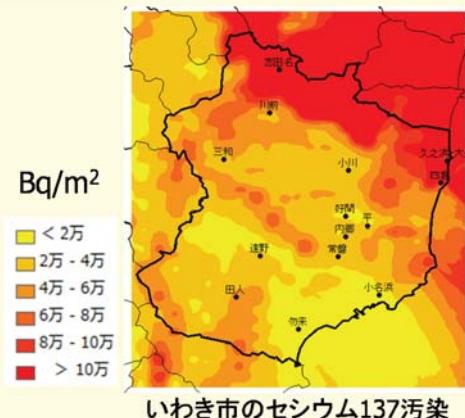
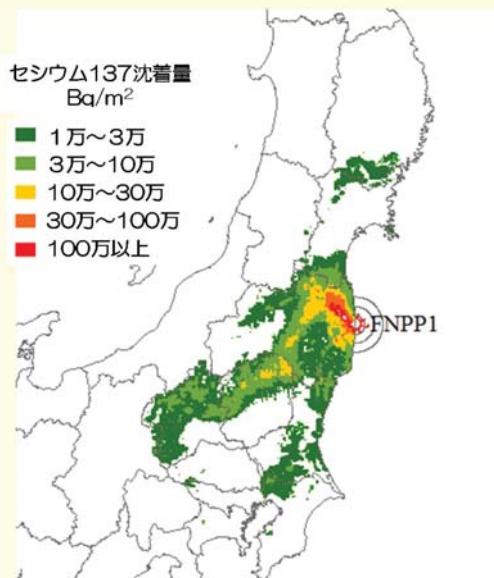


原発事故から7年： 福島の汚染の現状と被曝を考える



東日本のセシウム137汚染
1平方m当たり1万ベクレル以上の
面積は約2万5000平方km

今中哲二

京都大学原子炉実験所

2018年3月3日

いわき市文化センター

1

今日の話題

- 7年前を振り返って
 - 原発と同じくメルトダウンしてしまった日本の原子力防災体制
 - いわき市の初期被曝評価
- 汚染と被曝の現状
 - 飯舘村の調査報告
 - 現在の汚染状況
- 放射能汚染との向き合い方
 - どこまでガマンするか納得しながら決めるここと
 - トリチウムについて

2

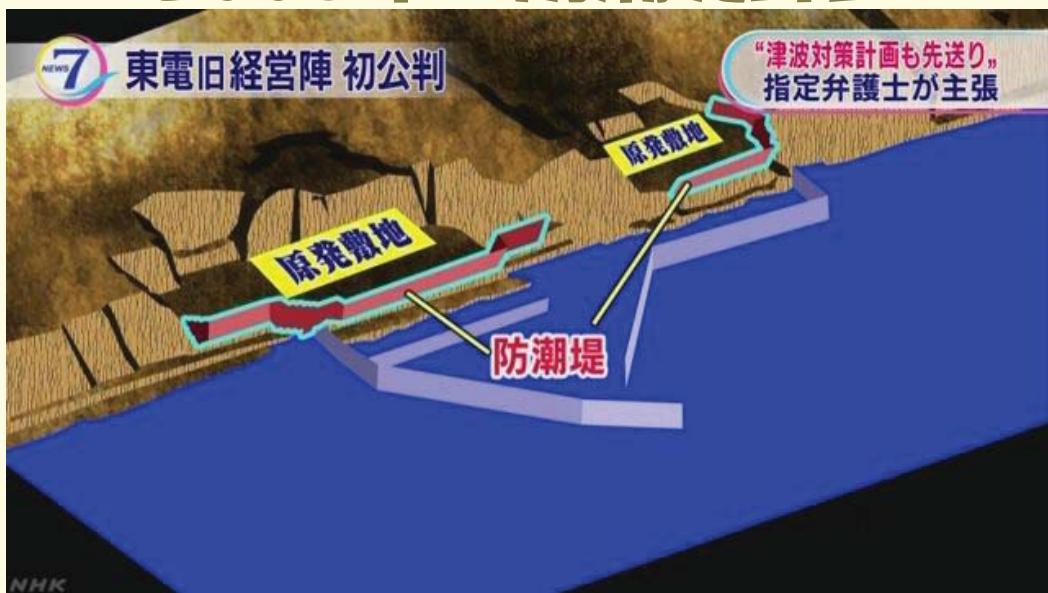
2011年3月11日 14時46分



きっかけは地震・津波だったが
福島原発事故は人災だ！

昨年6月30日の東電刑事裁判で明らかになった

2008年の防潮堤計画



『2008年に、東電内部チームから、福島原発で
10mを越える津波の可能性の報告があった』
政府事故調・吉田調書

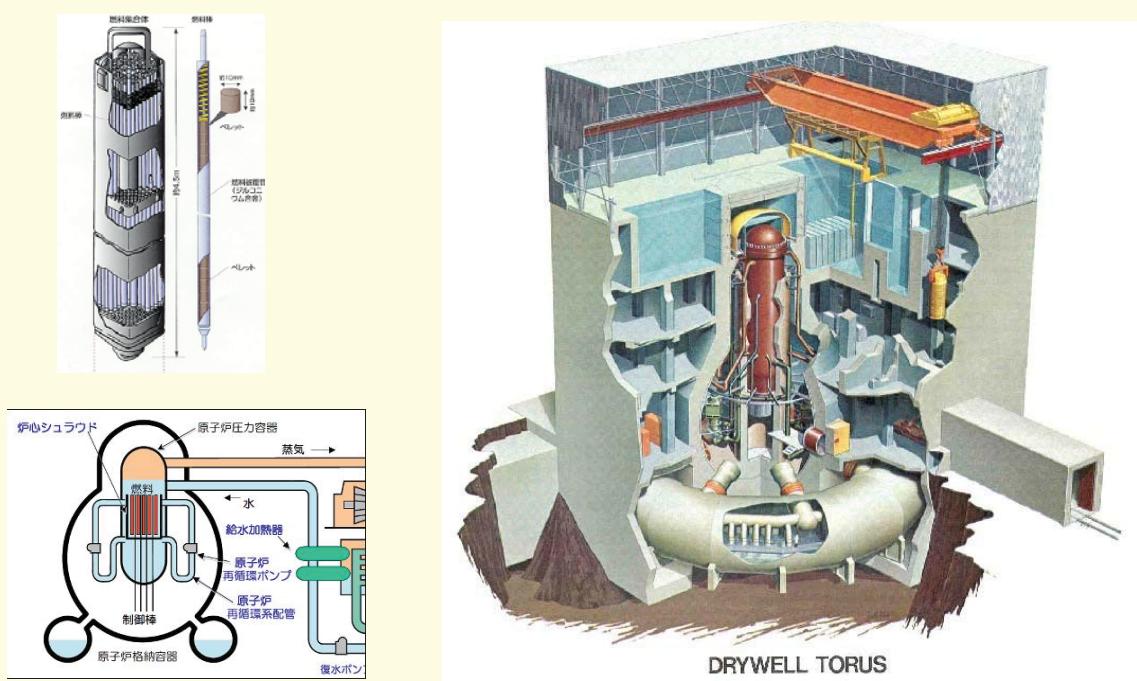
3月12日15時36分、1号機水素爆発



格納容器は、なんとか壊れてないようだった！

5

BWR型原子炉の構造と燃料棒、燃料集合体



6

3月14日11時1分、3号機水素爆発



1号機のときと爆発の様子が違うのが気になった...
7

2011年3月15日午前11時 菅首相と枝野官房長官の記者会見



4号機で水素爆発が起き、2号機では格納容器が
破壊された、と発表され、

私は、福島原発事故がついにチェルノブイリにな
ってしまった、と確信した。

3月14日夜

1 13時00分 2011年(平成23年)3月15日(火)

毎日新聞 第46155号

2号機 空だき状態

福島第1原発 燃料棒破損の可能性

3号機爆発で11人けが

**東日本大震災
海水注入後も再**

福島第一原発の概要図
3号機爆発による大噴火による爆風による吹き飛ぶ瓦礫
53万人避

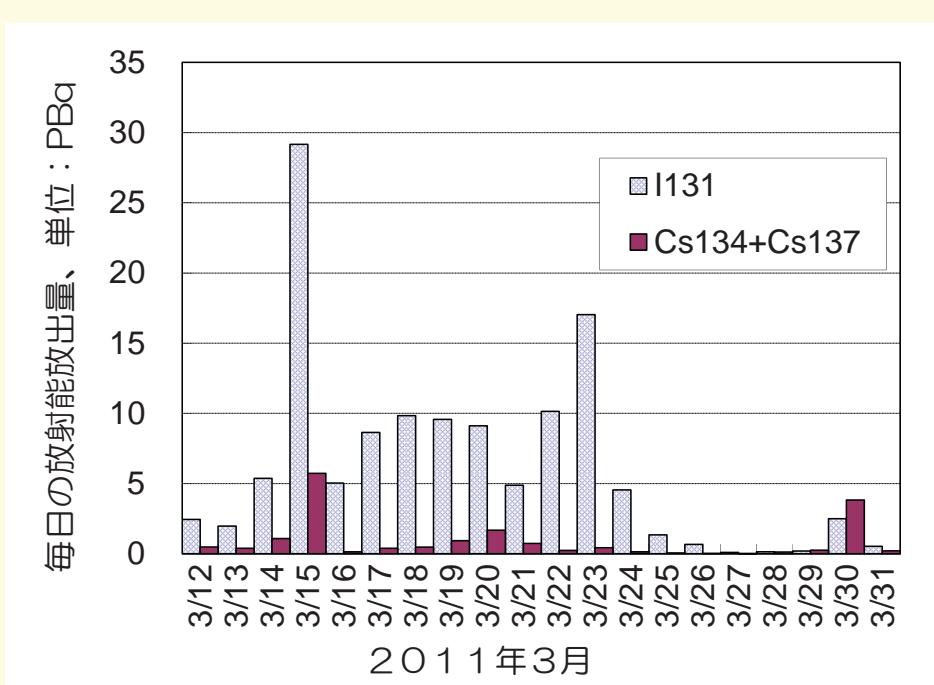
3号機爆発で11人けが

東日本大震災
海水注入後も再

3月15日(火)
2011年(平成23年)
東日本大震災、福島第一原発事故、東京電力
毎日新聞社
医療・介護のトータルヘルスケア
白十字
News Click
東日本大震災
■死者・行方不明者(人)
北海道 1 死者 1 行方不明者
青森県 3 1
岩手県 627 1万以上
宮城県 179~2079 1万以上
山形県 1 0
福島県 431 1573以上
茨城県 19 0
栃木県 4 0
群馬県 1 0
千葉県 15 7
東京都 7 0
新潟県 3 0
合計 3000以上 2万以上
※14日午後11時現在、毎日
新聞社まとめ
原発 未発の制御不能 2
計画停電 運転まで避走 3
計画停電 区割り一発発 4
日程追加発電を決定 5

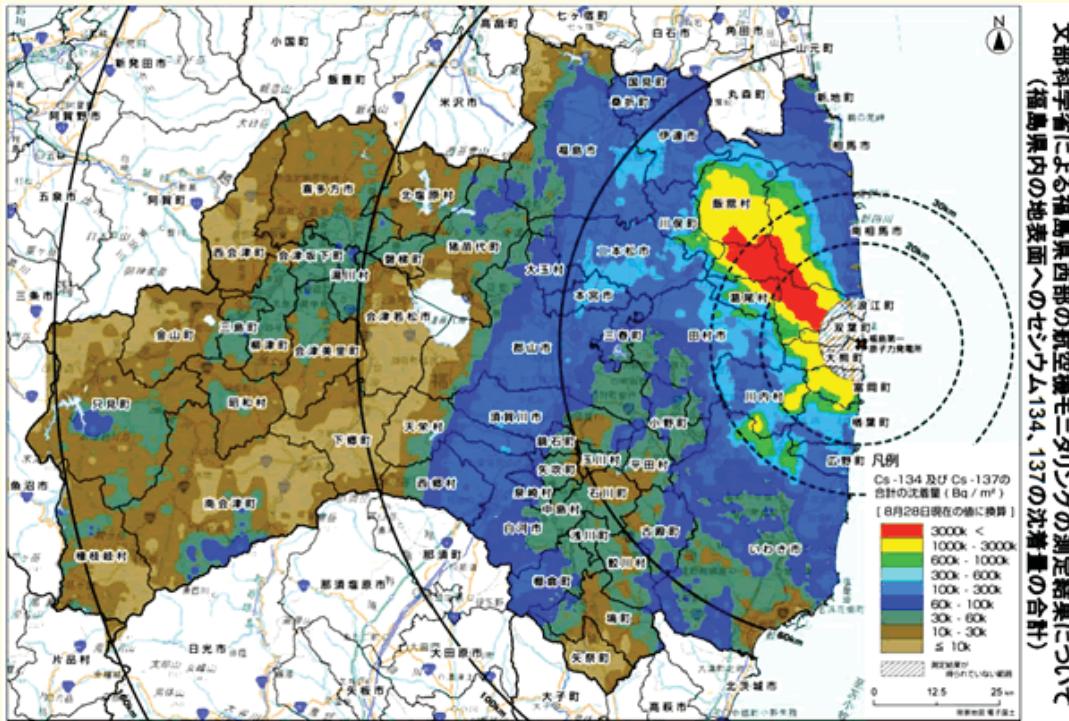
翌朝、緊急時要員以外、第1原発から退避！

事故期間中の毎日の放射能放出量



UNSCEAR2013報告より作成

3月15日の夜に、放射能の雲 (放射性フルーム)と雨・雪が重なった



メルトダウン状態の原子力防災システム

2011年3月15日 19時56分 誰様 FAX. No. 3 3/15 19:56
福島原発事故連絡 FAX. No. 3 3/15 19:56
From : 福島OFC (福島県庁5F 借地)
To : NSC 管理震度課
(内容) 福島原発センターモニタリング班で被ばく線量
(OFC 放射能班)が入りましたので、
送付します。
途中の川俣町(岩手町から38kmへ地図)で、総量 30.1mSv
計り切れていたため、福島市内へ引き返したのです。

2011年3月15日 19時54分 誰様 NO. 8693 P. 1/7
11-03-15; 15:01PM 鮎川原センターモニタリング班
H23 3/15 モニタ 1回目 Cap. [] 3/15 19:08
13:17 福島市出発(自治会館) 0.06 μSv/h 暫時停止
13:26 南向台車入口 0.05 " "
13:31 RTK入口(ミエストラム) 0.04 " "
13:41 飯野町入口 0.06 "
13:46 犬子山セントラルイン 0.06 "
13:46 犬子山川保 0.16 "
14:00 川俣ラジオ(0.14kmアンド) 0.12 "
14:06 川俣セセリ病院 0.30 "
14:08 川俣バイパス終点 0.85 "
14:13 金網不八 0.86 ~ 0.9 "
14:16 / 9.1 "
14:17 / 8.7 "
11:28 / 10 "
14:18 岩寺病院 11.2 "
14:20 川俣ラジオ(0.14kmアンド) 15.0 "
14:22 山木屋郵便局 21.5 "
14:24 (12件目数取) 30 < (承認) 30.5 "
14:25 大原郵便局 25 "
14:27 川俣セセリ病院 28 "
14:30 金網不八 23 "
14:32 / 19.3 "
14:34 / 10 "
14:38 川俣バイパス終点 16.5 "
14:42 ジャンボ病院 10.4 "
14:43 金網セセリ不八 9.7 "
14:44 川俣ラジオ(0.14kmアンド) 8.6 "
14:46 金網不八 8.2 "
14:50 伊集院郵便局 4.2 "
14:52 ナガシマセセリ 7.40 "
15:03 南向台車(0.14kmアンド) 2.1 "
15:05 南向台セセリ(0.14kmアンド) 1.1 "
15:09 川俣セセリラジオ(0.14kmアンド) 1.6 "
15:12 福島駅前交差点 1.5 "
15:22 東福島駅前 1.2 "

オフサイトセンターの調査班は、線量計が振り切れたので山木屋郵便局あたりで撤退したが、その先ではまだみんなが普通に暮らしていた...

たいへんな放射能汚染が起きていることは明らかだったが、まったくと言っていいほど情報が出てこなかった！

とにかく、自分たちで測っておかなくては！

13

2011年3月29日の飯館村調査 長泥曲田 $30 \mu\text{Sv}/\text{h}$



このような放射能汚染の中で、飯館村の人々は普通に暮らしていた！

どうやら、福島の原子炉と期を同じくして、日本の原子力防災システムもメルトダウンしていたようだ！¹⁴

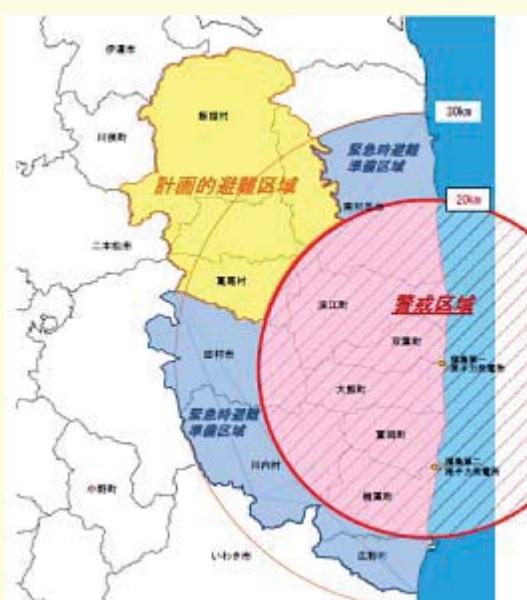
“20ミリシーベルト”の由来 気を取り直した原子力災害対策本部

メルtdown状態にあった原子力災害対策本部は、3月末に気を取り直して、汚染地域に対し、“緊急時被ばく状況”と“現存被ばく状況”というICRPの考え方を採用し、対策にあたることにした。

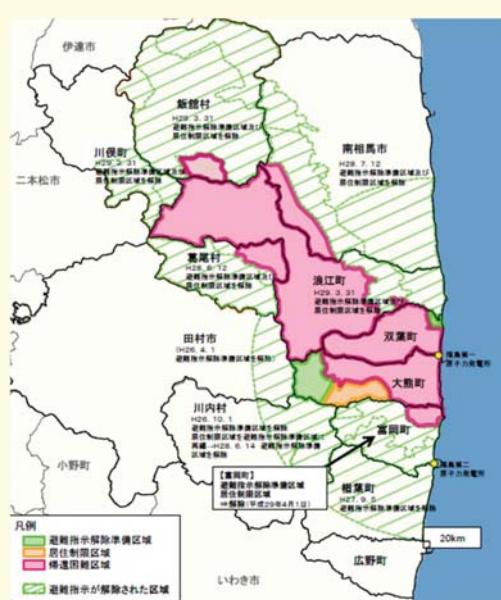
- **緊急時被曝状況**：予測される被曝量が“あるレベル”（参考レベル）を越えるような場合、防護計画に従って住民避難などの対策を行う状況。参考レベルを、20～100ミリシーベルトの範囲から、20ミリシーベルトに決定。
- **現存被曝状況**：汚染地域に人々が暮らす場合、被曝量を“あるレベル”（参考レベル）以下に被曝を引き下げるための継続的な防護措置と管理が必要な状況。参考レベルを、年1～20ミリシーベルトの範囲から、年1ミリシーベルトに決定。

15

4月22日、飯舘村などが計画的避難区域に指定され、
昨年4月1日、多くの避難指示が解除された



2011年4月22日



2017年4月1日

16

福島原発事故が起きてしまい、人々の被曝評価と健康追跡調査を、誰がどんな形で行うのだろうと注目していたら、いつのまにか日本政府は福島県に仕事を“丸投げ”していた！

専門家のひとりとして、とにかく自分で出来ることをやっておこう！

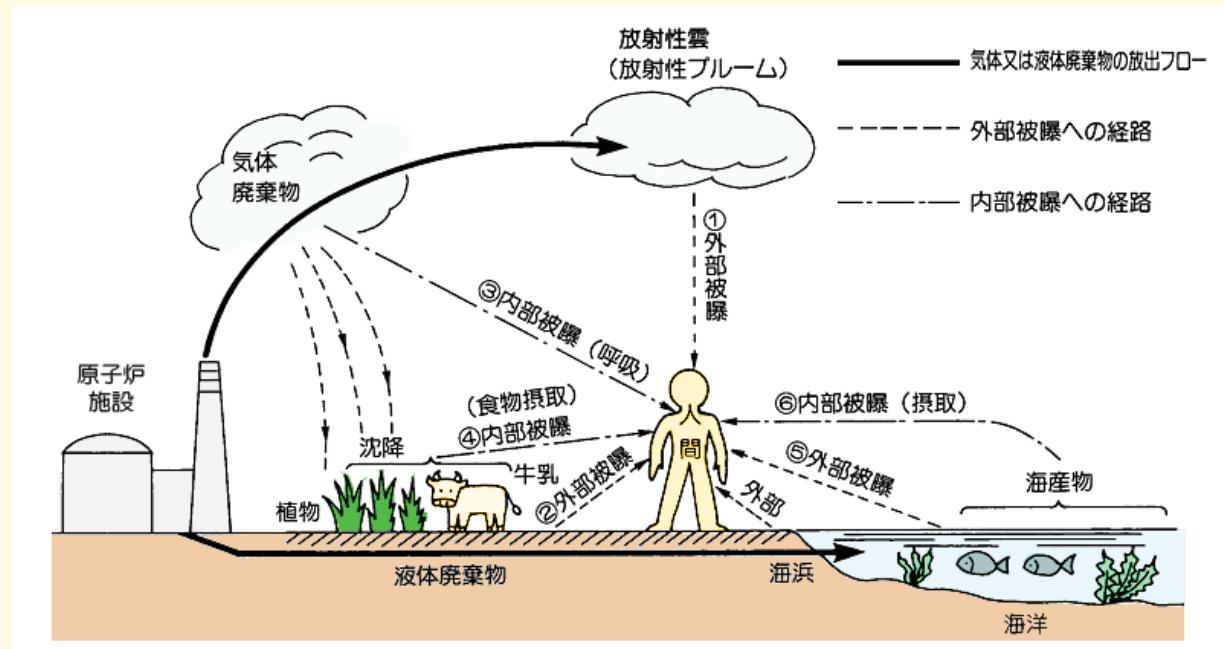
17

<2016年 たちねからの受託研究>

いわき市の初期被曝評価

18

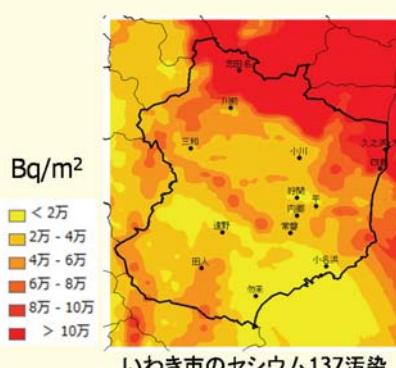
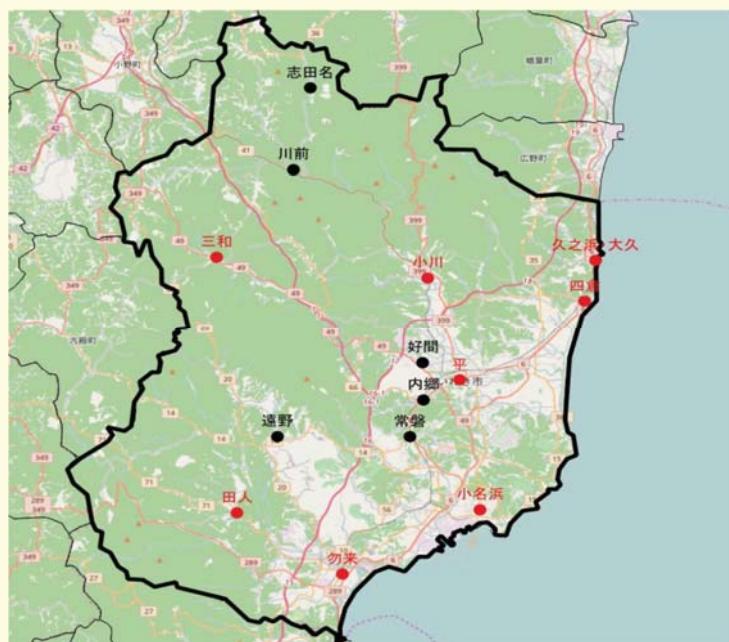
原発事故にともなう人々の被曝経路のいろいろ



ネット検索の図から拝借

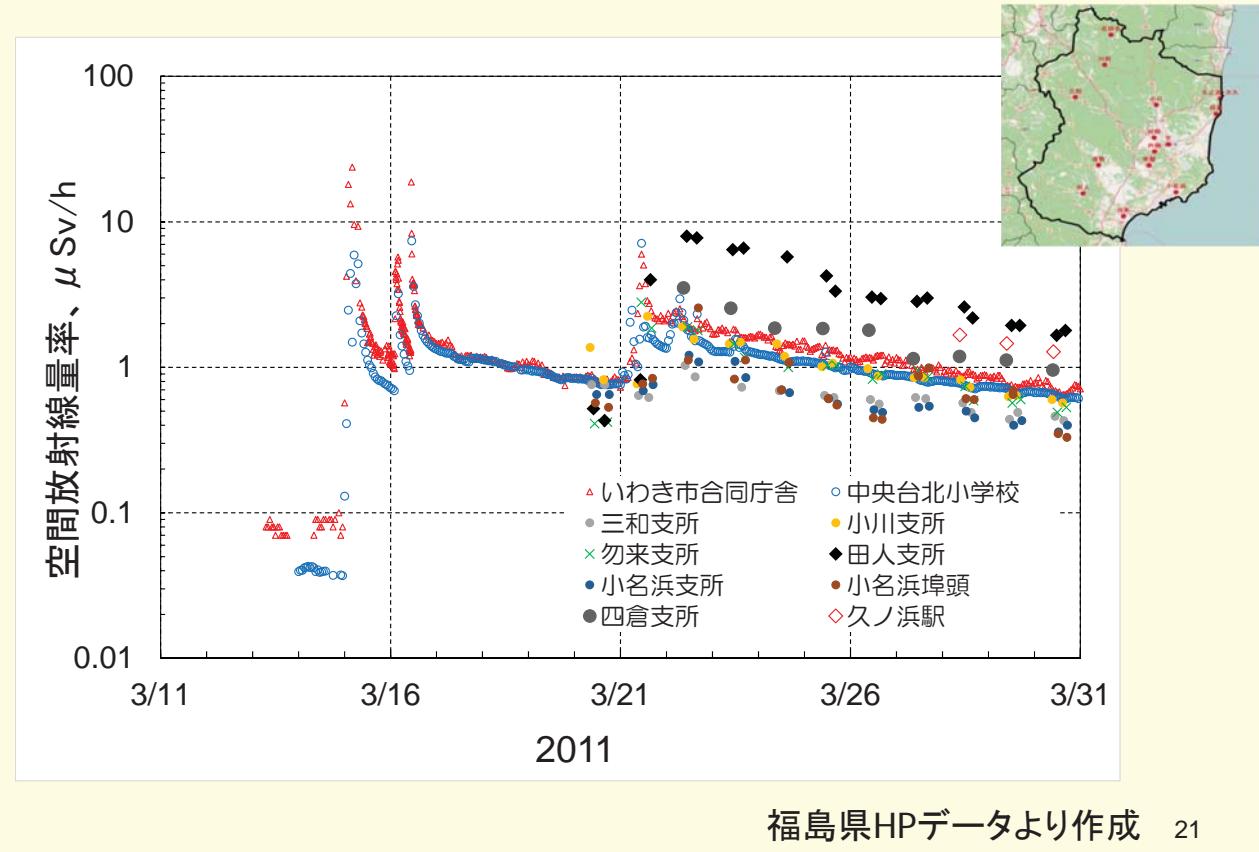
19

いわき市の初期被曝評価 対象地区

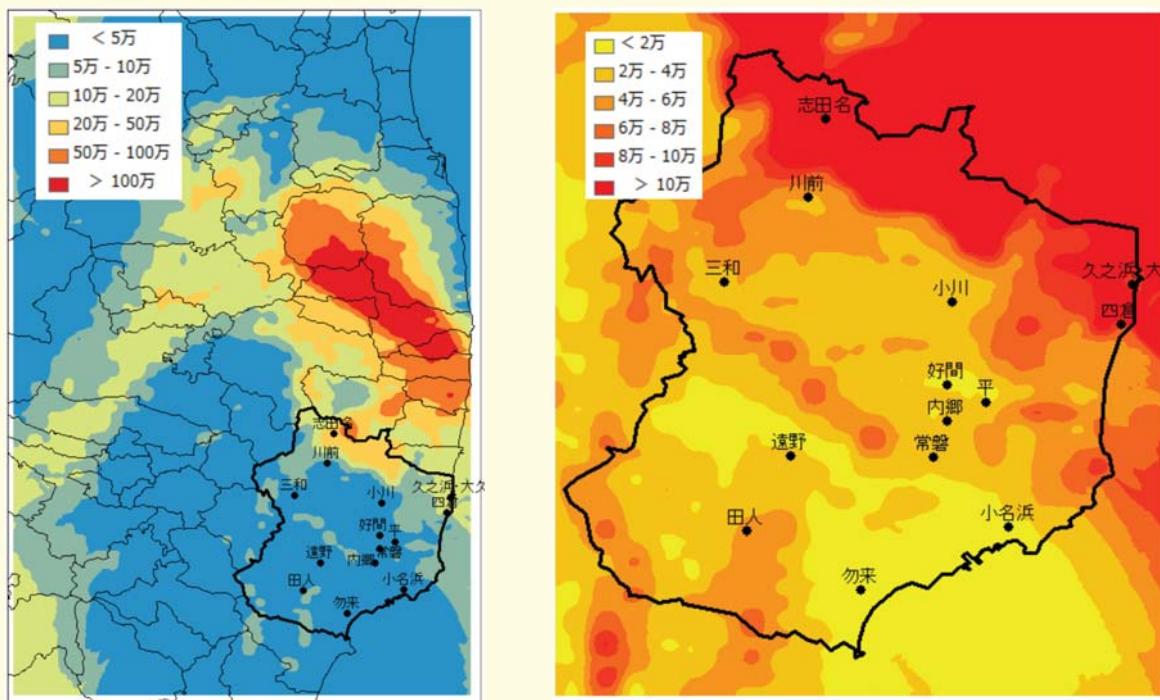


20

2011年3月のいわき市モニタリングデータ

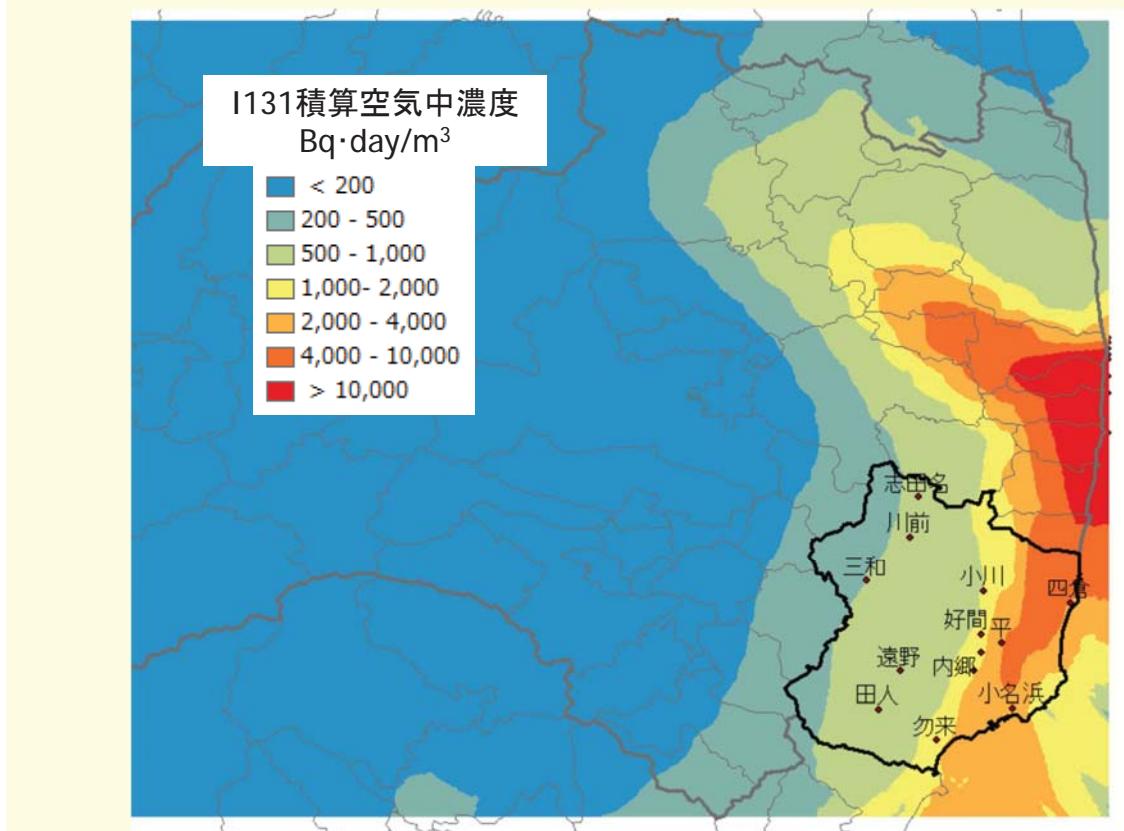


いわき市のセシウム137初期沈着量マップ 文科省第3次航空機サーベイデータ(2011.6)より作成

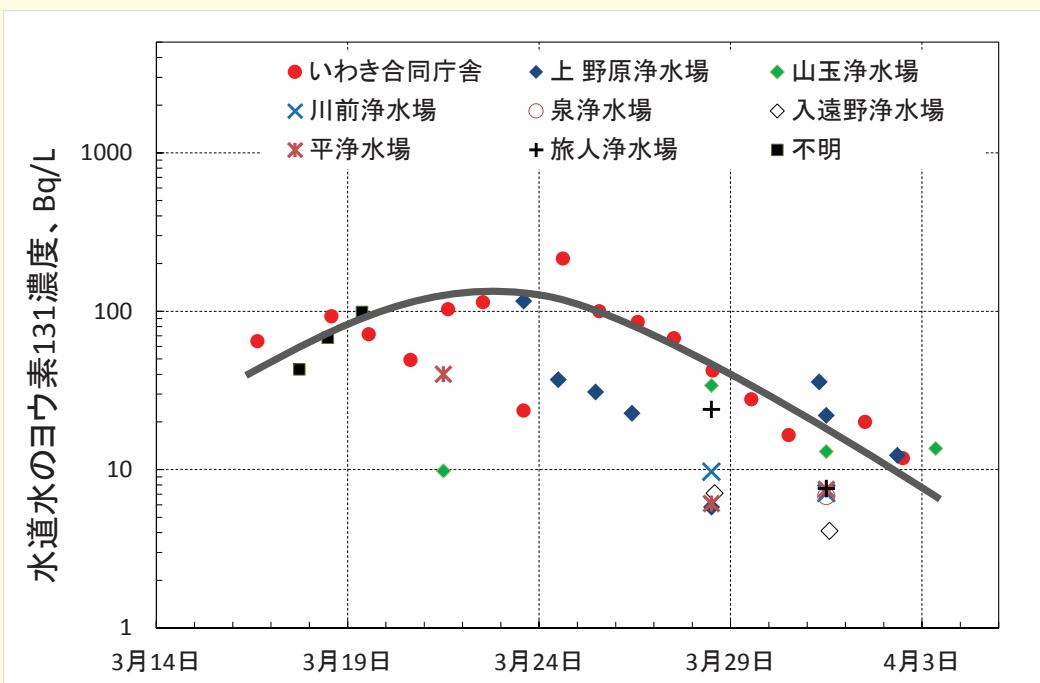


汚染地域の任意の場所のセシウム137沈着量を推定できる。

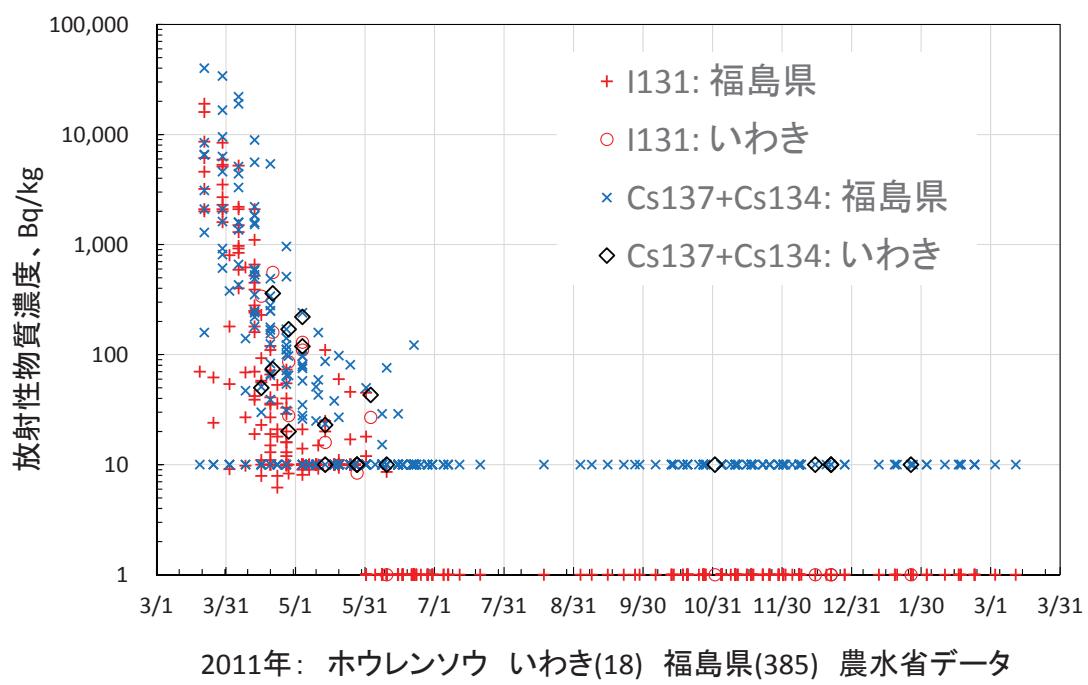
UNSCEARシミュレーションデータに基づく ヨウ素131の大気中積算濃度マップ



いわきの水道水のヨウ素131

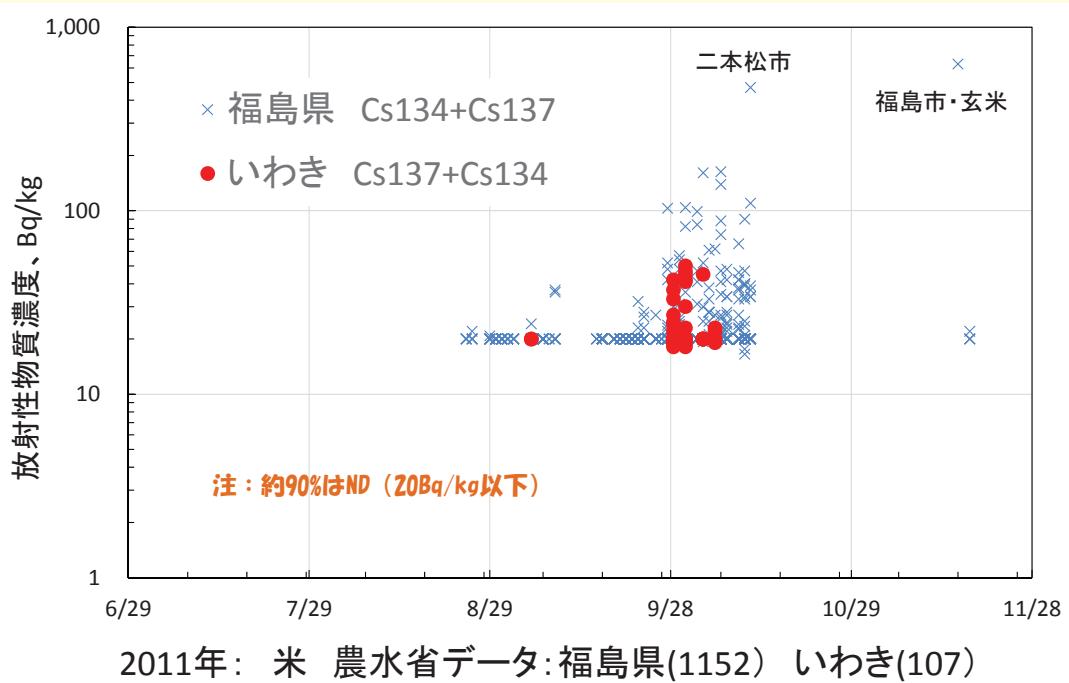


福島県といわきのホウレンソウ



25

福島県といわきの米



26

まとめ1 いわき市のヨウ素131による甲状腺被曝、mSv

	幼児 (1歳)	子ども (10歳)	大人
吸入 (14カ所平均)	15.60	13.06	7.75
水道	3.41	1.26	1.09
食物	28.36	10.42	5.55
合計	47.4	24.7	14.4

27

まとめ2 いわき市の1年間の実効線量のまとめ、mSv

	幼児 (1歳)	子ども (10歳)	大人
外部被曝 (14カ所平均)	0.84	0.73	0.63
ヨウ素甲状腺被曝 (実効線量)	2.37	1.24	0.72
セシウム内部被曝 (実効線量)	0.22	0.25	0.41
合計	3.42	2.21	1.75

参考：UNSCEARの値 **4.13** **3.04** **2.19**

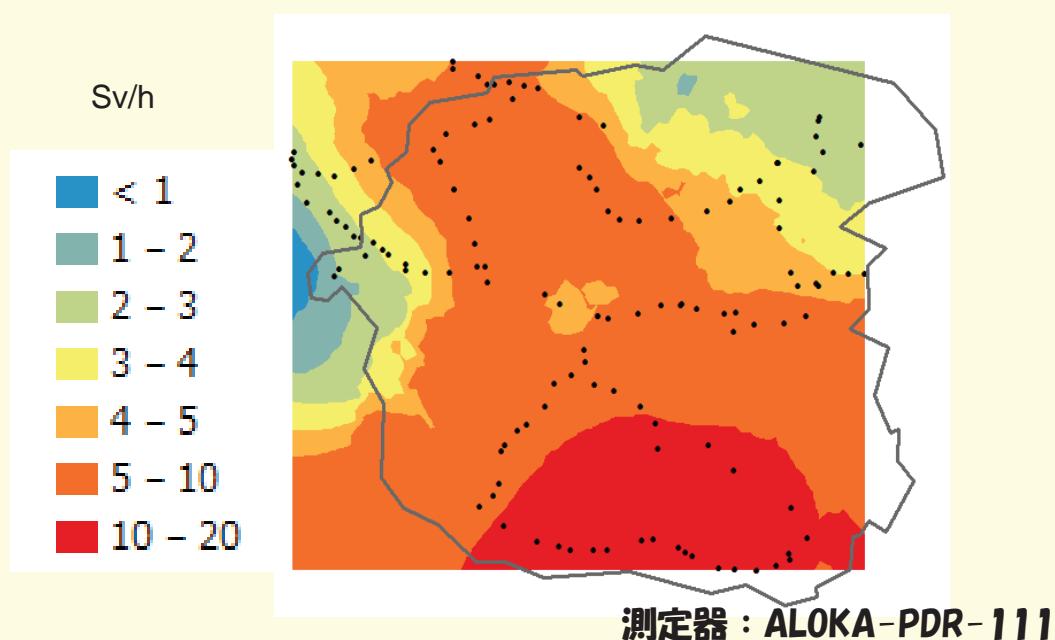
28

飯館村での調査結果

- 6年間の村内放射線量調査
- 避難指示解除前の個人住宅周辺の放射線量調査

29

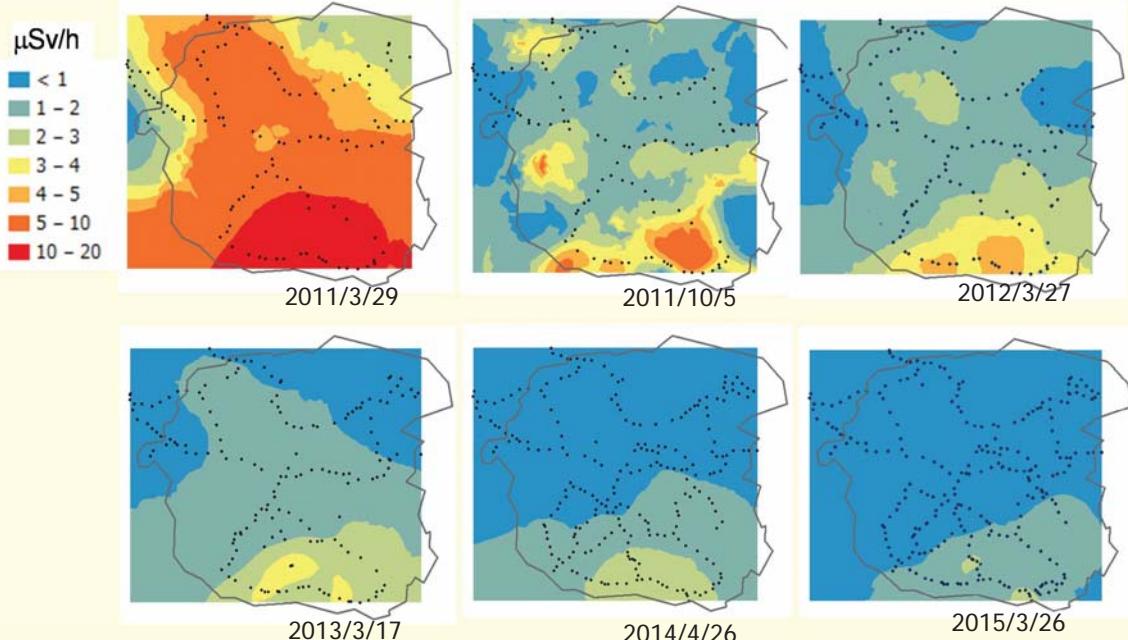
2011年3月29日の飯館村走行サーベイ 調査結果（車内放射線量）



飯館村全域に大変な汚染があり、福島第1原発に近い南へ行くほど大きくなった！

30

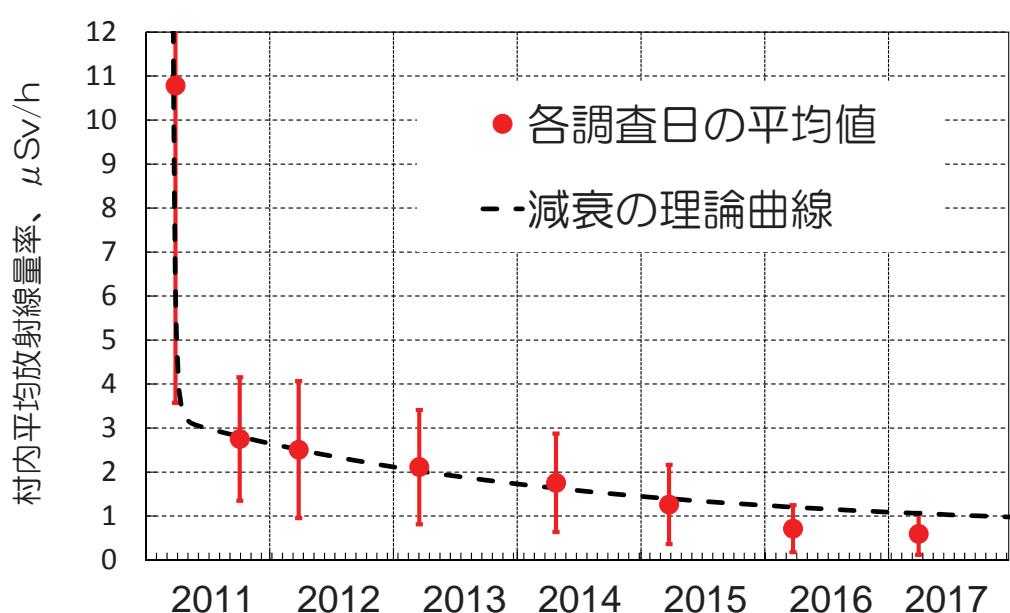
飯館村全域の走行サーベイ 2011～2015



日産エルグランド車内での放射線量：車外では約5割増し。

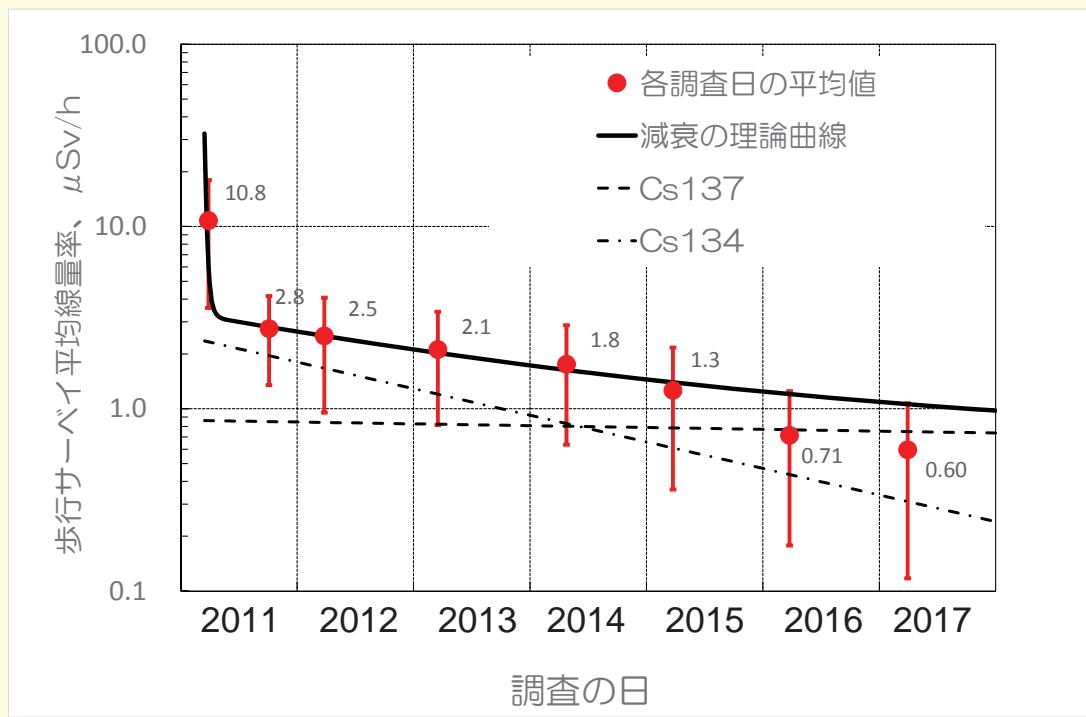
31

この6年間の飯館村走行サーベイ調査 平均放射線量の推移



32

この6年間の飯舘村走行サーベイ調査 平均放射線量の推移



33

避難指示解除を前に除染後の現状を把握するための 家屋周辺サーベイ調査

- 2016年5月20日 前田地区55戸
- 2016年10月9日 上飯樋地区125戸
- 2016年11月24日 藤平地区 48戸
- 2016年11月24日 小宮・萱刈庭組 21戸

各家の4カ所

- 入口道路
- 玄関前
- 庭
- 母屋裏

の放射線量を測定



34

家屋周辺サーベイのまとめ

地区名	戸数	空間線量率平均値、 $\mu\text{Sv}/\text{時}$			
		入口道路	玄関前	庭	母屋裏
前田	55	0.68	0.42	0.60	0.78
上飯樋	125	0.48	0.37	0.51	0.68
蕨平	48	0.99	0.79	1.01	1.13
萱刈庭	21	0.86	0.65	0.93	1.09

除染後の飯館村の家回りの放射線量は、毎時0.5～1.0マイクロシーベルト程度と言っていいであろう。

35

飯館村に居住したときの被曝量の計算例

家の回りの放射線量率が $1\mu\text{Sv}/\text{h}$ （マイクロシーベルト/時）だった時の、1年間の被曝量の大ざっぱな見積もり

◆仮定① 1日の過ごし方は、家の外に8時間、家の中に16時間。

◆仮定② 家の中と外の放射線量率の比（家屋の透過係数）は0.4。

◆1日の被曝量

$$1.0(\mu\text{Sv}/\text{h}) \times 8\text{h} + 1.0(\mu\text{Sv}/\text{h}) \times 0.4 \times 16\text{h} = 14\mu\text{Sv}$$

◆1年の被曝量

$$14 \times 365 = \text{約}5200\mu\text{Sv} = \text{約}5\text{ミリシーベルト}$$

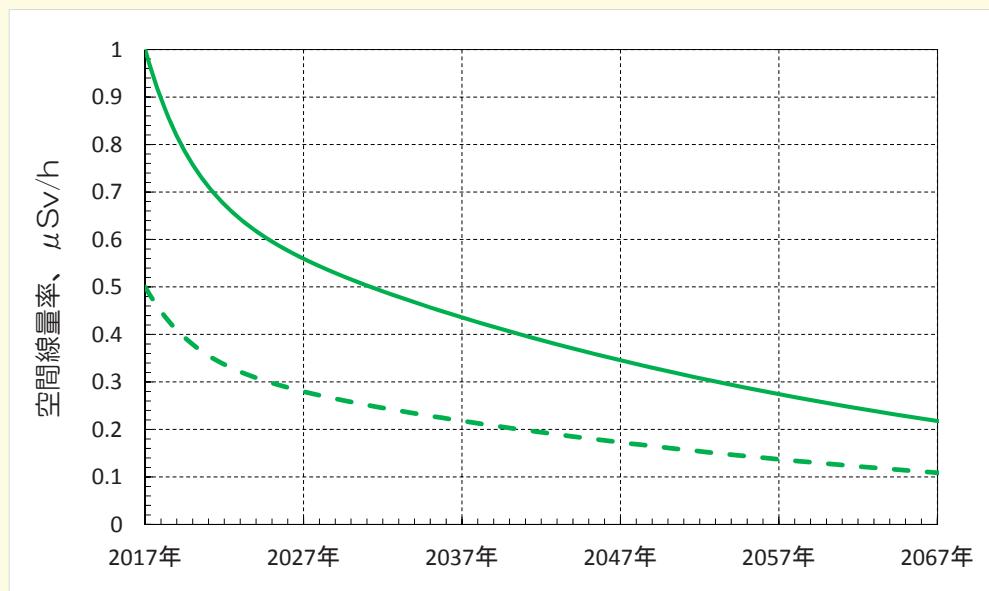
毎時1.0マイクロシーベルトで年間約5ミリシーベルト。

毎時0.5マイクロシーベルトで年間約2.5ミリシーベルト。

36

放射線量の今後50年間の推移予測

いま1マイクロシーベルト/時と0.5マイクロシーベルト/時の場合



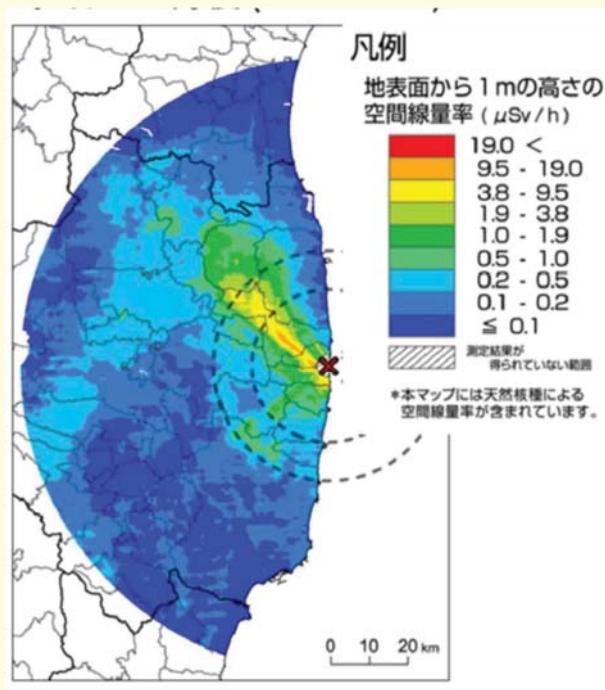
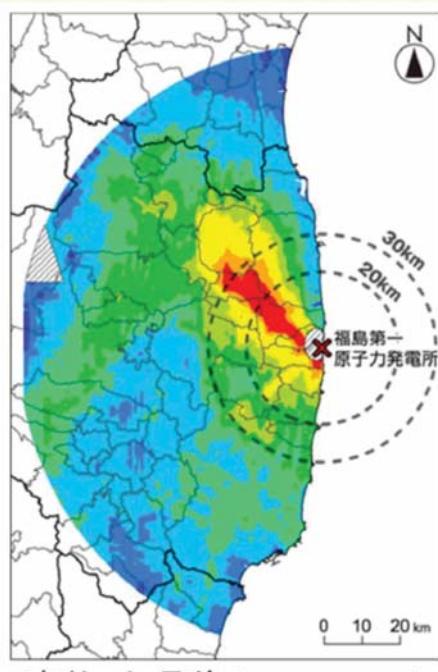
37

福島の最近の汚染レベル

38

空間線量率の変化

航空機サーベイメータ



39

最近の食品の放射能汚染レベル：今中測定例

	産地	入手時期	セシウム137+セシウム134濃度 ベクレル/kgまたは㏃/㍑
精米	二本松	2013年12月	0.5
精米	二本松	2014年12月	0.4
精米	二本松	2015年12月	0.2
精米	二本松	2017年3月	0.2
精米	二本松	2018年1月	0.6
精米	飯舘村	2018年1月	0.4
リンゴ	二本松	2014年12月	1.7
リンゴ	二本松	2015年12月	1.4
リンゴ	二本松	2017年3月	0.2
リンゴ	二本松	2018年1月	0.8
ジャガイモ	二本松	2017年7月	0.7
大豆	福島市	2017年11月	4.0
大豆	福島市	2018年2月	0.6
牛乳	北海道	2015年2月	0.02 (核実験由来)
乾しシイタケ	大分	2014年4月	6.1 (核実験由来)
生シイタケ	飯舘村	2014年4月	1万5000
マツタケ	飯舘村	2016年10月	1万4000

食べ物と一緒にセシウム137を100ベクレル取り込んだ時の内部被ばく量

1歳児	約1.2 マイクロシーベルト
10歳児	約1.0 マイクロシーベルト
大人	約1.4 マイクロシーベルト

ICRP Publication 67 (1994)より

100ベクレルを食べたら約 $1 \mu\text{Sv}$ の内部被曝。
汚染のないところ ($\sim 0.05 \mu\text{Sv}/\text{時}$) に1日いたら約
 $1 \mu\text{Sv}$ の外部被曝。

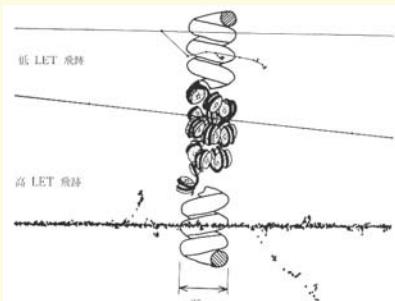
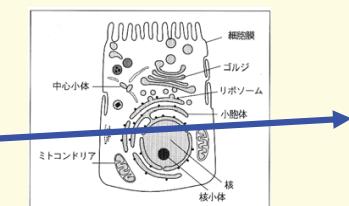
汚染地域で暮らすとは

- 余計な被曝はしない方がいい
- ある程度の被曝は避けられない

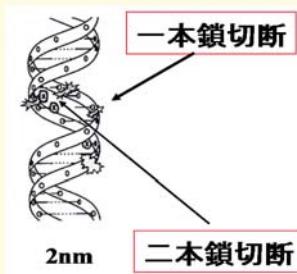
この相反する2つのことに
どう折り合いをつけるか！

福島原発事故による汚染が余計なものである以上、私たちは「1ベクレル、1マイクロシーベルトたりともイヤだ」という権利はある。専門家の役割は、放射能汚染、被曝量、被曝リスクについて、できるだけ確かな情報を提供し、人々が自分で判断するのを手伝うことにある。

放射線に被曝すると！

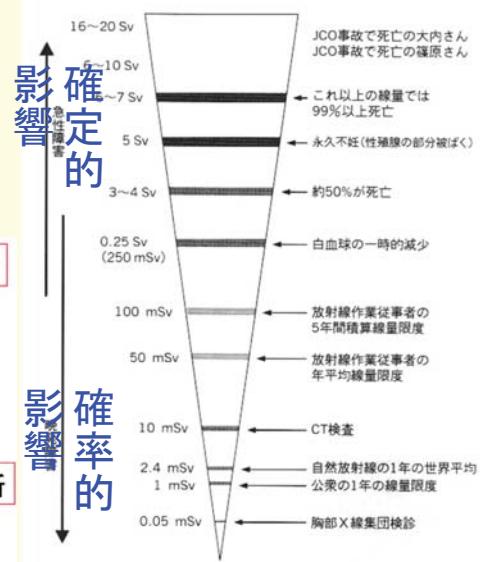


図B-1 クロマチン（DNAと蛋白質の混合物）の断面を通過する高LET飛沫と低LET飛沫のダイヤグラム



Int. J. Rad. Biol.
Dooghead DT, 1994

図26 被ばく線量と健康障害の関係



* 1 Sv(シーベルト) = 1,000 mSv(ミリシーベルト)

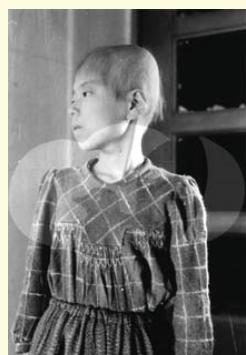
一度にたくさん浴びると“急性障害”（確定的影響）が起き、被曝が少なくてもガン・白血病といった“晚発障害”（確率的影响）の恐れがある。

43

放射線障害

■ 急性放射線障害

- 大量の被曝により多くの細胞が死亡し臓器機能がやられる



■ 晚発性放射線障害

- 細胞の突然変異により、後になってガン・白血病や遺伝的障害として現われる

44

“20ミリシーベルト以下で安全・安心” なわけではない

原子力規制委員会（2013年11月） 帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方

避難指示区域への住民の帰還にあたっては、当該地域の空間線量率から推定される年間積算線量が20 mSv を下回ることは、必須の条件に過ぎず、同時に、ICRPにおける現存被ばく状況の放射線防護の考え方を踏まえ、以下について、国が責任をもって取組むことが必要である。

- ・長期目標として、帰還後に個人が受けれる追加被ばく線量が年間1 mSv 以下になるよう目指すこと
- ・避難指示の解除後、住民の被ばく線量を低減し、住民の健康を確保し、放射線に対する不安に可能な限り応える対策をきめ細かに示すこと

45

「1ミリシーベルトに科学的根拠はない」 2016年2月12日の丸川環境大臣発言



丸川大臣は、ふだん役人から吹き込まれていたことを正直に語ったのだが、誰もフォローしてくれず発言を謝罪した。

ICRP（国際放射線防護委員会）の考え方：放射線被曝には、被曝量が少なくても、1ミリシーベルトには1ミリシーベルトなりのリスク（危険度）がある。

46

米国BEIR-VII報告 (2005)



★ 1 mSvの被曝により後に発がんする確率は(人間集団の平均で)1万分の1である

国際がん研究機関 チームの論文 (2015)



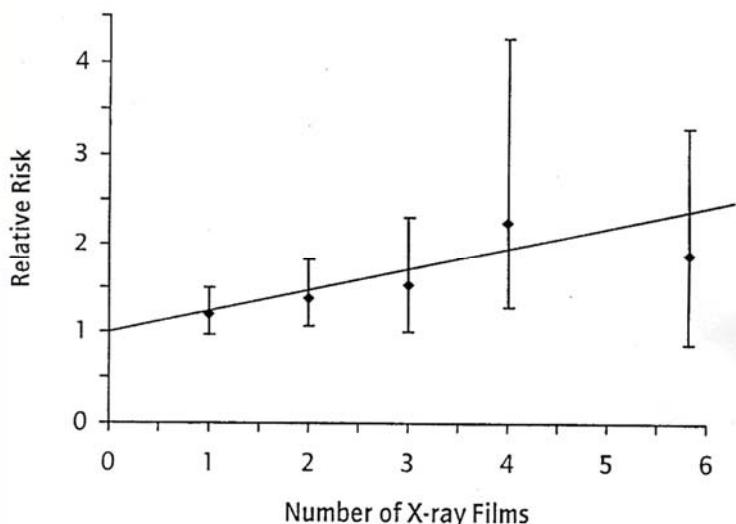
47

オックスフォード小児ガン研究

妊娠中に受けたX線検査の数と危険度の関係: 1953-1972

R Doll, British J Radiology (1997)

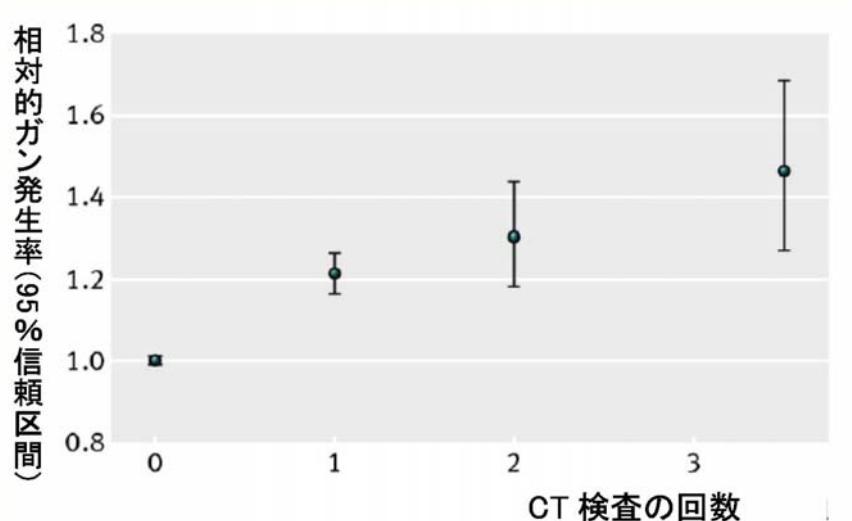
X線検査1回(約5ミリグレイ)当たり20%のリスク増加



1956年、英国のAlice Stewartは、妊娠中にX線診断を受けた母親の子供に小児ガンが多いことを報告した。この結果は後の研究でも確認された。

48

オーストラリアでCT検査を受けた子供68万人の追跡調査 CT検査によるガン増加データ Mathewsら BMJ誌 2013年

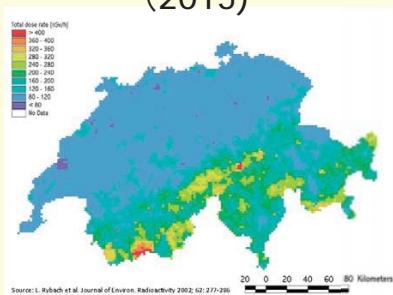


CT 1回当たりの被曝量は4.5ミリシーベルト.
CTの回数とともにガン増加が認められた.

49

自然放射線と小児ガン スイスの200万人追跡データ

Spycher et al,
EHP 123:622-8
(2015)



スイスの自然放
射線量率分布

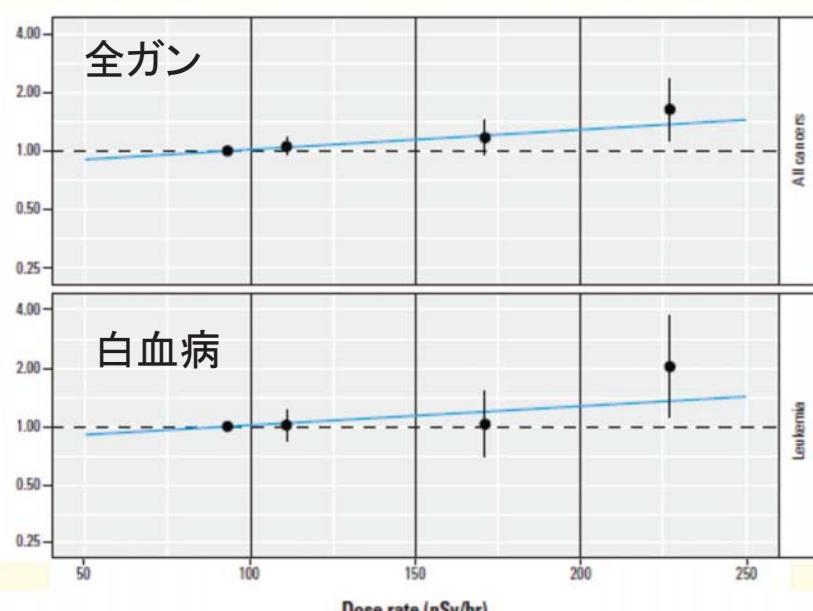


Figure 2. Hazard ratios for cancer by dose rate of external ionizing radiation among children < 16 years of age in the Swiss National Cohort. Results from Cox proportional hazards models adjusting for sex and birth year using a categorized exposure [points and bars (95% CIs) placed along the x-axis at mean dose rates within categories; categories delineated by vertical lines] and a linear exposure term (blue line). Dose rates < 100 nSv/hr are the reference category.

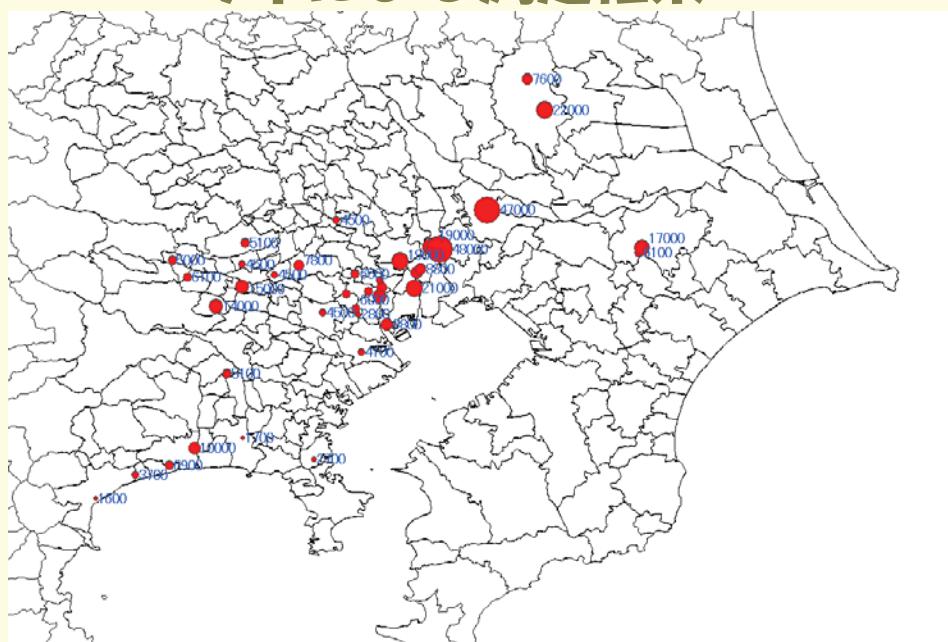
東京に住む娘や孫の“いまの被曝”を 今中が気にかけていない理由

- 家の周りの空間線量率は毎時 $0.05 \mu\text{Sv}$ 程度
 - 近くのセシウム137による土壌汚染は1平方m当たり約1万Bq（毎時約 $0.01 \mu\text{Sv}$ の増加）
- 野菜などの汚染は、キノコや山菜を除けば無視できる程度
- 東京で暮らすことによる被曝の増加は、1年間でせいぜい $100 \mu\text{Sv}$
 - 自然放射線量の場所による違いは年間数 $100 \mu\text{Sv}$

東京電力や日本政府の不始末で余計な被曝を受けるのは
しゃくだけど“もう、しゃーない！”

51

東京周辺の土壌中セシウム137汚染、 Bq/m^2 今中による測定結果



東京都心部では5000～1万 Bq/m^2
葛飾区、柏あたりは2万～4万 Bq/m^2

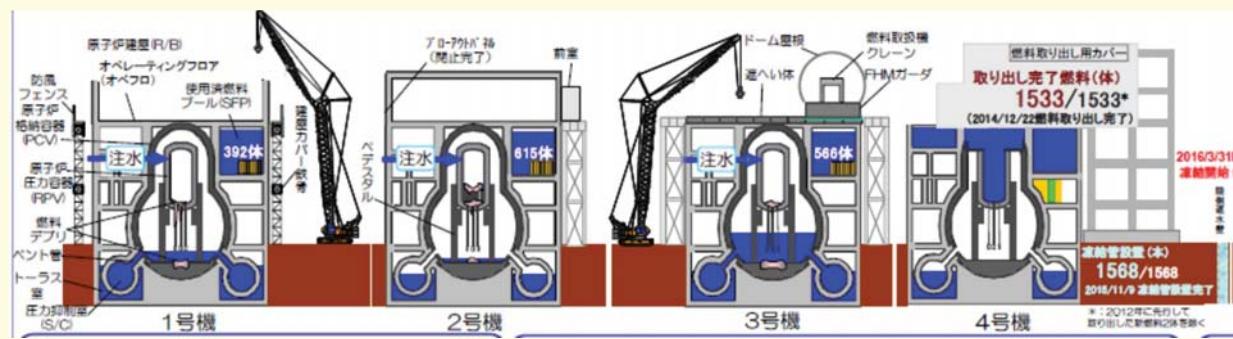
廃炉とトリチウムの問題

53

福島第1原発の廃炉は、少なくとも私が生きているうちには終わらない. . .

<廃炉へ向けての3つの問題>

- 燃料デブリの取り出し：ようやく“現場検証”的準備に取りかかったところ
- 燃料フルからの使用済み燃料の取り出し：たぶん5年くらいで終わる
- 汚染水の処理：地下水の流入は止まらず、処理水は増え続けて頭が痛い



トリチウム (T) とは

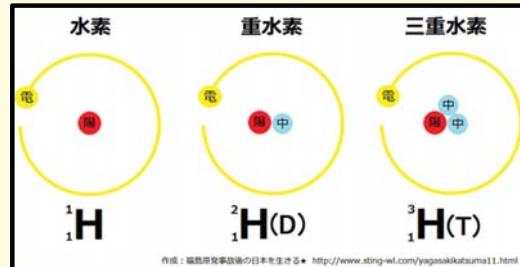
同位体：陽子の数が同じで中性子の数が異なる

水素の同位体

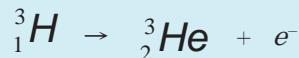
1_1H : 普通の水素（軽水素）

2_1H : 重水素

3_1H : 三重水素(トリチウム)



三重水素のベータ崩壊



<中性子>が<陽子>と<電子>に分解し、ヘリウム-3 が出来てベータ線が放出される

トリチウム（半減期12.3年）は、セシウム137に比べて放出されるベータ線のエネルギーが小さく（約500keVと約20keV）、体内に滞留する期間が短い（約100日と約10日）ので、原発からの廃水基準値は緩くなっている（90Bq/Lと6万Bq/L）。

トリチウムの生成源

- 核分裂（核分裂の際、いくらかの割合でトリチウムが出来る：3体分裂）
- 重水素の中性子吸収（原子炉の冷却水中の重水素が中性子を吸収する）
- 原子炉冷却水添加物（ホウ素やリチウム）が中性子と反応して生成：とくにPWR
- 宇宙線（大気の上空で高エネルギー宇宙線が空気の原子核と衝突しトリチウムができる）
- 核実験、とくに水爆では大量のトリチウムが生成する

自然界にも元々存在していたが、原子力の利用で増加した

●自然界で毎年出来るトリチウム：7.4京Bq

●海水中トリチウム濃度：0.1～0.2 Bq/ドル

●雨水中トリチウム濃度：約1Bq/ドル

●100万kW原発1年間で出来るトリチウム：

PWR200兆Bq、BWR20兆億Bq

●大気圏内核実験で出来的トリチウム量：160京Bq

トリチウム（T）の特徴

- 半減期12.3年で、ベータ崩壊によりヘリウム-3に変化する際に弱いベータ線（平均5.7keV）を放出する。ガンマ線は出さない。
- 化学的に水素と同じなので、大部分は水（トリチウム水：HTO）の形で、一部は有機物に結合（有機物結合型：OT）して存在する。
- ベータ線のエネルギーが小さく、体内に滞留する平均期間が短い（約10日）ので、原発からのトリチウム水の廃水基準値は緩くなっている（6万Bq/L）。セシウム137は90Bq/Lで、ストロンチウム90は30Bq/L。
- 廃水基準値は緩いが、同じ内部被曝量では、放射性セシウムに比べ健康影響は大きい。

トリチウムによる海の汚染：六ヶ所の例

海水試料(表層水)トリチウム濃度
2008(平成20)年度春(4~5月)
文科省調査
図1

2008年(再処理工場ホット試験中)の海へのトリチウム放出量：
360兆Bq

福島第1原発の処理中のトリチウム濃度：50万Bq/L

タンク1000基で100万立方m中のトリチウム総量：
 $50\text{万} \times 1000 \times 100\text{万} = 500\text{兆Bq}$



(責任の少ない) 今中の提案

- 汚染水はコンクリートで固めて、福島第1原発の敷地にピラミッドのようなモニュメントを作り、300年間管理しよう
 - 骨材にフレコンバッグにたまっている汚染土砂を用いると一石二鳥

300年経つと、トリチウムは1000万分の1に、セシウム137は1000分の1になる。

福島後の時代

福島後の時代

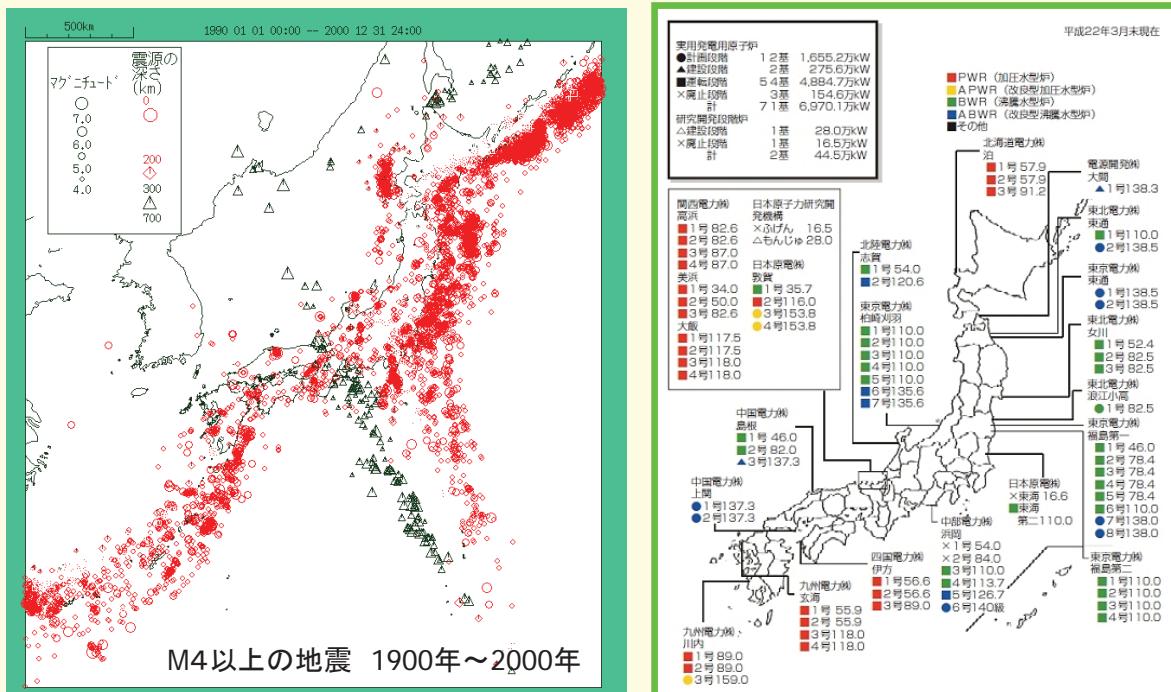
結局、私たちは
どこまでの被曝をがまんするのか?
一般的な答はない

<参考>

- 原子力施設からの一般公衆の線量限度:年間1ミリシーベルト
- 放射線作業従事者の線量限度:年間20ミリシーベルト
- 自然放射線による年間1ミリシーベルトの被曝を受けている
- 「年1ミリシーベルト」が、ガマンの目安を考えるときの出発点であろう

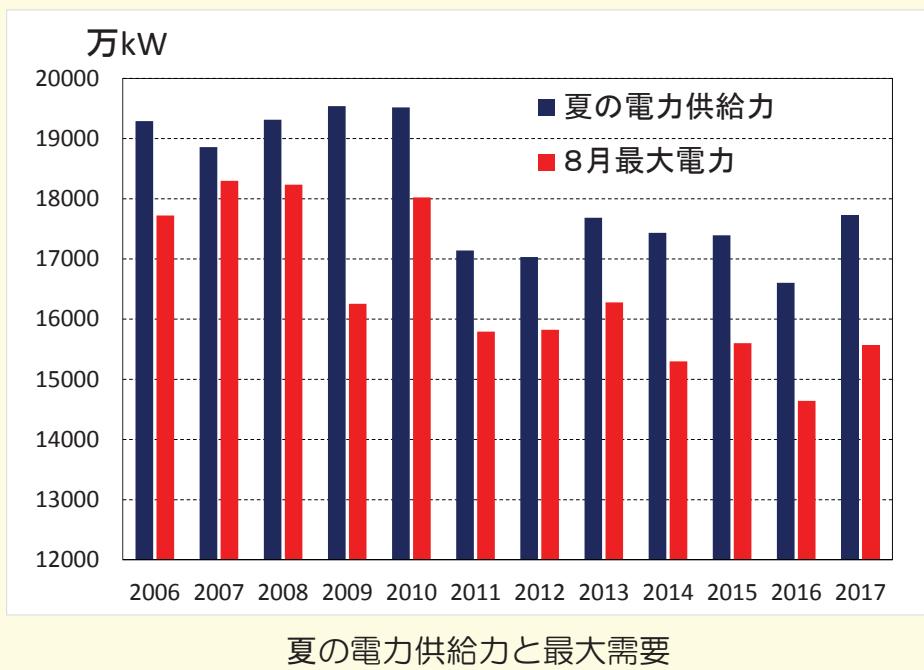
国や東電には、被災者がどのような選択をしようと、その選択を支援する責任がある。

そもそもこんなに作ったのが間違っていた！



間違いを素直に認めて、原発の再稼働はやめるべきである！

電力需要は回復せず、発電能力は余っている！

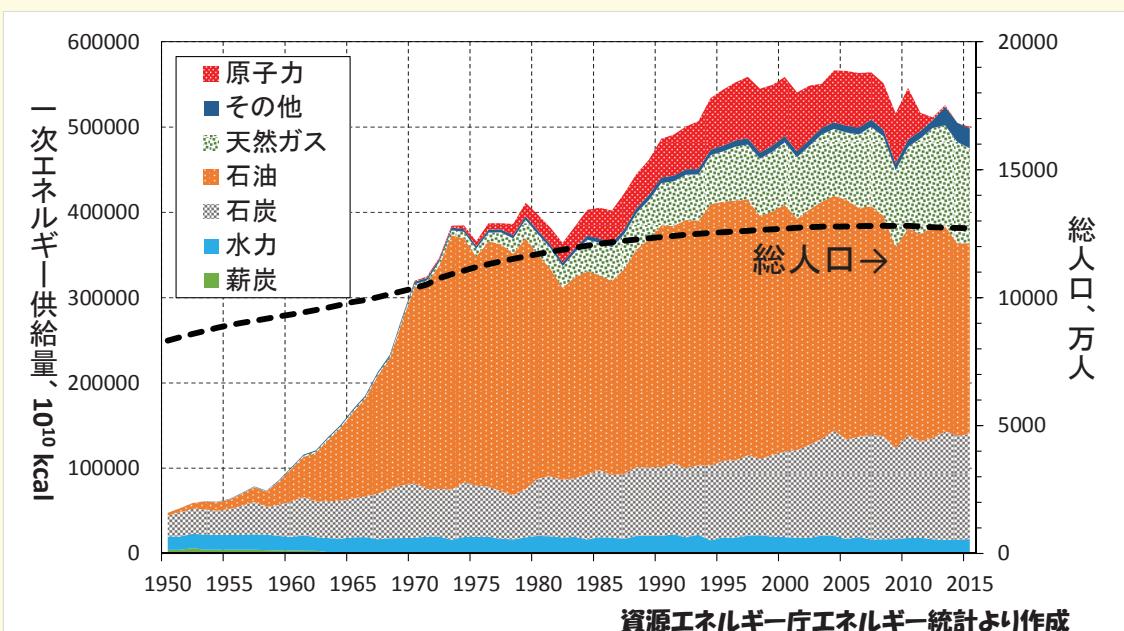


夏の電力供給力と最大需要

電力会社は電気が売れなくて困っている！

63

日本のエネルギー需要の変遷



何がホントに大事なのかもう一度考えてみよう

ご静聴ありがとうございました！

64