

一から学ぶ放射能

小川 雅生
駒澤大学 医療健康科学部
NPO法人口腔健康推進協会サークルi
2012.5.27

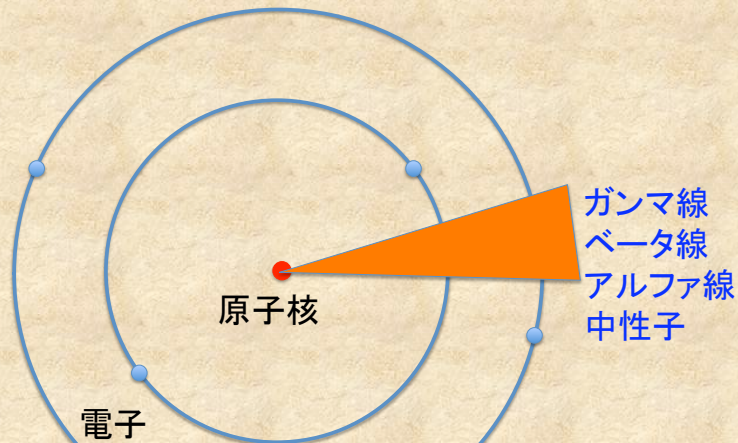
放射線とは？

光の速さ、それに近い高速の、**エネルギーを運ぶ粒子**

弾丸のように飛来し、飛び去る

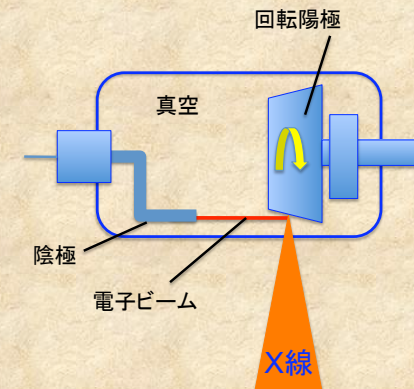
- ガンマ線 X線 電磁波(光の速さ)
- ベータ線 高速の電子
- アルファ線 高速のヘリウム原子核
- 中性子 最低でも音速の7倍

放射線が発生する場所(1)



放射線が発生する場所(2)

医療用のX線真空管



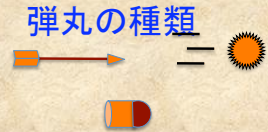
放射能とは？

- 放射性原子核が放射線を**放射する能力**を指す
- 放射性原子核はいつか壊変し、放射線を放射する
- 放射性原子核の集団が1秒間に壊変する**個数**を指す

放射線と放射能の関係

放射線

ガンマ線 ベータ線 中性子



放射能

ベクレル

発射性能×鉄砲の数



放射能の単位がベクレル

- 放射性原子核の集団が1秒間に壊変する数を**ベクレル**と言う
- ベクレルの数値は放射性原子核の数が多いほど、半減期が短いほど大きい

$$\frac{dN}{dt} = \frac{0.69}{T_{1/2}(s)} N$$

ベクレル値

原子核の数

半減期

放射能の量は濃度で表す

- 食品や土壌の量が多いほど含まれる放射性原子核の数が多くなり、ベクレル値が大きくなる
- 食品や土壌の重さ、あるいは体積あたりの放射エネルギーに意味がある

例えば、牛肉に含まれる放射能濃度が
75 ベクレル/kg

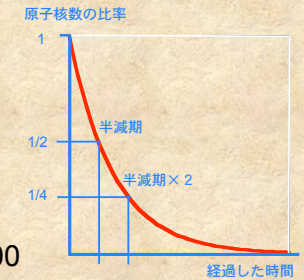
放射性原子核とは？

- 放射性物質とも言い、他の原子核に壊変する
 - いつ壊変するかは未定
 - 壊変は確率的である
 - 半減期は原子核ごとに異なる
- 自然界にも存在し、人工的に作ることもできる

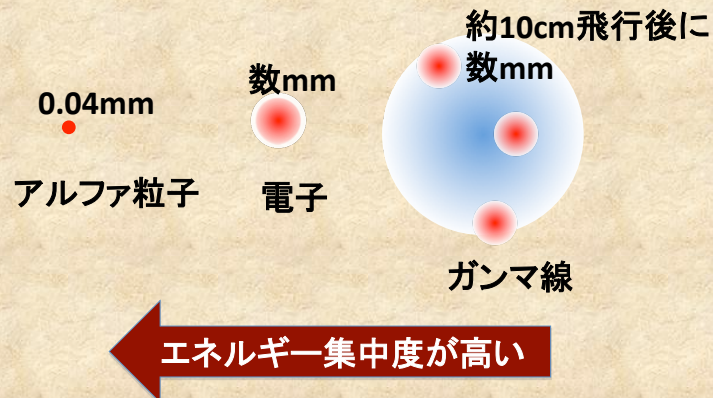
半減期とは？

- 放射性原子核が多数あるとき、その数が1/2に減少する時間
- ヨウ素131の例
半減期は8日
最初、原子核が100万個あると仮定する

8日後	50万個	1/2
16日後	25万個	1/4
24日後	12.5万個	1/8
32日後	6.25万個	1/16
80日後	0.1万個	1/1000
160日後	1個	1/1000 000



放射線のエネルギーが及ぶ範囲



放射線量とは？

- 物が放射線から吸収するエネルギーの密度を表す
 - 物理単位は J/kg (グレイ)
 - 放射線被ばくから、健康を守るために使用される単位名称がシーベルト
 - 1/1000が ミリシーベルト
 - 1/1000,000が マイクロシーベルト
- 1時間あたりに受ける線量がシーベルト/時

一般の人々に許容される線量

■ 正常な時の基準は

- 5年平均で年間1ミリシーベルト

上の数値は自然放射線による被ばくを除いたもの

事故後の防護対策の計画・実施の目安

国際放射線防護委員会の参考レベル	年間の被ばく線量 ミリシーベルト
緊急時	20～100の範囲から選択
現在の段階 現存被ばく状況	1～20の範囲から選択
計画(正常化に向けて)	1以下で選択

低線量被ばく検討WGの報告 2011.12.15

自然界に存在する放射線

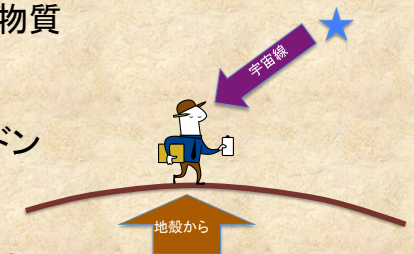
自然放射線の源

■ 地殻に含まれる放射性物質

カリウム40 炭素14
ウラン トリウム ラドン

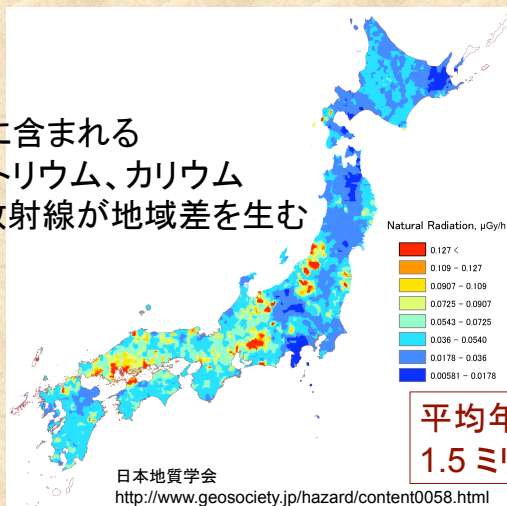
■ 宇宙や太陽から来るもの

X線 ガンマ線 中間子 電子 陽子 中性子



日本の自然放射線量

花崗岩に含まれる
ウラン、トリウム、カリウム
からの放射線が地域差を生む



平均年間被ばく線量
1.5 ミリシーベルト

日本地質学会
<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html>

NPO法人口腔健康推進協会講演

17

日本における自然被ばく線量

放射線の発生源	平均年間被ばく線量 ミリシーベルト
宇宙線	0.30
大地	0.40
ラドン	0.40
食物	0.40
自然の合計	1.50
医療	2.30
その他	0.01
喫煙*	2.8

医療被ばくは
自然被ばくよりも多い

環境放射線-Wikipedia

食品中の自然・誘導放射性物質-IAEA2002

* Washington State Department of Health

NPO法人口腔健康推進協会講演

18

食物中のカリウム40の放射能



カリウム40はカリウム中に0.01%含まれている

原子力・エネルギー図面集2011電気事業連合より

NPO法人口腔健康推進協会講演

19

体内にある放射性物質

カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

(体重60kgの日本人の場合)

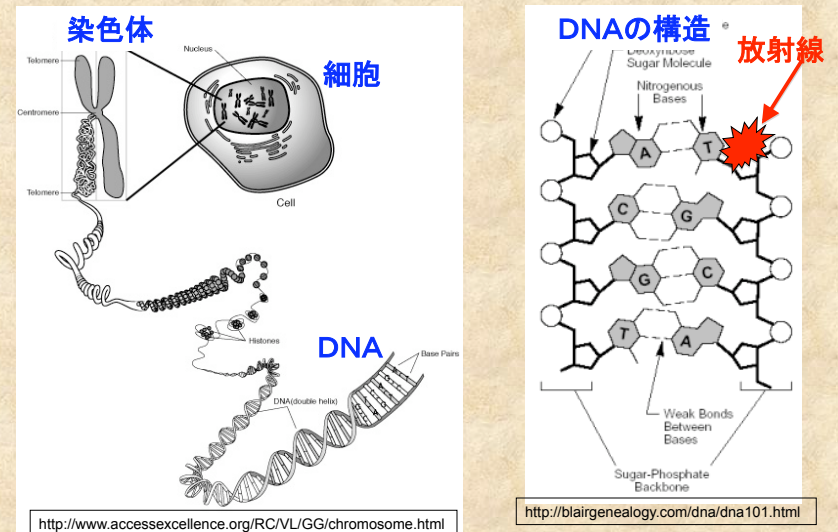
原子力・エネルギー図面集2011電気事業連合より

NPO法人口腔健康推進協会講演

20

放射線の人体への影響

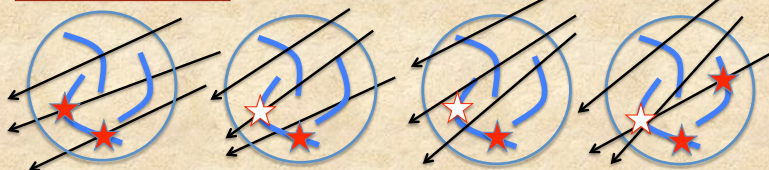
染色体とDNA



DNAの損傷と修復

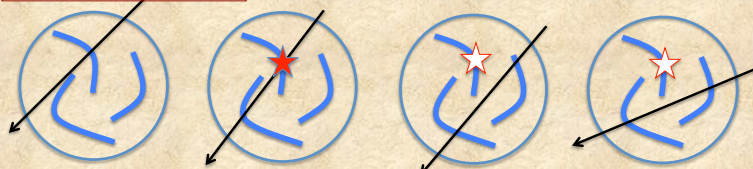
瞬時、高線量率

障害の発生



長期間、低線量率

正常



時間経過

子ども・妊婦への影響が大きい

損傷したDNAの修復には時間がかかる

子ども、幼児、胎児の細胞分裂は速い



DNA修復が不完全のまま細胞分裂する可能性が大

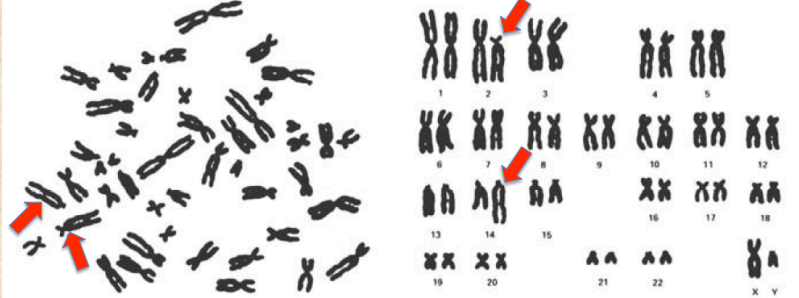
異常が発生する確率が増える

子ども、幼児は放射線に対する感受性が高い

染色体の異常

図5. 左は異常（矢印）を持った細胞分裂像。右は同じものを染色体の大きさに従って並べかえたもの。異常染色体は、第2染色体と第14染色体の一部の交換によって生じたことが分かる（矢印）

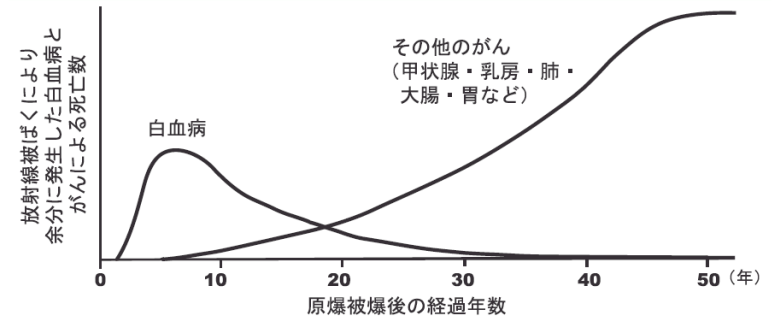
高線量を瞬時に被ばくしたとき



放射線影響研究所のご案内パンフレットの抜粋

放射線被ばくによって白血病とガンがどれだけ余分に発生したか

図6. 放射線被ばくによって白血病とガンがどれだけ余分に発生したか（原爆被爆後の経過年数による）（模式図）

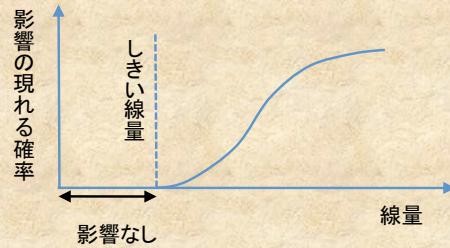


放射線影響研究所のご案内パンフレットの抜粋

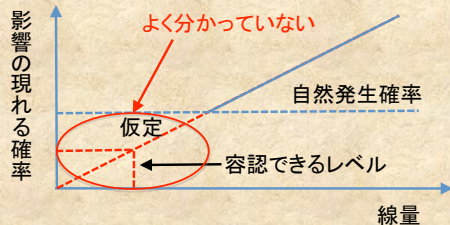
確定的影響と確率的影響

瞬時の被ばくの場合

確定的影響
脱毛、白内障、
皮膚障害など



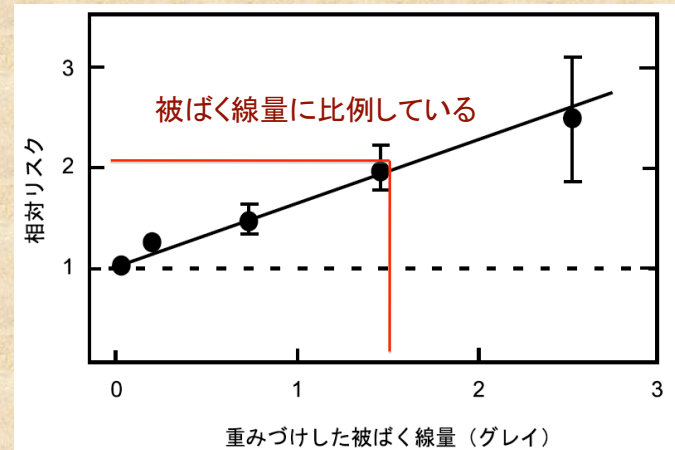
確率的影響
ガン、白血病、遺伝など



NPO法人口腔健康推進協会講演

白血病を除くすべてのガン発生と、被ばく線量の関係

約1.5グレイの被ばくにより発生率が2倍になっています



放射線影響研究所のご案内パンフレットの抜粋

放射線による健康リスクの考え方

■ リスクの意味

放射線のリスクとは、その有害性が発現する可能性を表す尺度であり安全や危険を意味するものではない

■ しきい値がなく、直線的にリスクが増加するモデル

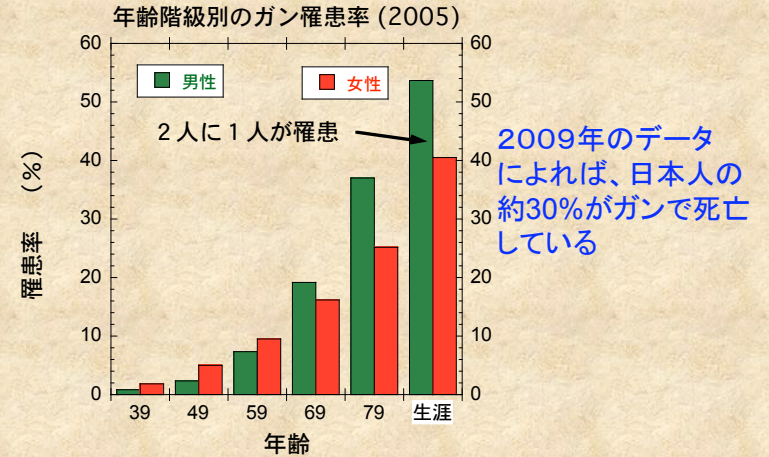
科学的に証明された事実ではなく、公衆衛生上の安全サイドに立った判断

あくまで被ばくを低減するための手段として用いられる

しかし、100ミリシーベルト以下の極めて低い線量の被ばくのリスクを
 多人数の集団線量(単位:人・シーベルト)に適用して、単純に死亡者数等
 の予測に用いることは、不確かさが非常に大きくなるため不適切

低線量被ばく検討WGの報告 2011.12.15

年齢階級別のがん罹患率



<http://www.fpcr.or.jp/index.html> がん研究振興財団

放射線の健康へのリスクの程度

日本人の約30%がガンで死亡している
 (2009年のデータ)

長期間にわたり100ミリシーベルトを被ばくすると、生涯のガン死亡のリスクが約0.5%増加すると試算されている

他方、我が国でのガン死亡率は都道府県の間でも10%以上の差異がある

低線量被ばく検討WGの報告 2011.12.15

健康へのリスクを放射線に換算

	相当する被ばく線量 (ミリシーベルト)
喫煙	1000~2000
肥満	200~500
野菜不足	100~200
受動喫煙	100~200

低線量被ばく検討WGの報告 2011.12.15

低線量被ばくの評価

- 100ミリシーベルトを越えると線量の上昇に比例して発ガンリスクが増加することが分かっている
(瞬時の被ばく)
- 100ミリシーベルト未満の場合、影響が科学的に証明されていない
(瞬時の被ばく)
- 低線量を長期間にわたり被ばくした場合、同じ線量を瞬時に被ばくした場合より健康影響は小さい

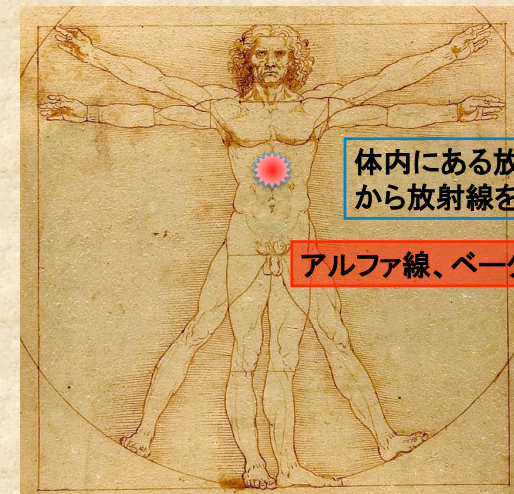
低線量被ばく検討WGの報告 2011.12.15

放射線以外にも危険因子は多数ある

- DNAの損傷、修復に関するもの
喫煙、食品添加物、農薬、化学物質など
免疫力の低下を引き起こすもの
- 生命に、直に危険を及ぼすもの
細菌、感染症、食中毒、犯罪、事故

食品中の放射性物質

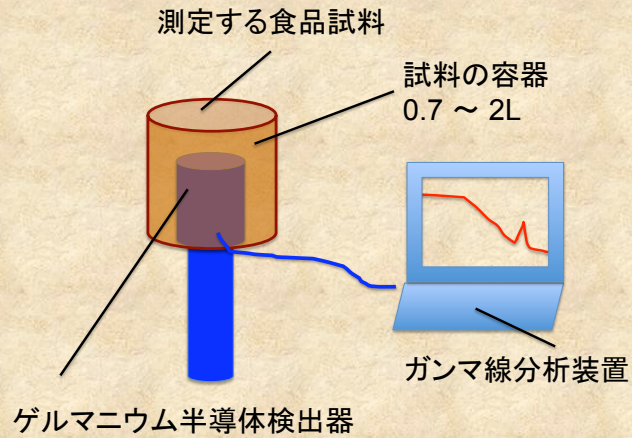
内部被ばく



体内にある放射性物質から放射線を受ける

アルファ線、ベータ線、ガンマ線

食品中の放射能測定



放射性セシウムの測定

ゲルマニウム半導体検出器と遮蔽体



試料の容器

<http://katukawa.com/?p=4778>



食品検査： 検出レベルと測定時間 定量レベルを下げると時間がかかる

$$Time \propto \left(\frac{1}{B_{Limit}} \right)^2$$

表1：緊急時（多核種検出時）においてマリネリ容器（2L）を用いた時の測定時間と定量可能レベルの関係

試料名	供試料	¹³¹ I 定量可能レベル (計測時間)			¹³⁷ Cs 定量可能レベル (計測時間)			単位
		10分間	30分間	1時間	10分間	30分間	1時間	
牛乳	2L	18	10	8	40	24	16	Bq/L
野菜 (葉菜)	1kg	36	20	16	80	48	32	Bq/kg 生
海藻 魚	2kg	18	10	8	40	24	16	Bq/kg 生
穀類 肉類 卵	2kg	18	10	8	40	24	16	Bq/kg 生

ゲルマニウム半導体検出器の相対効率：15%

<http://katukawa.com/?p=4778>

食品中の放射性セシウム基準値が変更された 2012.4.1から適用

	セシウム137の基準値 (ベクレル/kg)
一般食品	100
乳児用食品	50
牛乳	50
飲料水	10

- 500ベクレル⇒100ベクレルで測定時間は25倍に
- 高価な測定器が必要
- 自主規制でもっと低い数値を目指すと混乱を招くゼロを希望してはいけない

食品中のカリウム40の放射能

カリウムの0.01%が放射性のカリウム40

カリウム40のガンマ線エネルギーはセシウム137の2倍

(単位: ベクレル/kg)

ブラジルナッツ 210	干しこんぶ 2,000	干しいたけ 700	ポテトチップ 400
バナナ 130	生わかめ 200	ほうれん草 200	魚 100
にんじん 120	牛乳 50	食パン 30	米 30
じゃがいも 120	牛乳 100	ビール 10	
牛赤肉 110			

Idaho State U. HPより

NPO法人口腔健康推進協会講演 http://www.japc.co.jp/atom/atom_6-2.html 日本原子力発電 41

意外と少ないセシウムによる内部被ばく線量

緊急時に考慮すべき放射性核種に対する実効線量係数
(ICRPが1996年に公表)

放射性核種を摂取した後、50年間に受ける線量を評価する係数

セシウム137を経口摂取した場合、係数は

$$\frac{1.3}{100} \left[\frac{\text{マイクロシーベルト}}{\text{ベクレル}} \right]$$

500ベクレル 1回 摂取 50年間で 65 マイクロシーベルト

500ベクレル 毎日、1年間 50年間で 2.4 ミリシーベルト

NPO法人口腔健康推進協会講演

42

食品中の放射能は？

- カリウムを含む食品は色々ある
- 放射性セシウムがゼロでも放射性カリウムがある
- カリウム40のガンマ線エネルギーはセシウム137のガンマ線エネルギーの2倍もある
- 基準値を超えた食品を避ければ十分

NPO法人口腔健康推進協会講演

43

食品中放射能のまとめ

- 内部被ばくと外部被ばくの人体への影響は同じ
シーベルトで被ばく線量を管理する
- 農産物の汚染度は減少する方向にある
- 海産物は長期的な監視が必要



NPO法人口腔健康推進協会講演

44

除 染

除染について(1)

- 福島第1原発の近くは放射能濃度が高いので除染が必要
- 汚染度が高い地域が優先
- 神奈川県は 0.04マイクロシーベルト/時
- しかし、除染に関する政策やシナリオは未定

除染について(2)

- まだ試行錯誤・研究の段階である
 - セシウムは粘土(微粒子)に吸着され、7%しか水に溶け出さない
- 表層土の体積は膨大
面積3km×3km、深さ5cmの土壌は1億トン
 - 汚染土を除去 ← 現在はこの段階
 - 洗浄
 - 分類
 - セシウムの抽出
 - セシウムの濃縮
 - 濃縮セシウムの貯蔵

結 論

- 長期間にわたる低線量率被ばくの健康への影響は解明されていない
- 内部被ばくと外部被ばくの人体への影響は同じ
- 基準値を超えた食品を避ければ十分
- 発ガン因子は沢山あり、放射線はその中の1つ
- 健康は心身ともにバランスのとれた生活から
 - 0%あるいは100%を求めない