

鉄道の電気設備 (がいし) を海塩から守る



臼木 理倫
Tadanori Usuki
電力技術研究部
集電管理研究室
主任研究員



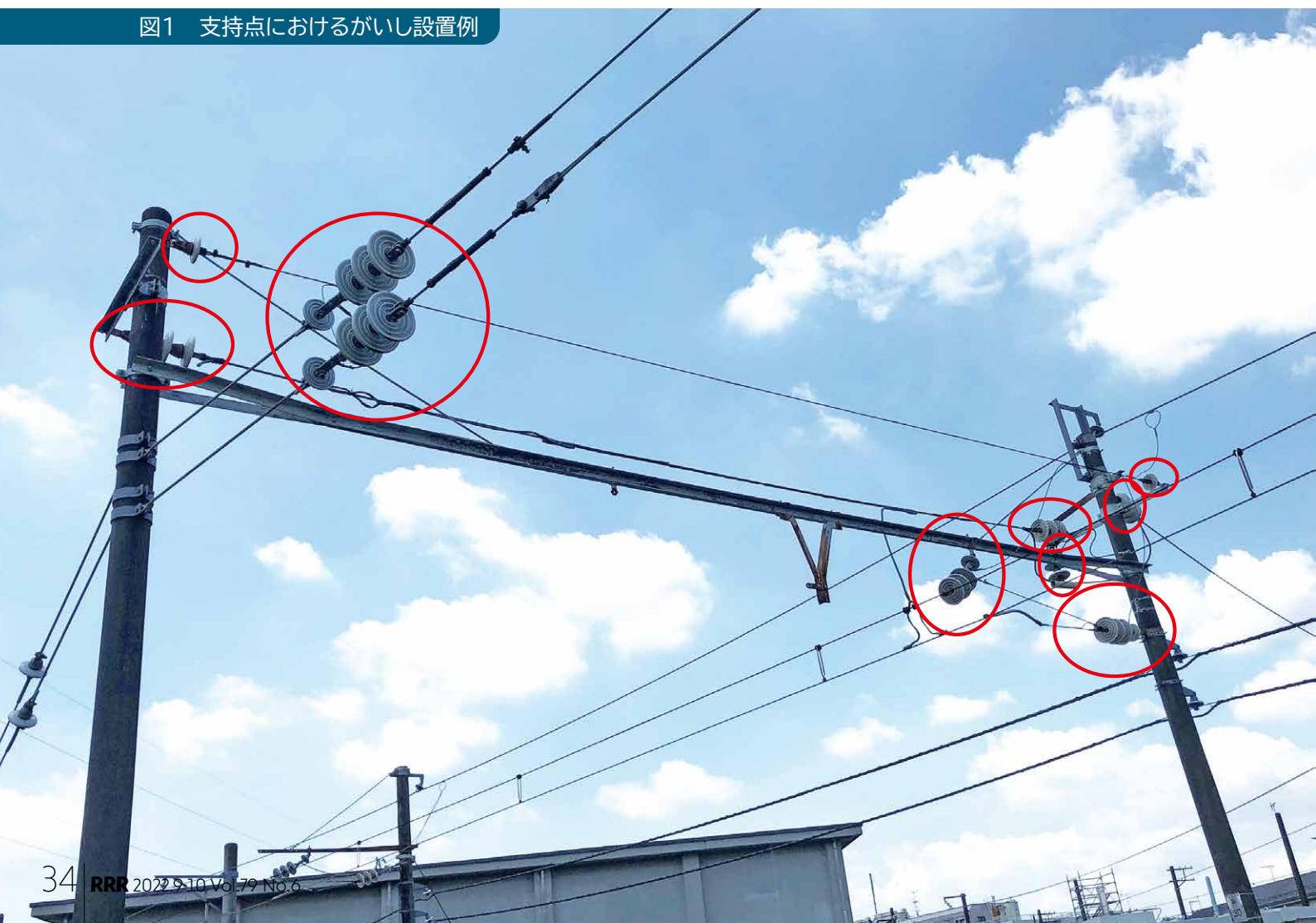
柴田 直樹
Naoki Shibata
電力技術研究部
さ電研究室
副主任研究員

はじめに

がいしは、電柱などの支持物と電線との間を電氣的に絶縁しつつ、電線を支持する部材です。市中にある架空配電線と同様に、鉄道においても鉄道車両や鉄道の運行に必要な付帯設備に電

気を供給するために、多くの架空線が架設されており、それを支持するためにがいしが用いられています。図1に支持点におけるがいし設置例を示します。図中に赤丸で示したものががいし(磁器がいし)です。このように、1箇所の支

図1 支持点におけるがいし設置例



持点に対して複数のがいしが使用され、使用される電圧階級によりその個数も変化します。そのうえ、架空電車線路は電線類を支持するための支持点がおおよそ50mおきに存在するため、鉄道の電気設備には非常に多くのがいしが使用されていることが想像いただけると思います。

がいしが汚損すると

がいしは、絶縁部とその両端にある端末金具（多くの場合、溶融亜鉛めっき鋼）で構成されています。図2に磁器がいしの絶縁部を示します。

がいしは屋外で用いられるため、絶縁部は砂ぼこりや排ガスなどの煤で汚損し、沿岸部では海塩粒子も付着します。絶縁部に、絶縁性能を低下させる物質が付着した状態が、「がいしが汚損した」状態です。乾燥していれば、汚損していても大きな問題はありませんが、湿潤すると絶縁部表面の砂ぼこりなどにより絶縁部の撥水性が低下し、その結果絶縁性能が低下したり、海塩粒子がある場合にはそれが溶け出して導電性溶液の膜となることで、単純な雨水の膜よりもさらに絶縁性能が低下します。その影響は、海塩粒子の付着量（汚損度）に依存します。しかし、まとまった降雨やがいしの清掃により汚損物が減少すると、絶縁性能は回復します。

がいし汚損度測定

がいしは、**通常汚損**による絶縁性能の低下を考慮した設備設計を行って省メンテナンスを図っています。例えば、電線の電圧が同じでも汚損（とくに海塩による汚損）が厳しい海岸に近い地区ではがいしの連結個数を増やしています。しかし、一口に海岸に近い地区といっても海岸からの距離や、海岸の方向と風向きとの関係によって実際の汚損度はさまざまであると考えられます。もし、がいしが設備される場所ごとの汚損度を把握できれば、絶縁性能を確保し



図2 がいしの絶縁部

つつ設備数量削減による低コスト化が期待されます。

しかし、場所ごとの汚損度を測定するのは大きな労力が必要です。がいしの汚損度測定は、筆洗い法とよばれる方法で行うのが一般的です。これは、絶縁部に付着した汚損物を清浄なガーゼや筆で拭き取り、それを蒸留水に溶解させ、その蒸留水の導電率から**等価塩分付着密度**を測定するものです。筆洗い法の様子を図3に示します。この方法では、1回のデータ取得にも多くの労力を要します。また、測定時点での、その場所の汚損度しかわかりません。さらに、測定結果が直前の気象や、測定者の技量に大きく左右されるという課題があります。

☞ (がいしの) 通常汚損

台風や発達した低気圧通過時などの急速汚損ではない通常時に、がいしを1か月以上暴露したときの汚損のことです。これに対し、急速汚損とは、前述の気象条件などにより、短時間で大量の汚損物が付着することです。

☞ 等価塩分付着密度

汚損度を表す量の一種であり、がいし表面の汚損量を同一の導電率を与える塩化ナトリウムの量で置き換え、それを表面積で割った値です。

①絶縁部の付着物を拭き取る



図3 がいし汚損度測定（筆洗い法）の様子

②付着物を蒸留水に溶解させる



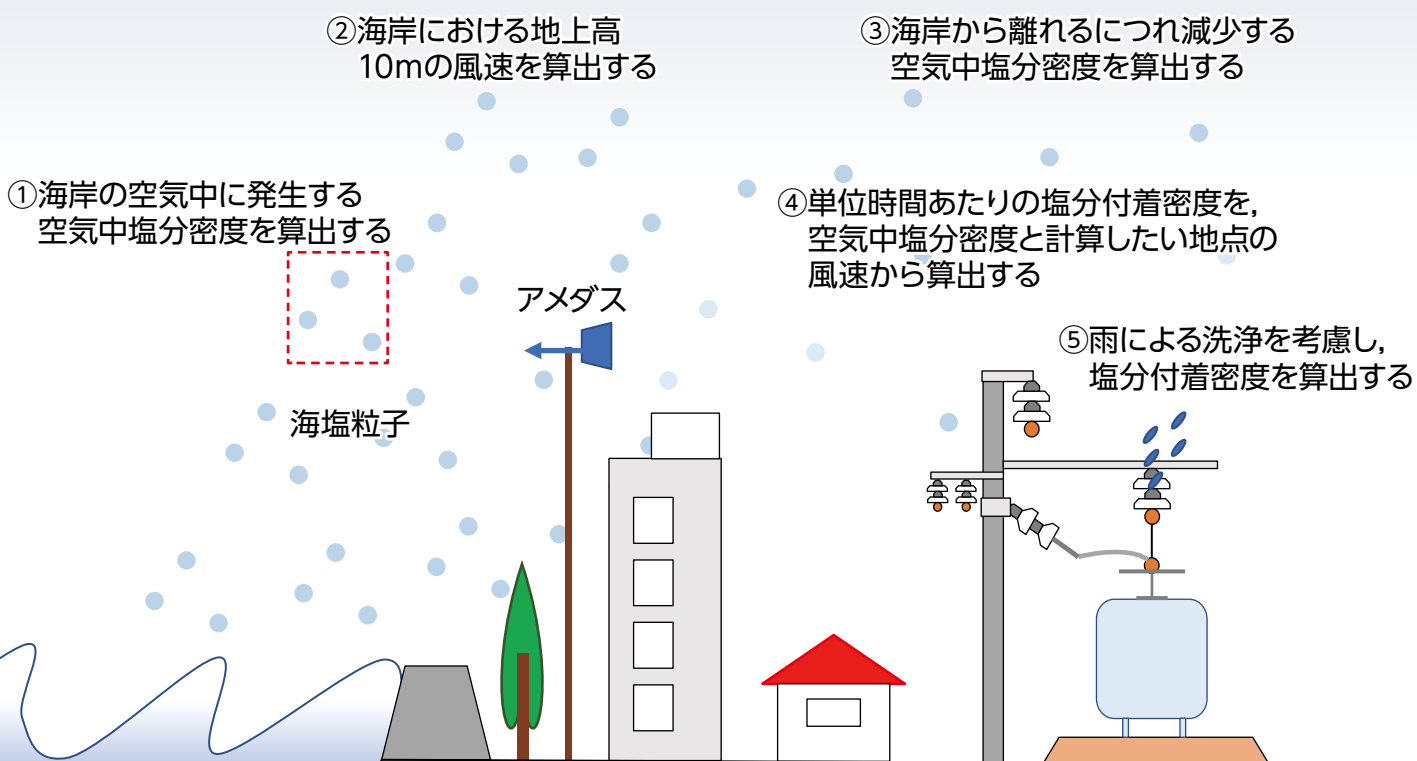
公開データによるがいし汚損度推定法

気象情報と地形情報の公開データから、明かり区間の任意の場所のがいし汚損度を推定することで汚損度データを蓄積する手法の開発に取り組みました。まず、電気協同研究会で行われた海塩粒子の発生、輸送、脱落といったそれぞれ個別に行われた検討や、そのほかの文献調査から、[図4](#)のような海塩粒子の輸送モデルを構築しました。海上や沿岸で発生した海塩粒子が

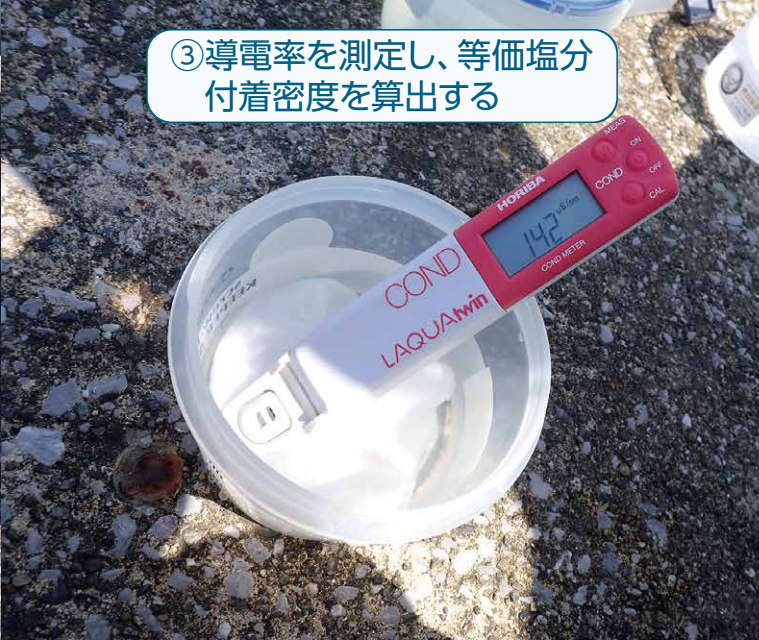
風により内陸に運ばれて電気設備に付着し、降雨により洗い流される、というものです。海塩粒子の発生、輸送、脱落を計算するために気象情報を、海塩粒子の輸送を計算するために地形情報を活用します¹⁾。

開発したがいし汚損度推定手法の計算アルゴリズムを[図5](#)に示します。入力データは、推定したい地点にもっとも近い気象庁の気象観測点において、気象庁から公開されている風速・

図4 海塩粒子の輸送モデル



③導電率を測定し、等価塩分
付着密度を算出する



示します。実測値の近似直線を引き、直線の発生頻度5%となる汚損度（同図中の黒い四角）と、推定値から求めた発生頻度5%の汚損度（同図中の赤い四角）がおおむね一致することを確認しました。2箇所取得した発生頻度5%汚損度の実測値と推定値がおおむね一致することから、本手法は任意区間の汚損度設定に適用できる推定精度を有するものと判断しました。

がいし汚損度推定法の活用例²⁾

がいし汚損度推定手法の活用により、図7のようながいし汚損度の発生頻度を任意の地点に対して得ることが可能となり、任意の地点で定量的な根拠に基づいた設備設計が可能となります。これにより、低コスト化に資するがいしの汚損区分を見直しが可能となります。

風向（いずれも直近1時間の平均値）・雨量（直近1時間の累積値）という3つの気象情報および、推定したい地点における16方位の離岸距離と周辺環境係数という2つの地形情報です。これから、明かり区間の任意地点における通常汚損に対するがいし汚損度の経時変化を推定します。

汚損区分細分化の例として、基本的には海岸に沿っているものの所々内陸に入り込んで敷設されている線区をモデル線区として選定し、その線区において計算により汚損区分を細分化したものを図8に示します。これは、各地点にお

鉄道総研勝木塩害実験所（新潟県村上市、図6）と太平洋側に面する湾岸の2箇所において、汚損度の発生頻度をプロットしたものを図7に

図5 がいし汚損度推定手法の計算アルゴリズム

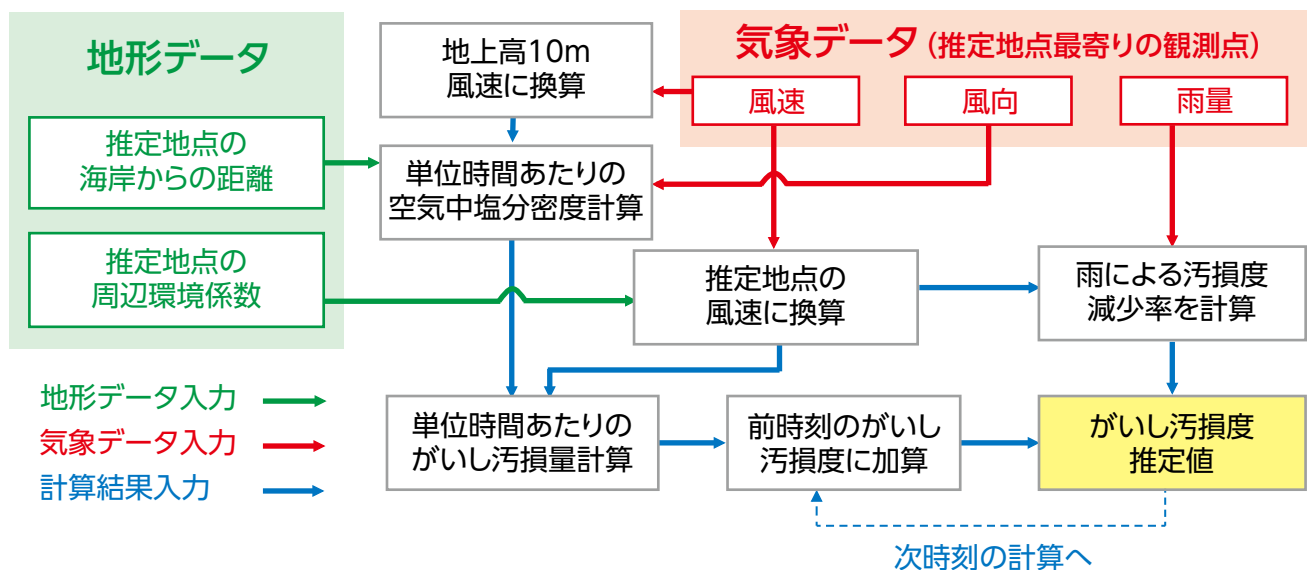




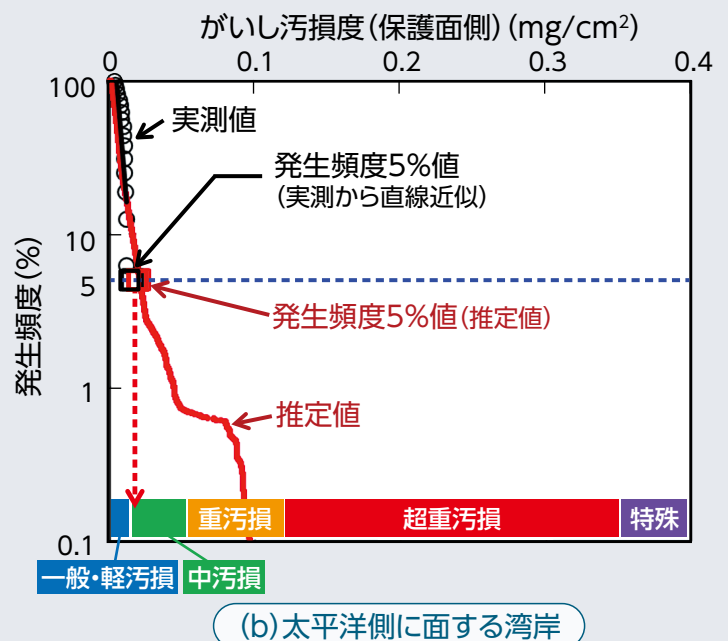
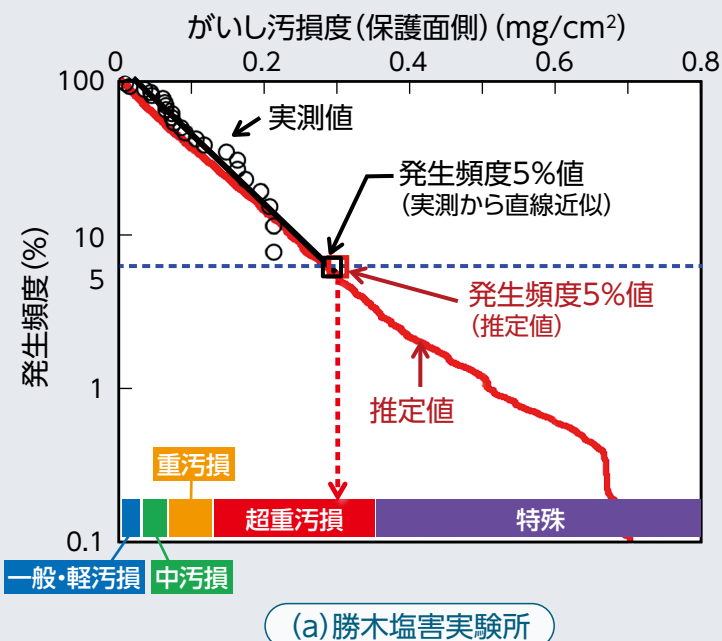
図6 鉄道総研勝木塩害実験所

勝木塩害実験所と計算に使用した
気象庁観測点の位置関係

ける発生頻度5%の汚損度を推定し、推定結果を表1に示す汚損区分にしたがって分類したものです。図8(a)で示すように、現状ではすべての区間で「塩害を考慮すべき線区」としての一律の区分となっているところを、図8(b)で示すように汚損度の実態に合わせて、汚損の

リスクが低い箇所（ここでは中汚損区間と表記）と高い箇所（特殊区間と表記），というように区分を細分化することができます。これにより、汚損リスクに応じてがいの種類や数量の見直しや、撥水剤（シリコン化合物）塗布範囲の見直し，といった実情に合った設備設計

図7 がいし汚損度と発生頻度の関係



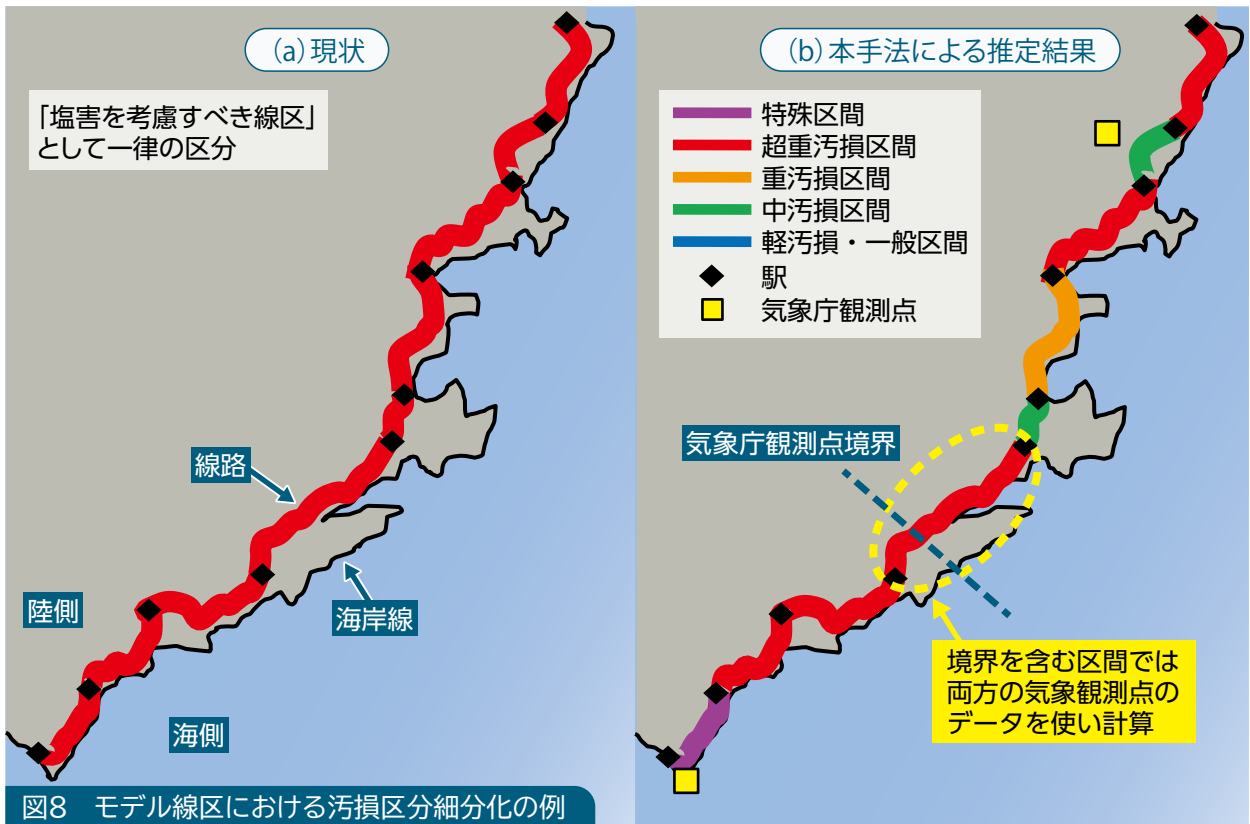


図8 モデル線区における汚損区分細分化の例

や保守を行うことが可能となります。

なお、図8(b)中の点線で囲んだ場所は、海に近い箇所と少し海から離れた箇所があります。駅間において、海からもっとも近い点で推定したため超重汚損という結果になりましたが、海から少し離れた場所の実態とは一致しない可能性があります。この原因としては、駅間ごとに汚損区分を求めたことに加えて、使用している気象庁の観測点の中間付近であったことも影響していると考えています。気象庁のアメダスは、おおむね20km四方に1つの観測点となっているため、よりメッシュの細かい気象データを使用することにより、推定精度が向上すると考えています。なお、今回の推定手法は、原理上、細分化の範囲は任意に設定可能なため、電化柱ごとの汚損度推定も可能です。

表1 汚損区分と等価塩分付着密度

汚損区分	等価塩分付着密度 (mg/cm ²)
特殊地区	0.35 超過
超重汚損地区	0.12 超過 0.35 以下
重汚損地区	0.06 超過 0.12 以下
中汚損地区	0.03 超過 0.06 以下
軽汚損地区	0.01 超過 0.03 以下
一般地区	0.01 以下

おわりに

本手法を活用することにより、図8で示したように汚損区分の細分化が可能となり、がいし汚損の実態に即した設備設計（絶縁協調に関して適切な設備への変更）につながるものと期待されます。現在は、本手法を活用してトンネル内のがいし汚損度推定法の構築に取り組んでおり、引き続き信頼性向上や低コスト化に資する研究開発に取り組んでいきます。RRR

文献

- 1) 柴田直樹, 白木理倫: 気象データを用いて推定した塩分付着密度と実曝露した鋼板腐食減少量に関する検討, 第67回材料と環境討論会, B-303, pp.157-160, 2020
- 2) 白木理倫, 柴田直樹: 公的機関による気象情報や地形情報を用いたがいし汚損度推定手法の推定精度検証, 2021年電気学会産業応用部門大会, 5-47, pp.V-273-V-276, 2021