことで除染することができます。

¹ Leggett, The Science of the Total Environment 2003: 317: 235 – 255

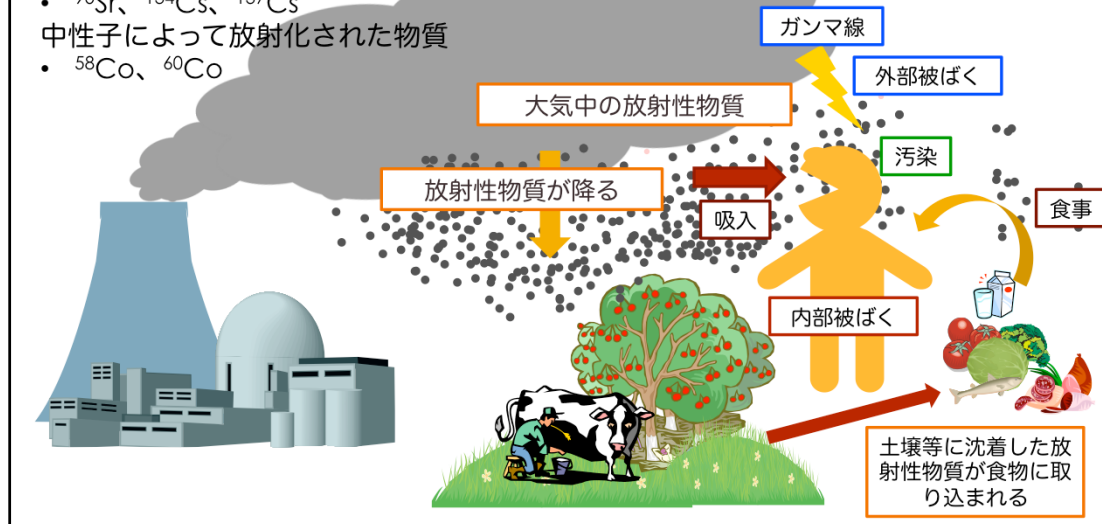
原子力発電所事故での放射性物質の放出

主な核分裂生成物

- ^{85}Kr 、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ (希ガス)
- ^{131}I 、 ^{133}I (揮発性物質)
- ^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs

中性子によって放射化された物質

- ^{58}Co 、 ^{60}Co



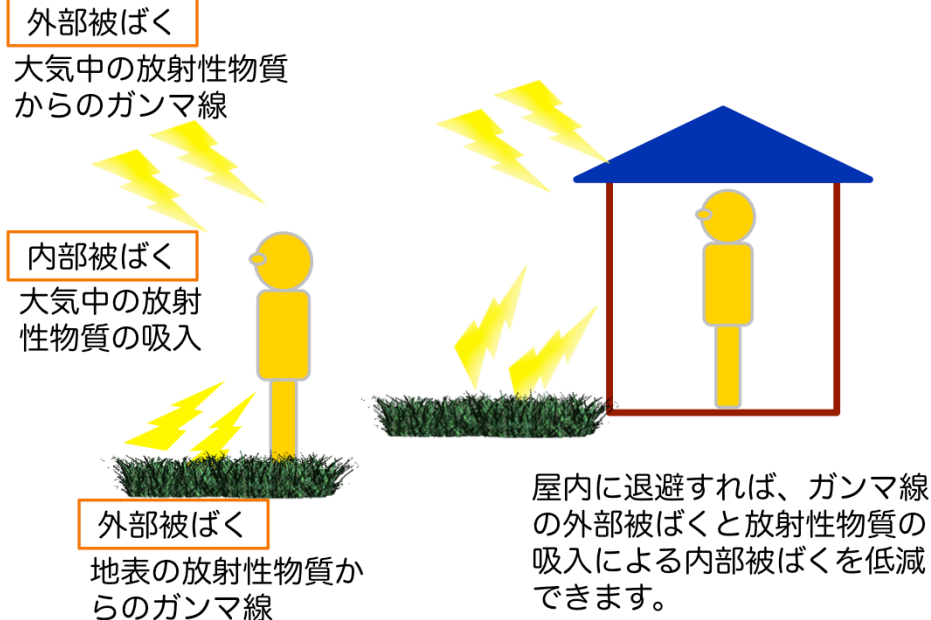
原子力発電所では、ウランが核分裂して発生させる熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。主にキセノン、クリプトンなどの放射性希ガス、ヨウ素-131、ヨウ素-133の揮発性物質、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90など粒子状物質の気体や液体が生じます。また、核分裂によって生じた中性子により、放射化されたクロム-51、マンガン-54、鉄-59、コバルト-58、コバルト-60も生じます。事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、これらの放射性物質が外部へ漏れてきます。

福島第一原子力発電所の事故では、津波によって全電源が喪失し、そのために原子炉を冷却できなくなり、原子炉内の温度や圧力が上昇し、大量の放射性物質が環境中に放出されました。

放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいと汚染したり、プルームからのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。

原子力発電所から大気中に放出された放射性ヨウ素の摂取経路としては、吸入摂取と経口摂取があります。吸入摂取は、呼吸とともに放射性ヨウ素を吸い込むことで、体内に放射性ヨウ素を取り込みます。経口摂取は、大気中に放出された放射性ヨウ素が土壌や水に沈着した後、農作物、海産物に移行したり、飲料水に溶け込んだりして、食事とともに食べることで体内に放射性ヨウ素を取り込みます。

原子力発電所の事故時の防護



放射性物質が環境中に放出された場合、大気中あるいは地表の放射性物質からのガンマ線によって外部被ばくします。屋内に滞在した場合は、建物の壁や屋根によって放射線を遮ることができ、被ばく線量を低減できます。建物は木造建屋よりもコンクリート建屋の方が放射線の遮へい効果があります。

また、窓や扉を閉めることで、大気中の放射性物質が建物の中に入ってくることを防ぎ、放射性物質の吸入を防ぐことによって内部被ばくの防護ができます。

原子力災害が起こった時の防護の基本は、屋内退避と避難です。これらの行動の基準は、原子力災害対策指針(原子力規制委員会)に定められており、国や地方公共団体によって指示されます。医療機関や介護福祉施設等の避難に支援が必要な機関では、地域防災計画等によって定められている屋内退避や避難をします。

原子力災害時には、空間線量率が毎時500マイクロシーベルトを超えた地域は、直ちに避難をします。また、毎時20マイクロシーベルトを超えた地域は、1週間を目処に避難します。これらは、防護措置の実施を判断する基準として運用上の介入レベル(OIL; Operational Intervention Level)として設定されています。

避難時の注意点

- 原子力災害時の防護の基本
 - 屋内退避
 - 避難
- 避難時の外部被ばくの対策
 - 屋外の滞在時間を短くする
 - 車やバスなどを利用する
- 避難時の内部被ばく対策
 - マスク、ハンカチ
- 避難時の汚染対策
 - 帽子
 - 手袋
 - コートなどの長袖の洋服



ストレッチャー等での搬送時には、使い捨てのシーツを上からかけておくと、毛布や衣服の汚染防止になる。



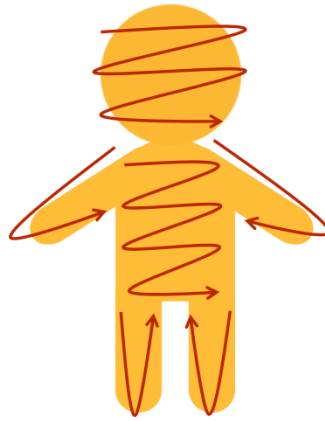
避難時の服装
汚染した場合は、
帽子、マスク、上着、
手袋を脱ぐ。

原子力災害が起こった時の防護の基本は、屋内退避と避難です。避難の時には、放射性物質が、万が一、環境中に放出された場合の対策も必要です。外部被ばくの対策として、屋外の滞在時間をなるべく短くします。避難する場合には、車やバスなどを使用します。内部被ばくの対策として、放射性物質を吸入しないようにマスクを使用します。マスクがない場合は、ハンカチなどで口を覆と放射性物質の吸入が少なくなります。汚染の対策として、帽子、手袋、コートなどの長袖の衣類を一枚多く着用します。これは、汚染が髪や皮膚に付着することを防ぎ、汚染した場合には脱衣することで放射性物質を取り除くことができます。

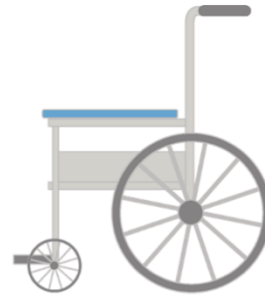
汚染検査



GMサーベイメーターを使用して、体表面の放射性物質の付着の有無を調べます。これを汚染検査と言います。
測定器のプローブを体表面から1 cmほど離して、毎秒5～6 cm動かしながら検査します。



頭からつま先まで腹側と背側の両方を検査します。靴底も忘れずに検査します。



車椅子やストレッチャーに乗っている場合も、全身の汚染検査をできる限り実施します。

放射性物質の放出後に避難する場合は、救護所などで体表面の汚染検査を受けます。

GMサーベイメーターの使い方

1. GM 検出器をラップフィルムやビニール袋で養生し、汚染を防ぐ。
2. FUNCTION スイッチによりBATT チェックHVチェックを行い、計測可能状態にする。
3. TIME CONST スイッチにより時定数を10 秒に設定してバックグラウンド(BG)値の測定を行う。このときCOUNT RATE はメーターが振り切れないレンジに設定する。
4. GM 検出器の窓面を測定物から1 ～ 2cm 離し、検出器を5 ～ 6cm/ 秒の早さで移動させて汚染箇所を探索する。
5. 汚染が検出された部位ではGM 検出器を30 秒(時定数の3 倍の時間) 保持し計数値を読み取る。

汚染検査

除染

衣服の汚染があれば、まず脱衣します。衣服の脱衣によって、ほとんどの表面の汚染は除去されます。

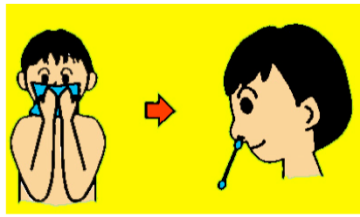
怪我がある部分に汚染があれば、まず止血などの怪我の処置をします。除染は急ぐ必要はありません。

皮膚の除染



1. 汚染のない部分を被覆する
2. 膿盆や紙おむつで水を受ける
3. 濡れたガーゼ等で外側から内側の方向に拭き取る
4. 水で除染できない場合はボディソープや石けん、スポンジを使用する

鼻腔の除染



1. 鼻腔の汚染があれば、鼻をかむ
2. 鼻腔内を綿棒で拭き取る

除染の方法

怪我がある部分に汚染があれば、まず止血などの怪我の処置をします。除染は急ぐ必要はありません。

1. 脱衣

汚染した衣服を脱衣します(脱衣により、約9割の汚染を除去できます)。除染した人たちに、新しい着替えを提供する準備をしておく必要もあります。

2. 拭き取り

ぬれたガーゼやタオルなどで、汚染した部分を外側から内側に向かって拭き取ります。1回拭き取る毎にガーゼやタオルは交換します。鼻腔の汚染は鼻をかんだり、綿棒で拭き取ります。外耳道の汚染があれば、綿棒で拭き取ります。

3. 洗浄

石鹸で手指と顔面を洗います。(単純に石鹸や水で洗浄することで、残りの90%の皮膚の汚染を除去できます。脱衣と簡単な洗浄で99%の汚染を除去することができます。)

4. シャワー

水と洗剤(可能であれば)でシャワーします。頭髮は念入りに洗います。シャワー後の水は汚染しているため可能な限り回収します。なお、シャワーによる除染は逆に汚染を拡大する可能性が高いため、可能な限り上記の除染を試みて、シャワー除染は極力回避します。

参考資料



- 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（環境省）
<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo-01.html>
- 放射線リスクに関する基礎的情報（復興庁）
<http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20140603102608.html>
- 放射線被ばくQ&A（放射線医学総合研究所）
<http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php>
- 診療に役立つ放射線の基礎知識 被ばく医療に関するe-learning（放射線医学総合研究所）
http://www.nirs.go.jp/publication/rs-sci/e_learning/index.html