

新潟県内の飛来塩分と風向・風速の関係

Relation between marine salt and wind in Niigata

岩崎英治*・長井正嗣**・大久保雄介***・松岡寛和****

Eiji IWASAKI, Masatugu NAGAI, Yuusuke OOKUBO and Hirokazu MATSUOKA

*正会員 工博 長岡技術科学大学助教授 工学部環境・建設系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

**正会員 工博 長岡技術科学大学教授 工学部環境・建設系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

***正会員 工修 和歌山市 (研究当時 長岡技術科学大学大学院)

****正会員 工修 コベルコ科研 (研究当時 長岡技術科学大学大学院)

The weathering steel has a unique property of preventing rust by rust, and using unpainted weathering steel is important to reduce the life cycle cost of infrastructure. The following condition of unpainted weathering steel should be satisfied: maximum amount of marine salts density is less than 0.05mdd ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day}$), or distance from the coast of the Japan Sea is more than 20km. However marine salt is affected by not only distance from the coast but the geographical feature, the wind direction and the wind velocity. Accordingly, the relation between marine salt observed in Niigata and wind data observed AMeDAS by Japan Meteorological Agency is discussed.

Key Words : marine salt, wind, Weathering steel

キーワード: 飛来塩分, 風向・風速, 耐候性鋼

1. はじめに

鋼橋の建設に際して、メンテナンス費用も含めたライフサイクルコスト(LCC)が選定の条件となりつつあり、LCCを押し上げる原因となっている塗装に伴うメンテナンス費用の縮減を可能とする無塗装耐候性鋼材の採用が多くなっている。これは、鋼材表面に生成する緻密な保護性さびにより、鋼材内部への腐食原因物質の侵入が抑制されるため、時間の経過とともに腐食量は、維持管理上問題とならない範囲に抑えられることを期待しているためである。通常の腐食環境下では、耐候性鋼は緻密なさびにより以降のさびの生長を抑制することが確認され、多くの使用実績がある。しかし、海岸付近のような塩分の飛来する環境下では、さびは安定化せず生長し続けることがある。

このため、旧建設省土木研究所、旧鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会による耐候性鋼材の暴露試験、飛来塩分調査により、飛来塩分量が $0.05\text{mdd}(\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day})$ 以下の環境下であれば緻密な保護性さびが生長すること。また、全国の海岸線を4地域に分け、それぞれの地域内で飛来塩分量調査を行わなくてもよい離岸距離が示されている¹⁾。

文献1)によると、新潟県沿岸部は、日本海沿岸部Iの地域に入り、離岸距離20km以上が飛来塩分量調査を行わなくても耐候性鋼材の使用に適した地域となっている。この離岸距離は、太平洋沿岸部では2km、瀬戸内海沿岸部は1km、また、福井以南の日本海沿岸部IIの地域では5kmとなっており、新潟県沿岸部を含め

た日本海沿岸部Iでは、耐候性鋼材にとって厳しい環境下であることが分かる。一方、規定の離岸距離以内の地域でも、海岸線との間に風を遮るような山地がある場合には、飛来塩分量が少なくなる場合もある¹⁾。

飛来塩分と風の関係に関する調査・研究には、旧建設省土木研究所による全国沿岸部の飛来塩分量と海風速の全国マップとの関係を検討した研究²⁾や、新潟県内の海岸付近の飛来塩分量と風速との関係を検討した研究³⁾などがある。これらの研究では、飛来塩分量は風速のべき乗と強い相関のあることが示されている。海岸付近の場合には、陸部に比べて風速が大きく、また飛来塩分を運ぶ風向の変動は少ないように想像されるが、陸部では地形の影響を受け、風の流れが乱され、飛来塩分を運ぶ風の方位は多くなると考えられる。したがって、耐候性鋼橋の設置適否を判断するような離岸距離10数km程度の地域では、風速だけでなく風向の影響も受けていると想像される。

離岸距離20km以内には、新潟県内の平野部のほぼ全てが含まれることとなり、このような地域に耐候性鋼橋を建設する場合に、この離岸距離規定は大きな制約となる。地形の影響により飛来塩分が少なくなる⁴⁾ことも予想されることから、離岸距離規定だけでなく、地形や風向きの影響を考慮した飛来塩分量を推定できるようなシステムが構築されていると耐候性鋼橋の普及に寄与できるものと考えられる。

そこで、本論文は新潟県内の10地点の飛来塩分の調査を行い、気象庁の地域気象観測システムによる風向風速との関連について考察を行い、上述の地形や風向

きの影響を考慮した飛来塩分量の推定システムを構築するための基礎的な知見を得る。

2. 飛来塩分調査

2.1 調査の方法

代表的な飛来塩分の観測方法には、ガーゼ法と土研式タンク法がある。ガーゼ法は JIS 規格になっており全国的に広く採用されているが、ガーゼに雨水が当たると塩分が洗い流されるため、雨水が直接当たらないようにする必要がある。一方、土研式タンク法では、飛来塩と雨水をまとめてタンク内に集めるために、雨水が当たるような屋外にそのまま設置することができる。そこで、本調査では土研式タンク法を用いて調査を行った。

2002 年夏季からの 1 年間は 6 地点、2003 年 9 月からの 1 年間は 2 地点はそのままに、残り 4 地点を変えて、図-1 のような合計 10 地点で飛来塩分の観測を行った。この内 O 地点は著者らの所属する大学の屋上に設置し、他の 9 地点は、橋梁高欄外側に、写真-1 のように設置し、タンク内に捕集した飛来塩分を含んだ雨水は、一ヶ月毎に回収を行った。表-1 に各設置地点の離岸距離、捕集箱の向き、調査開始日および、年平均飛来塩分量を示している。また、図-1 中の矢印は捕集箱の向きを表している。捕集箱を高欄外側に設置することから、箱の向きは橋軸直角方向に制約される。そこで、できる限り冬季の季節風を捕集できる向きになるように、設置橋梁を選択した。

図-1 のように、K 地点は北に位置する 900m 程度の米山山麓にあり、海からの塩分は河川付近の谷地に沿って飛来する。O、A 地点は長岡市周辺にあり、北西側に 150m 程度の山地があるため、塩分はこの山地を越えて飛来する。残りの 7 地点は図-1(b) のように新潟市周辺の平野部にあり、S2、S3 を除いて、西側の海岸付近に標高 200m から 500m 程度の山地があるのみで、北西や北からの塩分は平野部を通して観測地点に飛来する。S2、S3 地点は北側に平野が広がり西側には標高 200m 程度の山地がある。

2.2 調査結果

表-1 に飛来塩分の調査結果を、図-2 に離岸距離と飛来塩分の関係を示す。図中の O 地点、U 地点の飛来塩分は 2 年間の平均値を示している。この図には、文献 1), 4) に示されている、全国の飛来塩分調査の結果から、日本海沿岸部 I の地域の離岸距離に対する飛来塩分の回帰曲線も示している。この全国調査は、ほとんどの観測地点が海岸から 10km 以内であり、本論文での調査範囲とずれがあるにも関わらず、本調査結果は概ね回帰曲線の周りに分散していることが分かる。

長岡市周辺の飛来塩分量が、平野部に位置する新潟市周辺の飛来塩分量に比べて少ないのは、海岸線から

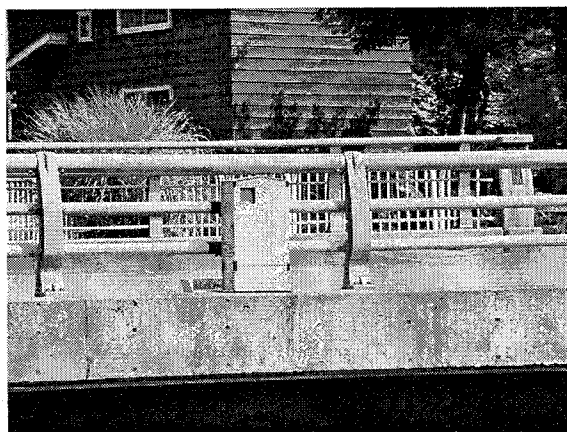


写真-1 飛来塩分捕集箱

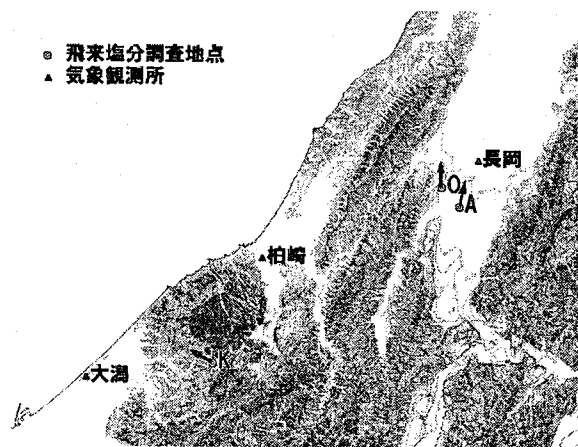
表-1 年平均飛来塩分量

設置地点	離岸距離 (km)	箱の向き (°)	調査開始日 (年/月/日)	飛来塩分量 (mdd)
S	8	348	2002/8/9	0.224
H	15	300	2002/8/9	0.249
U	17	336	2002/8/23	0.144
			2003/9/18	0.166
O	15	3	2002/7/29	0.045
			2003/9/18	0.057
A	18	11	2002/7/29	0.057
K	10	291	2002/8/8	0.148
K2	12	300	2003/9/18	0.310
O2	14	336	2003/9/18	0.195
S2	29	327	2003/9/18	0.090
S3	27	27	2003/9/18	0.035

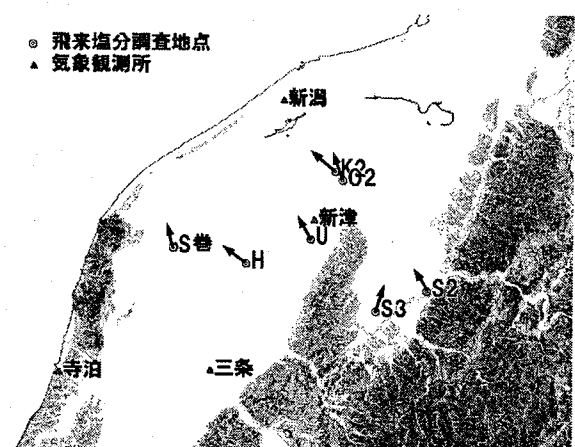
山間部を越えて塩分が飛来するためと考えられる。また、米山山麓の K 地点は北に 900m 程度の山があり、この山を越えて塩分が飛来する量よりも、河川に沿って遡上する西からの風による飛来塩が多くなっているものと想像されるが、この方向は離岸距離が最短の方向とずれているために、距離が長くなり、飛来塩分量が少なくなっているものと思われる。

耐候性鋼橋の適用規定と比較すると、S2 地点は離岸距離が 20km 以上あるにも係わらず、飛来塩分の規定値である 0.05mdd 以上の飛来塩分量になっている。一方、途中に山地のある O 地点や A 地点は、離岸距離が 20km 以内にも係わらず、ほぼ同様の離岸距離にある平野部の H 地点に比べて飛来塩分は非常に少なく、耐候性鋼橋の適用目安の 0.05mdd に近い値になっていることが分かる。

これらの調査結果より、飛来塩分は離岸距離だけでなく地形の影響を大きく受けていることが分かる。そして、海岸線から陸地に吹き込む風は、地形の影響を受け、その風速や風向は変化するようになる。したがって、飛来塩分は風向や風速の影響を受けていると考えられる。



(a) 長岡市周辺, 米山山麓



(b) 新潟市周辺

図-1 飛来塩分の調査地点

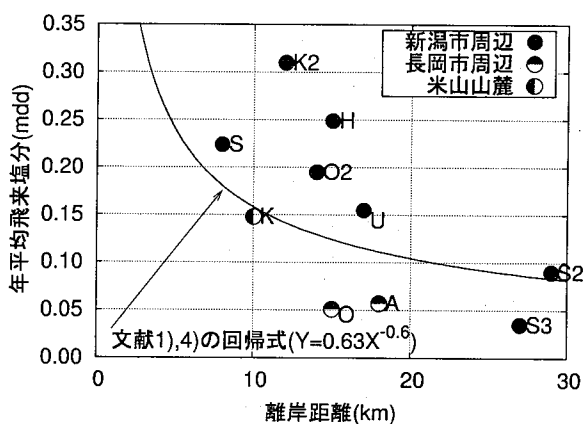


図-2 飛来塩分と離岸距離

3. 地域気象観測システム

気象庁では、雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的に行う地域気象観測システム（アメダス）が1974年から運用されている。現在、風向・風速は、全国で凡そ850地点に観測機が設置されている。このアメダスでの風向・風速は、10分間の平均値を風速は1m/s単位、風向きは16方向で表している。風向・風速の観測値としては10分値観測値の他に、毎正時の10分間の平均値も1時間値観測値として公表されている。また、これらの観測値を統計処理した日平均風速や日最大風速なども公表され、気象情報として利用されている。

飛来塩分と風向・風速の関連を調べるために、本論文では、10分値風向・風速の他に、1時間値および日最大風速とその発生方向の3種類の気象情報を用いる。日平均風速も気象情報としては有用と思われるが、気象統計上の日平均風速は、個々の時刻での風速と風向からベクトル的に平均値を算出するのではなく、風速のみにより平均値を算出している⁵⁾。これより、その風

速に対応する風向を合理的に決められないため、本論文では検討の対象から除外することとする。

4. 飛来塩分と風向・風速の関係

飛来塩分は海からの風により運ばれてくることから、海岸線方向からの風速が大きいほど、その量は多くなる。既往の研究によると、海岸での海塩粒子の発生量は風速の2乗に比例すると考えられる⁶⁾。一方、飛来塩分が輸送される間の塩分濃度の距離減衰は、風速の0.55乗に比例すると考えられる²⁾。海岸付近での飛来塩分と風との関連を研究した文献2)や3)では、風速のべき乗と強い相関のあることを示しているが、本研究では、海岸から10数km内陸での飛来塩分と風との関連を検討することから、距離減衰による影響を考慮して、飛来塩分量は風速に比例すると仮定する。さらに、飛来塩分は海岸線方向からの複数の方向からの総和で表されると仮定して、以下のように表す。

すなわち、ある観測時期*i*での飛来塩分量 S_i は、その期間中に複数の方向 j からの風により輸送された飛来塩分量 s_{ij} の総和として表される。

$$S_i = \sum_{j=1}^n s_{ij} \quad (1)$$

ここで、 n は飛来塩分を輸送する風の方位の数を表している。

また、ある j 方向からの風による飛来塩分量は、その方向の i 期間中の平均風速 V_{ij} に比例し次のように表す。

$$s_{ij} = C_j V_{ij} \quad (2)$$

ここで、 C_j は j 方向からの風による飛来塩分への寄与の度合いを表す係数であり、単位風速 (m/s) 当たりに飛来する塩分量 (mdd) を表している。

飛来塩分調査は、1年間の期間中に一ヶ月毎に回収を行うことから、上式は次のように行列表示すること

ができる。

$$\begin{Bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_{12} \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{121} & V_{122} & \cdots & V_{12n} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{Bmatrix} \quad (3)$$

または、

$$S = VC \quad (4)$$

この式は、ある地点の飛来塩分量 S は、その地点に固有な係数 C とその地点の風向・風速 V で与えられることを表している。

実際には、飛来塩分は大気中を風により移流し、拡散することから、その経路を複雑なものとなるが、そのような状況を長期間に亘って表現することは非常に複雑なことから、簡易な方法として、上記のような一地点での風向風速と関連付けられるものと仮定している。

このような仮定の妥当性を確認するために、飛来塩分調査結果とアメダスの風向・風速データを元に係数 C を決定し、飛来塩分の再現性の確認を行う。O 地点と U 地点では、2 年目の飛来塩分をアメダスデータから予測して観測値との比較も行う。

観測誤差や、現象の単純化などから、式 (4) は厳密には成立しない。そこで、両辺の差 E_r が最小になるように係数 C を決めることとする。

$$E_r = (S - VC)^T (S - VC) \quad (5)$$

上式が係数 C に関して最小になる条件

$$\frac{dE_r}{dC} = 2V^T(VC - S) = 0 \quad (6)$$

これより、係数 C は次のように表される。

$$C = (V^T V)^{-1} V^T S \quad (7)$$

5. 飛来塩分の再現性の確認

5.1 確認方法

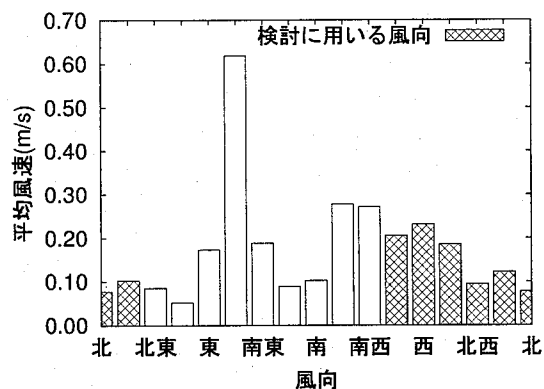
前節のような飛来塩分と風向・風速の関連付けの妥当性を確認するために、飛来塩分調査を行った地点の付近にアメダス観測点のある新津観測所、巻観測所、長岡観測所のアメダスデータと U 地点、S 地点、O 地点の飛来塩分調査結果を元に、係数 C を求め、この C とアメダスデータ V から求めた飛来塩分量と実際に観測した塩分量との比較を行う。

すなわち、式 (7) を式 (4) に代入した

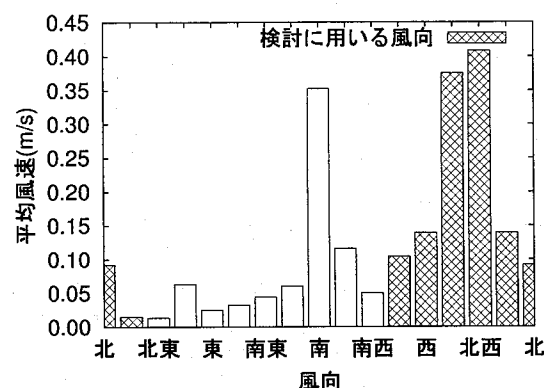
$$\hat{S} = V(V^T V)^{-1} V^T S \quad (8)$$

と、観測値 S との比較を行う。

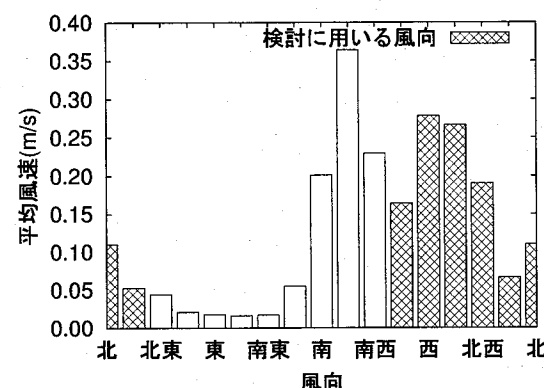
また、このとき風向・風速データについて、以下の検討も併せて行う。



(a) 新津観測所



(b) 巻観測所

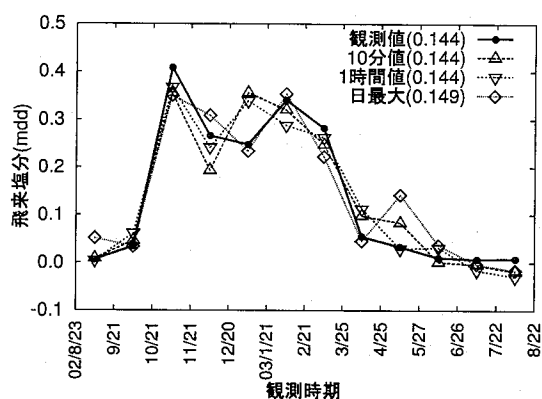


(c) 長岡観測所

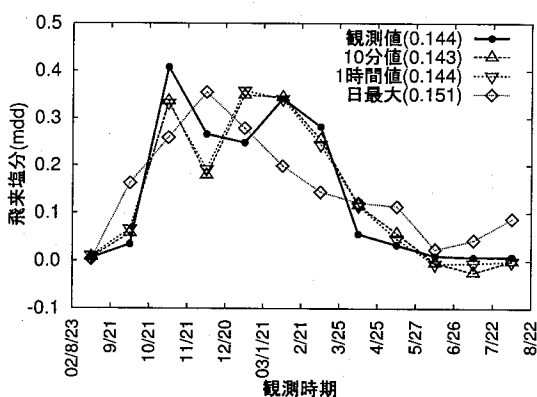
図-3 アメダス観測所の年平均風速

a) 風向・風速データとしては、10 分値の他に、1 時間値、日最大値などの気象情報がある。最も観測頻度の高い 10 分値データを用いるのがよいと考えられるが、1 年間にわたるデータ量は膨大になることから、10 分値の他に、データ量の少ない 1 時間値データと日最大値を用いた場合の再現性の検討も行う。これら観測頻度の異なる 3 種類の風向風速データから、飛来塩分の観測期間 (i) 中の各風向 (j) 毎に平均風速 V_{ij} を求める。

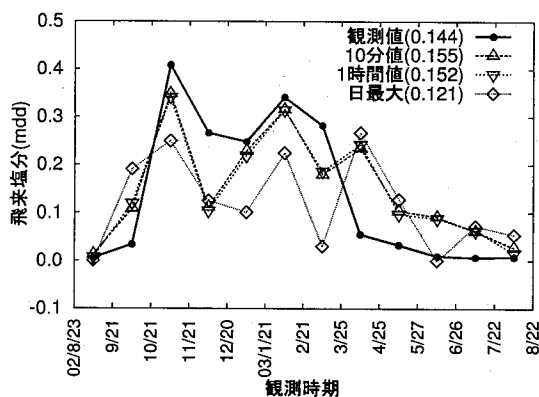
b) 風向データは 16 方位で表されているが、西南西、西、西北西、北西、北北西、北、北北東の 7 方向からの風が、海からの飛来塩分に関連していると考えられる。



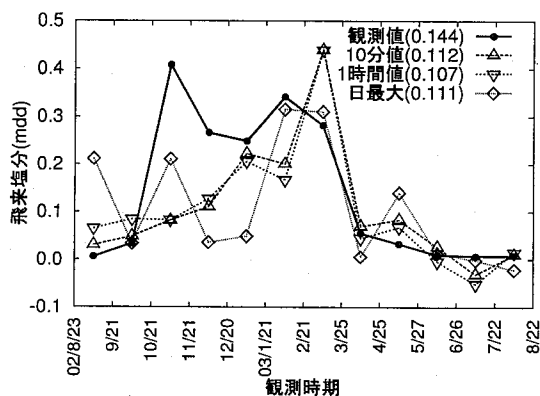
(a) 7方向の風を考慮した場合



(b) 3方向の風を考慮した場合



(c) 1方向の風を考慮した場合



(d) 7方向から3方向を除いた風を考慮した場合

図-4 新津観測所の風向風速データによるU地点の飛来塩分の再現 (括弧内の数値は年平均飛来塩分:mdd)

また、これらの方向のなかで、特定の方向が飛来塩分の輸送に大きく寄与していると考えられることから、これらの7方向の中で年平均風速の最も大きな1方向の風だけを用いた場合の検討と、この1方向と両側を合わせた3方向の風を用いた場合の検討を行い、併せて、前述の7方向から卓越する3方向を除いた4方向の風のみを用いた場合の再現性も確認する。

なお、U地点と新津観測所は2.2km、S地点と巻観測所は0.3km、O地点と長岡観測所は5.1km離れている。それぞれの飛来塩分観測地点とアメダス観測所の間には山地等の風の流れを変えるような地形はないことから、飛来塩分調査地点とアメダス観測地点は、長期的には同じような風環境にあるものと思われる。

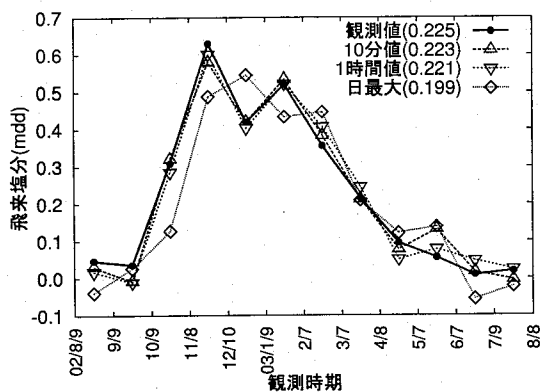
アメダス観測所での年平均風速を図-3に示す。なお、平均風速は、1年目の飛来塩分調査を行った期間の値を示している。また、飛来塩分を輸送すると考えられる7方位中では、新津観測所では西、巻観測所では北西、長岡観測所では西からの風が最大になっていることが分かる。

5.2 飛来塩分の再現性

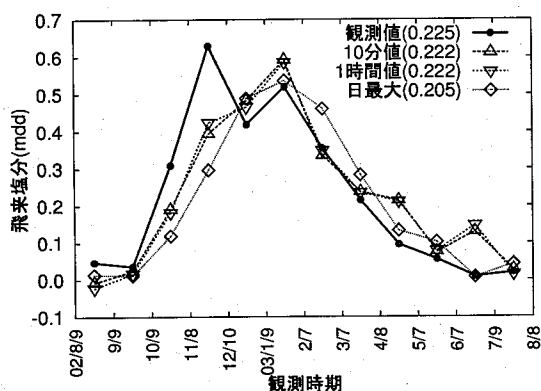
U地点と新津観測所、S地点と巻観測所は新潟市近郊にあり、離岸距離に違いがあるが、冬季の海風を遮るような地形は、巻観測所西側の海岸付近に200mから500m程度の山があるのみである。一方、O地点と長岡観測所は、上述の2地点から50km程度離れており、海岸からO地点までには、150m程度の山地が続いている。これらの地点の飛来塩分と観測所の風向風速データを用いて、飛来塩分の再現性を確認する。

U地点の飛来塩分の観測値と新津観測所の風向風速データを用いて、式(8)により飛来塩分を再現した結果を図-4に示す。ここには、風向として飛来塩分を輸送すると考えられる7方向の風を用いた結果の他に、この7方向内の年平均風速が最大の方向とその両側の3方向の風を用いた場合、年平均風速の最大の1方向のみを用いた場合、また比較のために7方向から上述の3方向を除いた4方向の風を用いた場合の結果を示している。また、気象データの観測頻度として、10分値データを用いた場合、毎正時の1時間値データを用いた場合、日最大風速とその方向を用いた場合の結果も図中に示している。なお、図-4以降の図中の括弧内の数字は、年平均飛来塩分量(mdd)を示している。

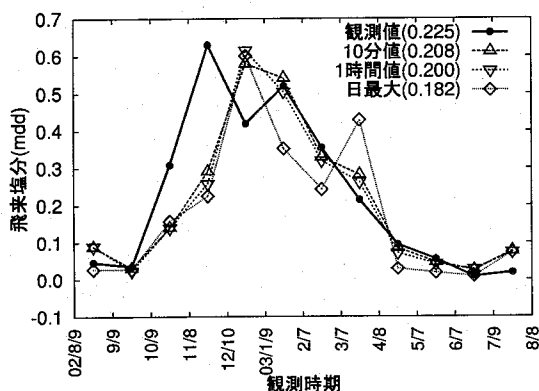
7方向の風による図-4(a)から、10分値データを用いた場合や、1時間値データを用いた場合には、観測時期により若干の差はあるが概ね良好に飛来塩分を再現している。また、日最大風速と風向を用いた場合でも、10分値や1時間値を用いた場合に比べて、年平均飛来塩分量に若干の差が見られるものの、概ね月毎の飛来塩分を再現できている。この7方向の風から、年平均風速が最大の方向と、その両側を含めた3方向の風に



(a) 7方向の風を考慮した場合



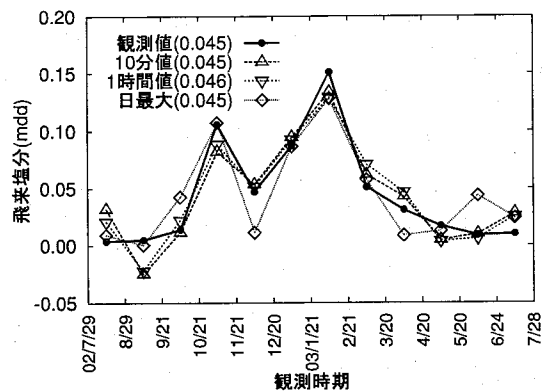
(b) 3方向の風を考慮した場合



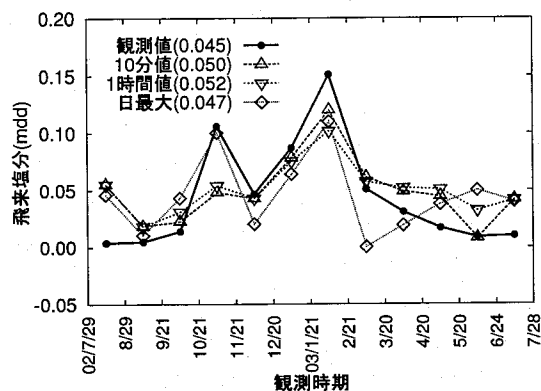
(c) 1方向の風を考慮した場合

図-5 巻観測所の風データによるS地点の飛来塩分の再現 (括弧内の数値は年平均飛来塩分:mdd)

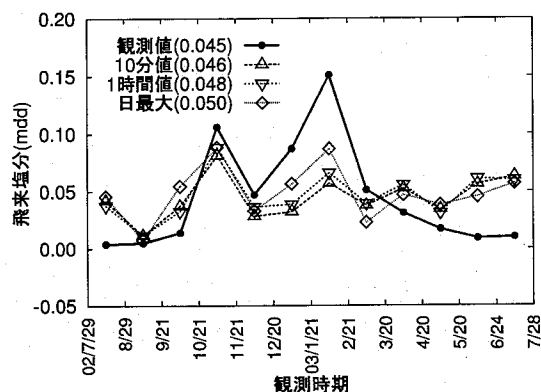
よる図-4(b)と同図(a)を比較すると、10分値データ、1時間値データによる再現値は7方向の風を用いた結果に近いが、日最大風速を用いたものは違いが大きくなっている。年平均風速が最大の1方向のみを用いた図-4(c)では、日最大風速を用いたものはさらに違いが大きくなっている。10分値データ、1時間値データを用いたものも違いが大きくなっているが、月毎の飛来塩分の傾向は表現できている。また、7方向の風から年平均風速が最大の方向と、その両側を含めた3方向を除いた4方向の風を用いた場合には、図-4(d)のよう



(a) 7方向の風を考慮した場合



(b) 3方向の風を考慮した場合



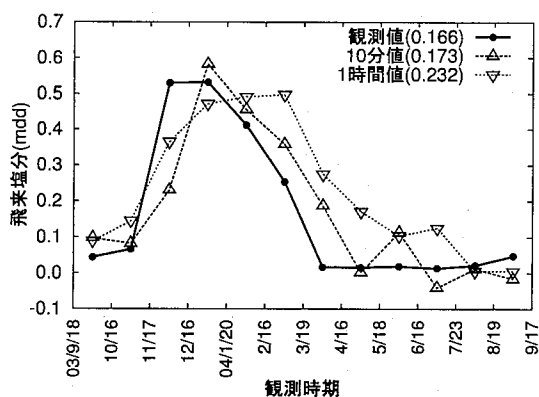
(c) 1方向の風を考慮した場合

図-6 長岡観測所の風データによるO地点の飛来塩分の再現 (括弧内の数値は年平均飛来塩分:mdd)

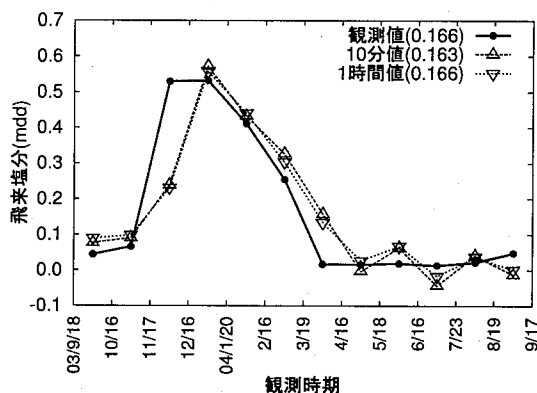
に10分値データ、1時間値データ、日最大データを用いたものの何れも観測値と大きく異なっている。

次に、S地点の飛来塩分の観測値と巻観測所の風向風速データによる結果を図-5に、O地点の飛来塩分の観測値と長岡観測所の風向風速データによる結果を図-6に示す。ここでは、前述の4方向の風による結果は省いている。飛来塩分の再現に用いる風の方向数が少なくなると、前述のU地点での場合と同様に、再現性が悪くなっていることが分かる。

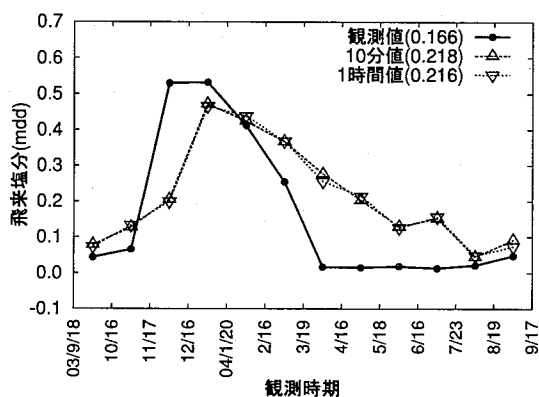
これらより、飛来塩分は複数の方向からの風の影響



(a) 7方向の風を考慮した場合



(b) 3方向の風を考慮した場合



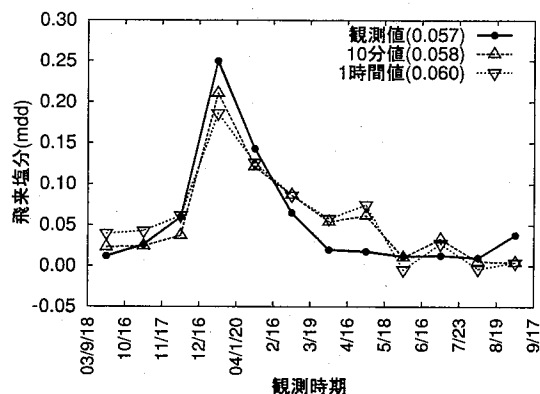
(c) 1方向の風を考慮した場合

図-7 新潟観測所の風向風速データによるU地点の飛来塩分の予測 (括弧内の数値は年平均飛来塩分:mdd)

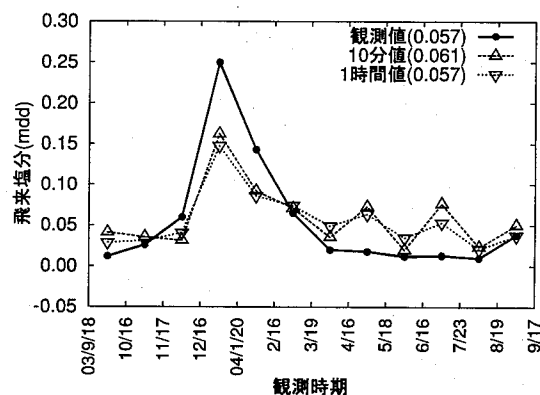
を強く受けていることがわかる。また、日最大風速とその方向を用いた場合には、観測値との差が大きいことがわかる。

5.3 飛来塩分の予測

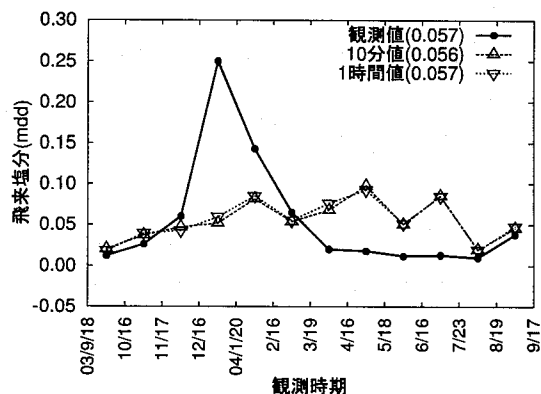
2年目の飛来塩分調査を行った新潟市周辺のU地点と長岡市周辺のO地点の飛来塩分について、1年目の飛来塩分の調査結果と1年目のアメダス風向風速データを式(7)に用いて求めた係数Cを元に、2年目のアメダス風向風速データと共に式(4)に適用して求めた2年目の飛来塩分量の予測値と2年目の観測値を図-7、



(a) 7方向の風を考慮した場合



(b) 3方向の風を考慮した場合



(c) 1方向の風を考慮した場合

図-8 長岡観測所の風向風速データによるO地点の飛来塩分の予測 (括弧内の数値は年平均飛来塩分)

図-8に示している。これらの図には、風向として飛来塩分を輸送すると考えられる7方向の風を用いた結果の他に、この7方向内の年平均風速が最大の方向とその両側の3方向の風を用いた場合、年平均風速の最大の1方向のみを用いた場合についてそれぞれ示している。

これらの図-7と図-8より、用いる風の方角数を減らすと予測の精度が低下していくことが分かる。また、方角数を減らすと10分値データと1時間値データの結果の違いが少なくなっていることも分かる。これは、1時間値データは、1時間の平均風速ではなく、毎正時の10分間の平均値を観測値として用いているためと思わ

れる。

U地点の図-7を見ると、3方向からの風を用いたものが僅かに、7方向からの風を用いたものに比べて、精度が良くなっているが、提案した手法は、10分値データを用い、7方向からの風成分を用いた場合には、2年目の飛来塩分の月ごとの変化を、比較的精度よく表現できると考えられる。

これらの検討より、式(4)のように、飛来塩分量 S を各方向からの平均風速 V と各方向の飛来塩分への寄与を表す係数 C の積で表すことの妥当性が確認できたと考えられる。

6. まとめ

本論文は、新潟県内の平野部と山間などの地形の異なる10地点の飛来塩分の調査を行い、また、飛来塩分と風向風速の関係に着目して検討を行った結果、以下のような知見が得られた。

- 離岸距離が同じ地点でも、平野部と途中に山地を挟んだ地域では、飛来塩分量に違いが見られ、平野部では離岸距離が20km以上の地域でも規定の0.05mdd以上の飛来塩分量の地域があり、また、途中に山地のある場合には、20km以内でも規定値程度になる地域のあることが確認できた。
- 飛来塩分と風向風速との関係を検討し、各風向からの平均風速と各方向からの風の飛来塩分への寄与を表す係数の積で、飛来塩分を表現できることを示した。
- 飛来塩分は、複数の方向からの風により到達していること、また、風向データには10分値データのような観測頻度の多いデータを使用する必要のあ

ること、日最大風速とその方向データでは、飛来塩分を正確に再現できないことを示した。

係数 C は、その地点の飛来塩分から風の特性を排除した係数と見なすことができ、海岸からの離岸距離の関数になっているものと予想される。本研究では、飛来塩分調査地点に比べて、風向風速データの観測点が少ないため、詳細な検討は行えていないが、さらに密な飛来塩分調査と同一地点での風向風速観測を行い、この係数 C の面的な広がりを検討することにより、地形や風向きの影響を考慮した飛来塩分量の推定システムの構築が可能になるものと思われる。

最後に、本研究を行うにあたり、日本橋梁建設協会無塗装橋梁部会(加納 勇部会長)から飛来塩分捕集箱を貸与頂きました。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所、鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XX)無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(改訂案)、共同研究報告書 No.88, 1993.
- 2) 建設省土木研究所：飛来塩分量全国調査(IV) - 飛来塩分量の分布特性と風の関係 -, 土木研究所資料 No.3175, 1993.
- 3) 笠原隆祐, 佐藤國雄, 塩野計司：海岸付近の飛来塩分量と風の関係, 土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, 第20回, pp.197-200, 2002.
- 4) 加納 勇, 山井俊介, 栗山尚志：飛来塩分分布の山による影響の実測調査, 土木学会第59回年次学術講演会講演概要集, 5-253, 2004.
- 5) 気象庁：気象観測統計の解説(気象観測統計指針の抜粋), 気象庁ホームページ (<http://www.data.kishou.go.jp/mdrr/shishin/index2.html>), 2005.
- 6) 宇多高明, 小俣 篤, 小西正純：海岸からの飛来塩分量の計算モデル, 海岸工学論文集, 第39巻, pp.1051-1055, 1992.

(2005年9月10日 受付)