



- 汚染状況に関する情報整理 -

平成23年5月21日

原子力安全調査専門委員会
放射線影響分科会

服部隆利

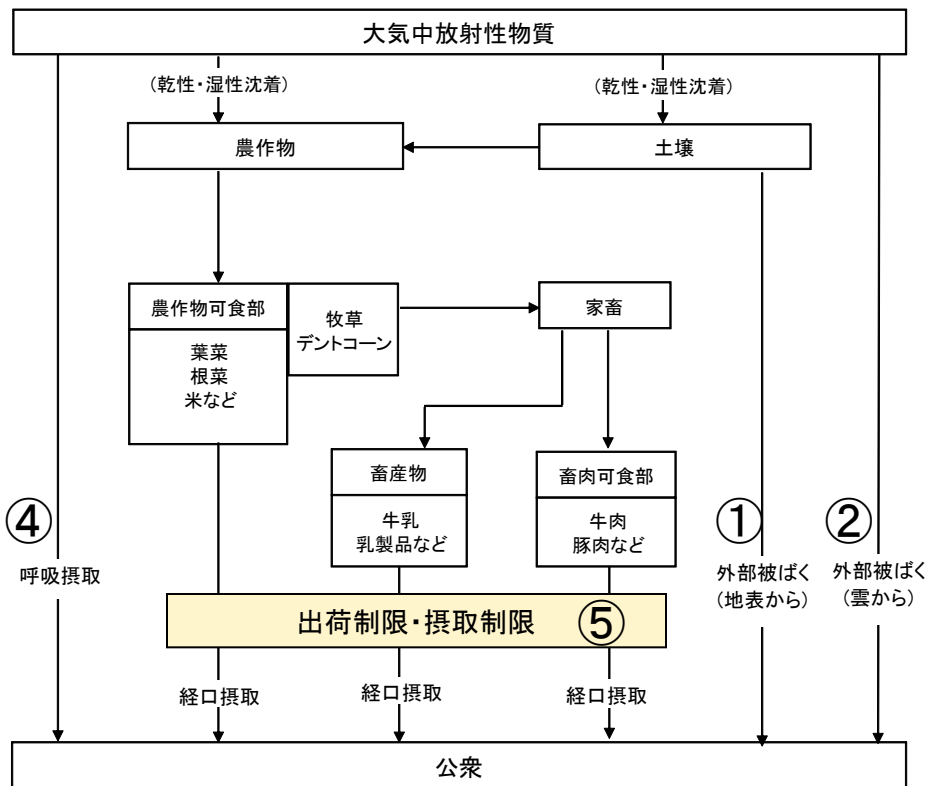


環境中への放射線影響

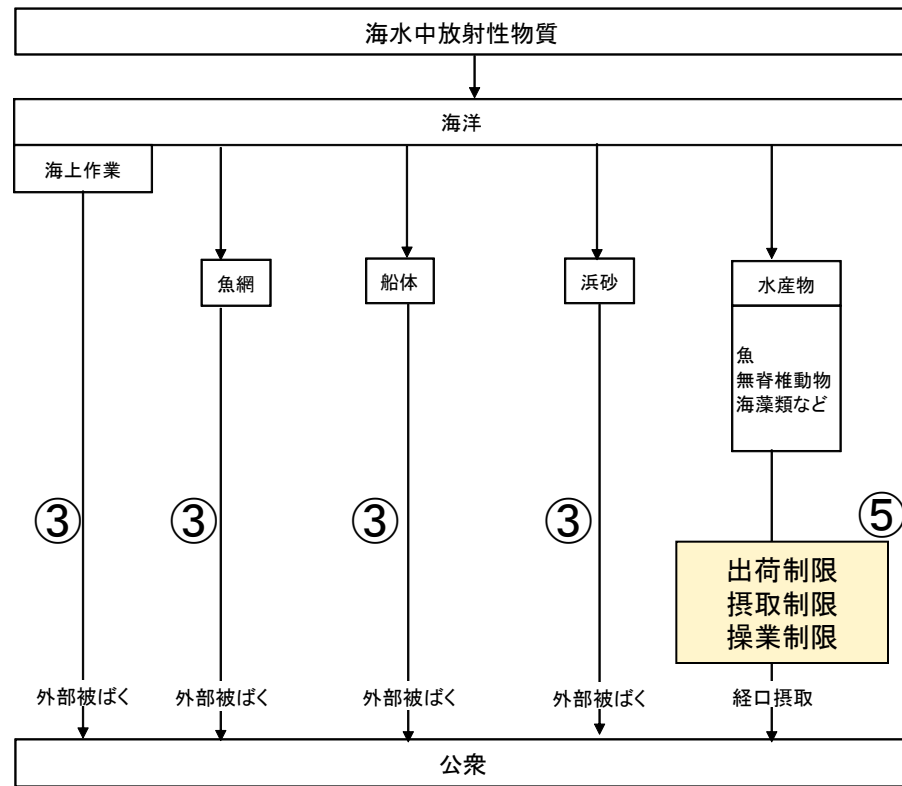
- 環境影響評価には、放射性物質の分布情報が不可欠。
- 分布データには、下記のような様々な種類がある。
 - 空間線量率($\mu\text{Sv/h}$) (地上5cm、1m、航空機)
 - 核種別土壌濃度(Bq/kg) (深さ5cm or 15cm平均)
 - 核種別土壌濃度(Bq/m²)
 - 核種別ダスト濃度(Bq/m³)
 - 核種別原乳・飲料水中濃度(Bq/kg)
 - 核種別農作物中濃度(Bq/kg)
 - 核種別海産物中濃度(Bq/kg)
 - 核種別海水中濃度(Bq/kg)

一般的な公衆の被ばく経路

1) 大気起源



2) 海洋起源



被ばく経路は、原安委指針「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」を参照

食品・飲料水・海産物等からの経口摂取は、出荷制限・摂取制限・操業制限等により抑制される

検討対象の被ばく経路

外部被ばく

- ✓ ① 大気起源: 地表沈着
- ✓ ② 大気起源: 初期の大気中の放射性物質
- ✓ ③ 海洋起源: 海上、漁網、船体、海浜砂

評価に用いるデータ

空間線量率($\mu\text{Sv/h}$) (地上1m)

空間線量率($\mu\text{Sv/h}$) (地上1m)

核種別海水中濃度(Bq/kg)

内部被ばく

吸入摂取

- ✓ ④ 大気起源: 初期の大気中の放射性物質
- ✓ ⑥ 大気起源: 再浮遊 (追加)

核種別ダスト濃度(Bq/m³)

核種別土壌濃度(Bq/kg) (深さ5cm)

経口摂取

- ✓ ⑤ 大気起源: 農畜産物・海産物
- ✓ ⑦ 大気起源: 幼児の土壌摂取 (追加)

農畜産物・海産物中濃度(Bq/kg)

核種別土壌濃度(Bq/kg) (深さ5cm)

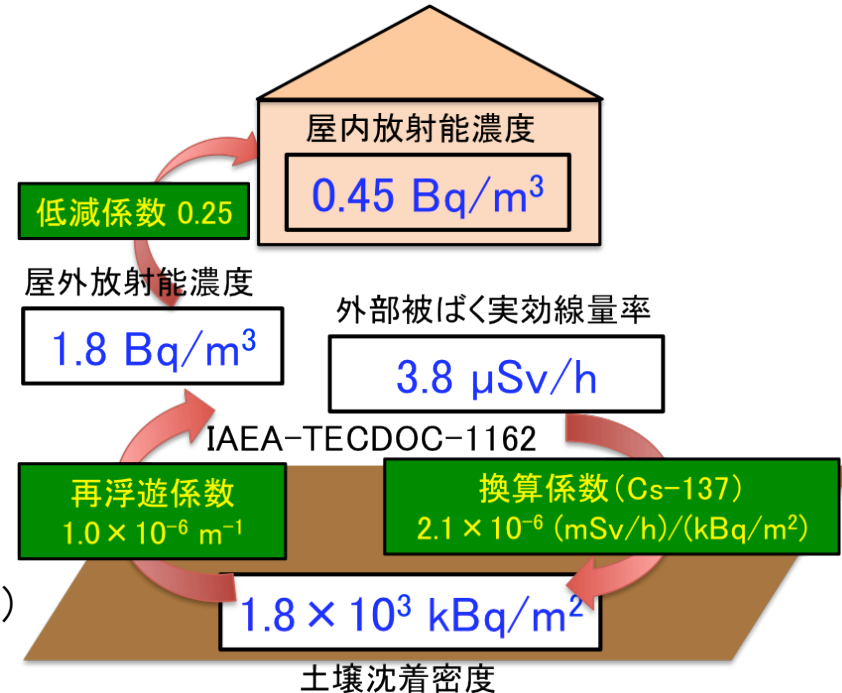
注1) ②と④の大気起源の初期の大気中の放射性物質による線量評価は、SPEEDI等を用いた評価が不可欠なため、今回の評価対象外とする。

注2) ⑤は、食品出荷制限・摂取制限により抑制されるため、今回の評価対象外とする。

注3) ⑥および⑦は、新たに追加して評価を試みる。

⑥ 大気起源：再浮遊

- 評価対象者：乳幼児（1歳～2歳）
- 滞在時間（1日あたり）：
日本モデル：屋外に8時間、屋内に16時間
ICRPモデル：屋外に1時間、屋内に23時間
- 低減係数^{注1}：0.25
機密性の高い建物：1/20～1/70
通常の換気率の建物：1/4～1/10
- 呼吸率（m³/h）：ICRP Pub. 71に基づいて計算
- 微粒子への放射性物質の濃縮係数：4
（IAEA Safety Report Series No. 44）
- 線量換算係数：ICRP Pub. 72、1歳（吸収タイプS）



試算結果

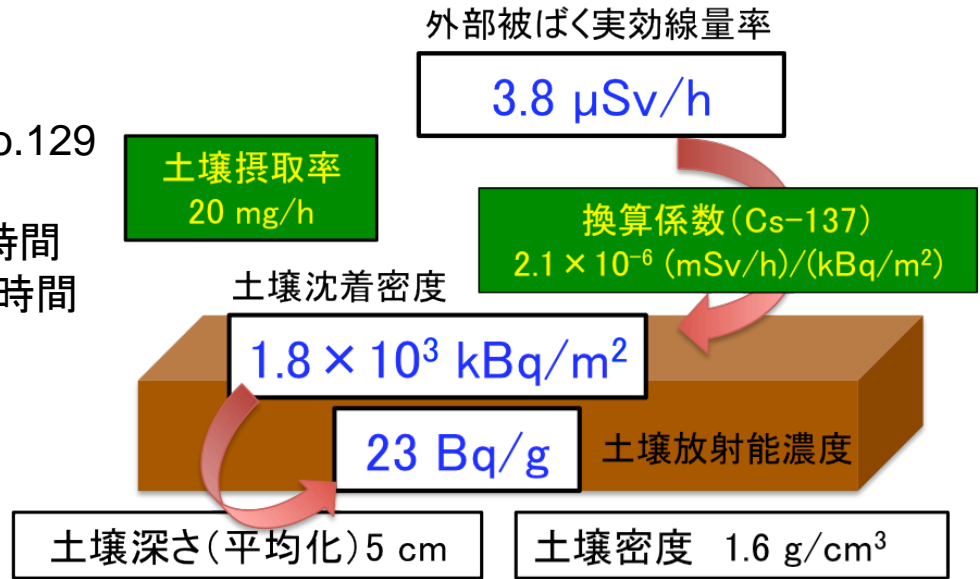
	屋外	屋内	屋外+屋内
(参考)外部被ばく	11 mSv	8.9 mSv	20 mSv
内部被ばく(日本モデル)	0.64 mSv	0.18 mSv	0.82 mSv
内部被ばく(ICRPモデル)	0.080 mSv	0.32 mSv	0.40 mSv

外部被ばくの
2～4%

(注1)低減係数は、文科省原子力防災Q&A (<http://www.bousai.ne.jp/vis/box/qa/10.html>) や原子力防災関係資料集(原子力安全技術センター)で共通して示された中から安全側の数値を採用

⑦ 大気起源：幼児の土壌摂取

- 評価対象者：幼児（1歳～2歳）
- 経口摂取率：20 mg/h、NCRPLレポートNo.129
- 滞在時間（1日あたり）：
日本モデル：屋外に8時間、屋内に16時間
ICRPモデル：屋外に1時間、屋内に23時間
- 微粒子への放射性物質の濃縮係数：2
（IAEA Safety Report Series No. 44）
- 線量換算係数：ICRP Pub. 72、1歳



試算結果

	屋外	屋内
(参考)外部被ばく	11 mSv	
内部被ばく(日本モデル)	31 μSv	
内部被ばく(ICRPモデル)	3.9 μSv	

外部被ばくの
0.04～0.3%

直接経口摂取は、屋外滞在中にのみ起こりうることから、屋内では試算対象外とした



⑥、⑦の内部被ばく評価結果

⑥、⑦の大気起源の内部被ばく経路の評価結果は、地表沈着による外部被ばく経路に比べて十分小さかった。

➤ 外部被ばく

- ① 大気起源: 地表沈着

地表沈着からの外部被ばくを100%とすると、

➤ 内部被ばく

- ⑥ 大気起源: 再浮遊 吸入摂取

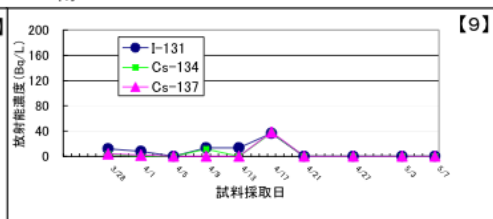
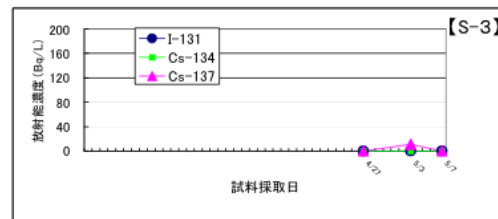
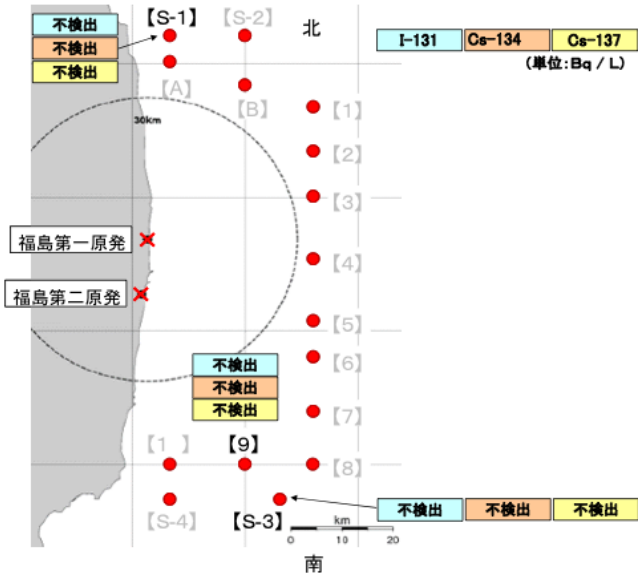
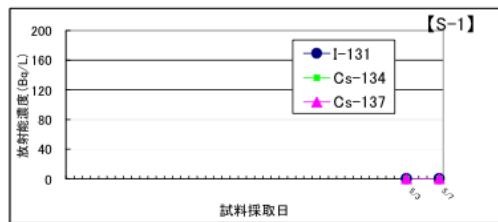
地表沈着からの外部被ばくの2~4%

- ⑦ 大気起源: 幼児の土壌摂取

地表沈着からの外部被ばくの0.04~0.3%

次に、③について評価を試みる。

③ 海洋起源：外部被ばく



各測定点における放射能濃度(Bq/L)

測定日	地点	I-131	Cs-134	Cs-137
2011/4/29	2	N.D	N.D	10
2011/4/29	6	N.D	16.6	N.D
2011/4/29	8	14.7	56	53
2011/4/29	10	N.D	11.3	19.9
2011/4/29	S-4	N.D	11.6	12.1
2011/5/3	7	N.D	14.2	11.4
2011/5/3	S-3	N.D	N.D	11.2
2011/5/5	6	N.D	14.3	N.D
4/29-5/7までの26個の測定データ平均値		0.6	4.8	5.6

※ 測定結果が不検出であった場合を0Bq/Lとして表示した。

③海洋起源の外部被ばく評価

- 使用したデータ
 - 文科省HP「福島第1原子力発電所周辺の海域モニタリング結果」(5/8現在)
 - 測定核種:I-131、Cs-134、Cs-137
 - 30km以遠での最近1週間程度の平均値が1年間にわたって継続したとして評価
- 評価方法
 - 海洋中濃度(Bq/m³)から被ばく量への換算は、日本原子力学会標準「原子力施設の廃止措置の計画と実施:2006」に拠った。
 - I-131の評価パラメータは同標準になかったため、海浜砂及び漁網からの被ばく経路について、遮へい計算コードQAD-CGGP2Rにより実効線量換算係数を算出して評価した。海水面、海中、船体からの被ばく経路については、Cs-134およびCs-137のみについて評価した。
- 評価結果(単位: mSv/y)

海浜砂	海水面(海上作業中)	海中(遊泳中)	船体	漁網	合計
0.11	0.0062	0.000060	0.0048	0.78	0.90



③の外部被ばく評価結果

③の海洋起源の放射性核種による外部被ばくについては、漁業の操業が可能な30km以遠の最近のモニタリング期間内の平均濃度が、1年間継続するという保守的な仮定のもとで、外部被ばくの合計値は0.90mSv/yであった。今後、海洋の十分な監視の継続が必要である。

次に、①大気起源で地表沈着した放射性核種からの外部被ばく線量について、検討を進める。

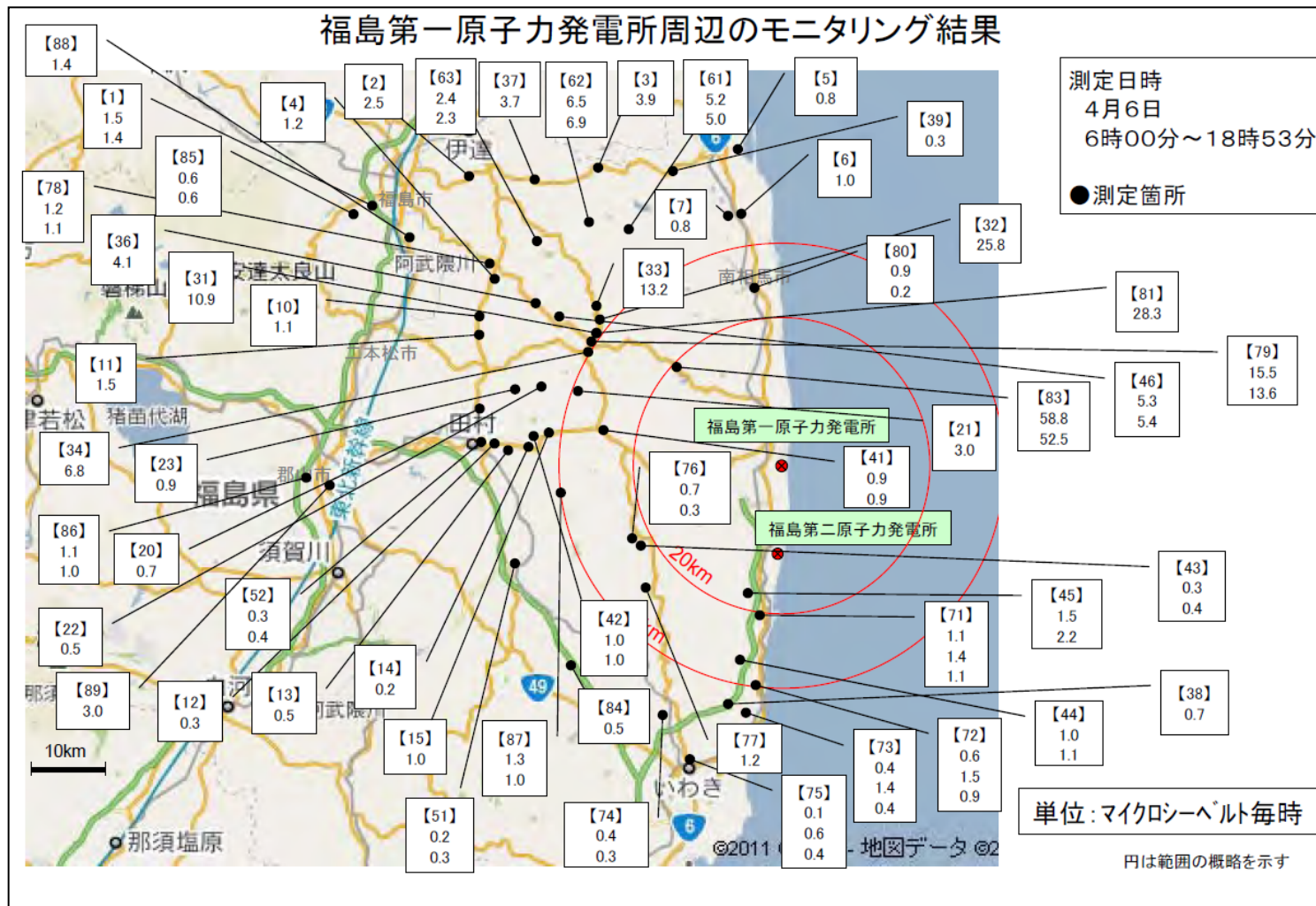
① 大気起源：地表沈着の外部被ばく

地表沈着からの外部被ばくを評価するためには、線量や土壌濃度マップを作成することが必要である。

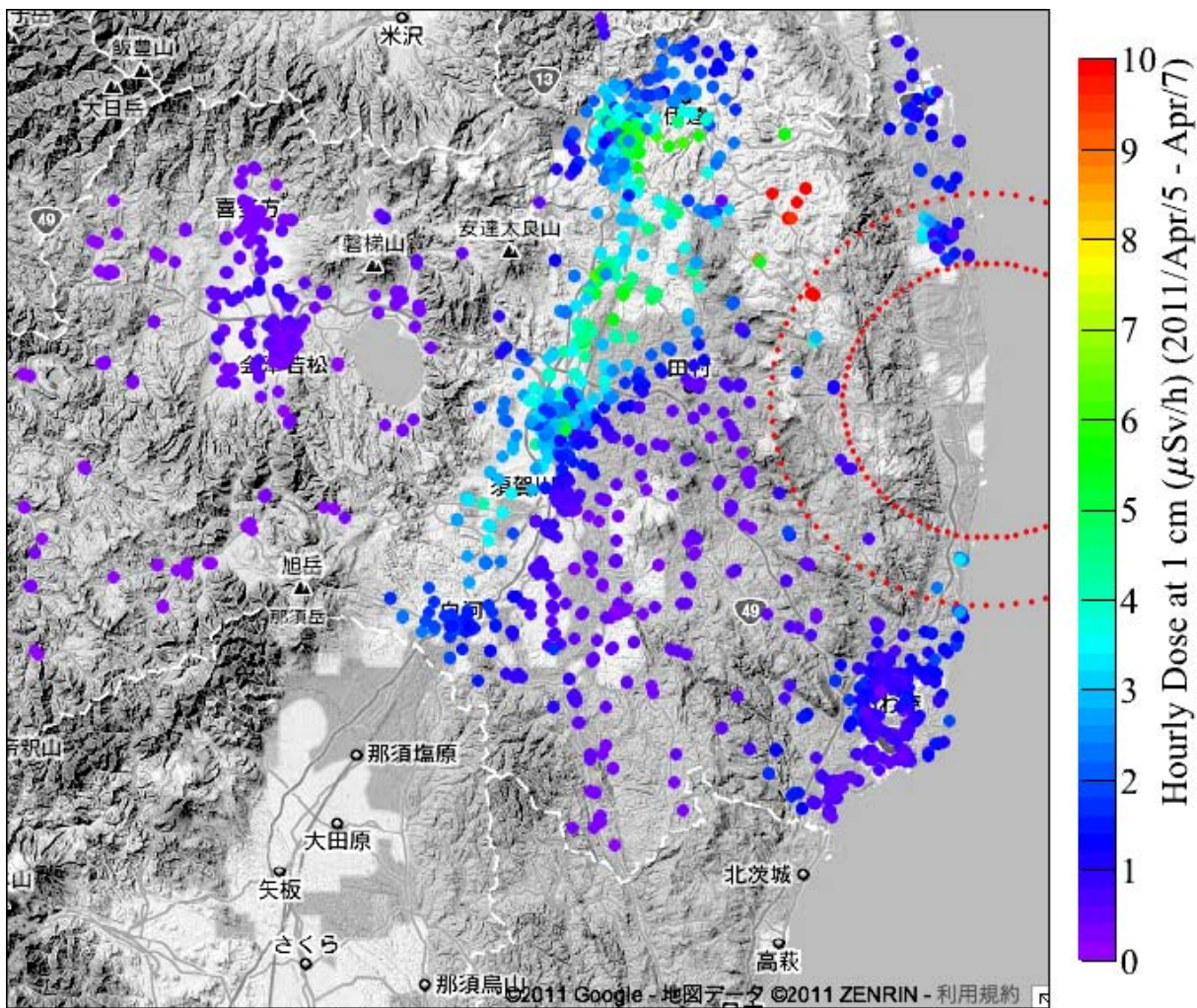
線量マップの事例

- 空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)
 - 文部科学省HP(固定測定地点、3月15日～)
 - 福島県環境放射線モニタリング(4月5-7日、福島県内の小中学校、幼稚園などの1648地点の校庭)(4月12-16日、福島県内の店舗、集会場、生活道路等(1865地点)および高校、都市公園等(859地点)の測定結果(計 2724地点))
 - 文部科学省HP(4月26日発表)、(5月6日発表:航空機モニタリング)
- 積算等価線量、積算実効線量(mSv)
 - SPEEDI(3月23日、4月10日、4月25日より順次公開)
 - 原子力安全委員会(4月10日)
 - 文部科学省HP(4月26日発表)
- 土壌濃度(Bq/m^2)
 - チェルノブイリ事故後(UNSCEAR)
 - 文部科学省HP(5月6日発表:航空機モニタリング)

空間線量率-文科省HP(4月6日)

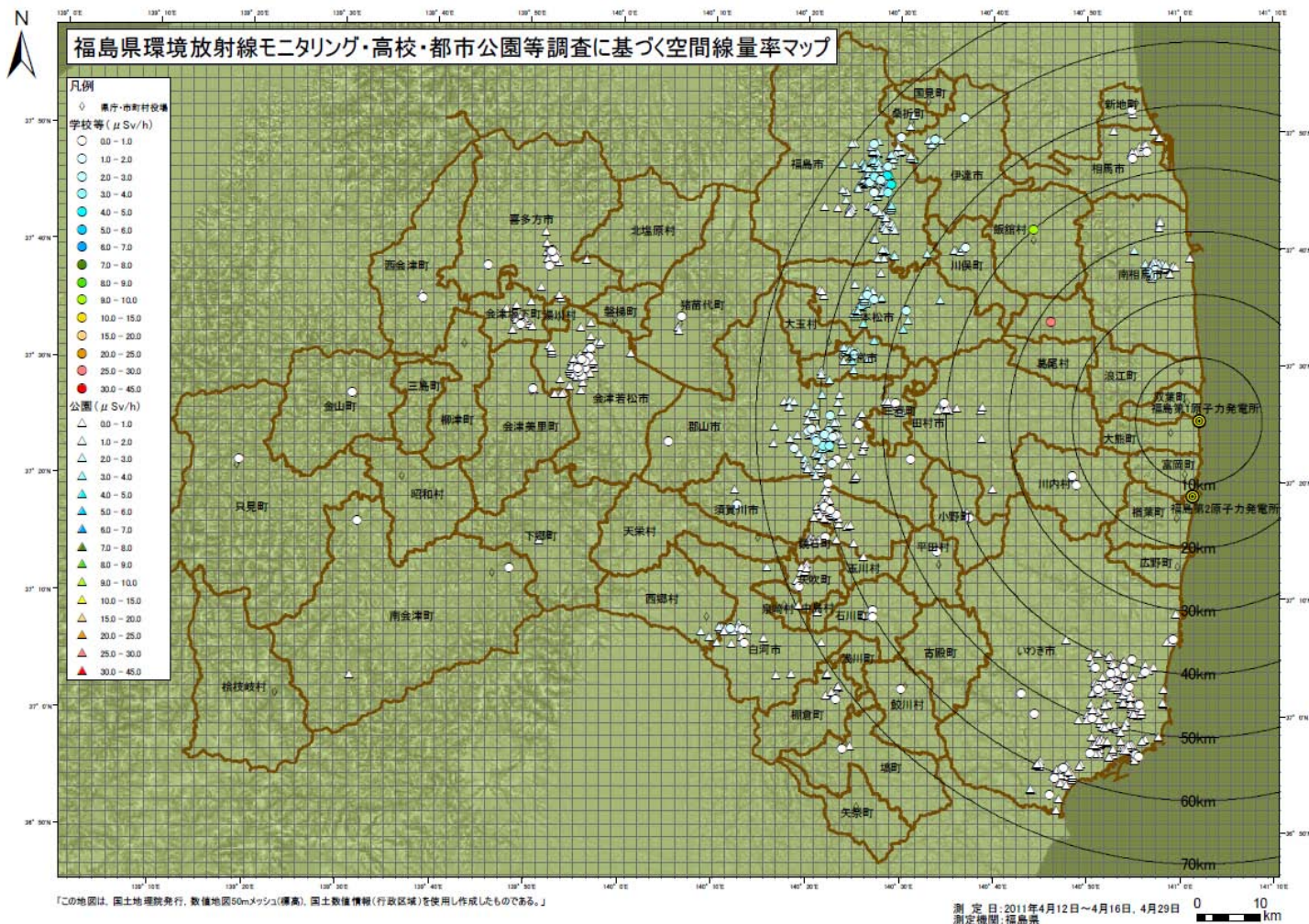


空間線量率-福島県モニタリング



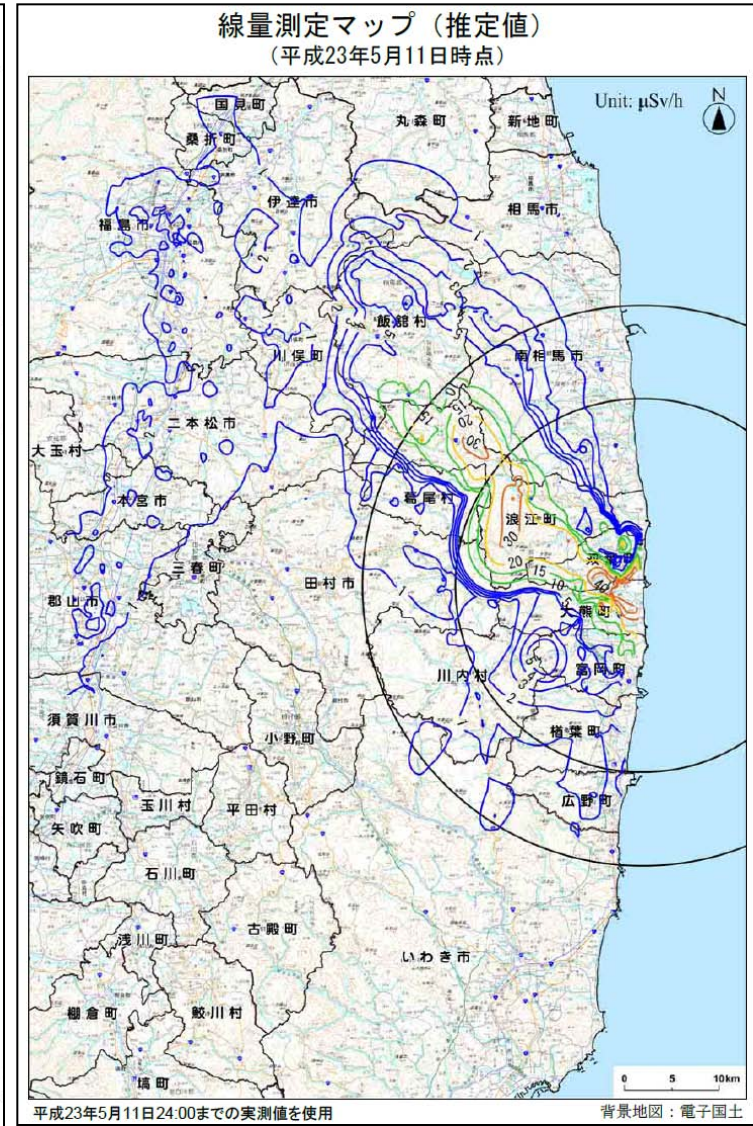
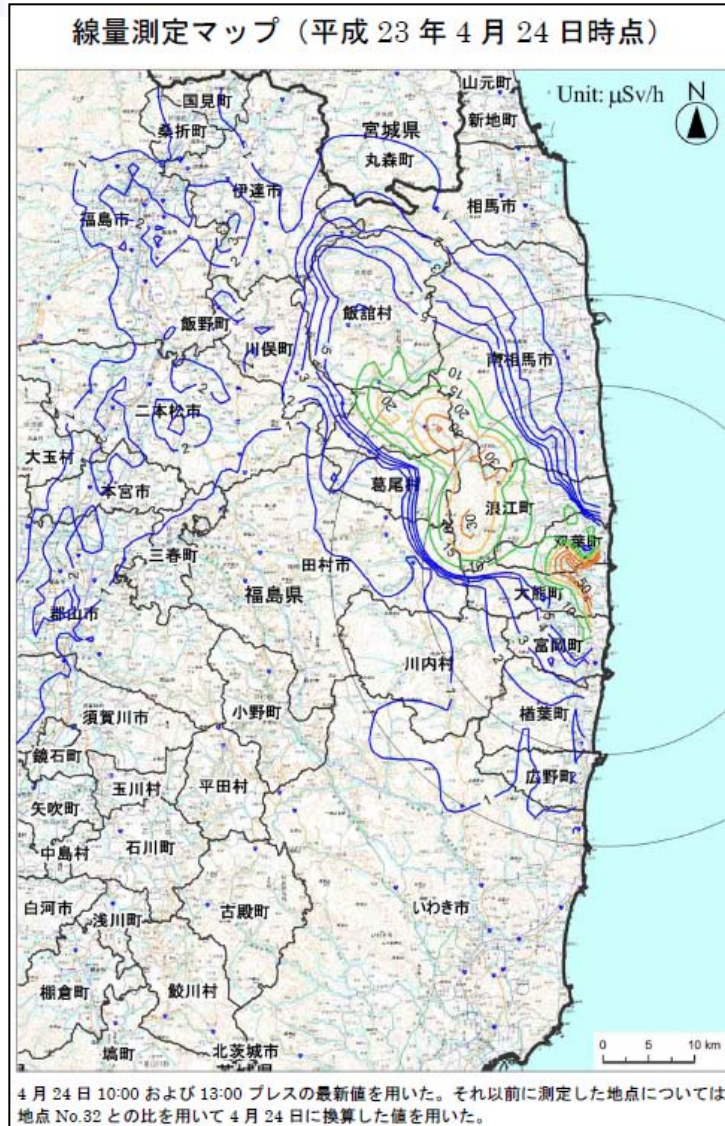
平成23年4月11日
奥村 暁氏(東大)
のプロット
(4月5-7日、福島
県内の小中学校、
幼稚園などの約
1600箇所在校庭)

空間線量率-福島県モニタリング

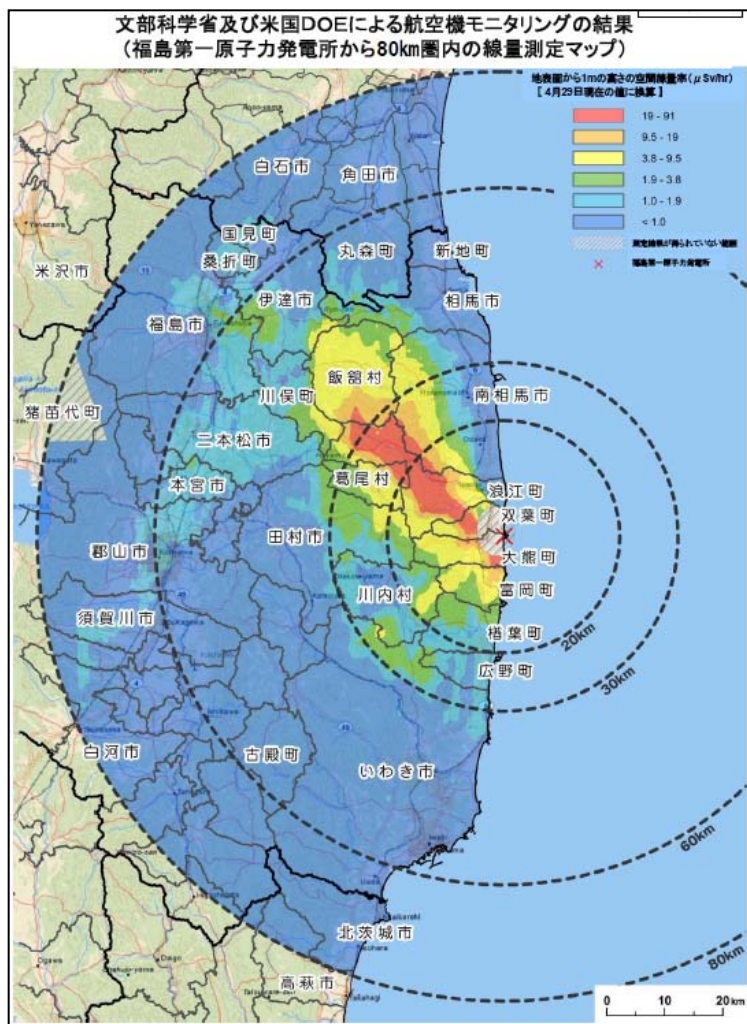


平成23年4月12-16日、29日、福島県環境放射線モニタリング・メッシュ調査結果
 1865(店舗、集会場、生活道路等)+859(高校、都市公園等に係るもの)=2724点

空間線量率-文科省HP(4/26,5/11)



空間線量率-文科省HP(5月9日)



平成23年5月9日
文部科学省ホームページより

積算ヨウ素等価線量-SPEEDI



内部被ばく臓器等価線量
 日時 = 2011/03/12 06:00 -
 2011/03/24 00:00 の積算値

領域 : 92km X 92km
 核種名 = ヨウ素合計
 対象年齢 = 1歳児
 臓器名 = 甲状腺

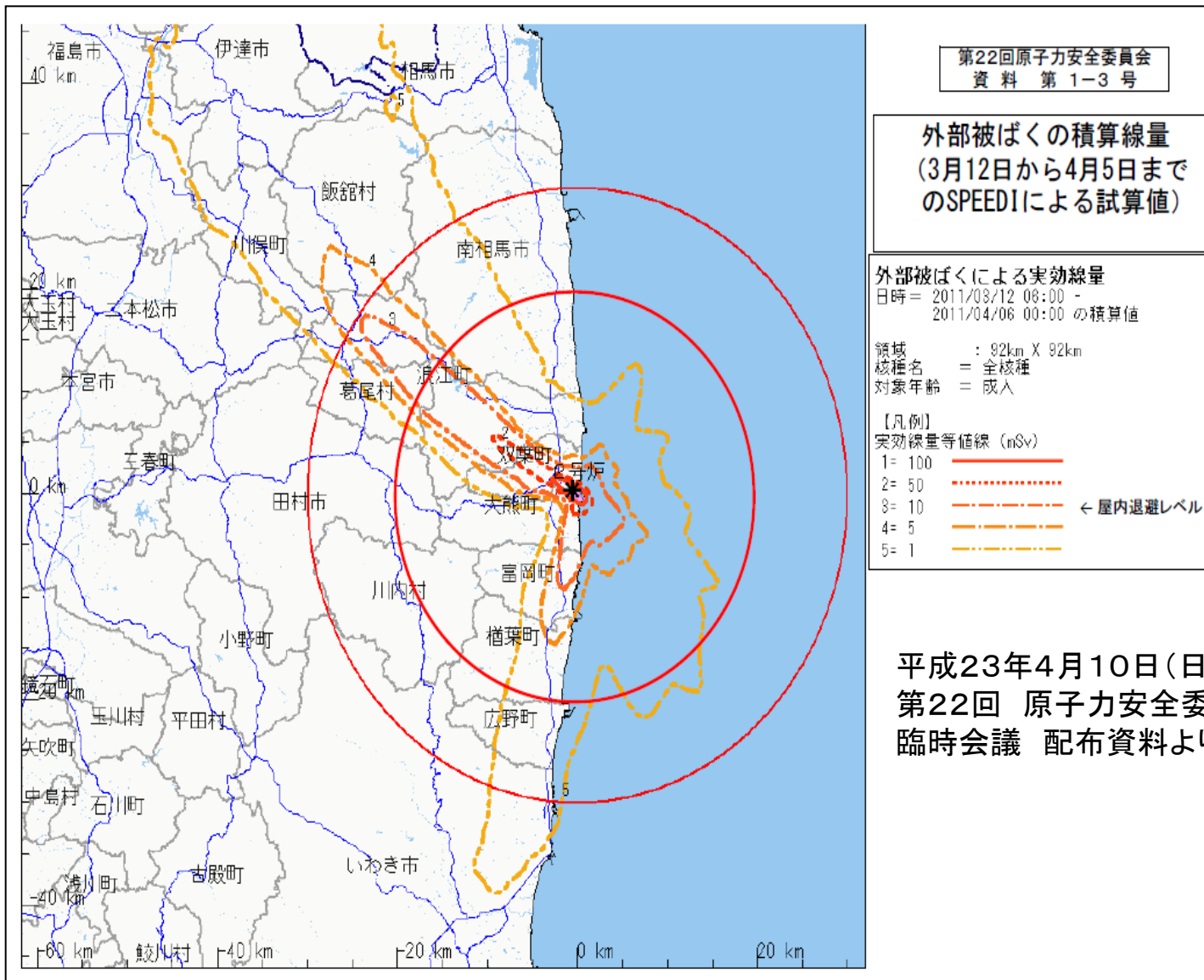
【凡例】
 線量等値線 (mSv)
 1= 10000
 2= 5000
 3= 1000
 4= 500
 5= 100

(評価)

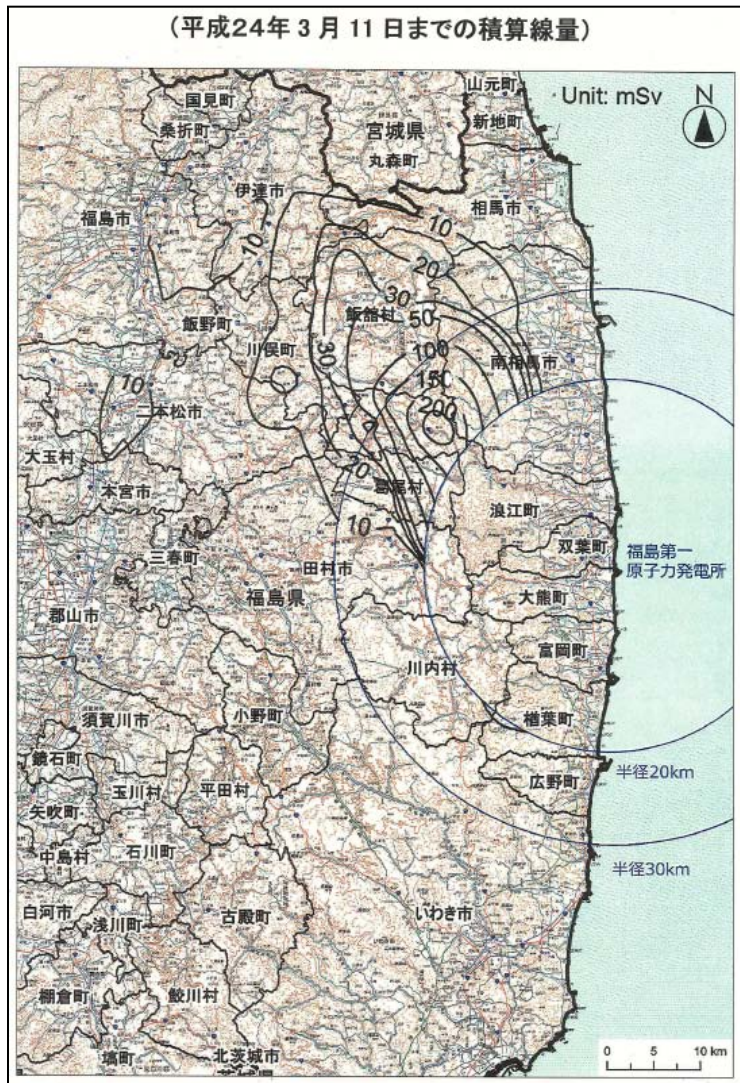
本試算は、福島第一原子力発電所の事故発生後、連続して一日中屋外で過ごすという保守的な条件を仮定して、甲状腺の被ばく線量を試算した

平成23年3月23日
 原子力安全委員会
 プレス発表資料より

積算実効線量-SPEEDI

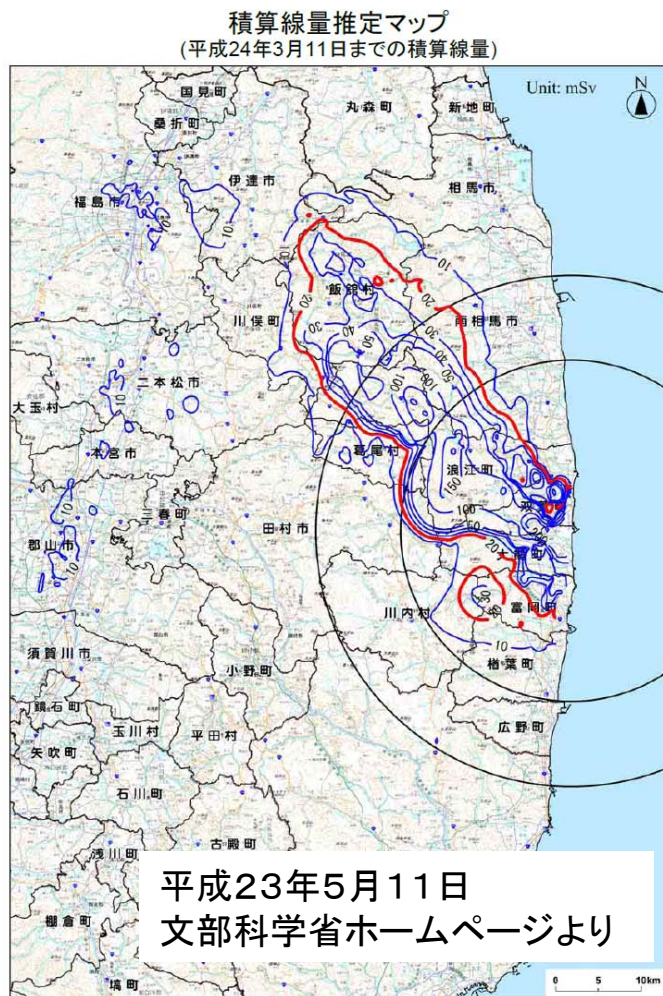


1年間の積算線量-原安委



平成23年4月10日(日)
第22回 原子力安全委員会
臨時会議 配布資料より

積算実効線量-文科省HP(5月11日)



平成23年5月11日24:00までの実測値を使用

背景地図：電子国土

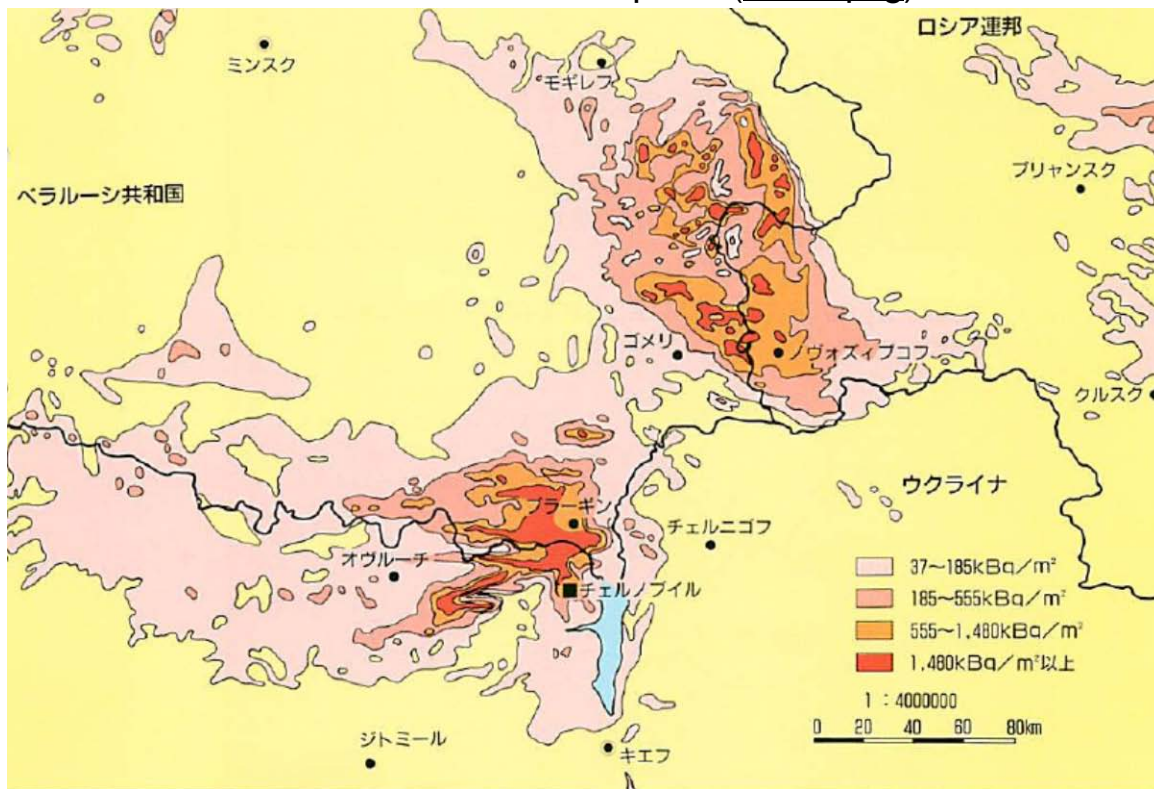


平成23年4月22日
経済産業省ホームページより

土壌濃度-チェルノブイリ事故後

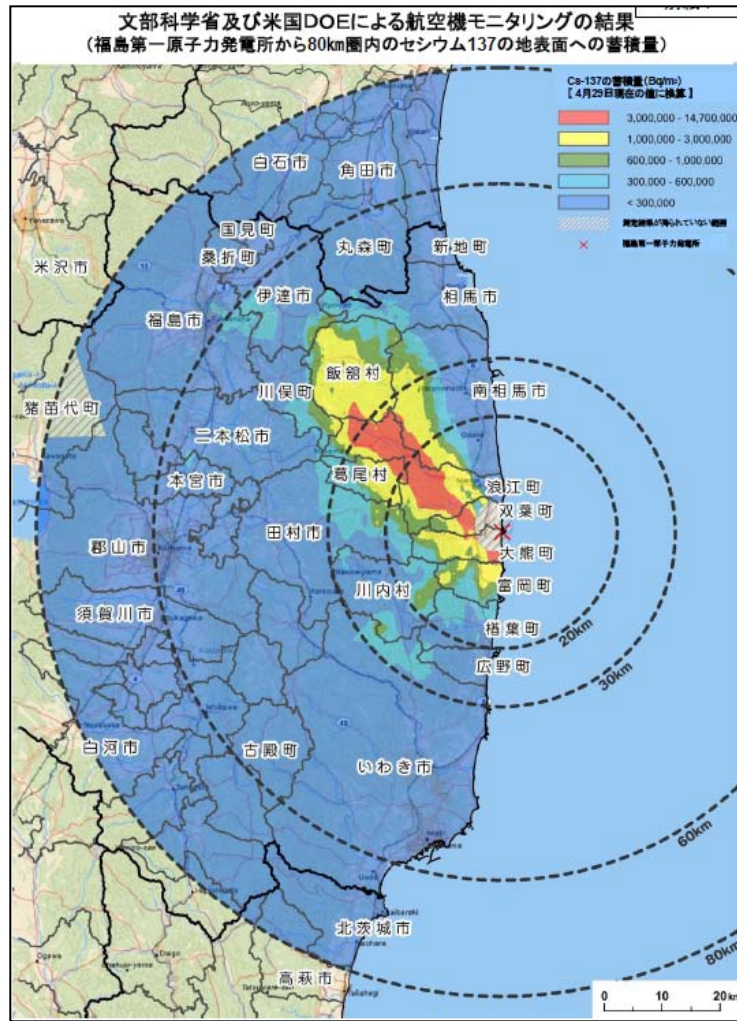
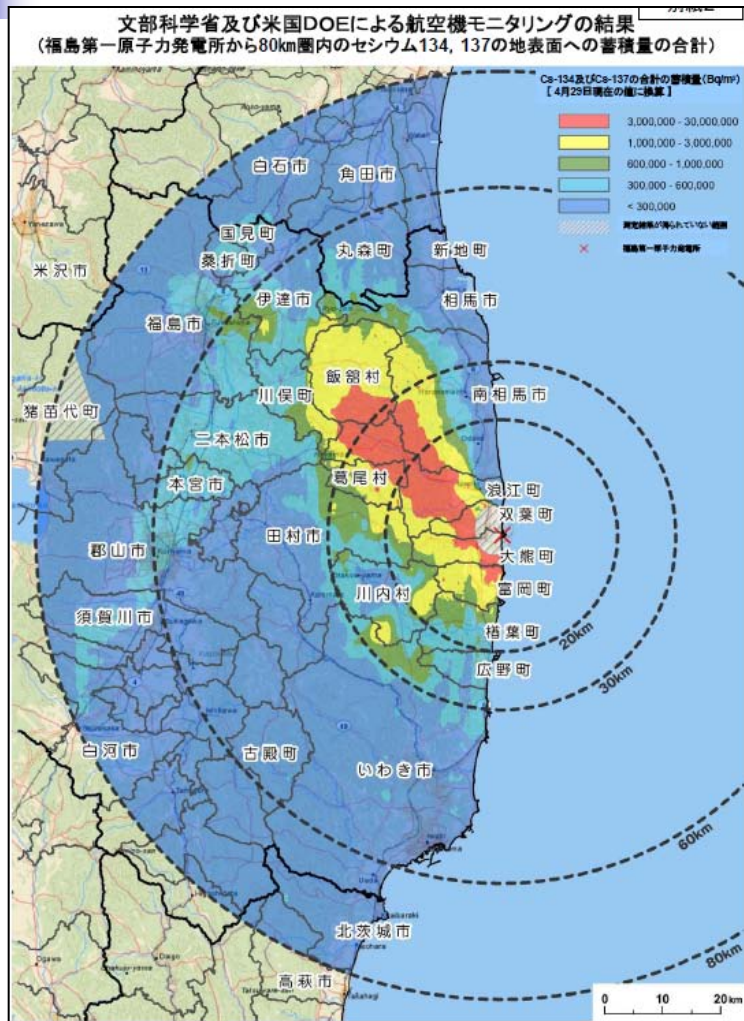
Cs-137濃度 ⇒ 居住禁止区域 1480kBq/m² (18,500Bq/kg) 以上
特別放射線管理区域 555kBq/m² (6,940Bq/kg) 以上
高汚染区域 185kBq/m² (2,310Bq/kg) 以上
汚染区域 37kBq/m² (460Bq/kg) 以上

括弧内は深さ5cm
土壌密度1.6g/cm³
での換算値

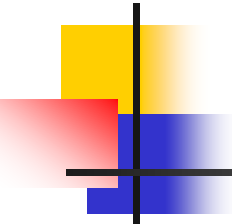


チェルノブイリ 事故後の放射線の影響と原子炉のしくみ
(科学技術庁 原子力局監修
平成6年3月)より

土壌濃度-文科省HP(5月9日)



平成23年5月9日
文部科学省ホームページより



これまでの線量・土壌濃度マップ

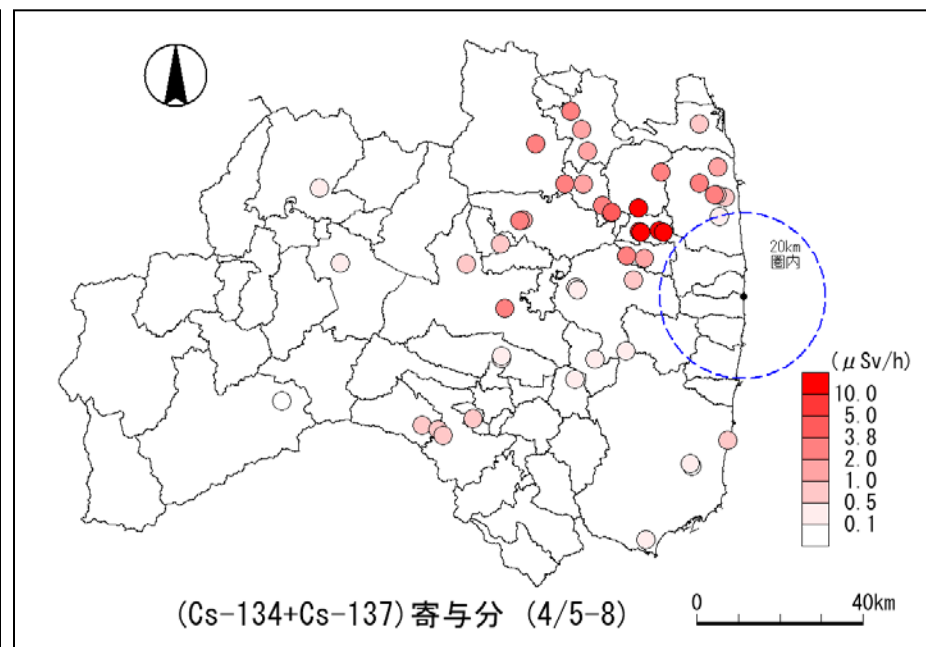
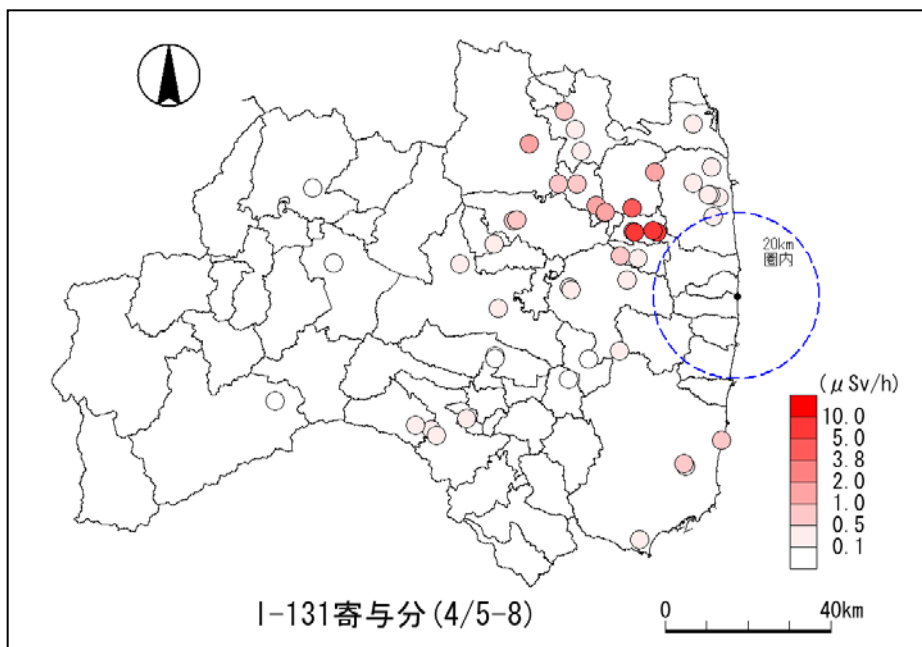
- 空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
 - 外部被ばく線量を評価する際、最も重要な基礎情報
 - 測定点は多いが、核種別の情報がない
 - 市町村境界がなく、地域名がわからない場合がある
- 積算等価線量、積算実効線量 (mSv)
 - 広域の評価結果ではない
- 土壌濃度 (Bq/m^2)
 - 測定点は少ないが、核種別の情報がある
 - 土壌濃度から核種別に空間線量率を評価することができる
 - 一方、土壌濃度は、土地の利用形態によって濃度のばらつきが大きく、土壌濃度マップは、外部被ばく線量評価に資する場合には、少量の採取土壌データの地域の代表性の吟味が必要である

線量マップの作成方針 その1

- 福島県だけでなく、福島県に隣接する他県も対象とする
- 福島県は地域名がわかるように市町村境界のあるマップにする
- 高さ1mの空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)のデータを基本とし、下記を使用する
 - 文科省HPの固定測定点(29地点)における空間線量率の測定結果(4月5~8日の最大値)
 - 文科省HPの福島第一原子力発電所20km圏内の空間放射線量率の測定結果(3月30日~4月2日(50地点))
 - 福島県が4月5~7日に実施した小中学校等の校庭の空間線量率の測定結果(1642地点)
 - 福島県が4月12~16日、29日に実施した店舗、集会場、生活道路等および高校、都市公園等の測定結果(計 2693地点)
 - 福島隣接県の測定結果(87地点)
 - ✓ 茨城県 文部科学省 原子力環境防災ネットワーク、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構
 - ✓ 栃木県 栃木県庁
 - ✓ 群馬県 群馬県庁、日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所
 - ✓ 宮城県 宮城県庁、東北電力、東北大学
 - ✓ 山形県 山形県庁
 - ✓ 新潟県 文部科学省原子力安全課原子力環境防災ネットワーク

線量マップの作成方針 その2

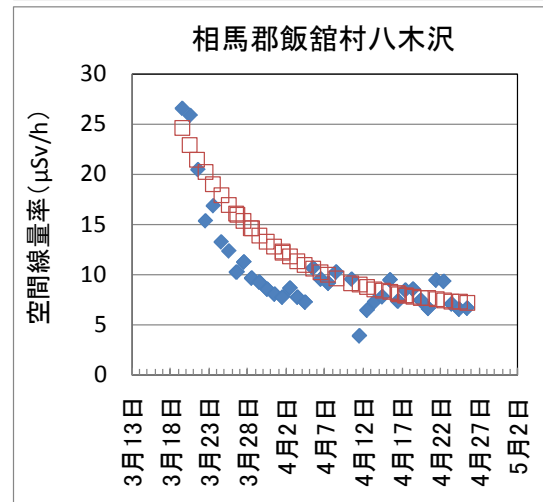
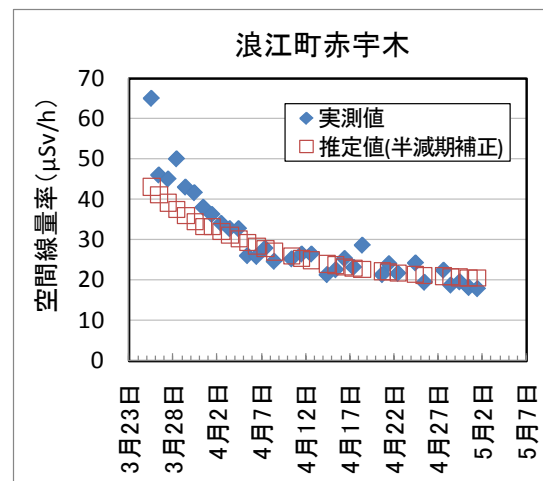
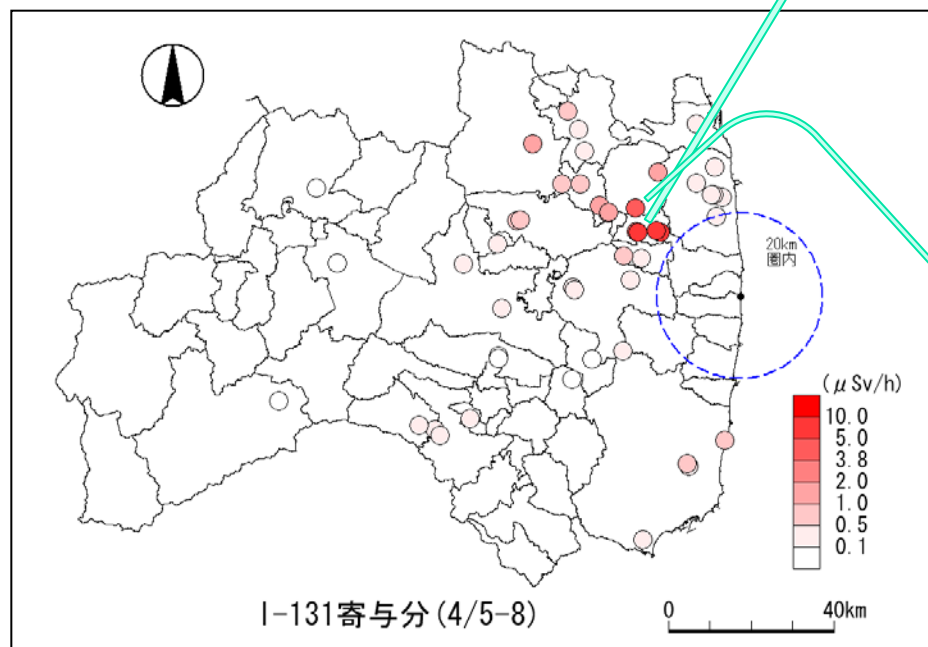
- 空間線量率と、I-131、Cs-134およびCs-137の土壌濃度を同地点で測定している地点については、Cs-137の土壌濃度とORIGEN計算結果に基づき、Cs-136、Te-129mおよびTe-132の土壌濃度を推定し、これらを高さ1mの空間線量率に換算し、各核種の空間線量率への寄与分(寄与割合)を評価する
 - 土壌濃度から高さ1mの空間線量率への換算は、文部科学省放射能測定シリーズNo. 33「ゲルマニウム半導体検出器を用いたin-situ 測定法」を参考にして、土壌密度を 1.6g/cm^3 とし、放射性核種の土壌中の鉛直分布を表すパラメータ β が 0.1g/cm^2 の時の換算係数を用いる。



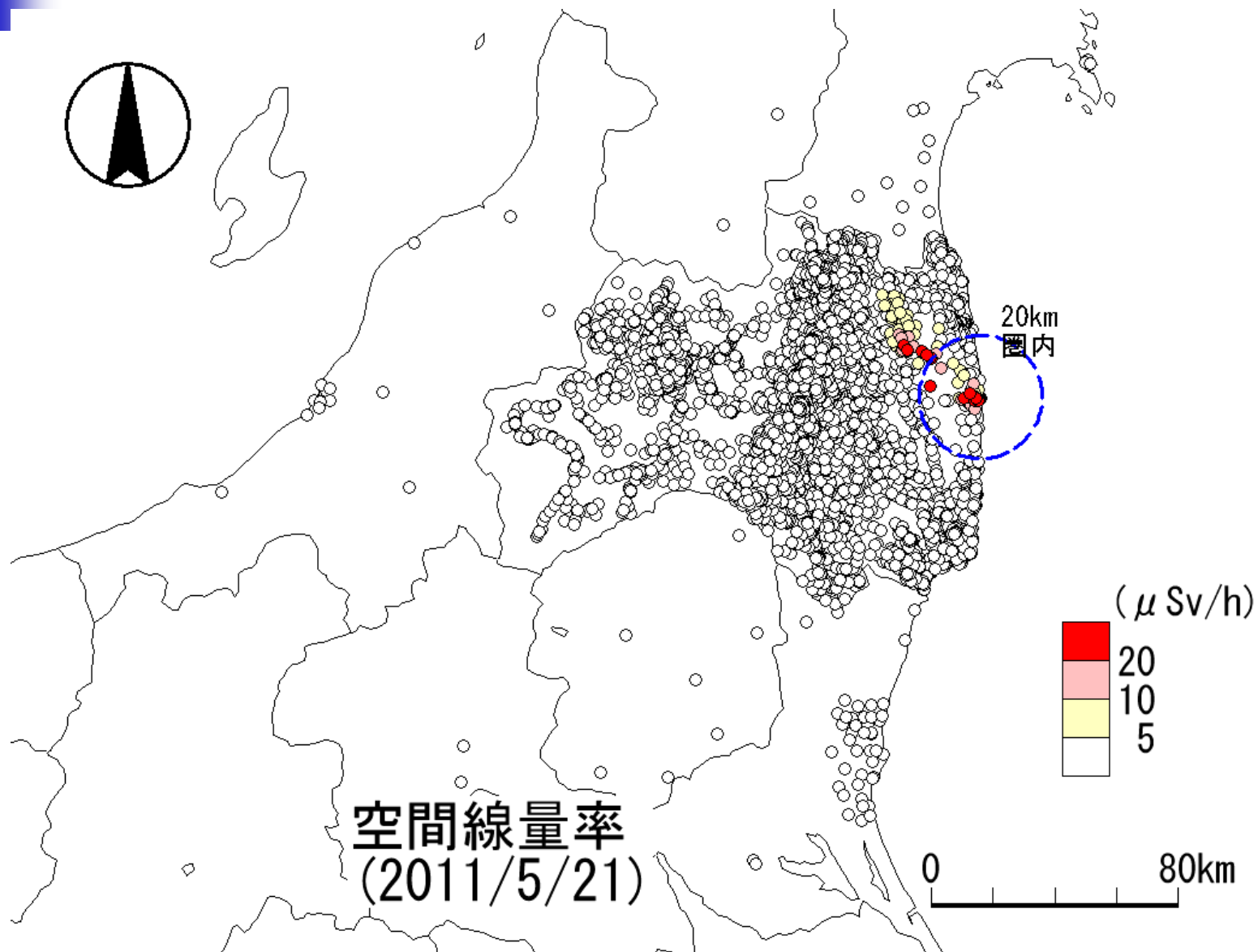
文科省HPの固定測定点(29地点)(4月5~8日の最大値)と福島県が4月5~7日に実施した20地点における49地点の測定結果

線量マップの作成方針 その3

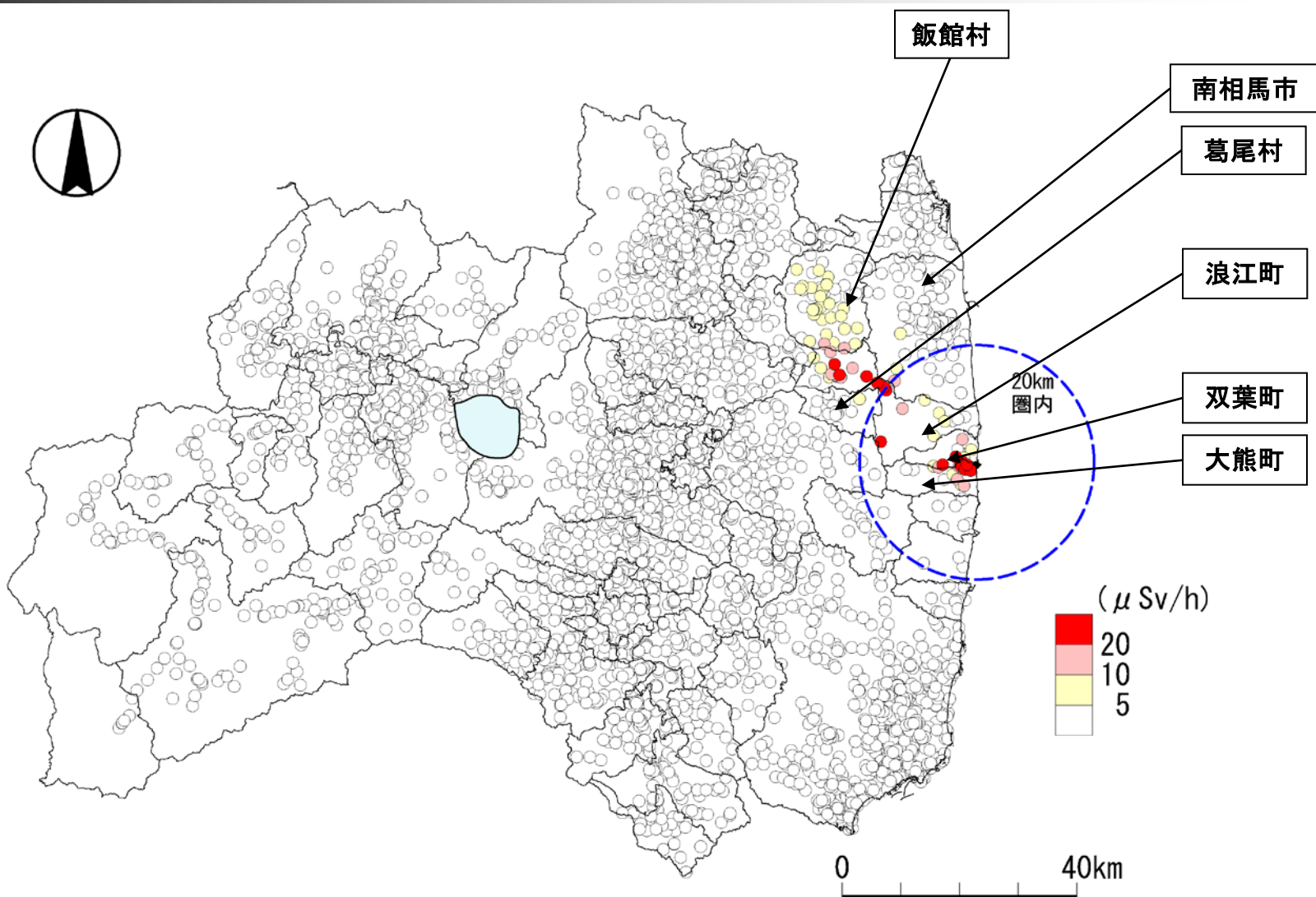
- 各核種起因別の空間線量率に対して、核種別に半減期補正を行い、平成23年3月15日～平成24年3月14日までの毎日の空間線量率を推定した。



空間線量率マップ(隣接県含む)

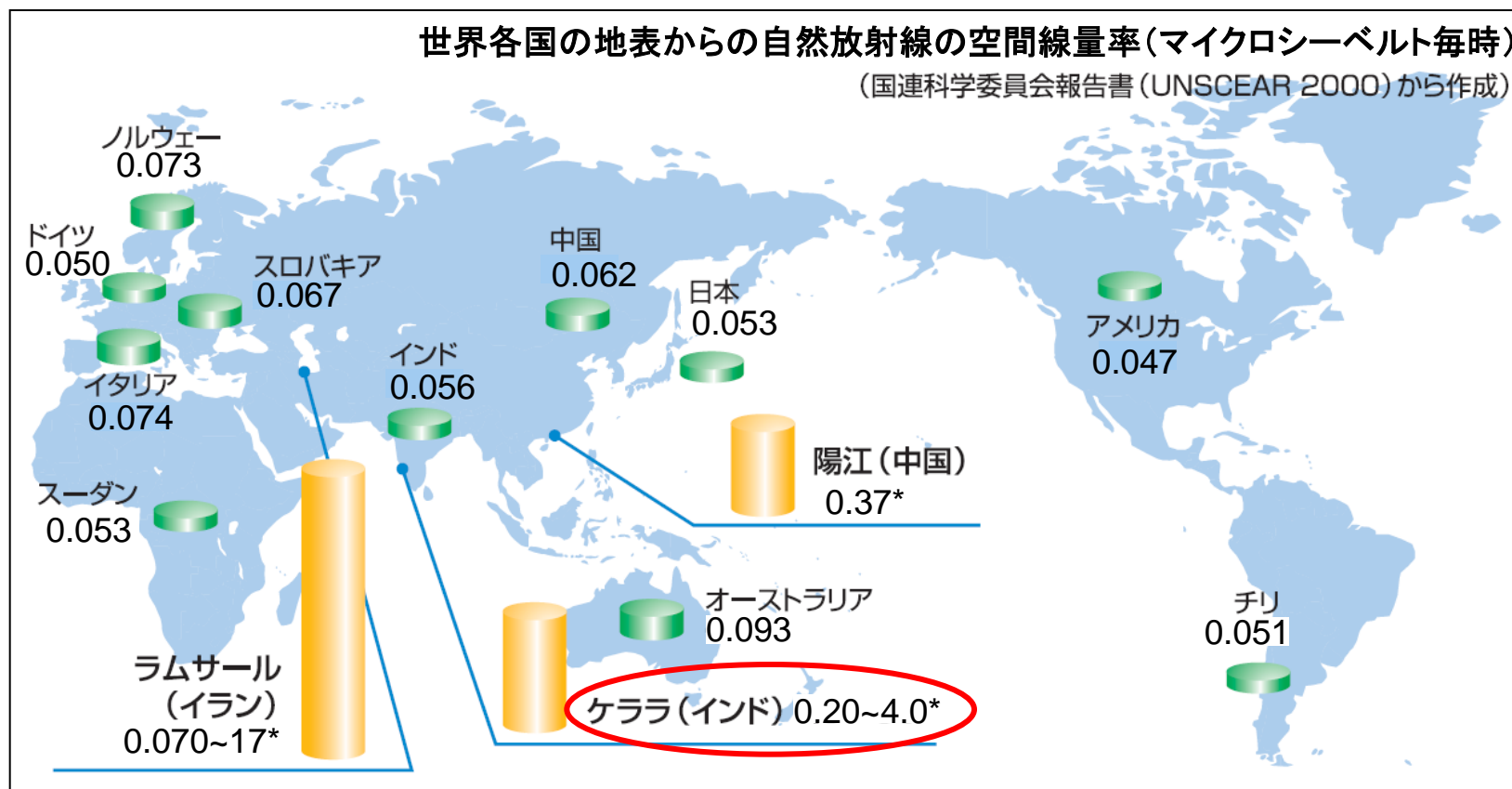


空間線量率マップ(福島県内)



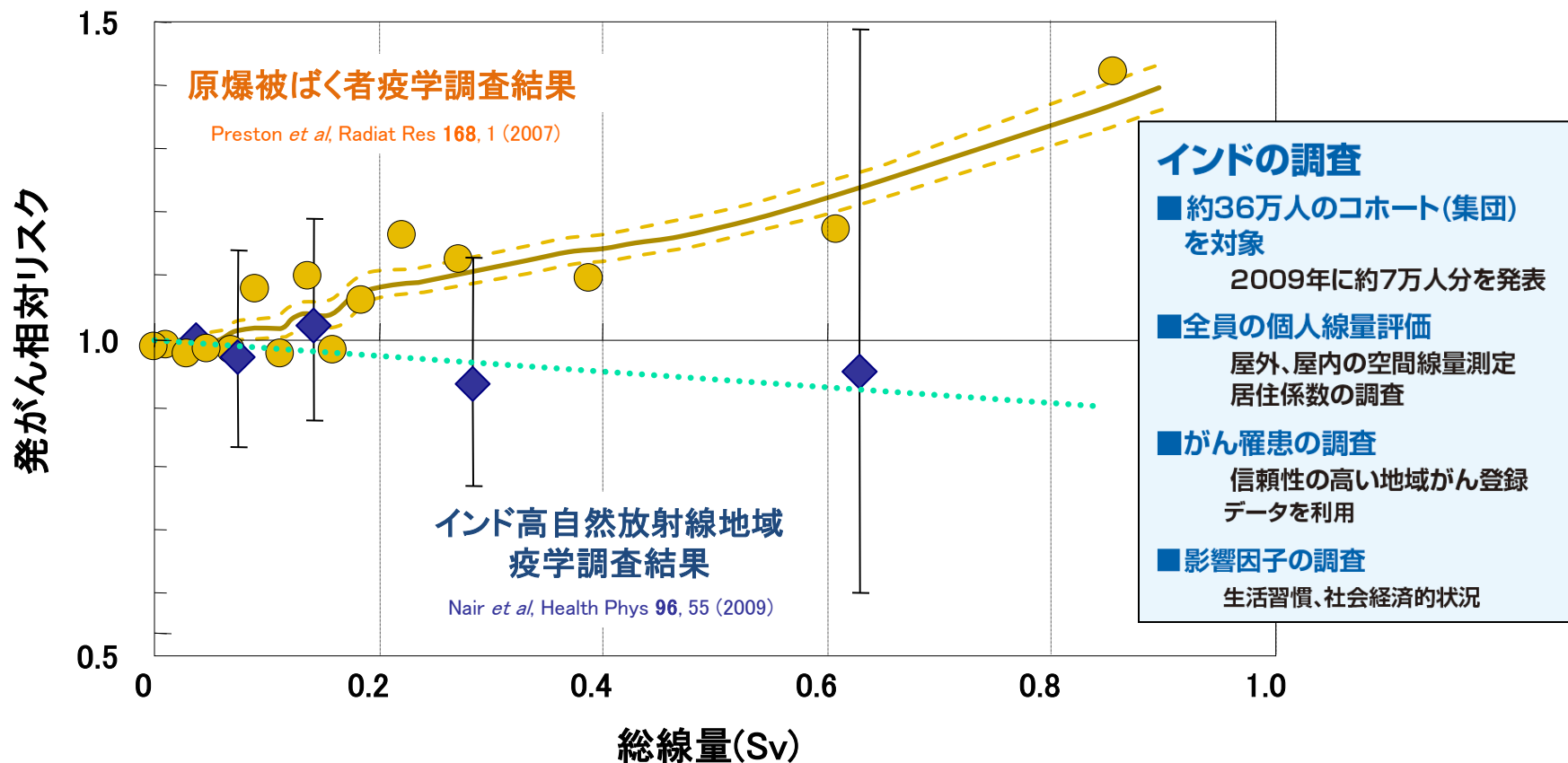
2011年5月21日時点

世界各国の地表からの放射線量



* 宇宙線 (世界平均0.03マイクロシーベルト毎時)を含む

高自然放射線地域住民の健康調査



この地域に生涯住み続けていても、発がん相対リスクの増加は認められていない



まとめと提言

- 初期の大気中の放射性物質の吸入による内部被ばくを除くと、住民の被ばく低減の観点から重要な被ばく評価経路は、大気起源および海洋起源の外部被ばくであった。 → 提言2&4
- 大気起源で地表沈着した核種からの外部被ばく線量マップは、今後、線量が比較的高い地域を中心に詳細化していく必要がある。 → 提言2
- 今回の評価では、初期の大気中の放射性物質の吸入による線量評価は含まれておらず、過去に遡って、住民の個人の詳細な線量評価を行う必要がある。 → 提言2
- 海洋起源の放射性核種からの外部被ばく線量の試算結果は、年間1mSvを下回ったが、今後も継続的なモニタリングが必要である。 → 提言4

提言2について

- 空間線量率や、放射性物質の土壌濃度等のマップを早急に作成するとともに、これまでに得られている情報を系統的に整理し、住民に理解しやすい方法で公開すること。情報の公開にあたっては、住民の不安や社会的影響に配慮し、情報の理解のための丁寧な説明を加えるとともに、今後の対応方針等について、あらかじめステークホルダ（住民、地元自治体等の関係者）と十分に協議すること。
 - 単に線量等の情報を公開するだけでは、さらに住民の不安を招いたり、風評被害等の社会的な混乱を招くおそれがある。
 - 提供した情報を理解するための説明を丁寧に行うこと等により、一般にわかりやすい情報提供に努める必要がある。
 - また、環境修復や、住民に対する生活上の一部制限、生活上の注意喚起など、今後の対応方針等について、あらかじめステークホルダと十分に協議し、その情報もあわせて提供する必要がある。