

放射線被ばくに関する解説

北大原子力系研究グループ

山内有二

大学院工学研究院量子理工学部門

内容

1. 放射線概論
2. 放射線被ばくに関する考え方
3. 被ばくによる影響
4. 規制値に関する考察
5. 空間線量率について
6. 現状と問題(放射線関連)
7. どのような対処が必要か？

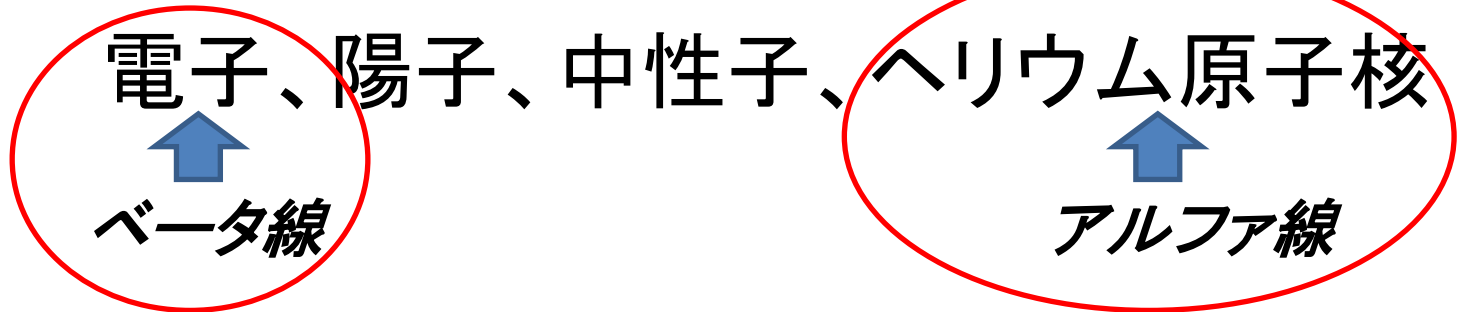
1.放射線概論

1. 放射線とは？

① 波長の短い電磁波(光); **ガンマ線**、エックス線

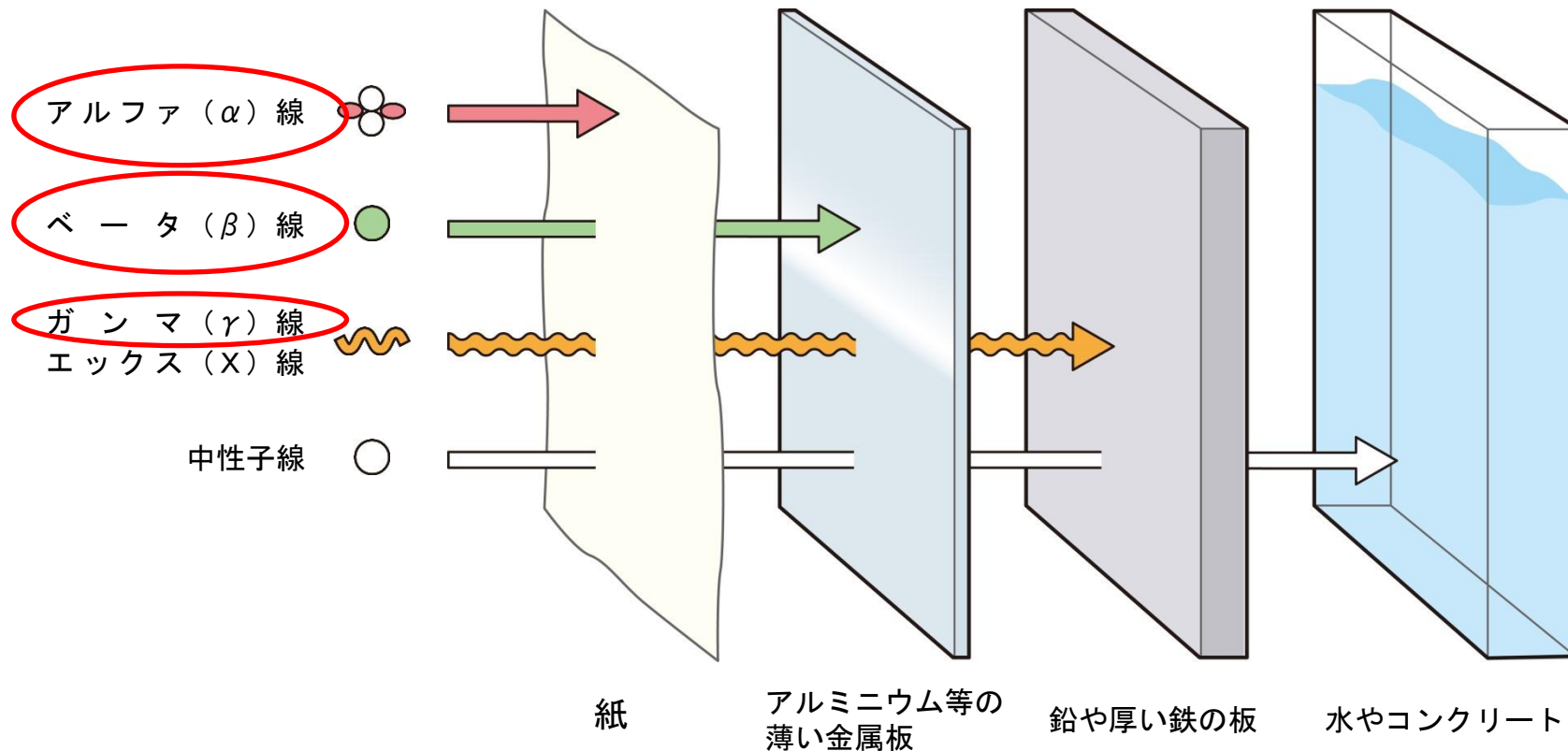


② 高速で動く粒子;



II. 放射線の透過力

α 線を止める β 線を止める γ 線、X線を止める 中性子線を止める



III. 放射能と放射線(単位について)

放射性物質



放射能: ベクレル(Bq)
1秒間あたりに何個の
原子核が壊れるか

放射線

物質(生体)

人体



吸収線量: グレイ(Gy; J/kg)
放射線のエネルギーがどれ
だけ物質に吸収されるか

密接に関係

実効線量、等価線量: シーベルト(Sv)
放射線が人体にどれだけ影
響を与えるか

IV. われわれの周りの放射線

① 人体に含まれる放射能: 6700Bq (体重60kgの日本人)

② 自然及び飲食から浴びる放射線量:

2.4mSv(世界平均)

〔内訳: 宇宙から0.39mSv、大地から0.48mSv、食物(カリウムなど)から0.29mSv、空気中のラドンから1.26mSv〕

1.4mSv(日本平均)

食物中のカリウム40の放射能濃度(Bq/kg)

ホウレンソウ: 200

魚: 100

ポテトチップ: 400

米: 30

干し昆布: 2,000

③ 一般の方が1年間で浴びてよい放射線量レベル(医療被ばく線量を除く):

1.0mSv

④ 胃のX線集団検診時の放射線量: 0.6mSv

⑤ 胸部CT検査時の放射線量: 6.9mSv~

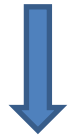
⑥ 東京-ニューヨーク航空機飛行(往復)時の放射線量: 0.2mSv

医療被ばく線量平均(日本)
2.3mSv

2.放射線被ばくに関する考え方

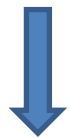
1. 放射線による影響の現れ方(過程)

① 物理学的過程($\sim 10^{-18}$ 秒)



✓ 分子の電離、励起

② 化学的過程($\sim 10^{-6}$ 秒)

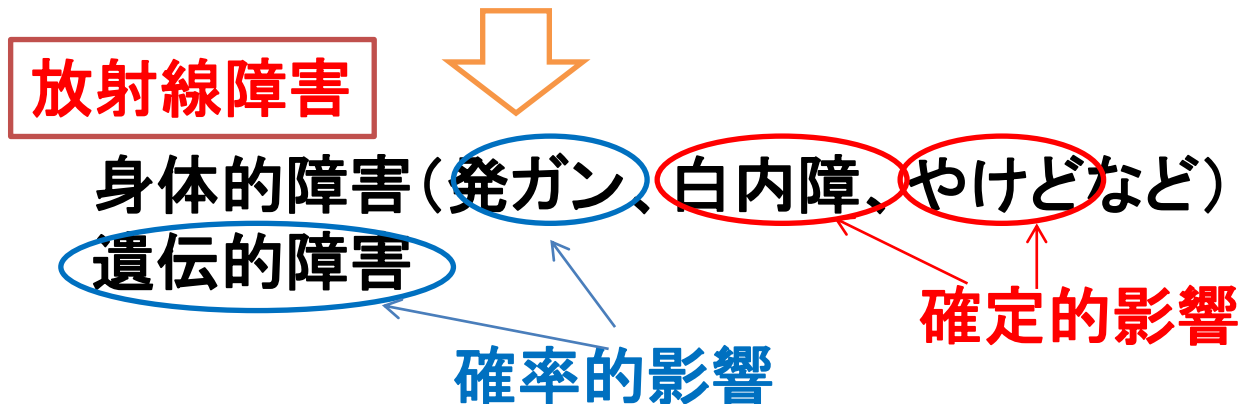


✓ 生体分子の損傷→破壊

✓ 水分子に作用しフリーラジカルを生成→DNA損傷

③ 生物学的過程(10^{-6} 秒～数年)

✓ DNA損傷→細胞障害、細胞死、突然変異



II. 確定的影響と確率的影響

① 確定的影響

一定の線量(しきい線量)を超えると発生する放射線障害

例: やけど、潰瘍など

※放射線量(一度にまとめて受けた場合)が100mSv未満の場合、
確定的影響がでたという報告はほとんどなし

② 確率的影響

しきい線量がないとされる放射線障害

例: 発ガン、遺伝的影響

生涯ガン発生確率(一般公衆:成人):5%/Sv
遺伝的影響の発生率(一般公衆):1%/Sv

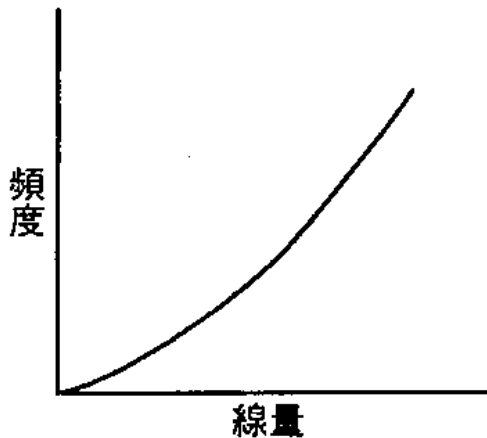
出典:放射線防護の基礎(第3版)、辻本忠/草間朋子著、日刊工業新聞社(2001)

100mSv被ばくした場合、生涯ガン発生確率は0.5%上昇
(生涯ガン発生確率そのもの:男性約54%、女性約41%)

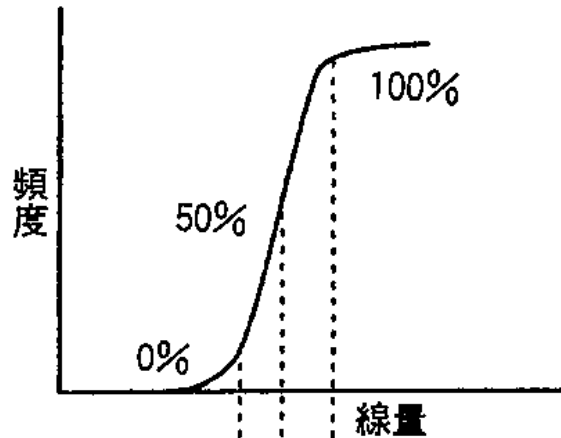
出典:財団法人ガン研究振興財団 がんの統計

参考：確率的影響と確定的影響における 線量－反応と線量－効果関係

A. 確率的影響



B. 確定的影響

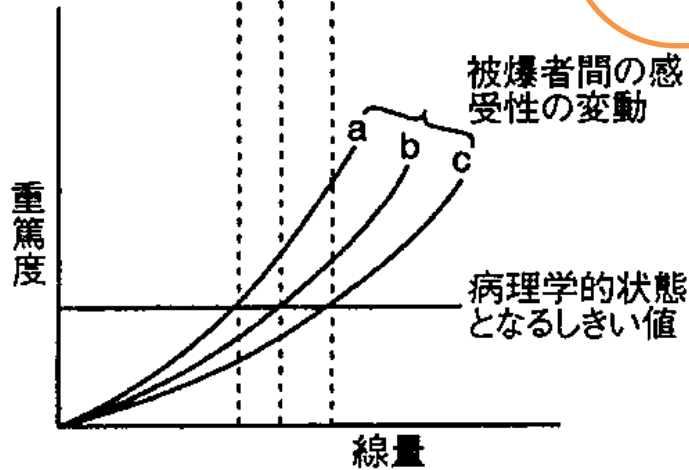
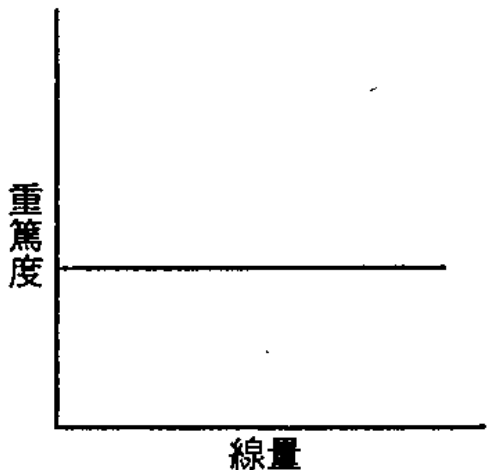


※確定的影響でしきい線量があることについて

- ① 被ばくによって細胞が死に至ることがある
- ② 失われた細胞がわずかなうちは周囲の細胞が増えて補う
- ③ 線量が高くなって失われた細胞を補うことができなくなったときに障害として現れる



人間には放射線障害に対する防御機能がある



III. 体外被ばくと体内被ばく

① 体外被ばく

- ・影響はベータ線、ガンマ線、中性子線などで与えられる
- ・時間、距離、遮へいの3項目を応用し防止

時間: 被ばくする時間を短くする

距離: ; 放射線源からできるだけ離れる

遮へい: 放射線が来ないように遮へい(鉛、アルミ、コンクリートなど)

② 体内被ばく

・経路は吸入摂取(肺へ)、経口摂取(消化管へ)、皮膚からの侵入または傷口からの汚染(血流へ)

・経路、放射性物質の種類、化学形、年齢によって影響が異なる

蓄積・排泄のされやすさ、実効半減期などが異なる

→実効線量係数(Sv/Bq)が異なる

→摂取限度(Bq)も異なる

参考：実効線量係数の例（成人の場合）

放射性物質の種類		吸入摂取した場合の実効線量係数 (mSv/Bq)	経口摂取した場合の実効線量係数 (mSv/Bq)
核種	化学形等		
^{131}I	蒸気	2.0×10^{-5}	
^{131}I	ヨウ化メチル	1.5×10^{-5}	
^{131}I	ヨウ化メチル以外の化合物	1.1×10^{-5}	2.2×10^{-5}
^{134}Cs	すべての化合物	9.6×10^{-6}	1.9×10^{-5}
^{137}Cs	すべての化合物	6.7×10^{-6}	1.3×10^{-5}

※ ヨウ素(I)については乳幼児の場合、異なる実効線量係数を用いる
(原子力安全委員会指針)

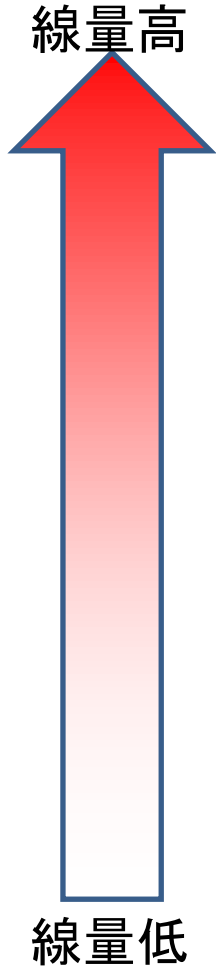
参考：暫定規制値の例

核種	暫定規制値 (Bq/kg)	
放射性 ヨウ素	飲料水、牛乳・乳製品 ^(注)	300
	野菜類(根菜、芋類を除く。)、 魚介類	2,000
放射性 セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200
	野菜類、穀類、 肉・卵・魚・その他	500

(注)100 Bq/kgを超えるものは乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導することとなっています

3. 被ばくによる影響

1. 被ばくの影響(具体例; 確定的影響)



実効線量(mSv)	内容(一度にまとめて受けた場合)
3,000 - 5,000	・50%の人が死亡 ・人体局所の被ばく 3,000 : 脱毛、4,000 : 永久不妊、5,000 : 白内障、皮膚の紅斑
2000	・出血、脱毛など ・5%の人が死亡する
1000	・急性放射線障害。悪心(吐き気)、嘔吐など。水晶体混濁
500	・リンパ球の減少
250	・白血球の減少

← 一般公衆の線量限度
1mSv/年(ICRP勧告)

出典:放射線防護の基礎(第3版)、辻本忠/草間朋子著、日刊工業新聞社(2001)
放射線概論(第5版)、飯田博美編、通商産業研究社(2004)

被ばくの影響(具体例)その2

正常な臓器・組織の障害発生(耐用)線量

臓器・組織	障 害	障害が25～50%発生する線量
皮膚	潰瘍・線維化	70Gy
食道	潰瘍・穿孔	75Gy
胃	潰瘍・穿孔	50Gy
小腸	潰瘍・穿孔	45Gy
大腸	潰瘍・穿孔	45Gy
腎臓	腎硬化症	28Gy
膀胱	潰瘍・萎縮	80Gy
睾丸	永久不妊	20Gy
卵巣	永久不妊	12Gy
骨 小児	成長停止	30Gy
成人	壊死・骨折	150Gy
中枢神経	壊死	60Gy 未満
眼	全眼球炎・出血	100Gy
角膜	角膜炎	60Gy
水晶体	白内障	12Gy

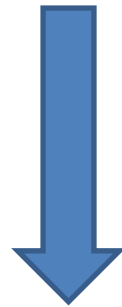
※ベータ線、ガンマ線の場合、“Gy”を“Sv”と読み替えてもよい
(本事象ではこのケースがほとんど)

II. 確率的影響

生涯ガン発生確率(一般公衆:成人):5%/Sv
遺伝的影響の発生率(一般公衆):1%/Sv

III. 公衆被ばくに関する国際放射線防護委員会 ICRP勧告(線量限度)の考え方

放射線防護の目的: 確定的な有害な影響を防止し、確率的影響を容認できるレベルまで制限すること



1年間に一定の放射線を生涯連続被ばく
年齢による死亡率の算出結果
自然放射線による被ばく

等を考慮

公衆被ばくの実効線量限度 1mSv/年

※この線量に対応する1年間の死亡確率は約0.001%

IV. 原子力安全委員会による飲食物摂取制限に関する指標について

① 放射性ヨウ素について

ICRP Publication 63等の国際的動向を踏まえ、甲状腺(等価)線量50mSv/年を基礎として策定

② 放射性セシウムについて

実効線量5mSv/年を基礎として策定
(放射能分析の迅速性の観点からセシウム134及びセシウム137の合計放射能値を用いる)

4. 規制値に関する考察

…原子力安全委員会の指針…

① 放射性ヨウ素について

実効線量^注が年間2mSv以下(甲状腺等価線量50mSv以下に相当)ならば安全と判断される

② 放射性セシウムについて

実効線量^注が年間5mSv以下ならば安全と判断される

注) ある放射性物質(核種)は特定の部位(甲状腺など)に蓄積されやすいことなどを考慮に入れて算定(全身で重みづけしている)

例)暫定規制値レベル(500Bq/kg)のセシウム137を含んだホウレンソウの場合

※一日に100g摂取すると仮定

摂取による実効線量の上昇値(一日当たり)

$$500 \text{ [Bq/kg]} \times 0.1 \text{ [kg/日]} \times 1.3 \times 10^{-5} \text{ [mSv/Bq]} \\ = 0.00065 \text{ [mSv/日]}$$

摂取による実効線量の上昇値(一年当たり)

$$0.00065 \text{ [mSv/日]} \times 365 \text{ [日/年]} \\ = 0.23725 \text{ [mSv/年]}$$

実効線量が5 mSvを下回る



安全と判断される

5. 空間線量率について

※屋外での線量率を $1\mu\text{Sv/h}$ と仮定

(今回はほとんどの居住地域でこれ以下)

※1日当たり5時間、1週間当たり5日間屋外にいたと仮定

本事象による実効線量の上昇値(一年当たり)

$$\begin{aligned} & 1 [\mu\text{Sv/h}] \times 5 [\text{時間/日}] \times 5 [\text{日/週}] \times 50 [\text{週/年}] \\ & = 1250 [\mu\text{Sv/年}] \\ & = 1.25 [\text{mSv/年}] \end{aligned}$$

- ・ICRP勧告の実効線量限度 1 mSv/年 程度
- ・自然放射線量と同程度



ほぼ影響はないと思われる

6. 現状と問題(放射線関連)

① 国際原子力・放射線事象評価尺度(INES)評価について

原子力安全・保安院暫定評価:レベル7に変更(2011/4/12)

- ・放射線の影響としてヨウ素131と等価となるように換算した値として数万TBq (10^{16} Bqオーダー)を超える



但し、チェルノブイリ発電事故における環境への放射性物質放出量の約10分の1前後

② 海産物への影響と土壤汚染について

データがあまりない=>影響については未知のところが多い

- ・ヨウ素131は半減期が短いことから、あまり影響はない
- ・セシウム137の生物学的半減期は100日程度で、魚ではさらに短い？



少なくともヨウ素、セシウムについては影響が少ないか？

なお、暫定規制値以下を示し、規制の対象となっていない海産物は、
摂取しても全く問題ない

7. どのような対処が必要か

① 空間線量率、浮遊する放射性物質について

※少なくとも北海道では、問題とならないレベル
→特別な対処は必要ない

※空間線量率が高い地域での外出について

- ・空間線量率が高い場合にはできるだけ外出を控える
- ・外出の際には花粉症対策と同じような対処を(マスク、埃を払うなど)
- ・雨に濡れた場合には、できるだけ速やかにふき取るなどの対処を

② 農作物・水道水について

※北海道では今のところ問題なし

→特別な対処は必要ない

※摂取制限された農作物・水道水は摂取を控える

→規制対象外のもの(新たに対象外になったもの)
は摂取しても問題なし

③ 海産物について

※摂取制限された海産物は摂取を控える

→規制対象外のもの(新たに対象外になったもの)
は摂取しても問題なし