

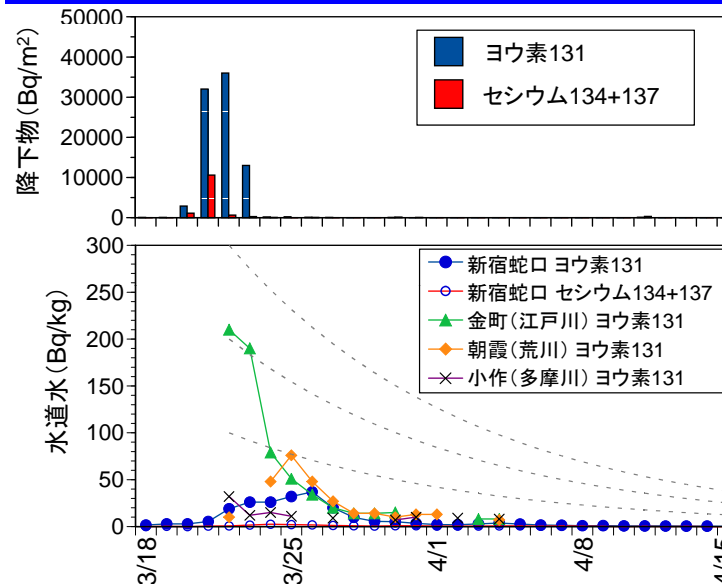
# 飲食物由来の放射性ヨウ素およびセシウムによる東京都民への曝露量と発がんリスクの推定

村上道夫<sup>1)</sup> 沖大幹<sup>2)</sup>

- 1) 東京大学総括プロジェクト機構  
「水の知」(サントリー)総括寄付講座 特任講師
- 2) 東京大学生産技術研究所 教授



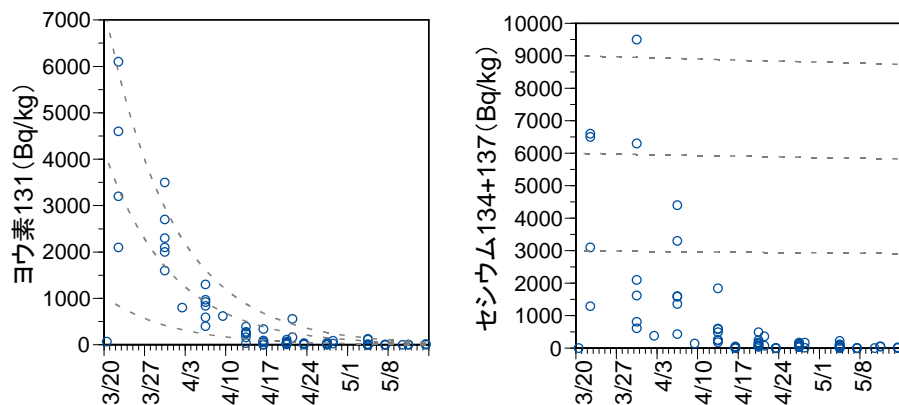
## 東京の降下物と水道水の放射性物質濃度



※点線はヨウ素131の半減期に従って減少したときの濃度

東京都健康安全研究センター (<http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/>) と  
東京都水道局 (<http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/press/shinsai22/index.html>) をもとに作成

## 福島県のホウレン草の放射性物質濃度

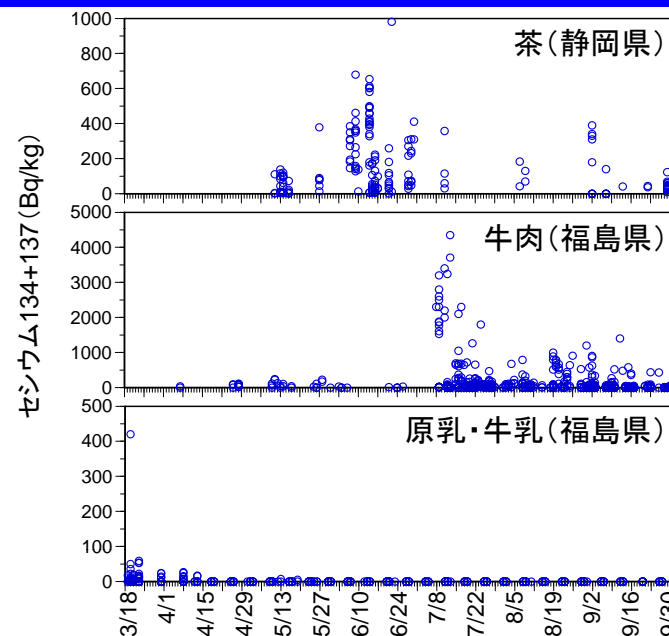


※点線は半減期に従って減少したときの濃度。54%をセシウム134、46%をセシウム137と仮定。

対象地域：  
福島県白河市、いわき市、矢吹町、棚倉町、矢祭町、塙町、西郷村、泉崎村、中島村、鮫川村

厚生労働省 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000016378.html>) をもとに作成

## 茶、牛肉、原乳・牛乳中セシウム濃度



## 本研究の背景・目的

- ◆外部被曝に比べて、飲食物由来などの内部被曝の評価は困難
- ◆地域ごと、飲食物別の曝露量、発がんリスクの推計が求められている

### <本研究の目的>

1. 都民の飲食物由来放射性ヨウ素131およびセシウム134+137の曝露量を算定
2. 出荷制限やボトル水配布による曝露量低減効果の推定
3. 発がんリスク評価

放射性ヨウ素に関する成果は、Chemosphere誌に受理された  
放射性セシウムに関する成果は、第46回水環境学会年会(於:東洋大学)にて  
3月15日に口頭発表予定。

5

## 実効線量と等価線量



### 放射性物質濃度 (Bq/kg)



- ◆飲食物の摂取量 (kg/日)
- ◆線量係数 (実効線量係数、等価線量係数 (mSv/Bq))

### 曝露量 (内部被曝量) (mSv)

- ◆体全体への影響をもとに考える⇒**実効線量**

実効線量1000 mSv: 10万人中17154人が発がん\*  
10万人中4140人が致死性発がん\*

- ◆特定の組織への影響をもとに考える⇒**等価線量**

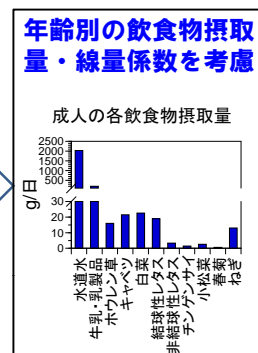
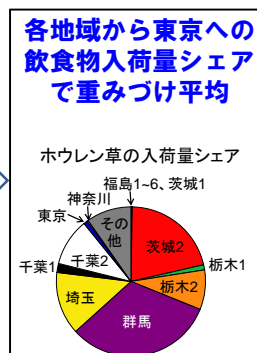
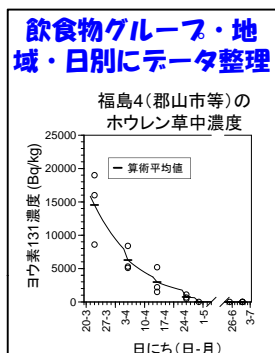
甲状腺等価線量1000 mSv: 10万人中325人が発がん\*  
10万人中22人が致死性発がん\*

\* ICRP Publication 103, 2007. 線量-低線量率効果係数を2と設定。

6

## 本研究の曝露量推定手法

- ◆飲食物中濃度は厚労省および東京都健康安全研究センターの公表値を使用
- ◆飲食物グループ・地域・日別の飲食物濃度データへ整理し、各地域から東京への飲食物入荷量、年齢グループ別の摂取量・線量係数から平均曝露量を算出
- ◆2011年3月21日から1年間の曝露量(追加の事故等がなく、現状が続くと仮定)
- ◆出荷制限および乳児用ボトル水配布を考慮  
⇒出荷制限を実施している地域からの該当飲食物の曝露量を0、  
3月24、25日の550 mL×3本分の乳児の飲料水の曝露量を0とする



## 算出条件

### <ヨウ素>

- ◆水道水、牛乳・乳製品、野菜(ホウレン草、キャベツ、白菜、非結球性レタス、結球性レタス、テンゲンサイ、小松菜、春菊、ねぎ)に分類
- ◆1都7県(福島、関東)で生産された飲食物の摂取を考慮
- ◆2011年7月31日までのデータを使用
- ◆成人、幼児(5歳)、乳児(1歳未満)を対象
- ◆血液中のヨウ素が甲状腺に移行する割合を0.3と仮定(ヨウ素欠乏状態)
- ◆甲状腺等価線量を算出

### <セシウム>

- ◆26の飲食物に分類(水道水、米、米以外の穀類、芋類、カブ、カブ以外の根菜類、ホウレン草、春菊/チンゲンサイ、小松菜/非結球性レタス、結球性葉菜類、ブロッコリー/カリフラワー、ねぎ/にら/アスパラガス、豆類、果菜類、牛乳、乳製品、調整粉乳、牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵、淡水産物、海産物、茶、原木シイタケ、その他の茸)
- ◆1都1道14県(北海道、東北、関東、山梨、静岡)で生産された飲食物の摂取を考慮
- ◆2011年12月31日までのデータを使用
- ◆10の年齢性別グループ(1歳未満、1~6歳男女、7~12歳男女、13~18歳男女、19歳以上男女、妊婦)を対象
- ◆実効線量を算出

8

# 本手法の特徴

1. 経時的に曝露量を評価できる
2. 半減期の短いヨウ素についても推定できる
3. 飲食物別に細かく曝露量が評価できる
4. 出荷制限や乳児へのボトル水の配布といった対策による曝露量削減効果を推定できる

9

# 他の研究との比較

## セシウム134+137の曝露量(μSv/月)

	2011年9月・11月	2011年12月
本研究*	0.57	0.34
厚労省**	0.21	-
京大・朝日新聞***	-	中央値:0.17 最大値:5.1

\* 成人男女の平均値

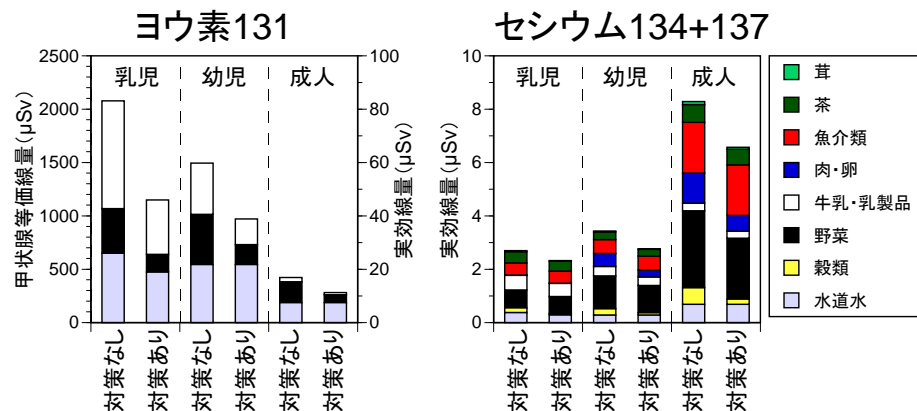
\*\* 東京で流通されている食品を購入し、食品別摂取量平均を踏まえて均一化して測定  
(「食品からの放射性物質の1日摂取量の推定について」)

\*\*\* 陰膳方式による調査。関東16家庭を対象(朝日新聞2012年1月19日)

◆ 実際の飲食物からの測定結果とよく一致した

10

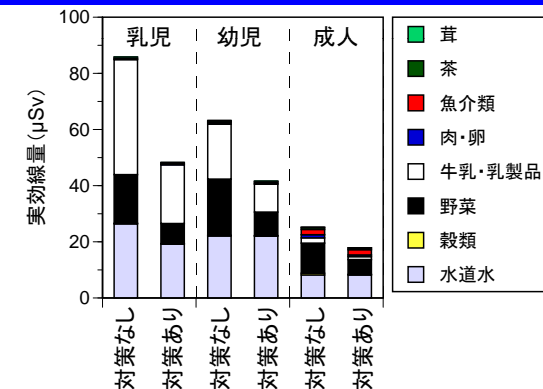
# ヨウ素およびセシウムの平均曝露量



- ◆ 乳児の方が高い
- ◆ 水からの寄与が高い
- ◆ 出荷制限、ボトル水配布で33%-45%の曝露量削減

- ◆ 成人の方が高い
- ◆ 野菜・魚介類からの寄与が高い
- ◆ 出荷制限、ボトル水配布で14%-21%の曝露量削減

# ヨウ素およびセシウムの平均合計曝露量(実効線量換算)

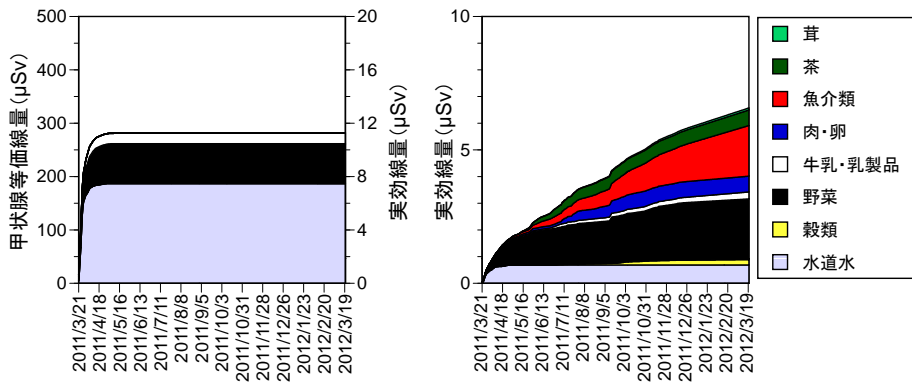


- ◆ 放射性ヨウ素とセシウムの合計曝露量(対策あり)は、乳児48 μSv、幼児42 μSv、成人18 μSv
- ◆ 出荷制限、ボトル水配布で44%(乳児)、34%(幼児)、29%(成人)の削減効果
- ◆ 自然放射性カリウム40の年間曝露量130-217 μSv\*と比べ、数分の1から10分の1程度

\* Sugiyama et al. (2007) J. Health Sci. 53, 107-118.

12

## 累積曝露量の経時変化(成人、対策あり)



- ◆最初の2週間で年間曝露量の80%
- ◆迅速な対応が曝露量削減のカギ
- ◆継続的な曝露
- ◆水道水や野菜の摂取に伴う曝露が初期に特徴的に大きかったのに対し、魚介類の摂取に伴う曝露が継続している

## 安全とは何か？

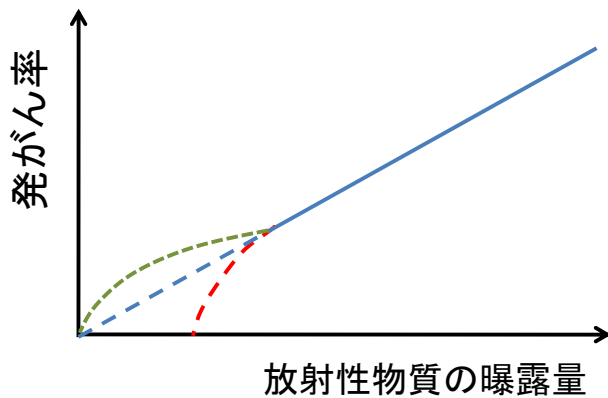
安全とは、  
受け入れられないリスクがないことである\*  
(安全を客観的に評価することはできない)

安全とは、  
社会的合意に基づく約束事である\*\*

安全は通常の純粋科学(ピュア・サイエンス)では判定できない。  
規制科学(レギュラトリー・サイエンス)で判定する。  
リスク評価を規制科学の枠組みで行う必要がある。

\* ISO/IEC Guide 51 \*\*岸本充生(2011) 学燈, 108(2), 22-25.

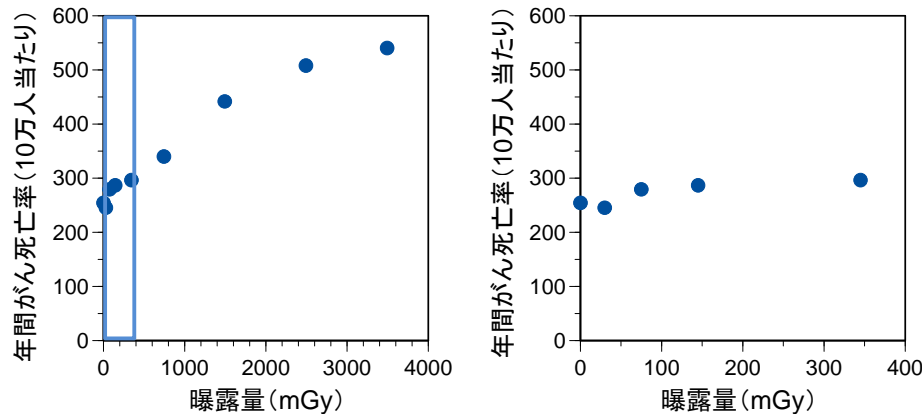
## 放射性物質には閾値(健康に影響しない曝露量)があるのか



閾値があるという考えもあれば、  
閾値がないという考えもある

Mullenders et al.: Nature Reviews Cancer, 9, 596-604, 2009.

## 原爆による放射性物質の曝露量とがん死亡率の関係



※1 mGy ≒ 1 mSv

高線量領域では発がん率と直線的な関係  
低線量領域(百~数百 mSv以下)では不明

Shimizu et al.: Radiation Research, 118, 502-524, 1989.

## 低線量での曝露量とがん死亡率

年間がん死亡率(10万人当たり)

年齢 (才)	曝露線量(mGy/y)				
	0-0.9	1-1.9	2-4.9	5-9.9	> 10
全体	194	177	183	182	198
30-49	76	71	71	69	77
50-69	264	243	254	258	295
>70	421	421	402	394	354

地域: インド ケーララ州  
 調査期間: 1990~1997年  
 調査数: 736586人・年

## リスク評価とは何か？

リスク評価は、不確実性のある中で筋道を示して判断材料を提示することに意義がある  
 (「分からないからリスク評価できない」ではない)

リスク評価の有用性の例

- (1) 安全を担保するための管理方法に関する判断材料になる(例: 環境基準)
- (2) 様々な発がん性物質のリスクを比較することができる(判断の目安になる)

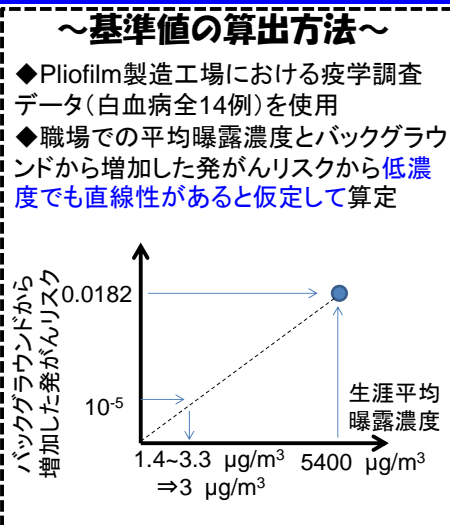
## ベンゼンの大気環境基準の事例

1996年 有害大気汚染物質  
 中央環境審議会  
 「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について」(中間答申、第二次答申)

「…閾値がない物質については、曝露量から予測される健康リスクが十分低い場合には実質的に安全とみなすことができるという考えに基づいてリスクレベルを設定し、そのレベルに相当する環境目標値を定めることが適切である。

…現段階においては、生涯リスクレベル $10^{-5}$ を当面の目標に、有害大気汚染物質対策に着手していくことが適当である。」

◆日本で初めて許容できる発がんリスクレベルが明示された



環境分野では、リスク評価を規制科学の枠組みで行うことで各種発がん性物質の管理を行っている

## 本研究で用いたリスク評価手法

実効線量10 mSvあたりの致死性発がんリスク係数 ( $10^{-5}$ )	甲状腺等価線量10 mSvあたりの致死性発がんリスク係数 ( $10^{-5}$ )
乳児(0歳) 339	乳児(0歳) 1.78
幼児(5歳) 280	幼児(5歳) 1.47
成人(27歳) 120	成人(27歳) 0.64

- ◆原爆による発ガン死の疫学調査によるモデル<sup>1)</sup>を日本人の生命表に適用して算出されたデータ<sup>2)</sup>を使用
- ◆低線量領域においても曝露量と発がんリスクの間に直線的な関係があると仮定
- ◆低線量補正を行わない(線量-線量率効果係数としてICRPでは2、BIER VIIでは1.5を適用)
- ◆致死性発がん/総発がん比<sup>3)</sup>⇒甲状腺がん: 0.07、全固形がん: 0.241
- ◆他の環境中発がん性物質や自然放射性カリウム40を1年間曝露した時の発がんリスクを文献値等<sup>4)</sup>から算定
- ◆事故・病気等による年間死亡者数<sup>5)</sup>と比較

1) Preston et al. (2003) 2) 岡俊之(2011) 3) ICRP (2007) 4) Gamo et al. (2003), Iwai and Uchiyama(2000), Sugiyama et al. (2007), USEPA (1988, 1991, 1997, 1998, 2000), 厚生労働省(1997, 1999), Gamo et al. (1995), Mashiko (1989), Toyoda et al. (1998, 1999), Tani et al. (1996) 5) 中谷内(2006), 警察庁HP (2011), 日本生活習慣病予防協会HP (2010)



## 他の発がん性物質や事故・病気等との比較

1年間の曝露による発がんリスク		年間死亡者数、致死性発がんリスク	
発がん性物質	発がんリスク(10 <sup>-5</sup> )	事故・病気等による死亡者数(10万人当たり)	
カリウム40	6.2	ガン	250
ディーゼル車排出粒子	4.5	喫煙	80
ヨウ素131(乳児)	3	受動喫煙	5.3
ヨウ素131(幼児)	2	交通事故	4.5
ホルムアルデヒド	1.3	入浴中の水死	2.6
ヒ素	1.3	他殺	0.52
ダイオキシン類	0.4	踏切内事故	0.09
ヨウ素131(成人)	0.3	致死性発がんリスク(10 <sup>-5</sup> )	
セシウム134+137(乳児、幼児、成人)	0.3	ヨウ素131(乳児)	0.2
ベンゼン	0.05	ヨウ素131(幼児)	0.1
DDT類	0.005	セシウム134+137(乳児、幼児、成人)	0.08
クロルデン	0.003	ヨウ素131(成人)	0.02

◆ 環境中のディーゼル車排出粒子、カリウム40を1年曝露した時の発がんリスクより低く、ベンゼンより高いレベル

◆ 交通事故による年間死亡率より1けた以上小さいレベル

21

## 将来展望

- ◆ 東京以外の地域における曝露量とリスクを推定する
- ◆ 開発される放射性物質移流拡散シミュレータと組み合わせ、仮に事故が生じた際の飲食物由来の放射性物質のリスクを事前に推計できるようにする

22

## まとめ

1. 放射性ヨウ素、セシウムの合計曝露量(2011/3/21~2012/3/20)
  - ◆ 18 μSv(成人)、42 μSv(幼児)、48 μSv(乳児)
  - ◆ 出荷制限、ボトル水配布で29%-44%の削減効果
  - ◆ 自然放射性カリウム40の年間曝露量の数分の1から10分の1程度
2. 曝露量の経時的变化
  - ◆ 放射性ヨウ素は最初の2週間で年間曝露量の80%
  - ◆ 放射性セシウムの曝露は継続的
3. 発がんリスク(低線量領域における曝露量と発がんリスクに直線的な関係があると仮定し、低線量補正を用いずに算出)
  - ◆ 発がんリスク
    - 放射性ヨウ素:  $3 \times 10^{-6}$ (成人)、 $2 \times 10^{-5}$ (幼児)、 $3 \times 10^{-5}$ (乳児)
    - 放射性セシウム:  $3 \times 10^{-6}$ (成人、幼児、乳児)
    - ⇒ 環境中のディーゼル車排出粒子やカリウム40を1年間曝露した際の発がんリスクよりも低く、ベンゼンより高いレベル
  - ◆ 致死性発がんリスク:
    - 放射性ヨウ素:  $2 \times 10^{-7}$ (成人)、 $1 \times 10^{-6}$ (幼児)、 $2 \times 10^{-6}$ (乳児)
    - 放射性セシウム:  $8 \times 10^{-7}$ (成人、幼児、乳児)
    - ⇒ 交通事故による年間死亡率より1けた以上小さいレベル

23