

태양에너지의 효율적 이용에 관한 연구

- 방위각 및 경사각별 일사량 분포도 분석 -

A study on the efficient use of solar energy

-Analysis of the solar radiation distribution by tilts and azimuths -

최영수* · 이승환* · 김진현* · 최종섭* · 김태욱**†

Young Su Choi* · Seung Hwan Lee** · Jin Hyun Kim*** · Jung Seob Choe*** · Tae Wook Kim***†

(Received 08 June 2015; accepted 06 August 2015)

Abstract : This research is carried out to provide fundamental data for the design of solar photovoltaic systems. Methodologically, the solar radiation installations from 10 different pyreheliometers are measured, which are set up at 6 and 4 different levels of tilts and azimuth, respectively. Maximum of a yearly accumulated solar radiation is 1,569.8kWh/m²·year with a tilt angle of 30° and an azimuth angle of 0°(south), 1,558.5 kWh/m²·year with an azimuth angle of 0°(south) in combination of a tilt angle of 35°. This paper estimates that in designing fixed solar photovoltaic systems with a tilt angle of 12.5°~50°(south) and a tilt angle of 35° in combination of an azimuth angle of S45°W~S45°E, a tilt angle and an azimuth angle will cause a maximum 6.8% and 9.9% of efficiency variation respectively, depending on a installed solar module's angle and direction.

Key Words : 일사량(Solar radiation), 일사량계(Pyreheliometer), 경사각(Tilt), 방위각(Azimuth)

***† 김태욱(교신저자) : 경북대학교 정밀기계공학과
E-mail : kimtw@knu.ac.kr, Tel : 054-530-1277.
* 최영수 : 경북대학교 과학기술대학원
** 이승환 : 경북대학교 대학원 정밀기계공학과
*** 김진현 : 경북대학교 정밀기계공학과
*** 최종섭 : 경북대학교 정밀기계공학과

***† Tae Wook Kim(corresponding author) : Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University
E-mail : kimtw@knu.ac.kr, Tel : 054-530-1277.
* Young Su Choi : Graduate School of Science and Technology, Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University
** Seung Hwan Lee : Graduate School, Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University
*** Jin Hyun Kim : Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University
*** Jung Seob Choe : Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University

1. 서 론

신재생에너지는 유가의 불안정과 기후변화 협약의 규제 대응 등으로 그 중요성이 커지게 되었다. 한국에서는 8개 분야의 재생에너지(태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지)와 3개 분야의 신에너지(연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지), 총 11개 분야를 신재생에너지로 지정하고 있다.

11개의 신재생에너지 중에서 태양광 발전은 우리나라에서 가장 활용하기 좋은 신재생에너지라고 할 수 있다. 태양광 발전은 태양에너지만 있으면 전국 어디서나 설치하고 발전할 수 있는 장점을 가졌을 뿐만 아니라 평소에 사용하지 않는 장소에 설치하여 공간 활용도를 극대화 할 수 있는 재생에너지 이다. 예를 들어 건물 옥상 또는 주차장 및 농업시설에서 평소에 쓰지 않는 곳을 활용하여 무리하게 땅을 개간할 필요 없이 손쉽게 설치가 가능하다. 이러한 점에서 태양광 발전은 신재생에너지 중에서 가장 큰 이점을 지니고 있다고 생각되며 태양광 발전의 효율을 높이기 위한 연구가 반드시 필요하다고 생각된다.

태양광발전에서 가장 중요한 요소는 일사량이며, 일사량의 변화에 따라 태양광발전량은 변화한다. 따라서 일사량의 측정을 통해 태양광발전시스템의 발전량을 예측할 수 있을 것이다.

태양광발전은 발전시스템이 설치된 모듈의 방향에 따라 발전량이 달라진다. 일반적으로 태양광발전 시스템은 정남방향으로 설치되고 하절기의 경우 시스템이 설치된 위도에서 15°를 감한 경사각에서 최대효율이 나오며, 동절기의 경우 시스템이 설치된 위도에서 15°를 더한 경사각에서 최대효율이 나오며, 봄, 가을은

시스템이 설치된 위도에 해당하는 경사각에서 최대효율이 나오는 것으로 알려져 있다. 그러나 방위각 및 경사각에 대한 일사량 자료가 부재하여 태양광발전시스템의 발전량을 예측하기 어려울 뿐만 아니라 태양광발전시스템의 효율적 설계가 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 각각 다른 방위각 및 경사각에 일사량계를 설치하여 연중 일사량을 측정함으로써 방위각 및 경사각 방향에 설치된 태양광발전시스템의 발전량을 예측하고, 태양광발전시스템의 효율적 설계의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 일사량 측정

2.1 일사량 측정 방법

일사량 측정을 위해 10개의 일사량계 CMP3(2nd class)를 경북 군위(위도 36.24°, 경도 128.57°)에 설치하였다. 설치한 일사량계 CMP3(2nd class) 10개의 설치 각도는 경사각 50°, 42.5°, 35°, 27.5°, 20°, 12.5° 6개소와 정남 방향을 기준으로 하여 서쪽방향을 -, 동쪽방향을 + 하여 방위각 -22.5°(S22.5°W), -45°(S45°W), +22.5°(S22.5°E), +45°(S45°E) 4개소에 설치하였다.

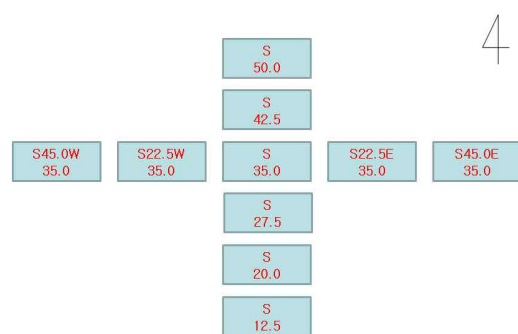


Fig. 1 Pyreheliometer for the azimuth and tilt.

Fig. 1은 설치 방향을 나타내는 것으로 가로 방향이 방위각을 나타내며, 세로 방향은

경사각을 나타낸다. Fig. 2는 설치공간을 줄이기 위해 일사량계를 행렬방향으로 설치된 위치도를 나타낸다. Fig. 3은 주변의 건물이나 장애물로부터 태양광의 간섭을 받지 않도록 지상 2m 높이에 현장 설치된 일사량계를 나타낸다.

S 12.5	S 20.0	S22.5E 35.0	S22.5W 35.0
S 27.5	S 35.0	S45.0E 35.0	S45.0W 35.0
S 42.5	S 50.0		Ⓜ S 35.0

Fig. 2 Installation arrangement for the azimuth and tilt.



Fig. 3 The installed pyreheliometer.

2.2 일사량 측정 시스템.

경북 군위에 설치된 일사량 측정 시스템은 Fig. 4와 같으며 Table 1은 일사량계의 사양이다. 데이터로그(CR800, 4ch)에 채널 확장기(AM16/32B)를 적용하였으며 운용소프트웨어

는 Loggernet을 사용하였다. 일사량계에서 측정된 데이터는 데이터 로그(CR800)에 저장되고 저장된 데이터는 PC를 이용하여 CDM A방식으로 무선송수신하여 데이터를 운용소프트웨어 Loggernet을 통해 경사각 및 방위각별로 10개의 데이터를 5초단위로 샘플링하여 계측 하였다.

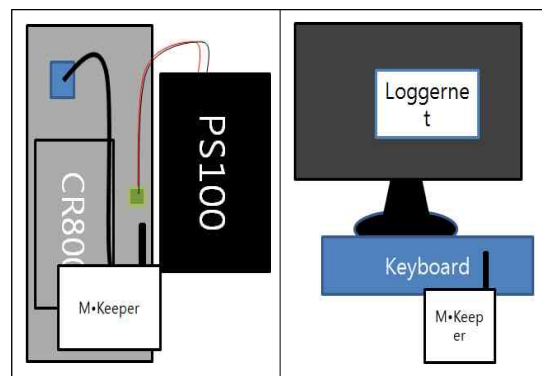


Fig. 4 The solar radiation measurement system.

Table 1. Specifications of solar radiation measurement system.

Description		Specification
Measurement system	Data Recorder	CR800, 4ch
	Data transceiver	CDMA
	Software	Loggernet
Pyreheliometer	ISO 9060:1990 CLASSIFICATION	CMP3(Second class)
	Response time(95 %)	18 s
	Thermal radiation (200 W/m ²)	15 W/m ²
	Non-stability (change/year)	1 %
	Non-linearity (0 to 1000 W/m ²)	1 %
	Directional error (up to 80° with 1000 W/m ² beam)	20 W/m ²
	Temp. dependence of sensitivity	5 %(-10 °C to +40 °C)
	Tilt error (at 1000 W/m ²)	1 %

3. 일사량 데이터 분석

3.1 경사각 및 방위각별 춘하추동 1일 누적 데이터 분석.

일사량 계측시스템에 설치된 10개의 일사량계로부터 1년간의 데이터를 1일 간격으로 누적데이터를 분석하였다. 1년 전체 데이터 양이 방대하여 1일 일사량 데이터는 계절의 대표인 춘분, 하지, 추분, 동지 부근에서 청명한 날 3일을 선택하여 데이터를 분석하였다. 추분 부근은 2013년9월18일, 21일, 27일, 동지 부근은 2013년12월21일~23일, 춘분 부근은 2014년3월17일, 22일, 23일, 하지 부근은 2014년5월29일~31일에서의 평균일사량을 분석하였다.

Fig. 5는 경사각방향 50°, 42.5°, 35°, 27.5°, 20°, 12.5° 6개소를 춘분, 하지, 추분, 동지에 따라 하루 누적 일사량을 나타내고 있다. Fig. 6은 정남방향에서 방위각방향으로 S45°E, S22.5°E, S, S22.5°W, S45°W 5개소의 춘분, 하지, 추분, 동지에 따라 하루 누적 일사량을 나타내고 있다.

일사량 1일 누적량이 가장 높게 나타난 것은 하지이며 경사각 12.5°에서 누적량 7.5kWh/m²·day이고, 가장 낮게 나타난 것은 동지이며 경사각 12.5°에서 1일 누적량이 3.5kWh/m²·day로 나타났다. 계절별로 경사각 또는 방위각에서의 최대 및 최소 일사량 1일 누적량의 상대적 차이는 춘분은 경사각에서 8.6%의 차이를 보였고 방위각에서는 10.0%의 차이를 보였다. 하지는 경사각에서 34.0%의 차이를 보였고, 방위각에서는 5.4%의 차이가 보였다. 추분은 경사각에서 8.15%의 차이를 방위각에서는 12.3%의 차이를 보였고, 동지는 경사각에서 41.7%, 방위각에서는 18.2%의 차이를 보

였다.

1일 최대 누적일사량은 계절별로 방위각은 정남방향에서 가장 높게 나타났고, 경사각은 춘분의 경우 경사각 35°, 하지의 경우 12.5°, 추분의 경우 35°, 동지의 경우 50°에서 나타났으며 그 합은 25.4kWh/m²·day이다, 이것은 정남(0°) 방향 경사각 35°의 계절별 1일 일사량 누적 합(4일) 24.3kWh/m²·day보다 4.5% 높게 나타났다.

3.2 경사각 및 방위각 월별 및 1년 일사량 데이터 분석

Fig. 7과 8은 경사각방향 50°, 42.5°, 35°, 27.5°, 20°, 12.5° 6개소와 방위각방향 S45°E, S22.5°E, S, S22.5°W, S45°W 5개소에서 2013년 8월부터 2014년 7월까지 한 달 간격으로 누적 일사량을 나타낸 것이다.

월별 데이터분석은 Table 2와 같으며 각각 다른 방향으로 설치된 일사량계의 경사각 및 방위각에 대한 상대적 차이를 나타내는 것으로 상대적 차이는 각월의 최댓값에 대한 최솟값의 비율차를 나타낸다. 상대적 차이가 가장 큰 월은 12월이며 경사각 50°에서 117.0kWh/m²·month으로 최대이고 경사각 12.5°에서 85.6kWh/m²·month으로 최소이고 상대적 차이는 36.6%이다. 상대적 차이가 가장 적은 월은 3월이며 경사각 35°에서 136.6kWh/m²·month으로 최대이고 방위각 S45°E에서 122.6kWh/m²·month으로 최소이며 상대적 차이는 11.4%이다.

Fig. 9는 경사각 및 방위각에 대한 1년 동안의 일사량 누적량을 나타내고 있다. 1년 일사량 누적량의 최댓값은 경사각 27.5°에서 1,567.7kWh/m²·year이고, 최솟값은 방위각 S45°E에서 1,417.3kWh/m²·year로 나타나

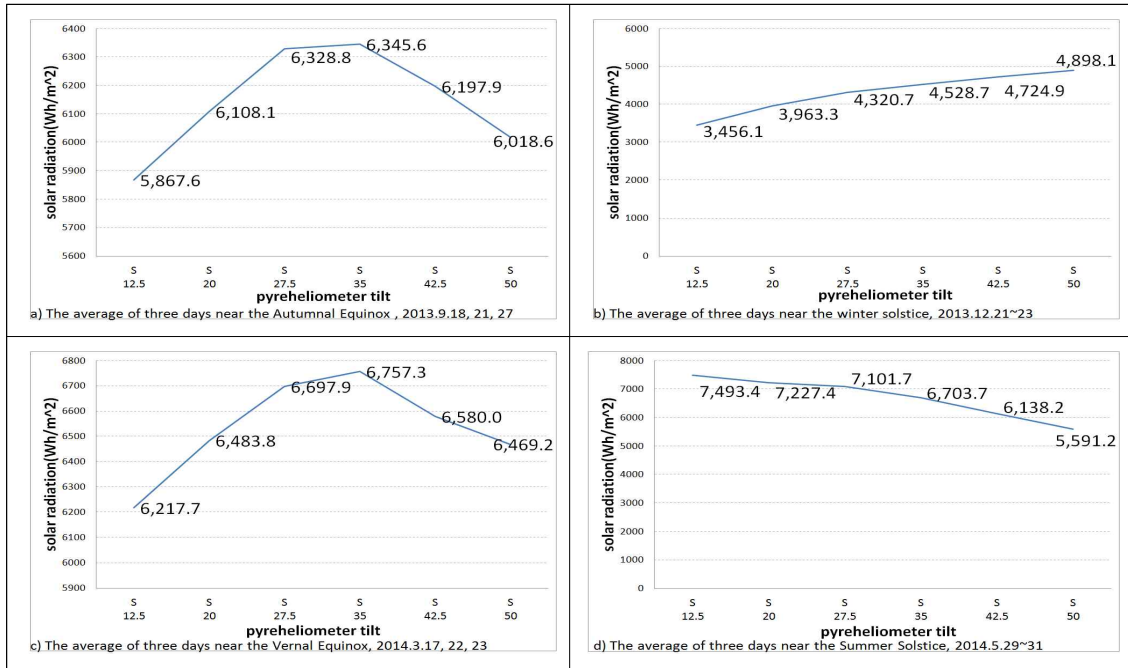


Fig. 5 Solar radiation for a day by season with respect to the tilt.

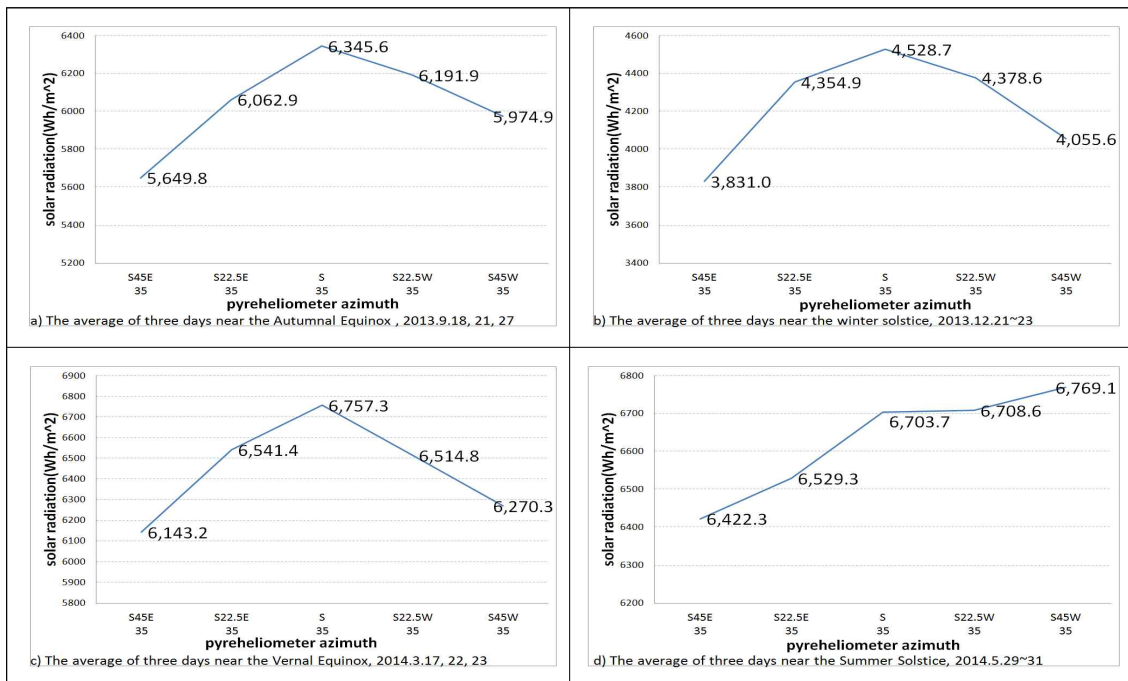


Fig. 6 Solar radiation for a day by season with respect to the azimuth.

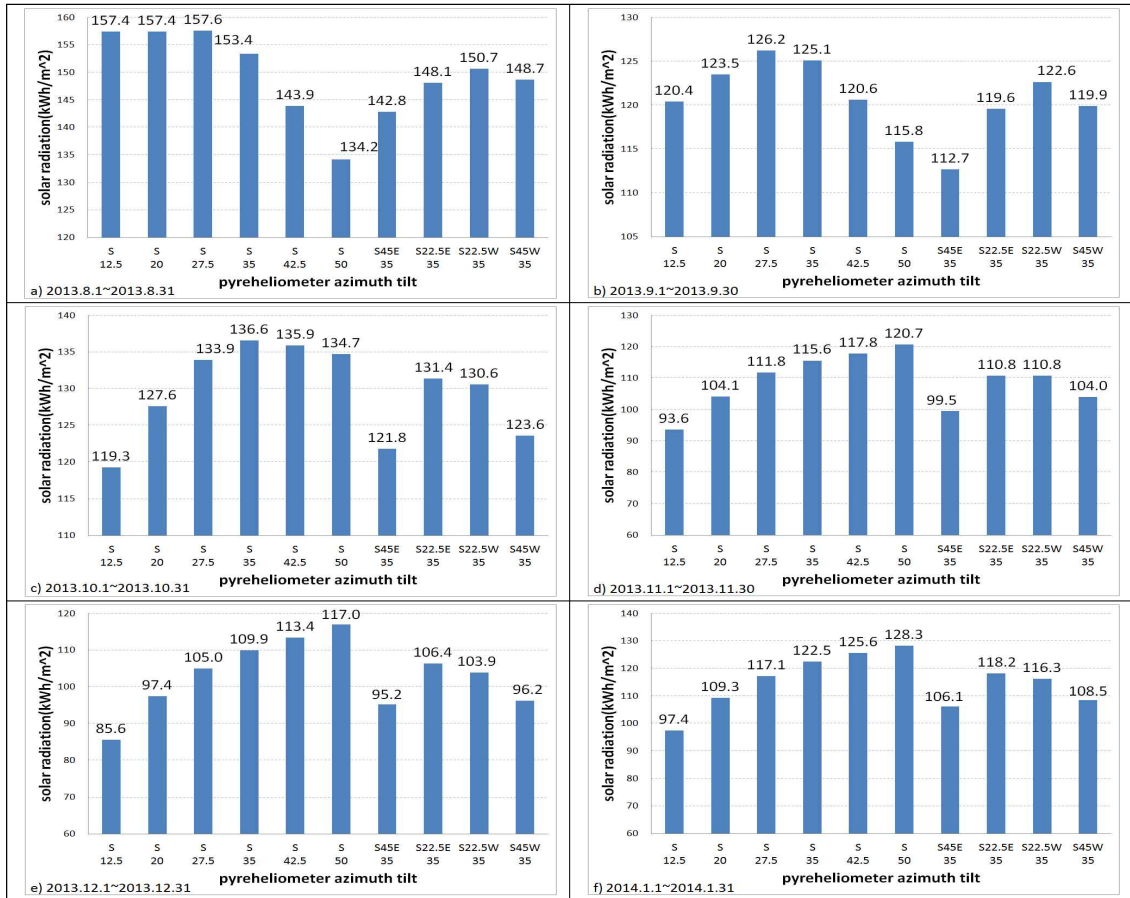


Fig. 7 Accumulated solar radiation for a month(2013.8.1~2014.1.31).

1년 동안 일사량 누적량의 최대 및 최소값의 상대적 차이는 10.6%로 나타났다. 일사량 누적량에서 방위각 방향을 제외한 정남방향에 대한 경사각에 대한 1년 동안의 일사량 누적량 최댓값은 경사각 27.5°에서 1,567.7kWh/m²·year이고, 최솟값은 경사각 50°에서 1,469.6kWh/m²·year로 나타나 경사각방향(정남)에 대한 1년 동안의 일사량 누적량의 최대 및 최소값의 상대적 차이는 6.6%로 나타났다.

Table 2. Solar radiation analysis for a month(2013.8.1~2014.7.31)
kWh/m²·month

Month	Max	Min	RP
Aug.	157.7(27.5°)	134.2(50°)	17.5%
Sept.	126.2(27.5°)	112.7(S45°E)	11.9%
Oct.	136.6(35°)	119.3(12.5°)	14.5%
Nov.	120.7(50°)	93.6(12.5°)	28.9%
Dec.	117.0(50°)	85.6(12.5°)	36.6%
Jan.	128.3(50°)	97.4(12.5°)	31.7%
Feb.	90.4(35°)	80.0(12.5°)	13%
Mar.	136.6(35°)	122.6(S45°E)	11.4%
Apr.	147.9(27.5)	131.6(50°)	12.3%
May.	192.1(12.5)	154.5(50°)	24.3%
Jun.	126.3(12.5)	100.3(50°)	25.9%
Jul.	138.1(12.5°)	111.2(50°)	24.1%

RP : Relative Proportion

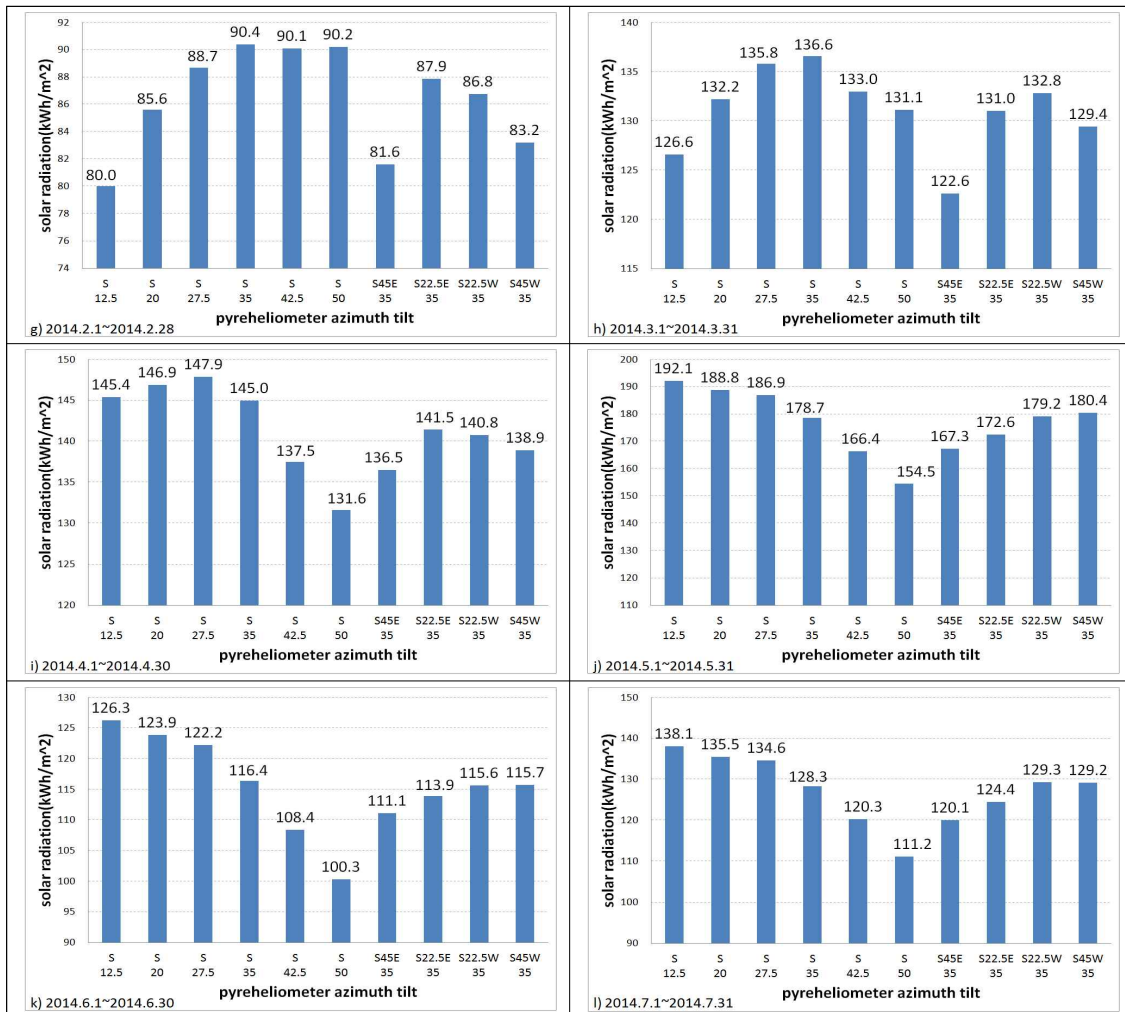


Fig. 8 Accumulated solar radiation for a month(2013.2.1~2014.7.31).

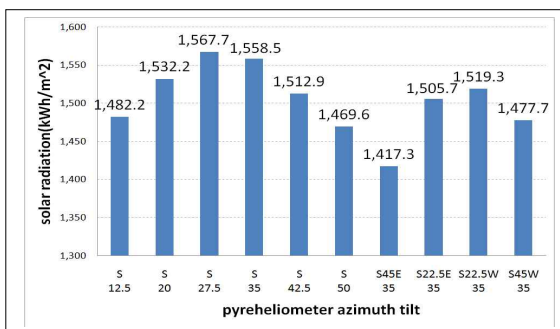


Fig. 9 Accumulated solar radiation for a year(2013.8.1.~2014.7.31).

3.3 보간에 의한 방위각 및 경사각 변화에 따른 일사량

보간법이란 불연속적으로 주어진 데이터 점들을 이용하여 그 점들 사이의 값을 추정하는 방법으로서, 주어진 데이터 값이 매우 정밀한 경우에 적용하는 방법이다. 이 과제에서는 보간법중 하나인 newton 보간법을 사용하였다.

Newton 보간법은 미정 계수법의 단점인

긴 계산 과정과 오차를 줄이기 위하여 고안된 다항식에 의한 보간법으로 보간 식은 식(1)과 같다.

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n f[x_0, x_1, \dots, x_i] \prod_{j=0}^{i-1} (x - x_j) \quad (1)$$

$P_n(x)$: 일사량보간값
 n : 일사량실측데이터수
 x_i : 방위각혹은경사각
 x : 보간대상 방위각혹은경사각

n 은 일사량 실측데이터 개수이고 x 는 보간

하고자 하는 경사각 및 방위각을 나타내고 $P_n(x)$ 는 경사각 및 방위각에서의 보간 된 일사량을 나타낸다.

이 수식을 이용하여 MATLAB으로 코드를 작성하여 수치해석 하였다.

월별 1년간 누적 일사량을 경사각 12.5°에서 50.0°까지 구간 2.5°로 하여 뉴턴 보간법으로 수치해석 하였으며 경사각별 수치해석 결과는 Table 3과 같다. 누적 일사량이 최대인 월의 12개월 누적일사량이 1,618.5kWh/m²·year(Table 5)이다. 경사각에서는 30°에서 누적

Table 3. Solar radiation for a month with respect to the tilt(2013.8.1~2014.7.31).

Tilt Mon.	Unit : kWh/m ² · month															
	12.5°	15°	17.5°	20°	22.5°	25°	27.5°	30°	32.5°	35°	37.5°	40°	42.5°	45°	47.5°	50°
Aug.	157.4	157.0	157.1	157.4	157.7	157.9	157.6	156.8	155.4	153.4	150.7	147.5	143.9	140.2	136.9	134.2
Sept.	120.4	121.1	122.3	123.5	124.7	125.6	126.2	126.3	125.9	125.1	123.9	122.4	120.6	118.8	117.2	115.8
Oct.	119.3	122.1	124.9	127.6	130.0	132.2	133.9	135.2	136.1	136.6	136.6	136.4	135.9	135.4	134.9	134.7
Nov.	93.6	97.1	100.7	104.1	107.1	109.7	111.8	113.4	114.7	115.6	116.4	117.1	117.8	118.6	119.6	120.7
Dec.	85.6	90.1	94.0	97.4	100.3	102.8	105.0	106.9	108.5	109.9	111.1	112.2	113.4	114.5	115.7	117.0
Jan.	97.4	102.1	106.0	109.3	112.2	114.8	117.1	119.1	120.9	122.5	123.7	124.8	125.6	126.4	127.2	128.3
Feb.	80.0	82.4	84.2	85.6	86.8	87.8	88.7	89.5	90.1	90.4	90.5	90.4	90.1	89.7	89.7	90.2
Mar.	126.6	128.9	130.7	132.2	133.6	134.8	135.8	136.5	136.8	136.6	135.8	134.5	133.0	131.5	130.6	131.1
Apr.	145.4	145.8	146.3	146.9	147.4	147.8	147.9	147.5	146.6	145.0	142.9	140.3	137.5	134.7	132.5	131.6
May.	192.1	189.7	188.9	188.8	188.7	188.1	186.9	184.9	182.1	178.7	174.8	170.6	166.4	162.2	158.3	154.5
Jun.	126.3	124.7	124.1	123.9	123.7	123.2	122.2	120.7	118.7	116.4	113.8	111.1	108.4	105.7	103.0	100.3
Jul.	138.1	135.8	135.3	135.5	135.7	135.5	134.6	133.0	130.9	128.3	125.6	122.9	120.3	117.6	114.8	111.2
Sum	1,482.2	1,496.8	1,514.5	1,532.2	1,547.9	1,560.2	1,567.7	1,569.8	1,566.7	1,558.5	1,545.8	1,530.2	1,512.9	1,495.3	1,480.4	1,469.6
RP(%)	9.19	8.12	6.86	5.62	4.55	3.73	3.24	3.09	3.30	3.85	4.69	5.76	6.98	8.22	9.33	10.12

RP : Relative Proportion

Table 4. Solar radiation for a month with respect to the azimuth(2013.8.1~2014.7.31).

Azi Mon.	Unit : kWh/m ² · month																		
	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°	105°	110°	115°	120°	125°	130°	135°
Aug.	148.7	148.0	148.2	149.0	150.1	151.2	152.3	153.0	153.4	153.4	152.9	151.9	150.6	148.9	147.1	145.4	143.9	142.9	142.8
Sept.	119.9	119.6	120.0	120.9	122.0	123.1	124.1	124.9	125.2	125.1	124.6	123.6	122.2	120.5	118.6	116.6	114.8	113.5	112.7
Oct.	123.6	124.1	125.4	127.3	129.5	131.6	133.5	135.1	136.1	136.6	136.4	135.6	134.2	132.4	130.2	127.8	125.4	123.3	121.8
Nov.	104.0	104.8	106.2	107.9	109.8	111.6	113.2	114.4	115.3	115.6	115.5	114.7	113.5	111.8	109.7	107.2	104.6	102.0	99.5
Dec.	96.2	97.3	98.9	100.8	102.9	104.8	106.6	108.1	109.2	109.9	110.0	109.6	108.6	107.2	105.3	103.1	100.6	97.9	95.2
Jan.	108.5	109.5	111.0	113.0	115.1	117.2	119.2	120.7	121.8	122.5	122.5	121.9	120.8	119.1	117.0	114.5	111.7	108.8	106.1
Feb.	83.2	83.3	83.9	84.9	86.1	87.3	88.4	89.4	90.0	90.4	90.4	90.1	89.4	88.4	87.2	85.8	84.3	82.9	81.6
Mar.	129.4	129.0	129.6	130.7	132.1	133.5	134.8	135.8	136.4	136.6	136.2	135.2	133.8	132.0	129.9	127.7	125.6	123.8	122.6
Apr.	138.9	138.0	138.0	138.8	140.0	141.4	142.7	143.9	144.7	145.0	144.9	144.4	143.4	142.2	140.7	139.1	137.7	136.7	136.5
May.	180.4	179.3	178.8	178.8	179.0	179.3	179.5	179.5	179.3	178.7	177.8	176.6	175.1	173.4	171.6	170.0	168.6	167.6	167.3
Jun.	115.7	115.1	115.0	115.1	115.4	115.8	116.1	116.4	116.5	116.4	116.1	115.7	115.0	114.2	113.4	112.6	111.8	111.3	111.1
Jul.	129.2	129.0	129.0	129.1	129.2	129.3	129.2	129.1	128.8	128.3	127.7	126.9	126.0	124.9	123.8	122.7	121.7	120.8	120.1
Sum	1,477.7	1,477	1,484	1,493.3	1,511.2	1,526.1	1,539.6	1,550.3	1,556.7	1,558.5	1,555	1,546.2	1,532.6	1,515	1,494.5	1,472.5	1,450.7	1,431.5	1,417.3
RP(%)	5.66	5.72	5.21	4.35	3.33	2.31	1.40	0.71	0.29	0.19	0.42	0.98	1.87	3.06	4.48	6.04	7.63	9.08	10.16

RP : Relative Proportion

일사량 $1,569.8\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 으로 가장 높고 각 월 최대누적일사량들의 합들과 상대적 차이는 3.1%으로 상대적 차이가 가장 적게 나타났다. 경사각 50° 에서 $1,469.6\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 로 최소이고 상대적 차이는 10.1%로 가장 높았다. Table 4는 월별 1년간 누적 일사량을 방위각 $S45^\circ W$ 에서 $S45^\circ E$ 까지 구간 5° 로 하여 뉴턴 보간법으로 수치해석 한 것이다. 누적 일사량이 최대인 월의 12개월 누적일사량이 $1,561.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ (Table 5)로 나타났다. 보간법으로 수치해석 한 결과 방위각에서는 0° (정남)에서 $1,558.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 로 가장 높고, 각 월 최대 누적일사량들의 합들과 상대적 차이는 0.19%로 가장 낮고, 방위각 $S45^\circ E$ 에서 $1,417.3\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 으로 최소이며 상대적 차이는 10.17%로 가장 높다.

Table 5. Maximum solar radiation(2013.8.1~2014.7.31).

Month	Angle	unit : kWh/m ² · month		
		Tilt		Azimuth
Aug.		25°	157.9	85° 153.4
Sept.		30°	126.3	85° 125.2
Oct.		37.5°	136.6	90° 136.6
Nov.		50°	120.7	90° 115.6
Dec.		50°	117.0	95° 110.0
Jan.		50°	128.3	95° 122.5
Feb.		37.5°	90.5	95° 90.4
Mar.		32.5°	136.8	90° 136.6
Apr.		27.5°	147.9	90° 145.0
May.		12.5°	192.1	45° 180.4
Jun.		12.5°	126.3	85° 116.5
Jul.		12.5°	138.1	70° 129.3
Sum(Max.)			1,618.5	1,561.5

일사량 누적 데이터를 적용하여 태양광 효율이 15%라 가정하고 태양광 발전량을 예측하면, 정남방향에 경사각에 대한 최대발전량은 경사각 30° 에서 $235.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 이고, 최소발전량은 경사각 50° 에서 $220.4\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 이다. 경사각 35° 에 방위각에 대한 최대

발전량은 방위각 0° (정남)에서 $233.8\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 이고, 최소발전량은 경사각 $S45^\circ E$ 에서 $212.6\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 로 나타났다. 따라서 정남방향 경사각 $12.5^\circ\sim 50^\circ$ 와 경사각 35° 에 방위각 $S45^\circ W\sim S45^\circ E$ 에 설치된 태양광발전 시스템의 발전량의 상대적 차이가 가장 큰 값은 10.8%로 예측되었다.

4. 결 론

정남방향 경사각 $12.5^\circ\sim 50^\circ$ 와 경사각 35° 에 방위각 $S45^\circ W\sim S45^\circ E$ 에 설치된 일사량 시스템에서 경사각에 대한 계절별 1일 누적 일사량 차이가 가장 큰 시기는 동지이며 최대는 $4.89\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 이고, 최소는 $3.45\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 로 41.7% 차이를 보였고, 방위각에 대한 계절별 1일 누적일사량 차이가 가장 큰 시기는 동지로 최대는 $4.53\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 이고, 최소는 $3.83\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 로 18.2% 차이를 보였다.

수치해석을 통한 1년 누적 일사량은 경사각의 경우 정남방향 30° 에서 $1,569.8\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 로 최대이며, 경사각 35° 에서 방위각의 경우 90° (정남)에서 $1,558.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 로 최대로 나타났다.

고정식 태양광발전시스템 설계 시 정남방향 경사각 $12.5^\circ\sim 50^\circ$, 경사각 35° 에 방위각 $S45^\circ W\sim S45^\circ E$ 로 설계할 경우 태양광모듈의 설치방향 및 각도에 따라 경사각에서 효율이 최대 6.8%, 방위각에서 9.9%차이가 날 것으로 예측된다.

각 월마다 최대 누적 일사량을 기초로 하여 각월마다 태양광발전시스템의 모듈방향을 경사각으로 변경하면 월별 최대누적일사량 합은 $1,618.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 이고 정남방향 경사각 30° 와의 상대적 차이는 3.1%이다. 경사각 35° 에 방위각 방향으로 변경하면 월별 최대누적

일사량 합은 $1,561.5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{year}$ 이고 방위각 0° (정남)와의 상대적 차이는 0.19%이다.

이 자료들을 바탕으로 태양광발전시스템 설계 시 설치 규모나 장소에 따라 태양광모듈의 설치각도 및 방향을 적절하게 선택하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 농림축산식품부(농림수산식품기술기획평가원)의 첨단생산기술개발사업의 지원에 의해 수행되었음.

이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

Reference

1. Lee, S. H., Economic Evaluation Method for Photovoltaic System Development using Insolation Data Analysis. Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers. Vol. 25, No. 10, pp.38~46, 2011.
2. Choi Y. K., A Study on the Influence to Solar Radiation by Changing the Azimuth and Tilt of a Photovoltaic Array. The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. Vol. 62, No. 5, pp.712~716, 2013.
3. Jo, Dok-Ki et al, An Evaluation Study of Domestic Direct(Beam) Nomal Solar Radiation Data, Vol. 13, No. 1, pp.59-66, 1993.
4. Yoo, Ho-Chun et al, Comparative analysis of the global solar horizontal irradiation in typical meteorological data, Vol. 29, No. 6, 2009.
5. Jo, Dok-Ki et al, Horizontal Global Radiation and Cloud Cover for the Installation of Solar Photovoltaic System in Korea, Vol. 30, No. 3, 2010.
6. Chou Young-Kwan et al, A Study on Changes to the Azimuth Angle and Tilt of a Photovoltaic Array and its Influence on Solar Radiation, Vol. 62, No. 5, pp.712~716, 2013.
7. Yoo, Ho-Chun et al, The analysis of amount of solar irradiation of vertical and horizontal surface per azimuth, Vol. 31, No.2, 2011.
8. Lee Sunh-Hun et al, Economic Evaluation Method for Photovoltaic System Development using Insolation Data Analysis, Vol. 25, No10, pp.38~46, 2011
9. Yoon, Kap-chun et al, Comparative Analysis of Measurements and Total Solar Irradiance Models on Inclined Surface for Building Solar Energy Prediction, Vol. 32, No. 6, 2012.
10. Tae-Ho Kim et al, Study on Prediction of Solar Insolation and Heating Load, Vol. 37, No. 12, pp.1105~1112, 2013
11. Jung-Min Kim et al, Study of the effect of vertical and azimuth angles of solar collector on the solar radiation for various locations in Korea, pp.307-312, 2006.