

관촉사석조미륵보살입상에 나타난 생물분포에 관한 연구

윤윤경

경주대학교 문화재학부 · 숙명여자대학교 자연과학연구소

Biological colonization on Gwanchoksaseokjomireukbosalipsang(Treasure 218)

Yun-Kyung Yun

School of Cultural Assets, Gyeongju University

The research institute of natural science, Sookmyung Women's University

1. 서 론

옥외에 위치한 석불은 자연광이나 온·습도 조절이 불가능하므로 실내에 있는 석조문화재보다 생물의 영향을 훨씬 더 많이 받게 된다. 따라서 광합성을 통하여 스스로에게 필요한 에너지를 생산할 수 있는 아끼(moss와 liverwort)를 비롯하여, 미세조류(microalgae), 시아노세균(cyanobacteria) 외에도 여러 가지 종류의 지의(lichen)가 실외에 있는 석조문화재에 분포한다. 물론 육안으로 관찰되지 않는 진균류(fungi)나 세균류(bacteria)도 서식하고 있다. 그러나 모든 옥외 석조문화재에 동일한 종류의 생물이 분포하는 것은 아니며, 생물의 생장에 반드시 필요한 수분의 존재 여부에 따라 생물의 분포 정도가 다르게 나타난다. 게다가 이미 보수처리 된 부분이 파손되어 방치된 경우, 이 주변은 오히려 생물이 서식하기에 더 유리한 환경이 될 수도 있다.

이 논문에서는 관촉사석조미륵보살입상(보물 218호) 전반에 나타난 생물분포에 대하여 조사하였는데, 특히 기존에 보수된 부위에서 관찰되는 생물서식에 관하여 중점적으로 연구하였다.

2. 현황조사 및 시료 채취

현황조사는 2005년 10월 29일에 실시하였으며, 육안으로 관찰하여 생물의 서식이 활발한 부위에서 시료를 채취하였다. 각 부위별 육안 관찰 결과는 다음과 같다.

2.1. 보관

보관 2단의 위쪽에는 진한회색의 고착지의가 주로 서식하고 있었다. 모서리의 청동으로 덧댄 부분 주변에는 미세조류와 시아노세균이 분포하고 있었는데, 보관의 아래쪽에서도 미세조류와 시아노세균의 서식을 확인할 수 있었으며, 진균류에 의한 흑색 변색도 관찰되었다.

보개에는 황록색의 *Caloplaca*를 비롯한 몇 종류의 지의가 분포하고 있었으며, 철 구조물 아래쪽은 갈색으로 변색되어 있었다. 불상의 좌측면에서는 보관의 상부에 서식하는 것과 동일한 종류인 회색고착지의가 관찰되었다. 후면에는 회색, 녹색, 갈색 등의 고착지의가 뒤섞여 분포하고 있었다.

보관 1단의 상부에도 진한회색의 고착지의가 서식하고 있었는데, 부분적으로 지의가 박리되면서 암석의 표면이 드러난 곳도 있었다. 네 모서리의 청동구조물 주변에서는 미세조류와 시아노세균이 형성한 녹색의 층이 관찰되었다. 보관의 아래쪽은 흑색 혹은 흑회색으로 변색된 부분이 많았으며, 박리 현상이 관찰되었다.

부재의 보강을 위한 철판 주변에는 상부 모서리와 마찬가지로 미세조류와 시아노세균이 녹색의 층을 형성하였고, 보관 하부와 화관 상부가 접하는 부분에 도포된 보수 접합 물질은 부위에 따라서 흑색으로 변색되었으며, 화관에 형성된 굴곡을 따라 곤충의 서식 흔적이 관찰되었다.

불상 좌측의 화관과 머리를 잇는 부위는 모르타르로 접합되었는데, 회색의 엽상지의 *Physcia*가 이 부위에 분포하고 있었으며, 부분적으로는 건조상태의 엽상체가 탈락된 부위도 있었다. 좌측 귀 부분에도 회색고착지의가 서식하고 있었으며, 불상의 얼굴 부분에서는 여러 곳에서 곤충의 흔적이 발견되었다.

2.2. 전면

불신 상체에서는 불상의 좌측 겨드랑이 주변과, 양쪽 손에서 회색과 흑색 등의 고착지의의 서식이 확인되었다. 상체와 하체가 연결되는 부위의 보수 접합 물질은 흑색으로 변색된 곳도 있었다.

하체에서는 불신의 중앙에 형성된 틈을 따라서 주변부가 적갈색으로 변색되었으며, 흑회색 고착지의가 서식하는 부분도 있었다. 하체의 상부에는 회색의 고착지의가 부

분적으로 분포하고 있었으며, 옷자락의 아랫부분과 발 주변에는 다양한 종류의 지의와 이끼가 관찰되었다.

2.3. 불상의 좌측 부분

좌측 어깨 부분 모르타르로 보수한 부위는 흑색으로 변색되었는데, 이 부위에는 회녹색, 흑적색, 황색, 흑색, 회색 등 다양한 색의 지의가 분포하고 있었다. 그 중에서 귀 바로 아래 부분에 분포하는 회녹색의 지의는 엽상체가 부분적으로 떨어지면서 모르타르 표면이 드러나 있었다. 어깨와 몸통을 잇는 부위는 보수접합 되어 있었는데, 흑색으로 변색되었으며, 주로 황색과 흑적색 고착지의가 서식하고 있었다.

좌측 팔의 나머지 부분에서도 역시 흑색 변색이 관찰되었으며, 지의가 분포하고 있었다. 좌측 팔과 하체의 연결부위에서는 누수 현상이 있었는데, 물이 흐르는 부분에 나타난 생물의 서식을 확인할 수 있었다. 누수가 시작되는 부위에서는 미세조류와 시아노세균이 흑색의 매트를 형성하였고, 점차 아래쪽으로 진행되면서 백화현상도 나타났다. 하체의 아래쪽에서도 흑적색으로 변색된 부분이 있었으며, 지의가 분포하고 있었다.

전면 쪽에는 회색, 녹색, 황색 등 여러 가지 지의가 서식하고 있었는데, 특히 황색 엽상지의인 *Candelaria*는 옷자락의 문양을 따라 집중적으로 분포하고 있었다. 지면 가까운 곳의 옷자락은 다른 부위보다 흑적색 변색의 정도가 심하였으며, 지의의 서식이 관찰되었다.

지반을 구성하는 암반과 불상의 하부를 잇는 모르타르는 훼손되어 있었는데, 흑색 변색 외에도 지의와 이끼가 분포하고 있었으며, 미세조류와 시아노세균이 형성한 녹색의 층이 확인되었다.

2.4. 불상의 우측 부분

불상의 우측면에서는 좌측 어깨에서 나타나는 흑색 변색 등은 관찰되지 않았으나, 불신의 상체와 하체의 접합부에서는 보수 물질이 흑색으로 변색되었다. 불신 하체의 대부분은 적갈색으로 변색되었으며, 부위에 따라서는 흑색으로 변색된 부분도 있었다. 불상 하부의 보수 물질은 흑색으로 변색되었는데, 부위에 따라 미세조류와 시아노세균이 다량으로 분포하여 녹색의 층을 형성하였거나, 진균류와 세균이 이에 합세하여 형성한 흑색의 층이 관찰되었다.

2.5. 후면

불상의 후면에서도 양쪽 어깨와 몸통을 접합한 부위는 흑색으로 변색되어 있었고

모르타르로 보수된 좌측 어깨 하부는 흑색 변색과 아울러 회색과 흑색 지의를 비롯한 다양한 지의의 서식이 관찰되었다. 후면은 대부분 흑색으로 변색되었는데, 자세히 관찰한 결과 지의를 비롯한 미세조류와 시아노세균이 분포하는 것을 확인하였다.

불상 하부는 다른 면과 마찬가지로 모르타르로 보수처리가 되어 있는데, 이 부위에서는 물이 고여 있는 부위와 그렇지 않은 부위에 따라 뚜렷하게 다른 생물 분포를 나타내었다. 불상 후면의 좌측 하단 주변에는 물이 고여 있으며, 이끼는 두툽한 매트 형태를 형성하였고, 모르타르 이격 부위의 틈을 따라 분포하고 있었다. 반면에 조사당일 물이 고여 있지 않았던 우측 하단부에는 건조한 상태의 흑색 막 부위와 녹색의 층이 관찰되었는데, 두 가지 모두 미세조류와 시아노세균이 형성한 층이다. 단지 각각의 층에 분포하는 미세조류와 시아노세균의 종류가 다르고, 그 부위에 함께 성장하는 진균류나 세균의 종류가 다르기 때문에 다른 색으로 나타나게 되는 것이다.

3. 분포생물의 분리



그림 1. 관촉사석조미륵보살입상의 시료 채취 부위.

시료 채취 부위는 다음 그림 1과 같다.

3.1. 세균과 곰팡이의 분리

실험실에서의 배양을 거쳐 총 24종의 세균, 2종의 효모, 33종의 곰팡이가 순수 분리되었다. 세균 분리주는 모두 그람양성균이었으며, 형태는 대부분 간균이었다. 집락의

색은 베이지색, 노란색, 백색이 대부분이었지만, 분홍색이나 주홍색을 띠는 경우도 있었다. 두개의 세균 분리주는 점성이 매우 강한 균이었으며, 24종의 세균 분리주 중에서 4종은 방선균으로 확인되었다. 분리된 효모 중에서 1종은 특이하게도 흑색을 띠고 있었다.

분리된 진균 중에서 5종이 *Penicillium*인 것으로 밝혀졌으며, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Trichoderma*는 각각 3종씩, *Aspergillus*, *Phoma*는 각각 2종씩, *Acremonium*, *Alternaria*, *Ulocladium*은 각각 1종씩 분리되었으며, 나머지 9종은 아직 미동정된 상태이다. 진균의 색은 백색부터 흑갈색에 이르기까지 매우 다양하였다.

3.2. 미세조류와 시아노세균의 분리

채취된 시료로부터는 총 10종의 녹조, 1종의 규조, 7종의 시아노세균이 관찰되었다. 이 중에서 녹조 2종은 아직 미동정된 상태이다.

녹조로는 *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Microthamnion*, *Stichococcus*, *Tetraspora*, *Trentepohlia*, *Ulothrix*가 배양되었다. 그 중에서 *Chlorococcum*과 *Ulothrix*는 각각 11개와 5개의 시료에서 발견되었는데, 시료에 따라서 *Ulothrix*가 우점종인 경우도 있었다. 규조인 *Hantzschia*는 시료 5에서만 분리가 되었다. 시아노세균 중에서는 *Chroococcus*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Scytonema* 등이 배양되었다.

3.3. 지의

관측사석조미류보살입상에 서식하고 있는 지의는 거의 대부분 고착지의이며, 간혹 엽상지의도 관찰되었다. 지의는 대체적으로 보관의 상부와 양쪽 손 부분, 좌측 어깨 부분과 옷자락, 정면에서는 특히 아래쪽 옷자락에 활발하게 분포하고 있었다. 주로 *Parmelia*, *Candelariella*, *Buellia*, *Lecidea* 등이 관측사석조미류보살입상에 서식하고 있었다.

4. 결론 및 고찰

1. 관측사석조미류보살입상의 후면에 나무가 많은 것과 물이 흐른다는 것은 암석에 분포하는 생물들에게는 매우 유리한 생활환경을 제공한다. 또한 같은 석조문화재라 하더라도 형태에 따라서 생물이 분포하기에 더 적합한 부위가 있으며, 보수나 보존처리를 목적으로 사용된 물질이 생물의 영양분으로 이용되기도 한다. 이러한 모든 경우가 관측사석조미류보살입상에서 관찰되었다.

2. 보관의 네 모서리를 둘러싸고 있는 청동 구조물 주변에서 미세조류와 시아노세균이 형성한 녹색층을 확인하였다. 이것은 이 부위가 빈번하게 습기가 머무르는 곳이라는 것을 입증해준다.
3. 석조미륵보살입상의 좌측 팔꿈치 아래쪽에서는 보수된 부분이 파손되었고, 이에 따른 누수와 백화현상이 나타났다. 이 부분에서도 생물의 서식을 발견하였는데, 특히 상부의 누수가 심하게 일어나는 부분에서 미세조류와 시아노세균은 물론 다양한 종류의 진균과 세균을 분리하였다.
4. 석조미륵보살입상의 하부 지반과 인접한 부분에도 보수된 부분이 있는데, 이 부위에서는 주로 녹색층이나 흑색층이 관찰되었으며, 실험실에서의 배양을 거친 결과 여러 가지 종류의 미생물이 모여서 형성한 층으로 나타났다.
5. 후면 하부에서는 물이 고인 곳과 그렇지 않은 곳의 생물 분포가 확연히 다르게 나타났다. 좌측의 물이 많이 고여 있는 부분에서는 이끼의 서식이 왕성하였으나, 조사당일 현재 건조한 상태인 우측에서는 녹색의 매트와 흑색의 얇은 필름 층이 발견되었다.

5. 참고문헌

1. Agrawal, O. P. 1991. An overview of studies on biodeterioration of cultural property. pp. 3-15. In: Biodeterioration of Cultural Property, Eds.: O. P. Agrawal and Shashi Dhawan, p.494, published: National research laboratory for conservation of cultural property, Lucknow, India.
2. Bartoloni, M., and M. Monte. 2000. Chemolithotrophic bacteria on stone monuments: cultural methods set up. pp. 453-460. 9th Int. congress on deterioration and conservation of stone. Venice 19-24 June 2000.
3. Cameron, S., D. Urguhart, R. Wakefield, and M. Young. 1997. Biological growths on sandstone buildings: Control and treatment. Historic scotland technical advice notes 10.
4. Warscheid, Th. and J. Braams. 2000. Biodeterioration of stone : a review. Int. Biodeterioration and Biodegradation. Vol. 46. pp.343-368.