

蜜蠟鑄造法の 復元에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Restoration of
the Beeswax Casting Method

朴文烈(Park, Moon-Year)*

◁ 목 차 ▷

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. 緒言 | 5. 金屬活字의 製作과 組版 및 印出 |
| 2. 復元實驗研究의 概觀 | 6. 結論 |
| 3. 復元實驗研究의 基本項目 選定 | <參考文獻> |
| 4. 復元實驗研究의 各種 實驗 | |

< 초 록 >

본 實驗研究는 高麗時代 蜜蠟鑄造法の 復元을 圖謀하고 나아가 蜜蠟鑄造法の 定說을 構築하고자 研究된 것으로 그 核心의 內容은 다음과 같다.

- (1) 泥岩 60%, 黃土 30%, 모래 10% 등을 물과 混合한 埋沒材料를 사용할 경우 金屬活字鑄造의 成功率을 높일 수 있었다.
- (2) 鑄型을 通風이 잘되는 陰地에서 5日 이상의 自然乾燥하여 800°~1,000°로 燒成할 경우 金屬活字鑄造의 成功率을 높일 수 있었다.
- (3) 金屬材料는 一般 青銅(9:1)을 사용할 경우 金屬活字의 鑄造와 活用に 좋았다.
- (4) 青銅 쇳물을 注入하는 方法은 自然注入法만으로도 可能하였다.
- (5) 實驗을 통한 金屬活字鑄造의 成功率은 100%로 나타났다.
- (6) 「直指」는 蜜蠟鑄造法으로 鑄成된 金屬活字로 印出되었을 可能性이 排除될 수 없다.

要語 : 주조법, 금속활자, 금속활자주조법, 밀랍주조법, 이암, 흥덕사자, 직지자, 직지

* 淸州大學校 人文大學 文化情報學部 文獻情報學專攻 教授 (parkmoon@cju.ac.kr)
접수일: 2006년 5월 5일 최초심사일: 2006년 5월 8일 심사완료일: 2006년 6월 16일

<ABSTRACT>

The purpose of this experimental study is to restore the beeswax casting method, which was used during the Goryeo Dynasty, and firmly establish the theoretical validity of this traditional method. The major findings are as follows:

- (1) When the materials of burying mold, which consist of mudstone(60%), yellow soil(30%), and sandy soil(10%), are properly mixed with water, the success rate of molding metal movable types could be greatly improved.
- (2) The success rate could be also improved, when a mold is naturally dried on the well-ventilated spot in the shade more than five days, and heated at temperature between 800°~1,000°.
- (3) Metal materials were good for casting and using metal movable types, when bronze(9:1) are properly used.
- (4) The method of pouring naturally melted bronze into the mold could be used.
- (5) The success rate of casting metal movable types is 100% as the result of this experiment.
- (6) It might be possible that *Jikji* was printed with metal movable types, which were made with this beeswax casting method.

Key words : casting method, metal movable types, casting method of metal movable types, beeswax casting method, mudstone, metal movable types of Heungdeoksa, metal movable types of *Jikji*, *Jikji*

1. 緒言

韓國의 傳統的인 金屬活字 鑄造法¹⁾으로는 蜜蠟鑄造法, 鑄物砂鑄造法, 陶土鑄造法 등이 사용되었던 것으로 알려지고 있다. 그러나 밀랍주조법, 주물사주조법, 도토주조법 등에 관한 완전한 程式은 전해지는 것이 없다.

鑄造法の 技術의 측면에서 볼 때, 鑄物砂鑄造法과 陶土鑄造法에 관해서는 斷片的인 記錄들은 전해지고 있으나 蜜蠟鑄造法에 관해서는 斷片的인 記錄조차도 全無한 形편이다. 鑄造法の 時代의 측면에서 볼 때, 高麗時代에는 어떤 鑄造法이 사용되었는지 구체적으로 알 수 있는 기록이 없다. 그러나 朝鮮時代에는 開國初期부터 鑄字所를 중심으로 鑄物砂鑄造法이 사용되어 왔으며, 朝鮮時代 後期에는 民間을 중심으로 土版鑄造法도 사용되었던 것으로 알려지고 있다.

韓國의 高麗時代에 어떤 鑄造法이 사용되었는지 구체적으로 알 수 있는 기록은 없으나, 한국에서는 일찍이 高麗時代인 13세기 초에 이미 金屬活字印刷術을 發明하고 이를 實用化하여 「南明泉和尚頌證道歌」, 「古今詳定禮文」, 「佛祖直指心體要節」²⁾³⁾, 「慈悲道場懺法集解」 등 여러 종류의 書籍들을 金屬活字印刷術로 印行하였음은 우리가 周知하는 바이다.

「直指」와 「慈悲道場懺法集解」 등은 淸州의 興德寺에서 金屬活字로 印出한 佛書들로, 특히 「直指」는 現存 世界 最古의 金屬活字本이며 世界記錄遺産이다.

1) 鑄造法은 加熱·鎔解된 液體形態의 素材를 鑄型에 부어 원하는 모양을 만들어 내는 方法으로 金屬뿐만 아니라 石膏·陶土·琉璃 등에도 이 기법이 쓰인다. 金屬鑄造의 材料는 金·은·동·철·납·아연·알루미늄·안티몬 등 合金에 의한 각종 金屬의 이용이 모두 가능하다. 金屬活字를 鑄造하는 데에 주로 쓰이는 金屬材料는 靑銅이다. 靑銅은 구리와 朱錫의 合金이다. 한국 先史時代의 靑銅器에는 구리 : 주석 : 아연을 7 : 2 : 1 정도의 비율로 섞어서 合金한 것으로 알려져 오고 있으나, 일반적인 靑銅의 혼합비율은 구리 95 ~ 70%, 주석 5 ~ 30% 정도이며, 이 밖에 不純物과 니켈·아연·안티몬 등이 섞여 들어가나 그 양은 1% 미만인 경우가 대부분이다. 주석을 섞는 목적은 구리보다 단단한 금속을 만들기 위해서이나, 주석의 양이 많아지면 많아질수록 흰색이 나고 부서지기 쉬운 성질을 갖게 된다.<朴文烈, 「金屬活字匠」(大田 : 文化財廳, 2001). 138-139.>

2) 白雲和尚, 佛祖直指心體要節. 興德寺金屬活字本影印本. 淸州 : 淸州古印刷博物館, 2002.

3) 以下에서 「佛祖直指心體要節」은 「直指」로 略稱 함.

「直指」와 「慈悲道場懺法集解」 등을 印出 해낸 이른바 興德寺의 金屬活字는 현재까지 蜜蠟鑄造法⁴⁾에 의해 鑄造된 것으로 알려지고 있다. 그러나 蜜蠟鑄造法에 관한 程式의 記錄이 全無함으로 말미암아, 그 동안 斷片的 研究의 進行⁵⁾으로 1관되어 왔으며 研究의 結果에 있어서도 研究者마다 다소 見解를 달리하는 경우⁶⁾도 없지 않았다.

본 2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究⁷⁾는 「直指」와 「慈悲道場懺法集解」 등의 이른바 興德寺字의 特徵과 현재까지 알려진 蜜蠟鑄造法에 관한 각종 斷片的

-
- 4) 蜜蠟鑄造法은 주로 寺刹에서 모양이 섬세하고 복잡한 佛具類를 鑄造하는데 쓰인 전통적인 鑄造方法이다. 蜜蠟鑄造法에 의한 金屬活字製作法은 活字 모양의 정제된 蜜蠟에 글자를 새겨 蜜蠟父字를 만들고 도가니를 만드는 烏土와 찰흙을 섞은 재료로 둘러싼 鑄型을 만들어 乾燥시킨 다음, 열을 가하여 蜜蠟父字를 녹여내면 鑄型 속에는 母字形이 생성된다. 母字形이 생성된 鑄型 속으로 녹인 蠟물을 부어, 식은 다음 1 자씩 떼어내어 다듬고 마감하여 活字를 완성시키는 方法이다. 蜜蠟鑄造法에 의한 金屬活字製作의 경우 蜜蠟父字를 녹여냈기 때문에 同一한 字形의 活字를 만들어 낼 수 없는 것이 그 특징이다. <朴文烈, 「金屬活字匠」(大田 : 文化財廳, 2001). 144.>
- 5) 高麗時代에 「直指」를 印行한 興德寺의 金屬活字는 蜜蠟鑄造法에 의하여 鑄造된 것으로 推定되며, 이에 관한 연구 結果物로는 다음과 같은 것들이 있다
- ① 千惠鳳, 「羅麗印刷術의 研究」(서울 : 景仁文化社, 1980), 180-183.
 - ② 吳國鎮, 「直指活字 復元報告書」(淸州 : 淸州古印刷博物館, 1996).
 - ③ 朴文烈·吳國鎮, 「白雲和尚抄錄佛祖直指心體要節」上卷 復元研究 結果報告書. (淸州 : 淸州市, 2001).
 - ④ 朴文烈, 「金屬活字匠」(大田 : 文化財廳, 2001).
 - ⑤ 南權熙·金聖洙·曹炯鎮, 「南明泉和尚頌證道歌」復元을 위한 基礎調查 研究. 未刊行 復寫本. (淸州 : 淸州市, 2003).
- 6) 高麗時代에 「直指」를 印行한 興德寺의 金屬活字는 蜜蠟鑄造法에 의하여 鑄造된 것으로 千惠鳳 教授·吳國鎮 金屬活字匠·朴文烈·曹炯鎮 教授 등의 研究 結果는 다소 相異하게 나타나고 있다. 특히 曹炯鎮 교수의 蜜蠟鑄造法 實驗研究에서는 2,850자의 어미자를 사용하여 성공한 活字의 수량은 47개 活字로 그 成功率은 1.65% 미만이라는 研究結果도 있다. <曹炯鎮, 「南明泉和尚頌證道歌」活字本 復元事業 基礎調查 報告書. 「南明泉和尚頌證道歌」復元을 위한 基礎調查 研究. 未刊行本. 淸州 : 淸州市, 2003. pp.88-134.>
- 7) 본 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究에 있어서 實驗研究의 전반적인 진행과 결과의 도출 및 집필은 筆者가 擔當하고 專門技術實驗은 國家指定 重要無形文化財 제 101호 金屬活字匠 전수조교인 임인호 선생이 擔當하였다. 實驗場所는 임인호 전수조교의 作業場을 활용하였으며, 實驗期間은 2005년 12월부터 2006년 3월까지였다. 본 復元實驗研究에 있어서 김호용, 강이슬, 김보람, 문민아 등이 필자의 연구에 助成하였으며, 윤명철과 김순득 등이 임인호 전수조교의 실험에 助成하였다.

研究의 理論을 근거로 科學的인 實驗을 통한 각종 數値의 提示를 통하여 合理的이고 實證的인 蜜蠟鑄造法の 復元을 圖謀하고자 하는 것이다. 나아가 窮極의 으로는 高麗時代의 金屬活字製作法이 蜜蠟鑄造法이었음을 前提로 蜜蠟鑄造法の 定說을 構築하고자 하는 目的도 포함되어 있는 것이다.

2. 復元實驗研究의 概觀

蜜蠟鑄造法에 의한 金屬活字製作과 관련된 文獻의 記錄은 全無하다시피 하며, 최근에 국립중앙과학관 과학기술사연구실 연구진과 국가중요무형문화재 제 112호 주철장 원광식 및 문화재 복원전문가 윤광주 등이 1950년 한국전쟁 때 파손된 월정사 선림원의 종을 밀랍주조법을 응용하여 복원한 사례⁸⁾가 있다.

또한 문헌적으로는 宋應星의 「天工開物」 <冶鑄第八>에 鍾의 鑄造過程에서 蜜蠟鑄造法에 관한 약간의 言及이 수록되어 있을 뿐⁹⁾이다.

… 萬斤 이상의 鍾과 鼎을 鑄造하는 方法은 같다. 깊이 1丈餘의 움을 파고 속을 말려서 房舍처럼 꾸민다. 진흙을 반죽하여 模骨(模型·鑄型)을 제작하는데, 이는 石灰와 三和土를 섞어서 만들어 실이나 털끝만큼의 틈도 없어야 한다. 乾燥 시킨 후에는 牛油와 黃蠟을 섞어 그 表面에 수치의 두께로 바른다. 그 비율은 牛油가 10분의 8이고 牛油와 黃蠟이 10분의 2이다. 그 위에 遮陽을 쳐서 햇빛이나 비가 들지 않도록 한다. (여름철에는 油가 凍結되지 않으므로 일을 할 수가 없다.) 그리고 나서 기름과 黃蠟을 섞은 것을 잘 바르고 그 위에다 여러 가지 纖細한 文字나 무늬를 새긴다. 絲髮이 成就된 후에 細土와 炭末을 嚙아 체로 쳐서 얻은 고운 가루로 반죽한 질흙을 그 위에다 한 층씩 차례로 겹겹이 발라 그 두께가 數寸이 되도록 한다. 안팎을

8) 고승관 외, 「주철장」 (서울: 도서출판 피아, 2006). 29.

9) 宋應星, 校正天工開物. 中國科學名著 第2集 第1冊 臺北: 世界書局 民國68(1979). 157.
 …凡造萬鈞鍾 與鑄鼎法同 掘坑深丈幾尺 燥築其中如房舍 埴泥作模骨 其模骨用石灰·三和土築 不使有絲毫隙拆 乾燥之後 以牛油·黃蠟附其上數寸 油蠟分兩 油居什八 蠟居什二 其上高蔽抵晴雨 (夏月不可爲 油不凍結 油蠟墜定) 然後雕樓書文·物象 絲髮成就 然後春篩細土與炭末爲泥 塗漫以漸 而加厚至數寸 使其內外透體乾堅 外施火力 炙化其中油蠟 從口上孔隙鎔流淨盡 則其中空處 卽鍾鼎托體之區也 凡油蠟一斤虛位 填銅十斤 塑油時盡油十斤 則備銅百斤以俟之 中既空淨 則議鎔銅 …

잘 말려서 굳어지면 밖에서 火力를 가하여 굽는다. 그 사이의 油蠟을 녹여 模骨(模型·鑄型) 밑의 틈으로 흘러 깨끗이 빠지게 하면, 그 空間에는 鍾이나 鼎의 형체가 남게 된다. 牛油와 黃蠟 1斤으로 채웠던 空間을 구리로 채우려면 구리 10斤이 필요하다. [模骨(模型·鑄型)을 만들 때 油蠟 10근을 쓴다면 구리는 100斤을 준비해야 한다. [模骨(模型·鑄型)의] 속이 깨끗하게 비워진 다음에는 銅을 녹인다. ...

한편, 蜜蠟鑄造法에 관한 각종 實驗과 研究는 이미 여러 차례 진행된 바 있다. 千惠鳳 교수는 일찍이 1980年代에 「羅麗印刷術의 研究」에서 蜜蠟鑄造法에 의한 金屬活字製作法을 언급한 바¹⁰⁾ 있으며, 吳國鎭 金屬活字匠은 1996년에 蜜蠟鑄造法을 통한 金屬活字製作法의 實驗으로 「直指」의 金屬活字를 復元하고 이를 바탕으로 重要無形文化財 제101호 金屬活字匠으로 指定된 바¹¹⁾ 있다.

朴文烈과 吳國鎭 金屬活字匠은 2001년에 蜜蠟鑄造法으로 「直指」上卷을 復元하는 實驗과 研究를 진행한 바¹²⁾ 있으며, 朴文烈은 2001년에 「金屬活字匠」을 執筆하면서 동시에 蜜蠟鑄造法과 鑄物砂鑄造法에 관한 記錄映像을 제작한 바¹³⁾도 있다. 또한 曹炯鎭 교수는 2003년에 「南明泉和尚頌證道歌」金屬活字本 復元事業의 基礎調査를 위하여 蜜蠟鑄造法을 실험한 바¹⁴⁾가 있었다.

3. 復元實驗研究의 基本項目 選定

蜜蠟鑄造法을 實證的으로 研究하고 復元하는 데에는 여러 가지 制限과 難點이 散在해 있다. 그것은 高麗時代 金屬活字 鑄造法에 관한 記錄이 全無할 뿐만 아니라, 高麗時代 金屬活字 印本으로써 현재까지 實物이 傳來되고 있는 것으로

10) 千惠鳳, 「羅麗印刷術의 研究」(서울: 景仁文化社, 1980). 180-183.

11) 吳國鎭, 「直指活字 復元報告書」(淸州: 淸州古印刷博物館, 1996).

12) 朴文烈·吳國鎭, 「白雲和尚抄錄佛祖直指心體要節 上卷 復元研究 結果報告書」(淸州: 淸州市, 2001).

13) 朴文烈, 「金屬活字匠」(大田: 文化財廳, 2001).

14) 曹炯鎭, 「「南明泉和尚頌證道歌」活字本 復元事業 基礎調査 報告書,」 「南明泉和尚頌證道歌」復元을 위한 基礎調査 研究. 未刊行複寫本. (淸州: 淸州市, 2003). 88-134. 이러한 「南明泉和尚頌證道歌」의 復元을 위한 基礎調査研究에도 불구하고 「南明泉和尚頌證道歌」의 복원작업은 실행되지 않았다. 매우 유감스러운 일이 아닐 수 없는 것이다.

「直指」1종에 지나지 않고 있기 때문이다.

이로 인하여 본 2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究에 있어서도 底本の 制限을 받을 뿐만 아니라, 實驗研究를 위한 각종 基本的인 要素나 項目을 抽出해 내는 데에도 여러 가지 難點이 뒤따르는 것이다.

3.1 既存 復元實驗研究의 基本項目

蜜蠟鑄造法 復元實驗研究를 위한 각종 實驗의 主要 項目의 選定은 鑄物砂鑄造法과 陶土鑄造法 등과의 連繫도 필요할 것이나, 본 2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究에서의 主要 實驗項目은 蜜蠟鑄造法에 한정하여 選定 하였다.

既存의 蜜蠟鑄造法 實驗研究에서 사용된 각종 實驗의 主要 基本項目과 實驗方法을 비교하여 제시하면 다음과 같다.

<表 1> 既存의 蜜蠟鑄造法 實驗研究의 主要 基本項目과 實驗方法¹⁵⁾

항 목	기 존 의 밀 랑 주 조 법 연 구			
	1996	2001(가)	2001(나)	2003
표본의 자료	「직지」 하권 11항 18~20자	좌동 좌동	좌동 좌동	좌동 좌동
표본의 크기	세로209 (±2~3)mm	좌동	좌동	-
활자의 표본	「직지」 하권	좌동	좌동	좌동
활자의 자본	「직지」 하권	좌동	좌동	좌동
활자의 크기	15×15×3.5mm	12×15×6mm	좌동	12×15×4 mm
활자 기울기	「직지」 하권	좌동	좌동	좌동
밀랍자 조성	전체 조성	좌동	부분조성	-
밀랍자 제작	연자·단자	단자	좌동	-
주조의 방법	밀랍주조법	좌동	좌동	좌동
주형의 형태	원통형·사각형	원통형	사각형	원통형
매몰재 선택	석고(Denti Vest)	석고	좌동	-
주형의 소성	700~900℃	750℃(450)	-	800℃

15) <表 1>의 既存의 蜜蠟鑄造法研究에서 1996은 <吳國鎭 直指活字 復元報告書 淸州: 淸州古印刷博物館, 1996.>을, 2001(가)는 <朴文烈·吳國鎭, 『白雲和尚抄錄佛祖直指心體要節』 上卷 復元研究 結果報告書. 淸州: 淸州市, 2001.>을, 2001(나)는 <朴文烈, 金屬活字匠. 大田: 文化財廳, 2001.>을, 2003은 <南權熙·金聖洙·曹炯鎭, 『南明泉和尚頌證道歌』 復元을 위한 基礎調查 研究. 未刊行復寫本. 淸州: 淸州市, 2003.>을 지칭하는 것이다.

금속의 재료	청동	좌동	좌동	-
쇳물의 온도	-	1,050~1,150 ℃	1,000~1,100 ℃	1,050~1,150 ℃
쇳물 주입법	원심법·압박법	진공법	자연법	-
인판틀 규격	209×150×3.5mm	209×319×6 mm	209×150×6 mm	-
조판 접착물	밀랍 고착	좌동	좌동	-

3.2 2006 復元實驗研究의 基本項目

既存의 蜜蠟鑄造法 實驗研究에서 사용된 각종 實驗의 주요 基本項目과 實驗方法을 바탕으로 본 2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究에서 필요한 基本項目을 選定하고 實驗과 分析에서 留意 해야할 事項 들을 제시하면 다음과 같다.

<表 2> 2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究의 基本項目과 實驗方法

항 목	실 험 가 능 사 항	표 준 실 험 사 항	세 부 실 험 사 항
표본의 크기	「직지」 하권 영인본 11항 18~20자 세로 209(±2~3)mm	「직지」 하권 영인본 11항 18~20자 세로 209(±2~3)mm	-
활자의 자본	「직지」 하권	「직지」 하권	
활자의 크기	가로 : 12~15mm 세로 : 15mm 높이 : 3.5~6mm	가로 : 14mm 세로 : 14mm 높이 : 6mm	각종 높이 실험 142/10,000 축소율
활자 기울기	「직지」 하권	「직지」 하권	-
밀랍자 조성	「직지」 하권 전체	중자 : 佛祖直指心體要節 소자 : 拔	-
밀랍자 제작	단자·연자	단자	가지 굵기 실험
주형의 형태	원통·타원·사각형	원통형	탕구·탕도 각도 실험
매몰재 선택	식고·점토·오토·기타	점토·오토·이암	매몰재 성분 실험
주형의 소성	700~900 ℃	800~1,000 ℃	800~1,200 ℃ 별 실험
금속의 재료	청동·황동	청동	청동성분 분석실험
쇳물의 온도	1,000~1,150 ℃	8,00~1,200 ℃	1,200~1,300 ℃ 실험
쇳물 주입법	원심·진공·압박·자연	자연법	주입 각도·위치·높이
인판틀 규격	「직지」 하권 규격	209×150×6 mm	크기·기울기 실험
조판의 방법	고착식조판	고착식조판	
조판 접착물	밀랍 고착	밀랍 고착	

4. 復元實驗研究의 各種 實驗

2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究의 各種 實驗用 基本項目으로 選定된 要素들 중에서 標準實驗事項을 바탕으로 各種 細部 實驗事項의 要素들을 實驗한 結果는 다음과 같다.

4.1 標本の 크기와 字本

본 復元實驗研究에서 實驗用의 標本과 標本字形의 크기는 淸州 興德寺에서 印行된 金屬活字本「直指」下卷의 影印本에 나타나는 크기 그대로를 標本과 標本字形의 크기로 선정하여 실험하였다. 또한 實驗用 標本字本도 興德寺 金屬活字本「直指」下卷 影印本의 刊記面에 나타나는 卷末題의 佛·祖·直·指·心·體·要·節 8자의 中字와 刊記面 本文의 마지막 부분에 나타나는 拔 1자의 小字 등 도합 9字를 선정하여 실험하였다.

<表 3> 實驗研究用 字本



4.2 字本の 크기와 기울기

본 復元實驗研究에서 實驗用 標本字本の 크기는 興德寺 金屬活字本「直指」下卷의 影印本에 나타나는 가로와 세로의 크기 그대로 설정하여 실험하였다. 實驗用 標本字本の 기울기도 興德寺 金屬活字本「直指」下卷의 影印本에 나타나는 기울기와 같은 비율의 기울기를 原則으로 설정하여 실험하였다. 實驗用 活字의 높이는 靑銅의 收縮率 142/10,000을 감안하여 4mm에서부터 10mm에 이르기까지 여러 가지 높이를 설정하여 실험하였다.

實驗의 결과 蜜蠟鑄造法의 金屬活字製作에 있어서 活字의 높이는 설정된 높이의 어느 경우라도 活字의 鑄造에 別다른 문제점이 나타나지 않았으나, 활자의 磨勤과 組版의 정도를 고려할 때 活字의 높이는 4~6mm 정도가 가장 적절한 것으로 나타났다.

4.3 蜜蠟父字의 製作과 蜜蠟父字의 量産

본 復元實驗研究에서는 實驗用의 標本字本으로 선정된 ‘佛’·‘祖’·‘直’·‘指’·‘心’·‘體’·‘要’·‘節’ 8자의 中字와 ‘拔’ 1자의 小字 등 도합 9자의 字本으로 먼저 木刻의 木型을 제작하였다. 그리고 各 項目의 實驗研究에서 同一한 字形이 유지될 수 있도록 실리콘으로 模型을 제작하여 蜜蠟父字를 量産할 수 있도록 하였다.

<表 4> 實驗研究用 字本の 크기

	佛	祖	直	指	心	體	要	節	拔	비 고
가로	11.77	11.28	11.66	10.36	11.86	11.00	11.58	10.70	10.75	
세로	12.76	10.56	13.70	11.57	9.67	11.35	13.65	12.20	11.25	
높이	6.57	6.71	6.81	6.80	6.85	6.84	6.72	6.65	6.70	

이는 본 復元實驗研究에서 實驗의 方法이 相異하거나 多樣 할지라도 字形이 同一하여야 各 種 實驗의 比較가 가능하기 때문에 취해진 臨時方便의 조치일 뿐이었다.

4.4 蜜蠟父字가지의 製作

본 復元實驗研究에서는 蜜蠟父字가지의 굵기와 角度에 따라 어떤 差異가 나타나는가를 實驗하기 위하여 實驗用 蜜蠟父字가지의 굵기를 2mm에서부터 13mm에 이르기까지 그 굵기의 정도를 달리 설정하여 實驗하였다.



<寫眞 1> 蜜蠟父字



<寫眞 2> 蜜蠟父字가지

蜜蠟父字가지의 제작에 있어서 蜜蠟父字의 連結의 角度도 45°에서부터 180°에 이르기까지 다양한 각도를 설정하여 角度別로 實驗하였다

實驗의 결과 蜜蠟父字가지의 굵기와 角度는 설정된 數値의 어느 경우이든 活字의 鑄造에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 蜜蠟父字가지의 굵기는 3mm 이상이 活字의 鑄造에 적당하고 蜜蠟父字의 連結의 角度는 100°에서부터 120°에 이르기까지의 角度가 活字의 鑄造에 가장 적절한 것으로 나타났다.

4.5 鑄型의 形態와 湯口 및 湯道의 角度

본 復元實驗研究에서 實驗用 鑄型의 形態는 圓筒形을 사용하였으며, 쇳물의 注入을 위한 湯口와 湯道의 角度도 15°에서부터 90°에 이르기까지 다양하게 설정하여 實驗하였다. 實驗用的 도가니는 外지름 123mm, 內지름 92mm, 높이 145mm, 깊이 125mm 의 도가니를 사용하였다

實驗의 결과 湯口와 湯道의 角度는 설정된 수치의 어느 경우이든 活字의 鑄造에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 活字의 鑄造에 가장 적절한 角度는 75°에서부터 90°에 이르기까지의 角度였다.

4.6 埋沒材料

일반적으로 蜜蠟鑄造法の 埋沒材料는 黃土, 石灰, 硅砂, 陶土 등을 單獨으로

사용하거나 이들을 合成하여 사용하는 것으로 알려져 왔다. 전통적으로는 도가니를 만드는 陶土와 질그릇을 만드는 찰흙을 적당한 비율로 섞어 물을 뿌리고 반죽하여 埋沒材料로 사용하였던 것으로도 알려지고 있다. 그러나 現代의 각종 實驗에서는 適정한 埋沒材料의 選擇과 埋沒材料의 配合이 어려워 石膏를 사용하는 경우도 없지 않았다.

본 復元實驗研究에서는 각종 埋沒材料의 成分比率를 각각 달리한 상태에서 어느 埋沒材料가 蜜蠟鑄造法의 金屬活字의 鑄造에 가장 適절한 것인지를 찾아내기 위하여 지금까지 埋沒材料로 알려진 黃土, 石灰, 硅砂, 陶土, 찰흙 등을 單獨으로 사용하여 실험하기도 하고 이들을 適정한 비율로 混合한 材料를 사용하여 실험하기도 하였다. 그러나 黃土, 石灰, 陶土, 찰흙 등의 單獨使用으로는 活字鑄造의 성공률이 비교적 낮았으며, 混合使用으로는 單獨使用의 경우보다는 活字鑄造의 성공률이 높은 편이었다.

또한 본 復元實驗研究에서는 새로운 埋沒材料의 개발에 착수하여, 지금까지 별로 알려지지 않았던 埋沒材料의 하나인 泥岩¹⁶⁾을 활용하여 각종 實驗을 실시¹⁷⁾하였다. 實驗研究에서 泥岩의 활용은 최근 國立中央科學館에서 鑄鍾技術에 관한 실험연구를 통하여 밝혀진 바의 比率¹⁸⁾을 위주로 실험하였으나, 金屬活

- 16) 泥岩(Mudstone)은 粘土鑛物과 석영·장석 등의 혼합물로 組成되어 있는 것이 보통이며, 이암 내에는 유기 殘留物이나, 鐵酸化合物 및 炭酸鹽鑛物의 結核체가 자주 발견되고 또 때에 따라서는 석고 및 황철석의 結核체도 관찰된다. 이암 구성 입자의 크기는 1/256 mm 이하이며 색은 밝은 색에서부터 검은색에 가까운 어두운 색까지 다양하게 나타난다. 이암의 층리는 비교적 잘 나타내지 않으며, 층리면에는 건열 빗방울 자국 연흔 등의 구조가 관찰되기도 한다. 호수, lagoon(개펄·潟湖·礁湖), 바다 등의 물에서 멀리까지 운반되는 곳에서 조용히 만들어진다.
- 17) 泥岩의 活用에 관하여는 國立中央科學館의 정동찬 과학기술사연구실장을 비롯하여 본 實驗研究의 諮問委員으로 참여한 國立中央科學館의 윤용현 학예연구관 및 國立中央科學館의 윤대식 학예연구사의 助言이 매우 컸다. 또한 경주의 문화재복원 전문가 윤광주 선생과 진천의 국가중요부형문화재 제112호 주철장 원광식 선생도 泥岩의 활용에 관하여 조언을 아끼지 않았다. 모든 분께 紙面을 통하여 감사를 드리는 바이다
- 18) 國立中央科學館 科學技術史研究室의 鑄鍾技術에 관한 實驗研究에 의하면 鑄鍾의 鑄物砂를 泥岩 33%, 모래 33%, 진흙 33%의 비율로 배합하여 만들었음을 밝히고 있다< 정동찬·윤용현·윤대식, 겨레과학기술 조사연구 XIII - 청동 중 주물기술-. 국립중앙과학관 학술총서 43. 대전 : 국립중앙과학관 과학기술사연구실 2004. 105.>

字의鑄造에 있어서는鑄鍾技術 實驗研究에서 나타난泥岩의 비율로는纖細度에 있어서 만족할만한 최고 수준의金屬活字를鑄造해 내기가 쉽지 않았다.

<表 5> 泥岩의 成分分析¹⁹⁾

Al2O3L	CaO	Fe2O3+	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	TiO2	L.O.I	Total
17.03	3.58	3.87	0.65	2.72	0.07	3.43	0.17	61.18	0.44	6.64	99.78

實驗의 결과 가장 효과적이고 성공적인泥岩과黃土 및 모래 등을 혼합한 새로운埋沒材料의配合에 성공하였으며, 이들의 가장 適切한配合의比率는泥岩 60%, 黃土 30%, 모래 10% 등을 물과混合하는 것이었다. 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도 可能性이 確認되었다.



<寫眞 3> 埋沒材料(泥岩)



<寫眞 4> 埋沒材料(黃土)

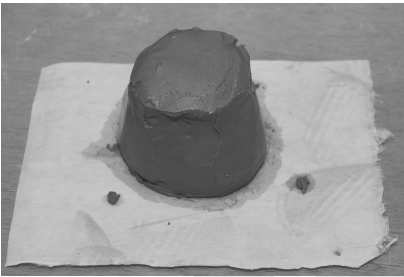
4.7 鑄型의 乾燥와 燒成

鑄型의 乾燥와 燒成은鑄型 속의蜜蠟父字를 녹여내고 母字形이 생성되도록 하기위한 方便이며, 아울러 甑물을 注入할 때에 高溫의 甑물이 쉽게 流入되도록 하기위한 方便이다. 또한 龜裂이 없는 상태로 鑄型을 완전히 乾燥시키지 않거나

19) 本 成分分析은 한국기초과학지원연구원의 分析에 의한 것이다.

적절한 溫度로 鑄型이 燒成되지 않은 경우에는 高溫의 澆물이 鑄型에 注入될 때 주입된 澆물이 鑄型 밖으로 흘러나와 活字의 形成이 제대로 되지 않을 뿐만 아니라 鑄型이 破損되기 때문에 活字의 鑄造가 不可能하므로 鑄型의 乾燥와 燒成은 절대적으로 필요한 것이다. 본 復元實驗研究에서 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°에서부터 1,200°에 이르기까지 여러 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°에서부터 1,000°에 이르기까지의 온도가 적절한 燒成溫度인 것으로 나타났다.



<寫眞 5> 鑄型



<寫眞 6> 鑄型內 母字形 痕迹

4.8 金屬材料

金屬活字의 鑄造에 사용되는 金屬材料는 다양하여 銅을 비롯한 朱錫, 鉛, 亞鉛, 鐵 등 여러 가지가 있다. 그러나 이들 재료는 單獨사용되는 경우도 있으나 주로 合金으로 쓰였던 경우가 많았다. 이는 이미 分析된 우리나라 金屬活字의 成分을 통해서도 알 수 있다.

<表 6> 活字의 金屬成分 分析²⁰⁾

항 목	구 분	구리 Cu	아연 Zn	주석 Sn	납 Pb	철 Fe	규소 Si	알루미늄 Al	비고
고려복자 및 해동통보	성분비율	50.9	0.7	28.5	10.2	2.2	-	-	
	모함금비	78.2	-	19.3	-	1.3	0.3	-	
	증감비율	△27.3	▽0.7	▽9.2	▽10.2	▽0.9	△0.3		
	구조비율	96.0	-	3.5	-	-	0.5	-	
	증감비율	△17.8	-	▽15.8	-	▽1.3	△0.2		
청동 (9:1)	성분비율	90.0	-	10.0	-	-	-	-	
	모함금비	92.3	-	6.3	-	-	-	1.4	
	증감비율	△2.3	-	▽3.7	-	-	-	△1.4	
	구조비율	95.3	-	4.7	-	-	-	-	
	증감비율	△3.0	-	▽1.6	-	-	-	▽1.4	

實驗用 金屬材料는 高麗 ‘복’字의 成分으로 合金한 金屬을 비롯한 다양한 金屬으로 實驗 하였으나, 주로 현재 일반적으로 사용되고 있는 구리 (Cu) 90%와 朱錫(Sn) 10%의 合金인 靑銅(9:1)으로 實驗 하였다

實驗의 결과 高麗 ‘복’字의 成分으로 合金한 金屬으로는 活字의 鑄造는 쉬우나 活字의 活用に 다소의 문제점이 있을 듯²¹⁾하며, 일반 靑銅(9:1)의 경우에는 活字의 鑄造와 活用に 별다른 문제점이 없는 것으로 나타났다.

4.9 靑銅 쇳물의 溫度

일반 靑銅의 경우 1,000°에서부터 1,200°에 이르기까지의 온도에서 鑄物의 成形이 가장 좋은 것으로 알려지고 있다. 靑銅의 溫度가 1,300° 이상부터는 靑銅 쇳물이 酸化되기 때문이다. 본 復元實驗研究에서는 靑銅 쇳물의 온도를 800°에서부터 1,300°에 이르기까지 온도별로 實驗하였다.

實驗의 결과 金屬活字 鑄造에 적합한 靑銅 쇳물의 溫度는 1,100°에서부터

20) 本 成分分析은 忠北大學校 材料工學科 김기호 教授의 分析에 의한 것이다.

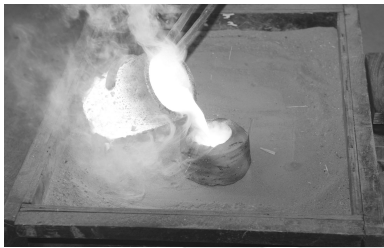
21) 고려 ‘복’자와 海東通寶의 金屬成分은 동일하게 구리(Cu) 50.9%, 주석(Sn) 28.5%, 철(Fe) 2.2%, 아연(Zn) 0.7%, 납(Pb) 10.2%의 合金으로 알려져 있으나, 주석(Sn)이 10% 이상의 比率로 合金되었을 때 金屬의 색깔은 白色에 가까웠으며 強度도 비교적 약한 것으로 나타났다.

1,200°에 이르기까지임이 確認 되었다.

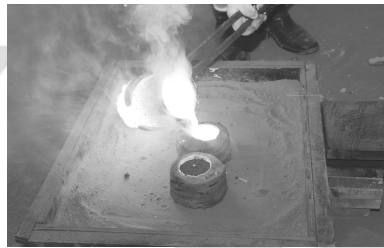
4.10 靑銅 澆물의 注入法과 注入角度

鑄造法에 있어서 澆물을 注入하는 방법은 遠心法, 眞空法, 壓迫法, 自然法 등 여러 가지가 있으며, 靑銅 澆물을 注入하는 位置와 角度와 높이도 다양하다. 본 復元實驗研究에서는 靑銅 澆물을 注入하는 방법에 있어 自然注入法을 중심으로 실험하였다. 또한 靑銅 澆물을 주입하는 角度는 45°에서부터 180°에 이르기까지 다양한 角度別로 實驗하였으며, 靑銅 澆물을 注入하는 位置와 높이도 다양하게 實驗하였다.

實驗의 결과 靑銅 澆물을 注入하는 方法의 경우 自然注入方法만으로도 活字의 鑄造에 별다른 문제점이 나타나지 않았으며, 靑銅 澆물을 注入하는 角度와 位置 및 높이 등도 活字의 鑄造에 별다른 問題點이 나타나지 않아 특별한 相關關係가 없는 것으로 확인되었다.



<寫眞 7> 靑銅 澆물붓기(1)



<寫眞 8> 靑銅 澆물붓기(2)

4.11 活字鑄造의 成功率

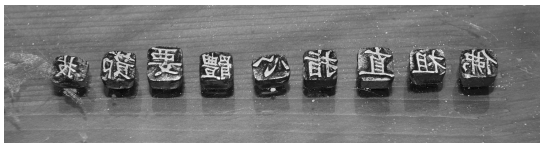
2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究의 각종 細部 實驗事項들을 중심으로 이상과 같은 實驗의 條件과 過程에 따라 實驗한 結果로 나타나는 活字鑄造의 成功率는 다음과 같다.²²⁾

<表 7> 活字鑄造의 成功率

次數	佛	祖	直	指	心	體	要	節	拔	成功率	備考
1차	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100	
2차	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100	
3차	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100	
4차	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	100	
5차	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	100	
6차	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	100	
합계	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

4.12 完成된 活字와 字印

2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究를 통해서 鑄成된 金屬活字의 字印을 實驗用 字本과 對比하면 다음과 같다.



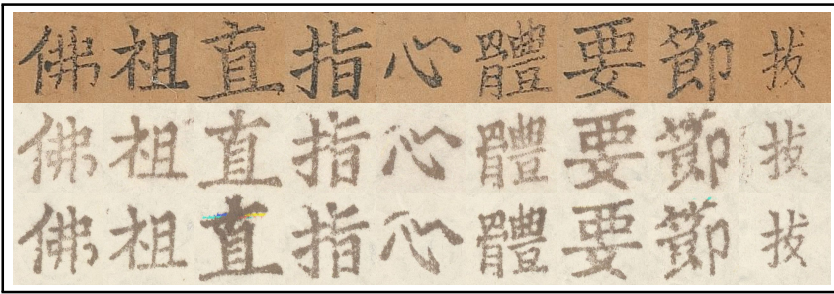
<寫眞 9> 完成된 金屬活字



<寫眞 10> 金屬活字 字印

22) 活字鑄造의 成功率에 있어서 1·2·3차의 결과는 공개발표 이전에 연구자와 실험자가 함께 산정해낸 결과이며, 4·5·6차의 결과는 2006년 4월 21일 서지학회의 춘계학술발표회에서 참석자들이 공개적으로 참여한 가운데 산정된 결과이다.

<表 8> 實驗用 字本과 鑄成된 活字의 字印



본 復元實驗研究를 통해서 鑄成된 金屬活字의 字印을 實驗用 字本과 對比할 때 淸州 興德寺의 金屬活字本 「直指」는 蜜蠟鑄造法으로 鑄成된 金屬活字로 印出되었을 可能性이 排除될 수 없는 것이다.

4.13 印版들의 規格과 組版의 方法

일반적으로 組版法에는 固着式組版法과 組立式組版法이 있는 것으로 알려져 있다. 본 復元實驗研究에서는 興德寺 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 固着式組版法을 사용하였으며, 印版들의 規格도 興德寺 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 規格인 209×150×6mm를 사용하였다. 또한 實驗用 組版의 粘着物로는 蜜蠟을 사용하였다.



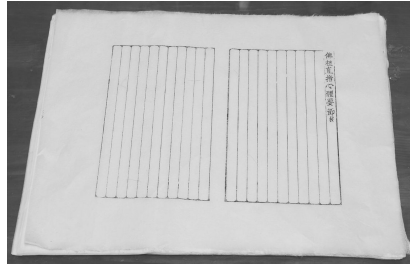
<寫眞 11> 組版하기



<寫眞 12> 組版된 印版들(細部)



<寫眞 13> 印出하기



<寫眞 14> 印出紙

實驗의 결과 興德寺 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 組版法은 固着式組版法이며, 組版의 粘着物로는 蜜蠟이 사용되었던 듯하다.

5. 金屬活字의 製作과 組版 및 印出

2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究의 각종 細部 實驗事項의 要素들을 實驗한 結果를 「金屬活字匠」²³⁾의 金屬活字의 製作과 組版 및 印出의 順序에 따라 寫眞으로 나타내면 다음과 같다.

23) 朴文烈, 「金屬活字匠」(大田 : 文化財廳, 2001). 148-195.



<寫眞-01> 字本選定



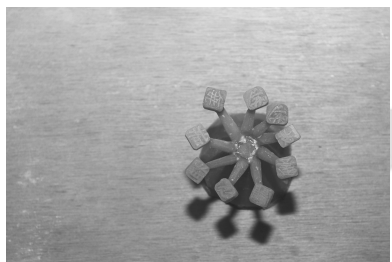
<寫眞-02> 字本붙이기



<寫眞-03> 蜜蠟父字 彫刻



<寫眞-04> 蜜蠟父字



<寫眞-05> 蜜蠟父字가지



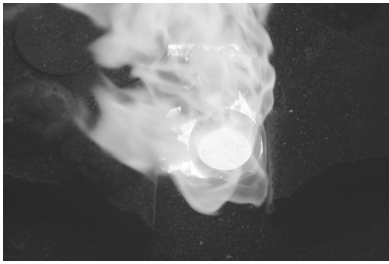
<寫眞-06> 埋沒材料(泥岩과 泥岩粉末)



<寫眞-07> 鑄型製作



<寫眞-08> 鑄型



<寫眞-09> 靑銅 녹이기



<寫眞-10> 鑄型 燒成



<寫眞-11> 靑銅 씻물붓기



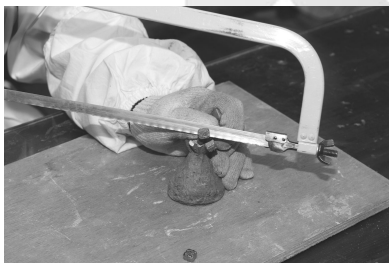
<寫眞-12> 鑄型 內 活字(1)



<寫眞-13> 鑄型 內 活字(2)



<寫眞-14> 活字가지



<寫眞-15> 活字 자르기



<寫眞-16> 자른 活字



<寫眞-17> 完成된 活字



<寫眞-18> 字印



<寫眞-19> 固着式印版틀과 活字



<寫眞-20> 組版하기



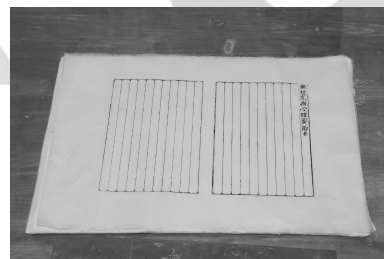
<寫眞-21> 組版된 印版틀(細部)



<寫眞-22> 印出(1)



<寫眞-23> 印出(3)



<寫眞-24> 印出紙

6. 結 論

2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究는 이른바 興德寺字의 特徵과 현재까지 알려진 蜜蠟鑄造法에 関한 各種 斷片的인 研究의 結果를 근거로 하여 科學的인 實驗을 통한 各種 數値의 提示와 合理的이고 實證的인 結論의 導出로 高麗時代 蜜蠟鑄造法の 復元을 圖謀하고 나아가 蜜蠟鑄造法の 定說을 構築하고자 研究된 것이다.

2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究의 結果에서 나타나는 바를 要約하여 結論으로 삼으면 다음과 같다.

(1) 實驗用的 標本과 標本字形의 크기는 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 그대로의 크기를 선정하여 실험하였다. 實驗用 標本字本은 金屬活字本 「直指」 下卷 影印本의 刊記面에 나타나는 卷末題의 佛·祖·直·指·心·體·要·節 8자의 中字와 刊記面 本文의 마지막 부분에 나타나는 拔 1자의 小字 등 도합 9字를 선정하여 실험하였다.

(2) 實驗用 標本字本의 크기는 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 가로와 세로 그대로의 크기를 설정하고 實驗用 標本字本의 기울기도 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 기울기와 같은 비율의 기울기를 原則으로 설정하여 실험하였다. 實驗用 活字의 높이는 4mm에서부터 10mm에 이르기까지 여러 가지 높이를 설정하여 실험하였다. 實驗의 結果 金屬活字製作에 있어서 活字의 높이는 설정된 높이의 어느 경우라도 活字의 鑄造에 별다른 문제점이 나타나지 않았으나, 활자의 磨勘과 組版의 정도를 고려할 때 活字의 높이는 4~6mm 정도가 가장 적정한 것으로 나타났다.

(3) 實驗用的 標本字本으로 선정된 佛·祖·直·指·心·體·要·節 8자의 中字와 拔 1자의 小字 등 도합 9자의 字本으로 먼저 木刻의 木型을 제작하고 各 項目의 實驗研究에서 同一한 字形이 유지될 수 있도록 실리콘으로 模型을 제작하여 蜜蠟父字를 量産하였다. 이는 實驗의 方法이 相異하거나 多樣할지라도 字形이 同一하여야 各種 實驗의 比較가 가능하기 때문에 취해진 臨時

方便의 조치일 뿐이었다.

(4) 蜜蠟父字가지의 굵기와 角度에 따라 어떤 差異가 나타나는가를 實驗하기 위하여 實驗用 蜜蠟父字가지의 굵기를 2~13mm에 이르기까지 그 정도를 달리 설정하여 實驗하였으며, 蜜蠟父字의 連結의 角度도 45°~180°까지 다양한 角度別로 實驗하였다. 實驗의 결과 蜜蠟父字가지의 굵기와 角度는 설정된 數値의 어느 경우이든 活字의 鑄造에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 蜜蠟父字가지의 굵기는 3mm 이상이 活字의 鑄造에 적당하고 蜜蠟父字의 연결의 角度는 100°~120°까지의 角度가 活字의 鑄造에 가장 적절한 것으로 나타났다.

(5) 實驗用 鑄型의 形態는 圓筒形을 사용하였으며 湯口와 湯道의 角度는 15°~90°까지 다양한 각도별로 實驗하였다. 實驗의 결과 湯口와 湯道의 角度는 설정된 수치의 어느 경우이든 活字의 鑄造에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 가장 적절한 角度는 75°~90°의 각도였다.

(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도 가능성이 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.

(8) 實驗用 金屬材料는 高麗 ‘북’字의 成分으로 合金한 金屬을 비롯한 다양한

金屬으로 實驗하였으나, 주로 현재 일반적으로 사용되고 있는 靑銅(9:1)으로 實驗하였다. 實驗의 결과 高麗 ‘복字의 成分으로 合金한 金屬으로는 活字의 鑄造는 쉬우나 活字의 活用に 다소의 문제점이 있을 듯하며, 일반 靑銅(9:1)의 경우에는 活字의 鑄造와 活用に 別다른 問題점이 없는 것으로 나타났다.

(9) 實驗用 靑銅 澆물의 溫度를 800° ~1,300° 에 이르기까지 온도별로 實驗하였다. 實驗의 결과 金屬活字 鑄造에 적합한 靑銅 澆물의 溫度는 1,100° ~1,200° 까지임이 확인되었다.

(10) 實驗用 靑銅 澆물을 注入하는 방법은 自然注入法을 중심으로 실험하였다. 靑銅 澆물을 주입하는 角度는 45° ~180°까지 다양한 角度別로 實驗하였으며, 澆물을 注入하는 位置와 높이도 다양하게 實驗하였다. 實驗의 결과 靑銅 澆물을 注入하는 方法은 自然注入法만으로도 活字鑄造에 別다른 問題점이 나타나지 않았으며, 靑銅 澆물을 注入하는 角度와 位置 및 높이 등도 活字의 鑄造에 특별한 相關關係가 없는 것으로 확인되었다.

(11) 2006 復元實驗研究의 각종 細部 實驗事項들을 중심으로 實驗의 條件과 過程에 따라 實驗한 結果로 나타나는 活字鑄造의 成功率는 100%였다.

(12) 2006 復元實驗研究를 통해서 鑄成된 金屬活字의 字印을 實驗用 字本과 對比할 때, 淸州 興德寺의 金屬活字本 「直指」는 蜜蠟鑄造法으로 鑄成된 金屬活字로 印出되었을 可能性이 排除될 수 없는 것이다.

(13) 實驗用 印版틀의 規格과 組版法은 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 209×150×6mm의 規格과 固着式組版法을 사용하였으며, 實驗用 組版의 粘着物은 蜜蠟을 사용하였다. 實驗의 결과 興德寺 金屬活字本 「直指」 下卷의 影印本에 나타나는 組版法은 固着式組版法이며, 組版用 粘着物로는 蜜蠟이 使用되었던 듯하다.

이상의 復元實驗研究의 結果를 <表>로 要約하면 다음과 같다.

<表 9> 2006 蜜蠟鑄造法 復元實驗研究的 實驗方法和 結果

항 목	세부실험사항	세부실험결과	비 고
標本의 크기	·標本: 「直指」下卷 影印本 ·行字: 11행 18~20자 ·匡郭: 세로 209(±2~3)mm	·標本: 「直指」下卷 影印本 ·行字: 11행 18~20자 ·匡郭: 세로 209(±2~3)mm	
活字의 字本	·「直指」下卷 影印本 ·中字: 佛祖直指心體要節 ·小字: 拔	·「直指」下卷 影印本 ·中字: 佛祖直指心體要節 ·小字: 拔	
活字의 크기	·가로×세로: 12×14 mm ·높이: 4~10mm 實驗	·가로×세로: 12×14 mm ·높이: 4~6mm 적정	
活字 기울기	·「直指」下卷 影印本	·「直指」下卷 影印本	
蜜蠟字 造成	·「直指」下卷 影印本 ·中字: 佛祖直指心體要節 ·小字: 拔	·中字: 佛祖直指心體要節 ·小字: 拔 ·木刻字로 실리콘 模型製作	
蜜蠟字 製作	·실리콘 模型으로 單子 量産 ·가지의 굵기: 2~13mm 實驗 ·연결각도: 45~180° 實驗	·실리콘 模型으로 單子 量産 ·가지의 굵기: 3mm 以上 적정 ·연결각도: 100~120° 적정	
鑄型의 形態	·圓筒形 ·湯口角度: 15~90° 實驗 ·湯道角度: 15~90° 實驗	·圓筒形 ·湯口角度: 75~90° 적정 ·湯道角度: 75~90° 적정	
埋沒材 選擇	·黃土·石灰·陶土·찰흙 등 實驗 ·泥岩 實驗	·泥岩(60%), 黃土(30%), 모래 10%) 등을 물과 混合하는 새로운 埋沒材料 개발	
鑄型의 燒成	·乾燥: 1~15日 自然乾燥 實驗 ·燒成: 600~1,200℃ 實驗	·乾燥: 5日 以上 自然乾燥 적정 ·燒成: 800~1,000℃ 적정	
金屬의 材料	·「복」字 成分의 合金 實驗 ·一般靑銅(9:1) 實驗	·「복」字 成分 合金: 부적정 ·一般靑銅(9:1): 적정	
첫물의 溫度	·800~1,300℃ 실험	·1,100~1,200℃ 적정	
첫물 注入法	·注入法: 自然注入法 ·注入角度: 45~180° 實驗 ·注入位置·높이 實驗	·自然注入法만으로도 可能 ·注入角度·位置·높이는 특별한 相關關係가 없음	
活字 成功率	·以上의 條件을 遵守할 경우	·100%의 成功率을 보임	
活字의 字印	·鑄成된 活字의 字印와 實驗用 字本을 對比한 結果	·興德寺字는 蜜蠟鑄造法으로 도 鑄造가 可能함	
印版틀 規格	·209×150×6 mm	·209×150×6 mm 使用	
組版의 方法	·固着式組版 ·蜜蠟固着	·固着式組版 ·蜜蠟固着	

이상의 科學的인 實驗研究를 통한 각종 數値의 提示를 통하여 合理的이고 實證的으로 蜜蠟鑄造法の 復元을 圖謀하고 高麗時代 蜜蠟鑄造法の 定說을 構築하고자 하였으나, 본 復元實驗研究 만으로 蜜蠟鑄造法 의 完全 한 復元 과 定說 의 構築이 이루어진 것은 결코 아닐 것이다.

蜜蠟鑄造法の 完全 한 復元 과 定說 의 構築은 앞으로 합리적이고 지속적인 연구를 통하여 그 누구도 부정할 수 없는 연구결과가 도출되어야만 할 것이다. 이는 국가와 지방자치단체를 중심으로 지속적인 연구지원이 실시되고, 이 분야의 많은 학자들의 연구역량이 집중될 때에 가능한 일일 것이다.

<參考文獻>

- 고승관 외. 「주철장」. 서울 : 도서출판 피아, 2006.
- 南權熙 · 金聖洙 · 曹炯鎭. 「南明泉和尚頌證道歌」復元을 위한 基礎調査 研究. 未刊行復寫本. 淸州 : 淸州市, 2003.
- 朴文烈. 「金屬活字匠」. 大田 : 文化財廳, 2001.
- 朴文烈 · 吳國鎭. 「白雲和尚抄錄佛祖直指心體要節」上卷 復元研究 結果報告書. 淸州 : 淸州市, 2001.
- 宋應星. 校正天工開物. 中國科學名著 第2集 第1冊. 臺北 : 世界書局, 民國 68(1979).
- 吳國鎭. 「直指活字 復元報告書」. 淸州 : 淸州古印刷博物館, 1996.
- 정동찬 · 윤용현 · 윤대식. “겨레과학기술 조사연구 XII - 청동 종 주물기술-.” 『국립중앙과학관 학술총서』 43. 대전 : 국립중앙과학관 과학기술사연구실, 2004.
- 曹炯鎭. “「南明泉和尚頌證道歌」活字本 復元事業 基礎調査 報告書”. 「南明泉和尚頌證道歌」復元을 위한 基礎調査 研究. 未刊行本. 淸州 : 淸州市, 2003. 88-134.
- 千惠鳳. 「羅麗印刷術의 研究」. 서울 : 景仁文化社, 1980.

к с і