

보현산 천문대의 대기 소광계수  
DETERMINATION OF ATMOSPHERIC EXTINCTION COEFFICIENT AT  
BOHYUNSAN OPTICAL ASTRONOMY OBSERVATORY

김강민<sup>1,3</sup>, 손동훈<sup>2</sup>, 형식<sup>1</sup>, 윤태석<sup>3</sup>

<sup>1</sup>천문대 보현산 천문대

<sup>2</sup>경희대학교 우주과학과

<sup>3</sup>경북대학교 천문대기과학과

KIM, KANG-MIN<sup>1,3</sup>, SON, DONG HOON<sup>2</sup>, HYUNG, SIEK<sup>1</sup>, YOON, TAE SEOG<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bohyunsan Optical Astronomy Observatory, Korea Astronomy Obsevatory

<sup>2</sup>Department of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University

<sup>3</sup>Department of Astronomy and Atmospheric Science, Kyungpook National University

(Received October 16, 1997; Accepted December 5, 1997)

ABSTRACT

Detailed low spectral resolution observations of the spectrum have been made for three early spectral type standard stars, HR718, HR1544, HR3454, respectively, for the wavelength region 4,300 Å to 7,500 Å, using the Bohyunsan Optical Astronomy Observatory (BOAO) Middle-Dispersion Spectrograph. These standard stars were chosen from well-known bright northern standard stars. All of the observed long slit spectral data has been reduced and analyzed using the IRAF reduction procedure.

The derived extinction coefficients are compared with the other observatory result. The derived value can be used in the determination of flux calibration of BOAO spectroscopic observation. However, until the high quality data are secured from a new series of observation in the blue region and are re-analyzed, together, the extinction coefficients below the 4,000 Å wavelength remains unknown.

1. 서론

천체 관측자료를 표준화 하기 위해서는 일반적으로 대기 보정을 하게 된다. 분광관측에서도 흡수선이나 방출선의 세기를 주위 파장의 연속 복사 세기와 비교하여 사용할 때에는 대기보정을 할 필요가 없으나 플럭스량을 추정하고자 할 때에는 대기보정을 하여야 한다.

대기 소광계수는 시간이 소요되더라도 표준성을 따로 관측하여 사용하여야 하나 그렇지 못할 경우는 천문대에서 장기적으로 관측하여 얻어진 평균 대기 소광계수를 적용하기도 한다. 그러나 이런 자료도 없을 경우에는 IRAF 패키지에 들어있는 키트피크 천문대나 셀로 톨로로 천문대의 파장별 대기소광계수 자료를 이용하기도 한다.

보현산 천문대는 해발 고도나 대기 조건이 위 두 천문대와 같지 않기 때문에 자체적으로 대기 소광계수를 얻는 것이 필요하며 장기적으로 자료를 모으면 보현산 천문대의 평균 대기 소광계수를 구할 수 있고 이들의 변화 양상을 통해서 대기 상태의 변화를 알아볼 수도 있다.

우리는 보현산 천문대의 파장별 소광계수를 구하는 것을 중분산 분광기의 시험 관측 과제중 하나로 하여 관측하였고 그 결과를 다른 천문대 자료와 비교해 보았다.

표 1. 관측한 표준성

별이름	적경	적위	V	(B-V)	분광형
HR 718 HD 15318	02 28 9.5	+08 27 36	4.28	-0.06	B9 III
HR1544 HD 30739	04 50 36.7	+08 54 1	4.36	+0.01	A1 VI
HR3454 HD 74280	08 43 13.4	+03 23 55	4.30	-0.20	A1 V

## II. 관측

1996년 10월 26일 1.8 m 망원경과 중분산 분광기 (구조와 특성은 오병렬외(1993)에 수록)로 IRAF에 제시된 표준성 중에서 3개의 별(표 1)을 순차적으로 계속 관측하였다(표 2).

이들 표준성(Hamuy 외 1992)은 지구 어느 곳에서나 보일 수 있도록 적위 -10도부터 10도 사이의 4등급 정도 되는 별중에서 흡수선이 별로 나타나지 않는 조기형(A-B) 별들로 3,200 Å 부터 10,300 Å까지 16 Å 간격으로 파장별 등급이 제시되어 있다. 관측에서는 넓은 파장 범위를 관측할수 있도록 300 g/mm 회절격자와 150 mm 초점거리 카메라를 사용하여 1차의 분광 관측을 하였으며 이때의 파장범위와 분산은 각각 4,300 ~ 7,500 Å와 224 Å/mm 였다. 슬릿은 1.4초로 두고 관측중에는 매시간 바이어스를 측정하였고 표준성 관측 전후에 Fe-Ne 비교광원 자료를 얻었으며 관측 직후에 30, 120, 300, 480초 노출로 암영상을 얻었다.

## III. 자료처리

관측자료로 부터 파장별 플럭스를 구하는데에는 IRAF 패키지를 이용하여 (Massey 외, 1992) 자료처리를 하였다. 이때 대기보정은 하지 않았다. 파장별 플럭스  $f_{\lambda}$ 는 1차원으로 자료 처리된 별의 스펙트럼에서 흡수선이 없는 연속복사 부분의 값을 읽고 이들을 내삽하여 표준성에서 제시된 16 Å 간격으로 4292 Å에서 7490 Å까지 플럭스를 구하였다. 여기서 제시된 파장

표2. 관측 시간 (1996. 10. 26)

별이름	관측시작 (UT)	노출시간 (초)	대기량	별이름	관측시작 (UT)	노출시간 (초)	대기량
HR 718	13:54:49	300	1.2204	HR1544	14:40:34	360	1.5853
	15:07:54	300	1.1336		15:18:08	360	1.3898
	15:44:18	240	1.1317		15:54:30	300	1.2681
	16:22:08	240	1.1575		16:32:15	240	1.1874
	17:17:01	240	1.2533		17:32:03	180	1.1285
	18:10:39	240	1.4408		18:19:04	150	1.1321
	18:36:30	240	1.5829		18:46:55	120	1.1545
	19:29:02	300	2.0695		19:13:10	150	1.1918
	19:35:33	240	2.1510		19:44:45	120	1.2593
	19:59:33	300	2.5791		20:09:31	150	1.3356
				20:26:17	300	3.3350	
				HR3454	17:44:27	240	2.2641
					18:26:51	180	1.7811
					18:54:51	150	1.5837
					19:20:42	120	1.4530
					20:18:12	120	1.2736

범위에서는 CCD (TH7896A)의 효율이 25 % ~ 46 % (최대치) 정도이나 4,200 Å 이하에서는 20 % 정도로 급격히 떨어진다. 파장별 플럭스로부터 아래 식을 이용 하여 파장별 등급을 구하고 이를 대기량에 따른 1차 선형 회귀로 대기 소광계수  $K_\lambda$ 를 구하였다 (그림 1).

$$m_\lambda (= C - 2.5 \log f_\lambda) = m_{0\lambda} + k_\lambda X$$

이때 제시된 각 별의 등급차이 만큼  $m_\lambda$  를 이동을 시켜 4개의 별 자료로부터 하나의  $K_\lambda$ 를 얻었다. 그림 1에서는 4,296 Å에서 이러한 방법으로 소광계수를 구하는 방법을 보여주고 있다.

#### IV. 결과 및 토의

이렇게 하여 4,292 Å 부터 7,460 Å 까지 16 Å 간격으로 파장별 대기 소광계수를 얻었으며 파장별 대기 소광계수 값과 그 오차를 표 3에 제시하였다. 그림 2에서는 보현산 자료를 KPNO (Kitt Peak National Observatory)와 CTIO(Cerro Tololo Interamerican Observatory) 그리고 MSO(Mt. Stromlo Observatory) 천문대의 평균 대기 소광 계수도 함께 그렸다. 보현산 천문대(고도 1,127 m)의 소광계수는 KPNO(고도 2,120 m)나 CTIO(고도 2,215 m)와 같이 좋은

기상 조건을 유지하는 천문대에 비해서는 0.05 등급 정도 크게 나타났으며 청정일수가 우리와 비슷한 MSO 천문대 (고도 767 m)와 비슷한 값을 보이고 있다.

1996년 11월에 보현산 천문대에서 측광관측을 통해 구한 소광계수도 B 필터(4200 Å)에서

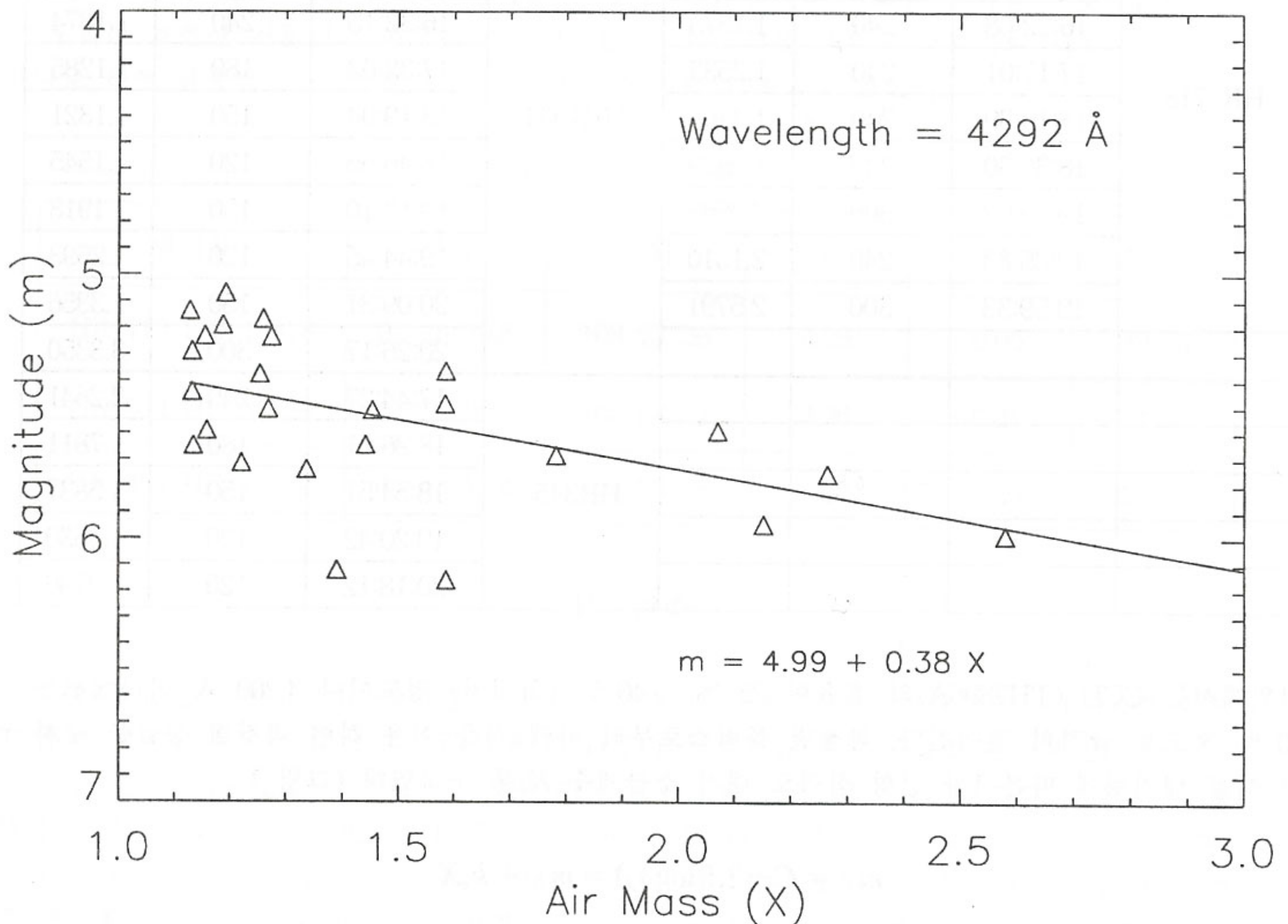


그림 1. 대기량에 따른 표준성의 등급 변화 (4,292 Å인 경우)

0.406, R 필터(6000 Å)에서는 0.204로 (성언창, 1997) 우리가 구한 값과 일관성 있는 결과를 보여주고 있다. 이로부터 여기에서 제시하는 대기 소광계수 값이 비록 하루밤 관측한 자료로부터 얻어진 것이라 할지라도 적어도 가을철 보현산 천문대의 전형적인 값과 큰 차이를 보이지는 않을 것으로 추정된다.

이번 관측한 표준성은 4.3 등급이나 되는 밝은 별이며 1.8 m 망원경으로 저분산 (224 Å/mm) 분광관측 하였음에도 표 2에서 보듯이 120초 ~ 300초로 긴 노출이 필요하였다. 이렇게 현재 분광기가 저효율을 보이는 것은 다음의 원인 때문인 것으로 생각된다. 첫째는 망원경의 주, 부경이 코팅된지 4년이 넘어 반사율이 많이 떨어져 있었기 때문이다. 1997년 여름에 f/8

부경만 코팅한 후 1.65 등급이 밝아진 것(김승리, 1997)으로 보아서 현재 f/15에서의 망원경 상태는 주부경을 코팅한 후에 비해 반사율이 1/20에 불과하다고 볼 수 있다. 1.8 m 망원경과 f/15 부경의 코팅은 현재 제작중인 코팅기가 완료된 후인 1998년 상반기로 계획하고 있다. 둘

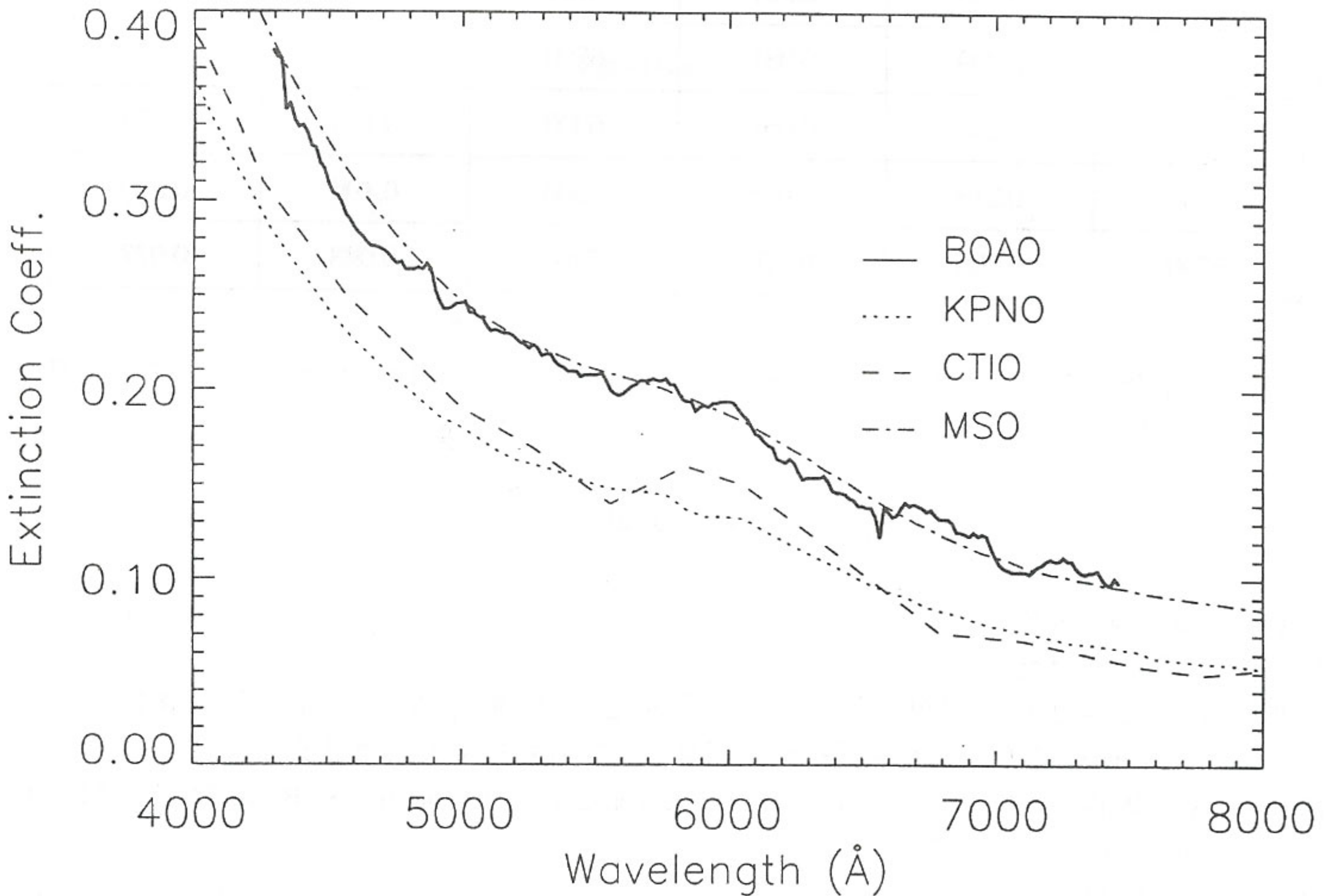


그림 2. 보현산 천문대( -- )와 KPNO ( · · ), CTIO ( - - ), MSO ( - · - )에서의 파장별 대기 소광계수 비교

째는 보현산 천문대에서 그당시 보유하고 있는 저분산 관측용 격자(300 g/mm)가 8,600 Å에 블레이즈 된 것 밖에 없어서 관측 파장대가 효율이 급격히 떨어지는 영역임에도 부득이 사용할 수 밖에 없었다. 보현산 천문대에서는 그후 다양한 파장 영역에서 최적의 효율로 관측할 수 있도록 여러 종류의 격자를 1997년 동안 확보 하였다. 셋째는 기존의 CCD (TH7896A)의 효율이 최대 46%로 비교적 작고 펄티어 냉각방식 인데다 암잡음이 화소당 17.7 e<sup>-</sup>/초로 커서 높은 S/N 비를 얻기 위해서는 노출시간이 길어야 한다. 이것은 그후 CCD를 효율이 높은 SiTE사의 칩 (최고효율 ~ 80%)으로 대체하고 액체질소 냉각방식을 채택함으로 암잡음을 거의 없앴으로 해결하였다.

이러한 이유로 이번 관측자료로부터 분광기의 효율은 따로 계산하지 않았으며 위에서 언급한 문제가 완전히 개선되는 98년 상반기에는 현재보다 효율이 획기적으로 증대 될 것이다. 차

표 3. 파장별 대기소광계수와 오차

파장(Å)	$K_{\lambda}$	$\sigma_{k\lambda}$	파장(Å)	$K_{\lambda}$	$\sigma_{k\lambda}$
4292	0.380	0.097	6100	0.177	0.072
4500	0.309	0.081	6500	0.139	0.075
4900	0.253	0.067	6900	0.123	0.079
5300	0.218	0.068	7300	0.106	0.080
5700	0.205	0.070	7460	0.098	0.077

후 관측 횟수가 늘어남에 따라 보다 4,200 Å 이하도 포함하는 정확한 파장별 평균 대기 소광계수값이 얻어질 것이다.

### 참고문헌

- 김승리, 1997, 개인서신  
 성언창, 1997, 개인서신  
 오병렬, 한인우, 김강민, 천무영, 전영범, 문일권, 육인수, 박병곤, 박장현, 경제만, 이종웅, 1993, "1.8 m 망원경에 의한 관측 기술 개발 (I)", 과학기술처 특정연구 보고서  
 Hamuy, M., Walker, A. R., Suntzeff, N. B., Gigoux, D., Heathcote, S. R. & Phillips, M. M., 1992, PASP, 104, 533  
 Massey, P., Valdes, F. & Barnes, J. 1992, "A User's Guide to Reducing Slit Spectra with IRAF"