

목재 방음벽 주변 토양의 중금속에 의한 오염

송병열 · 류승혜 · 박은주* · 김희갑

강원대학교 환경과학과
e-mail: songby10@korea.com

요 약 문

CCA 처리 방부 목재로부터 용출되는 크롬, 구리 및 비소는 주변의 토양을 오염시키는 것으로 알려져 있다. 이 연구에서는 방부 목재를 사용하여 설치한 방음벽 주변의 토양을 채취하여 분석하였다. 방음벽은 4차선의 자동차 도로와 마을 사이에 1m 높이의 콘크리트 구조물 위에 설치되었다. 수평 및 수직 시료와 더불어 대조 토양 시료를 채취하여 목재 방음벽으로 인한 주변의 토양 오염도를 평가하였다. 방음벽 인접한 곳의 토양이 대조시료에 비해 10-13mg/kg 더 높은 것으로 나타났다. 1년 전에 채취하여 분석한 자료와 비교했을 때, 시설물 인접 토양에서 크롬과 비소의 농도가 더 낮은 것으로 보아, 구성 성분의 용출 속도는 감소하고 토양에 용출된 성분은 강우 등에 의해 주변으로 이동한 것으로 판단된다.

1. 서론

목재는 사용 중 다양한 환경조건에 노출되며, 지상과 지하, 수환경에 살고 있는 미생물, 곤충 등에 의해 썩게 된다. 이것을 막기 위해 크롬, 구리 및 비소의 산화물로 구성된 수용성 목재방부제 CCA(chromated copper arsenate)가 오래전부터 사용되었다. CCA는 한 때 미국에서 전체 방부 목재 시장의 약 75%를 차지하였고, 특히 수용성 방부제 시장의 97%를 차지할 정도로 널리 사용되었다(Solo-Gabriele and Townsend, 1999). CCA로 처리된 목재는 데크(deck), 야외용 의자, 다리, 목조 주택 등 다양한 용도로 널리 사용되어 왔다(Chirenje et al., 2003).

그러나 2002년 2월에 미국 환경보호청(U.S.EPA)은 가압처리 목재 업체가 소비자 제품에 대해 자발적으로 CCA의 사용을 단계적으로 중지할 것을 공표하였으며, 2004년 1월 이후에는 CCA가 어린이용 놀이터, 데크, 피크닉 테이블, 조경용 목재 등과 같이 사람이 직접 접촉할 수 있는 시설물에 사용되는 것을 허용하지 않고 있다. 그 이유는 CCA의 구성 성분인 크롬, 구리 비소가 사용 중에 뿐만 아니라 소각이나 매립 등의 폐기 과정에서 환경 중으로 용출되어 나와 생태계나 및 인간의 건강에 악영향을 미칠 우려가 있기 때문이다. 따라서 이러한 물질이 얼마나 용출되며 거동되는지는 매우 중요한 요소가 아닐 수 없다. 국내에서 CCA 방부 목재는 1980년대부터 사용되기 시작하였는데, 아무런 법적 규제 없이 점점 그 사용량이 늘어나고 있는 추세에 있어 환경에 미치는 영향이 우려되고 있다.

따라서 이 연구에서는 CCA로 처리된 방부목재를 사용하여 설치한 방음벽 주변의 토양을 채취, 분석하여, 구성 성분이 환경으로 용출되어 토양에서 크롬, 구리 및 비소의 농도에 얼마만큼 영향을 미치는지에 대해 평가하였다.

2. 방법

본 연구에서 대상으로 선택한 방음벽 시설물은 강원도 홍천의 국도 5호선 상에 위치하고 있으

며, 설치된 지 약 3년이 경과하였다. 방음벽 후면부의 세 지점에서 수평거리별로 시설물 인접 지점부터 시작하여 10cm 간격으로 100cm까지 표토 시료(0-2.5cm)를 채취하였다. 또한 세 성분의 토양에서의 수직적인 분포를 알아보기 위해 방음벽에 인접한 두 지점에서 5cm 간격으로 35cm의 깊이까지 시료를 채취하였다. 채취한 시료는 플라스틱 용기(지퍼백)에 담아 실험실로 운반한 후 자연 건조시켰다. 10mesh(<2mm) 체로 거른 토양은 pH, 전기전도도, 유기물 함량 및 입도(soil texture)에 대해 분석하였다. 또한 토양 시료 1g에 진한 질산(65%) 10ml를 넣고 microwave oven에서 20분 동안 가열한 후(U.S EPA Method 3051a) 100ml로 희석하여, AAS(원자흡광광도계)로 크롬, 구리 및 비소에 대한 분석하였다. 구리와 크롬은 Flame method를 사용하여 각각 324.8nm와 357.9nm에서 측정하였으며, 비소는 KI와 ascorbic acid로 환원시킨 후 VGA(vapor generation accessory)를 사용하여 193.7nm에서 측정하였다.

3. 결과 및 토의

Fig. 1에서는 두 지점(site 2, site 3)에서의 수평분포를 보여주고 있다. Site 2에서 구리와 비소는 약 20cm의 거리까지, 그리고 크롬은 40cm의 거리까지 배경농도에 비해 농도가 증가하였다. 반면에, site 3에서는 구리는 20cm, 크롬은 60cm의 거리까지, 그리고 비소는 40cm의 거리까지 농도가 증가한 양상을 보였다. 구리의 이동성이 낮은 것은 토양에서 주로 존재하는 형태인 양이온이 유기물과 착물을 생성하기 때문이고, 크롬과 비소의 이동성이 더 큰 것은 두 성분 모두 음이온으로 존재하기 때문으로 생각된다

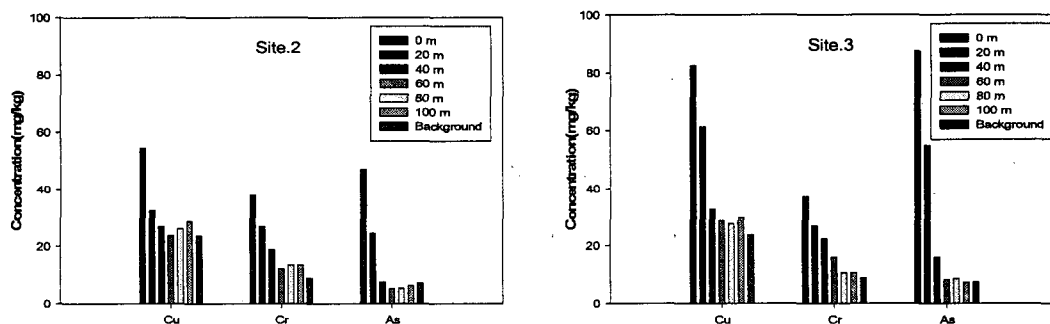


Fig.1 Lateral distributions of copper, chromium, and arsenic concentrations at two sampling sites.

방음벽에 인접한 토양에서 세 성분의 수직 분포를 보기 위해 Fig. 2에 그래프로 나타내었다. 세 성분 모두 표면에서 농도가 가장 높았고, 구리와 크롬은 10cm 이내의 범위까지만 농도가 감소한 반면에, 비소는 35cm의 깊이까지 농도가 감소한 것으로 보아 비소의 깊이에 따른 이동이 가장 큰 것을 알 수 있다.

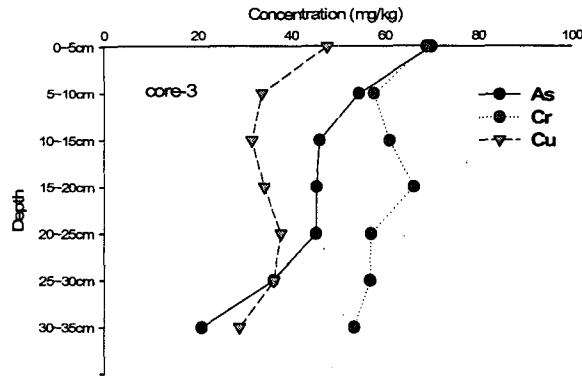


Fig.2. Concentration profiles of the three CCA components.

방음벽에 인접한 토양으로부터 채취한 표토 시료와 시설물로부터 약 10m 떨어진 지점에서 채취한 대조시료 중 세 성분의 농도를 비교하였을 때, 시설물 인접 지점에서 0-13mg/kg 더 높았다.

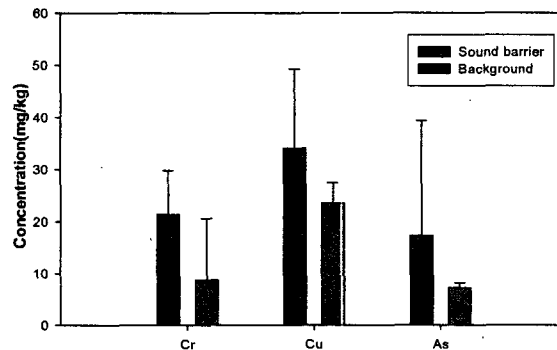


Fig.3. Comparison of chromium, copper, and arsenic concentrations between the soil samples adjacent to the sound barrier and control soil samples.

방음벽에 인접한 토양 시료에서 구리, 크롬 및 비소의 농도는 45, 29 및 34mg/kg으로, 1년 전의 농도인 44.7, 52.5 및 49.7mg/kg과 비교해 볼 때 구리를 제외하고 크롬과 비소는 다소 낮아지는 것으로 볼 수 있다. 이는 구리는 토양 중의 유기물과 착물을 비교적 강하게 이루어 이동성이 낮은 반면에, 크롬과 비소는 이동성이 클 뿐만 아니라 목재로부터 용출량이 감소하였기 때문인 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

김동진, 2005, CCA 방부처리 목재로부터 용출된 중금속과 유류유출에서 비롯된 유기화합물에 의한 토양오염 특성, 강원대학교 이학박사 학위논문.

김희갑, 김동진, 박정규, 신용승, 황인영, 김윤관. 2006, 방부제 CCA로 처리된 목재를 사용한 계단, 데크 및 방음벽에 인접한 토양에서 크롬, 구리 및 비소의 분포, 지하수토양환경, 11, 54-64.

Chirenje, T., Ma, L.Q., Clark, C., and Reeves, M., 2003, Cu, Cr and As distribution in soils adjacent to pressure-treated decks, fences and poles, *Environ. Pollution*, **124**, 407-417.

Solo-Gabriene, H. and Townsend, T.G., 1999, Disposal practices and management alternatives for CCA-treated wood waste, *Waste Manage. Residential*, **17**, 378-389.