6.　測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討

6.1. 背景

福島第一原発事故から 7 年以上が経過し、これまで行ってきたモニタリングの最適化が求められている。事故後のモニタリングは、政府の決定する総合モニタリング計画（平成 23 年 8 月 2 日モニタリング調整会議制定）[19] に則り、各省庁や関係機関が横断的に実施してきた。このモニタリング計画は適宜改定がなされているが、その測定場所については基本的に事故後の混乱の中決定された場所が継続しており、必ずしも最適配置になっているとは言い難い。表 6-1 に総合モニタリング計画で定められている測定種別と担当省庁について示す。

表 6-1　総合モニタリング計画における測定種別及び担当省庁

(赤字は空間線量率に関する項目)

項目	担当省庁	項目	担当省庁
○福島県全域の環境一般モニタリング • 可搬型モニタリングポスト等の測定結果の公開 • 原子力発電所周辺の空間線量率、大気浮遊じん （ダスト） 等の継続的測定 • 空間線量率の分布、地表面への様々な放射性物質の沈着状況を確認 • 原子力発電所80km圏内における航空機モニタリング • 避難指示区域等における詳細モニタリングの実施	原子力規制委員会 原災本部 福島県 原子力事業者等	○学校、保育所等のモニタリング • 福島県内の学校等における空間線量率の測定結果を公開 • 屋外プールの水の放射性物質の濃度の測定 • 学校等の給食の放射性物質を測定	原子力規制委員会 文科省 福島県等
		○港湾、空港、公園、下水道等のモニタリング • 下水汚泥中の放射性物質の濃度の測定 • 港湾、空港、都市公園等の空間線量率の測定	国交省 福島県 地方公共団体等
○水環境 • 福島県並びに近隣県の河川、湖沼・水源地、地下水、沿岸等における水質、底質、環境試料の放射性物質の濃度及び空間線量率の測定	環境省 福島県	○野生動植物、廃棄物のモニタリング • 野生動植物の採取・分析を実施 • 廃棄物処理施設等の放流水中の放射性物質濃度 • 敷地境界における空間線量率等の測定	環境省 福島県 地方公共団体 事業者等
○海域モニタリング • 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の周辺の(1)近傍海域、(2)沿岸海域、(3)沖合海域、(4)外洋海域及び(5) 東京湾について、海水、海底土及び海洋生物の放射性物質の濃度を測定	原子力規制委員会 水産庁 国交省 海保庁 環境省 福島県 東京電力等	○農地土壌、林野、牧草等のモニタリング • 福島県等において、農地土壌の放射性物質の濃度の推移の把握や移行特性の解明を行う • 福島県内の試験地において、森林土壌、枝、葉、樹皮及び木材等の放射性物質の濃度を測定 • 関係都道県毎に都道県内各地の牧草等について放射性物質の濃度を測定 • 福島県内において、ため池等の放射性物質の濃度を測定	農水省 林野庁 地方公共団体等
○全国的な環境一般のモニタリング • 各都道府県におけるモニタリングポストによる空間線量率の測定結果をインターネットを通じて公開 • 月間降下物（雨や空気中のほこり等）は月に1回、上水（蛇口）は年に1回の頻度で測定し、放射性物質の濃度を測定 • 福島県隣県の比較的放射性物質の沈着量の高い地域について、航空機モニタリングを実施	原子力規制委員会 地方公共団体等	○水道のモニタリング • 関係都県毎に、浄水場の浄水及び取水地域の原水、福島県内については水源別に水道水における放射性物質の濃度を測定	厚労省 原災本部 地方公共団体等
		○食品のモニタリング • 食品中に含まれる放射性物質の濃度を測定 • 食品摂取を通じた実際の被ばく線量の推計調査を実施	厚労省 原災本部 農水省 水産庁 福島県 関係地方公共団体等

最適な測定位置は、測定目的、測定方法及び測定点数等によって異なり、最終的には行政判断が必要になると考えられる。その判断の一助として、地域ごとに住民数や現状の空間線量率などを根拠として、相対的にモニタリングの必要性の重要度分類をすることは、コストの削減やモニタリン

グすべき場所の抜けを防ぐためにも重要であると考えられる。情報処理装置の高度化に伴い、GISソフトウエアは様々なデータを取り込んで階層別に比較できるようになっている。そこで、本事業で得られた放射線モニタリングデータや国勢調査などで提供されているデータや既存のモニタリングポストの設置位置情報などを考慮することにより、地域のモニタリング重要性の相対的な判断に使用できる「スコア」化を試みた。

6.2. スコアの集計方法

6.2.1. パラメータ

スコア化には、「住民がモニタリングの必要性を理解する」をコンセプトに、下記の方針でGISソフトウエアにデータの入力を行った。対象の範囲は福島県及び80 km圏内の地域とし、その地域について総務省が定めた「統計に用いる標準地域メッシュ及び標準地域コード」[19]に従って、1 km メッシュを基本としてメッシュ内のパラメータをデータベース化した。スコア化対象の範囲について図6-1に示す。メッシュ内で比較するパラメータは、住民の被ばく線量を考慮し表6-2に示す項目を選定した。「住民数」や「住民の減少率」については総務省統計局が整備した政府統計の総合窓口（e-stat）[20]より平成17年及び平成27年の国勢調査結果を、学校や病院など公共施設の位置情報、土地利用は国土交通省国土政策局国土情報課で公開している国土数値情報[21]を利用した。

以下、各パラメータについて実際の数値データベースや評価方法を示す。

①空間線量率

空間線量率は住民への影響が最大となる評価を行うため、航空機モニタリングによる空間線量率のメッシュ内の最大値を採用した。航空機モニタリングによる空間線量率は評価開始時点で公開されていた平成28年の結果を用いた。

②住民数

住民数の多い地域に重点をおくため、メッシュ内の住民数として事故前の国勢調査結果の人口数を入力した。なお、可住・非可住のメッシュ作成に用いているデータが平成17年の国勢調査結果であるため、同じく平成17年の国勢調査結果を用いている。

③住民の減少率

住民が避難しているメッシュに重点をおくため、式（9）のように減少率 PR を定義した。

$$PR = (P_{H17} - P_{H27}) / P_{H17} \tag{9}$$

ここで、P_{H17}はメッシュ内における平成17年時点における住民数、P_{H27}は平成27年時点における住民数とする。

④土地利用

採用した数値地図情報には様々な項目があり100m メッシュ（1km メッシュの1/100）毎に土地利用種別が記載されている。画一的な比較が可能なようにメッシュ内の住宅地、農用地、公園等、森林・荒地の4種類に分け、それらのメッシュ内での100m メッシュ数から式(10)により土地利用指標 LU_{index} を定義した。

$$LU_{index} = 5 \times A1 + 4 \times A2 + 3 \times A3 + 0 \times A4 \tag{10}$$

ここで、$A1$: メッシュ内における住宅地の100m メッシュ数、$A2$: メッシュ内における農用

地の 100m メッシュ数、*A3*: メッシュ内における公園等の 100m メッシュ数、*A4*: メッシュ内における森林・荒地の 100m メッシュ数である。土地利用の重要度に応じて評価し、森林・荒地とそれ以外の差を明確にさせるため、住宅地：農業用地：公園等：森林・荒地それぞれのバイアス値を 5 倍：4 倍：3 倍：0 とした。図 6-2 に土地利用指標の分布を示す。この図から、スコア対象地域の約 1/3 である 5,561 メッシュが森林・荒地であることが分かる。

⑤空間線量率の変動

平成 23 年から平成 29 年までの航空機モニタリングによる測定結果のメッシュ内最大値を抽出し、事故からの経過時間でプロットし、プロットについて指数関数近似した曲線の傾きを減少率と定義した。図 6-3 に空間線量率の減少率の計算例を示す。

⑥ランドマーク

住民が集まる場所、又は行き交う場所をランドマークとして、下記の施設の存在数をメッシュ毎に集計した。

・ランドマーク対象とした施設：幼稚園、児童館、保育所、小学校、中学校、高校/高専、短期大学、大学、特別支援学校、市町村役場、公的集会施設、病院、駅、老人ホーム、保護施設、身体障がい者更生援護施設

⑦モニタリングポスト

既存のモニタリングポストの設置場所とメッシュ毎の設置数とした。

表 6-2 スコア化したパラメータ

No	対象データ名	データ内容	データ出典
1	空間線量率	メッシュ内における代表的な空間線量率	平成 28 年航空機モニタリング
2	住民数	メッシュ内における居住住民数	政府統計の総合窓口（e-stat）
3	住民の減少率	事故前後の住民数の変化	政府統計の総合窓口（e-stat）
4	土地利用	住宅地、農用地、公園等及び森林・荒地	国土数値情報
5	空間線量率の変動	事故後からの空間線量率の変動傾向	平成 23 年-平成 29 年までの航空機モニタリング
6	ランドマーク	学校、病院、役所等公共施設の場所	国土数値情報
7	モニタリングポスト	既存のモニタリングポストの設置数	原子力規制庁ホームーページ

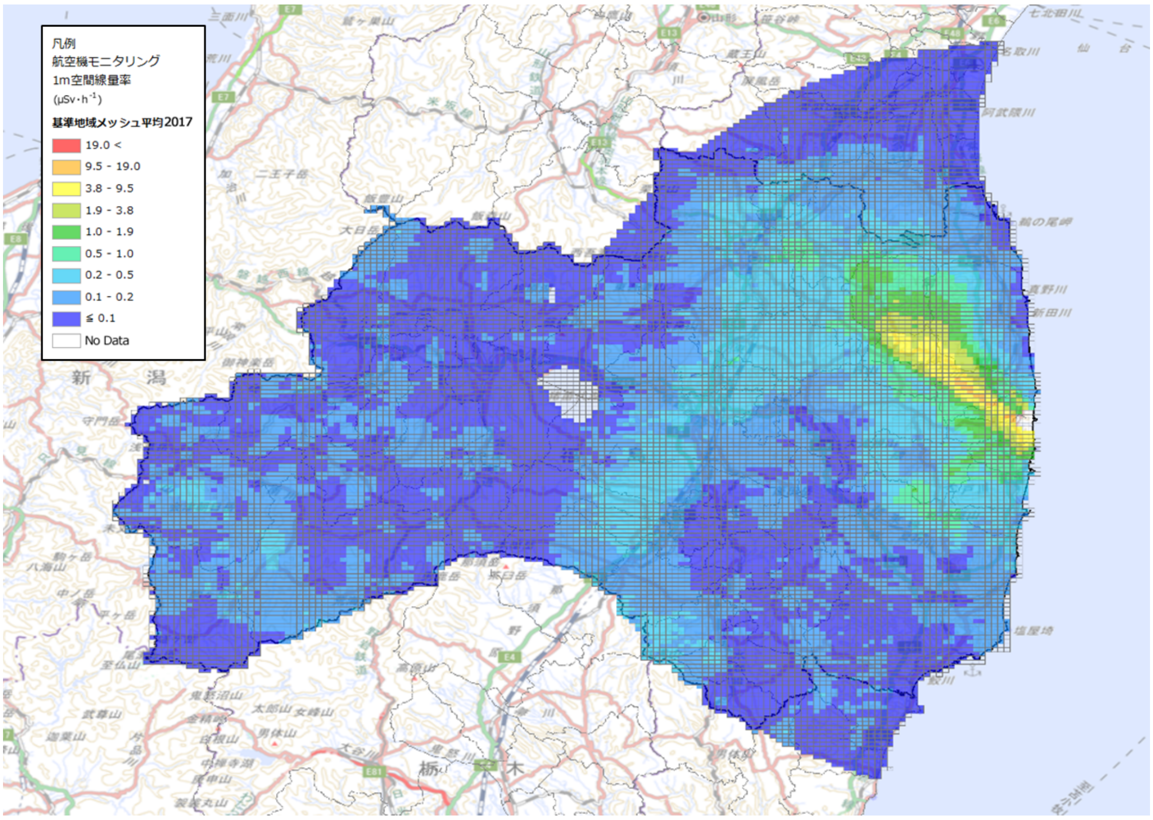


図 6-1 スコア化の対象範囲

(メッシュ数: 15,645 カ所。地理院タイルに空間線量率の分布図（平成 29 年の航空機モニタリング測定データ）を追記して掲載。)

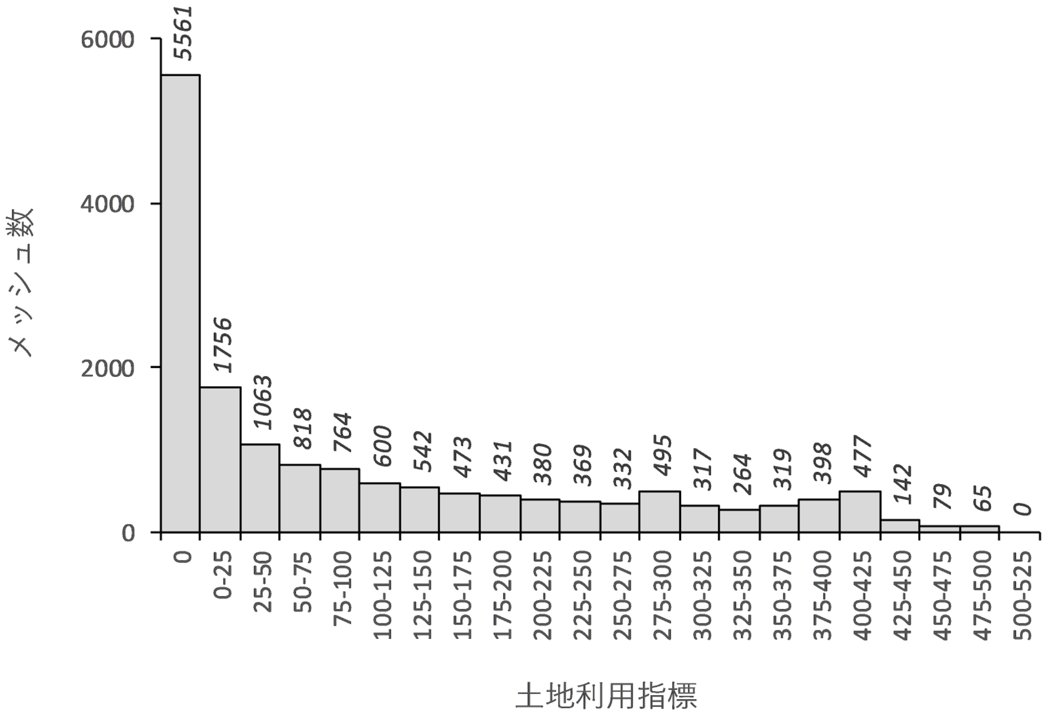


図 6-2 土地利用指標 LU_{index} の分布

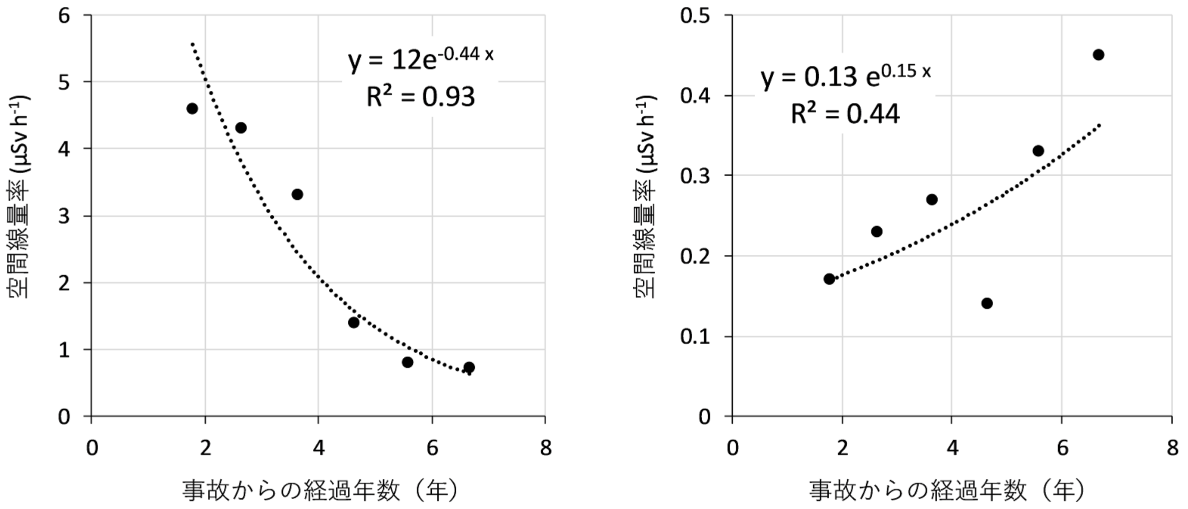


図 6-3 空間線量率の減少率の計算例（左: 減少率の速い例，右: 線量率が増加している例）

6.2.2. スコアの付与方法

表 6-2 に示したパラメータについて以下の方針の下、メッシュごとにスコアを与えた。

・空間線量率の高いメッシュを高スコアとする。

・被ばく線量評価に関わる住民が滞在する場所を高スコアとする。

スコアの与え方は、全メッシュ数 15,645 カ所について各パラメータを抽出し、上位から高スコアを与える。ここでは、0-1000 番: 9 点, 1001-2000 番: 8 点, 2001-3000 番: 7 点・・・・・9001 番以上: 0 点とした。各々のパラメータについて、過剰な点数が与えられないようにスコア対象となる条件を表 6-3 のように設定した。

表 6-3 各パラメータのスコア対象とする条件

No	対象データ名	スコア対象とする条件	スコア対象メッシュ数
1	空間線量率	平成 17 年の住民数が 1 人以上、又は土地利用で住宅地・農地・公園が存在する。	9,985
2	住民数	平成 17 年の住民数が 1 人以上	8,183
3	住民の減少率	平成 17 年の住民数 10 人以上、又は避難のため平成 27 年の住民数が-平成 17 年の住民数より減少している。	5,715
4	土地利用	土地利用で住宅地・農地・公園が存在する。	10,084
5	空間線量率の変動	平成 17 年の住民数が 1 人以上 平成 29 年における放射性セシウム換算:が 10 kBq/m^{-2} 未満	5,755
6	ランドマーク	メッシュ内にランドマークが存在する。	2,393
7	既存のモニタリングポスト設置位置	メッシュ内にモニタリングポストが設置されている。	2,001

6.3. スコア化結果

6.3.1. 各パラメータのスコア分布

各パラメータのスコア分布について図 6-4 に示す。住民数については、福島市、郡山市を中心とした中通り地方、いわき市を中心とした浜通り地方及び会津若松市を中心とした会津地方に高スコアが付与されていることが分かる。また、住民減少率は、避難指示区域を中心とした浜通り地方に高スコアが付与されている。空間線量率の変動については、比較的平地や都市域と比較した山岳部や森林に高スコアが付与されている。この結果は、除染の効果が反映されているものと考えられる。

6.3.2. スコアの合計

これらのスコアの合計値について図 6-5 に示す。このように都市域に比較的高いスコアが与えられている。このスコアは、住民の被ばくを考慮した地域間のモニタリング重要度の判別に使用できることを想定しており、モニタリング箇所の再配置への適用例について、次節に示す。

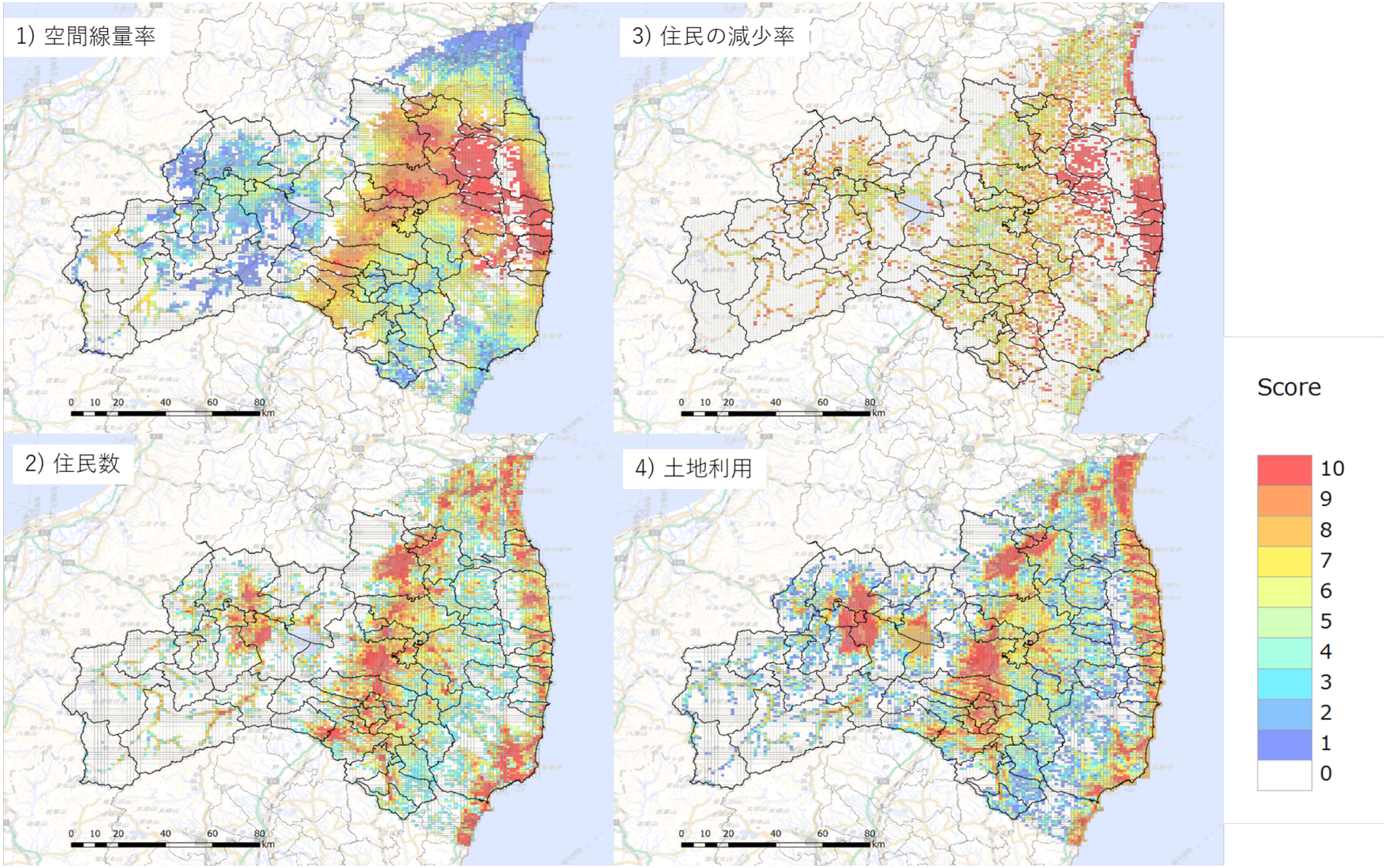


図 6-4 各スコアの分布マップ（1/2）（地理院タイルに各スコアを追記して掲載。）

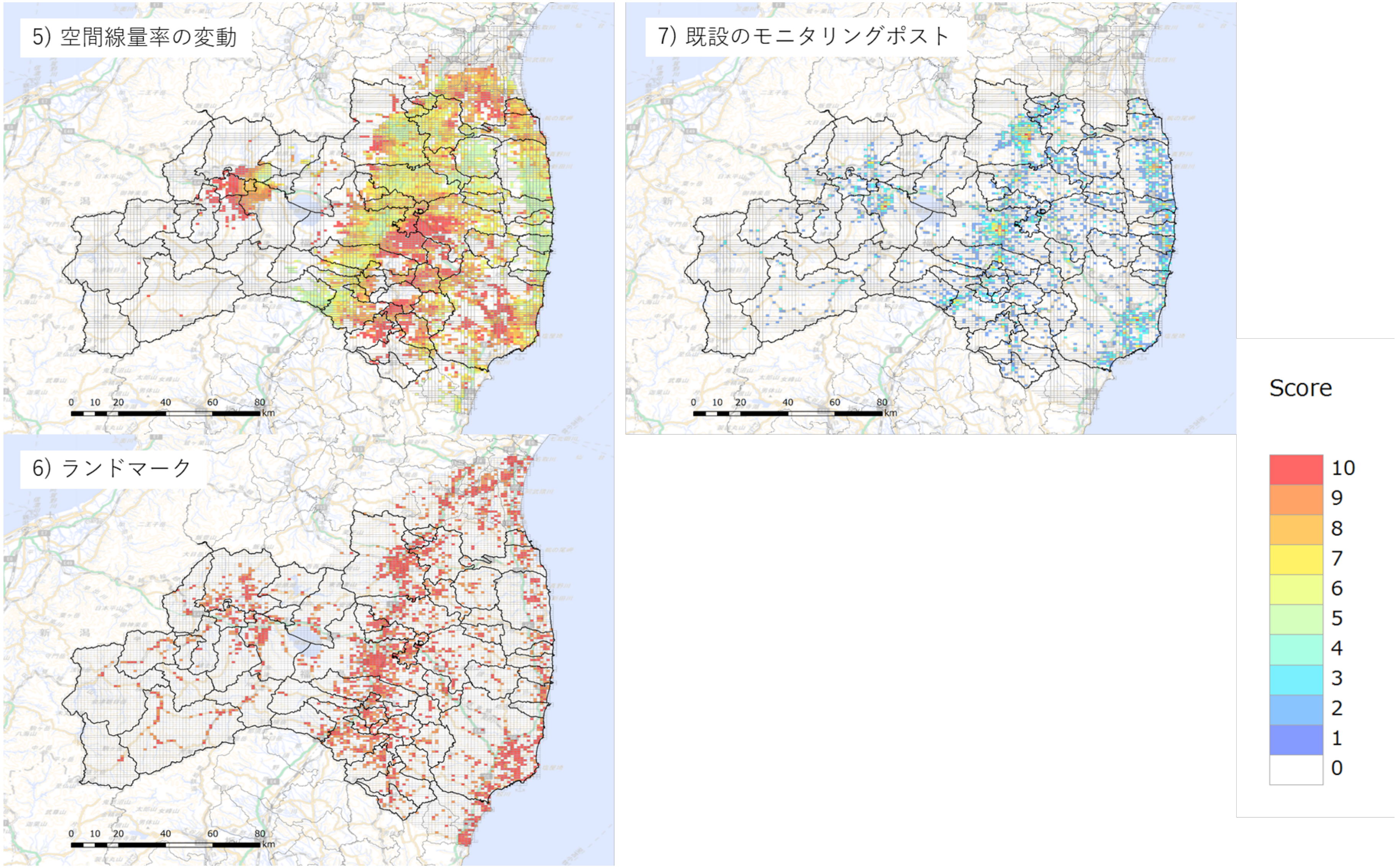


図 6-4 各スコアの分布マップ（2/2）（地理院タイルに各スコアを追記して掲載。）

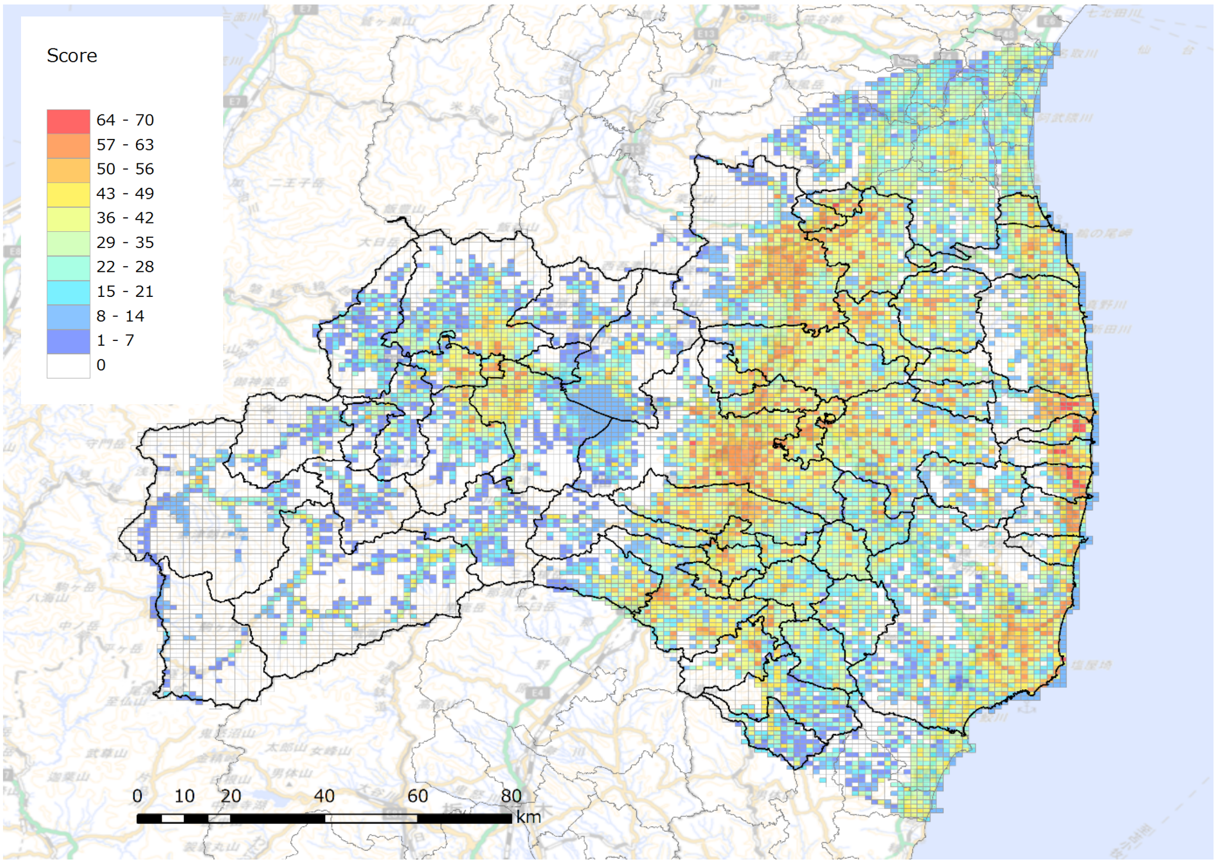


図 6-5 スコアの合計 （地理院タイルにスコアを追記して掲載。）

6.4. 適用例

図 6-5 に示したスコアの合計マップを基に、モニタリング箇所の再配置を事例的に検討した。再配置の検討条件を以下のように設定した。

① 福島県全域の領域においてスコア上位 1,000 カ所をモニタリングポストの設置位置とする。

② 既存のモニタリングポストが設置されていて、上位 1,000 カ所に該当しなかったメッシュについては、近傍の上位 1,000 カ所に該当したメッシュとの距離を求める。

③ 既存のモニタリングポストが設置されていないメッシュで、上位 1,000 カ所に該当したメッシュについては、既存のモニタリングポスト設置メッシュとの距離を求める。

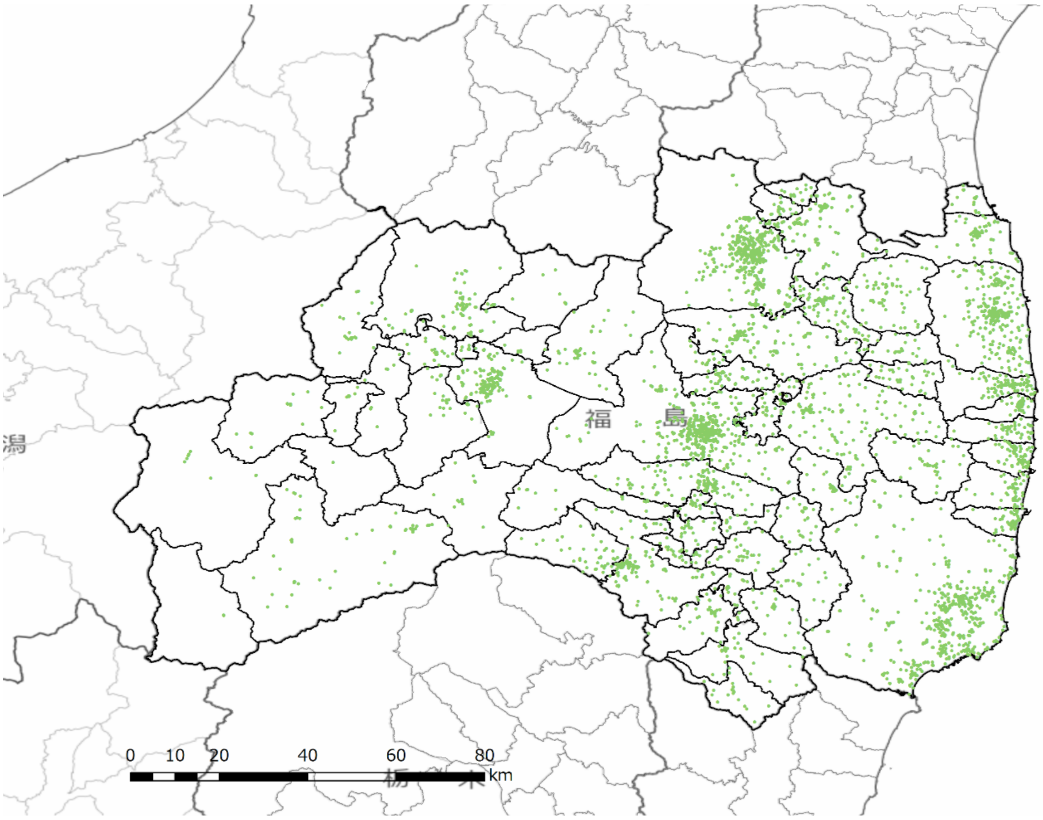
図 6-6(上)に既存のモニタリングポストの設置位置について示す。現状モニタリングポストは、福島県の 2,001 メッシュの場所に 3,717 基設置されている。特に都市域では同じメッシュ内に複数機のモニタリングポストが設置されている。各メッシュのスコア順位とメッシュ内に設置されているモニタリングポストの数について、ヒストグラムにして図 6-7 に示す。現在のモニタリングポストの設置位置はスコア上位 2,000 位までに 80%の既存のモニタリングポスト設置位置が含まれている。これは、既存のモニタリングポスト設置位置がスコア集計に採用した考え方と大きく乖離がないことを示している。

図 6-5 に示したスコア情報から上位 1,000 カ所のメッシュ位置について図 6-6(下)に示す。1,000 メッシュの配置は、都市域を維持しつつ森林域や人口の少ない場所が選定されていない。上記②で示した「既存のモニタリングポストが設置されていて、上位 1,000 カ所に該当しなかったメッシュ

については、近傍の上位 1,000 カ所に該当したメッシュとの距離」を計算した。「既存のモニタリングポストが設置されていて、上位 1,000 カ所に該当しなかったメッシュ」は 988 メッシュ存在し、ヒストグラム（図 6-8）に示すように、約 80%のメッシュが近傍 4 km 以内に上位 1,000 カ所に該当するメッシュがあることが分かる。このシミュレーションは、近隣のモニタリングポストにより代替することが可能であるかの判定を想定している。

一方、③で示した「既存のモニタリングポストが設置されていないメッシュで、上位 1,000 カ所に該当したメッシュについては、既存のモニタリングポスト設置メッシュとの距離」を計算した。「既存のモニタリングポストが設置されていないメッシュで、上位 1,000 カ所に該当したメッシュ」については、182 カ所存在し、ヒストグラム（図 6-9）に示すように、100%のメッシュが近傍 1km 以内に上位 1,000 カ所に該当するメッシュがあることが分かる。このシミュレーションは、モニタリングポストを新規に設置する必要がある場所について近傍のモニタリングポストの存在状況を調査することを想定している。

このように、スコア化は地域間を相対的に重要度比較することができ、モニタリング位置の選定に有用である。なお、平成 30 年度には主に評価手法を整備したが、今後、スコア化の妥当性向上のための検討が重要である。



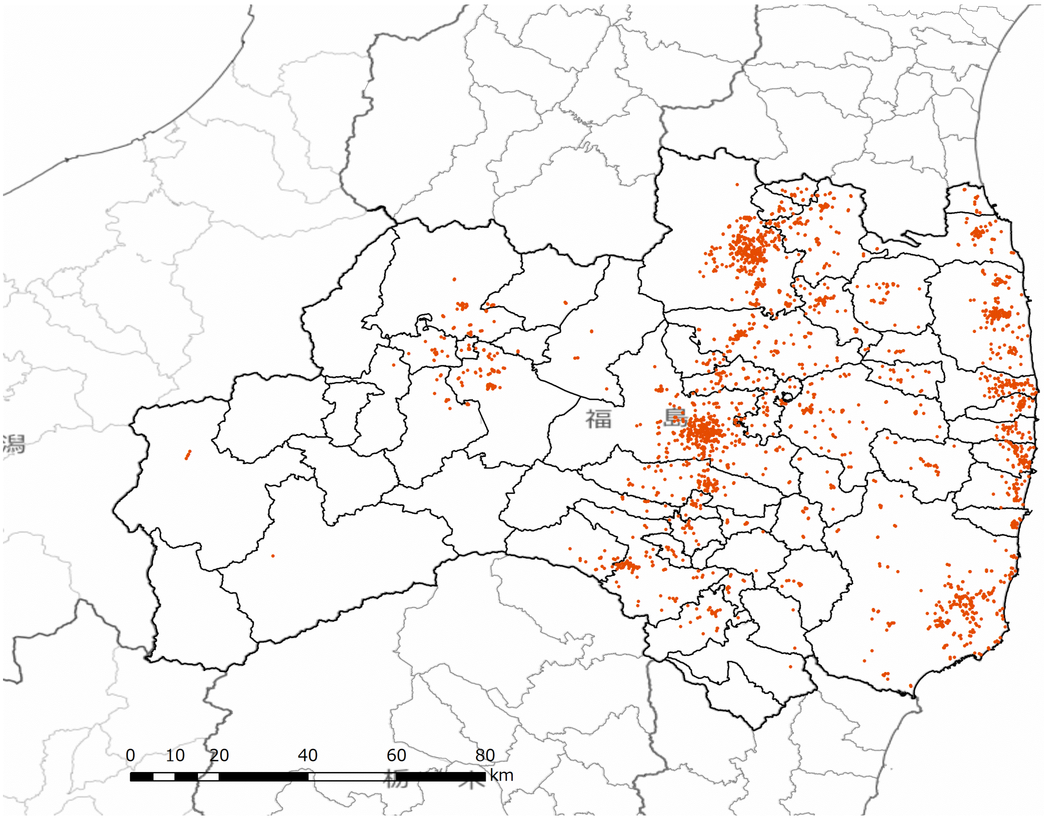


図 6-6 モニタリングポストの再配置検討事例

（上：既存のモニタリングポスト設置メッシュ、下：スコア上位 1000 カ所。地理院タイルにメッシュを追記して掲載。）

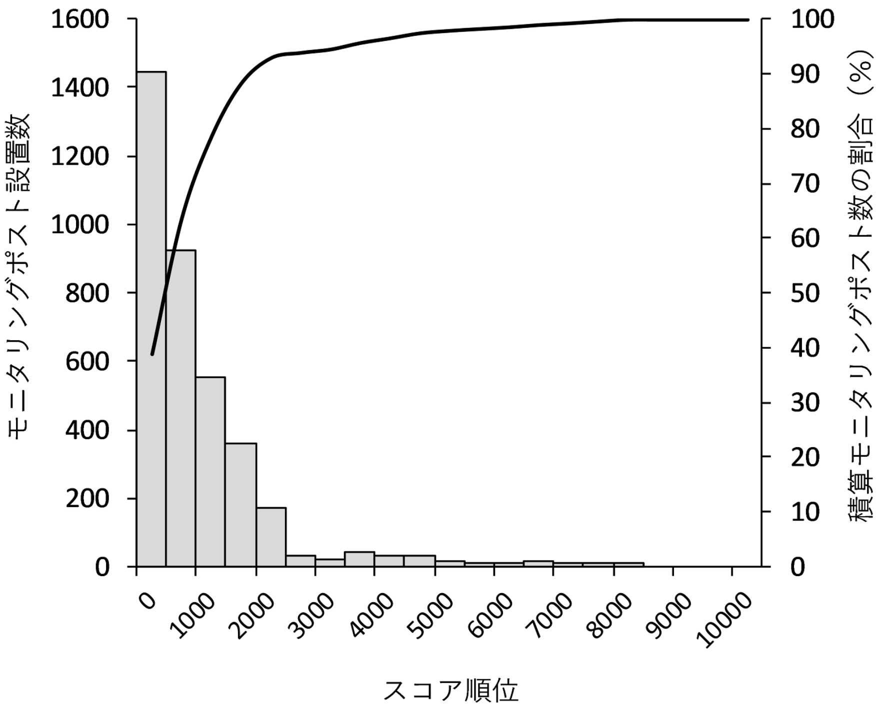


図 6-7 スコア順位と既存のモニタリングポストの設置数との関係

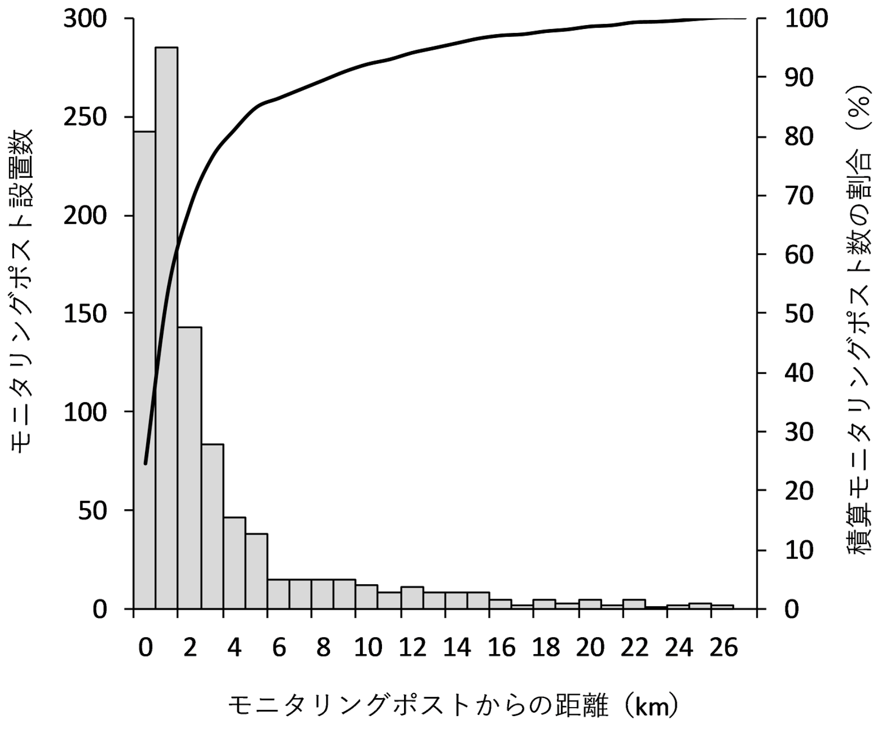


図 6-8 既存のモニタリングポストが設置されていたメッシュの中で、上位 1000 カ所に該当しなかったメッシュの近傍設置メッシュとの距離

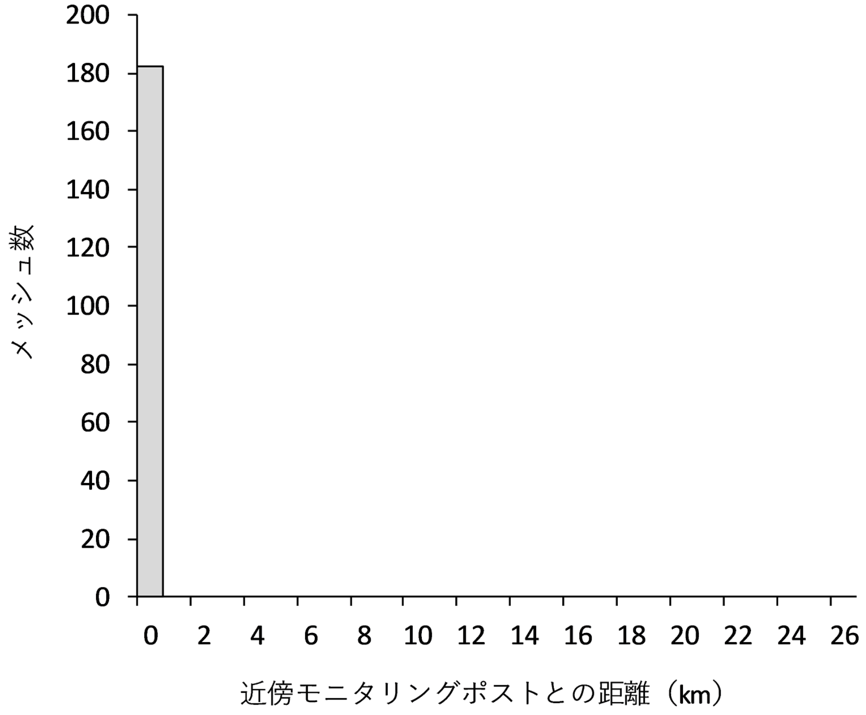


図 6-9 既存のモニタリングポストが設置されていないメッシュの中で、上位 1000 カ所に該当したメッシュの近傍設置メッシュとの距離