

## 세종의 과학과 의표창제

### King Sejong's Scientific Achievements and Astronomical Instruments

한영호\*(건국대학교 기계설계학과), 남문현(건국대학교 전기공학과)

Y. H. Hahn and M. H. Nam (Kon-Kuk Univ.)

#### ABSTRACT

During King Sejong's reign in early Choson Dynasty, the Korean science had been in full bloom. Among the many splendid achievements of the period, though most of them are not extant, astronomical instruments and clocks made for equipping the Royal Observatory are taken as typical works that reflect the characteristics of the King's scientific projects and discussed in the view point that what and how much a well-planned drive and a future-oriented leader can accomplish.

Keyword : King Sejong(세종), Astronomical Instruments(천문·계시의기), Traditional Scientific Instruments(전통과학기기), Armillary Sphere(혼의), Sun-and-Stars Time Determining Instrument(일성정시의), Scaphe Sundial(양부일귀), South-fixing Sundial(정남일귀)

#### 1. 서론

우리의 과학문화재는 우리 민족의 과학적 창조성과 재능의 우수성을 나타내는 우리 문화의 귀중한 결정이며, 발명과 발견을 위해 흘린 선조들의 고뇌와 노력이 배어있는 민족의 유산이다. 우리 민족이 오랜 역사 속에서 독립국가로 유지할 수 있었던 것은 중국을 비롯한 주변국가들과 교류를 통해 새로운 문물과 제도를 끊임없이 받아들여 이들을 우리에게 가장 적합한 형태로 개선, 발전시킬 수 있었던 민족의 과학기술에 대한 뛰어난 자질로부터 힘입은 바가 크다.

조선왕조 제4대 世宗(1397-1450)이 재위했던 32년간은 정치, 문화, 산업 등 많은 분야에서 우리 역사뿐만 아니라 세계 역사상 그 유례를 찾기 어려울 만큼 큰 업적을 이룬 시기였다. 그 중에서도 각종 천문 관측기와 計時器의 완비, 인쇄기술의 개선, 도량형의 정비, 무기의 개량, 측우기의 발명, 농업과 의학분야의 저술 등 당시로서는 가장 첨단을 달리는 과학기술 유산을 남겨 우리 과학기술사의 황금시대를 이루었다.

이 글에서는 많은 부분이 실전되어 후손들의 관심권 밖으로 사라진 세종대의 천문·계시의기들을 중심으로 한 과학기술 유산들의 실체를 살펴보고, 그 발전배경을 재조명해 봄으로써 첨단기술의 경쟁시대를 후발국의 입장에서 살아가는 오늘의 우리들을 위한 他山之石으로 삼고자 한다.

#### 2. 하늘을 향한 과학과 의표창제 사업

세종대에 남긴 여러 과학기술 업적 가운데서도 특히 관천수시(觀天授時)를 위한 여러 가지 계측의기의 창제가 대표적인 대형 국책사업에 해당된다.

세종실록 권77:10ㄴ(세종19년 4월15일조)에서 "...때를 백성들에게 알려주는데 있어 가장 중요한 일은 하늘을 관측하는 일이고, 하늘을 관측하는데 있어 가장 중요한 일은 의표를 관찰하는 일이다. 옛적 요임금은 회화 형제들에게 명하여 일월성신을 관찰하여 책력을 만들었고, 순임금은 선기옥형으로 관찰하여 칠정을 바르게 하여, 진실로 하늘을 공경하고 백성의 일을 조금도 늦추지 않았다." 라고 한 것과 같이 고대로부터 농업이 주종 산업이었던 중국과 조선에서는 백성들에게 農時를 제때에 알려주는 授時업무는 위정자의 중요한 책무였으며, 따라서 하늘을 살펴 절후를 찾아내는 천문학은 제왕학의 근본이라 할만큼 역대 왕조는 이에 큰 관심을 기울였다. 조선을 창건한 태조는 천문도를 돌에 새긴 '천상열차분야지도'를 만들어 왕권의 확립을 도모하였고, 태종이 문물제도를 어느 정도 정비한 후 왕위에 오른 세종은 즉위하자 곧바로 이천, 장영실 등을 중국에 파견하여 천문관측기와 시설에 대한 지식을 습득케 하였다. 세종은 자료의 수집과 정리가 끝난 1432년(세종14년) 가을부터 본격적인 '의표창제(儀表創製)' 사업을 시작하였다. 7년째인 1438년(세종20년) 정월에 흥경각 낙성으로 완료된 이 사업의 결과 세종은 세계 최고 수준의 천문대인 간의대(簡儀臺)에 기능이 뛰어나고 정밀한 관천의기들을 갖추었고, 자동으로 시간을 알리는 국가의 표준시계인 보루각 자격루와 천상인형시계인 흥경각 옥루

를 소유케 되었다. 김돈이 지은 흥경각기는 다음과 같이 의표창제를 위한 7년사업의 결론을 내리고 있다. “...상고하건대, 제왕이 정사를 펴고 사업을 이루는데는 반드시 먼저 역법을 밝혀 세상에 절후를 알려주어야 하는 것이니, 이 절후를 아는 요결은 천기를 보고 기후를 살피는데 있는 것이므로 기형과 의표를 설치하게 되는 것이다. 그러나 이를 상고하고 징험하는 방법이 매우 정밀하여 한 기구, 한 형상만으로는 능히 바르게 할 수 없다. 우리 주상전하께서 이 일을 맡은 자에게 명하여 모든 의기를 제정하게 하였는데, 대소간의, 혼의, 혼상, 앙부일귀, 일성정시의, 규표, 금루 같은 기구가 모두 지극히 정교하여 전일의 제도보다 훨씬 뛰어나다...”

### 3. 세종이 만든 천문·계시의기들

의표창제 사업에서 선택한 천문·계시의기들의 모델은 한·당(漢唐) 이래 중국의 전통적인 의기와 이슬람의 영향을 받아 발전된 것을 골고루 택하였다. 혼의와 혼상은 전통적인 것에서, 간의 등의 관측기는 이슬람 천문학의 영향을 받아 특수경이 이룩한 의기들을 참고하였다.

“...한·당 이후로 시대마다 의기가 있었으나 남아 있는 것도 없고 없는 것도 있어 쉽게 헤아릴 수 없는데, 오직 원나라의 특수경이 만든 간의, 앙의(仰儀), 규표 등의 의기는 정교하다 하겠다. 오직 우리 나라에서는 이것들을 제작하였다는 말을 듣지 못하였으니...측험(測驗)하는 자세가 갖추어지지 못함을 알아 의기들을 만들게 하였으니 비록 요순이라도 이에 미치지 못한다. 한 두 가지 의기를 만든 것이 아니라 그 규모에서도 옛것을 그대로 본뜬 것이 아니라 약간은 옛기록을 참고하였고 모두 임금의 마음으로 창안하여 정묘의 극치를 이룬 것이니 비록 원나라 특수경일지라도 그 기교를 배울 수는 없을 것이다. 기 비천하다. 백성에게 시를 가르쳐 줄 책역(冊曆)을 교정하였고 또한 천문을 관찰할 의기들을 만들었도다...” (『세종실록』 권 77:117)

약간의 과장이 있겠지만 모델로 설정된 것들보다도 훨씬 더 정교한 것들을 만들 수 있던 것에 대한 자신감에서 우리는 당시의 높은 과학기술 수준을 짐작할 수 있다. 세종은 당시 최고의 수준을 자랑하는 것들을 모델로 하여 이것을 독창적인 ‘우리의 것’으로 만들어 낸 것이다. 의표창제 사업을 통해 만들어진 천문·계시의기들을 열거하면 다음과 같다.

#### (1) 간의대

둘로 쌓은 높이가 31척, 길이 47척, 너비 32척의 대위에 간의 등의 관천의기를 놓았던 천문관측대이다.

#### (2) 간의와 정방안

원대 특수경의 법을 따라 제작한 천체측각기가 간의의이고, 간의의 방향을 정하는데 사용한 것이 정방안이다. 간의는 전통적인 중국의 천체측각기인 혼의의 환의 배열을 간편화시킨 것이다.

#### (3) 동표

간의대 서쪽에 세운 40척 높이의 구리기둥인 表와 청석으로 만들어 놓은 圭를 이용하여 해가 남중할 때의 그림자 위치로 일년의 길이와 이십사절기를 측

정하던 대형 해시계이다.

#### (4) 혼의 및 혼상

혼의는 선기옥형 또는 기형으로 불리며, 요순으로부터 그 기원을 찾는 중국의 전통적인 천체측각기로써, 관천수시와 관련하여 왕권을 상징하는 중요한 의미를 지니고 있다. 혼상은 혼의와 짝을 이루어 천체의 운동을 시연하는 천구의이다. 이것들은 수격식으로 구동되어 천상시계의 역할도 하였다. 혼의, 혼상은 간의대 옆에 소각을 지어 설치하였다.

#### (5) 보루각 자격루

3칸 규모의 보루각을 짓고 그 속에 국가의 표준시계인 자격루를 설치하였는데, 스스로 종을 울려 하루의 12시를 알리고 북과 종을 쳐 야간의 경점을 알렸다. 자격루는 장영실의 뛰어난 솜씨와 중국 및 이슬람의 시계기술이 어울려 만들어낸 걸작품이다.

#### (6) 흥경각 옥루

왕의 침전인 강녕전 옆에 흥경각을 짓고 수력으로 구동되는 천상인형시계인 옥루를 설치하였다. 계절에 맞춰 해가 산 위로 뜨고 지며, 37개의 인형들이 낮밤의 시간에 맞춰 제각기 작동되는, 세계의 시계역사상 가장 오묘한 형태를 가졌던 시계이다. 혼의·혼상·자격루의 기능과 이슬람식 작동법이 연합되어 있으며, 장영실의 재능이 완벽하게 발휘된 작품이다.

#### (7) 소간의

작은 규모의 간의로서 천추전의 서쪽과 서운관에 하나씩 설치하였다.

#### (8) 앙부일귀

술 모양의 내부를 반구면으로 만들고 눈금을 새겨 넣은 해시계이다. 백성들이 시각을 알 수 있도록 공공장소에 설치하였다.

#### (9) 일성정시의

낮과 밤에 천체를 관찰하여 시각을 알아내던 의기이며, 만춘전 동쪽, 서운관에 설치하였고, 평안, 함길양계의 원수영에 군사용으로 설치하였다.

#### (10) 현주일귀

받침은 버루모양이고 12시 백각을 앞뒤에 새긴 원형 시반을 극축에 수직으로 설치한 적도식 휴대용 해시계이다.

#### (11) 행루

파수호, 수수호 각 한 개씩으로 이루어진 휴대용 부전루이다.

#### (12) 천평일귀

현주일귀와 비슷한 구조의 휴대용 해시계이다.

#### (13) 정남일귀

현주·천평일귀처럼 나침반을 쓰지 않고도 정남의 방위를 잡고 절기와 태양고도를 측정할 수 있는 해시계로서, 혼의의 기능을 적절하게 응용한 것이다.

#### (14) 주척

세종4년 이천의 노력으로 도량형제도가 정비되었고, 위에 열거한 의상표루를 만드는데 길이의 표준으로 쓰인 척도가 주척이다. 1척은 207 mm이다.

이상 13종의 의기들은 혼의, 혼상, 간의, 규표 등 한국의 제도를 그대로 본뜨다 만든 것과, 세종대의 독자적 창작품들로 구분된다. 자격루와 옥루의 독창성에 대해서는 부언의 필요조차 없으며, 각종 해시계(일귀)들도 다양한 용도에 맞춰 독특한 형태를 취하고 있다. 해시계 중 다른 나라에서는 그 유례가 없는 일성정시의, 양부일귀, 정남일귀에 대하여 좀더 상세히 언급한다.

#### (1) 일성정시의

일성정시의는 다른 해시계와 달리 별시계를 겸하고 있는 주야경용 관측기다. 일성정시의는 정극환을 사용하여 시반이 적도에 평행하도록 한 점이나 낮시간의 측정에 간의의 원리를 활용하는 점에서, 대형 기기인 간의를 더욱 간략화 하여 해시계처럼 손쉽게 곳곳에 설치할 수 있도록 하면서 시간의 발생원인 천체운동을 밤낮으로 쫓 수 있도록 고안해낸 것이다. 원의 광수정기 이슬람 천문학의 영향을 받아, 천여년의 세월 동안 제도를 갖추어 온 정통의기인 혼의를 간편화하여 간의를 만든 것이 동양의 천문의기 제작사상의 일대 개혁이라면, 세종의 일성정시의는 그 변혁의 마무리라고 할 수 있다. 이후 일성정시의는 궁궐을 벗어나 변방의 군영에도 보내진다. 혼의와 간의가 금원의 의기로서 명맥을 유지하다가 조선 중기 이후에는 실제관측기로서의 역할을 상실케 되는데 비해, 일성정시의는 자격루나 혼천시계 등의 시간을 고정하기 위한 표준시간 측정수단으로 조선 후기까지 오랫동안 명맥을 유지하는 것은 세종조 의표창제사업의 실용성과 수월성을 보여주는 한 단면이라고 할 수 있다.

#### (2) 양부일귀

양부일귀는 세종 시대에 사용한 여러 가지 해시계류에서도 유일하게 수영면이 오목한 형태를 취하고 있다. 따라서 평면 해시계에 비해 시간유지 기능이 탁월하여 물시계의 교정용으로도 쓰였으며, 사용법이 간편하여 공중용 낮시계로 도성내 여러 곳에 설치되었다. 이 양부일귀가 오목한 솔모양인 것은 이것 역시 천문의기의 대표인 혼의를 용도에 맞게 개조한 것이기 때문이다. 혼의의 역할 중에서 기타의 천체관측 기능을 제거하고, 오직 옥형을 이용하여 황도를 따라 해를 추적하면서 옥형의 적경과 적위를 측정하거나 옥형 내부를 관통한 햇빛이 혼의상에서 위치하는 좌표를 측정하여 절기와 시각을 알고자 한다면, 혼의의 삼진의 또는 사유의 회전체적이 양부일귀의 구형 수영면으로 바뀌어 그 위에 적경, 적위의

좌표가 그려지게 되고, 옥형을 통과하는 햇살은 영침을 지나는 해그림자로 대체된다. 따라서 영침의 그림자는 단순한 그림자가 아니라 옥형의 지침방향을 나타내는 것이므로 수영면에 수직으로 입사되므로 다른 평면 해시계와 비교할 수 없는 정확한 시간유지 능력을 갖는 것이다. 해시계이므로 혼의의 하반구만 수영면이 되고 따라서 외형이 반구형의 솔모양이 되어 공공용으로 활용하기에 적합한 구조가 된 것이다. 이와 같은 양부일귀의 영침과 구형 수영면을 갖는 형태는 그 연원이 되는 혼의를 매우 독창적으로 변개하여 시간측정의 정밀도를 최대한 높인 사용 예에 해당되며, 세계의 해시계 제작사에서 가장 뛰어난 작품으로 태어난 것이다.

#### (3) 정남일귀

정남일귀에는 규형과 지평환 등이 있어서 천문관측을 통해 방향을 확정한다 다음 해시계로서의 역할이 이루어지도록 되어 있다. 따라서 인공적인 지남침을 이용하지 않고도 시각을 정확히 측정할 수 있기 위하여, 혼의와 양부일귀의 중간형태를 취한 모습이다. 혼의의 환의 제도 중에서 지평환, 규형을 포함한 사유의, 하지 때의 황도반환에 해당하는 시각환만 남기고, 자오환 대신 남북에 기둥을 세웠다. 정남일귀의 길이가 1척2촌5분인 점으로 보아 양부일귀와 거의 같은 크기이므로 휴대용 해시계라고 하기에는 곤란하다. 그러나 15개나 만들어 여러 곳에 설치하면서 천문측정의 방법만으로 진남북을 결정한 것은, 지남침으로 인한 오차를 줄이고 모든 곳에서 시간을 정확히 측정하기 위한 배려라 할 수 있다. 이렇게 세종의 의기들은 하나하나가 상호보완적이며 용도에 맞춰 가장 적합한 측정제도를 완비해 나가고 있음을 정남일귀를 통해서도 엿볼 수 있다.

### 4. 세종대 과학의 특징

세종의 천문학, 역산학, 계시학과 계측기술에 대한 연구개발에는 새로 건국한 조선왕조의 역사적 정통성을 더욱 반석 위에 올려놓고 왕권을 강화하고 유교의 민본주의를 실현하려는 사회적, 정치적 배려가 크게 작용하였다. 또한 이러한 노력은 세종의 과학에 대한 흥미와 자주성에 대한 강한 집념의 실천이라는 면에서 크게 진작되었으며, 세종 자신이 젊어서부터 태종과 물시계 등을 만들었으며 왕이 된 후에도 정인지 등과 더불어 『산학계몽(算學啓蒙)』을 공부하기도 한 학구적인 군주였다. 젊은 학자들 특히 집현전(集賢殿) 학사들에게 특정연구과제를 주어 집중적으로 연구에 종사하게 하였으며, 일부는 일반관리로 등용되었다 해도 천문학을 연구하도록 하였다. 당대

의 대표적인 천문학자로 성공한 이순지(李純之)와 김담(金淡) 등이 좋은 보기이다. 30여년 재위기간 중 시정목표를 수행하는데 있어서는 과감한 인재등용 정책을 폈으며, 당시 동래 현의 관노 출신인 장영실을 등용하였고 그가 큰 업적을 낸 공로를 인정하기까지 하였다. 또한 유교적인 관습에 얽매이지 않고 자유로운 연구분위기를 조성하여 집현전 학자들에게 '사가독서(賜假讀書)'제도를 두어 연구에 전념하게 하였다. 자주성과 민족의식이 투철하였던 세종은 하루속히 과학기술을 토착화시켜 중국의 수준을 능가하는 일이 급선무였다. 따라서 원대에 이슬람 과학의 영향을 받아 발달된 천문역법을 비롯하여 계측기술을 모델로 정하고 우리의 것으로 만드는데 심혈을 기울여 <칠정산(七政算)>이라는 본국력(本國曆)의 완성을 보게 되었다.

이슬람의 알자자리(al-Jazari)가 1206년에 펴낸 책의 내용 중 자동물시계 방식을 택하여 자격루를 만들기도 했으며, 앞절에서 살펴 본 바와 같이 천문·계시의기의 국산화를 이룩하였다. 대간의 등 천체 계측기는 관수경의 모델을 추구, 발전시켰다.

이러한 국산화 노력은 농업, 의학, 도량형, 무기화학 등에도 기울어져 조선의 풍토에 맞도록 개량하고 발전시켜 나갔다. 이런 사실들로부터 세종대에 과학기술의 대약진이 가능했던 것은 자명해진다. 곧,

- (1) 과학 기술연구를 정책 사업을 정하고,
- (2) 과감한 투자, 포상과 인재 등용을 하였고,
- (3) 세종 자신이 과학 기술에 대한 지대한 관심을 보이고 몸소 실천하였으며,
- (4) 자유로운 연구 여건을 조성하였으며,
- (5) 선진 과학기술의 도입과 토착화를 장려하였다.

시정목표를 성취시키기 위해 취했던 조치와 추진 과정을 보면 세종의 과학정책은 매우 현대적이었음을 알 수 있으며 조선조 실학사상의 선구라 할 수 있다. 의표창제에 있어서는 천문이론에 기본을 두고 정확성을 기하기 위하여 노력하였고, 기술을 습득하게 하였고, 과학서적을 수입하여 선진기술의 수준을 파악하려고 노력하였다. 천문의기 제작사업이 시작되자 학자들로 하여금 중국의 고전을 철저히 조사하여 모델을 선정하였다.

이론의 바탕 위에서 기기를 제작하되 먼저 실험 기기를 제작하여 과거의 측정기록과 비교 검토한 후에 원기기(原器機)를 제작하였다. 측정기기들은 대부분 야외에 설치해야 했으므로 양질의 청동으로 주조하였다. 천문관측용 기기의 대부분은 간의대와 그 주변에 설치하고 세종 자신이 직접 관측에 참여하기도 하였다. 또한 해당 관청에도 기기를 분배하여 주고, 측정기록을 보관하고 기기를 개량해 나갔다. 특히 공중용 기기를 만들어 시중에 설치하여 과학지식의 대

중화를 유도하였다. 또한 기기의 자동화(自動化)를 시도하여 사람의 손이 덜 가도록 한 자격루와 옥루, 혼천와 혼상 등을 제작하였다. 표준 시계를 궁궐에 설치하여 표준시간의 관리에 만전을 기하였다. 군사용으로 제작된 천문·계시의기는 휴대용으로 만들어 이용의 편리를 도모하였으며 끊임없이 개량 발전시켰다. 수위측정 기술을 응용하여 측우기를 만들어 농업 생산성을 제고하고 조세의 형평을 기하도록 노력했으며, 수표를 설치하여 홍수예방책 등을 강구하기도 하였다.

세종 과학의 특징은 : ① 기초 자료조사 ② 모델선정 ③ 실험용 기기 제작과 실험 ④ 원기기 제작 ⑤ 실용화 연구 ⑥ 소형화, 표준화, 자동화 ⑦ 과학의 대중화 ⑧ 과학 기술의 토착화로 요약된다.

조선조를 통하여 가장 찬란한 과학기술 문화를 발전시켰던 세종대를 돌이켜 보면서 우리는 당시의 발전 배경과 성과를 재조명하여 거울로 삼을 수도 있을 것이다.

## 5. 결론

해마다 중국에 동지사(冊使)를 보내어 동짓날 명 황제가 내리는 역서를 받아와야 나라의 시간생활이 가능했던 조선에서, 세종이 의표창제와 본국력 제작을 완성하고 천문·계시의기들을 중국 사신을 맞던 경희루 주변에 설치한 것은, 과학기술의 자립이 독립국의 정체를 유지하는데 얼마나 중요한 것인지를 역사적 사실로 증명해 보이고 있다. 이러한 관점에서 세종의 과학기술 사업은 정당하게 재평가된 후 후손들에게 널리 알려져야 할 것이다.

## - 참고 문헌 -

- [1] 조선왕조실록, 국사편찬위원회(영인본), 1955
- [2] 증보문헌비고, 고전간행회(영인본), 1957
- [3] 전상운, 한국과학기술사, 과학세계사, 1966
- [4] 과학기술문화재 복원 기초조사 및 설계용역 보고서, 문화재관리국, 1992
- [5] 남분현, 한국의 물시계, 건국대학교출판부, 1995
- [6] 전통과학기기의 복원기술 개발, 과학기술처, 1996
- [7] W. C. Rufus, Korean Astronomy, Trans. Korea Branch of the Royal Asiatic Society, vol.26, 1936
- [8] J. Needham, et al. *The Hall of Heavenly Records*, Cambridge Univ. Press, 1986
- [9] Ibn al-Razzaz al-Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, Trans. by D. R. Hill, Reidel Pub. Co., 1974