

講義「N（核物質・放射性物質）災害の基礎知識と活動要領」の実施報告

- 1 講師 応用分析技術系 上村実也
- 2 日時 平成24年11月14日 13:00～17:00（4時間）
- 3 場所 熊本県消防学校
- 4 科目 N（核物質・放射性物質）災害の基礎知識と活動要領について
- 5 概要

熊本県内の消防職員警防科入校の28名に対して、「N（核物質・放射性物質）災害の基礎知識と活動要領」に関する講義を実施した。

講義では、参考資料として別紙テキストを作成・配付するとともに、アラームメータ、サーベイメータ等の放射線測定器による放射線測定のデモンストレーションを行った。

これにより、消防職員のテロや事故等によるN災害発生時における知識を与えることができ、社会の安全性の向上に寄与したと考える。

(別紙テキスト)

N (核物質・放射性物質) 災害の基礎知識と活動要領について

熊本大学工学部 技術専門員 上村実也

1 はじめに

1995年3月20日の東京でのオウム真理教による地下鉄サリン事件をはじめ、2001年9月11日のアメリカ合衆国における航空機を使った同時多発テロ、2004年3月11日のスペイン列車爆破、2005年7月7日のロンドン地下鉄・バス同時爆破、2011年7月23日ノルウェー同時多発テロなど、世界の都市におけるテロが後を絶たない状況が続いています。

近年のテロは、攻撃対象の無差別化、被害の甚大化、手段の多様化（自爆テロ・化学兵器・生物兵器・核物質等）が進み、加害者もこれまでの「プロ」集団に限らず、「一般人」が非社会的活動に同調して過激化することで加害者になるケースも出てきています。

テロは「めったに起きない」と信じたい気持ちは理解できますが、防災に関わる者としては「必ず起きる」と考えて、日頃からテロへの対策を講じておく必要があります。

我が国では、「武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律（2006年9月17日施行 略称：国民保護法）」や「テロの未然防止に関する行動計画（国際組織犯罪等・国際テロ対策推進本部 2006年12月10日）」等の法令等が整備されています。



2 N 災害の特性

N (Nuclear : 核、Radioactive material : 放射性物質) 災害は、人の五感（視覚、嗅覚、触覚、聴覚、味覚）で察知することができず、また、放射能・放射線に関する知識の乏しさから、例えば、自然に存在する核種・数量の「放射性物質」が撒かれた場合であっても、報道等によって「放射能汚染」という言葉や文字によって人々を簡単に不安に陥れることができ、社会に混乱を来す特徴があります。また、放射性物質から受ける放射線の量によっては健康に悪影響を及ぼし、放射線を受けた個人の身体的影響（早期障害、晩発障害）、遺伝的影響、精神不安が起こる場合もあります。

放射線による被曝の形態には、放射性物質が人体の外側にあつて、それからの放射線によって被曝する「外部被曝」と放射性物質の吸い込みや飲み込み等によって体内に取り込まれた放射性物質からの放射線によって被曝する「内部被曝」があります。

N 災害の現場では、通常災害での活動とは異なる様々な目に見えない危険が存在します。そのため、円滑に活動を行うためには、特殊な装備資機材の活用が必要となります。しかし、常に万全の体制で災害活動に臨めるとは限りません。それらの装備がない場合でも、放射性物質などの特性と基本戦術を踏まえて、要救助者への対応、汚染の拡大防止や隊員の安全確保を図

ることが重要です。

3 被曝と汚染の違い

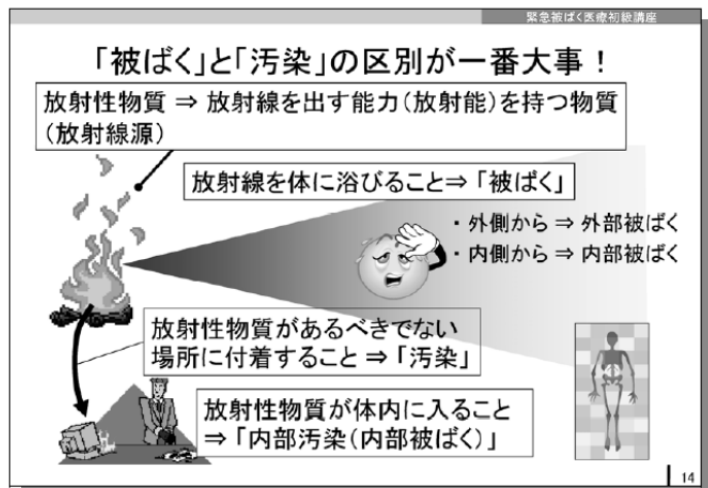
「被曝 (radiation exposure) 」とは、放射線に曝されること、「汚染 (radioactive contamination)」は、放射性物質で汚れるという意味です。

放射能 (radioactive) とは、①放射線 (radiation) を放出する性質や② (放射能) の強さ (原子核の単位時間当たりの壊変数: 1 秒間に何個の放射線を放出するか) のことで、放射線とは、放射能から放出されるエネルギー (電磁波又は粒子) のことです。放射線には、エックス線やガンマ線などの電磁波、並びにアルファ線、ベータ線、中性子などの粒子があります。

「外部被曝事故」のケースとして、「火力発電所で非破壊検査の実施中に線源容器内に放射線源が収納されていないことに気付かずに近づいたため、3 名の作業員が被ばくした。」事例を見てください。

この場合、「放射能 (放射性物質)」は、カプセルに密封されているので、周囲を「汚染」することはありません (火災が発生した際にはカプセルが溶ける可能性があるので「汚染」も考慮します。)。出勤の際には、サーベイメータ及びアラームメータ等の個人被曝線量計を携行します。現場に到着したら、サーベイメータで周囲の放射線量を測定し、その放射線量 (線量率 $\mu\text{Sv/h}$) と救出に要する時間の積から当該救護作業に伴う被曝線量 (μSv) を計算します。この値が、緊急作業時の被曝限度である通常消防活動時 (10mSv)、人命救助活動時 (100mSv) を超えないことを確認して通常の救護の方法により作業にあたります。この事例では「汚染」はありませんので、被救護者から二次的に被曝することはありません。

「汚染事故」のケースとして、「JR 駅で、研究所から持ち出された液体の放射性物質 (ヨウ素 125 他) がばらまかれた。」事例では、液体が付着した箇所は放射性物質で「汚染」しています。汚染した箇所からは、汚染除去が完了するまでの間、放射線の発生が伴います。不用意に汚染箇所に立ち入ると靴底も汚染して、歩き回るほどに汚染の範囲が拡大します。また、液体が揮発性のものである際には、放射性物質の呼吸による体内への吸入や皮膚からの浸透が起こり得るので、出勤の際には、サーベイメータ、アラームメータ等の個人被曝線量計に加えて手袋、マスク、防護服を携行・着用します。現場に到着したら、サーベイメータで周囲の放射線量を測定し、その放射線量 (線量率 $\mu\text{Sv/h}$) と救出に要する時間の積から当該救護作業に伴う外部被曝線量 (μSv) を計算します。この値に放射性物質の体内への吸収による内部被曝線量も加算して緊急作業時の被曝限度である通常消防活動時 (10mSv)、人命救助活動時 (100mSv) を超えないことを確認し、さらに、被救護者が汚染している可能性があるため、サーベ



出典: 緊急被ばく医療初級講座 (公益財団法人原子力安全研究協会)

タで被救護者の全身表面の汚染測定を行い、汚染部位を発見した際には汚染の拡大を防止する目的でその部位をビニルシート等で養生し、さらに搬送後の汚染除去に備えて担架や車両等の被救護者の身体が触れる可能性がある範囲を養生します。被救護者の汚染部位からの放射線によって二次的な被曝を低く抑えるために、なるべく汚染部位に近寄らないようにして医療機関へ搬送します。活動にあたった隊員や使用した装備についても、汚染測定を実施し、汚染があった場合には、水、お湯、化学洗剤等で除染を行います。除染の際に発生したウエスや廃水等については回収し専門業者（(社)日本アイソトープ協会）へ廃棄を依頼します。

以上のように、「汚染」の有無によって資機材や救護の方法が大きく異なります。

4 被曝の防護

放射線から身を守るためには、「外部被曝」並びに汚染がある場合にあっては「内部被曝」それぞれの防護について対策をとる必要があります。

「外部被曝」の防護対策としては、①放射線発生源からの「距離」をとる、②放射線に曝される「時間」を短くする、③放射線しゃへい物によって「しゃへい」する「防護の3原則」を用います。

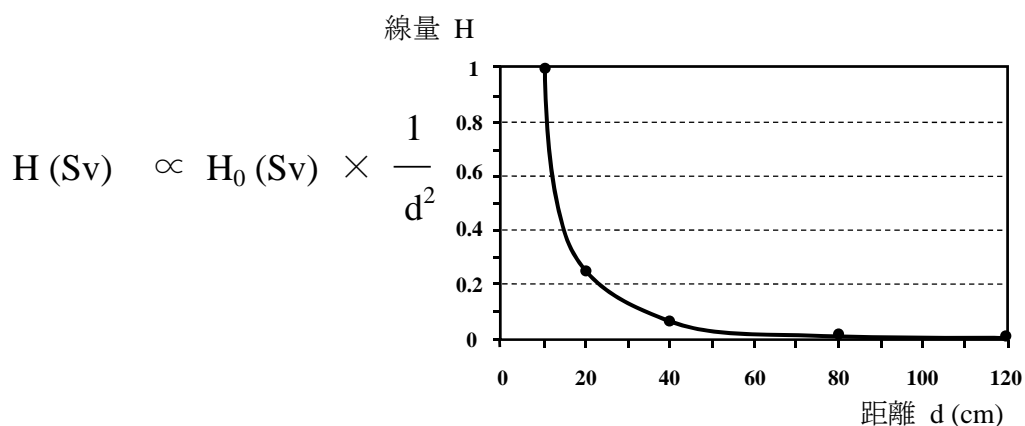
外部被曝で重要な放射線の種類は、エックス線、ガンマ線、中性子およびエネルギーの高いベータ線です（エネルギーが低いベータ線であっても元素番号の高い元素を用いた材料との相互作用によってエックス線が発生します。）。したがって、NBC 災害の現場にはサーベイメータを携行し、放射線の有無を確認する必要があります。測定の結果、放射線が確認されなかったら BC 災害の対応を行うこととなります。

アルファ線は紙1枚又は皮膚の表皮で吸収されて止まるため、外部被曝による影響はありません。

緊急作業を行う際には、速やかに「消防警戒区域」を縄張り、見張り人を置いて立入を制限します。また、放射線被曝を抑えるために「放射線危険区域」を設定し立ち入る隊員を特定します。

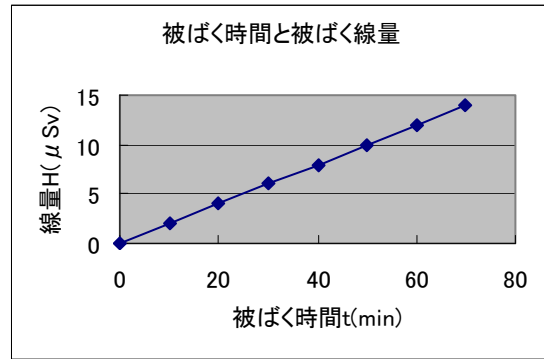
放射線危険区域内で緊急作業を行う際には、サーベイメータで線量を測定し、さらに隊員にアラームメータ等の個人被曝線量計を装着させて被曝線量を管理することで安全を確認します。

【距離】



【時間】

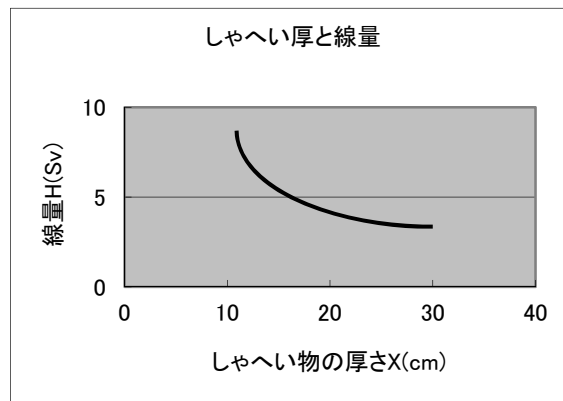
$$H(\text{Sv}) = \dot{H} \times t$$



【しゃへい】

$$H(\text{Sv}) = H_0 e^{-\mu X}$$

μ : 線源弱係数



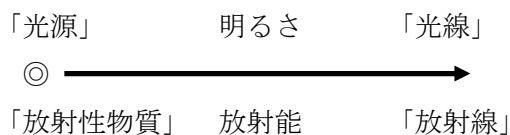
「内部被曝」の防護対策としては、体内への放射性物質の吸収を減らすためにマスクを着用するとともに、皮膚から浸透しないように手袋やタイベック等の防護服を着用します。

内部被曝で考慮すべき放射性物質はアルファ線とベータ線を放出する核種です。体内に取り込まれた際には、取り込まれた細胞や組織に全てのエネルギーを与えるために影響が大きくなります。

内部被曝線量は、体内への放射性物質の摂取量 (Bq) の推定値により計算します。体表面や、呼吸器官の粘膜に付着した放射性物質の採取 (バイオアッセイ)、事故現場の環境測定値、放出放射能の予測値により推定することになります。体内に入ってしまったアルファ線やベータ線は、透過力が弱いため、体表面を突き抜けることができません。そのため、サーバイメータやホールボディカウンタ等による体外測定法では測定できません。とにかく、放射性物質が体内に入る量をできる限り少なくする対策をとることが大切です。

5 「放射能」と「放射線」のちがい

「放射能」と「放射線」の関係は、「光源」と「光線」の関係と類似しています。



「放射能(radio-activity)」とは、「放射線(radiation)」を出す能力やその強さ(activity)を表現

する言葉です。放射能を持つ元素のことを「放射性同位元素(radioisotope)」といい、一般的には、「放射線」を出す物として「放射性物質」と呼びます。

「放射線」とは、空間や物体の中を高速で移動するエネルギーのことで、アルファ線、ベータ線、ガンマ線（エックス線）等の種類があります。

- アルファ線は、原子核からヘリウム原子がおよそ 1 秒間に地球（40000km）を約 1 周する速度で放射される粒子で、質量数が大きな種類（核種）から発生します。
- ベータ線は、原子核内の中性子が陽子に変わるときに原子核から電子が 1 秒間に地球を 7.5 周（エネルギーが約 1MeV 以上のもの）する光の速度に迫る速度で放射される粒子で、中性子の数が多い核種から発生します。
- ガンマ線は、アルファ線やベータ線の放射に続いて原子核から光の速度と同じ速度で放射される電磁波です。
- エックス線は、原子核外で発生する電磁波です。

6 放射線の性質

不安定な原子核（元素）は、放射線を放出してより安定な原子核へと変化する。これを原子核の「崩壊」または「壊変」といい、崩壊を起こす原子核を「放射性同位元素」または「放射性核種」といいます。

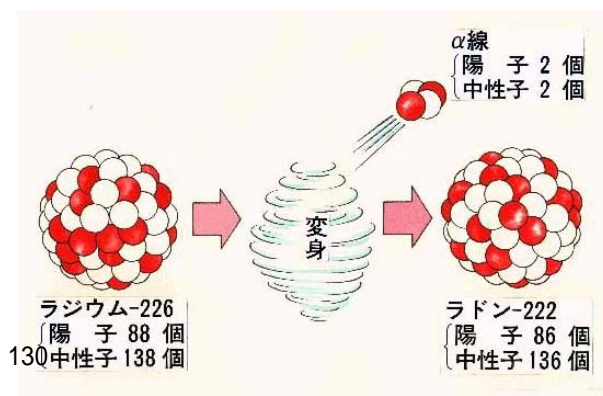
また、電氣的に荷電粒子（電子、陽子）を加速することにより発生する放射線もあります。身近にはレントゲン検査（医療や工業等で利用）に用いるエックス線装置があり、カレー毒物事件の解明、年代測定や素粒子や新元素の発見に用いられるサイクロトロン、シンクロトロン等技術を利用した放射光施設等によって発生させるものもあります。

原子力発電では、ウラン(^{235}U ：濃縮度 3~5%)やプルトニウム(^{239}Pu)の核分裂で発生する熱エネルギーを利用してタービンを回して発電しています。原子爆弾とは、ウランの濃縮度が低いこと、核分裂の制御を行うこと、5 つの壁（ペレット、被覆管、原子炉圧力容器、原子炉格納容器、原子炉建屋）で放射性物質を封じ込めていること、発電所周辺の放射線量を監視すること、非常の際に核分裂を停止できること等の違いがあります。平成 23 年 3 月 11 日の震災により、一部の配管が破断、津波によって冷却機能を喪失し、燃料棒の一部の破損・溶融が起きる等の深刻な事態が発生し、平成 24 年 9 月 19 日に発足した原子力規制委員会によって、今後の安全対策等の見直しが図られ、広範囲にわたる防災訓練の実施を含めた安全性を高める方策・基準が検討されています。

(1) アルファ線

主に質量数が 200 以上の原子核は、アルファ崩壊を行い、この際に原子核から He 粒子が放出されます。この He 粒子がアルファ線の正体です。

アルファ線は、+2 の電荷を持つため、クーロン力により物質内の原子を電離する能力が大きく、空気数 cm、紙 1 枚で遮蔽することができる。したがっ



て、アルファ線が体外から当たる際には、表皮で吸収されるので健康上の影響は少ないといえます。アルファ線を放出する放射性核種を体内に取り込んだ場合は、その周辺の細胞にエネルギーが吸収されるためその量によっては DNA 損傷が大きくなって、健康上の問

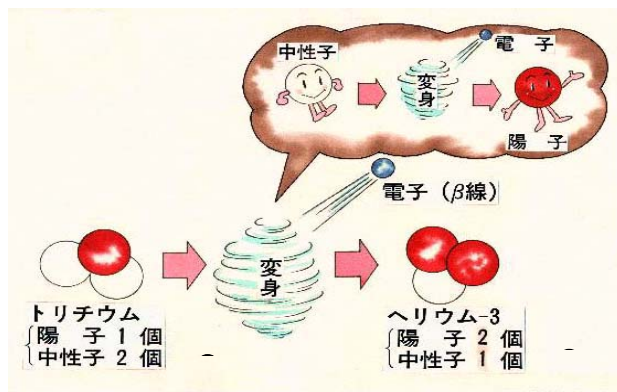
題を引き起こします。これを治療に応用して「アルファ線放出核種による癌の放射免疫治療」が考案されています。

(2) ベータ線

原子核内の中性子が過剰な放射性核種において、中性子が陽子に変わる際に原子核から電子が放出されます。これをベータ線といいます。

ベータ線は、マイナスの電荷（プラスの電荷を持つものも存在します）を持っていますのでクーロン力によって原子を励起したり電離したりします。また、物質の原子核近傍では運動エネルギーを大きく失うことに伴って制動放射線（X線）を発生します。プラスチック板 1cm 程度で遮蔽することができます。

ベータ線は、そのエネルギーによっては、体外からの被曝においても臓器にまで達する場合があります、その量によっては健康上の問題を引き起こします。

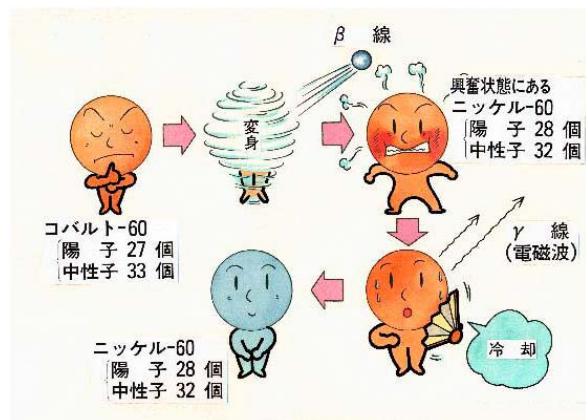


電氣的に電子を発生させた電子線は、気体の電離作用を応用した工場煙突からの排気中の有毒ガス (NO_x・SO_x) の除去に利用されています。

(3) ガンマ線

ガンマ線は、アルファ崩壊またはベータ崩壊を行った原子核が、アルファ線やベータ線を放出した後もエネルギーを有している際に放出される電磁波です。

ガンマ線は、波長が 10⁻¹²m 以下の電磁波なので、物質の透過力が優れています。緊急時に装着する防護服は、身体の汚染を防止する機能はありますが、ガンマ線のしゃへい効果はなく、被曝線量によっては、体外からの被曝に伴って健康上の影響が現れます。



ガンマ線は、この透過力を利用してガンマ線透過写真（ジェットエンジンの亀裂等の検査等）、危険物タンクの液面計や癌の治療等に利用されています。

7 身の回りの放射能・放射線

私達が暮らす地球の誕生を考えてみることにします。

地球は、およそ 1 億年かけて宇宙に漂うガスや塵が激しく衝突したり合体していき、次第に自らの重力により周りの微惑星を引き寄せて成長することで今から 46 億年前に出来上がりました。

特に重たいウラン(U)やトリウム(Th)などは、地球内部に沈み込んでいて、その後の地殻変動によって地表から深い位置や浅い場所または海水中に存在しています。

原子番号 82 の鉛(Pb)以上の元素にはすべて天然の放射性核種 (radionuclide)が存在し、原子番号 84 のポロニウム(Po)以上の元素にあってはすべてが放射性核種です。これらの放射性核種は、ウラン系列、トリウム系列、アクチニウム系列のいずれかに帰属します。

ウラン系列は、ウラン(^{238}U)半減期 (放射能が半分の値になるまでの時間) が約 45 億年から始まってトリウム(^{230}Th)、ラジウム(^{226}Ra)、ラドン(^{222}Rn)、鉛(^{210}Pb)、ポロニウム(^{210}Po)などを経て安定な核種である鉛(^{206}Pb)に至ります。

トリウム系列は、トリウム(^{232}Th)半減期が 141 億年から始まり、トリウム(^{228}Th)、ラジウム(^{224}Ra)、ラドン (トロン) (^{220}Rn)(Tn)などを経て安定な核種である鉛(^{208}Pb)に至ります。

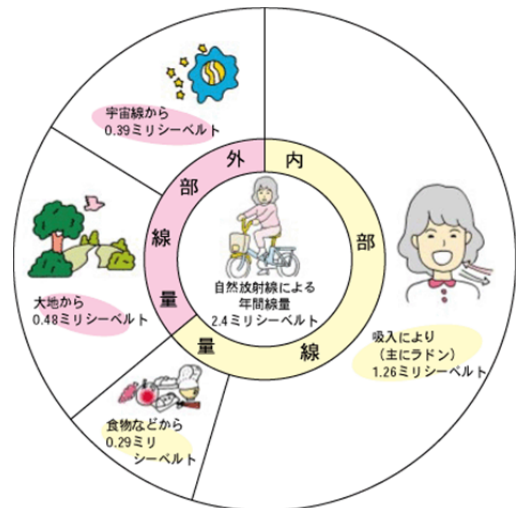
アクチニウム系列は、ウラン(^{235}U)半減期が 7 億年から始まり、プロトアクチニウム(^{231}Pa)、アクチニウム(^{227}Ac)、ラジウム(^{223}Ra)、ラドン(^{219}Rn)などを経て安定な核種である鉛(^{207}Pb)に至ります。

このように系列を作る天然の放射性核種以外にもカリウム(^{40}K)、ルビジウム(^{87}Rb)、インジウム(^{115}In)、ランタン(^{138}La)、ネオジウム(^{144}Nd)、サマリウム(^{147}Sm)、ルテチウム(^{176}Lu)、タングステン(^{180}W)、レニウム(^{187}Re)、白金(^{190}Pt)、ビスマス(^{209}Bi)などがあり、これらの放射能の半減期は 10 億年以上です。地球内部はこれらの放射能の崩壊熱によって熱い状態が続いています。

また、地球に降り注ぐ高エネルギーの放射線 (宇宙線) が大気上層部の酸素、窒素、アルゴンの原子核と衝突することでその原子核を破壊 (破碎反応(spallation reaction)) し、 μ 粒子、電子、光子、原子核成分や中性微子などを発生し、破碎反応の結果、トリチウム(^3H)、ベリリウム(^7Be 、 ^{10}Be)、炭素(^{14}C)、ナトリウム(^{22}Na)、珪素(^{32}Si)、リン(^{32}P 、 ^{33}P)、硫黄(^{35}S)などが生成され、大気の循環によって海水、土壌、空気等に混じって存在しています。さらに、地殻に存在するベリリウム(Be)やホウ素(B)のような軽い元素に天然の放射性核種からのアルファ線との核反応によって中性子を発生しています。ウラン(^{238}U)やトリウム(^{232}Th)などは自発核分裂を起こして中性子を発生しています。これらの中性子によってトリチウム(^3H)、炭素(^{14}C)、塩素(^{36}Cl)、ネプツニウム(^{237}Np)やプルトニウム(^{239}Pu)等が作られています。



以上の自然の放射線以外に、石炭、天然ガス、液化石油ガス等の燃焼によるラドン(^{222}Rn)の増加、舗装道路やコンクリート製建材に含まれる天然放射性核種（特にラドン(^{222}Rn 、 ^{220}Ra)は換気の悪い室内に充満)、リン酸肥料に含まれる天然放射性核種（施肥によって土壌、農作物、水等へ移行）や航空機搭乗や宇宙ステーション滞在によって宇宙線による暴露量が増加（高度 1500m 毎に約 2 倍の割合で増加）等の人間活動によって増加するもの (TENR: Technology Enhanced Natural Radiation)があります。



このように、地球上には多くの「放射能」、「放射線」が身近に存在しており、自然の放射線による 1 年間における線量の世界平均は、大地から 0.48、宇宙線から 0.39、食物から 0.29、ラドンの吸入 1.26、合計 2.4 ミリシーベルト(mSv)といわれています。

8 何事も「量」で決まる

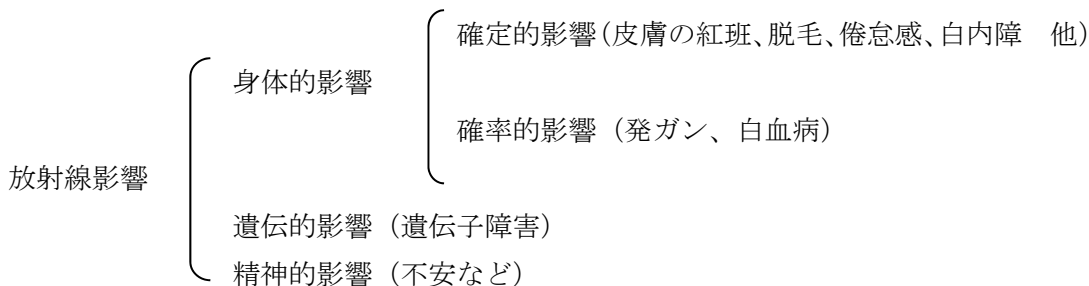
身の回りの放射線に被曝したことが原因で病気になったという話は聞いたことがないと思います。

放射線に限らず、私達の身の回りには多くの有害物質で溢れています。自然のものならば良くて、人工的なものは悪いという風潮がありますが、「トリカブト」は高原に自生する多年草で、その根は特に毒成分が多く、アコニチンは中枢神経の麻痺作用があり、ヒトの致死量は 3-4mg 毒性が強い特徴があり、ボツリヌス菌は土壌に生息しており、ヒトの致死量は 0.1-5.0 $\mu\text{g/Kg}$ で、ボツリヌス食中毒の発生について多数報告されていますし、鎮痛剤や風邪薬等のお薬も、多量に服用することによって悪影響が現れます。このように「放射線」についても、被曝の「量」が重要であるといえます。

9 放射線の人体に与える影響

放射線が人体に当たると、その瞬間に物理的な作用が起こり、これにより生物学的な影響が起こる場合と放射線が当たった後、数時間内に起きる化学的な変化により生物学的な影響が起こる場合があります。

放射線の人体への影響は、いずれの場合もDNA損傷によるもので、次のように分類されています。



確定的影響は、症状が現れる被ばく線量にしきい値があつて被ばく線量が増す毎にその症状が悪化するもので、確率的影響は、しきい値はなく被ばく線量が増す毎にガンや白血病が発生する割合が高くなるというものです（発生確率は「個人」のものでなく、同じ量被曝した「集団あたり」のものです。）

放射線による影響は、組織や年齢による放射線感受性が寄与しており、一般に分裂の盛んな細胞、若い細胞の多い組織ほど放射線感受性が高く、青壮年よりも小児、小児よりも乳幼児の方が放射線感受性が高いとされています。40歳以上の成人にあつては、ほとんど甲状腺ガンのリスクは無くなります。

放射線の人体への影響も、風邪をひいた時に飲む薬と同様に適量（数十 mSv 程度）であれば細胞の活性化や免疫機能の改善が起こり、症状を緩和したり、ガンの発生を抑制したり寿命が延びるという報告（放射線ホルミシス）もありますが、低線量の被曝による影響については明らかになっていません。現在のところ、250(mSv)以下の量の放射線被ばくでは臨床的な所見を得ることはできず、7~10(Sv)以上の被ばくでは死亡するとされています。

放射線の全身均等被曝の場合の死亡（低 LET 放射線）

線量(Gy)	影響	死亡までの期間(日)
3~5	骨髄障害(LD50/60)	30~60
5~15	消化管・肺障害	10~20
15<	神経系障害	1~5

放射線の各組織等への被曝による影響・しきい線量（低 LET 放射線）

対象の組織・臓器	影響	急性被曝線量(Gy)	慢性被曝線量(Gy/y)
精巣	一時的不妊	0.15	0.4
	永久不妊	3.5~6	2.0
卵巣	永久不妊	2.5~6	0.2
水晶体	白内障 低 LET	2.0~10	0.15
	高 LET	0.6~5	
造血臓器	水晶体混濁	0.5~2	0.1
	機能低下	0.5	0.4
皮膚	紅斑	5	
	水疱	20	
	潰瘍	50	

10 リスク

リスクとは、積極的な行動を行う上で「危害または損失の起こるおそれがあること」あるいは「危害または損失の起きる程度（確率）」のことです。人が行動するときには、どのような場合でも危害や損失の可能性が伴いますのでリスクはゼロということはありません。自宅に居続けたとしても、火災、天災等によるリスクがあり、歩いて躓くこともあるでしょう。家を一歩出ると、交通事故によるリスクが伴います。社会で大事故が起きるとリスクに対して敏感になり、同じような大事故の報道がなくなると私達の記憶から消え去ってリスクの評価も下がっていきます。

「放射線」についてはどうでしょうか。わが国では原子爆弾による被害を受けた経験があり、原子力発電所のトラブルや事故等が報道され続けており、これに今回の緊急事態が起こったことにより「放射線」にして本質以上にリスクを高く感じる傾向があるようです。また、「放射線」は五感（見る、嗅ぐ、聞く、触る、味わう）に感じないことや「放射線」についてあまり知らないことから、正しく恐れることができないものと思われまます。国立がん研究センターの解析によると、放射線を100ミリシーベルト程度被曝した場合には、がんによる致死率が0.5%増えるが、この割合は受動喫煙や野菜不足によるものと同程度であると報告しています。

放射線による被曝については、確定的影響（白内障、皮膚炎等）の発症を阻止し、確率的影響（ガン）の発生確率を容認できる発生率（他のリスク以下）までに抑えるという考え方に基づいて法令により「線量限度」が決められています。「線量限度」とは、この値を超えなければ健康被害がないということではなく、被曝線量をこの値よりも可能な限り低く抑えるという解釈をします。

日本における日常生活上のリスク

原因	年間全死亡者数	リスク係数	何人に1人死亡するか
自動車事故	12,919	1.1×10^{-4}	9,289
上記以外の交通事故	1,334	1.1×10^{-5}	89,955
中毒	796	5.6×10^{-6}	150,754
墜落	4,069	3.4×10^{-5}	29,484
火災	1,259	1.0×10^{-5}	95,238
天災	242	2.0×10^{-6}	495,868
溺死	3,188	2.7×10^{-5}	37,618
窒息	2,398	2.0×10^{-5}	50,021

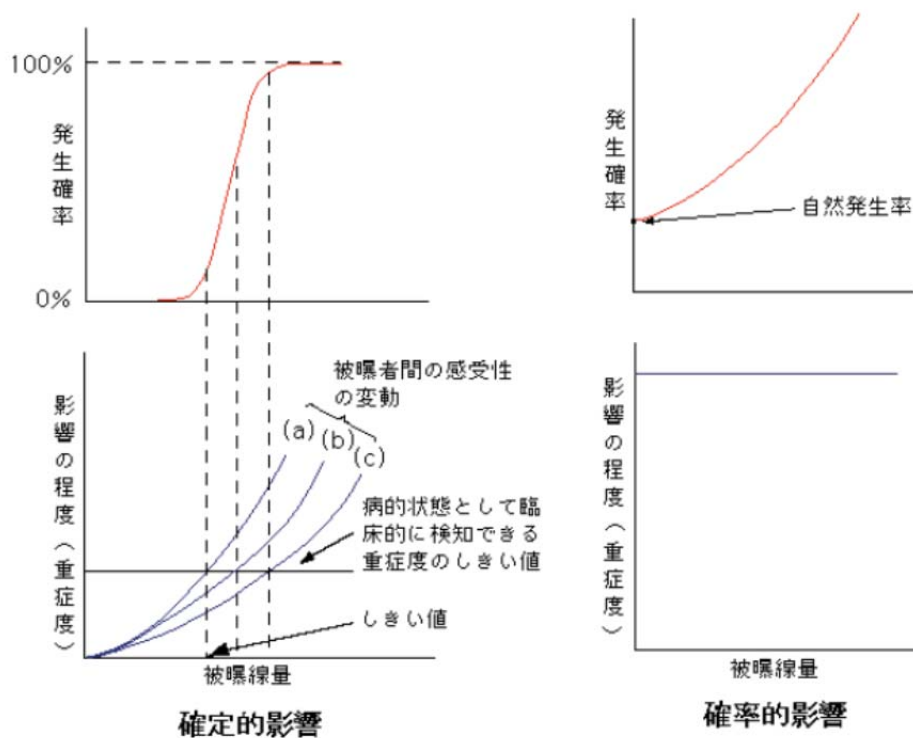
【出典】岩崎民子 放射線のリスクの現状 からだの科学(1987)

放射線リスク推定値(ICRP1990)

(1) 低LET放射線			
影響	被曝時期	照射形式	リスク
胎児被曝 IQ低下 重度精神遅滞	受胎後 8-15週 受胎後 8-15週	高線量 高線量率 高線量 高線量率	IQ30低下 (Sv当り) $4.0E-2/Sv$
遺伝的影響 多因子性疾患を含む 重篤な遺伝性疾患 平衡時	(生殖可能な 30年間)	低線量 低線量率	$1.0E-2/Sv$
発癌 致死性癌(労働人口) 致死性癌(一般公衆) 各器官、部位ごと 皮膚癌(致死性)	生涯 生涯 生涯	低線量 低線量率 表2参照 低線量 低線量率	$4.0E-2/Sv$ $5.0E-2/Sv$ $2E-4/Sv$

(2) 高LET放射線
高LET放射線の各リスクは、低LET放射線のリスクと、対象とする放射線の放射線荷重係数(WR)の積と考える。但しα放射体による肺癌死亡リスクはラドンによる致死性肺癌 $(1\sim4)E-2/WLM$

注) 表中のE-2: 10^{-2} , E-4: 10^{-4} と同じ



法令の定める放射線を利用する人（放射線業務従事者）に対する線量限度

区分		線量限度
実効線量	(1)5年間蓄積線量(注1)	100mSV/5年間
	(2)年間線量	50mSV/年
	(3)妊娠可能な女性	5mSV/3ヶ月
	(4)妊娠中の女性	1mSV/出産まで
等価線量	(1)眼の水晶体	150mSV/年
	(2)皮膚	500mSV/年
	(3)妊娠中の女性の腹部	2mSV/出産まで

※ 事故・緊急時：100mSv（放射線業務従事者）

※ 公衆の線量限度：1mSv/年（医療での被曝を除く。）

※ 消防：通常消防活動時（10mSv）、人命救助活動時（100mSv）

1.1 放射線の測定

放射線の測定には、放射線が物質に入射した際の相互作用によって起こる物理的又は化学的反応を利用します。放射線が物質に入射した際には、当該物質の原子が電離されたり励起されたりします。さらに物質によっては2次的に発光したり化学反応を起こします。

① 気体の電離作用を利用した測定

放射線が気体中に入射した際には、放射線によって気体が電離されイオンが発生します。このイオンが電極に届いた際の電流又は電圧パルスを経電的に測定します。

発生する電流から線量を測定する「電離箱」と、電圧パルスを測定する「GM管」や「比例計数管」があります。「電離箱」はエネルギー特性は優れていますが、感度が鈍く比較的高い線量の測定に利用します。「GM管」式のサーベイメータはN災害時における汚染の測定に利用されています。エネルギー特性は劣りますが、感度は良好でベータ線（ガンマ線）放出核種による汚染が測定可能です。ただし、アルファ線や低エネルギー（100keV以下）のベータ線は測定できません。また、高計数率（1000cps以上）の場所では応答しません。「比例計数管」は、イオンの量を比例増幅した信号を作り出すことによって線量を測定します。「比例計数管」には、アルファ線、ベータ線、中性子が測定できるものがあり、高計数率の測定

②表面汚染測定〔サーベイメータ〕

線種	形式	検出器	測定範囲
α線	シンチレーション式 サーベイメータ	ZnS(Ag) シンチレータ	1~100k [min ⁻¹] (1分間当りの計数)
β(γ)線	GM管式 サーベイメータ	GM計数管	10~100k [min ⁻¹] (1分間当りの計数)
	シンチレーション式 サーベイメータ	プラスチック シンチレータ	30~100k [min ⁻¹] (1分間当りの計数)

13

も可能です。

② 固体・液体の励起作用を利用した測定

放射線が固体や液体に入射すると、当該物質中の原子が励起された後に基底状態に戻ります。この課程で放射線のエネルギーによって励起された分に比例した波長の蛍光を發します(シンチレーション scintillation)。この光を電気信号に変換して入射した線量やエネルギーを測定します。

NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータは N 災害時における線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) の測定に使用します。エネルギーが 50keV~3MeV 程度のガンマ線の線量が測定できます。

①空間線量率測定〔サーベイメータ〕			
	形式	検出器	測定範囲
γ線	NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ	NaI(Tl)シンチレータ	自然放射線※~ 30 $\mu\text{Sv/h}$
	電離箱式サーベイメータ	電離箱	1 $\mu\text{Sv/h}$ ~1Sv/h
	GM管式サーベイメータ	GM計数管	0.1 $\mu\text{Sv/h}$ ~ 300 $\mu\text{Sv/h}$
中性子線	中性子用サーベイメータ	³ He比例計数管	0.01 $\mu\text{Sv/h}$ ~ 10mSv/h

※自然放射線:0.08 $\mu\text{Sv/h}$ 程度(日本平均)

1 2 災害活動の要点

NBC 災害のおそれがある場合には、個人被曝線量計、防護服、マスク等を装着するとともに、放射線は人間の五感では察知できないことから、災害現場に到着した際には、当該事業場等の担当者が居る場合には災害の状況を聴取するとともに、まず、サーベイメータを用いて放射線の有無を測定することで N 災害であるか否かを見極めることが重要です。

N 災害であることを確認した際には、要救援者の身体の汚染の有無を測定し、汚染があれば、その汚染の範囲が拡大しないように汚染した部位や担架・車両等の養生を行ってから指定の病院へ搬送します。続いて(または平行して) BC 災害であるか否かを確認して活動を行います。

項目	内容	装備等
1 警戒区域の設定	周辺住民等の立入を制限	縄張り、標識、コーン等
2 指揮隊本部での事情聴取	当該事業所責任者等から施設などの実態や被ばく危険、汚染の発生、被害の拡大・延焼危険の観点から、災害の実態を把握し、適切な進入ルートを選定、隊員の活動可能時間、消火方法等を決定・伝達する。	当該事業所から、施設構内図、建物間取図を入手する。 放射線測定器、個人被曝線量測定器を借用する。
3 放射線危険区域の設定 線量が 0.5mSv/h 以上の場所	当該事業所責任者等からの事情聴取に基づいて放射線危険区域を設定する。	縄張り、見張り人等 放射線測定器、防護服、呼吸保護具、個人被曝線量測定

又は 汚染のおそれがある場所	放射線危険区域に立ち入る隊員全員が個人被曝線量測定器を付ける。汚染のおそれがある際には、防護服等も着用する。	器、ビニル袋、ビニルシート、ラップ、油性ペン、ハサミ、養生テープ、除染シャワーテント(準放射線危険区域に設置)
4 協力要請	当該事業所責任者等に要救助者の救助、汚染者の除染、放射線測定、放射性物質の安全な場所への移動等について協力を要請する。	
5 要救助者の救助	まず汚染の有無を放射線測定器で確認する。汚染がなければ通常の活動を行い、汚染があれば、要救助者の様態をみて余裕があれば除染シャワーテントで汚染を取り除く。(衣服であればその部分をハサミで切り取る)。その後、医療機関へ搬送する。様態をみて余裕がなければ、毛布等で汚染箇所を包むことで汚染が広がらないようにして搬送する。	
6 諸消防活動	指揮隊本部の指示により諸消防活動を展開する。	状況に応じて、防火衣・簡易型防護服の併用又は放射能防護消火服を着用する。 さらに、放射線危険区域への進入は、防護服、呼吸保護具、個人線量計などを装着する。原則として事業所の関係者を同行させ、隊員の十分な被曝管理を行う。
7 撤収	指揮隊本部の指示で撤収する。	放射線危険区域内で使用した資機材及び同区域内に立ち入った者の汚染検査を行う。この際、当該事業所責任者等へ協力を要請する。汚染物(シャワー廃水含む)は回収し、当該事業所に適切に処理するよう依頼する。

1.3 熊本県で想定されるN災害と予防

熊本県においては、原子力発電所は立地していませんが、佐賀県、鹿児島県及びアジア各国に立地する原子力発電所の事故や、テロによる核・放射線攻撃による影響は否定できません。

また、放射性物質、核燃料物質、サイクロトロン、X線装置等については、病院をはじめ、工場、大学、研究所等で広く利用されており、これらの事業所では、火災や地震等による災害、または、放射性物質等の輸送中の事故、盗難等によりN災害の発生が起きるおそれがあります。

一般火災等と同じように、「予防」と「訓練」が重要であると考えます。具体的には、①管内の事業所が所持している放射性物質等を把握し、②事業所に対して厳重な線源管理と立入管理の徹底を指導・要請し、③災害発生を想定した協議・訓練を実施することが考えられます。

(参考文献等)

放射線概論－第1種放射線試験受験用テキスト－ 石川友清著(1998)

ICRP1990年勧告－その要点と考え方－ 草間朋子(1991)

医学のための放射線生物学 坂本澄彦・佐久間貞行(1988)

放射線技術学シリーズ－放射線物理学－ 遠藤真広・西臺武弘(2006)

ICRP Pub.96 放射線攻撃時の被ばくに対する公衆の防護 (社)日本アイソトープ協会(2011)

電気事業連合会 HP－原子力発電－ <http://www.fepc.or.jp/learn/hatsuden/nuclear/index.html>

日本の環境放射能と放射線 <http://www.kankyo-hoshano.go.jp/>

eカレッジ防災・危機管理 <http://www.e-college.fdma.go.jp/index.html>

放射性物質災害(N災害)における隊員の防護についての考察 福岡市消防局(福岡)城 剛司
武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/hogohousei/hourei/hogo.html>

環境防災Nネット <http://www.bousai.ne.jp/vis/torikumi/index02.html>

緊急被ばく医療研修のページ <http://www.remnet.jp/index.html>

東京都NBC災害対処マニュアル【概要版】平成16年3月 東京都