

世宗 自擊漏의 報時 시스템에 관한 研究

南 文 鉉

建國大 電氣工學科

A Reconstruction of the Double-hour Annunciating Systems for the King Sejong's Striking Clepsydra

NAM Moonhyon

Department of Electrical Engineering

Kon-Kuk University

ABSTRACT

King Sejong's Striking Clepsydra was an elaborate timekeeping and annunciating systems incorporating jackwork mechanisms capable of announcing hours, intervals and night-watches based on Shoushih calendrical system automatically. In this paper the author has studied the original manuscripts on the Striking Clepsydra [*Sejong sillok*, 65: 1a-3b ff; 16th year, 7th month(1434)] from a technical point of view undertaking a close analysis of this monumental clock and aiming at our modern understanding of the full degree of delicate mechanisms and sophisticated controls built into the twelve double-hours annunciating jackwork. Based on the visible and audible signal model for marking the passage of hours, timekeeping, ball-rack, ball-relay, and audible and visible time-indicators mechanisms were synthesized reconstructing twelve double-hours time-annunciating systems. It revealed that the double-hour annunciating processes were entirely operated by an open-and closed-loop fashion. Through this study the ball-operated timing signal and power-transmission mechanisms of the Striking Clepsydra has been analyzed. The time-annunciating jackwork allows us now to suggest more strongly that its ancestry may be traced through Yuan's Lantern Clepsydra in the Grand Illumination Hall, and 'Palace Clock' back to the milieu of al-Jazari's(1206) Arabic water-clocks. Surviving parts of the 1536 Striking Clepsydra as well as historical and philological data concerning the improvements of the proposed model were discussed.

I. 序 論

自擊漏는 물을 받는 항아리(受水壺 또는 測定壺)에 흘러드는 물의 높이를 제어 時間을 測定하는

* 1989년 10월 10일 접수; 1989년 11월 18일 게재 결정.

浮箭漏인 물時計(water-clock)와測定된 時間의 起點을 視聽覺의으로 報時할 수 있는 機能을 갖춘 自動 時報 裝置(time-annunciating system)로 構成된 디지털式 機械時計였다.^{1), 3-5)} 이것의 構造와 動作原理, 製作背景과 時報方法 등은 「世宗莊憲大王實錄」卷六五 17-32의 記事인 金墩의 〈報漏閣記〉와 金鎰의 〈報漏閣 銘并序〉에 자세히 記錄돼 있다. 最近 筆者 等の 研究에 따라 自擊漏의 構造와 原理가 大部分 糾明되었으며, 이의 復元을 위한 試圖과 計劃이 進行되고 있다.¹⁶⁾ “나무 人形을 만들어 時間에 따라 스스로 알리게 하고 사람의 힘을 빌리지 않도록 하였다.”〔記:…制司辰木人 隨時自報不假人力…〕는 記事의 內容으로 미뤄볼 때 自擊漏는 時報用 로봇가 人力을 代身하도록 한 自動報時 시스템이었던 것으로 생각된다. 이 計時機의 基本 時間維持器인 물時計는 典型的인 液面制御 시스템으로서 時間測定の 精密性을 높이기 위하여 大規模의 測定用 항아리(受水壺, measuring vessel)를 썼으며 背水孔을 두지 않았다. 受水壺 안의 水位가 一定한 높이에 到達할 때마다 이 항아리 안에 띄운 浮箭(浮箭)가 結果를 記錄(event marking)할 수 있도록 “채워지면 기울어 뜨리는(fill-and-tip)” 機構인 一種의 아날로그-디지털 變換器(analog-digital converter)가 물의 흐름 끝, 時間의 經過를 計量單位(countable unit)로 바꿔 주어 물時計와 報時裝置를 接續하여 주었다. 이 接續機構에서 發生된 信號는 다시 變換되어 豫定된 動作을 發生하도록 計劃된 各種 處理裝置들을 制御하여 報時人形機構를 作動시켜 每時마다 鍾을 치 주고 同時に 報時人形을 展示하여 時間의 持續을 維持하였다. 또한 每 更에는 북(鼓), 每 點마다 징(鉦)을 更數와 點數에 따라 울리도록 하였다. 이러한 機能을 갖춘 裝置는 當時로서는 類例를 찾기 어려운 매우 앞선 것이었다. 自動報時裝置가 붙은 時計의 製作과 正確한 時間을 알리는 것이 國家發展에 直結된다는 世宗大王의 念願과 先覺은 金墩, 金鎰, 蔣英實을 비롯한 學者와 技術者들에 의해 實現되어 科學技術史는 勿論, 精密技術史에서도 빼놓을 수 없는 不朽의 業績을 이룩하게 되었다. 이 時計는 1434年(世宗 16年) 7月 1日부터 標準時計로 쓰였으며 哀惜하게도 壬辰亂中에 消失되었으나 이것의 原理는 1536年(中宗 31年) 6월에 完成되어 昌慶宮에서 쓰여온 新自擊漏에 이어졌으며 後代에 만들어진 各種 計時機에도 繼承되었다. 現在 國寶 229號로 指定되어 德壽宮에 展示中인 新自擊漏의 遺物과 記錄들을 參考하여 自擊漏의 構造와 機能의 一部分나 推定할 수 있다. Rufus(1936)가 自擊漏를 ‘puppet clock’(人形時計)으로 西方世界에 紹介한 以來 科學史, 天文學, 自動制御 等の 分野에서 國內外 學者들에 의해 體系의으로 研究되고 있어 이것의 原理와 構造는 멀지 않아 밝혀질 것으로 보인다.^{2), 17-18), 21-22), 27)}

本論文은 韓國의 傳統的인 自動化 및 精密技術에 대한 研究의 하나로서 自擊漏의 十二時 報時 시스템의 構造와 動作原理를 研究한 것이다. 本文에서는 먼저 韓國물시계의 歷史인 探索을 거쳐 시스템 工學的 觀點에서 自擊漏에 대한 시스템의 分析을 試圖하고 部品들을 設計하였다. 部品와 機構들을 組合하여 報時裝置를 構成하고 아울러 一部 部品에 대한 遺物을 바탕으로 技術的인 特徵을 考察하였으며 앞으로의 研究課題와 問題點도 論하였다.

Ⅱ. 韓國 물시계의 年代記

물時計는 海時計와 더불어 三國時代 以來 公的으로 쓰여 왔으며 漏刻, 更漏 또는 漏壺 등으로 불리었다. 三國史記에 따르면 新羅 聖德王 17年(718)에 처음으로 물시계가 만들어졌다.²³⁾ 高麗를 거치면서 물時計는 여전히 만들어졌으리라 생각된다.¹⁹⁾ 朝鮮朝에 들어와서는 國家의 기틀을 공고히 하고 自主國家로서 面貌를一新하기 위해 度量衡律制를 整備하고 授時의 重要性에 立脚하여 世宗代에 와서는 各種 天文儀器 製作을 國家의 事業으로 推進하였다.¹⁸⁾ 朝鮮朝에서 물時計가 發展돼 온 過程

을 歷代의 實錄과 그 밖의 文獻을 根據로 要約하면 다음과 같다.^{1), 4)} 괄호 안의 卷第〇〇는 當代의 實錄資料를 나타낸다.

1. 1398 年(太祖 7 年) : 朝鮮 最初의 標準時計인 更漏를 製作하여 鍾路에 設置. 初更에 人定(인경) 28 回, 五更에 罷漏(바라) 33 回 打鍾(卷第 14).
2. 1422 年(世宗 4 年), 1431 年(世宗 13 年) : 蔣英實 等 明 科전(燃黎室記述別集 卷 15).
3. 1424 年 5 月(世宗 6 年) : 靑銅製 更點器 鑄造(卷第 24, p. 10,).
4. 1432 年(世宗 14 年) : 天文儀器 製作事業着手(文獻備考 卷 2, pp. 22~23).
5. 1434 年(世宗 16 年) : 自擊漏 完成(卷第 64, p. 44).
6. 1434 年(世宗 16 年) : 7 月 1 日 慶會樓 남쪽 報漏閣 안에 自擊漏를 設置하고 稼動(卷第 65, pp. 1~3; 文獻備考 卷 2, pp. 27~31; 東國輿地勝覽 卷 1, pp. 22~27).
7. 1437 年(世宗 19 年) : 行漏(휴대용 물시계), 簡儀 製作과 漢陽의 北極出地測定(卷第 77, p. 9~10, p. 10~11, p. 38; 文獻備考 卷 2, pp. 22~23).
8. 1438 年 1 月 7 日(世宗 20 年) : 景福宮 千秋殿의 서쪽 欽敬閣 內에 玉漏設置(卷第 80, pp. 5~6).
9. 1445 年 3 月(世宗 27 年) : 天文儀器 製作에 參考한 文獻 調査 報告書인 「諸家曆象集」(4 卷 3 冊, 李純之 著) 發行.
10. 1445 年 2 月(端宗 3 年) : 自擊漏의 自動時報裝置 使用中止(卷第 13).
11. 1469 年 10 月(叡宗 元年) : 自擊漏 補修 再稼動(卷第 8).
12. 1505 年 11 月(燕山君 11 年) : 自擊漏 昌慶宮 移轉 稼動(日記卷第 60).
13. 1534 年 9 月(中宗 29 年) : 報漏閣 自擊漏의 改造와 新自擊漏 製作 論議(卷第 78, p. 4).
14. 1536 年 6 月(中宗 31 年) : 昌慶宮 新自擊漏 完成, 同年 8 月 20 日 新自擊漏 稼動, 舊自擊漏의 機能에 點數와 인경과 바라도 自擊(卷第 82, pp. 12, 31, 32).
15. 1592 年 : 自擊漏를 景福宮의 報漏閣에 移轉하여 使用中 壬辰倭亂中에 消失.
16. 1653 年(孝宗 4 年) : 新自擊漏는 時憲曆(新法)에 따른 1 日 96 刻法 時制에 따라 1654 年 이후 自動時報裝置를 除去하고 漏刻으로 19 世紀末까지 使用해 오다가, 1910 年代 昌慶苑 展示후 1938 年까지 昌慶苑 博物館에 保存하다가 1938 年 以後 德壽宮 光明門 안에 保管 展示中(國朝曆象考, 中, 卷 4, 漏刻條; 文獻備考 卷 3, pp. 11).
17. 1657 年 5 月(孝宗 8 年) : 水激式渾天儀(瑤璣玉衡)製作 (卷第 18, p. 46; 文獻備考 卷 3, pp. 1, -2).
18. 1669 年 10 月(顯宗 10 年) : 世宗代의 傳統을 이은 水激式 渾天時計와 自鳴鍾의 原理를 應用한 機械式 渾天時計 製作(卷第 17, pp. 35~36)(機械式 渾天時計는 國寶 230 號로 指定돼 現在 高麗大學校 博物館에 保存).

Ⅲ. 報時 시스템의 原理와 機能

自擊漏는 漏器(clepsydra vessels) 및 浮箭(float-rod), 方木(ball-rack mechanism) 및 接續通路(ball-travel channel), 銅筒 및 鐵丸放出機構(ball-relay mechanisms), 十二時 報時裝置(visible and audible time-indicator for twelve double-hours), 更點報時裝置(visible and audible time-indicator for night-watches and night-watch divisions)으로 構成되어 있다.^{17), 27)}

本章에서는 自擊漏의 十二時用 물時計와 이것의 報時裝置를 合한 十二時 報時 시스템(twelve double-hours time-annunciating system)을 機能面에서 解析하여 視聽覺信號 모델을 構成하였다.

本文에서 〔記: 〕는 金堉의 <報漏閣記>의 原文을 該當되는 部分마다 引用한 것이며, 〔註: 〕는 間註를 뜻한다. 復元圖에 表示한 漢字는 世宗莊憲大王實錄卷 65에서 뽑은 것들로서 該當되는 機械의 部品, 機構나 動作을 나타낸다.

Ⅲ-1. 時刻法

世宗代에는 元나라의 郭守敬(1231-1316)이 만든 授時曆에 따라 1日 十二時 100刻法을 썼으며 하루(1日)를 작은 單位로 細分하는 아래의 3가지 方法을 썼다.

- 1) 온 하루(a full day, 子正(midnight)부터 다음 子正까지)를 12 偈의 時間間隔인 十二時[twelve 'double-hours', 時는 오늘날의 2時間에 該當] 곧, 子, 丑, 寅, 卯, 辰, 巳, 午, 未, 申, 酉, 戌, 亥로 나누고, 每 時는 初(beginning)와 正(mid-point)의 2部分으로 나뉘 오늘날의 24時間과 같이 썼다.
- 2) 온 하루를 100刻(interval)으로 나뉘었으며, 1刻은 오늘날의 14分 24秒이다. 每 時는 8 1/3刻이며 初와 正은 各各 4 1/6刻이다. 刻은 分으로 細分하였으며, 分은 普通 6이나 그것의 倍數로 하였고 世宗代에는 十二等分하였다.

〔記: …面分十二時八刻并初正餘分爲百刻作十二分…〕

위의 두가지는 連續的으로 反復되는 等時法(constant 'clock-time')이다.

- 3) 하룻밤(a night, 해진 後 2.5刻인 昏의 時刻부터 다음날 해뜨기 前 2.5刻인 晨의 時刻까지)을 5等分하여 5 偈의 更(night-watch)으로 나누고 每 更을 다시 5等分하여 5點(night-watch 'division', '點'을 中國에서는 '籌'라고도 하였다.)으로 細分하여 하룻밤(1夜)을 5更 25點으로 하였다. 하룻밤의 길이는 年中 週期的으로 變化하므로 5更 25點의 報時와 昏과 晨의 瞬間은 計時機器 製作者들에게는 만만치 않은 問題들이었다. 授時曆에 따르면 夏至때 낮의 길이는 62刻, 밤의 길이는 38刻이 되고 冬至때는 이와 反對가 된다. 冬至때의 하룻밤은 夏至때의 1.6倍 길며 1更은 11.4刻이나 된다.

서울(漢陽)에서 春秋分日의 時刻 모델은 그림 1과 같다. 그림 1의 가장 바깥줄은 100刻, 그 안의 것은 十二時, 가장 작은 원의 부채꼴은 밤시간(更點)을 나타낸다. 밤시간을 알리는 順序는 1更 1點(初點), 2, 3, 4, 5點, 2更 1點, …, 5更 1點의 順으로 세어 가면 된다.

Ⅲ-2. 報時 시스템의 動作原理

十二時 報時 시스템의 動作原理와 順序를 原文에서 引用하면 다음과 같다.

〔記: …漏水下注於受水壺則浮箭漸升應時撥左銅板竅機而小丸墜下轉入銅筒從竅機撥其機開而大丸墜轉入座下懸短筒墜動機匙則機一端自通內上觸司時神之肘即鳴鍾…其主時大丸墜注懸短筒轉入于附圓柱筒墜踏橫木北端木長六尺六寸廣一寸五分厚一寸七分當橫木中腰主短柱狹橫木撥以圓軸令可低昂於橫木南端立圓木如指長二尺二寸當報時神之足下足端有小輪軸大丸抽壓北端則南端仰而擎神之足升座中層之上橫木北端之北立小板令可開闔板有鐵繩上連主時懸筒之機匙匙動則板開令出前丸橫木南端低而報時神還於輪面次時神即代升…〕

위의 記述을 바탕으로 十二時 報時 시스템의 動作을 順序대로 整理하면 다음과 같다. 各 段階에서의 過程을 現代的인 意味로 解釋하여 나타내었으며 番號는 그림 2의 화살표 番號와 같다:

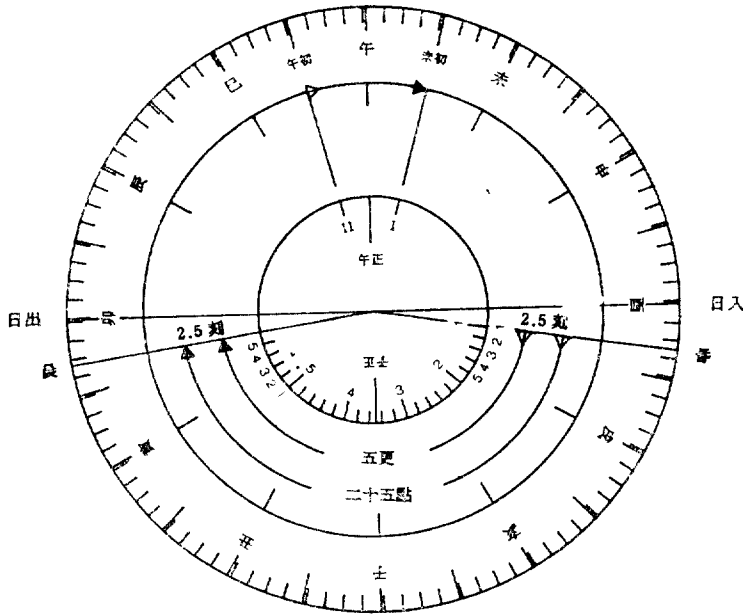


그림 1. 春秋分日의 漢陽의 時刻모형

Fig. 1. Scheme of time-divisions of the day in Seoul on spring and autumn equinoxes : 100 intervals(outer circle), and twelve double-hours(mid-circle) and unequal night-watches each divided into fifths(inner circle)

1. 調節된 流速으로 受水壺에 물이 流入되면 ; 2. 浮箭이 떠오르면서 작은 구리공(銅小丸)을 놓은 12개의 선반(隔) 가운데 하나를 위로 밀어 주면 ; 3. 구리공은 銅板에 뚫린 구멍으로 굴러 나와 ; 4. 受水壺 위에 설치한 깔대기(陷)로 떨어져 ; 5. 接續通路를 거쳐 報時裝置에 設置된 銅筒으로 굴러 들어 간다 ; 6. 구리공은 비스듬히 가로 놓인 銅筒 밑에 뚫린 12개의 구멍 가운데 첫번째(左에서 右로)에 떨어져 밑에 設置된 機構(機匙)의 한쪽을 누르면 떨어진 구멍이 닫히고(다음 구리 공의 通路가 形成되며) ; 7. 1番 구리공이 每時를 報時하는 機構를 作動시킬 1番 큰 쇠공(大鐵丸)을 放出하면 ; 8. 1番 쇠공은 案内通路를 지나 落下하면서 通路에 設置된 機匙(註: 손갈 모양의 機構로 방아쇠와 같다)를 作動시키면(撥) ; 8-1. 機匙와 連結된 쇠줄(鐵繩)이 위로 당겨지면서 쇠줄 아래 끝에 連結한 작은 문짝이 열리면서 이미 橫木의 北端을 누르고 있던 쇠공(註: 便宜上 0番)이 밖으로 굴러 나옴과 同時に 橫木의 南端이 낮아지면서 ; 8-2. 지금까지 時牌를 들고 있던 報時神은 밑으로 떨어져 원래의 位置로 되돌아 온다. ; 9. 司時神과 連結된 機構의 한 끝(機一端)이 위로 올라가 ; 10. 司時神의 팔뚝(肘)을 건드리(觸) 鍾을 1회 치도록 한 다음 ; 11. 그 공(1番)은 圓柱에 附着한 筒(通路)의 떨어지면서 ; 12. 段階 8-1로 因하여 한 끝(北端)이 위로 올려진 橫木(一種의 seesaw)에 떨어지면서 ; 13. 報時神이 配列된 垂直軸의 바퀴(平輪)가 돌면서 ; 14. 橫木의 南端에 세운 동근막대가 報時神의 발바닥에 붙은 작은 쇠바퀴(足端鐵輪)를 回轉시켜 報時神을 위(中層)로 올려 보내기 위해 銅板을 위로 밀어 준다. ; 15. 새로운 報時神이 올라가서 該當되는 時를 展示한다.

이 과정이 끝나면 1회의 鍾이 울리고 새로운 時牌가 展示되며, 이런 과정은 1日 동안에 12回 反復된다.

위의 記述을 바탕으로 十二時 報時 信號傳達와 報時過程을 블록 線圖로 나타내면 그림 2와 같다.

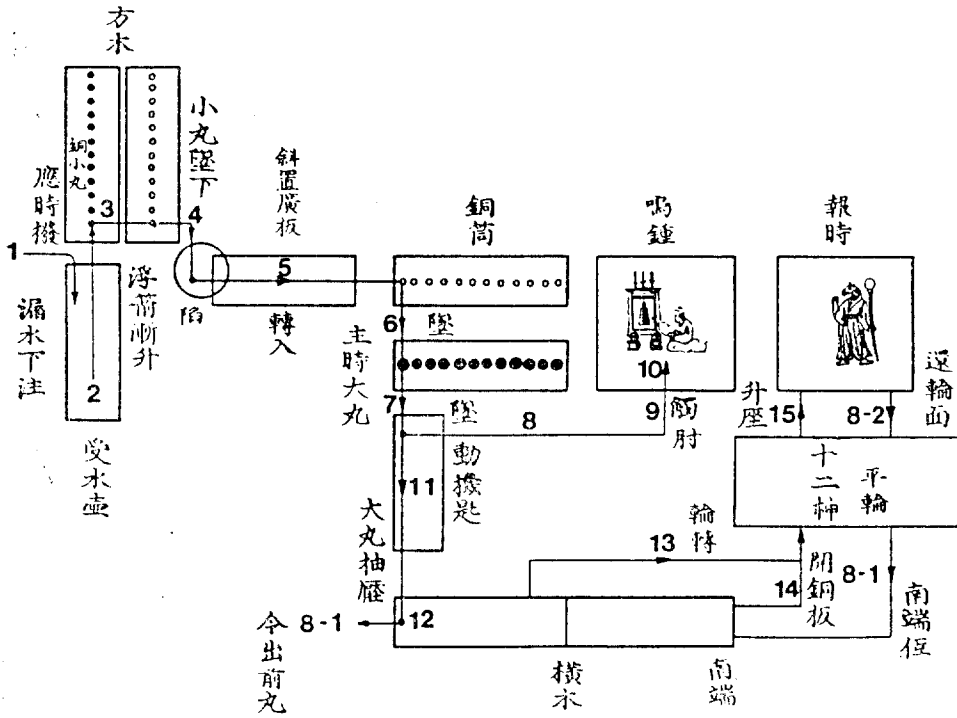


그림 2. 自擊漏의 報時 시스템의 信號(動力)傳達과 動作順序

Fig. 2. Striking Clepsydra : double-hour annunciating systems. Showing signal (power)-transmission path and sequence of operations

Ⅲ-3. 視聽覺 信號 모델

그림 3은 지금까지 살펴 본 時刻法과 十二時 報時 시스템에서의 信號發生 및 處理裝置 部分에서 얻은 入力과 出力을 電氣的인 信號의 形態로 나타낸 것이다. 그림 3의(0)은 Ⅱ-2節의 段階 1-3의 過程이며 떠오르는 잣대(ramp 信號)가 方木 안의 구리공을 떨어 뜨렸을 때 발생하는 離散信號(階段形態)를 나타낸 것이다. 일정한 間隔으로 12個의 작은 공(펄스 信號)이 接續通路를 거쳐 銅筒으로 들어가 落下하는 過程은 그림 3의(1)과 같으며, 이 공이 報時機構를 驅動하기 위해 대기중인 쇠공을 順序대로 放出시키는 것은 그림 3의(2), 落下하는 쇠공의 動力을 이용하여 鐘을 쳐서 每時를 報時하는 것은 그림 3의(3), 報時神을 交代로 올려 보내 每時를 展示하는 것은 그림 3의(4)와 같이 나타낼 수 있다.

本 研究에서 復元한 各 部分의 구조는 그림 3의 入出力 信號 모델을 바탕으로 이루어졌다.

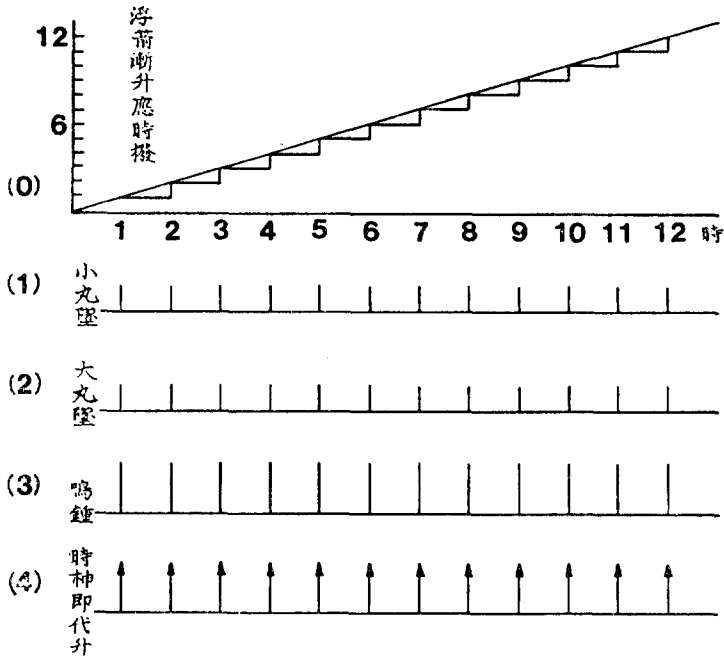


그림 3. 視聽覺 信號 모델

- (0): 浮箭과 方木에서의 信號發生(ramp는 浮箭의 上昇, 階段은 구리공의 落下를 표시)
 (1): 銅筒의 銅小丸 落下順序
 (2): 每時 報時用 鐵丸의 放出順序
 (3): 每時的 報時(鐘소리)
 (4): 每時的 展示(報時人形)

Fig. 3. Visible and audible signal for marking the passage of the double-hour. Showing timing signal generation and processing, and actuating signal patterns. Pulse represents sequence of bronze ball falling and impulse the striking of the bell and the arrows the up and down of the jack.

Ⅳ. 報時 시스템의 設計

Ⅳ-1. 漏器와 浮箭

自擊漏의 基本 時間維持機器인 漏時計 部分은 大小 4 個의 給水用 항아리(播水壺)와 두個의 測定用 항아리(受水壺)와 그 안에 띄운 잣대(浮箭)로 構成된 典型的인 浮漏(inflow clepsydra)이다. 一定하게 물이 흘러 들면 測定항아리의 水位가 直線의으로 增加하는 現象을 利用하여 均一하게 눈금을 매긴 잣대를 浮標(float)에 꽂아 시간을 알아 냈다. 물의 흐름을 調節하는 方式에 대해서는 記事에 言及이 없어 overflow 方式[Needham 등, 1986]이나 float-valve 方式[南, 1985]이 쓰였을 것으로 推定할 뿐이다.

自擊漏의 機能은 十二時(온 하루)를 連續的으로 測定하고 아울러 經해진 時間 동안 밤시간을 測定 報時하도록 構造를 二元化(給水用 2 個, 測定用 1 個의 항아리가 1 組)한 것으로 밝혀졌다.⁵⁾ 그러나 十二時안은 連續的으로 測定해야 했으므로 漏時計의 漏器는 五更用의 것과 交代로 사용했다.

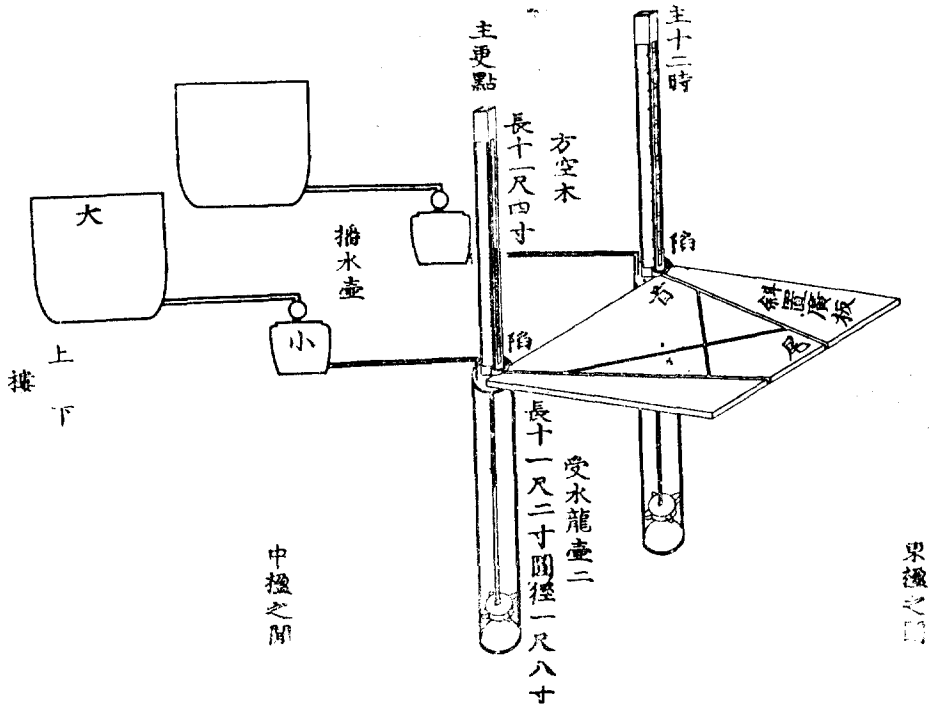


그림 4. 漏器와 浮箭, 方空木 및 斜置廣板[註: 1尺은 1周尺을 뜻하며 21.27cm 정도]

Fig. 4. A pictorial reconstruction of clepsydra vessels, float-rods and ball-rack mechanisms and wide sloping board[Note: one Chou-foot-rule corresponds to about 21.27cm].

[記: …播水龍壺四大小有差受水龍壺二遞水時更用之…]

따라서 十二時用 잣대는 交代用을 포함하여 2個였을 것이다.

그림 4는 물時計와 이와 관련된 裝置들을 나타낸 것이다. 報漏閣의 가운데 칸(中楹之間)에는 마루(樓)를 놓아 위에는 播水壺를 아래에는 受水壺를 配列하고 受水壺 위에는 方(空)木을 설치하였다. 가운데 칸의 물時計와 동쪽 칸(東楹之間)의 報時裝置는 비스듬히 놓은 넓은 板(斜置廣板)으로 接續하였다. 接續通路는 II 또는 X字形인데 이것은 測定用 항아리를 交代할 때를 對備한 것이다. 곧, 報時裝置의 十二時와 五更用 銅筒들이 固定됐으므로 위의 두가지 通路가 필요하다.

IV-2. 方 木

每時를 順序에 따라 報時하려면 12個의 間隔(time interval or duration)이 必要하다. 自擊漏에서는 受水壺 위에 네모진 나무(方(空)木)를 세우고 그 안에 機構를 設置하여 여닫을 수 있는 12個의 栓板(隔)을 裝置하고 12個의 구리공을 놓을 수 있게 하였다. 떠오르는 잣대가 栓板의 한 쪽을 위로 밀었을 때 구리공이 굴러서 通過할 수 있는 12개의 구멍(竅)을 銅板에 뚫었다. 잣대(箭)의 눈금에 맞춰 栓板과 구멍이 뚫린 銅板竅機를 만들었다.

[記: …受水壺壺上植方木中空面虛長十一尺四寸廣六寸厚八分深四寸空中有隔去面入一寸…左設銅板長准箭廣二

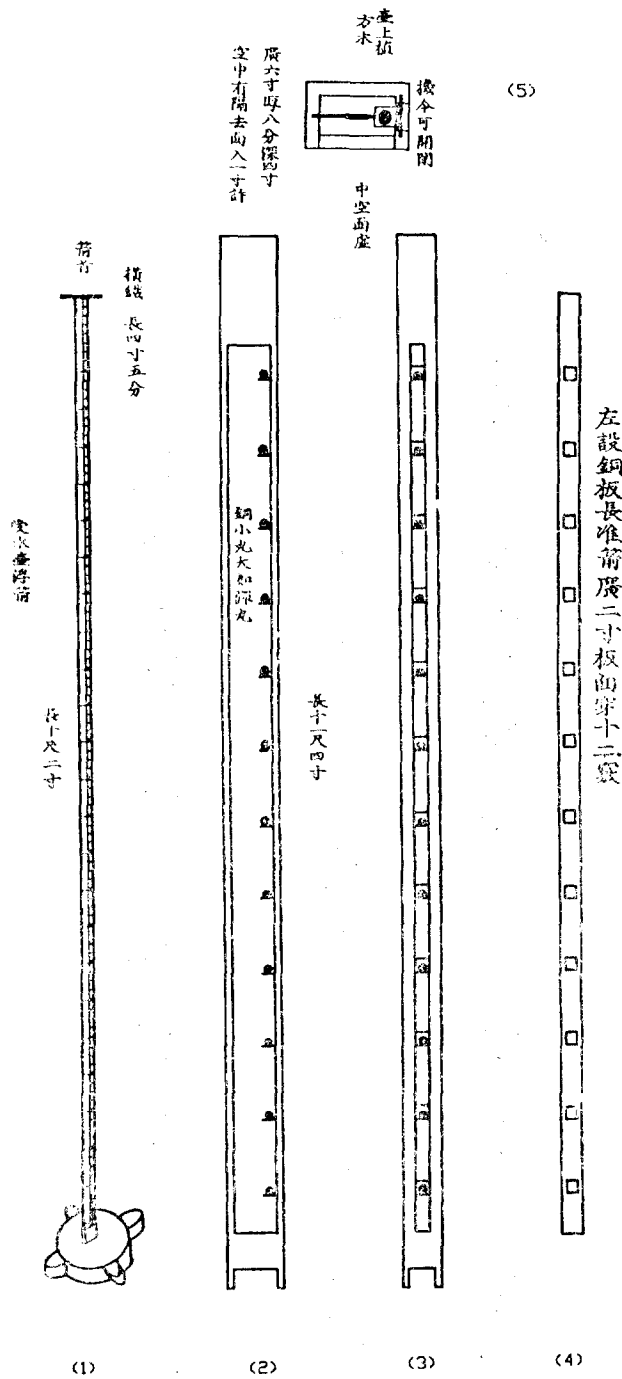


그림 5. 浮箭과 方木의 構造

(1) : 浮箭, (2) : 12個의 구리공 받침 선반(正面圖), (3) : 機構의 右側面圖, (4) : 銅板竅機, (5) : 方木의 平面圖(擴大圖面)

Fig. 5. A reconstruction drawing of float-rod and ball-rack mechanisms : (1) Float-rod, (2) Latches (frontal view), (3) Latches(side view), (4) Bronze ball-rack, (5) Top-view(extended scale)

寸板面穿十二竅以受銅小丸大如彈丸凡竅皆有機令可開閉主十二時…」

그림 5의(1)과 같이 잣대 머리 위에 끼운 가로쇠(橫鐵)의 한 끝은 구리공을 올려 놓은 선반을 짓히고, 다른 한 끝은 나무틀 안에 파여진 홈을 따라 오르도록 하여 잣대가 安定性을 維持하도록 하였다. 잣대의 눈금은 그림 5의(1)과 같이 매겼으며 材料는 가볍고 [단단하며 耐腐性이 좋은 杉木을 써보았다. [註: 現存하는 新自擊漏의 잣대도 杉木임이 밝혀졌다. 寫眞 2 參照] 浮標도 現存하는 것과 記錄에 전해 오는 것을 參考하여 볼 때 거북(龜)의 형태로 만들어 보았다(寫眞 2 參照).

[記: …受水壺浮箭箭首擊橫鐵如筋長四寸五分…]

IV-3. 銅筒 및 鐵丸放出機構

斜置廣板을 지난 銅小丸은 報時裝置 內에 설치된 銅筒으로 굴러 들어간다. 이 銅筒은 길이가 4尺 5寸이며 쇠공(大鐵丸)을 담아두는 1個의 칸막이 위에 비스듬히 가로로 設置한다.

[記: …轉入銅筒從竅墜撥其機開而大丸墜轉入座下…]

쇠공을 담아 두는 칸막이는 1個로서 12個의 쇠공을 配列하고 약간 기울게 하여 쇠공을 막고 있는 고리가 들리면 쇠공이 구르도록 하였다. 이것들의 構造는 지렛대의 原理를 利用할 수 있도록 술갈(機匙)形態를 갖추었다[南, 1988]. 銅筒 밑에는 12個의 구멍을 뚫고 구멍을 여닫을 수 있는 뚜껑을 設置하고 구멍 바로 밑에는 술갈 모양의 機構(機匙)를 設置한다. 처음에는 모든 구멍을 열어 놓았다가 銅筒의 구멍으로 구리공이 떨어지면 機匙의 등근 쪽을 구리공이 누르게 되고 쇠공을 막고 있는 機構의 구부러진 끝이 들리면서 쇠공은 구르게 되고 동시에 銅筒의 구멍이 닫혀 다음 구리공의 通路를 形成한다. 다음의 구멍도 같은 原理로 차례로 닫혀 다음의 구리공들이 지나도록 한다. (概略的인 動作原理와 構造는 本文 그림 6 參照)

[記: …東楹座下設隔 四如甬道狀隔上安大鐵丸大如鷄卵左十二主時…其安丸處皆有丸開閉且設橫機其機狀類匙一端曲可以拘環一端圓可以受丸中腰皆有圓軸令低昂其圓端當銅筒之竅銅筒有二斜設於隔上左長四尺五寸圓徑一寸五分主時下面穿十二竅…竅皆有機初令竅盡皆銅板之小丸墜注動機則機自掩竅以爲次丸轉過之路次次皆然…]

IV-4. 十二時 打鍾裝置

十二時 打鍾機構에 대한 記述은 Ⅲ-2節의 첫 文段에 記述돼 있으므로 여기서는 省略하기로 하겠다. 打鍾裝置는 擊撥機構와 人形의 팔뚝(肘)을 건드려 打鍾하는 機構들로 構成된다. 그림 6에서 쇠공(鐵丸)은 왼쪽 칸(左隔)에서 發進하여 왼쪽에 걸린 짧은 筒(左懸短筒)을 지나면서 술갈 모양의 打鍾擊撥機構(匙之圓端)을 걸쳐 여기에 連結된 機構의 한쪽 끝(機一端)이 筒으로부터 올라가 人形(司時神)의 팔뚝(肘)을 動作시켜 鍾을 한 번씩만 올려 주어 聽覺的으로 每時를 報時하도록 돼 있다. 여기서 짧은 筒은 쇠공의 案內通路 役割을 할 뿐이다. 同時에 擊撥機構와 連結된 쇠줄(鐵繩)은 원기둥(그림 6에는 나타나지 않음)에 부착된 筒(附圓柱筒)의 밑 部分에 設置한 작은 문짝(小板)(그림 7 參照)을 위로 당겨 주어(Ⅲ-2節의 段階 8-1) 앞서 橫木의 北端(그림 7 參照)을 누르고 있는 쇠공이 밖으로 빠져 나가게 한다. 이에 따라 橫木의 南端이 낮아지고 바로 앞의 時를 展示하고 있

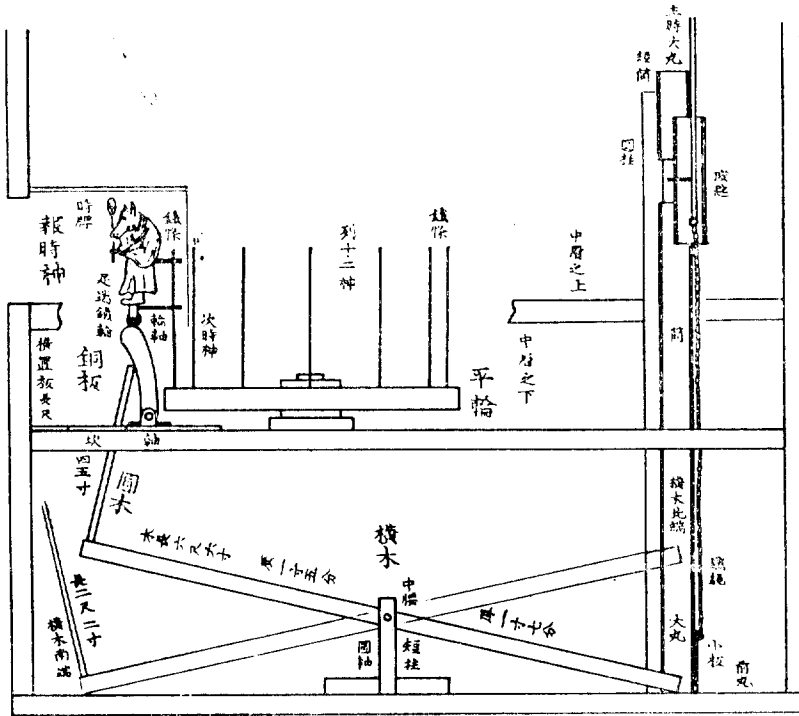


그림 6. 十二時 打鍾裝置
Fig. 6. Twelve double-hour bell-striking mechanism

던 報時神이 밑으로 내려오게 된다.

Ⅳ-5. 十二時牌 展示裝置

이 裝置의 動作原理와 機造는 Ⅲ-2節의 둘째 文段에 記述돼 있으며 人形의 上下 動作原理는 本節의 맨 끝에 原文의 記事를 引用하였다. 이것은 打鍾機構와 쇠줄로 연결된 문짝(小板), 橫木[註: 공이가 위를 향한 디딜방아 모양의 seesaw], 各種 運動變換機構, 水平바퀴(平輪)와 回轉機構 및 時牌를 잡고 水平바퀴에 配列된 12個의 報時神(人形)으로 構成돼 있으며 [概略의인 構造는 그림 7과 같다. 이것의 機能은 鍾을 한 번씩만 쳐서는 무슨 時인가를 알릴 수 없는 打鍾에 의한 報時方式을 補完하여 該當되는 時間을 毎 時마다 展示하여 視覺의으로 時間을 維持해 주는 것이다. 이것의 動作原理는 다음과 같다:

打鍾機構를 擊撥시킨 쇠공은 圓柱에 附着된 通路(筒)를 따라 밑으로 떨어진다(그림 6의 下端과 그림 7의 右側 上端 參照). 이 때 擊撥機構와 連結된 쇠줄(鐵繩)이 위로 당겨지면서 쇠줄 끝에 달린 문짝(小板)이 위로 열리면 앞서의 時를 展示하기 위해 橫木의 北端을 누르고 있던 쇠공(箭丸)이 밖으로 굴러 나옴과 同時에 時牌를 展示하고 있던 報時神이 내려오게 된다. 橫木의 北端은 위로 올라와 있다(그림 7에서 흐리게 보이는 橫木). 打鍾機構를 擊撥시키고 떨어진 구슬이 橫木에 北端을 누름에 따라 橫木 南端이 위로 향하면서 橫木의 南端에 꽂은 圓木이 바퀴 밖에 설치한 銅板[註: 일종의 cam]을 위로 들어 준다.

銅板의 둥근면[註: cam의 rim]에 닿아 있는 人形의 발밑에 設置한 작은 軸바퀴(足端鐵輪)가 銅

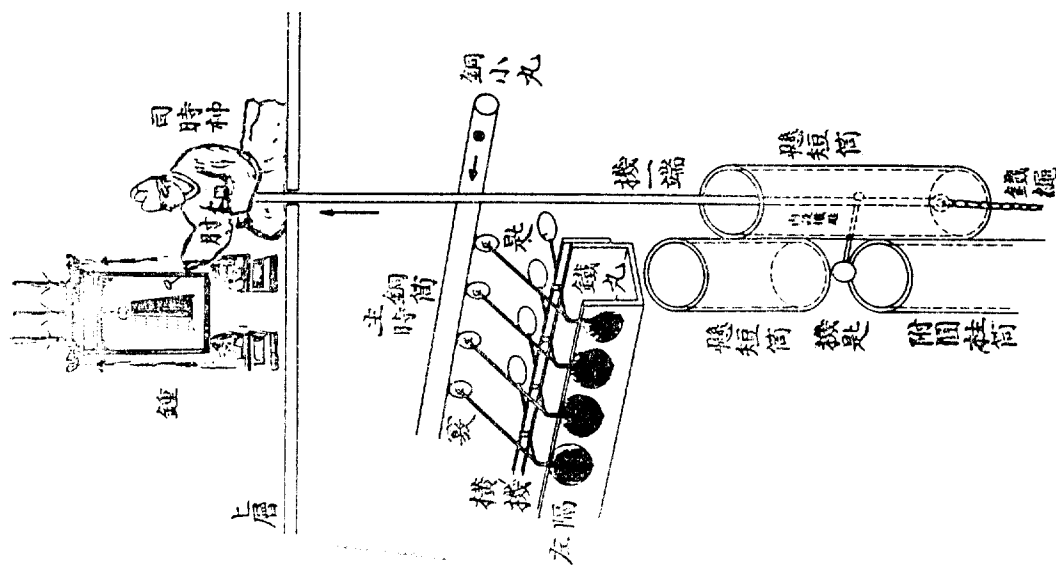


그림 7. 十二時牌 展示機構의 構造

Fig. 7. Twelve double-hour placard display mechanism.

板을 따라 回轉하면 平輪에 垂直으로 꽂은 굵은 철사(鐵條)로 된 기둥에 依持하여 人形은 올라가게 되고(jumping jack) 정해진 持續期間 동안 指定된 時를 展示한다. 이렇게 하여 人形은 上下로 오르 내리게 되고 每 時마다 交代가 이루어진다. 本 研究에서 十二時人形은 十二支神을 象徵하는 動物人形으로 代置하였으며, 그림 7에서 말 人形은 午時를 나타낸다. 다음 時에 이르면 다음 구슬이 打鐘 機構를 擊撥하게 되고 이 때 橫木을 누르고 있던 구슬이 빠져 나가고 橫木의 南端은 내려간다. 그 동안에 人形은 바퀴 面의 원래 位置로 내려오고 바퀴는 1/12 만큼 回轉된다. 이어서 앞서의 過程이 反復된다. 이리하여 12個의 쇠공이 모이면 하루가 지나고 쇠공을 꺼내 다시 左隔에 配列하여 새로운 하루를 始作하게 된다. 平輪을 回轉시키는 原理에 대해서는 原文에 記述이 없어 正確히 復元하기가 어려우나 간단한 脫進器(escapement)나 갈쪽 톱니바퀴와 같은 機構를 썼을것으로 推測된다[南, 1988]

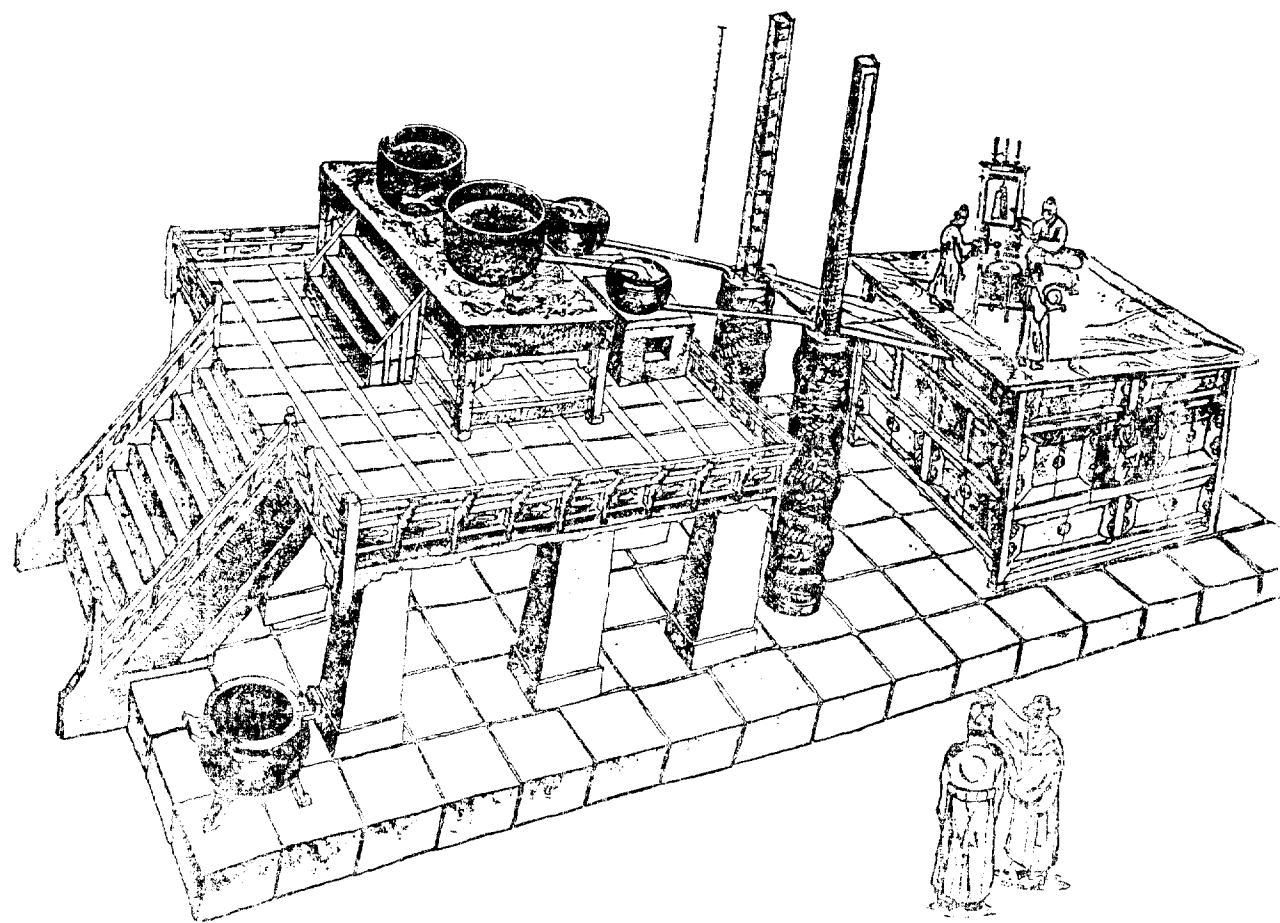


그림 8. 自擊漏의 構造

Fig. 8. A pictorial reconstruction of the Striking Clepsydra : Showing Clepsydra vessels, ball-racks, ball-tavel channels, and double-hour and night-watch announcing jackworks. In the upper storey sat and stood three immortals as announcers, sounding double-hour by a bell, night-watch by a drum and division of night-watch by a gong. In the storey below the middle was displaying a double-hour immortal by a time-placard bearing.

〔記：… 其輪轉之制輪外橫置小板長尺許坎其中四五寸許令銅板橫跨其上其勢順傾一端設軸令可開閉報時之足初入銅板下半寸許升則開銅板而上上則還閉及其時盡而還輪面則足端鐵輪順轉銅板而下甞不能住次時神亦然…〕

V. 自擊漏의 構造

이것의 構造와 關係된 記事를 引用하면 아래와 같다.

〔記：… 東楹之間設座二層上層立三神一司時鳴鍾一司更鳴鼓一司點鳴鈺中層之下設平輪循輪列十二神各以鐵條爲幹而能上下各執時牌更迭報時…〕

그림 8 은 지금까지 復元한 圖面과 資料를 바탕으로 作成한 自擊漏의 外部構造이다. 原文에는 “무

못 모든 機械는 감춰져 있어 볼 수는 없고 보이는 것은 紗冒冠帶를 갖춘 나무 人形뿐이다.”고 돼 있으나 그림 8에는 理解를 돕기 위해 十二時 報時裝置 外에도 밤時間을 報時하는 更點機에 關係된 裝置[南, 1989]도 함께 나타내었다. 鍾, 鼓, 鉦은 世宗代의 樂器에 대한 記錄을 根據로 하여 鍾은 特鍾, 북은 敎坊鼓, 鉦은 小琴이 쓰였을 것으로 考證되어 그림 8에는 人形과 樂器의 模樣을 位置에 따라 配列하였다.

[記: …凡諸機械皆藏隱不現而所見者具冠帶木人已此其大率也…]

本 研究에서는 가로 10 尺 세로 7 尺 6 寸, 높이 9 尺(1 尺은 1 周尺이며 21.27cm 정도)의 6 面 構造物을 만들어 報時裝置를 構成하였으며 이것을 受水壺와 接續할 때 最大 높이가 11 尺을 넘지 않도록 하였다.

Ⅶ. 몇 가지 考察

지금까지 〈報漏閣記〉를 바탕으로 自擊漏의 報時裝置의 構造와 原理를 살펴 보았다. 世宗自擊漏에 關係된 遺物은 實存하지 않으므로 本文의 研究結果를 考察하기 위해서 自擊漏가 만들어진 時代를 前後로 하여 있었거나 現存하는 遺物과 물時計를 爲始하여 各種 計時裝置에 대한 資料를 살펴 보았다.

1. 本 研究에서 택한 물時計의 항아리 配列과 受水壺 안의 浮箭 設置法(그림 4 參照)은 現存 新自擊漏(1536 年 製作, 國寶 229 號)와 文獻資料를 參考하였다. 다만 大播水壺의 숫자(自擊漏는 2, 新自擊漏는 1)가 다를 뿐인데 世宗代에는 1 個의 時計마다 大播水壺 1 個씩을 따로 따로 쓰다가 新自擊漏에서 2 個를 1 個로 統合했던가 아니면 그림 4 와는 다른 配列 곧, 大播水壺 1 個와 小播水壺 2 個, 그리고 小播水壺에서 넘치는(overflow) 물을 [받을 退水壺 1 個로 했을 可能性도 있다.^{4), 29)} 受水壺는 앞서 構造에서 밝힌 바와 같이 아래 위의 지름이 같은 원기둥형이었을 것이다. 小播水壺의 크기도 正確히 알 수 없으나 新自擊漏의 것과 比寸했을 것이다. 小播水壺에는 水位調節 裝置를 써서 液面의 높이를 一定하게 維持시키거나 小播水壺의 적절한 位置에 구멍을 뚫어 流出(overflow)시켜 一定한 水位를 維持시키는 方法을 썼을 것으로 推測된다. 「諸家曆象集」卷 4 의 24 面에 引用한 宋代의 文德殿刻漏에 대한 記錄, 蘇頌(1088 年)의 「新儀象法要」에 나오는 平水壺의 水位調節器에 대한 圖面, 「元史」48 卷의 大明殿燈漏를 參考했을 蓋然性은 充分하지만 具體의으로 어떤 方式이 쓰였는가는 더 많은 研究를 必要로 한다.

本 研究를 위하여 文化財 管理局의 許可를 얻어 1988 年 4 月 15 日부터 2 週間에 걸쳐 文化財委員들과 關係者가 參席한 가운데 德壽宮 所在 新自擊漏의 受水壺와 그 안에 남아 있는 浮箭과 浮標를 精密 調査하였다. 먼저, 受水壺의 地下로 埋設된 部分을 [과내어 構造와 寸수를 調査한 바 推測대로 埋設部分에는 背水孔이 없었으며 이로 미루어 渴烏(siphon)를 써서 筒 안의 물을 밖으로 빼냈음을 알 수 있었다. 寫眞 1 은 受水壺의 埋設部分을 나타낸 것으로 外部에서 測定한 높이는 左右 各各 23.0, 24.0cm, 內部에서 바닥까지는 다 같이 20.2cm, 筒의 內徑은 아래 위가 同一하였다. 따라서 新自擊漏의 實際 높이는 左右 各各 227, 225cm 가 되었다[註: 從前의 公式 높이는 埋設 部分을 包含시키지 않았다]. 自擊漏의 受水龍壺에 대한 記錄과 比較하기 위하여 周尺(21.27 cm)으로 新自擊漏의 受水壺의 長이를 換算하면 10 尺 4 寸 5 分이 되는데 自擊漏의 11 尺 2 寸과는 約 7 寸 5 分의 差異가 있다. 이 差異는 受水壺의 두께[註: 現存하지 않음]의 두께를 2~3 寸으로 보고 또한 埋設 部分이 받침대에 들어 갔을 境遇를 考慮하면 實際로 受水龍壺의 長이는 新自擊漏의 것과 같았을 것이다. 한편, 圓徑은 自擊漏의 것이 1 尺 8 寸인데 新自擊漏의 最大 圓徑은 周尺

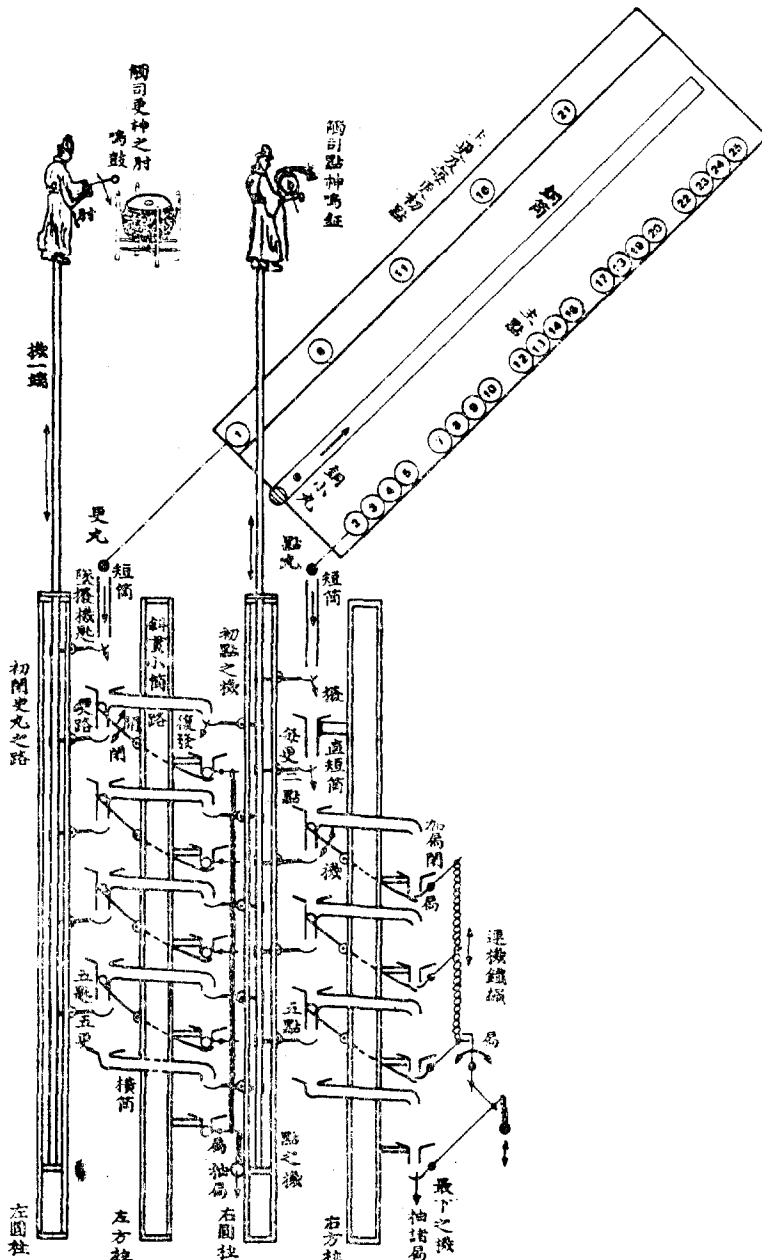


사진 1. 新自擊漏 受水壺의 埋設部分

Photo 1. Hidden parts of measuring vessels of the surviving 1536 New Striking Clepsydra.

으로 1尺 7寸 2分으로 약간의 差異를 보였으나 測定 部位에 따라 差異가 있음을 감안하면 같은 크기라 해도 無妨할 것이다. 이것만으로 自擊漏와 新自擊漏와 受水壺의 크기가 같았다고 斷定할 수는 없다. 이 問題에 대해서는 實際 復元過程에서 밝혀지리라 期待된다. 新自擊漏에 대한 몇가지 記錄〔註:「國朝曆象考」中 卷 4 漏刻條:「增補文獻備考」卷 3 p.11, 漏局條〕에 나와 있는 受

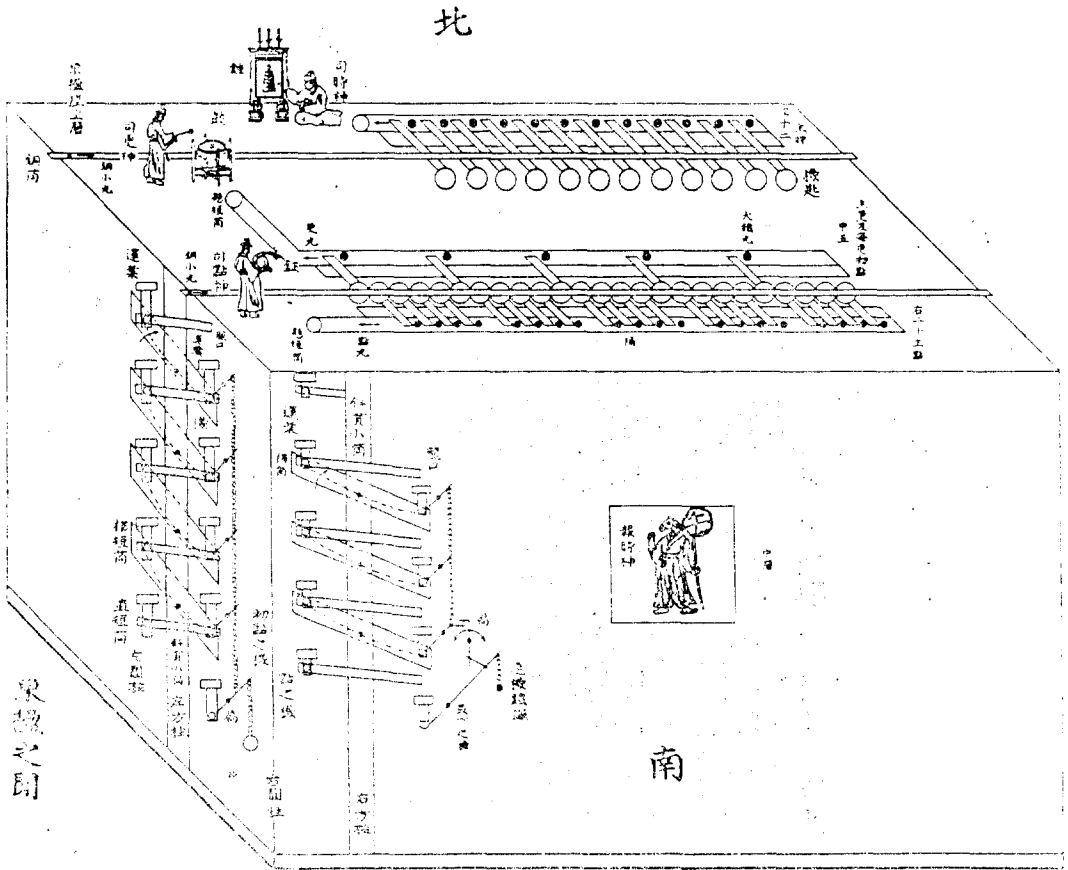


사진 2. 新自擊漏의 浮標와 箭의 遺物

Photo 2. Surviving parts of turtle-shaped float and time indicator-rod 1536 New Striking Clepsydra

水壺의 길이 6尺 8寸, 圓徑 1尺 2寸은 本 研究에서는 論外로 하였다.

그림 5-(1)과 같은 浮標와 箭은 寫眞 2와 같은 新自擊漏 遺物을 參考하여 製作하여 보았다. 寫眞 2의 浮箭은 거북 잔등에 碑石을 올려 놓은 統一新羅時代의 樣式에서 아이디어를 얻은 것으로 보인다. 新自擊漏에 대한 앞서의 記錄^{8),9)} 가운데 “...뜨는 거북(浮龜)을 만들고 등에는 長方形의 구멍을 만들어 거기에 잣대를 꽂아 놓고 거북을 筒속에 넣으면 筒에 물이 흘러 들어와서 거북이 뜨고 거북이 뜨면 箭은 위로 올라간다.” [...鑄薄銅板爲浮龜周等受水筒內周背有長方孔納箭方孔納龜筒中水到則龜浮龜浮則箭升] 에서 보면 寫眞 2의 浮標[註: 높이 周尺 3寸, 長方形 잣대 꽂이 높이 2寸, 지름 1尺 5寸 内外]는 記錄의 浮龜임이 確實하다. 寫眞 2와 같이 浮標와 잣대 꽂이를 만들어 箭을 띄워 본 結果 實効 水位를 每 時當 周尺 8寸씩 잠았을 때 十二時 동안에는 9尺 6寸이 되어 이때 浮標의 높이는 3寸이 適合함을 알 수 있어 自擊漏에도 現存하는 形態와 크기의 浮標가 쓰였을 것으로 推測된다. 現存하는 箭의 材料는 杉木임이 밝혀졌으며 이를 參考로 하여 만든 杉木 箭은 가볍고 變形이 생기지 않아 實際 復元에 適合한 資料임을 알 수 있었다. 現存하는 箭의 눈금은 96 刻法에 準한 것으로 100 刻法을 썼던 自擊漏의 것과는 差異가 있었으나 눈금을 매긴 樣式은 많은 參考가 되었으며 實際 復元에 많은 도움이 되리라 생각한다.

2. 自擊漏에 대한 復元 研究는 筆者 외에 Needham 等(1986)에 의해 많은 進展이 있어 왔다. 이들도 自擊漏에 대한 記錄을 바탕으로 報時 시스템의 分析을 試圖하였다. 實規模 모델링과 實驗은 거치지 않아 各 部分의 圖面을 提示하지는 않았으나 記錄이 省略되거나 명확치 않은 部分에 대해서는 몇가지 假說을 提起해 놓고 있다. 本 研究의 結果를 檢證하고 未決된 問題를 解決하는 데는 이들의 研究結果가 많은 參考가 되었다. 本 研究에서 다른 十二時 報時 시스템에 대해서만 Needham 等(1986)의 結果를 比較 檢討해 보기로 하겠다(參考로 이들의 冊『*The Hall of Heavenly Records*』는 약어로 HHR 로 表記하도록 하겠다). 앞 節에서 言及한 물時計의 항아리 配列에 대해 4 番째의 것은 筆者와 같이 大播水壺로 보아 그림 4와 같은 配列이라 하였으며, 다른 見解로 中世 中國의 overflow 方式으로 液面制御를 했을 경우에는 2 個의 小播水壺에서 overflow 되는 물을 받는 그릇(退水壺)으로 쓰였을 可能性도 提示하였다(HHR, p. 35). 이러한 見解에 대해 筆者도 같은 생각이며 이 問題에 대해서는 實際 復元過程에서 밝혀질 것이다.

다음은 十二時用 方木의 個數는 受水筒의 數대로 2 個여야 한다. 이는 1 個 受水筒이 온전히 十二時를 計量하고 受水筒을 交代하는 境遇를 豫備하기 위해 1 個를 더 만들어 썼을 것이다. 가령 어느날 午正에 稼動을 始作한 十二時 時計는 다음날 午正 되면 交代해야 한다. 따라서 다음날 해 뜨기 전까지 稼動한 밤時計의 受水筒을 비워 두었다가 午初부터 물을 넣기 시작하여 다른 計時器, 예를 들어, 仰釜日晷, 日星定時儀 等を 갖고 午正을 正確히 校正하여 새로운 時計를 連續적으로 稼動했을 것이다. 大部分의 古代·中世時計에는 이와같은 交代方式(곧, 二元化)을 찾아 볼 수 없다. 이것 또한 自擊漏의 特徵으로서 受水筒에 背水孔이 없이도 渴鳥로써 充分히 背水作業을 하는데 어려움을 느끼지 않았으리라 믿어진다.

Ⅲ-3 節에서 살펴 본 鐵丸放出機構(ball-relay mechanism)에 대해 Needham 等(1986)은 附加的인 것(HHR, p. 38)을 假定하고 이것도 方木에서 굴러 들어온 同一한 銅小丸에 의해 作動한다고 假定하고[註: 本文 그림 6의 大丸을 담은 左隔 옆에 또 하나의 칸막이(隔)를 두어 打鍾用 술갈기 구(內設機○)와 連結하는 方式] 別途의 쇠공이 열두 報時神을 配列한 平輪回轉裝置(carousel jack-work)를 作動시킨다고 하였다(HHR, Fig. 2.3, p. 34). <報漏閣記>에는 이에 대한 言及이 없으므로 報時神을 交代시키기 위해 平輪을 驅動시키는 手段을 講究해야 함은 勿論이다. 이들이 假定한 附加的인 칸막이는 “칸막이 넷을 設置하되 골목길의 模樣으로 한다.”[記: …設隔四如甬道狀…]는 記錄에서 推定한 것이라 생각된다. 곧, 記錄에는 左, 右 및 中隔 밖에는 言及이 없는데 이것에 대해 筆者는 右隔 및 中隔 사이(南, 1988, 그림 7(b) 參照)를 하나의 골목이라 보았다. 平輪의 지름 3 尺, 報時人形의 크기 0.5 尺 程度, 平輪回轉用 갈쪽톱니바퀴(pawl-and-ratchet)에 대한 제안(HHR, p. 38)은 檢討해 볼 만하다. 여기서 推定할 수 있는 것은 十二時用 쇠공(鐵丸)은 13 個라는 事實이다. 左隔에 놓아둔 12 個 외에 現在 橫木의 北端을 누르고 있는 1 個를 더해 줘야 하기 때문이다. 筆者나 Needham 等(1986)의 몇가지 假定은 물時計 水位 調節 方法 및 平輪의 回轉方式에 대해 열쇠가 되는 情報의 缺如에서 온 것으로 現段階에서는 推測에 머물 수밖에 없으나 實際 復元過程에서 어느 만큼은 밝혀지리라 期待한다.

3. 다음은 自擊漏의 몇가지 特徵을 技術的인 面에서 考察해 보기로 하겠다. 自擊漏는 報時 시스템을 作動시키기 위해서 浮力을 利用하여 報時用 一次 信號를 얻고 公의 落下를 利用하여 얻은 에너지를 適切하게 活用하는 2 次 에너지 變換法을 썼다. 물時計는 機械裝置가 너무 무겁지 않은 限은 어떤 種類의 메카니즘도 擊撥시켜 줄 수 있다. 일찍부터 물時計를 써 왔던 中國에서는 물時計에서 垂直바퀴의 圓周上에 附着된 여러 個의 버킷 가운데 한 個에 물을 흘려 넣어 정해진 무게에 到達하자마자 쏟아지는 힘으로 바퀴를 돌려 거대한 渾儀와 渾象을 推進시키는 方法을 썼다. 이러한 시스템은 85 年 頃に 張衡이 發明한 「漏水轉渾天儀制」에서 비롯되었는데, 張衡은 不連續(또는

間歇的一오늘날의 工學用語로는 디지털 方式) 時間測定 方法으로 時間間隔을 最初의 人物이라 볼 수 있다. 蘇頌의 渾天儀에서는 垂直바퀴의 큰 推進力의 單位를 測定함으로써 時間計量이 可能했다. 自擊漏에 쓰인 不連續報時用 信號 發生(아날로그-디지털 變換) 方法은 直線의인 水位增加를 定해진[時間] 間隔에 따라 不連續 信號로 바뀌 주는 것이었다. 自擊漏의 報時信號發生裝置는 蘇頌(1088)이나 al-Jazari(1206)의 물時計에 쓰인 回轉式이 아닌 直線式으로서 종래 써오던 浮箭의 垂直移動을 活用한 獨創的인 方式이다. 또한 報時裝置를 作動시키는 推進力을 얻는 方法도 蘇頌이나 al-Jazari의 것이 垂直바퀴를 回轉시켜 얻은 動力을 도르래와 齒車를 통해 連續的으로 直接 傳達하는 方式을 쓴 데 비해 自擊漏에서는 浮力을 利用하여 1次 信號를 離散的으로 發生시키고 이것을 增幅하여 報時裝置를 作動시킬 推進力(2次 信號)을 얻는 方式을 썼다.

自擊漏의 報時 시스템에서 動力 傳達에 쇄공의 落下를 利用한 것은 아랍 물時計의 傳統에서 靈感을 얻었음이 分明하다고 Needham 等(1986)은 밝히고 있는데 이는 自擊漏 製作者들이 參考하였을 것이 分明한 元代的 大明殿燈漏가 al-Jazari(1206)의 것과 類似性이 깊다는 데 연유한다. (Needham 等, 1960) 따라서 이것은 自擊漏의 源流를 밝히는 데 좋은 證據이며 13世紀初의 al-Jazari까지 거슬러 올라간다. 특히 al-Jazari(1206)의 네번째 물時計(一名 코끼리時計 HHR, p. 43. Fig. 2.5)와 세번째 boat 時計(Hill, 1986)에 쓰인 공의 落下를 利用한 報時方法은 自擊漏의 그것과 類似點이 있으나 물時計와 報時裝置의 動作原理面에서는 直接的으로 類似性을 發見할 수는 없다. (HHR, p. 42) 앞으로 al-Jazari의 물시계, 大明殿燈漏와 自擊漏를 比較研究해야 되리라 생각한다.

4. 自擊漏 製作에 관한 歷史의 背景, 技術水準 等を 엿볼 수 있는 當時의 文獻資料로는 自擊漏가 製作된지 11年後에 發刊된 「諸家曆象集」 4권이 오늘날에 전한다. 이 冊의 第4卷은 海時計와 물時計(晷漏)에 관한 內容으로서 여기에 引用된 冊들은 中國의 歷代 正史의 天文志와 曆律志를 비롯하여 「新儀象法要」, 「玉海」, 「夢溪筆談」等 當時까지 最高水準의 科學技術 關係文獻들이며 張衡(78—142), 一行(683·727), 宋代의 張思訓과 蘇頌 等 물時計에 關係된 歷代의 主要 人物들이 망라돼 있다. 아울러 宋代의 文獻에 나오는 4가지 種類의 물時計: 1) 浮箭漏; 2) 稱漏, 3) 沉箭漏 및 4) 不息漏가 引用돼 있다. 이로 미뤄 볼 때 當時까지 알려진 中國 물時計의 歷代文獻 및 技術資料를 充分히 檢討하고 利用하면서 自擊漏를 製作했으리라 推測된다. 또한 時計 製作 關係者들을 두 차례나 中國에 보내는 [世宗 4年(1422年)과 世宗 13年(1431年)] 等 이러한 일련의 過程에서 東洋傳來의 技術에다 元을 통해 들어온 아랍의 技術, 곧 當時에 尖端인 科學技術의 融合으로써 自擊漏가 誕生되었으며, 특히 記錄에는 나타나 있지 않은 技術人들 사이에서만 전해 오던 三國時代以來의 傳統技術이 크게 기여했으리라 생각된다. 일찌기 崔南善은 “世宗의 科學事業에는 東洋古來의 學術이 會萃되고 특히 아라비아 學術의 影響이 깊이 侵透해서... ‘움거 확장(推擴)’ 하고 모자람을 보태어 넉넉하게(補足)하여 發展시킨(成立) 것”이라고 自擊漏의 源流를 밝힌 바 있다.⁶⁾ 「諸家曆象集」에 대한 보다 體系의인 研究는 自擊漏를 復元하는 데 많은 도움이 되리라 생각한다.

自擊漏는 오늘날에 말하는 精密技術로 이룩된 하나의 自動化 시스템이었다. 當時에는 理論보다는 實技(control practice)의 時代였으므로 오늘날의 自動化나 精密技術(fine technology) 範疇에서 생각할 수는 없지만 오늘에 評價해도 매우 卓越한 工學 시스템의 하나임에는 틀림이 없다. 이것은 自動人形裝置(automata)의 神秘性과 一過性을 超越한 時間測定 및 報時 시스템으로서 精密技術의 極緻이며 時間測定史에 길이 빛날 記念碑的인 時計이다. 金鑰이 序文에서 매우 正確하고 神秘롭고 東方에는 前에 없던 훌륭한 것[序: ...參究儀象與天不差眞若鬼神守之者見者莫不駭嘆實吾東方前古所未有之盛制也...]이라 했으나 當時의 記錄인 「諸家曆象集」과 科學技術史의 研究로 가까운 장래에 이것의 뿌리가 밝혀지리라 기대된다.

앞서 살펴 본 바와 같이 自擊漏는 <元史>에 記錄이 傳하는 大明殿燈漏¹⁴⁾에서 아이디어를 얻은 것이 分明하며 이 燈漏는 al-Jazari(1206)의 것에서 影響을 받은 것으로 보는 見解가 支配的이다. 公의 落下를 利用하여 만든 15世紀 朝鮮의 自動報時裝置는 東이슬람 地方에서 發生한 아이디어가 2世紀나 지나서 漢陽(Seoul)에서 滿開한 좋은 본보기임에 틀림없다.

本 論文에서 살펴 본 報時 시스템에서 人形에 의한 報時方式은 11世紀 蘇頌의 渾天儀에서, 公의 落下를 利用한 驅動方式은 13세기 아랍 물時計^{29), 34-35)}와 元代의 燈漏와 宮漏에서 아이디어를 얻은 것이지만 그것들을 곧 바로 模倣한 것은 아니었다. 앞으로 韓國과 中國(특히 元代)과 아랍과의 交流에 대한 研究가 進歩함에 따라 自擊漏의 科學技術史의 位置가 確立될 것으로 期待된다.

自擊漏는 世宗의 철저한 實驗과 觀察을 통한 科學研究方法의 所産이다. 또한 우리는 世宗大王을 비롯하여 이 時計의 製作에 功獻하였던 鄭招, 李葢, 蔣英實, 金鑑, 金墩, 李純之 등 여러 學者와 技術者들의 功獻을 높이 評價하고 記憶해야 할 것이다.

感謝의 말씀: 本 研究의 一部를 支援해 주신 三星時計株式會社와 國寶 229號의 調査를 허락해 주고 協助해 주신 文化財 管理局과 德壽宮管理事務所, 世宗代의 樂器를 考證해 주신 國立國樂院의 成慶麟 委員長, 저자에게 많은 助言을 보내 주신 Donald R. Hill 박사님에게 깊은 感謝를 드립니다. 韓得永 敎授와 洪性宇, 權純昶, 韓錫愚 君 그리고 本 論文을 읽고 評價와 충고를 해 주신 분들께도 感謝를 드립니다.

<參考文獻>

1. 全相運, 「韓國科學技術史」, 서울, 正音社: 1983.
2. 朴星來, “世宗代의 天文學의 發達,” 韓國精神文化研究院 編, 「世宗朝文化研究(Ⅱ)」, 1984.
3. 南文鉉, “15世紀 韓國의 물時計에 대한 制御工學의 解析,” 大韓電氣學會計測制御研究會, 春季學術會議 論文集, 서울대학교, 1985. 6. 8.
4. 南文鉉, “물時計를 利用한 韓國의 時間測定 方法에 대한 시스템研究,” 「建大產技研報」10輯, 1985, pp. 78-89.
5. 南文鉉, “世宗朝의 漏刻에 관한 研究,” 「東方學志」(延世大), 57輯, 1988, pp. 53-94.
6. 崔南善, 「朝鮮常識問答」續編, 서울, 三星美術文化文庫 17, 1972.
7. 「東國輿地勝覽」, 中宗 25年(1530)刊, 古典刊行會 影印本, 서울, 1964.
8. 「增補文獻備考」, 英祖 46年(1770), 古典刊行會 影印本, 1957.
9. 成周惠 編, 「國朝曆象考」, 正祖 19年, 1795.
10. 李純之 編, 「諸家曆象集」, 世宗 27年(1445)刊.
11. 蘇頌, 「新儀象法要」, 錢熙祚編 守山閣 叢書, 58冊, 1884.
12. 「世宗莊憲大王實錄」, 國編 影印本, 서울, 1955.
13. 「宋史」, 48卷, p. 15, 文淵閣四庫全書.
14. 「元史」, 43卷, p. 13, 48卷, p. 7.
15. 「漏刻通義」, 發行年度未詳.
16. 「科學技術文化財 復元 研究報告書」, 文化財管理局, 1989. 6, p. 137.
17. 南文鉉, “世宗自擊漏의 更點報時 시스템,” 「電氣學會 論文誌」38卷, 12號, pp. 1022-1032, 1989.
18. 全相運, “李氏朝鮮의 時計製作小考,” 「鄉土」, 서울, 17, 1963.
19. 鄭麟趾, 「高麗史」, 卷 七十六, 1451年 刊行, 延世大東方學 研究所 影印本, 서울, 1955, p. 45.
20. 「太祖實錄」, 卷 十四, 國編 影印本, 서울, 1955.
21. 朴興秀, “世宗朝의 科學思想,” 韓國精文研 編, 「世宗朝文化研究(Ⅰ)」, 서울, 1982.
22. 金容雲, 金容局, 「韓國數學史」, 서울: 悅話堂, 1984.
23. 金富軾, 「三國史記」卷 三十八, 雜誌第七, 漏刻典, 1145年 刊, 金鍾權 譯, 1963.
24. Mayr, O., *The Origins of Feedback Control*, Cambridge, MA: MIT Press, 1970.

25. Needham, J., *Science and Civilisation in China*. vols. 1, 3 and 4, Cambridge: Cambridge University Press, 1954.
26. Needham, J., Wang Ling and Price, D.J., *Heavenly Clockwork, The Great Astronomical Clocks of Medieval China*, Cambridge: Cambridge University Press, 1960.
27. Needham, J., Lu, G-D., Combridge, J.H. and Major, J.S., *The Hall of Heavenly Records: Korean Astronomical Instruments and Clocks 1380-1780*, Cambridge: Cambridge University. Press, 1986.
28. Combridge; J.H., "The Chinese Water-Balance Escapement," *Nature*, vol. 204, 1964, 1175-1178.
29. Wiedemann, E. and Hauser, F., "Über die Uhren im Bereich der Islamischen," *Akademie der Naturforscher*, 100 : no. 5(Halle, 1915), pp.42-166. and "Uhr des Archimedes und Zwei Andere Vorrichtungen," *op. cit.*, 103. no. 2(Halle, 1918).
30. Rufus, W.C., "Korean Astronomy," *Trans. Korea Branch of the Royal Asiatic Society*, vol. 26, 1936.
31. Verveen, A.A., "In Search of Processes : The Early History of Cybernetics," *Math. Biosci.* 11 : 5 --19, 1971.
32. Sydenham, P.H., *Measuring Instruments: Tools of Knowledge and Control*, Iota Iota 1979
33. Milham, W.L., *Time & Timekeepers, Including The History, Construction, Care and Accuracy of Clock and Watches*, New York: MacMillan, 1929.
34. Hill, D.R., *Arabic Water-clocks*, University of Aleppo, Aleppo, Syria, 1981.
35. Hill, D.R., "Islamic Fine Technology and its Influence on the Development of European Horology," *Al-Abhath*, vol. XXXV, 1987, pp.9-28.
36. Hillier, M., *Automata & Mechanical Toys: An Illustrated History*, London: Jupiter Books 1976.
37. Jeon, Sang-Woon, *Science and Technology in Korea: Traditional Instruments and Techniques*, Cambridge, MA: MIT Press, 1974.
38. Landes, D.S., *Revolution in Time*, Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard Univ. Press, 1983.
39. Usher, A.P., *A History of Mechanical Invention*, revised ed. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1954.
40. Bedini, "Chinese Mechanical Clocks," *Bull. Nat. Assoc. Watch. Clock Collector*, 7, 1956, pp.211-222.
41. Ibn al-Jazari., *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, (kitab fi ma 'rifat al-hiyal al-handasiya) translated and annotated by Donald R. Hill, Dordrecht, Boston: D. Reidel, 1976.