[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 36, No. 2, 2016
ISSN 1598-6411
http://dx.doi.org/10.7836/kses.2016.36.2.019

지역 구분을 통한 약식 BIPV 발전량 예측 모델 개발

The Simplified Pre-Estimation Model Development of a BIPV Generation Rate by the District Division

최원기* · 오민석**† · 신우철***
Choi Won-Ki*, Oh Min-Seok**† and Shin Woo-Chul***

(Received 25 January 2016; Accepted 27 April 2016)

Abstract : Whilst there are growing interests in pursuing energy efficiency and zero-energy buildings in built environment, it is widely recognised that Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) is one of the most promising and required technologies to achieve these goals in recent years. Although BIPV is a broadly utilized technique in variety of fields in built environments, it is required that generation of BIVP should be analysed and calculated by external specialists. The aim of this research is to focus on developing a new diagram for prediction of the pre-estimation model in early design stage to harness solar radiation data, PV types, slopes, azimuth and so forth. The results of this study show as follows: 1) We analysed 162 districts in a national level and the examined areas were categorised into five zones. The standard deviation of the results was 2.9 per cent; 2) The increased value of solar radiation on a vertical plane in five categorised zones was 42kWh/m3, and the result was similar to the average value of 43.8kWh/m3; and 3) The pre-estimation of diagram was developed based on the categorisation of zones and azimuth as well as the results of the developed diagram showed little difference compared to the previously utilised method. The suggested diagram in this paper will contribute to estimate BIPV without any external contribution to calculate the value. Even though the result of this study shows little difference, it is required to investigate a number of different variables such as BIPV types, modules, slope angle and so forth in order to develop an integrated pre-estimation diagram.

Key Words : 건물 일체형 태양광발전 시스템(BIPV), 약식 예측 모델(Simplified pre-estimamation model), 발전량 분석 (Generation quantity analysis)

† 오민석(교신저자) : 단국대학교 건축공학과
E-mail : oh-ms@hanmail.net, Tel : 031-8005-3749
*최원기 : BEL Technology 친환경외피공학연구소
***신우철 : 대전 대학교 건축공학과

† Oh, Min-Seok (corresponding author) : Dept. of Architectural Engineering, Dankook University.
E-mail : oh-ms@hanmail.net, Tel : 031-8005-3749
*Choi, Won-Ki : Eco-Facade Engineering Lab., BEL Technology
***Shin, Woo-Cheul : Dept. of Architecture Engineering, Daejeon University, South Korea

1. 서 론

건물일체형 태양광 발전시스템은 전기 생산뿐만 아니라 건물의 외장재를 대체할 수 있는 장점이 있다. 그리고 기존의 입면에 덧붙인 방식의 PV 시스템이 갖는 외장적 한계를 극복할 수 있는 장점이 있다. 그러나, BIPV 시스템의 건물 도입에 있어 중요한 역할을 하는 건축가들은 건축물의 계획 초기단계에서 모듈의 종류, 설치 유형 및 설치 조건 등이 반영한 발전량 예측에 어려움을 겪고 있다. 이를 위해 PVsyst 등 전문 프로그램을 학습해 활용하거나 전문가의 도움을 얻어 발전량을 예측은 해야 한다. 이러한 이유로 BIPV 시스템 도입을 주거하거나 배제시키는 경향이 있다. 이에 본 연구에서는 계획단계에서 지역, 모듈의 종류, 설치 경사 및 방위각, 설치 유형 등에 따른 예상 발전량을 손쉽게 계산할 수 있는 약식 예측 기법 개발을 위한 기초 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법 및 범위

본 논문은 지역구분을 통한 예측 기법의 타당성 검증에 초점을 둔 것으로 BIPV 유형은 단결정 모듈 타입만을 대상으로 하여 약식 예측 기법의 가능성을 검증하는데 초점을 두었다. 또한 파사드의 경우 수직 외벽에 주로 설치되므로 경사각도는 90°로 고정하였다.

먼저 지역 구분을 위해 연간 수직면 전일사량이 최소·최대 지역을 찾아 그 차이를 5등분하여 구역을 분류하였다. 분류된 구역 전체를 대상으로 평균값을 찾고, 각 구역의 최소 및 최대 일사량 지역과 평균값에 근사한 지역을 선택하여 평균값을 찾아 오차 분석을 수행하였다.

다음으로 발전량 분석을 위해 선행연구를 통해 개발한 BIPV-Pro를 이용해 대상지역의 발전량을 분석하였다. 구역별 분석한 발전량의 평균값과 각 구역의 평균값에 근사한 지역의 발전량을 비교 분석해 대표성 여부를 평가하였다. 각 구역별 수직면, 방위각 0°에 대한 상대적인 발전량 비율을 도출하였고, 기준 발전량을 제시하였다.

이상과 같은 방법론을 통해 도출된 약식 예측 기법의 을을 검증을 위해 각 구역에서 인지도 높은 지역을 선정하여 발전량 비교·분석을 수행하여 분석 방법론의 타당성 검증을 수행하였다. 이러한 전체적인 연구 프로세스를 정리한 것이 Fig. 1이다.

본 논문은 전체 BIPV를 대표하지는 않지만, 계획 단계에서 손쉽게 활용할 수 있는 다이어그램을 이용한 접근법의 타당성 검증에 중점을 둔 것이라 할 수 있다.

3. 발전량 분석 방법론

선행연구를 통해 발전량 분석 방법론에 대한 충분한 검토를 수행하였으며, 본 논문에서는 이를 생략하여 기술하도록 한다.

3.1 지역구분을 통한 구역 설정

BIPV의 경우 일반적으로 수직 외벽에 설치가 되고 방위각이 0°에서 가장 높은 발전량을 나타내는 것으로 분석되고 있어, 이 조건에서 국내 162개 지역의 연간 수직면 전일사량을 비교 분석하였다.

분석결과 이 값이 가장 낮은 지역은 충남 서산으로 860.88 kWh/㎡이고, 가장 높은 지역은 경북 청송군으로 1079.9 kWh/㎡으로 나타났다. 따라서 이 값에 기초하여 각 일사량 조건을 설정하였으며, 5 구역으로 지역을 구분하였으며 Table 1과 같다.

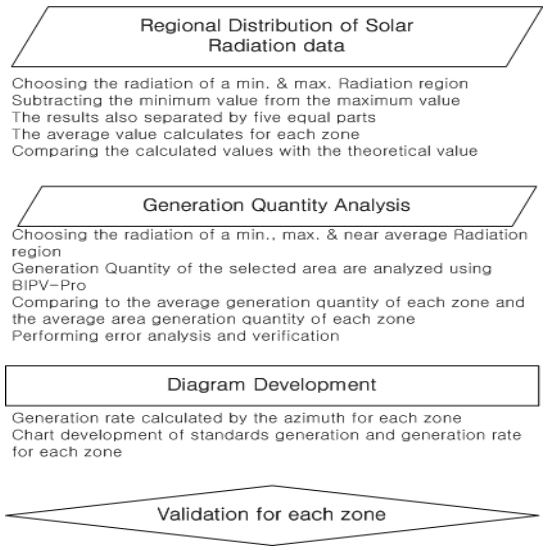

Fig. 1 Diagram Development Process

Table 1 Regional distribution of solar radiation data

Zone	Average Radiation [kW/㎡]	Min./ Average [%]	Max./ Average [%]	No. of region
1	886.38	97.1	102.0	31
2	929.44	97.5	102.0	21
3	972.90	97.6	101.9	35
4	1009.17	98.5	102.5	70
5	1055.80	98.5	102.3	5

Table 1에서 알 수 있듯이 상하한 편차는 최대 2.9 %로 나타나고 있다. 그리고 구역별 평균 약 42 kWh/㎡의 차이를 나타내므로 일사량이 최대지역과 최소지역의 차를 5등분한 약 43.8 kWh/㎡과 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 끝으로 각 구역별 해당 지역은 Table. 2와 같다.

3.2 발전량 분석 및 방법론

발전량 분석은 선행 연구를 통해 개발한 BIPV-Pro를 이용하여 수행되었으며, 기존의 PVsyst와 비교 분석 결과 RMSE(Root Mean Square Error)는 0.0303으로 나타나고 있어 예측 프로그램으로 매우 적합함이 검증되었다2). 발전량 분석을 위한 대상 지역은 각 구역별 Table 1의 평균값에 가장 근사한 이 지역과 구역별 최소, 최대 일사량을 갖는 지역을 대상으로 선정하였으며, Table 2의 굵은 글씨체인 지역으로, 각각 수원시, 음성군, 금산군, 강릉시 및 태백시이다.

이들 지역을 대상으로 경사각도 90°, 발전용량 3 kWp, 발전효율 10, 20 %에 대하여 분석을 수행한 결과가 Table 3이다. 분석결과 지역별로 수직면 전일사량 분포와 유사한 패턴을 나타내고 있어 상관관계 도출이 가능한 것으로 판단되었다.

먼저 Table 4는 Table 3의 각 구역별 발전을 평균한 값이다.이들 평균값 또한 구역이 변화함에 따라 거의 비례적으로 증가함을 알 수 있다.

Table 5에서 알 수 있듯이 각 구역의 평균값 대비 최대 오차는 동두천 지역의 방위각도 90°인 조건에서 나타나고 있으며, 발전량 오차는 최대 4.7 %만을 나타나고 있다.

방위각에 따른 발전량 분포를 나타낸 것이다. 방위각 90°인 경우를 제외하고 전 방위각에 대하여 매우 비례적인 분포를 나타내고 있어 충분한 설계 지표로 활용 가능함을 알 수 있다. Fig. 2와 3은 효율에 따른 구역별 발전량을 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 효율이 달라져도 전체적인 패턴을 동일한 것을 알 수 있다. 이는 발전효율에 대한 변수를 단순화시켜도 전체적인 발전량 예측은 비례식을 적용해 계산할 수 있음을 의미 하는 것이다.

Fig. 4부터 Fig. 8은 각 구역별 효율 10 % 모듈을 적용한 경우의 발전량 분포를 나타낸 것이다. 각 구역별로 평균값과 평균값 근사지역의 경우에는 매우 높은 일치도를 나타내고 있으며, 방위각이 증가할수록 그 차이는 매우 미미하게 나타나는 것을 알 수 있다.

Table 2 A min., max. & near average radiation of 162 region

1 Zone		2 Zone		3 Zone		4 Zone		4 Zone	
Region	Radiation (kWh/㎡)	Region	Radiation (kWh/㎡)	Region	Radiation (kWh/㎡)	Region	Radiation (kWh/㎡)	Region	Radiation (kWh/㎡)
Seosan	**860.88**	**Dongduchon**	**906.23**	**Cheongju**	**949.5**	**Ulsan**	**993.8**	Hadong-gun	1008.4
Taean-gun	867.3	Cheonan	906.5	Yeoncheon-gun	950.6	Mungyeong	993.8	**Gangneung**	**1008.8**
Gwangmyeong	873.68	Asan	908.07	Buyeo-gun	951.8	Cheongdo-gun	994.3	Pohang	1009.6
Siheung	875.89	Yangju	910.08	Gyeryong	952.4	Yeongwol-gun	994.4	Jeongeup	1009.6
Seoul	876.72	Jincheon-gun	911.01	Wanju-gun	952.5	Changwon	994.9	Naju	1009.8
Yongin	877	Hongseong-gun	918.8	Wonju	955.3	Seogwipo	995.2	Bonghwa-gun	1010.1
hwasung	877.06	Seocheon-gun	922.7	Hongcheon-gun	955.4	Tongyeong	995.4	Sacheon	1010.4
uiwang	879.73	Yesan-gun	925.1	Cheongju-gun	958.1	jeonju	996.7	Yecheon-gun	1010.7
Ginpo	880.38	**Eumseong**-gun	**930.2**	Gimje	959.1	Gunwi-gun	997.3	Sancheong-gun	1010.9
Gunpo	883.63	Yeojoo-gun	930.7	Jeju	959.4	Chilgok-gun	997.4	Jeongseon-gun	1011.7
Gwangju	883.68	Gapyeong-gun	933	Goesan-gun	962.9	Jindo-gun	997.4	Yangyang-gun	1012.4
Seongnam	883.91	Boryeong	934.1	Hoengseong-gun	967	Sangju	997.6	Jangseong-gun	1012.7
Gwacheon	884.57	Sejong	936.6	Jeonju	967.5	Gyeongju	998.4	Inje-gun	1013
Ansan	885.83	Jeungpyeong-gun	937.3	Hwacheon-gun	968.7	Muju-gun	998.7	Yeongcheon	1013.2
Suwon	**885.87**	Gongju	940.4	Chungju	970.7	Jangsu-gun	999	Yeongam-gun	1013.4
Anseong	887.01	Nonsan	940.5	**Geumsan-gun**	**973.7**	Damyang-gun	1000.5	Namwon	1014
Osan	887.39	Gunsan	942.3	Busan	974.3	Hamyang-gun	1001.3	Samcheok	1014.4
Paju	887.82	Chuncheon	944.58	Chorwon-gun	974.4	Uljin-gun	1001.4	Gwangju city	1014.7
Namyangju	888.19	Iksan	945	Ginhae	979.8	Shinan-gun	1002.1	Hapcheon-gun	1015.9
Guri	888.82	Cheongyang-gun	946.9	Uiryeong-gun	981.4	Goseong	1002.2	Goryeong-gun	1018.7
Anyang	889.05	**Jecheon**	**948.2**	Jinan-gun	981.9	Mokpo	1002.2	Yanggu-gun	1019.2
Dangjin-gun	892.69			Yangsan	981.9	Daegu	1002.4	Yeongju	1019.8
Goyang	893.26			Buan-gun	981.9	Yeonggwang-gun	1003	Wando-gun	1019.9
Inchon	893.86			Okcheon-gun	982.5	Gokseong-gun	1003.8	Hwasun-gun	1020
Uijeongbu	895.1			Gyeongsan	982.7	Imsil-gun	1004.1	Sunchang-gun	1020.6
Icheon	895.49			Ulleung	983.6	Jangheung-gun	1004.2	Haenam-gun	1021.1
Bucheon	895.63			Daejeon	984.6	Gangjin-gun	1005.4	Yeosu	1021.6
Pocheon	896.99			Gurye-gun	985.7	Hanpyeong-gun	1005.5	Geochang-gun	1023.4
Hanam	902.58	5 Zone		Miryang	987	Boseong-gun	1005.6	Gochang-gun	1025.8
Pyeongtaek	903.55	Region	Radiation (kWh/㎡)	Pyeongchang-gun	987.2	Boeun-gun	1006.1	Suncheon	1026.4
Yangpyung-gun	**904.07**	**Uiseong**-gun	**1039.7**	Haman-gun	988.1	Danyang-gun	1006.3	Gwangyang	1028
		Yeongyang-gun	1041.8	Geoje	988.6	Donghae	1006.8	Goseong-gun(Gangwon)	1028.5
		Taebaek	**1053.8**	Yeongdong-gun	989.7	Gumi	1006.9	Goheung-gun	1029.7
		Andong	1063.8	Changyeong-gun	990.6	Sokcho	1007.4	Yeongdeok-gun	1032.3
		Cheongsong-gun	**1079.9**	**Gimcheon**	**991.7**	Seongju-gun	1007.5	**Namhae**-gun	**1034.2**

Table 3 Selecting the region of a min., max. & near average radiation (3 kWp)

Zone	Region	Radiation (kWh/㎡)	Azimuth(°)													
			90°		60°		30°		0°		−30°		−60°		−90°	
			BIPV Module efficiency(%)													
			10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
			Power Generation(kWh/㎡)													
1	Seosan	860.9	1716	1810	2004	2114	2181	2300	2233	2354	2195	2314	2028	2138	1744	1839
	Suwon	885.9	1708	1802	2036	2147	2250	2371	2322	2447	2260	2381	2056	2167	1742	1837
	Yangpyung-gun	904.1	1743	1838	2082	2195	2305	2429	2378	2505	2318	2442	2104	2217	1777	1873
2	Dongduchon	906.2	1716	1810	2059	2170	2294	2418	2385	2512	2322	2446	2103	2216	1774	1871
	Eumseong-gun	930.2	1811	1910	2156	2273	2374	2502	2439	2570	2367	2494	2150	2266	1819	1918
	Jecheon	948.2	1874	1976	2230	2350	2445	2576	2490	2624	2406	2535	2179	2297	1841	1941
3	Cheongju	949.5	1904	2008	2268	2389	2474	2606	2506	2640	2406	2535	2175	2292	1836	1935
	Geumsan-gun	973.7	1940	2045	2305	2429	2521	2655	2574	2711	2513	2647	2296	2419	1945	2050
	Gimcheon	991.7	1918	2023	2303	2427	2551	2688	2618	2757	2534	2670	2283	2406	1910	2014
4	Ulsan	993.8	1894	1998	2280	2403	2543	2679	2634	2774	2560	2696	2311	2434	1932	2036
	Gangneung	1008.8	1882	1984	2298	2421	2589	2727	2691	2833	2611	2749	2337	2461	1933	2037
	Namhae-gun	1034.2	1983	2091	2388	2517	2651	2793	2738	2884	2666	2807	2409	2538	2017	2126
5	Uiseong-gun	1039.7	2008	2117	2438	2568	2717	2860	2791	2938	2692	2833	2409	2536	1991	2098
	Taebaek	1053.8	1989	2096	2448	2577	2758	2901	2859	3007	2748	2891	2443	2571	2004	2111
	Cheongsong-gun	1079.9	2032	2141	2498	2631	2817	2964	2917	3069	2820	2967	2518	2651	2073	2184

Table 4 Comparing to the average generation quantity of each zone (3 kWp)

a) BIPV Module efficiency 10%

Zone \ Azimuth	90°	60°	30°	0°	−30°	−60°	−90°
1	1722.3	2040.7	2245.3	2311.0	2257.7	2062.7	1754.3
2	1800.3	2148.3	2371.0	2438.0	2365.0	2144.0	1811.3
3	1920.7	2292.0	2515.3	2566.0	2484.3	2251.3	1897.0
4	1919.7	2322.0	2594.3	2687.7	2612.3	2352.3	1960.7
5	2009.7	2461.3	2764.0	2855.7	2753.3	2456.7	2022.7

b) BIPV Module efficiency 20%

Zone \ Azimuth	90°	60°	30°	0°	−30°	−60°	−90°
1	1816.7	2152.0	2366.7	2435.3	2379.0	2174.0	1849.7
2	1898.7	2264.3	2498.7	2568.7	2491.7	2259.7	1910.0
3	2025.3	2415.0	2649.7	2702.7	2617.3	2372.3	1999.7
4	2024.3	2447.0	2733.0	2830.3	2750.7	2477.7	2066.3
5	2118.0	2592.0	2908.3	3004.7	2897.0	2586.0	2131.0

Table 5 Comparing to the average generation quantity error of each zone and the average region generation quantity of each zone (BIPV Module efficiency 10%)

Zone	Region	Azimuth(°)						
		90°	60°	30°	0°	−30°	−60°	−90°
1	Seosan	0.4%	1.8%	2.9%	3.4%	2.8%	1.7%	0.6%
	Suwon	0.8%	0.2%	0.2%	0.5%	0.1%	0.3%	0.7%
	Yangpyung-gun	1.2%	2.0%	2.7%	2.9%	2.7%	2.0%	1.3%
	Average	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2	Dongduchon	4.7%	4.2%	3.2%	2.2%	1.8%	1.9%	2.1%
	Eumseong-gun	0.6%	0.4%	0.1%	0.0%	0.1%	0.3%	0.4%
	Jecheon	4.1%	3.8%	3.1%	2.1%	1.7%	1.6%	1.6%
	Average	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3	Cheongju	0.9%	1.0%	1.6%	2.3%	3.2%	3.4%	3.2%
	Geumsan-gun	1.0%	0.6%	0.2%	0.3%	1.2%	2.0%	2.5%
	Gimcheon	0.1%	0.5%	1.4%	2.0%	2.0%	1.4%	0.7%
	Average	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4	Ulsan	1.3%	1.8%	2.0%	2.0%	2.0%	1.8%	1.5%
	Gangneung	2.0%	1.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.7%	1.4%
	Namhae-gun	3.3%	2.8%	2.2%	1.9%	2.1%	2.4%	2.9%
	Average	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5	Uiseong-gun	0.1%	0.9%	1.7%	2.3%	2.2%	1.9%	1.6%
	Taebaek	1.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.2%	0.6%	0.9%
	Cheongsong-gun	1.1%	1.5%	1.9%	2.1%	2.4%	2.5%	2.5%
	Average	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

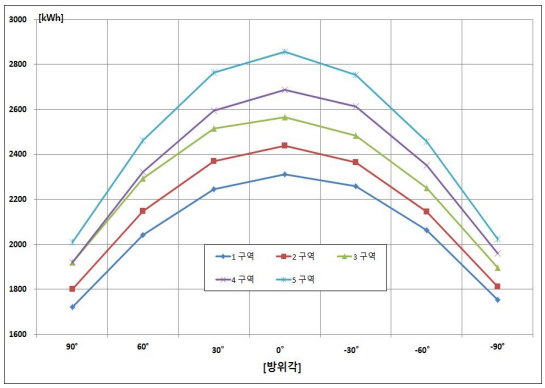

Fig. 2 Comparing to the average generation quantity of each zone (3 kWp, BIPV Module efficiency 10 %)

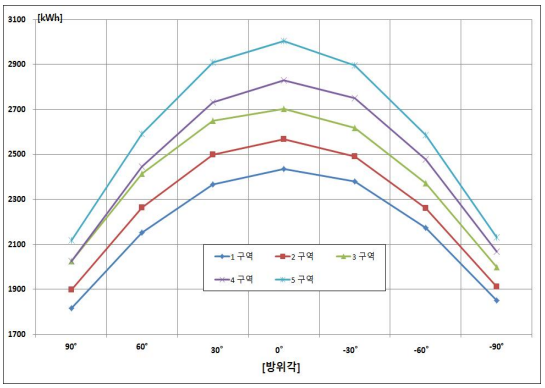

Fig. 3 Comparing to the average generation quantity of each zone (3 kWp, BIPV Module efficiency 20 %)

Fig. 9부터 Fig. 13은 효율 20 %인 조건에서의 분석 결과로 앞서 Fig. 4부터 Fig. 8까지의 분석 결과의 매우 유사한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있으며, 앞서 설명한 효율에 대한 변수는 비례식으로 처리해도 됨을 의미한다.

Table 6과 7은 각 구역의 방위각 0°인 조건에서의 발전량 대비 방위각별 발전량 비율을 나타낸 것이다. 각 구역별로 방위각에 따른 발전량 비율을 매우 유사하게 나타나고 있어 발전량을 예측하는 지표로 활용 가능함을 알 수 있다.

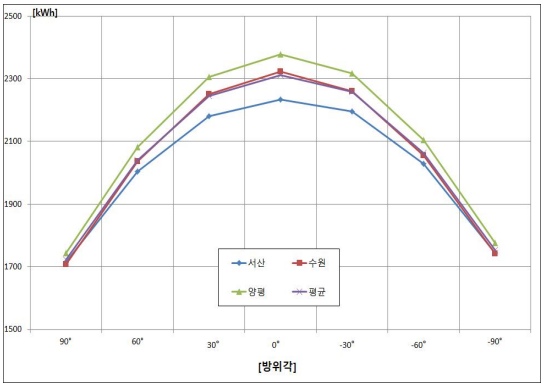

Fig. 4 Comparing to the generation quantity of zone 1 (3 kWp (BIPV Module efficiency 10 %)

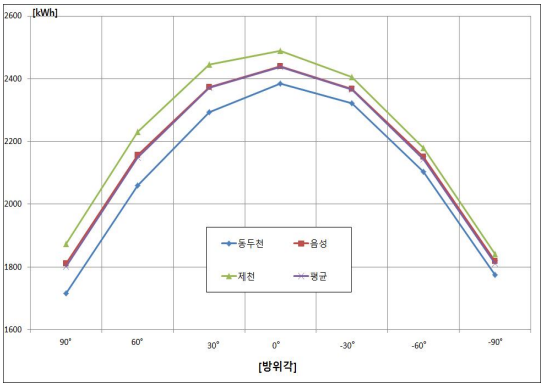

Fig. 5 Comparing to the generation quantity of zone 2 (3 kWp (BIPV Module efficiency 10 %)

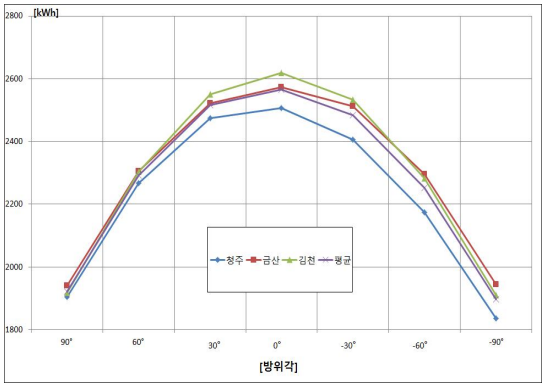

Fig. 6 Comparing to the generation quantity of zone 3 (3 kWp (BIPV Module efficiency 10 %)

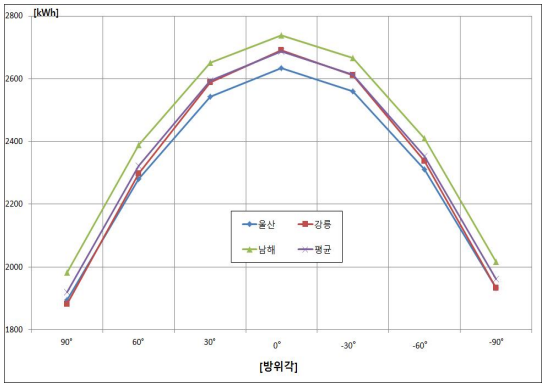

Fig. 7 Comparing to the generation quantity of zone 4 (3 kWp (BIPV Module efficiency 10 %)

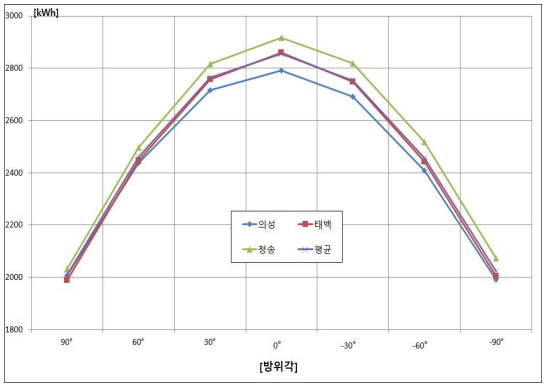

Fig. 8 Comparing to the generation quantity of zone 5 (3 kWp (BIPV Module efficiency 10 %)

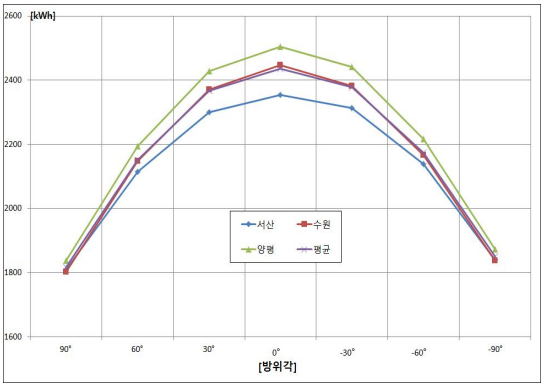

Fig. 9 Comparing to the generation quantity of zone 1 (3 kWp (BIPV Module efficiency 20 %)

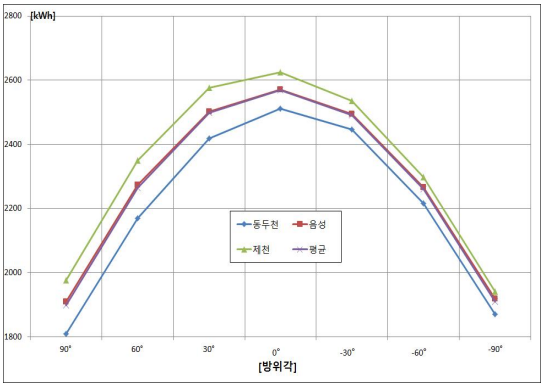

Fig. 10 Comparing to the generation quantity of zone 2 (3 kWp (BIPV Module efficiency 20 %)

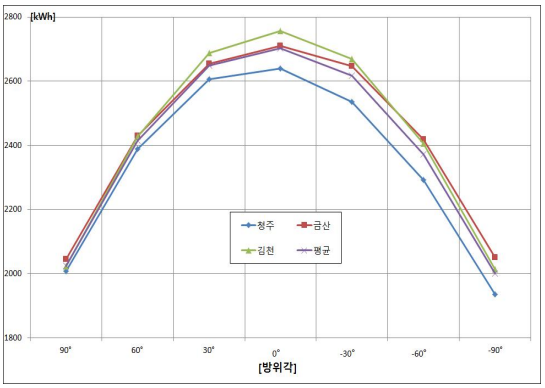

Fig. 11 Comparing to the generation quantity of zone 3 (3 kWp (BIPV Module efficiency 20 %)

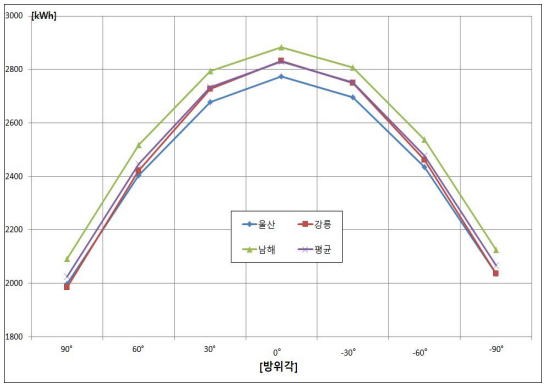

Fig. 12 Comparing to the generation quantity of zone 4 (3 kWp (BIPV Module efficiency 20 %)

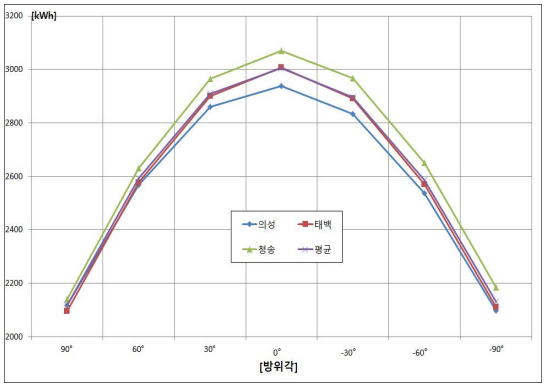

Fig. 13 Comparing to the generation quantity of zone 5 (3 kWp (BIPV Module efficiency 20 %)

4. 약식 예측 기법의 활용법

4.1 약식 예측 기법을 이용한 발전량계산

다음 Table 7의 활용 순서는 다음과 같다.

① 해당 지역이 속하는 구역을 결정한다.

② 설치용량에 대한 발전량 보정, 즉 5 kWp 급인 경우에는 5/3을 곱하면 된다.

③ 설치 방위각에 대하여 위의 표에서 해당 환산계수를 찾는다.

Table 6. Generation rate calculated by the azimuth for each zone(3kWp, BIPV Module efficiency 10 % tilt angle 90°)

Zone	Region	Azimuth(°)						
		90	60	30	0	-30°	-60	-90
1	Seosan	0.77	0.90	0.98	1.00	0.98	0.91	0.78
	Suwon	0.74	0.88	0.97	1.00	0.97	0.89	0.75
	Yangpyung-gun	0.73	0.88	0.97	1.00	0.97	0.88	0.75
Average		**0.75**	**0.88**	**0.97**	**1.00**	**0.98**	**0.89**	**0.76**
3	Dongduchon	0.72	0.86	0.96	1.00	0.97	0.88	0.74
	Eumseong-gun	0.74	0.88	0.97	1.00	0.97	0.88	0.75
	Jecheon	0.75	0.90	0.98	1.00	0.97	0.88	0.74
Average		**0.74**	**0.88**	**0.97**	**1.00**	**0.97**	**0.88**	**0.74**
3	Cheongju	0.76	0.91	0.99	1.00	0.96	0.87	0.73
	Geumsan-gun	0.75	0.90	0.98	1.00	0.98	0.89	0.76
	Gimcheon	0.73	0.88	0.97	1.00	0.97	0.87	0.73
Average		**0.75**	**0.89**	**0.98**	**1.00**	**0.97**	**0.88**	**0.74**
4	Ulsan	0.72	0.87	0.97	1.00	0.97	0.88	0.73
	Gangneung	0.70	0.85	0.96	1.00	0.97	0.87	0.72
	Namhae-gun	0.72	0.87	0.97	1.00	0.97	0.88	0.74
Average		**0.71**	**0.86**	**0.97**	**1.00**	**0.97**	**0.88**	**0.73**
5	Uiseong-gun	0.72	0.87	0.97	1.00	0.96	0.86	0.71
	Taebaek	0.70	0.86	0.96	1.00	0.96	0.85	0.70
	Cheongsong-gun	0.70	0.86	0.97	1.00	0.97	0.86	0.71
Average		**0.70**	**0.86**	**0.97**	**1.00**	**0.96**	**0.86**	**0.71**

Table 7. Simplified Prediction Method Table in a each zone(tilt angle 90°)

Azimuth(°) / Zone	90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°	Standards generation [kWh]	
								BIPV Module efficiency 10 %	BIPV Module efficiency 20 %
1	0.75	0.88	0.97	1.00	0.98	0.89	0.76	2,311.0	2,435.3
2	0.74	0.88	0.97	1.00	0.97	0.88	0.74	2,438.0	2,568.7
3	0.75	0.89	0.98	1.00	0.97	0.88	0.74	2,566.0	2,702.7
4	0.71	0.86	0.97	1.00	0.97	0.88	0.73	2,687.7	2,830.3
5	0.70	0.86	0.97	1.00	0.96	0.86	0.71	2,855.7	3,004.7

④ 설치모듈의 발전효율에 따른 보정계수를 찾는다. 즉 4구역 효율이 15 %인 경우, 2687.7 + (2,830.3-2,687.7) / 2 에 따라 기준 발전량 2,781 kWh를 계산한다.

⑤ 예상 발전량=기준 발전량 × 설치용량 보정계수 × 방위각 환산계수 × 발전효율 보정계수 [kWh]

Table 8. Comparing to the chart and the Simulation (1 kWp, BIPV Module efficiency 18 %, tilt angle 90°)

Zone \ Azimuth(°)			90°	60°	30°	0°	-30°	-60°	-90°
1	Seoul	BIPV-Pro	609	718	781	791	**758**	**688**	**588**
		Chart	602.61	707.06	779.38	803.48	**787.4**	**715.1**	**610.64**
	Error rate		1.0%	1.5%	0.2%	1.6%	**3.9%**	**3.9%**	**3.9%**
2	Sejong	BIPV-Pro	**653**	771	840	850	819	743	628
		Chart	**627.16**	745.82	822.09	847.52	822.09	745.82	627.16
	Error rate		**4.0%**	3.3%	2.1%	0.3%	0.4%	0.4%	0.1%
3	Saejeon	BIPV-Pro	669	804	886	905	872	786	660
		Chart	668.84	793.69	873.95	891.79	865.04	784.78	659.92
	Error rate		0.0%	1.3%	1.4%	1.5%	0.8%	0.2%	0.0%
4	Daegu	BIPV-Pro	675	816	905	927	892	**798**	666
		Chart	663.09	803.18	905.91	933.93	905.91	**821.86**	681.77
	Error rate		1.8%	1.6%	0.1%	0.7%	1.6%	**3.0%**	2.4%
5	Andong	BIPV-Pro	689	846	954	992	961	860	711
		Chart	694.14	852.8	961.88	991.63	951.96	852.8	704.06
	Error rate		0.7%	0.8%	0.8%	0.0%	0.9%	0.8%	1.0%

4.2 약식 예측 기법의 검증

예측 기법 검증은 선행연구를 통해 개발된 BIPV-Pro를 이용해 수행되었으며, 그 결과는 Table 8과 같다. 전 구역에 걸쳐 약 4 % 이내의 오차만을 나타내고 있고, 충분히 예측 다이어그램으로 활용 가능함이 입증되었다.

5. 결 론

본 연구는 계획단계에서 손쉽게 발전량을 예측할 수 있는 약식 예측 기법 개발에 관한 기초 연구를 수행한 것으로 그 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

(1) 전국 162개 지역의 수직면 전일사량을 분석하여 5개 구역으로 구분하였으며, 상하한 편차는 최대 2.9 % 이내로 위치하였다.
(2) 구분된 구역별 평균 수직면 전일사량 증가치 42 kWh/㎡는 일사량 최소, 최대지역의 차를 5등분한 값 43.8 kWh/㎡과 매우 유사하게 나타났다.
(3) 각 구역별 평균 발전량은 일사량 최소 및 최대 지역과 최대 4.7 % 오차만을 나타내고 있어 평균값을 이용한 예측 다이어그램으로 활용 가능하다.
(4) 방위각 ± 30° 범위에서는 발전량 차이가 3 % 미만으로 나타난다.
(5) 구역별 기준 발전량과 방위각에 따른 발전 비율을 이용한 예측 다이어그램을 개발하였다.
(6) BIPV-Pro를 통해 계산된 결과와 예측 기법을 통해 분석한 결과는 최대 4 % 이내의 오차만을 나타내고 있어 충분한 활용성이 있음을 입증하였다.

추후 BIPV 유형과 모듈 종류별(단결정, 다결정정, 박막형)에 따른 분석을 수행할 계획이며, 이를 통해 완성된 발전량 예측 다이어그램

을 개발하고자 한다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : 20143010011790)

Reference

1. Lee, Jea-Deok, Master Handbook of BIPV, InfotheBooks, 2014
2. Kim, Beob-Jeon, Park, Jae-Wan, Yoon, Jong-Ho, Shin, U-Cheul, The Development of Performance Evaluation Program of Building Integrated Photovoltaic System, KIEAE Journal, Vol. 15, No. 4, pp. 85-90, 2015
3. A Study on the Life Cycle Cost Analysis of the See-through a-si Building Integrated Photovoltaic System, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol 29, No 1, pp. 1-10, 2009