

제설제가 고속도로 주변토양에 미치는 영향

이주광 · 이병덕 · 강혜진 · 강희만

한국도로공사·도로교통기술원
jugoang@freeway.co.kr

요약문

Use of deicing chemicals has been and will continue to be a major part of highway snow and ice control methods. Chloride-containing chemicals such as calcium chloride or rock salt are main deicers for the road. Extensive use of chloride deicers is, however, not only the source of substantial cost penalties due to their corrosive action and ability to deterioration roadway surface materials but also the source of environmental damages. Finding the deicing chloride agents impacts on the environment and develop the minimizing strategies, we evaluated that chloride deicing agents influence on highway roadside soil and establish the optimun strategies.

key word : Deicing agent, Highway roadside soil

1. 서론

겨울철의 폭설과 결빙은 교통두절 및 교통정체를 가져다주고 이로 인하여 도로 이용자들에게 많은 불편을 주며, 경제적인 손실과 물류지연 등에 따른 간접적인 손실을 준다. 따라서 효과적인 고속도로 제설작업을 위하여 2002년까지 제설제로 염화칼슘을 주로 사용하였으나, 2003년 이후부터 “습염살포”라는 신개념 제설작업 방법(고체소금을 30% 염화칼슘용액에 적셔서 7 : 3의 중량비로 살포)을 전 구간에 확대 적용하고 있다. 습염살포방식은 제설작업 전용차량에 의해 제설제가 살포되어, 2002년까지 수행해 오던 인력에 의한 제설제 살포방식에 비해 제설제 살포시간 단축, 용설효과 및 작업효율성 증대 등의 장점이 있으나, 제설제 살포량이 과다해 질수 있는 우려가 있다. 제설제에 함유된 나트륨, 칼슘, 염소이온 등은 고속도로 주변 토양 및 수계에 유입되면서 주변 생태계 교란, 음용수 오염, 농작물 피해 등이 우려되고 있으며, 도로변 식재의 염화물 장기 누적에 의한 수목 생리장애를 보이고 있다. 또한 제설직후 차량통행과 바람에 의해 제설제가 노선 주변산림과 경작지까지 비산되면, 도로변 수목과 농경지에 까지 영향을 줄 것으로 예상된다. 제설제의 성분중 수목/농작물 등에 가장 영향을 미치는 것은 염소성분으로 알려져 있으며, 토양중의 염분농도가 0.5%이상이면 토양의 화학적 요소가 중요하고 그 이하면 물리적 요소가 식물의 생태적 특성을 결정하는 것으로 보고되고 있다(Daubenmire, 1974). 염분은 수목의 삼투압 현상이나 동물의 단백질 구조의 변화를 초래하는 조절인자로 작용하는데, 수목에 대한 염분의 피해한계는 0.05%로 알려져 있다(윤국병, 1985). 제설제의 어류독성 실험에서는 제설제 종류별로 송사리와 잉어의 반수치사농도(4일, LC₅₀)가 각각 17,622 - 38,774ppm, 10,667 - 17,500ppm로 조사되었다(김태진외, 2005). 따라서 제설제 살포방식 변경에 따른 도로주변 토양에 대한 제설제 성분 조사를 통해 제설

제로 인해 피해가 발생할 우려가 있는 고속도로 주변 농작물 및 수목 피해에 대한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 대상지역 및 실험방법

토양 sampling 지역 선정을 위해 겨울철 강설량이 많은 지역에 대한 기후조사를 우선적으로 시행하여 제설제 살포량이 많은 지역을 선정하였다. 예비조사를 통한 자료를 바탕으로 전국적인 규모의 토양 sampling을 위해 서해안고속도로에 2곳(hs-1, hs-2), 중부고속도로에 1곳(hs-3), 중앙고속도로에 3곳(hs-4, hs-5, hs-6), 영동고속도로에 4곳(hs-7, hs-8, hs-9, hs-10)을 선정하였다. 10개 sampling 장소 모두 토양시료채취가 용이한 장소를 선정하였으며, 지형적인 특성을 보면, 고속도로 터널 입출구부 중앙화단이 3곳(hs-2, hs-8, hs-9), 고속도로 중앙화단 1곳(hs-1), 고속도로 휴게소 화단이 2곳(hs-3, hs-4), IC 녹지대가 1곳(hs-5), 고속도로 갓길 화단이 3곳(hs-6, hs-7, hs-10)으로 구성되어 졌다. 대상 분석 항목으로는 도로공사에서 제설제로 살포하고 있는 염화나트륨, 염화칼슘의 성분을 조사하기 위해 Cl, Ca, Na와 pH를 측정하였다. 조사기간은 2005년 3월부터 2006년 2월까지 총 7회에 걸쳐 시료를 채취하였다. 토양채취는 도로 끝단으로부터 1m 이내의 지점에서 꽃삽을 이용하여 표층토를 채취하였으며, 이 값과 비교하기 위하여 도로끝단에서 50m 이상 떨어져 제설제에 대한 영향이 없다고 판단되는 지점의 시료를 2005년 10월에 1회 채취하였다. 채취된 시료는 건조기에서 70℃를 유지한 상태에서 72hr간 건조시킨 후, 2mm 표준체를 통과한 시료를 분석용 시료로 사용하였다. 염소이온 측정은 10g의 시료에 50ml의 증류수를 넣고 1hr 진탕시킨후, UV/VIS(흡광광도계)를 사용하여 분석하였다. 칼슘과 나트륨은 2.5g의 시료에 50ml의 1N-CH₃COONH₄ 를 넣고 1hr 진탕시킨후, AAS(원자흡광분광광도계)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

고속도로 주변토양의 연간 pH 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 10개 지역의 pH 경향을 살펴보면, 3월부터 pH가 높아져 약 알칼리성을 나타내다가 여름철인 7월부터 점차 pH가 감소하여 12월에는 조사된 10곳 모두 약 산성을 나타내고 있다. 또한 겨울철인 12월부터는 다시 pH가 점차 증가하는 S자 형태의 pH 변화 형태를 보이고 있다. 이와 같이 토양의 pH를 변화시킬 수 있는 요인으로는 겨울철 제설작업을 위해 살포하는 염화칼슘과 염화나트륨이 주요 원인으로 보인다. 토양은 여름철 우기에 토양에 흡착되어 있는 Ca²⁺, Mg²⁺, Na²⁺, K²⁺ 이온 등이 용탈되어 산성화 되는 것으로 알려져 있으며, 제설작업을 위해 살포되는 제설제의 주요성분인 Ca, Na등이 겨울철에 유입됨으로서 겨울철부터 우기가 시작되는 7월까지 지속적으로 pH가 상승하는 원인으로 판단된다. Fig. 2는 고속도로 주변토양에서 염소이온의 연간 변화 특성을 도시하고 있다. 염소이온은 일반토양에 잘 흡착되지 않고 이동성이 용이하여 대부분 빠른 시간 내에 지하수나 거리가 먼 지점으로 이동하는 것으로 알려져 있다. 고속도로 주변토양에서 염소이온 함유량은 4월부터 12월까지는 거의 검출되지 않거나 낮은 농도를 나타내다가 12월부터 이듬해 4월까지 상대적으로 높은 함유량을 나타내고 있다. 겨울철에 제설제 살포로 인해 토양중에 축적된 염소이온은 토양의 동결로 인해 이동성이 미미할 것으로 보이며, 봄철인 3월부터 점차 토양이 해동되고 강우가 내림에 따라 급격히 고속도로 주변토양으로부터 멀어지는 것으로 판단된다.

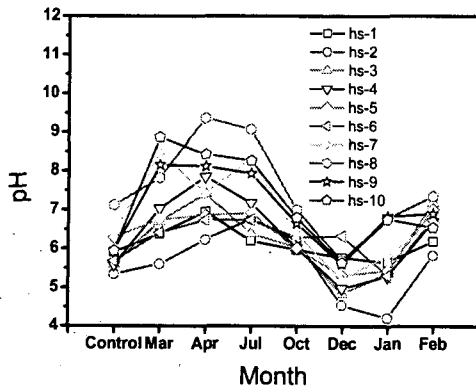


Fig. 1. 고속도로 주변토양의 연간 pH 변화

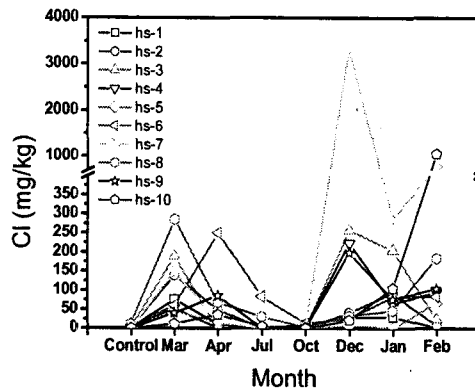


Fig. 2. 고속도로 주변토양의 연간 Cl 함량 변화

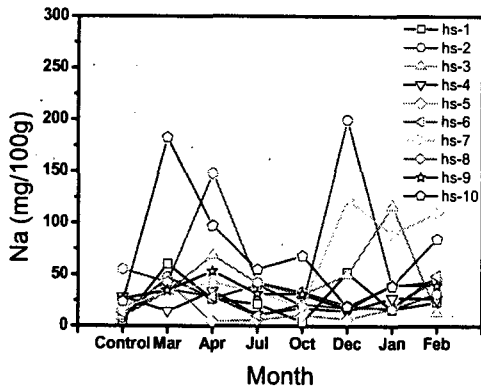


Fig. 3. 고속도로 주변토양의 연간 Na 함량 변화

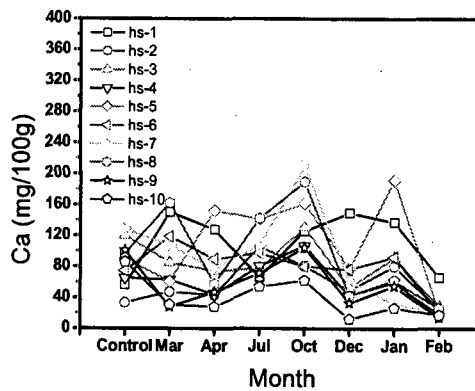


Fig. 4. 고속도로 주변토양의 연간 Ca 함량 변화

Fig. 3, 4는 고속도로 주변토양의 연간 Na와 Ca 변화특성을 나타내고 있다. 고속도로 주변토양에서 나트륨과 칼슘은 염소이온에 비해 상대적으로 연간 이동 특성이 뚜렷이 나타나고 있지 않다. 이는 토양이 대부분 음전하를 가지고 있어 양이온인 나트륨과 칼슘을 흡착하려는 힘이 강하여 토양내에서 이동성이 느린 반면, 염소이온과 같이 음이온은 토양에 흡착되지 않고 토양내에서 빠르게 이동하기 때문으로 보여진다. 특히, 칼슘의 연간 함유량 특성이 거의 나타나고 있지 않는 것은 칼슘의 유입경로가 제설제 뿐만 아니라 시멘트 콘크리트 포장에서 차량 타이어와 마찰로 인해 발생하는 미세분진에도 칼슘 성분이 포함되어 있을 것으로 판단되기 때문이다.

4. 결론

고속도로 토양중의 염소이온 농도가 2지점의 겨울철을 제외하고는 대부분 300mg/kg 이하로 나타나 염소이온이 뿌리는 통해 수목의 생장에 영향을 미치기는 어려울 것으로 보이며, 토양을 통해 주변 호수로 유입되더라도 어류에 독성피해를 가 할 수는 없을 것으로 판단된다. 다만, 제설제의 비산에 의한 나뭇잎 및 작은 규모 호수의 어류독성 피해는 추가적인 연구를 통해 조사될 예정이다.

5. 참고문헌

1. 김태진, 경기성, 김태완, “염화물계 제설제가 환경에 미치는 영향 및 대책(I)”, 한국도로공사 용역보고서, 2005.
1. 2. 윤국병, “조경배식학”, 일조각, pp. 154-157, 1985.
3. Daubenmire, R. F., “Plants and Environment(3rd Ed.), John Willey and Sons, pp. 47-56, 1974.