

新刊書籍 発売！ 2012年10月10日 刊行

# 「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・土壤肥科学》
  - 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は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し、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思います。

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/radiolect-kn.html>

# 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

# 2012年度冬学期 主題科目テーマ講義

# 放射線

を

科学的に

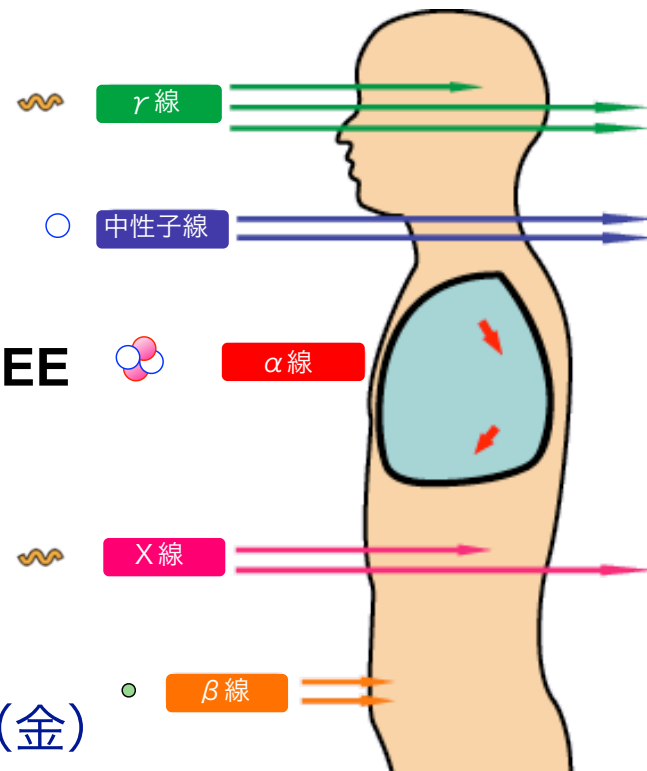
理解する

金曜5限

@ 21 KOMCEE

K402教室

2012 / 12 / 7 (金)



第9回

## 科学技術社会論

科学コミュニケーション、リスク論

藤垣 裕子

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

# 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

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

作美 明 《医学部附属病院放射線科》

森口 祐一 《工学部都市工学》

藤原 徹 《農学部応用生命化学》

藤垣 裕子 《教養学部広域システム》

主題科目テーマ講義  
「放射線を科学的に理解する」

科学技術社会論  
(科学コミュニケーション、リスク論)

東京大学総合文化研究科教授  
藤垣裕子

# 本日のテーマ

1. 震災後の放射線に関する情報伝達はあれでよかったのだろうか？
2. 何故、震災後に専門家への信頼が低下したのか？
3. 「正しい知識さえあれば市民はこわがらない」は本当か？

# 本日のテーマ

1. 震災後の放射線に関する情報伝達はあれでよかったのだろうか？
2. 何故、震災後に専門家への信頼が低下したのか？
3. 「正しい知識さえあれば市民はこわがらない」は本当か？



**Dealing with Disasters: Perspectives on Fukushima from  
the History and Social Studies of Science and Technology:  
(HSS/SHOT/4S Joint Plenary Nov.3, 2011, Cleveland, OH)**

「日本政府は Disorganized Knowledge を出し続けた。」



# 「大震災」と第四期基本計画

- 民主主義国家として未曾有レベルの大規模事故  
(cf.チェルノブイリは社会主義国家)

情報流通はオープンだったか？

今後の対策は民主主義国家として胸を張れるものか？

他の民主主義国家の模範となれるものか？



## B. Information Flow

テレビなど大手メディアによる報道



Gaps

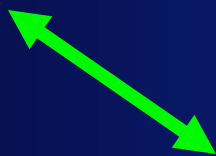
Webによる情報公開

物理学者



放射線医学者

Gaps



Gaps



Gaps

原子力技術者

# Fukushima mothers demanding more strict dose standard for schools



In the courtyard of Ministry of Education, Sports, Culture, Science and Technology (MEXT) May 2011

# 低レベル放射線の長期的健康影響をめぐって

年間何ミリシーベルトまで浴びても  
大丈夫なのか？



100mSv/年

20mSv/年

1mSv/年

# 低レベル放射線の長期的健康影響をめぐって

根拠となる数値:

広島・長崎の被爆者の疫学データ

核実験(ビキニ、マリランガ)

原子力事故(クイシトウイム、パロマレス、  
チェルノブイリ)

放射線源事故(ゴイアエア)

# 原子力事故および放射線緊急事態

短期および中期 (ICRP publication 109, 2009)

20mSv～100mSvの被ばく(急性or年間)

長期 (ICRP publication 103, 2007)

1mSv～20mSv/年の下方部分  
代表値 1mSv/年

# 長期の被爆経路

## 1) 環境

降雨と風化作用: 沈着した放射性核種は土壤に浸透

一部は水経路を通じて移行

沈着レベルは地域によって異なる

チェルノブイリ後、表面汚染(単位表面積あたりの放射能)

は同じ村のなかで10~100倍の範囲で変動

## 2) 汚染物質の消費・吸入

人間による摂取: 野菜、牛乳、肉、魚

動物への移行: 動物による放射性核種の摂取と代謝による

植物への移行: 季節、土壤、植生によって変化

# 広島・長崎の被爆者における固形ガンの発生リスクと放射線の影響

(放射線影響研究所の資料より)

(日本経済新聞2011年5月8日朝刊)

線量 mSV	被爆した人	ガンになった人	被爆しなければ ガンにならなかったと 推定できる人数	放射線の 寄与率 (%)
5～100	27789	4406	81	1.8
100～200	5527	946	75	7.6
200～500	5935	1144	179	15.7
500～1000	3173	688	206	29.5
1000～2000	1647	460	196	44.2
2000超	564	185	111	61
合計	44635	7851	848	10.7

5～100mSvで**1.8%**のガン発生率 v.s. 100mSvで**0.5%**の死亡率



1mSv、20mSv、100mSv・・・  
mSv/年(個人年間ひばく量)なのか  
一瞬に浴びる量なのか(線量限度)なのか  
一生の累計なのか

短期、中期、長期のどれを議論しているのか

- 1) 数値のみの一人歩き
- 2) 根拠の出しにくさ

そもそも根拠とするデータが取りにくい

# <例1>大気汚染防止のために排出される煤塵の大きさを何ミクロン以下に規制するか？

2011年	2021年	
Xミクロン以下の煤塵摂取群	疾病になった群	A
	ならなかった群	B
Xミクロン以上の煤塵摂取群	疾病になった群	あ
	ならなかった群	い

もし  $\frac{\text{あ}}{\text{あ+い}} >>> \frac{\text{A}}{\text{A+B}}$  (有意な差)

なら、Xミクロンで規制することに意味あり。

## <現実には>

- 1) 人間を使ったコホート研究できない
- 2) 10年も待ってられない

# 低放射線の健康影響防止のために被爆量を何シーベルト以下に規制するか？

2011年	2021年	
Xシーベルト以下の被爆群	疾病になった群	A
	ならなかった群	B
Xシーベルト以上の被爆群	疾病になった群	あ
	ならなかった群	い

もし  $\frac{\text{あ}}{\text{あ+い}} >>>> \frac{A}{A+B}$  (有意な差)

なら、Xシーベルトで規制することに意味あり。

## <現実には>

- 1) 人間を使ったコホート研究できない
- 2) 10年も待ってられない

このように

- (1)その水準を満たすデータを取得する調査デザインが、公共の場においては実行不可能である。
- (2)この水準を満たすデータを取得するまでに時間がかかるため、

根拠となる数値として:

広島・長崎の被爆者の疫学データ、核実験のデータ、  
原子力事故のデータ、放射線源事故データ  
を使って推測

## 推測の手法(疫学手法)

対象集団の取り方: 研究対象集団の規模と構成

因の取り方: 放射線被爆の大きさと分布  
被爆測定の精度

果の取り方: 疾病の特定(ガンだけか、  
脳神経系疾患、数学の成績etc入れるか  
関連する自然発生率  
結果に影響を及ぼす可能性のある他の  
リスク因子に関する情報の利用可能性

によってでてくる数値が違ってくる。

# 本日のテーマ

1. 震災後の放射線に関する情報伝達はあれでよかったのだろうか？
2. 何故、震災後に専門家への信頼が低下したのか？
3. 「正しい知識さえあれば市民はこわがらない」は本当か？

## 直面する問い（ICRP Pub.111 ドラフトJRIA暫定翻訳版）

放射能事故の場合、影響を受けた人々は新たな問題と懸念に直面することになる。

環境はどの程度汚染されているのか。

自身はどの程度被爆しているのか。

とりわけ、自身はどの時点で汚染されたのか。

このような新たな状況にどう向き合うべきか。

自身の現在および将来の被ばくを合理的に達成可能な限り低減するために何をすべきか。

住民による防護方策の実施



# 日本にある思い込み1

「ただちに問題はない」という言い方  
パニックを避けるためという理由



無用なパニックを起こすほど日本人の知性は低いか？  
政府は市民の科学リテラシーを信用していなかった？



逆説的に、政府の発表を市民が信用しなくなる。

# Responsibility of Scientists

- 科学者が提供すべきと考えているもの



ギャップ

- 市民が望んでいるもの

# OrganizedなKnowledgeとは何か

organized

unique/unified

偏りのない系統的知識

行動の指針となるような

混乱してもよいからたくさんの情報

統一された1つの情報

幅があってもよいからたくさんの情報

意思決定は自分で決める

<市民がわ>

<政府側・専門家側>

情報が偏っているのが不安

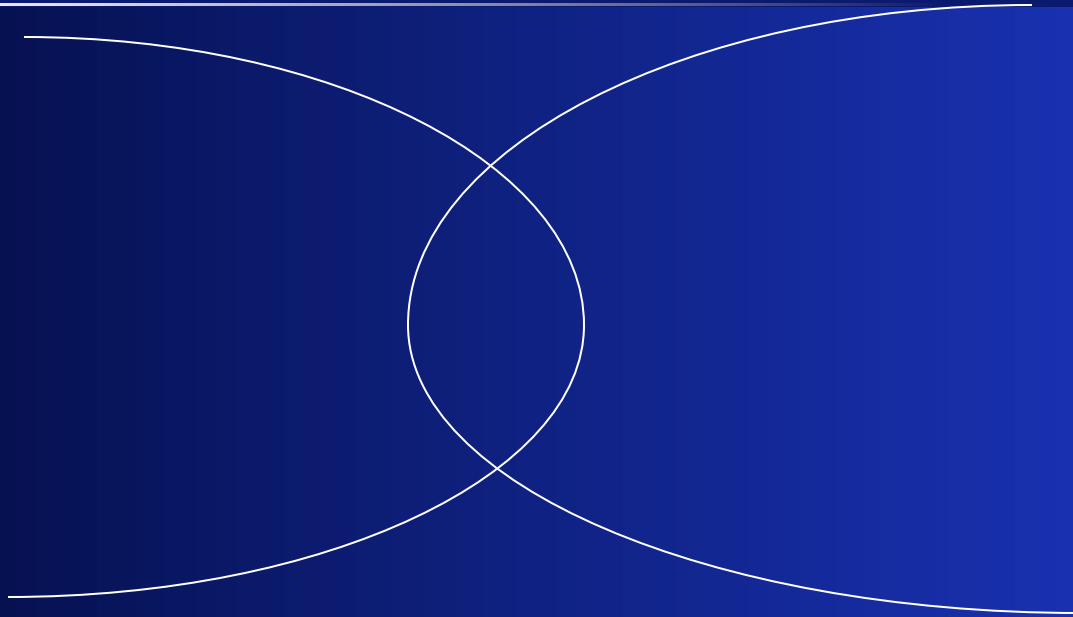
統一された情報がないのが不安

専門家が信用できないのが不安

混乱させるのが不安

科学者がきめるべきこと

社会に開かねばならぬこと



行動指針となるuniqueな情報

幅があってもいいからたくさんの情報+ 次の行動は自分で決める

# Responsibility of Scientists

- 行動指針となる1つの統一見解を提供するのが科学者の責任か？



- 幅のある助言をして市民に選択してもらうのが科学者の責任か？
- (cf. ラクイラの地震)

# Responsibility of Scientists

- 科学者が提供すべきと考えているもの  
(行動指針となる1つの統一見解)

- 

- 



ギャップ

- 市民が望んでいるもの

# 本日のテーマ

1. 震災後の放射線に関する情報伝達はあれでよかったのだろうか？
2. 何故、震災後に専門家への信頼が低下したのか？
3. 「正しい知識さえあれば市民はこわがらない」は本当か？



正しい知識さえあれば市民はこわがらない？  
＝市民がこわがるのは知識のないせいである。

「知識が増えれば技術の受容度はあがる」モデルの否定  
(Bucchi、Nature、2000)

知識の暴露量 → 知識の量 → 技術の受容  
× ×

正しい知識さえあれば市民はこわがらない？  
＝市民がこわがるのは知識のないせいである。

科学リテラシー量が同じでも、リスクへの懸念には差がでる。  
(2012)

階級主義・個人主義の被験者 ←→ 平等主義・共同体主義  
リスクを低くみつもる                      リスクを高くみつもる

(個人差と課題差)

正しい知識さえあれば市民はこわがらない？  
＝市民がこわがるのは知識のないせいである。

＝欠如モデル

市民は知識が「欠如」しているから  
非合理的な恐怖を抱く。

# 欠如モデルの起源

1986年に英国で出されたボドマーレポート



いくつかの具体的調査



これらのレポートや調査が依拠している「暗黙の仮定」がある。

暗黙の仮定 = 欠如モデル

# 欠如モデル

- 1988年英国：米国NSFと協力して国際比較研究を行った調査 (Nature, Vol. 340, 11-14, 1989)
- 18歳以上の英国人2009人、米国人2041人、ランダム抽出し、インタビュー
- 
- 単純な確率概念に関する問い
- : 英国人の66%、米国人の62%が明確な理解
- 「地球が太陽のまわりをまわっている」という知識
- : 英国人の34%、米国人の46%が有する。
- 「抗生物質はウィルスには効かない」という知識
- : 英国人28%、米国人25%が有する。
- 「原子力発電所は酸性雨の原因ではない」という知識
- : 英国人は34%正解

# 欠如モデル

科学の側には正答誤答が一意に定まる正しい知識があるのに対し、その正しい知識をもっているひとは0%にすぎない、逆にいえば、100-0%のひとはそのような知識が「欠如している」かの印象を、このような報告は与える。



そして、関連する事実に関する適切な理解がないために、人々は非合理的な恐れを抱くと考える。



知識や理解があれば、非合理的な恐を抱かなくなるから、公衆に「理解増進」をすすめてよう、ということになる。

これが、多くの同様の調査に見られる「欠如モデル」の前提

# 欠如モデル

## 物理学者Zimanによる欠如モデルの存在の指摘と批判

- 単純な欠如モデル(人々の無知や科学的リテラシーの欠如という単純な理由のみで状況を理解しようとする)では、さまざまな研究結果を説明する十分な分析枠組みを提供できない。
- たとえば、日常の問いに対して、フォーマルな科学的知識は、そのままの形では答えることができない

## Wynneによる欠如モデルの存在の指摘と批判

欠如モデルは、正答誤答が一意に定まる正しい知識のない状態(からっぽな状態)を仮定し、そのような正答誤答が一意に定まるリテラシー量の尺度が一様に定まると仮定している。

⇒現実には、そのような一様な欠如ではなく、さまざまな状況下におけるバラエティに富んだ知識がある。



# 欠如モデル

欠如モデルは、受け取ることのモデルとして、

- (1) 科学とは、正答誤答が一意に定まる正しい知識からできており、公衆はそれらを受け取る、
- (2) 公衆はそれらの知識が「deficient(欠けている、不十分な)」のに対し、科学の側は「sufficient(十分な、足りている)」である、
- (3) その欠けている状態を測定することができる、

というモデルであることが示唆される。

# 欠如モデル

欠如モデルにおいて、受け取ることのモデルは、知識の欠如した市民が情報を受け取ることによって、からっぽな状態から、知識の増えた状態へと移行することだけを指す。

欠如モデルをベースにすると：

科学リテラシー＝一般市民がからっぽな状態から、どのくらいの状態まで知識をもっていればよしとするか

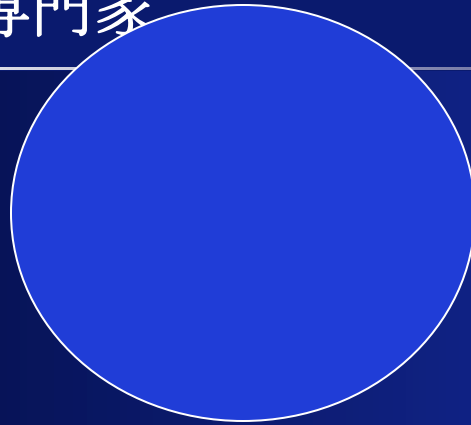
- すべてのひとがもつべきリテラシー量の尺度が一律に定まり、そのなかのどれだけの量かという点のみが問題

# 1. 受け取ることのモデル

PA : Public Acceptance

専門家

市民



知識量大

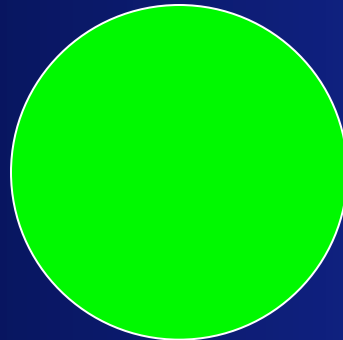


一方向の流れ



無知

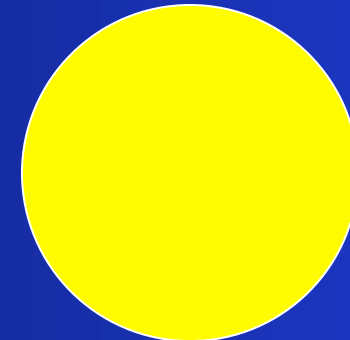
PUS : Public Understanding of Science



科学的知識



双方向の流れ



ローカルノレッジ

# ICRP Pub.111 ドラフトJRIA暫定翻訳版ICRP

## 市民参加の勧め

- ・当局が主要な利害関係の代表者をこれらの計画(放射線防護計画)の作成に関与させるようすべきであると勧告する(3.2項34)
- ・汚染地域の過去の経験によれば、地域の専門家や住民を防護方策に関与させることが復興プログラムの持続可能性にとって重要であることが実証されている(4項55)
- ・ノルウェーにおいて対策の適用とモニタリングに際して現地の人々への権限付与と影響を受け人々の直接関与が重視されたこと(A7)
- ・羊を制限区域の外へ移動させたいと望む農民は放射性セシウムのレベルを判定するために自身の家畜を調べることができて。そのため、生体モニタリング技術が用いられた(A8)

# 市民参加のもつ意味

- ・信頼関係が醸成される。
- ・キャリブレの大切さを体感する。
- ・農地における土壌汚染の調査(参加型)が信頼の回復に効いた(福島大学)
- ・何に依拠して自分たちの安全および安心を守ればいいのか、データを自分たちで取ることによって議論ができる。  
(同上)

## レポート課題(藤垣担当分)

1. 測定への市民の参加について、今日の講義から示唆されることをまとめよ。
2. 「正しい知識さえあれば市民はこわがらない」という考え方について解説せよ。
3. 専門家の信頼低下に対して何が必要か、考えるところを述べよ。