



平成24年3月21日

文部科学省による 走行サーベイによる連続的な空間線量率の測定結果 (平成23年12月時点) について

昨年12月6日から、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第2次分布状況等調査として実施していた、走行サーベイによる連続的な空間線量率の測定結果がまとまりましたので、お知らせします。なお、本測定結果は、放射線量等分布マップ拡大サイトにおいて、空間線量率の詳細な分布状況が確認できるようになっております。

1. 本調査の実施目的

文部科学省では、地表面に沈着した放射性物質による住民の健康への影響及び環境への影響を将来にわたり継続的に確認するため、梅雨が本格化し、土壌の表面状態が変化する前の時点（昨年6月）において、東京電力(株)福島第一原子力発電所から概ね100km圏内及びその圏外の福島県について、走行サーベイによる空間線量率の連続的な測定※（以下、「第1次走行サーベイ」と言う）を実施した。

その結果、走行サーベイによる空間線量率の測定手法の妥当性を確認するとともに、福島第一原子力発電所から概ね100km圏内及びその圏外の福島県における詳細な道路周辺の空間線量率の分布状況が確認されたところ。

他方で、その後の航空機モニタリングの結果等から、比較的、空間線量率が高い地域が栃木県、群馬県、千葉県や岩手県等まで拡大していることが確認されている。

そこで、事故の全体像の把握や被ばく線量評価のための基礎情報を収集するため、第4次航空機モニタリングの測定結果（昨年11月5日換算）から年間1mSvに相当するような比較的、空間線量率が高い地域（ $0.2\mu\text{Sv/h}$ 相当）を中心に、昨年12月から走行サーベイによる連続的な空間線量率の測定（以下、「第2次走行サーベイ」と言う）を新たに実施した。

なお、これらの結果については、文部科学省内に設置した「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」において、測定手法や測定結果の表示方法等を確認した上で、妥当であることを確認した。

※走行サーベイは、道路周辺の空間線量率を連続的に測定するため、車内に放射線測定器を搭載し、地上に蓄積した放射性物質からのガンマ線を詳細かつ迅速に測定する手法。なお、本調査では、京都大学が独自に開発した走行サーベイシステム「KURAMA」を（福島県の協力により）使用した。

2. 本調査の詳細

- 測定実施日：①福島第一原子力発電所から 20km 圏外：12 月 5 日～12 月 23 日
②福島第一原子力発電所から 20km 圏内：12 月 28 日
- 測定機関：独立行政法人日本原子力研究開発機構、独立行政法人放射線医学総合研究所 等
- 対象項目：道路上の地表面から 1 m 高さの空間線量率

3. 本調査の結果

空間線量率の測定にあたっては、KURAMA システムに接続した、校正済みの NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ、及び電離箱式サーベイメータを使用しており、空間線量率が毎時 $30 \mu\text{Sv}$ を越えない箇所については、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータを使用し、空間線量率が毎時 $30 \mu\text{Sv}$ を越える場所においては、電離箱式サーベイメータに接続を切り替えて使用した（詳細は別紙 1 参照）。

測定の結果、道路上の地表面から 1m 高さの空間線量率の分布状況を示した、「走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ」は別紙 2 のとおりである。

なお、別紙 2 の空間線量率マップは以下の条件のもと作成した。

- 文部科学省が 12 月 5 日から 12 月 28 日まで測定した走行サーベイの結果を基に作成した。
 - 走行サーベイマップの作成にあたっては、昨年の 6 月の第 1 次走行サーベイを実施した結果をまとめた際と同様に、
 - ・現在の空間線量率への寄与の大部分が放射性セシウムによるものであると考えられること
 - ・測定期間中のセシウムの減衰に伴う空間線量率の減少を計算した結果、1%強程度であること
- から、測定計器の有する誤差よりも低いことを考慮して、一定の日付に揃えて減衰補正をせず、測定した日の測定結果をそのまま使用することとした。
- 走行サーベイマップの作成にあたっては、測定経路の都合、同一の道路を複数回測定している場合は、測定結果の最高値を表示することとした。
 - なお、今回のモニタリングの実施範囲については、一部の地域で積雪が確認された。積雪箇所については、文部科学省のこれまでのモニタリングにおいても、雪による地上からのガンマ線の遮蔽に伴い、空間線量率が低く測定される傾向が確認されており、本モニタリングの結果においても、同様の傾向が予想される。そこで、本マップにおいて、積雪箇所（空間線量率の測定結果が低くなっていると想定される箇所）を区別するため、積雪箇所を実線で囲われた白色の領域で表示する。なお、積雪箇所の特定にあたっては、（独）宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）が公開を行なっている地球環境モニター（JASMES^{※1}）上の、NASA の地球観測衛星 Terra 及び Aqua の観測結果^{※2}を活用した。

※1: JAXA 地球環境モニター (JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies) の略称

※2 : NASA の地球観測衛星 Terra 及び Aqua に搭載された光学センサ (MODIS) で観測された日本付近の積雪データについて JAXA が独自の処理アルゴリズムにて解析処理した結果を活用している。JAXA においては、宇宙から大気、海洋、陸、雪氷といった地球全体を長期間 (10~15 年) 観測し、水循環や気候変動の監視とそのメカニズムを解明するため、「地球環境変動観測ミッション (GCOM: Global Change Observation Mission)」を計画しており、本データは、気候変動観測衛星 (GCOM-C) 用光学センサーの解析アルゴリズム評価のために受信・処理が実施されている。なお、本データは、500m メッシュの解像度であり、深さが約 5 cm 以上ある均一な積雪域であれば表示できるが、それ以下の積雪深さでは地表面の被覆状況により積雪の有無を正確に判定することが困難な場合がある。

4. 考察

4.1 全体的な考察

○本調査では、昨年 6 月に実施した第 1 次走行サーベイの測定範囲 (福島第一原子力発電所から 100km 圏内及びその圏外の福島県) よりも、さらに広域な地域 (茨城県、岩手県、神奈川県、群馬県、埼玉県、千葉県、栃木県、東京都、福島県、宮城県、山梨県) を対象に、昨年 12 月時点の道路上の空間線量率の分布状況について詳細に確認することができた。

なお、走行サーベイの測定結果として低線量域 ($1 \mu\text{Sv/h}$ 以下) においては、全体の空間線量率に占める天然核種による空間線量率の寄与が無視できなくなる (カリウム等の天然核種のガンマ線は放射性セシウムに比べてエネルギーが高い核種が多いため、車を透過しやすい) ため、放射性セシウムの沈着により空間線量率が高くなっている地域では、走行サーベイで直接測定された車内の空間線量率を車外の空間線量率に補正するにあたって補正係数 1.3 を乗算して評価できるが、放射性セシウムの沈着量が低く、天然核種の寄与が比較的大きな地域では、補正係数は 1.3 より低くなっているため、現行の補正係数 1.3 を用いて一律に補正した場合、空間線量率を高めに評価しているものと考えられる。

○本結果から、福島市から桐生市までの帯状の地域について、空間線量率が $0.5 \sim 1.0 \mu\text{Sv/h}$ の比較的高い線量域が確認されるとともに、茨城県水戸市から東京都東部までの帯状の地域についても、空間線量率が $0.2 \sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$ の線量域が確認された。また、空間線量率の分布状況を地形に着目して確認したところ、別紙 3 に示すように岩手県から、山梨県までの全体の空間線量率の分布傾向として、山岳に沿って放射性プルームが流れた痕跡が確認された。

そこで、それぞれの地点ごとに拡大して確認したところ、別紙 3① (a, b) に示すように、福島第一原子力発電所の近傍及び周辺で放射性プルームの流れた方向に連続して空間線量率が高い地点が存在する一方、その近辺で放射性プルームが流れた箇所から離

れるにつれて空間線量率が急激に減少する様子が確認されており、放射性プルームの流れの推測に役立つ結果が得られた。

また、別紙 3② (c、d) に示すように、山に向かって高度が高くなるにつれて空間線量率が徐々に減少する傾向が確認されており、事故時の放射性核種の沈着状況と地形の関係が示唆される結果が得られた。

以上から、事故発生時から 9 ヶ月程度経っているものの、福島第一原子力発電所から放出された放射性プルームの流れの経路や放射性核種の沈着状況の検証へ活用されることが期待される。

4.2 第 1 次走行サーベイ（昨年 6 月期に実施）と第 2 次走行サーベイで（昨年 12 月期に実施）で得られた空間線量率の変化傾向に関する考察

○昨年 6 月から 12 月までの道路上における空間線量率の変化傾向を確認するため、本調査で空間線量率が測定された地点のうち、昨年 6 月期に実施した第 1 次走行サーベイで空間線量率が測定された箇所から 30m 以内の範囲で測定結果が得られている地点について、昨年 6 月期に対する本調査時点（昨年 12 月期）の空間線量率の比率を確認した。その結果、別紙 4 のグラフのように、個々の地点におけるトレンドはあるが、平均で 30% 近く空間線量率が減少していることが確認された。この期間における、セシウムの半減期に起因する空間線量率の物理的減衰は 10% 程度であるため、降雨等の自然環境の要因や道路上を車が走行することに伴い、道路上に沈着した放射性物質が希釈されていったものと推定される。

○また、JAXA の ALOS (だいち) データを用いた高解像度土地利用土地被覆図の結果を活用し、道路周辺の土地利用の状態を判別した上で、昨年 6 月期に対する本調査時点（昨年 12 月期）の空間線量率の比率について、道路周辺の土地利用の違いごとに比較した。その結果、別紙 5 に示すように、常緑樹周辺の道路での空間線量率の減少傾向は、それ以外の土地利用での減少傾向より統計学的に有意に小さいことが確認された。この理由の一つとして、スギ等の常緑樹では、樹冠等に付着した放射性物質が移行しにくい状態にあり、他の土地利用に比べて、常緑樹林に面した道路上における空間線量率の減少傾向が小さくなっているものと考えられる。

4.3 走行サーベイによる道路上の空間線量率と道路周辺の土壌上における空間線量率の測定結果の関係に関する考察

○走行サーベイによる測定では道路上の空間線量率を測定しているが、その測定結果が道路周辺の土壌上における空間線量率をどの程度反映しているか調べるため、空間線量率の分布状況が異なる地域において、走行サーベイを実施した道路上の空間線量率と道路周辺の土壌上における空間線量率とを比較した。その結果、別紙 6 に示すように、走行サーベイを実施した道路から 500m までの範囲の土壌上で測定された空間線量率の測定結果と道路上の空間線量率の測定結果は相関性があり、全体の傾向として、本調査時点では、道路周辺での空間線量率は道路上の空間線量率と比較して、平均で 1.2 倍程度高

くなっていることが確認された。このことから、道路上で測定された空間線量率の分布状況は、道路周辺の空間線量率の分布傾向を反映しており、走行サーベイで測定された連続的な空間線量率の測定結果から、道路周辺の土壌上の空間線量率の概況を確認できることが示唆された。

- そこで、走行サーベイで測定された道路上の連続的な空間線量率の測定結果を 1.2 倍した評価値（以下、「走行サーベイ評価値」と言う）と、同じく空間線量率の分布状況等を確認するための手法である航空機モニタリングの測定結果（本比較では文部科学省における第 4 次航空機モニタリングによる空間線量率の測定結果（11 月 5 日換算）を使用）とを比較した。比較にあたっては、道路から 500m 範囲内までの土壌上でのサーベイメータによる空間線量率の測定結果は、道路上の空間線量率の測定結果と相関があることが確認されているため、道路上のこの範囲の空間線量率の平均値を 1.2 倍した評価値を用いた。その結果、別紙 7 に示すように、低線量域では、走行サーベイ評価値は航空機モニタリングの測定結果よりも若干高く出る傾向があるものの、走行サーベイ評価値と航空機モニタリングの結果とは全体の傾向として一致していることが確認された。

5. 今後の予定

- 本調査においては、昨年 12 月期において、第 4 次航空機モニタリングで測定された空間線量率の測定結果（昨年 11 月 5 日換算）が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以上の地域を中心に、各市町村からの要望を踏まえて、高速道路、一般国道、主要地方道、一般都道府県等で走行サーベイを実施し、詳細な空間線量率の状況を把握してきた。
- 他方で、文部科学省では、本測定にあたって、各市町村の要望にあるような詳細な道路までは把握ができないこと、降雪、積雪のため精度の良い測定ができない箇所を除いたことから、各市町村から要望のあった全ての道路について測定することが困難であった。
- そこで、各市町村から要望のあった道路を含め、更に詳細に空間線量率の分布状況を把握するため、各市町村と協働で追加的に走行サーベイを実施し、詳細な空間線量率を把握することとする。なお、本測定では低線量域の測定結果が多くなることが想定されるため、本調査を開始するにあたって、低線量域での測定車の遮蔽効果を詳細に検討し、低線量域における測定結果の精度向上に努める。

＜担当＞ 文部科学省 原子力災害対策支援本部 奥（おく）（内線 4604、4605） 電話：03－5253－4111（代表） 03－5510－1076（直通）
--

KURAMAシステムを用いた
走行サーベイ（平成 23 年 12 月時点）について

1. 測定目的

○事故全体像の把握に向け、第 4 次航空機モニタリングの測定結果（昨年 11 月 5 日換算）から、地表面から 1m 高さの空間線量率が毎時 0.2 マイクロシーベルト以上に相当するような地域（天然核種のみの影響により空間線量率が高くなっている地域を除く）における高速道路、一般道路、主要地方道、主要一般道、一般都道府県道等地域を中心に、車内に搭載した NaI シンチレーション式サーベイメータや電離箱と接続した KURAMA (Kyoto Univ. RAdiation MApping System) システムを用いて、道路上(車内)の空間線量率を測定する。

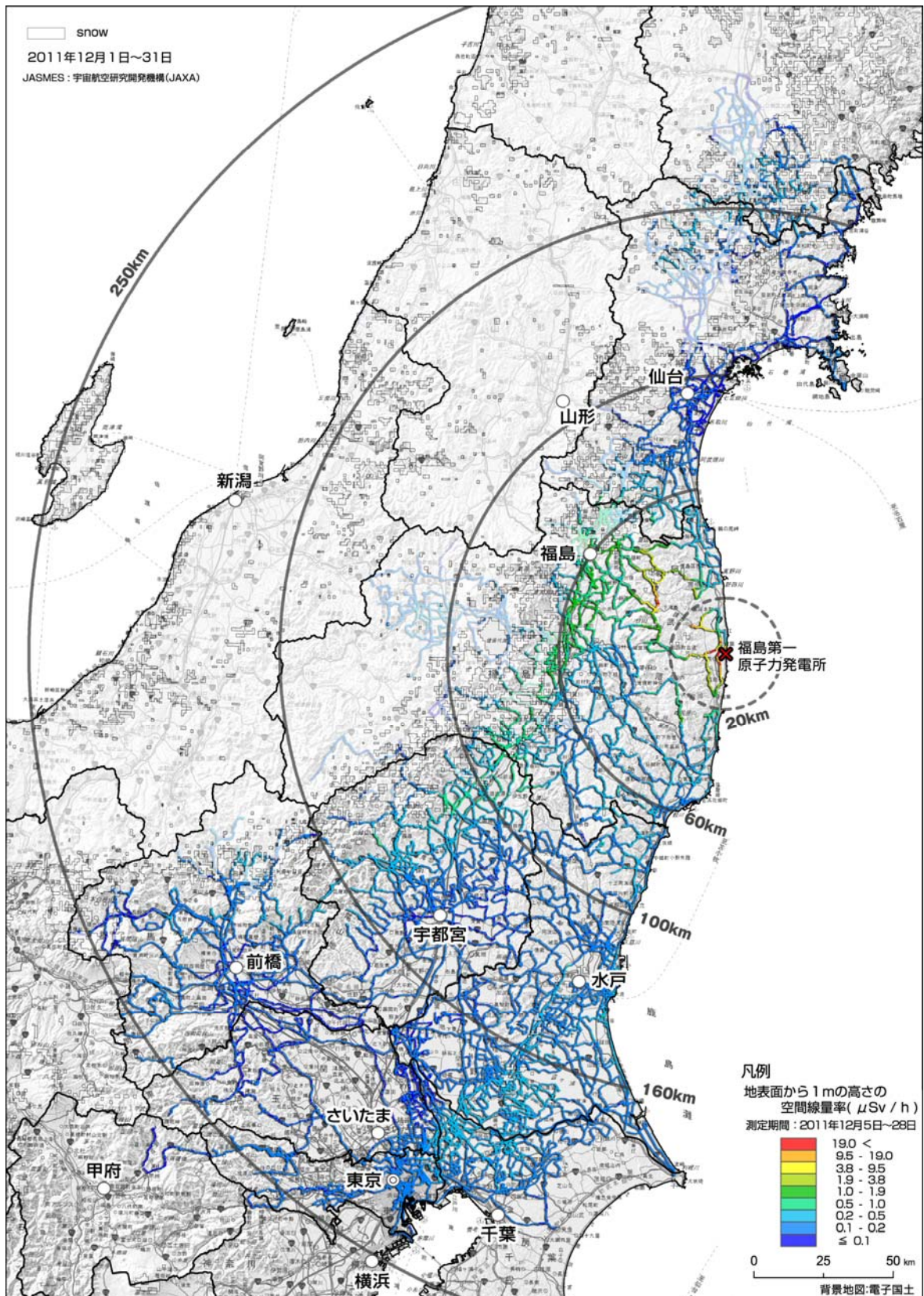
2. 測定手法

- 測定では校正済みの NaI (TI) シンチレーション式及び電離箱式サーベイメータを用いた。
- サーベイメータの検出部は、走行中の汚染を避けるため、測定車（レンタカー）の車内に設置することとし、後部座席右側の扉上部にある取っ手に進行方向後方に指向性が向くように固定した。
- 車内に設置したサーベイメータで計測した空間線量率は、別途定めた係数で測定車による遮蔽効果とサーベイメータの測定高さの違い等による差異を補正し、これを測定点における地表面から 1m の高さの空間線量率に換算した。
- 車体の汚染状況の確認のため、比較的、空間線量率が低く、周囲 10m 程度に障害物のないアスファルト舗装された駐車場中央部を決まった校正ポイントと定め、毎日の測定開始時と終了時に空間線量率の妥当性の確認を行った。その際、まず、車外の 1m の位置の空間線量率を測定、その後、測定車内に搭載したサーベイメータが測定ごとに同じ向きを向くように測定車を移動して測定した。適当な校正ポイントがない場合には、決まった地点で測定開始時と終了時に測定を行い、測定値に有意な変動がないことを確認した。
- また、車内及び車外で測定した空間線量率の補正係数は、補正係数自体の空間線量率への依存性を調べるため、低線量率から高線量率の『周囲に障害物のない広い場所』という条件を満たすいくつかの場所において、それぞれ補正係数を導出した。その結果、6 月期に走行サーベイを実施した際と同様に、車外で測定された空間線量率に対する車内で測定された空間線量率の比率は、低線領域では 1.3 より若干小さくなる傾向が確認されるものの、低線量域から高線量域まで概ね 1.3 であったことから、本調査においても、補正係数 1.3 を用いることとした。
- 測定車には 2 名の測定者と運転手 1 名の 3 名が搭乗し、測定者 1 名が KURAMA の操作や監視を行い、もう 1 名が運転手への走行経路の指示、測定本部との連絡などを行った。
- 測定は 5 秒ごとに自動的に実施した。（時速 40km では概ね 50m 間隔で測定値を取得。）
- なお、GPS による位置情報の読み取りタイミングの前後 1.5 秒間の計測値の時間平均を取って測定値とした。
- 測定中は測定本部等において、測定車から随時携帯回線を経由して送られて来るデータを常時モニタし、測定が正常に行われているか監視するとともに、効率的な測定経路を取れるよう指示や支援を行った。

3. 測定地点

- 測定地点としては、第4次航空機モニタリング（11月5日換算）の測定結果から空間線量率が毎時0.2マイクロシーベルト以上の地域及びその周辺地域（天然核種のみの影響により空間線量率が高くなっている地域を除く）を主たる測定対象地域とした上で、各市町村からの要望を踏まえて、これらの地域における高速道路、一般国道、主要地方道、一般都道府県道等について走行しながら、道路上における空間線量率を測定した。
- その結果、目標走行距離は約2.4万kmであったが、本測定では延べ約3.9万kmについて走行して道路周辺における地表面から1mの高さの空間線量率を測定した。

走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ(全体版)

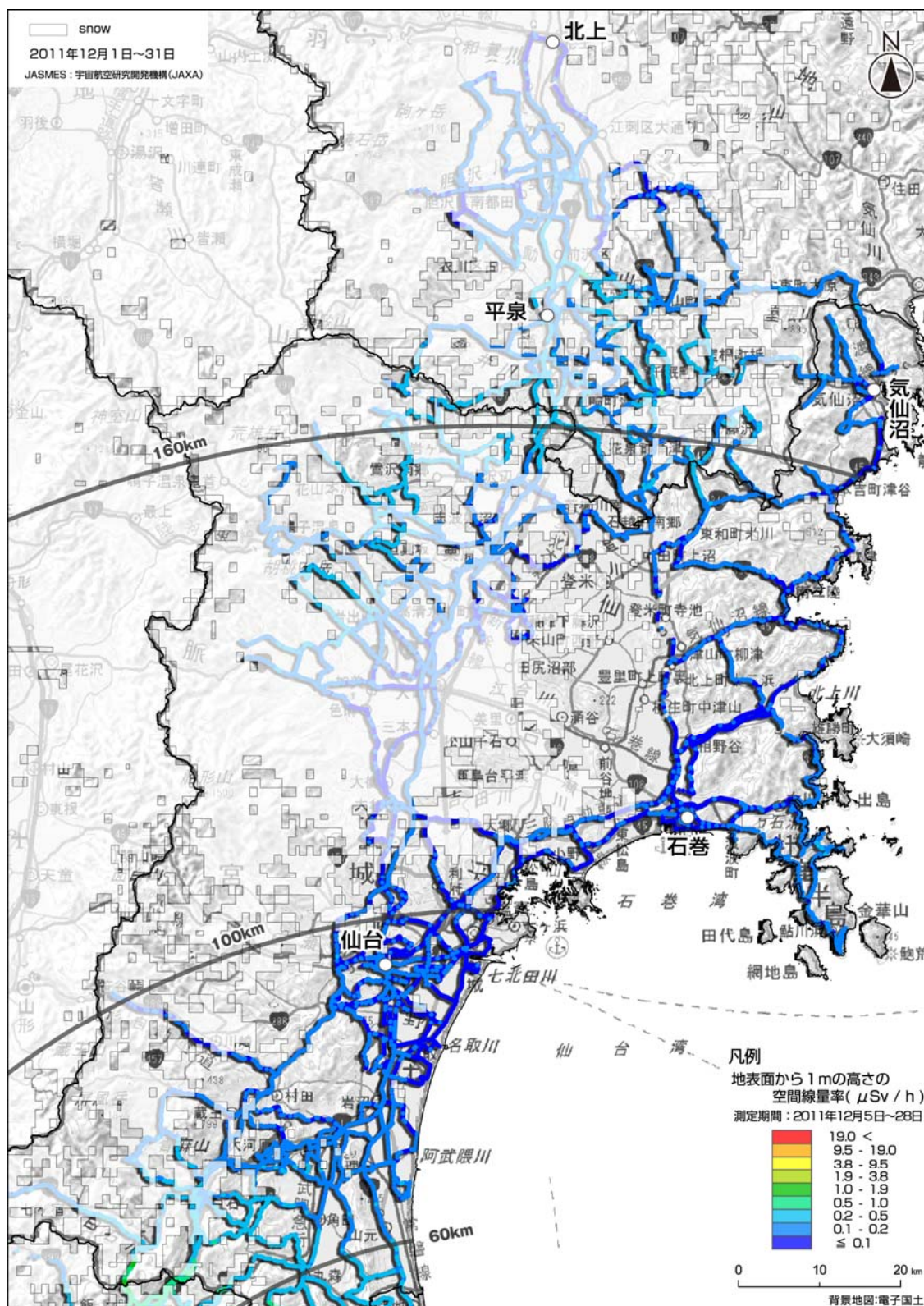


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ (岩手県、宮城県の拡大版)

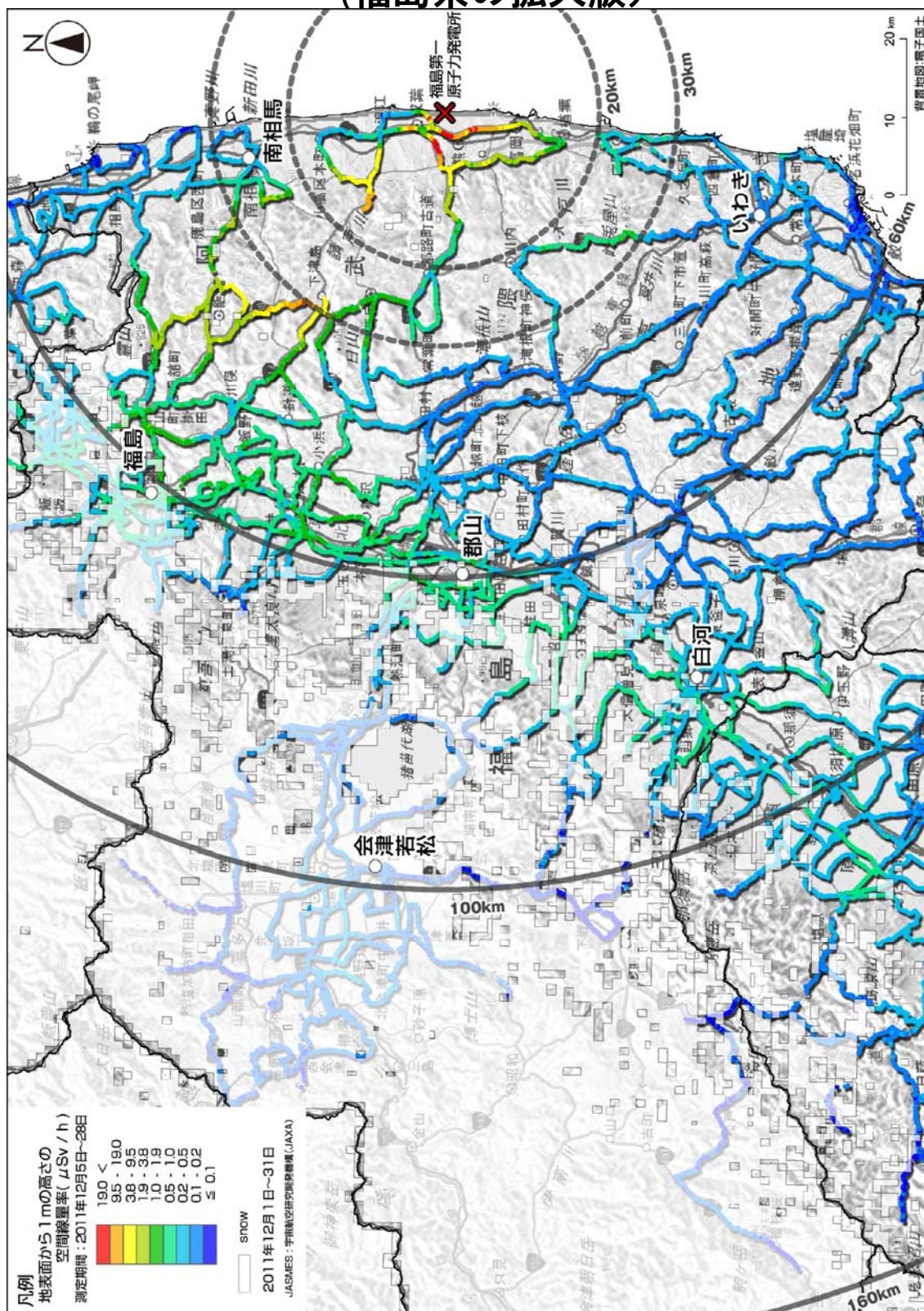


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ (福島県の拡大版)

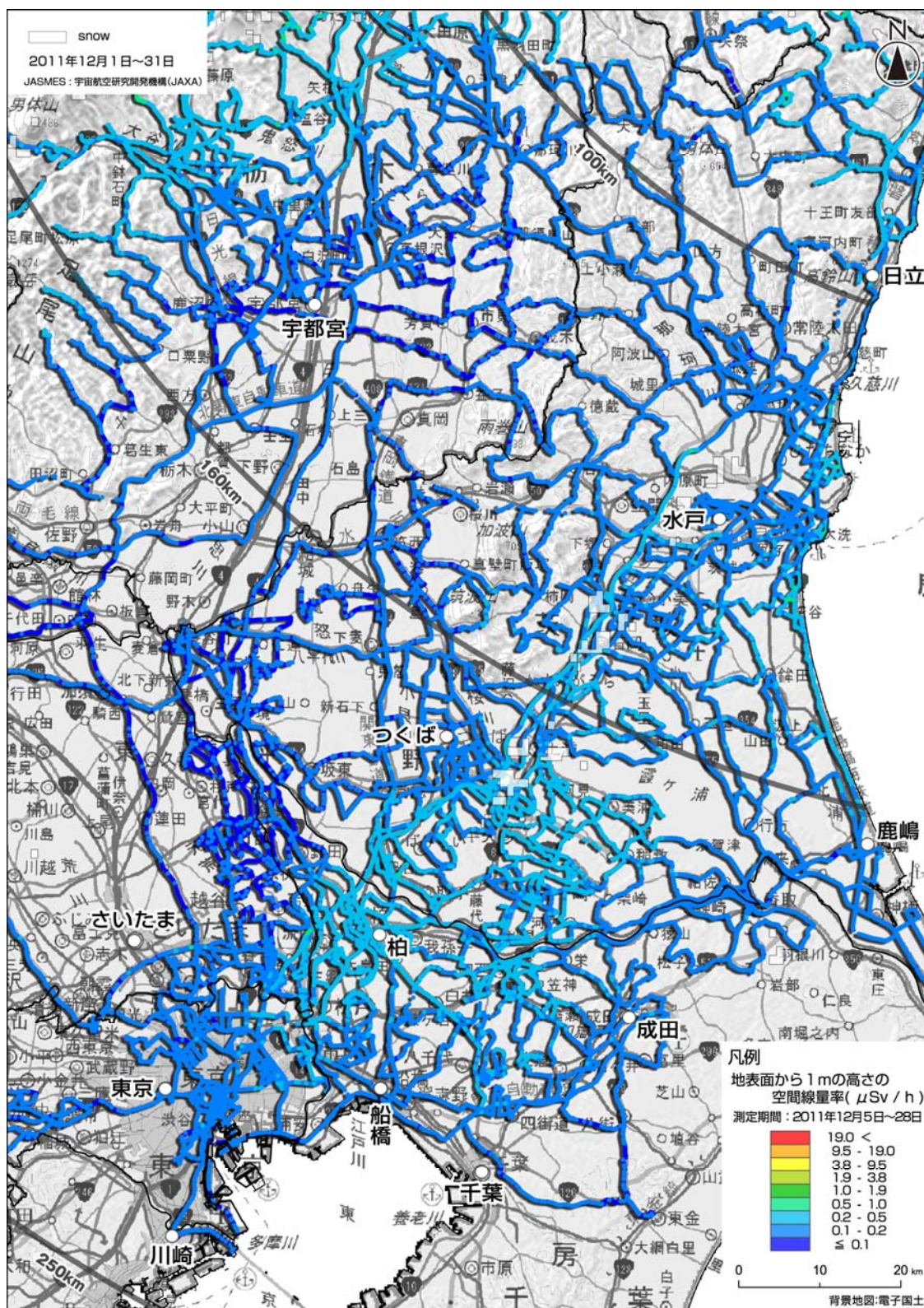


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ (茨城県、栃木県、千葉県、埼玉県、東京、神奈川県の拡大版)

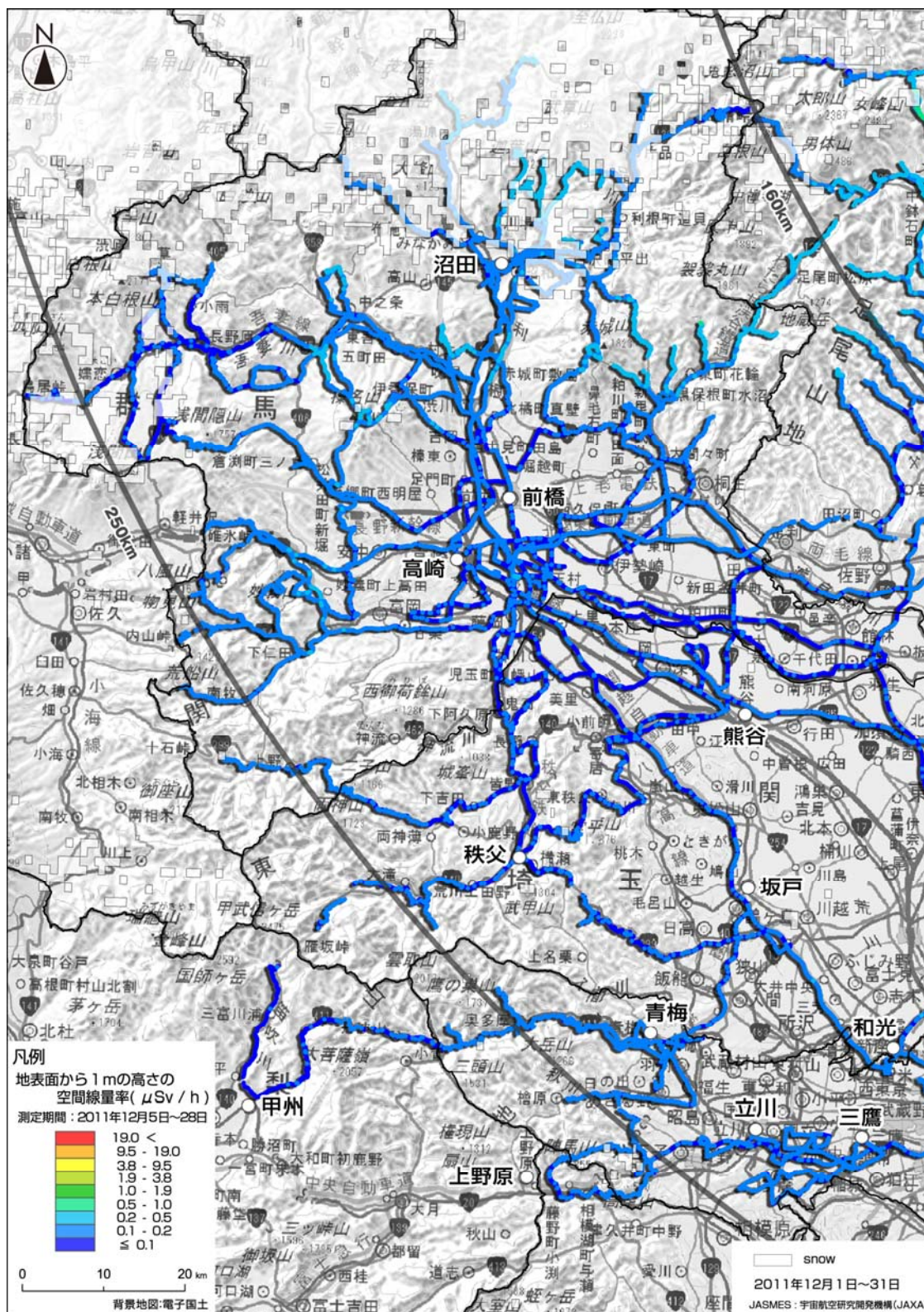


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率マップ (群馬県、埼玉県、東京都、神奈川県、山梨県の拡大版)

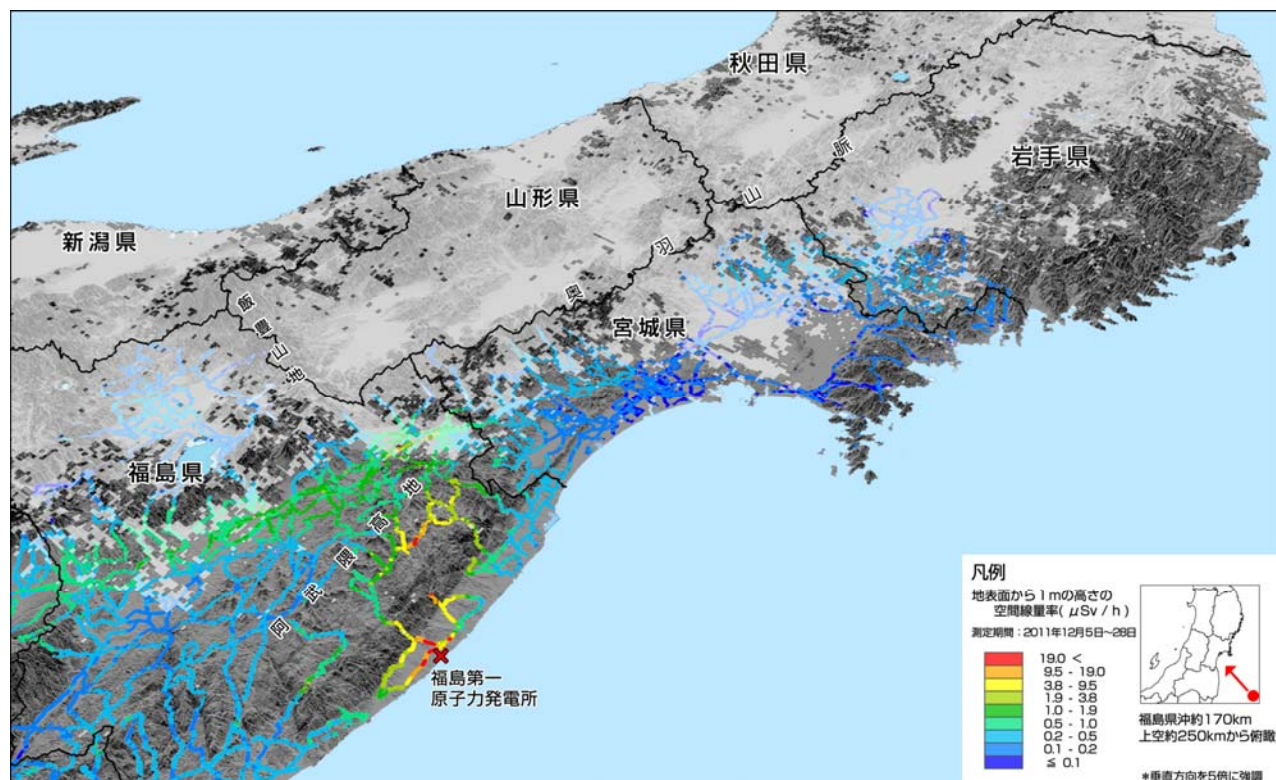
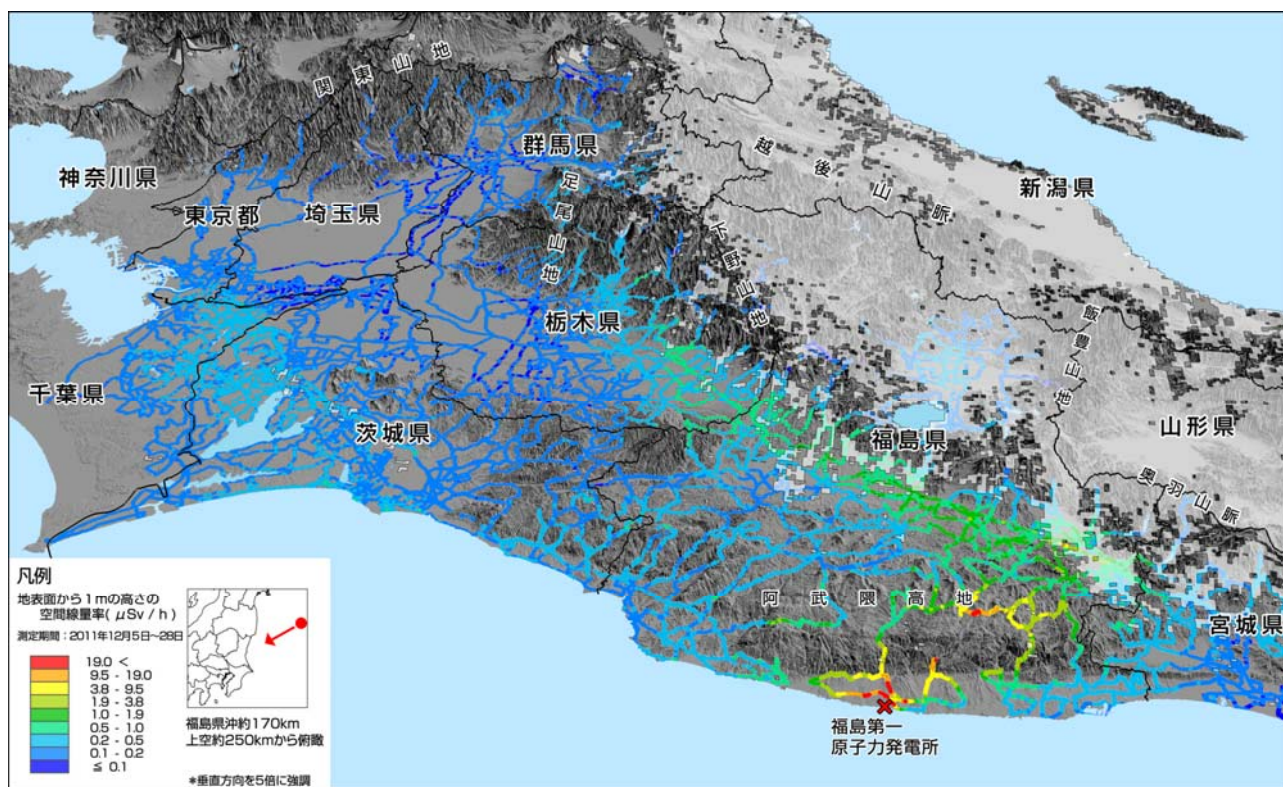


※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率と地形との関係



※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

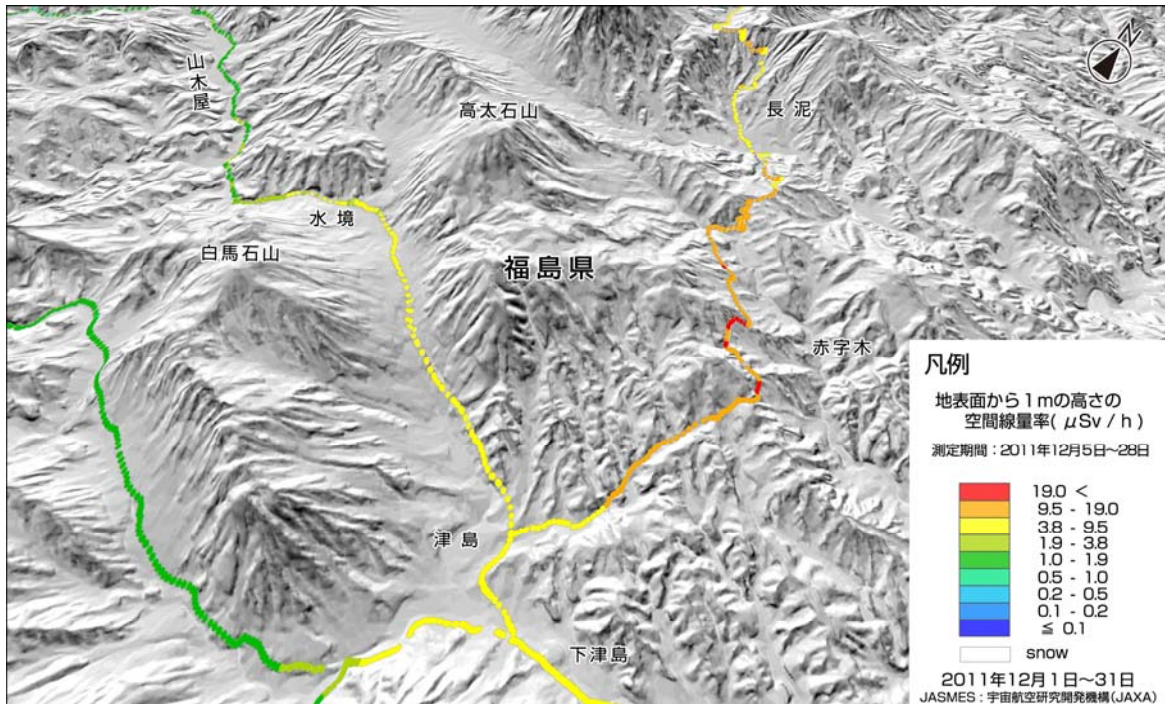
※空間線量率が1μSv/h以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率と地形との関係 (各地域の拡大版)

(a. 福島第一原子力発電所から北西方向の空間線量率の分布状況)



(b. 福島県浪江町津島周辺の空間線量率の分布状況)



※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

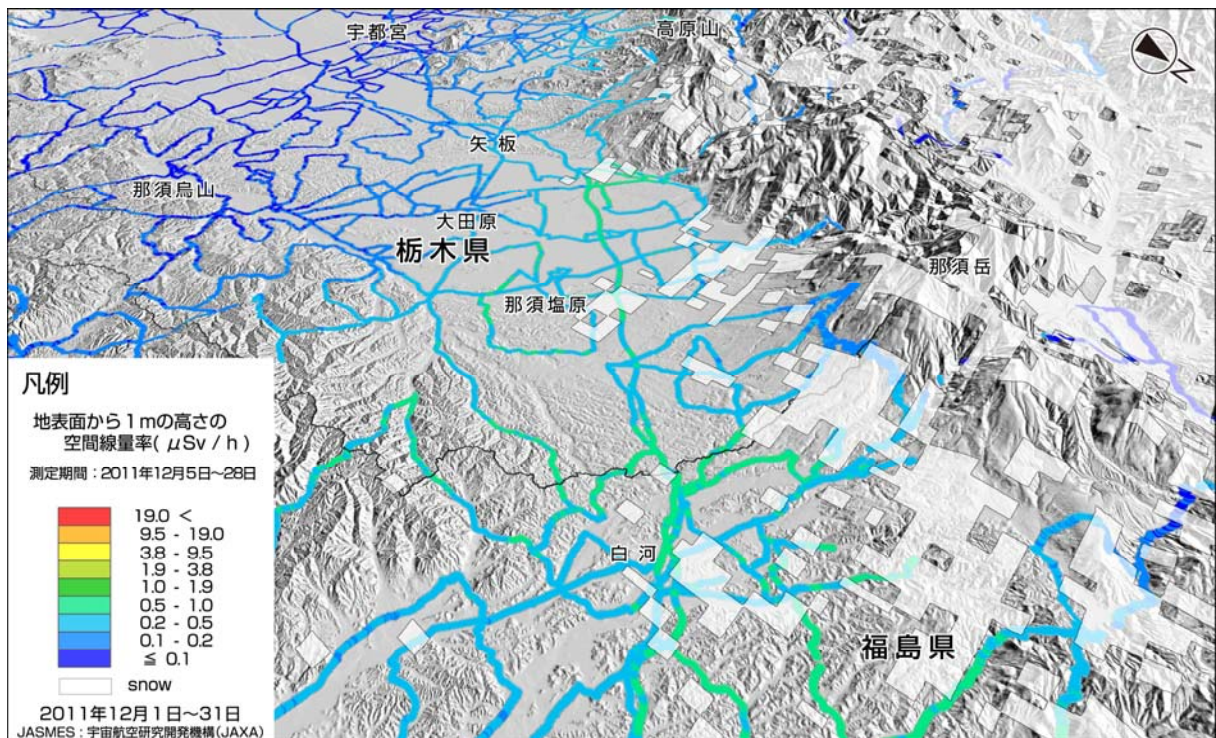
※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

走行サーベイによる道路上の空間線量率と地形との関係 (各地域の拡大版)

(c. 福島県二本松周辺の空間線量率の分布状況)



(d. 栃木県那須塩原周辺の空間線量率の分布状況)



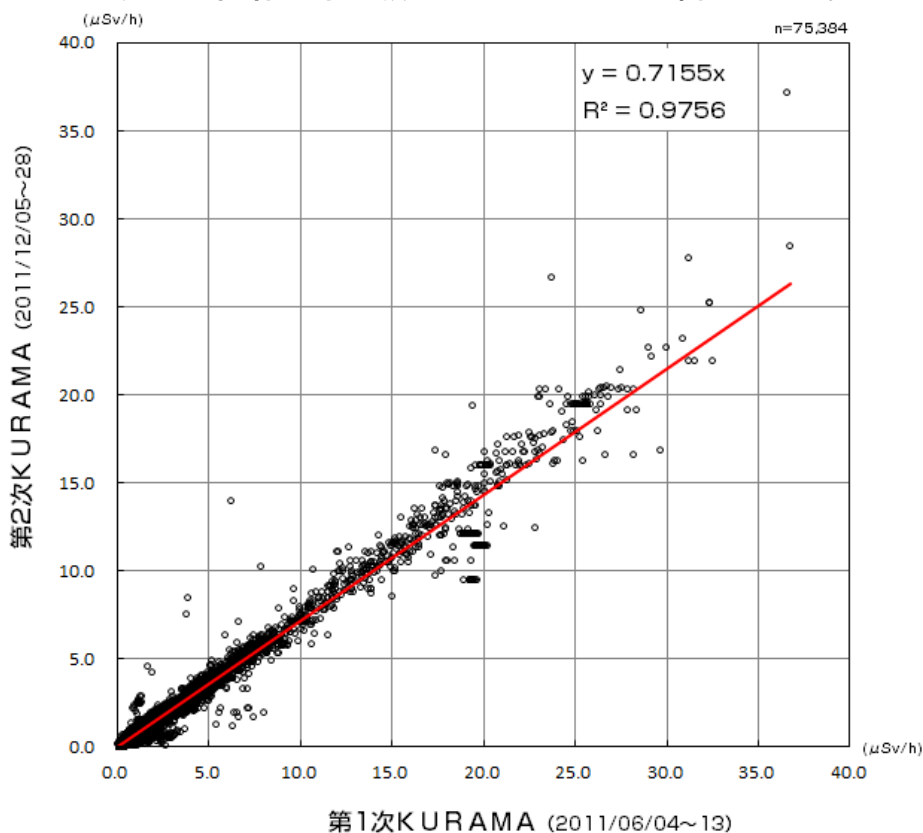
※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

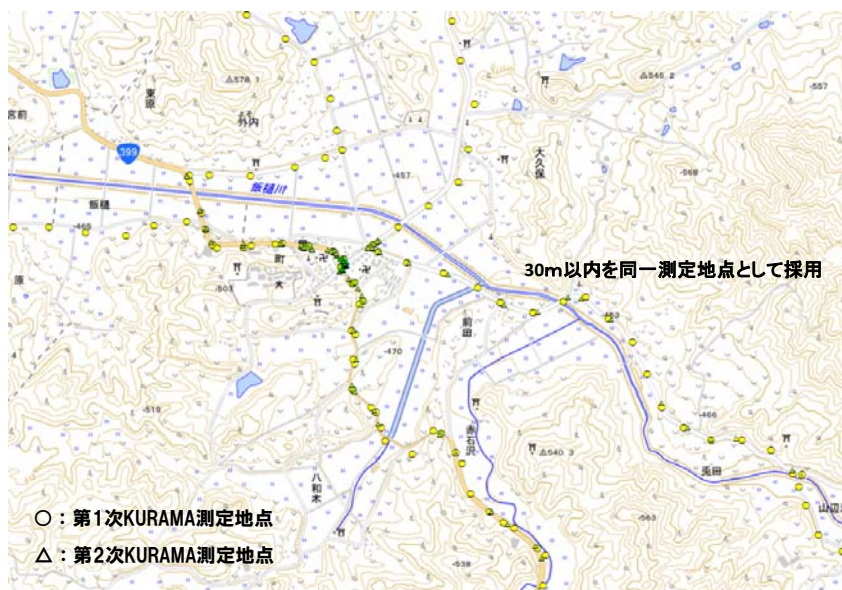
※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。

6月期に測定された走行サーベイによる空間線量率の測定結果と 本調査(12月期)で測定された走行サーベイによる空間線量率の測定結果との比較

昨年の6月期（第1次KURAMA）で空間線量率が測定された箇所から30m以内の範囲において、本調査（第2次KURAMA）で測定結果が得られている地点について、昨年6月期に対する本調査時点（昨年12月期）の空間線量率の比率を確認したところ、個々の地点におけるトレンドはあるものの、平均で30%近く空間線量率が減少していることが確認された。



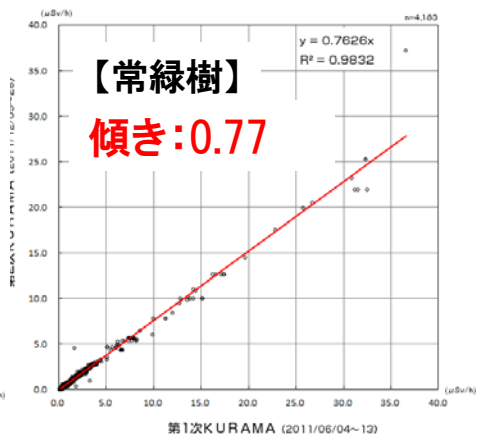
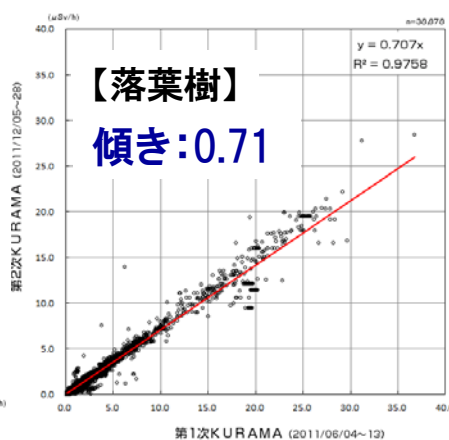
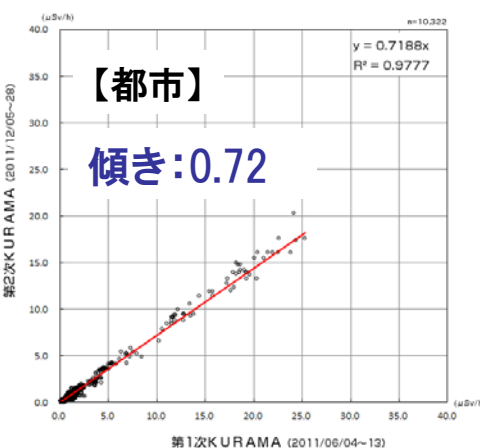
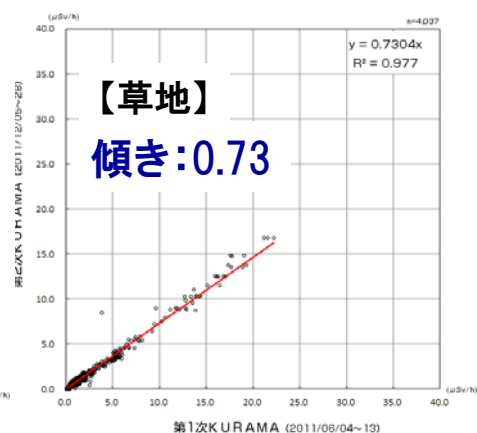
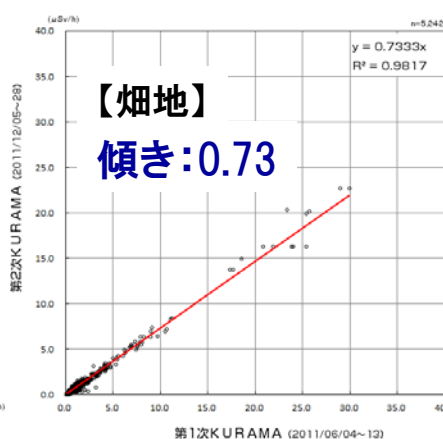
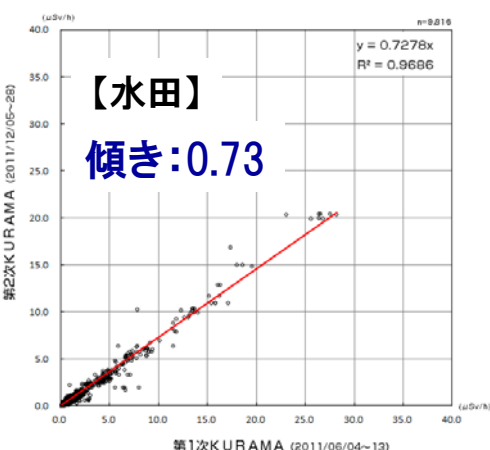
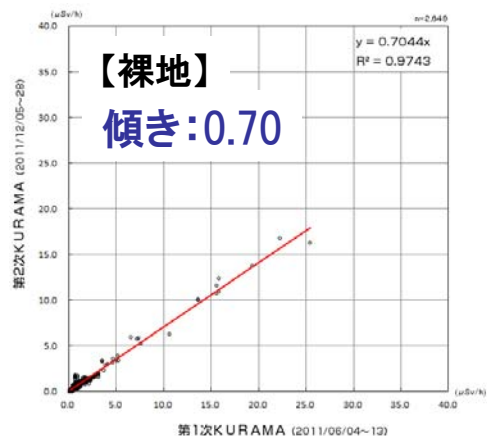
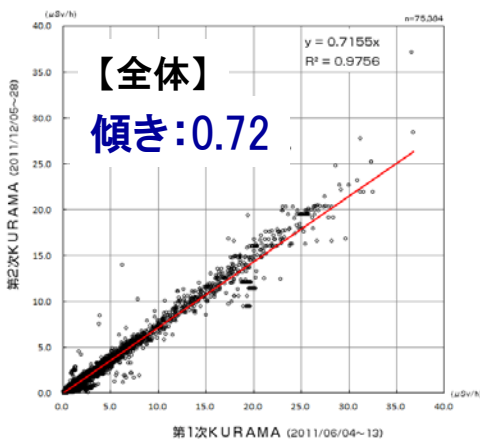
（参考）測定結果の比較箇所の選択イメージ



土地利用の違いに伴う空間線量率の減少傾向の違いについて

6月期(第1次KURAMA)に測定された道路上の空間線量率に対する12月期(第2次KURAMA)に測定された道路上の空間線量率の比率について、道路周辺の土地利用の違いごとに比較したところ、測定値全体に比べて、常緑樹周辺の道路では空間線量率の減少度合いが少ないことが確認※された。

※t検定の結果 95%の有意水準で、傾きの差は統計的に有意であることが確認。

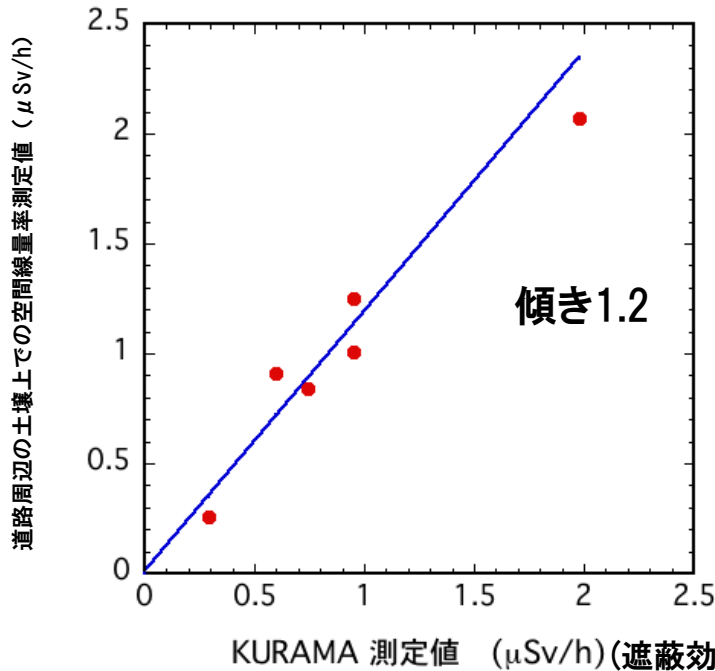


※(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)のALOS(だいち)データを用いた、高解像度土地利用土地被覆図の結果を活用し、土地利用の状態を判別

本調査で測定された道路上の空間線量率と 道路周辺の土壌上で測定された空間線量率の測定結果の比較

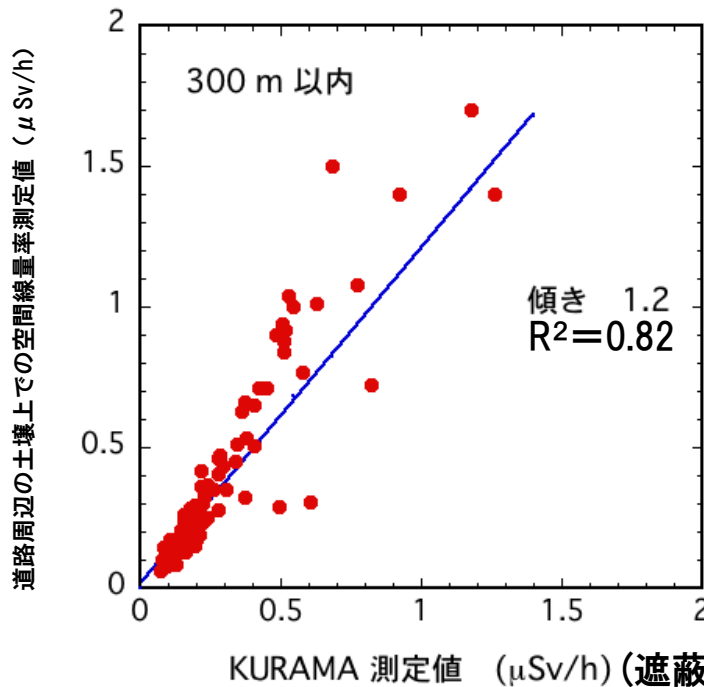
a) 停車した状態での走行サーベイの測定値と道路周辺の土壌上での線量率の比較

○KURAMAを用いた走行サーベイによる空間線量率の測定値と車外の土壌上の6点（道路から20m以内）の地上1m高さの空間線量率との比較結果



b) 走行した状態での走行サーベイの測定値と道路周辺の土壌上での線量率との比較

○走行サーベイ測定地点から一定の距離内で測定された土壌上での地上1m高さの空間線量率測定値との比較



測定地点間の距離 (m)	地上値 / KURAMA 値	地点数 n
50 m	1.21	22
100 m	1.17	41
300 m	1.19	103
500 m	1.20	132

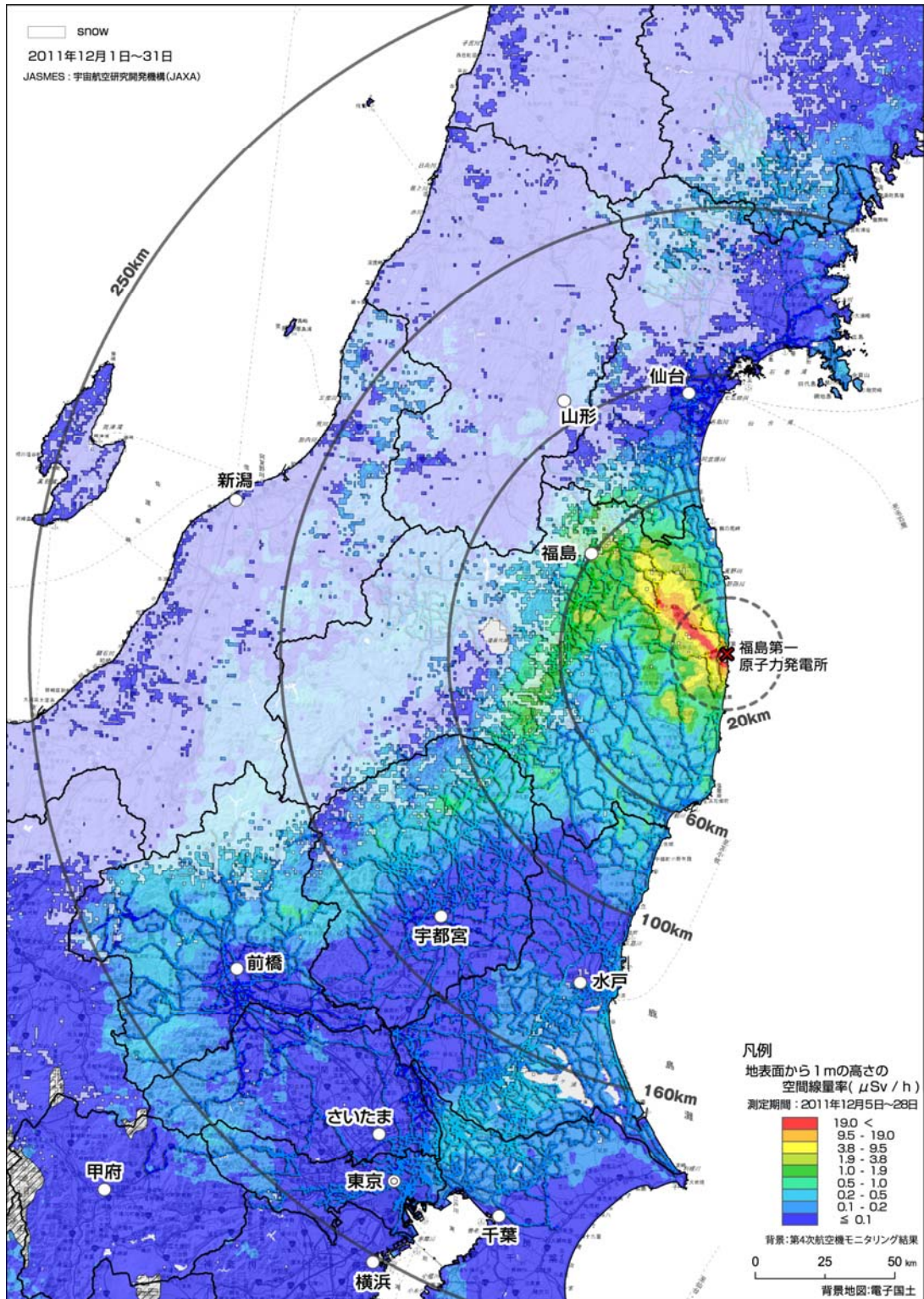
$R^2=0.85$

$R^2=0.83$

$R^2=0.82$

$R^2=0.69$

本調査で測定された道路上の空間線量率を1.2倍した評価値と 文部科学省における第4次航空機モニタリングによる空間線量率の 測定結果(平成23年11月5日現在の値に換算)との比較



※本マップには天然核種による空間線量率が含まれている。

※実線で囲われた白色の領域は積雪のあった箇所を表しており、当該地域の地表面から1m高さの空間線量は、雪の遮蔽により、雪が無い時に比べて減少している可能性がある。

※空間線量率が $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の箇所は天然核種の影響により、高めに評価しているものと考えられる。