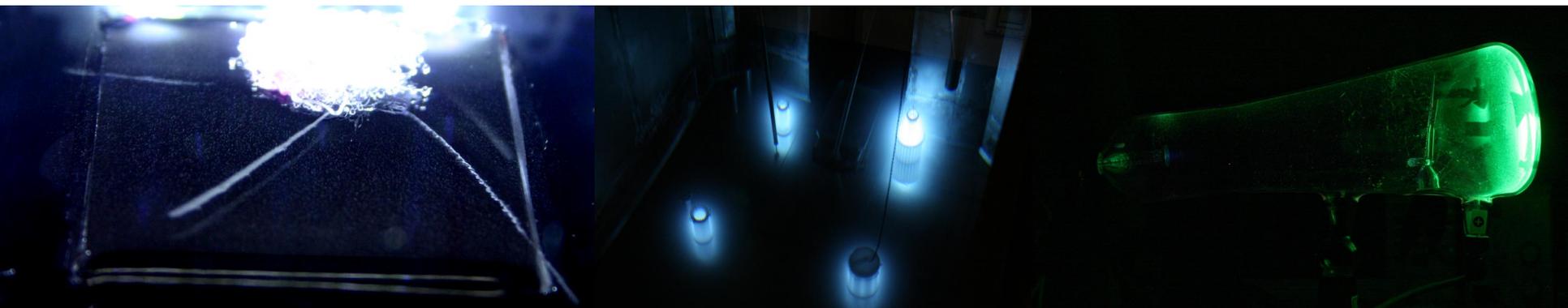


大阪公立大学大学院 工学研究科

量子放射線系専攻/
量子放射線工学分野のご紹介

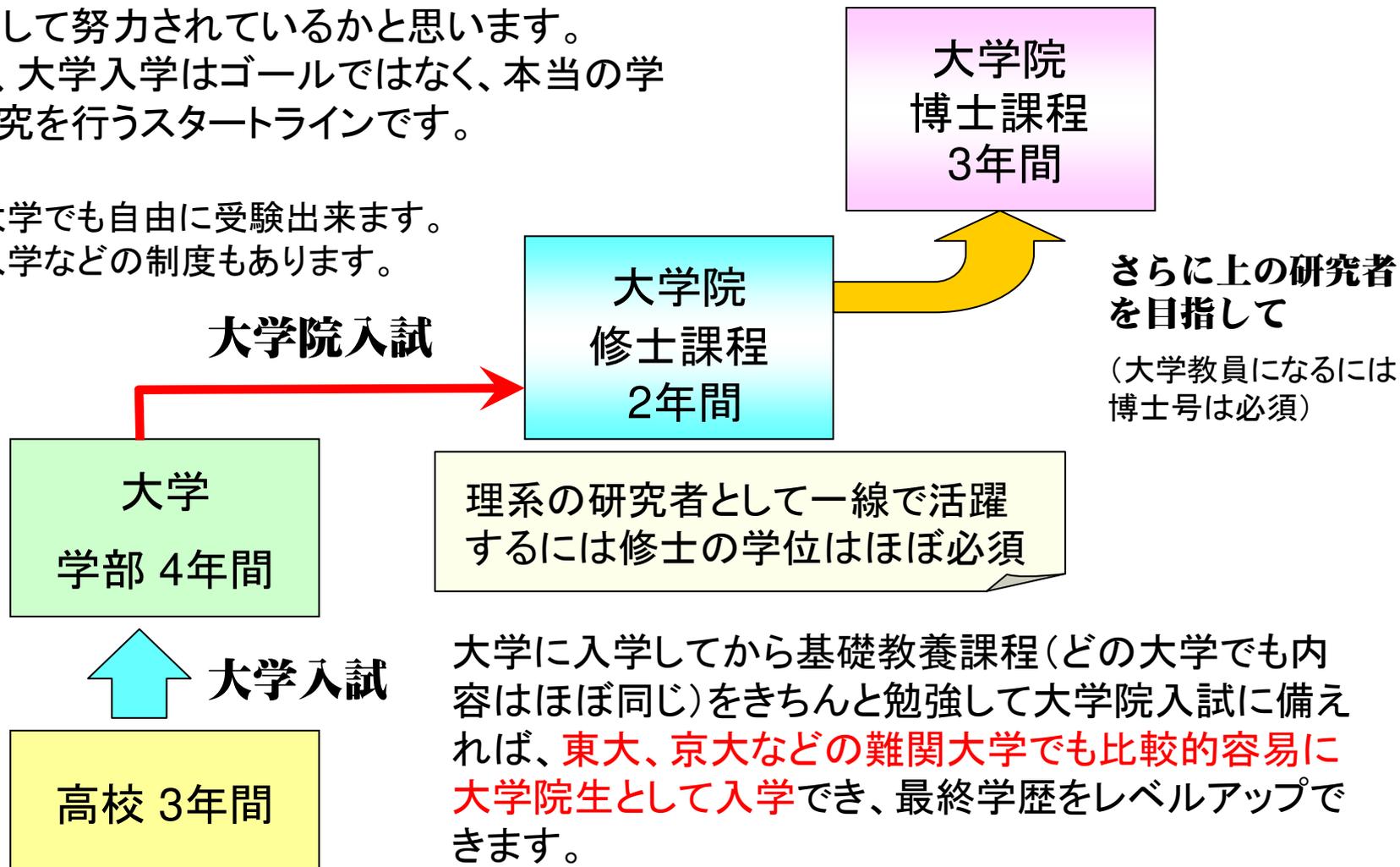


大阪公立大学

大学院入試での一発逆転

高校生活を送る皆さんにとって、大学受験は人生最大の関門でありよりよい大学への入学を目指して努力されているかと思います。しかし、大学入学はゴールではなく、本当の学問、研究を行うスタートラインです。

他の大学でも自由に受験出来ます。推薦入学などの制度もあります。

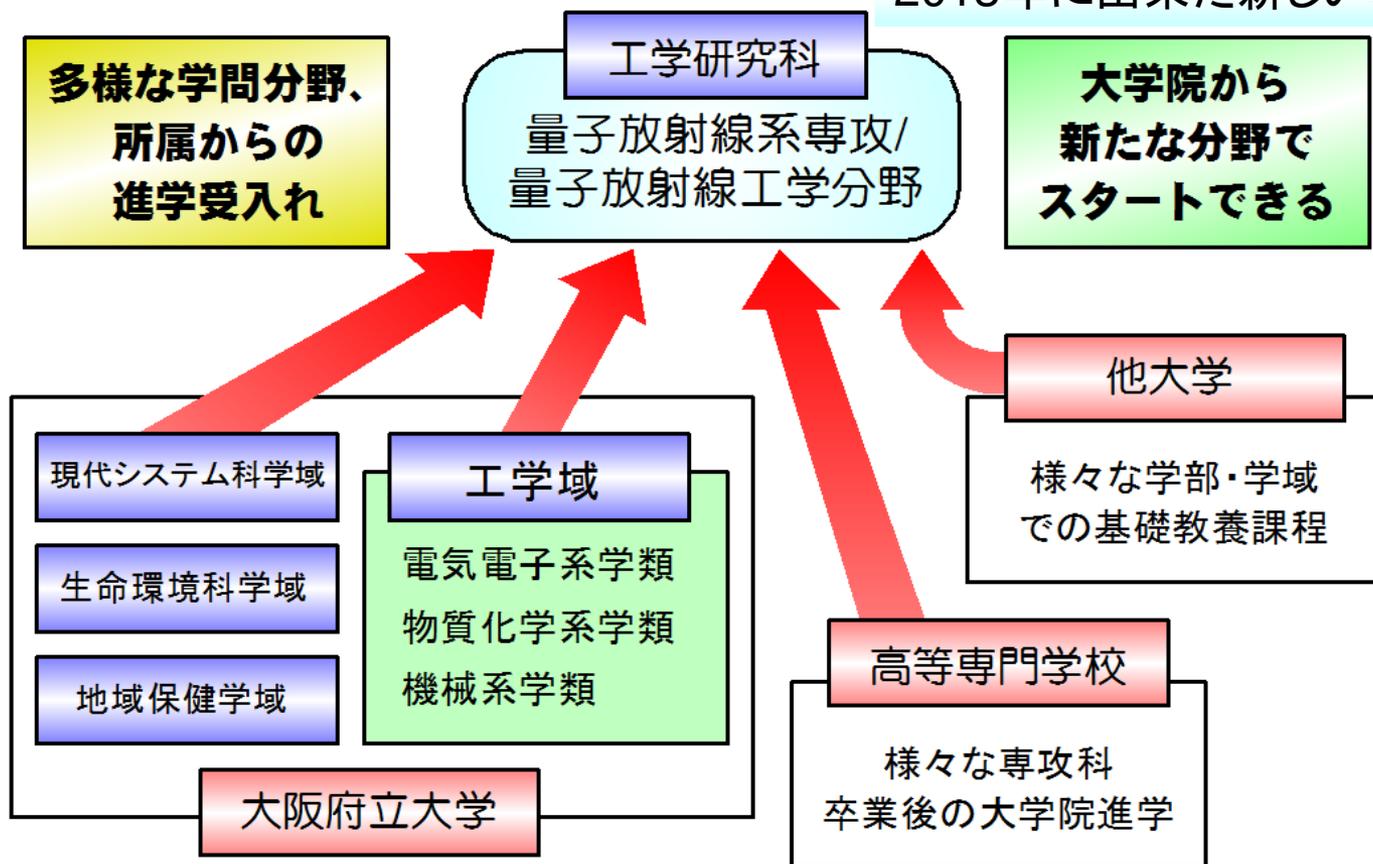


大学に入学してから基礎教養課程(どの大学でも内容はほぼ同じ)をきちんと勉強して大学院入試に備えれば、**東大、京大などの難関大学でも比較的容易に大学院生として入学**でき、最終学歴をレベルアップできます。

どの分野から量子放射線系専攻に入れるの？

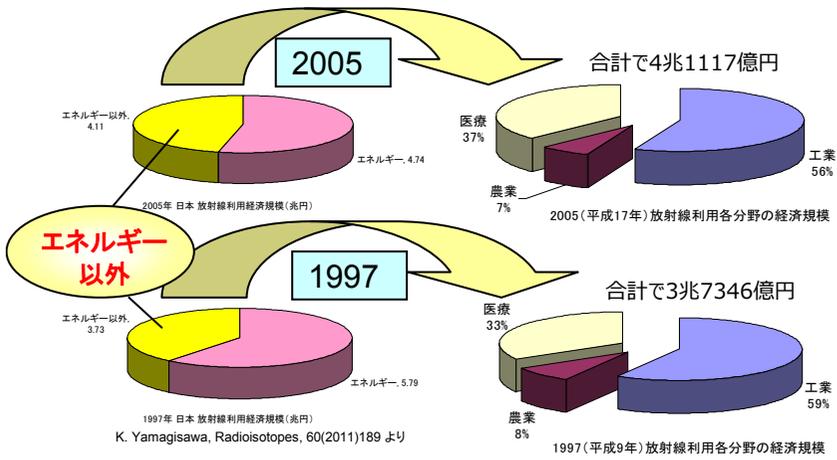
大学院からの幅広い教育を行う独立的な専攻として設置されていますので、様々な学部・学域における基礎教育を生かして、学問の枠を超えた研究・勉強が可能です。このため、現在の所属(学域・学類)や専門にこだわらず、学内外からの進学者を広く募集しています。

2013年に出来た新しい専攻です



暮らしの中の放射線

様々な分野での放射線応用の経済規模は、エネルギー利用(原子力発電)と同程度の巨大な産業



工業利用

材料改質、微細加工、非破壊検査、元素分析



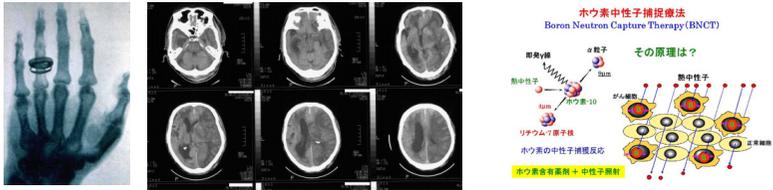
農業利用

品種改良、食品照射



医療(診断、治療)

レントゲン撮影、CT、PET
ガンマ線・重粒子線治療、BNCT



滅菌

手術器具、医薬品原料、食品包装材



年代測定

C-14年代測定法などによる考古学・文化財の評価



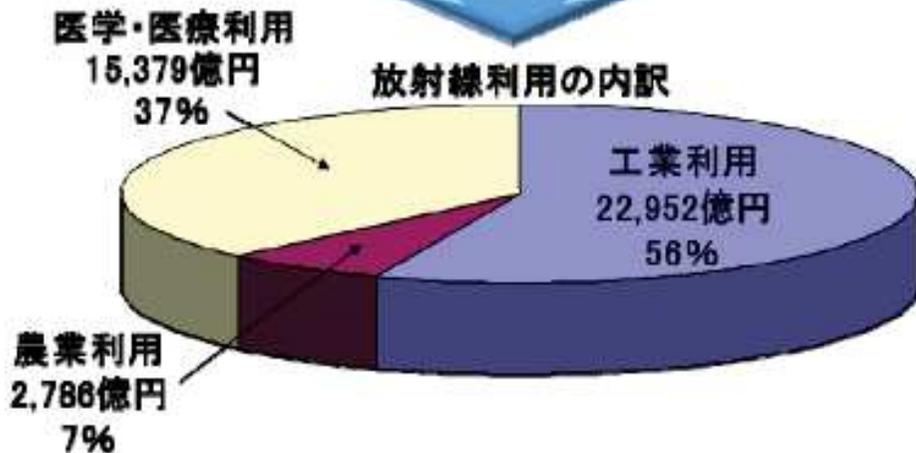
内閣府 放射線利用の経済規模調査（平成27年度）

平成17年度の調査結果

総額 8兆8,500億円



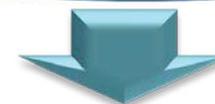
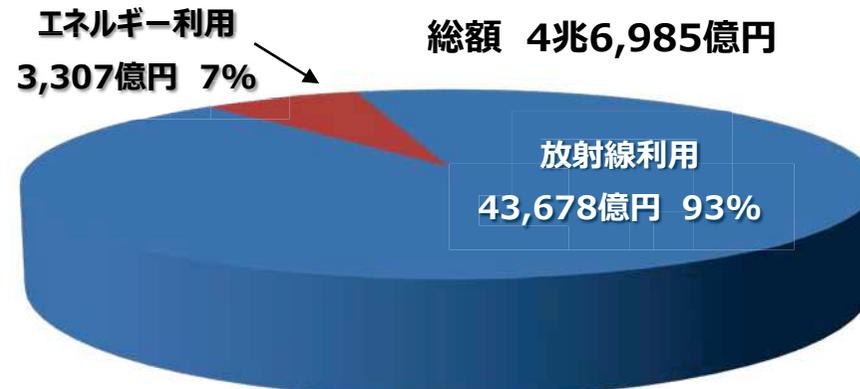
放射線利用の内訳



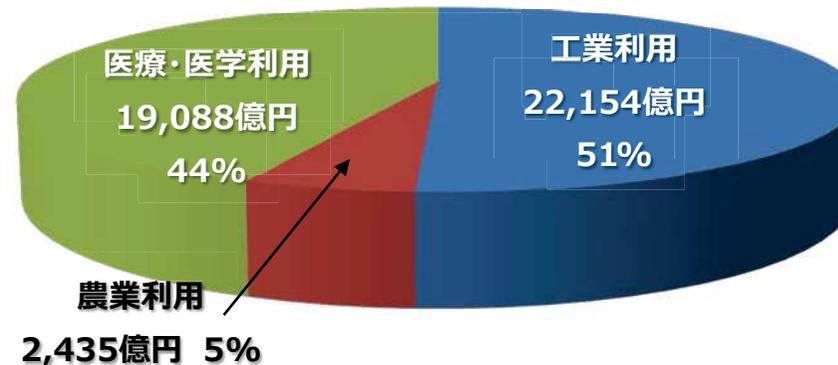
平成17年度
放射線利用 経済規模
4兆1,117億円

平成27年度の調査結果

総額 4兆6,985億円



放射線利用の内訳



平成27年度
放射線利用 経済規模
4兆3,678億円

1.06倍
(GDP; 1.03倍)

病気の診断

医療



身体にX線を照射し、透過したX線の強弱をコンピューターで処理することにより、身体内部の鮮明な透視画像が得られる。

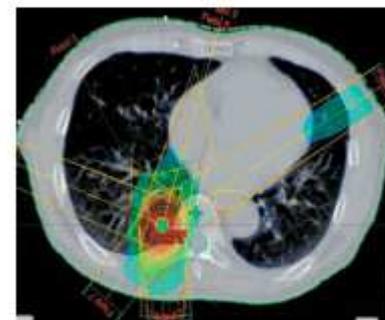
放射線による身体の透視写真は、怪我や病気の診断に革新的な進展をもたらしました。

病気の治療：がんの放射線療法

医療



様々な方向から身体に放射線を照射できる放射線治療装置。



複数の方向から照射することにより病巣に放射線を集中させる。

放射線には細胞を殺す作用があります。この作用を上手に利用するとがん組織を切らずに治すことが可能になります。これをがんの放射線療法といいます。

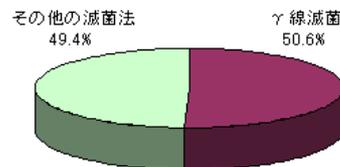
医療用具の滅菌

医療



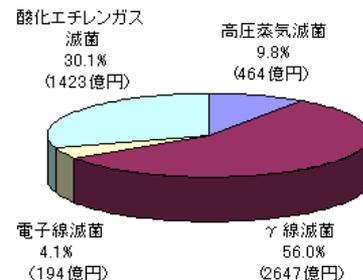
放射線は、投薬びん、注射器、チューブ等の各種医療用具の滅菌に利用される。

放射線を用いると、密封した状態で均一に滅菌でき、有害な残留物はありません。また、多量の製品を連続して処理することができ、効果は半永久的に持続するなどの特徴があります。



滅菌医療用具等の総体積(60万m³)

1997年



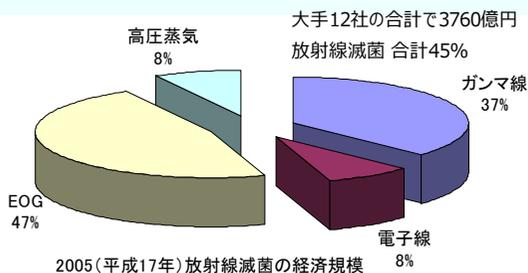
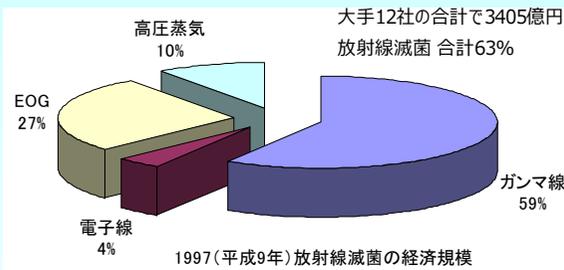
総額(4728億円)

1999年

わが国の滅菌医療用具に占める滅菌法の割合

[出典]東京都立産業技術研究所(編): 滅菌医療用具の市場動向と滅菌バリデーション(2000年3月)、p127

放射線による滅菌

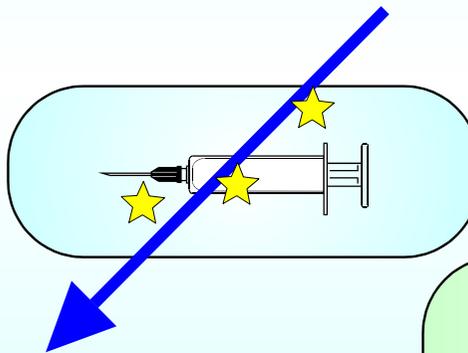


ガンマ線は電子線よりも透過力が大きく、より大きな物、密度の高い物に適しています。
電子線は処理スピードが速く、短時間にたくさん照射するのに適しています。
EOGは酸化エチレンというガスで、表面の滅菌に適していますが、有毒な残留物の除去が必要です。
高温蒸気は、水に溶ける物には使えず、温度上昇による変質の恐れがあります。

1万~2万グレイ*
と言う非常に高い線量の放射線を照射することで、様々なバイ菌を殺してしまうことができます。

*グレイとは、人間以外の物体が放射線を吸収した量のことです。ガンマ線、電子線では同じ線量を人間が吸収した場合、シーベルトに等しくなります。

密封したパッケージの中に透過して、
中身を滅菌できます



照射が終わると後に有毒ガスや
水が残らず後処理が不要です

均一に全体を照射でき、どの程度照射するか
のコントロールが容易です

医薬品



医療機器



食品包装材



化粧品



食品

海外では食肉や香辛料などの食品への照射が行われていますが、日本ではジャガイモの芽止めにしか用いられていません。

多数の施設による研究ネットワーク

大阪大学 産業科学研究所
付属放射線実験所

京都大学 宇治地区
放射線実験室、
エネルギー理工学研究所

神戸大学
海事科学研究科

近畿大学
原子力研究所

大阪府立大学
放射線研究センター

京都大学 原子炉実験所

関西近隣の量子放射線関連 共同利用施設

京都大学 放射線実験室

- ・3台のイオン加速器、1台の電子加速器
- ・非密封RI・核燃料取扱施設

京都大学 エネルギー理工学研究所

- ・ヘリトリオンJ (核融合プラズマ実験装置)
- ・DuET (複合ビーム材料照射装置)
- ・MUSTER (マルチスケール材料評価基盤設備)
最新型電子顕微鏡、材料評価装置群

京都大学 原子炉実験所

- ・KUR (研究用原子炉)
- ・KUCA (臨界集合体実験装置)
- ・KURRI-LINAC (パルス中性子発生装置)
- ・Co-60ガンマ線発生装置 (140 TBq)
- ・非密封RI・核燃料取扱施設

近畿大学 原子力研究所

- ・UTR-KINKI (1W極低出力炉)
- ・非密封RI取扱施設

神戸大学 海事科学研究科

- ・タンデム型イオンビーム加速器

大阪大学 産業科学研究所 付属放射線実験所

- ・Co-60ガンマ線発生装置 (228 TBq)
- ・極超短パルス放射線発生装置 (電子ライナック)
- ・150MeV S-バンド電子ライナック

放射線安全管理学研究グループ

准教授 秋吉 優史

担当講義: 最新放射線安全管理学特論(必修)、
放射線化学・バイオ応用理工学特論

核融合炉材料の 照射損傷評価

核融合炉ダイバータ候補材料のセラミックス、
タングステン材料などへの照射後物性評価

微小試験片を用いた熱拡散率及び陽電子寿命測定技術開発、京大
ライナックによる高エネルギー電子線照射、米国 ORNL HFIR 中
性子照射材評価、液体金属による照射時腐食挙動評価

- H.17-19 JST原子カシステム研究開発事業(主)
- H.17~ KUR 共同研究拠点共同研究(主)
- H.25-H.30 PHENIXプロジェクト
- H.29~ 京都大学 ZE研究拠点共同研究(主)
- H.31-R.6 FRONTIERプロジェクト
- H.31 NIFS 原型炉共同研究



放射線教育 コンテンツ開発

いつでも確実に簡単に観察できる霧箱の開発、クル
ックス管からのX線を活用した教育コンテンツの開発

ペルチエ冷却式霧箱の開発と高度化、塩と氷を用いた寒剤式霧箱の高
度化、名大F研霧箱の改良、霧箱による低エネルギーX線の観察、低エ
ネルギーX線による透過像観察/遮へい実験



- H.28~ つばさ基金による放射線教育振興プロジェクト(主)
- H.29-H.30 マツダ研究助成 青少年育成関係(主)
- H.30-R.2 科研費 基盤C(主)
- H.30~ 日本科学技術振興財団 放射線に関する教職員セミナーWG委員

学校教育現場における 放射線安全管理の体系化

クルックス管から漏洩する低エネルギーX線の測定と防護線
量評価、線量低減指針の策定、管理目標値の設定

電離箱、ガラスバッジ、TLDバッジなどを用いた線量評価と、CZT検出器などによる
エネルギースペクトル評価、電圧-電流特性などの電気特性評価、教育現場に於ける
実態調査、実際の照射パラメーターからの実効線量 等価線量計算、一般公衆に対す
る線量拘束値の社会的議論



- H.29~ クルックス管プロジェクト(主)
- H.30-R.2 関西原子力懇談会学術振興奨学金(主)
- H.30 日本放射線安全管理学会 放射線安全規制研究重点テーマ(主)
- H.31-R.2 日本保健物理学会 専門研究会(主)
- R.3 日本保健物理学会 エックス線被ばく事故検討WG

量子線による 感染症制御工学

紫外線や、光触媒による感染症制御のための微生物
除去システムの開発と、評価手法の標準化。

様々な波長の紫外線計測技術の開発及び標準化、高性能可視光応答型光
触媒フィルターの開発と小型飛沫除去装置の開発(特許出願準備中)。



- R.2 AMED ウイルス等感染症対策技術開発事業(主)
- R.2 受託研究 メロディアン株式会社、株式会社Quarter、株式会社ガジェットガレージ
- R.3 共同研究 サンスター技研株式会社
- R.3 大阪国際感染症研究センター兼任



核融合炉材料の 照射損傷評価



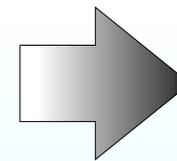
SiCセラミックス、タングステン → 核融合炉ダイバータ候補材

日米科学技術協力事業核融合分野でのプロジェクト

JUPITER → JUPITER II → TITAN →

PHENIX (H25 - H30) → FRONTIER (R1 - R6)

- ・米国 Oak Ridge National Labo (ORNL) の HFIR 炉での中性子照射
- ・プラズマアークランプを用いた高熱負荷試験
- ・電子線 LINACを用いた高エネルギー電子線照射



- ・熱物性評価
- ・陽電子寿命測定
- ・機械的特性評価
- ・微構造観察

- ・ORNL の Yutai Katoh らをはじめとする日米の世界的な照射損傷研究者とのネットワーク構築
- ・日本国内での電子線照射の重要性をアピールしている。特に照射時の液体金属腐食効果の研究は極めて先進的。

- ・平成27年2月1日-23日、平成29年2月26日-3月18日、平成30年9月10日-11月15日の3回の ORNL 派遣。
- 令和2年1月にも再び1ヶ月の派遣が決定。現地の研究者との強固な信頼関係。博士課程学生の派遣も可能。

学校教育現場における 放射線安全管理の体系化



Wilhelm Konrad Röntgen

1895年 放電の実験で偶然X線を発見

1901年 第1回ノーベル物理学賞受賞

クルックス管はレントゲンがX線を発見した由緒正しい装置であり、放射線の歴史を語る上で非常に重要だが、これまで中学の教育現場では、電流は電子が運んでいるということの理解のために使われてきた。このため多くの教員はクルックス管から放射線が放出されていること自体を知らない。

放射線安全管理

測定する(線量当量、エネルギースペクトル、空間分布など)
評価する(防護量である実効線量、等価線量の評価)
防護する(装置運用条件の改善、利用方法の改善、遮へい)
規制する(線量拘束値の設定)



放射線教育 コンテンツ開発



ペルチェ冷却式高性能霧箱



最新のSD型本体ユニット



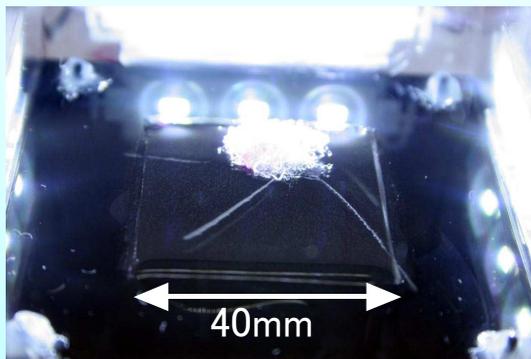
観察面を拡大したEX型



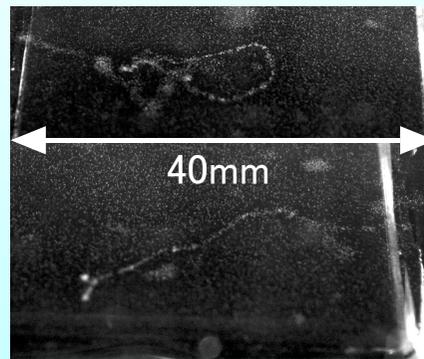
一体化したONE型(開発中)



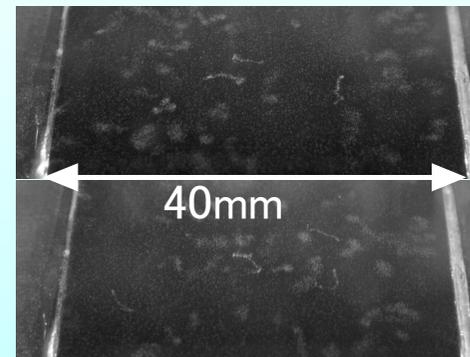
コッククロフト型高電圧ユニット



α線の飛跡



β線の飛跡



クルックス管からのX線により放出された光電子の飛跡

低価格での「販売」
を行う事により
全国に普及。
総出荷台数283台
(2020/12/26)。

なぜ感染制御研究を？



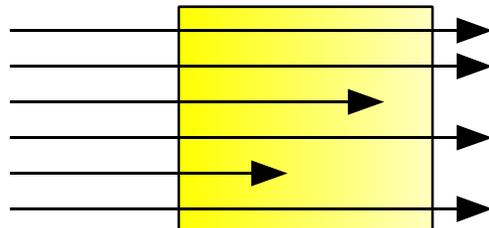
非密封のRI(放射性同位元素)を取り扱う上での汚染拡大防止と、感染制御は共通点が多い。

防護着として用いられているタイベックスーツはRI用と生物用で同じ物。

教育現場で使われるクルックス管の安全管理を行う上で、中途半端なエネルギーのX線の線量評価をしている。

強透過性放射線

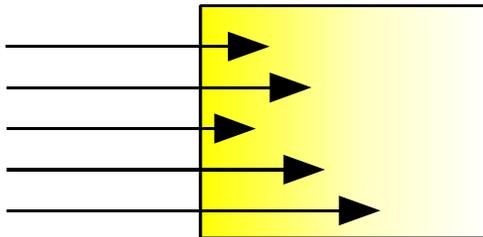
$$H_p(0.07) \leq 10 H_p(10)$$



整列拡張場

ほとんど素通りでほぼ均一にエネルギーを与え、入射エネルギーでは無く物質が受け取ったエネルギーで評価(J/kg = Gy)。

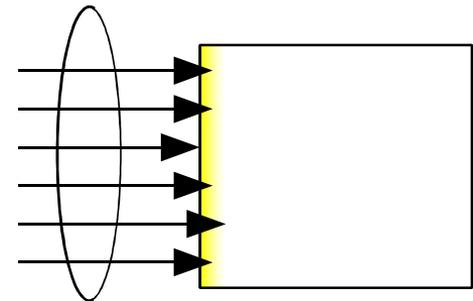
低エネルギーX線



20keVのX線は1cmで半分に減衰して、体内でのエネルギー付与が均一では無く、実効線量の評価が困難。

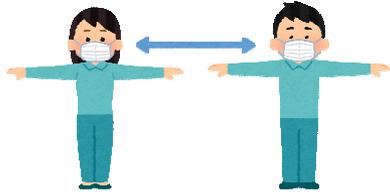
紫外線の正確な線量評価

紫外線



数10 μ mの範囲で完全に吸収されてしまい、その範囲での微小体積へのエネルギー付与の評価が困難なため、単位面積あたりの入射エネルギー(J/m²)で評価。

ソーシャルディスタンス



感染拡大の原因と三密とは？



うちで過ごす

~~密集~~



マスクをしよう

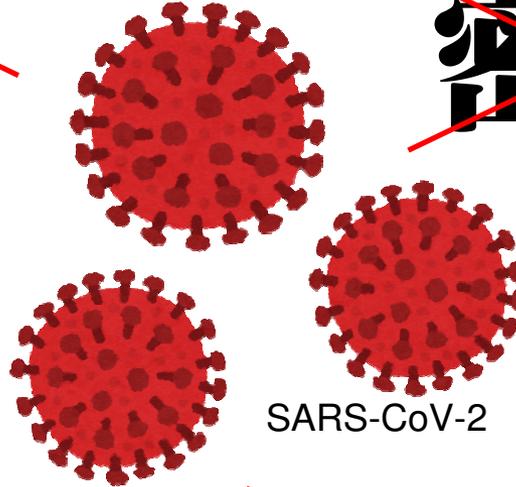
エアロゾル



換気をしよう

~~密閉~~

飛沫



SARS-CoV-2

5 μ m以下の微粒子で、数分間
空気中に滞留し、広い範囲に拡
散しうる。喋るだけでも飛散する。

一般的なマスクを付けていても
50%程度が飛散する。

~~密接~~



手を洗おう



消毒しよう

表面への接触

どこに潜んでいるか分からない
トラップ。

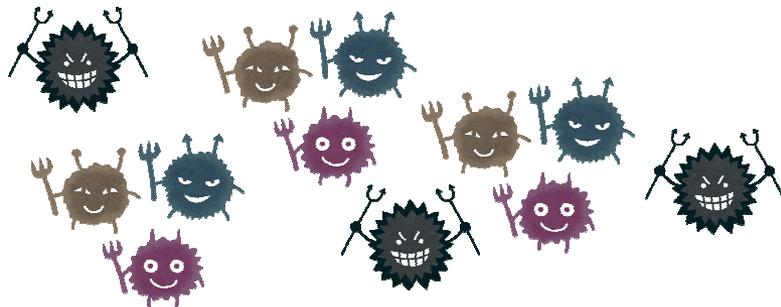
材質によっては数日間感染力を
持ったまま付着している可能性
がある。

口腔から放出される5 μ m以上の液滴。
感染者から2m程度の範囲で飛散。
マスクを付けていても20%程度が放出
される。

「感染」とはどういった状態か

菌やウイルスなどが体内に入ると直ちに感染するかというそうでは無く、自然免疫や獲得免疫の働きで常に攻防が繰り広げられており、あまりにも侵入した病原体の数が多く、防衛が間に合わずに体内で増殖し、症状が出たりPCR検査などによって検知できるレベルにまで数が増えた状態を「感染」と呼ぶ。

どれぐらいの数を取り込むと感染に至るのかは病原体によっても異なり、個々人の免疫の状態、どのような形で取り込んだのかの物理的な状態によっても異なるが、一匹でも取り込んでしまうと感染する、と言うことは無い。逆に、ワクチン接種により獲得免疫が得られていてもあまりにもたくさんのウイルスが侵入すると感染してしまう。

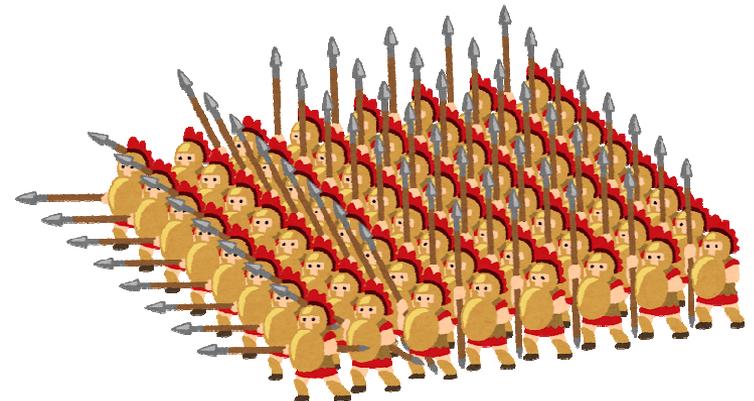


自然免疫



獲得免疫

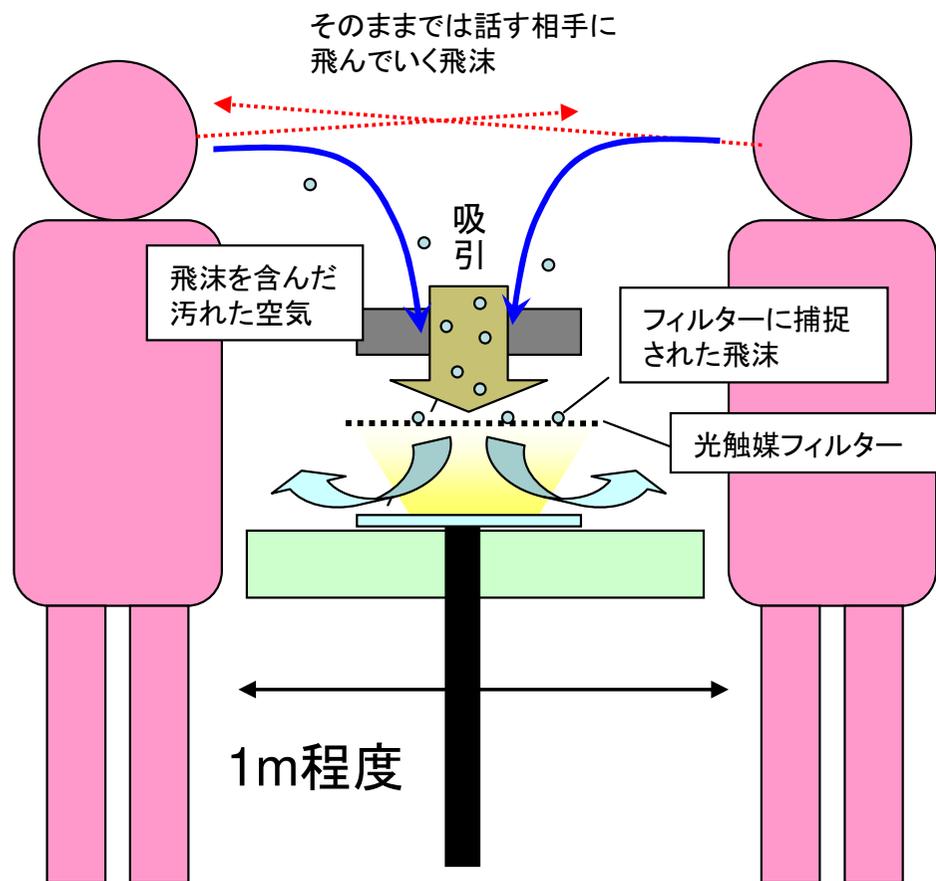
**数と数のぶつかり合いなので、
取り込む数を減らすことが重要。**



人と人之间を飛び交う「飛沫」の除去に特化した小型飛沫除去装置

5 μ m よりも大きい液滴 → 飛沫

5 μ m より小さい液滴が蒸発して出来た粒子 → 飛沫核、エアロゾル



会話によって放出された飛沫は1m程度飛び、マスクをしていても2割程度が漏洩するとの報告もあります。SARSでは主に接触か飛沫が感染の原因とする報告があります。

特に**マスクを付けずに近距離で会話をする会食**は、**お互いに飛沫をぶつけ合う**ことになり、感染リスクが高いと言えます。

大型の空気清浄機は部屋の中を漂うエアロゾルには効果がありますが、近距離を短時間で飛び交う飛沫にはほとんど効果は期待できません。

卓上に設置できる小型で静音の空気清浄機であれば、「**人と人之間**」に設置することが可能で、飛び交う飛沫を吸引しフィルターでキャッチすることで、会話の相手に到達する飛沫の数を減らすことが可能です。外付けのマスクと考えることも出来ます。

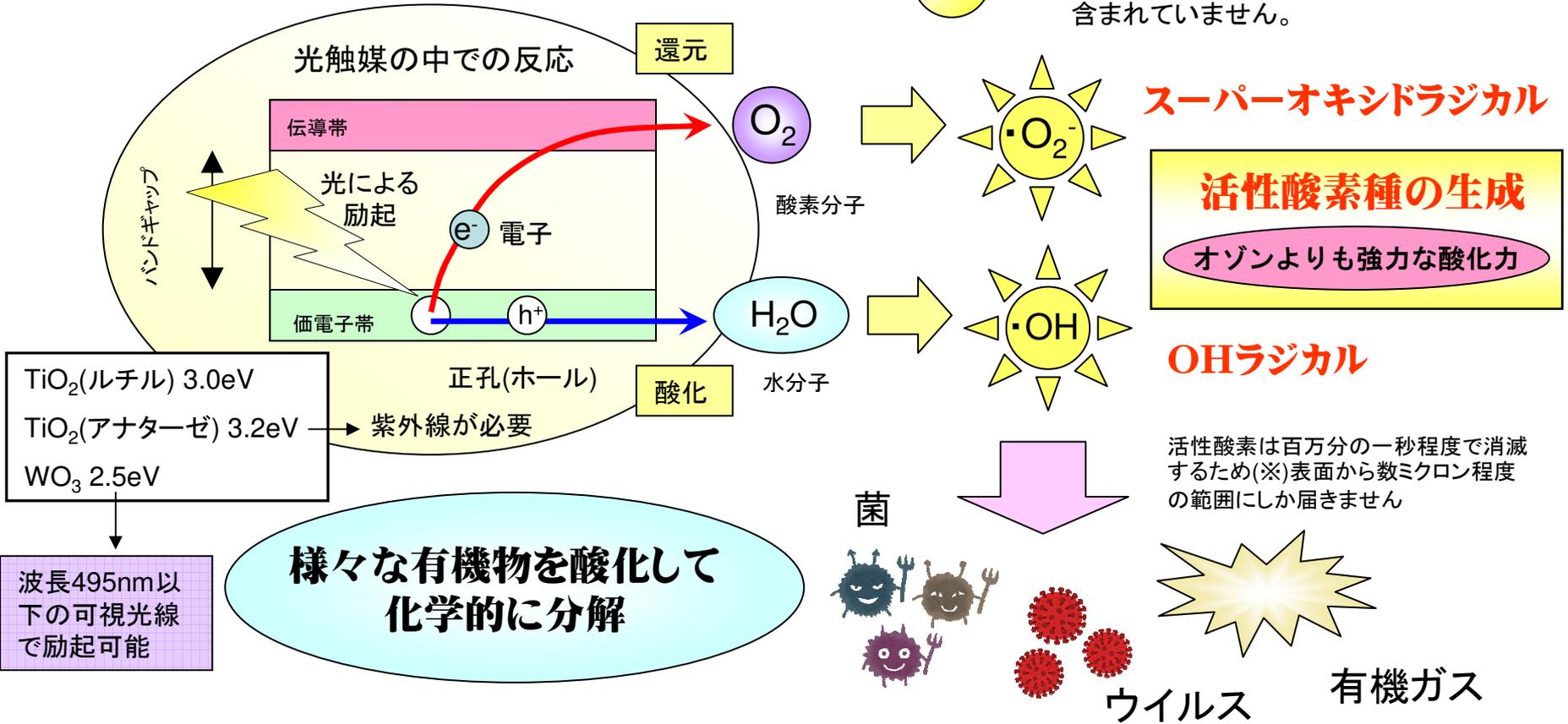
キャッチした飛沫中に含まれるウイルスは、光触媒により**酸化分解**し、再放出される可能性を減らします。フィルターでキャッチできないエアロゾルに対しても、一定の効果が期待できます(より小さい有機ガスの分子を分解することが確認されています)。

光触媒とは

目に見える可視光線
(400nm~, 3.1eV~)



蛍光灯の光には400nm以下の波長の紫外光成分も含まれていましたが、一般的な可視光LEDは440nm程度をピークの青色LEDと黄色の蛍光体の組み合わせで出来ていて、400nm以下の紫外線は含まれていません。



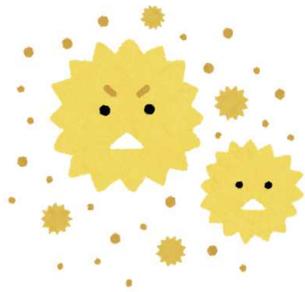
TiO₂(ルチル) 3.0eV
TiO₂(アナターゼ) 3.2eV
WO₃ 2.5eV

波長495nm以下の可視光線で励起可能

最終的には水と二酸化炭素にまで分解される(完全分解)。

※ 一瞬で大量の有機物を分解するわけではありません

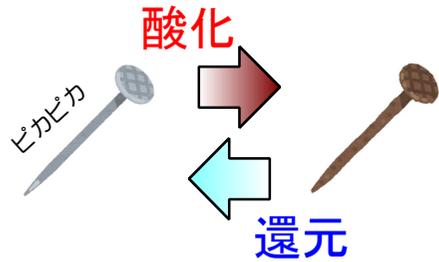
活性酸素ってなに？



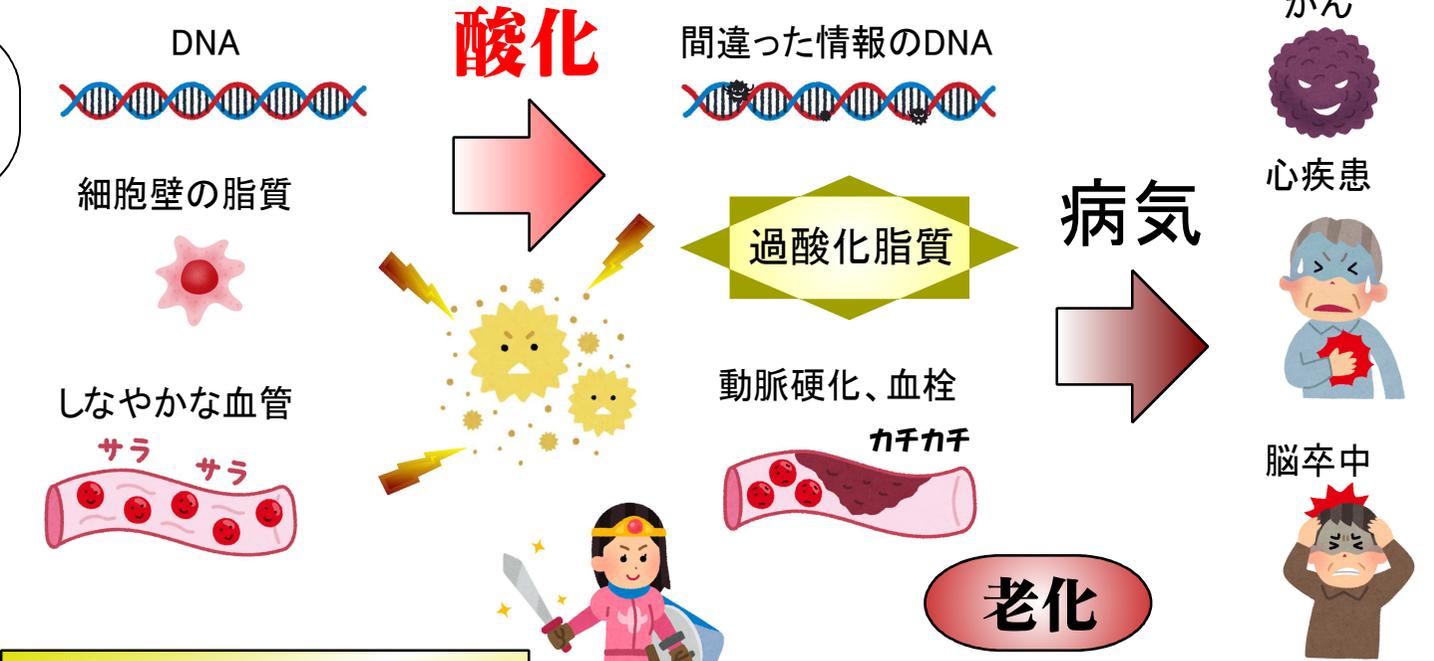
動物は食べ物から取込んだ栄養分を酸素を使って体を動かすエネルギーにしています(呼吸)。植物は水と二酸化炭素と光のエネルギーからブドウ糖などの栄養分と酸素を作り出しています(光合成)。そのどちらの化学反応でも、様々な物質を酸化させてしまう「活性酸素」という物質が発生します。さらに、紫外線や放射線を浴びたり、タバコや排気ガス、重金属などの化学物質の摂取などにより、体内での活性酸素の発生が増加します。

スーパーオキシド、一重項酸素、ヒドロキシラジカルなど。

細胞の中にある器官、ミトコンドリアで酸素を使ってエネルギーを生産する際に、活性酸素が発生します。



必ずしも「酸化=悪」「還元=体に良い」と言うわけではありません。免疫細胞によっては活性酸素を使って細菌を撃退しています。しかし酸素を使ってくらしで居る私たちの体は少しずつ酸化されていくため、出来るだけ活性酸素を打ち消していく必要があります。全てのポリフェノールなどの働きが明らかになったわけではなく、その効果には疑問視されている物もありますし、過剰摂取すると体に良くないとされている物もありますので、安易にサプリなどに頼らず、バランスの取れた食事を心がけましょう。



からだを守る抗酸化物質

Vitamin A



緑黄色野菜に多く含まれるβ-カロテンから生成され、皮膚や粘膜を正常に保ちます。

油と一緒に摂取すると吸収率がアップ↑

Vitamin E



植物性油脂やカボチャなどに多く含まれ、過酸化脂質の生成を抑えてくれます。

Vitamin C



非常に抗酸化力が強く、食品の酸化を防ぐために添加物としても入れられています。熱に弱く、また水に溶けやすく尿から排泄されてしまうため毎日摂取が必要です。

ポリフェノール



赤ワインやブルーベリーのアントシアニン、大豆のイソフラボン、緑茶のカテキン、ゴマのセサミンなど様々な物があり、抗酸化作用だけでなく視力回復、血圧低下、アレルギーの改善など様々な効果があると言われています。

抗酸化酵素

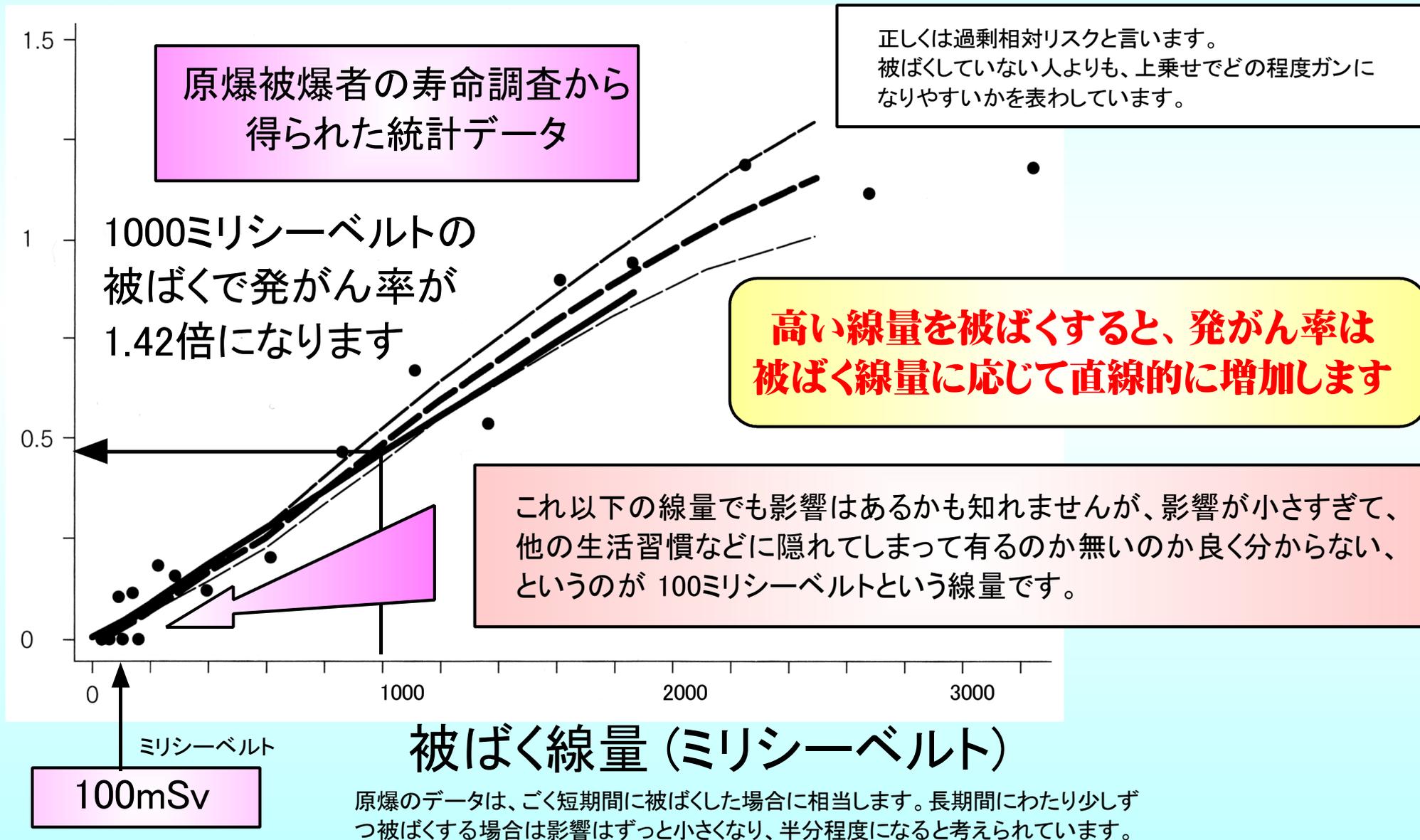


外から摂取するビタミンなどとは違い、体の中でタンパク質から作られる酵素にも過酸化水素を無毒化するなどの働きがあります。作るために亜鉛やマンガンなどのミネラルが必要です。

発がんへの影響はどのぐらいなの？

30歳の時に被ばくした人が、70歳になったときの上乗せのリスク

固形ガン発症の上乗せのリスク



放射線の被ばく

酸素呼吸によるエネルギー生成、紫外線や様々な化学物質

がんを防ぐ体のはたらき

放射線が直接DNA鎖を切ってしまう直接作用もありますが、6-7割程度が活性酸素による間接作用です。



偏った食事や過労などのストレスにより、体の防御機能が上手く働かなくなってしまいます。

活性酸素などの発生

放射線や紫外線、生きていく上で絶対に必要な酸素呼吸によるエネルギー生産の過程で、化学的な活性の高い、活性酸素などのラジカルが発生します

活性酸素などがDNAと反応すると、二重らせんの鎖を切断してしまいます。

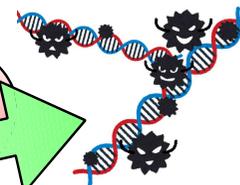
ビタミン、ポリフェノールや酵素などによる還元

DNA損傷の生成



バックアップデータからの修復

DNA損傷の修復誤り



あまりにもダメージが大きいと、完全に修復しきれなくなり、修復の際にミスが起こることがあります。

修復ミスが残ると、一部の細胞はがん化してしまいます。毎日数千個のがん細胞が発生しており、長い時間をかけて増殖しがんに成長します。刺激物などによる炎症はがん化を促進します。

野菜や果物に含まれるビタミンやポリフェノールや体内で作られる酵素には、活性酸素を還元し無害にする働きがあります。



修復を断念して死を選ぶ

がん細胞の発生



DNAはお互いペアとなる分子が1組となり2重のらせん構造を持っているため、片方の鎖が切れてももう片方のデータをコピーすることで修復することができます。また、2本とも切れてしまった場合でもほとんどの場合で修復できる働きがあります。



免疫細胞による攻撃

がん細胞の悪性化



あまりにもダメージが大きいと、完全に修復しきれなくなり、修復が無理だと判断した細胞は自ら死を選ぶことで、間違った遺伝情報が残らないようにします(アポトーシス)。人の体は37兆個といわれる沢山の細胞で出来ていて、毎日沢山の細胞が死んで、また新しく生まれて機能を維持しています。

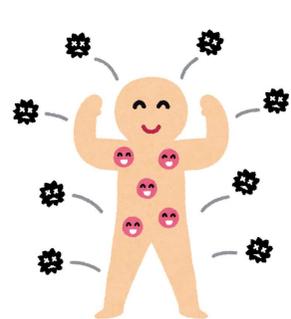
体の中には病原菌やウイルス、がんを攻撃する様々な免疫細胞がはたらいています。その中の一つナチュラルキラー細胞(NK細胞)はがん細胞を狙い撃ちすることが出来る細胞です。笑うことによって活性化する一方、ストレスに弱いことが知られています。免疫細胞の働きで、体内で発生した変異細胞のほとんどが摘み取られています。

放射線治療



逆に、大量の放射線がんを集中的に照射することで、がん細胞を殺してしまう治療法があります。

バランスの取れた楽しい食事
健康な体を保ちましょう!



→ 医療のコーナーをチェック!

それぞれの役割を持つ免疫細胞達は、体の中に入ってくるさまざまな細菌やウイルス、そしてがん細胞と、毎日戦い続けて、健康な体を守っています。

免疫細胞たちの活躍



学校の授業、身体の中のことを教える機会、医療施設での各種説明、及びそれらに類似する場などで、「はたらく細胞」で擬人化された細胞たちや細菌等の画像の一部を無償で利用することができます。

白血球 (好中球)



外部から体内に侵入した細菌やウイルスなどの異物を食べて排除する(食食)。好中球は血液中の白血球の半数以上を占めており、最前線で真っ先に侵入者と戦う自然免疫の細胞。多種類の異物、病原体の分子に反応することができるが、特定の病原体に繰り返し感染しても、自然免疫能が増強することはない。

ナチュラルキラー NK細胞



全身をパトロールし、がん細胞やウイルス感染細胞などを見つけ次第攻撃する自然免疫細胞。自分でがん細胞を判別することができるためがん細胞への攻撃力が特に強い。笑うことによって生じる神経ペプチドによって活性化する一方で、ストレスによるホルモンで活性が低下する。

マクロファージ



細菌などの異物を捕らえて殺し、抗原や免疫情報を見つけ出す。がん細胞を発見すると、それを食べて確認して、ヘルパーT細胞に伝える。殺傷能力が高く、死んだ細胞や細菌を片付ける役割も有している。

樹状細胞



体内に侵入してきた細菌や、ウイルス感染細胞などの断片を抗原として提示し、他の免疫系の細胞に伝える役割を持つ。その名の通り周囲に突起を伸ばしている。

抗原情報の提示

ヘルパーT細胞



外敵侵入の知らせを受け、敵の情報をもとに、的確に攻撃できるように戦略を決める司令官。マクロファージや樹状細胞からもらった抗原情報を基に、キラーT細胞やB細胞をその抗原に合わせて活性化する。

初めて対応する抗原に対しては、抗原情報の獲得、分析、活性化、抗体の生産までに、2~3日かかってしまいます。一度対応した抗原は記憶されており、次回から素早く反応します。

毎日これらの敵と戦っています!



キラーT細胞



ウイルス感染細胞、がん細胞などの異物を認識・破壊する殺し屋。抗原情報を受け取ったヘルパーT細胞の命令(サイトカインの分泌)によって活性化して出動する。一度出動したあとは、記憶T細胞が残り次回素早く反応する。

B細胞



細菌やウイルスなどそれぞれ異なる抗原に対し、抗原特異的な抗体(免疫グロブリン)というオーダーメイドの武器を作って戦うリンパ球の一種。一度抗体を作ると記憶B細胞が残り次回の侵入時に素早く抗体を作ることができる(いわゆる免疫の獲得)。

活性化

生活の中でどれくらい被ばくしているの？

歯科レントゲン撮影1回:
10 μ Sv



0.01mSv
(10 μ Sv)

胸部レントゲン撮影1回:
50 μ Sv



0.1mSv
(100 μ Sv)

胃がん検診1回:
600 μ Sv



ICRP 1990/2007年勧告
一般公衆への追加線量限度
年間 1mSv

CTスキャン1回:
数mSv



1mSv



国内線の飛行機1回:
3 μ Sv程度

国際的な免除レベル:
10 μ Sv/年

無視可能個人線量とも呼ばれ、これ以下となる発生源の管理を免除するという考え方。クルックス管からの被ばく線量はこの値以下とする事を目標としている。

自然放射線による
1ヶ月の 外部被ばく線量:
50 μ Sv(全国平均)
(0.07 μ Sv/h 程度)



国際線の飛行機での
欧米への旅行1回:
100-200 μ Sv



日本人が特有に持っている20Bqのポロニウム210による年間被ばく線量: 800 μ Sv

イランのラムサール地方やインドのケララ地方などでの大地からの年間被ばく線量:
~10mSv

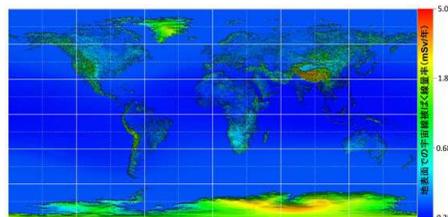
排水濃度限度
(60,000 Bq/L) の
トリチウムを含む水を
1L 飲んだときの
預託線量: 1.1 μ Sv



*トリチウムの
実効線量係数(経口):
1.8 $\times 10^{-8}$ mSv/Bq

ランタンのマントル* を
1時間体に貼付ける:
全身 1 μ Sv (γ 線)
皮膚 10 μ Sv (β 線 + γ 線)

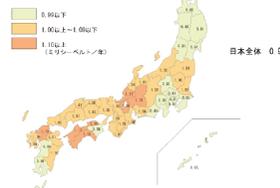
*トリウム使用のサウスフィールド ハイパワー-DXマントル



年間の宇宙線量の世界平均と
日本平均の差:
50 μ Sv(日本の方が小さい)

全国自然放射線量

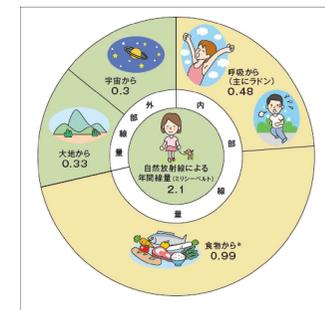
宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量(ラドン等の吸入によるものを除く)



年間の平均外部線量が最も
高い岐阜県と最も低い神奈
川県の差: 380 μ Sv



世界平均と日本平均での
ラドンによる年間被
ばく量の差:
800 μ Sv
(日本の方が小さい)



自然放射線による
年間の被ばく線量
日本平均 2.1mSv
世界平均 2.4mSv