

S N W主催

有明高専 特別講演

知って安心，知らないと怖い，
放射線と放射能

2018.1.9

元 日本原子力研究所・副主任研究員

元 東海大学教授

理学博士 大塚 徳勝

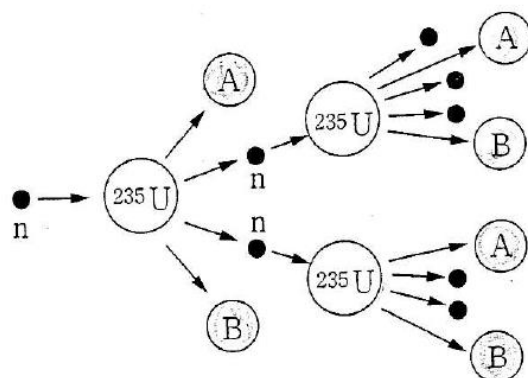
【1】原子力エネルギー（原子力、核エネルギー）とは？

● U-235が核分裂する際に生じる熱エネのこと



陽子○の数 = 92個

中性子●の数 = 143個



- 核分裂の際に、猛烈な熱と放射線が出る。
- 連鎖反応：核分裂がネズミ算的に増大
- 連鎖反応に必要な最少量 = 約50 kg

【長】1 kg の U-235 = 石炭3000 t 分 (300万倍)

【短】核分裂生成物が、強い放射能を持っている。
これが高レベル放射性廃棄物になる (後述)

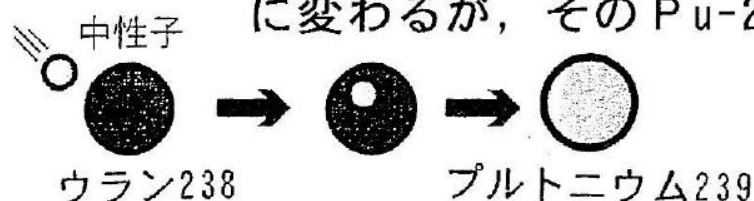
▼原子力エネ E の源は何か？ 核分裂前後の質量欠損 $m=0.1\%$, $E=c^2m$
(熱の仕事当量に相当)

▼濃縮ウランとは？

●天然ウラン $\left[\begin{array}{l} \text{U-235} : 0.7\% \text{ (核分裂する)} \\ \text{U-238} : 99.3\% \text{ (核分裂し難い)} \end{array} \right]$ 核分裂し難い

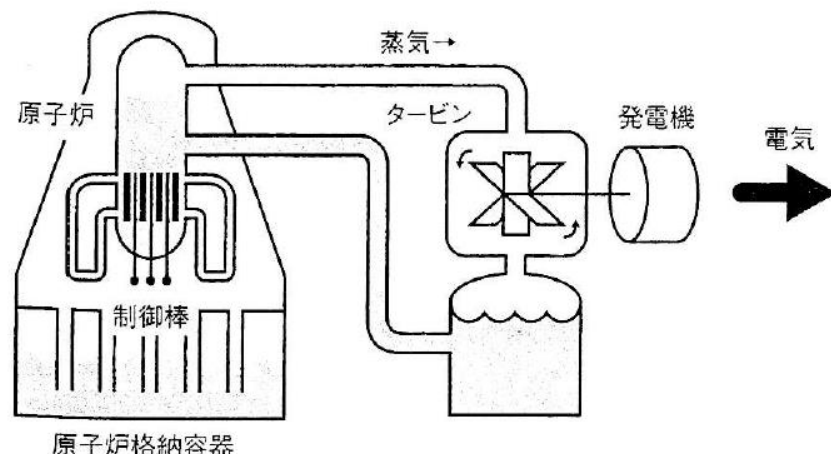
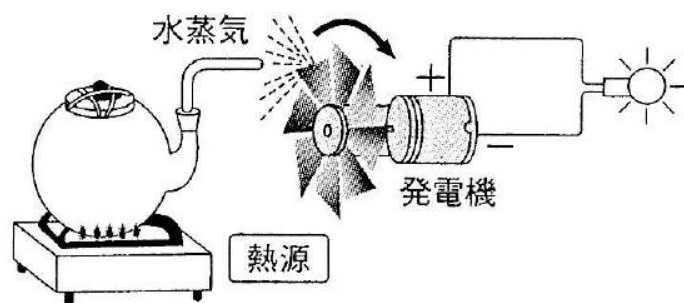
●濃縮ウラン (U-235濃度を高めたもの) $\left[\begin{array}{l} \text{原発} : 3\sim5\% \text{ (ビール)} \\ \text{原爆} : 93\% \text{以上 (ウオッカ)} \end{array} \right]$

●U-238に中性子が当たっても、核分裂は起こさず、中性子を吸収してPu-239になるが、そのPu-239に中性子が当たると、核分裂が起こる。



●UとPu：核燃料（＝原子燃料）

▼原子力発電の原理は？



●火力発電と同じく、蒸気力発電

●原子力

- ①UとPuの核分裂
- ②Hの核融合：水素原子核が融合（ $4\text{H} \rightarrow \text{He}$ ）する際に、膨大なエネルギーを放射する。

●太陽（恒星）のエネルギー源：水素の核融合

●福島原発の事故原因：大津波によって、非常用ディーゼル発電機が浸水したため、緊急用炉心冷却ポンプが作動せず。⇒ U燃料棒が融解。⇒ さらに、高温の燃料被覆管と冷却水が化学反応を起こして H_2 が発生。⇒ 水素爆発！

【2】放射線とは、どんなものか？

- 目には見えないが、強力なエネルギーをもった光のようなもの。
エネルギーの一種！

周波数 (Hz)					10^{12}	10^{14}	10^{15}	10^{17}	10^{20}	10^{24}
電波					赤外線	可視光線	紫外線	X線	γ 線	
長波	中波	短波	VHF	UHF						
IHヒータ ラジオ テレビ 電子レンジ										

▼放射線の種類は？

電磁放射線	X線, γ 線
粒子放射線	α 線, β 線, 電子線, 中性子線, 重粒子線

▼何から出るのか？

電子線や重粒子線は、高電圧の下で加速して発生させる。X線は高速電子を金属板に衝突させて発生。

α 線, β 線, γ 線	放射性元素(ラジウムなど)
宇宙線	宇宙の彼方(恒星)
X線, 電子線, 重イオン線	放射線発生装置(人工発生源)

【3】放射能とは？：放射線を出す能力・性質

	物	性質	エネルギー
ラジウム 蛍	放射性物質	放射能	放射線
	発光性昆虫	発光能	蛍の光

- 『放射性物質』の意味に使われている。
- 放射能と放射線の混同⇒社会的混乱
- 放射能漏れ ≠ 放射線漏れ

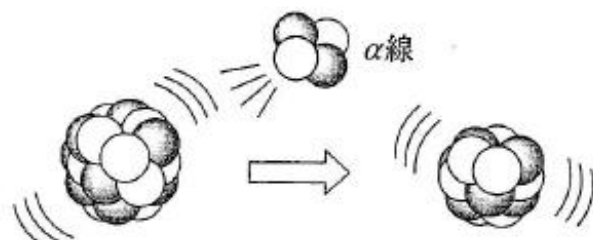
- ▼種類と場所は？
- 自然放射能：Ra-226, Rn-222, U-238, K-40, ... が地殻, 海, 川, 地下水, 大気, 体内に分布。
 - 人工放射能：I-131, Cs-137, Sr-90, F-18(ペット検査)

▼なぜ、特定な元素の原子核だけが、放射能を持っているのか？

- エネルギーの高い原子核は、不安定なので、放射線を放出して安定な原子核に変わる。
(電圧の高い雷雲に似ている)

∴ 不安定な原子核が、『放射能』を持っている。

- 放射性原子核の崩壊 (壊変)



- 深さ 1 m の 60坪の土壌 : 1 kg の U が埋蔵
- 海水 : 45億トンの U が溶解
- 放射能の強さ(量)の単位 : Bq (ベクレル) = 1 個/秒 壊変

地殻 500兆 トン	4.3×10^{25} Bq	サラダ油	181 Bq/kg
チェルノブイリ 放出量	5.2×10^{18} "	玄 米	74 "
福島原発放出量	4.8×10^{17} "	牛 乳	52 "
広島原爆	2.7×10^{17} "	尿	111 Bq/L
山梨の増富温泉	11,100 Bq/L	海 水	11 "
人体 (60 kg)	7,021 Bq	河川水	3.7 "
土 壤	155~1025 Bq/kg	水道水	0.74 "
ホウレン草	89~ 222 "	大 気	0.4~5.6 Bq/m ³

▼地熱の原因は？ : 地殻の中の放射能から出る放射線のエネルギー ⇨ 熱エネ

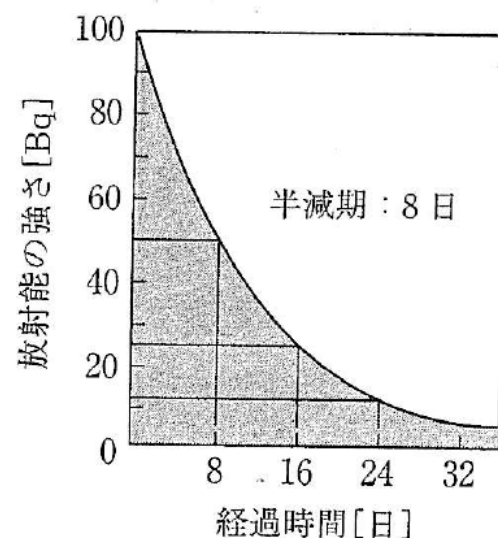
- 人への影響は、放射能の放出量だけでは決まらず。
- 身の回りには、放射性物質が沢山ある。 放射能は正しく怖がろう

▼半減期とは？：放射能の強さが半減するまでの時間（動物の平均寿命に相当）

●370億 Bq当たりの質量と半減期との関係

I-131	8日	0.0081mg
Cs-137	30年	11mg
Ra-226	1600年	1g
U-238	45億年	3,000kg

RaはUより300万倍強



【4】『放射能の強さ』と『放射線の強さ』の関係

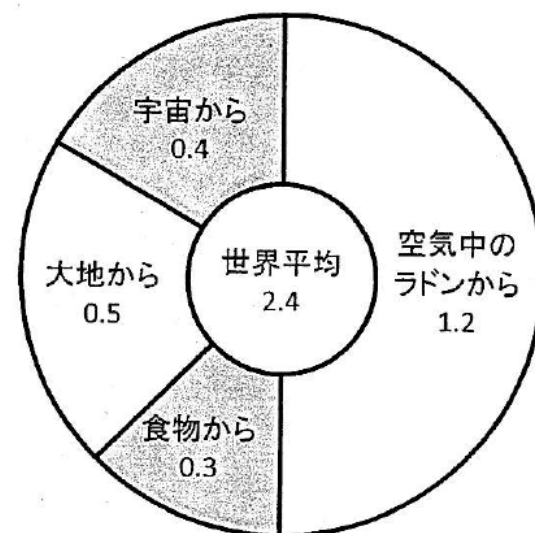
光源の明るさ …… 照度
マグニチュード …… 震度
(距離が関係)

- 放射線の量（線量）＝〔放射線の強さ〕×〔時間〕 …… 日光浴と同じ
- 線量の単位：mSv, μ Sv
- 被曝しても、放射線や放射能は残らず。
- 放射線の強さの単位：mSv/時間, μ Sv/時間

放射能の強さ [Bq]	⇒	放射線の強さ [mSv/時間]	⇒	被曝線量 [mSv]
		距離が関係		時間が関係

●自然放射線による年間被曝線量＝2.4 mSv

●外部被曝 { 宇宙線は、600個/秒も身体を貫通。
大地放射線は、5万個/秒 ”



- 人類は太古の昔から、自然放射線を受けながら、突然変異を繰り返して進化

神奈川	長崎	佐賀	広島	福岡	岐阜	フィンランド	ラムサル(イラン)
0.81	1.00	1.06	1.07	1.10	1.19	7.8	10.2 mSv/年

- 発癌や遺伝的影響：地域差なし
- 放射線も正しく怖がろう
- 放射線ホルムシス：微量放射線に効能？（国際放射線防護委員会は未認定）

●身の回りの放射線の強さと線量

平常時の原発周辺	0.001 mSv/年	避難区域	20 mSv 以上/年
ブラウン管型テレビ	0.001 mSv/時	宇宙飛行士	100～150 mSv/回
原子力船「むつ」	0.002 "	臨床的症候なし	250 mSv以下
飛行機（日米間往復）	0.2 mSv/回	<u>白血球の減少</u>	250～500 mSv
胃部X線写真	3.0 mSv/回	致死線量	7,000 "
三朝温泉（ラドン）	4～5 mSv/年	肺ガンの治療	2,000 mSv × 30回
胸部X線CTスキャン	6.9 mSv/回	原爆初期放射線	158,000 mSv

- 日本人の医療被曝線量＝年間5.3 mSv

私も事故で、36mSvを被曝

- 福島の実測値（2012.9.7 私と九大教授の二人で）

飯館村役場前	1.7 μ Sv/時
福島駅前	0.37 "
相馬市の草むら	2.5 "
国道・県道	0.2～0.8 "
コンビニ店内	0.07 "

⇒ 15 mSv/年

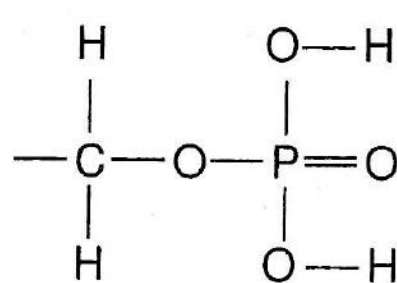
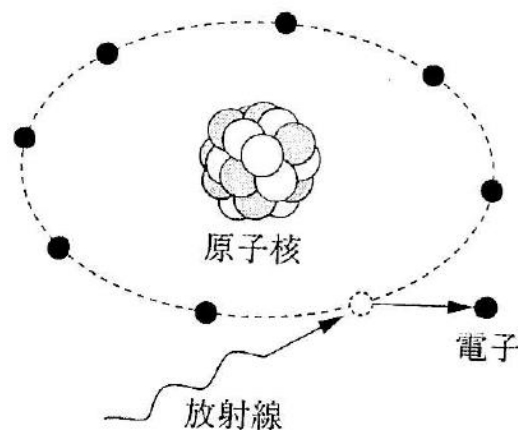
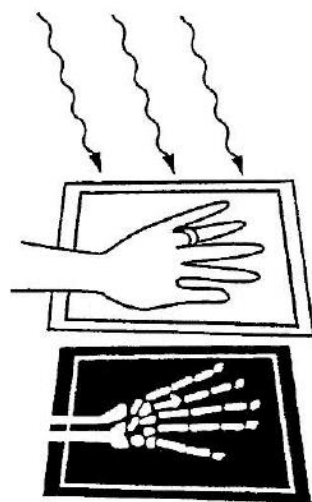
（汚染濃度：年間平均 40%低下）

●自宅での実測値＝ 0.07 μ Sv/時

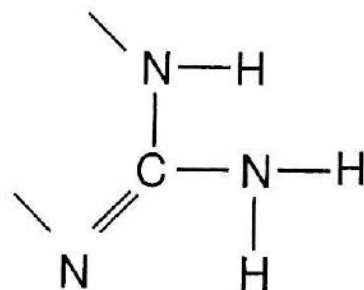
庭石（花崗岩）の上＝ 0.11 "

【5】放射線の性質は？

- ①強い透過力
- ②電離(イオン化)作用



DNAの分子構造の一部



- 水 ($\text{H}-\text{O}-\text{H}$) に放射線が当たると、HとOに分解する。
- 物質に放射線が当たると、化学反応が起こる。放射線は残らず、残るのは、「影響」や「効果」。
- 生体では、DNAの分子が切断され、配列が狂う $\Rightarrow$ 突然変異

●突然変異の原因

発癌物質
熱処理
紫外線
放射線
ウイルス
ストレス

- 『たばこ』1本の突然変異の威力
= 0.04 mSvの放射線に相当
- 副流煙の発癌力 > 100 mSv/年

●傷ついたDNAの大部分は、「抑制遺伝子」によって修復されたり、自殺する。
▼放射線で癌になりやすくなるのに、逆に癌が治るのは何故か？

【6】放射線の人体への影響

伝染はしない

●線量だけではなく，①全身か局部か，②急性か慢性か，③外部か内部かで異なる。

●原爆死の内訳

焼死 60%	圧死 20%	被曝死 20%
--------	--------	---------

- ①被曝死は，初期放射線(ピカドンのピカ)による急性被曝「イッキ飲み」
- ②『黒い雨』に含まれていた，核分裂生成物による内部・慢性被曝

発癌の確率	200 mSvで1%増大
自然発生率	30%

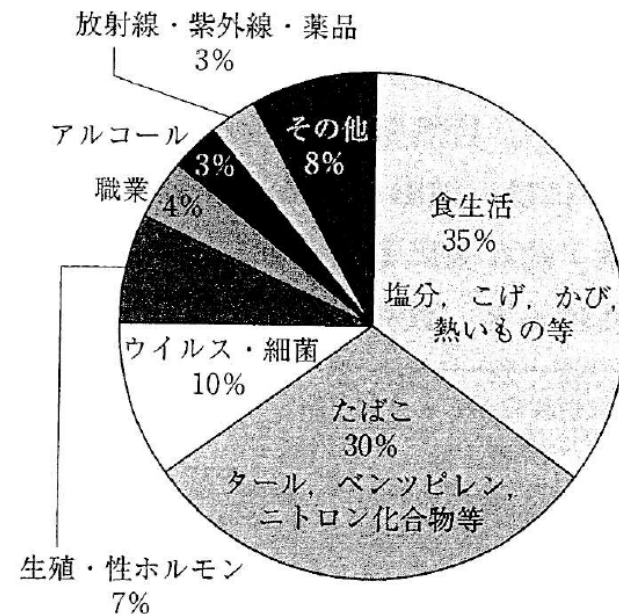
100 mSv以下では，識別不可能。

●遺伝子

- 体細胞の遺伝子 ⇒ 癌
- 生殖細胞の遺伝子 ⇒ 遺伝

▼遺伝的影響は？：動物実験では顕著。
しかし，人間では幸いにも認められず。

●発癌の原因



【7】東日本大震災による死者と福島県民の外部被曝線量

●21,176人

溺死	92.4%
関連死	2,668人
被曝死	0人

平均	10 mSv
最大	25 mSv
99.6%	4 mSv未満

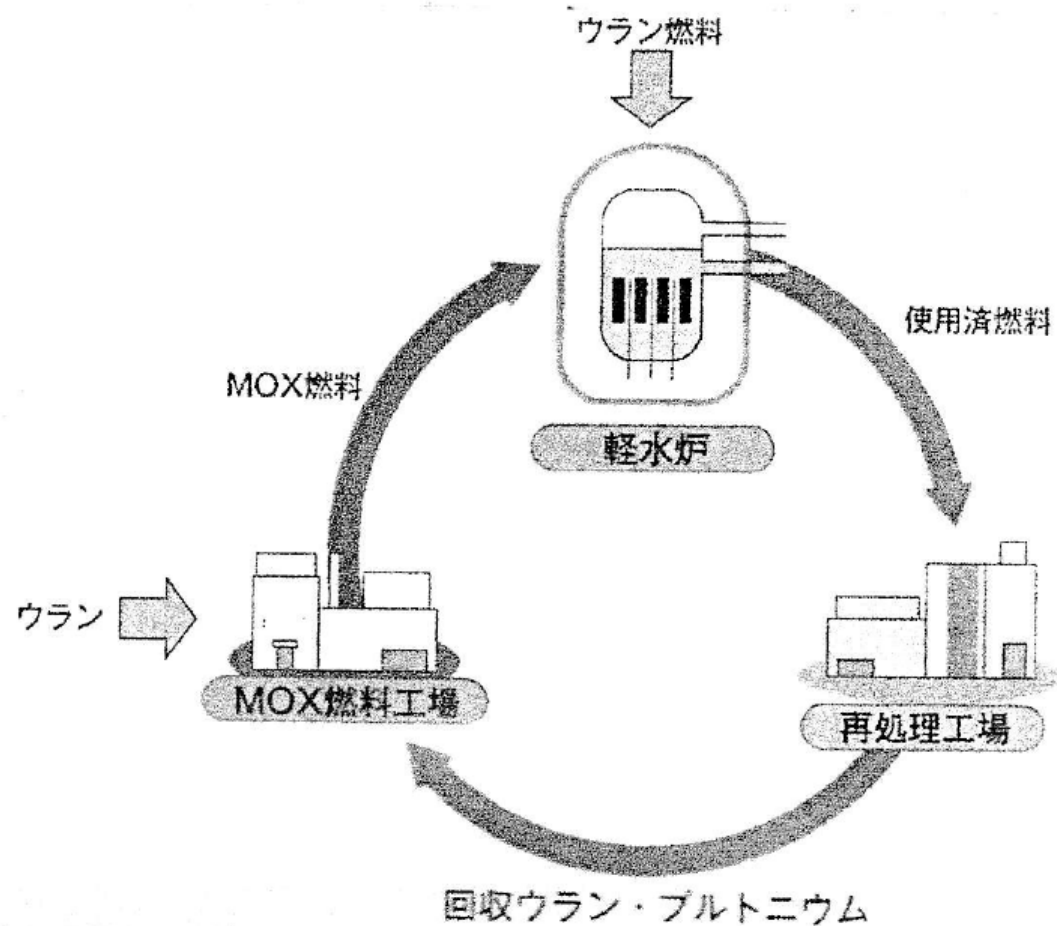
【8】発電に使用した核燃料は、どうするのか？

- 『使用済み核燃料』の中には、
①残存ウラン（235と238）
②新たに生じたPu-239
③放射性の核分裂生成物
が含まれている。

①と②の再利用を図るため、
使用済み核燃料を再処理工場
で切断して、硝酸に溶かして
化学処理し、分離・回収する。

③は『核のゴミ』になる。

●核燃料サイクル ⇔



【9】高レベル放射性廃棄物（核のゴミ）の処分は、どうするのか？

●核分裂生成物は強い放射能を持っている。

再処理工場：核分裂生成物の溶けた硝酸溶液をガラス片と混ぜて、高温で熔融して、安定な『ガラス固化体』を作る。

それをステンレス製のキャニスタに入れ、さらに厚さ20cmの金属製容器に入れて、深さ300 m以上の地層に埋設処分する。

●『核のゴミ』の地層処分に対する考え方



『核のゴミ』の地層処分の問題は、仮に今、原発を全廃したとしても、原発に賛成・反対に関係なく、これまで原発の恩恵に与かり、豊かな生活を享受してきた我々の世代において、解決しておくべき道義的責任と義務があると思う。

この問題を次世代の人々に先送りするのは、あたかも1000兆円を超えた国の借金（一人当たり1000万円）を次世代の人々に先送りするのと同じく、世代間の平等の原則に反し、国民のモラルから見ても問題があると思う。