

## 巻頭言

# 趣味と実益 – 風と構造物の維持管理 –

京都大学工学研究科社会基盤工学専攻  
白土 博通



社会インフラの維持管理技術の高度化、先進化が求められている。SIP事業（cross-ministerial Strategic Innovation promotion Programの略称）を筆頭に、土木業界以外の他分野の先端技術、知識を動員し、新しい維持管理事業の創出に向けた研究、技術開発が各所で展開されている<sup>1)</sup>。同時に、経済性の追求も忘れてはならない。主要国道や高速道路の橋梁は点検の目が行き届く一方、市町村道の橋梁では予算も人も甚だ不十分と聞く。このような課題の解決に学問の分野から如何に貢献できるか、役に立てるとすれば何だろうか。たとえば、地元の道（橋）を見守る「道守（橋守）養成」<sup>2)</sup>などはその一つの答えだと思う。各所で進められている関連事業が進展し、多くの人材輩出を願いたい。

研究室の学生諸子は卒修論の締め切りを目前に控え、最後の追い込み中である。このような時期に上の問いを改めて繰り返してみる。「経済的な維持管理」とは…。様々な考えがあると思う。個々のインフラ（橋梁）を取り巻く環境を個別に把握し、例えば鋼材の腐食やコンクリートの塩害などの劣化が進む度合いを部位ごとにあらかじめ知っておくこと、はどうだろうか。すなわち弱点を橋梁ごとにあらかじめ知っておけば、効率的な維持管理につながるのではないだろうか。ここで言う環境に基づく劣化は、橋梁の一般部を対象とするものであり、「水まわり」処理機能の低下に起因する橋梁端部の局所劣化とは区別されるべき<sup>3)</sup>であろう。それなら、部位ごとの固有の劣化機構を選択できるような、様々なモジュールをもつような劣化予測が理想形かもしれない。

我々の研究室は「橋梁工学」を名称に冠するものの、現在進行中の研究テーマは風に特化したものが多い。風と維持管理…、筆者が海から飛来する塩分（海塩粒子）は風で陸上へ運ばれると気付いたのが2008年頃。調べてみると、当時既に飛来塩分と腐食に関する研究には先輩格のものがいくつもあり、気付くのが遅かった感すらあった。しかし、橋梁近傍の気流を調べ、各構造部位にどのような付着機構でどれくらいの海塩粒子が付着するのかに興味を覚え、手探りで研究（らしきもの）を始めて以来、未だに続いている。最近では領域気象モデル（Weather Research and Forecasting model<sup>4)</sup>、WRF）を用いた任意地点の気象、風況データの取得に取り組んでいる。それどころか、放射による結露と鋼材表面の水滴流化による付着塩分の洗浄や、車両通過による路面上の塩水膜の飛散など、かなり趣味的ではあるが新たなテーマが派生している。

海塩粒子は直径数～数十 $\mu\text{m}$ の微粒子であり、波しぶきの先端から生成されると言われている。生成された粒子は海上の風により陸地まで運ばれるが、その過程で重力の作用による

沈降を伴う。直径、重量が大きな粒子は陸地に到達する以前に海面へと落下する。また、鉛直方向の塩分濃度は一様ではなく、海面、地表面上で最も高く、上層に向かい次第に濃度が低下する分布をもつ。このため設置高度が低い構造物ほど、また海岸線に近い構造物ほど塩分環境は厳しいと言える。塩分濃度の測定方法にはISOに規定されたもの<sup>5)</sup>もあるが、これを含め真の大気中塩分濃度ではなく相対的指標を与えるものが多い。既存のオーソライズされた塩分計測法と真の大気中塩分濃度の対応関係も、明らかにされなければならない課題のひとつである。構造物材表面近傍に到達した海塩粒子が表面に付着するまでの挙動は、塩分濃度と表面近傍の表面直角方向流速の積（濃度フラックス）で近似する。濃度フラックスは単位時間帯面積当たりの付着塩分の質量であり、塩分濃度は現地観測で、表面近傍の流速は計算（数値流体解析、CFD）で求められる。図-1は太平洋側海岸近くの道路橋（鋼桁）を対象に、以上の考え方で求められる部位別付着塩分量の約40日間累積値について計算値（図中□）を測定値（同●）と比較したものである。重力による海塩粒子の沈降速度や雨滴による洗浄効果も考慮されている。

橋梁管理者は多くの橋梁を同時に管理しなければならない。塩分付着量の部位別評価が可能であるとしても、橋梁周辺の塩分濃度や気象データを橋梁ごとに観測しなければならないとすると実用的ではない。塩分濃度や気象データを観測に頼らずに得ることはできないだろうか…。前述のWRFがこの要求に答える可能性がある。図-2は新潟県内の大気中塩分濃度についてWRFによる解析結果を観測値と比較したものである。図中各線は選択したモデルの違いを表すが、観測値（図中4.）に近い解析結果を与えるものがありそうである。風向、風速、気温、湿度等の気象データも同様に取得でき、概ね観測値に近い値が得られることも一部地域では確認している。

海塩粒子の表面付着量は単調的に増加するわけではなく、ある上限値があるようである。とすれば、それ以上付着量が増えない（付着量を減らす効果をもつ）要因があるはずである。鋼部材表面は周囲の気温と鋼材温度の差により結露が生じる。冬の窓ガラス表面に幾筋もの水滴の流下跡が観察されるように、鋼部材表面の結露も付着塩分にたいして洗浄機能を果た

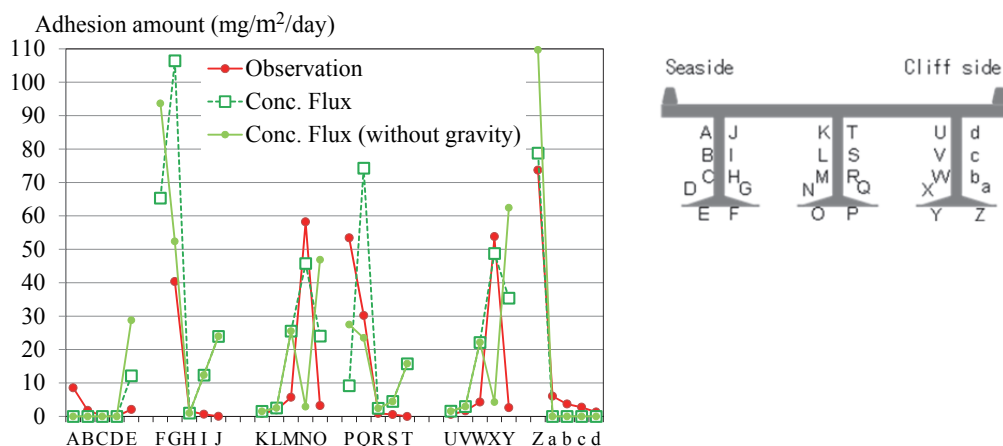


図-1 海塩粒子付着量の部位別評価<sup>6)</sup>

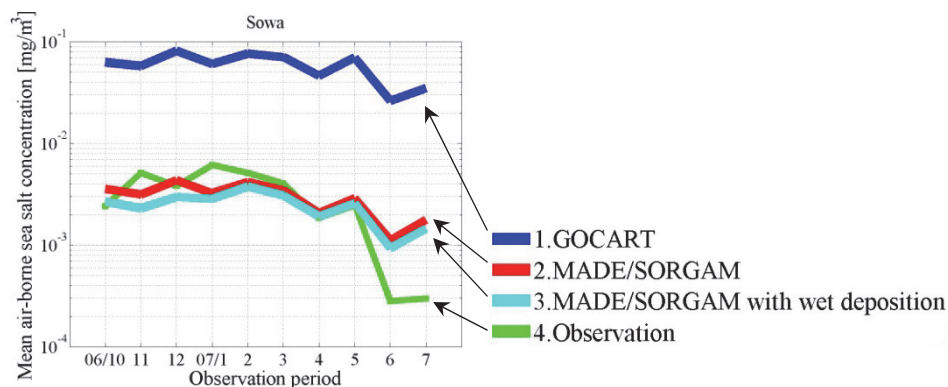


図-2 WRFによる大気中塩分濃度

すのではないかと<sup>7)</sup>…。WRFからは日射量も得られるため、室内の結露に関する研究を参考に鋼部材表面における結露量を算出し、さらに鉛直部材表面を流下する水滴のシミュレーションと、洗浄効果に関する実験を行っている。これは橋梁工学研究室の2015年度卒業論文のひとつとして目下取りまとめ中であり、近日中に公表される予定である。

さらに、一連の海塩粒子付着量の評価が可能となれば、塩分濃度、風況その他の気象データの確率モデルを作ることにより、より長期間の付着量のシミュレーションが可能となる<sup>8)</sup>。

以上述べた一連の手法が、冒頭に述べた経済的な維持管理に貢献できるかは、本手法について今後さらに検討を重ねる必要がある。広域的に複数のインフラの管理を、予算に過大な負担をかけず行うなど、夢のまた夢かもしれない。しかし、何か出来そうな気がする。かつ、派生的に新たに見出した課題に挑戦する面白さは、学身に身を置けばこそ味わうことができるのかもしれない。趣味的とお叱りを受けるかもしれないが、興味は尽きない。

本件に関して、ご意見、ご批判を賜れば幸いである。

- [1] 土木学会構造工学委員会 平成27年度構造工学セミナー：維持管理・更新・マネジメント技術の高度化に関する研究開発の状況、2015年1月
- [2] 長崎大学道守養成ユニット、<https://michimori.net/>
- [3] 小川重之、香川紳一郎、片山英資、貝沼重信：腐食性生物層の厚さを用いた腐食性評価手法の都市内高速道路への適用、土木学会第69回年次学術講演会、I-572、2014
- [4] <http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/>
- [5] ISO9225: Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres, 2012.2
- [6] K. Noguchi, H. Shirato, Y. Kaneshiro, S. Hata, T. Yagi, H. Hattori, Quantitative Evaluation of Salinity on Structural Members in Coastal Region, Proc. of the 14th Int. Conf. on Wind Eng. Porto Alegre, USB memory, June 2015
- [7] 梶村修平、宮本重信：鋼橋充腐食部への亜鉛テープ被覆等によるコスト縮減の予測、平成25年度近畿地方整備局研究発表会論文集、調査・計画・設計部門No.17、2013
- [8] 野口恭平、秦聡一朗、金城佑紀、白土博通、八木知己、服部 洋：橋梁表面に付着する部位別塩分量の推定（その2）－付着塩分量の長期予測に向けて－、土木学会大69回年次学術講演会、I-243、2014