



放射性物質と環境 ～放射性汚染物質の除染～

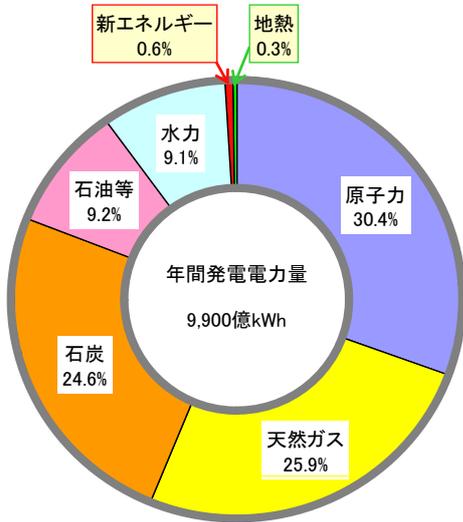
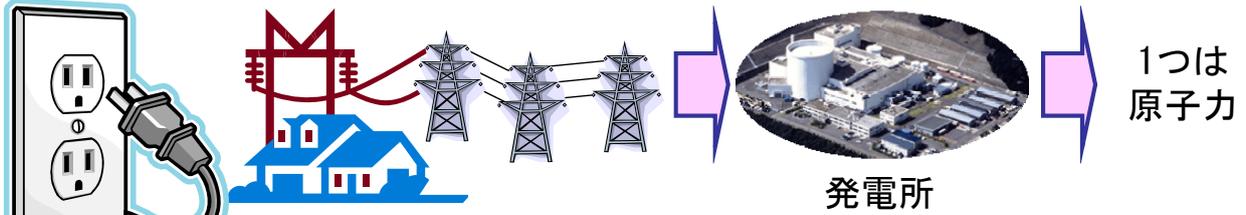
独立行政法人 日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門
環境機能高分子材料研究グループ

瀬 古 典 明
seko.noriaki@jaea.go.jp

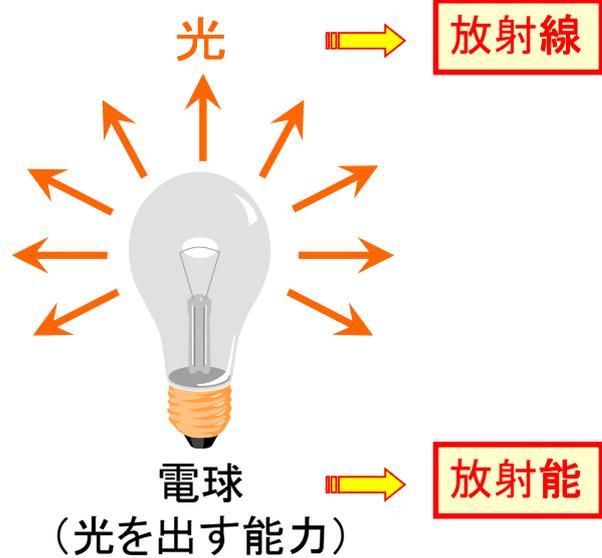
本 日 の 内 容

1. 放射線とはどんなものか？
 - ・放射線と放射能、半減期について
 - ・自然界の放射線
2. 飛散した放射性物質からの影響は？
 - ・外部被爆、内部被爆について
3. 放射線は世の中に役立っているのか？
 - ・放射線を利用したモノ作りの紹介
4. 質疑応答

コンセントの向こう側



出展：電源開発の概要

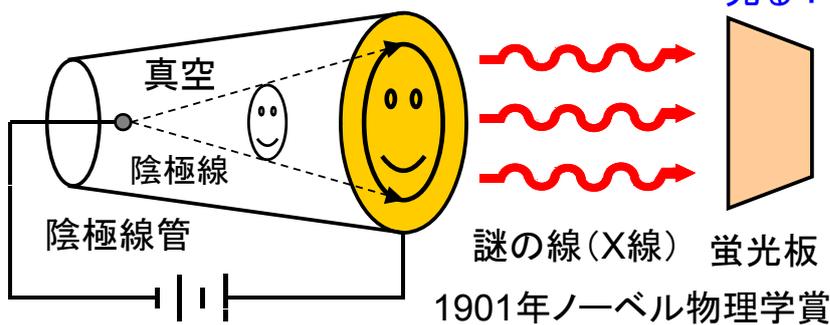


放射線・放射性物質の発見

放射線の発見 (X線)



レントゲン



X線 (レントゲン) 写真

放射線物質の発見



ベクレル

X線発見1年後・・・ 蛍光物質からX線に似たものが放射
放射能の発見 1903年ノーベル物理学賞 (キュリー夫妻と)

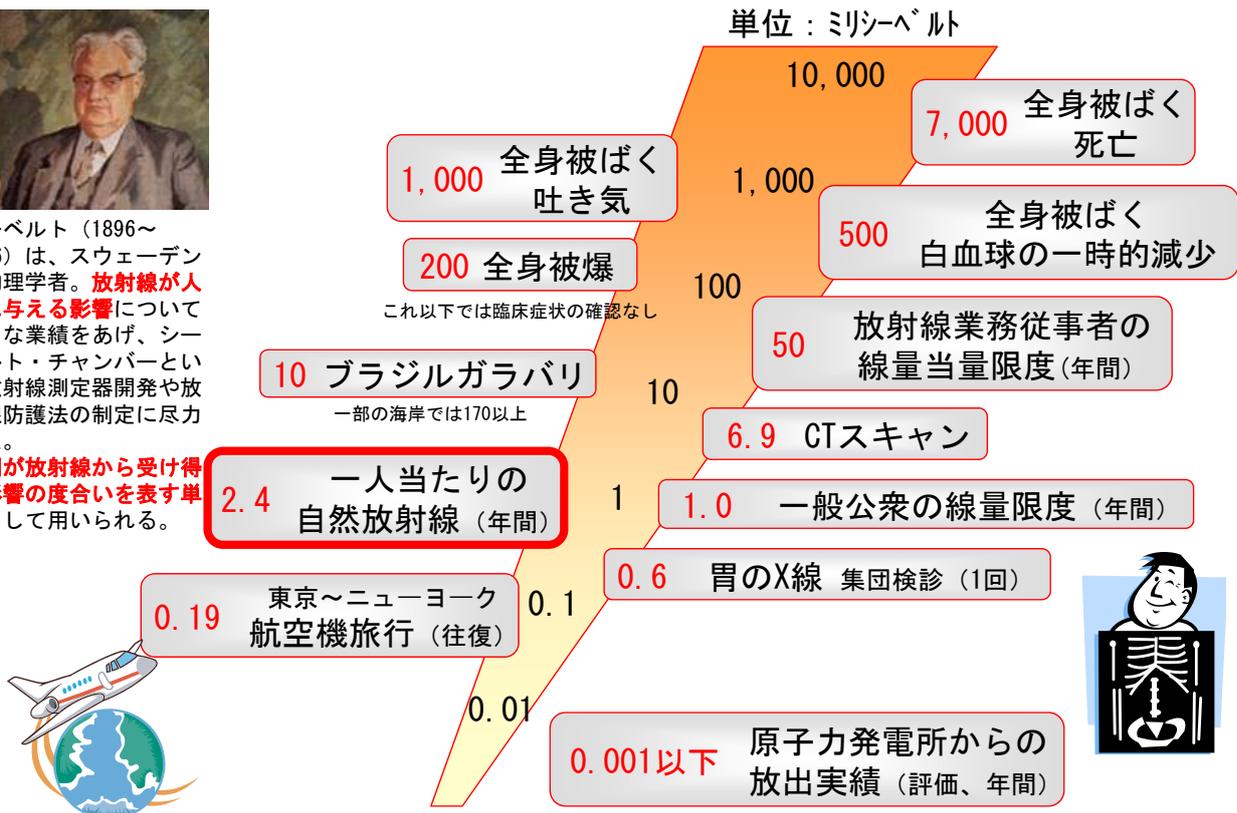
ベクレル線、と命名

1 Bq=1秒間に1個の原子が崩壊し、放射線を放出する

日常生活と放射線



シーベルト (1896~1966) は、スウェーデンの物理学者。**放射線が人体に与える影響**について大きな業績をあげ、シーベルト・チャンパーという放射線測定器開発や放射線防護法の制定に尽力した。
人間が放射線から受け得る影響の度合いを表す単位として用いられる。



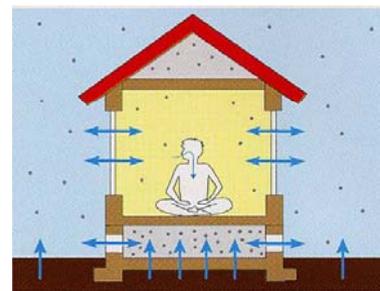
自然界からうける1年間の放射線量



宇宙から
年間0.39 mSv



年間2.4 mSv



空気中から
年間1.3 mSv

大地から
年間0.48 mSv

食物などから
年間0.29 mSv

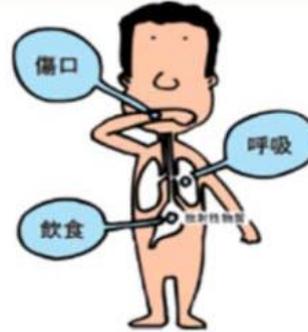
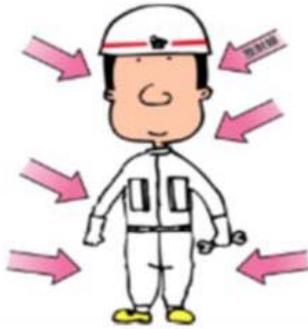


職業人：50 mSv



外部被爆と内部被爆

被ばくには、2種類あります。



外部被ばく
 身体の外にある放射性物質から放射線を受けること

内部被ばく
 身体の中に入った放射性物質から放射線を受けること

外部被ばくは、マスクや衣服により防ぐことはできません。
 内部被ばくの場合、ヨウ素131のように、甲状腺に集まるなどの特徴を持つものがあります。

放射線とがんリスクについて

| 調査集団 | がん死亡率の増減 | 被ばく線量（被ばく期間） |
|---------------|----------|--------------|
| 原爆放射線被ばく者 | 8%増加 | 200mSv（数μ秒） |
| 中国の高自然放射線地区住民 | 25%減少 | 330mSv（60年間） |
| 英国放射線科医 | 29%減少 | 100mSv（20年間） |
| 欧州定期航空パイロット | 32%減少 | 20mSv（約10年間） |

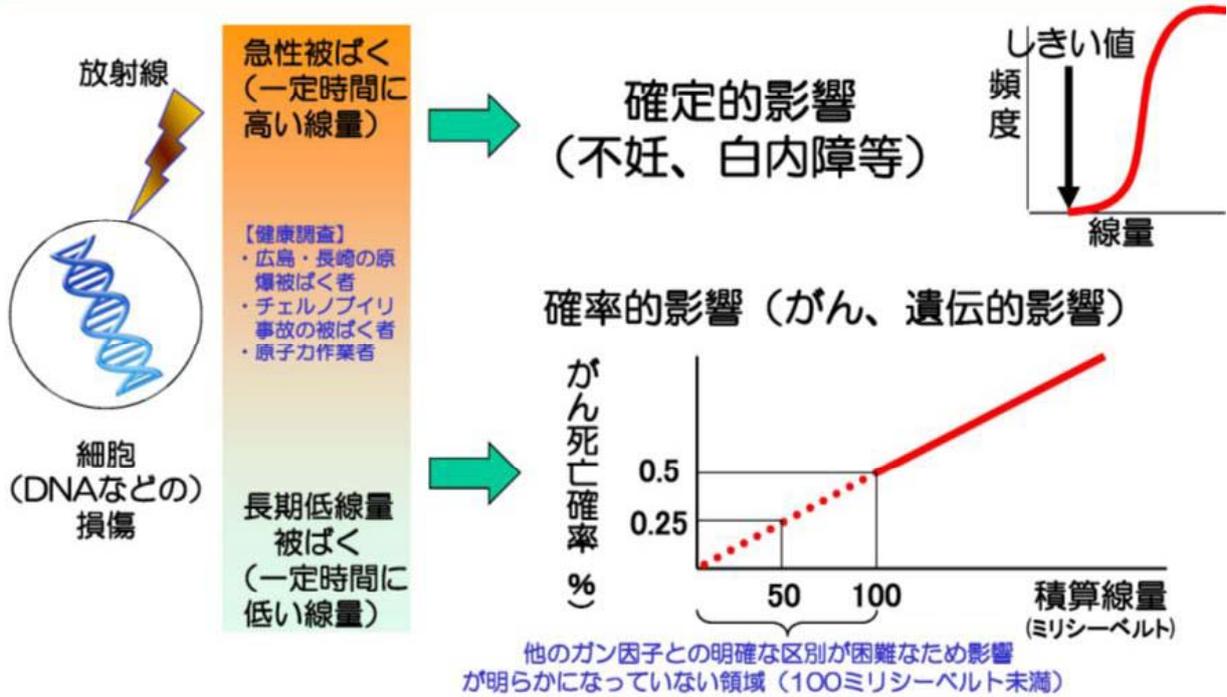
出典：近藤宗平、放射線生物研究Vol.45(4), p.341, 2010
 同、Isotope News, No.636, p.14-19, Apr.2007

| がんの相対リスク | 被ばく線量（生涯） | 項目（全部位） |
|-----------|--------------|---|
| 1.50-2.49 | 1000-2000mSv | 喫煙者（1.6）、大量飲酒（450g以上/週）※（1.6） |
| 1.30-1.49 | 500-1000mSv | 大量飲酒（300-449g以上/週）※（1.4） |
| 1.10-1.29 | 200-500mSv | 肥満（BMI≥30）（1.22）、やせ（BMI<19）（1.29） 運動不足（1.15-1.19）、高塩分食品（1.11-1.15） |
| 1.01-1.09 | 100-200mSv | 野菜不足（1.06） 受動喫煙<非喫煙女性>（1.02-1.03） |
| 検出不可 | 100mSv未満 | |

出典：「わかりやすい放射線とがんのリスク」（国立がん研究センター）

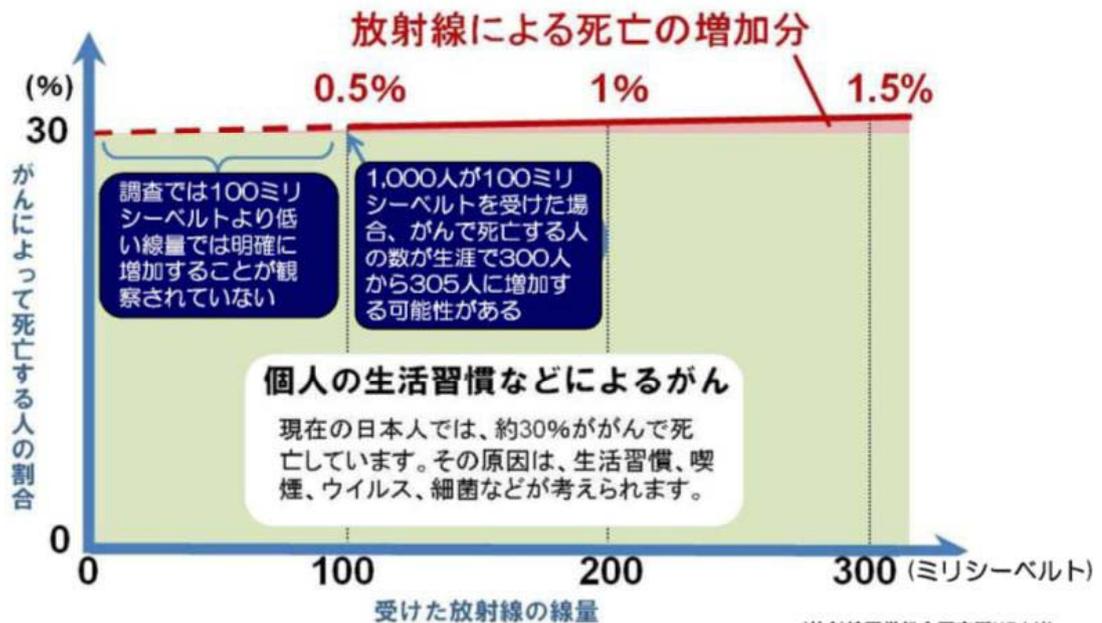
放射線が人体に影響するのはなぜ？

放射線によりDNAが損傷をうけますが、多くは修復されます。



100ミリシーベルト以上は？

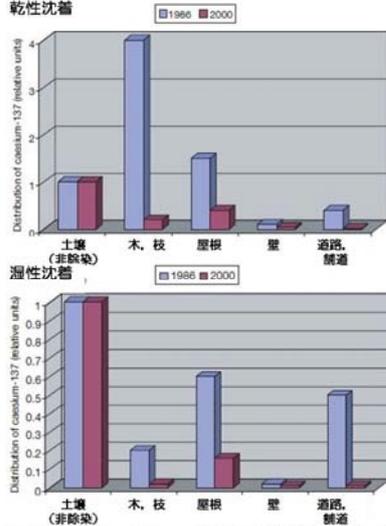
確率的影響は、可能な限り被ばくを低く抑えることが大切です。



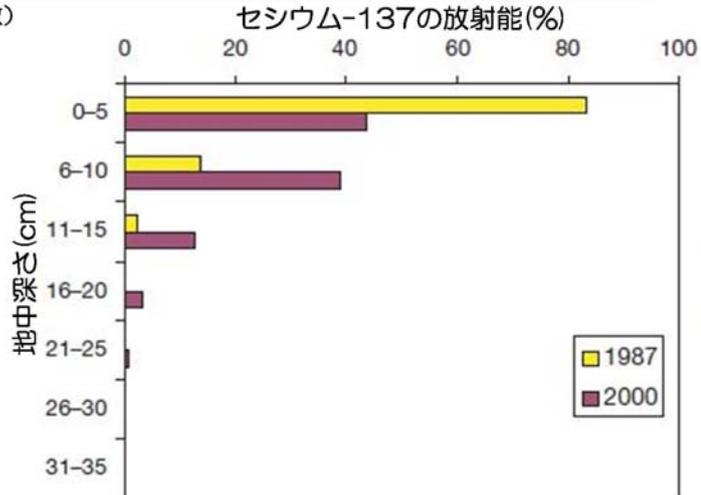
セシウムは地下水に影響するのか？

90%以上は15cm深さまでに滞留し、ほとんど移動しない

居住区域でのセシウムの分布（チェルノブイリ事故）



セシウム-137の分布：土壌での値を1.0とした相対値で表現



チェルノブイリ事故の際の土壌中のセシウム分布（砂質土壌）
IAEA報告書 “STI/PUB/1239” (2006) より

米に含まれるセシウムの影響は？

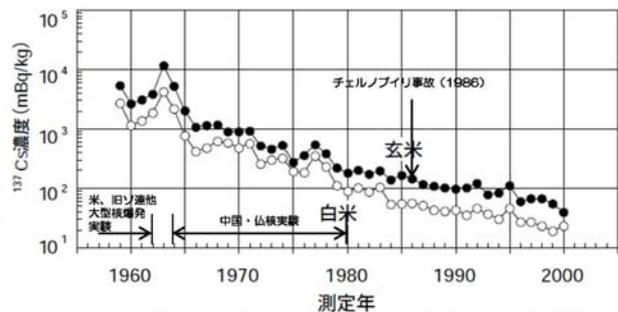
稲作の作付け制限値：5000ベクレル/kg（土壌）

玄米への移行係数：1/10

➡ 玄米の暫定規制値500ベクレル/kg

セシウムは、玄米（特にぬか）に多く含有。
精米すれば約6割減少する。

500ベクレル/kg（玄米）
⇒200ベクレル/kg（精米）
⇒年間60kg消費（日本人平均）
⇒年間0.15ミリシーベルトの被ばく



大気圏内核実験による玄米と白米におけるセシウム濃度（全国平均）の時間変化

野村他, “わが国の米、小麦および土壌における90Srと137Cs濃度の長期モニタリングと変動解析”, 環境研報24, 1-21 (2006)

体外に排出されます

体内に取り込まれた放射性物質は、生物学的な過程（新陳代謝）により体外に排出されます。新陳代謝の活発な子ども程早く排出されます。

| 核種 | 物理的半減期 | 実効半減期 | 体内での集積 |
|----------|--------|---|--------|
| ヨウ素-131 | 8日 | 乳児（5日） 5歳児（6日） 成人（8日） | 甲状腺 |
| セシウム-137 | 約30年 | 1歳まで（9日） 9歳まで（38日） 30歳まで（70日） 50歳まで（90日） | 筋肉 |

参考：ICRP Publ.72

※実効半減期は、体外に放射性物質が排出される実質的な半減期のことです。

洗い流してください

放射性物質が表面に付着している場合（※表面汚染、といいます）には、払い落したり、水で洗い流したりすれば汚染を取り除くことができます。これを「除染」といいます。

（※ちなみに、健康相談などで保健所などを訪れた一般住民の体の表面の汚染に関して、スクリーニングレベル、すなわち除染が必要となる汚染のレベルは、サーベイメータで測って100,000cpm、すなわち1分間に10万カウントとなっています。

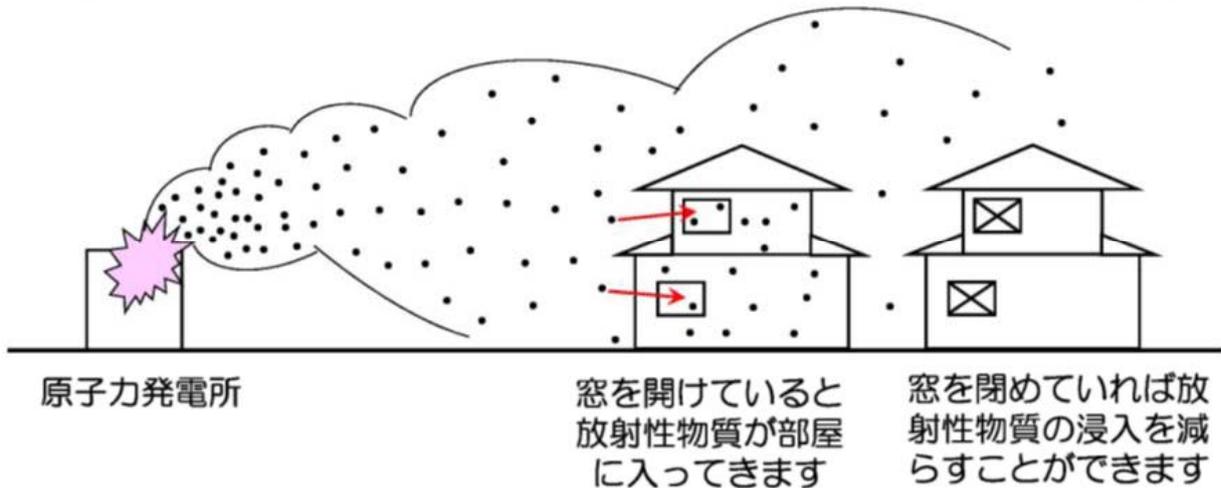
これは、一般的に放射線測定に使われているGMサーベイメータで測定した場合は、1平方センチメートルあたり400ベクレル（400 Bq/cm²）の表面汚染レベルに相当します。）

放射線の影響を減らすための三原則「遮蔽・距離・時間」

- ・何かで遮る
- ・距離をおく
- ・長時間いない

窓をあけても大丈夫？（1）

事故直後（3月ころ）には、放射性ヨウ素
やセシウムが飛んできました

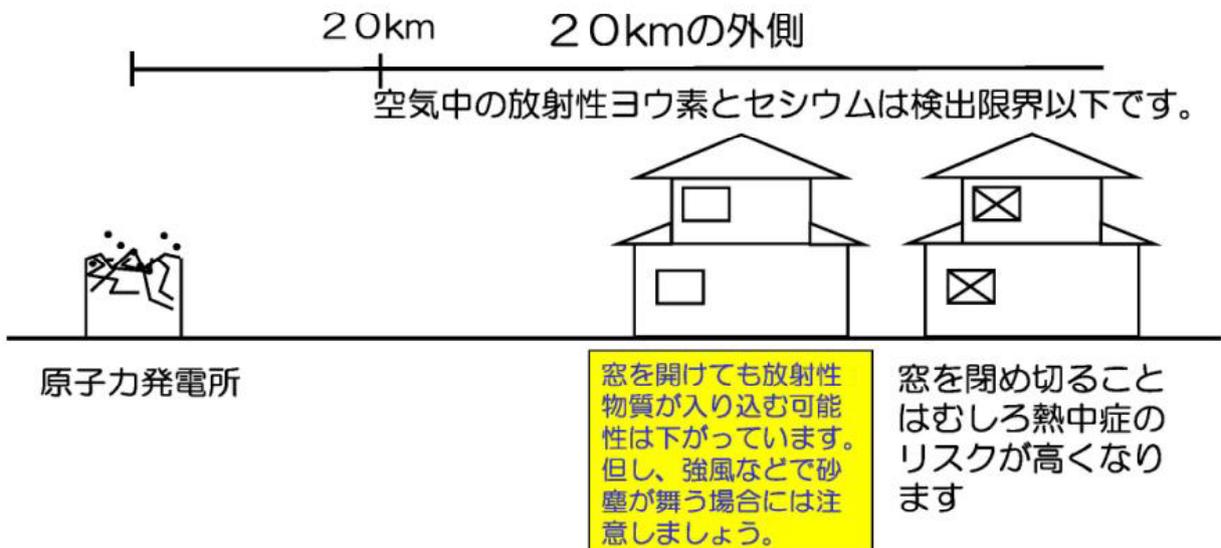


15

窓をあけても大丈夫？（2）

5月の下旬以降、20kmの外では空気中の放射性ヨウ素とセシウムはほとんど検出されていません※

※発電所に覆いがなされていないため、ゼロにはなっていません。



16

今は空気中の放射性物質は検出されていません

- 現在の被ばくは、ほとんどが地面などに残っている放射性セシウムからのガンマ線による外部被ばくと考えられます。
- 普通の生活で、内部被ばく防止のため、マスクをする必要はありません。
- 土ぼこりが多い時は、被ばくをできるだけ少なくする意味でマスクを着用してもよいと思います。
- 除染作業では、マスクをしたり、なるべく泥がつきにくい服装で行う。ついた場合でも、きれいに洗えば問題はありません。
- 空気中の放射性物質は検出されていませんので、通学などで子どもが長そでを着用する必要はありません。

児童・生徒の1年間の積算線量の試算

【計算条件】 屋外線量率：校庭3.80 $\mu\text{Sv/hr}$ 、校庭外2.32 $\mu\text{Sv/hr}$
 屋内線量率：校舎内0.38 $\mu\text{Sv/hr}$ 家庭（木造）0.93 $\mu\text{Sv/hr}$

| 時間 | ~6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | | | | |
|----------|----|---|----|------|----|----|----|------|------|----|----|---|----|---|
| 通園 学日 | 家庭 | | 通学 | 授業 | 休 | 授業 | 休 | 体育授業 | 休 | 授業 | 昼食 | 休 | 授業 | 休 |
| 休日 | 家庭 | | | 屋外活動 | | | | 昼食 | 屋外活動 | | | | | |

| 時間 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21~ |
|----------|------|-----|----|------|----|----|----|-----|
| 通園 学日 | 授業 | HR等 | 通学 | 屋外遊び | | | 家庭 | |
| 休日 | 屋外活動 | | | | 家庭 | | | |

| | |
|----|--|
| 屋外 | |
| 屋内 | |

通園学日（年間200日）
 ・通学（屋外）：1時間×2.32=2.32
 ・校庭（屋外）：2時間×3.80=7.6
 ・学校（屋内）：5時間×0.38=1.9
 ・屋外遊び（校庭外）：3時間×2.32=6.95
 ・家庭（屋内）：13時間×0.93=12.1
 1日の合計：30.83 μSv 、200日：6.17mSv

休日（年間131、事故から34日間は2.56mSvとする（出典参照））
 ・校庭外（屋外）：8時間×2.32=18.56
 ・家庭（屋内）：16時間×0.93=14.88
 1日の合計：33.44 μSv 、131日：4.37mSv

$\mu\text{Sv/hr}$ =マイクロシーベルト/時
 mSv =ミリシーベルト

9.99mSv

年間：事故から34日間2.56+減衰率0.705×（通園学日6.17+休日4.37）=

小学校校舎や通学路の線量を下げる対策を 原子力機構が技術支援しました。

福島県が実施した小学校（3校）の校舎や通学路等の除染事業に対して、線量測定や作業の指導、除染効果の確認試験などの技術的支援を実施。

（単位：マイクロシーベルト／時間、測定場所は表面1 cm）

| 除染場所 | 除染前 | 除染後 | 除染の方法 |
|-----------------|-----|------------|-----------------------|
| 屋上排水口 | 35 | 1.9 | 土砂・落葉除去、タワシ洗浄 高圧洗浄 |
| 雨樋たたき | 40 | 4.2 3.7 | 土砂・こけ除去+水洗 |
| 歩道端土砂堆積 草茂場所 | 25 | 3.8 1.2 | 土砂撤去・除草 |
| 道路側溝 | 13 | 1.6 | 除草・土砂撤去 |

生活空間における放射線量低減対策に係る手引き（福島県）（JAEAが技術協力）：<http://www.pref.fukushima.jp/j/tebiki0715.pdf>

測定器は正しく利用しましょう



- ・校正※されていない線量計を使用しても正しい値を示さない可能性があります。
- ・ビニール袋などで、汚れないようにしましょう。
- ・校正されていない場合でも、除染前後の比較を行い傾向を確認することは可能です。



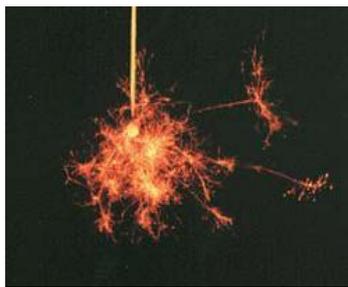
※校正とは物差しを合わせる行為です。

日本工業規格（JIS）に則った校正を年に1回程度行うことを推奨します。詳しくは、メーカーや輸入代理店にお問合わせください。

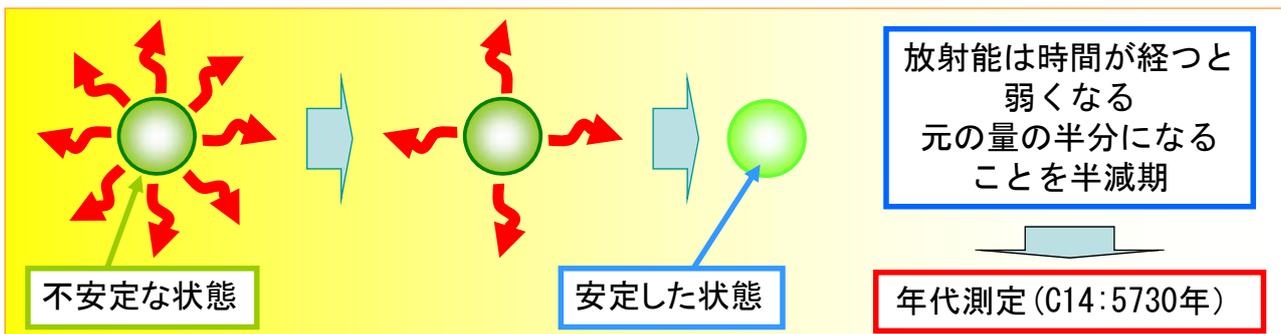
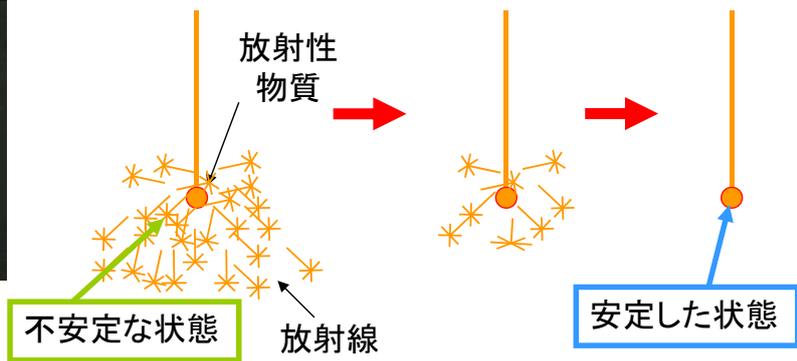
ガラスバッジやポケット線量計などがあります

| 個人線量計 | メリット | デメリット |
|--|------------|-------------------------------------|
| <p>ガラスバッジ</p>  | 安定した測定ができる | すぐに数値がわからない |
| <p>ポケット線量計</p>  | すぐに数値がわかる | 携帯電話などの電波で誤動作する可能性がある。 子どもの精神的負担 |

放射性物質にも寿命がある



線香花火



放射線加工で使用する単位

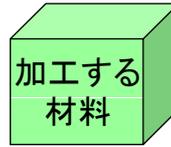


ベクレル (1852~1908) X線と蛍光の関係を調べているとき、偶然硫酸ウラン塩が写真乾板を感光させることから放射能を発見した(1896)。放射能の強度はウランの絶対量に比例していることを調べた。1903年ノーベル物理学賞受賞



放射性物質
放射能
(Bq: ベクレル)
1 Bq=1秒間に1個の原子が崩壊し、放射線を放出する

放射線



加工する材料
吸収線量
(Gy: グレイ)

1 Gy= 1 kg当たり
1 Jのエネルギーが吸収される



グレイ (1905~1965) はイギリスの物理学者。ブラッグ・グレイの空洞原理 (Bragg-Gray Cavity Principle) を考え、吸収線量の測定で業績を上げた。

100 kGyの照射

100 kJのエネルギーが1kgの物質に吸収される。

水では

$$100 \text{ kJ} = 100,000 \text{ J} = 24,000 \text{ cal}$$

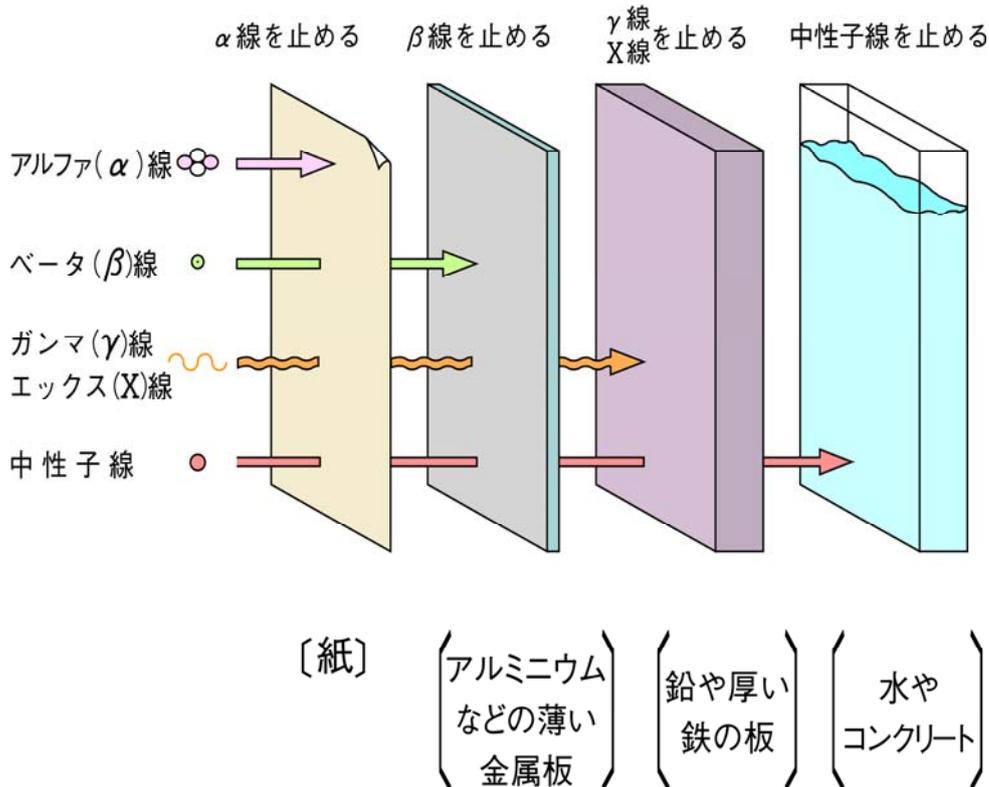
$$24,000 \text{ cal} / 1000 \text{ g} = 24^\circ \text{C}$$

24°C温度が上がるエネルギー量

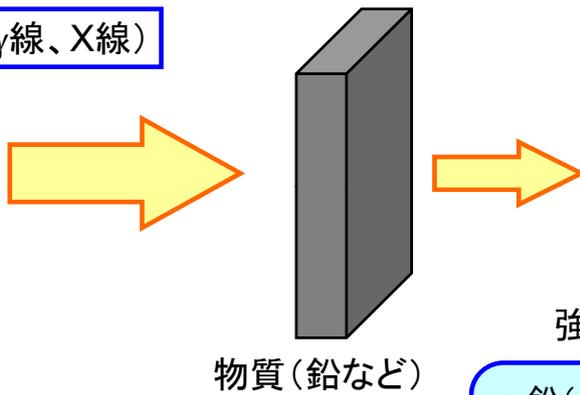
$$1 \text{ J (ジュール)} \\ \parallel \\ 0.24 \text{ cal (カロリー)}$$

Bq(ベクレル): パンチの数、Gy(グレイ): パンチの威力、Sv(シーベルト): ダメージの大きさ

放射線の透過力



放射線(γ線、X線)



強度が1/2になる厚さ

- 鉛(比重:12) 1cm
- 重コンクリート(3~5) 5cm
- 水(1) 12cm

鉛の厚さが5cmであれば、

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = (\frac{1}{2})^5 = \frac{1}{32}$$

にまで減る

医療分野

放射線診断・治療



X線撮影



放射性薬剤



医療用具の滅菌



透析器



注射針
注射器

メス



手術用手袋

住環境

生活必需品の作製工程



フロッピー
ディスク

半導体素子



ボタン型電池用隔膜

耐熱性電線



ラジアルタイヤ

食生活

食品照射



じゃがいもの芽止め

放射線育種

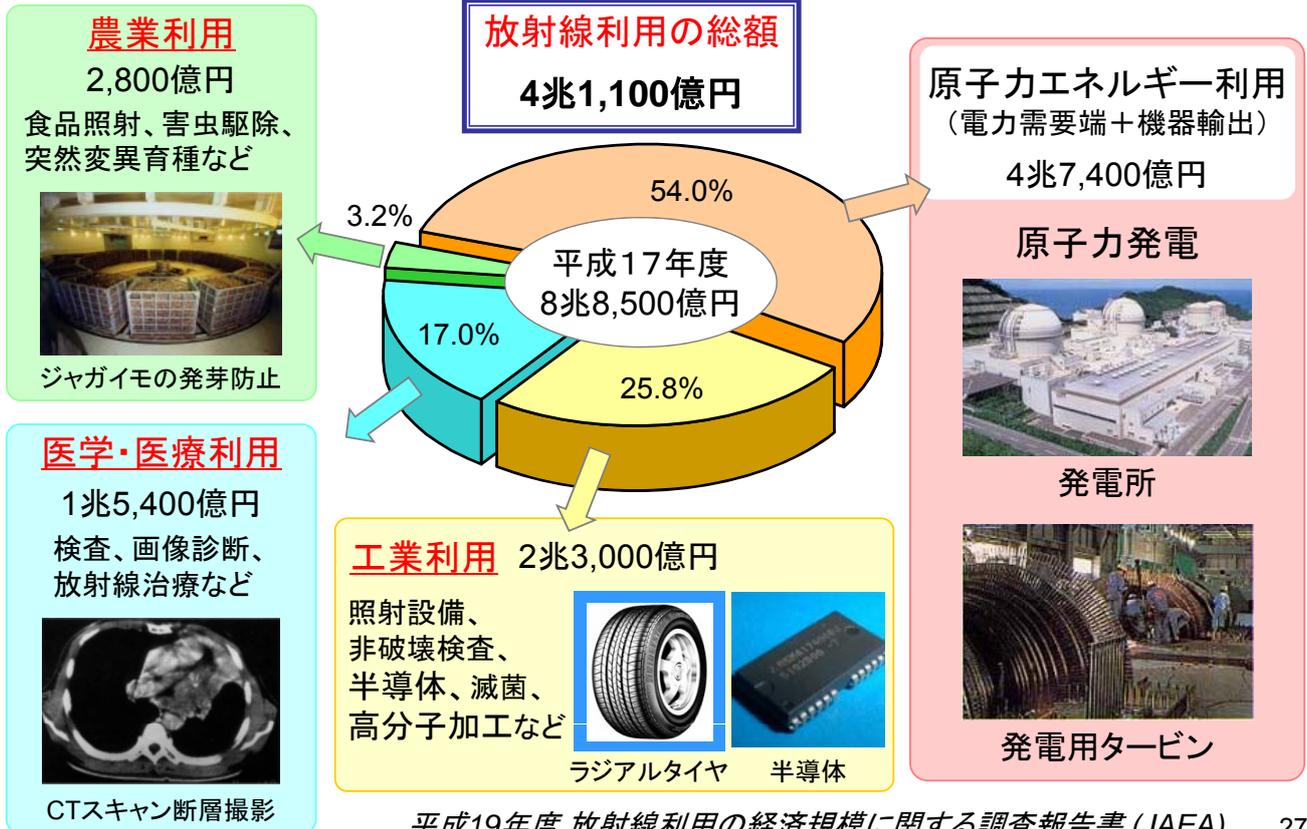


品種改良

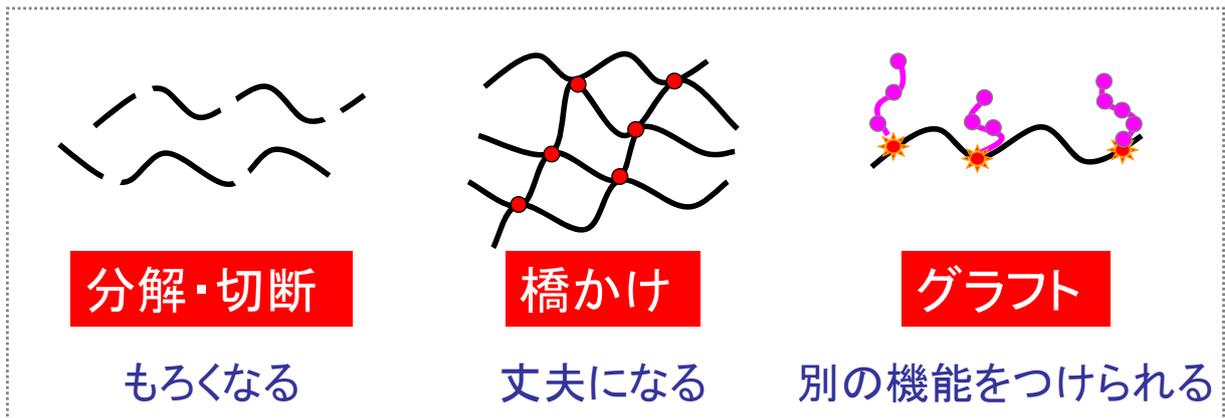
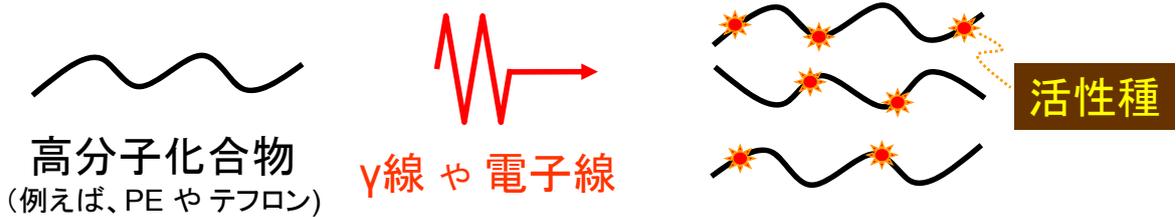
害虫駆除



ウリミバエの不妊化



高分子にγ線や電子線を照射すると・・・



物質の分解・低分子量化

- 滅菌  
- テフロン、紙や絹を劣化(粉碎しやすくする)
- 排煙処理(ダイオキシンの分解)

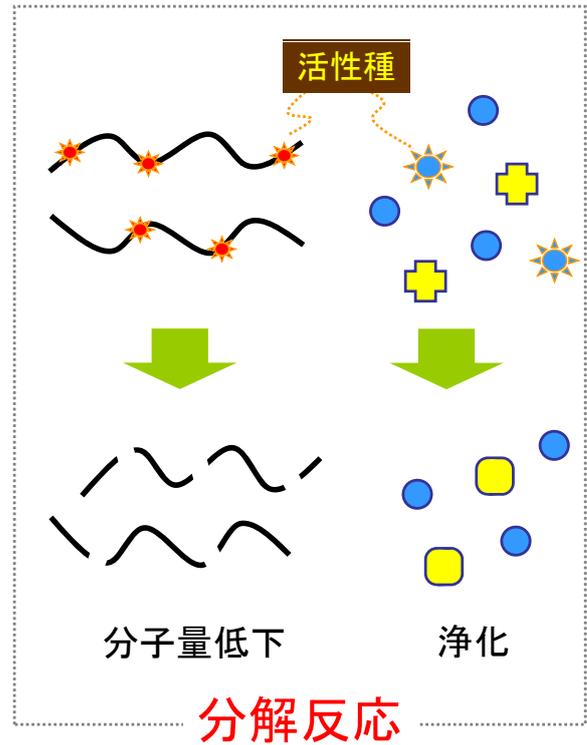
高浜クリーンセンター



電子線発生装置と反応器



残存量
10% 以下に



高性能化・・・機械的強度、耐熱性の向上



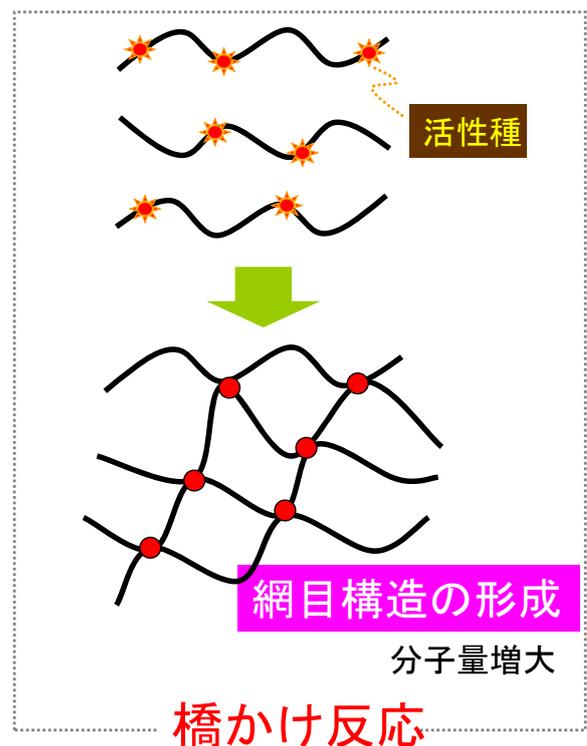
ラジアルタイヤ



耐熱電線

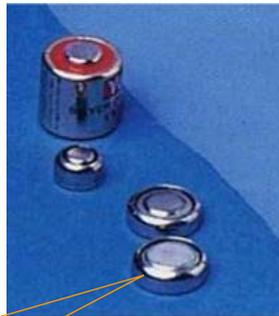


テレビ用配線
コンピュータ用配線

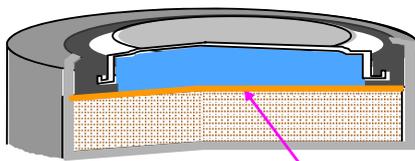


新しい機能性を付与

ボタン型電池の
隔膜

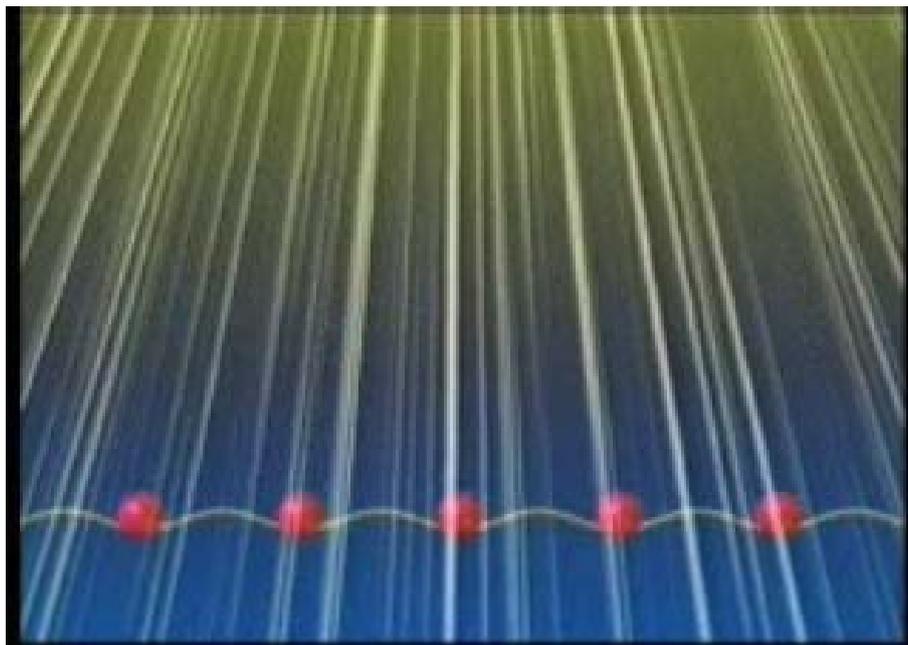
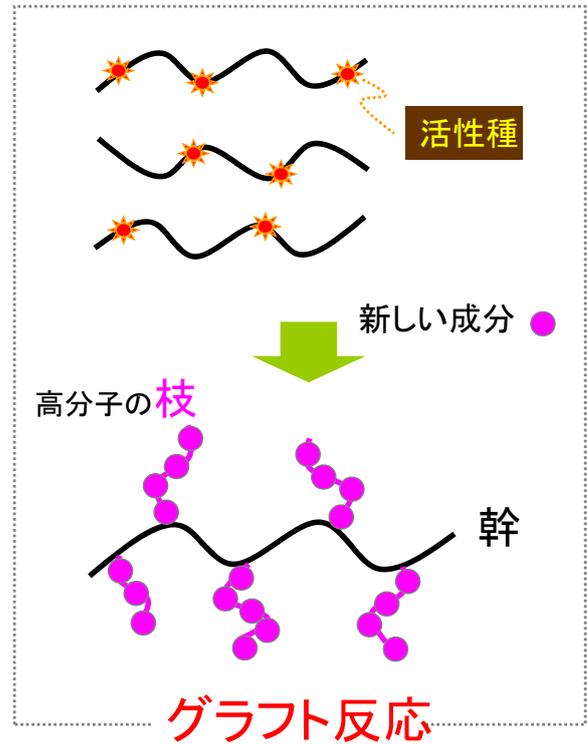


ボタン電池断面



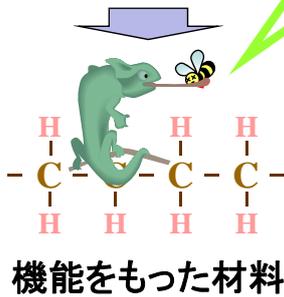
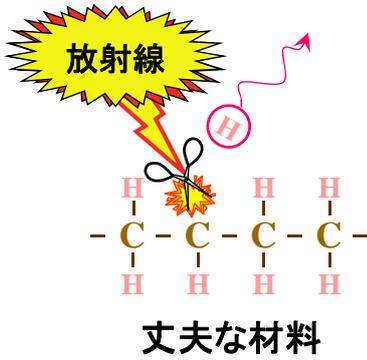
隔膜

ポリエチレン膜に
電気を通す機能を付与



グラフト材料で臭いがとれる！

化学の接ぎ木



ハチ

アンモニア
NH₃

カメレオン

中和反応

カルボン酸
COOH

目的の金属やイオン

吸着機能をもった手

グラフト高分子鎖

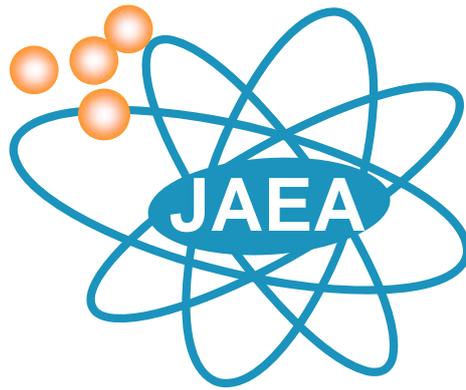
臭いをとっているイメージ

グラフト材料は金属もとれる！



元の材料

吸着材



ご静聴ありがとうございました



seko.noriaki@jaea.go.jp