

地球人間圏科学における問題の理解と解決 －福島からの報告－

Understanding and Solution of a Problem in Human Geoscience
- A Report from Fukushima -

“問題の共有”と“問題の解決の共有”

近藤昭彦（千葉大学 CEReS）

千葉大学山木屋後方支援チーム

<http://dbx.cr.chiba-u.jp/>



貧困とは？幸せとは？



少しの工夫できれいな水



役に立つ知識



人の熱い思い



台所まで入って調査



汚水灌漑



水汚染



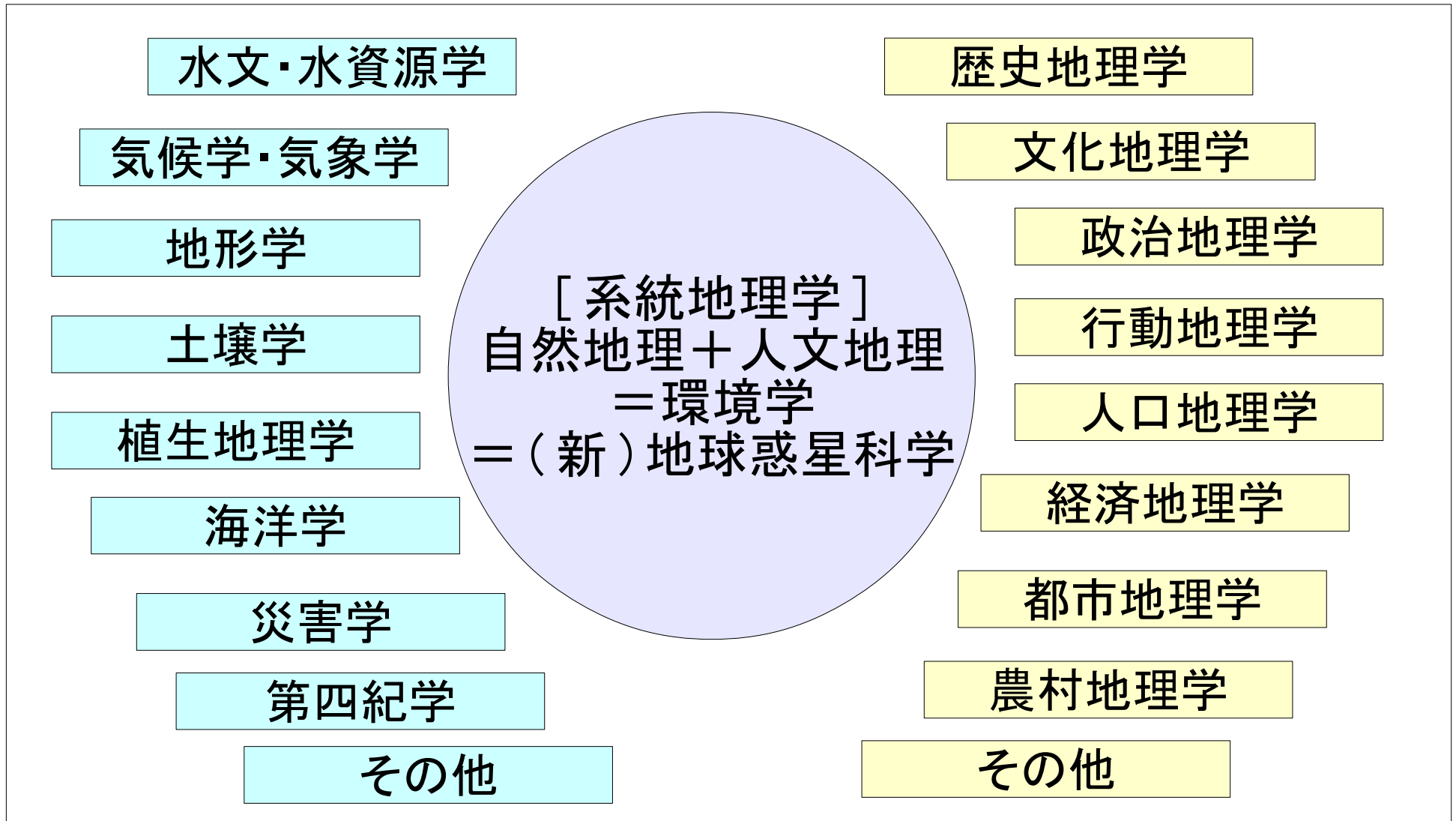
暮らしの中のサイエンス 地球人間圏科学

中国の農民と
グローバル経済



出会い

地球人間圏科学のイメージ:地理学 (Geography) とは
地理学は①**系統地理学** (Systematic Geography)、②**地誌学**、
③**地図学**、④**地理学史**に分類でき、系統地理学は**自然地理学**
と**人文地理学**に細分類される。



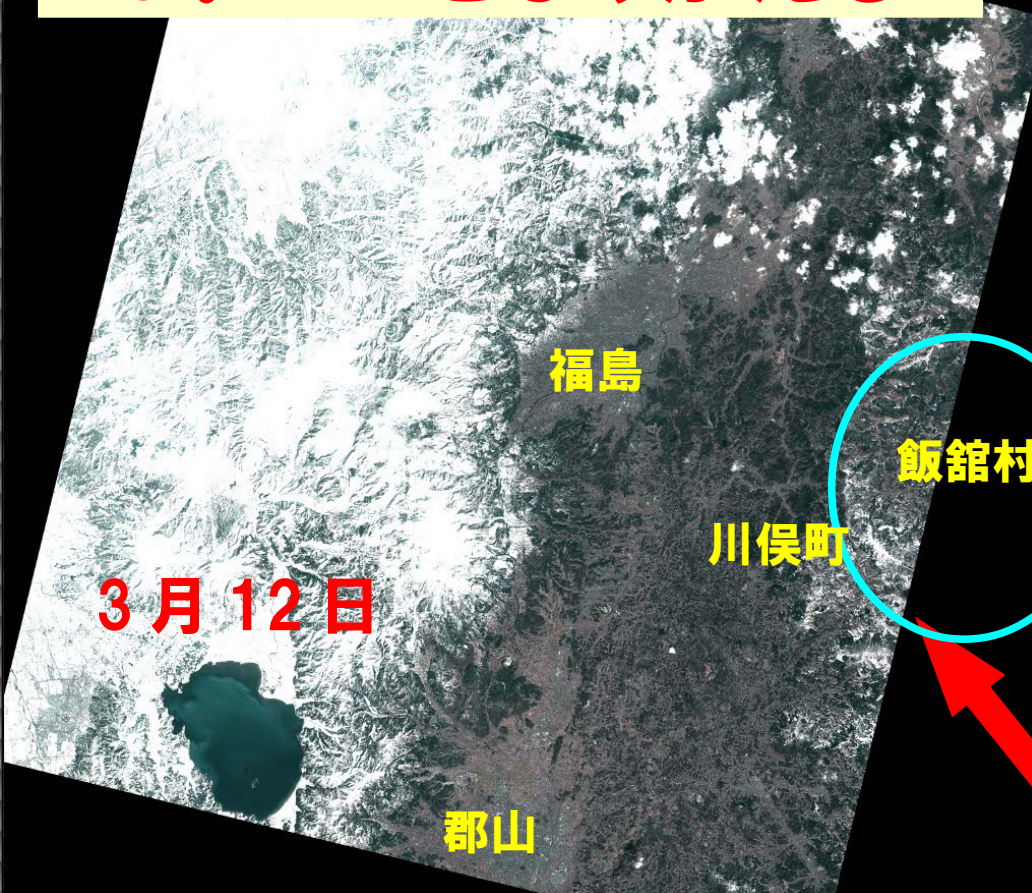
(A.Strahler, Introducing Physical Geography より)

3. 11 をふりかえる

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)



3月12日

福島

飯舘村

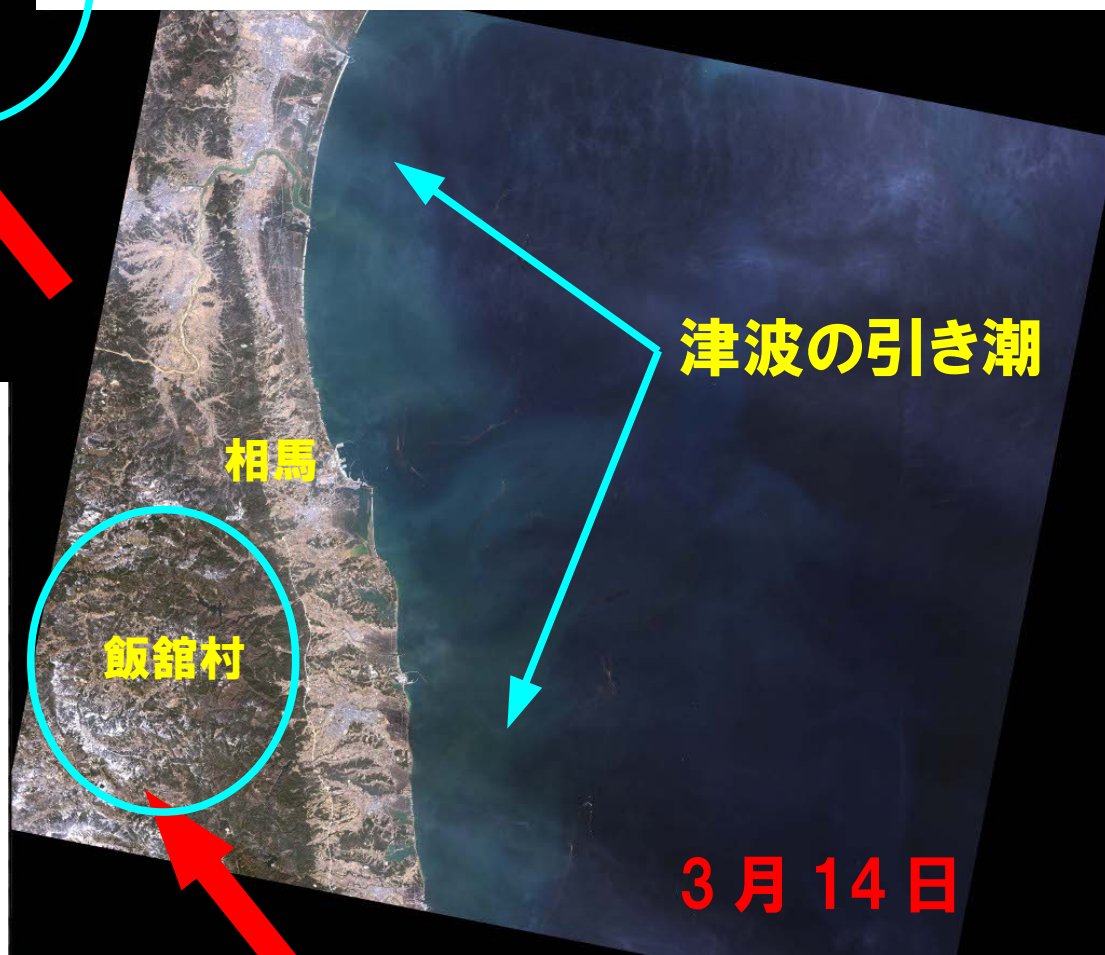
川俣町

郡山

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



津波の引き潮

相馬

飯舘村

3月14日

運命の日を迎えた

飯館村

郡山

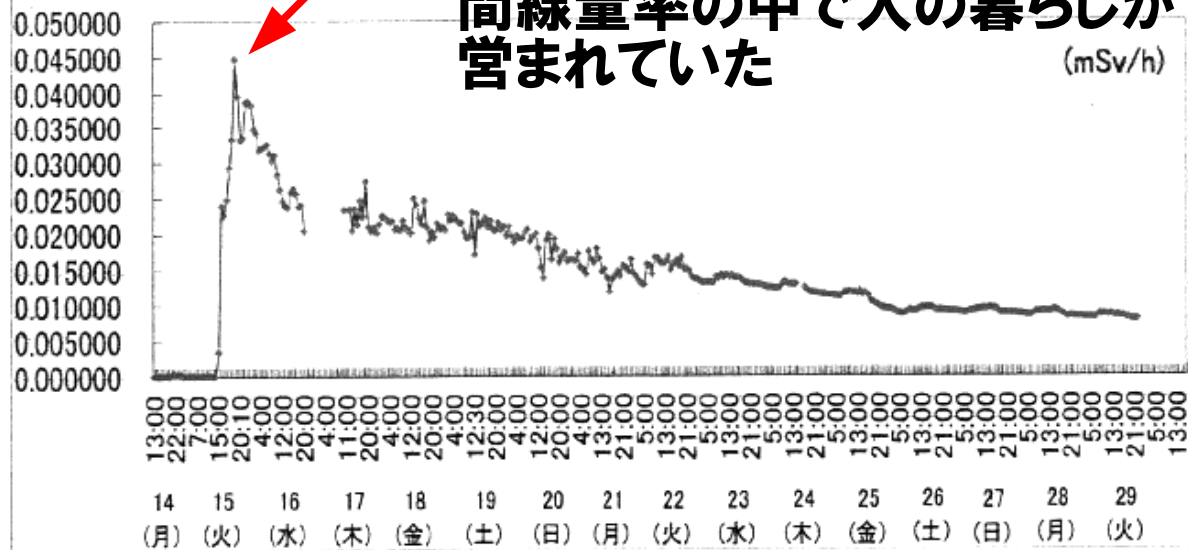
この雲の下で人間に何が起きていたのか、想像できること

3月16日午前のALOS画像

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...



15日の夕方、飯館役場前では **45 $\mu\text{Sv/h}$** を記録！
数 10 ~ 100 $\mu\text{Sv/h}$ 超の空間線量率の中で人の暮らしが営まれていた



その時



福島原発の避難指示
半径20キロ圏内に拡大

この時、研究者(の卵)として何を考えたか

- 放射性物質の挙動を解明したい

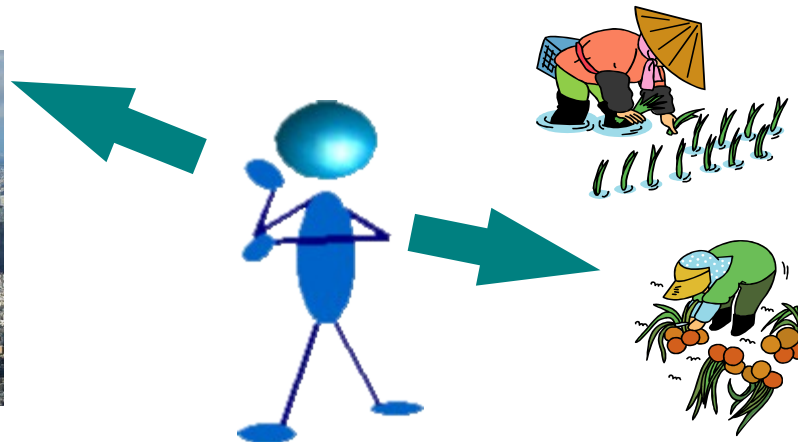
新しいトレーサーにより現象の認識を深めたい

- 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

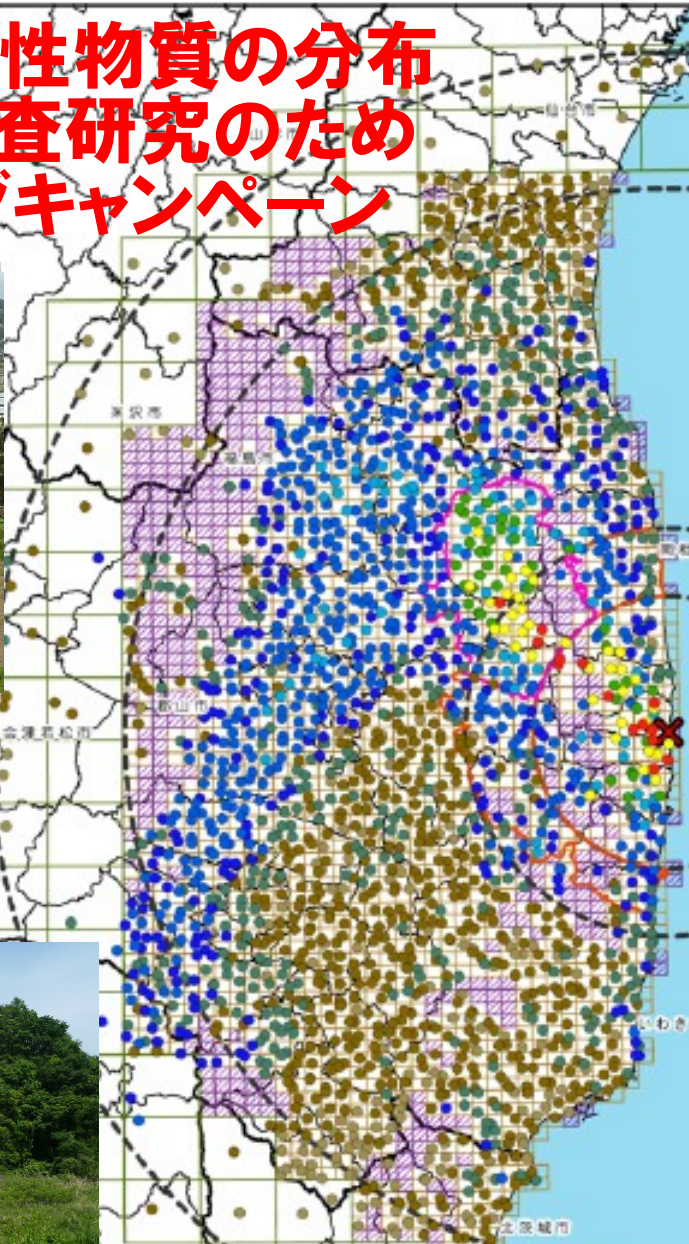


地域の中の研究者

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



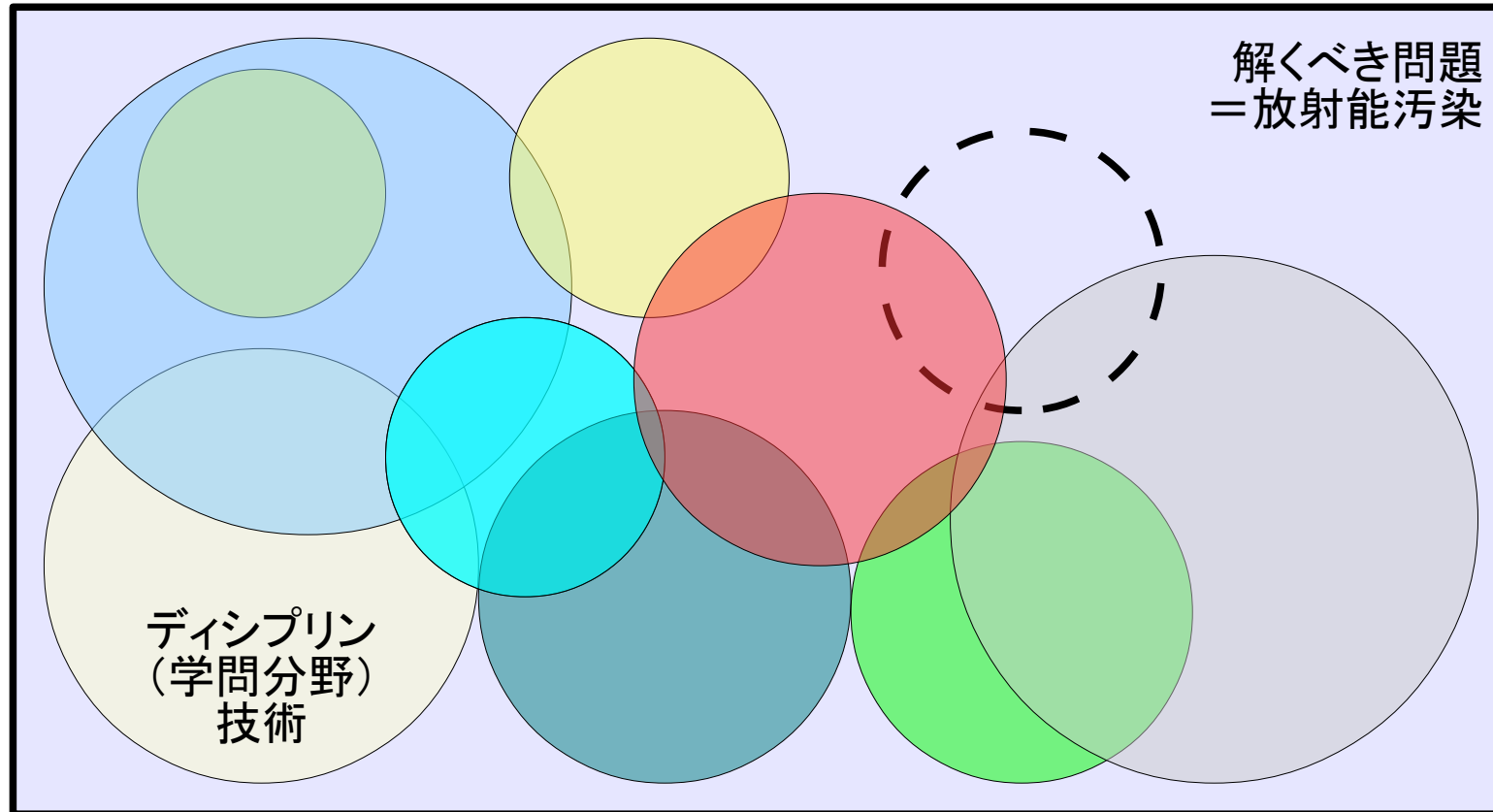
成果の濃度マップ
世界に対する報告

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]

「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

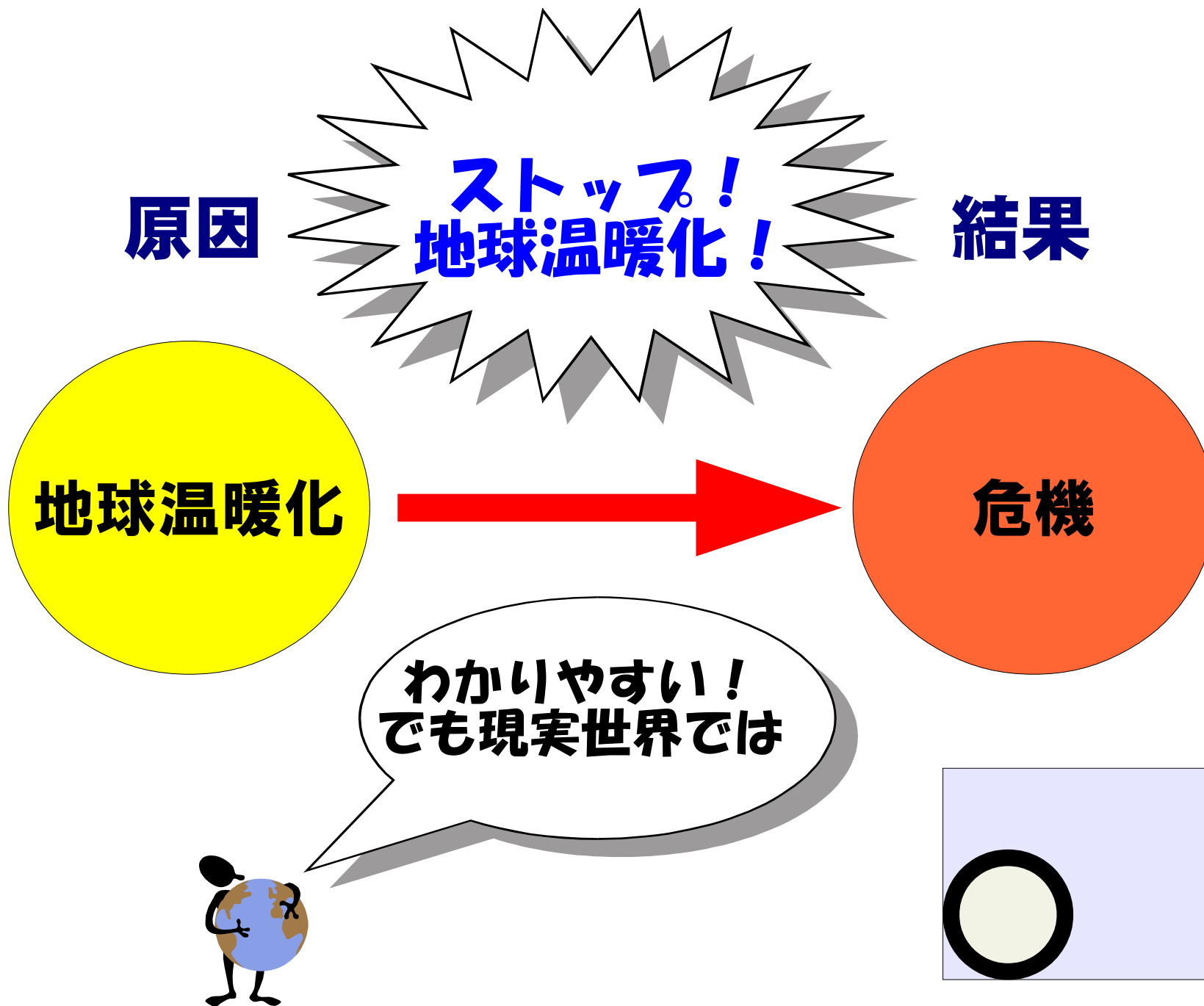


参画と協働

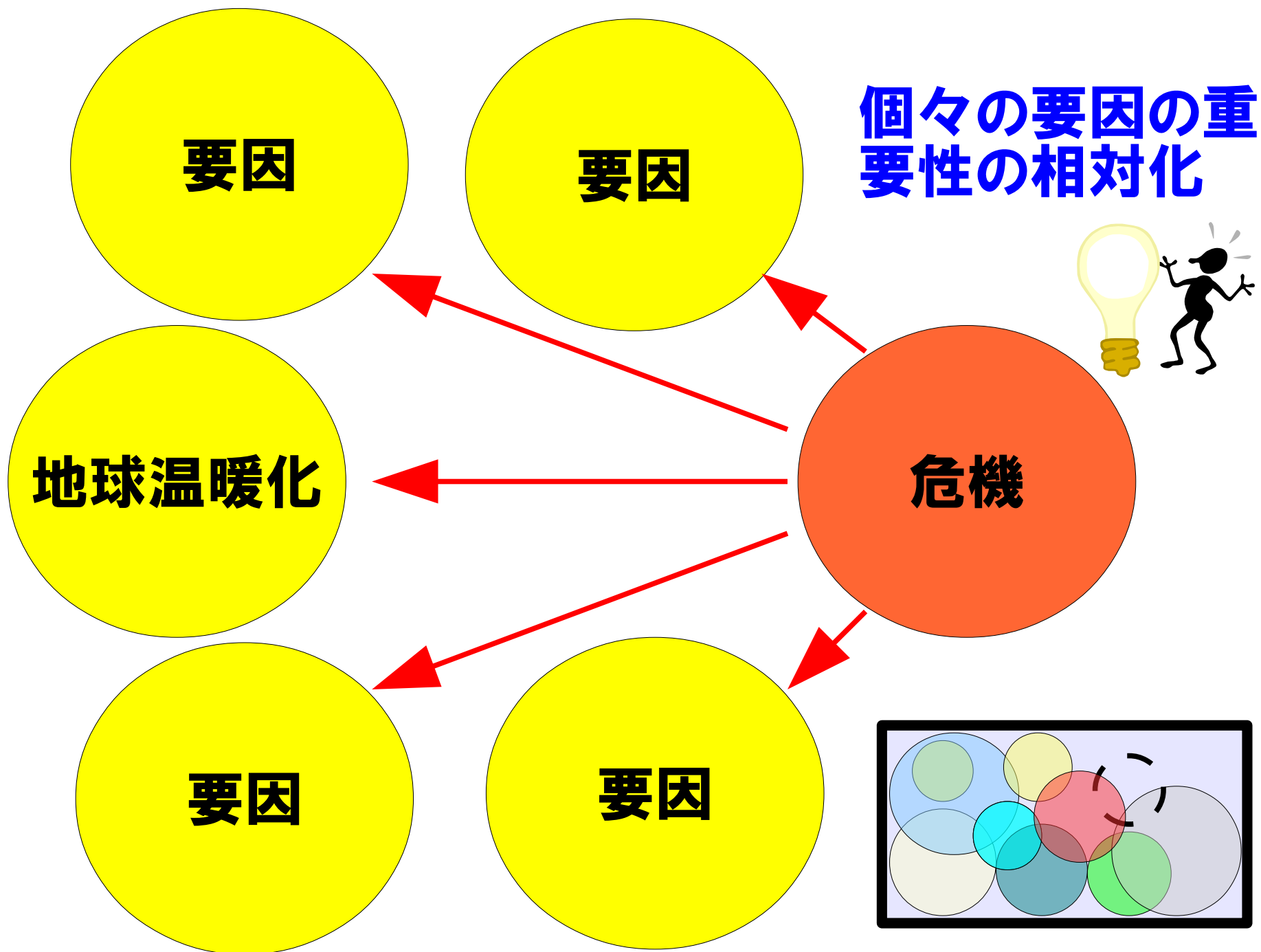
鳥越皓之著「環境社会学」図 15-1 科学の守備範囲の模式図をベースに作成

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？

地球温暖化問題における“問題の共有”



地球温暖化問題における“問題の解決の共有”



**美しい秋の山木屋の里山
ここには暮らしはない
圧倒的な現実がある**

皆さんは山村の暮らしを知っていますか？

**古里に還りたい、もう戻れない
人の諒解の仕方は一つではない**

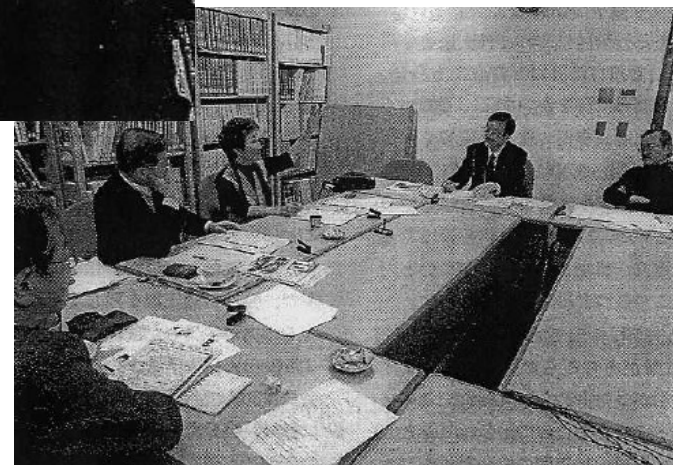
飯舘村はどんな村だったのか

農村計画学会座談会
2010年11月29日開催
再定住革命のための農村計画
農村計画学会誌、
2011年3月号

3月、雑誌が届いたとき、飯舘村
の暮らしはすでに分断の
危機にあった！



科学とこころ



福島県飯舘村にみる一人一人が幸せになる力

までいの力

ちから

飯舘村を襲った悪夢のような地震と原発事故

「ここには2011年3月11日午後2時46分以前の美しい飯舘村の姿があります」。中表紙に急ぎよ刷られた一文に怒りと悲しみがこもる。

地に足をつけてきた人々が地を追われる無念を思う。とことん考えることでせめて悲痛に寄り添いたい。原発の受益者は都会人なのを忘れることなく。

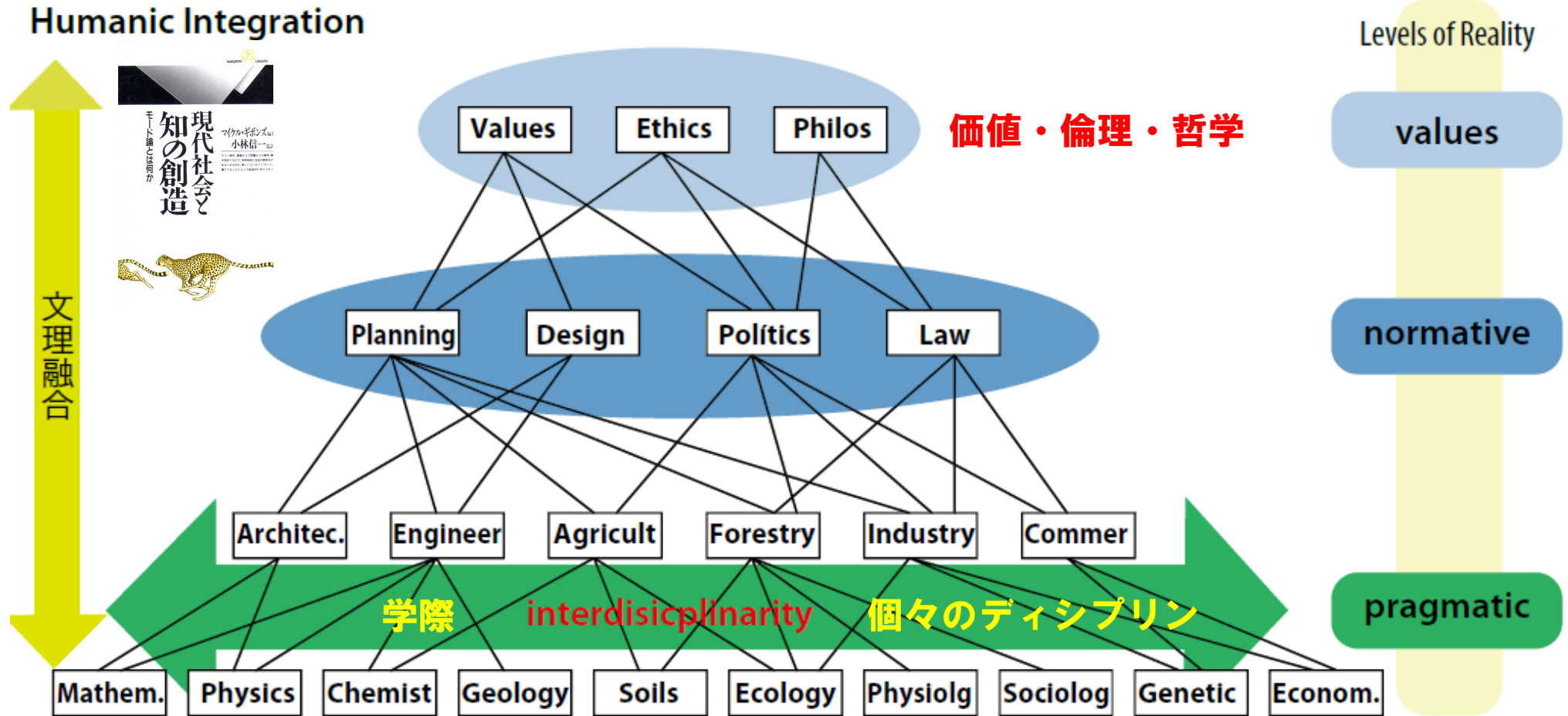
天声人語 より抜粋
朝日新聞 2011年5月5日(木)

- 定年帰農
- までいな村づくり
- 田舎に定住するモデルをつくる
- 水田地域は新規参入が難しい
- Iターン者は直売所で育てられる
- 自分の生き様を村でデザインする
- 今日が出発点だ
- 地域通貨と一升瓶
-

尊重すること

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観や心を排除することがサイエンティストの態度か？



トランスディシプリナリティー、地球研ニュース No.36 (原図 Max-Neef 2005,9)

- 地域を研究するということの基にある姿勢は？
- 地域に寄り添う 地域の考え方を尊重する

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

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)

研究者の二つの立場

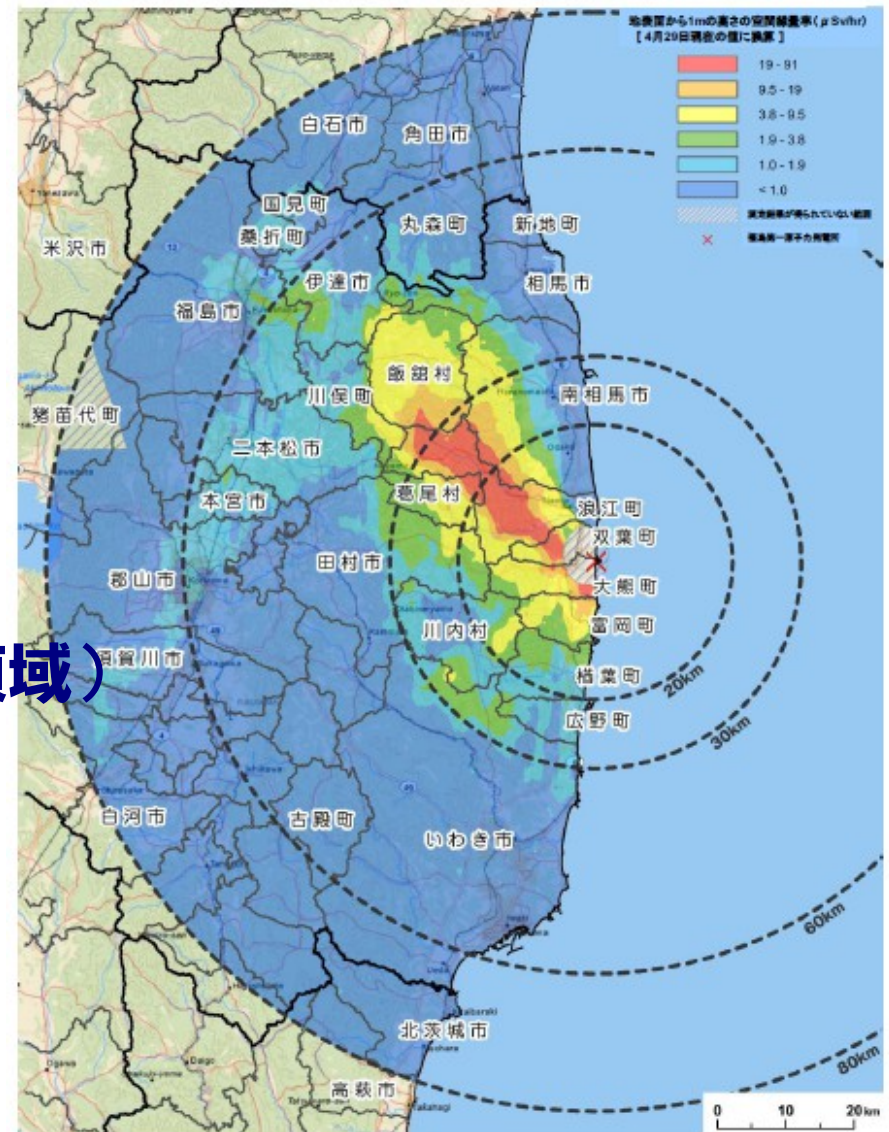
【世界の中の日本】

- 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



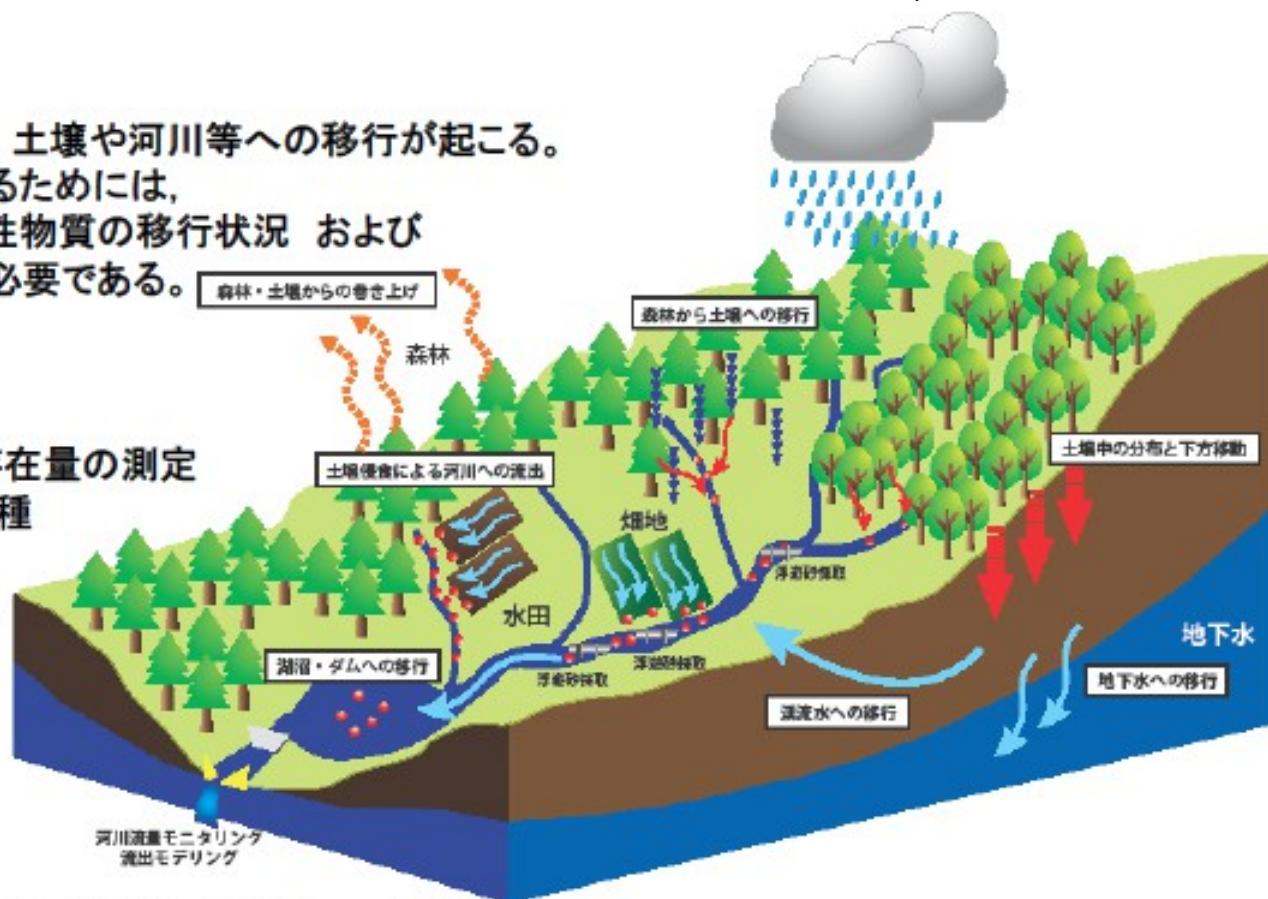
【世界の中の日本の役割】

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。

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

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)

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

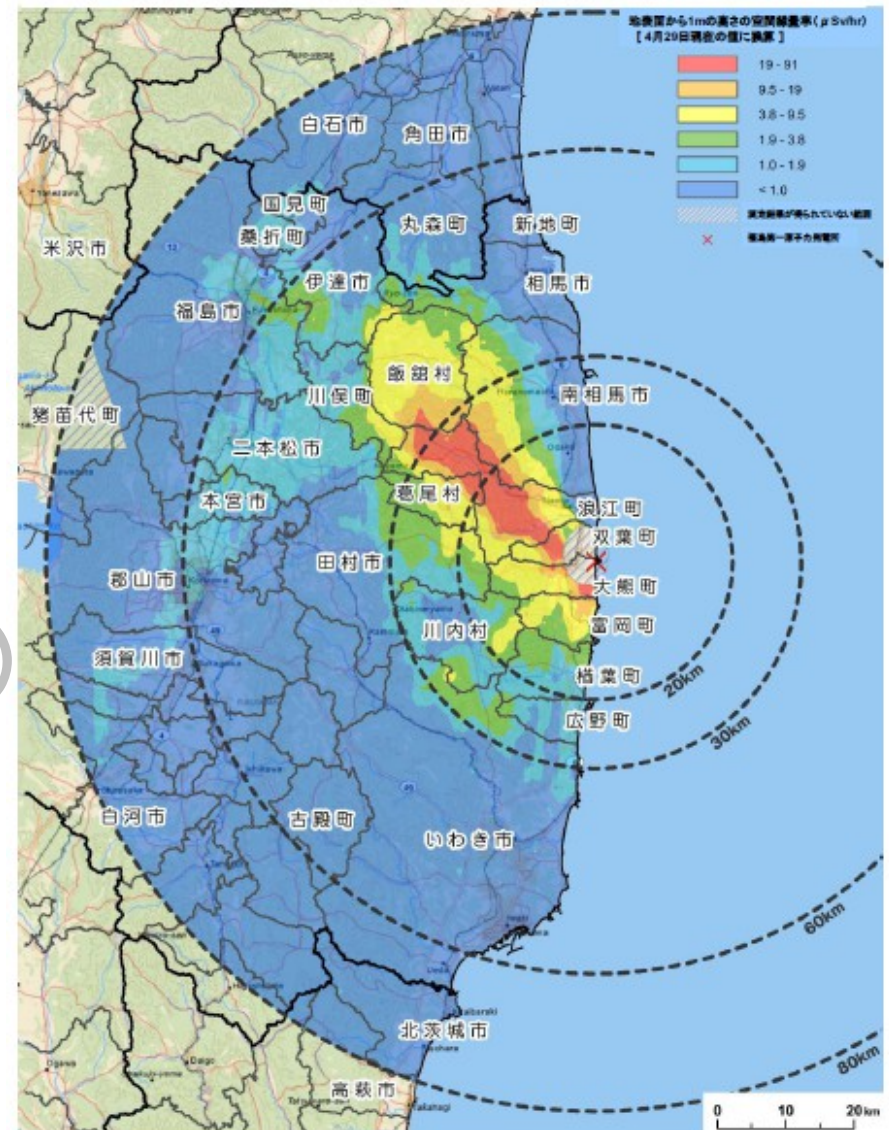
⇒ チーム文科省(FMWSE)

【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)



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



とて奮へるための里をたのびたい

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ゃう」

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」

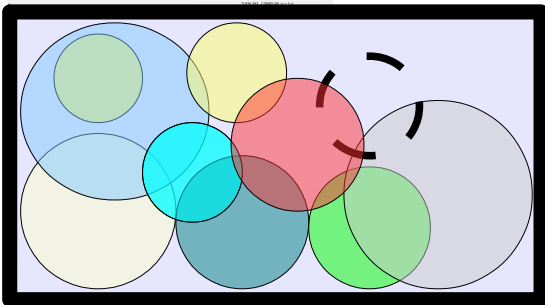
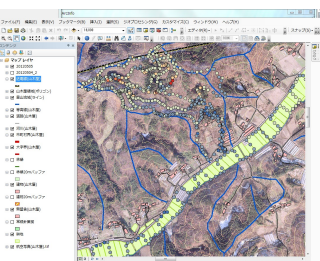
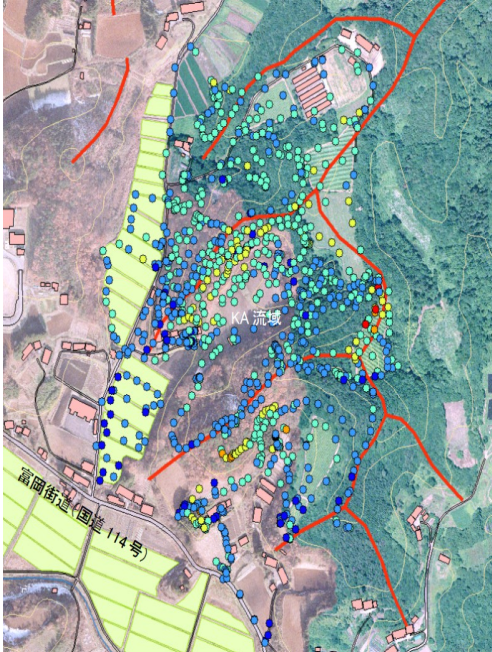
計画的避難区域
緊急時避難準備区域

(経産省 HP)

チーム千葉大学「地域主体原則」

地域の方々の思いを尊重し、
問題の解決を共有する
総合大学の力を発揮し、異分野協働で
問題の理解と解決を計る

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
バイオマス発電
災害看護

...



小型無人ヘリによる空間線量率モニタリング

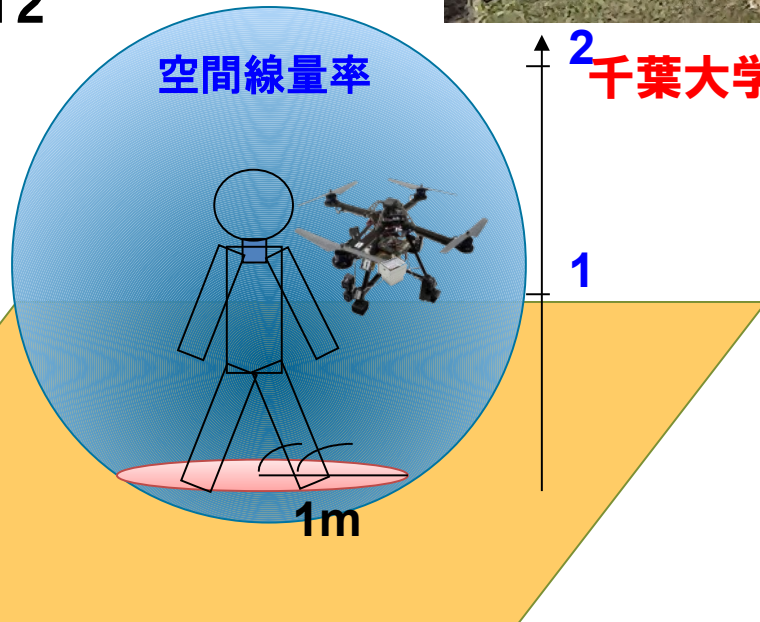
将来は農薬散布、環境監視等の産業用



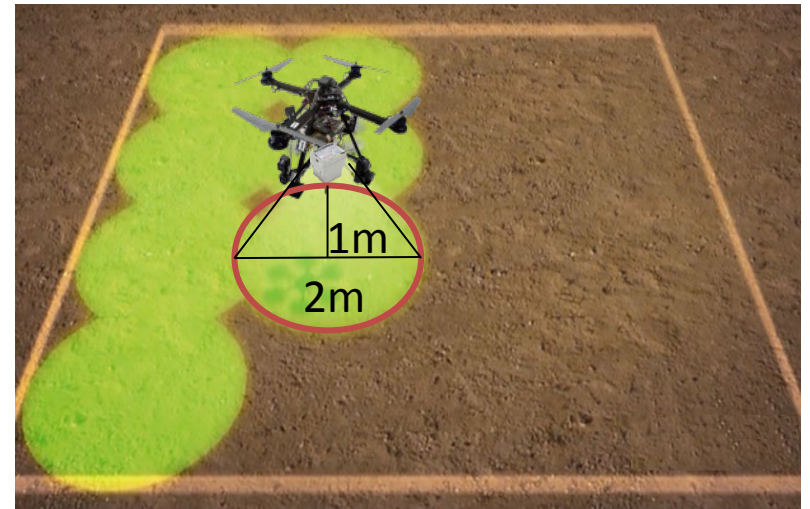
1m 高の空間線量率を UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ここでは自律飛行型マルチコプターにて実施

山木屋小学校で実証実験を実施

Aug. 5th, 2012, Dec. 8th, 2012

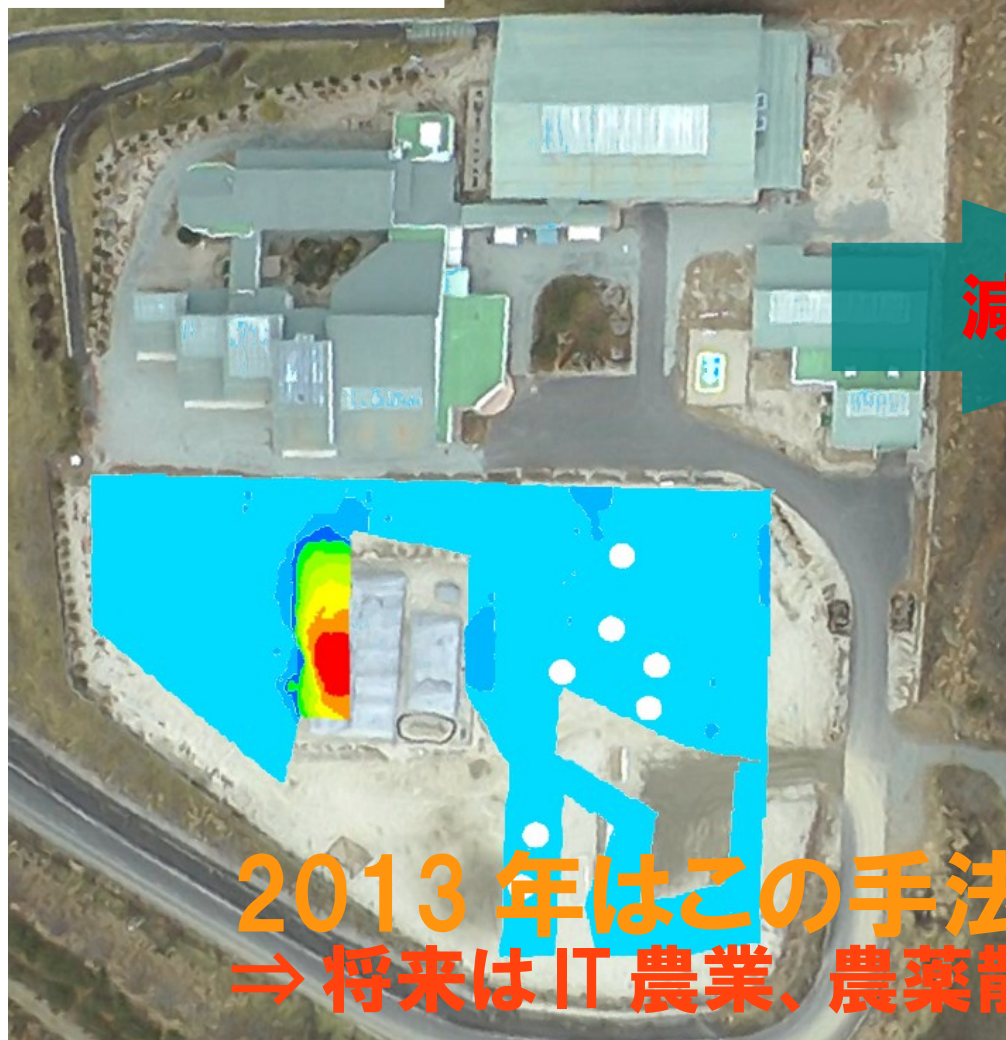


千葉大学野波研究室、ミニサーベイヤーコンソーシアム



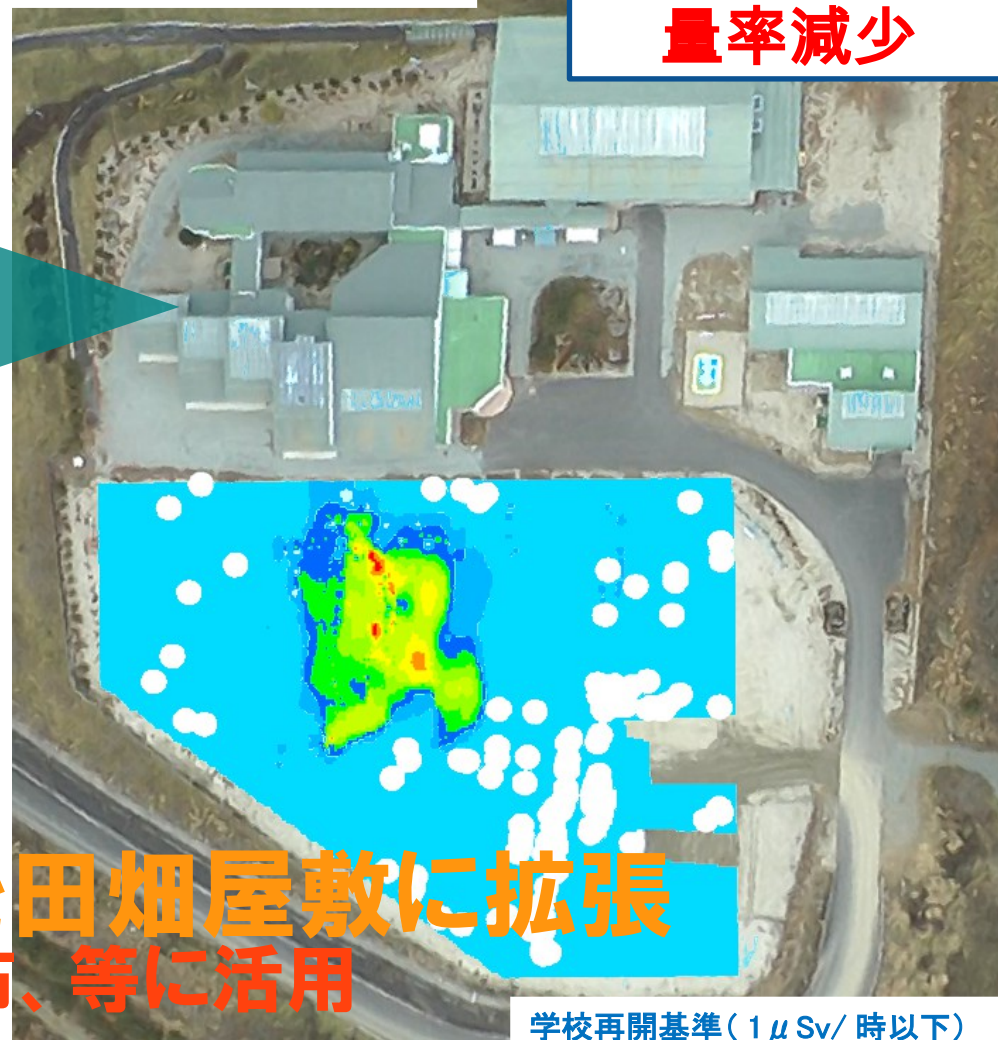
空間線量率の経時変化ー最新の技術を使う

2012年8月5日



2012年12月8日

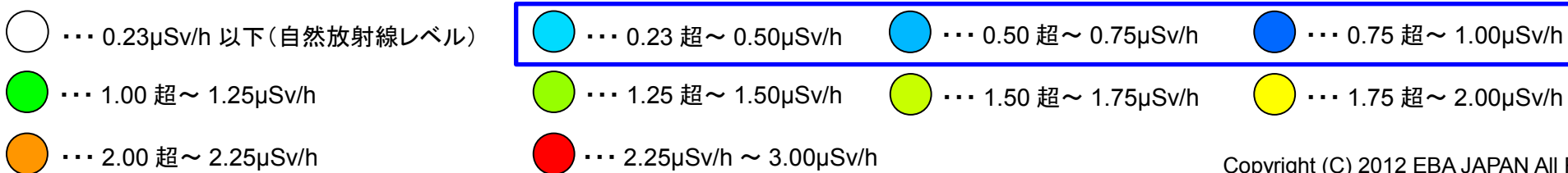
18%の空間線量率減少



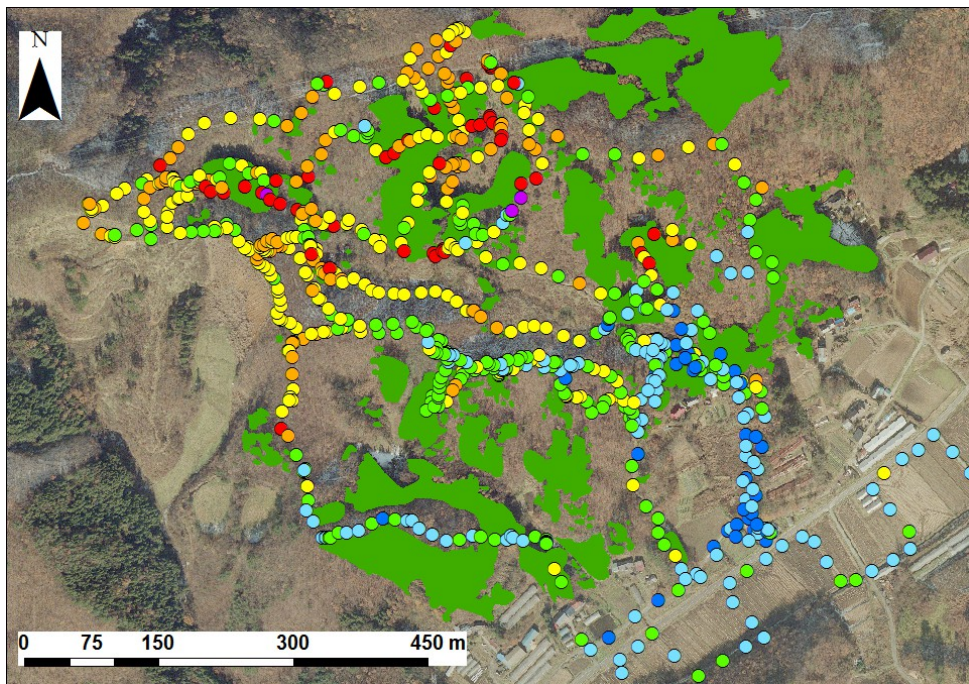
減少

**2013年はこの手法を田畑屋敷に拡張
⇒ 将来はIT農業、農薬散布、等に活用**

学校再開基準 ($1 \mu\text{Sv}/\text{時}$ 以下)



山林対策はどうか：沈着の様式と植生の種類 正確な植生現況図が必要

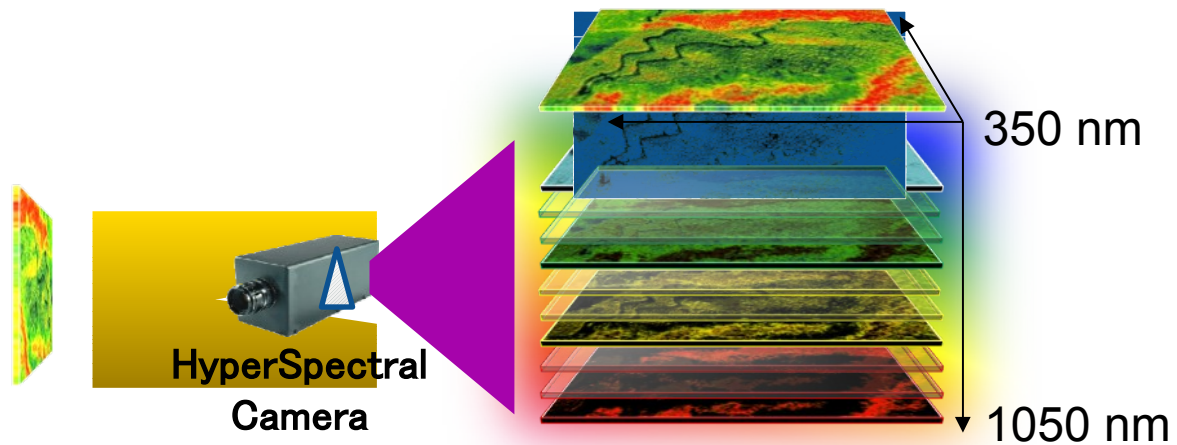


311 には落葉していた



ハイパースペクトル技術の活用

1. ハイパースペクトルカメラ
2. ビデオ / RGB 画像
オブジェクト指向分類法



EBA Japan Co.,Ltd.

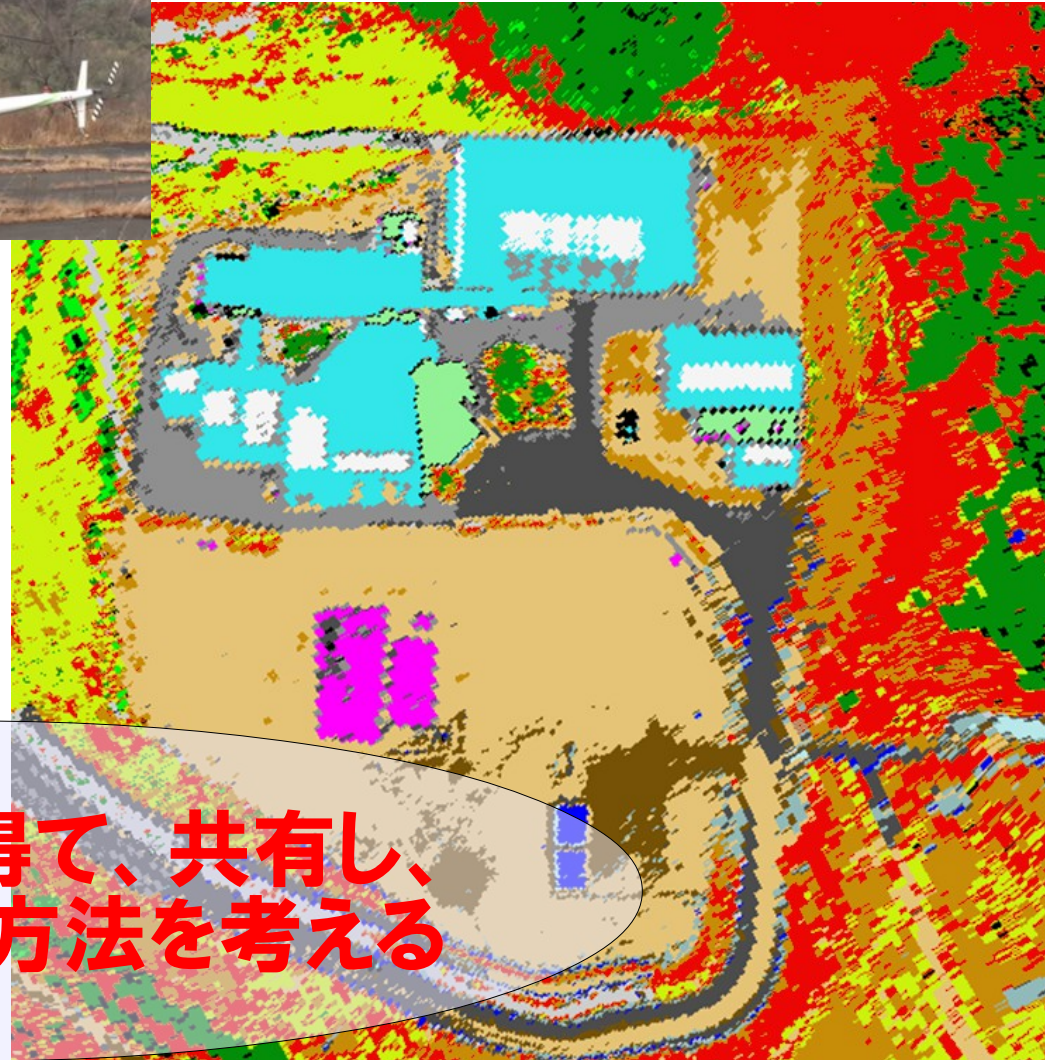
ハイパースペクトルカメラによる土地被覆分類

ビデオカメラ画像



ハイパースペクトル解析画像

2012年12月8日



協働で情報を得て、共有し、
目的の達成の方法を考える

- | | | | | | | |
|-----------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| · · 常緑針葉樹 | · · 常緑広葉樹 | · · 落葉広葉樹 | · · 草地 | · · 土壌 1 | · · 土壌 2 | · · 土壌 3 |
| · · 汚染土 | · · アスファルト 1 | · · アスファルト 2 | · · アスファルト 3 | · · 屋根 1 | · · 屋根 2 | · · 屋根 3 |
| · · 屋根 4 | · · 屋根 5 | · · ソーラーパネル | | | | |

2011年6月～8月走行サーベイ
どうなってますか？

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

自然認識におけるスケール感



2011年8月川俣町で実施



GPSと連動する γ 線スペクトロメーター RT-30

林道、農道を走行
詳細なマップを作成
地域との協働

2011年走行サーベイ

⇒結果は「負けねど飯館」へ



空間線量率
($\mu\text{Sv/h}$)

紫	20 <
赤	15 - 20
オレンジ	10 - 15
黄	7 - 10
黄緑	5 - 7
緑	3 - 5
青緑	2 - 3
青	1.5 - 2
水色	1 - 1.5
淡青	< 1

0 2 4 8 12 km

飯館村

川俣町

浪江町

地域の暮らしの復旧、復興に必要な空間線量率の分布とは？

走行サーベイは2011年6～8月実施。背景は第3次航空機モニタリング(2011年7月)



より詳細な空間線量率分布の測定の必要性 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

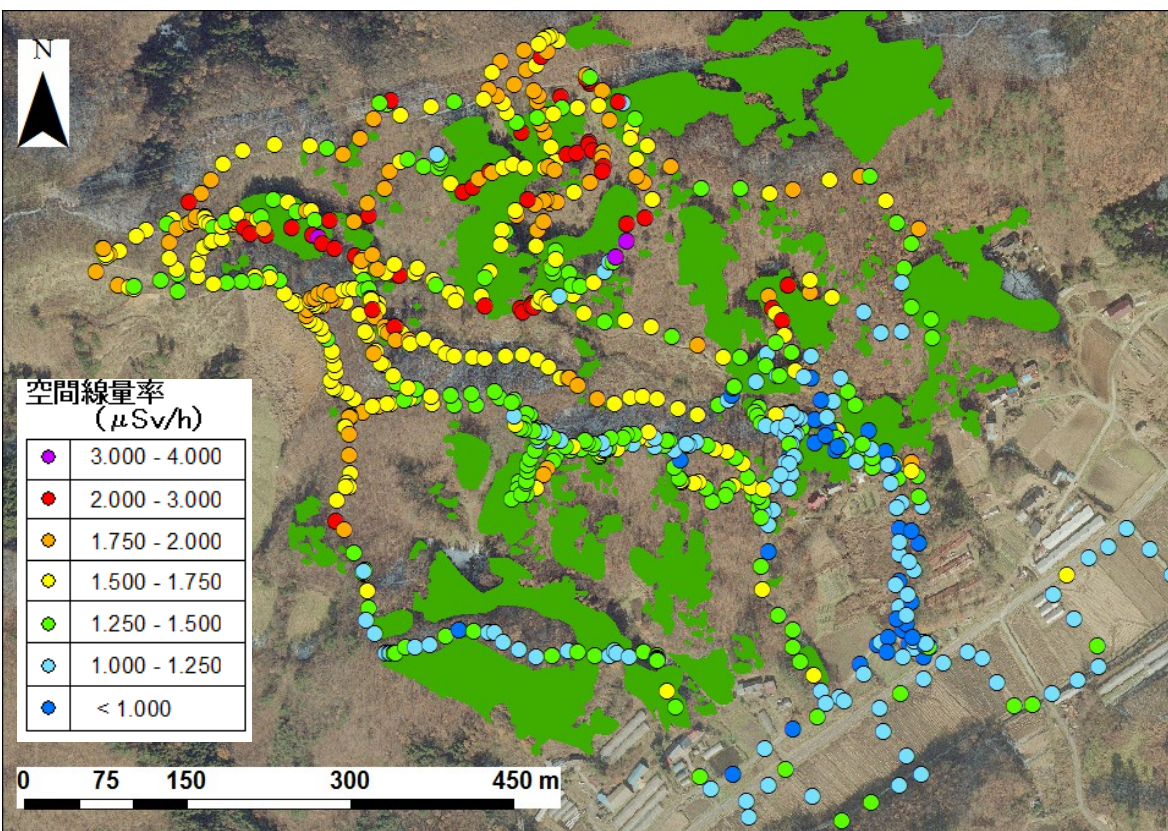
- 空間線量率計の位置を地上 1m 高に調整
- GPS と同期
- 山地斜面を歩行



歩行サーベイ

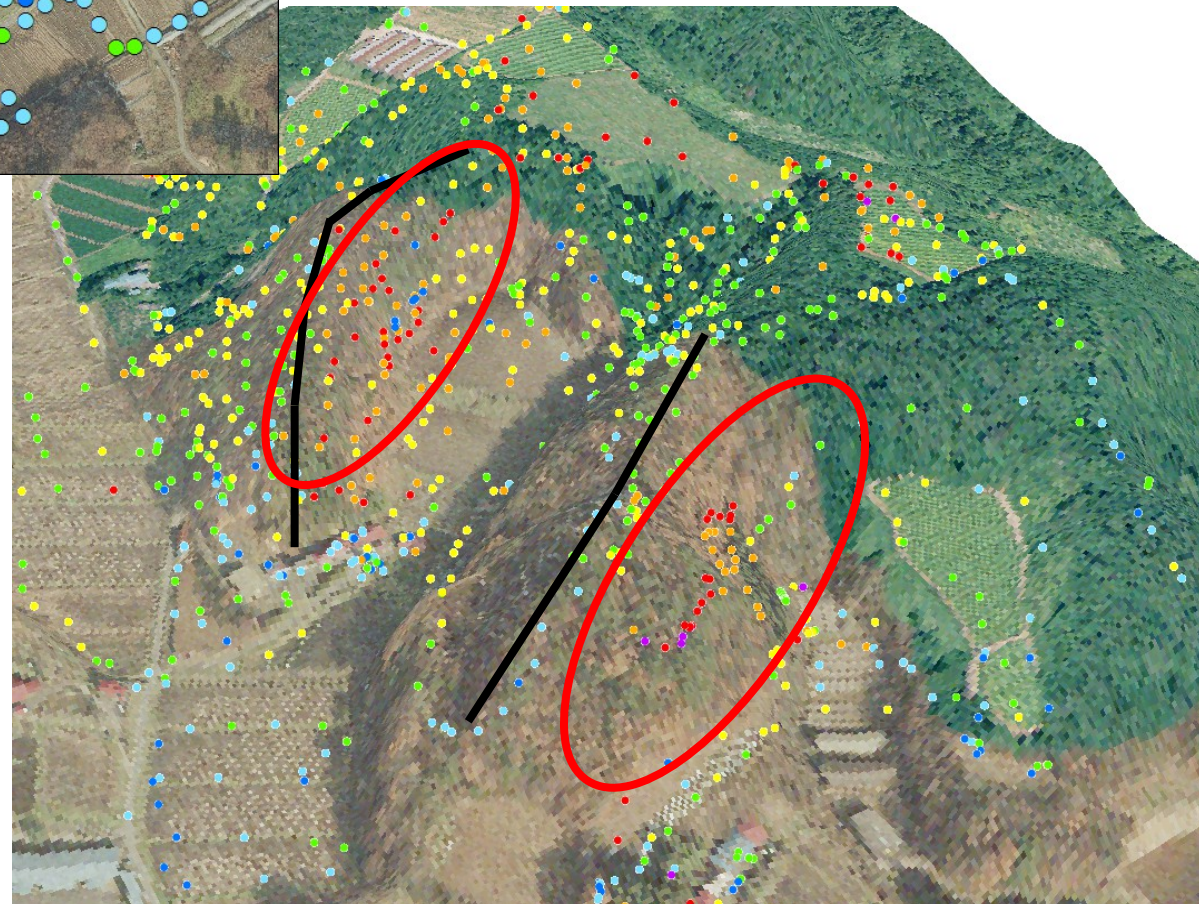
山木屋地区北部では山地流域で空間線量率が高い

常緑針葉樹林で空間線量率が高い傾向が認められる



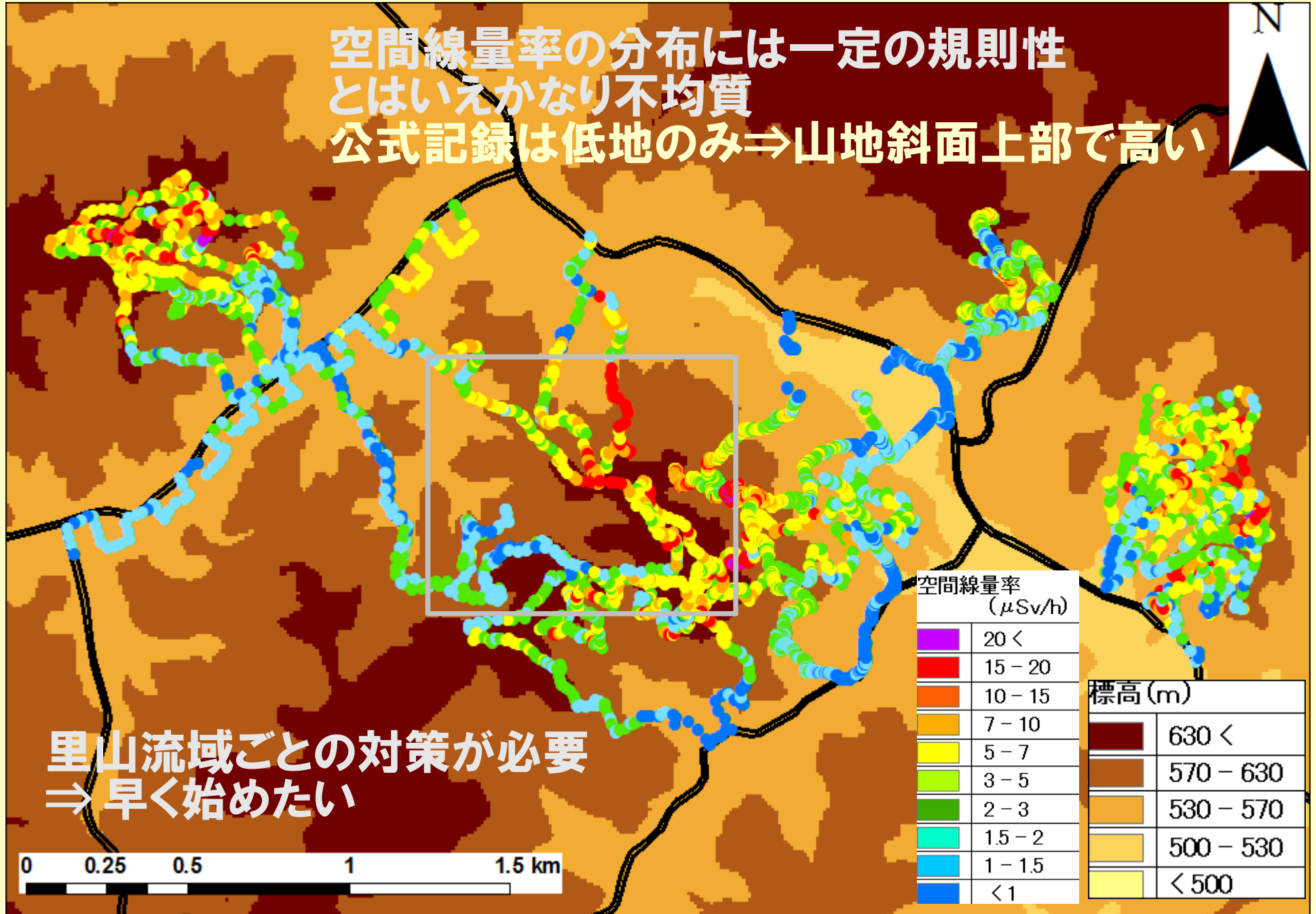
原発側斜面（南東向き斜面）で空間線量率が高い傾向がある

暮らしの単位である里山流域ごとに調査、対策を！



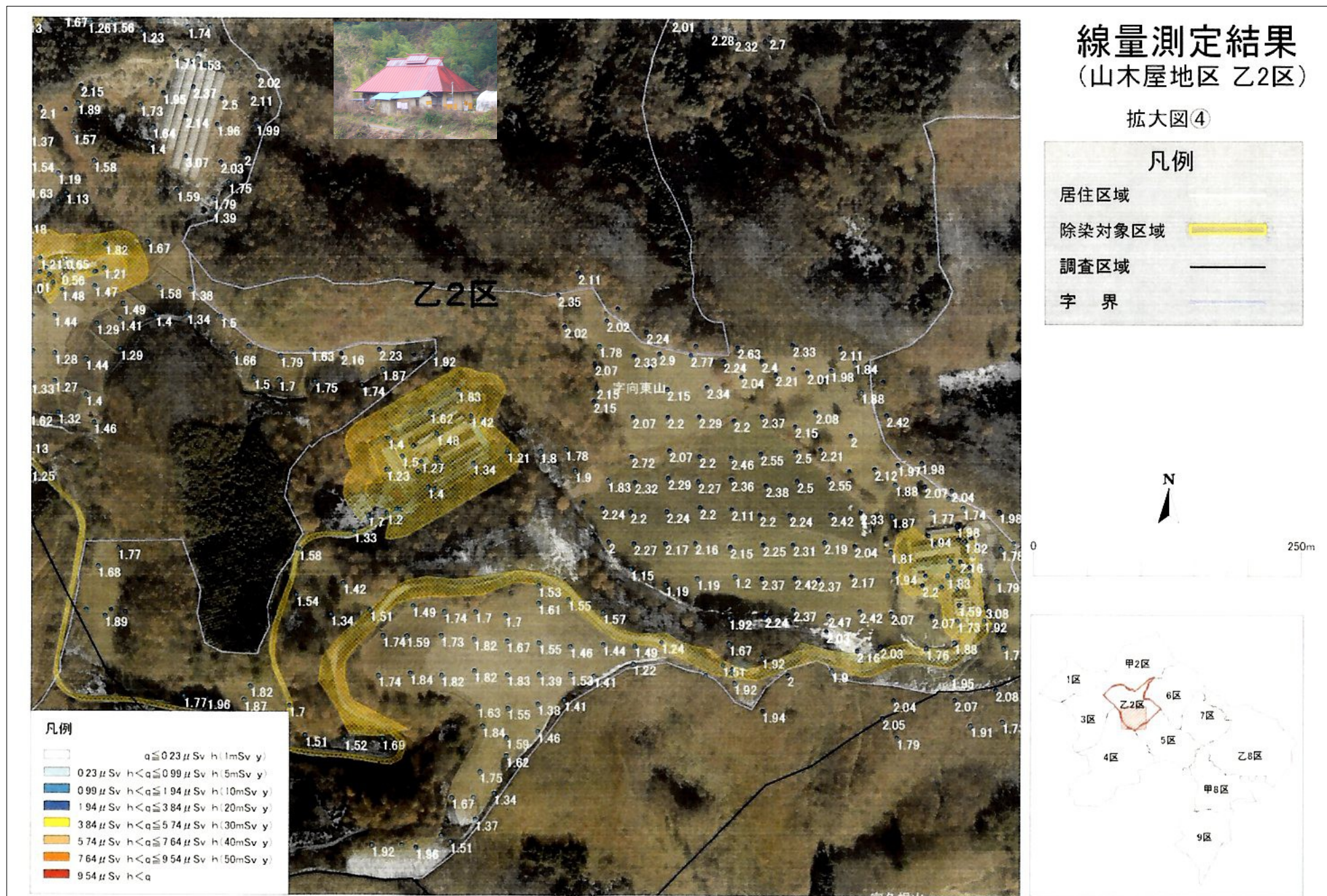
山木屋乙二区周辺地域における 2012 年度の全結果

空間線量率の分布には一定の規則性
とはいえかなり不均質
公式記録は低地のみ⇒山地斜面上部で高い



測定日：5月4日、5日、8月31日、9月1日、10月13日、11月8日、11月25日、26日

国による除染範囲は道路、住宅から 20m の範囲

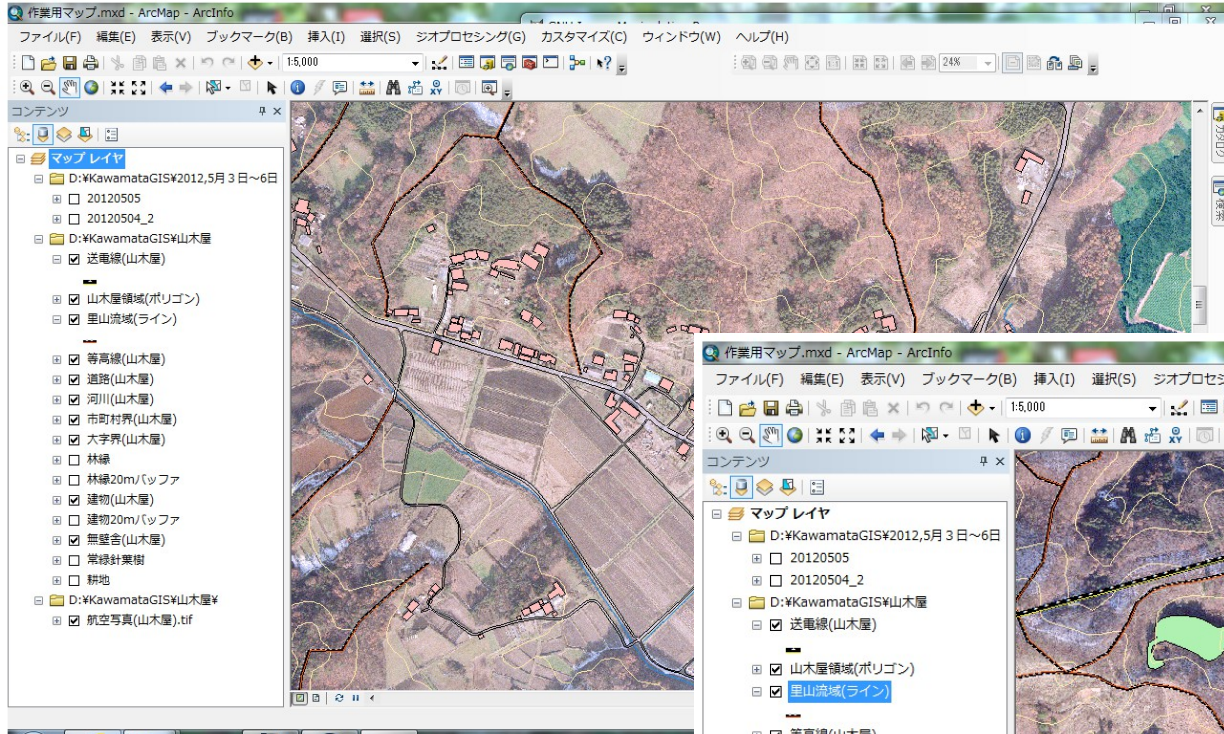


(環境省による除染説明資料)

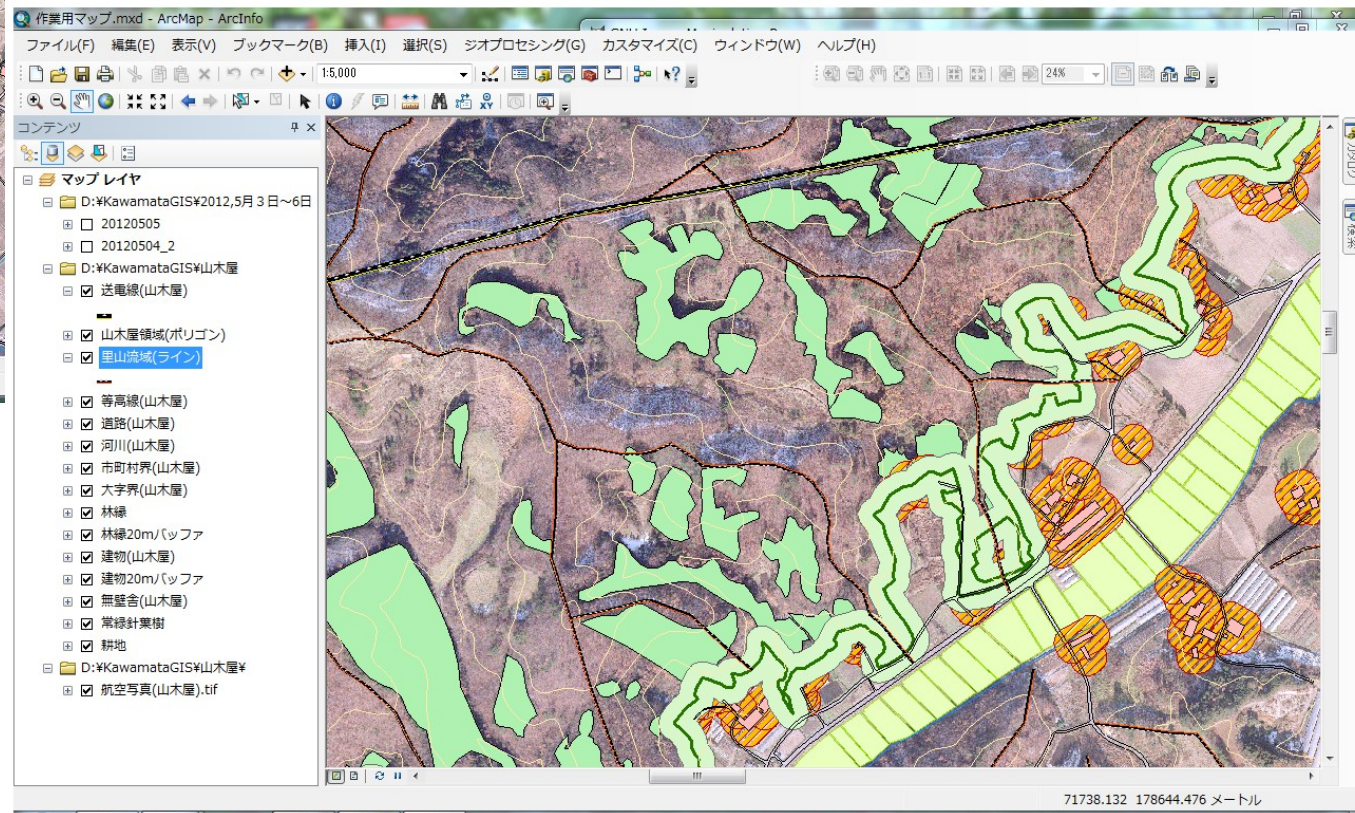
復興、放射能対策を記録するー復興GISー

里山流域ごとの対策に地理情報システム（GIS）を活用

- 平面直角座標系（公共座標系）第9系をベースに様々な地理情報を重ね合わせ
- 道路、建物、圃場、．．．さらに、灌漑排水系、溪流ネットワーク、．．．
- 里山流域の範囲



- 建物から20mの範囲は？
- 常緑針葉樹林の場所、面積は？
- 林縁から20mの範囲は？
- 除染の記録
- 放射能対策のベースマップ



チーム千葉大の提案

“田畑・居住空間を含む里山流域単位の放射能対策”
⇒野田首相への要望、緑化工学会アピール文、等

生活圏の最小単位としての里山流域
里山流域の物質循環・水循環の保全

問題点・批判

- ・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 —**
- ・誰がやるのか
⇒自分たちの手で復興を **— 自助・共助：地域は自分たちで守る —**

提案型合意の形成

つらい合意ではなく希望のある合意

様々な問題を乗り越えて、皆が幸せになる方策を学界から



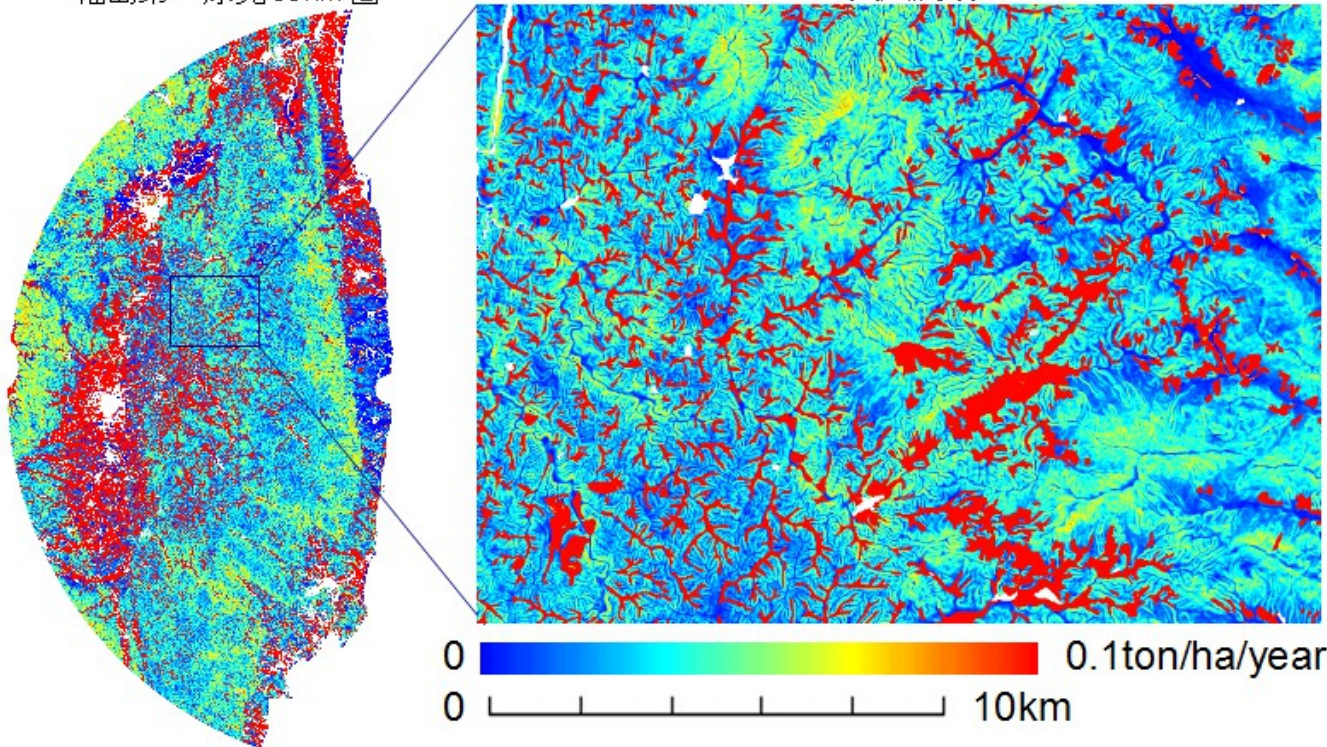
さがってますか - 放射性セシウム移行のモデル計算

- ① USLE 式(侵食量を計算する経験式)で侵食量を計算
- ② 斜面下方へ土砂を移動させる
- ③ 土砂に含まれた放射性セシウムが移行
- ④ 放射性セシウムは谷底で河川に移行



福島第一原発80km圏

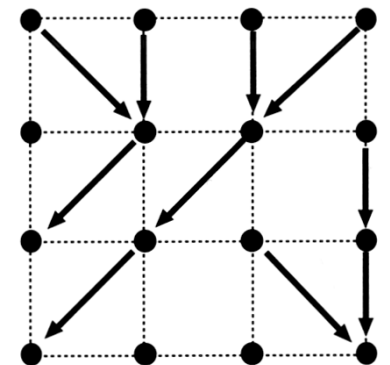
口太川流域



侵食による移行計算は
口太川流域を対象
山木屋は北東端



落水線



分布型モデルによるUSLE侵食量再計算結果
初期沈着量は第3次航空機モニタリング成果

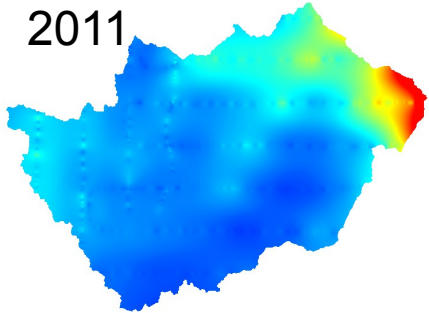
USLE 式は筑波大学恩田チームの成果

口太川流域におけるセシウム沈着量の経年変化

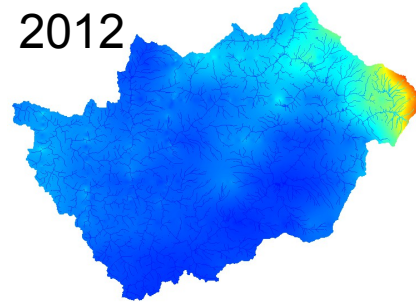
Cs134

どれだけ放射性セシウムがあるかという図

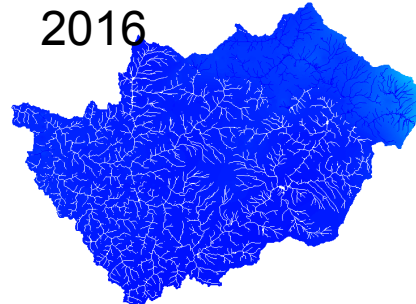
2011



2012



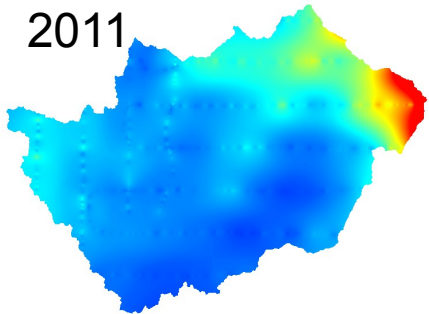
2016



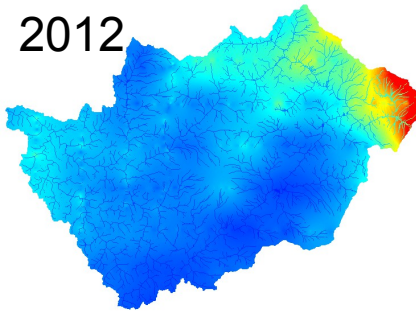
Cs137

10 1000kBq/m²

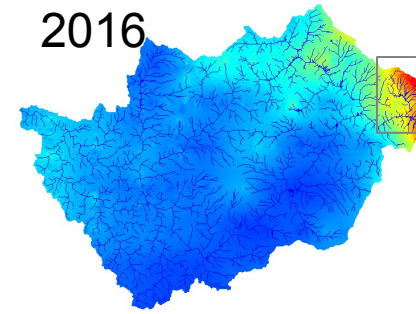
2011



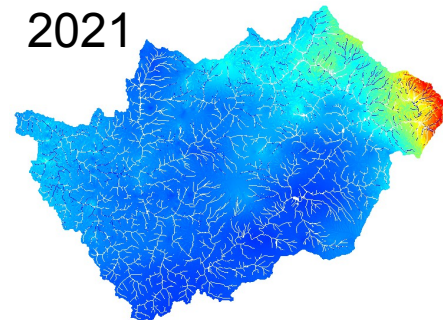
2012



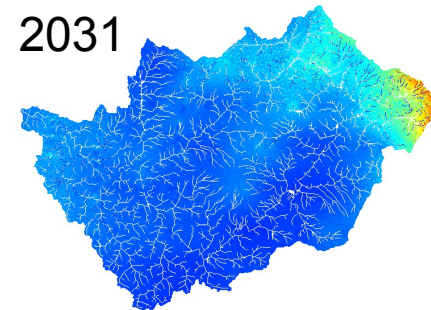
2016



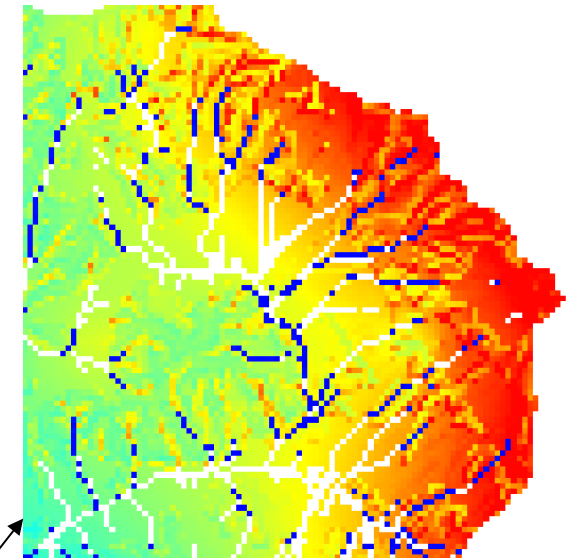
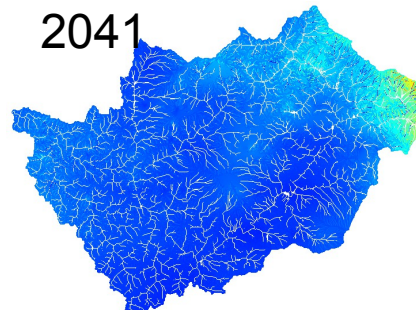
2021



2031



2041



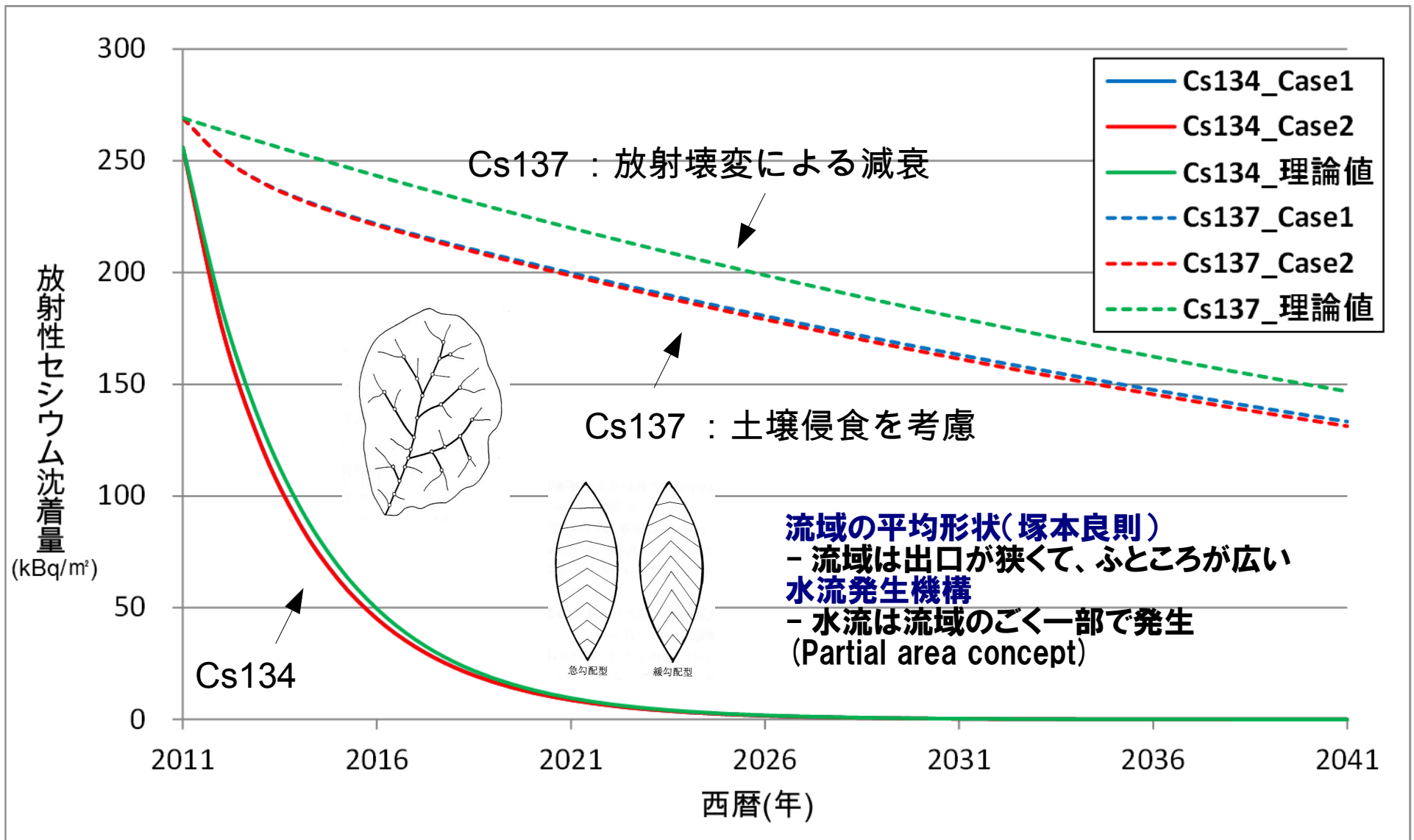
● 様々な仮説に基づく計算結果であることに留意

● 山地斜面でセシウムの集積する場所が認められる。

[参考] チェルノブイリでは
555kBq/m² 以上 避難
185 ~ 移住が許可
37 ~ 要放射能管理

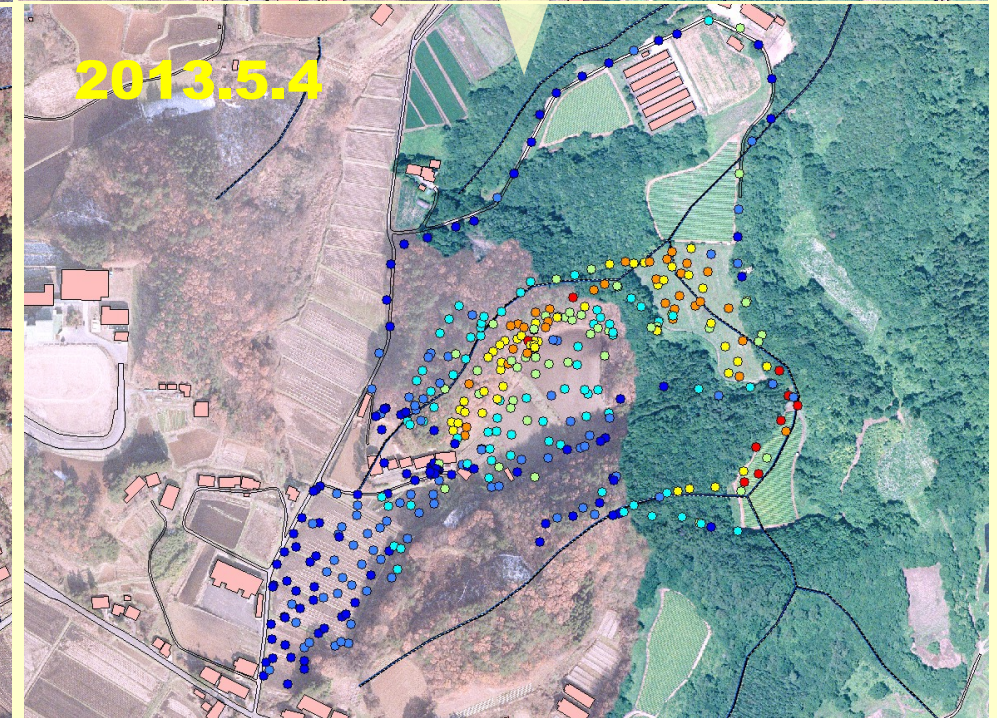
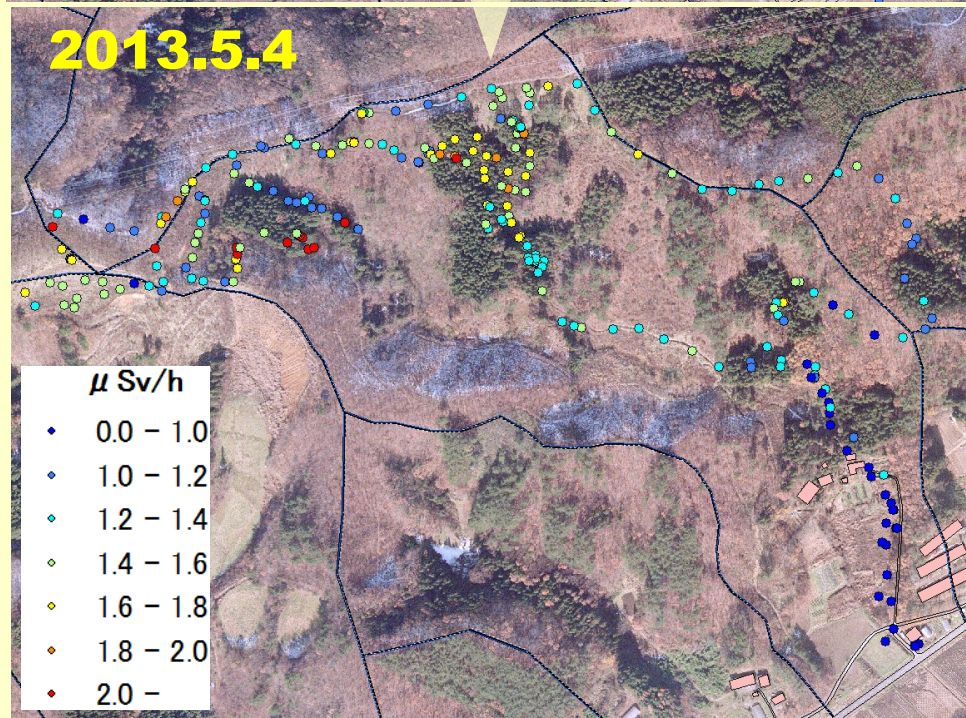
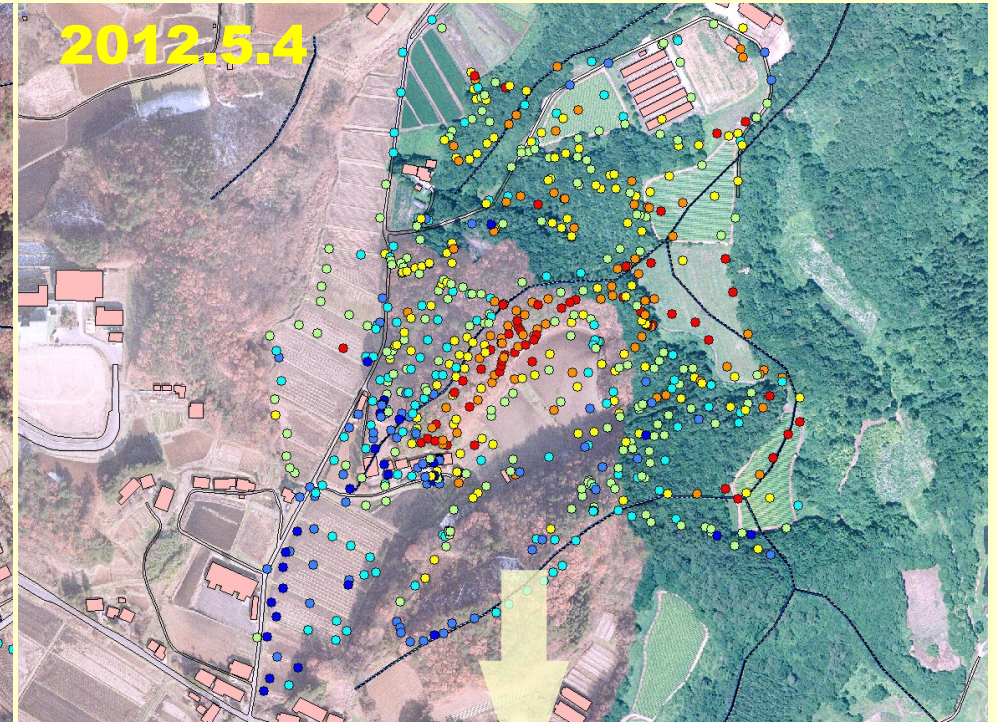
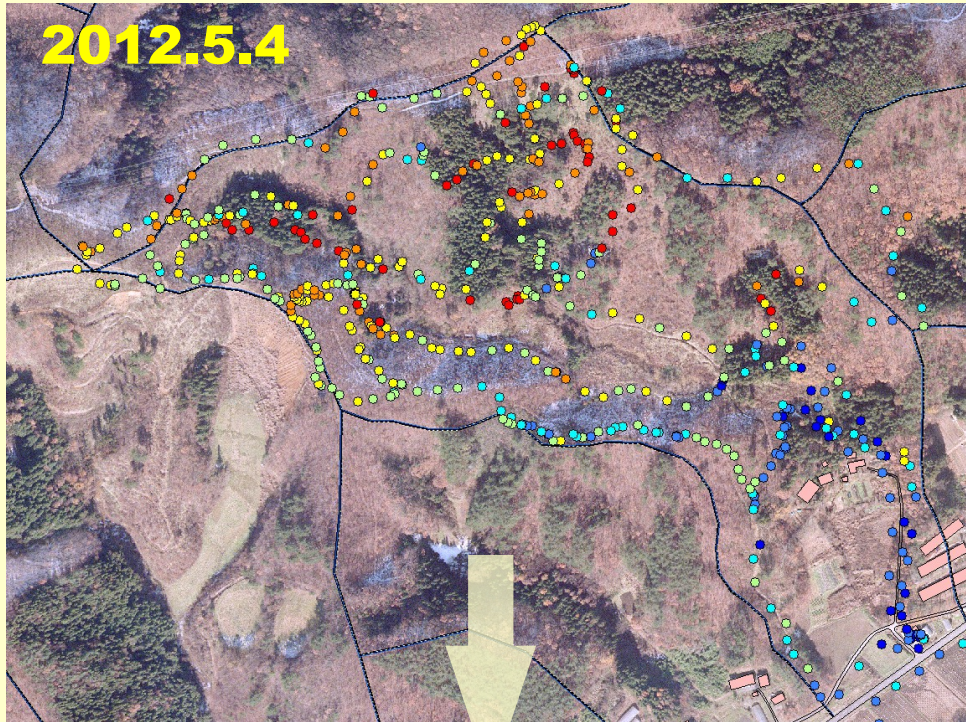
試行実験の一例

流域平均沈着量の変化と水文学の知識



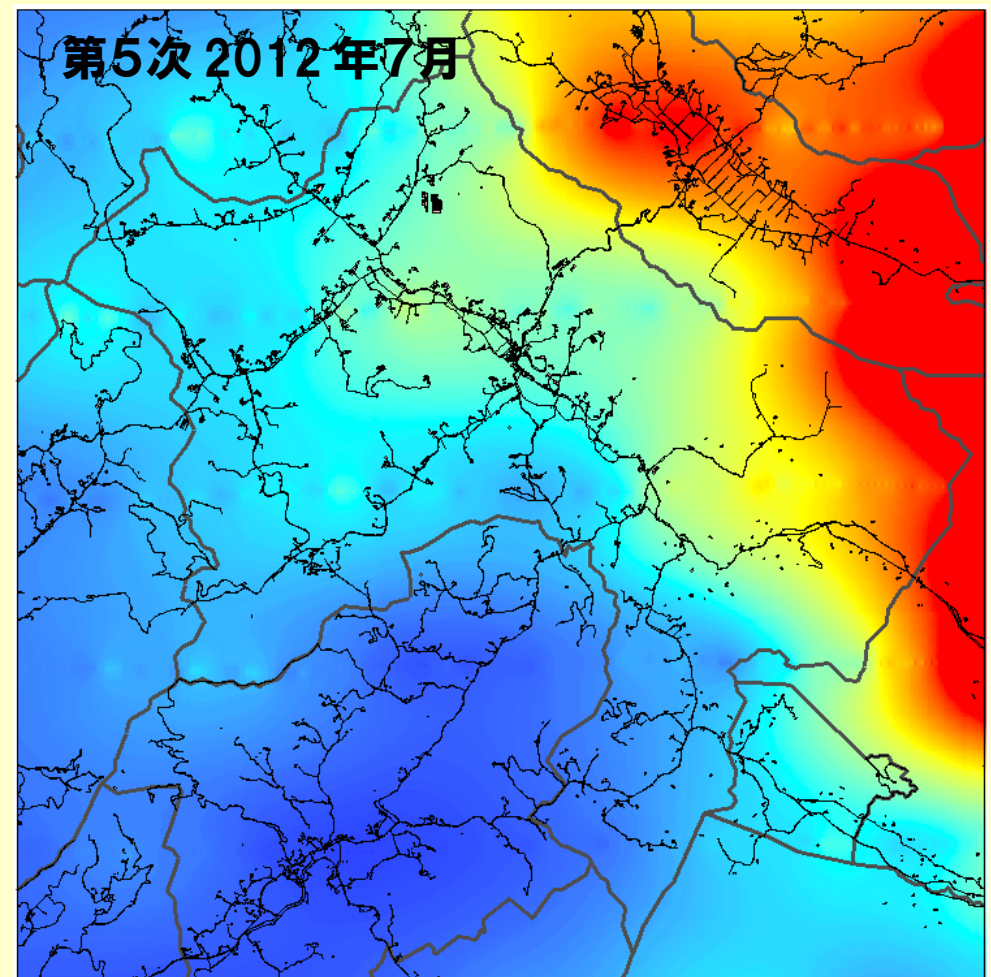
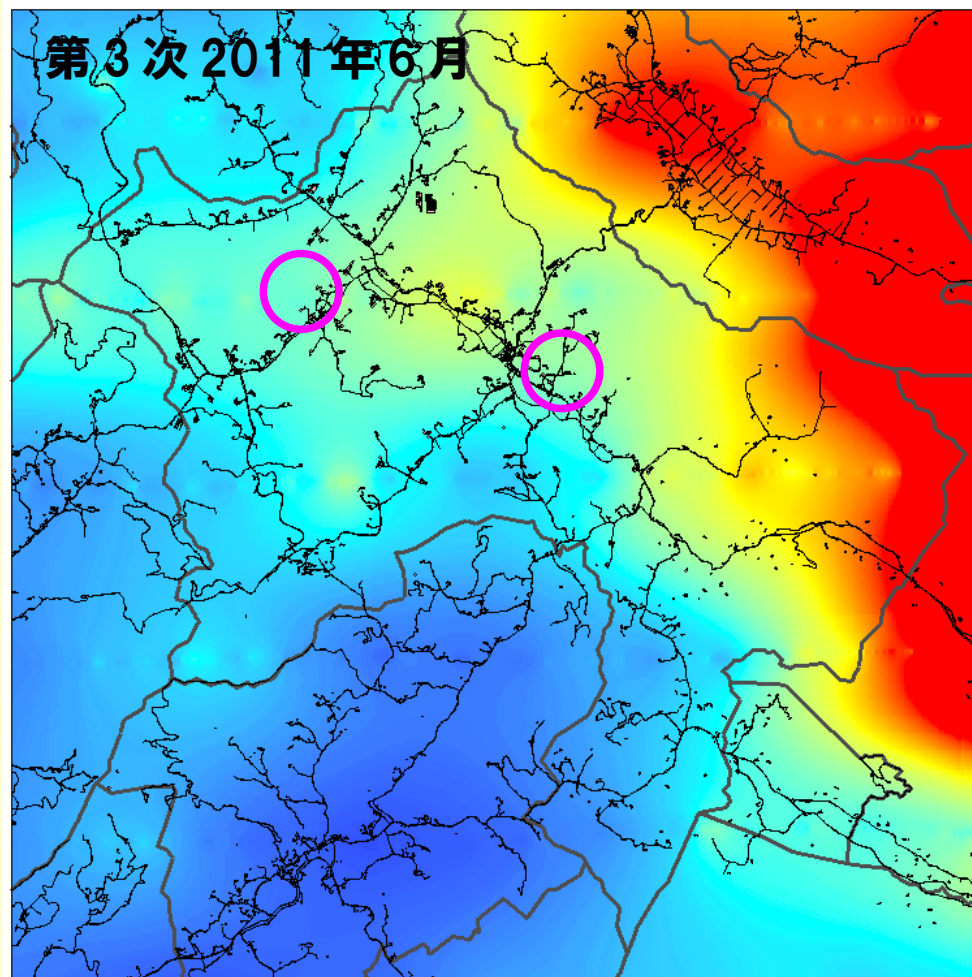
侵食の効果は当初は大きいですが、時間の経過とともに寄与は小さくなる
⇒ 山地流域内で再配分が進む、なかなか川に出てこない

歩行サーベイによる 2012 年 5 月 4 日と 2013 年 5 月 4 日の空間線量率の差



空間線量率は下がっているか 航空機モニタリングによる測定結果

0.0  1000kBq/m²



- 確かに、空間線量率は下がっている
- 空中から計測しているのので、樹冠から地表、地表から地下に移行したセシウムによるガンマ線の寄与は今後の検討課題

今後どうなると予想されるか(近藤の予測)

- 半減期 30 年の Cs137 の影響が大きくなってきた
- 河川を通じた移行は限定的になってくる
- 山地流域における再配分が主要な移行プロセスになる
⇒ 重要な流域から継続的な面的モニタリングと封じ込め、除染等の放射能対策を実施する必要

山林対策が重要になってくる 誰がやるのか、どうやるのか

- ・地域主体
⇒ 計画的避難区域における国の役割に課題
- ・里山流域ごとにモニタリング
⇒ モニタリング手法の確立
- ・小技術による除染、放射能対策
⇒ 日本の砂防、緑化技術



(野田首相への要望、緑化工学会アピール文、その他の活動)

2012年5月6日 国道399号線、飯舘村、長泥の峠の桜、「ようこそ花の里長泥へ」
向こうの山の辺りは浪江町、赤宇木 放射能汚染の酷い地域のひとつ
天気の良いれば霞んだ稜線の向こうには東電福島第一原発も見えるはず

他分野の考え方を知ること

2012年7月に長泥は帰宅困難区域に指定され、立ち入りが禁止されました。

環境社会学から

受益者と受苦者が離れている問題

電気料金値上げ！
私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

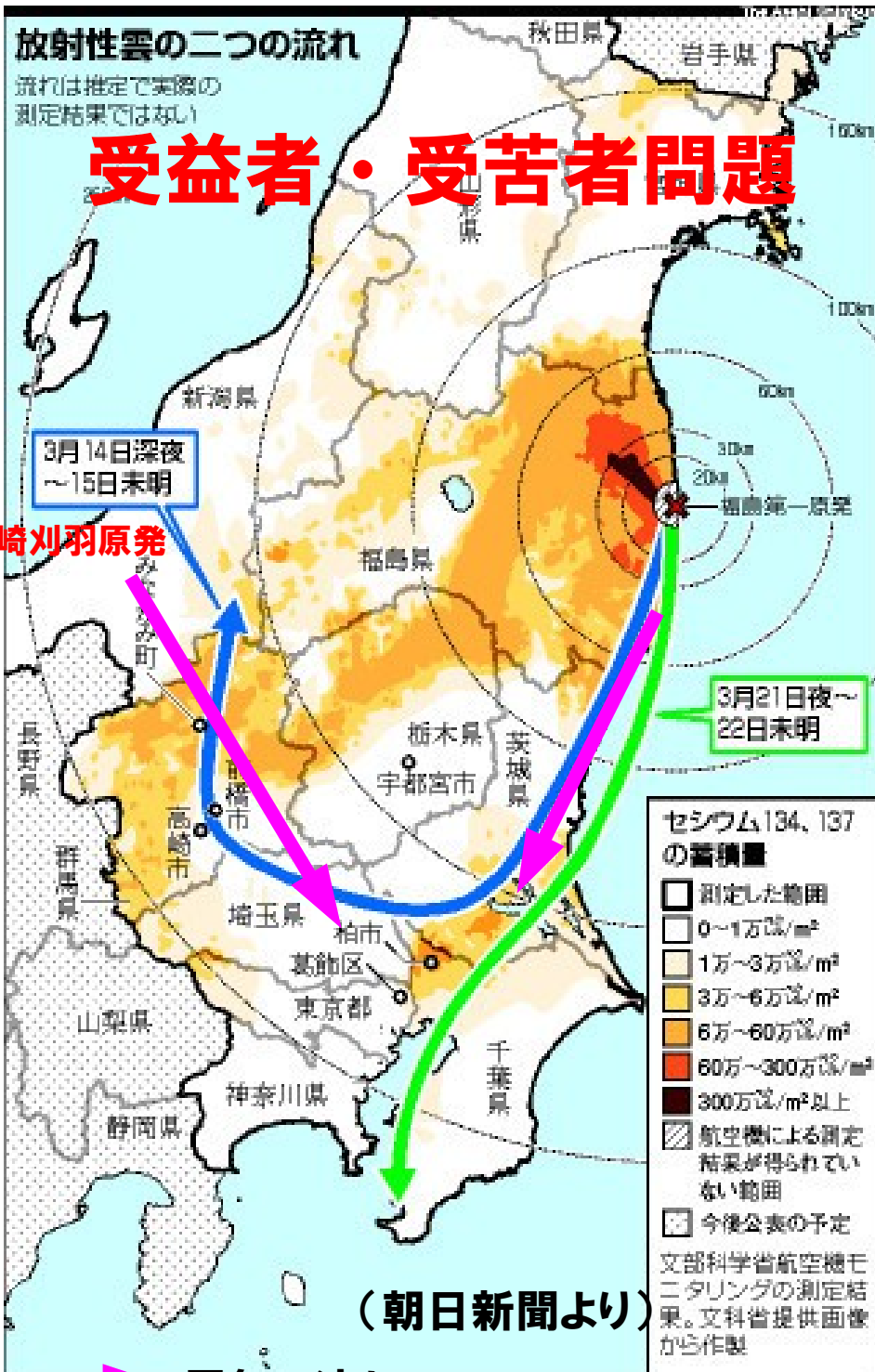
福島で作られた電気を使う！
関係性がある！ リスクは福島！？

@なぜ関係ないと考えられるか

市場経済の仕組み
お金の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

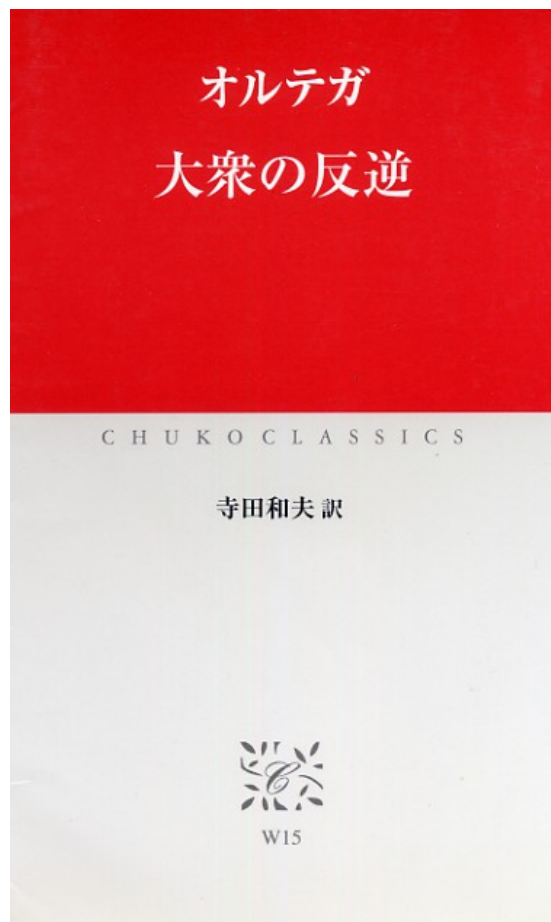
近代文明社会における関係性の喪失



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

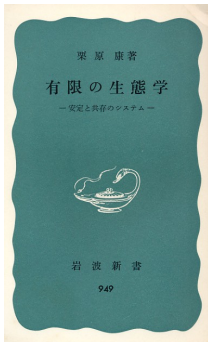
原子力の恩恵を受けるためには原子力について知り、監視できる能力を持つことが近代文明人としての正しい態度ではないか

原子力の管理を人任せにするということは？



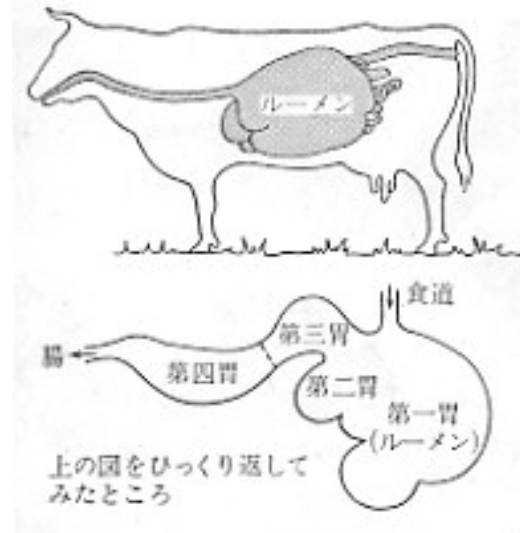
近代文明の衰退

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 フラスコの中のミコロコズム... 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)

圧倒的な現実を眼前にして思うこと

- 科学技術は“問題の解決を共有”するフレームワークの中で役割を果たすもの
- 解くべき問題の前では科学技術の役割は相対化協働が目的達成の手段

科学技術の粋を駆使して、役割を果たす！

- ・ ハイパースペクトル観測
- ・ 自律飛行 UAV による空間線量率観測
- ・ 園芸学の総合力
- ・ 山村水文学ー継続的な水文モニタリング

新しい地球惑星科学は人と自然が近代科学技術の破綻によって分断されている現実を前にして、どのように行動するか

わがこと化

2021.9.24