

(5) 福井県

① 導入している走行モニタリングシステムの概要

【導入台数】

RAMPU 1台 (試験的に導入)

固定式のモニタリングカーを県と事業者で6台所有している(図6.2.42)。また、(公財)原子力安全技術センター製の緊急時モニタリング情報共有システム(ラミセス)に付属する可搬式の走行モニタリングシステム16台((株)日立製作所製NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ + データロガー)(図6.2.43)を現在運用しているが、本調査では試験的に導入しているRAMPU(図6.2.44)を調査対象とした。



図6.2.42 福井県のモニタリングカー



図6.2.43 現在運用している走行モニタリングシステム  
(NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ  
+ データロガー)



図 6.2.44 現在試験的に運用している RAMPU

**【導入年度】**

平成 29 年度

**【通信方法】**

FOMA 通信

**【測定器】**

PM1703M0-1B (Polimaster 社製)

低線量率測定用：CsI(Tl)シンチレーション検出器

高線量率測定用：GM 計数管

測定器はスペクトルデータを取得しているが、RAMPU のシステムではスペクトルを使用していないため、スペクトルデータの送信及び保存はしていない。

② 測定実施計画

原子力発電所周辺の環境放射能調査計画書（福井県環境放射能測定技術会議）に基づき、走行サーベイを実施している。

**【平常時】**

1 年に 1 回、基幹ルート周辺の走行サーベイ（定点測定）を実施している。また、環境放射線レベル（BG）評価のため、平成 30 年度から令和 2 年度にかけて福井県全域の走行サーベイも実施している。

**【緊急時】**

「福井県緊急時モニタリング計画」及び「福井県緊急時モニタリング実施要領」



に基づき、走行サーベイを実施することを定めている。全面緊急事態が発生した場合は、避難ルートや線量上昇エリアを詳細に把握するため、放射性物質沈着後に、基幹ルートや防護措置実施単位周辺等について、走行サーベイを実施することとしている（図 6.2.45）。線量率が高い場所があった場合、必要に応じて詳細調査を実施することとしている。



図 6.2.45 走行サーベイルート例

### ③ 測定実施体制

平常時については、2人1組で基幹ルート周辺を測定する。

緊急時については、EMCの企画調整グループが作成した指示書に基づき、2人1組で走行サーベイを実施する。乗車人員の役割分担は、運転者1名、ラミセスの操作やオフサイトセンターとの連絡を行う要員1名を想定している。走行サーベイの準備（機器設置や車内外補正係数の算出）は2名で対応可能であり、要員数の制限や被ばくリスクの観点から最小限の体制にしている。

#### ④ 測定方法

##### 【車内設置方法】

RAMPU 本体は後部座席等に設置し、シートベルト等で固定している。GPS のアンテナはダッシュボード等の空の見える位置に設置している。測定器は本体のケースから取り出して車内の地表から約 1 m 高さとなる位置に設置している。測定器の向きは、前面または上面が進行方向を向くように設置することとしている (図 6.2.46 及び図 6.2.47)。データの取得間隔は、原則として距離で 100 m 毎としている。



図 6.2.46 RAMPU 本体の設置の様子

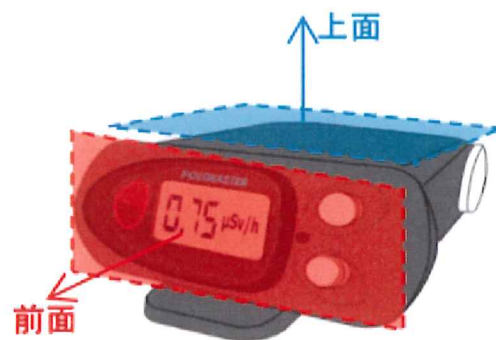


図 6.2.47 測定器の設置の様子



図 6.2.48 車載監視端末画面

**【車内外補正係数】**

使用の都度、出発前に評価している。これまでの経験上、約 1.5 程度という車内外補正係数を得ている。ラミセスには車内外補正係数を乗じた値が保存され、生データ及び車内外補正係数は保存されない。

- ⑤ これまでに取得した測定データ
- ・ 環境放射線レベル (BG) 評価データ
  - ・ 防災訓練時のデータ

測定結果の確認は適宜実施しているが、報告は今のところ行っていない。

- ⑥ 維持管理方法 (保守対応等)

**【動作確認】**

- ・ 広域調査以外で日常点検は実施していない。
- ・ 動作確認は使用の都度実施している。

**【保守・校正】**

ラミセスの保守の中で、メーカー ((公財) 原子力安全技術センター) が保守と校正を一括して行っている。

⑦ 使い勝手等に関する意見

【良い点】

- ・ラミセスのソフト改修により、徐々に使いやすくなっている。
- ・放射線測定にほぼ初めて携わる人でも、十数分程度の説明があれば使用できる。
- ・機器の立ち上げ、接続等の手間がかからない。
- ・GM管により高線量領域にも対応している。
- ・GPSの電波が届かない場所でも、ジャイロセンサーを用いた移動方向、距離の推測結果を用いて測定を継続できる。
- ・ラミセスに付属するシステムなので、ラミセスで共有している測定結果を同時に確認することができる。

【改善点】

- ・本体が大きい。
- ・他の自治体における導入実績が少なく、運用や不具合に関する事例が少ない。
- ・山間部の入り組んだ道ではジャイロセンサーが正常に機能せず、表示位置がずれることがある。
- ・位置情報が取得できなかったデータは完全に無くなってしまう。
- ・本体のケースを開けておかないとGPSのケーブルを挟んでしまう、また、充電ができない。



### 6.3 比較測定

#### 6.3.1 感度確認試験結果

比較測定で使用した走行モニタリングシステム及びそれらの感度確認試験結果を表 6.3.1 に示した。

表6.3.1 感度確認試験結果

走行モニタリングシステム	検出器	Cs-137感度*1	Ba-133感度*2
KURAMA-II (測定器はケースに収納)	CsI (C12137-01)	1.06	1.08
	CsI (C12137-00)	1.03	1.16
ラジプローブ (測定器HDS-101GNのみ)	CsI	0.97	0.84
	シリコン半導体	評価できず (100 $\mu$ Sv/h以上での切替のため)	
RAMPU (測定器PM1703M0-1Bのみ)	CsI	0.89	2.40
	GM計数管	0.95	2.26

\*1 Cs-137標準 $\gamma$ 線源の照射線量率成績値(シャドーシールド法を使用)との比較による感度(照射線量率:約0.2~0.8  $\mu$  Sv/h)

\*2 基準電離箱線量計の測定値との比較による感度(照射線量率:約0.1~0.5  $\mu$  Sv/h)

感度確認試験結果は、Cs-137については、各走行モニタリングシステムにおいて $\pm 15\%$ 以内であり、概ね適切に機器調整がされていることを確認することができた。Ba-133については、KURAMA-II及びラジプローブについては $\pm 20\%$ 以内であったが、RAMPUでは+100%以上の感度を示し、仮に緊急時にI-131による寄与が支配的であった場合、その測定値は2倍以上高めとなる可能性があることを確認した。

#### 6.3.2 設置位置の違いによる測定値への影響評価結果

3つの走行モニタリングシステムの設置位置の違いによる測定値への影響評価結果を表 6.3.2 に示した。



表 6.3.2 設置位置の違いによる測定値への影響評価結果

	測定場所①	測定場所②	測定場所③
	日本分析センター 敷地内 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	福島県富岡町 小良ヶ浜集会所 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	福島県大熊町 熊町小学校 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
RAMPU 設置位置	0.05 ± 0.004	1.01 ± 0.011	2.45 ± 0.020
ラジプローブ設置位置	0.05 ± 0.004	1.07 ± 0.018	2.60 ± 0.012
KURAMA-II 設置位置	0.05 ± 0.004	1.15 ± 0.007	2.71 ± 0.009

線量率がバックグラウンドレベルである測定場所①では設置位置の違いによる差はなかったが、線量率が  $1 \mu\text{Sv/h}$  を超える測定場所②及び③では車両前方（RAMPU 設置位置）と後方（KURAMA-II 設置位置）で最大 15% 程度の差が認められた。各走行モニタリングシステムの設置位置は、車両右側の車外までの距離は一定であるが、車両後方の車外までの距離が異なっているため、後方に近い走行モニタリングシステムほど、車外からの影響を受けて測定値が高めになったと考えられた。

### 6.3.2 比較測定試験結果

比較測定を令和 2 年 2 月 3 日（月）～ 2 月 7 日（金）に実施した。

#### (1) 各走行モニタリングシステムの性能及び特性

比較測定試験結果を評価する上で、各走行モニタリングシステムの性能及び特性の違いが測定値に及ぼす影響について以下に整理した。

なお、今回 RAMPU の測定器は PM1703MO-1B を使用したが、RAMPU にはラジプローブと同様の測定器である HDS-101G を使用するタイプもあるため、今回の比較測定試験結果はあくまでも PM1703MO-1B を使用した場合の評価である。

#### ① Cs-137 に対する感度

感度確認試験結果は、KURAMA-II (C12137-01) 1.06、KURAMA-II (C12137-00) 1.03、ラジプローブ 0.97、RAMPU 0.89 (CsI) 及び 0.95 (GM 計数管) であり、今回の測定結果はそれに対して補正していないため、感度の差の分だけ測定値に差が出る可能性が考えられた。

#### ② 線量率直線性

今回測定した線量率レベルは、仕様調査結果等から各走行モニタリングシステム及びサーベイメータの測定可能線量率範囲であり、直線性も担保されている。

るため、数え落としやパイルアップは起こっていないこととして評価した。

### ③ エネルギー特性

KURAMA-II 及びラジプローブは、エネルギー特性が概ね良好であるため、測定値に対する影響は大きくないと考えられる。

RAMPU (PM1703MO-1B) は、感度確認試験結果より、低エネルギー領域で過大応答を示すエネルギー特性が確認されたため、その領域において散乱線等の寄与が大きい場所ほど、測定値が高くなると考えられた。

なお、車内外補正係数の評価に用いたサーベイメータのエネルギー特性は±15%以内 (60 keV～1.5 MeV) (図 6.3.1) である。

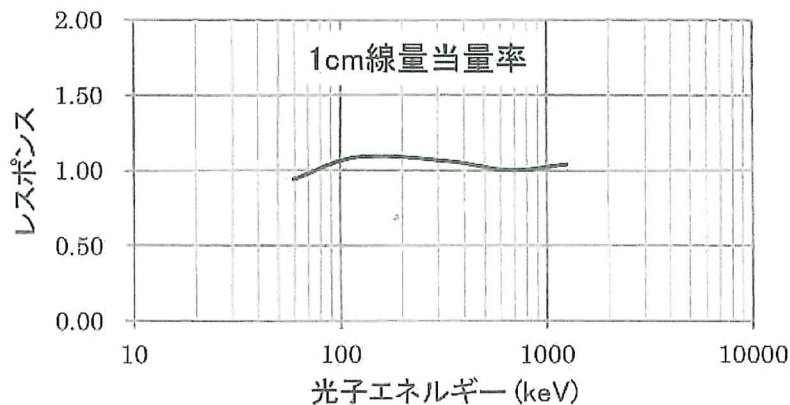


図 6.3.1 サーベイメータのエネルギー特性<sup>21)</sup>

### ④ 方向依存性

KURAMA-II 及び RAMPU (PM1703MO-1B) の検出器で使用している CsI (Tl) 結晶形状は直方体、ラジプローブは円柱形であるため、 $\gamma$ 線の入射方向により、方向依存性の影響が表れる可能性があると考えられる。

### ⑤ 温度依存性

車内及び車外における周囲の温度条件は各走行モニタリングシステムで同じであるが、温度依存性は各走行モニタリングシステムで異なる。しかし、今回の測定では使用温度範囲内で使用しているため、それに対する影響を考慮していない。

### ⑥ 設置位置

車内における各走行モニタリングシステムの設置位置の違いに対する影響評価結果より、測定値が RAMPU 設置位置 < ラジプローブ設置位置 < KURAMA-II

設置位置となる傾向が確認されたため、状況により RAMPU の測定値が KURAMA-II の測定値より 15%程度低くなる可能性が考えられる。

## (2) 線量率マップによる比較

各走行モニタリングシステム上で表示される線量率マップについて、全行程の線量率マップを図 6.3.2～図 6.3.4 に、東京電力福島第一原子力発電所周辺の線量率マップを図 6.3.5～図 6.3.7 に示した。KURAMA-II についてはメッシュ表示の線量率マップも図 6.3.8 及び図 6.3.9 に示した。なお、KURAMA-II は C12137-01 の測定値をマップにした。

線量率マップの表示方法を統一して比較するため、日本原子力研究開発機構が公開しているマッピングツール<sup>22)</sup>を使用して作成した線量率マップを図 6.3.10～図 6.3.19 に示した。なお、KURAMA-II は C12137-01 で測定した線量率をマップにした。図 6.3.10 の全行程で見ると、各走行モニタリングシステムにおいて、関東地方では概ね  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  以下であり、福島県内の東京電力福島第一原子力発電所周辺地域ではそれよりも高い線量率の場所があることを確認した。図 6.3.11～図 6.3.15 より、東京電力福島第一原子力発電所の南及び北西方向の地域において、 $1 \mu\text{Sv/h}$  を超える場所があることを確認した。図 6.3.12 及び図 6.3.16 等から、線量率レベルに関係なく、RAMPU の測定値が高い傾向が見られた。KURAMA-II 及びラジプローブの測定値は概ね同程度であったが、若干 KURAMA-II の方が測定値が高い傾向にあった。

また、参考として、後述する車内外補正係数で補正した線量率マップを図 6.3.17～図 6.3.19 に示した。なお、車内外補正係数は、各走行モニタリングシステムとサーベイメータとの比較により評価した 11 地点における平均値 (KURAMA-II : 1.60、ラジプローブ : 1.75、RAMPU : 1.22) を使用した。

## (3) 時系列グラフによる比較

各走行モニタリングシステム上で表示される測定値の時系列グラフの例を図 6.3.20～図 6.3.22 に示した。

比較測定実施日程の各日における各走行モニタリングシステムの測定値の時系列グラフを図 6.3.23～図 6.3.34 に示した。走行しながら取得した測定値以外については原則として除外した。なお、2月6日は機器トラブルにより、ラジプローブでの測定は実施できなかった。測定はバックグラウンドレベルから数  $\mu\text{Sv/h}$  の線量率レベルで実施したが、3つのシステムともにその線量率範囲において、概ね同様の時系列の変化傾向を示した。千葉県から福島県に向けて走行した2月3日は、ほぼ全行程において  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  以下の線量率レベルであり、RAMPU で測定した線量率のばらつきが顕著に大きいことを確認した。全日程にお



いても、低い線量率の測定ではこの傾向であることを確認した。これは、RAMPU (PM1703MO-1B) の CsI 結晶が他のシステムと比較して小さいため、低い線量率の測定ではばらつきが大きくなることが原因であると考えられた。また、全日程において、RAMPU で測定した線量率が他のシステムと比較して高めの傾向であることを確認した。これは、PM1703MO-1B が 660 keV 以下のエネルギー領域において、過大応答を示すエネルギー特性に起因するものであると考えられた。KURAMA-II とラジプローブは全行程において概ね同様の時系列グラフが得られた。

比較測定全行程における各走行モニタリングシステムの全測定値を、1 分毎に平均化し、各走行モニタリングシステム間の測定値の相関を図 6.3.35～図 6.3.38 に示した。各走行モニタリングシステム間において、良好な相関関係が得られていることを確認した。相関図における近似直線の傾きから、KURAMA-II はラジプローブに比べて 10%程度測定値が高く、RAMPU は KURAMA-II に比べて 30～70%程度、ラジプローブに比べて 50～90%程度測定値が高い傾向にあることを確認した。図 6.3.37 の  $0.3 \mu\text{Sv/h}$  以下の測定値では、RAMPU のばらつきが大きいため、他の走行モニタリングシステムとの相関が若干悪くなっていた。

$0.05\sim 3.0 \mu\text{Sv/h}$  の異なる線量率レベルにおける時系列グラフ、線量率の変化率及びスペクトル等を抽出し、図 6.3.39～図 6.3.47 に示した。 $0.4 \mu\text{Sv/h}$  以上の環境場では RAMPU の測定値が他の走行モニタリングシステムと比較して高めの傾向であることを確認した。これは前述したとおり、測定器のエネルギー特性に起因していると考えられた。また、各走行モニタリングシステムにおいて測定値の変化率に違いが見られ、測定器の測定方式の違いに依存していると考えられた。KURAMA-II の測定値は 3 秒間に積算された計数から計算された線量率、ラジプローブは 2 秒間の移動平均値であるため、系統的な測定精度は一定であり、変化傾向は測定値の取得間隔に依存する。一方、RAMPU の測定値は時定数を線量率レベルに応じて自動で切り替えて得られる瞬時値であるため、系統的な測定精度が変化することになる。一つ前の測定値を基準とした変化率においては、全ての線量率レベルにおいて、RAMPU が最も変化率が小さいことを確認した。

#### (4) スペクトルによる比較

車内外補正係数評価時における車内外のスペクトルを図 6.3.48 及び図 6.3.49 に示した。車内においては、車体による遮へいにより、全体的に車外よりも計数が低いことを確認した。また、車内外問わず、線量率が高い場所では、放射性セシウム (Cs-134 及び Cs-137) のピークを確認した。熊町小学校 (大熊町) と夫沢二区地区集会所 (大熊町)、または、商業施設跡駐車場 (富岡町) と赤宇木国道 114 号沿い (浪江町) のように放射性セシウムの計数が同程度でも、それより

も低エネルギー領域におけるスペクトル形状には違いが見られ、散乱線による寄与割合が異なることを確認した。

車内外補正係数をエネルギー分布から評価するため、車内外におけるスペクトルの計数比（車外計数/車内計数）を図 6.3.50 及び図 6.3.51 に示した。計数比のばらつきを小さくするため、図 6.3.50 及び図 6.3.51 は約 50 keV 毎に計数を積算して作成した。150 keV 以下の領域では計数比が大きく、100~600 keV の領域では約 1.2 程度でほぼ一定の計数比を示し、600 keV よりも高エネルギー領域では計数が小さいために計数比のばらつきが大きいが、概ね 1~2 程度の計数比を示した。150 keV 以下の領域で車外の計数が多いのは車体による遮へいの影響であると考えられる。150~600 keV の領域では、車体での遮へいによる車内計数の減少分と、車外からの放射性セシウムや自然放射性核種からの  $\gamma$  線の車体での散乱による車内計数の増加分によりほぼ一定の計数比となり、結果として 600 keV より高エネルギー領域よりも計数比が小さくなっていると考えられた。600 keV より高エネルギー領域では、放射性セシウムからの直達線は地表面から、自然放射性核種からの大地放射線は地中方向から飛来するため、遮へい効果が大きい車両シャーシ等を透過する可能性があり、計数比が大きくなることが考えられた。

上記の考察について、後藤<sup>23)</sup>による車内及び車外におけるスペクトルのシミュレーション計算結果を図 6.3.52~図 6.3.54 に示した。シミュレーションは Geant4 を用いて実行し、空気で満たされた立方体中に平らな地面と自動車モデル（側面は 2~3 mm の鉄とガラス、床は 1 cm 厚の鉄で、重量 1.3 t）を配置した。地中の Cs-137 は水平方向に均一分布させ、中心から半径 15 m（近傍）と、15~200 m まで（遠方）に分けて計算した。地中の Cs-137 垂直方向分布は、重量緩衝深度  $\beta = 1$  の指数関数的分布を仮定した。図 6.3.52 は近傍及び遠方の両方、図 6.3.53 は近傍のみ、図 6.3.54 は遠方のみを考慮した計算結果を示した。図 6.3.52 は、150keV 以下と Cs-137 ピーク（662keV）での比（車外/車内）がその中間（150~660 keV）よりも大きいという実測データ（図 6.3.50）を良く再現していた。200 keV から Cs-137 ピーク以下では比が 1 を下回り、Cs-137 ピークでの比は 1.3 程度であった。Cs-137 ピークよりも中間の比が小さい理由は、車体での散乱の影響が考えられる。近傍（図 6.3.53）と遠方（図 6.3.54）の線源を分けると中間の比が遠方より近傍が小さくなるのは、ガンマ線入射角度の違いに起因すると考えられる。図 6.3.53 は、図 6.3.52 と同様の傾向で、200 keV から Cs-137 ピークまでは比が 1 以下で、Cs-137 ピーク部分は比が 1.4 程度であった。図 6.3.54 は、150 keV 以上は Cs-137 ピークも含めて比がほぼ 1 になっており、側面からの入射のみで車体の薄い部分しか通過しないため、低エネルギー以外はほとんど遮へいされないことが確認された。



放射性セシウムからの散乱線による寄与割合を確認するため、Cs-137 の 662 keV における計数で規格化した車内外のスペクトルを図 6.3.55 及び図 6.3.56 に示した。車内外問わず、線量率が低い場所ほど 100 keV 以下の散乱線の寄与割合が大きくなる傾向を示した。線量率が低い場所ほど放射性セシウムよりも高エネルギーの  $\gamma$  線を出す自然放射性核種からの散乱線の影響が相対的に大きくなるが、今回の解析ではその影響を差し引いていないため、結果として寄与割合が大きくなっていると考えられた。

#### (5) 車内外補正係数の算出及び比較

車内外補正係数の評価結果一覧を表 6.3.3 に示した。また、車内外線量率の関連図を図 6.3.57 及び図 6.3.58 に、車内外補正係数の評価結果を図 6.3.59 及び図 6.3.60 に示した。図 6.3.57 の同一検出器での車内外線量率は良好な相関関係を示し、各走行モニタリングシステムの近似直線の傾きの範囲は 1.37～1.48 であった。図 6.3.59 の車内外補正係数は 1.17～1.50 (KURAMA-II (C12137-01) : 1.17～1.42、KURAMA-II (C12137-00) : 1.19～1.42、ラジプローブ : 1.19～1.50、RAMPU : 1.27～1.50) の範囲で、各走行モニタリングシステムで概ね同様の車内外補正係数を示した。また、各走行モニタリングシステムにおいて、車内外線量率が  $1 \mu\text{Sv/h}$  以上の測定地点では車内外補正係数は約 1.3～1.5 でほぼ一定であった。図 6.3.58 の車内外線量率と車外 1 m 高さにおけるサーベイメータ測定値は良好な相関関係を示し、各走行モニタリングシステムの近似直線の傾きの範囲は 1.34～1.91 であった。図 6.3.60 の車内外補正係数は 1.07～2.02 (KURAMA-II (C12137-01) : 1.33～1.78、KURAMA-II (C12137-00) : 1.07～1.56、ラジプローブ : 1.30～2.02、RAMPU : 1.07～1.43) の範囲で、各走行モニタリングシステムで異なる車内外補正係数を示した。

車内外補正係数の評価結果に影響を及ぼす要因について以下の各観点から考察した。

##### ① Cs-137 に対する感度

各システムにおける感度の差の分だけ、サーベイメータと比較した車内外補正係数に差が出る可能性が考えられた。

##### ② 線量率直線性

線量率が最も高い  $6.63 \mu\text{Sv/h}$  の測定地点 (やすらぎ荘 (浪江町)) においても、KURAMA-II やラジプローブのスペクトルにパイルアップが起こっていないため、車内外補正係数の評価に影響しないと考えられた。

### ③ エネルギー特性

RAMPU (PM1703MO-1B) の測定値が、車内外における他の走行モニタリングシステムの測定値よりも高いのは、低エネルギー領域で過大応答を示すエネルギー特性のためであると考えられた。そのため、サーベイメータとの比較による車内外補正係数は、他の走行モニタリングシステムよりも小さい 1.07~1.43 の範囲であった。

KURAMA-II 及びラジプローブのエネルギー特性は、サーベイメータとほぼ同等であるため、車内外補正係数の評価に大きく影響しないと考えられた。

### ④ 方向依存性

津田ら<sup>24)</sup>は、約 0.2~2  $\mu\text{Sv/h}$  の環境場の定点 (6 地点) において、KURAMA-II の測定値をサーベイメータ ((株) 日立製作所製 TCS-161) の測定値と比較した結果、KURAMA-II (C12137-01) の測定値は平均で約 15% 低く、KURAMA-II (C12137-00) の測定値は平均で約 18% 高かったことについて、検出器のシンチレータ結晶形状の違いによる方向依存性が原因であると報告している。今回の測定結果において、KURAMA-II (C12137-01) の測定値は平均で約 18% 低く、KURAMA-II (C12137-00) の測定値は平均で約 4% 低い結果となり、KURAMA-II (C12137-01) の測定値については報告と一致する傾向であった。そのため、KURAMA-II (C12137-01) のサーベイメータとの比較による車内外補正係数 (1.33~1.78) は、同一検出器の車内外補正係数 (1.17~1.42) に比べて大きくなっていると考えられた。

### ⑤ 温度依存性

車内外補正係数の評価においては考慮しなかった。

### ⑥ 設置位置

車内における各システムの設置位置の違いに対する影響検討結果より、設置位置の観点からは、車内外補正係数は、RAMPU > ラジプローブ > KURAMA-II となることが考えられた。

車外での同一検出器での測定は、車内と同じ配置で車外に設置しているため、お互いが遮へいとなり、サーベイメータの測定値より小さくなることが考えられる。また、各走行モニタリングシステムの設置位置の中心 (ラジプローブ設置位置) でサーベイメータによる測定を実施しているため、KURAMA-II と RAMPU の測定場所は 15 cm 程度測定場所が異なり、周辺の放射性物質分布の偏在が大きい場所では測定値に影響する可能性がある。

上記①～⑥等の種々の要因が車内外補正係数に相互に影響していると考えられた。



KURAMA-II (C12137-01)



図 6.3.2 KURAMA-II の線量率マップ (全行程) (経路表示、車内外補正無し)

ラジプロローブ



図 6.3.3 ラジプロローブの線量率マップ (全行程) (経路表示、車内外補正無し)



RAMPU

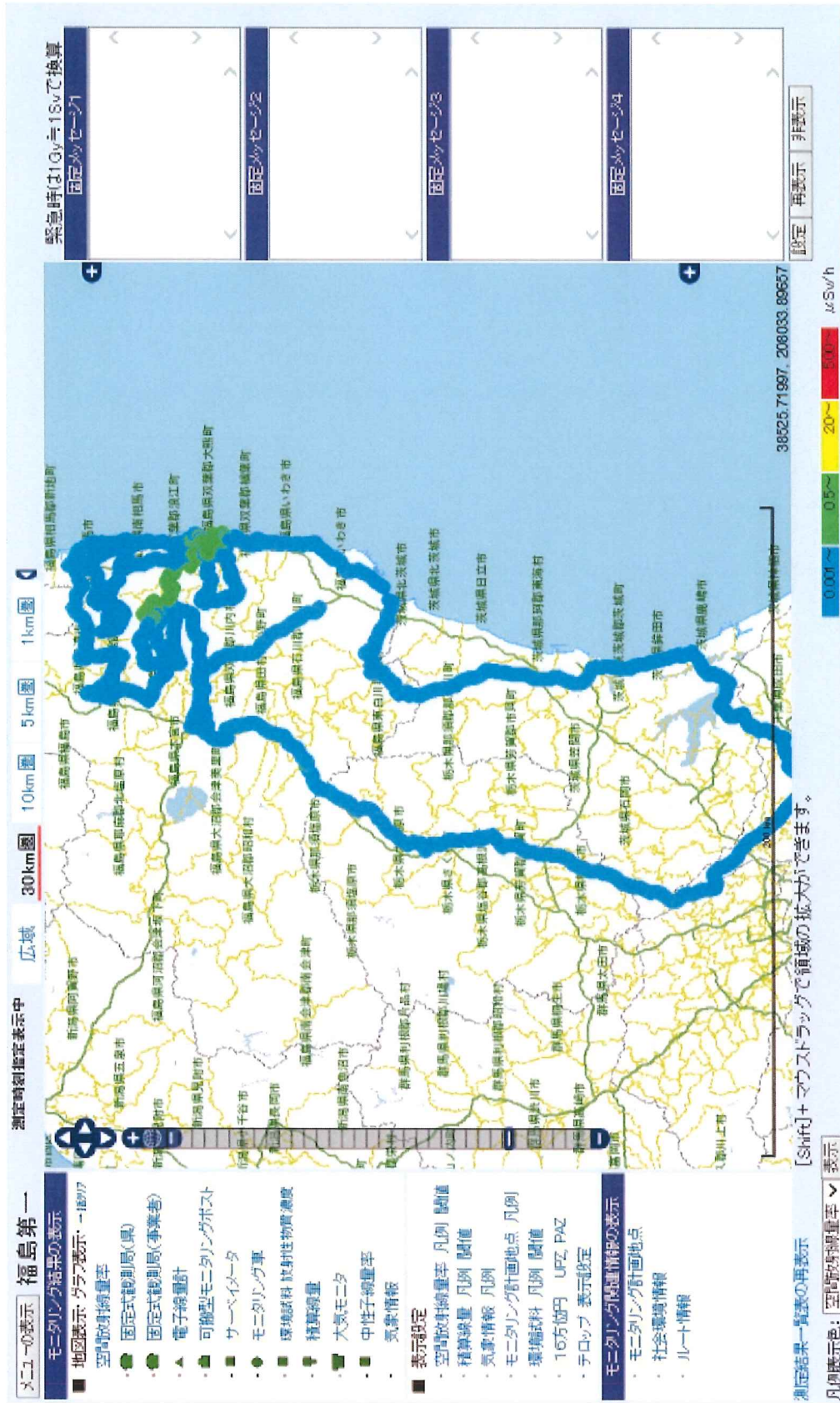


図 6.3.4 RAMPU の線量率マップ (全行程) (経路表示、車内外補正無し)

KURAMA-II (C12137-01)

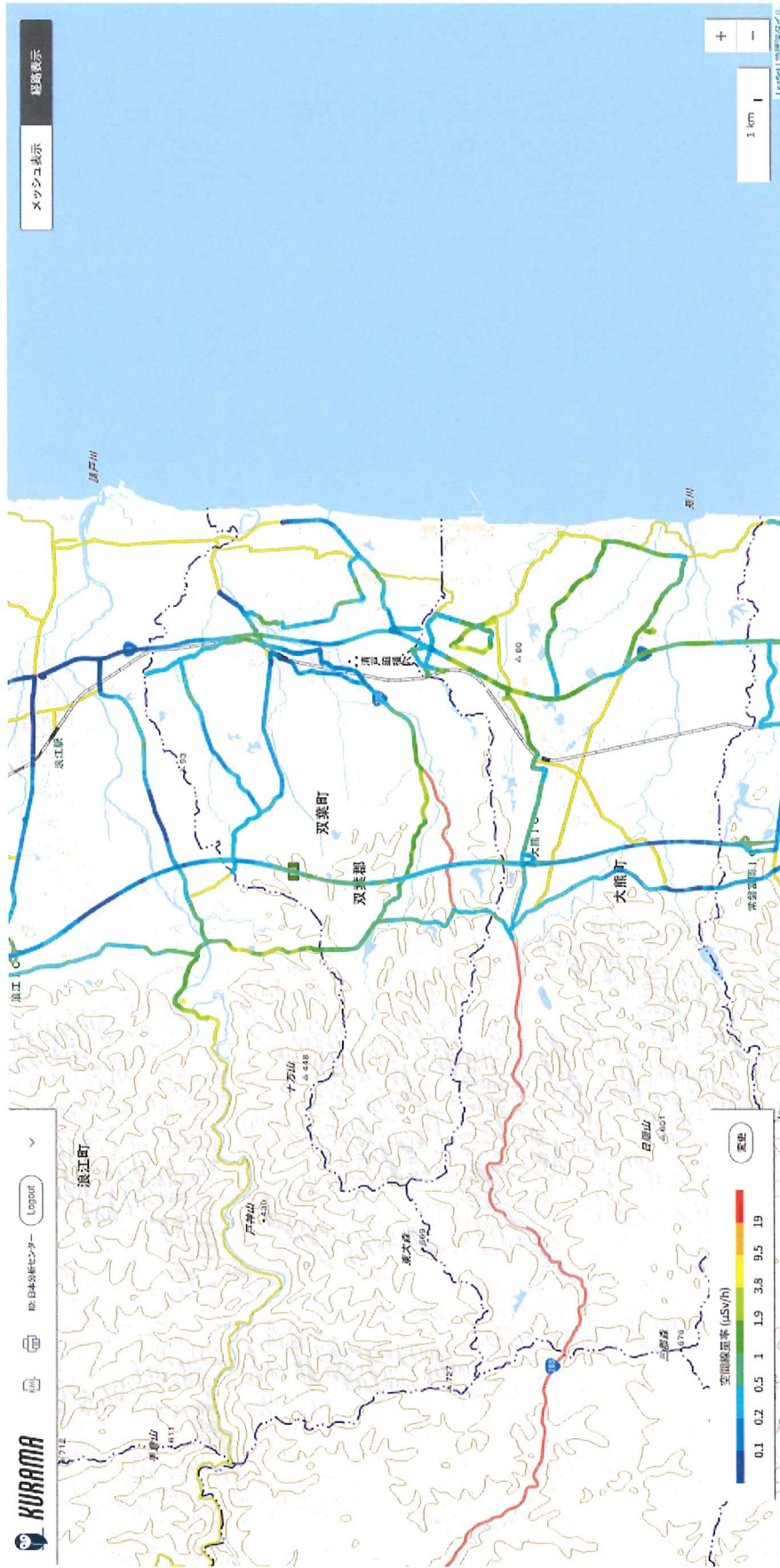


図 6.3.5 KURAMA-II の線量率マップ (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (経路表示、車内外補正無し)





図 6.3.6 ラジプロローブの線量率マップ (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (経路表示、車内外補正無し)

RAMPU

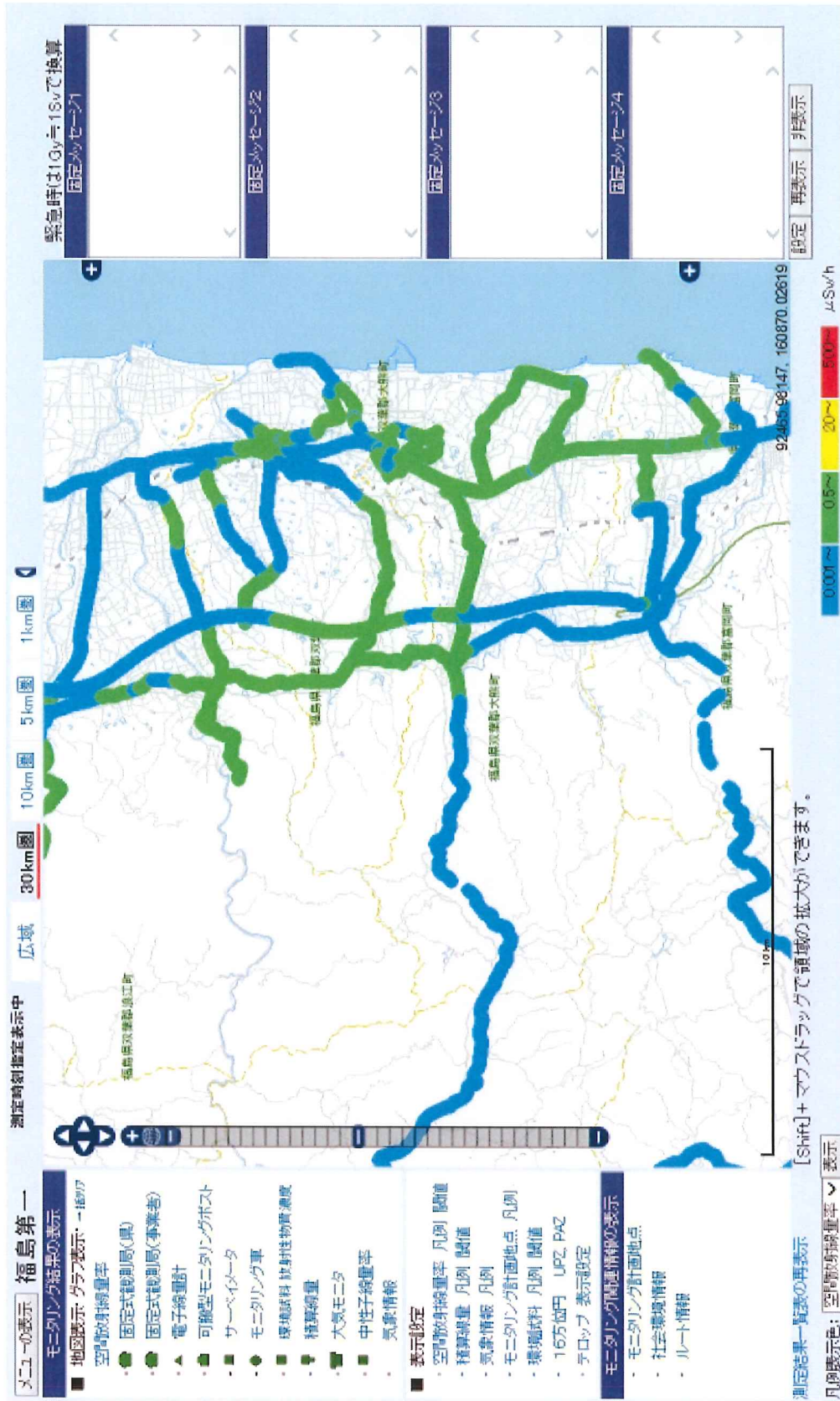


図 6.3.7 RAMPU の線量率マップ (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (経路表示、車内外補正無し)



KURAMA-II (C12137-01)



図 6.3.8 KURAMA-II の線量率マップ (全行程) (メッシュ表示、車内外補正無し)



KURAMA-II (C12137-01)

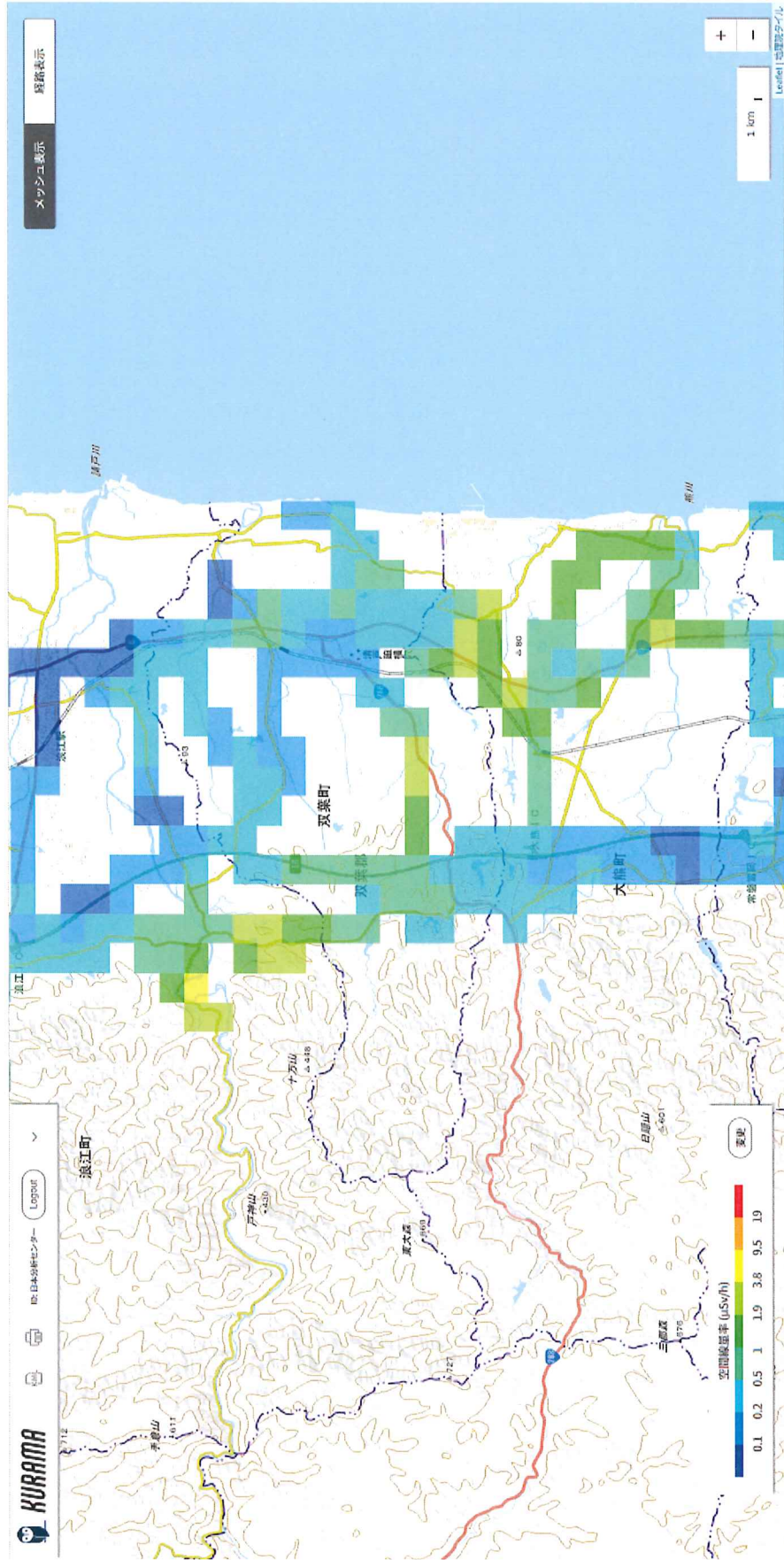


図 6.3.9 KURAMA-II の線量率マップ (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (メッシュ表示、車内外補正無し)

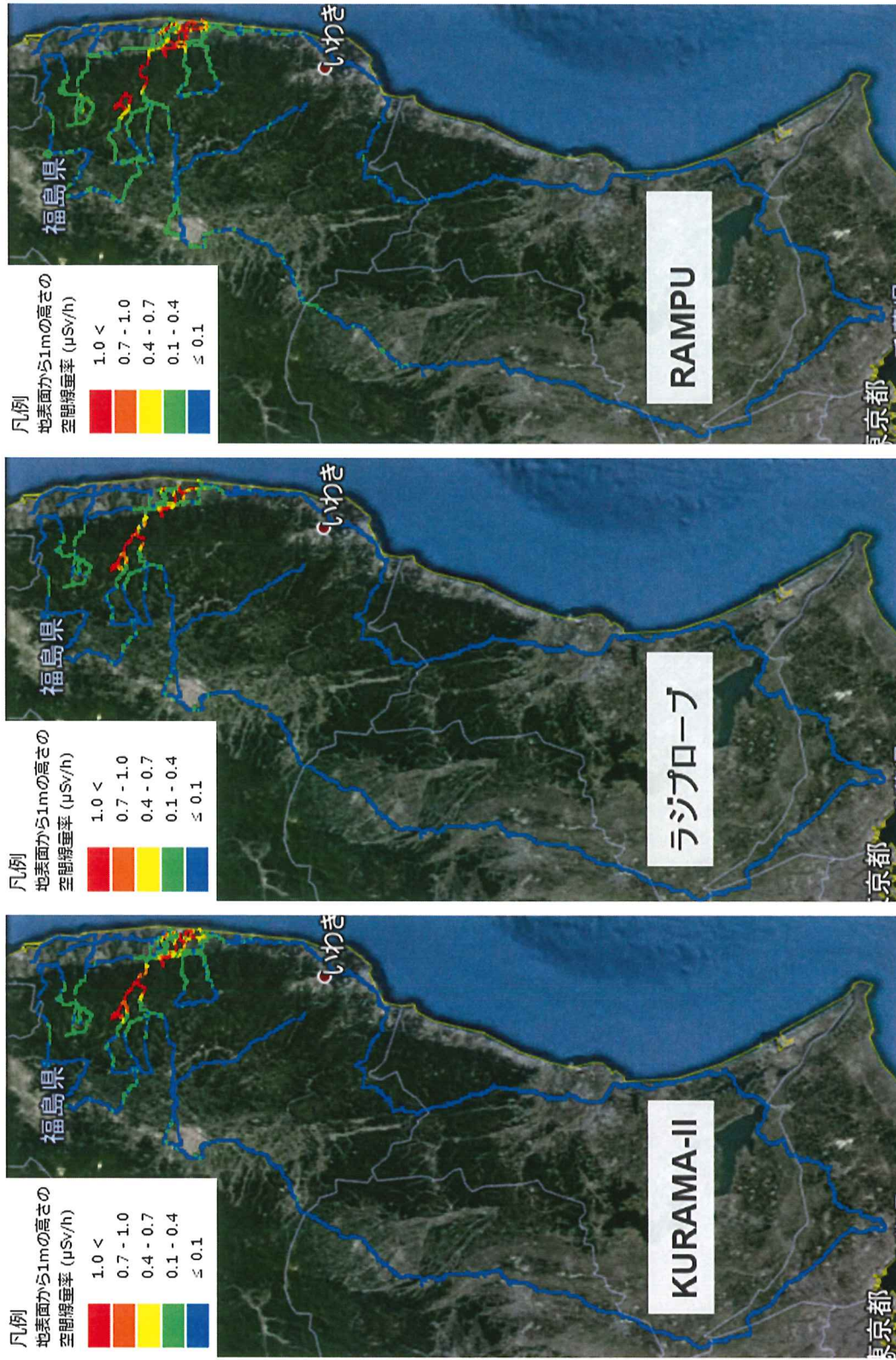


図 6.3.10 線量率マップの比較 (全行程) (メッシュ表示、車内外補正無し)



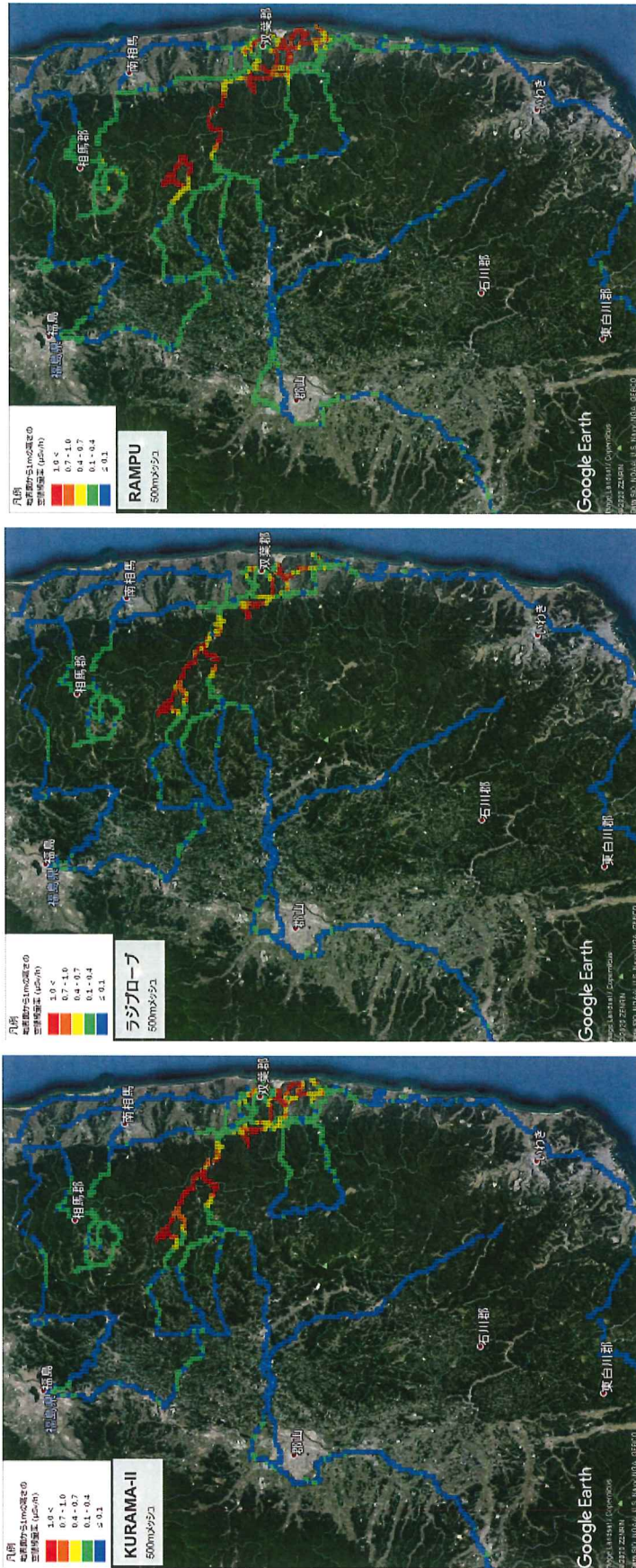


図 6.3.11 線量率マップの比較 (福島県内) (メッシュ表示、車内外補正無し)



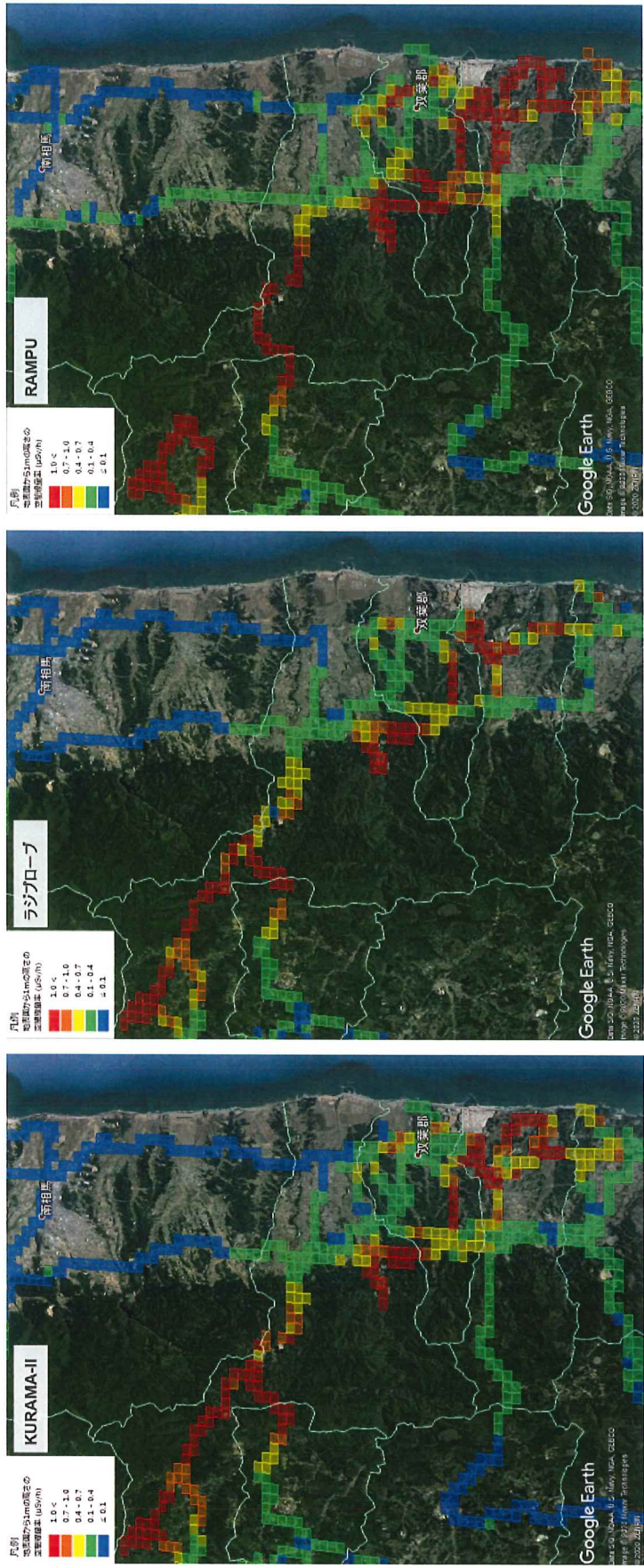


図 6.3.12 線量率マップの比較 (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (メッシュ表示、車内外補正無し)

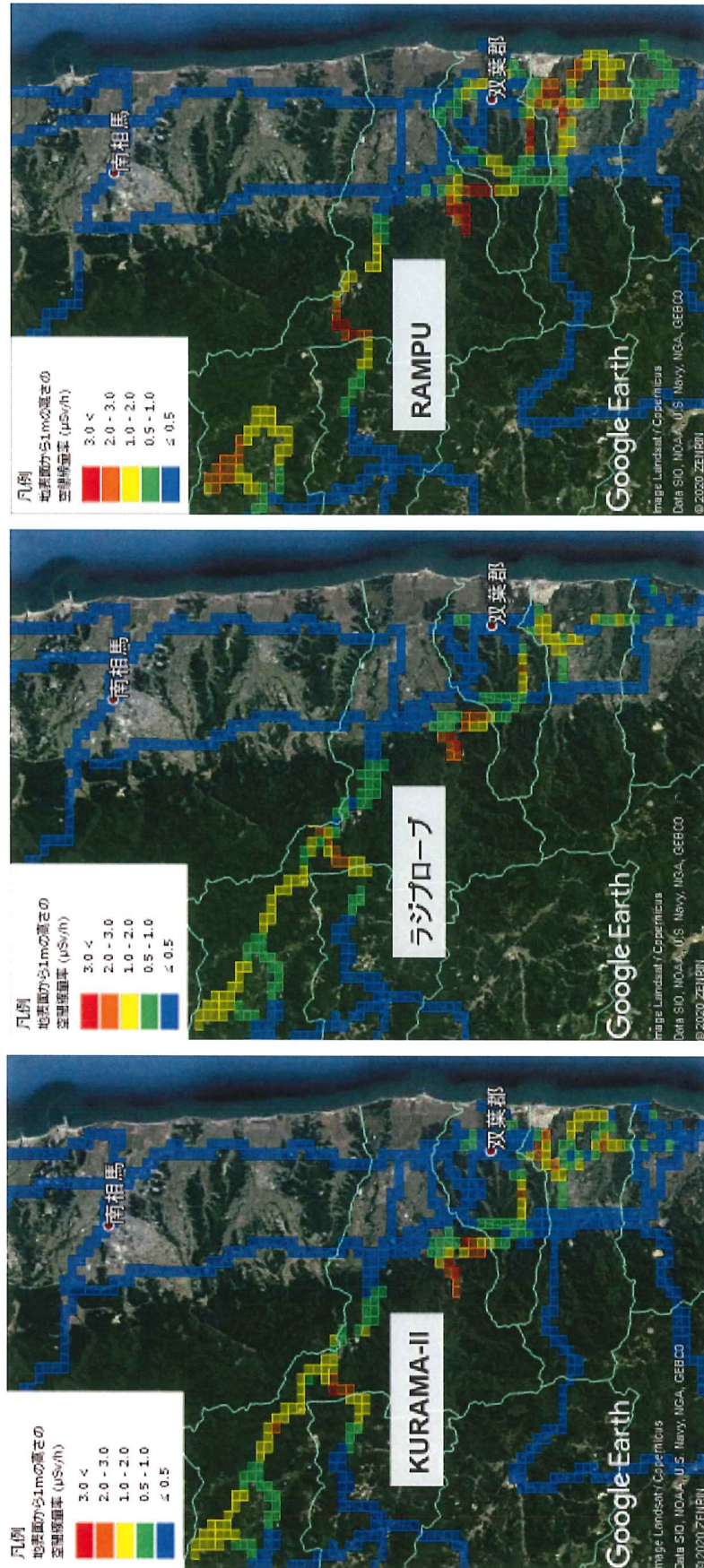


図 6.3.13 線量率マップの比較 (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (メッシュ表示、車内外補正無し)  
(図 6.3.12 の線量率の凡例を変更)



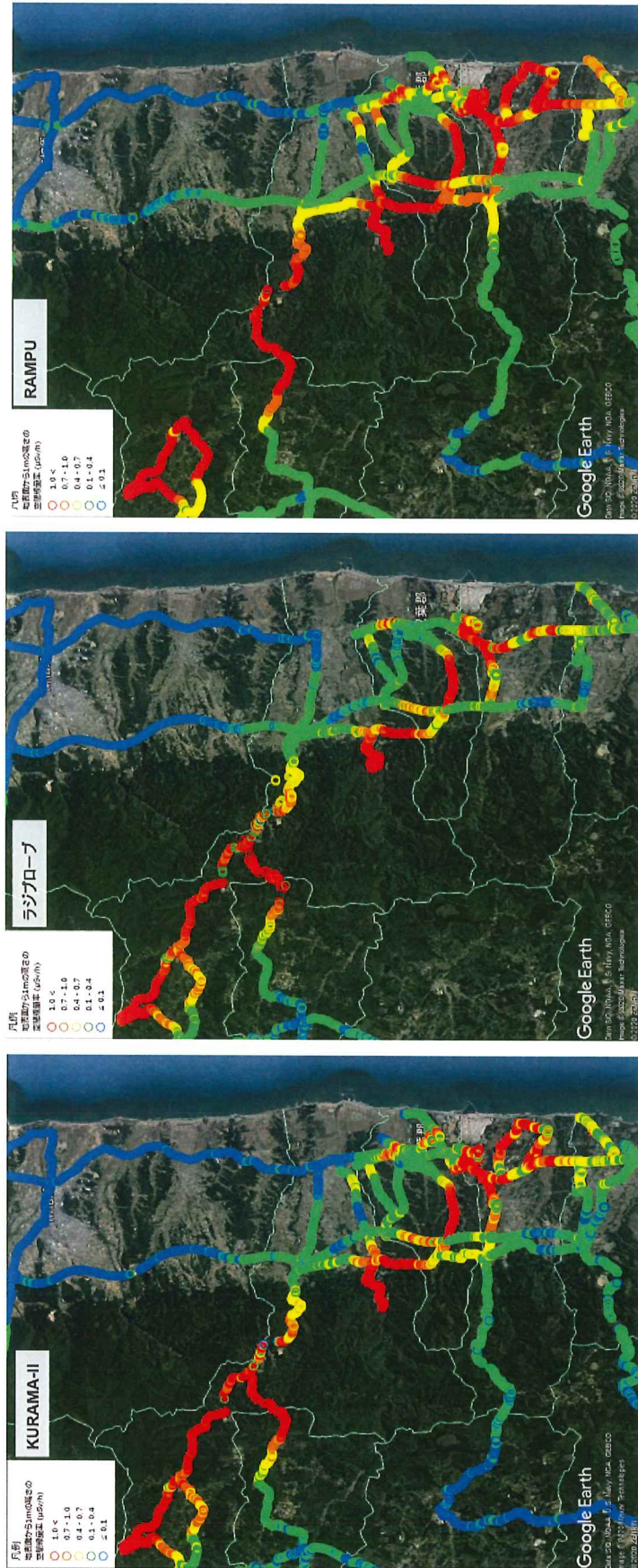


図 6.3.14 線量率マップの比較 (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (経路表示、車内外補正無し)



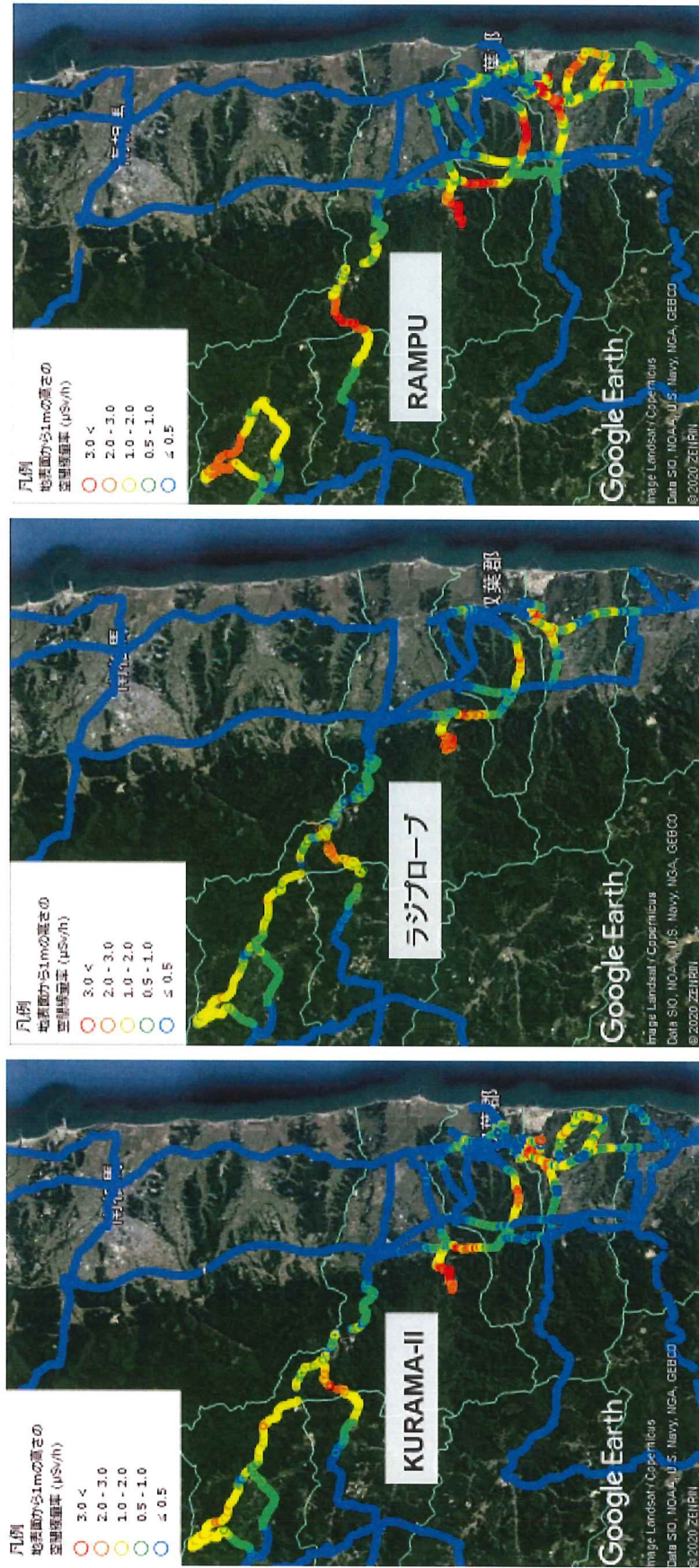


図 6.3.15 線量率マップの比較 (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (経路表示、車内外補正無し)  
(図 6.3.14 の線量率の凡例を変更)

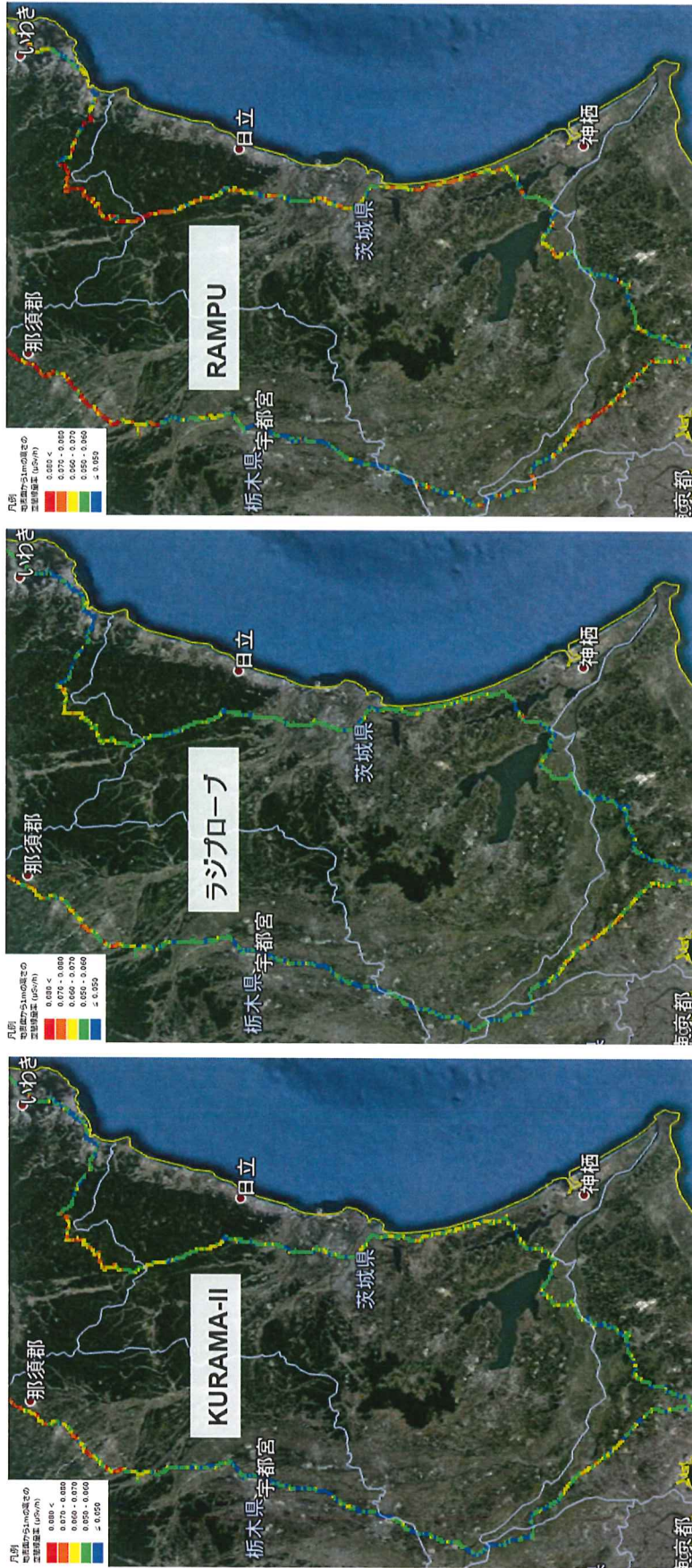


図 6. 3. 16 線量率マップの比較（関東地方を中心とした地域）（メッシュ表示、車内外補正無し）



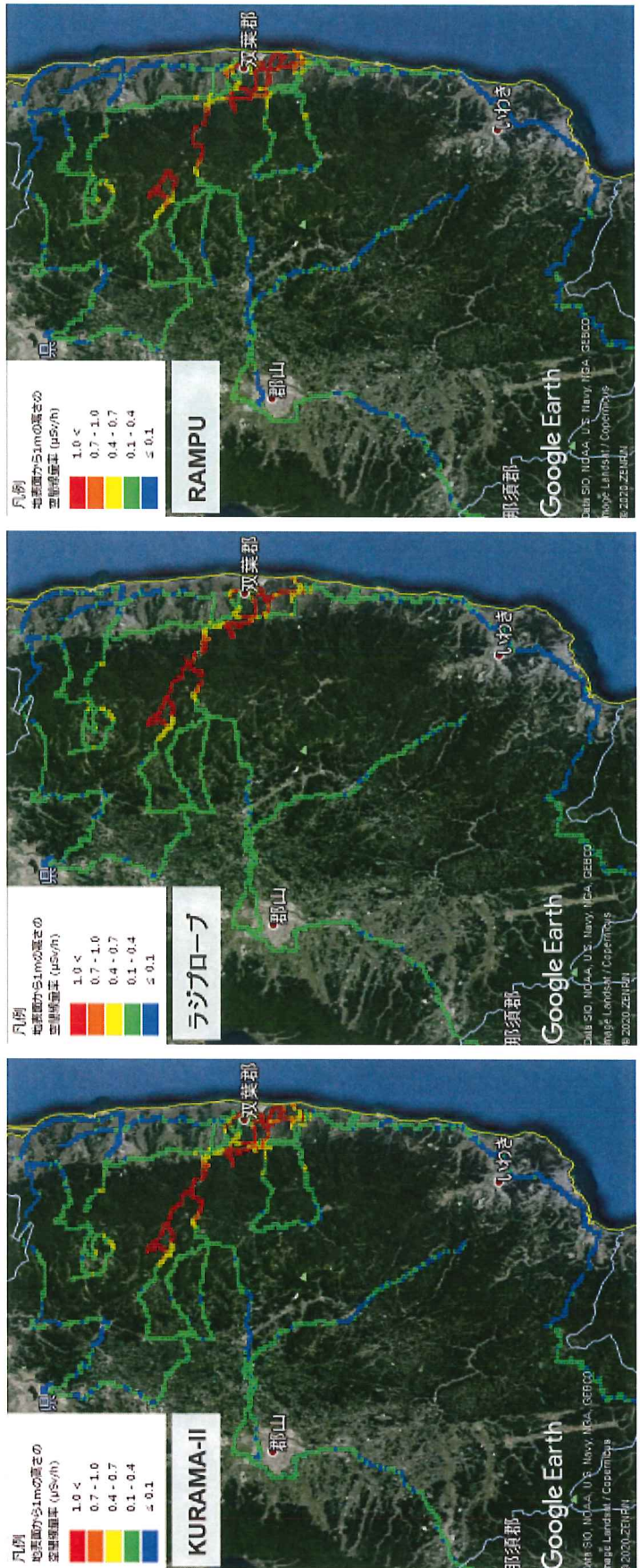


図 6.3.17 線量率マップの比較 (福島県内) (メッシュ表示、車内外補正有り)



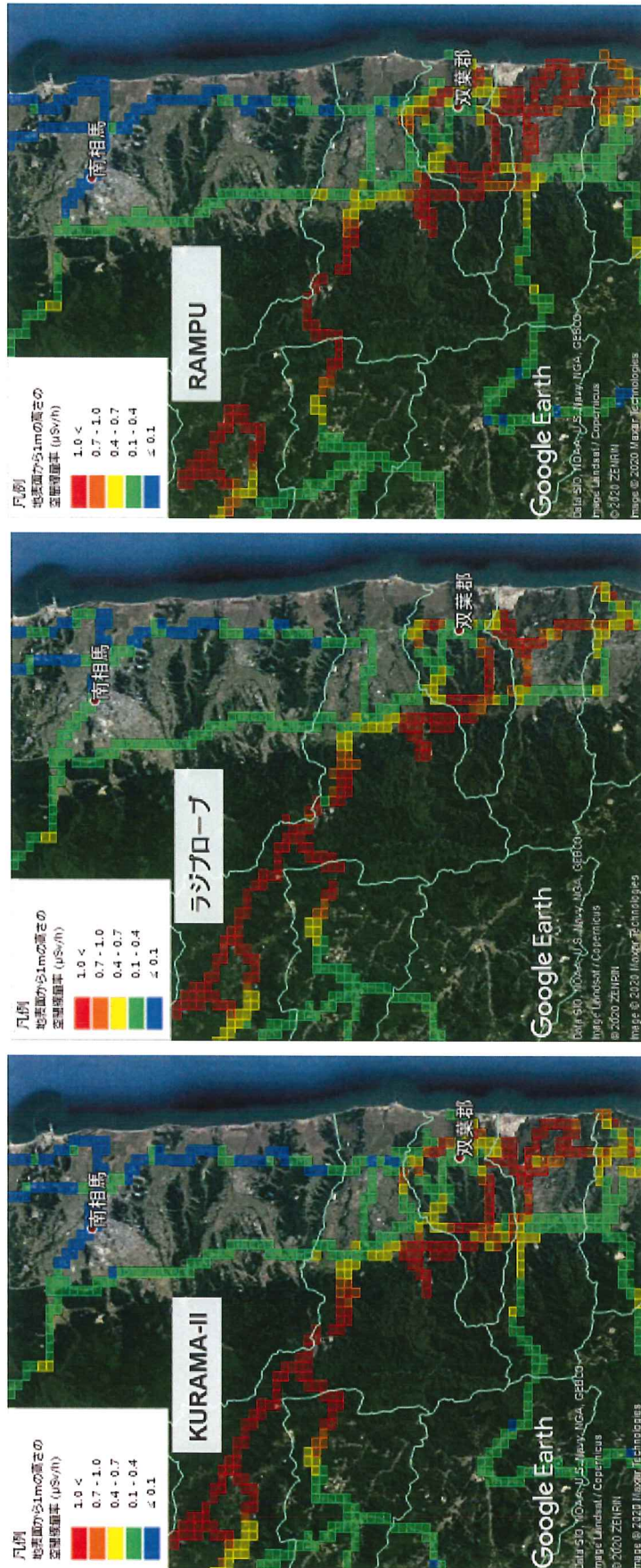


図 6.3.18 線量率マップの比較 (東京電力福島第一原子力発電所周辺) (メッシュ表示、車内外補正有り)



図 6.3.19 線量率マップの比較（関東地方を中心とした地域）（メッシュ表示、車内外補正有り）



# KURAMA-II

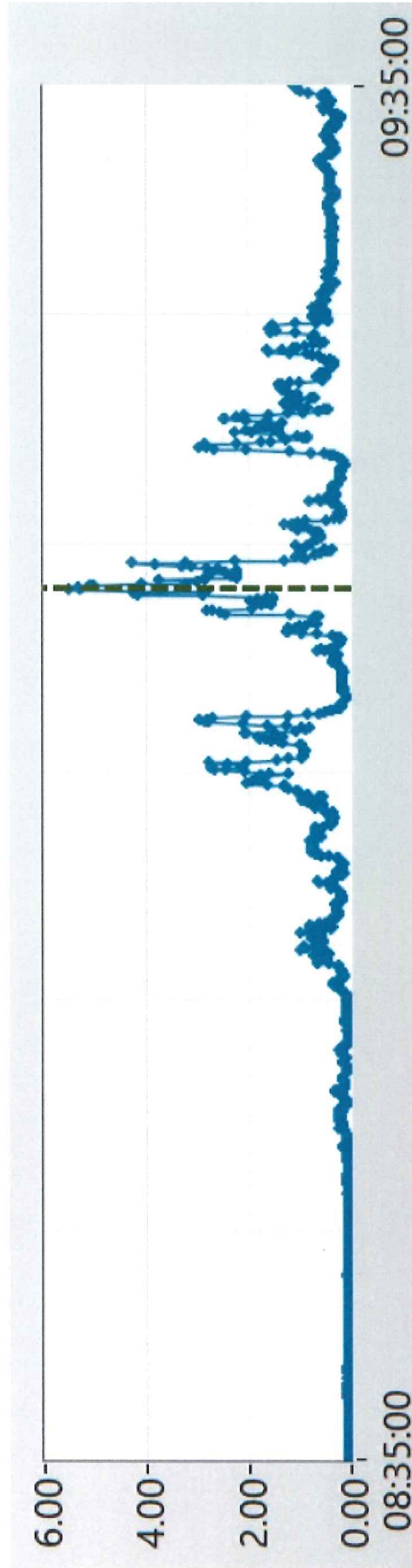
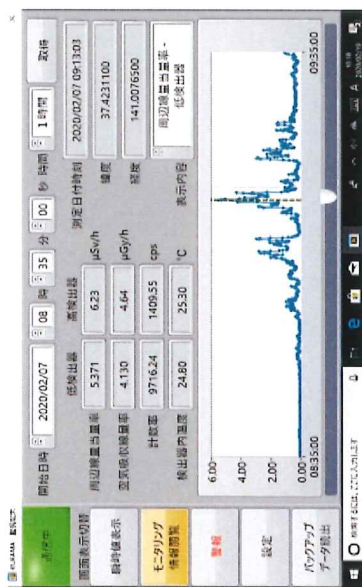


図 6.3.20 KURAMA-II システム上での時系列グラフ表示 (車内外補正無し) (2020 年 2 月 7 日)



ラジプロローブ

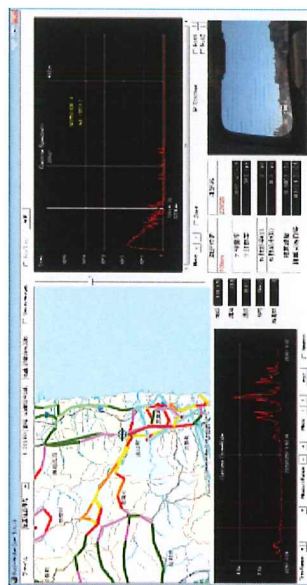


図 6.3.21 ラジプロローブシステム上での時系列グラフ表示（車内外補正無し）（2020年2月7日）

モニタリング車 空間放射線量率( $\mu\text{Sv/h}$ )

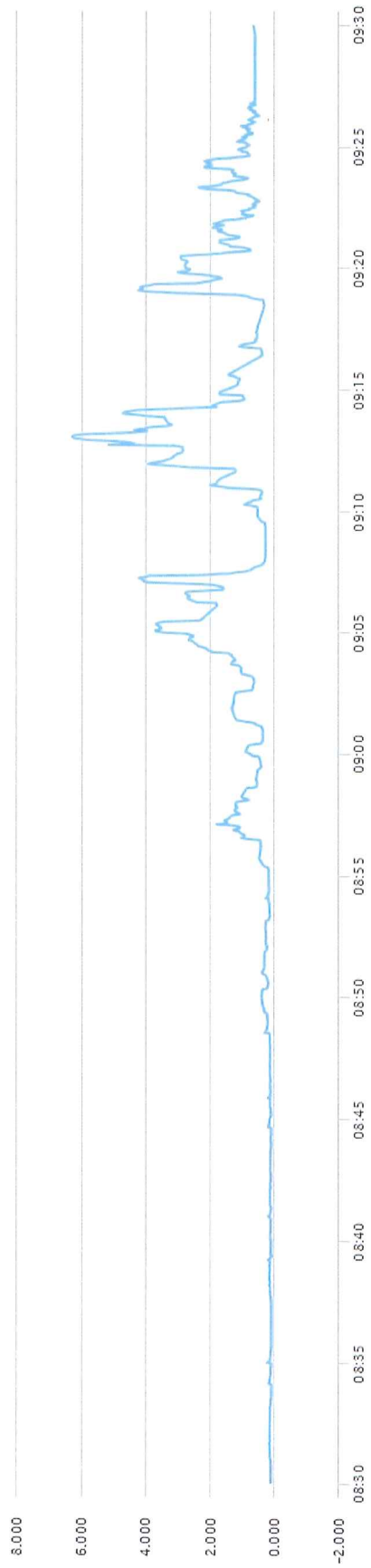


図 6.3.22 RAMPU システム上での時系列グラフ表示 (車内外補正無し) (2020 年 2 月 7 日)



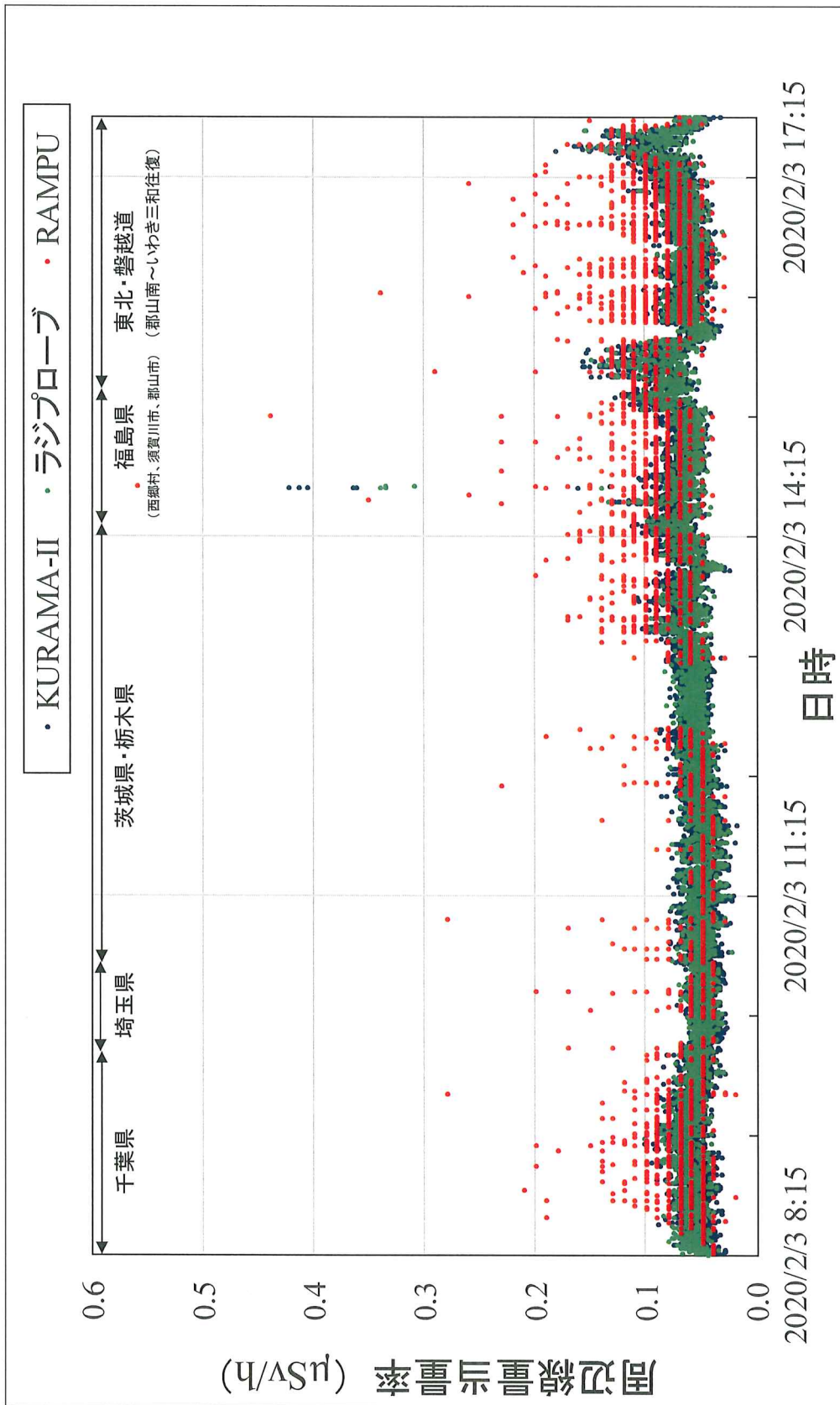


図 6.3.23 時系列グラフの比較 (全走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月3日)

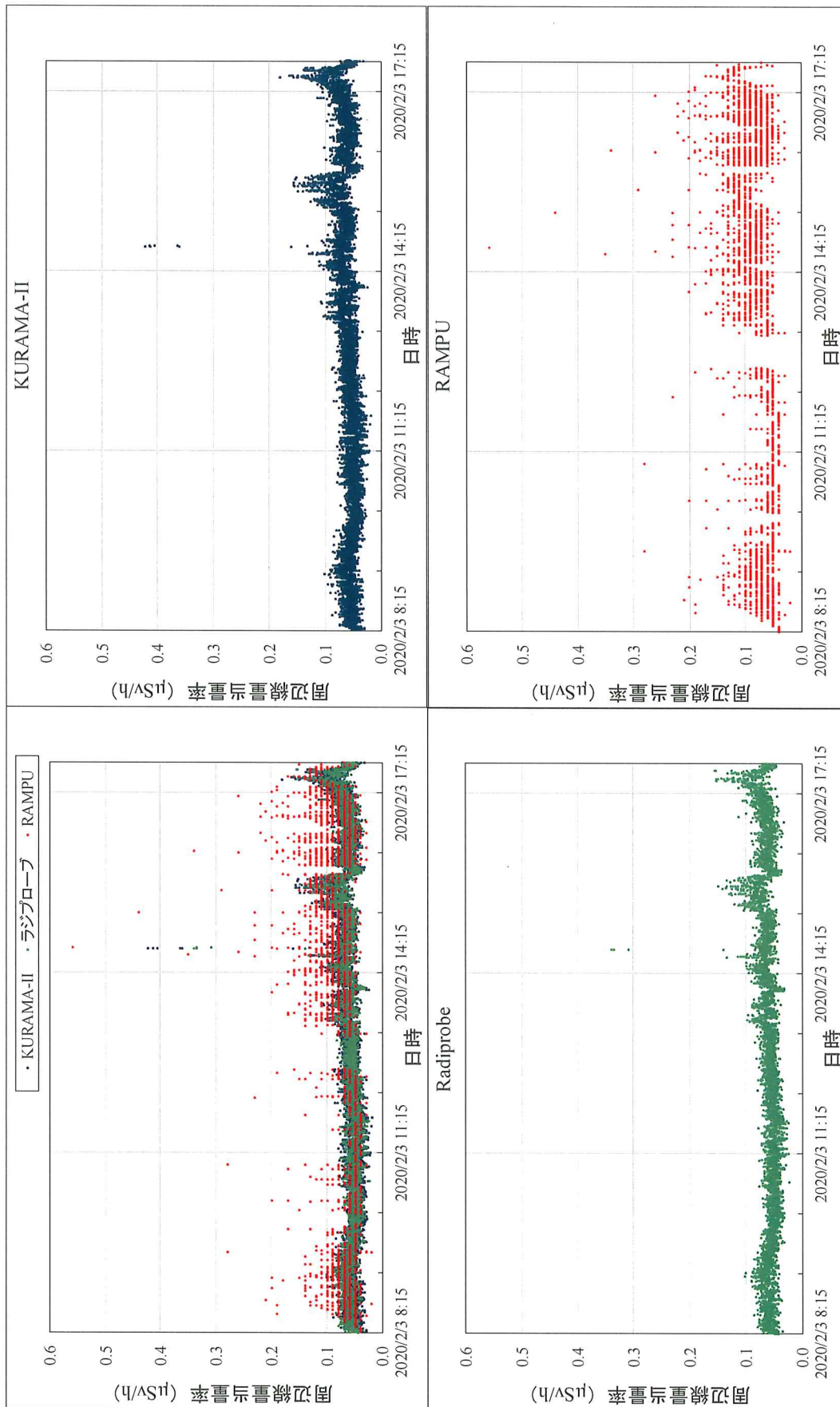


図 6.3.24 時系列グラフの比較 (各走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020 年 2 月 3 日)



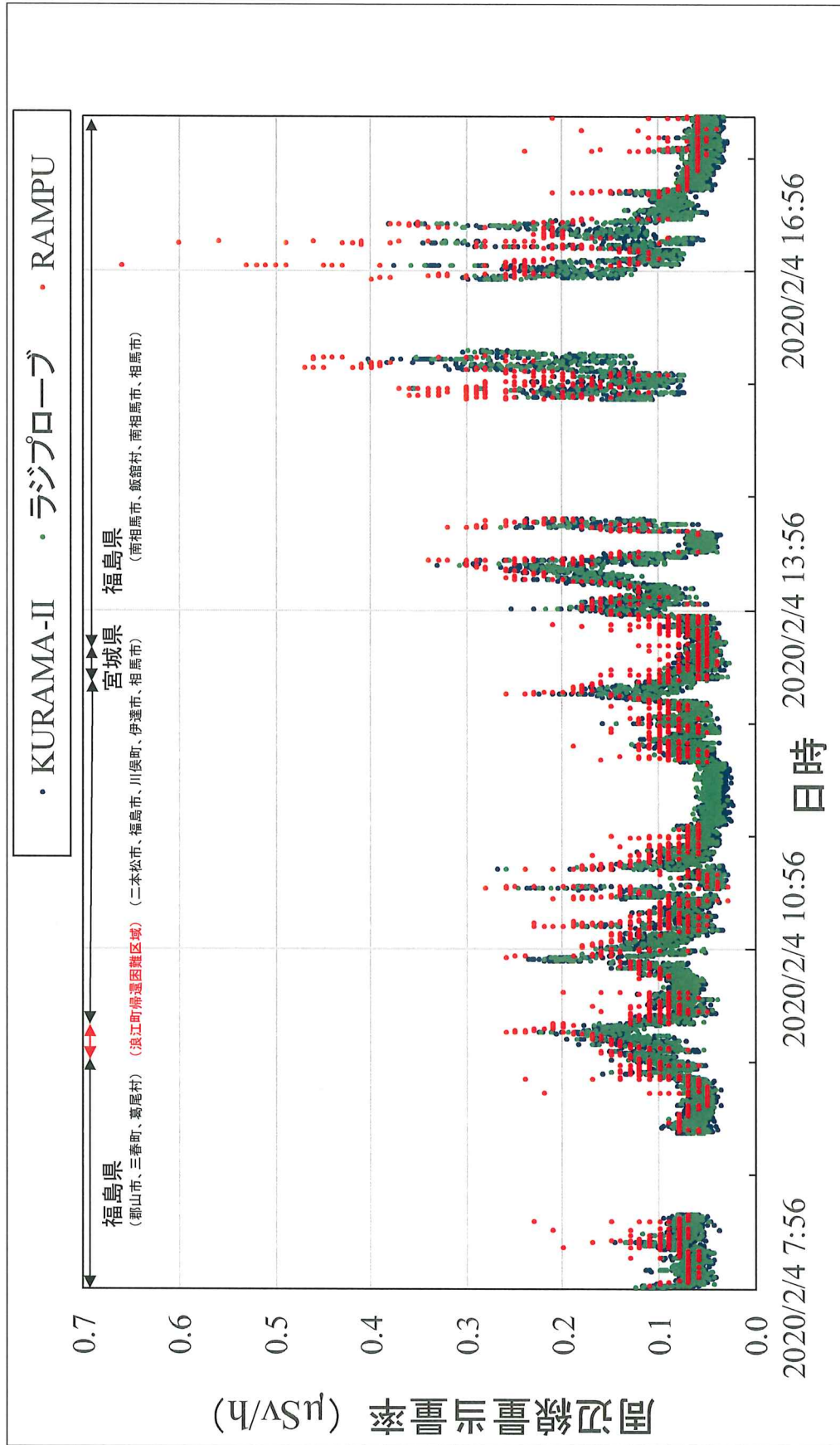


図 6.3.25 時系列グラフの比較 (全走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020 年 2 月 4 日)

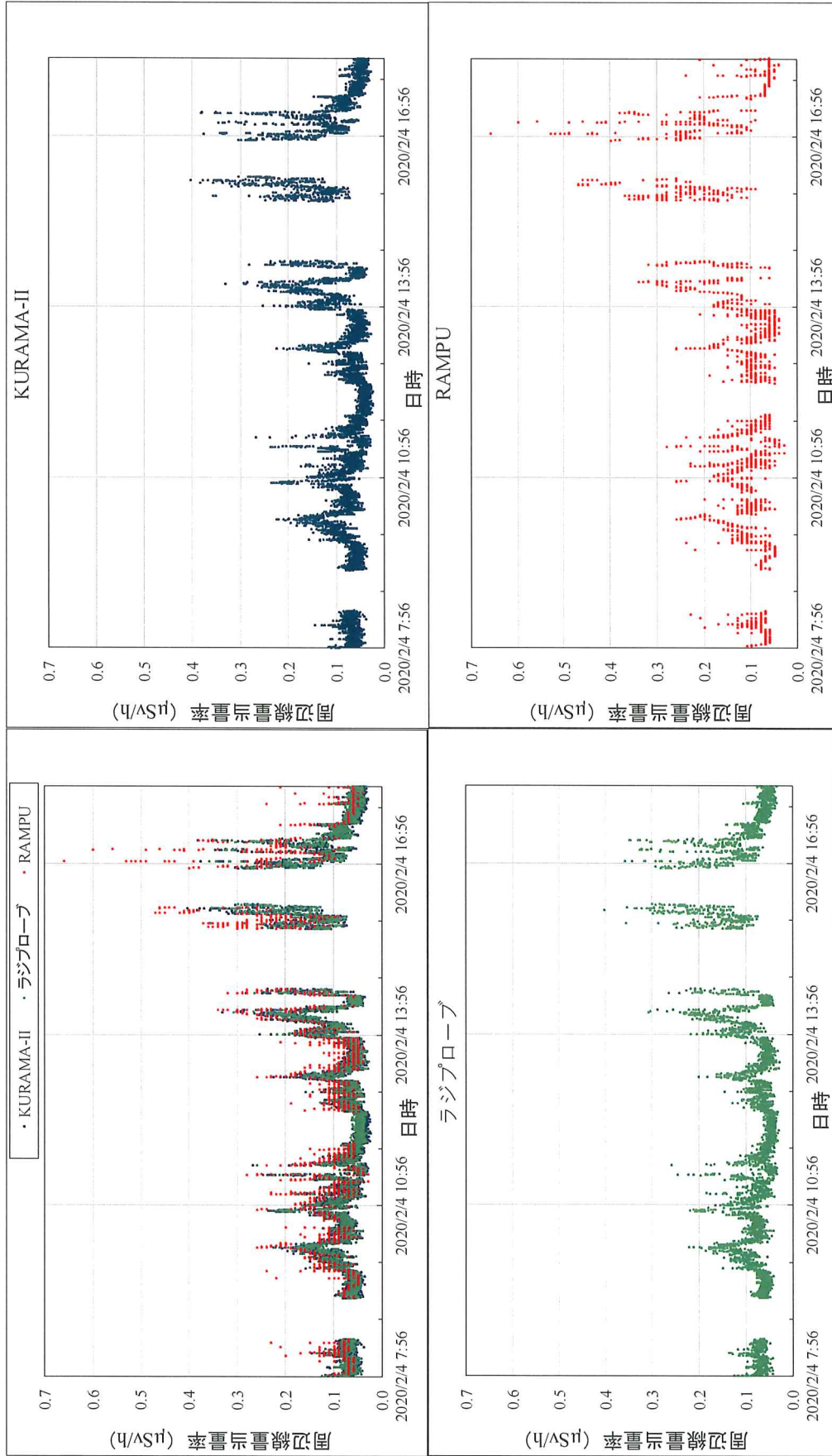


図 6.3.26 時系列グラフの比較 (各走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月4日)



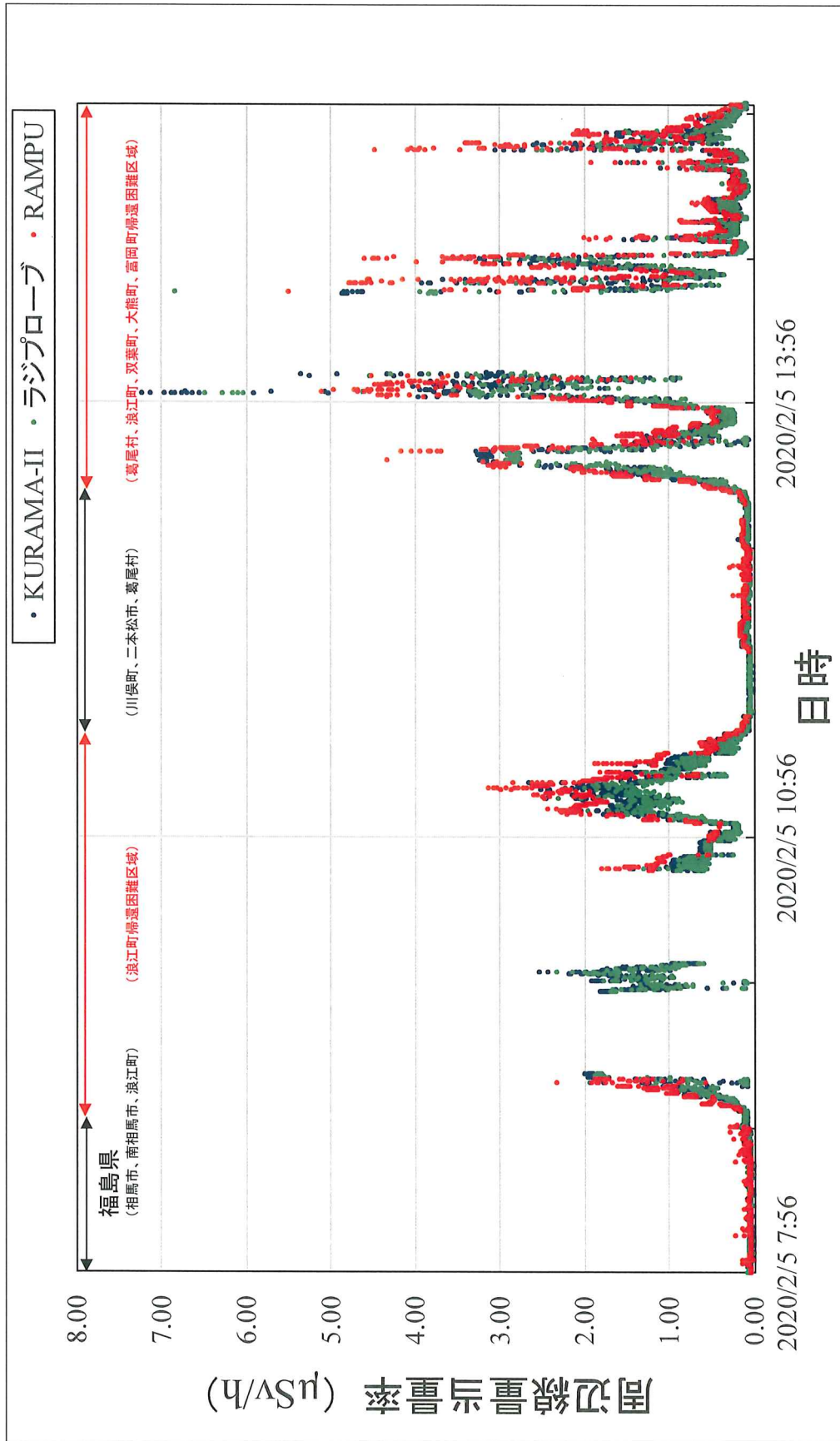


図 6.3.27 時系列グラフの比較 (全走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020 年 2 月 5 日)

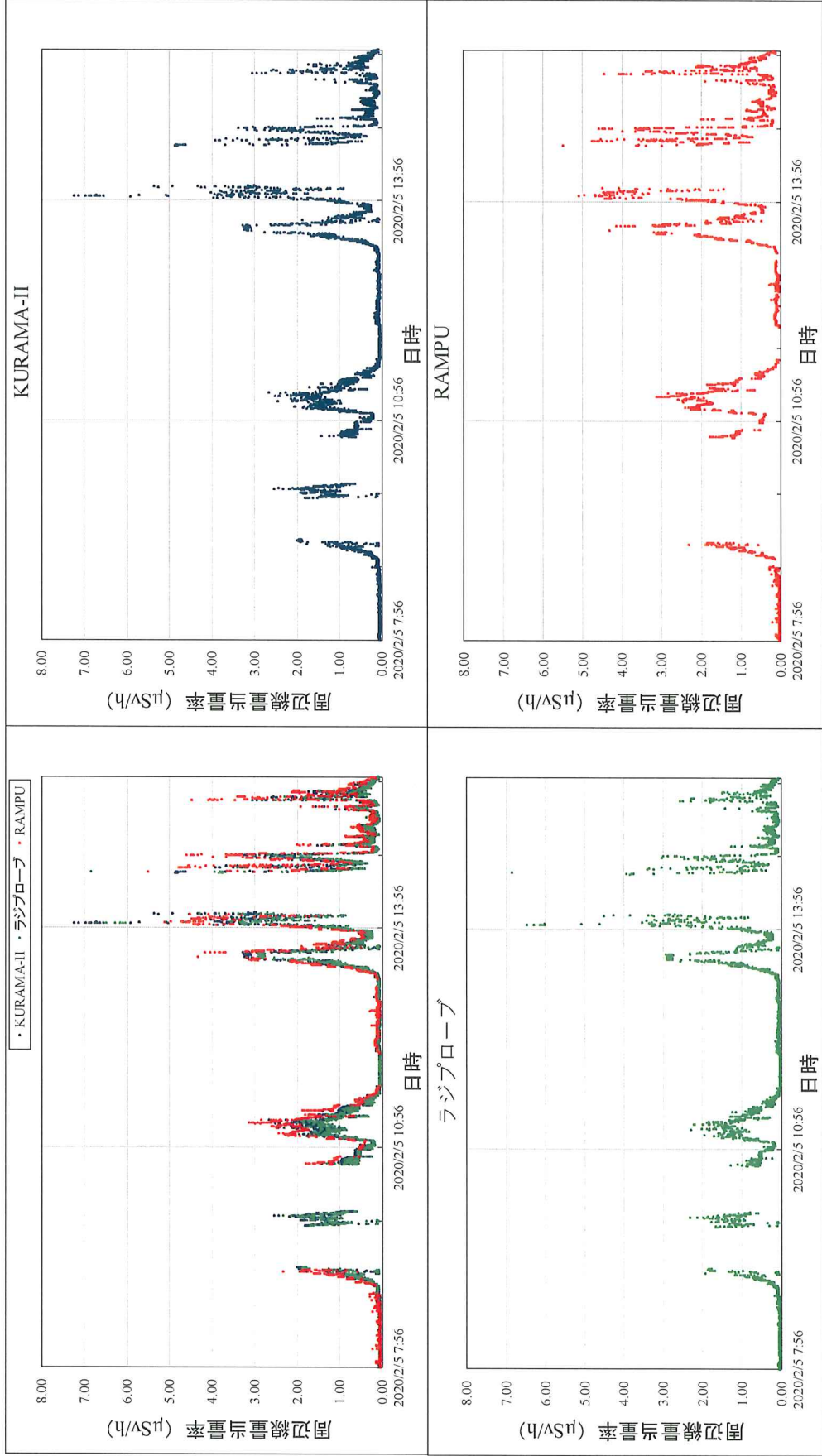


図 6.3.28 時系列グラフの比較 (各走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月5日)



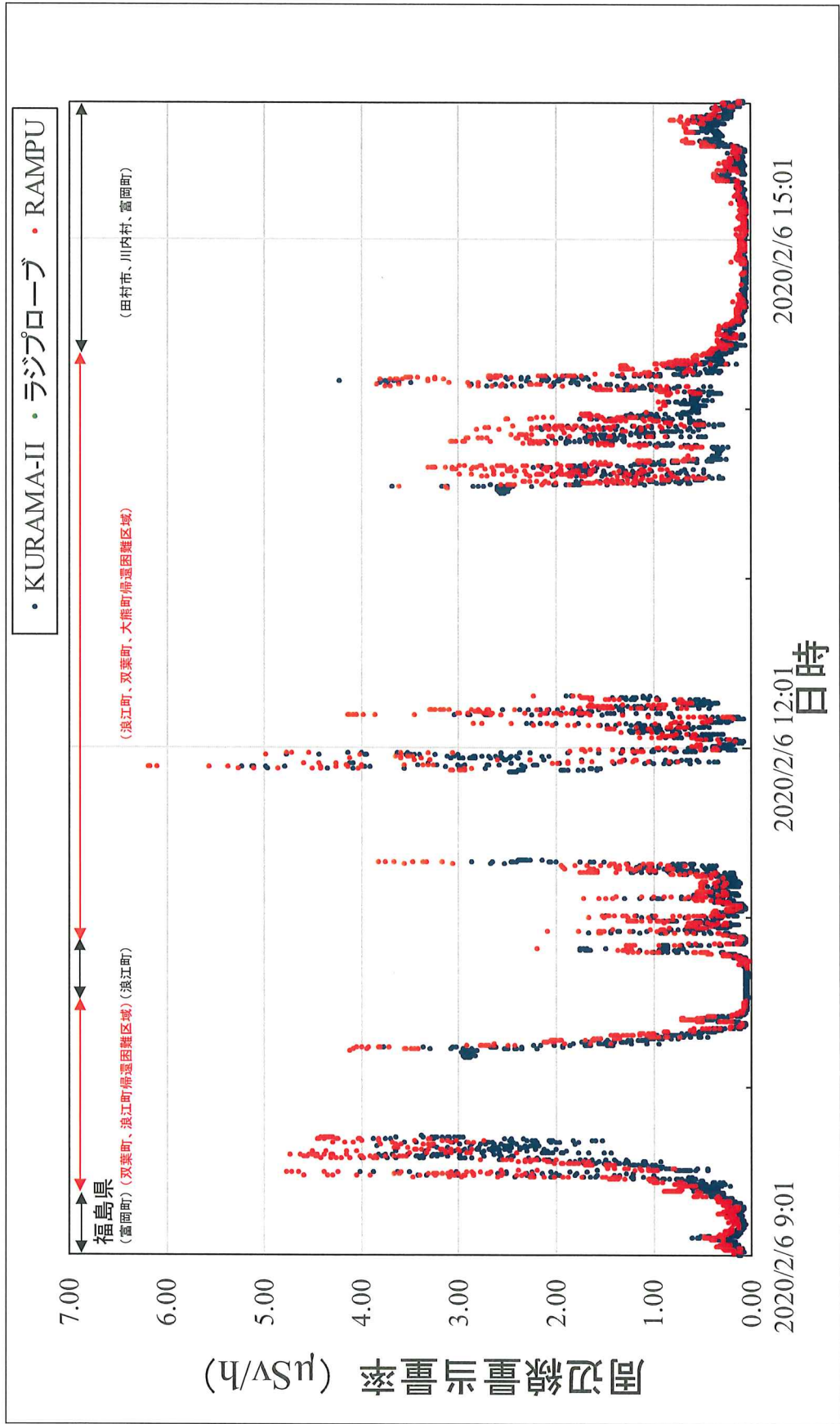


図 6.3.29 時系列グラフの比較 (全走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020 年 2 月 6 日)

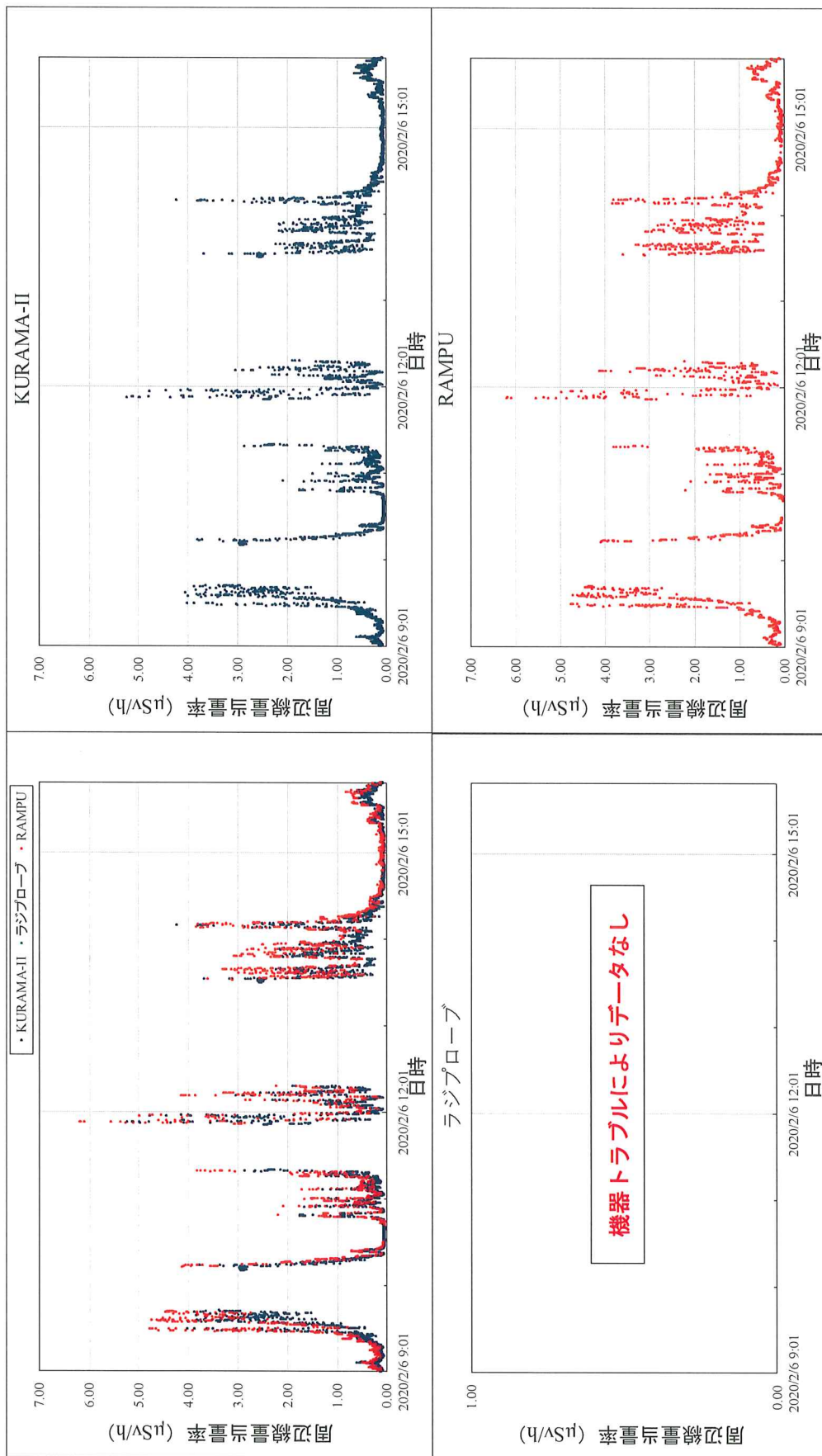


図 6.3.30 時系列グラフの比較 (各走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月6日)



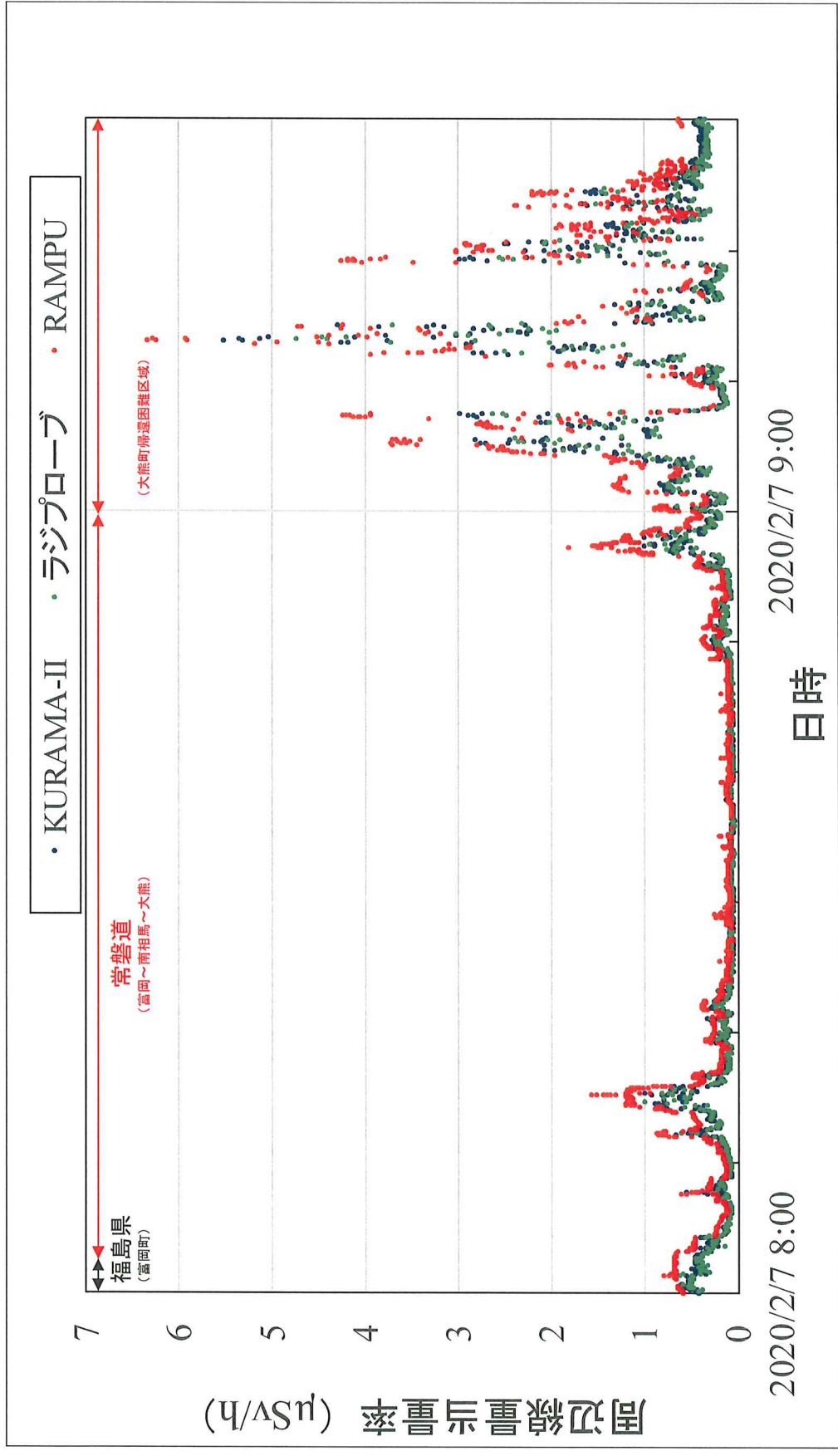


図 6.3.31 時系列グラフの比較 (全走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月7日 8時～9時30分)

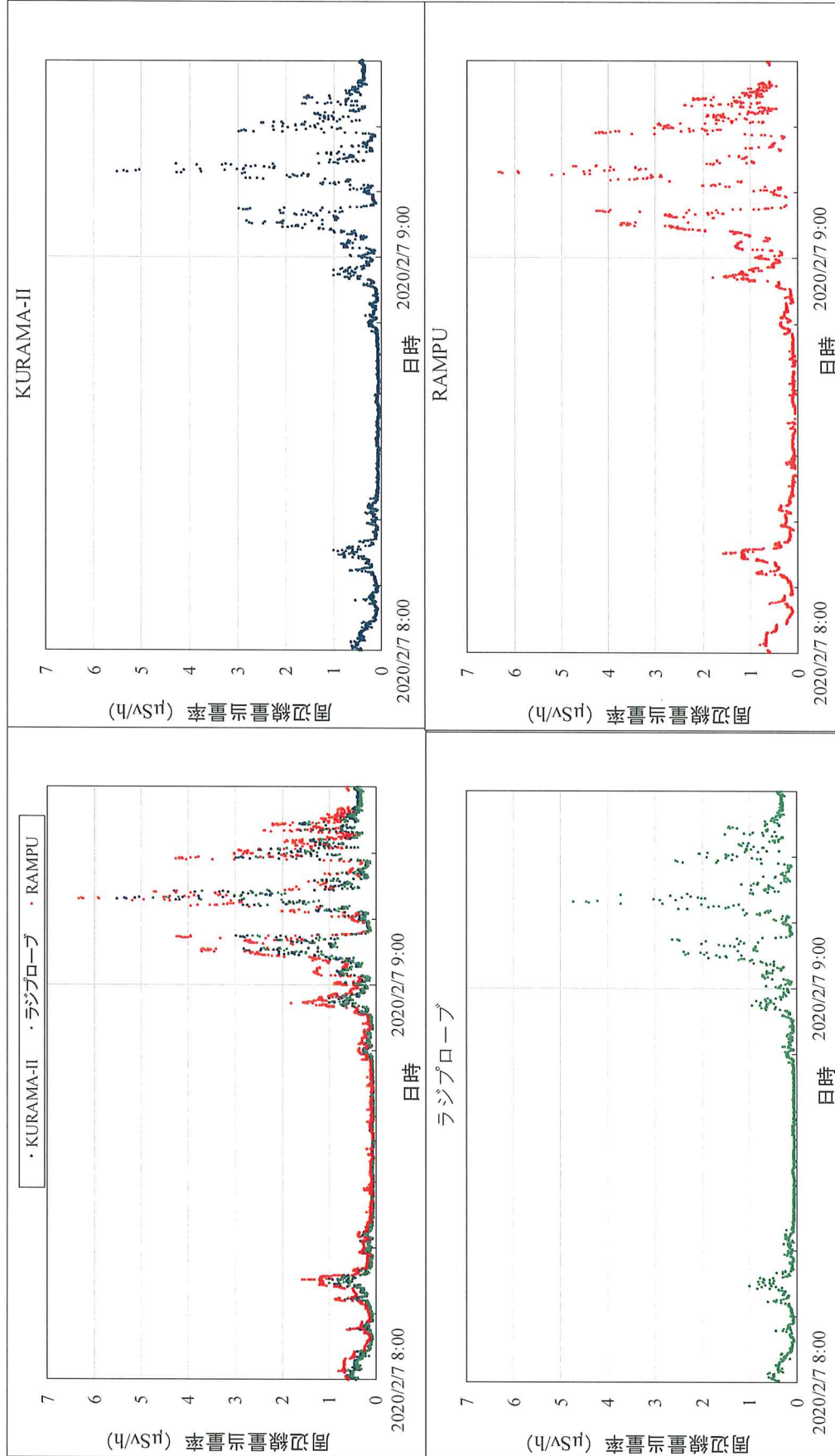


図 6.3.32 時系列グラフの比較 (各走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月7日 8時～9時30分)

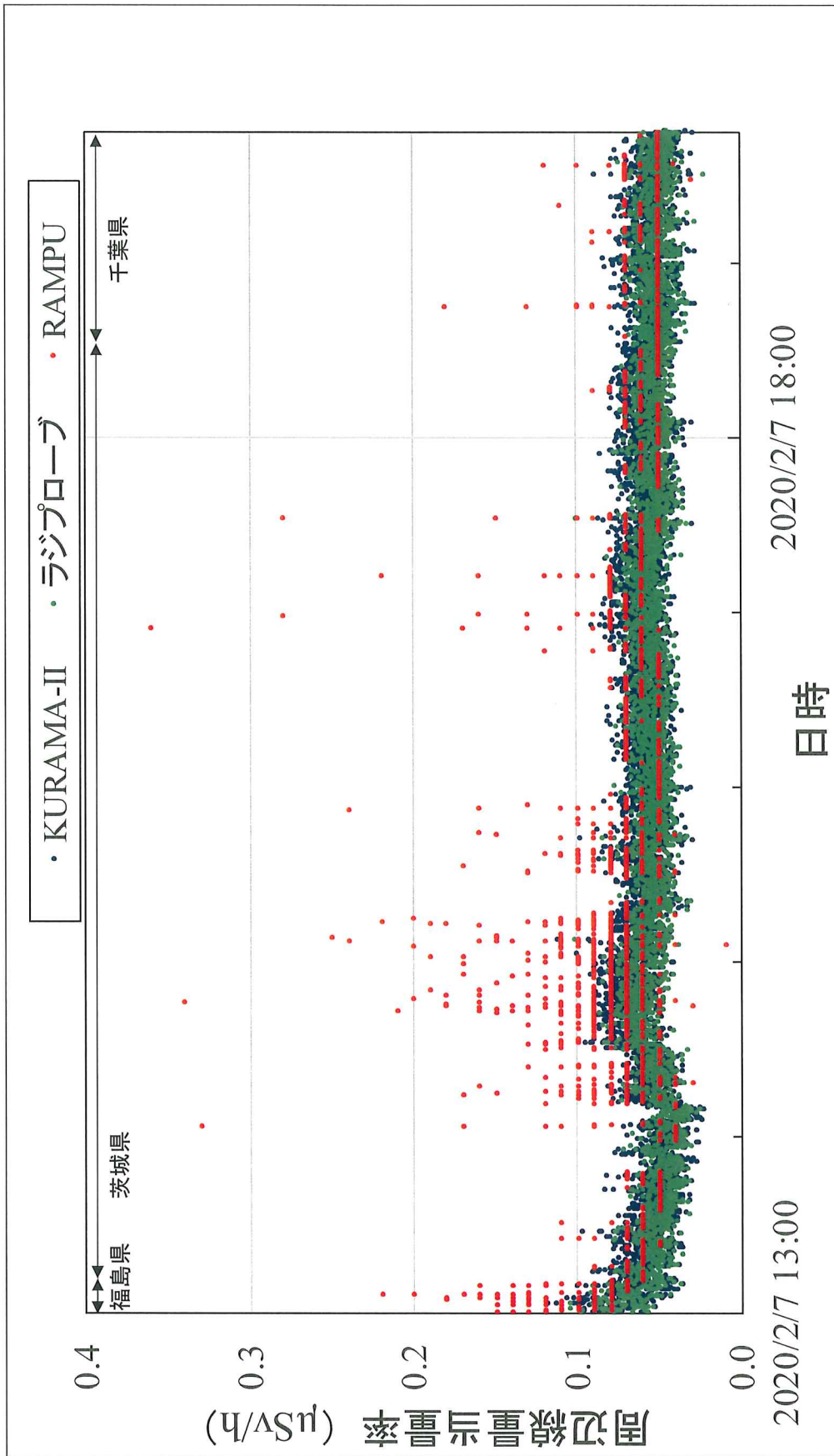


図 6.3.33 時系列グラフの比較 (全走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月7日13時~20時)



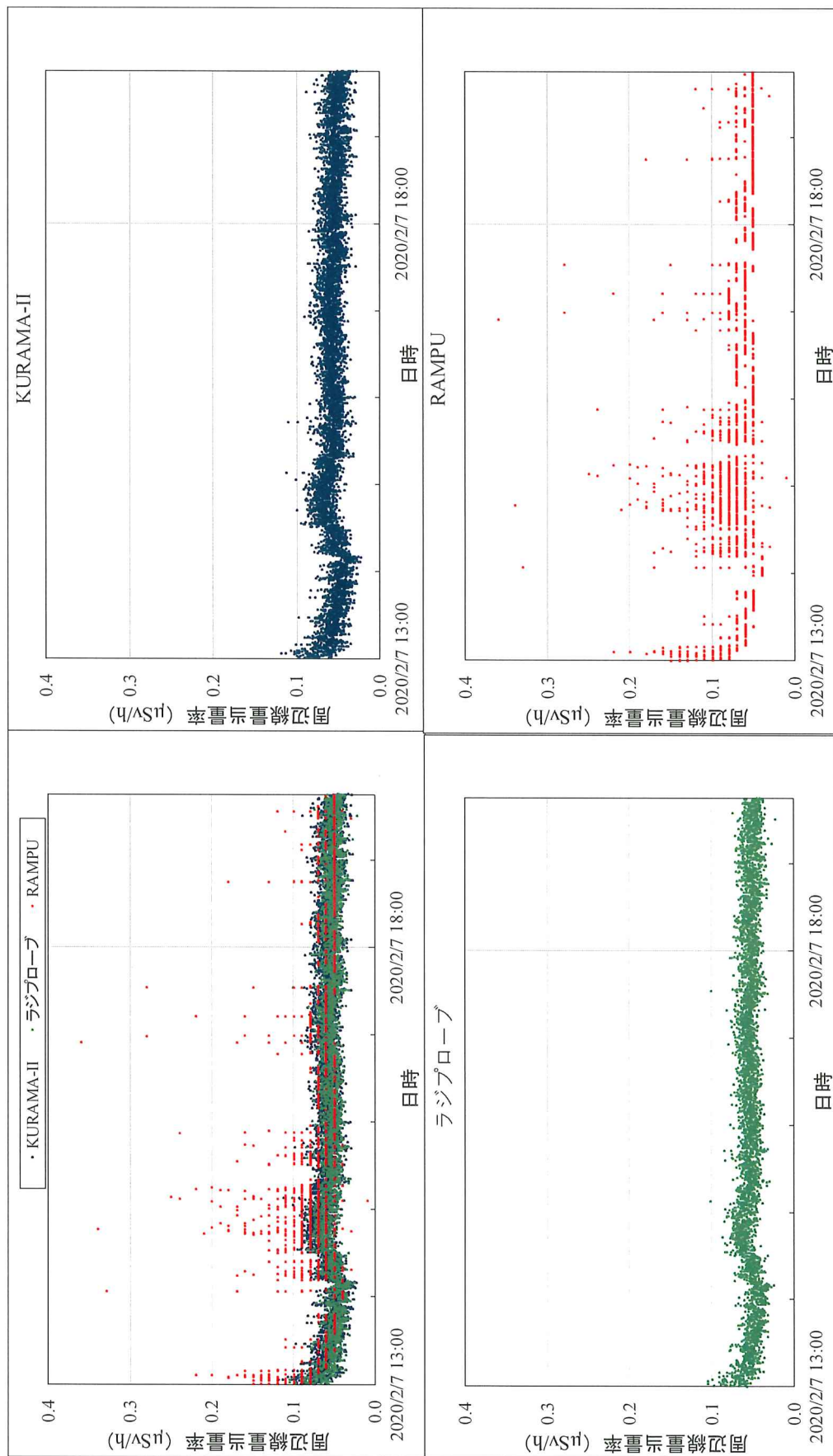


図 6.3.34 時系列グラフの比較 (各走行モニタリングシステム、車内外補正無し) (2020年2月7日13時~20時)

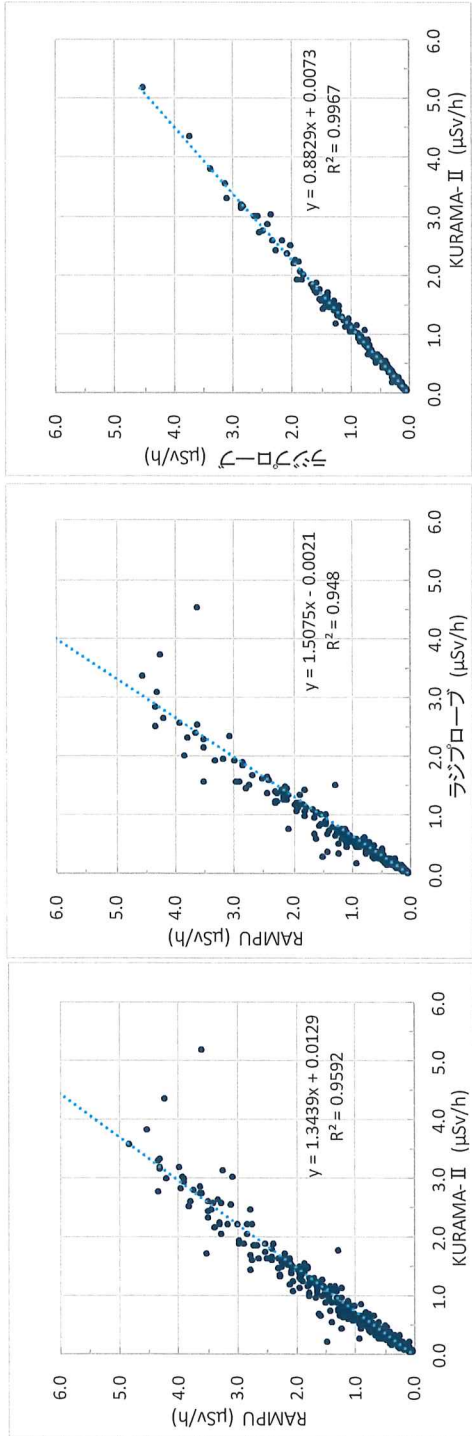


図 6.3.35 走行モニタリングシステム間の比較 (全データ、車内外補正無し) (全行程)

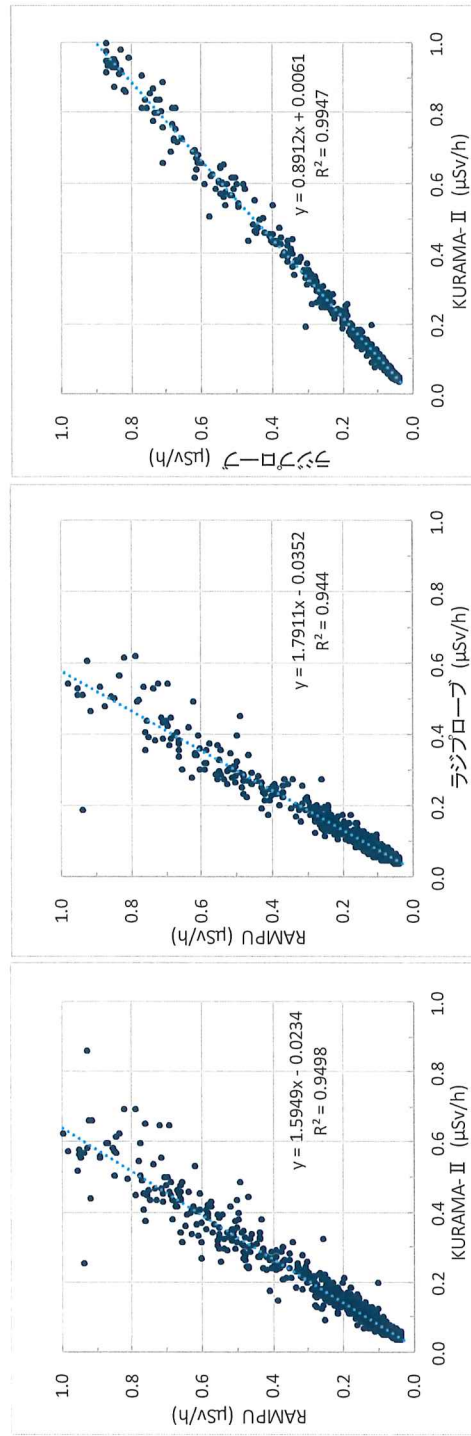


図 6.3.36 走行モニタリングシステム間の比較 (1.0 μSv/h 以下のデータ、車内外補正無し) (全行程)

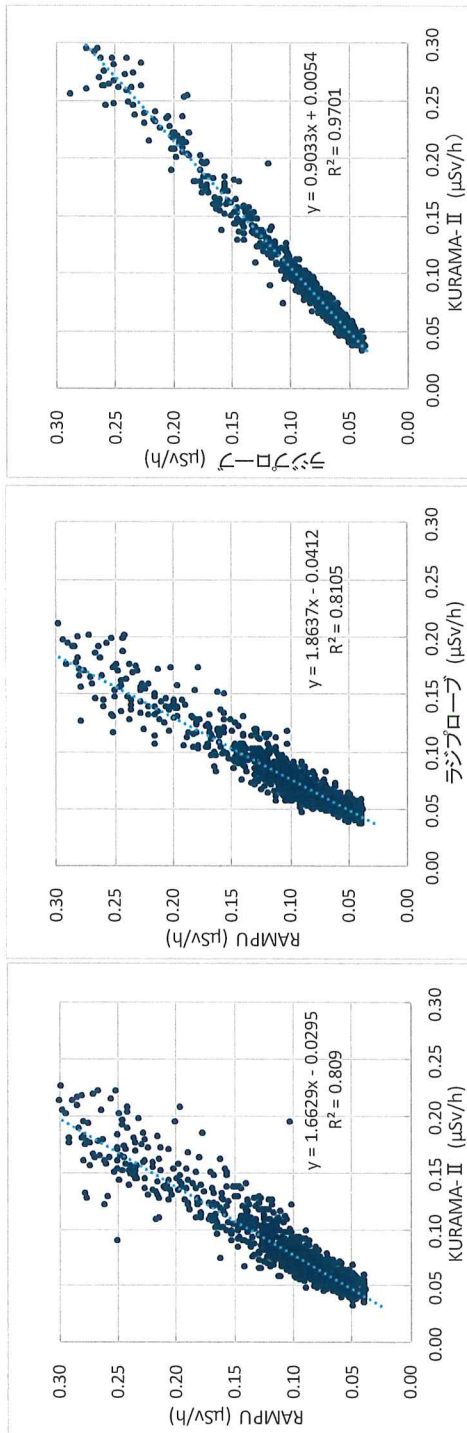


図 6.3.37 走行モニタリングシステム間の比較 (0.3 μSv/h 以下のデータ、車内外補正無し) (全行程)

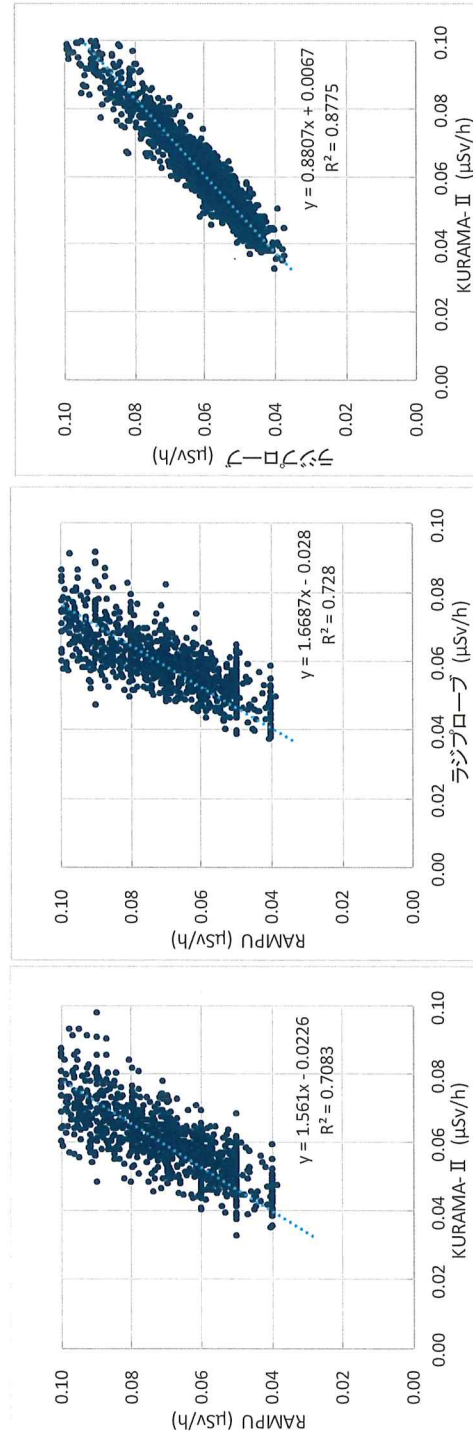
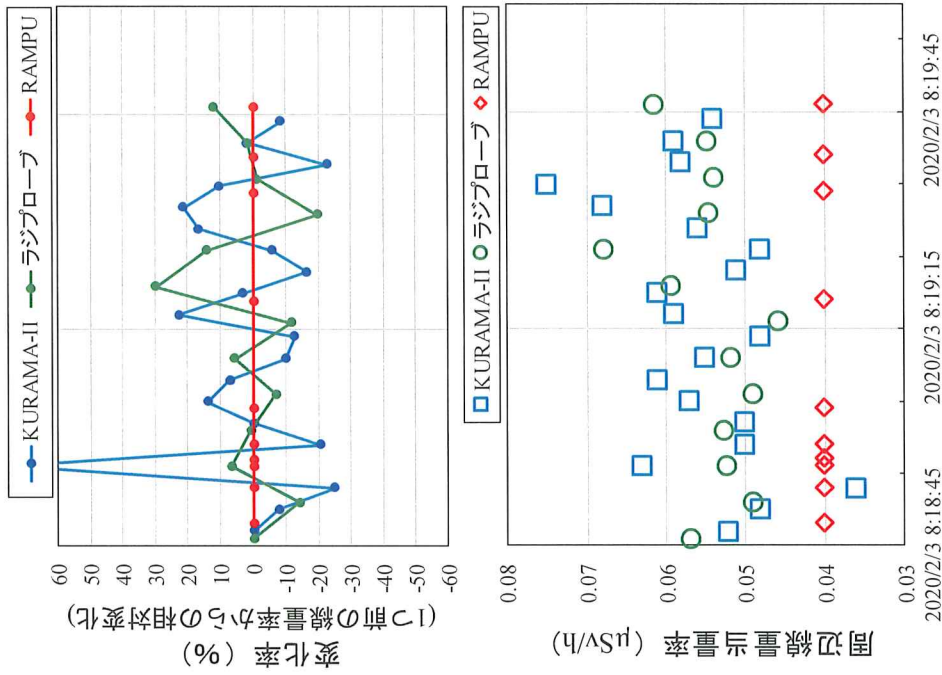


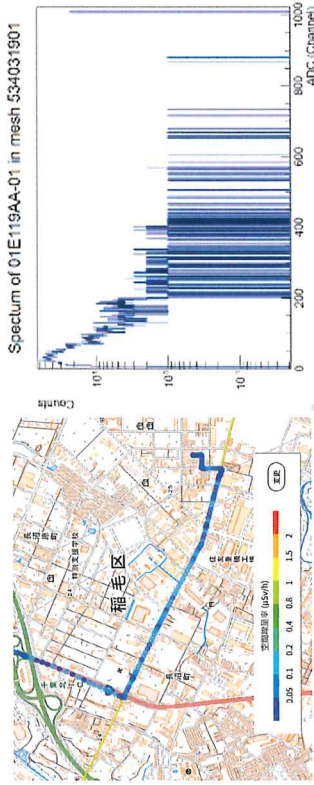
図 6.3.38 走行モニタリングシステム間の比較 (0.1 μSv/h 以下のデータ、車内外補正無し) (全行程)



測定結果の比較 車内0.05  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場



測定地点	メッシュコード (500 m)	座標 (最終データ地点)
千葉県 千葉市 稲毛区	534031901	35.6624667 140.1277317

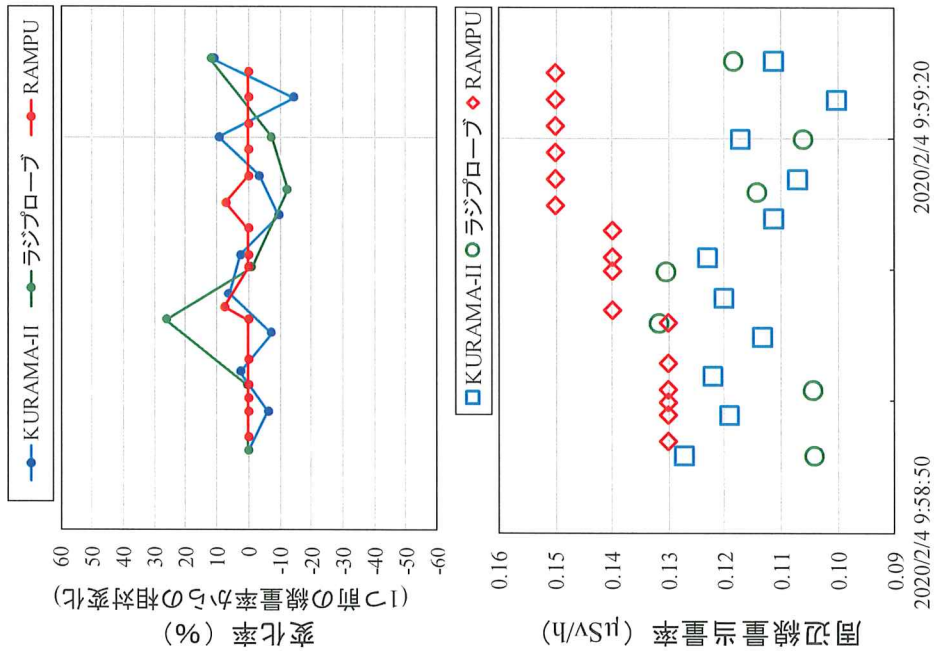


単位:  $\mu\text{Sv/h}$

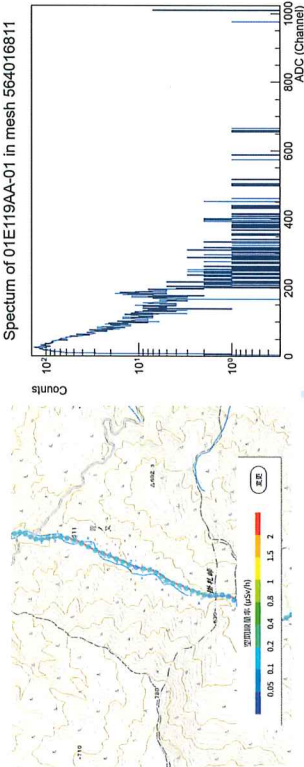
	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	20	0.075	0.036	0.055
ラジプローブ	13	0.068	0.046	0.054
RAMP	10	0.040	0.040	0.040

図 6.3.39 時系列グラフ等の比較 (車内0.05  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場)

測定結果の比較 車内0.1  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場



測定地点	メッシュコード (500 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 葛尾村 落合	564016811	37.487295 140.7645417

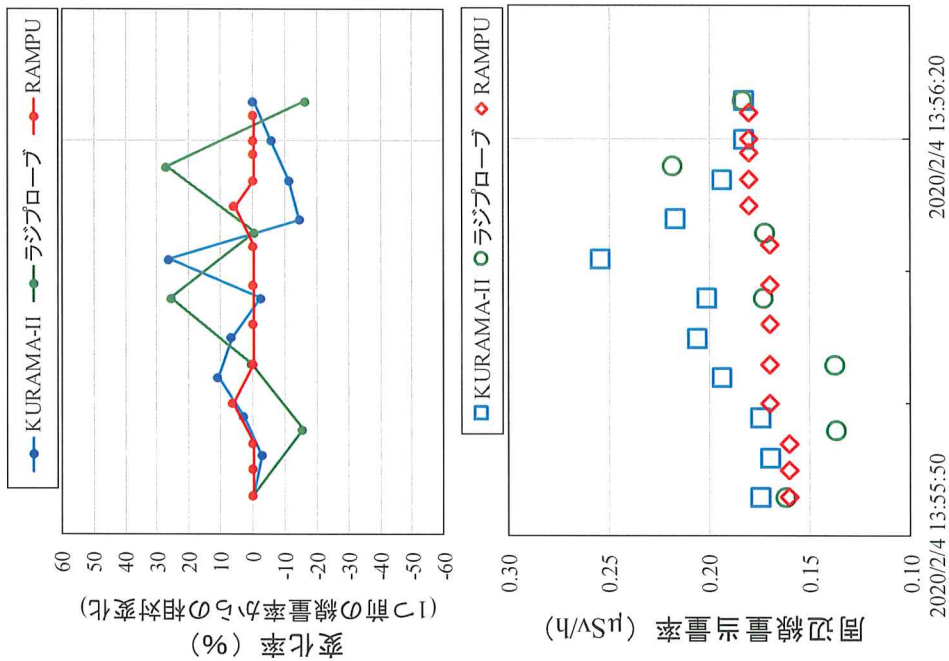


単位:  $\mu\text{Sv/h}$

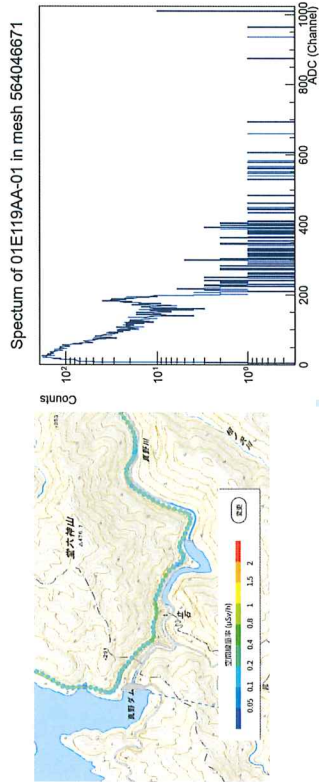
	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	11	0.127	0.100	0.115
ラジプローブ	7	0.132	0.104	0.116
RAMPU	16	0.150	0.130	0.140

図 6.3.40 時系列グラフ等の比較 (車内0.1  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場)

測定結果の比較 車内0.2 μSv/h 程度の環境場



測定地点	メッシュコード (500 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 相馬市 鹿島区	564046671	37.7172267 140.8377795



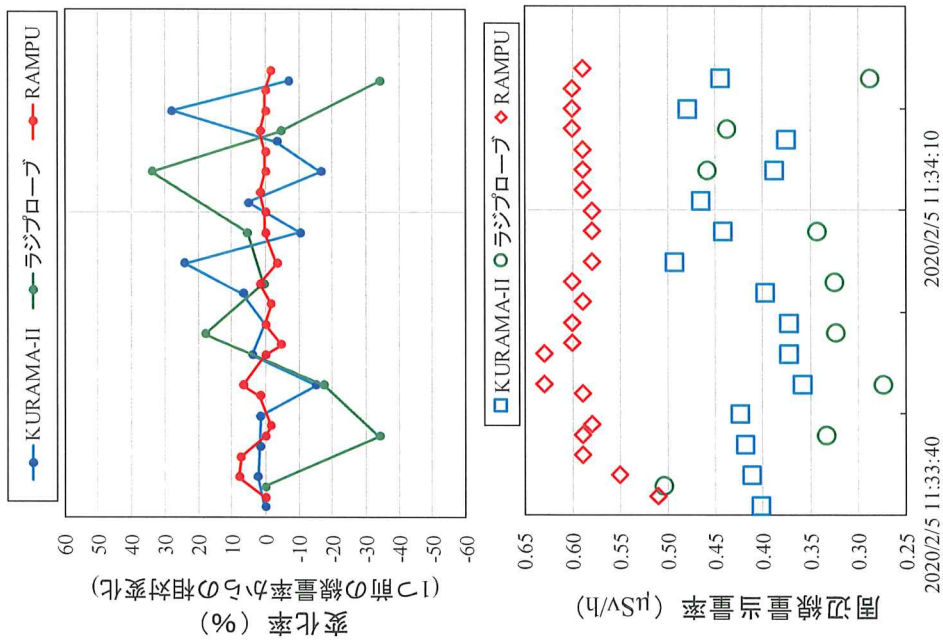
単位: μSv/h

	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	11	0.254	0.169	0.195
ラジプローブ	7	0.218	0.136	0.169
RAMPU	13	0.180	0.160	0.172

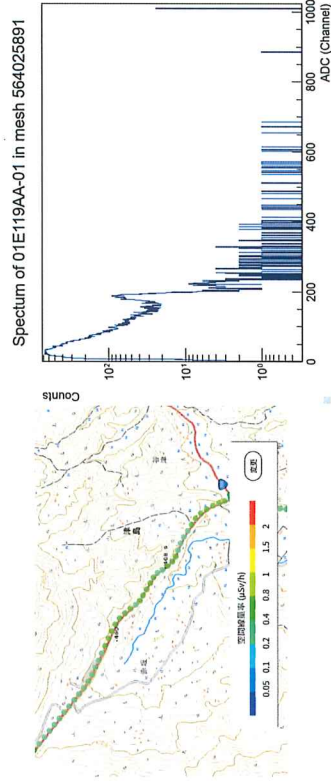
図 6.3.41 時系列グラフ等の比較 (車内0.2 μSv/h 程度の環境場)



測定結果の比較 車内0.4 μSv/h 程度の環境場



測定地点	メッシュコード (500 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 浪江町 津島	564025891	37.5702683 140.7376483

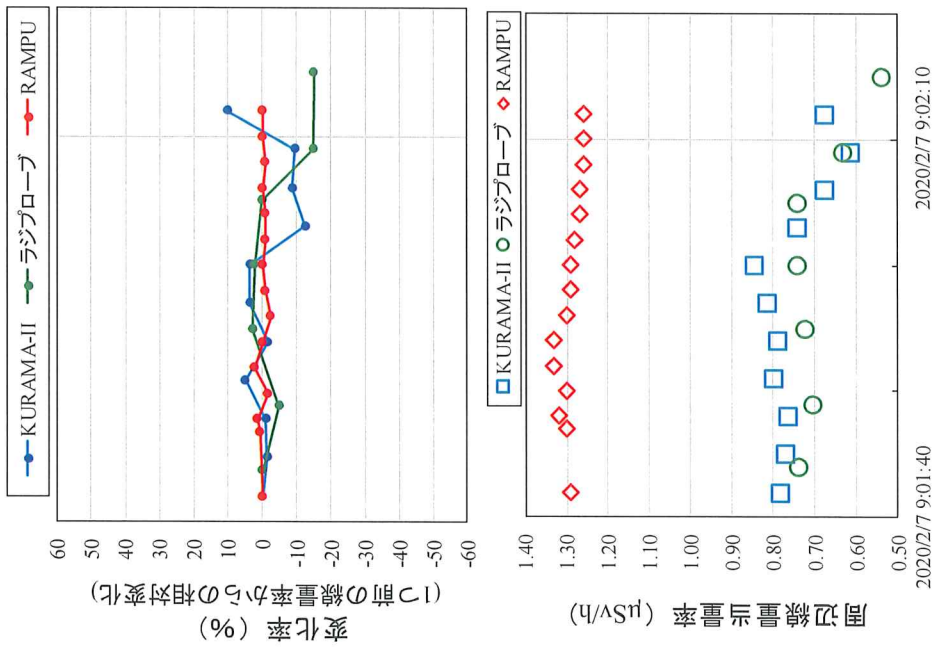


単位: μSv/h

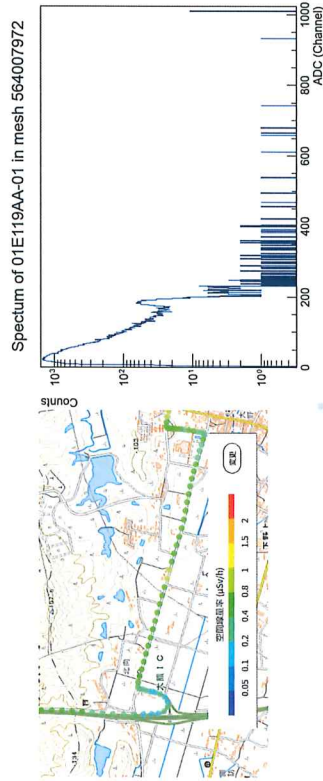
	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	15	0.492	0.358	0.415
ラジプローブ	9	0.504	0.273	0.364
RAMP	22	0.630	0.510	0.589

図 6.3.42 時系列グラフ等の比較 (車内0.4 μSv/h 程度の環境場)

測定結果の比較 車内0.75  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場



測定地点	メッシュコード (500 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 大熊町 下野	564007972	37.4107567 140.9748217



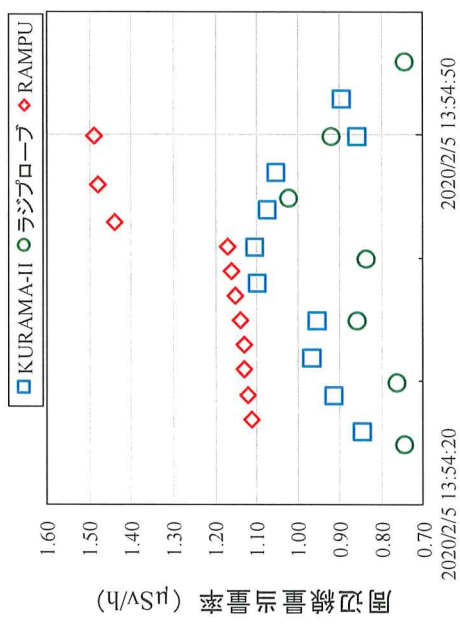
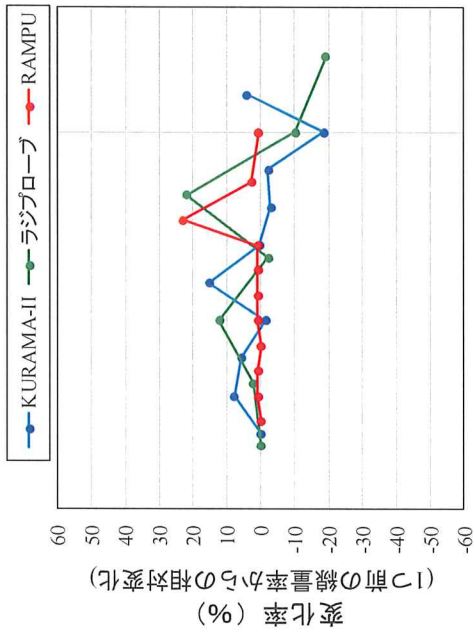
単位:  $\mu\text{Sv/h}$

	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	11	0.842	0.611	0.749
ラジプローブ	7	0.740	0.537	0.687
RAMPU	15	1.330	1.260	1.290

日時

図 6.3.43 時系列グラフ等の比較 (車内0.75  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場)

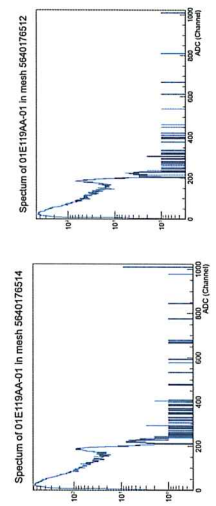
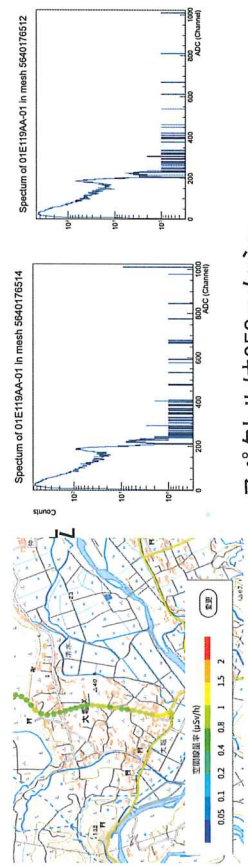
測定結果の比較 車内1.0  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場



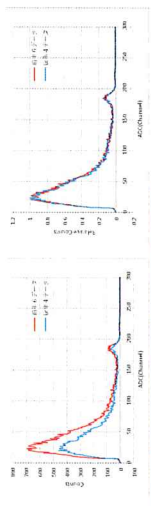
日時

図 6.3.44 時系列グラフ等の比較 (車内1.0  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場)

測定地点	メッシュコード (500 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 浪江町 大堀	564017651	37.4682917 140.9432133



スペクトルは250mメッシュ  
左:前半6データ 右:後半4データ



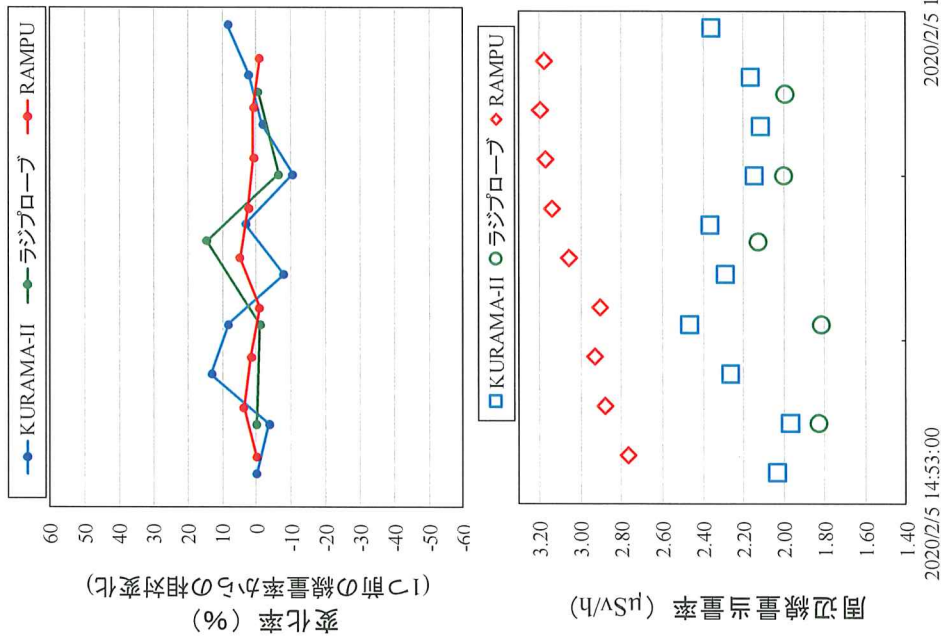
単位:  $\mu\text{Sv/h}$

	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	10	1.103	0.844	0.974
ラジプローブ	7	1.020	0.743	0.839
RAMPU	11	1.490	1.110	1.229

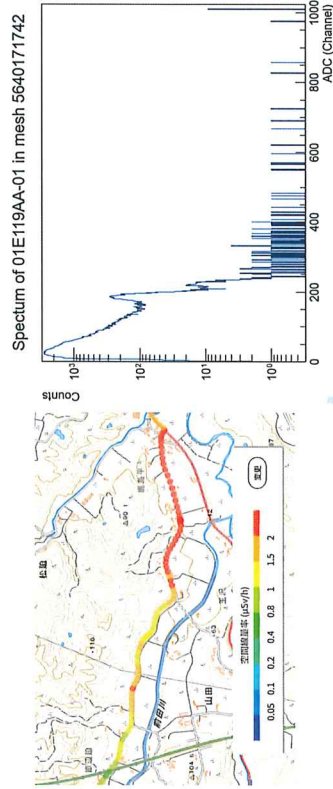




測定結果の比較 車内 2.0  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場



測定地点	メッシュコード (250 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 双葉町 山田 北江下	5640171742	37.4296483 140.9747433



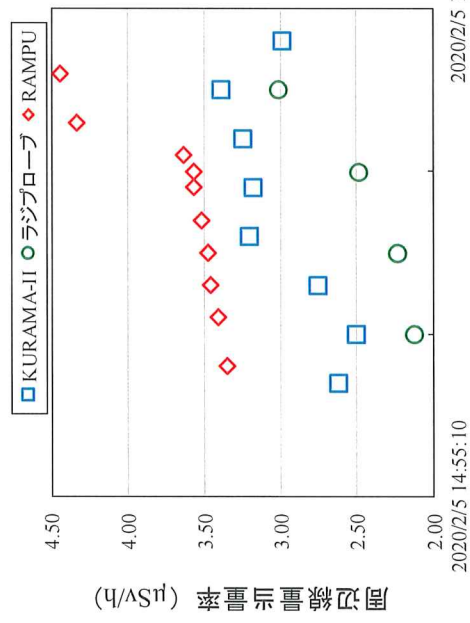
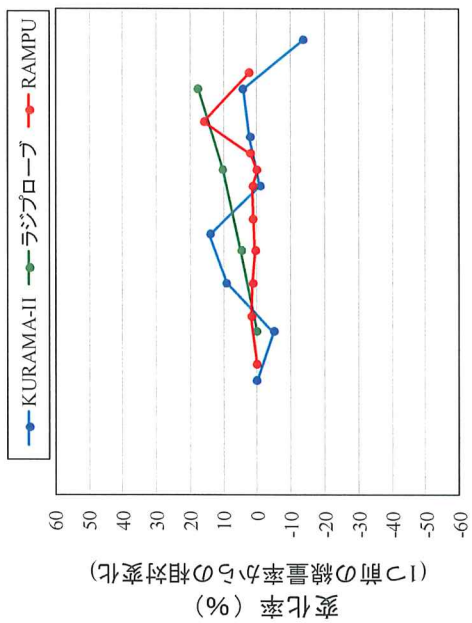
単位:  $\mu\text{Sv/h}$

	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	10	2.463	1.960	2.212
ラジプローブ	5	2.121	1.810	1.948
RAMPU	9	3.200	2.770	3.027

日時

図 6.3.46 時系列グラフ等の比較 (車内 2.0  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場)

測定結果の比較 車内 3.0  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場

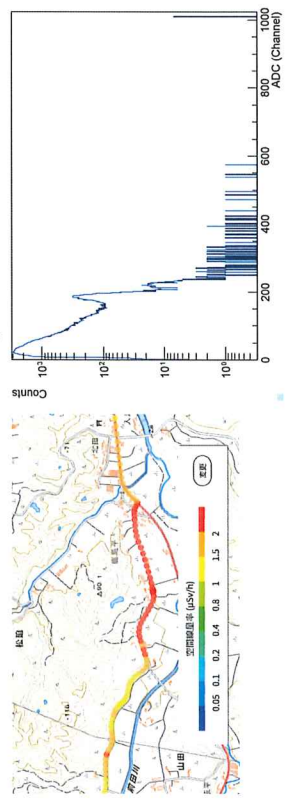


2020/2/5 14:55:40

日時

図 6.3.47 時系列グラフ等の比較 (車内 3.0  $\mu\text{Sv/h}$  程度の環境場)

測定地点	メッシュコード (250 m)	座標 (最終データ地点)
福島県 双葉町 山田 鹿島平	5640171832	37.430395 140.98098



単位:  $\mu\text{Sv/h}$

	データ数	最大値	最小値	平均値
KURAMA-II	8	3.388	2.496	2.981
ラジプローブ	4	3.012	2.123	2.461
RAMPU	10	4.440	3.350	3.677



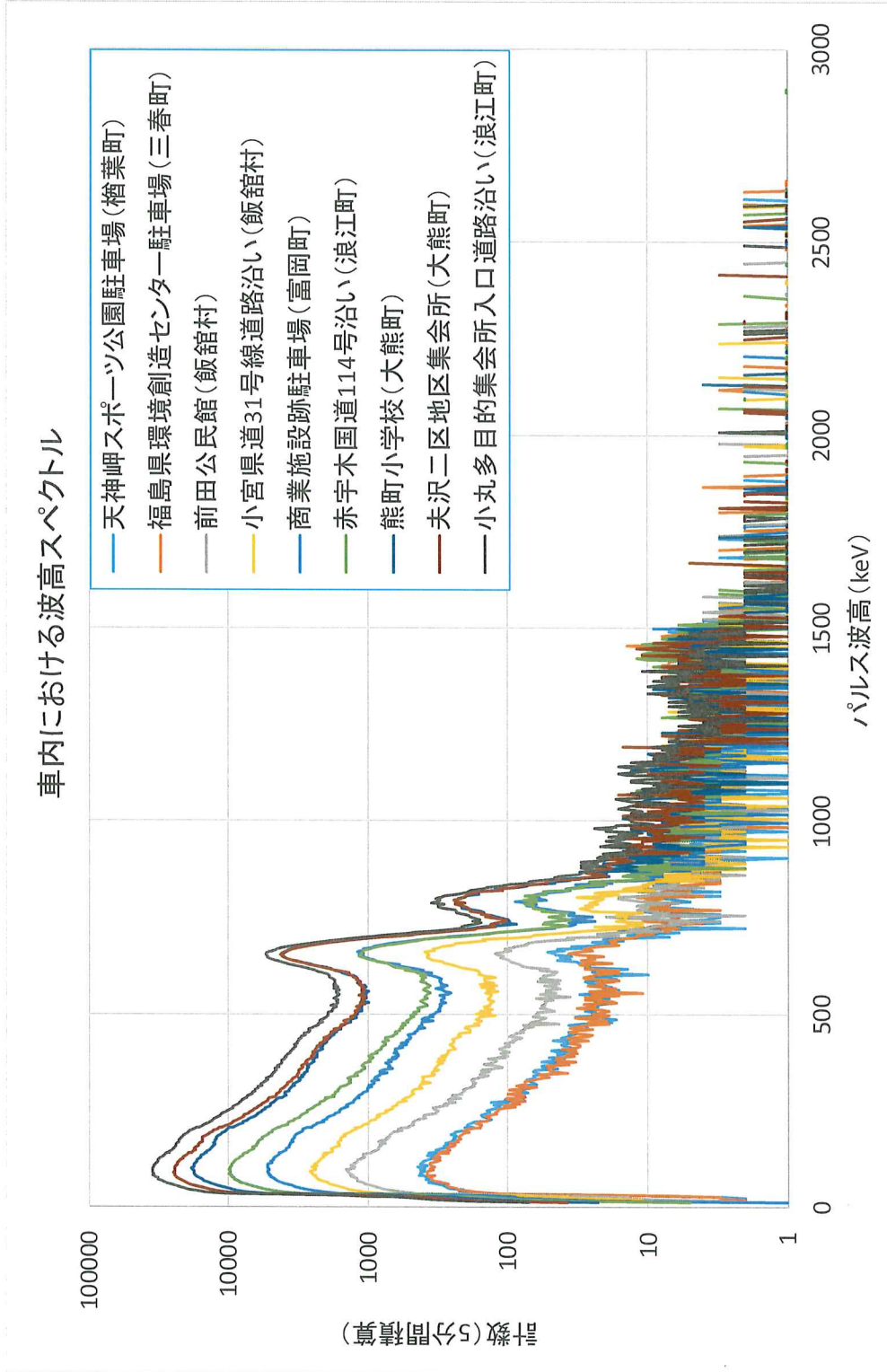


図 6.3.48 車内外補正係数評価時における車内スペクトルの比較

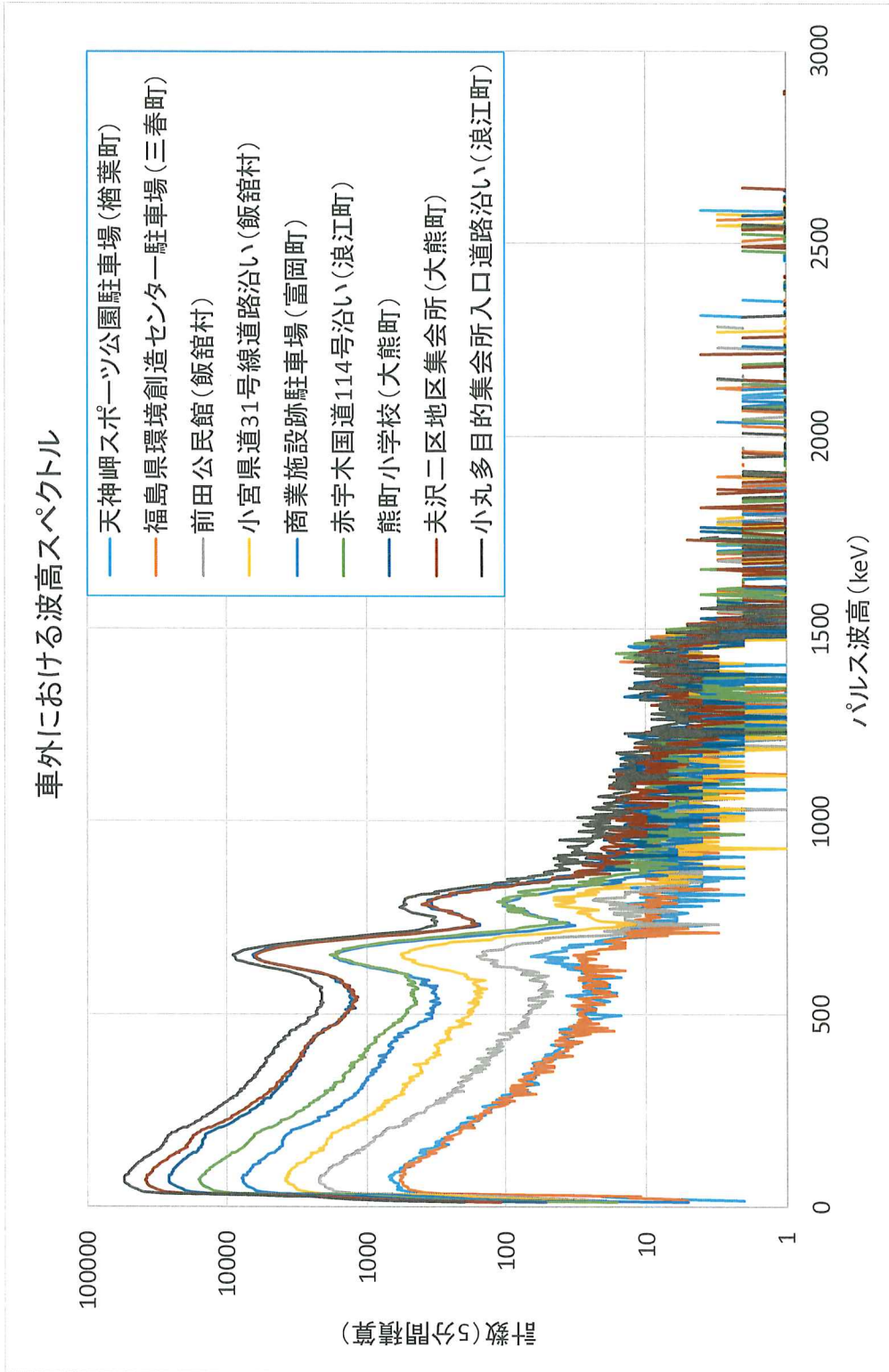


図 6.3.49 車内外補正係数評価時における車外スペクトルの比較

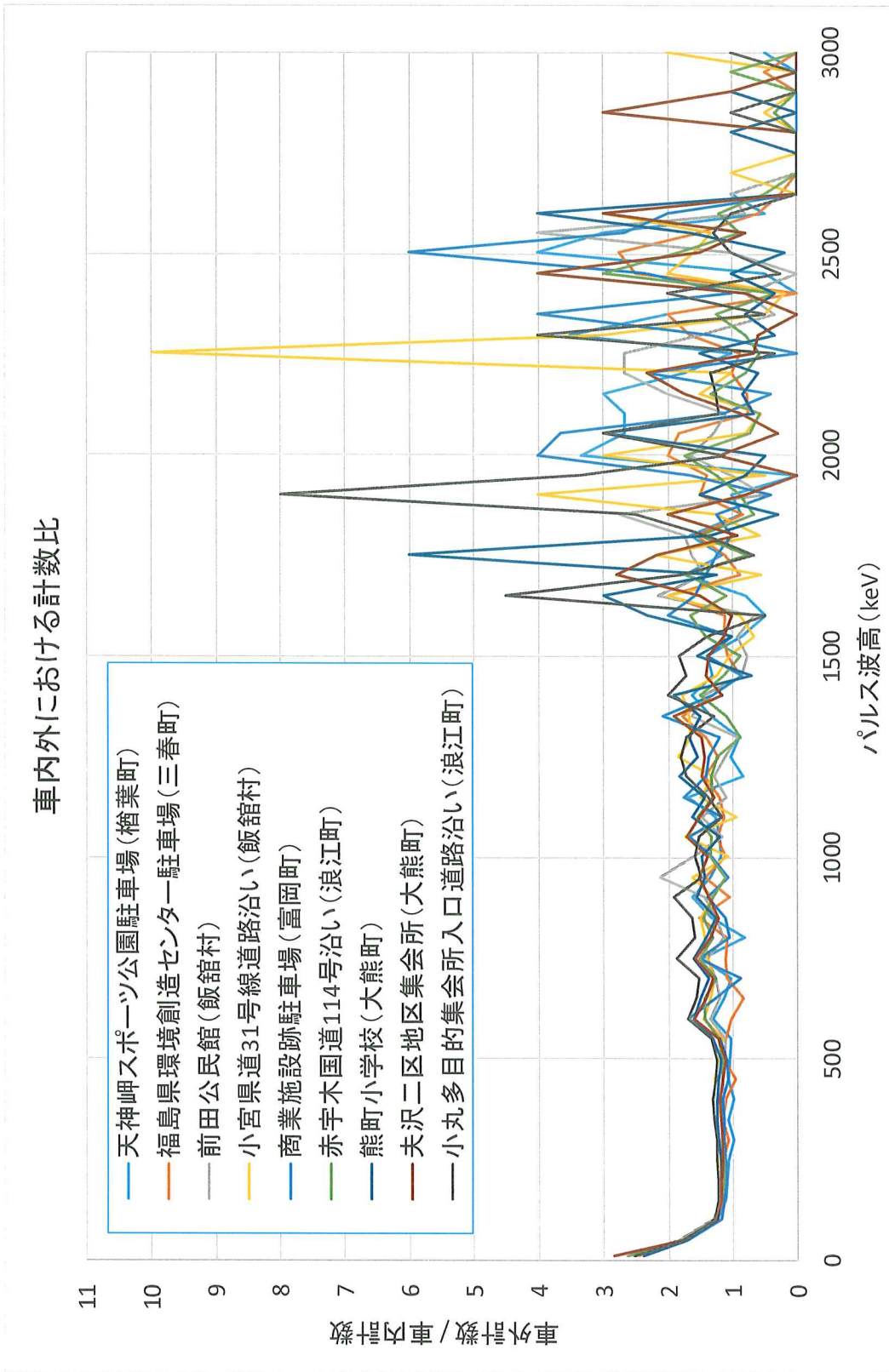


図 6.3.50 車内外補正係数評価時における車内外計数比の比較



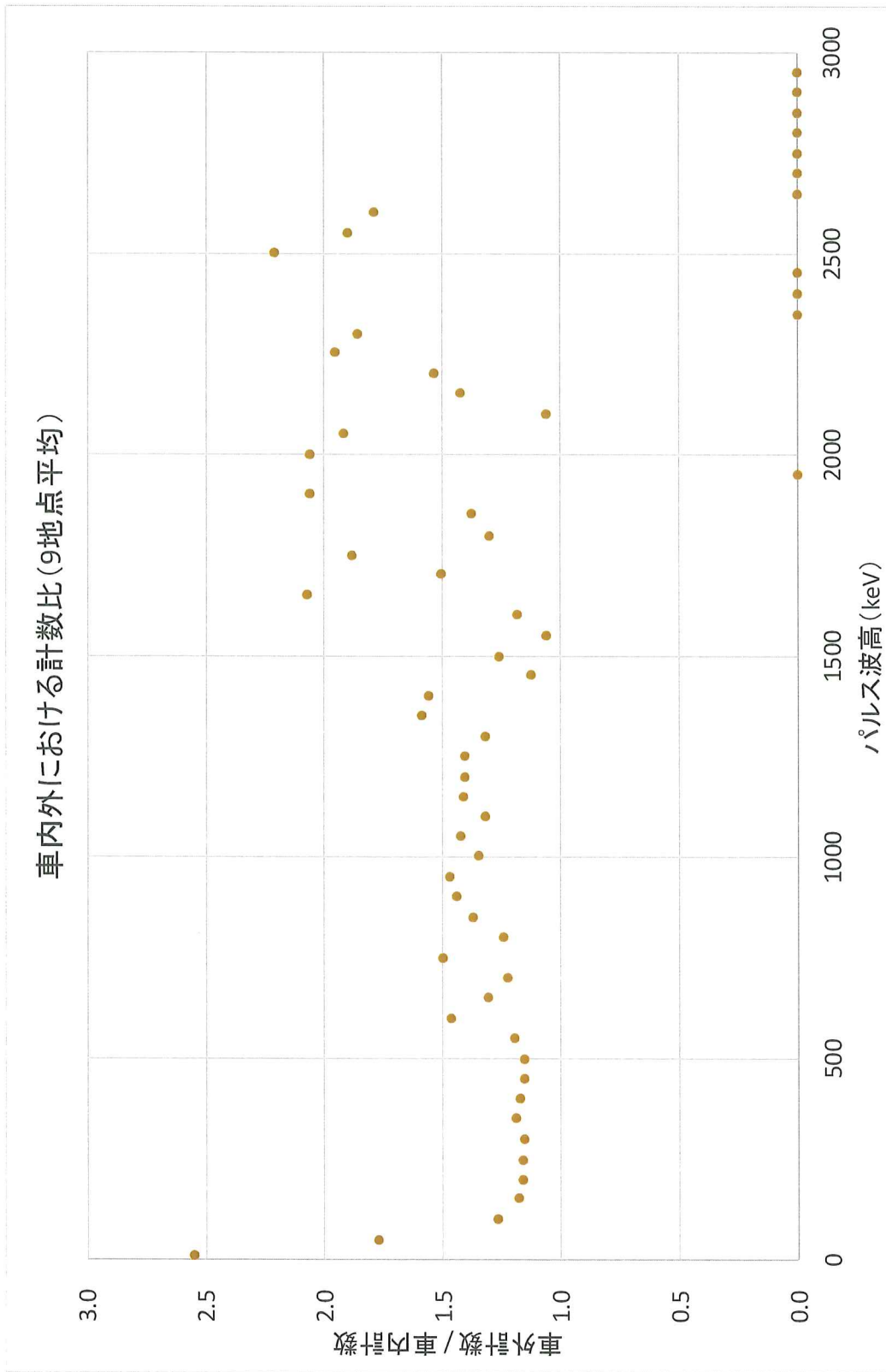


図 6.3.51 車内外補正係数評価時における車内外計数比 (9 地点平均)

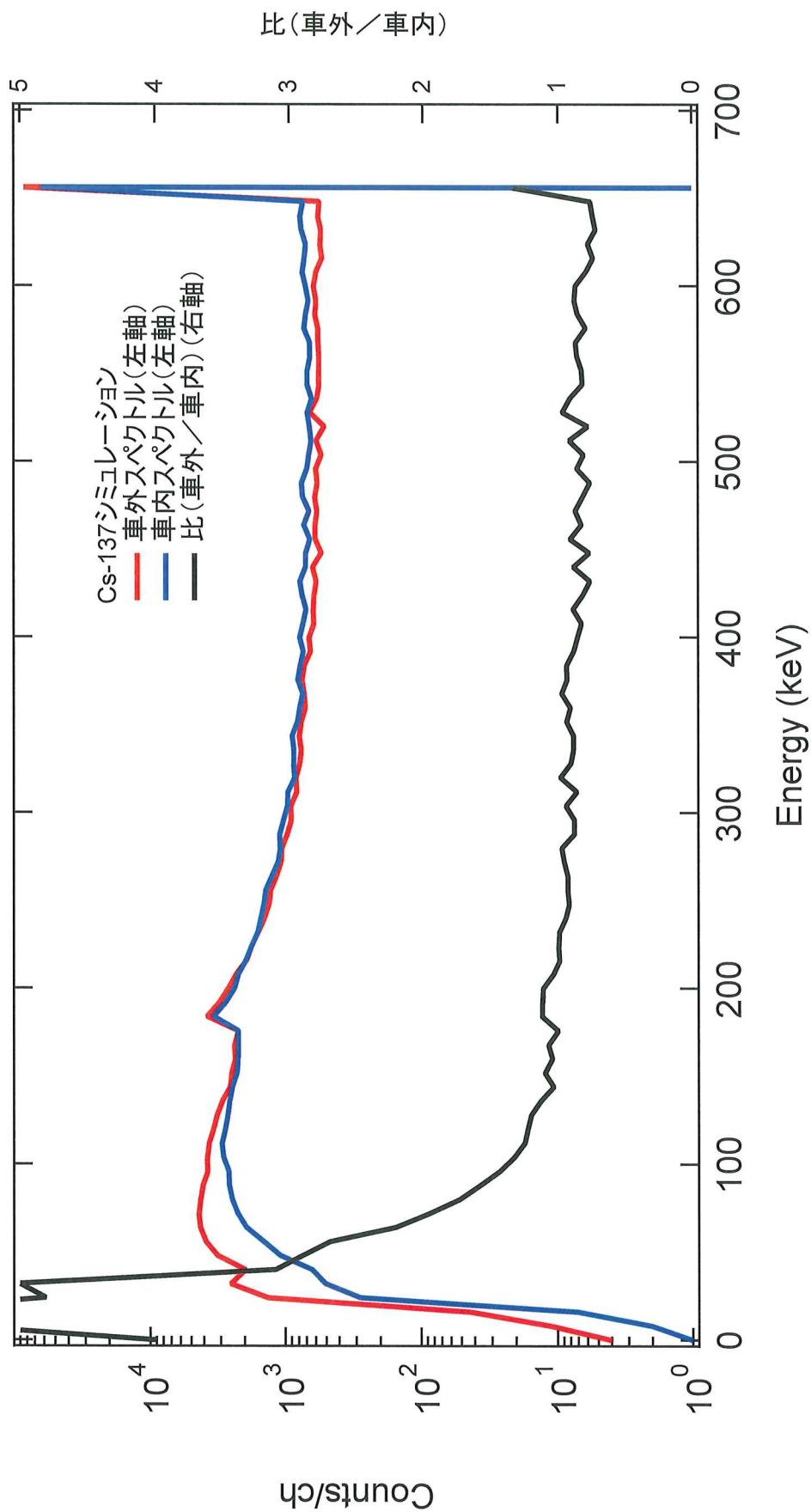


図 6.3.52 Cs-137 線源でのシミュレーション結果 (車内と車外のスペクトル)  
 (線源分布は近傍 (半径 15 m 以内の円内) と遠方 (15 m ~ 200 m) <sup>23)</sup>)

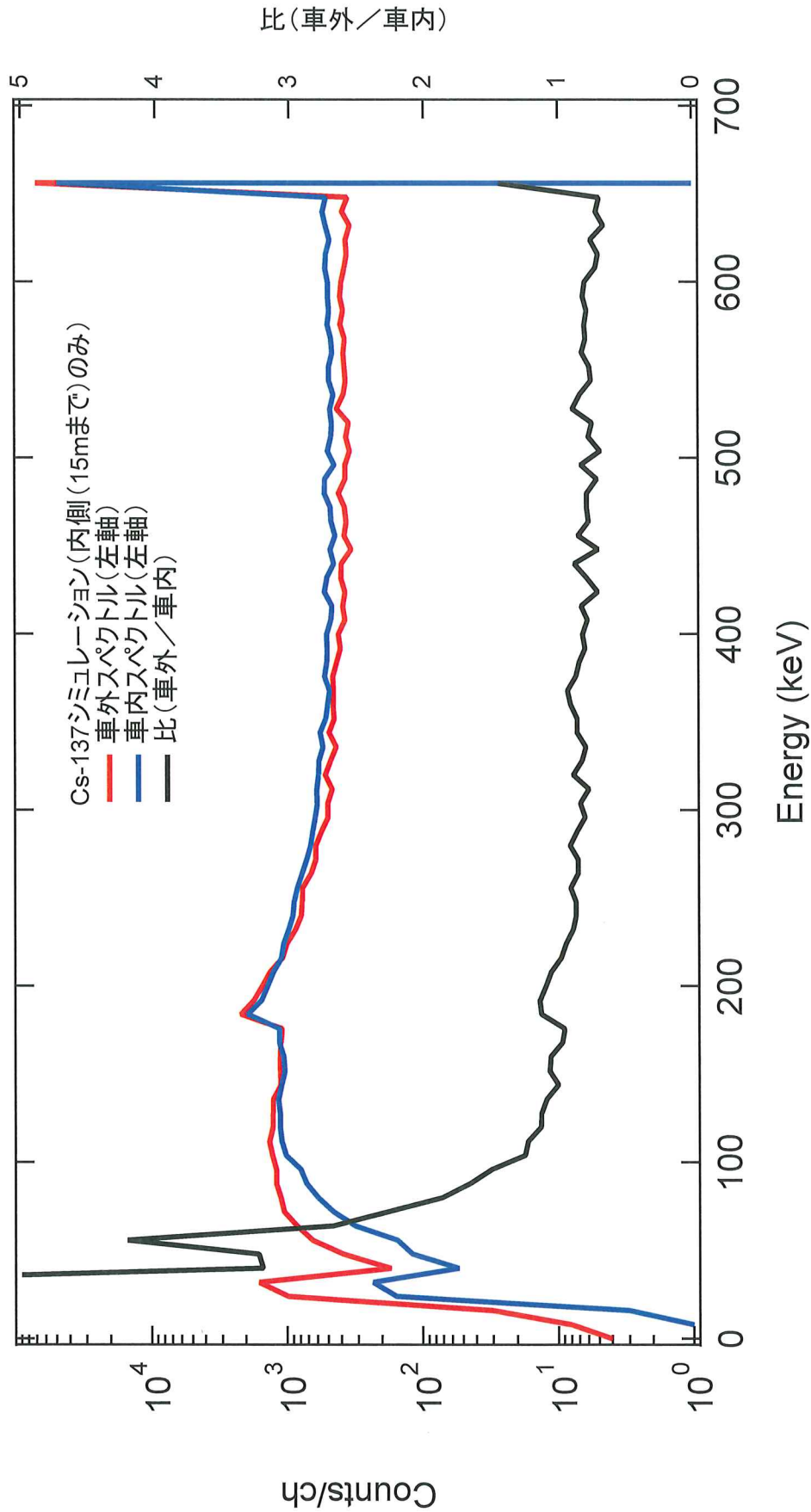


図 6.3.53 Cs-137 線源でのシミュレーション結果 (車内と車外のスペクトル)  
 (線源分布は近傍 (半径 15 m 以内の円内) のみ)<sup>23)</sup>



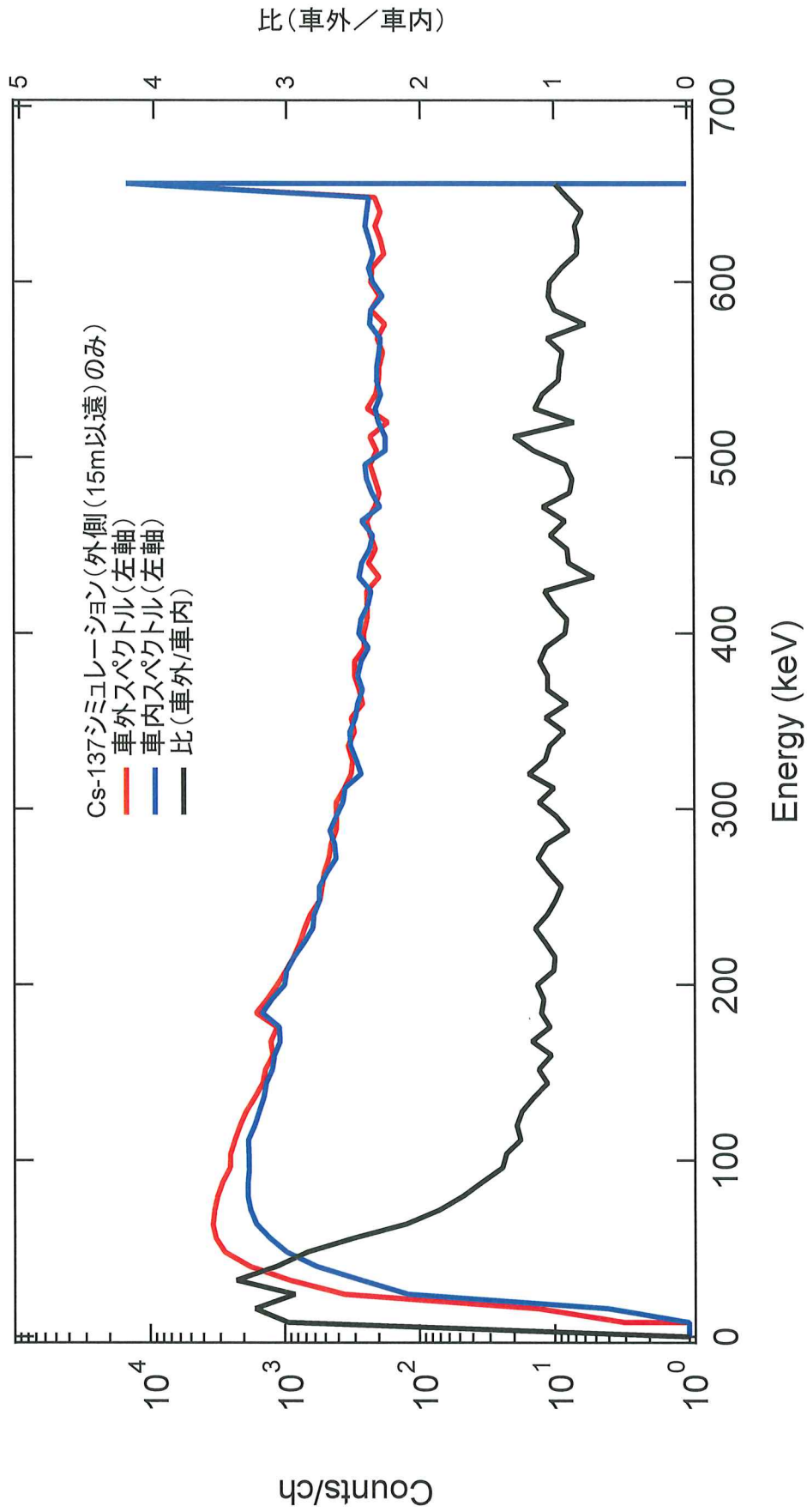


図 6.3.54 Cs-137 線源でのシミュレーション結果 (車内と車外のスペクトル)  
 (線源分布は遠方 (15 m~200 m) のみ) <sup>23)</sup>

車内における波高スペクトル(Cs-137 662keV計数で規格化)

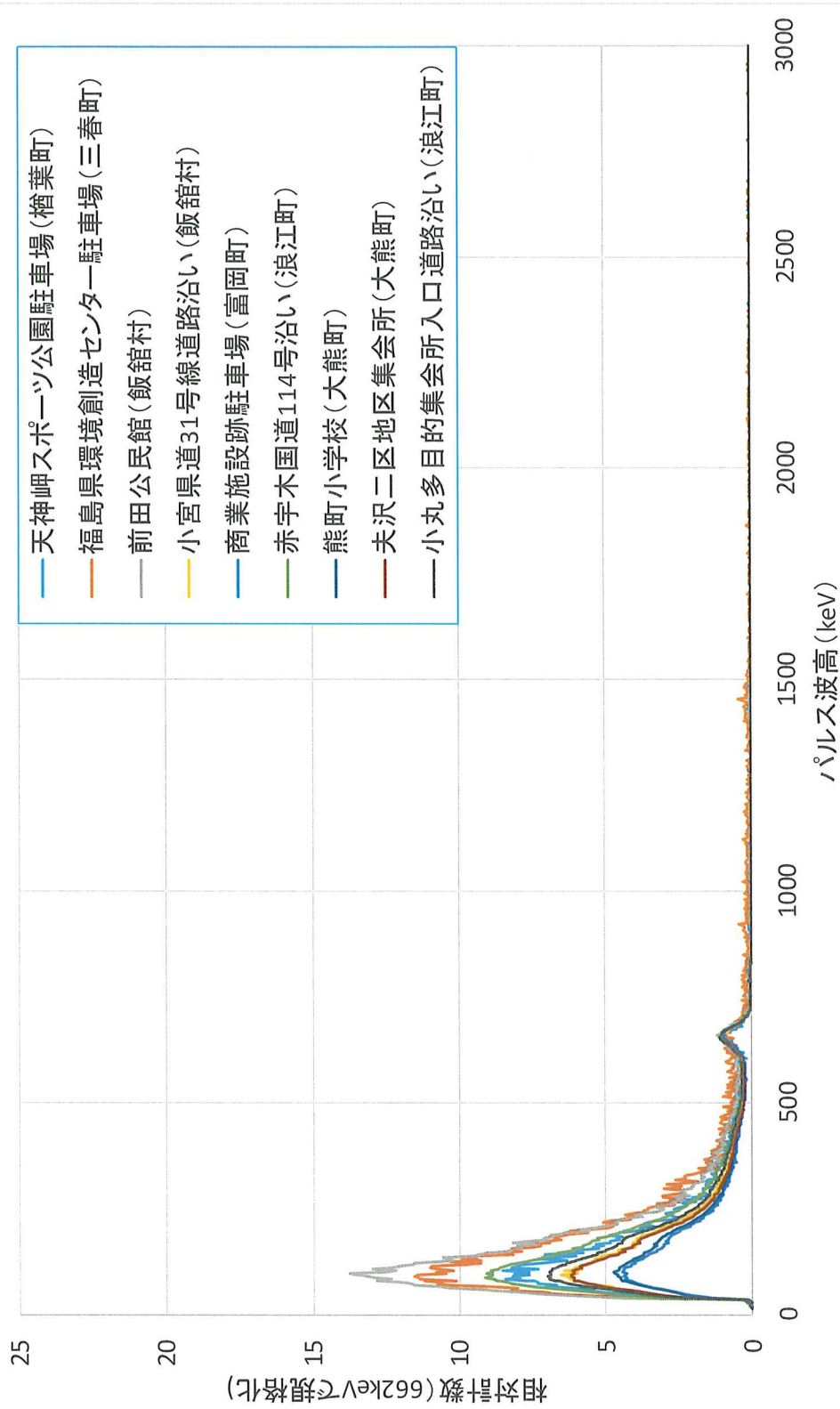


図 6. 3. 55 車内外補正係数評価時における車内スペクトルの比較 (Cs-137 662 keV 計数で規格化)

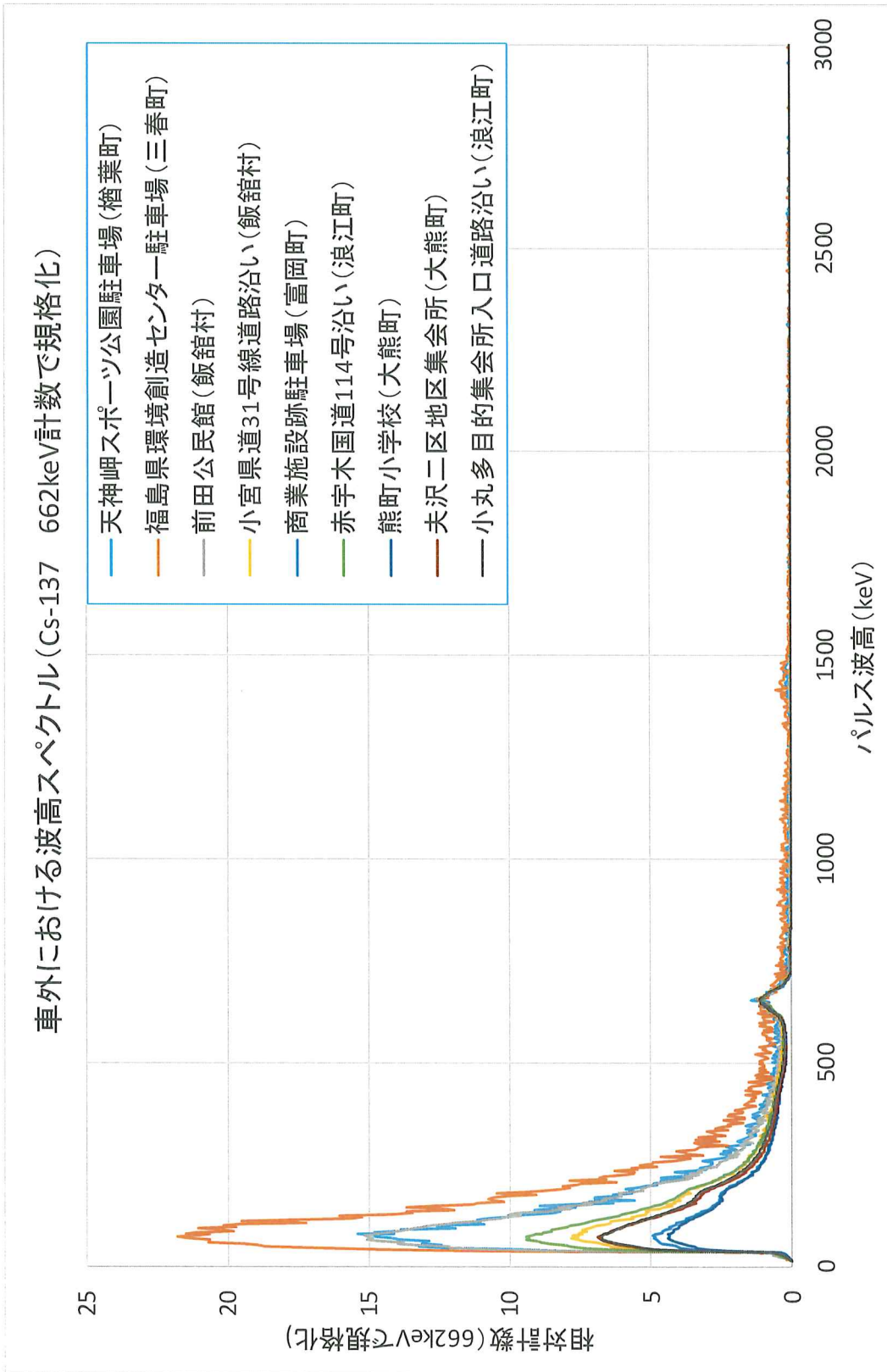


図 6.3.56 車内外補正係数評価時における車外スペクトルの比較 (Cs-137 662 keV 計数で規格化)

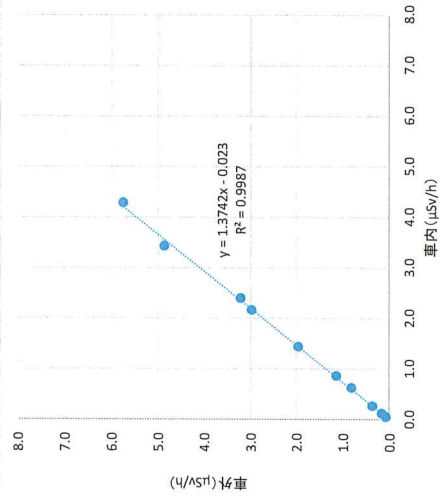
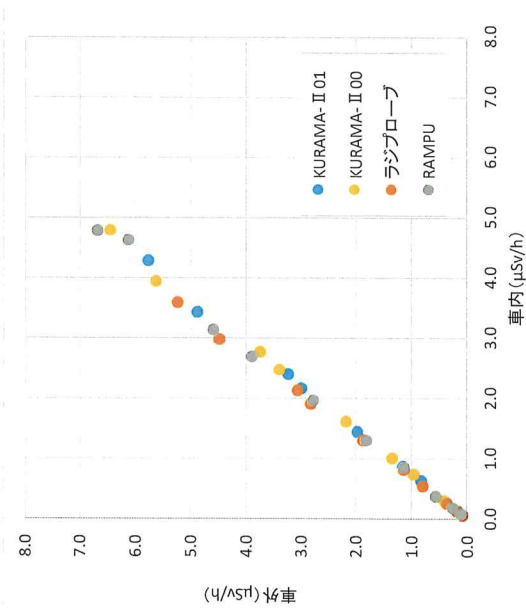


単位：μ Sv/h

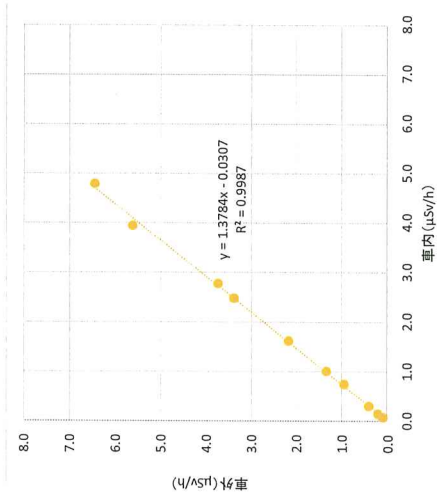
表 6.3.3 車内外補正係数の評価結果一覧

	測定地点	車外1m高さ における サーベイ メータ	KURAMA-II C12137-01				KURAMA-II C12137-00				ラジプロープ				RAMPU			
			車内	車外	車外 /車内	サーベイ メータ /車内	車内	車外	車外 /車内	サーベイ メータ /車内	車内	車外	車外 /車内	サーベイ メータ /車内	車内	車外	車外 /車内	サーベイ メータ /車内
1	天神岬スポーツ 公園駐車場 (榑葉町)	0.08	0.059	0.071	1.21	1.35	0.074	0.088	1.19	1.07	0.060	0.073	1.21	1.31	0.074	0.101	1.37	1.07
2	福島県環状創造 センター駐車場 (三春町)	0.08	0.062	0.073	1.17	1.33	0.076	0.091	1.19	1.09	0.064	0.076	1.19	1.30	0.075	0.096	1.27	1.11
3	前田公民館 (飯館村)	0.22	0.126	0.160	1.27	1.72	0.148	0.195	1.32	1.47	0.123	0.166	1.34	1.77	0.180	0.248	1.38	1.21
4	小宮県道31号線 沿い (飯館村)	0.40	0.275	0.361	1.31	1.45	0.303	0.398	1.31	1.32	0.255	0.349	1.37	1.57	0.372	0.557	1.50	1.08
5	商業施設 跡駐車場 (菅岡町)	1.06	0.633	0.810	1.28	1.67	0.743	0.944	1.27	1.42	0.545	0.786	1.44	1.94	0.855	1.127	1.32	1.24
6	赤字木国道114号 沿い (浪江町)	1.50	0.871	1.137	1.31	1.72	1.007	1.333	1.32	1.49	0.819	1.125	1.37	1.83	1.302	1.807	1.39	1.15
7	大柵簡易郵便局前 国道114号沿い (浪江町)	2.33	1.446	1.961	1.36	1.61	1.617	2.171	1.34	1.44	1.308	1.863	1.42	1.78	1.968	2.774	1.41	1.18
8	熊町小学校 (大熊町)	3.86	2.169	2.982	1.38	1.78	2.480	3.387	1.37	1.56	1.912	2.812	1.47	2.02	2.695	3.897	1.45	1.43
9	夫沢二区地区 集会所 (大熊町)	4.15	2.404	3.224	1.34	1.73	2.775	3.740	1.35	1.49	2.136	3.054	1.43	1.94	3.141	4.588	1.46	1.32
10	小丸多目的集会所 入口道路沿い (浪江町)	5.75	3.434	4.874	1.42	1.68	3.947	5.623	1.42	1.46	2.984	4.476	1.50	1.93	4.629	6.124	1.32	1.24
11	やすらぎ荘 (浪江町)	6.63	4.291	5.763	1.34	1.55	4.795	6.454	1.35	1.38	3.596	5.235	1.46	1.84	4.784	6.686	1.40	1.39

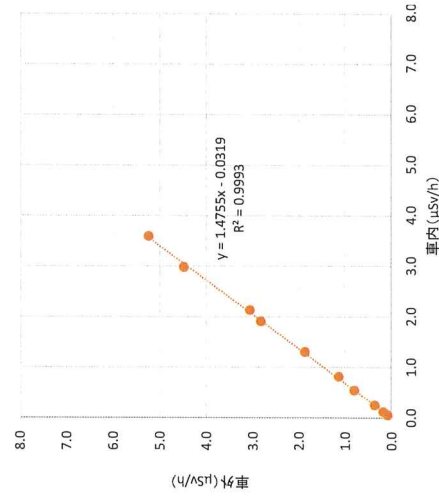
車内と車外の相関図  
(同一検出器)



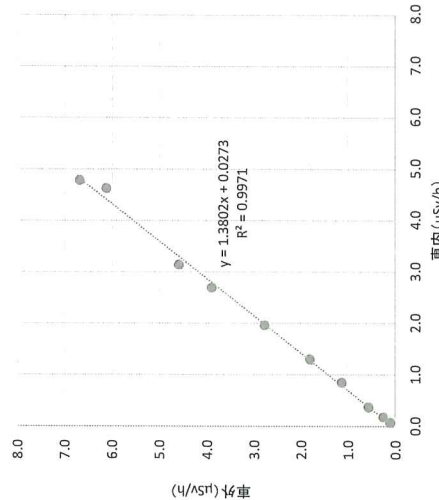
KURAMA-II C12317-01



KURAMA-II C12317-00



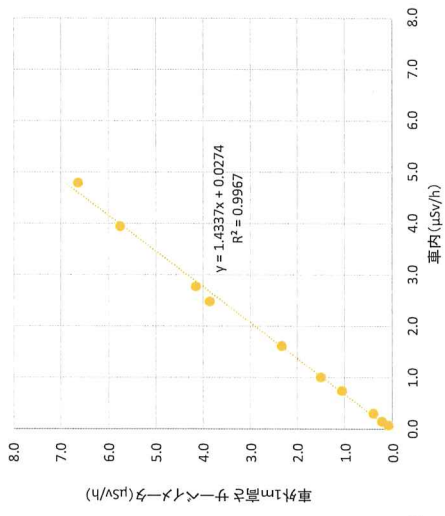
ラジプローブ



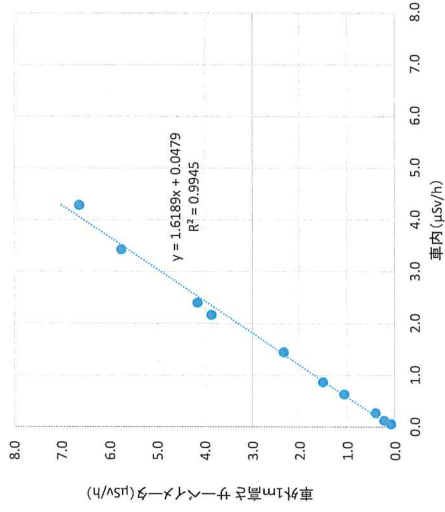
RAMPU

図 6.3.57 車内と車外の線量率相関図 (同一検出器)

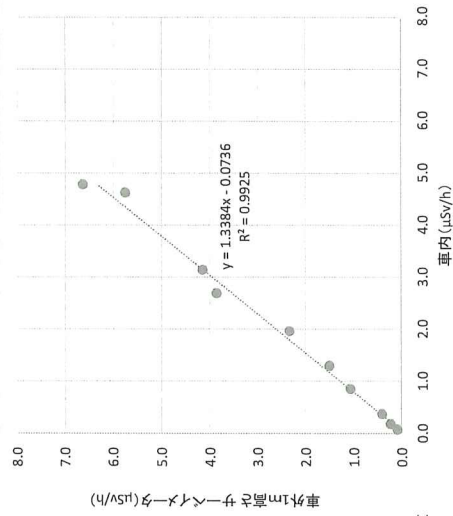
### 車内と車外の相関図 (車外はサーベイメータ)



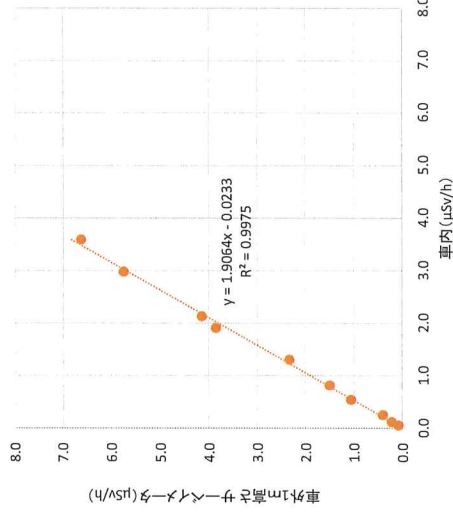
KURAMA-II C12317-00



KURAMA-II C12317-01



RAMPU



ラジプローブ

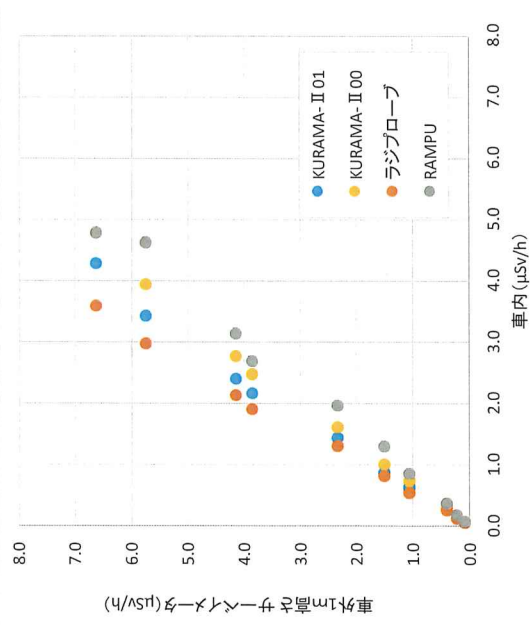
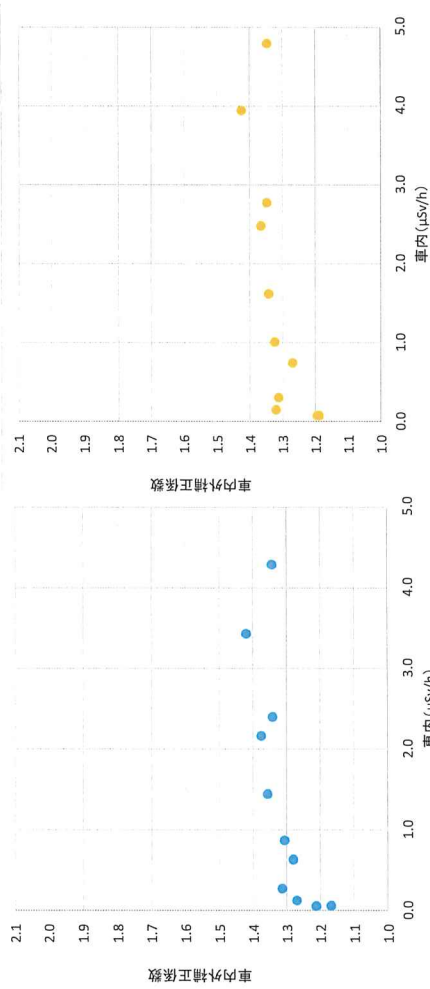
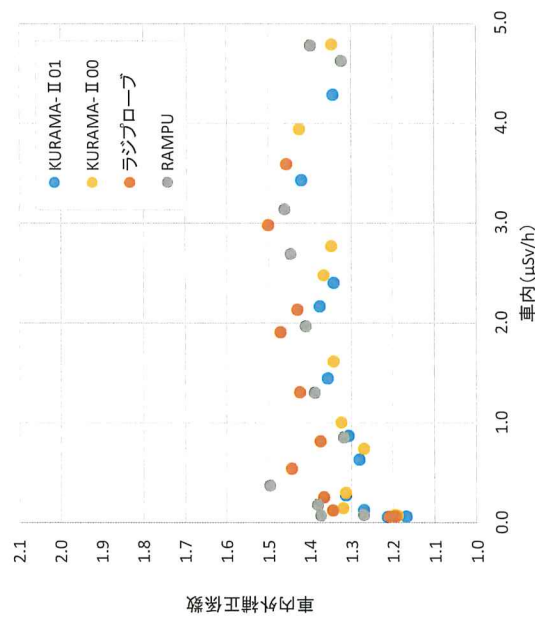


図 6.3.58 車内と車外の線量率相関図 (車外はサーベイメータ)

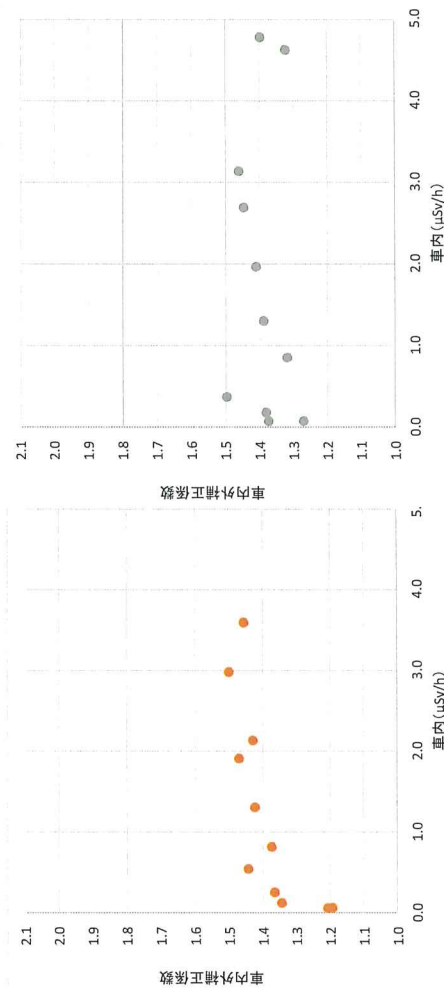


### 車内外補正係数 (同一検出器)



### KURAMA-II C12317-01

### KURAMA-II C12317-00

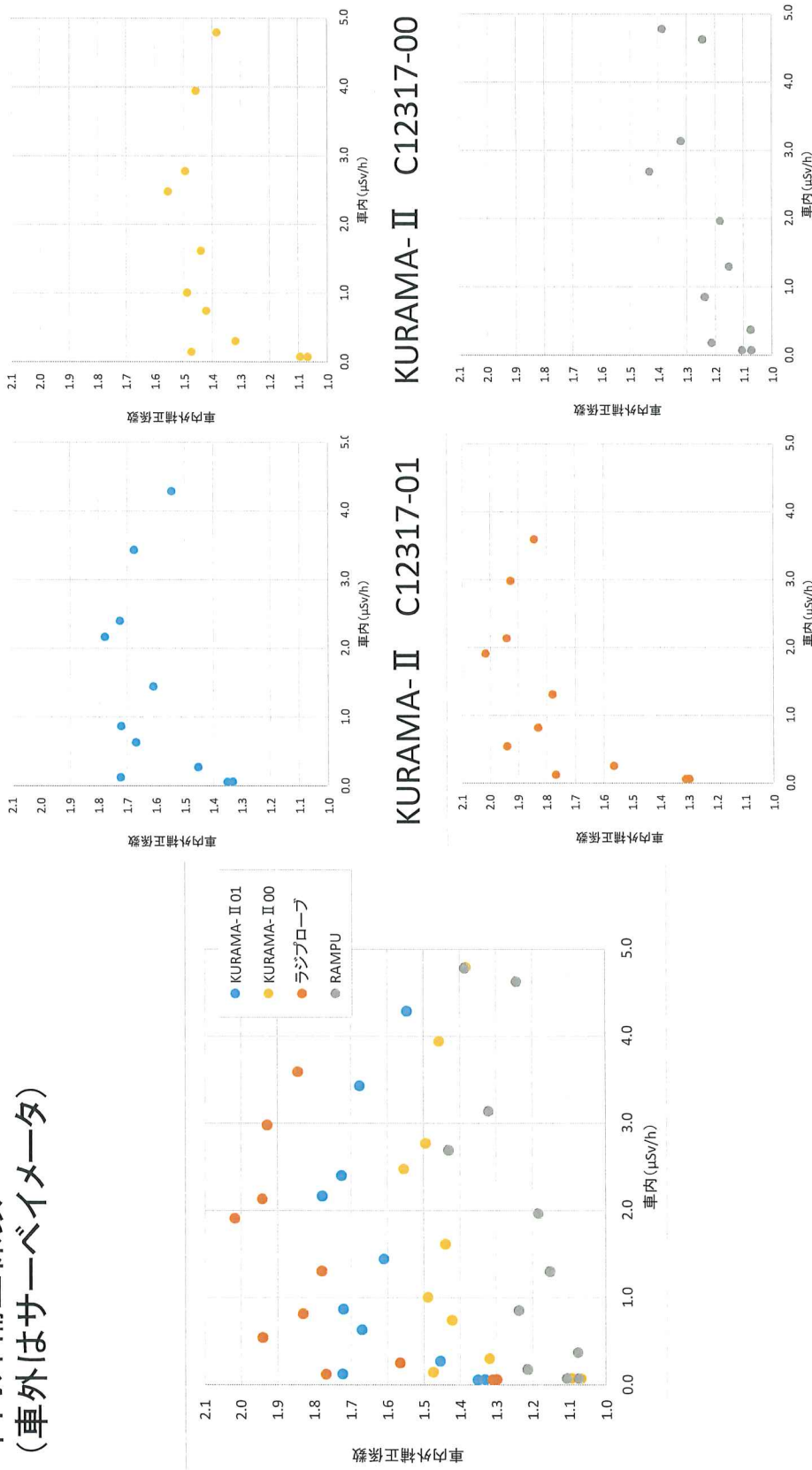


### ラジプロローブ

### RAMPU

図 6.3.59 車内外補正係数 (同一検出器)

### 車内外補正係数 (車外はサーベイメータ)



### ラジプロローブ RAMPU

図 6.3.60 車内外補正係数 (車外はサーベイメータ)

## 7. 情報共有検討会の実施

調査内容の方向性の確認及び情報共有の場として、「種々の走行モニタリングシステムに係る技術的仕様の調査に関する情報共有検討会」を以下の日程で2回開催した。

### 第1回

日時：2020年1月21日（火）13時30分～16時30分

場所：AP東京八重洲 M室

議題：

- (1) 走行サーベイの位置付けについて（原子力規制庁）
- (2) メーカーへの仕様調査結果について
- (3) ユーザーへのヒアリング調査結果について
- (4) 比較測定の実施計画について
- (5) 走行モニタリングシステムに係る情報交換

### 第2回（メール会合）

期間：2020年3月2日（月）～ 3月6日（金）

議題：

- (1) メーカーへの仕様調査結果について
- (2) ユーザーへのヒアリング調査結果について
- (3) 比較測定の実施結果について
- (4) 報告書構成案について

情報共有検討会の構成メンバーを表7.1に示した。

なお、情報共有検討会の構成メンバーは、各対象機器の技術面及び開発コンセプトに精通した者及び環境放射線モニタリングの専門家等から選定した。原子力規制庁をオブザーバー、日本分析センターを事務局とした。



表 7.1 構成メンバー名簿

氏名	所属
安藤 真樹	(国研) 日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門 原子力緊急時支援・研修センター
後藤 淳	新潟大学研究推進機構 共用設備基盤センター
斎藤 公明	(国研) 日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門 原子力緊急時支援・研修センター
武石 稔	(国研) 日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 福島研究開発拠点 福島環境安全センター
谷垣 実	京都大学 複合原子力科学研究所
玉柿 励治	福井県原子力環境監視センター 福井分析管理室
濱野 毅	(国研) 量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 放射線緊急事態対応部
吉田 忠義	(国研) 日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部 放射線管理第2課

(敬称略、五十音順)

參考資料

## A 各走行モニタリングシステムの開発経緯

### (1) KURAMA-II

#### ① 開発の経緯

KURAMA は、京都大学の原子炉実験所（現在、原子力科学複合研究所）により、2011 年 4 月に開発が開始された。東京電力福島第一原子力発電所事故後の放射線モニタリングにおける、広域の面的測定が簡便に展開できるシステムを提供するべく、原子核物理の放射線計測や制御技術を応用して開発された。その後 2011 年 7 月頃には KURAMA-II の開発が開始され、現在福島県内での放射線モニタリングを中心に広く普及している。現在は、(株) 松浦電弘社により販売されている（図 A. 1）。

#### ② システムの概要

KURAMA-II のシステム構成を図 A. 2 に示す。車載機は放射線検出器と GPS、組み込み PC (National Instruments 社製 CompactRIO、KURAMA は一般的なノート PC)、通信モジュールから成り、線量率データと GPS データの取得、データ処理と蓄積及び共有を行う。KURAMA-II は通電時に自動で測定をし、故障しない限り操作は一切不要である。

検出器は、KURAMA では NaI (Tl) シンチレーションサーベイメータ ((株) 日立製作所 TCS-172B) を使用していたが、KURAMA-II では USB バスパワーで利用可能な CsI (Tl) シンチレーション検出器 (浜松ホトニクス (株) C12137 シリーズ) を採用し、スペクトルデータから G(E) 関数法で周辺線量当量率及び空気吸収線量率を得ている。

Cs-134 及び Cs-137 からの  $\gamma$  線の大気中の平均自由行程約 100 m と自動車の走行速度を勘案し、最短 1 秒間隔で位置と放射線データを連続的に測定できることを実現している。また、放射性核種の判定や様々な観点での事後解析ができるようスペクトルデータも収集することが可能である。

大規模、広域、長期の調査では、人為的ミスや不具合の排除、システムのスクレーパビリティの確保が重要であるため、緊急時の可読性も考慮してデータは単純なテキストファイルとし、クラウドでリアルタイム共有されている。データ共有にクラウドを採用し、特定のデータ集約拠点を持たず、車載機も接続と同時にデータ共有が可能になる等、高い柔軟性と拡張性を実現している。ユーザーはクラウドからデータを取得し、様々な評価を行うことが可能であり、Google Earth 上でのリアルタイム可視化も可能である。また、車載機は 1 ヶ月以上の測定データの保持が可能で、通信不可でもデータを直接取り出すことができる。



### ③ 活用事例

東京電力福島第一原子力発電所事故の影響を評価するための国による東日本一帯の広域モニタリングで導入され、現在も調査は継続されている。それ以外にも様々な目的で KURAMA-II は活用されており、代表的な例として、福島県内を走行する路線バス等に KURAMA-II を搭載した生活圏内のモニタリングが日常的に実施され、その結果は国や福島県のホームページ等を通して一般に広く公開されている。



図 A.1 KURAMA-II 外観と設置の様子<sup>11)</sup>

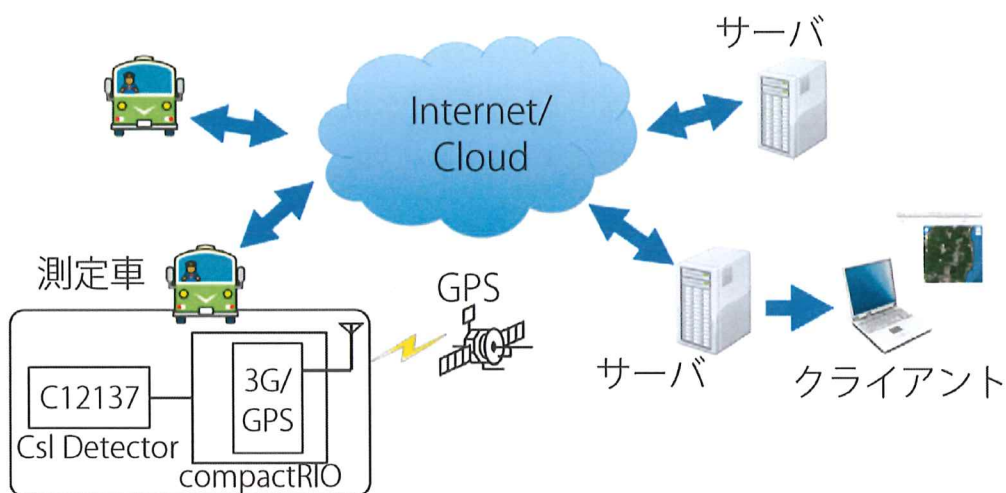


図 A.2 システム構成図<sup>11)</sup>

## (2) ラジプローブ

### ① 開発の経緯

ラジプローブは、独立行政法人 放射線医学総合研究所（現在、(国研)量子科学技術研究開発機構）により、2011年に開発された。原子力災害時の混乱している状況下において、現地作業者の安全を図るため、その作業位置とその空間線量の状況を、災害対策の拠点でリアルタイムに把握し、かつ時系列的な変化を確認しながら、効率的に放射線量を計測できるシステムが求められる中で、放射線医学総合研究所が東京電力福島第一原子力発電所事故に対して実施してきた支援活動等により得られた様々な知見や経験を基に、電話等の通常の通信が困難な状況においても使用可能で実用的な放射線モニタリングシステムとして開発された。現在は、(株)千代田テクノルにより販売されている。

### ② システムの概要

ラジプローブは、現場作業者（緊急車両に搭乗する者）が携帯する市販の $\gamma$ 線スペクトロメータ、GPSユニット、環境監視用カメラ、データを集積するPC、地上及び衛星データ通信機器、データ集積・配信用サーバ、遠隔監視用端末より構成される（図 A.3）。 $\gamma$ 線のみでなく中性子線の測定にも対応している。また、システムはPCだけでなく、スマートフォン（カメラとGPS付き）にも対応している。

走行ルート上の放射線量、スペクトル、走行中の地図上の位置及び現場映像を、遠隔地にある災害対策の拠点等に置かれたPCにおいてリアルタイムに表示することができる（図 A.4）。地上の通信回線が不通の場合に、衛星通信も使用することが可能である。さらに、初動対応者に避難の必要性が生じた場合には、安全確保のために避難指示を出すこともできる（図 A.5）。現場のカメラ画像は、走行状況だけではなく、車内外の状態を拠点から把握することができる。

サーバに送られたデータは、Webブラウザで閲覧可能であるため、拠点間等で容易に情報共有することを可能としている。



図 A.3 システム構成図<sup>25)</sup>

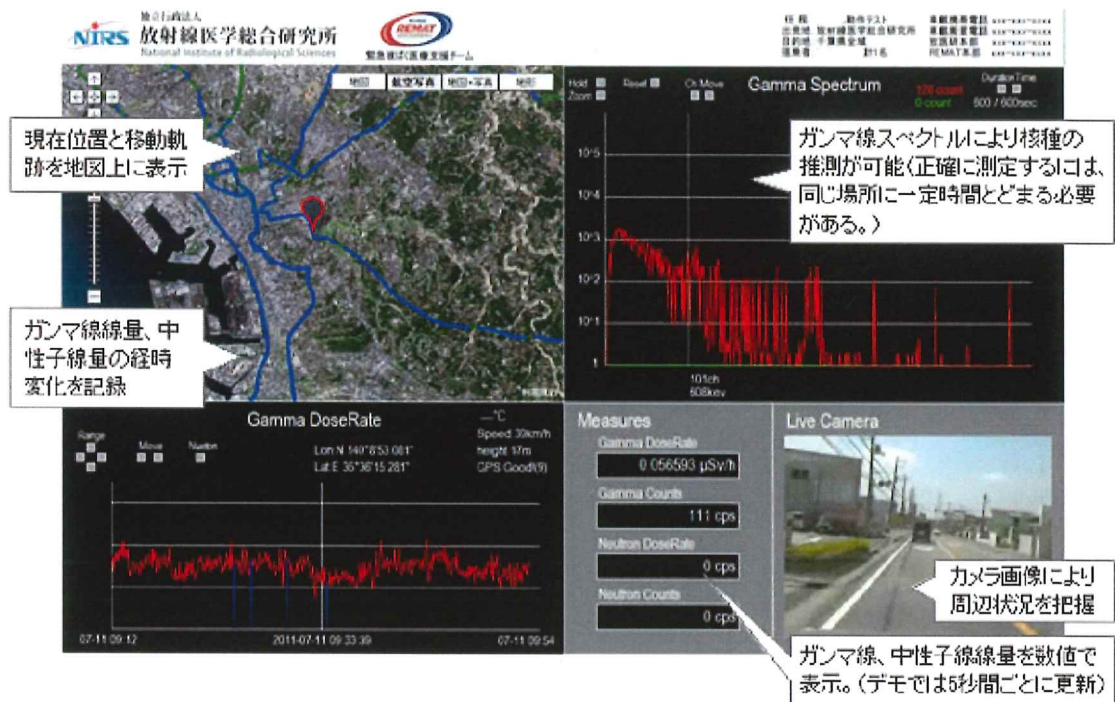


図 A. 4 管理 PC 表示画面<sup>26)</sup>



図 A. 5 緊急指示画面<sup>26)</sup>

### ③ 活用事例

ラジプローブは、量子科学技術研究開発機構による原子力災害時の支援活動等に活用された他、文部科学省（現在、原子力規制庁）が実施した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故影響評価のための広域調査、原子力施設立地自治体による原子力施設の監視等に活用されている。



### (3) RAMPU

#### ① 開発の経緯

RAMPU は、(公財) 原子力安全技術センターにより、緊急時モニタリングにおける走行モニタリングの実施を目的として開発された。(公財) 原子力安全技術センターでは、NaI(Tl)サーベイメータ (日立製作所 TCS-171 または TCS-172) とデータロガーを組み合わせた走行モニタリングシステムを 2015 年に開発し、原子力施設が立地されている地方自治体を中心に導入してきたが、そのシステムをさらに発展させて RAMPU を開発した。

#### ② システムの概要

RAMPU は、測定器、タブレット PC、GPS、バッテリーを 1 つのケースに収納して構成されている (図 A.6)。測定器は、MIRION Technologies 社製 HDS-101G (CsI(Tl)とシリコン半導体の組み合わせ) と Polimaster 社製 PM1703MO-1B (CsI(Tl)と GM 計数管の組み合わせ) の 2 つのタイプがある。タブレット PC の携帯回線を用いて、サーバに測定データを送信している (図 A.7)。測定データの取得間隔を、「最短 15 秒の一定時間毎」または「最短 30 m の移動距離」から選択することが可能である (図 A.8)。

測定データは、緊急時モニタリング情報を共有するネットワークシステムであるラミセス (モニタリング情報共有システム) に格納されるため、地方自治体が緊急時モニタリングで実施しているモニタリングポストでの空間線量率測定データ等との集約が可能である。



図 A.6 RAMPU システム<sup>8)</sup>

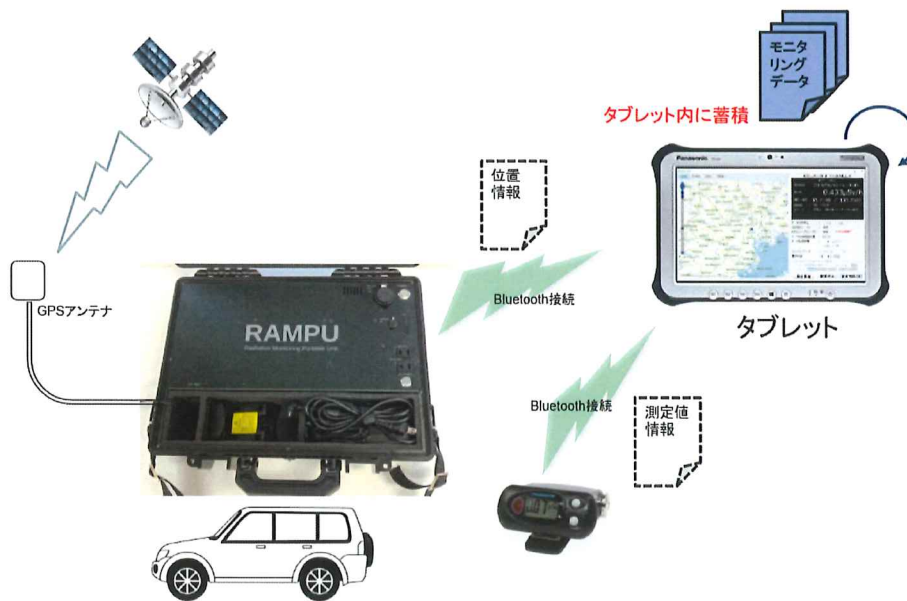


図 A.7 システム構成図<sup>8)</sup>



図 A.8 監視端末表示<sup>8)</sup>

### ③ 活用事例

地方自治体が実施している原子力施設の監視業務で導入されている。

## B その他の走行モニタリングシステム調査結果

### B.1 高機動性モニタリングシステム

#### (1) 仕様調査結果

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社の走行モニタリングシステムである高機動性モニタリングシステムについて、仕様調査を実施し、結果を表B.1に示した。

なお、本システムは現在のところ、固定式としての導入実績のみであるため、本調査においては参考扱いとした。



図 B.1 高機動性モニタリングシステムの外観<sup>10)</sup>



表 B.1 走行モニタリングシステムの仕様調査結果 <sup>10)</sup>

<p>高機動性モニタリングシステム</p> <p>① システム構成例</p>	
<p>② 検出器の種類</p>	<p>MIRION Technologies 製 NaIS-3×3 NaI (Tl)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI (Tl) シンチレータ (低線量率測定用)</li> </ul> <p>MIRION Technologies 製 STTC Wide Range Gamma Probe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GM 計数管 (高線量率測定用)</li> </ul> 

高機動性モニタリングシステム	
③ システムの大きさ	<p>【本体】 W735 × H665 × D775 mm</p> 
④ システムの重量	<p>【本体】 約 10 kg (検出器、MCA、ノートPC、モバイルバッテリー、GPS、取り付け治具)</p>
⑤ 検出器の大きさと感度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI (Tl) シンチレータ 3×3 インチシンチンダ型 感度： 3200 cps / (μSv/h) (Cs-137) (参考値)</li> <li>• GM 計数管 1 インチ 感度： 0.74 cps / (μSv/h) (Cs-137)</li> </ul>

高機動性モニタリングシステム	
⑥ 線量率の測定単位	周辺線量当量率 $\mu$ Sv/h
⑦ 測定可能線量率範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI(Tl)シンチレータ (低線量率測定用) バックグラウンドレベル <math>\sim 10 \mu</math> Sv/h 程度</li> <li>• GM 計数管 (高線量率測定用) <math>0.1 \mu</math> Sv/h <math>\sim 10</math> Sv/h</li> </ul> <p>検出器の切替： なし (ユーザーがどちらのデータを使用するか指定)</p>
⑧ 測定対象エネルギー範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI(Tl)シンチレータ <math>30 \text{ keV} \sim 3 \text{ MeV}</math></li> <li>• GM 計数管 <math>36 \text{ keV} \sim 1.5 \text{ MeV}</math></li> </ul>
⑨ 線量率演算方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI(Tl)シンチレータ レスポンスマトリクス法及びG (E) 関数法</li> <li>• GM 計数管 エネルギー補償方式</li> </ul>

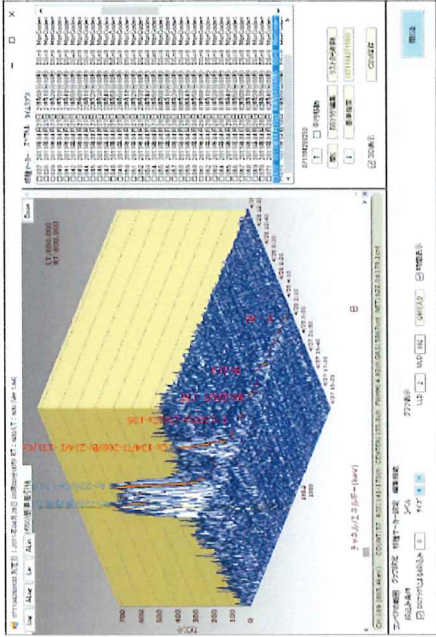
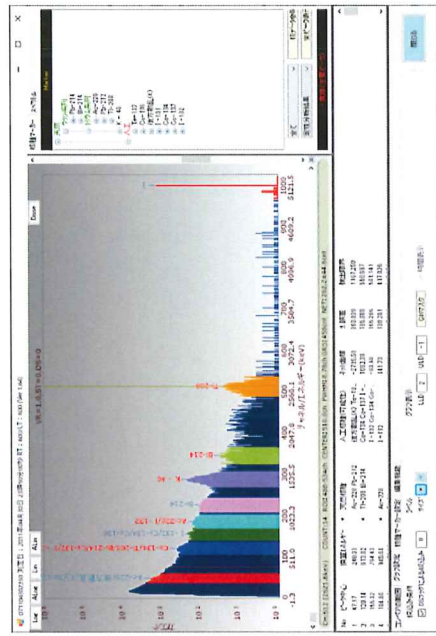


高機動性モニタリングシステム	
⑩ 測定時間 (測定間隔)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI(Tl)シンチレータ 最小1秒～任意</li> <li>• GM計数管 最小1秒～任意</li> </ul>
⑪ 各種特性	
エネルギー特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI(Tl)シンチレータ ±20%以内 (50 keV ~ 3 MeV)</li> <li>• GM計数管 ±20%以内 (Cs-137 基準によるエネルギー補償)</li> </ul>
線量率直線性と測定精度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI(Tl)シンチレータ ±20%以内</li> <li>• GM計数管 ±20%以内</li> </ul>

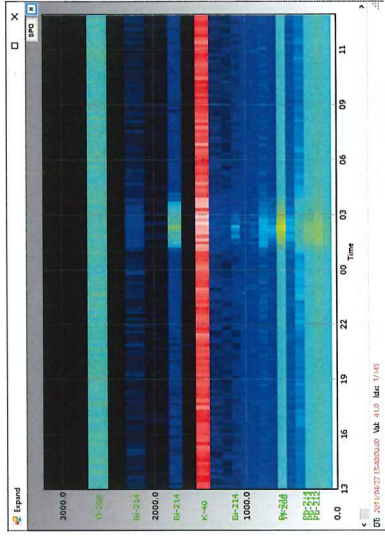
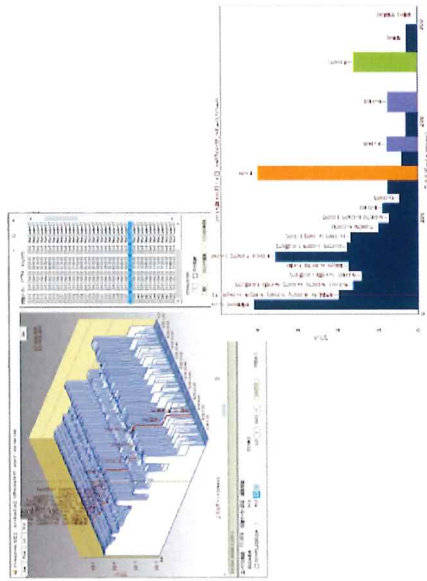
高機動性モニタリングシステム	
方向依存性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI (TI) シンチレータ ±20%以内 (0° ~ ±120°)</li> <li>• GM 計数管 ±20%以内 (0° ~ ±120°)</li> </ul>
温度依存性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NaI (TI) シンチレータ ±5%以内 (-20 °C ~ 50 °C)</li> <li>• GM 計数管 ±5%以内 (-10 °C ~ 50 °C)</li> </ul>
⑫ 車内外補正係数	ソフト的に補正可能 (補正係数を指定することが可能)
⑬ 電源仕様	モバイルバッテリーによる AC 出力
⑭ バッテリー駆動可能時間	8 時間以上 (50000 mAh バッテリー 2 個搭載)
⑮ 測定器との接続方式	USB (HV 電源も USB バスパワーより給電)
⑯ データ通信方式	衛星回線、LTE 携帯回線による Wifi 通信
⑰ 蓄積データ容量	HDD 容量以内

⑱ 定性機能

• スペクトルによる定性分析



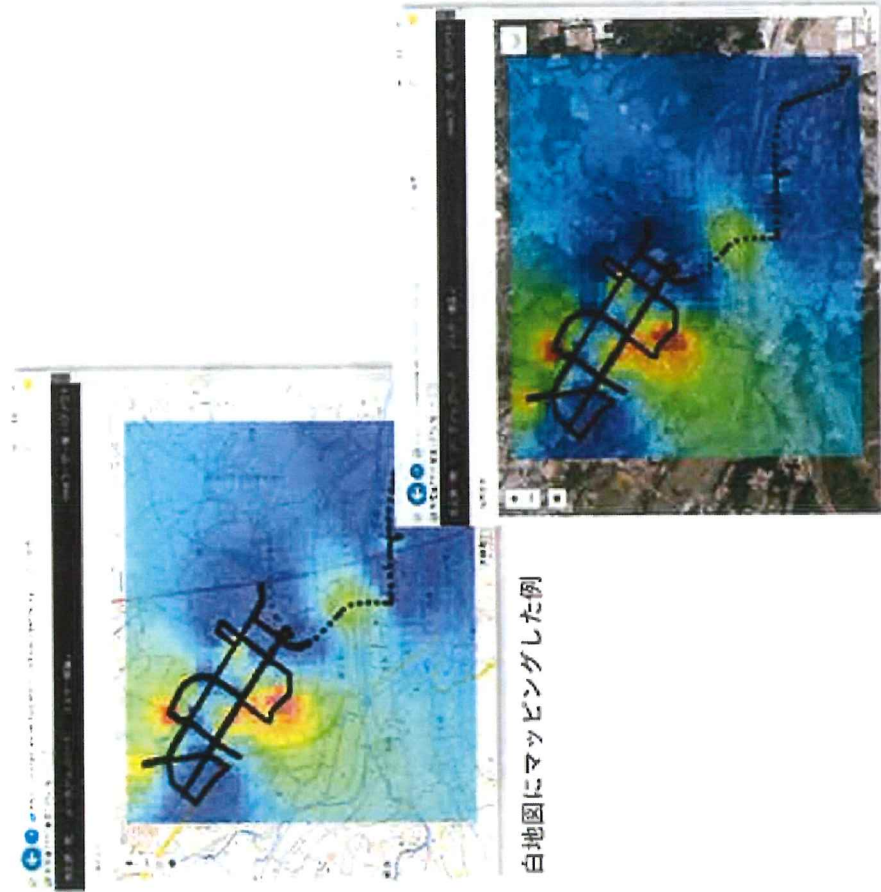
• BIN 線量率による定性分析





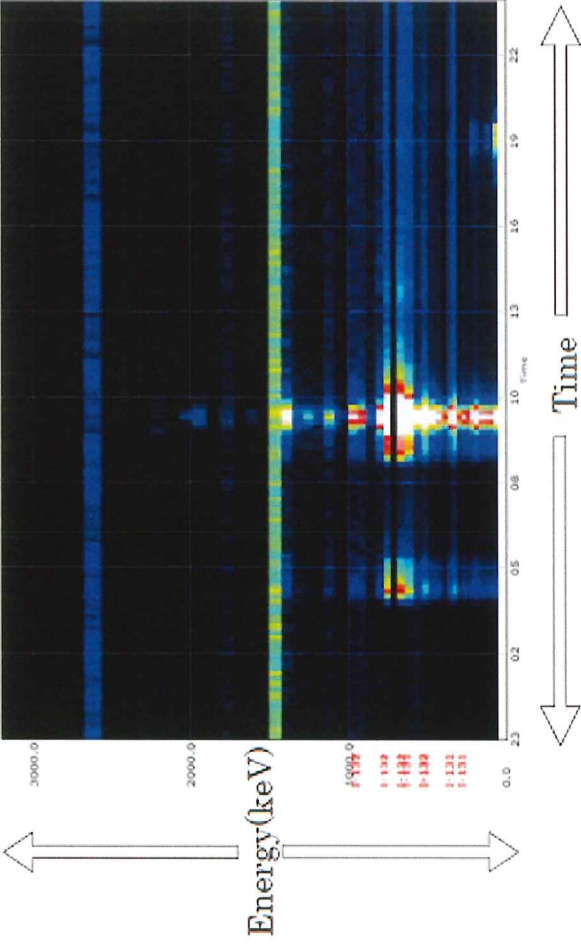
⑱ マッピング機能

- Webブラウザから国土地理院の地図図を使用し、実測ポイントからの逆距離重みづけ補間によるコロンタ表示。
- 航空写真へのインポーズも可能。



白地図にマッピングした例

航空写真にマッピングした例

<p>⑳ 測定値の表示方法</p>	<p>デジタル表示 (ソフトウェア)</p> 
<p>㉑ 測定値以外の取得情報</p> <p>㉒ アラート機能</p>	<p>スペクトル、GIS 情報、ドライブレコーダーによる走行画像</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 低線量しきい値超過アラーム</li> <li>• 高線量しきい値超過アラーム</li> <li>• 剰余線量(人工成分)しきい値超過アラーム</li> <li>• K-40ピークドリフトしきい値超過アラーム</li> <li>• 積算線量しきい値超過アラーム (フラッシュライトで報知) (静岡県への導入システムの 場合)</li> </ul>
<p>㉓ GPS の測位精度</p>	<p>±20 m</p>
<p>㉔ システム稼働環境</p>	<p>Windows 用にデザインされた PC、C++、net 及び C#. net</p>

②⑤ データ蓄積方法	(生スペクトル及び詳細な分析結果) ローカル HDD (マッピング情報) クラウド上の DB
②⑥ ファイル出力可否	ファイル出力可
②⑦ ファイル出力時の データフォーマット	CSV ファイル
②⑧ その他の機能	



(2) ユーザー（静岡県）へのヒアリング調査結果

ヒアリング調査を2020年2月12日（水）に静岡県環境放射線監視センターで実施した。

① 導入している走行モニタリングシステムの概要

【導入台数】

高機動性モニタリングシステム 1台

緊急時における道路渋滞等を回避するため、機動力の高いモニタリングバイクに搭載している。

それ以外に、固定式のモニタリングカーを2台所有しているが、本調査では高機動性モニタリングシステムを調査対象とした。



図 B.2 静岡県のモニタリングバイクと高機動性モニタリングシステム

【導入年度】

平成30年度（平成28年度より導入のための検討を開始した。）

【通信方法】

LTE 携帯回線による Wifi 通信

【検出器】

低線量率測定用：NaI(Tl)シンチレーション検出器

高線量率測定用：GM 計数管

スペクトルデータも取得し、システム内に送信及び保存している。

## ② 測定実施計画

### 【平常時】

平常時での測定計画はない。

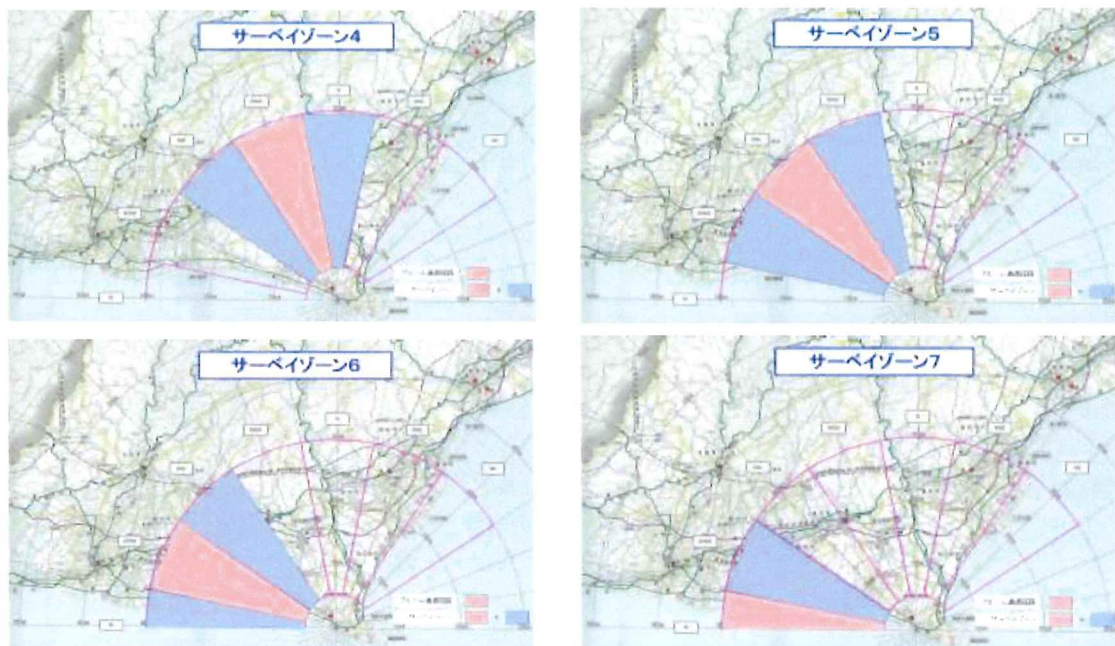
### 【緊急時】

「静岡県緊急時モニタリング計画」及び「静岡県緊急時モニタリング実施要領」に基づき、全面緊急事態において、放射性物質の放出が収束した後、放射性物質の分布状況及び蓄積状況の詳細を把握するために走行サーベイを実施することとしている。

### 走行ルート

放射性プルームの指定通過経路ごとに、重点的にサーベイすべきゾーンをサーベイゾーンとして設定している（図B.3）。また、目的のサーベイゾーンまでの移動は東名高速道路及び新東名高速道路を使用することを基本とし、平常時に制限速度内で走行した場合という条件で、ある基点（インターチェンジ等）を出発し、1時間程度で基点まで帰還できる経路を基本ルートとして設定している（図B.4）。

各サーベイゾーンにおいて定められた基本ルート（15ルート）について、EMCの指示により走行サーベイを実施する。






プルーム通過経路   
サーベイゾーン  + 

図 B.3 サーベイゾーンの例

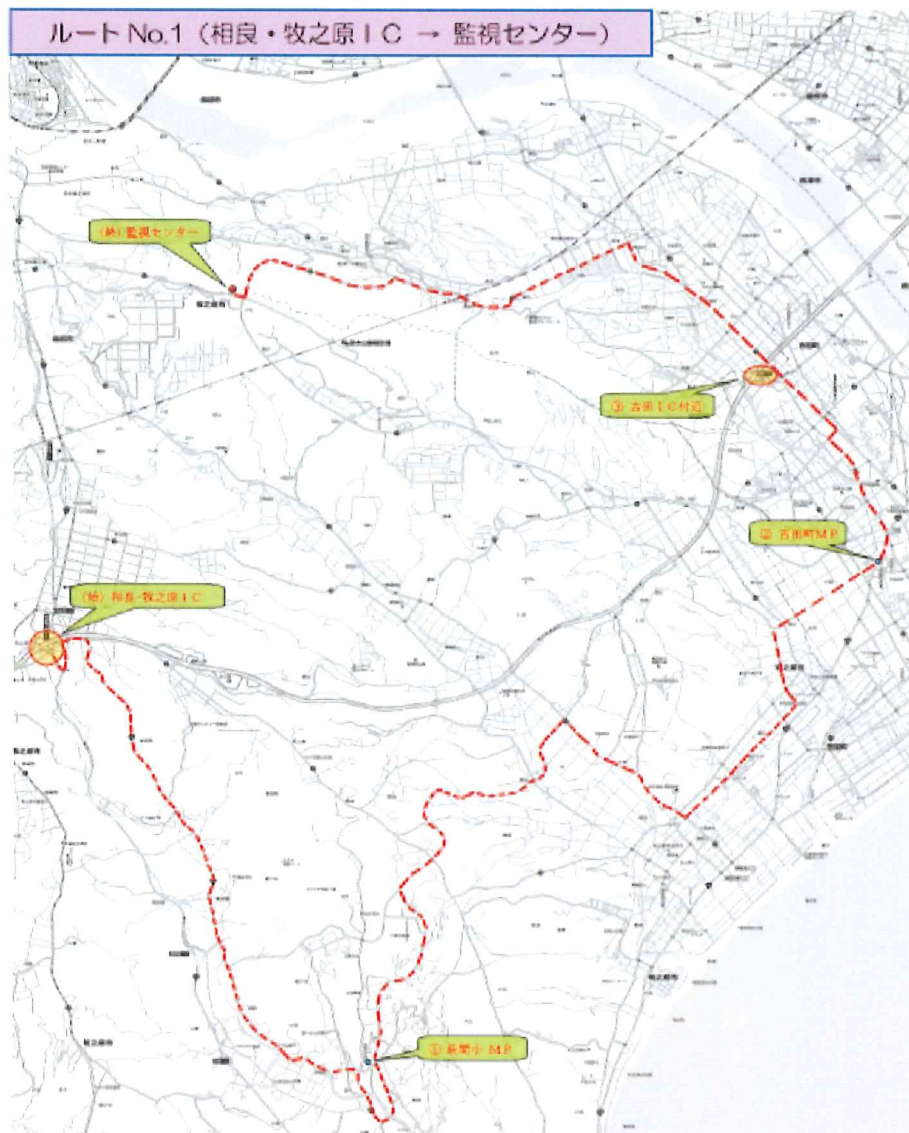


図 B.4 緊急時モニタリングにおける走行ルート例

### ③ 測定実施体制

EMC の企画調整グループからの指示書に基づき、測定分析グループが走行サーベイを実施する。

### ④ 測定方法

県で定めている「モニタリングカー等による走行サーベイの実施方法」に基づき、測定を実施する。

測定器は地表から 1 m 高さに設置している。出発前に必ず NaI (Tl) シンチレーション検出器のゲイン調整を実施し、適切に線量率が演算されるよう調整する。測定時間は 5 秒間で、1 分間 (積算数 12) の移動平均値を取得している。走行速度は、放射性物質の分布状況やホットスポットを捉えるために、法定速度以下のできるだけ低速が望ましいとしている (20 km/h 以下)。乗車する者は防護服を



着用し、アラームメータその他必要な防災資機材を携行することとしている。

【車内外補正係数】

遮へいの影響はないため、考慮していない。

- ⑤ これまでに取得した測定データ  
静岡県内での BG レベル評価データ  
福島県内での走行サーベイデータ (図 B. 5)

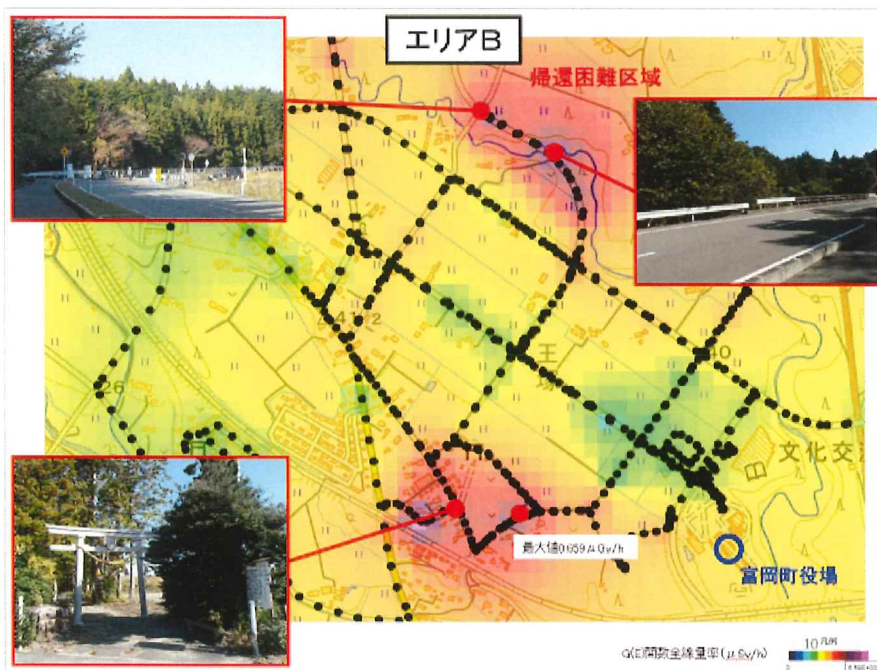


図 B. 5 福島県内での走行サーベイデータ

- ⑥ 維持管理方法 (保守対応等)

【保守・校正】

メーカーによる保守と校正を実施している。

- ⑦ 使い勝手等に関する意見

【良い点】

- ・ 自然災害時や避難による渋滞時でも効率よく測定データを採取可能である。
- ・ コンタ図により、放射性物質の面的な分布状況を把握することができる。
- ・ 車両等による遮へいの影響を考慮する必要がない。
- ・ 放射性物質の人工成分と自然成分を弁別可能である。
- ・ 燃費が良い (40 km/L 以上)。

【改善点】

- ・ 出発前に毎回 NaI (T1) シンチレーション検出器のゲイン調整を行う必要があり、煩雑である。

- ・測定器等に振動が伝わりやすいので固定について工夫する必要がある。
- ・身体が外部環境に曝されるための対策として、警告灯付き被ばく線量計を搭載している。

## 参考文献

- 1) 原子力規制委員会, 原子力災害対策指針, 令和元年7月3日
- 2) 原子力規制庁監視情報課, 緊急時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料), 平成26年1月29日(令和元年7月5日一部改訂)
- 3) 原子力規制庁監視情報課, 放射能測定法シリーズNo.17 連続モニタによる環境 $\gamma$ 線測定法, 平成29年12月改訂
- 4) M. Takeishi, M. Shibamichi, A. Malins, et al., Using two detectors concurrently to monitor ambient dose equivalent rates in vehicle surveys of radiocesium contaminated land, J. Environ. Radioact., 177, 1-12(2017)
- 5) 国土地理院地図(電子国土Web)
- 6) KURAMA-II仕様調査資料及び(株)松浦電弘社提供資料
  - ・仕様調査回答
  - ・浜松ホトニクス(株), 放射線検出モジュール C12137 シリーズカタログ, 2018年6月
  - ・(株)松浦電弘社, 移動式モニタリングシステム 完成仕様書, 初版, 2019年10月28日
  - ・(株)松浦電弘社, KURAMA-IIシステム図面, 2019年10月29日
  - ・津田修一, 吉田忠義 他, 走行サーベイシステム KURAMA-II を用いた測定の基盤整備と実測への適用, JAEA-Technology 2013-037, 2013年10月
  - ・GlobalSat, GPS Mouse User's Guide V1.0(WIN), 2011年9月13日
- 7) ラジプローブ仕様調査資料及び(株)千代田テクノ提供資料
  - ・仕様調査回答
  - ・(株)千代田テクノ, ラジプローブ(Radi-Probe)取扱説明書, 第3版, 2013年7月
  - ・(株)千代田テクノ, 放射線モニタリングシステム ラジプローブカタログ
  - ・(株)千代田テクノ, 放射線モニタリングシステム Android版ラジプローブカタログ
  - ・(株)千代田テクノ, Radi-Probe Android版かんたん運用ガイド, Ver.1.0
  - ・MIRION Technologies, HDS-101 G/GN 操作マニュアル(テクノヒル(株)日本語訳)
  - ・MIRION Technologies, HDS-101G/GN カタログ, 2013年1月9日
  - ・Test report (ANSI 42.33-2003), Qualification of HDS100G and HDS100GN probes, 2006年11月3日
  - ・GlobalSat, GPS Mouse User's Guide V1.0(WIN), 2011年9月13日
- 8) RAMPU仕様調査資料及び(公財)原子力安全技術センター提供資料
  - ・(公財)原子力安全技術センター, RAMPUシステム 機器概要
  - ・(公財)原子力安全技術センター, Radiation Monitoring Portable Units RAMPU(ランプ)製品マニュアル, Ver.1.0.
  - ・(公財)原子力安全技術センター, 走行モニタリング用ポータブル型車載ユ



- ネット Bluetooth 接続手順 操作説明書, 平成 29 年 8 月
- ・(株) データ・テック, M12 Pocket 取扱説明書, 第 6 版, 平成 23 年 9 月
  - ・MIRION Technologies, HDS-101 G/GN 操作マニュアル (テクノヒル (株) 日本語訳)
  - ・Polimaster Pacific (株), PM1703MO-1 取扱説明書
- 9) Polimaster 製 PM1703MO-1B 仕様調査資料及びたろうまる (株) 提供資料
- ・たろうまる (株), 放射線測定器 PM1703MO-1A, PM1703MO-1B 仕様一覧表
  - ・たろうまる (株), PM1703MO-1A, PM1703MO-1B カタログ
  - ・たろうまる (株), Verification energy dependence of instruments (抜粋)
- 10) 高機動性モニタリングシステム仕様調査資料及びミリオンテクノロジーズ・キャンベラ (株) 提供資料
- ・仕様調査回答
  - ・ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ (株), 高機動性モニタリングシステムカタログ, 2019 年 5 月
  - ・Minato, S., Diagonal elements fitting technique to improve response matrixes for environmental gamma ray spectrum unfolding, Radioisotope, 50, 463-471(2001)
  - ・松田秀晴, 湊進, Vincenzo Pasquale, 環境  $\gamma$  線解析用応答行列法の精度評価, Radioisotope, 50(1), 42-50(2002).
- 11) 谷垣実, GPS 連動型放射線自動計測システム -KURAMA/KURAMA-II の開発と運用-, 電気学会誌, 137(9), 622-625(2017)
- 12) (国研) 日本原子力研究開発機構 吉田忠義氏 私信, 2020 年 2 月
- 13) 吉田忠義, 津田修一, 斎藤公明, 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立(4)自動車に搭載した KURAMA システムの方向特性, 日本原子力学会 2013 年秋の大会
- 14) 福島県提供資料
- ・福島県, KURAMA-II の基本
  - ・福島県, 福島県緊急時モニタリング計画, 第 2 版, 平成 30 年 3 月 22 日
  - ・福島県, 福島県緊急時モニタリング実施要領, 第 2 版, 平成 30 年 3 月 22 日
  - ・車内外補正係数評価資料
- 15) 鳥取県提供資料
- ・仕様調査回答
  - ・京都大学原子力科学研究所, KURAMA の概要
  - ・鳥取県, 鳥取県緊急時モニタリング実施要領 (島根原子力発電所編), 第 4 版, 令和元年 7 月 30 日
  - ・鳥取県, 鳥取県緊急時モニタリング実施要領 (人形峠環境技術センター編), 第 3 版, 令和元年 7 月 30 日
  - ・鳥取県, 鳥取県原子力防災ハンドブック, 平成 31 年 3 月
  - ・(株) 守谷商会, 走行モニタリング機器取扱説明書, 初版, 2019 年 3 月 16 日

- ・(株) 守谷商会, データ収集サーバー・操作端末等取扱説明書, 第2版, 2019年3月23日
  - ・緊急時モニタリング訓練時測定データ 島根原発訓練編, 2019年11月9日
  - ・緊急時モニタリング訓練時測定データ 人形峠訓練編, 2019年10月16日
  - ・(株) 守谷商会, 車両遮蔽補正係数について, 2019年3月9日
- 16) 新潟県提供資料
- ・新潟県, 平成31年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査年度計画, 平成31年3月
  - ・新潟県, 新潟県緊急時モニタリング計画, 第2版, 平成30年8月22日
  - ・新潟県防災局原子力安全対策課, 新潟県緊急時モニタリング実施要領, 第2版, 平成31年4月18日
  - ・新潟県, ラジプローブ操作マニュアル(車載端末編), Ver.20190402
  - ・新潟県, ラジプローブ操作マニュアル(監視端末編), Ver.20190328
  - ・橋崎光太郎, 佐藤祥, 丸太文之, 車載型放射線モニタリングシステムの概要, 新潟県放射線監視センター年報, 第11巻, 56-63(2013)
  - ・佐藤祥, 大谷直弘, 永田優太, 諏訪成雄, 車載型放射線モニタリングシステムのAndroidスマートフォン化, 新潟県放射線監視センター年報, 第16巻, 35-42(2018)
- 17) 宮城県提供資料
- ・宮城県, 宮城県緊急時モニタリング計画, 平成28年3月
  - ・宮城県, 宮城県緊急時モニタリング実施要領
  - ・原子力施設緊急時モニタリング情報共有システム維持管理業務仕様書
  - ・走行サーベイ用測定機器操作マニュアル
  - ・木村昭裕, 木村幸由, 伊藤節男 他, 走行サーベイ用CsI(Tl)線量計の遮蔽係数の測定, 日本原子力学会 2019年秋の大会
- 18) 福井県提供資料
- ・福井県放射能測定技術会議, 原子力発電所周辺の環境放射能調査計画書, 2019年度
  - ・福井県, 福井県緊急時モニタリング実施要領, 第5版, 令和元年6月
  - ・福井県, 走行サーベイマニュアル
  - ・モニタリング情報共有システム管理運営業務仕様書
- 19) 静岡県提供資料
- ・静岡県, 静岡県緊急時モニタリング計画, 令和元年11月1日最終改正
  - ・静岡県, 静岡県緊急時モニタリング実施要領, 令和元年11月1日最終改正
  - ・静岡県環境放射線監視センター, モニタリングカー等による走行サーベイの実施方法, 令和元年11月1日一部改正
  - ・走行サーベイルート図
  - ・若松 雄二, 高機動性モニタリングシステムの開発①, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月6日
- 20) モニタリング調整会議, 総合モニタリング計画, 平成31年2月1日改定
- 21) (株) 日立製作所, LUCREST エネルギー補償形 $\gamma$ 線用シンチレーションサーベイメータ TCS-1172, 改訂7版, 2017年6月

- 22) 日本原子力研究開発機構, 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト, マッピングツール, <https://emdb.jaea.go.jp/emdb/>
- 23) 新潟大学 後藤淳氏 私信, 2020年2月
- 24) 津田修一, 谷垣実, 吉田忠義, 他, シンチレーション検出器を用いた環境中の線量率測定値の結晶形状依存性, 日本原子力学会和文論文誌, 17(1), 11-17(2018)
- 25) 被ばく医療最前線の現場から生まれた革新的放射線モニタリングシステム「ラジプローブ」, 放医研NEWS, No.173, 2012年3月
- 26) 革新的放射線モニタリングシステム「ラジプローブ(仮称)」開発 発表資料, 独立行政法人 放射線医学総合研究所, 2011年10月18日
- 27) M. Andoh, S. Mikami, S. Tsuda, et al., Decreasing trend of ambient dose equivalent rates over a wide area in eastern Japan until 2016 evaluated by car-borne surveys using KURAMA systems, J. Environ. Radioact., 192, 385-398(2018)
- 28) M. Andoh, Y. Nakahara, S. Tsuda, et al., Measurement of air dose rates over a wide area around the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant through a series of car-borne surveys, J. Environ. Radioact., 139, 266-280(2015)
- 29) M. Andoh, H. Yamamoto, T. Kanno, et al., Measurement of ambient dose equivalent rates by walk survey around Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant using KURAMA-II until 2016, J. Environ. Radioact., 190-191, 111-121(2018)
- 30) S. Tsuda, T. Yoshida, M. Tsutsumi, et al., Characteristics and verification of a car-borne survey system for dose rates in air: KURAMA-II, J. Environ. Radioact., 1-6(2014)
- 31) S. Kobayashi, T. Shinomiya, T. Ishikawa, et al., Low  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  ratio anomaly in the north-northwest direction from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station, J. Environ. Radioact., 178-179, 84-94(2017)
- 32) S. Kobayashi, T. Shinomiya, H. Kitamura, et al., Radioactive contamination mapping of northeastern and eastern Japan by a car-borne survey system, Radi-Probe, J. Environ. Radioact., 139, 281-283(2015)
- 33) 独立行政法人 放射線医学総合研究所, 備えとしての緊急被ばく医療研究, 放射線科学, 55(3), 2012年10月
- 34) 細田正洋, 井上一雅, 岡光昭, 他, 走行サーベイによる環境放射線レベルの評価 -青森県全域における調査概要-, Jpn. J. Health Phys., 51(1), 27-40(2016)
- 35) 鈴木将文, 佐々木守, 菊池浩司, 走行サーベイによる測定値の地上高1m値への換算-詳細検討とこれを用いた青森県全域調査結果の検討-, Jpn. J. Health Phys., 53(4), 207-218(2018)



発 行 者 公益財団法人 日本分析センター  
千葉市稲毛区山王町 295 番地 3  
TEL. 043-423-5325 〒263-0002  
発行責任者 放射能分析事業部長 磯貝 啓介

**リサイクル適性 (A)**

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。