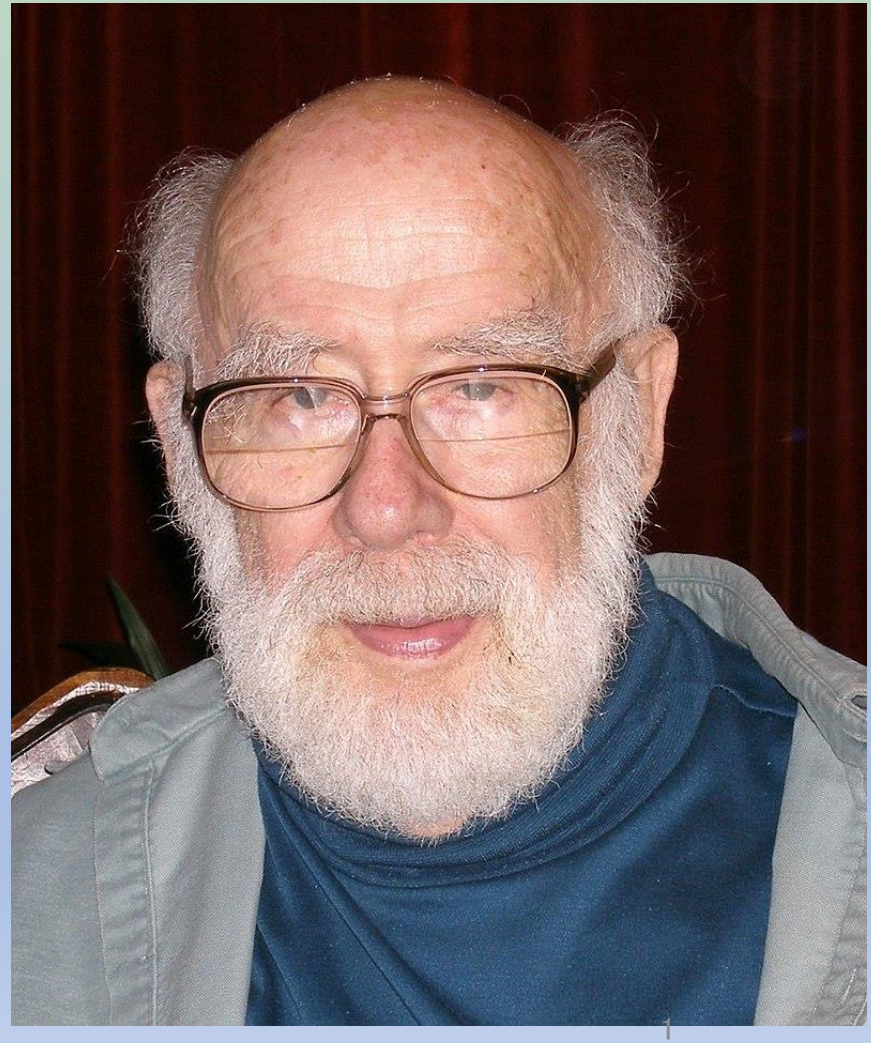
“放射線に安全量なし”

ジョン・W・ゴフマン（1918～2007）



本日は、ゴフマンの研究の一端をご紹介いたします。私自身は、放射線の健康影響については素人です。しかし、ゴフマンの著書を読んで、彼の知見をみなさんにお伝えしたいと思いました。

これからお話する内容のキーワードは、放射線のもつエネルギーの大きさです。それは、よく言われている放射能の強さ（ベクレル、Bq）ではありません。放射線のもつ大きなエネルギーこそが、放射線が人体組織に影響を及ぼす根本原因なのです。

日野川静枝(20210501作成）

1979年3月28日スリーマイル島原発事故発生

1981年出版　英語版原書

John W. Gofman, *Radiation and Human Health*

1986年4月26日チェルノブイリ原発事故発生

＜日本語版訳書＞

1991年出版　『人間と放射線』（社会思想社）

2011年3月11日

東京電力福島第一原子力発電所事故発生

2011年9月復刊

『新装版 人間と放射線-医療用X線から原発まで』

(伊藤昭好他訳、明石書店)

放射線に安全量なし—1990年4月付日本語版序文より

「1986年に私がチェルノブイリの影響について発表したとき、人間の被曝に関してガン死の安全線量など全くないという証拠をつけておいた。これは疫学データと『飛跡』分析を組み合わせて行ったもので、細胞核に対する最低限の障害、つまりたった1個あるいは数個程度の飛跡でも、人間にガンを引き起こすというものであった。実際、細胞核1個当り何100という飛跡に対してもDNA修復機構がよく対応するはずなのに、数個の飛跡でもガンを引き起こしてしまうという研究結果は、安全線量なるものに対する強力な反証である。これらの研究結果は、修復過程に誤りが生じるということ、そして修復機構を根拠に安全線量があるなどとは言えないことを物語っている。この私の論文が出てから3年にもなるのに、BEIR（米国科学アカデミー・電離放射線の生物学的影響に関する委員会）—V報告では「安全線量」に関するこの種の解析を全く無視し、安全線量があるかも知れないという可能性に道を開いているのである。1990年になってもこの証拠を無視し続けているやり方は受け入れ難い。」(P.5)

＜興味深い『手品』の話＞

「アルファ線について、とんでもない思い違いをしている人がいる。一般の人々に原子力の安全性を説こうとする人が好んで使うちょっとした『手品』がある。彼らは、放射線測定器のかたわらにアルファ放射線源を置き、測定器が激しく計数するところを見せる。それから1枚の紙を放射線源と測定器の間に置く。すると測定器の計数は止まり、アルファ線は紙すら透過できないことを見せる。一般の人々がこの実演を見れば、アルファ線は生体組織に障害を引き起こす力が弱いと考えるだろう」(P.46)。

＜『手品』の種あかし＞

「アルファ線が紙を透過できない理由は、アルファ線が紙の化学結合を効率よく破壊し、たった一枚の紙を透過するのにエネルギーのすべてを紙に与えてしまうためである。アルファ線は生体組織にとってきわめて有害であるというのが、正しい解釈である。」(PP.46-47)

＜内部被曝の危険性＞

「たとえば、もしアルファ放射体が気管支の上皮細胞(肺ガンの発生する場所)に付着すると、アルファ線の粒子が通るごとに、そこにある3個ないし4個の敏感な細胞には莫大なエネルギーが加えられる。ただし、体表面に付着したアルファ放射体が、深部の体内組織を傷つけることができないことも確かである。」(P.47)

放射線の人体影響の仕方

放射線と身体内の生体組織との相互作用－電離作用

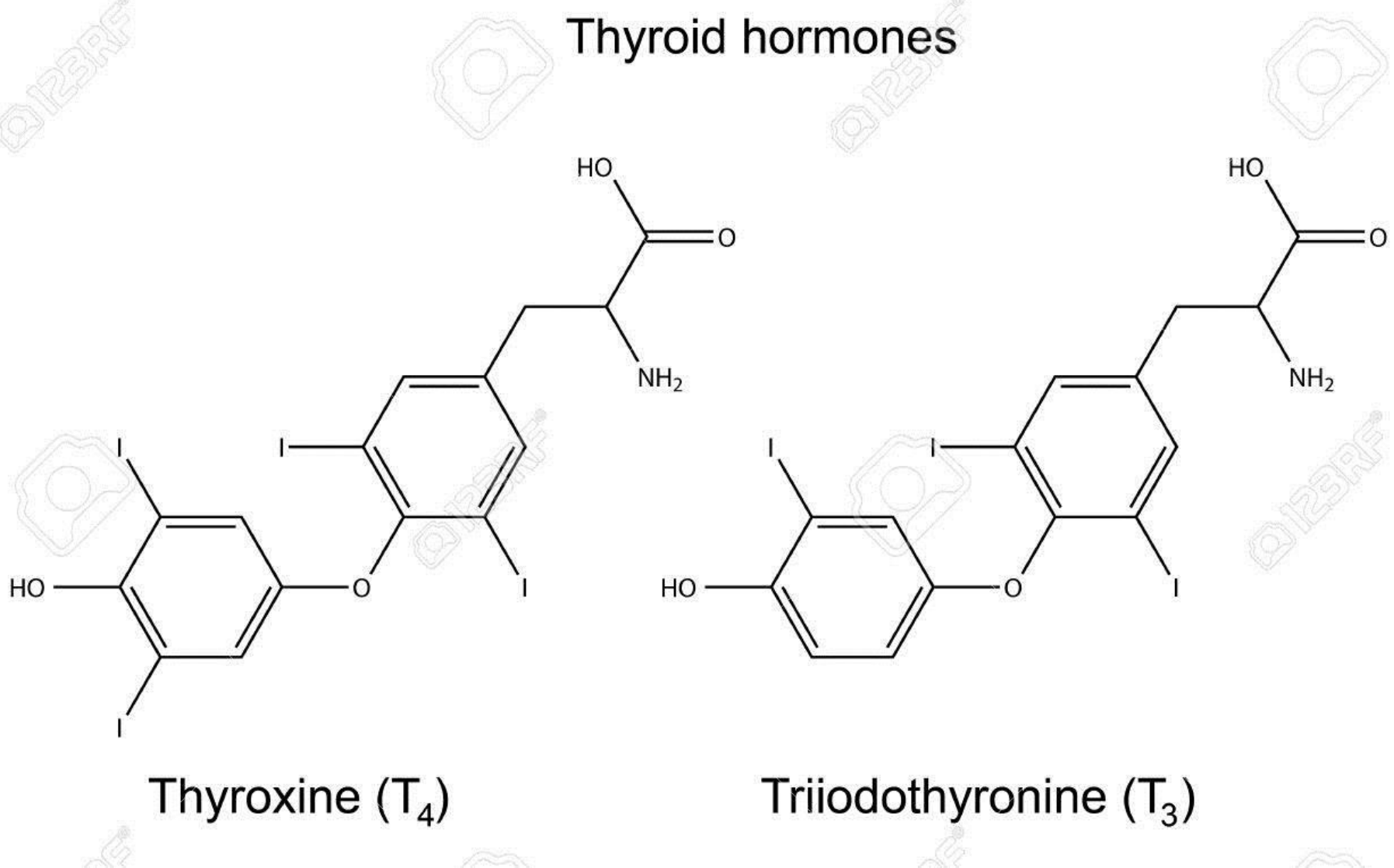
ゴフマンは、ガンマ線やX線が生体組織との相互作用（電離作用）を起こさずに生物の身体を通り抜けた場合には、生物の身体に影響を与えない。しかし、身体内の生体組織と相互作用をした場合には、それらのエネルギーのすべてによって最終的には高速電子を生ずることになる。ガン、白血病、そして遺伝的障害などの生物学的影響は高速電子の物質への作用に基づいている、と述べています。(PP.37-43)

「しかし、アルファ線とベータ線では事情が異なる。これらの粒子は軌跡全体にわたって人間の組織に作用する。それゆえ、これらの粒子が組織内を通過すれば、生物学的障害が確実に発生する。」（P.42）

アルファ線やベータ線の特徴と危険性

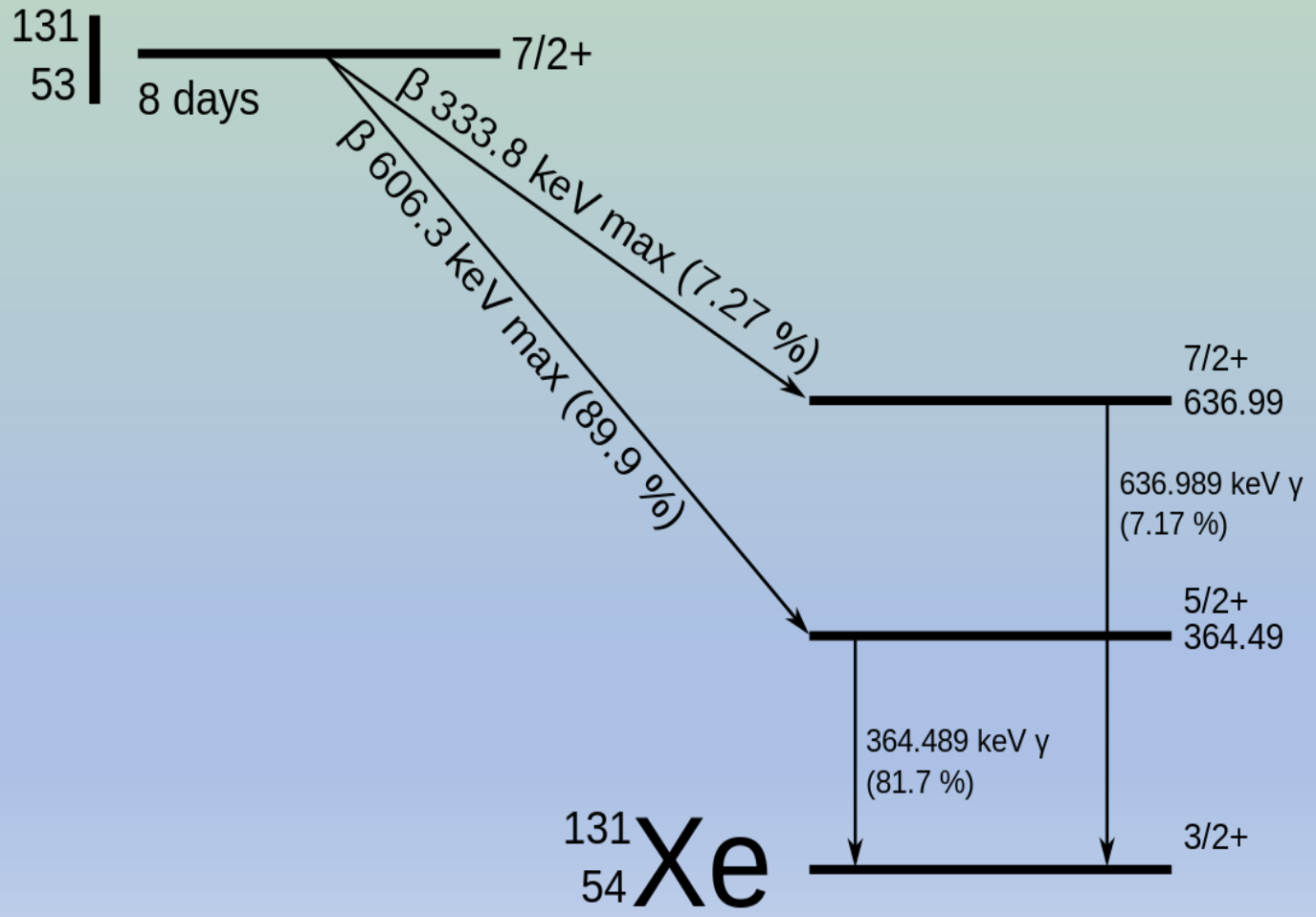
アルファ線やベータ線の放射線のエネルギーと、身体内の化学反応にともなうエネルギーとの間の莫大な格差、それが生物学的障害の発生を確実にするのです。
ゴフマンは、つぎのように述べています。
「化学的過程はすべて、生物、非生物を問わず本質的にエネルギー変化を伴う。新しい物質を作ったり物質を分解したりするとき、エネルギーが要ることもあるし放出されることもある。」(P.38)；「体内の生化学的過程でこの化学結合を切断するには、エネルギーが必要である。・・(中略)・・化学結合の切断に必要なエネルギーは、一般に5～7eV (電子ボルト)くらいである。・・・(中略)・・・5～7eVというのは、化合物が結合しているエネルギーである」と(P.39)。;「放射線の特別な性質として、たとえばベータ線のエネルギーは、生体組織の化学結合切断に必要とするエネルギーの10万倍あるいは100万倍にもなりうる」と。(P.65)

甲状腺ホルモンの構造中のヨウ素原子



物理学的半減期8日のヨウ素131の壊変の仕方

最大606,300 eVのベータ線放出、その後364,489 eVのガンマ線放出
最大333,800 eVのベータ線放出、その後636,989 eVのガンマ線放出



ゴフマンからみなさんへの言葉

いまや誰もが吟味できる証拠(データー引用者)があるのだから、専門家を信じる以外にないという状況はなくなった。何らかの権威を信じるのではなく、証拠が考えの基礎にならなければならない。私はこの本において、人間に関する証拠の現状すべてを示すように努めた。そのためには、最高の科学的基準を満足させることが重要である。それは単に証拠と結論のみを示すのではなく、両者を関係づける根拠をも示すことである。かくて読者は、得られた結論を独自に検証できるのである。私としては、健康影響のすべての計算と評価を、読者自身が導くことができるようにしておきたい。(P.27.)

（ただし－引用者） この本では、短時間に全身に浴びた高線量放射線による急性疾患や急性死は扱わない。・・・非ガン的影響や非遺伝的影響(局所的高線量によって生じる)も扱わない。・・・ガンや遺伝的影響ほどには定量的な証拠がないことによる。(PP.28-29.)

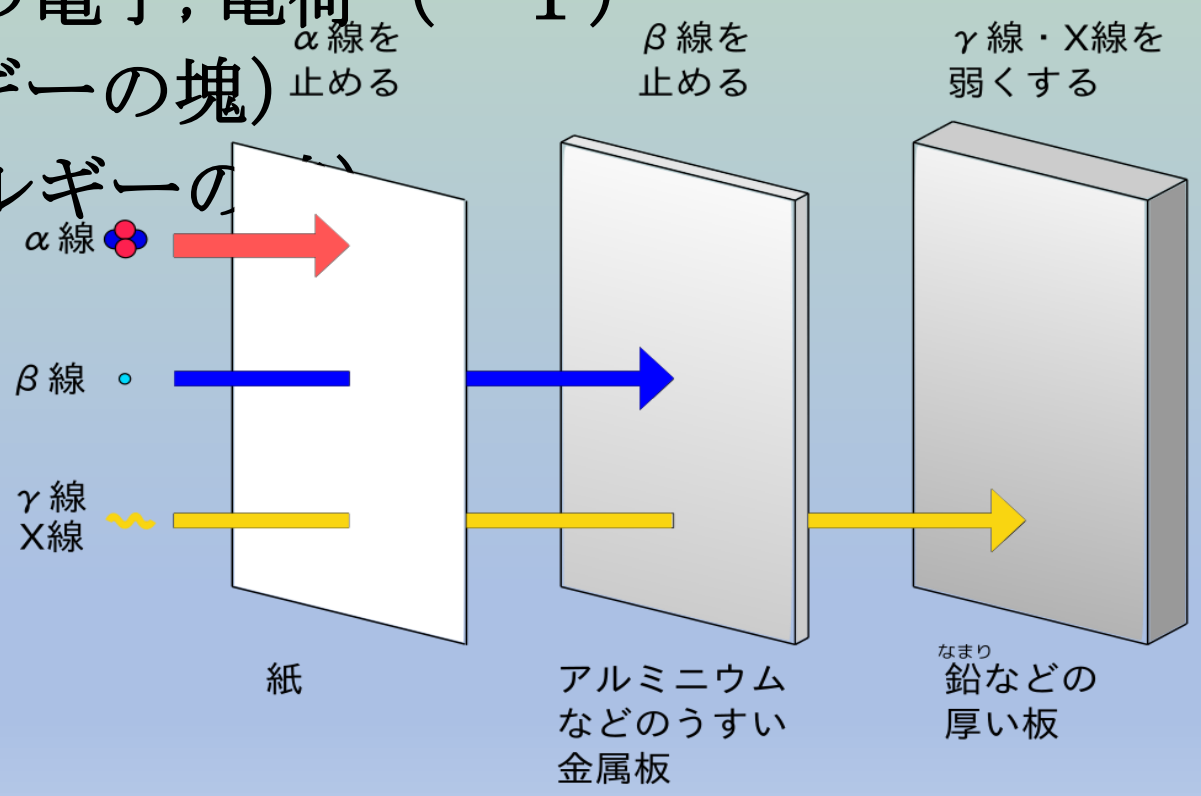
ご清聴ありがとうございました。

以下は、参考資料です。

資料1. 放射線の種類と特徴

- アルファ線（α線）：高エネルギーのヘリウム原子の原子核, 電荷（＋２）
- ベータ線（β線）：高エネルギーの電子, 電荷（－１）
- ガンマ線（γ線）：光子（エネルギーの塊）
- エックス線（X線）：光子（エネルギーの
- 注：光子は高エネルギーの電磁波

右の図は、
赤色矢印がアルファ線
青色矢印がベータ線
黄色矢印がガンマ線とエックス線



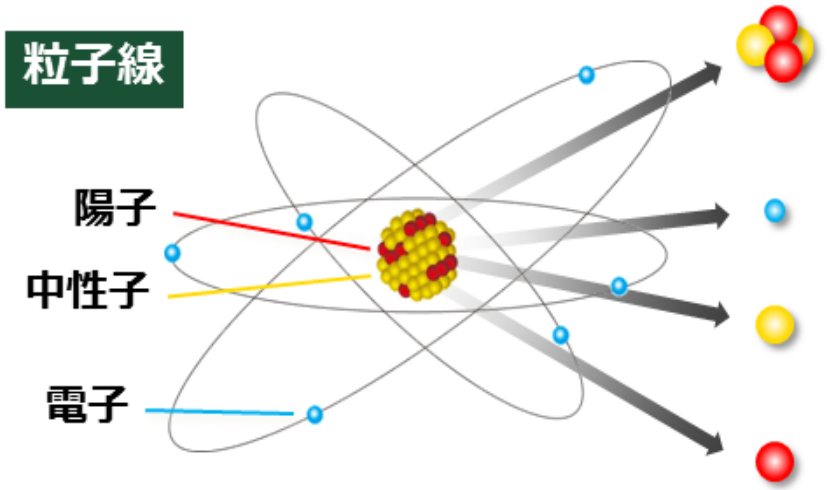
この写真 の作成者 不明な作成者 は CC BY-SA のライセンスを許諾されています

＊放射線は、みんな高エネルギーですね！

放射線 **電離放射線の種類**

電離放射線 電離作用を有する放射線

粒子線



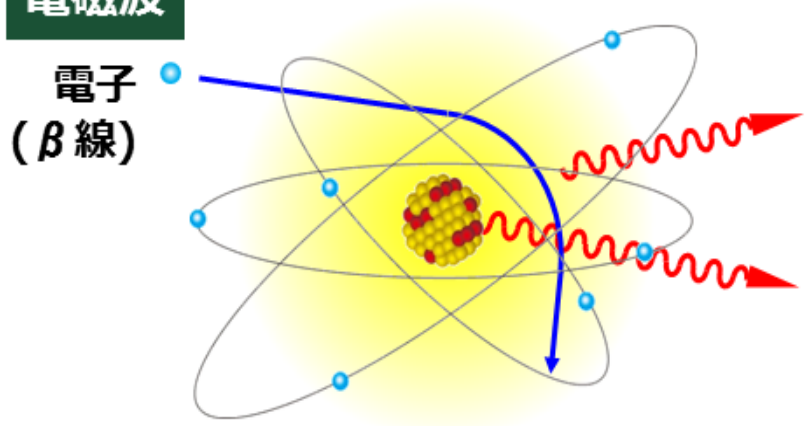
α線（原子核から飛び出るヘリウムの原子核）

β線（原子核から飛び出る電子）

中性子線（原子炉，加速器等から作られる）

陽子線（加速器等から作られる）

電磁波



X線（原子核の外で発生）

※入射電子により原子内の電子に生じた軌道間移動から生成されたものを特性X線と呼びます

γ線（原子核から放出）

資料２．

ゴフマンの考察は、赤字の放射線のみです。

・アルファ線（α線）

原子核から:電荷(＋２)

・ベータ線（β線）

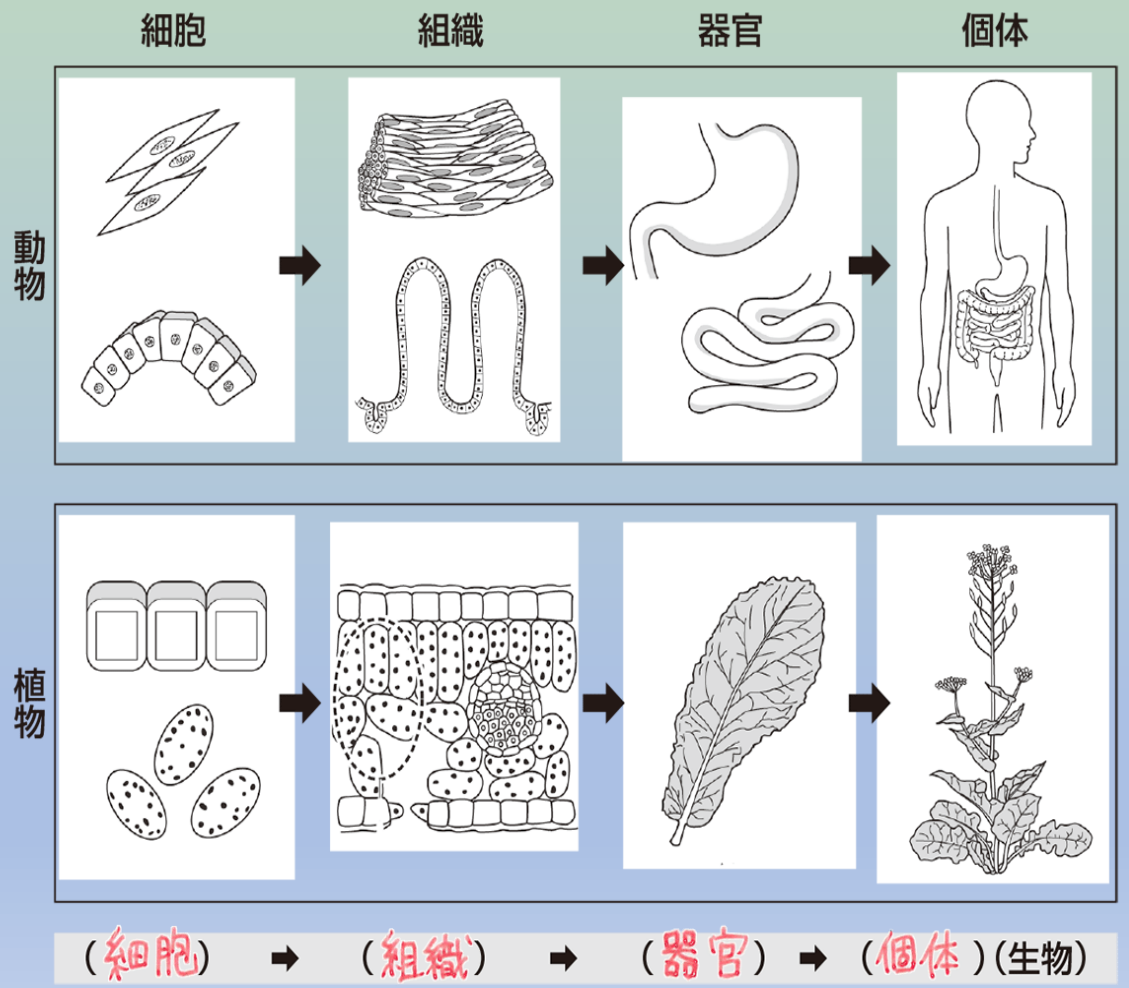
原子核から:電荷(－１)

・ガンマ線（γ線）＝光子

原子核から：電荷なし

・エックス線（X線）

資料3. 個体の階層性と直接的な相互作用の部位



- 個体
- 器官
- 組織
- 細胞
- 分子
- 原子
- 原子核

資料4. 放射線の種類による電離作用の違い

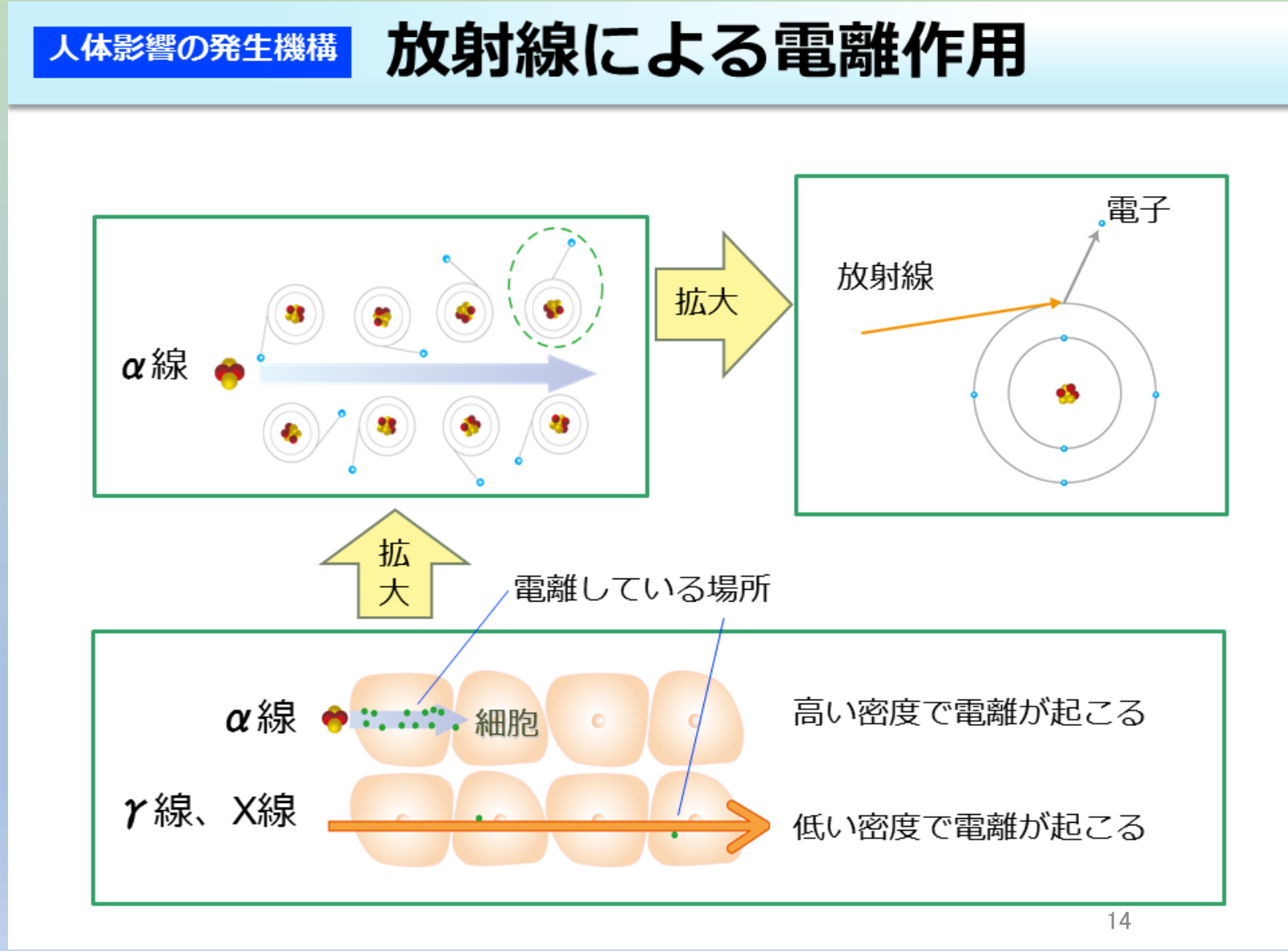
ゴフマンは、述べます。

「X線、ガンマ線、ベータ線、アルファ線はすべて、原子から電子をはじき出して生体に影響する（電離作用）。」(P.43)

＜生体内での飛程につい＞

X線・ガンマ線:偶発的事象

ベータ線：数mm

アルファ線：細胞数個分

３０μm～４０μm＜１００μm