付録

A. スライド集

A. 1 第2回 NIRS 国際シンポジウム

Reconstruction of early internal dose in the TEPCO Fukushima NPS accident - Thyroid dose -

National Institute of Radiological Sciences

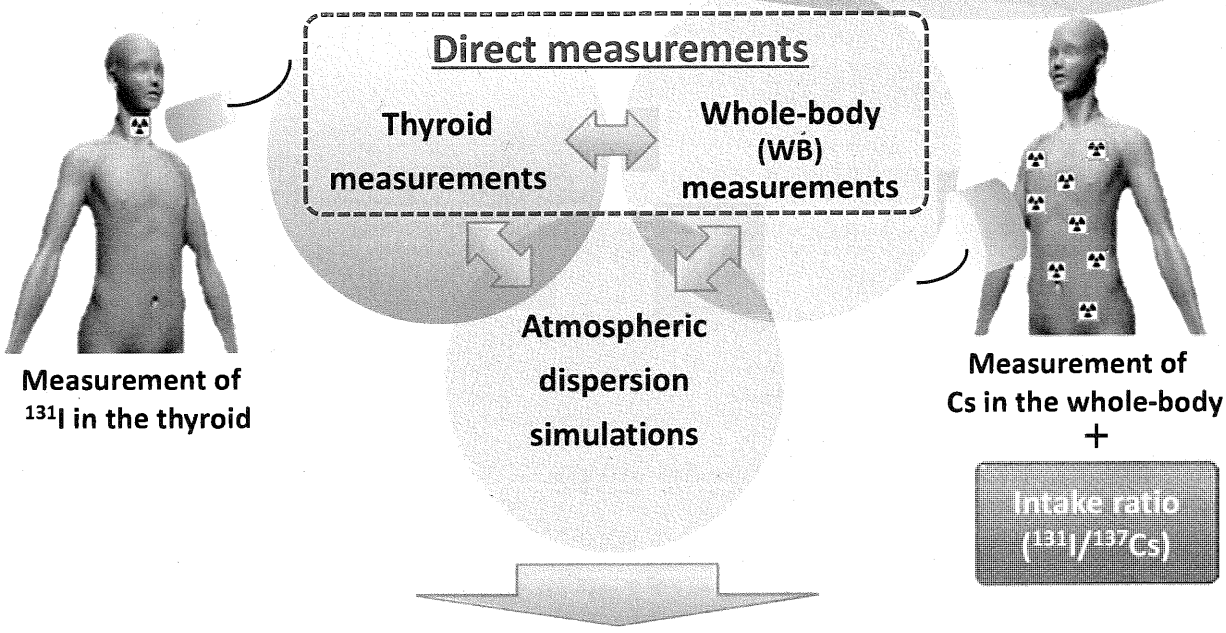
Contents

- Introduction
- Methods for the estimation of early internal dose
  - Thyroid measurements
  - Whole-body (WB) measurements
  - Atmospheric dispersion simulations
- Conclusions

Introduction

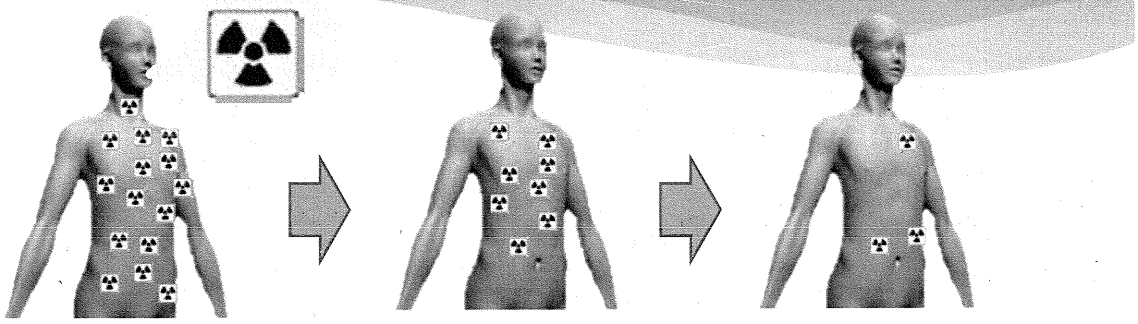
- Potential health effect of radiation is one of the most concerned issues for the public
- Early internal doses of the thyroid mainly due to ^{131}I remain uncertain because of limited information available on the intake of short-lived nuclides
- Precise and realistic internal dose of the thyroid estimation is much required

Methods for the estimation of early thyroid dose



Early internal dose (thyroid dose)

Direct measurements



I: Intake (Bq)

M (Bq)

Time

t=0 (on intake day)

t=T (on measurement day)

Important factors for internal dose estimation

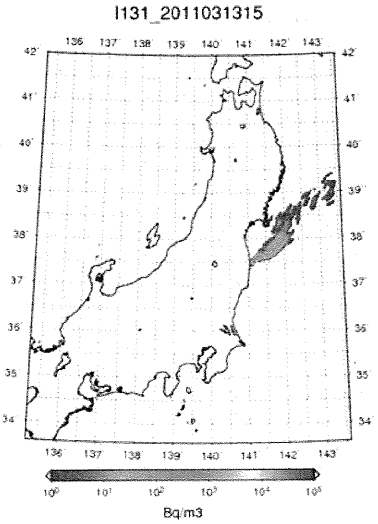
- Intake scenario: a period of intake, a route of intake
- Physicochemical property of materials incorporated into the body

Atmospheric dispersion simulations

- **WSPEEDI**: Worldwide version of the **SPEEDI*** system

  * **SPEEDI**: System for Prediction of the Environmental Emergency Dose Information

- **Air concentration map**
  - Map data available: March 12 to April 30
  - Time interval: 1h
  - Spatial resolution: ~3 km mesh



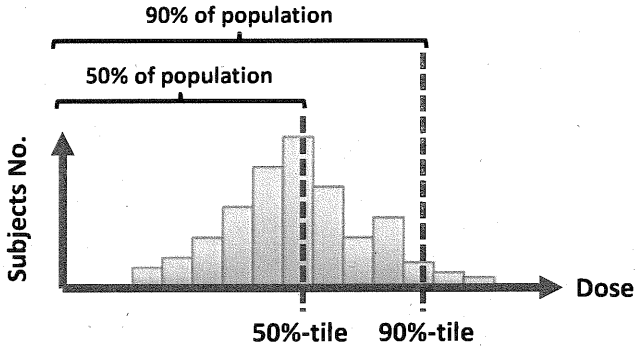
- **Calculations of thyroid dose**
  - Dose coefficients: 60% vapor & 40% aerosols
  - Breathing quantity per day: 22.2 m^3 (Adults)

Methodology for dose estimations

- Using ICRP's dosimetric quantities
- Using dose distributions from WB measurements
  - ➢ 50%-tile dose (Median)
  - ➢ 90%-tile dose

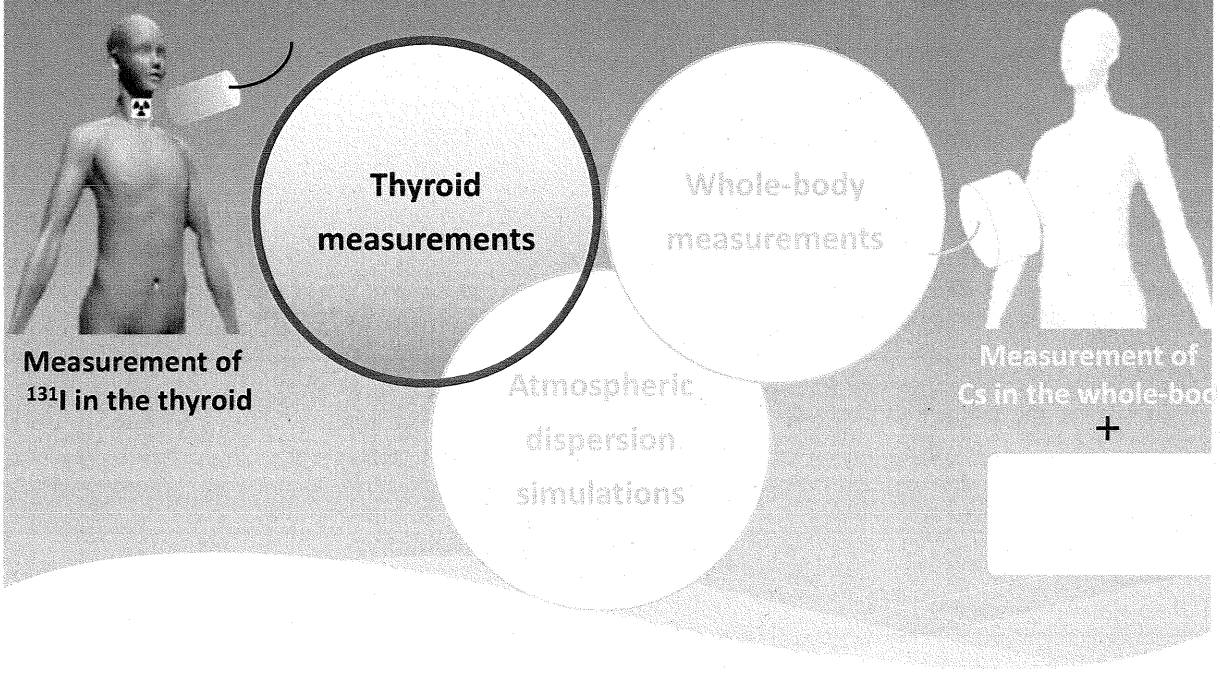
  ⇩

  Dose distribution (thyroid)

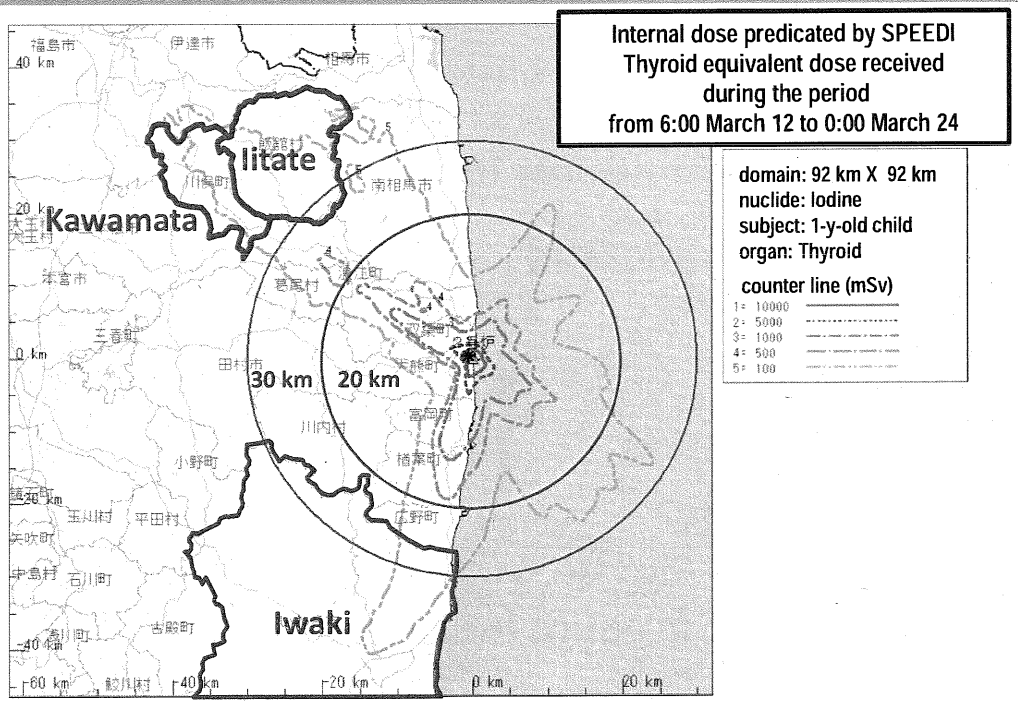


- Not taking into account individual behavior
  - ➢ No information available on individual behavior

Thyroid measurements



Measurement locations



Nuclear Regulation Authority of Japan
http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/mext_speedi/0312-0324_in.pdf

Number of subjects

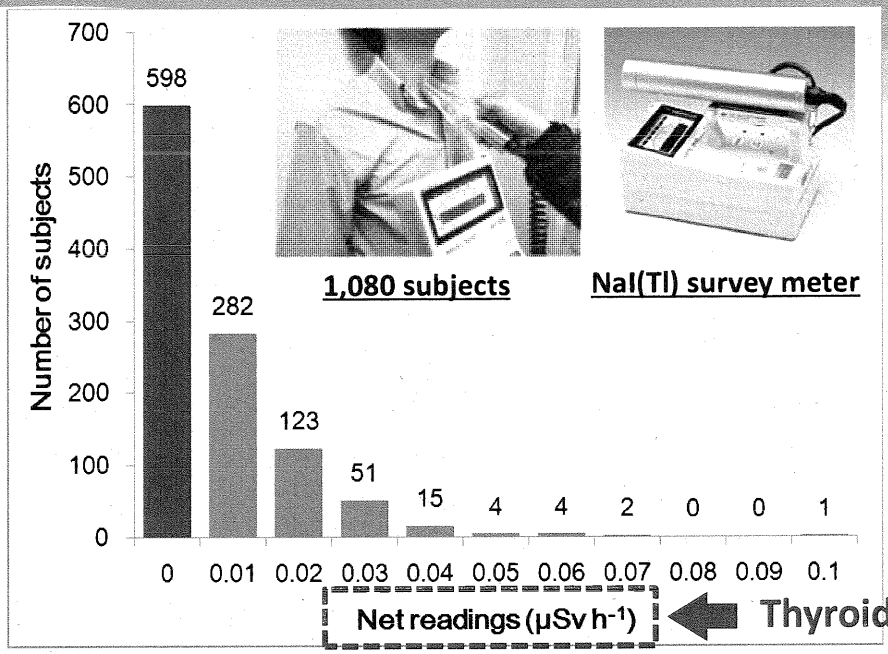
Date	Measurement location	Number of subjects	Subjects (1-15 years)
March 24	Heath care center (Kawamata)	18	(18)*1
	Yamakiya branch (Kawamata)	48	(48)*1
March 26-27	Health care center (Iwaki)	137	134*2
March 28-30	Central community center (Kawamata)	631	631
March 29-30	Local government office (Iitate)	315	315
Total		1,149	1,080

*1 Excluding from evaluations due to high background levels of radiation.
*2 Excluding from evaluations due to age uncertainty.

	Kawamata	Iwaki	Iitate
Subjects	631	134	315
Population (under ≤ 15)*	1,917	50,482	865

* National population census in fiscal year of 2010

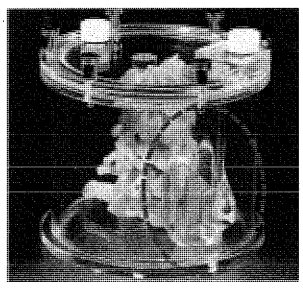
Readings of thyroid measurements



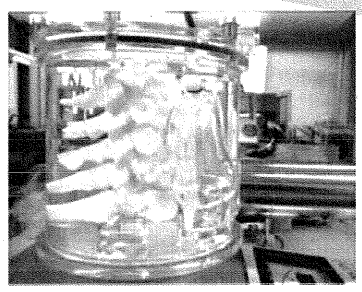
Screening level: 0.2 μSv h^{-1} (100 mSv for 1 yr-old children)

Reconstructing thyroid doses (1)

●Counting efficiency values for devices

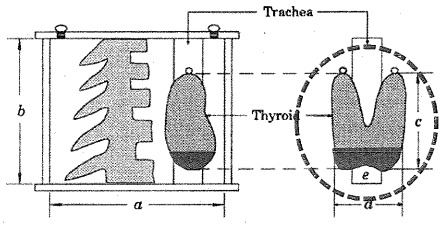


Adult neck phantom



Calibration

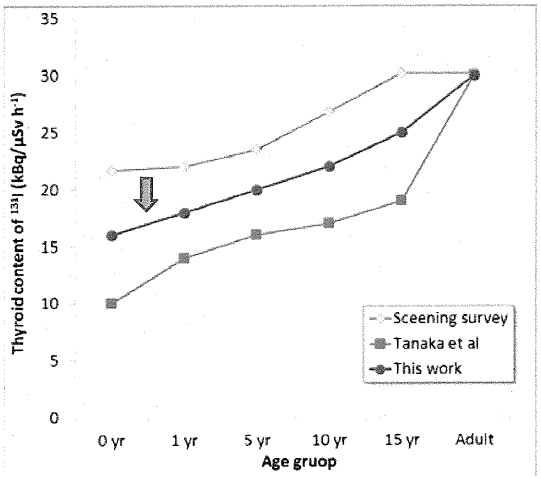
Counting efficiency values used were too small.
→ **Overestimation**



20 mL (Volume)
^{133}Ba solution

a:100 mm, b:100 mm, c: 55 mm, d:45 mm, e:20 mm

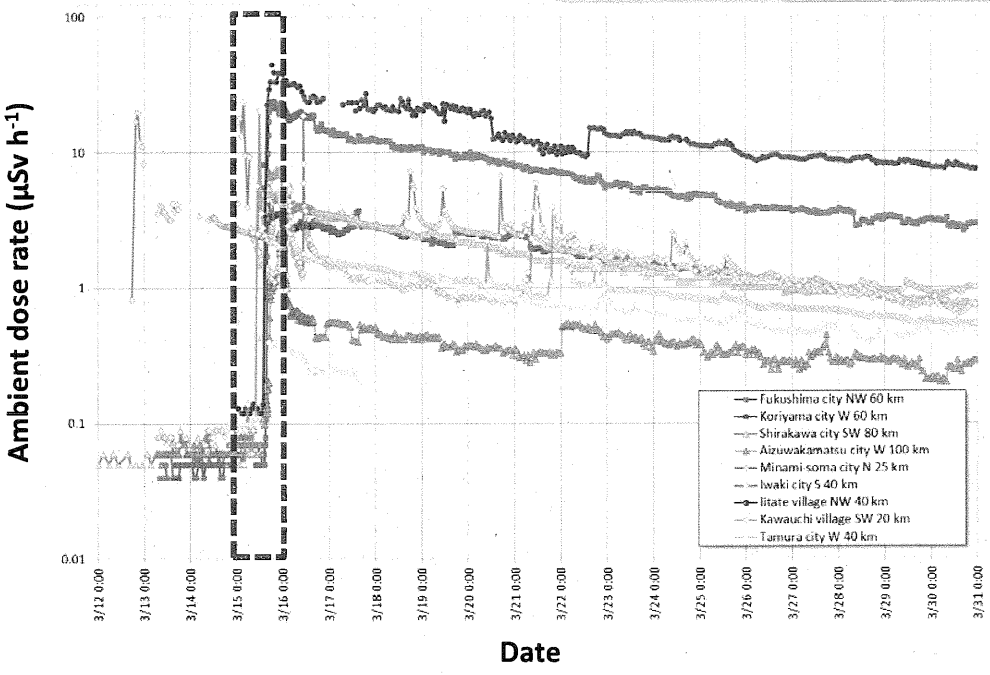
1-yr-old: Thyroid 2.5 g → loading 2.5 mL
5-yr-old: Thyroid 6.1 g → loading 6.1 mL



Comparison of counting efficiency values between previous and present studies

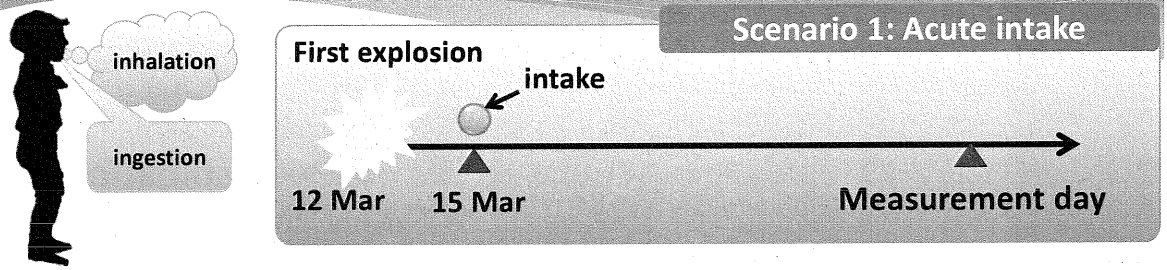
Reconstructing thyroid doses (2)

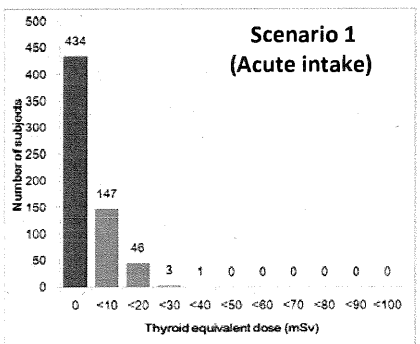
- **Intake scenario for dose estimations**



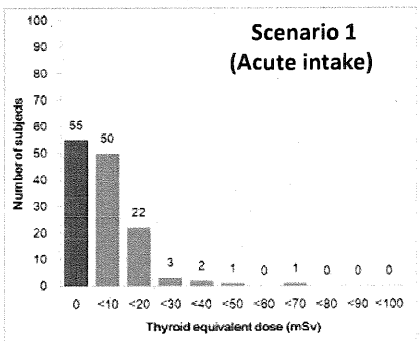
Time-trend of ambient dose rate at various locations in Fukushima

Estimation of thyroid doses (1)

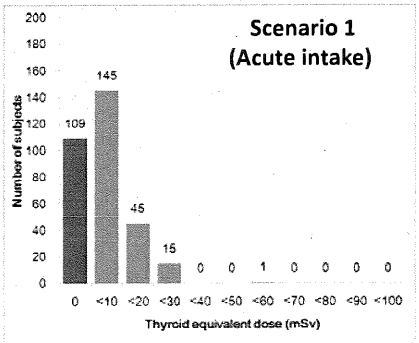




Kawamata

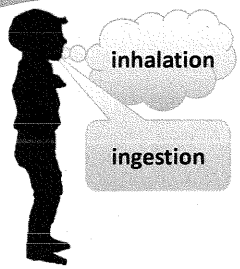


Iwaki

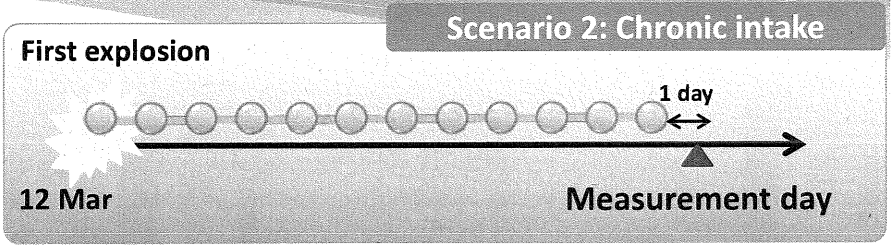


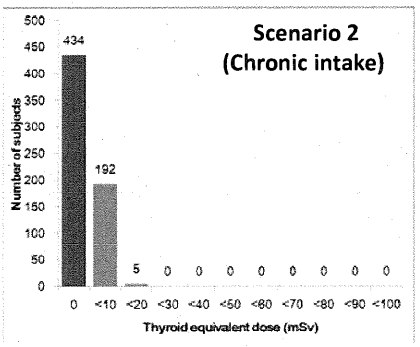
Iitate

Estimation of thyroid doses (2)

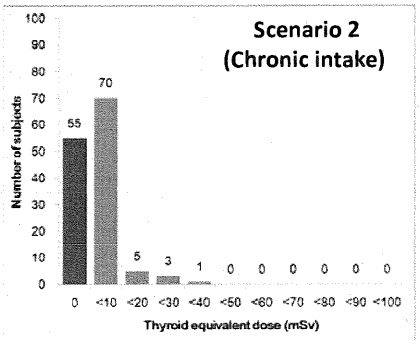


Scenario 2: Chronic intake

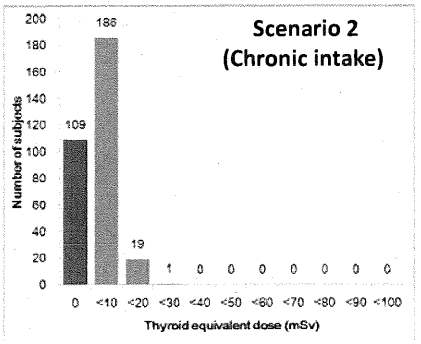




Kawamata



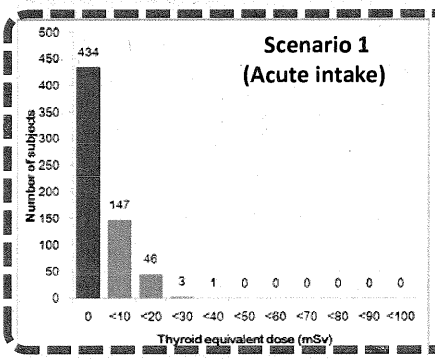
Iwaki

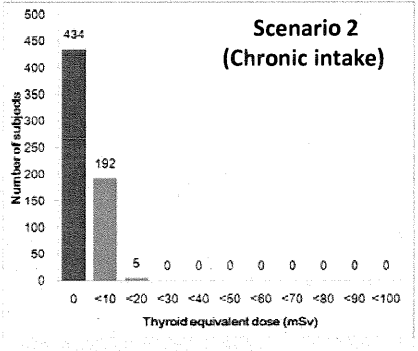


Iitate

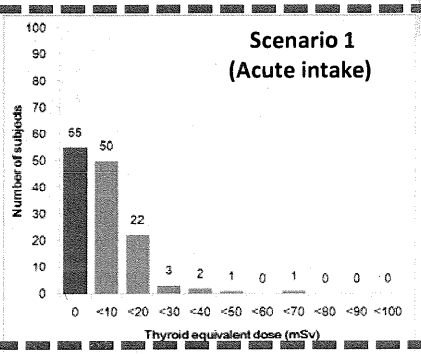
Difference between two scenarios

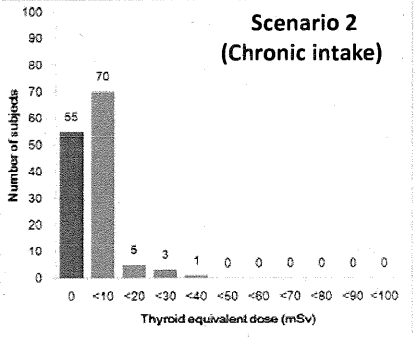
Kawamata



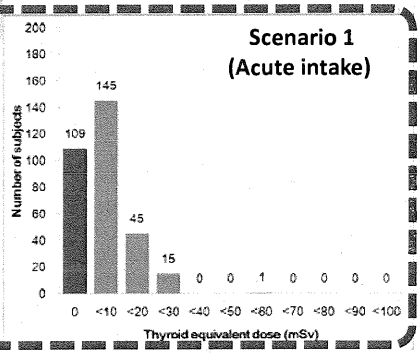


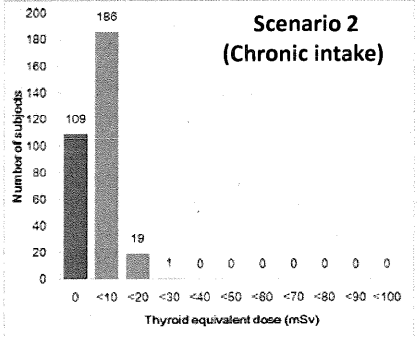
Iwaki



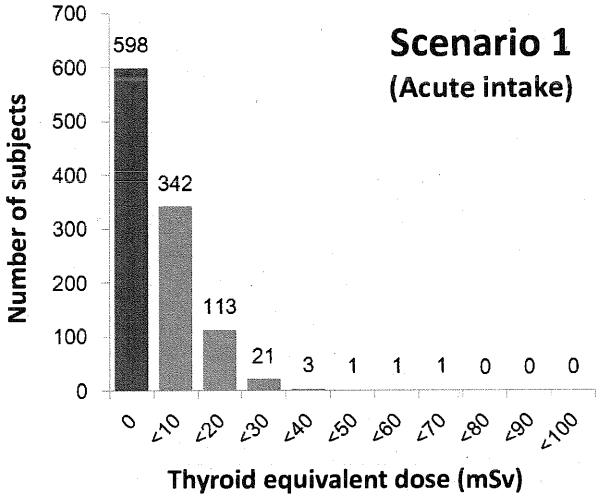


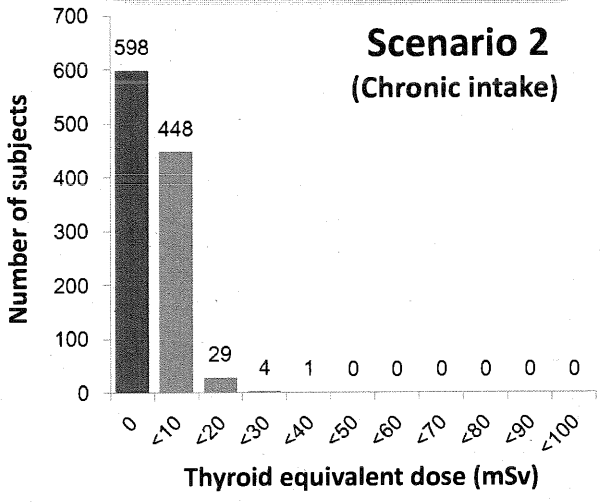
Iitate





Estimated thyroid doses



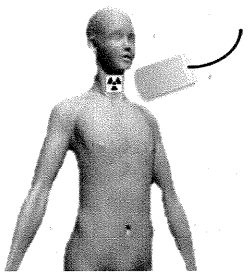


99% below 30 mSv for both possible intake scenarios

Two intake scenarios (Acute/Chronic)

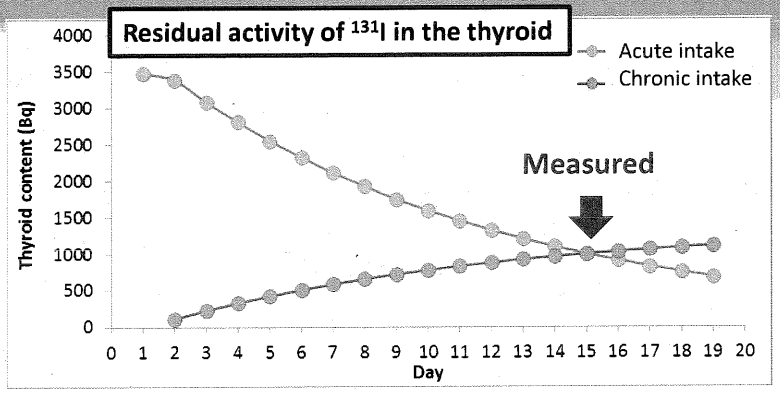
^{131}I

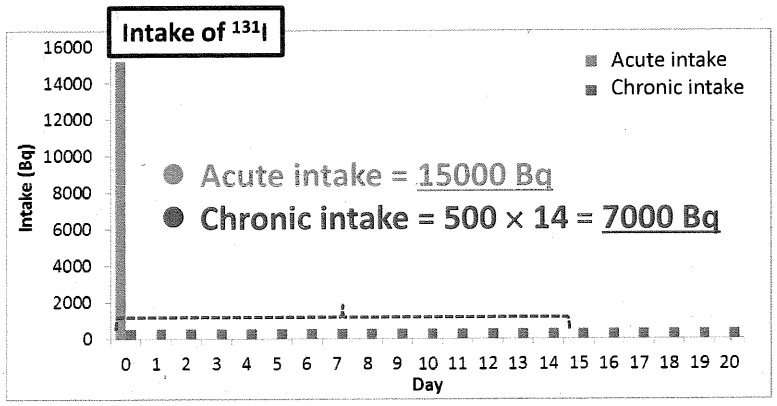
- **Inhalation**
- **vapor**



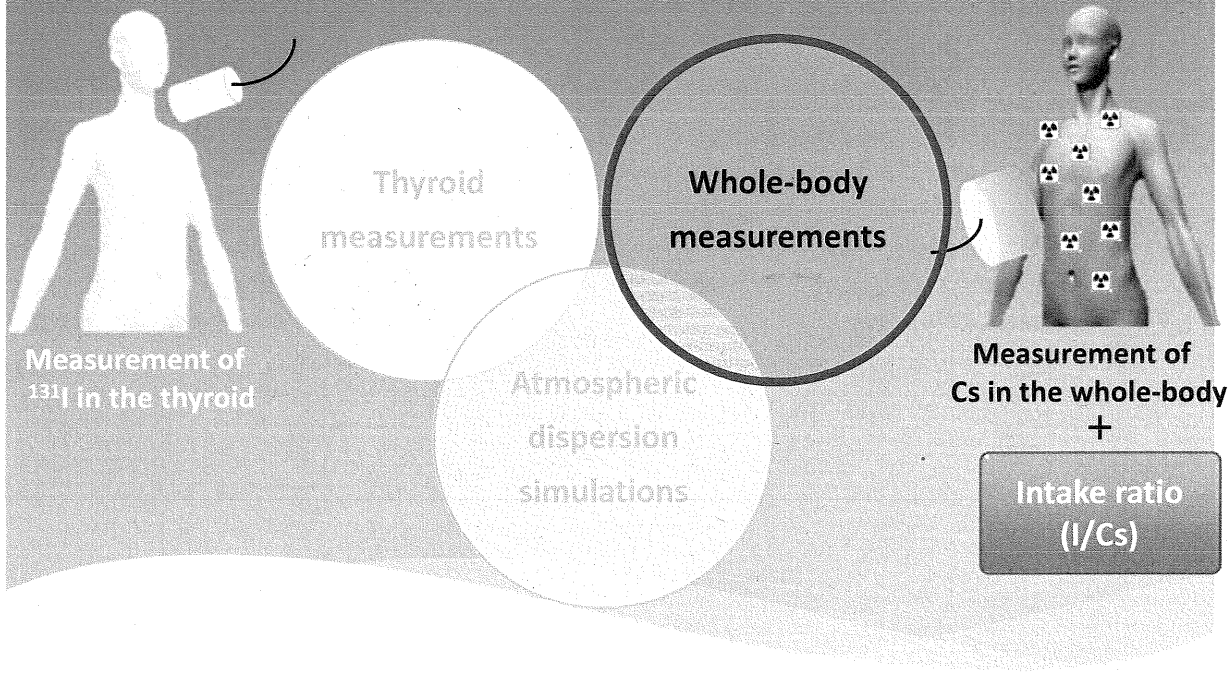
Measurement of ^{131}I in the thyroid

When **1000 Bq** is measured on 15th day…



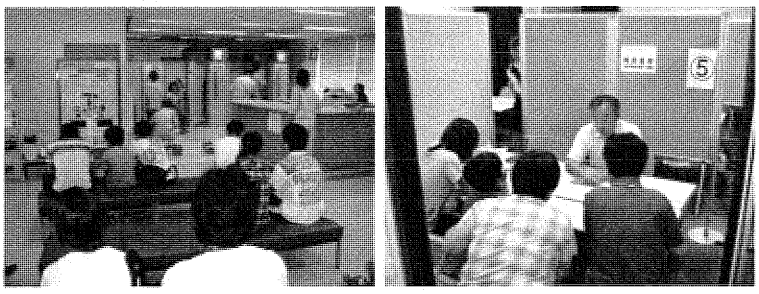


Whole-body measurements



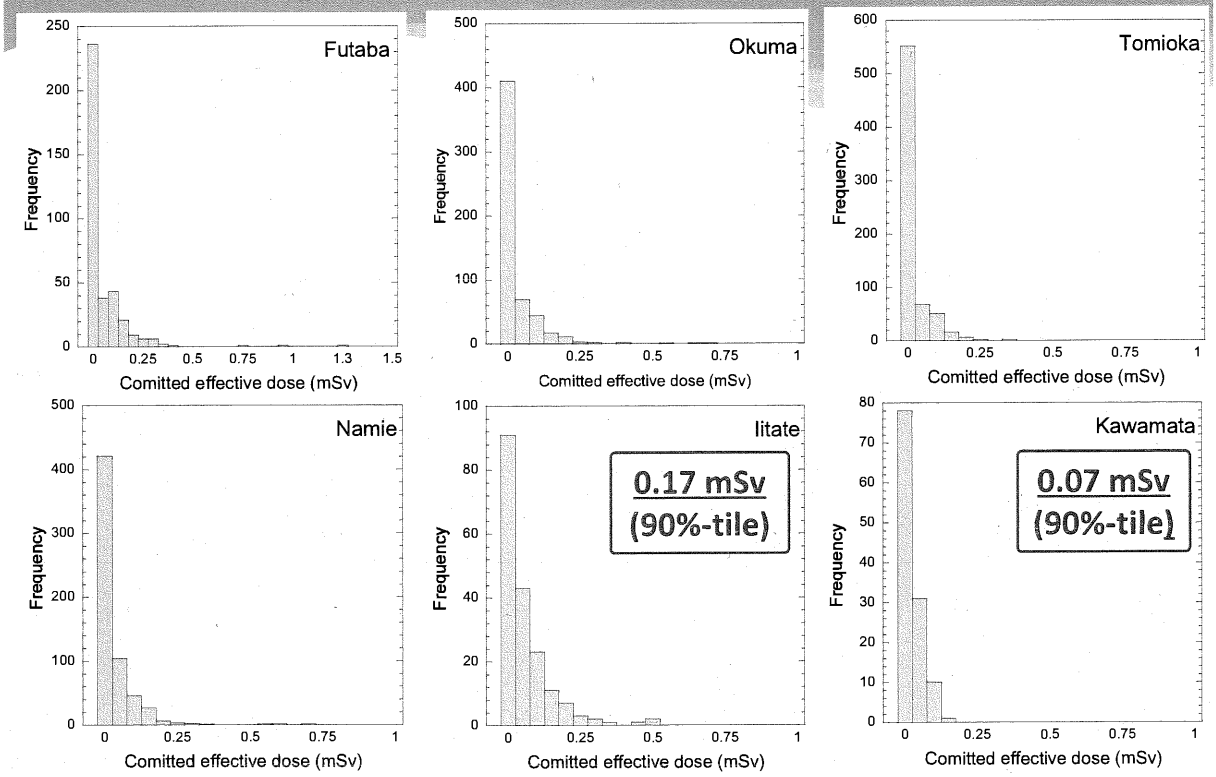
Whole-body measurements

- **We used results of adult subjects (~3000) measured from July 2011 to January 2012.**
  - **Data are provided from JAEA.**
- **Only dose estimation results (CED*) were available.**
  - **Raw data (activity of Cs, measurement day, subject information,…) were unavailable.**
  - **An acute intake scenario on March 12 were applied.**



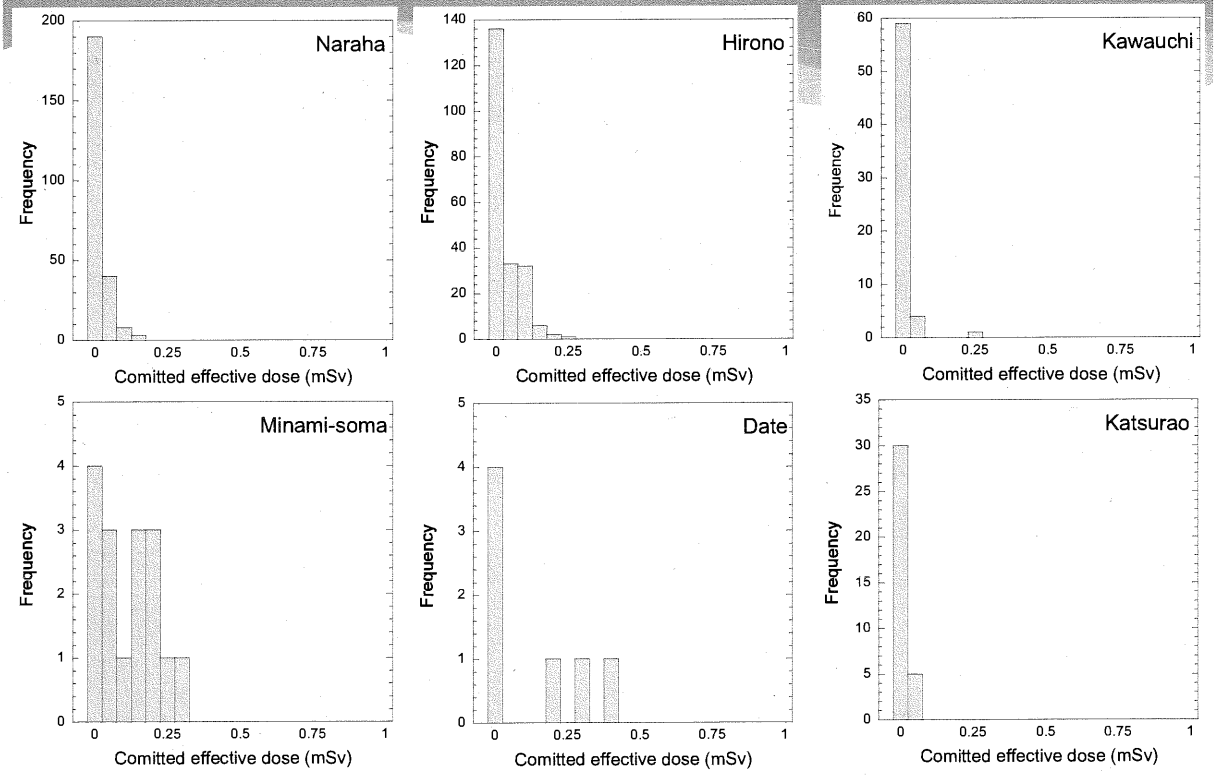
* CED: Committed Effective Dose from ^{134}Cs and ^{137}Cs

CED distributions for each municipality (1)



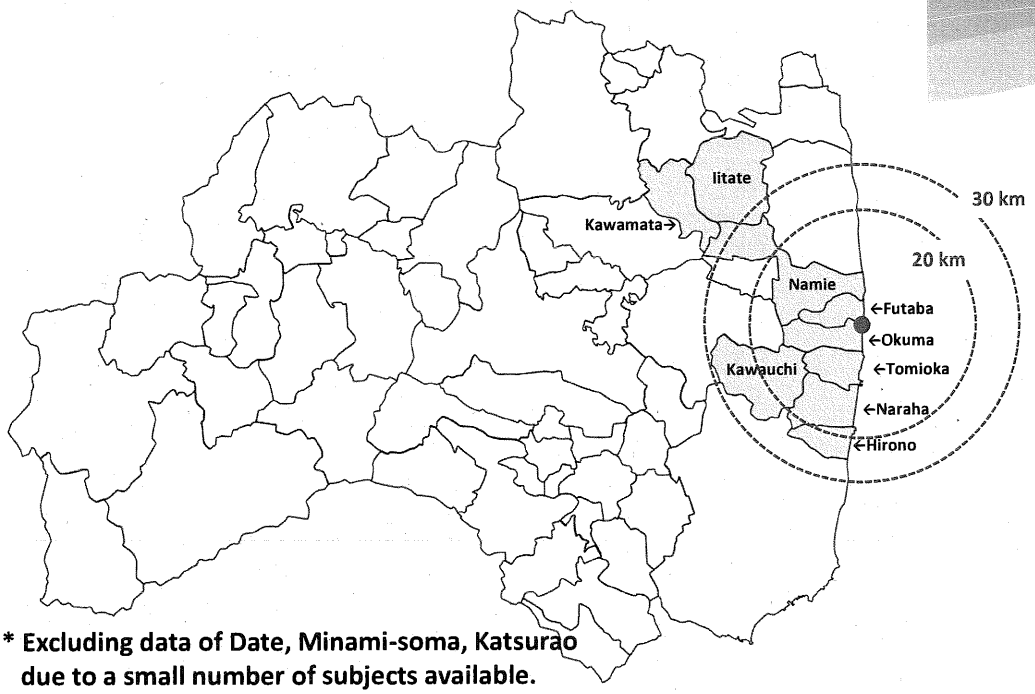
All data are subjects with 17 yr <. The lowest dose band (0 mSv) corresponds to subjects with no detection.

CED distributions for each municipality (2)



All data are subjects with 17 yr <. The lowest dose band (0 mSv) corresponds to subjects with no detection.

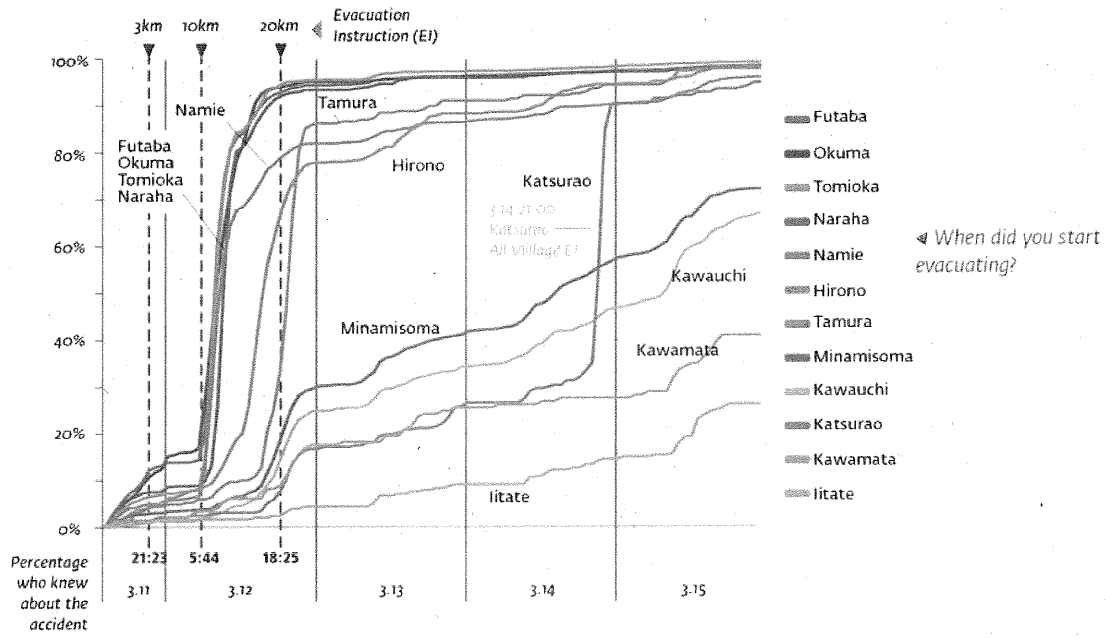
Municipalities with WB results available



*** Excluding data of Date, Minami-soma, Katsurao due to a small number of subjects available.**

Most of residents within 20 km-radius evacuated before March 15.

Time of evacuation



Ref.) The National Diet of Japan Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission

http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naiic.go.jp/en/report/index.html

CED distributions

All subjects for each municipality (17 yr-old <)

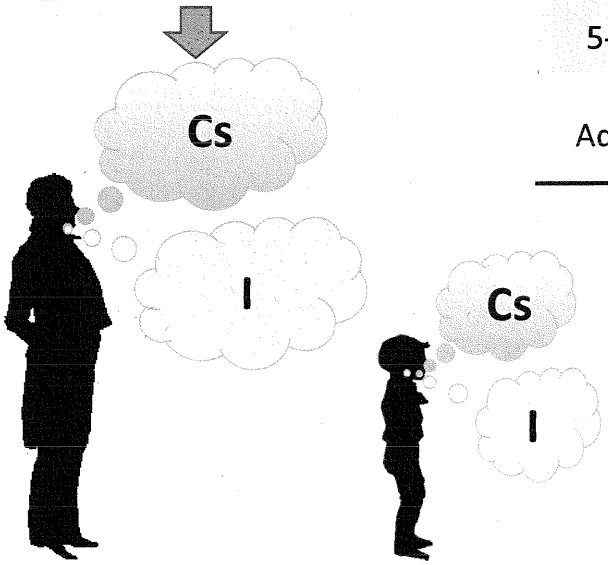
(Unit: mSv)

Municipality	N	90%-tile CED	50%-tile CED	Corr. (R^2)
Futaba	365	0.15	0.04	0.9901
Okuma	561	0.10	0.02	0.9901
Tomioka	696	0.08	0.01	0.8789
Naraha	241	0.06	0.01	0.8789
Hirono	210	0.10	0.05	0.9919
Namie	614	0.10	0.02	0.9876
Iitate	184	0.17	0.03*1	N.A.
Kawamata	120	0.07	0.01*1	N.A.
Kawauchi	64	< 0.01	< 0.01	N.A.
All (17 yr<)*2	3128	0.10	0.02	0.9978
All (13-17 yr)*2	1565	0.08	0.02	0.9918

*1 The 50-tile values are directly obtained.
*2 Including three municipalizes (Date, Minami-soma, Katsurao) other than those listed in Table.

Estimation of thyroid doses from CED

Committed Effective Dose (mSv) from Cs



Subjects	(A) Thyroid dose coef.*1 (Sv/Bq)	(B) Breathing quantity*2 (m³/h)	A×B
5-yr	1.9E-6 (4.9)	8.72 (0.39)	(1.9)
Adult	3.9E-7 (1.0)	22.2 (1.0)	(1.0)

*1 For elemental iodine (^{131}I)
*2 ICRP Publication 71, Table 6

Thyroid doses for small children are within two times of adults doses.

22.2 m³/day (adults)

8.72 m³/day (5-yr children) ← **Breathing quantity per day**

Estimation of thyroid doses from CED (cont'd)

1 mSv in CED* from ^{134}Cs &^{137}Cs for adults

*** CED: Committed Effective Dose**

Intake via inhalation: 9E+04 Bq for each Cs

^{131}I/^{137}Cs ratio= 1 (temporarily)

Intake via inhalation: 9E+04 Bq for ^{131}I

1-yr children
Ventilation rate: 5.16 m^3/day
^{131}I Intake: 2E+04 Bq

10-yr children
Ventilation rate: 15.3 m^3/day
^{131}I Intake: 6E+04 Bq

Adults
Ventilation rate: 22.2 m^3/day
^{131}I Intake: 9E+04 Bq

- Dose coefficients of iodine (vapor: particle = 0.6: 0.4) are used
- Contribution from other nuclides was assumed to be 10%.

Thyroid dose: 60 mSv | **Thyroid dose: 50 mSv** | **Thyroid dose: 30 mSv**

Intake amount ratio (^{131}I/^{137}Cs)

litate

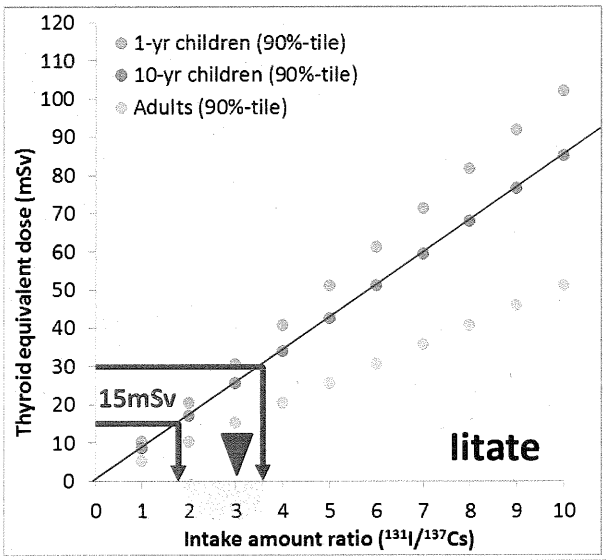
- **CED from WB: 0.17 mSv (adults)**
- **Thyroid dose: 15 mSv (children)**

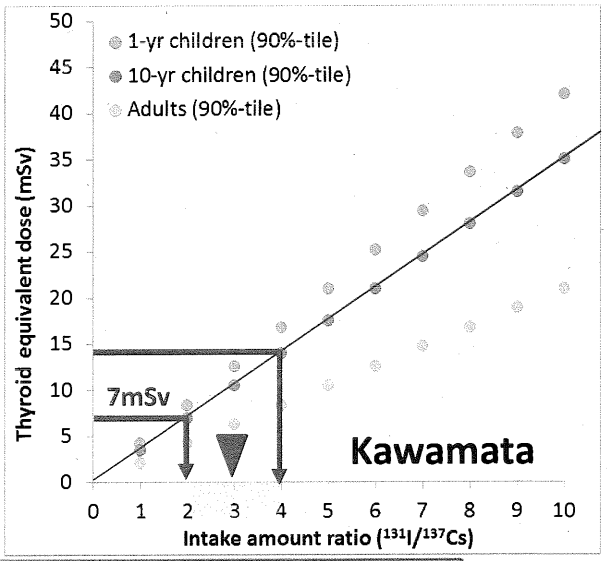
(90%-tile value)

Kawamata

- **CED from WB: 0.07 mSv (adults)**
- **Thyroid dose: 7 mSv (children)**

(90%-tile value)





A intake amount ratio of 3 is used in the present estimations.

Thyroid doses for nine municipalities

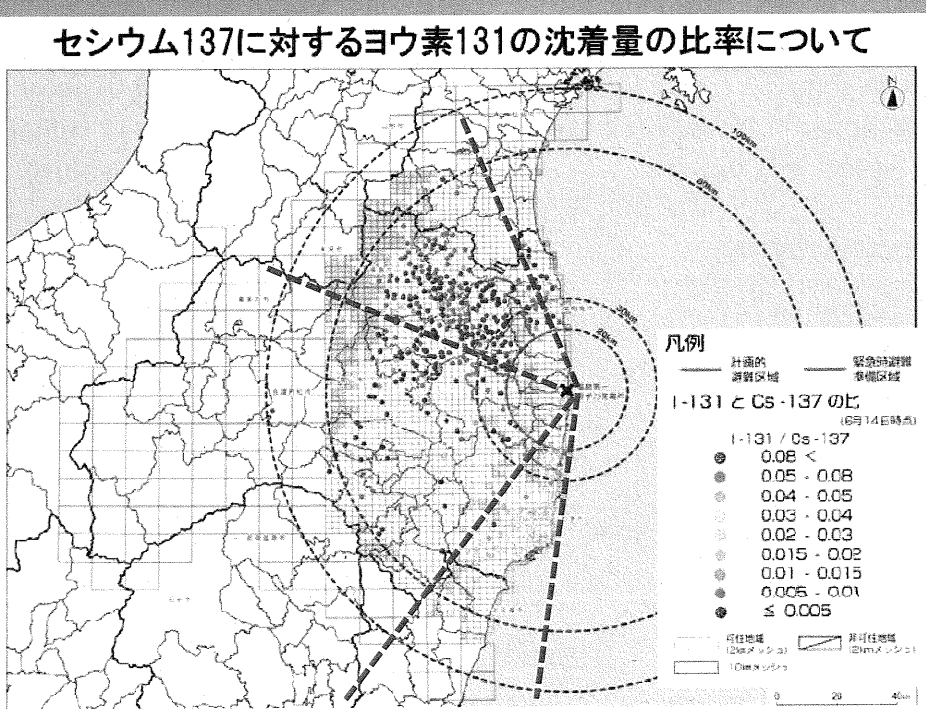
Intake amount ratio ($^{131}I/^{137}Cs$) = 3

(Unit: mSv)

Municipality	90%-tile			50%-tile		
	1 -yr	10-yr	Adults	1 -yr	10-yr	Adults
Futaba	27	23	14	7	6	4
Okuma	18	15	9	4	3	2
Tomioka	14	12	7	2	2	1
Naraha	11	9	5	2	2	1
Hirono	18	15	9	9	8	5
Namie	18	15	9	4	3	2
Iitate	31	26	15	5	5	3
Kawamata	13	11	6	2	2	1
Kawauchi	2	2	1	2	2	1
All (17 yr<)[*2]	18	15	9	4	3	2
All (13-17 yr)[*2]	14	12	7	4	3	2

* Obtained from WB measurements of all municipalities analyzed.

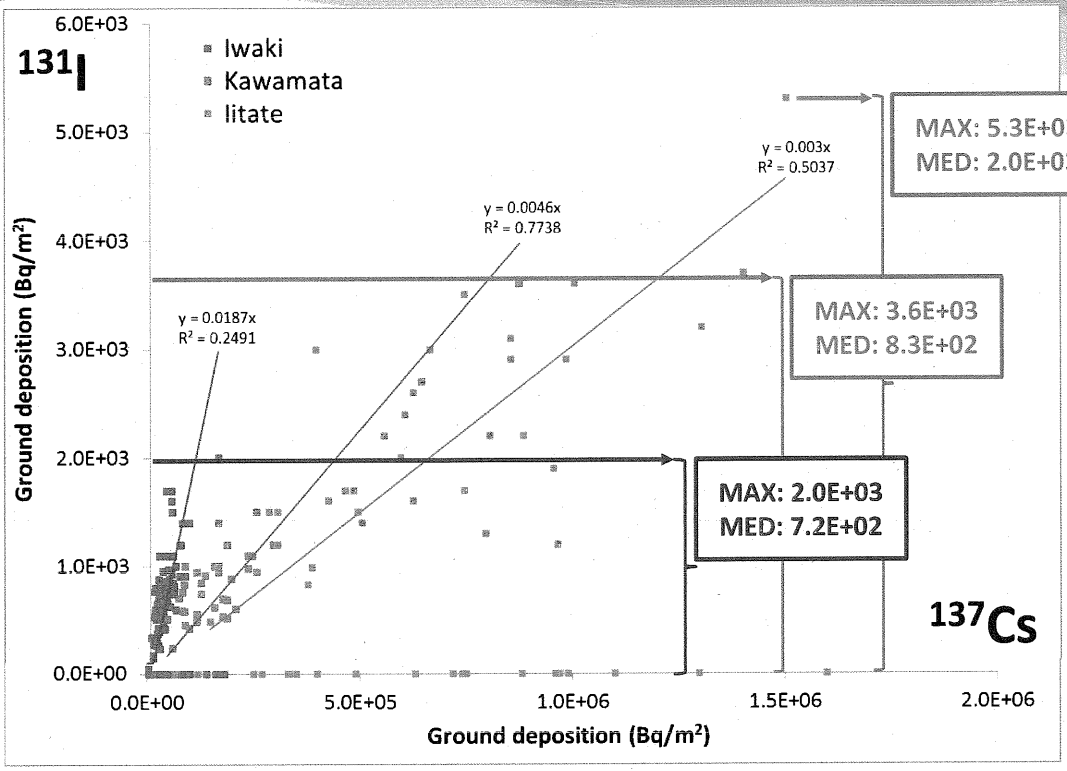
Ground surface deposition ratio ($^{131}I/^{137}Cs$)



Ground deposition rate of ^{131}I to ^{137}Cs

The intake amount ratio is probably higher in south than in north.

Ground surface deposition ratio ($^{131}I/^{137}Cs$) (cont'd)



Thyroid doses for JAEA's responders

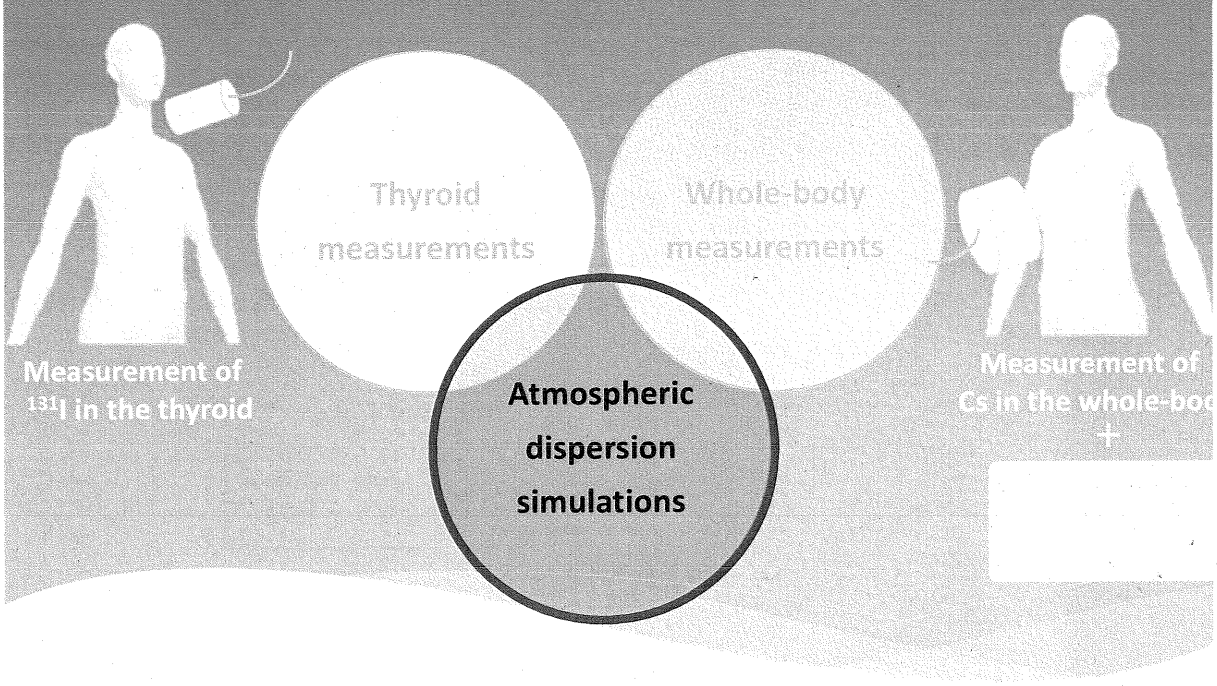
- **Dose estimations of JAEA workers in charge of emergency radiation monitoring were obtained.**
- **The intake amount ratio ($^{131}I/^{137}Cs$) for the workers was widely scattered from 1 to 50: 11 (median)**
- **Thyroid doses: ≤ 16 mSv**

Data taken from Takada et al (NIRS-M-252) with modifications

Group# *1	period of time	Number of workers	Max. Effective dose (mSv)	Max. Thyroid dose*2 (mSv)
1st	Mar. 12-14	3	0.39	7.8
2nd	Mar. 13-14	10	0.64	12.8
3rd	Mar. 14-18	7	0.54	10.8
4th	Mar. 15-20	5	0.80	16.0
5th	Mar. 18-22	8	0.25	5.0
6th-15th	~ 4 days operation during Mar.20-Apr.11	17	0.54	10.8

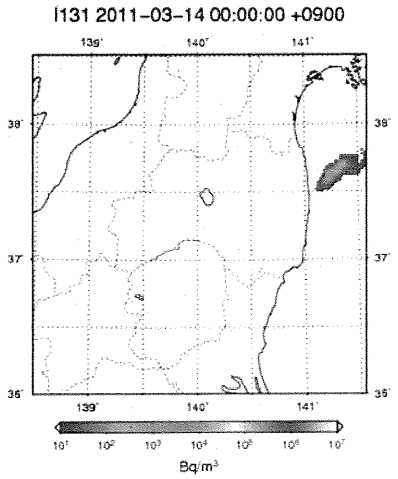
*1 Members of Groups 1 and 2 were dispatched to the Fukushima Off-site center in Okuma-town.
*2 Thyroid dose (not provided from the original paper) = 20 times of committed effective dose

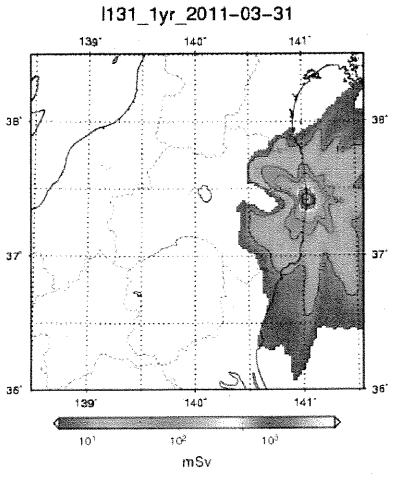
Atmospheric dispersion simulations



Why "simulations"

- Residents without any direct measurements
- No detailed estimation of evacuees from the restricted zone (areas within 20 km-radius of the NPS)
- Performing a more realistic dose assessment

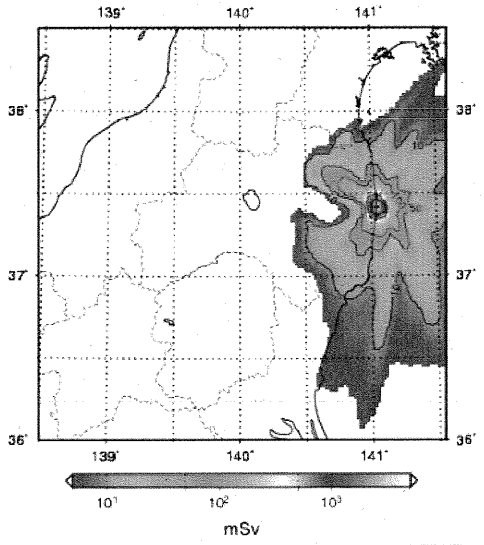




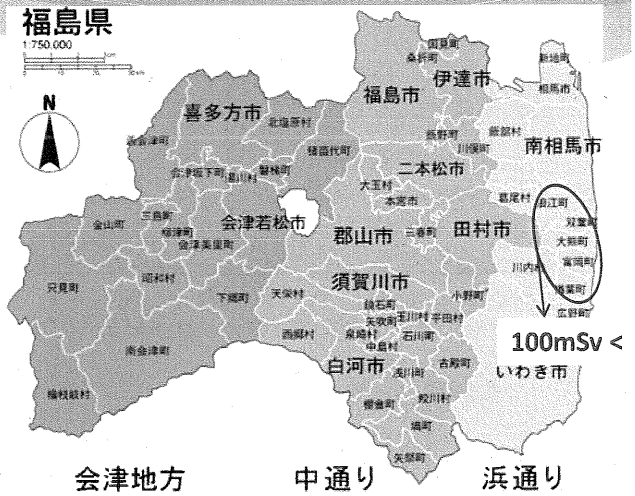
Thyroid doses calculated by simulations

Thyroid dose map for 1-yr

Integrated period: from March 12 to March 31

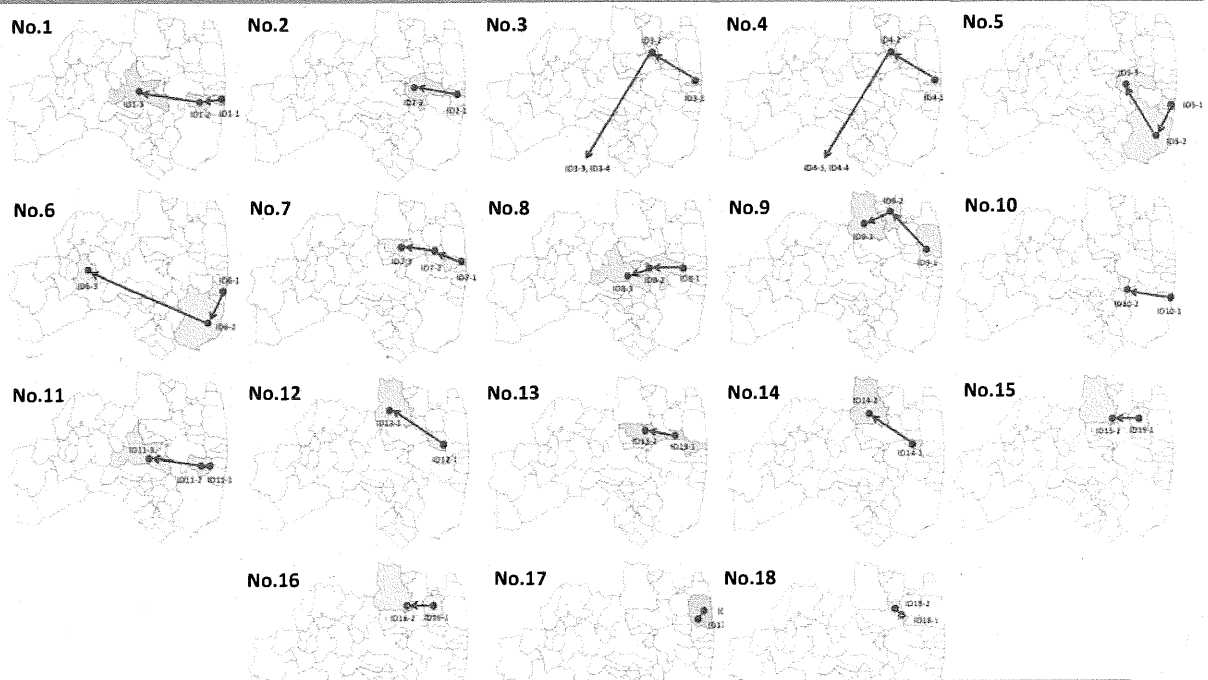


Assumption: staying outside all the time up to March 31



会津地方	中通り	浜通り
Aizu	Nakadori	Hamadori
< 10 mSv	≤ 10 mSv	10 mSv <

18 model cases of evacuation patterns



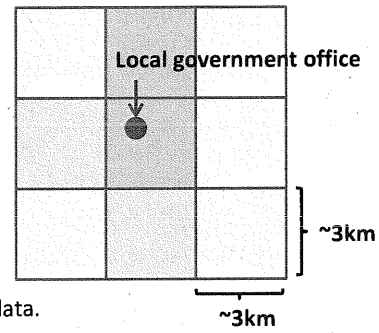
The thyroid dose calculated by simulations for 18 model cases is ≤ 100 mSv for 1-yr child.
(Assumption: staying outside all the time during evacuation)

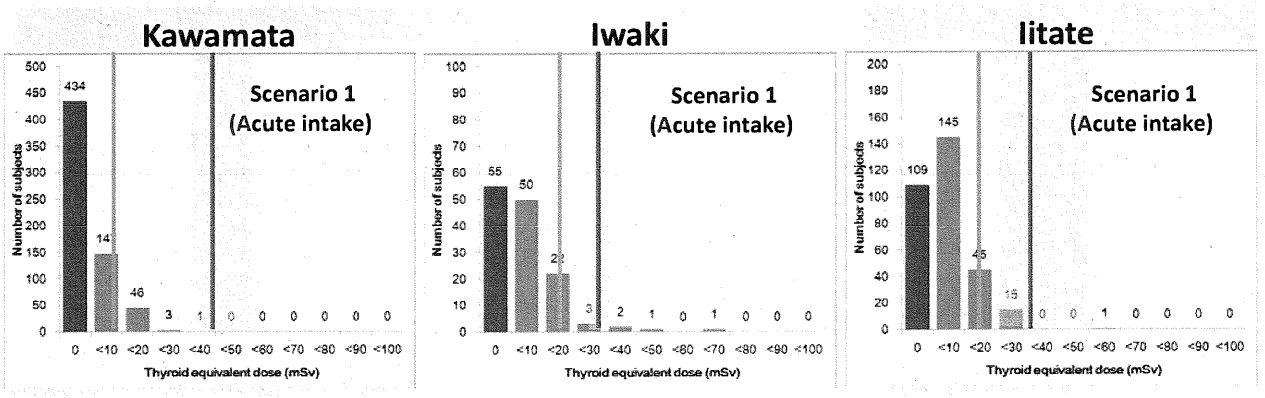
Comparison of dose estimation between direct measurements and simulations

Cities/towns	90%-tile value# (measured)*1	WSPEEDI# (simulated)*2	simulated/ measured
Kawamata	7	40 (1.3)	5.7
Iwaki	16	28 (1.1)	1.8
Iitate	15	32 (1.6)	2.1

*1 Scenario1 (Acute intake) # (mSv)

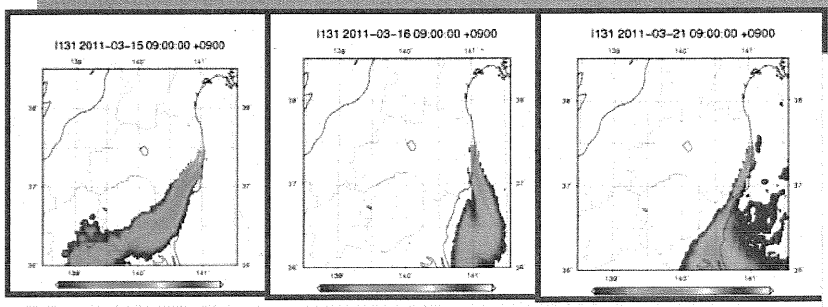
*2 Thyroid doses for 5-yr child up to March 31. GM and GSD values (bracket) of 9 grid-data.

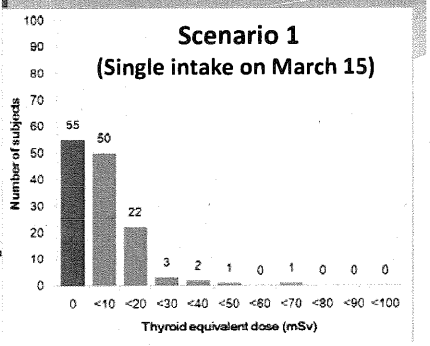


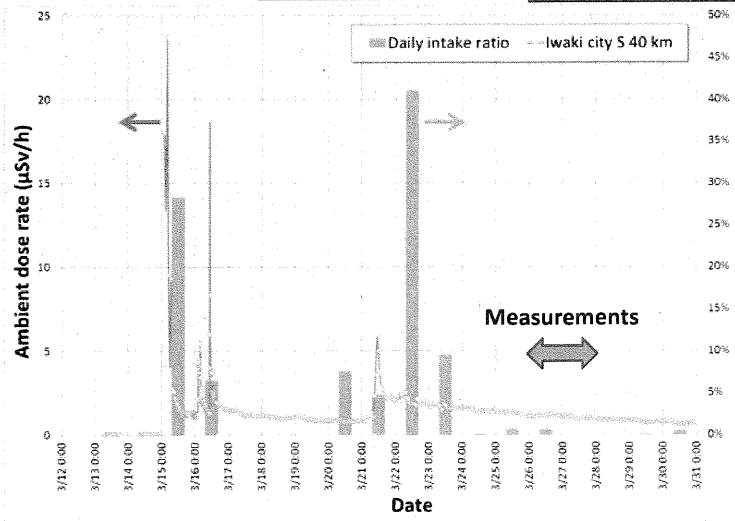


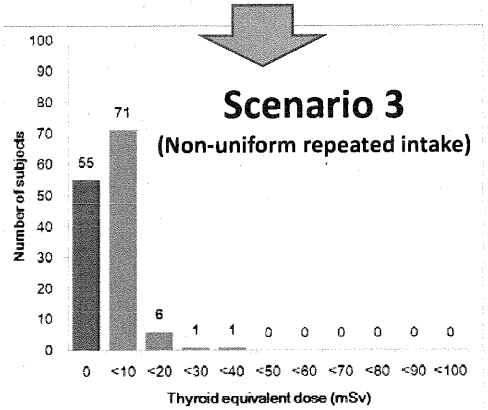
Blue lines: **thyroid measurements, Red lines and** pink bands**: simulations**

Intake scenario for Iwaki by simulations









Summary of thyroid dose estimation

90%-tile values of thyroid dose (rounded to nearest 10%) (Unit: mSv)

Municipality	Children (1-yr)	Adults	Methods*1
Futaba	30	10	WB
Okuma	20	< 10	WB
Tomioka	10	< 10	WB
Naraha	10	< 10	WB
Hirono	20	< 10	WB
Namie	20	< 10	WB, Thyroid*2
Iitate	30	20	Thyroid, WB
Kawamata	10	< 10	Thyroid, WB
Kawauchi	< 10	< 10	WB
Katsurao	20	< 10	Same values as Namie
Iwaki	30	10	Simulations, Thyroid
Minami-soma	20	< 10	Same values as Namie
Other Fukushima areas	< 10	< 10	Simulations

*1: WB (Whole-body measurements with the intake amount ratio ($^{131}I/^{137}Cs$) of 3
*2: Tokonami et al. (2012)_Median: 3.5mSv (over 20 years), Median: 4.2mSv (0-19 years)

Conclusion

- Estimation of the thyroid dose in Fukushima residents was performed using direct measurements (Thyroid/WB) and atmospheric dispersion simulations.
- Estimated thyroid doses mainly from WB measurement were less than 10 mSv (median) for all populations in Fukushima and around 30 mSv (90%-tile) for small children in the highest areas.
- There are a number of uncertainties in the present estimation. Further validation of approach for dose assessment is required.

Problems to be discussed

- Direct measurements
  - Limits of thyroid measurements by NaI survey meter
  - Influence of other nuclides on the thyroid measurement
  - WB measurements at late phase
- Not based on individual behaviors of the subjects used
- Intake ratio of I/Cs
- Subjects used for analysis

Thank you very much for your kind attention!!

A. 2　KEK 環境放射能研究会

平成24年度環境省委託事業

東京電力福島第一原子力発電所事故における周辺公衆の初期内部被ばく線量推計

平成25年2月27日
第14回環境放射能研究会
（於：高エネルギー加速器研究機構）

（独）放射線医学総合研究所

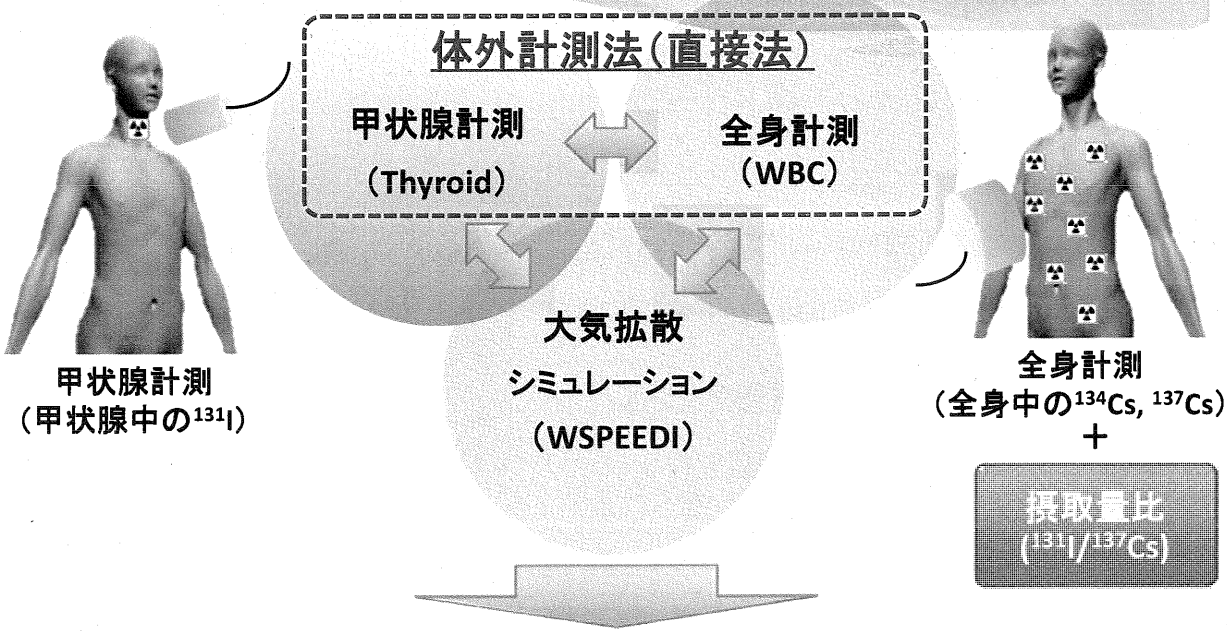
発表の内容

- 背景
- 初期内部被ばく線量の再構築（方法）
  - 甲状腺計測
  - 全身計測
  - 大気拡散シミュレーション
- 結果
- 今後の課題

背景

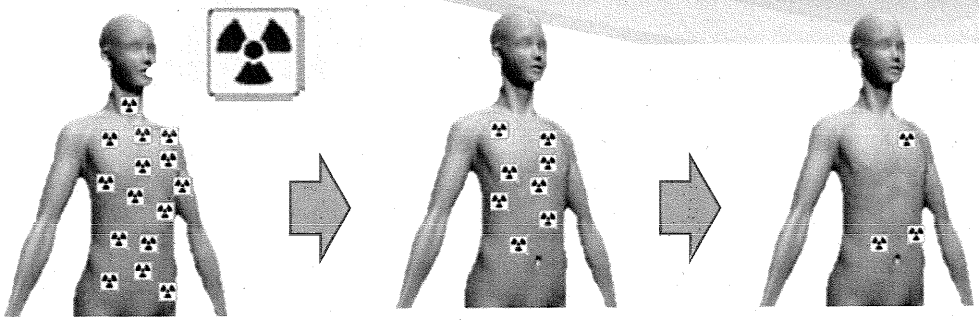
- 公衆の放射線による潜在的健康リスク
- 事故初期に受けた内部被ばく線量（特に甲状腺等価線量）の評価 ⇨ 情報が少ない
- 現実的な線量評価が必要

甲状腺線量の評価方法



初期内部被ばく線量（甲状腺線量）

体外計測法（直接法）



I: 初期摂取量 (Bq)　　M: 測定値 (Bq)

経過時間

t=0 (摂取日)　　t=T (測定日)

内部被ばく線量評価に重要な情報

- 摂取シナリオ：摂取時期，摂取経路（吸入，経口）
- 体内に取り込んだ放射性核種の物理化学的性質

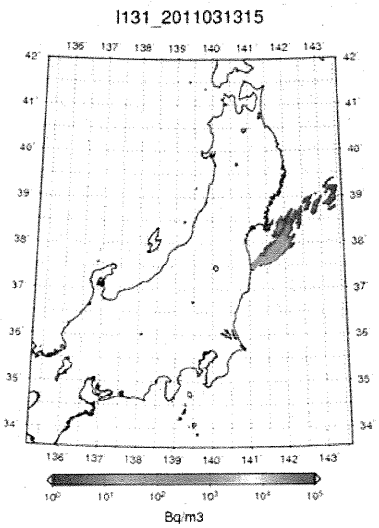
大気拡散シミュレーション

- **WSPEEDI**: Worldwide version of the **SPEEDI*** system

  * **SPEEDI**: 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム
  (System for **P**rediction of the **E**nvironmental **E**mergency **D**ose **I**nformation)

- **空気中濃度マップ（^{131}I）**
  - 計算期間: 2011年3月12日～4月30日
  - 時間間隔: 1時間毎
  - 空間分解能: ~3 km 平方メッシュ

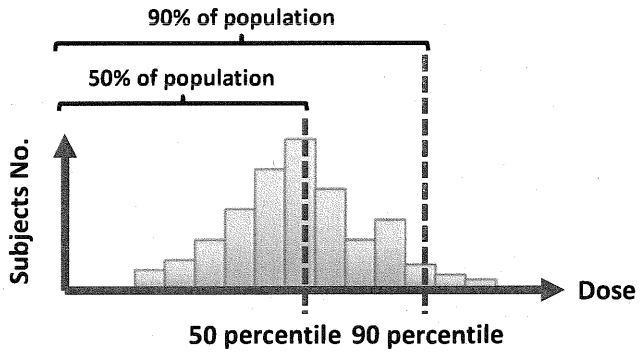
- **甲状腺線量の計算**
  - 線量係数: 60% 元素状 & 40% 粒子状
  - 1日当たり呼吸量: 22.2 m^3（成人）



線量計算方法

- 国際放射線防護委員会(ICRP)の線量諸量を使用
- 全身計測から得られた実効線量分布
  - ➢50パーセンタイル値(中央値)
  - ➢90パーセンタイル値

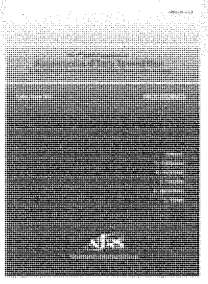
甲状腺等価線量
の線量分布



- 個人の行動情報は線量評価には反映せず
  - ➢情報の入手が現時点で困難...

線量再構築に用いた主なデータ(1)

方法	主なデータ
甲状腺計測	● 原子力安全委員会(当時)が行った小児甲状腺スクリーニング検査: **1080** 被検者 ➢ 福島ら, 日本保健物理学会誌 (2012). ➢ E. Kim et al., NIRS-M-252 (2012).
全身計測	● 福島県が原子力機構に委託して行った福島県民のホールボディ測定:~ **3000** 成人被検者 ➢ T. Momose et al., NIRS-M-252 (2012).
大気拡散シミュレーション	● WSPEEDI-II (原子力機構) ➢ G. Katara et al., J. Envi. Radioact. (2012). ➢ H. Nagai et al., NIRS-M-252 (2012).



Proceedings of The 1st NIRS symposium on Reconstruction of early internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident , **NIRS-M-252 (2012).**

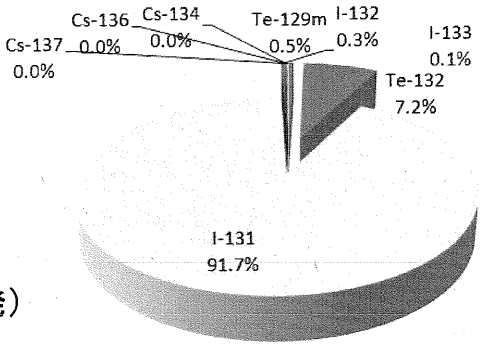
線量再構築に用いた主なデータ(2)

- **^{131}I以外の核種による甲状腺線量寄与**
  - エアサンプリング(茨城県東海村): JAEA-Review 2011-035 (2011).
  - 炉心解析: JNES (the latest, July, 2012).

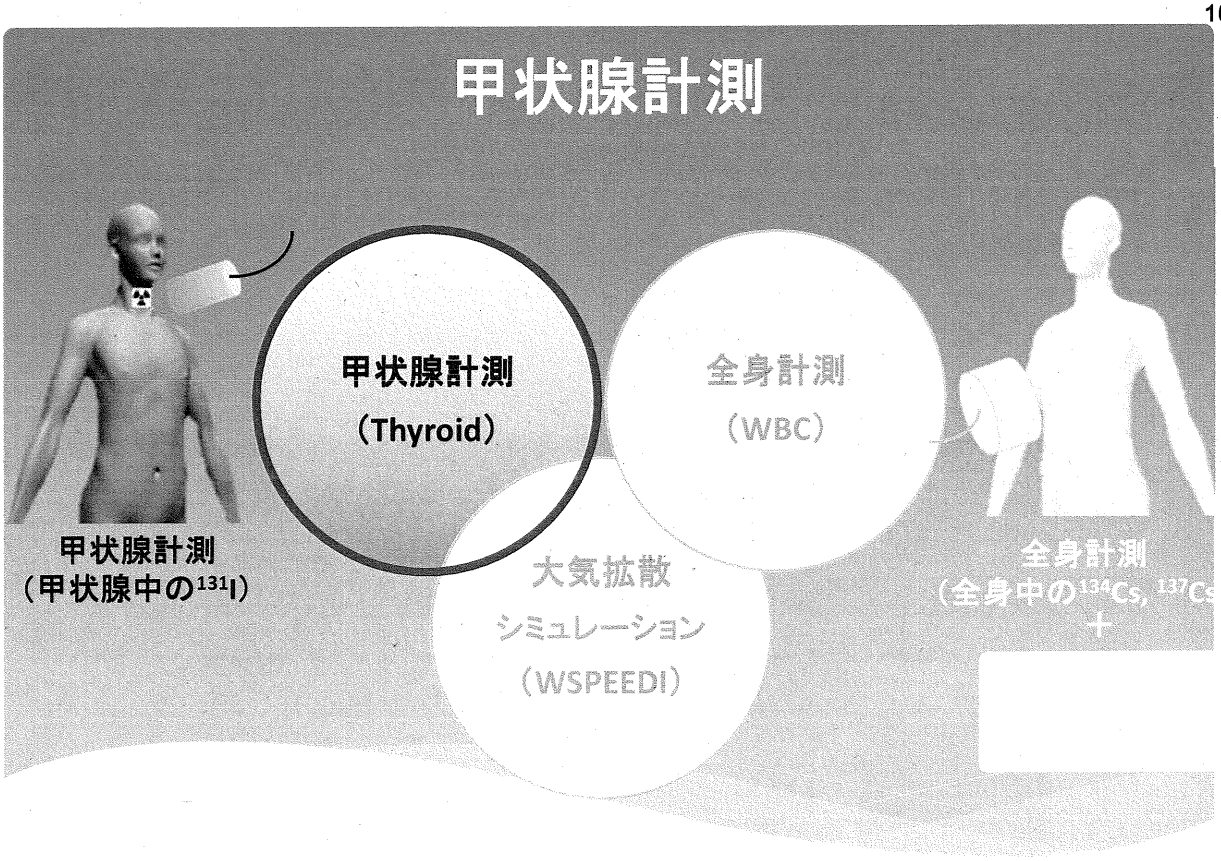
⇨ ^{131}I以外による寄与は約10%(ただし，評価期間で異なる)

- **ヨウ素の物理化学的性状**
  - エアサンプリング(茨城県東海村):
    JAEA-Review 2011-035 (2011),
    JAEA-Data-Code 2012-010 (2012),
    Tsuruta et al., NIRS-M-252 (2012).
  - エアサンプリング(福島第一，第二原発)

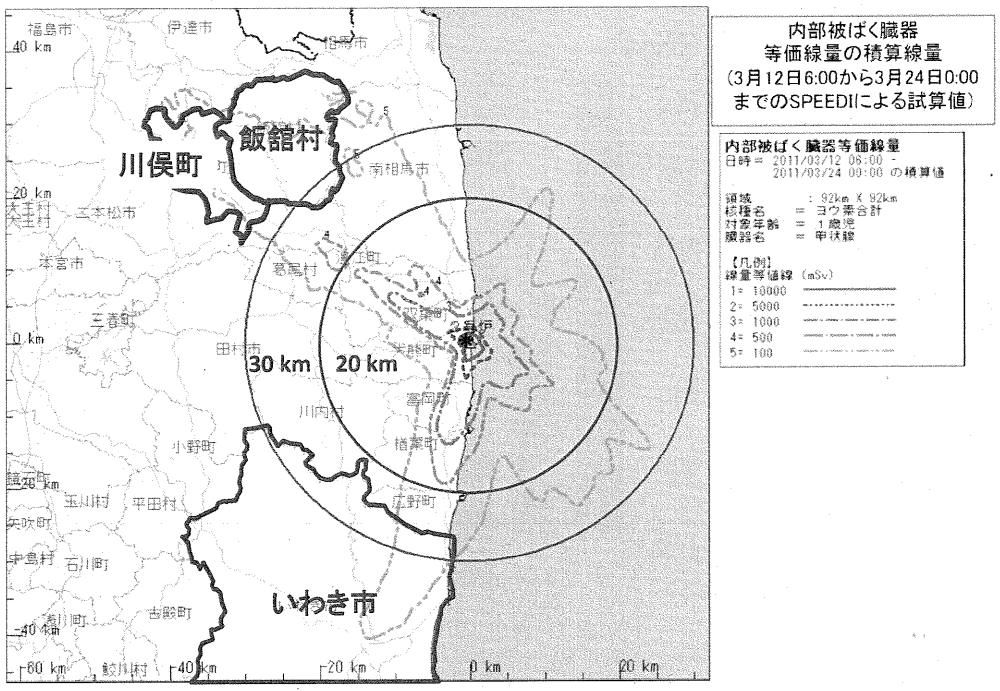
⇨ 60% 揮発性 + 40% 粒子
(空気中濃度での加重平均)



甲状腺線量に占める各核種の寄与
(1歳児) 引用 JAEA Review 2011-035



小児甲状腺スクリーニング実施地域



Nuclear Regulation Authority of Japan
http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/mext_speedi/0312-0324_in.pdf

小児甲状腺スクリーニング被検者数

実施日	測定場所	被検者数	評価対象者数
3月24日	川俣町保健センター	18	(18)*1
	川俣町山木屋出張所	48	(48)*1
3月26, 27日	いわき市保健所	137	134*2
3月28-30日	川俣町中央公民館	631	631
3月29, 30日	飯舘村役場	315	315
合計		1,149	1,080

*1 高BGのため，評価対象者から除外
*2 年齢不詳の3名を評価対象者から除外

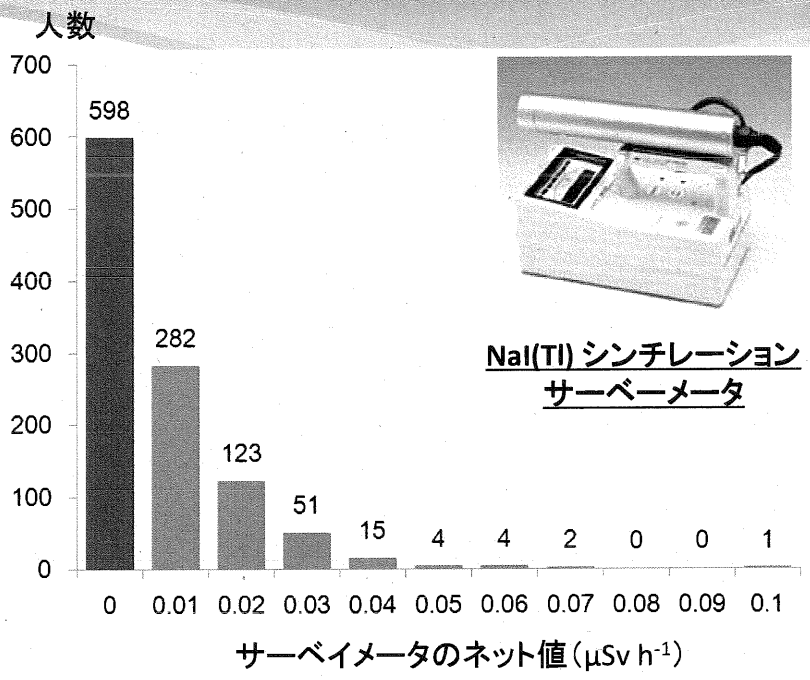
	川俣町	いわき市	飯舘村
評価対象者数	631	134	315
人口(15歳以下)*	1,917	50,482	865

* 2010年国勢調査より

小児甲状腺スクリーニング（ネット値）

小児甲状腺スクリーニングの状況

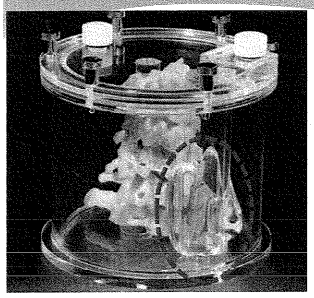
Y. Hosokawa et al.
REM 2013, 2, 82-86 (2013)



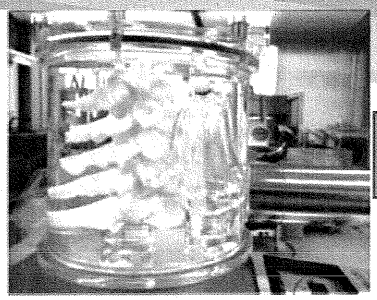
NaI(Tl) シンチレーション
サーベーメータ

スクリーニングレベル: 0.2 μSv h^{-1}
（1歳児の甲状腺等価線量で100 mSvに相当する数値）

計数効率の見直し



成人頸部ファントム

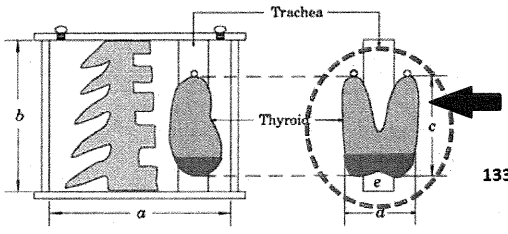


校正の状況

小児に対する
計数効率
過小評価

小児に対する
甲状腺^{131}I量
過大評価

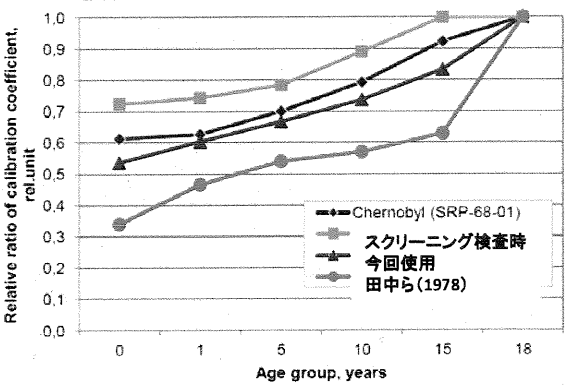
年齢	甲状腺重量	^{133}Ba注入量
1歳	2.5 g	2.5 ml
5歳	6.1 g	6.1 ml



20 mL
(Volume)
^{133}Ba solution

a:100 mm, b:100 mm, c: 55 mm, d:45 mm, e:20 mm

スクリーニング検査時を過去の文献値の平均値を今回使用

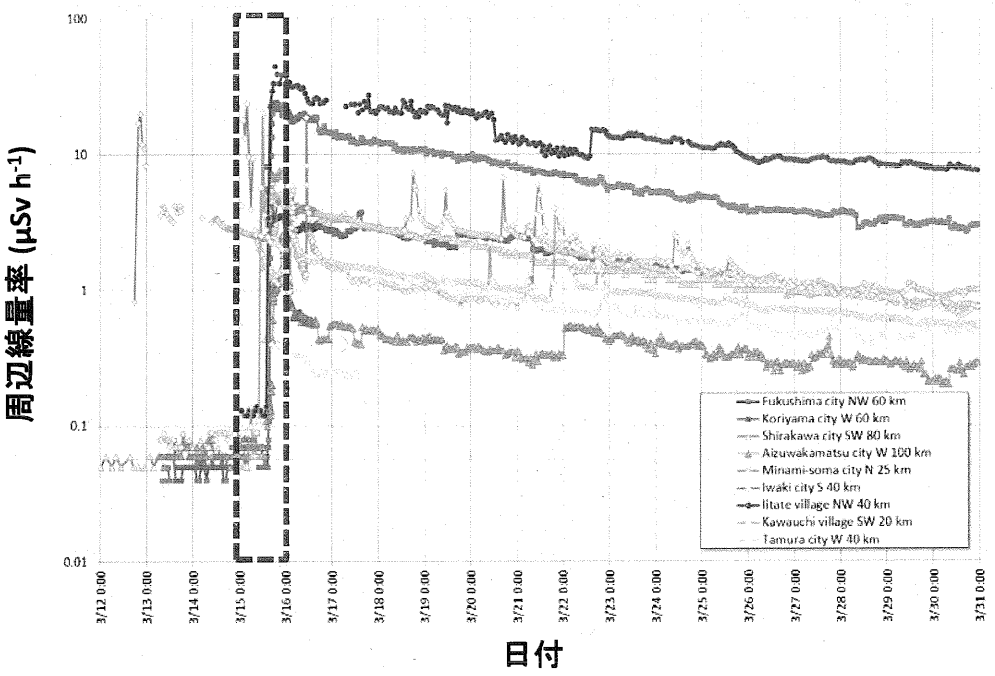


計数効率の比較

15

福島県内各地の周辺線量率

線量評価のための摂取シナリオ（摂取日）の決定



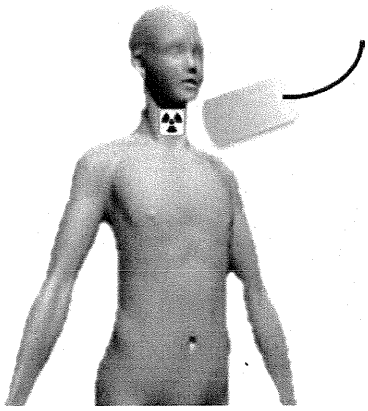
16

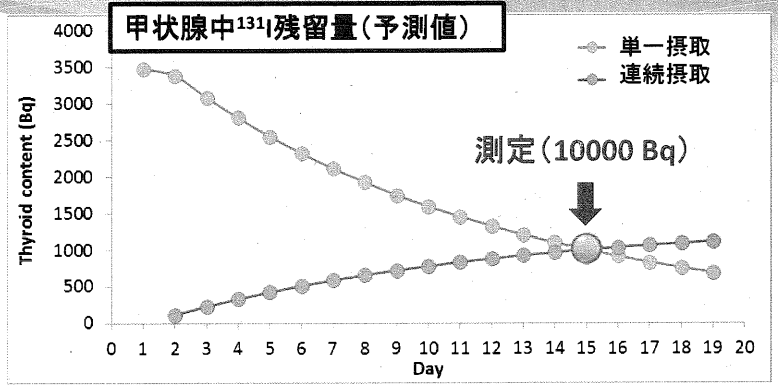
摂取シナリオによる線量評価の違い

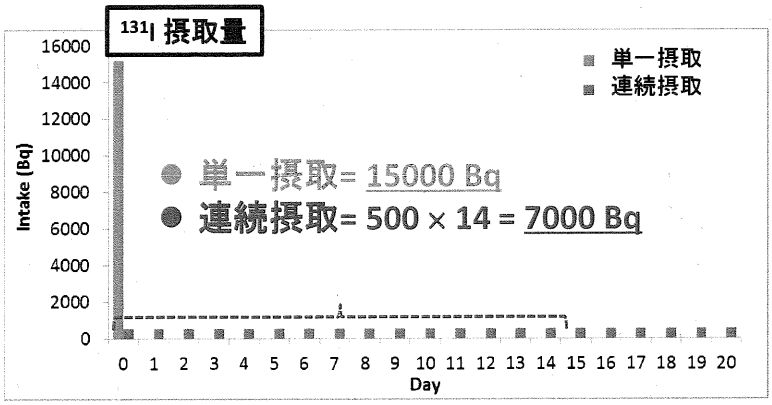
^{131}I

- 吸入摂取
- 蒸気状

事故発生15日目の甲状腺残留量が1000Bqの場合



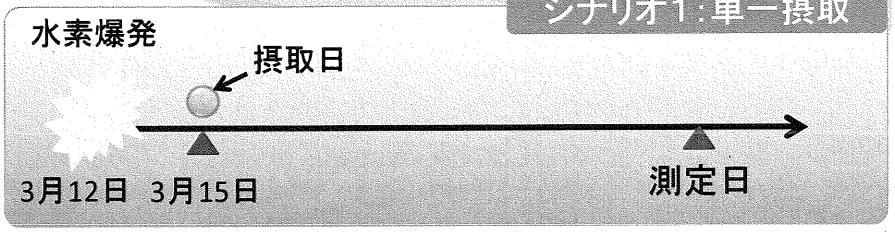


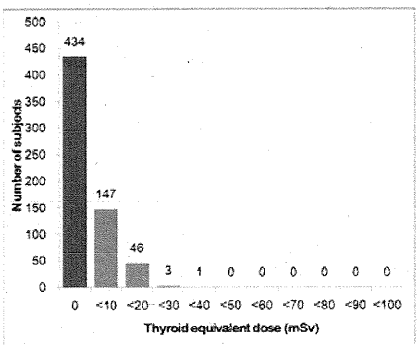


17

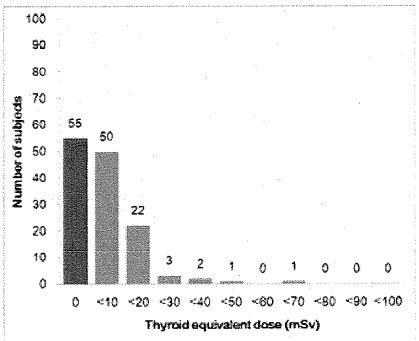
甲状腺線量評価(単一摂取仮定)

シナリオ1:単一摂取

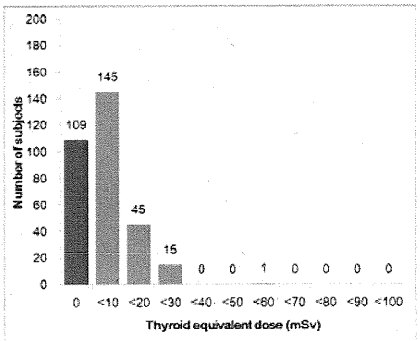




川俣町



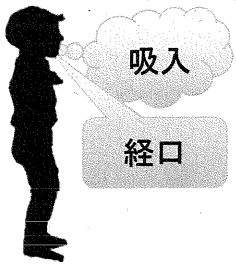
いわき市



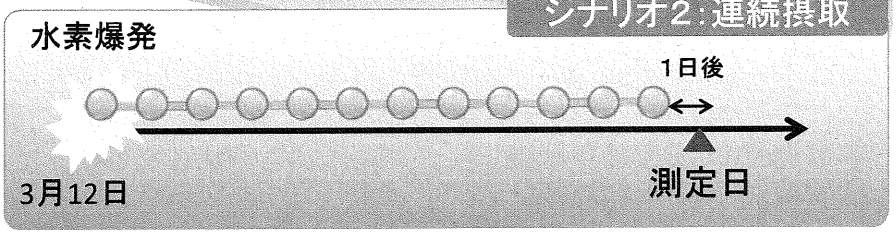
飯舘村

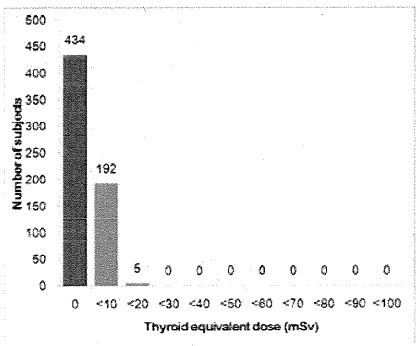
18

甲状腺線量評価(連続摂取仮定)

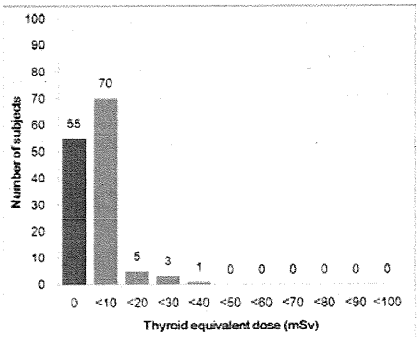


シナリオ2:連続摂取

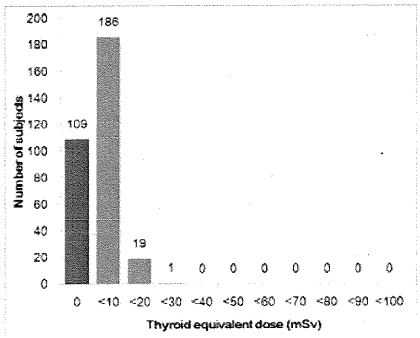




川俣町



いわき市

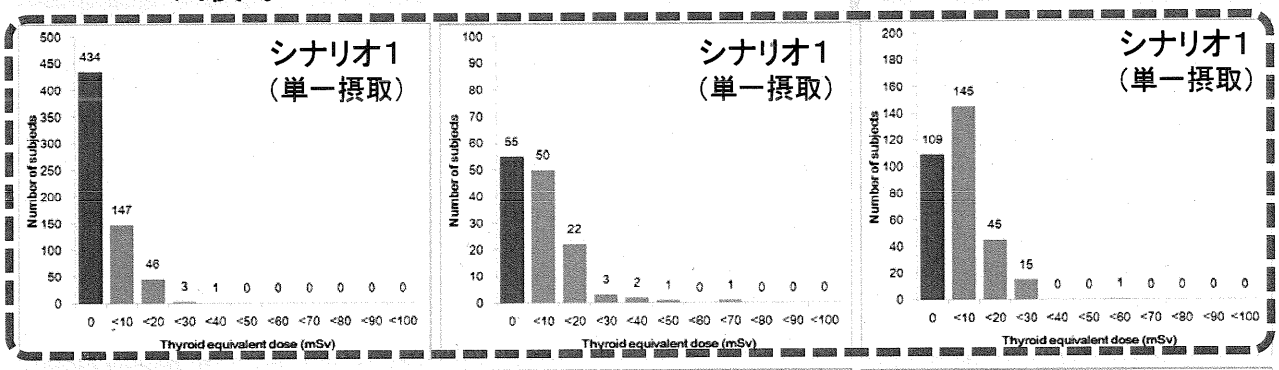


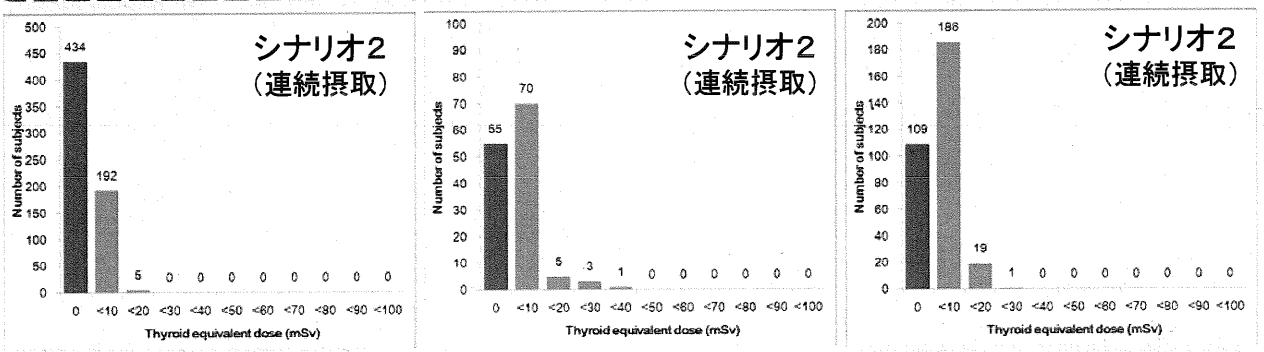
飯舘村

19

甲状腺線量評価のシナリオ間比較（地域別）

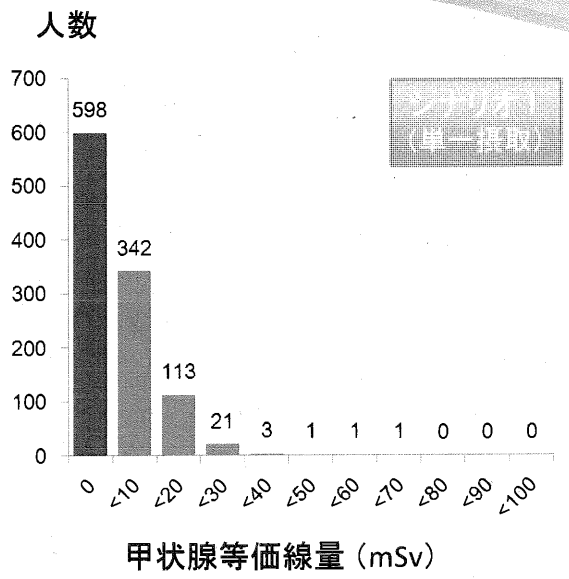
川俣町　　いわき市　　飯舘村

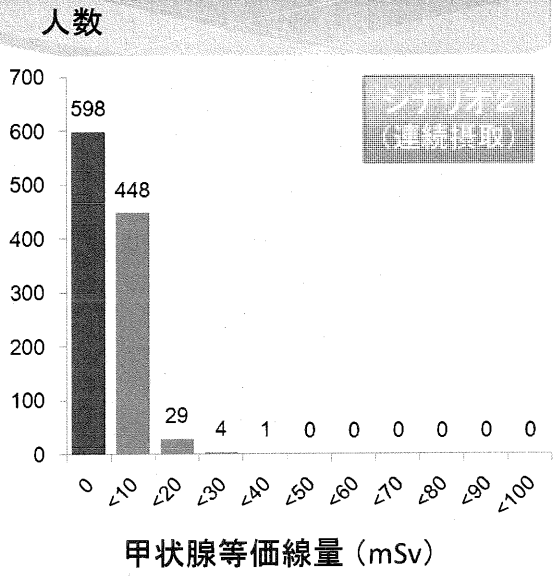




20

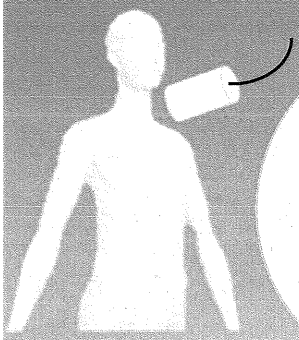
甲状腺線量評価のシナリオ間比較（全体）





いずれのシナリオも，被検者の99%が30mSv以下

全身計測

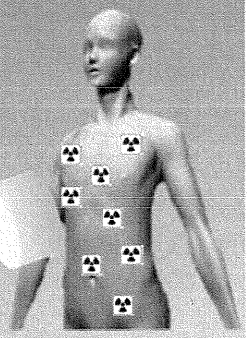


甲状腺計測
（甲状腺中の^{131}I）

甲状腺計測
（Thyroid）

全身計測
（WBC）

大気拡散
シミュレーション
（WSPEEDI）



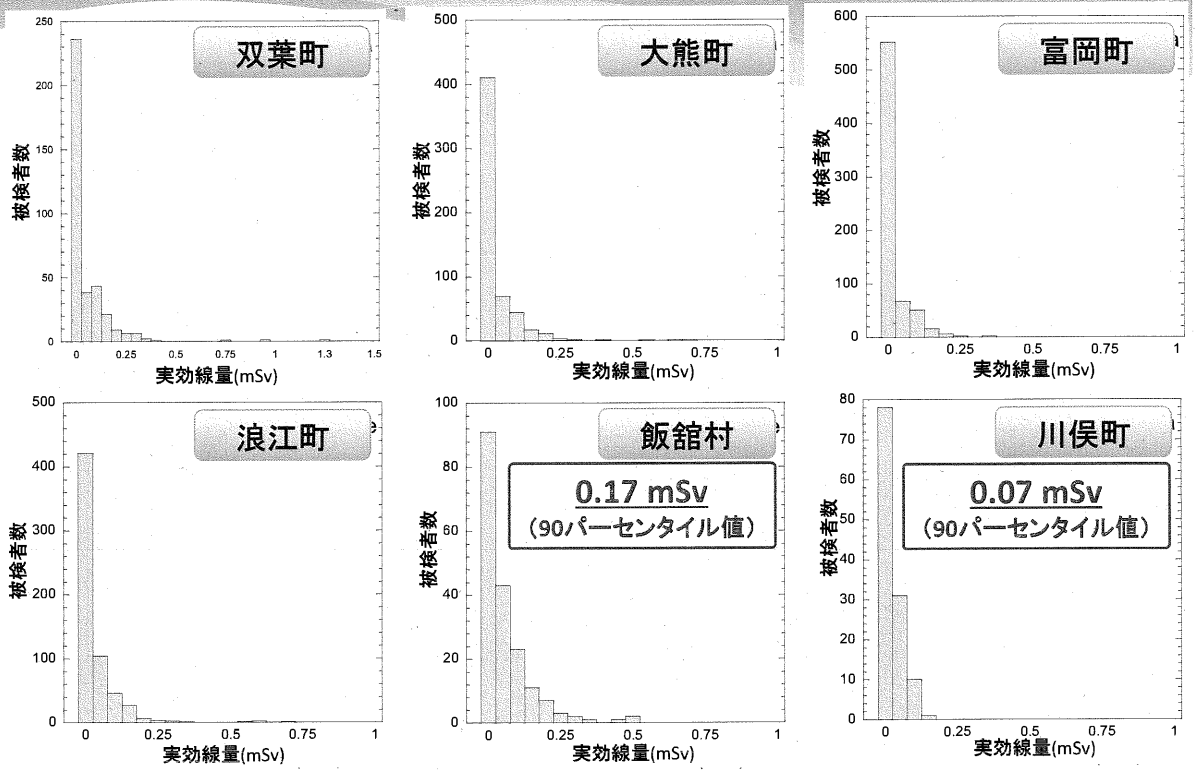
全身計測
（全身中の^{134}Cs, ^{137}Cs）
＋
摂取量比
（^{131}I/^{137}Cs）

全身計測

- **2011年7月～2012年1月までに測定された成人被検者のデータを利用**
  - データ提供元：日本原子力研究開発機構（JAEA）
- **（預託）実効線量のみ利用可能**
  - 生データ（全身残留Cs量，測定日，被測定者の個人情報）は利用不可
  - 摂取シナリオ：3月12日単一摂取

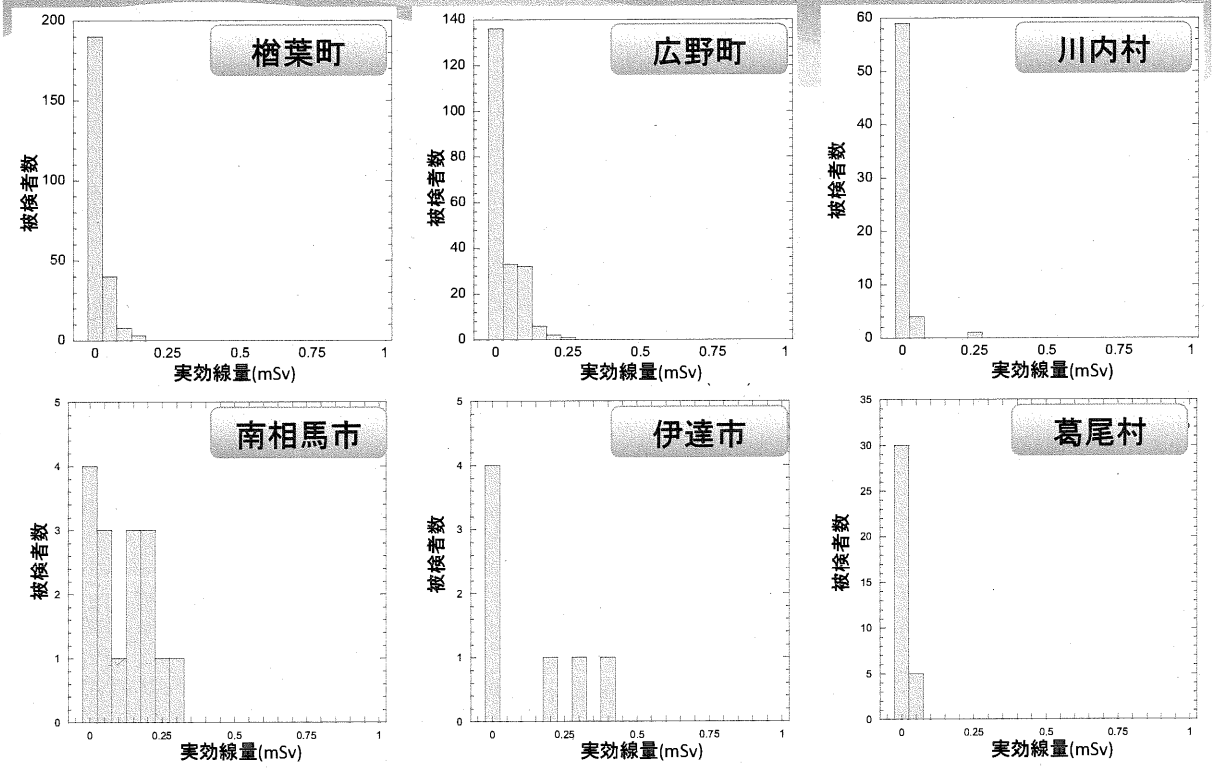
* CED: Committed Effective Dose from ^{134}Cs and ^{137}Cs

各自治体住民の実効線量分布(1)



全データは18歳以上の被検者，0mSvはWBC測定において検出限界値未満

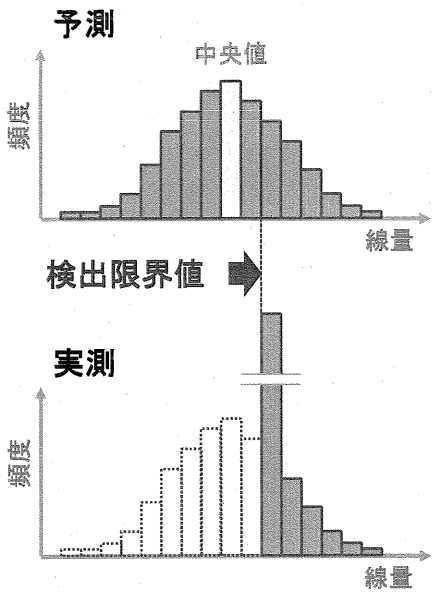
各自治体住民の実効線量分布(2)

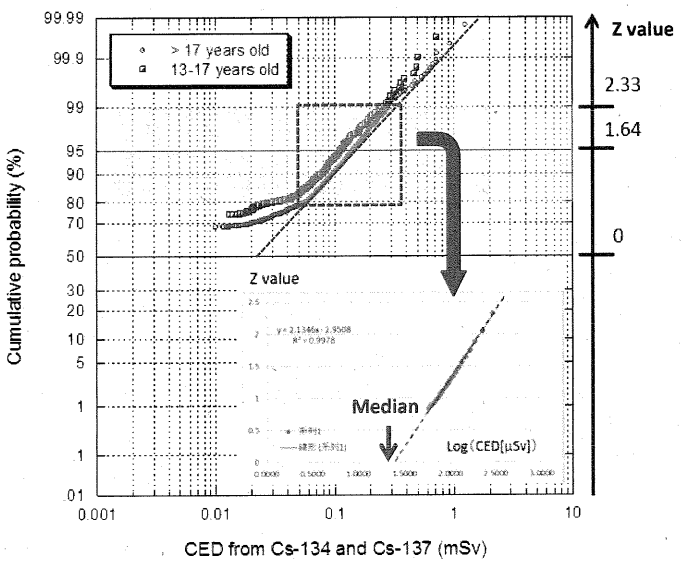


全データは18歳以上の被検者，0mSvはWBC測定において検出限界値未満

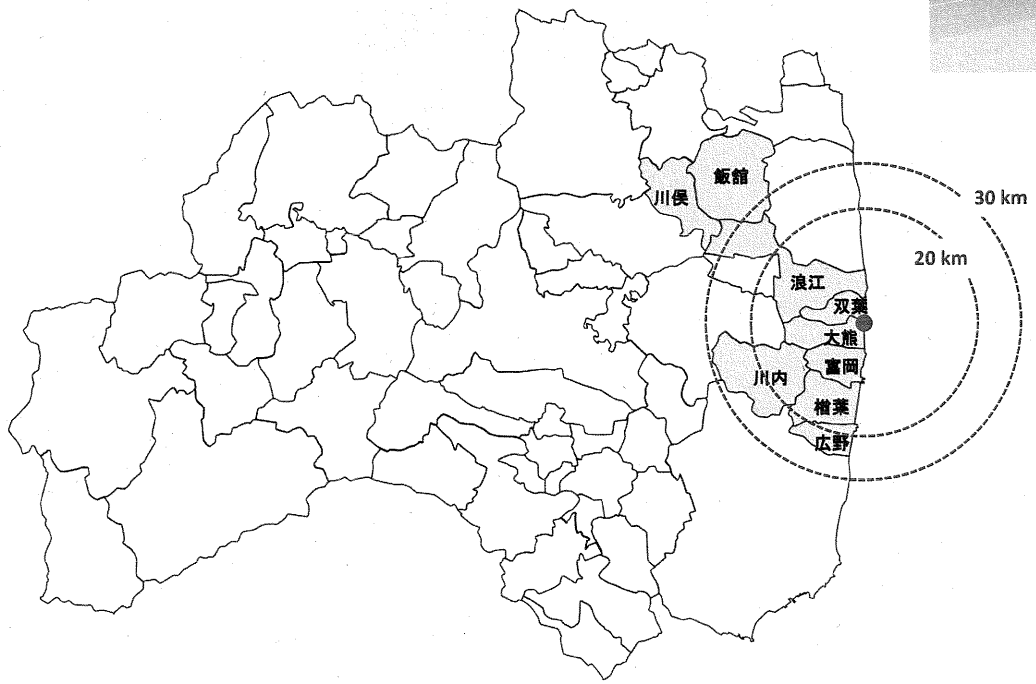
実効線量分布の解析

対数正規分布を仮定して実測された実効線量分布から中央値（50パーセンタイル値）を導出



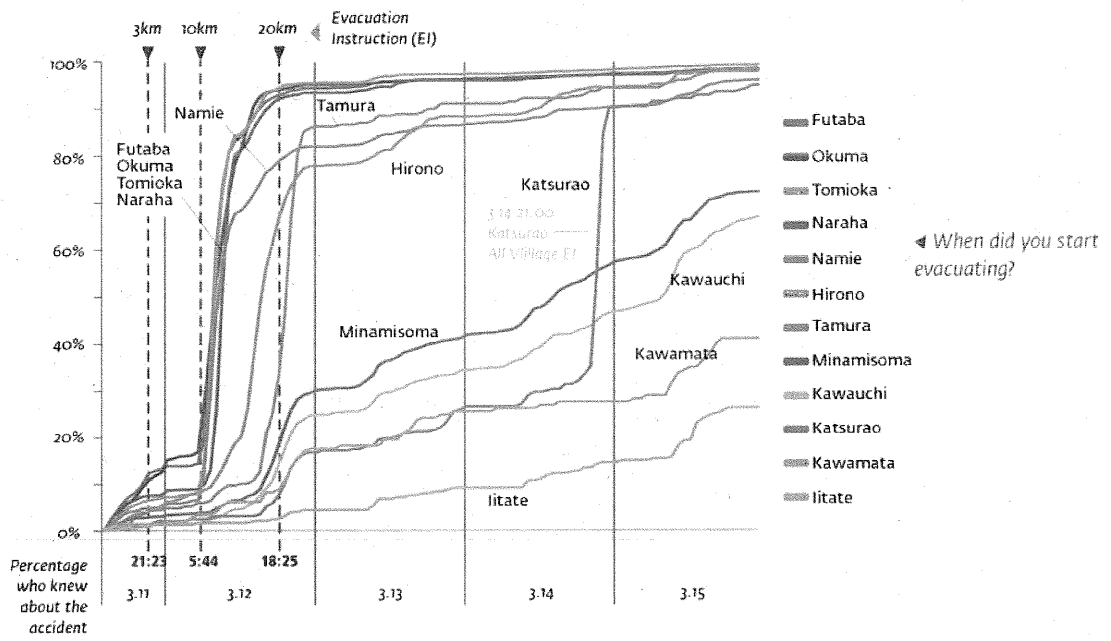


全身計測データを解析した自治体



※ 伊達市，南相馬市，葛尾村については，データ数が少ないため解析実施せず

避難開始時期



Ref.) The National Diet of Japan Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission

http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naiic.go.jp/en/report/index.html

各自治体住民の実効線量分布

全被検者（18歳以上）

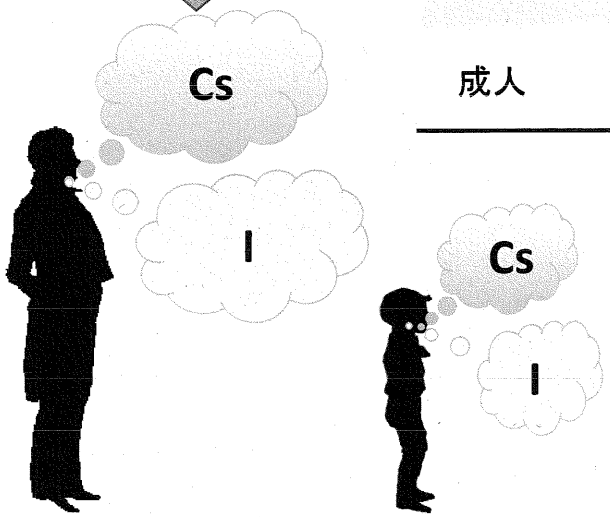
単位: mSv

自治体	N	90パーセンタイル	50パーセンタイル	Corr. (R^2)
双葉町	365	0.15	0.04	0.9901
大熊町	561	0.10	0.02	0.9901
富岡町	696	0.08	0.01	0.8789
楢葉町	241	0.06	0.01	0.8789
広野町	210	0.10	0.05	0.9919
浪江町	614	0.10	0.02	0.9876
飯舘村	184	0.17	0.03*1	N.A.
川俣町	120	0.07	0.01*1	N.A.
川俣村	64	< 0.01	< 0.01	N.A.
合計(18歳以上)*2	3128	0.10	0.02	0.9978
合計 (13-17歳)*2	1565	0.08	0.02	0.9918

*1 50パーセンタイル値は線量分布から直接評価
*2 表中には含まれない伊達市，南相馬市，葛尾村のデータを含む

実効線量(成人)→甲状腺線量(小児)

Csによる預託実効線量
(CED)(mSv)



対象者	(A)甲状腺等価線量計数*1 (Sv/Bq)	(B) 呼吸量(m^3/d) *2 括弧内(m^3/h)	A×B
5歳児	1.9E-6 (4.9)	8.72 (0.39)	(1.9)
成人	3.9E-7 (1.0)	22.2 (1.0)	(1.0)

*1 For elemental iodine (^{131}I)
*2 ICRP Publication 71, Table 6

同一環境中における吸入摂取なら
5歳児の甲状腺等価線量
⇒成人の約2倍

22.2 m^3/day
(成人)

8.72 m^3/day
(5歳児)

← 1日当たりの呼吸量

実効線量(成人)→甲状腺線量(続)

全身計測からCsの実効線量は得られている

^{134}Cs &^{137}Csによる成人の実効線量:1 mSv

吸入摂取量:^{134}Cs 9E+04 Bq, ^{137}Cs 9E+04 Bq

摂取量比(暫定的に)
^{131}I/^{137}Cs ratio= 1

^{131}Iの吸入摂取量:9E+04 Bq

1歳児	10歳児	成人
1日呼吸量: 5.16 m^3/day	1日呼吸量: 15.3 m^3/day	1日呼吸量: 22.2 m^3/day
^{131}I 摂取量: 2E+04 Bq	^{131}I 摂取量: 6E+04 Bq	^{131}I 摂取量: 9E+04 Bq

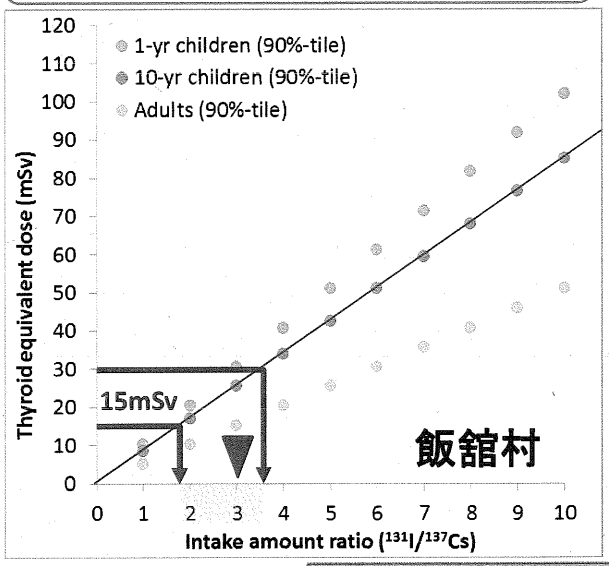
- 放射性ヨウ素の物理化学的性状:60%元素状、40%粒子状に設定
- 他核種からの甲状腺線量寄与を10%に設定

甲状腺線量: 60 mSv	甲状腺線量: 50 mSv	甲状腺線量: 30 mSv

実効的摂取量比（$^{131}I/^{137}Cs$）の導出

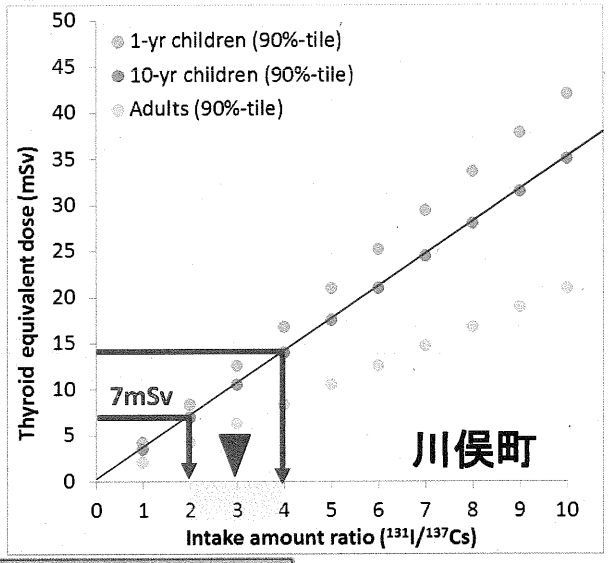
飯舘村

- 実効線量（Cs）：0.17 mSv（成人）
- 甲状腺線量（I）：15 mSv（小児）
（90パーセンタイル値）



川俣町

- 実効線量（Cs）：0.07 mSv（成人）
- 甲状腺線量（I）：7 mSv（小児）
（90パーセンタイル値）



実効的摂取量比（$^{131}I/^{137}Cs$）を3に設定.

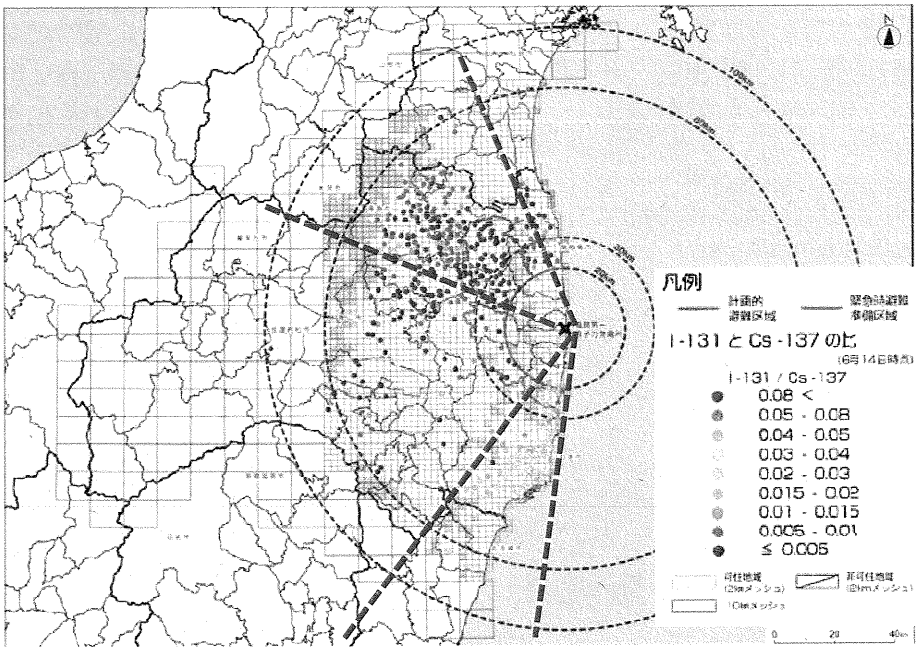
全身計測に基づく甲状腺線量

実効的摂取量比（$^{131}I/^{137}Cs$）= 3

自治体	90パーセンタイル値（mSv）			50パーセンタイル値（mSv）		
	1歳児	10歳児	成人	1歳児	10歳児	成人
双葉町	27	23	14	7	6	4
大熊町	18	15	9	4	3	2
富岡町	14	12	7	2	2	1
楢葉町	11	9	5	2	2	1
広野町	18	15	9	9	8	5
浪江町	18	15	9	4	3	2
飯舘村	31	26	15	5	5	3
川俣町	13	11	6	2	2	1
川内村	2	2	1	2	2	1
上記自治体 (17 yr<)	18	15	9	4	3	2
上記自治体 (13-17 yr)	14	12	7	4	3	2

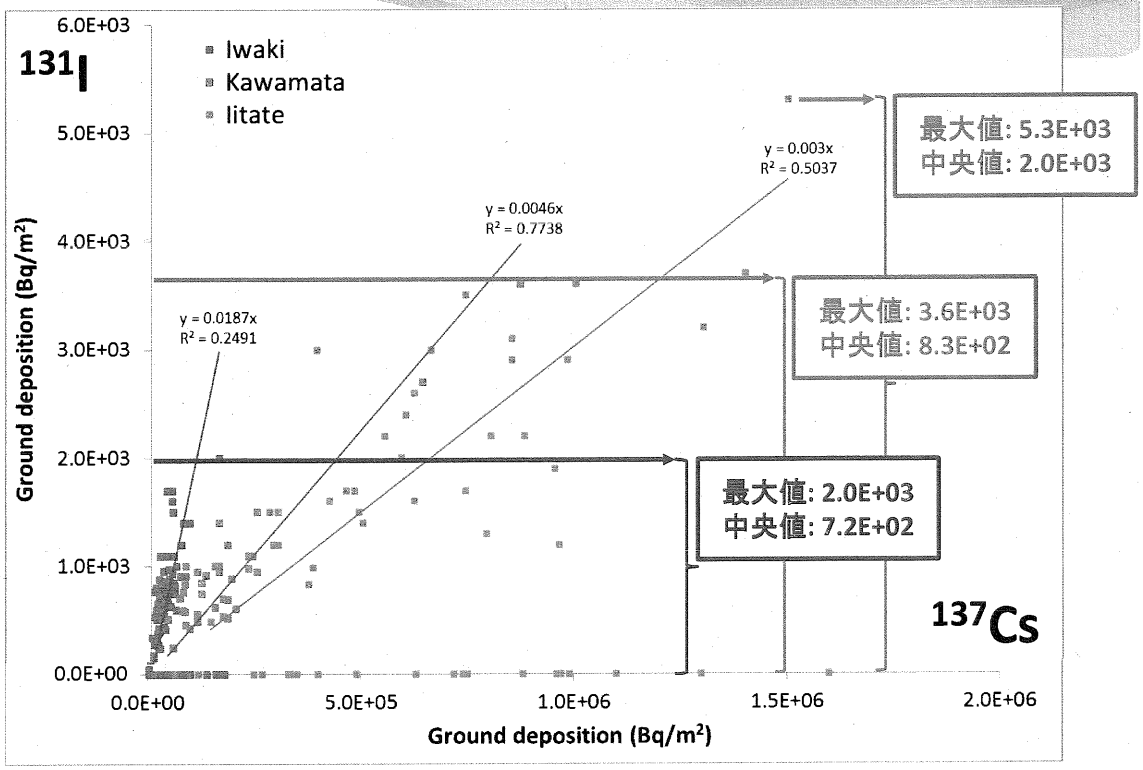
地表沈着量比（$^{131}I/^{137}Cs$）

セシウム137に対するヨウ素131の沈着量の比率について

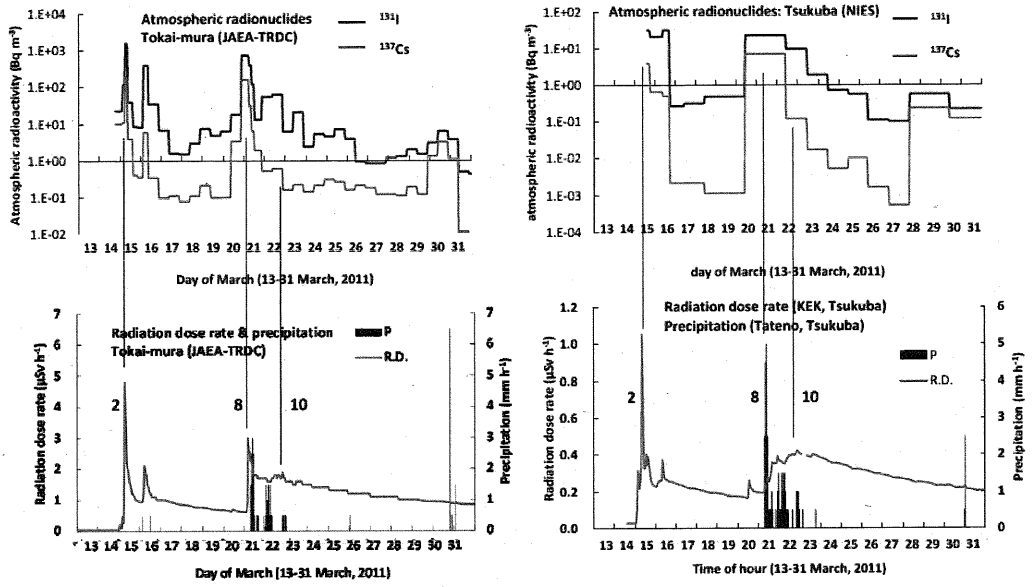


Ground deposition rate of ^{131}I to ^{137}Cs

地表沈着量比（$^{131}I/^{137}Cs$）（続）



空気中濃度比（$^{131}I/^{137}Cs$）



(1) Tokai-mura (JAEA-TRDC) *(2) Tsukuba (NIES)*

● 空気中積算濃度の比としては約10

Ref.) H. Tsuruta et al, NIRS-M-252

初動対応者の甲状腺線量

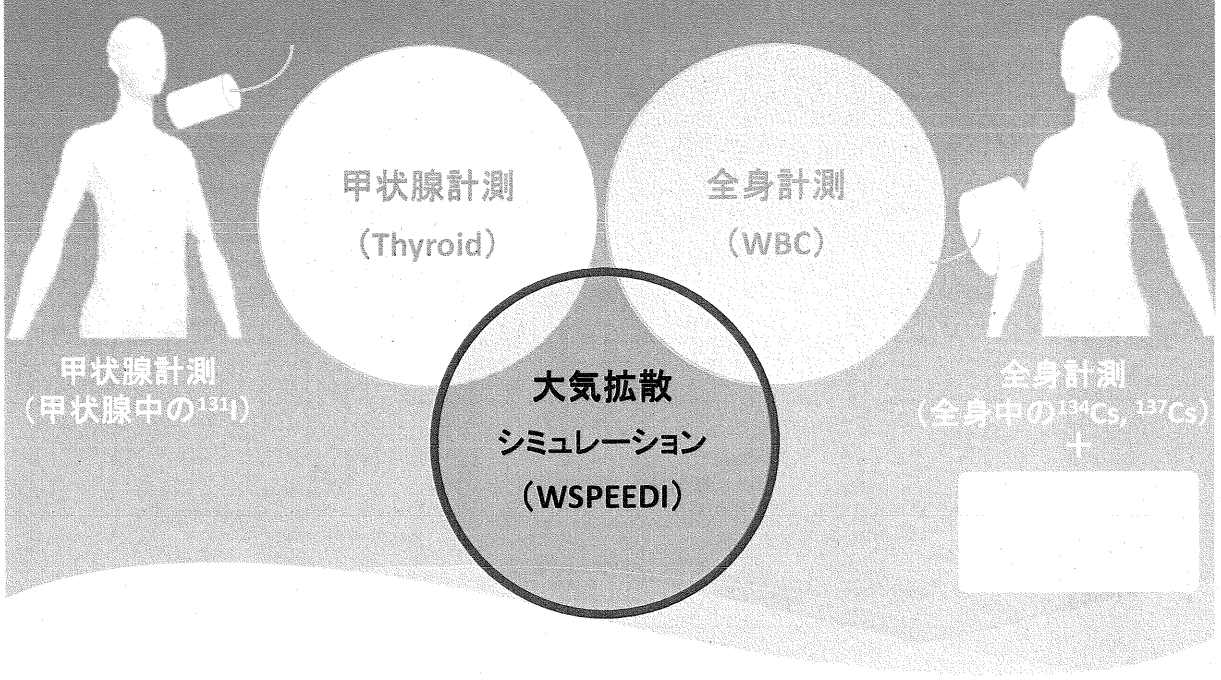
- 緊急時放射線モニタリング対応のためF1近傍に派遣されたJAEA職員が帰還後にWBC測定を受検
- 初期摂取量比（$^{131}I/^{137}Cs$）=1～50（中央値：11）
- 初動対応者の甲状腺等価線量: ≤ 16 mSv

Data taken from Takada et al (NIRS-M-252) with modifications

Group# *1	period of time	Number of workers	Max. Effective dose (mSv)	Max. Thyroid dose*2 (mSv)
1st	Mar. 12-14	3	0.39	7.8
2nd	Mar. 13-14	10	0.64	12.8
3rd	Mar. 14-18	7	0.54	10.8
4th	Mar. 15-20	5	0.80	16.0
5th	Mar. 18-22	8	0.25	5.0
6th-15th	~ 4 days operation during Mar.20-Apr.11	17	0.54	10.8

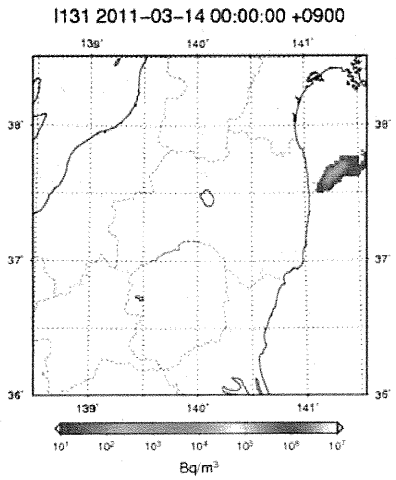
*1 Members of Groups 1 and 2 were dispatched to the Fukushima Off-site center in Okuma-town.
*2 Thyroid dose (not provided from the original paper) = 20 times of committed effective dose

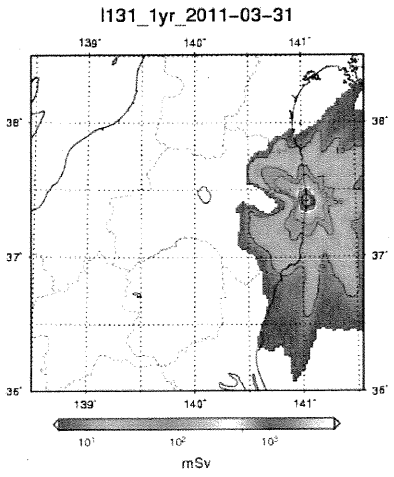
大気拡散シミュレーション



大気拡散シミュレーションの目的

- 体外計測未受検者への線量推計
- 警戒区域（20km圏内）からの避難住民に対する被ばく状況の解析
- 個人の行動パターンを反映した線量推計

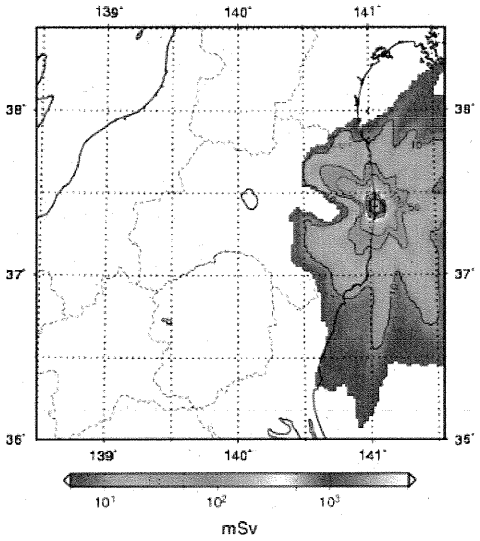




広域的な甲状腺線量の推計

甲状腺線量マップ（1歳児）

Integrated period: from March 12 to March 31



仮定: 2011年3月31日まで毎日24時間屋外に滞在

会津地方 → < 10 mSv

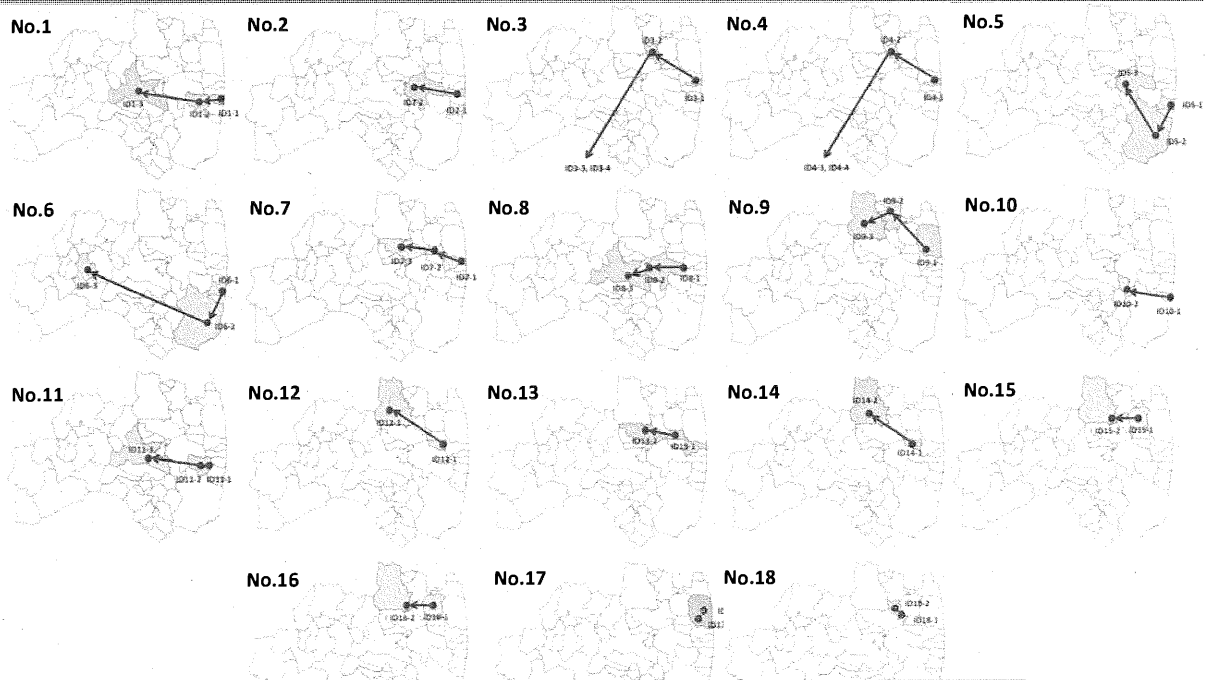
中通り → ≤ 10 mSv

浜通り → 10 mSv <

拡散シミュレーションによる推計

体外計測による推計を基本

住民避難パターン（モデルケース）

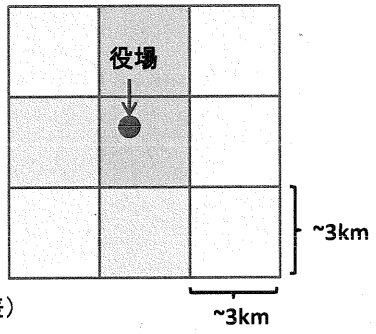


18モデルケースにおける甲状腺線量の最大値：
約100 mSv（1歳児）
（避難中屋外に毎日24時間居続けた場合）

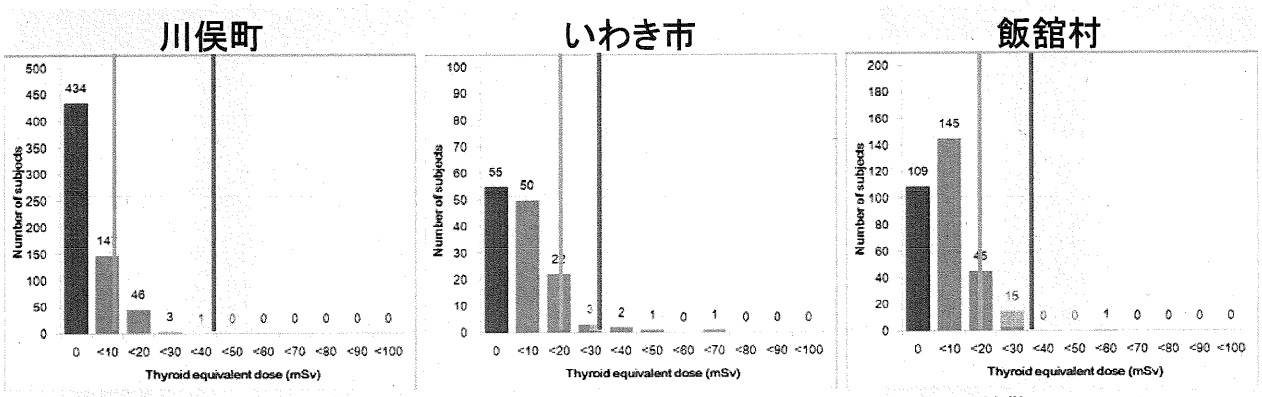
拡散シミュレーションの線量評価精度

(単位：mSv)

評価地点	90パーセンタイル値 (スクリーニング)*1	WSPEEDI# (計算値)*2	計算値/スクリーニング
川俣町	7	40 (1.3)	5.7
いわき市	16	28 (1.1)	1.8
飯舘村	15	32 (1.6)	2.1

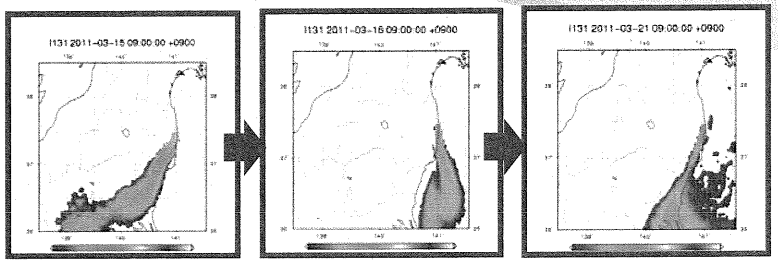


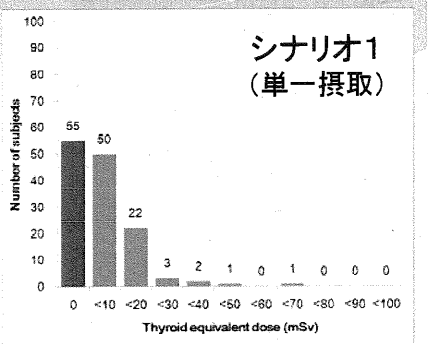
*1 シナリオ1(単一摂取：3月15日)
*2 5歳児の甲状腺線量(3月31日まで)，9グリッドデータの幾何平均値(幾何標準偏差)

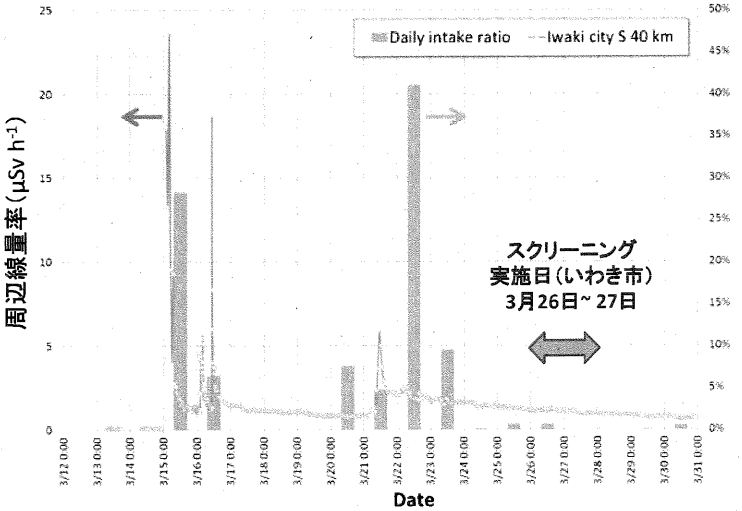


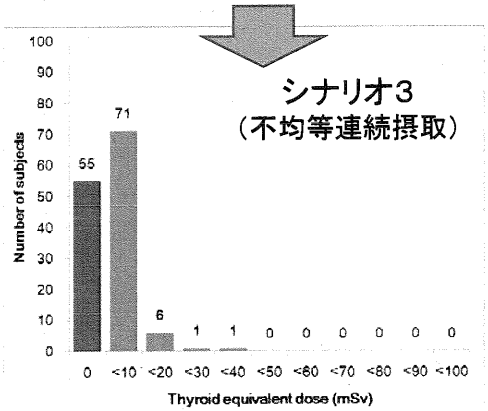
青線：スクリーニング検査(90パーセンタイル値)，赤線(GM)，桃帯(GM/σ_g~$GM*\sigma_g$)：大気拡散シミュレーション

拡散シミュレーションに基づく摂取シナリオ (いわき市)

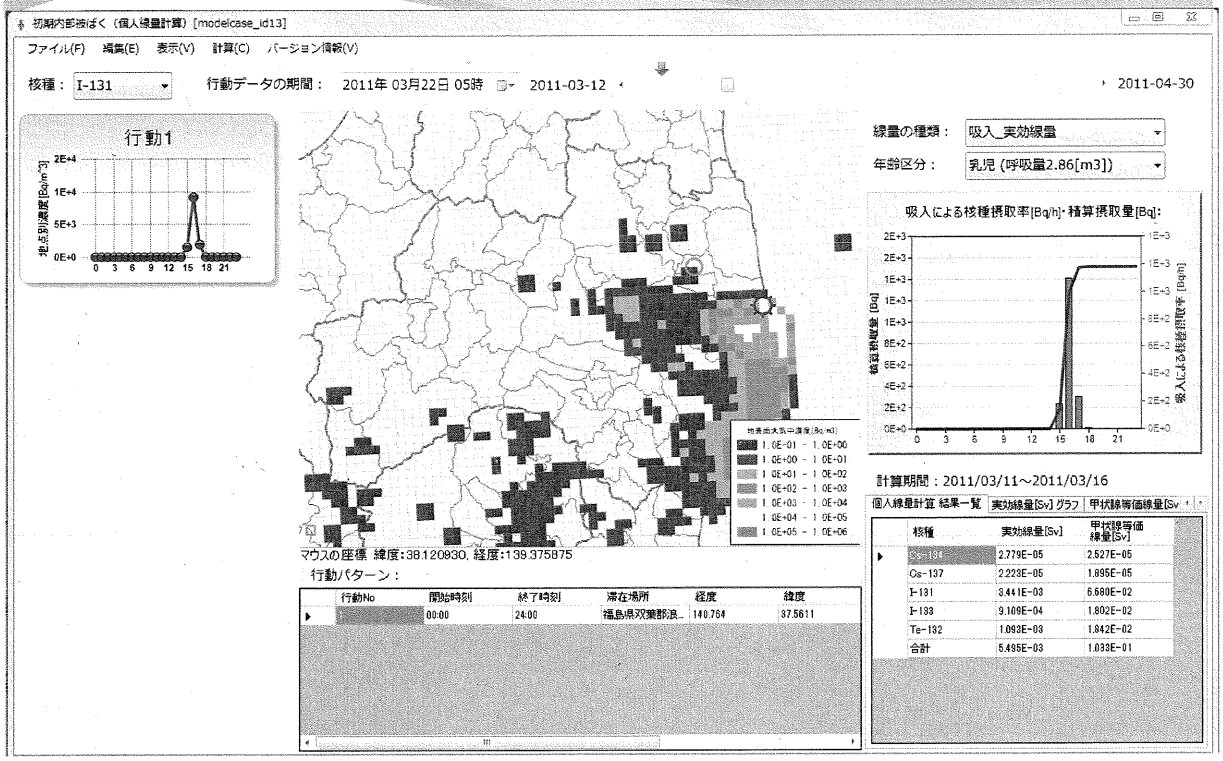








内部被ばく線量評価システムの開発



甲状腺線量の推計結果（まとめ）

90パーセンタイル値（10%間隔で丸めて記載） (Unit: mSv)

自治体	1歳児	成人	方法*1
双葉町	30	10	全身計測
大熊町	20	< 10	全身計測
富岡町	10	< 10	全身計測
楢葉町	10	< 10	全身計測
広野町	20	< 10	全身計測
浪江町	20	< 10	全身計測, 甲状腺計測*
飯舘村	30	20	甲状腺計測,全身計測
川俣町	10	< 10	甲状腺計測,全身計測
川内村	< 10	< 10	全身計測
葛尾村	20	< 10	浪江町の数値を代用
いわき市	30	10	拡散シミュレーション,甲状腺計測
南相馬市	20	< 10	浪江町の数値を代用
福島県内他	< 10	< 10	拡散シミュレーション

* Tokonami et al. (2012)_Median: 3.5mSv (over 20 years), Median: 4.2mSv (0-19 years)

結論

- 体外計測及び大気拡散シミュレーションを用い，福島県住民の甲状腺線量の推計を試算
- 福島県住民の甲状腺線量
  - 県内全住民の50パーセンタイル値：10 mSv未満
  - 飯舘村，いわき市，双葉町の90パーセンタイル値：30 mSv
- 今回の線量推計は集団に対する代表値（個人の行動を考慮せず）
- 不確かさ要因が多く，更なる検証が不可欠

今後議論すべき問題

- 使用した体外計測データ
  - NaIシンチレーションサーベイメータによるスクリーニング検査の精度
  - 遅い時期に行われた全身計測（初期以外の摂取寄与）
- ヨウ素・セシウムの摂取量比
- 体外計測データが得られた被検者の代表性
- 大気拡散シミュレーションの精度向上
- 経口摂取

47

行動調査を利用した線量推計

（目的）集団から個人への内部被ばく線量推計へ・・

- 実現性を確かめるため，個人の行動調査データを用いた線量推計を行い，当該者の内部被ばく線量計測データ（WBCなど）と比較検証して精度を評価

行動調査を利用することのメリット

- 行動パターンと放射性プルームの動きを照合することによる（吸入）摂取時期の推定が行える。
- 類似した行動パターンの集団を抽出することで，内部被ばく線量計測データを有する者から無い者への線量推計の割り当てが可能。
- 経口摂取の大まかな実態把握

内部被ばく線量推計の精度向上及び拡充

48

おわりに

"The affected populations have the right to know the extent to which they were exposed to internal radiation.
（被ばくを受けた人は，自身が受けた被ばく量を知る権利がある。）" from Dr. André Bouville

今後も継続して，国内外の専門家が連携し，
初期内部被ばくの線量再構築に取り組む必要がある。

ご清聴ありがとうございました

本プロジェクトの遂行にあたり多くの方々のご協力、ご支援を賜りました。
この場を借りて、厚く御礼申し上げます。