creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000237416

2009년 2월
석사학위논문

X-선회절 분석을 통한 광주·전남 지역 고건물의 단청안료 분석

조선대학교 대학원

자원공학과

장 승 욱

X-선회절 분석을 통한 광주·전남 지역 고건물의 단청안료 분석

A study on old building Dancheong pigments in Gwangju and Jeonnam by XRD

*2009*년 *2* 월 일

조선대학교 대학원

자원공학과

장 승 욱

X-선회절 분석을 통한 광주·전남 지역 고건물의 단청안료 분석

지도교수 박 영 석

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

*2008*년 *10* 월 일

조선대학교 대학원

자원공학과

장 승 욱

장승욱의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 박 천 영 인

위 원 조선대학교 교 수 한 오 형 인

위 원 조선대학교 교 수 박 영 석 인

*2008*년 *11*월 일

조선대학교 대학원

목　　차

List of Tables ····· iv
List of Figures ····· v
Abstract ····· vii

1. 서　론 ····· 1

2. 단청의 기원과 역사 ····· 2
2.1. 단청의 정의 ····· 2
2.2. 단청의 목적 ····· 3
2.3. 단청의 기원 ····· 3
2.4. 단청의 문양 ····· 4
2.4.1. 단청 문양의 종류 ····· 4
2.4.1.1. 기하문, 당초문 ····· 4
2.4.1.2. 자연문, 식물문 ····· 5
2.4.1.3. 화문, 동물문 ····· 5
2.4.1.4. 종교문, 길상문, 생활상 ····· 5
2.4.2. 장식 구성 위치에 따른 단청 문양의 종류 ····· 6
2.4.2.1. 머리초, 계풍초 ····· 6
2.4.2.2. 별화, 부리초 ····· 7
2.4.2.3. 주두・소로초, 주의초 ····· 7
2.4.2.4. 반자초, 포벽초 ····· 7
2.4.2.5. 궁창초, 착고 ····· 7
2.4.2.6. 개판초, 현판틀 ····· 8

3. 단청 안료 ····· 9
3.1. 안료 ····· 9
3.2. 단청 안료의 종류 ····· 9
3.2.1. 창경궁수리도감의궤 ····· 10

3.2.2. 창덕궁수리도감의궤 ····· 10
3.2.3. 저승전의궤 ····· 10
3.2.4. 산능도감의궤 ····· 10
3.2.5. 문희묘영건청등록 ····· 11
3.2.6. 화성성역의궤 ····· 11
3.2.7. 인정전영건도감의궤 ····· 11
3.2.8. 서궐영건도감의궤 ····· 11
3.2.9. 창경궁영건도감의궤 ····· 12
3.2.10. 인정전중수의궤 ····· 12
3.2.11. 경복궁,창덕궁증건도감의궤 ····· 12
3.2.12. 중화전영건도감의궤 ····· 12
3.2.13. 경운궁중건도감의궤 ····· 13

4. 시료 채취 ····· 15
4.1. 조사지역 ····· 15
4.2. 시료 채취 ····· 16
4.2.1. 광주광역시 동구 A사찰 ····· 17
4.2.2. 광주광역시 동구 B사찰 ····· 18
4.2.3. 광주광역시 남구 C향교 ····· 19
4.2.4. 광주광역시 남구 D제각 ····· 20
4.2.5. 전남 화순군 E사찰 ····· 21
4.2.6. 전남 화순군 F제각 ····· 22
4.2.7. 전남 화순군 G사찰 ····· 23
4.2.8. 전남 화순군 H정자 ····· 24
4.2.9. 전남 화순군 I사당 ····· 25
4.2.10. 전남 담양군 J향교 ····· 26
4.2.11. 전북 순창군 K효자각 ····· 27
4.2.12. 전남 장성군 L사찰 ····· 28
4.2.13. 전남 나주시 M효자각 ····· 29
4.2.14. 전남 나주시 N제각 ····· 30
4.2.15. 현대안료 ····· 31

4.3. 시료분석 ····· 32

5. 결과 ····· 33
5.1. X-선회절 분석 결과 ····· 33
5.2. 색 계열에 의한 분류 ····· 39

6. 고찰 ····· 57
6.1. 색 계열에 따른 안료 분석 ····· 57
6.2. 시대별 안료 분석 ····· 58
6.3. 독성원소를 가진 화합물 ····· 59

7. 결론 ····· 60
참고문헌 ····· 62

List of Tables

Table 1. Arrangement by period of pigments mentioned in Uigwes ····· 14

Table 2. Sample collecting areas ····· 15

Table 3. Sample list of Temple A ····· 17

Table 4. Sample list of Temple B ····· 18

Table 5. Sample list of Hyanggyo C ····· 19

Table 6. Sample list of Jegak D ····· 20

Table 7. Sample list of Temple E ····· 21

Table 8. Sample list of Jegak F ····· 22

Table 9. Sample list of Temple G ····· 23

Table 10. Sample list of Jeongja H ····· 24

Table 11. Sample list of Sadang I ····· 25

Table 12. Sample list of Hyanggyo J ····· 26

Table 13. Sample list of Hyojagak K ····· 27

Table 14. Sample list of Temple L ····· 28

Table 15. Sample list of Hyojagak M ····· 29

Table 16. Sample list of Jegak N ····· 30

Table 17. Modern pigments ····· 31

Table 18. Initials of compounds for XRD in this study ····· 34

Table 19. Compounds data for each sample ····· 36

List of Figures

Figure 1. Pattern of Bo-sang-hwa ····· 5

Figure 2. Meoricho of Young-jo-beop-sik ····· 6

Figure 3. Pa-ryeon-hwacho ····· 8

Figure 4. A rafter ····· 17

Figure 5. A mural on the left wall ····· 18

Figure 6. An entrance pillar ····· 19

Figure 7. A back pillar on the right ····· 20

Figure 8. A protruding site under the Chunyeo ····· 21

Figure 9. A gate purlin ····· 22

Figure 10. A right purlin inside the building ····· 23

Figure 11. A handrail ····· 24

Figure 12. The bottom of a front door ····· 25

Figure 13. A front purlin ····· 26

Figure 14. A door on the gate ····· 27

Figure 15. Gungpan on a middle door ····· 28

Figure 16. A front purlin ····· 29

Figure 17. A front purlin ····· 30

Figure 18. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3 from Temple A ····· 40

Figure 19. X-ray diffraction patterns of sample-5, 6, 7, 8 from Temple A ···· 41

Figure 20. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3, 4 from Temple B ···· 42

Figure 21. X-ray diffraction patterns of sample-4, 5 from Hyanggyo C ····· 43

Figure 22. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 4, 5 from Temple E ···· 44

Figure 23. X-ray diffraction patterns of sample-1, 3, 4 from Jegak F ····· 45

Figure 24. X-ray diffraction patterns of sample-5, 6, 7 from Jegak F ····· 46

Figure 25. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2 from Temple G ····· 47

Figure 26. X-ray diffraction pattern of sample-1 from Jeongja H ····· 48

Figure 27. X-ray diffraction pattern of sample-1 from Sadang I ····· 48

Figure 28. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3 from Hyanggyo J ····· 49

Figure 29. X-ray diffraction patterns of sample-5, 6, 7 from Hyanggyo J ····· 50

Figure 30. X-ray diffraction pattern of sample-1 from Hyojagak K ····· 51

Figure 31. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3, 4 from Temple L ···· 52

Figure 32. X-ray diffraction patterns of sample-5, 7 from Temple L ····· 53

Figure 33. X-ray diffraction pattern of sample-5 from Hyojagak M ····· 53

Figure 34. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3, 6 from Jegak N ····· 54

Figure 35. X-ray diffraction patterns of R-1, 2, 4, 5 from modern pigments 55

Figure 36. X-ray diffraction patterns of R-6, 7, 8 from modern pigments ····· 56

ABSTRACT

A study on old building Dancheong pigments in Gwangju and Jeonnam by XRD

Jang, Seung Wook
Advisor : Prof. Park, Young Seog
Department of Resource Engineering
Graduate School of Chosun University

Modern pigments do not mock the unique color of past Dancheong. In former papers, not pigments but Dancheong patterns were mostly studied. There are not many papers about pigment analysis except conservation science studies in National Research Institute of Cultural Heritage. To conserve the exclusive tone of Dancheong pigments, databasing the components of pigments used in the past is crucial. In this study, to examine the components of pigments used in Dancheong on old temples or buildings and practically use the data for research material, X-ray diffraction analysis on pigments were conducted. 67 Dancheong fragments as a sample were collected in 14 of temples, jegak, jeongja etc.

As a result of composition analysis of pigments, chemical compounds from pigments can be classified by color. There are hematite(Fe_2O_3), minium(Pb_3O_4) in red pigments, cerussite($PbCO_3$), chamosite($Fe_3Si_2O_5(OH)_4$), daubreelite($FeCr_2S_4$) in black pigments and crocoite ($PbCrO_4$), claudetite(As_2O_3) in yellow. In addition, sodalite($Na_8(AlSiO_4)_6(MnO_4)_2$), albite($NaAlSi_3O_8$), nosean($Na_8Al_6Si_6O_{24}SO_4$), nepheline($NaAlSiO_4$) in blue, calcite($CaCO_3$,), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), rutile(TiO_2), anglesite($PbSO_4$) in white and eskolaite(Cr_2O_3) in green were observed.

This study shows that in the case of red pigments, metallic elements or organic coloring agents were used in the basic white compounds such as anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), rutile(TiO_2) in 1775 through 1900. After 1975 metallic elements were used as coloring agents. In the case of blue pigments, organic coloring agents were used in the basic white compounds such as anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) in 1667 through 1897. After 1900 C.I. pigment blue 29($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$), synthetic material, was used. In the case of white pigments, anglesite($PbSO_4$), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) were used by mixing each other in 1775 through 1900 and after 1975 each compound was used alone. Furthermore, when blending pigments, white pigments were used to make lighter color and other pigments were mixed each other to make another new color.

It is observed that there are crocoite($PbCrO_4$), eskolaite(Cr_2O_3), minium(Pb_3O_4), cotunnite($PbCl_2$), anglesite($PbSO_4$), castaingite($CuMo_2$), nantokite($CuCl$), cupalite($AlCu$), lautite($CuAsS$), alacranite(AsS), claudetite(As_2O_3), cinnabar(HgS) which include harmful heavy metals such as Cr, Pb, Cu, As, Hg. They were used to prevent buildings from insects. Especially, compounds which have As or Pb have been used for several hundred of years.

1. 서 론

유구한 역사를 가진 우리나라의 단청은 그 특유의 빛깔의 재현에 있어서 예전 색체를 모방해 내지 못하고 있다. 기술적으로 발전하면서 고가에 구하기 힘든 천연 안료 보다 값싼 화학안료를 사용하기 시작하였지만 질적으로도 우수해지지는 못하였다. 이러한 측면에서 볼 때 고대 안료의 성분에 대한 데이터베이스 구축이 선행되어야 한다.

지금까지 단청에 관련된 다수의 논문들이 제출되어 왔지만 그러한 논문들은 단청문양에 관한 연구가 주를 이루어 왔다. 우리나라에서 단청 안료에 대한 성분분석은 1963년 이숙연이 고대 단청의 분석학적 연구를 통해 단청안료의 화합물 조성을 규명한 것을 시작으로 이 후 1992년 홍정욱과 정광용의 “금산사 벽화 안료성분 분석에 관한 비교분석”, 2000년 조남철 외 3명의 “봉정사 극락전 벽화안료의 재질 분석 연구”, 2003년 한민수와 홍정욱의 “고대 안료의 성분분석 연구”에서 단청 안료 물질에 대한 성분분석이 이루어졌다. 그러나 이러한 국립문화재 연구소의 보존과학 연구 외에는 단청 안료에 대한 연구가 미비한 실정에 있다. 또한 이러한 논문들은 주로 국내 유명 사찰들 위주로 연구 되어져 왔다.

그러므로 본 논문에서는 고건물 및 고사찰 등의 단청에 사용된 안료의 성분을 규명하여 연구 자료로 활용하기 위해 X-선회절분석을 통한 안료의 분석결과를 서술하고자 한다. 조사지역으로는 그 동안 국내 유명 사찰들의 단청이나 벽화를 다룬 논문들과 달리 광주·전남 지역의 사찰, 제각, 정자 등의 14곳에서 단청 조각을 수집하여 데이터 범위를 넓히고자 한다.

2. 단청의 기원과 역사

2.1. 단청의 정의

단청(丹靑)을 글자 그대로 풀이하면 붉은색과 푸른색의 대비와 조화에 국한되는 말이다. 그러나 명사적 의미에서 '단청'이란 각종 안료를 사용하여 건물의 벽과 부재에 도채하는 모든 행위를 일컫는다. 나아가 청색, 적색, 황색, 백색, 흑색 을 기본으로 색을 배색하여 간색을 만들어 여러 가지 색을 표현하여 건물의 천장, 기둥, 벽과 같은 건축의 가구부재에 여러 색깔로 문양과 그림을 그려 넣는 것과 조형품, 공예품, 석조건축, 고분, 불화, 동굴 등에 채화하는 경우 등 회, 화의 개념을 통틀어서 말한다. 따라서 예로부터 단청의 대상은 전통적인 목조 건축물은 물론이거니와 고분이나 동굴의 벽화, 칠기, 공예품, 조각상, 장신구에 이르기까지 매우 광범위하게 적용되었다(곽동해, 2002).

목조건축 문화에서 단청은 필수조건이다. 인류는 일찍이 주위에서 쉽게 구할 수 있는 목재를 이용해 주거지를 마련하기 시작했다. 하지만 목재의 특성상 건축물의 유지에 있어서 큰 난관에 부딪히게 되었다. 특히 한국, 중국, 일본 등지에서는 소나무가 건축재로 많이 사용 되었는데 소나무는 재질의 특성상 내구성 등의 특징이 있으나 동시에 제재된 목재의 표면이 거칠고 건조 후 열에 매우 약하다는 단점도 있다. 이러한 단점의 해결책이 바로 단청(칠)이다. 즉 나무의 조잡한 면을 감추고 부식을 막기 위해 부재에 천연의 채료를 칠하는 방법을 터득하였던 것이다. 그런데 건축 부재에 채료를 바르는 작업에도 인간 본성인 미의식이 발휘되었다. 수명 연장을 위해 부재에 채색을 하면서 아름다움까지 고려해 각종 문양을 장식하기 시작한 것이다. 바로 그 행위에서 건축물의 단청이 시작되었음을 추정할 수 있다(곽동해, 2002).

2.2. 단청의 목적

목조 건축물에 단청을 하는 이유는 먼저 건축물의 영구 보존을 위한다거나, 재질의 조악성을 은폐하기 위한 것이며 궁전 위풍 또는 법당의 장엄함을 위한 것 또는 기념물인 성격으로서 전시 기록을 위한 목적이다(임영주, 1991). 이렇듯 건축물에 단청을 도채하는 원인은 다음과 같이 크게 네 가지로 요약할 수 있다.

① 건축물 수명 연장의 목적 : 비바람이나 기후의 변화에 대비한 부재의 풍해, 부식, 건습 등을 방지하고 내구성을 강화하기 위하여.
② 권위와 위품, 장엄의 목적 : 절대 권력의 왕권을 상징하기 위해 궁궐을 단청 장식하거나 종요적 의식을 위한 불교 사원, 도교 사원 등의 장엄을 위하여.
③ 재질의 조악함 은폐 목적 : 목재의 표면에 나타나 각종 옹이나 흠집 등을 감추고 외관의 미려함을 꾀하기 위하여.
④ 기념비적 건축물의 전시 목적 : 일반적인 것과 구분되는 특수 기념비적인 건축물의 전시와 기록을 위하여(곽동해, 2002).

이 가운데 가장 우선하는 것은 역시 첫 번째 항목이다. 가장 원시적인 요인이지만 건축물의 영구성을 도모하는 일이 가장 큰 비중을 차지했다.

2.3. 단청의 기원

단청의 기원에 대해서는 아직 확실히 밝혀지지 않고 있지만 오늘날에 전하는 가장 오래 된 단청 유물은 중국 서한시대 묘의 부장품이었던 가옥형 토기에 채화된 고대 단청의 흔적이다. 적・백・흑색 등을 사용해 서까래부리와 주두, 벽 등에 단순한 기하학적 패턴을 장식한 것이다. 이 유물은 고대 건축에도 패턴화한 단청 문양이 장식되었다는 사실을 추정케 하는 중요한 자료이다(곽동해, 2002).

고대 단청의 본격적인 유물은 4세기 중반부터 조영되기 시작한 중국 간쑤성 둔황현의 불교 석굴 유적을 들 수 있다. 지금까지 발굴된 크고 작은 600여 개의 석굴 가운데 단청이나 벽화가 도채된 동굴이 무려 469개소나 확인되었다. 북위시대(386~534)에 조영된 석굴만 해도 22개소에 달하는데, 그 중 제254굴 같은 곳에는 천장

과 사방 벽, 불상, 불단 등에 화려하게 장식된 단청이 상세히 전해지고 있다(곽동해, 2002).

우리나라에서는 고구려 357년(고국원왕27년)에 조성된 황해도 안악의 안악 3호분은 조성 연대가 확실한 초기 벽화고분이다. 이 무덤의 석실 벽면과 천장에는 각종 그림이 채화되어 있으며, 목조 건물의 기둥과 주두 공포 부재는 번안되어 설치되었다. 지금까지 약 90여 기가 발굴된 고구려 벽화고분은 4세기 중엽부터 7세기 중엽까지 조성된 것들로서 당시 고구려 단청의 면모를 추정할 수 있는 중요한 자료가 되고 있다(곽동해, 2002).

2.4. 단청의 문양

우리나라 단청 문양의 기본 요소는 고대로부터 전해지는 주술·종교·토속적인 각종 상서로운 문양을 총망라하고 있다. 그 중에는 건축 단청에 많이 이용되는 것들도 있지만 지극히 제한적인 것도 적지 않다(곽동해, 2001).

2.4.1. 단청 문양의 종류

삼국시대부터 지금까지 단청 문양으로 채택된 요소들을 종류별로 구분하여 열거하면 다음과 같다.

2.4.1.1. 기하문, 당초문

기하문은 기하학적 모양으로 이루어진 문양으로 원, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형, 나선형, 태극 등의 요소들이 있고 당초문은 덩굴무늬의 모양으로서 구름당초, 포도당초, 인동당초, 싸리당초, 국화당초, 보상당초 등이 있다.

2.4.1.2. 자연문, 식물문

자연문은 해, 달, 별 등의 자연을 표현한 문양으로 이들 이외에 화염, 기암, 산수, 십장생 등이 있고 식물문은 나무 등의 문양으로서 소나무, 대나무, 난, 석류, 영지, 불로초 등의 요소들이 있다.

2.4.1.3. 화문, 동물문

꽃의 무늬를 표현한 화문에는 연꽃, 국화, 모란, 매화, 만다라 등의 요소들이 있고, 동물문에는 용, 봉황, 거북이, 기린, 주작, 코끼리, 범 등이 있다.

2.4.1.4. 종교문, 길상문, 생활상

종교문에는 불상, 보살, 성인, 비천, 12지상, 가릉빈가 등이 있고 길상문에는 수복, 강녕, 희, 부귀, 칠보 등이 있고 생활상에는 수렵, 어로, 놀경, 전투, 무용, 연회, 주악 등이 있다.

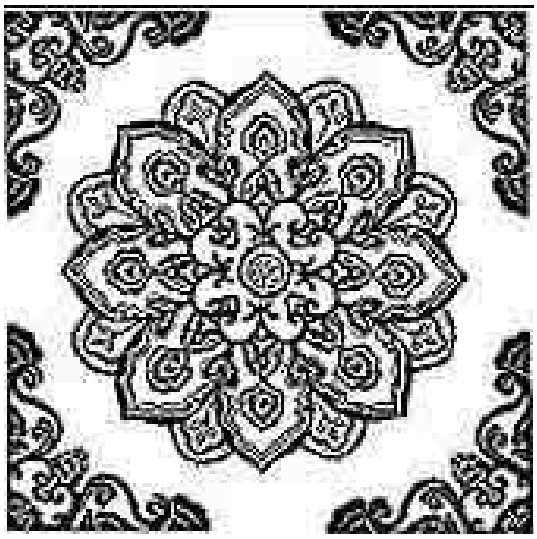

Figure 1. Pattern of Bo-sang-hwa.

2.4.2. 장식 구성 위치에 따른 단청 문양의 종류

장식 구성의 위치에 따라 단청 문양이 구분 될 수도 있는데 건물 각 부위에 따라 특정한 문양 이름들이 쓰여지고 있다(곽동해, 2001).

2.4.2.1. 머리초, 계풍초

머리초란 도리, 서까래 따위의 끝 부분에만 넣는 무늬로서 꽃의 종류에 따라 연화머리초, 주화머리초, 목단머리초, 녹화머리초로 나뉘며, 동안 형식에 따라 관자머리초, 병머리초, 장구머리초 등으로 구분된다. 계풍초는 십자금, 고리금, 거북금, 모닷금, 박쥐금 등의 금문양으로 이루어진다.

Figure 2. Meoricho of Young-jo-beop-sik.

2.4.2.2. 별화, 부리초

별화란 단청 시공 후 빈 공간에 사람, 꽃, 새 따위를 그려 넣는데 불상, 봉황, 기린, 거북, 주작, 신선, 비천, 가릉빈가 등을 넣기도 한다. 부리초는 부재의 마구리 즉 끝 단면의 문양을 말하는데 매화, 태평화, 십자금, 고리금, 연화 등이 있다 (http://danchung.culturecontent.com).

2.4.2.3. 주두・소로초, 주의초

주두는 기둥의 상부에 결구되어 상부의 공포를 받치는 부재를 말하고 소로는 외형은 비슷하지만 주두보다 작은 크기로 하부첨차와 상부첨차의 사이에 결구되는 부재를 말한다(http://danchung.culturecontent.com/index.asp?fn=2-2-9&en=17). 녹화, 연화, 주화, 여의두 등이 이에 속한다. 주의초란 기둥 윗부분의 문양을 말하고 탁의주의, 머리초주의, 드림주의 등이 있다.

2.4.2.4. 반자초, 포벽초

반자란 건물 내부의 천장을 가리어 꾸며놓은 모든 구조물을 말하며 반자초는 거기에 꾸며 놓은 문양을 말한다(http://danchung.culturecontent.com). 연화문, 주화문, 6자지언, 용문, 봉황문 등의 문양이 있다. 또한, 포벽초에는 불상초, 연화당초, 보상당초, 운문 등이 있다.

2.4.2.5. 궁창초, 착고

궁창은 창호 하부에 장착되는 방형의 널판자를 말하는 것으로 이곳에는 연화.모란.보상화.귀면.각종 당초화문 등 각종의 상징적인 문양이 도채된다 (http://danchung.culturecontent.com/index.asp?fn=2-2-5&en=17).

착고대란 처마 상부의 부연과 부연사이의 내부에 막아댄 방형의 널판자를 말한다. 이곳에는 연꽃을 중심으로 파련화문, 주화문, 여의두문, 보상화문, 각종화문, 당초문 등의 장식요소들을 조합하여 도안된 패턴문양을 장식한다.

Figure 3. Pa-ryeon-hwacho.

2.4.2.6. 개판초, 현판틀

개판이란 처마의 부연과 부연사이 상부를 막아대는 널판자를 말하고 여기에는 금문, 칠보문, 금수문, 연화문, 관세음보살 42수, 범자문, 둘레방석 등의 다양한 문양들이 도채된다. 현판이란 건물의 윗부분에 글자를 새긴 판을 말하며 현판틀에는 칠보문, 박쥐문, 길상문, 각종 당초문 등의 문양이 들어간다.

3. 단청 안료

3.1. 안료

안료란 물 및 대부분의 유기용매에 녹지 않는 분말상의 착색제를 말한다. 색깔은 백색 또는 유색을 띄며 아마인유·니스·아라비아고무 등 전색제에 섞어서 도료·인쇄잉크·그림물감 등을 만들어 물체 표면에 착색하거나, 고무·합성수지 등에 직접 섞어서 사용하기도 한다.

안료와 비슷한 것에 염료가 있으며, 이것은 일반적으로 물 및 유기용매에 녹는 유색분말로서, 주로 섬유의 착색에 사용된다. 안료는 염료에 비해서 불투명하고, 은폐력이 크다.

안료는 무기안료와 유기안료로 크게 나누며, 알루미나·황산바륨 등과 같이 색도 은폐력도 없고, 단지 전색제·증량제로서 사용되는 것도 있다. 종류에 따라 색조·선명도·은폐력·착색력·견뢰도(빛·물·알칼리·산·용매·약품·세탁·열·마찰 등에 대한 강도의 정도) 등이 다르며, 각각 알맞은 용도에 쓰인다.

3.2. 단청 안료의 종류

단청 안료란 용매에 용해되지 않는 유색 미립자상의 무기 또는 유기 화합물인 착색제로, 접착제와 혼합해 건축 부재의 바탕면에 칠하여 색체를 나타내게 된다(곽동해, 2002). 조선시대의 단청 안료는 이들은 대부분 중국에서 수입되는 것이었는데 색에 종류에 따라 적색계열에 당주홍, 번주홍, 석간주, 편연지 장단 등이 청색계열에 청화, 이청, 삼청 등이 황색계열에 석자황, 동황, 석황 등이 녹색계열에 하엽, 뇌록, 삼록등이 백색계열에는 진분, 정분 등이 흑색계열에는 송연, 청화먹 등이 사용되었다.

조선시대 궁궐 공사를 기록한 의궤들에 오채색을 기준으로 당시 사용된 안료의 종류와 사용량 가격 등을 기록해 놓았다. 본 논문에서는 사용한 안료의 종류만 열거 해 보겠다(전한효, 2004).

3.2.1. 창경궁수리도감의궤

창경궁수리도감의궤는 인조11년인 1633년 3월부터 당해년 8월까지 대략 5개월 동안 진행된 창경궁 전당의 부분적인 수리 공사에 관한 보고서로서 공사 중에 적색계열에 당주홍, 번주홍, 주토, 황단, 녹번, 청색계열에 청화, 녹색계열에 당하엽, 삼록, 뇌록, 향하엽, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 쓰여 졌다.

3.2.2. 창덕궁수리도감의궤

인조25년인 1647년에 쓰여 졌으며 적색계열에 당주홍, 번주홍, 주토, 황단, 당황단, 청색계열에 청화, 삼중청 녹색계열에 당하엽, 삼록, 뇌록, 향하엽, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 사용 되었다고 쓰여 있다.

3.2.3. 저승전의궤

인조26년인 1648년부터 1650년에 걸쳐 동궁처소인 저승전의 수리를 기록한 문서로 적색계열에 당주홍, 번주홍, 주토, 황단, 청색계열에 청화, 녹색계열에 당하엽, 삼록, 뇌록, 향하엽, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 사용되었다고 쓰여 있다.

3.2.4. 산능도감의궤

왕의 능을 조성할 때 쓰여진 것으로서 영조15년인 1725년에 쓰여졌다. 의궤에 쓰여진 안료로는 적색계열에 번주홍, 주토, 황단, 편연지, 주홍, 왜주홍 청색계열에 청화, 녹색계열에 하엽, 삼록, 뇌록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분이 있다.

3.2.5. 문희묘영건청등록

1789년(정조13년) 4월, 문효세자의 사당인 문희묘를 세우는 과정을 기록한 등록이다(http://www.memorykorea.go.kr). 공사에는 적색계열에 당주홍, 번주홍, 주토, 황단, 청색계열에 청화, 녹색계열에 하엽, 삼록, 뇌록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 쓰여 졌다.

3.2.6. 화성성역의궤

정조20년인 1796년 화성성곽 축조에 관해 기록한 문서로 적색계열에 당주홍, 번주홍, 주토, 황단, 편연지, 석간주, 청색계열에 청화, 청화먹, 녹색계열에 하엽, 삼록, 뇌록, 조뇌록, 석록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에는 송연이 쓰여 져 있다.

3.2.7. 인정전영건도감의궤

순조5년인 1805년 12월에서 1804년 12월에 걸쳐 창덕궁의 정전인 인정전을 영건한 기록이다. 공사 중 쓰여 진 안료로는 적색계열에 당주홍, 편연지, 석간주, 당황단, 상황단, 황주주토, 청색계열에 청화, 이청, 삼청, 녹색계열에 하엽, 삼록, 뇌록, 석록, 황색계열에 석자황, 동황, 석웅황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 있다.

3.2.8. 서궐영건도감의궤

1829년에 서궐 즉, 경희궁의 화재로 소진된 전각들을 이듬해인 1830년부터 순조32년인 1832년에 걸쳐 영건을 기록한 의궤이다. 쓰여진 안료로는 적색계열에 당주홍, 번주홍, 편연지, 석간주, 당황단, 상황단, 황주주토, 청색계열에 청화, 이청, 삼청, 녹색계열에 당하엽, 삼록, 뇌록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 있다.

3.2.9. 창경궁영건도감의궤

1830년부터 1834년(순조34년)에 창경궁을 영건한 기록이다. 쓰여진 안료로는 적색계열에 당주홍, 번주홍, 편연지, 석간주, 당황단, 상황단, 황주주토, 청색계열에 이청, 삼청, 녹색계열에 하엽, 삼록, 뇌록, 석록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 기록되어 있다.

3.2.10. 인정전중수의궤

철종8년인 1857년에 인정전의 수리를 기록한 의궤로 안료로 적색계열에 당주홍, 번주홍, 편연지, 석간주, 당황단, 상황단, 왜주홍, 청색계열에 청화, 이청, 삼청, 녹색계열에 하엽, 삼록, 뇌록, 석록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분이 사용 되었다고 쓰여 있다.

3.2.11. 경복궁,창덕궁증건도감의궤

1900년인 광무4년에 경복궁과 창덕궁의 서원전 제1실을 증건한 기록이다. 쓰여진 안료로는 적색계열에 편연지, 석간주, 주홍, 장단, 청색계열에 양청, 녹색계열에 하엽, 뇌록, 양록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 있다.

3.2.12. 중화전영건도감의궤

광무8년인 1904년에 경운궁의 법전인 중화전의 증건 공사가 완료된 후에 공사보고서의 형식으로 작성된 의궤로 적색계열에 편연지, 석간주, 주홍, 장단, 청색계열에 양청, 녹색계열에 하엽, 뇌록, 양록, 황색계열에 석자황, 동황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 사용되었다고 쓰여 있다.

3.2.13. 경운궁중건도감의궤

화재로 불탄 경운궁을 중건하는 과정을 광무10년인 1906년에 편찬한 책이다. 쓰여진 안료로는 적색계열에 편연지, 석간주, 주홍, 장단, 청색계열에 양청, 녹색계열에 하엽, 양록, 황색계열에 석자황, 백색계열에 진분, 정분, 흑색계열에 송연이 있다.

조선시대 대부분의 안료는 무역을 통해 들여온 것을 알 수 있다. 안료의 색명 앞에 '당'자가 붙어 있으면 중국에서 수입한 것이고 '양'자가 붙어 있으면 서양에서 들어온 것이다(전한효, 2004). 예를들어, 당주홍, 당황단, 당하엽 등은 중국에서 들어 온 것이고 양청, 양록 등은 19세기말에 일본을 통해 서양에서 들어온 것이다.

비슷한 색깔을 내는 안료라도 무역, 산출지, 가격 등의 상황에 따라 여러 가지 다양한 재료가 쓰였다. 이러한 안료들은 모두 천연 안료로써 진채, 당채, 암채, 이채라 하는 광물질 무기 염류나 동·식물에서 추출한 유기물질 사용 되었으나 그 값이 비싸고 소량 생산되었기 때문에 20세기 들어서는 대부분 사용되지 않고 그 대체로 화학적으로 제조된 안료를 사용하고 있다(곽동해, 2002).

현대에 주로 사용되는 안료로는 적색계열에 석간주, 주홍, 장단, 육색, 다자, 청색계열에 삼청, 양청, 군청, 녹색계열에 하엽, 조뇌록, 양록, 황색계열에 석황, 백색계열에 호분, 지당, 흑색계열에 수먹이 쓰이고 있다.

이러한 현대 안료들은 단독으로 또는 혼합되어 단청 시공에 주로 사용되어지고 있다.

시대별로 안료의 변화를 정리해 보면 다음 표와 같다(Table 1).

Table 1. Arrangement by period of pigments mentioned in Uigwes.

Color	Pigments	1600s	1700s	1800s	1900s
Red	Dangjuhong	○	○	○	
	Bunjuhong	○	○	○	
	Juto	○	○	○	
	Hwangdan	○	○		
	Danghwangdan	○		○	
	Sangwangdan			○	
	Pyeonyeonji		○	○	○
	Waejuhong		○	○	
	Sukganju		○	○	○
	Jangdan				○
	Juhong		○		○
	Yuksaek				
	Daja				
	Nokbeon	○			
Blue	Cheonghwa	○	○	○	○
	Icheoong		○	○	
	Samcheong		○	○	
	Yangcheong				○
	Guncheong				
	Simjungcheong	○			
Yellow	Sukjahawng	○	○	○	○
	Sukunghwang			○	
	Donghwang	○	○	○	○
	Sukhwang				
Green	Danghayeop	○		○	
	Hyanghayeop	○			
	Hayeop		○	○	○
	Noerok	○	○	○	○
	Jonoerok		○		
	Samrok	○	○	○	
	Sukrok		○	○	
	Yangrok				○
White	Jinbun	○	○	○	○
	Jeongbun	○	○	○	○
Black	Songyeon	○	○	○	○
	Cheonghwameok		○	○	

4. 시료 채취

4.1. 조사지역

광주광역시, 화순, 담양, 장성 및 나주 지역의 사찰, 효자각 그리고 제각 등에서 2008년 9월과 10월에 67개의 시료를 채취 하였다. 광주광역시 동구 운림동 소재 A사찰, B사찰, 남구 C향교, D제각, 화순군 E사찰, F제각, G사찰, H정자, I사당, 담양군 J향교, 순창군 K효자각, 장성군 L사찰, 나주시 M효자각, N제각에서 시료를 채취 하였다.

아래 표는 시료의 조사지역, 건축물, 단청연대를 나타내고 있다(Table 2).

Table 2. Sample collecting areas.

	Area	Building	Dancheong year
A	Gwangju	Temple	1980
B	Gwangju	Temple	1980
C	Gwangju	Hyanggyo	about 1978
D	Gwangju	Jegak	about 1983
E	Hwasun	Temple	1978
F	Hwasun	Jegak	about 1900
G	Hwasun	Temple	1667, 1694
H	Hwasun	Jeongja	1980
I	Hwasun	Sadang	about 1984
J	Damyang	Hyanggyo	about 1975
K	Sunchang	Hyojagak	about 1970
L	Jangseong	Temple	1775
M	Naju	Hyojagak	1800
N	Naju	Jegak	1897

4.2. 시료 채취

단청이 되어 있는 건물은 대게 문화재 등록 건물이거나 역사적 또는 개인적 소장 가치가 높은 건물들이 많아 시료 채취에 어려움이 많다.

사찰의 경우 주지 스님께 개인 소유의 제각의 경우에는 건물 소유자분들께 허락을 얻어 채취 하였으나 여건이 허락지 않았을 때는 단청 칠 된 아랫부분의 바닥에 떨어진 조각들을 모으기도 했다.

단청년도 또는 보수년도는 직접 스님들 또는 제각 소유자에게 물어보기도 했으며 관공서에 자문을 구하기도 했다. 하지만 몇몇의 경우 정확한 연도는 알지 못하는 경우도 있었으나 단청 안료의 쓰임은 시대에 따라 변화하기 때문에 추정한 연대의 시료도 분석에 포함 하였고, 고건물들의 종류와 색상에 따라 총 67개의 시료를 채취하였으며, 현대 시중에 쓰이고 있는 안료 8개를 색깔 별로 구하여 함께 분석하였다.

각각의 시료의 색 이름은 시료의 색상과 한국의 전통색 리스트의 색상을 비교하여 기입하였다(http://phpschool.com/gnuboard4/bbs/board.php?bo_table=tipntech&wr_id=38359).

4.2.1. 광주광역시 동구 *A*사찰

운림동 무등산관리소 가는 길의 좌측에 있는 작은 사찰 으로서 30년 전에 지어졌으며 대웅전은 50년 된 건물을 옮겨 조립해 놓았다. 30년 전에 단청 칠 후 다른 법당은 단청칠을 새로 하였으나 대웅전 단청은 30년 전 그대로이다.

Table 3. Sample list of Temple A.

No.	Building	Site	Color
1	Daeungjeon	A front Neoksaldoor	Yangrok
2	Daeungjeon	A Rafter	Yangrok
3	Daeungjeon	Below a purlin	Dark yellow
4	Daeungjeon	Below a purlin	Sukganju
5	Daeungjeon	Below a crossbeam	Green
6	Daeungjeon	Gungpan on a right door	Samcheong
7	Daeungjeon	Gungpan on a right door	Red
8	Daeungjeon	Gungpan on a right door	Orange

Figure 4. A rafter.

4.2.2. 광주광역시 동구 *B*사찰

A사찰 근처에 있는 B사찰은 38년 전에 창건 되었으며, 단청칠은 30년 정도로 추정된다.

Table 4. Sample list of Temple B.

No.	Building	Site	Color
1	Sanctuary	Left mural	Samcheong
2	Sanctuary	Left mural	Sukganju
3	Sanctuary	Left mural	Yangrok
4	Sanctuary	Gunpan on a front door	Dark brown

Figure 5. A mural on the left wall.

4.2.3. 광주광역시 남구 *C*향교

1398년에 처음 세워졌으며 두 번의 이사를 거쳐 지금 자리에 옮겨지게 되었다. 정유재란 때 일본군의 방화로 인해 소실되어 1600년에 다시 지었으나 1841년 화재로 인해 건물 대부분이 소실되어 그 후 여러 번의 수리, 재건축을 하여 지금의 모습을 하게 되었다. 단청연대는 1978년 이다.

Table 5. Sample list of Hyanggyo C.

No.	Building	Site	Color
1	Gate	a left pillar	Green
2	Gate	a left pillar	Black
3	Gate	a left pillar	White
4	Gate	a left pillar	Yuksaek
5	Gate	a left pillar	Red brown

Figure 6. An entrance pillar.

4.2.4. 광주광역시 남구 *D*제각

조선시대 한 공신을 기리기 위해 그의 후손들이 지은 사당이다. 단청연대는 1983년이다.

Table 6. Sample list of Jegak D.

No.	Building	Site	Color
1	Jegak	A back pillar on the right	Yangrok
2	Jegak	A back pillar on the right	Dark yellow
3	Jegak	A back pillar on the right	Yuksaek

Figure 7. A back pillar on the right.

4.2.5. 전남 화순군 *E*사찰

고려시대 1208년에 창건 되었으며 명창들이 수련하던 곳으로 유명 하였다. 6·25 때 거의 모든 건물이 소실되어 1978년에 재건축 하였다.

Table 7. Sample list of Temple E.

No.	Building	Site	Color
1	Sanctuary	A protruding site under the Chunyeo	Yuksaek
2	Sanctuary	A protruding site under the Chunyeo	Black
3	Sanctuary	A protruding site under the Chunyeo	White
4	Sanctuary	Rear wall	Samcheong
5	Sanctuary	Rear wall	Green

Figure 8. A protruding site under the Chunyeo.

4.2.6. 전남 화순군 *F*제각

전남 화순군 춘양면의 한 집안의 어른을 기리기 위한 제각 좌측제각이 아버지, 우측제각이 할아버지를 모신 제각이라고 한다. 건립연대는 분명치 않으나 100년 정도 되었다고 하고 단청은 처음 그대로라고 한다.

Table 8. Sample list of Jegak F.

No.	Building	Site	Color
1	A left Jegak	A gate purlin	Yangrok
2	A left Jegak	A gate purlin	Samcheong
3	A left Jegak	A gate purlin	White
4	A right Jegak	A front purlin	Samcheong
5	A right Jegak	A side purlin	Sukganju
6	A right Jegak	A gate purlin	White
7	A right Jegak	A gate pillar	Black

Figure 9. A gate purlin.

4.2.7. 전남 화순군 *G*사찰

통일신라시대에 처음 창건 되었으나 임진왜란 때 폐사된 후 1628년 대웅전을 중건 한 것을 비롯해 계속해서 중수하였다. 6.25때 대웅전등 2개 건물만 제외한 나머지 건물들은 모두 화재로 소실되었으나 대웅전도 1984년에 화재로 소실되어 2년 후 재건하였다. 단청 조각을 채취한 목조 불상과 법당은 모두 화재를 피해 1667년의 모습 그대로이다.

Table 9. Sample lists of Temple G.

No.	Building	Site	Color
1	Left sanctuary	A wooden statue inside the building	White
2	Right sanctuary	Nuksaldoor	Light blue
3	Right sanctuary	A right purlin inside the building	Samcheong
4	Right sanctuary	A front purlin inside the building	Samcheong

Figure 10. A right purlin inside the building.

4.2.8. 전남 화순군 *H*정자

1500년경 만들어져 시인들이 풍류를 즐겼으며 아전들의 휴식처로도 사용 되었다. 그 후 1871년에 중건 되었다. 단청연대는 1984년이다.

Table 10. Sample list of Jeongja H.

No.	Building	Site	Color
1	Jeongja	A handrail	Yangrok

Figure 11. A handrail.

4.2.9. 전남 화순군 *I*사당

임진왜란 등의 전투에서 순절한 공신들의 넋을 기리기 위한 사당으로써 창건연대는 1609년경이나 지금 있는 건물은 1984년에 지어 진 것이다. 단청연대는 1984년이다.

Table 11. Sample list of Sadang I.

No.	Building	Site	Color
1	Sadang	The bottom of a front door	Yangrok

Figure 12. The bottom of a front door.

4.2.10. 전남 담양군 *J*향교

1399년에 창건되었다고 읍지에 기록되어 있으나 확실하지 않다. 1479년에 지금의 위치로 이전하였고, 1689년에 건물들을 중건하였다. 단청연대는 1975년이다.

Table 12. Sample list of Hyanggyo I.

No.	Building	Site	Color
1	Daeseongjeon	Middle doorframe	Samcheung
2	Daeseongjeon	A front purlin	Sukganju
3	Daeseongjeon	A pillar	Dark yellow
4	Daeseongjeon	A left purlin	Light green
5	Daeseongjeon	An engraving of lotus flower	Red
6	Daeseongjeon	A rear purlin	White
7	Daeseongjeon	A rear purlin	Dark yellow

Figure 13. A front purlin.

4.2.11. 전북 순창군 *K*효자각

경주 김씨 후손들이 지은 효자각으로 단청연대는 1970년이다.

Table 13. Sample list of Hyojagak K.

No.	Building	Site	Color
1	Hyojagak	A door on the gate	Yangrok

Figure 14. A door on the gate.

4.2.12. 전남 장성군 *L*사찰

창건 연대가 백제 시대까지 거슬러 올라가는 유서 깊은 절이다. 법당은 이 사찰 건물들 중 가장 오래된 건축물로서 1775년경에 지어졌다고 한다.

Table 14. Sample list of Temple L.

No.	Building	Site	Color
1	Sanctuary	Gungpan on a middle door	Yangrok
2	Sanctuary	Gungpan on a left door	Green
3	Sanctuary	Gungpan on a left door	Juhong
4	Sanctuary	A rear purlin	Samcheong
5	Sanctuary	A left door	White
6	Sanctuary	Gungpan on a left door	Guncheong
7	Sanctuary	Gungpan on a left door	Black

Figure 15. Gungpan on a middle door.

4.2.13. 전남 나주시 *M*효자각

마을의 한 집안에서 내려오는 효자제각으로 1800년경에 건조하였고 겨울에 병석에 앓아누운 부친이 죽순을 먹고 싶다고 하나 구할 수가 없어 눈 덮인 밭에 무릎 꿇고 앉아 울고 있었더니 땅에서 죽순이 솟아 났다는 이야기가 전해진다. 건조 뒤로 단청칠은 새로 하지 않았다.

Table 15. Sample list of Hyojagak M.

No.	Building	Site	Color
1	Eopilmun	A front purlin	Guncheong
2	Eopilmun	A front purlin	yangrok
3	Eopilmun	A front purlin	Red
4	Eopilmun	A front purlin	Black
5	Eopilmun	A rear purin	White
6	Eopilmun	A rear purin	Sukganju
7	Eopilmun	Gate	Oksaek

Figure 16. A front purlin.

4.2.14. 전남 나주시 *N*제각

나주시 다시면 한 마을의 이씨 문중의 조선시대 공신을 모신 제각으로 1897년에 창건되었다. 2층으로 되어 있는 것이 특징이고 문중에서 지방문화재에 등록 시키려고 노력중이라고 한다. 단청은 처음 칠한 후 손보지 않았다고 한다.

Table 16. Sample list of Jegak N.

No.	Building	Site	Color
1	Pochungmun	A pillar	Oksaek
2	Pochungmun	A pillar	Black
3	Pochungmun	A pillar	Red
4	Pochungmun	A front purlin	Hwangsaek
5	Pochungmun	A front purlin	White
6	Pochungmun	A tablet at the 2nd floor	Byeongcheong
7	Pochungmun	Decoration on the ceiling at the snd floor	Green

Figure 17. A front purlin.

4.2.15. 현대안료

현대 안료와 비교를 위해 현재 단청 시공 시 주로 쓰이고 있는 8가지 단색의 현대 안료도 함께 분석해 보았다.

Table 17. Modern pigments.

No.	Pigment	Color
R-1	Cyanine green	Green
R-2	Iron oxide red	Red
R-3	Toluidine red	Red
R-4	Permanent orange G	Orange
R-5	Ultra marine blue	Blue
R-6	Jidang	White
R-7	Chrominium oxide green	Green
R-8	Hansa yellow	Yellow

4.3. 시료분석

단청 안료의 성분을 알아보기 위해, 조선대학교 공동실험실습관 X-선분석실에서 X-선회절 분석을 실시하였다. X-선회절분석기는 PANalytical社의 X´Pert PRO MPD를 이용하였다. 이때 사용된 X-ray tube는 Cu target, 사용전류와 전압은 40 KV, 30mA 였으며, 측정조건은 2theta 범위는 5°~80°까지, scan speed는 1sec/step 이었으며 step의 간격은 0.03dg 이다.

X-선회절분석을 이용하면 알 수 없는 물질구조에 대한 중요한 정보를 알 수 있었으며, ICDD 표준파일과의 대조에 의해서 미지의 시료가 무슨 물질인지 정성분석을 할 수 있다. 첫째, 암석, 토양, 금속 등 모든 고체 시료에 대한 분석과 분말, 판상, 섬유상 등 시료의 다양한 형태에 대한 분석이 가능하다. 둘째, 물질의 결정구조 및 화합의 형태가 다르면 회절패턴의 형태가 변함에 따라서 ICDD 표준 물질의 데이터 파일과 비교하여 물질의 구별이 가능하고, 조성이 같다고 하더라도 결정구조가 다른 동질이상의 구별이 가능하다. 이 외에도 결정의 면간격 측정, 격자상수 측정, 결정의 배향성 조사 등에 유용하게 쓰이고 있다(B.D Cullity, 1990).

5. 결과

5.1. X-선회절 분석 결과

채취한 시료 67개와 현대 안료 8개를 분석하여, 54개의 데이터 값을 얻었다. 분석에서 물질의 종류를 확인 하지 못한 시료들은 비결정질 물질로 확인되었기 때문이다. 또한 시료 채취 시 수백 년 전에 천연 안료로 단청한 건물의 경우 접착제를 섞어 바르기 때문에 현대의 페인트처럼 시간이 지나도 박리되지 않은 시료들의 경우에는 고건물의 훼손을 염려하여 시료 채취가 어려웠다.

매 시료마다 하나 또는 두 개 이상의 화합물들이 검출 되었다. 각 물질들은 안료의 색과 관계 깊은 또는 의외의 결과인 것들이 나타났다. 분석 후 편의를 위하여 임의의 알파벳으로 화합물들을 명명 했다(Table 18).

Table 18. Initials of compounds for XRD in this study.

Initial	Compounds	Initial	Compounds
AB	Albite($NaAlSi_3O_8$)	CPO	C.I. pigment orange 13 ($C_{32}H_{24}Cl_2N_8O_2$)
AN	Anglesite($PbSO_4$)	CR	Crocoite($PbCrO_4$)
AR	Alacranite(AsS)	CS	Chamosite($Fe_3Si_2O_5(OH)_4$)
AT	Anatase(TiO_2)	CT	Castaingite($CuMo_2$)
BR	Barite($BaSO_4$)	CU	Calumetite($Cu(OH.Cl)_2.2H2O$
BS	Barbosalite($FeFe_2(PO_4)_2(OH)_2$)	CP	Cupalite(AlCu)
CB	Chabazite($H_{2.1}Ca_{0.25}Al_{3.60}Si_{8.4}O_{24}$)	CPB	C.I. pigment blue 29 ($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$)
CD	Claudetite(As_2O_3)	CPG	C.I. pigment green ($C_{32}H_{16-X}Cl_XCuN_8$)
CE	Cerussite($PbCO_3$)	CPO	C.I. pigment orange 13 ($C_{32}H_{24}Cl_2N_8O_2$)
CI	Chloromagnesite($MgCl_2$)	CPR	C.I. pigment red 28:4 ($C_{18}H_{11}ClMn_2N_2O_6S$)
CL	Calcite($CaCO_3$)	CR	Crocoite($PbCrO_4$)
CM	Calcite, magnesium ($(Mg_{0.03}Ca_{0.97})(CO_3)$)	CS	Chamosite($Fe_3Si_2O_5(OH)_4$)
CN	Cinnabar(HgS)	CT	Castaingite($CuMo_2$)
CO	Cotunnite($PbCl_2$)	CU	Calumetite($Cu(OH.Cl)_2.2H2O$
CP	Cupalite(AlCu)	DB	Daubreelite($FeCr_2S_4$)
CPB	C.I. pigment blue 29 ($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$)	DO	Dolomite($CaMg(CO_3)_2$)
CPG	C.I. pigment green ($C_{32}H_{16-X}Cl_XCuN_8$)	DT	Dichromium trioxide(Cr_2O_3)

Table 18. Continued.

Initial	Compounds	Initial	Compounds
EK	Eskolaite(Cr_2O_3)	MT	Magnetoplumbite($PbFe_{12}O_{19}$)
EK	Emerald green($C_2H_3As_3Cu_2O_8$)	NC	Nacrite($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)
FC	Fluclcite(As_2CaHO_{10})	NP	Nepheline($NaAlSiO_4$)
GS	Gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	NS	Nosean($Na_8A_{l6}Si_6O_{24}SO_4$)
GT	Geothite($FeO_3.H_2O)_3.H_2O$)	NT	Nantokite(CuCl)
HP	Hydrophilite($CaCl_2$)	QZ	Quartz(SiO_2)
HT	Hematite(Fe_2O_3)	RC	Rhomboclase($FeH(SO_4)_2.4H_2O$)
LD	Lindqvistite($Pb_2(Mn,Mg)Fe_{16}O_{27}$)	RU	Rutile(TiO_2)
LG	Litharge(PbO)	SI	Sodalite($Na_8(AlSiO_4)_6(MnO_4)_2$)
LT	Lautite(CuAsS)	ST	Sarmientite($Fe(AsO_4)(SO_4)$ $OH.5H_2O$)
LV	Lavendulan($NaCaCu_5(AsO_4)_4$ Cl.H2O	SZ	Szmikite($MnSO_4H_2O$)
MG	Magnetite(Fe_3O_4)	TC	Talc($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)
MN	Minium(Pb_3O_4)	WD	Weddellite($Ca(CO_2)_2(H_2O)_2$)

Table. 18의 화합물들은 XRD 분석에 의해 나온 화합물명을 쓴 것으로 이니셜은 화합물의 약자가 아닌 임의의 알파벳 약어를 사용하여 XRD 피크 해석에 이용하였다. 위의 이니셜에 따라 열거된 화합물들을 시료별로 다음과 같이 정리 하였고 여기서 color는 색 계열을 의미 한다(Table 19).

Table 19. Compounds data for each sample.

Sample name	Figure	Color	Compounds initial
Temple A-1	Figure 21-1	Green	CL, LT, RU, CB
Temple A-2	Figure 21-2	Green	GS, CN
Temple A-3	Figure 21-3	Yellow	CL, LT, GT
Temple A-5	Figure 22-4	Green	CL, EG
Temple A-6	Figure 22-5	Blue	CL, LT, TC, AY, CPB
Temple A-7	Figure 22-6	Red	AB, BR
Temple A-8	Figure 22-7	Red	MN
Temple B-1	Figure 23-1	Blue	CL, SI, RU, AN
Temple B-2	Figure 23-2	Red	HT
Temple B-3	Figure 23-3	Green	CL, HT, RU, AN
Temple B-4	Figure 23-4	Red	CL, HT, MT, GT
Hyanggyo C-4	Figure 24-4	Red	GS, AN, CM
Hyanggyo C-5	Figure 24-5	Red	CL, GS, CT
Temple E-1	Figure 25-1	Red	CL, MN, AN
Temple E-2	Figure 25-2	Black	CL, GS, MN, DB
Temple E-3	Figure 25-3	White	RU
Temple E-4	Figure 25-4	Blue	CL, MT, RU, CPB, LD
Temple E-5	Figure 25-5	Green	BS, CL, CR, WZ
Jegak F-1	Figure 26-1	Green	AN, MG, QZ
Jegak F-3	Figure 26-3	White	ST, GS, QZ
Jegak F-4	Figure 26-4	Blue	CPB
Jegak F-5	Figure 27-5	Red	HT, CI, QZ
Jegak F-6	Figure 27-6	White	HP, AN, QZ
Jegak F-7	Figure 27-7	Black	AN
Temple G-1	Figure 28-1	White	LV, CO, QZ
Temple G-3	Figure 28-3	Blue	AB, QZ
Jeongja H-1	Figure 29-1	Green	CL, RU

Table 19. Continued.

Sample name	Figure	Color	Compounds initial
Sadang I-1	Figure 30-1	Green	CM
Hyanggyo J-1	Figure 31-1	Blue	AT, GS, RU, BR, NS
Hyanggyo J-2	Figure 31-2	Red	AT, CL, GS
Hyanggyo J-3	Figure 31-3	Yellow	AN, CR
Hyanggyo J-5	Figure 32-5	Red	AN
Hyanggyo J-6	Figure 32-6	White	AT
Hyanggyo J-7	Figure 32-7	Yellow	AN, CD
Hyojagak K-1	Figure 33-1	Green	EK, LG
Temple L-1	Figure 34-1	Green	CL, EK
Temple L-2	Figure 34-2	Green	CL, SZ
Temple L-3	Figure 34-3	Red	GS
Temple L-4	Figure 34-4	Blue	GS, RU
Temple L-5	Figure 35-5	White	CL, GS
Temple L-7	Figure 35-7	Black	AT, CL
Hyojagak M-5	Figure 36-5	White	ST, AN
Jegak N-1	Figure 37-1	Green	AT, RU, AN, CU, NC, QZ
Jegak N-2	Figure 37-2	Black	CE, CS, QZ
Jegak N-3	Figure 37-3	Red	AT, CL, RU
Jegak N-6	Figure 37-6	Blue	AT, CL, CP
Modern pigment-1	Figure 38-1	Green	AR, BR, CPG
Modern pigment-2	Figure 38-2	Red	HT, DO
Modern pigment-4	Figure 38-4	Red	RU, BR, CPO
Modern pigment-5	Figure 38-5	Blue	NP, NS, QZ
Modern pigment-6	Figure 39-6	White	RU
Modern pigment-7	Figure 39-7	Green	DT, QZ
Modern pigment-8	Figure 39-8	Yellow	CR

Calcite($CaCO_3$), gypsum quartz(SiO_2)는 색을 불문하고 여러 시료에서 관찰되고 있고 그 밖에 anglesite($PbSO_4$), 산화티탄(TiO_2), 철산화물 r그리고 Na · Al · Si · O의 규산염 화합물 또한 다수의 시료에서 보인다(Table 19).

5.2. 색 계열에 의한 분류

적색 계열의 안료에서는 주로 철산화물인 hematite(Fe_2O_3)나 minium(Pb_3O_4)이 관찰 되었다(figure 23, sample-2). 옅은 적색의 경우 백색 안료인 Ca, Mg 화합물인 calcite, magnesium($Mg_{0.03}Ca_{0.97}$)(CO_3) 또는 $CaCO_3$가 관찰 되었으며(figure 25, sample-1) 짙은 적색의 경우 검정빛을 띄는 철, 납 화합물인 magnetoplumbite ($PbFe_{12}O_{19}$)가 관찰 되었다(figure 23, sample-4).

흑색 계열의 안료에서는 주로 Fe, Pb 그리고 Cr 등이 검출 되었는데 화합물로 cerussite($PbCO_3$), chamosite($Fe_3Si_2O_5(OH)_4$) 및 daubreelite($FeCr_2S_4$) 등이 관찰되었다(figure 37, sample-2).

황색 계열의 안료에서는 Pb, Cr 화합물인 crocoite($PbCrO_4$)가 관찰 되었으며 (figure 31, sample-3), As 산화물인 claudetite(As_2O_3) 또한 관찰되었다(figure 32, sample-7). 옅은 황색의 경우 백색을 띄는 anglesite($PbSO_4$)도 관찰되었다(figure 31, sample-3).

청색 계열의 안료에서는 주로 Na, Al, Si, O 화합물들로 nepheline($NaAlSiO_4$), sodalite($Na_8(AlSiO_4)_6(MnO_4)_2$), C.I. pigment blue 29($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$), albite($NaAlSi_3O_8$) 그리고 nosean($Na_8Al_6Si_6O_{24}SO_4$) 등만 관찰 되었다(figure 26, sample-4). 증량재로 쓰이는 백색안료인 지당(rutile, TiO_2) 또한 다수의 시료에서 관찰 되었다(figure 25, sample-4).

백색 계열의 안료에서는 호분의 성분인 $CaCO_3$, 석고의 성분인 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 와 지당(rutile, TiO_2) 등이 관찰 되었고(figure 27, sample-6), 또한 황산납을 주성분으로 하는 anglesite($PbSO_4$), cotunnite($PbCl_2$) 그리고 규산질인 quartz(SiO_2) 피크도 보인다(figure 28, sample-1).

녹색 계열의 안료에서는 단청시공 시 가장 많이 쓰이는 색상으로 대표적인 녹색 안료인 하엽의 주성분인 Cr_2O_3(eskolaite)가 관찰 되었으며(figure 33, sample-1) 백색 안료인 지당(rutile, TiO_2) 또한 관찰 되었다. 양록색의 주성분이며 독성이 있는 As 또한 CuAsS로 관찰 되었다(figure 21, sample-1).

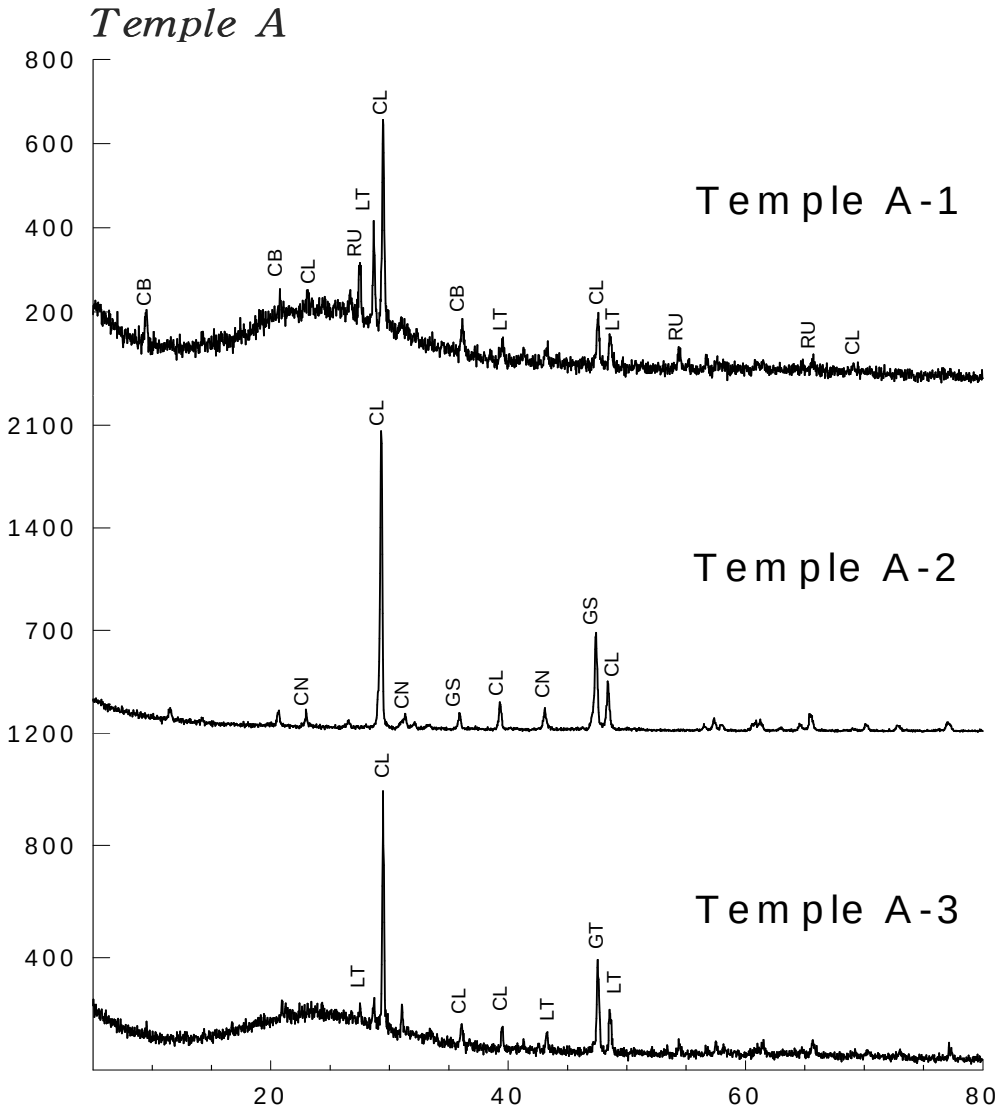

Figure 18. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3 from Temple A.
CL: calcite($CaCO_3$) CN: cinnabar(HgS) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
GS: rutile(TiO_2) GT: geothite($FeO_3.H_2O$) LT: lautite(CuAsS)
CB: chabazite($H_{2.1}Ca_{0.25}Al_{3.60}Si_{8.4}O_{24}$)

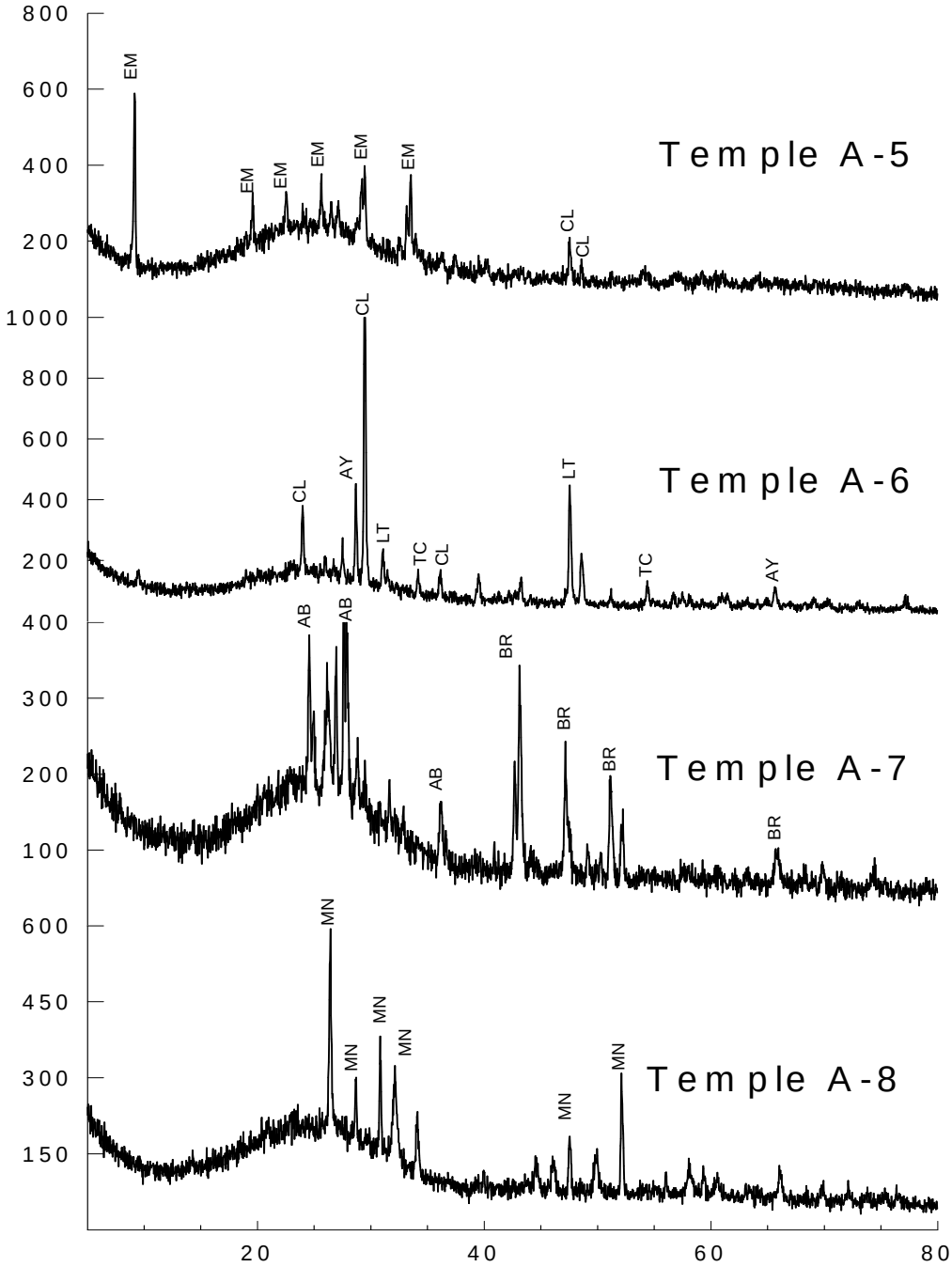

Figure 19. X-ray diffraction patterns of sample-5, 6, 7, 8 from Temple A.
CL: calcite($CaCO_3$) EM: emerald green($C_2H_3As_3Cu_2O_8$) TC: talc($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)
LT : lautite(CuAsS) MN: minium(Pb_3O_4) AB: albite($NaAlSi_3O_8$)
BR: barite($BaSO_4$) AY: argentopyrite($AgFe_2S_3$)

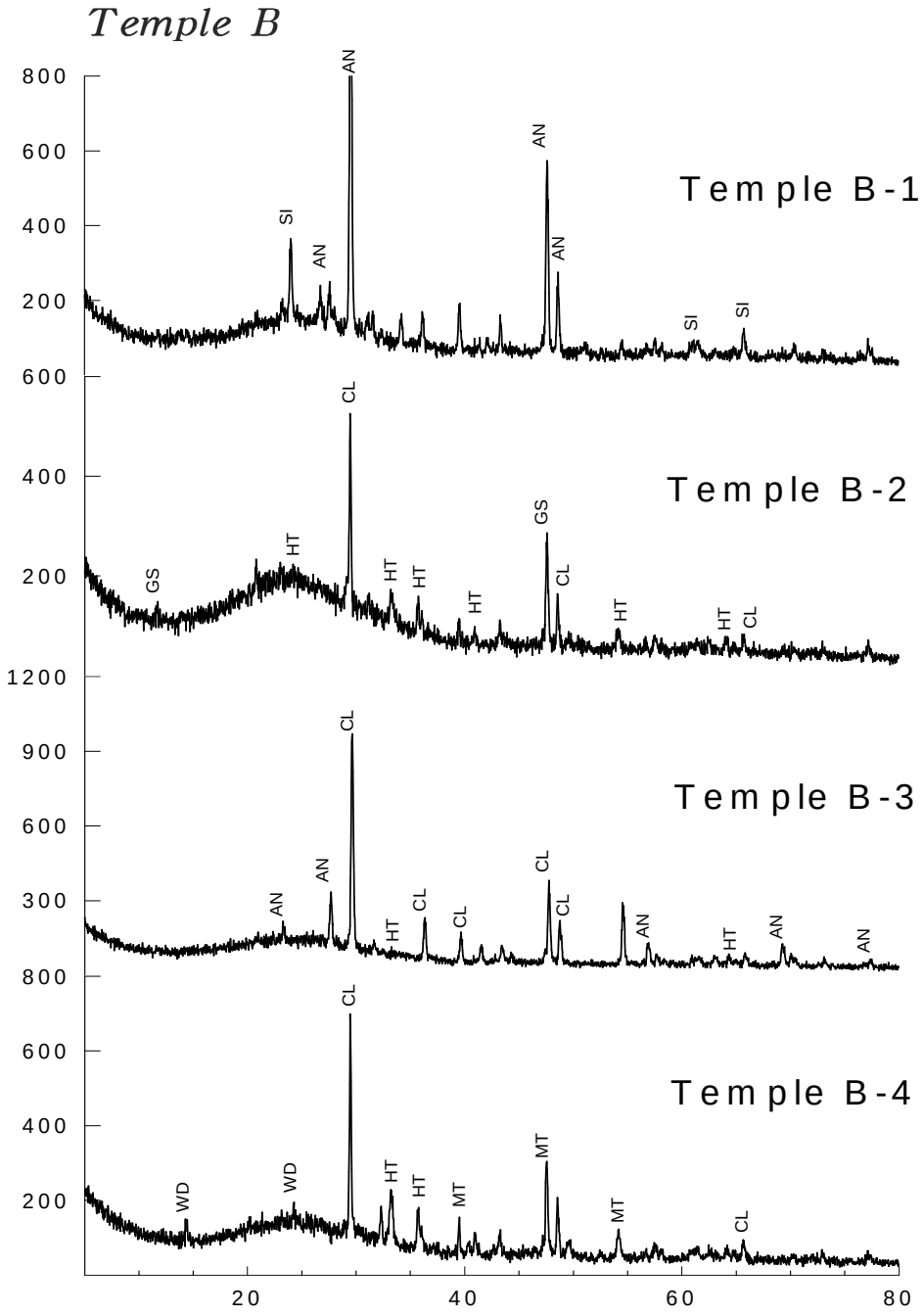

Figure 20. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3, 4 from Temple B.
CL: calcite($CaCO_3$) RU: rutile(TiO_2) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
AN: anglesite($PbSO_4$) WD: weddellite($Ca(CO_2)_2(H_2O)_2$) HT : hematite(Fe_2O_3)
MT: magnetoplumbite($PbFe_{12}O_{19}$) SI: sodalite($Na_8(AlSiO_4)_6(MnO_4)_2$)

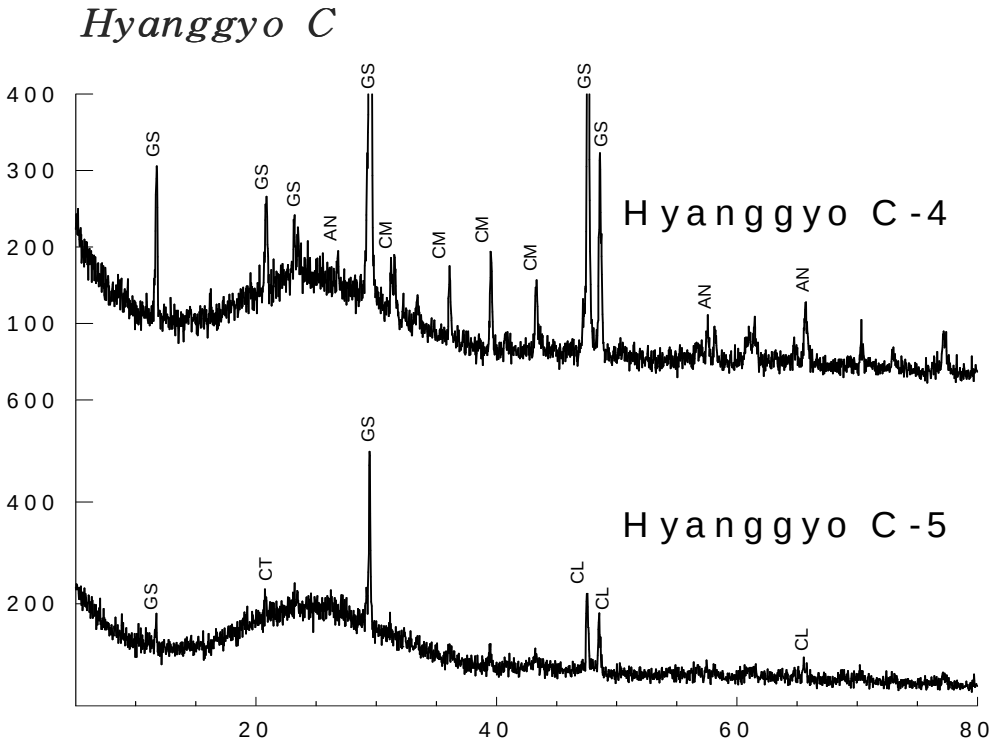

Figure 21. X-ray diffraction patterns of sample-4, 5 from Hyanggyo C.
CL: calcite($CaCO_3$) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) AN: anglesite($PbSO_4$)
CM: calcite, magnesium($Mg_{0.03}Ca_{0.97}$)(CO_3) CT: castaingite($CuMo_2$)

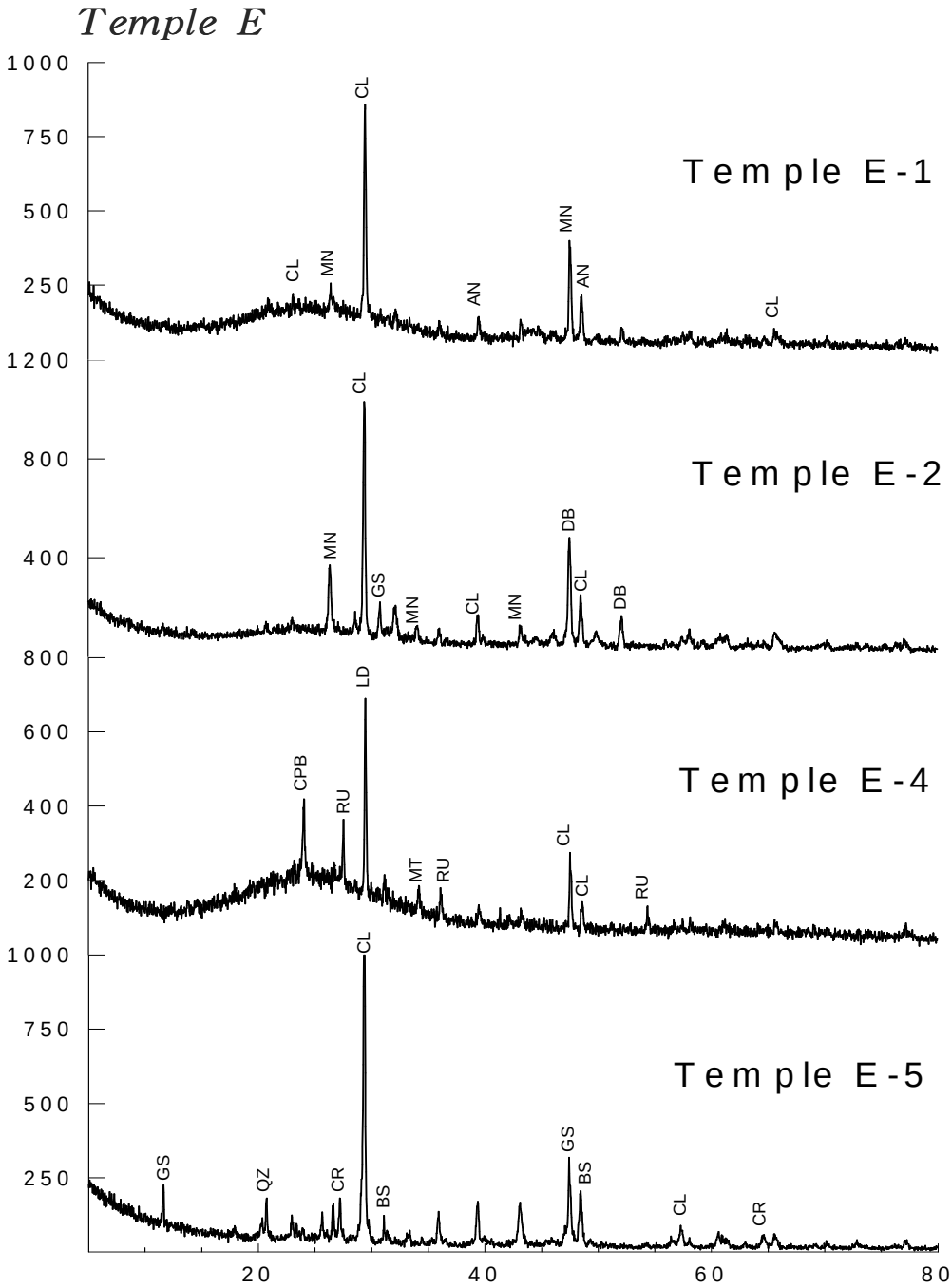

Figure 22. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 4, 5 from Temple E.
CL: calcite($CaCO_3$) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) AN : anglesite($PbSO_4$)
CT: castaingite($CuMo_2$) CM: calcite, magnesium($Mg_{0.03}Ca_{0.97}$)(CO_3)
DB: daubreelite($FeCr_2S_4$) MN: minium(Pb_3O_4)

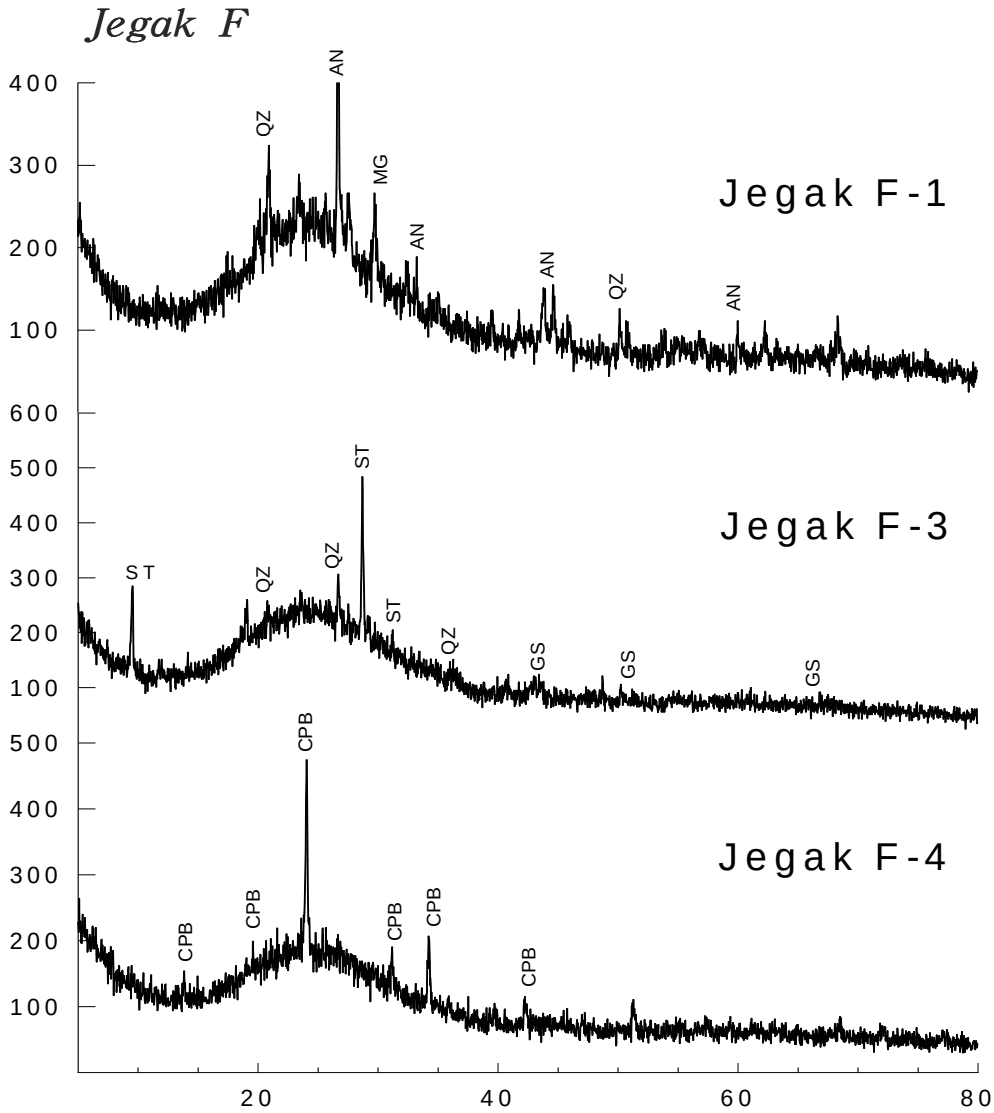

Figure 23. X-ray diffraction patterns of sample-1, 3, 4 from Jegak F.
ST: sarmientite($Fe(AsO_4)(SO_4)OH.5H_2O$) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
AN: anglesite($PbSO_4$) CPB: C.I. pigment blue 29($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$)
MG: magnetite(Fe_3O_4) QZ: quartz(SiO_2)

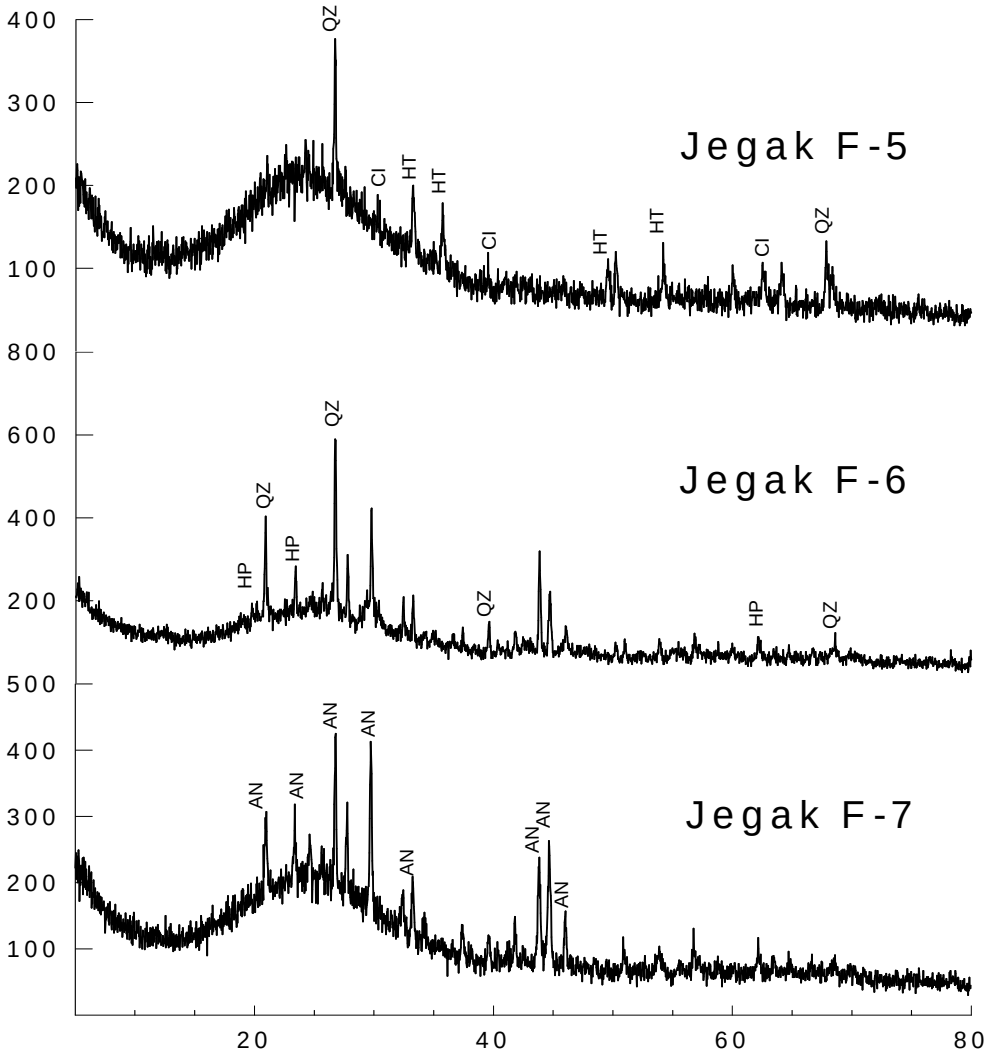

Figure 24. X-ray diffraction patterns of sample-5, 6, 7 from Jegak F.
HT: hematite(Fe_2O_3) CI: chloromagnesite($MgCl_2$) HP: Hydrophilite($CaCl_2$)
AN: anglesite($PbSO_4$) QZ: quartz(SiO_2)

Temple G

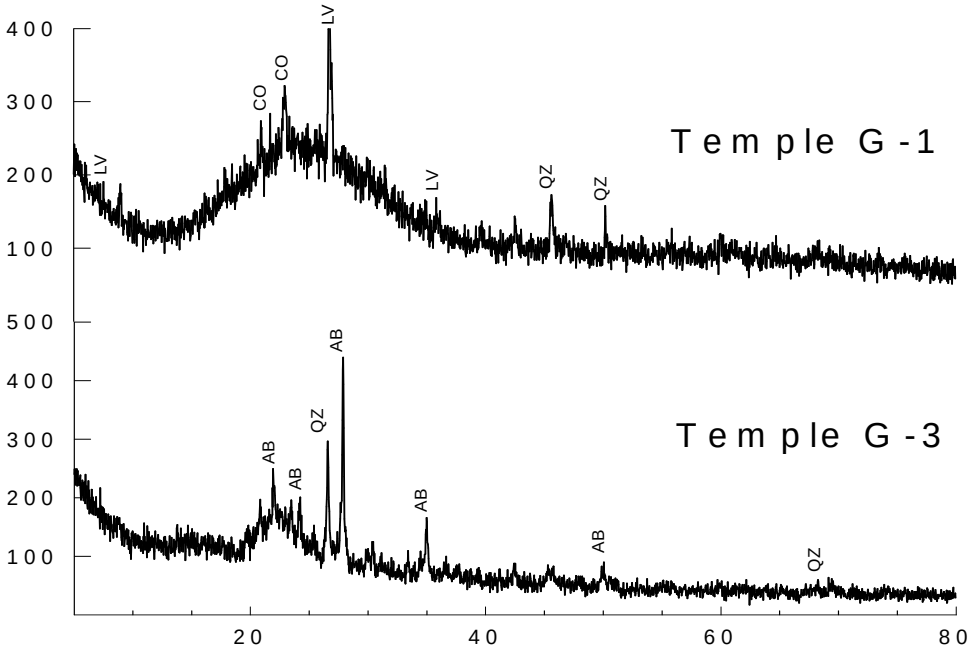

Figure 25. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2 from Temple G.

LV: lavendulan($NaCaCu_5(AsO_4)4Cl.H_2O$ CO: cotunnite($PbCl_2$) QZ: quartz(SiO_2)

AB: albite($NaAlSi_3O_8$)

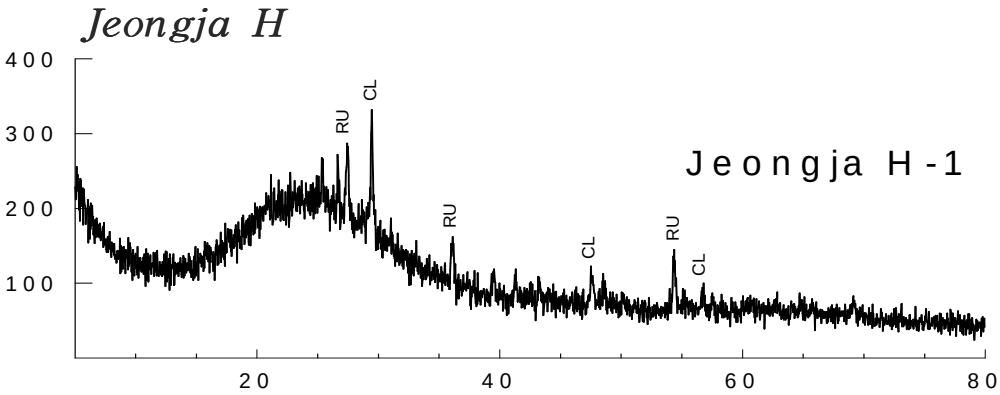

Figure 26. X-ray diffraction pattern of sample-1 from Jeongja H.

CL : calcite($CaCO_3$) RU : rutile(TiO_2)

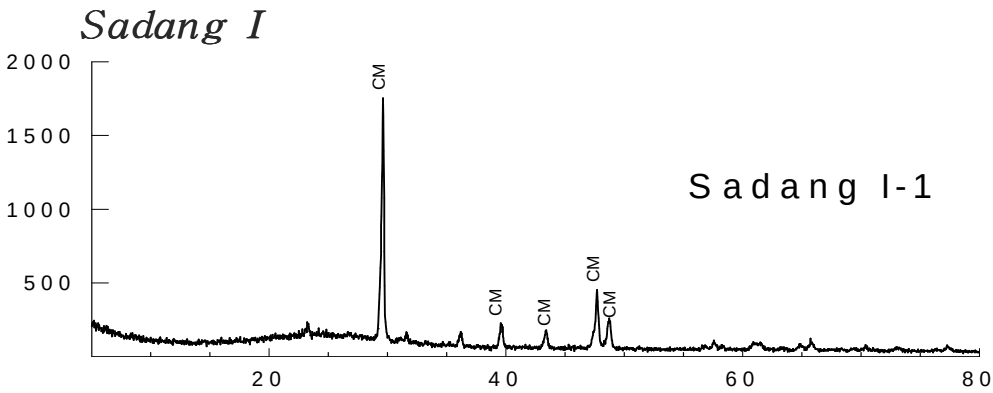

Figure 27. X-ray diffraction pattern of sample-1 from Sadang I.

CM: calcite, magnesium($Mg_{0.064}Ca_{0.936}$)(CO_3)

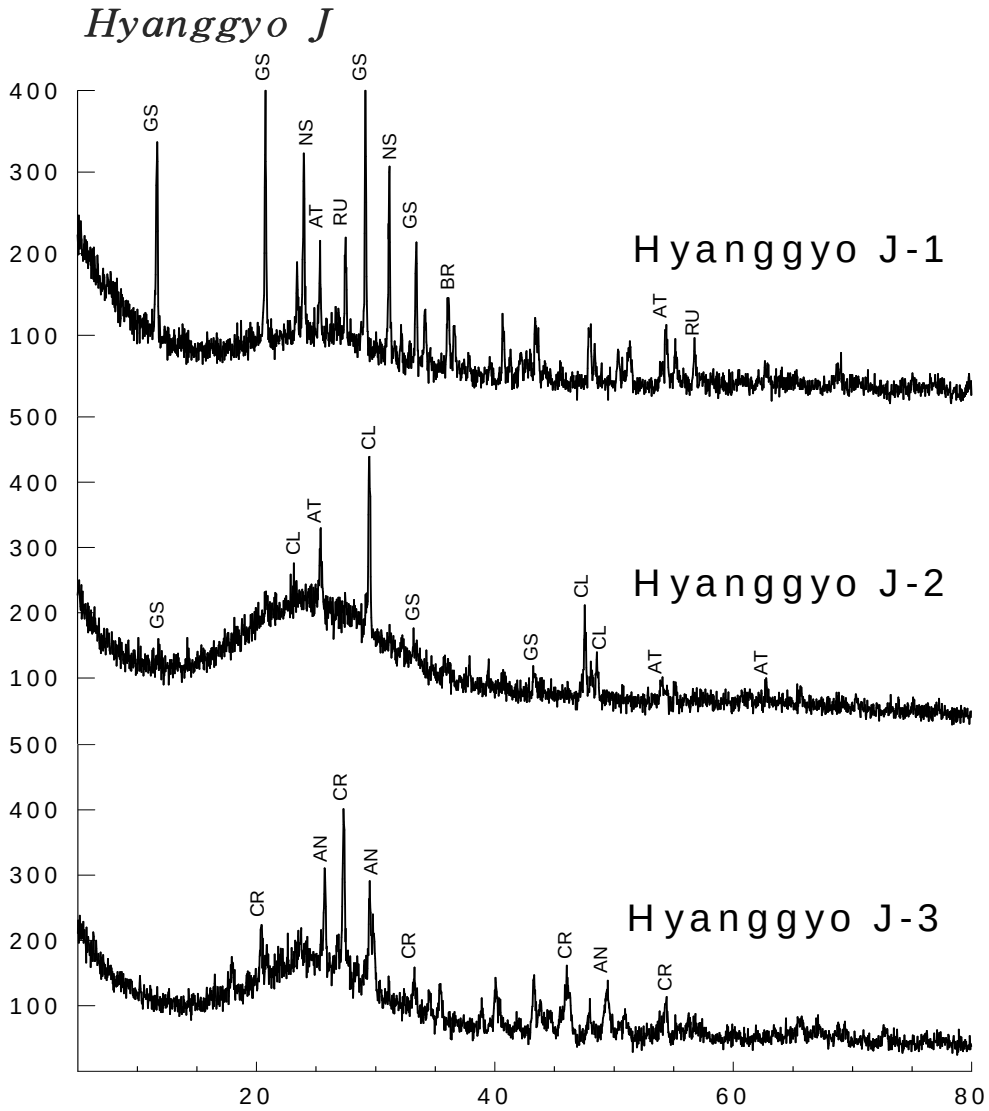

Figure 28. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3 from Hyanggyo J.
AT: anatase(TiO_2) CL: calcite($CaCO_3$) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
RU: rutile(TiO_2) AN: anglesite($PbSO_4$) BR: barite($BaSO_4$) CR: crocoite($PbCrO_4$)
NS: nosean($Na_8Al_6Si_6O_{24}SO_4$)

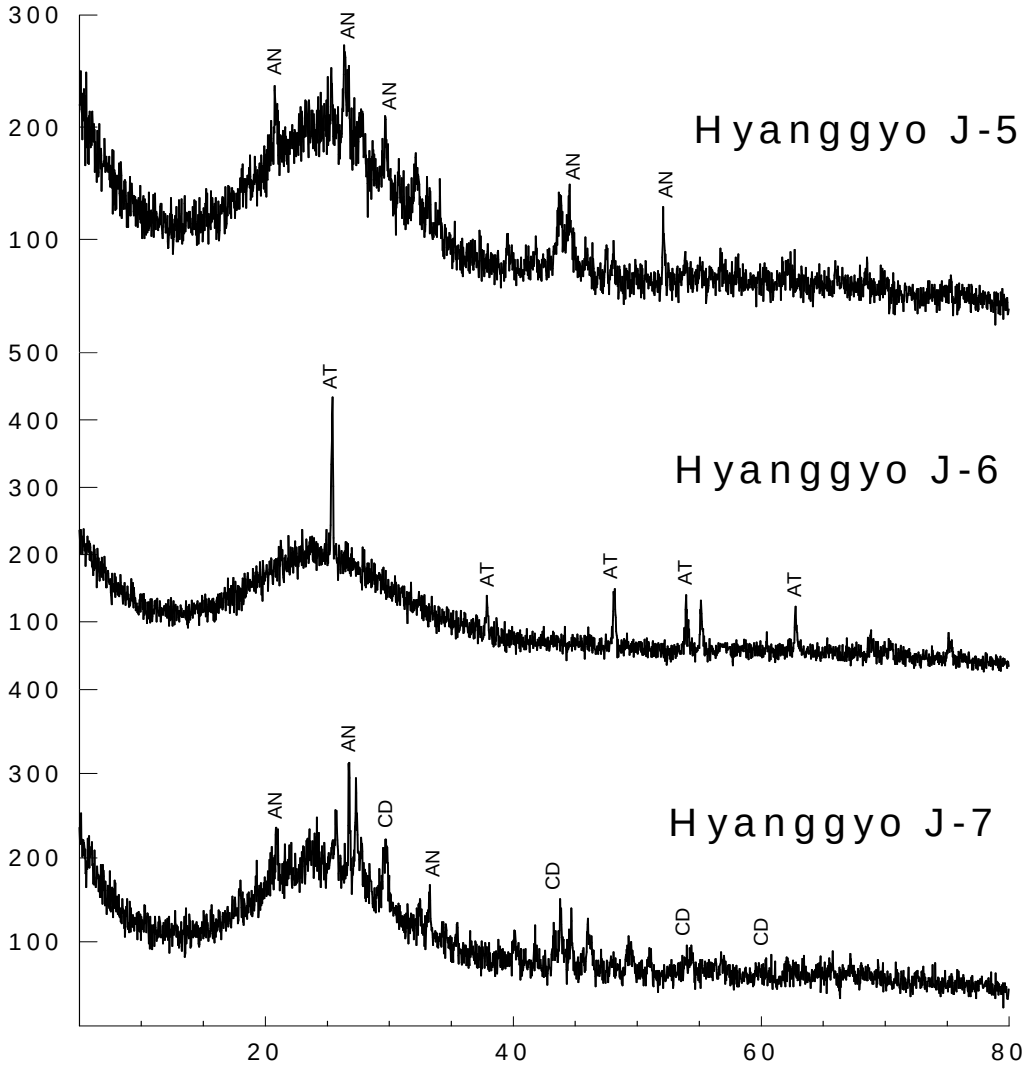

Figure 29. X-ray diffraction patterns of sample-5, 6, 7 from Hyanggyo J.
AT: anatase(TiO_2) AN: anglesite($PbSO_4$) CD: claudetite(As_2O_3)

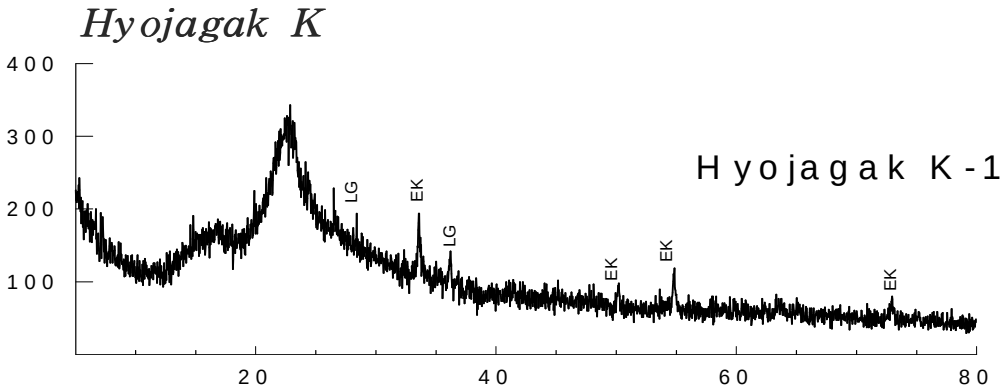

Figure 30. X-ray diffraction pattern of sample-1 from Hyojagak K.
EK: eskolaite(Cr_2O_3) LG: litharge(PbO)

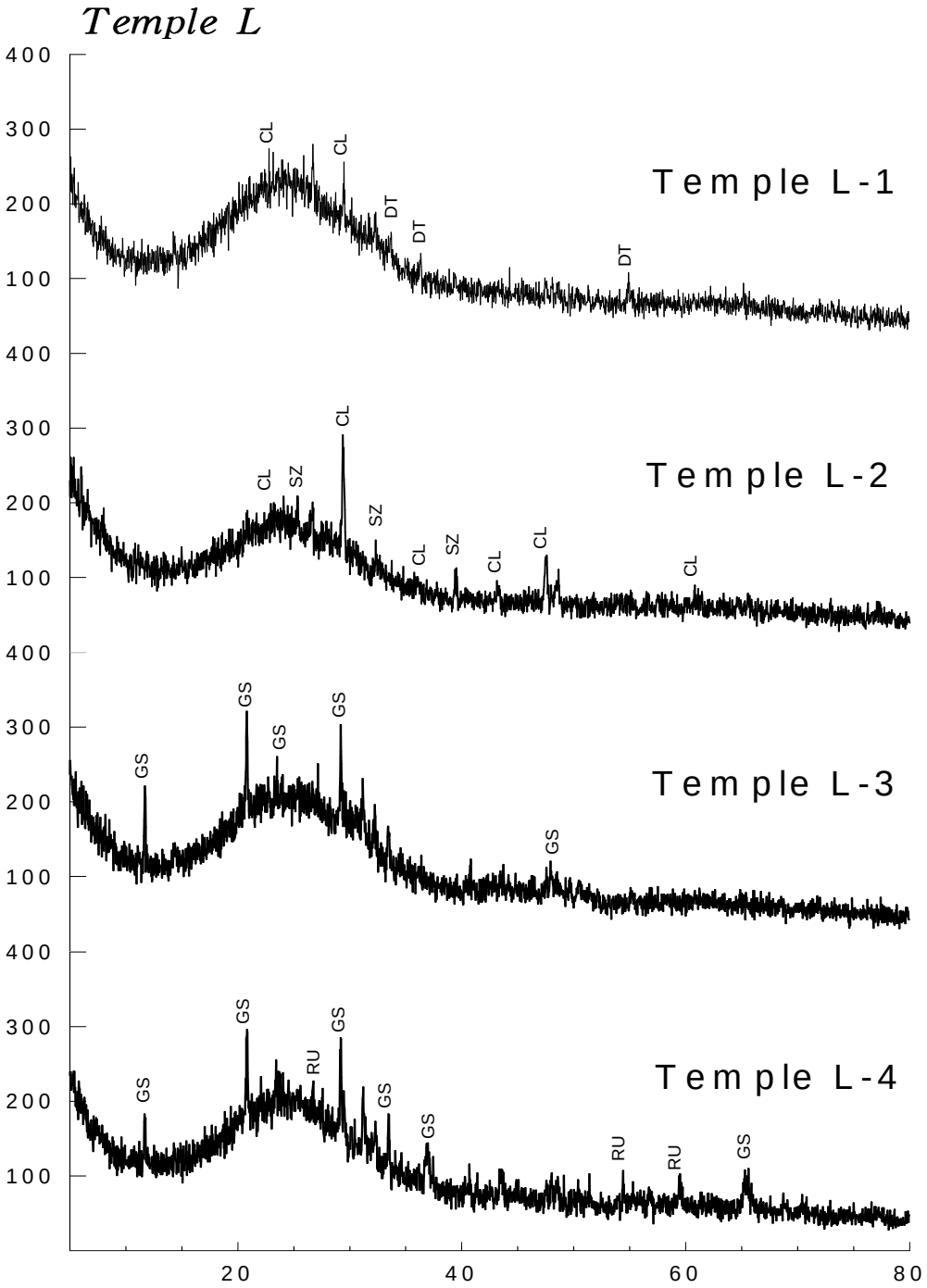

Figure 31. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3, 4 from Temple L.
CL: calcite($CaCO_3$) DT: dichromium trioxide(Cr_2O_3) SZ: szmikite($MnSO_4H_2O$)
GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) RU: rutile(TiO_2)

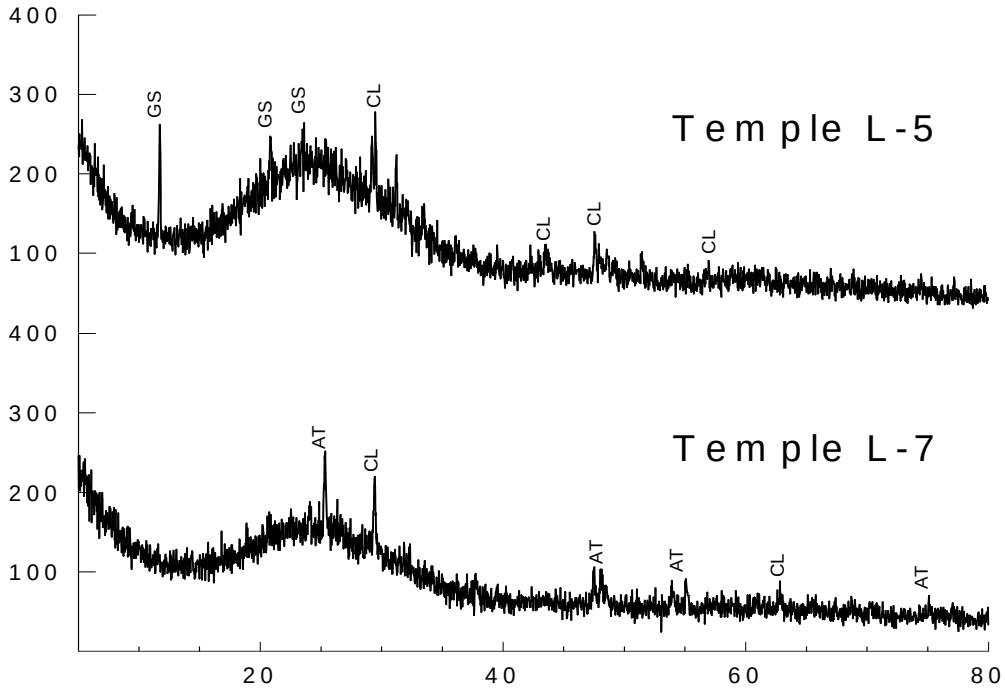

Figure 32. X-ray diffraction patterns of sample-5, 7 from Temple L.
CL: calcite($CaCO_3$) GS: gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) AT: anatase(TiO_2)

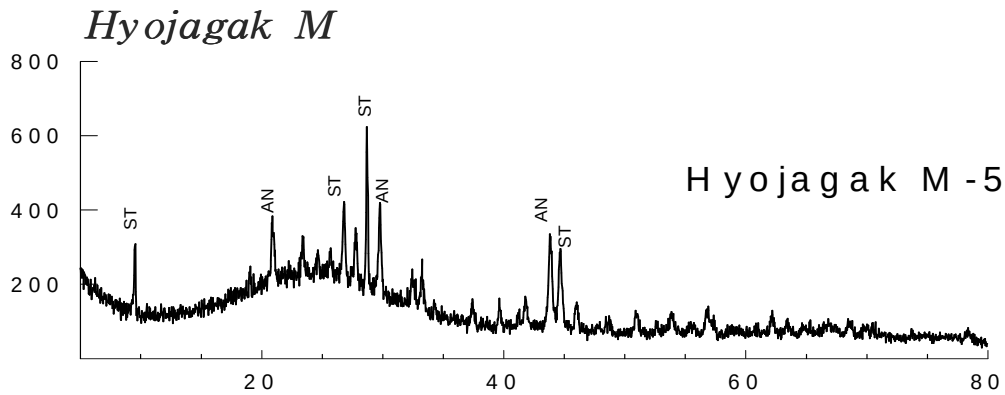

Figure 33. X-ray diffraction pattern of sample-5 from Hyojagak M.
ST: sarmientite($Fe(AsO_4)(SO_4)OH.5H_2O$) AN: anglesite($PbSO_4$)

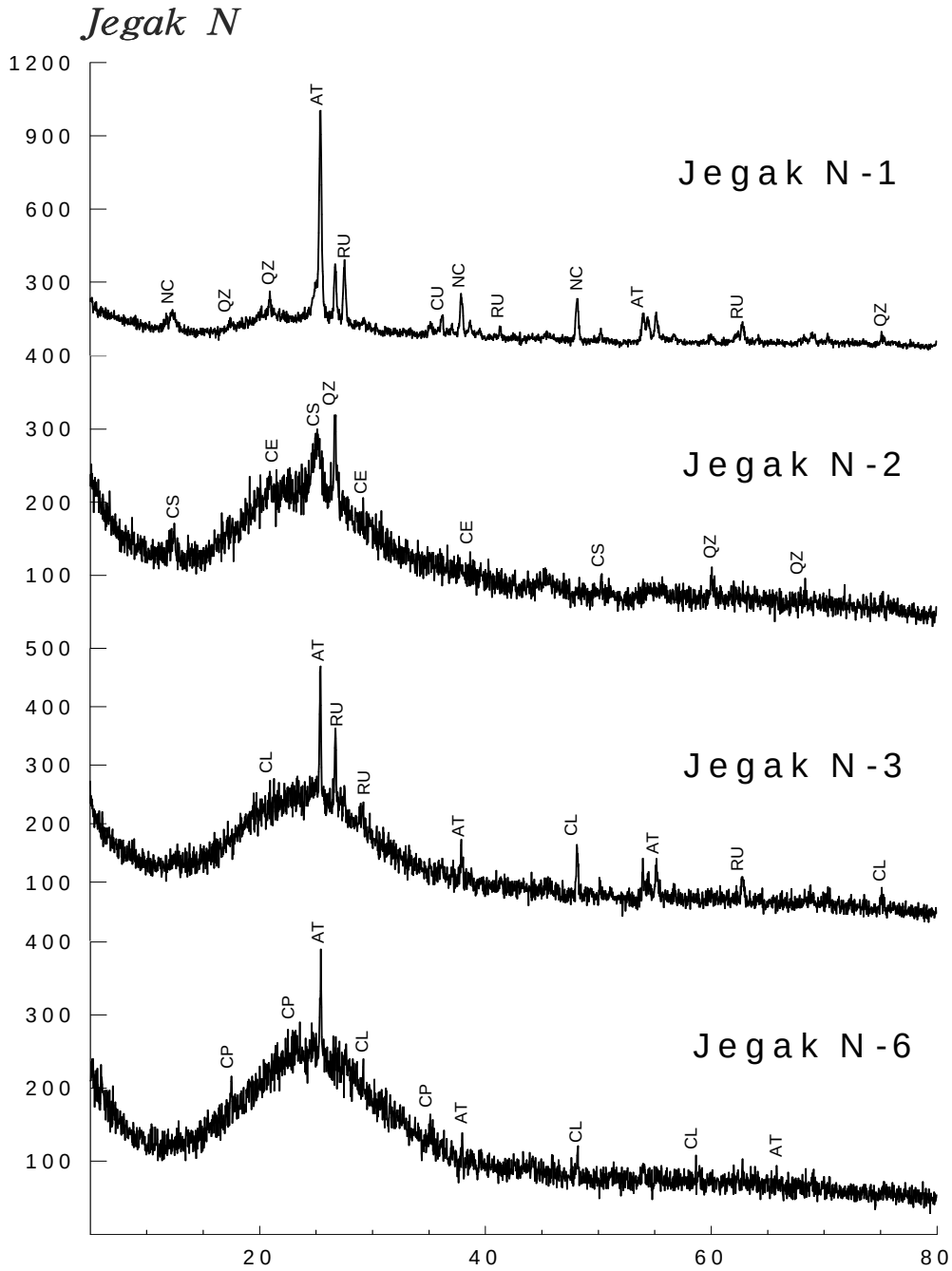

Figure 34. X-ray diffraction patterns of sample-1, 2, 3, 6 from Jegak N.

AT: anatase(TiO_2) CL: calcite($CaCO_3$) RU: rutile(TiO_2) CE: cerussite($PbCO_3$)

CS: chamosite($Fe_3S_3Si_2O_5(OH)_4$) CU: calumetite($Cu(OH.Cl).2H_2O$)

NC: nacrite($Al_2S_2Si_2O_5(OH)_4$) QZ: quartz(SiO_2) CP: cupalite(AlCu)

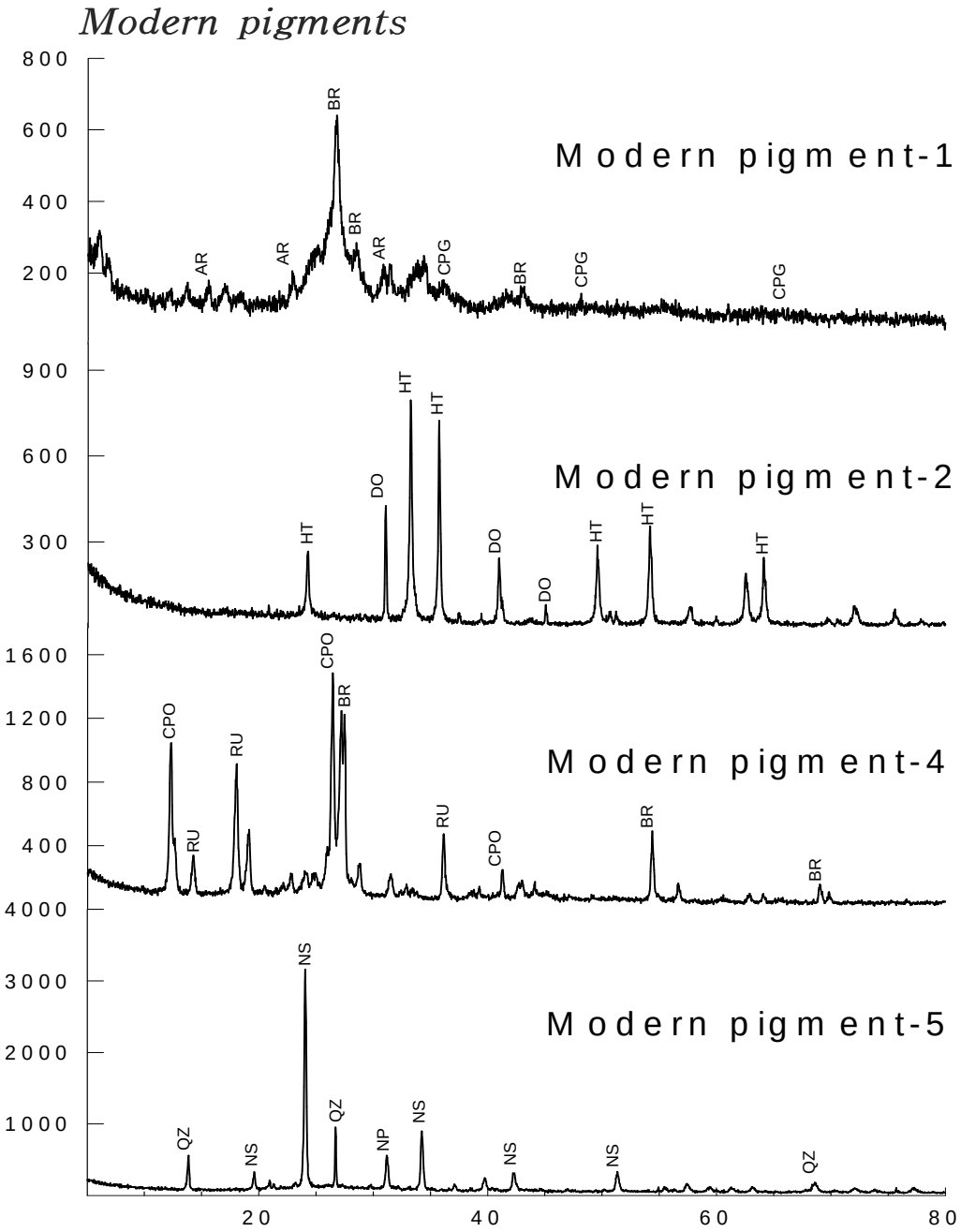

Figure 35. X-ray diffraction patterns of R-1, 2, 4, 5 from modern pigments.
HT: hematite(Fe_2O_3) RU: rutile(TiO_2) AR: alacranite(AsS) QZ: quartz(SiO_2)
BR: barite($BaSO_4$) CPG: C.I. pigment green($C_{32}H_{16-X}Cl_XCuN_8$)
CPO: C.I. pigment orange 13($C_{32}H_{24}Cl_2N_8O_2$) DO: dolomite($CaMg(CO_3)2$)
NP: Nepheline($NaAlSiO_4$) NS: nosean($Na_8Al_6Si_6O_{24}SO_4$)

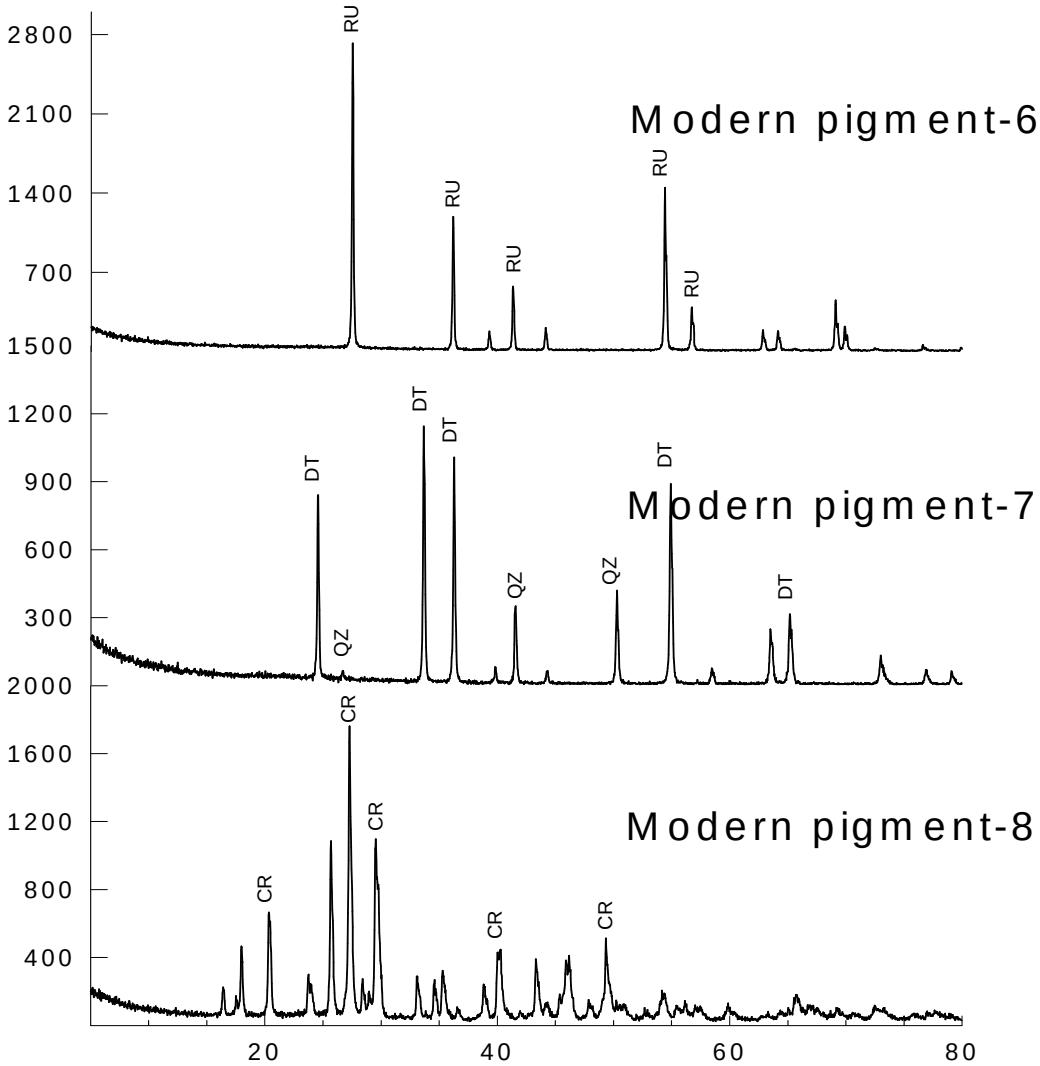

Figure 36. X-ray diffraction patterns of R-6, 7, 8 from modern pigments.
CL: calcite($CaCO_3$) DT: dichromium trioxide(Cr_2O_3) RU: rutile(TiO_2)
CR: crocoite($PbCrO_4$) QZ: quartz(SiO_2)

6. 고찰

6.1. 색 계열에 따른 안료 분석

고대에 이용한 적색 계열의 안료는 석간주(hematite, Fe_2O_3), 장단(minium, Pb_3O_4) 그리고 진사(cinnabar, HgS)를 많이 사용하였고 현대에도 석간주나 장단은 단청안료로 많이 사용되고 있다(한민수와 홍종욱, 2003).

본 연구에서 Fe_2O_3가 나온 적색의 경우 석간주이며(figure 27, sample-5) Pb_3O_4가 나온 경우는 장단을 적색안료로서 사용했음을 알 수 있다(figure 22, sample-8). 하지만 진사는 어느 시료에서도 관찰 되지 않았다.

황색계열의 안료에서 $PbCrO_4$와 삼산화비소(As_2O_3) 등이 관찰 되었는데(figure 32, sample-7) 삼산화비소는 석황의 주성분이다. 석황은 석웅황을 가리키는 것으로 황화철석 등 주로 황화 광물로서 산출되는 것이 보통이다(곽동해, 2002).

청색계열의 안료에서는 규산염 광물들 이외에 백색계열의 rutile(TiO_2)이 많이 나타난 이유는 삼청색을 만들 때 청색계열의 착색제와 백색안료인 산화지당(TiO_2)을 혼합하여 쓰기 때문으로 추정된다(국립문화재 연구소, 2001).

백색계열의 안료에서 많은 수의 석영(SiO_2)이 관찰 되었는데, 이는 호분인 $CaCO_3$이외에 구하기 쉬운 규산질 백색 안료들을 많이 사용한 것으로 보인다 (figure 28, sample-1).

6.2. 시대별 안료 분석

적색안료의 경우에는 1775~1900년경까지 anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 및 rutile(TiO_2) 등의 백색을 띄는 물질만 확인되고 어떠한 무기금속원소를 함유하는 화합물이 확인되지 않는 것으로 보아 극미량의 금속원소나 유기물 착색제를 사용한 것으로 보이며, 1975년 이후 부터는 anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 및 rutile(TiO_2) 등의 백색 안료 성분에 hematite(Fe_2O_3), ninium(Pb_3O_4) 및 magnetoplumbite($PbFe_{12}O_{19}$) 등의 무기금속원소 화합물을 혼합하여 사용해 온 것을 알 수 있다.

흑색안료의 경우에서도 anatase(TiO_2), anglesite($PbSO_4$) 및 calcite($CaCO_3$) 등의 백색을 띄는 물질에 cerussite($PbCO_3$), castaingite($CuMo_2$) 및 daubreelite($FeCr_2S_4$) 등의 무기금속원소 화합물이 착색제로 쓰인 것으로 보이나 시대별로 크게 구분되는 점은 찾을 수 없었다.

청색안료의 경우에는 1667~1897년경까지는 anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 및 rutile(TiO_2) 등의 백색을 띄는 물질에 청색 착색제로 극미량의 금속원소나 유기물질이 쓰인 것으로 보이며, 1900년 이후부터는 합성물질인 C.I. pigment blue 29($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$) 등이 착색제로 사용된 것을 알 수 있다.

백색안료의 경우에는 1775~1900년경까지 anglesite($PbSO_4$), calcite($CaCO_3$, gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 및 quartz(SiO_2) 등이 두 가지 또는 세 가지씩 혼합되어 쓰였으며, 1975년 이 후부터는 anatase(TiO_2)와 rutile(TiO_2) 등이 단독으로 쓰여졌음을 알 수 있다.

녹색안료의 경우에는 시대 구분 없이 백색 바탕에 eskolaite(Cr_2O_3) 등의 무기금속 화합물이나 녹색의 유기물질 착색제를 혼합한 것으로 보이며 특히 녹색 이외의 착색제로서 흑색을 띄는 lautite(CuAsS)와 hematite(Fe_2O_3), 적색을 띄는 cinnabar(HgS), 청색 띄는 calumetite($Cu(OH.Cl)_2.2H_2O$) 등의 무기금속 화합물을 소량 혼합하여 색깔의 감도를 조절하였다. 그리고 현대에 와서는 emerald green($C_2H_3As_3Cu_2O_8$)이나 C.I. pigment green($C_{32}H_{16-x}Cl_xCuN_8$) 등의 녹색을 띄는 무기물질을 착색제로 이용한 것을 알 수 있다.

6.3. 독성원소를 가진 화합물

안료에 포함되어 있는 성분 중 무기안료는 독성을 가지는 것들도 있어 예로부터 해충의 피해를 막는 목적으로 사용되어져 왔다(조희순, 2004).

본 연구에서는 Cr, Pb, Cu, As, Hg 등 유해중금속이 함유된 화합물 crocoite ($PbCrO_4$), eskolaite(Cr_2O_3), minium(Pb_3O_4), cotunnite($PbCl_2$), anglesite($PbSO_4$), castaingite($CuMo_2$), nantokite(CuCl), cupalite(AlCu), lautite(CuAsS), alacranite (AsS), claudetite(As_2O_3) 그리고 cinnabar(HgS) 등이 관찰 되었고, 특히 As와 Pb 화합물의 경우 1667년부터 현재까지 사용 되어 지는 것으로 확인 되었다.

이러한 유해 중금속의 인체에 대한 위험성은 크다. Cr은 생물학적 성질 및 독성은 그 원자가 상태와 관계가 있어서, Cr^{3+}는 세포막을 통과하는 양이 매우 적어서 독성이 비교적 적고, Cr^{6+}는 세포막에 대해 비교적 강한 침투력과 산화능력을 가지고 있으며 독성이 있어 건강에 해를 끼친다. Cr^{6+}는 구강과 피부를 통해 인체에 들어와 눈의 결막증, 인후피양을 일으키는데 심한 경우 비중격괴양이나 천공을 유발시킨다(최석원과 김억수, 1996).

Pb은 생물체에 유익하지 않은 유독성 중금속 원소로 분류된다. Pb은 대기가스, 공업폐수, 그리고 많은 경로를 통해 사람과 생물체에 독성을 주므로, 과량섭취하면 중독되기 쉽다(Merian, 1991; Reimann and Caritat, 1998).

Cu는 모든 생물체에 필요한 미량원소로 분류되지만 다량 섭취하면 독성이 있다(최석원과 김억수, 1996; Merian, 1991).

또한, As화합물을 장기간 취급하면 피부가 흑변 또는 각화하며 신경이나 근육의 섬유에 이상을 주는 경우가 있다. As가 들어있는 먼지나 증기 등을 마시게 되면 만성중독이 발생할 가능성이 있다(환경부, 1997).

그러므로 환경적인 측면에서 볼 때 Cr, Pb, Cu, As, Hg 등의 유해중금속이 함유된 안료는 실내 단청에 사용하지 않는 것이 바람직 할 것이다.

7. 결론

본 연구에서는 단청 안료의 성분의 성분을 규명하여 데이터베이스 구축을 위해 광주·전남 지역 고건물 및 고사찰 등의 단청 조각을 채취하여 X-선회절 분석을 통한 안료의 분석을 실시하였다.

적색안료는 hematite(Fe_2O_3)나 minium(Pb_3O_4) 등이 단일 또는 혼합물으로 사용되었음을 알 수 있었고, 흑색안료는 cerussite($PbCO_3$), chamosite($Fe_3Si_2O_5(OH)_4$), daubreelite($FeCr_2S_4$) 등이, 황색안료는 crocoite ($PbCrO_4$), claudetite(As_2O_3) 등이 사용 되었다. 청색안료는 주로 규산염 화합물들인 albite($NaAlSi_3O_8$), sodalite ($Na_8(AlSiO_4)_6(MnO_4)_2$), nosean($Na_8Al_6Si_6O_{24}SO_4$), nepheline($NaAlSiO_4$) 등만 확인되었고, 백색안료는 호분($CaCO_3$,), 석고($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 지당(rutile, TiO_2), anglesite($PbSO_4$) 등이, 그리고 녹색안료는 eskolaite(Cr_2O_3)가 주로 사용한 것으로 보인다.

또한 연대별로 보면 적색안료의 경우에는 1775~1900년경까지 anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), rutile(TiO_2) 등의 백색을 띄는 물질에 금속원소나 유기물 착색제를 사용한 것으로 보이며 1975년 이후부터는 anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), rutile(TiO_2) 등의 백색안료 성분에 hematite(Fe_2O_3), minium(Pb_3O_4), magnetoplumbite($PbFe_{12}O_{19}$) 등의 무기금속원소 화합물을 혼합하여 사용해 온 것을 알 수 있었다. 청색안료의 경우 1667~1897년경까지는 anatase(TiO_2), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 등의 백색을 띄는 물질에 청색 착색제로 유기물질이 쓰인 것으로 보이며 1900년 이후부터는 합성 물질인 C.I. pigment blue 29($Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$) 등이 착색제로 쓰인 것을 알 수 있었다. 백색안료의 경우 1775~1900년경까지 anglesite($PbSO_4$), calcite($CaCO_3$), gypsum($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 등이 혼합되어 쓰인 것으로 보이며 1975년 이 후부터는 anatase(TiO_2), 등이 단독으로 쓰여 졌음을 알 수 있다.

그리고 안료 제조 시 단색으로 보이는 안료라도 여러 가지 화합물들이 혼합되어 있는 것을 알 수 있었고, 안료 혼합 시 백색안료를 기본으로 하여 미량의 무기금속 물질이나 유기물질 등을 착색제로 사용한 것으로 보인다.

또한 안료 성분에는 병충의 피해를 막기 위해 Cr, Pb, Cu, As, Hg 등 유해중금속이 함유된 화합물 crocoite($PbCrO_4$), eskolaite(Cr_2O_3), minium(Pb_3O_4),

cotunnite($PbCl_2$), anglesite($PbSO_4$), castaingite($CuMo_2$), nantokite(CuCl), cupalite(AlCu), lautite(CuAsS), alacranite(AsS), claudetite(As_2O_3), cinnabar(HgS) 등이 사용 되어진 것으로 확인 되었고, 특히 As와 Pb의 경우 수백 년 전부터 현재까지 사용 되어 지는 것으로 확인 되었다. 이러한 유해 중금속은 인체에 유해한 독성이 있어 중독을 일으키거나 결막증, 피부염 등의 질병을 발생시키기도 한다. 그러므로 이러한 유해중금속이 함유된 안료는 실내 단청에 사용하지 않는 것이 바람직 할 것이다.

참고문헌

1. 곽동해, 단청장, 도서출판 화산문화, 2001.
2. 곽동해, 한국의 단청, 도서출판 학연, 2002.
3. 국립문화재 연구소, 경복궁 근정전 단청안료의 분석, 2001.
4. 임영주, 단청, 대원사, 1991.
5. 전한효, 조선시대 궁궐단청에 사용된 안료에 관한 연구, 2004.
6. 조희순, 단청 안료의 독성 분석, 2004.
7. 최석원, 김억수, 의학환경 지구화학, 도서출판 춘광, 1996.
8. 한민수, 홍종욱, 고대 안료의 성분분석 연구, 2003.
9. 환경부, 환경백서, 1997.
10. Merian, E.(ed), "Metal and their compounds in the environment: occurrence, analysis and biological relevance". VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany, p.1438. 1991.
11. Reimann, C. and Caritat, P. "Chemical elements in the environment" : Springer-Verlag, p.398. 1998.
12. B.D Cullity, X선회절, 도서출판 반도, 1990.

감사의글

조선대학교 자원공학과에 학부생으로 입학 했을 때가 엊그제 같은데 벌써 이렇게 시간이 흘러 대학원에서 석사 학위를 받는 날이 오게 되었습니다. 부족한 저에게 논문을 쓸 수 있게 해 준 분들에게 이 자리를 빌어 감사의 마음을 전하려 합니다.

먼저 저에게 지속적인 가르침과 많은 조언을 해주신 박영석 교수님께 머리 숙여 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 저의 논문을 심사해주신 한오형 교수님, 박천영 교수님께 감사를 드리며, 대학원 과정 동안 늘 한결같은 사랑으로 돌봐주신 강추원 교수님, 고진석 교수님, 강성승 교수님께 감사드립니다.

석사생활을 즐겁게 할 수 있게 해준 X-선회절분석실의 사람들에게 깊은 감사를 드립니다. 논문 쓸 때 방향을 잡아주시고 시료분석에 최선을 다해주신 김종균 박사님과 사랑하는 후배 태진이 그리고 박사 논문 때문에 바쁜데도 불구하고 수많은 부적절 표현과 오타를 잡아 주신 대우형에게 깊은 감사를 드리며 항상 앞길에 축복만 있길 바랍니다.

논문 쓸 때 워드에 문외한 저에게 많은 기술적 가르침을 준 대학원 졸업동기인 후배 동조, 태철이에게도 감사의 말을 전하고 싶습니다.

저의 논문에 실질적으로 단 한 톨의 도움도 주지 않았지만 항상 마음속으로 응원해준 규형, 준환, 진형, 혁만을 비롯한 친구들과 나미뇽, 성태형, 지우, 진홍, 인희 등을 비롯한 대학 동기들에게도 마음속 깊은 감사의 말을 전하고 싶습니다.

끝으로 항상 저를 지켜봐 주시고 힘들 때는 버팀목이 되어 주시는 아버지, 어머니 얼마 전 결혼에 골인한 누나, 새로운 맞이한 식구 매형, 곧 국방의 의무를 이행할 동생 승권이 그리고 내년에 태어날 조카와 이 기쁨을 함께하고 싶습니다.

저작물 이용 허락서

학 과	자원공학과	학 번	20077096	과 정	석 사
성 명	한글: 장 승 욱 한문: 張 勝 旭 영문: Jamg, Seong Wook				
주 소	광주광역시 동구 학동 아남 아파트				
연락처	E-MAIL : ducatti999@naver.com				
논문제목	한글 : X-선회절 분석을 통한 광주・전남 지역 고건물의 단청안료 분석 영문 : A study on old building Dancheong pigments in Gwangju and Jeonnam by XRD				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집・형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

2009 년 2 월 일

저작자: 장 승 욱 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하