

## 조선(朝鮮)의 천문도(天文圖)를 활용한 천문의기(天文儀器)와 혼천시계(渾天時計)의 천상운행 재현(再現)

이용삼  
충북대학교

### 서 론

우리나라는 옛 부터 하늘을 관찰하는 열정과 하늘을 관측하는 도구를 만드는 창의적인 전통을 계승하여왔다. 그 이유 중에는 해마다 농사의 절기와 일월식과 오행성들의 천변현상(天變現象)들을 계산하여 발표하는 것은 국가적으로 매우 중요한 일이며 신중했고 정확해야 했기 때문이다. 우리 조상들이 전통적으로 사용하던 날자는 달의 모양을 보고 매월 초하루부터 보름이 지나고 그 다음 달 초하루를 맞이하는 음력(陰曆)을 사용하였다. 그러나 농절(農節)에 필요한 절후(節候)인 24기(氣, 24氣: 12節氣와 12中氣)는 1년 동안 태양의 움직임을 관측하여 정하는 것으로 오늘날 양력(陽曆)과 같은 것이다. 양력으로는 동지나 춘분, 하지 등 절기가 매년 거의 동일한 날이지만 음력의 날짜를 사용하던 당시에는 매년 절기의 날짜와 크게 차이가 나게 되는 것이다. 실제 우리나라에서 전통적으로 사용한 달력(역법曆法)은 태양과 달의 운동을 계산하여 음력과 양력을 동시에 사용하는 태음태양력(太陰太陽曆)이다. 우리가 음력이라고 하는 전통적인 태음태양력은 오늘날의 양력보다 더 복잡한 계 과정을 거쳐 계절에 따른 태양의 운행뿐만 아니라 해와 달이 하늘에서 겹쳐 보이는 일식과 월식을 정확히 계산하여 예측하는 것과 오행성(五行星)의 위치를 계산할 수 있는 과학의 우수성을 나타내 보여주는 것이었다.

시간과 계절을 정확히 측정하기 위해서는 태양이나 천체의 운동을 관측함으로써 계절과 시간에 따라 바뀌는 별자리의 관측 자료를 얻어야한다. 그 자료를 가지고 계산하여 얻은 천체력이나 발표 자료를 가지고 천체를 살펴보면 계절과 시간을 알 수 있게 된다. 별자리의 움직임을 관측하려면 가장 기본이 되는 것은 천문도(天文圖)이다. 천문도는 그 용도에 따라 시대별로 그 형태와 재질과 투영법이 변천해 왔다. 우리나라의 천문도는 신비적인 신앙의 의미를 갖는 고구려의 고분벽화(古墳壁畵) 천문도와 세계적으로 잘 알려져 있는 조선(朝鮮)의 태조의 석각(石刻) 천상열차분야지도(天象列次分野之圖)를 비롯하여 독특한 형태의 천문도와 별자리를 표현한 천문유물들이 많이 제작되었다.

천문도나 별자리의 유물들의 형태는 평면의 돌판에 새긴 석각본을 비롯하여 종이에 찍은 탁본이나 목판본이 있고, 손으로 그린 필사본들이 있다. 별자리를 공부하기 위한 서책(書冊) 형태의 출판물도 있지만 정육면체 표면에 별자리를 그린 입체적인 천문

도 ‘방성도(方星圖)’가 있다. 그 외에도 천체를 관측하는 도구로 사용하기 위해 만든 여러 형태의 천문도가 그려져 있는 천문의기(天文儀器)들이 있다. 그 중에는 밤에 별자리를 손으로 만지면서 별자리들을 확인해 볼 수 있는 원반형 동판(銅版)에 새긴 ‘동판(銅版) 천문도’가 있고, 둥근 하늘의 천구(天球)의 모습을 구면(球面)에 별자리와 좌표를 그려서 천구의(天球儀)를 만들어 회전하면서 볼 수 있는 ‘혼상(渾象)’이 있다. 구형(球形)의 하늘의 남반구와 북반구의 별자리를 평면의 두 개의 원판에 그려 만든 평혼의(平渾儀)도 있다. 이와 같은 각종 별자리 관련 의기들을 사용함으로써 별자리를 살펴볼 수 있을 뿐만 아니라 밤의 시간과 계절을 알 수 있는 도구로 사용되었고 천체들의 운행의 원리를 이해하는 교육용 기구로 사용하였다.

실제 천체를 관측하는 의기(儀器)인 ‘혼천의(渾天儀)’를 사용하면 임의의 시간과 절기에 남중하는 별자리 28수(宿)를 알 수 있는데 시계장치로 구동하는 ‘혼천시계(渾天時計)’는 임의 시간의 태양과 달의 위상과 28수의 위치를 실시간으로 지속적으로 볼 수 있도록 천상(天象)을 재연한다.

이제 이 글을 통해 조선(朝鮮) 시대에 천문도를 활용하여 천상(天象)을 표현한 각종 형태를 천문의기를 소개하고 특별히 국보 제230호인 송이영의 기계식 자명종 혼천시계(渾天時計)의 작동모델의 복원을 통한 천상운행(天象運行) 재현(再現)을 제시하고자 한다.

## 조선(朝鮮)시대 전천(全天) 천문도의 구법(舊法)과 신법(新法)

### 1. 구법(舊法) 천상열차분야지도(天象列次分野之圖)

천상열차분야지도(天象列次分野之圖)는 우리나라에만 있는 독특한 이름의 천문도이다. 이 천문도는 평면의 석판이나 종이에 별자리들을 표현하고 있다. 전통적인 방식을 구법(舊法)천문도라고 하며, 평면에 별자리를 표시한 원형의 전천(全天) 천문도이다. 구법 천문도의 형태는 천구(天球)의 북극을 중심으로 주극성 범위의 내규(內規)의 소원(小圓)과 적도(적도)와 황도(黃道)의 원, 그리고 관측위도에서 볼 수 있는 관측이 가능한 하늘의 영역을 나타내는 최외각의 외규(外規)의 커다란 원형으로 그려져 있다. 현존하는 ‘천상열차분야지도’는 돌판에 새겨진 두 개의 석각(石刻) 천문도가 있으며 국보 제228호인 조선 태조 4년(1395)에 만든 태조본과 보물 제837호인 숙종 13년(1687)에 새로 복각한 숙종본이 있다. 이 천문도는 별자리뿐만 아니라 천문도와 도설(圖說)을 통해 당시의 우주관(宇宙觀), 역법(曆法) 그리고 계절에 따른 낮과 밤의 시간 변화와 밤 시간을 알 수 있는 당시 천문 이론들이 제시되어 있다. 선조 4년(1571)에는 목판본으로 인쇄한 바 있으나 국내 현존하는 것은 없고 주로 석각본의 탁본이거나 각종 형태의 필사본들 많이 있다.

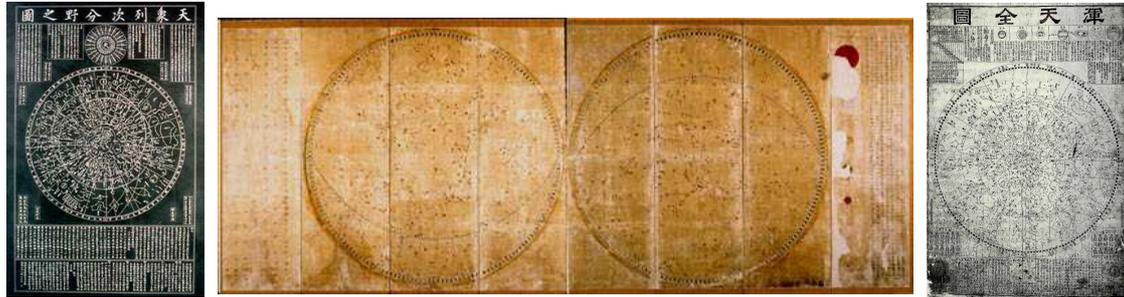


그림 1 국보 제228호인 태조 4년(1395)에 만든 석각천상열차분야지도의 복원사진과  
와 복원한 천문도, 조선 후기(18세기) 제작한 법주사(法住寺)의 8폭의 병풍(屏風)식  
신법천문도와 혼천전도(渾天全圖)이다.

## 2. 신법(新法) 천문도

조선의 전통적인 천상열차분야지도에 이어 중국으로 부터 서양에서 온 선교사들을 통하여 서양의 영향을 받은 새로운 천문도를 수입하여 신법(新法)천문도를 제작하였다. 그 대표적인 것이 보물 848호로 지정된 법주사(法住寺) 병풍천문도(屏風天文圖)이다. 병풍식 8폭으로 제작된 이 신법천문도는 높이가 147cm이고, 총 폭이 456cm이다. 제 1폭에는 신법천문도설(新法天文圖說)이 있고 2폭에서 7폭까지 황도북성도(黃道北星圖)와 황도남성도(黃道南星圖)가 있고 제 8폭에 제작진들의 직함(職名)이 있다.

영조 후기에 제작된 혼천전도(渾天全圖)는 길이와 폭이 각각 85.5cm와 59cm의 한 장의 목판본으로 만든 것으로 하늘의 북극을 중심으로 전천의 별자리와 도록을 통한 단시 천문지식을 소개하고 있다. 천문도 중앙에 하늘의 적도좌표계의 적극(赤極)과 황도좌표계의 황극(黃極)이 있고, 주극성의 범위를 표시한 향원권이 있다. 전천을 천문도의 중심에서 바깥을 향해 30도 간격으로 선으로 등분되어 있고 적도와 황도가 그려있다.

## 천문도를 응용한 휴대 관측용 천문의기(天文儀器)

### 1. 원반형(圓盤形) 동판(銅版) 천문도

통도사(通度寺) 성보(聖寶)박물관에 소장된 원반형 동판(銅版) 천문도는 지름 41cm의 동합금(銅合金)의 금속으로 두 개의 판을 맞붙여서 한 쪽에는 작은 별 구멍을 뚫어 만든 것이다. 명문의 내용을 살펴보면, 삼각산(三角山) 문수암(文殊庵)의 비구니 선화자(仙化子)가 순치 9년(1652) 9월에 제작하였다는 기록이 있다. 이 천문도는 천상열차분야지도의 전통을 이은 조선의 구법 천문도 중의 하나로서 천문도에 새겨진 별자리의 모습과 종류, 그리고 주극원인 내규(內規)의 위치는 천상열차분야지도의 것과 매우 비슷하다. 원판으로 되어 있는 앞면에는 별자리로 가득 차있고 각 별의 크기는 서로 다르게 구멍이 뚫려 손끝으로 감촉으로 별자리를 느낄 수 있도록 되어있다. 이

천문도에 표시된 많은 별자리 중에 28수(宿)의 별자리들은 원반 바깥쪽 부분에 있는데 동쪽으로부터 벽(壁), 실(室), 위(危), 허(虛), 여(女) 등의 28성수(星宿)가 특별히 강조되어 표현되어 있다. 박창범(2003)은 동판 천문도는 유물의 제작시기(1652)가 기록되어 있고, 유일하게 금속으로 만든 현존하는 전통 천문도라는 점이 특기할만하며, 시기적으로 서양 천문학이 본격적으로 들어오기 이전에 전통 천문도를 대표하는 천상열차분야지도를 계승한 천문도로서의 역사적 의의를 갖는다고 해석하였다. 이 천문도를 활용함에 있어서 설치하거나 걸어 놓고 눈으로 살펴보는 것보다도 들고 다니면서 관측자의 위치에서 수시로 현재 보이는 별자리들이 무엇인지 쉽게 살펴볼 수 있도록 제작되어 있다. 밤 시간을 알려주는 28수의 별자리들은 절기마다 밤 시간에 머리 위를 지나가는 중성(中星)들이 무슨 별자리 인지 누주통의(漏籌通義)나 중성기(中星記)에 기록되어 있다. 밤에 청동 천문도를 들고 나가 손으로 회전하며 별자리들을 만져보면 28수의 별자리 순서에 따라 각 별자리들의 위치를 손끝으로 살펴보면서 시간을 쉽게 알 수 있었을 것이다. 청동으로 만든 이 천문도는 이슬이 내리는 밤일 지라도 종이처럼 이슬에 훼손 되지 않고 또 어두운 밤에도 손끝의 감촉으로도 별자리들을 감지할 수 있는 휴대 관측용 천문도이다.



그림 2 통도사(通度寺)의 원반형(圓盤形) 동판(銅版) 천문도와 필자.

## 2. 정육면체의 입체적인 천문도 방성도(方星圖)

국내 현존하는 방성도(方星圖)는 3종이 있는데 여기서는 고산(孤山) 윤선도(尹善道) 고택(古宅)인 전남 해남의 녹우당(錄雨堂) 유물 전시관에 전시되어있는 방성도(方星圖)를 살펴보고자 한다. 이것은 숙종 37년(1711)에 청(淸)의 서양 선교사 민명아(閔明我)가 만든 것으로 성도를 6면으로 구성한 정육면체의 입체적인 천문도이다. 이 천문도는 '천상열차분야지도'의 전통적인 평면에 원형(圓形)의 전천(全天)천문도 방식을 버리고 천구(天球)를 여섯으로 분할하여 육면체의 전개도(그림 3)를 이어 붙여 정육면

체의 입체성도로 만든 것이다. 이용복(2003)은 북극을 중심으로 한 평면상에 원형(圓形)의 천천(全天)천문도 방식은 적도 남쪽으로 하늘의 범위가 축소되지 않고 오히려 확대되기 때문에 입체적인 방성도는 완벽한 구형의 천구(天球)형태는 아닐지라도 천문도의 왜곡 현상을 줄일 뿐 아니라 적도와 황도의 표시도 곡선이 아니 직선으로 표시하고 있다. 김일권(2005)이 밝혔듯이 방성도가 태양의 움직임을 천상(天上)에서 쉽게 연역해낼 수 있도록 실제 관측 용도로 제작되어 태양이 지나는 곳의 별자리 관측은 반대 계절이 가능하므로 각 계절마다 태양 반대 쪽 면의 별자리를 계절별로 볼 수 있으며 한면의 천문도는 한 계절인 3개월간 관측이 가능한 천문도가 된다. 방성도를 제작한 청대(清代) 민명아는 '방성도해(方星圖解)'의 첫머리에 천상(天象)에 부합하도록 제작된 것 중에 혼천의(渾天儀)나 혼상(渾象, 天球儀)은 으름이나 이를 갖고 다니기가 어렵기 때문에 휴대용 관측용 성도로 제작되었음을 보여 주고 있다.



그림 3 방성도(方星圖)와 펼쳐친 6면의 천문도 (사진: 서울역사박물관 2004)

### 3. 간평의(簡平儀)와 평혼의(平渾儀)

간평의(簡平儀)는 둥근 공 모양의 혼상(渾象, 天球儀)과 혼천의(渾天儀)를 간편화하여 평면의 둥근판의 한쪽 면에는 하늘의 북극을 중심으로 북반구 별자리를 그리고 뒷면에는 각 절후별 일출 일몰 시간과 낮과 밤의 시간을 계산할 수 있는 시각선(時刻線)들이 표시되어있다. 명말(明末) 이태리 선교사 웅삼발(熊三拔, S. de Ursis)은 서양식 간평의에 관해 '간평의설(簡平儀說)'에 소개하고 있다.

‘그림 4’의 간평의(簡平儀)는 서울특별시 무형문화재 제163호로 지정되어 서울역사박물관 소장되어 있다. 앞면에는 오늘날 교육용으로 사용하는 성좌조건표(星座早見表)와 같은 형태로서 간단한 별자리판으로 구성된 천체관측 기기이다. 그 구조는 하늘의 북극을 중심으로 별자리를 표기한 원반이 있고, 이 별자리를 덮는 또 하나의 덮개원반이 있다. 이 덮개는 하늘에 보이는 시야 범위만큼 타원형의 창을 오려내고 천문도를 덮고 원반의 중심을 축으로 하여 회전하면서 현재 하늘에서 보이는 별자리를 찾아 관

측하는 일시의 남중하는 중성(中星)을 찾아 볼 수 있는 것이다. 이 간평의를 들고 별을 보면서 현재 머리 위를 지나 남중하는 별자리가 무엇인지 확인해보면 관측일의 절기에 따라 현재 시간을 알 수 있게 된다. 또 현재 시간을 알면 절기를 알 수 있게 된다. 뒷면에는 24기의 각 절후별 일출 일몰 시간과 낮과 밤의 시간을 계산할 수 있는 시각선들이 있다. 간단히 휴대하면서 관측도 할 수 있고 천체 운동을 이해하는 원리를 설명하는 도구로 사용할 수 있다.



그림 4 서울역사박물관 소장 간평의(簡平儀)의 앞면과 뒷면  
(사진 : 국립민속박물관 2004)

동근 원반의 평혼의(平渾儀)도 간평의(簡平儀)와 유사한 천문의기이다. 동근 공 모양의 혼상(천구의)을 평면의 동근 원판의 한쪽 면에는 하늘의 북극을 중심으로 북반구 별자리와 또한 면에는 남극을 중심으로 한 남반구 별자리들을 표시한 것이며, 두 원반의 원주는 적도이다. 이 원반은 회전할 수 있다. ‘그림 5’는 박규수(朴珪壽, 박지원의 손자, 1807~1877)가 지름이 34.4cm의 원반의 두꺼운 판지로 만든 평혼의이다. 이 평혼의를 보관하는 봉투에는 ‘평혼의 환당수제 간평의 소본부(平渾儀 璣堂手製 簡平儀 小本附)’라고 쓰여 있는데 환당(璣堂)은 박규수의 호이며 그가 손수 만든 것임을 전하고 있다. 종이로 만든 수제품 혼평의 상단에 벽에 걸어 두거나 고리를 잡을 수 있도록 실로 만든 손잡이 고리가 보인다.



그림 5 박규수(朴珪壽)가 판지로 제작한 평혼의(平渾儀)의 북면과 남면. 평혼의 봉투에 박규수의 호 환당(璣堂)이 적혀있다.

남북 양면의 덮고 있는 상반(上盤)은 적도규(赤道規)와 지평호(地坪弧)와 몽영호(朦影弧)가 표시되어 있다. 지평호(地坪弧)는 관측자의 지평선의 시야를 곡선으로 표시한 것이고, 관측자의 북극 고도각(위도)에 따라서 정해진 것이다. 몽영호(朦影弧)는 해뜨기 전후의 박명시간의 한계를 나타내는 곡선이다. 현행 박명시간은 태양의 중심이 지평선 바로 아래 6도까지 있을 때를 시민박명(市民薄明), 12도까지를 어민박명(漁民薄明)이라 하며, 완전히 어두워지는 18도 밑에 있을 때를 천문박명의 시작(저녁)과 끝(새벽)으로 정하고 있는데 조선후기의 박명시간인 몽영(朦影)을 환산해 보면 현행 천문박명 시간에 가깝다. 평혼의의 별자리들을 살펴보면 해당지역에 시각과 절기마다 지평선에 보이는 별자리와 중성이 어떤 것인지 알 수 있게 되며, 또 이것을 응용하면 시간을 알 수 있게 된다. 박규수의 평혼의는 두꺼운 종이를 둥글게 오려서 별자리를 그리면 지금도 만들어 가지고 다닐 수 있는 다목적 휴대용 별자리판이라 할 수 있다.



그림 6 경북궁 고궁박물관 황동 평혼의(平渾儀).

‘그림 6’은 경북궁 고궁박물관에 전시되어 있는 황동남북반구성좌판(黃銅南北半球星座版)이다. 지름 34cm의 황동 원반에 정교하게 별자리를 새긴 평혼의(平渾儀)다. 평혼의를 잘 지탱할 수 있는 십자형 목재 받침대가 있고, 성좌판 중심에 있는 극축 중심축에 규형(窺衡, 가늌자)이 회전할 수 있도록 붙어 있다. 이 평혼의를 설치대 위에 방위를 맞추어 설치한 후 규형으로 별의 방향을 정확히 조준하여 보면서 지시하는 평혼의의 눈금을 볼 수 있는 이동식 성좌판이다. 남문현과 손욱(2002)은 이 평혼의는 1850년경 당시 고위관직에 있던 남병철의 주도아래 관청에서 제작한 것으로 추측하고 있다.

### 천상(天象)을 살펴보는 천문교육용 천문기기 혼상(渾象)과 혼천의(渾天儀)

혼상은 지구의(地球儀)와 같이 구형(球形)으로 만든 구면(球面)상에 하늘의 좌표를 나타내는 눈금을 그리고 눈금들의 위치에 해당하는 별과 별자리를 구면에 투영하여 그린 것이다. 혼상은 하늘의 북극과 남극을 축으로 하여 회전 시킬 수 있도록 제작되어서 혼상을 한 바퀴 돌려 보면 하늘의 별자리들이 하루 동안 일주운동(日週運動)하는

모습을 볼 수 있다. 야외에 설치하여 별을 관측할 수도 있지만 실내에서 혼상을 살펴 보면 실제 하늘의 모습을 느끼면서 별자리를 익힐 수 있을 뿐 아니라 계절마다 별자리들이 뜨고 지는 시간을 쉽게 이해할 수 알 수 있기 때문에 민간(民間) 혼상을 제작하여 천문교육에 사용하였다. ‘그림 7’은 안동 도산서원(陶山書院)에 있는 퇴계(退溪) 이황(李滉) 선생이 교육용으로 사용하던 혼상(渾象)이며 국내에 현존하는 혼상으로는 유일한 것이다. 이 혼상 사진 밑에 보이는 둥근 환들은 파손된 혼천의 부품들이다.



그림 7 교육용으로 사용하던 퇴계 이황 선생의 혼상(좌측), 우암 송시열 선생의 혼천의(중앙), 선화랑의 혼천의(우측).

실제로 별을 관측하던 혼천의(渾天儀)는 천체 관측용 측각기(測角器)로서 천문시계(天文時計)의 기능을 가진 천문 의기(儀器)이다. 나일성(2000)의 조선시대 혼천의에 관한 문헌과 기사와 현존하는 유물 조사 결과를 보면 조선시대에 많은 혼천의를 제작하였음을 알 수 있다. 실제 관측에도 사용하였고, 교육용으로도 사용하였다. 특히 유학자들은 민간(民間) 혼천의를 제작하여 교육용으로 사용하였다. 기본 구조는 육합의(六合儀), 삼진의(三辰儀) 사유의(四遊儀)의 3층의 구조로 이루어져 있다. 육합의는 지평환(地平環), 천경쌍환(天經雙環), 천경적도환(天經赤道環)으로 이루어지며 삼진의는 삼진쌍환, 적도환, 황도환으로 이루어지고, 사유의는 사유쌍환과 망통(望筒) 또는 지구환(地球環)으로 이루어진다(이용삼 외 2001). 혼천의에 각종 환에 표기된 눈금을 통해 천구상에 적도좌표와 황도 좌표상에서 계절(절기)과 시간에 따라 일월오행성(日月五行星)과 28수(宿)와 같은 천체들의 천구(天球)상에서 위치와 방위를 알 수 있다.

‘그림 7’의 우암(尤庵) 송시열(宋時烈)의 혼천의는 그가 정계를 떠나 화양동에 은거하며 제자들의 교육을 목적으로 사용한 것이다. 현재 이 혼천의는 송시열의 후손(송영달)이 국립청주박물관에 기탁한 유물로 보관되고 있으며, 보존 상태가 좋지 않지만 현재 목재 받침대와 목재 틀에 철재로 만든 각종 환과 눈금을 볼 수 있다. 외형적으로 잘 보존되어 있는 혼천의 중에는 인사동 선화랑 화방의 선화랑 혼천의가 있다. 조선 후기에 목재 제작하였는데 보존 상태가 양호하다. 십자 바닥에는 신미년(辛未年) 11월 12일에 제작된 기록이 있는 것으로 볼 때 1811년이나 1871년에 제작된 것으로 추정

된다.

한국 최초의 혼천의와 혼상은 세종 15년(1433) 제작된 기록이 있다. 이 혼천의는 혼상과 함께 연결된 것인데 실내(혼의 혼상각)에 설치하여 물을 흘려 물레바퀴를 돌려서 동력을 이용한 수격식(水擊式)으로 시계장치와 연결되어 실제 천체운동과 동일하게 작동되는 전시용 혼천시계의 일종이다. 혼의와 혼상을 하루 한번 씩 회전하고 추가로 1도씩 더 회전 하게하여 매일 태양이 황도 상에서 1도씩 움직이게 하여 실시간으로 하늘에서와 같이 28수(宿)별자리와 태양의 위치를 볼 수 있는 것인데 보존 되 있지 않아 그 모습조차 볼 수 없다. 아쉽게도 지금 세종시대 천문유물들은 다 사라졌지만 조선에서 전통적으로 제작된 각종 혼천시계들 가운데 유일하게 현존하는 것은 조선 중기 현종 10년(1669)에 송이영이 제작한 혼천시계가 있다. 현재 국보 제230호로 지정되어 고려대학교 박물관에 소장되어 있지만 많은 부품들이 망실되고 훼손되어서 그 모습만 볼 수 있을 뿐 작동되는 모습은 볼 수가 없는 상태이다.

### 천상운행(天象運行)을 재현(再現)한 혼천시계(渾天時計)의 작동

효종 4년(1653)부터 서양의 영향을 받은 새로운 역법 시헌력(時憲曆)을 시행하면서 종래의 시각법이 100각법이 96각법으로 변화되고, 원주(周天度)가 365 1/4도에서 360도로 변경되어 혼천의 등 새로운 천문의기들을 정비하고 제작했다. 현종 10년(1669) 홍문관(弘文館)의 천문학교수(天文學教授) 송이영(宋以穎)은 서양식 기계시계의 원리를 이용한 스스로 증을 치는 혼천시계(渾天時計)를 제작하였다. 이 송이영의 혼천시계 유물은 고려대학교 박물관에 국보 제230호로 지정되어 소장되어 있는데, 그 모습만 볼 수 있을 뿐 부품들이 훼손되고 망실되어 작동되는 모습은 볼 수가 없는 상태이다(그림 8).



그림 8 고려대학교 박물관의 국보 제230호 송이영의 혼천시계와 실측 일행

이 혼천시계의 연구 자료 가운데는 Rufus(1936)가 'Korean Astronomy'에 소개함으

로 세계적인 천문시계로 널리 알려지게 되었고, 1960년대에는 미국 Smithsonian 박물관에서 특별전을 요청하기도 하였다. 대표적인 연구 자료는 전상운 교수의 도움으로 Joseph Needham(1986)의 'The Hall of Heavenly Records'에 발표한 것이다. 이들의 발표에 대한 기술적 검토와 타당성을 점검하고, 전상운(1994), 한영호 외(2001), 이용삼 외(2001), 전상운(2005)의 연구와 제작진(이용삼, 이용복, 김상혁, 정해성, 최용식, 한경수)의 유물답사와 실측을 통하여 아직까지 멈춰있던 이 혼천시계의 작동모델로 복원을 시도하였다.

## 1. 송이영 혼천시계의 특징

송이영의 혼천시계는 크게 두 부분으로 나눌 수 있는데 지구를 중심으로 천체 움직임을 보여주는 혼천의 부분과 시간을 지속시키는 시계장치 부분으로 구성되어 있는데 여기서는 주로 혼천의 부분만 기술하고자 한다.

혼천시계의 동력 발생 장치는 2개의 추(錘)를 이용하는데, 조선의 전통적인 물레바퀴를 돌려주는 수력식(水力式)과 달리 두 개의 추를 사용하여 하나의 추는 톱니 기어 축에 체인으로 연결되어 회전시켜주면서 시간을 알려주고, 동시에 혼천의의 구동장치와 연결되어 혼천의를 구동시켜준다. 또 다른 추는 시간을 알려주는 자명종 타종장치의 회전축과 연결되어 시간 지속장치에서 보내오는 작동신호를 통해 매 시간 마다 현재 시간에 해당되는 타종을 치게 된다. 시보장치는 매 시간마다 해당되는 시간의 12시패(時牌)를 들어 알려주고, 타종장치의 자명종은 계속 순환하는 쇠 구슬 하나를 매 시간마다 굴러 떨어뜨려 자동적으로 종을 작동시켜 해당되는 시간을 알려준다. 이와 같은 자동 시보(時報) 장치는 세종 때 창제한 자격루(自擊漏)의 전통시계의 방법을 계승한 것이다.

시계장치와 연결되어 있는 혼천의의 천체의 운행의 구동장치 부분에는 고정된 지구의(地球儀)를 중심으로 혼천의를 하루 한 바퀴 회전시키는 극축이 있고, 적도환(赤道環, 28수 별자리 운행)과 황도환(黃道環, 태양의 운행)과 백도환(白道環, 달의 운행)이 있다. 각각의 환들은 제각기 회전 주기가 다르게 제작되어 있어서, 해와 달의 위치와 별자리 28수와 해당되는 24절후를 알 수 있다. 실제로 이 시계를 지속적으로 들여다 보면 혼천의가 하루 한번 씩 회전하고 추가로 황도상에서 태양이 1도씩 더 회전하게 하여 매일 태양이 황도 상에서 1도씩 움직이게 하여 실시간으로 하늘을 보는 같이 황도상에서의 태양위치와 24기를 살펴 볼 수 있으며, 28수(宿) 별자리와 태양과 달의 운행하는 모습을 볼 수 있다.

## 2. 혼천시계 복원

혼천시계의 주요 구성부품에 대한 유물을 실측자료와 그 원리와 기능과 구조를 분석하여 현재 유물(국보 제230호)의 훼손되고 망실된 기계장치의 각 부분과 혼천의의 부품인 태양 운행 장치와 달 운행 장치 등 각종 부품의 원형의 모습을 복원하기 위해 60여장의 주요 부분의 설계 자료를 완성하였다. 복원과정에서 시간 지속장치와 시보장치 타종장치 그리고 천체운행을 포함한 혼천의 부분이 하나의 기계적 계통(시스템)장

치들로 정교하게 조립되어야 한다. 좁은 공간 내에 미세한 톱니와 많은 장치들이 서로 맞물려 조립될 수 있도록 견고한 조립장치들이 완성되기까지 각 부품들의 시작품을 수차례 제작한 후에야 원활히 작동하는 복원품을 완성하였다. 혼천시계의 주요 구성부품들은 '(주)옛기술과문화' 제작소에서 정교하게 제작 조립하여 작동모델을 복원하여 서울특별시 과학전시관 현관 로비에 전시하여 작동시키고 있다. '그림 10'은 새로 복원한 혼천시계 모습이다.

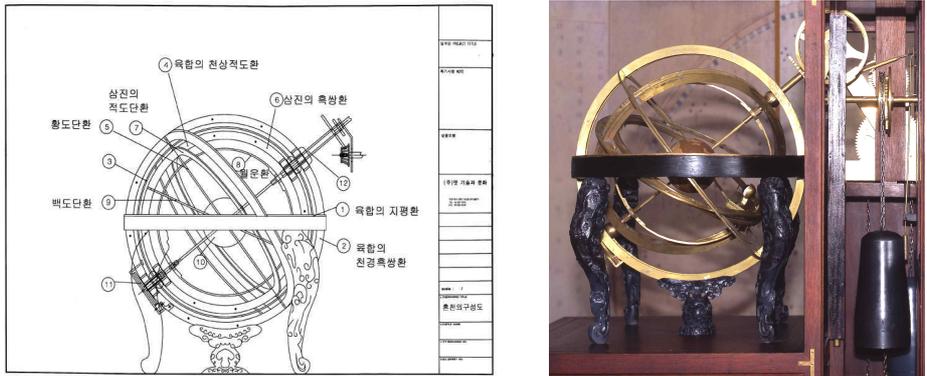


그림 9 혼천의 부품설계도와 복원중인 혼천시계의 혼천의 부분



그림 10 복원한 국보 제230호 송이영의 혼천시계의 작동 모델

### 3. 천상운행(天象運行)을 재현(再現)

시계장치와 연결 혼천시계(渾天時計)를 복원하여 혼천의를 구동시킴으로 천상(天象)의 천체 운동을 재연하였다. 복원된 혼천시계를 들여다보면 천구(天球)상에서 태양이 매일 1도씩 운행하는 동안 태양위치와 24절기와 28수(宿)의 별자리를 볼 수 있다. '그림 11'의 복원한 황도환의 모습을 보면 황도단환(黃道單環) 바깥쪽 레일의 작은 구슬(빨간색)로 만든 태양을 볼 수 있다. 이 태양은 레일 속에서 실로 끌어당겨 태양을

1년 동안 매일 1도 씩 이동시키고 있다.

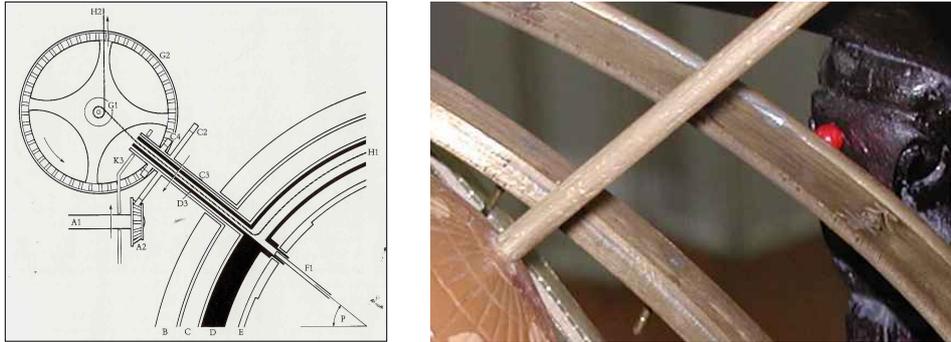


그림 11 혼천의 태양을 끌어당기는 황도환 내부장치 구조도(Needham, 1986)와 복원한 태양의 이송 장치.

백도환(白道環)상에 설치되어 있는 달의 위상변화 장치는 매일 달의 모습이 바뀌면서 한 달 동안 초승달, 상현달, 보름달, 하현달 등의 모양이 바뀌는 것을 볼 수 있다. '그림 12'를 보면 지구의와 함께 달의 위상변화 장치와 백도환에 설치되어 있는 달의 위상변화의 모습인 초승달과 보름달의 모습이 보인다.



그림 12 복원한 혼천의의 달의 위상변화 장치. 우측사진에서 백도환에 설치되어 있는 달의 위상변화는 현재 망월(望月)을 보여주고 있다.

이 혼천의의 천상운행의 모습을 지켜보면 혼천 시계속의 달력(양력 및 음력)을 살펴볼 수 있는 천문시계(天文時計)임을 알 수 있다. 당시에는 달력이 혼치 않고 더구나 음력 날짜를 사용하면서 양력의 의미를 갖는 24기(氣, 節氣)는 해마다 바뀌기 때문이다.

## 결론

우리나라에서 전통적으로 사용한 역(曆)은 이와 같이 달과 태양의 운동을 계산하여 음력과 양력을 동시에 사용하는 태음태양력이다. 이 태음태양력을 사용한 우리 선조들은 국가의 천문기관에서 각종 천문의기를 제작하여 천체관측을 수행함으로써 오늘

날의 양력보다 더 복잡한 계산을 수행할 수 있었다. 그 계산과정에는 해와 달이 겹쳐지는 일식과 월식을 정확히 계산하고 예측하는 것과 오행성의 위치를 계산하는 과학의 우수성을 보여주었다.

하늘을 관측하기위해 가장 기본이 되는 도구는 천문도이다. 조선에서는 세계적으로 알려진 석각천상열차분야지도를 비롯하여 각종 천문도와 천문도를 응용한 편리한 각종 휴대용 천문기구를 제작하였다. 천문도를 그린 각종 휴대용 별자리 판을 사용하여 일상의 삶속에서도 별자리와 함께 함으로서 절기와 시간을 알 수 있었다. 아울러 학문의 기본 과정인 격물(格物)을 이해할 수 있도록 유학자들은 천문교육을 위해 혼상(천구의)과 혼천의를 제작하여 후학들을 가르쳤다. 혼천의의 제작은 이에 그치지 않고 천상의 운행을 실시간으로 보고 느낄 수 있도록 시계장치와 결합하여 혼천시계를 제작하였다. 그 중에서 유일하게 현존하는 국보 제230호 송이영의 혼천시계는 우리나라의 전통적인 시계기술의 축척과 천문학적 원리를 바탕으로 당시 서양의 기계시계 기술을 집약하여 이룩한 천문시계이다. 즉, 동 서양의 자동시계들의 주요한 특징을 잘 조화시켜 새로운 모델의 천문시계로 제작한 그 창조성이 높이 평가는 것이며 서양시계에서 뿐만 아니라 중국과 일본에서도 찾아볼 수 없는 우리의 전통적인 방법으로 창제한 것이다. 그 창조성이 높이 평가되어 한국은행 발권정책팀 발표에 의하면 앞으로 2007년 상반기부터 발행되는 한국은행 1만 원 권 지폐를 발행할 예정인데 ‘그림 13’과 같이 뒷면 중앙에 국보 제228호인 천상열차분야지도를 바탕으로 하여 국보 제230호 혼천(渾天)시계 그림을 넣기로 하였다.



그림 13 2007년부터 발행되는 한국은행 1만원 권. 뒷면에 천상열차분야지도 (국보 제228호)와 혼천시계(국보 제300호). (그림: 한국은행)

이제 우리의 유산인 천문시계의 전통적인 특징을 그대로 간직한 과학 기술의 역사가 336년 만에 이 혼천시계 속에서 동양과 서양이 하나로 조화되어 그대로 살아 새롭게 움직이게 되었다.

## 참 고 문 헌

- Needham J., Lu, G.-D., Cambridge, J. H., and Major, J. S., 1986. The Hall of Heavenly Records (Cambridge University Press; Cambridge). 115-152
- Rufus, W. C.. 1936, Korean Astronomy(The Literary Department Chosen Christion College: Korea)
- 국립민속박물관. 2004, 天文 하늘의 이치 땅의 이상. 아트프린팅
- 김일권. 2004, 신법천문도 방성도의 자료 발굴과 국내 소장본 비교 고찰, 조선의 과학 문화재, 서울역사박물관
- 나일성. 2000, 한국천문학사, 서울대학교출판부
- 남문현, 손욱. 2002, 전통속의 첨단 공학기술, 김영사
- 남문현, 한영호, 이수웅, 양필승. 2003, 조선조의 혼천의 연구, 건국대학교 학술지, 39
- 박창범, 2003. 개인서신
- 서울역사박물관. 2004, 조선의 과학문화재, 예맥출판사
- 이용복. 2003, 개인서신
- 이용삼, 김상혁, 남문현. 2001, 남병철의 혼천의 연구 I, 한국천문학회지, 34권
- 전상운. 1994, 시간과 시계 그리고 역사, 월간시계사
- 전상운. 2005, 개인서신