

# 금속활자 주조를 위한 蠟鑄造法의 鑄物土 실험연구

Research on the Test for Identifying the Soil of Mold in Lost-wax Casting Method Used for Casting Movable Metal Types

이 승 철 (Lee, Seung-Cheol)\*

## ◁ 목 차 ▷

1. 서 론	3.4 활자다듬기
2. 실험준비	3.5 인쇄하기
2.1 자본선정	4. 주조결과 분석
2.2 주요 실험재료	4.1 주형재료 분석
3. 실험진행	4.2 재료별 鑄造活字의 字形
3.1 밀랍활자(어미자) 제작	4.3 주조활자의 크기변화
3.2 주형제작	5. 결 론
3.3 쇠물녹이기 및 씻물주입	<참고문헌>

## < 초 록 >

밀랍주조법에 의한 금속활자의 주조는 선행연구들에 의해서 지금까지 이론화되어 왔지만, 鑄型土의 고중에 있어서는 사용재료와 배합비율의 문제로 인해 많은 논의와 실험이 지속되고 있다. 본 연구는 밀랍주조법에 의한 금속활자 주조시 적절한 천연 주형재료의 종류와 배합비율, 물리적 특성 등을 고증하여 이를 실험해 보는데 그 목적이 있다. 이를 위해 다음과 같은 조건으로 실험을 진행하고 진행과정과 실험결과를 분석하여 보았다.

### 1. 실험준비

- 1) 어미자재료 : 천연 밀랍
- 2) 주형재료 : 석비레(마사)/이암, 황토, 모래
- 3) 금속재료 : 청동, 주석, 납 등

### 2. 실험진행

- 1) 밀랍어미자 새기기
- 2) 주형제작 실험
- 3) 쇠물녹이기 및 활자 만들기
- 4) 활자다듬기 및 인쇄하기

### 3. 주조결과 분석

- 1) 주형재료 분석
- 2) 재료별 鑄造活字의 字形
- 3) 주조활자의 크기변화

밀랍주조법에 의한 활자주조의 고증을 위해 전통 주물소재를 재료로 활자주조를 실험해 본 결과 지금까지 선행 연구에서 문제가 되었던 주형재료의 문제를 천연재료를 사용하여 해결해 낼 수 있었다. 그러나 밀랍주조법에 의한 활자주조는 문헌기록의 全無한 상태이기 때문에 천연재료를 사용하여 실험에 성공했다 할지라도 밀랍주조법의 활자주조 복원과 관련해서는 논란이 있을 수 있다. 이를

\* 청주고인쇄박물관 학예연구사, 문헌정보학박사

접수일: 2006년 8월 13일 최초심사일: 2006년 8월 15일 심사완료일: 2006년 9월 22일

위해 앞으로도 지속적인 주조실험뿐만 아니라 전통 주물방법에 대한 자료조사 및 연구와 실험이 지속되어야 할 것이다.

要語 : 밀랍주조법, 천연밀랍, 주물사, 이암

<ABSTRACT>

Though the technology of casting movable metal types through lost-wax casting method has been theorized by previous researches, many tests and discussions have been continuously implemented for the purpose of identifying the soil of mold because of problems of its materials for experiments and mixture ratio.

This study has an intention of identifying the kinds of proper natural materials, mixture ratio and physical characteristics for casting movable metal types through lost-wax casting method by experiment.

To this end, the experiment was conducted with the following conditions and procedures, and the results of test were analyzed.

1. Preparation for the Test

- 1) Materials for making the mother letters : natural beeswax
- 2) Casting materials : clay mixed with soft stones / mudstone, loess, sand
- 3) Metal material : bronze, tin, lead

2. Test procedure

- 1) Carving the mother letters
- 2) Casting the mold
- 3) Melting the metal and making the types
- 4) Trimming the types and Printing

3. Analysis of the casting results

- 1) Examination on casting materials
- 2) Shape of movable metal types by materials
- 3) Size variation of movable metal types

Experiments were conducted on casting the types with traditional casting materials to identify technology of casting movable metal types through the lost-wax casting. As a result, it was found that the problems of casting materials which have so far been much debated in the previous research were solved by using natural materials.

Even though the test with natural materials was implemented successfully, lots of questions regarding the restoration process of casting metal types with the lost-wax casting method could be raised because how to cast metal types with the lost-wax casting method was not documented.

For this, it is suggested that more research and tests for traditional casting method as well as the test for casting metal types should be conducted.

Key words : lost-wax casting method, natural beeswax, clay mixed with soft stones, mudstone

## 1. 서론

문헌기록이 존재하지 않음에도 불구하고 밀랍주조법에 의한 금속활자 주조의 실험적 연구는 그동안 다양하게 시도되어 어느 정도 성과를 거두고 있다. 본 실험은 금속활자 주조를 위한 밀랍주조법의 주물토를 규명해 보기 위한 실험의 일환으로 전통 주물방법에서 사용하는 주물토 가운데 석비레를 주요 주형재료로 사용하여 금속활자 주조를 위한 밀랍주조법을 실험<sup>1)</sup>해 보고 진행과정과 결과를 정리한 것이다.

주조실험을 위한 기본적인 조건과 범위는 다음과 같다.

- ① 자본선정 : 흥덕사자(「직지」에서 선정한 11字)
- ② 어미자 : 토종밀랍(양각새김)
- ③ 주물토 : 석비레+황토+모래/이암+황토+모래
- ④ 금속재료 : 청동, 주석, 납 등
- ⑤ 주형틀 : 주물토를 이용한 원형틀
- ⑥ 사용연료 : 숯 및 곡수
- ⑦ 온도 및 습도 : 15-25℃ / 40-60%
- ⑧ 실험장소 : 괴산 연풍(임인호 작업실)

## 2. 실험준비

### 2.1 자본선정

실험을 진행하기 위해 「직지」의 마지막장인 간기에 나오는 “淸州牧外興德寺

---

1) 본 실험은 중요무형문화재 101호 금속활자장 전수교육조교 임인호 선생과 함께 2005년 12월부터 2006년 4월 사이에 진행되었다.

鑄字印施”를 자본으로 선정하였다.



< 「직지」간기 부분에서 선정한 글자본 >

## 2.2 주요 실험재료

- 밀랍 : 밀랍은 토종 벌집에서 채취한 것을 사용하였다.
- 석비레 : 푸석돌이 많이 섞인 흙으로 보통 ‘마사’라고 더 많이 알려져 있다. 석비레는 전통 건축소재로 옛날부터 흔하게 사용되어 왔다. 전국에 널리 분포하고 있으며 입자의 굵기가 다양하다. 약간의 점성이 포함된 것이 좋으며 흰색과 황적색 등이 있다.
- 황토 : 전국 어디에서나 구할 수 있다. 황토는 낮은 압축강도로 인해 물에 젖거나 하중을 받게 되면 형태가 쉽게 붕괴되는 성질을 갖고 있다. 황토의 특징은 잘 부서지지 않는 점력을 지니고 있는 것으로 주형이 일정한 형태를 유지하도록 하는 역할을 한다.
- 모래 : 지질학에서 입자의 지름이 2~1/16mm인 돌 부스러기를 말한다. 2mm 이상을 자갈, 1/16mm 이하를 실트라 한다. 海底나 湖底의 퇴적물이거나, 해안사구나 내륙건조지역의 사막풍성 퇴적물로 지표에서 쉽게 볼 수 있다.
- 母合金 : 금속활자를 주성하기 전에 실험대상 활자의 성분을 분석하고 조정하기 위하여 미리 만들어 둔 합금이다. 주로 구리와 주석을 혼합하여 만들었다.
- 곡수(無煙炭) : 곡수는 탄화가 가장 잘 되어 연기를 내지 않고 연소하는 석탄을 말한다. 휘발분이 3~7%로 적고 고정탄소의 함량이 85~95%로 높

으므로 연소시 불꽃이 짧고 연기가 나지 않는다. 점화점이 490℃이므로 불이 잘 붙지는 않지만 광산에서 채굴된 가공되지 않은 돌탄 형태는 화력이 강하고 일정한 온도를 유지하면서 연소된다.

### 3. 실험진행

이미 여러 차례 선행 연구들에 의해 시도된 밀랍주조 원리와 방법을 참고하여 다음과 같은 방법으로 실험을 진행하였다.

#### 3.1 밀랍활자(어미자) 제작

첫째, 먼저 토종 벌집의 찌꺼기를 정제하여 밀랍을 얻었다. 본 실험에 사용한 밀랍은 순수한 토종 밀랍을 사용하였다. 그러나 선행연구들에 의하면 순수한 밀랍에 경우에 너무 무르고 온도에 따라 쉽게 물러지기 때문에 송진과 우지를 섞어 사용하는 경우가 있기도 하였다. 송진을 혼합하면 실제 글자를 새기기도 쉽고 잘 물러지지 않지만, 씻물을 붓기 위해 밀랍을 소성시킬 때에도 송진 때문에 가연성이 높아져 쉽게 밀랍이 소성되는 효과를 얻을 수 있다고 한다. 또한 송진을 많이 배합하면 점성이 강해져 조각칼에 밀랍이 붙어 조각이 여의치 않기도 하며 우지가 많이 섞이면 강도가 강해져 획이 잘 떨어져 나가는 결과가 나타나기 때문에 활자를 조각하기 위해 밀랍과 송진을 6 : 4 정도로 사용하는 것이 적당하다고 한다. 실제 실험을 진행하면서 분석된 결과는 순수한 밀랍이든 우지와 송진을 섞은 밀랍이든 새김재료로써 작업의 능률성과 효율성을 고려할 때 어미자의 재료로써 밀랍은 일정한 점성과 강도를 유지할 수 있어야 했다. 그러나 밀랍은 1회용 재료이기 때문에 대량주조를 위한 밀랍의 소모량을 생각한다면 새김작업의 효율성이나 능률성도 중요하지만 경제적인 측면도 반드시 생각해 볼 필요가 있을 것으로 판단되었다.

둘째, 정제된 밀랍을 이용하여 밀랍봉을 만들었다. 이 밀랍봉은 미리 직육면체의 모양의 나무틀에 밀랍을 부어 만든 것이다. 이때 고려해야 할 점은 활자의 높이를 고려해서 나무틀의 높이를 만들어야 한다는 것이다. 참고로 직지활자의 높이는 6mm로 조형하였다.

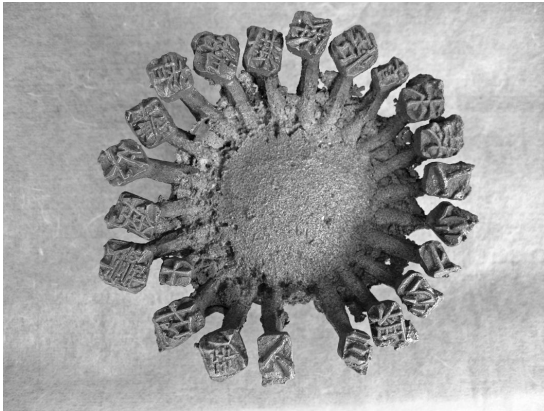
셋째, 활자와 같은 높이로 밀랍이 나무틀에서 굳어지면 선정된 자본을 뒤집어 붙인다. 이때 자본을 뒤집어 붙이고 약간의 열을 가한 인두로 문지르면 종이에 밀랍이 스며들어 뒷면으로 글씨가 아주 선명하게 나타났다. 실험에서는 「직지」간의 “淸州牧外興德寺鑄字印施” 부분을 자본으로 사용하였다.

넷째, 글자본이 붙은 밀랍이 단단하게 굳어지면 칼을 사용하여 글자를 새기기 시작한다. 글자를 새기기 전에 종이에 된 저본의 뒷면을 한 겹을 벗겨내는 경우도 있다. 이는 글자를 쉽게 새기기 위함이다. 전통 한지는 닥나무 섬유질이 단단하게 얽혀 있기 때문에 글자를 새기가 쉽지 않다. 이는 일반 종이(복사용지)를 자본으로 사용하는 경우도 마찬가지이다. 그러나 숙련된 전문가는 굳이 종이를 벗겨내지 않아도 글자를 새기는데 문제는 없었다. 글자본의 배면을 벗겨 낸 경우는 글자를 새기는 속도가 훨씬 빨랐다. 선행연구에서는 글자를 다 새긴 후에는 밀랍자면에 남아있는 종이를 제거하는 경우도 있었다. 밀랍에 그냥 붙어 있는 상태로 사용해도 되지만 활자 주조시 글자의 획이 손상될 수 있으므로 종이를 제거하는 것이다. 그러나 본 실험에서는 종이를 제거하지 않는 경우도 활자의 주성에는 크게 문제가 되지 않았다.

다섯째, 글자가 다 새겨지고 나면 밀랍을 이용해 쇳물이 들어갈 주입구와 주입로를 만든다. 쇳물이 잘 들어가도록 원뿔 형태의 깔때기 모양과 원기둥 모양의 2종을 만든다. 주입구의 지름은 밀랍자를 붙이는 수에 따라 3~6cm로 높이는 5~7cm로 하는 것이 적당하다. 그리고 주조하고자 하는 활자수 만큼 밀랍자를 붙일 밀랍 2~4cm정도의 원기둥을 만들어 붙인다. 이 과정은 밀랍주조법으로 하루에 주조해 낼 수 있는 활자의 양과도 관계가 있다. 이번 실험에서는 1자를 사용하였지만 약 20자까지 한 번에 주조가 가능한 것으로 파악되었다. 밀랍자를 적어도 20자 이상 많이 주조해 내려면 쇳물을 주입하기 위한 밀랍의 모형을 밀랍

자를 많이 붙이기에 적절한 원기둥 모형으로 만들어야 한다. 밀랍으로 만든 깔때기 모형(한 번에 10자 이하의 밀랍자를 붙일 때)과 원기둥 모형(10 ~30자 정도의 밀랍자를 붙일 때)은 한 번에 어느 정도의 밀랍자를 주조하느냐에 따라 다르게 적용할 수 있었다.

실험을 진행하면서 밀랍의 소요량이나 주형틀의 모양 등 보다 다각적인 면에서 실험과 복원의 검증을 통해 경제성과 효용성을 판단해 보아야 할 것으로 판단되었다. 그리고 대량주조에 적합한 사각형태의 주형틀도 실험을 통해 고증해 볼 필요성이 제기되었지만, 주형틀의 형태에 대한 실험은 차후로 미루었다.



< 20字 이상 주조된 활자 및 탕도모양 >

### 3.2 주형제작

주형을 만드는 작업은 밀랍주조법의 핵심이라고 해도 과언이 아니다. 지금까지 주형을 만들기 위해서 가장 문제가 되었던 것은 주물토의 성분이 밝혀지지 않았기 때문이다. 주형틀은 높은 온도의 쇳물을 부어야 하기 때문에 공기와 가스가 배출될 수 있는 통기성, 그리고 밀랍글자를 감싼 다음 건조시키는 과정에서 깨지거나 불에 구워 밀랍을 소성시킬 때와 높은 온도의 쇳물을 주입할 때 주형이

깨지지 않는 성형성을 완벽하게 갖추고 있어야 한다. 그 외에도 일정한 점성과 균일한 수축이 이루어져야 하는 성질을 지니고 있는 재료여야 한다. 이는 청동기의 거푸집 제작에 필요한 성질에서도 찾아볼 수 있다. “거푸집을 만드는 成形性 주조시 발생하는 가스를 방출할 수 있는 通氣性, 소성시 鑄液의 온도와 압력을 견뎌 낼 수 있는 耐熱性和 強力性, 합금 凝固시 거푸집이 수축하게 되는 성질의 可縮性, 거푸집의 손상과 관련된 崩壞性, 주입된 주액합금은 急冷보다는 서서히 硬化, 凝固하다는 것이 바람직하다는 保溫性, 그리고 수회 반복사용 가능이라는 復用性”<sup>2)</sup>이 그것이다.

이번 실험에 사용한 주형은 석비레를 주요 재료로 해서 황토와 모래를 적정량으로 혼합하여 사용한 것이다. 참고로 석비레 주형의 鑄成率을 알아보기 위해 같은 조건으로 이암을 주요 재료로 한 주형을 만들어 동시에 같은 조건으로 실험을 진행하여 보았다. 전통주물과 관련한 주형재료는 국립중앙과학관의 <겨레과학기술 조사연구> 프로젝트에서 복원이 이루어진 재료를 사용하였으며, 특히 이암과 석비레의 사용은 종과 무쇠술의 제작과 관련하여 주형재료로 검증이 이미 고증<sup>3)</sup>된 바 있다. 이암을 주형재료로 한 활자주조실험은 박문열 교수와 임인호 선생에 의해 이루어진 최근의 실험결과<sup>4)</sup>가 있다.

- 
- 2) 李健茂, “韓國 先史時代 靑銅器 製作과 거푸집” 『한국의 청동기 제작과 용법』(서울 숭실대학교 한국기독교박물관, 2005. 10), 1-8.
  - 3) 국립중앙과학관 과학기술사연구실, 겨레과학기술 조사연구(XI) - 무쇠술 주물기술(대전: 국립중앙과학관, 2003).  
국립중앙과학관 과학기술사연구실, 겨레과학기술 조사연구(XII) - 청동종 주물기술(대전: 국립중앙과학관, 2004).
  - 4) 박문열 교수는 청주고인쇄박물관에서 개최(2006.4.21)된 <2006춘계서지학회>에서 이암을 주형재료로 한 蠶蠟鑄造法 복원실험을 진행하고 그 결과를 발표하였는데, 결론의 일부를 살펴보면 다음과 같다.  
(6)實驗用 埋沒材料는 黃土, 石灰, 硃砂, 陶土, 찰흙 등을 單獨으로 사용하거나 이들을 적절한 비율로 混合하여 실험하였다. 實驗의 結果 黃土, 石灰, 陶土, 찰흙 등의 單獨使用으로는 活字鑄造의 성공률이 비교적 낮았고 混合使用으로는 單獨使用의 경우보다 성공률이 높았다. 본 復元實驗研究에서 새로운 埋沒材料로 泥岩을 활용한 결과 순수한 泥岩으로는 活字鑄造의 성공률이 낮았으며, 이암 60% · 황토 30% · 모래 10% 등을 물과 혼합한 매물재가 活字鑄造의 성공률이 가장 좋았다. 이때 적절한 水分의 함유량을 비롯한 混合의 기술적인 부분은 匠人의 技術에 따라서 달라질 수 있으며, 그로 인한 相異한 結果의 導出

먼저 이암과 황토, 모래를 이용한 주형토를 만들었다. 일부 실험에서는 주형재료 외에 숯가루와 종이를 태운 것을 넣기도 했지만 본 실험에서는 기타 보조재료는 아무것도 넣지 않았다. 이암과 황토, 모래를 곱게 빻아 각각 적당한 비율로 섞어 반죽을 한다. 보통 이암(50~70%), 황토(10~30%), 모래(10~30%)의 비율이 적당하다. 이처럼 각각의 비율에 따라 적당하게 각 재료를 혼합하여 사용한 결과 활자주조가 60%이상 성공적으로 주조되었다. 그 중 이암 60~70%, 황토 20~30%, 모래 10~20% 정도의 비율은 활자주조 성공률이 90%정도 이상으로 나타났다. 그러나 중요한 것은 실험상 얻은 수치가 별 의미가 없다는 것이다. 그 날의 날씨(온도와 습도)조건과 실험자(장인)의 솜씨, 쇳물의 온도 등 다른 조건에 의해 같은 비율을 사용해도 서로 다른 결과가 나올 수 있었기 때문이다.

원형의 밀랍기둥에 밀랍자를 붙이고 주물토의 혼합 반죽이 완성되면 먼저 붓을 이용해 주물토를 밀랍 원형에 잘 바른다. 붓으로 주물토를 바르는 이유는 섬세한 활자면이 손상되지 않고 기포가 생기지 않고 밀랍에 주물토가 잘 달라붙게 하기 위함이다. 특히 활자면의 획과 획 사이에 기포가 생기지 않도록 주물토를 잘 메워주는 것이 중요하다. 획 사이에 주물토가 잘 메워지지 않으면 기포가 형성되어 쇳물을 부어도 空洞현상으로 인해 활자면의 조성이 어렵기 때문이다. 실제 실험을 한 결과 기포가 생겼던 부분은 기포 크기의 금속너덜이가 생기거나 활자면이 제대로 주성되지 않았다.

밀랍 모형에 주물토를 꼼꼼하게 잘 바르고 나면, 전체적으로 적당하게 주물토로 감싸 바른다. 실험결과 두께가 너무 얇으면 밀랍을 소성할 때와 쇳물을 주입할 때 압력으로 주형이 깨질 염려가 있다. 보통 활자의 양에 따라 2~5cm정도가 적당하다. 그런 다음 그늘에서 잘 말려준다. 보통 1주일 정도면 적당하다. 물론 온도와 습도, 환기상태에 따라 약간의 편차는 있지만 필자가 실험한 작업실은

도 가능함이 확인되었다.

(7)“實驗用 鑄型의 乾燥는 通風이 잘되는 陰地에서 1일에서 15일 정도로 自然乾燥 한 鑄型別로 실험하였으며, 鑄型의 燒成은 600°~1,200°까지 온도별로 鑄型을 燒成 하여 실험하였다. 實驗의 결과 鑄型의 乾燥는 5일 정도 이상의 自然乾燥의 경우 모두 가능하였으며, 鑄型의 燒成은 800°~1,000°까지의 온도가 적절한 燒成溫度인 것으로 나타났다

어떠한 인위적 환경도 조성하지 않고 1주일 정도면 적당하게 건조되었다. 필자가 실험한 2~3월은 실내온도가 20~25℃, 습도는 40~60% 정도였다

주형틀이 잘 건조되면 쇳물을 붓기 위해 주형틀 안에 있는 밀랍을 잘 녹여내야 한다. 이를 위해 불에 올려놓고 가열(400~600℃정도)하면 밀랍은 녹아서 흘러내리거나 燒成되어 없어지고 밀랍이 있던 자리에는 空洞이 생긴다. 이때 주형틀을 불에 굽게 되면 도자기를 굽는 것처럼 더욱 주형틀은 더욱 단단해지게 된다. 밀랍의 소성과 주형의 완전한 건조과정이 제대로 이루어지지 않으면 실제 쇳물을 주입했을 때 활자가 주형틀에 남아있는 수분과 밀랍찌꺼기 등과 같은 불순물로 인해 글자의 획이 제대로 나오지 않았고 활자 면에 기포가 형성되어 글자의 형태를 제대로 알아 볼 수 없었다.

### 3.3 쇳물녹이기 및 쇳물주입

쇳물의 주요 재료는 동이다. 동 85%와 주석 15%를 섞어 만들어진 모합금을 사용하였다. 보통 모합금은 1,050~1,100℃에서 용융점이 형성된다. 온도가 1,200℃ 이상 올라가면 마지막으로 쇳물을 주입하기 전에 磷靑銅을 넣는다. 인청동을 넣으면 순간적으로 온도가 올라가며 불순물이 제거되는 효과가 있다. 쇳물을 주입하기 전에 온도를 최고로 올리는 이유는 쇳물의 에너지를 극대화시키기 위함이다. 쇳물을 녹인 도가니를 꺼내 주형틀에 쇳물을 주입하기 까지 잠깐 동안 최고의 에너지를 지니고 있어야만 쇳물을 주입하기가 좋기 때문이다. 이는 쇳물의 성공적인 주입과도 많은 영향이 있다. 이때 보통 밀랍을 소성시키기 위해 주형틀을 불에 올려놓고 가열시킨 다음 쇳물을 주입시키므로 주형틀의 온도도 400~600℃ 정도가 되어야 한다.

### 3.4 활자다듬기

쇳물을 붓고 난 다음 어느 정도 쇳물이 굳어지고나면 주형틀을 깨고 밀랍모형

과 똑같은 금속활자를 분리해 낸다. 쇠톱을 이용해 활자 하나하나를 잘라내고 사포나 숫돌을 이용하여 활자의 면과 네 면을 가지런하게 다듬는다.

### 3.5 인쇄하기

잘 다듬어진 활자를 조립하고 먹을 바른 후 인쇄한다.

## 4. 주조결과 분석

### 4.1 주형재료 분석

밀랍주조법으로 금속활자를 주조하기 위해 석비레와 이암을 주요 성분으로 하여 다음과 같은 혼합비율 내에서 진행하여 주조결과는 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

주요 성분	분 량	주요 성분	분 량
석 비 레	60~80 %	이 암	60~80 %
황 토	10~30 %	황 토	10~30 %
모 래	10 %	모 래	10 %

< 석비레와 이암을 사용한 주형토의 주요 성분비율 >

석비레군과 이암군 모두 활자가 70%이상 주성되는 경우는 석비레와 이암이 60~80%, 황토는 10 ~30%, 모래는 10% 정도 혼합되는 경우였다. 통기성 문제로 숫가루를 첨가제로 준비하였으나, 혼합하지 않은 상태에서 활자주성이 잘 이루어져 넣지 않았다. 석비레와 이암을 주요 주형재료로 실험을 진행하면서 특별하게 주의할 사항은 다음과 같다.

첫째, 밀랍으로 만든 어미자에 주형재료를 바를 때는 먼저 120목의 가는체로 걸러 낸 주형재료의 반죽을 바르고 다음 약 80목 정도로 걸러 낸 주형재료로 그 위를 덧씌워 발랐다. 이는 주물면을 최대한 매끄럽고 정교하게 주조하기 위해서였다. 또한 활자의 획이 많아 복잡한 경우에도 주물토가 최대한 고와야만 활자의 획과 획 사이에 주물토가 잘 들어갈 수 있기 때문이다.



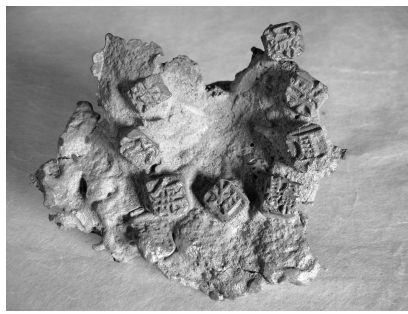
< 주형토를 이중으로 바른 모습 >

둘째, 주형틀이 잘 건조되고 나면 쇳물을 붓기 위해 밀랍을 완전하게 燒成시켜 내는 작업도 중요하다. 자칫 밀랍이 조금이라도 남아있으면 높은 온도의 쇳물이 들어가면서 가스가 형성되어 기포가 발생하기 때문이다.

셋째, 주형을 건조시킬 때에는 반드시 그늘에서 말려야 하고 쇳물을 붓기 위해 주형을 덥힌 온도도 중요하다. 주형의 온도가 낮으면 쇳물이 잘 흘러들어가지 않고 튀었으며 주형을 너무 달구면 깨져 버렸다. 쇳물을 무리 없이 받아들일 수 있는 최적의 온도는 400~600℃ 정도였다.



< 주형틀이 갈라진 모습 >



< 갈라진 주형틀에서 주성된 모습 >

#### 4.2 재료별 鑄造活字의 字形

석비레와 이암군 모두 100%활자가 주성되었으며, 이암군에서만 ‘鑄’字와 ‘印’字에서 기포가 발생하였다. 이 결과를 통해 이암보다는 석비레가 금속활자 주조를 위한 주물토로 더욱 적절함을 알게 되었다. 특히 이암의 산지는 제한적인데 비해 석비레의 경우는 전국 어디에서나 쉽게 구할 수 있는 장점이 있다. 석비레는 고려시대 사찰터인 奉業寺<sup>5)</sup>에서 발굴된 동종의 주범에 사용된 흔적이 있다. 이암과 석비레를 주요 주형재료로 하여 주조한 활자의 각각의 자본과 주조활자, 인쇄상태를 비교하면 다음과 같다.

석비레를 주요 주형토로 한 실험				이암을 주요 주형토로 한 실험			
자 본	주조활자	인쇄상태	비 고	자 본	주조활자	인쇄상태	비 고

5) 경기도박물관, 奉業寺 (안성: 경기도박물관, 2002).



< 석비례와 이암을 주물로 주성한 활자의 字樣 비교 >

### 4.3 주조활자의 크기변화

어미자보다 주성자가 석비례군과 이암군에서 거의 대부분 약간씩 크게 나타났다. 일반적으로 밀랍어미자보다 주성활자는 작을 것으로 생각되었지만 거의 대부분의

활자가 약간씩 크게 주성되었다. 이는 주형을 데울 때 수분이 모두 마르면서 주형틀이 수축되면서 자형공간이 약간씩 커졌기 때문으로 생각된다. 측정에 정확성을 기하기 위하여 측정자는 Mitutoyo 디지털미터를 사용하였으며, 단위는 mm이다.

석비례를 주요 주형도로 한 실험				이암을 주요 주형도로 한 실험			
자 본	어미字	鑄成後	완성자	자 본	어미字	鑄成後	완성자
清	11.52	12.14	11.94	清	11.52	12.61	11.15
	10.95	11.72	11.42		10.95	11.14	11.12
	6.98	6.63	6.28		6.98	6.88	6.27
州	12.00	12.59	11.90	州	12.00	11.41	10.97
	10.31	11.30	10.60		10.31	12.21	9.98
	5.91	6.31	6.08		5.91	6.91	6.16
牧	11.35	12.31	12.08	牧	11.35	12.92	11.30
	9.81	10.34	10.26		9.81	10.77	9.80
	6.46	7.06	6.08		6.46	6.93	6.16
外	11.63	12.78	12.17	外	11.63	11.42	11.21
	9.61	12.27	10.16		9.61	9.96	9.69
	6.87	7.15	6.63		6.87	7.16	6.34
興	11.84	12.85	12.07	興	11.84	12.22	11.94
	8.64	9.39	9.23		8.64	9.02	9.00
	6.44	6.68	5.68		6.44	6.88	6.17
德	11.57	12.18	11.99	德	11.57	14.67	11.29
	10.56	11.27	11.20		10.56	12.83	10.82
	5.75	6.37	5.95		5.75	6.87	6.53
寺	11.50	11.90	11.83	寺	11.50	11.49	11.21
	11.21	12.16	11.44		11.21	12.29	11.39
	6.54	6.21	6.12		6.54	6.72	6.21
鑄	11.53	12.99	12.13	鑄	11.53	11.84	11.55
	12.64	13.21	13.10		12.64	12.69	12.59
	6.26	6.02	5.96		6.26	6.52	5.60
字	11.44	12.22	11.90	字	11.44	11.82	11.77
	10.80	11.75	11.23		10.80	12.32	11.54
	6.30	6.86	6.35		6.30	6.96	6.09

	11.43	13.76	12.01		11.43	11.74	11.70
	9.29	11.15	10.23		9.29	10.92	10.10
	5.95	6.69	5.67		5.95	7.06	5.61
	11.71	15.52	12.18		11.71	12.56	11.82
	9.68	10.16	10.03		9.68	10.49	10.06
	6.00	6.00	5.89		6.00	6.70	6.41

< 석비레와 이암을 주물토로 주성한 활자의 크기변화 >

## 5. 결 론

본 실험의 의의는 전통 주물재료를 활용한 밀랍주조법에 의하여 금속활자를 주조해 냈다는 점에 있다. 특히 그동안 문제가 되었던 주형재료와 관련하여 이암과 석비레를 주요 재료로 사용하여 활자주조에 성공하였다. 그 비율은 석비레와 이암 모두 석비레(이암) : 황토 : 모래를 60 : 30 : 10의 비율을 기본적인 기준으로 정하였다. 주변상황(장인의 숙련도, 온도/습도, 건조시간 등) 등에 따라 활자주조 성공률이 어느 정도 편차가 발생할 수 있었지만, 실험 진행결과 대부분 80% 이상 활자의 주성이 이루어졌다. 본 실험은 새로운 주형재료를 찾아낸 것이 아닌 전통 주물방법에서 사용하던 재료를 활용하여 밀랍주조법으로 활자주조를 성공해 낼 수 있었다는 점에서 밀랍주조법의 복원과 관련하여 상당히 고무적인 일이라 할 수 있다. 그동안 주형재료를 찾기 위한 다양한 시도와 실험이 있었지만 만족할만한 성과를 얻어오지 못한 것이 사실이다. 본 실험에서 사용한 석비레는 전통 주물 재료임은 물론 건축 재료와 화분 등 다양한 쓰임과 활용도가 좋은 일반적인 흙으로 무엇보다 우리나라 전역 어디에서나 쉽게 구할 수 있다는 장점이 있다.

<참고문헌>

- 白雲和尚抄錄佛祖直指心體要節. 영인본(프랑스국립도서관 소장본).
- 강영하. 「한국의 종」. 서울: 서울대학교 출판부, 1998.
- 경기도박물관. 「奉業寺」. 안성: 경기도박물관, 2002.
- 노태천. 「한국 고대 야금기술사 연구」. 서울: 학연문화사, 2000.
- 리태영. 「조선광업사1·2」. 서울: 백산자료원, 1998.
- 朴文烈. 「金屬活字匠」. 대전: 문화재청, 2001.
- 서지학회. 「2006서지학회춘계학술발표논문집」. 서지학회(2006. 4).
- 宋應星 著, 崔炷 譯. 「天工開物」. 서울: 전통문화사, 1997.
- 吳國鎭. 「佛祖直指心體要節의 活字鑄造法 考察」. 청주: 동림서관, 1986.
- \_\_\_\_\_. 「한국의 고인쇄문화」. 청주: 한민족문화연구소, 1994.
- \_\_\_\_\_. 「直指 活字復元 研究 報告書」. 청주: 동림서관, 1996.
- 이난영. 「한국 고대의 금속공예」. 서울: 서울대학교출판부, 2002.
- 이호관. 「한국의 금속공예」. 서울: 문예출판사, 1999.
- 정동찬 등. 「겨레과학기술 조사연구 (I): 주물유기·방짜유기장도·나전칠기·화각·화살」. 대전: 국립중앙과학관 과학기술사연구실, 1993.
- \_\_\_\_\_. 등. 「겨레과학기술 조사연구(XI): 무쇠 솥 주물기술」. 대전: 국립중앙과학관 과학기술사연구실, 2003.
- \_\_\_\_\_. 등. 「겨레과학기술 조사연구(XII): 청동 종 주물기술」. 대전: 국립중앙과학관 과학기술사연구실, 2004.
- 曹炯鎭. 「韓國 初期 金屬活字의 鑄造·組版·印出技術에 대한 實驗的 研究」. 박사학위논문, 중앙대학교 대학원, 1994.
- 千惠鳳. “高麗鑄字印刷術의 研究.” 「성균관대학교논문집」 22집 (1976).
- \_\_\_\_\_. 「韓國典籍印刷史」. 서울: 범우사, 1990.
- 청주대학교박물관. 「청주흥덕사지발굴조사보고서」. 청주: 청주대학교박물관, 1986.
- 청주시. 「“남명천화상송증도가” 복원을 위한 기초조사 연구」. 청주시: 미간행

2003.

청주시. 「2005유네스코 직지상 시상 및 기념행사: “직지” 금속활자 주조의 과학기술적 규명에 관한 세미나」. 청주: 청주시, 2005.

최응천 등. 「금속공예」. 서울: 솔, 2005.

홍정실. “청동 밀랍주조.” 「기술시대」 83호(1997. 7), 27-30.

최응천. “高麗時代 靑銅金鼓의 研究.” (미간본)석사학위논문, 홍익대학교 대학원, 1987.

K C I



<사진 1> 실험실 외부 모습



<사진 2> 실험실 내부 모습1



<사진 3> 실험실 내부 모습2



<사진 4> 이암



<사진 5> 이암가루



<사진 6> 석비레



<사진 7> 황토



<사진 8> 모래



<사진 9> 곡수(석탄, 무연탄)



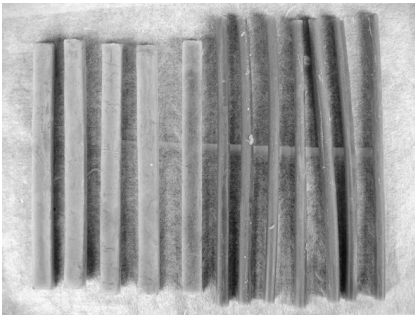
<사진 10> 주물용 모합금



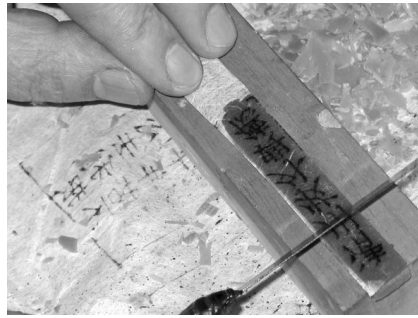
<사진 11> 숯



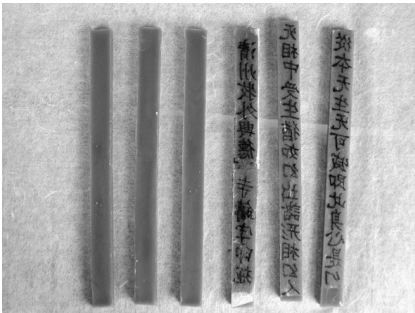
<사진 12> 밀랍



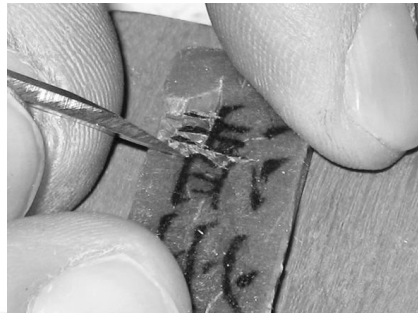
<사진 13> 밀랍봉 및 밀랍가지



<사진 14> 밀랍봉에 자분붙이기



<사진 15> 밀랍봉에 자분붙인 모습



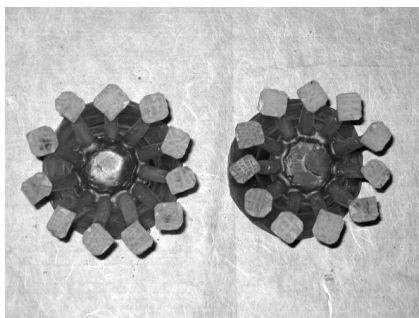
<사진 16> 밀랍자 새기기



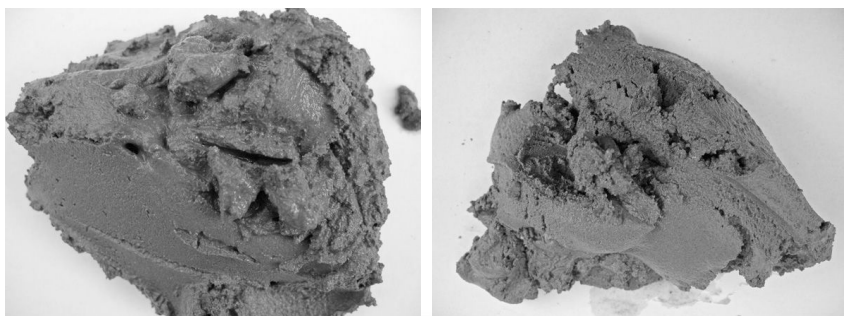
<사진 17> 새겨진 밀랍자



<사진 18> 밀랍자 붙이기



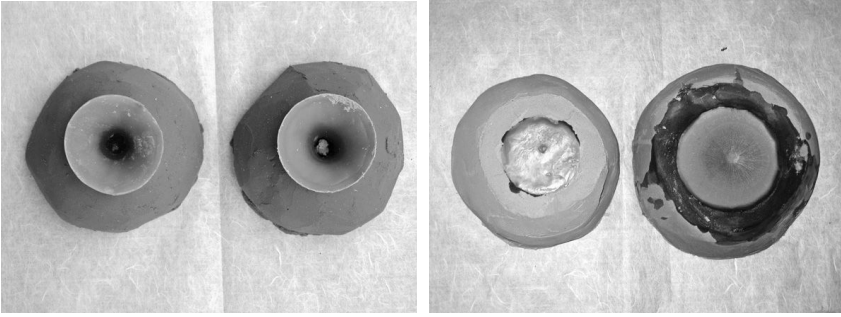
<사진 19> 밀랍자가 붙은 가지와 탕도



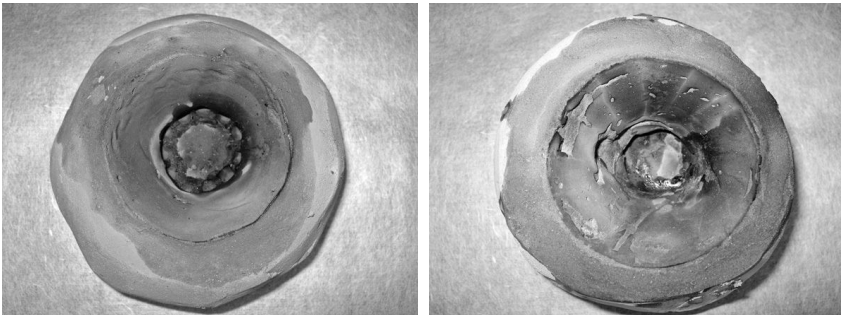
<사진 20> 석비레/이암 반죽(석비레/황토/모래)



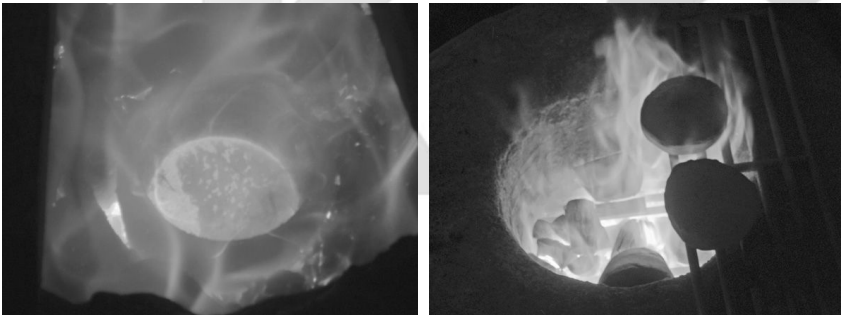
<사진 21> 주형틀 만들기(석비레/이암)



<사진 22> 완성된 주형틀(석비레/이암)



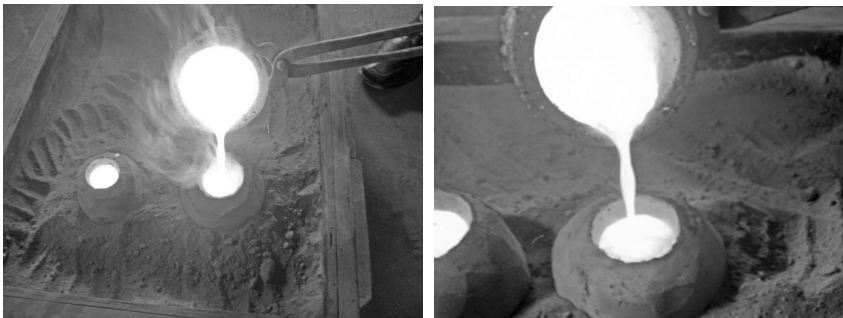
<사진 23> 밀랍 녹여내기(석비레/이암)



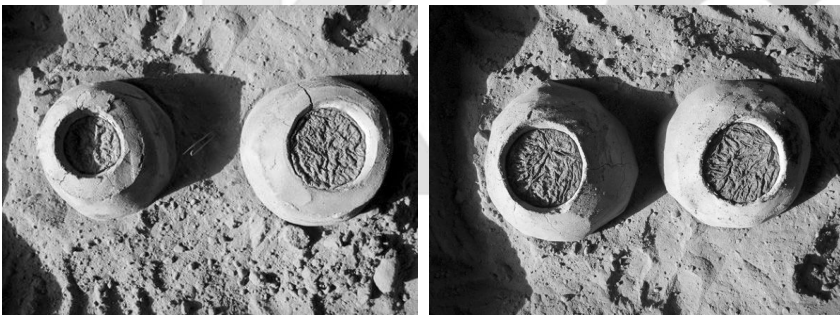
<사진 24> 쇳물 녹이기 및 주형틀 덮히기



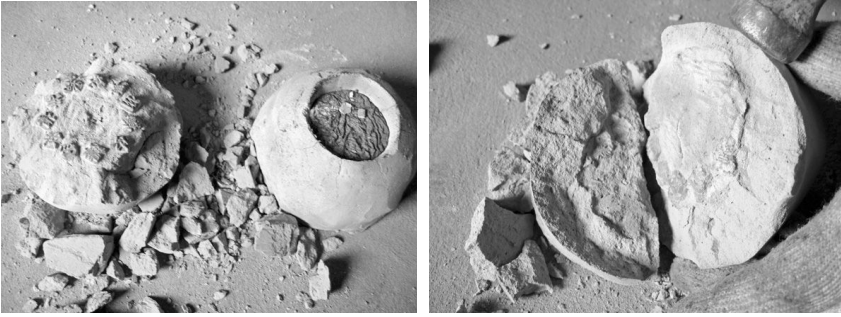
<사진 25> 쇳물을 붓기 위해 가열한 주형(석비례/이암)



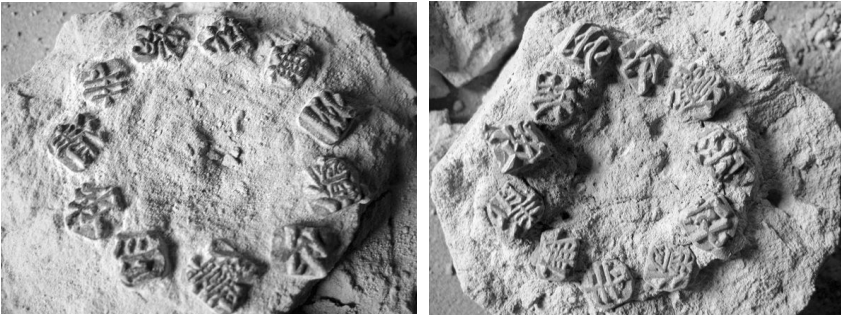
<사진 26> 쇳물 붓기(석비례/이암)



<사진 27> 쇳물이 식은 후 주형틀 모습(석비례/이암)



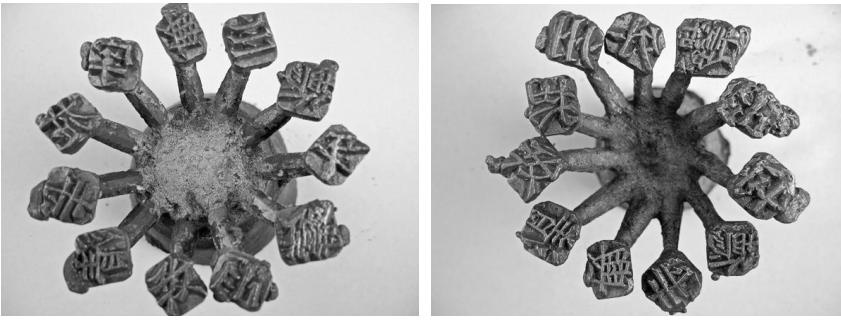
<사진 28> 주형을 깨기(석비례/이암)



<사진 29> 주조된 활자모습(석비례/이암)



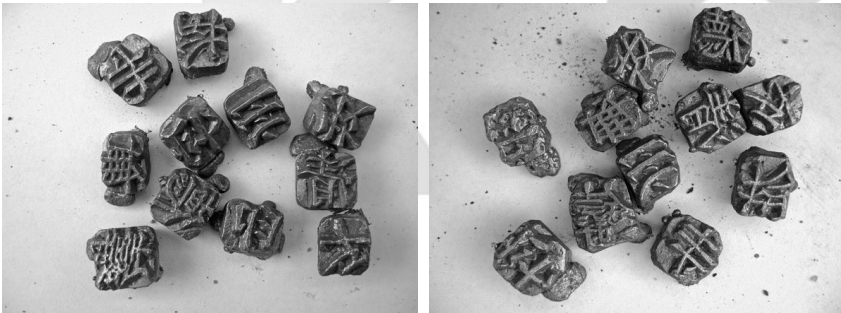
<사진 30> 주조된 활자부분 확대모습(석비례/이암)



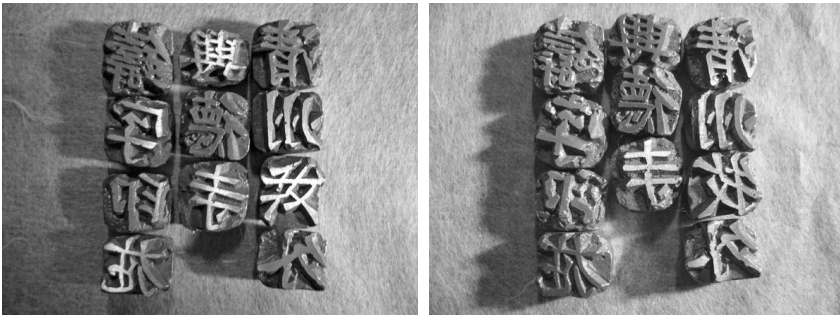
<사진 31> 주형틀을 제거한 활자모습(석비례/이암)



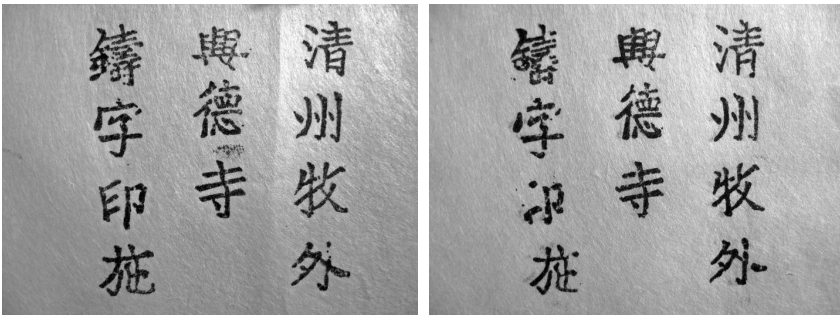
<사진 32> 구조된 활자모습 부분확대(석비례/이암)



<사진 33> 가지쇠에서 분리된 활자(석비례/이암)



<사진 34> 다듬은 활자모습(석비례/이암)



<사진 35> 인출한 모습(석비례/이암)

КСІ