

기획 : 한국 과학사에서의 복원 연구

## 조선의 8척 규표 복원 연구\*

이용삼 (충북대학교 천문우주학과/천문대) · 양홍진\*\* · 김상혁 (한국천문연구원)<sup>†</sup>

### 1. 서론

규표(圭表)는 남중하는 해 그림자 길이를 관측하여 24절기와 일 년의 길이를 측정하는 천문의기(天文儀器)이다. 규표의 역사는 땅에 세워 놓은 막대의 그림자 방향과 길이의 변화를 측정하는 기본적 관측 기기에서 비롯되었다. 규표는 인류 역사에서 가장 오랜 천문관측 기기로 알려져 있다. 중국 규표의 역사는 주(周)나라 시대의 토규(土圭)에서 비롯되었다.<sup>1)</sup> 이후, 한(漢)나라 시대에 이르면 규(圭)의 길이가 1장(丈) 3척(尺), 8척(尺) 높이의 동(銅) 재질로 만든 표(表) 형태의 규표가 만들어진다.<sup>2)</sup> 규표의 높이가 8척으로 정해진 것은 사람의 키에서 유래된 것으로 알려져 있는데, 이러한 이유 때문에 인체의 일부를 일컫는 비(髀)라는 글자가 규표를 상징하게 되었다. 고대의 천문 수학 서적인 『주비산경(周髀算經)』의 책이름에서도 비(髀)는 규표를 상징하는 의미로 사용되었다.<sup>3)</sup> 이후 8척 높이는 규표의 기본 크기가 되었다.

---

\* 투고 2011년 11월 21일. 심사 2011년 12월 19일. 게재확정 2011년 12월 19일.

\*\* 교신저자 (양홍진 [hjyang@kasi.re.kr](mailto:hjyang@kasi.re.kr)).

<sup>†</sup> 본 논문은 2011년 9월 한국천문연구원 본원 앞마당에 설치한 조선의 8척 규표의 복원을 위한 모델 연구와 그 제작 내용을 정리한 것이다. 논문 내용은 2011년 가을 한국천문학회, 한국우주과학회 및 한국과학사학회에서의 발표문을 기초로 작성하였다. 한국과학사학회의 발표 토론에서 많은 도움 말씀을 주신 이용복 교수와 전용훈 교수 그리고 논문 심사자들께 깊은 감사를 드린다.

1) 潘鼎, 『中國古天文儀器史』 (山西教育出版社, 2003), 46-48쪽.

2) 潘鼎, 위의 책 (2003), 46쪽.

3) 潘鼎, 위의 책 (2003), 46쪽.

중국 위진남북조(魏晉南北朝)시대 양(梁)의 천감(天監, 502~519) 년간의 기록에 의하면 8척 규표를 만들어 사용하였는데 동으로 표를 만들고 규면에는 수로(水渠)를 만들어 수평을 맞추도록 하였다고 한다<sup>4)</sup>. 원(元)나라에 들어오면서 규표 제작에 큰 변화가 생기는데, 40척 규표의 제작, 횡량(橫樑)의 설치 그리고 영부(影符, 景符)<sup>5)</sup>와 규궤(窺軌)가 개발되어 사용된다. 8척 규표의 다섯 배 크기인 40척 규표의 제작은 일 년의 길이를 더욱 정확하게 측정하기 위한 것으로 표(表)가 높아짐에 따라 더 정확한 절기와 일 년의 길이 측정이 가능해진다. 높아진 표의 그림자를 더 정확하게 측정하기 위해 표의 꼭대기에 가느다란 수평 막대를 새롭게 설치하는데 이것이 바로 횡량이다. 영부는 규면에 맺히는 횡량의 그림자를 선명하게 하기 위한 것으로 바늘구멍 사진기의 원리가 적용된 새로운 측정 장치이다. 40척 규표는 본래의 목적을 위한 표의 그림자 길이 측정뿐 아니라 야간 관측에도 활용되었다. 야간 관측시 남중하는 천체의 고도를 측정하기 위해 규궤를 만들어 사용했는데 규궤 또한 규표를 활용하기 위한 원나라 시대의 발명품이다.<sup>6)</sup>

이후, 명대 정통년간(正統年間, 1436~1449)에 8척 규표를 만든 곽수경(郭守敬, 1231~1316)은 8척 규표 측정에 영부 장치를 활용하였다.<sup>7)</sup> 중국에서 사용한 가장 큰 규표는 1608년 제작한 6장(丈, 1장=10척) 높이의 나무 표를 활용한 것으로 이 규표는 회기년의 더 정밀한 측정을 위해 제작되었다.<sup>8)</sup> 청대 건륭년간(乾隆年間, 1736~1795)에 이르면 명대의 8척 규표를 수리해서 사용하는데, 이때 8척의 표가 1장(丈)으로 늘어난다. 청대에 수리한 이 규표에는 횡량을 설치하는 대신 표의 상단에 구멍에 뚫어 그림자의 길이를 측정하도록 하였다. 1장 높이의 이 규표는 현재 남경(南京) 자금산(紫金山) 천문대에 보존되어 있다.

규표에 대한 우리나라의 기록은 조선에 이르러 처음 나타난다. 조선 1432

4) 潘鼐, 앞의 책 (2003), 47쪽.

5) 陳美東, 『古曆新探』 (遼寧教育出版社, 1995), 34-45쪽; 潘鼐, 앞의 책 (2003), 49쪽; 영부(影符)는 과거 중국에서 ‘景符’로 써왔으나 진대(晉代)부터 ‘影符’로 표현하였다. 이는 두 글자의 중국어 발음이 같고 과거 景이 影의 뜻을 포함하고 있었기 때문이다. 조선에서는 세종대 40척 규표 제작시기부터 영부(影符)로 기술하였다.

6) 伊世同, “元代圭表復元探索”, 『自然科學史研究』 3권 (1984), 130쪽; 陳美東, 위의 책 (1995), 42쪽; 潘鼐, 위의 책 (2003), 59쪽.

7) 潘鼐, 앞의 책 (2003), 52쪽.

8) 陳美東, 위의 책 (1995), 44쪽.

년(세종 14)부터 1438년(세종 20)까지 여러 천문관측 의기들이 만들어지고 간의대(簡儀臺)라는 천문대가 완성된다. 경복궁 안에 설치된 간의대에는 간의(簡儀)를 비롯해 주변에 혼의(渾儀)와 혼상(渾象) 등이 설치되었으며 간의대 서쪽에는 높이 40척의 규표가 만들어진다.<sup>9)</sup> 조선시대 천문의기 제작은 주척(周尺, 1척=20.7cm)을 기준 척도로 사용하였다.<sup>10)</sup> 조선의 40척 규표는 중국 원나라의 40척 규표 제작법에 따라 만든 것으로 40척(8.28m)의 동으로 만든 표와 126척(26.08m)의 청석(靑石)을 이용해 만들었다는 기록이 남아 있다. 40척 규표에 대한 설명은 중국 『원사(元史)』와 이순지(李純之, 1406~1465)가 편찬한 『제가역상집(諸家曆象集)』에 상세하게 기술되어 있다. 그러나 중국에서 오랜 기간 동안 기본 척도로 사용해진 8척 규표에 대한 제원이나 제작 기록은 남아 있지 않다. 1440년(세종 22) 세종이 친히 규표를 제작하고 세조와 이용(李瑬, 안평대군)에게 보현봉에 올라 관측하게 하였다는 기록이 남아 있다.<sup>11)</sup> 그러나 산에 가지고 올라가 관측하였다는 기록으로 미루어 이는 8척 규표가 아닌 소형 이동용 규표를 제작한 것으로 짐작된다. 조선시대에 8척 규표를 사용한 기록은 명종실록에 기록된 두 종류의 규표의 그림자 길이 측정값에서 확인할 수 있다<sup>12)</sup>. 명종실록의 기록에서 40척 규표는 ‘대규표’로 8척 규표는 ‘소규표’로 부르고 있다.

중국에는 원대의 40척 규표와 명·청대에 만든 규표가 남아 있으나 국내에는 남아 있는 규표 유물이 없다. 다만 현대에 이르러 『원사』와 『제가역상집』에 기술된 규표 모양을 참고해 만든 40척 규표 축소 모형이 남아 있다. 국내

9) 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술); 命戶曹判書臣安純 乃於後苑慶會樓之北 築石爲臺 高三十一尺 長四十七尺 廣三十二尺 繚以石欄 顯置簡儀 數正方案於其南 臺之西植銅表高五倍八尺之臬 斲靑石爲圭 圭面刻丈尺寸分 用符影取日中之影 推得二氣盈縮之端 表西建小閣 置渾儀渾象 儀東象西.

10) 『세종실록』 권77, 세종 19년(1437) 4월 15일(갑술); 其制器尺式, 昔人於法度之器, 必用周尺, 而校定尺式, 自古爲難… (중간생략) … 故今所制儀象表漏等器, 竝用此尺制定云; 조선시대에는 황중척, 영조척, 주척, 포백척, 조례기척의 다섯 척도를 사용하였는데 왕실의 천문의기는 주척(周尺)을 기준으로 제작하였다. 본 논문에서는 문화재관리국(1992) 보고서와 남문현(1995)의 자료에서 제시한 조선시대의 1주척=20.7cm 값을 기준으로 복원연구를 진행하였다. 남문현, 『한국의물시계』 (건국대학교출판부, 1995), 271-304쪽, 문화재관리국, 『동률도량형』 (조선시대척도자료 조사용역 보고서, 1992), 73-76쪽.

11) 『세조실록』 권1, 總序; 庚申十月 世宗親制圭表 命世祖與瑬登普賢峰觀日入處.

12) 민병희, 김상혁, 이기원, 안영숙, 이용삼, “조선시대 소규표(小圭表)의 개발 역사와 구조적 특징”, 『천문학논총』 26권 3호 (2011), 132쪽.

최초의 규표 복원 모델은 나일성 등(1995)이 경기도 여주 세종대왕릉에 40척 규표를 1/10로 축소해 만든 것이다.<sup>13)</sup> 이후, 2008년 국립과천과학관에 40척 규표의 1/3 축소 모형이 만들어 졌으나 영릉의 복원 모델과 같은 형태로 제작되었다. 지금까지 제작한 모든 40척 규표의 축소 모델은 『원사』와 『제가역상집』에 기록된 실제 크기를 같은 비율로 축소 제작한 것이 아니라 규면의 폭과 두께, 표의 모양 등을 임의로 조정하여 규표의 크기를 부분적으로 선택 축소하여 실제 규표의 전체적 축소 모양과는 다르게 만들어왔다. 또한, 규표 복원 연구도 지금까지 활발하지 못했다. 여주 영릉에 40척 규표를 축소 제작한 복원 모델 제작 보고서(나일성 등, 1995)와 조선 세종시대의 규표의 원리와 구조를 설명한 이용삼 등(2006)의 논문이 복원 연구와 관련된 논문들이다.<sup>14)</sup> 이용삼 등(2006)의 논문에서는 40척 규표의 설계와 영부의 제작 원리를 설명하고 이론적 해석을 싣고 있다. 최근 민병희 등(2011)은 조선의 8척 규표의 제작 시기를 추정하고 8척 규표에 영부를 사용했을 가능성을 제시하였다.<sup>15)</sup>

본 논문에서는 지금껏 국내에서 연구된 적이 없는 조선의 8척 규표에 대한 복원 모델 연구와 그 제작 과정을 다루고 있다. 40척 규표에 대한 축소 모델 제작은 이미 여러 차례 이루어 졌지만 8척 규표에 대한 복원 모델 연구는 문헌과 유물의 부재로 인해 지금껏 이루어지지 못했다. 따라서 중국에 남아 있는 8척 규표 관련 자료와 조선의 천문 관측 기기를 참고하여 조선의 8척 규표 복원 모델을 처음으로 제작하였다. 이번에 제작한 조선의 8척 규표는 중국과 다른 조선의 척도를 기준하여 만들었으며 이론적으로 알려진 영부 모델도 실험을 통해 설계하고 제작하였다.

13) 40척 규표의 1/10 크기로 축소한 복원품은 세종대왕릉(여주)을 비롯해 신라역사과학관(경주), 농촌진흥청교육원(수원), 인천교육과학연구원(인천), 나일성천문관(예천)에 설치되었다.

14) 나일성, 정장해, 원유한, 이용삼, 김천휘, 윤명진, 김명희, 나사라, 이충욱, “축소 제작한 세종의 규표”, 『세종조 과학기구 규표 복원 제작 연구 보고서』 (세종대왕유적관리소, 1995); 이용삼, 정장해, 김천휘, 김상혁, “조선의 세종시대 규표(圭表)의 원리와 구조”, 『한국우주과학회지』 23권 3호(2006), 289-302쪽.

15) 민병희, 앞의 논문(2011), 133쪽, 136-139쪽.

## 2. 중국과 한국의 규표

### 1) 중국의 규표 유물

역사서에 기록된 많은 규표 기록과 함께 중국에는 몇몇 고대의 규표가 남아 전하고 있다. 중국 등봉(登封) 관성대(觀星臺, 1279년 전후 축조)에는 40척 규표가 남아 있고, 남경(南京)의 자금산천문대(紫金山天文臺)에는 10척 규표가 남아 있다. 그리고 북경의 고관상대(古觀象臺)에는 과거 남경에 있던 규표의 받침 석대가 옮겨져 남아 있는데 석대 위에는 근대에 복원한 8척 규표가 놓여 있다.

등봉의 40척 규표는 관성대의 건물 자체가 표의 역할을 하도록 구성되어 있다(그림 1).<sup>16)</sup> 따라서 관성대 상부에는 횡랑이 건물사이에 설치되어 있다. 김상혁 등(2011)은 관성대 규표의 상단모습과 횡랑의 설치모습, 물함에 대하여 소개한 바 있다.<sup>17)</sup> 규면에서 횡랑(밑면)까지의 높이는 978.2cm이다. 횡랑의 길이는 132.3cm, 지름은 7.4cm이다. 횡랑 윗면에는 홈이 파져 있어 규표를 설치할 때 수평을 측정하기 위한 용도로 보인다. 횡랑의 설치 방향과 직각으로 3개의 둥근 핀 막대가 횡랑을 관통해 있다. 핀 막대의 용도는 규면 눈금의 시작선을 맞추기 위한 것으로 이곳에 추를 매달아 표 기둥 아래의 눈금 시작선과 맞추었을 것으로 보인다.

16) 2011년 3월에 양홍진, 김상혁(한국천문연구원)은 등봉에 위치한 40척 규표의 자세한 계원 파악과 유물에 대한 실측조사를 진행하였다. 이 유물 옆에는 40척 규표를 1/5로 축소해 만든 8척 규표(圭表, 高表)가 있다. 이 8척 규표는 현존하는 남경의 10척 규표의 형태와 상당한 차이가 있다(남경의 10척 규표는 원래 8척 규표를 수리해 2척을 늘려 10척 규표로 만들었음). 남경의 10척 규표는 실제로 관측하기 위한 장치라고 할 수 있지만 관성대에 복원된 8척 규표는 관측 여건과는 상관없이 40척의 크기를 8척 규모로 축소하는데 그저 실용적 기능을 갖춘 복원으로 보기에는 무리가 따른다.

17) 김상혁, 민병희, 안영숙, 이용삼, “조선시대 간의대의 배치와 척도에 대한 추정”, 『천문학논총』 26권 3호 (2011), 115-127쪽.



그림 1. 관성대 전경과 40척 규표



그림 2. 관성대 횡랑. 횡랑은 관성대 위의 두 외벽 사이에 설치되어 있다. 횡랑 윗면에는 물홈이 있고, 가로 횡랑의 세로 방향으로 세 개의 동근 핀이 꼽혀 있다.

남경에 남아 있는 규표는 원대 8척 규표의 제원을 따라 명대에 복원 제작한 것이다. 명대에 만들어진 이 8척 규표는 청대(1744년)에 수리를 하면서 8척 높이의 표에 2척을 더해 10척(1장) 높이가 되었다.<sup>18)</sup> 표 상단에는 횡랑 대신 태양 빛을 받는 구멍이 뚫려 있다. 남경 규표의 규면 남쪽에는 수직하게 부표(副表)가 세워져 있는데, 이는 8척 규표를 1장으로 늘리면서 동짓날 그림자가 길어지자 규면을 연장해서 그림자를 읽을 수 있도록 추가한 것이

18) 伊世同, 앞의 논문 (1984), 130쪽.

다.<sup>19)</sup> 남경 자금산천문대에 남아 있는 규표의 규와 표는 모두 청동으로 제작되었다. 받침 석대는 새롭게 제작한 것으로 원래의 받침 석대는 북경 고관상대에 옮겨져 있다. 새롭게 제작한 남경의 규표 받침 석대는 청동의 규면 바깥 틀을 돌로 감싸고 있어 원래의 규표 받침 석대(북경 고관상대의 것)보다 더 크게 제작되었다. 규의 양 끝에는 수직한 막대 기둥이 있는데, 각각의 물흐름이 사각 기둥 주변을 감싸고 있다(그림 4). 북쪽에 있는 기둥은 물흐름이 단독으로 둘러져 있고 남쪽 기둥은 눈금 측면을 감싸는 물흐름과 연결되어 있다. 기둥을 감싸고 있는 물흐름은 남측 기둥의 것이 더 크다.

남경에 있는 10척 규표의 규면은 표가 세워진 남쪽이 부분적으로 넓게만 들어져 있다. 규면의 전체 길이는 516.6cm이며, 남쪽의 넓은 폭 길이는 88.2cm, 나머지 좁은 폭은 71.0cm 크기이다.<sup>20)</sup> 규의 바닥에서 표의 꼭대기까지의 높이는 308.5cm이며 빛이 통과하는 구멍까지의 높이는 304.0cm이다. 남쪽의 표 기둥은 가로가 21.9cm, 세로가 10.7~11.0cm이다. 북쪽의 막대(부표) 기둥은 가로가 15.2cm, 세로가 7cm이다. 중국 남경의 규면에 그려진 눈금은 1척을 32.0cm로 적용하여 나타냈다<sup>21)</sup>.

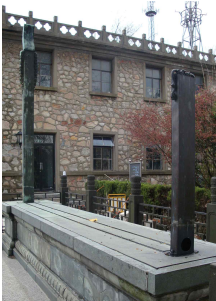


그림 3. 남경의 10척 규표



그림 4. 남경의 10척 규표 기둥 주변 물흐름. 왼쪽이 북쪽 기둥이고, 오른쪽이 남쪽 기둥이다.

19) 潘鼎, 앞의 책 (2003), 52쪽.

20) 王德昌, 张建卫, 『时间雕塑-日晷』 (安徽科学技术出版社, 2006), 225-226쪽; 남경의 8척 규표에 대한 제원은 王德昌과 张建卫의 『时间雕塑-日晷』의 자료를 사용함.

21) 王德昌, 张建卫, 위의 책 (2006), 224쪽; 남경 자금산천문대에 있는 규표의 규면에는 청대에 새롭게 그린 눈금 아래로 명대에 새긴 희미한 눈금선이 부분적으로 보인다. 청대에 새긴 눈금은 당시의 영조척에 따라 1척=32.0cm 단위로 새겨졌으나 명대의 눈금은 양천척(量天尺)에 따라 1척=24.5cm로 새겼다.

북경의 고관상대에 있는 규표는 1983년에 청동 재질로 규와 표를 복원한 것이다. 이 유물 아래의 받침석대는 명대에 제작한 것이다(그림 5). 받침 석대는 남경의 규표 받침대와 비슷한 형태인데 표가 있는 남쪽은 넓고 나머지 부분은 폭이 좁은 긴 직사각형 모습이다.



그림 5. 북경 고관상대 8척 규표. 규표는 1983년도에 복원한 것이고, 아래의 받침 석대는 명대 제작한 것이다.

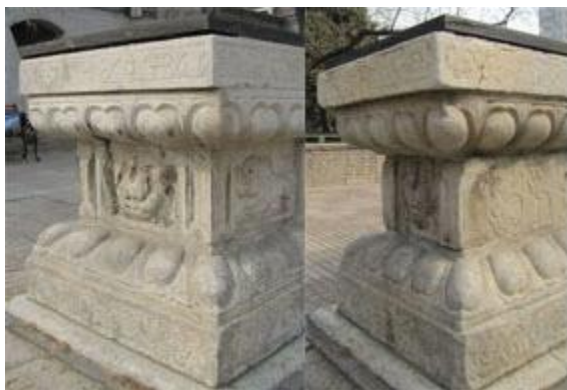


그림 6. 북경 8척 규표의 받침 석대. 석대의 남쪽과 남쪽측면(왼쪽)에 사자의 얼굴과 달리는 사자의 모습이 새겨져 있다. 북쪽(오른쪽)에는 사자의 얼굴이 새겨져 있다.

북경의 8척 규표 받침 석대의 아래위에는 연화문이 조각되어 있다. 석대 표면에는 미세하게 새겨진 운문과 당초 무늬들이 그려져 있다. 규의 남북면에는 사자의 얼굴문양이 새겨져 있고, 규의 남쪽 좌우측에도 남쪽으로 달려가는 사자의 모습이 조각되어 있다. 받침석대는 기초석 위에 놓여 있는데 크

게 네 단의 돌로 구성되어 있다. 각 층의 돌은 따로 분리되어 있는데 한쪽으로 치우쳐 침하되는 것을 막기 위해 받침돌의 연결부위는 연결된 두 층이 모두 다르게 설치되어 있다.



그림 7. 북경 8척 규표의 횡랑



그림 8. 규 양 끝의 물흠과 눈금표시. 위로부터 남쪽 물흠, 북쪽 물흠, 7척 부근 눈금표시

북경 고관상대의 근대 복원품 규표에는 원대 광수경이 개발한 횡랑이 설치되어 있다(그림 7). 횡랑 뒷면에는 물흠이 나있고, 추를 매달 수 있는 둥근 편이 중심에 하나 있고, 양쪽 옆에 하나씩 있어 모두 3개가 설치되어 있다.

명대의 받침 석대 위에 근대에 새롭게 만든 북경의 8척 규표는 청대에 수리해서 만든 남경의 규표와 일부 다른 모습이다. 특히, 북경 8척 규표의 남쪽 물흠(그림 8, 맨 위)과 수로의 연결 모습은 남경의 규표와 다른 방식으로 연결되어 있다.<sup>22)</sup> 북쪽 물흠은 24방위가 표시되어 있어 지남철을 띄우거나

윤도(輪圖)를 꼽을 수 있는 구조로 되어있는데 남경의 규표에는 이 부분에 부표가 세워져 있다. 규면에 새겨진 눈금은 매척 마다 글자로 표기하였다. 10척이 되는 곳에는 ‘一丈’이라는 글자가 새겨져 있으며, 11척이 되는 곳은 ‘一尺’으로 표기하였다. 모두 17.5척의 눈금을 새겼다.

## 2) 한국의 규표 유물

조선시대에 만들어진 규표는 현재 남아있지 않다. 1995년 이후부터 조선의 40척 규표의 축소 모델이 제작되었다. 가장 먼저 세종대왕릉(여주)에 40척의 1/10 축소 모델이 설치되었다(그림 9).<sup>23)</sup> 이후 신라역사과학관(경주), 농촌진흥청교육원(수원), 인천교육과학연구원(인천), 나일성천문관(예천)에도 같은 모양의 규표가 설치되었다. 다섯 곳에 설치한 1/10 축소 규표는 모두 『제가역상집』에 기록된 40척 규표 기록을 기본으로 제작하였다. 그러나 이들 축소 규표에서 규와 표의 길이는 문헌을 기초로 축소하여 제작하였지만 규의 폭과 두께, 표의 모양 등은 문헌에 기록된 제원의 축소 형태와 다르게 제작되었다.



그림 9. 40척 규표의 축소형 복원품. 좌는 40척 규표를 1/10로, 우는 40척 규표를 1/3 축소 제작한 규표

이후 국립과천과학관이 개관(2008년 11월)하게 되면서 40척 규표의 1/3

22) 伊世同, 앞의 논문(1984), 130-131쪽. 남경의 규표 유물은 북쪽 눈금이 기둥을 완전히 두른데 반하여 북경의 복원 유물은 물홈이 완전히 둘러져 있지 않고 눈금으로 바로 연결되어 있다. 이는 남경의 유물에 명대 제작한 연혁이 새겨져 있어 청대에 이 부분을 훼손하면서 생겨난 것이다.

23) 나일성 등(1995)에 의하여 40척 규표의 1/10로 축소 모델이 국내 최초로 제작되었다.

축소 모델이 제작되었다. 이 규표는 1/10 축소 규표 모양을 그대로 답습하였다. 두 가지 크기의 40척 축소 모델은 횡량 그림자를 정확하게 측정하기 위한 영부장치의 복원까지는 이루어지지 못했다.

### 3. 조선의 8척 규표 복원설계

#### 1) 규(圭)

남경 자금산천문대의 유물은 청동 재질의 규를 사용하고 있다. 본 연구에서는 조선의 40척 규표를 둘로 만든 전통을 따라 8척 규표의 제작에서 규의 재질을 석재(오석)로 하였다. 화강석 석대 위에 놓이는 규의 높이는 10cm, 길이 438.84cm, 너비 74.52cm(넓은쪽)~59.98cm(좁은쪽) 이다(그림 10). 눈금은 0척에서 16척까지 새겨 넣도록 하였다. 규의 눈금은 규표가 설치되는 한국천문연구원(본원)의 위도인 북위 36.°40 상에서 동지 남중시각의 규표 그림자 길이인 284.6cm(13.75척) 보다 2.25척의 여유를 두었다.<sup>24)</sup> 규면에 새겨진 눈금은 1척을 10개의 눈금으로 나누어 촌(寸)을 표시하고 다시 1촌을 10개의 눈금으로 세분하여 1분(分)의 눈금까지 새겼다(그림 11). 규의 눈금 바깥쪽에는 1촌의 두께에 해당하는 2.07cm 폭의 물홈을 돌렸다.

24) 매년 동짓날의 남중시 그림자의 길이는 차이가 있다. 이것은 매년 동짓날 입절시각이 항상 남중 시각과 일치하지 않기 때문이다.

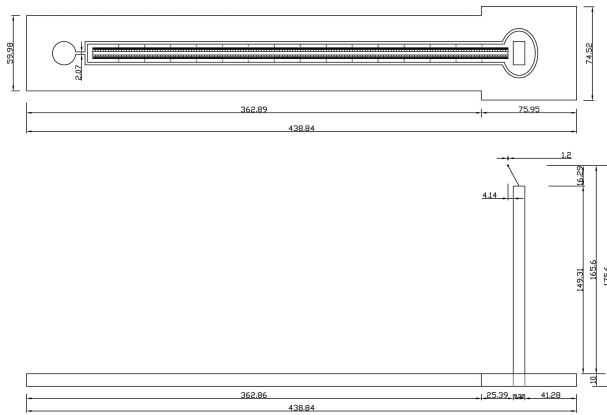


그림 10. 8척 규표 설계(단위: cm)

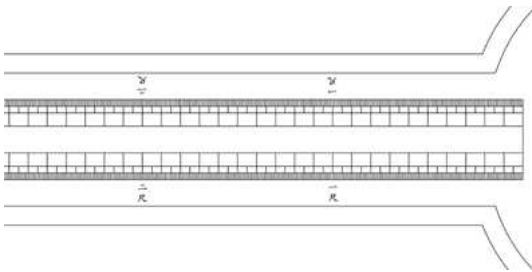


그림 11. 표에 그려진 주척 눈금(1척=20.7cm)

규의 남단은 표가 설치되어 있는 부분으로 북단의 폭보다 조금 넓게 설계하였다. 중국에 남아 있는 8척 규표에서도 표가 위치한 남쪽의 규면 폭은 다른 곳보다 넓다. 남쪽의 규면 폭을 넓게 만든 것은 표가 위치한 곳의 구조적 안정성을 확보하고, 표 둘레를 두르는 물흐름의 공간을 조형적으로 표현하기 위함이었던 것으로 볼 수 있다. 조선의 8척 규표에서는 타원형의 물흐름을 표 주위로 두르게 하였다. 이와 함께 남측에는 일성정시의, 현주일구, 천평일구에서 볼 수 있는 둥근 형태의 못을 설치하여 남북으로 길게 이어진 물흐름을 연결할 수 있도록 하였다. 북쪽 못은 북단에서 20.7cm 거리에 지름 18.63cm로 설계하였다.

## 2) 표 (表)

『제가역상집』에 따르면 40척 규표의 표의 전체 높이는 50척인데, 규면 위로 36척이 나와 있으며 규석(받침대)과 땅으로 들어간 부분이 14척이 된다. 8척 규표에서도 규면 위에서 횡량까지의 높이는 8척이지만 실제로 규면과 결합하여 수직으로 세워져야 하므로 8척보다 더 길게 제작해야 한다. 표는 40척 규표의 형태와 같이 직사각형으로 하여, 넓은(동서 방향) 쪽은 18.63cm, 좁은(남북 방향) 쪽은 8.28cm 길이로 설계하였다. 표의 상단에는 두 마리의 용이 횡량을 받들도록 하였다. 횡량의 지름은 규면에서 태양을 보았을 때 태양의 시직경(32분각) 보다 작은 시야각이 되도록 1.2cm로 정하였으며 횡량의 길이는 41.4cm로 하였다(그림 12).<sup>25)</sup> 횡량의 윗면에는 길이 24.84cm 물홈을 파서 수평을 조정할 수 있도록 하였다. 또한 횡량의 양끝과 중간에 구멍을 뚫고 길이 3.11cm 되는 핀을 설치하도록 하였다. 이 핀에 추를 달아 표의 비틀림을 바로잡게 된다.

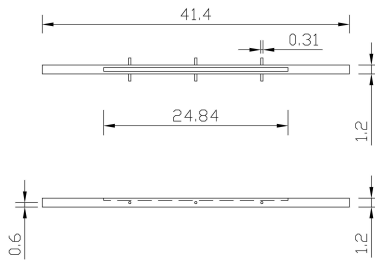


그림 12. 횡량 설계도(단위: cm)

## 3) 영부 (影符)

규면에 비쳐진 표의 그림자를 선명하게 측정하기 위해 바늘구멍 사진기의 원리를 이용한 영부를 제작하였다. 영부는 표의 상단에 있는 횡량의 그림자와 태양의 상을 함께 멎히게 하여 횡량의 중심을 지나는 남중 때의 횡량 그림자를 정확히 측정하는 장치이다. 이용삼 등(2006)은 40척 규표의 이론적인

25) 최종 조립과정에서 횡량을 받드는 두 마리 용의 손위치를 수정하면서 횡량 길이가 약 40cm로 조정됨.

영부의 최적화 상태를 연구하여 초점거리(바늘구멍부터 규면 까지 거리)가 44.5cm인 영부를 제시한 바 있다.<sup>26)</sup>

규면에 비쳐지는 횡량의 그림자는 횡량 높이가 높아질수록 그림자의 상이 퍼져서 희미하게 보인다. 세종 때의 규표는 원나라 광수경의 규표를 참고 했는데, 당시에 사용한 영부(影符)는 중국 뿐 만 아니라 어디에도 남아 있지 않다. 태양 빛이 횡량을 거쳐 오면서 만드는 횡량 그림자는 본영과 반영으로 이루어져 있는데 횡량 높이가 높아지면 규면에 비쳐지는 그림자의 폭은 점차 넓어지게 된다. 따라서 하지에서 동지로 이동하면 태양의 연중 고도변화와 함께 횡량에서 그림자까지의 거리와 그림자 폭도 증가하게 된다.

현재 설계한 횡량의 직경 1.2cm(D)를 사용할 때 각 절기의 태양의 남중 고도각이  $\beta$ , 횡량에서 그림자까지 거리가 L이면 그림자 폭 W는 식

$$W=[D/2 + L \tan 0.25^\circ] \{ \sin 90.25^\circ / \sin(\beta - 0.25^\circ) + \sin 89.75^\circ / \sin(\beta + 0.25^\circ) \}$$

으로 계산할 수 있다.<sup>27)</sup>

하지와 춘·추분 그리고 동지때 횡량의 그림자 폭은 각각 27mm, 59mm, 79mm로 희미하게 퍼져서 중심을 선명하게 구별할 수가 없다. 영부의 광학계를 사용하여 태양과 횡량의 그림자를 규면에 맺혀보면 밝은 태양의 중앙에 1mm에서 3mm 정도의 선명한 횡량의 그림자를 볼 수 있다. 계절에 따라 태양의 남중고도가 변하면 바늘구멍(pin-hole)에서 규면까지의 거리가 바뀌게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 초점거리를 달리할 수 있는 장치가 필요하다. 본 연구에서는 바늘구멍에서 규면까지의 초점거리를 계절에 따라 조정할 수 있도록 바늘구멍 사진기에 경통을 만들어 그 길이를 조절하도록 하였다.

영부에 바늘구멍 광학계를 대신하여 8척 규표에 적절한 초점거리인 180mm 렌즈를 사용하면 하지와 춘추분 그리고 동지 때에 태양상의 크기는 각각 1.7mm, 2.0mm, 3.3mm가 되고 횡량의 그림자 폭은 각각 1.4mm, 1.1mm, 0.67mm이 된다. 현재 규면에 새겨진 눈금의 간격이 1분(分)인 2.07mm 까지 되어 있는데 영부를 사용할 때 1분(2.07mm) 이내의 정밀도로 측정이 가능하다.

26) 이용삼 등, 앞의 논문 (2006), 296쪽.

27) 王德昌 등, 앞의 책 (2006), 80쪽.

#### 4. 규표 복원모델 제작과 설치

##### 1) 남북방향 설정과 모형 설치

규표 설치를 위해 전통적으로 사용해 왔던 대로 남중 시각에 수직한 물체의 그림자 방향을 이용하여 진남북 방향을 맞추었다. 실제 관측은 삼각대에 추를 매달아 남중시각의 그림자 방향을 측정하였다. 설치 경도를 기준으로 계산한 남중시각의 그림자 방향은 진남북(자오선)이 된다. 전통적인 방법으로 측정한 진남북 방향은 첨단장비인 GPS 시스템을 활용하여 확인하였다.<sup>28)</sup> 실제 복원 규표를 설치하기 전에 8척 규표의 실제 크기의 나무 모형 규표를 만들어 횡량의 그림자 크기와 선명도를 확인하였다. 실제 크기의 모형 설치 는 예비 측정의 기능뿐만 아니라 주변의 천문의기와 조화로운 배치를 검토 할 수 있는 기능을 한다.



그림 13. 목제 모형 설치

##### 2) 규의 가공과 눈금조각

8척 규표의 제작 과정에서 양질의 규석(圭石)을 확보하는 것은 중요하다. 이번 복원 모델 제작에서 사용한 규석은 국내산 오석(烏石)을 사용하였다(그림 14). 국내에서 길이가 4.4m에 이르는 오석을 확보하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 두 개의 오석을 가공하여 사용하였다. 재단한 오석은 표면을

28) GPS 측정 및 자료 분석: 한국천문연구원 우주과학연구센터 (최병규, 최만수, 백정호, 노경민 연구원). GPS 위치 측정을 통해 8척 규표가 놓일 위치의 진남북 방향을 확인해 주신 여러분께 진심으로 감사드립니다.

곱게 연마하는 폴리싱(polishing) 작업을 수행한다. 폴리싱한 오석 표면은 세밀한 눈금이나 글자를 새겨 선명하게 보이는 조건을 만들어 준다(그림 15). 두 개의 오석이 이어지는 미세한 틈에는 오석가루와 접착제를 섞어 부착하였다. 돌의 표면에 눈금을 새기기 위하여 종이에 인쇄한 눈금을 오석에 붙여서 조각하게 된다. 인쇄한 종이를 규면에 붙이는 과정에서 종이와 함께 길이 척도가 늘어날 수 있기 때문에 종이에 새겨진 눈금을 2척 단위로 재단하여 눈금의 오차를 없앴다. 오석 위에는 0척에서 16척까지 주척 눈금을 새겨 넣었다. 물힘은 2.07cm 폭과 5mm 깊이로 뚫다. 물힘은 둥근 못과 타원형 수로와 연결하였다.



그림 14. 오석 가공

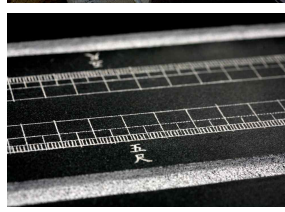


그림 15. 눈금 및 글자 조각

### 3) 용표 제작과 조립

사각 기둥의 표 상단에는 두 마리의 용이 횡량을 받들고 있다. 두 마리의 용은 전문 조각가와 세부 디자인을 협의하여 점토로 성형하였다(그림 16, 좌측).<sup>29)</sup> 성형된 점토를 강화 플라스틱 재질의 FRP로 제작하고 구조에 맞는 형틀을 제작하였다. 이 형틀을 활용하여 밀납 주물로 제작하였다. 구조한 용

29) 용 조각: 신재훈(辛在勳) 조각가. 신재훈은 여주 영릉에 복원된 소간의, 일성정시의, 현주일구, 천평일구 등 다수의 용 조각에 참여하였다.

은 사각 기둥 표와 결합하기 위해 용접하였고, 횡량을 부착하여 전체적인 수평과 수직상태를 맞추었다(그림 16, 우측).



그림 16. 용의 점토 성형(좌측), 청동주물로 주조된 용과 표 기둥의 결합(우측)

#### 4) 받침 석대 가공

화강석으로 만든 받침석의 가로와 세로 크기는 규의 크기와 같게 가공하고 높이는 83cm로 제작하였다(그림 17). 받침 석대 상단과 하단에는 각각 10cm 정도 유격을 두고 연화문을 조각하였다. 연화문 조각은 석대의 조형적 아름다움을 살리면서 고건축의 특징을 고려한 것이다. 받침 석대는 2회 이상 잔다듬 하여 가공하였다.



그림 17. 받침 석대 가공

## 5) 영부제작

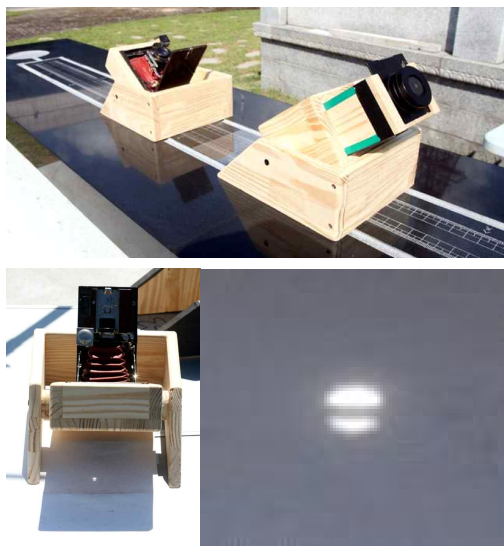


그림 18. 영부 실험장치의 횡량 그림자 측정.

횡량 그림자를 관측하기 위하여 두 개의 영부 실험 장치를 제작하였다. 하나는 바늘구멍사진기의 원리를 적용한 모델이고, 다른 하나는 광학렌즈를 이용한 실험 장치이다(그림 18). 바늘구멍 사진기 원리를 이용한 영부는 경통의 길이를 조절할 수 있도록 하였고 경통 제일 앞에는 여러 가지 크기의 바늘구멍 렌즈를 교체하여 사용할 수 있도록 하였다. 광학렌즈 원리를 이용한 영부는 1900년대 초에 사용하던 주름상자 카메라를 개조하여 제작하였다. 바늘구멍 사진기의 원리를 이용한 태양과 횡량의 상은 매우 어둡기 때문에 광학렌즈를 사용하면 횡량의 그림자를 더 선명하게 관찰할 수 있다.

## 6) 조립 및 설치

사각 기둥 모양의 표는 규석을 관통하여 화강석 받침대에 고정되도록 하였다. 표 상단의 횡량으로부터 내린 추를 이용하여 규면에 새겨진 눈금 위치를 맞추는 것이 중요하다(그림 19). 규면의 눈금은 표 기둥의 북단으로부터

4.14cm 떨어진 곳에 주척 눈금이 시작되도록 설치하였다. 횡량의 수평상태는 물함에 물을 채우거나 수평계를 이용하여 수평상태를 확인하였다.



그림 19. 표 기둥의 조립과 횡량의 수평조정.



그림 20. 조선의 8척 규표 복원 모델 제작(한국천문연구원).

국내 최초의 조선시대 8척 규표 복원 모델 제작은 전통적인 관측방법을 이용한 절기와 입절시각 측정 그리고 영부를 활용한 관측실험 등이 진행될 예정이다. 완성된 8척 규표는 세종실록 문헌에 나온 40척 규표의 설치 위치를 적용하여 한국천문연구원 간의대 서편에 설치하였다(그림 20).

## 5. 결론 및 토의

규표를 이용한 관측활동은 안정적 농업생산을 위한 실용적인 차원에서 중요한 가치가 있으며, 아울러 자주적인 역법을 계산하기 위한 중요한 의미를 담고 있다. 규표를 제작하고 이를 이용해 측정한 24절기와 일 년의 길이는 천문역법의 기초 자료뿐만 아니라 이를 통하여 유교적 정치이념에 따라 요순의 '하늘을 받드는 정치'를 본받아 국가를 경영하는 실천적 의미이기도 하다.

규표는 천문역법을 계산하는데 있어서 가장 중요한 관측의기이다. 규표를 이용한 태양의 관측 자료는 태양력 계산의 기초 자료가 된다. 규표는 하루에 한번 측정이 가능한데, 막대의 그림자가 가장 짧아지는 남중 시각에 표의 그림자 길이를 측정해 24절기와 일 년의 길이를 계산한다. 과거 중국과 한국에서는 8척과 40척 높이의 표를 설치해 역법 계산에 활용하였는데 8척 규표는 1-2C 후한시대부터 규표의 기본 크기가 되었다.

중국에는 규표 유물이 여럿 남아 전하는 반면 우리나라에는 규표 유물이 남아 있지 않다. 규표에 관한 문헌기록도 조선 세종과 명종대에 남아 있는 것이 전부이다. 『세종실록』의 40척 규표 제작 기록과 함께 규표를 그린 조선 후기의 그림이 남아있어 세종시대의 40척 규표의 제작을 확인할 수 있다. 세종대에 편찬한 『제가역상집』의 규표 설명을 살펴보면 중국 『원사』의 규표 설명을 따르고 있어 조선의 40척 규표는 원대의 규표를 기준해 만들어 졌음을 짐작할 수 있다. 『명종실록』에는 규표를 이용해 해의 그림자 길이를 측정한 기록이 있는데 이를 통해 명종대에 40척과 8척의 규표를 모두 사용했음을 알 수 있을 뿐이다.

지금까지 국내의 규표 복원에 대한 연구는 문헌자료를 이용한 40척 규표에 집중되었다. 경기도 여주 영릉과 경기도 과천의 국립과천과학관 등에 전시 중인 규표는 모두 40척 규표를 기초해 축소 제작한 복원 모델이다. 이들 축소 규표는 『원사』와 『제가역상집』에 기록된 규표의 제원에 따라 만들어졌으나 부분적으로 실제 축소 비율과 다르거나 다른 형태로 제작되었다. 중국에 남아 있는 40척과 8척 규표를 비교해보면 외형적 구조에서 여러 차이점이 보인다. 본 연구에서는 조선의 8척 규표를 연구하여 처음으로 복원 모델을 제작하였다. 이번에 제작한 조선의 8척 규표 복원 모델은 지금까지 국내

에서 제작된 40척 규표의 축소 모델과 여러 면에서 차이가 있다.

과거 중국과 한국에서 사용하던 척도의 길이는 서로 달랐는데 이러한 이유 때문에 복원시에 유물의 외형적 크기나 눈금의 길이도 달라진다. 척도의 차이에 따른 횡량의 두께와 규면의 길이 차이 외에도 규면에 새겨진 물홈과 못의 구조적 차이, 용주의 모양 등을 비교 연구하여 조선의 8척 규표 모델을 완성하였다. 기본 척도는 조선의 과학 유물에 사용된 주척(1척=20.7cm)을 사용하였다.

규에는 표의 그림자를 측정하기 위한 눈금과 함께 못과 물홈이 새겨져 있다. 규면의 북쪽에 하나의 못을 두고 눈금과 표를 두르는 1촌(1촌=2.07cm) 너비의 물홈을 둘렀다. 못과 물홈의 모양은 중국에 남아 있는 규표와 조선의 천문의기에 남아 있는 물홈과 못의 모양을 참고하여 제작하였다. 규면에 새겨진 눈금은 장·척·촌·분 단위까지 새겨져 있어 2mm 단위까지 측정할 수 있다. 규는 세종시대 40척 규표에 사용한 돌의 재질을 참조하여 오석을 이용해 복원하였다. 규의 전체 모양은 40척 규표와 달리 중국의 8척 규표 형태를 따라 만들었는데 표가 세워지는 남쪽 부분을 더 넓게 하여 안정적인 구조로 제작하였다.

청동으로 만든 표는 40척 규표의 문헌기록과 중국 명대의 8척 규표 유물을 따라 사각 기둥 위에 두 마리 용이 횡량을 떠받치는 모습으로 제작하였다. 표 위에는 횡량을 설치하였는데 횡량의 위쪽에는 물홈을 새겨 수평을 맞추도록 하였다. 횡량 아래에는 규의 눈금이 시작된다. 규의 눈금과 횡량이 잘 일치하도록 횡량 중심과 양쪽 측면에서 세 개의 추를 내릴 수 있는 장치를 설치하였다. 횡량을 받치는 용은 조선 왕실에서 사용하던 용 모양을 따랐다.

현재 중국에서는 사각판에 구멍을 뚫어 태양 빛과 수직되게 설치하는 간단한 모양의 영부가 복원 제작되었다. 본 연구에서는 이론적 연구에 의해 알려진 영부 구멍의 최적화 크기를 확인하기 위해 실험을 통해 횡량 그림자의 최적화된 이미지를 측정하였다. 영부의 구멍을 통한 횡량의 그림자는 실제 관측에서 매우 작고 어둡게 나타났다. 횡량의 그림자를 쉽게 측정하기 위해서 렌즈를 활용한 현대식 영부도 함께 개발하였다. 본 연구에서 실험을 통해 최적화된 구조로 만들어진 두 종류의 영부는 앞으로 모든 규표의 그림자 측정에 활용할 수 있을 것이다. 두 종류의 영부는 한국천문연구원에 설치된 조

선의 8척 규표 복원 모델의 측정 장비로 활용될 것이다.

조선의 8척 규표 복원에 대한 연구는 자료의 부족으로 인해 많은 어려움이 있었다. 본 복원 모델 연구에서는 중국에 남아 있는 규표와 조선의 천문지기 유물을 활용되었다. 이번에 제작한 조선의 8척 규표는 40척 규표의 축소 모형과 달리 8척 규표의 외형적 특성을 고려했다는데 의의가 있다. 조선의 8척 규표에 대한 자료가 거의 남아 있지 않아 8척 규표 제작에서 많은 부분이 추정이나 다른 천문유물의 연구 자료에 근거해 만들었다. 앞으로 조선의 8척 규표와 관련 자료가 발견되면 본 연구에서 제시한 복원 모델이 실제 유물에 가깝게 수정 보완될 것으로 기대한다.

# A Study on the Restoration of 8 Chi Gnomon of Joseon Dynasty

LEE Yong Sam (Chungbuk National University) · YANG Hong-Jin\*\* · KIM Sang Hyuk (Korea Astronomy and Space science Institute)

**Abstract.** Gnomon (圭表, Gyupyo) is an observational instrument to figure out the length of a year as well as the 24 seasonal divisions of a year by measuring the shadow stick when southing. China has a long history of gnomon and a few ancient gnomons are remained now. In Korean history, Gnomon appeared first in the Sejong-Sillok (世宗實錄) and was installed inside the royal palace of Joseon dynasty, Gyeongbok palace (景福宮). Generally Gyu (圭) made of stone is placed on the bottom horizontally, and the Pyo (表) made of bronze is stood vertically on it. The first gnomon manufactured during King Sejong's period (世宗, 1418-1450) is 40 Chi (尺) height and it was located in the west side of royal observatory, Ganuidae (簡儀臺). It is known that two kinds of size of gnomon were used during Joseon dynasty. Each size of 8 and 40 Chi of gnomon has 165.5cm and 828cm height of Pyo. The shape and size of 40 Chi gnomon are described in historical astronomical books of China and Korea, thus 40 Chi gnomon was restored as miniature ones recently. However, because of lack of resources, 8 Chi gnomon of Joseon dynasty has not been restored until now. We study and restore the actual size of gnomon in 8 Chi. Each size of Gyu and Pyo is 21.2 Chi and 8 Chi, respectively. The carved scales on Gyu make it possible to measure the length of the shadow cast in 2 millimeters. Heongyang (橫樑) installed on top of Pyo was designed to be propped by two dragons. We design a pond connecting waterways carved on the surface of Gyu. We also make a shadow-definer, Yeongbu (影符), which is a tool for enhancing the accuracy of Heongyang to measure the length of shadow cast.

**Key words.** Gnomon(Gyupyo), Yeongbu, Observational instrument, Sundial

---

\*\* Corresponding Author (hjyang@kasi.re.kr).