



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、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。

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

2014年度冬学期 主題科目テーマ講義

放射線

を

科学的に

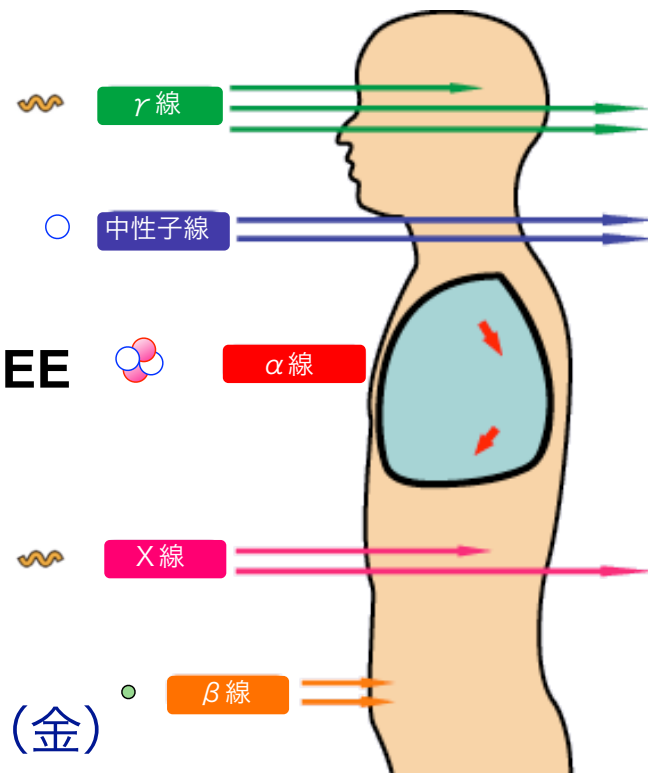
理解する

金曜 5 限

@ 21 KOMCEE
(West)

K303教室

2014 / 12 / 19 (金)



第10回

被曝調査・医療支援

福島事故後の内部被曝の現状、現場での医療支援

坪倉 正治

東京大学 医科学研究所

放射線を科学的に理解する

- 10/10 放射線入門 【鳥居】
- 10/17 放射線物理学 【鳥居】
- 10/24 放射線計測学 【小豆川】
- 10/31 放射線物理・化学 【鳥居】
- 11/ 7 放射線生物学 【渡邊】
- 11/14 放射線影響の疫学 【小笹】
- 11/28 原子核物理学・原子力工学 【鳥居】
- 12/ 5 環境放射化学 【小豆川】
- 12/12 環境放射化学 【小豆川】
- 12/19 被曝調査・医療支援 【坪倉】
- 1/ 9 放射性物質汚染と農業 【藤原】
- 1/23 放射線の利用 【渡邊】
- 1/27 加速器科学・放射線防護学 【鳥居】

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

坪倉 正治 《医科学研究所》

小笹 晃太郎 《放射線影響研究所 (広島)》

藤原 徹 《農学部応用生命化学》

ゲスト講師

原発23kmでの医療支援 今現場で何が起きているか

東京大学医科学研究所
南相馬市立総合病院 内科
坪倉正治

様々なissueがある中で、医療関係について

- Securityの問題？
 - Radiology・Cancerの問題？
 - Literacy・Risk communicationの問題？
 - 高齢化・2020年の問題？
 - 歴史の問題？.....
-

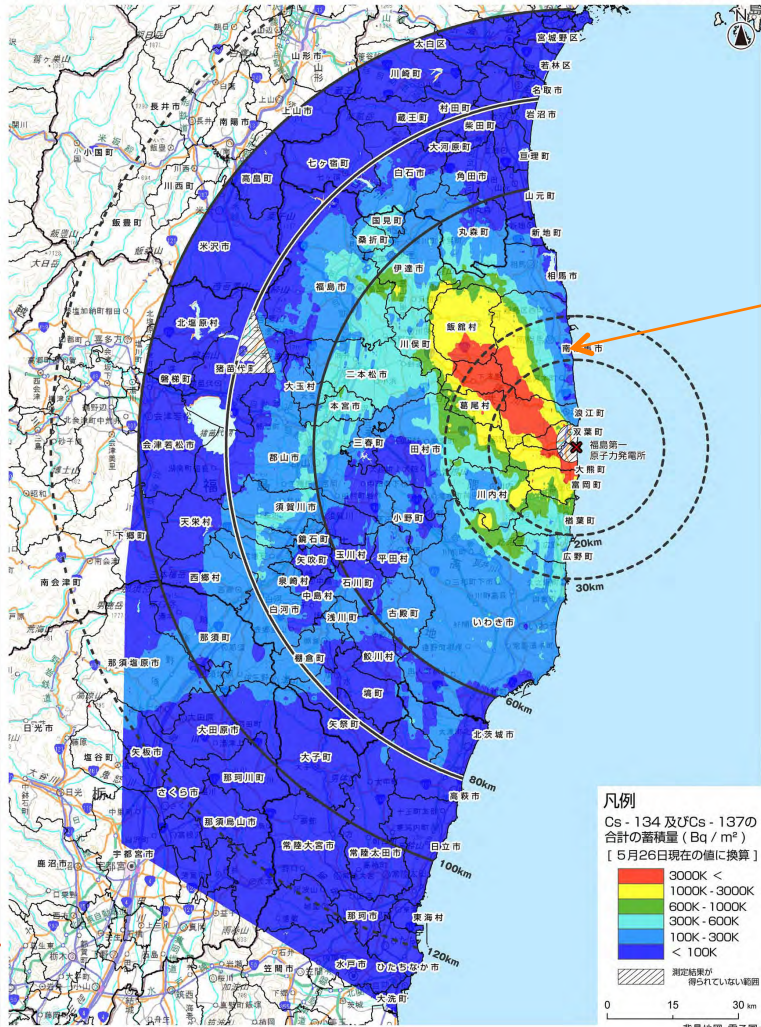
浜通りとは



南相馬市立総合病院

文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果
 (東京電力(株)福島第一原子力発電所から約100km圏内のセシウム134、137の地表面への蓄積量の合計)

別紙2



- 原発から23km
- 230床
- 空間線量 0.1 ~ 0.2 μ Sv/h

南相馬市人口

70,000 → 10,000 → 50,000



3月11日 15:37
南相馬市原町区雫



2011.3.11 15:52

南相馬市原町区 新田川



2011.3.13

病院の屋上からみた海岸線

南相馬市 死者 638名

(2012.11.5 震災関連死を含めると986名死亡)



ヨッシーランド
入所者136名中36名死亡



2011.3.13 南相馬市
原町区渋佐



真野小学校
鹿島区烏崎港の船



March 11 pm 6:33



March 12 am 2:21

- 3/11 14:46 地震発生
 - 3/11 15:37 津波
 - 3/11 19:03 原子力緊急事態宣言
 - 3/11 21:23 1Fより半径3km以内避難指示

 - 3/12 5:44 1Fより半径10km以内避難指示
 - 3/12 15:36 1F 1号機建屋 水素爆発
 - 3/12 18:25 1Fより半径20km避難指示

 - 3/14 11:01 1F 3号機建屋 水素爆発
 - 3/15 11:00 1Fより半径20km～30km 屋内退避指示
-

March 14 am 11:01 F1 3号機水素爆発



緊急全体会議 11:15

~~病院に残るかどうかは病院スタッフ各人の判断にゆだねる~~

Security??



March 15 am 11:00

1Fより半径20~30km圏内の室内待避指示発令
(後の緊急時避難準備区域)

全職員の約2/3が避難 (274人→80~90人)





~~契約社員（医事、給食、清掃、守衛）は全員避難、0人となる~~



立入禁止

立入禁止

災害対策基本法により

南相馬市

これより先、20km圏内 警戒区域(2012.4.16解除)

相馬太田神社

HEB800
12・602

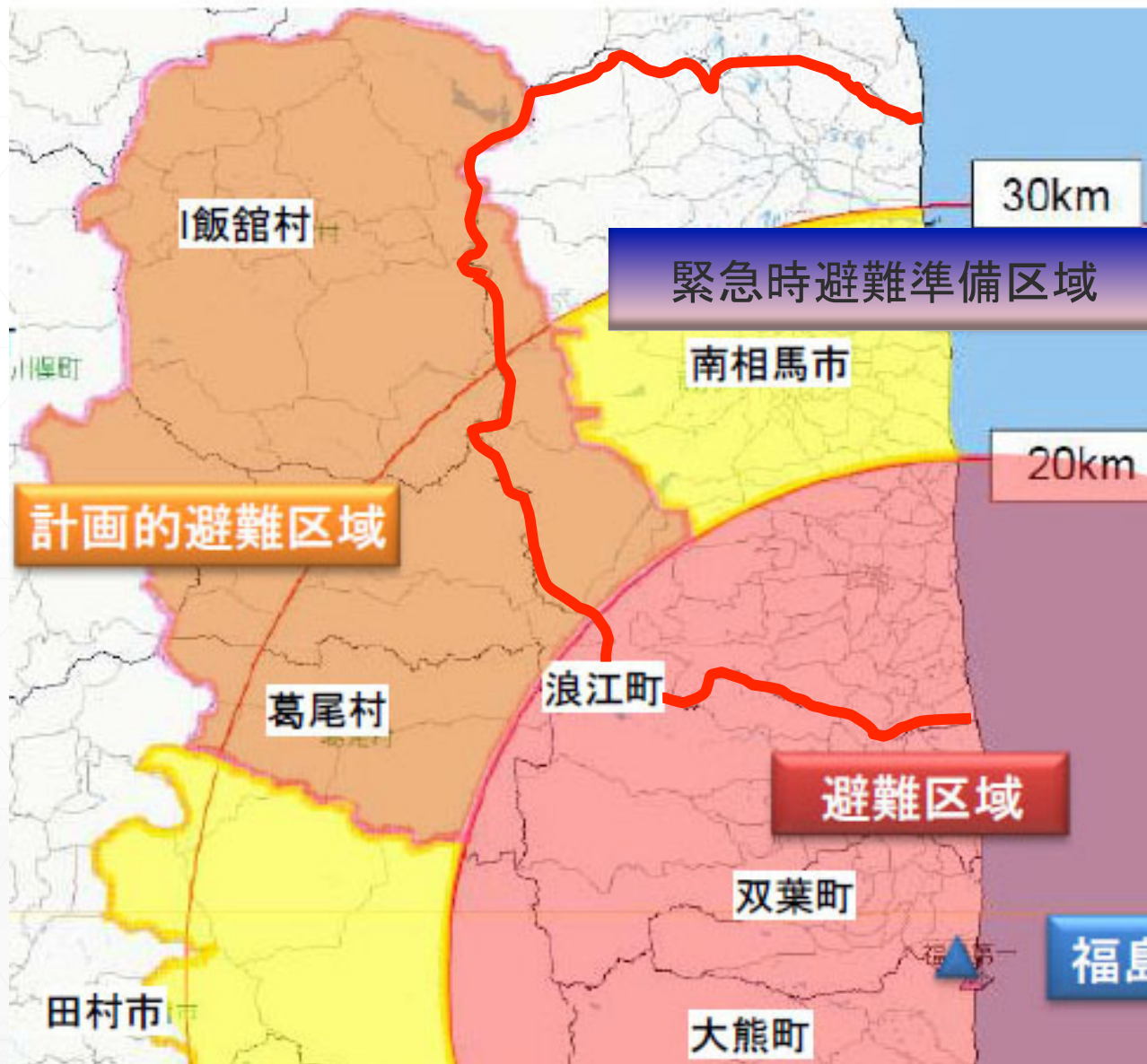
HEB800
95-2



注意
通行禁止
工事現場

福島

- 人、物資の流入が途絶え、緊急避難へ。



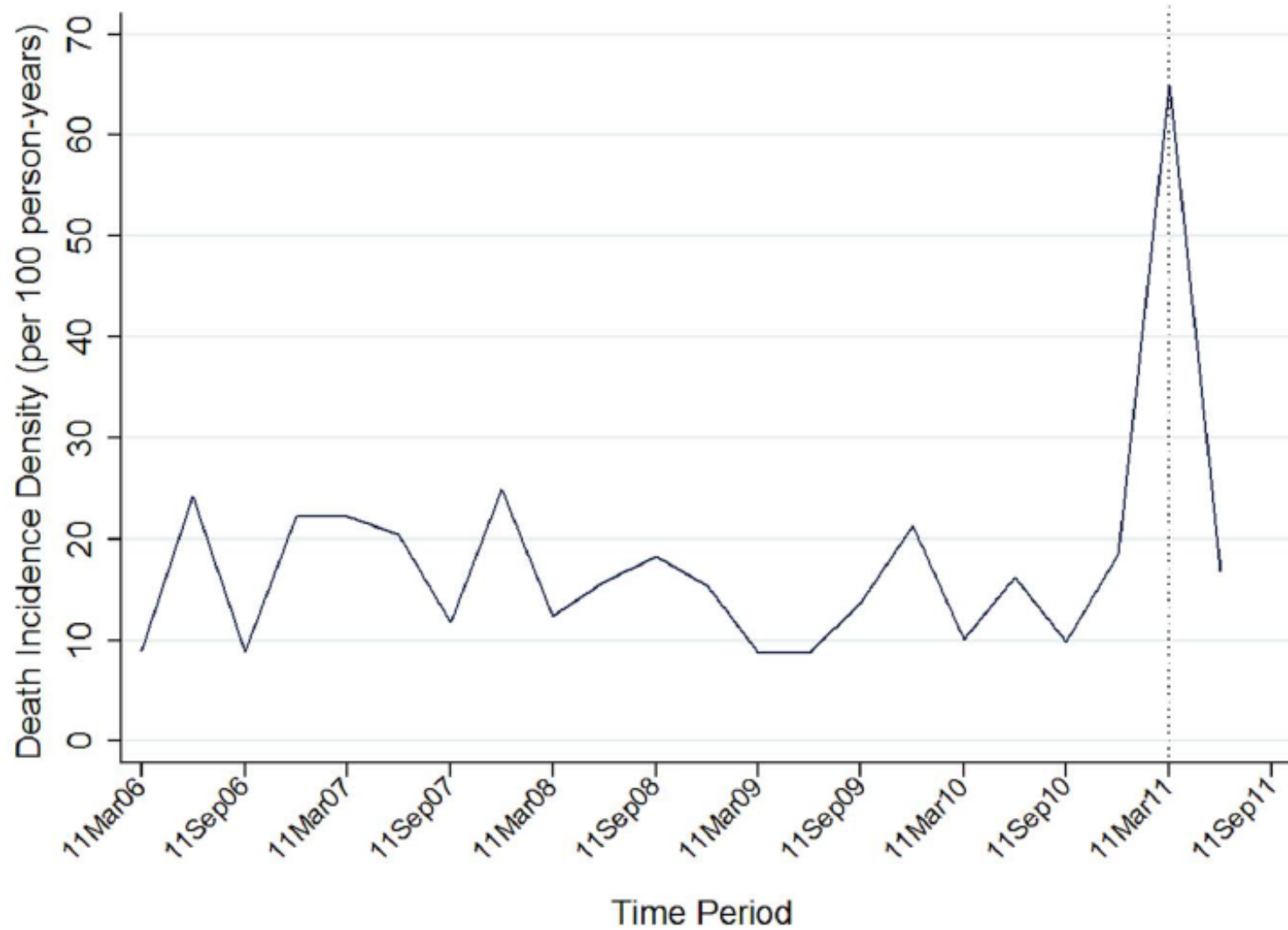
医療支援
ドクターヘリ
救急車両
DMAT
看護師
医師
医療スタッフ

物流

公的ボランティア

マスコミ

南相馬市の老人ホームにおける緊急避難の影響について 1



南相馬市の老人ホームにおける緊急避難の影響について 2

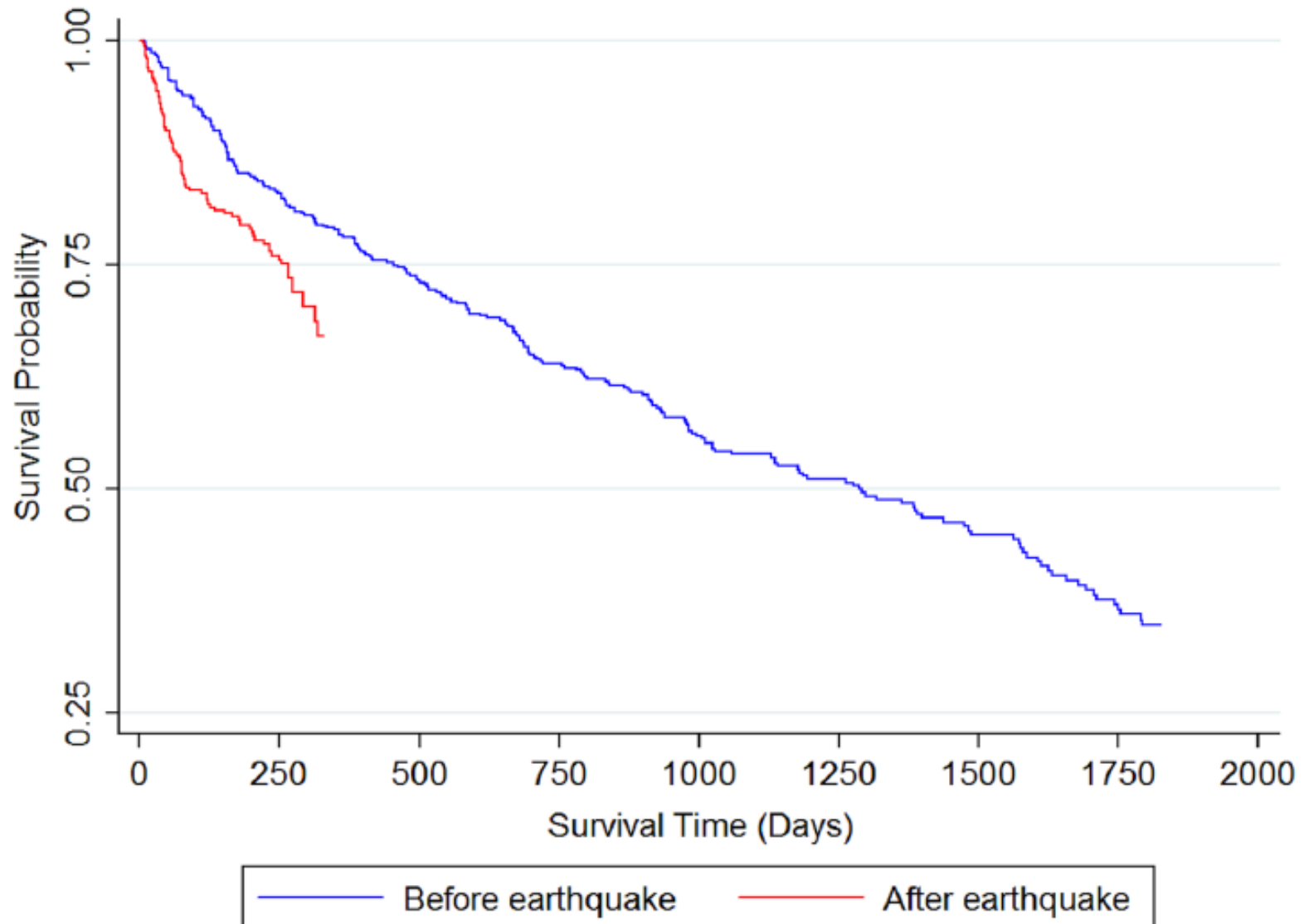
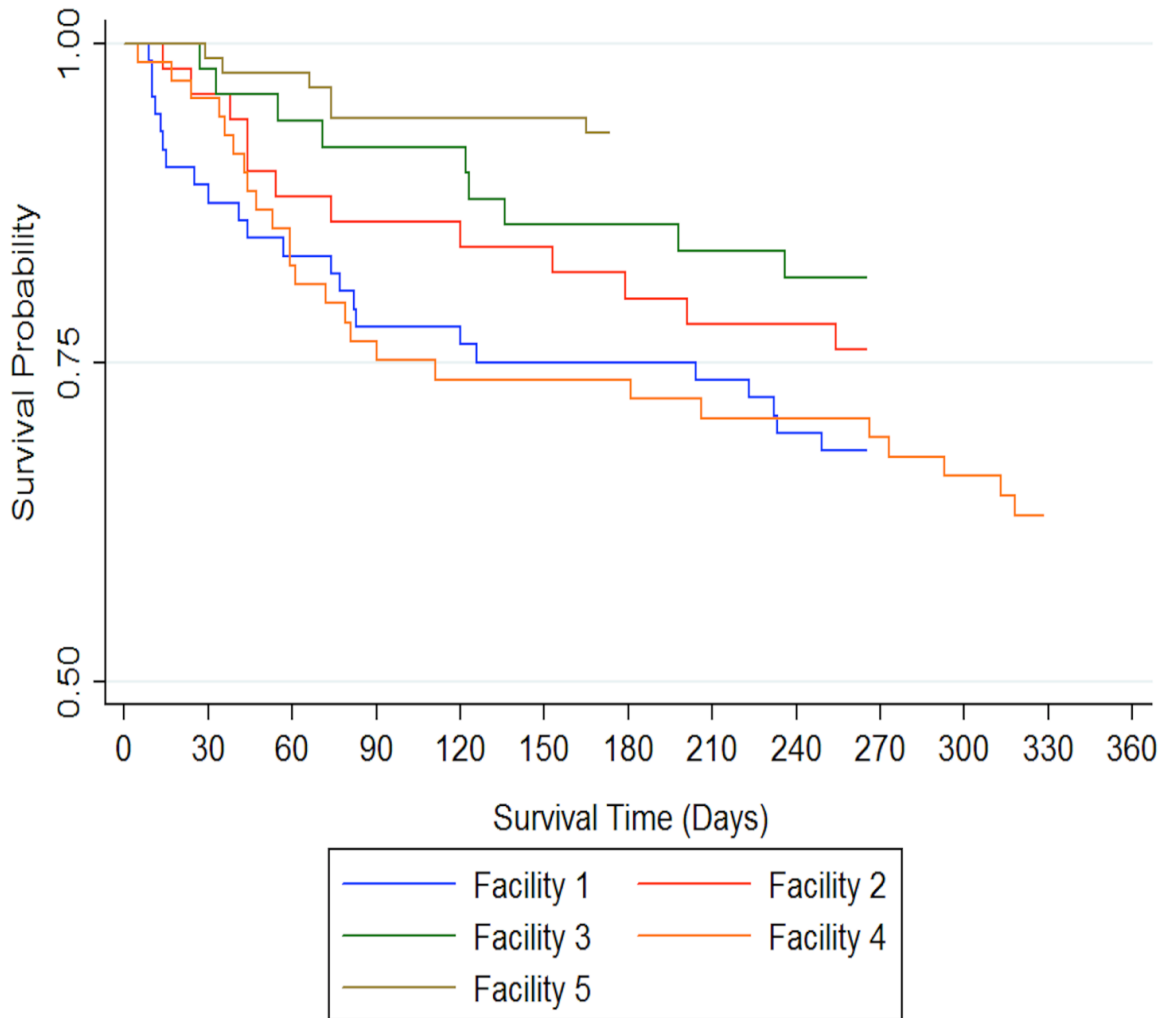


Fig. Estimated post-earthquake survival by facility



Significant mortality risk among elderly at the initial evacuation

Facility-specific disaster plans are needed

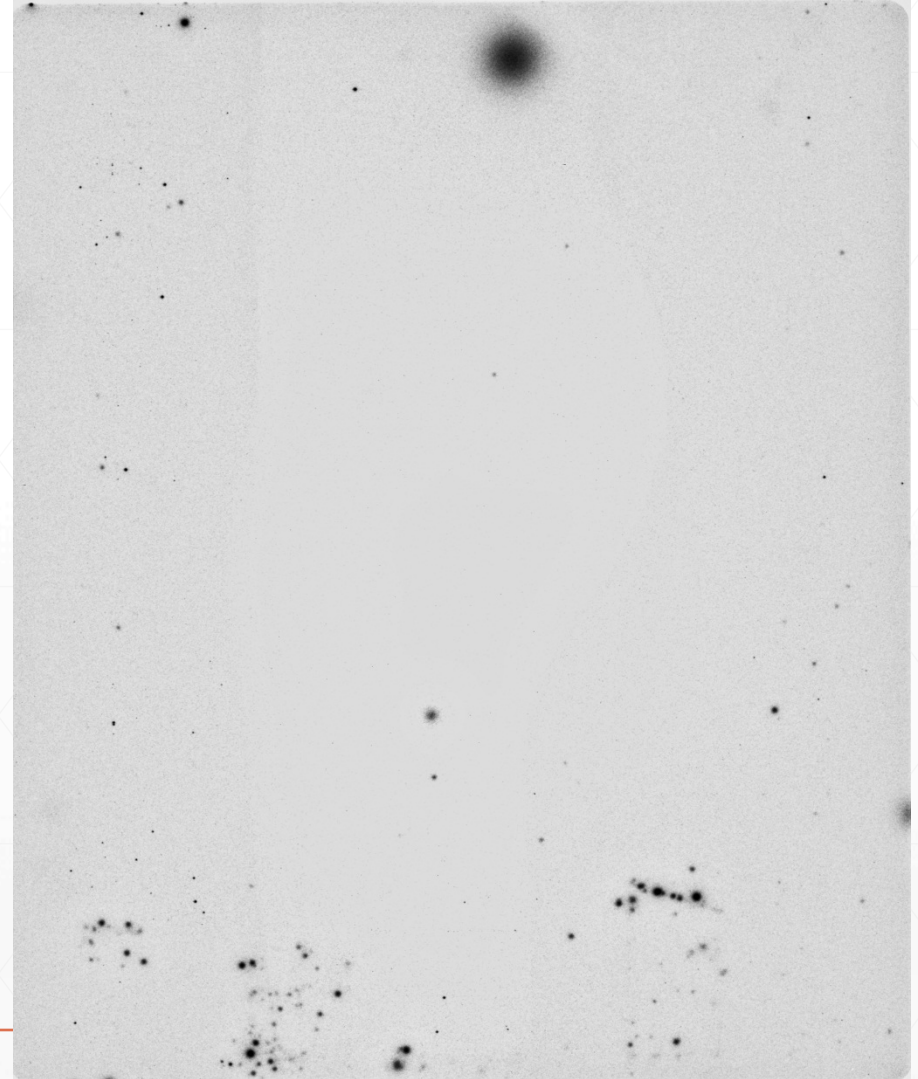
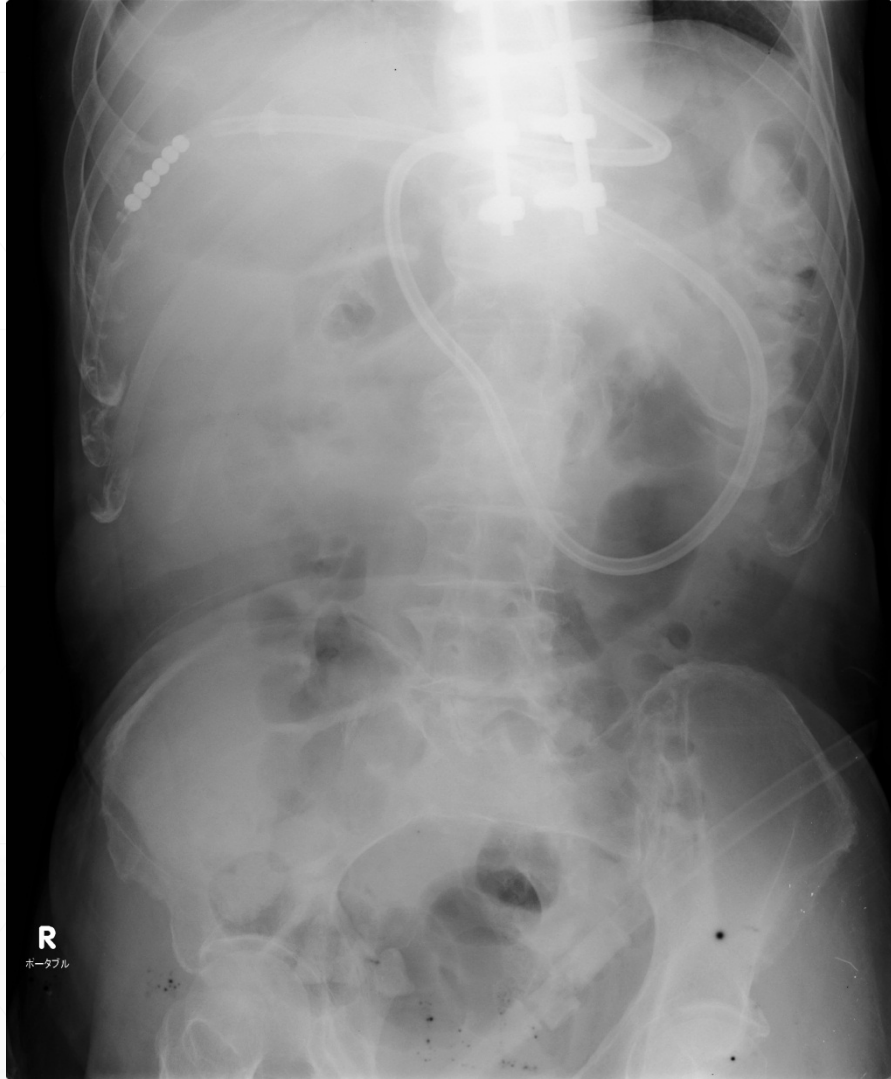
- Arrangement of evacuation site in advance
- Cooperative arrangement of evacuation process in advance
- In-site relief and care

緊急時避難準備区域(南相馬市) の 医療の動向

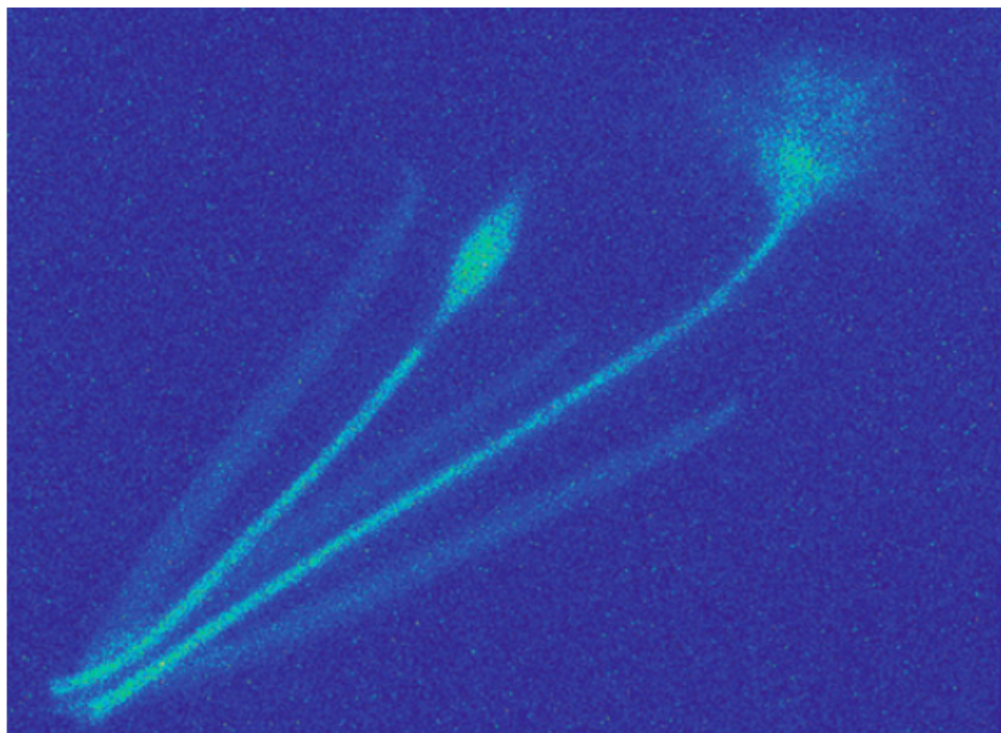
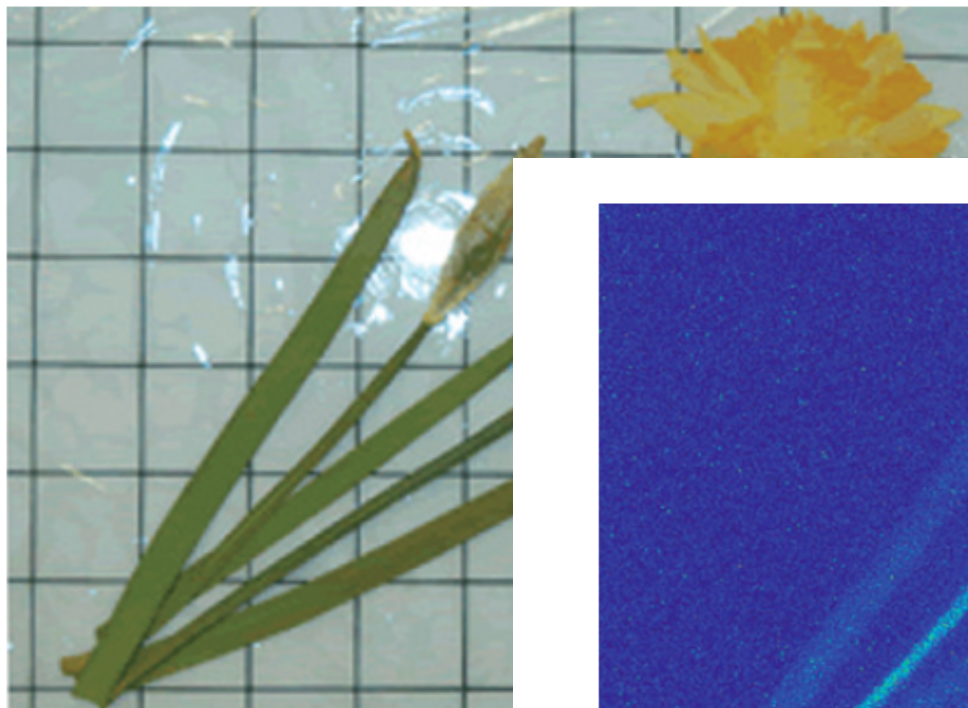
	ベッド数	外来中断	入院中断	外来再開	入院再開
南相馬市立総合病院	230	中断無し	3月20日	中断無し	5月9日 (5床、72時間) 6月20日
小野田病院	199	3月15日	3月19日	4月4日	6月20日
大町病院	188	3月18日	3月18日	4月4日	4月18日 (5床、72時間) 6月20日
渡辺病院	175	3月15日	3月18日	4月4日	予定なし
雲雀丘病院	254	3月14日	3月17日	6月22日 (週2日のみ)	規制解除後

Radiation exposure → Cancer ? ?

レントゲンフィルムの感光



身近にある放射線



自然からの放射線

《宇宙》



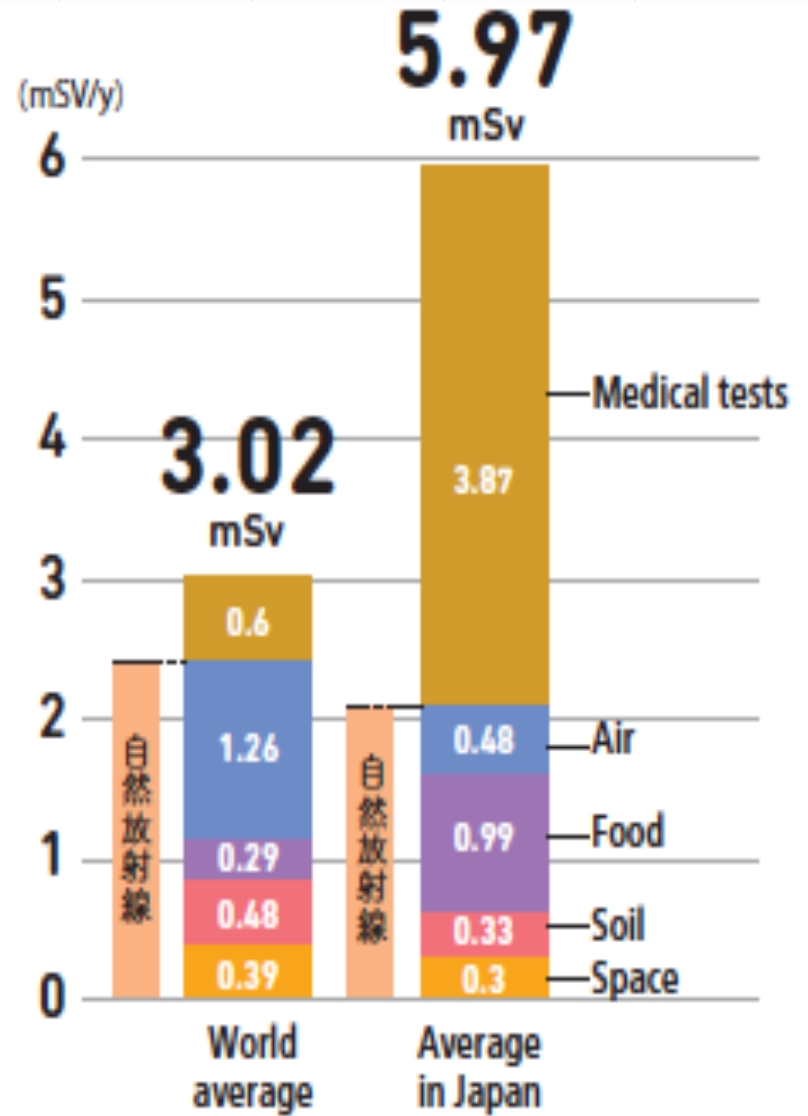
《空気》



《大地》



《食べ物》



2008年国連科学委員会報告、原子力安全研究協会「生活環境放射線」(2011年)より

食べ物に含まれている天然の放射性物質 ^{40}K (カリウム)



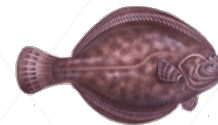
牛乳 10ベクレル
(コップ1杯200ml)



ビール 5ベクレル
(500ml缶1本)



ステーキ 20ベクレル
(200g1枚)



魚 10ベクレル
(100g1切れ)



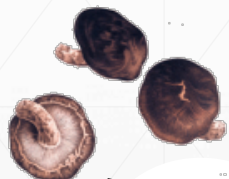
バナナ 13ベクレル
(1本120g)



食パン 4.2ベクレル
(6枚スライス2枚140g)



ポテトチップ 36ベクレル
(1袋90g)



干しいたけ 14ベクレル
(5枚20g)



こんぶ 20ベクレル
(だし用10g)

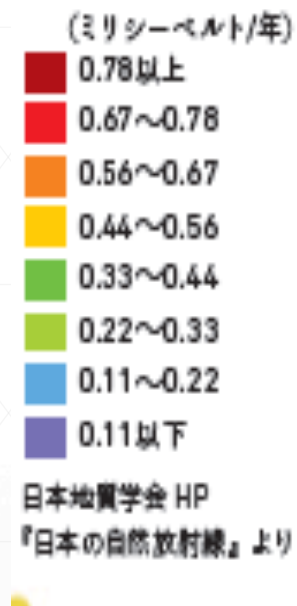


ごはん 6ベクレル
(茶碗1杯200g)



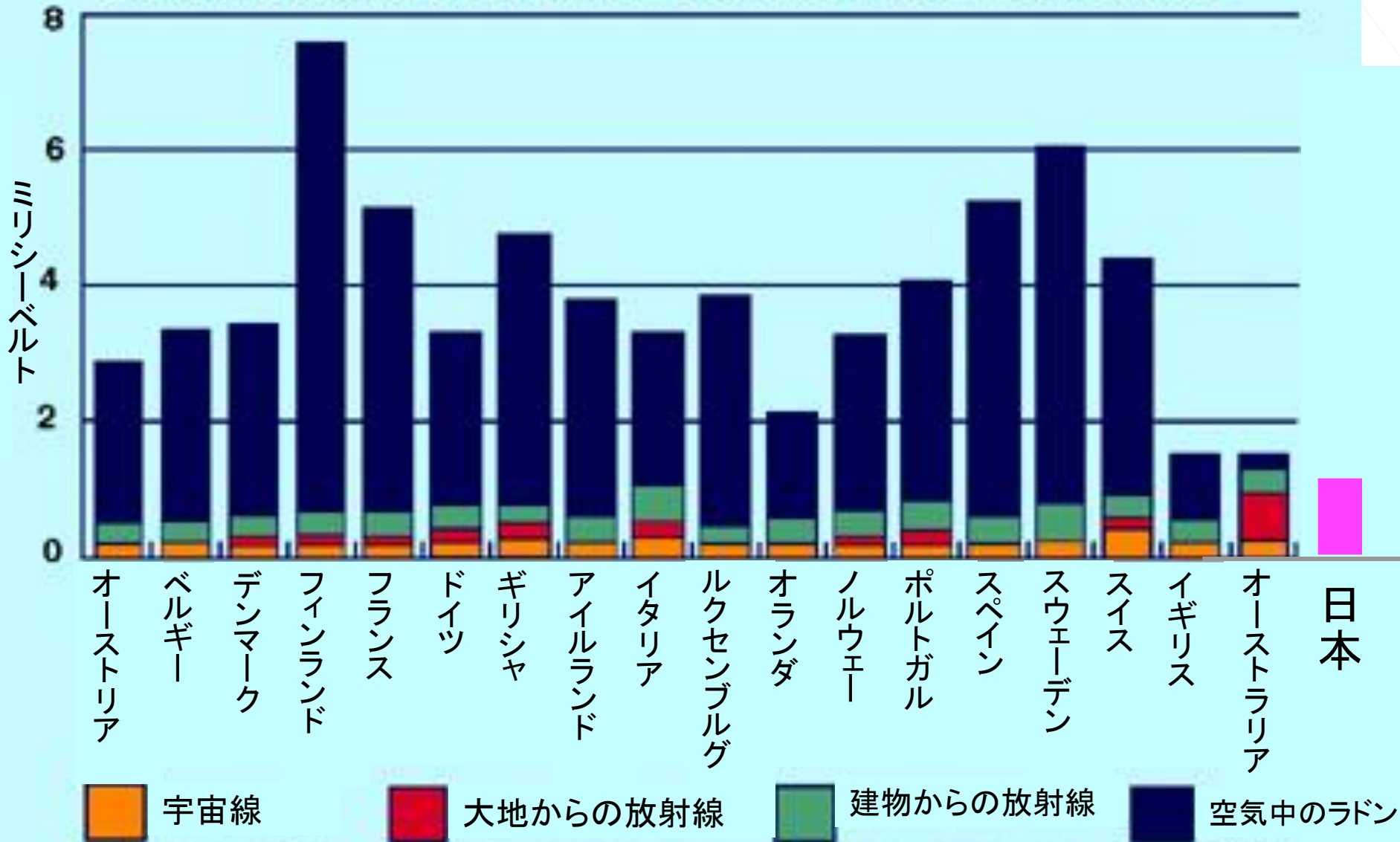
さつまいも 13.8ベクレル
(1本100g)

日本国内各地区での放射線量の差



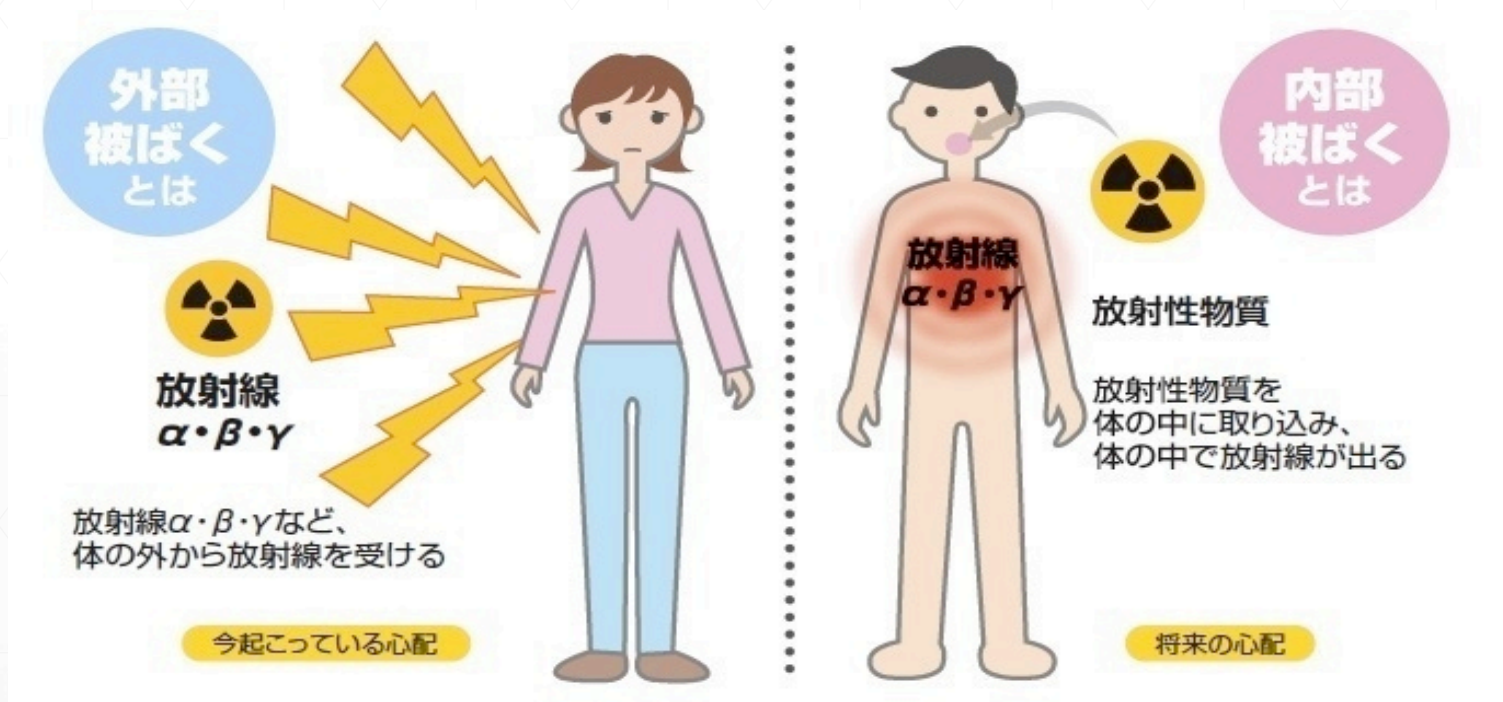
日本地質学会より 震災前データ

世界各地の自然放射線による年間被ばく量



- ・花崗岩は自然放射線量が高いため、石造りの建物や石畳は放射線量が高い
- ・欧州の地質の一部はラドンを多く含む

外部被ばくと内部被ばく



内部被ばく検査



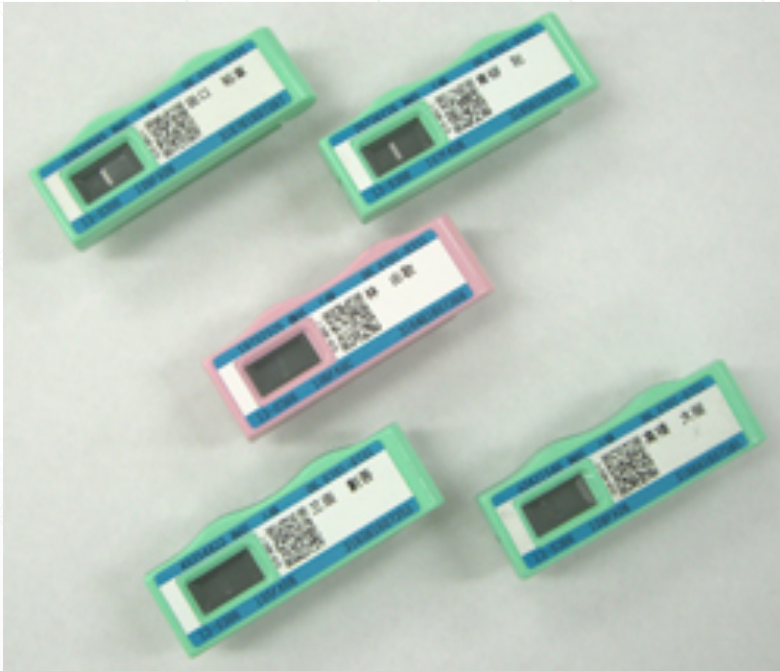
ホールボディー
カウンターによる
体内放射能測定



Fastscan 検出限界 250Bq/body



外部被ばく測定 (積算線量計、ガラスバッジ)



数ヶ月着用を続けてもらうことで、その時期の外部被ばくを測定する

時間あたりの外部被ばくを測定する

月別セシウムの検出率の推移



※検出率は、セシウム134またはセシウム137のいずれかまたは両方が検出限界以上の場合を「検出」と定義しています。

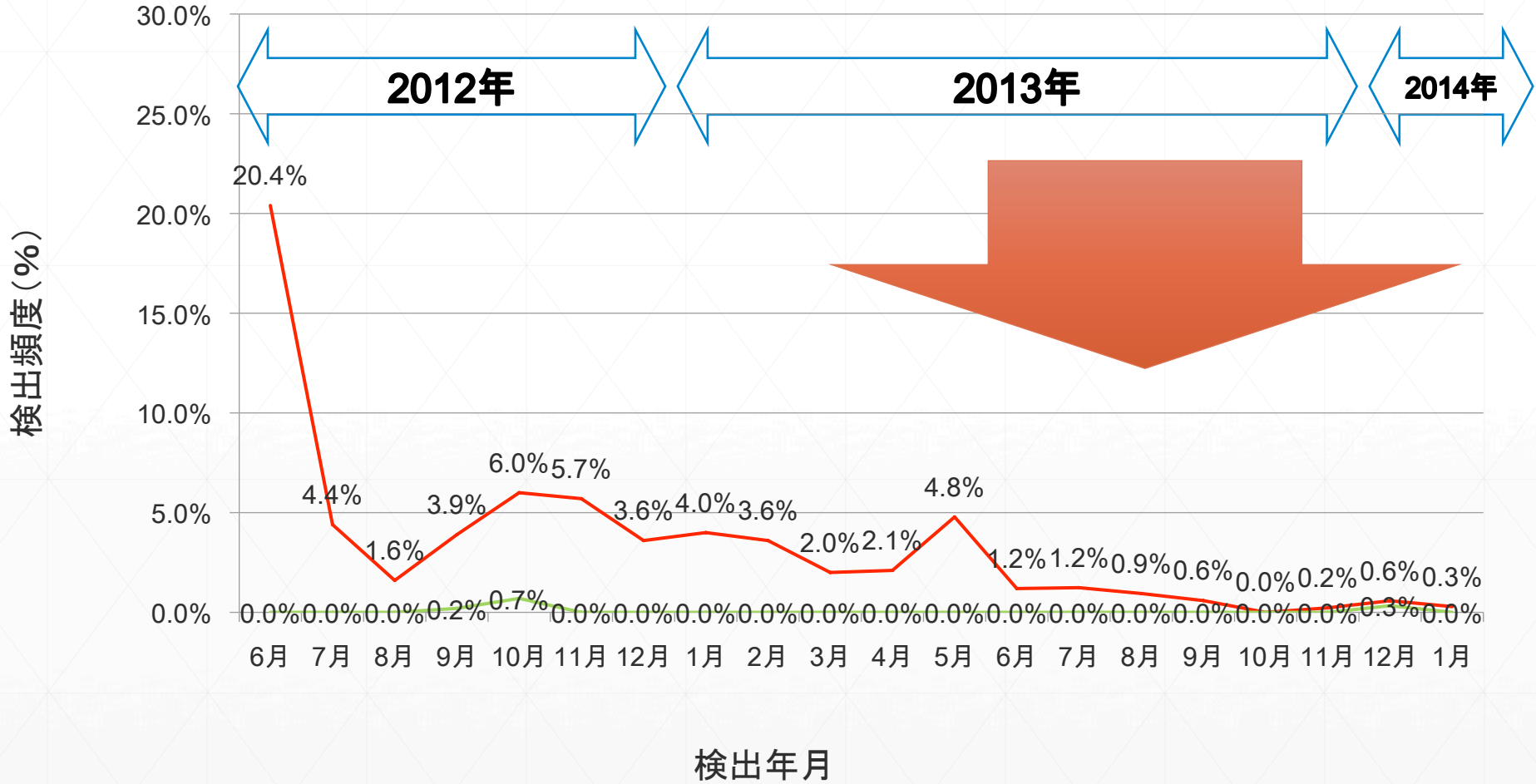
渡辺病院での測定データ含む

※大人（高校生以上）、小児（中学生以下）と定義しています。

図2

相馬市WBC検査結果

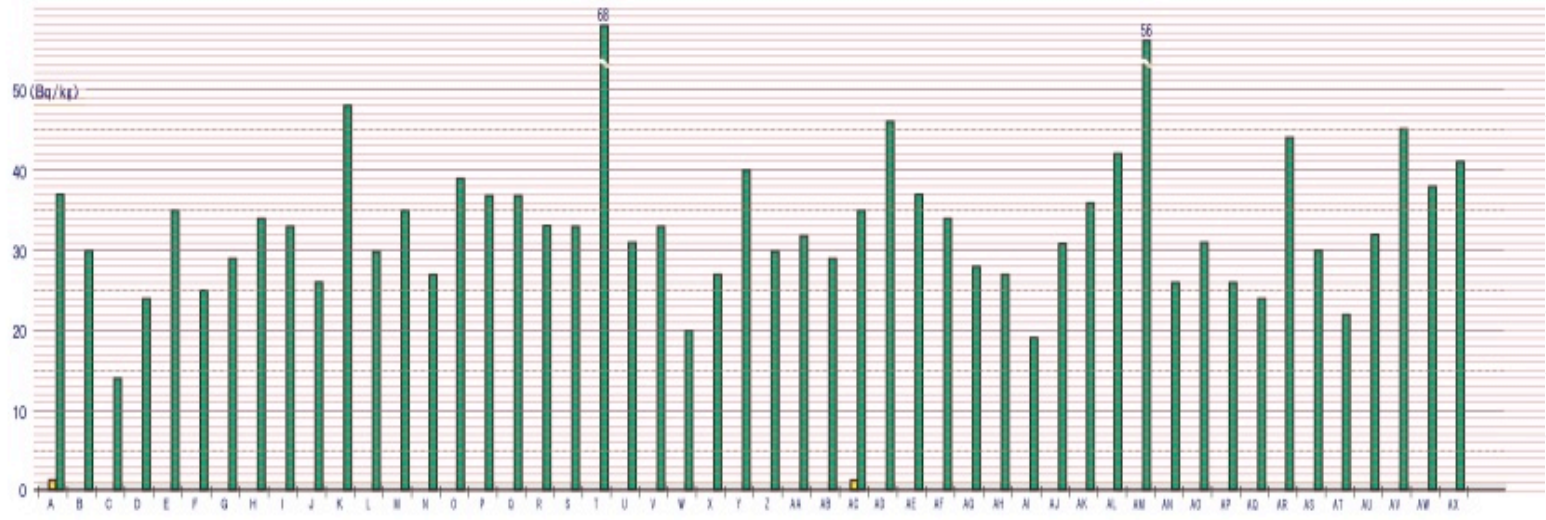
平成24年6月～平成26年1月



※検出率は、セシウム134またはセシウム137のいずれか、または両方が検出限界以上の場合を「検出」と定義しています。
 ※大人は高校生以上、小児は中学生以下と定義しています。

■ セシウム134 ■ カリウム40
■ セシウム137 ■ 評価下限(1Bq/kg)以下

陰膳方式放射能量調査結果(2014年3月7日発表)



コープ福島の調査から

食べ物に含まれている天然の放射性物質 ^{40}K (カリウム)



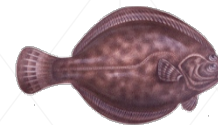
牛乳 10ベクレル
(コップ1杯200ml)



ビール 5ベクレル
(500ml缶1本)



ステーキ 20ベクレル
(200g1枚)



魚 10ベクレル
(100g1切れ)



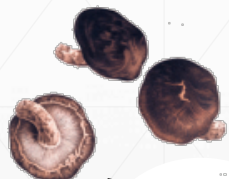
バナナ 13ベクレル
(1本120g)



食パン 4.2ベクレル
(6枚スライス2枚140g)



ポテトチップ 36ベクレル
(1袋90g)



干しいたけ 14ベクレル
(5枚20g)



こんぶ 20ベクレル
(だし用10g)



ごはん 6ベクレル
(茶碗1杯200g)



さつまいも 13.8ベクレル
(1本100g)

内部被ばくにおけるハイリスク群の同定

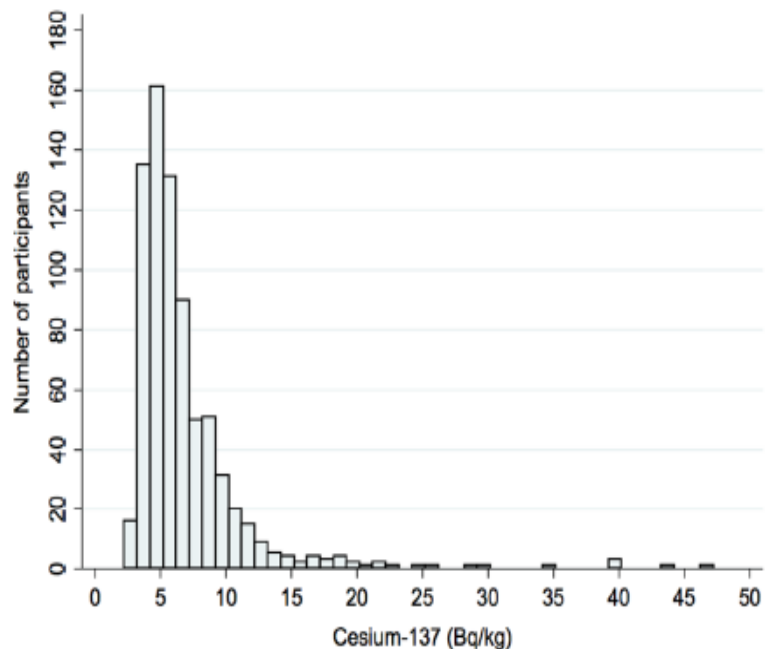


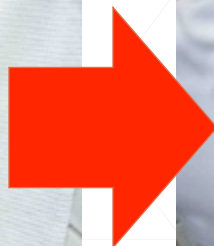
Figure 2. Distribution of Cs-137 (Bq/kg) in the analyzed population (less than 50Bq/kg).

doi:10.1371/journal.pone.0100302.g002

南相馬市立総合病院とひらた中央病院を受診した約30000人のうち、Cs137が50Bq/kgを越えたのは9名 (0.03%)



食肉検査



水はいかにして作られるか？



身の回りの放射線

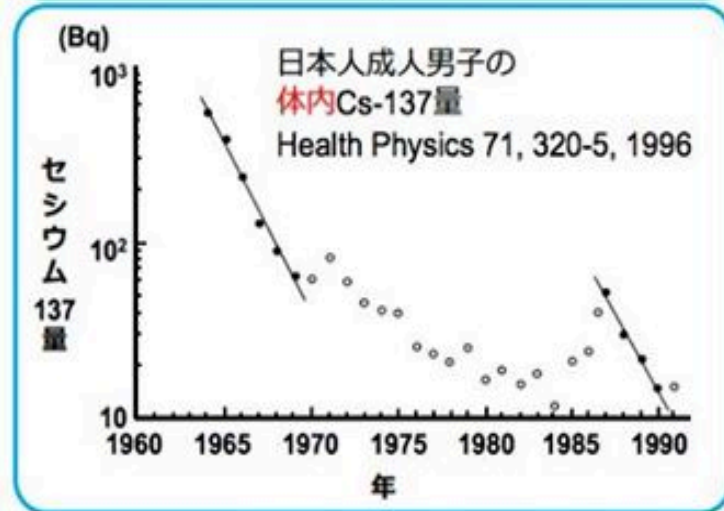
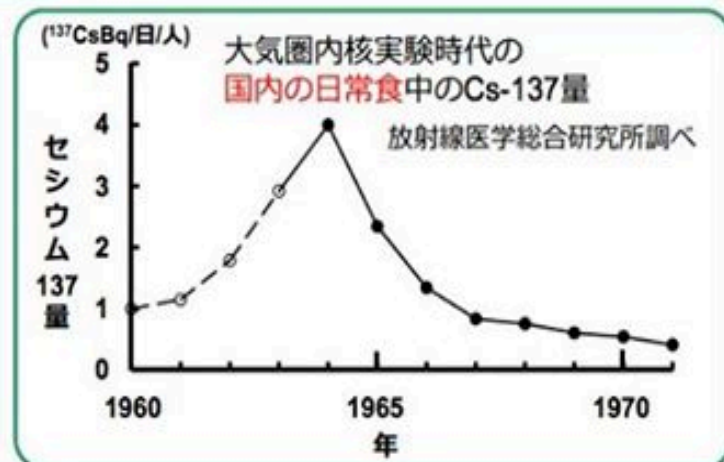
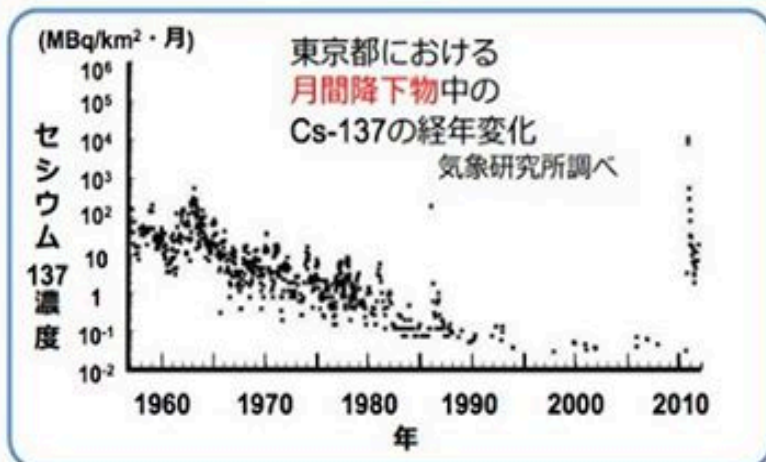
フォールアウトの影響

体内放射能：体重60kg

K-40：4000 Bq (ベクレル)

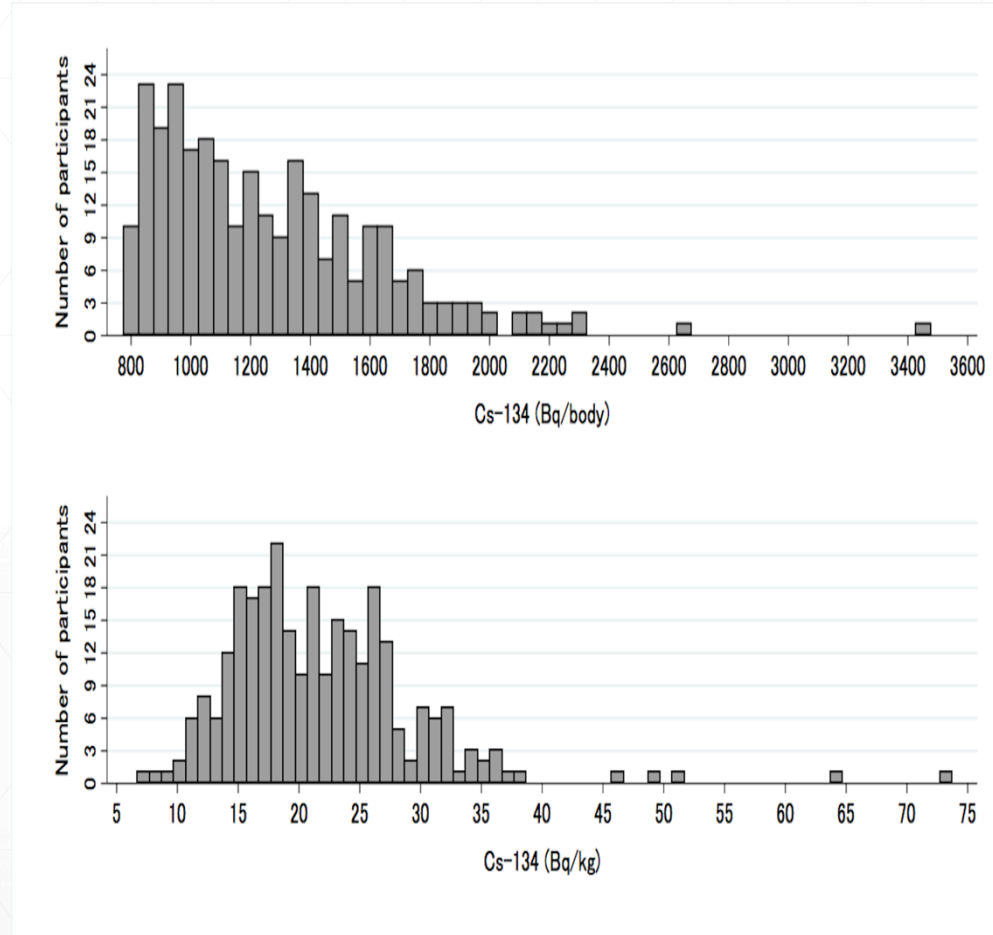
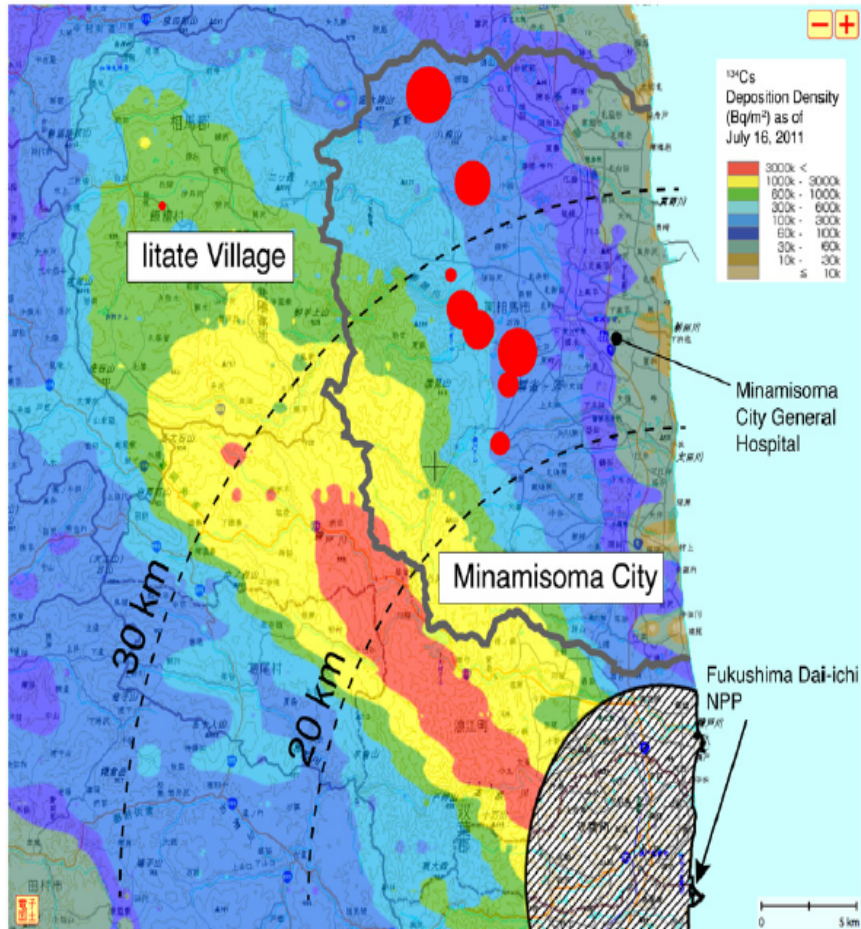
C-14：2500 Bq

Rb-87：520 Bq



MBq：メガベクレル nCi：ナノキュリー

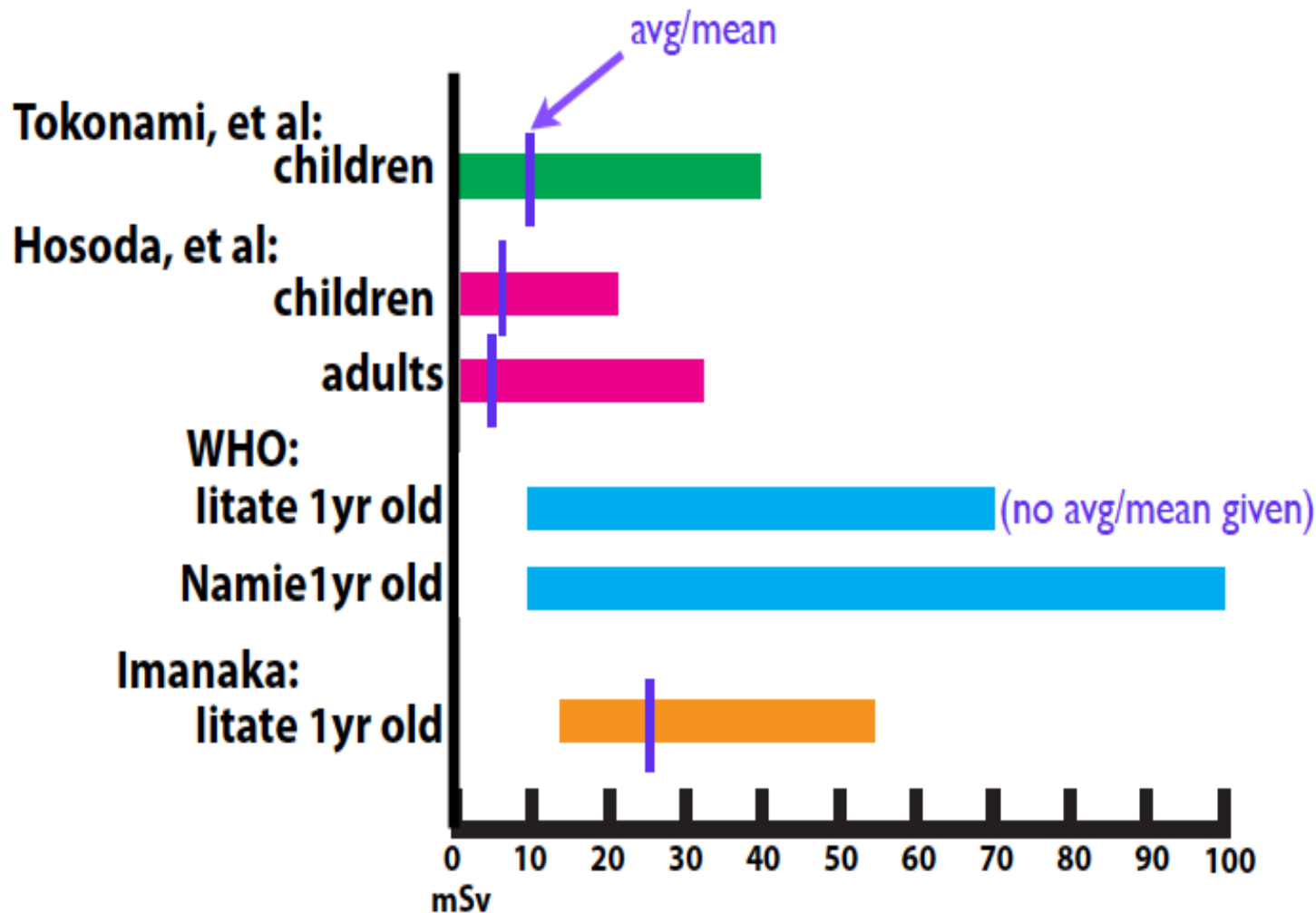
南相馬市立総合病院 2011年7月 WBC検査結果 N=566



南相馬市の一番初期の内部被ばくデータ
 預託実効線量は1mSvを切る

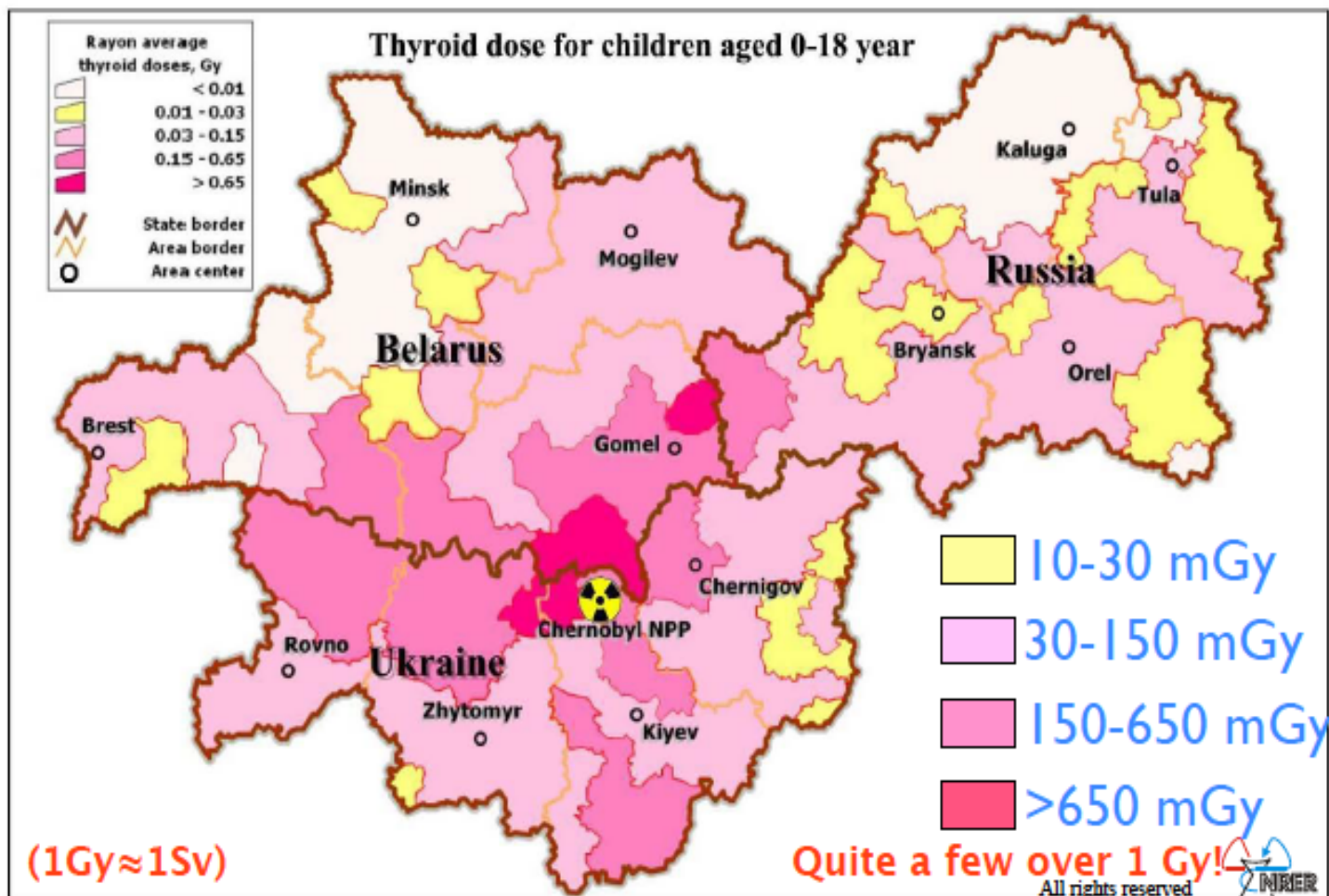
Hayano, Nomura, Tsubokura et al., 2014

いくつかの福島原発事故での甲状腺線量評価



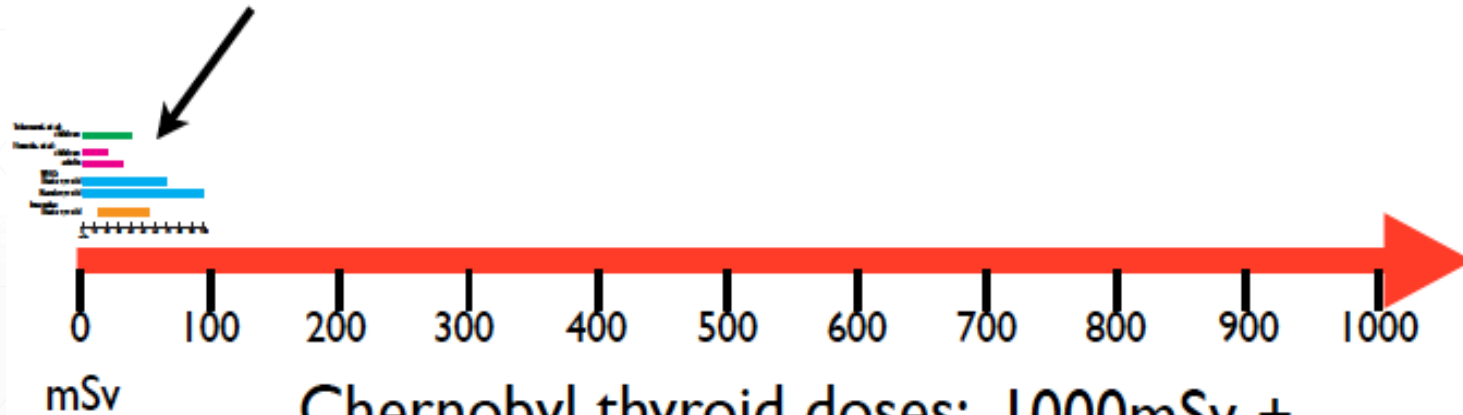
Rayon-average thyroid doses of children and adolescents (as of time of the Chernobyl accident) in Belarus, Russia and Ukraine

(Ivanov, Kenigsberg, Likhtarev, Balonov, 2006)



今回とチェルノブイリでの甲状腺被ばく量の差

Fukushima thyroid dose estimates



Chernobyl thyroid doses: 1000mSv +

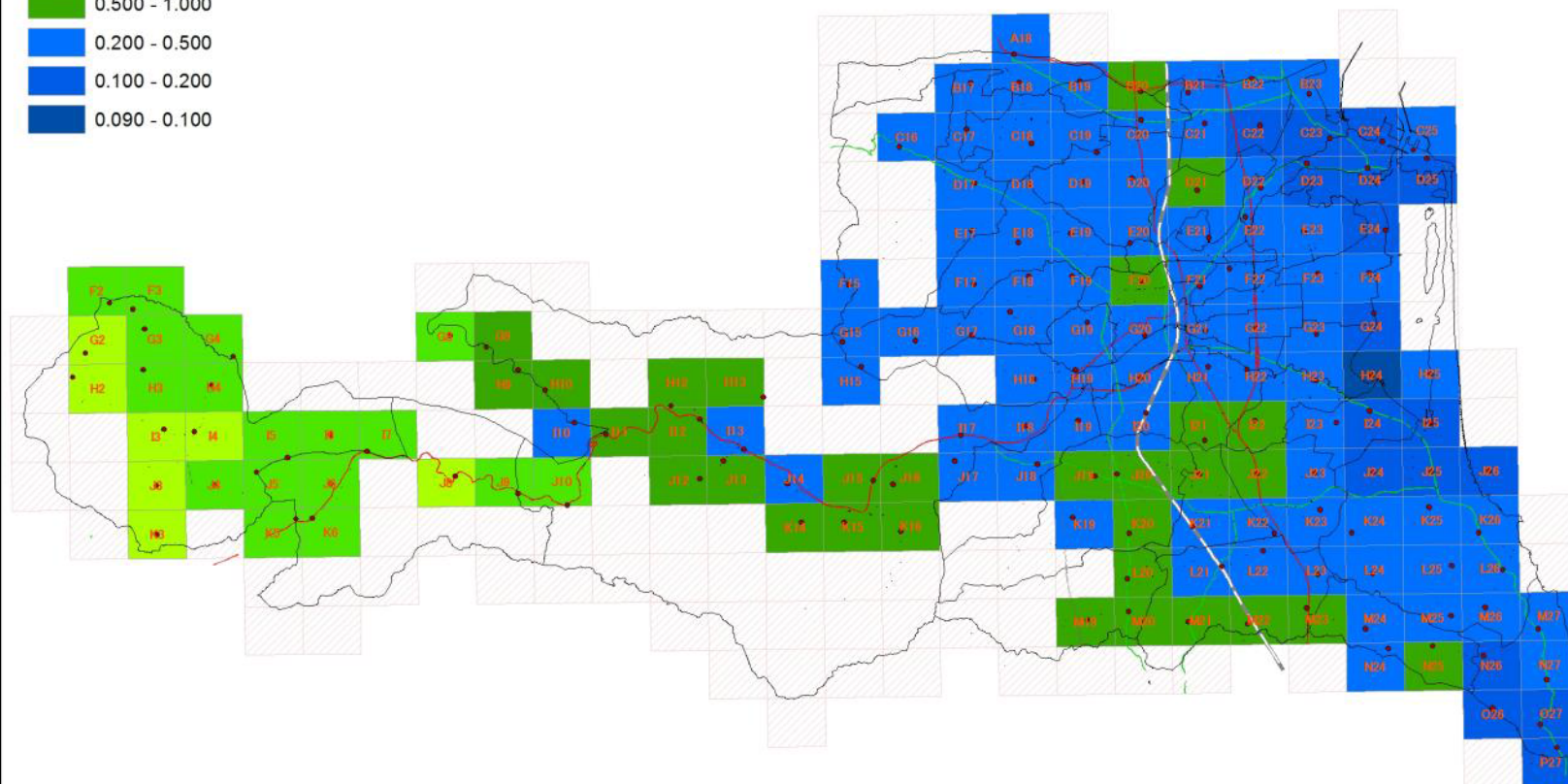
(But some cancers expected at low dose range)

平成23年度 アスファルト



計測地点

アスファルト地表面

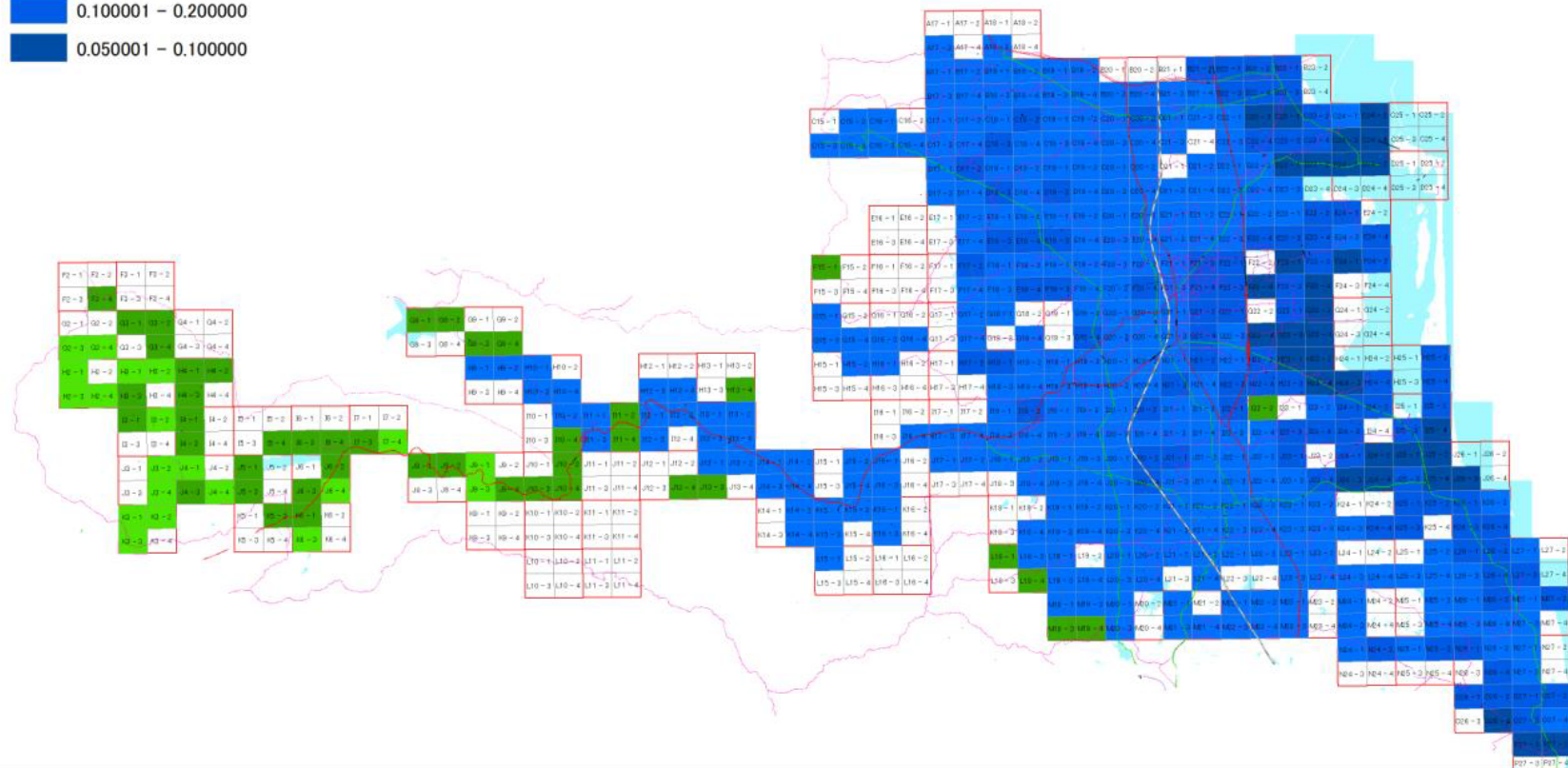
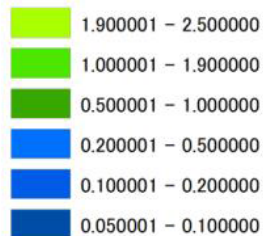


平成24年度 アスファルト

凡例

アスファルト_500Mメッシュ2

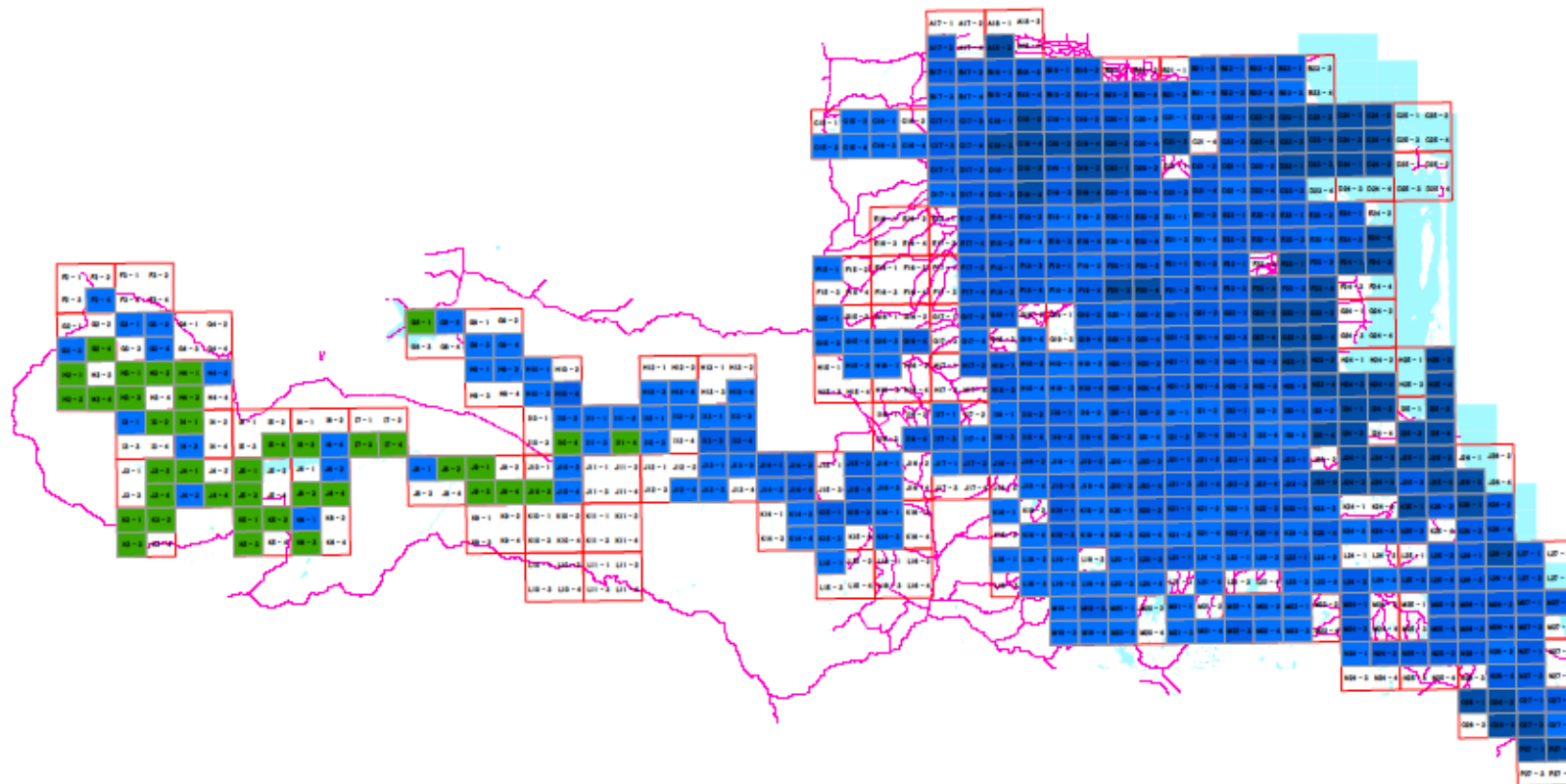
線量



平成25年度 アスファルト

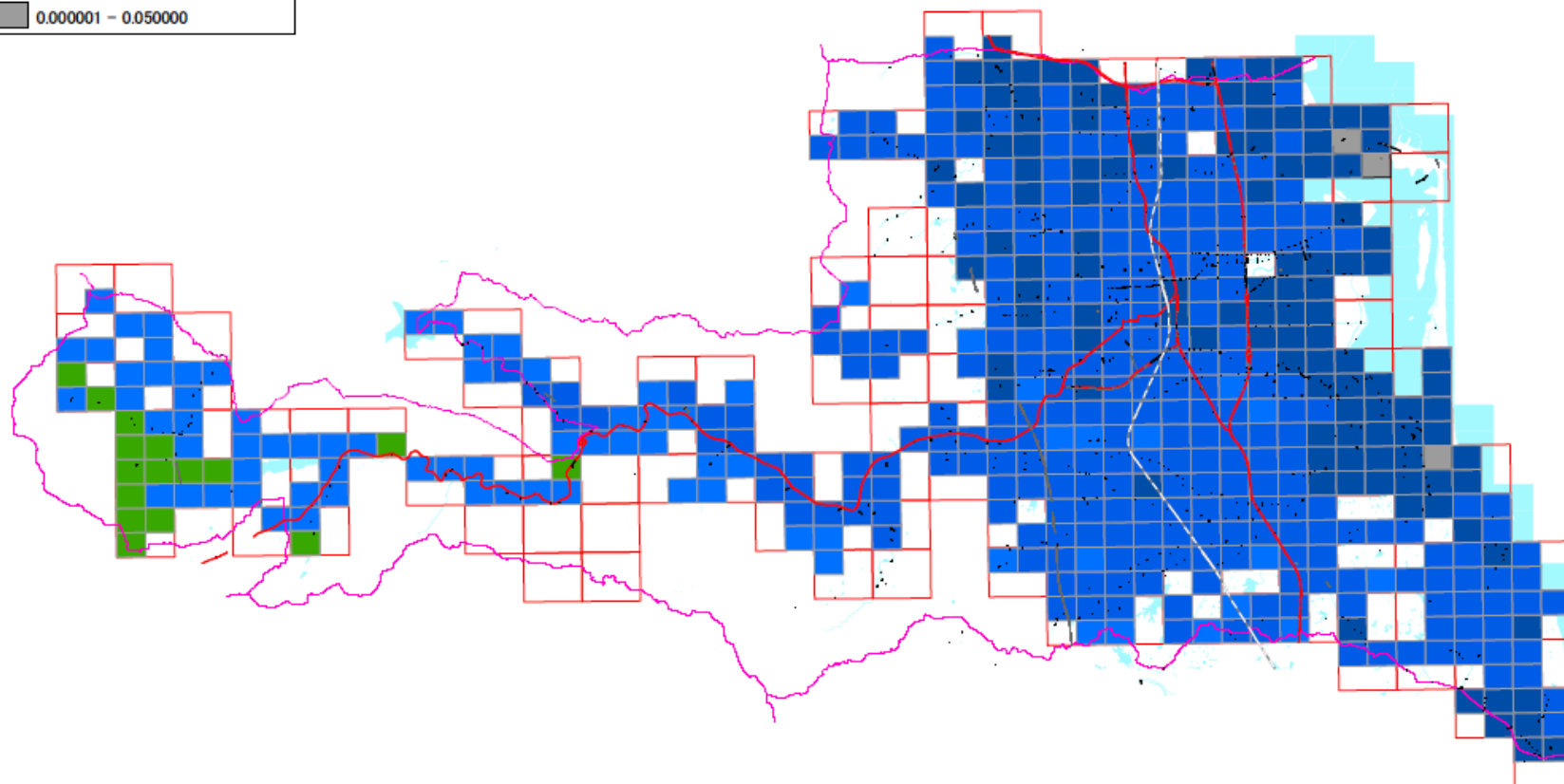
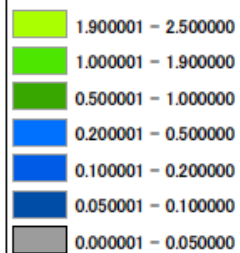
アスファルト

- 1.900001 - 2.500000
- 1.000001 - 1.900000
- 0.500001 - 1.000000
- 0.200001 - 0.500000
- 0.100001 - 0.200000
- 0.050001 - 0.100000

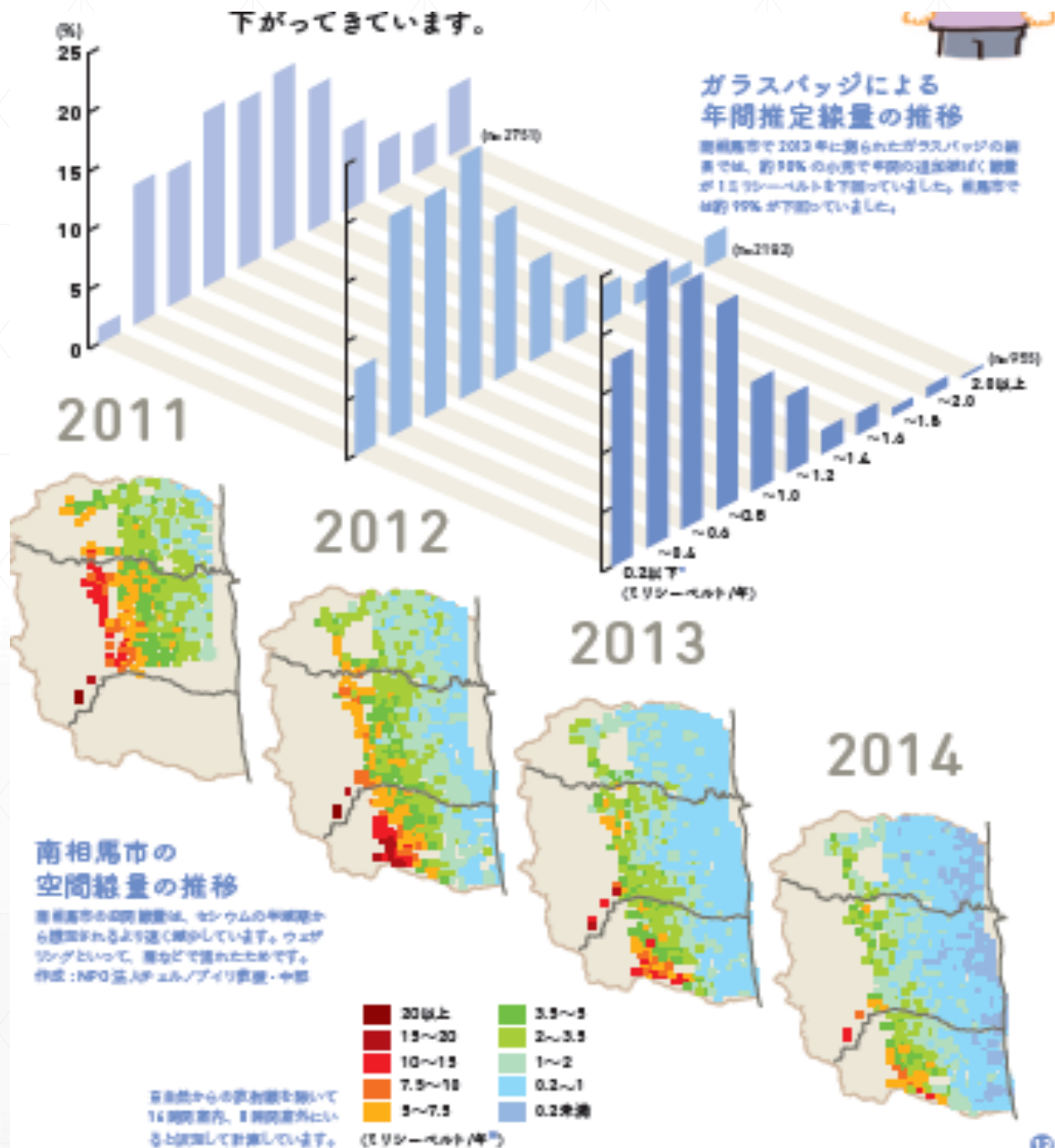


平成26年度 アスファルト

平成26年度500Mメッシュ_舗装

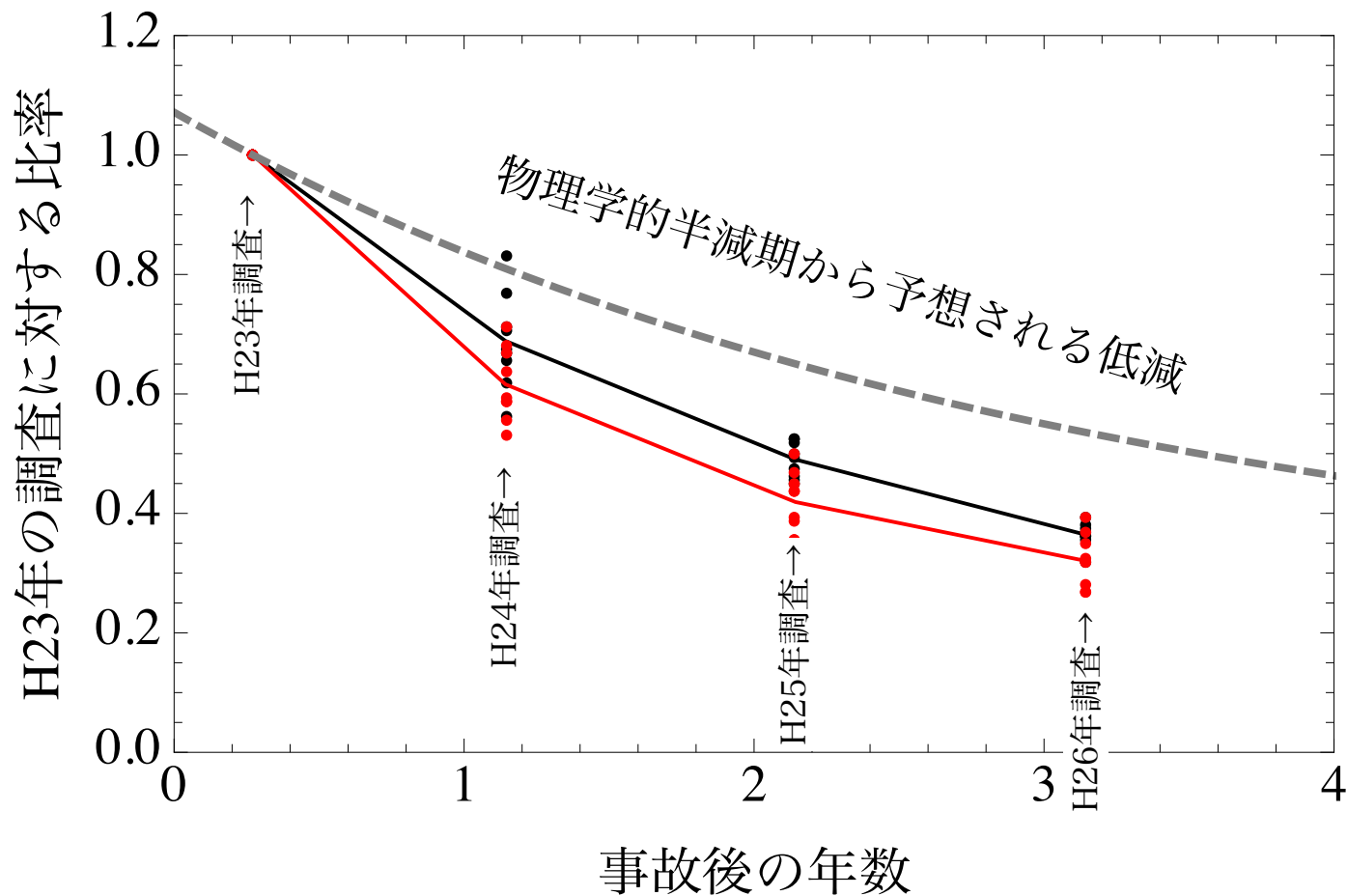


南相馬市の線量の推移



半減期で推定される速度より、速く低減している。
(が、そろそろ下げ止まる)

・ 土 ・ アスファルト



相馬市ガラスバッジ検査結果推移

1mSv以下 約 99%

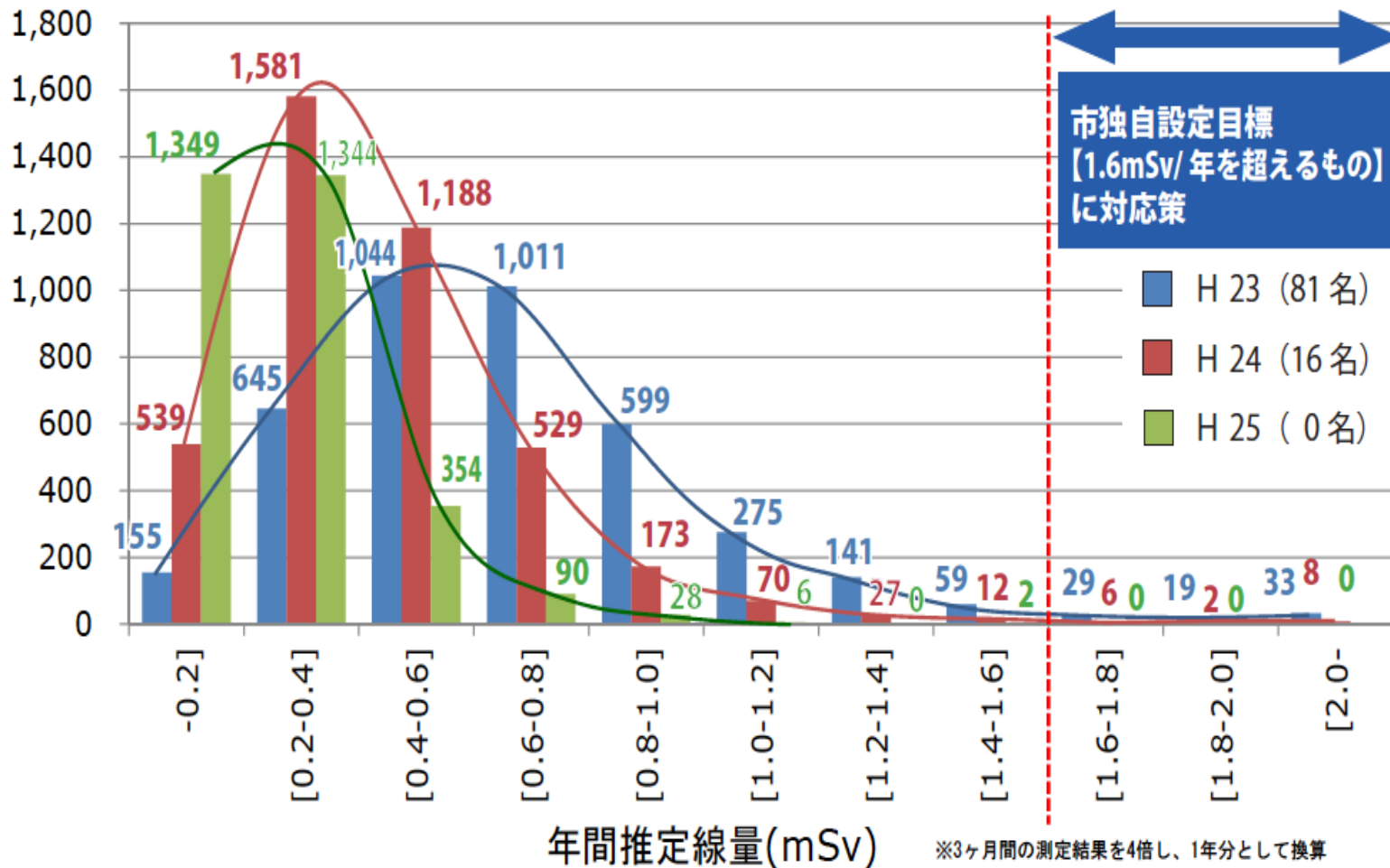
全体の線量分布

■ H23.10月～12月
測定者：4,010人

■ H24.7月～9月
測定者：4,135人

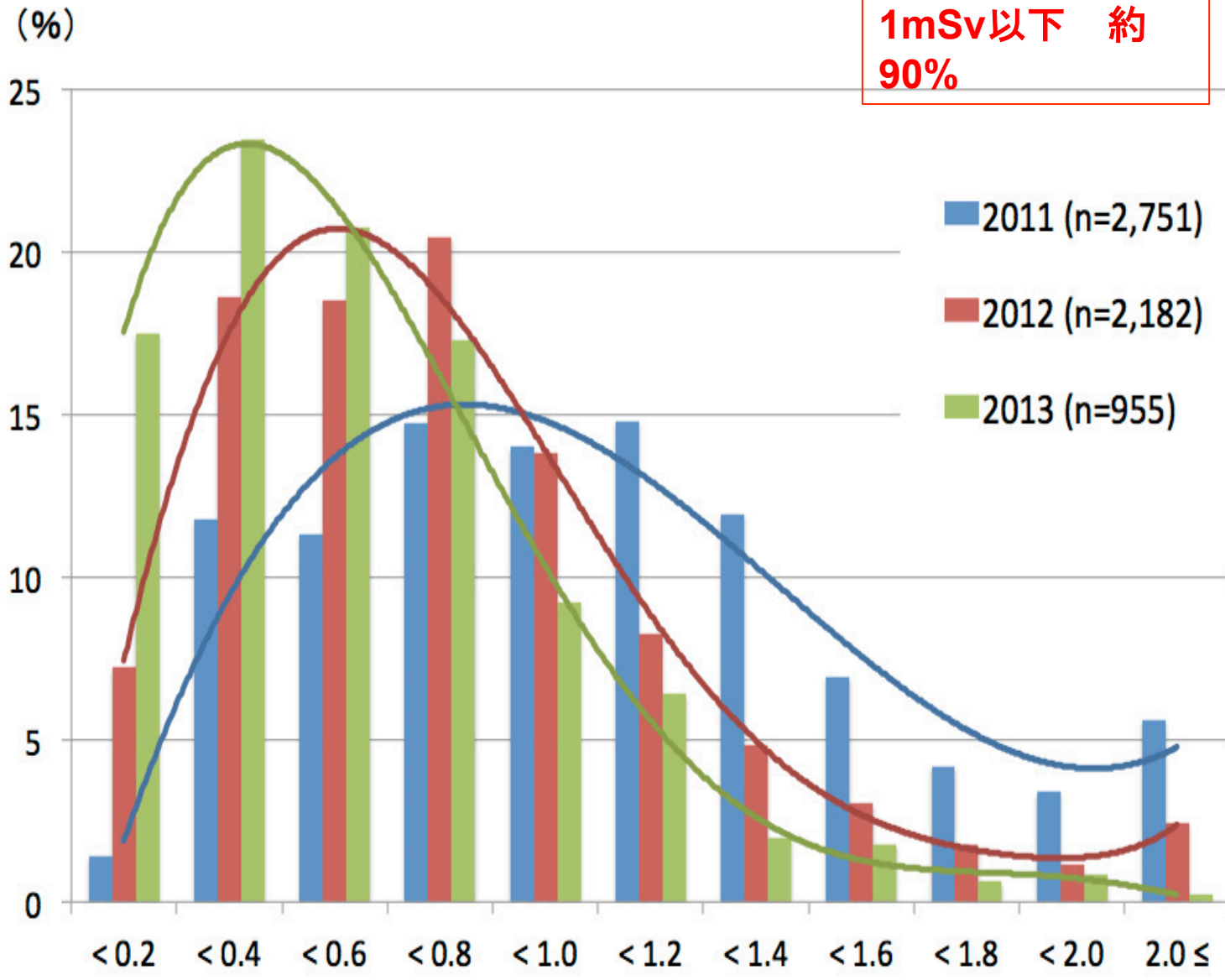
■ H25.5月～7月
測定者：3,173人

(人数)



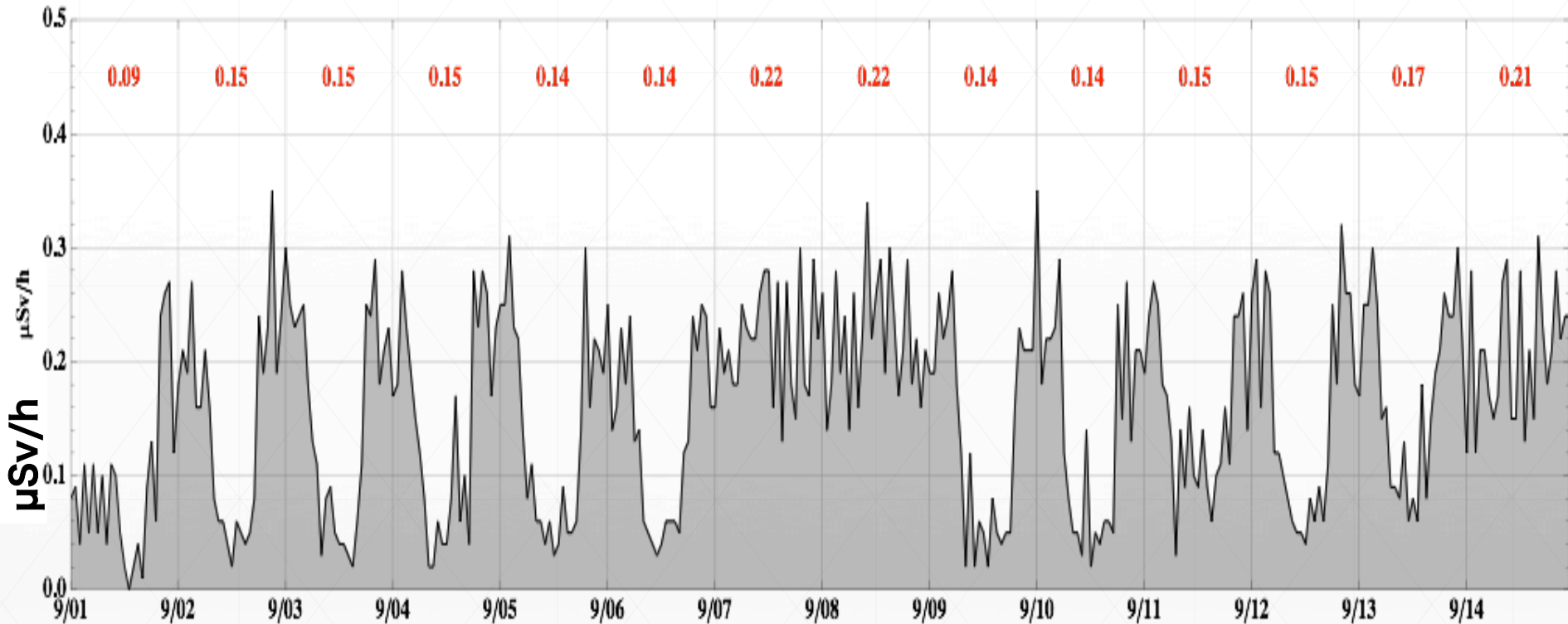
※ 1.6mSv/年を超えた方、再測定で数値が下がらなかった方には、個別説明会などを開催。日常生活で注意すべき点などを説明し、再度検査を行いました。

南相馬市ガラスバッジ検査結果推移 小中学生のみ



ホットスポットの存在よりも、
長期間生活する場所の線量が重要である。
線量と線量率の関係

福島市在住 昼より夜の方が被ばく量が多い



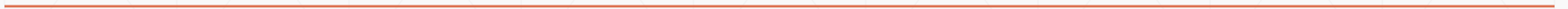
医療面から原発災害にて最低限必要な評価

- 事故直後の外部被ばく量
- 事故直後の内部被ばく量（ヨウ素被ばくも含む）
- 医学的見地からの退避指示の妥当性検証

- 慢性期の外部被ばく量（空間線量変化）
- 慢性期の内部被ばく量（汚染食品評価、ハイリスク行為の同定）
- 帰村指示の妥当性検証 除染作業の危険性評価

- 甲状腺を含む疾患発生頻度変化（主に発がんなどの長期的影響）
- 短期的な疾患発生変化
- 生活行動様式の変化に伴う疾患発生変化（慢性疾患、精神的影響）
- 適切な放射線教育およびその効果判定

Literacy ?? Risk Communication??



健康診断・放射線相談会



飯舘村 5/21,22



相馬市玉野地区 5/28.29



地元での放射線説明会

放射線の不安に助言 南相馬

南相馬市立総合病院の非常勤医師で東大医科学研究所の坪倉正治さんの「放射線おはなし会」は24日、同市原町区のひがし生涯学習センターで開かれ、坪倉さんが市民の放射線への不安に答えた。ベテランママの会（番場さち子会長）の主催。

坪倉さんは、昨春から同病院に向向、1万人以上の市民の内部被ばくの検査を実施している。この日は、



アドバイスする坪倉さん

会場には約30人の市民が詰め掛けた。坪倉さんは、これまでの診療や調査を基に、ほとんどの市民が心配するほどの内部被ばくをしていないことを紹介。定期的なホールボディカウンターを受診と食品摂取に注意することなどをアドバイスした。

おはなし会は同生涯学習センターで、30日と2月20日の午後2時から、2月7、21日の午後6時30分から開催予定。問い合わせは、番場会長（電話090・090・34・8728）へ。

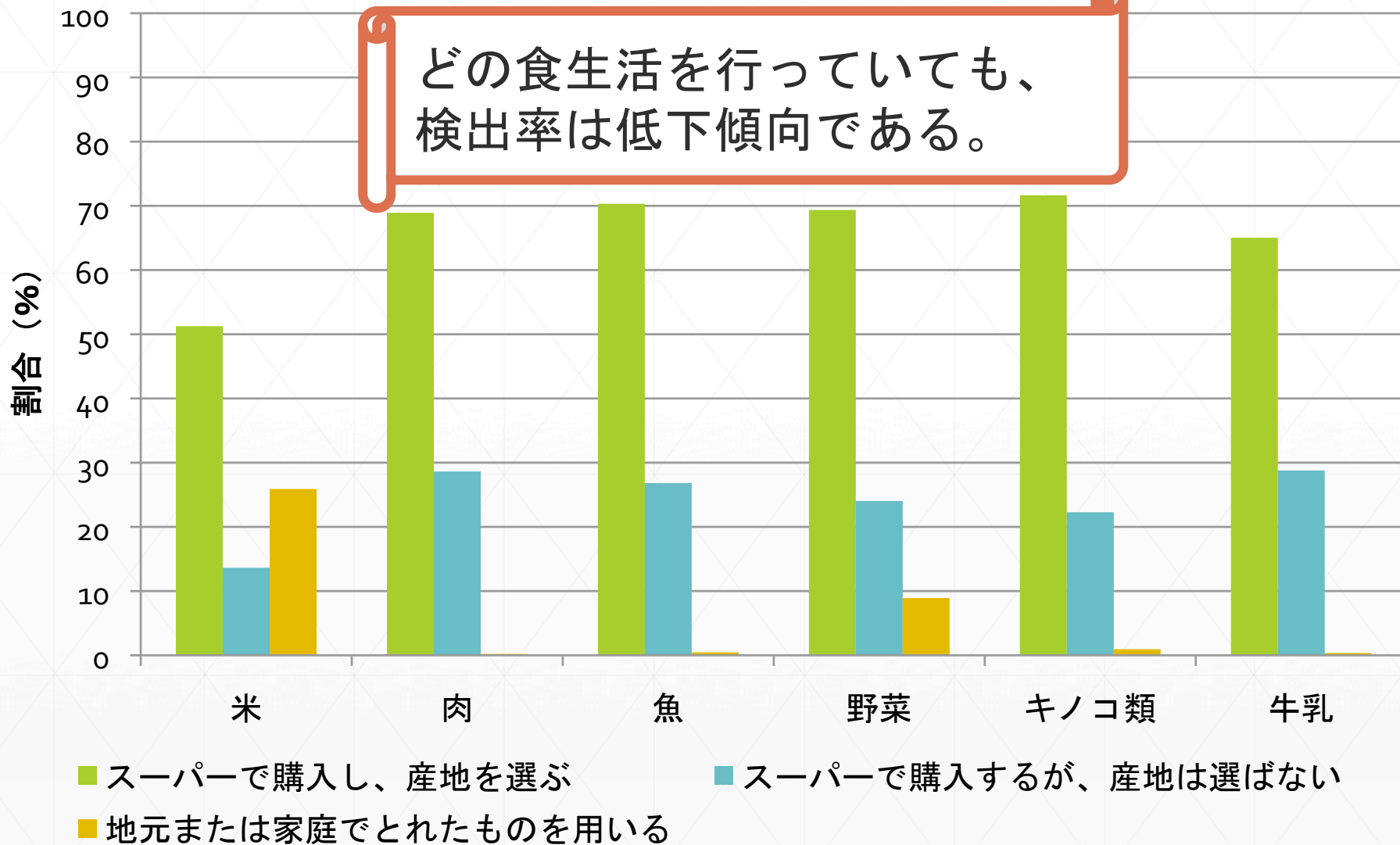


住民の方々からの質問 バックグラウンドによって大きく異なる。

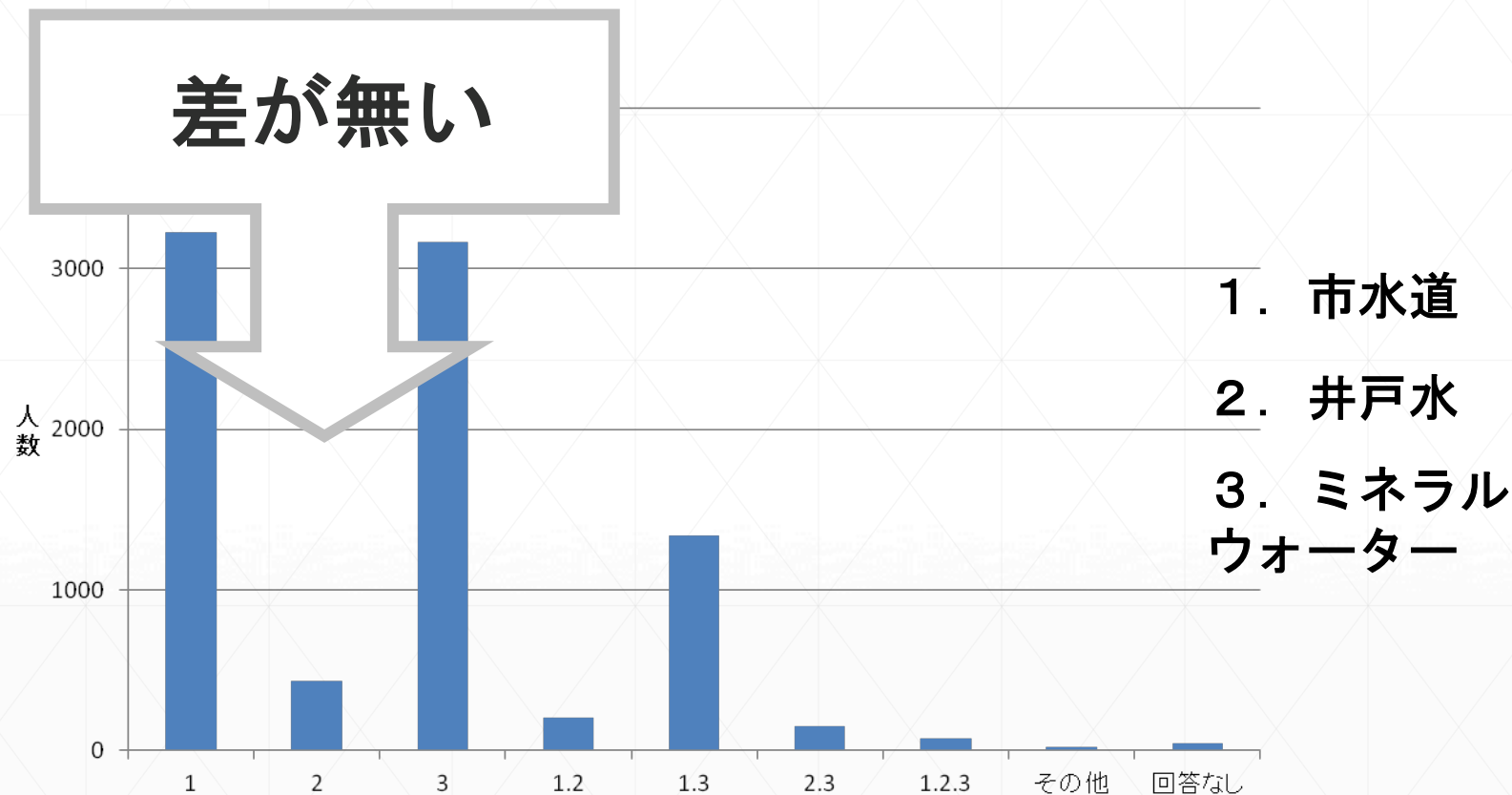
- 自分の作っている野菜を食べられるのか、うちはいつから作付けを行ってよいのか、畑の線量を下げるためにはどうすれば良いのか。
- 子供への影響はどうか、学校の窓を開けてよいのか、登下校の際にマスクはどうすべきか。学校内の放射線量測定はどこをすべきか、どこから除染すべきか。
- ヘドロの処理を行うときに放射線はどう扱うべきなのか、山間部から流れ降りてくるあの川の水は大丈夫なのか。

南相馬市食物摂取状況（高校生以上+成人 約3000人対象）

Q. 以下の食物を購入する際、どのようにしているか教えてください。（複数回答可）

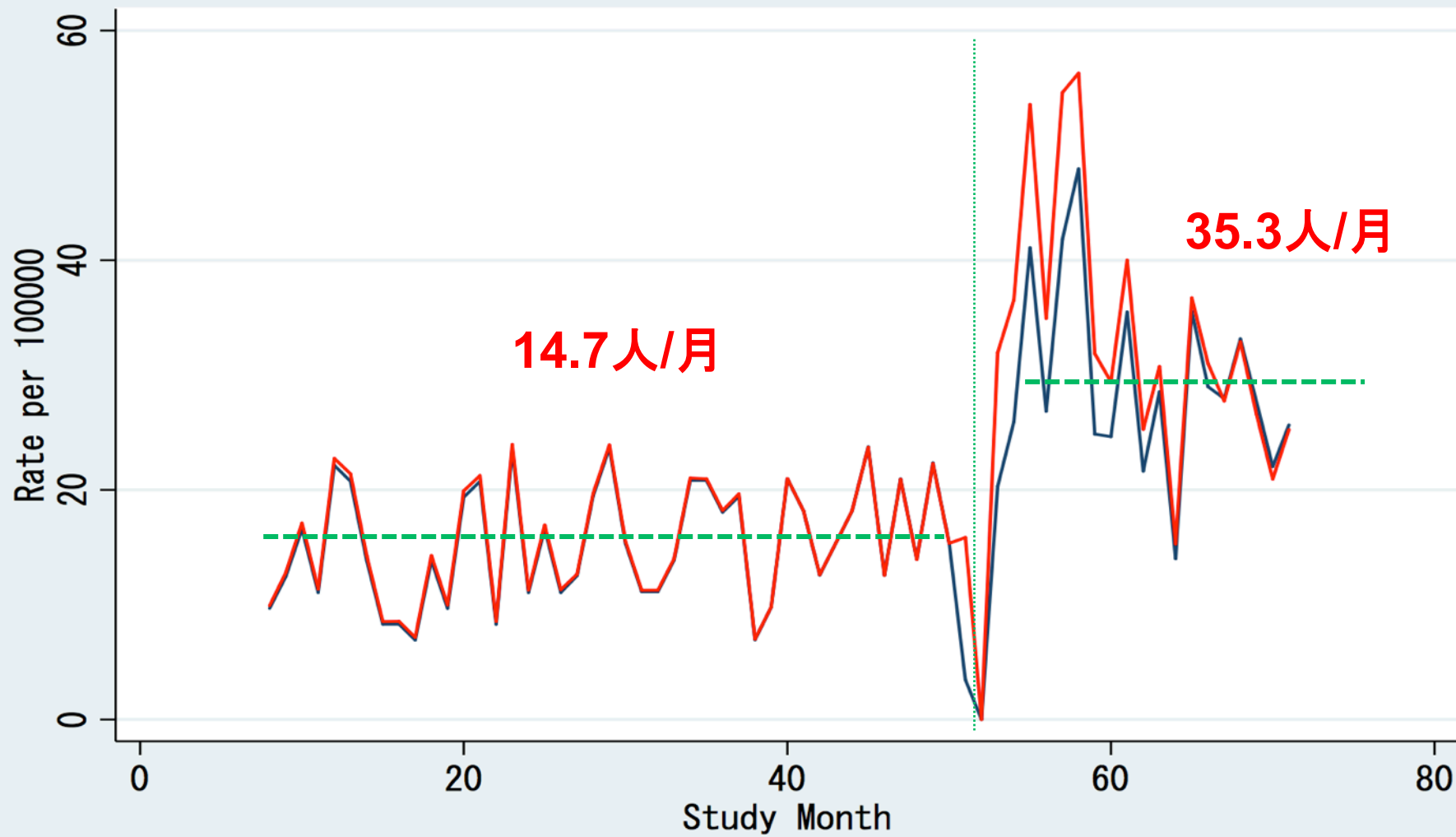


南相馬市自宅の飲料水の種類 8656人



	1	2	3	1.2	1.3	2.3	1.2.3	その他	回答なし
人数	3229	432	3166	203	1337	154	73	18	44
割合	37.3%	5.0%	36.6%	2.3%	15.4%	1.8%	0.8%	0.2%	0.5%

1ヶ月毎の人口10万人あたりの脳卒中入院者数 (人口調整、年齢調整後)



震災前後でRelative Risk は2.4倍か？

気をつけるべき慢性の病気

- 高血圧
- 高コレステロール血症
- 糖尿病
- 肥満
- うつ
- アルコール中毒



心筋梗塞

脳梗塞

Changes in metabolic profiles after the Great East Japan Earthquake: a retrospective observational study

Masaharu Tsubokura¹, Morihito Takita^{2*}, Tomoko Matsumura¹, Kazuo Hara³, Tetsuya Tanimoto¹, Kazuhiko Kobayashi⁴, Tamae Hamaki⁵, Gichiro Otsu¹, Masahiro Kami¹, Tadaichi Okawada⁶ and Hidekiyo Tachiya⁶

Abstract

Background: A magnitude 9.0 earthquake struck off eastern Japan in March 2011. Many survivors have been living in temporary houses provided by the local government since they lost their houses as a result of the great tsunami (tsunami group) or the expected high-dose radiation resulting from the nuclear accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (radiation group). The tsunami was more than 9 m high in Soma, Fukushima, which is located 30 km north of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and adjacent to the mandatory evacuation area. A health screening program was held for the evacuees in Soma in September 2011. The aim of this study was to compare the metabolic profiles of the evacuees before and after the disaster. We hypothesized that the evacuees would experience deteriorated metabolic status based on previous reports of natural disasters.

Methods: Data on 200 subjects who attended a health screening program in September or October of 2010 (pre-quake) and 2011 (post-quake) were retrospectively reviewed and included in this study. Pre-quake and post-quake results of physical examinations and laboratory tests were compared in the tsunami and radiation groups. A multivariate regression model was used to determine pre-quake predictive factors for elevation of hemoglobin A1c (HbA1c) in the tsunami group.

Results: Significantly higher values of body weight, body mass index, waist circumference, and HbA1c and lower high-density lipoprotein cholesterol levels were found at the post-quake screening when compared with the pre-quake levels ($p = 0.004$, $p = 0.03$, $p = 0.008$, $p < 0.001$, and $p = 0.03$, respectively). A significantly higher proportion of subjects in the tsunami group with high HbA1c, defined as 25.7%, was observed after the quake (24.3%) than before the quake (14.8%) ($p < 0.001$). Regional factors, periodic clinic visits, and waist circumference before the quake were identified as predictive factors on multivariate analysis for the deterioration of HbA1c.

Conclusions: Post-quake metabolic variables were impaired compared with pre-quake baseline levels in survivors who were living in temporary houses. A natural disaster could affect metabolic profiles, and careful follow-up for survivors should be planned.

Keywords: Natural disaster, Health screening, Glycemic control, Lipidemia

* Correspondence: tsubokura@ygh.uim.ac.jp; tsubokura@uim.ac.jp
Division of Social Communication System for Advanced Clinical Research,
Institute of Medical Science, University of Tokyo, Tokyo, Japan

¹Basic Research Institute, Saito Cell Laboratory, Gifu, Japan

Full list of author information is available at the end of the article



慢性疾患の悪化

	柚木・大野台	保健センター	玉野地区
身長・体重を測定した人数	291 人	266 人	183 人
肥満だった人の数	125 人	83 人	59 人
肥満だった人の割合	43.0 %	31.2 %	32.2 %

⑥ 血圧つづき

収縮期血圧が140mmHg以上または拡張期血圧90mmHg以上の方を高血圧としています。

	柚木・大野台	保健センター	玉野地区
血圧を測定した人数	291 人	265 人	183 人
高血圧だった人の数	77 人	44 人	29 人
高血圧だった人の割合	26.5 %	16.6 %	15.8 %

⑧ 糖尿病関連について HbA1cが6.1以上の人を糖尿病疑いとしました。

	柚木・大野台	保健センター	玉野地区
採血検査をした人数	292 人	262 人	182 人
糖尿病疑いの人数	33人	18人	12人
糖尿病疑いの人の割合	11.3 %	6.9 %	6.6 %

⑨ 骨粗鬆症検査について

40歳未満の希望者と40歳以上の方を対象として、踵の骨を超音波で検査しました。

	柚木・大野台	保健センター	玉野地区
骨粗鬆症検査をした人数	284 人	251 人	154 人
要精密検査となった人数	50 人	42 人	34 人
要精密検査となった割合	17.6 %	16.7 %	22.1 %

がんの相対リスク

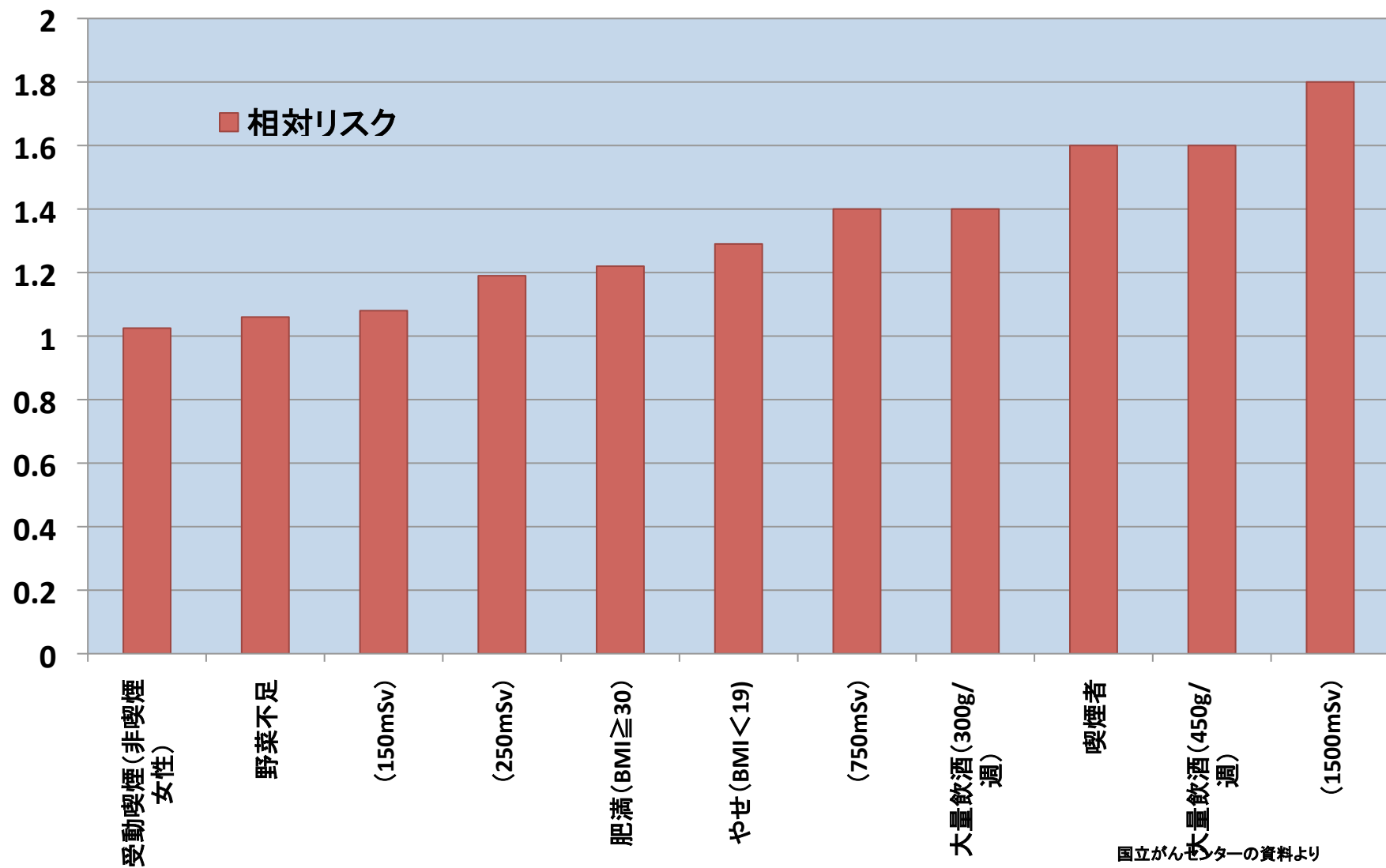
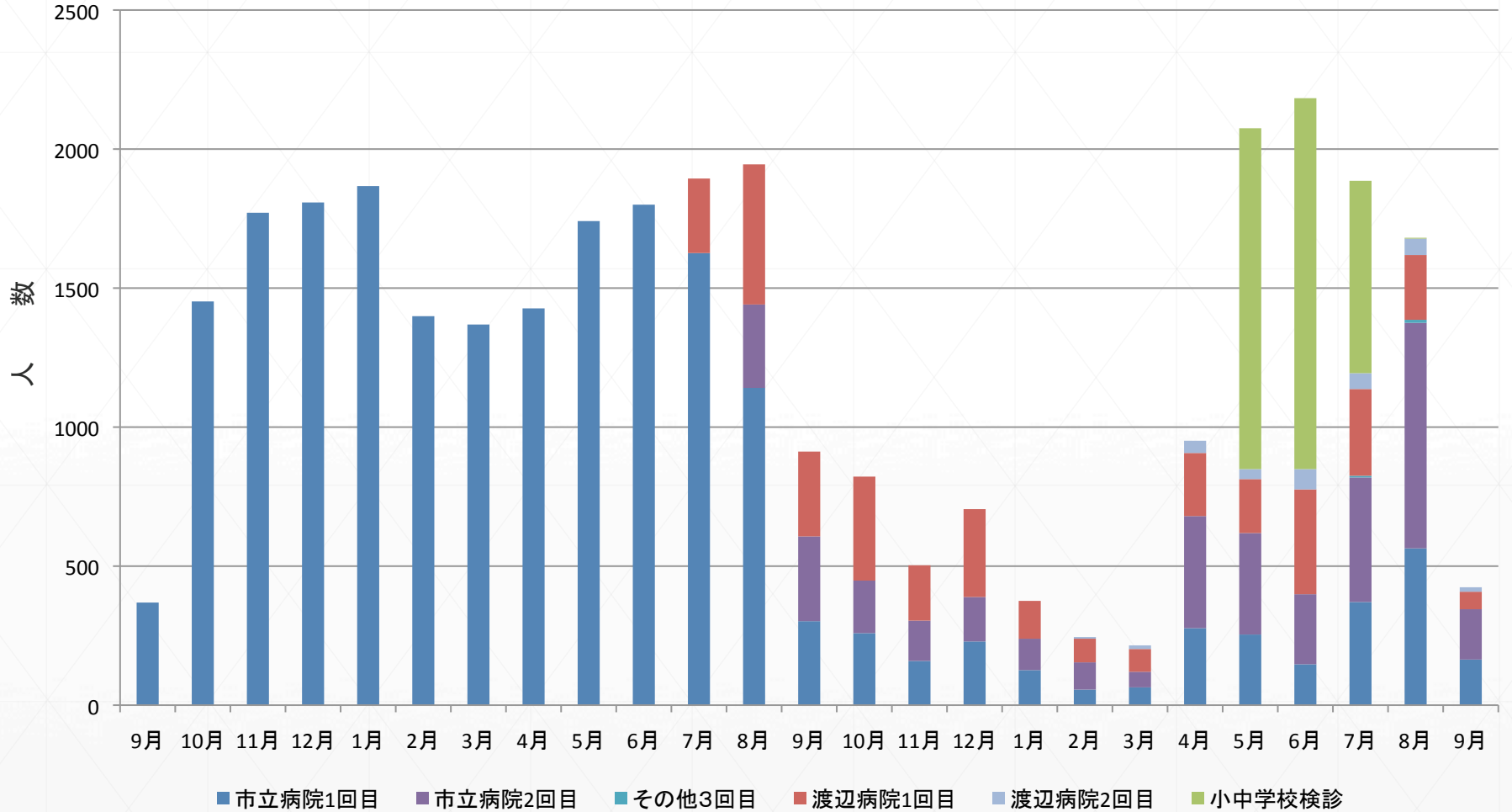


図 7-1

月別受診者数の推移

平成23年3月～平成25年9月



※その他3回目とは、県立高校に通う学生

渡辺病院での測定データ含む

相馬高校、相馬東高校



【問7】 自由記入欄

今、放射線について一番知りたいこと。

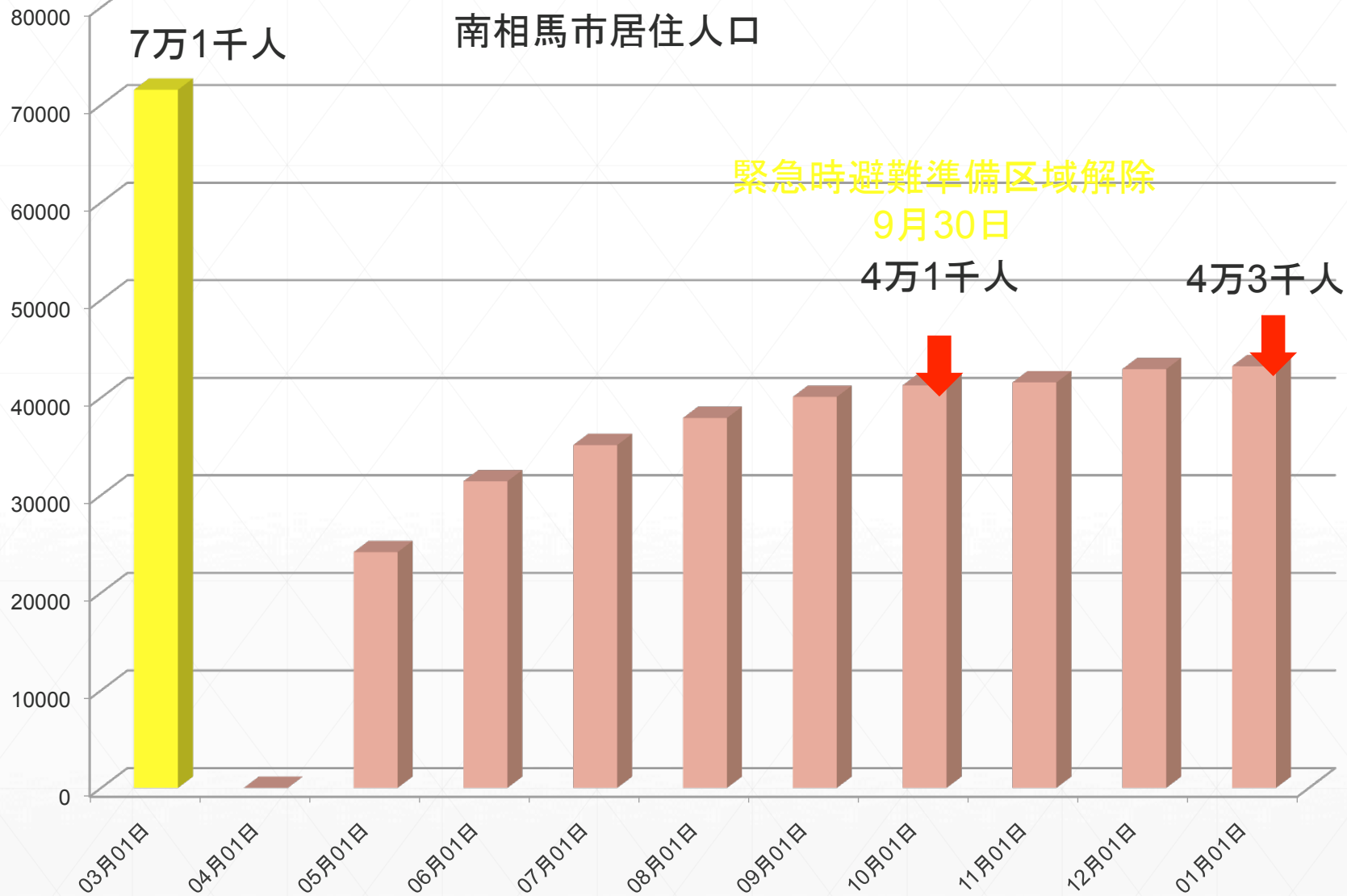
内容	コメント数
体への将来の影響	16
水/魚の安全性	6
放射能を気にしない生活までどれくらいの間がかかるのか	5
現在浴びている放射線量	4
実際の汚染量(真実)	3
日々気をつけなければいけないこと	3
内部と外部被ばくの違い	2
野菜/食品の安全性	2
放射能をなくす方法	2
除染問題・立入り禁止区域の解除	2
チェルノブイリと広島原爆との違い	2
自宅周辺の安全性	1
人工と自然の放射能の違い	1
体内から放射能を取り除く方法	1
放射線の数値の読み方	1
放射能の日本と海外の基準の違い	1

その他に書かれていたこと:

- 興味ない。2年前以上前のことを今更いってもしようがない。
- 興味ない。放射線の知識を得て、今まで被ばくしたぶんはどうなるのか？
- あまりわからない。がんで死ぬんだと思う
- 10年後自分たちは健康でいられるのだろうか？

高齡化？

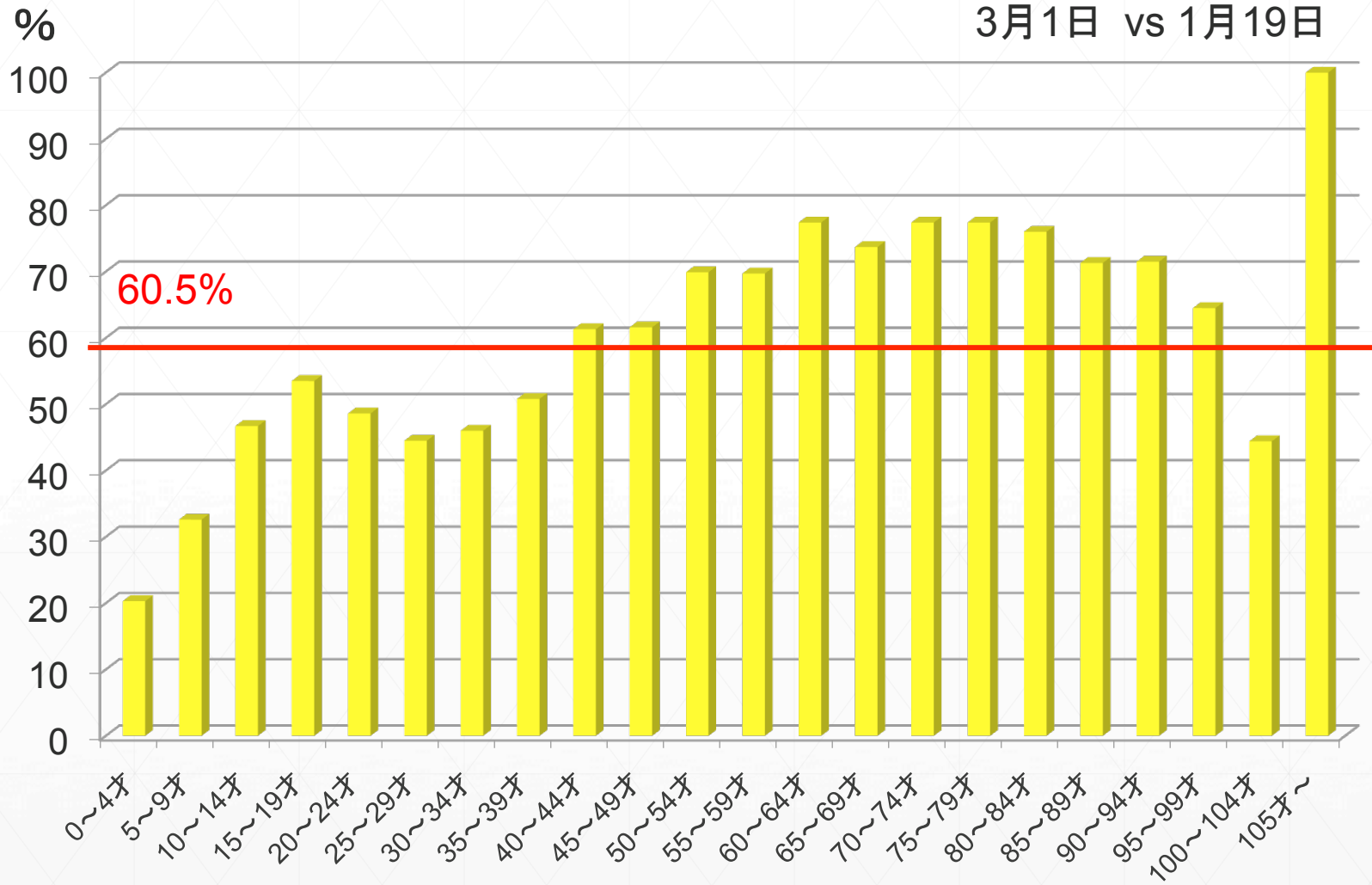
南相馬市居住人口



11月2日

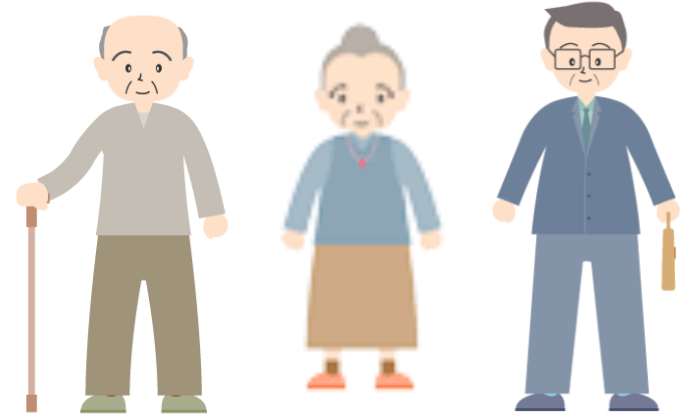
年齢別人口分布の震災前後の比較：%

3月1日 vs 1月19日



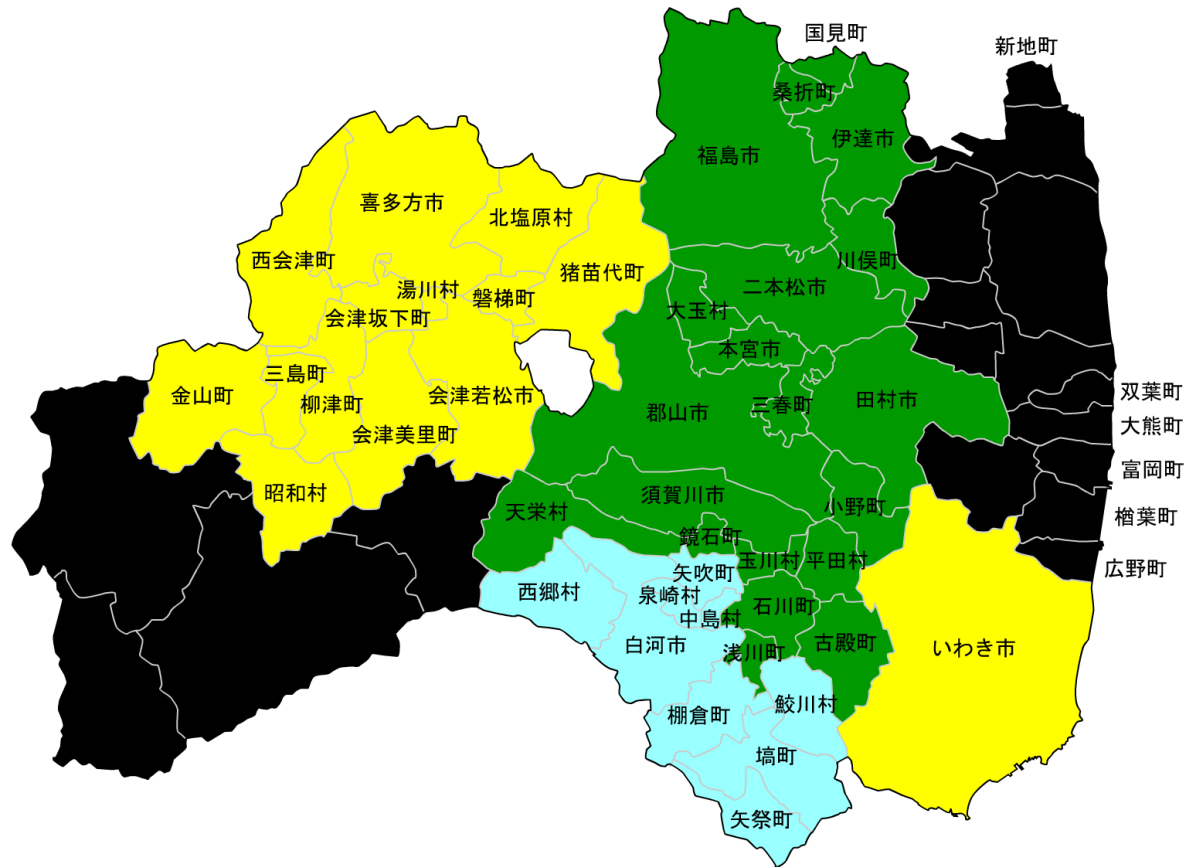
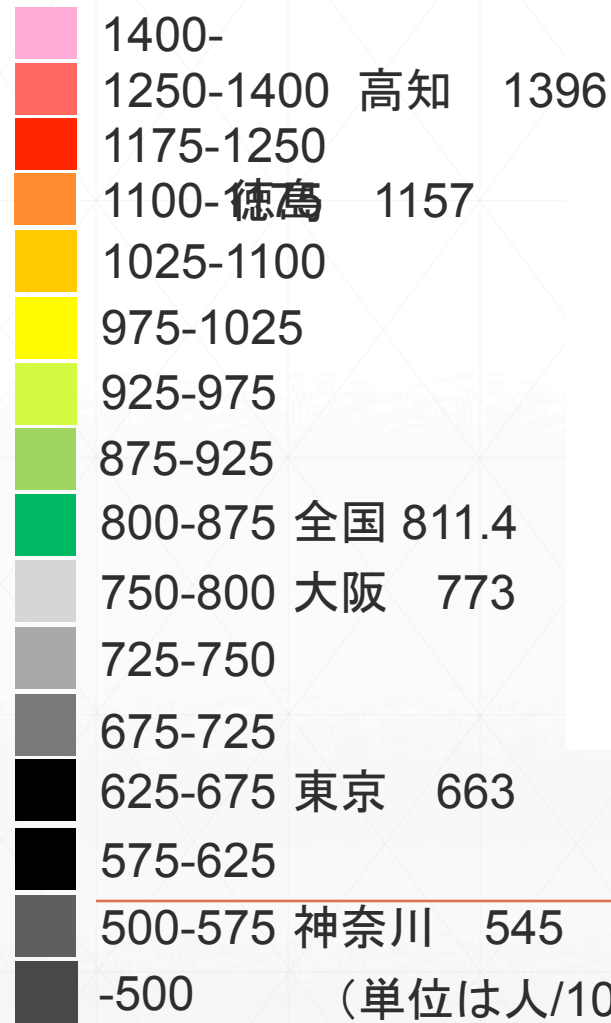


or



The trend of nuclear families is increasing after the nuclear disaster.

人口10万人あたりの病院・診療所で勤務する看護師数（准看護師含む）



出典： 平成22年国勢調査
 平成23年病院報告
 平成23年医療施設調査

東大医科研 森田知宏 児玉有子

Boshin- war 1868-1869



レポート課題

今回の福島第一原発事故における、
地域住民への放射線被ばく以外の影響に
ついて述べよ。

その際、実際に計測されている被ばく量
に留意しながら説明すること。

- ありがとうございます。

