

福島第一原発事故の概要と国の対策

放射性同位元素施設

特任教授

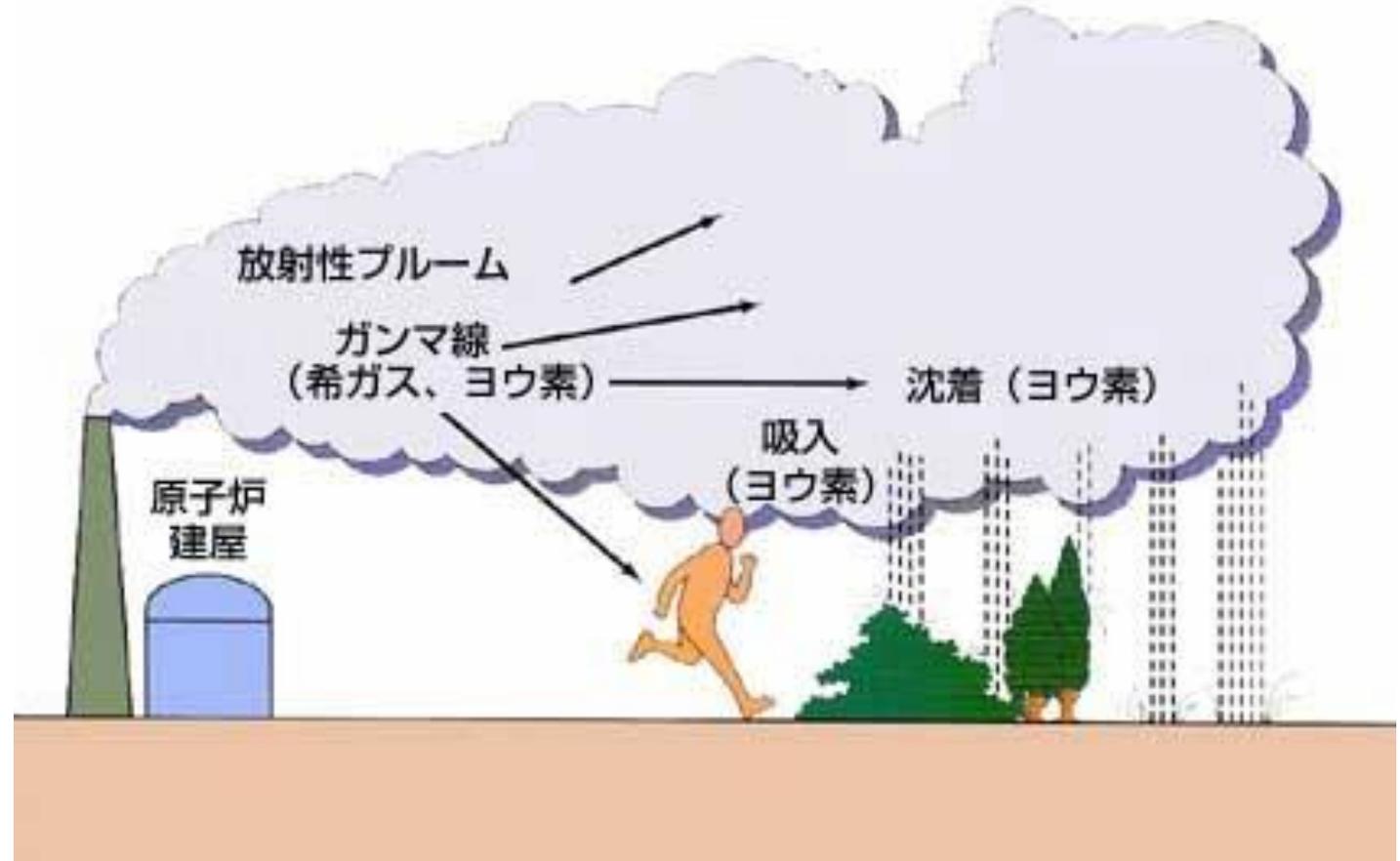
小川 壮

放射線物質の流れ(放射性プルーム)

ガス状又は粒子状の放射性物質が大気中の空気の流れにそって煙突からの煙のように流れる状態を放射性プルームという。

放射性プルームには放射性希ガス、ヨウ素、ウラン、プルトニウム、セシウムなどが含まれ、内部被ばくや土壌の汚染等の原因となる。

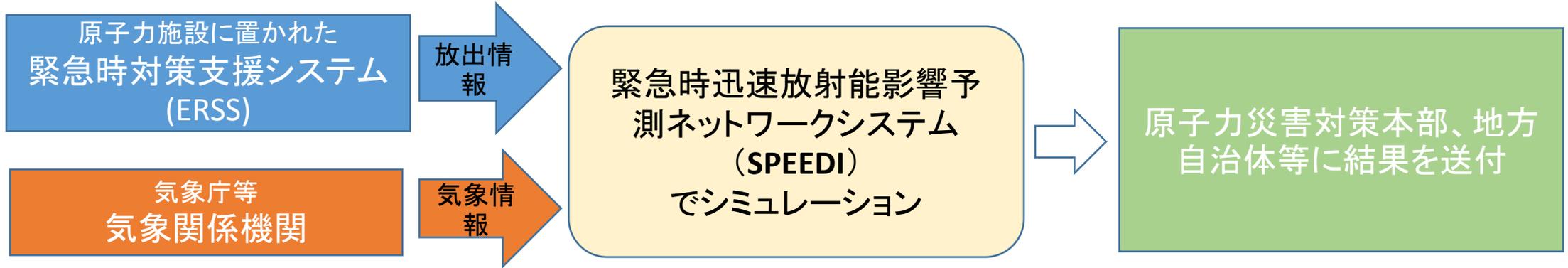
放射性プルームの動きを予測したり、モニタリングで測定することは、被ばくを防ぐために重要



事故後初期のモニタリング

- オフサイトセンター（経産省の出先：現地の司令塔）
 - －施設の放射能対策が十分ではなく、衛星1回線のみ
 - －このため、3月15日午前に大熊町から福島市への移転を開始
- モニタリングを実施する福島県が地震・津波により大きな被害
 - －放射線テレメーターのほぼ全てが、地震・津波により破損・データ転送不能に陥る。
- 全国から応援に駆け付けたモニタリングカーも機能せず
- このため初期のモニタリングは十分に行われなかった

放射性プルームの流れの予測 (SPEEDI問題)



実際には、
・ERSSが故障し、またデータ伝送が行われなかった、
・SPEEDIの仮定の計算結果もすぐには公表されなかった、
ため、プルームの流れについて十分な情報はなく、
避難やモニタリングに十分活用されなかった。

土壌の汚染状況

^{134}Cs の土壌マップ

概ね100Km圏内の約2200か所で表層5cmの土壌を採取

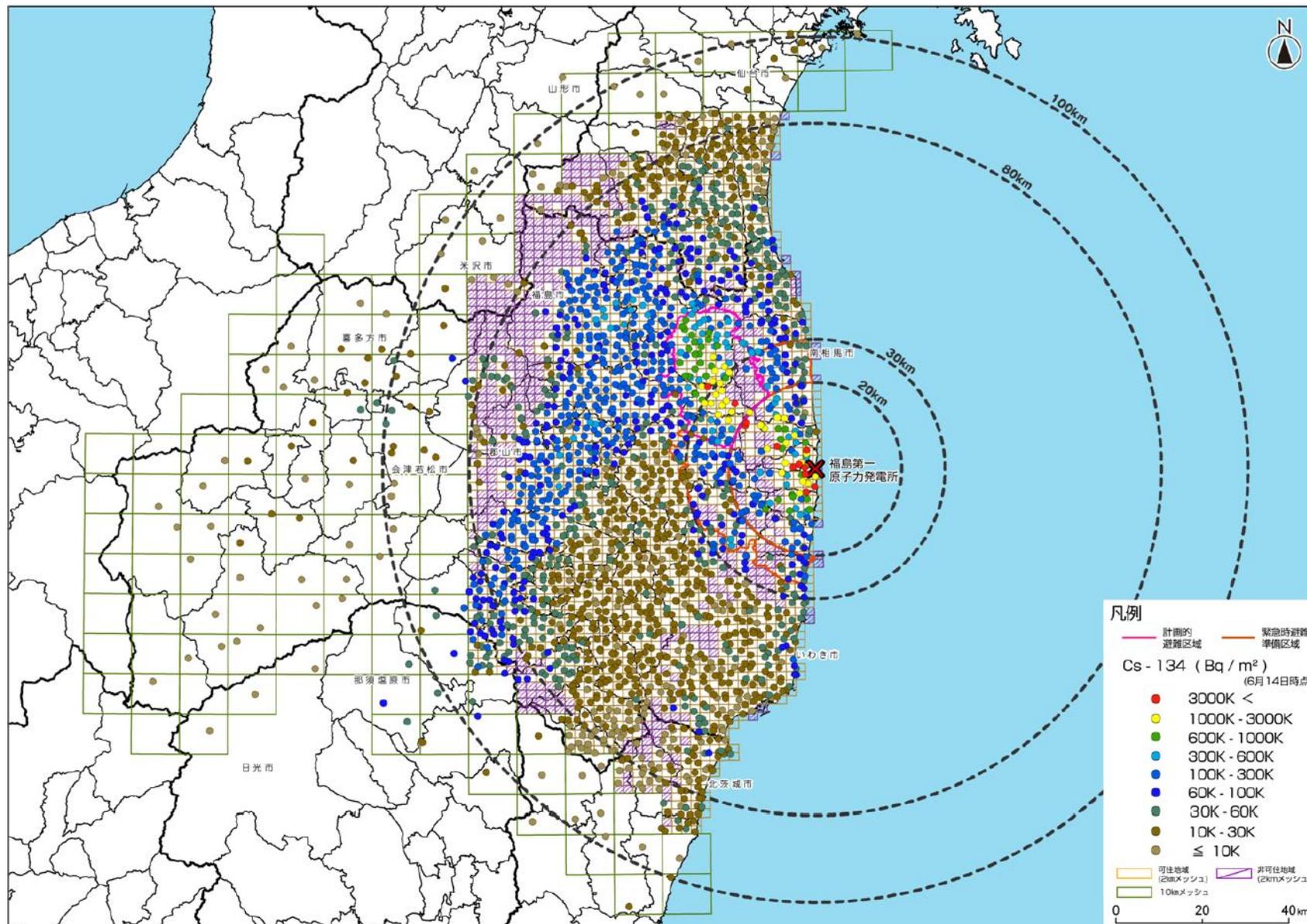
H23.6.6~6.14

H23.6.27~7.8

→H23.6.14に補正

全国の大学・独立行政法人の多数の研究者が実施

(文部科学省 H23.8.30 プレス資料より引用)



土壌の汚染状況

^{137}Cs の土壌マップ

採取

H23.6.6~6.14

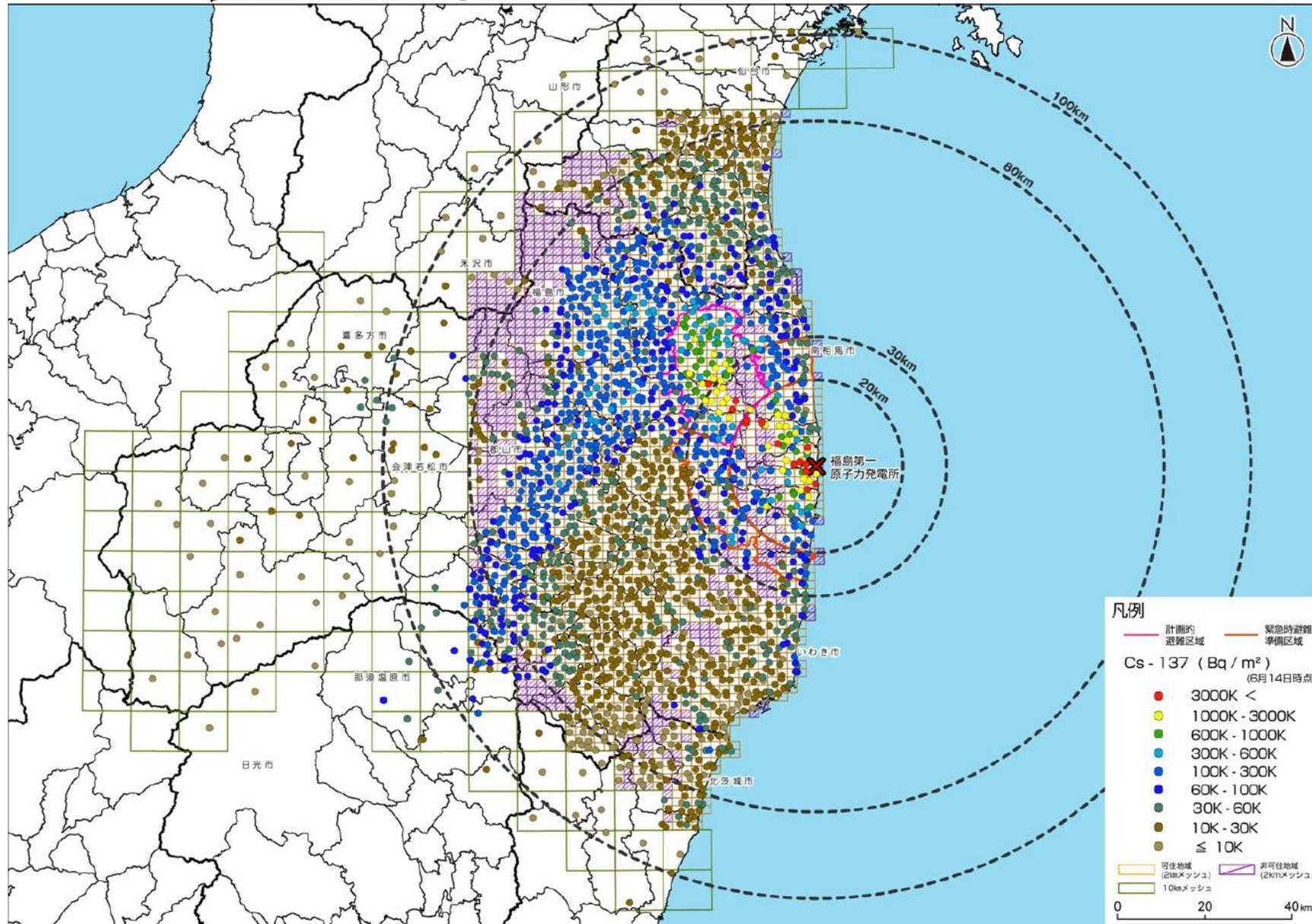
H23.6.27~7.8

→H23.6.14に補正

概ね100Km圏内の約2200
か所で表層5cmの土壌を
採取

^{134}Cs とほぼ同じ分布、同じ量(Bq)

(文部科学省 H23.8.30 プレス資料より引用)



土壤の汚染状況

^{131}I の土壤マップ

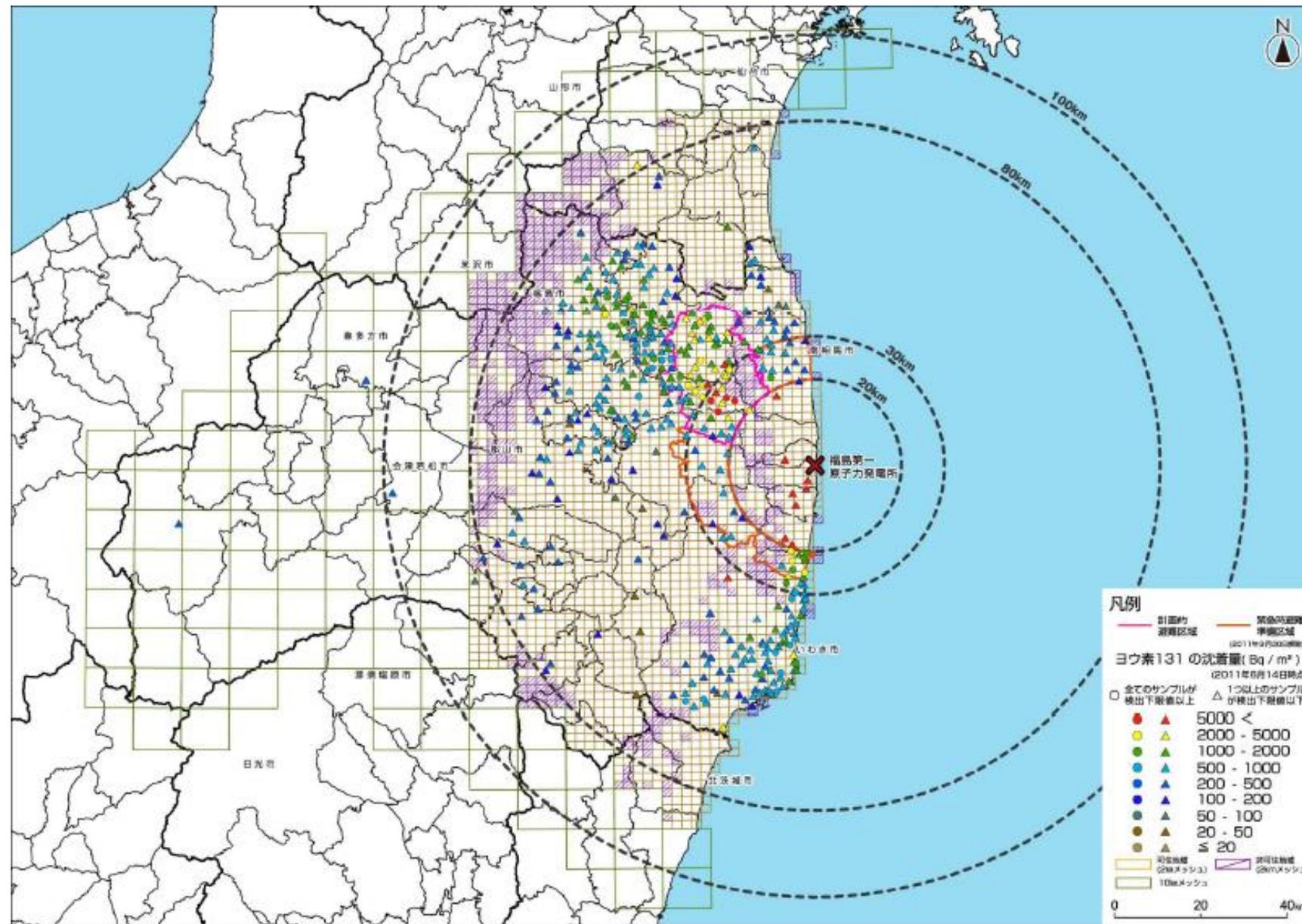
採取

H23.6.6~6.14

H23.6.27~7.8

→H23.6.14に補正

概ね100Km圏内の約2200
か所で表層5cmの土壤を
採取

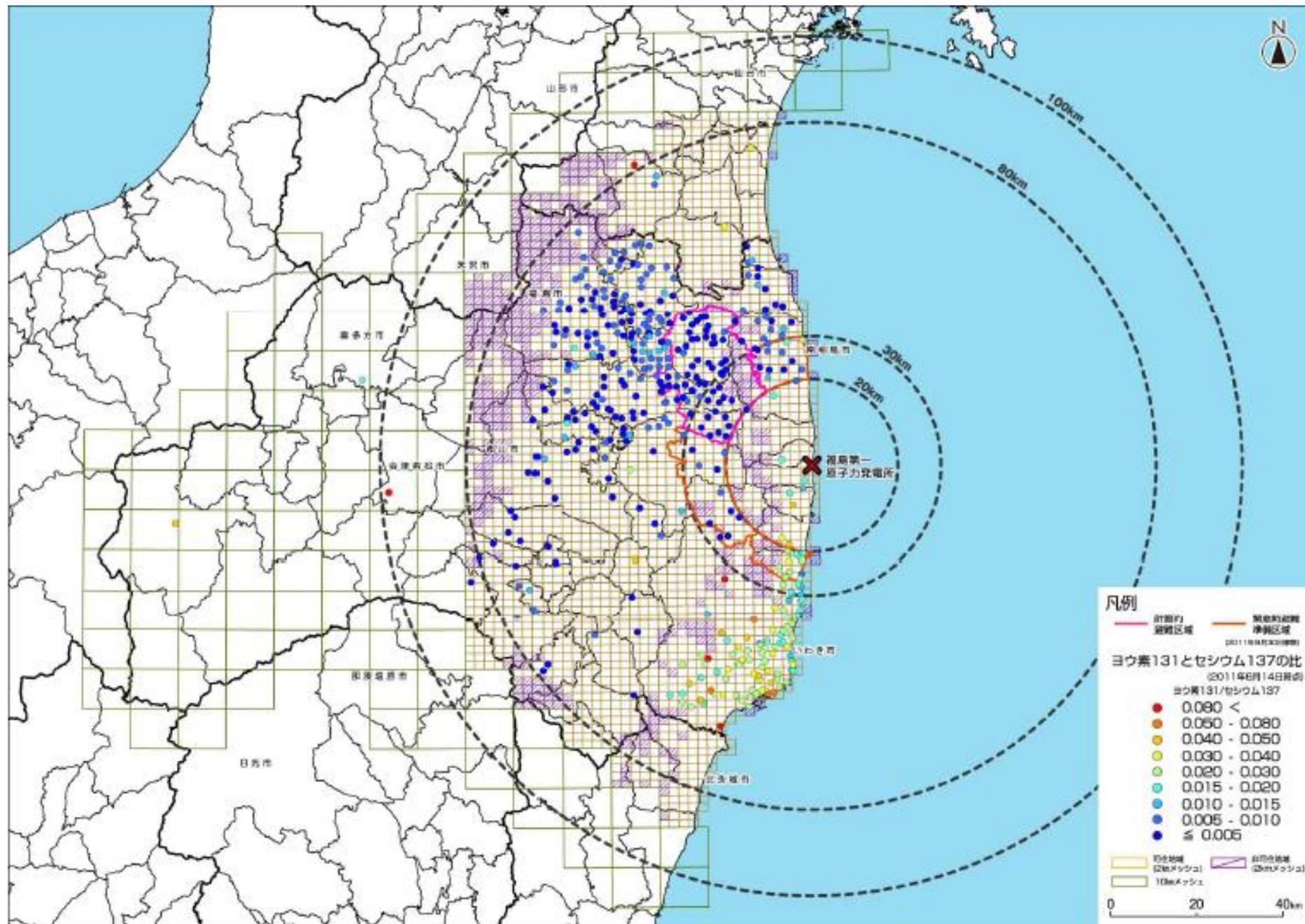


(文部科学省 H23.9.21 プレス資料より引用)

^{137}Cs に対する ^{131}I の
沈着量の比率

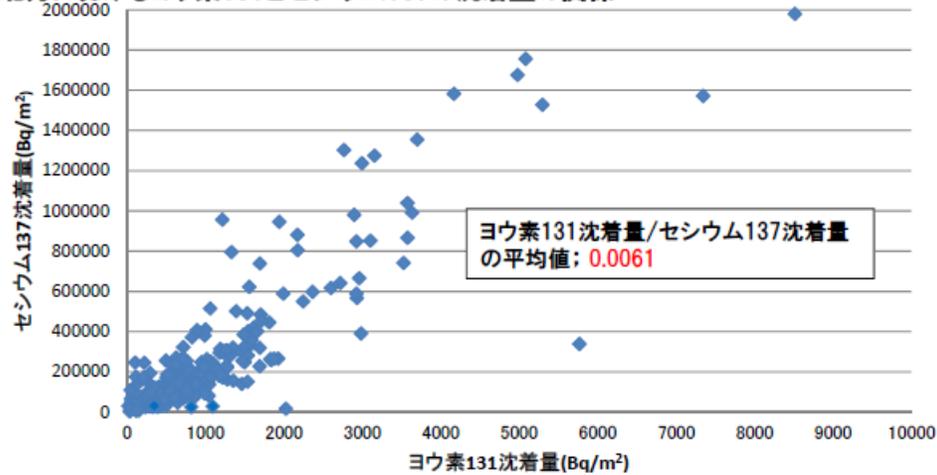


$^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ を表示

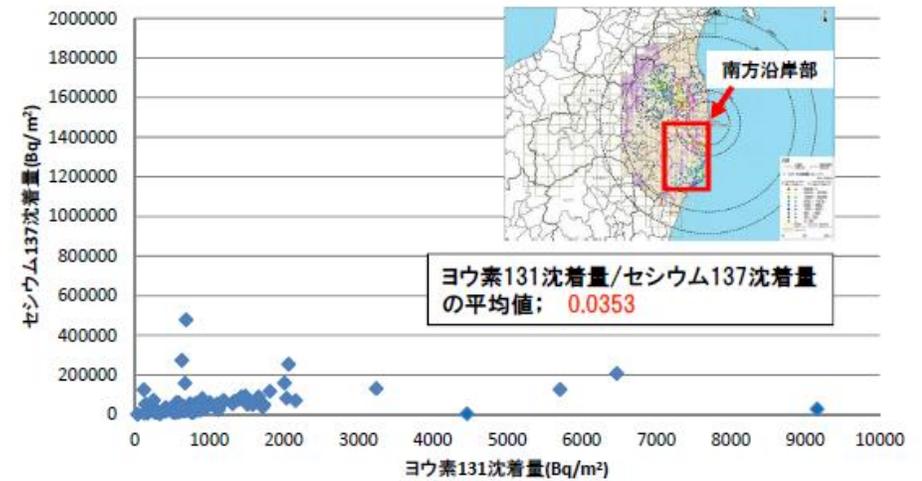


(文部科学省 H23.9.21 プレス資料より引用)

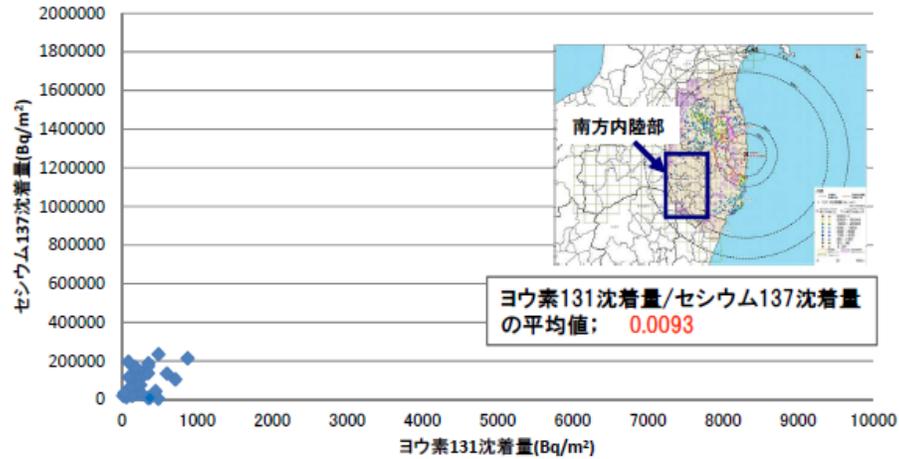
①北方におけるヨウ素131とセシウム137の沈着量の関係



③南方沿岸部におけるヨウ素131とセシウム137の沈着量の関係



②南方内陸部におけるヨウ素131とセシウム137の沈着量の関係



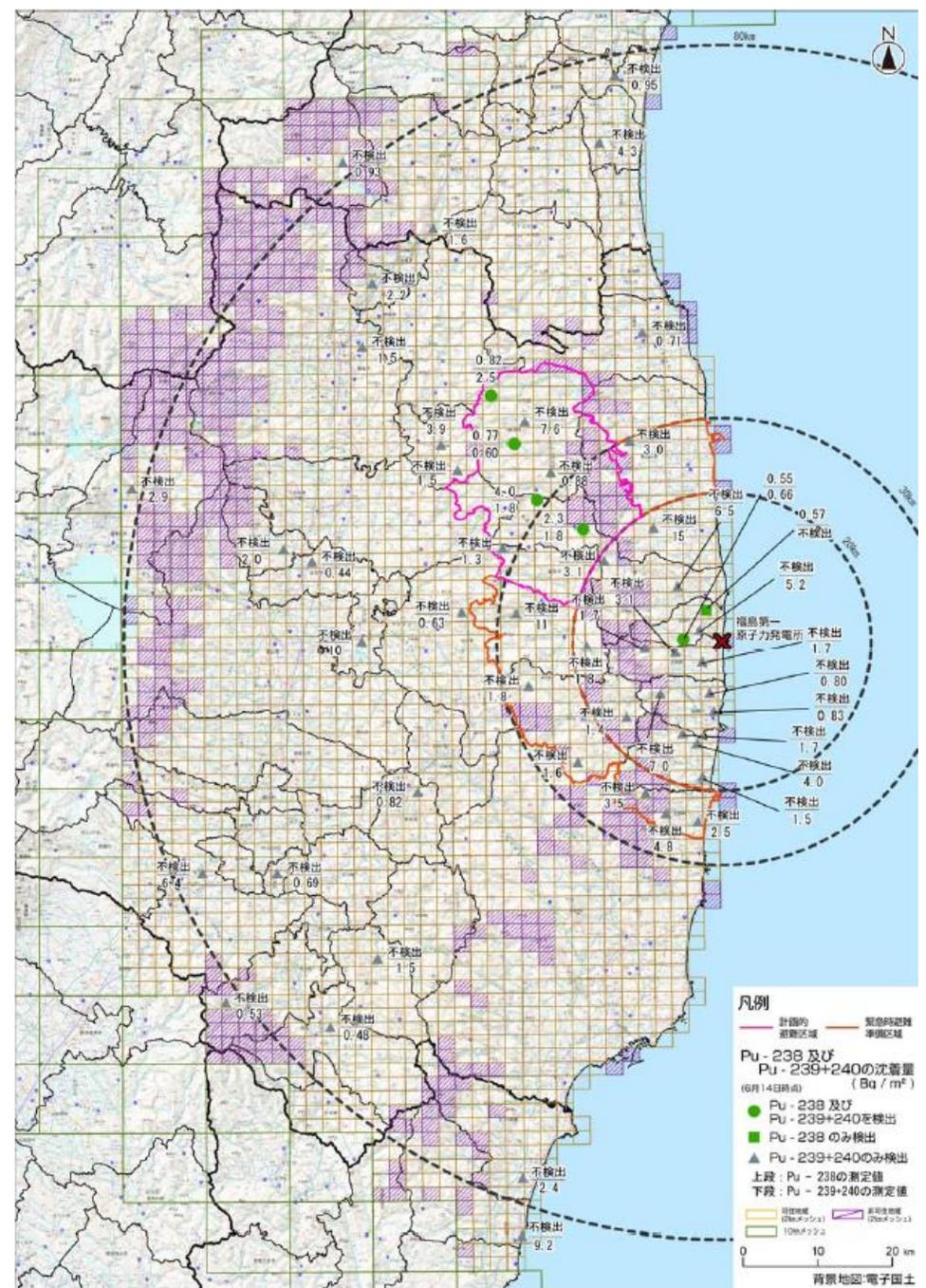
- ・南方沿岸部は、北方に比べてヨウ素の地表面への沈着は多くはないものの、北方や南方内陸部とは異なる比率で沈着している傾向。
 - ・これは、
 - 放射性プルームの放出時期の違いにより、プルームに含まれる¹³¹Iと¹³⁷Csの比率や放出された際の化学形態が異なっていたこと、
 - ¹³¹Iと¹³⁷Csの地表面への沈着時における天候が異なっていたこと、
- が考えられる。

土壌の汚染状況

^{238}Pu 、 $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ の測定結果

- ・2200か所のうち、100か所でアルファ核種であるPuについて測定。
- ・平成11～20年度までの全国調査で観測されている $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ に対する ^{238}Pu の比率は0.026程度。この調査での比率は0.33～2.2程度であり、事故に伴い新たに沈着したものと考えられる。
- ・この調査で確認された ^{238}Pu 、 $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ は、いすでも事故発生前に全国で観測された測定値の範囲(過去の大気圏核実験の影響の範囲)に入るレベル。

(文部科学省 H23.9.30 プレス資料より引用)

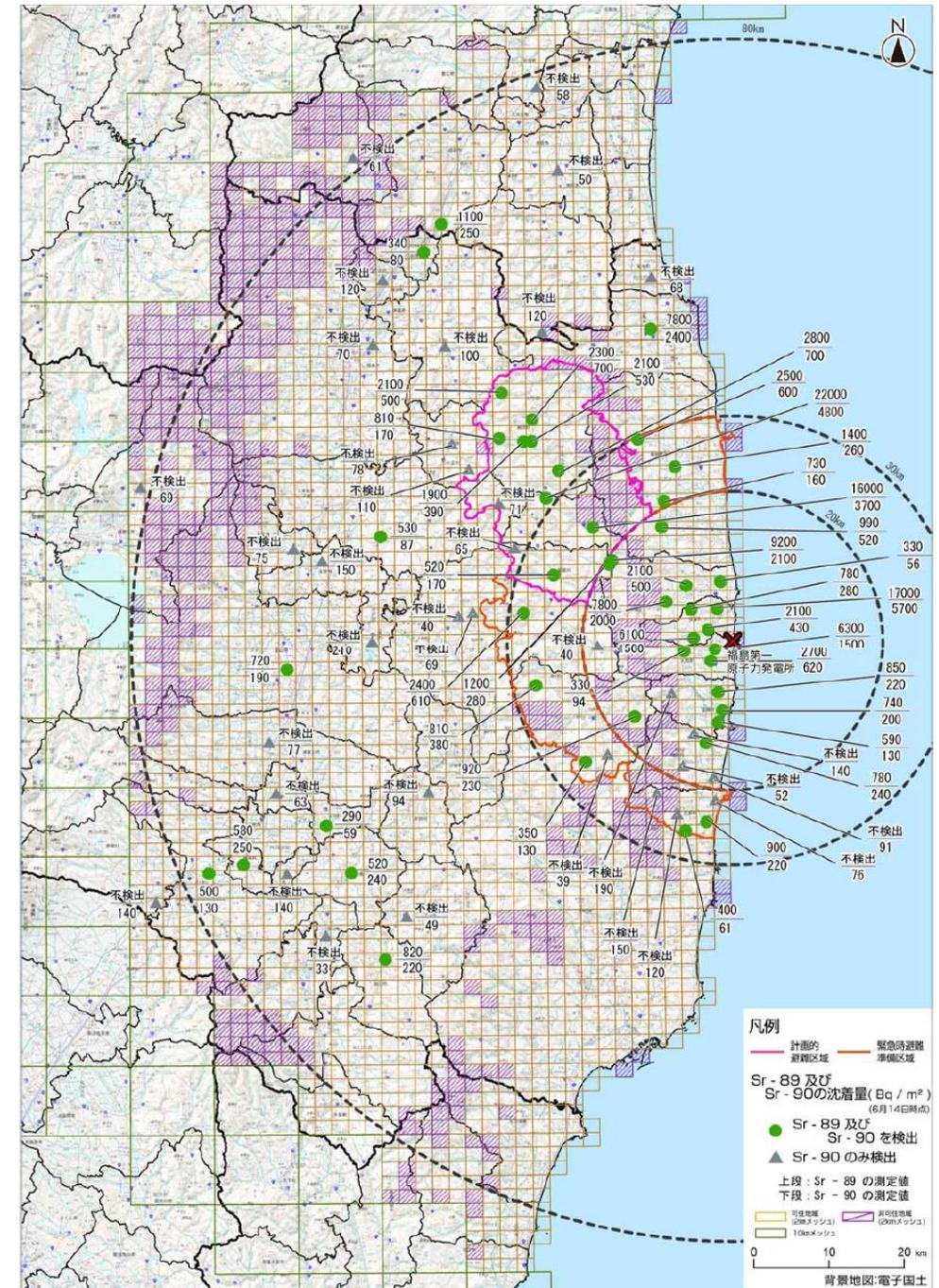


土壌の汚染状況

^{89}Sr 、 ^{90}Sr の測定結果

- ・2200か所のうち、100か所でベータ核種であるSrについて測定。
- ・ ^{89}Sr は半減期が50.53日なので、今回検出されたものは、事故に由来するもの。
- ・ ^{90}Sr のみ検出された際のその測定値は、事故発生前の全国において観測されている ^{90}Sr の測定値の範囲内(2.3~950Bq/m²)に入るレベル。
- ・ ^{137}Cs に対する ^{89}Sr の比率は、 $5.6 \times 10^{-4} \sim 1.9 \times 10^{-1}$ (平均 9.8×10^{-3})と大きくばらついている。両者の分布が一様でないことが確認された。

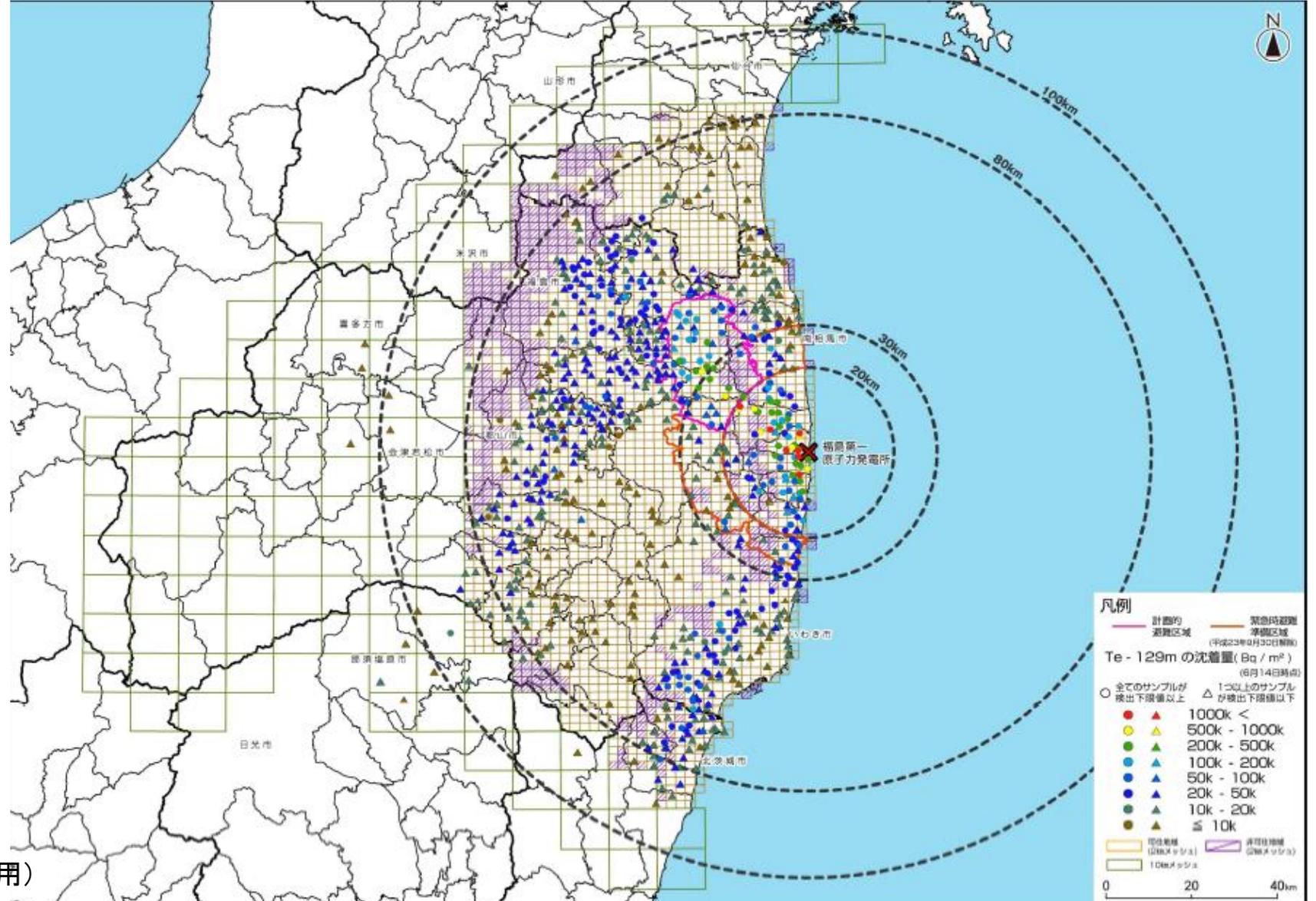
(文部科学省 H23.9.30 プレス資料より引用)



土壌の汚染状況

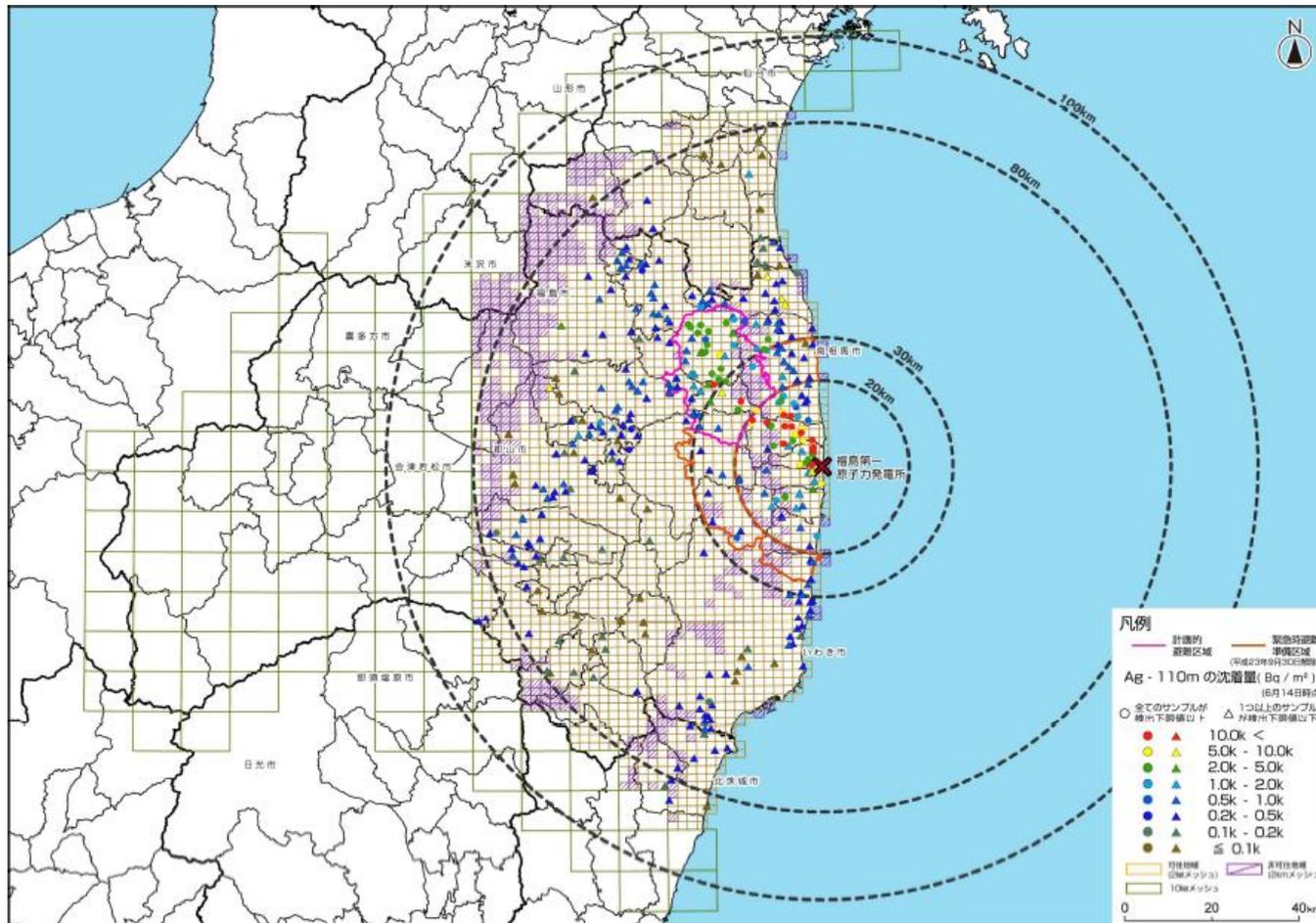
^{129}mTe の測定結果

- ・Csの測定の際に、同じくガンマ核種であるTeも広範囲に検出。
- ・ ^{137}Cs に対する ^{129}mTe は南方沿岸部では異なる比率で地表面に沈着していることが確認された。



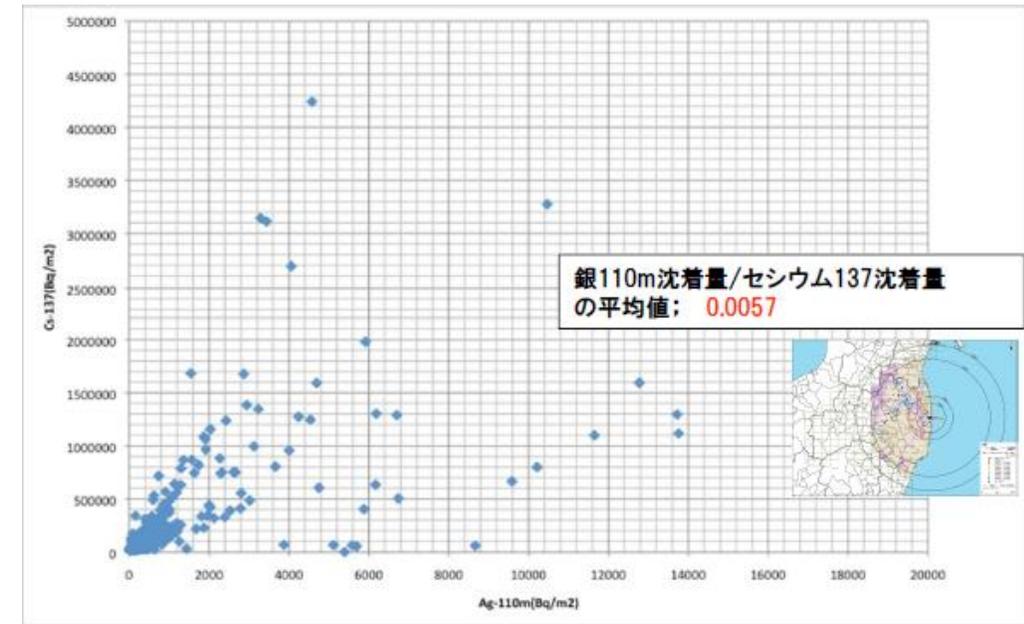
土壌の汚染状況

^{110m}Ag の測定結果



^{137}Cs に対する ^{110m}Ag の比率をみると、大きくばらついていることから、放射性セシウムとは全く異なる挙動で沈着。 ^{110m}Ag は気体ではなく粒子状で放出された可能性

沸点: Ag 2164°C Cs 671°C



土壤汚染の影響

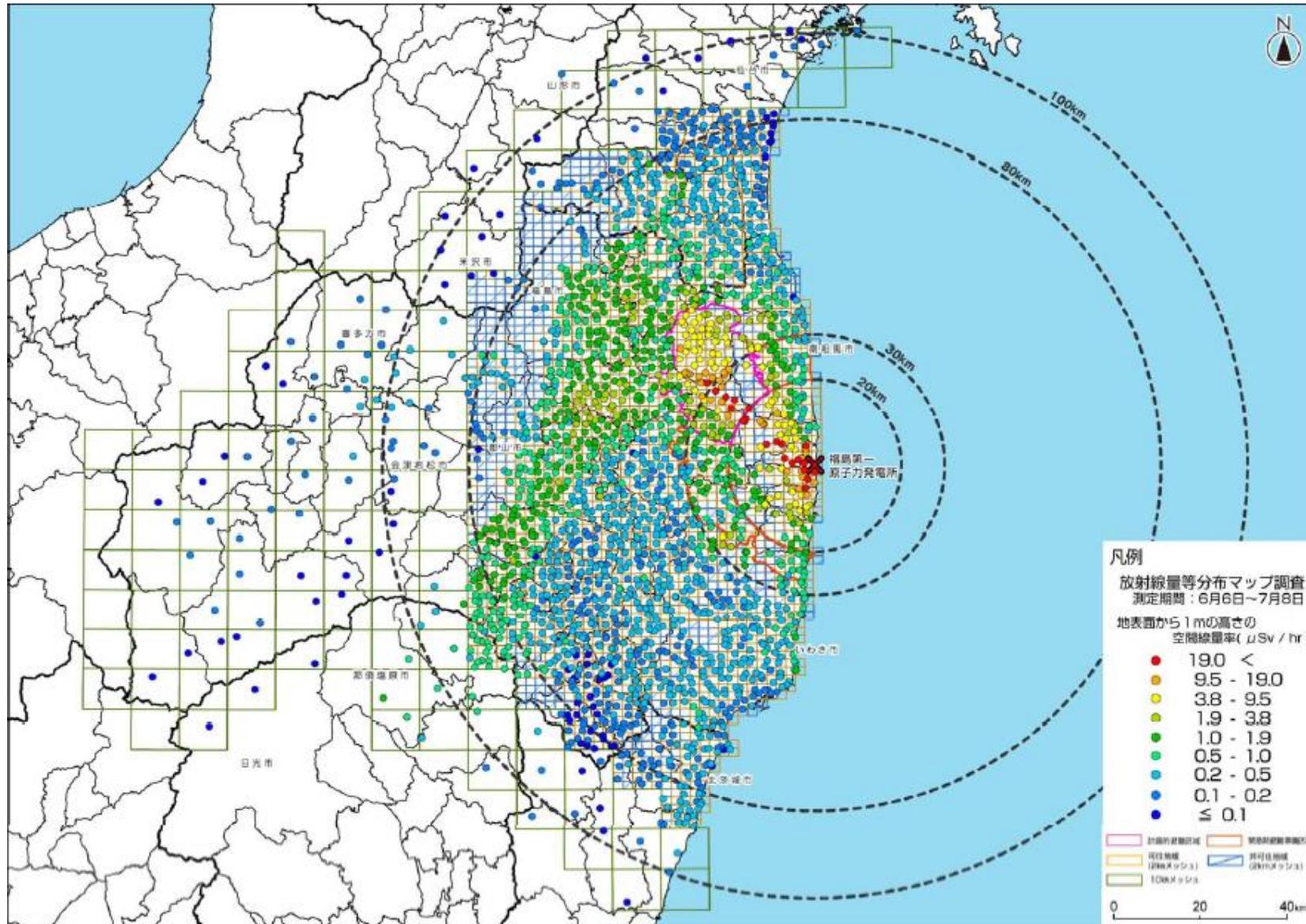
各放射性物質の最高値が観測された箇所における50年積算実効線量を比較すると※

^{134}Cs	710 mSv
^{137}Cs	2000 mSv (2Sv)
^{238}Pu	0.027 mSv
$^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$	0.12 mSv
^{89}Sr	0.61 μSv
^{90}Sr	0.12 mSv
$^{129\text{m}}\text{Te}$	0.6 mSv
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	3.2 mSv



今後の被ばく線量評価や除染対策においては、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の沈着量に着目していくことが適当であると考えられる。

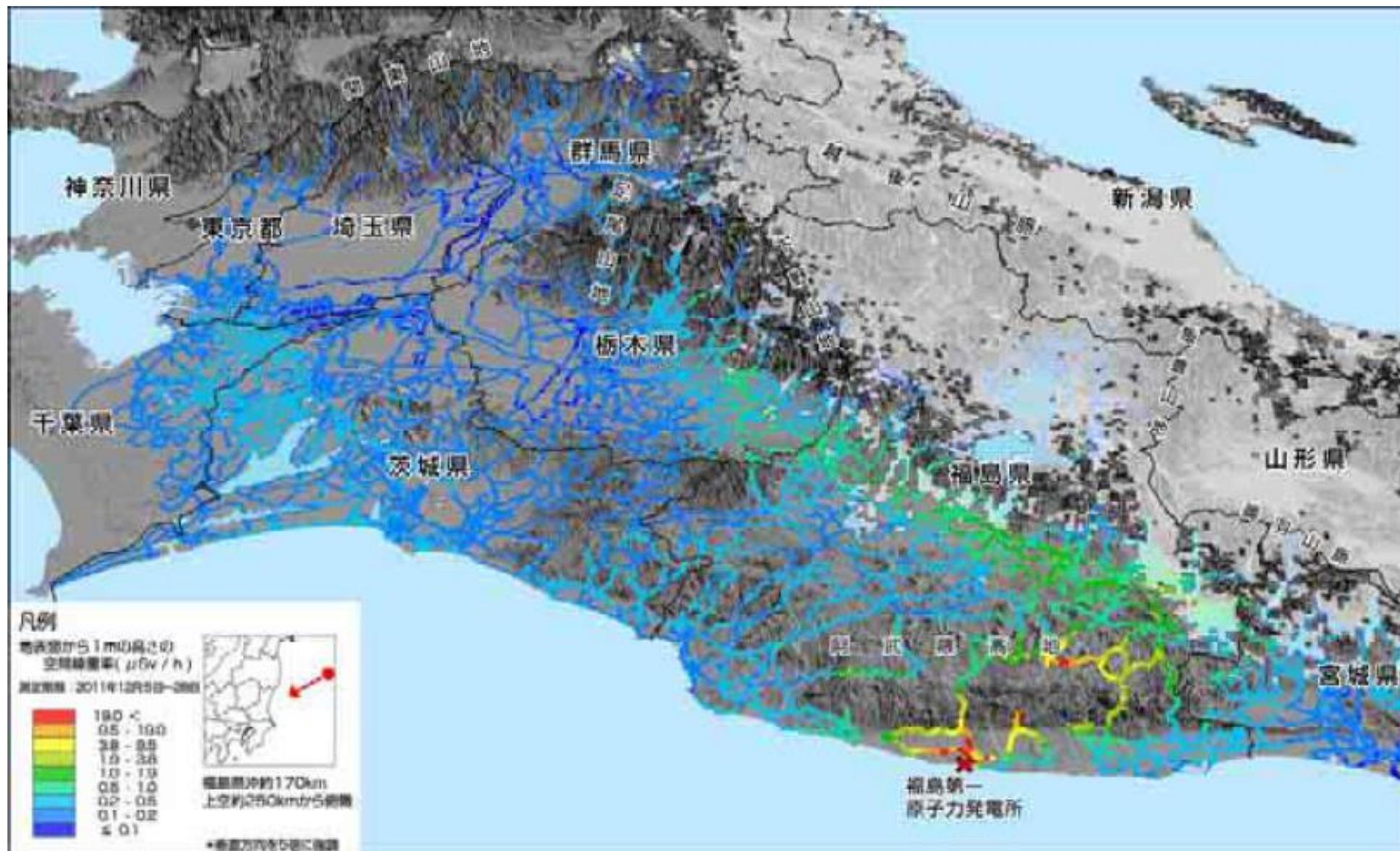
空間線量をどのように測るのか？



走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ

高速道路、一般道等を中心に、車内に搭載したNaIシンチレーション式サーベイメータや電離箱と接続したKURAMAシステムを用いて、空間線量率を測定する。

KURAMA : Kyoto Univ.
RAdiation MApping
System

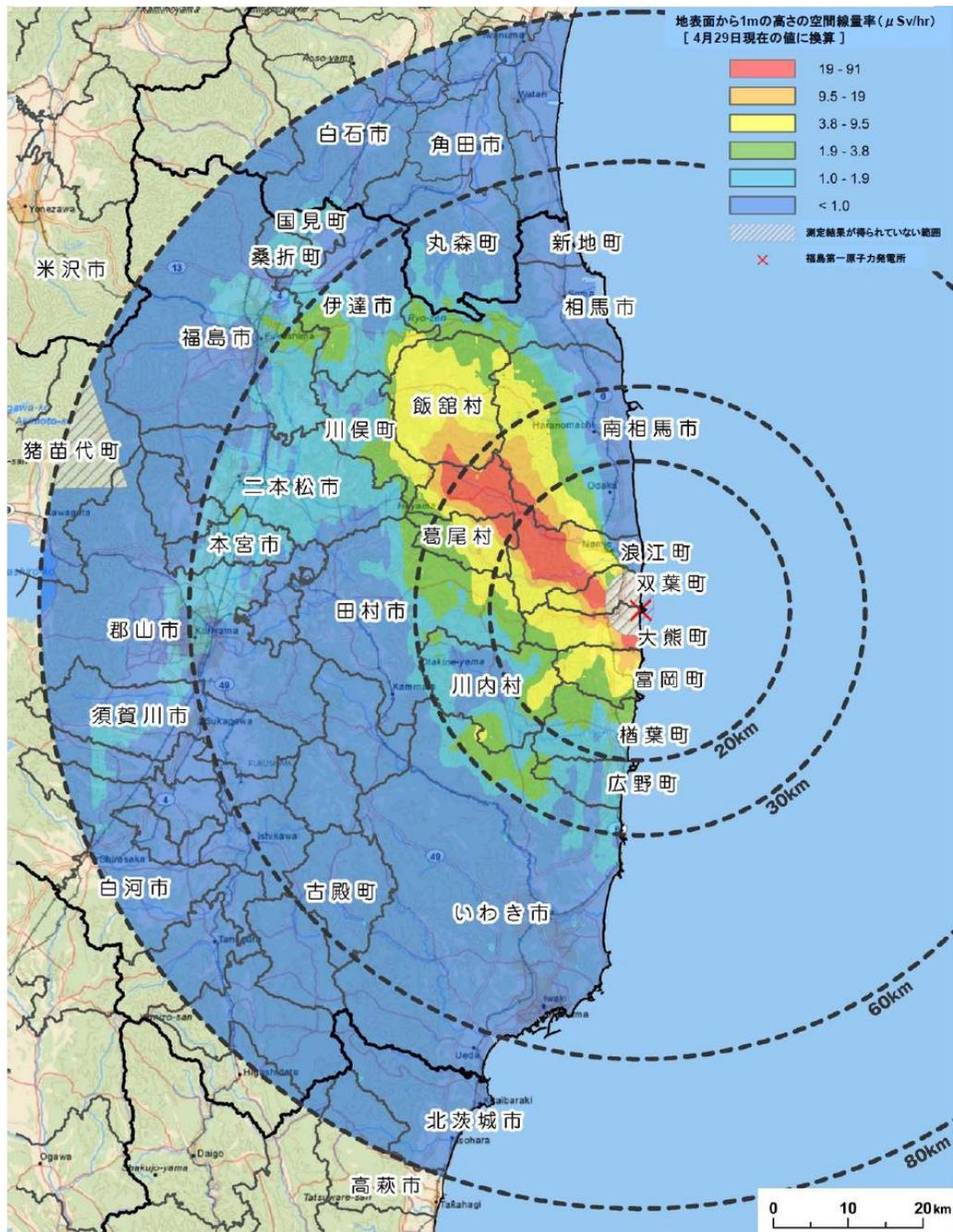


航空機モニタリング



- ・航空機モニタリングでは、感度の高い放射線検出器(NaIシンチレーター)を航空機(ヘリコプター等)に搭載
- ・地上からの高さ150~300m上空を飛行しながら、地上(直径600m程度の円形の範囲)のガンマ線量の平均値を測定
- ・上空での放射線量を地上1mの高さの空間線量率に変換
- ・里山や山林など人による測定が難しい場所を含む広範な地域を一括して測定でき、また、地上の平均的な放射線量を測定するのに有効な手法

(復興庁「避難住民説明会等によく出る放射線リスクに関する質問・回答集」平成24年12月25日より引用)



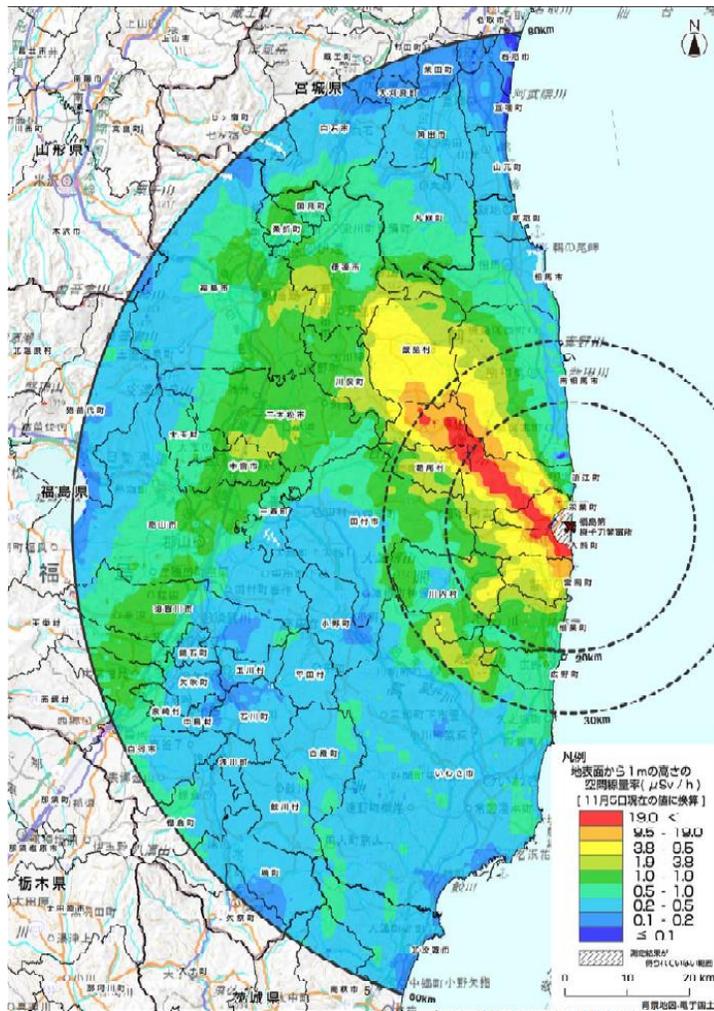
半径80km圏内の空間線量率

測定 平成23年4月6日～29日
(測定値は地上1m、また4月29日に全て換算)

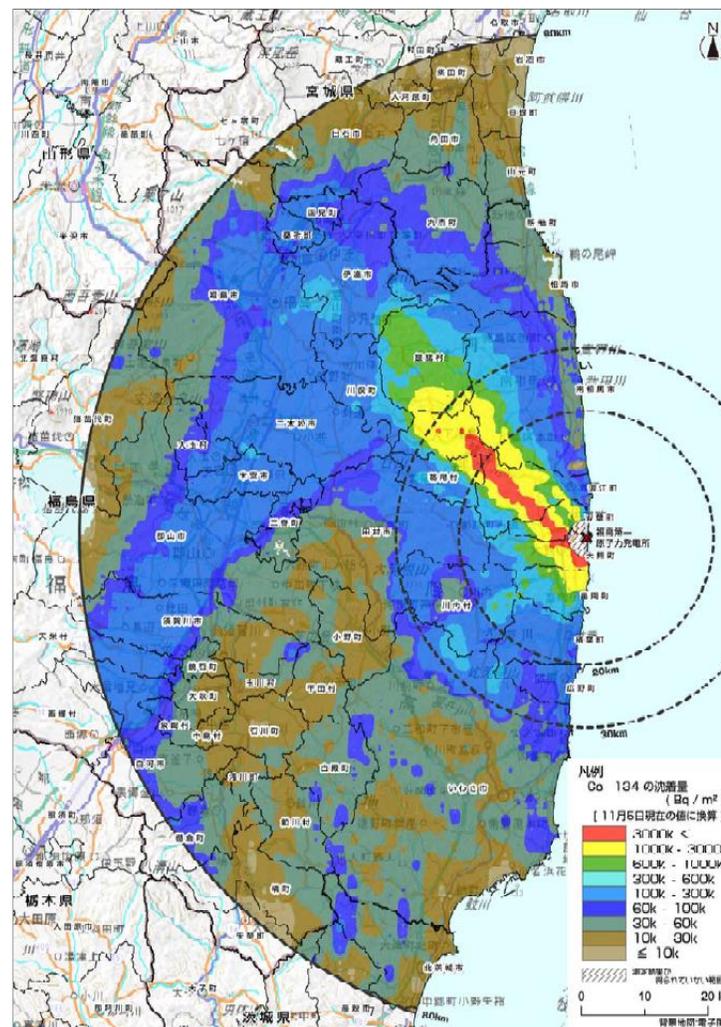
測定者 文部科学省 米国DOE

- ・原発上空は、原発からの直接放射線を計測してしまうため、測定していない
- ・猪苗代東部は高地のため測定できない

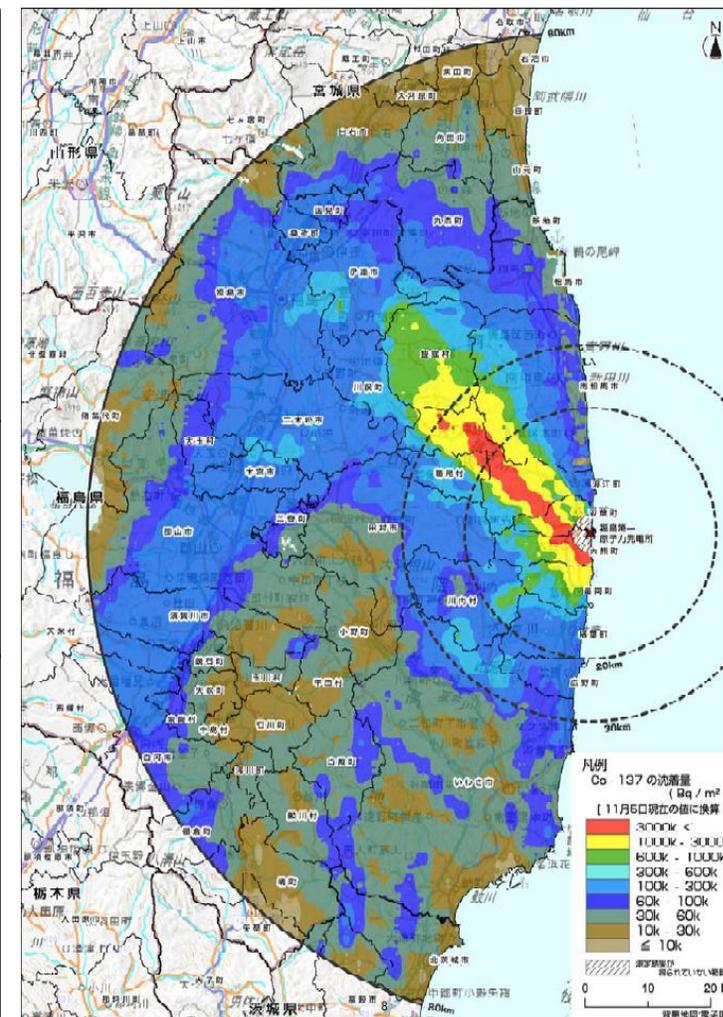
スペクトルの分析



1mの高さの空間線量率

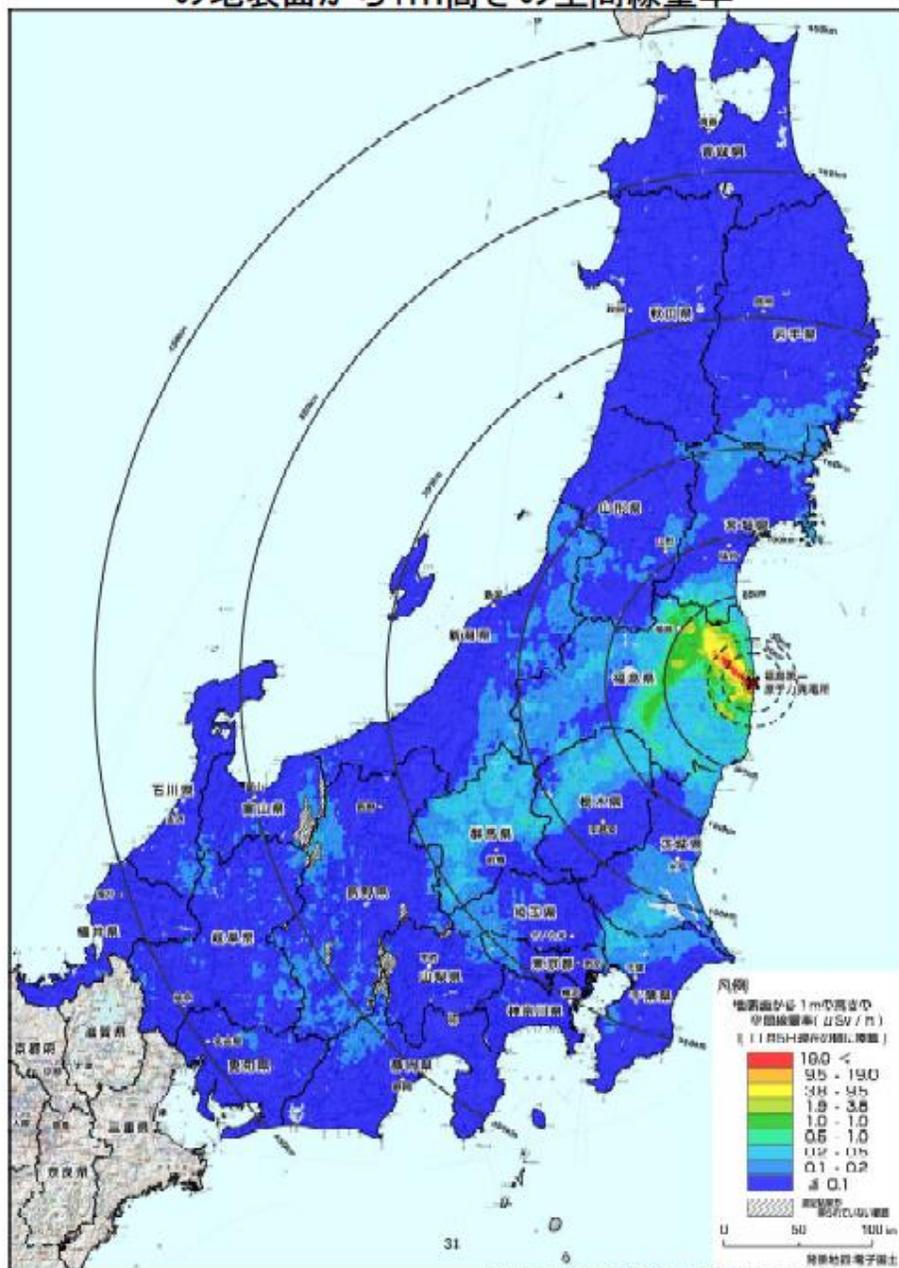


¹³⁴Csの沈着量



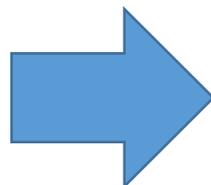
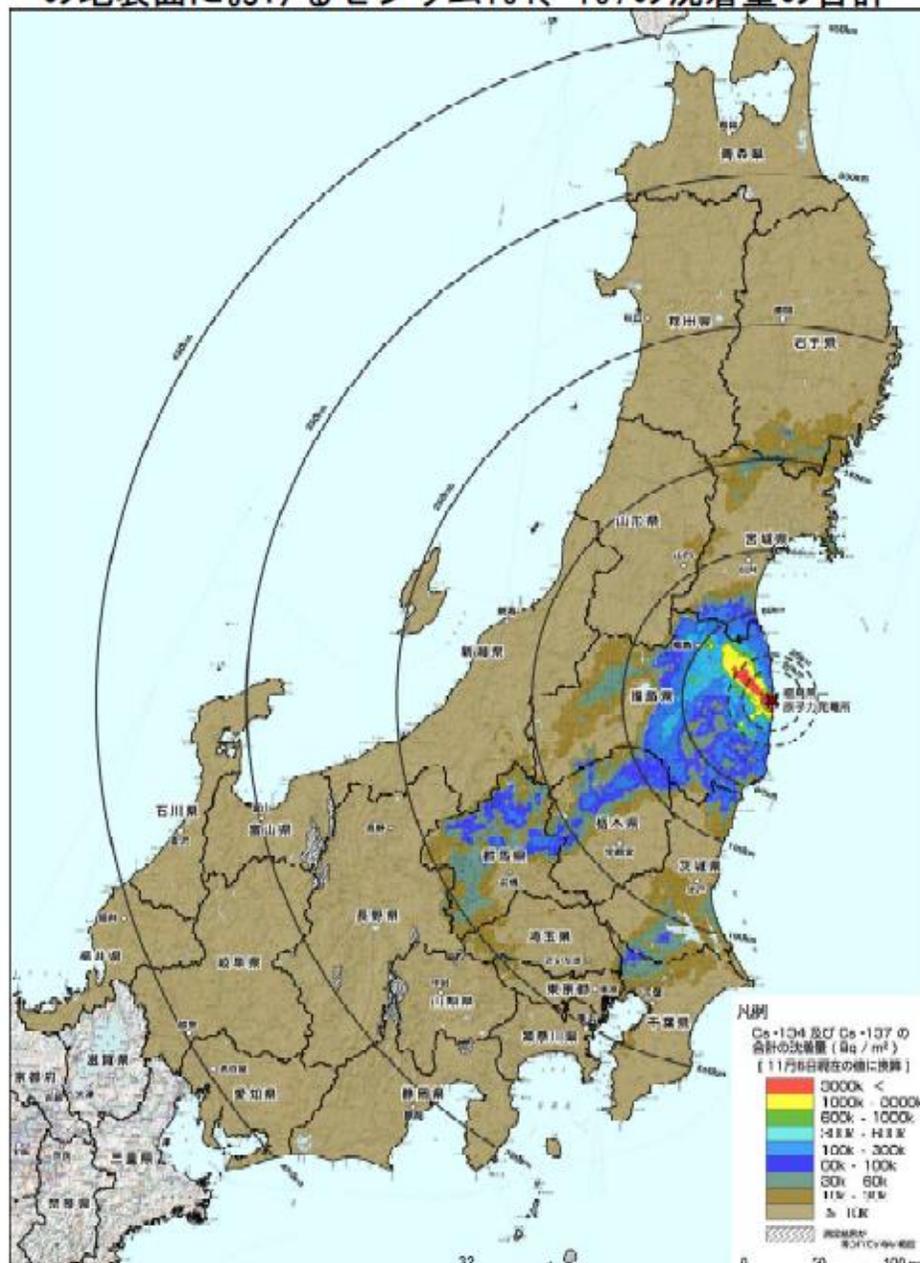
¹³⁷Csの沈着量

第4次航空機モニタリングの測定結果を反映した東日本全域の地表面から1m高さの空間線量率



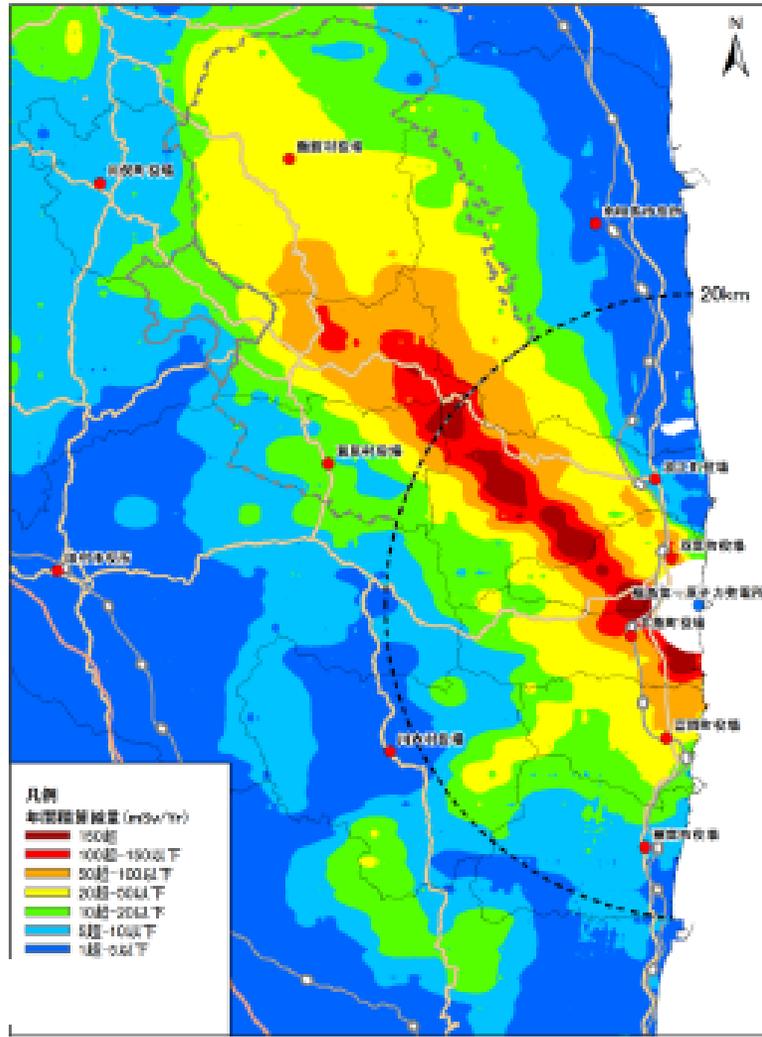
※本マップには天然核種による空間線量率が含まれています。

第4次航空機モニタリングの測定結果を反映した東日本全域の地表面におけるセシウム134、137の沈着量の合計



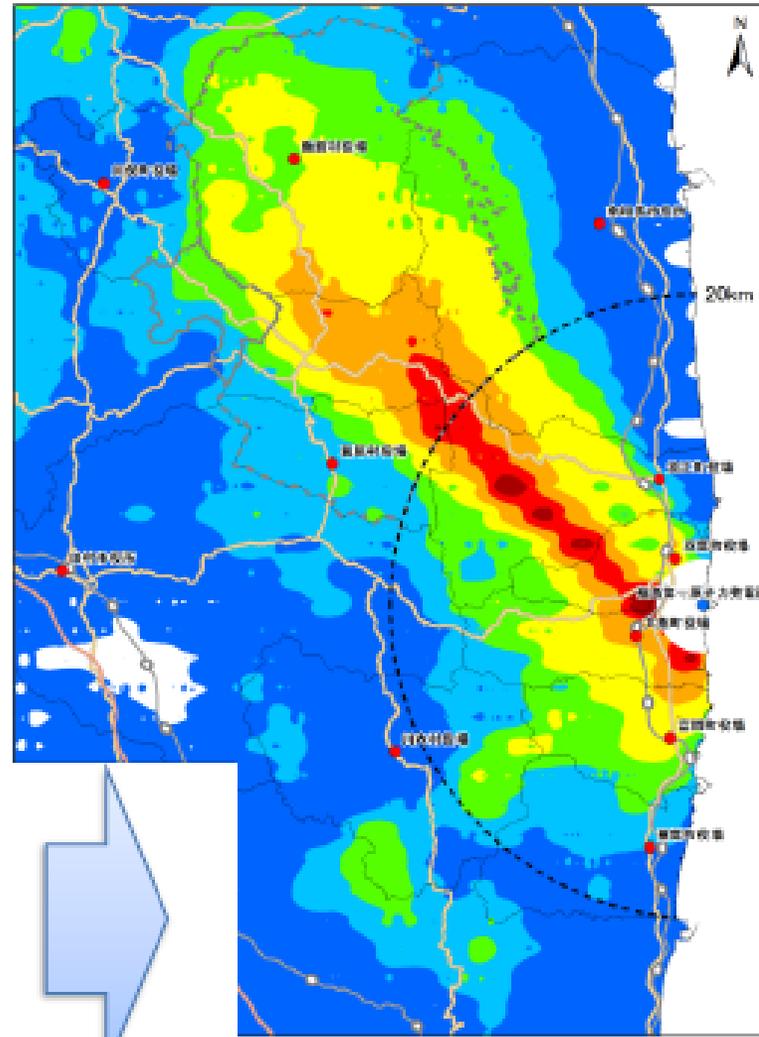
(文部科学省 H23.12.16 プレス資料より引用)

第4次航空機モニタリング
平成23年11月5日時点の線量分布
(事故から7か月後)



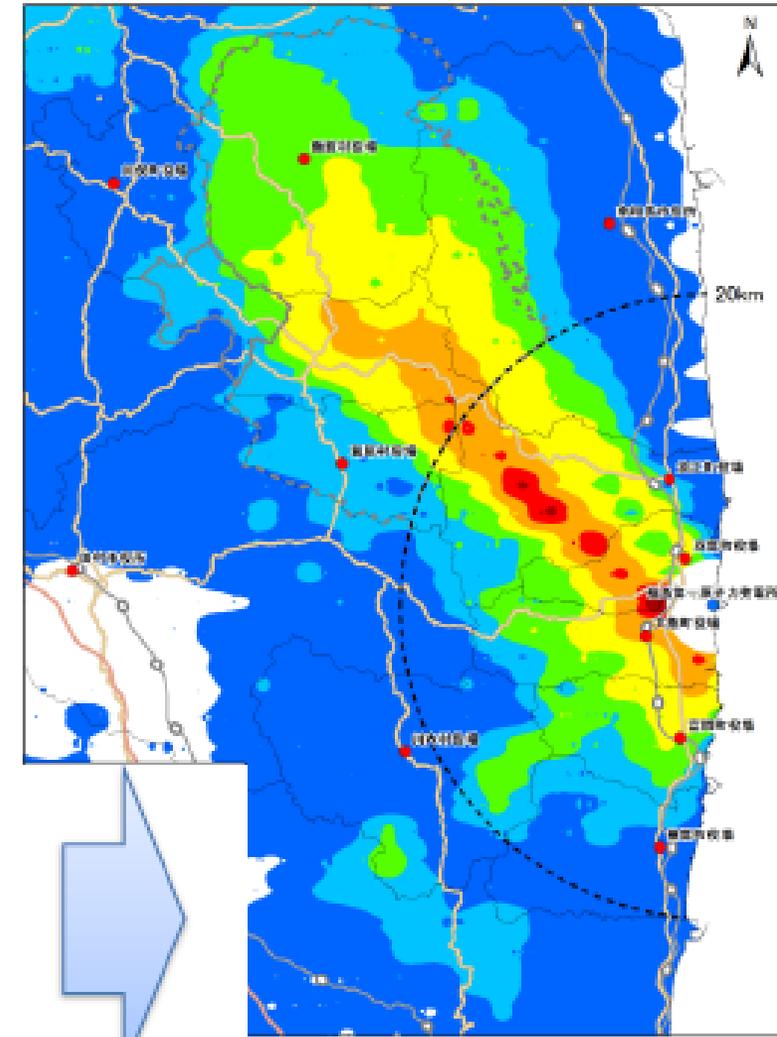
第4次航空機モニタリング結果(2011年11月5日時点の線量分布)

第5次航空機モニタリング
平成24年6月28日時点の線量分布
(事故から15か月後)



第5次航空機モニタリング結果(2012年6月28日時点の線量分布)

第6次航空機モニタリング
平成24年11月16日時点の線量分布
(事故から20か月後)



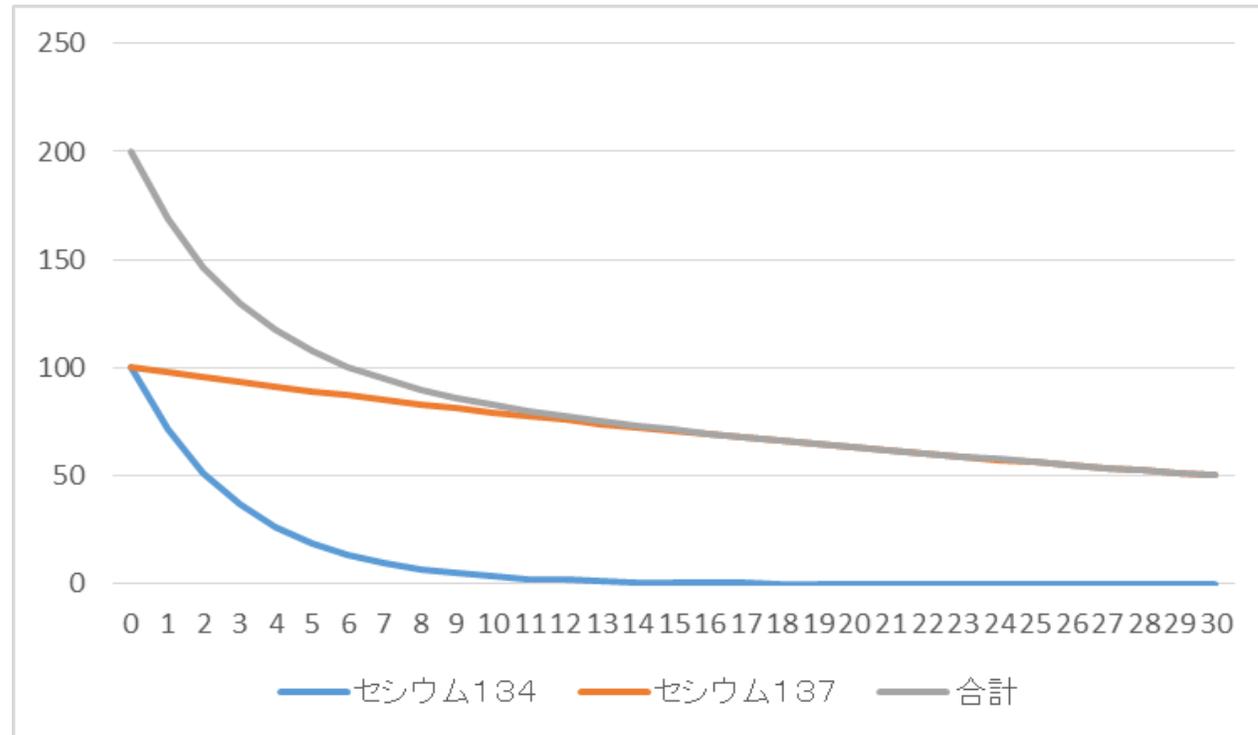
第6次航空機モニタリング結果(2012年11月16日時点の線量分布)

(原子力被災者生活支援チーム「避難指示区域の見直しについて」H25.10より引用)

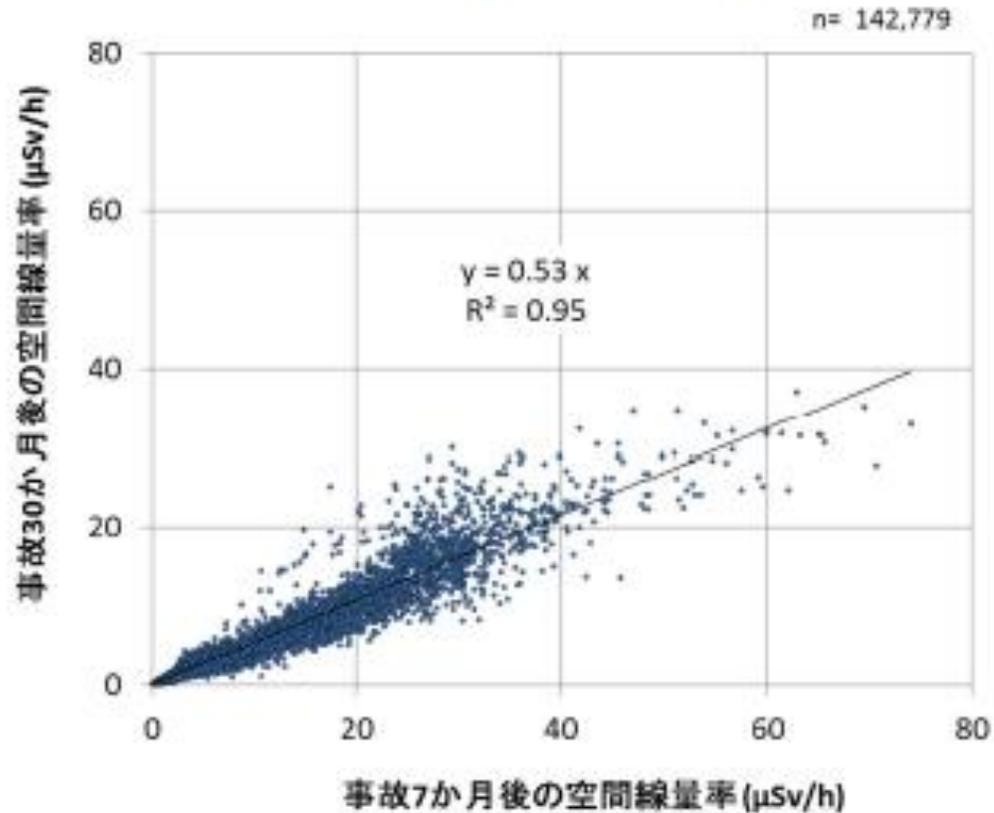
放射性同位体ごとの半減期の違い

^{131}I : 約8日 ^{134}Cs : 約2年 ^{137}Cs : 約30年

事故後年数	事故直後	2	4	6	...	30
^{134}Cs	1	1/2	1/4	1/8	...	$(1/2)^{15}$
^{137}Cs	1	1/2



事故7か月後(第4次モニタリング)と30か月後(第7次モニタリング)の 空間線量率の比較



物理的減衰以上にな
ぜ減るのか？
除染？
ウェザーリング効果？

○図から見た平均的な線量率の**減少の割合: 47%**
(物理的減衰から推定できる**減少割合: 34%**)

(原子力規制庁 H25.12.25
会議資料より引用)

最初の避難区域の設定

警戒区域

東京電力福島第一原子力発電所半径20km圏内について、住民の安全及び治安を確保するため、避難を指示するとともに、同地域を警戒区域に設定し、区域内への立ち入りを原則禁止。

計画的避難区域

事故発生から1年の期間内に積算線量が20mSvに達する恐れがある地域について、健康への影響を踏まえ、計画的な避難を求める区域を設定。

緊急時避難準備区域

20km～30km圏内は、屋内退避指示を解除し、緊急時の避難等を求める区域を設定。

(復興庁「避難住民説明会等によく出る放射線リスクに関する質問・回答集」 H24.12.25 より引用)



ICRPの考え方 : ICRP pub 103(2007年勧告),pub 109, pub 111

計画被ばく状況(平常時)
1年間に1mSv以下。

緊急時被ばく状況(事故が起こった場合)
1年間に20mSv～100mSvの範囲で定める。

現存被ばく状況(復興に向かい、住民が帰還し始めた場合)
1年間に1mSv～20mSvの範囲で定める。



避難指示の基準

ICRPの緊急時被ばく状況の20mSv～100mSvのうち、最も厳しい値に相当する年間20mSvを避難指示の基準として採用

(参考) ICRP: 国際放射線防護委員会

(International Commission on Radiological Protection)

学術団体であり、国際機関、各国の研究機関等から資金の援助を得て活動を実施。

$$3.8\mu\text{Sv/h} = 20\text{mSv/y} ?$$

空間線量率の毎時3.8マイクロシーベルトを年間被ばく線量
20ミリシーベルトに相当するという考え方

年間20ミリシーベルト

$$= \text{1日の被ばく線量} \times 365 \text{ 日}$$



$$\text{屋内での被ばく線量} \left(3.8\text{マイクロシーベルト} \times 16\text{時間} \times 0.4(\text{低減効果}) \right)$$

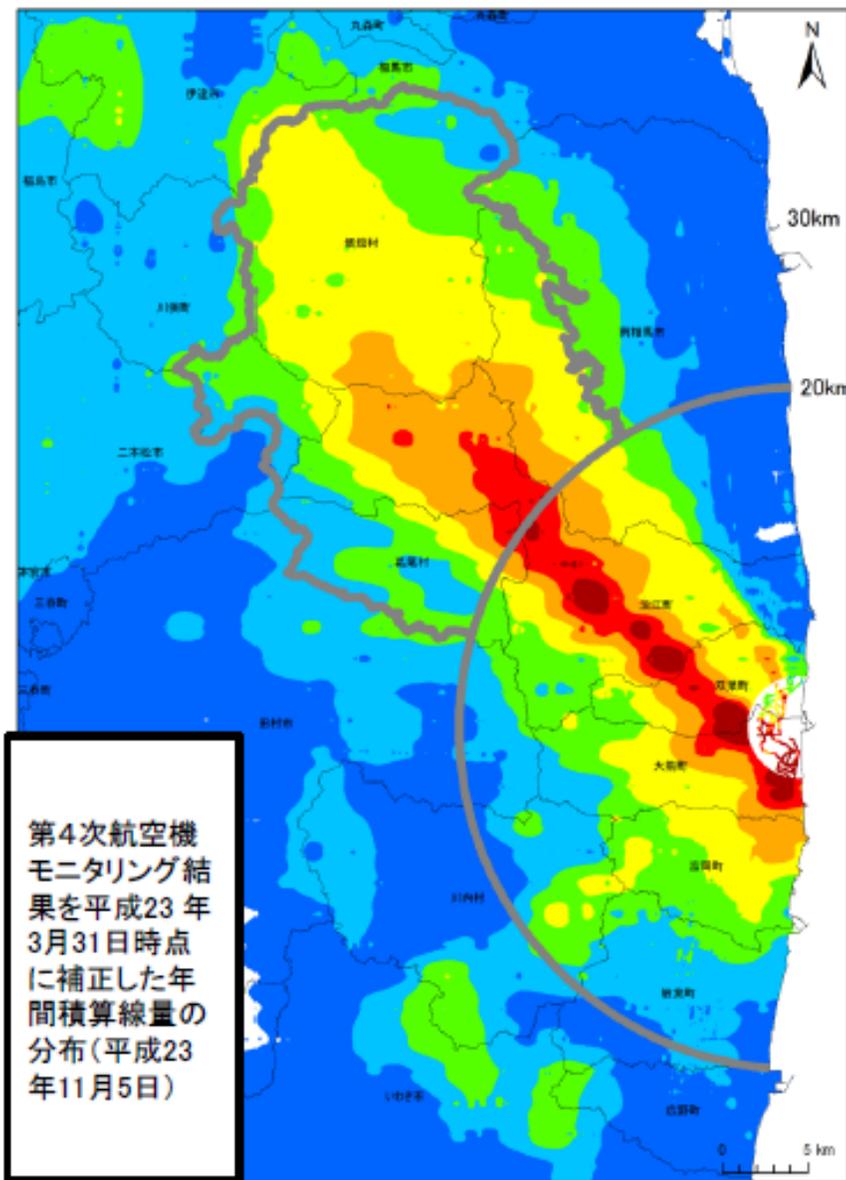
+

$$\text{屋外での被ばく線量} \left(3.8\text{マイクロシーベルト} \times 8\text{時間} \right)$$

※ 1日の滞在時間を屋内16時間、屋外8時間と想定。

※ この計算式では、①内部被ばく、②放射性物質の物理減衰やウェザリング効果を考慮していない。これは、①による線量増加分と②による線量減少分が相殺されていると仮定しているため。

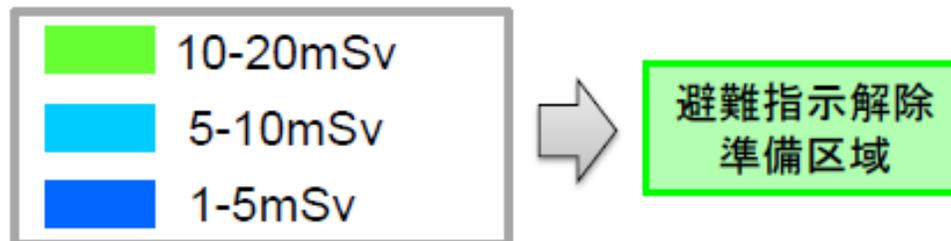
空間線量から推定した年間積算線量に応じた3つの区域への見直し



----- 5年経過してもなお、年間積算線量が20mSv
を下回らないおそれのある地域 -----



----- 年間積算線量が20mSvを超えるおそれがある地域 -----



(原子力被災者生活支援チーム「避難指示区域の見直しについて」H25.10より引用)

避難解除の動き

田村市 都路地区

⇒ 平成26年4月1日に解除
(20km圏内では初)

川内村 平成26年7月下旬？

葛尾村、檜葉町、飯館村、南相馬市、川俣町でも
早期解除に向けて動き

高線量の帰還困難地域がある

線量が下がるだけで帰還できるわけではない。住民の同意に加え、
—インフラ(道路、病院、学校、商店等)が復旧されていなければならない。

—帰還後にそこで生計を立てなければならない。(特に、農林水産業では極めて重要な課題)



一連の講義の中で考えてもらいたいこと

- 農林水産業と放射性物質の関係を理解するためには、
自然科学的側面 + 社会科学的側面 を知る必要がある。
- 「時間」が重要な要因である。これは、
 - 放射性物質が半減期に従って物理的に減衰
 - 除染の進展、避難区域の解除により、状況が変わっていく。（人の心も変わっていく）
- 福島県（生産者）の視点だけではなく、すべての人（消費者）の視点もある。全ての問題は、多様な側面を持っている。
- 多くの情報の中から、自ら考え、自ら正しい情報を選び出す。そして、正しい情報を持って、正しく放射線と向き合う。