

# 법주사 당간지주 지의류의 동정 및 FT-IR 스펙트럼 특성 분석

김영희 | 이정민 | 최명주\* | 홍진영 | 조창욱 | 김수지 | 정소영<sup>1</sup>  
국립문화재연구소 복원기술연구실, \*국립문화재연구소 보존과학연구실

## Identification and FT-IR Spectrum Analysis of Lichens on Flagpole Support in Beopjusa Temple

Young Hee Kim | Jeung Min Lee | Myoungju Choie\* | Jin Young Hong  
Chang Wook Jo | Soo Ji Kim | So Young Jeong<sup>1</sup>

Restoration Technology Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 34122, Korea  
\*Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage,  
Daejeon, 34122, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author: [jsy1254@korea.kr](mailto:jsy1254@korea.kr), +82-42-860-9341

**초록** 본 연구에서는 법주사 당간지주의 석재 표면에 서식하는 대표적인 생물피해 요인인 지의류에 대하여 조사하였다. 당간지주의 지의류는 5종으로 한정할 수 있다. 그 중 우점하는 2종의 고착상지의류는 *Aspicilia* sp.와 *Pertusaria flavicans*이며, 고착상지의류 위에 드물게 관찰되는 엽상지의류 1종과 수지상지의류 1종은 *Xanthoparmelia conspersa*와 *Ramalina sekika*로 동정되었다. 그리고 흑색조류층을 따라 서식하는 지의류는 *Leprocaulon textum*으로 확인되었다. 지의류가 생산하는 2차 대사산물을 분석하기 위하여 ATR FT-IR을 적용하였다. *Xanthoparmelia conspersa*와 *Ramalina sekika*의 FT-IR 스펙트럼을 비교해 본 결과, cyclic carbohydrate에 기인하는 C-O-C 결합과 carboxylic acid에서 기인하는 FT-IR 스펙트럼의 흡수피크가 특징적으로 관찰되어 이들이 생산하는 지의산이 서로 다르다는 것을 확인할 수 있었으며, stictic acid와 sekikaic acid가 *Xanthoparmelia conspersa*와 *Ramalina sekika*를 대표하는 지의산으로 화학구조에서 작용기의 차이에 의한 스펙트럼의 변화 및 특성을 확인할 수 있었다.

**중심어:** 생물피해, 지의류, 당간지주, 석조문화재, ATR FT-IR

**ABSTRACT** This study was conducted to investigate lichen as a typical biomass damage on the surfaces of flagpole-supporting stones in the Beopjusa temple. The lichens present on the flagpole-supporting stones were limited to five species. Two dominant lichen species were identified: *Aspicilia* sp. and *Pertusaria flavicans*. One foliose species and one fruticose species, which are rarely observed on crustose lichens, were identified as *Xanthoparmelia conspersa* and *Ramalina sekika*, respectively. The lichen inhabiting the black algae layer was confirmed as *Leprocaulon textum*. ATR-FTIR was performed to analyze the secondary metabolites synthesized by the lichens. By comparing the FTIR spectra of *Xanthoparmelia conspersa* and *Ramalina sekika*, the synthesized organic acids were confirmed to differ from each other. Furthermore, the spectral changes and characteristics due to functional groups in the molecules were confirmed.

**Key Words:** Biological damage, Lichens, Flagpole support, Stone cultural property, ATR FT-IR

## 1. 서론

법주사 출입문인 금강문 왼쪽에 위치해 있는 법주사의 철당간과 당간지주는 1006년(고려 목종 9년)에 16 m 높이로 조성되었으나 철당간은 1866년(조선 고종 3년) 국가재정마련을 위해 대원군의 명으로 당백전(當百錢)을 만드는 데 사용되었다고 한다. 그 후 1907년 철당간을 재건하였으며, 이후에도 여러 차례 손상을 입어 1927년과 1954년에 복원하였다. 현재의 상태는 1970년 피해를 입어 1972년 12월 대대적인 보수를 하면서 복원하여 세워놓은 것이다(Eom, 2004). 당간이란 찰(刹) 또는 찰주(刹柱)라 불리고, 일반적으로 사찰(寺刹)이라 말함은 절(寺)에 당간 즉 찰(刹)이 세워져 있기 때문이라고 한다.

법주사의 당간지주는 돌로 제작된 지주의 전면과 후면에 지의류와 흑색 조류의 서식으로 인해 생물오염이 심각한 편이며, 지대석에는 일부 초본식물의 식생도 관찰되고 있다. 표면에 다량 분포되어 있고 기물에 완전히 밀착되어 자라는 고착지의류가 우점하고 있어 외관을 손상시키고 있다.

환경요인의 변화로 인한 석조문화재의 물리화학적 훼손은 생물학적인 훼손을 동반한다. 석상이나 석등에 보호 시설 없이 오랜 시간동안 자연환경에 그대로 노출된 경우 우기에 수분의 이동 및 온도 변화가 반복됨에 따라 물리적 손상이 발생하고 그로 인해 수분과 조암광물이 반응하게 되면 미생물 발생을 촉진하게 된다. 그러므로 물리화학적 인 훼손이 진행될 때 이미 미생물에 의한 훼손도 함께 진행되고 있는 것이다(Kim and Lee, 1991; Lee, 1992). 진균류는 유기영양을 자연상태에서 균사로 흡수하여 성장하고 있다. 따라서 석조문화재에서 유기영양원이 있는 곳이면 어느 곳이나 성장할 수 있다.

석조문화재를 훼손하는 생물학적 요인으로 조류의 배설물, 식물의 성장, 지의류, 선태류 그리고 곰팡이와 세균과 같은 미생물들이다. 비둘기가 많은 도시에서는 비둘기의 배설물이 대리석으로 만들어진 건물이나 석조물을 훼손하는 경우도 여러 차례 보고되었다(Magalhaes and Sequeira Braga, 2000). 또한 지의류가 국내 석조물의 많은 부분을 훼손한다는 연구는 20년 전부터 보고되고 있다(Min *et al.*, 1986; Min, 1993).

일반적으로 석조문화재에 서식하는 지의류는 초기에 고착지의류가 서식하고, 더 좋은 성장조건이 형성되면, 즉 자연환경으로부터 먼지가 축적되면서 유기물의 함량이 높

아져 생장이 용이하게 되면 엽상지의류와 수지상지의류가 서식하게 된다. 따라서 대부분의 자연상태에 노출된 석조문화재에는 고착지의류가 성장하고 있다(Hale, 1983). 석조문화재에서 지의류는 분포 면적이 넓고 표면에 도포되어 서식하면서 지의산이라는 유기산을 분비한다. 지의류가 생성하는 많은 종류의 지의산은 효과적인 킬레이터(Chelator)로서 암석의 양이온과 결합하여 무기금속화합물(Metal chelate complex)을 형성하여 암석의 양이온을 용해시키게 된다. 대표적인 지의산에는 Lecanoric acid, Atranorin, Lobaric acid, Salazinic acid, Usnic acid, Didymic acid, Parietin, vulpinic acid, Caperatic acid 등이 있다(Hale, 1983; Zagari *et al.*, 2000). 이들 지의류에서 생성되는 지의산은 지의류의 2차 대사산물로 같은 속(Genus)의 경우 유사한 지의산을 생성하기 때문에 이들 지의산이 지의류에 대한 지문 역할을 하기도 한다. 지의류의 2차 대사산물인 지의산을 생성하는 화학경로(Chemical pathways)는 acetate-polymalonate pathway, shikimic acid pathway와 mevalonic acid pathway의 세 가지 화학경로를 통하여 생성된다(Rankovic and Kosanic, 2014). 이들 지의산을 확인하는 방법으로 lichen spot tests, Microcrystallography, Thin layer chromatography(TLC), HPLC, GC-MS로 확인하는 방법이 일반적으로 이용되고 있다. 그러나 이러한 방법들은 시간이 오래 걸리고 지의류에 직접 화학물질을 적용하거나 용출하는 방법으로 시료의 양이 많이 필요하고 한번 실험 후에는 시료를 다시 사용할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 법주사 당간지주의 지의류 분포를 조사하고, 이들에 대하여 ATR FT-IR 분석법을 이용하여 지의류가 생산하는 지의산의 특성을 조사하였다.

## 2. 지의류의 특성 및 연구방법

### 2.1. 지의류의 특성

지의류는 단독 생명체가 아니라 곰팡이(fungi)와 광합성을 통해 먹이를 생산할 수 있는 조류(algae)와 공생관계를 유지하고 있는 복합 생명체이다. 곰팡이는 지의류의 몸체(지의체: thallus)를 만들고 무기양분과 수분을 조류에게 공급하며 UV, 건조 등과 같은 환경 스트레스로부터 조류 세포를 구조적으로 보호하는 서식처 제공 역할을 한다. 공생조류는 광합성을 통하여 그 산물을 공생곰팡이에게 공급한다. 공생곰팡이에게 전이되는 탄수화물은 공생조류에

따라 ribitol, erythritol, sorbitol과 glucose인 것으로 알려지고 있다. 좀 더 자세히 지의류를 관찰해 보면, 지의류의 지의체는 피층(cortex), 수층(medulla)과 조류층(algae layer)으로 이루어져 있으며, 피층은 지의체의 가장 바깥쪽에 있는 곰팡이 균사(hyphae)가 서로 융합해서 만들어진 것으로 지의체를 보호하는 고등식물의 표피조직에 해당된다. 지의체 윗면의 피층을 상피층(upper cortex), 아랫면의 피층을 하피층(lower cortex)이라 한다. 하피층에는 대부분의 경우 기물에 부착하기 위한 가근이 있으며, 상피층에는 지의체의 색깔을 결정하는 지의류 대사산물인 색소가 존재하는 경우도 있다. 수층은 균사가 헐겁게 종횡으로 엮여 만들어진 것으로 일반적으로 흰색이지만 색소가 존재하는 경우도 있다. 공생 조류가 지의체 속의 균사조직에 의해 둘러싸여 있는 층을 조류층이라 하는데 대체로 지의체 상피층과 수층 사이에 존재한다. 조류층에 있는 세포는 전체 지의체 부피의 약 7% 정도를 차지하고 있으며 광합성을 위한 최적의 광선을 조사받도록 배열되어 있다(Korea National Arboretum, 2015).

지의류의 성장형은 크게 가상체(crustose), 엽상체(foliose)와 수지상(fruticose) 3개 범주로 대별된다. 가상체는 기물(substratum)에 완전히 밀착되어 있으며 하피층이 없다. 엽상체는 지의체가 나뭇잎 모양을 하고 있으며 기물에 좀 더 느슨하게 부착되어 있다. 수지상 지의체는 기물에 직립되거나 매달려 있는 실다발 형태로 존재하며 실다발 모양의 가지속이 비어있는 경우도 있다(Korea National Arboretum, 2015).

## 2.2. 연구방법

법주사 당간지주의 훼손상태를 파악하기 위하여 육안 관찰 및 훼손지도를 작성하였다. 법주사 당간지주의 훼손상태는 돌로 제작된 지주에 국한하여 조사하였다. 돌로 제작된 지주의 전면과 후면의 생물피복도와 일부 균열 및 박리박락에 대한 훼손 상태에 대하여 조사하였으며 보수된 부분도 함께 기록하였다. 현재 지주의 전면과 후면에는 지의류와 흑색 조류의 서식으로 인한 생물오염이 심각한 편이며, 지대석에는 일부 초본식물의 식생도 관찰되었다(Figure 1).

법주사 당간지주 전면과 후면에 분포하는 지의류 5종을

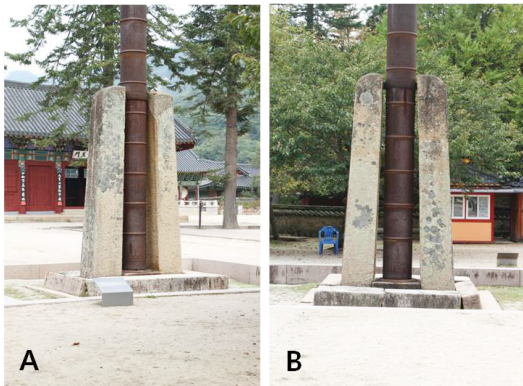


Figure 1. The front(A) and back(B) of flagpole support.

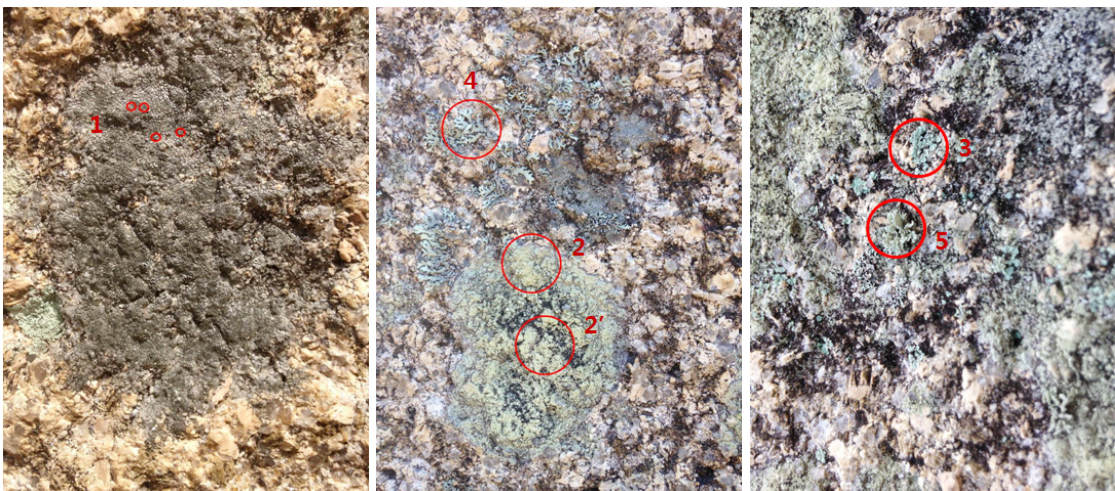
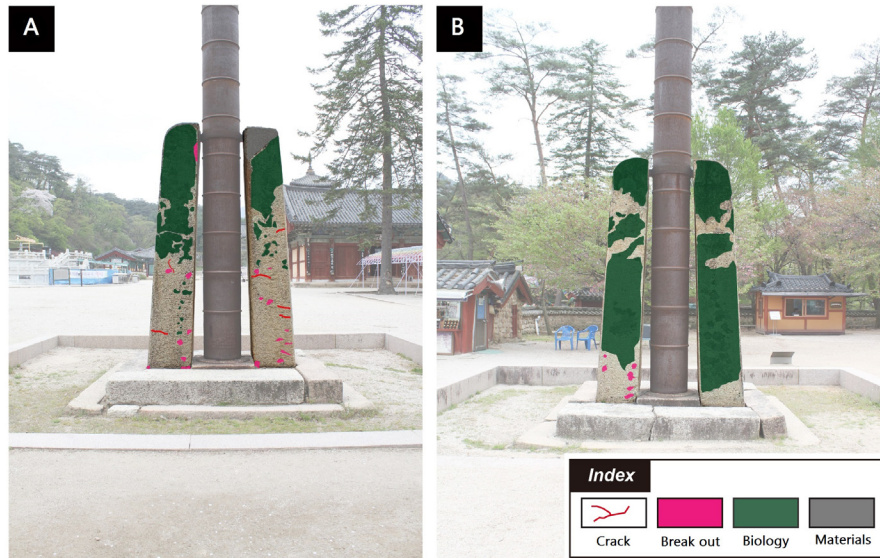


Figure 2. Collection point of lichens on back side(B) of flagpole support(2'; ascocarp).

**Table 1.** Deterioration analysis on front and back of flagpole support

	Base rock	Biology	Break out	Reparing material	Total(%)
Front	62.7	31.0	3.5	2.8	100.0
Back	30.1	68.2	0	1.7	100.0

**Figure 3.** The analysis of deterioration on front(A) and back(B) for flagpole support.

채집하여 순천대학교 지의류연구센터에 의뢰하여 동정하였다. 지의류 동정은 형태학적 관찰과 함께 유전자분석을 통하여 확인하였다. 생물활력도가 높은 5월과 9월에 주로 채집하였으며 고착상지의류의 경우 포자를 수집하였고, 엽상지의류는 잎모양을 그대로 수집하였다. 지의류의 미세구조를 실체현미경(Stemi-2000C, Carl-Zeiss, Germany)으로 확인하였고, 2종의 엽상지의류의 유기산 분석을 위하여 FT-IR(VERTEX 70, Bruker, Germany)과 GC-MS(IFS 66V/S & Hyperion 3000, Bruker, Germany)를 측정하였다(Figure 2).

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 당간지주 전면과 후면의 훼손지도 작성 및 지의류 동정

법주사 당간지주의 전면과 후면에는 석재표면을 따라 지의류가 넓게 분포되어 있다. 훼손지도를 통하여 생물피

복량을 산출하였다(Table 1, Figure 3). 그 결과, 전면부의 생물량은 31.0%이며, 후면부의 생물량은 68.2%로 전면부보다 분포면적이 넓다. 현재 지주의 전면과 후면에는 지의류와 흑색 조류의 서식으로 인한 생물오염이 심각한 편이며, 지대석에는 일부 초본식물의 식생도 관찰되나 본 연구에서는 제외하였다. 전면 상부에는 연한 노란색 고착지의가 석재에 얇게 밀착되어 분포하고 있으며, 그 위에 짙은 회색 고착지의가 불규칙적으로 석재에 밀착되어 두꺼운 막을 형성하고 있다. 후면은 상부 중간부터 하부까지 전면보다 더 넓은 범위에 고착상지의류가 분포되어 있으며 우점하는 종은 전면부와 동일하다. 육안으로 관찰되는 짙은 회색을 띠는 지의류와 그 밑에 자리하고 있는 연한 노란색 지의류가 우점종으로 보이며, 이들 위에 엽상지의체를 형성하는 종들이 드물게 관찰되었다. 당간지주의 지의류 종은 5종으로 한정할 수 있다. 우점하는 고착상지의류가 2종이며, 고착상지의류 위에 드물게 엽상지의류 2종이 관찰되고 흑색조류를 따라 1종이 서식하고 있다.

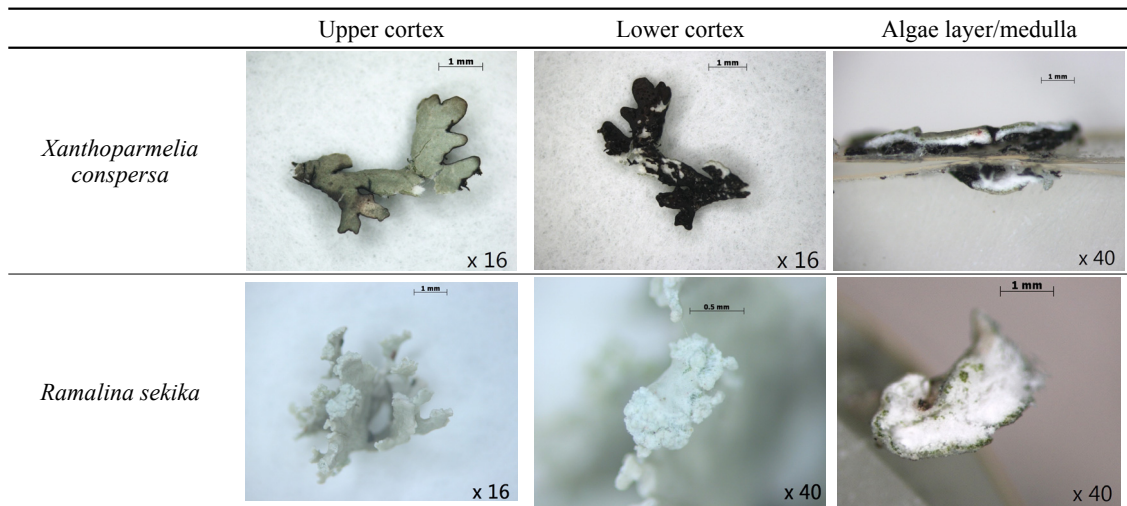
이들을 동정한 결과 짙은 회색빛의 고착지의는 *Aspicilia*



**Table 2.** Distribution and identification of lichen on flagpole support in Beopjusa temple

No.	Scientific name of lichen		Remarks
	Species	Family	
1	<i>Aspicilia</i> sp.	Megasporaceae	The main dominant species
2	<i>Pertusaria flavicans</i>	Pertusariaceae	Second-highest dominant species
3	<i>Leprocaulon textum</i>	Anamorphic Lecanorales	-
4	<i>Xanthoparmelia conspersa</i>	Parmeliaceae	-
5	<i>Ramalina sekika</i>	Ramalinaceae	-

**Table 3.** Micrographs of *Xanthoparmelia conspersa* and *Ramalina sekika*.



속으로 확인되었으며 미성숙한 포자로 인하여 종 동정은 확인하지 못했다. 연한 노란색의 고착지이는 *Pertusaria flavicans*로 동정되었으며, 검은색 석재 표면을 따라 드물게 확인되는 녹색의 지의류는 *Leprocaulon textum*로 확인되었다. 석재 표면을 따라 사슴뿔 모양의 엽상 지의체를 형성하는 종은 *Xanthoparmelia conspersa*로 확인되었으며, 짙은 회색빛 지의류나 검은색 석재에 드물게 자라는 수지상 지의류는 *Ramalina sekika*로 동정되었다. 지의류 중에서 *Aspicilia* 속은 석재 표면에서 가장 많이 관찰되는 고착 지의이며, 분포 면적도 넓다. 고착상지의체는 아랫면 전체를 이용해 석재에 밀착해 있고 윗면에는 피층, 조류층, 수층이 있으며 아랫면에는 피층이 없다. 또한 종류에 따라서는 수피 안이나 석재 속에 균사가 들어있는 경우도 있고 표면에 거북이 등껍질모양의 균열이 있는 경우가 많은데 규칙적으로 나는 경우와 소구획(areola)으로 되어있는 경우도 있다(Korea National Arboretum, 2015). 당간지주의

*Aspicilia* 속은 거북이 등껍질모양의 균열이 있는 형태로 단면을 관찰한 결과, 상피층을 따라 녹색의 조류가 배열되어 있고 아랫면이 석재에 부착되어 있는 형태로 확인되었다. 포자만을 채집하는 경우도 석재의 일부를 포함하게 되므로 고착지의를 제거할 경우 석재표면의 손상이 불가피함을 알 수 있었다(Table 2).

### 3.2. 당간지주 지의류의 형태적 특성 및 FT-IR 스펙트럼 분석

법주사 당간지주 표면에서 채집한 엽상지의류는 2종이며, 하나는 지의체가 석재 표면에 나뭇잎 모양으로 평평하게 분포하는 엽상체(foliose)인 *Xanthoparmelia conspersa*이며, 다른 하나는 석재 표면에 직립되어 매달린 형태의 수지상(fruitose)지의체인 *Ramalina sekika*로 확인되었다. *X. conspersa*의 위층은 연한 녹색을 띄며 석재와 닿는 아

랫면은 검은색이다. 단면을 확인한 결과 상피층(upper cortex)을 따라 녹색의 조류 세포가 일정하게 배열되어 있고 상피층과 하피층 사이에 흰색의 수층(medulla)이 관찰된다. *R. sekika*는 석재 표면에 직립되어 있고 말단에는 곰팡이 포자와 균사가 성장하는 것으로 보인다. *R. sekika*는 상피층과 하피층의 구분이 없으며 단면을 관찰한 결과, 피층을 따라 녹색의 조류 세포가 관찰되며 안쪽은 흰색의 수층이 솜처럼 뭉쳐있다(Table 3). 이들은 석재 표면과 접하는 면적이 서로 다르고 성장 방식 또한 달라 지의체가 영양 원으로 이용하는 물질과 2차 대사산물이 서로 다를 것으로 사료된다. 지의류가 생산하는 대사산물인 유기산을 분석하기 위하여 ATR FT-IR 분석을 수행한 결과, *X. conspersa*와 *R. sekika*의 차이를 확인할 수 있었다(Figure 4).

지의류의 2차 대사산물 검출방법으로 ATR FT-IR spectrum을 이용한 연구에 따르면 *Relicina abstrusa*, *Relicina intertexta*, *Cladonia submultiformis*, *Usnea undulata* 및 *Parmotrema tinctorum*의 ATR FT-IR spectrum이 다르게 나타났으며 흡수피크가 2차 대사산물의 유기 작용기 정보를 제공하므로 지의류 검출에 효과적이라고 한다. 채집 장소가 다른 동일한 속(genus)의 지의류는 동일한 ATR FT-IR spectrum을 나타내므로 지의류를 분류학적으로 식별하기 위한 주요 기준으로 활용되기도 한다(Sriviboon et al., 2014).

Figure 4에서 *X. conspersa*의 FT-IR 흡수피크가 관찰되는 영역을 구분하면 1번 영역에서 aromatic carbon(C=C, C-H) 결합과 cyclic carbohydrate에 기인하는 C-O-C 결합

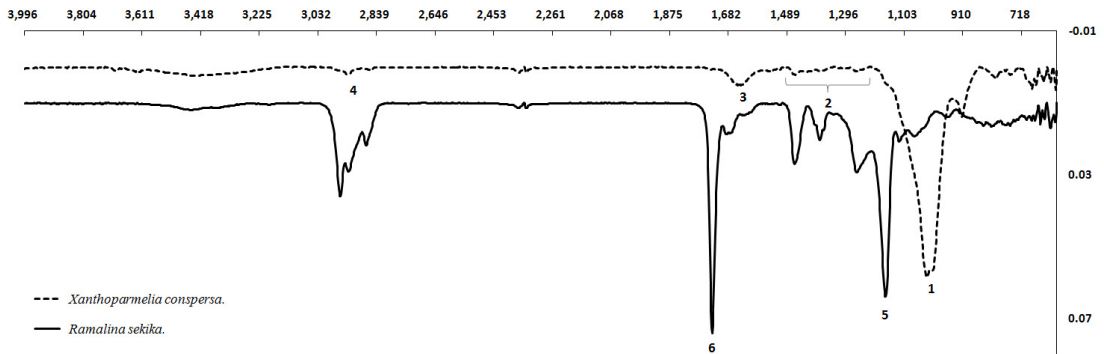
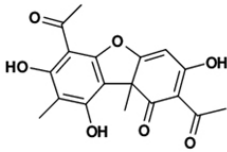
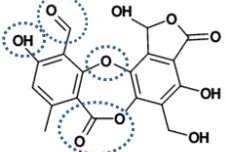
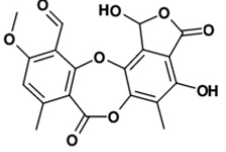
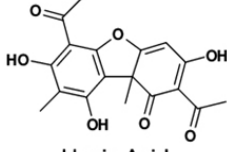
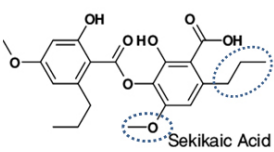
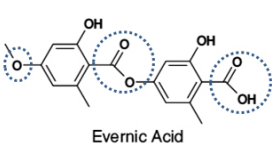


Figure 4. ATR FT-IR spectrum of *Xanthoparmelia conspersa* and *Ramalina sekika*.

Table 4. Chemical structure of secondary metabolites of *Xanthoparmelia conspersa* and *Ramalina sekika*

Lichen	Chemical structure of main secondary metabolites of lichens		
<i>Xanthoparmelia conspersa</i>	 <p>Usnic Acid</p>	 <p>Salazinic Acid</p>	 <p>Stictic Acid</p>
<i>Ramalina sekika</i>	 <p>Usnic Acid</p>	 <p>Sekikaic Acid</p>	 <p>Evernic Acid</p>

에 의한 강한 흡수피크가 관찰되었고 2번과 4번 부분에서 methylene(CH<sub>2</sub>), methyl(CH<sub>3</sub>)과 ester(C-O-C)에 기인하는 흡수피크가 약하게 관찰되었으며 3번 위치에서 lactone에서 기인하는 ketone(C=O)의 흡수피크가 관찰되었다. *R. sekika*의 경우 동일한 2번과 4번 부분에서 methylene(CH<sub>2</sub>), methyl(CH<sub>3</sub>)과 ester(C-O-C)에 기인하는 흡수피크가 *X. conspersa* 보다 강하게 나타났으며 5번과 6번 위치에서는 *X. conspersa*와 다르게 carboxylic acid에서 기인하는 강한 흡수피크가 관찰되었다. *X. conspersa*의 강한 1번 흡수피크가 *R. sekika*에서 관찰되지 않는 것은 cyclic carbohydrate에 기인하는 C-O-C 결합이 없어진 것으로 *X. conspersa*가 생산하는 주된 대사산물의 화학구조가 *R. sekika*와 다르다는 것을 알 수 있다(Yang, 1993).

*X. conspersa*의 2차 대사산물은 usnic acid, hyposalazinic acid, stictic acid와 norstictic acid이고 *R. sekika*는 usnic acid, sekikaic acid, homosekikaic acid, evernic acid와 divaricatic acid로 알려져 있으며 주된 유기산의 화학구조를 Table 4에 나타내었고, GC-MS 분석을 통해 확인된 유기산의 종류이기도 하다(Laska and Kiercul, 2014; Oh et al., 2014). 그 결과 두 지의류가 생산하는 유기산의 화학구조가 다른 것을 확인할 수 있었으며, stictic acid와 sekikaic acid가 각 지의류를 대표하는 화합물임을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구는 법주사 당간지주의 지의류 분포 및 특성을 조사하기 위하여 실시하였다. 법주사 당간지주의 전면과 후면에 고착상 지의류가 우점하고 있으며 고착지의 윗부분과 석재에 겹쳐 오염된 부분에 드물게 엽상지의류가 분포하고 있다. 분포면적 또한 전면에 31.0%, 후면 68.2%로 넓어 외관을 손상시키고 있다. 우점하는 고착지의류를 동정한 결과 *Aspicilia* 속과 *Pertusaria flavicans*로 확인되었으며, 드물게 분포하는 고착지의류로 *Leprocaulon textum*도 관찰되었다. 엽상체를 형성하는 *Xanthoparmelia conspersa*와 *Ramalina sekika*로 확인된 2종의 지의류가 고착상지의류 상부에 드물게 분포하고 있다. 2종의 엽상지의류에 대하여 실체현미경을 이용하여 미세구조를 확인한 결과, 피층을 따라 녹색의 조류층이 확인되었으며 ATR FT-IR 분석을 통하여 이들이 생산하는 지의산의 작용기가 서로 다르다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 고착지의에 대하여 ATR FT-IR 분석을 수행하지 않았지만, ATR 분석법이

아닌 KBr 분말을 이용한 투과분석법을 이용한다면 다양한 지의류에 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 기존의 지의산 분석방법과 비교해서 ATR FT-IR 분석은 비파괴적인 방법으로 적은양의 시료에 적용할 수 있다는 장점이 있다. 다만, 다양한 지의류에 적용하여 많은 FT-IR 스펙트럼 데이터 확보 및 라이브러리 구축이 필요하다는 단점이 있어 보완이 필요하다.

#### 사 사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소 문화유산조사연구(R&D) 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### REFERENCES

- Eom, G.P., 2004, Buddhist banner pole and stone posts in Korea. Hakyoun, 411-414. (in Korean)
- Hale, M., 1983, The biology of lichens, 3rd. Ed. Edward Arnold Publishers Ltd.
- Kim, B.H. and Lee, Y.H., 1991, Preservation of stone cultural assets. Conservation Studies, 12, 171-190. (in Korean)
- Korea National Arboretum, 2015, A field guide to lichens. 20-24. (in Korean)
- Laska, G. and Kiercul, S., 2014, Pharmacological activity of secondary metabolites isolated from *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale lichen. Planta Medica, 80-PS4.
- Lee, H.B., 1992, Control of biological film of cultural assets-with a focus on fumigation. Conservation Studies, 13, 83-93. (in Korean)
- Magalhaes, S.L. and Sequeira Braga, M.A., 2000, Biological colonization features on a granite monument from Braga(NW. Portugal). Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice, June 19-24, 521-529.
- Min, K.H., Lee, P.S. and Ahn, H.G., 1986, Survey on the ecological distribution of the native cultivated lichen on the stone cultures of the suburbs of Seoul. Conservation Studies, 7, 14-31. (in Korean)
- Min, K.H., 1993, Influence of microorganisms on cultural properties. Cultural Preservation Science Training Book,

- 163-175. (in Korean)
- Oh, S.O., Wang, X.Y., Wang, L.S., Liu, P.G. and Hur, J.S., 2014, A note on the lichen genus *Ramalina* (Ramalinaceae, Ascomycota) in the Hengduan mountains in China. *Mycobiology*, 229-240.
- Rankovic, B. and Kosanic, M., 2014, Lichens as a potential source of bioactive secondary metabolites, Lichen secondary metabolites. Springer, 1-26.
- Sriviboon, C., Sitthiosod, R., Boonpragob, K. and Klongklaew, S., 2014, ATR-FTIR spectral analysis of lichens using as fingerprint for identification of lichen species. Proceeding of the 40<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand, 868-876.
- Yang, C.Q., 1993, Infrared spectroscopy studies of the cyclic anhydride as the intermediate for the ester crosslinking of cotton cellulose by polycarboxylic acids. I. Identification of the cyclic anhydride intermediate. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 1187-1193.
- Zagari, M., Antonelli, F. and Urzi, C., 2000, Biological patinas on the limestones of the Loches Romanic tower(Touraine, France). *Proceedings of 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Venice, June 19-24, 445-451.
-