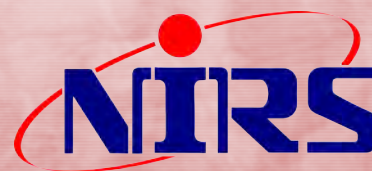


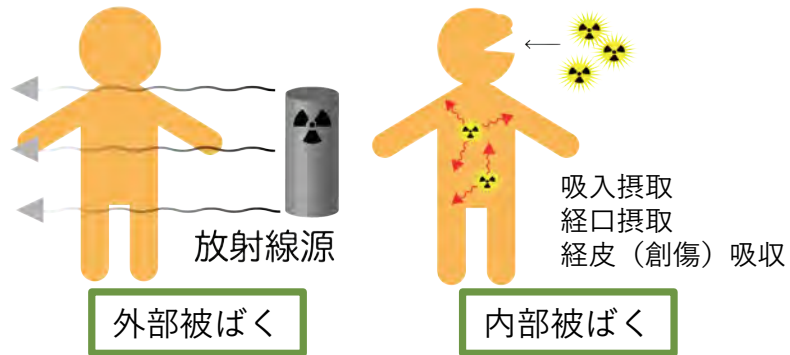
# 核爆発・放射性物質テロに備える ～被ばく医療～

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
放射線医学総合研究所  
富永 隆子



# 被ばくと汚染

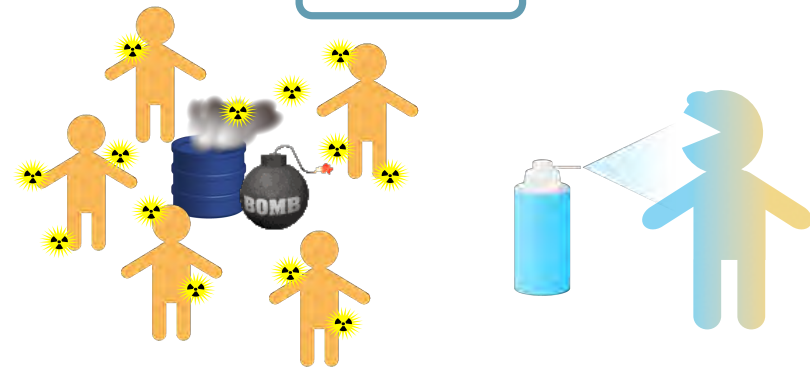
## 被ばく



**外部被ばく**とは、放射性物質（線源）から放出される放射線を体の外から浴びること。被ばく後、身体には放射線は残らない。

**内部被ばく**とは、身体に取り込んだ（吸入、摂取）放射性物質からの放射線を体内で浴びること。

## 汚染



**汚染**とは、放射性物質（気体、液体、固体、エアロゾルなど）が皮膚や衣類に付着すること。汚染に接触すると汚染は広がる。

噴霧、放出された放射性物質を吸入すると**内部被ばく**につながる。同時に頭部、顔面の汚染も存在する場合が多い。

# 被ばく線量と症状

## 急性障害

自然放射線（年間2.1mSv）の約500倍

1000mSv以上の被ばく（高線量外部被ばく）で症状が出現する

- 骨髄障害
- 消化管障害
- 呼吸器障害
- 循環器障害
- 中枢神経障害
- 皮膚障害

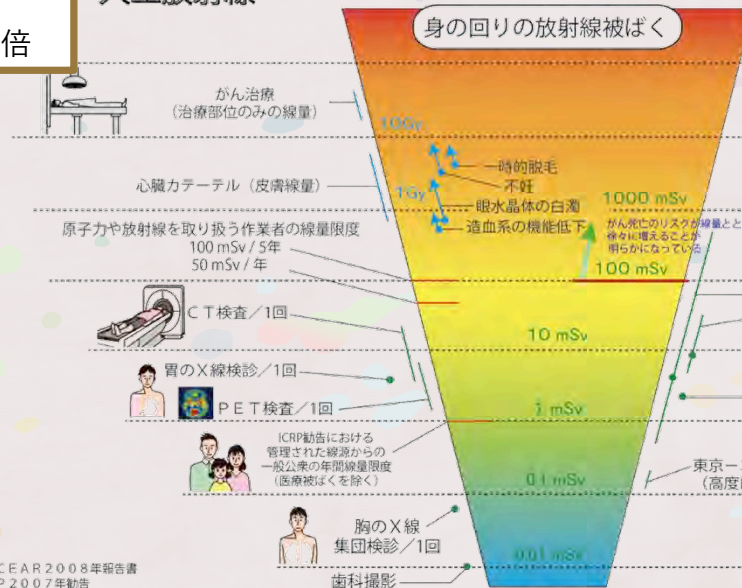
## 晩発性障害

100mSv以上の被ばく（外部被ばく、内部被ばく）でがん死亡のリスクが徐々に増える

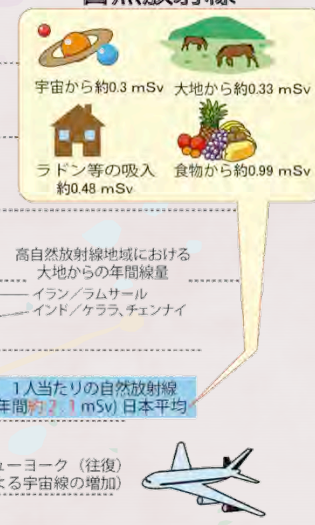
・ UNSCEAR2008年報告書  
 ・ ICRP2007年勧告  
 ・ 日本放射線技術師会医療被ばくガイドライン  
 ・ 新版 生活環境放射線（国民線量の算定）  
 などにより、放医研が作成(2013年5月)

【ご注意】  
 1) 数値は有効数字などを考慮した概数です。  
 2) 自盛（点線）は対数表示になっています。  
 自盛かひとつ上がる度に10倍となります。  
 3) この図は、引用している情報が更新された場合変更される場合があります。

## 人工放射線



## 自然放射線



【線量の単位】  
 各臓器・組織における吸収線量: Gy (グレイ)  
 放射線から臓器・組織の各部位において単位重量あたりどれだけのエネルギーを受けたかを表す物理的な量。  
 実効線量: mSv (ミリシーベルト)  
 臓器・組織の各部位で受けた線量を、がんや遺伝性影響の感受性について重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。  
 各部位に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、実効線量で1000 mSv に相当する。

放射線の影響は、被ばくした線量に依存する

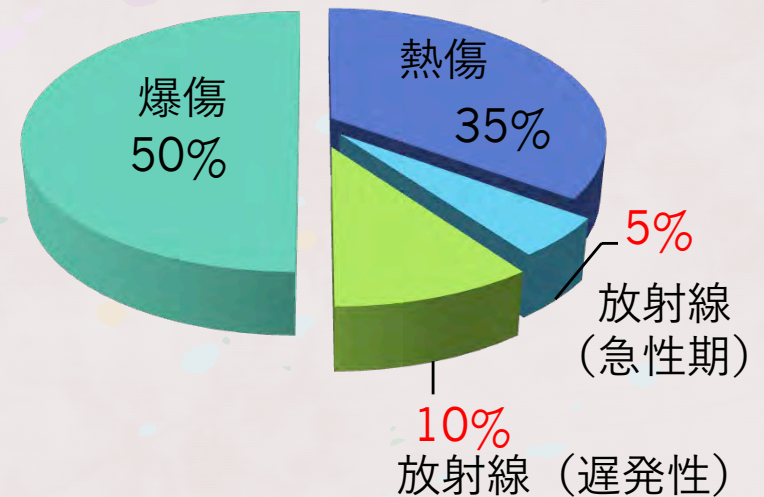
# 核爆発・放射線テロでの医療

- 外部被ばく → 前駆症状を確認する。  
高線量外部被ばくの線量評価を行う。  
治療の必要性、程度の判断をする。
- 内部被ばく → 急性障害はない。  
内部被ばくの線量評価を行う。  
体内除染剤を投与する（特殊な薬剤）。
- 体表面汚染 → 生命の危険には関与しない。  
除染は救命処置にはならない。

# 核爆発

## ● 原子爆弾のエネルギー

- 爆風→外傷
- 熱→熱傷
- 放射線→被ばく：被ばく医療  
線量評価
- 家屋破壊
- 火災
- 地震波による地中構造物（インフラ）  
破壊



# 爆心地からの距離と空中線量

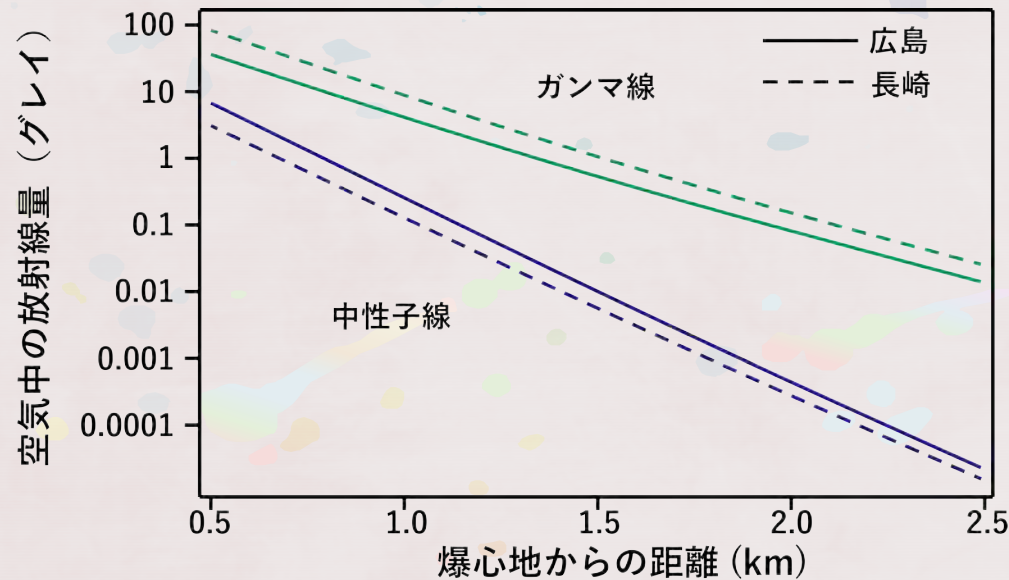


図 爆心地からの距離と空中線量（遮蔽のない状態）との関係  
DS02（2002年線量推定方式）による

出展：放射線影響研究所  
放射線被ばく線量の推定

<http://www.rerf.jp/general/research/raditiondose.html>

	広島	長崎
原爆出力	16kt	21kt
爆発点の高さ	600m	503m

- 原爆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1分間で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

# 外部被ばくの線量評価

## ● 生物学的線量評価

- 臨床症状：症状の重篤度、発現時期などから推定
- リンパ球数：リンパ球数の減少の程度から推定
- 染色体分析：染色体異常の割合から評価（専門家による評価のため、ヘパリン採血管(10 ml)を使用し、輸送)

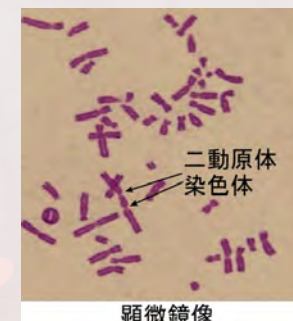
## ● 物理学的線量評価

- 計測：測定器による計測
  - 個人線量計の値
  - 電子スピン共鳴 (Electron Spin Resonance, ESR)
- 再構築：事故現場を再構築し、シミュレーション計算
- 線量推定：諸条件（核種、放射能など）から被ばく線量を計算し、線量を推定

被ばくからの時間	推定被ばく線量(Gy)
< 30 分	> 6
0.5 - 1 時間	4 - 6
1 - 2 時間	2 - 4
2 - 3 時間	1 - 4
症状なし	< 1

1. International Atomic Energy Agency, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. Safety Report Series No.2. Vienna, 1998.

2. International Atomic Energy Agency, Generic procedures for medical response during a nuclear or radiological emergency. Vienna, 2005.



顕微鏡像  
染色体分析



# ARSのPrimary Triage : 初期の48時間

症状が出現するまでの時間  
 皮膚紅斑  
 衰弱  
 悪心  
 24時間での嘔吐の回数  
 下痢/ 24時間あたりの便の数  
 腹痛  
 頭痛  
 体温  
 血圧  
 一時的な意識障害

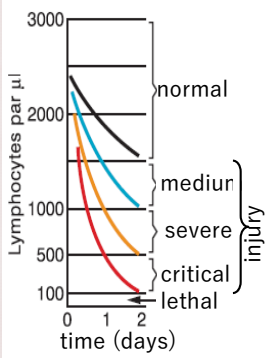
Score I	
12 時間以内	0
皮膚紅斑	+
衰弱	+
悪心	+
24時間での嘔吐の回数	最大 1
下痢/ 24時間あたりの便の数	最大 2-3; 固形便
腹痛	軽度
頭痛	0
体温	38° C以下
血圧	正常
一時的な意識障害	0

Score II	
5時間以内	+ / -
皮膚紅斑	++
衰弱	+++
悪心	+++
24時間での嘔吐の回数	1 to 10
下痢/ 24時間あたりの便の数	2-9; 軟便
腹痛	重度
頭痛	++
体温	38-40° C
血圧	正常—一時的な低下の可能性
一時的な意識障害	0

Score III	
30分以内	+++; 3時間以内
皮膚紅斑	+++
衰弱	(-)
悪心	10以上; 対処困難
24時間での嘔吐の回数	10以上; 水様便
下痢/ 24時間あたりの便の数	激烈
腹痛	激烈; 頭蓋内圧上昇の兆候
頭痛	40° C以上
体温	拡張期 80mmHg以下
血圧	+ / 昏睡
一時的な意識障害	

## depletion of blood lymphocytes

at 24 hour	1500/ $\mu$ l以上	1500/ $\mu$ l以下	500/ $\mu$ l以下
at 48 hour	1500/ $\mu$ l以上	1500/ $\mu$ l以下	100/ $\mu$ l以下
	外来診療	治療のための 入院診療	入院診療 (多臓器不全)



# ARSの治療方針

(Gy)	1-2	2-4	4-6	6-8	>8	
治療	経過観察	入院, 速やかに <b>無菌室</b> へ				
	<b>サイトカイン</b> →	速やか (1W以内) にG-CSFかGM-CSF投与開始	GM-CSF/G-CSF +EPO+TPO			
	<b>抗生物質など</b> →	広域スペクトル抗生物質 (潜伏期が終わる頃~), 抗真菌剤・抗ウイルス剤 (必要に応じ), SDD (6Gy↑)				
	<b>血液製剤</b> →	成分輸血: 血小板, 赤血球 (必要に応じて)				
	*1-2Gyが予測される場合、線量が確定するまでは線量がより高いことを想定し対処する。	L-グルタミン, エレメンタリーダイエット投与, 完全経静脈栄養, 電解質補正		血漿交換 (必要に応じ第2または3週~) DICの予防 (必要に応じ第2週~)		
		<b>骨髄移植</b> →	骨髄幹細胞移植 (第1週)			

# 骨髄障害の治療

- 汎血球減少症に対して実施
  - 易感染性対策：広域スペクトル抗生物質（潜伏期が終わる頃～）、抗真菌剤・抗ウイルス剤（必要に応じ）の投与、無菌室での治療
  - 造血性サイトカイン投与：G-CSF や GM-CSF
  - 成分輸血：赤血球製剤、血小板製剤
  - 造血幹細胞移植：骨髄移植、臍帯血移植、末梢血幹細胞移植
    - できるだけ早期に HLA タイピング(本人と家族)を行い、臍帯血バンク、骨髄バンクで 提供者を緊急に検索する。

多数のARSが発生した場合に備えた  
National stockpileの是非

# 放射性物質の拡散によるテロ

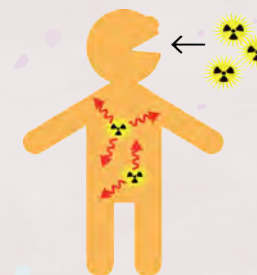
装置や爆弾で放射性物質が散布されると汚染が拡大する。環境も汚染される。

→汚染検査する。  
汚染があれば、除染する。



ダーティボム（汚い爆弾）  
爆弾による放射性物質の散布

→爆発による外傷と汚染の拡大  
放射性物質の吸入による内部  
被ばく



内部被ばく  
体の中に放射性物質を取込む



汚染  
衣服や体、傷に汚染が付着

# ゴイアニア汚染事故

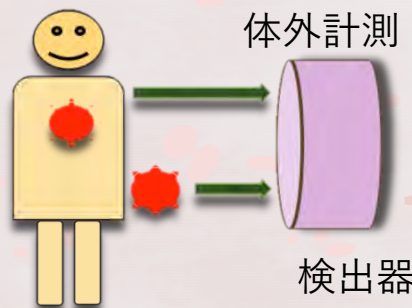
- ゴイアニア（ブラジル）の病院が、治療用の線源（ $^{137}\text{Cs}$ 、50.9TBq）を残したまま移転し、1987年二人組が治療装置をこじ開け、ステンレス製カプセルに入った線源を取り出し0.5km先に移動。その後、カプセルを開け、塩化セシウムが拡散
  - 外部被ばく→急性放射線症、皮膚障害
  - 内部被ばく→体外計測、バイオアッセイ
  - 体表面汚染→汚染検査、除染
- 調査：112,000人
  - 249人に体内 / 体外汚染
- 汚染調査道路網：2,000km
- 汚染土壌、および除染ゴミ
  - 200リットルドラム缶 14,500 個、5トンの箱 1,470 個
- 入院患者：20人（皮膚障害、体内汚染）
  - 4人が骨髄障害による出血や感染症で1ヶ月以内に死亡
  - プルシアンブルーの投与

# 内部被ばくの線量評価

- 体内に取り込まれた放射性核種の量を測定する。
  - 体外計測：WBC、甲状腺モニタ、肺モニタ
  - 体表面汚染がないことを確認

対応可能な機関は限られている

- バイオアッセイ：尿、便の放射性物質を測定



体内からの放射線も体外からの放射線も区別なく検出してしまふ



立位WBC



# 内部汚染の治療

- 核種の同定、預託実効線量（50年間）の評価
- Risk vs benefit を考慮した治療
  - 一般的な治療
  - 適切な薬剤の選択と早期投与
- 排泄物等の管理（線源として）
- 尿、便等も検体となる（バイオアッセイの試料）→保管
- 内部汚染除去剤
  - セシウム → プルシアンブルー
  - プルトニウム → DTPA
- 競合剤
  - 放射性ヨウ素に対する安定ヨウ素剤

通常の医療機関では  
準備していない

多数の内部被ばく患者が発生した場合  
に備えたNational stockpileの是非



# まとめ

- 放射線テロでは、外部被ばく、内部被ばく、体表面汚染が生じる。
- 放射線テロでは、体表面汚染の除染は救命処置となはらない。
- 対応には、被ばく線量評価が必要となる。
  - 外部被ばく：とりあえずは臨床症状から治療群をトリアージ。
  - 内部被ばく：体外計測、バイオアッセイができる機関は限られている。
- 高線量外部被ばくの治療として、抗生剤やサイトカインの投与、成分輸血、骨髄移植が救命となる。
- 内部被ばくの治療として、体内除染薬を投与する。
- 多数傷病者のための薬剤の備蓄の検討が必要。
  - サイトカイン、プルシアンブルー、DTPAなど