放射線安全工学

1回

ｐ１２　人間も放射線を放出している→1秒間で約7000ベクレル

例えば数万ベクレルの放射量は数人の放射量と同等である

下のカリウムの放射能量↓

1㎏の物質が１秒間で放射する量

13　Bq　物質が放射する量　Gy　実際に放射した放射線が与えるエネルギー

Sv　放射線が物質に与える影響を示す量であり、物理的な量ではない。

14　検査の際の被ばく量は1年間の自然的な被ばく量よりも多い

24　化学反応と原子核反応のエネルギーのレベルははるかに違う

化学反応→eV単位　原子核反応→MeV単位

25　発電で比較　約１億倍の差　　26　アイソトープ

28トリチウム→水素の同位体

第2回

放射性崩壊　29

α　重い原子核からヘリウムの原子核が放出される。→エネルギー安定

β　陽子or中性子が多い　ex 中性子が陽子に変わる　γ　光として放出

30　まとめ　補足　x線とγ線の違い

（光は同じ波長域だと干渉や反射で直進できなくなる。）

32　αすぐ止まる　離れていれば安全　近くだと危ない特に内部被ばく

　　β軽い粒子で広く反射し止まるイメージ　外部被ばく　ただれるように

　　γ光なので電子と作用する　それ以外だと直進性が高く遮蔽が難しい

→重い原子核で遮蔽

　　中　原子核と作用し、同質量(水素の陽子など)でよく遮蔽することができる。

33　透過と遮蔽　図解　34　eV大きさ

35、36　特殊相対論　速度に応じて質量変→運動エネの考え方が変わる

演習問題　E=9.1×=81.9J

81.9 １Jは1/だから

どうして原子核は壊れないのか(湯川秀樹)

44　原子核の分類　　45原子の化学的性質は“核外の電子”(陽子)の数で分類→陽子が同数ならば同元素であるから

46　中性子数が異なる同原子→同位体

49　uの定義（何eVか）52　原子核は結合エネルギーが必要なのでばらばらの状態よりも質量(エネルギー)が小さい。

1u=1.66054×kg=931.478MeV。

53　Fe以降は原子核結合エネが下がっていくので核分裂することでエネルギーを放出する。その逆もしかり(核融合)

第3回

・核図表

55 1.0

56 放射能とは→性質、強さ　放射線とは→粒子や電磁（物質）

62．63　半減期　放射性壊変

６４　λを用いた指数関数の式、半減期T1/2を用いた式

65　練習問題　放射能が1/eになる時間τを寿命と呼ぶ

６８　と実際に何分の１になるかで等式を立てる。

重要　例　12年経ったコバルトはどれくらい崩壊しているか　試験でるかも

練習問題の2個目から半減期を用いてλを導出→　に代入して求める

→0.208　20.8％　※のｔには12を入れる

７１放射線壊変　詳細

β崩壊　放出される電子のエネルギーは不変　β線のエネルギーは１つに決まっておらず分布している

β⁺崩壊　陽子と

８７.８８　ｘ線には２種類あり、特性ｘ線から物質がなにかわかる。

８９　放射線壊変の原子番号と質量数変化まとめ

９９　光速を超えるのはおかしい→古典論で解いているから

→特殊相対論で解く必要がある。１０１のｋが２MeVで、続きは写真

第４～６回→各word 概要

第７回

放射線計測→目に見えない放射線をいかに可視化するか

レントゲンのX線　ラザフォードの原子核　ニュートリノ振動の観測　水チェレンコフ検出器

・放射線による検出器物質の電離作用を利用

・検出器物質の励起現象を介して発光を利用する

復習

放射線と物質の相互作用→電磁相互作用(荷電粒子線による直接電離や非荷電粒子線による間接電離)

荷電粒子

電離　電離したイオン、正孔、電子を収集する

励起　励起後、光や熱に変化したものを検出して電気信号に変換

・阻止能→計算コード(SRIM)などで計算できる　・飛程

非荷電粒子

１光電２コンプトン散乱３電子対生成

中性子の相互作用

原子核と直接、(弾性)散乱、吸収反応(核変換反応など)

放射線検出器の分類

・電離箱(気体・電離)　液体シンチレーション(液体)　・半導体検出器(固体・電離)　・無機シンチレータ(固体)

汚染を測る→GM(ガイガーカウンター)型

被ばく量→電離、シンチ、ポケット線量計　分析→半導体

電離作用を利用したガス検出器

放射線の電離作用によるガス中での電子・イオン対の発生を電場で収集

GM計測管の不感時間→試験でるかも

第8回

シンチレーション検出器

放射線がある物質へ入射すると発光する。①無機物➁有機物③ガスシンチレーター

シンチレーション物質の特性(試験でやすい？)

・発光量　・発光波長　・信号減衰時間

無機シンチ

発光原理→活性化物質(不純物)があると電子がそのレベルに励起する

リγ線に適している。ケ　発光が有機より遅い。潮解性がある場合あり(利点、欠点より)

有機センチ

分子の遷移で発光

リ形状が自由　発光速い　比較的安価　ケ　γ線検出不向き　火に弱いものも

信号変換(シンチレーション光→電気信号)→光センサーが主

シンチレータとの組み合わせ→右下グラフ　どの物質がどの場合適しているか

半導体検出器

空乏層で放射線検出→空乏層に放射線のキャリアが来た時にイオン化して電流が流れるので検出できる。

NaI(TI)よりGe検出器の方が精度がいいので、前者を用いてピークがあるようであればそこで後者を使うことで同定が容易になる。

・高濃度ゲルマニウム半導体検出器

中性子検出器

原子核反応で検出→いろいろ

・放射線計測の統計誤差

**カウント数に対する誤差の量→**出席確認問題

放射線源の強度

エネルギースペクトルの測定

グラフ→ピークの位置から判別

・エネルギー分解能→幅が狭いほど高い(Ge検出器だとかなり狭い。)

第9回（11/27）課題↓

1) 放射線加重係数  
2) 組織加重係数  
3) ベルゴニー・トリボンドーの法則

１年間に浴びる自然放射線→世界平均　約2.4mSv

シーベルト(グレイ×放射線荷重係数)→放射線の防護のため（健康影響の大きさ）の単位

非情に高い線量ではシーベルトNG　シーベルトは物理的には計測不可

放射線加重係数は無次元だがグレイにかけるとシーベルトになる

１　１０　１０　　７００　４．２１９　４．２１９　１６５．９ 0.00237

第10回（12/4）　法令上の放射線の定義と放射線障害防止

放射線の影響をできるだけ下げる

前者　放射性同位元素による・・・→RI規制法に変化

・RI規制法 (旧 放射線障害防止法) で定めている 放射線の定義

放射線とは空気を間接または直接に電離する能力がある粒子線または電磁波であり、（以下）法令上の放射線参照→(１)α線、β線、重粒子線、陽子線、およびその他の重荷電粒子、()

・放射線防護体系の基本原則3項目(ICRPの提唱するもの)

リスクと利益を比較して良しあしを決める

行為の正当化

被ばくによることで生ずる放射線損害＜＜利益でなければ被ばくを伴う行為は実施してはならない

防護の最適化

被ばく線量、被ばくする人数、潜在被ばくを社会的・経済的要因を考慮した上で合理的に達成できる限り低く保たなければならない。(→妥当性を見極め納得できるもの)

個人の線量限度

個人がすべての線源から受ける線量は線量限度以下に、また、潜在被ばくはリスク限度以下にしなければならない

・As Low As Reasonably Achievable

ICRPによる線量限度　ｐ２０の表

自然被ばくとは別でプラスで考えるもの

責任の所在は何処に　例：福島の原発事故の場合→一義的には事業者の東京電力

公衆被ばく(構造・遮蔽計算を考慮したもの)→管理区域内で超えないようにする

高線量で一瞬の被ばくと低線量で長期的な被ばくの比較　ｐ２１

DDREF

DDREFが２→同じ影響を受けるのには高線量で短時間の場合に比べ低い線量率の場合２倍の総線量が必要

１パーで現れる影響→しきい線量

がん、白血病→低線量は実際はほぼ影響がないが、防護の観点から仮説として直線的に影響があるとする

がんは何百年も生きるとしたらほぼ確定でなる→線量と自然発生率の問題

放射線の人体への影響はまだ確定的に言える規則はなくあくまで仮説で見たてている

→LNTモデル→chatgpt

第11回

被ばくの防護

☆試験

実効半減期の逆数が 物理学的半減期の逆数と 生物学的半減期の和で表すことが出来る

放射線壊変の基本式

両辺をインテグラルでとって　t=0の時、N=N0

→

より、実効的な式

であるので

*で、*のとき、*→→*

*→*

第12回

二重ベータ崩壊→非常にまれで、探索は環境放射線を減らさなければいけない

環境放射線を減らさなければいけない→スーパーカミオカンデ

第13回

放射線　ブラウン管

煙が放射線(α線)を阻害して電流が流れなくなることで作動

X線フィルム骨とそれ以外の部分の密度の違いによって現像

Ｘ線吸収特性→骨は密度が高く吸収しやすい。

イメージインテンシファイア→光(放射線)を増幅させ、出力

・X線CT→なぜ体の断面が撮像できるのか→P10,11あたり

・SPECT診断　・PET診断→数ミリ程度の早期発見が可能

がん診断→病理医の生検が必要　術中での発見からの切除も病理医がいないとだめ

細胞診断の画像などのデータは膨大で通信に巨額がかかる。希少な症例データはプレパラートごと保管しているが災害などでだめになってしまったときのためにデータで保存している。膨大なデータをアップロードして保存しておくという事業もある。このようなデータを用いてAI診断に活用したりすることができる。

・X線が発生する主な原理は

・X線撮像において、骨と軟部組織が明確に区別される理由は

第14回　1/15

ダイアグラム

自動的に生成された説明

19Ｃ後半～20Ｃ前半→装置の高度化でさまざまな放射線が発見される。

放射線技術の発展と戦争への応用は切り離せない

中性子による脳腫瘍の治療→福島の事故をきっかけに装置を開発

放射線を利用するときのルール(防護体系)の成り立ち(ｐ７)

・公衆の年間被ばく線量限度を定めている国際基準はどの機関によって推奨されていますか？

・放射線の工業利用に関して どれ

放射線関連の技術は、半導体加工に用いられている。

放射線は、注射針や人工関節などの滅菌処理に用いられている。

放射線は、材料の内部構造や欠陥の検出に用いられている。

放射線関連の技術は、土壌や地下水の流動を追跡する技術にも用いられている。

印象

放射線教育は医者の間でも少なくなってきていて、知識が少なく間違った認識で施術している医者も少なくない。

・放射線防護の最適化→被ばく量は多くすればその分高精度で検査することができるが…

日本は放射線被ばくの線量限度に関しては後進国で、個人の総被ばく量は記録されていない。

第15回　演習

問(1)

(ア)アルファ線

1. ベータ線

(ウ)ガンマ線 一定

(エ)中性子線

(2)α線＞β線＞γ線＞中性子(遮蔽性)

問２　それぞれ陽子92中性子146

　　　　　　　陽子94中性子145

2かいβ崩壊を起こして変化

問３両辺の自然対数を取ると、

となる。

鉛：4.605…　アルミ：19.18…

問４　略

問５→3.1×10³

今回の講義を通して、自分の中で曖昧であった放射線の知識を改めることができて良かった。そして、この講義を受講しなかったら学ぶことがなかったであろう放射線の特性や利用、身近な放射線の被ばくなどを知ることができ、それが今後自分の身を守ることにも繋がると思うのでとてもためになった。これから放射線関係の分野に携わる可能性は低いとは思うが、この講義で学んだことを活かして正しい放射線への関わり方ができればよいと感じた。