土研式タンク法とドライガーゼ法で得られる 飛来塩分量の比較*

武邊勝道**, 大屋 誠**, 安達 良***, 大田隼也***, 落部圭史***,
梶谷 慧†, 北川直樹***, 立花裕介***, 原 貴之††

** 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科

*** 松江工業高等専門学校専攻科 生産・建設システム工学専攻

† 中国電力株式会社

†† 株式会社コスモ建設コンサルタント

Comparison of Precipitation Rates of Airborne Salts Obtained by Doken Tank Method and Dry Gauze Method*

Masamichi Takebe**, Makoto Ohya**, Ryo Adachi***, Jun-ya Ota***, Keishi Ochibe***,
Kei Kajitani†, Naoki Kitagawa***, Yusuke Tachibana*** and Takayuki Hara††

** Matsue College of Technology

*** Advanced Engineering Faculty, Matsue College of Technology

† The Chugoku Electric Power Co., Inc.

†† Cosmo Construction Consultant

In assessment of the applicability of weathering steel bridge in a building site, precipitation rate of airborne salts is usually compared with reference value of that. To analyze the precipitation rate of airborne salts at building sites, either Doken tank method (Public Works Research Institute method) or dry gauze method are generally employed. This study compared quantities of airborne salts sampled by Doken tank and dry gauze in order to examine the consistency between the methods with Doken tank and dry gauze. While Doken tank has one window to obtain airborne salts, the dry gauze has back and front sides, both of which can obtain airborne salts. Precipitation rate of salts obtained by the dry gauze facing East and West is higher than average of those by two Doken tanks facing East and West, suggesting that the dry gauze effectively catches airborne salt relative to Doken tank. Considering that the reference value was measured by the method with dry gauze, we had better to discuss the applicability of weathering steel bridge on the basis of precipitation rate of airborne salts obtained by dry gauze.

Key words : precipitation rate of airborne salt, Doken tank method (Public Works Research Institute tank method), dry gauze method, weathering steel bridge, thermometer screen

1. 緒 言

耐候性鋼は高い耐食性を持つことで特徴づけられ、適した環境であれば、無塗装で建設材料として使うことが可能である。塗装コストを削減出来れば、橋梁にかかるライフサイクルコスト (LCC) を縮減できるため、耐候性鋼は橋梁鋼材として広く利用されている。しかし、耐候性鋼の耐食性能は、建設地域の環境に大きく左右される。このため、あらかじめ、建設予定地の腐食環境を正確に解析することが必要となる。1981年から約10年間かけて、建設省土木研究所を中心として環境条件と耐候性鋼の腐食の研究が行われ、飛来塩分量の多寡が耐候性鋼の腐食に最も影響を与えることが明らかとされた¹⁾。その研究結果を基に、JIS-SMA材を用いた裸仕様橋梁の

適用可能範囲は、飛来塩分量が0.05 mg/dm²/day (mdd)以下の地域であるという指針が定められた¹⁾⁻³⁾。無塗装耐候性鋼材の適応可否を判断するための代表的な飛来塩分量測定法には土研式タンク法 (土研法) とドライガーゼ法 (ガーゼ法) がある³⁾。しかし、土研法とガーゼ法で得られる飛来塩分量は必ずしも一致しないことが報告されている^{4),5)}。片脇ら⁴⁾は土研式タンクの補修面の鋼板に比べてガーゼの塩分付着容量が小さいために、飛来塩分量の多い地域ほどガーゼ法により得られる飛来塩分量が小さい値になる可能性を指摘している。土研法とガーゼ法のどちらを採用し、得られたデータをどう解釈するかは適応判断する技術者の感覚に任されており、参考にすべき明確な指針が無いのが現状である。土研法とガーゼ法の特徴を理解した上で耐候性鋼の適応判断を行わなければ、LCCを縮減できるという耐候性鋼橋梁の長所を十分に活かすことが出来ない。

上述の0.05 mddは橋梁桁内においてガーゼ法で捕集した飛来塩分量をもとに提案された。しかし、建設予定地にはまだ橋梁が無いのが普通であり、桁外において飛来塩分量調査を行うことになる。ガーゼ法による飛来塩分量調査を行う場合には、一般に、上方が屋根で覆われた簡易架台を用いるのが普通である⁶⁾。しかし、桁に相当する側方の遮蔽板が無い限り、得られる飛来塩分量は橋梁桁内で採取される塩分量よりも高くなると考えられ

* 平成19年度土木学会全国大会第62回年次学術講演会 (東広島, 2007) で一部を発表

** 〒690-8518 松江市西生馬町14-4 (14-4, Nishi-ikuma-cho, Matsue, 690-8518 Japan)

*** 〒690-8518 松江市西生馬町14-4 (14-4, Nishi-ikuma-cho, Matsue, 690-8518 Japan)

† 〒730-8701 広島市中区小町4-33 (4-33, Komachi, Naka-ku, Hiroshima, 730-8701 Japan)

†† 〒699-0502 島根県簸川郡斐川町大字荘原2226-1 (2226-1, Shobara, Hikawa-cho, Hikawa-gun, Shimane, 699-0502 Japan)

Fig. 1 Location of the examined sites in this study : a Tower close to Ohashigawa-river, b Branch office of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, and c Examined bridge.

る⁶⁾。そこで、実橋桁内を模擬する架台構造を検討する目的で愛知県知多半島の衣浦高架橋とその周辺において、既設橋梁桁内と複数種の架台内での鋼表面の濡れ率、付着塩分、温度およびその変化幅、ワッペン試験片の腐食減耗量の比較調査が行われた⁶⁾。その結果、JSSC テクニカルレポート (No.73) では、橋梁桁内を最も模擬出来る簡易架台として百葉箱が推奨されている⁶⁾。ただし、こうした調査結果は地域環境に左右される可能性もある。したがって、百葉箱を用いた環境調査で得られるデータの意味を正しく議論するには、他地域での調査結果を集積する必要があると考えられる。

島根県では、宍道湖と中海の間を流れる大橋川を渡る第五大橋道路が建設予定になっている。建設地域における腐食環境を解析する目的で、平成 18 年度から松江工業高等専門学校と島根県土木部との共同研究として、大橋川建設地域周辺の腐食環境調査を行っている。この共同研究の中で、第五大橋道路架橋地点の大橋川の南岸に設置した高さ約 10 m の槽の上 (a)、大橋川南岸から南へ 0.8 km 地点にある 2 階建ての国土交通省松江維持出張所の屋上 (b)、架橋地点から西 2.5 km の位地にある大橋川に架橋された塗装橋梁 (c) において飛来塩分調査を行った (Fig. 1)。槽の上 (a) および維持出張所の屋上 (b) には土研式タンクとガーゼ法用の百葉箱を設置し、飛来塩分調査を行った (Fig. 2)。また、塗装橋梁でも、橋梁周辺の飛来塩分を土研法とガーゼ法の両方で採取した。本研究の過程で得られた 2007 年の飛来塩分量を基に、採取方法による飛来塩分量の分析結果の違い、百葉箱内に供給される飛来塩分量の特徴について議論する。

2. 調査地域および分析方法

調査対象とした地域は、海岸から最短距離で 10 km 程度離れている。槽の上および国土交通省松江維持出張所の屋上の百葉箱の中には、ガーゼを捕集面が東西に向くように設置して飛来塩分を捕集した。また、百葉箱の隣に、飛来塩分の捕集口が西向きと東向きの 2 つの土研式のタンクを背中合わせて設置した (Fig. 2)。飛来塩分調査を行った塗装橋梁は 2 主桁で、橋軸方向は南北、起終

Fig. 2 Photos of the Doken tanks and thermometer screens on the tower close to Ohashigawa river (A) and the branch office of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (B). Doken tank method means Public Works Research Institute method.

点径間部は単純活荷重合成箱桁で、中央 3 径間部は連続箱桁で構成されている。本研究では橋梁の南端の箱桁周辺に飛来する塩分を分析対象とした。飛来塩分捕集用のガーゼは、西側の桁の桁下 1 m において捕集面が桁と直交するもの (BP)、東側の桁の西側 (内桁側) のウェブ面に近接させてガーゼの捕集面がウェブ面と平行になるもの (AV) と垂直になるもの (AP)、の合計 3 つを設置した (Fig. 3a, b, c, d)。ウェブと平行に設置したガーゼは、ウェブ面から 10 cm しか離れていない (Fig. 3b)。土研式タンクは、橋梁の南側の桁端に設置した。桁内の飛来塩分量の捕集を目的として、桁端の桁下の 2 主桁の間に捕集口を西向きにして設置した (Fig. 3a)。また、桁外の飛来塩分量の捕集を目的として、橋梁の西隣に、桁と同じ高さ (2.5 m) で捕集口が西向きになるように設置した (Fig. 3e)。

今回議論に用いる飛来塩分データは、2006 年 12 月 9 日から 2007 年 12 月 13 日までの調査で得られたものである。ただし、2007 年 8 月 9 日に維持出張所の屋上の西向きの土研法で採取した塩分量と 11 月 12 日に橋梁桁内 AP のガーゼで回収した、飛来塩分量は試料採取および測定上のミスのため得られなかった。捕集した塩分量はイオンクロマトグラフィーで Cl⁻量を定量することで求めた。測定は島根県産業技術センターのオートサプレッサー方式イオンクロマトグラフ (DIONEX : DX-500) で行った。陰イオン交換カラムには IonPac AS12A, ガードカラムには IonPac AG12A, サプレッサーには ASRS-300

を用いた。カラム温度は 25℃ とし、溶離液には 8 mmol/L 炭酸ナトリウムと 1.7 mmol/L 炭酸水素ナトリウムの混合溶液を用い、送液量は 1.5 ml/min とした。標準溶液は和光純薬工業(株)の塩化物イオン標準液 (Cl^- : 1,000 ppm) を希釈して作成した。測定誤差は 3% 以下である。本論文では、捕集された Cl^- のすべてが NaCl に由来すると仮定して、測定された Cl^- を NaCl 量に換算した値 (mdd) を用いて議論を行う。

今回、ガーゼ法では片面 100 cm^2 (10 $\text{cm} \times 10 \text{ cm}$) のガーゼを用いる。一般に、ガーゼ法では表裏の両面が塩分の捕集面となるため、飛来塩分量を算出する際には、ガーゼ法で捕集された塩分量を 100 cm^2 /200 cm^2 倍することにより、100 cm^2 の面積あたりの飛来塩分量を計算するのが普通である (JIS Z2381)。本研究でも、百葉箱内のガーゼ、橋梁桁内の BP と AV で得られた飛来塩分量はこの計算方法に基づいた。橋梁桁内の AP のガーゼはウェブに近接して設置し、橋梁桁内のウェブ面に向かって飛来する塩分の量を計測することを目的としている。AP のガーゼにウェブ面側から塩分が飛来する割合は非常に少ないと考えられる。以上のことから、AP については、ガーゼの捕集面積をウェブと反対側の面のみの 100 cm^2 として飛来塩分量を算出した。

3. 結 果

飛来塩分量の月ごとの分析結果を Table 1 および Fig. 4 に示した。飛来塩分量は、採取日までの 1 カ月間に捕集された塩分量を表す。飛来塩分量は、場所や採取方法によらず共通した季節変動が見られ

Fig. 3 Photos of Doken tank and dry gauzes set around the bridge. “AV” and “AP” refer to dry gauzes located between girders. “AP” and “AV” are parallel and vertical to girders, respectively. “BP” refers to dry gauze located below the west girder. BP is parallel to girders. A : Doken tank and dry gauze (AV and AP) set between girders of the bridge. B : close up of “AV” in photo A. C : close up of “AP” in photo A. D : “BP” set between girders of the bridge. E : Doken tank set outside of the bridge.

Table 1 Precipitation rate of airborne salt (NaCl, mdd). Dry gauzes of site “a” and “b” were in thermometer screens. Dry gauzes of site “c” were around the girder of the bridge. Doken tank method means Public Works Research Institute method.

sampling date	site a			site b			site c				
	dry gauze (thermometer screen)	Doken tank (West)	Doken tank (East)	dry gauze (thermometer screen)	Doken tank (West)	Doken tank (East)	dry gauze (AV)	dry gauze (AP)	dry gauze (BP)	Doken tank (between girders)	Doken tank (out of bridge)
2007.1.15	0.630	1.24	0.047	0.468	0.569	0.040	0.329	0.245	0.736	0.056	0.164
2007.2.15	0.804	0.592	0.043	0.441	0.278	0.032	0.252	0.143	0.460	0.022	0.059
2007.3.15	1.72	0.995	0.073	0.931	0.565	0.065	0.441	0.303	1.122	0.019	0.046
2007.4.12	0.337	0.233	0.036	0.162	0.138	0.025	0.106	0.072	0.336	0.019	0.059
2007.5.11	0.734	0.408	0.051	0.261	0.136	0.029	0.450	0.168	0.476	0.013	0.018
2007.6.14	0.403	0.149	0.020	0.177	0.049	0.015	0.168	0.093	0.364	0.010	0.029
2007.7.13	0.108	0.059	0.031	0.053	0.023	0.016	0.059	0.035	0.132	0.003	0.018
2007.8.9	0.151	0.072	0.108	0.150		0.032	0.073	0.039	0.220	0.007	0.018
2007.9.10	0.273	0.025	0.051	0.150	0.021	0.021	0.029	0.093	0.261	0.010	0.011
2007.10.12	0.294	0.028	0.069	0.054	0.020	0.026	0.028	0.033	0.404	0.012	0.007
2007.11.12	0.589	0.192	0.045	0.122	0.100	0.027	0.205		0.816	0.020	0.016
2007.12.13	0.431	0.517	0.146	0.194	0.200	0.040	0.223	0.189	0.154	0.031	0.037
average	0.540	0.376	0.060	0.264	0.191	0.031	0.197	0.129	0.457	0.019	0.040

Fig. 4 Seasonal fluctuation of precipitation rates of airborne salt obtained by Doken tank and dry gauze. Doken tank method means Public Works Research Institute method. A : site "a", B : site "b", C : site "c" (see Fig. 1). Dry gauzes of site "a" and "b" were in thermometer screens. Dry gauzes of site "c" were around the girder of the bridge.

る。冬期から春期（1月～5月）の飛来塩分量は高く、最も高い飛来塩分量は1.7 mddに達する。夏期から秋期（6月～10月）採取分の飛来塩分量は相対的に低く、冬期（11月～12月）採取分の飛来塩分量は再び増加した。

渡河部および維持出張所屋上では、ガーゼ法の飛来塩分量が土研法よりも高い値を示す。渡河部の飛来塩分量は特に高く、季節を通じて0.10 mddを越え、最も多い2007年3月には1.7 mddに達する。渡河部に飛来する塩分量の平均値は0.54 mddである。維持出張所屋上の飛来塩分量は、渡河部の飛来塩分量の半分程度の値を示すことが多く、0.02～1.0 mddの間で推移する。平均値は0.26 mddである。土研法の西向きで採取される飛来塩分量は土研法の東向きで採取される量の6倍近く高い値を示し、ガーゼ法と同様に、渡河部の方が維持出張所屋上よりも高い。西向きの土研法で採取された飛来塩分量の平均値は、渡河部と維持出張所屋上で、それぞれ0.38 mddと0.19 mddである。これら値はそれぞれの場所で得られたガーゼ法の飛来塩分量の約2/3倍である。一方、東向きの土研法で得られる飛来塩分量の平均値は渡河部で0.06 mdd、維持出張所屋上で0.03 mddである。西向きと東向きの土研法で得られる飛来塩分量の差は冬期、春期、秋期に増大し、夏期にはほとんど差が見られなくなる。

橋梁周辺の飛来塩分調査の結果も、ガーゼ法で得られる値が高く、土研法で得られる値が低い。ガーゼ法で得られる値は、BP, AV, APの順で高い値を示す。BPで得られる飛来塩分量は渡河部と維持出張所屋上で得られる量の中間的な値を示し、平均で0.46 mddである。Fig. 5に橋梁桁下および桁内に飛来する塩分量の相関関係を示した。AVおよびAPで得られた飛来塩分量は、BPで得られた飛来塩分量と明瞭な正の相関関係を示す。月により変動はあるものの、AVおよびAPで得られる飛来塩分量は、それぞれ平均で、BPで得られる飛来塩分量の4割および3割である。AVの平均値は0.20 mddで、冬期から春期にかけては、維持出張所の屋上と比較的に近い飛来塩分量を示し、0.1 mdd以上である。一方で、夏期から秋期にかけての飛来塩分量は低く、0.1 mddを下回ることが多い。冬期から夏期にかけては、AVで得られる飛来塩分量はBPで得られる飛来塩分量の半分程度の

Fig. 5 Correlation diagram of precipitation rates of airborne salt obtained by dry gauze (AV, AP and BP).

ことが多く、秋期は1割程度である。APで得られる飛来塩分量は、AVで得られる飛来塩分量と同程度か、若干少ないことが多く、平均値は0.13 mddである。季節変化はおおむねAVと同様である。

橋梁の桁外の西向きの土研法で得られた飛来塩分量の平均値は0.04 mddである。この値は渡河部および維持出張所屋上の西向きの土研法で得られる飛来塩分量の平均値の約1～2割であり、橋梁のBPのガーゼ法で得られる飛来塩分量の約1割である。つまり、渡河部および維持出張所に比べて、ガーゼ法と桁外の土研法の差がより大きいと言える。橋梁桁外の土研法で得られた飛来塩分量に比べ、桁内の土研法で得られた飛来塩分量は冬期から夏期の間は半分程度で、その後の春期から冬期にかけては同程度の値を示す。

4. 考 察

4.1 百葉箱内に飛来する塩分量

渡河部および維持出張所屋上の百葉箱内のガーゼ法で得られた飛来塩分量に最も近い値を示すのは、橋梁桁下（BP）のガーゼ法で得られた飛来塩分量である。そして、

橋梁桁内 (AV・AP) の飛来塩分量は桁下 (BP) の飛来塩分量の半分以下である。つまり、百葉箱内で観測された飛来塩分量は、明らかに橋梁桁内よりも橋梁桁外の飛来塩分量に近い。橋梁桁内では、完全に桁によって東西が遮蔽されており風が吹き込んで来づらいのに対し、百葉箱の側面は格子状になっており、百葉箱内は風が容易に吹き抜ける状態にある。塩分が風によってもたらされることから、百葉箱内で得られる飛来塩分量は、橋梁桁内よりも橋梁桁下の飛来塩分量に近い値を示したと考えられる。一般に、飛来塩分量は耐候性鋼の腐食に最も大きな影響を与える要因の一つであると考えられている^{2), 3)}。したがって、飛来塩分量の観点から言えば、百葉箱内は橋梁桁内よりも腐食を進行しやすい環境にあると考えられる。このことは、JSSC テクニカルレポート (No.73) が百葉箱で橋梁桁内の環境を模擬できるとして百葉箱内でのワッペン暴露試験を提案していること⁶⁾と必ずしも一致しない。JSSC テクニカルレポート (No.73) の提案は愛知県知多半島の衣浦高架橋とその周辺において行われた研究結果のみを基に提案されている⁶⁾。衣浦港架橋は太平洋側の海岸から 0.5 km の場所にあるのに対して、今回の研究で調査対象とした地域は日本海側に位置し、海岸からの距離は 10 km 程度離れている。こうした環境の違いが調査結果の違いを引き起こした可能性がある。今後、より多くの環境・地域において百葉箱内と橋梁桁内の環境の類似性あるいは違いに関するデータを収集することが必要である。その上で、飛来塩分調査に百葉箱をどのように活用するかを検討する必要があると考えられる。

4.2 土研式タンク法とガーゼ法

土研式タンクは捕集口が向いている方向から来る飛来塩分のみを捕集する。渡河部および維持出張所屋上で得られた土研法の結果は、西から来る飛来塩分量と東から飛来する飛来塩分量に大きな差があることを示している。このことは、ある耐候性鋼橋梁の適応可能性を、土研法による飛来塩分量調査に基づいて判断する場合、土研式タンクを設置する向きに充分注意する必要があることを示している。松江市では、冬期から春期にかけて西風が卓越することが知られている^{7), 8)}。今回の調査結果において西向きの土研式タンクで得られた飛来塩分量がより高い値を示したことは、土研式タンクを設置する際には捕集口を卓越風向に向ける必要があることを端的に示している。

一方、ガーゼ法では表裏の両面が塩分の捕集面となるため、今回の渡河部、維持出張所屋上、橋梁桁下 (BP) の調査では、西からと東からの両方の飛来塩分が捕捉されていることになる。上述のように、ガーゼ法において飛来塩分量を計算する際には、表面と裏面の合計の面積を考慮することとされている (JIS Z2381)。100 cm² のガーゼに捕集される NaCl 量の内、西から飛来したものを C_w mg、東から飛来したものを C_e mg、暴露日数を d とした場合、ガーゼの捕集面積が表裏あわせて 200 cm² であることを考慮して、飛来塩分量 C (mdd) は次の (1) 式のように計算される。

$$C = \left[\frac{(C_w + C_e)}{200} \times 100 \right] \div d \quad (1)$$

Fig. 6 Correlation diagram of precipitation rates of airborne salt obtained by Doken tank and dry gauze in site "a" and "b". The precipitation rate of Doken tank is average of the precipitation rate obtained by tanks facing East and West.

これを、式変形すると以下のようなになる。

$$C = \left[\frac{(C_w + C_e)}{2} \right] \div d \quad (1')$$

つまり、ガーゼ法による飛来塩分量は、西から飛来する塩分量と東から飛来する塩分量の平均値である。

一方、100 cm² の捕集口を持つ土研式タンクを西向きに設置して飛来塩分を採取した場合、土研法による飛来塩分量は、西から飛来する飛来塩分量を C_w mg、暴露日数を d 日とすると、(2)式のように表される。

$$C = C_w \div d \quad (2)$$

ガーゼ法と土研法で飛来塩分の捕捉効率が全く同じならば、西から飛来する塩分量と東から飛来する塩分量が同じ場合 ($C_w = C_e$) には、ガーゼ法と土研法で得られる飛来塩分量は同じ値を示すはずである。一方で、今回の研究地域のように、西から飛来する塩分量が、東から飛来する塩分量を大きく卓越する地域 ($C_w > C_e$) では、ガーゼ法と土研法で飛来塩分の捕捉効率が全く同じなら、土研法に比べてガーゼ法で得られる飛来塩分量は低く計算されることになる。したがって、ガーゼ法と土研法による飛来塩分量を直接的に比較することには充分な注意が必要であると言える。

理想的にはガーゼ法の方が土研法よりも飛来塩分量が低く計算されるにもかかわらず、本研究での調査結果は、ガーゼ法の方が土研法より高い飛来塩分量を示している (Table 1 と Fig. 4)。このことは、ガーゼ法が土研法に比べて飛来塩分を効率的に捕捉していることを示している。ガーゼ法と土研法の飛来塩分の捕捉効率を比較する目的で、西向きと東向きの土研法で得られた飛来塩分量の平均値とガーゼ法による飛来塩分量を比較したのが Fig. 6 である。東西方向の土研式タンクで得られた飛来塩分の平均値は、ガーゼ法で得られた飛来塩分量の 4 割程度である。仮に、JSSC テクニカルレポート (No. 73)⁶⁾ の報告通り百葉箱内が橋梁桁内の環境を模擬しているならば、橋梁桁内の飛来塩分量は桁外の飛来塩分量の半分程度であることから、ガーゼ法に対する土研法の飛来塩分の捕集効率はより小さいことになる。

一般に、耐候性鋼橋梁の仕様の判断基準はガーゼ法で

捕集した飛来塩分量を基に提案されている。したがって、ある地域で耐候性鋼橋梁の仕様を検討する際には、ガーゼ法で得られる飛来塩分量を基にして検討の方が直接的である。一方で、土研法で得られる飛来塩分量を基に検討する場合には、以下の様々な点に留意する必要がある。まず、検討する地域の卓越風向と飛来塩分を採取した土研式タンクの捕集口の向きとの関係を吟味する必要がある。次に、土研法はある一方向から飛来する塩分量を表しているの、両面で飛来塩分を採取するガーゼ法を基に定められた値との比較を行う際には、卓越風向とその反対方向から飛来する飛来塩分の平均値を推定して議論すべきである。さらに、土研法はガーゼ法に比べて飛来塩分の捕集効率が悪い。以上のことから、土研法で得られた飛来塩分データを用いて耐候性鋼橋梁の仕様を議論することは非常に難しいと考えられる。

したがって、ガーゼ法を用いて飛来塩分調査を行い、そのデータを基に耐候性鋼橋梁の仕様を議論することがより適当であると言える。ただし、橋梁建設前の段階で橋梁桁内の飛来塩分量を実測するのは難しいので、桁外で得られた飛来塩分量から橋梁桁内の状況を推定する必要がある。橋梁建設予定地でも、屋根付架台を設置し、直接雨水のあたらない風通しの良い場所にガーゼを設置することで橋梁桁下に相当する飛来塩分量を測定できる⁶⁾。こうして得られる飛来塩分量はあくまで橋梁桁下の飛来塩分量に相当するので、測定された飛来塩分量から橋梁桁内の飛来塩分量を推定する必要がある。Fig. 5に示すように、橋梁桁内で得られる飛来塩分量のほとんどは橋梁桁下 (BP) の飛来塩分量の約半分以下である。同様のことは、他の地域で行われた飛来塩分調査からも報告されている⁶⁾。したがって、屋外でガーゼ法により得られた飛来塩分量を 1/2 倍することで、橋梁桁内に飛来する塩分量を安全側で予測できると考えられる。今後、橋梁桁外で、屋根付架台の下で得られる飛来塩分量と橋梁の桁内に飛来する飛来塩分の関係性についてのデータを全国的に収集し、推定結果が含む誤差の大きさや、この方法で推定できない地域環境や橋梁の仕様の有無について検討を進める必要がある。

5. ま と め

鳥根県松江市において、土研法およびガーゼ法で得られる飛来塩分量の比較を行った。調査地域では、西から

飛来する塩分量が、東から来る塩分量の 5 倍近くに達することから、土研法を用いて飛来塩分量を測定する際には、土研式タンクの捕集口の向きに十分に注意する必要があることが明らかとなった。また、土研法は、ガーゼ法に比べて、飛来塩分を補足する効率が悪いことが明らかとなった。耐候性鋼橋梁の仕様の基準となる飛来塩分量 (ex. 0.05 mdd) は橋梁桁内でガーゼ法により得られた飛来塩分量を基に定められている。したがって、橋梁の仕様を議論する際には、ガーゼ法を用いて飛来塩分調査を行うことが望ましいと考えられる。

謝 辞

本研究は、鳥根県と松江高専との共同研究「松江第五大橋道路の鋼橋における腐食環境評価」の成果の一部をまとめたものである。イオンクロマトグラフィーによる分析にあたっては、産業技術センターの塩村隆信氏、永田善明博士にご協力頂いた。また、分析の一部は、名古屋大学環境学研究科地球化学講座からご提供頂いたイオンクロマトグラフィーで行った。ここに記して深謝する次第である。Fig. 1A はカシミール 3D からの地図を加工して使用した。

参 考 文 献

- 1) Public Work Research Institute-Ministry of Construction, The Kozai Club, and Japan Association of Steel Bridge Construction Institute No.88, p.33 (1993).
- 2) Japan Road Association, Specification for Highway Bridges, I and II (Steel bridge) (道路橋示方書・同解説), p.518 (2002).
- 3) Japan Road Association, "III Weathering steels, Ko-dorokyo Boshoku Binran" (第 III 編 耐候性鋼材編 道路橋塗装・防食便覧) p.74 (2005).
- 4) K. Katawaki, S. Moriya and K. Minosaku, *J. Prestressed concrete, Jpn.* **18**, 68 (1985).
- 5) N. Kitagawa, R. Adachi, J. Ota, R. Gan-ei, S. Ajiki, M. Ohya, M. Takebe, T. Aso, and Y. Matsuzaki, *Proc. Jpn. Soc. Civ. Eng.* 2007 Annual Meeting, p.777 (2007).
- 6) Japan Society of Steel Construction, JSSC Technical report, **73**, 217 (2006).
- 7) Y. Matsuzaki, M. Ohya, S. Ajiki, M. Takebe and T. Aso, *J. Structural Eng.*, **53A**, 805 (2007).
- 8) Japan Meteorological Agency, AMeDAS data from Matuse Local Meteorological Observatory, available from <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=68&prec_ch=&block_no=47741&block_ch=%8F%BC%8D%5D&year=&month=&day=&view=>

(Manuscript received June 9, 2008;
in final form August 27, 2008)

要 旨

耐候性鋼橋梁の仕様を決定する際の基準となる飛来塩分量の測定法には土研式タンク法とドライガーゼ法がある。本研究では、鳥根県松江市で両方の方法で飛来塩分調査を行い、各方法の飛来塩分の捕集効率を議論した。土研式タンク法は捕集口の向きから飛来塩分のみを捕集し、ドライガーゼ法は表裏の両方向からの飛来塩分を捕集することを考慮すると、ドライガーゼ法の方が単位面積あたりの飛来塩捕集効率が高いことが明らかとなった。

キーワード 飛来塩分量, 土研式タンク法, ドライガーゼ法, 耐候性鋼橋梁, 百葉箱