

主催：日本学術振興会第186委員会
共催：福島大学環境放射能研究所

放射線計測フォーラム福島

小型電動ヘリ・ミニサーベイヤーによる 住宅環境周辺での超低空放射線計測

千葉大学大学院工学研究科

野波健蔵

<http://mec2.tm.chiba-u.jp/~nonami/>

<http://mini-surveyor.com/>

nonami@faculty.chiba-u.jp

特に、自律型マルチロータヘリコプタの 産業応用が世界的に急速に進んでいる



microdrones
Md4-200



Ascending Technologies
Falcon 8



dragayfly
Draganflyer X6



DJI
Spreading Wings S800



DIY Drones
ArduCopter Hexa



MikroKopter
MK Okto XL

Aeryon Scout Micro-UAV, Canada



性能

探査範囲: 3km
探査時間: 25分
探査速度: 50km/h
耐風性: 14m/s
最高高度: 500m
探査時重量: 1.2kg
ペイロード: 400g
サイズ: 80φ × 20cm
自動航法: フェール
セーフ、自動帰還
搭載機器: 3軸高解
像度カメラ、10倍
ズームビデオカメラ
サーマル赤外線
カメラ



海外では最高性能

1,200万円、指導料60万円×3



Mini Surveyor 06



Mini Surveyor 12

全長	770 mm
全高	350 mm
機体重量 (バッテリー除く)	1691 g
電源	リチウムポリマバッテリー
飛行時間	約15分
ペイロード(バッテリー除く)	1100g

全長	770 mm
全高	350 mm
機体重量 (バッテリー除く)	2380g
電源	リチウムポリマバッテリー
飛行時間	約15分
ペイロード(バッテリー除く)	1500 g



全長	1150mm
全高	230mm
機体重量 (バッテリー除く)	2180g
ペイロード (バッテリー除く)	5000g

MS-06Lの自律制御完成

- ・ 農薬散布用
- ・ バッテリーを多く搭載して飛行時間を30分～40分と延長
- ・ 有線給電用ペイロード負荷が大きい場合などの用途

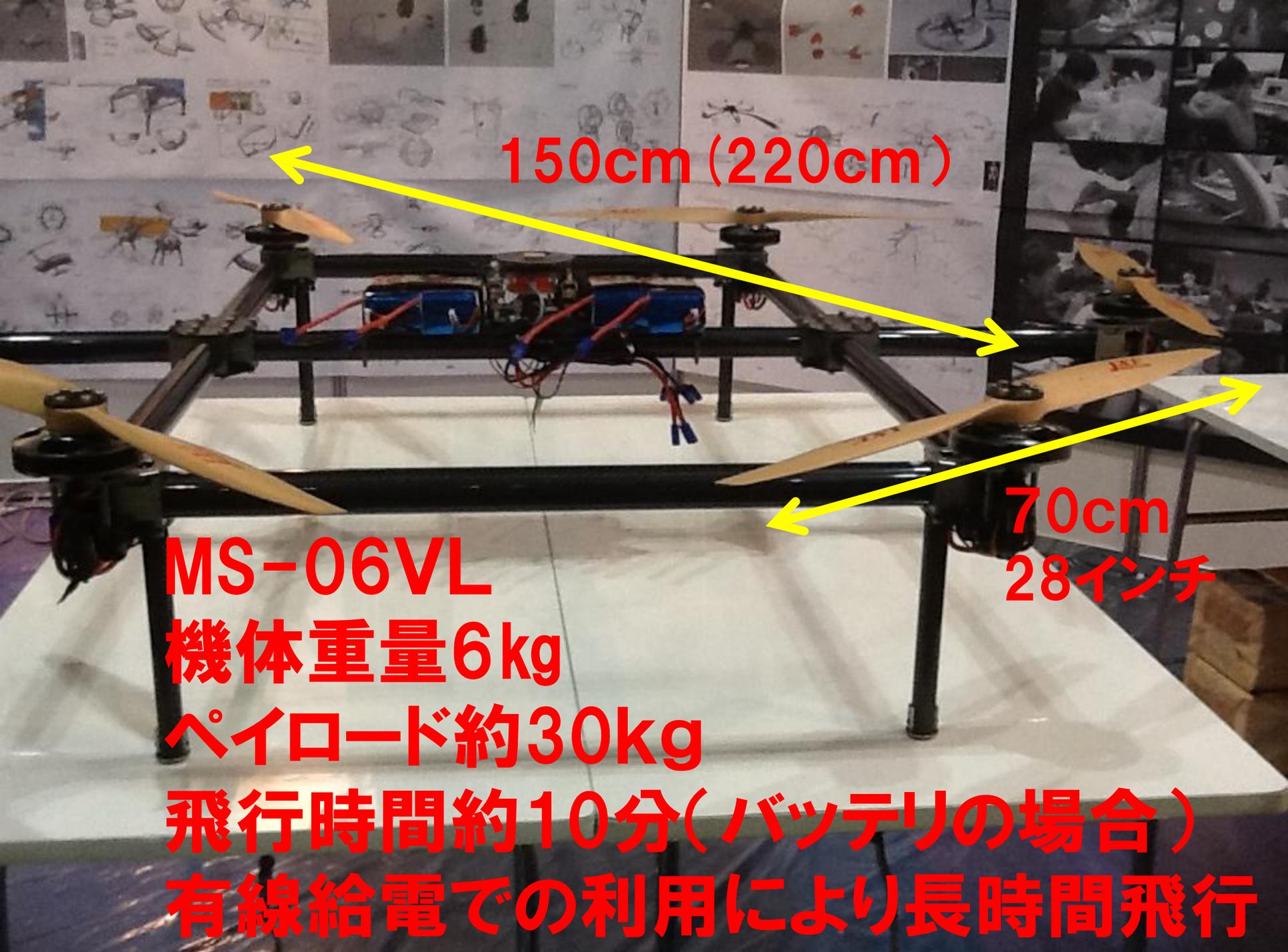


全長	1450mm
全高	250mm
機体重量 (バッテリー除く)	2.7kg
ペイロード (バッテリー除く)	10kg

- MS-06LLの自律制御完成**
- ・ **農薬散布用、特殊空撮用**
 - ・ **バッテリーを多く搭載して飛行時間を15分～40分と延長**
 - ・ **有線給電用ペイロード負荷が大きい場合などの用途**

マルチロータヘリコプタの世界の開発動向

機体モデル	メーカー名	プロペラ数	機体サイズ・重量	標準ペイロード	国名
AR-Drone	Parrot	4	54cm・380g	搭載不可	仏
500X-S Quadflyer	Gauji	4	64cm・670g	280g	台湾
Pelican	Ascending Technologies	4	54cm	500g	独
Falcon 8	Ascending Technologies	8	84cm・1.3kg	500g	独
Draganflyer X8	Draganflyer Innovations	8	106cm・1.7kg	800g	カナダ
SD 2.5 Eagle	Service Drone	8	95cm	1.0kg	独
MK-4	MK-Kopter	4	48cm・640g	0.5kg	独
MK-6	MK-Kopter	6	56cm・1kg	1.0kg	独
MK-8	MK-Kopter	8	77cm・1.3kg	1.5kg	独
MD4-200	microdrones	4	70cm・800g	200g	独
MD4-1000	microdrones	4	100cm・2.7kg	800g	独
MS-06	千葉大	6	77cm・1.7kg	1.1kg	日
MS-12	千葉大	12	77cm・2.5kg	1.5kg	日
MS-06L	千葉大	6	115cm・2.2kg	5kg	日
MS-06LL	千葉大	6	150cm・2.5kg	10kg	日



150cm (220cm)

70cm
28インチ

MS-06VL

機体重量6kg

ペイロード約30kg

飛行時間約10分(バッテリーの場合)

有線給電での利用により長時間飛行

ミニサーベイヤーコンソーシアム組織図



会 長：千葉大学 野波健蔵
副会長：金井度量衡（株）
副会長：（株）サイバー創研

総 会

事務局

理事会

（発起人および無人ヘリコプタに造詣の深い企業および個人を中心に構成）

専門部会

地域部会

放射線計測部会

研究会

新潟地域部会

農業散布部会

福島地域部会

空撮計測部会

宮城地域部会

機体開発部会

見学会
事例報告会

九州地域部会

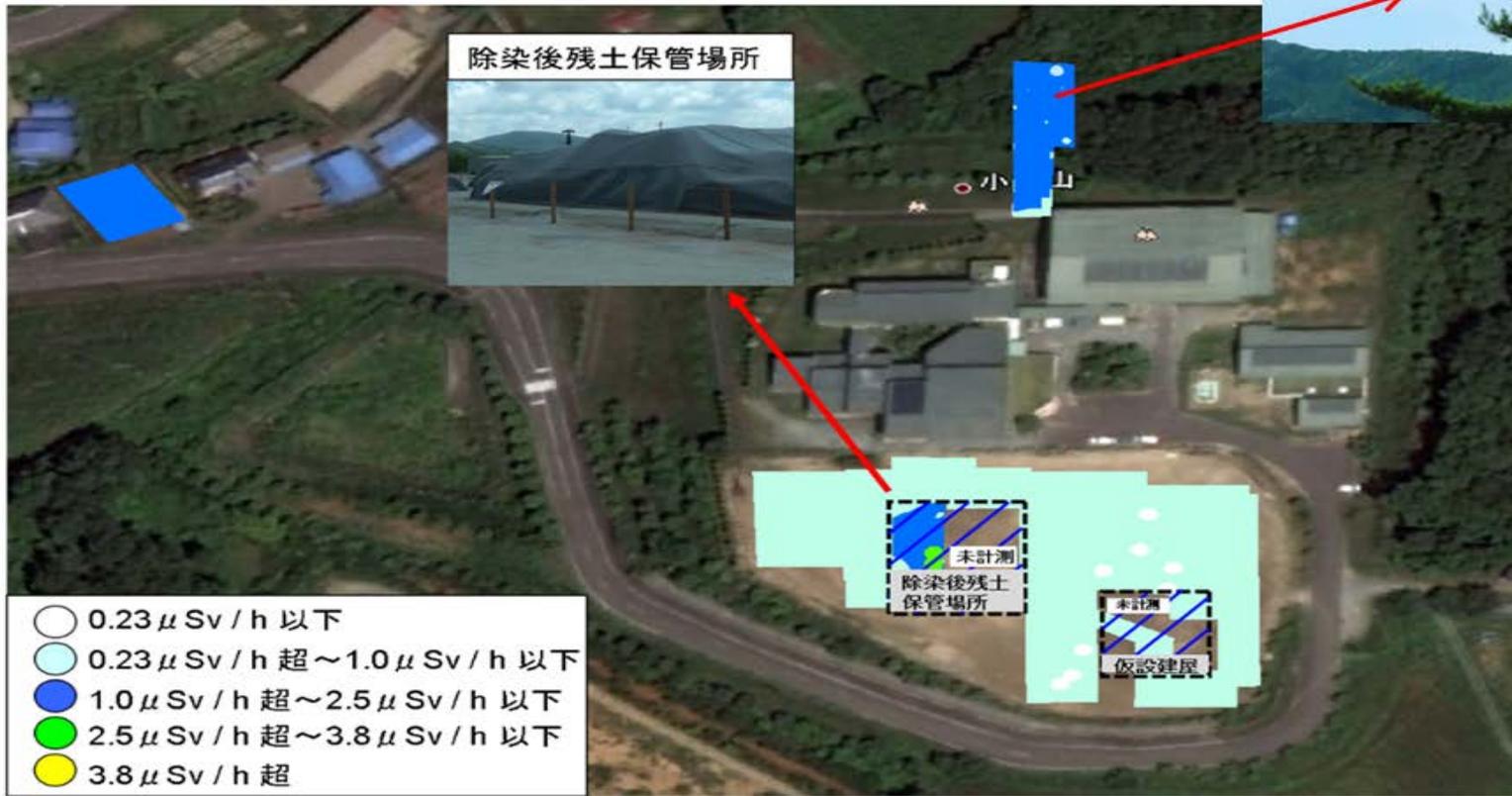
電波法関連部会

安全管理部会

公共会員、法人特別会員、法人会員、協力会員、招聘会員

福島県伊達郡川俣町山木屋小学校 校庭および周辺の放射線計測

樹林上放射線量計測



○ 自然放射線レベル

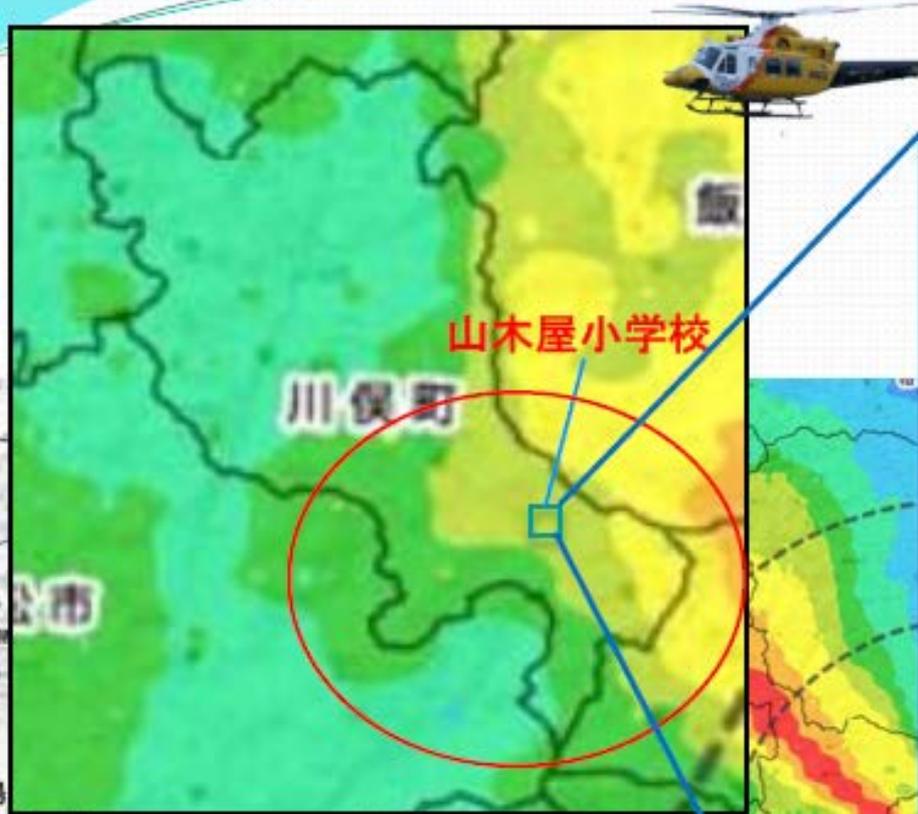
○ ~ ○ 避難指示解除準備区域レベル

○ 居住制限区域及び帰還困難区域レベル

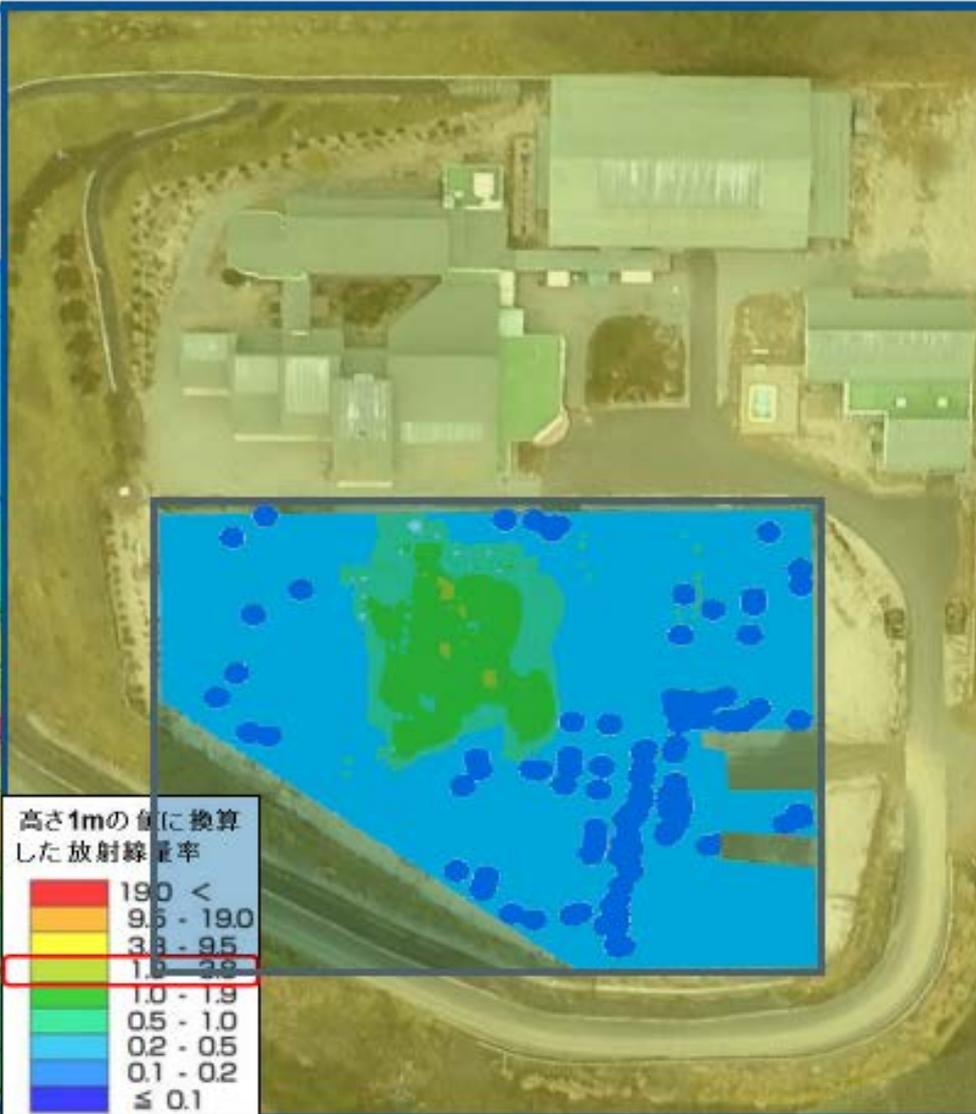


図3. ミニサーベイヤー計測による放射線分布マップ例

参考資料: 文科省による航空機モニタリング結果



平均対地高度300mからの計測
→ 広い範囲の放射線量が平均化されている。



平成24年6月28日現在

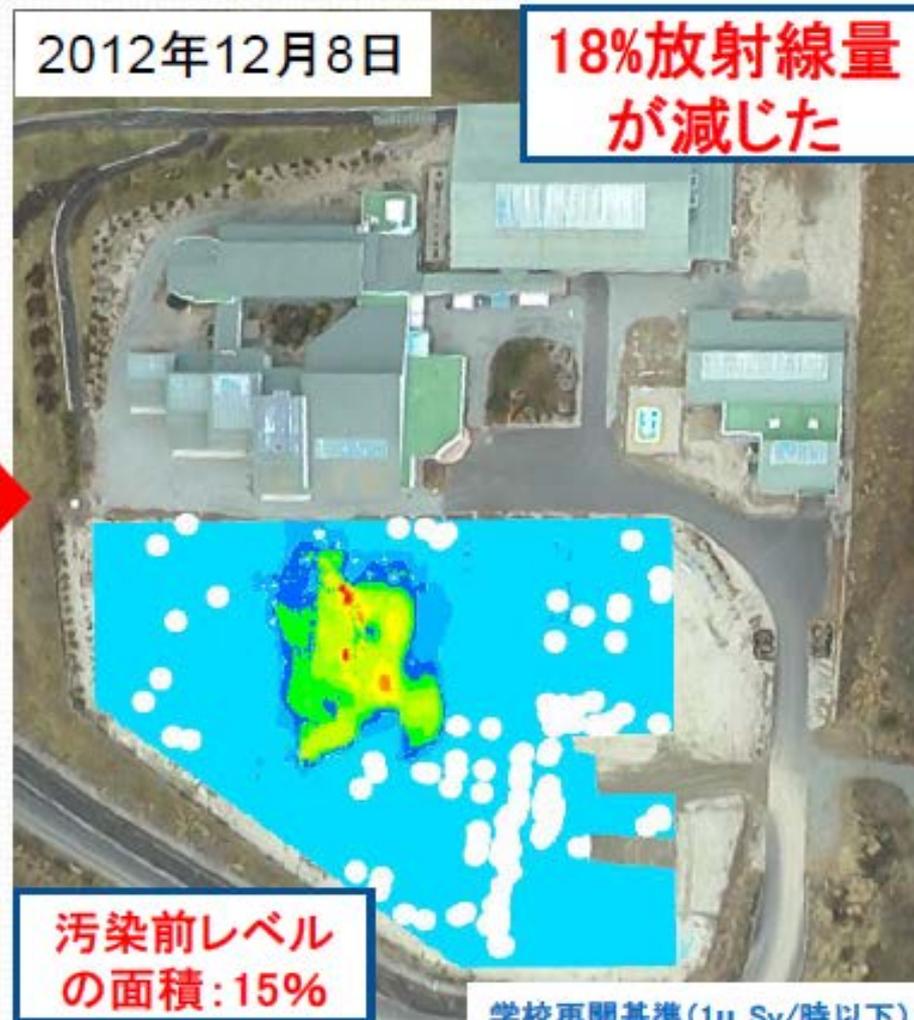
放射線量の経時変化

2012年8月5日



汚染前レベル
の面積: 2%

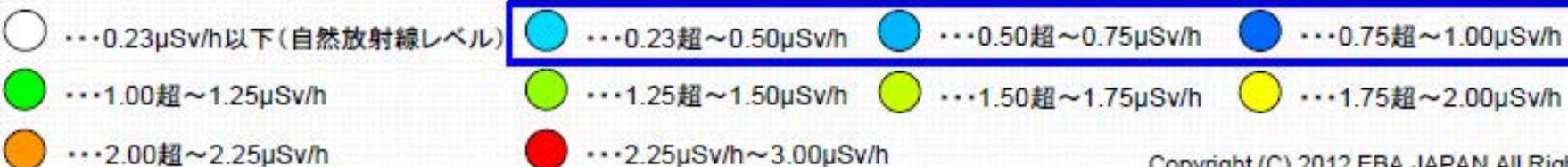
2012年12月8日



18%放射線量
が減じた

汚染前レベル
の面積: 15%

学校再開基準(1 μ Sv/時以下)



平成25年度除染技術実証事業採択

研究代表者 近藤昭彦教授(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

無人ヘリによる超低高度計測による空間線量率マップの作成とハイパースペクトル技術による植生・土地被覆現況図の作成

田畑居住地＋山地斜面森林域における放射線対策

【前提となる事実】 川俣町山木屋地区(計画的避難区域)、8月7日解除

- 阿武隈山地の放射能汚染地域は山村である。
- 山村では生活圏は田畑、住居周辺だけではなく、背後の里山流域における水・物質循環に依存して成り立っている。
- 避難が解除された後の暮らしの安全・安心を担保するためには山林を含む里山流域におけるモニタリング、山林対策の作成が不可欠である。
- そのためのモニタリング技術を提案する。

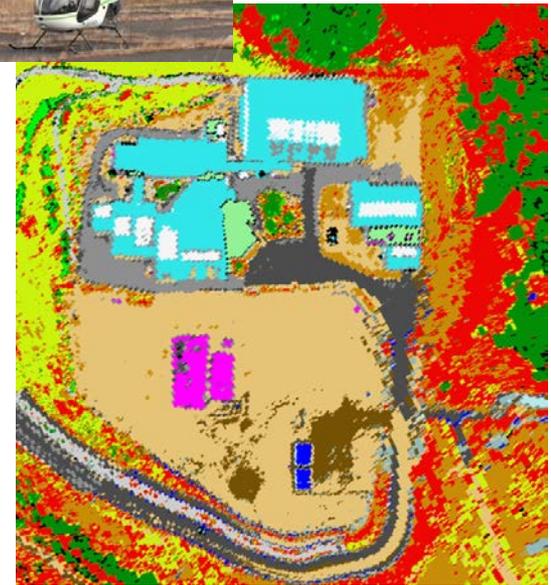


実施場所: 福島県伊達郡川俣町山木屋地区

体制: 千葉大学および民間企業の産学連携チームと川俣町との協働体制が確立している。

手法: 平成24年度までに試行を繰り返し、技術的な課題は解決済みである。

施設・設備: 千葉大学の持つ基盤設備(放射線計測、データ処理機器等)を活用する。

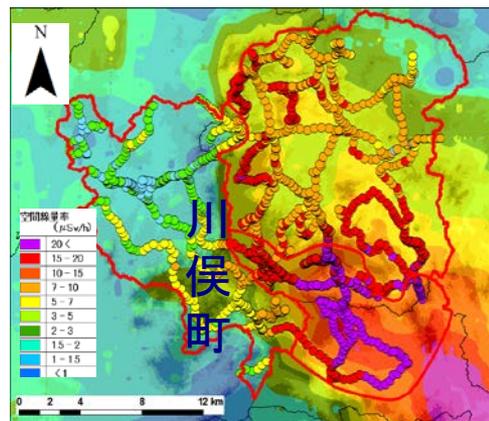


先進的マルチコプター技術
千葉大学を中心にミニ
サーベイヤーコンソーシ
アムを組織

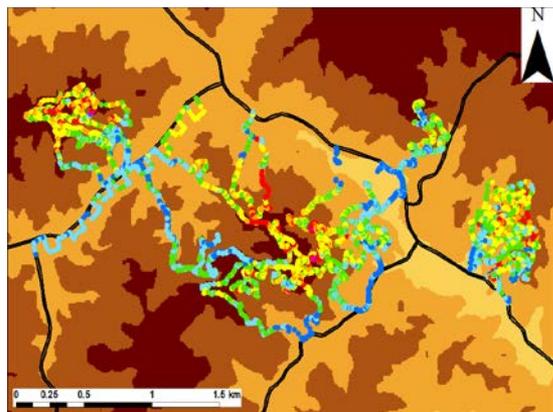
山木屋小学校における
検証実験
(平成24年8月、12月
実施)

有人ヘリの運用による低コスト地
上マッピングシステムーハイ
パースペクトル画像による植生・
土地被覆マッピングー
(平成24年12月実施)

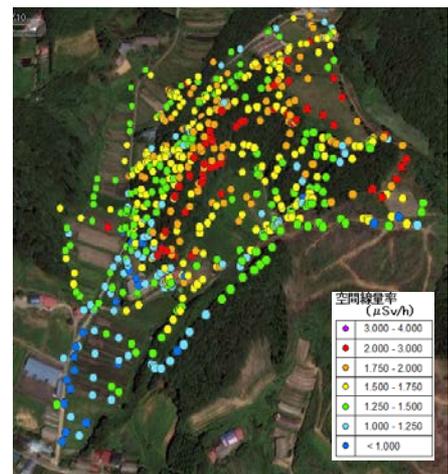
体制2: 千葉大学チームによる継続的総合的現地モニタリング・支援体制の確立



2011年度の林道・農道
歩行サーベイ



徹底した里山斜面における歩行サーベイと空間的に不均
質な汚染の状況



森林と畑の接続部におけ
る放射能対策



IT活用によるマー
ケットの復活

包括的協働体制の存 在

川俣町山木屋地区(計画的避
難区域)における2年以上に及
ぶ総合的な調査・支援体制に
基づき、

- 山林の放射能汚染分布
- 里山流域の植生・土地被覆
図の新しい作成方法を提案

● **山地斜面を含む里山流域単位の詳細放射能汚染マップは作成されていない。**

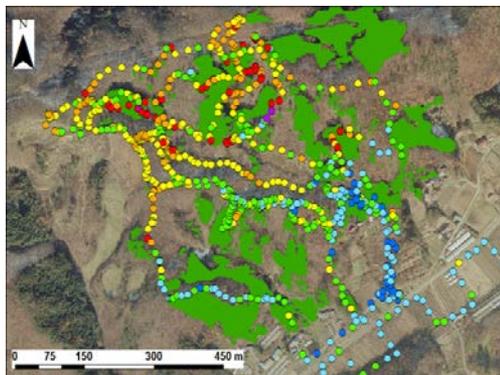
- ・歩行サーベイによって里山流域単位の詳細放射能分布図の作成法は確立
- ・航空機モニタリングでは把握できない放射能分布の存在を実証済み
- ・マルチコプターおよびラジコンヘリに関して千葉大学は卓越した技術を持つ
- ・二つの組み合わせで簡便かつ低コストで山地流域の放射能汚染マップを作成可能



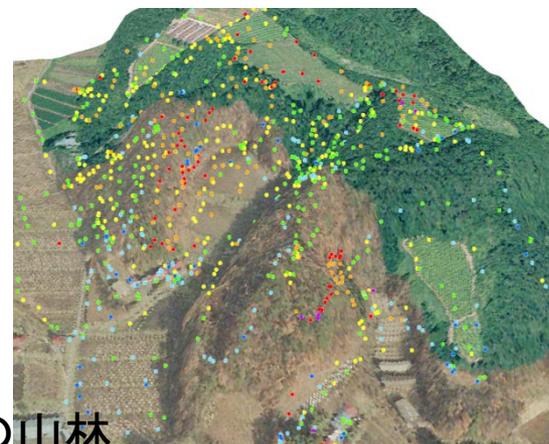
● **大縮尺(1/2500以上)の植生・土地被覆図は存在しない。**

樹種による沈着の
違いが明らか

- ・山林対策の考案・見積に必要な大縮尺(1/2500以上)の植生図を作成可能
- ・作成された詳細な放射能汚染マップと重ね合わせて山林対策を考案可能
- ・居住地除染において必要な屋根材の材質も判別可能



里山流域内における空間線量率、放射能汚染の空間的不均一性は大きい
⇒調査して効率的放射能対策提案



山木屋地区北部では、高標高部の山林域の汚染が顕著である。
針葉樹林周辺の空間線量率が高い傾向

●マルチロータヘリコプター(ミニサーベイヤー)は低コストで導入・運用可能

- ・将来は空間線量率計測器も含めたシステム1式を100万円以内に納めることが可能
- ・少しの訓練により誰でも操縦することが可能
 - ⇒川俣町自身が運用する体制を構築中
- ・プログラミングによる自律飛行が可能
- ・システムをIT農業、農薬散布、等に活用することも可能



●有人航空機(小型ヘリ)による低コストのハイパースペクトルカメラによる撮影

- ・広域というよりも、地域、里山流域スケールを対象とするため低コストで柔軟な運用が可能
- ・植生分類、土地被覆の素材マッピングの適用可能性は検討済み



●山地斜面の森林域における空間線量率モニタリング

- ・ウインチシステム・レーザースキャナーを装備した改造型無人ヘリ R-MAX
- ・雲仙普賢岳における検証事例(東大地震研)
- ・マルチコプター(ミニサーベイヤー)への実装を検討
 - ⇒低コスト化



●川俣町山木屋地区(計画的雑区域)との協力関係

- ・2011年5月より川俣町に入り、調査・支援活動を継続
- ・これまでに3回の説明会を川俣町にて実施
- ・2013年度より山木屋地区と定期協議の場を設置
- ・ミニサーベイヤーの運用に関し、町長ら一行が千葉大学訪問
- ・すでに山木屋地区の複数流域で水循環・放射性物質の移行に関する詳細モニタリングを実施中
- ・モニタリング結果をGIS(地理情報システム)上でデータベース化する体制が確立



2012年2月、千葉大学を訪問した山木屋地区の方々

モニタリング結果を山木屋地区をはじめとする関係諸機関と共有し、広域放射能汚染に対する対策について議論・提案・実施する体制は確立している

放射線ホットスポットを可視化するポータブルガンマカメラ装置の開発について

東芝製 γ カメラ

2011年12月13日



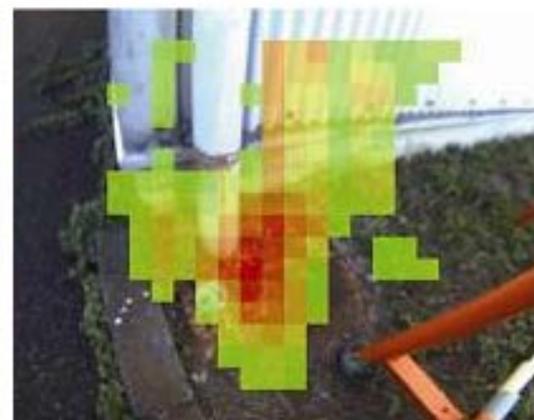
TOSHIBA

ポータブルガンマカメラ



TOSHIBA

測定風景のイメージ



TOSHIBA

測定結果のイメージ



ガンマカメラ(手前)を使い放射線量を測定する関係者

住宅の線量可視化 川内村が ガンマカメラ使い測定開始 福島民報2013年5月28日の記事

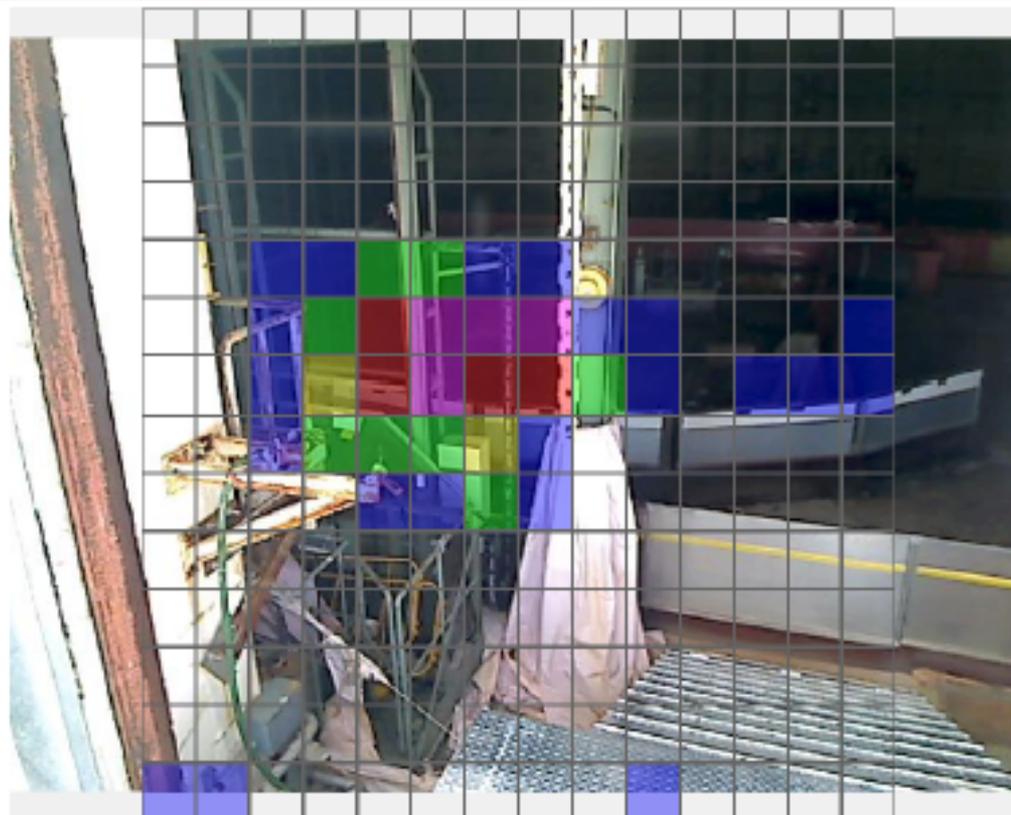
村内全戸の住宅除染を終えた川内村は16日、放射線量を可視化できるガンマカメラを用いた家屋周辺の放射線量測定を始めた。早ければ年内にも結果をまとめ、住宅の2次除染の必要性を国に訴える際の資料とする。

ガンマカメラの測定は、除染後のモニタリングで玄関先の放射線量が毎時0.23マイクロシーベルトを超える約500世帯が対象。村嘱託職員で第1種放射線取扱主任者の資格を持つ放射線管理士の遠藤真一さん(62)が、村内下川内字根岸の旧緊急時避難準備区域にある住宅から測定を開始した。

住宅周辺の数カ所にガンマカメラを移動し、1軒当たり約1時間かけて測定している。村によると雨や雪などの日は実際よりも数値が比較的に低く表示されるため測定しないという。1日4世帯ほどを回り、年内にも測定を終える予定だ。

ガンマカメラは放射性物質から出るガンマ線と現場の映像を重ね合わせ、パソコンの画面に放射線量の高低を色分けして表示する。モノクロの画面に、放射線量が高い箇所は赤や黄などで示されるためホットスポットが瞬時に分かる。郵便事業寄付金などを活用し購入した。

調査結果（速報ベース）



ガンマカメラ設置位置での線量率

今後、2号機オペレーティングフロア調査結果を解析し、撮影対象面の放射能分布を確認する。
解析には1ヶ月程度をかける見込み。



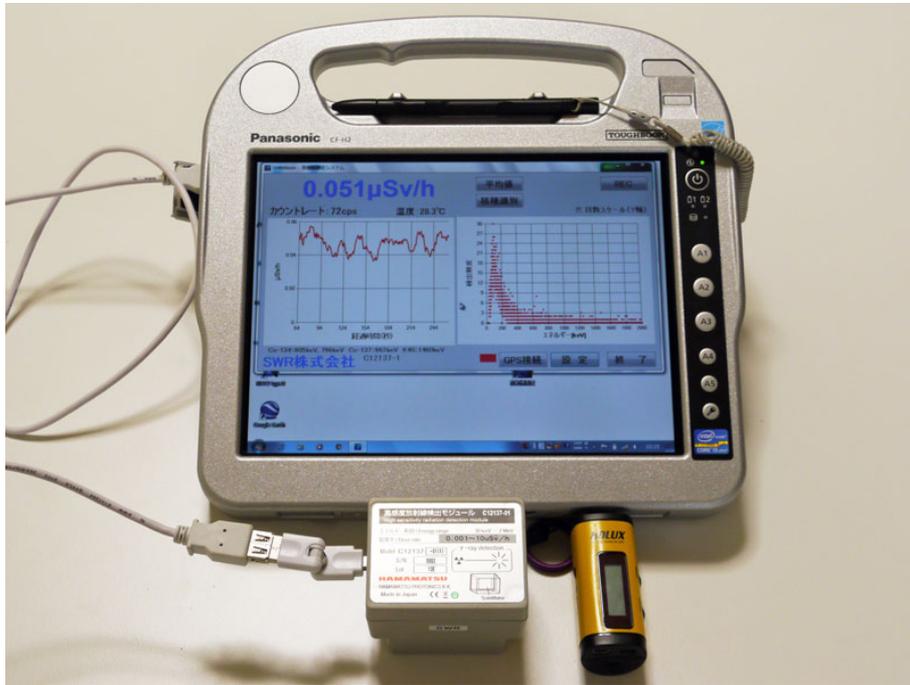
**MS-06VL γカメラ搭載用(菊池製作所)
ペイロード約30kg、有線給電での利用によ
り長時間飛行：2014年1月～2月に実
施予定**

マルチロータヘリコプター・ミニ
サーベイヤーMS-06Lによる
山木屋地区空間線量測定

2013年8月7日～8日および11月27日実施

平成25年度除染技術実証事業として実施

Hot Spot Finder (空間線量測定)



- スペクトル表示が可能
- GPSとの連動(1秒毎)
- 大画面表示
- 検出器と表示部が分離

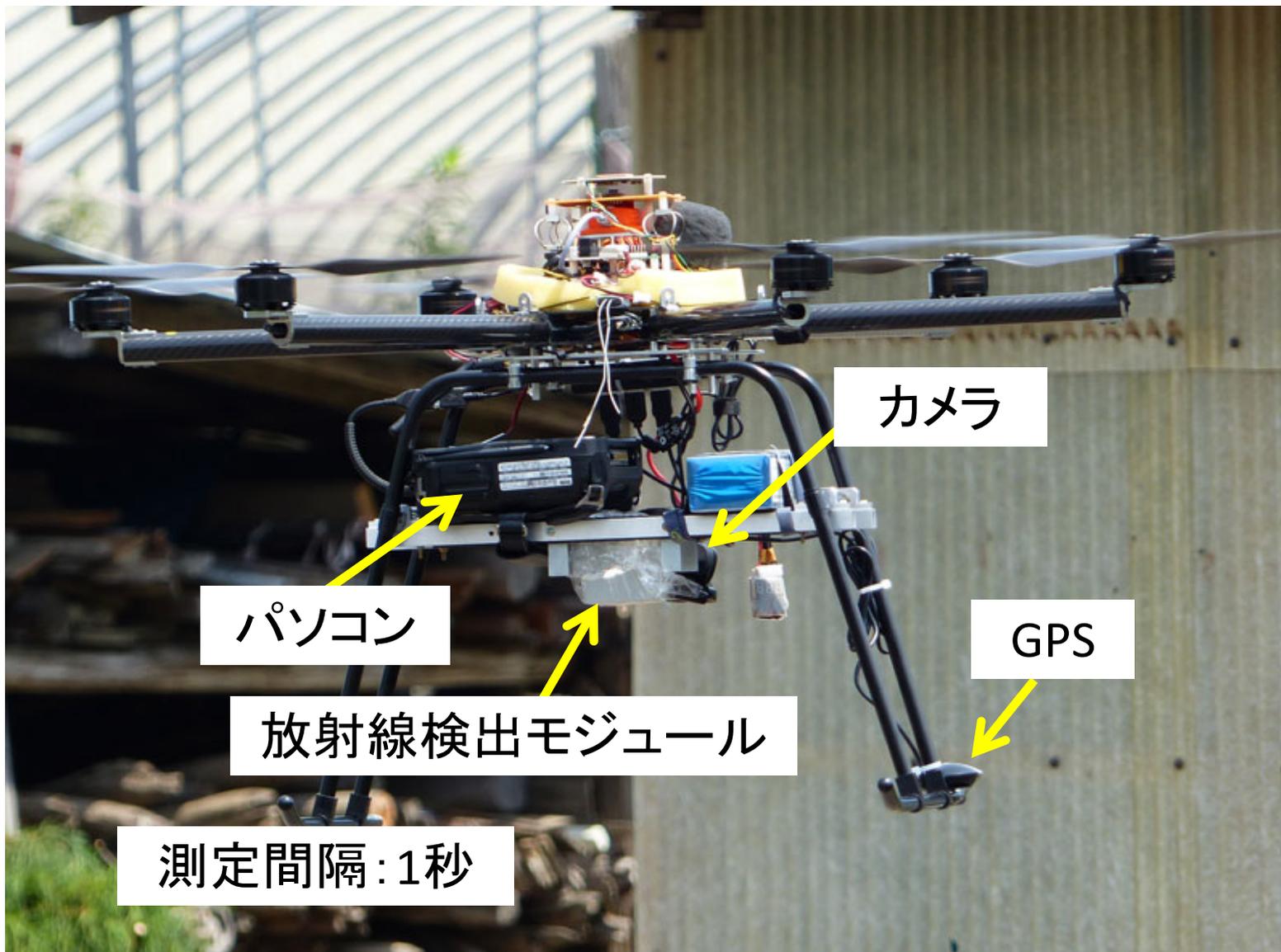


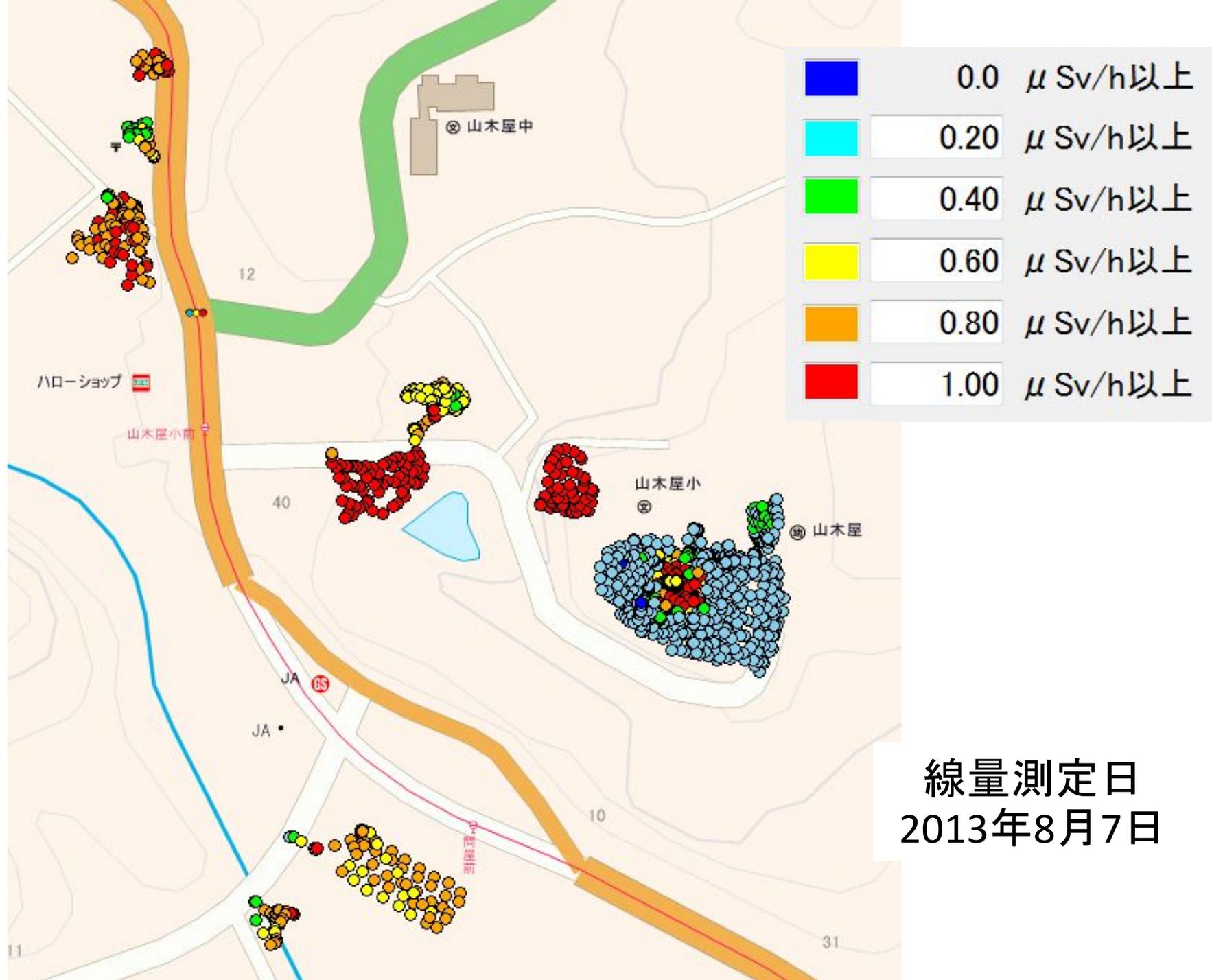
JCSS (校正事業者登録制度) 登録事業者である
ポニー工業が10点校正をして販売。 **校正済み**

福島市での測定（歩行サーベイ法）



UAVに搭載したシステム





線量測定日
2013年8月7日

放射線測定(歩行サーベイ)



放射線測定(歩行サーベイ)



UAVで放射線測定



歩行サーベイでは測定不可の残土上空



幼稚園の屋根

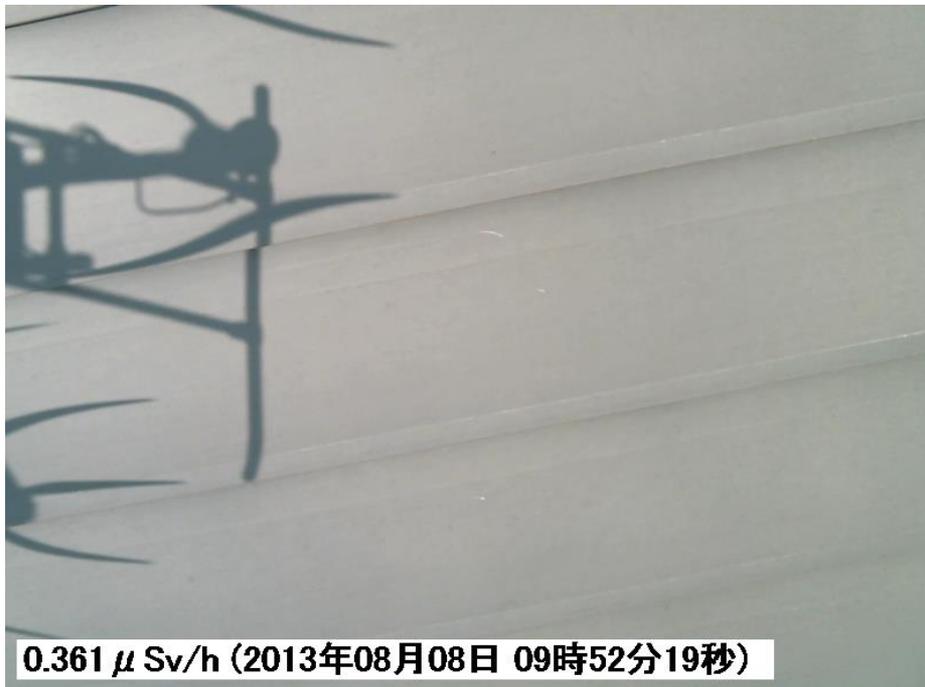


幼稚園の屋根 0.36 μ Sv/h

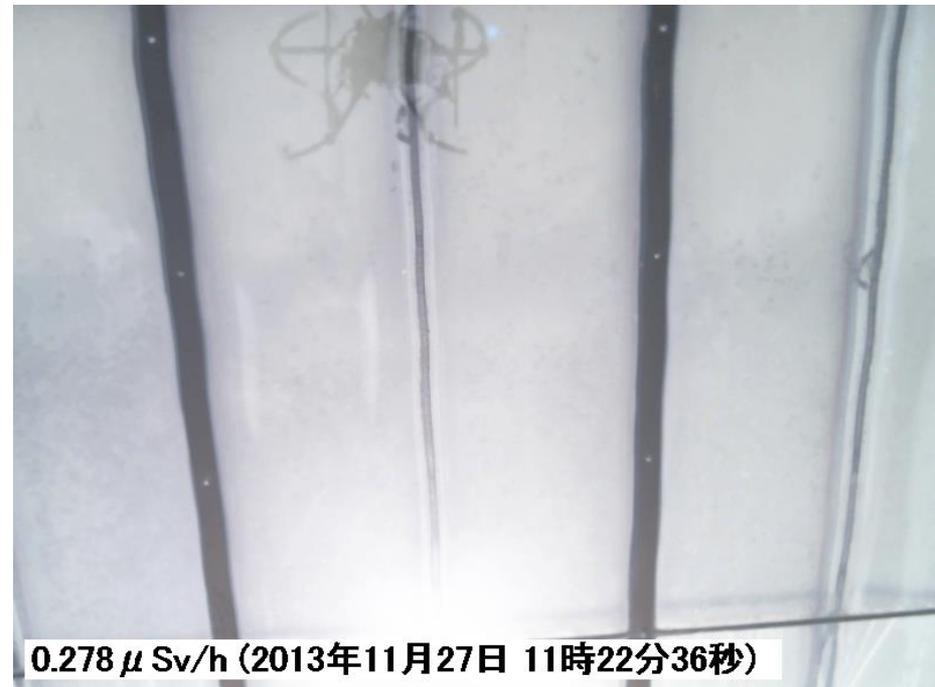


0.361 μ Sv/h (2013年08月08日 09時52分19秒)

幼稚園の屋根



2013年8月

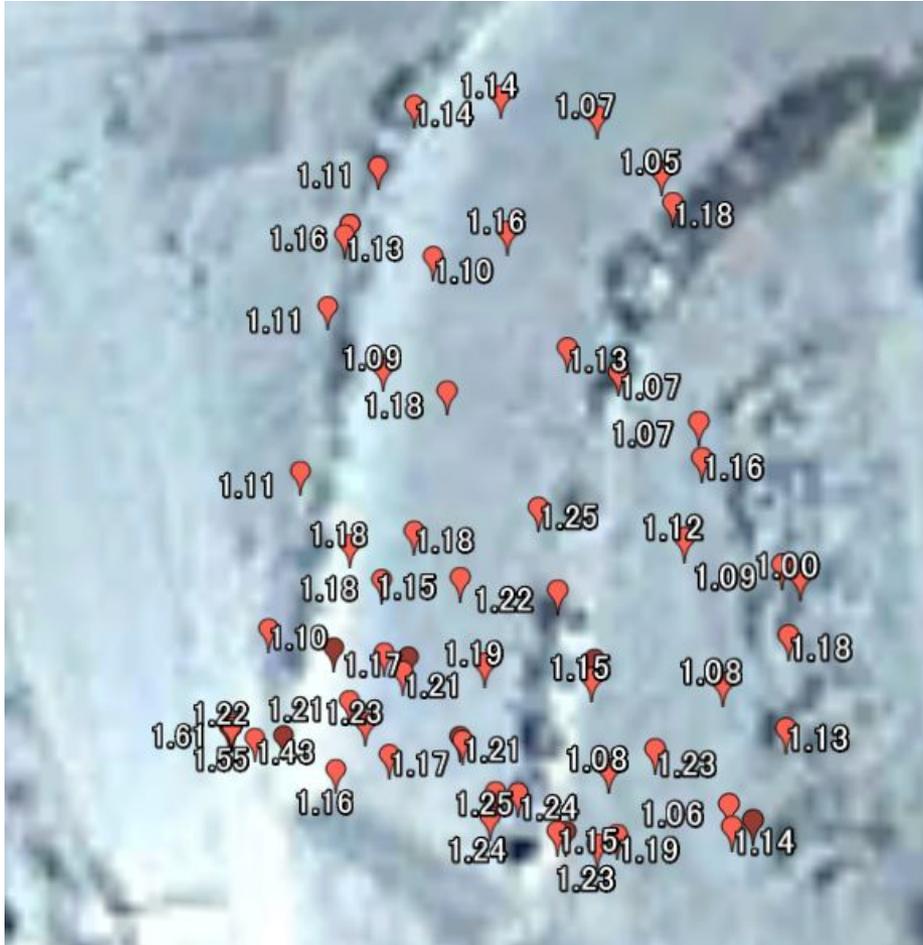


2013年11月

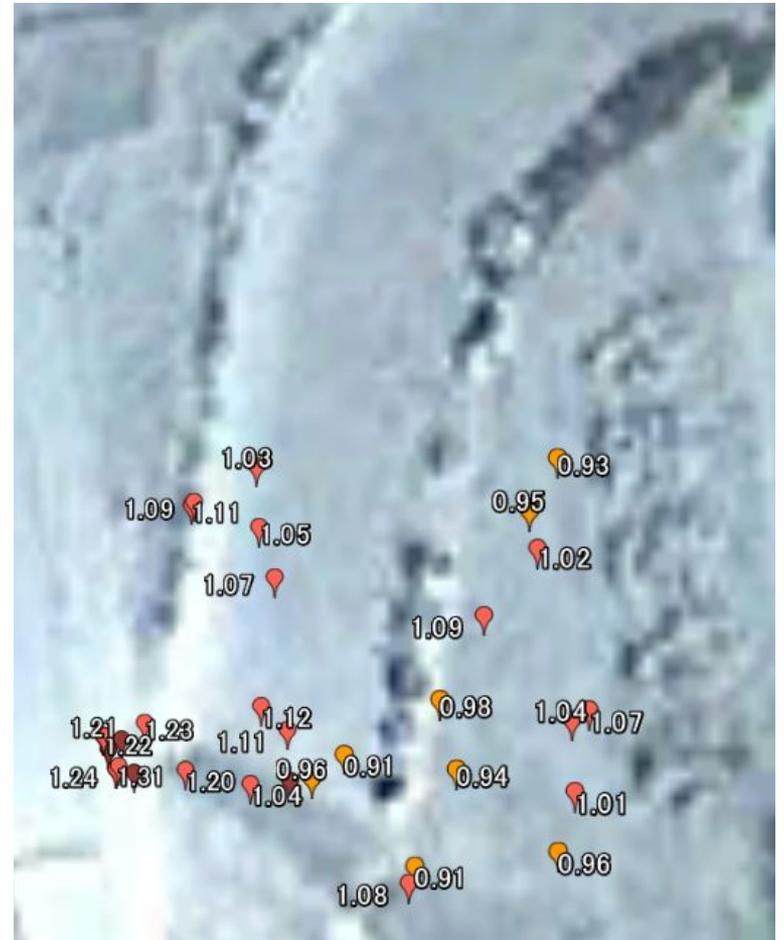
学校下の斜面



学校下の斜面

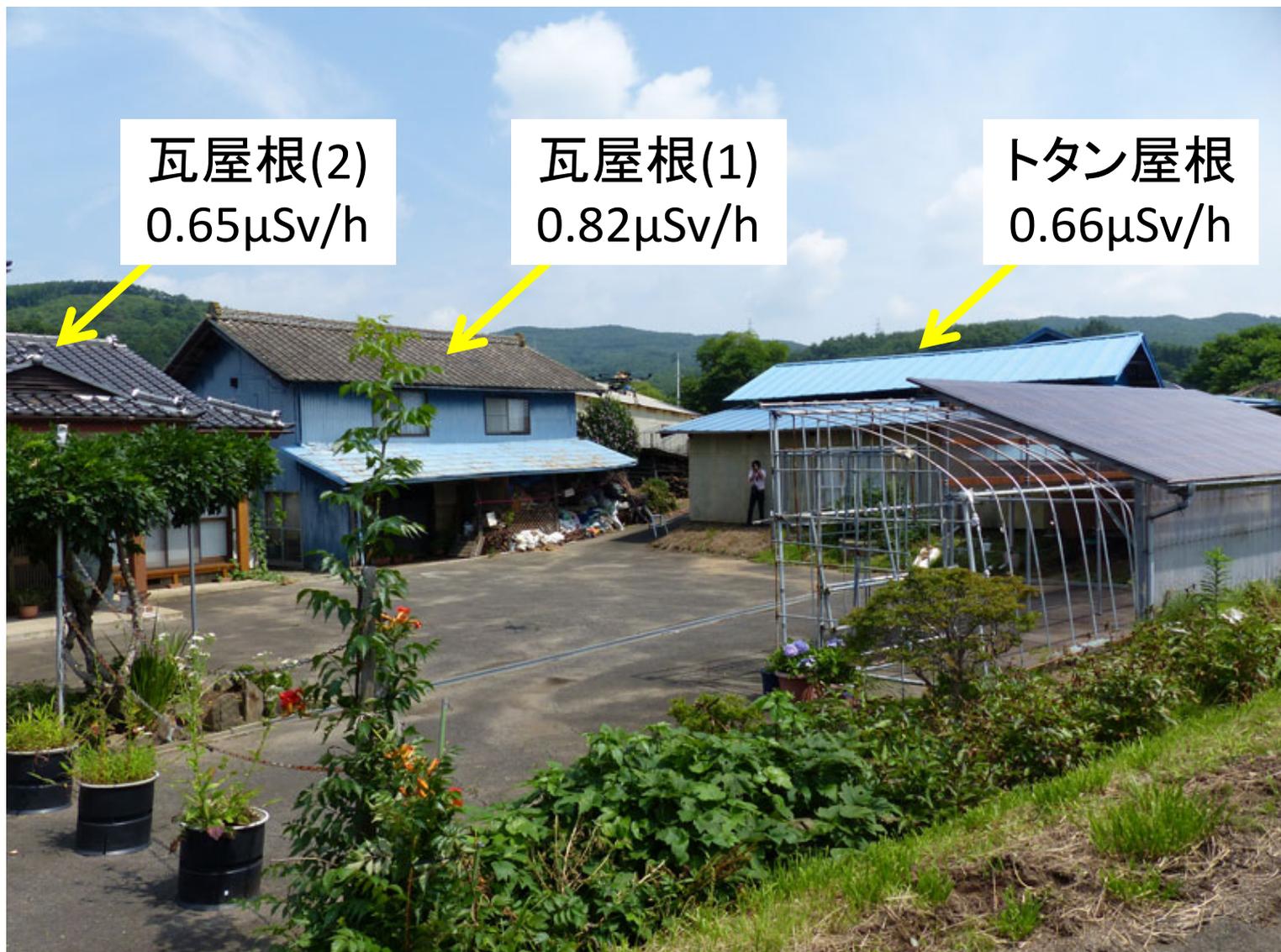


2013年8月



2013年11月

民家



トタン屋根 0.66 μ Sv/h



0.662 μ Sv/h (2013年08月08日 10時27分23秒)

トタン屋根



2013年8月



2013年11月

瓦屋根(1)

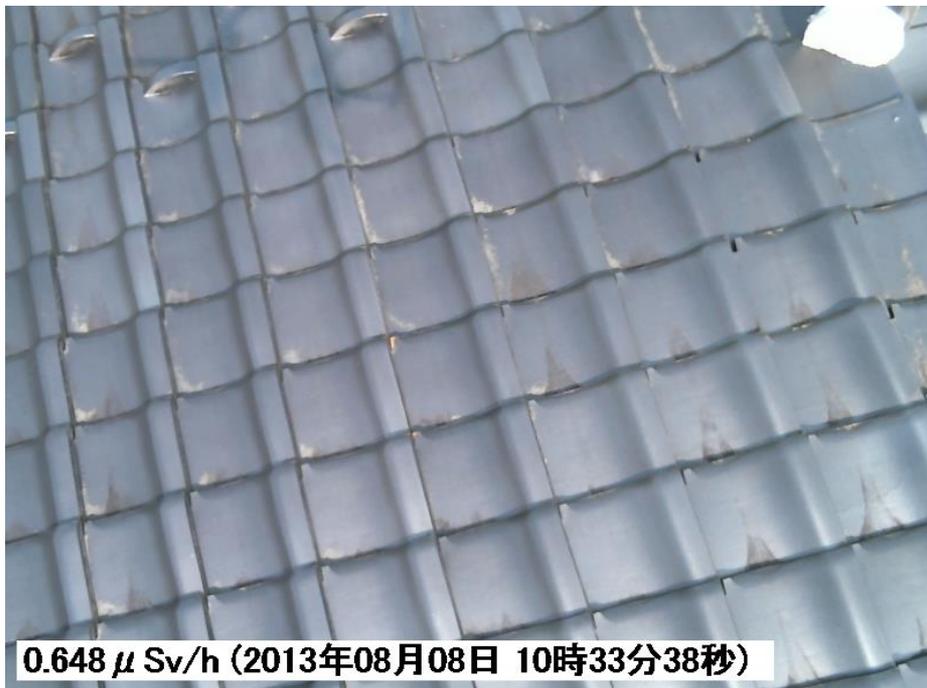


2013年8月



2013年11月

瓦屋根(2)



2013年8月

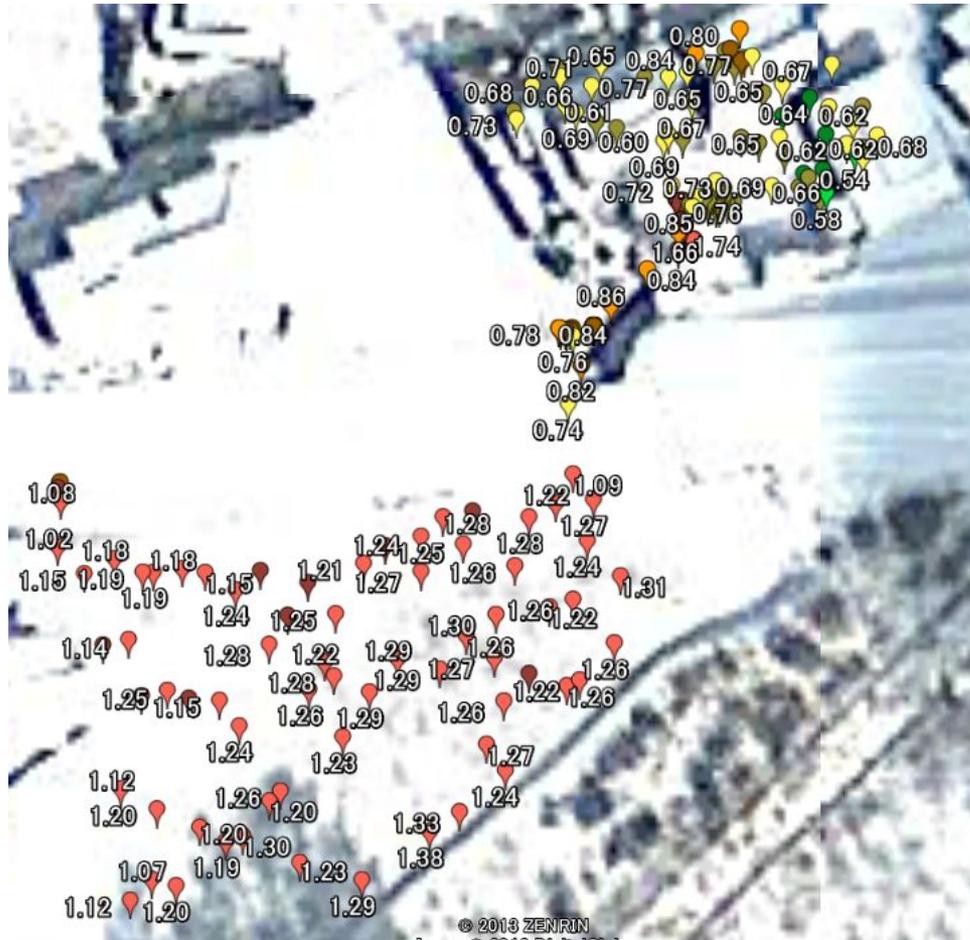


2013年11月

民家の反対側



民家と荒地



2013年8月



2013年11月

郵便局の屋根



郵便局 スレート瓦

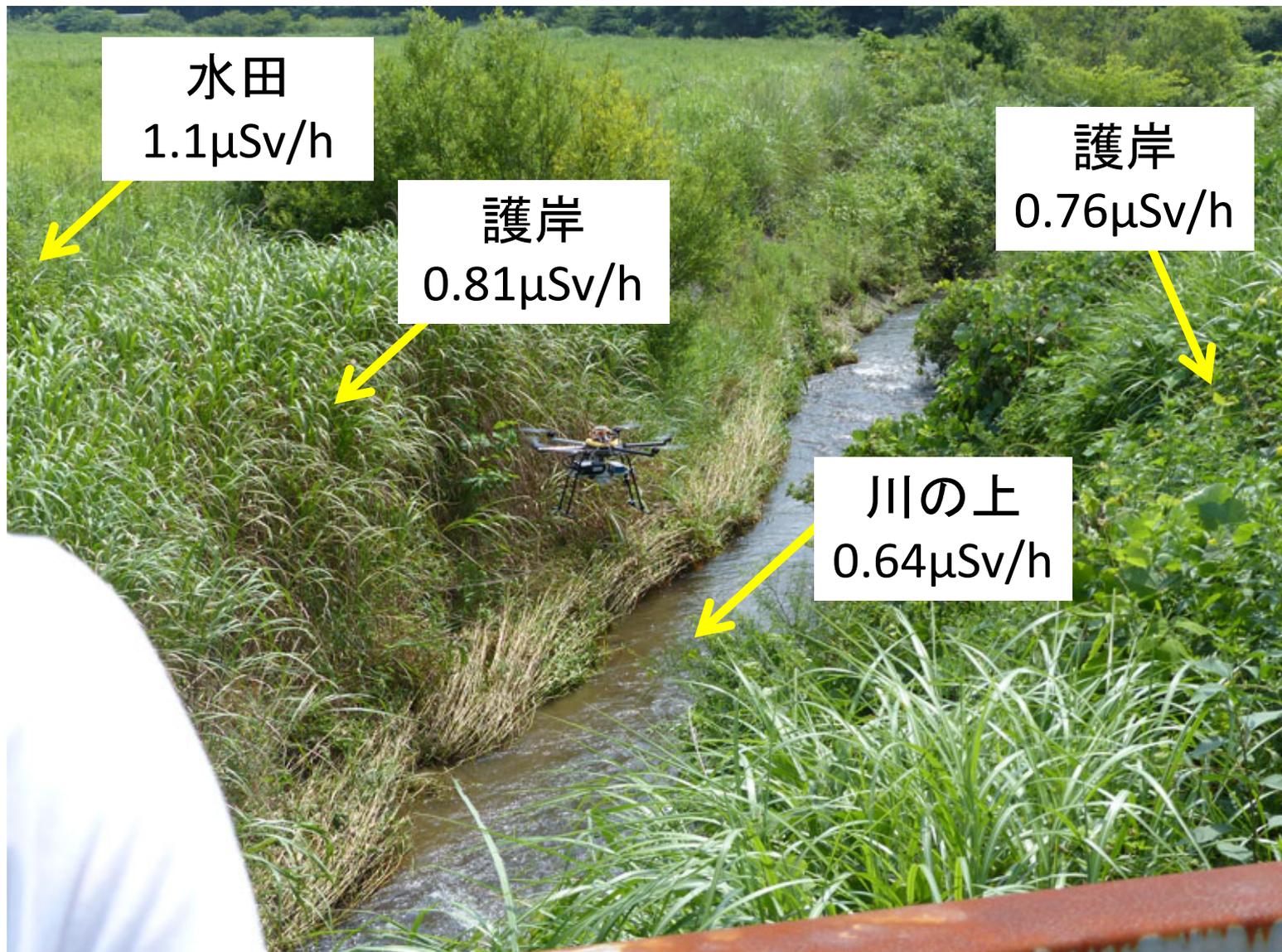


2013年8月



2013年11月

川の上



川の上 $0.64\mu\text{Sv/h}$



$0.643\mu\text{Sv/h}$ (2013年08月08日 11時34分49秒)

護岸 0.81 μ Sv/h



0.811 μ Sv/h (2013年08月08日 11時35分15秒)

水田 1.1 μ Sv/h



右側の護岸 0.76 μ Sv/h

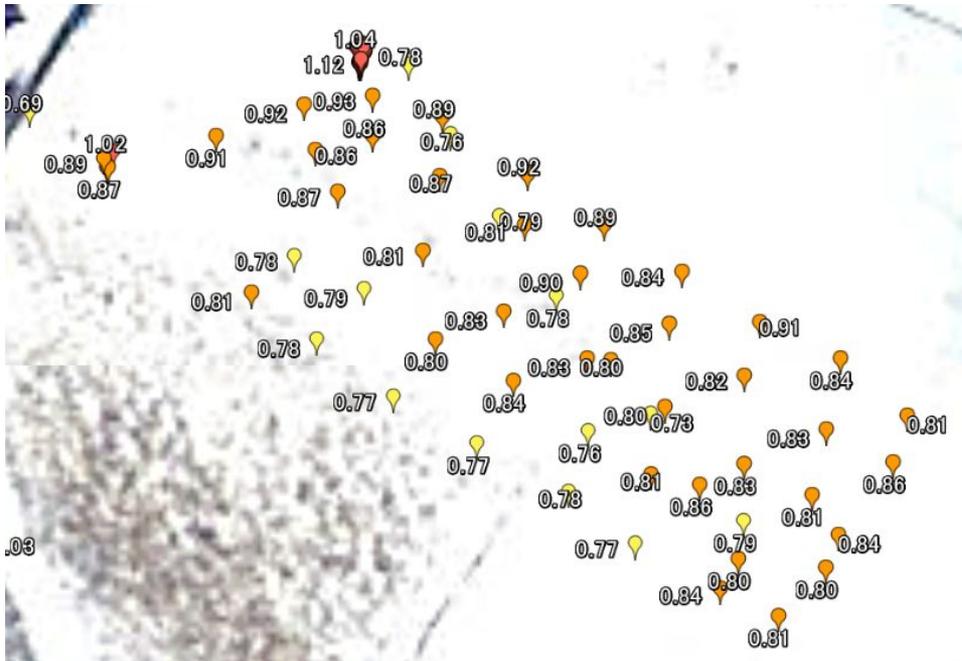


元水田上空の自律制御飛行による測定

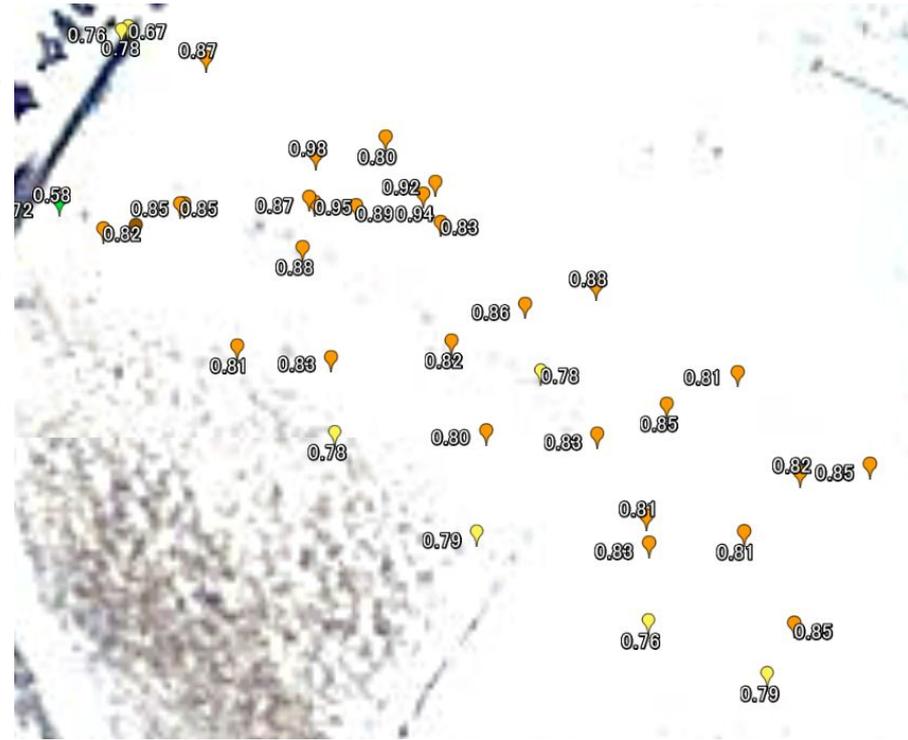


高度10m
速度2m/sec

自動制御



2013年8月



2013年11月

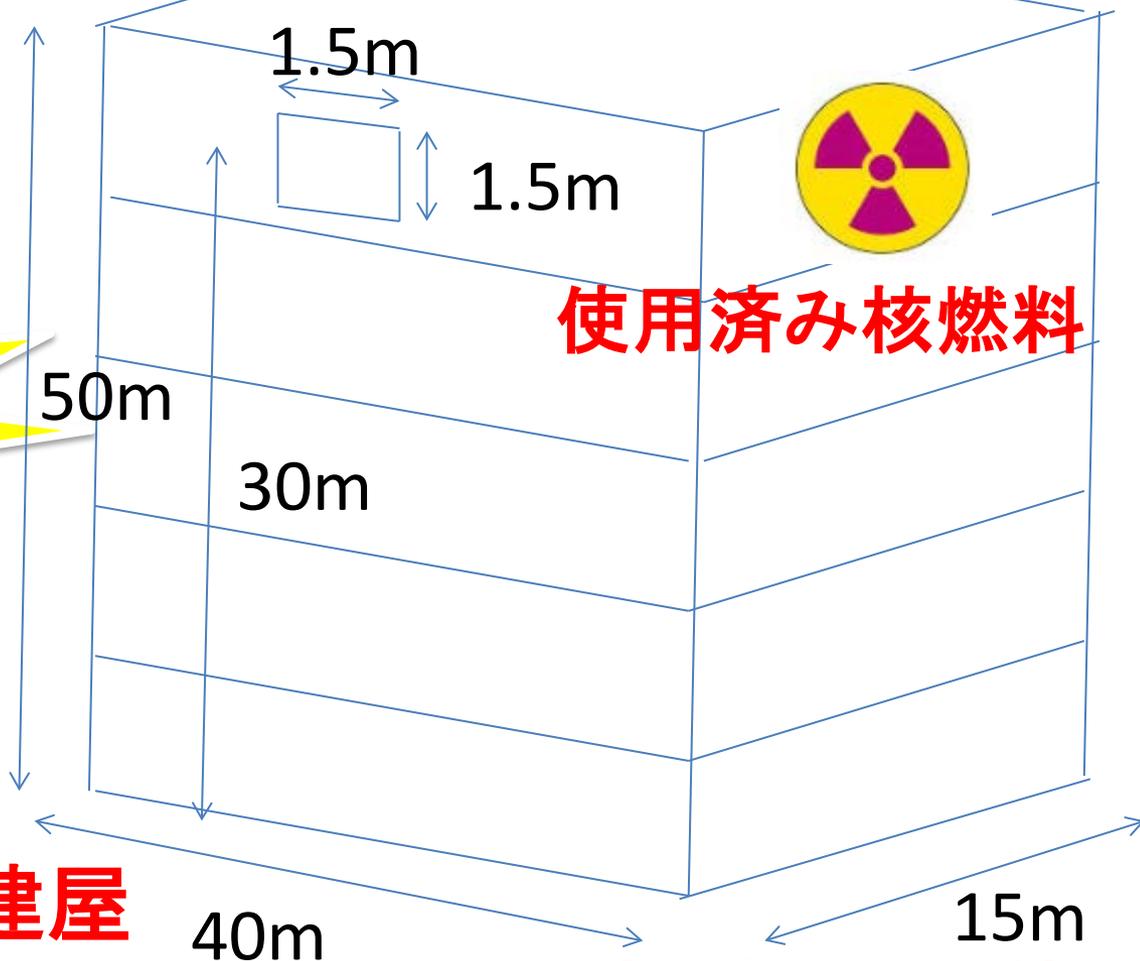
高濃度汚染環境での自律飛行と建屋内調査

水素爆発の写真

平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業
千葉大学野波研の自律小型ヘリが採択



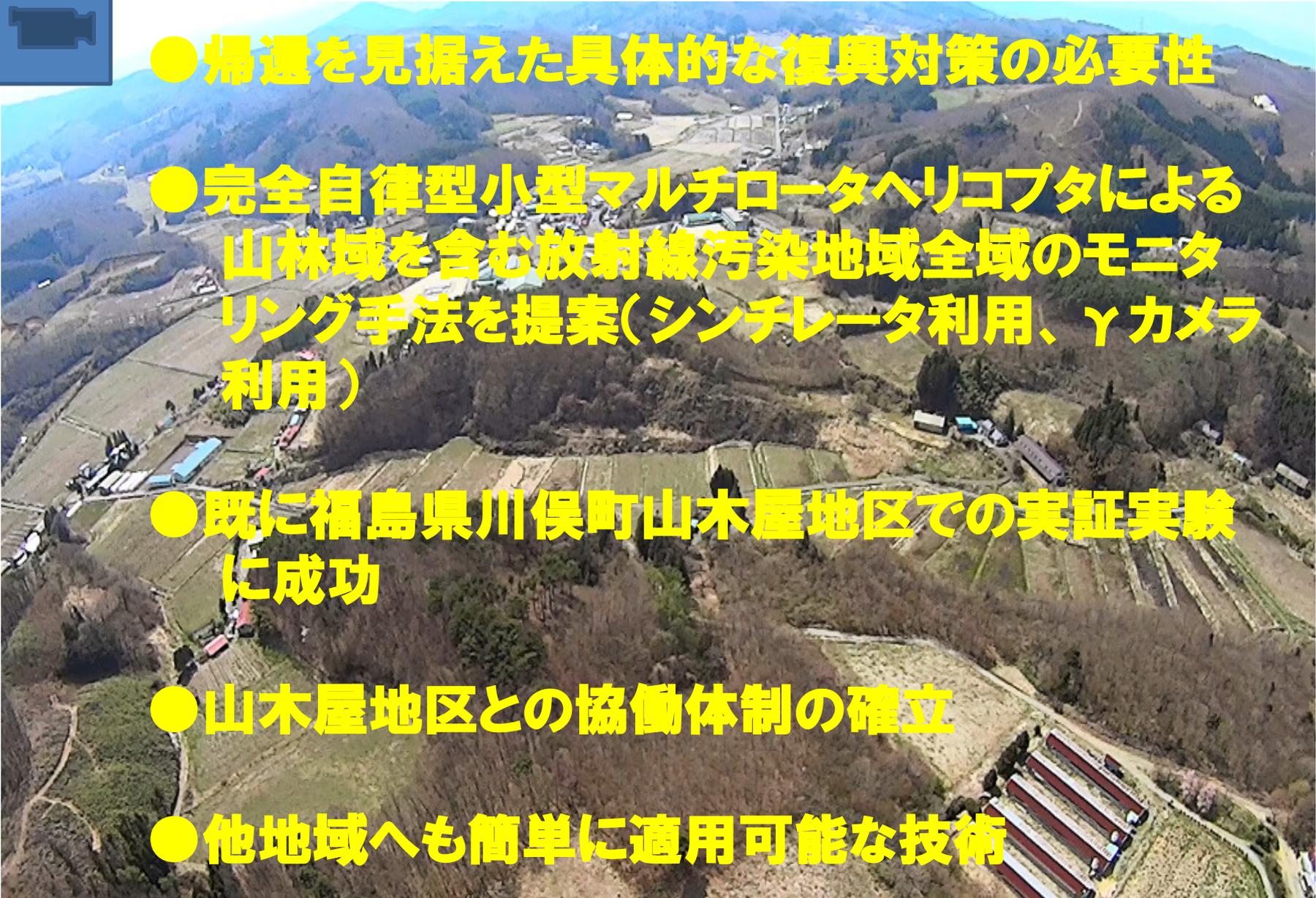
原子炉廃炉
プロジェクト



実際には原子炉建屋
3号機の調査を行う予定

原子炉建屋2号機

まとめ

- 
- 帰還を見据えた具体的な復興対策の必要性
 - 完全自律型小型マルチロータヘリコプタによる山林域を含む放射線汚染地域全域のモニタリング手法を提案(シンチレータ利用、γカメラ利用)
 - 既に福島県川俣町山木屋地区での実証実験に成功
 - 山木屋地区との協働体制の確立
 - 他地域へも簡単に適用可能な技術