

20180423水資源環境研究センター

里山流域における水・物質循環と 環境回復への試み —311後7年間の経験と考察—

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)

ここは2010年までは何だった場所か

広域放射能汚染で突然暮らしが奪われたという現実を眼前にして考えた。

- ・問題は解決できるのか
- ・学問に力はあるのか



問題の解決,合意形成に必要な三つの観点

解決≡諒解

共感

人と対峙し、問題を
“わがこと化”すること:
関係性の認識

共感基準

理念

めざすべき社会の
あり方を共有ある
いは尊重すること

原則基準

合理性

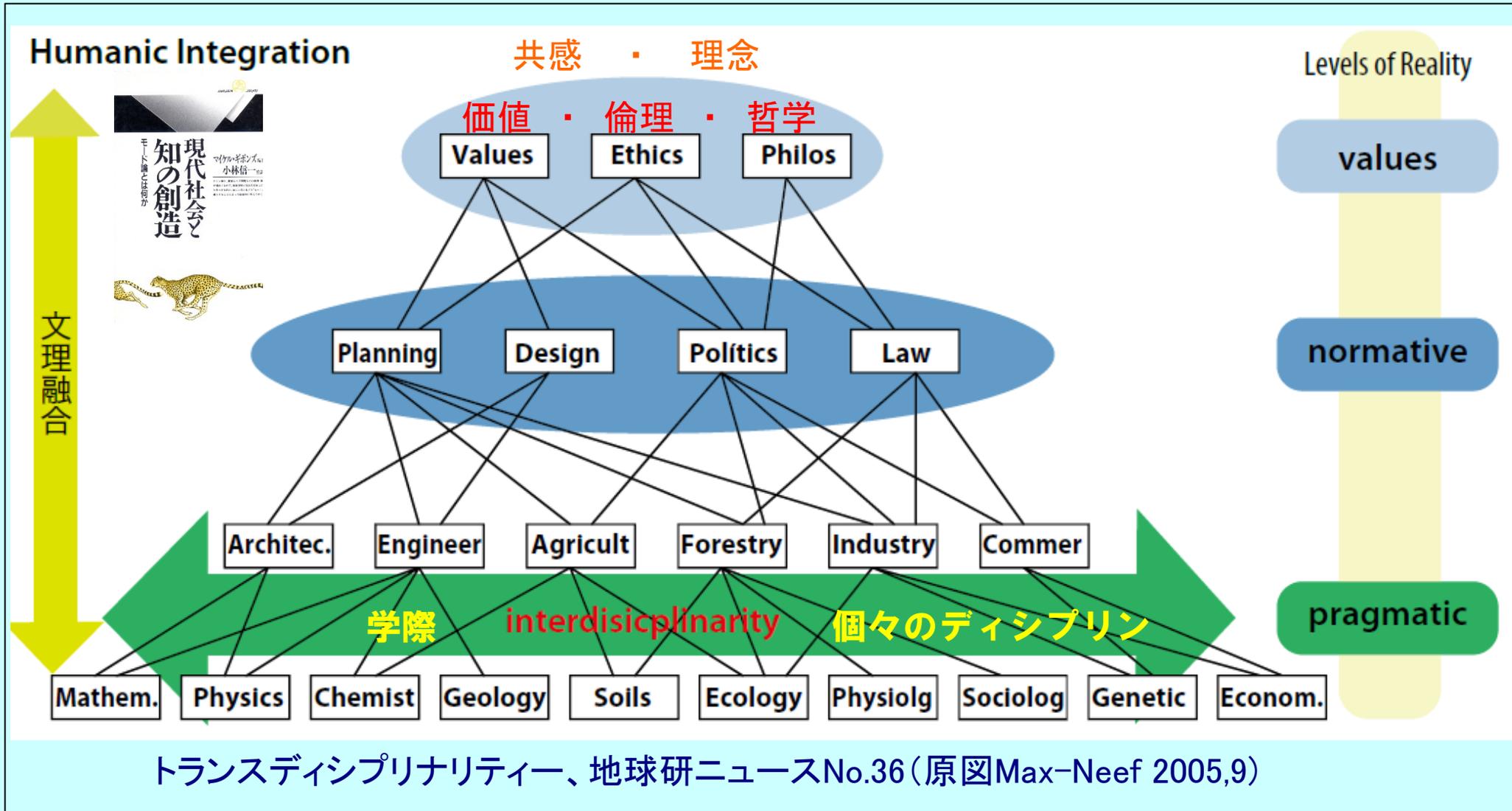
現象認識において
科学的合理性に
基づくこと

有用基準

トランスディシプリナリティーの実現

問題に対峙した時の“研究者(サイエンティスト)”の態度

●対象との関係性において価値・倫理・哲学を意識



地理学(≒地球・人間圏科学)の視点

- 人と自然の関係学—Stakeholderの存在

地域の特徴<地域性>を重視

- 多様性 様々な要素から成り立っている
- 関連性 各要素が相互作用している
- 空間性 場所によって違う
- 時間性 歴史によって違う
- 階層性 空間スケールによって異なって見える

地域性の理解は
暮らしと直結する



- “地域性”を説明すること
⇒共感の醸成

- 社会のあり方に対する理念
⇒都会と地方の関係性

- 科学的合理性
⇒科学者の責務

共感・理念・合理性

チーム千葉大学は川俣町山木屋地区(計画的避難区域)における 除染・帰還の“目的の達成”を地域と共有する

● 地域に寄り添う
地域主体原則

● 目的の達成を共有

● その中で研究者の
役割を果たす

川俣町山木屋地区



さて食へるための野菜を作りたい
川俣町の菅野源勝さん
(64)も「ハードルは多い
し高いが、やるしかない
」と前を向く。

約40年間、計画的避難区域に指定され
た山木屋地区にある田畑でコメや大豆を
作ってきた。昨年は、放射性物質を吸収
すると言われるケナフやキノアを試験栽
培した。

「いつ帰れるか、農業が再開できるか
わからないけど、とにかく帰るってこと
を前提に物事を進めない」と気がめいっ
ちまじ」

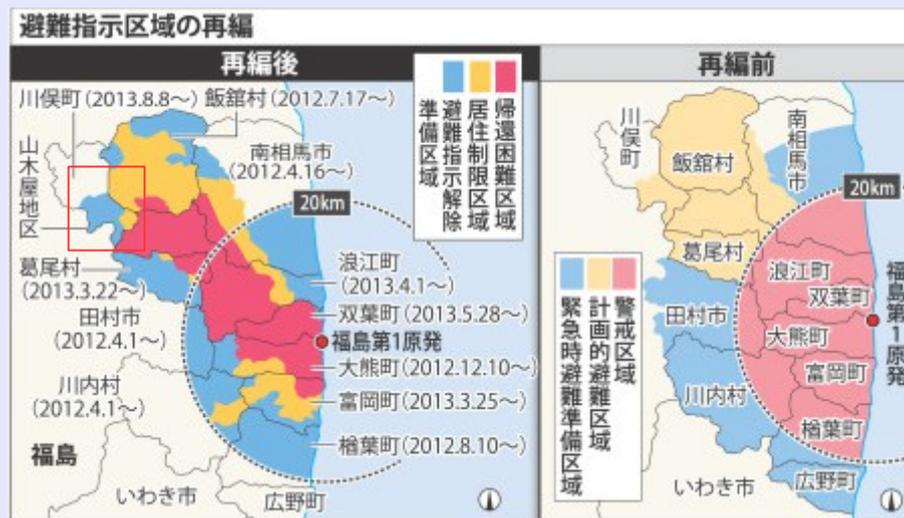
朝日新聞12年2月24日「今伝えたい千人の声」

現代農業12年7月号「帰るために前へ進む」

(経産省HP)

福島県伊達郡川俣町山木屋地区

March 11, 2011 東北太平洋沖地震
 March 15, 2011 阿武隈山地北部における
 | 放射性物質の沈着
 | <1ヶ月>
 April 11, 2011 計画的避難予告
 | <10日>
 April 22, 2011 計画的避難区域指定
 | <2ヶ月>
 June to July, 2011 避難ほぼ完了
 | <2年>
 July, 2013 避難区域見直しで合意
 August 8, 2013 山木屋地区は二つの区域に再編
 i) 避難指示解除準備区域
 ii) 居住制限区域
 June, 2015 山木屋地区除染等検証委員会中間報告
 March, 2016 // 手交
 March, 2017 避難指示解除



(毎日新聞)

送電線尾根より日山遠望

【地域性】ふるさとの誇りの再発見

<山木屋乙二地区>

飯舘村

浪江町

二本松市

高度に利用されていた
落葉広葉樹の二次林

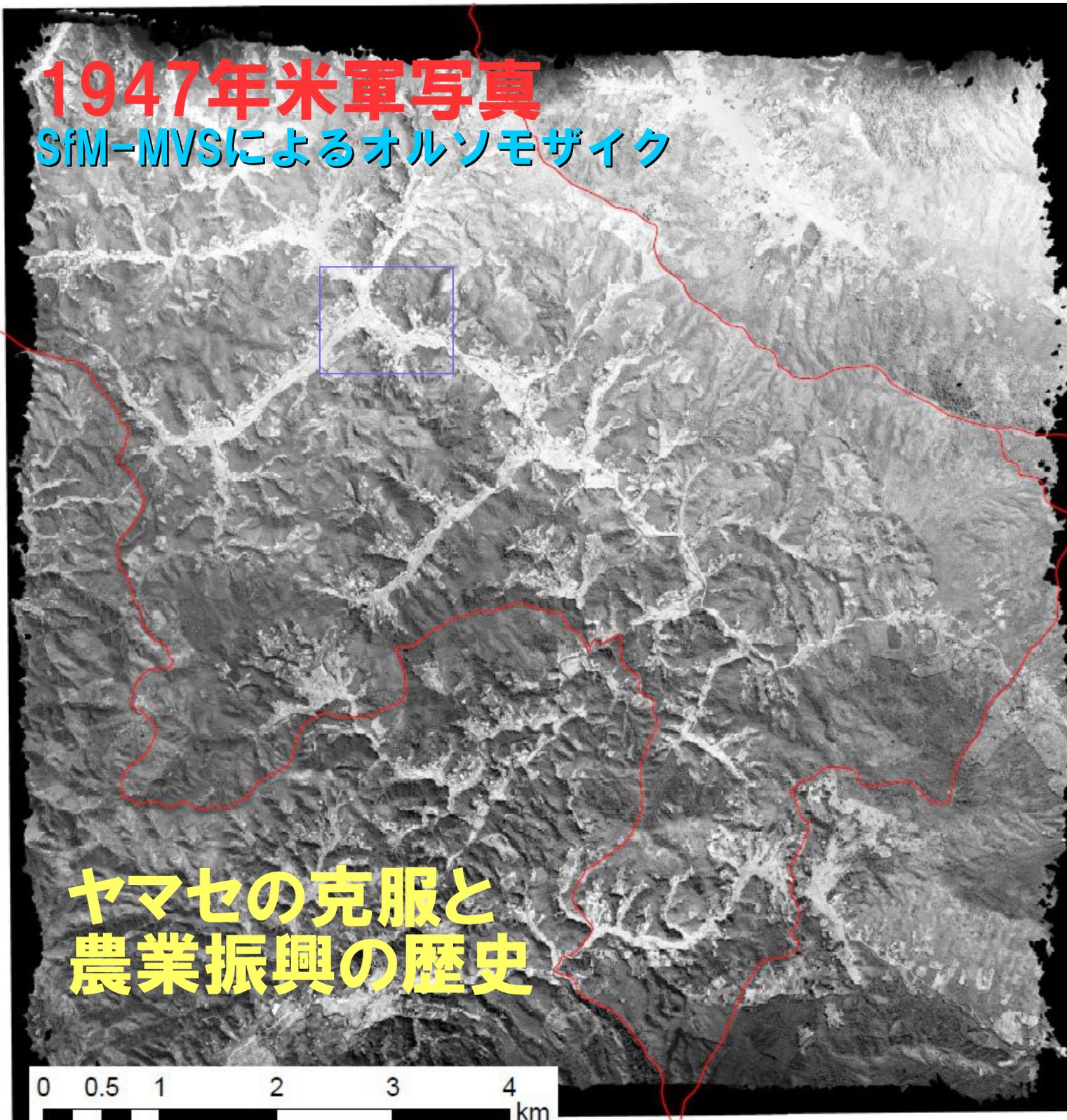
この知識、経験を活かせないか
新しい技術を使った地域の認識

開拓地

1947年米軍写真

SfM-MVSによるオルソモザイク

水田圃場整備 —やませ克服—



1947

1971

2007

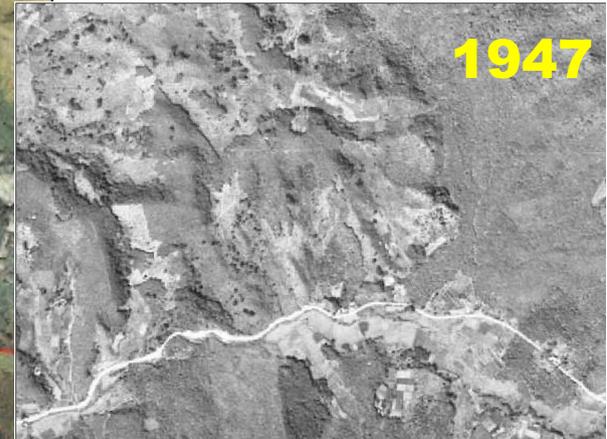
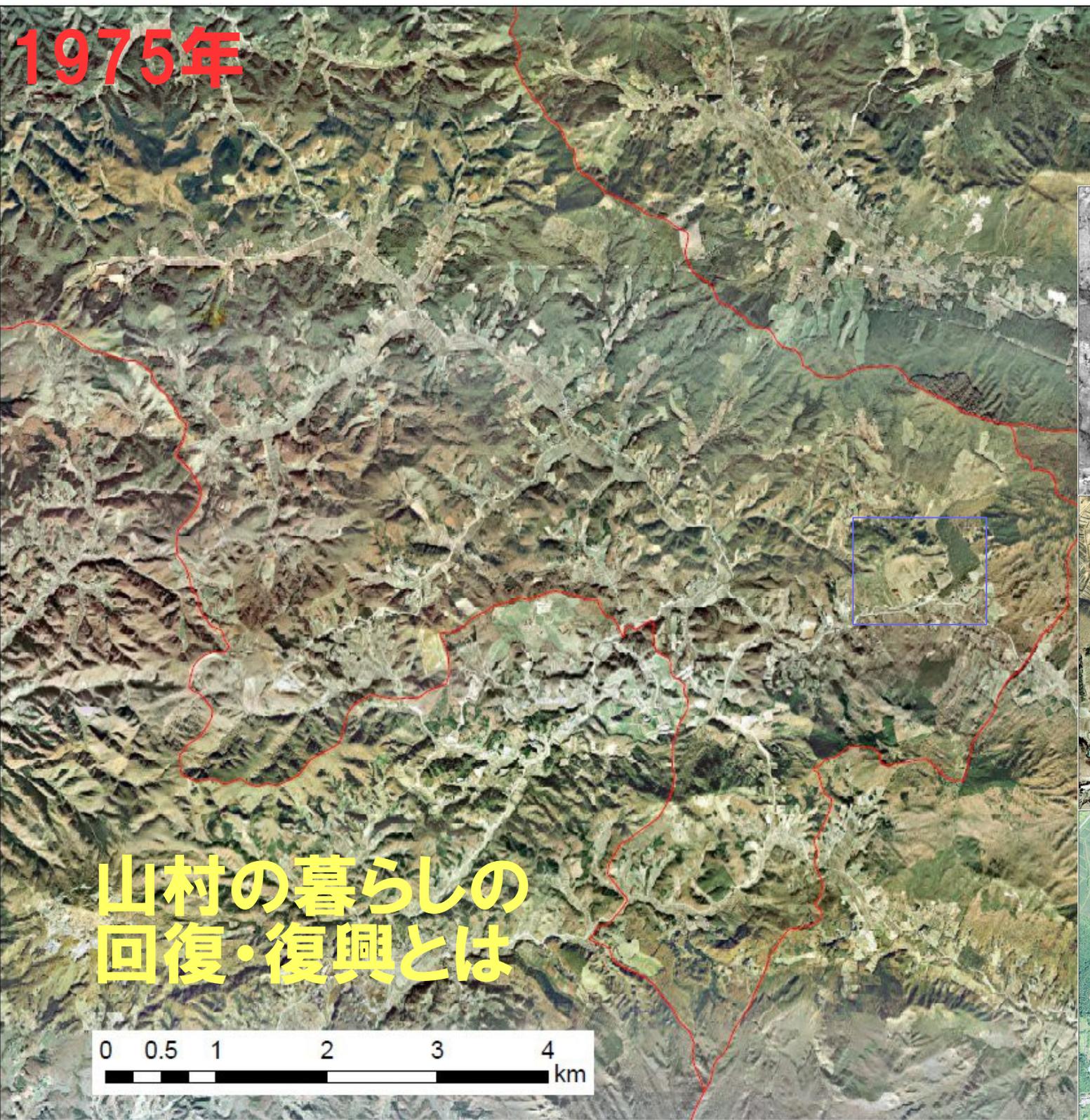
ヤマセの克服と 農業振興の歴史

0 0.5 1 2 3 4 km



1975年

山林利用 —里山の恵み—

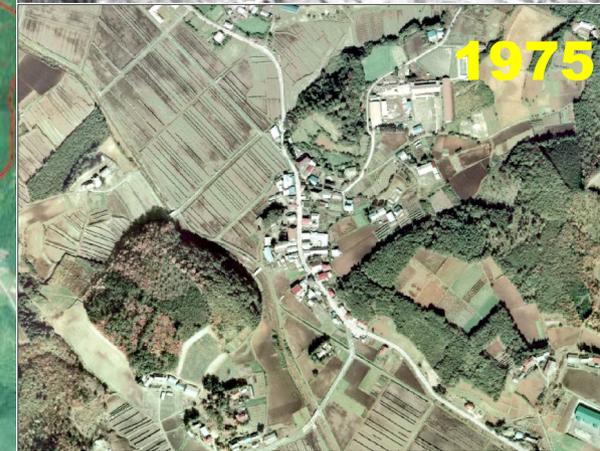


山村の暮らしの
回復・復興とは

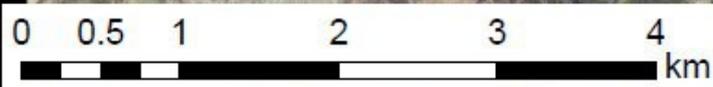
0 0.5 1 2 3 4 km

2007年

中心地の変化
学校・郵便局
農協、...



中心地機能
地区としてのまとめ



山とともに に生きる

航空レーザー測量
による1m分解能
DEMによる判読

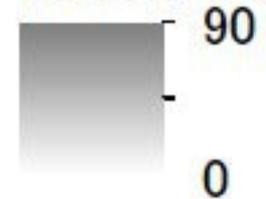
凡例

— 行政界

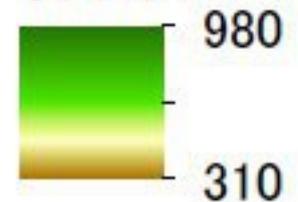
— 林道

■ 開拓地

傾斜角(°)



標高(m)



山腹を走る林道
と開拓地



**ここには人と自然の密接な関係性があった
世代を超えて作り上げてきた
ふるさとに対する誇り**

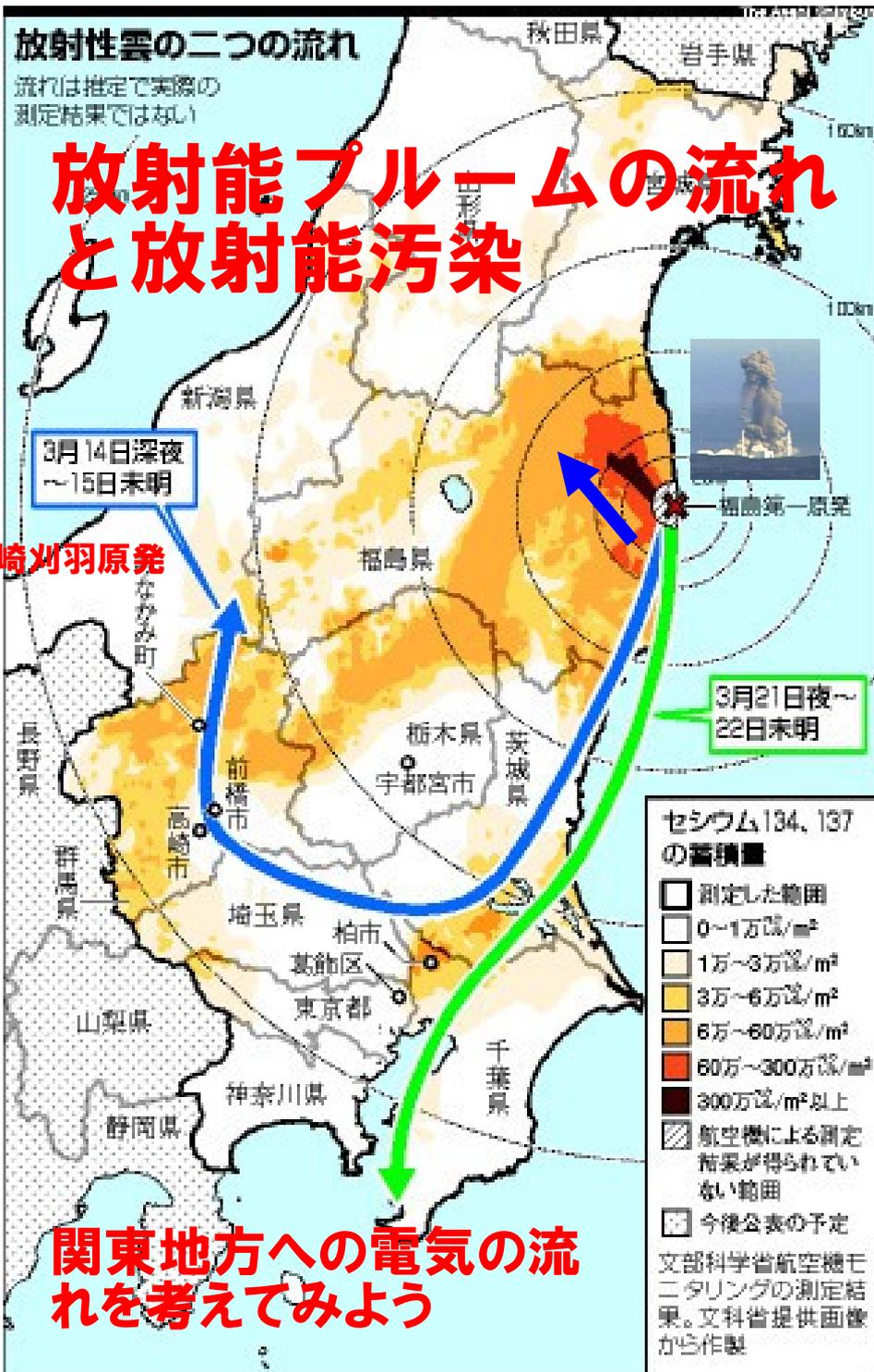
**まず地域性を理解すること
これを伝えるのが地理学の役割
共感からトランスディシプリナリティーへ**

「共感」を醸成するために

放射能について、どう考えるか
受け入れるか
あるいは、拒否するか

【共感形成を阻むもの】 都市と農村の分断

2011年7月26日飯舘村にて
「ここではものがあれば暮らせるけれど、
都会では金がないと暮らせない」



(朝日新聞より)

関係性の喪失

事故と私たちの関係
電気料金値上げ！
私たちには関係ないことなのに!! (2011年5月)

@首都圏の住民と福島の関係—社会学から
ベネフィットは首都圏！リスクは福島！
受益者・受苦者問題

@なぜ関係ないと考えられるか—哲学から
市場経済(資本主義)の仕組み
お金に価値を変換して関係性を断つ！

@流域の向こうから電気を得る首都圏
柏崎刈羽原発
JR東日本の信濃川発電所問題

● 関係性の認識が
共感を生む



関係性探究型科学としての地理学

遠くの暮らしに対する**共感**が、**地域を救う**

放射能検査情報が購買行動に与える影響と風評被害の要因分析
—会場実験とアンケート調査を併用した地域格差の検証—

栗原伸一・石田貴士・丸山敦史・松岡延浩(千葉大学園芸学研究所)

福島県農産物に対する消費者意識や購買行動を4地域(東京は2カ所)で比較



松戸では安全情報の付加が購買のモチベーションを高めた可能性

農家は自宅などで手軽に検査



データセンターで自動処理



検査結果はメールで送信



QRコードの作成とホームページの自動更新

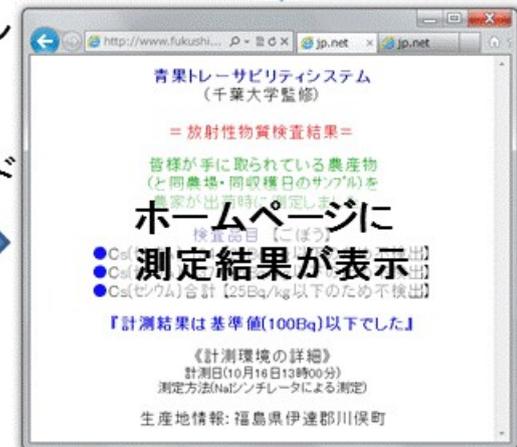


消費者はラベルのQRコードを携帯電話でスキャン



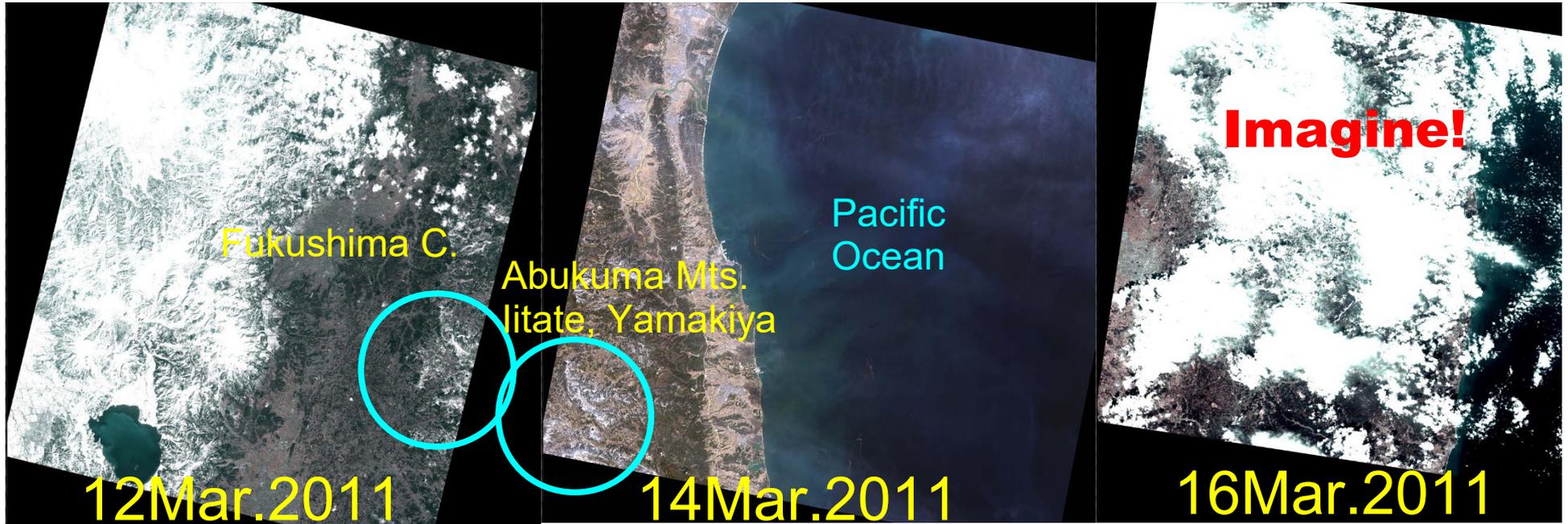
品目	ごぼう
内容量	1本
集荷日	2012/10/17
ロット	0412101713
生産地	福島県
検査結果	放射性物質
販売元	千葉大学農学部 千葉県松戸市 松戸648 TEL:047-308-8917 www.h.chiba-u.ac.jp
¥178 (税込)	

QRコード



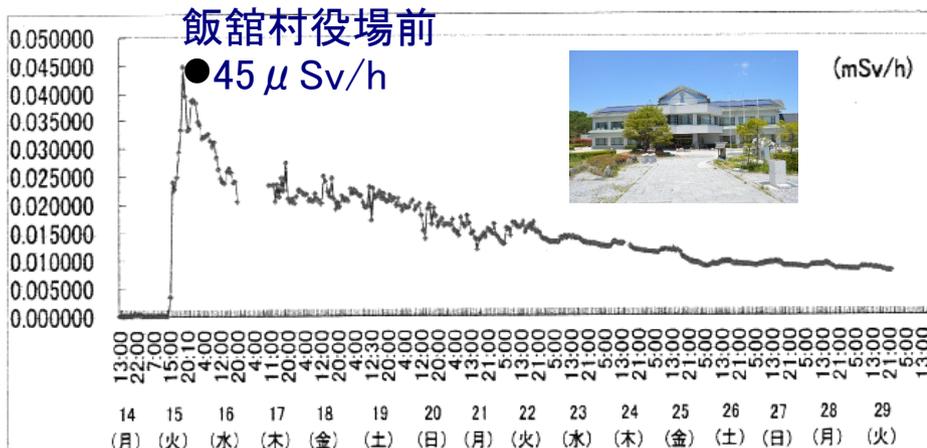
消費者は検査結果をその場(店)で確認

【科学的合理性】 3. 11をふりかえる



ALOS/AVNIR2 images around Abukuma Mountains after the great earthquake

3月15日の午後、阿武隈山地北部の方々は津波被災地域に対する支援者から、避難者へ



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



この時、研究者は何を考えたか

●放射性物質の挙動を解明したい

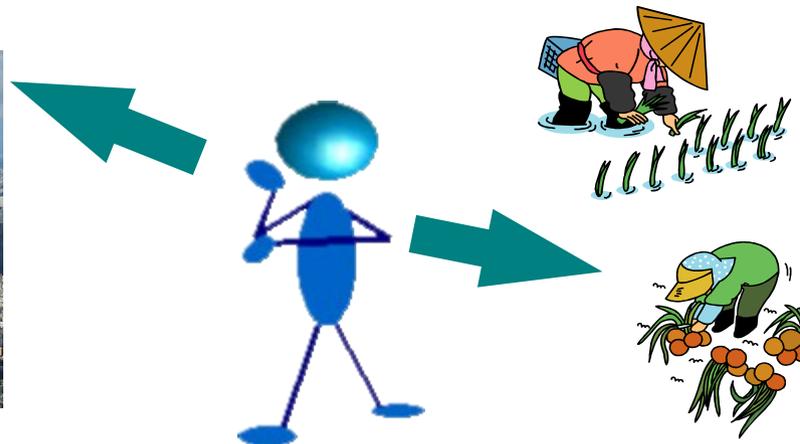
メカニズムの解明が研究者の貢献である

●地域における問題の解決に貢献したい

問題の解決のために“役に立ちたい”



世界の中の研究者

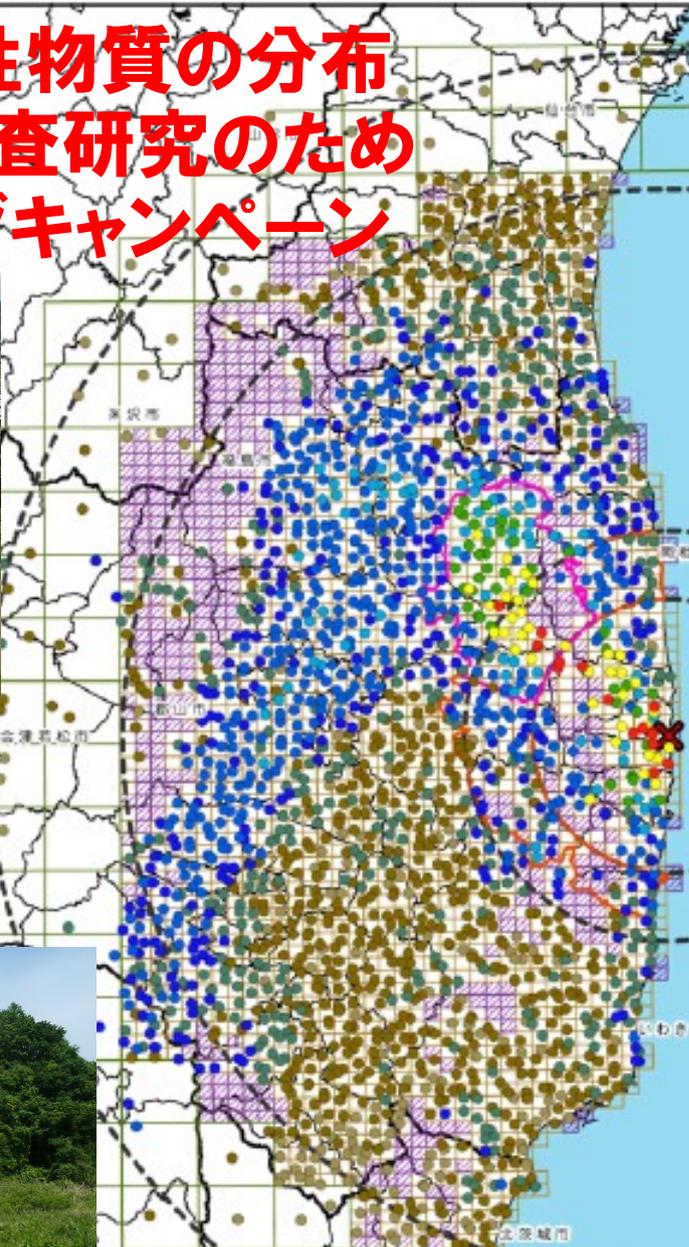


地域の中の研究者

2011年6月放射性物質の分布 状況等に関する調査研究のため の土壌サンプリングキャンペーン



5月試行
6月スタート



役に立ちたい という気持ち



6月4日岳温泉に集まった
約140名の研究者、キャン
ペーン期間でのべ1000人
近い研究者が集まった



成果の濃度マップ 世界に対する報告

半年間で放射能汚染マップの整備が進んだ

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.....
地域への伝達は研究者、支援者が担った場合も多かった

研究者の二つの立場

【世界の中の日本】

- 放射性物質の沈着の様式と今後の移行
- 世界に向けた発信が目的

⇒ チーム文科省 (FMWSE、新領域)

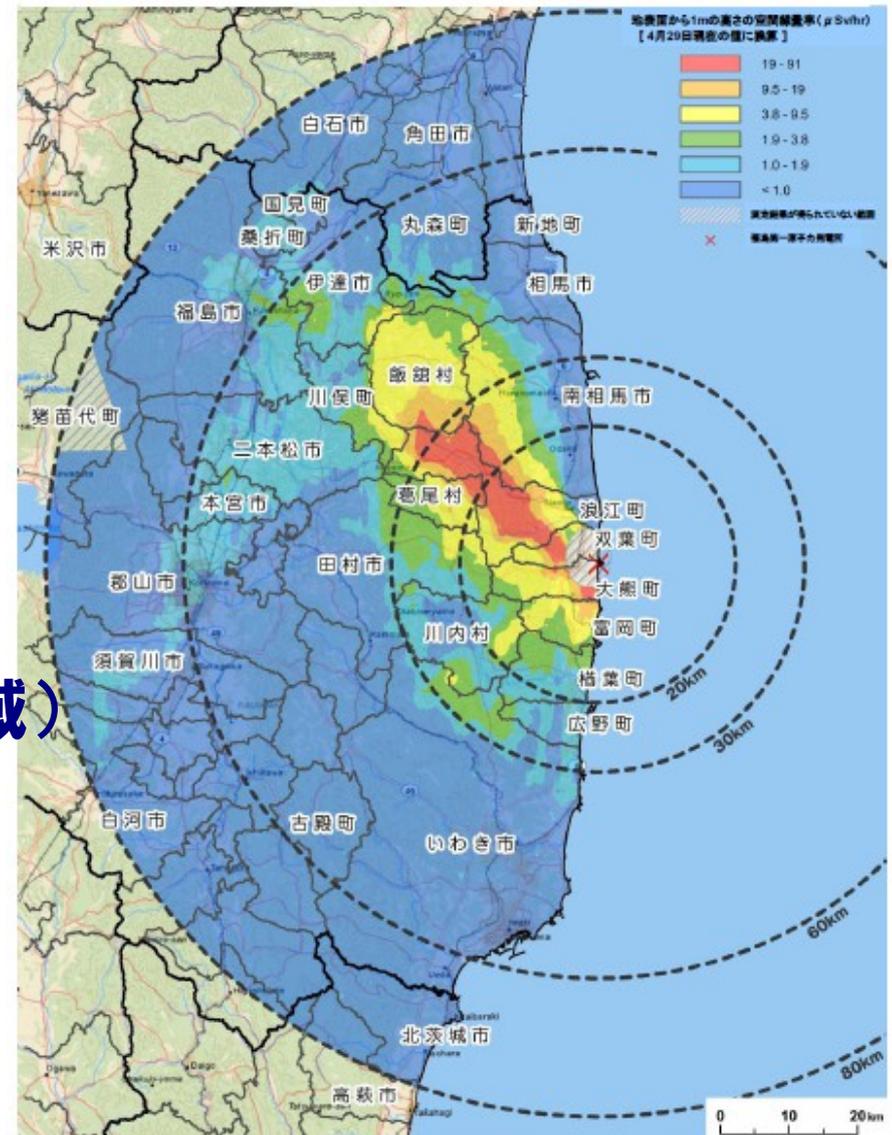
【日本の中の地域】

- 地域の思いに寄り添う
- 地域の復興 (福幸へ)

⇒ チーム千葉大学

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)



【世界の中の日本の役割】

FMWSE (科学技術戦略推進費) Iset-R (科研費新領域)

目的

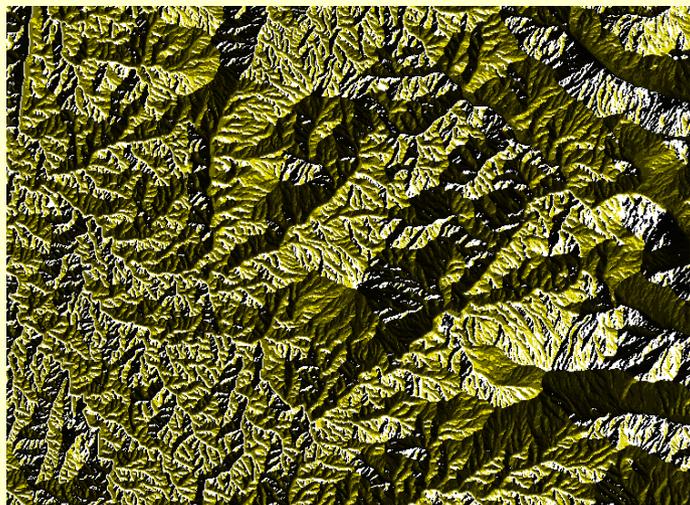
地表面に降り積もった放射性物質は、その後、土壌や河川等への移行が起こる。今後の放射性物質の蓄積量の変化を予測するためには、
 ①土壌、②地下水、③河川水 における放射性物質の移行状況 および樹木や土壌からの巻き上げ量モニタリングが必要である。

そのため、本チームでは、
 ・様々な土地利用の地域での放射性核種の存在量の測定
 ・森林を含む様々な土地利用からの放射性核種の再飛散量の測定
 ・森林内にタワーを建て、樹冠・幹・枝・林床に付着している放射性核種のモニタリング (ポータブルゲルマを用いる) を継続的に行う。



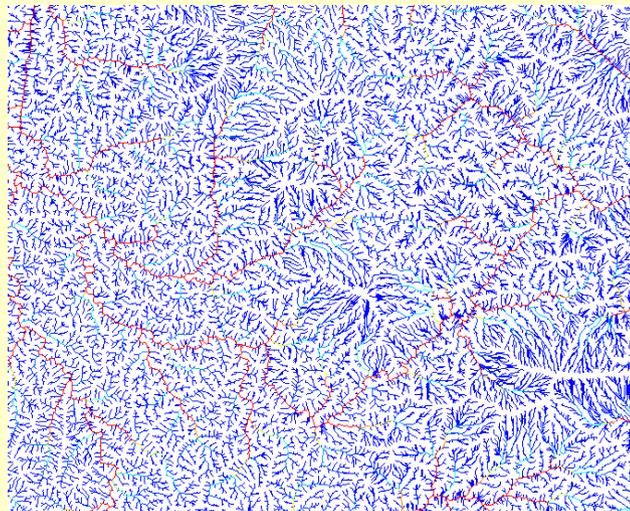
- ・水の移動に伴う、放射性核種の土壌水・地下水・渓流水・河川水への移行調査
- ・様々な土地利用での土壌区画からの土砂および放射性核種の河川への移行
- ・水田からの浮遊土砂、放射性核種の河川への移行
- ・河川・湖沼での浮遊土砂・流量・濁度の連続モニタリングにより河川からの放射性核種の海への移行量を測定する。

FD (Flow Direction)
落水線図



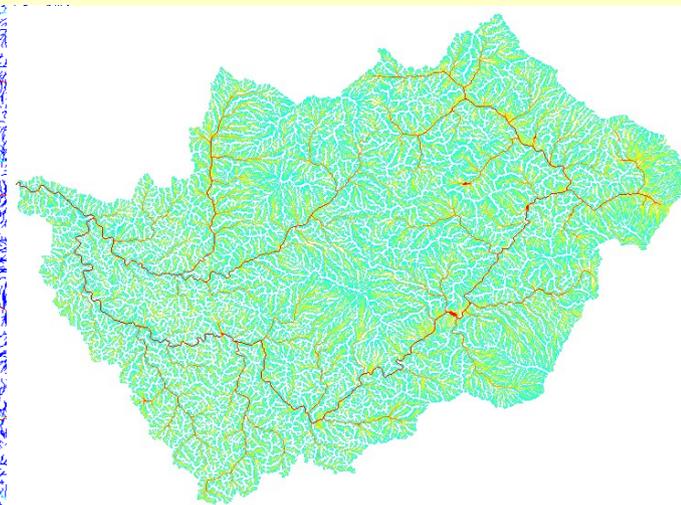
東  時計回りに8方位

FA (Flow Accumulation)
上流側にあるグリッド数

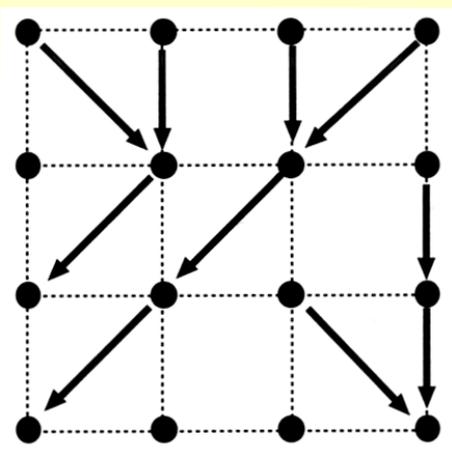


0  3000

TPI (Topographic Index)
地形指数



0  20



[落水線の模式図]
FDより下流側グリッドを特定できる

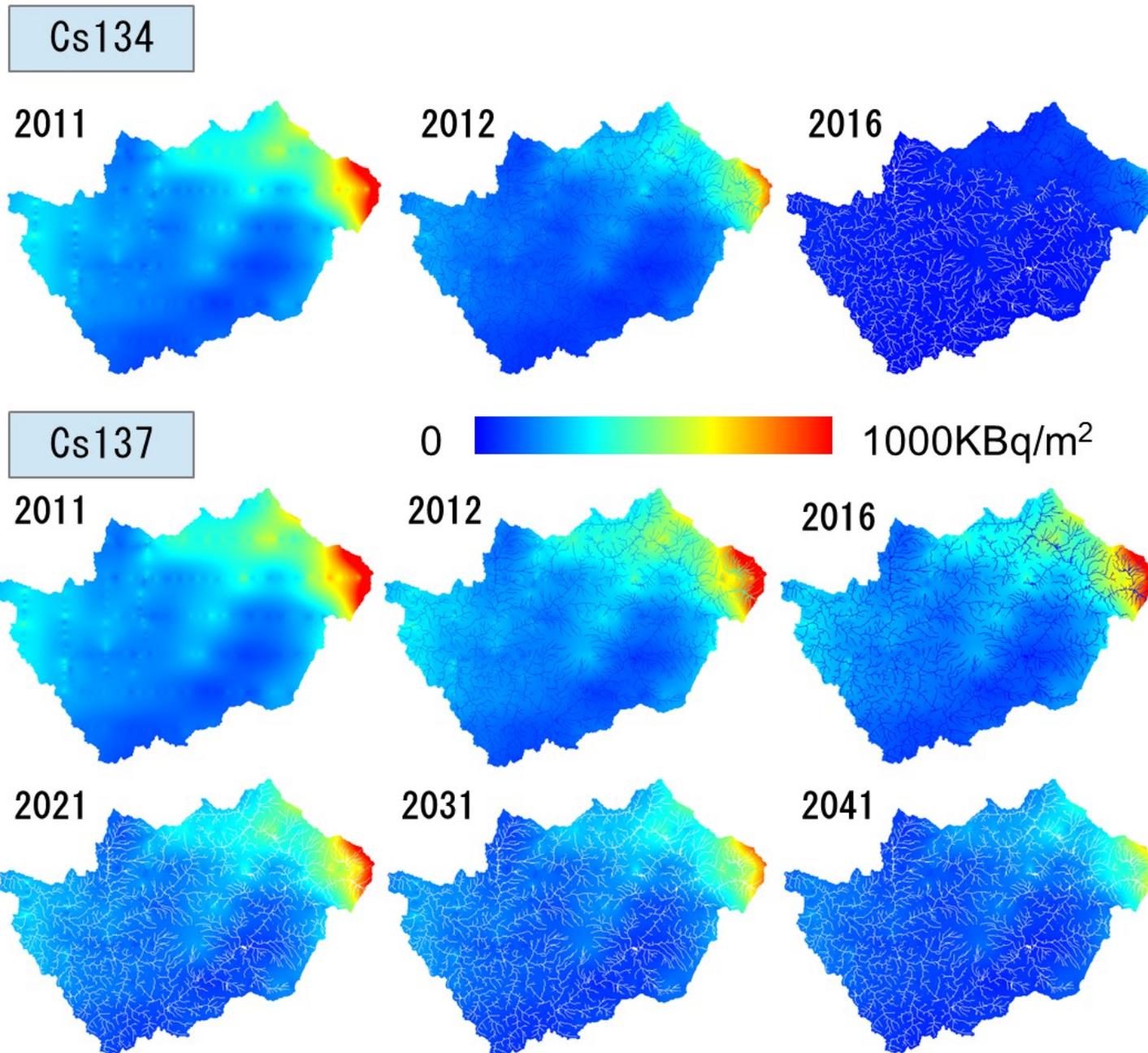
$$\text{地形指数 (TPI)} = A / \tan(\theta) = \text{FA} * 25 * 25 / \tan(\theta)$$

ここで、A: 上流側流域面積、 θ : 傾斜

- TPIは上流側面積が大きく、傾斜が緩いグリッドで大
- 飽和帯の発生しやすい場所（流出寄与域）、すなわち侵食が起こりやすい場所のインデックスとして使用
- 口太川流域ではTPI>12で主な河道を再現できそうである

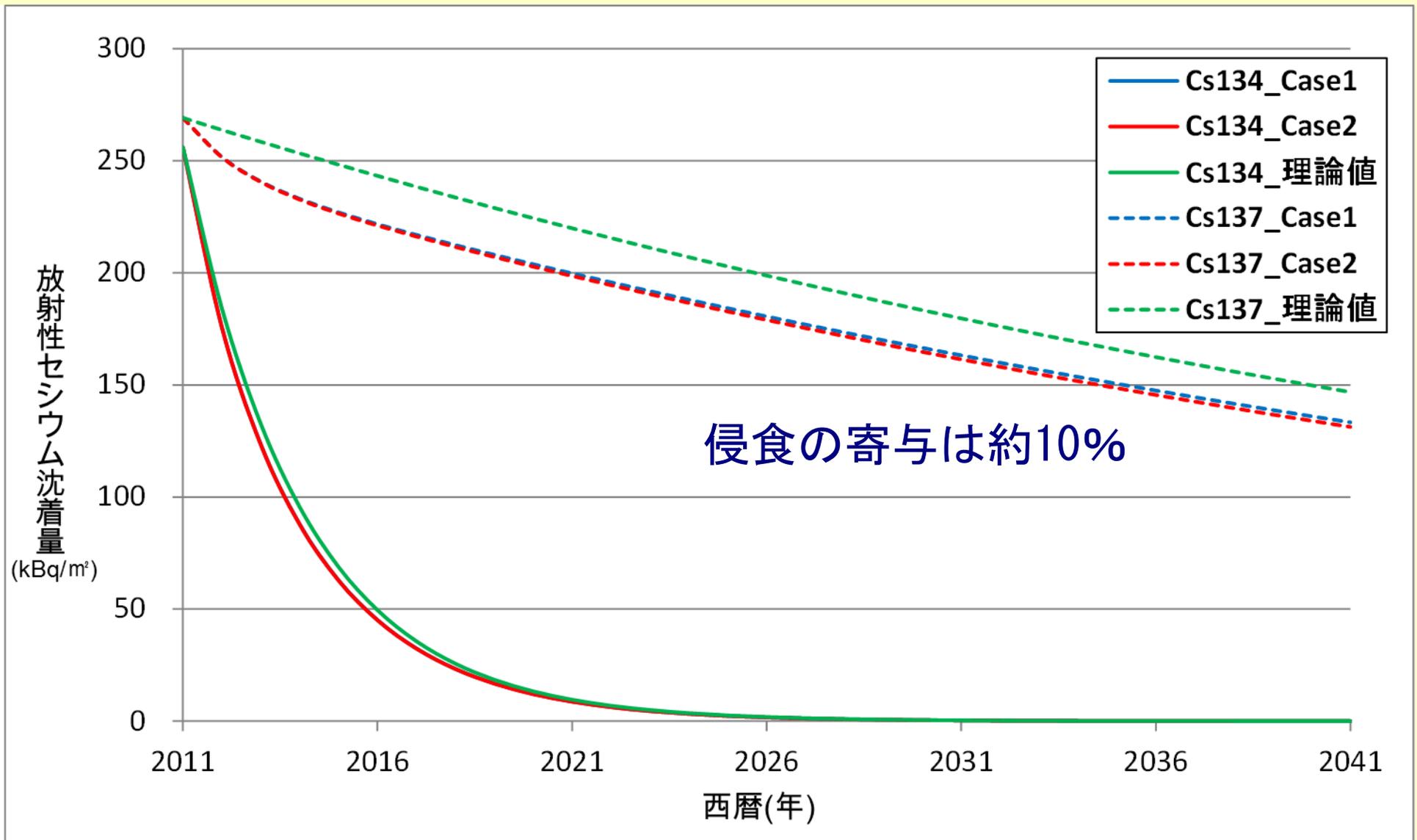


【Case 1】



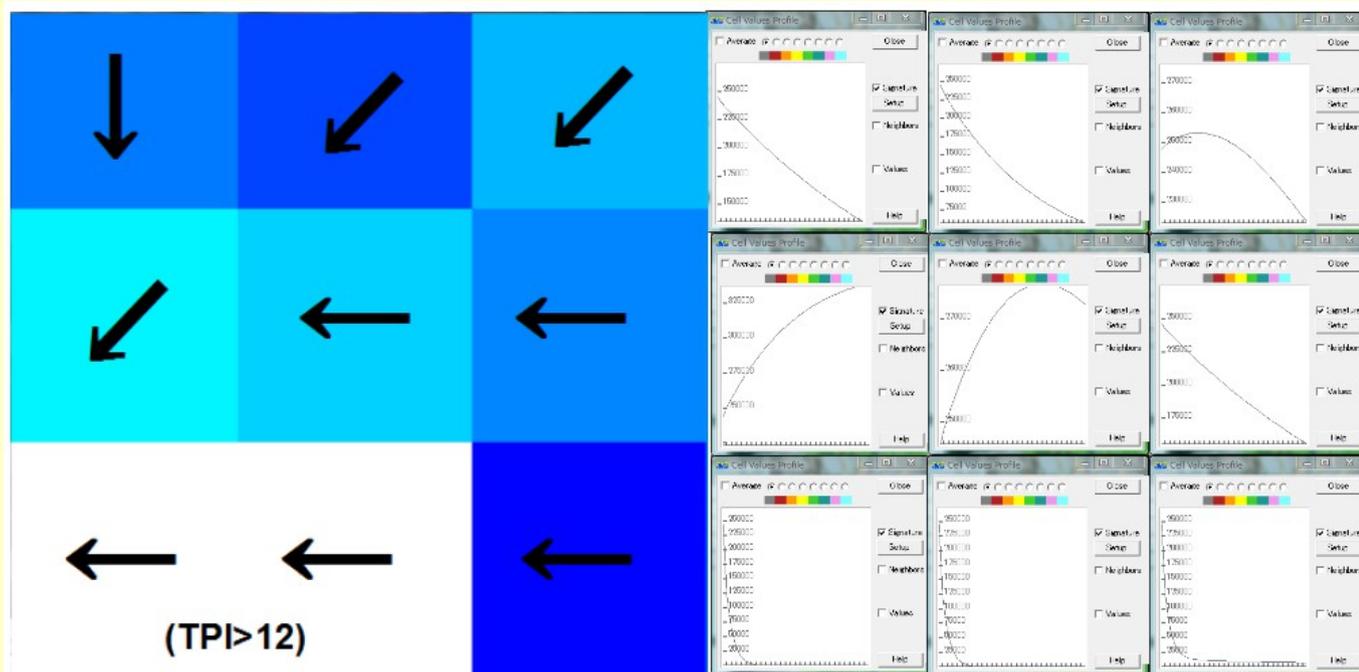
- 1年をタイムステップとして年ごとのセシウム沈着量を計算した
- 河道近傍の流出寄与域に到達したセシウムは河川へ移行する
- 最終報告までにアルゴリズム、コードの改善、検討を引き続き継続する

流域平均沈着量の変化



地形の効果によるセシウムの集積と流出

- 中左と中央のグリッドは二方向からの合流があるため、当初沈着量が増加
- 流出寄与域 (TPI>12) では水流に移行



- このような地形効果は現実の山地流域で起こるか？



(Case2、Cs-137の例)

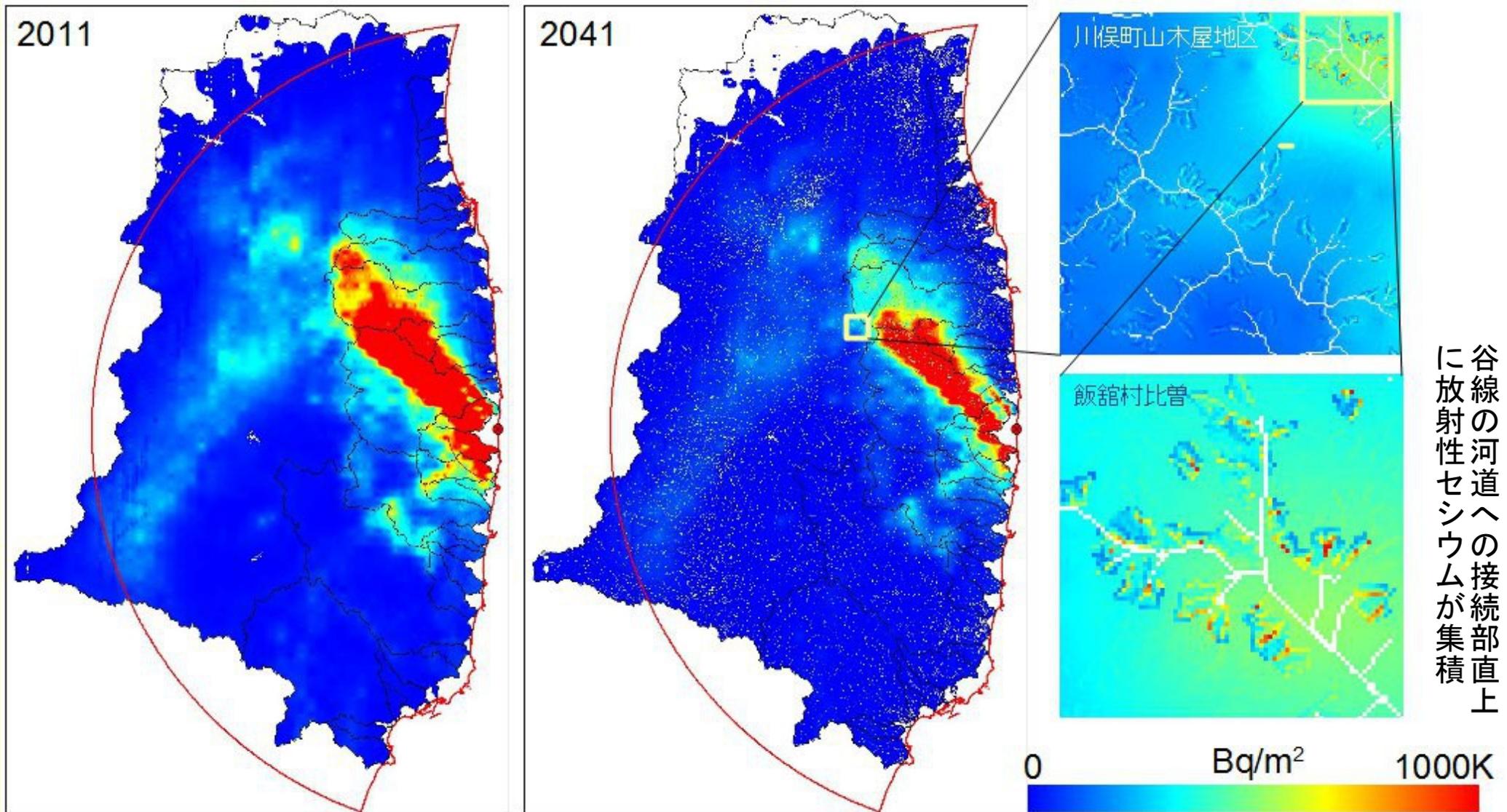
口太川下流端で観測されたセシウム量とモデルによる輸送量

ほぼ同じ値を再現⇒河川へのセシウム移行は水流近傍の飽和域で発生

	観測	Case 1	Case 2
Cs-134	221x10 ⁹	1,157x10 ⁹	1,157x10 ⁹
Cs-137	253x10 ⁹	1,656x10 ⁹	1,656x10 ⁹

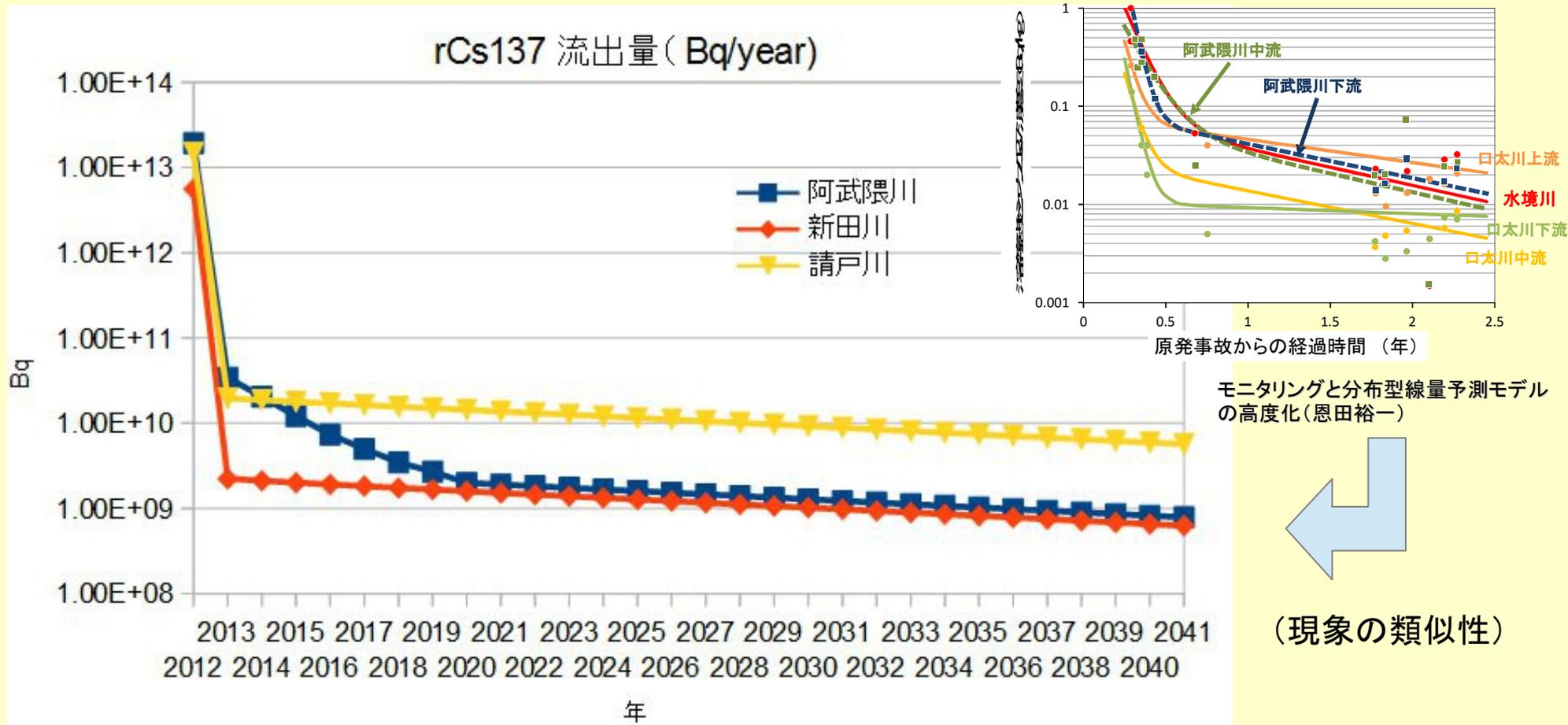
観測は2011年6月21日から2012年8月30日までの平均

(Bq)



- 2011年は初期値(第4次航空機モニタリング)
- 0次谷(恒常水流のない谷)が合流する部分にrCsが集積
⇒ いわゆるホットスポットの形成の可能性





- rCsの大量流出は初年度に発生、その後は遞減
- 阿武隈川岩沼地点の実測流出量 1.5×10^{13} Bq (計算値は 1.9×10^{13} Bq) ⇒ 再現性良好
- 実際の流出現象を反映させたモデル
 - ⇒ 河道近傍に沈着したrCsが初年度に流出 (ファーストフラッシュ)
 - ⇒ その後は、山地斜面における再配分が卓越し、河道に到達したrCsが流出
- 今後、長期間にわたりrCsが河川を通じて流出 ⇒ 長期モニタリングの必要性

半年間で放射能汚染マップの整備が進んだ

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.
地域への伝達は研究者、支援者が担った場合も多かった

研究者の二つの立場

【世界の中の日本】

●放射能物質の沈着
様式と今後の移行

●世界に向けた発信
が目的

⇒チーム文科省(FMWSE)

【日本の中の地域】

●地域の思いに寄り添う

●地域の復興(福幸へ)

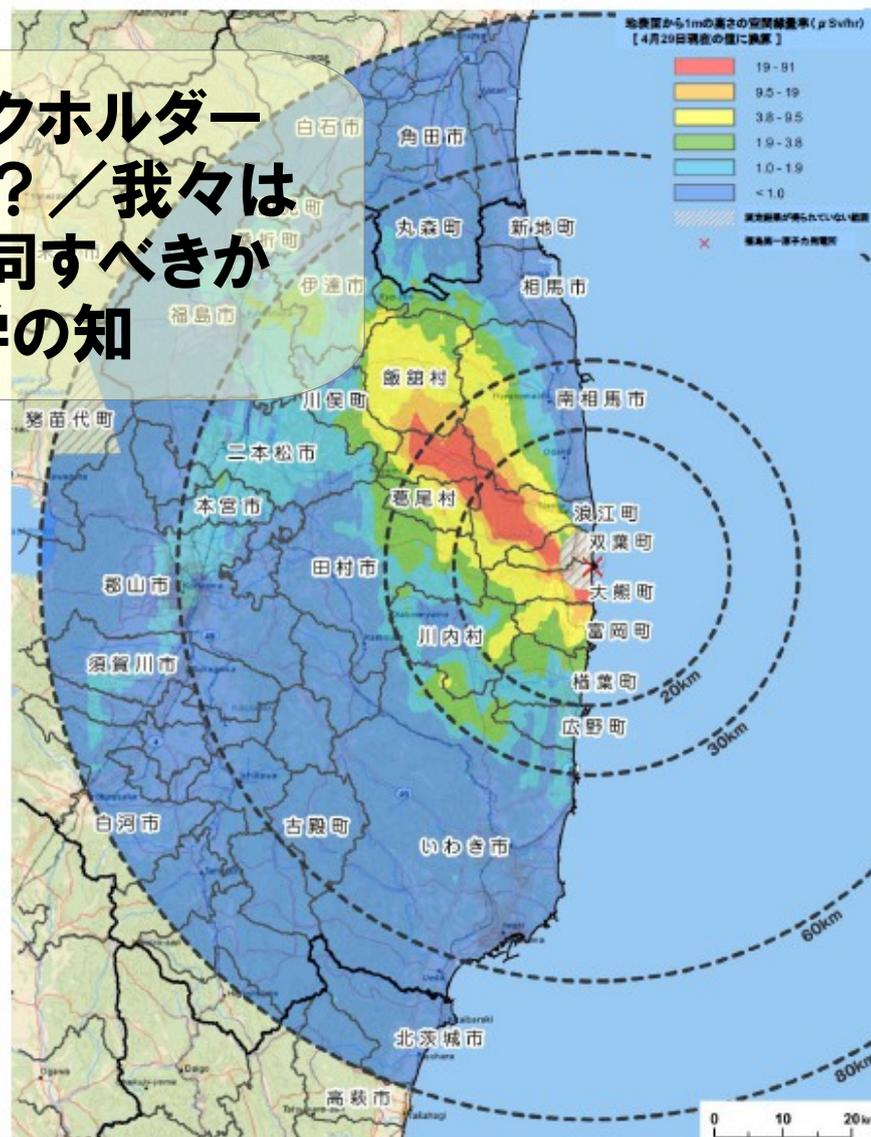
⇒チーム千葉大学

(もちろん、たくさんのチームが様々な場所で活動している)

- ステークホルダー
は誰か？／我々は
誰と共同すべきか
- 水文学の知

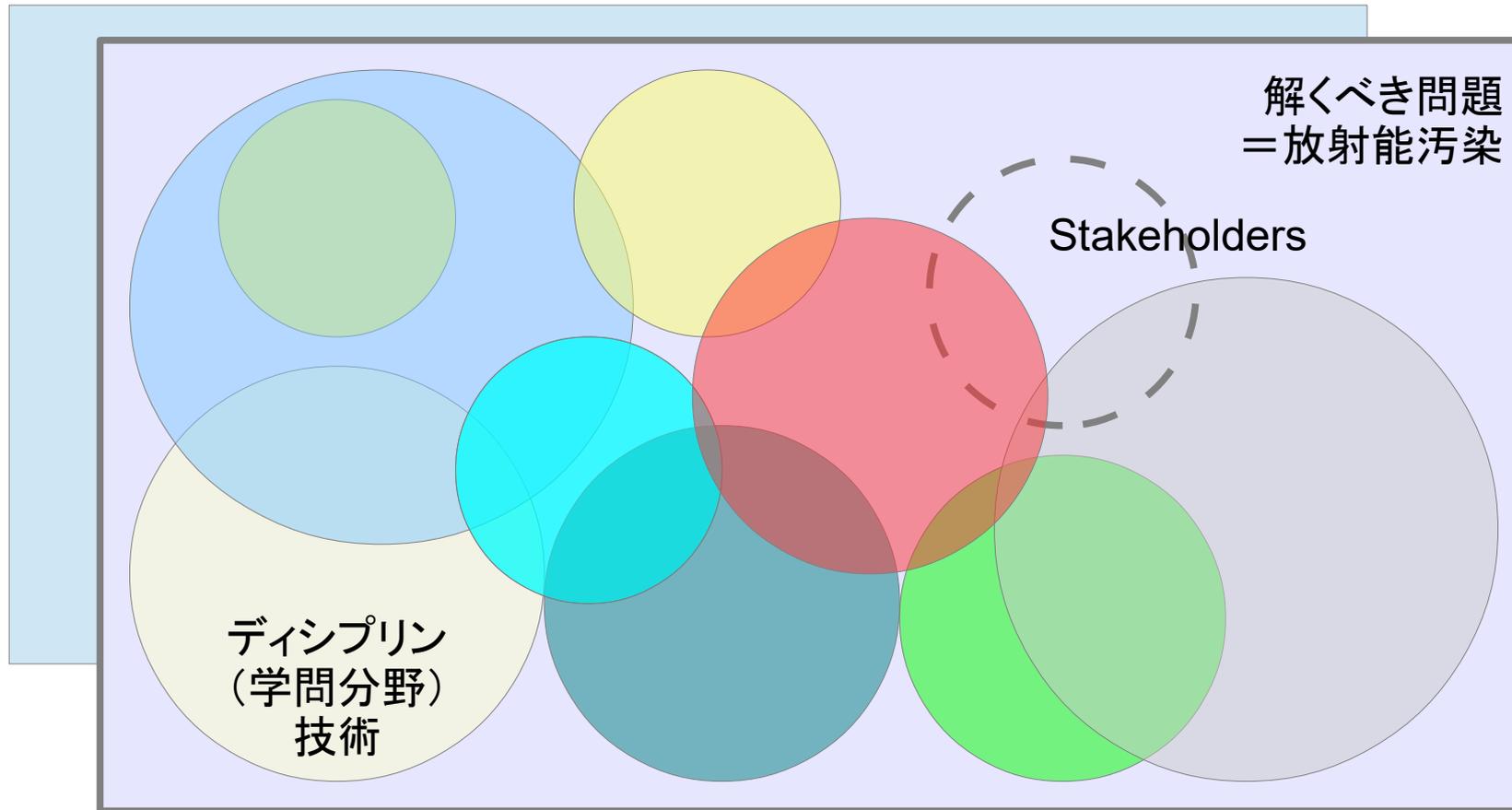
文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果
(福島第一原子力発電所から80km圏内の線量測定マップ)

別紙1



「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



参画と協働

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

- 個々の研究者の役割はこのフレームの中で
相対化されていく... 容認できますか？
- 目的が異なる別のフレーム：ステークホルダーの違い

- Stakeholderとは何か、誰か
- Decision-makerはStakeholderか
- Stakeholderの階層性
- Stakeholder間の対立

Scientistはどう動くべきか

2021 9 24

**地域の中の研究者
としての科学的合理性**
2011年6月～8月走行サーベイ

マップと空間スケール

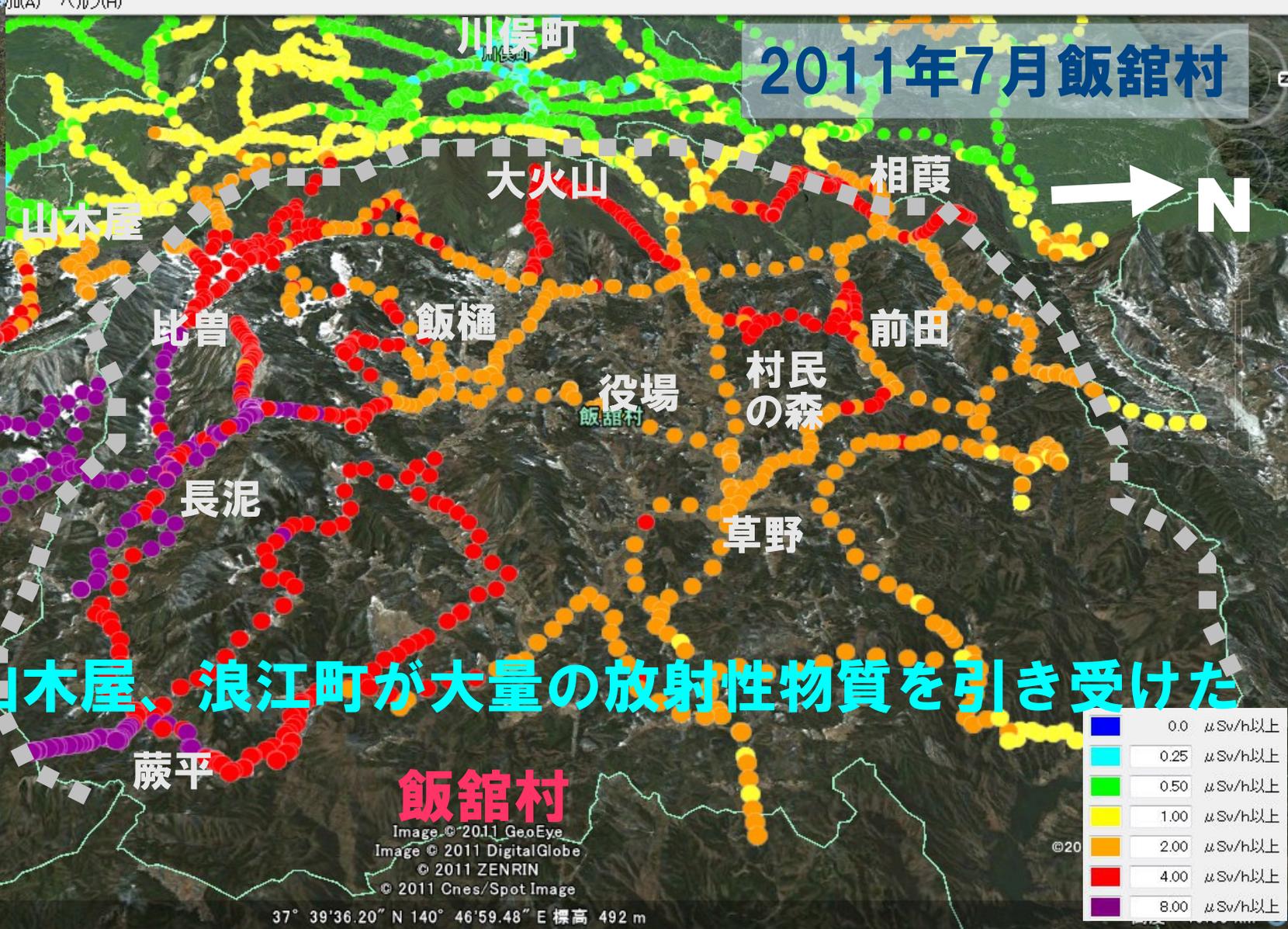
- ・小縮尺マップで見える現象
 - ・大縮尺マップで見える現象
- ⇒暮らしとの関係性

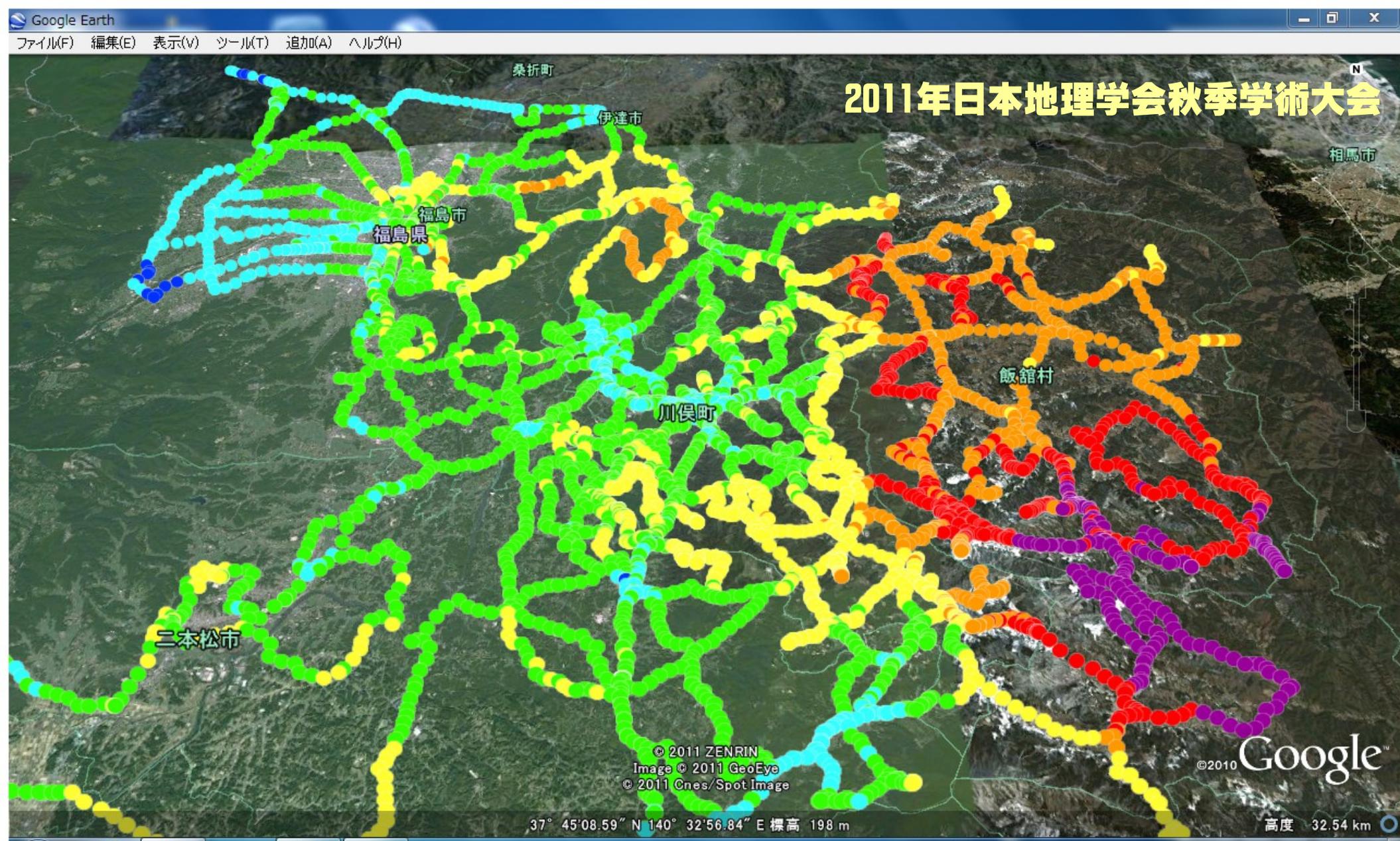
分布を論ずる時は縮尺を考慮



GPSと連動するγ線スペクトロメータ—RT-30

**林道、農道を走行
詳細なマップを作成
地域との協働**





7月1～4日、25～28日および8月19～20日に走行サーベイを行った。空間線量率はけっして連続量ではない。幹線から林道にはいったとたんに上昇する。川俣や二本松方面の阿武隈山地では盆地底の線量が比較的低く、そこでは人の暮らしが維持できた。浪江、飯舘、川俣(山木屋)では峠が線量率の変換点になっている。この分布図から3月15日の放射性物質を含んだプルームの移動の様を読み取ることができる。

もっと詳細な空間線量率の分布を知りたい

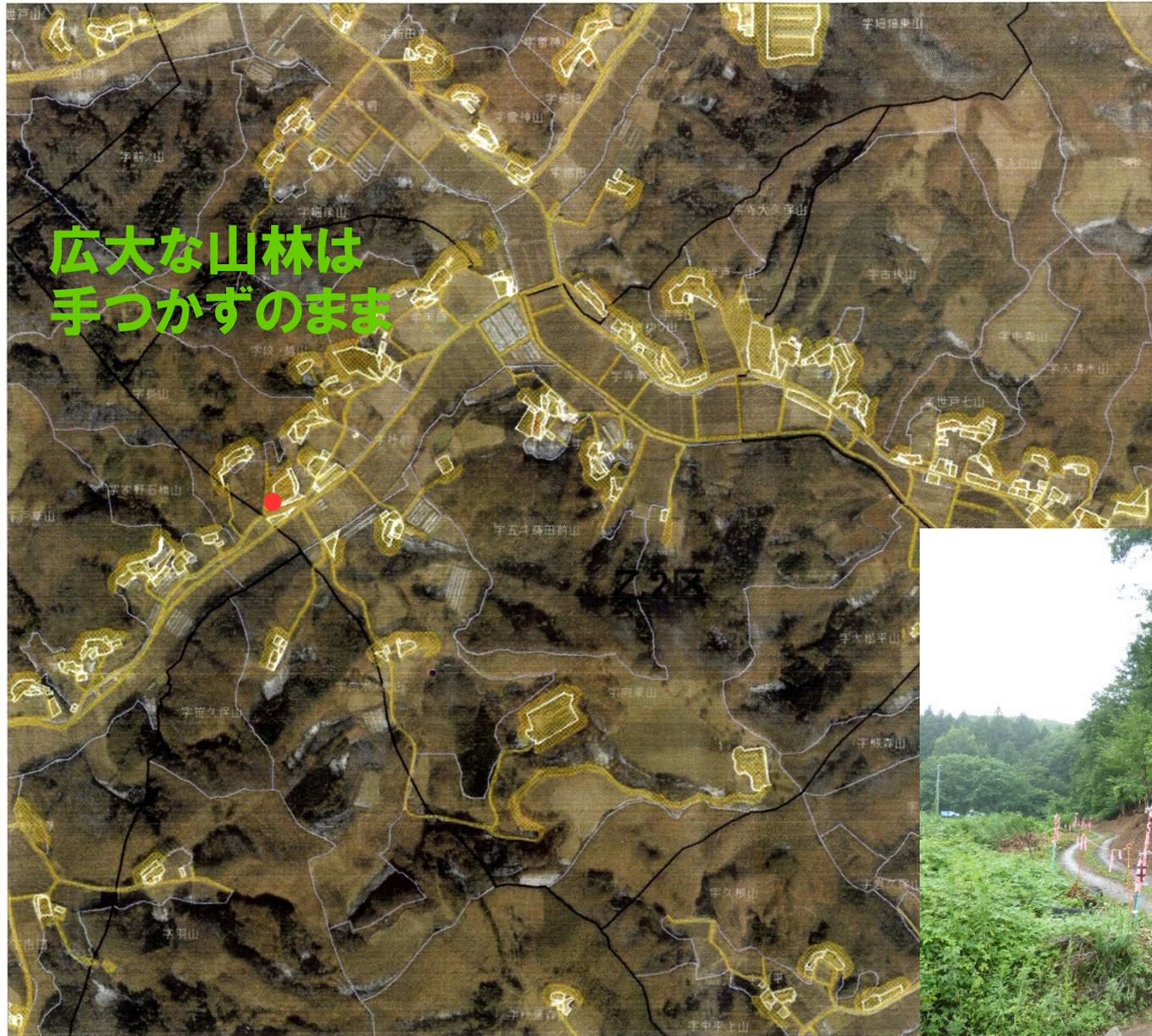
歩行サーベイ



山村の暮らしは田畑、住居、里山を含む小流域における水・物質循環のもとで成り立っている

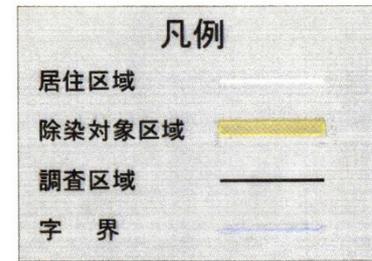
里山をどのように回復するか
おれたちは山が使えなきゃ暮らせない

国による除染範囲は道路、住宅から20mの範囲



除染範囲図
(山木屋地区 乙2区)

全体図

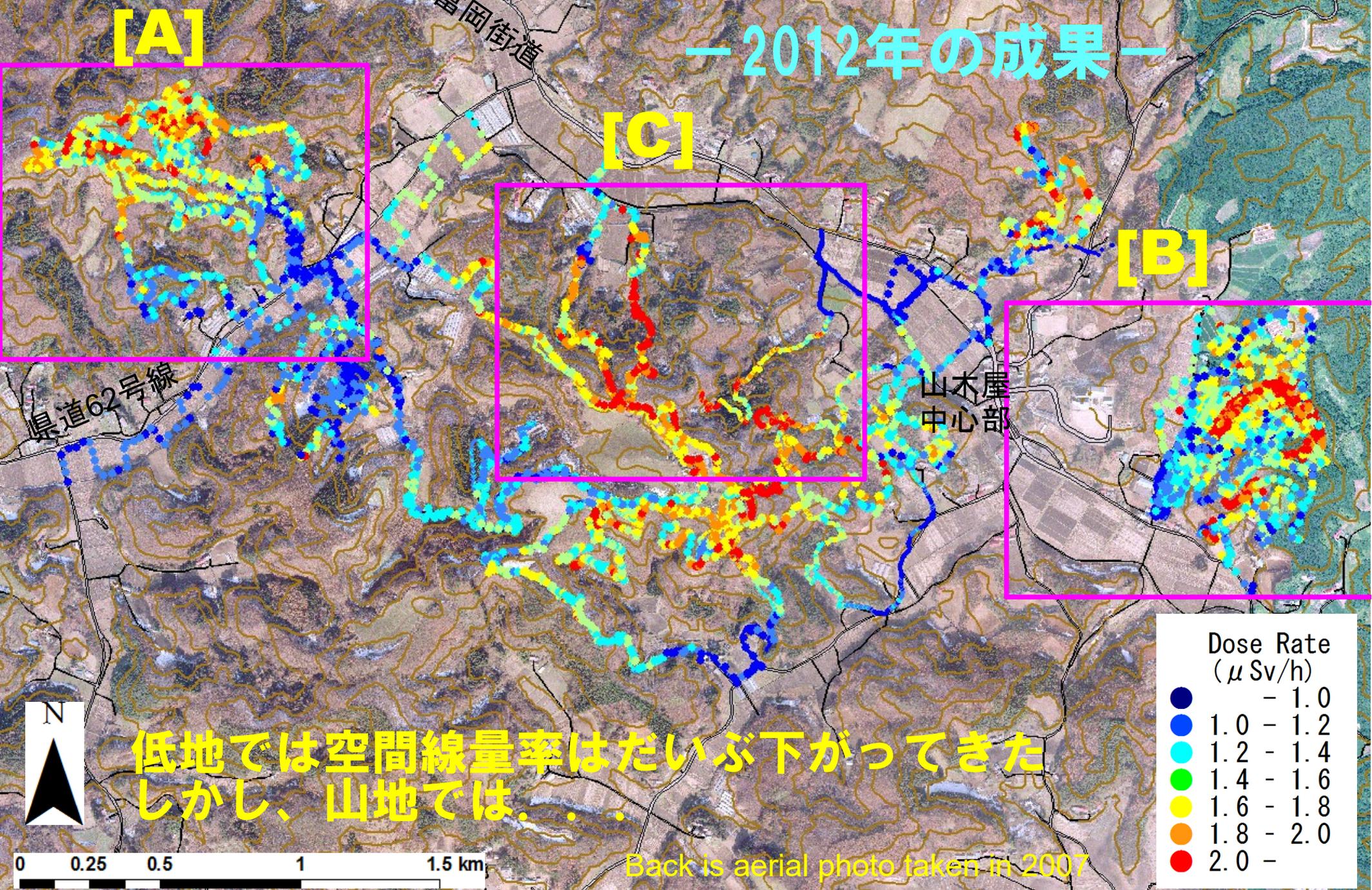


林縁から20mの除染が施された斜面



(環境省による除染の事前説明資料)

山中を歩いて空間線量率を計測 — 2012年の成果 —



山木屋地区中心部における空間線量率の分布 背景は第5次航空機モニタリングによる沈着量

高標高部の高い空間線量率

航空機モニタリング成果に現れたホットゾーン

原発側斜面の高空間線量率

山木屋小学校

空間的に不連続な空間線量率の分布

放射性プルーム
・マクロな挙動
・ミクロな挙動

背景は第5次航空機モニタリング
基準日2012年6月28日



高標高域と常緑樹域における高空間線量率

Base date: 28 June, 2012

[A]

試験流域・試験斜面
(常緑針葉・落葉広葉樹斜面)

高標高部の
高い空間線量率

常緑樹における
高い空間線量率

Dose Rate
($\mu\text{Sv/h}$)



低地における
低空間線量率

流域出口と谷頭部で河川水位計測中



原発側斜面における高空間線量率

Base date: 28 June, 2012

[B]

尾根上部における
高い空間線量率



千葉大学園芸学研究所小林達明チームによる放射能移行防止・除染実験

谷底における
低い空間線量率

原発側斜面の
高い空間線量率

Dose Rate
($\mu\text{Sv/h}$)



暮らしスケールの
放射能汚染対策



**暮らしスケールの空間線量率の分布
から、どのような対策が考えられるか**



山木屋地区除染等検証委員会 提案

“田畑・居住空間を含む里山流域を単位とする放射能対策”
⇒野田（前）首相への要望、緑化工学会アピール文、等

山村における暮らしの最小単位としての里山流域
暮らしとの関わりの程度に応じて優先順位をつけ
放射性物質の詳細分布調査を実施し
除染・封じ込め・隔離等の放射能対策を講じる



問題点・批判

- どうやるか、コストがかかる
⇒流域ごとの中技術・小技術による対策 **— 治山・緑化の経験 —**
開拓魂！地域の山に関わり続ける！
- 誰がやるのか
⇒自分たちの手で対策を **国の施策が協働へのモチベーションを削ぐ現実**



提案型合意の形成

つらい合意ではなく希望のある合意
合意の形成過程で研究者としての
役割を果たすことを目指す

水文学の成果

流域内斜面では何が起きているか — 観察と経験による対策提案 —

緩勾配の河道
リターが蓄積
飽和帯発生時に
流出

普段は水流のない谷
リターに吸着、ゆっくり
移動、降雨時に飽和帯
から流出

流域は
出口が狭く
懐が広い

遷緩点はリター等
がたまりやすいので
注意



頂部平坦面の存在



L層、F層にセシウム
動きは緩慢



谷底の飽和帯で
水流へ移行

ここより上でセシウ
ムの沈着が大

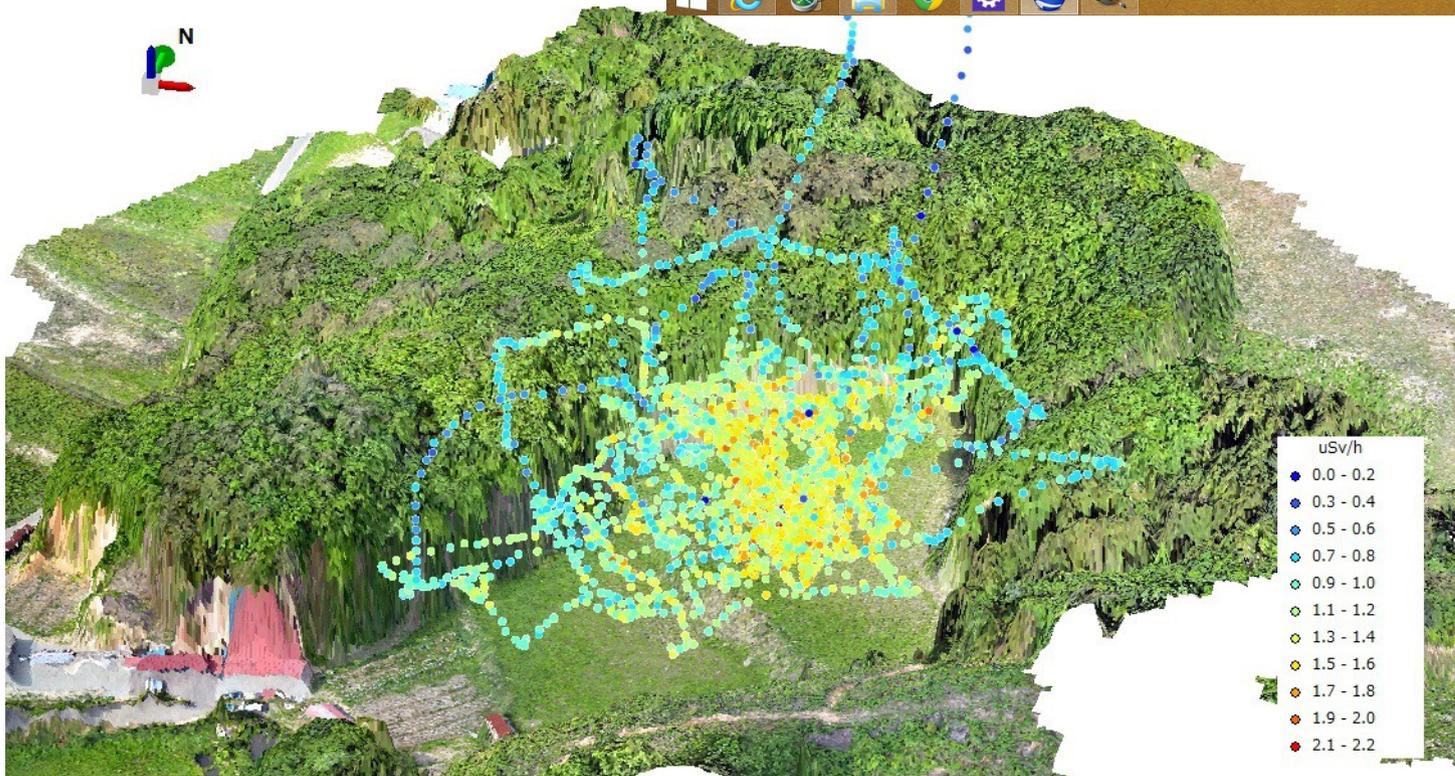


- 放射性セシウムの大半はL層、F層に保持
- ゆっくり斜面を移動（侵食は限定的）
- 谷底に到達すると、降雨時に流出

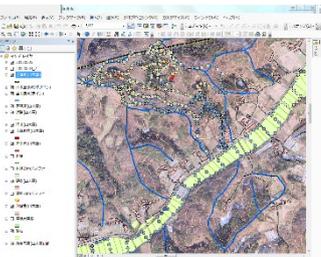
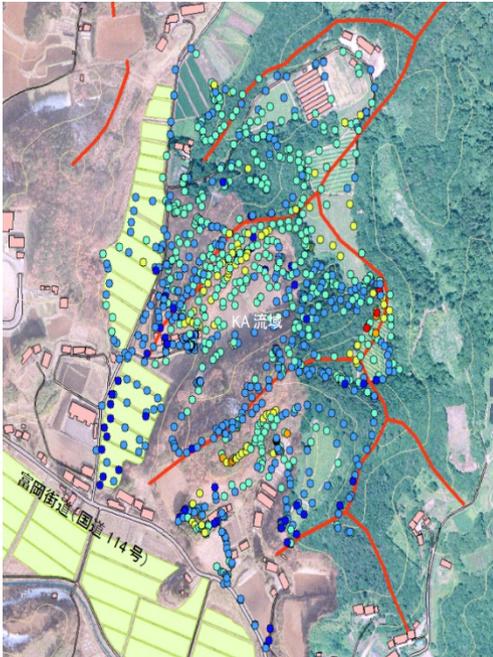
**放射能対策の
場所の見極め
全体or部分**

科学技術の 現場への実装

だれでも、どこでも空間線量率を計ることができる協働から生まれた測器—HSF1



計画的避難区域における暮らしの復興を目指した住民参加 ・異分野協働の試みー千葉大学山木屋後方支援チーム



千葉大学の有志と千葉大学と関係性のある方々のチーム

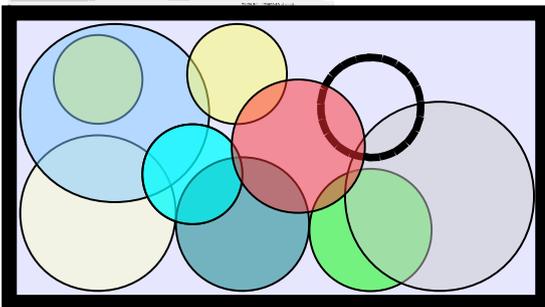
放射能モニタリング
UAVの利用

移行調査
放射能対策提案
マーケット復活
ITによる情報付加

新たな商品作物
むらさき

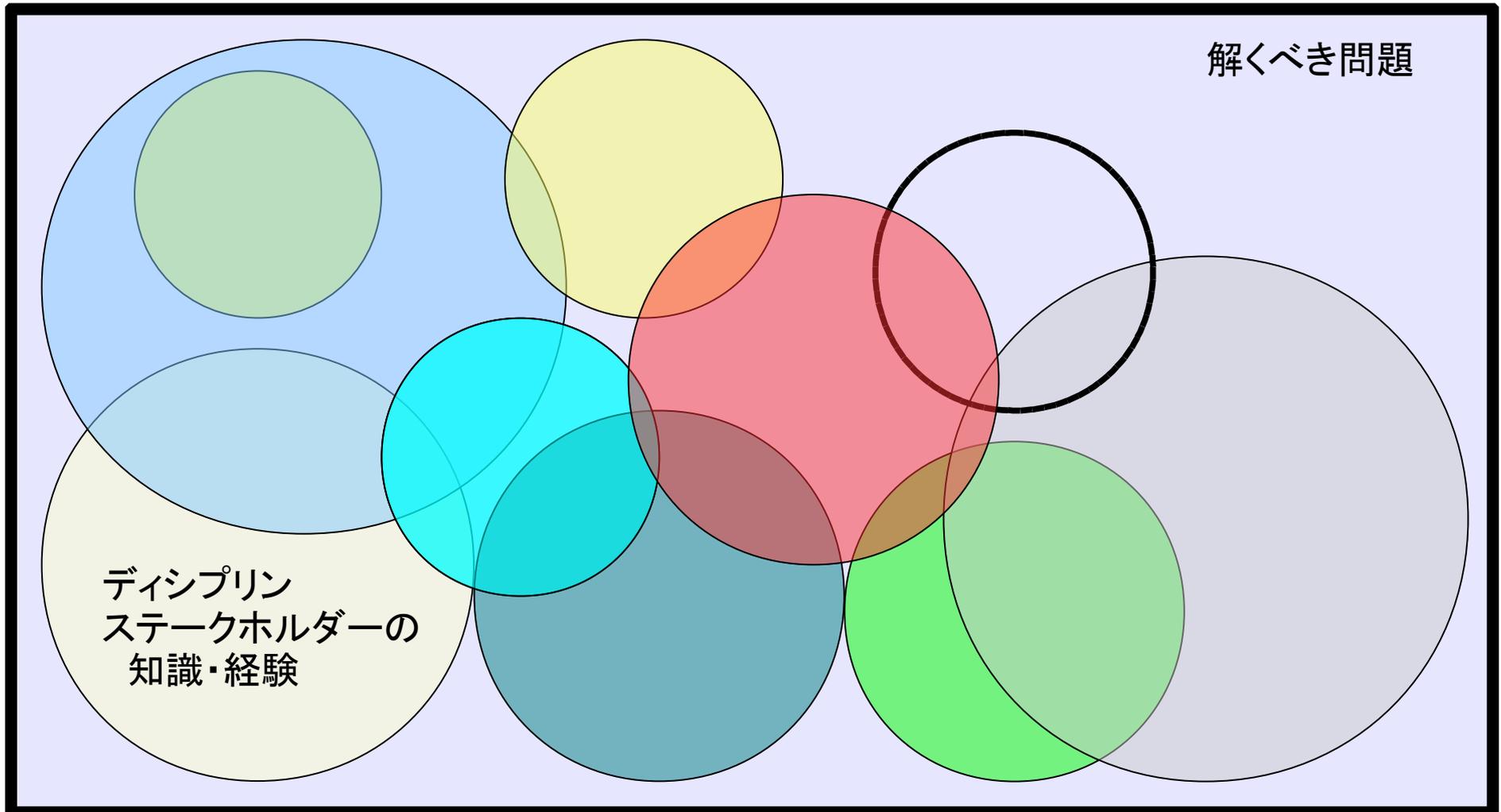
復興GIS
自然エネルギー
災害看護

...



トランスディシプリナリティーの達成<参画と協働>

- 解くべき問題の中で、各ディシプリンの守備範囲は一部に過ぎない。
- 関連するディシプリン、ステークホルダー全体の協働によってのみ、問題の理解、解決に達することができる
- 共感・理念・合理性の三重奏



2015年6月山木屋地区除染等検証委員会中間報告

・目標レベルを下回ったので、健康に問題はない！？

三つめの被ばくが考慮されているか？

・国とは戦いたくない(行政)

・早く帰還したい(住民)

・未来に対する提言

放射線に対する自主防護

山木屋GIS整備

里山対策

マーケット復活支援

その他

2016年3月最終報告書手交
2017年3月避難指示解除

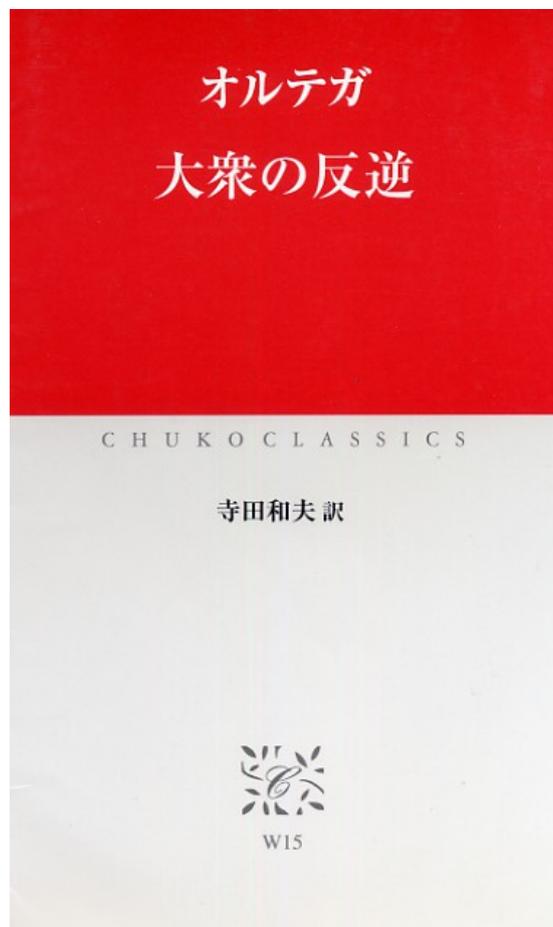
**どんな社会にしたいか
理念(原則基準)を共有すること
計画には哲学が必要(ある計画学者)**



何を信じていいかわからない
おれは文系だからわからない

文明論から

文明社会の野蛮人仮説(オルテガ、小林信一)



近代文明が誰のどんな努力によって成り立っているのか、どのような仕組みで動いているのか、どんなコストを払っているのか．．．
これがわからなくなると文明は衰退する

原子力の恩恵を受けるためには原子力について知り、監視できる能力を持つことが近代文明人としての正しい態度ではないか

原子力の管理を人任せにするということとは？



近代文明の衰退



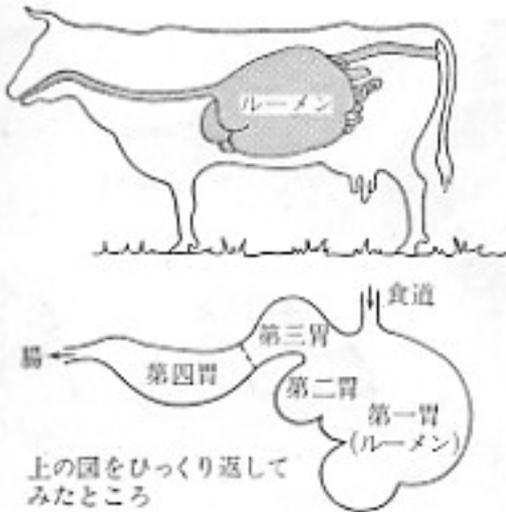
栗原 康 著

有限の生態学—安定と共存のシステム— 岩波新書949(絶版)

共栄のシステム 牛のルーメン..... 石油文明
共貧のシステム フラスコの中のマイクロコズム... 農村的世界
緊張のシステム 惑星間航行宇宙船..... 都市的世界

我々はどちらを選ぶべきか？

共貧のシステムと緊張のシステムの共存は可能か？



二つの世界を行き来できる精神的態度

... 生態学者の故栗原康は生態系を緊張のシステム、共栄のシステム、共貧のシステムに分類している。人間社会に敷衍すると、石油に依存する共栄のシステムは破綻しかかっている。残された選択肢は共貧のシステムと緊張のシステムだが、**農山漁村における“共貧のシステム”(市場経済のもとでの“貧”であり、“不幸”ではない)と、世界に顔を向けた高度管理型都市の“緊張のシステム”を相利共生(片利共生ではなく)させることはできないだろうか。**重要な点は両者を自由に行き来できる精神的習慣を現代人が持つことである。(3月25日記)

里山流域における水・物質循環と 環境回復への試み

- 共感、理念、合理性
- トランスディシプリナリティー
の實現
- そこに科学者の微力を注ぐ
- 地域ごと、SHごとに考える

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)

川俣町山木屋中心部、現在は避難指示解除準備区域