

# 下等植物이 石造文化財에 미치는 影響 下等植物이 石造文化財에 미치는 影響

閔 庚 喜\*

## 1. 서 론

우리나라 문화재의 재질은 대부분이 장기간 견딜 수 있는 石材를 많이 사용하여 왔다. 선사시대의 고분을 비롯하여 三國時代의 고구려 고분, 신라의 석굴암과 첨성대, 石佛 등을 들 수 있으며 삼국시대 이후 近代社會에 이르기까지 건물의 기단석, 주초석과 가정의 절구통, 맷돌에 이르기까지 가정 제품에도 대부분을 石材로 사용하여 왔다.

문화재중에서 木造文化財는 戰禍로 인하여, 破壞나 放火로 원상을 잃게 된 것이 많다. 그러나 石造文化財만은 여러번의 外侵時의 破壞나 放火 등에도 그 면모를 그대로 保存하고 있어서 그의 견고함과 지속성을 다시 한 번 인식하지 않을 수 없다.

이와 같은 관점에서 볼 때 석조문화재는 우리 문화재의 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며 또한 오래된 역사의 증거로 保存되어 있는 것이다. 서울 근교에는 주로 조선시대 능원이 산재하여 있어서 봄, 가을에 그곳을 찾는 사람들이 많다. 그러나 능원을 찾을 때마다 그 주위의 石床, 石獸, 文武官石 등에 地衣類가 번식하여 누더기 옷을 입은 것처럼 보일 때가 있다.

地衣類의 부착현상은 일반일들에게는 오래된 역사의 흔적과 증거로서 관찰될 수도 있을 것이다. 그러나 保存 과학적인 側面에서 볼 때에는 地衣類가 석조물을 부식하는지 아니면 풍화작용을 오히려 막아주는 것인지에 관심을 갖게 되는 것이 상례인 것이다. 과거의 연구결과로 보거나, 地衣類의 생리, 生物學的인 경지에서 볼 때 地衣類는 암석을 부식하고 침식하는 주인공임을 인식하지 않으면 안될 것이다.

따라서 본인은 석조문화재 保存時에 나타난 地衣類나 이끼류의 피해狀況과 地衣類의 일반적인 특성을 검토하므로서 地衣類에 의한 석조 문화재의 피해를 방지하기 위한 保存 및 處理에 관한 인식과 必然性을 고찰하고자 한다.

## 2. 석조문화재의 특징

石材는 우리 인간이 文化財로서 사용하기에 좋은 여러 가지 장점을 가지고 있다. 첫째는 강한 압력에도 견딜 수 있으며, 둘째로는 공기중의 산소나 질소, 이산화탄소 등에도 쉽게 변하지 않는다. 셋째로는 온도나 물, 바람 등의 물리적인 환경의 변화에도 견딜 수가 있다. 넷째로 갈고 닦을수록 표면의 색과 광택이 아름답다. 다섯째로는 最近에 개발한 기계에 의한 절단내지 조각, 글씨 등을 자유롭게 표현할 수가 있다는 점 등이다.

---

\* 淑明女子大學校 理科學 生物學科

이같은 장점을 가지고 있으므로 다루기 힘들고 제작하기 어려운 조건이라 할지라도 석재를 문화재로 사용하고 있는 것이다. 그러므로 동서양을 막론하고 고대에서부터 현대에까지 石材는 가장 좋은 材料가 되고 있다.

그러나 아무리 단단하고 불변성의 石材라도 수백년, 수천년 동안 外部에 노출되어 있으며 자연환경에 의한 影響을 받지 않을 수 없는 것이다. 더욱이 하등식물들은 석조문화재의 풍화작용 및 부식을 가속화하고 있음을 명심하지 않으면 안될 것이다.

### 3. 연구연혁

한국과학기술연구소의 “다보탑의 과학적 보존에 관한 연구”(1970년 9월)에서 압석의 풍화작용을 지배하는 요인으로서의 생물학적 풍화작용을 조사하였다. 그 報告書에 의하면 지의류의 침해상황은 2층부터 꼭대기까지 지의류의 침해가 극심하다고 보고하였으며 선류의 부착도 1층의 상부와 2층의 난간에 흑록색의 이끼류가 침식하여 있었음을 관찰하였다.

김원조<sup>3)</sup>는 문화재의 과학적 보존에 관한 연구(1972)에서 석조 문화재의 보존 상태를 과학적으로 조사하여 여러 가지 문제점에 대해서 물리 화학적인 보존 방안을 강구하는데 주력하였다. 그의 보고서에 의하면 월광상 원량전사탑비 보살사 대경대사비, 법주사 석연지 및 마애여래좌상, 태종 무열왕능비, 천궁동 삼층석탑, 불국사 지석각불상 등 모두 28점의 식물을 대상으로 하였다. 그는 물리 화학적인 연구 내용 외에도 석조 문화재의 이끼나 지의류에 의한 오염된 상태를 관찰하였다. 하등 식물에 의한 오염된 석조 문화재를 열거하면 다음과 같다.

① 보물 359호 정토사 흥법국사실상탑비의 주변이 하등 식물에 의해 검게 오염되어 있었다.

② 보물 363호 봉림사 진경대사 보월능공탑비의 하체 전반에 걸쳐 검게 오염되어 있었다. 검게 오염되어 있음은 지의류나 이끼가 오염되어 있다가 날씨가 맑게 개인 날은 검은색으로 보이기 때문이다.

③ 보물 229호 신륵사 보제존자석종비에도 이끼가 많이 끼어 있었다.

④ 보물 230호 신륵사 대장각기비는 화강암을 재료로 사용하고 있는 바 여기에도 역시 이끼가 심하여 풍화를 촉진시키고 있다.

⑤ 보물 231호 신륵사 보제존자석종 앞 석등에도 이끼가 심하여 풍화가 많이 진행된 상태이었다.

⑥ 보물 424호 청룡사 석조 여래좌상 대석에 이끼가 끼어 있었다.

⑦ 보물 425호 청룡사 석조 비로사나불좌상은 풍화는 심하지 않으나 이끼가 약간 끼어 있었다.

⑧ 보물 65호 경주 서악리 삼층석탑은 이끼가 많으며 1층 탑신부에는 균열에 따른 풍화 잔류된 철분의 적색선이 있었다.

⑨ 보물 201호 남산탑곡 마애조상군은 이끼가 많이 끼어 있었고 암벽은 불상이 조각되어 있으나 풍화 침식에 많이 깎이어 형태가 희미하게 보였다.

이상 10개 석조 문화재에 하등식물이 부착하여 문제가 되고 있었음을 보고 하였다.

이상현<sup>4)</sup>은 석탑의 석재와 보존에 관한 지질학적 연구를 통하여 충남일대와 경북궁 내의 석조물 문화재를 대상으로 조사 검토한 바 있다. 충남일대의 석조문화재는 백제 시대로부터 고려말에 이르는 시기에 축조된 것으로 풍화가 심하였던 것으로 보고하였다. 그는 이끼류의 번식과 주위에 성장하고 있는 식물 뿌리에 의한 영향을 우려한 바 있다. 일반적으로 많은 이끼류의 번식으로 석재의 표면에 많은 부분이 덮혀 있어 암 갈색 또는 검은색을 띠고 있는 경우가 많다고 하였으며 이끼류의 번식은 풍화를 촉진시키는 결과를 유발하고 이에 의하여 석재의 부식이 가중되는 것으로 보고하였다.

안희균<sup>17)</sup> 등은 여주 영릉 석조물에 자생하고 있는 선류 및 지의류 등을 보존처리한 결과를 보고한 바 있다. 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

영능내의 석조물에 선류와 지의류인 염상 지의류외 5종의 하등 식물이 축적된 유기물위에 자생하고 있었으며 이들 지의류와 선류는 상호 공존 관계를 맺으며 사상체가 석조물에 풍화를 촉진하고 있었다. 가늘게 생기는 간격에 1~5mm까지 침입하여 성장함으로서 침식을 계속 진행시키고 있었다.

또한 영능에는 선류가 많이 번식되고 있으며 효능에는 액간의 선류와 지의류가 자생하고 있었음을 보고하였다. 이와 같은 상태의 영능과 효능의 석조 문화재를 원상태의 고전미를 해치지 않는 범위내에서 보존 처리하였음을 보고하였다.

안희균, 이일구 이외의 조사자들은 생물학 분야가 아니기 때문에 이끼로만 표현하였으나 지의류가 같이 혼합하여 착생하고 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 식물에는 최초로 지의류가 발생한 다음 이끼가 끼게 되나 항상 습기로 충만되었을 경우는 이끼가 착생생물이 되기도 한다.

#### 4. 서울근교 석조문화재의 지의류 부착현황

서울근교의 왕능중 특히 금곡능의 경우에 있어서, 왕능주위의 石床, 石獸의 몸의 어느 부분에 관계없이 검푸른색의 크고 작은 반점들이 보기도 흉하게 여기저기 산재하여 있음을 누구나 볼 수 있다. 그외 다른 왕능을 찾을 때마다 石床, 碑石, 文武官石 등에도 이같은 여러 가지로 열거한 결과로 미루어 보거나, 서울 주위의 석조문화재 부착 지의류로 미루어 볼 때 전국에 산재하여 있는 다른 석조문화재에도 지의류나 이끼에 의한 피해는 광범위 한 것으로 추측된다.

일반적으로 이끼류는 금곡능의 주요 석조문화재에는 거의 없으나, 부속건물의 석조 표면의 많은 부분에 이끼로 덮혀 있음을 관찰할 수 있다.

금곡능 石獸들의 지의류에 의한 피해현상은 다음 사진에서 보는 바와 같다.

#### 5. 地衣類(Lichen)

지의류란 생육조건이 다양하여 나무, 토양, 암석의 표면에 부착하여 생육하는 조류(algae)와 균류(fungi)의 공생체이다. 지의류는 생장의 형태에 따라 편의상 세가지로 구분한다.

기질에 밀착하여 분리가 어렵고 상피층이 없는 殼狀 地衣類(Crustonselichen)와 가

근(rhizine)으로 기질에 침식하는 전형적인 엽상 모양을 하고 있는 葉狀 地衣類 (Foliose lichen)와 毛狀에서 樹皮狀에 이르기까지 多様な 형태를 나타 내는 나무모양 을 한 樹狀地衣類(Foliose lichen)로 편의상 구분한다. 葉狀地衣類(Foliose lichen)는 가근(rhizine)으로 기질을 침식한다. 나무 모양을 한 수상(樹狀)지의류(Friticose lichen)는 毛狀에서 樹皮狀에 이르기까지 다양한 형태를 나타낸다.

이중에서도 암석과 돌에 부착 생육하는 殼狀지의류가 직접적으로 석조문화재와 관련이 많다. 이 각상지의류는 생육이 대단히 느리며 건조시에도 gelatin(젤라틴)층으로 수분의 증발을 막아 생명을 존속시키며 비가 오면 갑자기 많은 물을 흡수한다. 생장은 대단히 느리며 장기간 건조해도 쉽게 죽지 않는다. 각상지의류에 의하여 덮히게 되면 조류(algae)에 의한 광합성과 질소동화작용으로 유기물을 합성한다. 이때 곰팡이의 균사는 유기물합성에 필요한 수분과 양분을 공급하여 준다. 이들 유기물중에는 수십종의 지의酸을 만들어내어 암석의 표면을 부식하고 축적된 먼지와 유기물 등으로 수분의 흡수량이 많아지게 되어 더욱 생육은 활발하여 진다. 그럴수록 지의류의 가근이 암석을 더욱 침투하여 부식하게 된다.

#### (가) 지의류의 형태

지의류의 외형으로 보이는 부분을 원엽체라 하며, 이것은 균류나 조류와 다른 보통식물의 영양체와 형태는 흡사하나 그 내용은 균류와 조류의 공생체이다.

일반적인 지의류의 절단면과 각상지의류의 형태를 보면 그림에서 보는 바와 같다.



사진 1. 金谷陵 石獸 및 文武官石



사진 2. 石獸에 自生하고 있는 地衣類

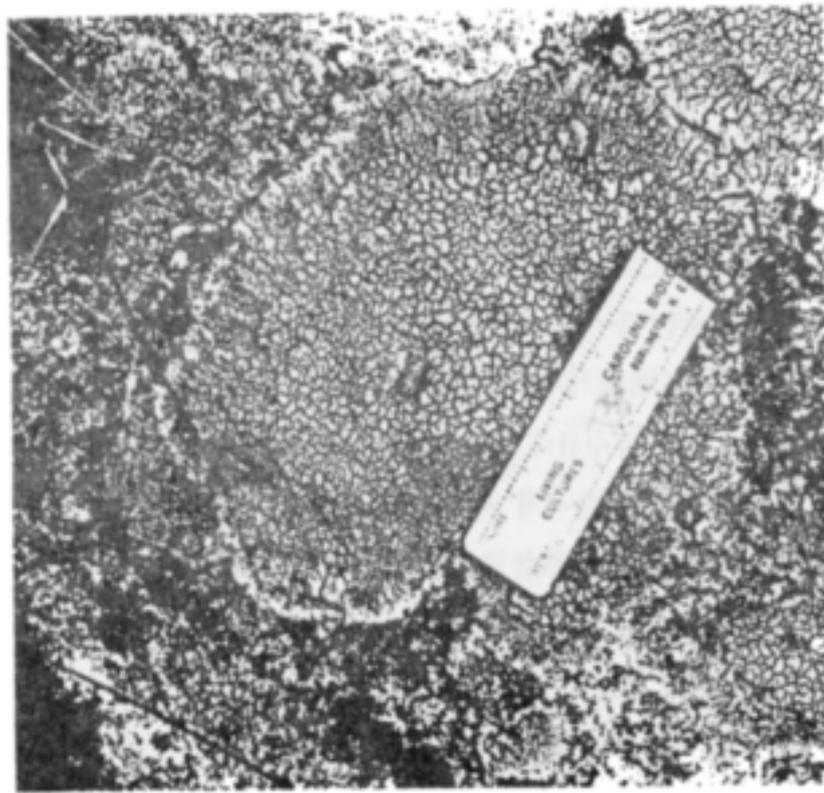


그림 1. 岩石表面에 부착된 殼狀地衣類의 미세한 형태

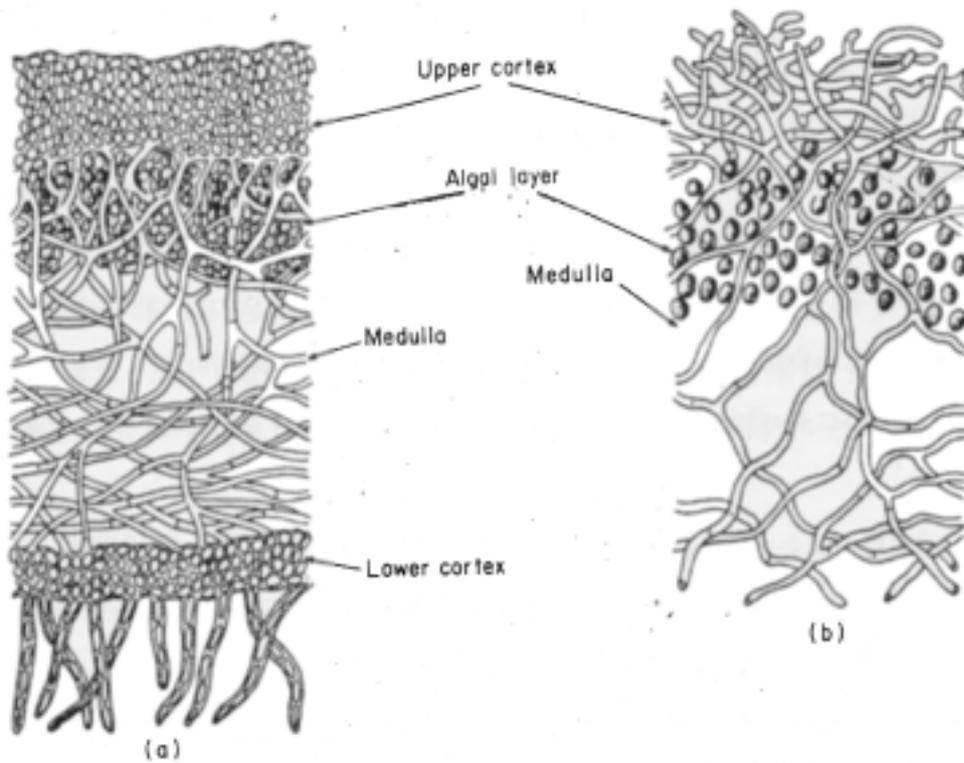


그림 2. 葉狀地衣類(a)와 殼狀地衣類(b)의 절단면

#### (나) 지의류의 성장과 생리

지의류는 건조에 대하여 놀랄정도로 저항력을 갖고 있다. 이같은 저항은 원엽체의 단순한 구조와 연관이 있다. 곰팡이 균사의 세포질은 두터운 젤라틴(gelatin)벽에 의하여 건조로부터 보호를 받는다. 원엽체가 건조할 때, 극히 높은 온도나 극히 추울 때는 동면하는 식으로 견디어 낸다. 원엽체는 비를 맞으면 자신의 무게보다 3~35배의 물을 흡수한다. 균의 medullary균사가 조류층의 균사보다 더 많은 물을 흡수한다. 이 균사는 흡수한 물을 medulla속에 보존하여 물질대사가 활발한 조류층에서 사용한다.

빛을 좋아하는 지의류를 어둡고 습기있는 곳으로 移植하면 1~2개월 내에 죽는다. 이 경우는 곰팡이를 장기간 습기있는 곳에 방치하므로써 대사가 활발히 진행된다. 그렇게 되면 곰팡이는 조류의 宿主를 압도하여 주류를 파괴하게 된다.

바위의 광물질을 지의류는 흡수한다. 비는 유기와 무기질을 가지므로 blue-green algae는 이것을 이용하여 공중 질소를 어느 정도 고정할 수 있다. 또한 지의류가 대단히 특별한 광물질을 요구한다는 간접적인 증거가 있는데 예를 들면 어느 지의류는 calcium이 많은 바위에만 성장하는 것이 있다.

#### (다) 생식 및 번식

원엽체위에는 특이한 돌출부분이 있다. 이들을 형태적으로 분류하여 芽體(soredia), 이시디아(isidia), 스퀘어물(squamule)이라 부른다. 이들 영양체가 떨어져서 바람이나 물에 의하여 사방으로 퍼져 가서 다른 石材에 부착되면 새로운 영양체를 만들 수가 있는데 이같은 생식은 무성생식 방법이다. 그외에 무성생식법으로는 지의류성분인 불완전균으로 생성하는 무성포자에 의한 방법도 있다.

유성생식법으로는 지의류의 성분에 따라 다르나 자낭균인 경우는 被子器, 裸子器에서 만든 자낭포에 의하여 번식하며 담자균인 경우는 담자포자로 번식한다. 또한 조류의 유주자에 의한 번식도 이 방법에 속한다.

그러므로 번식방법에 있어서는 대단히 다양하며 유성생식법으로 번식한 각각의 균류와 조류가 모여서 다시 공생하여 지의류가 되는 것이다.

주로 암석에 부착하는 각상지의류에는 *Parmelia tinctorum*, *Parmelia caperata*, *Parmeliopsis diffusa*, *Gyrophora esculenta*, *Cetraria lacunosa*, *Anzia japonica* 와 그외에 *Lecanora* spp. 등이 있다.

#### 6. 蘚類(이끼류)

수분이 항상 충분하고 유기물과 토양이 축적되면 이끼류가 발생한다. 지의류가 이미 암석위에 충분한 양분과 수분을 보유하고 있으면 이끼가 발생하여 지의류와도 공생하는 예가 많다.

암석위에 유기물이 축적된 부위에 먼지가 쌓여 토양화되어 수분이 많은 움푹파인 곳이나 암석과 다른 암석의 사이나, 암석과 식물사이에 잘 자란다. 이끼류는 암석과의 접촉부위가 지의류보다는 적은 편이므로 지의류와 같이 유기산에 의한 부식은 덜 받는 편이다. 그러나 이끼류는 암석위에 수분을 더 많이 보유하고 있으므로 유기물에 의

한 암석의 화학적인 부식작용을 촉진하는 결과를 초래한다. 이끼류가 건조한 바위나 암석위에 적은 것은 충분한 수분이 바위위에 항상 부족하기 때문이다.

이끼류의 분류학적 명칭은 선태류로서, 식물로서의 葉狀을 갖는 태류(liverworts)와 각태류(hornworts), 그리고 뿌리, 잎, 줄기의 분화가 뚜렷한 선류(mosses)의 세가지로 구분된다.

생식은 芽體(gemma)에 의한 무성생식 이외에 포자 및 배우자에 의한 정기유성생식법이 있다. 포자는 發芽하여 원사체(portonema)를 형성하고 여기에 배우자가 만들어진다. 수정이 끝난 알은 배우체에 붙은 상태로 발아하여 포자체를 형성하므로 포자체가 배우체에기생하고 있는 형태를 하고 있다.

#### 7. 地衣類는 석조문화재를 어떻게 부식하는가

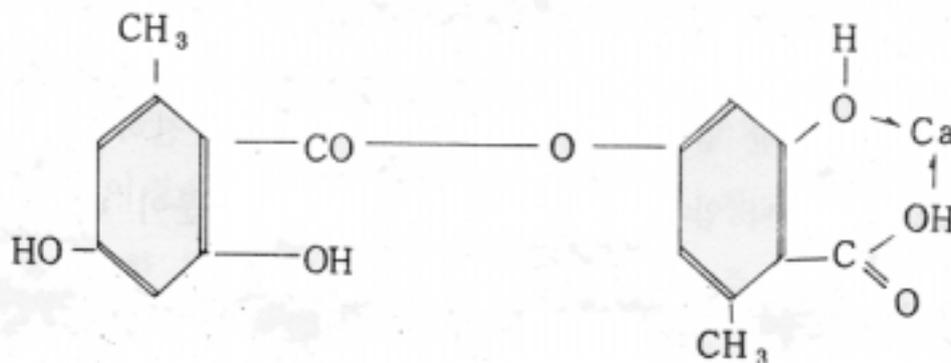
지의류는 습기가 없고 건조한 석조문화재 위에도 무성생식이나 유성생식에 의한 방법으로 착생하여 성장할 수 있다.

과거에는 지의류가 암석에 부착하여 풍화작용을 막아 주는 역할을 한다는 保護論的 견해도 있었다.

그러나 지의류가 암석을 부식하여 토양으로 전환시켜 준다는 일반적인 사실을 알게 되었다.

지의류가 암석을 어떻게 부식하는가 하는 문제에 대하여 최초에는 地衣類(lochen acids)이 수소이온과 교환하여 광물질인 암석을 녹여서 산도가 낮아지든가 용해도에 영향을 줄 수 없다고 믿었다. 또한 젤라틴질의 지의류는 습할 때나 건조할 때에 팽창하였다가 오므라들기 때문에 암석을 파괴한다는 견해도 있었다.

그러나 최근의 학설에 의하면 지의산은 chelation에 의하여 돌을 분해한다고 한다. 즉, chelation을 통하여 지의산이 단단한 돌중의 광물질로 부터 calcium magnesium 외의 다른 금속 이온들을 제거한다는 것이다. Lecanoric acid라는 일종의 지의산에 의하여 석재 중의 calcium이 제거되는 과정은 다음과 같다.



광물질을 분해하는 과정이 어떠한 간에 지의류는 돌을 분해하여 토양을 형성한다고 알려져 있다.

지의류는 돌 이외에도 나무껍질, 나무가지 등에 rhizinal균사를 내어 공격한다. 유럽

에서 어떤 종류의 지의류는 오래된 古成의 유리창에 착생하여 그 표면을 부식한 것으로 안다.

이상의 고찰을 토대로 하여 볼 때 지의류는 석조문화재를 보호한다는 견해보다는 石材를 분해하여 파괴하는 해로운 영향을 주고 있음은 두말할 나위도 없다고 본다. 그러나 그의 영향은 최소한 수십년 내지 수백년을 두고 일어나는 것이다.

## 8. 結論

수백년 수천년전의 우리 조상의 귀중한 석조문화재는 유구한 역사를 통하여 보존되어 왔고 또 앞으로도 자손 만대에 물려주어야 한다. 한 번 파괴되든가 지의류에 의한 부식과 침식이 되면 다시 원상복구가 불가능하기 때문에 보존의 중요성은 더 말할 나위 없다.

대부분의 석조문화재는 외부에 노출되어 있는 경우가 많다. 이런 경우에 인위적으로 자연환경의 변화로 인한 풍화작용을 막아 보존하기는 불가능하지만 생물에 의한 피해는 연구조사를 실시하므로서 그의 제거 및 보존처리가 가능한 것이다. 어떠한 지의류가 부착 성장하고 있는지를 파악하므로서 생리, 생태학적인 기초연구를 통하여 그 사정에 맞는 보존처리를 실시하여야 할 것으로 믿는다. 기초 연구가 없는 비과학적인 결단이나 처리는 앞으로 오히려 심한 피해를 초래할 위험성을 내포하고 있는 것이다. 따라서 어느 분야에 있어서간에 응용과 이용에 앞서서 기초연구가 선행되어야 함은 필연적인 사실인 것이다. 그리고 필자는 보수된 부분에 고전미를 내기 위해서나, 새로 보수된 부위와 주위의 조화를 위하여 이끼류를 생육시키기 위한 문제도 기초연구의 토대위에서 이루어져야 함을 강조하고자 한다.

### 參考文獻

1. 한국과학기술연구소 : 다보탑의 과학적 보존에 관한 업무, NG50-116, 1970.
2. 한국과학기술연구소 : 석굴암·다보탑 및 석가탑의 세척과 보존에 관한 연구 G71-188, 1971. 33.
3. 김유선의 : 문화재의 과학적 보존에 관한 연구(I)중 석조문화재(김원조). 과학기술처, 1972, 65-82.
4. 이상현 : 석탑의 석재와 보존에 관한 지질학적 연구, 문화재 14호, 문화재관리국, 1981, 34-47.
5. Hale, M.E : Lichen Handbook, 1961. Smithsonian Institution Washington, D. C.
6. Hale, M. E. : The Biology of Lichens, 1977, Edward Arnold.
7. 안희균, 이일구 : 영능석조물 보존처리 결과 보고서, 문화재관리국, 1977.
8. Armstrong, R. A : The descriptive ecology of saxicolous lichens in an area of south merionethshire, Wales. J. Ecology. 62 : 33-45(1974).
9. 吉材庸, 原色日本地衣流植物圖鑑, 1982, 保育社.