

湯川秀樹博士と原子力

科学カフェ

2014年 12月13日(土) 2時～5時

<http://ameblo.jp/kagaku/>

NPO法人 知的人材ネットワーク あいんしゅたいん
附置施設 基礎科学研究所 坂東 昌子

1 自己紹介

2 湯川精神と・湯川への疑問

4 原子力の歴史を振り返る

5 分野間のネットワーク

6 21世紀型の科学と女性の参画

湯川研究室



1 自己紹介

2 湯川精神

4 原子力の歴史を振り返る

5 分野間のネットワーク

6 21世紀型の科学と女性の参画

湯川エフェクト

- 1948年 Powell 等
2中間子確認
- 湯川ノーベル賞
- 素粒子 湯川・朝永 意気
が上がった
- 東大・京大
→大阪・名古屋……

広範な大学で一流
の物理を

みんなを元気付けた！
多くの研究者に
新しい息吹を！
物理学の対象は素粒子
だけではないよ。



1949年 湯川秀樹ノーベル賞(日本初)

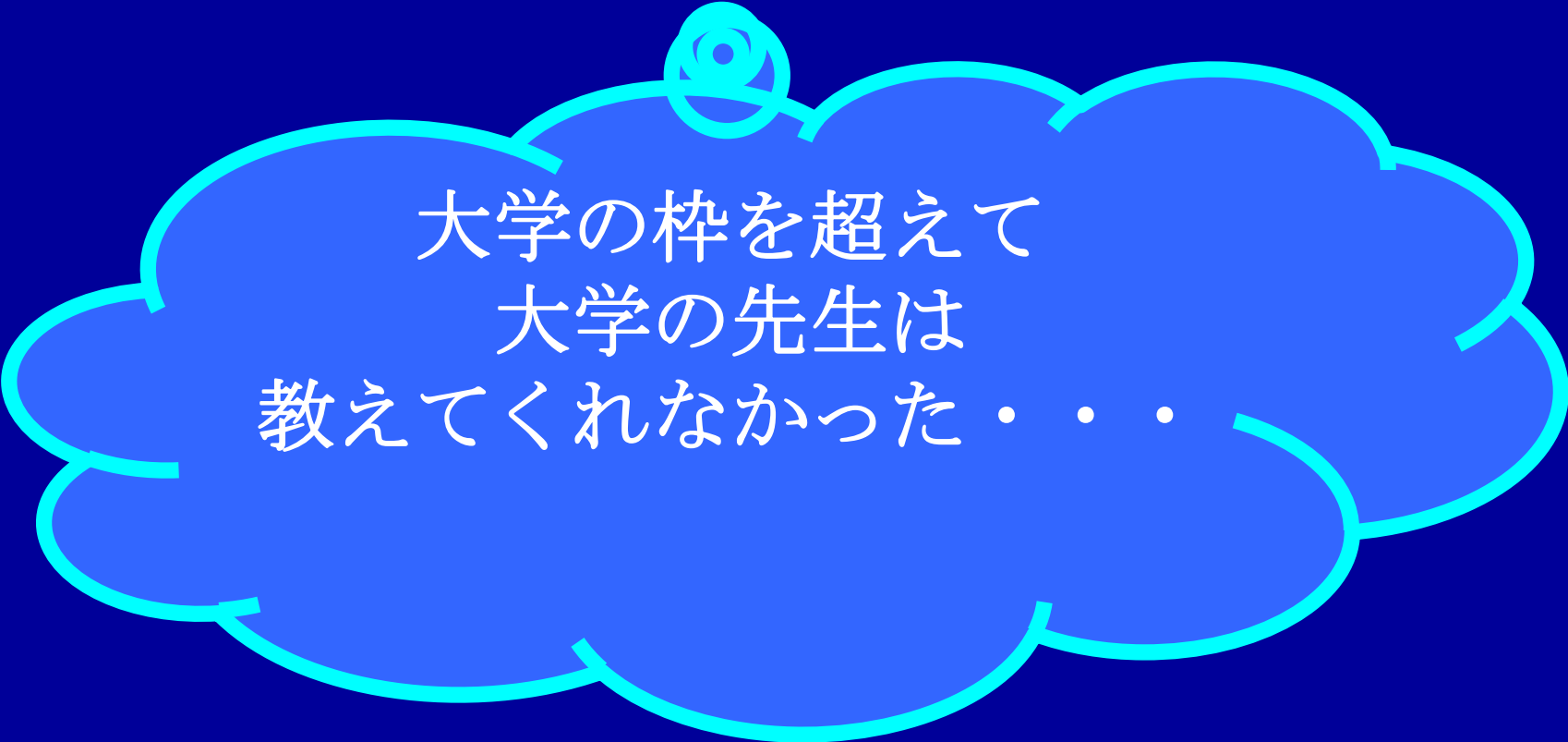
1965年 朝永振一郎ノーベル賞

湯川スピリット



戦後の日本の人々に
夢を与えた！

新しいことを始めるときは対等・平等
世界中とつながる……コスモポリタン



大学の枠を超えて
大学の先生は
教えてくれなかった・・・

地球を越
えて

分野を
越えて



基礎物理は翔たく

多くの新領域を切り開いた！
世界の人とつながった？
新しい展開？

物理学の内面的発展
新しい発見や理論が
生まれてきた！

国を超えて

コスモポリタン

ノーベル賞

アインシュタイン

湯川精神

2つの顔ではない！

素粒子
中

平和への考え方も
この環のなか

広い分野
開拓者精神

核廃絶への
国際的連携

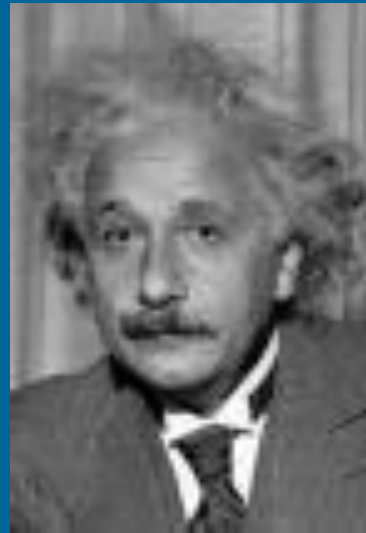
国際的な連携
共同利用の精神

- 1 自己紹介
- 2 湯川精神と・湯川への疑問
- 4 原子力の歴史を振り返る
- 5 分野間のネットワーク
- 6 21世紀型の科学と女性の参画

20世紀の教訓

- 原子爆弾
- 優生思想

ファシズムの嵐
ヒットラー
反ユダヤ主義



原子エネルギーの歴史

1938年 オットー・ハーン ジョリオキュリー
核分裂発見

1939年 書簡(アインシュタイン→ルーズベルト)

1941年 日米開戦 原爆開発決定

1942年 8月マンハッタン計画発足
12月 フェルミ 原子炉



原
爆

ファシズムの吹き荒れた時代に
こういうとほうもない
エネルギーが開発された！



同じことが
起きたよ！

少量のラジウムを入
れたガラス管をポ
ケットに入れていた
ら数日後に腹部の皮
膚に紅斑ができたよ

じゃあ僕も腕に
ラジウムを接触
させてみよう。

1901年 ベクレル
ピエール

放射線の両側面が交互に解明されてきた

原子核エネルギーの悲劇 その開発が ファシズムの時代に始まった！

キュリー夫人がラジウムを発見したとき、やがてそれが広島の上に落とされ多くの市民が悲惨な目に遭うことを予想できなかった

原子エネルギーの歴史

1942年 8月マンハッタン計画発足

12月 フェルミ 原子炉

1945年 原爆投下検討委員会

5月 ドイツ降伏

6月 フランク報告

7月 ロスアラモス実験

8月6日 広島 8月9日 長崎

8月15日 終戦

原子爆弾

マンハッタン計画

人と金とを投入

たった3年間で完成

日本に2発落とした！！

ウラン型とプルトニウム型

フランク報告

原爆完成を目前にして..
フランク教授・シラード博士ら
七人の科学者(シカゴ冶金研究所)

「政治的および社会的諸問題」と題する報告
書をスチムソン陸軍長官あてに提出した。
(1945年6月12日)

しかし・・・原爆は落とされた！

1945年7月 ロスアラモス
プルトニウム型原爆実験

1945年8月6日 広島
ウラニウム型

1945年8月9日 長崎
プルトニウム型

1945年8月15日
終戦

原子科学者の苦悩

- ジョリオ・キュリー
- ニールス・ボーア
- フェルミ
- オッペンハイマー
- アインシュタイン
- シラード
- ロート・ブラット

フランスにとどまった

コペンハーゲン研究所

ノーベル賞受賞後、米国へ

米国へ

アメリカにわたった科学者たち シラードの予想

シラードは、その影響力の大きさから核研究の重要性を政府に知らせることを躊躇しなかった

政府・企業からの独性した研究
政府と企業→ウラン燃料の確保や資金・施設の提供(間接的に核開発に関与する)
→科学者の自主性

1939年第2次世界大戦
1941年12月 日米開戦
マンハッタン計画
グローブス総督(軍の下)
働いた人数 12万5千人
200億ドル(1945年8月まで)

フランスに残ったジュリオ・キュリー

ルブラン大統領とのやり取り

ナチの便宜を図るということに抗議・大統領の弁明

1940年：重水・ウランなど→化学薬品Zと登録

銀行→中央刑務所→イギリス

「私はここにとどまらねばならない」

フランスがナチに占領されている間どうしたか？

ナチは重水とウランをどこへ隠したか詰問した！

ジュリオはフランスがナチに占領されている間は地下に潜り地下活動を続けた。

ジュリオ・キュリーの生き方

キュリー夫妻の娘と結婚
戦後、原子力庁長官

1950年3月19日ストックホルム・アピール
「原子兵器の絶対禁止」

1950年4月28日

原子爆弾開発を決めていたフランス政府
原子力庁長官を解任

ニールス・ボーア:1922年ノーベル賞

1921年 コペンハーゲン理論物理学研究所

1942年 どうしてデンマークにとどまれたのかな？

1943年

1950年 国際連合への公開書簡

「父の特徴は、いつも彼が遭遇している問題に没頭し、それが科学的なものであれ、人間的なものであれ、より深い理解へ進む機会があれば、決してそれを見失わないようにし、彼が責任をかんじるどんな仕事でも、それが満足できるように完成されるまでは休息しなかった」

パグウォッシュ

1954年 ビキニ

1954年12月23日、BBC放送

→「ラッセル=シュタイン宣言」

ラッセルが草稿を書き、シュタインが死の直前に署名

1955年7月9日 共同記者会

→パグウォッシュ運動

マンハッタン計画の途中で降りた唯一
の科学者 ロートブラット
ノーベル平和賞



なぜあの時代に多くの若い
研究者がマンハッタン計画
に喜び勇んで参加したか？

ポスドク問題は科学者の社
会的責任を鈍らせる

日本の湯川

憲法9条のある国の科学者
役割があるはず！！

科学的な正しい認識方法で・・・

- ★戦争のない世界
- ★核兵器廃絶

原子力問題は
どうする？

湯川先生の苦悩

戦争と科学者

F研究(海軍)

戦争協力

「絶対悪に加担した湯川には、自己啓発・自己懺悔がない」
(唐木順三)

国に捧ぐ いのち尚ありて
今日も行く 一筋の道
限りなき道

(1941)

雑誌「世界文化」購読者
新新子→国際的名声
文化勲章→黙る自由

抵抗？
戦争より科学だ

科学至上主義？

パグウォッシュ会議と湯川先生

科学者がいくら善意であっても、それが1つの世論となり世界を変える力になれば、科学の成果の悪用をとめることは出来ない。科学者も社会の一員である以上、科学者が組織として発言し行動することが必要なのだ

- 1 自己紹介
- 2 湯川精神と・湯川への疑問
- 4 原子力の歴史を振り返る
- 5 分野間のネットワーク
- 6 21世紀型の科学と女性の参画

原子力エネルギー

湯川先生と原子力

市民からの質問

「科学者は原子力にどう向き合ってきたのか」

「湯川先生が原子力委員を辞めた理由」



- ① 原子炉・原子力の日本のレベルは？
⇒ 科学と技術・実用化
- ② 低線量放射線の影響に対する科学的評価
⇒ 生物学と物理学のギャップ
- ③ 科学と社会をつなぐネットワーク
⇒ 科学者と市民のギャップ

原子エネルギーの歴史

冷たい戦争→原爆外交

1949年7月 ソ連 原爆実験(9月にアメリカ探知)

1950年1月 トルーマン 水爆製造命令

3月 スtockホルムアピール

(バナール・ジョリオ・キュリー)

1952年10月 ソ連水爆実験

1954年 アメリカ水爆実験(ビキニ) 第2福竜丸

1955年 ラッセル・アインシュタイン宣言

パグウォッシュ会議

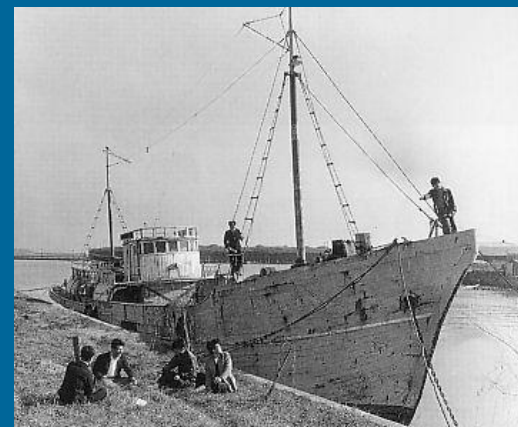
日本の科学者
原子力3原則 (学術会議)
自主・民主・公開

ストックホルム・アピール

1950年3月19日

我々は、恐ろしい人民の大量殺戮の武器である原子力兵器の絶対的な禁止を要求する。この禁止処分実施保障のための厳格な国際管理の設置を要求する。我々はいかなる国家に対してであれ、最初に原子力兵器を使用する政府は、人類に対し犯罪を犯すものであり、戦争犯罪人として扱われるものとみなす。

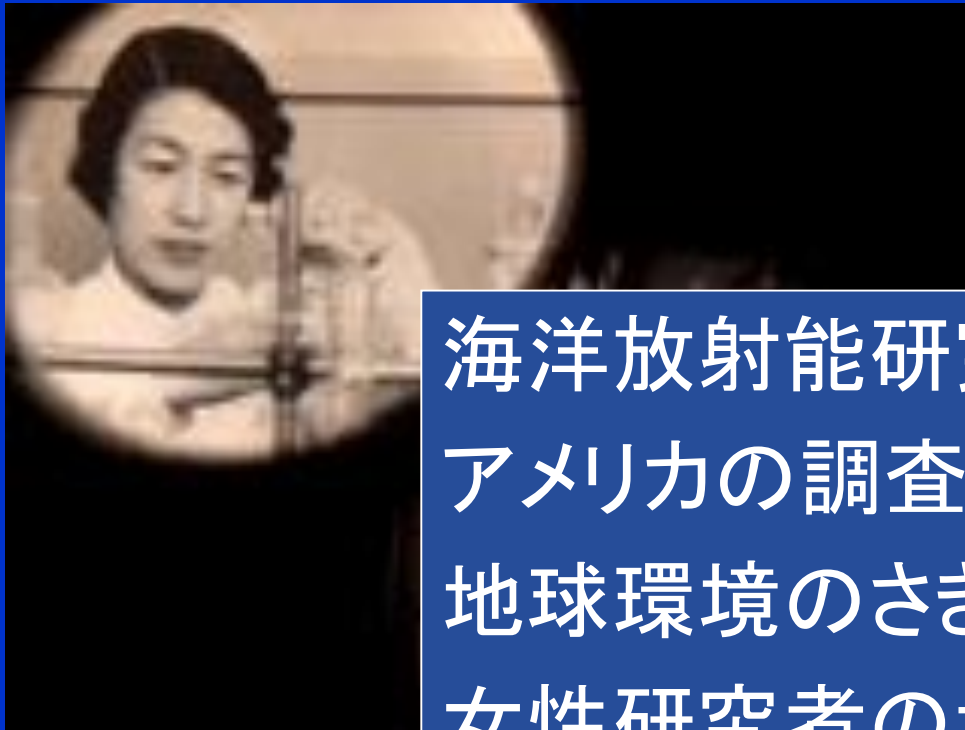
ビキニ環礁 水爆実験



- 1954年3月1日「キャッスル作戦」
- 3月14日に焼津港に帰還
- 静岡大学の塩川孝信と山崎文男による検査
- 3月16日の検査：船体から30m離れた場所で放射線を検出
 - 人家から離れた場所へ係留するように指示・鉄条網が張られた状態で係留
 - 文部省へ売却→東京水産大学(現：東京海洋大学)品川岸壁に移動
- →放射能除去→ゴーリキで改造→東京水産大学の練習船「はやぶさ丸」
- 1967年 老朽化により廃船となり、使用可能な部品が抜き取られた後に東京都江東区夢の島の隣の第十五号埋立地に打ち捨てられるが、同年、東京都職員らによって再発見されると保存運動が起こり、
- 東京都によって夢の島公園の「第五福竜丸展示館」に永久展示
- 心臓部であるエンジン部分は廃船時に船体から切り離されて貨物船「第三千代川丸」に搭載されていたが、この貨物船は1968年に航海途上の三重県熊野灘沖で座礁、沈没した。その28年後の1996年12月、民間有志(「第五福竜丸エンジンを東京・夢の島へ」和歌山県民・東京都民運動)によって海底から引き揚げられ、第五福竜丸展示館の脇に展示された。

猿橋 勝子

1920年3月22日 - 2007年9月29日



海洋放射能研究
アメリカの調査と異なるデータ
地球環境のさきがけ
女性研究者の地位向上

1955年

「ラッセル・アインシュタイン宣言」

原爆だけではありません。現在急速に発展している生命科学の分野でも、科学と社会の関係、科学者はどうあるべきか、という問題はより深刻な形で現れてくるでしょう。

原子エネルギーの歴史

5



1942年 シカゴのエンリコ・フェルミ実験炉

1952年 日本学術会議 原子力委員会

12月8日アイゼンハワー国連総会

Atoms for Peace → 原爆外交から

Atoms for
Peace

1955年11月 原子力基本法 日本原子力研究所設立

1956年1月 原子力委員会(正力松太郎会長)

1956年6月 原子力研究所

1956年 英世界最初の商用原発(セラフィールド)

1957年 米最初の商用原発(ペンシルベニア)

1963年10月26日 実験炉JPDRが初発電(東海村)

1979年3月28日 スリーマイル島原発事故

1986年4月26日 チェルノブイリ原発事故

大きな
事故は海外



原子力の平和利用— —見直されている原子力？ —

1950年代 華々しく登場

最初は原子力潜水艦

空気がいらない
→炭酸ガスを出さない

なぜ、軽水炉？
トリウム原子炉
高温ガス炉

「原発の再稼働」をめぐって各界に訴える 京都大学旧湯川研究室同窓会有志

“1956年1月4日昼下がり湯川博士から電話がはいつた。「森さん、君に言われて委員になったけど、もうやってられないよ・・・正力氏が「研究などしなくても外国から炉を導入すればいい」と言っている。そんなことでは委員になった意味がない」と博士は不満をぶつけた。四谷の旅館にかけつけ「先生、発足早々に委員長が気にいらないからと辞めるなんて、・・・そういう問題（政治家の独走）があるから、委員が必要なんですよ」博士の心は何とか収まり、・・・それでも翌57年3月、結局神経性の胃腸障害で静かに辞任した。” 2012年4月 京都大学旧湯川研同窓会有志

何もしなかったのだろうか？ ご冗談でしょう 湯川さん

ファイマン

「ご冗談でしょう、ファイマンさん、Surely you're joking, Professor Fynman !」
をもじった湯川先生の逸話

1.2.6 原子力委員

どういう風の吹き回しか、湯川先生が原子力委員をやられたことがある。多分日本の原子力行政が、権威づけに先生を利用したのだろう。ご自分の論文を書いているひまもないくらい忙しいのに、なんでこんなものを引く受けられたのかと、私はいささかあきれたものだった。基研のトイレで一緒になったとき、こんなことを言っておられたものだ。「原子力に関する用語を覚えんならんで、便所にまで張り紙しとるんや。」

しかし結局、ストレスから持病の胃病が再発して、お役御免と相成った。

<http://www.phys.cs.is.nagoya-u.ac.jp/~tanimura/math-phys/mathphys-1-9.pdf>

原子力委員辞任後 原子力発電についての発言は皆無？

何もしなかったの
だろうか？



湯川資料より

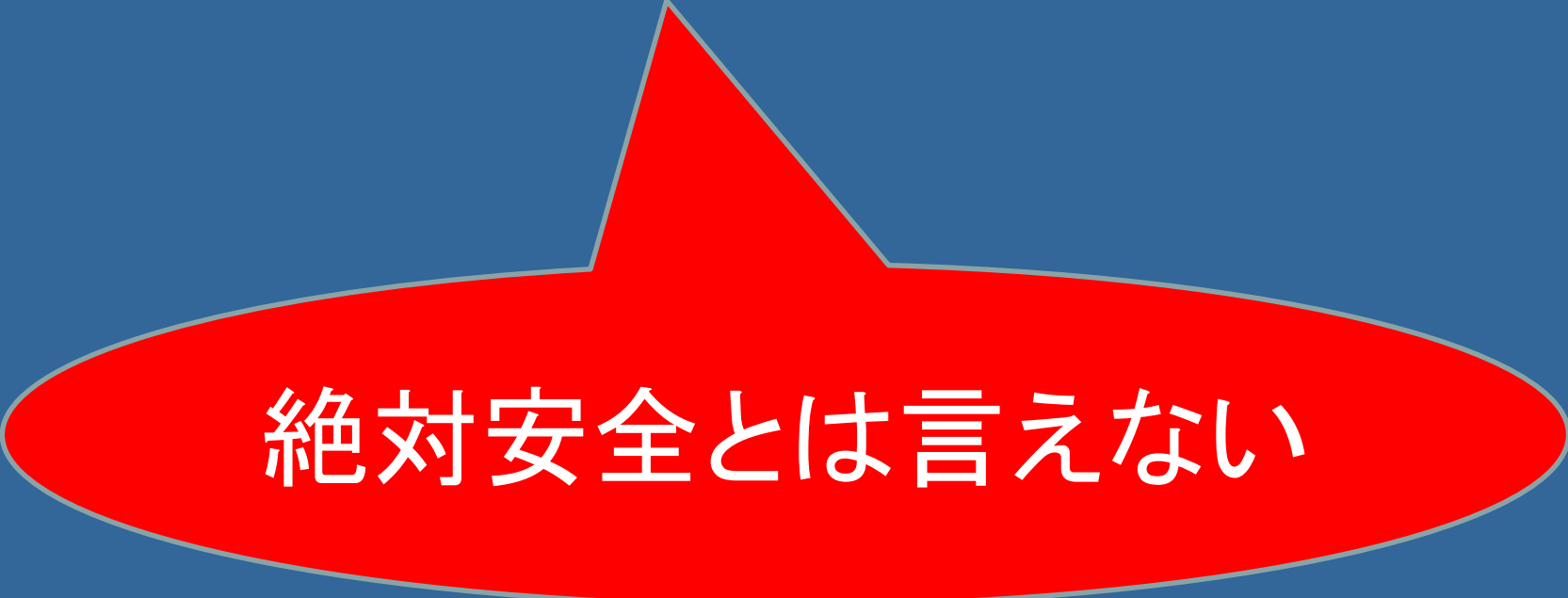
c112-026-	S32.01.13毎日新聞記事	宇治の原子炉(日本での第三号*原子炉)—厚生省が反対*WB, CP-5に次ぐ	“もうイヤになった、そんなに学者不信なら”
c112-031-003	朝日新聞記事	再考せよ宇治原子炉—宇田川原子力委員長	極端な説には術なし 極端とはゼロリスク
c113-034-	昭和33年12月10日 発総第五四六号 原子力 研究整備委員会招集案内	これは京大(関西)地区における(原子力)総合研究所構想??	← 要確認 原子力長計などから 湯川は原子力委員辞任後もこの計画には積極的に関与していたと感じる

C112-034-002	昭和33年12月13日第3回委員会メモ 第1回委員会6月 第2回委員会7月19日-小委員会設置を決める(湯川手書き)	原子力研究整備計画案 総合研究所の内容案
C112-034-009		原子力研究整備委員会要項(案) 第一条: 京都大学に原子力研究整備委員会を置く。
C112-034-014	原子核科学懇談会 昭和33年6月	京都大学に設置されることが望ましい 原子核科学に関する総合研究所の理想と構想

京都大学原子力総合研究所構想

- 核融合については取り組んだ

京都大学宇治キャンパス 原子炉構想
⇒構想断念



絶対安全とは言えない

湯川の軌跡

「絶対悪に加担した湯川には、自己啓発・自己懺悔がない」
(唐木順三)

「知識層の批判力を完全に喪失した国家は禿山と同じ」
(自己教育『世界』1846年1月号)

「知識層の勇気と実行力において欠けるところがあった・・・私自身もこの点を反省するとき、まことに慙愧の念に耐えないのである」

「科学と希望について」『潮流』1946年6月

「そういう心境にあった私にとって、新しくできた日本国憲法は大いに歓迎すべきものであった」

「日本国憲法と世界平和」『世界』1965年5月)

1965年「世界」 「日本国憲法と世界平和」

「原子爆弾の出現は、物理学者の一人としての私に特別なそして深刻な影響を与えた。それまでは、真理のために真理を探究するという純粹な気持で研究に専念するのが、学問の進歩のために、そしてそれが引いては人類のためにも、日本のためにも、もっとも大きく貢献する結果となるであろう、と固く信じていた。医学の場合のように、真理の探究とヒューマニズムとを一つに結びつける必然性あるいは必要性は、物理学の場合には少ないと考えていた。ところが、原子爆弾の出現によって、物理学とヒューマニズムとが切り離された別々のものでないことが明白になってきた。それ以来、私は科学者の社会的責任についてだんだんと深刻に考えるようになってきた。そういう心境にあった私にとって、新しくできた日本国憲法は大いに歓迎すべきものであった。・・・」

社会のシステムの問題

国立研究所に所属する研究者

→政策に反することは口にしにくい

- ・家族を支えるサラリーマン→国立研究所研究者は政策に反対する発言を求めるのは酷

- ・大学の役割

→自由な研究の場・同じ額の研究費が支給

大学の差別化 競争的研究費

→社会に役に立つ研究へシフト

- 1) 社会に役立つということを決めるのはだれか
- 2) 政策に合致する研究しか研究費がでないのか
- 3) 国の政策に反対する学者はいなくなる

パゲル

先生

科学者は、結局国際人なのです。
また、本当の科学者は、広い分野
に
興味を持っているのです！！
湯川先生もそうでした！！
ほかの科学者、
ボーアやジョリオ・キュリー
の生き方も見てみましょう。

世界連邦

カント...

憲法9条

核兵器廃絶

1929年
パリ条約

ニコライ
戦争の生物学



オーバービー博士来日講演一覧



チャールズ・オーバービー

1926

博士
海

の有志
を米国で広げる活動をし

(工学

ズ

の理念

国境なき9条

- ★5月26日(土)午後2時から オーバービーさん講演会・一般参加可 関西大学第二号館
- ★5月30日(水) 13時 オーバービー博士講演会 立命館大学・衣笠キャンパス・明学
- ★6月1日(金) 第7回国際ユニバーサル対話学会広島大会 広島厚生年金会館 5000 国際ユニ
バーサル対話学会 日本平和学会中四国支部
- ★6月6日 オーバービーさん名古屋講演会 愛知大学車道校舎 新館 2階 K201教室
愛知大学共同研究「女性科学者のリーダーシップ」グループ・愛大九条の会／第9条の会なや
「日本の素空」上映会 愛知大学車道校舎 共催:日本の青空愛大の会、あいち教育映画
- ★6月6日(水)午後6時 オーバービー講演会・一般参加 名古屋大学法学部第3講義室
- ★6月7日(木)「戦争と平和資料館 ピースあいち」見学と交流会 戦争と平和の資料館 ピースあいち
- ★6月8日(金)午後7時から オーバービー講演会・一般参 県文化センター(飯田市内)
- ★6月10日(日)午後1時半～3時半 オーバービー講演会・一般参加 長野バスターミナル会館
- ★6月12日(火)18時30分 さっぽろ講演会 北海道クリスチャンセンター さっぽろ講演会実行委員会
- ★6月13日(水)18時30分 釧路のつどい 釧路市交流プラザさいわい 鈴木史朗(第9条の会)
- ★6月17日(日)13時 東京講演 文京区民センター3A オーバービーさん東京講演実行委員会
- ★6月20日(水)18時30分 大阪市立住まい情報センター 9条の会・関西 大阪YWCA 阪大9条
- ★6月25日(月)18時 沖縄国際大学7号館201 安里陽要江(沖縄の語り部)ほか

科学者京都会議

- ・ 1962/5/9 京都
- ・ 1963/5/9 広島竹原
- ・ 1966/7/2 東京
- ・ 1975/9/1 湯川 - 朝永
- ・ 1981/6/7 京都
- ・ 1984/6/23

科学と社会

どうして戦争がおこるのか？
社会の進歩（ヒトの進化）とは？

3月11日以後、科学者への不信感

市民からの質問:「今まで科学者は原子力にどう向き合ってきたのか」「湯川先生が原子力委員を辞めた理由」→湯川・武谷

伏見:「茅伏見提案」原子力の実用化に対して、黙っているわけにはいかない

→素粒子論グループ

科学と社会の関係: 科学と技術・実用化

3・11 震災を通して

物理学？分野の違いをこえて
⇒多面的理解

科学者になにができるのか
異分野のネットワークが大切

科学者に対する不信
原子力に対する不信
科学に対する不信

湯川先生の苦悩

- ・なぜ原子力委員をやめたのか？
- ・それは正しかったのだろうか？

原子物理と原子力の断絶
→ 原水爆廃絶へ

基本的スタンス

低線量放射線  原発への態度

3・11以後の混乱⇒科学・科学者への不信

Weissさんの言葉

福島最大のリスクは、科学者科学が
国民の信頼を失ったことだ。

これは、こんごの50年100年にわたる
大きな人類の損害である。



事故の評価

天災と人災の狭間

1 事故究明の現実・・安全性

- ・原子炉事故(地震・津波)の技術的側面⇔事故調の評価
→止める・冷やす・閉じ込める 水素爆発・冷却機能⇔電源喪失・

Mark1 < BWR < 軽水炉 < 原子炉

- ・シビアアクシデントの対策→人災

~~電力会社 < 原子力社会 < 科学者~~

放射線の影響

低線量と高線量の混迷

基本的スタンス

低線量放射線



原発への態度

市民の混乱は、科学者の混乱でもある。

分野間のギャップ

ステレオタイプの議論



科学的知見をもとにした情報の発信

思いやイデオロギーで科学的真実を曲げない

最近の科学の情報をしっかり勉強する。

Hermann Joseph Muller

1927年 ショウジョウバエ 精子の細胞が介在した実験

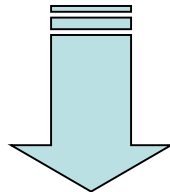
マラーの法則

放射線照射による染色体異常は受けた放射線の量に比例 (DNA 損傷修復機能の無いショウジョウバエ)

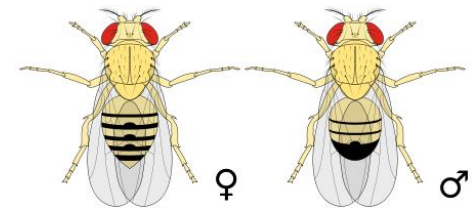
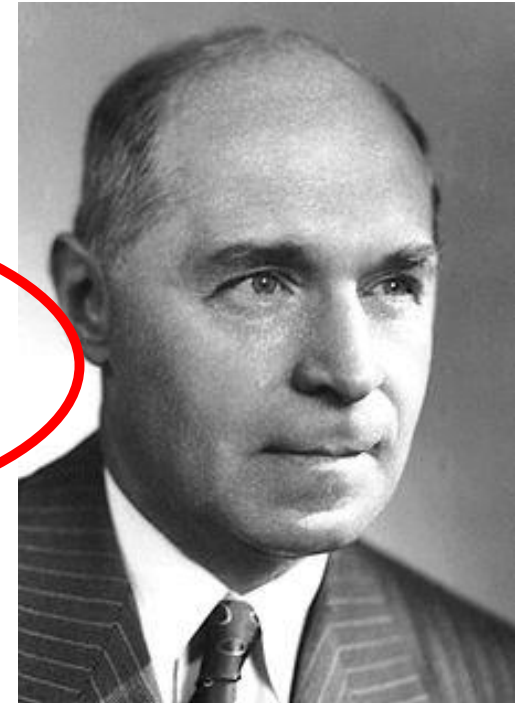
1946年ノーベル賞 →

3-10分
急性照射 9Gy

LNT仮説
(Linear Non-Threshold)



BEAR⇒ICRP 勧告に影響



マラーのショウジョウバエの実験

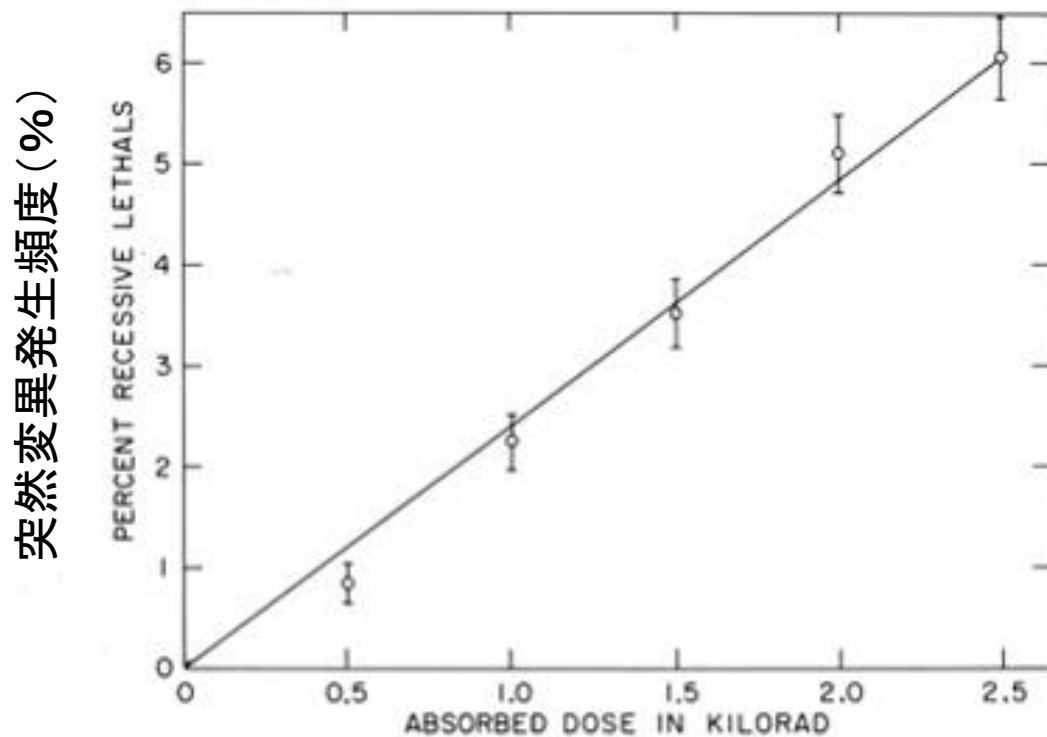


Figure 20-3. Percentage of sex-linked recessive lethal mutations in the fruit fly, *Drosophila melanogaster*, as a function of x-ray dose. (Courtesy of Dr. F. Gonzales)

その後の歴史

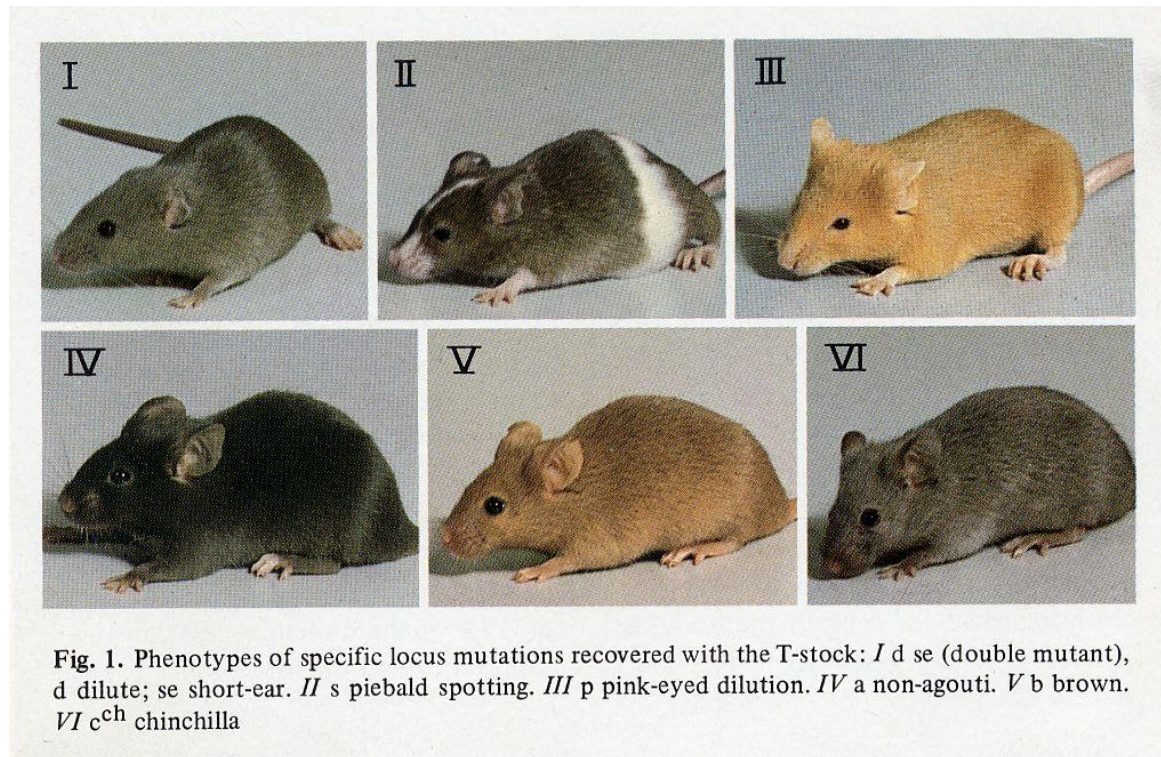
線量率効果と修復能力の「発見」

- ① メガマウス実験(1958-1982)
⇒修復能力の「発見」 10Gy/h-0.1mGy/h
- ② ハエの超低線量率実験
Purdom CE, Mcsheehy TW,
Int. J. Rad. Biol. 1961; 3, 579-586.
6mGy/h(cf 50Gy/h Muller)

ラッセルのメガマウス実験

特定座位法 (specific locus test):

メンデル型遺伝を示し、目で見えて容易に判定できる
7つの遺伝形質(例えば毛の色など)を選び出し、
それらすべてについて劣性マウス(PT)を作り出した。



Proc Natl Acad Sci USA 79: 542-544, 1982

実験に要する労力

- 5Rの 低線量照射によるショウジョウバエの剛毛の突然変異率の定量化
突然変異率 が線量 に比例すると仮定 $\Rightarrow$ 1000~2000Rの実験値 を外挿
 $\Rightarrow$ 5Rにおける誘発 率期待値
 $0.005\% + (\text{自然突然変異率} 0.043\%)$ 突然変異率 を95%信 頼限界で検証
照射 区100万 匹, 対 照区100万 匹, 合 計200万 匹 のハエ
2人 の実験補助員が殆ど毎日, 3年 間検査し続 けた。

- 1レ ム相当の自然突然変異率 をもつマ ウスの遺伝形 質の人為的
な放射線 照射による0.5%のエクセスの検証 $\Rightarrow$
90億匹の純系のマ ウスを, 同一条件 で飼育管理
照射後長期 にわたって観 察・検査

- オークリッジの研究者 たち の一 例
1960年以降, 低線量被曝による晩発性発がんや寿命短縮 を定量化するため, 当
初18万4000匹 のマ ウスに最低線量(10ラ~400ラド)一生照射・生涯観察・死
後剖検 実験開始 $\Rightarrow$ 無菌, 無ウィルス状態 にする必要が指 摘 された
 $\Rightarrow$ 1967年方法切り替え
17,000匹 の無菌マ ウスに50~150ラド照射・ 観察
5年 間で 2000匹分のデータしか整理がついていない。

ラッセルのメガマウス実験

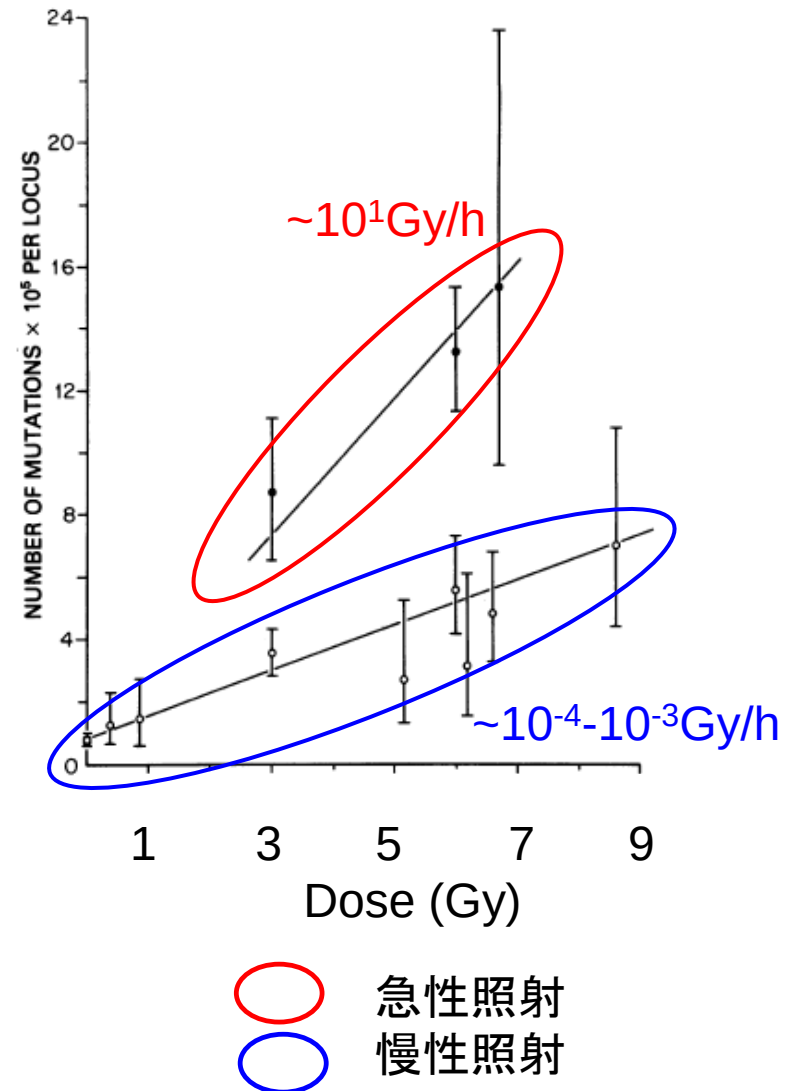
ポイント

- ・突然変異発生頻度は総線量だけではなく、線量率に依存
- ・総線量が同じならば急照射の方が緩照射の場合よりも突然変異発生頻度は高い

備考:

数百万匹のマウスを数年間かかって実験するというプロジェクトだったためその後も同規模のマウス実験がない。

遺伝子座あたりの突然変異発生頻度 $\times 10^5$



W. L. Russell and E. Kelly: Proc. Nat. Acad. Sci. USA 79 (1982) 542

修復機構

～生体の放射線に対する防護システムの進化～

～3つの防護システム～

1. 放射線による遺伝子障害とその修復
2. 変異細胞のアポトーシス
3. 免疫システム

+

- 4 放射線による異常細胞死

自然の営みから学ぶもの

物理的自然とは違う！

生物のしたたかさ

物質循環⇔こまめな廃棄物処理
自然の脅威に備え多重修復機能

自然の歴史から

地球が生まれ生物が生まれ
人間の活動が始まった！

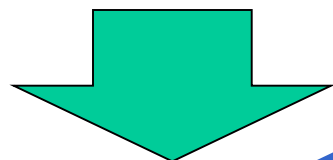
放射線と酸素
2つの障害を乗り越えて
生き抜いてきた

防護への動き

菅原努

- ・X線なければ医学なし
- ・X線は第2の顕微鏡

有頂天の時代



太古の昔から、
生物は
酸素と放射線と
共存してた！

生体への影響を精査

物理実験・動物実験・疫学調査

真の意味で使いこなす時代へ

LNT仮説

Linear-Non Threshold

確立

RISK

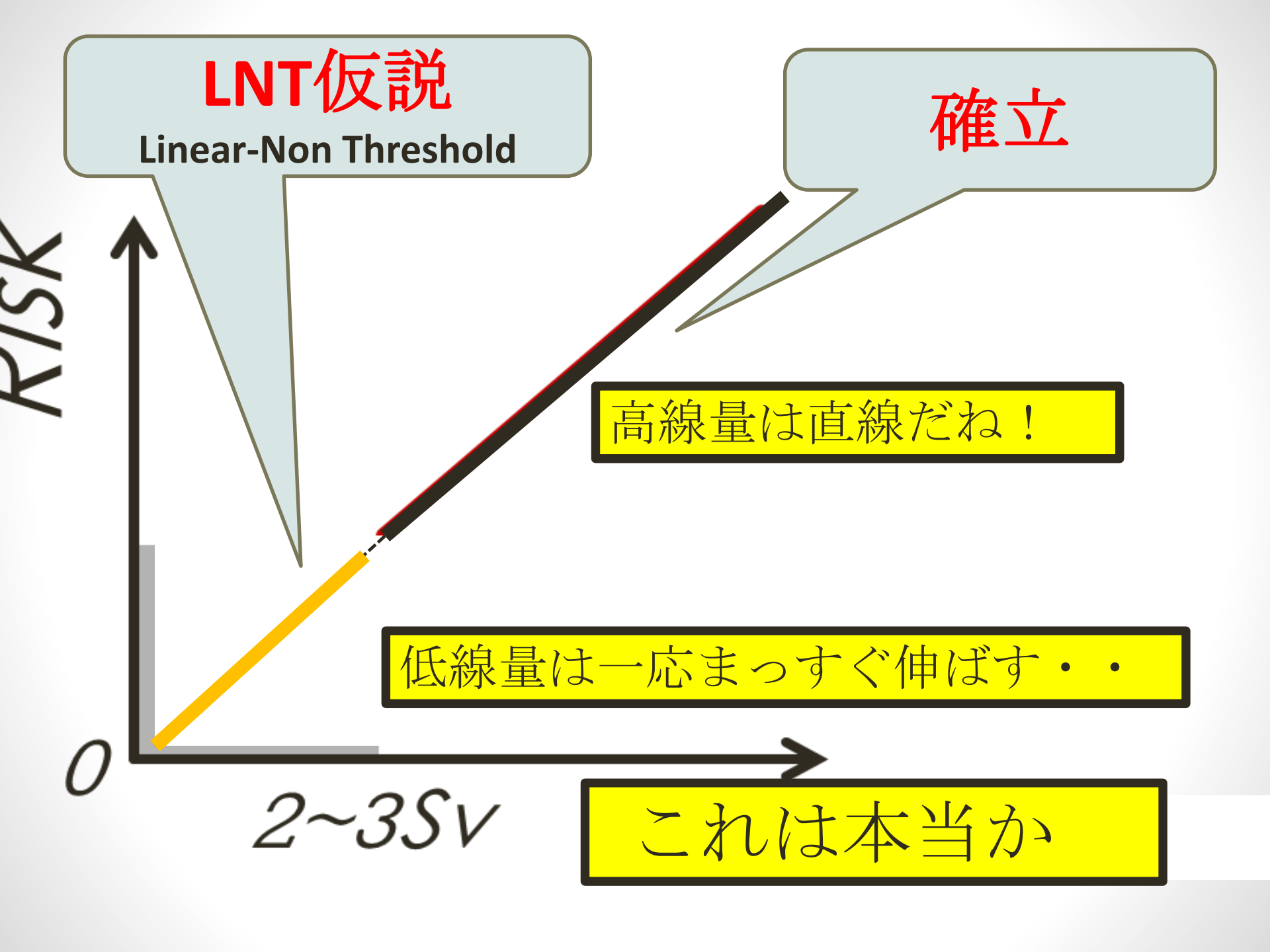
高線量は直線だね！

低線量は一応まっすぐ伸ばす・・・

これは本当か

0

2~3Sv



でも……

LNTはずっと定説として
今も生きている
がんリスクも含めて
BEIR VIIで確立したと
思われている

これが2次関数？

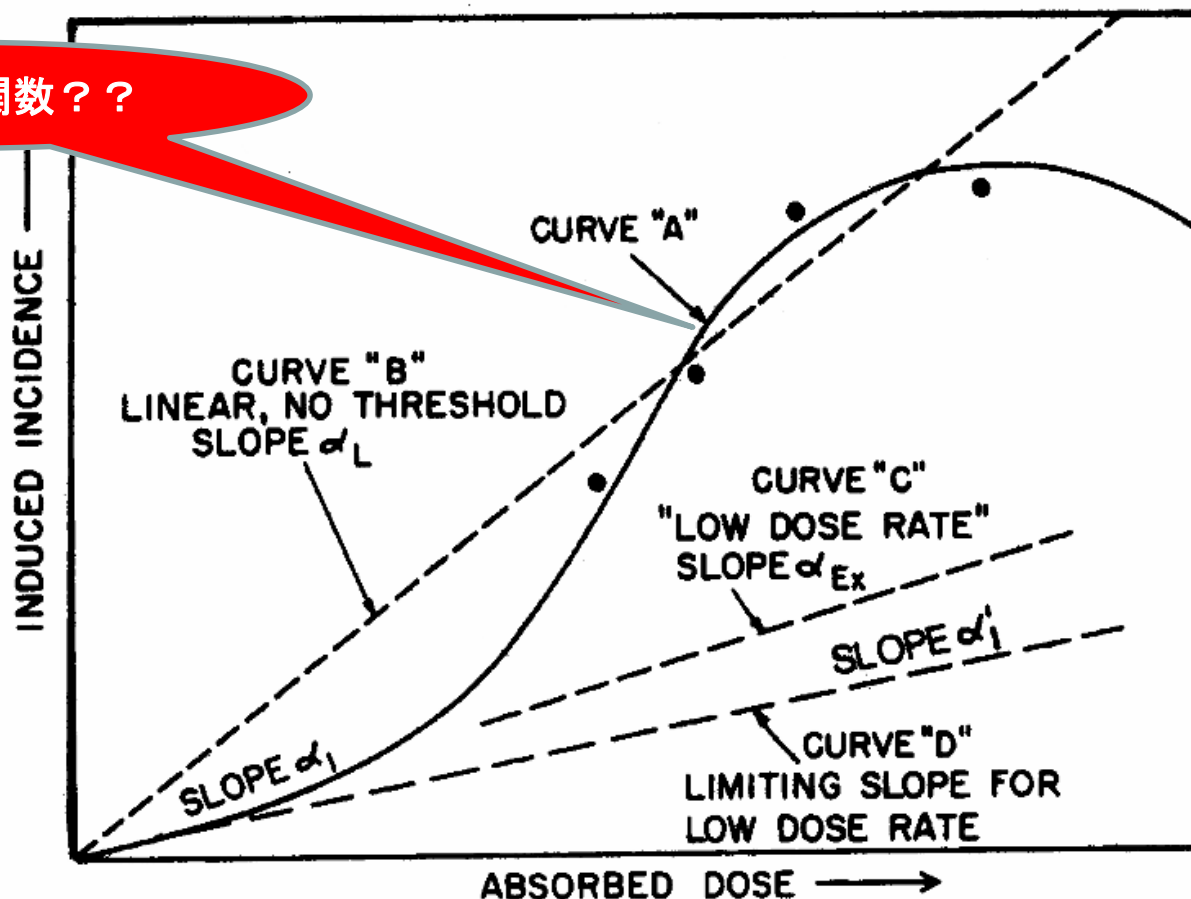
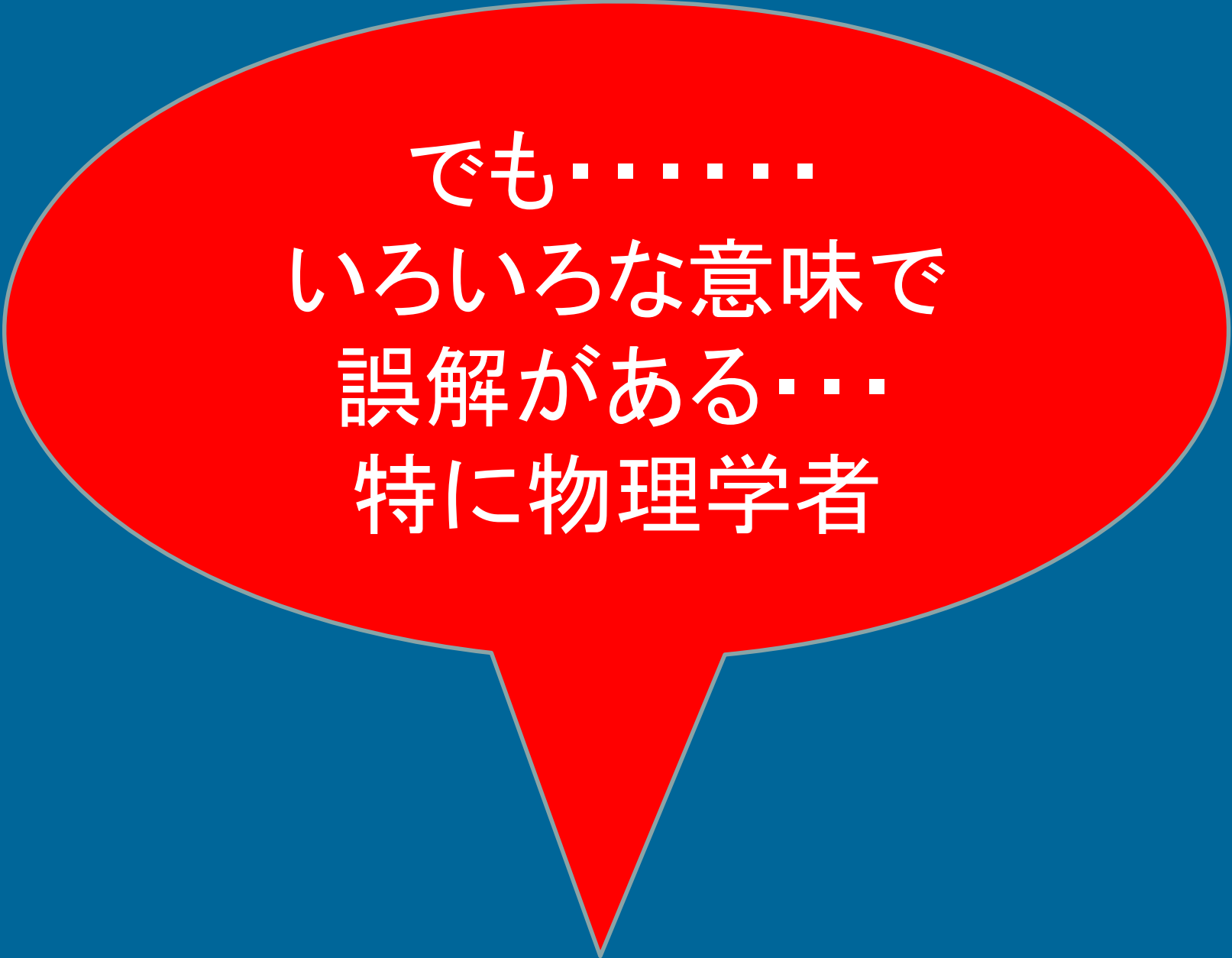


FIGURE 2-1 Schematic curves of incidence versus absorbed dose. The curved solid line for high absorbed doses and high dose rates (curve A) is the "true" curve. The linear, no-threshold dashed line (curve B) was fitted to the four indicated "experimental" points and the origin. Slope α_1 indicates the essentially linear portion of curve A at low doses. The dashed curve C, marked "low dose rate," slope α_{Ex} , represents experimental high-dose data obtained at low dose rates. SOURCE: Reproduced with permission of the National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report No. 64 (NCRP 1980).

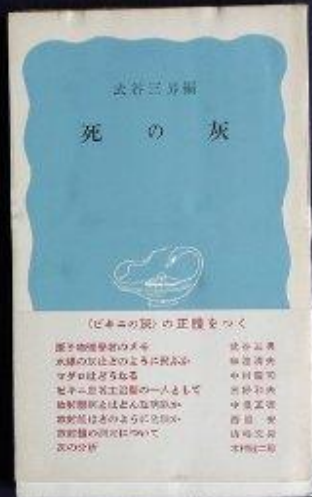
FROM EXPOSURE TO LOW LEVELS OF IONIZING RADIATION BEIR VII



でも……
いろいろな意味で
誤解がある…
特に物理学者

肝炎ウイルスの実体

- 肝炎ウイルス:人類がチンパンジーから分化した約500万年すでに存在
- 紀元前数10年:ヒポクラテスの日記「肝炎がギリシャのある地方で流行」
- 第二次世界大戦:米国従軍兵士に肝炎頻発、軍事上の大問題 →血液製剤
- 発展途上国派兵:飲料水と食物が原因となる肝炎が集団発生
- 1947年→肝炎ウイルスには二種類ある→経口感染:A型、血液感染:B型現
→A型、B型、C型、D型(地中海沿岸、特にイタリアに多い)、およびE型
- 1964年 ライシャワー事件;輸血の98%が売血→血清肝
- 朝日新聞「黄色い血」として血清肝炎を取り上げ、売血廃止のキャンペーン

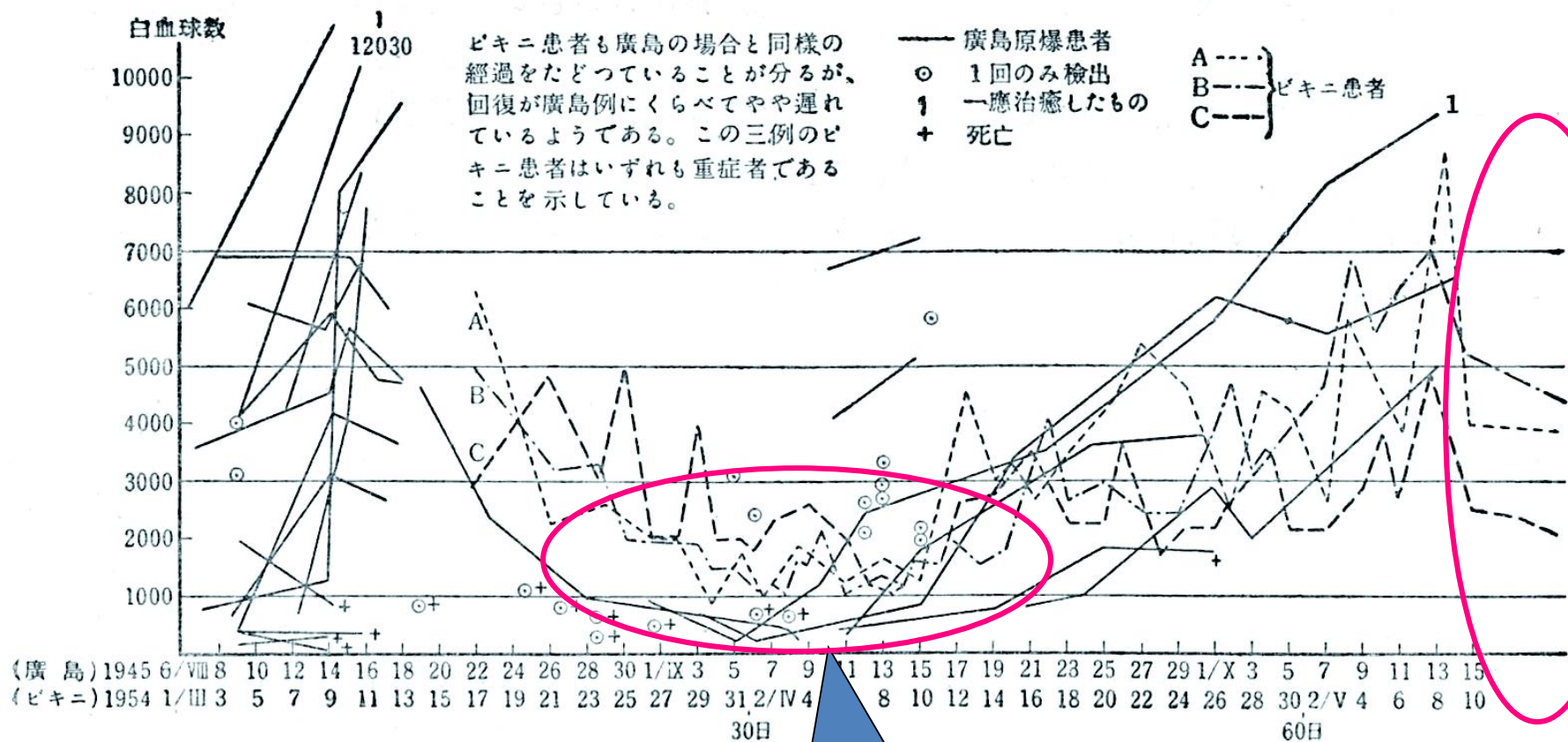


武谷 三男
1911年10月2日
- 2000年4月22日



広島原爆患者とビキニ患者の白血球推移

広島原爆患者の白血球像（京大天野重安博士作成）にビキニ患者のそれを書入れたもの。



1954年第5福竜丸事件

1964年国内献血体制の確立

肝炎？

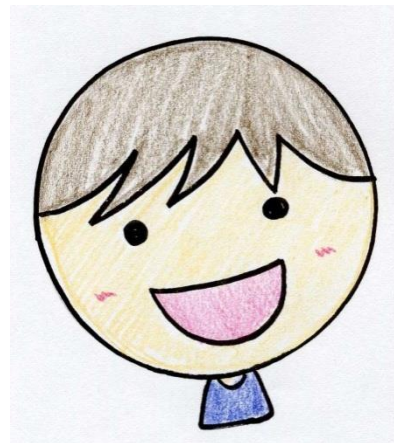
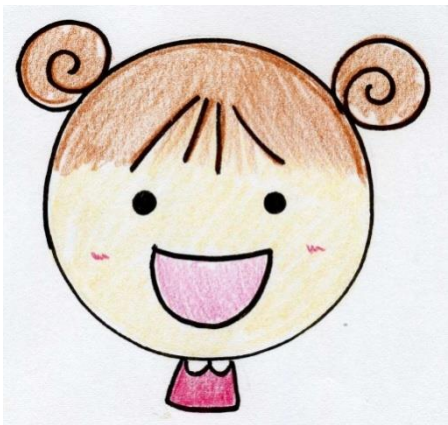
武谷三男他、「死の灰」より

ホワイトハウスで

- パンフレットづくり(3月)
- 市民と科学者の共同作業



一家に一枚.....



单位表

あいんしゅたいんの取り組み

①分野横断ネットワーク

→低線量放射線の生体への影響

②原子力研究・放射線教育ネットワーク

→原子力の評価→科学の評価

③高関心の市民とのネットワーク

→21世紀型の科学

④避難者と学ぶ

→知ることはよりよく生きること

ヘーゲル「自由とは必然性の認識」

まとめ

- 低線量放射線(<~200mSv)は、世間で恐れられているほどには、怖くない
- なぜか？

1Sv(シーベルト)=1,000mSv(ミリシーベルト)
=1,000,000マイクロSv

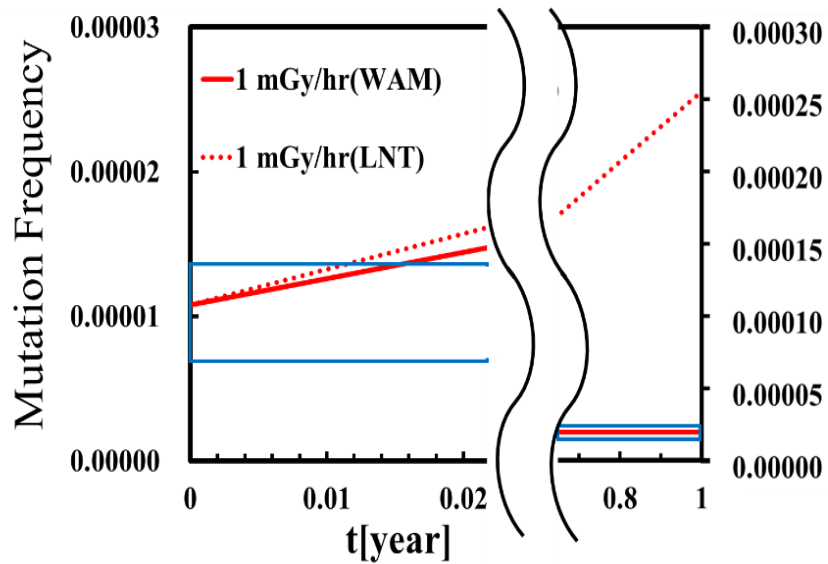
放射線の生体への影響の数理モデル

前提：人間の体を構成する細胞は
正常細胞 N_n と、
それが損傷した破壊細胞 N_b
に分けられる

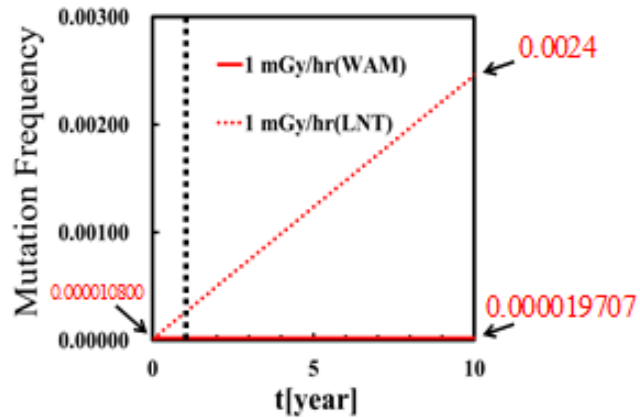
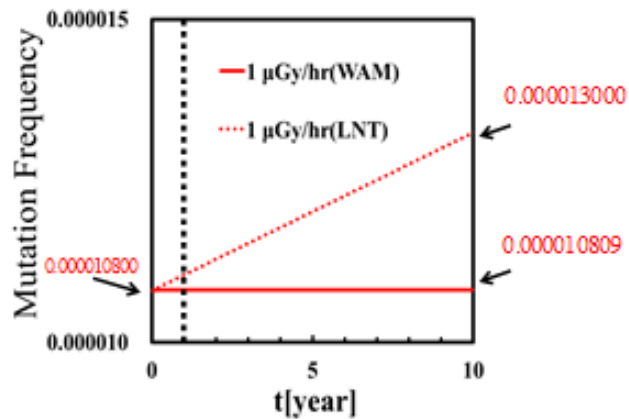
1. 刺激応答

2. 増殖機能

3. 修復とアポトーシス機能



LNT predictions.



基研：原子力：生物学と物理



21世紀の科学

湯川をのり越える科学

山下俊一先生との会話

- 山下先生は、健康調査について「モルモット扱いにするな」という批判をうけておられた。
- それに対して「研究のためとかが目的ではありません。あくまで、みんなの健康を守るためにおこなうものであってある。

- しかし、科学的な調査研究が
みんなの健康を守る力になると堂々と言える日が
来てほしい・・・

赤毛のアン



勉強することは
自由になること！

正確に知ること → よりよく生きる力

ヘーゲル「自由とは必然性の認識」
ベーコン「知は力」
赤毛のアンの先生(???)
「勉強すると
よりよく生きることができるのよ」

"scientia potentia est"
knowledge is power

THE END

パンフレット紹介

パンフレットの感想(避難者より)

私の要望(半減期の表)を入れてくれて、ありがとうございます。的を得た内容になっていて、見た感じも飽きが来なく、ホールボディーカウンターのスペクトルも分かりやすく、友達や検査した人に、こんな表が本当は出てきて、ここを見れば分かるし、空で測った計測と人が入った計測の誤差があって、計算することも、この冊子を見て説明すれば検査結果が見えなかった部分が”そうなんだ！！”と思ってもらえますね！！自信を持って、この冊子を見ながら、これから話せます。これから、この冊子を見ながら、検査をした人に、話が出来ればいいですね！！

ホールボディーカウンターのバスが福島から来ていただいて、検査できたら、夢のようです。私があいんしゅたいんを訪ねて、10ヶ月が経ちます。放射線のことを、無知で怖がってただけの私の話で、こんなに力を尽くしていただき、動いていただき、10ヶ月いろんな事を言われ、批判されたり、正直辛かった時期も、少なくともありませんでした。でも、あいんしゅたいんの皆さんを信じ、少しずつ応援してくれる人が増えて、大阪に避難している人からも、「ただ単に、怖がってるばかりでは、前に進まないね！！」って言ってくれる人も出てきて、よかった、本当によかった、心からそう思います。あいんしゅたいんの皆様のおかげです。あいんしゅたいんに繋げてくれた、北澤さん、文教大の杉本先生、に感謝です。そして、こんなに沢山の素晴らしいあいんしゅたいんの先生方、土田さん、艸場さん、パスツール医学の皆さんの力には、言葉にならないほど、たくさん救われました。ありがとうございました。

ホールボディカウンター 検査とは？

検査結果の理解のために

原発事故で放出された放射性物質。
私の体の中はどうなっているの？
ホールボディカウンターで検査してほしい。
そう思っているあなたへ



情報を共有する 意味

★ 情報の共有を ★

ホールボディカウンター検査に加えて、食品放射能測定器で放射性セシウムの含有量を確認して食材を見分けられ、内部被ばくを低く抑える工夫ができます。食品放射能測定器は、福島県内に300台以上配備されています。今後も状況は変化していきます。市民、専門家、行政のそれぞれが、測定と調査を続けていくでしょう。これらの情報を共有して知恵を出し合うことで、未来へとつないでいくことができるでしょう。

冊子の作成に当たって貴重な意見をくださった伊藤さん（南相馬市）、菅野さん（川俣町）、佐々木さん（富岡町）に、感謝いたします。

発行 NPO法人あいんしゅたいん©
京都市左京区吉田本町5-14 (075)762-1522

2013年3月作成

パンフレット制作グループ：坂東昌子・土田理恵子・宇野賀津子・真鍋勇一郎・峠場よしみ
現地協力者：宮崎真 資料提供：福島県労働保健センター

ホールボディカウンター検査って、そもそも何？

●体から出る放射線を計測する検査です

レントゲン検査やエコー検査のように、X線や超音波を体当てて体の中を見るのではなく、体から出る放射線を数える検査です。体には影響を与えません。

福島県労働保健センター・キャンベラ社製（2分間測定）



洋服に放射性物質が付着してしまつたため、検査着に着替えています。

鉄も戦前の鉄でないとダメなんよ。
コバルトから放射線が出るから

●体内の放射性物質の量がわかります

ホールボディカウンターは、体から出る^{ガンマ}γ線（放射線の一種）を数えています。γ線のエネルギーはそれを放出した放射性物質（核種）によって決まっているので、そのエネルギーを見て、どの核種から出てきたかを判断します。これによって、体の中にどんな核種がどれだけあるかがわかります。*核種については、6ページで説明しています。



セシウム134から出るγ線
セシウム137から出るγ線
カリウム40から出るγ線



Whole Body Counter

ホールボディカウンターは、全身（ホールボディ）計数器（カウンター）です。大人の体格用の機器なので、子どもを測定する場合は補正が必要です。



なぜγ線しか数えない？

放射線には、γ線のほかに^{アルファ}α線や^{ベータ}β線などがありますが、ホールボディカウンターは、γ線しか拾いません。

また、γ線は体の組織を通り抜けますが、α線とβ線は通り抜けることができないので、α線やβ線だけを出す放射性物質（核種）が体内にあっても、測定できません。

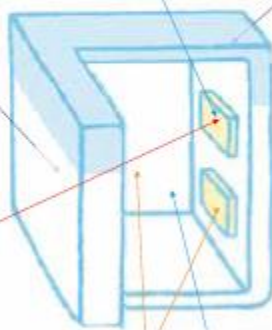
ホールボディカウンター検査でしていることは?

●まず空っぽの状態ですります

まず人が入らない状態で測定して^{ガンマ}線を数え、エネルギー順に並べます。

こうして γ 線を並べたのが、右ページグラフ1です。これは「スペクトル図」といい、横軸が γ 線の種類（エネルギーの大きさ）、縦軸は、そのエネルギーの γ 線がどれだけあるかを示しています。

空っぽで測定する



●次に人が入って測定します

次に人が入って、検出器が受け止めた γ 線をエネルギーごとに並べます。これが右ページのグラフ2です。

人が入って測定する



●引き算します

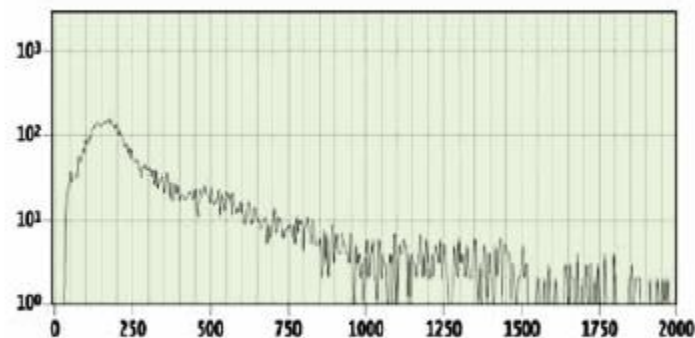
人が入った状態の値から、空っぽの状態の値を引くことで、人体から出た放射線の量を求めます。

●数えた値から、体内にある放射性物質の量を求めます

引き算しただけでは、いくつか数え落しや数え間違いがあります。たとえば、背中側に飛び出す^{ガンマ}線を、検出器は受け止めそこねます。体内で止まってしまう γ 線もあります。こうしたことを考慮に入れて、「人から出た核種ごとの γ 線の数」を決めます。この数から、体内の放射性物質の量を推定します。

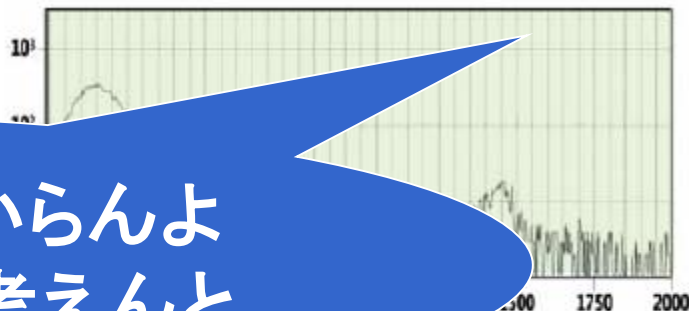
グラフ1

の中、町の中、屋内、屋外どこにいても、こうした自然界の放射線を浴びている。ホールボディカウンター検査では、自然界の放射線をできるだけ遮断して、人体から出てくる放射線だけを拾うようにしている。



グラフ2

人が入ったときのスペクトル図。グラフ1で検出された、人が入っていないときの値も含まれているので、その分を差し引けば、人から出た分がわかる。



スペクトルみないとわからんよ
バックグラウンドのことも考えんと

検査結果の値には幅があります

放射線は規則的に出るものではなく、気まぐれです。だから、検査時間が短いほど、そして放射性物質の量が少ないときほど結果にバラツキが出て、推定が難しくなります。検査結果の数字は、幅を持った値なのです。

検査でわかることは？

●放射性セシウムの現在の体内量がわかります

福島事故から2年過ぎたいま問題になっているのは、放射性セシウム（セシウム134とセシウム137）です。これらは γ 線を出すので、体内に存在すればその量が推定でき、ベクレルで表します。

●放射性カリウムは、すべての人から検出されます

カリウムはナトリウムとともに、筋肉の収縮などに必須のミネラル成分で、食物を摂取することで体内に入ります。カリウムの中に放射性カリウムが一定の割合で含まれ、筋肉の多い成人男性（体重60kg）で4000ベクレル程度、成人女性で3000ベクレル程度です。

核種のはなし

元素名は同じでも、質量が違うと放射線の出し方が違い、これを別の名前で区別したのが「核種」です。元素名の後ろに質量を付けて表します。

カリウムには3つの核種があります。核種とは家族のメンバー

カリウム家は
3人兄弟



放射線を出さない

ベクレル (Bq) とは、1秒間に原子核が何個変化しているかを表す単位

「セシウム137が100ベクレル」と言うとき、1秒間にセシウム137の原子核100個が放射線を出して、別の核種に変化していることを表しています。

1秒間に100個変化しているということは、物理的半減期（10ページ）から考えて、セシウム137がおよそ1000個あったことになります。ヨウ素131の場合なら、およそ1個あったことになります。

いままでの検査でわかったことは？

●いま体内にあるセシウムは、食材から取り込まれたもの

福島県のひらた中央病院では、2012年4～7月末に8200人にホールボディカウンター検査をし、結果を公表しました。

それによると、有意に検出限界（8ページ）を超えた人は73人で、そのほとんどが原因となる食品がほぼ特定されました。また、放射性セシウムの体内量が飛び抜けて多かった人は、検査をしていない野生・自生の食材や放射性セシウムが移行しやすい野生きのこなどを摂取していました。

また、原因となる食材が不明だった人については、しばらくして再検査したところ、検出限界を下回るか、生物学的半減期（10ページ）にしたがって体内量が減少しており、放射性セシウムを追加摂取していないことが確認できました。

●ホールボディカウンター検査を上手に利用する

食材を測定し、ホールボディカウンター検査結果と比べることで、食材と体内の放射性セシウムの量の関係がわかってきます。

放射性セシウムの含有量が多い食材は、ときを経るにつれて変わっていきます。常に情報は更新されています。

原子も知らなかったのに、
こんなに勉強したことないわ

乳児用食品	50ベクレル
一般食品	100ベクレル

基準は、1mSv/年（1ミリシーベルト）を定められていて、検査されている流通品だけを食べている場合、今回の事故による追加の内部被ばくは1mSv/年以下に抑えられていると考えられます。学校給食の食材は、独自に検査され、結果が公表されています。

結果の見かた

●「ND」とは

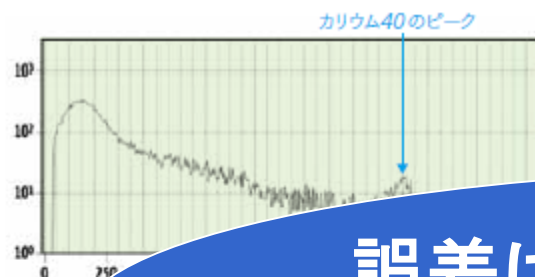
Not Detected (不検出) の略で、該当する核種が検出限界以下、つまり「あるという証拠はなかった」という意味です。

●検出限界とは？

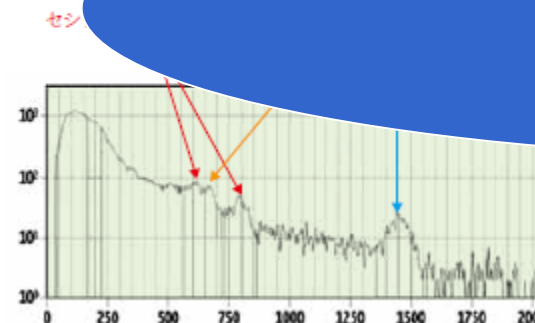
ホールボディカウンター検査を行うときは、その測定器の性能やまわりの放射線の影響を考慮して、核種（6ページ参照）ごとに「その核種を検出できる限界値」つまり「検出限界」が決められています。

●スペクトル図

検査結果は、下のようなスペクトル図に基づいて示されます。



NDの人の例。カリウム40はどの人の体内にもあるので、カリウム40から出る γ 線の上のピーク



例。セシウムのところが明らかに高くなっているのは、セシウム134と137から出る γ 線を検出したことを表している。

●結果の考え方

セシウム137を例に説明します。

検出限界が300ベクレルの測定器で測ったとき、値が300ベクレル未満だと、「ND」という判定が出ます。300ベクレル以上だと、具体的な数字が示されます。

●NDだった人は…

ひとりの人の1回きりの検査からは、検出限界以下だったことしかわかりません。しかし、同じような食生活をしている人のほとんどがNDだったら、体内に放射性セシウムがあったとしても、その量は検出限界よりかなり低いレベルだと考えられます。



●数値が出た人は…

400あるんですね?

いえ、ないとは言いきれなかったのです。ただ、あるとしても400ベクレル程度のものズバリの値で、プラスマイナス300くらいの値があります。心当たりがなければ、再度測ると、もう少しははっきりします

誤差は機械によっても違うんじゃないですか？



確かにセシウム137が存在し、その量は2000ベクレル程度です。セシウム137を含む食品を食べた心当たりはありますか？

*セシウム134についても結果が表示されている場合があります。セシウム134には独自の検出限界があり、それに基づいての結果です。

放射性物質はどのように減っていく？

放射性物質のふるまいを、風船でたとえます。

放射性物質の原子核一つが、風船一つです。風船がパンと割れてベシヤンコになるようすは、「放射性物質の原子核から放射線が出て、放射線を出さない核種に変化した」ことを表しています。割れた風船は、放射線を出しません。

物理的に減る

風船一つひとつはパン、パンと割れていきます。規則正しい時間間隔で割れるわけではありませんが、半数が割れる時間は核種によって決まっています。この、半数が割れて、丸い風船が半分になる時間を「物理的半減期」といいます。



体内に入ったら……

排出されて減る

体内に入った風船は、尿や便や汗とともに体の外に排出されます。体内から半分排出されるのにかかる時間を「生物半減期」といいます。丸いままでも排出されることもあります。



両方で減る

「物理的半減期」と「生物半減期」がわかれば、丸い風船（放射線を出す能力がある）が体内で半分になる時間がわかります。これを「実効半減期」といいます。

●いろいろな核種の半減期

核種	物理的半減期		生物半減期	実効半減期
ヨウ素131	8日	乳児	11日	5日
		5歳児	23日	6日
		大人	80日	7日
セシウム134	2年	1歳まで	9日	9日
		9歳まで	38日	36日
		大人30歳まで	70日	64日
		大人50歳まで	90日	80日
セシウム137	30年	1歳まで	9日	9日
		9歳まで	38日	38日
		大人30歳まで	70日	70日
		大人50歳まで	89日	89日

半減期を理解する

●セシウム134はセシウム137より早く減る

セシウム137が検出された場合でも、セシウム134は検出されない（NDとなる）ことが多いでしょう。事故直後は、セシウム137とセシウム134のベクレルの比は1:1でしたが、事故から2年後ではだいたい1:0.5となっています。セシウム134の物理的半減期は2年なので、半減期が30年のセシウム137に比べて早く減るからです。

ベクレルとは？シーベルトとは？

放射線に関わる単位

単位表

放射能の単位

Bq(ベクレル)

放射線を「出す」

1Bqは、1秒間に1つの割合で原子核が崩壊して別の原子核に変化する**能力**のことです。



覚え方は
「1秒1発1ベクレル」

影響の単位

Sv(シーベルト)

人体が「受け取る」

放射線を浴びた時、体がどのくらいの**影響**を受けるのかを表す単位です。

どんな放射線を体のどこに受けるかで影響は違ってくるけれど、**数字が同じなら影響もだいたい同じだよ！**



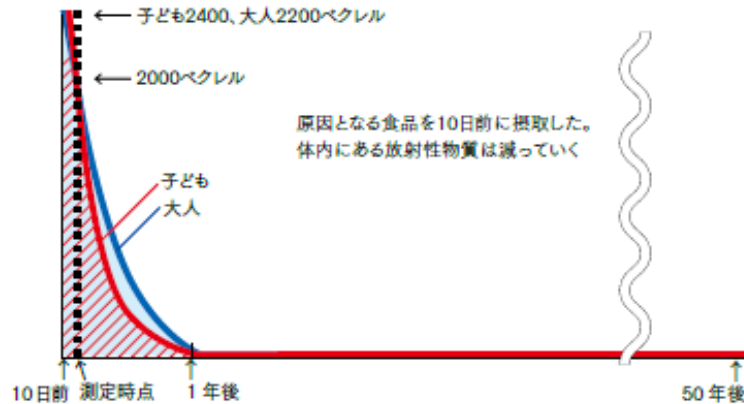
検査結果から、人体への影響を知る

●2000ベクレルだったとき、人体への影響は？

セシウム137の結果が2000ベクレルの場合の被ばく線量を計算します。一時的な摂取か慢性摂取かによって被ばく線量が異なるので、次のような仮定で計算します。

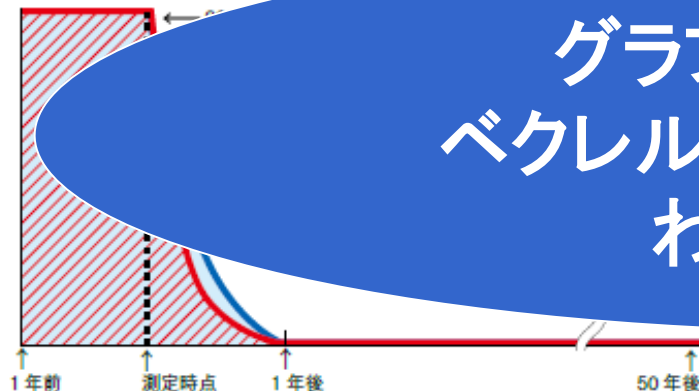
ケース1 過去に一時的に摂取。今後は摂取しない。

被ばく線量は面積に比例し、大人は0.029mSvです。



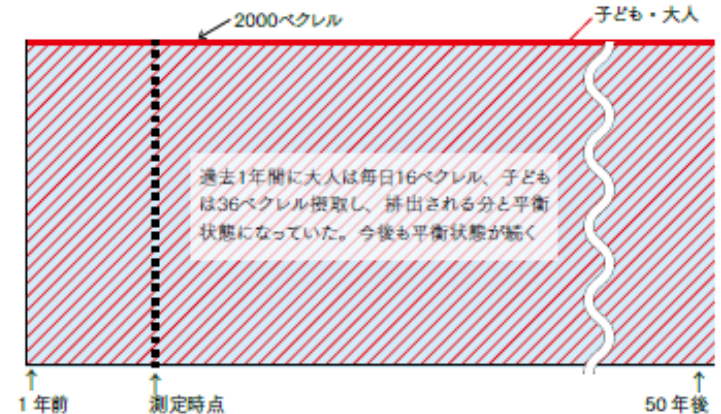
ケース2 過去に慢性摂取。今後は摂取しない。

被ばく線量は面積に比例し、大人は0.029mSvです。



ケース3 過去も今後も慢性摂取。

被ばく線量は面積に比例し、大人は3.8mSv（年間では0.07mSv）です。



*これら3つのケースは、実効半減期が大人89日、子ども38日とし、50年先まで計算しています。
*セシウム137が2000ベクレル程度なら、セシウム137の摂取量と推定でき、追加する必要がある。

グラフを理解しないと
ベクレルとシーベルトの関係
わからないよ。

私たちは、カリウム40や炭素14などによる自然放射線によって、1年間に約1.5mSv（吸入で0.5mSv、経口で1mSv）の内部被ばくをしています。



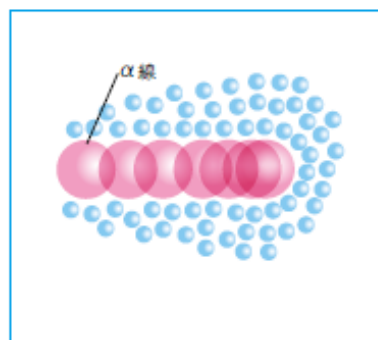
知っておくとよわかる!

●放射線の、なにが問題か

放出された放射線は、物質を構成している原子のまわりの電子をはね飛ばします。これは電離と呼ばれます。電離した電子は、物質中の原子同士のつながりを乱します。

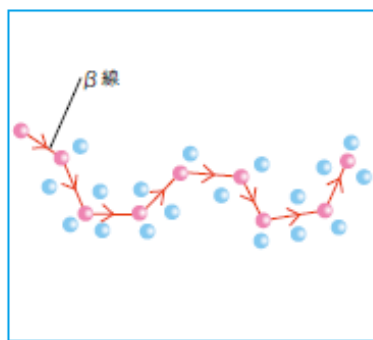
● α 線、 β 線、 γ 線の違い

粒子が高速で飛んでいるものを、放射線といいます。発見されたときは正体がわからなかったのですが、次々いろいろな種類が発見され、その順に α β γ （ギリシャ文字のABC）と名付けられました。その後、 α 線は高速で運動している陽子2つと中性子2つのかたまり、 β 線は高速で運動している電子、 γ 線は光速の光の粒だとわかりました。



α 線

青い丸は、水中を α 線が通ったときの電離のようす。 α 線は重いのでゆっくり進み、まわりの電子をたくさんはね飛ばしながら、ほぼまっすぐ進む。電離のたびにエネルギーを失い、空気中では2、3cm程度、体内では細胞2、3個分で止まる。紙一枚で遮へいできる。



β 線

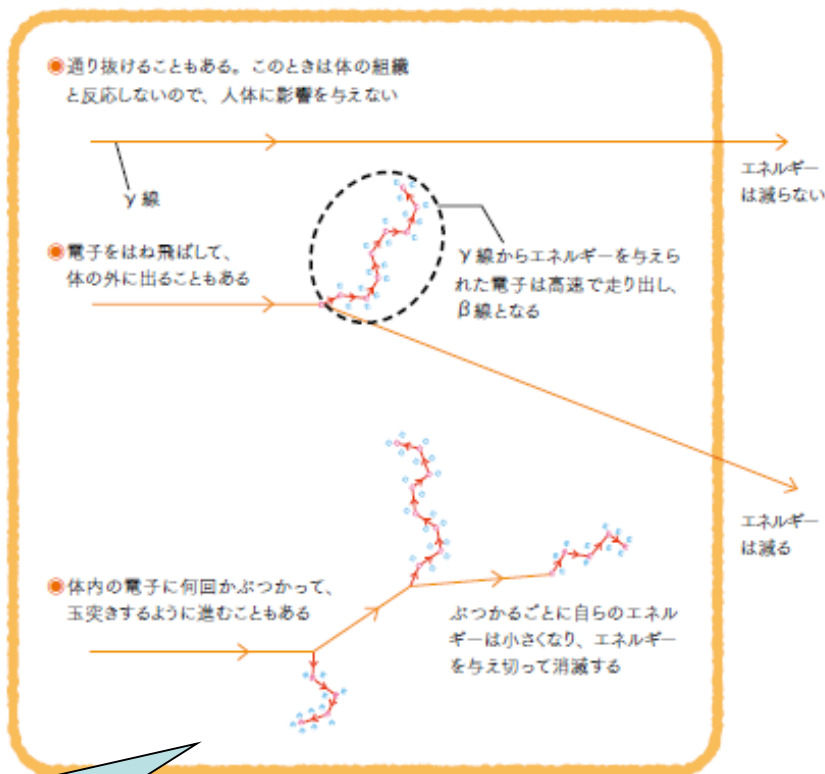
青い丸は、水中を β 線が通ったときの電離のようす。 β 線は電子なので、まわりの電子をはね飛ばすと自らも方向を変え、エネルギーを失う。空気中では数メートル、体内では数センチメートルで止まる。薄い鉛で遮へいできる。

A β γ 線の違い

* γ 線にエネルギーの違いがあるように、 α 線や β 線にもエネルギーの違いがあります。エネルギーが高いほど、周囲への影響が大きくなります。

● γ 線は人体をどんなふうに通過するか

α 線と β 線は体の中を通り抜けることはできませんが、 γ 線は通り抜けることができます。しかし、厚い鉛や鉄で遮へいできます。



放射線の種類

α 線は、ウラン234やプルトニウム239のような重い核種から出ます。ヨウ素131、セシウム134、セシウム137、ストロンチウム90は α 線を出しません。ヨウ素131、セシウム134、セシウム137は、放射性でない物質になる過程で、まず β 線を出し、その後 γ 線を出します。ストロンチウム90は β 線だけを出します。

ホールボディカウンターの活用 福島宮崎先生に学ぶ

ヘーゲル「自由とは必然性の認識」

なぜ福島では スペクトルをみせないの？

- WBCと、
食品検査・陰膳調査、外部被ばく検査との関連

傾向と分析→そして対策
につながる検査になることが理解されていない

個人のベクレル量は、個人情報か？

「何のためのWBC？ベクレルが わかったからって、どうなの？」

- 特定食品（犯人）がわかっているのならもうWBCなんて必要ない？特定食品を認識してやめればこれから先50年間、2桁少ない被曝量ですむ？
- 個人のベクレル量は、個人情報か？

いつどういう時、どのような食材が被ばく
線量が多いのか、それを暴き出す
市民と科学者の共同作業

自家栽培、家庭菜園 →「生きる」「文化」

- 「消費者」→「自主的な防護」
- 福島では、自分で作り、獲り、食べる
生業や生きがいに行っている人が多かった
- WBC⇔情報の共有

自家栽培、家庭菜園が悪ではない

初期被爆より経口摂取が重要

「よりよく生きる」の「食」の部分

食べたいものを、好きに、美味しくいただく

- 「よりよく生きる」ためにWBCを使う
行政じゃなく、自分自身で
事故で出来なくなった、と思っているなら
WBCを使う

知ることはよりよく生きること

ひらた中央病院の調査から

経口被爆

←ひらた中央病院の結果からのフィードバック
福島野山からの恩恵を最大限に受けている人

→年間最大内部被ばく量が1mSvくらい

この方以上に、福島での野山の食を食べた方はいない。これを超えるのは天然キノコしか食べない、という人くらいであろう。

→福島で

「消費者」として生きていくための指針

検出限界の話

チェルノブイリ事故後のベラルーシなどと比較して)劇的に低い。

だからこそ検出限界が問題になる。

もし、チェルノブイリのような放射線量なら、
多少のバックグラウンドや検出限界の話など
、問題にならない！ 象の背中にハエが1匹止
まったようなもの！

WBCは、土地を愛し、文化を愛す 人のために使おう！

生産者や野山からの恩恵を受けたい人

「自分達がどこまでもととの食を取り戻せるのか」
を判断するためにWBCを使いたい。

自分で「腑に落ちて」、何を、どこまで食べるか。自主検査などで把握しつつ、「これなら食べられる」と自分で判断し、年に1回WBCを受けにくる。「このくらいならいいべ。子どもは食べんでいい。天然キノコなんぞ贅沢だ。」と、自ら判断できる！自分でコントロールする。

科学と社会

湯川を越える？

- ・なぜ、湯川は原子力委員会を辞任したのか
- ・原子力と原子核の乖離はなぜ起こったか？
- ・原子炉設定における多様性はなかったか？
→ 高温ガス炉やトリウム型原子炉
- ・核廃棄物問題とプルトニウム問題
- ・分野横断ネットワークの形成