

d-ペニシラミン (D-penicillamine)

1. 商品名(規格) 2,3)

メタルカプターゼ 1カプセル中 50mg、100mg <大正製薬>

2. 適応 1)2)8)

銅、鉛、水銀、ヒ素中毒

[注意]本邦で医薬品としての適応は、ウイルソン病と慢性関節リウマチのみである。2) 金属中毒には適応外使用となるので、医師の責任の下に使用する。

使用開始基準：症状があれば、キレート療法を始める。7)

銅中毒：急性暴露状態であるウイルソン病の治療薬であり、急性中毒症例における

使用経緯は少なく、有効とのデータは急性中毒症例に対するものである。13)

症状がない場合、血液または尿の銅濃度が判明後始めても遅くはない。7)

(正常値 105-230 $\mu\text{g/dL}$)

鉛中毒：ジメチルカプロールとCaNa2EDTA又はCaNa2EDTA単独による治療に続いて、しばしばペニシラミン投与が行われる5)。

鉛暴露のない状況で、自宅療養として経口投与することがある。効果が低く副作用があることから、サクシマー (succimer) の方が経口剤として適している。13)

水銀中毒：初期治療の開始と同時にできるだけ早く始める。7)

3. 作用機序

生体内で重金属とキレート複合体を作り、組織や重要な酵素と金属との結合を妨げ、体外への重金属の排泄を促進する。

銅中毒ではペニシラミンの投与により、本剤2分子が血清銅1分子と結合して可溶性のキレートを作り、銅の尿中排泄が促進される。更に血清銅濃度の減少に伴い、組織内の銅が血清中に遊離し、脳、肝、腎、角膜などに銅が沈着するのを防ぐ。5)

4. 用法・用量

1~2g/日 空腹時3~4回経口投与 5~10日間投与14)

成人：15~40mg/kg/日 最高250~300mg4回まで 食前空腹時に経口投与。1)

小児：20~30mg/kg/日 食前空腹時に1回~2回経口投与。1)13)

・鉛中毒

成人：250mg/回を1日4回(最高40mg/kg/日まで)を最長5日間、空腹時に経口投与。18) 既に脳障害を現わし、血中鉛濃度が60 $\mu\text{g/dL}$ を越えており、骨中に鉛が蓄積していることがレントゲンで確認されている場合は、1日量500~750mgを2ヶ月間あるいは鉛の尿中排泄が500 $\mu\text{g/日}$ 以下になるまで続ける。6)

小児：上記投与を血中鉛濃度が60 $\mu\text{g/dL}$ 以下になるまで続ける。1)

・水銀中毒：1日量0.5~1.5gを4回に分けて3~10日間経口投与、尿中の水銀量を測定し、必要なら10日の間隔をあけて、再び投与する。7)

5. 使用上の注意 2)3)4)

・無顆粒球症等の重篤な血液障害等が起こることがあるので、留意する。

・次の患者には投与しないこと。

(1)血液障害のある患者

血液障害が報告されており、症状を悪化させる可能性がある。

(2)腎障害のある患者

腎障害が報告されており、症状を悪化させる可能性がある。

(3)SLEの患者

SLE様症状の発現が報告されており、症状を悪化させる可能性がある。

(4)成長期の小児で結合組織の代謝障害のある患者。

6. 参考文献

1)POISINDEX:D-PENICILLAMINE, DRUGS USED IN TOXICOLOGY, vol.1.105,2000

2)日本医薬情報センター編:医療薬日本医薬品集 2000年版,薬業時報社,1999

3)メタルカプターゼ(R)インタピュフォーム;大正製薬株式会社,1996

4)METALCAPTASE(R)添付文書;大正製薬株式会社,1995

5)田中潔編:現代の薬理学,金原出版,1988

6)上條ら監訳:グッドマン・ギルマン薬理書(下),広川書店,1986

7)内藤裕史:中毒百科,南山堂,1991

8)Jenny Pronczuk de Garbino et al : Evaluation of Antidotes : Activities of the International Program on Chemical Safety, Clinical Toxicology, 35(4):333-343, 1997

9)高橋宏、他 : 月刊薬事, 29, 653-656, 1987

10)Runack BH & Spoerke DG(eds):COPPER SULFATE. POISINDEX® Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, Vol. 97, 1998.

11)鉛中毒,中毒:メデイカル葉出版, 1985:145-153

12)内藤裕史:中外医薬 シリーズ中毒の救急処置: MEDICAL CHUGAI

13)Poindex management, Lead, COPPER, POISINDEX® Information System, MICROMEDEX, Inc., Colorado, Vol. 105, 2000.

14)日本臨床,49巻・1991年増刊号,1352~1354

エドト酸カルシウム二ナトリウム (Calcium Disodium Edetate :Ca-EDTA)

1. 商品名(規格)

ブライアン注：1アンブール(5mL)中 1g <日新製薬>

2. 適応

鉛による中毒の効果は確認されている。重鉛には有効例及び無効例の報告があり、他の重金属については報告がない 2)

使用開始基準：

1) ジメチルプロローイム(BAL)とエドト酸カルシウム二ナトリウムの併用療法 2, 3, 4, 5)

・ なんらかの症状 (脳症または昏眼、食欲不振、腹痛、便秘、嘔吐、筋痛、脱力等) がある場合、

・ 成人：無症状でも血中鉛濃度 $>100 \mu\text{g/dL}$ の場合、

・ 小児：無症状でも血中鉛濃度 $\geq 70 \mu\text{g/dL}$ の場合 3)

2) エドト酸カルシウム二ナトリウムの単独投与

・ 成人：無症状でも、血中鉛濃度が $80 \mu\text{g/dL}$ 以上の場合、投与する。40-79 $\mu\text{g/dL}$ で FEP (free erythrocyte protoporphyrin-遊離赤血球プロトポルフィリン) $>60 \mu\text{g/dL}$ 以上の場合、鉛動員試験を行い、明白であればキレート療法を行う。3)

・ 小児：無症状でも、血中鉛濃度が45-69 $\mu\text{g/dL}$ の場合。

血中鉛濃度が25-44 $\mu\text{g/dL}$ の場合は、 Ca^{2+} が Ca^{2+} による鉛動員試験で明白な場合。3)

(注)鉛動員試験:エドト酸カルシウム二ナトリウムを 20mg/kg または成人の場合 1g を、5%ブドウ糖に溶解し、1時間かけて点滴静注し、12時間後に同量を繰り返し投与し、24時間の尿中鉛濃度を測定する。

正常値は37~172 $\mu\text{g}/24$ 時間である。5)

3. 作用機序

体内 (臓器、血液中) において Pb^{2+} と結合し、 Ca^{2+} との置換作用により水溶性の鉛錯塩となり腎より体外に鉛を排泄する。

4. 用法・用量

いずれのキレート療法も充分な尿量があることが前提なので、腎機能が低下している場合は血液透析を併用する。5)

1) ジメチルプロローイム(BAL)とエドト酸カルシウム二ナトリウムの併用療法

①ジメチルプロローイムの初回量(通常成人1回2.5mg/kg)を筋注 5)

②4時間待って尿量が十分あることを確認した後、エドト酸カルシウム二ナトリウムの点滴静注を開始

・ 最初の5日間：成人 1回 1アンブール (=1g) /250~500mL (5%ブドウ糖注射液または生理食塩液)を1時間かけて点滴静注、1日2回 1,5)

小児 1回量は体重15kg 当り0.5g以下、1日2回点滴静注。但し、15kg 当り1日1g以下とする。5)

・ その後必要があれば (血中鉛濃度 $\geq 50 \mu\text{g/dL}$ なら 5)) 2日間休薬してさらに5日間点滴静注する。1)

2) エドト酸カルシウム二ナトリウムの単独投与

・ 最初の5日間：成人 1回 1アンブール (=1g) /250~500mL5%ブドウ糖注射液または生理食塩液を1時間かけて点滴静注、1日2回 1,5)

小児 1回量は体重15kg 当り0.5g以下、1日2回点滴静注。但し、15kg 当り1日1g以下とする。1)

・ その後必要があれば (血中鉛濃度 $\geq 50 \mu\text{g/dL}$ なら 5)) 2日間休薬してさらに5日間点滴静注する。1)

5. 使用上の注意

・ 注射剤は特に用法・用量に留意し、投与方法は点滴静注だけとする。嚥下により重大な結果を招くこともあるので、1日量を越えて使用しない。1)

・ 急速に静注すると、頭蓋内圧上昇を引き起こすことがある。3)

・ 5日間以上投与すると、他の栄養素や心不全を起すことがある。4)

・ 本剤は亜鉛をキレートするので、血中亜鉛が正常値に戻るまでの間、本剤治療後に亜鉛を投与する。2)

・ 本剤は鉄をキレートするので、鉄貯蔵量、フェリチンが少ない場合は、本剤治療後に鉄剤を投与する。2)

6. 参考文献

1. ブライアン注：エドト酸カルシウム二ナトリウム：日新製薬(株)

2. POISONINDEX:DRUGS USED IN TOXICOLOGY, LEAD 84th EDITION, 1995

3. Matthew, J. E. & Donald, G. B. :Medical Toxicology, Elsevier, 1997.

4. Goldfrank, L. R. et al.:Toxicologic Emergencies, 3rd edition, Appleton-Century-Crofts, 1986

5. 内藤裕史:中毒百科, 南山堂, 1991

6. 藤原元始, 他監訳:グットマン & ギルバ薬理書(下) 薬物治療の基礎と臨床, 広川書店, 1992

7. Haddad L. M. et al.:Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose, Saunders, 1990

8. 日本医薬情報センター:医薬品日本医薬品集, 薬業時報社, 1994

9. RTECS, VOL. 21, 1994

机上演習（プレホスピタル機関連携）

大阪府立急性期・総合医療センター
救急診療科

主任部長 池内 尚司

佐賀大学医学部 危機管理医学講座

教授 奥村 徹

東京地下鉄サリン事件は、わが国で唯一の化学機動中隊という化学災害専門部隊をもち、医師の常駐する中央管制システムにより情報が全都一元的に管理されている東京消防庁の管轄下で発生した。東京都は当時すでに救急救命士制度も行き渡っており、1,000人を越える救急隊員とのべ100台を越える救急車が15の被害駅に動員された。その奮闘ぶりは犠牲的、献身的で、決死の活動であった。しかし、後々指摘されているように決してスムーズに対応できたわけではなく、様々な教訓を残した。

化学兵器によるテロや毒劇物を用いた事件は予測できない状況下で発生する。救助や現場除染等の事件現場での直接対応は医療従事者の守備範囲外であるが、関連組織の体制、情報の伝達経路、ならびに情報共有による対応システムの構築過程を理解することは、大規模化学災害に対する思考回路を組み立てるのに、ぜひ、必要である。

本机上演習では、設定された事件をもとに、討論を行い、各組織の対応体制に関する基本的な考え方の理解を深めたい。

今回の設定では、地方の中核都市で新幹線の開通記念式典の最中に、大規模なサリンテロ事件が発生したという想定である。発災直後の極めて短時間になされるべきことは非常に多いが、今回は”情報”に主眼を置きディスカッションしていただく。警察、消防、自衛隊、厚生労働省、保健所にとって必要な情報は何か、その情報はどのように統合され具体化されるか、連携モデルと比較してどの部分に欠陥がでるか、医療従事者が必要とする情報はどの程度入手可能かなどが具体的な論点となる。

化学災害には独特の除染やトリアージの基準があり、救助者の二次災害も考慮しなければならず、まだまだ学問的にも不確定な要素が多い。フロアからの積極的な討論参加を期待している。

状況設定 (地図参照)

都市設定：内陸部、人口40万人の地方中核都市 X市。北側東西は山、東側に1級河川。

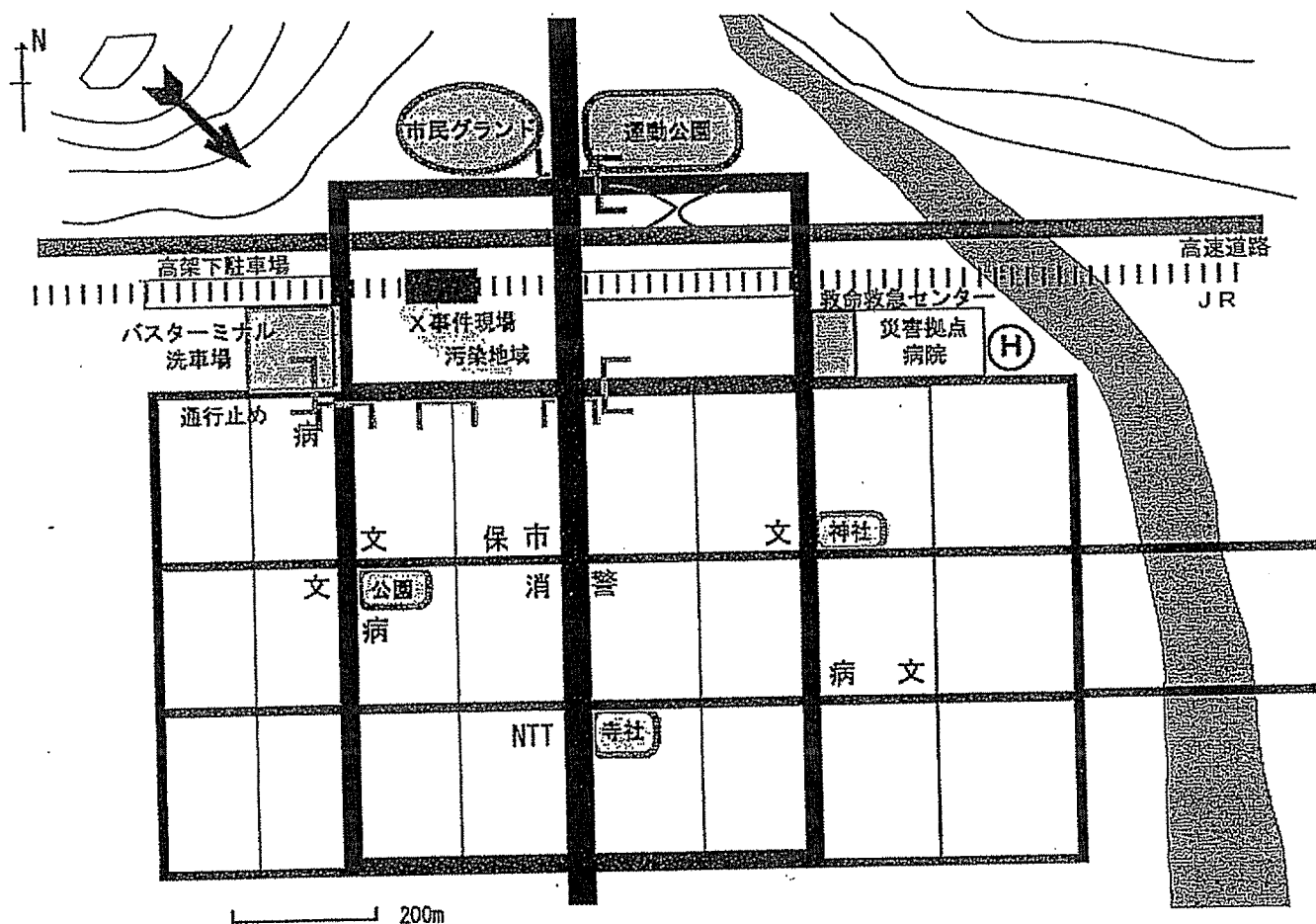
交通機関：JR（東西）／高速道路（東西）、新幹線は本日開通予定。

主要な機関：駅南側500mに、市役所、警察、消防署、電話局などが集中。

駅周囲の状況：駅前広場は200mX100m、外周道路で囲まれている。駅南側にはオフィス街と商店街が1km四方をしめ、事件当日、商店街は人でぎわっている。

地震対策避難場所：駅北側に市民グラウンドと運動公園、駅より1km以内に小・中・高合わせて学校が4つ。

その他患者収容可能場所：駅から東西に100m離れた所の新幹線高架下に、約200mに及ぶ駐車場スペースがあり、当日は使用されていない。駅南西側にバスターミナルとバスの洗車場がある。



現行能力

医療機関：事件発生現場となる駅から東側1kmに救命救急センターを有する650床の災害拠点病院（県立）がある。駅南側半径1km以内に100～200床規模の民間病院が3つ。3km以内の入院設備を有する病院は10施設。

災害拠点病院（救命救急センター）：交通手段として、高速道路とヘリポートが利用可能。

出動可能な救急車数：X市救急車2台は駅北側に待機。

	X市	Y市	Z市
保有台数	15台	8台	3台
全車現場到着所用時間 (近隣都市は高速道路使用)	30分以内	40分以内	45分以内
10分以内 現場到着・利用可能台数	6台	1台	1台
30分以内 利用可能台数	7台	5台	1台

当日の状況

日 時：3月下旬の祝日、午前10時

天 候：晴れ、24℃、北西風 2m/sec

設 定：新幹線開通記念式典が駅前広場で開催され、地元出身の大臣や有力政治家が式典に参列している。一般参加者は1万人。

駅付近：駅前広場の駐車場は歩行者天国となっている。駅周囲の道路は式典のために交通規制がひかれ、自動車の進入はできない。

マスコミ：NHKと地元民放からテレビ中継用にカメラが駅構内に2台、駅前広場に4台、NTT屋上に1台、駅北側に中継車2台が駐車している。

討論内容（設問骨子）

- ① 情報伝達経路・指揮命令系統：どの程度の情報をどのような経路で各機関が入手し、対策本部はどの程度の情報で設置されるか。また、各組織の指揮命令系統はいかなるものか。
- ② 情報の共有化：各組織間で情報の共有化をどのようにして実現するか（現場指揮の統一、合同対策本部）。
- ③ 医療機関への情報はいかなる形でどのような内容が伝達されるか。

以上の3点について 事態の進行に合わせて下記に記した各組織の特徴を明確にしつつ、情報がいかに利用されるべきか討論する。

- ・警察の役割と対応：現場保存、交通規制、検体採取、傷病者への対応
- ・消防の役割と対応：応急処置、トリアージ、搬送
- ・自衛隊の役割と対応：救助、現場分析、現場除染、搬送
- ・保健所の役割と対応：情報収集、情報提供、医薬品の供給・確保
- ・日本中毒情報センターの役割
- ・拠点病院ネットワーク、専門家ネットワークの活かし方

Scene 1 事件発生

地元出身の大臣が演説中にひな壇下から霧状の液体が噴出した。白い煙と異臭がたちこめ、その後ひな壇付近から南東にかけて、式典参列者が次々に倒れていった。この状況は式典を実況中であった民放のテレビで中継された。

Scene 2 事故報告

参列者から110番・119番通報あり。その後、一般電話回線はパンク状態になり、不通に陥った。警察・消防・行政（市役所・保健所）各機関は、テレビ中継からも異常事態の発生を知ることができた。

Scene 3 発生5分後

爆発したひな壇から風下30m以内にいた人々は、逃走中に倒れ、口から泡をだしている。半径約100mの範囲に、動けない傷病者が散在している。異常事態に混乱した参加者は南北の幹線道路に殺到している。ひな壇周囲に倒れていた人々にCPRが施行され始めたが、CPR実施者もすぐに動けなくなった。

NHK、民放で事件のテロップが流れ続け、事件は全国に知れ渡った。テレビ映像から、傷病者数は、現場死亡数十人、重症者100人以上、中等症・軽症は1000人以上と推測された。化学兵器もしくはこれに相当する毒物を用いたテロであることも容易に推測できた。

Scene 4 発生8分後

第1陣の警察と消防が現場に到着。現場では、警察がひな壇の下から、時限装置をつけた農薬噴霧器を発見。駅前広場内の傷病者数は数百人規模との情報が警察から流れた。オフィス・商店街からも傷病者が多数発生した連絡が消防局に入った。また、駅構内では転落や転倒による外傷患者が発生している模様である。軽症者は一様に目の痛みを訴え、流涙著明で鼻水をたらし、吐き気を催している。

Scene 5 発生10分後

現地対策本部の設置。ホットゾーンの設定と立ち入り禁止措置。現場分析、応急救護所、一時避難所の設営。

Scene 6 発生15分後

現場除染所の設営、除染作業、救急隊による患者の選別搬送開始。周辺住民の避難誘導。

Scene 7 発生20分後

病院への軽症患者の自力来院が始まった。

II-5. 明石報告

平成 18 年度 分担研究報告書

「テロに対する医療体制の充実及び評価に関する研究」

主任研究者 大友康裕

分担研究：放射線テロに対応する初期トリアージ手順と教育

分担研究者 明石真言 放射線医学総合研究所被ばく医療部長

研究要旨 テロに対する医療体制の充実のため、Nテロに対応する初期トリアージ手順を検討した。代表的な数人に対して表面汚染のスクリーニングを行い、もし1名でも放射線が検出されれば、空間線量のモニターを行うと共に、除染処置後全員に表面汚染のサーベイを行う方法が有効と考えられた。さらに、国内医療機関医療従事者に対して行う研修会のNテロに関しての教育内容として、座学及び実習の内容を検討し試行した。

A. 研究目的

テロに対する医療体制の充実のため、Nテロに対応する初期トリアージ手順を検討すると共に、国内医療機関医療従事者に対して行う研修会の教育内容を検討し試行する。

B. 研究方法

これまで放射線医学総合研究所で実施されてきた関連する研修カリキュラム、既存の文献やガイドライン、さらに放射線以外のテロに対する研修内容等を検討することにより、初期トリアージ手順及び国内医療機関医療従事者に対して行う研修会の教育内容を作成した。

倫理面への配慮に関しては、本研究は直接的な形では患者データや実験動物は使用していないため、問題ないと判断した。

C. 研究結果

初期トリアージ手順に関しては、代表的な数人に対して表面汚染のスクリーニングを行い、もし1名でも放射線が検出されれば、空間線量のモニターを行うと共に、除染処置後全員に表面汚染のサーベイを行う方法が有効と考えられた。Nテロに関しての研修内容としては、以下の項目を座学に含むことが適切と考えられた。（核・放射線テロとは？／放射線とは？／放射線の性質／暮らしの中の放射線／放射線の人体影響／放射線影響の機序／組織への影響／被ばくの種類（確率的影響、確定的影響）／急性全身被ばく／局所放射線障害／晩発影響／初期対応／受け入れ準備（養生、服装）／測定機器／除染／内部汚染）また、放射線測定器の基礎的実習を取り入れることも有効と考えられた。

D. 考察

上記結果は、現時点では妥当な方針と考えられるが、さらに研修を通して問題点を抽出し検討を続けることが必要と考えられる。特に院内動員体制を考える上で、院内に放射線に関するある程度の基礎知識をもつ担当者の育成が検討課題である。

E. 結論

テロを想定した研修を行う際、N テロも重要な要素であることから、放射線に関する知識の付与は必須であると考えられた。

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

資料

講義資料

「放射線災害＜放射線の人体影響から初期対応まで＞」

放射線災害 ＜放射線の人体影響から 初期対応まで＞

平成18年度NBCテロ・災害対策研修会
2007年3月

(独)放射線医学総合研究所
被ばく医療部
立崎英夫、明石真言

内容

- 核・放射線テロとは？
- 放射線とは？
 - 放射線の性質
 - 暮らしの中の放射線
- 放射線の人体影響
 - 放射線影響のしくみ
 - 組織への影響
 - 被ばくの種類(確率的影響、確定的影響)
 - 急性全身被ばく
 - 局所放射線障害
 - 晩発影響
- 初期対応
 - 受け入れ準備(養生、服装)
 - 測定機器
 - 除染
 - 内部汚染

N_{BC}

核・放射線テロ

- 小規模核兵器
- 原発への破壊行為
- 放射性物質の散布
 - 放射性物質の放置



核・放射線テロ

	実行 難	犠牲者数 非常に大
■ 小規模核兵器	難	非常に大
■ 原発への破壊行為	難	小一大
■ 放射性物質の散布 (dirty bomb)	易	小一中
■ 放射性物質の放置	易	小一中

小型核兵器がテロに使われる可能性 (1)

- テロリスト(アルカイダ等)が核兵器を手に入れようとしている証拠がある。
- 高濃度U(HEU)またはPuが入手できれば、粗製の核兵器の製造は容易
- 数100トンの核燃料物質が盗難の危険にさらされている(旧ソ連以外にも)
 - 兵器級の高濃度U(HEU)またはPuの不正輸送:
1993-2001年に18例見つかる。
(IAEA press release 2001-11-1)

Nuclear Threat Initiative, Securing the Bomb 2006 より

小型核兵器がテロに使われる可能性 (2)

- 一旦テロリストが核兵器を保持すれば、それを国内(米国でも)に持ち込むのは容易
- 粗製の核兵器でも都市の中心部を灰にすることができる。10 kT TNT の核兵器が平日昼マンハッタンの中央で爆発すれば50万人の死者

Nuclear Threat Initiative, Securing the Bomb 2006 より

原爆(広島、長崎)による急性期の被害

- 第二次世界大戦中
- 1945-08-06: 広島
 - U-235使用、50kg中1kgが核分裂
 - TNT換算15kT
- 1945-08-09: 長崎
 - Pu-239使用、
 - TNT換算22kT

原爆による急性期の被害

- 放射線に加えて
- 爆風とそれに伴う家屋破壊、
- 熱による火傷及び火災を引き起こす
- 地震波による地中構造物(インフラ)破壊

原爆(広島、長崎)による急性期の被害

- 4ヶ月以内の死者数(推定値)
 - 広島 90,000 - 140,000
 - 長崎 60,000 - 80,000
 - 放射線による死亡以外の原因も含む
- 50%の人が死亡した爆心からの距離:
 - 広島 1,000 - 1,200 m
 - 長崎 1,000 - 1,300 m

小型核爆弾の影響

破壊力 (TNT相当kT)	爆風による 50%致死率 の距離(m)	熱傷による 50%致死率 の距離(m)	爆発による放射線が4Gyとなる距離(m)	最初の1時間でfalloutによる被ばくが4Gyとなる距離(m)
0.01	60	60	250	1270
0.1	130	200	460	2750
1	275	610	790	5500
10	590	1800	1200	9600

(NCRP 138, 2001 より改変)

放射性物質の散布

- Radiological dispersal device, RDD
- 少量—限局した線源散布
 - 方法
 - 小型容器(ビン、箱、スーツケース大のコンテナ)
 - 液体→貯水池や公共の場に撒く
 - 自転車、自動車、飛行機から散布
 - 主に心理的効果
- 大量の線源
 - 爆発物利用(dirty bomb)
 - 透過力の高い放射線を出す大線源は取扱困難
 - 固体のペレットや粉、ただし液体、ガスも可能
 - 市街地の数ブロック
- 放射性物質の放置

放射線とは？

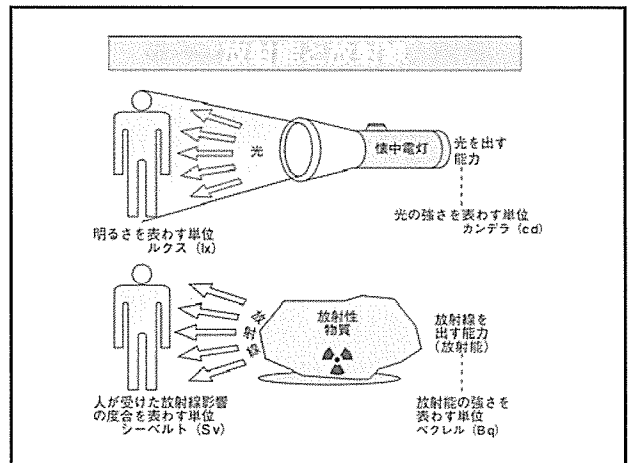
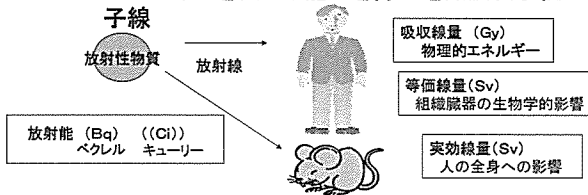
放射能・放射線と単位

放射能

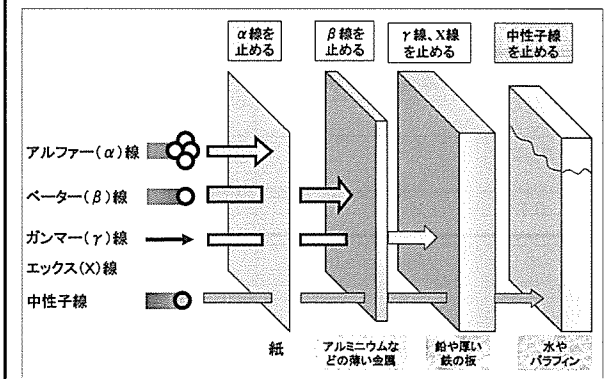
- 放射線を放出する能力・性質
- 放射線を放出する物質(放射性物質)

放射線

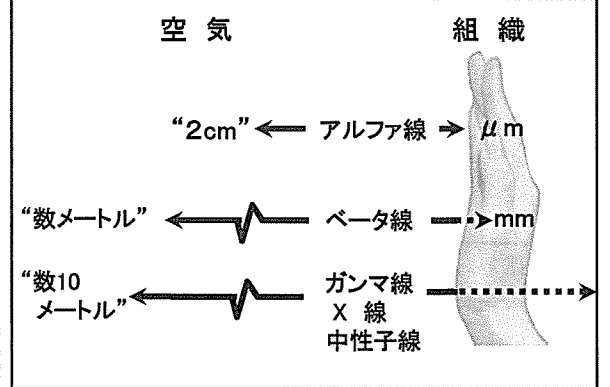
- エネルギーを伝える能力を持つ電磁波及び粒子線



放射線の透過力



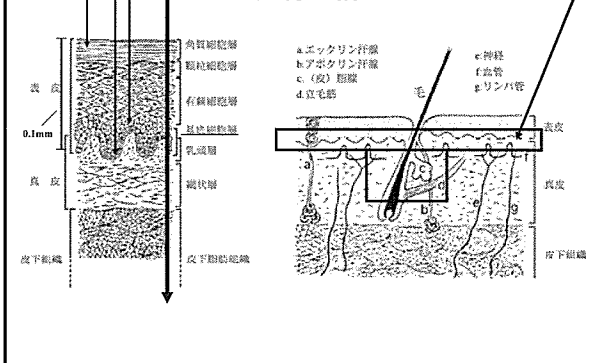
放射線の人体組織での透過力



α線 β線 γ線・X線

放射線感受性の高い部分

皮膚の構造

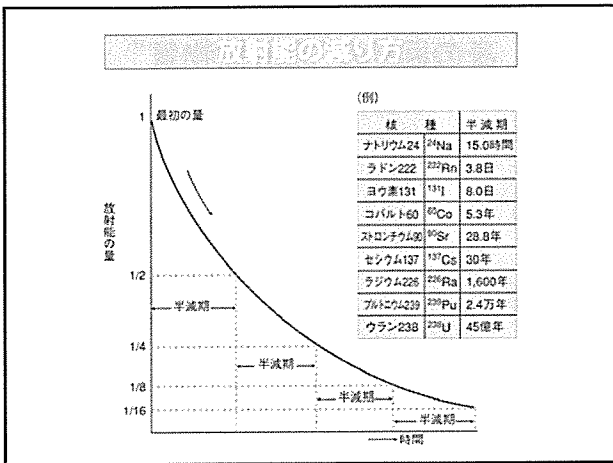


放射性物質は皆同じでない！

- 放射線核種によって出す放射線の種類やエネルギーが違う。つまり、対処も違う。

■ 例

- コバルト60(^{60}Co): γ線 1.17 MeV
1.33 MeV
- リン32(^{32}P): β線 1.71 MeV



- 半減期は一定 ⇒ 放射能は消滅しない
- 除染 = 移染

拡染 例: 洗浄水の処理

使用許可・届出事業所数 (機関別、利用形態別)2000年3月

利用形態 機関	総数	延べ計		
		非密封RI	密封RI	発生器
総数	4,960	943	4,169	816
医療機関	808	85	471	645
教育機関	470	318	331	35
研究機関	784	398	571	62
民間企業	1,877	109	1,790	68
その他の機関	1,021	33	1,006	6

民間企業における使用許可・届出事業所数 (業種別、利用形態別)2000年3月

業種	総数	延べ計		
		非密封RI	密封RI	発生器
総数	1,877	109	1,790	68
鉱業	10		10	
建設	15		15	
食料品	82	4	80	
繊維	73	1	72	1
パルプ・紙	163		163	
化学	379	48	342	9
石油・石炭製品	67		66	1
ゴム製品	24		24	
ガラス・土石製品	34	1	33	
鉄鋼	97	5	95	9
非鉄金属	52	3	48	6
金属製品	23	2	22	2
機械	55	1	49	8
電気機器	125	8	115	11
精密用機器	27	1	25	4
精密機器	50	9	44	1
その他製造	114	2	111	4
電機・ガス	37	11	37	
非破壊検査	55		55	4
その他計測サービス	265	6	263	4
その他	130	7	121	4

発生装置の使用許可・届出台数 (機器の種類別、機関別)2000年3月

機器の種類	総数	機関				
		医療機関	教育機関	研究機関	民間企業	その他の機関
総計	13,129	57	510	1,572	9,080	1,910
厚さ計	2,756		1	21	2,726	8
レベル計	1,219			1	1,218	
密度計	880		23	41	814	2
水分計	131		1	3	127	
ガスロマトグラフ	5,410	29	435	1,427	1,734	1,785
硫黄分析計	244			1	243	
骨塩定量分析装置*・その他	2,472	11	50	78	2,218	115

*骨塩定量分析装置: 骨中の骨塩量をγ線の透過イメージにより計測する装置。線源は0.5~1.5Ciまたは50mCiの¹⁵³Gd使用。

取扱現場別の対象核種

取扱施設	放射性核種の種類	存在状況、取扱状況	主たる核種
燃料施設、再処理施設ほか	核燃料、核原料	核燃料の加工過程、再処理過程	U-235, U-238, Pu-239
原発、再処理施設ほか	核分裂生成物FP	燃料中、再処理過程	Sr-89, 90, Zr-95, Ru-106, Cs-137, I-128, 129, 131
原発、加速器施設ほか	放射化物質	原子炉、加速器等の構造物や照射対象物質	Co-60, Fe-59, Mn-54, 56, Ni-65, Na-24, Cr-51
病院ほか	医療用線源	照射用、診断用	Ir-192, Ra-226, Cs-137, Co-60, Tc-99m, I-125
工場ほか	工業用線源	透視用、滅菌用	Ir-192, Co-60, Cs-137
大学、研究所ほか	研究用線源	ラベリング用、トレーサー用	H-3, C-14, P-32

暮らしの中の放射線



宇宙から
0.38mSv/y



大地等から
1.76mSv/y



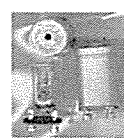
食べ物から
0.24mSv/y

一人あたり年間2.4mSvの自然放射線の中で暮らしている

身の回りの“放射性物質”



文字盤




法律上は放射性物質ではない



除染

- つまり、バックグラウンドとしての放射線がどこにでも存在し、
- 汚染を取り除くとき、計測値を0にすることはできないし、
- バックグラウンド以下にすることも不可能。

被ばくの特殊性

- (1) 低頻度の事象
- (2) 症状がでるまでに時間がかかる
- (3) 被ばくしたかどうか分からない
- (4) 放射性物質や放射線に対する不安
- (5) 放射線による被ばくや汚染の測定が可能
- (6) 放射性物質は感度高く検出できる (e. g. RIA)
- (7) 放射線に対する  が必要

診療放射線技師

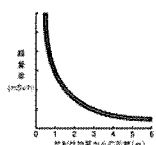
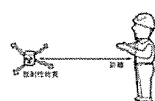
放射線防護の基本

防護3原則

除染後の汚染物の取扱

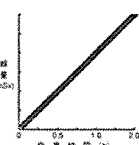
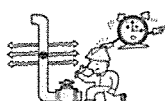
● 距離による防護

【線量率】=【放射線】に反比例

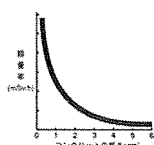
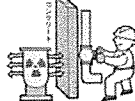


● 時間による防護

【線量】=【作業場所の線量率】×【作業時間】



● 遮蔽による防護



被ばくの形態と線質

● 被ばくの種類

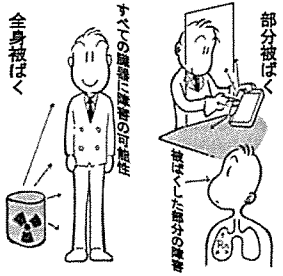
- ・外部被ばく
- ・外部(体表面)汚染
- ・内部(体内)汚染

患者が線源

● 線質

- ・α線、β線、γ線、中性子線

全身被ばくと部分被ばく (外部被ばく)



- 同じ線量→全身被ばくの方が影響大
- 影響が現れる可能性のある部分→全身被ばくではすべての臓器
- 臓器により放射線感受性が異なる。特に放射線感受性の高い臓器が問題。

(新・放射線の人体への影響, 2001年より改変)

内部被ばく



* 開口部・傷口の汚染は体内汚染を疑う。

急性被ばく、慢性被ばく

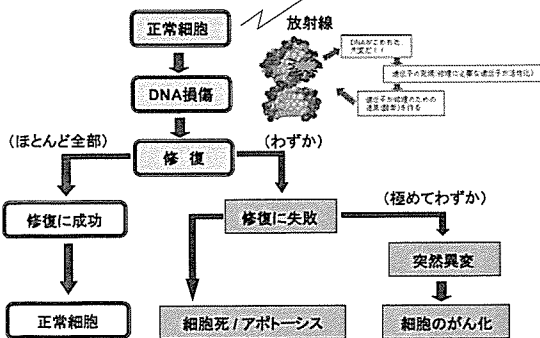
- 急性被ばく
(大量の放射線を短時間に受けた場合など)
 - ・ 急性障害+晩発影響
- 慢性被ばく
(少量づつ長時間に)
 - ・ 晩発性障害



(新・放射線の人体への影響, 2001年より改変)

放射線の人体影響

放射線による細胞への影響



放射線被ばくが原因では起こらないもの

- 即死
- 直後の熱傷、創傷
- 汚染がなければ処置にあたる者や施設にとって危険はない

急性放射線症

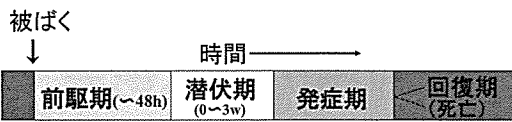
(Acute Radiation Syndrome, ARS)

急性放射線症とは？

体幹を含む全身被ばく(1Sv↑)後、数時間～数週間後に起こる臨床症状の総称
→多くの組織や臓器障害をおこす。

特に細胞増殖の盛んな組織(造血器、消化管粘膜、皮膚、生殖腺の幹細胞など)が影響を受けやすく、これらの臓器の障害による症状が主体

急性放射線症の病期



●無症状

- 嘔気・嘔吐
- 下痢
- 頭痛
- 意識障害
- 発熱
- 造血障害 (感染・出血)
- 消化管障害
- 皮膚障害
- 神経・血管障害

急性放射線症のLD_{50/60}

- ◆ 原爆被爆者 外傷・熱傷の早期死亡を除いた集団で、2.7-3.1Gy(治療をしない場合)
- ◆ 4Gy以上の被ばく線量が確認されているチェルノブイリ事故、放射線事故症例35例中、6Gy以下の症例では4/9生存、6.1Gy以上では3/26生存。

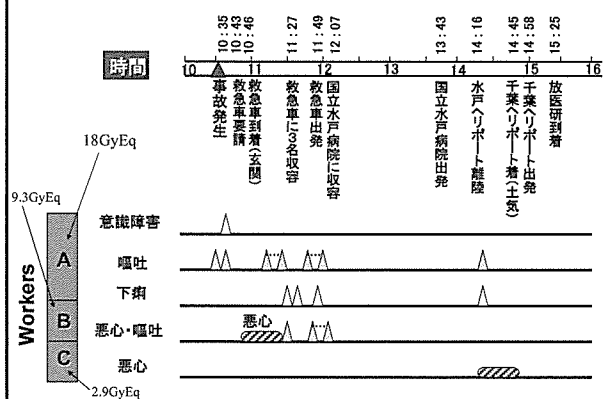
* LD50/60: 被ばくした集団の50%が60日以内に死亡する線量

急性放射線症候群における前駆症状

症状	およその被ばく線量				
	1-2 Sv	2-4 Sv	4-6 Sv	6-8 Sv	> 8 Sv
嘔吐 (時期) (96)	2時間以降 10-50	1-2時間以内 70-90	1時間以内 100	30分以内 100	10分以内 100
下痢 (時期) (96)	—	—	中等度 3-8時間 <10	重度 1-3時間 >10	重度 1時間以内 100
頭痛 (時期) (96)	非常に軽い —	軽い —	中等度 4-24時間 50	重度 3-4時間 80	重度 1-2時間 80-90
意識 (96)	影響なし —	影響なし —	影響なし —	影響あり —	意識喪失あり 100 (50 Gy以上)
体温 (時期) (96)	正常 —	微熱 1-3時間 10-80	発熱 1-2時間 80-100	高熱 <1時間 100	高熱 <1時間 100

IAEA Safety Reports Series No.2: Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries 1988 より改変

前駆症状: 東海村事故例(1999年)



前駆症状その他:高線量被ばくの場合

- 耳下腺腫脹
- 結膜の易刺激性
- 血性下痢
- 腹痛
- 失見当識
- 血圧低下による症状

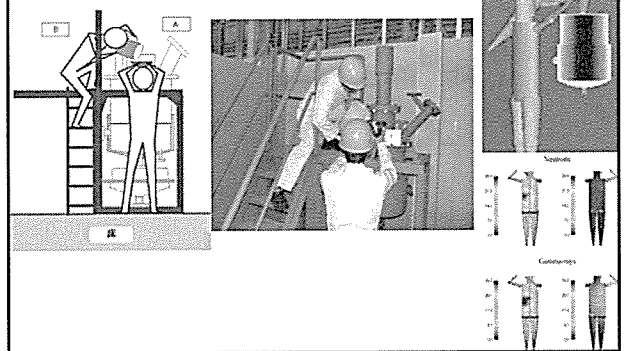
来院時(前駆期)の治療

- ◆ 線量により異なる。対症療法が中心。
- ◆ 悪心、嘔吐に対して(制吐剤投与)
 - 5-HT₃ (5-hydroxytryptamine,セロトニン) 受容体拮抗薬:
Granisetron (カイトリル), Ondansetron (ゾフラン) など
 - 抗ドパミン薬:
メトクロプラミド(プリンペラン)、ドンペリドン(ナウゼリン)
- ◆ 頭痛
 - 鎮痛剤投与
- ◆ 循環血液量減少
 - 輸液
 - 重症(4Gy~)の場合、下痢や嘔吐が激しいため輸液により電解質維持、水分補給が必要になる。非常に重症の場合、血圧低下→血圧維持。
- ◆ 粘膜炎(→潰瘍、感染)
 - 口腔内の衛生を保つ→うがいなど
 - G-CSF
- ◆ 精神的、社会的支援

線量推定

被ばく線量を評価することは、予後の推測や治療方針を決定するために必要

再構築

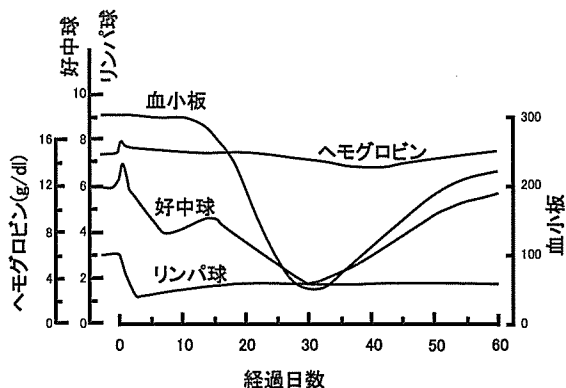


線量推定(2)

- ◆ 絶対的なものではなく、総合的に評価する。
- ◆ 正確な被ばく量が完全に決定するまで実際にはかなり時間がかかる。
- ◆ 被ばく線量はかなり幅を持たせて考える必要がある。(どちらかといえば重症の方に考え対処)

臓器、器官の障害

全身被ばくした時の末梢血の変化例(2 Sv)



血液・骨髄障害の治療

- ◆ 無菌病室
- ◆ 造血幹細胞移植
- ◆ 造血性サイトカイン投与 (G-CSF, EPO, TPO)
- ◆ 感染予防
 - 抗生剤投与(抗菌、抗ウイルス、抗真菌剤の投与)
 - 細菌学的検査の継続
- ◆ 輸血 (血小板、赤血球)

消化管障害

1. 粘膜上皮細胞の再生障害
 - ◆ 腸管蠕動障害、吸収障害、食欲不振、悪心・嘔吐、下痢、粘膜剥脱が進行すると制御不能の消化管出血、体液の漏出
2. バリアー機能不全
 - ◆ 細菌の粘膜面から血流への移行
 - ◆ 敗血症

肺障害 (>8Gy)

- 1~7ヶ月で発症(ピークは2-4ヶ月)
- 発症: 粘膜浮腫(透過性亢進)→肺胞内に分泌物の蓄積→肺胞壁の肥厚。
- 放射線肺臓炎: 3~12週、細胞脱落, 毛細血管狭窄, ヒアリン膜(フィブリン、血漿タンパク)形成
- 肺繊維症: 6ヶ月~, コラーゲンの蓄積

神経血管症候群 (>20Gy)

- ◆ 前駆症状: 被ばく後数分以内に嘔吐、下痢などが出現
- ◆ 中枢神経症状: 錯乱、見当識障害
- ◆ 血管透過性亢進による浮腫、肺水腫、胸腹水貯留、低血圧、ショック、高熱
- ◆ 原因: 脳の透過性亢進→高度の浮腫, 血管障害, 脳炎などの可能性が考えられている。
- ◆ 予後不良

局所放射線障害

放射線皮膚障害: 全身被ばくに合併すれば予後を左右する大きな因子となる。