

남병철 『의기집설』의 험시의(驗時儀) 연구*

남경욱 (국립과천과학관)

1. 서론

이 논문은 남병철의 자명종인 험시의를 복원하기 위한 기초 문헌연구로서 그가 집필한 『의기집설(儀器輯說)』의 「험시의설(驗時儀說)」을 이해하고 분석하는 데 그 목적이 있다.

지금까지 알려진 조선시대 자명종 유물로는 4점이 남아있다. 고려대학교 박물관에 혼천시계와 자명종이 소장되어 있으며, 서울대학교 박물관과 숭실대학교 기독교박물관에도 각각 1점이 소장되어 있다. 하지만 남아 있는 자명종 유물들의 보존 상태가 좋지 않아 조선 자명종의 특징을 이해하기엔 다소 어려움이 있다. 숭실대학교 기독교박물관에 소장된 서양식 자명종은 외부만 남아 있고 내부 기계 장치는 소실되었다. 고려대학교와 서울대학교 박물관에 소장된 자명종은 일본의 자명종을 들여와 개조하여 사용한 것으로 추정된다. 정확한 기록이나 설명이 남아 있지 않아 언제, 어디서 제작되어 사용된 것인지 파악하기가 힘든 상태이다. 그나마 고려대학교 박물관의 혼천시계는 기계 장치들이 잘 보존되어 있고, 이에 대한 기록과 연구들도 남아 있어 참고가 될 만하다.¹⁾

* 투고 2011년 11월 24일. 심사 2011년 12월 19일. 게재확정 2011년 12월 19일.

1) Joseph Needham, Lu Gwei-Djen, John H. Combridge, John S. Major, *The Hall of Heavenly Records: Korean Astronomical Instruments and Clocks 1380-1780*, (Cambridge University Press, 1986); Joseph Needham, Wang Ling, D. J. de Solla Price, *Heavenly Clockwork: The Great Astronomical Clocks of Medieval China*, (Cambridge University Press, 1960), pp.161-163; 전상운, 『시간과 시계 그리고 역사』 (월간시계사, 1994), 111-137쪽.

조선에 기계식 자명종이 도입된 공식적인 기록은 1631년 7월 12일 정두원(鄭斗源)이 북경에서 자명종을 들여왔다는 『조선왕조실록』의 기사가 처음이다.²⁾ 중국과 일본에서는 16세기 말에 서양 선교사들에 의해 자명종이 들어왔고, 17세기에는 자체적으로 자명종을 제작하는 기술을 갖추고 있었다. 기록만으로 보았을 때 조선에 자명종이 도입된 것은 중국이나 일본에 비해 상당히 늦었다고 할 수 있다. 비록 조선에 자명종이 1631년에 들어오기는 했지만, 김육(金堉)에 따르면 자명종 사용법을 알지 못해 제대로 사용하지 못했다고 한다.³⁾ 기록에 의하면 조선에서 자명종 운용법을 터득하고 제작하기 시작한 것은 1650년대 들어서였다. 장인 유흥발(劉興發)이 일본 자명종을 연구해 자명종의 원리를 터득하고 자명종을 직접 제작했다.⁴⁾ 1669년 송이영(宋以穎)이 기계식 자명종인 혼천시계를 제작한 것으로 보았을 때, 17세기 중반에는 자명종 원리를 완벽히 이해하고 자체적으로 제작할 수 있는 기술을 갖추고 있었음을 알 수 있다. 18세기 중후반에는 황윤석(黃胤錫), 홍대용(洪大容)이 자명종에 지대한 관심을 가지고 장인들을 시켜 개인적으로 제작하기도 하였다.⁵⁾ 이후에도 자명종에 대한 기사가 있긴 하지만 자명종이 얼마나 제작되었고 사용되었는지는 확실치 않다. 다만 중국이나 일본의 경우와 비교해 보았을 때, 조선에서 자명종 제작이나 사용 빈도가 현저히 낮았다는 것을 알 수 있다.

현존하는 자명종 유물도 4점뿐이고, 자명종에 대한 상세한 기록도 찾아보기 힘든 상황에서 남병철의 「협시의설」은 비록 문헌기록이기는 하지만 조선 후기 자명종을 이해하는 데 중요한 자료라 할 수 있다. 이 글에서는 남병철의 문헌기록에 근거하여 협시의의 구조와 특징을 이해하고, 이를 바탕으로 조선 후기 시계사에서 남병철의 협시의가 차지하는 위치에 대해 탐색해 볼 것이다. 이를 위해 구체적으로 다음과 같은 문제에 초점을 맞추어 볼 것이다. 첫째, 조선후기 대표적인 천문의기를 모아 집필한 『의기집설』에 남병철이 전통적인 천문의기인 물시계 대신 자명종을 넣은 이유는 무엇일까? 둘째, 일반적으로 사용되었던 자명종이라는 용어를 사용하지 않고 “시간을 측

2) 『조선왕조실록』 인조 22년 3월 17일.

3) 김육(金堉), 『잠곡필담(潛谷筆談)』, 卷一, 「서양국인조자명종(西洋國人造自鳴鐘)」; 이규경(李圭景), 卷七, 『오주연문장전산고(五洲衍文長箋散稿)』 「자명종변증설(自鳴鐘辨證說)」.

4) 김육, 앞의 책.

5) 황윤석(黃胤錫), 『이재난고(頤齋亂藁)』, 卷一, 「자명종(自鳴鐘)」.

연도	내 용
1551	일본에 처음으로 자명종이 들어옴
1605	사신 유정(惟政), 일본의 쇼군 도쿠가와에게 자명종을 선물함
1631	정두원(鄭斗源), 북경에서 자명종을 들여옴
1650년대	유흥발(劉興發), 자명종 제작
1657	최유지(崔攸之), 수격식 혼천시계 제작
1669	이민철(李敏哲), 송이영(宋以穎), 자명종 제작
1704년 7월	안중태(安重泰)와 이시화(李時華) 등, 이민철의 혼천시계를 더 크게 제작함
1715년 4월	허원(許源), 청나라에서 가져온 자명종을 모조하여 관상감에 설치
1723	청나라 자명종을 복제해 문신종(問辰鐘)을 제작
1725	문신종을 수리하고 2좌를 새로 제작하였으나 문종은 수리하지 못함
1731	최천약(崔天岳), 자명종을 만듦
1732년 8월	안중태, 이민철의 혼천시계를 개조하여 새 혼천시계 제작
1759	홍대용, 나경적(羅景績)이 만든 자명종 후종(候鐘)을 천문대 농수각에 설치
1772년 2월	황윤석(黃胤錫), 홍대용, 염영서(廉永瑞)가 만든 자명종을 구경함
1777년	8월 서호수(徐浩修)가 주도하여 이덕성(李德星)과 김계택(金啓宅)이 이민철의 혼천시계를 수리함
1800년대 초	강이중(姜彝重), 강이오(姜彝五), 혼천시계 제작
1850년대	남병철 『의기집설』에 「험시의설」 기록
1884년	외국인들이 자명종을 몰래 들여옴
1886년 2월	『한성주보』에 자명종 광고 게재

표 1. 조선의 자명종 관련 기록

험하는 기구”. 즉 ‘험시의(驗時儀)’라고 명명한 이유는 어디에 있을까? 셋째, 남병철의 험시의는 현존하는 조선의 자명종 유물과 비교하여 어떤 기술적 특징을 지니는가?

지금까지 조선시대 자명종에 대한 연구는 17세기 제작된 이민철의 수격식 혼천시계⁶⁾, 송이영의 혼천시계⁷⁾, 18세기 홍대용의 천문시계⁸⁾, 현존하는 서울대 박물관 및 고려대 박물관의 자명종에 대한 복원 연구⁹⁾가 있다. 본 연

6) 한영호, 남문현, “조선조 중기의 혼천의 (渾天儀) 복원 연구: 이민철의 혼천시계 (渾天時計)”, 『한국과학사학회지』 19권 1호 (1997), 3-19쪽; 한영호, 남문현, 이수웅, “조선의 천문시계 연구-수격식 혼천시계”, 『한국사연구』 Vol. 113 (2001), 57-83쪽; 박제훈, “조선의 수격식 기계시계의 유량조절과 탈진시스템 연구” (충북대학교 석사학위논문, 2011).

7) 김상혁, “송이영 혼천시계의 작동 메커니즘에 대한 연구” (중앙대학교 박사학위논문, 2007).

8) 한영호, “농수각 천문시계”, 『역사학회』 Vol. 177 (2003), 1-32쪽.

9) 이용정, “조선과 에도시대의 추동식 자명종과 시각제도” (충북대학교 석사학위논문,

구에서는 이러한 선행연구에 근거하여 19세기에 제작된 남병철 험시의 구조를 밝히고, 그것이 조선 자명종의 역사에서 어떤 위치를 점하는 지 추정해보고자 한다.

2. 남병철과 『의기집설』

남병철(南秉哲, 1817-1863)의 자는 자명(子明), 원명(元明)이고, 호는 규재(圭齋), 강설(絳雪), 구당(歐堂), 계당(桂堂)이다. 당시 안동김씨 세도정치의 중심에 있었던 김조순(金祖淳, 1765-1832)과 김문근(金汶根, 1801-1863)이 남병철의 외조부와 장인이다. 어렸을 때부터 시문학 및 경학에 뛰어났으며, 헌종 3년(1837)에 21세의 나이로 과거에 합격한 후 헌종의 총애를 받으며 규장각 대교(1839), 성균관 대사성(1846)과 홍문관 부제학(1847)을 지냈다. 철종대(재위:1850-1863) 들어 전라도 관찰사(1850), 경상도 관찰사(1853), 예조·공조판서(1856), 형조판서(1857), 병조판서·규장각 제학(1858)을 거쳐, 그의 나이 43세 때인 1859년에는 홍문관 대제학과 관상감 제조를 겸하는 등 요직을 두루 역임하였다. 부친상을 당한 1853년부터 3년간 남병철은 그의 동생 남병길(南秉吉, 1820-1869)과 함께 천문역산학 및 산수학 연구에 몰두했다. 남병철의 대표적인 저서로는 『의기집설』(1859년경), 『해경세초해(海鏡細艸解)』(1861), 『추보속해(推步續解)』(1862), 『회회력법(回回曆法)』, 『성요(星要)』(1860년대)와 사후에 그의 동생 남병길에 의해 출간된 『규제유고(圭齋遺藁)』(1864)가 있다.¹⁰⁾

남병철(南秉哲, 1817-1863)은 19세기 중반 조선을 대표하는 천문학자, 사대부 과학자로 주목 받아 왔다.¹¹⁾ 그의 천문역산학, 천문의기, 산수학 관련

2010).

10) 남병철 인물에 대한 연구로는 이노국, 『19세기 천문수학 서적 연구』(한국학술정보, 2006); 노대환, “19세기 중반 남병철의 학문과 현실 인식”, 『이화사학연구』 제40집(2010), 163-199쪽 등이 있다.

11) 유경로는 “귀족의 고상한 취미생활적인 학문의 업적이긴 하나 우리는 세종대의 이순지·김담으로 이룩된 조선 천문학이 남병철·남병길 형제에 의해서 도미를 장식한 것을 감사하지 않을 수 없다.”고 천문학자로서의 남병철을 높이 평가하고 있다. 유경로, 『한국 천문학사』(녹두, 1999), 255쪽, 문중양은 남병철을 18세기부터 나타나기 시작한 사대부 천문역산 전문가 집단의 중심적 인물이자 그 마지막을 장식하는 인물로 평가하고 있

저술들에서 나타나는 전문적인 지식들은 남병철이 19세기 중반 조선 학계에서 가장 수준 높은 천문학 지식을 보유하고 있었음을 잘 보여 주고 있기 때문이다. 천문역산서인 『추보속해』에서 남병철은 케플러의 타원궤도 이론과 구면삼각법을 적용하여 태양과 달의 운동을 설명하는 등 18세기 중국에 소개된 서양의 천문학 이론을 이해하고 나름대로 재해석하는 수준에까지 이르렀다.¹²⁾ 『의기집설(儀器輯說)』은 조선후기를 대표하는 천문의기 전문 저술로 남병철이 천문의기의 구조, 제작법, 관측 계산법 등 아주 기술적이며 전문적인 지식까지 갖추고 있었음을 알 수 있다.¹³⁾ 수학 저술인 『해경세초해』(1861)에서는 고차방정식 풀이법인 천원술(天元術)의 원리와 풀이를 설명하는 등 수학에 대한 그의 전문적인 지식이 돋보인다.¹⁴⁾

이 글에서 연구할 「험시의설」이 수록된 남병철의 『의기집설』은 이전 조선의 천문의기 관련 문헌과 비교할 때 한 가지 중요한 차이가 있다. 남병철 이전의 천문의기 관련 기록들은 『제가역상집(諸家曆象集)』(1433), 『(동국) 문헌비고(東國文獻備考)』(1770), 『국조역상고(國朝曆象考)』(1796), 『서운관지(書雲觀志)』(1818)등 대부분 관(官) 차원에서 저술된 서적에 일부분으로 포함되어 있다. 이에 반해 남병철의 『의기집설』은 천문의기만을 전문적으로 다룬 개인적인 저술로서 대표적인 천문기기 10종을 선정하여, 그 구조, 제작법, 사용법을 아주 상세히 기록하고 있다. 『의기집설』의 서문이 없어서 남병철의 저술 의도는 확실하지 않지만, 서술된 내용들을 보았을 때 관상감에서 공식적으로 편찬한 책은 아닌 것 같다.¹⁵⁾

『의기집설』의 편찬 시기는 정확히 알 수 없으나 인용된 저술들의 출판 년대를 고려해 보았을 때 1850년대 후반일 것으로 추정된다.¹⁶⁾ 책의 구성은

다. 문중양, “19세기의 사대부 과학자 남병철”, 『계간 과학사상』(2000 여름), 100쪽.

12) 전용훈, “南秉哲의 『推步續解』와 조선후기 서양천문학”, 『규장각』 제38집(2010.7), 198쪽.

13) 이용삼, 김상혁, 남문현, “남병철의 혼천의 연구”, *Journal of the Korean Astronomical Society* Vol. 34(2000), 48쪽.

14) 오영숙, “e-규장각 자료총서『海鏡細艸解』해제” 참조. <http://e-kyujanggak.snu.ac.kr>; 문중양, 앞 논문, 103쪽.

15) “혼평의설(渾平儀說)”에서 “友人朴桓卿製也”라며 환경(桓卿) 박규수를 친구라 부른 것이나, “양도의설(量度儀說)”에서 “家弟子裳”(동생 자상(子裳) 남병길)이라는 호칭을 볼 때 남병철 개인 저술로 볼 수 있다.

16) 김명호는 『의기집설』출판 년도를 하권 “지구의설(地球儀說)”에서 인용한 모유렴(慕維廉, W. Muirhead)의 저작 『지리전지(地理全志)』(1853-1854)나 『양도의설(量度儀說)』에 요약

상하권 230면으로 상권은 53장 105면, 하권은 63장 125면으로 되어 있다. 『의기집설』에는 10종의 대표적인 천문의기를 모아 천문의기에 대한 유래와 구조[說], 구성 부품과 제작방법[製法], 설치와 사용법[用法], 그리고 관측에 적용된 수학적 원리와 관측치를 이용한 계산법[算法]이 자세히 서술되어 있다.¹⁷⁾ 상권에는 혼천의(渾天儀)를 상술하고, 하권에는 혼개통헌의(渾蓋通憲儀), 간평의(簡平儀), 험시의(驗時儀), 적도고일구의(赤道高日晷儀), 혼평의(渾平儀), 지구의(地球儀), 구진천추합의(句陳天樞合儀), 양경규일의(兩景揆日儀), 양도의(量度儀)의 설을 모아 놓았다.¹⁸⁾ 남병철은 『의기집설』을 집필 하면서 당시까지 알려진 천문의기 관련 참고문헌과 천문의기를 두루 섭렵했다. 그의 『의기집설』에서는 이지조(李之藻, 1565-1631)의 『혼개통헌도설(渾蓋通憲圖說)』 (1607), 웅삼발(熊三拔, P.S. de Ursis, 1575~1620)의 『간평의설(簡平儀說)』 (1611), 남회인(南懷仁, Ferdinand Verbiest, 1623-1688)의 『영대의상지(靈臺儀象志)』 (1674), 오위업(吳偉業, 1609-1672)의 자명종 관련 시, 매문정(梅文鼎, 1633-1721)의 천문역산 관련 저술, 대진현(戴進賢, Ignatius Kögler)의 『흠정의상고성(欽定儀象考成)』 (1745), 완원(阮元, 1764-1849)의 『연경실집(曄經室集)』 (1823), 『흠정의상고성속편(欽定儀象考成續編)』 (1845), 서계여(徐繼畬)의 『영환지략(瀛環志略)』 (1848), 위원(魏源)의 『해국도지(海國圖誌)』 (1852), 모유클(慕維廉, W. Muirhead)의 『지리지전지(地理全志)』 (1853-1854)까지 곳곳에 인용하고 있다.

『의기집설』에 포함된 10종 중 4종의 천문의기는 당시 조선에서 제작되었던 것을 참고하고 있다. 그 중에서도 혼평의와 지구의는 그의 친구 박규수(朴珪壽, 1807-1876)가 제작한 것이라고 밝히고 있다. 특히 「지구의설」은 박

된 동생 남병길의 『양도의도설(量度儀圖說)』 (1855)을 보았을 때 1855년 이후에 출판된 것으로 추정하고 있다. 김병호, 남문현, 김지인, “남병철과 박규수의 천문의기 제작: 『의기집설』을 중심으로”, 『조선시대사학보』 12 (2000), 116쪽; 김상혁은 『의기집설』의 출판 년도를 남병철이 관상감 제조를 맡았던 1859년으로 추정하고 있다. 김상혁, 이용삼, 남문현, “남병철의 혼천의 연구II: 『의기집설』에 나오는 <혼천의 용어>의 역해설”, *Journal of Astronomy and Space Science* 23-1 (2006), 72쪽.

17) 전용훈, “e-규장각 자료총서『儀器輯說』해제” 참조. (<http://e-kyujanggak.snu.ac.kr>.)

18) 『의기집설』에서 설명하는 의기와 정확히 같지는 않지만 비슷한 형태의 현존하는 천문의기는 혼개통헌의(실학박물관 소장), 간평의(서울역사박물관 · 고궁박물관 · 실학박물관 소장), 혼평의(고궁박물관 · 실학박물관 소장), 양경규일의(고려대 박물관 소장)와 험시의(서울대 박물관 · 고려대 박물관 소장)가 있다.

규수의 『환제집(環齊集)』, 『지세의명(地勢儀銘)』을 참고한 것으로 보인다. 양경규일의의는 중인 역산가 이상혁(李尙赫, 1810-?)이 창안한 것이라고 기술하고 있다. 이상혁의 저서 『규일고(揆日考)』(1850)에는 양경규일의에 대한 자세히 설명이 있고, 남병철이 서문을 작성한 것으로 보았을 때 「양경규일의설」은 이를 참고하여 작성한 것임을 알 수 있다. 마지막으로 「양도의설」은 그의 동생 남병길(南秉吉, 1820-1869)이 저술한 『양도의도설(量度儀圖說)』(1855)의 핵심 내용을 요약 정리하여 집필하였다.

『의기집설』에 대한 연구는 2000년대 들어와서야 본격적으로 진행되었다. 그 결과 『의기집설』에 실린 천문의기 중 혼천의, 간평의, 혼평의, 지구의에 대한 연구가 이루어졌다.¹⁹⁾ 남병철의 혼천의에 관한 연구에서 김상혁은 남병철의 혼천의가 중국과 서양에서 전래된 천문의기의 장단점을 고려하여 창안한 독창적인 천문관측기구라고 높이 평가하고 있다. 특히 남병철에 의해 창안된 혼천의의 재극권(載極圈)은 혼천의라는 하나의 기기로 천문관측에 필요한 적도좌표계, 황도좌표계, 지평좌표계의 관측을 모두 구현할 수 있는 독창적인 장치임을 강조하고 있다.²⁰⁾

3. 「험시의설」 내용

『의기집설』에서 남병철은 기계시계인 자명종을 ‘험시의(驗時儀)’, 즉 ‘시간을 증험하는 기구’라고 명명하였다. 16세기부터 동아시아에 들어온 서양의 기계시계인 자명종은 문신종(問辰鐘), 보신종(報辰鐘), 윤종(輪鐘), 시종(時鐘), 화시계(和時計) 등의 명칭으로 불렸다. 하지만 자명종을 ‘험시의’라고 지칭한 경우는 찾아보기 힘들다. 중국에

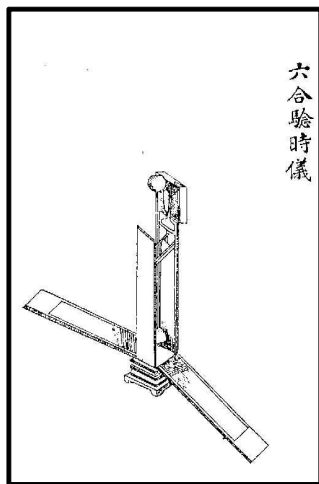


그림 1. 『皇朝禮器圖式』에 그려진 육합험시의 그림

19) 남병철의 혼천의 연구에는 김상혁의 “의기집설의 혼천의 연구” (충북대학교 석사학위 논문, 2002)가 있고, 간평의, 혼평의, 지구의 연구에는 김명호, 남문현, 김지인의 앞 논문이 있다.

20) 김상혁, 앞 논문, 78-85쪽.

서는 시간에 따라 이동한 거리를 측정하는 기구(time-checking instrument)를 ‘험시의(驗時儀)’ 또는 ‘육합험시의(六合驗時儀)’라고 부른 예가 있는데, 이 경우에는 자명종과는 다른 용도로 쓰이는 기구를 지칭하고 있다.²¹⁾ 그렇다면 남병철은 왜 자명종을 굳이 ‘험시의’라 불렀을까? “자명종은 본래 서양의 시간을 증험하는 의기이다.”라는 남병철의 설명에서 그 단서를 찾아 볼 수 있다.²²⁾ 즉, 그의 관심은 시각(時刻)을 알리는 “일반시계”로서의 “자명종”이 아니라 시간(時間)을 측정하는 “계시(計時) 기구”로서 험시의에 있었다고 볼 수 있다. 『의기집설』이 천문의기를 설명하는 전문서적임을 고려한다면 남병철이 일반시계로서의 ‘자명종’이 아닌 천문 관측에 필요한 시간 측정에 사용되는 ‘험시의’에 관심을 가졌음은 자연스러워 보인다.²³⁾ 천문의기서에 물시계를 빼고 자명종을 첨부한 남병철의 태도는 대표적인 천문의기서인 소송(蘇頌, 1020-1101)의 『신의상법요(新儀象法要)』 (1088)에서 물시계인 누각(漏刻)을 중시했던 전통과 차이가 난다. 또한 서양의 천문의기를 소개하고 있는 남회인의 『영대의상지(靈臺儀象志)』 (1674)나 대진현의 『흠정의상고성(欽定儀象考成)』 (1745)에서 자명종을 포함하고 있지 않은 것과 비교해보아도 또 다른 입장을 보이고 있다.

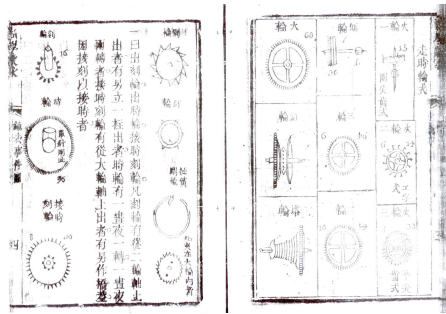


그림 2. 서조준의 『자명종표도설』(1807) 중 자명종 부품 그림과 설명

자명종을 천문의기의 하나로 간주한 예는 19세기 초 중국에서도 찾아 볼 수 있다. 바로 서조준(徐朝俊)의 「자명종표도설(自鳴鐘表圖說)」이다.²⁴⁾ 서조

21) 『皇朝禮器圖式』 卷三, 「六合驗時儀」, “六合驗時儀 謹按. 本朝製六合驗時儀. 鑄銅為兩球. 下球徑六分有奇. 重二十四銖. 上球減十之二. 貫以銅鉗. 長四寸六分有奇. 近上三之一為兩軸. 橫梁承之前後. 亦為橫梁前梁. 下鍵以銅葉. 一往一還為一秒. 七秒為五里候. 凡發聲時撥之. 使動驗秒數. 以知聲之遠近.”

22) 남병철, 『儀器辨說』, 卷下, 「驗時儀說」, 三十一 뒷면. “自鳴鐘, 本西洋驗時之儀.”

23) 남병철의 이러한 태도는 『의기집설』의 “지구의설(地球儀說)”에서도 볼 수 있다. 박규수가 만든 지세의(地勢儀)에서 지리적 기능을 축소하고 천문 관측 기능을 강화하여 지구 의(地球儀)로 설명한 것이다. 김명호, 남문현, 김지인, “남병철과 박규수의 천문의기 제작”, 『조선시대사학보』 Vol. 12 (2000), 119쪽.

준은 청(淸) 인종(仁宗) 가경연간(嘉慶年間: 1796-1820)의 천문역산가로 천문·역법·의기 관련 저술을 모아 1807년 『고후몽구(高厚蒙求)』로 출판하였다.²⁵⁾ 「자명종표도설」은 『고후몽구』 3집에 실려 있다. 「자명종표도설」 서문에서 서조준은 자명종을 완상용 기계가 아니라 흐리거나 비가 오는 날 해시계와 별시계를 대신하여 시각을 측정할 수 있는 천문의기의 하나로 중시했다.²⁶⁾ 그리고 본문에서는 30면에 걸쳐 조속가·탈진기·타종 방식에 따라 자명종을 분류하고 각 부품들의 제작법과 사용법에 대해 그림을 첨부하여 상세히 설명했다.

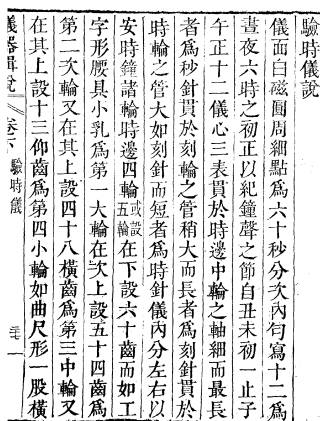


그림 3. 남병철의 「험시의설」(1850년대 말)

실제로 남병철이 「험시의설」을 집필하면서 서조준의 「자명종표도설」을 참조했을 가능성이 있다. 자명종 부품과 제작법에 대한 「험시의설」의 설명 중에는 「자명종표도설」의 내용과 비슷한 부분이 있다. 하지만 각 부품의 명칭, 자명종의 세부 구조의 면에서 남병철의 험시의는 「자명종표도설」의 설

24) 생몰년은 알려져 있지 않으나 청대 말에 활약했던 천문역산가로 알려져 있다. 자는 관천(冠千) 호는 서당(恕堂)으로 강소(江蘇) 화정(華亭) 출신이다. 이외 알려진 그의 대표적인 저서로는 『中星表』와 『遠鏡說』이 있다. 성신여자대학교 박물관에 소장된 천문도 『황도중국합도』(1807)가 서조준이 피글러의 『황도중성도』를 원본으로 모사한 목판본 신법천문도로 알려져 있다.

25) 『고후몽구』의 初集 「天學入門」에는 天體, 地體, 對足底行說, 九重天離之遠近, 日與地球大小遠近, 日月食, 七曜行度, 五星躔度歌, 七曜經星大小形體, 五星總說, 步天歌, 經天該, 經星主占, 天地雜說이 실려 있다. 二集 「海域大觀」에는 地輿總說, 五大州紀, 海族, 海產, 海狀, 海舶, 海道이 설명되어 있다. 三集에는 「日晷圖法」, 「星月測時」, 「鐘表圖法」이 합본되어 있다. 四集은 「天地圖儀」, 「揆日正方上篇」, 「揆日正方下篇」이 합본되어 있다. 『고후몽구』는 규장각한국학연구원과 국민대학교 도서관에 소장되어 있다. 규장각한국학연구원, 『高厚蒙求』 해제 참조.

26) 「자명종표도설」의 목차는 「鐘表名目, 鐘表事件名目, 事件圖, 配輪齒法, 作法, 修鐘表停擺法, 修打鐘不准法, 裝折鐘表法, 用鐘表法, 鐘表瑣畧」로 이루어져 있다. 이 책은 서조준의 천문·역법·의기 관련 저술을 모아 놓은 『고후몽구(高厚蒙求)』(1807) 三集에 실려 있다.

명과는 많은 차이를 보이는 것도 사실이다. 실제로 남병철은 「협시의설」에서 일본의 화시계(和時計)나 중국의 종표(鐘表)와는 다른 형태의 자명종을 제시하고, 그 제작법과 작동원리를 설명하고 있다.

「협시의설」에서는 25면에 걸쳐 자명종의 구조, 작동원리 및 제작법에 대해 상세히 기록하고 있다. 그에 따르면 협시의의 구조는 크게 시반(時盤), 시변(時邊), 종변(鐘邊), 동판전면(銅版前面) 네 부분으로 나누어진다. 그 다음 부분에서는 추를 이용한 동력 장치, 진자 및 풍륜을 이용한 탈진 장치, 시간 지시 장치, 타종 장치 등 협시의 작동 원리에 대해서 서술하고 있다. 이어서 남병철은 마지막 부분에서 짧막하게 협시의 유래와 제작현황을 언급하면서 청나라의 고증학자 완원이 제기한 자명종 제도의 중국기원설을 소개하고 있다. 협시의 제작법에서는 저울 매다는 법, 시변·종변·동판전면의 각 부품들의 재질, 모양, 구조, 기능을 설명하고 있다. 본 논문에서는 남병철 서술을 그대로 따라가며 「협시의설」을 이해해 나갈 것이다. 다만 서술 편의를 위해 마지막 부분에 설명된 “협시의 제법”을 “협시의 구조”에 이어서 다루고, 협시의 기원에 대한 남병철의 서술을 마지막에 살펴 보려한다.

1) 협시의 내외부 구조

협시의 구조를 설명하는 부분에서는 협시의 외부 앞면 문자반(文字盤), 내부 좌측 시변(時邊), 내부 우측 종변(鐘邊), 그리고 앞면 동판 네 부분으로 나누어 각 부품들의 모양, 위치, 특징 등을 설명하고 있다(그림 4 참조). 먼저 시각을 나타내는 문자반은 백자로 만든 둥근 판에 60개의 작은 점과 12개의 긴 점을 찍어 60초, 60분, 12시를 나타낸다. 그 위에 초침, 각침, 시침을 설치한다고 구조를 묘사하고 있다. 시헌력을 사용했던 조선후기 시각 체계는 하루를 12시 96각으로 나누었다. 12시진(時辰)은 子(현대시제: 23-24시), 丑(1-2시), 寅(3-4시), 卯(5-6시), 辰(7-8시), 巳(9-10시), 午(11-12시), 未(13-14시), 申(15-16시), 酉(17-18시), 戌(19-20시), 亥(21-22시)를 쓰고, 각 시를 초(初)와 정(正)으로 나눈다. 다시 초와 정은 각각 4刻으로 이루어져 하루가 총 96각이 된다. 따라서 협시의 문자반은 子正에서 출발하여 巳正에 도착하여 한 바퀴 돌고, 다시 午正에서 시작하여 亥正에 도착함으로써 하루에 시침이 2바퀴를 도는 형태로 되어 있다. 종소리는 丑·未初(현대 시각으로는 1시와

13시)에는 1번 울리고, 丑·未正(현대 시각으로는 2시와 14시)에는 2번 울리며, 이와 같이 차례로 이어져 子·午正(현대 시각으로는 24시와 12시)에는 12번을 친다.

험시의 내부는 두 부분으로 나뉘는데 좌측은 시간 지속장치인 시변이고 우측은 타종 동력발생 장치인 종변이다 [그림 5 참조]. 시변에 있는 각 부품들은 시각을 나타내는 시침·각침·초침의 회전 동력을 발생시키고, 회전력을 일정하게 유지하는 기능을 담당하고 있다. 시변에는 네 개의 톱니바퀴가 있다.

가장 아래쪽에 위치한 제1대륜(第一大輪)은 60개의 톱니로 되어있으며, 가운

데는 공자(工字) 모양으로 움푹 들어가 있어 추가 걸린다. 제2차륜(第二次輪)은 54개의 톱니로 되어있다. 그 위로 제3중륜(第三中輪)이 있는데 48개의 가로 톱니를 가지며, 동판 앞면의 각침륜과 연결되어 있다. 시변의 가장 위쪽에 위치한 제4소륜(第四小輪)은 탈진장치로 톱니가 위쪽을 바라보고 있는 13개의 양치(仰齒)로 되어 있다. 소륜은 진자 장치인 유추(遊鍾)와 함께 시변에 있는 톱니바퀴의 회전 속도를 일정하게 해주는 조속장치이다. 이상 4개의 톱니바퀴를 고정하는 4개의 축(軸)이 있고, 6개의 톱니를 가지는 3개의 아륜(牙輪)이 차륜, 중륜, 소륜을 서로 맞물리게 한다.

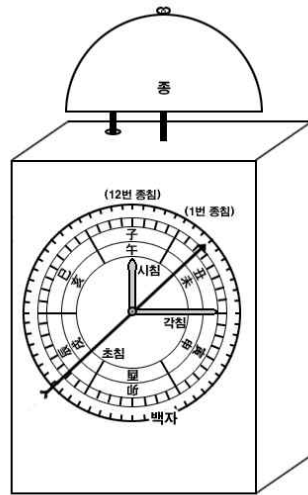


그림 4. 험시의 문자반 복원도

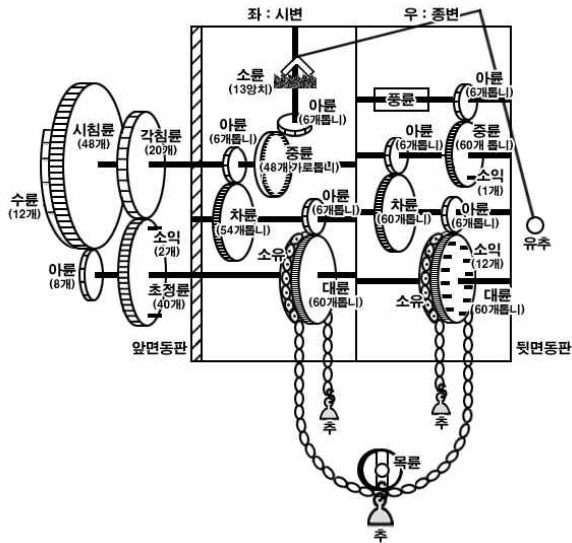


그림 5. 내부 동판 앞면 바퀴, 시변 및 종변의 구조 복원도

종변은 타종의 동력을 발생하는 3개의 톱니바퀴와, 타종 속도를 조절하는 1개의 톱니바퀴로 구성되어 있다(그림 5 참조). 가장 아래쪽에 위치한 제1대륜(第一大輪)은 두 개의 톱니바퀴가 붙어 있는 형태로 만들어져 있다. 한 쪽 톱니바퀴는 60개의 톱니로 되어 있으며, 12개의 말뚝[小杙]이 있어 타종수를 지시한다. 다른 쪽 톱니바퀴 허리는 시변의 제1대륜과 같이 공자(工字) 모양으로 생겼으며 가운데 꼭지가 나와 있어 추와 연결된 체인으로 감겨 있다. 그리고 두 바퀴사이에 불역환(不逆環, 갈쪽톱니기어)이 설치되어 있어 톱니바퀴가 반대 방향으로 돌지 않게 한다. 그 위에 60개의 가로 톱니를 가지는 제2차륜(第二次輪)이 있다. 제3중륜(第三中輪)은 60개의 톱니와 1개의 말뚝[小杙]을 가지며 제2차륜 위에 위치한다. 마지막으로 제4풍륜(風輪)은 네모 모양[方形]의 구리 조각 2개가 합쳐져 있는 형태이며, 타종 속도를 조절하는 역할을 한다. 이상 4개의 톱니바퀴를 고정하는 4개의 축(軸)이 있고, 6개의 톱니를 가지는 3개의 아륜(牙輪)이 차륜, 중륜, 풍륜을 서로 맞물리게 한다. 종변에는 이외에도 사발 모양의 종(鐘)과 종을 치는 망치인 종쇠(鐘槌)가 있다.

문자반 뒤와 앞면 동판 사이에 위치한 타종장치는 4개의 톱니바퀴와 타종을 지시하는 5개의 부품으로 구성되어 있다(그림 6 참조). 타종장치의 각 부품들은 시각에 맞춰 시침·각침·초침과 타종수를 지시하는 기능을 한다. 매시마다 초와 정을 지시하는 초정륜(初正輪)은 40개 톱니를 가지는 톱니바퀴와 8개의 톱니를 가지는 아륜으로 구성되어 있다. 초정륜은 시변의 대륜축과 연결되어 있으며, 2개의 말뚝이 있어 20톱니가 회전할 때마다 인자철(人字鐵)을 작동시킨다. 각침의 회전을 지시하는 각침륜(刻針輪)은 20개의 톱니로 되어 있다. 시변의 중륜축과 연결되었고, 초정륜 위에 맞물려 있다. 각침륜 앞에 위치한 시침륜(時針輪)은 48개 톱니를 가진다. 각침륜의 관에 관통하며 초정륜의 아륜과 맞물려 있다. 시침륜과 붙어 있으며 소라 모양을 한 수륜(數輪)은 12개의 톱니를 가지고 있어 타종수를 지시해 준다. 초정륜 위에 있고 양다리가 가로와 세로로 벌어져 있는 것이 인자철(人字鐵)이다. 인자철은 종변 중륜의 말뚝과 연결되어 있다. 지륜철(止輪鐵)은 작게 굽은 구리 조각에 머리는 도끼날과 같이 생겼으며, 종변 중륜 끝에 관통한다. 종변 중륜축과 지륜철은 연결되어 있어 지시가 있을 때까지 중륜을 정지시키는 기능을 한다. 저고철(杵股鐵)은 지륜철 위에 가로로 누워있다. 작은 다리가 붙어 있으며, 다리 v끝이 마치 칼날과 같이 생겼다. 거두철(鉅頭鐵)은 지륜철 아래 있고, 세 개의 다리와 머리에 15개의 가는 기울어진 톱니를 얹고 있다. 그리고 거두철 아래에 둥글며 굽은 모양을 하는 것이 을자동조(乙字銅條)이다. 을자동조는 판스프링과 같이 거두철의 아래쪽 다리를 밀어 수륜에 맞물리게 하는 기능을 한다.

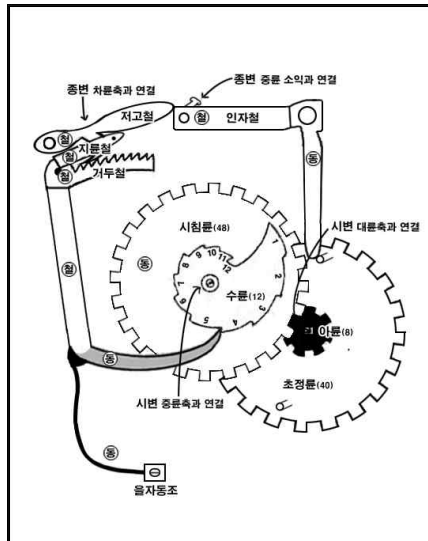


그림 6. 동판 앞면 타종장치의 구조 복원도

구조	부품 명칭	특 징
문자반 (文字盤)	시반 (時盤)	- 재질 및 모양: 백자, 원주 - 표시: 작은 점 60초·분, 안쪽에 12글귀(6시진 초·정) - 종소리: 축미초(丑未初) 1번 - 자오정(子午正)에 12번
	초침 (秒針)	- 모양: 가늘고 가장 긴 막대 - 특징: 시변의 제3중륵 축을 관통
	각침 (刻針)	- 모양 : 초침보다 조금 더 굵고 긴 막대 - 특징: 각침륵의 관(管)을 관통
	시침 (時針)	- 모양: 굵기는 각침과 같지만 더 짧은 막대 - 특징: 시침륵의 관(管)을 관통
시변 (時邊)	제1대륵 (第一大輪)	- 위치: 시변 가장 아래 - 모양: 60개 톱니 바퀴, 공자(工字) 형태로 허리에 조그만 젓 모양의 꼭지(小乳)가 있음
	제2차륵 (第二次輪)	- 위치: 제1대륵 위쪽 - 모양: 54개 톱니 바퀴
	제3중륵 (第三中輪)	- 위치: 제2차륵 위쪽 - 모양: 48개 가로톱니 바퀴
	제4소륵 (第四小輪)	- 위치: 제3중륵 위쪽 - 모양: 13개 양치톱니 바퀴
	유추 (遊錘)	- 위치: 제4소륵 위쪽, 한쪽 다리는 소륵의 톱니 사이, 다른 한쪽 다리는 뒷면에 세로로 놓임 - 모양: 굽은자(曲尺) 형태, 진자 - 특징: 요동침
	아륵 (牙輪)	- 위치: 3개 아륵이 차륵축, 중륵축, 소륵축에 각각 관통 - 모양: 6개 톱니 바퀴
중변 (鐘邊)	제1대륵 (第一大輪)	- 위치: 중변 가장 아래 - 모양: 60개 톱니바퀴, 공자(工字) 형태로 허리에 조그만 젓 모양의 꼭지(小乳)가 있고, 12개의 조그만 말뚝(小杙)
	제2차륵 (第二次輪)	- 위치: 제1대륵 위쪽 - 모양: 60개 톱니 바퀴
	제3중륵 (第三中輪)	- 위치: 제2차륵 위쪽 - 모양: 60개 톱니 바퀴로 한 쪽에 1개 조그만 말뚝(小杙)이 있음
	제4풍륵 (第四風輪)	- 위치: 제3중륵 위쪽 - 모양: 네모꼴 모양의 구리 조각

종변 (鐘邊)	종(鐘)	- 위치: 험시의 위쪽 - 모양: 사발형태
	종추 (鐘槌)	- 위치: 앞뒤 동판 사이, 가로 다리는 종변에 있는 대륜의 작은 말뚝에 맞물림 - 모양: 가로 막대기(橫杠)로 끝단에는 가로 다리(橫股), 가운데는 대(莖)가 설치됨. 대 끝은 누에고치(繭) 같은 조그만 구리조각(銅片)이 설치됨
	아륜 (牙輪)	- 위치: 3개 아륜이 차륜축, 중륜축, 풍륜축에 각각 관통 - 모양: 6개 톱니 바퀴
동판 전면 (銅版 前面)	조정륜 (初正輪)	- 위치: 앞면 동판, 시변 대륜축 끝에 관통 - 모양: 40개 톱니 바퀴, 20개 톱니씩 나누어 2개의 조그만 말뚝 지님, 중심에 8개 톱니 아륜 구비
	각침륜 (刻針輪)	- 위치: 시변 중륜축 끝에 관통, 조정륜의 톱니와 맞물림 - 모양: 20개 톱니 바퀴, 중심에 둥근관(圓管)을 지님
	시침륜 (時針輪)	- 위치: 각침륜의 관에 중첩되어 관통, 조정륜의 아륜에 서로 맞물림 - 모양: 48개 톱니 바퀴, 중심에 관(管)을 지님
	수륜 (數輪)	- 위치: 시침륜의 앞면 - 모양: 12개 톱니 바퀴, 점차 얇고 깊게 조각된 소라 머리 형태(螺頭形)
	지륜철 (止輪鐵)	- 위치: 종변 중륜의 끝단에 관통 - 모양: 작게 굽은 구리조각, 하나의 머리(一頭)는 도끼의 칼날(斧刃) 모양 - 작동: 하나의 머리가 거두철의 조그만 말뚝에 맞물림 칼날 모양의 머리는 거두철의 톱니를 밀어 회전함
	인자철 (人字鐵)	- 위치: 조정륜 위 - 모양: 가로·세로로 양다리가 벌어짐, 가로 다리는 조그만 말뚝을 지님 - 작동: 한 쪽 다리는 조정륜의 조그만 말뚝 아래 맞물림 다른 쪽 다리는 저고철 머리와 가로로 된 다리의 말뚝에

동판 전면 (銅版 前面)		가로로 맞물림
	저고철 (杵股鐵)	- 위치: 지륜철 위 - 모양: 몸이 가로로 누워 작은 다리를 두름, 다리 끝은 칼 날 형태 - 작동: 칼날 형태는 거두철의 제1톱니에 맞물림
	거두철 (鉅頭鐵)	- 위치: 지륜철 아래 - 모양: 산의 입구 형태의 세 개의 다리를 지님, 머리에 15 개 가는 기울어진 톱니를 지님, 1개의 작은 말뚝 갖춤. - 작동: 거두철 아래 다리는 수륜의 톱니와 맞물림
	을자동조 (乙字銅條)	- 위치: 거두철 아래 - 모양: 둥글며 굽은 을자 형태의 구리 가지 - 동작: 굽혔다가 펴지는 항력으로 거두철을 밀어냄

표2. 혐시의 구조와 부품 특징

2) 제작법

혐시의 제작법을 설명하는 부분에서는 [표 3]에서와 같이 현추, 시변, 중
변, 동판앞면에 있는 각 부품의 재질과 제작 방법을 상세히 설명하고 있다.

구조	부품 명칭
현추(懸鍾)	담호(膽壺), 목륜(木輪)
시변(時邊)	제1대륜(第一大輪), 대륜축(大輪軸), 제2차륜(第二次輪), 차륜축(次輪軸), 제3중륜(第三中輪), 중륜축(中輪軸), 제4소륜(第四小輪), 소륜축(小輪軸), 유추(遊鍾), 초각시삼침(秒刻時三針)
중변(鐘邊)	제1대륜(第一大輪), 대륜축(大輪軸), 제2차륜(第二次輪), 차륜축(次輪軸), 제3중륜(第三中輪), 중륜축(中輪軸), 제4풍륜(第四風輪), 풍륜축(風輪軸), 중(鐘), 종퇴(鐘槌)
동판전면 (銅版前面)	조정륜(初正輪), 각침륜(刻針輪), 시침륜(時針輪), 인자철(人字鐵), 지륜철 (止輪鐵), 저고철(杵股鐵), 거두철(鉅頭鐵), 을자동조(乙字銅條)

표3. 혐시의 구조와 부품 명칭

먼저 추 제작법과 추를 매다는 방법을 설명하고 있다. 구리를 부어서 호로
병 모양으로 추를 만들고, 납을 채워 넣어 적당한 무게를 갖도록 조절한다.

그리고 도르레 모양의 목륜(木輪)을 만들어 체인 모양의 구리 밧줄로 감는다. 구리 밧줄 한 끝은 시변(時邊) 대륜(大輪) 허리의 젓꼭지(小乳)에 걸고, 다른 한 끝은 종변(鐘邊) 대륜(大輪) 허리의 젓꼭지(小乳)에 건다. 추(錘)를 목륜에 매달아, 시변 대륜과 종변 대륜이 추의 무게로 작동하게 한다(그림 5 참조).

이어서 시변 각 부품 제작 방법에 대해 설명하고 있다. 시변 및 종변, 동판 앞면의 각 부품들을 「험시의설」의 설명에 따라 그림으로 그려보면 아래의 그림 7, 8, 9와 같다.

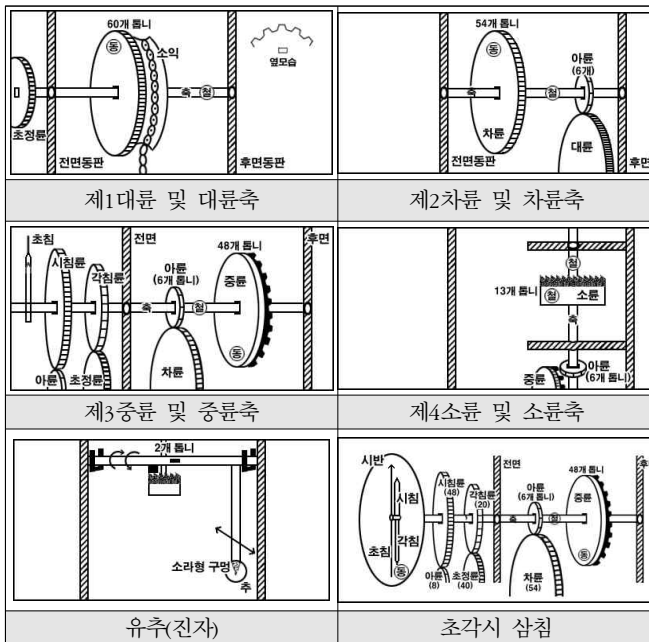


그림 7. 시변의 각 부품 복원도

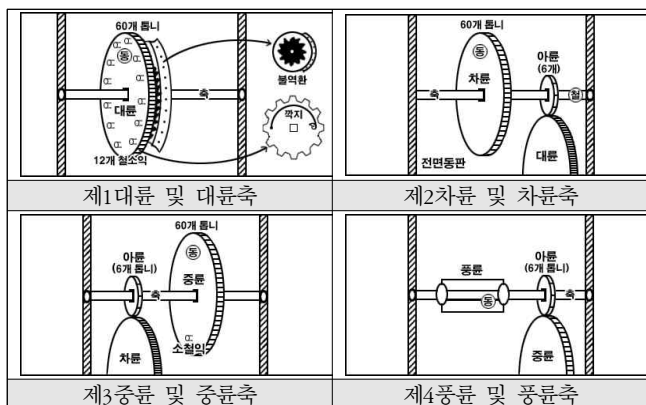


그림 8. 종변의 각 부품 복원도

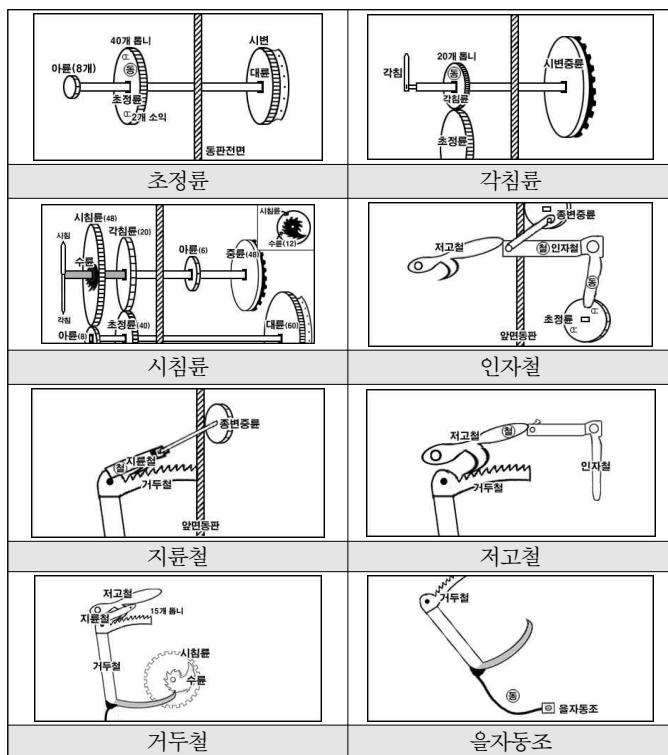
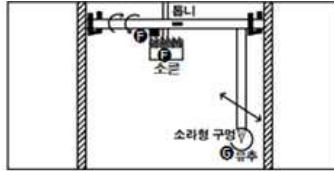
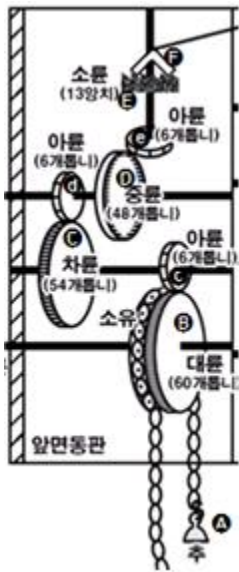


그림 9. 동판앞면의 각 부품 복원도



구분	작동 원리(※숫자는 톱니바퀴 수)
동력 발생	A 추(무게로 아래로 내려감)→ B 제1대륜(60, 회전)→ C 제2차륜아륜(6, 회전)→ C 제2차륜(54, 회전)→ D 제3중륜아륜(6, 회전)→ D 제3중륜(48회치, 회전)→ E 제4소륜아륜(6, 회전)→ F 제4소륜(13양치, 회전)
회전 속도 조절	G 유추(좌우 진동)→ F 유추다리톱니(2, 좌우 회전)→ B 제4소륜(13양치, 감속)→ E 제4소륜아륜(감속)→ D 제3중륜(감속)→ D 제3중륜아륜(감속)→ C 제2차륜(감속)→ C 제2차륜아륜(감속)→ B 제1대륜(감속)→ A 추(천천히 내려감)

그림 10. 시변 작동원리

표 4.시변 동력발생 및 진자탈진장치 원리

3) 작동 원리

험시의의 작동 원리를 설명하고 있는 부분에서는 시변·종변의 동력발생과 조속장치 원리, 타종장치의 작동원리, 그리고 톱니바퀴의 회전에 대한 일반적인 원리로 나누어 자세히 서술하고 있다.

먼저 시변에서 시간을 지속시키는 동력 발생 원리를 그림 10 복원도를 보면서 살펴보자[그림 10, 표4 참조]. 추**A**가 걸려 있는 제1대륜**B**이 추의 무게로 인해 오른쪽으로 회전하기 시작한다. 제1대륜과 맞물려 있는 제2차륜의 아륜**C**도 제1대륜을 따라 회전한다. 제2차륜 축에 관통해 있는 제2차륜**C**이 회전하고, 제2중륜 아륜**D**, 제3중륜**D**, 제4소륜 아륜**E**, 제4소륜**F**도 차례로 회전한다. 시변의 조속장치는 진자장치와 탈진기로 구성되어 있으며, 추에서 발생한 회전력을 일정한 속도로 움직이게 한다. 그 원리를 살펴보면, 진자인 유추**G**가 좌우로 진동한다. 진자추와 연결된 가로 다리에 설치된 두 개의 톱니**F**가 소륜의 톱니**B**와 맞물려 제4소륜의 회전을 조절한다. 제4소륜과 맞물린 아륜**E**의 회전 속도가 줄어든다. 이에 따라 제3중륜**D**, 제3중륜

의 아륜^㉔, 제2차륜^㉑, 제2차륜의 아륜^㉑, 제1대륜^㉒도 차례로 회전속도가 줄어든다. 결국 추^㉓는 천천히 내려가게 된다. 따라서 시변에서 발생된 동력이 탈진장치와 진자장치의 제어를 받아 일정한 속도로 회전하게 된다. 이로써 대륜축과 관통하고 있는 조정륜과 중륜축에 관통해 있는 각침륜으로 전달되어 시침·각침·초침을 회전시킨다.

종변의 동력발생과 타종 속도 조절장치 원리도 시변과 같은 방식으로 설명하고 있다[그림 11, 표 5 참조]. 단지 차이가 있다면, 공기의 저항을 발생시키는 제4풍륜^㉑으로 추가 내려가는 힘에 의해 발생하는 톱니바퀴의 회전력을 일정하게 조절한다는 점이다. 종변에서 발생한 동력은 지륜철^㉑과 인자철에 의해 멈춰져 있다가, 일정한 시간이 되어 지륜철이 회전하고, 인자철이 움직여 종변 중륜을 풀어주면 타종이 이루어진다.

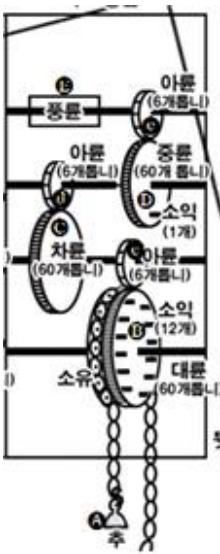


그림 11. 종변 작동원리

구분	작동 원리(※숫자는 톱니바퀴 수)
동력 발생	㉓ 추(무게로 아래로 내려감)→㉑ 지륜철(종변 바퀴들을 멈추게 함)→㉑ 지륜철(폴림)→㉒ 제1대륜(60, 회전)→㉑ 제2차륜아륜(6, 회전)→㉑ 제2차륜(60, 회전)→㉔ 제3중륜아륜(6, 회전)→㉔ 제3중륜(60, 회전)→㉑ 제4풍륜아륜(6, 회전)→㉑ 제4풍륜(회전)
타종 속도 조절	㉑ 제4풍륜(바람의 저항으로 감속)→㉑ 제4풍륜아륜(6, 감속)→㉔ 제3중륜(감속)→㉔ 제3중륜아륜(감속)→㉑ 제2차륜(감속)→㉑ 제2차륜아륜(감속)→㉒ 제1대륜(감속)→㉓ 추(천천히 내려감)

표 5. 종변 동력발생 및 타종 속도 조절 원리

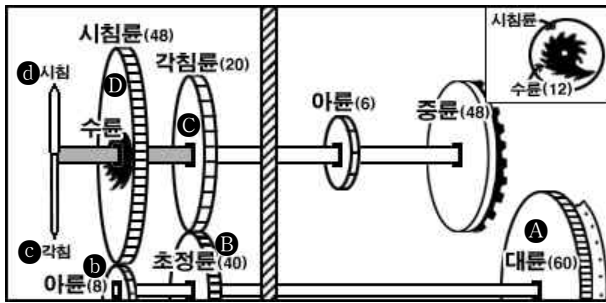


그림 12. 각침·시침 작동 원리

구분	작동 원리(※숫자는 톱니바퀴 수)
각침 지시 원리	Ⓐ 시변 제1대륜축(60, 30개 톱니 반회전)→ Ⓑ 초정륜(40, 20개 톱니 반회전)→ Ⓒ 각침륜(20, 20개 톱니 일회전)→ Ⓓ 각침 4각 지시(각침 륜 5개 톱니=1각)
시침 지시 원리	Ⓐ 시변 제1대륜축(60, 30개 톱니 반회전)→ Ⓑ 초정륜(40, 20개 톱니 반회전)→ Ⓒ 초정륜 아륜(8, 4개 톱니 반회전)→ Ⓓ 시침륜(48, 4개 톱니 1/12회전)→ Ⓓ 시침 1소시 지시(시침륜 4개 톱니=1소시)

표 6. 초정륜.각침륜.시침륜의 작동원리

각침과 시침의 작동원리에 대해서는 초정륜, 각침륜, 시침륜 각각의 톱니 수에 따른 비례에 근거해서 설명하고 있다[그림 12, 표 6 참조]. 우선 각침 지시 원리를 살펴보면, 추력으로 시변에 있는 제1대륜**A**이 회전하면 대륜축에 관통해 있는 초정륜**B**과 초정륜과 맞물린 각침륜**C**도 차례로 회전하게 된다. 예를 들어 40개 톱니로 이루어진 초정륜**B**이 반바퀴 회전하면, 맞물린 20개 톱니로 된 각침륜**C**이 한 바퀴 회전하게 된다. 따라서 각침륜**C**의 5개 톱니가 회전하면 각침**C**은 1각(현대시제로 15분)을 지시하게 된다. 각침륜의 한 바퀴 20개 톱니가 회전하게 되면, 각침도 한 바퀴가 돌아 4각(현대시제로 60분)이 된다. 시침의 작동은 대륜, 초정륜, 초정륜 아륜, 시침륜의 회전으로 이루어진다. 시변 제1대륜**A**이 회전하면 대륜축과 연결된 초정륜**B**과 초정륜 아륜**b**, 그리고 초정륜 아륜과 맞물린 시침륜**D**이 차례로 회전하게 된다. 예를 들어 40개 톱니로 된 초정륜**B**이 반 바퀴(20개 톱니)가 회전하게 되면, 8개 톱니로 된 초정륜의 아륜**b**도 반 바퀴(4개 톱니)가 회전한다. 초정륜의

아륵과 맞물린 시침륵은 48개 톱니로 되어 있는데, 초정륵의 아륵^㉑이 4개 톱니가 회전함에 따라 시침륵^㉒도 4개 톱니 즉 1/12을 회전하면서 시침^㉓은 1소시(小時)를 가리키게 된다.

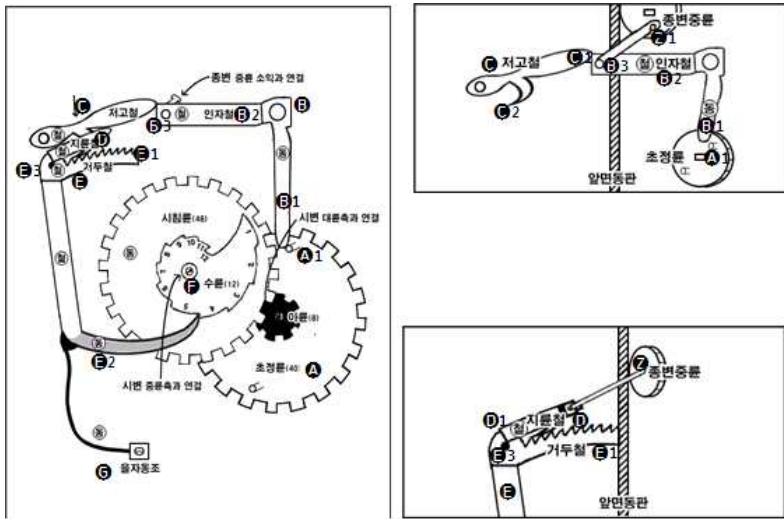


그림 13. 타종 작동 원리

구분	작동 원리(※숫자는 톱니바퀴 수)
타종 준비 단계	㉑ 초정륵(40, 20개 톱니 회전)→ ㉒ 초정륵 소익(2, 1개 소익 회전)→ ㉓ 인자철 구리다리(좌측으로 밀어 올림)→ ㉔ 인자철 철다리(위로 밀림)→ ㉕ 저고철 머리(밀어 올림)→ ㉖ 중변 제3중륵 소익(지탱함)→ ㉗ 저고철 칼날(거두철의 톱니를 풀어줌)→ ㉘ 을자동조(거두철을 밀침)→ ㉙ 거두철(기울음)→ ㉚ 거두철 구리 다리(수륵에 걸림)→ ㉛ 수륵(12, 제1톱날에 거두철 구리 다리가 걸림)
타종 단계	㉛ 거두철(기울어져 멈춤)→ ㉜ 지륵철 도끼날(거두철에서 떨어짐)→ ㉝ 인자철 소익(중변 중륵 소익을 지탱함)→ ㉞ 초정륵(회전)→ ㉟ 인자철 구리다리(수직으로 돌아옴)→ ㊱ 인자철 철다리(아래로 내려옴)→ ㊲ 중변 제3중륵 소익(풀림)→ ㊳ 1중변 제1대륵 소익(12, 회전)→ ㊴ 2중추 막대기(밀어 올림)→ ㊵ 1중변 제1대륵 소익(중추로부터 풀림)→ ㊶ 2중추 막대기(다시 아래로 내려옴)→ ㊷ 1중추(중을 침)
타종 멈춤 단계	㊸ 지륵철(회전)→ ㊹ 1거두철의 톱니(오른쪽으로 밀림)→ ㊺ 2저고철 도끼날(제자리로 돌아와 거두철의 제1톱니에 물림)→ ㊻ 지륵철 머리(거두철의 소익 ㉕ 3에 맞물려멈춤)→중변 톱니바퀴 멈춤→타종 멈춤

표 7. 타종 장치의 작동 원리

동판 앞면에 위치한 타종장치의 작동원리에 대한 설명은 크게 3단계로 나누어서 이해할 수 있다[그림 13, 표 7 참조]. 1단계는 타종 준비 단계로 조정륜[㉠]이 회전함에 따라 조정륜에 설치된 말뚝[小杙][㉡]이 인자철의 구리다리[㉢]를 좌측으로 밀어 올린다. 이어 인자철의 구리다리와 붙어 있는 인자철의 철다리[㉣]가 위로 올라가고, 저고철의 오른쪽 머리[㉤]를 들어올린다. 동시에 종변 중륜과 연결된 쇠막대기 중륜의 말뚝[㉥]을 붙잡고 있다. 저고철의 아래 칼날[㉦]이 거두철의 톱니[㉧]를 풀어준다. 거두철[㉨]을 밀어주는 을자동조[㉩]의 힘으로 인해 거두철의 구리 다리[㉪]가 수륜[㉫]의 톱니에 걸리게 되면 타종 준비 단계가 완료된다. 다음으로 타종 단계에 들어가는데, 거두철[㉨]이 수륜의 톱니[㉫]에 걸려 멈추게 되면 지륜철의 도끼날[㉬]이 거두철 톱니[㉧]에서 풀린다. 조정륜[㉠]이 다시 회전하여 인자철의 구리다리[㉢]가 수직으로 돌아오면, 종변 중륜의 말뚝[㉥]을 지탱하고 있던 쇠막대기로부터 풀리면 서 종변 제1대륜[㉭]도 회전한다. 제1대륜의 말뚝[㉮]이 연결된 종추 막대기[㉯]2를 올렸다가 말뚝[㉮]으로부터 풀리면서 종추 막대기[㉯]2가 다시 아래로 내려오면 종이[㉰] 올린다. 종이 올린 뒤에 지륜철[㉬]이 회전하고, 거두철의 톱니[㉧]가 오른쪽으로 밀린다. 저고철의 도끼날[㉦]이 제자리로 돌아와 거두철의 제1톱니[㉧]에 물리게 된다. 지륜철 머리[㉤]가 거두철의 말뚝[㉥]3과 맞물려 멈추게 되면, 종변 톱니바퀴도 멈추고 결국 타종이 정지한다.

작동원리의 마지막 부분에서는 험시의 각 톱니바퀴들의 일반적인 회전 원리를 서술하고 있다. 여기서 남병철은 톱니바퀴의 회전속도를 바퀴와 톱니의 개수, 바퀴의 크기와 무게, 진자와 추의 무게, 그리고 탈진장치 톱니의 기울기와의 상호 관계 속에서 풀어내고 있다.

이 의기[험시의]의 작용은 회전에 있기 때문에 바퀴를 설치한다. 회전을 얻은 다음에는, 또 그[바퀴] 작용은 회전속도에 있으므로 톱니를 설치한다. 시변 각륜의 톱니는 [톱니] 수(數)를 살피 점차 감소한다. 종변은 톱니의 정해진 숫자가 없다. 회전속도의 묘(妙)는 [톱니의 숫자 뿐 아니라] 경중(輕重)에도 달려 있어서 바퀴를 많이 설치하면 느리고, 바퀴를 적게 설치하면 빠르다. 바퀴가 크고 톱니가 많으면 느리고, 바퀴가 작고 톱니가 적으면 빠르다. 현추(懸錘)가 가벼우면 느리고, 무거우면 빠르다. 적은 수의 톱니로 많은 수의 톱니를 돌리면 느리고, 많은 수의 톱니로 적은 수의 톱니를 돌리면 빠르다. 유추(遊錘)가 무거우면 느리고, 가벼우면 빠르다. 유추의 막대기 톱니(杠齒)가 바르면 느리

고, 기울어지면 빠르다. 이것이 그 대략이다.²⁷⁾

4) 자명종 유래

「협시의설」의 마지막 문단에서 남병철은 자명종의 역사적 유래에 대해 설명하고 있다.

자명종은 본래 서양의 시간을 증험하는 의기이다. 명(明) 만력(萬曆) 연간(1573-1620)에 처음 중국에 들어 왔는데 사람들이 이를 모두 기이하게 여겼다. 매촌(梅村) 오위업(吳偉業, 1609-1672)의 시에는 심지어 “기이한 물건이 칠 때 마다 하늘이 한 번 웃는구나.”라는 구절이 있다. 자명종과 자명금을 언급한 구절이 지금에는 아주 많으니, 우리나라에 있는 것 또한 수십·수백 건 이하는 아니다. 『영환지략(瀛環志略)』과 『해국도지(海國圖誌)』 등의 서적을 살펴보면, 서양 각국은 모두 이 의기 [자명종]를 만들고 있다. 프랑스의 경우, 도성에는 종표(鐘表)를 [만드는] 장인이 이천 명이 있고, 매해 시진표(時辰表) 4만 건과 자명종 1만8천개를 만든다. 그 [만드는] 법이 시시각각 변화하는데, 기이한 기술이 사람의 생각을 넘어서다. 이것으로 볼 때 종[자명종]이 천하에 널리 퍼지는 것이 마땅하지 않겠는가! 완원의 「자명종설(自鳴鐘說)」에 이르길, “서양의 기기 제작술에서 그 정밀한 것을 중학(重學)이라 한다. 중학이라는 것은 가볍고 무거움을 가지고 술법을 삼으니, 무릇 기이한 기기는 모두 여기에서 나왔다. 중학을 보좌하여 쓰이는 것을 바퀴(輪)라 하고 나사(螺)라고 한다. 그러므로 자명종의 리(理)는 중학(重學)이고, 그 용(用)은 바퀴(輪)과 나사(螺)이다.”라고 했다. 또 말하기를 “자명종의 제도는 옛 각루(刻漏)에서 나왔다. 각루에는 네 가지가 있는데, 동호(銅壺), 향진(香篆), 규표(圭表), 곤탄(鞞彈)이 그것이다. 곤탄은 바로 자명종의 제도이다. 송(宋) 이전에 본래 그 제도는 있었다가 전해지지 않는 것이니, 서양에서 창조(創造)된 것이 아니다”라고 했다.²⁸⁾

27) 남병철, 앞 책, 三十 뒷면-三十一 앞면. “一儀之用在旋轉故設輪, 既得旋轉, 則又其用在遲速故設齒. 時邊各輪之齒, 按數遞減之. 鐘邊則無定算. 遲速之妙, 又在輕重, 設輪多則遲, 設輪少則速. 輪大而齒多則遲, 輪小而齒少則速. 懸錘輕則遲, 重則速. 以少齒轉多齒則遲, 以多齒轉少齒則速. 遊錘重則遲, 輕則速. 遊錘之杠齒正則遲, 斜則速. 此其大畧也.”

28) 남병철, 앞 책, 三十一 뒷면 - 三十二 앞면. “自鳴鐘, 本西洋驗時之儀. 明萬曆年, 始入中國, 人皆異之. 吳梅村詩, 至有, “異物每邀天一笑,” 自鳴鐘與自鳴琴之句. 今則甚多, 在我東者, 亦不下累千百事. 按瀛環志畧海國圖誌等書, 西洋各國, 皆造此儀. 而佛郎西則都城, 有鐘表匠二千人, 每歲造時辰表四萬件, 自鳴鐘一萬八千架. 其法時時變易, 奇巧出人意料. 以是觀之, 鐘之幾遍天下宜哉. 阮芸臺自鳴鐘說曰, “西洋之制器, 其精者曰重學, 重學者, 以輕重爲術, 凡奇器皆出乎此. 而其佐重學以爲用者, 曰輪曰螺. 是以自鳴鐘之理則

남병철에 따르면, 자명종은 본래 서양에서 시각을 증험하는 의기로 명(明) 만력 시기(萬曆年: 神宗 1563-1620)에 처음 중국에 들어 왔는데 사람들이 이를 모두 기이하게 여겼다고 한다. 그리고 매촌(梅村) 오위업(吳偉業, 1609-1672)의 시를 인용하면서 중국에서 자명종을 소재로 한 시가 많이 지어졌고, 우리나라에서 지어진 것도 수십·수백에 이른다고 밝힌다. 또한, 서계여(徐繼畬, 1795-1873)가 1848년에 저술한 세계지리 책 『영환지략(瀛環志略)』과 위원(魏源, 1794-1857)이 저술한 세계지리책 『해국도지(海國圖誌)』(1852)를 인용하고 있다. 남병철은 두 책을 참조하여 당시 서양 프랑스에 종을 만드는 장인이 이천 명이 있고, 매년 시진표(時辰表) 4만 건과 자명종 만 팔천 개가 제작되고 있다며 유럽의 자명종 제작 현황을 소개하고 있다. 마지막으로 완원의 『연경실집(堦經室集)』(1823)에 실린 「자명종설(自鳴鐘說)」을 인용하면서 자명종의 제작법은 송대 이전 중국의 물시계 중의 하나인 곤탄(鞫彈)에서 기원한다며 자명종의 중국 기원설을 언급하고 있다.

남병철은 조선의 자명종 도입에 대해서는 별다른 언급을 하지 않고, 단지 태엽 방식의 자명종을 설명하면서 조선에서는 태엽철을 만드는 기술이 없어 태엽시계를 만들 수 없다는 지적만 하고 있다.²⁹⁾

4. 비교 분석

앞 절에서 살펴보았듯이 남병철이 묘사하고 있는 험시의의 특징은 크게 세 가지를 들 수 있다. 첫 번째는 시간을 표시하는 문자반과 타종수가 일본 방식에서 벗어나 서양 방식을 조선의 시제(時制)에 맞춰 수정하여 사용하고 있다. 두 번째 특징은 톱니바퀴의 속도를 조절하는 제어장치로 왕관형 기어 탈진기와 진자식 조속기를 쓰고 있다는 것이다. 마지막으로 타종장치는 1676년 영국 에드워드 바로우(Edward Barlow)가 개발한 래크 타종 방식(Rack Striking System)을 사용하는 것을 들 수 있다. 이 절에서는 남병철의 험시의가 지니는 세 가지 특징을 중심으로 송이영의 혼천시계, 그리고 서울대학교

重學也, 其用則輪也螺也”. 又曰, “自鳴鐘之制, 出于古之刻漏. 刻漏有四, 曰銅壺, 曰香篆, 曰圭表, 曰鞫彈. 鞫彈即自鳴鐘之制. 宋以前本有之, 失其傳, 非西洋之軋造.”

29) 남병철, 앞 책, 三十一 頁. “我東不能造胎葉鐵, 無以作坐儀.”

박물관과 고려대학교 박물관 자명종을 비교 분석해보도록 하겠다.

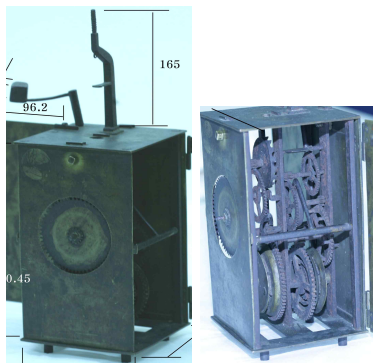


그림 14. 고려대학교 박물관 자명종
(출처: 고려대학교 박물관, 이용삼 사진)

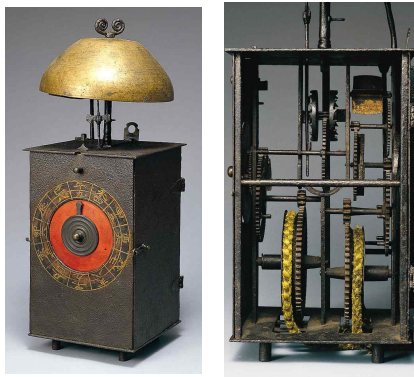


그림 15. 서울대학교 박물관 자명종 외부 및 내부 구조 (출처: 서울대학교 박물관)

현재까지 알려진 우리나라의 자명종 유물은 4점이 있다. 고려대학교 박물관에 혼천시계와 자명종이 소장되어 있으며, 서울대학교 박물관과 숭실대학교 기독교박물관에도 각각 1점이 소장되어 있다.



그림 16. 고려대학교 박물관 혼천시계
(출처: 고려대학교 박물관)



그림 17. 숭실대학교 기독교박물관 자명종
(출처: 숭실대학교 기독교박물관)

고려대학교 박물관 혼천시계는 송이영에 의해 1669년에 제작된 것으로 추정되며, 현재 복원연구를 통해 작동하는 복원품이 제작되어 있다.³⁰⁾ 혼천

30) 고려대학교 박물관에 소장된 혼천시계가 송이영이 1669년에 제작한 혼천시계인지는

시계는 전통시대 대표적인 천문의기인 혼천의와 자동기계시계가 합쳐진 형태이다. 시계장치는 서양식 기계장치와 세종시대 제작된 자격루의 기술이 혼합되어 있다고 한다. 또한 1657년 호이헨스가 개발한 진자장치, 수평왕관형 탈진기, 수차식 타종장치, 일본식 타종수, 그리고 자격루의 시간지시장치 및 구슬신호발생 장치를 그 기술적 특징으로 들 수 있다.³¹⁾

고려대학교 박물관과 서울대학교 박물관에 소장된 자명종은 일본식 자명종의 영향을 많이 받은 것으로 알려져 있다. 고려대학교 박물관 자명종은 17세기 초에 제작된 것으로 추정된다. 폴리오트식 수직왕관형 탈진기를 사용하며, 시침은 고정되어 시반이 회전하는 ‘간지(干支) 회전장치’를 사용하고, 수차식 타종장치가 제거되어 있다. 그리고 다른 자명종과는 달리 매시 1회 타종 방식을 채택했다.³²⁾

서울대학교 박물관의 자명종은 17세기 중반에 제작된 것으로 추정된다. 일본에서 부정시법을 반영하기 위해 개발한 이정템포방식을 개조한 것으로 보인다. 2개의 폴리오트식 수직왕관형 탈진기, 일본식 문자반, 수차식 타종장치, 그리고 서양식 타종수를 지니는 것이 그 특징이라 할 수 있다.³³⁾

숭실대학교 기독교박물관의 자명종은 18세기경 중국의 예수회 신부들이 제작한 것으로 추정되며, 현재 내부 부품은 소실된 상태로 기계장치는 알 수가 없다. 따라서 여기서는 비교 대상에서 제외하도록 하겠다.

아직 확실치 않다. 오상학은 두 가지 근거를 들어 고려대학교 박물관에 소장된 혼천시계가 송이영이 제작한 것이 아니라고 비판하고 있다. 첫 번째 근거로는 혼천의에 지구 의가 설치되어 있다는 것을 들고 있다. 천원지방설 사상을 근거로 제작된 혼천의에 서양의 지구구체설을 기초로 한 지구의를 설치한 것은 모순된다는 것이다. 두 번째로는 지구의에 그려진 세계지도의 지명 중 가본달리(嘉本達利)는 1660년대에 들어서야 서양에서 널리 쓰인 지명이며, 중국에서는 1800년대 장정부(蔣廷黻)의 『지구도(地球圖)』에 와서야 보인다는 점을 들고 있다. 따라서 이런 지명이 1669년에 제작된 지구의에 표기되어 있다는 것은 불가능하다는 것이다. 이에 대해 김상혁은 1669년 혼천시계가 제작된 이후 지구의나 지명이 첨부된 것으로 설명하고 있다. 오상학, “조선시대의 세계지도와 세계인식” (서울대학교 박사학위논문, 2001), 130-138쪽; 김상혁, “송이영 혼천시계의 작동 메커니즘에 대한 연구” (중앙대학교 박사학위논문, 2007), 150-152쪽.

31) 김상혁, 앞 논문.

32) 이용정, 앞 논문.

33) 같은 논문.

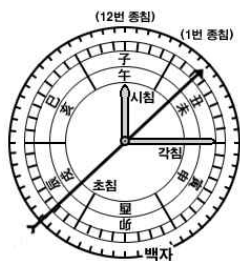


그림 19. 남병철의 험시의 문자반 복원도

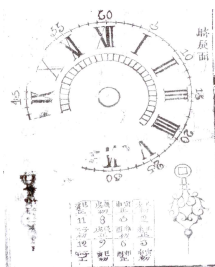


그림 20. 서조준의 「자명종표도설」 문자반



그림 21. 서울대학교 박물관 자명종 문자반

이상의 구조를 지닌 험시의 문자반은 고려대학교 및 서울대학교 박물관 자명종의 문자반과는 차이가 난다[그림 19, 21 참조]. 서울대학교 박물관 자명종은 일본식 자명종의 형식을 약간 변형해서 12시와 시각에 따른 타종수를 같이 적어 놓았다. 일본식 자명종 문자 방식은 오시(午時)에 九에서 시작하여 해시(亥時)에 四, 다시 자시(子時)에 九부터 시작하여 사시(巳時)시에 四를 적은 것이지만, 서울대학교 박물관의 자명종은 그림 16과 같이 오시(午時)에 九에서 시작하여 해시(亥時)에 八, 다시 자시(子時)에 九부터 시작하여 사시(巳時)시에 八 형태로 배열해 놓았다.³⁶⁾

남병철 험시의의 문자반은 서조준의 「자명종표도설」에 설명된 문자반[그림 20 참조]과 더 비슷한 형태를 띠고 있다. 「자명종표도설」에서는 시진면(時辰面)이라는 이름으로 문자반을 설명하고 있다. 그림 20에서와 같이 시반에는 로마숫자와 아라비아 숫자를 표기하고, 그 아래 설명을 덧붙여 놓았다. 즉, 축미초(丑未初) 1, 축미정(丑未正) 2, 인신초(寅申初) 3 … 자오초(子午初) 11, 자오정(子午正) 12로 설명해 놓았다. 문자반 바깥원은 60개로 나누어 표기하였고, 가운데 원의 구분선은 매 시를 4등분해 놓았다.³⁷⁾

「험시의설」에 설명된 타종수는 축미초(丑未初) 1번, 축미정(丑未正) 2번 … 자오초(子午初) 11번, 자오정(子午正) 12번을 올린다. 이를 김육, 황윤석, 서조준의 책에 설명된 자명종의 타종수와, 송이영의 혼천시계, 고려대학교

36) 일본식 자명종의 문자반 형식은 나라 헤이안(平安時代: 794-1185) 시대에 누각을 이용하여 시각을 알릴 때 쓰던 타종 수를 그대로 따르고 있다. 이런 타종수 방식은 선천12지수(先天十二支數)를 따른 것으로 알려져 있다. 이용정, 앞 논문, 40쪽.

37) 서조준, 앞 책, 六 앞면.

및 서울대학교 박물관 자명종의 타종수와 비교해 보면 아래 표 8과 같다. 김육과 황윤석이 설명한 자명종, 그리고 송이영 혼천시계는 그 형식만 약간 다를 뿐 모두 일본식 타종법을 따르고 있는 반면, 서울대학교 박물관 자명종, 서조준이 설명하고 있는 타종수, 그리고 험시의는 매 시각 숫자에 맞춰 타종 하는 방식을 지니고 있다.

조선 시제(時刻)	子		丑		寅		卯		辰		巳		午		未		申		酉		戌		亥	
	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正	初	正
현대시제	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
김육 (17세기초반) ³⁸⁾	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1
송이영 (1669년) ³⁹⁾	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1
고려대 (17세기 초반?) ⁴⁰⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
서울대 (17세기 중반 이후?) ⁴¹⁾	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
황윤석 (18세기 중반) ⁴²⁾	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4	1	9	1	8	1	7	1	6	1	5	1	4
서조준 (19세기 초반) ⁴³⁾	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
남병철 (19세기 중반)	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

표 8. 자명종 기록과 유물들의 타종수 비교

요약하자면, 19세기 남병철의 험시의는 일본식 자명종의 문자반과 타종 방식을 따르지 않고 서양 방식을 수정하여 사용하고 있다. 특히, 험시의는 “시간을 측험하는 기구”라는 그 명칭에 걸맞게 일반적으로 자명종에는 쓰이지 않는 초침까지 사용하여 시·각·분·초(時刻分秒)까지 정확히 파악

38) 김육(金堉), 『잠곡필담(潛谷筆談)』 卷一, 「서양국인조자명종(西洋國人造自鳴鐘)」.

39) 김상혁, 앞 논문, 171쪽.

40) 이용정, 앞 논문, 52쪽.

41) 서울대학교 박물관 자명종은 이정템포방식을 개조한 것으로 보았을 때 그 제작 연도를 일본식 자명종이 이정템포방식을 도입한 17세기 중반 이후로 추정하고 있다. 이용정, 앞 논문, 56-57쪽.

42) 황윤석(黃胤錫), “자명종(自鳴鐘)”, 『이재난고(頤齋亂藁)』.

43) 서조준, 앞 책, 七 앞면.

할 수 있는 정밀성까지도 갖추려는 남병철의 의도가 엿보인다.⁴⁴⁾

2) 진자 탈진 장치 비교

추동식 기계시계에서 추가 아래로 내려가면서 생기는 가속도를 일정하게 조절시켜 주는 제어장치가 조속기(regulator)와 탈진기(escapement)이다. 시계의 제어장치가 시간의 정확도를 좌우하기 때문에 기계시계의 진보는 조속기와 탈진기의 발전과 길을 같이 해왔다. 14세기에 개발된 제어기술은 폴리오트(foliot) 방식[그림 22 참조]이라 부른다. 이 방식은 양 끝에 추를 단 수평막대(Bar-balance) 템포(tempo)와 수직 왕관형 기어 탈진기를 사용한다. 양끝에 저울을 단 수평막대가 좌우로 회전하면서 수직으로 된 왕관형 톱니바퀴에 맞물려 회전속도를 일정하게 유지시켜 준다. 폴리오트 방식은 15세기 들어서 원형 형태의 조속기로 개선되어 사용되었다. 1657년 호이겐스(Huygens) 진자시계[그림 23 참조]가 고안되면서 진자식 제어장치가 사용되었다. 1670년대 클레멘트(Clement)에 의해 앵커 탈진기[그림 24 참조]가 발명되면서 사분초침을 사용할 수 있을 정도의 정밀한 기계시계를 만들 수 있는 계기가 마련되었다.⁴⁵⁾

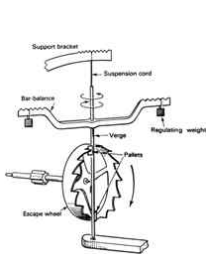


그림 22. 폴리오트식 수직 왕관형 기어 탈진기(14세기 경)

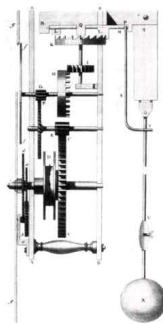


그림 23. 호이겐스 진자시계(1657년)

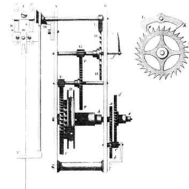


그림 24. 클레멘트가 개발한 앵커 탈진기(1670년대)

44) 일반적으로 시간을 알리는 자명종에서는 시침만 사용하였으며, 17세기 들어와 앵커탈진기 등이 개발되어 시계의 정밀도가 높아지면서 분침을 설치하였다. 중국과 일본에서 제작된 자명종에서 분침과 초침을 언제부터 설치하여 사용하였는지 더 많은 연구가 요구된다.

45) 월간시계사, 『시계 개론』 (월간시계사, 1995), pp.159-177.

일본식 자명종에서는 폴리오토식 방식을 사용하고 있으며, 1690년대에 이르러 일본의 부정시법 시제에 맞게끔 이정템포식을 개발하였다. 고려대학교 박물관의 자명종은 일본식 자명종의 일정템포 방식[그림 25 참조]을 채택하고 있으며, 그에 비해 서울대학교 박물관 자명종은 일본식인 이정템포 방식[그림 26 참조]을 개조하여 사용하고 있다.

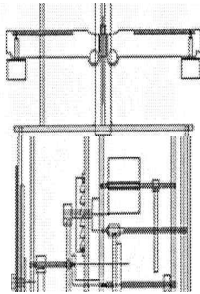


그림 25. 고려대학교 자명종 탈진기 복원도⁴⁶⁾
※폴리오토식 일정템포 수직왕관형기어

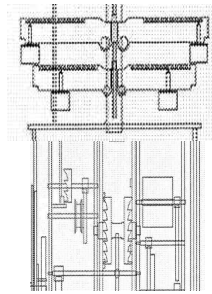


그림 26. 서울대학교 자명종 탈진기 복원도⁴⁷⁾ ※폴리오토식 이정템포 수직왕관형기어

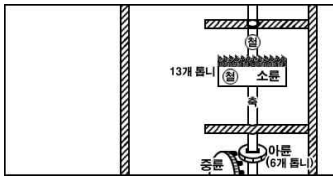


그림 27. 시변 소륜(수직왕관형 탈진기) 복원도

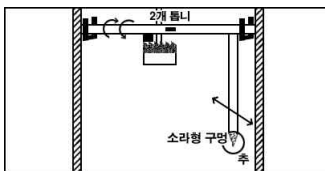


그림 28. 현사의 유추(진자) 조속기 복원도

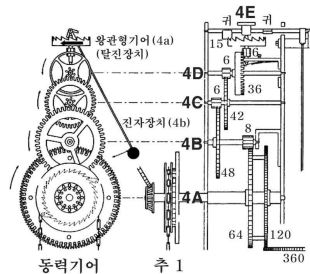


그림 29. 송이영의 혼천시계 탈진기⁴⁸⁾ 복원도 ※진자식 수평왕관형기어

46) 이용정, 앞 논문, 45쪽. 부분 수정.

47) 이용정, 앞 논문, 55쪽. 부분 수정.

48) 김상혁, 앞 논문, p. 104.

이에 반해, 험시의 제어장치에 대한 설명을 살펴보면, 1669년에 제작된 것으로 추정되는 송이영의 혼천시계의 제어 장치[그림 29 참조]와 같은 방식을 사용하고 있음을 알 수 있다.

제4소륵: 철로 제작하고 테두리를 만들어, 중륵과 같이 테두리에 13개 혹은 15개 톱니를 설치하되, 톱니를 톱날(鉅)과 같이 조각하여 속칭 거치륵(鉅齒輪)이라고 한다. 네모난 구멍에 축을 댄질하는 일은 위와 같다. 동판(전후면은 알맞은 정도로 한다.) 위아래에 따로 구리 조각을 구비하고, 구멍을 만들어 축의 양 끝을 세워서 설치한다. (본륵[소륵] 축의 아륵이 중륵의 가로 톱니와 서로 맞물리게 한다. 그리고 본륵[소륵]의 톱니는 위에 있기 때문에 위를 바라보며 회전 한다.)⁴⁹⁾

유추(진자): 작은 추를 만들고 (무게는 의기의 크기에 따른다.), 나선형 구멍을 뚫어 구리로 된 가지가 위와 아래에서 맞게끔 관통한다. 구리 가지 상단에 작은 원 모양의 철 막대를 가로로 놓는다. (곡척(曲尺) 모양과 같다.) 막대에 좌우로 서로 마주하게끔 두 개의 톱니를 설치한다. 앞 동판 안쪽 면 위에 구멍을 내고 (뒷동판과 서로 마주보는 곳에 산 입구형태로 만들어 철막대를 끼울 수 있게 한다.), 뒷 동판 바깥 면에 별도로 구리 조각을 갖추어 구멍을 내서 막대 양 끝을 설치하며, 추는 후면에 늘어뜨린다. 막대 톱니는 소륵의 양치(仰齒)에 맞물리며, 추가 왔다 갔다 하면서, 두 개의 톱니가 번갈아 회전하도록 한다.⁵⁰⁾

즉, 험시에서 설명하고 있는 조속기[그림 27 참조]는 1657년 호이겐스가 개발한 진자방식과 수평왕관형 탈진기[그림 23 참조]를 도입하고 있다. 그렇다면 왜 남병철은 더 정밀한 클레멘트의 앵커 탈진기(1670년대 개발)를 사용하지 않았을까? 앵커 탈진기는 이미 19세기 초에 저술된 서조준의 『자명종표도설』에서도 소개되고 있기 때문에[그림 30 참조] 남병철이 앵커 탈진기를 모르고 있지는 않았을 것이다. 또한 뒤에 살펴볼 험시의 타종장치로는 에드워드 발로우(Edward Barlow)가 1676년에 개발한 래크 타종시스템

49) 남병철, 앞 책, 三十三 뒷면. “第四小輪: 鐵造作郭, 如中輪設十三或十五齒於郭, 刻齒如鉅, 俗稱鉅齒輪. 方孔銅軸同上. 銅版, 前後面量宜. 上下別具銅片, 作孔立安軸之兩端, 使本輪軸之牙輪, 與中輪之橫齒相切. 而本輪齒則在上, 仰而旋轉.”

50) 남병철, 앞 책, 三十四 앞면. “遊鍾: 作小鍾, 輕重視儀大小, 穿螺旋孔, 貫以銅條使可上下. 銅條上端橫小圓鐵杠, 如曲尺形. 杠設二齒左右互對. 前銅版內面上作孔, 後銅版相對處, 作山口使容鐵杠. 後銅版外面, 別具銅片作孔, 以安杠之兩端, 鍾垂後面. 杠齒切于小輪之仰齒, 鍾之往來, 使兩齒交轉.”

(rack striking system)를 도입한 것으로 보았을 때 그 의문은 더 증가된다. 앞의 정황들을 고려해보면, 남병철은 어떤 이유로 인해 더 정밀한 앵커 탈진기를 도입하지 못했거나 또는 도입할 수 있었지만 험시의에는 적용하지 않았다고 추측해 볼 수 있다. 앞의 경우는 남병철이 「험시의설」에서 설명하고 있듯이 태엽 만드는 기술이 없었던 19세기 조선의 기술의 한계로 설명될 수도 있을 것 같다. 뒤의 경우는 앵커 탈진기가 정밀성은 높은 반면 톱니의 마모가 심하다는 단점 때문에 의도적으로 적용하지 않았다고 추측해 볼 수도 있다.

앵커 탈진기를 도입하지 않은 이유야 어떠했든, 1669년에 송이영에 의해 제작된 것으로 추정되는 고려대학교 박물관 소장 혼천시계의 제어장치가 200년이 지난 19세기 중반까지도 그대로 사용되고 있다는 점에 대해서는 좀 더 많은 연구가 요구된다.



그림 30. 『자명종표도설』
탈진기 방식 그림

3) 타종 장치 비교

앞서 언급했듯이, 「험시의설」에서 설명하고 있는 타종장치는 1676년 에드워드 발로우에 의해 고안된 래크방식[그림 32참조]으로 파악된다. 래크방식 타종장치의 가장 큰 특징으로 타종수를 조절하는 달팽이형 톱니바퀴(snail gear)를 들 수 있다. 「험시의설」에서는 달팽이형 톱니바퀴를 수륜(數輪)[그림 33참조]이라고 부르며 그 제작 방법을 다음과 같이 설명하고 있다.

또 평면 구리환을 제작하되, 둘레를 12분으로 나누고, 환의 반경 역시 12분으로 나눈다. 제2분으로부터 비로소 조각하여 톱니를 만들고, 둘레의 제2분에서 [환] 반경의 제2분에 닿도록 깎아 낸다. 둘레의 제3분에서 [환] 반경의 제3분을 새긴다. 이와 같이 조각하여 12개 톱니를 만든다. 소라 머리 형태가 이루어 지는데 이른바 수륜(數輪)이라 하며, 시침륜과 같이 합쳐 땡질한다.⁵¹⁾

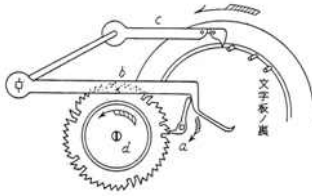


그림 31. 수차타종 장치(14C)

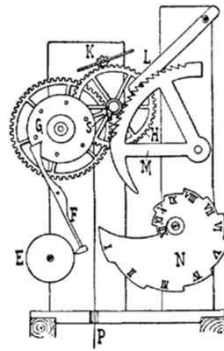


그림 32. 랙크 타종장치(1676)

수륵은 시간을 지시하는 시침륵에 붙여 각 시간에 맞춰 1-12까지 타종하게끔 제작되었다.

랙크방식 이전에 사용했던 타종장치는 14세기경에 개발된 수차 타종방식(count wheel striking system)[그림 31 참조]이다. 이 방식은 톱니바퀴에 타종수를 새기고 수를 새는 낫으로 타종수를 정한다. 수차 타종방식은 장치가 랙크방식보다 간단한 반면, 시간을 지시하는 바퀴와 별도로 수차 톱니바퀴를 사용함으로써 종종 시침이 지시하는 시간과 타종수가 맞지 않게 되는 단점을 지니고 있다.

수차(count wheel)는 일본에서 설륵(雪輪)[그림 34참조]이라고 불렸으며, 에도시대(江戸時代: 1603-1867) 추동식 자명종의 타종장치로 널리 사용되었다. 송이영의 혼천시계[그림 34참조]와 고려대학교·서울대학교 박물관 자명종 모두 수차식 타종장치[그림 35참조]를 사용하고 있는 것으로 보았을 때 17세기조선의 자명종은 일본식 자명종의 영향을 많이 받은 것을 알 수 있다. 반면, 험시의에서는 일본식 자명종에서는 잘 사용하지 않던 랙크식 타종장치를 사용한 것에 대해서는 조선의 자명종 역사 속에서 어떻게 평가해야 될지 좀 더 연구가 필요하다.

51) 남병철, 앞 책, 三十七 뒷면. “又造平面銅環, 周分十二分, 環之半徑亦分十二分. 自第二分爲始刻以作齒, 周之第二分, 刻到半徑之第二分, 周之第三分, 刻半徑之第三分, 如是刻作十二齒. 成螺頭形, 俗稱數輪, 與時針輪銜合.”

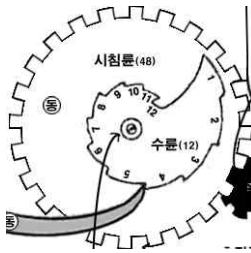


그림 33. 험시의 래크식 타종장치의 수륜(數輪) 복원도

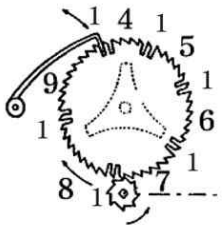


그림 34. 송이영의 혼천시계 수차식 타종장치의 타종수기어 복원도⁵²⁾

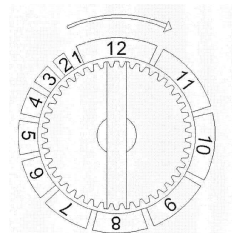


그림 35. 서울대학교 박물관 자명종 수차식 타종장치의 설원 복원도⁵³⁾

5. 마치면서

이 논문에서는『의기집설』 「험시의설」을 중심으로 남병철의 자명종 복원을 위한 기초 문헌연구를 진행하였다. 「험시의설」을 통해 남병철이 서술하고 있는 자명종의 구조, 각 부품의 제작법 및 기능, 작동원리를 이해할 수 있었다. 또한 현존하는 자명종 유물들과의 비교분석을 통해 남병철 험시의의 세 가지 특징을 밝혔다. 첫 번째, 시간을 표시하는 문자반과 타종수는 18세기까지 사용하던 일본식 자명종을 따르지 않고, 서양 방식을 조선의 시제(時制)에 맞춰 수정하여 사용하고 있다는 점이다. 두 번째, 톱니바퀴의 속도를 조절하는 제어장치로는 송이영의 혼천시계와 같은 방식인 왕관형 기어 탈진기와 진자 조속기를 쓰고 있다. 기술의 한계 때문인지 아니면 의도적으로 채용하지 않았는지 확실치 않지만, 험시의에서는 더 정밀한 클레멘트(Clement)의 앵커 탈진기앵커 탈진기를 적용하지 않고 있다. 마지막으로 타종장치는 다른 자명종 유물들이 일본의 영향을 받은 수차식 타종장치를 채용하고 있는 반면, 험시의에서는 1676년 영국 에드워드 바로우가 개발한 래크 타종 방식을 사용하고 있다.

19세기를 대표하는 관리이자 지식인으로서 남병철이 험시의와 같은 기계 시계의 세부적인 기술지식에 까지 관심을 가지고 있었던 이유는 어디에 있

52) 김상혁, 앞 논문, p. 170.

53) 이용정, 앞 논문, p. 57.

을까? 남병철은 더 이상 자명종을 완상용 시계가 아니라, 해시계나 별시계와 함께 시간을 측정하는 정밀한 천문관측 기구로 인식하려고 했던 것 같다. 19세기 대표적인 천문관측기기들을 모아 설명하는 『의기집설』에 누각(漏刻)을 빼고 자명종을 넣은 것이나, 험시의의 정밀성을 높이기 위해 각침과 초침을 설치하고 래크 타종 방식을 도입하는 것에서도 남병철이 자명종을 ‘험시의’라 부른 의도가 엿보인다. 즉, 남병철에게 자명종은 시간을 측정하는 정밀관측기구로서 깊이 탐구할 중요한 연구과제 중의 하나였을 것이다.

그럼에도 불구하고 여전히 풀리지 않는 문제들이 산적해 있다. 남병철이 자명종 제도가 서양에서 기원한 것이 아니라 송(宋) 이전 각루(刻鏤)의 제법에서 비롯되었다는 완원의 주장을 아무런 논의 없이 그대로 인용한 것도 특이하다. 왜냐하면 남병철의 저서 『추보속해』에서는 서학의 중국원류설을 강력히 비판하고 있기 때문이다. 이러한 남병철의 태도에 대해 선행 연구에서는 남병철이 19세기 대부분의 조선 지식인들이 지지했던 서학의 중국기원설을 강력히 비판한 합리적인 인물로 평가하고 있다.⁵⁴⁾

더욱이 19세기 시대적 맥락에서 남병철의 험시의의 의미와 가치를 파악하기에는 아직 조선시대 시계의 역사에 대한 기초 연구가 충분히 축적되지 못했다. 17세기 초 중국과 일본을 통해 조선에 소개된 자명종은 사람들의 관심거리가 되었고, 정부 차원에서도 자명종을 도입하려고 노력 했던 기록이 남아 있다. 하지만 자명종이 실제 조선의 시계에 맞춰 사용되었는지, 또 언제, 어떻게, 얼마나 사용되었는지 전혀 알려져 있지 않다. 분명한 것은 전체적으로 일본이나 중국과 비교했을 때 조선에서 자명종 제작이나 사용이 적었다는 것이다. 그 이유는 무엇일까? 전상운은 그에 대해 “조선사회의 양반들은 기계시계가 신기한 것이긴 했지만 그 실용적인 편리함은 인정하지 않았다. 그것은 시제(時制)에 따른 시각의 교정에 익숙하지 않은 데서 오는 불편함에서 비롯되었다. 낮에는 휴대용 해시계로, 밤에는 중앙에서 측정하는 물시계에 의한 시보로 만족하고 있었던 것이다.”라고 설명했다.⁵⁵⁾ 즉, 조선에서 자명종이 널리 쓰이지 않았던 이유가 조선의 부정시법을 적용하기에 자명종이 적합하지 않았거나, 또는 물시계를 이용하는 것이 더 편리했기 때문이라는 것이다. 하지만 이미 일본에서는 부정시법에 맞춰 자명종을 개량

54) 전용훈, 앞 논문, 196-197쪽; 노대환, 앞 논문, 188-193쪽.

55) 전상운, 『시간과 시계 그리고 역사』, 148쪽.

하여 사용하고 있었던 점을 고려해보면 이것으로 충분한 설명이 되지 않는다.

앞으로 기초문헌 연구를 통해 밝혀진 험시의 구조를 3D 도면으로 제작하고, 작동원리를 기초로 컴퓨터 시뮬레이션 하는 작업이 남병철의 자명종 복원을 위한 2단계 연구로 진행되어야 할 것이다. 동시에 조선 시계의 역사 속에서 남병철의 자명종이 지니는 역사적·사회적 의미와 가치를 밝히는 체계적인 문헌 연구도 또 다른 과제로 남아 있다.

Nam Byeongcheol's Time-checking Instrument in Nineteenth-century Korea

NAM Kyoung Uk (Gwacheon National Science Museum)

Abstract. This paper is a preliminary research about Nam Byeongcheol (南秉哲, 1817-1863)'s mechanical clock, based on his "Explanation of a Time-checking Instrument (Heomsiui seol, 驗時儀說). Nam Byeongcheol was one of the utmost literary figures as well as an outstanding scholar of astronomy and mathematics in nineteenth-century Korea. Heomsiui seol was written as one chapter of his treatise on astronomical instruments, titled the *Collection of Writings on the Scientific Instruments (Uigijipseol, 儀器輯說)*, which was compiled in the late 1850s. In Heomsiui seol, he gave detailed explanations on the mechanical clock's structure, mechanism, making manuals, and its historical background.

As a result of this research, we understand the peculiarities of Nam Byeongcheol's mechanical clock. (1) He tried to emphasize the mechanical clock as one of important astronomical instruments instead of a water clock; (2) He adopted two mechanical devices to make his mechanical clock: one is 'Huygens's escapement and pendulum' invented in 1657, another is 'rack striking system' developed by Edward Barlow in 1676.

Key words. Korean clockwork, mechanical clock, self-sounding bells(自鳴鐘), astronomical instrument, Heomsiuiseol(驗時儀說), Nam Byeongcheol(南秉哲), Uigijipseol(儀器輯說)