

훈증에 의한 석조문화재 표면 서식생물 제거방안 연구

윤윤경*·도진영*·이갑우**

*경주대학교 문화재학부, **한국종합방제주식회사

A study on cleaning of biodeteriorated stone monuments by fumigation

Yun-Kyung Yun*, Jinyoung Do*, and Ghab woo Lee**

**School of Cultural Assets, Gyeongju University*

***Korea Pest Control Co., Ltd.*

1. 서 론

옥외에 위치한 석조문화재에는 육안으로 잘 관찰되지 않는 세균과 곰팡이를 비롯하여 다양한 생물들이 서식하고 있으며, 멜라닌, 엽록소, 카로티노이드 외에도 각각의 생물이 생산하는 색소에 따라 형형색색으로 암석을 물들이고 있다. 생물 생장에 따른 암석 표면의 변색은 대부분의 경우 고색창연하다고 하여 아름다운 것으로 여기지만 이는 미생물의 적응 능력을 간과하여 나타나는 결과이다.

사실 암석은 미생물에게는 극한의 환경이지만, 한번 미생물의 생장이 시작되면 미생물들은 계속하여 번식하면서 그 영역을 넓혀나간다. 이 과정 중에서 생성되는 미생물의 대사산물은 또 다른 생물의 생장을 가능하게 함은 물론 물리적, 화학적 요인들과의 복합적인 작용을 통하여 문화재를 훼손하게 된다. 따라서 미생물에 의한 석조문화재의 훼손을 방지하기 위하여 암석 표면에 서식하고 있는 미생물을 제거해야만 하는 경우도 있다. 이 때에는 대나무 솔이나 부드러운 치과용 솔을 이용하여 제거하거나, 다양한 종류의 바이오사이드(살생물제로 액상의 화학약품)를 사용하여 암석 표면으로부터 미생물을 제거한다. 그러나 솔 등을 이용한 물리적 세척방법은 오히려 미생물의 생장을 용이하게 하는 결과를 가져오게 되며, 적절하지 못한 바이오사이드의 선택은 미생물의 제거는 가능할지 모르나 이미 약해져 있는 암석의 훼손을 가중시킬 수

도 있다. 다시 말해 미생물 제거를 위한 방법의 활용성을 논하기 위해서는 대상문화재인 암석이 제반처리로 인해 약해가 없거나 악영향을 받지 않음이 입증되어야만 한다는 것이다.

이 연구에서는 암석에 서식하고 있는 미생물을 제거하기 위한 방법으로 물리적 힘이나 액상의 화학약품을 사용하지 않고, 상대적으로 화학약품이 암석의 표면에 시간적으로 짧게 머무는 가스형태의 훈증법을 시도하여 미생물에 대한 영향성을 판단하였다. 이와 병행하여 훈증처리로 인하여 발생할 수 있는 암석성분변화를 연구함으로써 훈증법이 미생물 제거를 위한 방법으로 적합한가를 가늠해 보고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1. 암석 시편 및 훈증 처리

탑이나 불상 등의 석조문화재에 직접 훈증처리를 하는 것은 불가능하므로, 주변에서 생물의 서식이 왕성한 암석 시편을 선택하였고(그림 1), 훈증처리 전 후에 시료를 채취하여 미생물의 살균 여부를 확인하였다. 또한 훈증 처리는 본 실험을 위하여 따로 제작한 1m³ 크기의 훈증처리용 챔버에 암석 시편을 넣고 실시하였다.

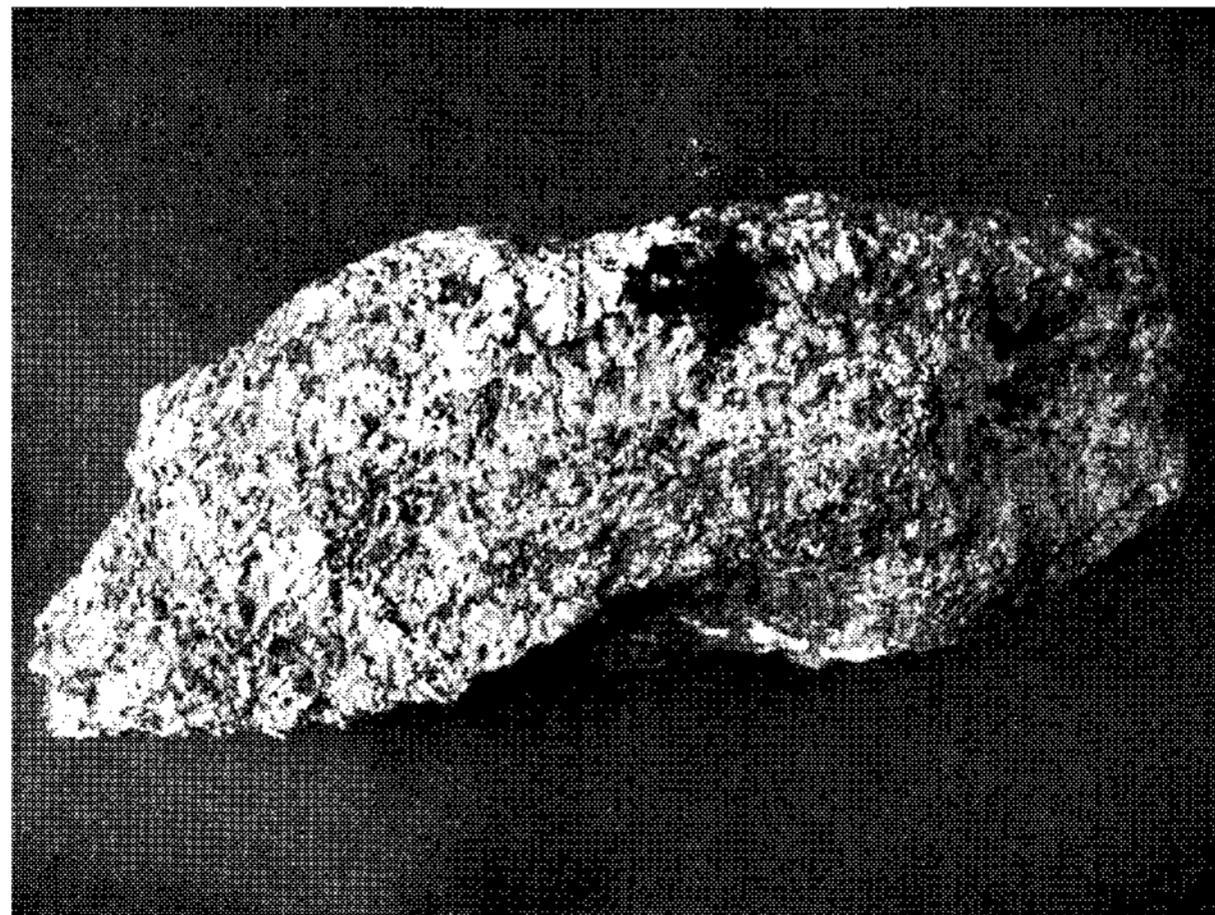


그림 1. 훈증 처리용 암석 시편.

2.2. 훈증을 통한 미생물의 살균 여부 확인

훈증처리 전 후에 암석 시편에서 채취한 시료를 세균과 곰팡이의 분리 배지에 접종하였다. 일정한 배양 기간이 지나면 배지에 나타난 균의 수(colony forming unit)를 측정하여 미생물의 살균 여부를 확인하였다. 미세조류와 시아노세균에 대한 훈증가스의 효과를 판정하기 위하여 액체배지에 시료를 접종한 후 배양하면서 성장 변화를 관찰하였다.

2.3. 훈증으로 인한 암석의 손상 여부 확인

훈증처리한 후에 시료들에서 일어난 변화를 알아보기 위하여, 1차적으로 화학적인 변화산물이 생성되었는가를 증류수에 녹아나오는 이온성분을 분석함으로써 살펴보고자 하였다. 음이온분석에 이용된 기기는 Ion Chromatography(IC, Dionex ICS-1000)였으며, 양이온분석은 ICP-AES와 IC를 병행하였다. 훈증처리에 따라 나타나는 변화를 살펴보기 위해 3종류(석회암, 화강암, 실트스톤)의 암석을 대상으로 조각 상태와 분말상태로 제작하였으며, 풍화가 진행된 시료를 대상으로도 화학변화를 시험하여 비교하였다.

3. 실험 결과

3.1. 훈증을 통한 미생물의 성장제어

훈증 전 후에 암석 시편에서 채취한 시료를 세균과 곰팡이의 분리 배지에 접종하고 배양하였더니 다음 그림 2와 같은 결과가 나타났다. 그림에서 보는 바와 같이 세균과 곰팡이 집락의 수가 훈증 후에 현저하게 줄어 든 것을 확인하였다. 액체배지에 접종한 미세조류와 시아노세균의 경우에는 동일한 조건 하에서 배양하였을 때 훈증 전의 시료에서는 접종 2-3주 후에 배양액이 녹색으로 변색된 것이 확인되었으나 훈증 후 시료에서는 시료에 따라 차이는 있으나 접종 3개월 이후에 생장이 시작되는 것을 관찰하였다.

3.2. 훈증으로 인한 암석의 손상 여부 확인

처리대상인 문화재의 구성암석은 대부분 다공성 구조를 지닌 것으로서 풍화가 심각하게 진행된 상태이다. 이러한 상태의 암석에 가스를 주입하고 처리 후에 가스를 날려 보낸다고 하더라도 가스와 닿았던 표면은 수착(sorption)이라고 하는 성질로 인하여 화학적인 변화, 즉 손상을 일으킬 수 있다. 수착의 두과정은 흡착과 탈착으로, 흡착(adsorption)이란 물속의 용해성분이나 가스성분이 암석 구성광물표면 또는 이물

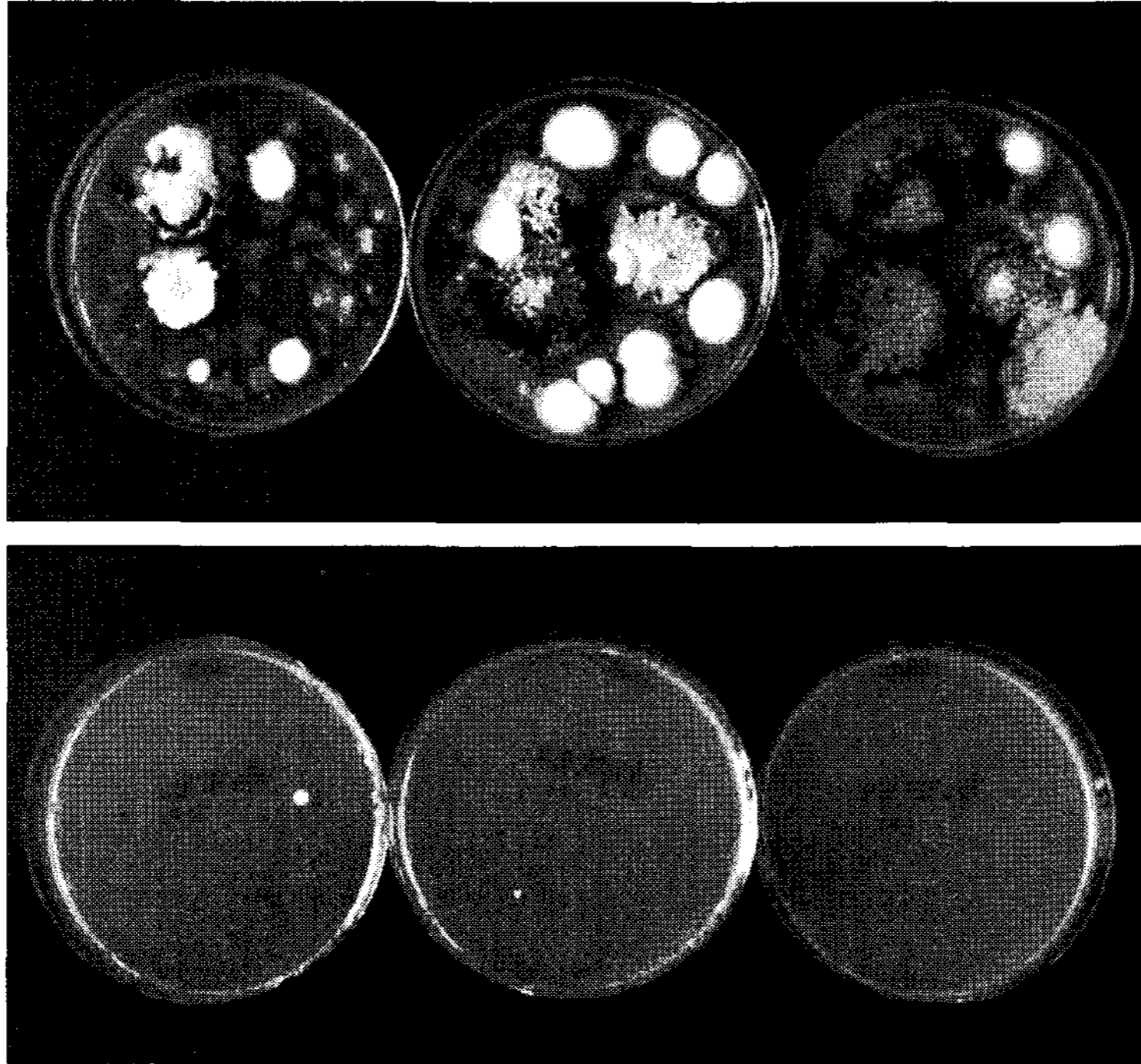


그림2. 훈증 처리 전(위)과 후(아래) 시료에서 분리된 세균과 곰팡이.

질의 표면에 고착되는 현상이며, 탈착(desorption)은 반대로 광물의 표면에 있던 화학종이 용해성분 또는 가스의 형태로 방출되는 것이다. 흡착은 화학결합이 관계가 되는 화학적 흡착과 분자간 상호인력이 작용되어 일어나는 물리적 흡착으로 나눌 수 있는데, 화학적 흡착은 대부분 비가역적으로 대상물질을 변화시킨다. 그렇기 때문에 흡착이 발생할 수 있는 훈증처리로 인한 암석의 변화 유무는 반드시 확인되어야만 한다. 훈증처리 전후의 암석시료 일정량을 증류수 일정량에 넣어 녹아나온 이온성분의 변화는 훈증으로 인한 암석의 화학적 변화의 결과로 볼 수 있다. 암석시료를 훈증처리하고 2주가 경과한 후 증류수에 용해시킨 값으로, 흡착과 탈착이 거의 진행된 이후의 변화라고 간주하였다.

석회암에서는 신선암의 경우 양이온은 처리전과 후에 0.01%이하의 값을 보였으며, 훈증 전 후의 차이라고 볼 수 있는 변화 값은 없다. 기타 양이온들과는 달리 Ca^{2+} 은 석회암의 주구성 성분으로 1wt.% 근처의 값을 보임으로서 많은 양이 용해되어 나왔으나, 이 성분 또한 훈증으로 인하여 달라진 값을 기록하지 못하였다. 풍화되고 변화된 석회암의 표면시료에서는 신선한 원암에 비하여 비교적 많은 양의 Ca^{2+} 과

SO₄²⁻들이 검출되었으나 이 또한 마찬가지로 혼증에 따른 이온함량의 변화는 관찰되지 않는다.

화강암에서는 풍화된 시료에서 원암에서는 검출되지 않은 SO₄²⁻이 약간 더 많이 검출된 것 이외에 석회암의 경우와 다른 양상이 나타나지 않았다. 실트스톤의 경우에는 신선암에 비해 풍화암에서 Ca²⁺이 적게 검출되었는데 이는 칼슘성분이 풍화과정에서 용출되어 나타난 결과로 보이며, 혼증처리에 의해 이와 같이 이온들이 더 많이 용해되어 나오는 결과는 관찰되지 않았다.

4. 결론

1. 혼증 처리 전 후의 시료에서 미생물을 분리한 결과 나타난 콜로니 수의 현저한 감소로 보아 암석 표면에 서식하고 있던 미생물의 대부분이 혼증 처리로 인해 사멸하였다는 것을 확인하였다.
2. 분석 결과, 암석의 종류를 막론하고 위 조건의 혼증처리로 인하여는 대상암석에 새로운 수용성염이 생성된 것으로는 볼 수 없었다. 더 많은 암석을 대상으로 시험을 해보아야 석조문화재에 대한 혼증의 적합성을 평가할 수 있겠지만, 적어도 이 연구의 대상암석시료와 혼증처리 조건은 암석의 화학적인 반응에는 별 영향을 미치지 않았다고 할 수 있다.
3. 마지막으로 이 연구를 통하여 암석에 어떤 영향을 미치지 않으면서 암석의 표면에 서식하는 미생물만을 제거하기 위한 방법의 한가지로 가스를 통한 혼증 처리법을 적용할 수도 있다는 것을 확인하였다. 다만 이 연구의 결과는 본 실험의 대상인 암석, 이 암석 표면에 서식하고 있던 미생물과 혼증 처리 조건 하에서 얻은 결론이기 때문에 모든 암석에 동일하게 적용된다고 단정할 수 없으며, 따라서 가스를 통한 혼증법을 석조문화재의 표면에 분포하고 있는 미생물의 제거에 이용한다고 하더라도 반드시 실험을 거친 후에 실제 처리에 적용해야만 한다.

5. 참고문헌

1. Alves, C., Salt Systems on granitic Momuments(Braga-NW Portugal), Proceedings of the EC workshop, 109-114(1996).
2. Bond E. J. Manual of fumigation for insect control. FAO. 1984.
3. Krumbein, W. E., T. Becker, E. Diakumaku & T. Warscheid. Baustoffgerechte Prüfung von Bioziden, Teil 2. Bautenschutz + Bautensanierung. 17, 36-39, 1994.
4. Krumbein, W. E., K. Petersen & H.-J. Schellnhuber. On the geomicrobiology of yellow, orange, red, brown and black films and crusts developing on several different types of stone and objects of art. Le pellicole ad ossalati: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte. Milano, 25-26 Oct. 1989. 337-345.
5. 이호봉. 문화재의 생물열화 방제. 훈증처리를 중심으로. 보존과학연구 제13집. 문화재관리국 문화재연구소. 1992.
6. 文化財虫害研究所. 1992. 文化財虫菌害防除