

## 第1章 はじめに

### 1.1 我が国の道路構造物を取り巻く塩分環境と凍結防止剤

周囲を海に囲まれた日本の沿岸部に建設される構造物は、海からの飛来塩分に暴露される環境にある。塩分は、木材、コンクリート、鋼など、多くの素材の耐久性に悪影響を及ぼす。海からの飛来塩分量は内陸へ行くほど少なくなるが、スパイクタイヤの使用が禁止された1991年以降、道路での凍結防止剤散布量が増加したことにより、一部の道路構造物が凍結防止剤の影響を受けている可能性が指摘されている。ただし、道路橋に対する凍結防止剤の飛散の状況や構造物への付着、雨による洗浄効果や湿度等の環境条件との相関など、凍結防止剤が道路構造物へ与える影響については、未だ定量的には把握できていない点が多い。

#### (1) 凍結防止剤散布の状況

凍結防止剤散布量に関する報告は多くはないが、「非塩化物型凍結防止剤の開発等に関する共同研究報告書」<sup>1.1)</sup>によると、1990年6月に「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が公布され、1993年4月から大型車を含む全ての車両が規制区域内でスパイクタイヤの使用が禁止されて以降、日本国内の凍結防止剤の散布量は年々増加し、2000年度には総散布量が50万t近い値を記録している。(図1.1)

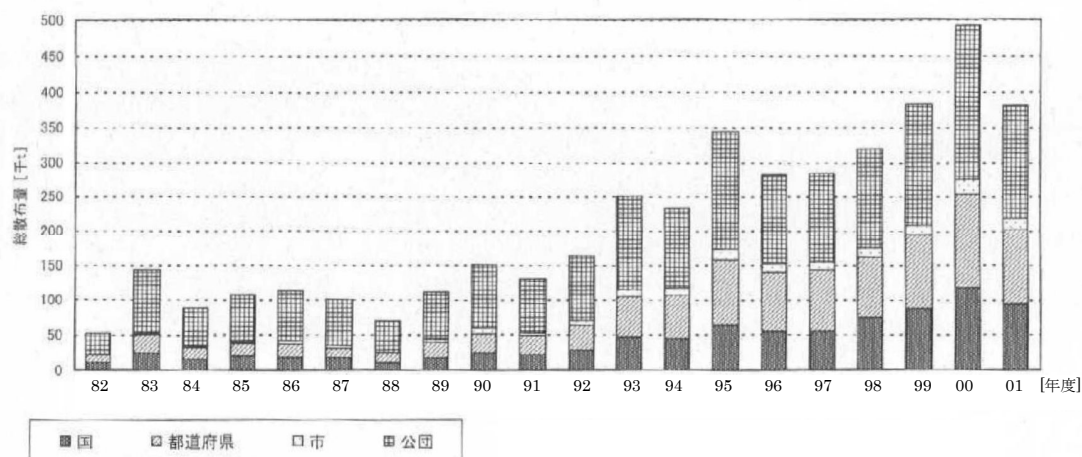


図 1.1 凍結防止剤散布量の経年変化

一方、単位面積あたりの凍結防止剤散布量のデータとしては、1993年に出された3者共同研究報告書<sup>1.2)</sup>において、凍結防止剤の散布が比較的多い関ヶ原周辺での凍結防止剤散布量と付着塩分量の調査結果が報告されており、この路線における一雪氷期(1987年12月～1988年3月)での凍結防止剤散布量(NaCl)は、16橋の平均で約2050g/m<sup>2</sup>となっている。また、図1.2に青森県下での凍結防止剤散布量推移を示す<sup>1.3)</sup>。

さらに、凍結防止剤散布量に関するデータの例として、表1.1に宮城県にヒアリングして得られたデータを、図1.3に長野県にヒアリングして得られた信越地方(高速道路)のデータを示す。凍結防止剤の散布量が年間1000g/m<sup>2</sup>を越えるとさびの状態に影響が現れるといった知見<sup>1.4)</sup>に対し、2章に実橋調査結果を示す宮城県内の橋では、凍結防止剤(NaCl)の年間散布量平均値が約

3600g/m<sup>2</sup>と極めて多い。同じく 2 章に実橋調査結果を示す信越地方の高速道路についても、凍結防止剤の年間散布量平均値が約 2400g/m<sup>2</sup>と比較的多い。

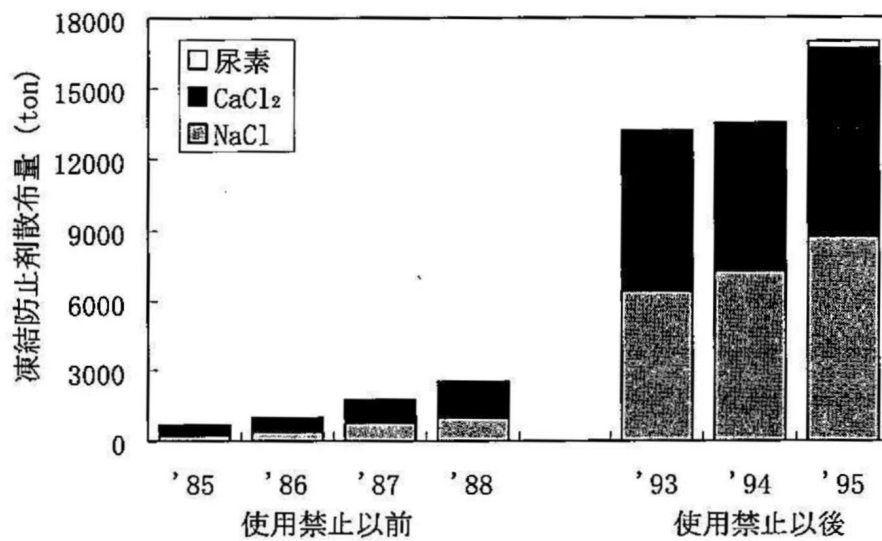


図 1.2 青森県における凍結防止剤散布量の推移

表 1.1 宮城県における冬期の凍結防止剤 NaCl 散布量

|        | [g/m <sup>2</sup> ] |       |      |       |     |      |
|--------|---------------------|-------|------|-------|-----|------|
|        | 11月                 | 12月   | 1月   | 2月    | 3月  | 計    |
| 2002年度 | 324                 | 666   | 1530 | 918   | 666 | 4104 |
| 2003年度 | 108                 | 756   | 1116 | 900   | 684 | 3564 |
| 2004年度 | -                   | -     | -    | -     | -   | -    |
| 2005年度 | 0                   | 1116  | 1098 | 810   | 630 | 3654 |
| 2006年度 | 0                   | 810   | 1062 | 900   | 720 | 3492 |
| 2007年度 | 0                   | 918   | 1134 | 1044  | 450 | 3546 |
| 平均値    | 86.4                | 853.2 | 1188 | 914.4 | 630 | 3672 |

※一回当りの散布量は、16-20g/m<sup>2</sup>。平均値 18g/m<sup>2</sup>にて散布量を算出。

※2004年度はデータ無し。

## (2) 凍結防止剤の種類

我が国では、スパイクタイヤの禁止以降、凝固点降下による手法及び経済性から、NaClなどの塩化物系の凍結防止剤が広く用いられているが、道路周辺環境や道路構造物への影響が懸念されることから非塩化物型凍結防止剤の開発がなされている。「非塩化物型凍結防止剤の開発に関する研究報告書」<sup>1.5)</sup>では、以下の材料及びその組合せについて融氷性能や鋼板腐食性、環境への影響、散布効果などを総合的に評価している。

<塩化物系材料>

塩化ナトリウム、塩化カルシウム

<非塩化物系材料>

酢酸ナトリウム、酢酸カルシウム・マグネシウム（CMA）、酢酸カリウム、尿素、蟻酸ナトリウム

この中で、酢酸ナトリウムが、従来の塩化物系凍結防止剤と同等の凍結防止効果を有するとされている。

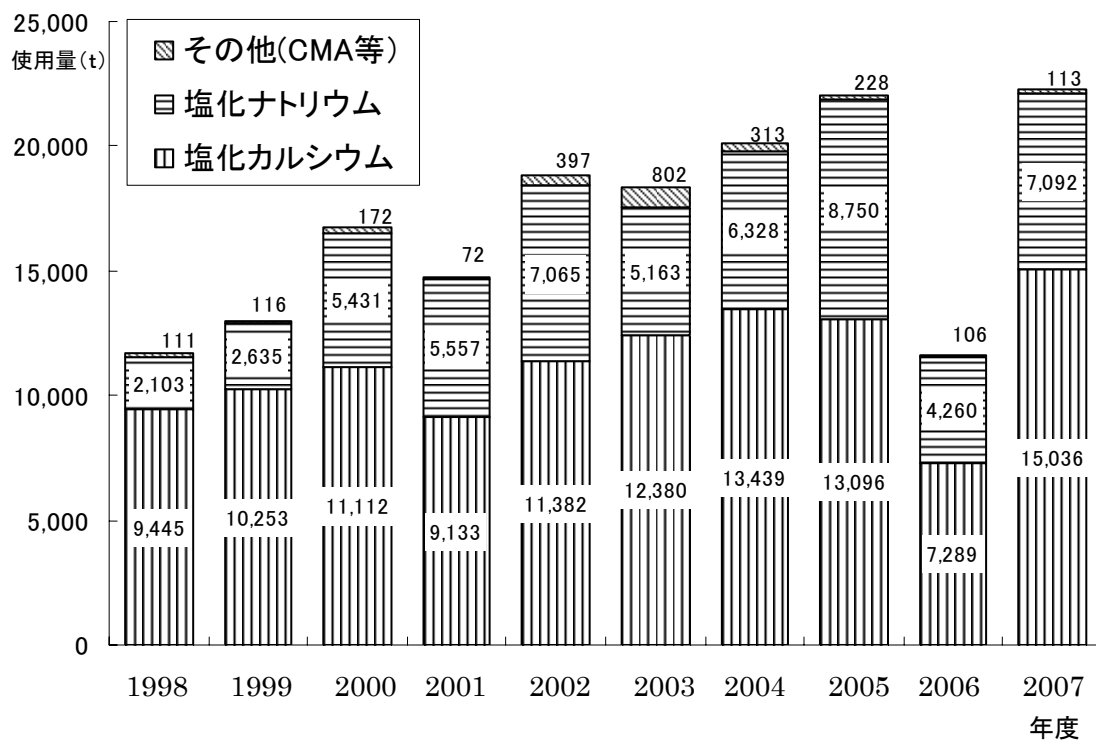


図 1.3 信越地方の高速道路における凍結防止剤散布量の推移

### (3) 土木構造物への凍結防止剤の影響について

塩化物は、木材、コンクリート、鋼など、種々の材料に対してその耐久性に悪影響を及ぼす。例えばコンクリート構造物における塩化物の作用による部材の劣化の主なものは、コンクリート表面の激しいスケリング劣化として現れる凍害、アルカリ骨材反応の促進、コンクリート中の鉄筋の急速な腐食などである<sup>1.6)</sup>。そのため、特に橋に関しては、凍結防止剤に含まれる塩化物が床版コンクリートに浸透することや、漏水等により塩化物が定常的に供給される環境を避けなければならない。

塗装により防食された鋼構造物の場合、凍結防止剤の塩分は塗膜の耐久性に影響を及ぼす可能性があるが、塩分に対して耐久性の高い塗装を施す、または適切な時期に塗り替え塗装を行う等

の対処を確実に施すことにより、鋼材自体の腐食を防ぎ、その性能を維持することが可能であると考えられる。ただし、塗膜の損傷や劣化もあるため、漏水等により塩化物が定常的に供給される環境を避けることが必要である。

耐候性鋼材を無塗装で使用する場合、その防食は、保護性さびによるものであるため、仮に凍結防止剤の塩分が鋼材に付着し滞留すると、鋼材表面が常時結露状態となりやすく、腐食速度が著しく増加する可能性があり、その影響は大きいものと考えられる。特に橋における漏水等は、塩分が定常的に供給される環境を作り出すため、耐候性鋼材に悪影響を及ぼすことは明らかである。

写真 1.1~1.2 は、それぞれ凍結防止剤が混入した漏水により耐候性鋼橋に生じた層状剥離さびの状況である。写真 1.2 は、凍結防止剤 (NaCl) 年間散布量が  $3600 \text{ g/m}^2$  と多い路線に位置する宮城県内の橋である。凍結防止剤散布量が多いが、橋全体にわたって層状剥離さび等の異常が発生してはいない。床版漏水箇所等の滞水や不適切な環境により層状剥離さびが発生している。



写真 1.1 床版漏水による影響



写真 1.2 伸縮装置からの漏水による影響

#### (4) 耐候性鋼橋の位置付けと凍結防止剤環境

道路橋示方書・同解説（日本道路協会、2012.3）<sup>1.7)</sup>では、無塗装耐候性鋼橋の適用可否は海岸からの飛来塩分量を基準に決められている。しかし、先に述べたように 1991 年にスパイクタイヤの使用が禁止されて以来、道路には凍結防止剤が多量に散布されるようになり、これに伴い無塗装耐候性橋が塩分に暴露される環境は大きく変化し、海からの飛来塩分量が少ない山間部においてもこの影響による腐食性さびの発生が指摘されている。

同様な事例は、米国において既に 30 年以上前に発生している。米国では、1970~1975 年頃にスパイクタイヤの使用が禁止され、凍結防止剤が多量に散布され始めた。その結果、ミシガン州の無塗装耐候性鋼橋において腐食性さびによる損傷が報告され、1979 年に同州では、無塗装耐候性鋼橋の建設が禁止された。その後、多くの実橋調査が実施され、これらの調査結果に基づき FHWA（米連邦高速道路局）が耐候性鋼材の橋への適用に関する規定を明確にし、1989 年 10 月 3 日、Technical Advisory T5140.22(October 3.1989)<sup>1.8)</sup>として提示した。ここで凍結防止剤散布地域に無塗装耐候性鋼橋を建設する際の留意点や構造ディテール等が具体的に提示されたことにより、道路橋への無塗装耐候性鋼材の使用禁止令は解除されている。

## 1.2 本研究の目的

日本における耐候性鋼橋に及ぼす海からの飛来塩分の影響に関しては、3者共同研究<sup>1.2)</sup>において検討され、その適用に関する規定が明確になっている。一方、凍結防止剤の影響については、特異な地形条件（地山近接環境等）及び構造条件（並列配置等）についてある程度明らかにされているものの、一般的な条件下での凍結防止剤の塩分の影響度合については不明な点が多く、適用に関する規定を明確に定めるには至っていない、その原因の一つは、凍結防止剤の塩分が飛散し、鋼材に付着・滞留するメカニズムを特定することが極めて困難であるためと考えられる。路面から凍結防止剤が飛散し、鋼材に付着・滞留するというメカニズムを考えた場合、これを構成するパラメータは以下のように多く、これらは橋が位置する個々の地域・地形・部材構成等の環境条件によりその影響は大きく異なるものと考えられる。

### <パラメータ>

凍結防止剤散布量及び凍結防止剤の種類、路面の滞水状況、交通量及び大型車混入率、車速、風向、風速、温度、湿度、高欄の有無や形式、積雪状況、橋形式、地形条件・・・

これらの現状を踏まえ、本研究では凍結防止剤散布地域に建設された無塗装耐候性鋼橋がどのような条件で凍結防止剤の影響を受けるのか、また、影響を受ける場合に、どのような対策を施せば同地域において無塗装耐候性鋼橋を建設し、健全に維持することができるのか、ということ进行を明らかにすることを目的としている。

そこで、本研究では、これまで日本橋梁建設協会と日本鉄鋼連盟が行ってきた実橋調査結果を整理し、無塗装耐候性鋼橋が凍結防止剤の影響によりどのように腐食損傷が発生しているかを分析した。また、実際に国内の無塗装耐候性鋼橋を調査し、凍結防止剤の影響について調査した。さらに、米国を訪問し、凍結防止剤の影響とその対策についての実態調査を実施した。最後に、これらの分析及び調査結果を基に、耐候性鋼橋に関する凍結防止剤対策を整理した。

### 【1章参考文献】

- 1.1) 独立行政法人土木研究所：非塩化物型凍結防止剤の開発等に関する共同研究報告書 整理番号第 293 号，2003.8
- 1.2) 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）整理番号第 88 号，1993.3
- 1.3) 日本鉄鋼連盟，日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用[解説書]，2002.9
- 1.4) 独立行政法人土木研究所：非塩化物型凍結防止剤の開発に関する研究報告書（整理番号 293 号），
- 1.5) 土木学会：凍結防止剤の耐候性鋼橋梁への影響，土木学会第 60 回年次学術講演会，2005.9
- 1.6) 日本コンクリート工学協会：融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会報告書・論文集，1999.11
- 1.7) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012.3
- 1.8) Federal Highway Administration：Technical Advisory T5140.22，1989.10