

19세기 조선 수학의 지적 풍토: 홍길주(1786-1841)의 수학과 그 연원

전 용 훈

서울대학교 과학문화연구센터

Intellectual Environment of Korean Mathematics in the Nineteenth Century: Hong Gilju's Work on Mathematics and Its Background

JUN Yong Hoon

Science Culture Research Centre

Seoul National University

ABSTRACT

Hong Gilju's two major works on mathematics are *Gilja sinseol* 吉里辛算 and *Hogak yeonrye* 活學源理. In *Gilja sinseol*, which consists of three parts, "Ssangchu eoksan" 雙柱逸算, "Gaebang

monggu" 算圖, and "Japswae sucho" 雜算圖, he suggested many new algorithms. For example, he proposed the method of Ssangchu eoksan; he showed how to infer and calculate with two arbitrary values; and this method employed the counting rod which was very common in Korean mathematics in the early 19th century but totally forgotten in China. Another significant invention of Hong's is a new algorithm of extracting roots. He proposed such a simple method of extracting roots that it needs only simple calculations and the counting rod. Hong's new methods suggest that these originated from a new intellectual milieu in the 19th century. *Hogak yeonrye* dealt mainly with spherical trigonometry. Every step of calculations inferred from the theorems in *Yeoksang goseong* 測景算 was explained in each case.

The background of Hong's mathematical works can be firstly traced to his mother and friends. His mother was well trained in mathematics, and his friends, especially Kim Yeong and Seo Yu-bon, gave much influence on him. His pedigree, which connects his family with Seo family, the best-known mathematician group at that time, provided a strong background of his mathematics. Finally and most importantly, the intellectual milieu of the late 18th and early 19th centuries Korea, where most scholars were interested in mathematics and astronomy, offered Hong fertile soil to make such an impressive achievement.

1. 머리말

홍길주(1786-1841)는 조선후기 대표적 정치세력인 홍씨 일원으로 정조대 10위 10자 경학자, 문장가로 이름이 높은 홍씨(1774-1842)의 동생이다. 홍길주는 한국한문학 분야를 제외하면 그리 주목받지 못하는 인물이지만, 그가 이룩한 수학적 성취로 보아 조선후기

수학사에서 빛나는 상징이 될 만한 인물이다. 사학계의 선구자인 정인보는 홍길주의 문장에 주목하여 "??로서 ??를 ?할 것"이라고 평했다.¹ 그러나 1931년에 정인보가 해제한 홍길주의 문집은 일실되었고, 그의 문장 또한 몇몇 학자들의 간헐적인 관심을 받았을 뿐이었다.²

1991년 ??은 연세대에 소장된 희귀본 중에 홍길주의 □??√??□, □□□?□□, □????□의 3부작이 있다는 사실을 학계에 소개하여 홍길주가 새롭게 주목되는 계기를 만들었다.³ 정민의 소개 이후 홍길주의 문학에 대한 연구 논문들이 여러 편 발표되었다.⁴ 그러나 방대한 문학 저술 속에 섞여있던 그의 수학 저술들은 문학사적 관심의 뒤편에 여전히

) ???, "????", □□? ?????□ 제2책 (연세대학교 출판부, 1983), 41-42쪽.

) ?//?, "<??□> 중에 ????된 ??", □?─????─□ 1(1976), 85-94; ???, □??? ?의 ?─□ (?????, 1988), 102-5쪽; ??, □?? ?─□ (?????, 1989), 70-94쪽. ?//?의 글은 홍길주의 저작을 직접 보고 쓴 것이지만 홍길주에 대해 본격적인 분석을 하지는 않았으며, ???은 ???이 홍길주의 문학을 높이 평가했다는 점을 설명하면서 언급하였고, ??은 ???의 문학과 관련하여 홍길주를 거론하는 등 간접적인 지적들이 있었다.

) 정민, "소장본 희귀자료 3: 현수갑고(??√??) · 표룡을침(□□?□) · 항해병함(????)", □계간 연세 진리 · 자유□ (연세대학교, 1991년 겨울), 70-72.

) 다음의 논문들을 참고할 수 있다. ◎??, "19?㉔??//의 ???에 대한 ?─: ???·◎??·홍길주를 중심으로" (성균관대학교 박사학위논문, 1992); ◎??, "?? ?㉔?의 작문정신과 ???", □?????─□ 9(1995), 21-62; ◎??, "㉔? 산문의 ??와 문예적 성취", □?─????─□ 24(1999), 293-325; 정민, "천하에 지극한 문장", □문헌과해석□ 6(1999년 봄), 123-134; 정민, "요즘 문장가들의 세 가지 폐단", □문헌과해석□ 9(1999년 겨울), 157-164; 정민, "?? ?㉔?의 독서론과 문장론", □대동문화연구□ 41(2001), 87-123; ◎??, "?? ?㉔?의 ???과 ??? ??" (한양대학교 석사학위논문, 2000); ??, "㉔?의 <??(s)>에 대한 일 고찰: 세계인식태도와 글쓰기 방식을 중심으로" (성균관대학교 석사학위논문, 2002).

잊혀져 있었다. 이미 정인보가 홍길주의 문학과 함께 「???」과 「『???』라는 수학 저술에 주목한 바 있었고,⁵ 정민 또한 「항해병합」의 권10에 수록된 「호각연례」에 주목하여 "한국 과학기술사에서 간과치 못할 특이한 저술"로 평가한 적이 있다.⁶ 그러나 조선후기 수학사에 대한 연구가 미진한 상황에서 홍길주의 수학 저술은 한번도 본격적으로 검토될 기회가 없었다. 홍길주의 수학이 처음으로 본격 검토된 것은 2003년 5월 열상고전연구회가 주최한 학술토론회를 통해서였다. 이때 필자는 「기하신설」과 「호각연례」를 검토하고, 그가 상당히 독특하고도 가치 있는 수학적 성취를 이룩했으며, 이런 성취는 그의 사적 교육관계와 19세기 초 조선 사회의 지적 배경을 통해서 이해할 수 있다는 견해를 제시했다.⁷

기존에 발표된 필자의 논문은 문학사 중심의 학술토론회를 겨냥한 것으로 수학적 연구 분석에 미진했었는데, 이 글은 그것을 보완하고 보다 본격적인 분석을 하기 위한 것이다. 따라서 본론에서는 이미 시론적으로 소개된 홍길주의 수학 저술을 다시 면밀히 분석하고 조선후기 수학사의 맥락에서 재평가하고자 한다. 이미 발표한 논문에서 필자는 홍길주 수학의 연원이 가계와 교육과정, 그리고 교육관계에서 찾아볼 수 있다는 사실은 어느 정도 밝혔지만, 18세기 후반 19세기 초 조선 지식계의 지적 분위기와 관련해서는 구체적인 연구 없이 추론과 추정에 그쳤다. 이 글에서는 홍길주의 수학연구가 어디로부터

) 정인보, 앞의 책, 42쪽.

) 정민, 앞의 글(1991), 71쪽.

) 여기에서 발표된 원고가 논문으로 정리되어 나왔다. 박무영, "'????'의 문학적 사유", 7-34; 김철범, "홍길주 <숙수념>의 세계", 35-59; 전용훈, "'?⑥? ???」와 그 ???", 「열상고전연구」 17(2003), 61-82.

비롯되었는지 그 연원을 사적 배경으로부터 시작하여 19세기 초반 지식계의 풍토까지 좀 더 자세히 추적해보고자 한다. 이를 통해 홍길주는 조선후기 수학의 조선적 특질을 충실하게 계승하고 있으며, 19세기 초반 지식계의 경향을 대변하는 상징적 존재라는 점을 드러내고자 한다.

2. 저술과 수학연구

항해 홍길주는 노론계 핵심가문인 풍산홍씨의 후예인 ???(1755-1812)와 ??? ?? 사이에서 둘째로 태어났다(<그림 1>).⁸

<그림 1> 홍길주의 가계도

?? ???는 그의 형이며 ??의 둘째딸 ???와 혼인하여 ???에 봉해진 ?ㄱ? ???가 그의 동생이다. 홍길주의 집안은 대대로 ?ㄴ하여 할아버지 ??ㄴ ?ㄷ(1718-1798)은 정조대 영의정을 역임하였고, 아버지 홍인모는 ??????, 형 홍석주는 좌의정에까지 올랐다.

) 홍길주의 // ㄷㄹ는 ㄹ??, ㄹ??? ㄷ h???? ㄴㄹ (일조각, 1996), 118쪽에서 전재함.

뒤에서 다시 보겠지만 홍길주 가계에서 주목할 것은 18-19세기 대표적 정치세력인 풍산홍씨와 ㅁ(ㅅ?)??의 결합으로 이루어졌다는 점이다. 홍길주의 어머니 영수합 서씨는 강원도 관찰사를 지낸 ???(1725-1779)의 딸이다. 또한 서형수와 ㅂ??인 ???·??? 형제는 5대조 ?X 의 후손들이다. 홍길주의 학문이 홍씨 가문의 //?? 전통과 함께 ?//인 대구서씨 가문의 학문적 전통에도 연결되고 있는 이유를 먼저 여기에서 볼 수 있다.

홍길주는 뚜렷한 스승을 모시지는 않았으며, 어려서는 아버지와 어머니 영수합 서씨의 가르침을 받았고, 자라서는 형을 스승 삼아 학문을 익혔다.⁹ 그는 16세에 초시에 합격하고 22세에 ??과 ???에 동시에 합격하였다. 그 후 여러 번 ㅁ i 에 응시했으나 26세 되던 해에 과거를 완전히 포기하고 평생 학문과 문학의 길로 들어섰다. 1822년 37세에 ???에 제수되었으나 이내 사직했다. 41세에 다시 ㅅ?? ㊦에 제수되었고, 이어 ??ㅇ??, ? ㄱ??, X?+? 등을 지냈다. 45세에 ?, ?C으로 나갔고, 48세에는 ??+?가 되었으나 한해 남짓 만에 사직했다. 1840년 55세에 다시 ㉠?+?로 나갔다가 반년이 못되어 병으로 사직했다. 이듬해 1841년 56세의 나이에 죽었다.

홍길주에 대한 동시대나 사후의 평가에서 문장의 탁월함과 함께 늘 수학적 성취가 거론되어 왔다는 점에서 홍길주의 수학에 대한 연구의 필요성이 다시 한번 제기된다. 홍길주는 이미 살아있을 때부터 수학에 조예가 깊은 인물로 주변에 잘 알려져 있었으며, 그가 죽은 후에도 수학적 성취가 늘 자랑처럼 거론되었다. 홍길주의 가까운 친척인 ???

) 홍길주의 생애에 대해서는 김철범, 앞의 글(1992), 19-22쪽 참조. 아울러 홍길주의 생애에 관한 자료로는 홍석주가 쓴 "?????", ㅁ???? ㅁ 제4책 (?????, 1984), 311-8쪽과 아들 ??㊦이 쓴 "??ㅁ//?", ㅁ???? ㅁ 권7 (고려대학교도서관 소장)을 참고.

(1798-1868)는 홍길주가 "??과 ??의 서적에 두루 통달했다"고 평가했으며,¹⁰ 아들 홍우건은 ??에서 "[아버지는] 오로지 ???을 좋아하여 일찍이 새로운 ?을 만들었고 ㄱ과 ㅋ을 추구하여 옛사람들이 미치지 못한 것이 많았다"고 썼다.¹¹ ?? 때에 활동한 ??은 홍길주의 문장이 독특한 것은 그가 수학에 능통했기 때문일 것이라고 평가하기도 했다.¹²

현재 남아있는 홍길주의 저술로는 □현수갑고□, □표룡을침□, □항해병합□의 ???과 40세(1826) 근처에 저술한 □숙수념□, 그리고 홍석주·길주·현주 삼형제가 함께 1824년에 펴낸 문집인 □????□을 꼽을 수 있다. 이 중에서 특히 □현수갑고□는 30세(1816) 이전의 저술을 모은 것이고 □표룡을침□은 50세(1836) 이전의 저술을 모은 것이며, □항해병합□은 홍길주의 사후 아들 홍우건에 의해 1842년에 편집된 것이다.

홍길주의 수학 저술로는 □기하신설□과 □호각연례□가 대표적이며, □기하신설□에 덧붙일 3개의 문제풀이 예를 담고 있는 "◆???"가 있다. □기하신설□은 □현수갑고□ 권 9에 목차가 있어 30세(1816) 이전에 처음 저술된 것으로 보인다. 그러나 현재 남아있는 □현수갑고□에는 □기하신설□이 없고, 홍길주의 다른 저술인 □숙수념□ 제14권에 수록된 것만을 참고할 수 있다.

홍길주의 문집은 원래 홍석주의 외손인 ???(1832-1894)에 의해 20권 10책으로 □???□이 편집되었다. 그리고 이 책을 정인보가 □????□라고 하여 해제한 바 있다.¹³ 정인보는

) ???, □??(≡)□, ??? ?, □????????□ 제13책 (????, 1984), 471-2쪽.

) ??◆, □???□ 권7 "??-//?"

) □ㅸ???□ ?? "???????□?", □ㅸ???□ 제5책 (????, 1992), 367쪽.

) 정민, 앞의 글(1991), 70쪽.

해제에서 "□기하신설□은 "?????", "□π□", "□%□", "□□□"의 □□으로 된 것"이라고 했지만,¹⁴ □숙수념□에 수록된 □기하신설□은 "????", "□π□", "□□□"의 세 편으로 구성되어 있어서 두 본이 서로 다른 것을 알 수 있다.¹⁵ □숙수념□이 홍길주가 40여 세에 저술된 것이라는 의견을 받아들인다면,¹⁶ □기하신설□은 먼저 30세 이전의 저작을 담은 □현수갑고□에 편집된 하나의 판본이 있었고, 나중에 □숙수념□에 포함된 또 하나의 판본이 있었다고 가정해 볼 수 있다. 정정보가 전하는 목차가 □숙수념□ 속의 □기하신설

) □□, 앞의 책, 42쪽.

) □□(사)□에 수록된 □기하신설□의 내용 구성을 어떻게 볼 것인가에 대해 약간의 혼란스러움이 있다. □숙수념□이 인쇄된 책이 아니라서 제목이 몇 칸 내려 써진 것인지 판별하기도 어려울 뿐만 아니라 글씨 크기도 일정치 않아 구별하기가 쉽지 않다. "기하신설"이라는 제목이 3칸 내려 넷째 칸에 써어져 있고, "쌍추역산"은 다섯째 칸에, "개방몽구"는 넷째 칸에, "잡쇄수초"는 넷째 칸에 써어져 있다. 따라서 제목이 써여진 위치로 보면 □기하신설□에는 "쌍추역산"만이 속한다고 볼 수 있다. 그러나 "쌍추역산"과 "개방몽구"의 두 제목 아래는 모두 작은 글씨로 약간의 설명이 붙어있고 자신이 고안한 새로운 알고리즘에 대한 자부심이 드러나 있지만, "잡쇄수초"에는 설명이 전혀 없다. 그렇다면 □기하신설□에 속하는 것은 "쌍추역산"과 "개방몽구" 두 편이라고 볼 수도 있다. 더욱이 "잡쇄수초"에 포함된 내용은 앞의 두 편에 비해서 일관되지 못한 채 일차함동식, 측량계산, 내접도형, 원래 도형보다 면적이 2배인 도형 구하기 등 여러 종류의 문제들이 섞여있다. 그 제목답게 "자잘하게 부서진 것들을 손 가는 대로 베껴 둔"(□□□) 것임을 알 수 있으므로 "잡쇄수초"는 □기하신설□과는 독립된 저술이라고 볼 수도 있다. 그런데 □표룡을첨□에 있는 "◆?????"에서는 "옛날에 지어놓은 기하신설이 숙수념 가운데에 있는데 그 말단에 □□ ?□이 있다. 책이 이미 만들어진 후에 또 한 두개 베껴 둔 것이 있어 책을 찌깁 필요 없이 보충하여 기록해 둔다"고 했다. 이 말을 따르면, 홍길주는 □숙수념□의 □기하신설□에 "쌍추역산", "개방몽구", "잡쇄수초"의 세 편 모두를 포함시킨 것으로 볼 수 있다. 그래서 덧붙인 예제들에 대해서도 "□□□"가 아닌 "◆?????"라고 이름 붙인 것으로 볼 수 있다.

□보다 풍부한 내용을 담고 있는 것으로 짐작되지만 사라져서 아쉬움이 남는다.

3. ?????의 고안

□??(스)□에 수록된 □기하신설□은 "쌍추역산", "개방몽구", "???□"의 세 부분으로 구성되어 있는데, 이 저술은 홍길주가 이룩한 독특한 수학적 성취를 잘 보여준다. 먼저 "쌍추역산"은 13개의 예제를 □????□의 ??에서 뽑아 자신이 고안한 독특한 알고리즘으로 풀이하고 있다. 이 알고리즘은 □????□의 ??러?과는 완전히 다른 것이며, 조선시대를 통틀어 가장 널리 읽힌 전통 수학서인 □??v?□의 방식과도 다른 것으로 홍길주의 기발한 착상을 볼 수 있다.¹⁷

예를 들어 오늘날의 차등배분에 해당하는 문제를 보자.

10분의 8, ?은 ?의 10분의 8을 갖는다) 각각 얼마를 갖는가?

(□수리정온□의 풀이법)¹⁸

) ??] , 앞의 글(2002), 3쪽.

) 위의 예제는 □기하신설□의 첫 번째 문제로서 홍길주가 □????□ ?? 권4 "?????", ??" ?○?? 799책 (ゆ?????, 1983), 283쪽d(한 쪽이 2면으로 편집된 경우 이를 a, b로, 4면으로 편집된 경우 a, b, c, d로 구별함. 이하 모두 같음)에서 가져온 것이다.

) □????□ ?? 권4 "????", ??" ?○?? 799책, 283쪽d-284쪽a.

??($x\ddot{u}$)

$x\ddot{u}$

$x\ddot{u}$ (갑의 할당량)=125가 나온다.

이에 각각의 할당량은 갑=125, 을=100, 병=80, 정=64로 결정된다.

(홍길주의 풀이법)

정=80, 병=100, 을=125, 갑=156.25; 총합=461.25, 남는 수=92.25(=총합 461.5원수 369)

정=32, 병=40, 을=50, 갑=62.5; 총합=184.5, 모자란 수=184.5(=원수 369총합 184.5)

32 80

184.5 92.25

92.25=1, 184.5=2

1+2=3

8032=48

) 이 때, 큰 수는 분모로, 작은 수는 분자로 삼아 약분한다.

$$8016=64$$

이것이 ?에게 할당될 실제 실의 양이 된다.

$$\text{정}=64, \text{병}=80, \text{을}=100, \text{갑}=125$$

□수리정온□에서는 ??리??을 적용하여, 각 비율의 값을 모두 합친 값에 대한 갑의 비율과 전체 실의 양에 대해 갑이 차지할 양을 비례식으로 만들어 풀어내고 있음을 알 수 있다. ??◆의 □??v?□에서도 위와 같은 문제는 갑의 비율을 1000으로 상정하고 비율 전체의 값을 더한 다음, 전체에 대한 갑의 비율, 전체에 대한 을의 비율 등으로 구한다는 점에서 알고리즘이 □수리정온□과 똑 같다.²⁰ 그러나 홍길주는 이 문제를 두 개의 가정치를 설정하여 이 두 개의 가정치를 약분을 통해 조작하여 최종적인 답을 찾아내는 방식을 취하고 있다. 이 알고리즘의 가장 핵심적인 과정은 가정치를 통해 문제에 적용될 기본 단위수(unit)를 구하는 것과 이 기본 단위수를 원래의 가정치에 더하거나 빼주는 것임을 알 수 있다.

많게 된 것은 빼고 적게 된 것은 더한다. 혹은 많게 된 것을 더하고 적게 된 것을 뺀다. 적절하게 변통하지만 많은 것을 빼고 적은 것을 더하는 것이 ?이고 적은 것을 빼고 많은 것을

) □산학계몽□의 풀이 방식에 대해서는 □????v?□(kl 4666) ◆? "??m°??", 19쪽a-31쪽b의 문제들을 참조.

더하는 것은 ?이다.²¹

홍길주는 그가 고안한 쌍추역산법에 대해 상당한 자부심을 가지고 있었다. 곱셈을 전혀 사용하지 않고, 운용하기가 쉬우며, 적용범위가 넓다는 것이 그 이유였다. 그는 다음과 같이 말했다.

이 법은 (□수리정온□의) ???□과 대략 같다. 그러나 ??(곱셈)을 사용하지 않고 오로지 약분만 사용해서 계산한다. 무릇 (□수리정온□) ??에 있는 수들은 ◆?로부터 ??까지 모두 이 방법으로 대응할 수 있다. 행하기가 지극히 쉽고 적용하기가 지극히 넓다. 진실로 수학자의 ???크이다.²²

홍길주가 "쌍추역산"에서 다루는 13개의 문제들은 ????, ?□, ????, ????, ??, ?π에 이르기까지 □수리정온□ 선부 전체를 대표하는 다양한 성격의 문제들로 구성되어 있는데, 이들은 전통수학 분야의 대부분을 포괄하고 있다. 이들 문제들의 성격을 전통수학의 고전인 □구장산술□에서 다루어지는 수학에 연결시키면, ??, ?Z, ㄱ ㄴ 분야를 제외한 ??, ?ㅅ, m?, ???, ?? 등 나머지 전분야가 망라된 문제들인 것이다. 즉 곡물의 상호 교환비율에 따른 거래, 비율에 따른 재화의 분배, 토목 공사의 공정에 따른 재료의 배치, 운반거리에 따른 비용의 배분, 과부족의 계산, 방정식 풀이 등에 관련된 문제들이다. 전답의 넓이나 곡물의 부피 계산, 그리고 직각삼각형을 이용한 거리와 높이의 계산 등을

) □◆???□ "???"

) 같은 곳.

제외한 생활 속에서 만날 수 있는 실용수학의 거의 전 분야가 망라되어 있으니 쌍추역산법을 적용할 수 있는 수학의 범위는 그의 호언대로 "매우 넓다"는 것을 알 수 있다. 곱셈을 사용하지 않는 간편하고 쉬운 풀이법이라는 점에 더하여 폭넓은 적용성이 홍길주가 고안한 쌍추역산법의 주목할만한 장점인 것이다.

쌍추역산법이 새롭고, 간편하고, 광범위한 적용성을 지닌 알고리즘이라는 사실과 함께 주목해야 할 점은 이 알고리즘의 방법적 특성이 15세기 이후 중국 수학과 구별되는 조선 수학의 독특한 방법인 $??$ $??$ 을 기초로 하고 있다는 점이다.²³ 달리 말하면 홍길주는 조선 수학의 전통을 충실히 계승하면서 이를 통해 새로운 알고리즘을 고안하고 적용하고 있는 셈이다. 조선후기의 수학에서 산목이 "계산 수단"의 $??$ 이었다는 사실은 이미 널리 인정된 바이다.²⁴ 반면 중국에서는 15세기 이후 $??$ 이 주요한 계산 수단으로 등장하면서 산목 계산은 차츰 잊혀졌다.²⁵ 1713년 중국 수학자 $??$ 은 조선 수학자 $??$ 가 $??$ 문제를 산목으로 능숙하게 풀어내는 것을 보고 산목을 얻어가서 중국인들에게 자랑하려 한 적이 있는데, 이 일화는 중국에서 잊혀진 산목 계산을 조선 수학자들은 여전히 능숙하게 쓰고

) 전통적인 셈법은 셈 도구인 $??$ ($?$, $?$, 혹은 산대($??$)라고도 함)을 $??$ 에 펼쳐놓고 손으로 $??$ 을 더하거나 빼거나 하여 답을 얻어내는 것이다. 따라서 이를 ' $??$ 을 펼쳐놓는다'는 의미로 $??$, $??$ 이라 한다. $??$ 과 $??$ 에 대해서는 김용운·김용국, □한국수학사□ (과학과 인간사, 1977), 277-281쪽을 참조.

) 같은 책, 281쪽.

) 중국에서 주산법이 급속하게 보급되면서 산목계산법이 망각된 사정에 대해서는 Li Yan and Du Shiran, John N. Crossley and Anthony W.C. Lun (eds.), *Chinese Mathematics* (London: Clarendon, 1987), pp. 175-189를 참조.

) 정인보, 앞의 책, 42쪽에서 재인용. "???? ????? ///? ????? …" 아마도 ???가 □기하신설 □의 서문에서 발췌한 것이 아닐까 짐작되지만, 지금은 확인할 수 없다.

발견되는 수치 조작법이 조선후기 수학의 전통인 산목 계산법에 연관되어 있다는 점은 확실하다. 나아가 나중에 다시 논의되겠지만, 그가 고안한 제곱근 계산법에서 보이는 특징 또한 산목 계산법과 밀접한 연관을 지니고 있다.

이렇게 본다면 홍길주는 전통수학의 범위에 있는 대수적 문제와 풀이법에서 조선 수학의 전통을 충실히 계승하고 있으며, 그가 개발한 알고리즘 또한 전통의 충실한 계승 위에서 이루어진 것으로 이해할 수 있다. 홍길주가 인용하여 논의하는 문제들의 출처가 $\square$ 수리정온 $\square$ 이라는 점과 뒤에서 다루게 될 구면삼각법에 대한 논의가 $\square$ 역상고성 $\square$ 의 구면삼각법에 기초하고 있다는 점에서 19세기 초 조선 수학의 상황은 표면적으로 $\square$ 수리정온 $\square$ 이나 $\square$ 역상고성 $\square$ 에 반영된 서양수학의 수입·이해·확장으로 이해할 수도 있다. 하지만 그 이면에 17-18세기의 조선적 수학 전통과 방법론적 특성에 강한 연속성이 견지되고 있다는 사실은 19세기 초 조선 수학을 이해하는 데 무엇보다 중요한 사실을 제공한다.

4. 제곱근 풀이법의 고안

$\square$ 기하신설 $\square$ 의 두 번째 부분은 "개방몽구"로 명명된 것으로 제곱근 풀이법을 다루고 있다. 이는 제곱근, 세제곱근, 네제곱근, 다섯제곱근을 구하는 방법을 다룬 부분과 이차방정식에서 해를 구하는 문제에서 직접 제곱근 풀이법을 적용하는 예를 다룬 부분으로 구성되어 있다. 홍길주는 여기에서도 $\square$ 수리정온 $\square$ 이나 전통의 $\square$ 산학계몽 $\square$ 과는 다른 알고리즘을 사용하여 제곱근을 풀이하고 있는데, 이는 새로운 알고리즘을 고안했다는 점에서 그의 창의적 재능을 보여주는 것은 물론 풀이법이 조선 수학의 산목 계산과 연결되는 수치조작식의 간편한 방법이라는 점에서 수학사적으로도 매우 중요한 의미를 띠고 있다. 나아가 이 풀이법이 지니는 독특함과 수학적 창의성은 알고리즘의 기초에 놓인 수학적 의미가 무엇인지 제대로 밝힘으로써 더욱 잘 드러날 것으로 기대된다.

홍길주의 제곱근 풀이법에서는 원래 주어진 수를 반으로 나눈 다음, 얻어진 수에서 1부터 차례로 빼가서 다음 단계에서 빼려는 수보다 작아질 때 멈춘다. 그리고 이 때 남은

수를 2배하여 다음 단계에서 빠져야 할 수치와 비교하면 제곱근을 정할 수 있다. 이것은 "쌍추역산"에서와 마찬가지로 복잡한 원리를 적용하거나 난해한 조작을 하지 않고서도 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈의 간단한 연산만으로도 답을 구해내는 매우 독특한 방법이다. 예를 들어 정사각형의 면적이 441일 때 한 변을 구하는 과정을 보자.

$$\begin{aligned}
 220.51 &= 219.5^{30} \\
 219.52 &= 217.5 \\
 217.53 &= 214.5 \\
 214.54 &= 210.5 \\
 210.55 &= 205.5 \\
 205.56 &= 199.5 \\
 199.57 &= 192.5 \\
 192.58 &= 184.5 \\
 184.59 &= 175.5 \\
 175.510 &= 165.5 \\
 165.511 &= 154.5 \\
 154.512 &= 142.5 \\
 142.513 &= 129.5
 \end{aligned}$$

-) 원래 단위는 ?²이 되어야 하지만 전통수학에서는 ?² 역시 ?으로 표현하였다.
-) 홍길주의 서술을 필자가 다시 숫자로 표시했다. 홍길주는 소수를 사용하지 않고 ?과 ?으로 표기하였지만, 이해에 편하도록 소수로 표현했다.

$$129.514=115.5$$

$$115.515=100.5$$

$$100.516=84.5$$

$$84.517=67.5$$

$$67.518=49.5$$

$$49.519=30.5$$

$$30.520=10.5$$

다음에는 마땅히 21척을 빼야하지만 지금 나머지는 마땅히 빼야 할 수에 부족하다. 그러므로 장차 나머지 10척 5촌을 배로 하면 21척을 얻게 될 것이니 마땅히 빼야 할 수에 흡족하고 정사각형 각 변은 21척이다.

전통수학에서 제곱근 풀이법의 연원은 □구장산술□로 거슬러 올라간다. □구장산술□의 ?Z?에는 정사각형의 면적을 알 때 한 변의 길이를 구하는 문제와 정육면체의 부피를 알 때 한 변의 길이를 구하는 문제가 나온다. ?나라 ??의 주석과 설명을 통해 □구장산술□에서 간단히 기술된 산목 계산을 통한 제곱근 풀이법을 알 수 있다.³¹ 이 풀이법은 산목의 조작과정만 보면 매우 난해하게 생각되지만, 수학적 원리는 19세기 초 서양에서 개발된 호너(W. G. Horner, 1786-?)의 수리방정식(numerical equation) 풀이법과 유사하다고 평가될 정도로³² 수학적으로는 매우 선진적인 것으로 알려져 있다. □구장산술□의 방식이

) ??가 설명하는 산목 조작의 과정은 대부분의 수학사 책에서 볼 수 있는데, 우리말로 된 것은 김용운·김용국, □중국수학사□ (민음사, 1996), 95-97쪽을 참조. 제곱근 풀이 과정의 수학적 의미는 Li Yan and Du Shiran, 앞의 책, pp. 50-56에 잘 설명되어 있다.

) Wang Ling and Joseph Needham, "Horner's Method in Chinese Mathematics: Its Origins in the Root-Extraction Procedures of the Han Dynasty," *T'oung Pao* 43(1955), 345-401.

널리 쓰이던 중 ㉔의 ㉔은 새로운 제공근 풀이법을 고안하였는데, 이것은 □구장산술□의 방식보다 훨씬 발전한 것으로 제공의 차수에 상관없이 적용할 수 있는 일반적인 방식이었다. 가현의 고안으로 인해 제공근 풀이법이 송원시대에 꽃피운 ㉔과 ㉔ 같은 고차방정식 풀이법으로 진화할 수 있었다고 평가된다.³³

일반적으로 수학사학자들은 가현이 고안한 제공근 풀이법을 ㉔이라 하여 수학적으로는 □구장산술□의 방법과 구별한다. 그러나 이 방법 또한 산판 위에 ㉔(원래 제공수)을 놓고 각각 다른 줄에 ㉔³⁴, ㉔, ㉔을 놓아 이 세 값들의 조작을 통해 ㉔의 수치를 빼나가서 나머지가 없게 되었을 때의 ㉔의 값이 제공근이 되는 조작을 거친다는 점에서 기본적인 알고리즘은 □㉔㉔□과 같다. 원래의 제공수가 100단위, 10단위, 1단위 등 각 단위 수치들의 합의 제공으로 전개될 것을 염두에 두고, 이 전개식에서 나타나게 될 수치들을 ㉔과 ㉔, ㉔의 조합으로 만들어내며 원래의 제공수에서 빼나가는 것이다. □구장산술□의 방법은 1819년 발표된 호너의 방법과 유사하다고 평가되고, "가현의 방법은 호너의 방법과 정확히 일치한다"³⁵고 평가되는 것도 이 두 가지 제공근 풀이법이 기본적으로 동일한 알고리즘을 기초로 하고 있기 때문이다.

가현의 제공근 풀이법은 ㉔의 ㉔가 채록하여 알려졌고, 이후 송원시대의 중국 수학에서 더욱 정교하게 발전하여 일반적인 방법이 되었음은 물론, 고차방정식의 풀이법으로 발전하였다. 이 방법은 □양휘산법□이나 □산학계몽□에 채용되어 조선의 수학계에도 알려졌고, 조선후기에 널리 이해된 방정식 풀이법인 천원술이 이 제공근

) ㉔의 제공근 풀이법에 대해서는 Li Yan and Du Shiran, 앞의 책, pp. 117-128 참조.

) ㉔에 이르러서 ㉔ 대신 ㉔를 사용하는 등 용어는 조금 달라졌다.

) Li Yan and Du Shiran, 앞의 책, p. 121.

폴이법에 기초하고 있다는 점에서 조선에서는 더욱 폭넓게 이해되고 사용되었을 것으로 생각된다. 특히 조선 수학의 기초는 □산학계몽□, □양휘산법□, □???□을 통해 형성되었는데, 그 중에서도 특히 □양휘산법□이 지대한 영향을 미쳤기 때문에³⁶ 19세기 초 홍길주가 알고 있었던 제곱근 폴이법은 가현으로부터 시작하여 송원시대에 발전된 방법인 ??이었던 것을 알 수 있다.

한편, 당시 홍길주가 참고할 수 있었던 다른 하나의 제곱근 폴이법은 □수리정온□에 설명된 것이었다. 그러나 이것 또한 원리적으로 중국 전통의 제곱근 폴이법과 일치하므로 홍길주가 고안해 낸 폴이법은 그가 기존에 알고 있던 폴이법과 완전히 다른 새로운 것이었다는 점을 분명히 알 수 있다. □수리정온□에서는 제곱수를 평면상의 면적으로 보고 이 제곱수를 만드는 한 변의 길이를 구하는 과정을 설명하였는데,³⁷ 이것은 □구장산술□에 채용된 제곱근 폴이법의 기하학적 설명과 완전히 일치한다.³⁸ □수리정온□에서는 기하학적 설명을 기초로 하여 제곱근의 의미를 이해시킨 다음 실제 계산에서는 아래와 같이 현대의 수학 교과서에서 소개되는 제곱근 폴이법과 완전히 똑같은 방식으로 제곱근을 구하고 있다. 그리고 이것이 호너의 방식이나 구장산술의 방식, 그리고 가현의 증승개방법과 원리적으로 일치하는 것은 물론이다.

) ???, 앞의 글(1998), 43쪽.

) □???□ ?? 권11 "??", ?? ?○?? 779책, 462-4쪽. 세제곱근의 기하학적 설명은 같은 책, 932-6쪽에서 볼 수 있다.

) □???□에 채용된 제곱근 폴이법의 기하학적 해석에 대해서는 Lam Lay Yong, "Geometrical Basis of the Ancient Chinese Square-Root Method," *Isis* 61(1) (1970), 92-102를 참조.

<현대적 제공근 풀이: □ 55225=235를 구하는 과정>

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 2 \quad 2 \\
 +2 \quad \square 5 \quad 52 \quad 25 \\
 \hline
 43 \quad 4 \\
 +3 \quad 1 \quad 52 \\
 \hline
 465 \quad 1 \quad 29 \\
 5 \quad 23 \quad 25 \\
 23 \quad 25
 \end{array}
 \end{array}$$

그렇다면 홍길주가 고안한 풀이법은 얼마나 독특하고 새로운 것일까? 일단 산목을 이용한 수치 조작과정의 특징만 보아도 그의 제공근 풀이법이 기존의 풀이법과 전혀 다른 수학적 착안에 기초하고 있다는 것을 짐작할 수 있다. 기존의 풀이법이 면적이나 체적의 기하학적 조각 나누기나 다항식의 전개에 착안한 풀이법이라면 홍길주의 풀이법은 수열과 그 합의 특성에 대한 연구를 기초로 만들어진 것으로 생각된다. 어떤 차수의 제공근이거나 각 단계의 수치조작에는 상당히 일관된 수열적 특성이 개입하고 있음을 알 수 있다. 원래의 제공수를 반으로 나누거나 6으로 나눈 다음, 각 단계의 조작에는 그 단계의 ??와 일치하는 수치의 조작이 늘 함께 하고 있다는 점에서 이 방법의 근저에 자연수의 제공수를 수열로 한 어떤 수학적 기초가 있다고 생각된다.³⁹⁾

) 필자는 홍길주의 제공근 풀이법의 수학적 의미에 대해 서울대학교 수리과학부의 김홍중 교수에게 조언을 구했다. 홍길주의 풀이법에 모종의 수열적 특성이 개입해 있다는 인상을 넘는 본격적인 논의는 김 교수의 분석에 기대어 다른 지면을 빌어 발표하고자 한다.

제공근 풀이법의 기초에 놓인 수학적 사고의 독창성과 함께 홍길주의 풀이법이 갖는 또 다른 중요한 특징은 이것이 조선 수학의 전통인 산목 계산법을 기초로 하고 있다는 점이다. 필산을 주로 하는 현대 수학적 관점에서는 1단계부터 단계를 더해가면서 반복적인 계산을 번거로울 정도로 여러 번 해야 한다는 점이 불편하게 보일 수도 있지만, 이 계산법을 조선후기 수학의 가장 기초적인 계산법인 산목 계산법에 연결시켜 보면 이는 가장 효율적이며 조선 수학의 특질을 잘 살린 풀이법으로 보인다. 441의 제공근을 산판 위에서 산목으로 구한다고 생각하면, 20여 차례나 계속되는 수치의 조작은 아무런 불편도 아니며 필산보다 훨씬 빨리 해낼 수 있는 간편한 방법이다. 각 단계에서는 이미 조작된 전단계의 수치를 기초로 하여 다음 단계의 수를 빼는 것이라 이미 놓여진 산목을 계속해서 줄여나가는 것일 뿐이다. 세제공근, 네제공근 등 다른 제공근의 계산에서도 다음 단계의 수치는 늘 전단계의 수치와 수열로서 연관되고 있어서 조작이 매우 간편하다.

이 풀이법이 산목 계산에 잘 어울린다는 점 못지않게 산목 계산법이 오히려 홍길주가 이 풀이법을 고안해내도록 하는 데 중요한 실마리를 제공하고 또한 고안해낸 풀이법에 자부심을 가질 수 있는 근거를 마련해주었다는 점도 중요하다. 그는 자신이 개발한 제공근 풀이법을 다음과 같이 자부했다.

?, ?, ?를 통해 제공근을 구하는 것(㉠?????)⁴⁰은 평소 지극히 어렵다고들 한다. 세제공, 네제공에 이르면 더욱더 번거롭고 혼란스럽다. 지금 하나의 간편한 방법을 새로 만들었으니

) ?, ?, ?는 ??㉠??으로 제공근을 구하는 과정에서 사용되는 용어로 각각 이차항, 일차항, 상수항을 가리키며, ?은 이들을 조작하여 얻는 답, 즉 제공근을 가리킨다.

비록 어리석고 아둔한 아이들일지라도 이 방법으로는 능통할 수 있을 것이다.⁴¹

이 인용문은 홍길주가 자신이 개발한 방법이 얼마나 간편하고 이해하기 쉬운지에 대해 가졌던 자부심을 잘 보여준다.⁴² 그런데 여기서 홍길주가 기존의 제공근 풀이법에 대해 가졌던 부정적인 인식 또한 중요한데, 그것은 홍길주가 원래부터 증승개방법과 같은 기존의 제공근 계산법이 매우 어렵고 번거롭다는 사실을 개선하기 위해 쉬운 계산법을 고안하려 했다는 점을 시사하기 때문이다. 전통적인 산목 계산법을 기초로 하면서도 전통적인 방법보다 훨씬 쉬운 제공근 계산법, 그것이 바로 홍길주가 고안해낸 새로운 제공근 계산법이었던 것이다. 그렇다면 홍길주의 제공근 풀이법은 산목 계산법에 기초하고 있던 조선 수학이었기에 창안될 수 있는 풀이법이었다고도 말할 수 있다.

5. 새로운 풀이법의 지속적 추구

) □◆???□ "¶??-"

) 홍길주는 자신의 제공근 계산법이 정수 제공근으로 떨어지지 않는 경우, 즉 정수 이하의 값이 생기는 경우까지도 자세히 구할 수 있다는 점도 자부하였다. 예를 들어 6의 제공근이 2와 3 사이에 있다는 것은 누구나 쉽게 생각할 수 있지만, 홍길주는 자리수를 올려서 계산하는 방법을 적용하여 이 값이 2.44와 2.45 사이에 있다는 것까지 계산할 수 있다고 자부했다. 과연 자리수를 올려 계산하는 방법이 홍길주에 의해 최초로 고안된 것인지, 아니면 전통수학자들이 알고 있으면서도 적용하지 않았을 뿐인지에 대해서는 조금 더 숙고해볼 필요가 있다. □◆???

□ "¶??-"

홍길주는 □기하신설□의 세 번째 부분인 "잡쇄수초"에 성격이 일관되지 않은 여러 가지 문제를 제시하고 자신이 고안해낸 각종의 독특한 해법들을 기술하고 있다. 여기에는 정수의 나머지에 관한 문제, 측량기하에 관한 문제, 원에 내접하는 다각형의 성질에 관한 문제, 직각삼각형의 성질에 관한 문제, 주어진 도형의 절반 면적을 가지는 닮은 도형을 구하는 문제, 황금분할(?????)에 관한 문제, 세 정수로 이루어진 직각삼각형의 조합을 구하는 문제 등 다양한 문제들이 포함되어 있다. 각 문제들이 일정한 수학적 범주로 묶일 수 없을 만큼 다양하고 또한 해법들도 문제의 특성에 맞는 독특한 방식이라는 점에서 제목을 "자잘하게 부서진 것들을 손 가는 대로 베껴 둔" 것이라는 의미인 "잡쇄수초"라고 붙인 것 같다.

하지만 이처럼 두서없는 내용 속에서도 일관된 것은 그가 문제마다 이미 알려져 있는 해법보다는 새로운 해법을 적용하려 했다는 점이다. "잡쇄수초"의 첫 번째 문제와 풀이를 보자.

) 홍길주는 이를 상하로 그렸으나 편집의 편의상 가로로 두고 (상), (하)로 표시했다.

현대에는 이와 같은 문제를 부정방정식(undeterminate equation)이라 하는데, 중국수학사에서는 4세기 초 이전에 성립된 것으로 짐작되는 $\square \equiv h \pmod{m}$ 에서 대표적으로 거론되어 "??의 ??"로 알려져 있다.⁴⁴ 또한 역법에 도입되어 역법계산의 기산점이 되는 ??을 계산하는 데에도 중요하게 사용되었다. ⑮?의 ????는 $\square \equiv \square \pmod{1247}$ 에서 "ㄱ?ㄴ?"이라는 계산법으로 부정방정식에 대한 지식의 발전에 중요한 수학적 기여를 한 것으로 평가된다.⁴⁵ 이 방법은 기본적으로 두 정수가 서로소(co-prime)인지 여부를 따져서 최대공약수를 찾아내는 유클리드 호제법(Euclidean algorithm)의 원리와 유사하다.⁴⁶

그는 "잡채수초"에 포함된 20여 문제 각각에 대해 새로운 풀이법을 적용하고자 노력했다. 다른 사람이 풀어낸 새로운 방법을 "??"이라 하여 옮겨놓으면서도 자신이

) Li Yan and Du Shiran, 앞의 책, pp. 93-94.

) "중국식 나머지 원리"(Chinese Remainder Theorem)라고도 불리는 부정방정식 문제의 일반적인 역사와 ????의 기여에 대한 정밀한 연구가 Ulrich Libbrecht, *Chinese Mathematics in the Thirteenth Century: The Shu-shu chiu-chang of Ch'in Chiu-shao* (Cambridge, Massachusetts and London, England: MIT Press, 1973)에 있다.

) ㄱ?ㄴ ??에 대한 간편한 이해를 위해서는 Li Yan and Du Shiran, 앞의 책, pp. 161-6을 참조.

고안한 풀이법을 제시하고 있는 것을 보면 그가 수학적 추구에서 새로운 풀이법을 찾는 일에 남다른 취향을 지녔다고 짐작할 수 있다. 그가 다른 사람의 풀이법을 옮기고 있는 문제는 (1) 원에 세 정사각형을 ???으로 내접시키고 원의 지름을 알 때 정사각형의 한 변의 길이를 구하는 문제, (2) 세 변을 아는 삼각형에 임의의 직선을 그어 만들어지는 삼각형이 원래의 삼각형과 닮은꼴이 아니면서 양변의 길이를 알 때, 이 삼각형의 밑변을 구하는 문제, (3) 임의의 한 삼각형과 한 각이 같으면서 나머지 각 변들은 모두 다른 채면적이 같은 다른 삼각형을 작도하는 문제, (4) ?????을 구하는 문제 등이다. 특히 이 중에서 (1)번 문제에는 그와 밀접하게 교유했던 ㉔(1749-1817)의 풀이를 싣고 있는 점이 눈에 띈다. 또한 (4)번의 문제인 ????? 문제는 □기하원본□에서도 다루어진 문제인데, 그는 물론 이 문제에 "???"이 있다고 소개하면서도 알려진 요소와 구하려는 요소에 따라 각기 다른 상황에서의 작도법을 다시 제시하고 있다.

원에 내접하는 다각형의 성질과 원과의 관계를 따지는 문제들에서 그림이 잘못 그려진 경우가 세 문제 있을 정도로⁴⁷ 완전하고 짜임새 있는 저술은 아니라고 할지라도 "잡채수초"는 그의 수학적 취향과 개성적 고안을 잘 볼 수 있는 저술임에 틀림없다. 그는 새로운 문제들을 인용하여 해답을 제시하거나, 이미 알려진 문제에 대해서도 새로운 방식의 풀이법, 혹은 작도법들을 설명하고 있다. □기하신설□을 이루는 "쌍추역산", "개방몽구", "잡채수초"는 각기 다른 영역의 수학적 논의를 담고 있지만, 홍길주가 문제들에 대해 이미 알려진 것과 다른 방식의 풀이법을 적용하려 했다는

) 그림 위의 여백에 "㉔. ?"라거나 "㉔???"이라고 부기한 것을 볼 수 있다. 하지만 이것이 원래 홍길주가 적은 것인지, 나중에 다른 사람이 쓴 것인지는 확인하기 어렵다.

점에서는 공통점이 있다. 이미 알려진 것이 아닌 새로운 풀이법을 신고 있다는 점에서 □ 기하신설□은 "수학의 새로운 설"이라는 제목의 의미를 다했다고 평가할 수 있다.

홍길주는 수학적 성취 이전에 그 문장의 독특함과 탁월함으로 고전문학사에서 평가되어 왔다.⁴⁸ 그의 문장이 지닌 여러 가지 특질 중에서 "기발한 생각과 교묘한 구성"이 그 한가지라고 한다면, 이것은 그가 □기하신설□에서 보여준 "기발하고도 교묘한 풀이법"과 상통하는 것 같다.

?? ??의 문장은 넓고도 웅건함[????]에는 그의 형인 ??에 미치지 못해도 기발한 생각과 교묘한 구성[◆?□□]은 ㅎ의 경지에서 솟아 나왔기에 ㄷ? ◎??(1776-1840)에게 ??받아 당시에 술발처럼 우뚝 이름이 났다. 내가 후에 찬찬히 이를 읽어보니 마음을 맑게 하고 감각을 ??하게 하였다. ??는 ??로다. 교묘한 마음[??]이 흐르는 것은 마치 ㅎ(α)에 올라서서 온갖 사물이 좌우에 펼쳐져 응접할 겨를이 없는 것과 같다. 이는 아마도 그가 ??에 근본하고 ㄱ에 두루 통해서일 것이다.⁴⁹

6. 구면삼각법의 연구: □호각연례□

홍길주의 □호각연례□는 구면삼각법(spherical trigonometry)만을 전적으로 다룬 한국수학사에서는 매우 특이한 저술이다. 이 책은 1814년(28세)에 기본적인

) 김태진, 앞의 논문(2000), 79-85쪽을 참조.

) "???????□?", □ㅂ???□ 제5책 (???? ??, 1992), 367쪽.

아이디어들이 구성되었고, 1837년(51세)에 이를 다시 살피고 기록하여 책으로 만들어진 것으로 원래 홍길주 자신이 □역상고성□을 공부하면서 그 안에 설명된 구면삼각법의 미진한 점을 보충하고 부연하려는 의도에서 만든 것이다.⁵⁰ □호각연례□의 성격을 규명하기 위해서는 구면삼각법이라는 서양 지식이 어떤 경로를 밟아 홍길주에게 전해지게 되었는지 그 경로를 먼저 살펴볼 필요가 있다.

서양에서는 고대 알렉산드리아에서부터 구면삼각법이 천문학적 계산을 위해 채용되었다⁵¹ 알렉산드리아의 구면삼각법은 이후 이슬람세계에서 더욱 정교한 형태로 발전하여 프톨레마이오스(Ptolemaeos, 85-165)의 방식보다 훨씬 간단한 계산법이 개발되었다.⁵²te, 1540-1603)와 영국의 네이피어(John Napier, 1550-1617)는 구면삼각형의 계산법을 개선했다.⁵³ 17세기 초까지 유럽에서 천문학적 계산에 널리 사용되던 구면삼각법은 예수회 선교사들에 의해 중국에 전해졌는데, □????□(1634)에 포함된 □?n??□의 제7권, 8권, 9권이 이 내용을 포함하고 있다.⁵⁴ 물론 천문학적 계산과정에서 구면삼각법이 사용되는 예들은 □송정역서□에 포함된 여러 다른 □??□에서도 볼 수 있다.

□송정역서□에 채용된 구면삼각법을 중국에서 폭넓게 이해하고 심화시킨 사람은 ???

) □?′ ??□

) D.E. Smith, *History of Mathematics*, Vol. II (New York: Dover, 1925), pp. 600-633에서 삼각법에 대한 일반적인 역사를 볼 수 있다.

) 이슬람에서의 구면삼각법과 적용례에 대해서는 Victor J. Katz, *A History of Mathematics* (Addison-Wesley, 1998), pp. 277-281을 참조.

) D.E. Smith, 앞의 책, pp. 609-610.

) 이 글을 위해서는 1666년에 재판집된 □????□의 "n???"를 참고했다. ??" ?○?? 제789책, 677-724쪽.

(1633-1721)이었다.⁵⁵ 이미 ???(?-1680)와 ???(1628-1682) 등에 의해 시도된 구면삼각법에 대한 이해에 더하여⁵⁶ 매문정은 □??' Ca?□, □????□, □?을?□의 삼부작을 통해 서양식 구면삼각법을 자세히 분석하고 적용방법을 체계적으로 다루었다. 특히 1684년에 쓴 □호삼각거요□에서는 "전통적인 ㄱ계?을 사용하여 수입된 구면삼각법을 계통적으로 정리"하였다.⁵⁷

구면삼각법은 □역상고성□에서 매우 정선된 형태로 다루어졌는데, 이는 매문정의 역산학이 □역상고성□에 지대한 영향을 미쳤다는 사실과 관련되어 있다.⁵⁸ □역상고성□에서는 □측량전의□에서 보이는 매우 난잡하고 조직화되지 못한 서술을 체계화시켜 용어, 원리, 그리고 계산 알고리즘 등을 일목요연하게 서술하였는데, 이런 서술은 대부분 매문정의 □호삼각거요□나 □참도측량□에서 제시된 것을 채용한 것이었다.⁵⁹ 먼저 구면삼각형을 가리키는 용어들이 ???', ???' ?으로 통일되었고,⁶⁰ 계산 알고리즘도

) ㄷ ?W?, "???의??? : ?(ㄷ)□의????", □ㅂ???□ 41(Hㅂㅅ??? i ??ㅂ?, 1970A), 491-518, 510-2쪽.

) ???와 ???의 구면삼각법 연구에 대해서는 ??? ??, □ㄴ???ㅅㅁ□ 제7권 (?H??ㅅ????, 1999), 96-115쪽을 참조.

) ?ㅅ, "??' Ca???", □ㄴ i ???? ????□ 4 (?137 ????, 1993), 565쪽. □????□, □?을?□에 대해서는 605-7쪽과 655-6쪽의 ??를 참조. 매문정의 구면삼각법 연구에 대한 짧은 설명이 ??? ??, □ㄴ???ㅅㅁ□ 제7권 (?H??ㅅ????, 1999), 168-170쪽에도 있다.

) □??ㄷ?□에 미친 매문정의 영향에 대해서는 ㄷ ?W?, "??ㄷ?의???", ?ㅅ? · ⑥?I?, □???호의 i ? ④??□ (Hㅂㅅ??? i ??ㅂ?, 1970B), 49-92, 특히 56-85쪽을 참조.

) 매문정의 제안을 채용하여 용어의 통일성이 역법 관련지식에서 드러나는 예는 같은 글, 71-73 쪽에서 볼 수 있다.

) 직각구면삼각형을 ???' ?, 일반구면삼각형을 ???' ?이라 한다. □?ㅅ?□에서는

『?』, 『???』, 『???』, 『?』 등으로 명확히 정의되고 통일되었다.⁶¹

□역상고성□에는 권2와 권3에서 구면삼각법을 이용해서 필요한 천문학적 수치들을 얻어내는 방법이 서술되어 있다. 예를 들어 "???±에 태양의 고도가 32° 이고, ??h가 ?? $81^\circ 42' 48''$ 였을 때, 태양이 적도에서 떨어진 위도는 얼마인가?" 하는 문제를 살펴보자.⁶² 주어진 요소를 이용하여 천구에서 구면삼각형을 만들면, 이 문제는 두 각과 한 변의 길이를 알고 있을 때 다른 한 변을 구하는 구면삼각법의 문제가 된다. □역상고성□에서는 이렇게 천문학적 관측을 통해 얻어진 값을 구면삼각형의 각이나 변으로 환원하고 나머지 미지의 각이나 변을 구하여 경·위도, 고도, 시간 등을 얻어내는 문제를 다루고 있다. □역상고성□에서는 이러한 실제 적용 사례를 이해하기 위해 먼저 구면삼각형의 일반원리와 구면삼각형의 삼각함수인 ??⁶³으로부터 도출되는 구고형의 비례관계,

직각구면삼각형을 - ??', 일반구면삼각형을 - ??' ?이라 불렀다.

) '??'는 삼각형의 알려진 요소와 구하려는 요소가 변과 각', 각과 각?으로 서로 상대할 때 각 요소의 sine, cosine, tangent 사이에 성립하는 비례식을 이용하는 방법이다. 오늘날의 sine 공식에 해당한다. ???은 한 삼각형을 각?, '?, ' 관계를 이용하여 다른 삼각형으로 변환하여 원하는 요소를 구하는 방법이다. ???은 주어진 삼각형에 임의의 ??을 그려 정호삼각형을 얻은 다음, 원하는 요소를 구하는 방법이다. ?? ?은 양변의 합[??]과 양변의 차[σ ?]를 이용하여 원하는 요소를 구하는 방법이다.

) □?? ?□ ?? 권3 "??' ??", ??' ?○?? 790쪽, 70쪽a-71쪽d.

) ??은 8개의 삼각함수를 가리키는데, ??(sine), ??(cosine), ??(tangent), ??(cotangent), ??(secant), ??(cosecant), ??(versed sine), 그리고 ??(coversted sine)가 이것이다. 'versed sine'과 'coversted sine'은 원의 중심을 O, 호 AB의 중심각을 2□, 원의 반지름을 1이라 할 때, 각각 $\text{vers}\square = 1 - \cos\square$, $\text{covers}\square = 1 - \sin\square$ 로 정의된다. 현대에는 익숙지 않은 이 두 개념은 원래 인도에서 고안되어 이슬람에 전해졌다. versed sine이 현의 중심에서 호에 이르는 직선으로

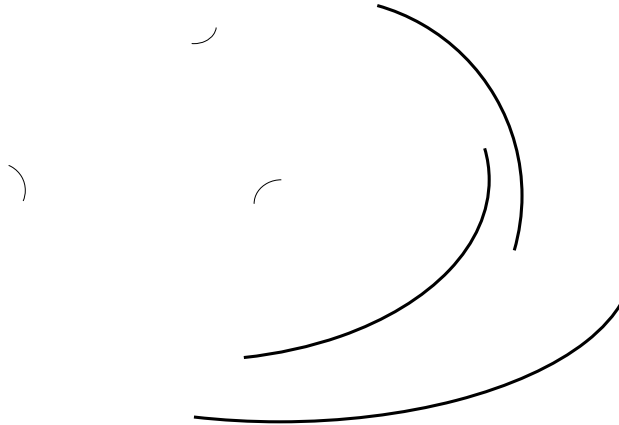
정호삼각형의 계산방법, 사호삼각형의 계산방법 등을 서술하고 있다. 때문에 기초적인 지식과 실제 적용사례를 학습하고 나면 구면삼각형의 일반원리와 θ , ϕ , ψ , σ 등의 주요 알고리즘을 쉽게 이해할 수 있다.

홍길주의 $\square$ 호각연례 $\square$ 에 제시된 구면삼각법에 대한 서술은 크게 보아 $\square$ 역상고성 $\square$ 의 범위를 벗어나지 않는다. 그는 우선 구면삼각형을 형태에 따라 정호삼각형과 사호삼각형의 두 가지로 나누었다. 그는 다시 문제를 세분하여 알려진 요소와 구하려는 요소가 무엇인지에 따라 정호삼각형에서 30가지, 사호삼각형에서 60가지를 추출하였다. $\square$ 호각연례 $\square$ 의 주요한 내용은 모두 90가지 경우로 나누어지는 정호삼각형과 사호삼각형의 각각의 경우에 대해 어떤 계산과정을 거쳐야 하는지를 낱낱이 설명하는 것으로 채워져 있다.

홍길주는 $\square$ 역상고성 $\square$ 에서 제시된 구면삼각형의 일반성질, 변각비례, 차형법, 수호법, 총교법 등 기본원리에 대해서는 다시 설명하지 않으며, 다만 각기 다른 경우의 문제에 대해 계산이 어떤 절차를 통해 진행되어야 하는지를 서술하는 데 중점을 두고 있다. 따라서 $\square$ 호각연례 $\square$ 는 구면삼각형을 기초부터 배우고 이해하도록 의도된 책이라기보다는 $\square$ 역상고성 $\square$ 을 통하여 얻을 수 있는 지식을 기초로 $\square$ 역상고성 $\square$ 에서 다루어지지 않은 경우의 문제들까지 계산 과정을 일목요연하게 정리하려는 책이었다. $\square$ 역상고성 $\square$ 의 필자들은 기본 원리들을 서술하고 몇 개의 적용례를 들어주면 독자들이 유추와 확장을 통해 나머지 다른 경우의 문제들에도 적용할 수 있으리라 희망했지만, 홍길주는 이것만으로는 실제로 구면삼각법을 완전히 이해하고 운용하는 데 부족하다고 생각했으며,

화살과 같은 모양이 되기 때문에 화살[?]이라는 용어가 만들어졌다. versed sine의 역사에 대해서는 D.E. Smith, 앞의 책, pp. 618-9를 참조.

□역상고성□에서 다루어지지 않은 경우까지 모두 포괄하여 어떤 경우의 문제에도 적용할 수 있는 상세한 계산의 알고리즘을 제시하겠다는 목표를 가졌던 것이다.⁶⁴



한마디로 □호각연례□는 <그림 2>와 같이 구면삼각형의 6개의 요소 중에서 3가지를 알고 나머지 요소를 구하는 문제를 모든 경우에 대해 각각 어떤 방식의 계산과정을 적용해야하는지를 설명하고 있다.

그리고 계산에 적용된 알고리즘은 기본적으로 매문정이 분석·정리하고 □역상고성□에 채용된 변각비례, 차형법, 수호법, 총교법 등이다. 또한 홍길주는 변각비례, 차형법, 수호법, 총교법 등에 대해 대표적인 경우에만 구면의 참고도나 ??를 그려서 설명할

뿐이다. 그가 기초계산에서 시작하여 해를 찾아내는 중간과정을 ??, ??, ??, ?? 등으로 분리하여 상세히 제시하고 있는 것으로 볼 때 이 책의 목표가 계산 알고리즘의 정연한 정리에 있었다는 것을 다시 한번 확인할 수 있다.

구면삼각법은 원래 수입될 때부터 천문학적 응용을 위한 것이었음에도 불구하고 홍길주는 □호각연례□에서 천문학적 논의는 배제한 채 수학적 계산의 알고리즘만을 자세하게 싣고 있는 것을 어떻게 보아야 할까? 이는 그가 지녔던 수학 편향의 지적 호기심과 연결지어 생각해볼 수 있을 것 같다. 그는 □숙수념□에서 "??은 깊이 연구할 필요가 없다"고 하여 천문학에 대한 무관심을 드러낸 반면, "기하학은 최근의 선비들이 배울만하다"는 언급으로 수학의 중요성과 수학에 대한 애착을 피력한 적이 있다.⁶⁵ 또한 □숙수념□에 □기하신설□이 편집된 것으로 보아 수학이 유가 지식인의 지적 추구에 부합하는 중요한 한 분야라고 생각했던 것 같다.⁶⁶ 그가 □역상고성□에서 다루어진 구면천문학에서 천문학적 실용성을 완전히 배제한 채 수학적 원리만을 추출하여 다루고 있는 점은 □기하신설□에서 보여준 수학적 사고, 혹은 수학적 문제의식이 □호각연례□에서도 여전히 관철되고 있는 것으로 해석할 수 있다.

□호각연례□의 서술적 특성을 보면 한 가지 이상한 점이 발견되는데, 오늘날의

) □??(s)□ ?14◆ "?? ♪?(s)?"

) □숙수념□의 내용 중에서 "♪?(s)"은 사대부가 자신의 업으로서 행해야 하는 학문전반을 다루고 있고, 특히 "?? ♪?(s)?"은 ?//의 책 중에서 어떤 것을 궁구해야 할지를 서술하려는 의도에서 쓰여진 것이다[최원경, 앞의 글(2002), 17-18쪽]. 따라서 □기하신설□이 여기에 편집되었다는 것은 홍길주가 자신의 의도를 충실히 반영하는 저술로 □기하신설□을 중요시했다는 것을 의미하며, 그가 유가 지식인의 추구로서 수학에 그만큼 중요성을 부여했다는 것을 알 수 있다.

관점에서 생각해보면, 기본적인 원리를 알고 있을 때, 그 원리가 적용되는 낱말의 경우에 대해 지루하면서도 반복적으로 계산의 알고리즘을 제시하는 □호각연례□식의 서술은 불필요하게 느껴지는 것이다. 그러나 현대적 관점에서는 의아스러운 이런 서술은 전통 수학적 사고방식에 따르면 상당부분 이해할 만하고 어쩌면 홍길주 자신에게는 필수불가결한 것이었을 수도 있다.

흔히 피타고라스 정리로 불리는 직각삼각형의 성질을 다룬 ㄱ꺠에 대한 논의를 예로 보자. 오늘날 직각삼각형에 관한 문제에서 직각을 만드는 두 변은 완전히 서로 호환할 수 있는 대칭성을 가지고 있다. 따라서 빗변(c)과 직각을 만드는 두 변(a , b)의 수학적 관계만 알면 어느 변을 알고 어느 변의 길이를 구할 것인지는 더 이상 중요한 문제가 아니다. c 와 a 를 알고 b 를 구하는 경우나 c 와 b 를 알고 a 를 구하는 경우를 분리하여 논의해야 할 필요가 전혀 없는 것이다. 하지만 전통수학의 구고 논의에서는 직각을 만드는 두 변을 서로 호환하여 부르지 않았다. ㄱ는 길이가 짧은 밑변, ㄱ는 길이가 긴 세워진 변을 의미하여 구와 고를 엄격히 구별하였다. 때문에 빗변과 구를 알고 고를 구하는 문제와, 빗변과 고를 알고 구를 구하는 문제는 서로 다른 문제로 인식되었다.⁶⁷ 현대 수학적 방식이라면 피타고라스 정리를 적용하는 것으로 풀어야 할 동일한 문제가 전통적 수학에서는 서로 다른 두 가지 문제로 인식되는 것이다.

) 이상과 같은 전통적인 ㄱ꺠에 대한 논의는 오영숙, "조선후기 유학자들의 '구고(ㄱ꺠)'에 대한 이해" (서울대학교 석사학위논문, 2004), 9-11쪽을 참조. 오영숙은 이 논문에서 조선후기에 서양 수학이 수입되고 이해되면서 구고를 호환하고 구별하지 않는 방향으로 구고 개념의 변화가 진행되었다고 보았다.

홍길주가 이런 생각을 고수했다는 것은 그의 서술에서 확인된다. 그는 "잡쇄수초"의 마지막 문제에서 직각삼각형의 한 변을 정수로 줄 때 나머지 변들의 구성이 어떻게 될 것인지를 알아내는 방법 4가지를 설명하고 있는데, 여기에서 그는 구와 고를 엄밀하게 짧은 변과 긴 변으로 규정하고 있다.

얻어진 ㉠의 수치〔㉠?〕가〔문제에서〕제시된 ㉡의 수치〔㉡?〕보다 적으면 ㉡와 ㉠을 서로 바꾸어 부른다. 예를 들어〔주어진〕㉡가 12이고 얻어진 ㉠이 5이면 5를 ㉡라고 부르고 12를 ㉠이라고 부른다.

홍길주가 □호각연례□에서 90개의 서로 다른 경우에 대해 지루하리만큼 비슷한 계산의 알고리즘을 각각 제시하고 있는 것도 각각의 경우를 서로 다른 성질을 지닌 문제로 인식했기 때문이 아닐까 생각된다. 각 A_{ii} , 각 B_{ii} , 각 C_{ii} 를 알고 있을 때 변 a_{ii} 를 구하는 문제와 변 b_{ii} 를 구하는 문제는 엄연히 다른 수학적 의미를 지닌 문제로 인식했을 수 있는 것이다. 이것이 홍길주가, 일반적인 해법만을 서술하고 실제 다양한 문제에서는 원리를 유추하여 적용하도록 한 □역상고성□의 서술에 부족감을 느끼고, 주어진 요소와 구하려는 요소가 다른 모든 경우에 대해 계산 알고리즘을 제시해야만 완전한 수학적 저술이 되리라 생각했던 이유일 것이다.

7. 수학 연구의 연원

홍길주가 수학에 관심을 갖고 이와 같은 독특한 수학적 성취를 이루어낸 요인은 무엇이었을까? 앞서 살펴보았듯이 홍길주는 산목 계산법이라는 조선후기 수학의 기초적 배경 속에서 수학적 논의를 진행시켰다. 때문에 자연스럽게 그가 근거하고 있던 당시의 수학적 풍토에 많은 것을 빚지고 있으리라 짐작할 수 있다. 또한 그는 유가적 소양이

풍부한 유가 지식인이었다는 점에서 당시 전반적인 지식계의 풍토에도 깊은 뿌리를 두고 있을 것이다.

홍길주의 수학 연구는 먼저 그 자신의 기질적 특성, 자라난 집안의 분위기, 그리고 개인적 교유관계 등 사적인 차원에서부터 남다른 배경을 지니고 있다. 우선 홍길주가 수학을 본래부터 좋아하고 수학적 사고력이 남달랐던 것은 그의 어머니 영수합 서씨의 수학적 사고력을 태생적 기질로서 물려받은 것이라고 짐작할 수 있다.⁶⁸ 그녀가 대단한 수학적 사고력을 지닌 사람이었다는 점을 보여주는 일화가 전해진다.

[어머니는] 수학을 상당히 좋아하여 일찍이 □산학계몽□을 열람하였다. 거기에 나온 ??, ??, ??, ㄱ?σ 등의 방법을 보시고는 "이렇게 번거롭고도 어리석게 풀었을까?" 하고는 스스로 방법을 만들어 풀어내셨다. 나중에 중국인이 편찬한 □????□을 얻어 보니 들어맞지 않은 것이 없었다.⁶⁹

우선 영수합 서씨의 일화에서 그녀가 수학을 좋아했다는 점에서 홍길주의 수학 취미가 그의 어머니로부터 물려받은 기질에 연유하지 않을까 짐작된다. 또한 영수합 서씨가 □산학계몽□의 풀이법을 따르지 않고 새로운 알고리즘을 고안하여 풀었더니 □수리정온□의 풀이법과 일치했다는 이 일화는 홍길주가 □기하신설□에서 기존의 방법을 따르지 않고 수많은 새로운 알고리즘을 고안한 것과 묘한 대응을 이룬다. 어떤 문제의 풀이 방법을

) ??? ?는 18세기 여류문인으로도 잘 알려져 있다. 이에 대해서는 김미란, "??? ㄷ (ㄷ)???의 ??? ?", □ㅂ???□ 84(1994), 179-211을 참조.

) ???, □???ㅂ?□(kl5509, kl7171) 권6 "???? ㅅ"

달리하는 새로운 알고리즘을 고안한 것이 수학적 직관에 크게 의지한다면 영수합 서씨의 수학적 직관은 홍길주가 □기하신설□에서 보여준 새로운 알고리즘의 고안으로 재현되고 있다고 볼 수 있다. 더욱이 홍길주의 산수가 어머니의 교육으로부터 자연스럽게 전수된 것이라는 지적⁷⁰을 감안하면 어머니 영수합 서씨는 그에게 재능과 지식을 동시에 전해준 존재였다는 것을 알 수 있다.

홍길주가 태생적으로 수학적 흥미와 재능을 타고났다고 해서 그것이 곧바로 수학적 성취로 나타난 것은 아니었다. 그는 이 흥미와 재능을 기반으로 하여 수학공부와 연구에 상당한 열정을 기울였다. □호각연례□에서 그는 "□\할 때에 □??ㄷ?□을 보고 그림과 논설을 부연했다"거나 "내 스스로 얻은 것이라고 할 것은 없다"는 등의 E?로 포장하고 있지만,⁷¹ 사실 홍길주의 수학적 성취는 어린 시절부터 계속된 부단한 공부의 결과였다고 할 수 있다. 정인보는 □항해총서□의 해제에서 수학공부와 관련하여 홍길주 자신이 서술한 내용을 전해주고 있는데, 이를 통해 홍길주의 수학공부 과정에 대해 어느 정도 짐작할 수 있다.

내가 ◆???에 대해서 7, 8세부터 공부했는데, 10여 세에 이르러서는 ?□, ??, ㄱ의 ?을 통달했다. ... 20세 이후에 다시 수학책에 빠져들었는데, ??로 부족한 것은 종이에 도형을 그리고 ∨이니 ?이니 써둔 것이 거의 상자에 넘칠 지경이었다.⁷²

) ???, □??(≠)?□, ??? ?, □????????□ 제13책 (?????, 1984), 165쪽.

) □' ??□

) 정인보, 앞의 책, 42쪽에서 재인용.

이것을 보면 홍길주는 어린 시절부터 수학에 관심을 갖고 공부했으며, 특히 10여 세까지는 $\square$, $??$, $\square$ 에 대한 전통적 수학을 집중적으로 공부했다는 것을 알 수 있다. 아마도 $\square$ 산학계몽 $\square$ 을 중심으로 한 전통수학의 기초를 10여 세까지 쌓았던 것으로 생각된다. 그의 어머니 영수합 서씨가 $\square$ 산학계몽 $\square$ 을 공부하고 이어 $\square$ 수리정온 $\square$ 과 비교해 보았다는 일화와 연결지어 볼 때, 이 시대의 수학공부의 순서가 $\square$ 산학계몽 $\square$ 을 위주로 한 전통수학의 기초적인 개념과 원리들을 학습하고, 이어 $\square$ 수리정온 $\square$ 을 중심으로 한 좀더 높은 수준의 공부로 나아갔던 것이 아닌가 짐작된다. 어린시절부터 전통수학의 분야를 집중적으로 학습하고, 산목 계산을 사용했다는 홍길주 자신의 전언은 앞서 보았던 $\square$ 기하신설 $\square$ 의 쌍추역산법이나 제곱근 풀이법에서 볼 수 있는 전통수학의 기초가 어디로부터 연유했는지를 잘 보여준다.

또한 위의 인용문에서 주목되는 것은 홍길주가 20세 이후에 서양 기하학에 대해 본격적인 공부를 했다는 점이다. 인용문에서 전통적인 산목 계산(?)으로 부족한 것을 종이에 도형을 그려 곱·을을 표시했다는 것은 기하학적 도형에 점의 위치를 부호로 표시하고 선과 면에 관해 논의했다는 것을 뜻한다. 그리고 이런 종이가 상자에 넘칠 정도였다는 것은 홍길주의 수학적 성취가 상당한 노력과 정력을 투자한 결실이었다는 것을 상징적으로 보여준다.

이 시기 지식인들이 서양 기하학을 어떤 방식으로 공부했는지를 보여주는 ???(1762-1822)의 일화는 홍길주의 공부방식에 대한 좋은 시사를 준다. 서유본은 1808년에 $\square$??? $\square$ 라 하는 기하학에 관한 책을 썼는데, 이 책에 붙인 제에서 자신이 어떻게 기하학 공부를 해왔는지를 말하고 있다.

내가 처음 $\square$??? $\square$ 을 읽었을 때 마치 ??을 뚫고 ???를 잡는 듯이 힘겨웠다. 혹시 $\square$?만 가지고 이해가 안 되는 것은 전체를 세 번 읽으면 우연히 통하게 되어 자리도 옮기지 않고 ? $\square$ 를 다했다. 가슴이 답답해지면 문득 책을 덮고 놓아두었다가 혹은 식사 후에 혹은 베갯머리에서 뒤척이며 깊이 생각해 보았다. 그래도 안 되면 다시 놓아두었다가 아침에 일어나서 다시 생각해 보고, 그래도 안 되면 또 놓아두었다가 마음을 딴 곳에 쓰지 않고 보존하여 때때로 생각이 일어나면 비록 그 복잡한 곳이라도 ??? ??하게 깨닫게 되었다. 오호라

사람이 생각지 않음을 걱정할지이다.⁷³

이것은 다만 서유본에 국한된 것이 아니고 홍길주에게도 공통된 공부의 과정이었을 것으로 생각된다. 기본개념이나 논의방식이 전통수학과 상당히 다른 서양 기하학을 새로 익혀간다는 것은 상당한 집중력과 노력이 수반되어야 했던 것이다. 홍길주는 또 이렇게 말했다.

이 책은 모두 옛 ?을 쓸어버리고 새로운 방법을 세운 것이다. 감히 ??⁷⁴을 넘어서 그보다
윗길에 서고자 할 수는 없지만, 대개 내가 마음을 쓴 노력과 고충을 볼 수 있을 것이다.⁷⁵

그의 수학적 성취가 어머니로부터 물려받은 타고난 자질만으로 혹은 한가한 때의
소일거리로 이루어진 것이 아니라, 마음을 쓴 노력과 고충으로 이루어진 것이라는 점을 알
수 있다.

홍길주의 모계로 연결되는 대구서씨 집안과의 혈연관계 또한 그의 수학에 대해 관심과
연구에 중요한 계기로 작용했을 것으로 생각된다. <그림 1>의 가계도에서 보듯이
홍길주는 조선후기 가장 유명한 천문학·수학자 집안인 대구서씨 집안을 ?//로 두고 있다.
??? (1716-1787), ??? (1736-1799) 부자는 조선시대에 가장 중요한 천문학상의 업적을

) □????□ 권7 "??-?", □????????□ 제8책 (????, 1992), 495쪽.

) 사전에서 '??'은 ?나라 시대에 거북점을 치던 사람을 가리킨다. 이 뜻으로는 홍길주가 의도한
의미가 명확하게 이해되지는 않는다. 혹시 ㅁ의 ??이 아닌가 생각된다.

) 정인보, 앞의 책, 42쪽에서 재인용.

남긴 세 쌍의 천문학자 중의 하나로 평가되듯이⁷⁶ 이들의 천문학과 수학은 상당한 수준에 있었고,⁷⁷ 서호수의 아들들인 서유본과 ??□(1764-1845) 또한 수학과 천문학에 조예가 깊었던 사람들이다. 서호수는 □????□라는 수학책을 저술하여 □수리정온□에 대한 깊이 있는 탐구를 보여주었으며⁷⁸ 서유구는 □??h??□ 가운데 "???"에서 수학을 다룸으로써 수학 지식이 지식인의 필수라는 의식을 보여주었으며, 서유본은 앞서 언급했듯이 가학으로 여겨지던 수학을 수년 동안 집중적으로 연구하고 □기하몽구□라는 책을 편찬하기도 했다.

홍길주의 수학연구가 대구서씨 외가의 수학연구와 밀접한 연관을 맺고 있다는 사실은 홍길주 형제들이 외가 사람들과 직접적인 교류를 갖고 있다는 데서 확인할 수 있다. 우선 그의 형인 홍석주의 학문에 직접적인 영향을 준 인물로 서유구가 꼽힌다. 서유구는 홍길주의 저서들을 읽고 자신의 저술에 인용하기도 하였으며,⁷⁹ 홍석주의 ???이 서유구와의 교류를 통해 발전된 것이라는 지적,⁸⁰ 그리고 홍길주, 홍현주 등이 서유구의 ???, ??h?에서의 ??모임에 참여한 것⁸¹들은 홍길주의 가문과 대구서씨 가문이 혈연뿐만

) 유경로, "조선시대 3쌍의 천문학자", □한국천문학사연구□ (녹두, 1999), 242-255쪽.

) 서명응의 천문학 연구와 그 특징에 대해서는 박권수, "서명응의 역학적 천문관", □한국과학사학회지□ 20(1) (1998), 57-101을 참조.

) 서호수의 □????□에 대한 시험적인 연구는 Oh, Young Sook, "*Suri Chongon Pohae: An 18th-century Korean Supplement to Shuli jingyuan*," *Proceedings of Asia-Pacific HPM 2004 Conference* (Taichung, 2004), 279-284를 참조.

) ◎??, 앞의 책, 122-3쪽.

) 이상용, "?? ???의 ?? ?X에 대한 연구", □????□ 14(서지학회, 1997), 99-122, 110-2쪽.

) 장효현, 앞의 책, 197쪽.

아니라 학문적 학술적 교류로 밀접하게 연결되고 있는 증거가 된다. 때문에 서명응 · 서호수 · 서유본 · 서유구 등 서씨 삼대가 보여주었던 천문학과 수학에 대한 관심을 홍길주 일가도 상당부분 공유하였을 것으로 추측하는 것은 자연스럽다.

홍길주 일가와 대구서씨 외가의 교류에서 빼놓을 수 없는 사람이자 직접적으로 홍길주의 수학연구에 영향을 미친 인물이 ②(1749-1817)이다.⁸² 김영은 이미 정인보와 정민의 글에서도 홍길주의 수학에 지대한 영향을 미친 인물로 지적되었다. 일찍이 정인보는 "??는 ??부터 ②(□????㉠□, □??(2)???□ 力?의 ??)의 ?을 전수한 이라 ?????의 ??으로 이순지, 김담까지 ??할 수 있으며, 근대로는 ?다?의 학풍에 접마됨이 있었을 것도 또한 ????하는 ?의 주의하여 둘 만한 것이다"라고 썼다.⁸³ 홍길주 수학의 연원을 이순지 (?-1465), 김담(1416-1464)이나 홍대용(1731-1783)까지 연결시키는 것은 조금 지나친 듯하지만, 아무튼 김영의 ?을 전수했다는 지적은 매우 타당하다고 생각된다. 홍길주는 김영의 전기인 "②?"에서 자신이 어렸을 적에 수학을 좋아하여 김영과 함께 수학에 관한 이론을 토론했으며, 자신은 더욱 수학에 힘을 쏟아 저술을 완성하여 김영에게

) ???에 편찬된 각종 ?????와 관측기구들은 대체로 그의 손으로 이루어졌다. □??(2)???□, □????㉠□, □-???㉠□, □????□ 등의 서적과 ?=h??, ???❖ 등이 모두 ②이 참여하여 이루어진 것들이다. 또한 ???가 죽고 정조마저 ??한 후 후원자들이 사라지자 김영은 관상감원들의 시기와 질투로 관직에서 밀려났으나, 1807년(?? 7년)에 ??이 나타나자 이의 관측을 위해 다시 ??되었고, 1813년 ?L??의 문제로 달력에 문제가 생기자 청나라에 파견되어 ??C에 문의하는 일을 맡기도 했다. 그만큼 김영은 당시 천문학과 수학분야에서는 최고의 실력자였다. 천문학과 ??에 대한 탐구가 남달랐던 ②에 대한 일반적인 전기 기록은 ??❖, □??8??□, 임형택 편, □????□ 9 (여강출판사, 1991), 184-5쪽에서 찾아볼 수 있다.

) 정인보, 앞의 책, 42쪽.

보여주고자 했지만, 그가 이를 보지 못하고 죽은 것이 매우 슬프다고 썼다.⁸⁴ 이 일화는 홍길주의 수학에 대한 관심과 연구가 김영과의 관계 속에서 성장해왔다는 사실을 잘 보여준다.

김영은 홍길주의 ??인 ??ㄴ ?㉠(1718-1798)의 추천으로 관상감에 기용된 인연으로 홍길주의 집안과는 매우 밀접한 관계를 맺게 되었다.⁸⁵ 원래 김영은 수학실력이 장안에 화제가 될 정도로 수학에 뛰어난 사람이었다. 조정에서는 1789년 정조의 아버지 ?㉡의 ?을 ??의 ???으로 이장할 때 하관하는 예식을 할 시각을 정하는 문제로 어려움을 겪고 있었다. 이때 의기를 새로 제작하여 측후할 사람으로 김영이 추천되었고, 그는 재능을 인정받아 ??㉢의 자리에 특채되었다.⁸⁶ 또한 이 과정에서 김영은 서호수의 집안과도 밀접한 관계를 맺게 되었는데, 서호수의 아들인 서유본의 문집에는 김영의 전기는 물론 그의 학덕을 칭송한 시와 편지도 남아있어⁸⁷ 김영과 서호수 집안의 깊은 인연을 보여준다.

김영은 혼자서 □기하원본□을 독학하여 전통적인 셈법이었던 산목 계산법에 대해서는 잘 알지 못했다고 한다.⁸⁸ 그의 수학적 재능은 "하늘에서 내려준 것"이라 일컬어질 정도로 대단해서 □㉣???□을 통해 서양 수학의 기초는 물론 더 이상 배울 것이 없는 지경까지 독보적인 실력을 쌓았다. 김영은 말년에 □수리정온□의 ??를 ??로 ??하여 ㄲ으로 고치는

) □□□□ 권2 "㉠?"

) 같은 글.

) □????? 권8 "㉡//?", 637-8쪽.

) ㉢의 생애에 대한 대중적 소개가 정민, "옛 사람 내면 풍경 2: 천문학자 김영 이야기", □?A ?비?□ (동아일보사, 1999년 2월호), 550-6에 있다.

) □□□□ 권2 "㉠?"

것과 투영법에 관한 이론[????]을 연구하는 것을 목표로 삼아⁸⁹ 많은 원고를 정리했으나 끝마치지 못하고 유명을 달리하고 말았다.⁹⁰

김영이 말년에 세웠던 수학 연구의 목표를 살펴보면 그의 수학적 성취가 잘 드러난다. □기하원본□에서 기하학⁹¹이 포괄하는 수학의 범주는 크게 ?(number)와 ◆(quantity)로 나뉘어, 이들 각각을 논의하는 사람들은 ??//와 ??//로 분류되었다.⁹² 여기서 수는 몇 개 (number)인가를, 도는 얼마나 큰지 (quantity)를 지시한다.⁹³ 따라서 양법이라는 말은 특히 오늘날의 의미에서 기하학(geometry)을 가리킨다.⁹⁴ 김영이 말년에 □수리정온□의 ??를 양법으로 개작하고자 한 것은 수를 계산하는 과정을 기하학적(geometrical) 방식으로 다루려고 했다는 것을 의미한다. 수를 다루는 ??은 수치의 조작만이 중요한 반면, 도를 다루는 양법은 기하학적 설명을 통해 그 원리적인 이해가 가능하기 때문이다. 김영은 "??

) □????□ 권8 "◎???//?", 642-4쪽. 김영은 말년에 이 외에도 ??와 관련된 ??? 연구와 추(??) 시제 연구에도 관심을 기울였다. 조선 후기의 수리학에 대해서는 문중양, "조선후기의 ??," □? - ??□ (서울대 한국문화연구소, 1994), 261-343을 참조.

) □????□ 권8 "◎???//?", 644-5쪽.

) 서광계와 마테오 리치가 □기하원본□을 번역할 때 도입한 ◆??이란 용어는 대수학도 포함하는 개념이기 때문에 오늘날의 기하학(geometry)과는 의미가 다르다.

) □◆???□ "◆????", □????□ 제4책 (ゆ????, 1965), 1930쪽.

) 이러한 분류는 원래 서양 중세의 아리스토텔레스적 수학론에서 유래한 것이다. 또한 □◆??? □에서 논의되는 ??과 ??은 Clavius 학파의 수학론과 깊은 관련을 맺고 있다. 이에 대한 논의는 Peter M. Engelfriet, *Euclid in China: The Genesis of the First Chinese Translation of Euclid's Elements Book I-VI(Jihe yuanben; Beijing, 1607) and its Reception up to 1723*

) 같은 책, p. 140.

이 끝내 ??만 못하다"고 했다.⁹⁵ 김영이 투영법을 연구하려 했던 것 또한 대단한 성취였다. ○??처럼 평면에 구면을 투영한 천문기구나 해시계 등 천문의기에서 시각선과 절기선을 그리는 방법을 통해 서양식 투영법은 조금씩 적용되어 왔었다.⁹⁶ 그러나 본격적인 투영법만을 다루는 전문서적은 거의 없었다.⁹⁷ 김영은 바로 투영법이 각종의 기술방면에 실용될 수 있는 가치를 인식하고 이것을 전문적으로 다루는 책을 쓰고자 했던 것이다.⁹⁸

수학방면에서 이처럼 독보적인 성취를 이룩한 김영이 홍길주와 교류하며 수학연구에서 중요한 조연자의 역할을 할 수 있었을 것으로 짐작하는 것은 어렵지 않다. 이미 홍길주 자신이 김영과 수학에 관해 토론했다는 언급도 있었지만, 김영이 서유본에게 수학공부를 권면하고 함께 토론했다는 일화는 그가 주변사람들의 수학연구에 끼친 영향력을 더욱 분명하게 보여준다.⁹⁹ 김영은 서유본에게 수학이 대구서씨 가문의 가학이 아니냐며 수학공부, 특히 □기하원본□의 공부를 권했다고 한다. 그리고 서유본도 수학공부에 열심이어서 김영과 기회 있을 때마다 토론하면서 수학지식의 깊이와 넓이를 더해갔다고 전하고 있다. 서유본은 김영이 죽고 나서 자신이 수학서적을 읽을 때마다 ??을 잃어버린 슬픔을 이기지 못했다고 술회했다. 그만큼 김영은 서유본의 수학공부에 지대한 영향을 미쳤던 것이다. 서유본과 김영과의 일화를 통해 홍길주의 수학에 미친 김영의 영향을

) □?????□ 권8 "◎???//?", 643쪽.

) ???의 □?????□에서 □???□의 논의를 원용하여 ○??와 ???◆에서 ?±?과 ?L?을 그리는 원리를 해설하고 있다.

) 매문정은 그의 □????□ 권2에서 구면삼각법을 응용한 투영법을 서술하고 있다. ?ㄱ, "?????", □? i ?◆???? ?◆?□ (하남교육출판사, 1993), 605-7쪽.

) □?????□ 권8 "◎???//?", 643쪽.

) 같은 글, 641-2쪽.

미루어 짐작해볼 수 있을 것이다.

김영이 홍길주의 수학연구에 영향을 미친 직접적인 흔적은 "잡쇄수초"에서 확인할 수 있다. 원에 내접하는 ??? 도형의 변의 길이를 구하는 문제에서 홍길주는 자신이 생각한 해법과 조금 다른 해법을 김영이 제시한 것이라고 하여 소개하고 있다.¹⁰⁰ 이것을 보면 홍길주가 김영과 수학에 대해 밀접하게 토론했고 김영의 식견을 상당히 존중하고 있었다는 것을 알 수 있다. 그리고 김영이 죽은 후 홍길주가 자신의 저술을 김영에게 보여주지 못해 토로했던 아쉬움은 김영의 수학실력이나 그와의 관계로 볼 때 대단히 절실했다는 것을 알 수 있다.

8. 18세기 말 □ 19세기 초반의 지적 배경

지금까지 살펴본 것처럼 홍길주의 수학은 어머니로부터 물려받은 지적 재능, 오랜 기간 동안의 학습과 연구, 그리고 외가인 대구서씨 가문과의 밀접한 관계와 영향, 그리고 ◎?이라는 특출한 천문학자이자 수학자와의 교류를 통해 형성된 것이라는 점을 알 수 있다. 그런데 조금 넓게 보면 홍길주가 경험했을 사적 교류나 영향들이 사실은 그가 살았던 시대의 지적인 분위기와 깊은 연관이 있다는 사실을 발견할 수 있다. 홍길주의 수학 연구는 사적인 계기와 사회적 계기가 일치되어 성숙할 수 있었던 것이다.

홍석주는 1810년 경 동생 홍길주의 공부를 위해 유가 지식인이 필수적으로 읽어야 할

책들을 선정하여 독서록을 지었다.¹⁰¹ □??チ??□¹⁰²으로 이름 붙여진 이 책의 "□//", "□□//"
항목에서 당시의 지식인들이 수학이나 천문학 분야의 공부를 위해 어떤 책을 읽어야
했는지를 볼 수 있다.

□ㄷ???□ 10권(???), □◆???□ 6권(□Γ v?), □???□ 53권, □???□ 100권, □??ㄷ?□
42권, □??ㄷ???□ 10권, □??ㄷ?□ 32권, □???□ 60권(???)

우선 수학서로는 17세기 초반의 한역수학서인 □동문산지□¹⁰³와 □기하원본□이,
그리고 옹정연간에 완성된 □수리정온□(1723)이 눈에 띈다. 또한 □송정역서□에
기초를 두고 재편집된 □신법산서□(1666), □수리정온□과 함께 편찬된 □역상고성
□(1723), □역상고성□의 태양과 달의 운행 계산을 개정하여 타원법을 도입한 □
역상고성후편□(1742), 그리고 천문관측 기기의 원리를 해설한 □의상고성□(1752) 등
청조에서 성립된 주요 천문학 서적들이 포함되어 있다. 또한 매문정의 □역산전서□가
있어서 이 시기 지식인들이 매문정의 천문·수학책을 공부하고 있었다는 중요한 증거를
제시한다.

홍길주는 이와 같이 17세기 초반부터 18세기 중반까지 청나라에서 출판된 수학·
천문학서적들을 필수적으로 공부해야 하는 시대에 살았다고 할 수 있다. 홍석주의

) "??チ???", □???□ 제6책 (???, 1984), 45쪽.

) 홍석주의 ???에 대해서는 ??, "?? ???의 ??◆u ??에 관한 ?┐" (연세대학교 박사학위논문,
1994); "?? ???의 ?? ?X에 대한 ?┐", □???┐□ 14(1997)를 참고할 수 있다.

) 홍석주의 독서록에는 정조대왕의 ??를 위해 ??가 ??로 표기되어 있다.

독서록이 자신의 경험을 기초로 동생 홍길주의 공부를 위해 작성된 것이라는 점을 다시 한번 생각해 보면 홍길주의 수학 연구가 결코 18세기 말-19세기 초의 지식계의 분위기에서 돌출한 것이 아님을 알 수 있다. 홍길주가 『수리정온』에 있는 것과 다른 해법을 고안하고, 『역상고성』의 천문학적 서술에서 구면삼각법의 수학적 원리만을 추출했듯이 중국에서 수입된 수학·천문학 책들을 본 후, 의심이 드는 곳이나 미진한 곳들에 대해 자신의 의견을 덧붙여 내용을 재배치하거나 첨가하는 방식의 저술들이 만들어진 것은 이 시대에 상당히 보편적이었다고 볼 수 있다. 이미 언급한 김영의 수학연구나 서호수의 『수리정온보해』,¹⁰⁴ 서유본의 『기하몽구』가 모두 중국을 통해 전해진 서양 수학에 대한 이해를 바탕으로 한 것이었다. 또한 이미 1770년대에 저술된 홍대용의 『???』이 『수리정온』의 내용을 발췌하고 재배치 한 것임을 볼 때¹⁰⁵ 18세기 후반-19세기 초반 조선의 여러 지식인들이 중국에서 수입된 수학·천문학 서적을 깊이 연구하고 있었던 분위기를 알 수 있다.

그렇다면 조선후기 지식계층의 수학과 천문학에 대한 관심과 연구들은 어떤 역사적 과정을 거쳐 형성되었고, 홍길주의 수학연구의 지적인 배경으로 작용할 수 있었을까? 조선에서는 1654년부터 종래의 ㄱ?? 대신 ???을 시행하였다. 이렇게 되기까지 조선 정부는 ????들을 파견하여 시현력 지식을 배우고 서적을 연구해 시현력을 시행할 수 있는

) 서호수는 이 외에도 『???』, 『??ㄱ???』, 『??ㄱ????』 등을 저술한 것으로 보이지만, 현재 이 책들의 ??만 전할 뿐 ??은 전하지 않는다.

) 이에 대해서는 한영호, "서양 기하학의 조선 전래와 홍대용의 『주해수용』", 『역사학보』 170(2001), 53-89를 참조.

여건을 갖추었다.¹⁰⁶ 1660-74)에 들어와 시현력 폐지와 재시행의 우여곡절을 겪었지만, 17세기 후반까지 시현력 시행을 위한 연구를 통해 서양 천문역산학 분야를 중심으로 서양 과학 지식은 조금씩 넓어지고 깊어지고 있었던 것으로 보인다.¹⁰⁷ 또한 1660-74)에 포함된 기하원본을 비롯한 수학서들이 조금씩 읽히고 이해되고 있었던 것으로 보인다.¹⁰⁸ 그러나 17세기 후반에 1660-74)이 그의 저서 1660-74)에서 천학초함을 언급하고 1660-74), 1660-74) 등의 서적에서 관련문제를 인용하고 있지만,¹⁰⁹ 천학초함에 포함된 다른 수학서들을 조선의 지식인들이 널리 열람하고 있었다는 증거는 18세기 초반까지 거의 확인되지 않는다. 18세기 중반인 1762년에야 1660-74)이 열람한 서적들 중에서 동문산지, 기하원본, 1660-74), 1660-74), 1660-74), 1660-74), 1660-74) 등 천학초함에 포함된 서적들과 1660-74) 이전의 한역서학서들이 확인된다.¹¹⁰ 1629년에 1660-74)가 편집하여 간행한 천학초함은 명말에 중국에 극히 널리

) 시현력의 도입과 이해 과정에 대해서는 전용훈, "조선후기 서양 천문학과 전통천문학의 갈등과 융화" (서울대학교 박사학위논문, 2004)의 제1장을 참조. 그 외에 1660-74), 한국천문학사연구 (녹두, 1999), 183-198쪽; "1660-74), 조선의 1660-74) (민음사, 1990), 65-75쪽; 1660-74), 1660-74)에 대한 1660-74)의 1660-74) (고려대학교 민족문화연구소, 1988), 31-40쪽; 1660-74), 1660-74)의 1660-74)과 1660-74) (한국정신문화연구원 박사학위논문, 2001), 70-102쪽 등을 참고할 수 있다.

) 이하의 서술은 대체로 전용훈, 앞의 글(2004), 제2장에 따른다.

) 17-18세기 조선에 전래된 1660-74)의 추이와 전래시기에 대해서는 노대환, "조선후기 서학유입과 서기수용론", 1660-74) 83(1997), 121-154를 참조.

) 1660-74), 기하원본, 한국과학사학회편, 1660-74) i 1660-74) III (성신여자대학교 출판부, 1983), 80-90, 154-174쪽.

) 노대환, "19세기 1660-74)의 1660-74)" (서울대학교 박사학위논문, 1999), 27쪽.

퍼졌고 수차에 걸쳐 인쇄되어 서양 수학과 천문학 지식을 습득하는 중요한 통로가 되었지만, 조선에서는 18세기 초반까지도 몇몇 열람기록을 확인할 수 있을 뿐이다. 이것은 호란 이후 청나라와의 교류가 경색되어 있었고, 이로 인해 청나라를 통한 지식의 수용에 큰 의미를 부여하지 않았던 지식계의 분위기에 원인이 있었다고 해야 할 것이다.

이러한 상황은 18세기 초반을 고비로 달라졌다. 1681년 ??의 ④의 진압과 뒤이은 대만 복속 이후 두드러진 청조의 안정과¹¹¹ 뒤이은 조·청 관계의 안정화,¹¹² 그리고 이런 해빙의 분위기 속에서 연행사의 천주당 방문이 자유롭게 되고¹¹³ 서양 학술에 대한 정보가 늘어나면서 서양 학술에 대한 이해가 깊어지는 계기가 마련되었다.¹¹⁴ 특히 1711년 강희제가 조선과 청의 국경을 개방하라는 포고를 내린 후부터 조선의 사신들은 자유롭게 천주당을 방문할 수 있게 되었다.¹¹⁵ 또한 시현력 지식을 배워오려는 국가적인 노력으로 18세기 초반을 고비로 본격적인 서양 천문학과 수학 서적의 수입이 이루어졌으며,¹¹⁶

) ◎△?, "???의 ??과 ??", □△??-? □ IV (지식산업사, 1989), 164-173쪽 참조.

) 이 시기 ㄱ?u에 대해서는 ???, "??? ㄱ?u와 도입된 ??의 ?+", □?ㅁ?? □ 33·34(2001), 3-30; "??, "1712년의 ?·? ?와 18세기 ??의 ??h?", □?ㅇ?? □ 79(1995), 135-165 등을 참조.

) 이에 대해서는 원재연, "17-19세기 연행사절의 천주당 방문과 서양인식(1)", □교회와 역사 □ 277(한국교회사연구소, 1998), 182-8을 참조.

) 서양 학술의 수입과 조선 학자들의 이해과정에 대해서는 ??, "ㄱ pW?의 ? L i ? ??", □?°??? □ 20(1978), 257-292를 참조.

) Juan G. Ruiz de Media, 박철 역, □한국천주교전래의 기원 □ (서강대학교출판부, 1989), 160쪽.

) 이 시기 중국으로부터의 천문역산 서적의 수입에 대해서는 ??·??, "ㄱ ? ???의 ㄱ ?에 관한 ??? ㄱ?", □???? □ 15(1998), 159-195를 참조.

연행을 통하여 지식계층의 사적인 서적구매와 수입도 이루어졌다. 그리고 이 때 수입된 책들은 18세기 중·후반 조선 지식인들의 서양 과학에 대한 이해의 폭을 비약적으로 넓혀주는 역할을 하였는데, 특히 조선후기 지식계층의 수학·천문학 연구와 관련하여 서양 천문학의 집대성인 □역상고성□(1723)과 수학의 집대성인 □수리정온□(1723)의 수입은 중요한 의미를 지닌다.¹¹⁷

18세기 중·후반의 서양 천문학과 수학 서적들이 조선의 지식계층 사이에서 얼마나 열성적으로 연구되었는가에 대해서는 황윤석(1729-1791)의 □□?④□를 통해서 접근해볼 수 있다.¹¹⁸ 황윤석은 서울 생활을 시작하기 전 1760년대까지 지방에서 전통수학서인 □산학계몽□을 비롯해 □????□에 포함된 17세기 초반의 수학·천문학 서적들만 접할 수 있었다. 반면 중앙의 경화사족들은 연행을 통해 최신의 중국서적을 확보하여 상당히 오래 전부터 □역상고성□이나 □수리정온□ 등 최신의 서적을 공부하고 있는 중이었다.

황윤석이 서울 학계의 분위기를 전하는 기록에서 주목되는 사실은 18세기 중·후반을 고비로 서울을 중심으로 유가적 역상가들이 다수 출현하고 있었다는 점이다. 이들은

) □??ㄷ□과 □????□은 아마도 1729년경에는 들어온 것으로 보인다. □????□ 4년(1728년) 10월 24일(?)의 기사에서 '역법이 중국과 차이가 나서 ?④을 보내 □????□을 구하여 배워오게 하였다'고 했는데, 이때의 □????□은 □??ㄷ□을 가리킨다. 또한 1729년(영조 5년) ?④ ???과 ?④ ㉠이 ??ㄷ에서 □????□ 73권을 ?? 62⑥을 주고 간신히 ㄴ하였다는 기록이 있다(□ㄷ??ㄷ □ ?? 권4 ???ㄴ "④???????ㄴ???????ㄴ").

) ???의 이 ???에 대한 연구로는 다음을 참고할 수 있다. ??④, "□? ???의 ?? 이 ??? ?? だ? ?ま?과의 관계를 중심으로", □전통문화연구□ 1(명지대학교 전통문화연구소, 1983), 47-71; ???, "□? ???의 이 ???", □?ㄱ??□ 9(1992), 139-189.

유가적 소양을 갖춘 유학자이면서도 천문학과 수학에 남다른 관심과 조예를 지닌 사람들이었다. 서명응과 서호수 부자는 이미 관료들 중에서 천문역산 방면에 대가로 알려져 있었으며,¹¹⁹ ???와 ?//(1742-1801) 또한 수학과 천문학을 열심히 연구했던 것으로 보인다.¹²⁰ ???은 □??□에서 "??//이 ??·❖?에 정통하여, 일찍이 그는 탄식하며 자기가 죽고 나면 이 나라에서 기하학의 종자가 끊어질 것이라고 했다"는 전언을 남기고 있을 정도이다.¹²¹ 정철조는 천문의기를 나무로 제작할 정도로 이 분야에 정통했다.¹²² 기구의 제작에는 서양의 기하학이나 투영법 이론이 기초가 된다는 점에서¹²³ 서양 기하학에 대한 이해가 깊었음을 알 수 있다. 또한 앞서 언급했듯이 홍대용의 □주해수용□에 □수리정온□의 기하학이 상당부분 반영되어 있다는 사실은¹²⁴ 그가 서양 수학을 매우 깊이 연구했다는 사실을 보여준다.

한편, 황윤석은 ?ㄹ?의 평가를 인용하여 1770년대 후반 서울에 사는 서양 수학 전문가들로 서명응·서호수 부자와 ??(1754-1786), 그리고 정철조의 동생 ??? 등을 꼽고

-) □□?④.ㅅ.ㅅ. 3책, 96쪽a(1770년 3월 16일).
-) □□?④.ㅅ.ㅅ. 2책, 226쪽a-b(1768년 8월 23일).
-) 윤재영 역, □????(?)□ (???, 1975), 57쪽.
-) □□?④.ㅅ.ㅅ. 2책, 226쪽a-b(1768년 8월 23일). ?ㄹ???에 대해서는 한영호, "홍대용의 측관의 연구", □역사학보□ 164(1999), 125-164를 참조.
-) ?ㄹ???의 수학적 원리와 투영법에 대해서는 같은 글, 128-143쪽의 ?Ⅷ?에 구조와 원리에 대한 해설을 참고할 수 있다.
-) 이에 대해서는 한영호, "서양 기하학의 조선 전래와 홍대용의 □주해수용□", □????□ 170(2001), 53-89를 참조.

있다.¹²⁵ ??? ♣??에서는 이벽을 통하여 1783년을 전후하여 ???과 □기하원본□을 연구하게 되었고 더 나아가 ?ㄱ 에도 접하게 되었다고 하는데,¹²⁶ 이벽 또한 이미 지식인 사회에서 서양 수학에 조예가 깊은 사람으로 소문이 나 있었던 것이다. 특히 이승훈 등이 북경에 갔을 때에는 그의 수학에 관한 취미를 북경선교사들이 크게 주목하였고, 이승훈이 수학에 대한 흥미 때문에 선교사에게 접근하려는 것이 아닌지 의심받기도 했었다.¹²⁷ 이승훈에 대한 이벽의 영향과 함께, □기하원본□이나 □수리정온□ 등 서양 수학에 대한 관심이 이 시기 천주교에 경도된 젊은 유가 지식인 사이에서도 상당했음을 짐작케 한다.

서울에서 활동하던 이들 외에 지방에 거주하던 ?ㄴ?라는 사람도 □수리정온□에 수록된 고차방정식풀이인 ?ㄴ?에 대해 조예가 깊다고 알려져 있었다.¹²⁸ 그는 □◆???□이라는 10 권이나 되는 방대한 책을 썼을 정도로¹²⁹ 서양 기하학에도 정통했다고 한다. ??에 살았던 홍량해는 ???(1607-1689)과 ◆??(1641-1721)의 학맥을 잇고 노론 호론계의 대표인물이 된 ㉟??? (1682-1751)을 따라 유학의 본령을 공부했다고 자부하는 정통유학자였다.¹³⁰ 이런 사람도 산법, 특히 □수리정온□의 산법에 조예가 깊은 사람으로 이름이 나 있었으니, 18세기 후반의 조선 지식계에서 수학에 대한 탐구열기가 얼마나 보편적이었는지를 가히 짐작할 수 있다. 종합해보면 서명응, 서호수, 이가환, 이벽,

) □□?④ㄹㄹ□ 5책, 346쪽(1778년 11월 26일).

) ◎??, □?ㄴ ????? ?ㄴ□ (국학자료원, 1998), 84쪽.

) Andreas Choi, *L'Erection du Premier Vicariat Apostolique et Les Origines du Catholicism en Coree* (1961), pp. 18-21 (김옥희, 앞의 책, 84쪽에서 재인용).

) □□?④ㄹㄹ□ 3책, 125쪽a(1770년 4월 1일).

) 같은 책, 126쪽a(1770년 4월 1일).

) 같은 책, 81쪽b(1770년 2월 29일); 142쪽b(1770년 4월 13일).

이승훈, 정철조, 정후조, 홍대용, 홍량해 등 학파와 당파를 초월하여 천문학과 수학에 이름이 난 유가 지식인들을 여러 명 발견할 수 있게 된 것이 1760-1770년대였다. 그만큼 수학과 천문학은 18세기 후반 조선 지식인의 학문적 추구에서 중요한 위치를 차지하고 있었던 것이다.

그렇다면 왜 18세기 후반의 지식인들은 수학과 천문학을 열심히 탐구했던 것일까? 이것은 그들이 천문학과 수학을 어떻게 생각하고 있었는지에 깊은 관련이 있다. 조선후기 연행사행의 증가와 함께 중국과 조선 지식인들의 사적인 교류도 활발해졌고, 청조학술의 경향은 조선의 사상계에 상당한 영향을 미쳤다.¹³¹ 특히 수학, 천문학 분야와 관련하여 조선의 지식인들은 청조의 지식인들과 마찬가지로 이런 학문이 유학의 일부라고 생각했다. 이는 경전이해를 위한 도구로서 이런 학문이 중요하다고 설파했던 매문정(1633-1721)의 입장을¹³² 충실히 계승한 것이었다. ???(1724-1802)가 서양의 천문학과 수학이 중국에 원류를 둔 것으로 유학의 범위에서 벗어나지 않는다는 생각을 청나라의 ②□(1724-1805)와 공유하였던 것은 청조 지식인과 조선 지식인 사이에 공유된 의식을 잘 보여준다.

???이 ??말에 처음으로 중국과 통교하였는데, ???이 가장 정밀한 까닭에 ??ㄷ에 배치하여

) 18세기 말-19세기 초 청조학술이 조선 사상계에 미친 영향에 대해서는 다음을 참조. 김문식, "18세기 후반 서울 ??의 ???과 ? ?? 도입론", □규장각□ 17(1994), 1-56; 박광용, "18세기 조선 사회의 ??? ?? 이해", □가톨릭대학교 성심교정 논문집□ (1995), 201-233; 노대환, "19세기 전반 지식인의 ㄹ? ?ㄴ??과 ???", □?ㄴ ??□ 76(1994), 23-51.

) Chu Ping-yi, "Technical Knowledge, Cultural Practices and Social Boundaries: Wan-nan Scholars and the Recasting of Jesuit Astronomy, 1600-1800" (Dessertation, University of California, Los Angeles, 1994), p. 161.

지금까지 사용하고 있다. 그러나 그 ㉠의 ㉠은 ㉠의 범위를 벗어나지 않고, ㉠의 기술은 ㉠의 ㉠을 그대로 사용하였으니 이것은 우리 ㉠의 ㉠이다.¹³³

비록 중국원류설로 포장하고 있지만¹³⁴ 홍양호는 천문학과 수학이 유가 지식인이 추구할만한 지식이라는 데 동의한 것이다. 그리고 이는 ㉠(1628-1682)과 매문정 같은 청대 ㉠ h ㉠의¹³⁵ 기본적인 노선이었으며, 이후 매문정의 영향을 깊이 반영하며 ㉠·T ㉠에 고증학과 수학적 탐구에 노력했던 ㉠의 태도와도 일치하는 것이었다.¹³⁶

수학과 천문학에 대한 조선후기 지식인들의 의식이 변화하게 된 과정에는 특히 매문정의 학술을 국가적으로 공인한 의미를 띤 ㉠역상고성㉠, ㉠수리정온㉠의 수입과 학습이 중요한 계기가 되었다. ㉠역상고성㉠은 ㉠서양신법역서㉠이후 100여 년간 노정된 미비점과 추산의 오류를 교정하고 보충하여 이해가 어려운 것은 그림으로 설명하는 등

) ㉠, ㉠㉠㉠, 민족문화추진회 편, ㉠㉠㉠㉠ 241책, 267쪽c-d. ㉠와 ㉠ 사이의 서신교환은 1795년부터 1801년까지 진행되었다.

) 서양과학 중국원류설에 대해서는 : ㉠, "㉠㉠㉠㉠", ㉠㉠㉠㉠㉠(㉠㉠㉠㉠, 2001), 375-387을 참조. 조선에서의 논의를 위해서는 박권수, "㉠의 ㉠ ㉠", ㉠한국과학사학회지㉠ 20(1) (1998), 89-94쪽; 노대환, 앞의 글(1999), 41-70쪽; 문중양, "19세기의 사대부 과학자 남병철", ㉠과학사상㉠ 33(범양사, 2000년 여름), 109-113쪽 등을 참조.

) ㉠의 h ㉠에 대하여 ㉠, ㉠, h ㉠의 세 갈래로 분류하는 학설이 있다. 이 때 명말 예수회선교사들의 ㉠, ㉠, ㉠ 등 서양 과학의 영향을 받은 ㉠, ㉠ 등을 ㉠로 분류된다. 조병환, "㉠의 ㉠: h ㉠과 ㉠", ㉠㉠㉠㉠㉠(지식산업사, 1989), 253쪽.

) ㉠(1724-1777), ㉠(1763-1820), ㉠(1769-1817), ㉠a (1791-1823) 등 ㉠, T 시기에 활동한 사람들을 가리킨다. 매문정과 ㉠의 수학 경향에 대해서는 Horng Wann-Sheng, "The Influence of Euclid's Elements on Xu Guangqi and His Successors," *Statecraft and Intellectual Renewal in Late Ming China*

많은 노력을 기울인 저작이었다.¹³⁷ 특히 『역상고성』은 『서양신법역서』에서 난해하기로 악명이 높던 달 운동의 복잡성을 도식화하는 데 성공함으로써 이론에 대한 이해를 더욱 쉽게 했다.¹³⁸ 1742년에 간행된 『역상고성후편』이 좀더 최근의 지식을 담고 있기는 했지만, 이는 계산의 정밀도를 높이는 기술적인 발전으로 인식되었을 뿐, 유학자들의 천문지식의 줄기는 여전히 『역상고성』의 체계적 서술과 일목요연함에 있었다. 여기에 더하여 이들 책이 서양인을 배제한 채, 매문정의 손자인 ?과 ?-?가 중심이 되어 순전히 중국인 유학자나 관료들에 의해서 정리되었다는 점도 중요하다.¹³⁹ 이것은 『역상고성』에 포함된 천문역산지식이 천문관들이 익히는 하급의 지식이 아니라 유학자들이 당연히 알고 논의해야 하는 지식으로 국가의 공인을 받았다는 것을 의미했던 것이다.

『역상고성』과 함께 편찬된 『수리정온』도 마찬가지로 수학이 유학자의 중요한 공부대상이라는 인식을 지식계층에 심어주는 역할을 했다. 그 동안 수입된 서양 수학을 정리하고 중국 수학과의 통합을 목표로 했던 『수리정온』은¹⁴⁰ 점·선·면의 기하학적 개념과 ?초·?를 함께 논의하고, 서양의 『기하원본』과 전통의 『주비산경』을 함께 논의하고 있다. 그리고 이는 바로 매문정이 『????』에서 목표로 했던 이상을 충실히 반영한 것이었다. ?·?의 수학을 하나로 통합하려 했던 매문정의 노력은 ?의 『?』

) ?W?, 앞의 글(1970B), 73쪽.

) 같은 글, 73쪽.

) 같은 글, 68쪽.

) 『????』 "??", ?? ? 799책, 1쪽d.

과 함께 □수리정온□에 커다란 영향을 주었다.¹⁴¹ 매문정의 손자인 매곡성을 중심으로 한 중국의 관료와 학자들의 손으로 정리된 □수리정온□은 매문정의 영향과 이를 충실히 반영한 청조학풍의 승인을 거친 지식이었기 때문에 당연히 여기에 영향을 받은 조선의 지식인들의 관심을 끌었고, 이에 대한 연구와 탐구로 이어졌던 것으로 볼 수 있다.

1760년대부터 1800년까지 영조·정조대는 조선의 지식인들이 □수리정온□, □역상고성□ 및 매문정을 중심으로 한 한 명말청초의 중국 역상가들의 저작을 수입하고 폭넓게 소화해 나간 시기였다. 그리고 이를 기초로 조선 지식인의 새로운 고안이 덧붙여진 저술들이 나타나게 된 것은 자연스런 결과였다. 그러므로 19세기 초, 즉 홍길주가 경험했던 시기는 바로 18세기 후반 이래의 수학과 천문학에 대한 연구 열기가 결실을 맺는 정점에 있었다고 할 수 있으며, 그가 교유했던 김영이나 서유본이 보여준 수학적 탐구가 그 예를 제공한다. 나아가 앞서 살펴본 홍석주의 □홍씨독서록□은 19세기 초반 지식인이 수학과 천문학을 여전히 중요한 공부대상으로 여기고 있었다는 점을 잘 보여주고 있다. 대구서씨 삼대나 이가환, 이벽, 홍대용, 홍량해 등의 예에서 보았던 것처럼 당시 지식계에서는 상당히 일반화된 천문학과 수학에 대한 관심을 □홍씨독서록□이 잘 보여주고 있는 것이다.

그렇다면 홍길주의 수학 연구는 결코 19세기 초의 지식계의 분위기와 동떨어진 채 홀로 갑자기 솟아난 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 그가 기존의 풀이법과 다른 풀이법을 고안해내고 천문학 서적으로부터 구면삼각법의 수학적 원리만을 추출해내는 남다른 수학적 성취를 이루어낼 수 있었던 요인이 좁게는 자신의 수학적 재능, 본가와 외가의

) ˆ ?W?, 앞의 글(1970A), 494쪽.

가학적 전통, 교유관계 등 사적인 데에 있었지만, 보다 넓은 견지에서 보면 수학과 천문학을 유가 지식인의 중요한 공부대상으로 여겼던 19세기 초 조선 지식계의 공통된 인식에 있었다는 것을 알 수 있다.

9. 맺음말

홍길주의 수학은 기본적으로 조선후기 수학의 전통과 서양 수학의 새로운 내용이 합쳐지는 시기에 이 모든 지식을 흡수하고 여기에 자신의 독특한 아이디어를 더해 이룩한 성과이다. 홍길주는 산목 계산이라는 중국에서는 잊혀진 조선 특유의 계산법을 기초로 하여 새로운 풀이법을 고안했다는 점에서 조선후기 수학의 전통을 충실히 계승했다고 할 수 있다. 이 전통 위에 그는 17세기부터 중국을 통해 수입된 □기하원본□, □수리정온□, □역상고성□에 들어있던 새로운 지식을 흡수하고, 여기에 새로운 풀이법을 적용하거나 내용을 재조직했다. 그런 점에서 그는 전통과 새로움을 융합하고 그 위에서 창조적 고안을 이루었다고 할 수 있다.

홍길주의 수학적 성취는 어머니 영수합 서씨와 중인 수학자이자 천문학자인 김영, 나아가 조선후기 수학과 천문학 방면에서 남다른 성취를 보여준 서명응, 서호수, 서유분, 서유구를 배출한 대구서씨가와 밀접한 교류를 통해 성장한 것이라고 할 수 있다. 영수합 서씨는 홍길주에게 수학적 재능을 물려주고 어린 시절의 교육을 통해 수학으로 나아가는 길을 열어주었다. 김영은 수학에 대한 토론과 조언을 통해 홍길주의 수학적 성취에 직·간접적으로 영향을 주었다. 아울러 어머니의 일가로서 뿐만 아니라 학문적 교류를 밀접하게 유지한 대구서씨의 //?? 전통도 홍길주의 수학연구에서 간과할 수 없는 요소이다.

홍길주의 수학 연구는 19세기 초 조선 지식계의 분위기에서 성숙했다는 점은 더욱 중요하다. 18세기말부터 청조학술의 영향을 크게 받은 조선에서는 수학과 천문학이 유가 지식인이 추구해야할 필수적인 지식이라는 인식이 공유되고 있었다. 그리고 이 시기부터

조선의 지식계층 사이에 형성되기 시작한 수학과 천문학에 대한 탐구 열기는 19세기 초까지 이어져 홍길주의 수학 연구에 지적인 배경으로 작용했다. 홍길주의 수학을 통해 조선후기 수학사의 한 시기를 이해할 수 있다는 점에서 그는 19세기 초 조선 수학의 상징적 존재라고 할 수 있다.