

친환경 제설제 개발 현황

서 호 성 · 박 병 흥*

한국교통대학교 화공생물공학과

Current Status of Eco-Friendly Deicing Material Development

Ho Seong Seo · Byung Heung Park*

Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation,
50 Daehak-ro, Chungju-Si, Chungbuk, 380-702, Korea

(Received 2016.11.01 / Accepted 2016.11.18)

Abstract : Recently, due to the climate change by global warming, the amount of snow has increased. The situations were demanded to use many snow removal materials. The snow removal materials that used in Korea were solid chloride deicing material. That is calcium chloride(CaCl₂) and sodium chloride(NaCl). Solid chloride baesd snow removal materials have various property, for example good freezing point depression, deliquescence and economical solvents. However, there are problems such as water pollution, high corrosiveness and ecocide. For such reason, development of eco-friendly deicer was required obligatorily. This study investigated development situation of eco-friendly deicer materials.

Key words : Snow removal materials, Eco-friendly deicer, Calcium chloride, Sodium chloride

1. 서 론

최근, 이상기후로 인한 잦은 폭설로 제설제의 사용량이 급증하고 하고 있다. 눈에 의한 도로의 빙결방지 및 교통 안전을 위하여 제설제를 사용하게 되는데 마찰제로는 모래를 사용하며, 눈을 녹이기 위한 제설제로는 고체 염화물계를 사용하고 있다. 일반적으로 사용되는 고체 염화물계 제설제는 염화칼슘(CaCl₂)과 염화나트륨(NaCl)이 있으며, 주로 염화칼슘을 사용하고 있다. 그러나 염화물계 제설제는 시설물 피해 및 환경오염을 발생시키는 등 사회적 문제로 대두되고 있다. 이에 정부는 친환경 제설제 개발 및 사용을 독려하고 있지만, 기존 고체 염화물계 제설제에 비해 비싼 가격과 저조한 성능을 보이고 있다. 지구온난화로 인한 기후 변화로 제설제의 사용량은 증가할 것으로 예상

되는 만큼, 친환경 제설제에 관한 연구 진행정도와 성능평가 등의 개발 현황을 조사하였다.

2. 고체 염화물계 제설제

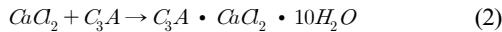
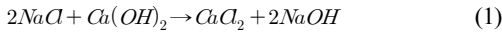
국내시장에서 거래되는 제설제는 연간 60만톤이며, 이 중 고체 염화물계 제설제는 2015년 기준 거래량의 90%에 해당하는 54만톤 정도로 추정된다. 이는 2012년 동절기 정부 및 지방자치단체가 구매한 제설제 물량을 토대로 추정한 수치이다¹⁾. 수치를 보면 대부분 고체 염화물계 제설제를 사용하는 것을 나타낸다. 고체 염화물계 제설제의 종류로는 CaCl₂와 NaCl이 있으며, 주로 CaCl₂를 사용하고 있다.

제설시에는 CaCl₂와 NaCl을 섞어서 사용하고 있으며, 2000년부터 습염살포 방식 (Pre-Wetted salt spreading)의 제설방식으로 제설을 진행 중이다²⁾. CaCl₂는 조해성이라는 성질을 가지고 있어 물과 반응

*Corresponding author, E-mail: b.h.park@ut.ac.kr
Copyright © 2016 KHNES

했을 경우, 물을 흡수하며 발열반응이 나타나게 된다. 또한 NaCl은 물의 어는점을 낮추는 역할을 하기 때문에 제설시에 두 고체염화물계 제설제를 함께 사용하여 CaCl₂는 눈을 녹이고, NaCl은 물이 어는 것을 방지한다. 그러나 습염살포방식에서는 이미 용액으로 희석 되어 발열을 통한 용빙 성능에는 효과가 미비하고 빙점강하의 효과만 주어진다.

고체 염화물계 제설제는 염소이온(Cl⁻)을 다량으로 포함하고 있어 다량 살포시 차량 및 콘크리트, 철근 등에 심각한 부식현상과 환경오염의 원인이 되고 있다³⁾. 콘크리트 표면의 부식 및 파손은 고체 염화물계 제설제인 NaCl과 CaCl₂에 의해 발생하게 되는데, 가장 대표적인 화학적 파손의 메커니즘은 다음과 같다.



위의 반응들에 의해 공극 내에 결정들이 생기게 되고 그 자체 압력으로 콘크리트 내에 파손이 발생하는 것이다⁴⁾. 이에 구조물의 초기 시공조건에서의 재료조건과는 많은 강도 저하가 예상된다. 또한 CaCl₂는 눈을 다 녹인 상태에서도 공기 중의 수증기를 흡수하여 도로 표면을 습윤하게 만들고 재빙결의 위험이 있다⁵⁾. 염화물은 식물과 직접 접촉하거나 토양에 녹아 들어가 식물의 뿌리로 흡수 되어 성장에도 영향을 끼친다.

토양 속에 CaCl₂가 농축 되면 식물의 성장 장애 및 가지 등과 같은 특정 부분에 고사를 유발할 수 있고, 심한 경우 식물 자체의 고사를 일으킬 수 있다⁶⁾. 염화칼슘은 인체에도 영향을 끼치는데, 직접 피부에 노출되거나 흡입하였을 경우 피부, 눈, 호흡기에 질환이 발생 할 수 있다⁷⁾.

다음과 같은 염화물계 제설제의 심각한 문제점들로 인해 친환경 제설제에 대한 관심이 높아지고 있다. 친환경 제설제는 비염화물과 저염화물로 나뉘게 되며 염화물을 사용하지 않고 유기산을 이용하는 방식의 연구가 진행 중이다.

3. 친환경 제설제

정부에서는 제설제의 환경적인 오염과 피해를 줄이기 위한 방안으로 친환경적인 제품을 인증해 주고 있고 이것을 의무적으로 사용하도록 권고하고 있다. 이러한 친환경 제설제는 국내의 업체를 대상으로 다수공급자계약(MAS)을 체결하여 공급하고 있으며, 생산규모는 2012년 기준 국내 8개사, 해외 2개사 등 모두 70만 톤에 달하는 것으로 파악 된다¹⁾.

고체 염화물계 제설제에 대한 문제점을 해결하기 위해 친환경 제설제에 관한 특허가 다량으로 출원되고 있으며, Fig 1은 제설제 원료인 염화물, 유기산, 알코올계열에 따른 특허 출원 동향을 나타낸 것이다. 전체 제설제 분야의 특허 출원 건수에서는 염화물 계열

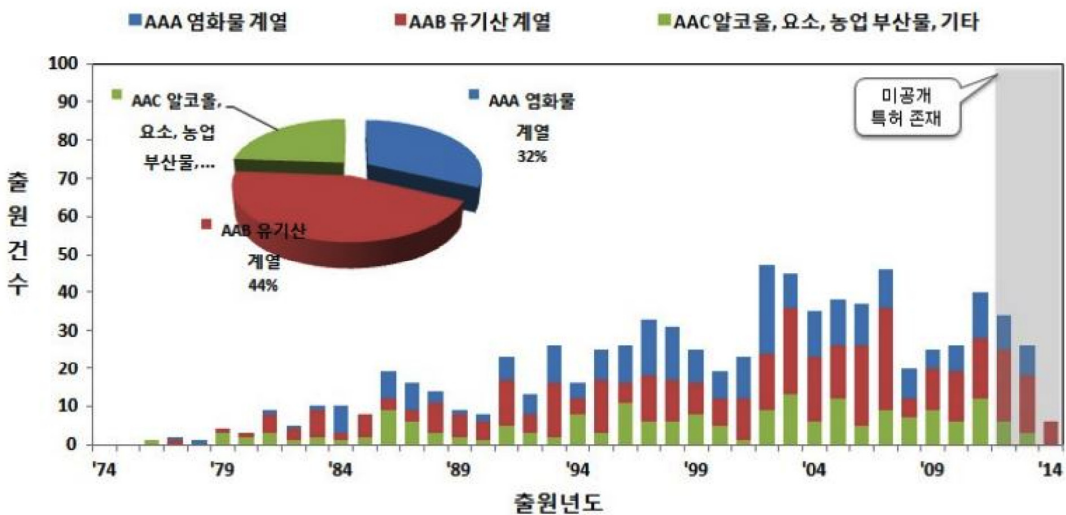


Fig. 1 제설제의 연도별 특허 출원동향

이 44%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으나, 2000년대 중반 이후의 출원건수는 감소하는 경향을 나타냈다. 대신 유기산 계열의 출원 건수가 증가하고 있으며, 친환경 제설제 분야에서 유기산 계열의 연구가 꾸준히 증가하는 것으로 나타났다¹⁾.

3.1. CMA

고체 염화물계 제설제의 시설물 피해와 환경오염을 막기 위하여 미국에서는 1980년대 초부터 친환경 제설제를 개발하기 시작하였다. 미국의 연방 도로국에서 개발한 고체 염화물계 제설제의 대체 제설제는 CMA (Calcium Magnesium Acetate)이다.⁸⁾ 이는 초산칼슘과 초산마그네슘을 3:7의 비율로 혼합하여 생산하며, 공융점은 약 -25°C 이다⁹⁾.

CMA는 염소이온을 함유하지 않기 때문에 부식성이 없고 산성 토양을 중화하는 역할을 하는 등의 장점이 있다. 실제 CMA의 연구 결과 자동차 차체, 금속 등의 부식을 줄이는 효과를 발견하였다¹⁰⁻¹²⁾. 고체 염화물계 제설제의 대체 제설제로 개발된 CMA는 아세트이트 계열 제설제 중 가장 널리 시험평가 되었으며, 유기산인 아세트산은 일상생활에서 쉽게 볼 수 있는 식초와 화학적 성질을 같이 한다. 그러나 CMA는 기존 고체 염화물계 제설제에 비해 약 20배의 가격을 형성하고 있다. 생산 단가가 너무 높아 경제적인 문제가 발생하였고, 제설 능력과 함께 경제적인 대체 제설제 개발의 필요성이 대두되었다.

3.2. CMO, EFD

CMA의 경제적 문제로 인해 다른 유기산 원료를 이용한 제설제 연구가 진행되었다. 유기산을 주성분으로 하여 미생물을 이용한 발효공정으로 CMO (Calcium Magnesium Salt of Organic acids)를 생산하는 방법이다. 이 연구는 유기산의 생산원가를 크게 절감시켰다^{13,14)}. 용빙성능에서도 기존의 제설제와 비슷하면서 구조물에는 영향을 미치지 않았다. 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)은 토양 생물이나 식물의 영양염류로 이용되며, 유기산은 박테리아에 의해 생분해 되기 때문에 환경오염의 위험이 거의 없는 제설제로 인정받고 있다.

이후 음식물 쓰레기에서 나오는 발효액을 이용하여 만든 유기산 제설제 EFD (Eco-Friend deicer)가 개발되었다. EFD 제설제의 용빙성능 평가는 고체 염화물

계 제설제와 큰 차이를 보이지 않았으며, 식물의 생장에도 영향을 주지 않는 것으로 연구되었다¹⁵⁾.

국내에서 2010년 유기성 폐기물의 발생량은 약 606톤으로 이를 재활용할 경우 폐기물 발생량의 약 50%를 유기산으로 생산할 수 있다. 이를 통해 생산된 초산, 프로피온산을 Ca, Mg와 반응시켜 친환경 제설제인 CMO를 생산할 수 있게 된다. 폐기물 자원의 재활용과 기존의 제설제의 대체제 생산 두 가지의 문제를 해결 할 수 있다¹⁶⁾.

3.3 PC-10

국내에서 개발된 제설제는 PC-10 (성보화학)이 있다. PC-10은 염화마그네슘 헥사하이드레이트와 곡물에서 추출한 특수물질을 결합한 신소재 제설제이며, 용해열을 발산하여 제설이 이루어진다. 곡물의 특수물질과 결합하여 유기산화를 이루고 물보다 낮은 부식성을 가능하게 하였다. 기존의 고체 염화물계 제설제 보다 제설의 지속성이 강하고, 토양 및 도로에 영향을 거의 주지 않는 것으로 조사되었다. 그러나 역시 경제성의 문제가 발생한다. 기존의 고체 염화물계 제설제 보다 약 1.5배 정도 비싼 가격을 유지하고 있다.

4. 결론

환경오염과 시설물 피해의 원인인 고체 염화물계 제설제를 대신해 최근 친환경 제설제 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 유기산을 통한 제설제 개발에 많은 연구가 진행되고 있는데, 저염화물 혹은 비염화물 제설제로 시설물에 대한 부식 억제력이 우수하고, 환경오염의 피해가 적다. 그러나 가격문제와 제설효과에 대한 해결이 시급하다. 친환경제설제의 가격은 기존 염화물계 제설제 가격에 비해 1.5~2배가량 비싸며, 제설효과 역시 염화칼슘과 소금에 비해 80% 정도의 성능을 보이는 것으로 나타났다. 이에 지자체는 출퇴근 시간 조금이라도 제설작업이 지체가 된다면 많은 민원이 발생해 제설 효과가 좋은 고체 염화물계 제설제를 사용하는 것이다.

하지만, 제설 작업에 들어가는 비용만 계산할 것이 아니라 환경피해로 인한 2차 피해비용 까지 계산해야 한다. 그러나 정확히 수치화 되어있지 않기 때문에 인식하지 못하는 것이다. 장기적으로 고체 염화물계 제설제 사용으로 인한 환경오염과 시설물 부식, 수질오

염 등 부작용을 생각한다면 고체 염화물계 제설제 사용을 줄이고 친환경 제설제의 사용을 독려해야 한다. 최근 개발된 친환경 제설제는 기존의 고체 염화물계 제설제와 비슷한 수준의 성능을 보이지만 경제성의 문제가 발생한다. 이에 친환경 제설제의 경제성의 원인인 원가절감의 연구가 진행되어야 할 것이며, 용설/용빙 성능 평가와 부식성, 환경친화성, 경제성 등을 정확하게 검증할 수 있는 방법들에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

References

- 1) 김영근, 최윤석, 최재석, 이병덕, “친환경 제설제의 최신기술 동향 및 개발 방향”, 한국구조물진단유지관리공학회 논문집 (2015)
- 2) 윤덕근, 정준화, “도로 용설제 성능 평가와 적정 사용량 산정”, 한국도로학회 논문집, (2006)
- 3) 신승숙, 박상덕, 김호섭, 이규송, “염화칼슘과 친환경 제설제가 식물의 생장에 미치는 영향”, 대한환경공학회지 (2010)
- 4) 이경배, 이승우, “제설제가 콘크리트 포장 파손에 미치는 영향”, 대한토목학회 (2007)
- 5) 이승우, 우창완, 김종오, 박희문, “친환경 제설제인 CMO의 성능평가 분석”, 한국도로학회 논문집 (2005)
- 6) Jones, P. H., Jeffrey, B. A., Watler P. K., Uhtchon, H., Environmental impact of road salting - state of the art, The Research and Development Branch, Ontario Ministry of Transportation and Communications, R. R., 237 (1986)
- 7) 국립환경과학원 물환경연구부, “염화칼슘 제설제가 환경에 미치는 영향” (2010)
- 8) Dum, S. A. and Schenk, R. V., Alternative Highway Deicing Chemicals, Bjorksten Research Crop., Report NO. FHWA/RD-79/108, March (1980)
- 9) 도종남, 김태수, 이찬복, 김연중, 천병식, “도로 제설제의 효과적 사용방안에 관한 실험적 연구”. 한국지반환경공학회 논문집 (2012)
- 10) Locke, C. E. and Kennelley, K. J. Corrosion of Highway Structural Metals by CMA, University of Oklahoma, Report NO. FHWA/RD-86/064 (1986)
- 11) Salcedo, R. N., and Jensen, W. N. “Corrosivity Tests Pit Road Salt vs. CMA,” Pblc Work, 118(11), 58~61, 90~91 (1987)
- 12) McCrum, R. L., Corrosion Evaluation of Calcium Magnesium of Corrosion Engineers Corrosion/89, Paper No.127, New Orleans, Louisiana (1989).
- 13) 이용은 외 “고속도로 휴게소의 음식물찌꺼기를 이용한 저공해제설제 연구,” 연구보고서, 도로연구소, 한국도로공사 (1999).
- 14) Lee, J. J., Park, R. D., Kim, Y. W., Shim, J. H., Chae, D. H., Rim, Y. S., Sohn, B. K., Kim, T. W., and Kim, K. Y., “Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth,” Biores. Technol., 93, 21~28 (2004).
- 15) 이대원, “대체제설제인 EFD-1과 PC-10의 밀, 보리, 시금치 생육에 미치는 영향”, 한국환경농학회지 (2015)
- 16) 이승우, 우창완, 김종오, 박희문, “유기산을 이용한 환경친화 제설제의 도로적용을 위한 성능평가”, 대한토목학회 정기학술대회 (2005)