

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 21, No. 1, 2001

일사량의 성분 분석에 관한 연구

조덕기*, 전일수*, 이태규*, 강용혁*, 오정무*

* 한국에너지기술연구원

A Study on the Analysis of Solar Radiation Components

D.K.Jo*, I.S.Chun*, T.K.Lee*, Y.H.Kang*, C.M.Auh*

* *Korea Institute of Energy Research*

Abstract

Informations of the solar radiation component are essential for modeling various solar energy systems. These informations are particularly used for middle and high temperature applications, those need concentrating direct normal insolation.

In order to estimate the performance of concentrating systems, it is necessary to know the intensity of the beam radiation, as only this component can be concentrated.

The Korea Institute of Energy Research(KIER) has began collecting solar radiation component data since August, 1996. KIER's component data will be extensively used by concentrating system users or designers as well as by research institutes.

1. 서 론

태양으로부터 방출된 복사는 지구 대기를 지나는 동안 산란과 흡수의 효과를 받으면서 지표면에 도달되며, 이와 같은 과정을 통하여 지표면의 수평면

상에서 입사되는 전일사량을 구분하면, 크게 직달 일사량과 산란일사량으로 나눌 수 있다. 직달일사량은 태양복사에너지가 대기권을 통과하면서 대기 중의 분자 또는 부유입자 등과 같은 각종 입자에 의하여 전혀 방해받지 않고 직접 그 방향이 변함없

이 지표면에 도달하는 성분을 말하며, 산란일사량은 대기 내의 이들 부유물에 의해 산란되어 그 방향이 변화하여 지표면에 도달하는 성분을 말한다.

이와 같이 일사량의 성분을 구분하는 이유 중에 하나는 태양에너지자원이라는 측면에서 볼 때, 그 이용상 방법상의 특징에서 찾아볼 수 있다. 우선 현재 흔히 쓰이고 있는 평판형 집열기나 온수기, 건조기, 증류기, 그린하우스 등과 같이 낮은 온도 하에서 동작하는 태양열시스템이나 태양전지모듈 등과 같은 태양광시스템을 설치할 때는 전일사량에 대한 상세한 자료가 요구되어지고 있는 반면에, 넓은 면적에 입사되는 직달일사량을 한곳에 모아 사용하도록 설계된 집광형 집열기나 태양로 등과 같은 기기의 설계나 효율을 예측하기 위해서는 직달일사량에 대한 자료를 요구하고 있다.

미국의 경우를 예로 들면, 성분별 일사량의 측정을 위하여 대체에너지 연구소와 국립기상대를 중심으로 꾸준히 수행해 오고 있다. 그러나 우리나라의 경우는 이들 자료들을 수집하기 위한 측정설비와 기기가 거의 갖추어져 있지 않은 실정이다.

따라서, 본 연구는 태양에너지의 이용을 효과적으로 돕기 위해 수평면일사계, 일사차광대, 그리고 직달일사계 및 태양추적장치 등 종합적인 성분별 일사량 측정을 위한 관련 장비를 확보한 한국에너지기술연구원에서 1996년 이후 실측 수집된 전일사 및 직달과 산란일사 성분에 대하여 수평면 전일사량대 직달일사량 비, 계절별 직달일사량 분석을 수

행하여 태양에너지 이용시스템 설계를 위한 기초자료 등 다각적인 연구사업에 활용코자 한다.

2. 성분일사량 측정분석

한국에너지기술연구원에 설치하여 운영 중에 있는 성분일사량 측정시스템이 위치한 대전지방(36° 22'N, 127° 22'E)에서 1996년 8월부터 1999년 12월까지 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전 기간에 걸친 1일 평균일사량을 성분별로 분석하여 보면, 그림 1과 표 1에서 나타난바와 같이 수평면 상에서 전일사량 H에 대한 산란일사량 H_d 의 비는 0.39로 나타났으며, 상대적으로 직접 지표면에 도달한 직달일사량 H_b 는 0.61로 나타났다. 반면에 지표면에 도달하는 태양빛과 법선 방향의 직달일사량 H_{bn} 은 수평면 전일사량 H에 대해 0.83으로 매우 높은 편이었다.

계절별에 따른 1일 평균 일사량을 성분별로 살펴보면, 표 2에서 나타난바와 같이 수평면상에서 전일사량에 대한 산란일사량의 비, H_d/H 는 여름철에 0.46으로 산란일사 성분이 가장 많은 계절로 나타났다. 가장 적게 나타난 계절은 겨울철로 0.34로 나타났다. 반면에 수평면상에서 전일사량에 대한 직달일사량의 비, H_b/H 는 가을철과 겨울철에 각각 0.65, 0.66으로 직달일사 성분이 가장 많은 계절로, 가장 적은 계절은 여름철로 0.54로 나타났다.

Table 1. 성분별에 따른 일평균 일사량 비교

(단위 : kcal/m².day)

수평면 전일사량 (H)	구 분	성분별일사량	수평면 전일사량과의 비교
3,163	법선면 직달일사량	2,638	0.83
	수평면 산란일사량	1,240	0.39
	수평면 직달일사량	1,921	0.61

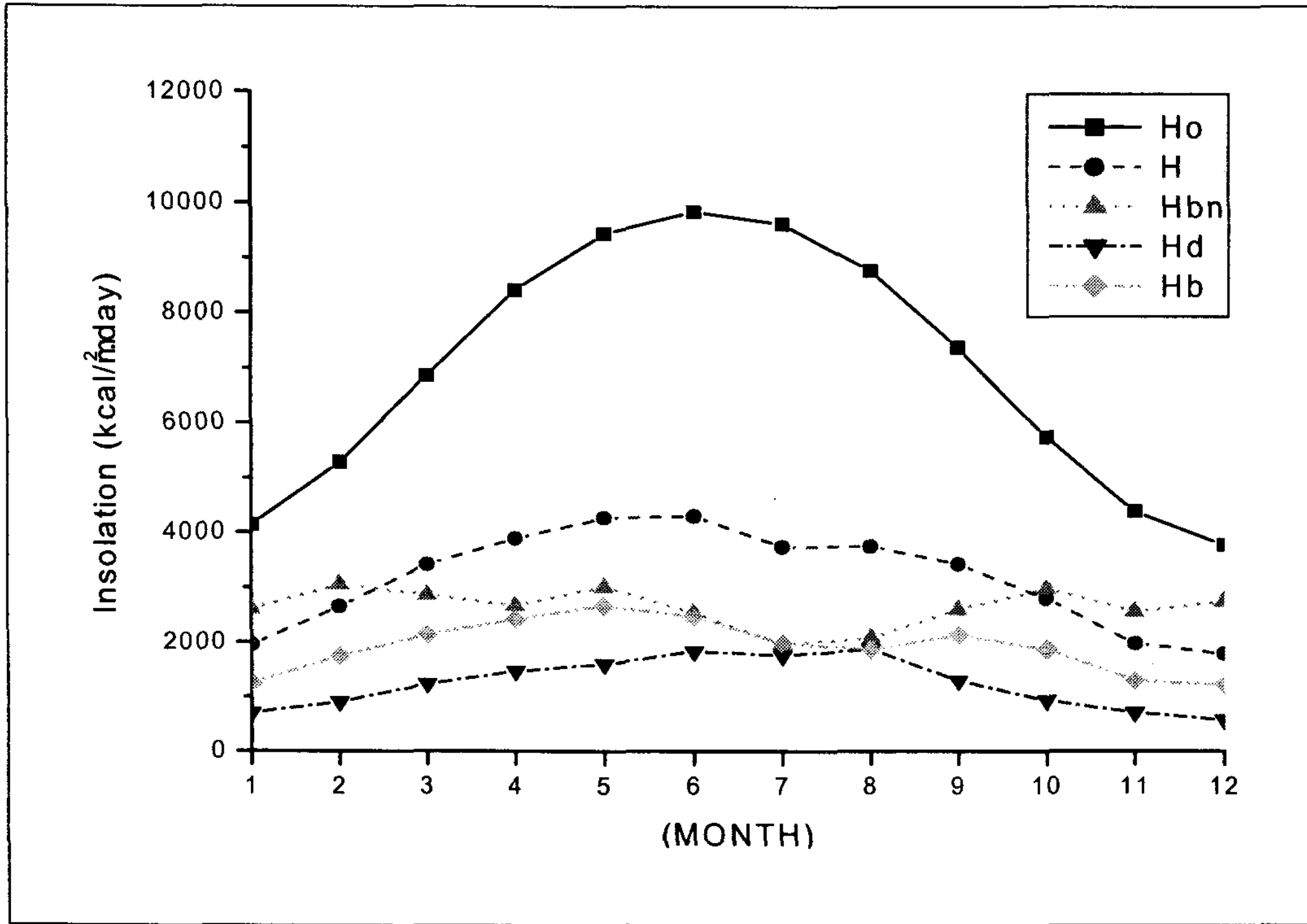


Fig. 1. 월별 일평균 성분일사량

Table 2. 계절별에 따른 일평균 성분일사량

(단위 : kcal/m².day)

구 분 \ 계 절	봄	여름	가을	겨울	평균
대기권밖 일사량 (H _o)	8,230	9,400	5,828	4,395	6,963
수평면 전일사량 (H)	3,858	3,927	2,803	2,134	3,189
법선면 직달일사량 (H _{bn})	2,847	2,193	2,891	2,821	2,686
수평면 산란일사량 (H _d)	1,435	1,822	972	725	1,248
수평면 직달일사량 (H _b)	2,409	2,105	1,843	1,409	1,940
K _t (%)	47	42	48	49	46
H _{bn} /H (%)	74	56	103	132	84
H _d /H (%)	37	46	35	34	39
H _b /H (%)	62	54	66	66	61

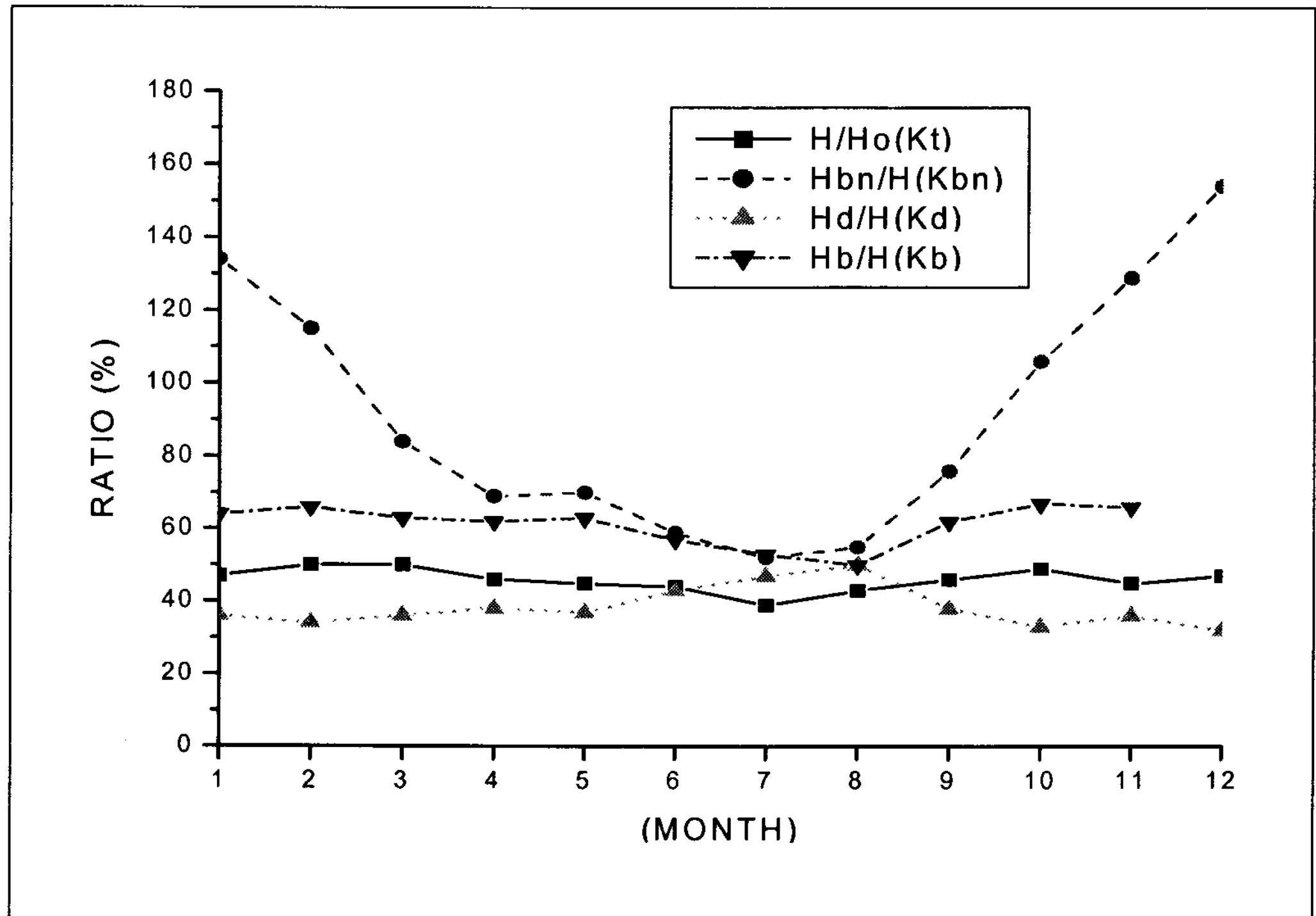


Fig. 2. 월별 일평균 수평면 전일사량에 대한 성분별 일사량의 비

또한 수평면상의 전일사량에 대한 태양과 법선 방향의 직달일사량의 비, H_{bn}/H 는 겨울철에 1.31로 가장 높게, 그리고 여름철에 0.56으로 가장 적게 나타났다.

따라서, 그림 2에서도 나타난바와 같이 다른 계절보다도 H_d/H 는 우기철인 여름철에 높게 나타나고 있으며, 상대적으로 H_b/H 와 H_{bn}/H 는 한랭한 겨울철에 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보였다.

한편, 월별 1일 평균으로 본 대기권밖 일사량, H_0 에 대한 수평면 전일사량, H 의 비인 K_t 와 H_d/H , H_b/H , H_{bn}/H 와의 상관관계를 분석하여 보면, Fig. 17에서 보는 바와 같이 K_t 의 발생빈도는 전체 관측수의 $K_t < 0.4$ 범위에서 17%, $K_t < 0.5$ 에서 73%, $0.4 < K_t < 0.5$ 에서 56%를 나타내었으며, K_t 의 산술평균치는 0.45이었다.

또한, 일반적으로 $H_d/H(K_d)$ 의 값은 K_t 의 값이 작을 때에 크게 나타나는 반면에, $H_b/H(K_b)$ 의 값

은 K_t 의 값이 작을 때에 상반적으로 K_t 의 값이 작게 나타나는 경향을 보였다. $H_d/H(K_d)$ 는 $0.28 \leq K_d \leq 0.63$ 에서, $H_b/H(K_b)$ 는 $0.37 \leq K_b \leq 0.73$ 에서 나타났으며, K_d 와 K_b 의 산술평균치는 각각 0.39와 0.61이었다. 또한 $H_{bn}/H(K_{bn})$ 는 $0.39 \leq K_{bn} \leq 1.66$ 사이에서 나타났고, K_{bn} 의 산술평균치는 0.83이었다.

여기서, 그림 3에서 보는바와 같이 $K_d=0.48$, $K_b=0.52$, $K_{bn}=0.51$ 인 흐린날 K_t 의 값이 0.37인 경우는, 대기권밖 일사량(H_0)이 지표면에 도달되는 분중 산란성분(H_d)은 H_0 의 18%, 상대적으로 직달성분(H_b)은 20%이며, 법선면 상에서의 직달성분(H_{bn})은 대기권밖 일사량(H_0)에 대하여 19%임을 의미한다.

전 실측치를 이용하여 월별 1일 평균으로 본 $H_0/H(K_t)$ 와 $H_d/H(K_d)$, $H_b/H(K_b)$, $H_{bn}/H(K_{bn})$ 사이의 회귀식은 표 3과 같은 선형함수의 관계식으로 주어질 수있다. 그러나 현시점에서 볼 때 측정기간이 충분하지 않기 때문에 현재까지 만의 결과만을

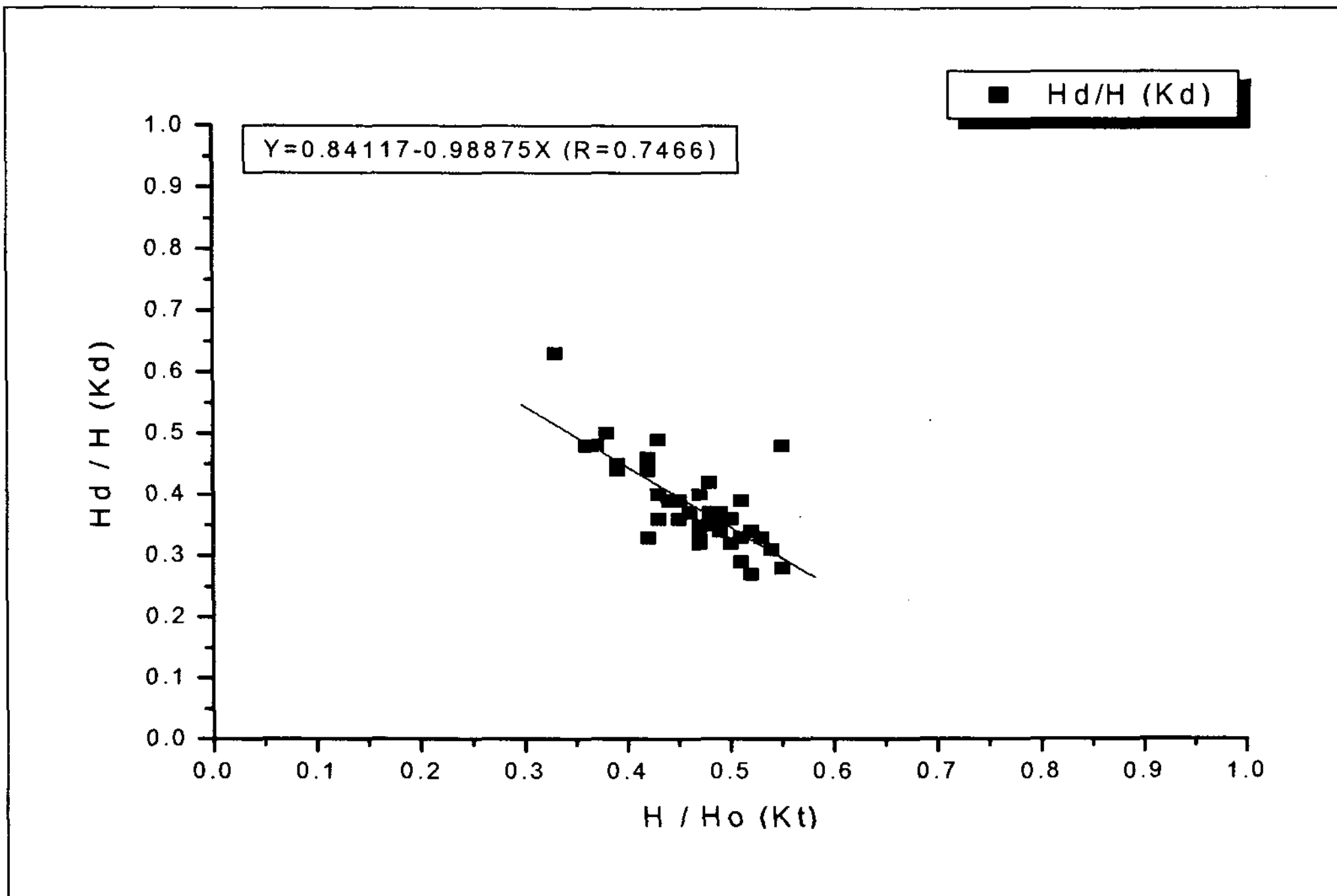


Fig. 3. 월별 1일 평균 K_t 에 대한 $H_d/H(K_d)$, $H_b/H(K_b)$, $H_{bn}/H(K_{bn})$ 와의 상관관계 (계속)

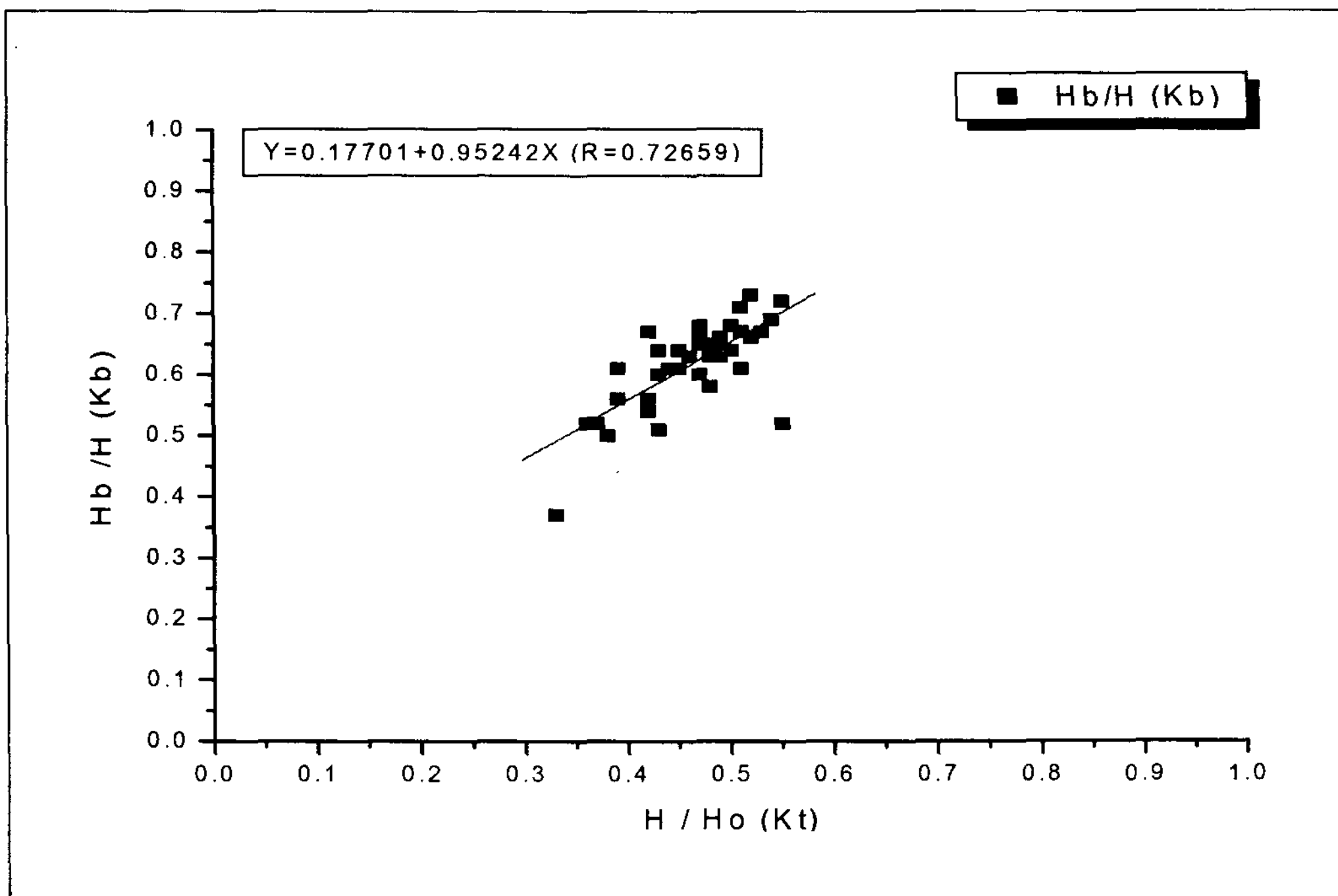


Fig. 3. 월별 1일 평균 K_t 에 대한 $H_d/H(K_d)$, $H_b/H(K_b)$, $H_{bn}/H(K_{bn})$ 와의 상관관계 (계속)

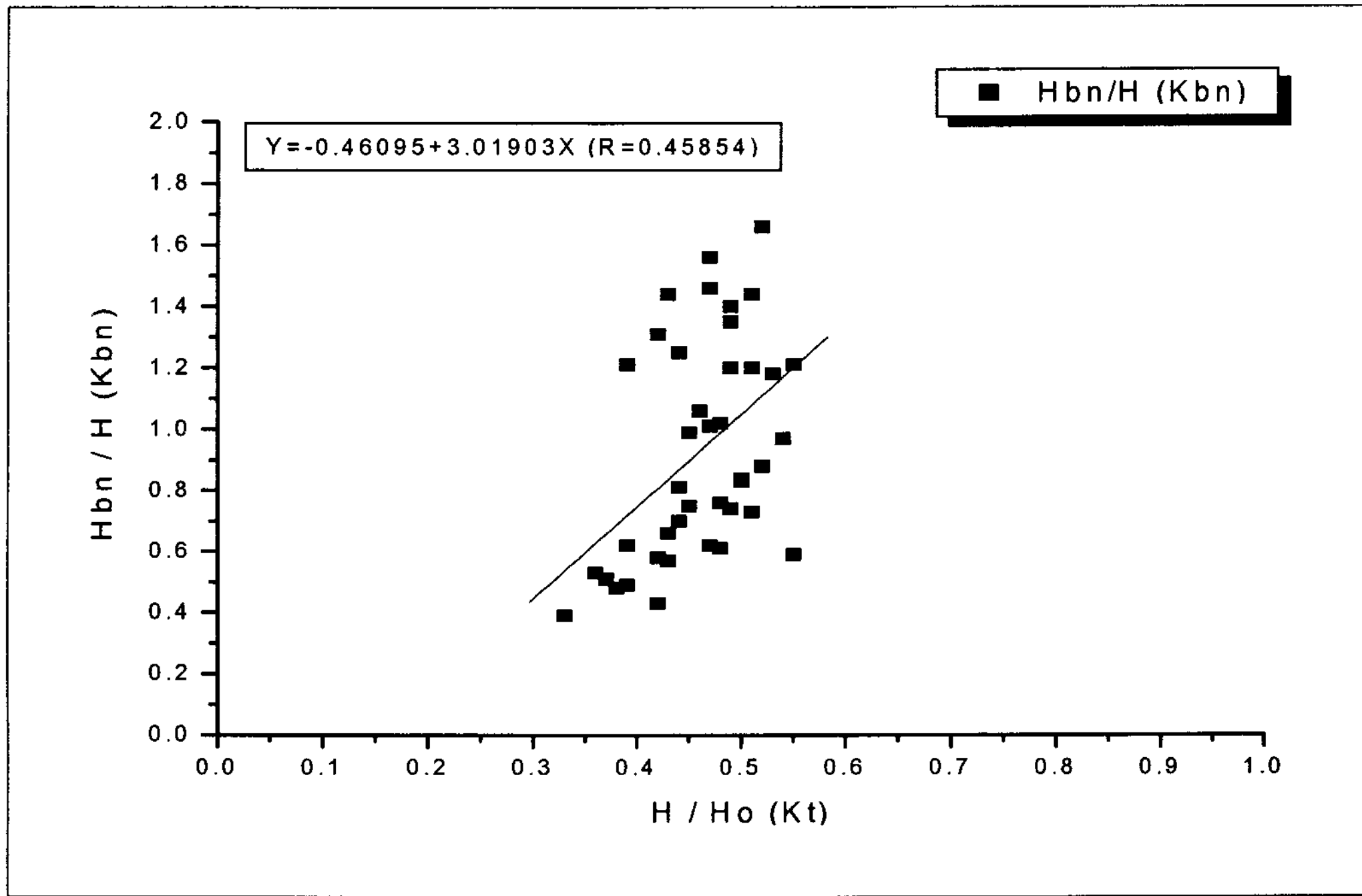


Fig. 3. 월별 1일 평균 K_t 에 대한 $H_d/H(K_d)$, $H_b/H(K_b)$, $H_{bn}/H(K_{bn})$ 와의 상관관계

Table 3. K_t 와 K_d , K_b , K_{bn} 와의 관계상수

구분	a	b	R
K_d	0.84117	-0.98875	0.74660
K_b	0.17701	0.95242	0.72659
K_{bn}	-0.46095	3.01903	0.45854

* $Y = a + bX$

가지고, 우리 나라의 전반적인 일사량 성분평가는 아직 어려운 실정이다.

이에 따라 여러 지역에 대한 장기적인 일사량 성분 측정뿐만 아니라 앞으로는 본 연구를 바탕으로 고도나 대기혼탁도 등에 따른 각종 기후조건과의 연관성을 규명하여 일사량 성분예측을 위한 우리나라 전지역에 적합한 이론 식을 유추해 나갈 계획이다.

4. 결 론

한국에너지기술연구원에 설치하여 운영 중에 있는 성분일사량 측정시스템이 위치한 대전지방에서 1996년 8월부터 1999년 12월까지 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 일사량의 성분분석 평가를 수행하였다. 본 연구에서 수행된 결과를 살펴보면,

- 1) 전기간에 걸친 1일 평균일사량을 성분별로 분석한 결과, 수평면상에서 전일사량 H에 대한 산란일사량 H_d 의 비는 0.39로 나타났으며, 상대적으로 직접 지표면에 도달한 직달일사량 H_b 는 0.61로 나타났다. 반면에 지표면에 도달하는 태양빛과 법선 방향의 직달일사량 H_{bn} 은 수평면 전일사량 H에 대해 0.83으로 매우 높은 편이었다.
- 2) 계절별에 따른 1일 평균 성분별 일사량은 수평면상에서 전일사량에 대한 산란일사량의 비, H_d/H 는 여름철에 0.46으로 산란일사 성분

이 가장 많은 계절로 나타났으며, 가장 적게 나타난 계절은 겨울철로 0.34로 나타났다. 반면에 수평면상에서 전일사량에 대한 직달일사량의 비, H_b/H 는 가을철과 겨울철에 각각 0.65, 0.66으로 직달일사 성분이 가장 많은 계절로, 가장 적은 계절은 여름철로 0.54로 나타났다. 또한 수평면상의 전일사량에 대한 태양과 법선 방향의 직달일사량의 비, H_{bn}/H 는 겨울철에 1.31로 가장 높게, 그리고 여름철에 0.56으로 가장 적게 나타났다. 따라서 다른 계절보다도 H_d/H 는 우기철인 여름철에 높게 나타나고 있으며, 상대적으로 H_b/H 와 H_{bn}/H 는 한랭한 겨울철에 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보였다.

3) 월별 1일 평균으로 본 대기권밖 일사량, H_0 에 대한 수평면 전일사량, H 의 비인 K_t 와 H_d/H , H_b/H , H_{bn}/H 와의 상관관계를 분석한 결과, K_t 의 발생빈도는 전체 관측수의 $K_t < 0.4$ 범위에서 17%, $K_t < 0.5$ 에서 73%, $0.4 < K_t < 0.5$ 에서 56%를 나타냈다. 또한 일반적으로 $H_d/H(K_d)$ 의 값은 K_t 의 값이 작을 때에 크게 나타나는 반면에, $H_b/H(K_b)$ 의 값은 K_t 의 값이 작을 때에 상반적으로 K_t 의 값이 작게 나타나는 경향을 보였다. $H_d/H(K_d)$ 는 $0.28 \leq K_d \leq 0.63$ 에서, $H_b/H(K_b)$ 는 $0.37 \leq K_b \leq 0.73$ 에서 나타났으며, $H_{bn}/H(K_{bn})$ 는 $0.39 \leq K_{bn} \leq 1.66$ 사이에서 나타났다.

그러나, 한정된 측정장소와 짧은 측정기간으로 인하여 현재까지 만의 결과만을 가지고, 우리나라의 전반적인 일사량 성분평가는 아직 어려운 실정이다. 이에 따라 여러 지역에 대한 장기적인 일사량 성분 측정뿐만 아니라 앞으로는 이를 토대로하여 일사량 성분예측을 위한 우리나라 전지역에 적합한 이론 식을 유추해 나아가야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 기상청, 기상년·월보, (1982~1998).
2. 기상청, 한국기후표 (1961~1990), 제1권 (1991), 제2권(1991).
3. D.T. Raindi, W.A. Beckman and J.A. Duffie, "Diffuse fraction correlations", Solar Energy 45, 1~7, (1990).
4. 조덕기 외 2인, "태양에너지 최적 이용을 위한 Typical Day 산출에 관한 연구", 태양에너지 Vol.20. No.1, 2000, pp.21~30.
5. 조덕기 외 2인, "국내 수평면 전일사량 데이터의 정확도 평가에 관한 연구", 태양에너지 Vol.20. No.1, 2000, pp.31~44.
6. 조덕기 외 5인, "실측에 의한 국내 법선면 직달 일사량 자원의 재평가", 태양에너지 Vol.20. No. 2, 2000, pp.31~42.