

# 해상용 태양열 시스템 개발을 위한 일사량 평가

배강열\* · 강일권\*\* · 정한식\*\*\*

\*경상대학교 대학원, \*\*경상대학교 해양과학대학, \*\*\*경상대학교 수송기계공학부

## The Radiation Evaluation for Development of Solar System by Using Solar on the Sea

KANG YOUL BAE\*, IL-KWEON KANG\*\* AND HAN-SHIK CHUNG\*\*\*

\*Graduate School, \*\*College of Marine Science,

\*\*\*School of Transport Vehicle Engineering, Gyeongsang National University, Tongyoung, Kyongnam 650-160, Korea

**KEY WORDS:** Ship's track 항적, Solar radiation 일사량, Wind velocity 풍속, Temperature 온도

**ABSTRACT:** Recently, due to the environmental pollution and the requirement for the substitute energy, the interest for development of the solar energy system has been highly escalated. It has been approved that the solar energy is a very useful one because of purity and low cost. Some studies about the evaluation of solar radiation on the land has been carried out, but few studies on the sea. This paper deals with a study on the evaluation of solar radiation for development of hot water storage tank by using solar on the sea. The experiments were carried out on the training vessel on the adjacent water of Korea, Japan and China for twenty days. The distributions of solar radiation from the sea were changed into nonlinear in from according to the temperature. The solar radiation on the sea has a great influence on the velocity of wind as well as the temperature. The distribution of solar radiation has higher values on the track of the coastal sea than the open sea at same conditions.

### 1. 서론 및 목적

현재 지구상에서 심각한 문제로 대두되고 있는 환경 문제와 에너지의 수요 급증을 극복하는 방법으로서 대체에너지의 연구와 이에 관련 기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 대체에너지 중에서도 태양 에너지는 청정성과 운영비의 저감으로 그 효율성이 인정되고 있다. 근래에 들어와서 에너지자원의 고갈로 인하여 대체에너지의 이용이 차지고 있는 빈도가 날로 증가하고 있는 상황이다(대한; 임; 김, 1989; 김, 1988). 현재 일상생활에서는 태양열을 이용한 온수 급탕 시스템을 채택을 하여 가정, 공장, 학교 등에서 많이 사용중이다(조, 1993).

그러나 선박에서는 아직도 온수를 사용하기 위하여 많은 연료를 소모하고 있는 실정이다. 이에 선박에서도 태양에너지를 이용하여 소모되는 연료의 양을 줄이고자 해상에 이용할 수 있는 태양열 온수기를 개발하고 있는 중이다.

해상에서의 태양열 온수기 개발을 위해서는 무엇보다도 먼저 해상에서의 일사량 측정이 가장 중요한 요소이다. 일사량은 기상상태 즉, 온도, 풍향, 풍속, 청명도, 습도, 기압, 운향속도 등에 영향을 많이 받게 된다. 육상에서는 일사량을 조사한 자료가 많이 있지만(강, 1997; 조, 1993; 오, 1988), 해상에서의 일사량을 조사한 자료는 찾아보기 힘들었다(Jungyul Na, 1988). 따라서 본 연구에서는 해상에서의 일사량을 선박의 항적에 따라 측정하여 육상에서의 측정자료와 비교 분석하고, 해상 일사량에 영향을 미치는 요인들과 해역별로 최대 일사량이 나타나는

곳을 분석하여 이상적인 태양열 온수기를 개발하는 데 그 기초자료로써 활용하고자 한다.

### 2. 실험 장치 및 방법

Fig. 1은 일사량 측정을 위해 선박에 설치된 일사계와 레코드 및 컴퓨터의 실험장치이다.

실험에 사용된 일사계는 SATO 全天日射計(Japan, (주)SATO 계기, 감도:7.0mV/KW·m<sup>2</sup>)로서 선박의 흔들림에 대비하여 일사계의 아랫부분에 50mm의 방진판을 설치하고 그 위에 일사계를 고정하였으며 일사계의 감지부 평면이 태양광선을 잘 받아들일 수 있도록 주위의 장애물로부터 충분히 떨어진 장소를 선택하였다(한, 1991). 또한 컴퓨터와 데이터로그의 설치에 있어서도 선박의 흔들림에 대비하여 고정을 시켰다.

Fig. 2는 일사량측정을 위한 실험장치의 계략도를 나타낸 것이다. 태양으로부터 일사량이 일사계에 도달하면 데이터로그는 일사량의 값을 인식을 하여 다시 컴퓨터에 기록하게 된다. 실험에서는 10분마다 데이터로그에서 컴퓨터에 데이터를 기록했으며, 주위의 대기온도도 함께 측정하였다. 대기온도는 주위의 3곳에서 측정하여 평균을 취하였다.

Fig. 3은 1999년 6월 25일부터 동년 7월 14일까지 이 실험을 행한 실습선의 항적을 나타낸 것으로써 한국(통영)을 출발하여 일본과 중국을 경유하여 최종적으로 다시 통영항으로 귀항하는 항로이다.



Fig. 1 Experimental device for measurement of solar radiation on the sea

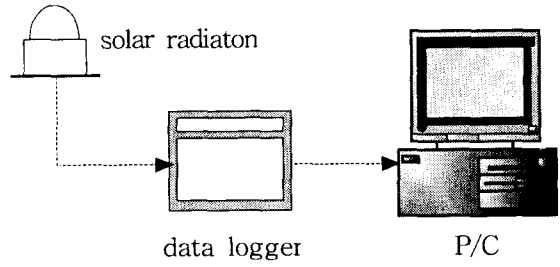


Fig. 2 Schematic diagram for processing measurement of solar radiation

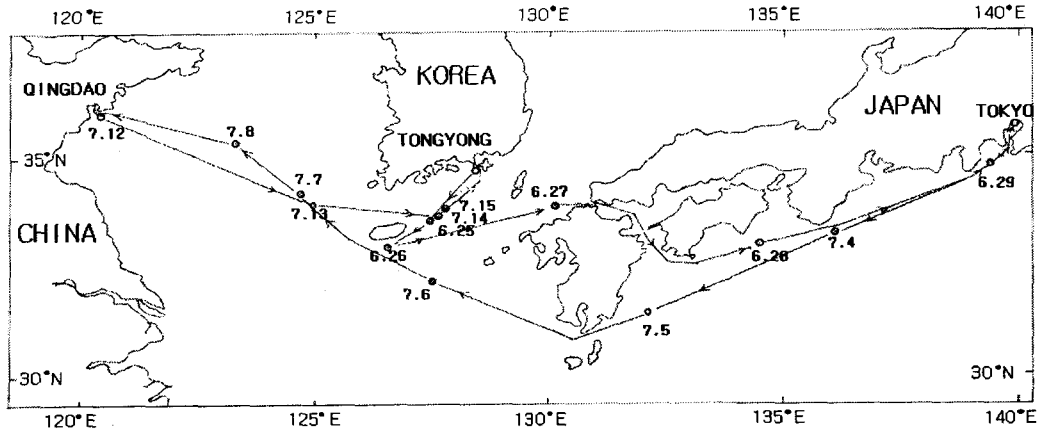


Fig. 3 Ship's track for measurement of solar radiation on the sea

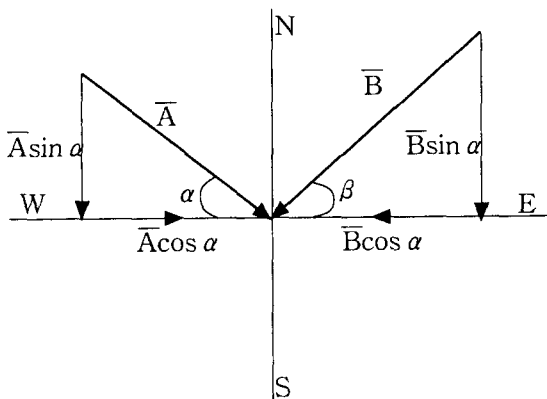


Fig. 4 The vector composition for obtain the true wind velocity from apparent the wind velocity

본 연구에 이용한 자료는 이 기간 중에 연속하여 측정된 해상의 일사량에 관한 것이다.

Fig. 4는 선박에서의 시풍속을 진풍속으로 환산하여 계산하기 위해 벡터합성을 도식한 것이며, 아래의 식(1)에 의해서 진풍속을 구하였다. 본 논문에 표시된 풍속이란 여기서 구한 T.W.V를 말한다.

$$T.W.V = \sqrt{(\bar{A} \cos \alpha + \bar{B} \cos \beta)^2 + (\bar{A} \sin \alpha + \bar{B} \sin \beta)^2} \quad (1)$$

- T.W.V: True wind velocity (m/ sec)
- $\bar{A}$ : Ship velocity (m/ sec)
- $\bar{B}$ : Wind velocity (m/ sec)
- $\alpha$ : Ship's heading ( $^{\circ}$ )
- $\beta$ : Wind direction ( $^{\circ}$ )

여기에서,  $\alpha$ 는 배의 침로를 표시하는 각도로서 선박에 설치된 자이로 콤파서(gyro compass)에 의해서 측정하였고, 바람의 방향을 나타내는 각도  $\beta$ 는 풍향 풍속계로서 측정하였다.

### 3. 고 찰

Fig. 5는 경남 통영지역에서 측정된 육상 자료와 본 실험기간 동안 해상에서 측정된 일사량을 나타내고 있다. 이 그림에 나타나 있는 육상과 해상의 일사량 및 온도분포는 날씨가 서로 다르다. 본 연구에서는 육상 및 해상의 일사량 및 온도의 분포에서 각각의 분포형태를 비교하여 해상에서는 과연 어떠한 인자가 일사량에 영향을 미치는지를 알고자 하는 것이다. 이그에 나타난 바와 같이 육상의 일사량은 전체적으로 분포의 형상이 일정한 포물선의 형태를 나타내고 있으며, 13시를 중심으로 가장 높은 일사량을 보이고 있음을 알 수 있다. 해상의 일사량의 분포는 배의 유동으로 인하여 측정오차가 다소 발생하는 것을 발견할 수 있으나 측정시간을 짧게 연속 측정하여 오차를 최소화하였으며 육상의 결과와는 달리 포물선의 형태가 아니며, 여러 가지 요인에 따라 일사량이 변동하며, 일사량이

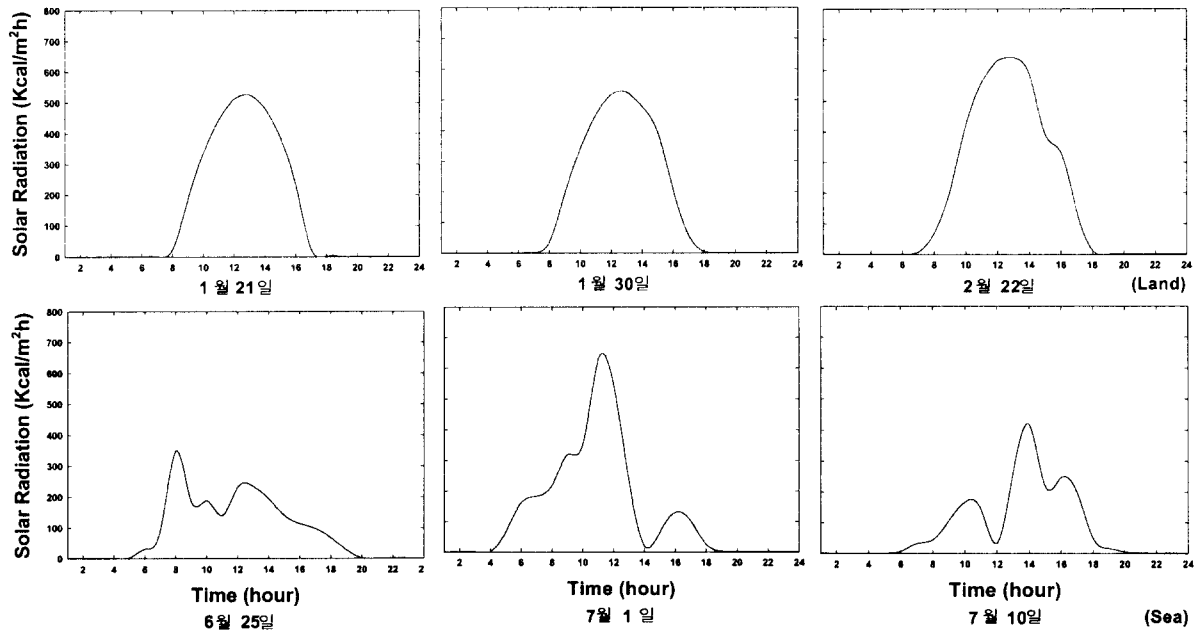


Fig. 5 The Comparison with the distributions of solar radiation on the land and sea

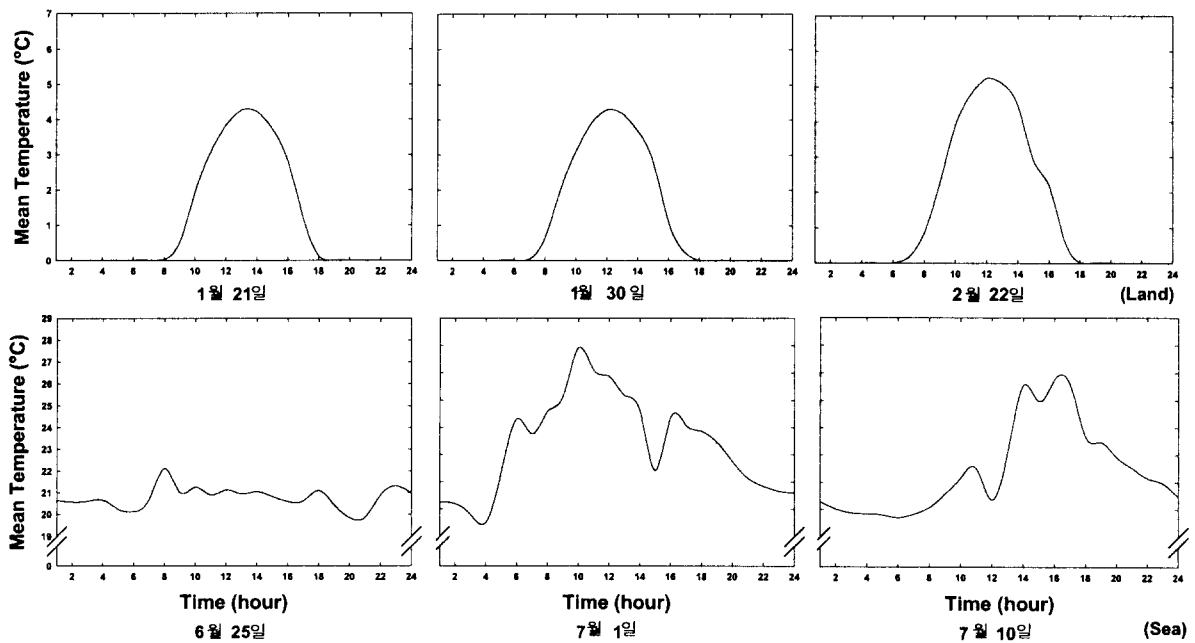


Fig. 6 The comparison with the distributions of mean temperature on the land and sea

가장 높게 나타나는 시간도 일정하지 않음을 알 수 있다. 이러한 원인은 측정오차, 배의 이동에 따른 기상조건의 변화등으로 사료된다.

Fig. 6은 육상과 해상에서의 온도분포를 비교하였다. 이 그림에 나타나는 것과 같이 육상에서의 온도분포는 일사량의 분포와 마찬가지로 포물선의 형태를 보이며, 12시 부근에서 가장 높은 온도가 나타남을 알 수 있다. 하지만 해상에서의 온도분

포는 해상에서의 일사량의 분포와 마찬가지로 가장 높은 온도가 나타나는 시간대가 일정하지 않으며, 분포의 형태도 포물선의 형태가 아니다. 따라서 해상에서의 온도분포도 일사량의 분포와 마찬가지로 여러 가지 인자들에 의해 영향을 받고 있음을 알 수가 있다.

여기서 육상의 일사량의 분포가 온도분포에 어느 정도의 영향을 받는지 알아보기 위해 Fig. 5의 육상의 일사량 분포와

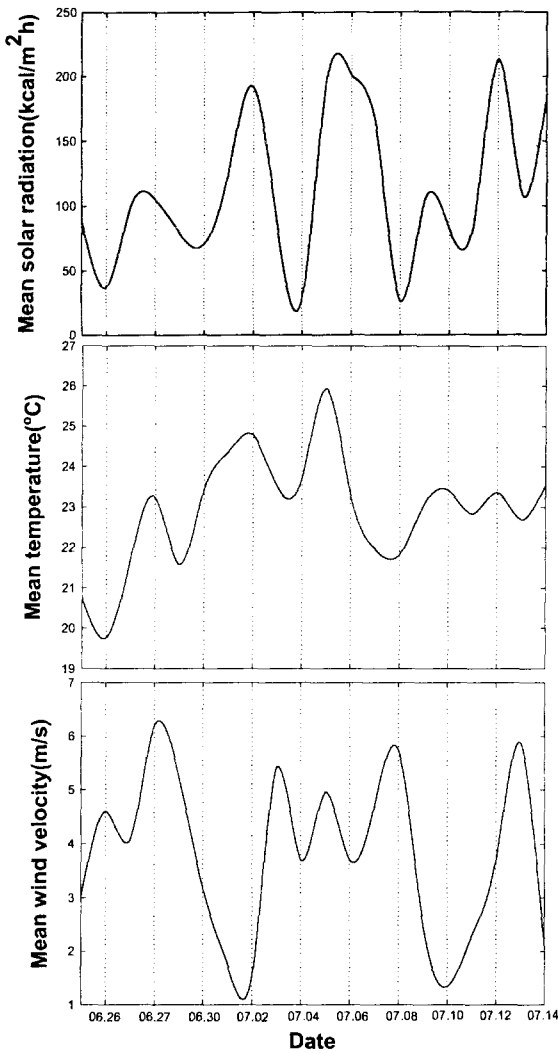


Fig. 7 Comparison with the distributions of mean solar radiation, the mean temperature and mean wind velocity

Fig. 6의 육상의 온도 분포를 비교하였다.

이들 그림에서 나타난 것과 같이 육상의 일사량 분포와 육상의 온도 분포는 거의 같은 분포 형태를 보이고 있으며, 미세하지만 온도의 분포가 시간적으로 약간 앞서 나가는 경향을 보이고 있다. 따라서 육상의 일사량 분포는 온도분포에 큰 영향을 받고 있는 것을 알 수 있다.

해상에서의 일사량의 분포가 온도 분포에 얼마만큼의 영향을 받는지 알아보기 위해 Fig. 5의 해상의 일사량 분포와 Fig. 6의 해상의 온도분포를 비교하여 보았다.

이들 그림에서 나타난 바와 같이 해상의 온도가 급격히 높아짐에 따라 반드시 해상의 일사량이 높아지는 것은 아니며, 온도의 변화가 없을 때에도 일사량이 급격히 변하는 경우도 있다.

따라서 해상에서의 일사량은 육상과는 달리 온도분포 이외에도 여러 가지 인자에 의해 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

Fig. 7은 1999년 6월 25일부터 7월 14일까지 해상에서 측정된 평균일사량, 평균온도, 평균풍속의 분포를 일일평균을 구하여

비교한 그림이다. 이들 그림에 나타난 바와 같이 평균일사량과 평균온도분포사이에는 대체로 비례적인 관계를 보임을 알 수 있다. 즉, 온도의 값이 증가하는 구간에서 일사량도 증가하며, 온도의 값이 감소하는 구간에서는 일사량도 감소하며 대체로 양자는 비례하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 그 변화의 양상은 반드시 경향은 아니어서 온도의 영향 이외에도 다른 요인이 작용한다고 볼 수 있다. 이러한 현상이 나타나는 것은 온도는 대기의 가열 및 냉각에 많은 영향을 받지만, 일사량은 태양으로부터 지구의 표면에 도달하는 일사량 중에서 직달 일사량의 영향을 많이 받기 때문인 것으로 생각된다.

일사량과 풍속분포를 비교하여보면, 대체로 일사량이 증가하는 구간에서는 풍속은 감소하고 일사량이 감소하는 구간에서는 풍속이 증가하는 현상을 볼 수 있다. 이것은 해상에서의 일사량의 증감이 온도의 영향뿐만 아니라, 풍속의 영향도 많이 받고 있는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 일사량의 변화는 대체로 온도의 변화와 풍속의 변화에 크게 영향을 받으나 반드시 같은 경향은 아니며 다른 요인에 의해 영향을 받는지에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 있어야 할 것 같다.

Table 1은 관측기간 중 해상에서 측정된 평균일사량, 평균기온과 평균풍속을 날짜와 위치에 따라낸 것이다. 여기에는 날씨도 함께 타나내었으며, 이것은 하루의 평균적인 기상상태를 고려하여 표시한 것이며, 목측에 의하여 맑음, 흐림, 비로 표현하였다. 여기에서 기상조건이 비슷할 때 해역에 따른 해상 일사량을 비교하였다. 이때 같은 기상으로 표현되었어도 정도의 차이가 있을 것으로 보이나 그 차이는 없는 것으로 가정하여 비교하였다. 맑은 날 중 일사량이 가장 높은 때는 7월 12일로서 이때 선박의 위치는 중국 청도(Qingdao) 부근 해역이며, 평균 일사량은 213.83kcal/m<sup>2</sup>h이었다. 또한 일사량이 가장 낮은 때는 6월 27일로서 이때 선박의 위치는 일본 Iki 섬 부근이며, 평균 일사량은 100.02kcal/m<sup>2</sup>h이었다.

흐린 날 중 일사량이 가장 높은 때는 7월 9일로서 이때 선박의 위치는 중국 청도 부근 해역이며, 평균 일사량은 105.03kcal/m<sup>2</sup>h이었고, 일사량이 가장 낮은 때는 6월 29일이며, 이때의 선박의 위치는 일본의 동경 만 남서 근해였으며, 평균 일사량은 79.29kcal/m<sup>2</sup>h였다.

비가 온 날 중 일사량이 가장 높은 때는 7월 3일로서 이때 선박의 위치는 일본의 동경 만이며, 평균 일사량은 83.12kcal/m<sup>2</sup>h이었고, 일사량이 가장 낮은 날은 7월 8일이며, 이때 선박의 위치는 서해 중간 해역이었으며, 평균 일사량은 26.07kcal/m<sup>2</sup>h였다.

이상 살펴 본 바와 같이 평균 일사량은 날씨에 관계가 있지만 대체적으로 대양보다는 육지 가까운 곳에서 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 기상상태에 따른 평균 일사량을 나타낸 것이다. 이 그림은 관측기간 중의 날씨에 따른 일사량을 평균한 것으로서 기상상태에 따른 일사량의 변화를 정량적으로 나타낸 것이다. 이 그림에 나타난 것과 같이 그림3의 항로상의 해역에서는 초여름에 대개 맑은 날의 평균 일사량은 159.46 kcal/m<sup>2</sup>h이며, 흐린 날은 88.31kcal/m<sup>2</sup>h, 비가 오는 날은 49.30kcal/m<sup>2</sup>h임을 알 수 있다.

Table 1 The values of the mean solar radiation according to the date, ship's position and the weather

Date	Latitude ( °N)	Longitude ( °E)	Mean solar radiation (kcal/m <sup>2</sup> h)	Mean temperature (°C)	Mean wind velocity (m/s)	Weather
6/25	34.7	129.3	88.30	20.77	3.04	c
26	32.8	126.5	37.42	19.78	4.16	r
27	33.6	130.2	100.02	21.73	4.07	bc
28	33.0	134.5	104.90	23.25	6.21	bc
29	34.7	139.4	79.29	21.58	5.27	c
30	35.7	139.8	71.76	23.46	3.17	r
7/01	35.7	139.8	128.04	24.36	1.77	bc
02	35.7	139.8	192.73	24.78	1.50	bc
03	35.7	139.8	83.12	23.5	5.42	r
04	33.2	136.2	28.15	23.71	3.69	r
05	31.4	132.2	198.37	25.95	4.97	bc
06	32.2	127.5	200.65	23.28	3.70	bc
07	34.3	124.7	161.28	21.98	4.69	bc
08	35.4	123.3	26.07	21.82	5.73	r
09	36.1	120.2	105.03	23.06	2.51	c
10	36.1	120.2	81.84	23.42	1.34	c
11	36.1	120.2	87.07	22.84	2.30	c
12	36.1	120.2	213.83	23.37	3.72	bc
13	33.8	124.9	108.44	22.69	5.89	bc
14	33.6	127.7	185.84	23.56	2.06	bc

where

bc : fine cloudy weather(맑음)

c : cloudy weather(흐림)

r : rainy weather(비)

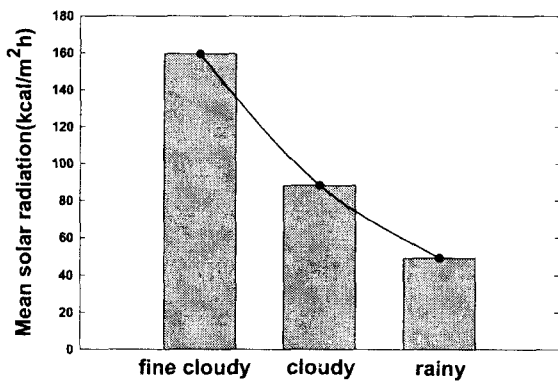


Fig. 8 Distributions of mean solar radiation by weather for twenty days

#### 4. 결 론

(1) 육상에서의 일사량의 분포는 대기온도에 비례적인 변화를 보이는 것에 비해 해상에서의 일사량의 분포는 다양한 인자의 영향을 받고 있다.

(2) 측정지역과 기간중의 최대일사량은 7월 12일 중국 청도 근해로서 평균 일사량은 213.83kcal/m<sup>2</sup>h로 나타났다.

(3) 최소 일사량은 7월 8일로서 평균 일사량은 26.07kcal/m<sup>2</sup>h로 나타났다.

(4) 해역에 따른 일사량의 분포는 대체적으로 대양보다는 육지가 가까운 연안 해역에서 높게 나타났다.

#### 후 기

본 연구는 1998년도 해양수산부, 한국 해양 수산 개발원 수산 특정 연구 개발 사업에 의하여 연구된 결과의 일부이며, 관계자 여러분께 깊이 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

김길환(1989). "현대문명의 에너지 문제와 그 향방", 태양 에너지, 제9권 제2호.  
 김동원(1988). "대체에너지 개발 촉진법 제정 배경 및 추진 방향", 태양에너지, 제8권 제1호.

강용혁, 곽희열, 윤환기(1997). "태양열 온수 급탕 시스템의 성능 평가에 관한 연구", 공기조화 냉동공학회, 97하계학술발표회 논문집, pp 39~44.

대한환경공학회, "최신환경과학", 동화기술, pp 20~30.

임상훈, 김광렬, 정순모, 최성부, "환경과 에너지", 동화기술, pp 35~42.

오정술외(1988). "국내 일사량 측정 데이터의 정확도 평가 및 보정", 태양에너지, 제8권.

조덕기외(1993). "실측에 의한 제주도 일사량 자원의 평가", 태양에너지, Vol. 13, No. 1.

조덕기외(1993). "국내 직달일사량 자원의 평가 연구", 태양에

너지, Vol. 13, No .1, pp 59~66.

한국태양에너지학회(1991). "태양 에너지 핸드북", 태림문화사, pp 2~45, pp 532~553.

Jungyul Na(1998). "The sea surface winds and heat flux in the east asian marginal seas", Dept. of Earth & Marine Science , 한양대학교.

---

1999년 12월 10일 원고 접수

2000년 5월 12일 수정본 채택