

# 천체의 궤도 운동 주기를 분석을 통한 명량대첩 당시의 명량수도 조류 상태에 관한 연구

† 김현종

† 목포해양대학교 항해학부

## A Study on the Tidal Current State of Myeongnyang Strait on the Date of Myeongnyang Sea Battle, by Orbital Period of Celestial Body

† Hyun-Jong Kim

† Faculty of navigation science Div. Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약 :** 명량대첩(鳴梁大捷)은 1597년 음력 9월 16일(양력 10월 25일) 정유재란 당시 충무공 이순신의 지휘를 받는 조선 수군 전함 13척이 일본 수군 전함 133척을 물리친 세계 해전사에 빛나는 전투이며, 정유재란의 판도를 바꾼 대첩이다. 이충무공은 13척의 조선 수군 전선으로 수백 척의 적선을 대적하는 데에 있어서, 명량수도의 좁은 지형과 독특한 조류를 이용하고자 하여 9월 15일에 해남 우수영으로 진영을 옮긴 다음 날에 명량해협에서 적선을 맞이하였다. 본 연구에서는 명량대첩 당시에 조·일 양국 수군의 전함 기동에 큰 영향을 준 명량해협의 조류 상태를 추산하기 위한 분석을 수행하였다. 연구에 있어서는 평형조석론(equilibrium theory of tide)과 동력학적 조석론(dynamical theory of tide)을 기반으로 하여, 지구에 대한 천체(달, 태양)의 위상이 명량대첩 당시에 있어서의 위상과 동일하게 되는 회귀시점을 천체 운동의 주기를 분석함으로써 계산하였다. 그리고 그 회귀시점에 대하여 조화분석법으로 계산한 조석 자료를 적용하는 방법으로 명량대첩 당시의 조류 상태를 추산하였다. 그 결과, 명량수도의 조류는 새벽 06시 36분에 전류해서 북서쪽으로 흐르기 시작하여 09시30분에 최대 유속인 8.3노트에 이르렀고, 12시 48분에 다시 남동쪽으로 전류하여 16시 12분에 최대 유속인 9.9노트에 도달한 다음, 19시 06분에 북서쪽으로 다시 전류하였다고 판단할 수가 있었다.

**핵심용어 :** 명량대첩, 명량수도, 조류, 조석이론, 천체운동 주기, 조석자료

**Abstract :** *Miraculous victory of Myeongnyang sea battle turned the tide of the Joseon's entire war against Japan and it is regarded as one of the most remarkable sea victories in the world history. In the sea battle of Myeongnyang, on September 16, 1597(lunar calender), the Joseon navy with 13 battle ships, led by Admiral Yi Sun-sin, won the Japanese navy with their fleet of 133 warships. There were several reasons why Admiral Yi decided on this location for battle. Myeongnyang strait is so narrow and had currents so powerful that many ships could not pass strait simultaneously. Therefore, despite being vastly outnumbered, Admiral Yi used terrain and tidal current advantage to defeat Japanese navy's numerical advantage. In order to find out the tidal state of Myeongnyang strait on September 16, 1597, topological phase of sun and moon was studied by orbital period of earth and moon. The tidal state of Myeongnyang strait on September 16, 1597 is estimated based on the theories of tide and tide tables. As a result of this study, time of slack water were found to be 0636, 1248, 1906 and time/speed of maximum tidal current were found to be 0930/8.3kts(NW), 1612/9.9kts(SE).*

**Key words :** *Myeongnyang sea battle, tidal current, topological phase, periodic orbital movement, theories of tide*

### 1. 서론

명량대첩(鳴梁大捷)은 1597년 음력 9월 16일(양력 10월 25일) 정유재란 당시 충무공 이순신의 지휘를 받는 조선 수군 전함 13척이 일본 수군 함대 133척(참여 함선은 총 333척)을 물리친 세계 해전사에 빛나는 전투이며, 정유재란의 판도를 바꾼 대첩이다. 명량해전이 일어나기 직전인 음력 8월 29일부터 9월 14일까지는 조선 수군의 함대가 명량수도 인근의

벽파진에 진을 치고 있었는데, 조선 수군을 추격하던 일본 함대는 육군과의 수륙병진책으로서, 이충무공의 조선함대를 격파하고 명량해협을 돌파하여 서해로 올라가는 전략을 취하고 있었던 것이다. 이충무공은 13척의 조선 수군 전선으로 수백 척의 적선과 벽파진 앞의 넓은 바다에서 싸우는 것은 불리하므로, 좁은 명량수도의 지형과 독특한 조류를 이용하고자 하여 9월 15일에 해남 우수영으로 진영을 옮겼다. 우수영으로 진영을 옮긴 후에 이충무공은 장수들을 불러 모아 “병법에 죽기를 각오하면 살 것이고, 살려고만 하면 죽을 것이다.(必死即生 必生即死) , 한 사람이 길목을 지키면 죽히

† Corresponding author : 종신회원, hyunjong@mmu.ac.kr 061)240-7161

천명이 와도 두렵지 않다.(一夫當逕 足懼千夫)”(Lee, 1976)고 혼시하였는데, 이는 명량해전에 임하는 이충무공의 핵심 전략이라고 할 수 있을 것이다. 명량대첩에 영향을 준 여러 요인 중 명량수도의 지형과 조류 특성도 중요하게 거론되는데, 주지하는 바와 같이 명량수도(진도수도)의 조류는 세계적으로도 그 세기가 유명하다. 본 연구에서는 명량대첩 당시에 조·일 양국 수군의 전함 기동에 큰 영향을 주어 해전의 승패에도 중요한 요소로 작용한 당시의 조류 상태를 추산하기 위한 분석을 수행하였다. 분석에 있어서는 고전적인 조석이론인 평형조석론(平衡潮汐論 ; equilibrium theory of tide)과 동력학적 조석론(動力學的潮汐論, dynamical theory of tide)에 이론적인 근거를 두어(Pinet, 2003), 지구에 대한 천체(달, 태양)의 위상이 명량대첩 당시에 있어서의 위상과 동일하게 회귀하는 회귀시점을 천체 운동의 주기에 근거한 추론을 통하여 계산하였다. 그리고 그 회귀시점에 대하여 현재 사용되고 있는 방법인 조화분석법(KHOA, 2014)으로 계산한 조석 자료를 적용하는 방법으로 당시의 조류 상태를 추산하였다.

## 2. 천체의 운동과 조석

조석은 태양과 달이 지구상의 해수에 미치는 인력에 의해서 일어나는 것이 대부분이기 때문에 천문조석(天文潮汐 : astronomical tides)이라 칭하기도 한다. 천체가 조석을 일으키는 힘인 기조력의 크기는 지구 중심으로부터 조석을 일으키는 각 천체의 중심까지 거리의 3승에 반비례하고 각 천체의 질량에 비례한다.(Wikipedia, 2015a) 17세기 말 뉴턴(Isaac Newton)에 의해 제시된 조석이론인 평형조석론(平衡潮汐論 ; equilibrium theory of tide)은 조석 현상에 정량적 해석을 가한 최초의 이론으로서, 조석은 지구, 달 그리고 태양의 상호위치에 의해서만 결정되며, 바다의 수심이나 대륙의 분포 등에 영향을 받지 않는다는 전제에서 조석현상을 해석한다. 평형조석론은 지구가 균일한 수심의 바다로 완전히 덮여 있을 때의 조석을 정확히 설명할 수 있다. 평형조석론은 지구가 태양 주위의 궤도를, 달이 지구 주위의 궤도를 따라 공전하는 힘의 평형에서부터 출발하는데, 해면이 그 변형에 영향을 주는 힘에 즉각 반응한다는, 즉 해면은 자신에게 미치는 힘과 항상 평형을 이루고 있다는 가정에서 출발한다. 평형조석론은 지구상의 조석현상에 대하여 여러 가지를 설명할 수 있는 유용한 이론임에도 불구하고 몇 가지의 한계를 지니고 있다. 뉴턴이 평형조석론을 발표한지 100여년 후에 지구의 자전, 해수의 관성, 바다의 수심에 따른 조석과의 속도, 대륙의 분포·해안지형 등이 해수에 미치는 영향을 고려하여 더 정교하게 가다듬어진 동력학적 조석론(動力學的潮汐論, dynamical theory of tide)이 발표되었다. 동력학적 조석론은 뉴턴의 천체역학의 업적 위에 유체운동에 관한 이론이 더해진 것으로서 1775년 라플라스(Pierre Simon Laplace)에 의해 처음 제안되었다. 동력학적 조석론에 의하면 뉴턴의

이론으로 예측된 조석과 실제 관측된 조석과의 차이가 잘 설명된다.(Wikipedia, 2015b) 동력학적 조석론이 이론적인 측면에서는 해수의 조석현상에 대하여 잘 설명하고 있으나, 실제 각 지역의 특성을 감안한 조석 예보가 실용화한 것은 1873년에 영국의 William Thomson(Lord Kelvin)이, 시간의 종속변수인 조석 현상에 대하여 푸리에급수 분석(Fourier analysis)을 가하는 방법(조화분석)을 제안하면서 시작되었다.(Lee, 2004) 이 방법은 특정한 관측지점에서 일정한 기간 동안 조위를 관측하여 그 조위를 시간의 함수로 표현한 다음, 이 함수를 여러 가지 주기를 갖는 sine(cosine)함수 성분으로 분해하여 조석을 예측하는 방법이다. 여러 가지 주기를 갖는 이 sine(cosine)함수 성분을 분조라 한다. 각 분조는 실측치로부터 계산되며 각 분조의 1/2을 반조차라고 한다. 여러 가지 주기를 갖는 가상의 천체가 특정한 관측지점에 정중하여 그 분조가 반조가 될 때까지의 시간을 각도로 표시한 것을 지각이라 하며, 이 지각과 각 분조의 반조차를 조화상수라 한다. 조화분석은 각 지점에서의 조석의 실측치에서 조화상수를 구하는 것을 의미한다. 현재까지 연구된 바에 따르면 이 조화상수는 수백 개에 이를 정도로 복잡한 경우도 있는 것으로 알려져 있다.(NDMI, 2004) 위에서 기술한 조석이론인 평형조석론, 동력학적 조석론, 조화분석 방법 등은 서로 상충되는 별개의 이론이 아니라 기본적인 이론인 평형조석론을 현실에 맞도록 더욱 정교하게 가다듬어 나간 방법론이다. 따라서 지구상의 해수에 일어나는 천문조석 현상의 기저에서는 달과 태양의 위상(적경, 적위, 거리)이 결정적이고 유일하게 영향을 미친다고 볼 수가 있는 것이다. 즉, 과거의 어떤 특정한 時点(A시점 : 이 연구에서는 명량대첩이 일어난 1597년 음력 9월 16일)에서 태양의 적경, 적위, 거리를 각각  $\lambda_{as}$ ,  $L_{as}$ ,  $D_{as}$  또한 달의 적경, 적위, 거리를 각각  $\lambda_{am}$ ,  $L_{am}$ ,  $D_{am}$  이라 하고, 다른 한 時点(B시점 : 이 연구에서는 1969년 음력 9월 15일)에서 태양의 적경, 적위, 거리를 각각  $\lambda_{bs}$ ,  $L_{bs}$ ,  $D_{bs}$  또한 달의 적경, 적위, 거리를 각각  $\lambda_{bm}$ ,  $L_{bm}$ ,  $D_{bm}$  이라 할 때에,  $\lambda_{as} = \lambda_{bs}$ ,  $L_{as} = L_{bs}$ ,  $D_{as} = D_{bs}$  이고,  $\lambda_{am} = \lambda_{bm}$ ,  $L_{am} = L_{bm}$ ,  $D_{am} = D_{bm}$ 일 경우에 지구상의 특정한 地點에서 A시점과 B시점에 있어서의 조석현상은 동일할 것이다. 이 연구에서는 명량대첩이 일어난 1597년 음력 9월 16일에 있어서의 위상과 동일하게 달, 태양의 위상이 회귀하는 시점을 계산하고, 그 시점의 명량해협에 대하여 현대의 조석 예보 방법으로 계산한 조석 자료를 참조하여 명량대첩 당시의 조석 현황을 추산하였다. B시점이 어느 점인가 하는 문제는 천체의 궤도 운행의 주기에 근거하여 계산함으로써 해결하였다. 지구에 대한 달과 태양의 겉보기 궤도를 각각 백도, 황도라 하는데 백도, 황도는 각각 타원 궤도(이심율은 각각 0.05488, 0.01672)이므로 지구와 달 및 지구와 태양과의 거리는 주기적으로 변하게 되며, 황도는 지구의 적도면과 23도 27분 기울어져 있고 백도는 황도와 평균 5도 7분 기울어져 있으므로, 백도는 지구의 적도면과 18도 15분 ~ 28도 35분의 경사를 이룬다. 태양의 겉보기 궤도(지구

의 공전 궤도)인 황도는 비교적 단순한 형태를 하고 있으며 궤도 운동의 주기도 평균태양년(365.2422일)으로서 간단히 정할 수가 있다. 이에 반하여 달의 공전궤도인 백도는 상당히 복잡한 나선형의 곡선을 그리므로 백도면은 평면이 아니며, 황도면과 달의 공전궤도가 만나서 이루는 두 교점(ascending node, descending node)을 이은 선(nodal axis)은 달이 공전하는 반대 방향으로 황도상을 회전(retrograde)하게 된다. 뿐만 아니라 타원형인 백도상의 근지점(periaxis)과 원지점(apoaxis)도 시간이 경과함에 따라 이동하여, 근지점과 원지점을 잇는 선(line of apsides)은 달이 공전하는 방향으로 회전(prograde)한다. 따라서 태양과 달의 위상이 원래의 위상으로 회귀하는 주기(회귀주기)의 계산이 복잡해지고, 그 주기도 길어지게 된다.(Rama, C. M. M, 2014) Fig. 1에 황도, 백도, 천의 적도 및 지구를 중심으로 한 천체의 겉보기 운동에 대한 개념도를 보였으며, Fig. 2에는 달의 승교점·강교점의 이동(retrograde), Fig. 3에는 근지점·원지점의 이동(prograde)에 대한 개념도를 보였다.

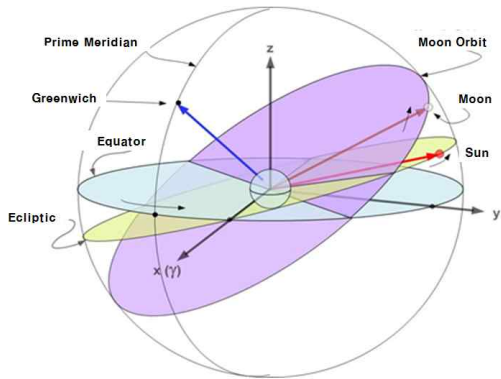


Fig. 1 Illustrative diagram for lunar orbit, ecliptic, celestial equator and apparent orbital motion of sun and moon

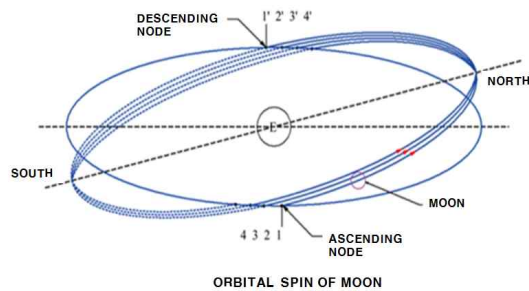


Fig. 2 The retrograde of lunar ascending node and descending node on the ecliptic

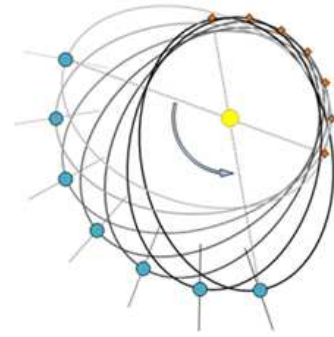


Fig. 3 The prograde of periaxis and apoaxis of lunar orbit

이 연구에서 태양과 달의 위상이 각각 원래의 위상으로 회귀하는 주기(회귀주기)를 계산하는 데에 사용한 다섯 가지의 천체 운행 주기에 대하여 간단히 기술한다.

**삭망월(朔望月, synodic month) :** 달의 위상이 삭에서 다음 삭(망에서 다음 망)까지에 이르는 시간. 즉, 지구를 기준으로 할 때에 태양과 달 사이의 상대적인 위상차가 같아지는 주기로서 29.530588일의 길이를 가진다. 이 주기는 지구와 달의 공통 무게중심이 그리는 태양 주위의 공전궤도상에서 지구 자체의 무게중심이 그리는 사이클로이드 운동의 주기이기도 하다.

**근점월(近點月, anomalistic month) :** 지구 둘레를 도는 달이 그 궤도에서 지구에 가장 가까운 근지점을 지나 다시 그 점으로 돌아오는 데 걸리는 시간으로서, 이 시간은 27.55455일이다. 근지점이 공간에 고정되어 있다면 근점월의 길이는 달의 공전 주기인 항성월(恒星月)과 같아 질 것이다. 그러나 달의 근지점은 이동 주기(period of direct perigee motion relative to fixed stars, 8.85053년)를 가지고 백도위를 달의 공전 방향으로 일주하므로 근점월은 항성월보다 약 0.23289일이 긴 27.55455일이 된다.

**교점월(交點月, nodical month) :** 백도와 황도의 교점에 대한 달의 공전 주기. 달이 황도와 백도의 교점을 떠나 다시 그 교점까지 돌아오는 데에 걸리는 시간으로서 27.21222일이다. 달의 교점(lunar nodes) 중 승교점(昇交點, ascending node)은 달이 황도를 남에서 북쪽으로 가로지르는 곳이며, 강교점(降交點, descending node)은 달이 황도를 북에서 남쪽으로 가로지르는 곳이다. 백도와 황도와와의 교점이 달의 공전 방향과는 반대 방향으로 이동(retrograde)하기 때문에 교점월은 분점월(分點月)이나 항성월(恒星月)보다는 짧다.

**백도 세차 주기(period of lunar orbital precession) :** 천구상에서 위치가 고정되어 있다고 여겨지는 항성에 대하여, 달의 교점(lunar nodes)이 동에서 서로 이동(retrograde)하여 천구를 일주하는 주기로서 6793.4765일(18.59988년)을 말한다. 교점의 이동은 달의 공전궤도에 대한 태양의 섭동에 기인한다. 위에 기술한 삭망월, 근점월, 교점월, 백도 세차

주기에 각각 정수배를 한 결과가 모두 같은 수치를 취하게 되면 달의 적경, 적위, 지구와의 거리는 원래의 값으로 회귀하게 된다.(Wikipedia, 2015c)

**태양년(太陽年, tropical year)**은 회귀년이라고도 하는데, 태양이 춘분점을 출발한 뒤 황도상을 진행하여 다시 춘분점으로 돌아올 때까지의 시간이며, 약 365.24219878일이다. 이 값은 지축의 세차운동에 따른 춘분점의 이동으로 인하여 100년에 약 0.5초씩 짧아지고 있다. 태양의 적경, 적위, 지구와의 거리는 태양년을 주기로 하여 같은 값을 가지게 된다.

위에서 설명한 다섯 가지의 주기가 자연수로 이루어져 있다면 이들의 최소공배수를 구하여 각 주기를 공통으로 만족하는 회귀주기를 간단히 구할 수가 있겠으나, 이들이 소숫점 이하의 수치를 포함하는 등 간단히 해결되지 않으므로, 교점월, 근점월, 삭망월을 각각 정수배하여 서로 근접한 수치를 보이는 경우를 추출하여 보인 것이 Table 1이다. 약 40여년의 기간에 대하여 세 가지의 주기에 대하여 각각 정수를 곱한 이후에 그 평균치의  $\pm 3.0$ 일의 범위 이내에서 각 수치가 서로 근접하는 경우를 추출하였다. 태양과 달의 위상이 원래의 위상으로 회귀하는 주기(회귀주기)를 계산하는 것은 위의 다섯 가지 주기에 대하여 이러한 계산을 계속하는 것이 될 것이다. 그런데 이와 같은 계산을 오랜 기간에 대하여 행하는 것은 용이한 일이 아니며, 실용적이지도 않으므로 본 연구에서는 기존에 알려진 식주기(蝕週期 : eclipse cycle)에

관한 자료를 일부 활용하였다.(Universiteit Utrecht, 2014) 지구상의 어느 특정한 지점에 있어서 조석이 일어나는 조시가 같은 시각으로 회귀하는 주기를 결정하는 데에는 삭망주기 > 교점주기 > 근점주기의 순으로 큰 영향을 주므로 Table 1에서 유용한 경우를 추출하면 제 5, 6, 11, 12행의 경우가 될 것이다. 그 중에서 제 5, 12행의 경우가 소위 Saros식주기라 칭하는 식주기와 동일한 것이다. 태양과 달의 위상이 원래의 위상으로 회귀하는 주기(회귀주기)를 계산하는 것과 식주기(蝕週期 : eclipse cycle)는 별 관계가 없어 보일 수도 있으나, 실은 서로 밀접한 관계를 가지는 것으로서, 태양과 달의 위상이 원래의 위상으로 회귀하는 주기(회귀주기)는 적어도 이 식주기를 만족하는 것이 전제조건이다. 그리하여 Table 1에서 구한 주기와 이미 알려진 식주기를 조합하여 여러 가지의 경과일수(laps time)를 산출하고, 이를 위에서 기술한 다섯 가지의 주기로 나눈 결과가 정수에 가장 근접하는 경우를 추출하면 Table 2의 제 1, 2, 4, 6, 7행이 된다. 표에서 알 수 있는 바와 같이, 제 1, 2, 4, 6, 7행의 다섯 가지 경과일수 중 제 6행의 경과일수인 135870.2일(Gregoriana 식주기)이 가장 완전한 회귀주기임을 알 수가 있으므로, 지구를 기준으로 하여, 태양과 달의 위상이 원래의 위상과 같아지는 회귀주기는 135870.2일(372.0003태양년)임을 알 수가 있다.

Table 1 Lapse time(D) for various cycles of nodical month, anomalistic month, synodic month

	Nodical month		Anomalistic month		Synodic month		Remark
	Cycle	Lapse time(D)	Cycle	Lapse time(D)	Cycle	Lapse time(D)	
1	1	27.21222	1	27.55455	1	29.53059	
2	76	2068.129	75	2066.591	70	2067.141	
3	152	4136.257	150	4133.183	140	4134.283	
4	228	6204.386	225	6199.774	210	6201.424	
5	242	6585.357	239	6585.537	223	6585.322	Saros eclipse cycle
6	255	6939.116	252	6943.747	235	6939.689	Unnamed
7	304	8272.515	300	8266.365	280	8268.565	
8	318	8653.486	314	8652.129	293	8652.463	
9	394	10721.61	389	10718.72	363	10719.6	
10	470	12789.74	464	12785.31	433	12786.75	
11	471	12816.96	465	12812.87	434	12816.28	Unnamed
12	484	13170.71	478	13171.07	446	13170.64	Double Saros eclipse cycle

Table 2에서 경과일수를 각 주기로 나눈 결과가 자연수에 더 근접할수록 천체가 원래의 위상으로 완전하게 회귀하고, 조석현상(조시, 조고)의 재현성은 더 정확해 진다고 할 수가 있는데, 이러한 관점에서 판단하면 Table 2의 제6행에 있는 Gregoriana 식주기가 가장 완전한 회귀주기가 될 것이고, 그 이외의 경과일수들은 조석현상(조시, 조고)에 어느 정

도의 오차를 포함하고 있다고 볼 수가 있다.

Table 2 The quotients of lapse time(D) divided by synodic month, nodical month, anomalistic month, tropical year, period of lunar orbital precession

	Lapse time(D)	Synodic month	Nodical month	Anomalistic month	Tropical year	Period of lunar orbital precession
		D/29.53059	D/27.21222	D/27.55455	D/365.2422	D/6793.4765
1	<b>6585.32</b>	223.0000	241.9986	238.9921	18.0300	0.9694
2	<b>6939.69</b>	235.0001	255.0211	251.8528	19.0002	1.0215
3	<b>12816.28</b>	434.0001	470.9752	465.1239	35.0898	1.8866
4	<b>13170.64</b>	445.9999	483.9973	477.9842	36.0600	1.9387
5	<b>19755.96</b>	668.9999	725.9959	716.9764	54.0900	2.9081
6	<b>135870.20</b>	4600.9988	4992.9848	4930.9535	372.0003	20.0001
7	<b>142809.90</b>	4835.9992	5248.0062	5182.8067	391.0005	21.0216
8	<b>652685.10</b>	22102.0015	23985.0001	23687.0181	1786.9926	96.0753

1 : Saros 식주기 2 : Unnamed 3 : Unnamed 4 : Double Saros 식주기 5 : Triple Saros 식주기  
 6 : Gregoriana 식주기 7 : Unnamed 8 : Heliotrope 식주기

### 3. 명량수도에 대한 조석 추산

각 경과일수에 대하여 조석현상(조시, 조고) 재현성의 정확도를 평가하기 위하여 제주항을 표본으로 삼아 우리나라에서 조석 예보가 실시된 기간의 범위 내에서 조석현상을 조사한 것이 Table 3 이다. 제주항을 표본으로 삼은 이유는, 제주항 주변에서는 대규모의 간척사업이나 방조제 축조, 하구언 공사 등이 시행된 바가 없어서 인위적 요인에 의한 조석현상의 변화가 거의 없기 때문이다.(국내의 조석예보는 1952년부터 시행되었으므로 Table 2의 6, 7, 8행은 제외함) Table 3

에서 각 경과일수에 대한 제주항의 조석(조시, 조고) 재현성을 검증해 본 결과, 천체의 적위 및 거리에 큰 영향을 받는 조고에는 상당한 오차가 포함되어 재현성이 낮은 것으로 판단할 수가 있으며, 천체의 적경 및 상대적인 위상차에 영향을 받는 조시의 재현성은 상당히 정확한 재현성을 보였는데, 그 정확도는 경과일수 6585.32일(18.0300년) > 6939.69일(19.0002년) > 12816.28일(35.0898년) > 13170.64일(36.0600년) > 19755.96일(54.0900년) 순으로 정확한 재현성을 보임을 알 수가 있다. 즉, 경과일수 6585.32일(18.0300년) 이나 6939.69일(19.0002년)을 사용하면 오차 10분 내외에서 조시를 정확하게 재현할 수가 있을 것으로 판단된다.

Table 3 The tidal times and height of Cheju port for various lapse time(D)

	Date(A)	Tide(B)		Julian Date(C)	Lapse Time(D)	Julian Date(C+D)	Date(E)	Tide(H)	
		Time	Height					Time	Height
1	1996.9.27. (lunar 8.15) 02:19	0437 1026 1655 2243	33 271 25 273	2450353. 59666	6585.320 (18.0300년)	2456938. 91666	2014.10.08. (lunar 9.15) 10:00	0426 1019 1650 2235	58 292 62 285
2	1995.10.8. (lunar 8.14) 17:26	0416 1013 1638 2219	42 256 47 246	2449999. 22666	6939.690 (19.0002년)	2456938. 91666	2014.10.08. (lunar 9.15) 10:00	0426 1019 1650 2235	58 292 62 285
3	1979.9.6. (lunar 7.15) 03:17	0435 1015 1641 2256	55 259 12 290	2444122. 63666	12816.28 (35.0898년)	2456938. 91666	2014.10.08. (lunar 9.15) 10:00	0426 1019 1650 2235	58 292 62 285
4	1978.9.16. (lunar 8.14) 18:38	0417 1006 1626 2238	52 256 24 277	2443768. 27666	13170.640 (36.0600년)	2456938. 91666	2014.10.08. (lunar 9.15) 10:00	0426 1019 1650 2235	58 292 62 285
5	1960.9.5. (lunar 7.15) 10:57	0420 0935 1630 2205	20 200 0 220	2437182. 95666	19755.960 (54.0900년)	2456938. 91666	2014.10.08. (lunar 9.15) 10:00	0426 1019 1650 2235	58 292 62 285

명량수도로부터 약 2.5마일 남동쪽으로 떨어져 위치하는 벽파진의 조시와 명량수도의 전류시는 직접적인 관계를 형성하고 있기 때문에, Table 4 에는 벽파진의 조석 현황을 조사하여 표시하였다. 그런데 벽파진에 대하여 조석 예보가 실시된 것은 1984년부터이므로 1969년에 대한 조석 사항은 위에서 얻은 결과와 1987, 1988, 2005년도의 벽파진 조석표를

참고하여 산출하였다. 지구에 대한 천체(달, 태양)의 위상이 명량대첩이 일어난 날인 1597년 10월 25일(음 9월 16일)의 위상과 동일한 것으로 판단되는 1969년 10월 25일(음 9월 15일)에 대한 벽파진의 조석 추정치는 표의 음영된 난에 기록된 바와 같다.

Table 4 The estimated tidal times and heights of Byeokpajin on 1597.10.25.

	Date(A)	Julian Date(B)	Lapse Time(C)	Julian Date(B+C)	Date(D)	Tide(E)	
						Time	Height
1	1597.10.25. (lunar 9.16) 10:00	2304649. 91666	135870.2	2440520. 11666	1969.10.25. (lunar 9.15) 14:48	0521	10
						1124	433
						1749	67
						2316	367
2	1597.10.25. (lunar 9.16) 10:00	2304649. 91666	142455.52 (135870.2 + 6585.32)	2447105. 43666	1987.11.5. (lunar 9.14) 22:29	0530	20
						1117	420
						1739	80
						2304	360
3	1597.10.25. (lunar 9.16) 10:00	2304649. 91666	142809.89 (135870.2 + 6939.69)	2447459. 80666	1988.10.25. (lunar 9.15) 07:22	0518	0
						1126	450
						1752	50
						2322	390
4	1597.10.25. (lunar 9.16) 10:00	2304649. 91666	149040.84 (135870.2 + 13170.64)	2453690. 756	2005.11.16. (lunar 10.15) 06:08	0514	10
						1128	430
						1756	70
						2323	350

Table 5 에는 벽파진의 조석(조시, 조고)와 명량수도의 조류 현황에 대하여 같이 보였다. 표의 제 4행은 음영을 주어 표시하였는데 이 부분을 제외하면 전부 실제 예보된 조석자료

를 표시하고 있다. 표에 있는 자료에 따르면 벽파진의 고(저)조시로부터 대략 80 여분을 경과하면 명량수도 조류의 전류시가 나타남을 알 수가 있다.

Table 5 The tide of Byeokpajin and tidal current of Myeongnyang sudo( + : stream to NW, - : stream to SE)

	Date (Lunar Date)	Slack	Maximum	Slack	Maximum	Slack	Maximum	Slack	Maximum	Slack
		Knots	Knots	Knots	Knots	Knots	Knots	Knots	Knots	Knots
1	1969.10.25.	0024	0348	0636	0930	1248	1612	1906	2142	
	(1969.9.15.)	0	-9.5	0	+8.3	0	-9.9	0	+7.5	
2	1988.10.25.	0020	0344	0633	0928	1249	1615	1914	2151	0052
	(1988.9.15.)	0	-9.8	0	+8.9	0	-10.4	0	+7.8	0
Tide of Byeokpajin										
	Date	Low		High		Low		High		Remark
3	1988.10.25.	0518		1126		1752		2322		Tide Table
	(1988.9.15.)	0		450		50		390		
4	1969.10.25.	0521		1124		1749		2316		(Estimated)
	(1969.9.15.)	10		433		67		367		

Table 6 The tidal time of Byeokpajin and slack time of Myeongnyang sudo tidal current

	Tidal time of Byeokpajin(A)		Slack time of Myeongnyang sudo(B)		B - A (minute)	
	1969.10.25	1988.10.25	1969.10.25	1988.10.25	1969.10.25	1988.10.25
1	0521(low)	0518(low)	0636	0633	75	75
2	1124(high)	1126(high))	1248	1249	84	83
3	1749(low)	1752(low)	1906	1914	77	82

Table 6 에 벽파진의 고(저)조시와 명량수도의 전류시를 비교하여 보였다. 표에서 음영된 칸에 나와 있는 수치는 추산치이고, 나머지는 실제 예보치인데, 추산치와 예보치 사이의 오차는 5분 이내로서 거의 정확한 추산이 이루어졌음을 알 수가 있다. 즉, 명량대첩이 이루어진 1597년 10월 25일(음 9.16)에는 명량수도의 조류가 새벽 06시 36분에 전류하여 북서쪽으로(일본 수군이 있는 쪽으로부터 조선 수군이 있는 쪽으로) 흐르기 시작하여 09시 30분에 최대 유속인 8.3노트에 이르렀고, 12시 48분에 다시 전류하여 남동쪽으로 흐르기 시작하여 16시 12분에 최대 유속인 9.9노트에 도달한 다음, 19시 06분에 다시 북서쪽으로 전류하였다고 판단할 수가 있다. 위에 표시한 모든 시각은 동경 135도를 기준자오선으로 하는 지방평시(LMT)이며, 천측력에 의하면 명량수도가 위치한 북위 34.5도에 대한 1597년 10월 25일(음 9.16)의 일출시각은 06시 15분이다.(KHOA, 1960 ~ 2014)

#### 4. 결론

1597년 10월 25일(음 9.16)에 명량수도(진도수도)에서 일어난 명량대첩 당시의 승리 요인 중 하나로 거론되는 조류의 상태에 대하여 연구하였다. 본 연구에서는 평형조석론(equilibrium theory of tide)과 동력학적조석론(dynamical theory of tide)을 이론적인 근거로 삼아, 지구에 대한 천체(달, 태양)의 위상이 명량대첩 당시에 있어서의 위상과 동일하게 되는(태양과 달의 적경, 적위, 거리가 각각 명량대첩 당시의 적경, 적위, 거리로 회귀하는) 회귀주기를 계산하였다. 이를 위하여 지구와 달의 궤도 운동을 분석, 이용 가능한 주기를 추출하였는데, 이에 달의 교점월, 근점월, 삭망월, 백도 세차 주기가 포함되고, 또한 태양의 겉보기 운동 주기인 태양년(회귀년)이 포함된다. 계산 결과 6585.32일(18.0300년), 6939.69일(19.0002년)의 주기를 적용하면 오차 10분 이내의 정확도로 조시를 예측할 수 있을 것으로 판단되었으며, 지구를 기준으로 하여 태양과 달의 위상이 원래의 위상과 같아지는 회귀주기는 135870.20일(372.0003태양년 : Gregoriana 식주기)임을 알 수가 있었다. 이에 따라서 태양, 달의 위상이 명량대첩 당시와 동일하게 되는 회귀시점을 계산한 결과, 회귀시점은 1969년 10월 25일인 것으로 판단되었다. 그리고 그 회귀시점에 대하여 조화분석법으로 계산한 조석 자료를 적용하여 명량대첩 당시의 조류 상태를 추산한 결과, 명량수도의 조류는 새벽 06시 36분에 전류하여 북서쪽

으로(일본 수군이 있는 쪽으로부터 조선 수군이 있는 쪽으로) 흐르기 시작하여 09시 30분에 최대유속인 8.3노트에 이르렀고, 이어서 12시 48분에 전류하여 남동쪽으로 흐르기 시작하여 16시 12분에 최대유속인 9.9노트에 도달한 다음, 19시 06분에 다시 북서쪽으로 전류하였다고 판단할 수가 있었다.

#### References

[1] Korea Hydrography and Oceanographic Administration (2014), Tide Table, KHOA,, pp. 283-291  
 [2] Korea Hydrography and Oceanographic Administration(1960~2014), Tide Table, KHOA,  
 [3] Lee, S. H.(1976), Nanjungilgi, Jipmundang, p. 230  
 [4] Lee, S. Y.(2004), Tide Story, Pyisics and High Technology, p. 10.  
 [5] NDMI(2004), Simulation of Tide and Storm Surges around the Kyung-nam Province by Typhoon Maemi, National Disaster Management Institute, pp. 11-22.  
 [6] Pinet P. R.(2003), Invitation to Oceanography 3rd. Ed., Jones and Bartlett Publishers, pp. 260-271.  
 [7] Rama, C. M. M(2014), "Orbital Spin: A Ne Hypothesis to Explain Precession of Equinox-The Third Motion of Earth", International Journal of Astronomy and Astrophysics, 2014/4, pp. 20-28.  
 [8] Universiteit Utrecht(2014), A Catalogue of Eclipse Cycles, <http://www.staff.science.uu.nl/>  
 [9] Wikipedia (2015a), <http://ko.wikipedia.org/wiki/조석>  
 [10] Wikipedia (2015b), Theory of tides, <http://en.wikipedia.org/wiki/>  
 [11] Wikipedia(2015c), Orbit of the Moon, <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Received 23 February 2015  
 Revised 28 May 2015  
 Accepted 28 May 2015