

신법지평일구와 적도경위의

이 은 희

한국기술사연구소

1. 요약

조선은 효종 4년(1653) 서양식 역법인 시헌력(時憲曆)을 도입하면서 과학의 대 변혁기를 맞이한다. 그 이유는 그동안 사용되어 오던 재래의 전통과학이 시헌력의 도입 이후, 모든 법과 제도가 서양의 과학체계에 따라 운용되고 시행되었기 때문이었다. 시헌력은 역 계산의 기본이 되는 각도법(角度法)과 시제(時制)가 재래의 역법과 근본적으로 달랐고, 따라서 관측하는 기기와 시간의 운용체제 등이 근본적으로 달라지면서 조선에서는 이들을 정비하고 수용하는 문제가 생겨났다. 이러한 연유로 원주를 365도 1/4로 하고 12시 100각법을 쓰던 전통적인 방법에서 원주를 360도로 하고 12시 96각법을 따르는 새로운 제도의 의기들이 제작되었다. 이때 새로이 제작된 의기가 바로 한양의 북극고도(北極高度, 즉 위도)에 맞추어 제작된 적도경위의(赤道經緯儀)와 지평일구(地平日晷, 서양식 평면해시계)였다. 이것들에 의해 『신법중성기(新法中星記)』와 『누주통의』(漏籌通儀, 각 절후의 경점시각을 정한 책)를 편찬하고 팔도의 주야시각표와 절기 시각표 그리고 경위도 중성기와 야전표 등 역법 계산에 필요한 기본 자료들을 완비하면서 시각의 측정과 보시의 체제를 정비하게 되었다.

2. 신법지평일구(新法地浬日晷)

신법지평일구는 새로운 서양역법 즉 시헌력법에 의해 만들어진 평면 해시계란 뜻으로 정조 13년(1789) 김영(金泳, 1749-1815)의 주도로 적도경위의와 함께 제작되었다. 그 실물은 현재 전하지 않고 있으나 신법지평일구라는 명문과 함께 한양

북극출지 37도 39분이라는 글이 새겨진 해시계(보물 840호)가 전하고 있고, 『국조역상고』(國朝曆象考)에 신법지평일구의 구조와 사용법에 대한 자세한 설명이 있어서 그 형태를 알 수 있다.

이 해시계는 해 그림자를 받아서 시각을 측정하는 시반면과 삼각형 모양의 영침(gnomon)으로 구성되어 있으며, 시반면 위에는 해 그림자의 길이에 따라 시간과 계절을 알 수 있는 계절선과 시각선이 그려져 있다. 관측자의 위도만큼 기울어져 있는 영침의 빗변은 북극을 가리키고 있고, 이 빗변의 그림자 선과 빗변의 끝점이 던진 그림자로부터 시각과 절기를 파악할 수 있다. 이와 같이 시각과 절기를 동시에 읽을 수 있는 평면해시계는 햇빛이 천구의 중심을 지나 천저(天底)에 접하는 수평면 위에 펼쳐지는 모양을 그린 것으로 심사투영(gnomonic projection) 법을 따른 것이다. 이러한 평면 해시계는 13세기에 유럽에서 널리 사용되어졌으며 여러 다른 형태의 평면 해시계로 발전해 나갔다.

『국조역상고』에 소개되어있는 지평일구의 구조는 중국의 대표적 수학서인 수리정운(數理精蘊)을 참조한 것으로 수리정운에는 작도법을 나타내는 그림이 설명과 함께 실려 있어 지평일구의 구조에 대한 상세한 내용을 알 수 있다. 다음의 그림 1과 그림 2는 수리정운에 실린 지평일구의 시각선과 절기선을 구하는 작도법이다.

그림 1은 시각선과 영침의 구조를 나타낸다. 동서남북이 직각으로 교차하는 점을 甲이 되도록 직각삼각형 甲乙丙을 설치하면, 영침이 평면과 만나는 점이 丙이 되고 영침의 끝이 乙이 된다. 따라서 甲乙은 적도를 가르키고 丙乙은 북극을 가리키는 영침의 빗변이 된다. 여기서 丙을 중심으로 卯正부터 午正까지 90도 그리고 午正에서 酉正까지 90도 내에서 각각 15도 간격의 방사선으로 그으면 이것이 지평일구의 시각선이 된다.

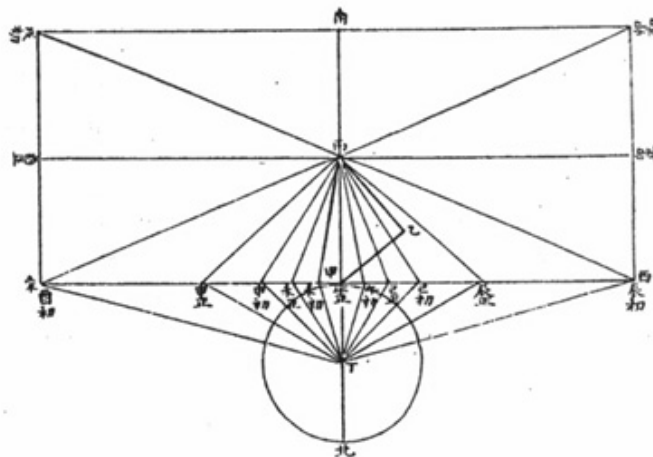


그림 1. 지평일구 시각선 구하기 (御製數理精蘊, 권40, 22a면)

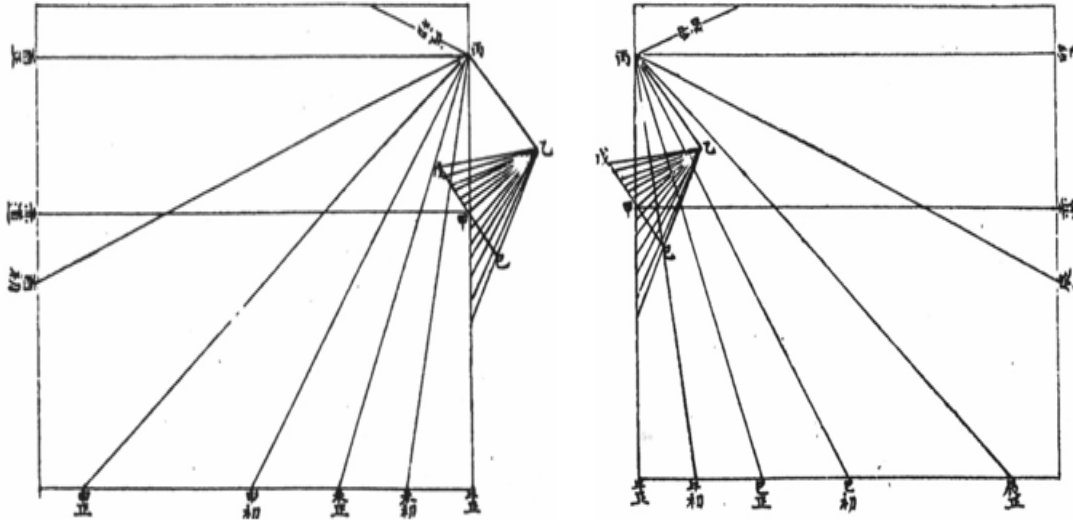


그림 2. 지평일구의 절기선 구하기(御製數理精蘊, 권40, 24면)

그림 2는 午正 전과 午正 후에 그려지는 각 절기선의 작도법이다. 선 甲戌은 점 甲에서 丙乙과 평행하게 그은 선이다. 이때 적도 반경 甲乙을 밑변으로 춘분에서 하지까지 23.5도 이내의 탄젠트는 선 甲戌이 되고, 추분에서 동지까지 23.5도 이내의 탄젠트는 선 甲巳가 된다. 『국조역상고』에 따르면, 춘분과 추분에는 해가 적도에 있기 때문에 午正 때 시각선이 적도선상에 있게 되므로 바로 영침의 끝인 乙에서 각 시각 점까지의 서로 떨어진 도수가 춘분과 추분 때 각 시각의 그림자선이 된다. 그리고 추분 이후부터 추분 이전까지는 해가 적도 북쪽에 있고 그림자는 남쪽에 있으며, 춘분 이후부터 춘분 이전까지는 해가 적도 남쪽에 있고 그림자는 북쪽에 있게 된다. 그러므로 영침의 끝 乙에서 각 시각 점에 이르기까지 서로 떨어진 도수가 반경이 되어 각 절기의 거위도(距緯度)¹⁾의 절선을 취하면 이것이 바로 각 시각과 각 절기의 그림자 선이 된다. 이것이 지평일구의 절기선을 구하는 방법이다. 절기선은 하지부터 동지까지 13개의 선으로 이루어져 있으며 춘·추분을 중심선으로 하지선이 가장 남쪽에 그리고 동지선이 가장 북쪽에 그려져 있는 쌍곡선 모양을 하고 있다.

3. 적도경위의(赤道經緯儀)

적도경위의는 서양과학의 영향을 받아 천체의 위치를 적경과 적위의 좌표로 측정

1) 태양이 적도로부터 떨어진 도수, 즉 태양의 적위를 말한다.

하던 기기이다. 혼천의(渾天儀)에서 삼진(三辰儀)을 없애고 자오규(子午規), 적도규(赤道規), 사유규(四游規)만 떼 내어 만든 의기로 정조 13년(1789) 김영과 이덕성 등에 의해 제작되었다. 천체의 위치는 자오규와 적도규로 형성된 적도좌표계 안에서 사유규와 규형을 움직이며 측정하였다. 서광계(徐光啓, 1562-1633)의 『신법산서(新法算書)』에 있는 <측량전의(測量全儀)>와 그 이후의 새로운 신법을 담은 남회인(南懷仁, Ferdinand Verbiest, 1623-88)의 <영대의상지(靈臺儀象志)>에 소개되어 있는 적도경위의를 근거로 약간 개량하여 제작하였다. 그러나 <측량전의>와는 많이 다르고 오히려 남병길(南秉吉, 1820-1869)이 고안한 적도의(赤道儀)와 거의 동일한 형태로 보고 있으며 실물이나 그림은 현재 전하지 않고 있다. 종래의 혼천의가 연시용이었던데 비해 적도경위의는 일월오성의 적도좌표, 황도와 적도의 교각, 진태양시 등 14가지를 실측할 수 있다.

적도경위의는 정조 13년(1789) 관상감(觀象監)에서 중성(中星)을 바로 잡아 경루(更漏, 물시계)를 교정하기 위한 의기로 만들어졌다. 당시의 기록에 “중성은 세차(歲差)가 쌓여서 몇 년이 지나면 차이가 나게 되는데 지금의 중성은 바르지 않아서 하루의 12시진(時辰)이 모두 차이가 납니다.”라고 전하고 있고, 또 “각 절후(節候)의 중성의 도분(度分)을 측정하는데 적도경위의를 사용한다.”라고 전하고 있어 적도경위의의 제작 목적이 무엇보다 중성의 위치를 새로 측정하기 위한 것이었음을 알 수 있다.

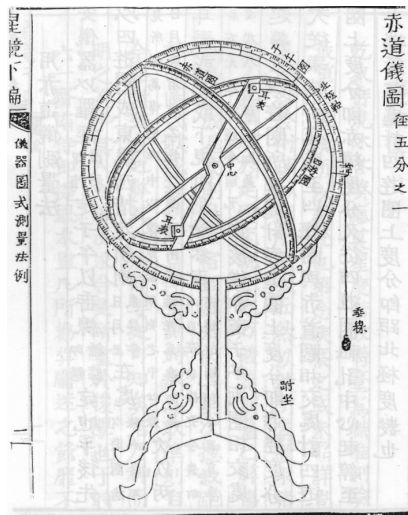


그림 3. 남병길 『성경』의 적도의

『국조역상고』에 따르면 적도경위의는 원주를 360도(1도는 60분)로 나눈 자오규, 12시 96각(1각은 15분)으로 나눈 적도규 그리고 그 안에 역시 원주를 360도로 나

눈 사유규와 이것에 부착된 지척(指尺, 천체를 관측하는 규형)과 입표(立表)로 이루어졌다.

구리(붉은 구리가 60%, 왜연이 40%)로 주조한 각각의 규는 다시 원주를 외권과 중권 그리고 내권의 계(界, 눈금)로 나타내는데 그 자세한 구조는 다음과 같다. 첫 번째, 자오규는 바깥지름이 3척, 안지름이 2척 7촌, 두께가 6분으로, 외권은 원주를 360등분하여 360도의 계를 만들고 중권은 이를 다시 5도씩 나누어 5도한의 계를 만들며 내권은 10도씩 나누어 10도한의 계를 만든다.

두 번째, 적도규는 바깥지름이 2척 8촌, 안지름이 2척 5촌, 두께가 6분으로, 외권은 원주를 12시로 나누고 이를 다시 8각으로 등분하며(즉 30도가 8각이 된다), 중권은 24소시(小時)로 나누고 이를 다시 4각으로(즉 15도가 4각이 된다) 나누며 내권은 96각으로 나누고 이를 다시 15분으로(3도 45분이 15분이다) 등분하여 만든다.

세 번째, 사유규는 바깥지름이 2척 4촌, 안지름이 2척 2촌, 두께가 6분으로 외권은 주천도계(周天度界), 즉 360도계를 만들고 중권은 5도한의 계를 내권은 10도한의 계를 만든다. 사유규에 반주천(半周天)이 마주 바라보도록 직거(直距)를 설치하는데 안으로는 지척(指尺)²⁾을 끼고 밖으로는 남북의 극축(極軸)을 꿰었다. 이때 지척은 길이가 2척 1촌 4분이고 양끝은 각각 1촌 이내에 입표³⁾를 설치하는데 그 표에는 둥근 구멍이 있고 그 구멍에는 열십자 모양의 선이 있다. 이 열십자 모양의 선은 관측하고자 하는 천체를 열십자 가운데 놓아 보다 정밀한 관측 값을 얻기 위해 만든 장치이다. 직거는 사유규의 남북극 축 회전에 따라서는 동서로 움직이며, 사유규 안에서의 회전으로는 남북으로 움직일 수 있어 어떤 방위의 천체도 관측이 가능하다.

이 구조를 보면 전통적인 12시 100각법에서 12시 96각법의 시제로 바뀌었으며 또한 원주를 365도 1/4에서 360도로 현재 우리가 사용하는 도수로 바뀌었음을 알 수 있다. 이러한 구조는 혼천의에서 적도규와 사유규만을 별도로 떼어내 보다 간편하고 실용적인 기기로 개량한 것으로 주로 천체의 적경(赤經)과 적위(赤緯) 그리고 거극도(去極度)⁴⁾ 등을 측정하는데 사용하였다.

칠정산내편(七政算內篇)의 근본이 되었던 수시력은 황도상에 있는 태양을 적도좌표로 바꾸는 황도·적도의 변환에 호시할원술(弧矢割圓術)⁵⁾의 방법을 사용하여 구면상의 문제를 풀었으나 적도경위의를 제작한 김영은 황도·적도의 변환에 현대의 구

2) 이것이 천체를 관측하는 규형(窺衡)이다.
 3) 남병길의 적도의 그림에는 이표(耳表)로 표시 되어있다.
 4) 항성이 북극으로부터 떨어져 있는 각거리.
 5) 황도상에 있는 태양의 위치를 적도상의 위치로 변환할 때와 그에 대응하는 태양의 적위를 구하는 문제에서 구면상의 각과 호(弧)의 관계를 직접 풀 수가 없어 호와 현(弦) 혹은 시(矢)의 관계로 고쳐 계산하는 방법이다.

면삼각법에 대응하는 호각법(弧角法)을 사용하였으며 이를 관측기기의 제작에 사용하였다. 따라서 적도경위의는 재래의 혼천의나 간의(簡儀)에서 적도좌표의 측정 부분을 따로 떼어내어 만든 것이라고도 할 수 있지만 그 제작 방법은 재래의 방식과 전혀 다른 서양식의 방법을 따른 것이었다.

참고문헌

- 이은희, 칠정산내편의 연구, 한국학술정보, 2007.
- 이은희, 문중양 역주, 서호수, 성주덕, 김영 편저, 『국조역상고』, 소명출판사, 2004.
- 한국문화콘텐츠진흥원 편, 조선의 과학기술, 현암사, 2008.
- 한영호, 朝鮮의 新法日晷와 視學의 자취, 대동문화연구 제 47집, 2004.
- 數理精蘊 下篇, 文淵閣史庫全書 799-800, 臺灣常務印書館, 1983.