

보현산천문대의 관측환경 통계 분석: 1998년~2004년
STATISTICAL ANALYSIS OF BOAO OBSERVATION ENVIRONMENT:
1998~2004

박윤호^{1, 2}, 박병곤¹, 안홍배²
¹한국천문연구원, ²부산대학교 지구과학과

YOON-HO PARK^{1, 2}, BYEONG-GON PARK¹, AND HONG-BAE ANN²
¹Korea Astronomy Observatory, Daejeon 305-348, Korea
²Department of Earth Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
E-mail: yhpark@boao.re.kr, bgpark@boao.re.kr, hbann@pusan.ac.kr
(Received November 30, 2004; Accepted December 29, 2004)

ABSTRACT

Observation environment of the Bohyunsan Optical Astronomy Observatory(BOAO) has been examined using various statistical data including real observation times versus allocated times and seeing statistics. The data have been collected from the observation logs of the 1.8m telescope in the period 1998 ~ 2004. New criteria have been set up to calculate a more realistic observation efficiency of the observatory. The new statistical analysis based on the new criteria gives the overall observation efficiency of BOAO as 38.6%, that is equivalent to 115.8 observable nights out of 300 allocatable nights. The seeing statistics shows that the mean seeing measured at the focal images is 2".3. The present study of the observation environment of BOAO suggests that differential photometry and spectroscopy should be preferred modes of observation to maximize the productivity of BOAO.

Keywords: site testing - atmospheric effects - methods: statistical

1. 서론

천문 관측 연구에서 양질의 연구결과를 얻기 위해서는 관측 계획 수립 단계에서부터 관측소의 평균 관측 효율이 중요한 의미가 있다. 관측소의 관측 효율에는 관측소의 기상 및 기상 조건, 관측 장비의 효율 등 여러 가지 요소가 포함된다. 특히 기상 통계 및 기상 통계 자료로 나타나는 관측소의 특성은 특정 관측자가 자신의 연구 주제를 수행할 수 있는가 또는 얼마나 많은 관측일을 요구할 것인가를 판단하는 데에 중요한 기준이 된다. 따라서 관측소 운영에서 기상 및 기상 통계, 배정된 관측일에 대한 실제 관측일의 비율, 연구 주제별 관측 배정의 효율성 등의 통계 자료를 해마다 정리하여 관측자에게 제공하는 것은 관측소의 효율적인 운영을 위하여 매우 중요한 일이다.

보현산천문대는 1996년 준공한 이후 1998년부터 본격적인 관측 연구가 이루어져 왔다. 보현산천문대의 관측 효율은 매년 발간되는 기관고유사업 보고서에 정리되어 있다. 그러나 이 보고서에 수록된 관측 효율은 용어 정의의 불명확성, 자료의 주관적 해석 등의 이유 때문에 관측

자의 연구 계획 수립에 참고 자료로 활용하기에는 미흡한 점이 많다.

본 논문에서는 1998년부터 2004년까지 보현산천문대의 관측 기록들로부터 보다 객관적인 기준에 따라 일관성 있는 통계 자료를 도출하고자 한다. 이렇게 도출된 통계 자료로부터 계산된 관측 효율은 관측자의 연구에 도움이 되고, 나아가 보현산천문대 관측 효율의 향상에 기여할 수 있을 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 통계 및 분석에 사용한 용어의 정의와 관측 기록의 처리 방법, 통계 자료의 해석 결과를 보이며 제 3장에서는 통계 자료로부터 구한 관측 효율에 대한 구체적인 논의와 효율 향상을 위한 방안에 대해 토의한다.

2. 통계 및 분석

보현산천문대의 관측 통계, 기상 통계, 기상 통계 등은 기관고유사업 최종보고서에 정리되어 있다. 그러나 이 보고서는 한국천문연구원의 내부 문서이므로 관측자들이 손쉽게 참고할 수 있는 자료로서의 통계가 필요한 실정이다.

뿐만 아니라 내부 보고서의 통계 자료는 사용하는 용어의 불명확성 때문에 관측시간이나 효율 등을 객관적으로 판단하기가 쉽지 않다. 예를 들면, 관측한 날의 수를 계산할 때 관측 중 중단한 경우를 고려하지 않고 관측이 일부라도 이루어진 경우에는 하루로 계산하기 때문에 관측한 밤의 수가 지나치게 많이 계산되는 면이 있다. 이것은 관측이 수행된 밤을 계산할 때 관측 시간을 고려하지 않았기 때문이므로, 관측 시간을 고려한 새로운 개념을 도입할 필요가 있다. 또한 측광 관측과 분광 관측 등 관측 방식에 따른 통계를 할 필요가 있다.

통계 자료는 1998년부터 2004년까지 1.8m 망원경 오퍼레이터가 작성하는 관측 일지와 관측자들이 주로 작성하는 관측 로그북을 바탕으로 조사하였다.

관측 일지에는 관측한 밤의 총 관측 시간, 기상 자료, 기상, 관측 프로그램명 등이 기록되어 있다. 관측 시간은 플랫폼을 제외한 실제 연구 관측에 투입된 시간이 기록되고 기상 자료들은 날씨, 온도, 습도, 풍향, 풍속 등 관측 시간 동안의 평균값이 기록된다. 기상도 관측 시간 동안의 평균 기상이 기록된다.

7월과 8월은 망원경 정비 기간으로 각종 정비가 이루어지고 망원경의 거울도 이 기간을 이용하여 세척하고 재증착하는 과정을 거치게 된다. 망원경의 정비 기간은 관측일 배정에 포함되지 않으며, 정비기간의 일수는 해마다 약간의 차이가 있다.

2.1. 용어의 정의

통계 자료 수집 및 분석에 사용되는 용어를 아래와 같이 구분하였다.

1) 날수를 기준으로 하는 관측 시간, 단위는 [일]

정비관측일 = 관측이 배정된 날수중 기기점검이 발생한 날수

총관측배정일 = 관측이 배정된 모든 날수

실관측배정일 = 총관측배정일에서 정비관측일을 제외한 날수

2) 시수를 기준으로 하는 관측 시간, 단위는 [시간]

관측가능시간 = 저녁박명에서 다음날 아침박명까지의 시간

실관측시간 = 실제 연구 관측에 투입된 시간, (실관측시간 ≤ 관측가능시간)

3) 관련 용어

유효관측일 = 관측가능시간에 대한 실관측시간의 비율, 단위는 [일]

총유효관측일 = 총 관측 기간 중 유효관측일의 합계, 단위는 [일]

관측효율 = 실관측배정일에 대한 총유효관측일의 비율, 단위는 [%]

일평균기상 = 관측한 하룻밤의 평균 기상, 단위는 [°]

연평균기상 = 관측한 밤의 연간 평균 기상, 단위는 [°]

유효관측일은 비율이지만 단위는 [일]이 된다. 이 양은 여름철과 겨울철 밤 시간의 길이 차이를 고려한 관측일의 표준화를 위해 도입하였다. 즉, 실관측시간이 3시간인 경우 관측가능시간 6시간인 여름철에는 0.5일 관측에 해당하지만 관측가능시간 12시간인 겨울철의 경우에는 0.25일 관측에 해당하게 된다.

유효관측일의 개념을 도입하면 여름과 겨울의 관측 효율을 실관측시간에 무관하게 직접 비교할 수 있다.

연도별 통계 자료를 비교할 때 주의할 점은 1998년의 경우 시스템 안정을 위하여 1월과 6월에는 연구를 위한 관측 시간을 배정하지 않았다는 점이다. 이 때문에 1998년의 실관측 배정일이 다른 연도에 비해 적다는 사실을 감안할 필요가 있다.

2.2. 관측가능시간과 실관측시간

앞 절에서 언급한 바와 같이 관측한 시간의 계절별 비교는 실제 관측한 시간을 기준으로 할 수 없고 실관측시간과 관측가능시간의 비율로써만 가능하다. 그러나 계절별 비교를 위한 상대적인 양은 망원경의 효율을 판단하는 데에 기준이 될 수 있으나, 관측자의 관심은 실제 관측 가능한 절대 시간이 얼마인가에 있으므로 관측가능시간의 월별 분포를 절대시간으로 비교하는 것도 중요하다.

그림 1은 관측 연도에 따른 관측가능시간과 실관측시간의 월별 분포를 나타낸 것이다. 월별 분포로부터 실관측시간이 120시간 이상으로 긴 달은 대체로 10월~12월이다. 관측가능시간이 가장 긴 동지가 12월 22일인 점을 감안할 때 1~2월의 실관측시간이 적은 것은 의외의 결과로 보인다. 1~2월의 실관측시간이 적은 이유는 눈이 오는 날이 많기 때문이다. 즉, 1.8m 망원경 돔에 눈이 쌓일 경우 날씨가 맑더라도 바람에 날아 들어오는 눈의 영향으로 돔을 열 수 없는 경우가 자주 생긴다. 한편, 가을철임에도 불구하고 9~10월의 실관측시간이 적은 경우는 습도의 영향 때문이다.

1.8m 망원경은 상대습도 95% 이상인 경우에는 기기의 이상이 발생할 수 있으므로 관측을 중단한다. 특히 1999년 9월의 경우는 위의 기상 통계에서도 볼 수 있듯이 습도의 영향으로 매우 적은 실관측시간을 기록하고 있으며 2003년 9월에는 태풍 매미의 영향으로 실관측시간이 줄어들었다.

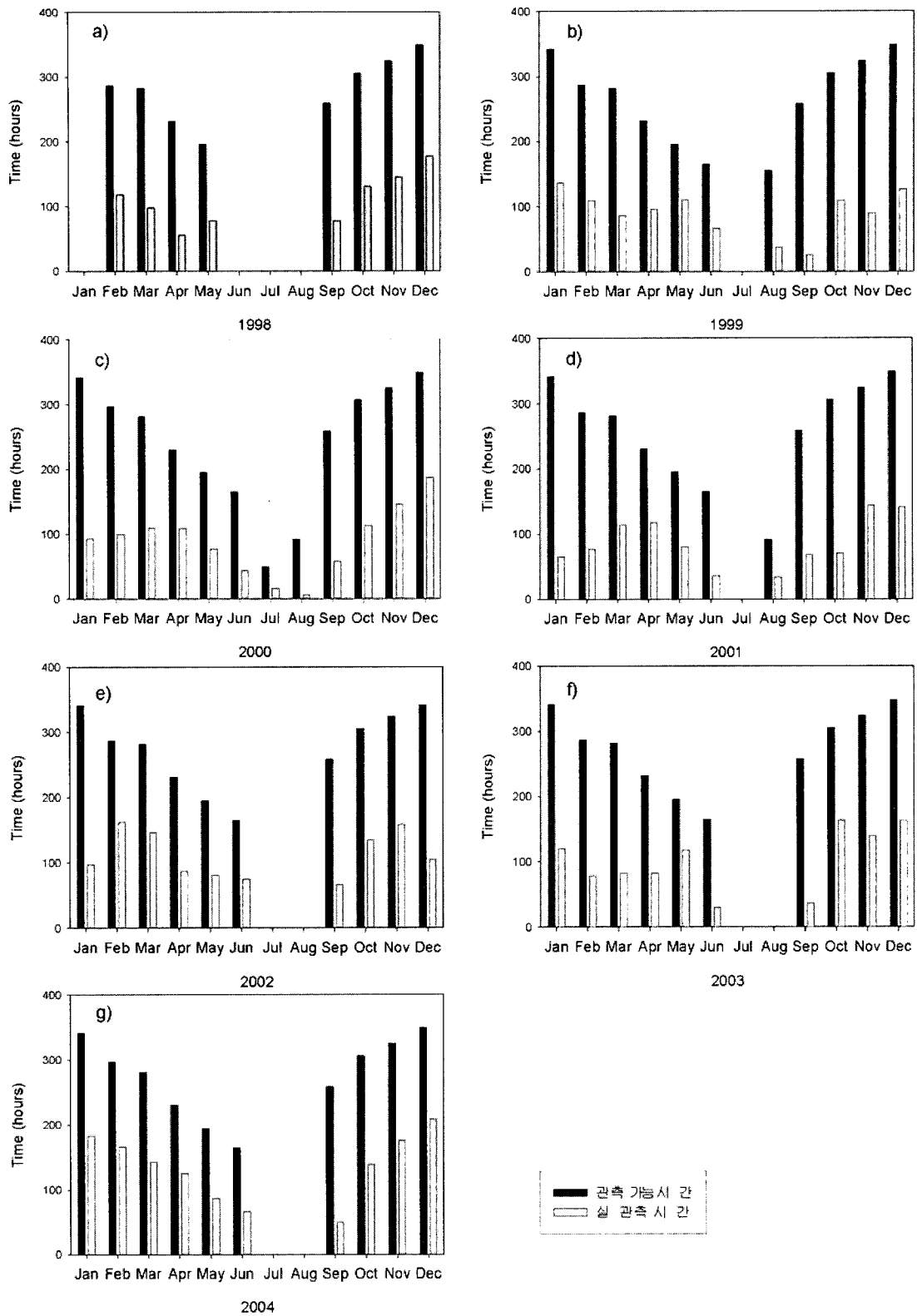


그림 1. 관측 연도에 따른 관측가능시간과 실관측시간의 월별 분포

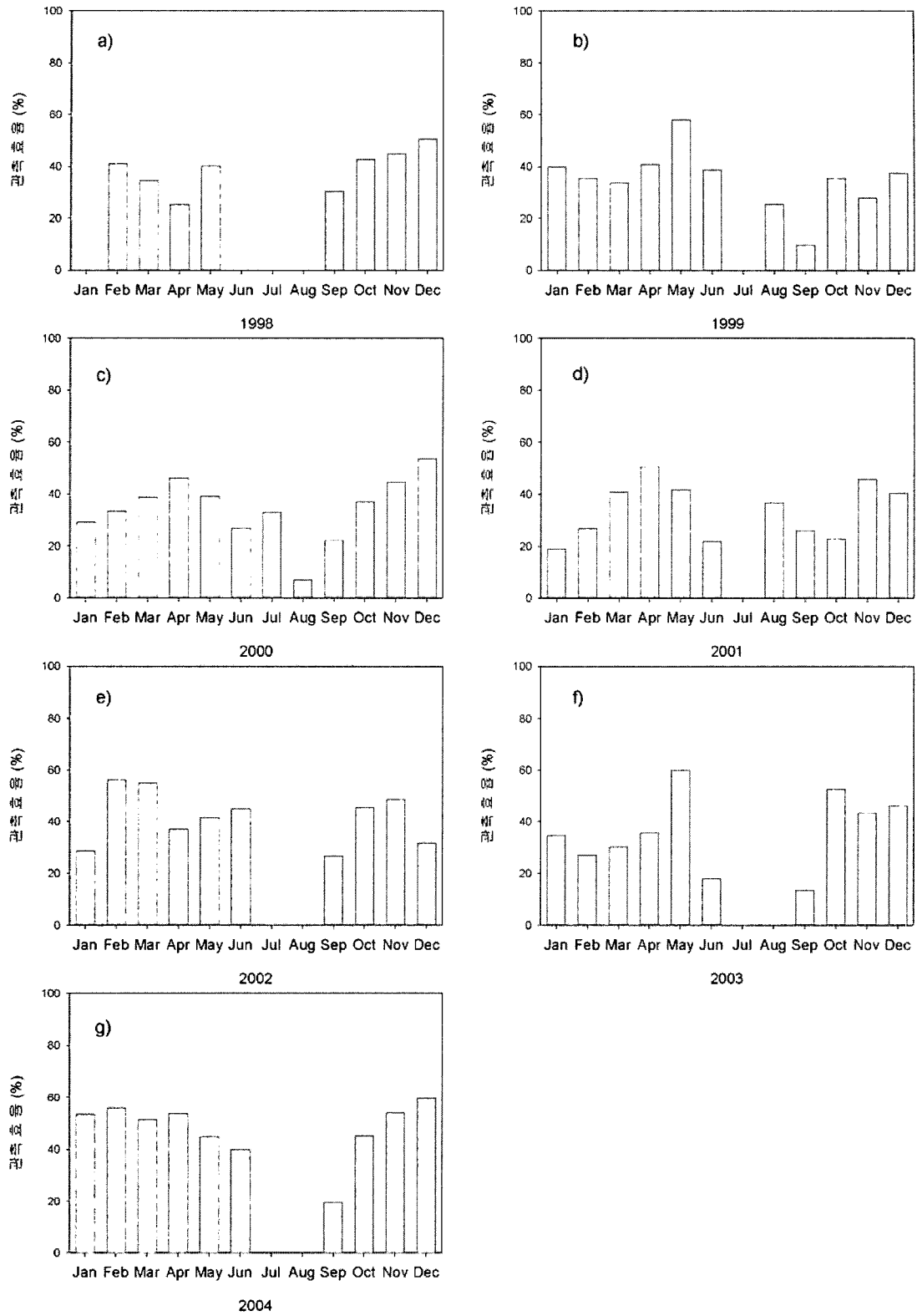


그림 2. 관측 연도에 따른 관측효율의 월별 분포

표 1. 관측 통계

연도	실관측배정일	관측이 수행된 밤	총관측시간	1일평균관측시간	연평균시상	총유효관측일	관측효율
1998	241일	140일	880.3시간	6.3시간	2".08	93.7일	38.9%
1999	323일	184일	995.6시간	5.4시간	2".34	113.6일	35.2%
2000	323일	177일	1061.6시간	6.0시간	2".27	116.5일	36.1%
2001	314일	165일	951.2시간	5.8시간	2".10	106.1일	33.8%
2002	298일	173일	1116.9시간	6.5시간	2".25	124.0일	41.6%
2003	303일	161일	1015.1시간	6.3시간	2".43	110.4일	36.4%
2004	304일	151일	1349.5시간	6.9시간	2".54	145.9일	48.0%

2.3. 관측 연도별 관측 효율

그림 2는 관측 연도별로 본 관측 효율의 월별 분포를 나타낸 것이다. 그림 2로부터 대체로 관측월에 따른 관측 효율이 크게 변하지는 않는 것으로 보이지만 모든 관측 연도에서 9월의 관측 효율이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 앞 절에서 본 것과 같이 9월의 경우 습도가 높아서 관측을 포기하는 경우가 많기 때문이다.

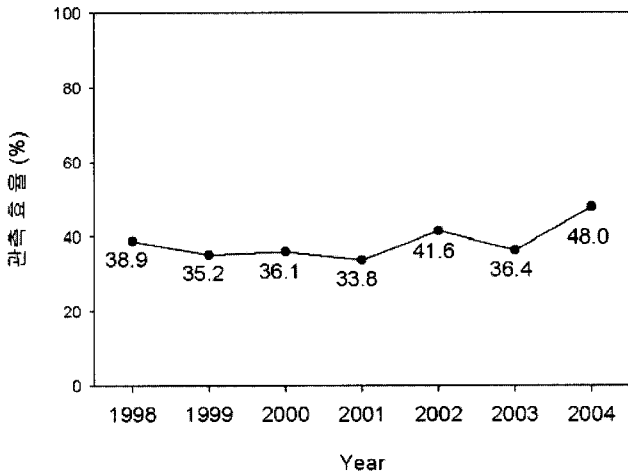


그림 3. 관측 연도에 따른 관측효율의 변화

연평균 관측 효율의 시간에 따른 변화는 표 1과 그림 3에 나타나 있다. 관측 효율이 가장 높은 해는 2004년으로 48.0%이며 가장 낮은 해는 2001년으로 33.8%임을 알 수 있다.

2004년의 경우 다음 절에서 논의할 기상 통계에서 보듯이 맑은 날의 수가 다른 해에 비해 상대적으로 많았을 뿐 아니라 고분산 분광관측에 투입된 시간의 비중이 높아졌기 때문에 날씨가 비교적 좋지 않더라도 관측을 실시하여 관측 효율이 높아진 것으로 해석된다.

2002년의 경우 관측 효율이 41.6%로 상당히 높는데 이것은 고분산분광기 개발에 따른 시험관측의 시간이 많기 때문으로 시험관측은 날씨에 무관하게 밤새 관측하는 경우가 많아서 효율이 높은 것처럼 보이지만 실제 연구 관측의 효율은 이보다 낮을 것이다.

2.4. 관측 연도별 일평균시상

그림 4는 관측 연도별로 관측이 이루어진 밤의 평균시상을 히스토그램으로 나타낸 것이며 그림 5는 관측 연도에 따른 연평균 시상의 변화를 본 것이다. 시상이 1"보다 작은 경우는 2000~ 2002년 사이에 각각 하루에 불과하며 대체로 1".6~ 1".0의 시상이 기록되었다.

시상이 2".5 이상으로 나쁜 경우에는 측광 관측이 거의 힘들기 때문에 2003년 이전 기록에는 2".5 이상의 시상 기록이 많지 않지만 고분산 분광관측이 시작된 2003년 이후에는 2".5 이상의 시상에서도 관측이 가능하므로 상대적으로 이 부분의 히스토그램이 증가한 것을 볼 수 있다. 이것은 2003년과 2004년의 연평균 시상이 다른 해보다 조금 증가한 결과를 낳게 되었다. 그러나 전체적으로 볼 때 연평균 시상의 시간적인 변화는 크게 보이지 않으며 전체 조사시간에 대한 평균 시상은 2".3이다.

한편 표 2에는 관측이 가능한 밤에 대해서 밤새 관측한 날과 부분적으로 관측한 날의 수를 분류하여 정리하였는데 이 표로부터 고분산분광기의 시험관측이 시작된 2002년 이후 밤새 관측한 날의 수가 증가한 사실을 알 수 있다. 이것은 측광 관측의 경우 구름의 영향으로 관측을 중단하여야 할 경우이더라도 같은 조건에서 분광관측은 가능하다는 사실을 반영한다. 즉, 고분산분광관측이 시작된 결과 실관측일이 늘어났다.

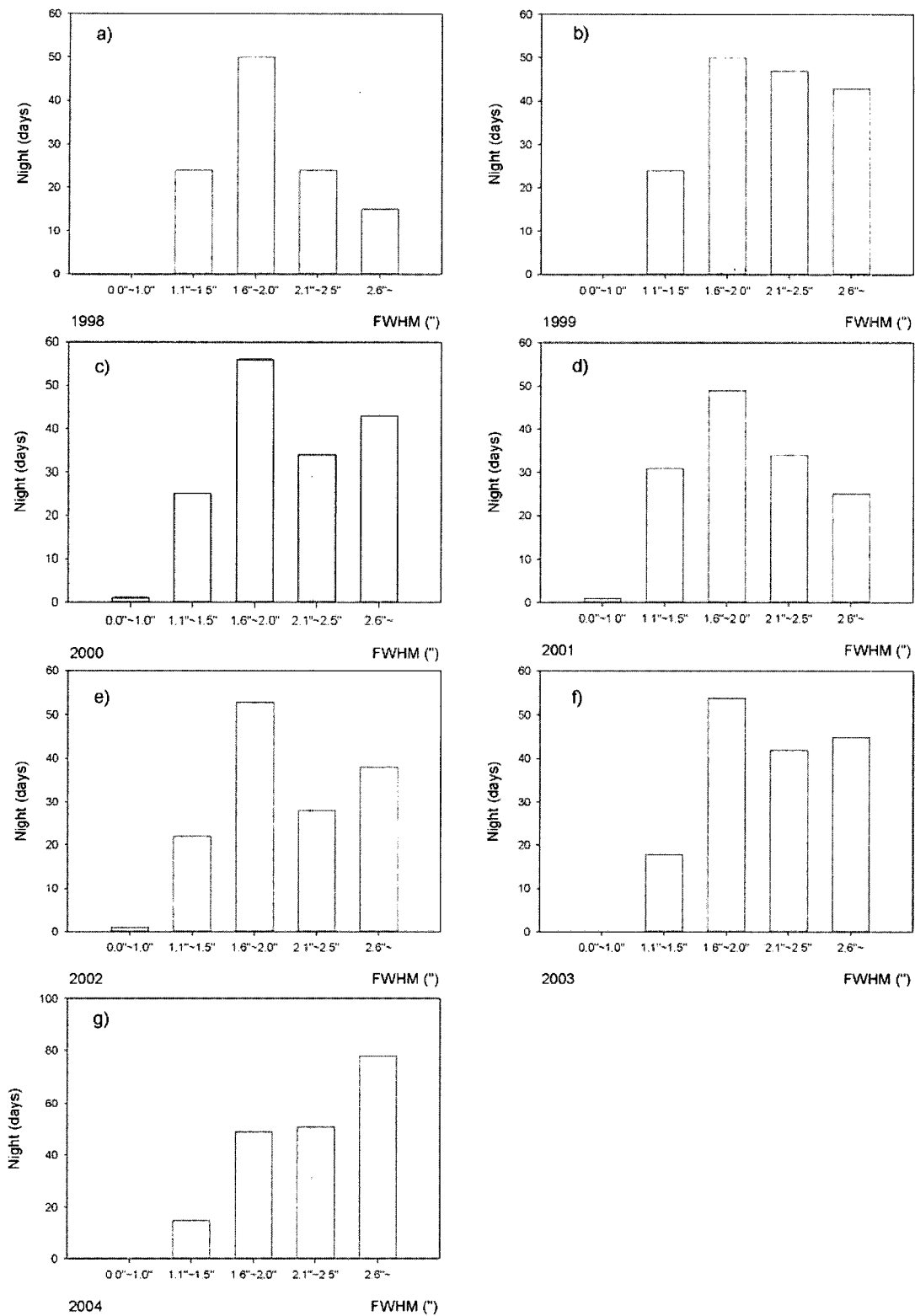


그림 4. 관측 연도에 따른 일평균 기상 분포

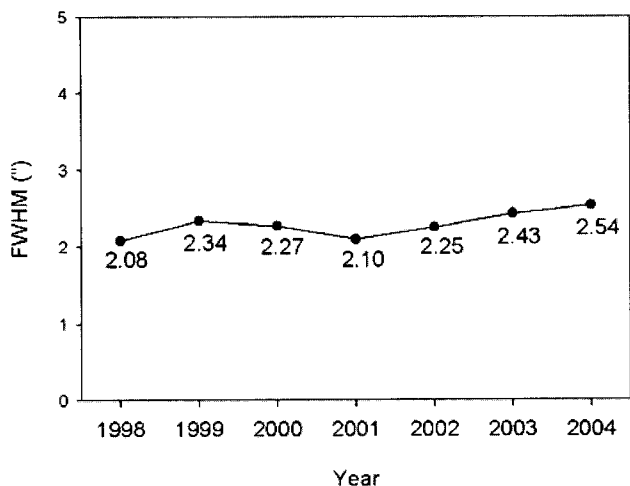


그림 5. 관측 연도에 따른 연평균 시상의 변화

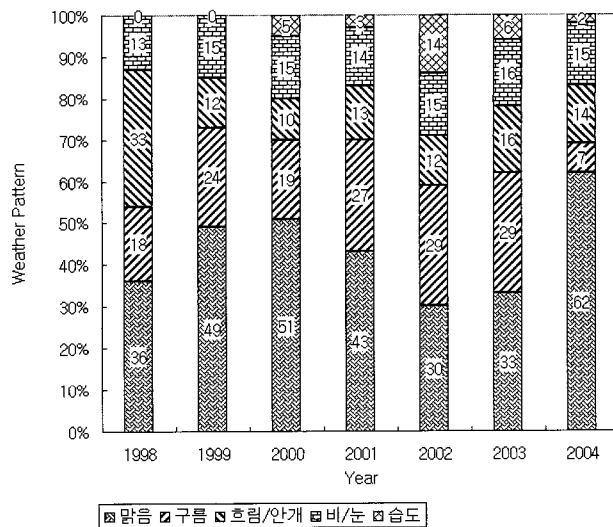


그림 6. 관측 연도에 따른 기상 통계 분포

표 2. 관측이 수행된 밤의 수

연도	밤새 관측	부분 관측
1998	36	104
1999	42	142
2000	42	135
2001	44	121
2002	62	111
2003	58	103
2004	90	106

2.5. 관측 연도별 기상 통계

그림 6은 연간 기상 통계를 보인 것이다. 맑은 날이 가장 많았던 해는 2004년으로 196일(연평균 62%)인 것으로 나타났다. 구름으로 인해 관측을 하지 못한 경우는 2002년과 2003년에 87일로 가장 많았다. 흐림/안개로 인해 관측을 하지 못한 경우는 1998년에 81일로 가장 많았고, 비/눈으로 인해 관측을 하지 못한 경우는 1999년과 2000년에 49일로 가장 많았다. 높은 습도로 인해 관측을 하지 못한 경우는 2002년에 42일로 가장 많았다. 그림 6으로부터 기상 조건의 시간에 따른 체계적인 변화는 보이지 않는다. 따라서 보현산천문대의 입지 조건은 관측이 시작된 해에 비하여 크게 달라지지 않았다고 할 수 있다.

2.6. 관측 시간 배정 통계

그림 7은 관측 연도별로 관측 시간의 배정 분포를 연구 주제에 따라 나누어 본 것이다. 연구 주제는 측광관측의 경우 절대측광과 차등측광, 그리고 영상관측으로 나누었으며 분광관측은 하나의 묶음으로 분류하였다. 측광관측을 세가지 주제로 나눈 이유는 절대측광의 경우 별의 등급을 구하여야 하기 때문에 표준화가 가능한 기상 상태가 필요한 반면 차등 측광이나 영상 측광의 경우에는 상대적으로 관측 결과를 얻기가 쉽기 때문이다.

그림으로부터 관측 시간 배정의 기준이 2002년을 기준으로 그 이전과 이후에 달라졌음을 알 수 있다. 즉, 1998년부터 2001년까지의 경우 절대측광과 차등측광, 그리고 영상관측에 대해 비교적 같은 관측일수가 배정된 반면 2002년에는 차등측광의 비중이 확대되고 절대측광의 비중이 줄어들었고 2003년부터는 차등측광과 분광관측에 많은 관측일수가 배정되고 있음을 알 수 있다.

2002년 이후 차등 측광의 비중이 늘어난 이유는 관측 결과의 가시적 성과, 즉 논문화, 학위 취득 등의 결과를 관측 시간 배정에 반영한 결과 절대 측광에 의한 연구성과가 상대적으로 적었다는 사실에 기인한다.

측광관측의 경우 절대 측광의 비중이 줄어드는 이유는 절대 측광의 관측 결과를 위해서는 관측 등급의 표준화가 반드시 필요한데 보현산천문대의 기상 상태가 표준화 관측을 하기에 적합하지 않기 때문으로 이것은 보현산천문대 1.8m 망원경의 취약점으로 작용하고 있다(성환경 2002).

2003년 이후의 분광관측 비중 증가는 1.8m 망원경을

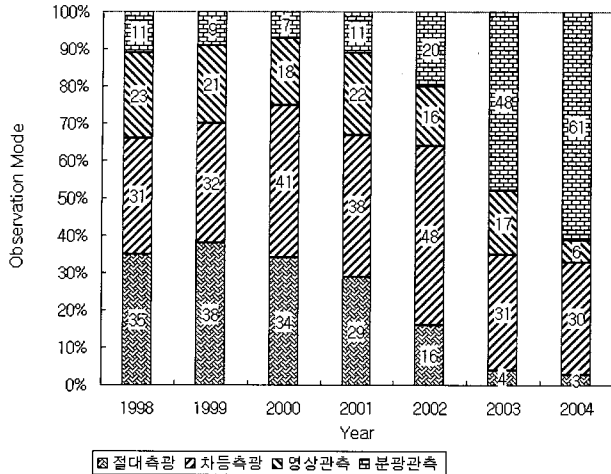


그림 7. 관측 연도에 따른 관측시간 배정분포

측광 연구보다는 분광 연구에 많이 활용하려는 한국천문연구원원의 정책적 판단과 고분산분광기를 많이 이용하려는 관측자들의 요구가 부합되어 발생한 현상이다.

3. 결론 및 토의

1998년부터 2004년까지 보현산천문대의 관측 기록들로부터 관측효율, 기상, 맑은 날의 비율, 관측시간배정의 비율 등을 얻었다. 관측효율은 38.6%로, 이것은 연간 관측할 수 있는 날수를 300일로 가정하면 115.8일을 관측할 수 있다는 것이다.

연평균기상의 평균은 2".29를 얻었다. 그러나 CFHT의 0".8~".9와 비교하면 매우 열악한 상황이다. 세계적으로 기상이 가장 좋은 천문대의 경우 평균기상은 0".7~".8 정도이며, 최상의 밤인 경우 0".2~".3 정도이다. 보현산천문대의 1.8미터 망원경 보다는 조금 작은 호주의 SSO(Siding Spring Observatory) 40인치 망원경의 경우 평균기상은 1".8~".0 정도이며, 극히 좋은 경우 약 1".0 정도라고 한다. 소백산천문대 경우는 2".4의 평균기상을 가진다(성환경 2000).

한편 우리나라 천문대의 기상 통계는 전적으로 실제 관측한 영상에 의존한다. 즉, 1.8m 망원경으로 관측할 경우가 망원경과 관측 장비에 의하여 얻어진 영상으로부터 기상을 측정하여 통계를 내고 있다. 하지만 이 자료는 관측소의 실제 기상을 나타낸다고 보기에는 무리가 있다. 왜냐하면 관측한 영상으로부터 얻은 영상은 자연의 대기상태만이 아니라 돐 내부의 난류, 온도 분포 등의 영향을 받을 수 있다. 이것은 관측 영상으로부터 얻은 기상이 실제보다 더 나쁠 수 있다는 것을 의미한다. 또한 기상 통계가 전적으로 관측한 영상에 의존하기 때문에 관측자의 판단에 따라 관측을 하지 않은 경우 이 날의 기상은 완전

히 통계에서 제외되게 된다. 대체로 이런 경우는 기상이 나쁜 날이므로 이렇게 제외된 기상은 평균 기상을 실제보다 더 좋게 만드는 역할을 하게 된다. 실제로 기상이 측광관측에 부적합하여 관측을 포기하는 경우라도 분광관측은 가능하므로 고분산분광기를 사용한 이후 연평균 기상이 다소 커지게 된 것은 이러한 선택효과에 기인한다.

따라서 망원경과 돐, 기기 상태 등과 무관한 기상 측정 장치를 사용하여 보다 정확한 평균 기상을 측정할 필요가 있다. 돐의 상태에 무관한 기상 측정 장치를 사용하여 관측소의 기상을 측정할 수 있다면 관측한 영상에서 측정된 기상과 비교하여 돐의 영향으로 나빠진 기상을 개선할 방법을 찾을 수도 있을 것이다.

한편 보현산천문대 1.8m 망원경의 경우 높은 습도에 취약한 기기 조건과 돐에 쌓인 눈이 바람에 날리는 현상으로 날씨가 맑은 밤에도 관측을 못하는 경우가 많은 것은 이 망원경의 관측 효율을 저해하는 심각한 요소이다. 따라서 이 문제의 해결에 노력을 기울일 필요가 있다.

맑은 날의 비율은 연평균 43.4%를 얻었다. 남아프리카의 SAAO(South Africa Astronomical Observatory), 호주의 SSO의 경우에는 맑은 날의 비율이 45% 정도이며 구름이 어느 정도 있어도 관측이 가능한 분광 관측을 주로 수행하는 망원경의 경우에는 약 55% 정도라고 한다(성환경 2000). 따라서 보현산천문대의 관측 환경은 SSO의 분광 관측 환경과 비교하면 약 14% 정도 뒤떨어진다.

관측시간배정에서는 분광 관측에 많은 시간을 배정하는 것으로 나타났다. 초기에는 측광 관측에 제한되었던 연구 주제들이 고분산분광기가 개발되면서 다양한 연구 주제로 관측분야를 넓힐 수 있는 발판을 마련하였다. 관측시간배정을 연구 주제별로 절대 측광, 차등 측광, 영상 관측, 분광 관측 등 4가지로 분류하여 각각의 연평균 관측 효율 40.2%, 37.9%, 34.1%, 36.5%를 얻었다. 따라서 특정 연구 주제와 관측 효율 사이의 상관 관계는 보이지 않는다. 하지만, 절대 측광의 관측효율이 40.2%나 되는데도 불구하고 관측자료를 표준계로의 변환이 가능한 날이 매우 적기 때문에 관측 결과의 논문화라는 관점에서 볼 때 보현산천문대에서 단독 연구 주제로서 절대 측광을 실시하는 것은 문제가 있다. 절대 측광을 하는 연구 주제의 경우 표준계 변환이 가능한 다른 천문대의 망원경을 사용하여 병행 관측하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 보현산천문대의 경우 기상조건이 절대 측광에는 부적합하기 때문에 경쟁력을 유지하기 위해서는 기상조건에 많은 영향을 받지 않는 관측대상과 방법 즉, 차등 측광이나 분광 관측으로 특성화된 관측을 해야 할 필요가 있을 것이다.

감사의 글

자료처리에 많은 도움을 준 1.8m 망원경 오퍼레이터들께 감사의 말씀을 전합니다.

참고문헌

- 1.8m 망원경 오퍼레이터 관측 일지 1998-2004, 한국천문연구원
- 1.8m 망원경 관측 로그북 1998-2004, 한국천문연구원
- 성환경 2000, DEEP SKY 21 연구과제 보고서, 한국천문연구원
- 성환경 2002, BOAO 2k CCD의 표준계 변환, 한국천문연구원