



# 放射線

鳥居 寛之  
小豆川勝見  
渡辺雄一郎 著  
中川 恵一  
執筆協力

科学的に  
理解する

基礎からわかる東大教養の講義

丸善出版

## 「放射線を科学的に理解する — 基礎からわかる東大教養の講義 —」

鳥居寛之・小豆川勝見・渡辺雄一郎 著  
中川恵一 執筆協力

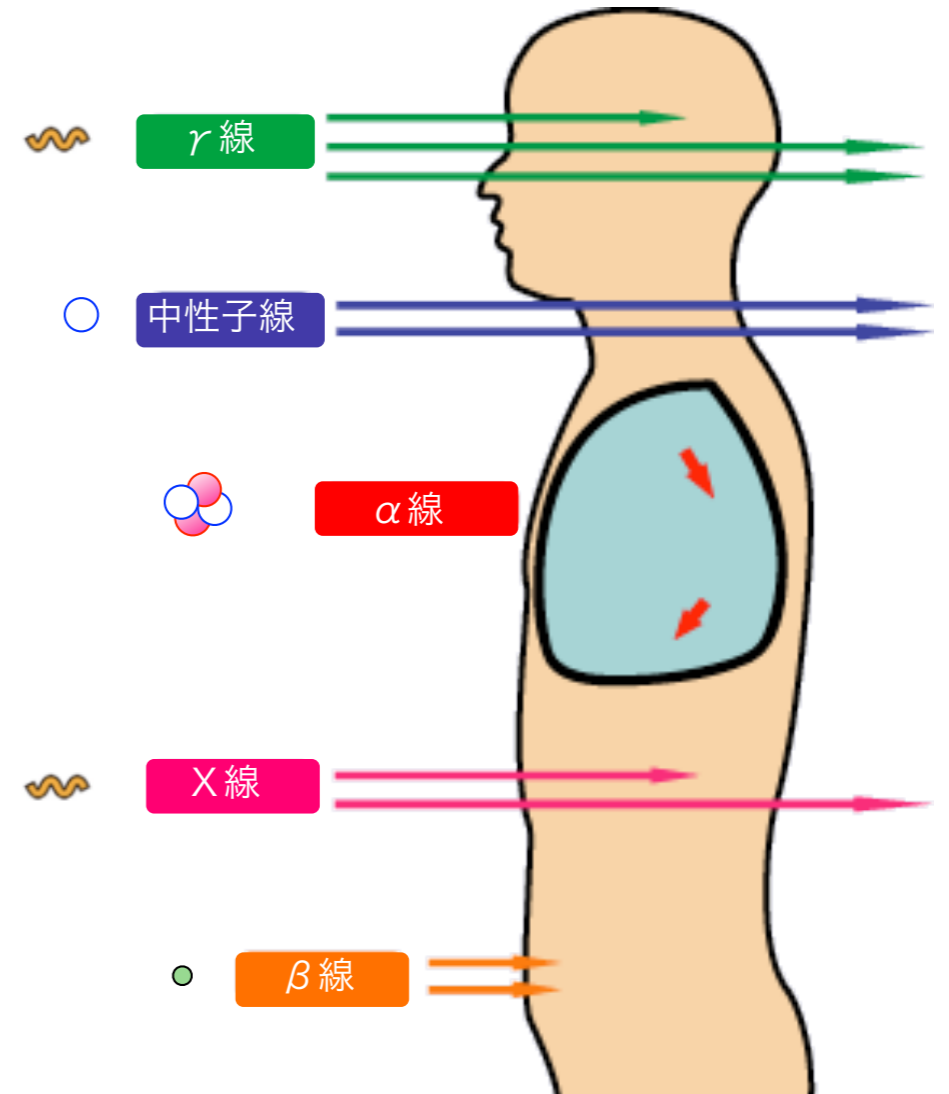
丸善出版 本体 2500円＋税

- 1章 放射線とは？《放射線入門》
  - 2章 放射線の性質《放射線物理学 I》
  - 3章 原子力発電で生み出される放射性物質  
《原子核物理学・原子力工学》
  - 4章 放射線量の評価《放射線物理学 II》
  - 5章 放射線の測り方《放射線計測学》
  - 6章 環境中での放射性物質《環境放射化学》
  - 7章 放射線の細胞への影響《放射線生物学》
  - 8章 放射線の人体への影響《放射線医学》
  - 9章 放射性物質と農業《植物栄養学・土壤肥料学》
  - 10章 放射線の防護と安全《放射線防護学》
  - 11章 役に立つ放射線《放射線の利用・加速器科学》
- Q&A

放射線を理解するには、物理学・化学・生物学・医学・工学など多くの分野の知識が必要です。しかしこれらすべてを網羅することは難しく、系統立てて学べる機会是非常に少ないのが実情です。

本書は東京大学教養学部で行われた講義をもとに、放射線について多角的に学べるよう配慮しています。日常生活や原発事故にかかわる具体的な例を引きながらやさしくていねいに解説しましたので高校生や一般の方にも広く読んでいただきたいと願っています。

# 放射線の科学と安全



2013 / 4 / 11 (木)

鳥居 寛之 (Hiroyuki A. TORII)

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

# 相関基礎科学系 集中講義 環境安全学



## 放射線の科学と安全

- 放射線入門
- 原子核物理学・放射線物理学
- 放射線計測学・環境放射化学  
放射線の単位・線量計算
- 放射線生物学・放射線防護学  
放射線の利用・医療

2013 / 4 / 11 (木)

鳥居 寛之 (Hiroyuki A. TORII)

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

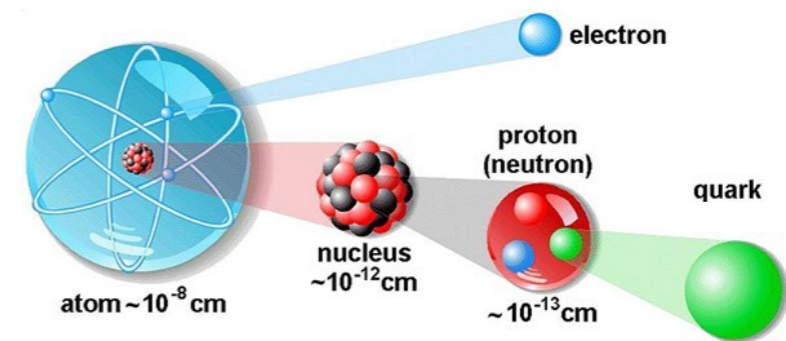
# 東京大学教養学部 放射線講義 スライドのご案内

書籍「放射線を科学的に理解する — 基礎からわかる東大教養の講義 —」

とあわせて、どうぞご活用下さい。 <http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/torii-radio@radphys4.c.u-tokyo.ac.jp>

2011年度夏学期  
自主講義

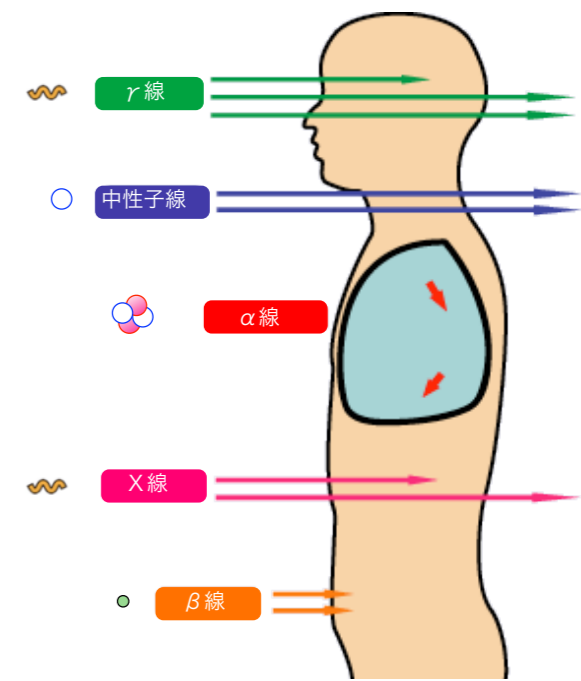
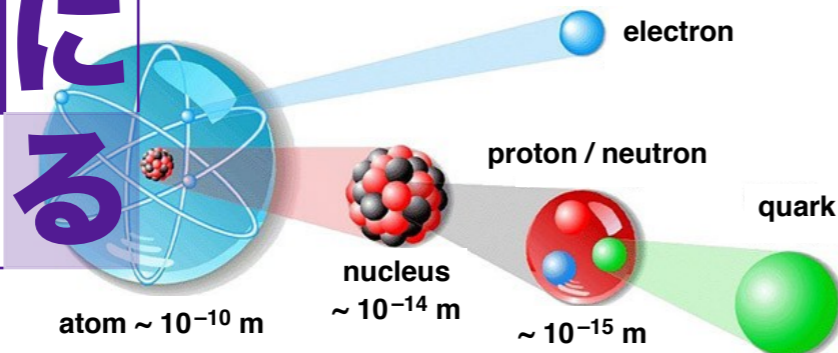
自主講義  
放射線学



2011年度冬学期  
主題科目テーマ講義

2012年度冬学期  
主題科目テーマ講義

放射線を  
科学的に  
理解する



# 放射線を科学的に理解する

- 放射線の影響についての様々な意見が乱立している
- 放射線に関する学問は多岐にわたり、一人の専門家でまかないきれない。
  - 原子力工学、原子核物理学
  - 放射線物理学、放射線計測学、放射化学
  - 放射線生物学、放射線医学
  - 環境学、気象学、海洋科学、植物学・土壌学
  - 食品衛生学
  - 放射線防護学（安全管理学）
  - リスク学、リスクコミュニケーション
  - 社会学、法律

# 放射線を科学的に理解する

《教養学部》

**鳥居 寛之** 《物理》  
放射線物理学・原子核物理学

**小豆川 勝見** 《化学》  
放射線計測学・環境放射化学

**渡邊 雄一郎** 《生命》  
放射線生物学



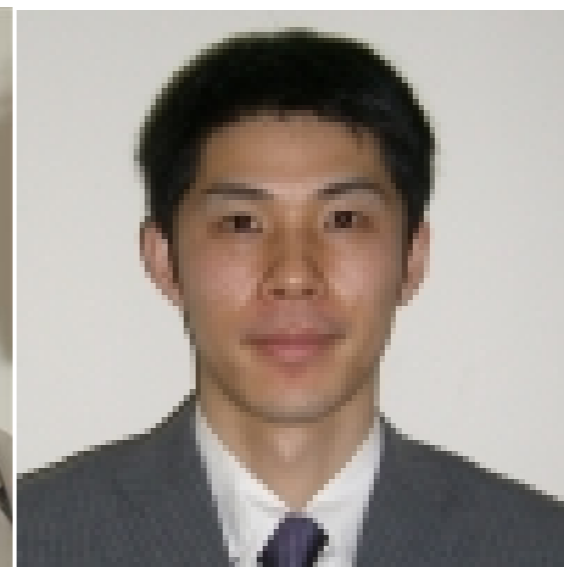
ゲスト講師

**中川 恵一** 《医学部》  
放射線医学

**石渡 祐樹** 《原子力》  
原子力工学

**藤原 徹** 《農学部》  
植物栄養・土壌肥料学

【2011年度】



# 放射線を科学的に理解する

- 10/ 7 放射線入門【鳥居】
- 10/14 放射線物理学【鳥居】
- 10/21 放射線計測学【小豆川】
- 10/28 環境放射化学【小豆川】
- 11/ 4 放射線生物学【渡邊】
- 11/11 放射線医学【中川】
- 11/18 原子核物理学【鳥居】
- 12/ 2 原子力工学【石渡】
- 12/ 9 放射線物理学【鳥居】
- 12/16 環境放射化学【小豆川】
- 1/10 植物栄養・土壌肥料学【藤原】
- 1/20 放射線の利用【渡邊】
- 1/27 加速器科学・まとめ【鳥居】

## 2011年度

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

中川 恵一 《医学部附属病院放射線科》

石渡 祐樹 《工学系原子力国際専攻》

藤原 徹 《農学部応用生命科学》

ゲスト講師

# 放射線を科学的に理解する

- 10/12 放射線入門 【鳥居】
- 10/19 放射線物理学 【鳥居】
- 10/26 放射線計測学 【小豆川】
- 11/ 2 環境放射化学 【小豆川】
- 11/ 9 放射線生物学 【渡邊】
- 11/16 放射線医療 【作美】
- 11/20 原子核物理学 【鳥居】
- 11/30 環境システム工学 【森口】
- 12/ 7 科学技術社会論 【藤垣】
- 12/14 環境放射化学 【小豆川】
- 12/21 植物栄養・肥料学 【藤原】
- 1/11 放射線の利用 【渡邊】
- 1/25 放射線防護学・加速器科学 【鳥居】

担当教員

ゲスト講師

## 2012年度

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

作美 明

森口 祐一

藤原 徹

藤垣 裕子

《医学部附属病院放射線科》

《工学系都市工学》

《農学部応用生命化学》

《教養学部広域システム》



# 放射線を科学的に理解する

《教養学部》

**鳥居 寛之** 《物理》  
放射線物理学・原子核物理学

**小豆川 勝見** 《化学》  
放射線計測学・環境放射化学

**渡邊 雄一郎** 《生命》  
放射線生物学



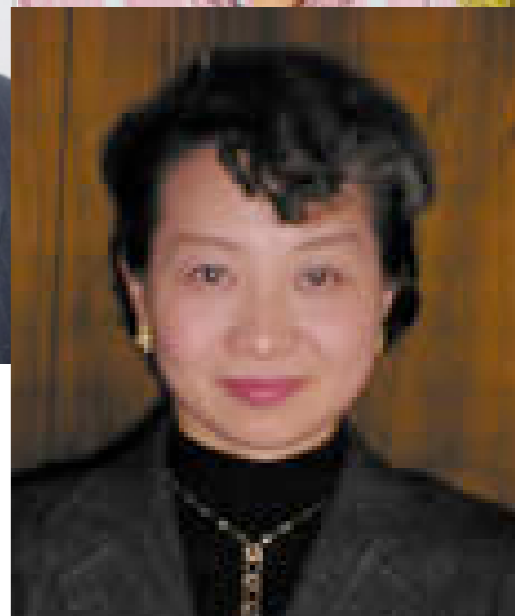
ゲスト講師

**作美 明** 《医病院》  
放射線医療

**森口 祐一** 《都市工》  
環境汚染・廃棄物問題

**藤原 徹** 《農学部》  
放射性物質と農業

**藤垣 裕子** 《教養学部》  
科学技術社会論



【2012年度】

# 東京大学教養学部報

2011年(平成23年)11月2日 教養学部報 第542号

## 悪意なき殺人者と 憎悪なき被害者の住む楽園

ヒロシマ、チェルノブイリ、フクシマ

「悪意なき殺人者」と「憎悪なき被害者」の住む楽園。ヒロシマ、チェルノブイリ、フクシマ。放射能汚染の被害者たちは、悪意なき殺人者から救済されるべきである。彼らは、憎悪なき被害者として、楽園に住むべきである。



## 放射性物質を測ってみると



放射能計の読み方。100 μSv/hは、通常の放射線量に比べて100倍高い値を示している。これは、放射能汚染の深刻さを示している。



東京大学教養学部  
発行人 藤田 肇  
2011年11月2日

## 「一高/獨逸」展の開催の経緯と準備について

「一高/獨逸」展の開催の経緯と準備について。この展覧会は、日本の美術とドイツの美術を比較対照し、両国の文化の交流を促進することを目的としている。



## 秘密の小部屋

「トポフィリ」夢の空間展をめぐって。この展覧会は、夢の世界を再現した空間を展示し、観客の想像力を刺激することを目的としている。

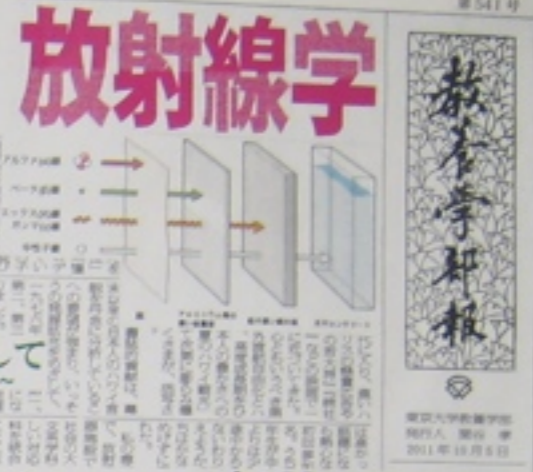
## ヒトラー・ネーゲットのハカヤロ!

ヒトラー・ネーゲットのハカヤロ!。この展覧会は、ヒトラーとネーゲットの作品を展示し、彼らの芸術的才能と政治的野心を比較対照することを目的としている。

2011年(平成23年)10月5日 教養学部報 第541号

## 放射線学

放射線学の基礎知識。放射線の種類、特性、測定方法などを解説する。



## PEAK (頂)を目指して

~2012年度教養学部英語コースが設置されます~

新しい後期課程は平成25年4月進学の学生から適用です

## 身体運動科学シンポジウム

身体運動科学シンポジウム報告。最新の身体運動科学の研究成果を報告する。

## 教養学部の新しい後期課程

教養学部の新しい後期課程。従来の課程に加え、新しい科目が導入される。

## 身体運動科学シンポジウム

身体運動科学シンポジウム報告。最新の身体運動科学の研究成果を報告する。

## 本棚

本棚。最新の書籍を紹介する。

## 受け継がれる教養教育

受け継がれる教養教育。教養教育の重要性を説く。

## 秘密の小部屋

「トポフィリ」夢の空間展をめぐって。この展覧会は、夢の世界を再現した空間を展示し、観客の想像力を刺激することを目的としている。



東京大学教養学部  
発行人 藤田 肇  
2011年10月5日

## 大学教養課程での放射線講義の取り組み



鳥居 寛之

東京大学教養学部

### 1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故は、我々の環境を一変させた。拡散した放射性物質が広範囲に生活を脅かし、人々を不安に陥れた。原発の状況と並んで、放射線については連日報道され、さまざまなメディアで特集を組んで解説がなされたが、必ずしも国民一人ひとりが納得して正しい科学的知識を身につけたか疑問である。我が国では、これまで30年以上にわたって、放射線の基礎的知識に対する教育が疎かにされ、それが科学的リテラシーの欠如となって表れてしまった。

放射線の関わる学問領域は広い。たとえば放射線取扱の国家資格である主任者試験では、物理

### 2. 自主講義「放射線学」

震災後の混乱のなかで、東京でも正しい科学的知識が求められていた。放射線のことかわからないので教えて欲しいという学生の声を受け、2011年5月から6月にかけて計6回の自主講義を開講し、加えて最後に討論会を設けることにした。対象は東京大学の1,2年生全員を中心とし、教養学部キャンパスにいる学生、院生らも自由聴講とした。チラシやtwitterなどでの宣伝の結果、初回に集まったのは40名で、うち1,2年生は28名。学期途中の開講で単位も出ないなか、学生のみならず、院生、教員や外部聴講者も熱心に耳を傾けていた。

# 自己紹介

**大学** : 平成元年 東京大学理科 1 類入学

平成 5 年 理学部物理学科卒業

**大学院** : 平成10年 東京大学大学院理学系研究科 博士 (物理学)

**現在** : 東京大学 教養学部・大学院総合文化研究科 助教

**研究** : **CERN** 研究所で**反陽子原子・反水素合成の衝突・分光実験**

**J-PARC** (東海村) で**ミュオニウム原子の分光実験**

**専門** : 粒子線物理学・素粒子原子物理学

**家庭** : 2 児の父 (年長児の息子、1 歳半の娘) 東京在住

# 平成24年度 放射線取扱主任者試験 受験の手引き

この試験は、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（昭和32年6月10日法律第167号）」に基づき、登録試験機関である財団法人原子力安全技術センターが行う国家資格試験です。第1種及び第2種の放射線取扱主任者免状は、放射線取扱主任者試験に合格し、かつ、所定の講習を修了した者に対し、文部科学大臣より交付されます。

## 試験日程 第1種放射線取扱主任者試験

平成24年8月22日（水）、23日（木）

## 第2種放射線取扱主任者試験

平成24年8月24日（金）

## 申込受付期間 平成24年5月18日（金）～6月18日（月）

郵送の場合、平成24年6月18日の消印まで有効

料金別納及び後納郵便の場合、平成24年6月18日到着分まで有効

試験会場 札幌会場 [東海大学 札幌キャンパス]

仙台会場 [東北学院大学]

東京会場 [成蹊大学]

名古屋会場 [名城大学 八事キャンパス]

大阪会場 [大阪商業大学]

福岡会場 [九州大学 箱崎キャンパス]

# 試験課目及び時間割

## 1. 第1種試験

平成24年8月22日(水)

試験課目	時間割	備考
物理学、化学及び生物学のうち放射線に関する課目 (6問、択一式)	9:40～10:00	注意事項等の伝達、問題用紙等の配布
	10:00～11:45	試験(105分)
	11:45～13:20	休憩
物理学のうち放射線に関する課目 (30問、択一式)	13:20～13:30	注意事項等の伝達、問題用紙等の配布
	13:30～14:45	試験(75分)
	14:45～15:20	休憩
化学のうち放射線に関する課目 (30問、択一式)	15:20～15:30	注意事項等の伝達、問題用紙等の配布
	15:30～16:45	試験(75分)

平成24年8月23日(木)

試験課目	時間割	備考
放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害の防止に関する管理技術並びに放射線の測定技術に関する課目(法律別表第1に掲げる課目(2)、(3)及び(4)を含む) (6問、択一式)	9:40～10:00	注意事項等の伝達、問題用紙等の配布
	10:00～11:45	試験(105分)
	11:45～13:20	休憩
生物学のうち放射線に関する課目 (30問、択一式)	13:20～13:30	注意事項等の伝達、問題用紙等の配布
	13:30～14:45	試験(75分)
	14:45～15:20	休憩
放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律に関する課目(※) (30問、択一式)	15:20～15:30	注意事項等の伝達、問題用紙等の配布
	15:30～16:45	試験(75分)

# 新規 放射線取扱者 講習

全学一括講習会（丸2日）

1日目：講義

2日目：実習

@ 本郷キャンパス or 柏キャンパス

放射線取扱者 健康診断

部局講習会 @ 駒場キャンパス

共通技術室にて受講申し込み

# 自己紹介

## 放射線講義・講演会

2011/4：東大広域科学専攻にて教員・院生向けに講演・討論会

2011/春夏：東大教養にて1、2年生向けに**自主講義「放射線学」**

2011/6：オープンラボで大学・高校生・一般向けシンポジウム

2011/秋冬：**主題科目テーマ講義「放射線を科学的に理解する」**

(生命科学、環境放射化学、放射線医学らの専門家とタイアップ)

2011/11：**高校生のための特別講座「放射線の科学」** 福島高校にも配信

2011/11：福島市で講演「放射線と正しく向き合うために」

子どもの親や保育士向け

ほか：東京都三鷹市、立川市で講演

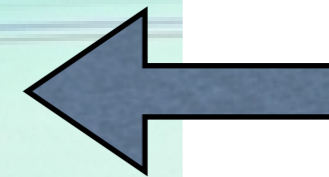
2012/3：東京大学 × 博報堂 × 時事通信社 (特別協力：環境省)

「3.11のガレキを考える」プロジェクト 細野環境大臣に提言

2012/秋冬：**主題科目テーマ講義「放射線を科学的に理解する」**



質疑応答 2 時間



双方向通信

スライド印刷  
用語集を配布

主催：東京大学教養学部附属 教養教育高度化機構

全国約20の高校に同時双方向配信

延べ 1000人以上が受講

東大オープンコースウェア (OCW)  
にて動画配信を準備中

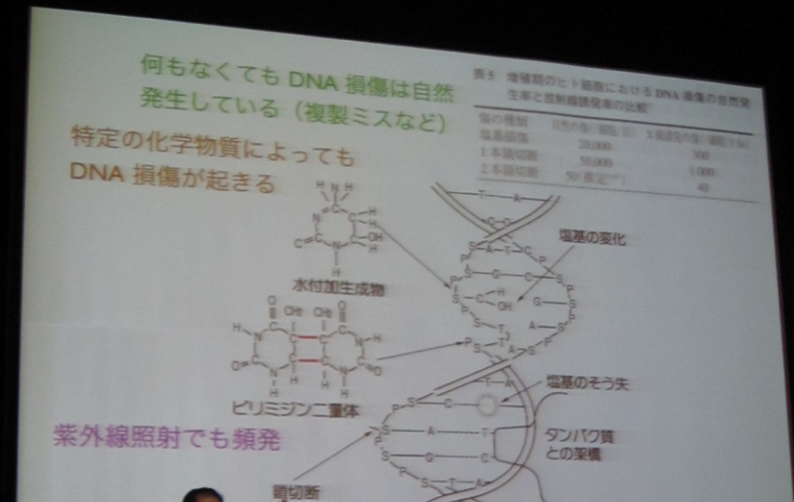


講義 1 時間

# 基調講演 「放射線と正しく向き合うために」



子どもの笑顔・元気サミット  
—被災地の子どもたちのために いま私たちができること—



## 子どもの笑顔・元気サミット in 福島 「被災地の子どもと放射能」

主催：NPO 法人みやぎ・せんだい子どもの丘、財団法人こども未来財団  
於：福島市「こむこむ」わいわいホール



# アンケート

専門分野

放射線講義の履修状況

放射線実習の履修（GM管・霧箱）

放射線取り扱い経験

放射線の知識度

# 講義の理解目標の一例

以下のような問いに答えられるように

「放射線が物質に及ぼす作用と人体への影響について、**物理学的、化学的、分子生物学的、医学的**観点からそれぞれ論ぜよ。」

「**外部被曝と内部被曝**で人体への影響はどう違うか、あるいは同じか。また、**放射性核種や放射線の種類**によって、**どういった違いがあるか。**」

「**放射性物質が農業や食品衛生に与える影響**について述べよ。**ゼロでないリスク**をどう伝え、**どう判断**すべきだろうか。**安全と安心**を確保する方策は？」



# 放射線 の科学と 安全

- 放射線入門
- 原子核物理学・放射線物理学
- 放射線計測学・環境放射化学  
放射線の単位・線量計算
- 放射線生物学・放射線防護学  
放射線の利用・医療

## 第1話

# 放射線入門

鳥居 寛之

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

**放射線**  
**放射能**  
**放射性物質**

# 「放射能うつる」といじめ＝福島から避難の小学生に―千葉

2011年4月15日11時6分

福島第1原発事故を受け、福島県から千葉県船橋市に避難した小学生の「**放射線がうつる**」といじめられたという訴えが市教育委員会で明らかになった。市教委は同日までに、避難者の不安な気持ちを踏まえた言動に注意し、思いやりを持って被災者の児童生徒に接するよう指導を求める通達を市立小中学校に出した。

市教委によると、福島県南相馬市から避難した小学生の兄弟が、地元の子どもに「どこかへ逃げる」と話しかけられた。兄弟が「福島」と答えると地元の子どもは「**放射線がうつる**」と言い、数人が一斉に逃げ出したという。

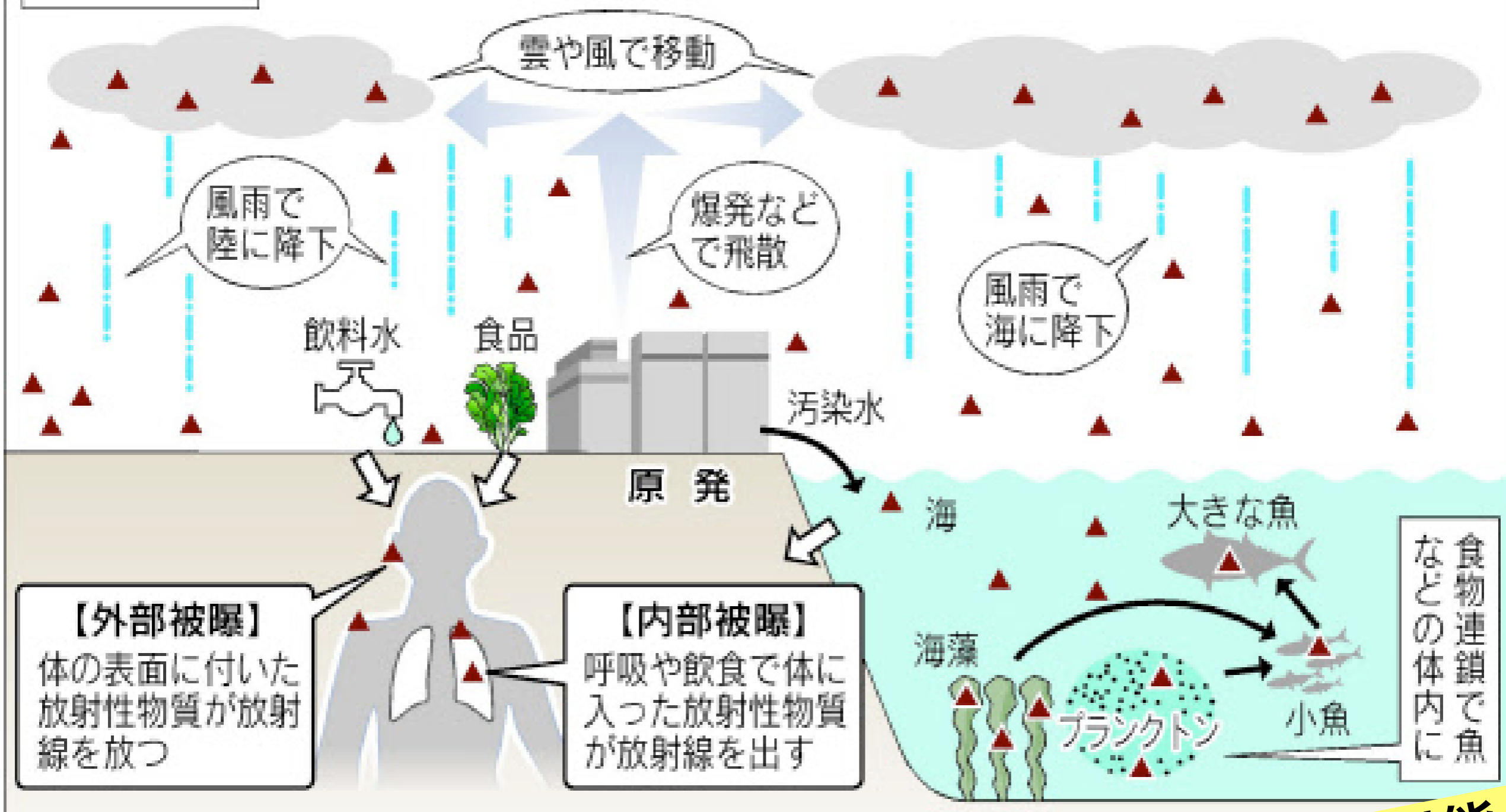
放射線はうつらない

放射能と放射線を混同しない

放射線に対する正しい知識をもって  
「正しく怖がる」ことが必要。

▲ 放射性物質

原発の放射性物質が及ぼす影響 (イメージ)

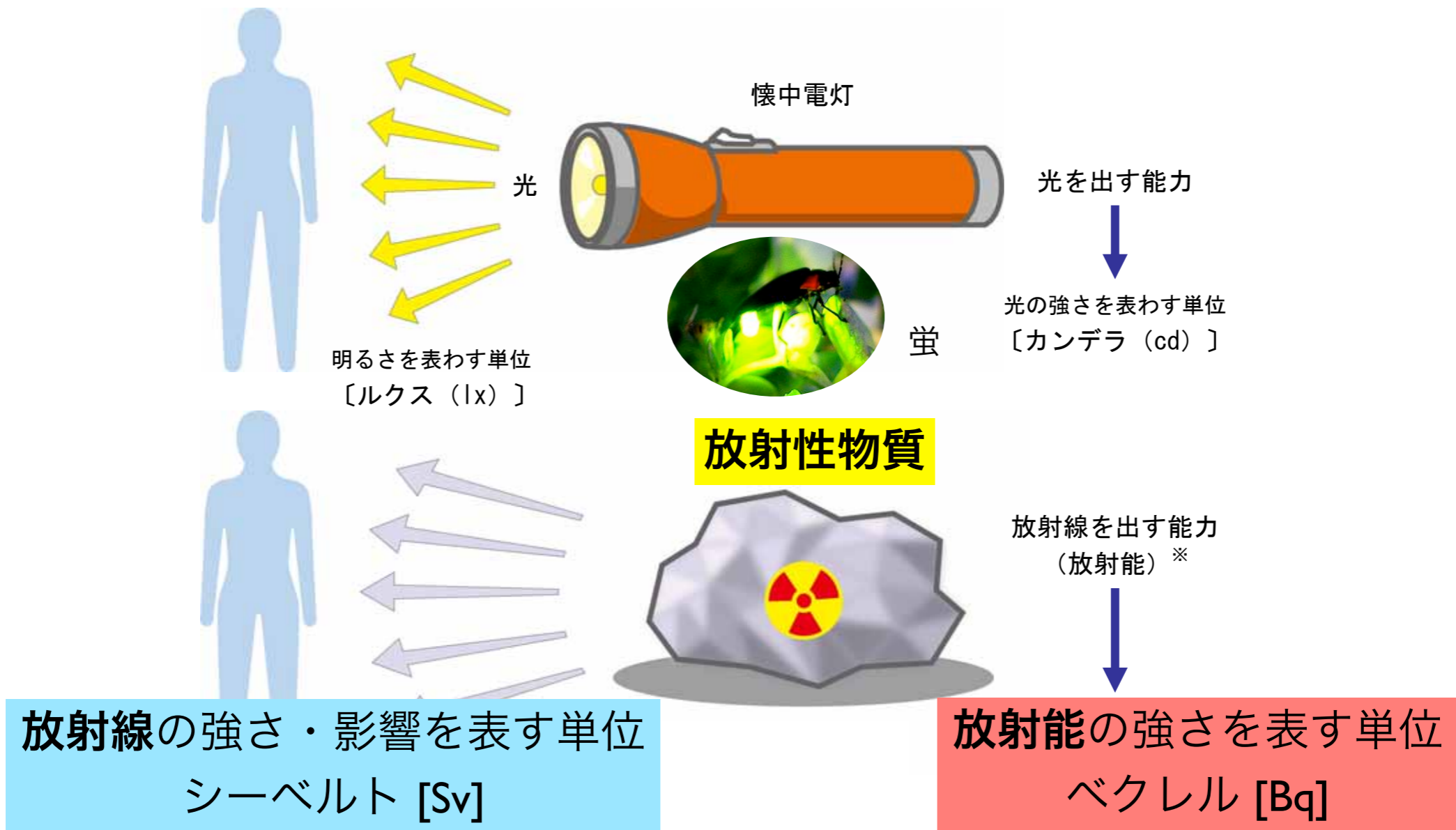


放射性物質が一部東京まで飛来。  
放射線が直接東京に届いたのではない

放射性物質、放射能と  
放射線を混同しない

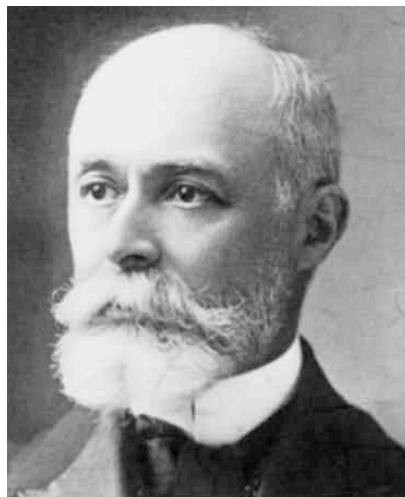


# 放射能と放射線



6-1

出典：資源エネルギー庁「原子力2010」



## 放射能 (radioactivity) の単位

[Bq] | Bq = 1 dps, [Ci] | Ci = 37 GBq

**Becquerel**

decay/disintegration  
per second

**Curie**

1 キュリー = 370億ベクレル



# SI (国際単位系)

表2: 単位の倍数

接頭辞	記号	倍数	接頭辞	記号	倍数
デシ (deci)	d	$10^{-1}$	デカ (deca)	da	10
センチ (centi)	c	$10^{-2}$	ヘクト (hecto)	h	$10^2$
ミリ (milli)	m	$10^{-3}$	キロ (kilo)	k	$10^3$
マイクロ (micro)	$\mu$	$10^{-6}$	メガ (mega)	M	$10^6$
ナノ (nano)	n	$10^{-9}$	ギガ (giga)	G	$10^9$
ピコ (pico)	p	$10^{-12}$	テラ (tera)	T	$10^{12}$
フェムト (femto)	f	$10^{-15}$	ペタ (peta)	P	$10^{15}$
アト (atto)	a	$10^{-18}$	エクサ (exa)	E	$10^{18}$
ゼプト (zepto)	z	$10^{-21}$	ゼタ (zetta)	Z	$10^{21}$
ヨクト (yocto)	y	$10^{-24}$	ヨタ (yotta)	Y	$10^{24}$

(ヨウ素換算63万テラベクレル, <http://bit.ly/fRxmkt> これを放射性ヨウ素131の質量に焼き直すと, およそ1) 100トン 2) 100 キログラム 3) 100 グラム 4) 100ミリグラム, ?)

[less than a minute ago](#) via [Echofon](#) ☆ [Favorite](#) ↻ [Retweet](#) ↩ [Reply](#)

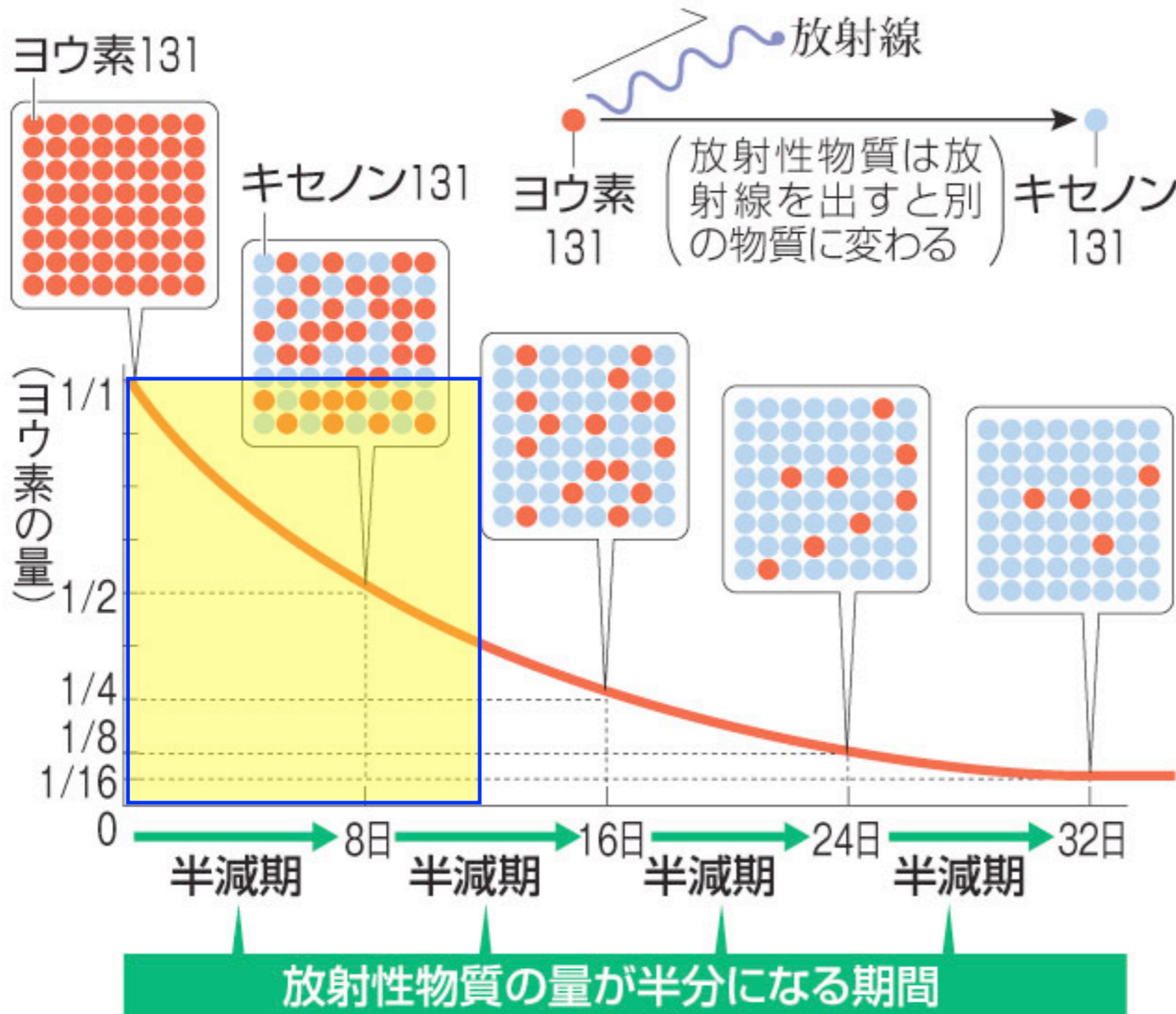


[ryugo hayano](#)  
hayano

注：ヨウ素等価換算は、環境や人への影響を勘案して係数を決めている。ヨウ素以外の核種の質量を計算するには適していない。ヨウ素 131 については、15万テラベクレルの放出と言われているので、その質量は上の問いに対する計算値の4分の1となる。また、半減期の長いセシウム 137 などでは、同じベクレル数でも、モル数も質量もヨウ素に比べてずっと大きくなる。

(ヨウ素換算63万テラベクレル, <http://bit.ly/fRxmkt> これを放射性ヨウ素131の質量に焼き直すと, およそ1) 100トン 2) 100 キログラム 3) 100 グラム 4) 100ミリグラム, ?)

### 放射性物質の半減期のしくみ(ヨウ素131の例)



注：ヨウ素等価換算は、環境や人への影響を勘案して係数を決めている。ヨウ素以外の核種の質量を計算するには適していない。ヨウ素131については、15万テラベクレルの放出と言われているので、その質量は上の問いに対する計算値の4分の1となる。また、半減期の長いセシウム137などでは、同じベクレル数でも、モル数も質量もヨウ素に比べてずっと大きくなる。

# 放射線量 (radiation dose) の単位

Gray

吸収線量 absorbed dose  $D [J / kg] = [Gy]$

等価線量 equivalent dose  $H_T [J / kg] = [Sv]$

実効線量 effective dose  $E [J / kg] = [Sv]$

Sievert



## 放射線量率 (dose rate) の単位

単位時間あたりの放射線量

$[Gy/h], [Sv/h], \text{etc....}$

放射線量率の時間積分が（積算）放射線量になる。

# 身の周りの放射線

mSv (実効線量)



ブラジル・ガラバリの放射線  
(年間、大地等から) 10

放射線の量  
(ミリシーベルト)

10

胸部X線コンピュータ断層  
撮影検査(CT スキャン)(1回) ★



6.9

(日本平均)

宇宙線から  
0.39

0.29

食物から  
0.29

0.41

呼吸により  
(主にラドン)  
1.26

0.40

1人あたりの  
自然放射線(年間)(世界平均) ★

2.4

1

一般公衆の線量限度(年間)  
(医療は除く)

1.0



岐阜 ↔ 神奈川



0.4

胃のX線集団検診(1回)

0.6



国内自然放射線の差(年間)  
(県別平均値の差の最大)

0.38

0.1

東京—ニューヨーク航空機  
旅行(往復)  
(高度による宇宙線の増加)

0.2



胸のX線集団検診(1回) ★

0.05

再処理工場からの放射性物質  
の放出による評価値(年間)

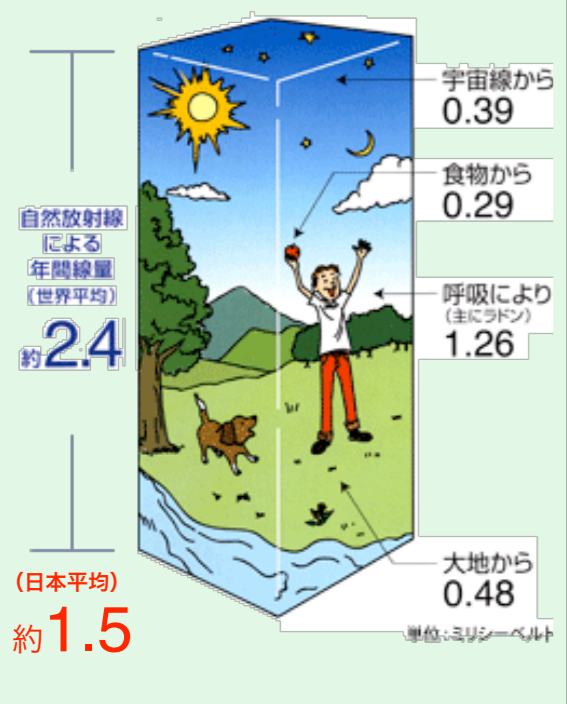
0.022



原子力発電所(軽水炉)周辺の線量目標値(年間)  
(実績ではこの目標値を大幅に下回っています)

クリアランスレベル導出の  
線量目安値(年間)

0.01

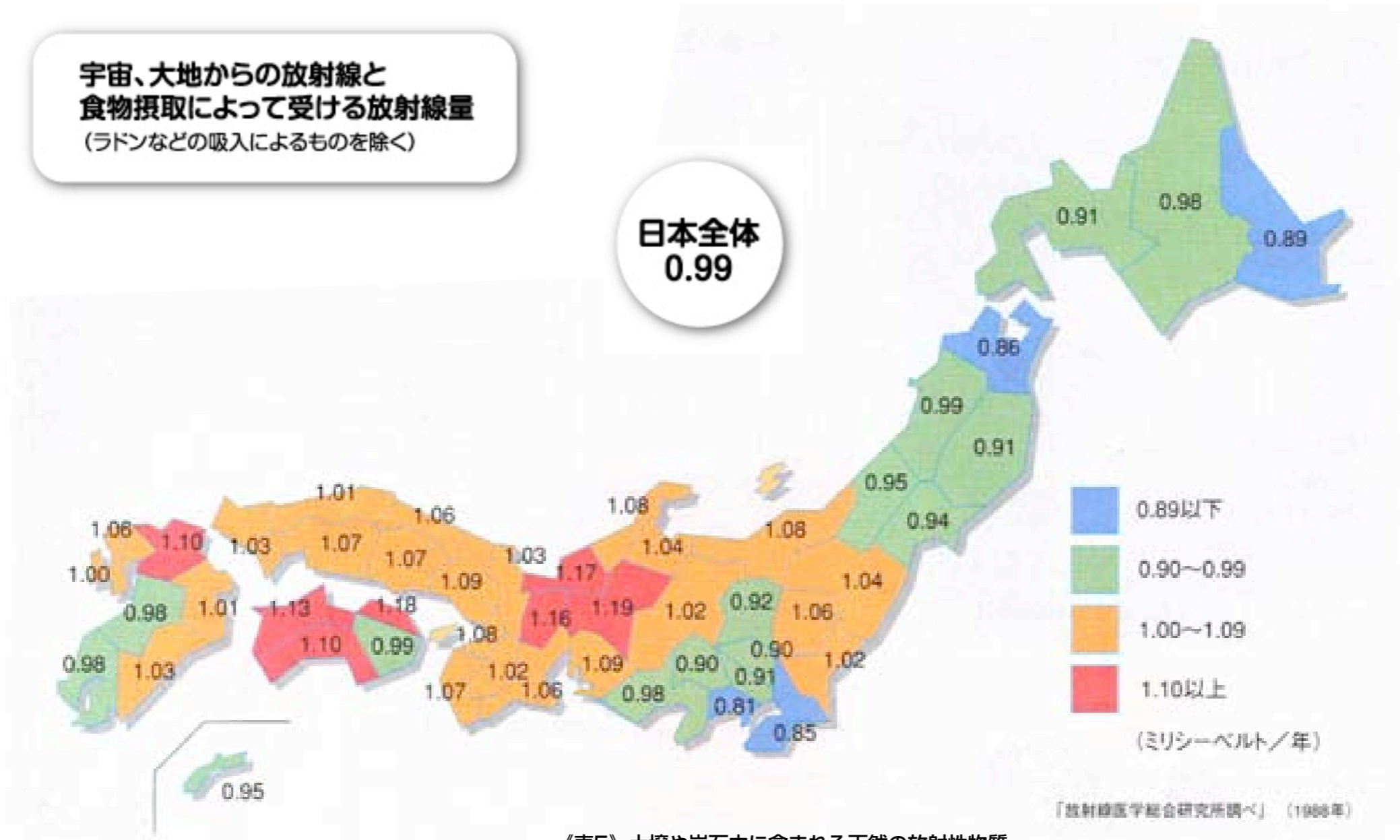


mSv/年

全国の自然放射線量

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  
(ラドンなどの吸入によるものを除く)

日本全体  
0.99



《表5》 土壌や岩石中に含まれる天然の放射性物質

放射性物質の種類	放射能濃度 (ベクレル/kg)	
	一般の土壌・岩石	花こう岩
カリウム40	100~700	500~1600
ウラン238 (娘核種を含む)	10~50	20~200
トリウム232	7~50	20~200

出典：国連放射線影響科学委員会報告 (1982) など

# 関西は自然放射線量が高い！

mSv/年

## 全国の自然放射線量

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  
(ラドンなどの吸入によるものを除く)

関東・東北は低い！

日本全体  
0.99

御影石  
(花崗岩)

温泉地

関東ローム層

《表5》 土壌や岩石中に含まれる天然の放射性物質

放射性物質の種類	放射能濃度 (ベクレル/kg)	
	一般の土壌・岩石	花こう岩
カリウム40	100~700	500~1600
ウラン238 (娘核種を含む)	10~50	20~200
トリウム232	7~50	20~200

出典：国連放射線影響科学委員会報告 (1982) など

原子力総合研究所調べ (1988年)



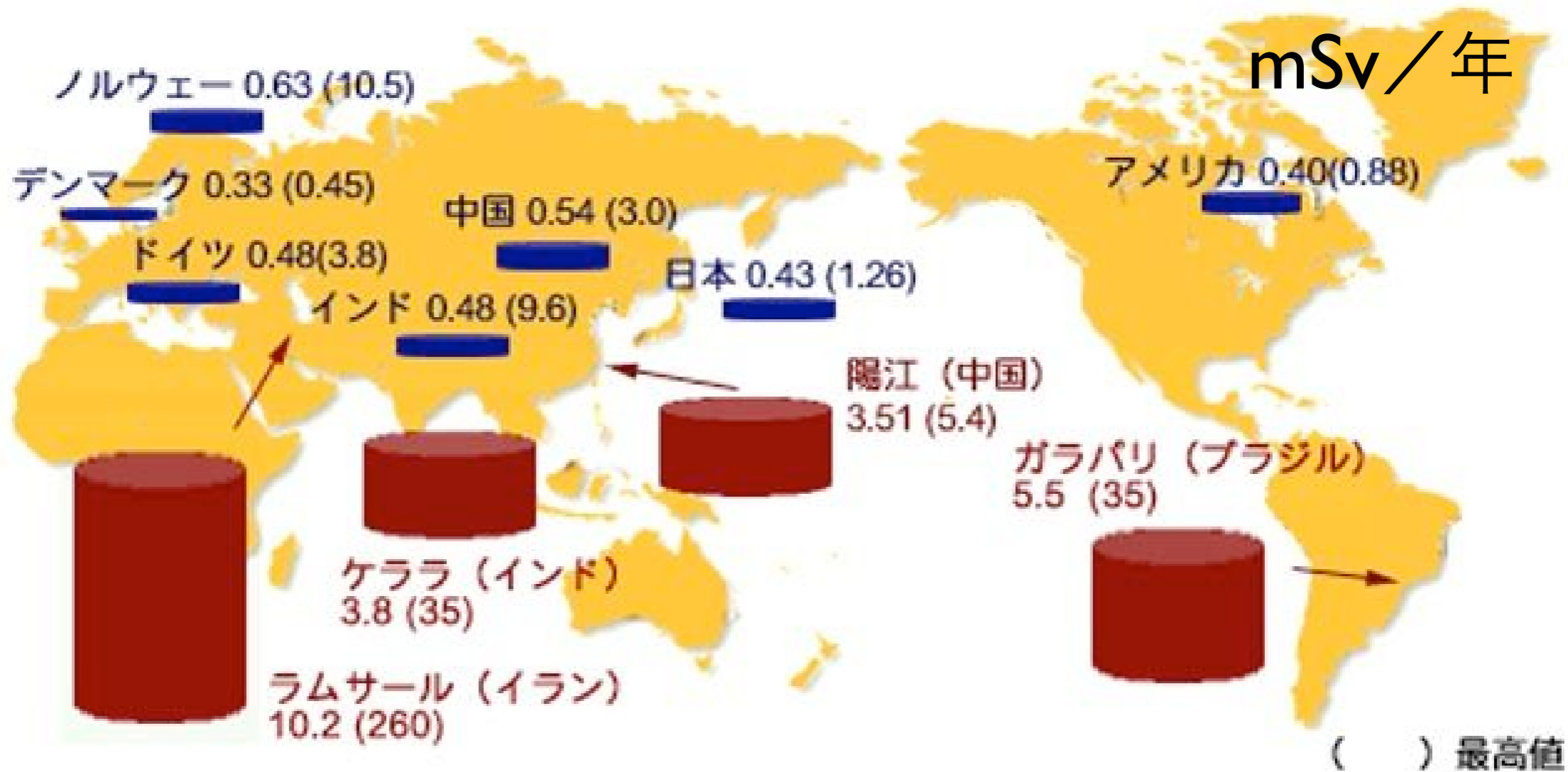


図2 陽江市・恩平県放射線環境調査実施地域

表1 高自然放射線地区と対照地区におけるがん死亡率の比較<sup>7,8)</sup>

	高自然放射線地区	対照地区
自然放射線量率 (mSv/年)	5.5	2.1
がん死亡率 (10万人・年)	48.8	51.1
調査人数・年	1,008,769	995,070

《表6》世界各地における年間積算線量の例 (ラドンを除く)

国名	空間線量のみ (ミリシーベルト/年)	備考
オーストリア	0.47~0.56	
フランス	{ 0.45~0.9 1.8~3.5	石灰岩 花崗岩と頁岩
日本	{ 0.23~0.37 0.79~1.19	関東ローム 花崗岩と地域
スウェーデン	{ 0.7~1.0 0.6~1.2 0.5	ストックホルム街路 火成岩 粘土
イギリス	{ 0.18~0.61 0.77~1.55	堆積岩または粘土 花崗岩地域
アメリカ	0.45~1.3	23州での測定
インド	1.31~28.14	ケララ地方
ブラジル	~12.0	ミナミ地方

出典：主として「放射線化学1971-6月」(放射線医学総合研究所編)

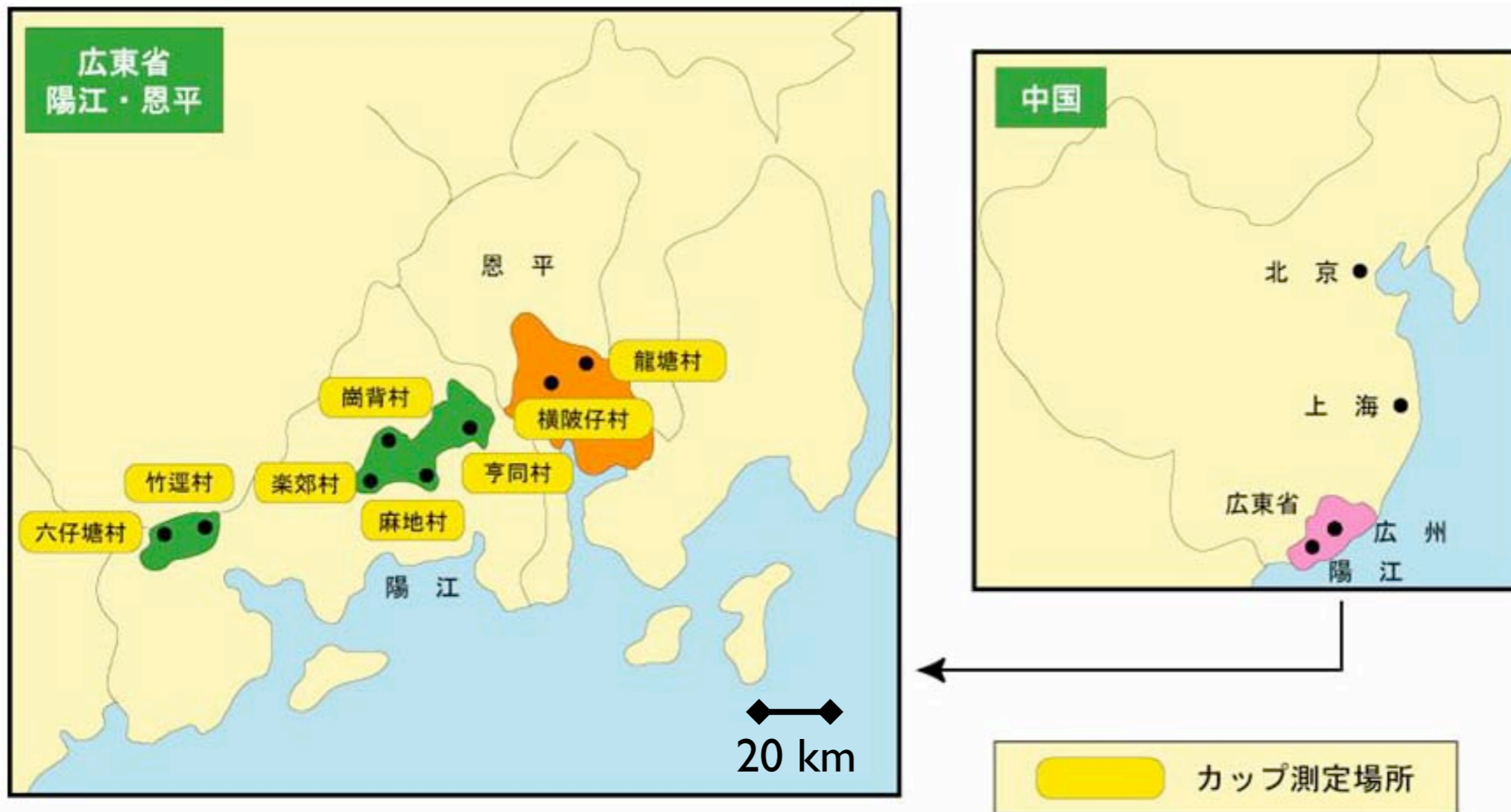


図2 陽江市・恩平県放射線環境調査実施地域

表1 高自然放射線地区と対照地区におけるがん死亡率の比較<sup>7,8)</sup>

	高自然放射線地区	対照地区
自然放射線量率 (mSv/年)	5.5	2.1
がん死亡率 (10万人・年)	48.8	51.1
調査人数・年	1,008,769	995,070

一次宇宙線 (高エネルギー陽子など)

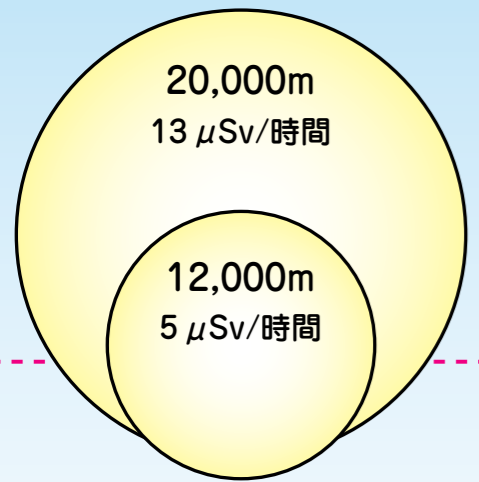
空気中の原子

二次宇宙線

三重水素、ベリリウム7、ベリリウム10、ナトリウム22、ナトリウム24などの宇宙線生成核種が生じる  
(一次宇宙線のエネルギーが比較的低い場合)

中性子、陽子、 $\pi$ 中間子、K中間子などの放射性物質が生じる  
(一次宇宙線のエネルギーが高い場合)

※○の大きさは、放射線を受ける量をあらわしている。



4,000m ○ 0.2 μSv/時間

2,000m ○ 0.1 μSv/時間

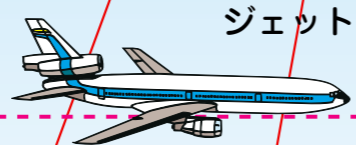
海面 ○ 0.03 μSv/時間

μSv = マイクロシーベルト

100km

10km

1km



ジェット旅客機



(超音速旅客機) コンコルド



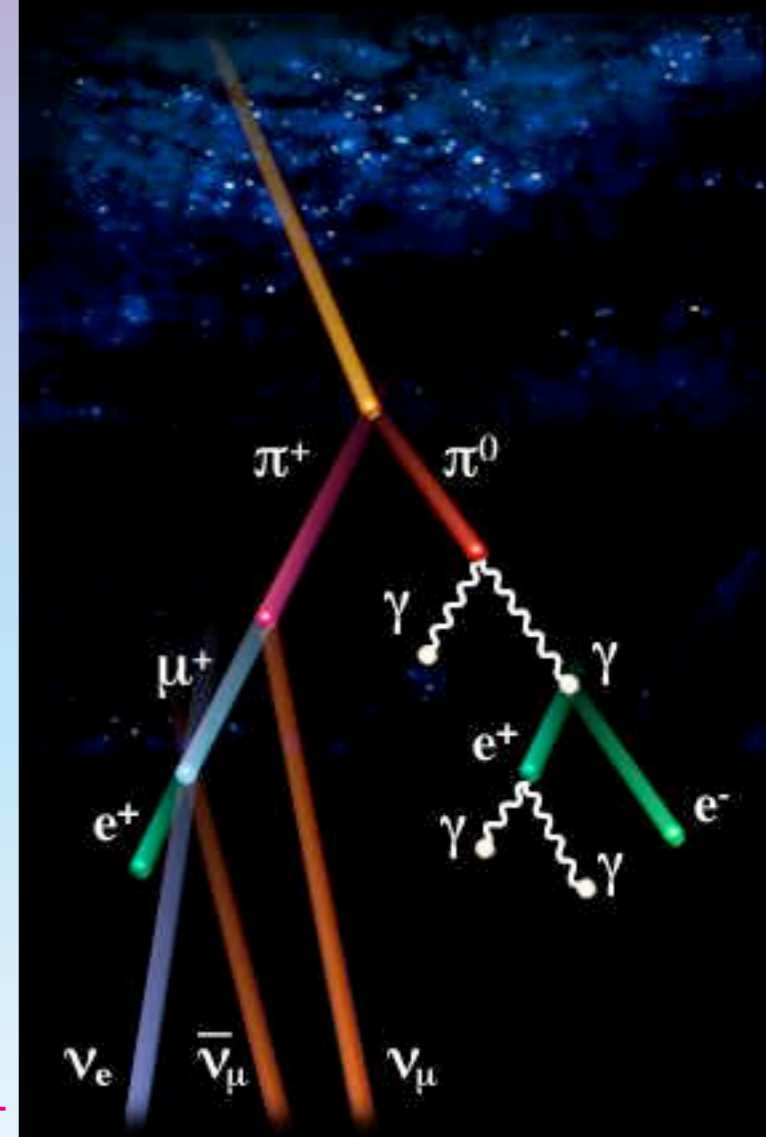
エベレスト

《表4》宇宙線による年平均実効線量

地域 (高高度地域)	人口 (百万人)	高度 (m)	年実効線量 (μSv)		
			電離成分	中性子	合計
ラパス (ボリビア)	1.0	3900	1120	900	2020
ラサ (中国)	0.3	3600	970	740	1710
キトー (エクアドル)	11.0	2840	690	440	1130
メキシコシティ (メキシコ)	17.3	2240	530	290	820
ナイロビ (ケニア)	1.2	1660	410	170	580
デンバー (米国)	1.6	1610	400	170	570
テヘラン (イラン)	7.5	1180	330	110	440
海面			240	30	270
世界平均			300	80	380

出典：国連放射線影響科学委員会報告 (1993)

東京～NY 往復  
200 μSv (max)



# 体内、食物中の自然放射性物質

出典：旧科学技術庁パンフレット

Bq / kg

Bq (60 kg)

●体内の放射性物質の量

放射性物質	濃度 (ベクレル/kg)	全身の放射能 (60キログラムの人のベクレル数)
カリウム 40	67	4,100
炭素 14	41	2,600
ルビジウム 87	8.5	520
鉛 210または ポロニウム 210	0.074~1.5	19
ウラン 238	—	1.1

●食物中のカリウム40の放射能量 (日本)

(単位：ベクレル/kg)



Bq / kg

$^{40}\text{K}$   
 同位体比 0.012%  
 半減期 13億年

$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar} (\text{EC}\gamma) \quad 11\%$   
 $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca} (\beta^-) \quad 89\%$

毎日カリウム 3 g =  $^{40}\text{K}$  を 80 Bq 摂取。同量を排泄。