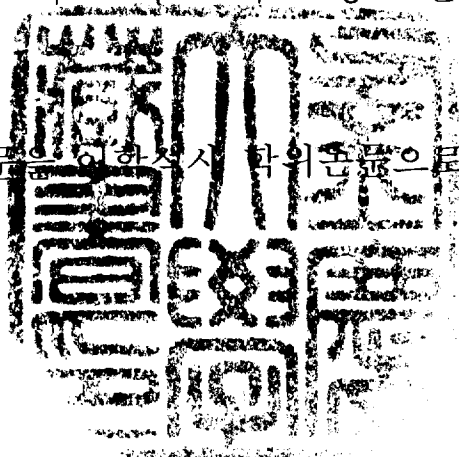


이학석사 학위논문

의료용으로 이용되는 천연광물
(광물생약)의 분광학적
및 자기적 특성

지도교수 박 맹 언

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함



2002년 2월

부경대학교 대학원

응용지질학과

정 율 필

정 율 필의 이학석사 학위논문을 인준함

2001년 12월 일

주 심 이학박사 이 민 희



위 원 이학박사 최 정 찬



위 원 이학박사 박 맹 언



목 차

List of Figures	i
List of Tables	iv
Abstract	v

I. 서언

1. 연구배경 및 목적	1
2. 광물생약	2
2.1. 광물생약의 역사	4
2.2. 광물생약의 처리 및 이용	5

II. 광물의 분광학적 및 자기적 특성

1. 분광학적 특성	9
1.1. 에너지 상변화의 기본유형과 전자기분광의 형태	10
1.2. 원적외선	13
2. 자기적 특성	14
2.1. 핵자기 공명(NMR : Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy)	15
2.2. 감응자기력(Magnetic Susceptibility)	16

III. 실험 재료

1. 옥 광물	17
2. 철 산화광물	19
3. 점토 광물	21

IV. 연구 방법 및 결과

1. X-선 형광분석(XRF)	23
2. X-선 회절분석(XRD)	27
3. 주사전자현미경분석(SEM)	32
4. 퓨리에 적외선 분광 분석(FT-IR)	36
5. 핵자기 공명 분광(NMR)	56
6. 감응 자기력(Mass Magnetic Susceptibility)	60

V. 토의 및 결론

64

참고문헌	66
------------	----

요약	69
----------	----

감사의 글	72
-------------	----

List of Figure

Figure 1. Types of energy level changes associated with different parts of the EM spectrum.	11
Figure 2. Ternary diagram illustrating the measured content of major elements. (A) "jade" minerals, (B) Fe-oxide minerals and clay minerals.	26
Figure 3. X-ray diffraction patterns of "jade" minerals. (J-1) jadeite, (T-1) tremolite, (Ac-1) actinolite, (An-1) antigorite.	29
Figure 4. X-ray diffraction patterns of Fe-oxide minerals. (DJS-1) dae ja seok, (JS-1) ja seok, (WYR-1) woo yeo ryang.	30
Figure 5. X-ray diffraction patterns of clay minerals. (S-1) sericite, (H-1) halloysite, (K-1) kaolinite, (V-1) vermiculite.	31
Figure 6. SEM photograph of "jade" minerals. (J-1) jadeite, (T-1) tremolite, (Ac) actinolite, (An) antigorite.	33
Figure 7. SEM photograph of Fe-oxide minerals. (DJS-1) dae ja seok, (JS-1) ja seok, (WYR-1) woo yeo ryang.	34
Figure 8. SEM photograph of clay minerals (S-1) sericite, (H-1) halloysite, (K-1) kaolinite, (V-1) vermiculite.	35
Figure 9. Emission power curves of jadeite at (A) 40℃, (B) 150℃.	39

Figure 10. Emission power curves of tremolite at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	40
Figure 11. Emission power curves of actinolite at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	41
Figure 12. Emission power curves of antigorite at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	42
Figure 13. Emission power curves of dae ja seok at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	43
Figure 14. Emission power curves of ja seok at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	44
Figure 15. Emission power curves of woo yeo ryang at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	45
Figure 16. Emission power curves of sericite at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	46
Figure 17. Emission power curves of halloysite at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	47
Figure 18. Emission power curves of kaolinite at (A) 40°C, (B) 150°C.	48
Figure 19. Emission power curves of vermiculite at (A) 40°C, (B) 150°C.	
.....	49
Figure 20. Emissivity of "jade" minerals. (A) 40°C, (B) 150°C.	53
Figure 21. Emissivity of Fe-oxide minerals. (A) 40°C, (B) 150°C.	54

Figure 22. Emissivity of clay minerals. (A) 40°C, (B) 150°C. 55

Figure 23. ¹⁷O-NMR spectra of distilled water, jadeite, tremolite, actinolite, antigorite, vermiculite. 58

Figure 24. Magnetic Susceptibility of "jade" minerals. Room temperature, 37°C, 100°C, 700°C. 62

Figure 25. Magnetic Susceptibility of Fe-oxide minerals. Room temperature, 37°C, 100°C, 700°C. 62

Figure 26. Magnetic Susceptibility of clay minerals. Room temperature, 37°C, 100°C, 700°C. 63

Figure 27. Magnetic Susceptibility plotted vs. Fe content. Room temperature, 37°C, 100°C, 700°C. Phyllosilicate minerals, inosilicate minerals and Fe-oxide minerals from the left. 63

List of Table

Table 1. Mineralogical name and formula of the medical minerals.	8
Table 2. Compositional data for "jade" minerals, Fe-oxide minerals and Clay minerals.	25
Table 3. FT-IR data for "jade" minerals, Fe-oxide minerals and clay minerals.	50
Table 4. Nuclear magnetic resonance data for "jade" minerals, Fe-oxide minerals and clay minerals.	59
Table 5. Mass Magnetic Susceptibility data for "jade" minerals, Fe-oxide minerals and clay minerals.	61

ABSTRACT

The medical mineral means a single or a complex of minerals those have been used to treat a disease. Recently, its application has been increased in medical part by using physical properties. In this study, mineralogical, chemical, spectroscopic and magnetic properties were experimented to evaluate application of traditional medical minerals such as four jades, three iron-hydroxides and four clay minerals.

As a result of XRD analysis, four jade minerals were high crystallinity and Daejaseok was composed of hematite and minor quartz. Jaseok included magnetite, hematite and quartz. Wooyeoryang composed of lepidocrocite and major quartz of the Fe-oxide minerals. Jeokseokji contained halloysite, kaolinite and minor quartz. Baikseokji contained kaolinite and minor halloysite. Eumgiseok was mainly composed of vermiculite and minor kaolinite and halloysite. As a result of analysis on the property of chemical composition, Si contents of Baikseokji and Jeokseokji were high and Wooyeoryang was relatively low. Si contents of jade minerals ranged between 44 and 47%, but Si contents of Daejaseok and Jaseok were lower than tha of Wooyeoryang. Si contents of Baikseokji and Jeokseokji composed of 1:1 layered clay mineral were high about 60%, but those of sericite (so called Gyeonwoonmo) and Eumgiseok composed of 2:1 layered

clay mineral had relatively low contents ranged between 44 and 45%. Of the light metals, calcium decreased in the following order of tremolite, actinolite. Antigorite and magnesium decreased in the following order of antigorite, Eumgiseok, tremolite and actinolite. Iron contents decreased in such order of Jaseok, DaeJaseok and Wooyeoryang. Aluminum decreased in the following order of Baikseokji, Jeokseokji, sericite and Eumgiseok.

FT-IR analysis was performed in order to study spectroscopic characteristics of natural (medical) minerals on the condition of 40°C and 150°C. These temperatures were considered for body and treating medicine (so called “Beobje” or “Yagje”), respectively. Intensity of emission power for jade minerals followed that tremolite, antigorite, jadeite and actinolite in due order on 40°C and that antigorite, jadeite, tremolite and actinolite in such order on 150°C. In the event of Fe oxide minerals, intensity of emission power followed that Jaseok, Wooyeoryang, Daejaseok in sequence on 40°C and Jaseok, Daejaseok, Wooyeoryang sequence in regular sequence on the condition of 150 °C, respectively. Jaseok had high emission power both on 40°C and 150°C. In clay minerals, on the other hand, emission power is followed by the order that sericite, Baikseokji, Jeokseokji, in sequence on 40°C and Baikseokji, sericite, Jeokseokji, Eumgiseok” on 150°C, respectively.

NMR and magnetic susceptibility analysis were carried out to understand

magnetic properties of natural (medical) minerals by soakage (so called "Chimjeog"). Treated waters that were filtered after soaking in distilled water of 20 and 80 days, were analyzed by NMR. Line width variations of distilled water after 20 and 80 days, were not observed. Line width of NMR for treated waters by jadeite, actinolite and eumgiseok after 80 days, were narrower than those of corresponding specimens after 20 days. Those, however, of tremolite and antigorite after 80 days, were broader than those of samples analysis after 20 days.

Magnetic susceptibility was performed on 25°C, 37°C, 100°C and 700°C, considering room temperature, body heat, boiling (so called "Tangje") and treatment (called "Beobje") temperature, respectively. On 25°C, 37°C and 100°C, magnetic susceptibilities of jade minerals decreased in the following order of jadeite, actinolite, tremolite and antigorite, whereas, on 700°C, those decreased in the such order of jadeite, actinolite, antigorite and tremolite in sequence. On 25°C, 37°C, 100°C and 700°C, those decreased in the following order of Jaseok, Daejaseok, Wooyeoryang in Fe-oxide minerals. On 25°C, 37°C and 700°C, those decreased in the following order of Eumgiseok, Gyeonwoonmo, Jeokseokji and Baikseokji in clay minerals, however on 100°C, those decreased in the following sequence of Eumgiseok, Jeokseokji, sericite and Baikseokji. Magnetic susceptibilities decreased in the following order of Fe-oxides, inosilicates and phyllosilicate minerals.

Therefore, study for chemical, spectroscopic and magnetic property of natural (medical) minerals are very useful for the development of new medicine and can be proposed a quantity control and standard for energy property of natural (medical) minerals which used commercially.

I.서언

1. 연구배경 및 목적

광물생약은 본초강목에 333종, 동의보감에 92종 그리고 대한약전의 한약규격집 주해서에 34종의 광물생약이 포함되어있다. 그 중에서 옥 광물, 철(수)산화광물, 점토광물의 물리적인 특성을 이용한 의료분야의 활용이 증대되고 있으나 한증막, 황토팜 등에서는 물리적인 특성에 대한 기준이 없이 무분별하게 활용되고 있다. 현재 광물생약의 화학적인 특성에 관한 연구는 활발하나 물리적인 특성에 관한 연구가 부족하다. 그래서 본 연구에서는 전통적인 광물생약(Table 1) 중에서 옥 광물 4종, 철(수)산화광물 3종, 점토광물 4종을 선택하여 이들의 의료적 활용을 파악하고, 광물생약의 물리적 특성 중에서 분광학적 및 자기적 특성을 연구하였다. FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 분석은 광물의 고유한 활성화 에너지에 대하여 알 수 있으며, 상업적으로 유통되고 있는 원적외선 광물에 대한 유용한 자료를 제시할 수 있을 것이다. NMR(Nuclear Magnetic Resonance) 분석과 같은 자기적 특성 연구는 광물의 고유한 활성화 에너지에 대하여 비과학적인 FT-IR 분석에 신뢰성을 제공할 것이다. 또한 감응 자기력(Mass Magnetic Susceptibility) 분석을 통하여 각 광물들의 고유한 감응 자기력을 구할 수 있을 것이다. 광물의 화학적인 특성 연구 뿐 아니라 분광학적 및

자기적 특성까지도 연구함으로써 약재로서의 개발에 유용한 기초자료로 이용될 수 있으며, 상업적으로 유통되고 있는 광물의 활성화에너지에 대한 정량화 및 기준을 제시해줄 수 있을 것이다.

2. 광물생약

인체에 어떤 방식으로든 영향을 주는 광물과 천연무기체에 대한 광물학적 연구 분야를 의료광물학이라고 한다. 그 중 약재로 사용되는 광물의 연구분야를 약용광물학이라 하고, 자연에서 채취되어 원래의 성질과 상태를 유지한 채로 사용되는 약을 광물생약이라 한다.

한약재로 주로 이용되는 광물생약은 규산염광물, 탄산염광물, 황화광물 및 산화광물 등으로 구성된다. 광물생약은 질병치료에 이용되는 단일 광물이나 여러 종류의 광물 집합체를 말하며, 화학성분 및 물리적인 성질을 이용하는 천연물질이다 (박맹언과 김선옥, 1999). 광물생약의 미량성분 차이는 산지의 지질특성, 기후 및 지표 조건에 따라 달라지며 크기, 공생광물, 정제 방법에 따라 용해도가 변함으로서 유효성분이 달라질 수 있다. 그러므로 같은 종류의 광물일지라도 광물생약으로서의 용도는 흔히 달라진다. 그 예로서 이혈제로 사용되는 대자석(적철석)은 콩팥모양, 어란상, 괴상 등의 정벽을 가지고 있으나, 약재로 이용되는 것은 콩팥모양의 적철석이다. 광물생약은 일반적으로 주성분 원소, 천연금속 또는 비금속 여부, 산출유형에 의해

지질학적으로 분류되거나, 화합물의 특성(자연원소, 황화광물, 산화광물 및 탄산염광물 등)에 의해 광물학적으로 분류된다 (Table 1).

여러 종류의 광물이 직접 혹은 간접적으로 약으로 이용되거나 약리적 성분이 포함되어있을 경우 의약품 제조에 이용되어 왔다. 직접 이용의 예는 뼈를 다쳤을 경우 '산골'이라는 이름으로 이용되는 황철석(pyrite), 염증 치료에 사용되는 고약에 포함되어 있는 황단(Pb_3O_4)과 중국에서 많은 사람들이 치통에 사용하는 주성분이 주사와 웅황인 "아통일립환(牙痛一粒丸)" 등이 있다. 또한 칼륨 결핍으로 인한 저혈칼륨증에 실바이트(KCl)의 칼륨을 추출하여 사용하거나 마그네슘의 결핍으로 인해 심혈관의 질병, 근육 수축, 위장병 등에 $MgCl_2$ 의 Mg를 추출하여 치료한 경우가 이에 해당된다 (林年豐, 1989).

광물생약은 산지, 가공방법 및 원료에 의하여 원광물약, 광물제품약, 광물약제제로 분류한다. 원광물약은 자연상태에서 채집한 후 기존의 성질과 상태로 사용되는 약을 의미하며, 석고, 활석, 웅황 등의 천연 무기질 광물과 용골, 석연 등의 동물 화석 및 호박 등의 유기질 광물이 포함된다. 광물제품약은 원광물약을 원료로 한 가공약으로서 백반, 당반 등이 있고, 광물약제제는 여러 종류의 원광물약과 광물제품약을 원료로 하여 처방규정에 따라 가공한 것으로, 소영단(小靈丹), 경분(輕粉) 등의 단약(丹藥)을 포함한다. 광물제품약과 광물약제제는 가공 제품이지만 광물제품약은 원광물약 한 종을 원료로 하여 가공한 것으로 다른 약과 배합하여 사용하고 단방으로 사용하지 않는다. 그러나 광물약제제는 여러 종류의 원광물약과 광물제품약을 원료로

하여 가공한 것으로서 주로 단방으로 사용되고 복방으로 사용되는 경우는 거의 없다 (李鴻超 외, 1998).

2.1. 광물생약의 역사

광물성 약재도 동물성 약재, 식물성 약재와 같이 오랫동안 사용되고 발전해온 전통적인 약재이다. 다른 약재와 마찬가지로 광물생약의 처방과 효능이 구전되어 오다가 중국의 서한시대에 이르러 280여 개의 처방과 함께 《오십이병방(五十二丙方)》이 처음으로 서술되었다. 중국 최초의 광물생약을 수록한 의서인 《신농본초경(神農本草經)》은 양(梁)나라의 학자 도홍경(陶弘景)이 6세기 초에 한(漢) 나라 이전의 처방을 수집하여 정리한 것으로, 그 중에는 광물로 만든 약제 40여 종이 포함되어 있다. 이 책에는 각 광물의 생산지, 성질, 기능 등에 대하여 상세히 설명하였다. 남북조 시대에 이르러 최초의 법제학 서적인 《증공포구론(蒸公晷灸論)》이 저술되었다. 당나라시대 《신수본초(新修本草)》에서 광물생약의 법제가 기록되었고, 송나라 때는 국가에서 법제법을 제정하였다. 금·원나라 시대에 식물의 법제법을 중시한 《삼이액본초(三而液本草)》가 쓰여졌으며, 중국 광물생약의 최고 활용시기인 명나라 때 《본초몽전(本草蒙筌)》과 《본초강목(本草綱目)》이 저술되었다. 본초강목은 선인의 경험과 당대의 경험, 이시진 자신의 경험을 통합하여 쓰여진 것으로 과거의 광물생약에서 68종이 추가된 333종이 수록되어있다.

그 후 청나라 때 본초강목에 빠진 내용을 추가 삽입한 《본초강목십유(本草綱目拾遺)》가 저술되었다. 광물생약은 명나라 이후 400년 동안 공공의료기관에서의 사용과 유통이 통제되어 쇠퇴하기 시작했다. 또한, 상류사회에서 불로장생을 위해 선단을 복용하였으나 복용 후 객사자가 늘어나고, 식물약이나 동물약에 비해 연구와 감식이 더 어렵기 때문에 발전하지 못하였다. 그러나, 그 비방이 민간에 의해 전수되어오다가, 중화민국 이후 본격적으로 사용되기 시작하여 새로이 관심의 대상이 되고 있다.

우리 나라는 신라시대 초 중국으로부터 의학이 도입된 이래로, 허준의 《동의보감(東醫寶鑑:1613)》에 이르러 한방의학의 활용이 최고에 달하였다. 동의보감에는 옥부 4종, 석부 55종, 금부 33종으로 총 92종이 수록되어 있고, 대한약전의 한약규격집 주해서(지형준, 이상인, 1989)에는 총 514종의 약재 중에서 34종의 광물생약이 포함되어있다.

2.2. 광물생약의 처리 및 이용

동양의학에서는 약재 조제의 편리성과 약리성을 개선하기 위하여 가공처리(법제)를 한다. 법제의 주요 목적은 첫째, 불필요하거나 해로운 성분을 제거하여 약재의 품질을 향상시키는 것이고 둘째, 약재의 독성, 극성, 부작용을 제거 또는 감소시켜 약재의 안전성을 확보하여 치료효과를 정확히 얻는 것이며 셋째, 약재의 보관, 휴대, 복용을 용이하게 하기 위함이다.

대부분의 광물성 약재는 주로 물로 광물 표면의 토사나 잡물을 세척·건조한 후 파쇄하여 이용하는데 필요한 경우에는 불에 태우는 하소법(煨燒法), 식초로 담금질하는 작취법(醎滌法), 물 속에서 연마·분리하는 수비법(水飛法) 등을 적용한다 (李鴻超 외, 1998).

하소법(煨燒法)은 원광물약을 적색의 홍투(紅透)가 될 때까지 강력한 화력으로 직접 혹은 간접으로 가열하여 광물생약 입자간의 흡착된 흡착수, 유황, 비소 등 쉽게 휘발하는 휘발성 물질은 제거하고 원광물을 산화·분해 시키는 가공법이다. 하소 후에는 광물생약의 재질이 부드럽고 파쇄되기 쉬워 분말로 가공하기가 용이해진다. 하소온도와 시간은 광물생약의 종류에 따라 달라지는데, 규산염광물의 경우는 고온, 장시간 하소하며 철 함유광물의 경우는 입도가 작아야 하고 온도는 매우 높지 않아도 되지만 시간은 약간 길어야 한다. 점토의 경우에 성질을 변화시키려면 하소시 온도가 500℃ 이상이어야 한다.

작취법(醎滌法)은 하소하여 홍투된 약재를 신속히 식초나 약액 속에 투입하여 냉각시켜 식초나 약액을 광물약 속으로 침투시키고 약액의 흡수 정도에 따라 약재의 성질을 적당하게 변화시키는 가공법이다. 작취법은 고온에서 신속히 저온으로 냉각시키는 과정에 의해 약재가 부드럽고 파쇄되기 쉽게 변하여 가공하기가 편리하다.

수비법(水飛法)은 광물생약을 습윤한 조건에서 연마하고 조세(粗細)분말이 물에 뜨는 성질을 이용하여 극세(極細)분말을 얻는 방법이다. 수비법은 물을 가한 조건에서 연마하므로 연마할 때 생기는 광물생약의 열변화와 산화를

덜어 주고 약가루가 날아가는 것을 방지한다. 물로써 약가루의 부유작용을 이용하여 가볍거나 물에 잘 녹는 비약용 물질은 제거할 수 있다. 수비법은 물에 용해되지 않는 광물 혹은 패각류의 가공에 주로 적용된다. 자황, 웅황, 주사의 경우는 하소법을 이용하지 않고 주로 수비법으로 가공하여 약재로 이용하는데, 이는 광물약재를 공기 중에서 불에 구우면 산화되어 독성물질이 생성되기 때문이다.

Table 1. Mineralogical name and formula of the medical minerals (李鴻超 외, 1998)

Name	Mineralogical Name	Formula
Native elements		
Keum bak (金箔)	Native Gold	Au
Yu hwang (硫黃)	Sulfur	S
Sulfides		
Yeong sa (靈砂)	Synthetic Cinnabar	HgS
Woong hwang (雄黃)	Realgar	AsS
Ja hwang (雌黃)	Orpiment	As ₂ S ₃
Ja yeong dong (自然銅)	Pyrite	FeS ₂
Ju sa (朱砂)	Cinnabar	HgS
Halide		
Kyeong bun (輕粉)	Mercurous Chlorite	Hg ₂ Cl ₂
Oxides and hydroxides		
Dae ja seok (代赭石)	Hematite	Fe ₂ O ₃
Mil ta seung (密陀僧)	Lead oxide	PbO, PbO ₂
Sin seok (信石)	Arsenolite	As ₂ O ₃
Yeon dan (鉛丹)	Lead Oxide	Pb ₃ O ₄
Ja seok (磁石)	Magnetite	Fe ₃ O ₄
Woo yeo ryang (禹餘糧)	Limonite	2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O
Sulfates		
Nok ban (綠礬)	Melanterite	FeSO ₄ ·7H ₂ O
Dam ban (膽礬)	Chalcanthite	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Mang cho (芒硝)	Mirabilite	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O
Baik ban (白礬)	Alunite	KAl ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆
Seok go (石膏)	Gypsum	CaSO ₄ ·2H ₂ O
Hyeon jeung seok (玄精石)	Gypsum	CaSO ₄ ·2H ₂ O
Borate and carbonates		
Boong sa (硼砂)	Borax	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O
No gam seok (爐甘石)	Smithsonite	ZnCO ₃
Yong gol (龍骨)	Fossil	CaCO ₃
Seok yeon (石燕)	Bone Fossil	CaCO ₃
Jong yoo seok (鐘乳石)	Stalactite	CaCO ₃
Han soo seok (寒水石)	Calcite	CaCO ₃
Silicates		
Chung mog seok (青礞石)	Chlorite Schist	(Mg,Fe) ₅ Al(Al,Si) ₄ O ₁₀ (OH) ₈
Keum mong seok (金礞石)	Mica Schist	K(Mg,Fe) ₃ (Si ₃ Al) ₄ O ₁₀ (OH,F) ₂
Seok young (石英)	Quartz	SiO ₂
Yang ki seok (陽起石)	Actinolite	Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH,F) ₂
Woon mo (雲母)	Muscovite	KAl ₂ (AlSi ₃)O ₁₀ (OH) ₂
Jeok seok ji (赤石脂)	Halloysite	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Hwa ye seok (花蕊石)	Serpentine	MgSi ₂ O ₅ (OH) ₄
Hwal seok (滑石)	Talc	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂
Bog yong gan (伏龍肝)	Ocher	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Organic minerals		
Ho bak (琥珀)	Amber	C-H-O compound

II. 광물의 분광학적 및 자기적 특성

1. 분광학적 특성

물질의 전자복사 작용은 전자기에너지의 선택적 흡수, 방출, 반사를 초래한다. 전자파에는 파동의 성질과 입자의 성질이 있는데, 파동의 성질은 전자파가 전기계와 자기계를 동반한 횡파이고 평면파는 전장과 자장의 진동방향이 둘 다 진행방향과 직각인 면에 서로 수직이다. 전자파는 진공 속에서 광속도 ($c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/sec}$)로 전파하고, 대기중에서도 진공 속의 광속도와 거의 같은 속도로 전파한다. 입자적 성질은 전자파를 입자로 취급할 때 광자(photom) 또는 광양자라 하며 에너지(E)는 프랑크상수(h)와 진동수(ν)의 곱으로 나타낸다 (Gupta, R. P., 1991).

분광학적 거동 및 반응의 유형은 선택적 흡수(selective absorption), 선택적 반사(selective reflection), 선택적 방출(selective emission)로 분류할 수 있다. 선택적 흡수는 전자기파가 광물에 입사되었을 때 약간의 복사에너지가 흡수되는데, 이것을 선택적 흡수라고 하며, 이러한 현상은 전자기파에서 광범위하게 관찰된다. 선택적 반사(selective reflection)는 전체 파장대로부터 입자성 파장이 공명현상을 일으키면서 강하게 반사하게 되는데 이것을 선택적 반사라고 한다. 선택적 반사는 단색빔을 구분하게 하는데, 이를 잔여광선(residual rays 혹은 reststrahlen)이라 하며, 잔여광선 효과는 규산염 광물의

9-10 μm 에서 주로 나타난다. 선택적 고 또는 저방출(selective higher 또는 lower emission)에 의해 광물이 특정파장대에서 구분할 수 있다. 선택적 반사(reststrahlen)의 밴드에서 높은 반사는 낮은 흡수를 의미하며, 낮은 흡수는 낮은 방출을 나타낸다 (Gupta, R. P., 1991).

1.1. 에너지 상변화와 전자기분광의 형태

물질(광물)의 에너지는 주어진 시간에 구성입자들의 상대적 위치와 상태의 함수로서 원자·분자계의 총에너지량은 병진에너지(translational), 회전에너지(rotational), 진동에너지(vibrational), 전자에너지(electronic)의 합으로 표현될 수 있다. 하나의 에너지 준위에서 다른 에너지 준위로 전이할 때 유형에 따라 요구되는 에너지량이 달라지며, 에너지 전이의 유형이 달라지면 전자기분광상의 다른 특정한 부분이 나타난다. 에너지 준위 변화의 유형과 그에 상응하는 파장영역은 다음의 그림과 같다 (Figure 1).

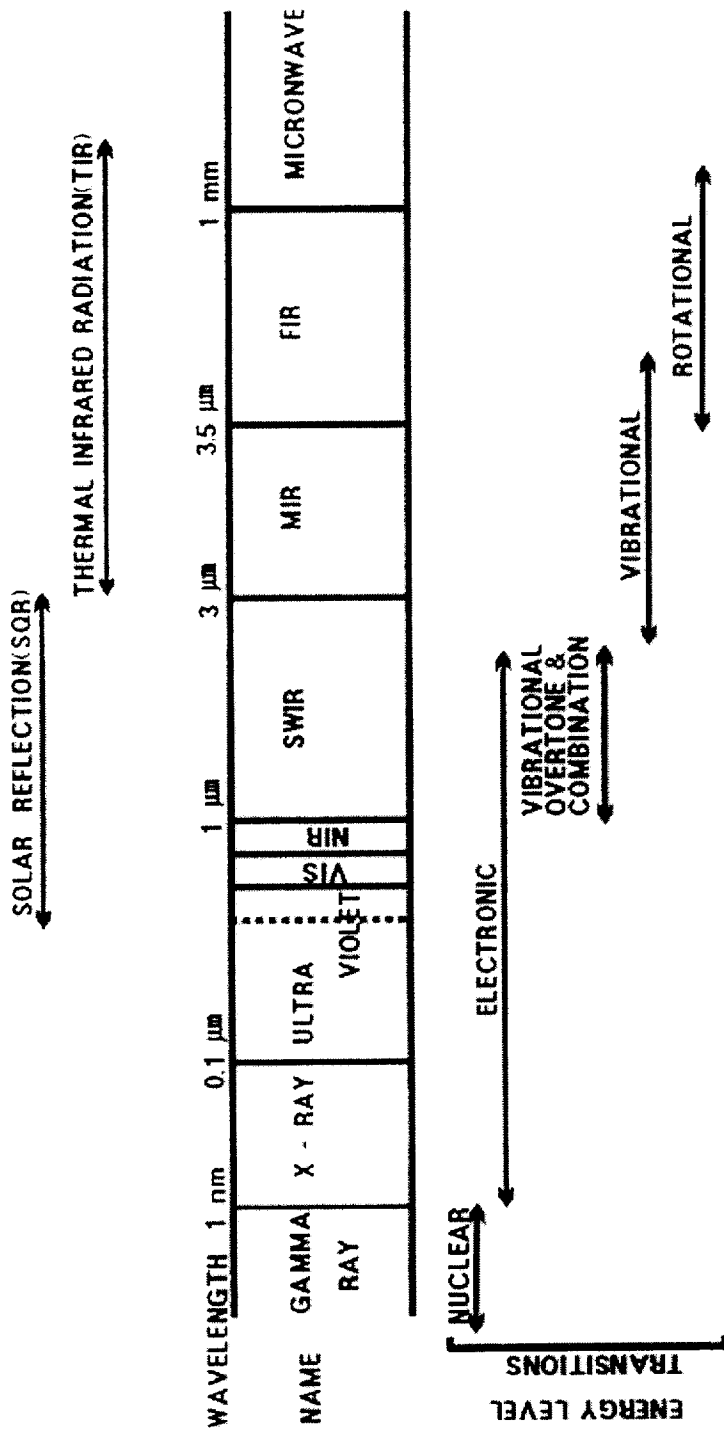


Figure 1. Types of energy level changes associated with different parts of the EM spectrum.

병진에너지는 분자내의 원자상호간의 상대위치 관계는 바뀌지 않으나, 평행한 방향성을 가지면서 이루어지는 운동하는 에너지이며, 회전에너지는 분자내의 원자가 축으로부터 거리를 바꾸지 않고, 동시에 축방향의 이동을 수반하지 않으며 운동하는 에너지이다. 진동에너지는 고정된 위치에서 다른 원자와의 원자 운동을 포함하며 에너지 준위의 변화는 스펙트럼의 열적외선(중간적외선)과 단파적외선 영역에서 나타난다. 진동에너지의 중첩(overtone)과 결합(combination)은 단파적외선 영역에서의 전자기복사에 기인하며, 전자에너지는 핵주위 전자들의 배열 또는 결합 위치와 관련이 있다. 그러므로 전자에너지의 준위 변화는 큰 에너지량을 요구하며, 진동에너지 준위 변화를 가지는 전자들의 결합은 가시광선, 근적외선, 자외선, X-선 영역의 광자에 기인하나, 감마선 영역에서의 광자는 핵전이(방사능)와 관련된다.

감마선 파장은 가장 단파장으로 방사성물질(방사성동위원소를 포함하는 물질)로부터 발생하는데 이 물질은 불안정한 원자핵구조를 갖고, 그 구조가 저절로 붕괴되어 다른 구조로 바뀔 때 방사선을 방출하는 것이다. 또한 가속기 등으로 강한 에너지를 주어 강제로 방출시킬 때도 있다. 감마선의 특성은 투과력이 극히 크다는 것이다. X-선 파장은 감마선 파장 다음으로 파장이 짧고 원자핵에 강하게 속박된 내부전자와의 상호작용에 의한 에너지 변화에 의하여 발생한다. X-선 파장은 투과력이 높기도 하고 화학작용도 높다. 자외선파장은 광원의 자색광보다 단파장 쪽에 있으며 화학작용이 큰 것이 특징이다. 이 파장은 원자핵을 둘러싸고 있는 최외각전자와의 상호작용에 의한 에너지 변화에 의하여 발생한다. 가시광선은 인간의 눈 속에서 빛을

느끼는 물질과 상호작용에 의하여 발생한다. 적외선 파장은 단파장에서부터 근적외선 파장, 중적외선 파장, 원적외선 파장으로 나뉘어진다. 그 중에서 2.5-30 μm 의 영역이 산업에서 많이 이용되고 있다.

1.2. 원적외선

원적외선은 가시광선 파장영역보다 길고 마이크로파보다 짧은 4.0~5.6 μm 부터 1,000 μm 의 범위를 가지는 전자파로서, 다른 파와 마찬가지로 복사, 침투, 공명흡수효과를 가지고 있다.

물체에서는 에너지를 모두 외부로 방출하는 복사가 일어나는데, 이것을 열복사라고 한다. 열복사는 특정 파장대의 전자파를 정량화하기 위해서 흡수율이 1이고 반사율이 0인 가상적인 물질인 흑체(black body) 대비된 값으로 나타낸다. 원적외선은 물체 표면에서 내부로 갈수록 서서히 물체로 흡수되고 내부에 도달했을 때 활성화된다. 전자파의 강도 및 물체 종류에 따라 서로 다른 흡수력을 보이게 되며, 발생하는 전자파의 세기나 물체의 물리적 특성에 따라 의존한다. 원적외선의 특성 중 가장 중요한 분광학적 특성은 공명흡수효과로, 그 물질을 구성하는 성분의 배열상태, 결합상태, 성분을 형성하는 양이온 또는 음이온의 종류에 따라 특유의 진동과 회전주파수(진동수)를 가지는 진동운동을 한다. 이 진동수는 분자의 종류나 결합상태에 따라 달라지며 같은 진동수의 원적외선을 방사하면 원자 및

분자에 흡수되어 공명 현상을 일으킨다. 이것을 공진운동이라 하며 공진운동이 일어나면 분자내의 에너지가 발생되고 일부는 활성화 에너지로 변해 그 물질을 활성화시키게 된다. 원적외선의 효과는 활성화 에너지로 볼 수 있다 (고상모, 1996).

따라서 천연광물 및 암석이 원적외선의 방사율과 방사에너지에서 차이를 보이는 것은 원료를 구성하는 물질의 성분이 다르기 때문이며 전자 에너지 준위가 결정의 성분 및 구조에서 차이를 보이기 때문이다. 즉 분자운동이 각 물질마다 다르기 때문에 다른 원적외선 방사 특성을 나타낸다. 또한 물리적 성질에 따라 다른 방사특성을 보이는데 이는 천연광물 및 암석의 표면형태(surface morphology)에 크게 좌우되며 예로서 표면의 굴곡상태와 공극율에 따라 방사특성이 다르다. 굴곡상태가 거칠수록, 공극율이 클수록 FIR 방사가 높아진다 (고상모, 1996).

2. 자기적 특성

광물들은 여러 종류의 원자로 구성되어 있고 이들 모든 원자들은 외부자장을 받으면 자성을 띠게된다. 광물들은 자기장(磁氣場)에 대한 반응에 따라 강자성(強磁性, ferromagnetic), 상자성(常磁性, paramagnetic) 및 반자성(反磁性, diamagnetic)으로 구분된다. 반자성은 전자의 공전운동에 기인하는 것으로써 모든 원자들의 공통적인 성질이며, 강자성과 상자성은

전자의 자전운동에 의하여 야기되므로 우선 원자나 이온이 자성을 갖기 위해서는 충만되지 못한 전자각이 존재하여야만 한다. 자성이온으로서 조암광물의 구성성분으로 중요한 것은 3d orbital이 다 채워지지 않은 철족 전이원소 이온들으로써 Fe^{3+} , Fe^{2+} 및 Mn^{2+} 가 주된 역할을 담당하고 있다.

광물의 자성은 원자나 이온을 구성하고 있는 전자에 기인하며, 핵 주위에서 운동하고 있는 전자들은 하나의 파동으로 움직이는 전류이며, 이 전류가 자기장을 형성한다. 광물의 결정은 외부적인 자기장에 의해서 원자들의 자기장이 일정한 방향으로 배열되면서 자기운동이 일어난다 (閔庚德 외, 1987).

2.1. 핵자기 공명 분광 (NMR : Nuclear Magnetic Resonance)

핵자기 공명 분광에 대한 이론적인 기초는 1924년 W. Pauli에 의해 제안되었고 특정 원자핵은 스핀의 성질과 자기 모멘트를 가질 수 있으며, 자기장에 노출될 경우 에너지 준위에 따라 분리된다고 하였다 (Skoog et al., 1999).

핵자기 공명 분광은 원자핵이 자기장 속에 놓이면 핵의 고유한 양자적 성질에 따라 4 ~ 900MHz인 라디오 주파수의 전자기파를 흡수하거나 내어놓게 되는데, 이런 원리를 이용하여 분자의 구조나 운동성을 연구할 수 있다. 전자기파의 흡수가 일어나기 위해 필요한 핵의 에너지 상태를 유발시키기

위해서는 시료를 센 자기장에 놓아야 한다.

원자핵은 에너지를 흡수하여 평형상태로부터 반평형상태로 전이할 수 있다. 분자에는 결합팔 사이의 진동과 마이크론 브라운운동이 존재하고, 분자의 에너지는 원자핵이 흡수한 에너지에 비교하면 월등하게 크다. 원자핵이 흡수한 에너지는 분자의 에너지로 흡수되고, 다시 원래의 에너지상태로 돌아간다. 이것을 에너지의 완화라고 부른다. 결합팔 사이의 진동이나 마이크론 브라운운동을 분자로 정의하므로, 스핀격자완화(T1)라고 부르게 된다. 이 완화현상은 시간의 단위로 나타내는 물리적인 수치이지만 분자의 상태에 따라 달라진다. 분자운동이 활발하면 T1이 길어지고 운동이 느리면 T1이 짧아진다. 핵자기 공명 신호로서는 T1이 길면 선폭이 좁아지고, 거꾸로 T1 짧으며 선폭이 넓게 표현된다 (한국원적외선협회, 2000).

2.2. 감응자기력(magnetic susceptibility)

감응자기력(K)은 광물이 자화될 수 있는 정도를 나타내는 기준으로 자화 강도(I)에 대한 외부 자기장 강도(H)의 비로 나타낼 수 있다 ($K = I/H$). 감응자기력은 진공상태에서는 0이며, 강자성을 띤 결정은 1보다 크다. 상자성의 감응자기력은 정(正)의 수치로 나타나서 강한 자기장에 대한 반응인 반면, 반자성의 감응자기력은 부(負)의 값을 가지며 외부 자기장에 대하여 반대 방향의 유도자기가 발생한다 (閔庚德 외, 1987).

3. 재료광물

이번 연구에서 사용된 재료는 약용으로 사용되는 광물 중 물리적인 에너지로 이용하거나 예측되는 광물을 선택하였으며, 옥 광물 4종, 철(수)산화광물 3종, 점토광물 4종으로 나눌 수 있다.

3.1. 옥 광물

일반적으로 옥(jade)은 각섬석군 광물의 경도와 비중이 낮은 양기석이나 투각섬석으로 구성된 연옥과 각섬석군 광물보다 높은 경도와 비중을 갖는 휘석군의 경옥으로 구분되며, 넓은 의미에서는 사문석군에 속하는 한국옥(korea jade)이 포함되기도 한다 (박맹언·강정미, 1995). “jade”의 어원은 스페인이 중남미를 정복했을 때 그들이 신장병을 예방하거나, 치료해 주는 허리의 돌(hip stone)이라는 의미로 부른 Piedra de ijade에서 유래되었으며, 그 후 유럽을 통해 전세계로 전파되었다.

경옥(硬玉 : Jadeite)은 휘석의 일종으로 $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ 의 규산염 화합물이다. 경옥의 광물학적 성질로는 비중 3.3~3.5, 경도 6.5, 백색 내지는 녹색의 단사정계 광물이며, 광선굴절은 중굴절(重屈折)로서 굴절율은 1.66~1.68이며 색은 백색과 녹색이다. 경옥은 흔히 섬유상 결정의 집합체로 생성되며, 변성암이나 염기성암의 맥에서 산출된다. 연옥(軟玉 : Nephrite)은 각섬석의

일종으로 성분은 마그네슘(Mg), 철(Fe), 칼슘(Ca)의 규산화합물로, 결정은 육방정계에 속하며 백색, 초록색, 암록색의 것이 있다. 유리광택을 가지며 주로 양기석과 투각섬석으로 구성된다. 경도는 6~6.5, 비중은 2.9~3.1, 광선굴절은 중굴절로서 그 굴절율은 1.606~1.632이다. 투각섬석(tremolite)의 어원은 스위스의 지명인 Tremola에서 유래되었으며, $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 의 화학조성을 갖는다. 비중 3.02~3.08, 경도 5~6, 무색 내지 회색의 단사정계 광물로서 칼슘(Ca) 각섬석류에 속하며 흔히 긴 주상 또는 섬유상 결정의 집합체로 생성된다. 석영을 포함하는 불순한 돌로마이트질 석회암이나 저온의 광역 또는 접촉 변성작용을 받을 때 방해석과 공존하게 된다. 양기석(actinolite)의 어원은 결정이 방사상으로 모여서 산출되므로 광선이라는 뜻의 그리스어인 aktis에서 이름이 유래되었으며, $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ 의 화학조성을 갖는다. 비중 3.02~3.44, 경도 5~6으로 백색 내지는 녹색을 띠며 단사정계 광물로서 칼슘(Ca) 각섬석류에 속하며 마그네슘(Mg)이나 2가철(Fe^{2+})과는 거의 완전하게 연속 치환한다. 광학적 성질은 마그네슘(Mg)/2가철(Fe^{2+})에 의해 광범위하게 변화한다.

양기석은 전통적인 광물생약으로 약성은 맛이 짜고, 성질이 따뜻하며 독이 없다. 붕중루하(崩中漏下), 자장중혈(子臟中血), 징가결기(癥瘕結氣), 한열복통(寒熱腹痛), 음위불기(陰痿不起)를 다스리고 남자경두(男子莖頭)가 찬 것과 음부습양(陰部濕瘍)을 다스리며 취한(臭汗)을 제거하고 수종(水腫)을 다스리는데 이용하며, 법제하여 오정환(五情丸), 굴피전원(橘皮煎元), 용주환(龍朱丸) 등에 쓰인다 (허 준, 1613).

사문석옥(한국옥)은 경도 3-4, 비중 2.5-2.6으로 녹색이고 투명 혹은 반투명이며 지방 광택을 띠는 사문석군(serpentine)의 앤티고라이트(antigorite)를 옥에 포함시키고 있다. 앤티고라이트는 단사정계 광물로 $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ 의 화학성분을 갖는다. 우리나라에서는 오래 전부터 사문석 옥을 조선비취(朝鮮翡翠) 또는 한국비취(韓國翡翠)라고 칭하였으며, 영어명은 korea jade이다 (Kim et al., 1996).

2. 철(수)산화광물

한 가지 또는 그 이상의 종류의 금속이 산소와 결합한 화합물이 산화광물이고 수산기(OH)와 결합한 화합물이 수산화광물이다. 지각의 약 50%가 산소로 구성되어 있으며, 약 17%가 산화광물(이중 12%가 SiO_2 광물, 4%가 산화철 및 수산화철)로 구성되어 있다.

대자석의 광물명은 적철석(Hematite)으로 어원은 붉은 색 때문에 그리스어 aima(피)에서 유래되었다. 대자석은 산화광물로서 비중은 5.2-5.3, 경도는 6.5이며, 강철회색-철회색의 금속광택으로 열수 및 스카른광상, 퇴적광상 등에서 산출되며, 잔류형 철광상에서도 갈철석과 함께 주성분으로 산출된다. 약성은 맛이 쓰고, 성질이 차며 독이 없다. 간(肝), 위(胃), 심(心) 등에 작용한다. 기를 내리고 피의 열을 없애고 지혈작용을 한다. 법제하여 자원(紫圓), 선복화대자석탕(旋覆花代石湯), 선철의화(先哲 哲 話), 자상환

(紫霜丸) 등에 사용된다 (허준, 1613).

자석의 광물명은 자철석(magnetite)이며 어원은 마케도니아의 Magnesia라는 지명에서 유래되었다. 자석은 산화광물로서 비중 5.2, 경도 5.5인, 등축정계광물로 흑색이나 금속광택을 띠며 마그마광상, 변성광상, 열수광상, 퇴적광상에서 산출된다. 전통적인 광물생약으로, 자석은 정신을 안정하게 하고 마음을 진정시키며 경풍을 멈추고 바람을 제거하는 안신진경약이다. 약성은 성질이 차고, 맛은 맵고 독이 없다. 간(肝), 심(心), 신(身) 등에 작용하며, 법제하여 가미자주환(加味磁朱丸), 자석양신환(磁石羊腎丸), 자설단(紫雪丹) 등에 사용한다 (허준, 1613).

우여량(우량석)의 광물명은 갈철석(Limonite)이며 어원은 돌 안에 밀가루 같은 세분이 있어 여량(餘糧)이라 이름지었다. 갈철석은 야외에서 사용하는 용어로서 실제로 동정하기 어려운 암갈색의 비정질 수산화철 광물 집합체를 가리킨다. 여러 가지 철산화물의 혼합 광물로서 물리적 성질과 화학적 성질이 다양하다. 철이나 함철광물의 산화로 흔히 형성되지만, 소택이나 샘 또는 호수와 바다에서는 생물 기원의 침전물로서 형성되기도 한다. 약성은 맛이 달고 성질은 평하며 대장(大腸), 위(胃) 등에 작용한다. 설사를 멈추고 지혈작용을 하며, 법제하여 가미고삼환(加味苦參丸) 등에 사용한다 (허준, 1613).

3. 점토광물

점토광물은 고효율의 원적외선 복사체로, 단열작용, 축열작용, 습도 조절기능, 탈취 및 흡착작용, 음이온 발생, 항균작용, 지장수 효과 등의 효능을 갖고 있다.

점토광물은 크게 2 종류로 구분되며, 1:1 형 고령토 계열과 2:1 형 몬모릴로나이트 계열로 구분된다. 황토는 주로 고령토와 몬모릴로나이트 계열의 광물과 철 산화광물로 구성되며 탈취, 흡착 및 습도조절 작용, 음이온 발생, 지장수 효과, 단열 및 축열작용의 효과가 알려져 있다. 황토는 복룡간이라고도 하며 맛이 맵고 성질이 온난하다. 오래 사용한 부뚜막의 소토나 애벌구이(유약을 칠하지 않은) 질그릇(연탄화독) 같은 것을 이용하여 지혈, 이뇨작용, 입덧에 의한 구토를 치료한다. 법제하여 소반하가복령탕, 황토탕(黃土湯) 등에 사용한다.

견운모(sericite)는 백운모와 같은 Si-Tetrahedron과 Al-Octahedron이 2:1 비율로 반복 교호하는 층상구조를 가지는 층상규산염광물 (Sheet silicate mineral)이며 화학식은 $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$ 이며 이론적인 백운모의 화학성분비인 SiO_2 45.2%, Al_2O_3 38.5% 및 H_2O 4.5%의 함량비와 유사하나 화학성분비는 오히려 백운모보다 SiO_2 , MgO 와 H_2O 함량비가 약간 높고 K_2O 의 함량비가 약간 낮은 일라이트(illite)의 화학성분과 거의 동일하다.

광물생약으로 사용되고 있는 백운모는 맛은 달고 성질이 고르며 독이 없다. 숨결이 약하고 기운이 없는 것을 치료하며, 오장(五腸)을 편하게 하고 정액을

보충하고 시력을 밝게 하며 이질을 멈추게 한다. 법제하여, 운모고(雲母膏)에 사용한다.

적석지(halloysite)는 1:1형 층상규산염광물로 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 의 화학식을 가지는 단사정계 광물이다. 비중은 2.0-2.2이고 경도는 1-2이다. 적석지는 흡착작용을 하므로 이것을 먹으면 소화기관 안에서 수은, 미생물의 독소, 음식의 이상발효산물 등 독성물질을 흡착할 수 있다. 그리고 위장점막의 염증부위를 덮어 보호작용을 할 수 있으며 위장출혈 때 지혈작용도 한다. 성질은 고르며 크게 덮고, 맛이 달며 독이 없다. 법제하여 자원(紫圓), 만전환(萬全丸), 자상환(紫霜丸), 용골산(龍骨散), 등에 사용한다 (허준, 1613).

백석지(kaolinite)는 1:1형의 층상규산염광물이며 화학식은 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 인 삼사정계 광물이다. 비중은 2-6, 경도는 2-2.5이며 열수나 표성광상에서 산출된다. 맛은 달고, 성질이 고르다. 황달, 설사, 장벽농혈(腸 膿血), 사기옹종(邪氣癰腫) 등을 치료한다. 내복 및 외용으로 사용한다.

음기석(vermiculite)은 $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 의 단사정계 광물로 비중은 2.4, 경도는 1.5인 몬모릴로나이트군의 2:1 층상규산염광물이다. 성질은 손으로 만지면 매끈매끈하고 냄새가 약간 있고 이에 씹히고 진흙 냄새가 난다. 음기를 일으키고 양기를 도우며 자궁을 온난하게 한다. 자궁의 한냉, 불임증, 백대백음(白帶白淫), 임리부지(淋裡不止)에 사용한다.

IV. 연구 방법 및 결과

1. X-선 형광분석(XRF)

각 시료에 대한 주성분 분석은 X-선 형광분석기를 이용하여 실시하였다 (부경대학교 공동실험실습관의 SHIMADZU XRF-1700). 분석조건은 전압 40kV, 전류 95mA에서 수행하였다.

분석결과 Si의 함량은 점토 광물인 백석지, 적석지의 순서로 가장 많았으며, 그 다음으로 철산화광물인 우여량이 Si 함량이 많았다. 옥 광물은 44~47%의 비슷한 함량을 가지나 철(수)산화광물 중 산화광물인 대자석, 자석은 수산화 광물은 우여량에 비하여 아주 낮은 Si 함량을 보인다. 점토광물 중 1:1형인 백석지와 적석지는 60% 정도의 높은 Si 함량을 보이나 2:1형인 견운모와 음기석은 44~45%의 낮은 함량을 보인다. 몸에 유익한 원소인 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)은 투각섬석, 양기석, 앤티고라이트에서 높은 값을 보이는데, 칼슘은 투각섬석, 양기석, 앤티고라이트의 순으로 낮아지며, 마그네슘은 앤티고라이트가 가장 많으며, 음기석, 투각섬석, 양기석의 순으로 낮아진다. 철(Fe)의 함량은 철산화광물인 자석이 가장 우세하며, 그 다음으로 대자석의 순서이다. 알루미늄(Al)은 점토광물이 가장 우세하며 그 중에서 백석지, 적석지, 견운모, 음기석의 순서로 낮아진다. 소듐(Na)은 경옥이 가장 높으며 그 외는 존재하지 않거나, 극히 미량으로 존재한다 (Table 2).

옥 광물은 Mg의 함량이 높고 Fe와 Ca의 함량은 낮다. 경옥은 Mg와 Fe의 함량이 47.02%(Mg/ΣMg+Fe+Ca)과 45.96%(Fe/ΣMg+Fe+Ca)이고 Ca의 함량은 7.02%(Ca/ΣMg+Fe+Ca)로 가장 낮다. 투각섬석은 Mg의 함량이 44.52%, Ca의 함량은 41.15%이며 Fe의 함량은 14.33%으로 낮다. 양기석은 Mg의 함량이 40.54%, Ca의 함량이 44.16%이며 Fe의 함량은 14.22%로 낮다. 앤티고 라이트는 Mg의 함량이 78.31%로 가장 높으며 Ca의 함량은 17.42%로 낮으며 Fe의 함량은 4.27%으로 가장 낮다. 철(수)산화광물은 Al의 함량이 낮다. 대자석과 자석은 Fe의 함량이 높고, 우여량은 Si의 함량이 높다. 대자석은 Fe의 함량이 79.53%(Fe/ΣSi+Fe+Al)로 높으나 Si의 함량은 17.20% (Si/ΣSi+Fe+Al), Al의 함량은 3.28%(Al/ΣSi+Fe+Al)로 낮다. 자석은 Fe의 함량이 80.53%로 가장 높으나 Si의 함량은 17.88%로 낮고 Al의 함량도 1.80%으로 가장 낮다. 우여량은 Si의 함량이 67.72%으로 가장 높으나 Fe의 함량은 12.92%, Al의 함량은 19.36%로 낮다. 점토광물은 Si의 함량이 높고 Al의 함량이 낮으며 Fe의 함량이 아주 낮다. 견운모는 Si의 함량이 62.35%(Si/ΣSi+Fe+Al)로 높으며 Fe의 함량은 2.07%(Fe/ΣSi+Fe+Al)로 가장 낮고 Al의 함량은 35.59%(Al/ΣSi+Fe+Al)로 낮다. 적석지는 Si의 함량이 64.26%로 높으며 Fe의 함량은 3.00%, Al의 함량은 32.74로 낮다. 백석지는 Si의 함량이 62.69%이며 Fe의 함량은 2.07%, Al의 함량은 35.24%이다. 음기석은 Si의 함량이 72.18%, Fe의 함량이 8.17%로 가장 높으나 Al의 함량은 19.65%로 가장 낮다 (Figure. 2).

Table 2. Compositional data for jade minerals, Fe oxide minerals and clay minerals.

sample No.	Jade minerals			Fe -oxide minerals			Clay minerals		
	J-1	T-1	Ac-1	An-1	DJS-1	JS-1	WYR-1	S-1	H-1 K-1 V-1
Si	45.6760	44.6381	46.1064	46.9861	16.8658	17.6044	57.7555	44.9060	59.6937 60.4371 44.4702
Ca	1.0786	23.2438	23.1155	9.1191	0.3895	0.4339	n.d.	0.8836	0.7845 1.4173 1.5051
Mg	7.2204	25.1519	21.2192	40.9951	n.d.	n.d.	2.4424	1.3703	0.3475 n.d. 28.4612
Fe	7.0566	8.0953	8.0095	2.2369	78.0068	78.9922	11.0168	1.4874	2.7880 1.9966 5.0330
W	0.3871	0.8615	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d. n.d. n.d.
Al	11.4753	0.5455	1.1146	0.5399	3.2160	1.7666	16.5099	25.6301	30.4129 33.9680 12.1092
Ni	0.1459	0.4519	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1424 0.1861
Mn	n.d.	0.3588	0.2170	n.d.	0.2225	0.0675	0.1000	n.d.	n.d. 0.0496
K	0.1468	0.2123	0.2179	n.d.	0.8752	0.6800	10.6937	21.9879	5.3039 1.1620 6.6348
Cr	12.9683	0.1573	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.0334	n.d. n.d. 0.8916
Co	n.d.	0.1437	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d. n.d. n.d.
Cu	n.d.	0.1397	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.3432 n.d. n.d.
Na	13.8450	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1952	n.d. 0.2184 n.d.
P	n.d.	n.d.	n.d.	0.1229	0.2082	0.2793	0.1222	0.2382	n.d. n.d. n.d.
Ti	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.1375	0.1111	1.2031	1.0996	0.6695 0.2116 0.6116
Zr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.0785	0.0650	0.0718	0.0640	n.d. n.d. n.d.
Rb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.0845	0.1043	n.d. n.d. 0.0371
Sr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d. 0.1034 0.0105

n.d. : not detected.

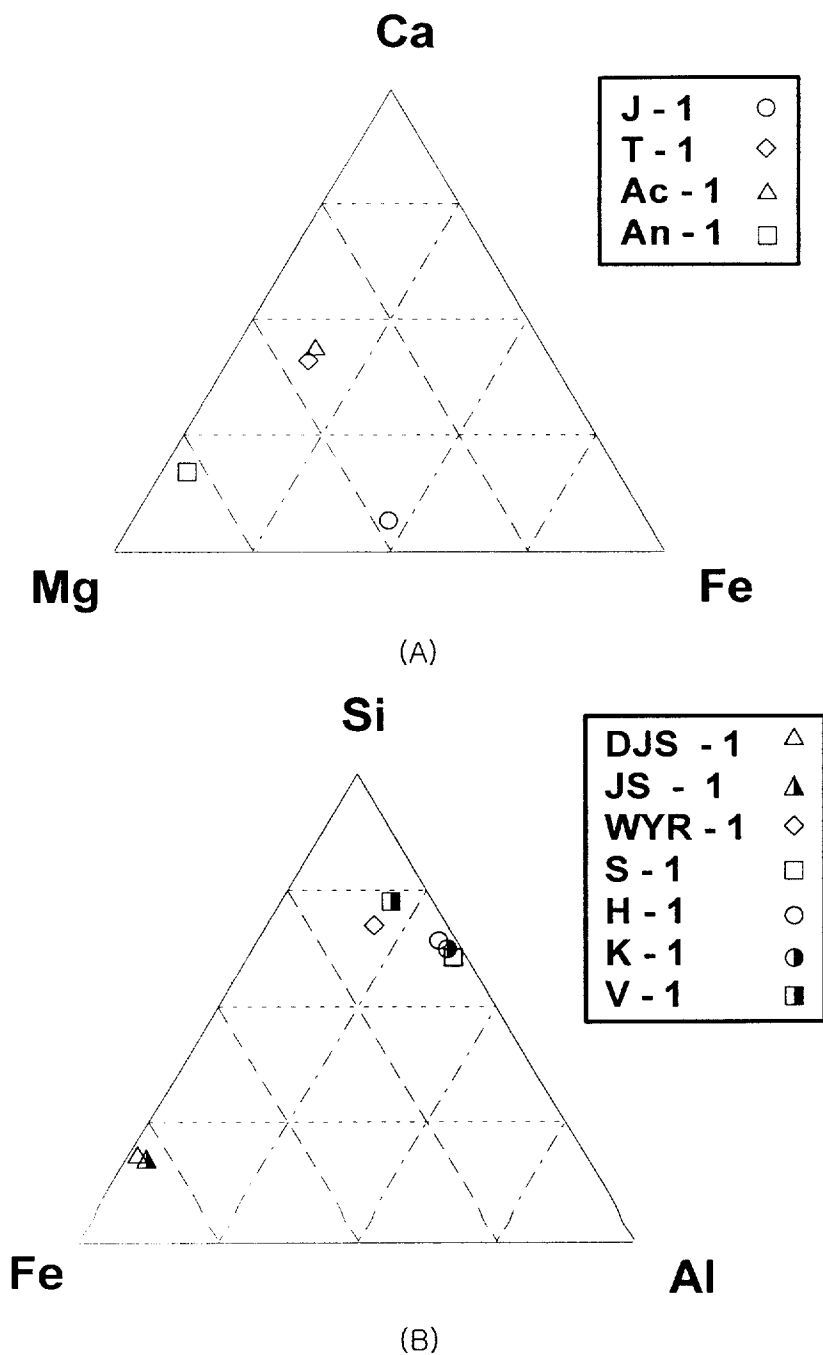


Figure 2. Ternary diagram illustrating the measured content of major elements. (A) jade minerals, (B) Fe-oxide minerals and clay minerals.

2. X-선 회절분석(XRD)

시료들을 아게이트 몰타르(agate mortar)에서 200 mesh 크기로 분쇄한 후 PHILIPS사의 X'Pert-MPD System과 RIGAKU사의 D/MAX-2000(부경대학교 공동실험실습관)을 이용하여 분석조건은 전압 40kV, 전류 30mA, Anode Cu K α 에서 분석하였다.

X-선 회절분석(XRD) 결과 경옥은 2.83 Å, 2.92 Å, 2.49 Å에서 주 피크가 나타나며 결정도가 높다. 투각섬석은 2.70 Å, 2.52 Å, 3.12 Å에서 주 피크가 나타나며, 결정도가 높다. 양기석은 8.34 Å, 3.12 Å, 2.70 Å에서 주 피크가 나타나며, 높은 결정도를 나타낸다. 앤티고라이트는 7.24 Å, 3.62 Å, 2.52 Å에서 주 피크가 나타나며, 소량의 방해석(calcite)을 함유하나 높은 결정도를 나타낸다 (Figure 3). 대자석은 적철석(Hematite)과 소량의 석영(quartz)으로 구성되어있으며 주 피크는 2.70 Å, 2.52 Å, 1.84 Å에서 나타난다. 자석은 자철석(magnetite)과 적철석 그리고 석영으로 구성되어있으며, 자철석의 주 피크는 2.51 Å, 2.69 Å, 2.96 Å에서 나타난다. 우여량은 갈철광을 구성하는 광물인 레피도크로사이트(lepidocrocite)와 다량의 석영으로 구성되어있으며 레피도크로사이트의 주 피크는 3.34 Å, 2.45 Å, 2.56 Å에서 나타난다 (Figure 4). 견운모는 소량의 백운모(muscovite)를 포함하며 주 피크는 3.32 Å, 4.98 Å, 1.99 Å에서 나타난다. 적석지는 할로이사이트와 카올리나이트 그리고 소량의 석영을 포함하며 주 피크는 4.45 Å, 2.56 Å, 1.66 Å에서 나타난다. 백석지는 카올리나이트와 소량의 할로이사이트를 포함하며 7.12 Å, 3.51 Å, 2.49 Å에서 주 피크

가 나타난다. 음기석은 버미큘라이트와 소량의 카올리나이트 그리고 소량의 할로이사이트를 포함하며 주 피크는 $3.53\text{ \AA}$, $2.89\text{ \AA}$, $2.08\text{ \AA}$ 에서 나타난다 (Figure 5).

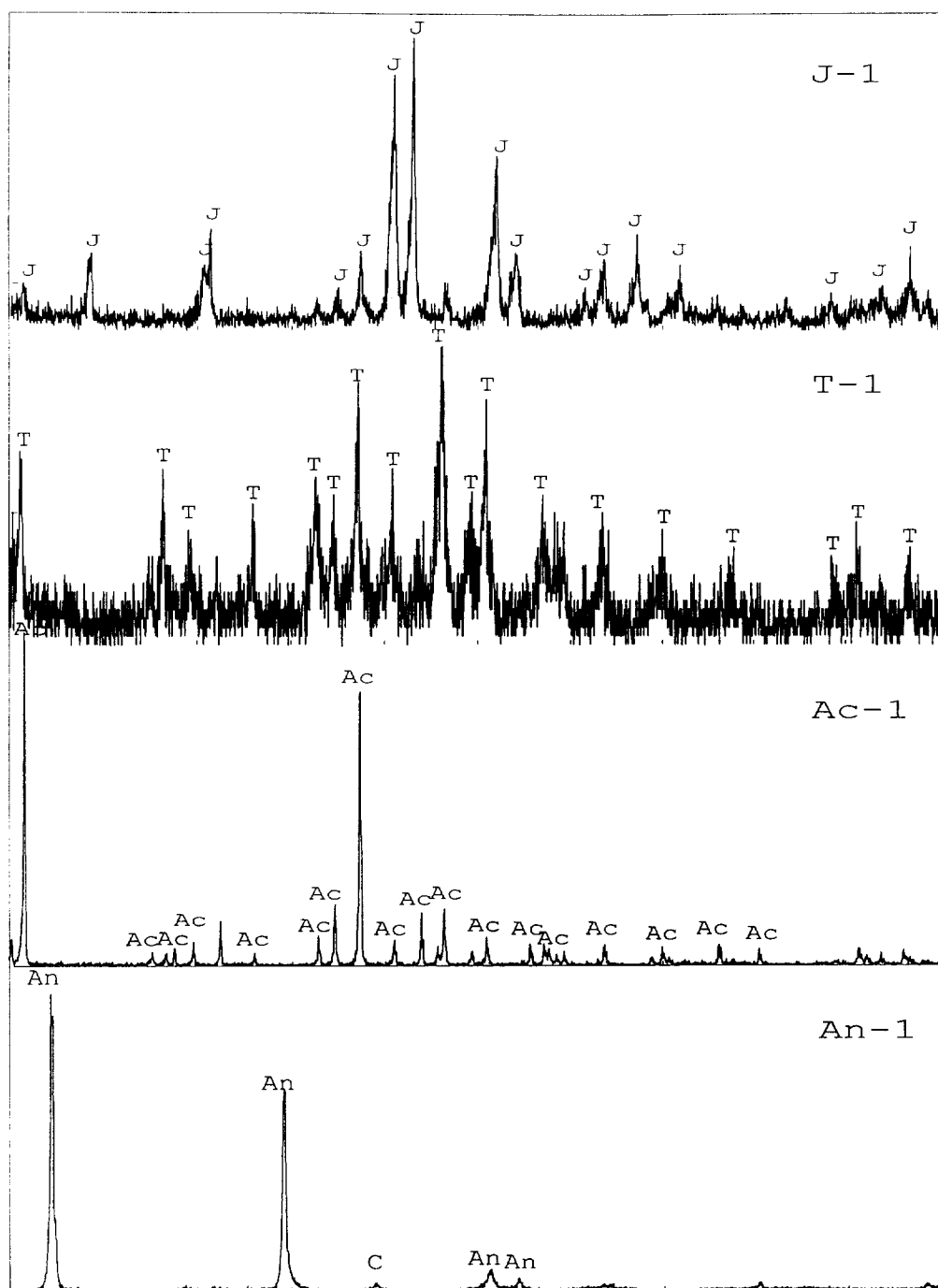


Figure 3. X-ray patterns of jade minerals. J-1 : jadeite, T-1 : tremolite, Ac-1 : actinolite, An-1 : antigorite (J : jadeite, T : tremolite, Ac : actinolite, An : antigorite).

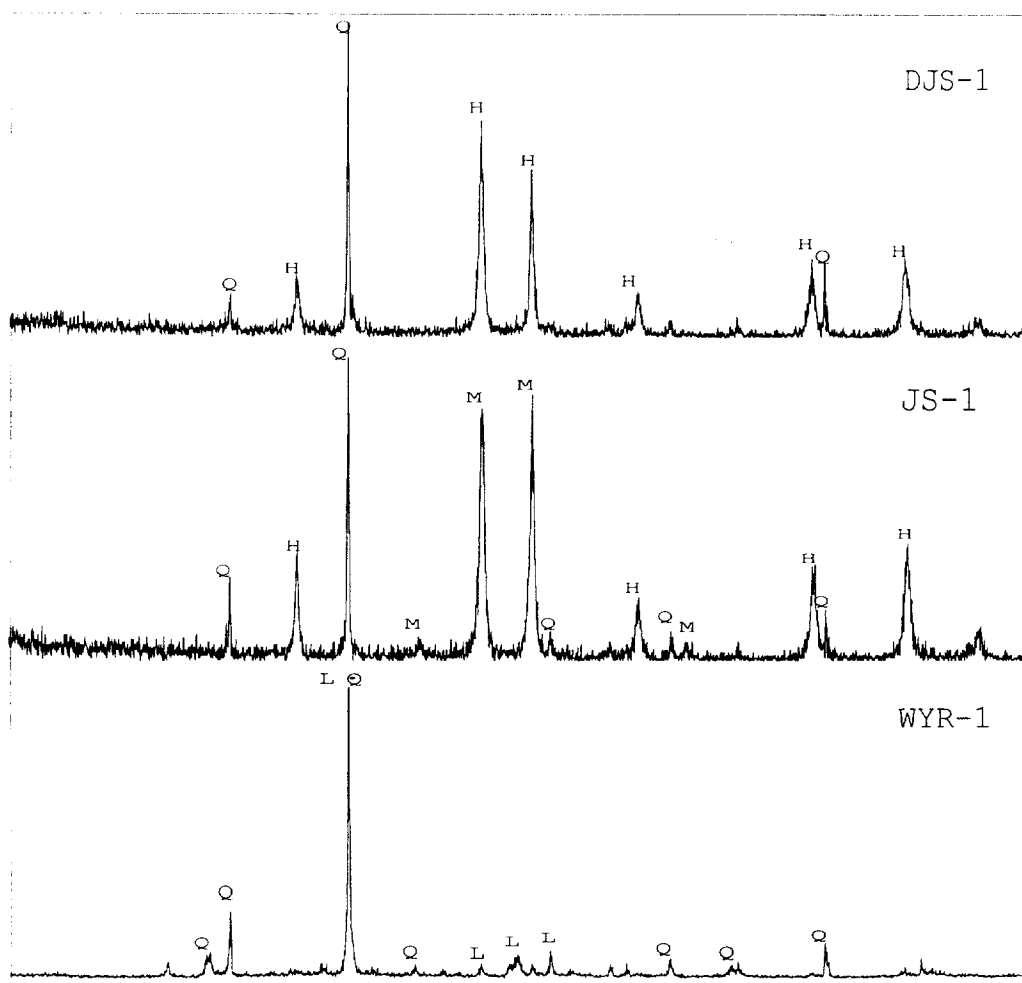


Figure 4. X-ray patterns of Fe oxide minerals. DJS-1 : dae ja seok, JS-1 : ja seok, WYR : woo yeo ryang (H : hematite, M : magnetite, L : lepidocrocite, Q : quartz).

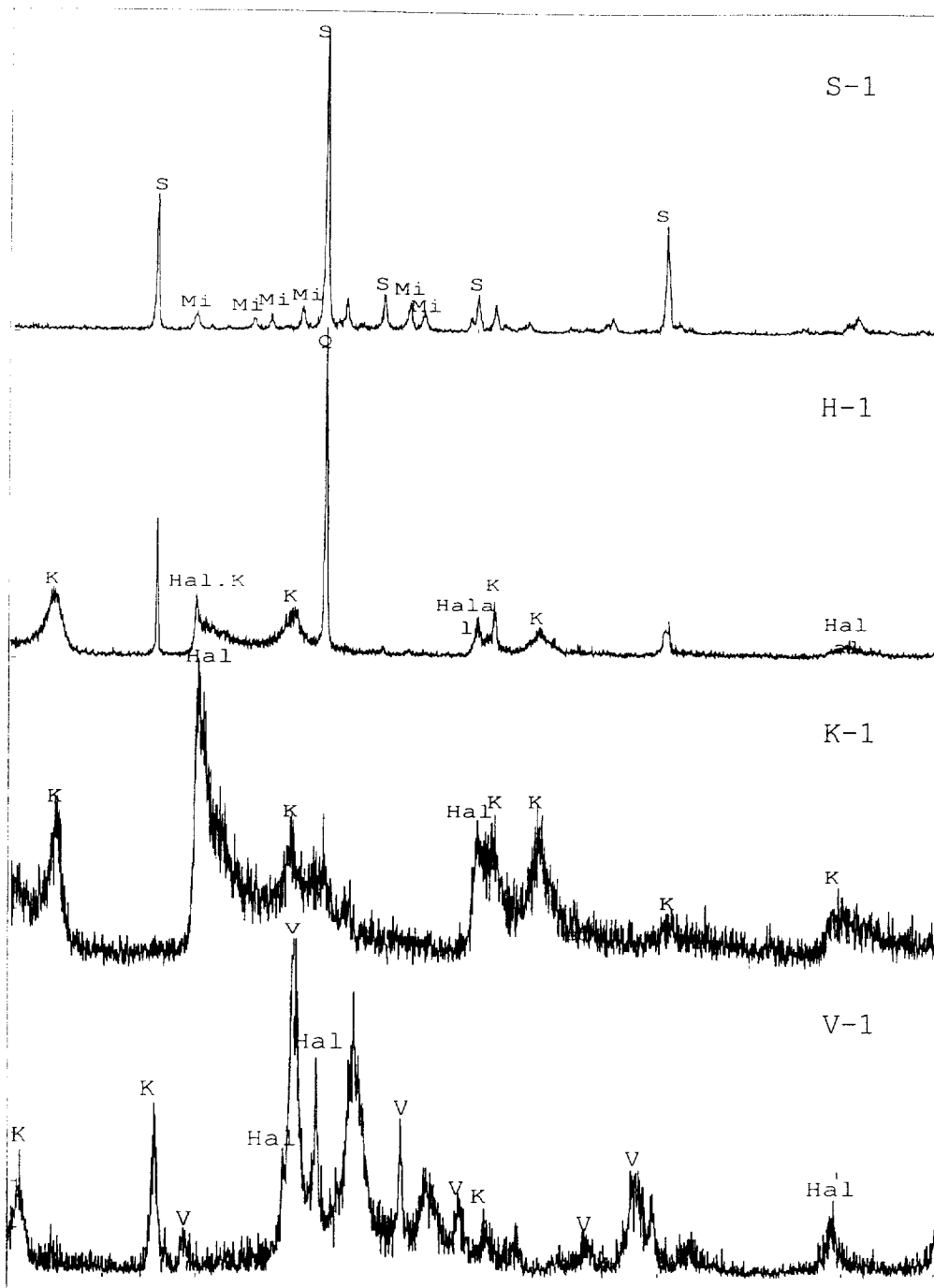


Figure 5. X-ray diffraction patterns of clay minerals. S-1 : sericite, H-1 : halloysite, K-1 : kaolinite, V-1 : vermiculite (S : sericite, Hal : halloysite, K : kaolinite, V : vermiculite, Mi : mica).

3. 주사전자현미경(SEM)

시료들을 정도로 분쇄하여 초음파세척기로 세척 후 HITACHI model S-2400을 이용하여 분석하였다.

분석결과 제이다이트는 판상을 나타내며, 균질하고 벽개면이 발달하였다. 투각섬석은 침상의 균질을 보인다. 벽개면이 발달하였고 결정도는 높으며 직경은 1-2 μ m의 크기이다. 양기석은 침상의 균질한 조직을 보이며 결정도가 높다. 앤티고라이트는 판상의 균질한 구조를 보이고 벽개면이 발달되었으며 결정도가 높다 (Figure 6). 대자석은 엽상으로 치밀하게 얹혀있으며 입도가 균질하다. 자석은 엽상으로 치밀하게 얹혀있으며, 2 μ m 크기의 육각판상의 카올리나이트 불순물이 보인다. 우여량은 여러종류의 크기가 다른 광물의 집합으로 불균질하고 다공성이 나타난다 (Figure 7). 견운모는 판상이며 치밀하게 얹혀있으며 균질하다. 적석지는 책구조를 보이며 불균질하고 가운데에서 튜브 형태의 할로이사이트가 보인다. 백석지도 책구조를 보이며 풍화에 의해 괴상으로 나타나는 부분이 보인다. 음기석은 판상의 균질한 조직을 보인다 (Figure 8).

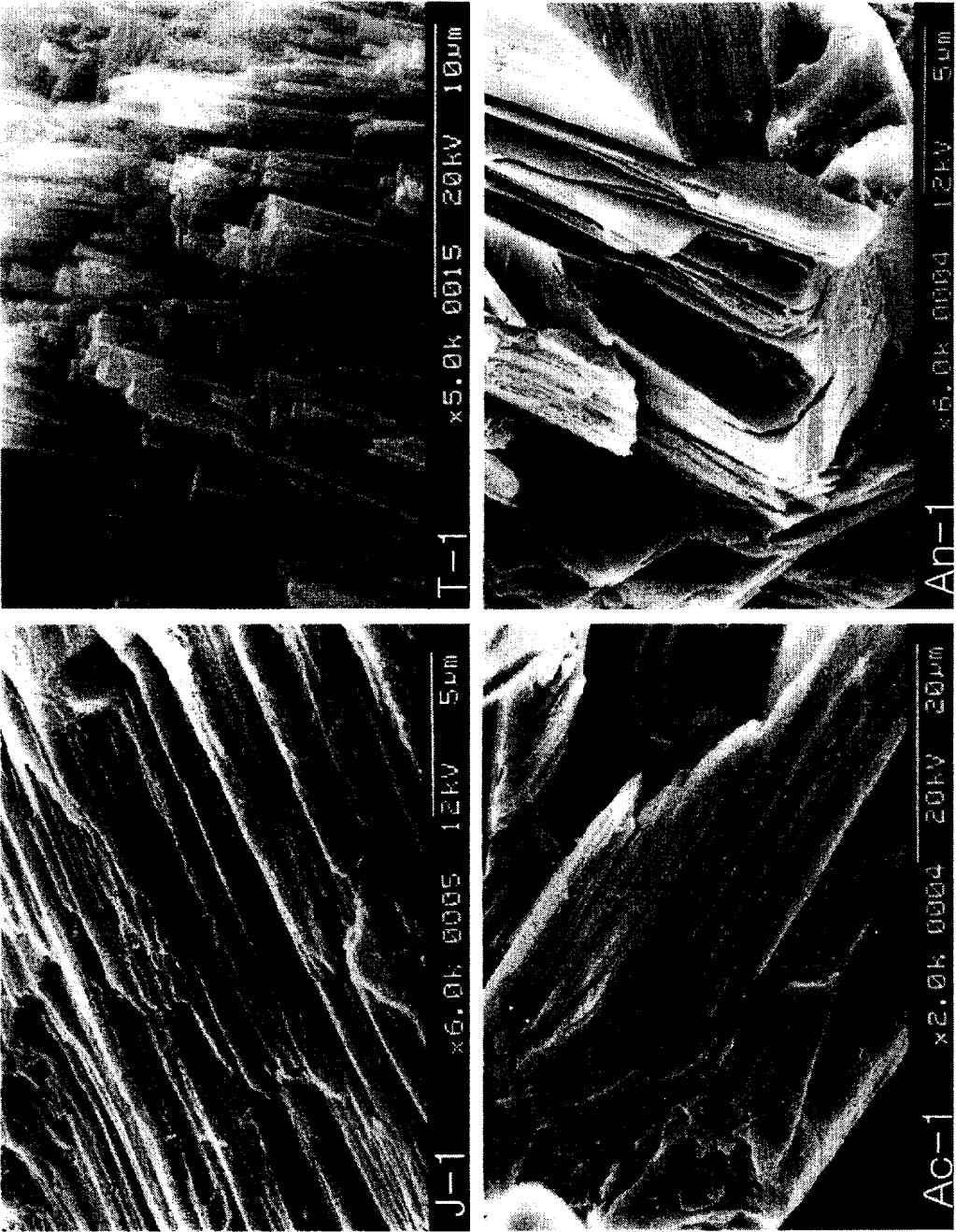


Figure 6. SEM photograph of "jade" minerals. J-1 : jadeite. T-1 : tremolite. Ac-1 : actinolite. An-1 : antigorite.



Figure 7. SEM of Fe oxide minerals. DJS-1 : dae ja seek, JS-1 : ja seek, WYR : woo yeo ryang.

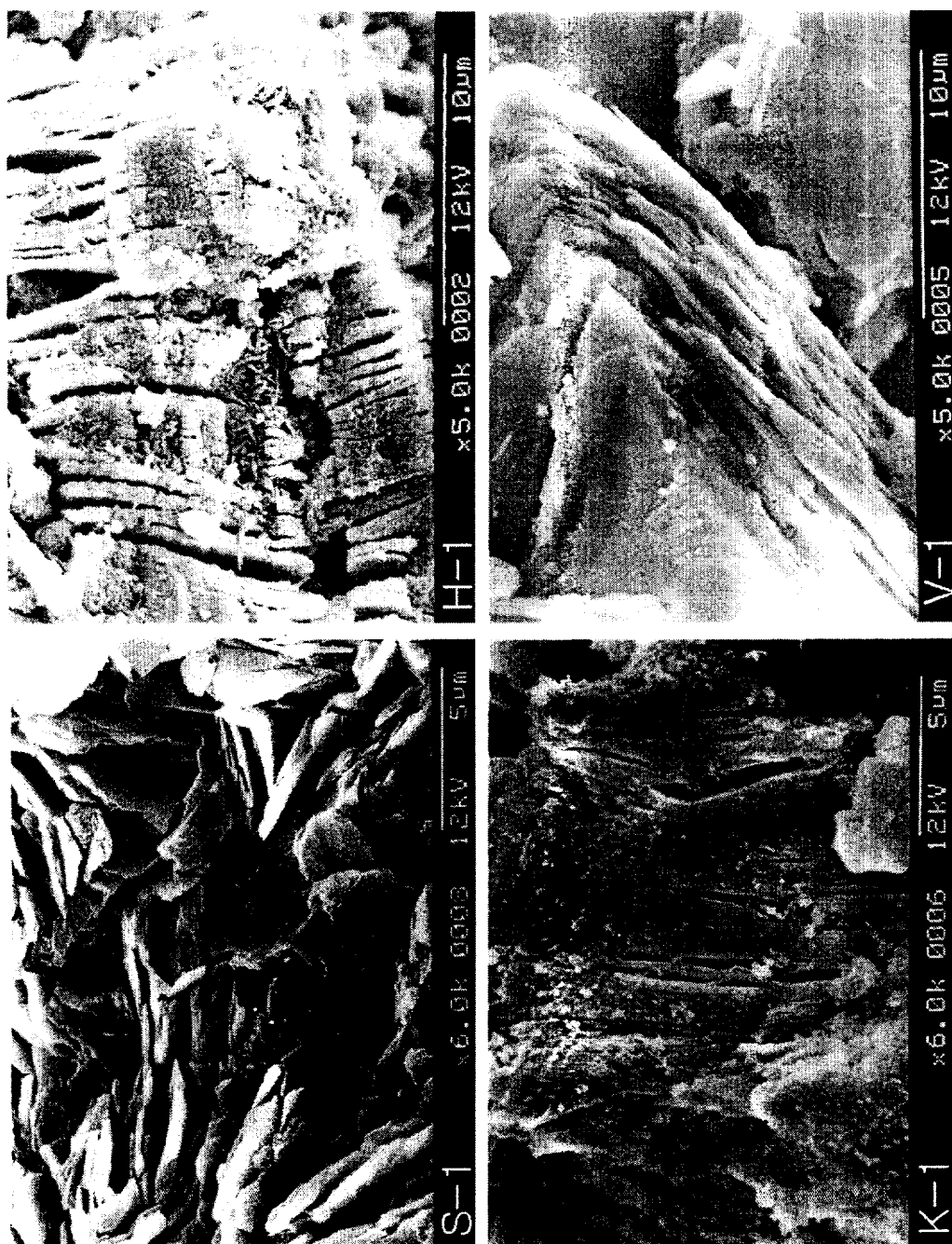


Figure 8. SEM photograph of clay minerals. S-1 : sericite, H-1 : kaolinie, V-1 : vermiculite.

4. 퓨리에 변환 적외선분석(FT-IR)

원적외선 방사율은 Bio-Rad Laboratories, Inc의 FTS-175C를 이용하여 충남대학교 공동실험실습관에서 약용으로 사용되는 경우를 감안해서 체온과 법제 및 약제 처리시의 온도를 고려한 40℃, 150℃의 조건에서 각각 측정하였다.

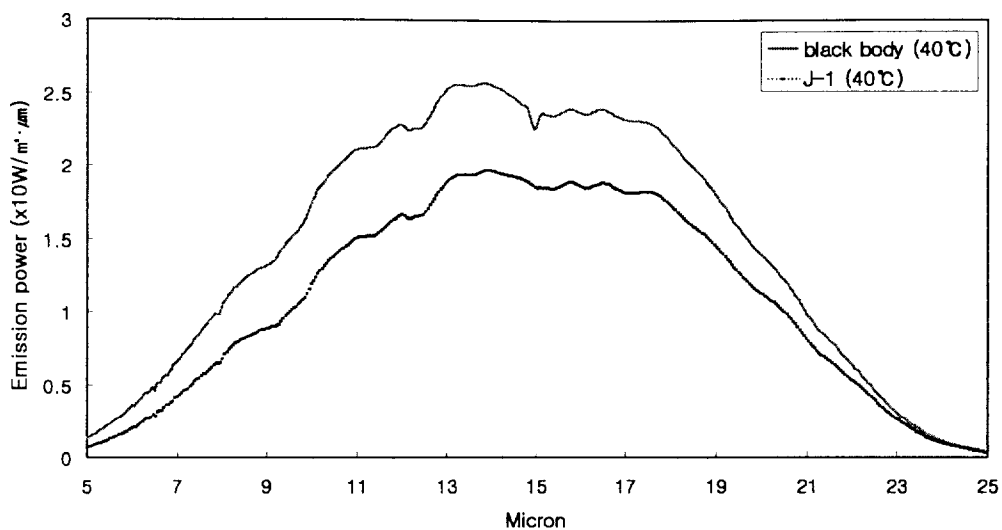
기준물질은 흑체로, 이상적으로 반사율이 0, 흡수율이 1로 설정한 가상의 물체이다. 실제로 흑체에 매우 가까운 물체를 만든다해도 실존의 물체와는 차이가 있게 된다. 물체에서 방출되는 열복사에 관해서는 흑체복사를 기준으로 해서 그에 대한 상대적인 값으로 양을 표현하는 것이 편리하므로 방사율이 널리 이용되고 있다.

분광방사에너지 곡선의 중심은 측정온도가 40℃에서 150℃로 상승할수록 주파수가 큰쪽, 즉 단파장으로 이동함을 볼 수 있고, 온도가 상승할수록 분광방사 에너지 밀도는 높아지는 반면 흡수율은 낮아진다 (Table 3).

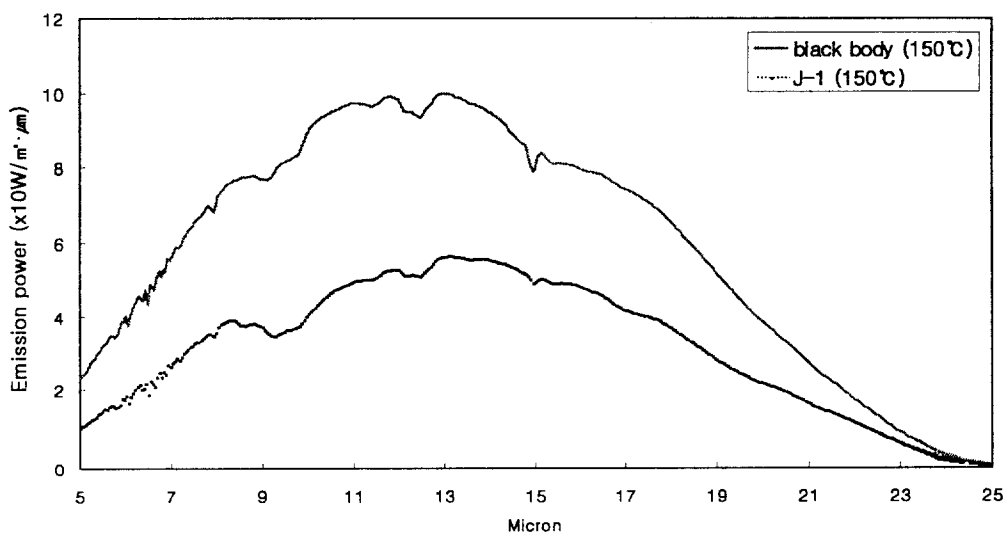
옥 광물에서는 40℃에서 투각섬석, 앤티고라이트, 경옥, 양기석의 순서로 방사에너지가 높으며 150℃에서는 앤티고라이트, 경옥, 투각섬석, 양기석의 순서를 나타낸다 (Figure 9, 10, 11, 12). Fe 산화광물에서는 40℃에서 자석, 우여량, 대자석의 순서이며 150℃에서는 자석, 대자석, 우여량의 순서로 방사에너지가 높다. 자석은 40℃와 150℃에서 둘 다 높은 방사에너지를 나타낸다 (Figure 13, 14, 15). 점토광물에서는 40℃에서 견운모, 백석지, 적석지, 음기석의 순서로 나타내며, 150℃에서는 백석지, 견운모, 적석지, 음기석의 순서로 방사에너지가 높다 (Figure 16, 17, 18, 19).

옥 광물은 40℃일 때의 방사패턴이 흑체의 방사패턴과 유사하며 150℃일 때의 방사패턴은 다양하다. 경옥이 40℃일 때 16.5-17.5 μm 에서 옥 광물 중에서 가장 큰 흡수를 보이며 150℃일 때 8.8 μm 에서 흑체에 비해 큰 흡수를 보인다. 투각성석은 40℃일 때 흑체와 유사한 방사패턴을 보이나 150℃에서는 8.8 μm , 10.0 μm , 11.5 μm 에서 흑체보다 큰 흡수를 보이며 16.0-17.3 μm 에서 가장 낮은 흡수, 17.8-20.2 μm 에서 가장 큰 흡수를 보인다. 양기석의 40℃일 때의 방사패턴과 40℃일 때의 투각성석의 방사패턴은 유사하다. 앤티고라이트는 40℃일 때 9.4-9.9 μm 에서 가장 큰 흡수를 보이며 14.5-16.5 μm 에서도 가장 큰 흡수를 보인다. 150℃일 때는 9.7 μm 에서 큰 흡수를 보이며 14.4-16.5 μm 에서 가장 큰 흡수, 17.4-20.0 μm 에서 가장 낮은 흡수를 보인다 (Figure 8, 9, 10, 11). 철(수)산화광물은 40℃일 때 흑체의 방사패턴과 유사하나, 150℃일 때 다양한 방사패턴을 보인다. 40℃일 때 대자석, 자석, 우여량의 방사패턴은 비슷하나 15.2-17.5 μm 에서 대자석-자석-우여량의 순으로 흡수가 감소한다. 8.8-10.1 μm 에서는 우여량이 다른 광물보다 흡수가 약간 크다. 150℃일 때 대자석과 자석의 방사패턴은 흑체의 것과 유사하나 8.6-11.5 μm 에서 우여량이 다른 광물에 비해 강한 흡수를 보이나 15.5-17.8 μm 에서는 다른 광물에 비해 약한 흡수를 보인다 (Figure 12, 13, 14). 점토광물은 40℃일 때 흑체의 방사패턴과 유사하나 15.8-16.8 μm 에서 견운모가 가장 낮은 흡수를 보이며 응기석은 전체적으로 다른 광물에 비해 강한 흡수를 보인다. 150℃일 때 견운모는 9.1 μm 와 9.7 μm 에서 강한 흡수를 나타내며, 15.6-17.1 μm 에서 가장 낮은 흡수를 보인다. 적석지와 백석지의 방사패턴은 유사하나 적석지가 백석지의 방사패턴

보다 강한 흡수를 보인다. 적석지와 백석지는 $8.9\mu\text{m}$ 와 $9.4\mu\text{m}$ 에서 강한 흡수를 보이며, $9.3\text{--}9.7\mu\text{m}$ 에서는 적석지가 가장 큰 흡수를 나타낸다 (Figure 15, 16, 17, 18). 40°C 와 150°C 에서 공통적으로 $5.8\text{--}8.0\mu\text{m}$ 와 $15\mu\text{m}$ 에서의 흡수대가 보이며 $8.0\mu\text{m}$ 와 $15\mu\text{m}$ 에서의 흡수대는 분석과정에서 공기중 CO_2 의 영향에 의해서 생긴 것으로 생각된다.

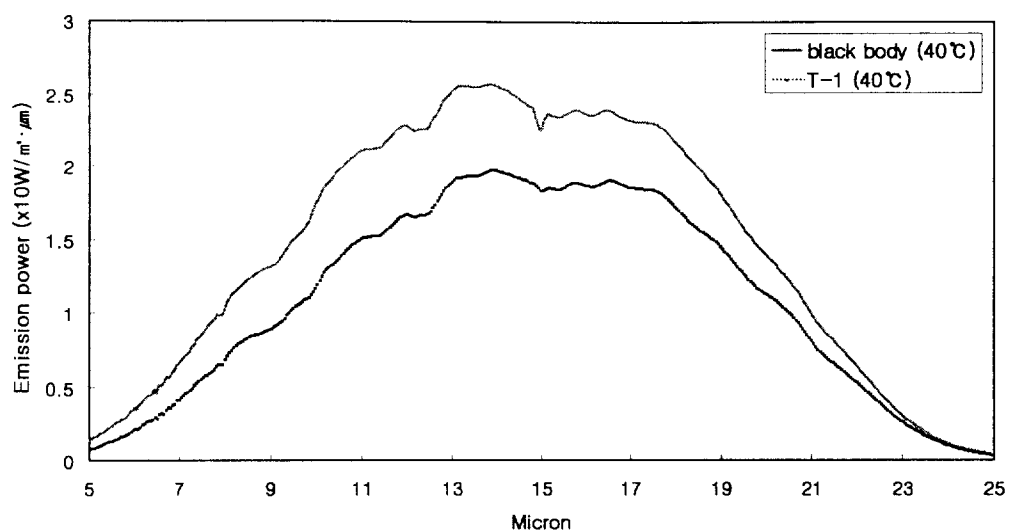


(A)

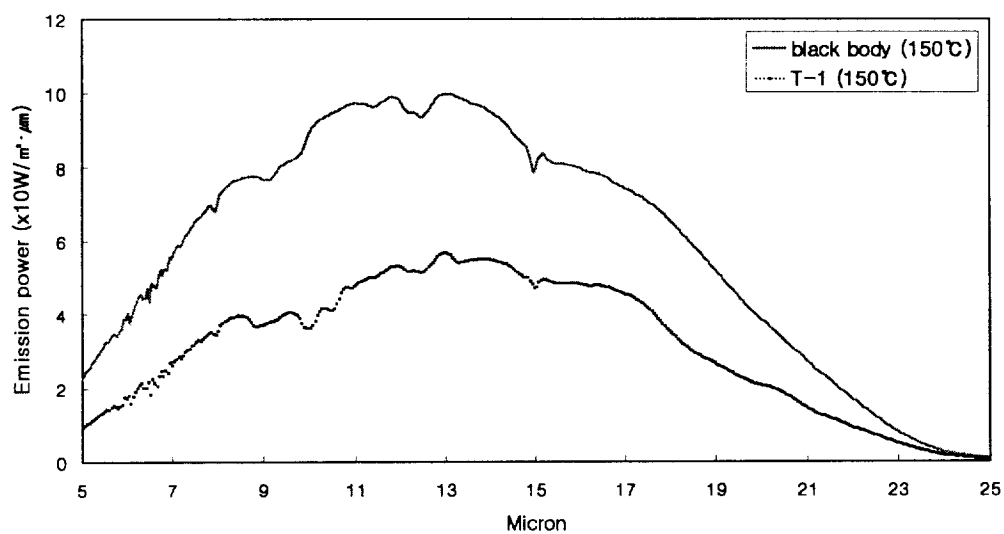


(B)

Figure 9. Emission power curves of jadeite at (A) 40°C and (B) 150°C.

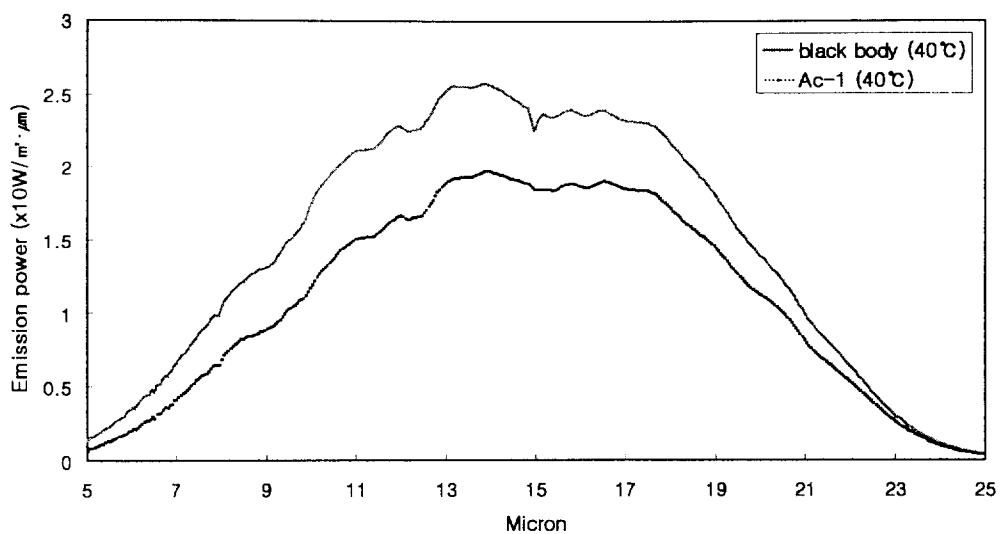


(A)

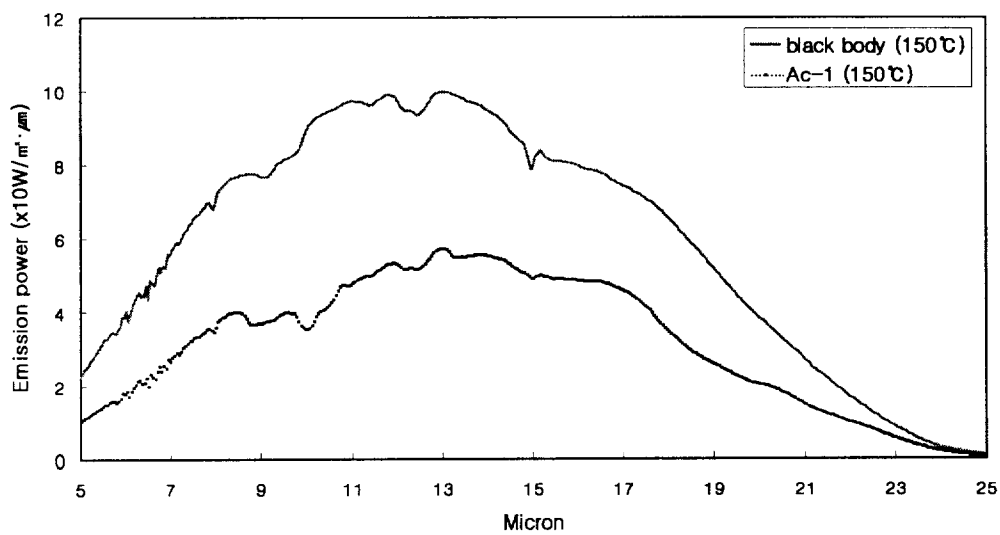


(B)

Figure 10. Emission power curves of tremolite at (A) 40°C and (B) 150°C.

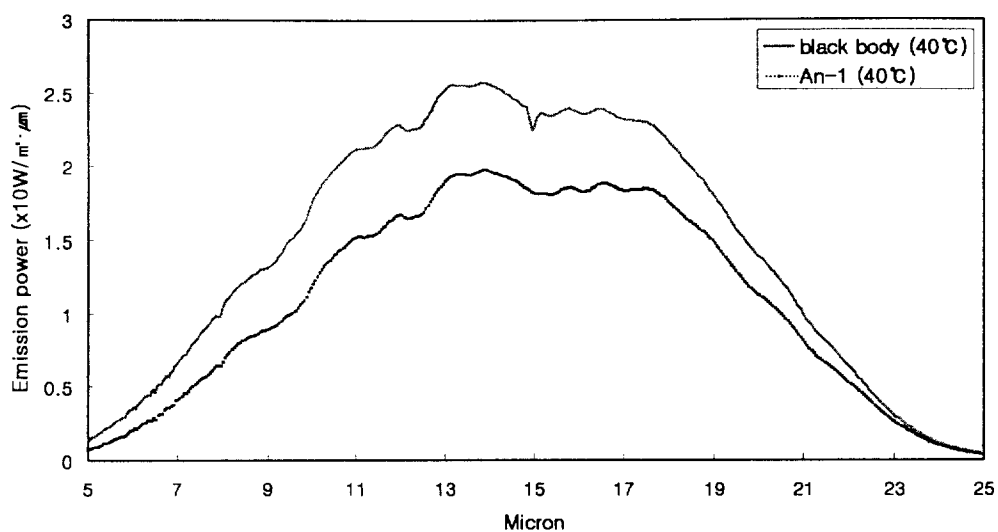


(A)

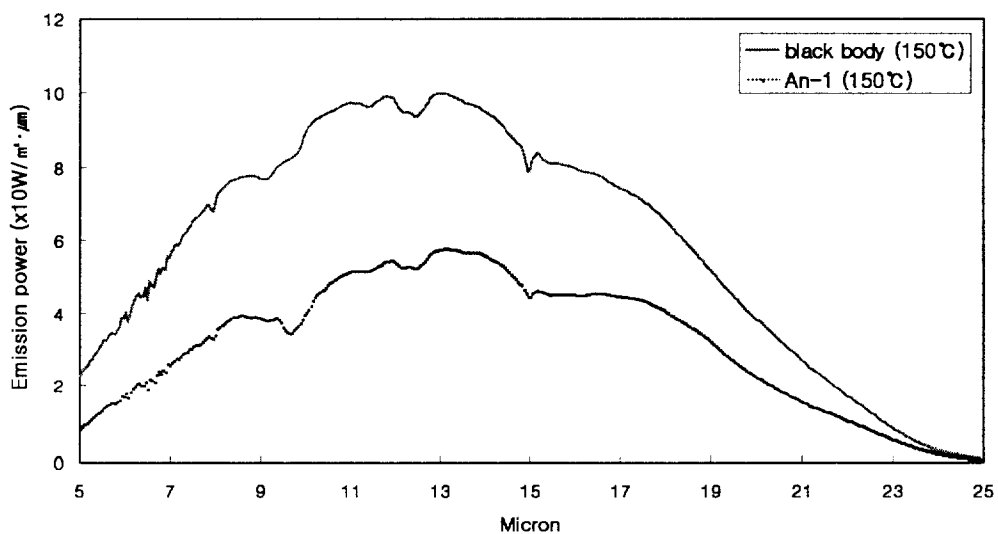


(B)

Figure 11. Emission power curves of actinolite at (A) 40°C and (B) 150°C.

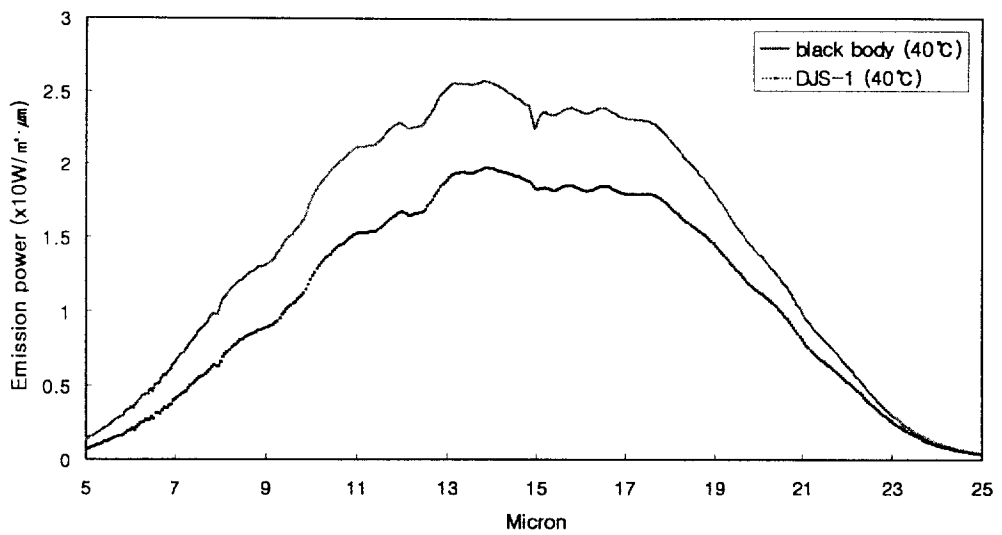


(A)

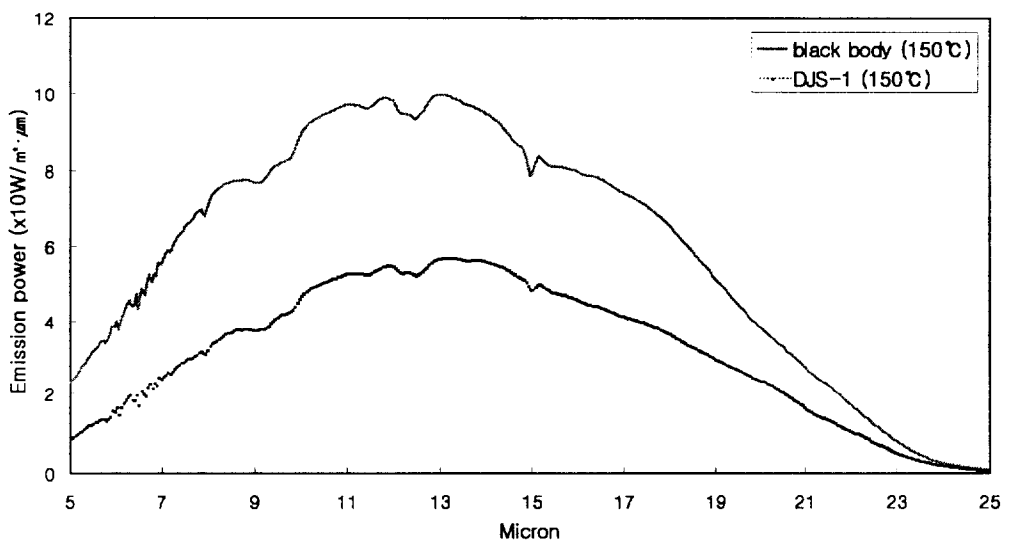


(B)

Figure 12. Emission power curves of antigorite at (A) 40°C and (B) 150°C.

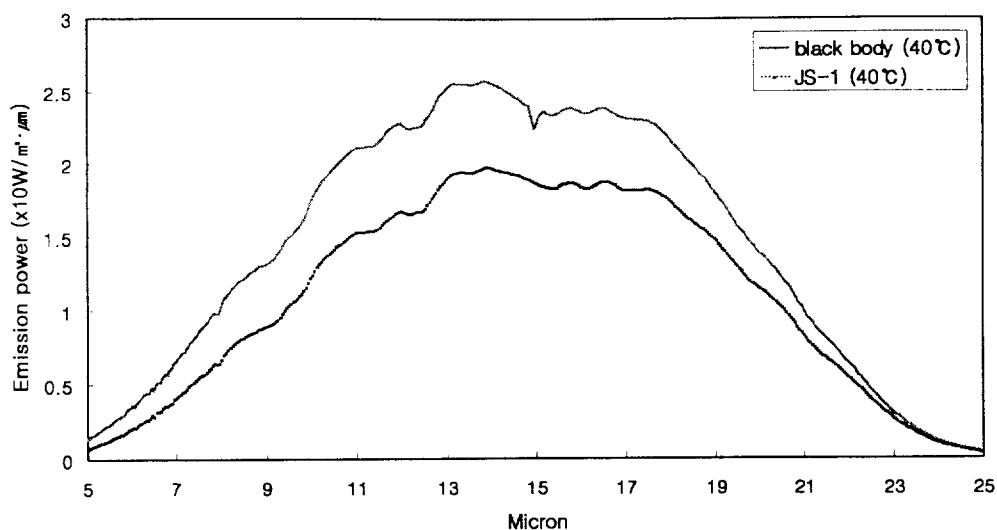


(A)

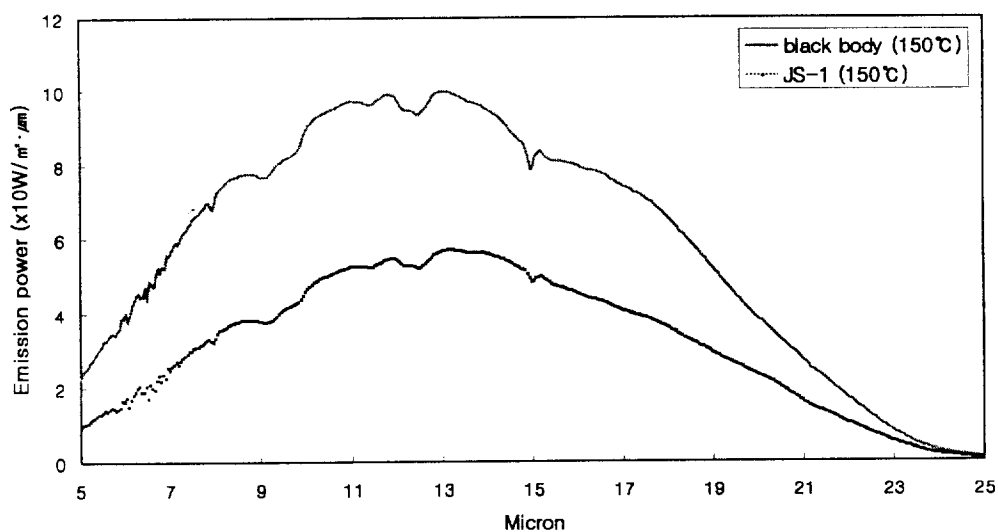


(B)

Figure 13. Emission curves of dae ja seek at (A) 40°C and (B) 150°C.

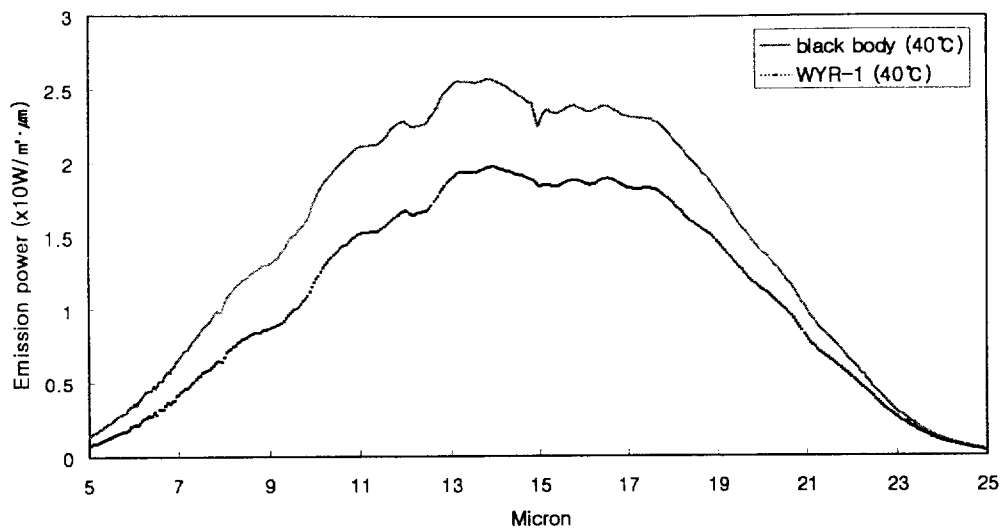


(A)

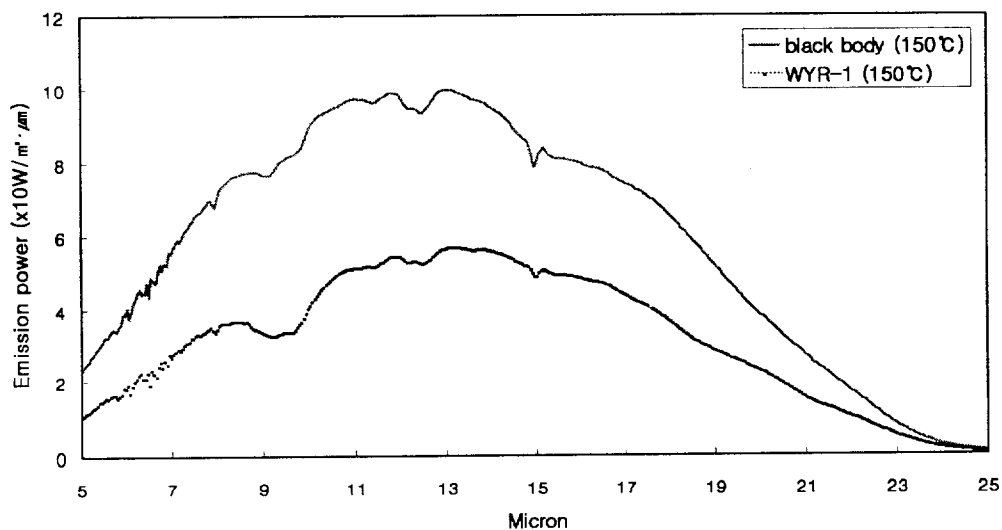


(B)

Figure 14. Emission curves of ja seek at (A) 40°C and (B) 150°C.

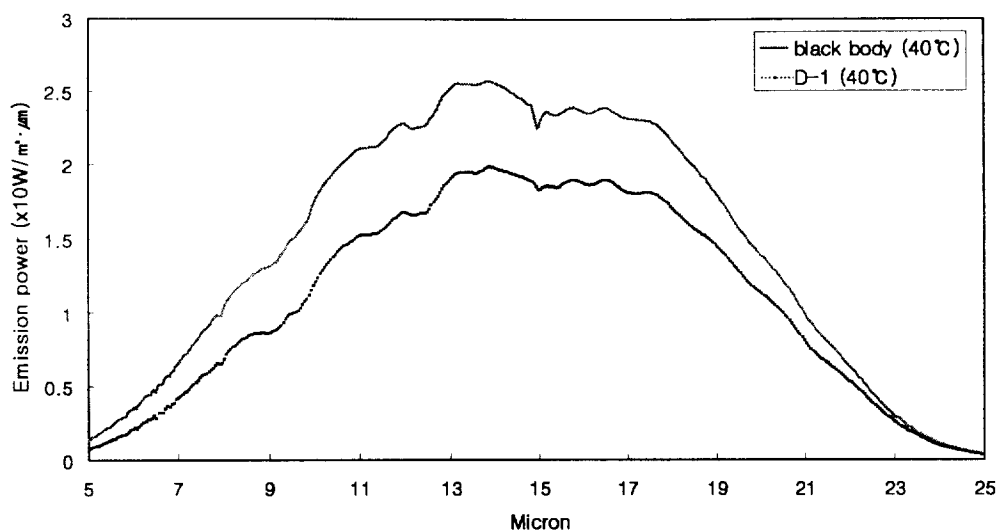


(A)

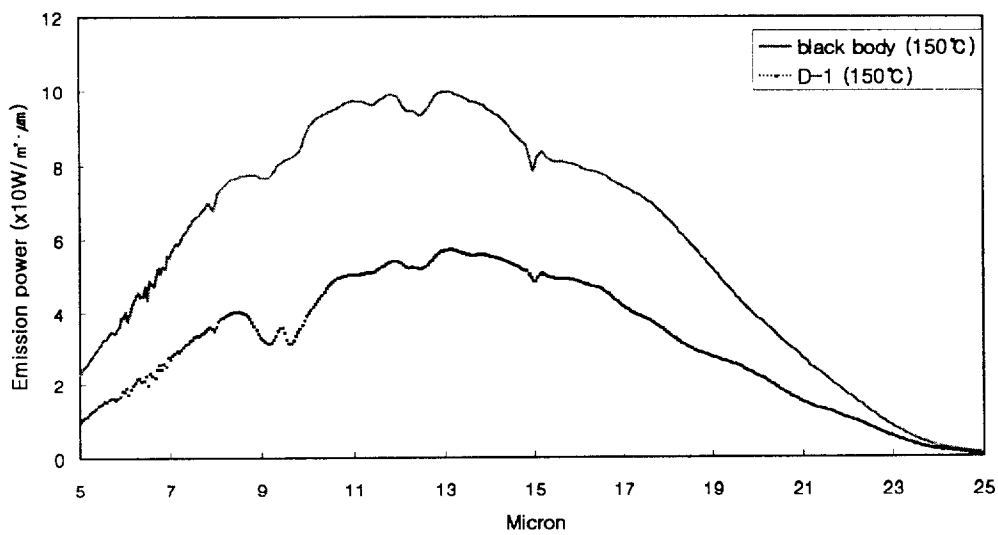


(B)

Figure 15. Emission curves of woo yeo ryang at (A) 40°C and (B) 150°C.

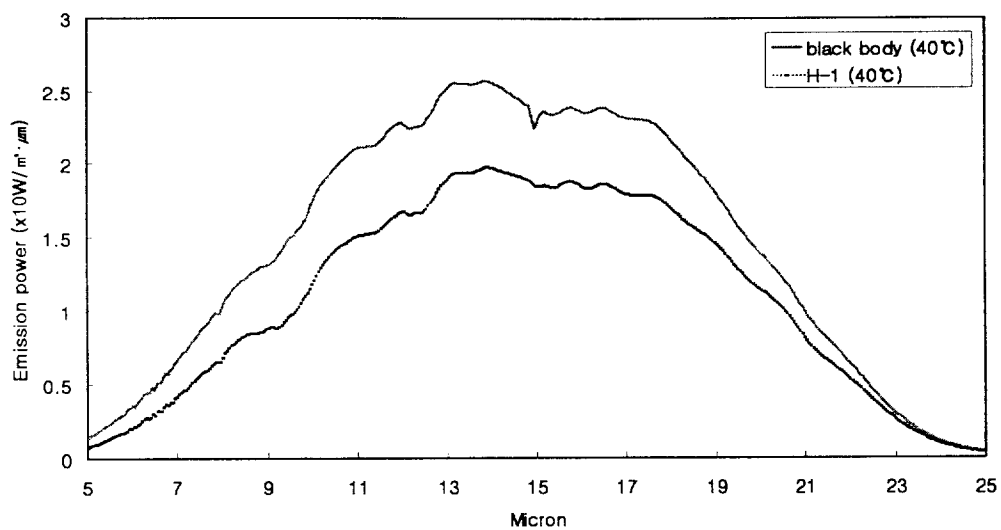


(A)

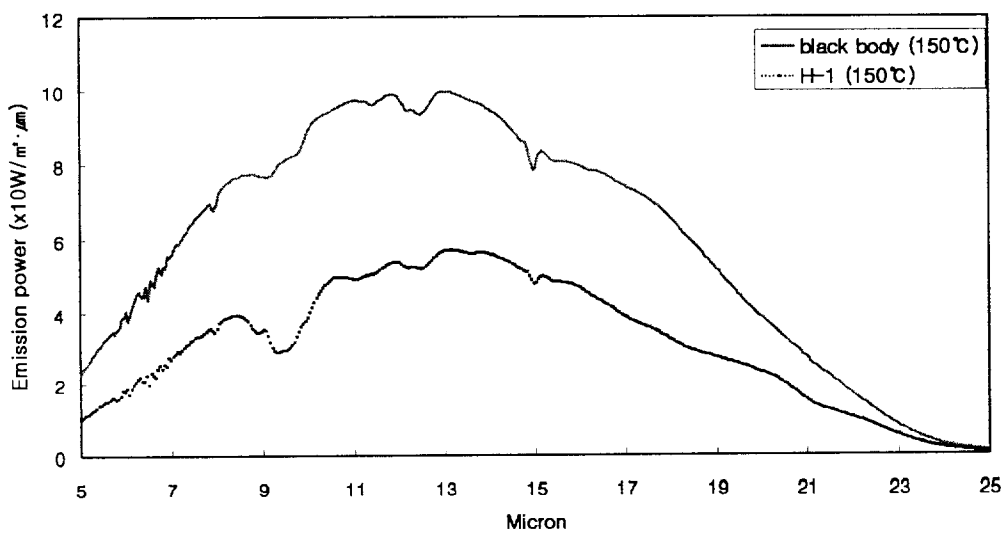


(B)

Figure 16. Emission power curves of sericite at (A) 40°C and (B) 150°C.

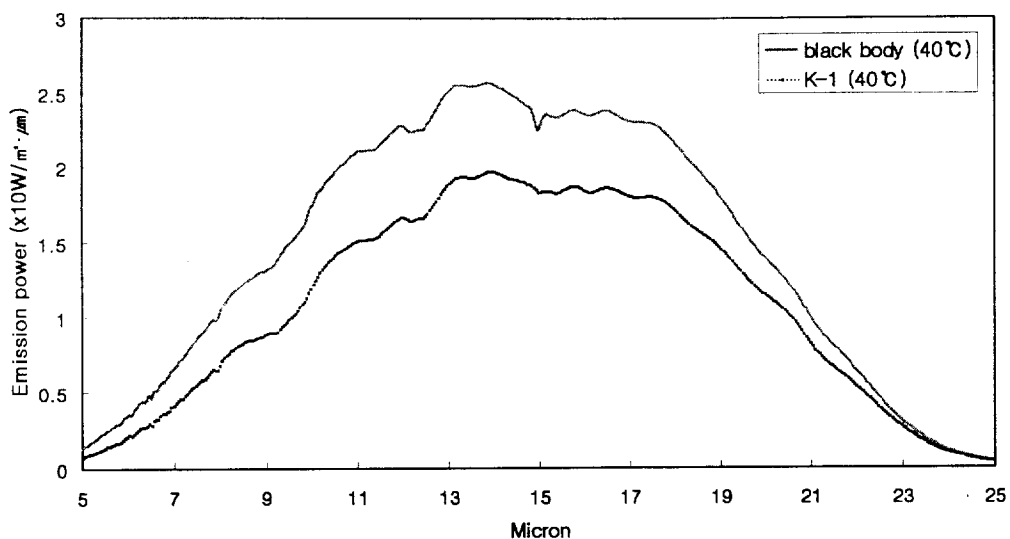


(A)

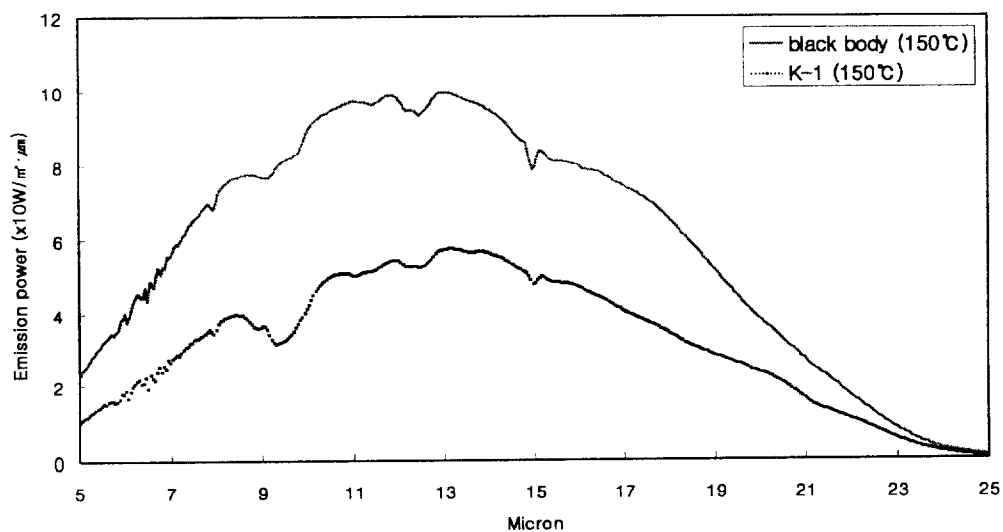


(B)

Figure 17. Emission power curves of halloysite at (A) 40°C and (B) 150°C.

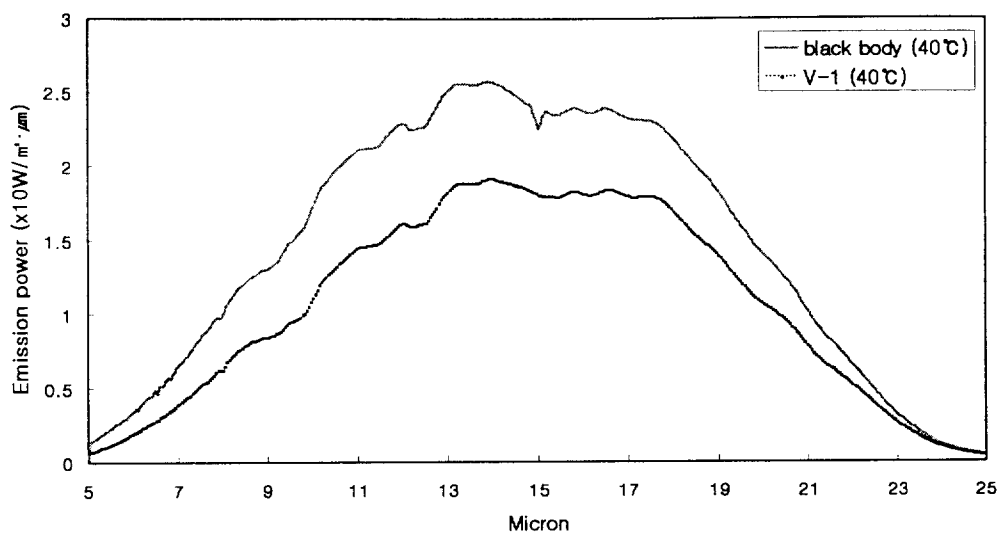


(A)

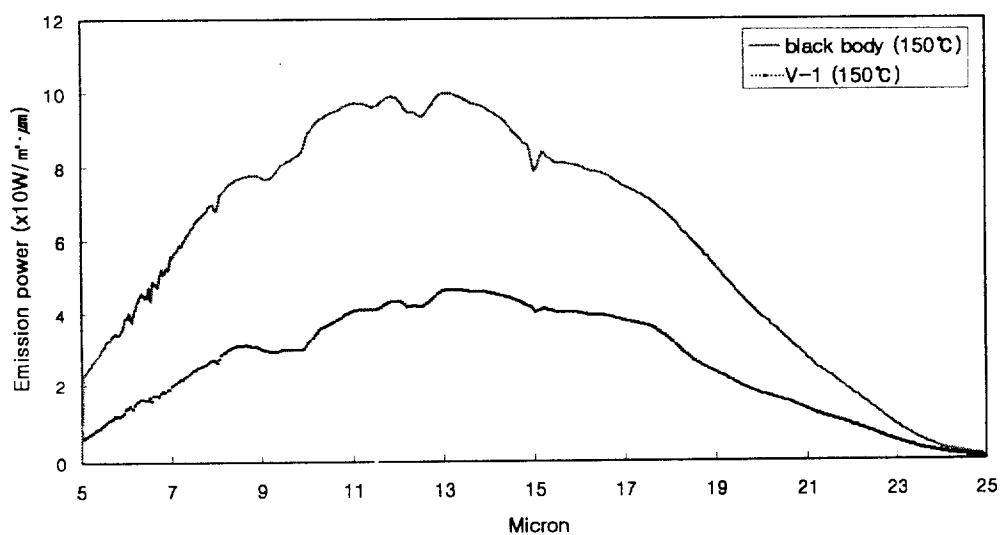


(B)

Figure 18. Emission power curves of kaolinite at (A) 40°C and (B) 150°C.



(A)



(B)

Figure 19. Emission power curves of vermiculite at (A) 40°C and (B) 150°C.

Table 3. FT-IR data for jade minerals, Fe oxide minerals and clay minerals.

Temp. (°C)	Jade minerals			Fe oxide minerals				Clay minerals			
	J-1	T-1	Ac-1	An-1	DJS-1	JS-1	WYR-1	S-1	H-1	K-1	V-1
	Emission power			(5-25 μ m)							
40	21.914	21.958	21.910	21.924	21.874	22.026	21.921	22.001	21.908	21.919	21.078
150	63.198	62.909	63.121	63.912	63.901	63.969	63.881	63.376	62.541	63.979	51.883
	*Emissivity (**5-25 μ m)										
40	0.755	0.757	0.755	0.756	0.754	0.759	0.756	0.758	0.755	0.756	0.727
150	0.536	0.534	0.527	0.542	0.542	0.543	0.542	0.538	0.530	0.543	0.440
	Emission power			(8-16 μ m)							
40	12.281	12.315	12.279	12.253	12.322	12.354	12.287	12.364	12.307	12.289	11.836
150	38.379	38.293	38.377	38.474	39.488	39.512	38.647	38.651	38.310	38.999	31.586
	Emissivity (**8-16 μ m)										
40	0.738	0.740	0.738	0.736	0.740	0.742	0.738	0.743	0.739	0.738	0.711
150	0.535	0.534	0.535	0.536	0.550	0.551	0.539	0.539	0.534	0.543	0.440

*Emissivity = Emission power of materials / Emission power of black body.

**Where the value of emission power for black body are 29.010 and 117.907 at 40°C and 150°C, respectively.

*** Where the value of emission power for black body are 16.645 and 71.770 at 40°C and 150°C, respectively.

방사율 (8-16 μm)

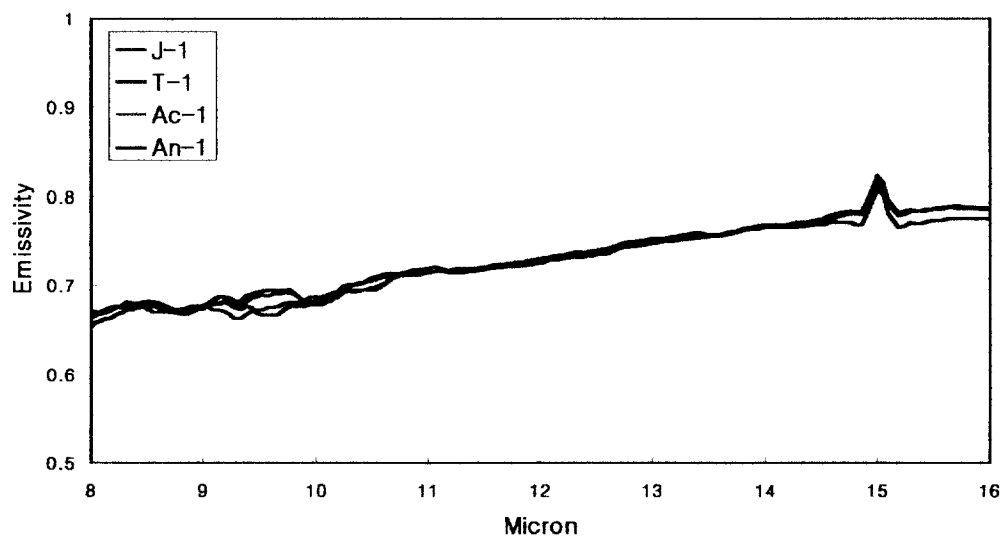
절대온도(-273℃) 이상의 온도를 가진 물체에서는 적외선이 방사되고 있고 물질에 있어 물체의 표면온도가 동일하여도 각기 다른 방사특성을 가진다.

인체 내 헤모글로빈의 파장영역은 8-16 μm 로 각각의 광물의 파장영역 중에서 8-16 μm 를 살펴보면 방사에너지가 인체에 미치는 영향을 알 수 있다. 옥광물은 40℃에서 전체적으로 비슷한 방사패턴을 보이고 있으나 8.9-9.9 μm 에서 약간의 방사패턴의 차이를 보인다. 휘석군 광물인 경옥은 8.9-9.5 μm 에서 가장 큰 감소를 보이고 각섬석군 광물인 투각섬석과 양기석은 8.9-9.9 μm 에서 방사율이 높고, 사문석군 광물인 앤티고라이트는 9.5-9.9 μm 의 영역에서 크게 감소한다. 150℃에서는 8.4-11.5 μm 에서 큰 방사율의 변화를 보이는데, 휘석군 광물인 경옥은 약 9-10 μm 에서 방사율의 큰 감소를 보이고, 각섬석군 광물인 투각섬석과 양기석은 9.6-11.2 μm 에서 큰 감소를 보이며 사문석군 광물인 앤티고라이트는 9.3-10.5 μm 에서 큰 감소를 보인다(Figure 20).

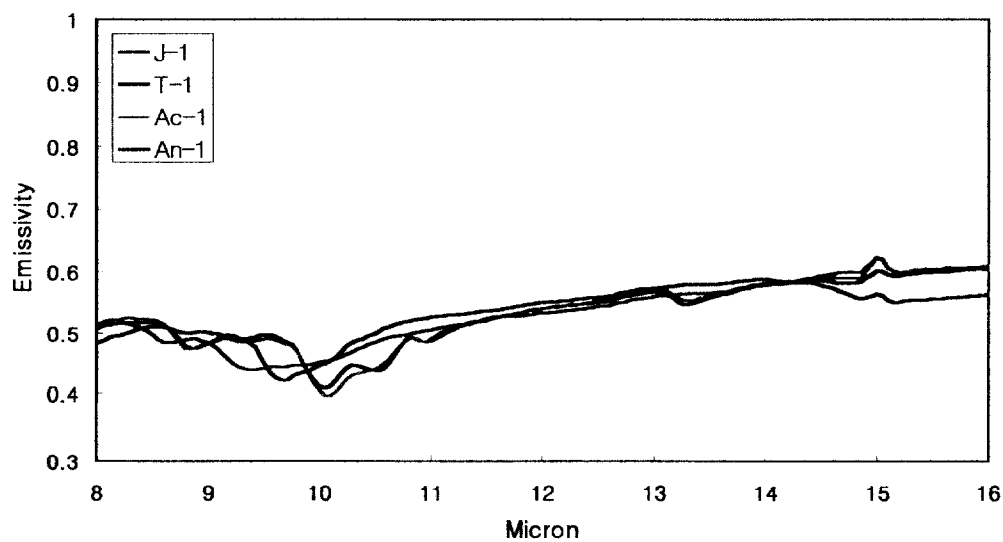
Fe 산화광물 중 철산화광물인 대자석과 자석은 40℃에서 비슷한 방사율 곡선을 보이나 철수산화광물인 우여량은 8.5-10.6 μm 에서 약간의 방사율 감소를 보인다. 우여량은 150℃에서 8.4-10.8 μm 에서 큰 방사율을 나타낸다. 대자석과 자석은 15.2 μm 에서 급격한 방사율의 감소를 보인다(Figure 21).

점토 광물은 40℃에서 8.6-10.5 μm 에서 약간의 방사 곡선의 변화를 보이는데, 8.8-9.2 μm 의 영역에서 1:1 형인 백석지와 적석지가 높은 방사율을 보인다. 반면, 9.2-9.6 μm 에서는 2:1형인 견운모의 방사율이 크다. 음기석은 전 영역에

서 가장 낮은 방사율을 보인다. 150℃에서는 8.6– 10.5 μm 에서 큰 감소를 보이는데, 백석지와 적석지의 방사율 곡선은 비슷한 양상을 보인다. 9.3–9.6 μm 에서는 1:1형인 백석지와 적석지보다 2:1형인 견운모가 더 큰 방사율을 보인다. 음기석은 9.2–9.6 μm 영역에서는 적석지보다 방사율 값이 높으나, 나머지 영역에서는 가장 낮은 값을 보인다 (Figure 22).

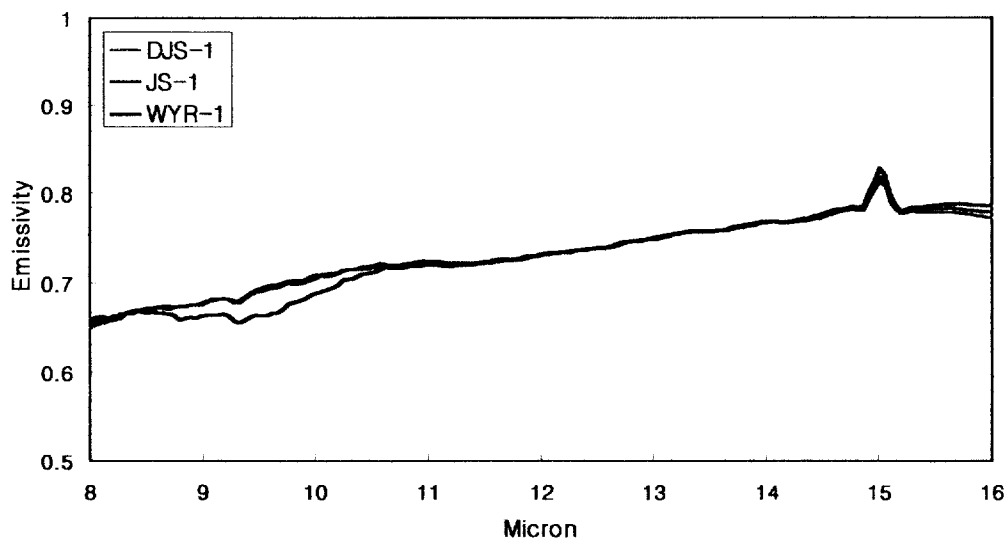


(A)

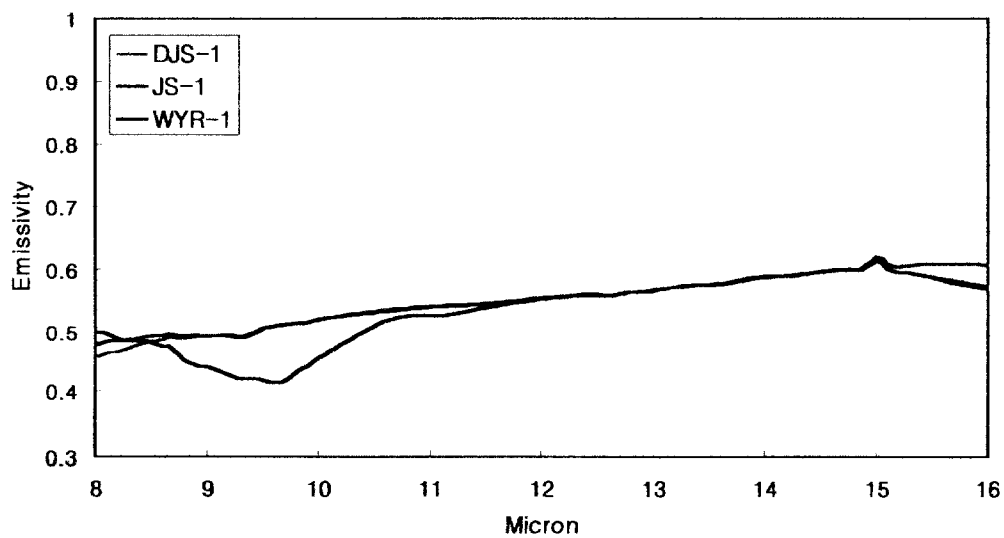


(B)

Figure 20. Emissivity of "jade" minerals. (A) 40°C, (B) 150°C.

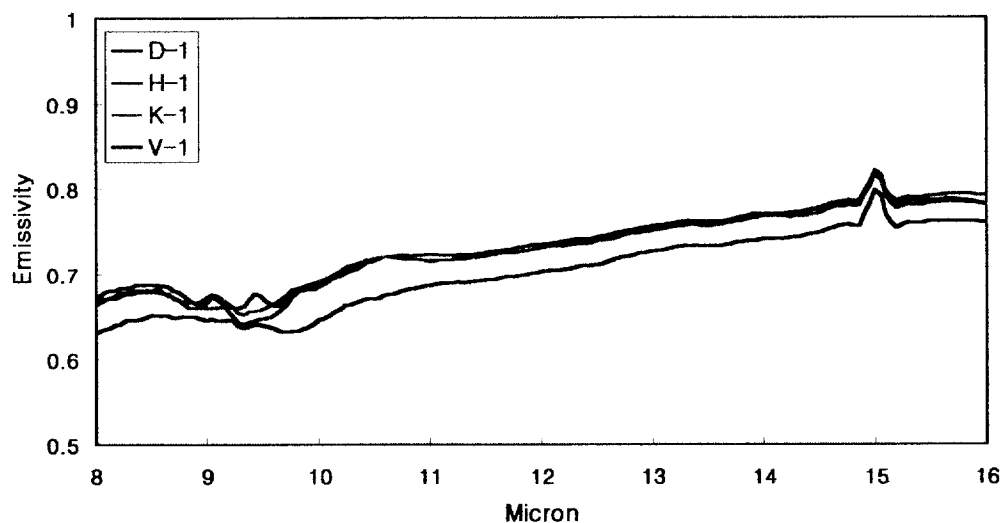


(A)

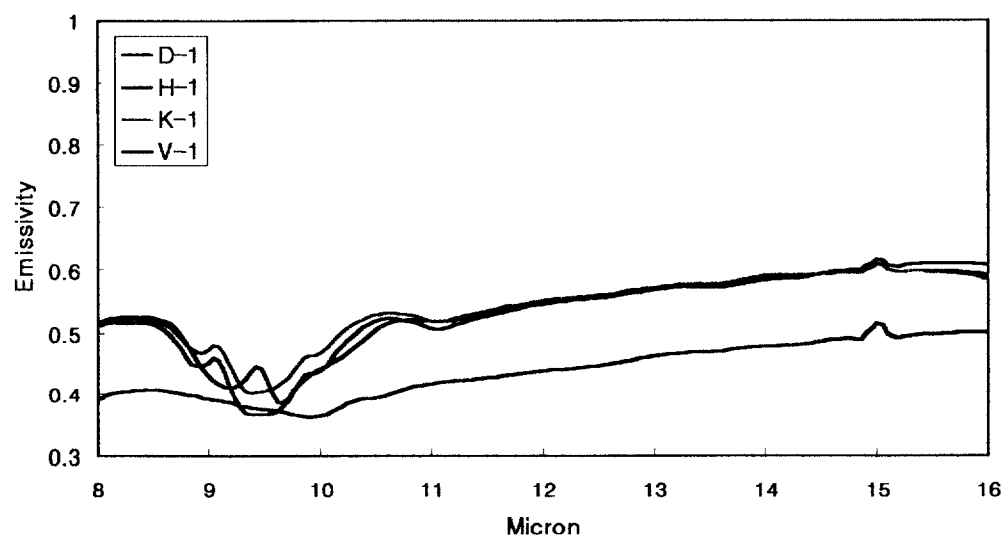


(B)

Figure 21. Emissivity of Fe-oxide minerals. (A) 40°C, (B) 150°C



(A)



(B)

Figure 22. Emissivity of clay minerals. (A) 40°C, (B) 150°C.

4.5. 핵자기 공명 분광법(Nuclear magnetic resonance spectroscopy)

총 11개의 시료들 중에서 5개의 시료를 선택하였는데, 4종류의 옥 광물과 1개의 점토광물을 선택하여 50ml의 3차 증류수에 각각 0.5g씩 침적한 후 시료간의 간섭을 방지하기 위하여 알루미늄 호일을 감았다. 80일, 20일 지난 후에 membrane filter (0.45 μ m)를 이용하여 광물을 제거한 다음 기초과학지원연구소 부산분소에서 300MHz FT-NMR Spectrometer로 ^{17}O -NMR 분석을 하였다. 측정 조건은 상온에서 관측주파수가 36.6MHz이고 관측범위는 10,000Hz (270ppm), 적산화수는 2,048회, 디지털분해능이 1.22Hz, 브로드닝인자가 2.00Hz이다.

측정결과 기준이 되는 3차 증류수는 80일, 20일이 지난 후의 선폭의 변화는 거의 없으며, 80일간 침적한 경옥은 3차 증류수의 선폭보다 크게 좁아졌으나, 20일간 침적한 것은 3차 증류수보다 선폭이 좁다. 투각성석은 3차 증류수에 비하여 80일간과 20일간 침적한 것의 선폭이 좁으나 80일간 침적한 것보다 20일간 침적한 것이 선폭이 좁다. 양기석은 80일간 침적한 것이 20일간 침적한 것보다 좁은데, 80일간 침적한 것은 3차 증류수의 선폭보다 좁으나 20일간 침적한 것은 3차 증류수의 선폭보다 넓다. 앤티고라이트는 투각성석과 비슷한 변화를 보이는데, 20일간 침적한 것이 80일간 침적한 것보다 선폭이 좁다. 음기석은 80일간 침적한 것의 선폭이 20일간 침적한 것보다 좁으나 3차 증류수와 비교하여 80일간 침적한 것은 약간의 변화를 보이나 20일간 침적한 것은 3차 증류수의 선폭보다 넓다 (Figure 23).

80일간 침적한 경옥, 양기석, 음기석은 선향은 20일간 침적한 것보다 좁으나, 투각섬석과 앤티고라이트는 20일간 침적한 것이 80일간 침적한 것의 선향보다 좁다 (Table 4).

NMR은 종이완(T1)과 횡이완(T2)이 있는데, 분자운동이 활발하면 종이완이 길어지고 분자운동이 느리면 종이완이 짧아진다. 핵자기 공명 신호로서는 종이완이 길면 선향이 좁아지고, 거꾸로 종이완 짧으며 선향이 넓게 표현된다. 고체에서 횡이완은 아주 작기 때문에 제외된다. 즉 분자운동이 활발할수록 종이완이 길어지고, 선향이 좁아진다.

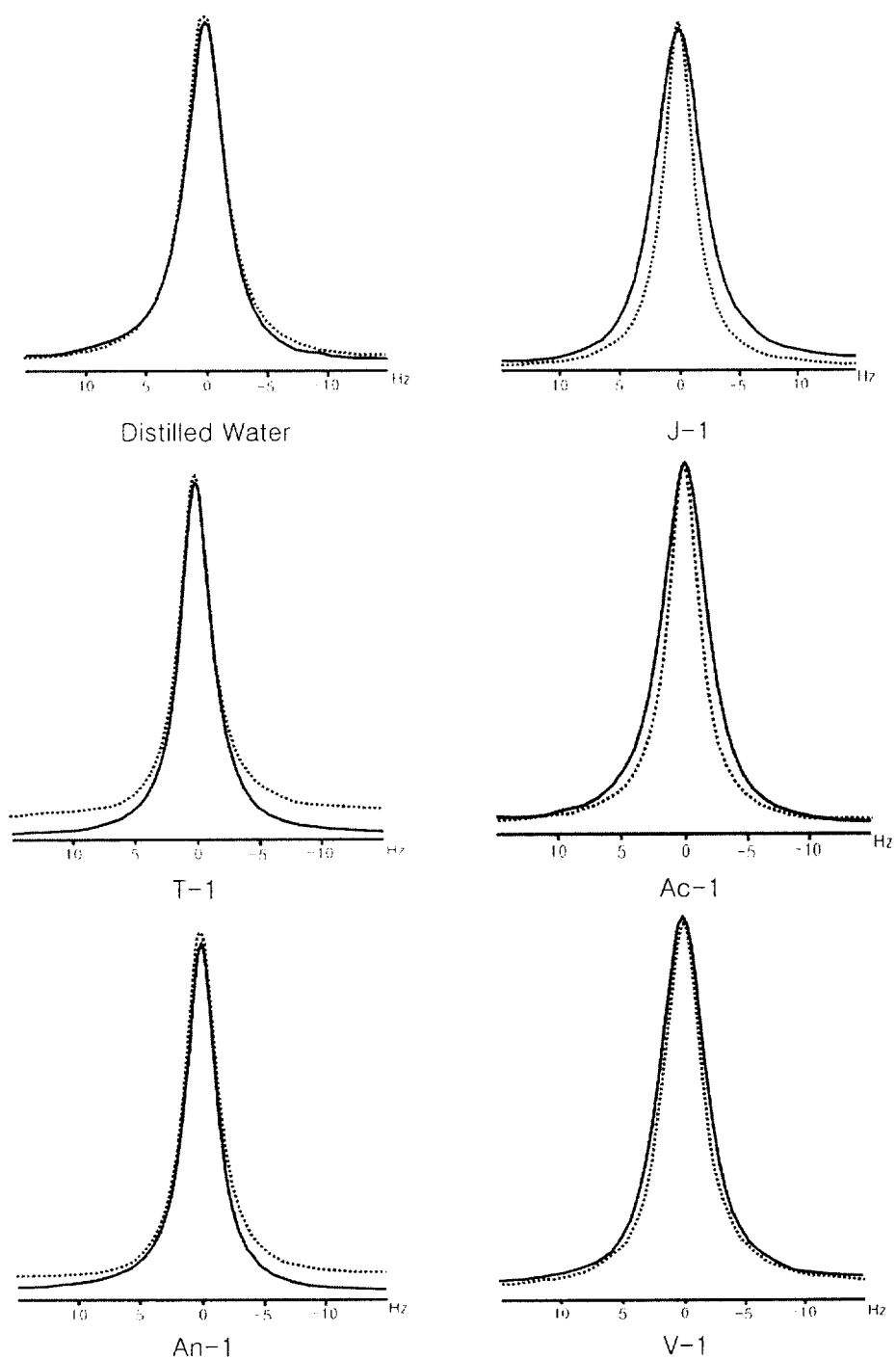


Figure 23. ^{17}O -NMR spectra of distilled water, jadeite, tremolite, actinolite, antigorite, vermiculite. Solid line is 20 days. Dash line is 80 days.

Table 4. Nuclear magnetic resonance data for jadeite, tremolite, actinolite, antigorite and vermiculite.

Day	Distilled water	J-1	T-1	Ac-1	An-1	V-1
20	158.9	126.3	117.1	177.4	119.2	210.0
80	157.5	110.8	126.3	113.4	126.3	153.4

4.6. 감응 자기력(Mass Magnetic Susceptibility Measurement)

감응 자기력은 고려대학교 지구물리연구실에서 Magnetic-Measurements thermal demagnetizer (model MMTD-80)를 사용하여 37℃, 100℃까지는 분당 5℃로 700℃까지는 분당 30℃로 15분간 holding 한 후 상온까지 냉각시킨 후 Model MS2 MAGNETIC SUSCEPTIBILITY SYSTEM을 이용하여 분석하였다 (Table 5).

감응 자기력은 옥 광물에서 경옥, 양기석, 투각섬석, 앤티고라이트의 순서로 감소하나 700℃에서는 경옥, 양기석, 앤티고라이트, 투각섬석의 순서로 감소한다(Figure 24). 철(수)산화광물에서는 자석, 대자석, 우여량의 순서로 감소한다(Figure 25). 점토 광물은 음기석, 견운모, 적석지, 백석지의 순서로 감소하나 100℃에서는 음기석, 적석지, 견운모, 백석지의 순서로 감소한다(Figure 26).

Fe 함량에 따른 자화율의 분포를 살펴보면 크게 철(수)산화광물, 사슬형 규산염광물, 층상 규산염광물로 구분된다(Figure 27).

Table 5. Mass Magnetic Susceptibility data for jade minerals, Fe oxide minerals and clay minerals.

Temp.	Jade minerals			Fe oxide minerals				Clay minerals			
	J-1	T-1	Ac-1	An-1	DJS-1	JS-1	WYR-1	S-1	H-1	K-1	V-1
Room Temp	1.820	0.436	0.772	0.356	14.948	159.328	0.624	0.158	0.158	0.080	0.860
37°C	1.782	0.396	0.742	0.346	15.338	158.878	0.634	0.158	0.198	0.060	0.882
100°C	1.802	0.406	0.772	0.346	15.178	163.132	0.704	0.188	0.158	0.060	0.862
700°C	1.930	0.100	0.826	0.250	9.792	62.300	0.638	0.258	0.110	0.030	1.434

* Mass Magnetic Susceptibility [$\times 10^{-6} \text{G}\cdot\text{cm}^3/\text{g}\cdot\text{Oe}$] in units of CGS.

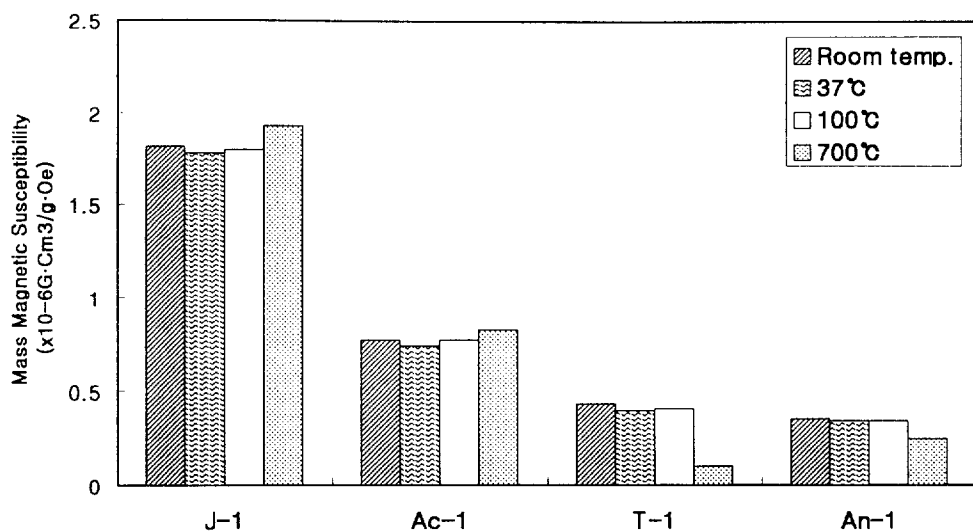


Figure 24. Magnetic Susceptibility of "jade" minerals. Room Temperature, 37°C, 100°C, 700°C.

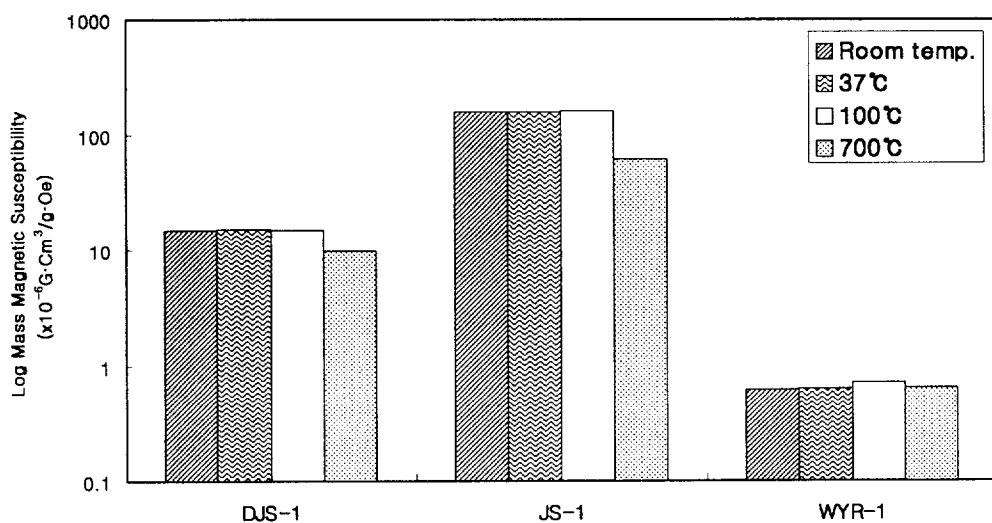


Figure 25. Magnetic Susceptibility of Fe-oxide minerals. Room Temperature, 37°C, 100°C, 700°C.

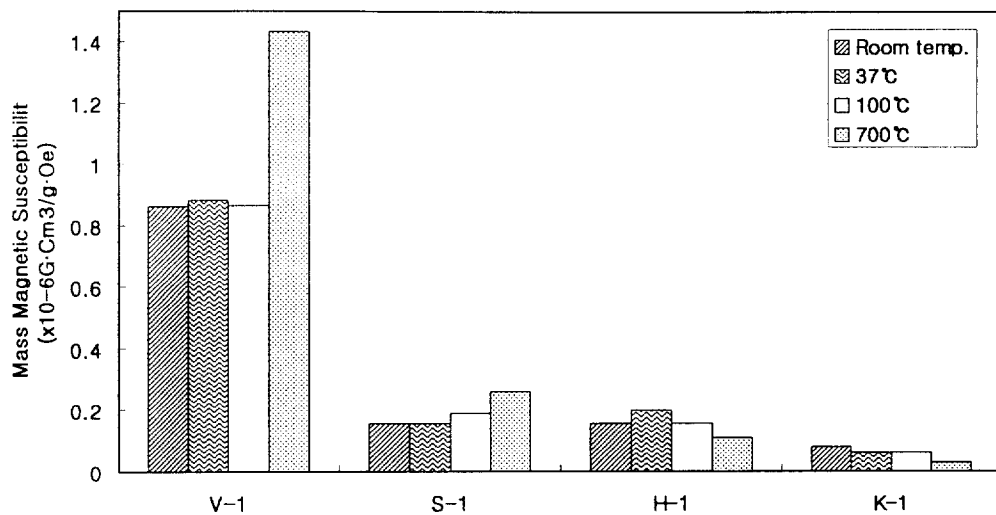


Figure 26. Magnetic Susceptibility of clay minerals. Room Temperature, 37°C, 100°C, 700°C.

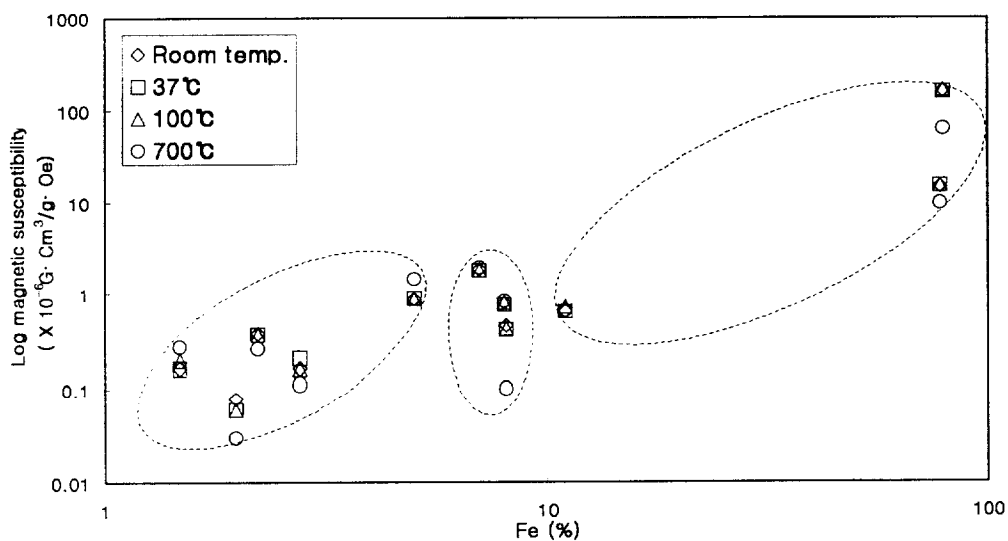


Figure 27. Magnetic Susceptibility plotted vs. Fe content. Room Temperature, 37°C, 100°C, 700°C. Phyllosilicate minerals, inosilicates minerals and Fe-oxide minerals from the left.

V. 토의 및 결론

본 연구는 의료용으로 이용되고 있는 천연광물(광물생약) 중에서 옥광물, 철(수)산화광물, 점토광물을 대상으로, X-선 형광분석(XRF), X-선 회절분석(XRD), 주사전자현미경(SEM), 푸리에 변화 적외선 분석(FT-IR), 핵자기 공명(NMR), 감응 자기력(Mass Magnetic Susceptibility)의 실험을 실시하여 화학적 특성, 광물학적 특성, 분광학적 및 자기적 특성에 대한 연구를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 원적외선의 파장은 40℃에서 150℃로 온도가 상승함에 따라 중심이 단파장으로 이동하고 원적외선 방사에너지의 밀도는 증가하나 흡수율은 낮아진다.
2. 원적외선의 흡수율은 5-25 μm 영역에서 40℃일 때 자석이 제일 높으며 150℃에서는 자석과 백석지가 제일 높다. 8-16 μm 영역에서는 40℃일 때 견운모가 가장 높으며, 150℃일 때 자석이 가장 높다.
3. Fe 함량비 vs. 감응 자기력은 크게 철(수)산화광물, 사슬형 규산염광물, 층상규산염광물로 나눌 수 있다.
4. NMR 분석에서 경옥, 양기석, 음기석은 시간이 지날수록 선폭이 좁아지며 투각섬석과 앤티고라이트는 넓어진다.
5. 5-25 μm 영역에서 40℃의 원적외선 방사율과 20일간 침적한 분석한 NMR의 선폭의 비교는 대체적으로 반비례한다.

6. 상온, 37℃, 100℃에서 높은 감응 자기력을 보이는 대자석과 자석은 700℃에서 급격한 감응 자기력 하락을 보인다.
7. 자석은 원적외선 방사율과 감응 자기력이 가장 좋다.

참고문헌

- 고상모, 1996, 원적외선 방사 원료광물 및 암석 특성, 광물과 산업, P. 2-8.
- 김수진, 1996, 광물학원론, 우성출판사, P. 512-575.
- 김인수, 1983, 고자기학 연구를 위한 자성광물론, 광산지질, V. 16, P. 223-243.
- 류주환, 1993, NMR Spectroscopy의 원리 및 응용 : 고체 상태 NMR 및 Imaging, 고분자과학과 기술, P. 289-304.
- 류주환, 1993, NMR Spectroscopy의 원리 및 응용 : 액체 상태 NMR, 고분자과학과 기술, P. 211-225.
- 박맹언, 김선옥, 1999, 가상체액에 대한 광물약의 반응 특성 모델링 ; 위액-주사 반응과 수은착물의 농도, 한국광물학회지, P. 43-53.
- 박맹언, 강정미, 1995, 춘천산 연옥의 조직 및 인성에 관한 연구, 한국광물학회지, V. 8, P. 29-36.
- 백우현, 2000, 원적외선 기능수와 수돗물의 수질특성비교, 원적외선 기술향상 세미나, P. 5-26.
- 지형준, 이상인, 1989, 대한약전의 한약규격집 주해서, 한국메디칼인덱스사.
- 최태섭, 한충수, 1996, FT-IR을 이용한 원적외선 방사특성, 요업기술학회, P. 30-38.
- 한국원적외선협회, 2000, 평가 및 이용기술분야, 원적외선자료집, P. 231-300.
- 황 정, 2001, 자연광물의 한약재 응용, 광물과 산업, P. 40-47.

허 준, 1613, 동의보감, 성문사, P. 142-817.

閔庚德, 徐廷熙, 勸炳杜, 1987, 應用地球物理學, 우성문화사, P. 135-148.

李鴻超, 嚴壽鶴, 劉萬, 李大經, 張亞敏, 1998, 東醫 鑛物藥, 부산대학교 출판부,
P. 7-24.

日本電熱協會遠赤外線委員會, 1998, 遠赤外線加熱의 理論과 實際,
한국원적외선 응용연구소, P. 1-28.

林年豐, 1989, 醫學環境地球化學, 吉林科學技術出版社, 306.

Cheng, X., Zhao, P. and Stebbins, J. F., 2000, Solid state NMR study of
oxygen site exchange and Al-O-Al site concentration in analcime,
American mineralogist, V. 85, P.1030-1037.

Gupta, R. P., 1991, Remote Sensing Geology, Springer-Verlag Berlin
Heidelberg, P. 19-34.

Kim, W. S., Woo, Y. K., Lee, J. Y., Kim, K. S., 1996, Gemmological
Characterization of Precious Serpentine from Booyo, Korea, J. Miner.
Soc. Korea, V. 9, P. 102-112.

Rodriguez, M. A. V., Gonzalez, J. de D. L., Munoz, M. A. B., 1995,
Preparation of microporous solids by acid treatment of a saponite,
Microporous Materials, P. 251-264.

Schroeder, P. A. and Pruett, R. J., 1996, Fe ordering in kaolinite: Insights
from ^{29}Si and ^{27}Al MAS NMR spectroscopy, American Mineralogist, P.
26-38.

- Skoog, D. A., Holler, F. J., Nieman. T. A., 1999, 기기분석의 원리, 자유출판사, P. 519-579.
- Suraj, G., Iyer, C. S. P., Rugmini, S., Lalithambika, M., 1997, The effect of micronization on kaolinites and their sorption behaviour, Applied Clay Science, P. 111-130.
- Temuujin, J., Okada, K., Mackenzie, K. J. D., Jadambaa. Ts., 1998, The Effect of Water Vapour Atmospheres on the Thermal Transformation of Kaolinite Investigated by XRD, FTIR and Solid State MAS NMR, European Ceramic Society, P. 105-112.
- Welch, M. D., Liu, S. and Klinowski, J., 1998, ^{29}Si MAS NMR systematics of calcic and sodic-calcic amphiboles, American mineralogist, V. 83, P. 85-96.
- Wilson, M. J., 1994, Clay Mineralogy : Spectroscopic and Chemical Determinative Methods, CHAPMAN & HALL, P. 11-67.

요약

광물생약은 질병치료에 이용되는 단일 광물이나 여러 종류의 광물 집합체로서, 최근에 천연광물(광물생약)의 물리적인 특성을 이용한 의료분야의 활용이 증대되고 있다. 본 연구에서는 전통적인 광물생약 중 옥광물 4종, 철(수)산화광물 3종, 점토광물 4종을 선택하여 이들의 의료적 활용 및 광물학적 특성과 화학조성을 파악하고 분광학적 및 자기적 특성을 연구하였다.

X-선 회절 분석 결과, 4종의 옥광물은 결정도가 높고, 철(수)산화광물 중에서 대자석은 적철석(Hematite)과 소량의 석영(quartz)으로 구성되었으며, 자석은 자철석(magnetite)과 적철석 그리고 석영을 함유하고, 우여량은 레피도크로사이트(lepidocrocite)와 다량의 석영으로 구성되었다. 점토광물 중에서 적석지는 할로이사이트와 카올리나이트 그리고 소량의 석영이 함유되어있다. 백석지는 카올리나이트와 소량의 할로이사이트를 함유하며, 음기석은 주로 버미큘라이트로 구성되어있으며, 소량의 카올리나이트와 할로이사이트가 함유되어 있다. 구성성분의 특성으로 볼 때, Si의 함량은 점토 광물인 백석지, 적석지의 순서로 높으며, 다음으로 철수산화광물인 우여량이 높다. 옥광물은 44~47%의 비슷한 Si 함량을 가지나 철산화광물인 대자석, 자석은 철수산화광물은 우여량에 비하여 아주 낮은 Si 함량을 보인다. 점토광물 중 1:1형인 백석지와 적석지는 60% 정도의 높은 Si 함량을 보인 반면, 2:1형인 견운모와 음기석은 44~45%의 낮은 함량을 보인다. 경금속 원소인 칼슘(Ca)은 투각섬석, 양기석, 앤티고라이트의 순으로 낮아지며, 마그네슘(Mg)은 앤티고라이트가 가장 많으

며, 음기석, 투각성석, 양기석의 순으로 낮아진다. 철(Fe)의 함량은 자석이 가장 우세하며, 대자석과 우여량의 순서이다. 알루미늄(Al)은 백석지, 적석지, 견운모, 음기석의 순서로 낮아진다.

광물생약의 분광학적 특성을 연구하기 위한 FT-IR 분석은 약용으로 사용되는 경우를 감안해서 체온과 법제 및 약제 처리시의 온도를 고려한 40℃, 150℃의 조건에서 각각 측정하였다. 옥광물에서는 40℃에서 투각성석, 앤티고라이트, 경옥, 양기석의 순으로 방사에너지가 높으며 150℃에서는 앤티고라이트, 경옥, 투각성석, 양기석의 순서이다. Fe 산화광물에서는 40℃에서 자석, 우여량, 대자석의 순서이며 150℃에서는 자석, 대자석, 우여량의 순서로 방사에너지가 높다. 자석은 40℃와 150℃에서 둘 다 높은 방사에너지를 나타낸다. 점토광물에서는 40℃에서 견운모, 백석지, 적석지, 음기석의 순서로 나타내며, 150℃에서는 백석지, 견운모, 적석지, 음기석의 순서로 방사에너지가 높다.

침적에 따른 광물생약의 자기적인 특성을 파악하기 위하여 NMR 분석 및 감응자기력 분석을 실시하였다. 광물을 증류수에 침적하여 80일, 20일이 지난 후 filtering하여 증류수를 분석한 결과, 80일과 20일간 침적한 증류수의 선폭 변화는 나타나지 않으나, 80일간 침적한 경옥, 양기석, 음기석의 선폭이 20일간 침적한 후의 선폭보다 좁다. 반면, 20일간 침적한 투각성석과 앤티고라이트의 선폭은 80일간 침적한 후의 선폭보다 좁다. 상온과 체온, 탕제 온도 그리고 법제 온도를 고려하여 25℃, 37℃, 100℃ 그리고 700℃에서 감응자기력을 분석하였다. 옥광물은 25℃, 37℃ 와 100℃에서 경옥, 양기석, 투각성석, 앤티고라이트의 순서로 감소하나 700℃에서는 경옥, 양기석, 앤티고라이트,

투각성석의 순서로 감소한다. 철(수)산화광물에서는 25℃, 37℃, 100℃ 그리고 700℃에서 자석, 대자석, 우여량의 순서로 감소한다. 점토 광물은 25℃, 37℃, 그리고 700℃에서 음기석, 견운모, 적석지, 백석지의 순서로 감소하나 100℃에서는 음기석, 적석지, 견운모, 백석지의 순서로 감소한다. Fe 함량에 따른 자화율의 분포를 살펴보면 크게 철(수)산화광물, 사슬형 규산염광물, 층상 규산염광물로 구분된다.

광물생약의 화학적인 특성과 더불어 분광학적 및 자기적 특성 연구는 광물약재로서의 개발에 유용한 기초자료로 이용될 수 있으며, 상업적으로 유통되고 있는 광물생약의 에너지 특성에 대한 정량화 및 기준을 제시해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

논문이 완성되기까지 열과 성의로 아낌없는 가르침을 주신 박맹언 교수님께 진심으로 감사드립니다. 논문 심사를 맡아 많은 조언을 해주신 최정찬 교수님과 이민희 교수님께도 감사드립니다. 그리고 학부와 석사과정 중에 학문적인 가르침을 주신 정상용 교수님, 백인성 교수님, 송용선 교수님, 박계현 교수님께 감사드립니다.

실험을 도와주신 류호정 선배님과 강순배님에게 감사의 마음을 전합니다. 또한 논문연구에 많은 도움을 주신 성규열 선배님과 김선옥 선배님에게 감사합니다. 그리고 대학원 생활동안 항상 힘이 되어준 김상곤, 신호철과 실험실의 박희율 선배님, 이정훈 선배님, 박호섭, 박병욱, 배희경 후배님도 감사합니다.

사랑하는 동기, 권정훈, 김남훈, 류석문, 박성욱, 이종관, 정자현, 한기룡과 초등학교 동기 이규동에게도 감사의 말을 전합니다.

대전에 있는 최현수형에게도 감사의 말을 전합니다.

마지막으로, 29년동안 저를 키워주신 부모님과 형, 형수님, 조카 명균이, 누나에게 진심으로 감사하다는 말을 전하고 싶습니다.