



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>

2013年度冬学期 主題科目テーマ講義

放射線

を

科学的に

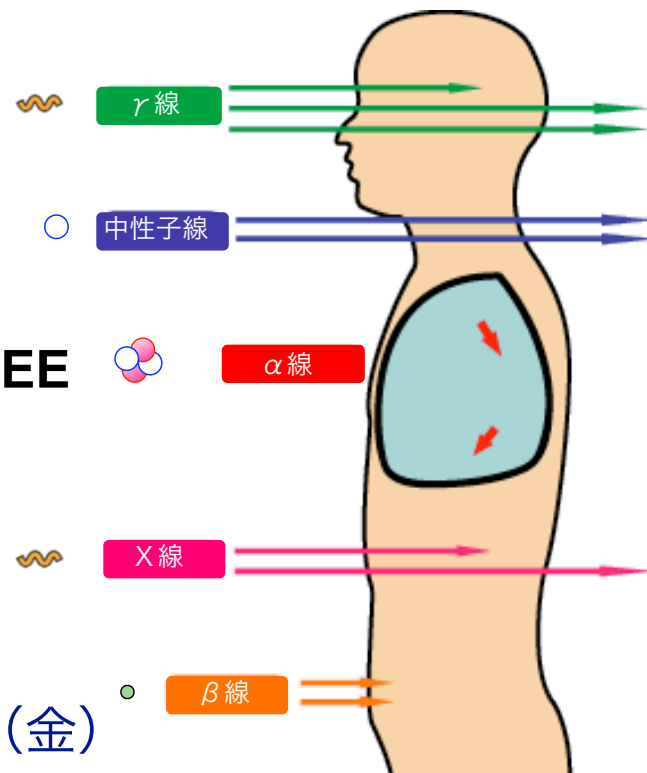
理解する

金曜5限

@ 21 KOMCEE

K303教室

2013 / 11 / 15 (金)



第6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

- 10/11 放射線入門 【鳥居】
- 10/18 放射線物理学 【鳥居】
- 10/25 放射線計測学 【小豆川】
- 11/ 1 放射線物理・化学 【鳥居】
- 11/ 8 放射線生物学 【渡邊】
- 11/15 被曝調査・医療支援 【坪倉】
- 11/29 原子核物理学・原子力工学 【鳥居】
- 12/ 6 環境放射化学 【小豆川】
- 12/13 環境放射化学 【小豆川】
- 12/20 放射線防護学 【飯本】
- 1/10 植物栄養・肥料学 【藤原】
- 1/24 放射線の利用 【渡邊】
- 1/27 加速器科学・まとめ 【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》

飯本 武志 《環境安全本部》

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

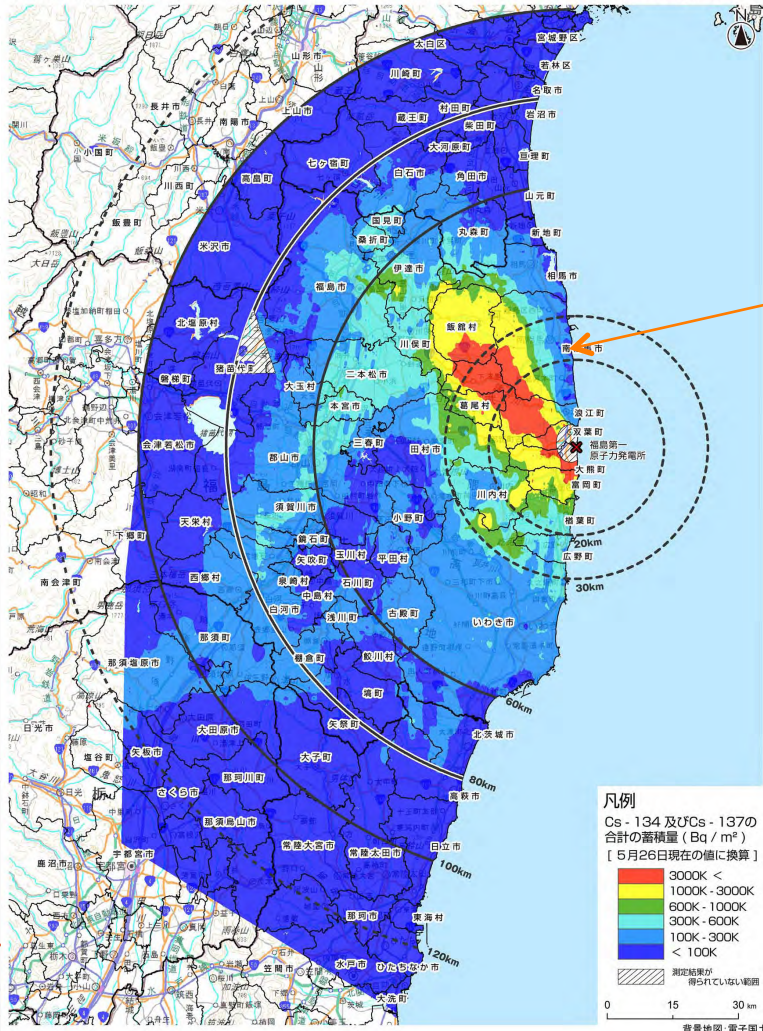
東京大学医科学研究所
南相馬市立総合病院 内科
坪倉正治

浜通りとは



南相馬市立総合病院

別紙2
 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)



- 原発から23km
- 230床
- 空間線量 0.2 μ SV/h

南相馬市人口
 70,000 → 10,000 → 40,000



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

増え続ける避難者

市体育館に避難する相馬市民



物流ストップ

ガソリン給油を待つ自動車の列



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~~

- 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 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

50

HEB800
12・602

HEB800
95-2

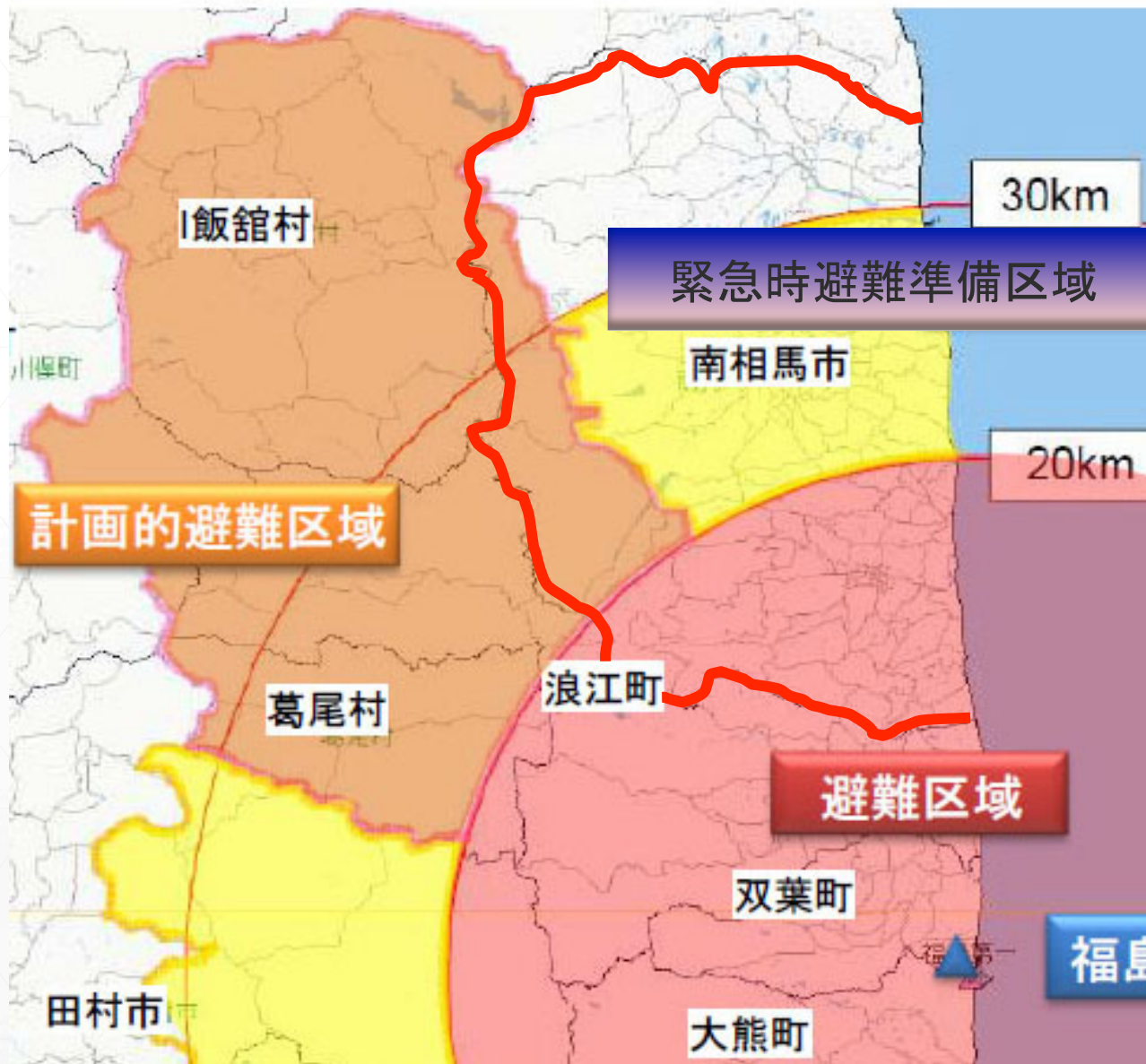


注意
通行禁止
工事現場

地震・津波　そして原発のトリプル災害



- 人、物資の流入が途絶え、緊急避難へ。



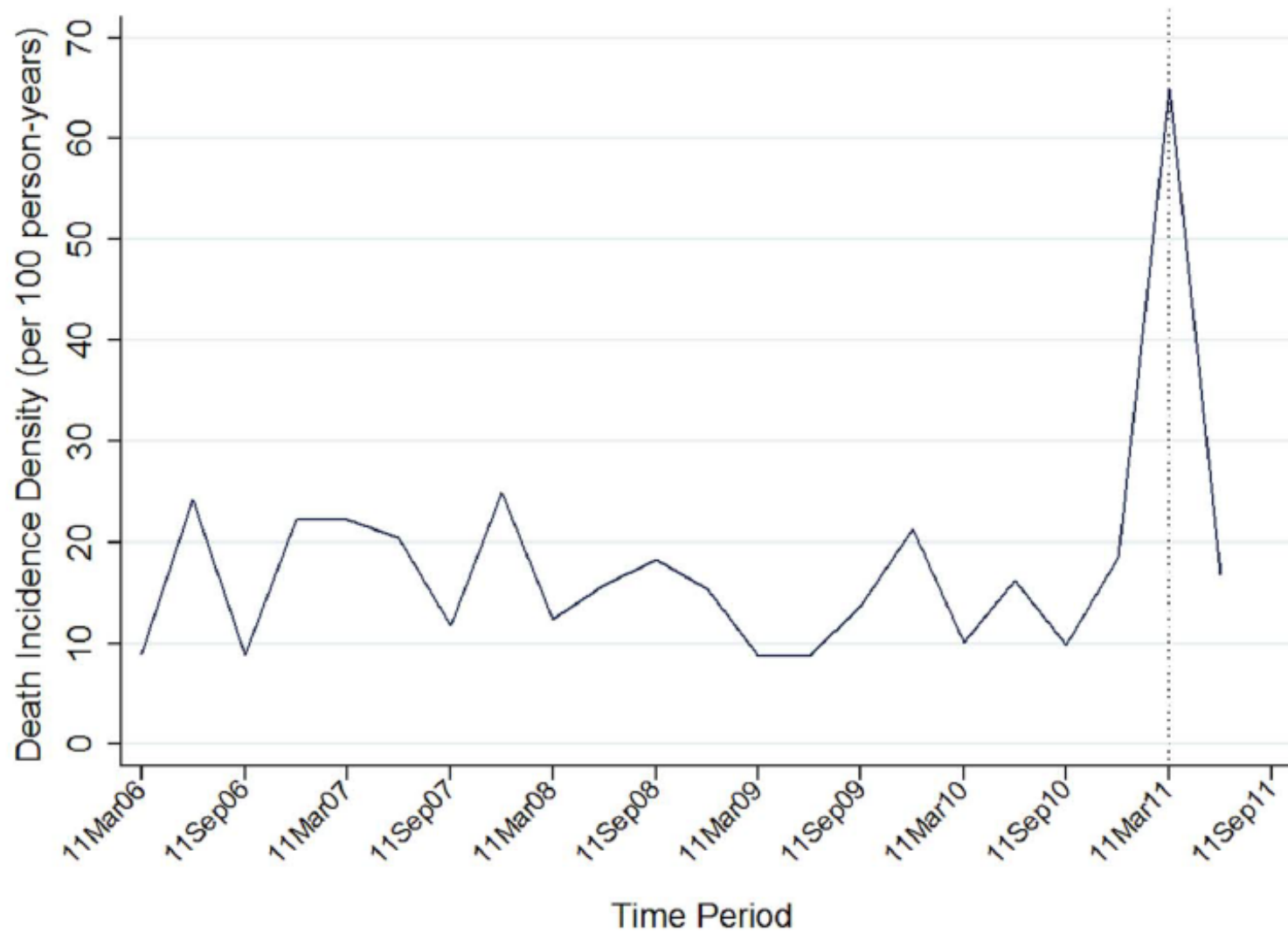
医療支援
ドクターヘリ
救急車両
DMAT
看護師
医師
医療スタッフ

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

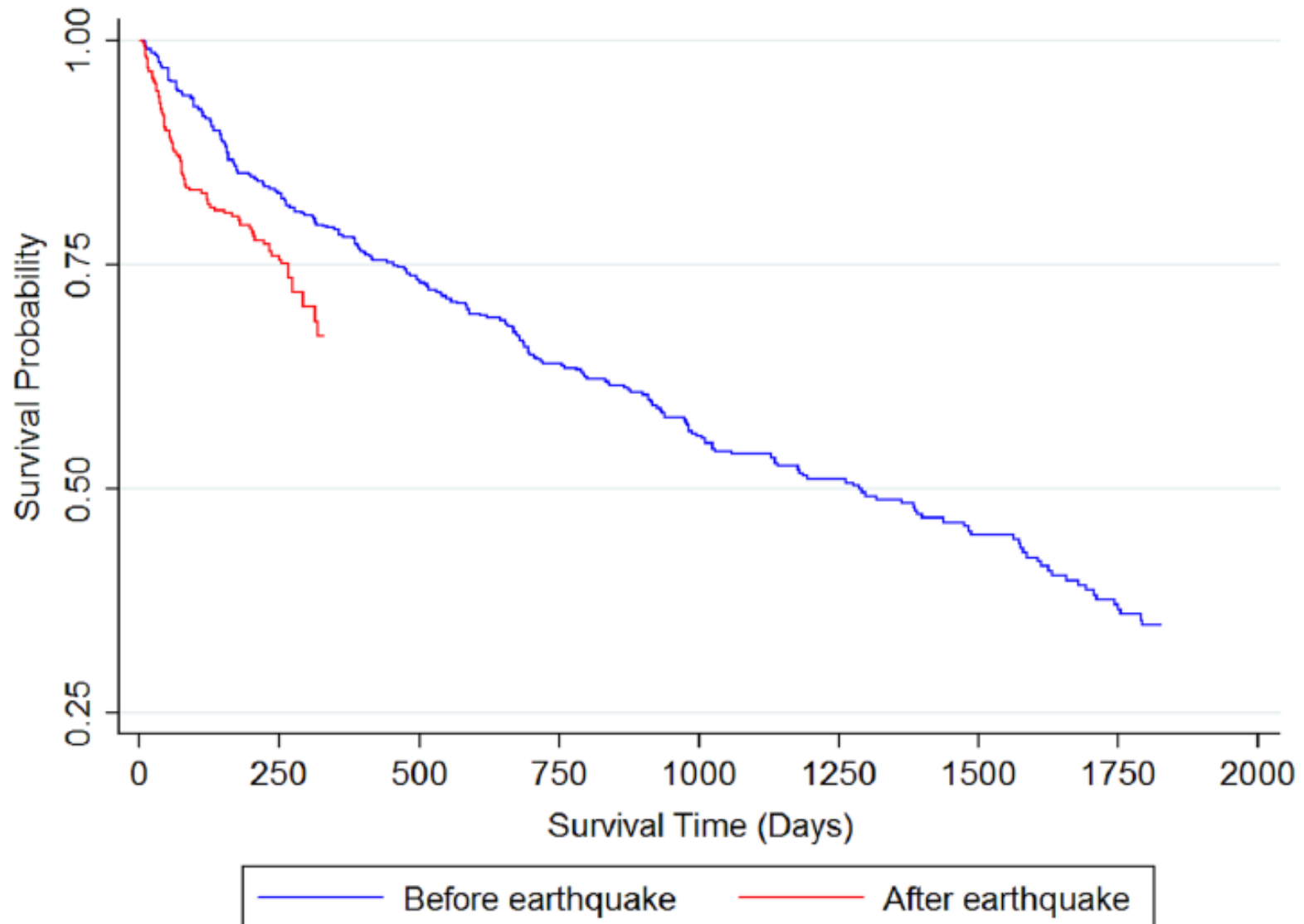
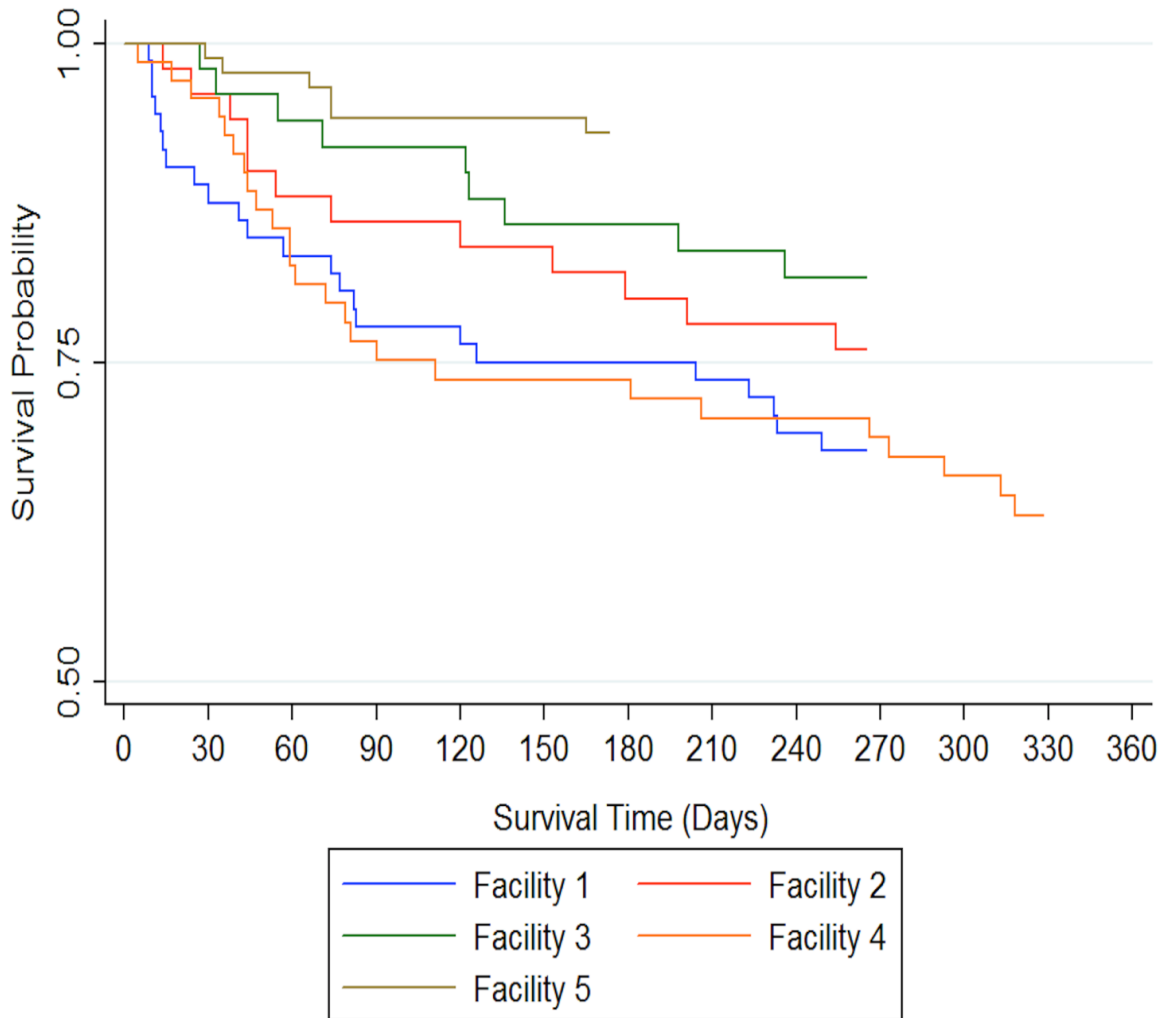


Fig. Estimated post-earthquake survival by facility



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

健康診断・放射線相談会



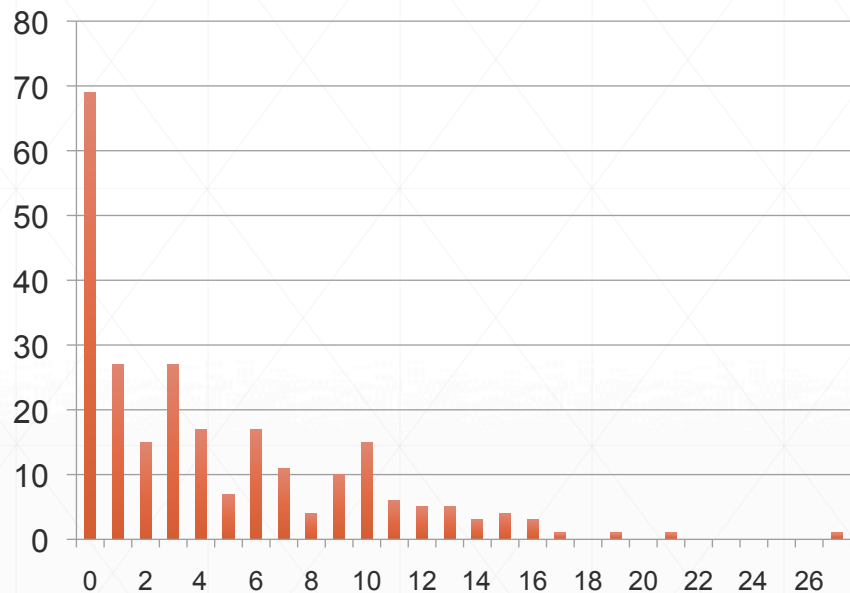
飯舘村 5/21,22



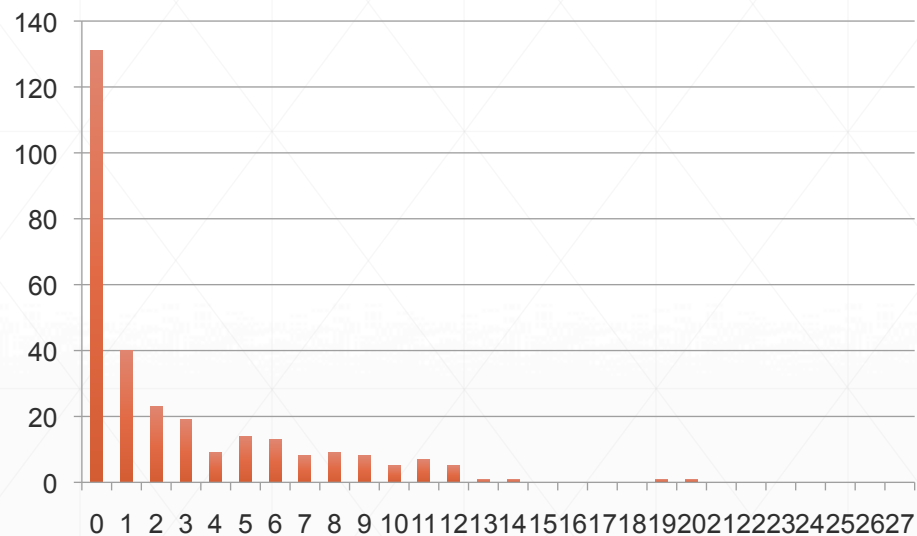
相馬市玉野地区 5/28.29



PHQ-9による うつ病スクリーニング



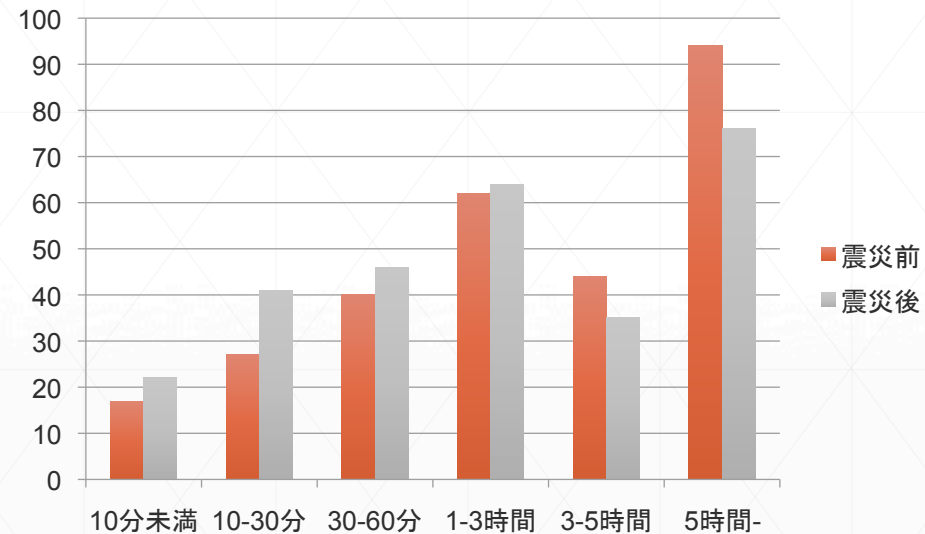
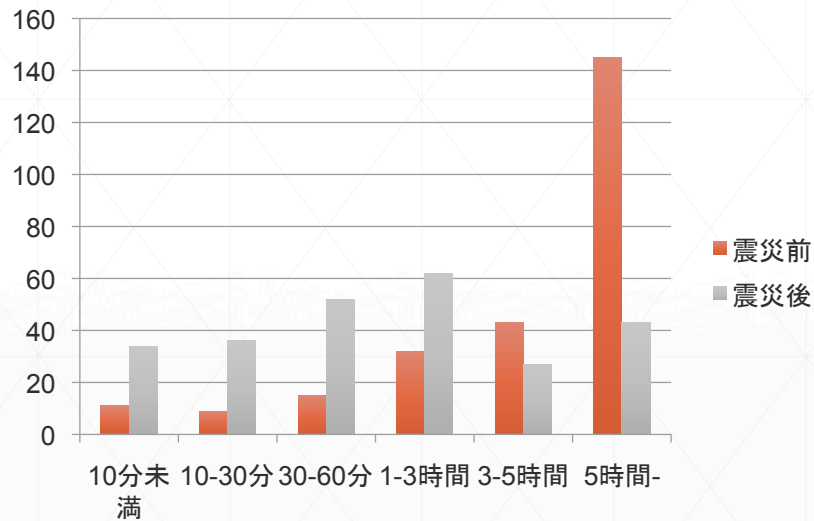
飯舘村 5/21,22



相馬市玉野地区 5/28,29

Cut off 10 ; 飯舘村で抑うつ傾向の受診者が多かった。

野外活動の変化



飯舘村 5/21,22

相馬市玉野地区 5/28,29

飯舘村での著名な野外活動の減少。
屋内退避指示による。

放射線説明会



相馬市、南相馬市、川内村にて5月中旬から8月上旬まで実施

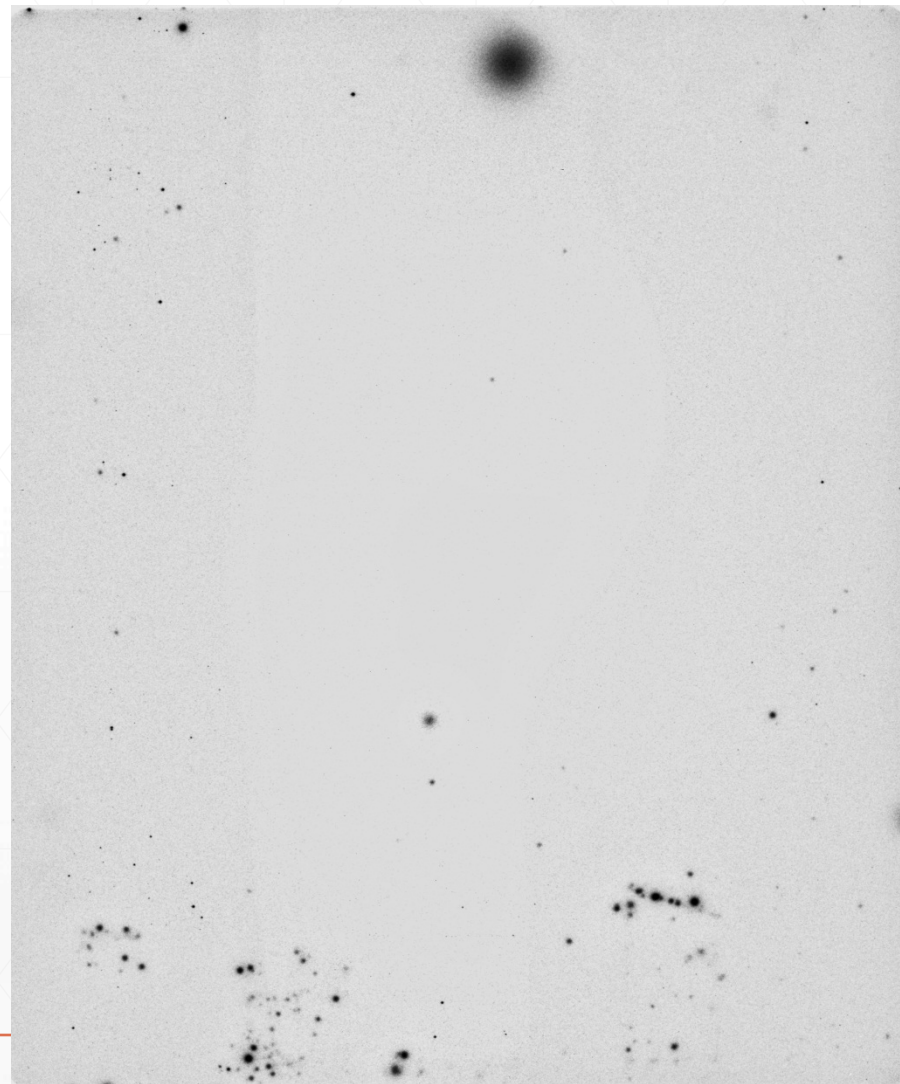
住民の方々からの質問 バックグラウンドによって大きく異なる。

- 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。

線量計が無い！



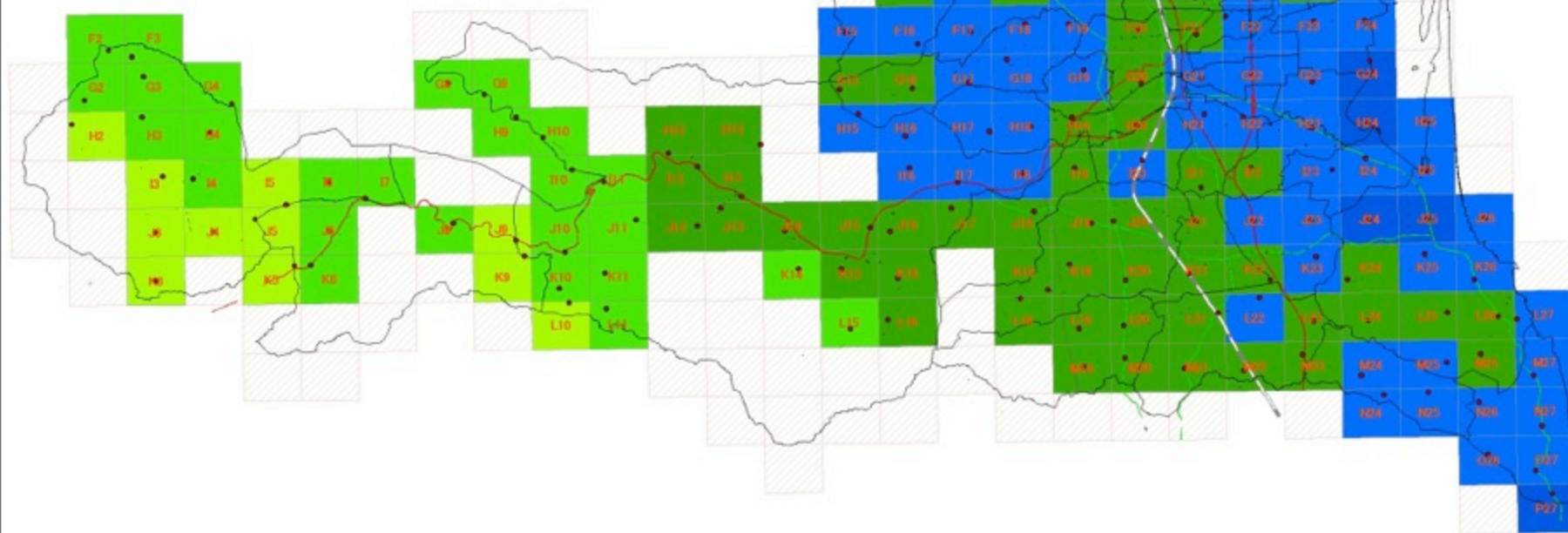
レントゲンフィルムの感光



市内全域1kmメッシュ調査

● 計測地点

地表面



学校ミニホットスポット調査

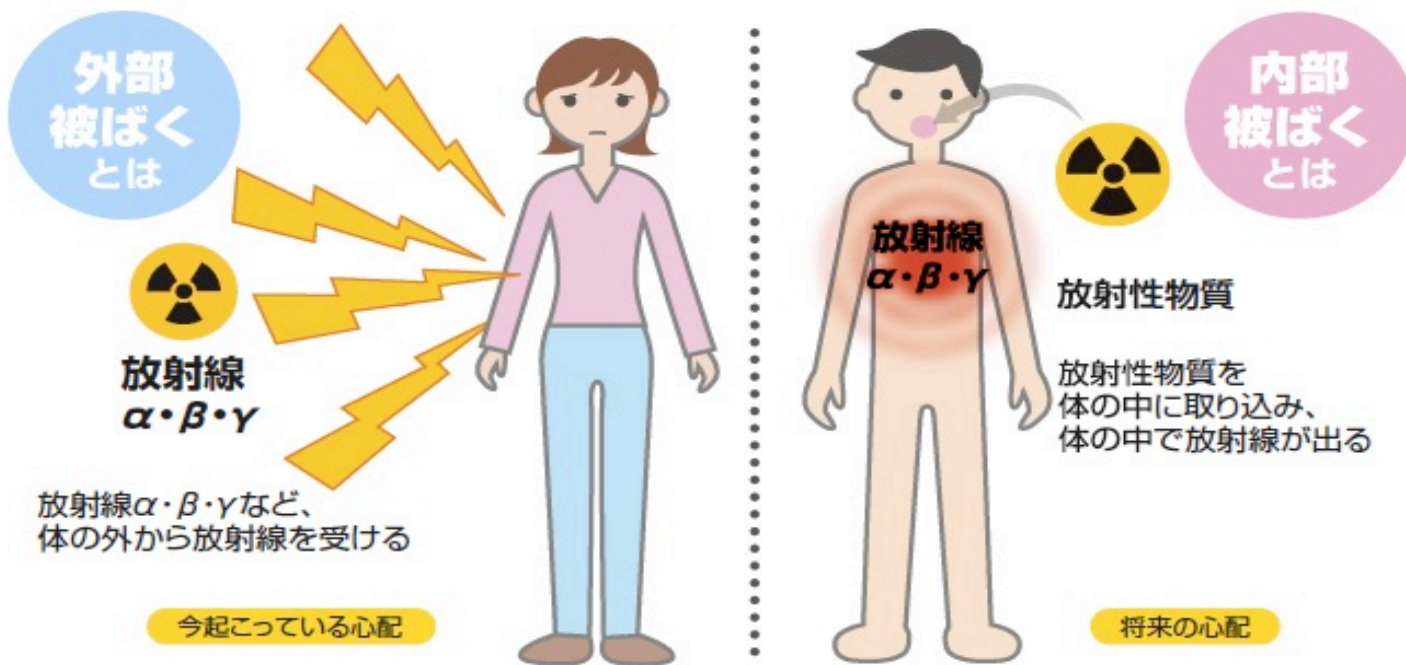
学校施設内50カ所を測定（毎月2回）



玉野地区10mメッシュ調査



外部被ばくと内部被ばく



女川原発 WBC



内部被ばく検査



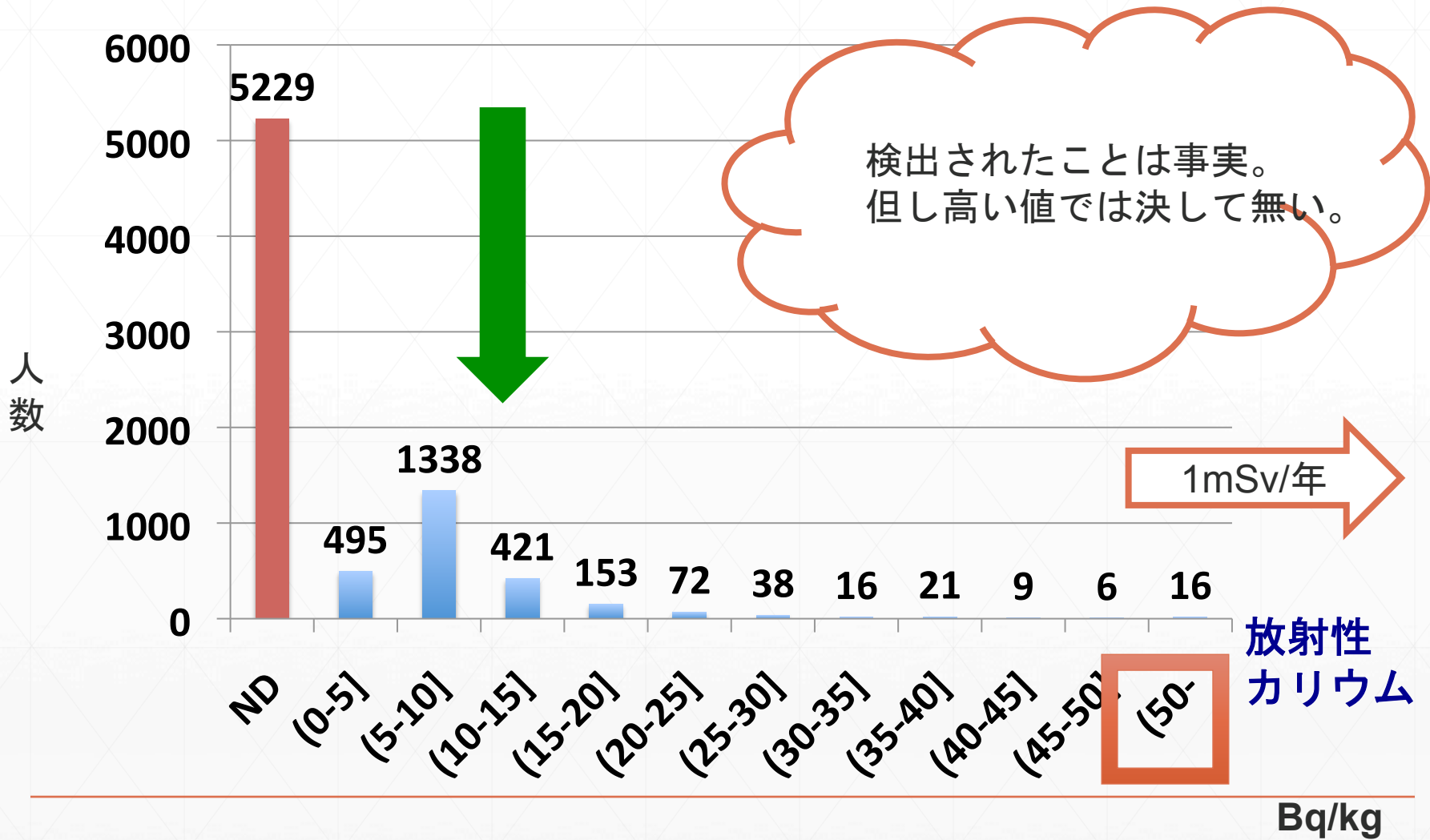
ホールボディー
カウンターによる
体内放射能測定



Fastscan (南相馬市立総合病院など)



南相馬市立総合病院で計測したセシウム137体内放射能量別被験者数 9/26～3/31施行（7814人） 高校生以上＋成人対象



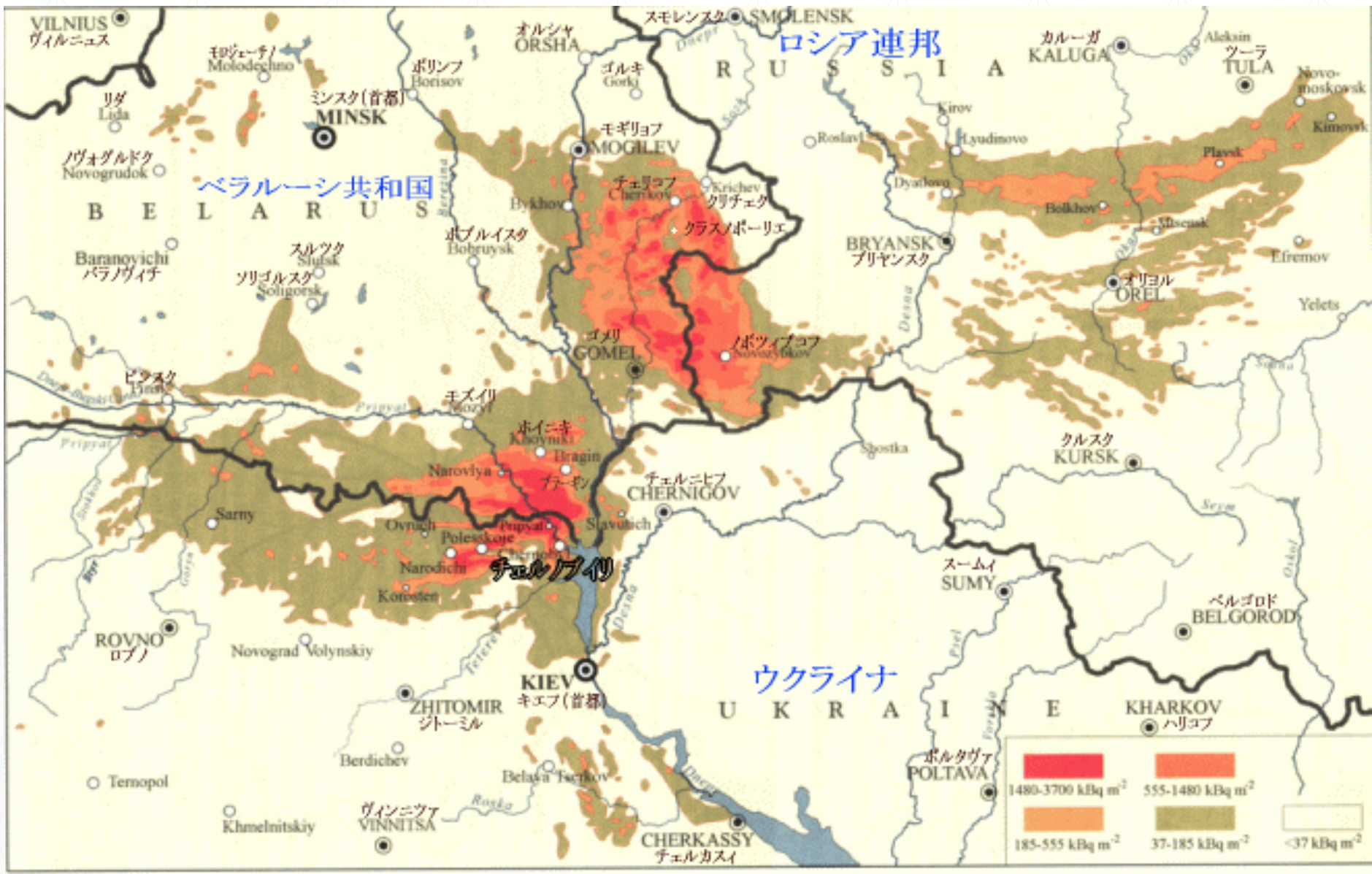
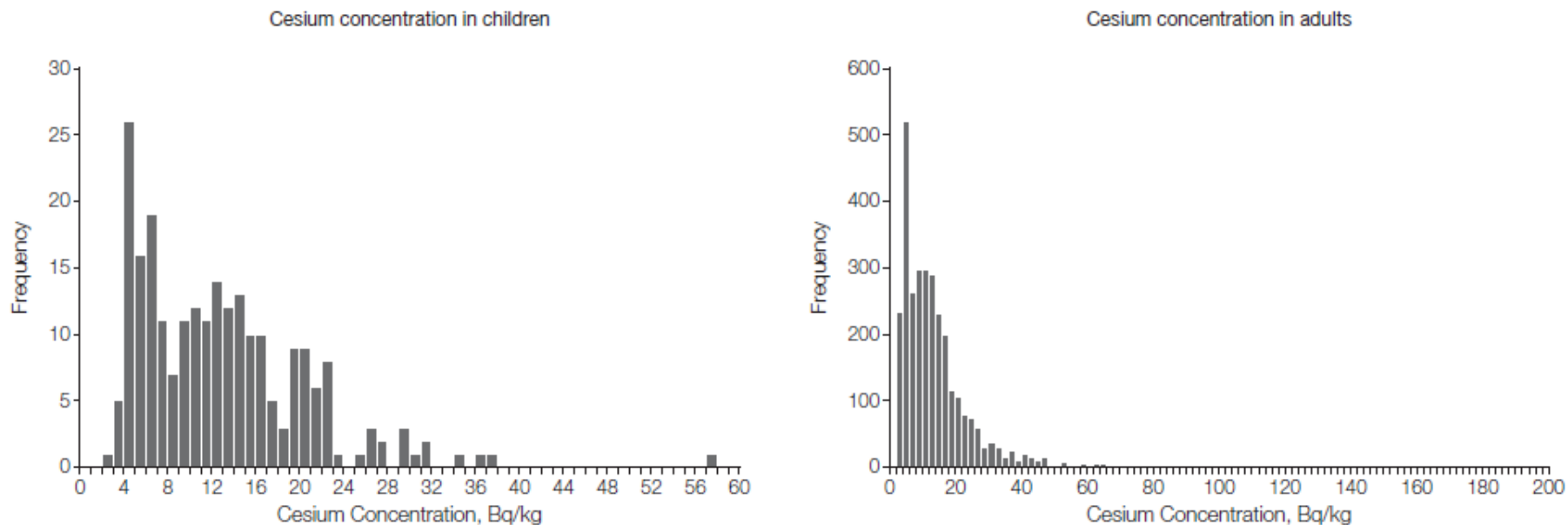


Figure VI. Surface ground deposition of caesium-137 released in the Chernobyl accident [11, 13].

参考：チェルノブイリ事故5-10年後の ベラルーシ、ウクライナ、ロシアでの結果

総数		Cs137 線量 (Bq/kg)別被験者数 (%)				
		0-50	50-100	100-200	200-500	500-
全地域	119306	93727 (77.8)	15651 (13.0)	6852 (5.7)	2700 (2.2)	376 (0.3)
ベラルーシ						
ゴメリ	18883	14211 (75.2)	3136 (16.6)	1195 (6.4)	302 (1.6)	39 (0.2)
モギリョフ	23779	21441 (90.1)	1821 (7.7)	413 (1.7)	94 (0.4)	10 (0.1)
ウクライナ						
キエフ	27721	26283 (94.69)	1083 (4.0)	272 (1.0)	69 (0.3)	14 (0.1)
ジトミール	29079	21812 (74.9)	4625 (15.9)	1940 (6.7)	650 (2.3)	52 (0.2)
ロシア						
ブリヤンスク	19844	9980 (50.2)	4986 (25.1)	3032 (15.3)	1585 (8.1)	9261 (1.3)

Figure. Histograms of Cesium Concentration (Bq/kg) in Exposed Children and Adults



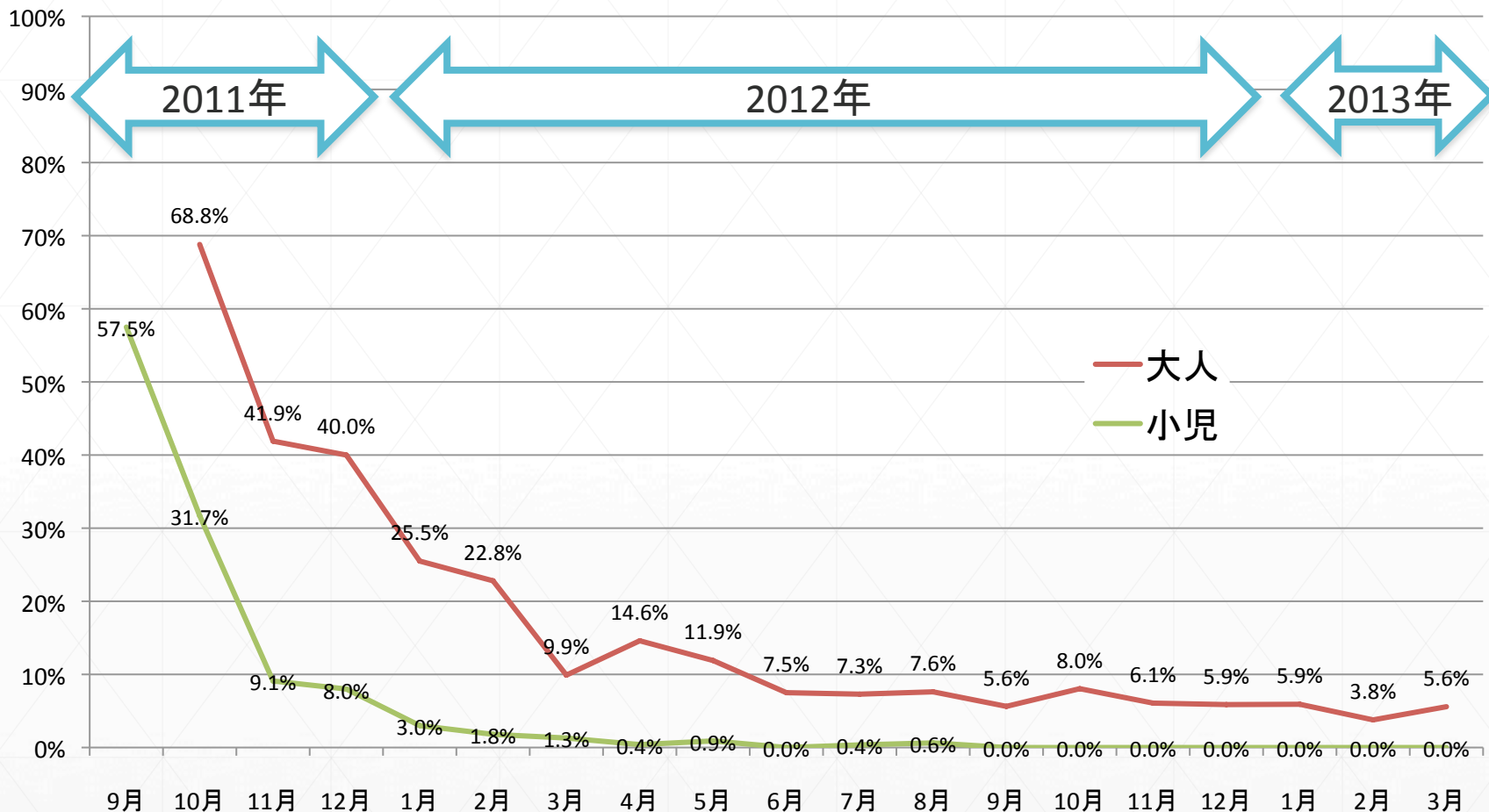
Frequency of exposure measured in children in 1 Bq/kg increments and in adults in 2 Bq/kg increments. Nonexposed adults and children were excluded; therefore, the numbers of individuals included are 235 children and 3051 adults.

	Exposure rate	Total exposure	Concentration
Children	16.4% (95% CI, 14.5% to 18.3%)	210 to 2953 Bq (Median: 590 Bq)	2.8 to 57.9 Bq/kg (Median: 11.9 Bq/kg)
Adults	37.8% (95% CI, 36.8% to 38.9%)	210 to 12 771 Bq (Median: 744 Bq)	2.3 to 196.5 Bq/kg (Median: 11.4 Bq/kg)

- The first attempt to assess the levels of internal radiation exposure after the Fukushima Daiichi nuclear plant incident.
- Exposure levels were much lower than those reported in studies years after the Chernobyl incident (49 Bq/kg after 7 to 10 years).

図 2

月別セシウム検出率の推移 平成23年9月～平成25年3月



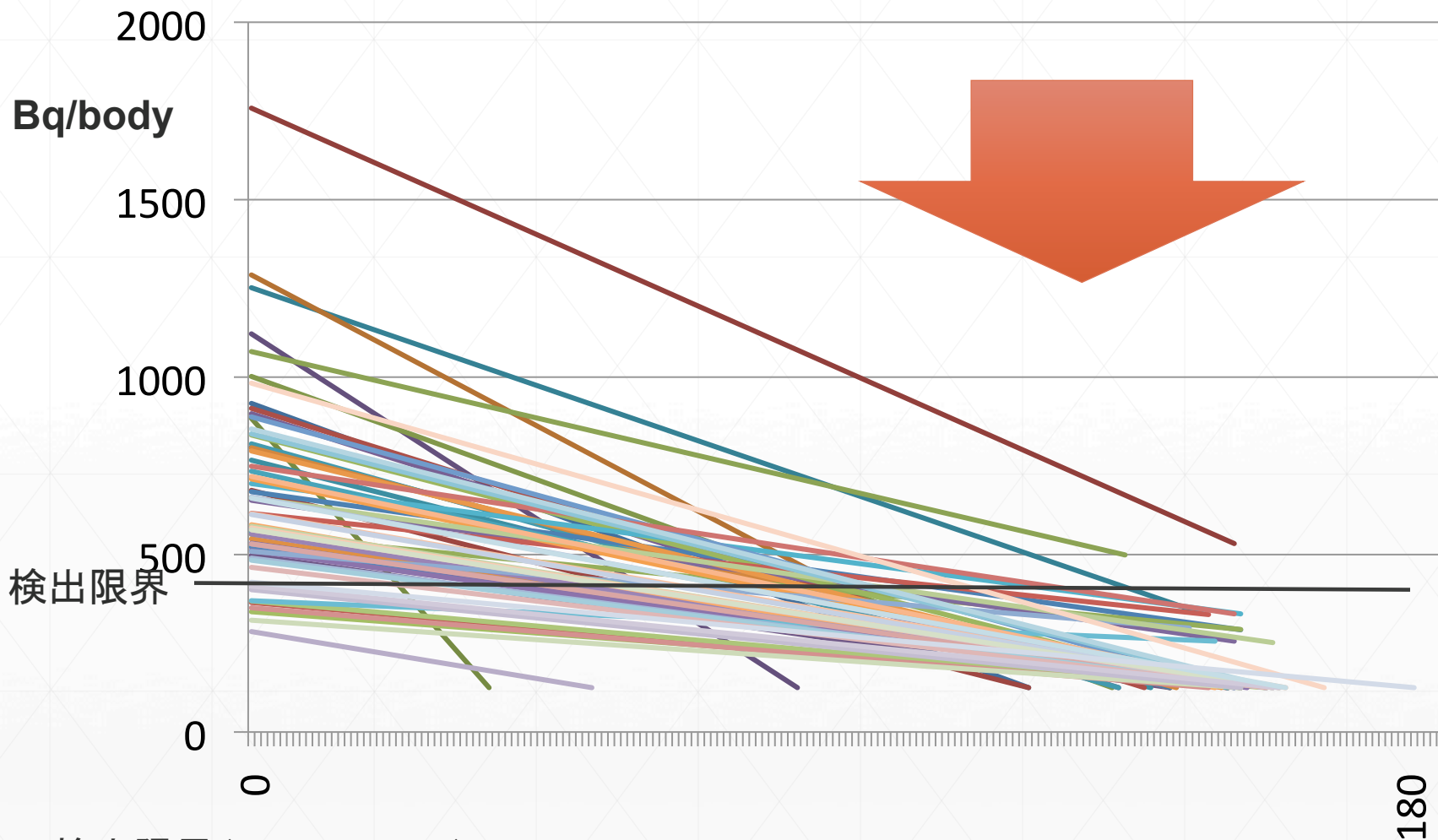
Tsubokura et al. Acute Intake of Radionuclides Immediately After the Incident as the Main Contributor of the Internal Radiation Exposure After Fukushima Daiichi Nuclear Disaster. JAMA pediatrics. 2013

このグラフからわかること。

- ① セシウムが排泄されること。
 - ② 日常生活での被ばくが少ないこと
 - ③ 事故直後の被ばくの影響を検出できないこと。
-

セシウム137再検査グラフ (67人)

セシウム137検出量が10Bq/kg以上の15歳以下の小児対象

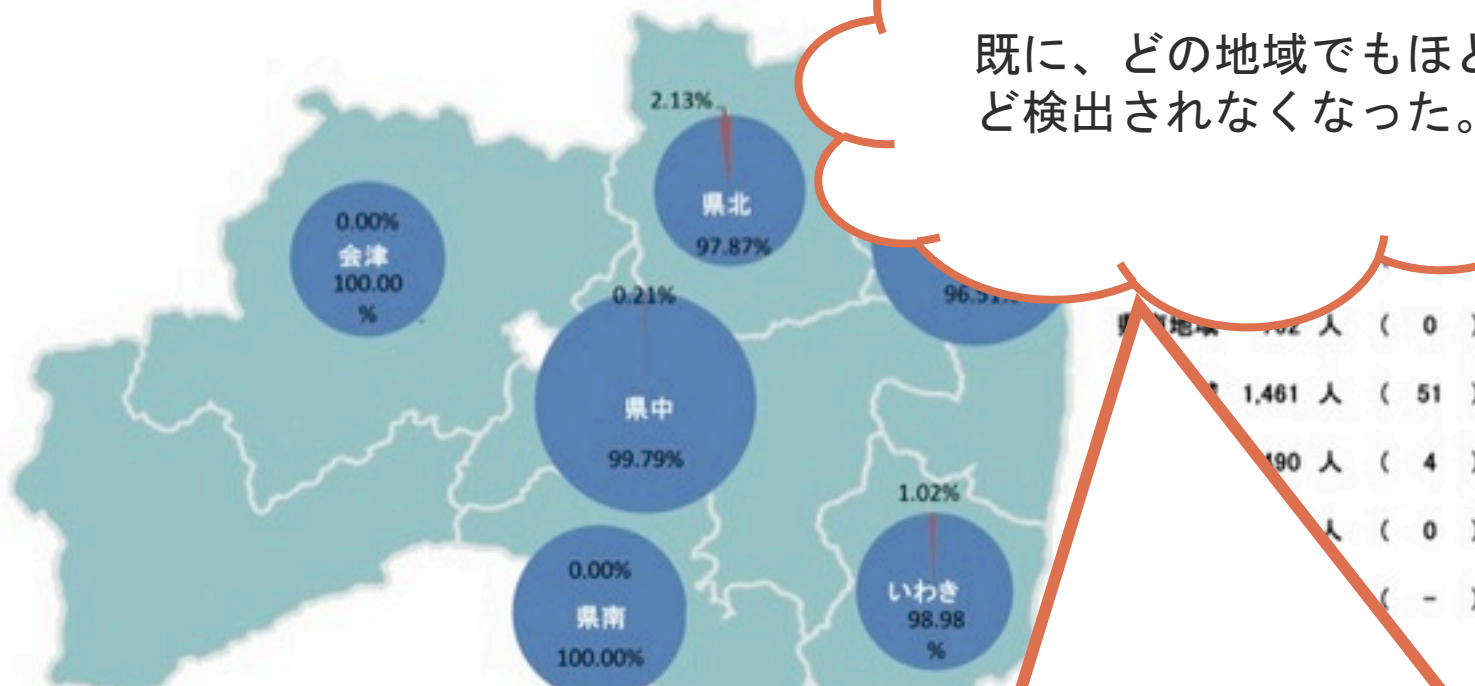


検出限界 (250Bq/body) 以下は125Bqと表示しています。

再検査までの日数

この状況は福島県内の他地域でも同様

図8. ひらた中央病院で計測したセシウム137体内放射エネルギー検出率
H24.4/1～H24.7/31施行 CANBERRA FASTSCAN
福島県地域別全年齢対象(n= 7,324)



既に、どの地域でもほとんど検出されなくなった。

現在、追加の内部被ばくは年間1mSv以下というレベルですらなく、あったとしても1mSvより圧倒的に低い0.01mSv程度以下であることがわかっている。

Extensive whole-body-counter surveys conducted at the Hirata Central Hospital (October 2011 – November 2012: n=32,811)

- Low levels of internal exposure detected than expected
- Between 12 to 20 months after the Fukushima accident, the Cesium detection frequency was 1.0% (0.09% among children)

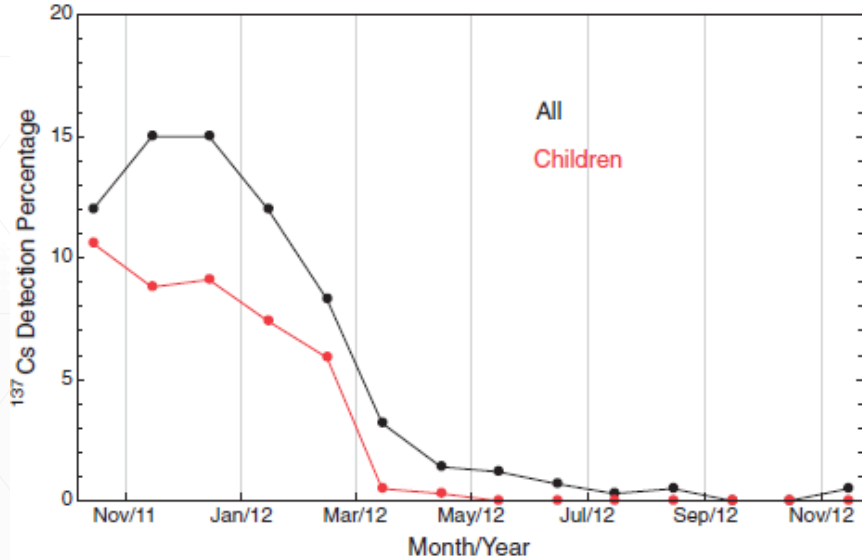


Fig. 5. The temporal changes of the ^{137}Cs detection percentages for all subjects (black) and children (red).

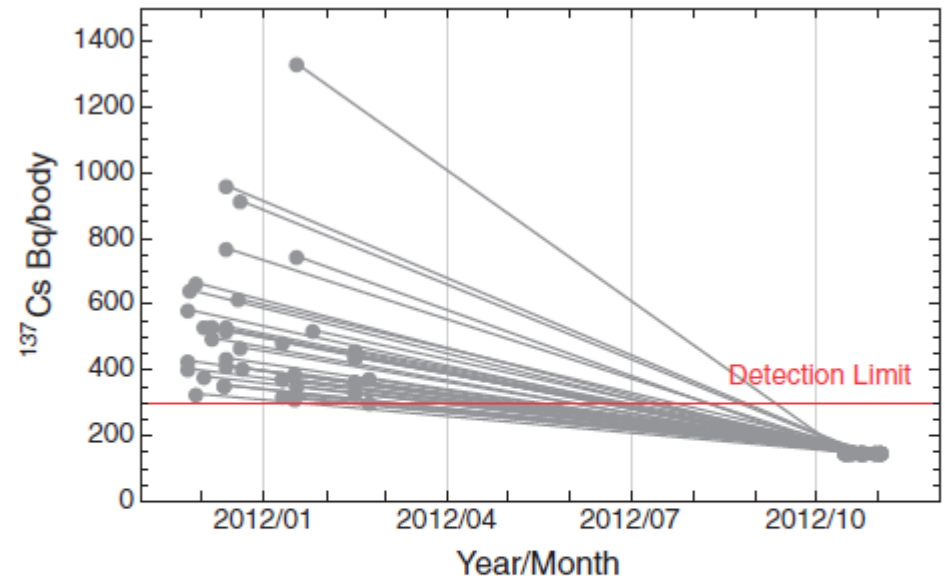
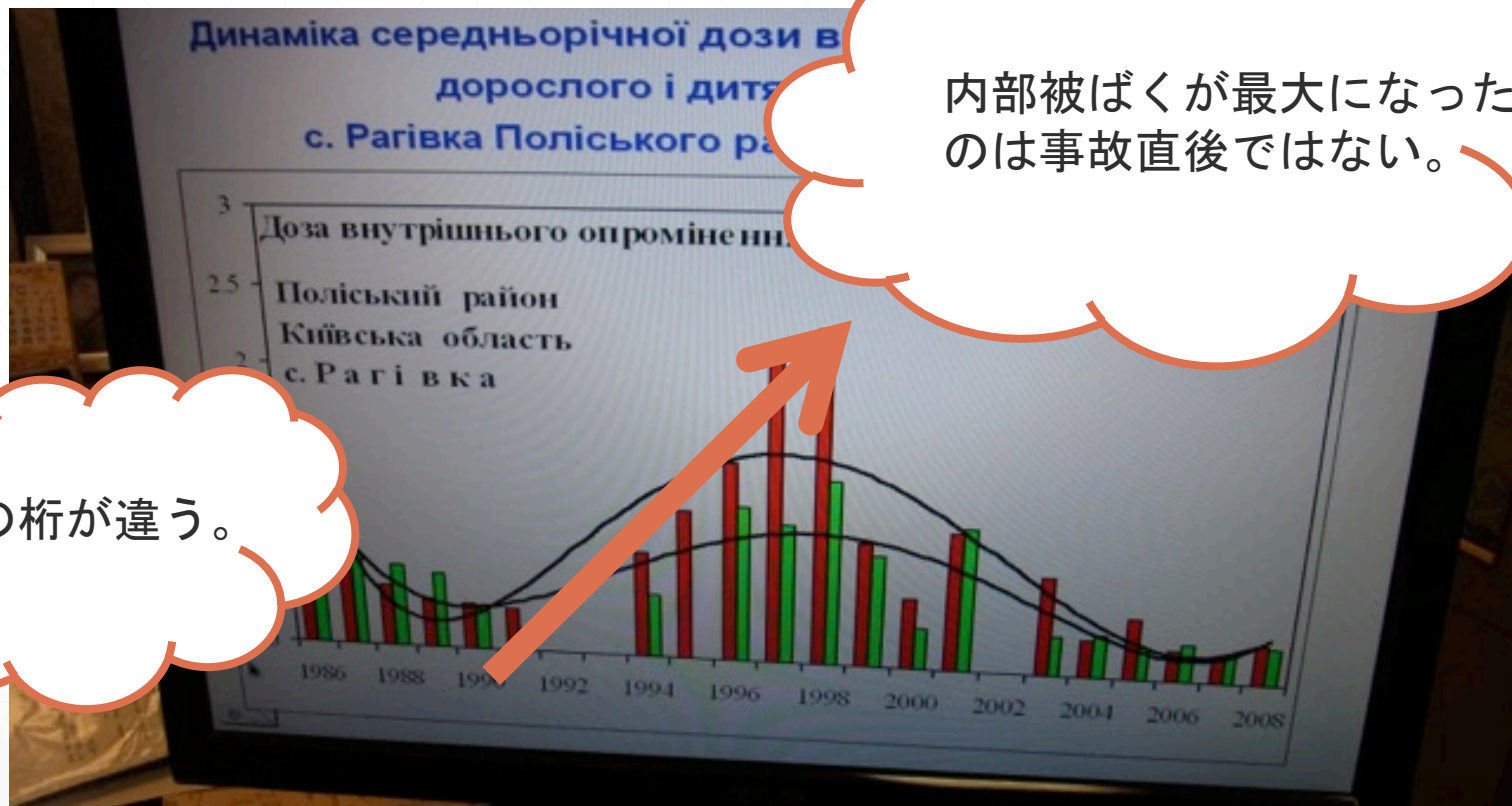


Fig. 7. ^{137}Cs body burden changes over time for 40 children who tested cesium-positive in the first screening in Miharu and were also enrolled in the second. A value of 150 Bq/body has been assigned to nonexposed data (non-detection). The connecting lines are for the sake of visualization.

だからといって、全く気にせず検査も今後必要ないというわけでもない。

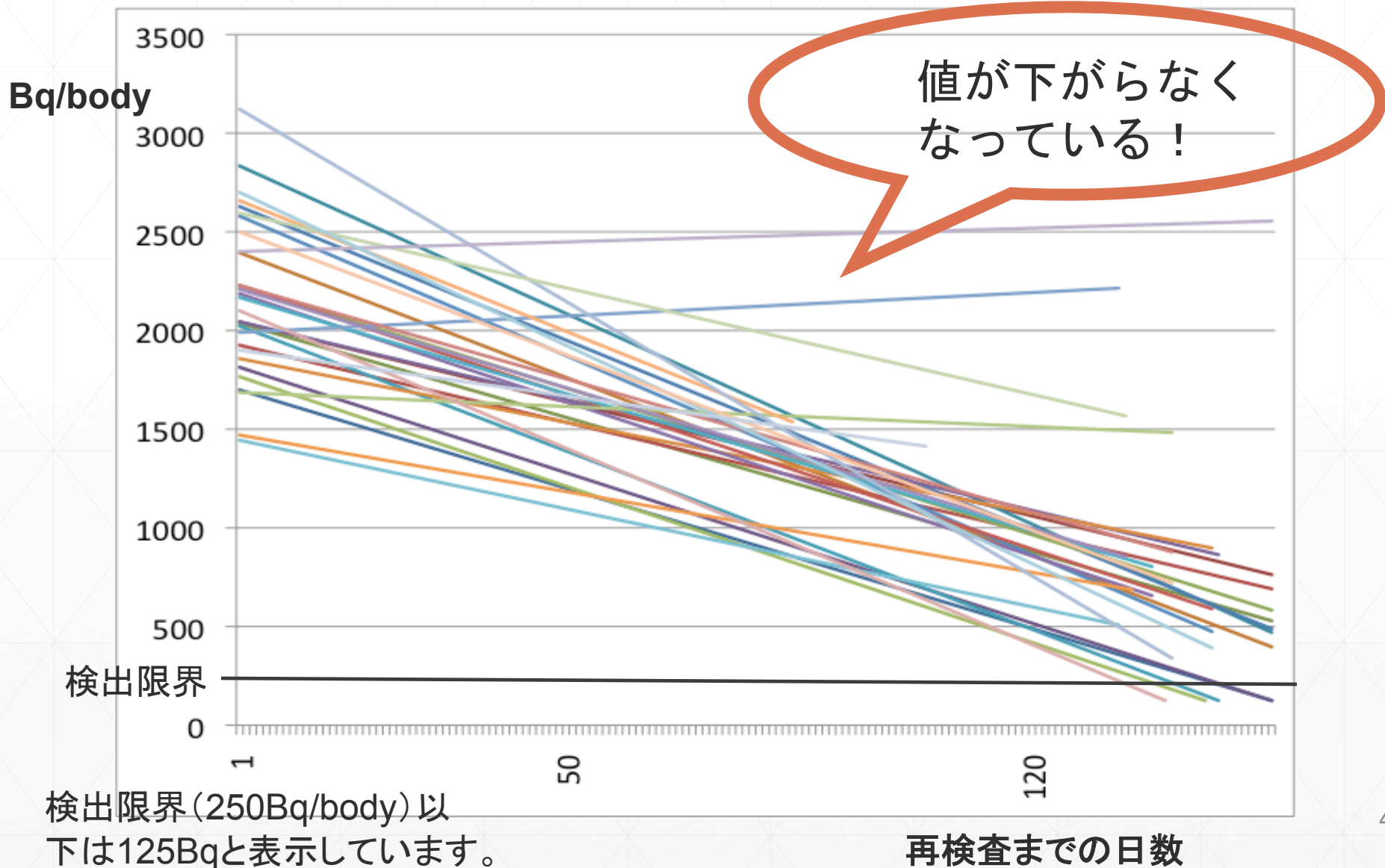


内部被ばくが最大になったのは事故直後ではない。

値の桁が違う。

セシウム137再検査グラフ (n = 31)

セシウム137検出量が30~40Bq/kg以上の高校生+成人対象



今現在計測されている最大値

測定結果表

測定目的: ガンマ線スペクトロメリーによる放射性核種測定

測定結果

試料名(測定物)	試料量	測定時間(秒)	減衰補正	測定結果(単位: Bq/kg)		
				①セシウム134	②セシウム137	①+②
井戸水	1.942 kg	1,800	無	検出されず 0.96636	検出されず 0.76631	検出されず
原木シイタケ	0.0615 kg	3,600	無	4160.3 24.738	6605.9 27.483	10,766.2
			無			
			無			

- 1.白米 ND
- 2.かやの実 1,001 Bq/kg
- 3.くり 790 Bq/kg
- 4.むきぐり 220 Bq/kg
- 5.干し柿 72 Bq/kg
- 6.ワラビ 376 Bq/kg
- 7.玄米 10 Bq/kg
- 8.干しシイタケ **142,134 Bq/kg**

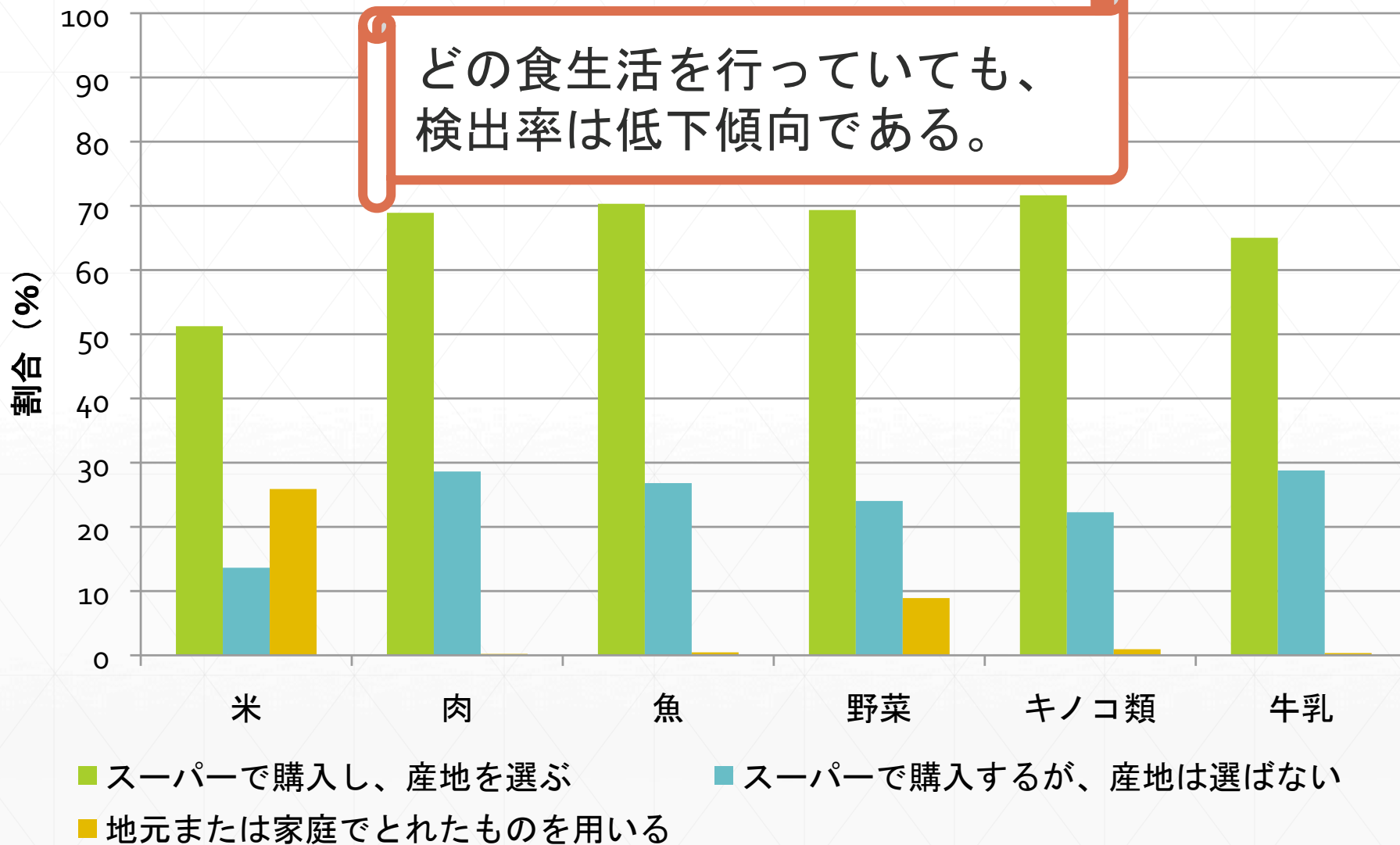
70歳代男性 約20000Bq/body

但し、この値でも年間の内部被ばく線量は1mSVを下回る。

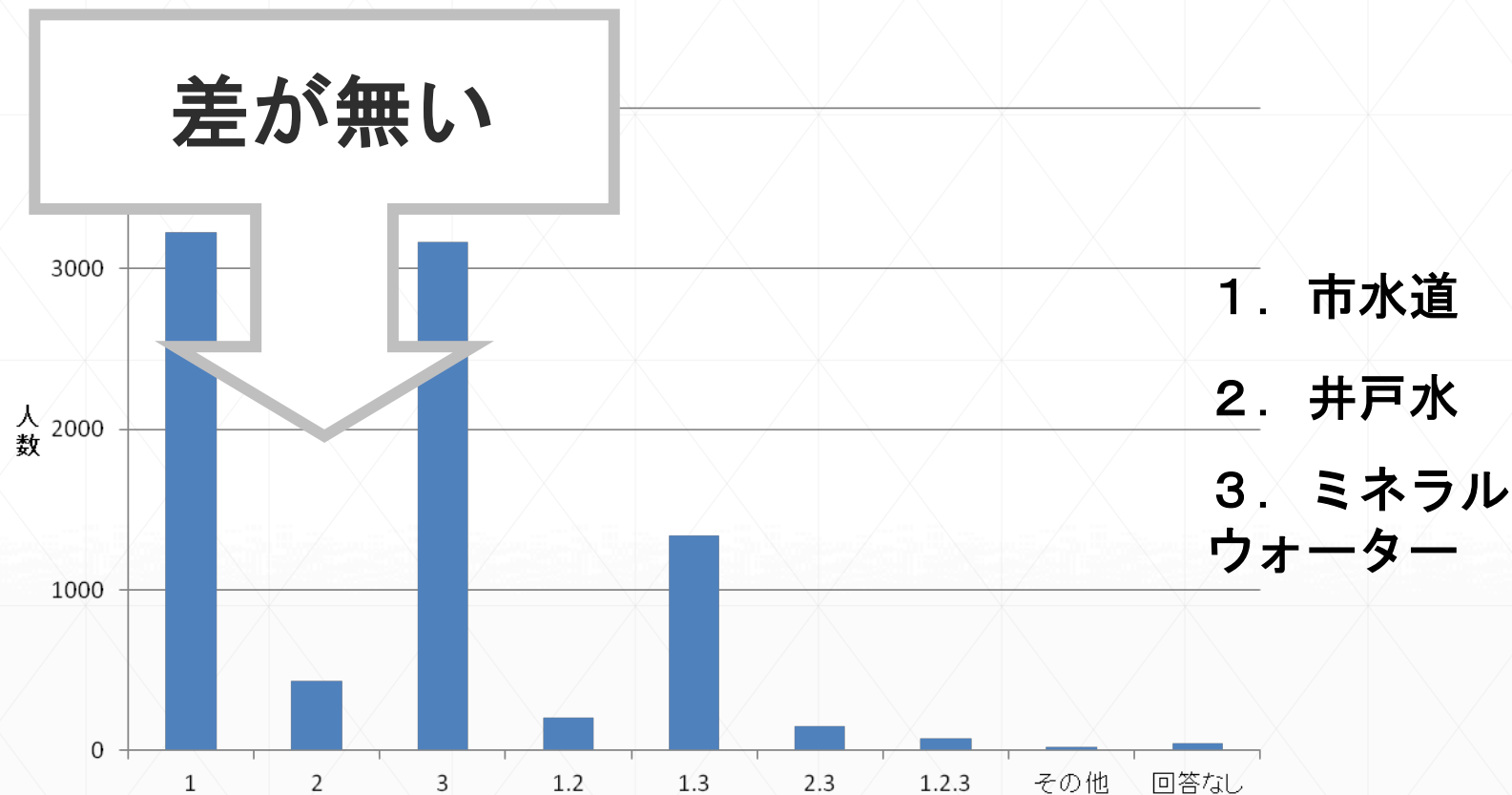
値が出た！だけではなく、なぜか？ どうすれば防ぎ得たのか？

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



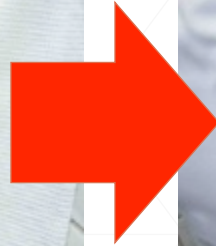
	1	2	3	1.2	1.3	2.3	1.2.3	その他	回答なし
人数	3229	432	3166	203	1337	154	73	18	44
割合	37.3%	5.0%	36.6%	2.3%	15.4%	1.8%	0.8%	0.2%	0.5%

ウクライナでの食品検査



№ измерения	Дата	Субъект государственности	Адрес (область, район, населенный пункт)	Наименование документа		Наименование продукта	Количество, кг	Результат
				карантинный сертификат	инвентарный лист			
2	3	4	5	6	7	8	9	10
52	16.11	Валмиера	Валмиера			св. сыр	10	удовлет.
53						св. сыр	10	удовлет.
54	16.11	Валмиера	Валмиера			сыр	10	удовлет.
55						сыр	10	удовлет.
						сыр	10	удовлет.
						сыр	10	удовлет.
						сыр	5	удовлет.
						сыр	5	удовлет.
10						сыр	5	удовлет.
11						сыр	1	удовлет.
12	16.11	Валмиера	Валмиера			сыр	10	удовлет.
13						сыр	15	удовлет.
14						сыр	10	удовлет.
15	16.11	Самарканд	Самарканд			сыр	10	удовлет.
16						сыр	10	удовлет.
17						сыр	10	удовлет.
18	16.11	Валмиера	Валмиера			сыр	10	удовлет.

食肉検査



水はいかにして作られるか？



相馬市

全体の線量分布 (n=4135) 2012年度

(人数)

1800

・年間推定線量が1.6mSvを超えるのは去年度は81名でしたが、今年は16名でした。

1600

1581

1188

1200

1000

800

539

529

600

400

173

200

70

200

27

0

12

6

2

8

年間推定線量(mSv)

人数

N/A

539

(0.2-0.4]

1581*

(0.4-0.6]

1188

(0.6-0.8]

529

(0.8-1.0]

173

(1.0-1.2]

70

(1.2-1.4]

27

(1.4-1.6]

12

(1.6-1.8]

6

(1.8-2.0]

2

(2.0-

8

計

4135

N/A

(0.2-0.4]

(0.4-0.6]

(0.6-0.8]

(0.8-1.0]

(1.0-1.2]

(1.2-1.4]

(1.4-1.6]

(1.6-1.8]

(1.8-2.0]

(2.0-

年間推定線量(mSv)

*1名中学生以上含む

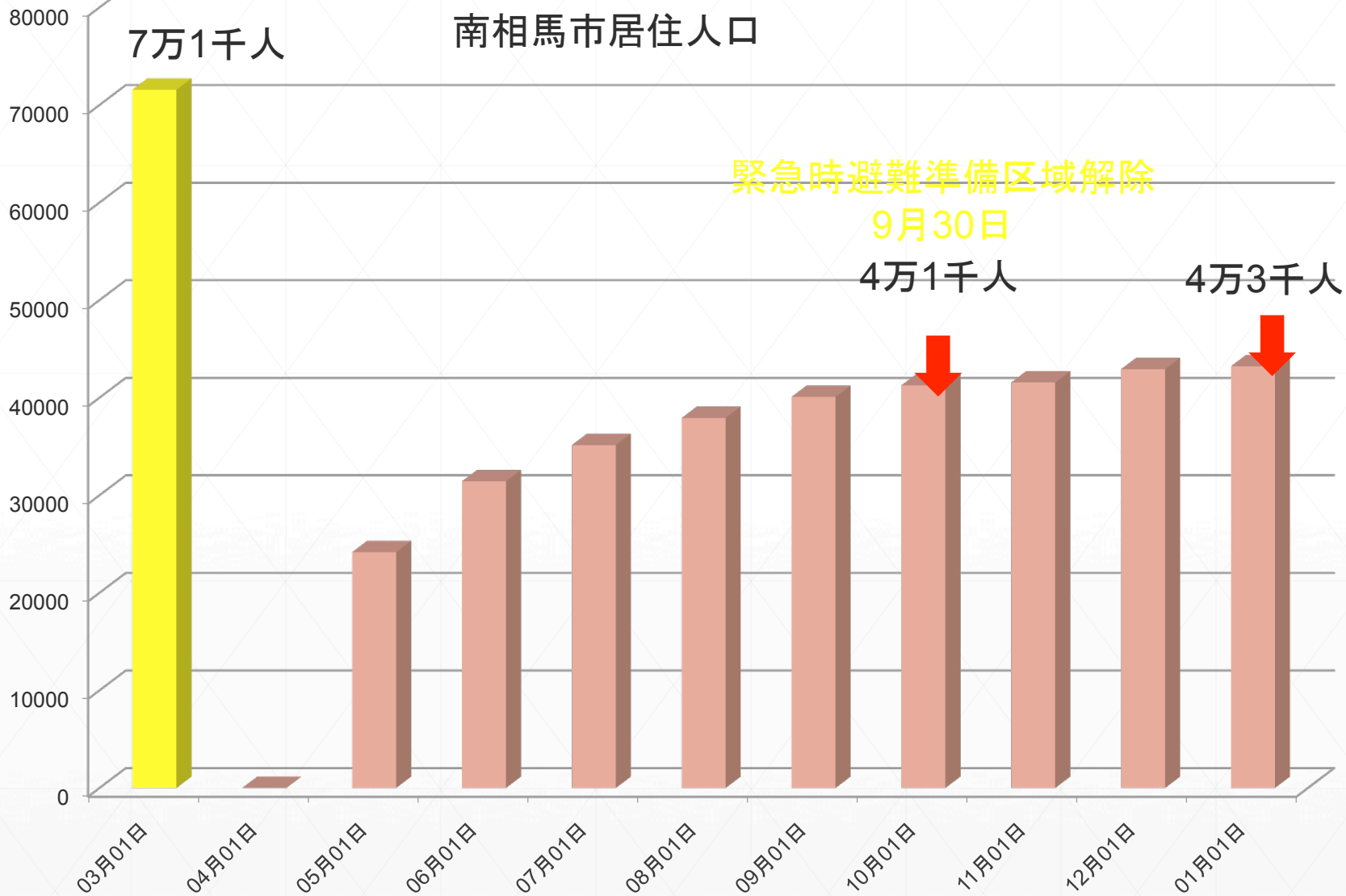
医療面から原発災害にて最低限必要な評価

- 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

南相馬市居住人口



7万1千人

緊急時避難準備区域解除

9月30日

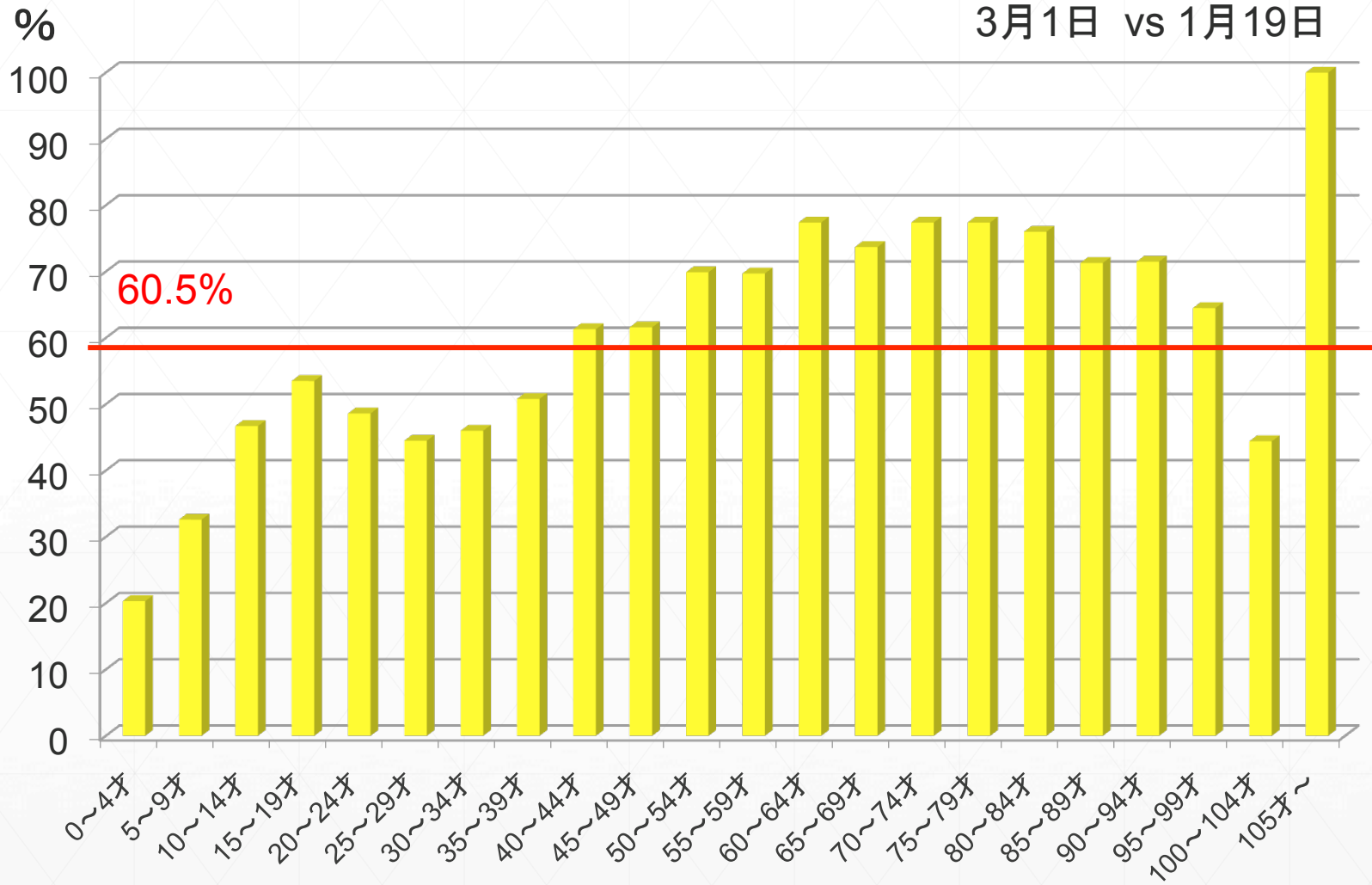
4万1千人

4万3千人

11月2日

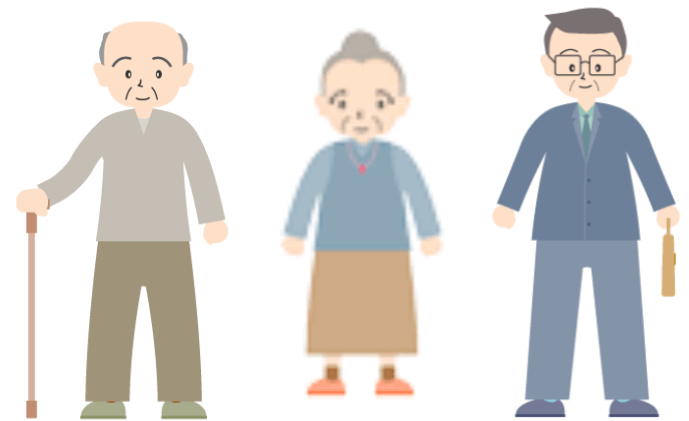
年齢別人口分布の震災前後の比較：%

3月1日 vs 1月19日





or



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

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, Morihiro Takita^{2*}, Tomoko Matsumura¹, Kazuo Hara³, Tetsuya Tanimoto¹, Kazuhiko Kobayashi¹, Tamae Hamaki¹, Gichiro Otsu¹, Masahiro Kami¹, Tadaichi Okawada⁴ and Hidekiyo Tachiya⁴

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 %

熱中症勉強会



脳卒中勉強会



骨粗鬆症勉強会



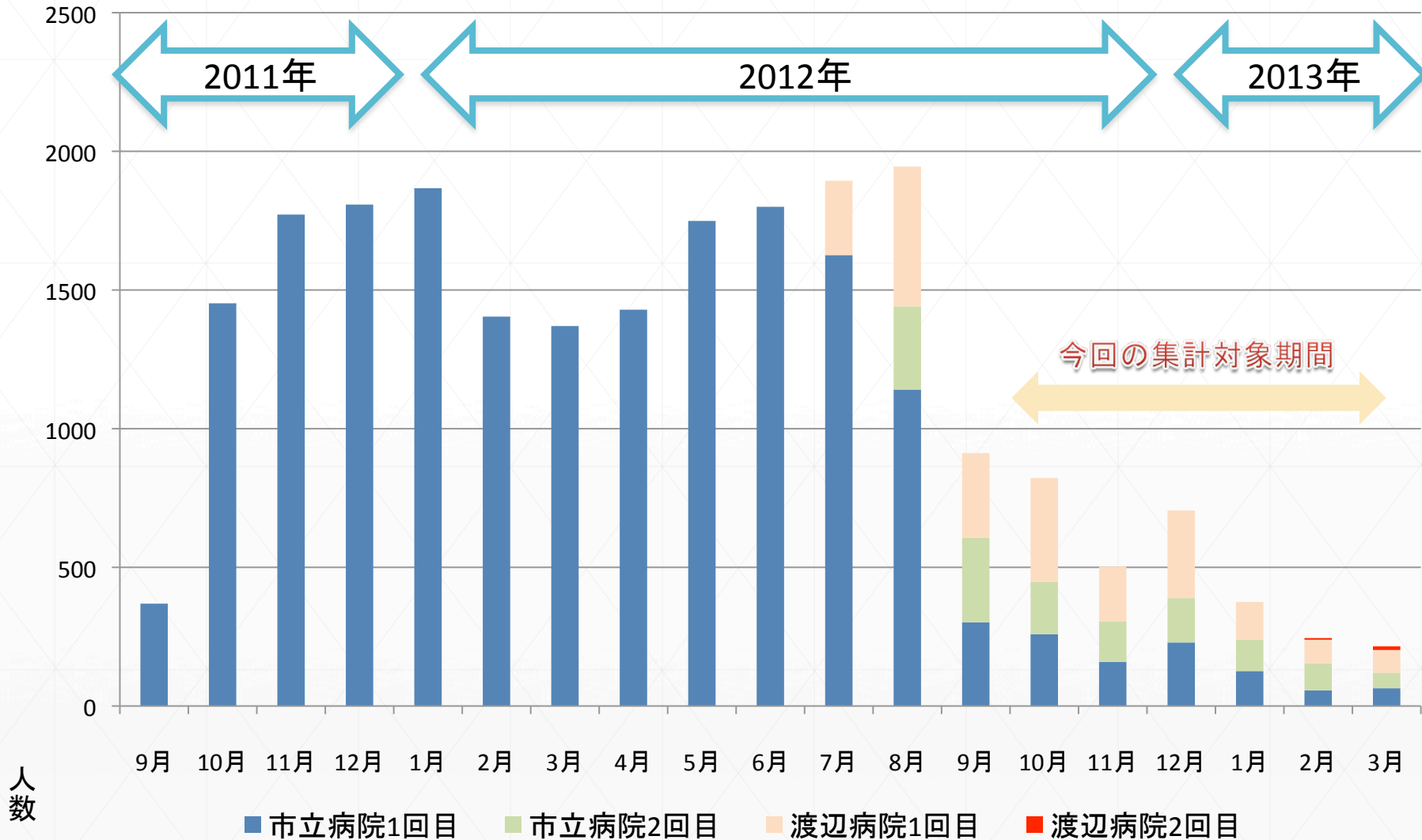
ラジオ体操部



図 7-1

月別受診者数の推移

平成23年9月～平成25年3月



予防接種事業 Operation Nomaoui



インフルエンザワクチン1200名
肺炎球菌ワクチン 700名

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

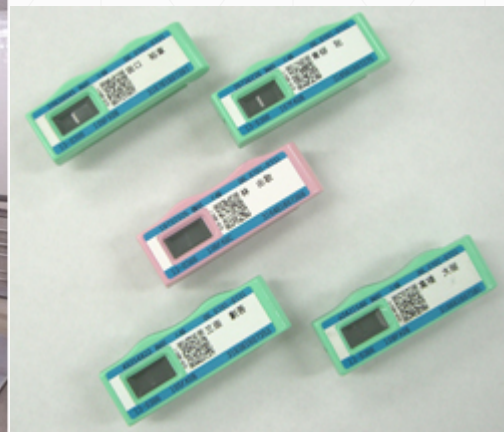
会場には約30人の市民が詰め掛けた。坪倉さんは、これまでの診療や調査を基に、ほとんどの市民が心配するほどの内部被ばくをしていないことを紹介。定期的なホールボディカウンターの受診と食品摂取に注意することなどをアドバイスした。

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。

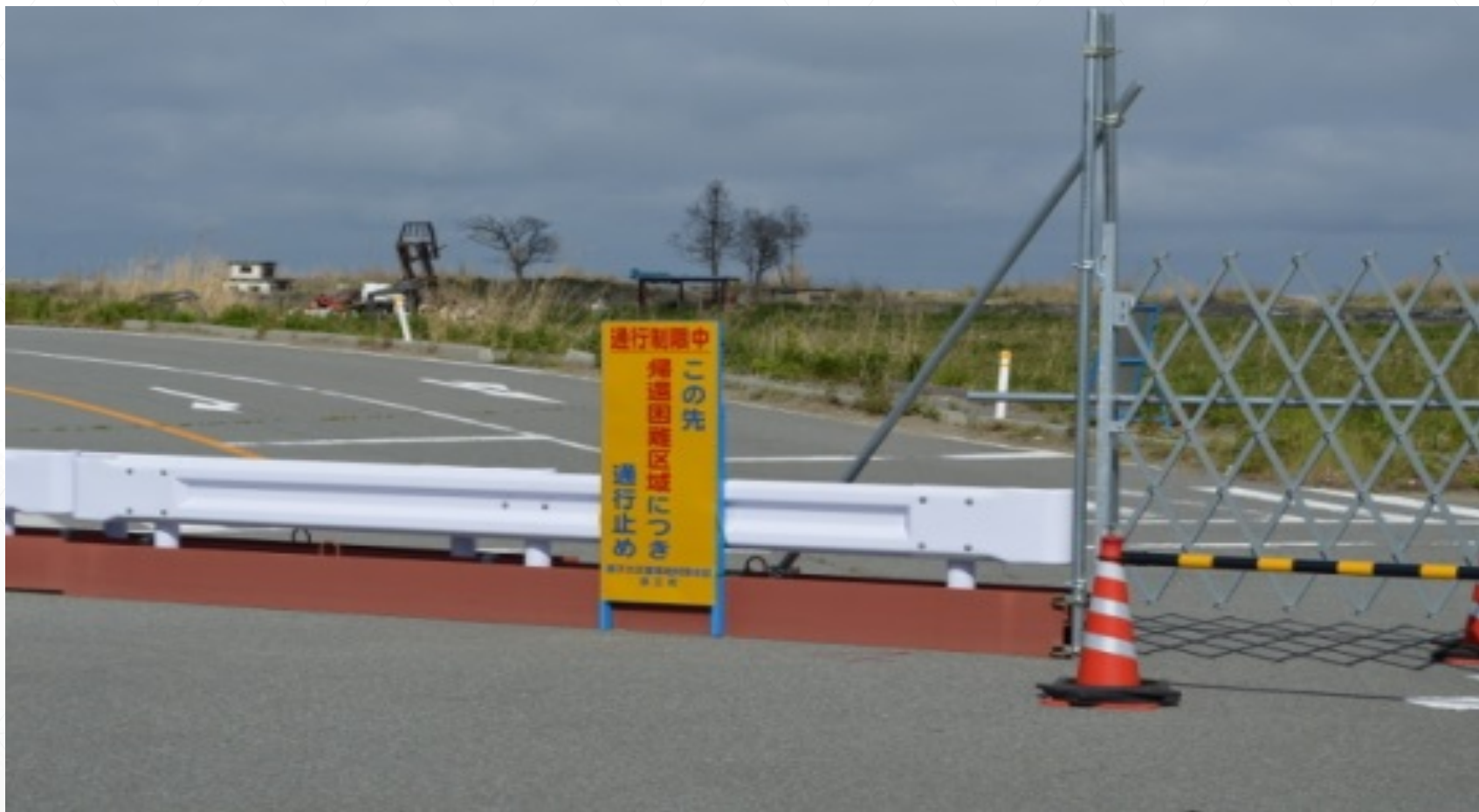


現状のoperation上の問題点

0. 定期的に検査結果を市民の方々にお伝えすること
1. 継続的な検査体制の担保 vs 受診率、関心の低下
2. 他検査結果との統合 (前検査も含む)
3. 情報の共有化の問題
4. マンパワー



2013.4.30. 浪江町



この先には入れません。

2011.6.11.双葉郡浪江町請戸より原発の煙突



福島第一原発より5キロ地点

2013.4.30. 浪江町請戸にて



原町火力発電所



平成24年4月1日撮影

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。

