

1. はじめに

コンクリート構造物に適切な耐久性を付与するには、地域の気象を考慮した耐久性設計を行う必要がある、そのためには劣化外力を適切に反映した設計値が必要である。

本研究は、北陸地方の気象データを分析し、劣化メカニズムを踏まえて統計処理を行うことで、合理的な耐久性設計を可能とする劣化外力の設定値を設定するための基礎的検討を行うことを目的とした。

2. 対象地域及び AMeDAS 取得地点の概要

本研究では、図 1 に示す北陸地方整備局管内（新潟県、富山県、石川県の全域、福井県北部、長野県北部、福島県会津地方、岐阜県高山市、山形県小国町）を対象とした。また、該当地域には 84 か所の AMeDAS 観測点が存在するが、その内の 27 か所が、降水量のみを観測する雨量観測所であり、気温のデータを取得することが出来ないため、使用するデータは図中に示す地点に存在する 57 か所の AMeDAS 観測点のデータとした。取得した気象データは 1 時間ごとの降水量及び気温であり、取得期間は 2002 年 1 月 1 日～2023 年 3 月 31 日である。

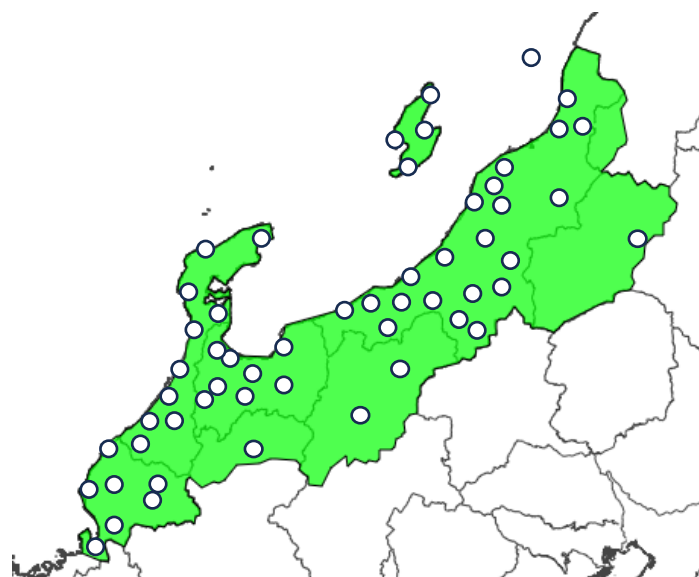


図 1 対象地域および AMeDAS 所在地点

3. 降水の統計処理

本研究では、中性化・塩害・ASR の劣化に作用する乾湿繰返しの地点ごとの特徴を把握するため、AMeDAS 観測地点ごとの降水パターンを作成した。降水特性が 1 カ月で変化すると仮

定し、各々の降水パターンの期間を1ヵ月と設定した。

各地点における降水の特性を数値化し比較するため、降水パターンを点過程モデルとみなしポアソン過程の強度 λ を算出した。取得した降水時間のデータをもとに、強度 λ の最尤推定値 $\hat{\lambda}$ を求めた。強度 λ の定常ポアソン過程の確率密度関数 $p_{[0,T]}(t_n)$ は式(1)となり、強度 λ の最尤推定値は式(2)で示される。

$$p_{[0,T]}(t_n) = \lambda^n \exp(-\lambda T) \quad \dots\dots (1)$$

$$\hat{\lambda} = \frac{n}{T} \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 λ :定常ポアソン過程の強度

n :イベント数

T :観察期間

北陸地方における降水特性を分類するため、取得した月毎の強度の比較を行った。地点ごとに比較したグラフを図2～8に示す。図より、山間部や豪雪地域は降雪の影響から強度 λ の値が顕著に上昇しており、冬期期間における降水特性の違いが明らかに判別できる。特に、豪雪地帯で知られる妙高・上越地域及び十日町・魚沼地域は、他の北陸地方と比較して、強度 λ が高いことから冬期期間における湿潤時間の増加、及び乾湿繰返し回数の増加が考えられる。

また、中央高地や盆地に位置する若松、長野、松本、高山では、気候が日本の気候区分における中央高地型気候区に該当する。そのため、その他の北陸地方の地域が該当する東北・北陸型気候区の特徴である冬期の降水増加は発生せず、中央高地型気候区の特徴である小雨乾燥状態を反映して、他の地域と比較して強度が全体的に低い。

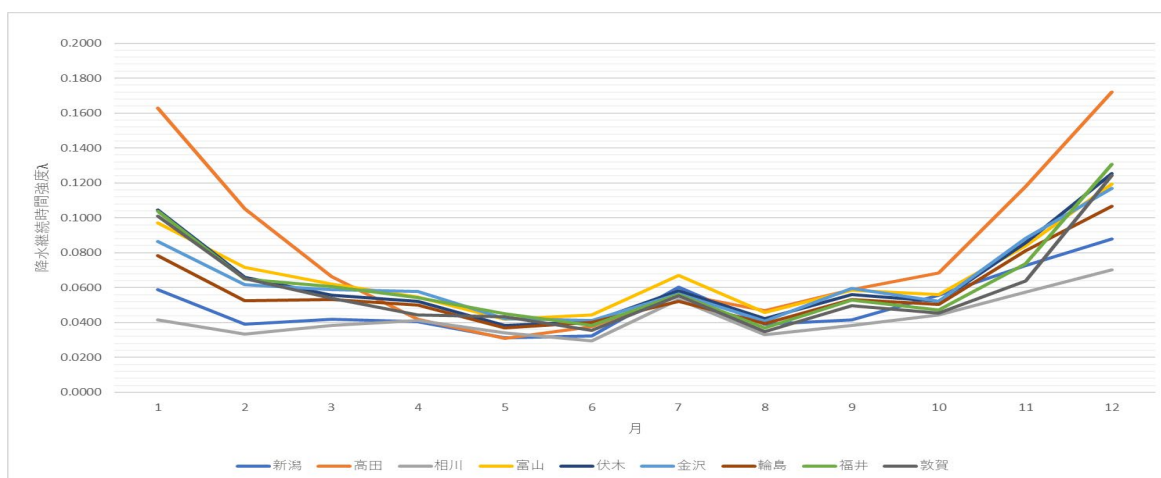


図2 北陸地方における地方气象台毎の月別降水発生強度

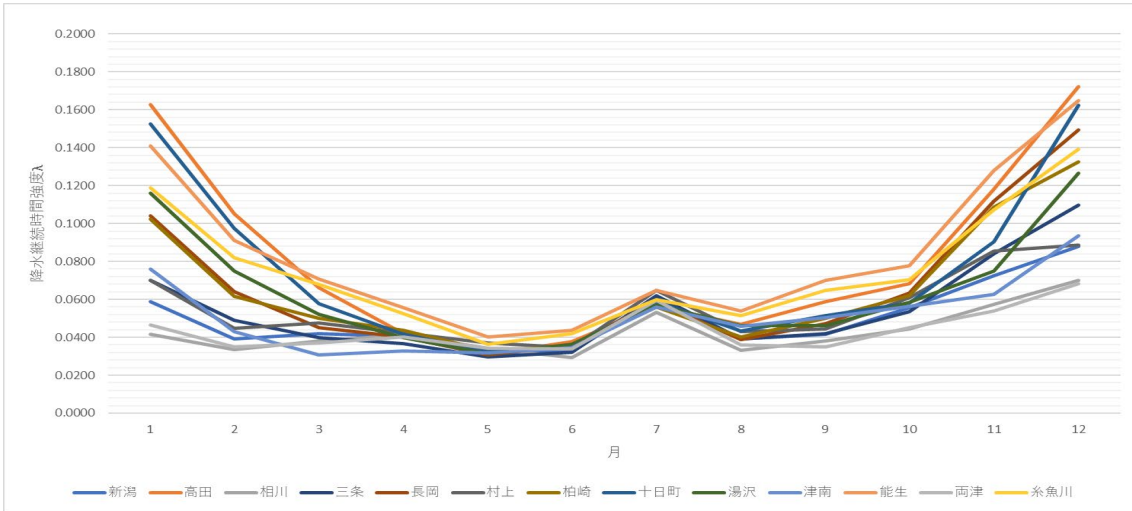


図3 新潟県における地点ごとの月別降水発生強度(1)

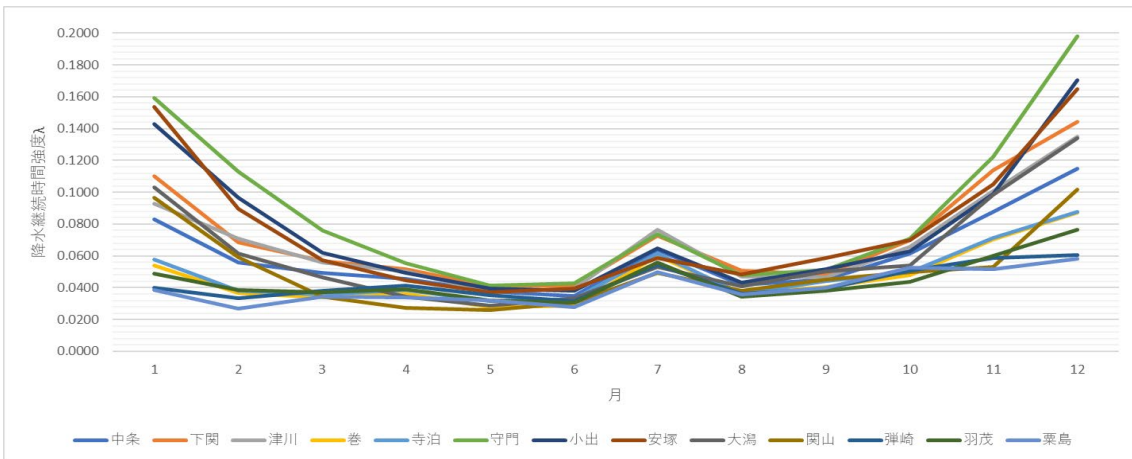


図4 新潟県における地点ごとの月別降水発生強度(2)

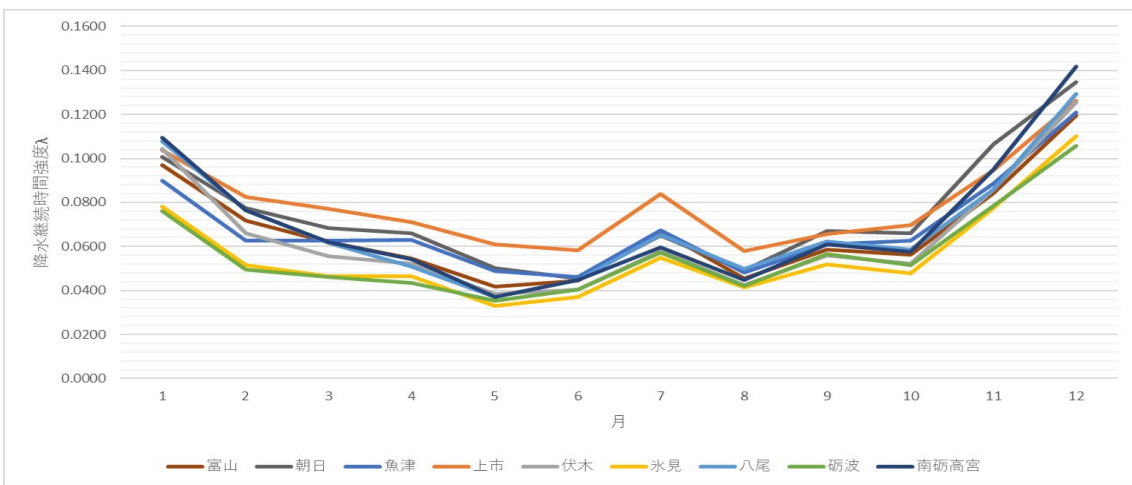


図5 富山県における地点ごとの月別降水発生強度

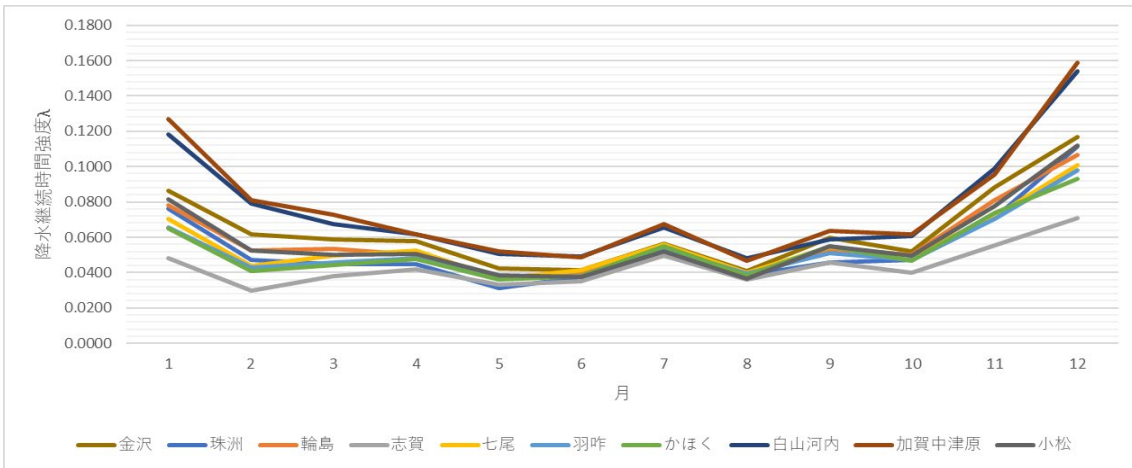


図6 石川県における地点ごとの月別降水発生強度

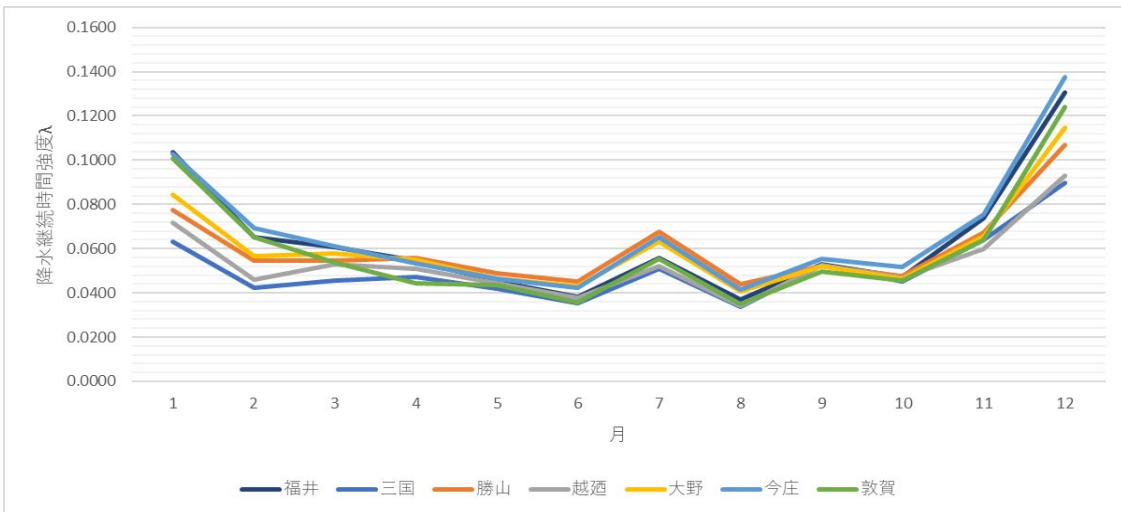


図7 福井県における地点ごとの月別降水発生強度

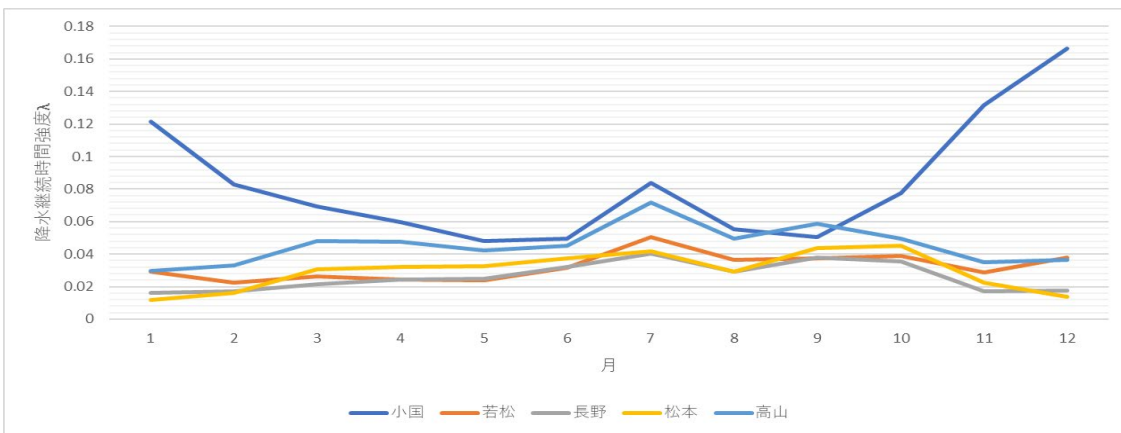


図8 山形県小国，福島県若松，長野県長野・松本，岐阜県高山の月別降水発生強度

1月の降水発生強度の分布を図9に示す。図より、地域毎の降水状況の差異が明確に確認でき、豪雪地帯及び山間部ほど降水発生強度が大きく、佐渡島の影響によって新潟平野の降水発生強度が低いことがわかる。

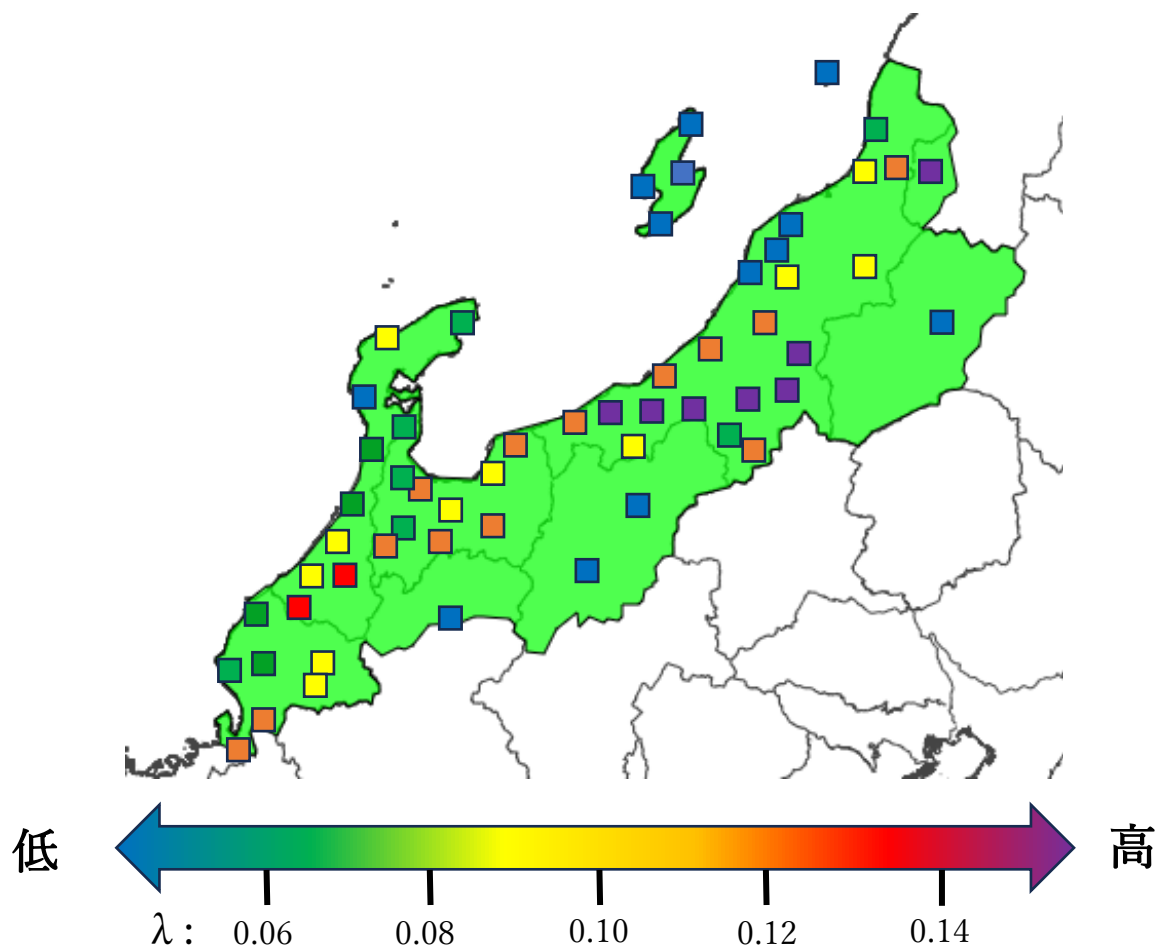


図9 降水発生強度λの分布 (1月)

4. 気温の統計処理

凍害の劣化環境評価手法種々提案されているが、本研究では日最低気温の年間極値と凍結融解回数を評価指数とした ASTM 相当サイクル数法における地域係数 T を用いた。地域係数は式 (3) により算出した。

$$T = -ta \min(1 - Df / Dw) \quad \dots (3)$$

ここに、 T : 地域係数

$ta \min$: 日最低気温の年間極値

Df : 凍結持続日数

Dw : 凍結融解総日数

地域係数の算出に使用する $ta \min$, Df , Dw は取得した期間の気象データから年毎に最低気温の年間極値, 凍結持続日数, 凍結融解総日数を算出し 21 年間の平均値から導出した。また, 凍結持続日数及び凍結融解総日数におけるコンクリートが凍結する温度は, ASTM 相当サイクル数法と同様に日最低気温が -1.0°C 以下と設定した。

表 1 および図 10 に, 凍害の地域係数を示す。傾向として海岸沿いに存在する地域は, 海の方が陸よりも熱容量が大きいので, 気温が夜間でも下がりにくく地域係数は小さくなるのが分かる。山間部は平均気温が低く, 海岸沿いとは反対に気温変動が大きくなる影響を受けて地域係数は大きな値を取ることが分かる。

表 1 北陸地方における凍害の地域係数

北陸地方 凍害地域係数					
越前	1.33	加賀中津原	4.15	砺波	6.00
敦賀	2.18	中条	4.32	勝山	6.05
相川	2.51	七尾	4.33	津南	6.46
金沢	2.67	寺泊	4.35	下関	6.60
糸魚川	2.80	魚津	4.52	湯沢	6.82
三国	3.19	珠洲	4.61	南砺高宮	6.97
弾崎	3.23	大潟	4.76	十日町	7.25
羽咋	3.25	能生	4.84	守門	7.58
輪島	3.25	三条	4.88	安塚	7.69
福井	3.29	高田	4.92	上市	8.16
粟島	3.35	長岡	4.96	長野	8.23
新潟	3.47	柏崎	5.16	小出	8.32
両津	3.53	氷見	5.20	小国	8.37
羽茂	3.55	関山	5.39	大野	8.65
朝日	3.56	今庄	5.52	若松	8.70
かほく	3.57	八尾	5.53	津川	9.07
小松	3.65	巻	5.75	高山	10.11
志賀	3.85	白山河内	5.76	松本	10.36
富山	3.86	村上	5.84		
伏木	3.89				

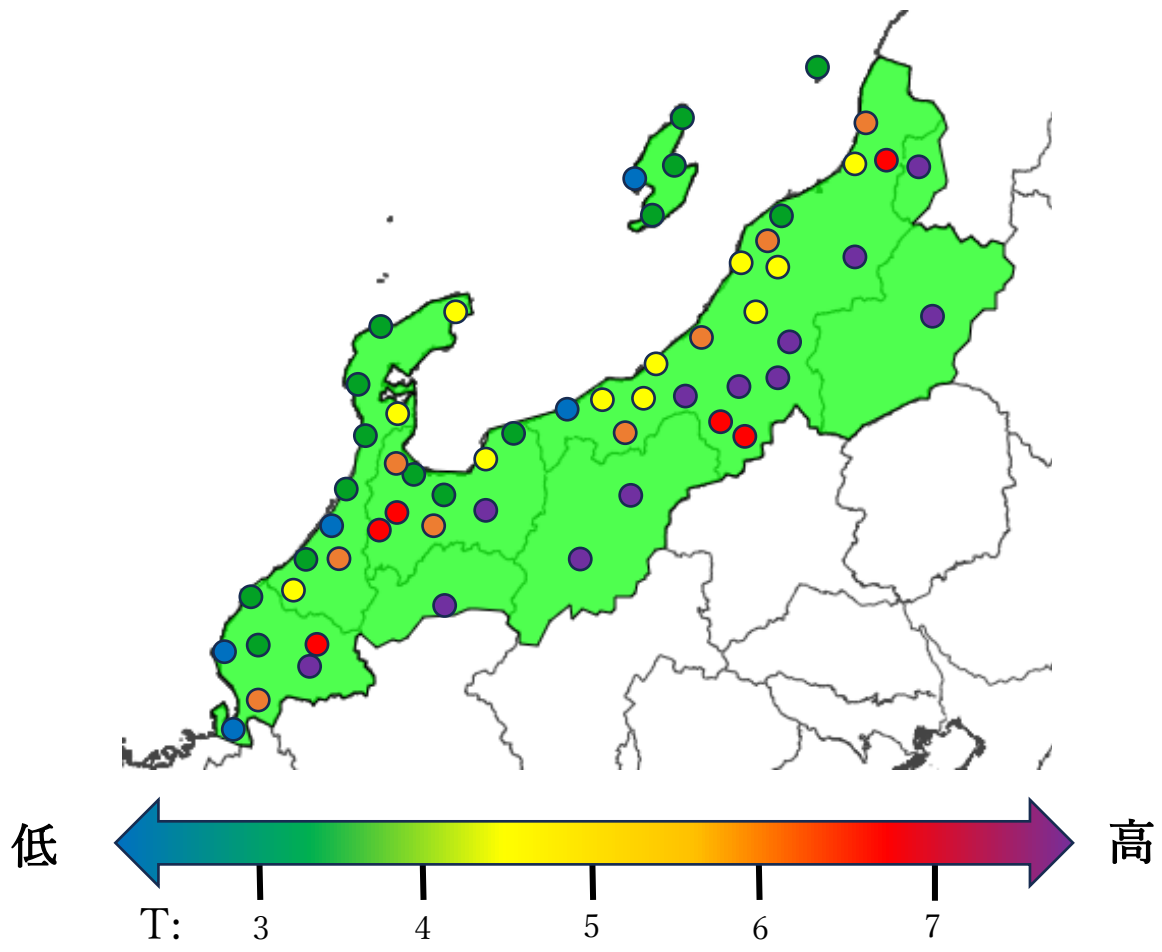


図 10 各地点における凍害の地域係数

5. まとめ

本研究ではコンクリートの劣化に影響を与える気象作用として降水と気温を採り上げ、劣化機構の特性を踏まえて気象データの統計処理を行った。それらの結果に基づき、北陸地方の地点ごとの劣化環境を評価し、耐久性設計における設計値設定のための基礎的検討を実施した。本研究により得られた成果をまとめると下記の通りである。

- (1) 降水履歴を定常ポアソン過程とみなし、各地点の降水発生強度を求めることで北陸各地点の降水状況を評価した。
- (2) 凍害環境評価の地域係数を用いた凍害劣化環境の評価では、山間部なるにつれ劣化環境が厳しくなり、凍害劣化環境の傾向を捉えた。