

東日本大震災と地理学ーハザードマップを再考するー

# 放射能汚染と地理学

ー汚染の分布をいかに地図化するかー

近藤昭彦 千葉大学環境リモートセンシング研究センター  
小林達明 千葉大学園芸学研究科  
鈴木弘行 千葉大学薬学研究院(アイソトープ実験施設)  
千葉大学山木屋後方支援チーム



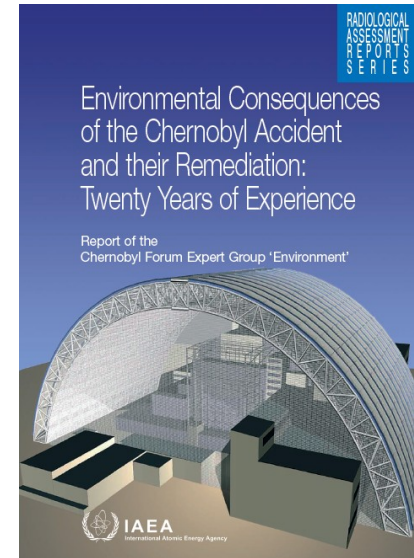
東日本大震災と地理学ーハザードマップを再考するー  
**再来するハザードに備える ×  
リスクとどう向き合うか!?**





# 原子力災害－広域放射能汚染－

- ① **日本で、はじめての経験** (汚染が広域、主体的に取り組むべき)  
チェルノブイリの経験は活かせるか  
⇒日本という場において共有できる情報か
- ② **現場で何を知れば良いか**  
汚染の実態を知り (マッピング)、対応策へ活かす  
⇒空間線量 (Sv)、放射能 (Bq) 分布と変化
- ③ **どう対応すれば良いか** (対応できるのか、という議論はしない)  
汚染状況の分布図をどのように活かすか  
⇒地理学的視点で解釈、そして対策へ



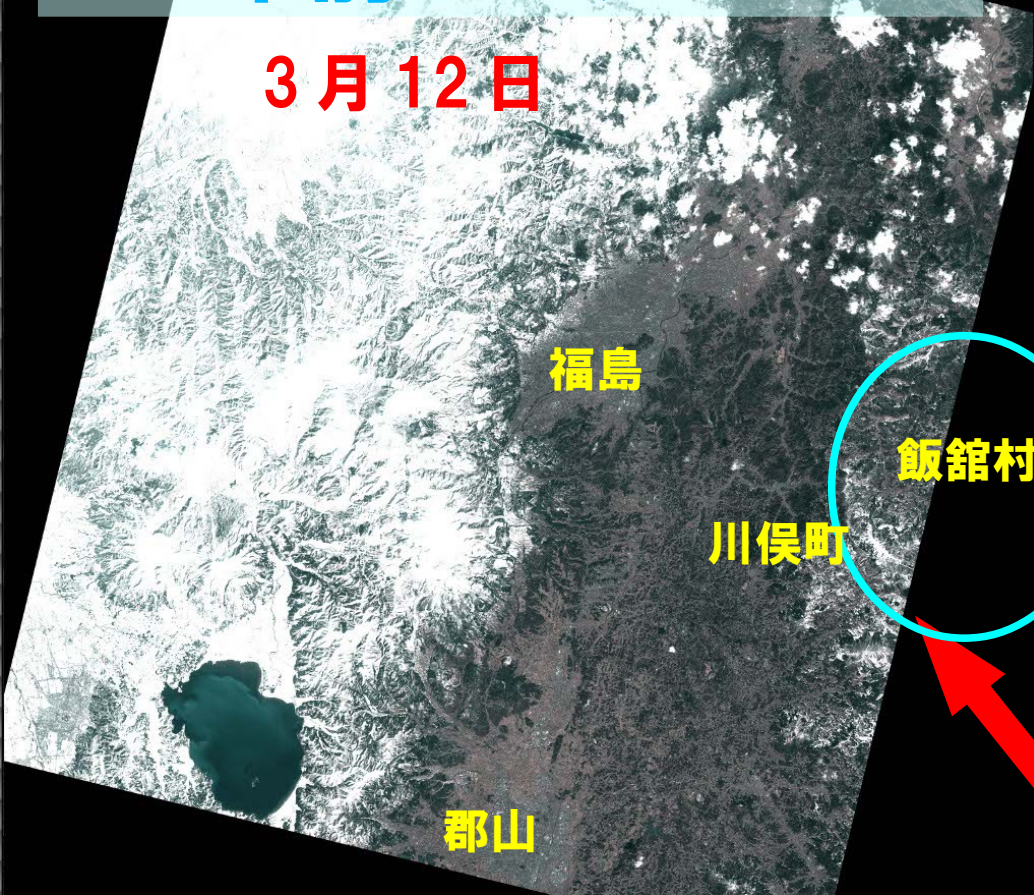
(IAEA, 2006)

## 空間・時間軸、場の多様性、関連性

(文明論に立脚した議論や除染の可能性に関する議論はここでは行わないことにする)

# 1年前をふりかえる

3月12日



宇宙から見た  
福島、阿武隈  
山地

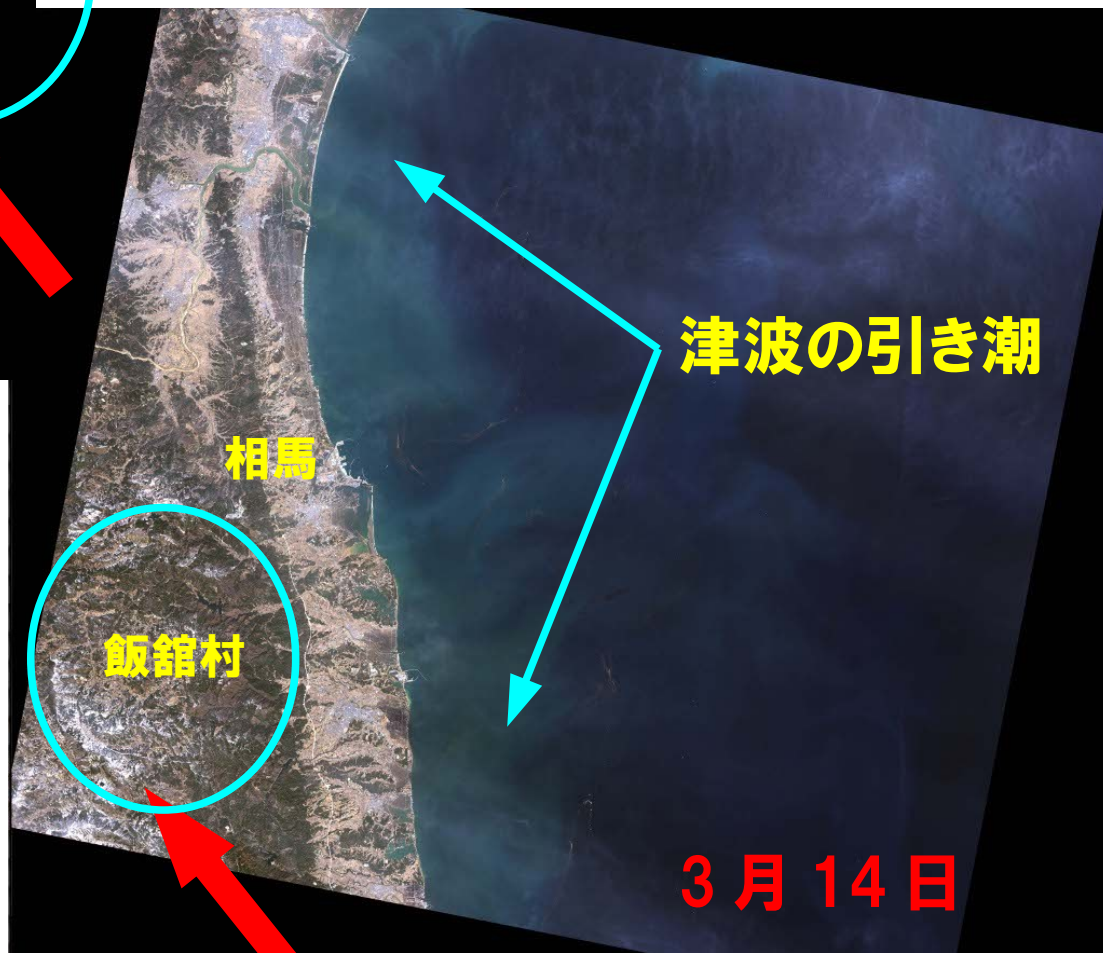


地震発生後のALOS(だいち)画像  
2011年3月12日(左)  
2011年3月14日(下)

このとき、飯舘村や川俣町では  
浜通り方面からの避難者受け入れ

その後...  
津波からの避難者に対応していた  
住民が避難へ

支援者から避難者へ



3月14日



# 運命の日を迎えた

飯舘村

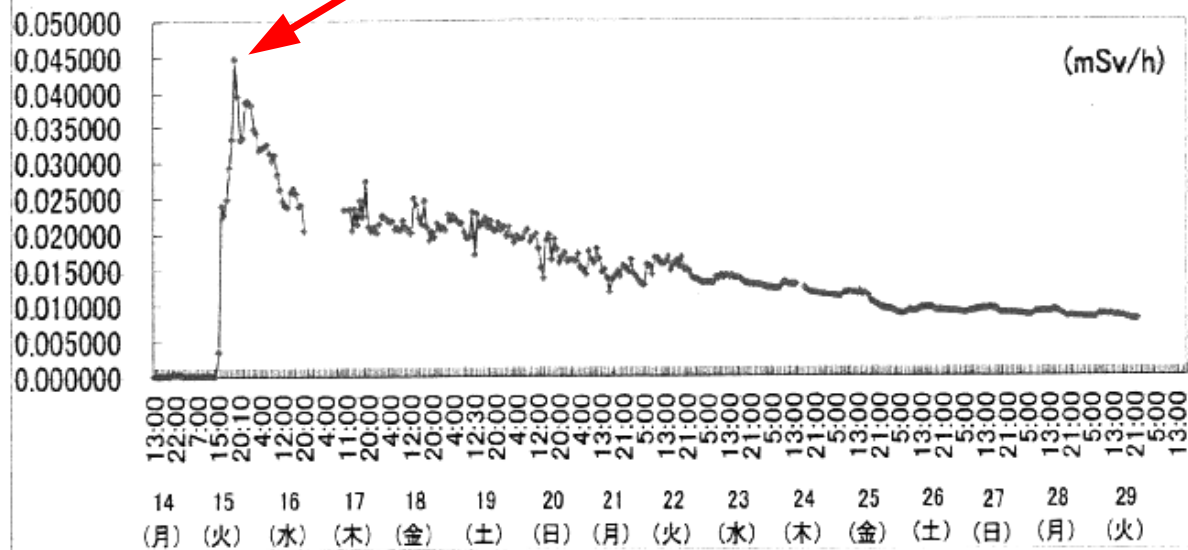
郡山

15日午後から降り出した雨は、夕方になると雪となり、飯舘村を覆った。その雪は...



15日の夕方、飯舘役場前では40  $\mu$ Sv/hを超えた！

3月16日午前のALOS画像



その時



福島原発の避難指示  
半径20キロ圏内に拡大

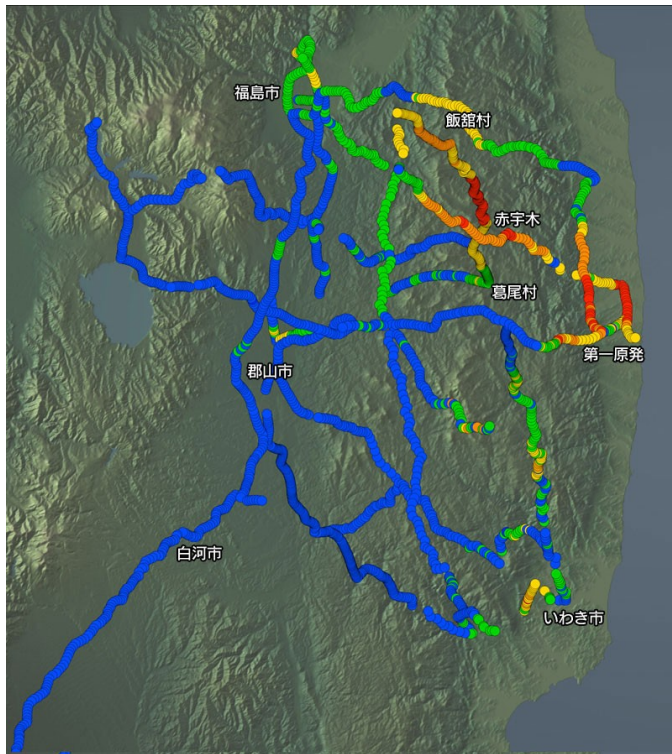
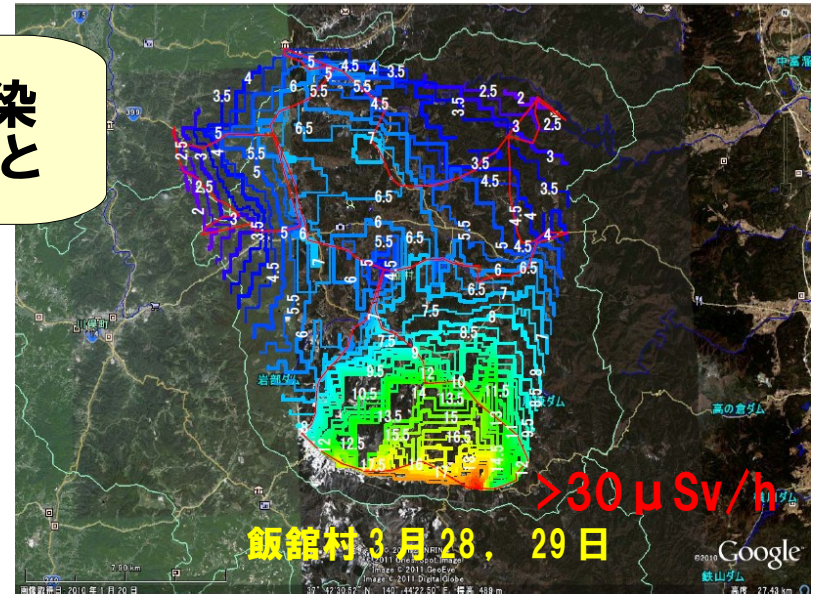


# その頃、多くの研究者が、福島を目指していた...

2011年5月15日(日)  
2011年5月20日(金) 総合 午前1時30分  
2011年5月28日(土) 教育 午後3時 再放送  
ネットワークでつくる放射能汚染地図  
～福島原発事故から2か月～

その思いは汚染  
マップを作ること

最も初期の空  
間線量率観  
測結果

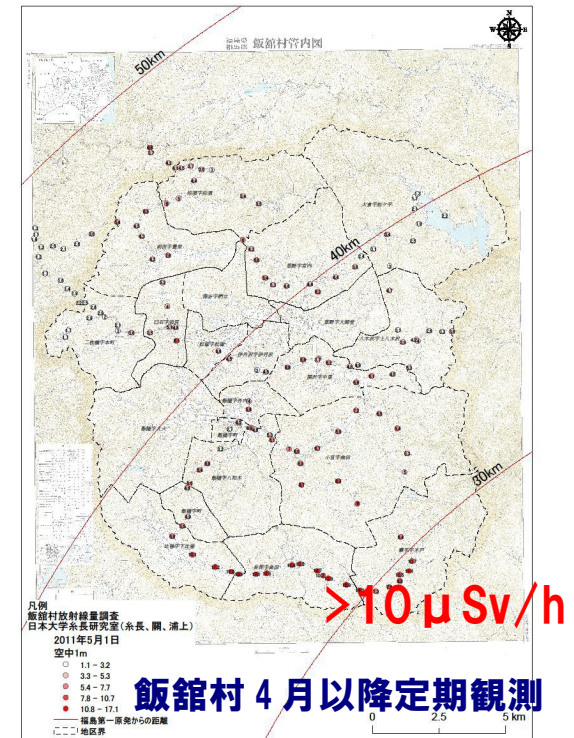


◀ 木村真三氏らによる空間線  
量率測定

京都大学今中らのグループが  
行った3月28日、29日  
の飯館村調査結果(京大、広島  
大、國學院大、日大チーム)▲

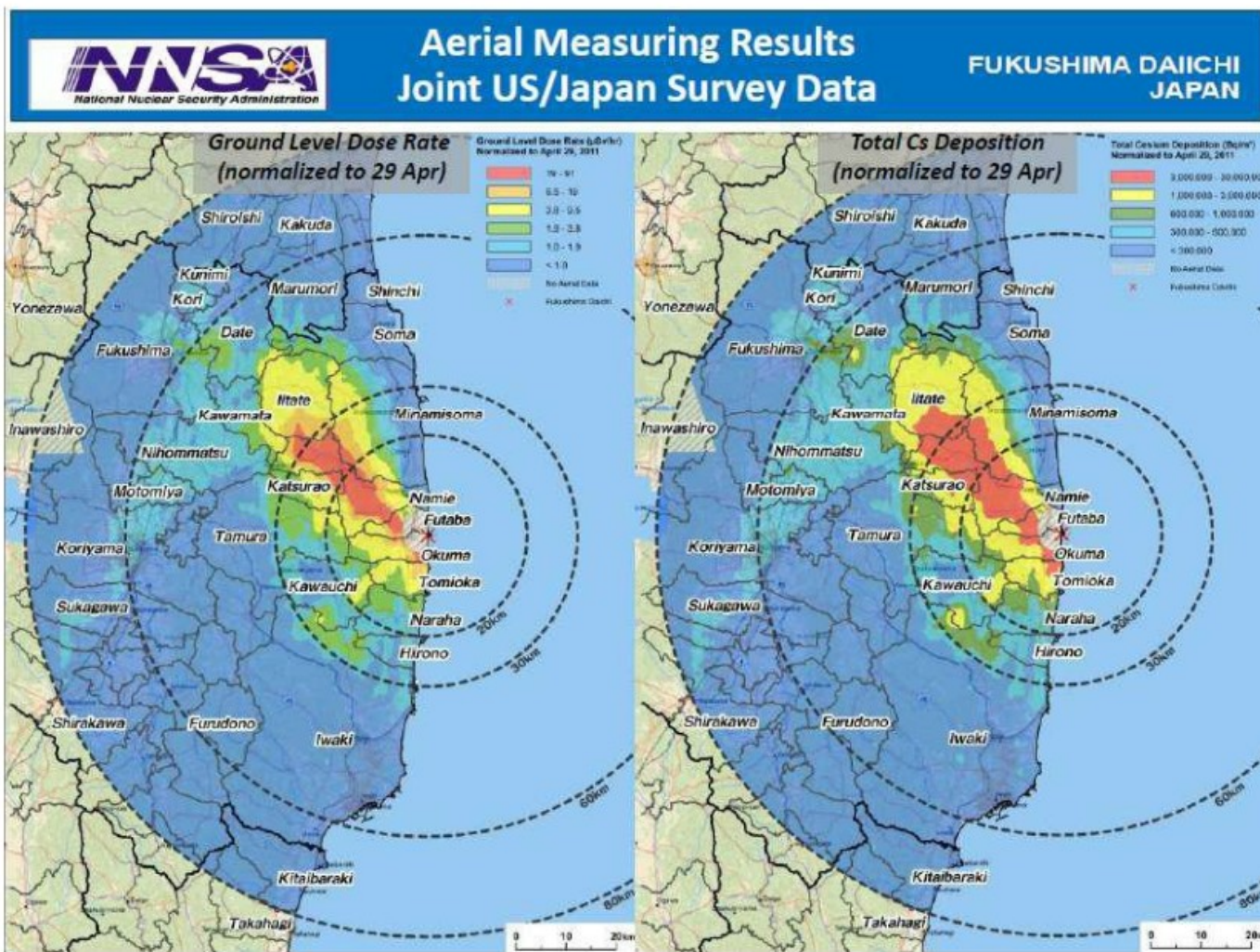
飯館村の放射性物質汚染状況  
調査結果速報(2011年4月  
29日～5月1日実施)▶  
日本大学生物資源科学部生物  
環境工学科糸長浩司研究室  
(飯館村後方支援チーム)

初期の段階では個別の情報  
が共有されていなかった。  
住民への伝達は研究者  
が支えていた。





五月頃から汚染の状況が  
広域の地図として公開



DOEのホームページ  
にはかなり早い段階  
から掲載されていた



アメリカエネルギー省 (DOE)、5月13日発表、10月21日修正  
いつから計測されていたか

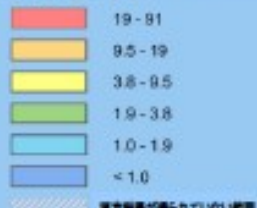


文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果  
(福島第一原子力発電所から80km圏内の線量測定マップ)

**5月6日報道発表**  
原発事故から約2ヶ月  
**地域区分の根拠?**

**4月11日**  
計画的避難区域指定予告  
**4月22日**  
計画的避難区域指定  
**6月~7月**  
避難終了

地表面から1mの高さの空間線量率 (μSv/hr)  
[4月29日調査の値に換算]



## DOE/MEXT 空間線量調査

最初の計測は**3月17日**から行われ、その結果は3月下旬にはDOEのホームページで公開された。多くの方が飯館村方向の高空間線量率地域の存在を知っていた。(日本のシステムは連絡ミスで初期の観測ができなかった)



**空中からγ線を計る!**



NNSA Aerial Measuring Systems  
国家核安全保障局 (YouTube から)



# 放射性物質の分布状況 等に関する調査研究



6月4日岳温泉に集まった約140名の研究者

## 6月スタート



## 8月31日報道発表

原発事故から約半年





# 放射能汚染マップ

チェルノブイリの事例と比較すると作成自体は早かったのだが.....

## 何を読むべきか

- 放射性物質の沈着と土地の性質との関係
- 放射性物質の移行と土地の性質との関係
- その他

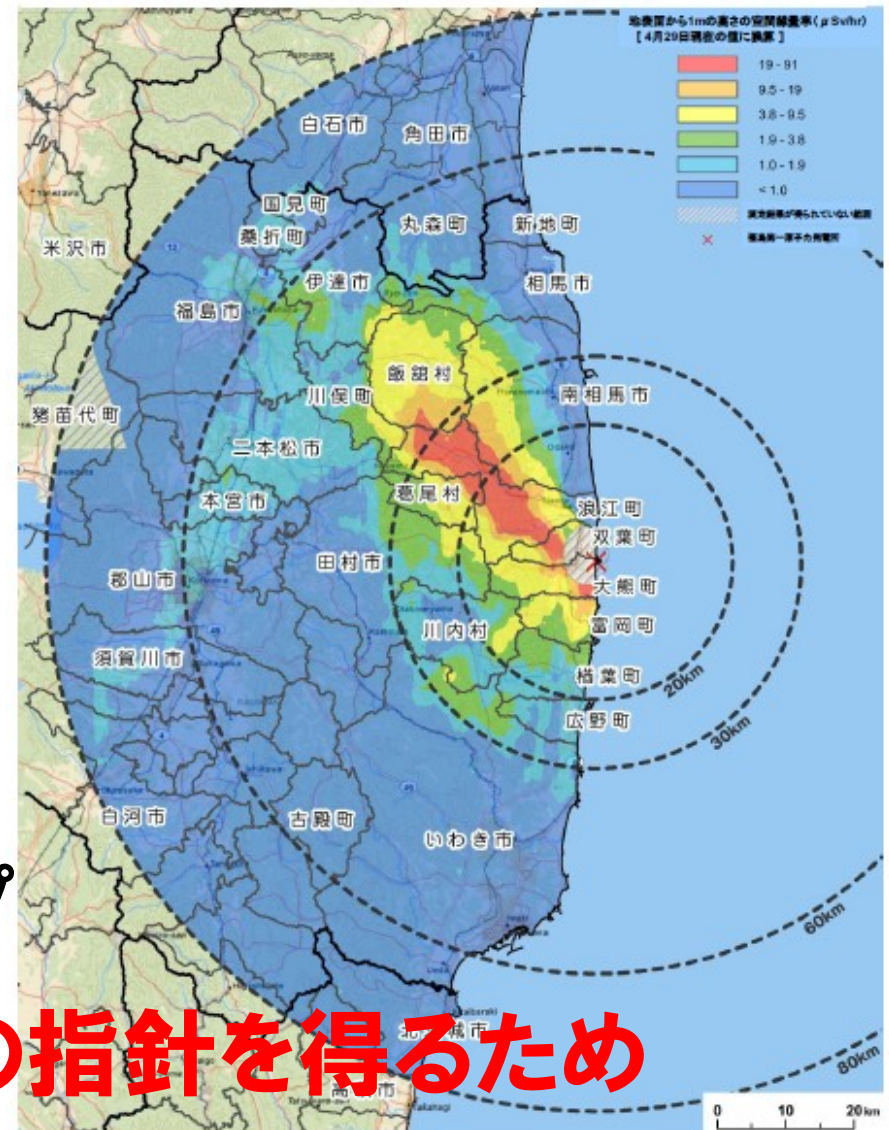
## 何が足りないか

- 大スケールマップ
- 環境を構成する諸要素との関係がわかるマップ

**地域における対応策への指針を得るため**

別紙1

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  
(福島第一原子力発電所から80km圏内の線量測定マップ)

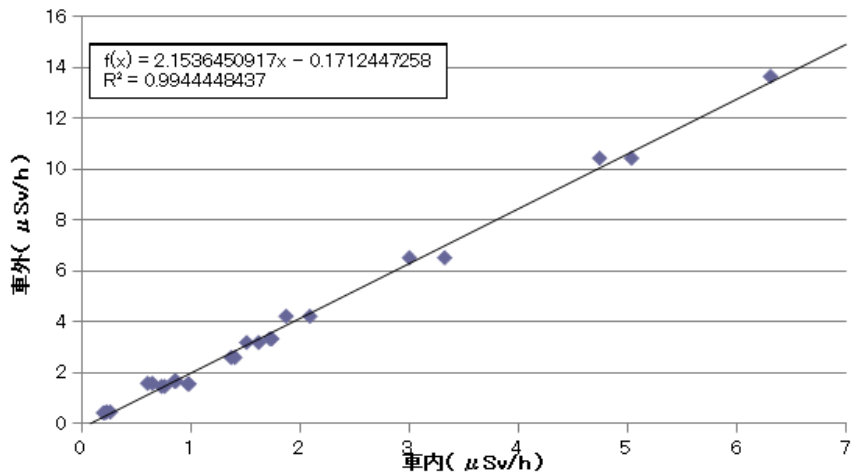




# 走行サーベイを実施

## 地上 1m の空間線量率測定

車外(100cm)と車内の放射線量(エアウェイブ)



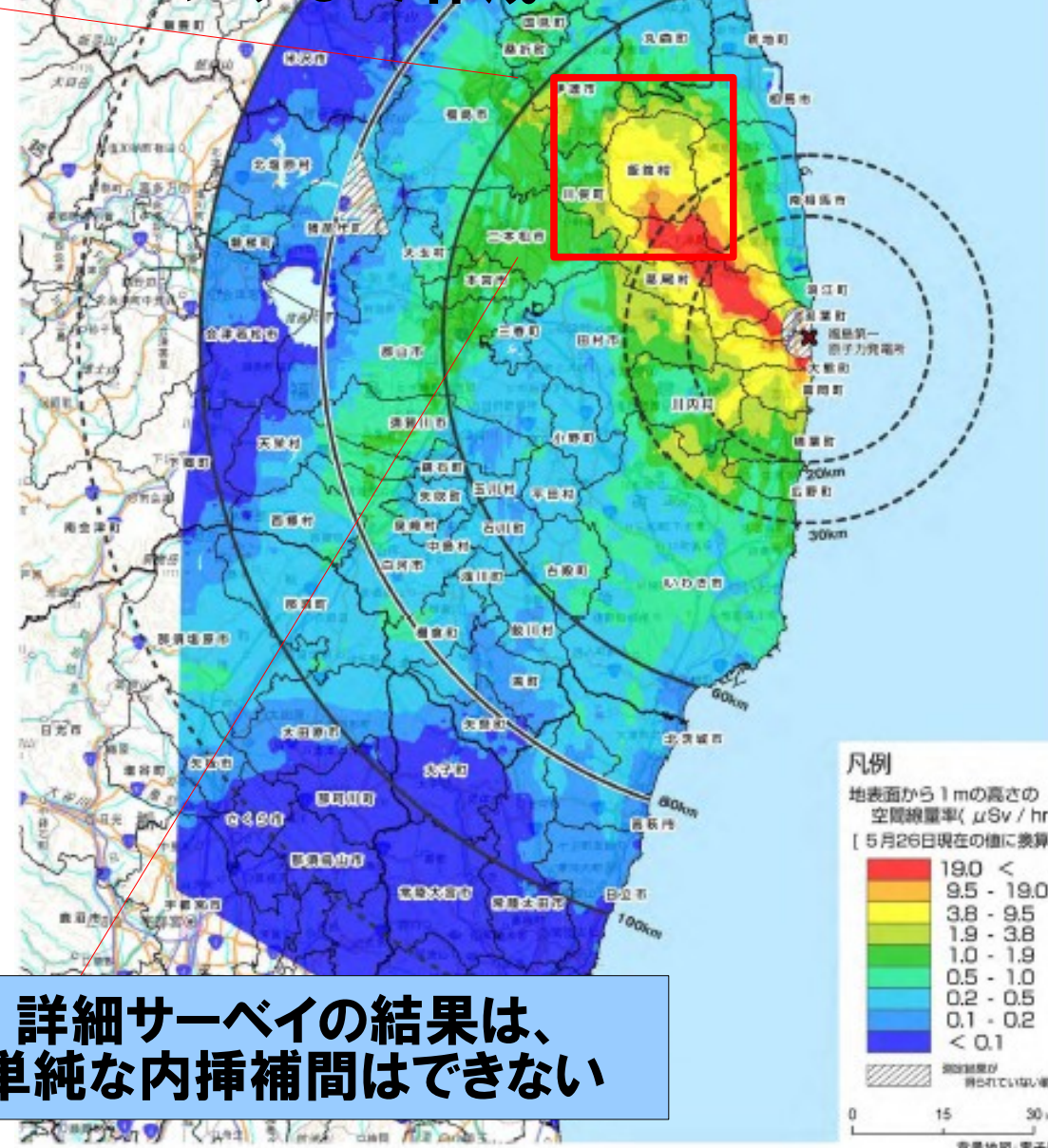
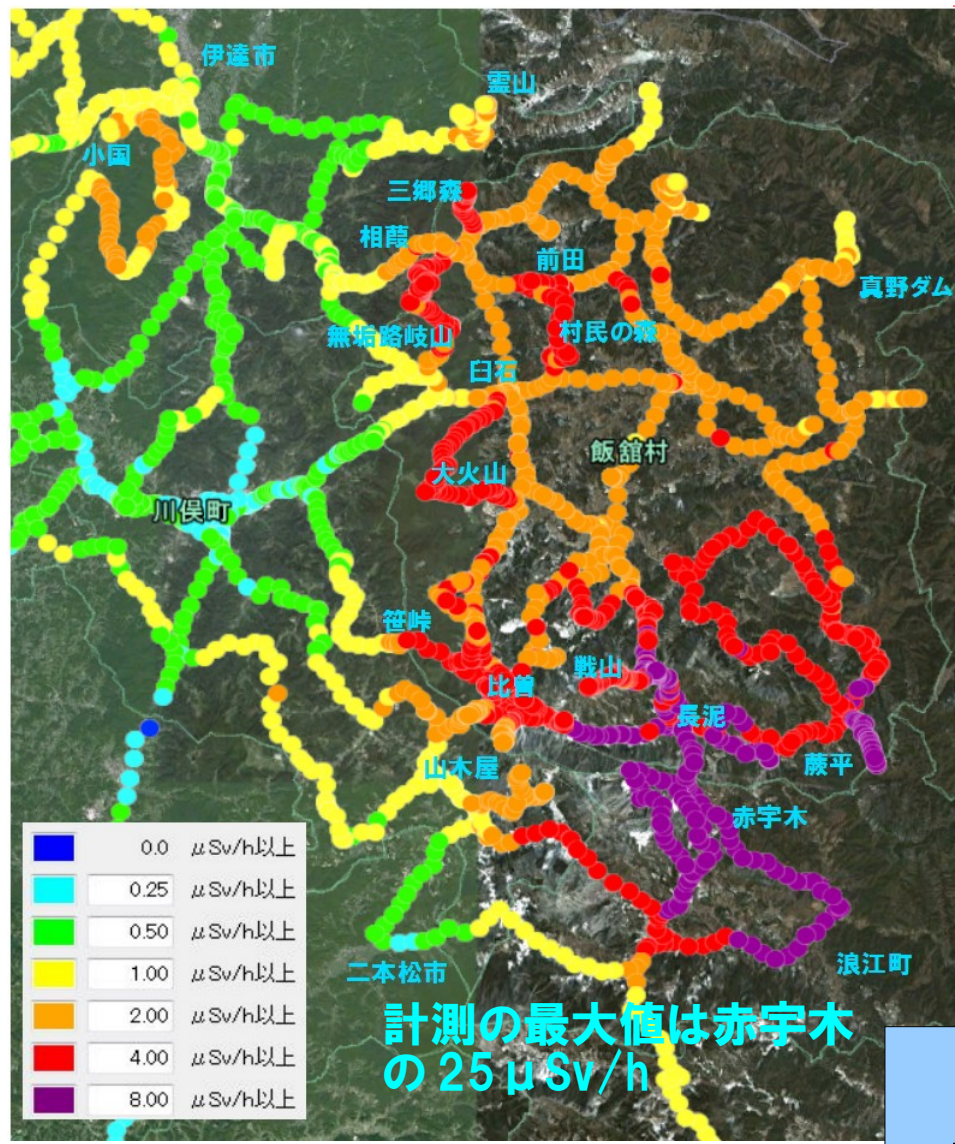
GPS と連動する γ 線スペクトロメーター RT-30

走行サーベイはKURAMAシステムによる国の観測もある  
⇒ 幹線道路沿い



空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) は土地被覆によって不連続に変わる。⇒放射性物質の沈着の様式による

航空機モニタリング  
300 ~ 600m のフットプリントの観測値をリサンプリングして作成

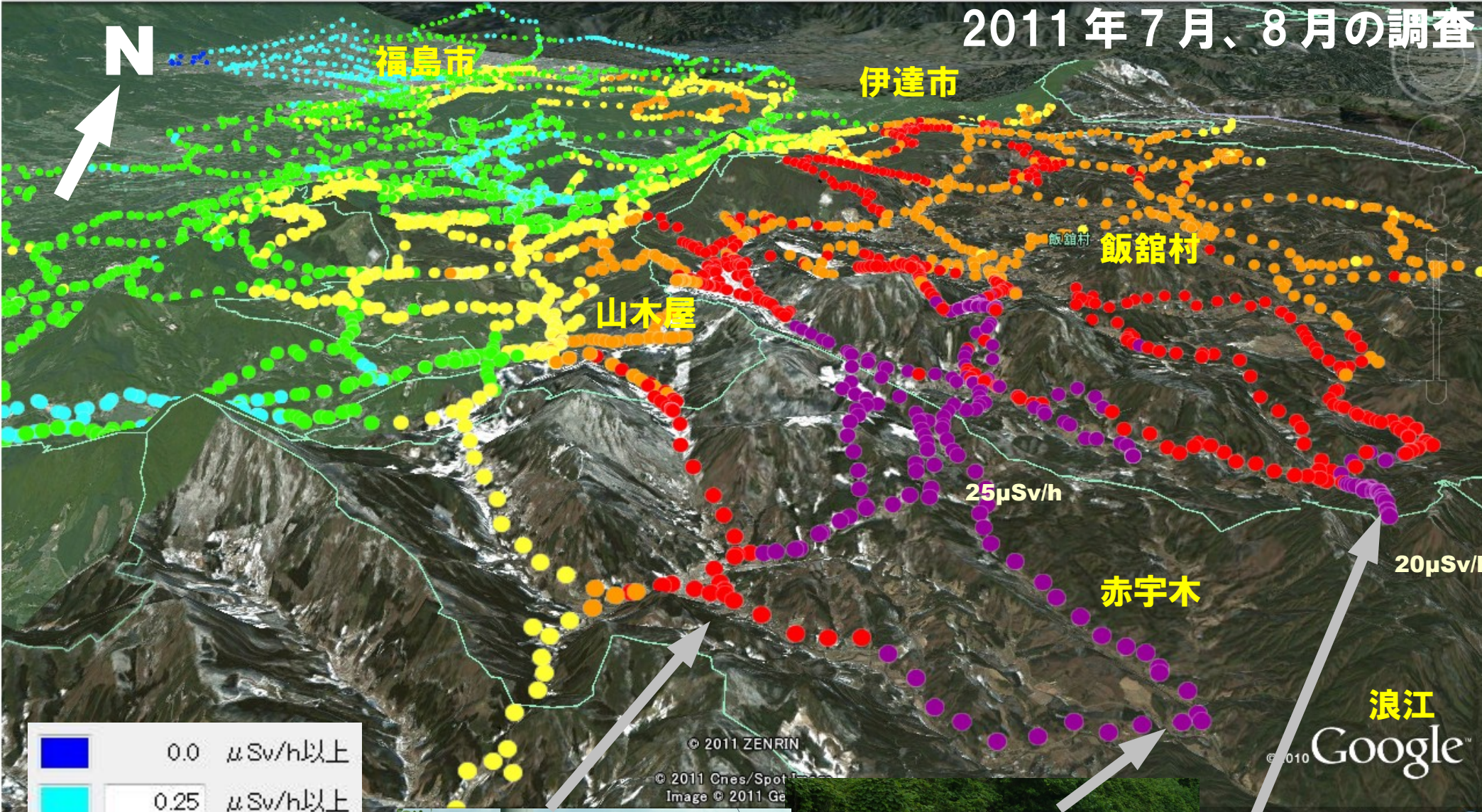


詳細サーベイの結果は、単純な内挿補間ができない

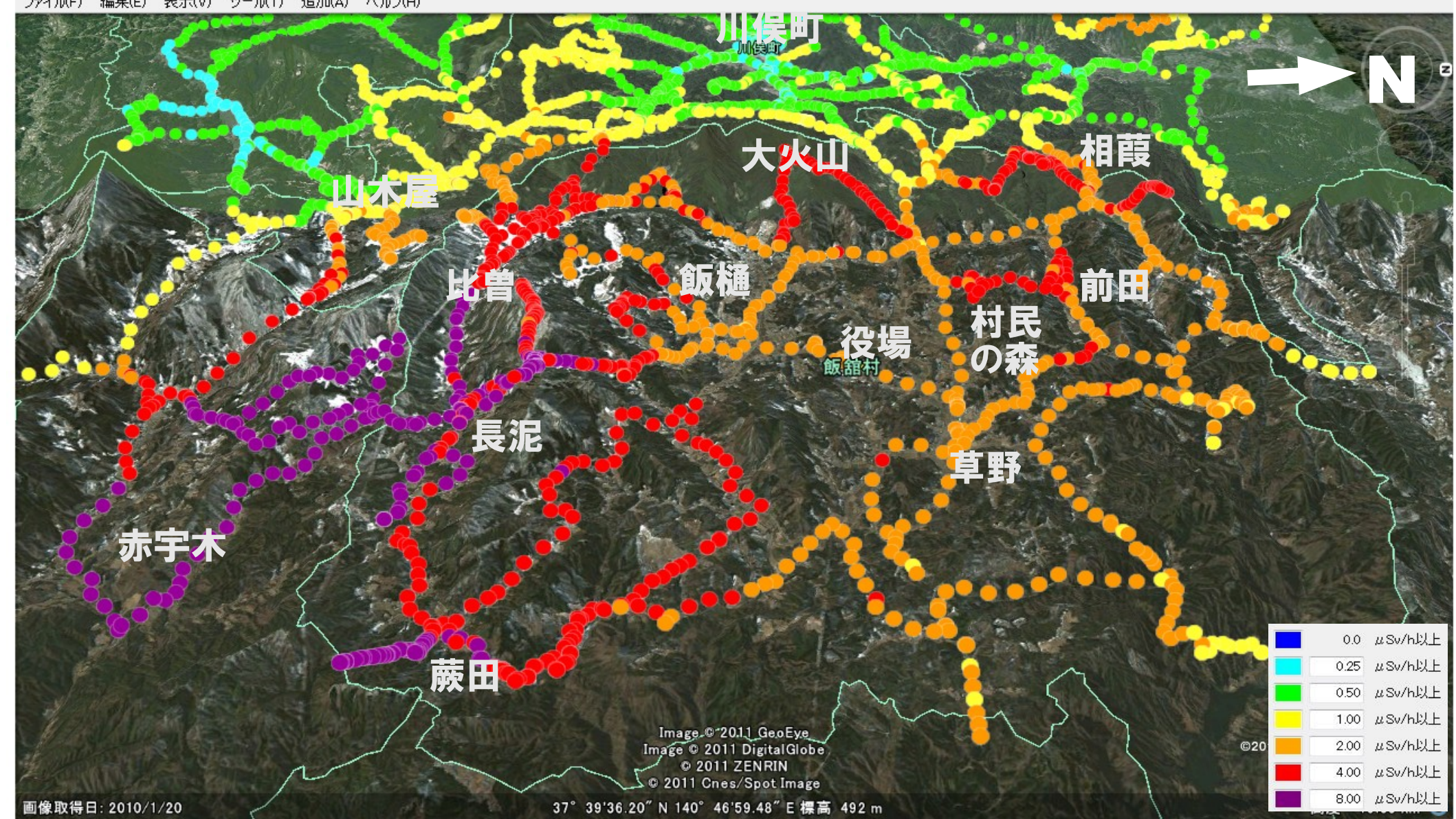
チーム千葉による7月調査結果



# 2011年7月、8月の調査











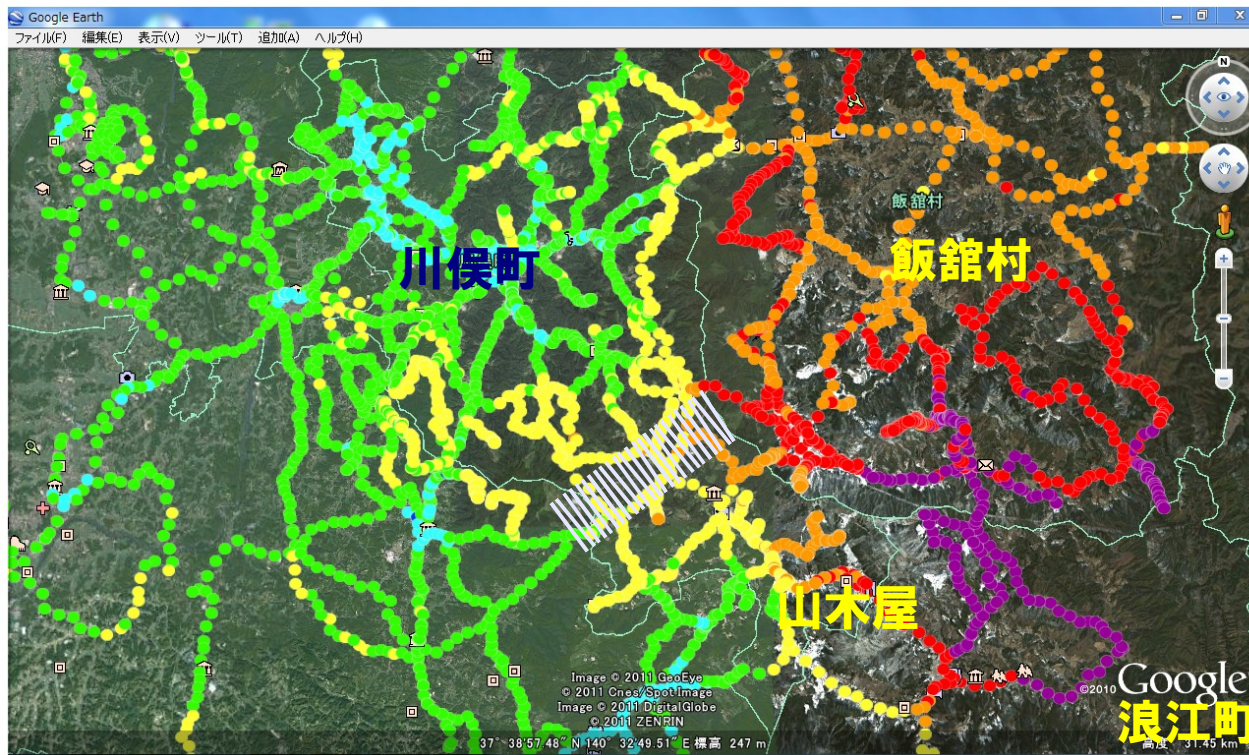
凡例で印象  
が異なる

## 自動車走行サーベイによる 川俣町内モニタリング 調査結果

平成 23 年 8 月 31 日  
原子力災害対策現地本部  
(放射線班)  
県災害対策本部  
(原子力班)

調査日時  
平成 23 年 8 月 23 日

<http://www.pref.fukushima.jp/j/kawamata0823.pdf>



## チーム千葉による自動車走行 サーベイの結果

川俣町の調査日時  
平成 23 年 8 月 20 日

結果は直ちに川俣町に伝達

■	0.0	$\mu\text{Sv/h}$ 以上
■	0.25	$\mu\text{Sv/h}$ 以上
■	0.50	$\mu\text{Sv/h}$ 以上
■	1.00	$\mu\text{Sv/h}$ 以上
■	2.00	$\mu\text{Sv/h}$ 以上
■	4.00	$\mu\text{Sv/h}$ 以上
■	8.00	$\mu\text{Sv/h}$ 以上

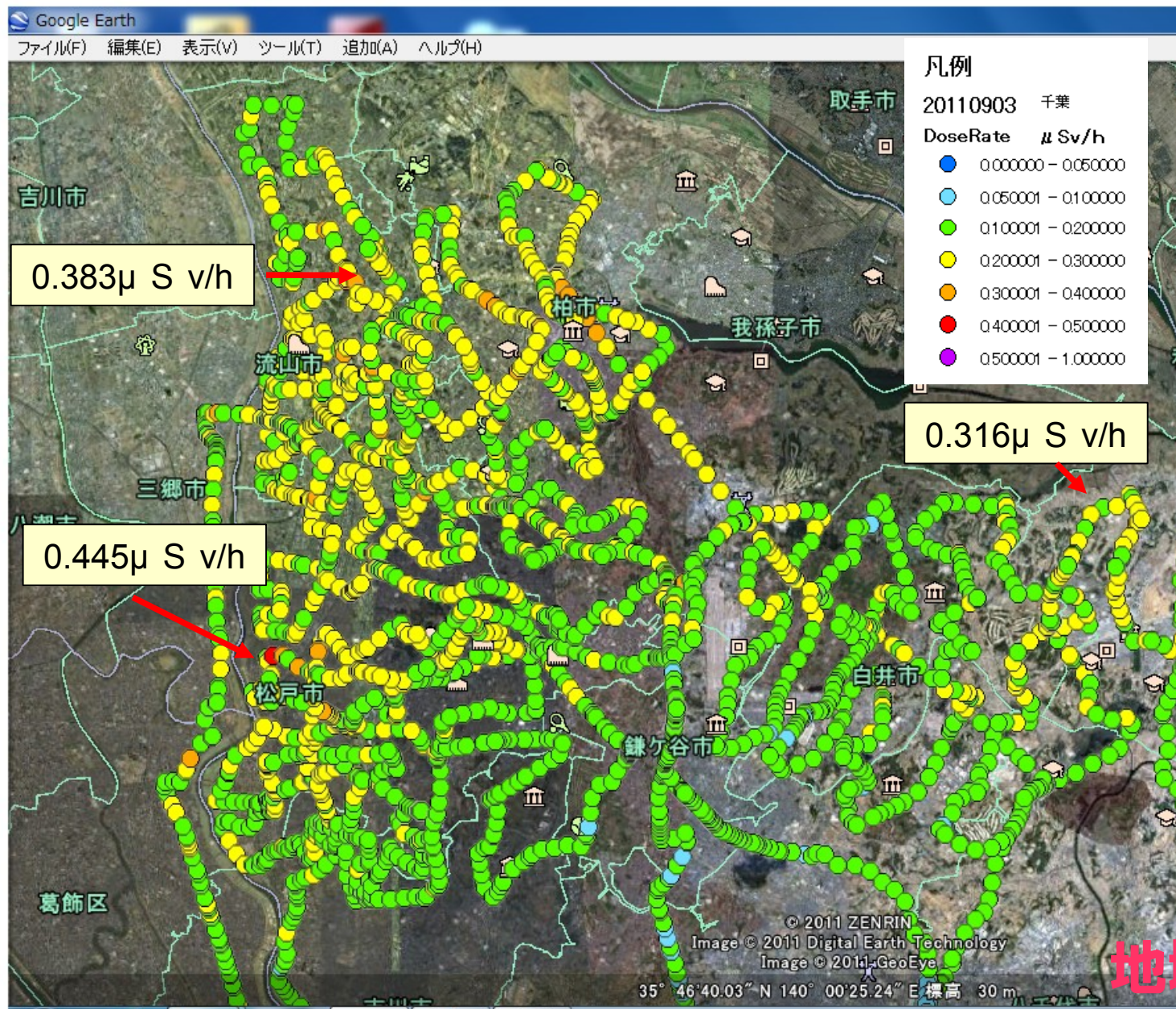
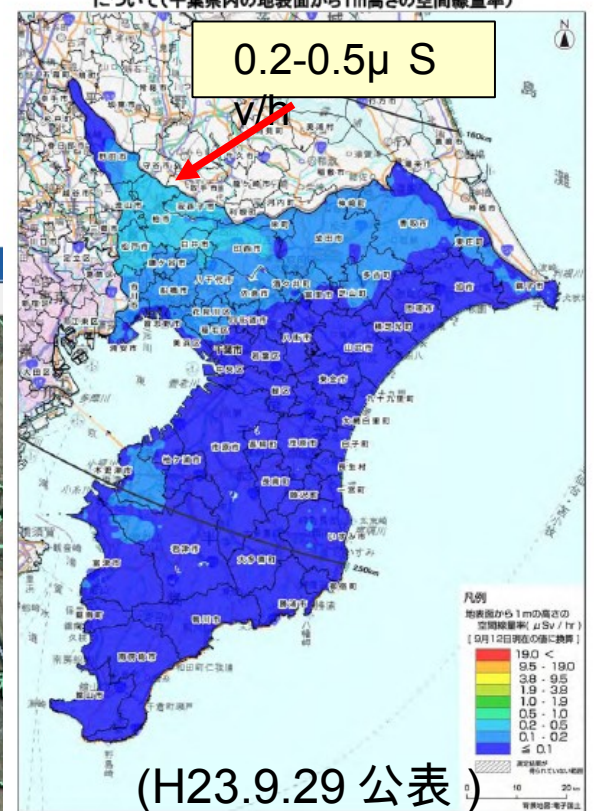
1 m Sv/y





# 文科省の航空機サーベイ結果（右）と 走行サーベイによる空間線量率分布（下） （観測は9月）

文科科学省による埼玉県及び千葉県内の航空機モニタリングの測定結果  
について(千葉県内の地表面から1m高さの空間線量率)

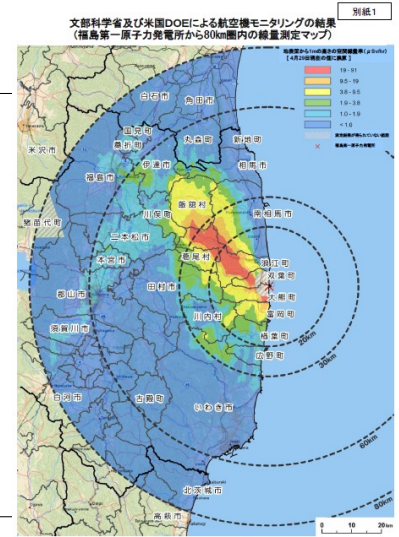


地域との連携は



# 放射能汚染ハザードマップ（仮称）

## 放射能汚染による暮らしへのリスクを減らすための空間線量率・放射能分布図はどうあるべきか？



これまで

**緊急時避難**

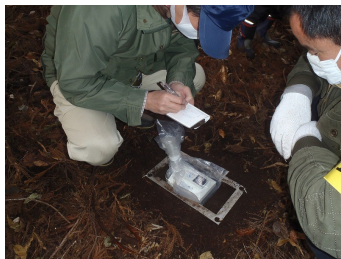
SPEEDI  
事故時には機能しなかった

**計画的避難**

避難区域の線引き  
⇔地域コミュニティの対応

これから

**除染・帰還**



**暮らしスケールの除染**  
⇒最小単位は小流域  
⇒地域ごとに行う  
**暮らしの安全・安心**  
⇒地理学の知識・経験



**将来予測**

**FMWSE 大学連合チーム**



平成 23 年度科学技術戦略推進費  
放射性物質による環境影響への対策基盤の確立  
福島 陸域・水域モニタリング大学連合チーム 第2期  
FUKUSHIMA RADIATION MONITORING OF WATER, SOIL, LAND AND ENTRAINMENT

（ここでは除染・帰還が可能かという議論はしない）



# 議論の大前提－科学と社会 / 地理学と地域－

川俣町山木屋地区における

## 除染・帰還の“目的の達成”を地域と共有する

- ・ 除染不可能論はとらない
- ・ 分村・移住論とは目的は同じ

山木屋地区は汚染が少ない地域もあるが、地区として避難を受け入れ  
“地域によって異なる事情”



2月28日千葉大学において山木屋地区の代表の方々と議論



# 暮らしスケールの除染はどうあるべきか

## 詳細な汚染マップの作成

⇒GPSと連動させたγ線スペクトロメーターによる歩行サーベイ、簡易土壌調査、ほか

1月9日測定  
分水界付近で  
高い空間線量率

水の安全・安心  
の確認  
⇒水の放射能調査

1月下旬  
雪による  
減衰あり

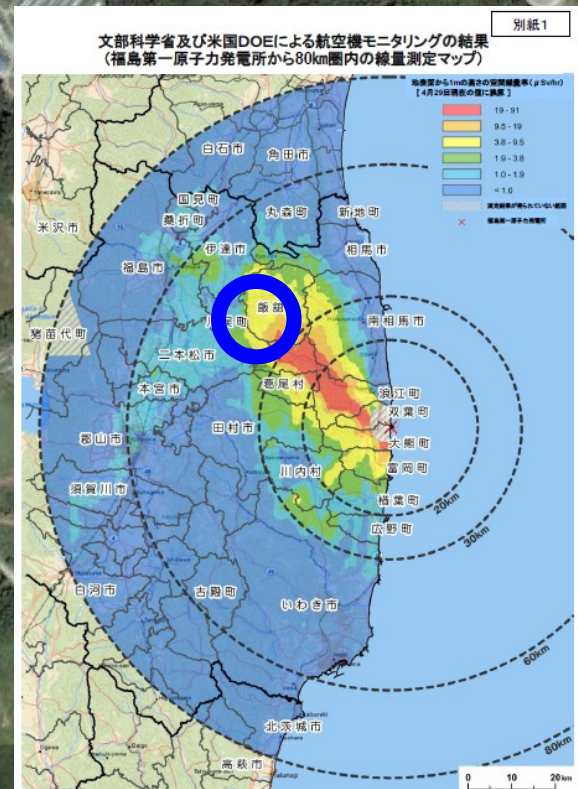


里山の小流域  
を水源とした集落  
暮らしの単位は流域

### 凡例

DozeRate ( $\mu\text{Sv/h}$ )

● - 0.2	● 1.0 - 1.2
● 0.2 - 0.4	● 1.2 - 1.4
● 0.4 - 0.6	● 1.4 - 1.6
● 0.6 - 0.8	● 1.6 - 1.8
● 0.8 - 1.0	● 1.8 - 2.0
● 2.0 - 4.0	





凡例を変えると南西方向への空間線量率の低下がよくわかる。

DozeRate	$\mu\text{Sv/h}$
●	0.394 - 0.600
●	0.600 - 0.700
●	0.700 - 0.800
●	0.800 - 0.900
●	0.900 - 1.000
●	1.000 - 1.200
●	1.200 - 2.000

井

井

井

汚染の程度には地域性がある  
⇒ 普遍的な方法か、地域ごとの対応か？

空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) は表面汚染密度 ( $\text{Bq/cm}^2$ ) と対応

335 m



① 高標高部で高い空間線量率。②土質により異なる空間線量率。

凡例

DozeRate ( $\mu\text{Sv/h}$ )

● - 0.2	● 1.0 - 1.2
● 0.2 - 0.4	● 1.2 - 1.4
● 0.4 - 0.6	● 1.4 - 1.6
● 0.6 - 0.8	● 1.6 - 1.8
● 0.8 - 1.0	● 1.8 - 2.0
	● 2.0 - 4.0

1月9日測定  
谷埋盛土地（粗粒）  
で空間線量率が  
低い

ひこばえの玄米  
40Bq/kg

二本松

山木屋

1月9日測定  
積雪無し

1月29日測定  
積雪あり  
盆地は低い



二本松



# ① 南東側斜面の基部が高い。また、尾根の牧草地が高い。



# ② 水田では道路より水田内が若干高い。



# ハザードマップとしての放射能汚染地図 地理学の知識・経験の活用

山村における暮らしは水源から田畑までを含む里山の流域単位で成り立っている

⇒ **山地の除染の必要性**

⇒ **斜面水文学、森林水文学等の知識**



水源(地下水)の安心が暮らしの安心

⇒ **山地流域の地下水流動系の理解**

⇒ **地下水水文学の知識**

13カ所の井戸で  
検出限界以下

生業の復活

⇒ **除染の実施**

⇒ **マーケットとの連携**

農家の知識、  
経験を活かす



**暮らしの復興のための地理学**



# ハザードマップとしての放射能汚染地図

地理学の知識による主題の読み替え

## 空間線量率、放射能と植生・土地被覆の関係

- ・常緑針葉樹、落葉広葉樹、植生の違いによる沈着量分布と移行の特性

⇒ 植生図



## 土壌の特性と放射能

- ・放射性セシウムは細粒土に吸着、移動しにくい

⇒ 土壌図・地質図

## 地形と沈着量分布の関係

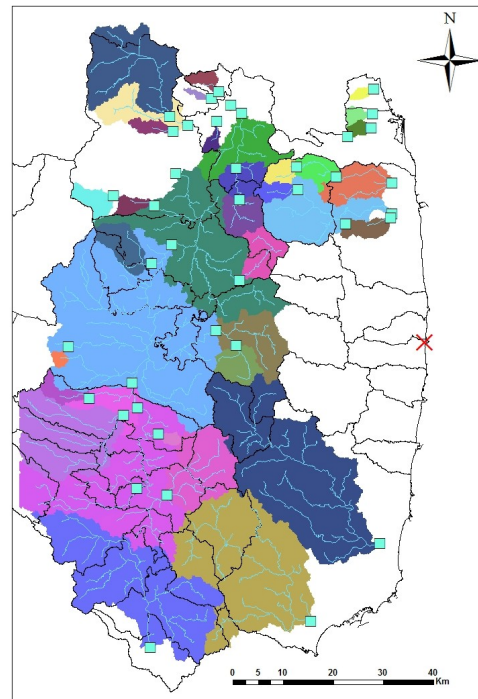
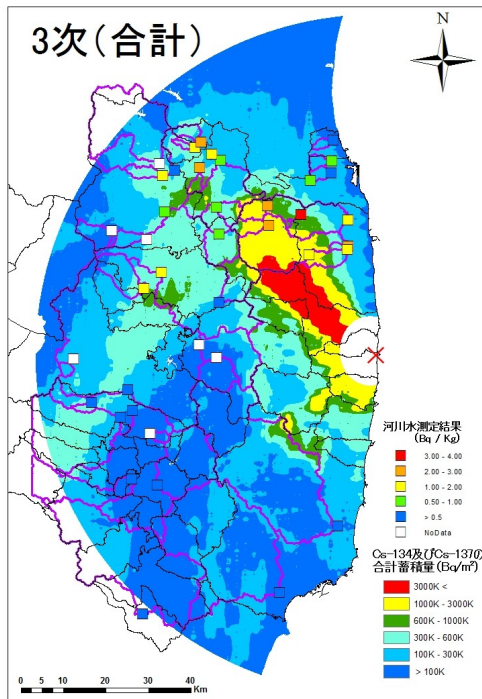
- ・小スケールの地形が放射能分布に影響

⇒ 場の特性の理解を前提としたサーベイでマップ化

雪解け後に調査再開予定

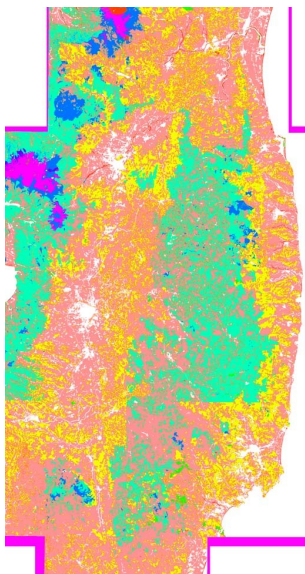
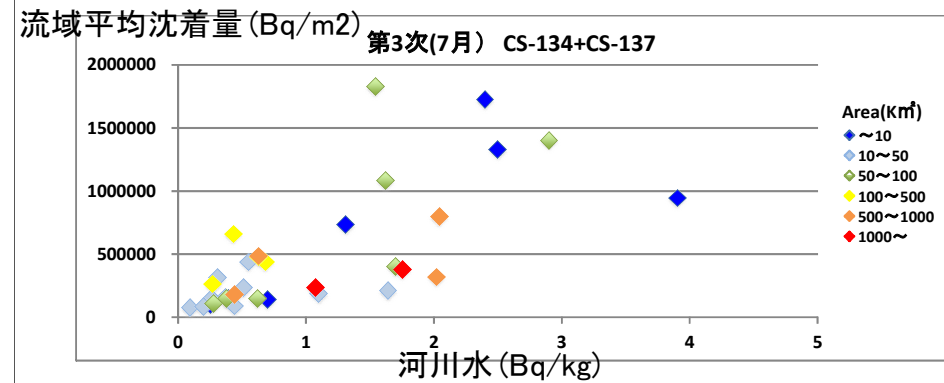


# 広域地理情報解析の可能性



河川水の放射能と流域の沈着量の関係は？

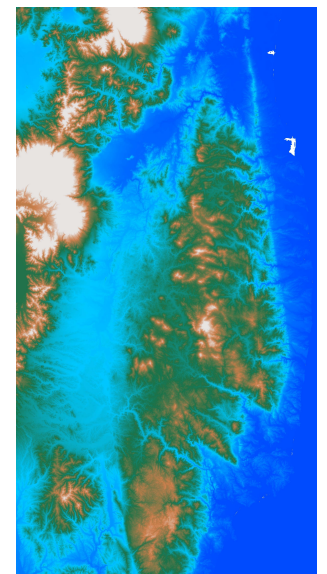
・DEMとサーベイ結果を用いた地理情報解析



植生図

(左)環境省植生図:原発事故時の樹冠の状態が地表面への沈着の特性を決定  
(右) 高空間分解能 DEM:物質の移動方向を決定

地域を平面で見るとはならず、多様な構成要素が相互に関係性を持つ個性を持った地域として認識する



DEM



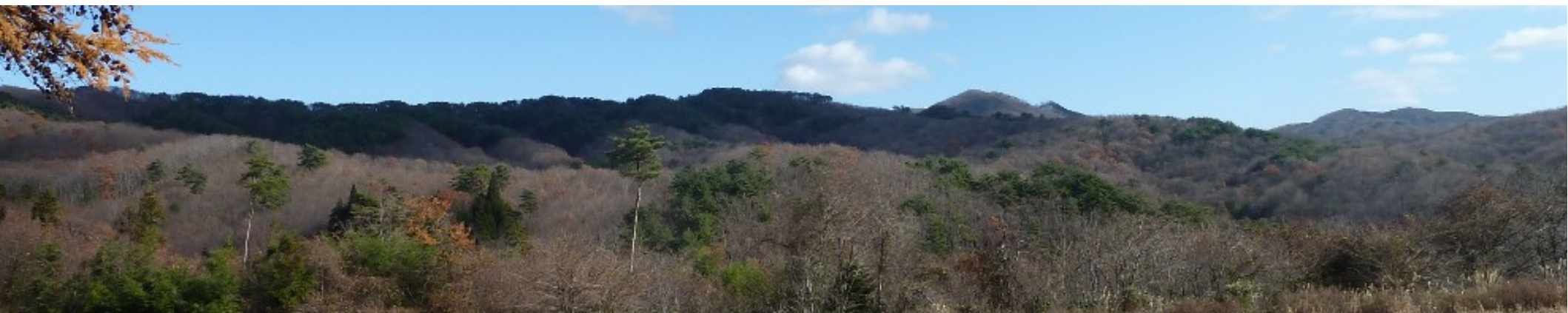
# ハザードマップとしての放射能汚染地図

- 再来を仮定したハザードマップではない。
- 除染を実行し、被曝を可能な限り減らし、
- 暮らしの復興への道筋をつけるための、
- 地理情報による多層マップ⇒ GIS

地理学の知識・経験を活かす

植生、地形、水、農村地理、経済地理、...

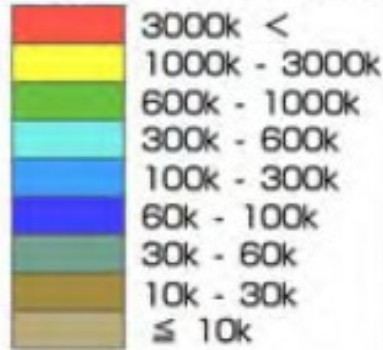
普遍的な方法をベースに、地域の特性に配慮



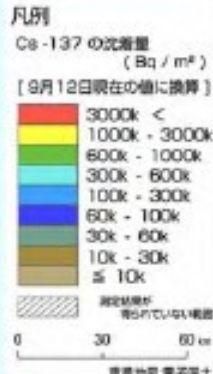


文部科学省による埼玉県及び千葉県内の航空機モニタリングの測定結果について(文部科学省がこれまでに測定してきた範囲及び埼玉県及び千葉県内の地表面へのセシウム137の沈着量)

凡例  
Cs-137の沈着量  
(Bq/m<sup>2</sup>)  
[9月12日現在の値に換算]



0 30 60 km



(文科省ホームページ)

# 【確認】放射能汚染の現状の認識

## チェルノブイリ事故被災三カ国における汚染ゾーンの定義

	(kBq/m <sup>2</sup> )
強制避難ゾーン	1480 以上
強制移住ゾーン	555 ~ 1480
移住が認められるゾーン	185 ~ 555
放射能管理が必要なゾーン	37 ~ 185

注) Cs137 のレベルによる区分(今中,1998)

スウェーデン北部において Cs137 で 100kBq/m<sup>2</sup>あたり 0.11 の過剰相対リスク

(Tondel *et al.*, JECH, 2004)

注) Tondel 氏自身も日本への当てはめは慎重にすべきと述べている。

## これらの数値を示す空間的範囲の広さは？

## 地理学者は何をすべきか、あるいは、何ができるのか？

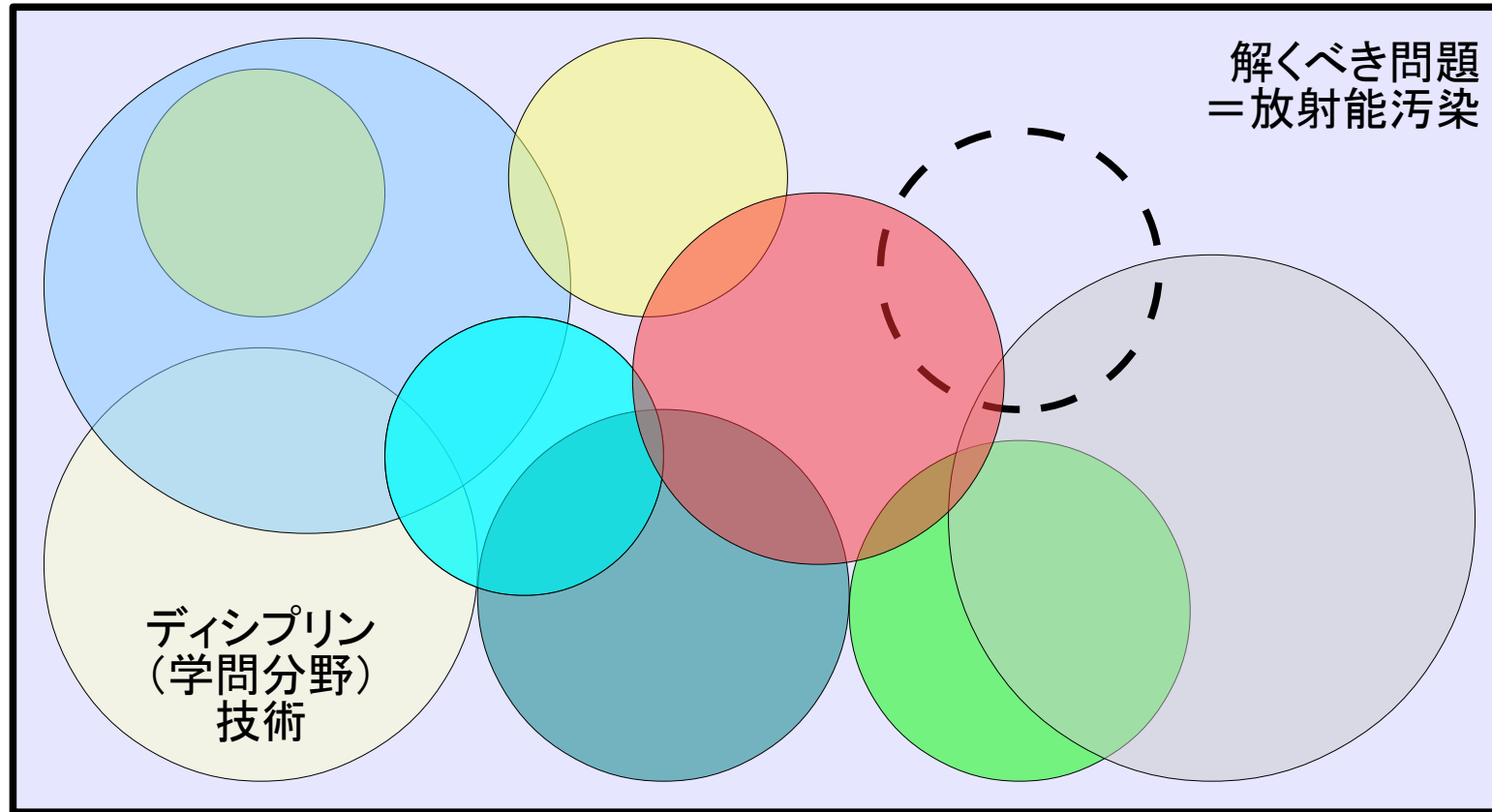


# 社会の中の科学、社会のための科学

[世界科学会議(1999)「ブダペスト宣言」の4番目]

## 地理学が「役に立つ」とはどういうことか？

⇒ 問題の解決を共有する枠組みの中で役割を果たすということ



鳥越皓之著「環境社会学」図 15-1 科学の守備範囲の模式図をベースに作成

**地理学をこのフレームの中に位置づける！  
暮らしを安全に導く主題図としてのHM！**