

鹿児島県内における酸性雨の実態とコンクリート構造物への影響について

地域環境研究所 ○(正)石本弘治
北陸先端科学技術大学院大学 (学)前原日和

1. はじめに

降水は、大気中の二酸化炭素に加えて、化石燃料の燃焼により放出された二酸化硫黄や窒素酸化物から生成された硫酸・硝酸や火山活動により放出される火山噴出物(酸性ガス・砕屑物)などが溶け込み酸性となる。酸性雨は、河川、湖沼や土壌を酸化させ、生態系に悪影響を与えるとの報告が多くある。土木構造物については、コンクリート表面の変質に連動して中性化や鉄筋の腐食を促進させることが分かってきている¹⁾。しかし、酸性雨の多くは弱酸性であることから、耐久性に大きな影響はないとされ、一般に特段の対策はされていない。

鹿児島県内には、鹿児島湾の中央部に位置する桜島と北東部に位置する霧島連山などの活火山が存在している。1986年(昭和62年)には、鹿児島市に pH2.5 という強い酸性雨が降ったとの記録がある。霧島連山のひとつである新燃岳も数年間隔に爆発的な噴火を起こしており、執筆者は2019年(令和元年)の噴火時に pH2.8 の酸性雨を霧島市で観測している。

鹿児島市における酸性雨は、桜島の火山活動との関連性が高いとの報告がある²⁾。しかし、鹿児島市以外の県域全体での観測体制は整っておらず、酸性雨の状況や桜島との関連性も明確でない。鹿児島県内は、火山活動による強い酸性の雨が降る環境であるが、コンクリート構造物にどの程度関与しているのか分かっていない。そこで、本研究では、県内における酸性雨とコンクリートへの影響について実態調査を行った。

2. 実験の方法

2.1 調査位置

降雨の観測は、東シナ海側のいちき串木野市と鹿児島湾北側の霧島市の2ヶ所で行った。コンクリート構造物への影響調査にあたっては、竣工時期が明確な橋梁の地覆部におけるコンクリートの強度を測定し、その経年変化を調査した。調査橋梁は、いちき串木野市(29橋)との霧島市(19橋)、桜島島内(16橋)、垂水市(20橋)および比較のため宮崎県宮崎市・日南市周辺(28橋)の橋梁を選定した。また、調査橋梁の選定に際し海からの

飛来塩分の影響を考慮し、桜島島内を除き概ね海岸から2km以上とした。調査位置を図1に示した。

2.2 調査方法

pH は、雨水分取器(レインゴーランド:堀場製作所製)により採水し、コンパクトpHメータ(LAQUA-twin22B:堀場製作所製)により測定した。降雨量、風向などの気象観測データは、気象観測装置(Weather Link:DAVIS Instruments 製)により日々観測した。

圧縮強度は、コンクリートテストハンマー法による非破壊試験により求めた。打撃位置は、橋梁の親柱から2m離れた地覆部とした。図2に示すように5cmの間隔で5か所の打撃反発度を計測し、その平均打撃反発度から推定圧縮強度を求めた。なお、骨材が剥き出しになっているなどの劣化が激しい箇所については、予め定めた打撃位置に依らず適宜位置を調整した。



図1 調査位置

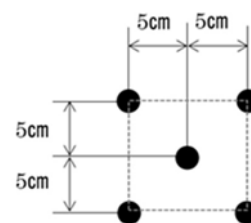


図2 打撃箇所

3. 実験の結果

3.1 風向と降雨の水素イオン濃度の関係

いちき串木野市と霧島市における風向方位角と降雨水の pH の関係を図3にそれぞれ示した。pH5.6以下の酸性雨の出現割合は、いちき串木野市、霧島市でそれぞれ66.7%、75.0%と大きな差は無かったが、いちき串木野市での pH5 以下の降雨の出現回数は11回と霧島市のおよそ1/3であり、pH4以下の出現も無かった。霧島市に比べ降雨水の酸性度は弱いと言える。

また、霧島市においては、桜島方向の風向の場合には pH が下がる傾向にある。酸性雨は、桜島の火山噴出物に起因していると考えられる。いちき串木野

キーワード 酸性雨, コンクリート劣化, 火山噴火物, 桜島, 鹿児島県
連絡先 責任筆者, 石本弘治, 地域環境研究所 ecomat555@gmail.com

市では、桜島方向からの風向と pH に顕著な相関は認められなく、冬季に低くなる季節性が見られた。酸性雨の要因は、西日本で見られる大陸から飛来する酸性物質による影響が大きいものと考えられる。

県内の酸性雨は、鹿児島市と同じように桜島の火山噴出物の関与が大きい地域とそれ以外の要因地域があるなど県内の状況がある程度明らかになった。

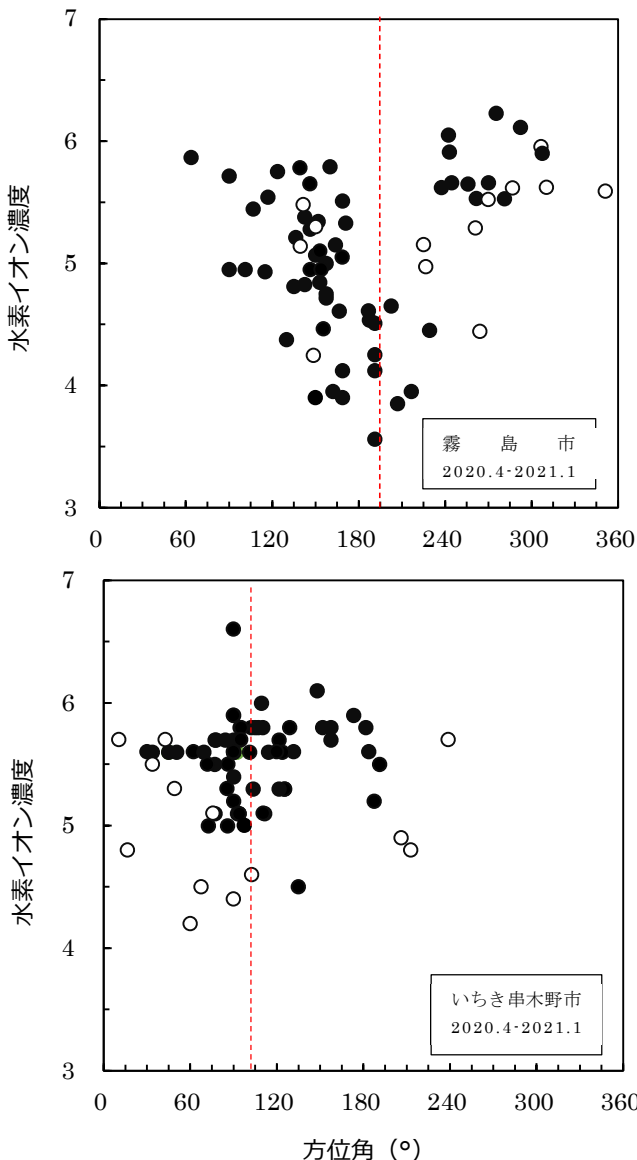


図3 風向と降雨の水素イオン濃度

注1) 赤破線は、観測地から桜島の方位を表している
注2) ○は冬季観測(11月～1月)

3.1 橋梁コンクリート地覆部強度

橋梁地覆部コンクリートの非破壊圧縮強度結果は図4に示した。地覆コンクリートの当初の設計強度や施工状況により強度に違いがあると考えられるが、どの地区も当初の推定圧縮強度は $51 \sim 53 \text{ N/mm}^2$ 付近に収められた。

いちき串木野市と宮崎県宮崎市周辺の圧縮強度の経年による低下率は、ほぼ同じである。これらの地点にお

いては、30年で当初の推定圧縮強度の76%程度に低下する。霧島市では72%程度まで低下し、より桜島に近い垂水市においては60%程度まで低下する。

桜島島内では、さらに経年による圧縮強度の低下が大きくなる。特に昭和火口の北東地区では、10年経過後には圧縮強度が50%以下と急激な強度低下がみられ地区によるバラツキが大きい。桜島からの距離の近い地域ほどコンクリート強度の経年低下が大きく、桜島の火山噴出物が関与しているものと考えられる。

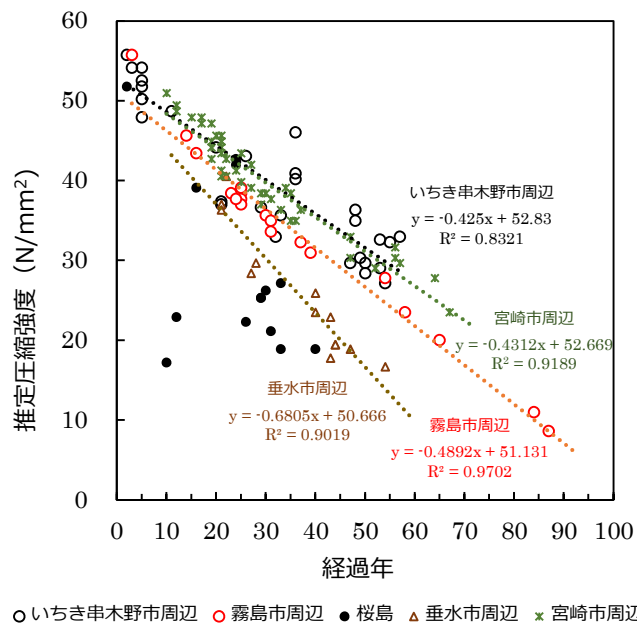


図4 経過年と推定圧縮強度の関係

注1) 長期材令構造物に対する反発度補正は行っていない
注2) 桜島島内橋梁の回帰式は決定係数 $R^2=0.24$ のため非表示

4. まとめ

- 1) 鹿児島湾岸地域の酸性雨の要因は、桜島の火山噴出物の寄与が大きく、東シナ海側は冬季にpHが低くなる季節要因が大きいと考えられる。
- 2) 桜島の火山噴出物の影響よるとみられるコンクリートの劣化が桜島に近い地域で顕著に見られる。
- 3) 酸性雨による影響が考えられる地域では、コンクリート構造物の調査と対策が必要であると示唆される。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人鹿児島県建設技術センター地域づくり助成事業の助成により実施した。また、本研究の遂行にあたり、原田貴子、原田ふみえ両氏には降雨の観測および橋梁調査の協力を頂いた。記してここに謝意を申し上げる。

参考文献:

- 1) 例えば、審良善和ら:コンクリート構造物の酸性雨劣化機構に関する研究, 土木学会誌 No.774, 65, 73-82, 2004
- 2) 四元聡美ら:鹿児島県における酸性降下物について, 鹿児島県環境保健センター所報, 14, 75 - 81, 2013