

전기자동차 운영을 위한 태양광발전소 수요 예측

최희균[†]

협성대학교 도시공학과, 교수

Prediction of Demand for Photovoltaic Power Plants for Electric Vehicle Operation

Choi Hoi-Kyun

Professor, Department of Urban Engineering, Hyupsung University

[†]Corresponding author: hkchoi@uhs.ac.kr

Abstract

Currently, various policies regarding ecofriendly vehicles are being proposed to reduce carbon emissions. In this study, the required areas for charging electric vehicle (EV) batteries using electricity produced by photovoltaic (PV) power plants were estimated. First, approximately 2.4 million battery EVs, which represented 10% of the total number of vehicles, consume approximately 404 GWh. Second, the power required for charging batteries is approximately 0.3 GW, and the site area of the PV power plant is 4.62 km², which accounts for 0.005% of the national territory. Third, from the available sites of buildings based on the region, Jeju alone consumes approximately 0.2%, while the rest of the region requires approximately 0.1%. Fourth, Seoul, which has the smallest available area of mountains and farmlands, utilizes 0.34% of the site for PV power plants, while the other parts of the region use less than 0.1%. The results of this study confirmed that the area of the PV power plant site for producing battery-charging power generated through the supply of EVs is very small. Therefore, it is desirable to analyze and implement more specific plans, such as efficient land use, forest damage minimization, and safe maintenance, to expand renewable energy, including PV power.

Keywords: 순수전기차(Battery electric vehicle), 배터리 용량(Battery capacity), 건축물 연면적(Building floor area), 산지 및 농지 면적(Mountain and farmland area), 면적 추정 방법(Methods for calculating the site area)

1. 서론

최근 세계적으로 인간 건강을 위협하는 대기오염물질을 감축하기 위한 국가별 정책이 수립되고 있고, 특히 빠르게 증가하고 있는 수송의 도로부분에서 배출되는 대기오염물질을 감축시키기 위한 방안이 추진되고 있다. 또한 자동차 배기가스 배출 규제가 시행되면서 배터리를 동력원으로 구동하여 대기오염물질 배출이 없는 순수전기차(Battery Electric Vehicle, BEV) 보급이 증가하고 있으며, 전기자동차 배터리 충전을 위한 전력수요도 증가 될 것으로 전망되고 있다. 국제에너지기구(IEA)는 기존 정부 정책을 통합한 상태 정책 시

 OPEN ACCESS



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.40, No.4, pp.35-44, August 2020
<https://doi.org/10.7836/kses.2020.40.4.035>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 18 August 2020

Revised: 25 August 2020

Accepted: 26 August 2020

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

나리오와 파리 협약의 기후 목표와 완벽하게 호환되는 지속 가능한 개발 시나리오로 2030년까지의 전기 이동성에 대한 전망을 하였다. 전기자동차 판매량은 2019년에 세계적으로 210만대였고, 누적 전기자동차 판매량은 820만대에 도달하였다. 2019년 세계 자동차 판매의 2.6%, 자동차 재고의 약 1%를 차지한 전기자동차는 전년 대비 40%가 증가하였다. 또한 버스 및 트럭으로 확대되고 시장이 성장함에 따라 전기자동차가 크게 증가하고 있다. 이러한 추세를 지속 가능한 개발 시나리오로 예측하면, 전 세계 전기자동차 재고는 매년 36% 증가하여 2030년에는 2억 6,500만대로 현재의 약 30배 정도로 전망되고 있다. 정책 시나리오에서는 전 세계 전기자동차 배터리 용량이 현재 연간 약 170 GWh에서 2030년에는 연간 1.5T Wh로 증가하고, 지속 가능한 개발 시나리오에서는 3 TWh의 수요가 예상되고 있다¹⁾.

블룸버그NEF (BNEF)는 2040년까지 전기자동차가 전 세계 신규 승용차 판매의 58%, 전체 차량 판매의 31%를 차지하게 되고, 운행 중인 전체 버스의 67%, 이륜차의 47%, 경상용차의 24%가 전기자동차로 대체된다고 전망했다. 이러한 추세로 원유 사용량이 하루에 약 100만 배럴이 줄고 있으며, 2040년에는 하루 1,760만 배럴이 줄 것으로 예상했다. 2040년까지 모든 유형의 전기자동차 운행으로 발생하는 전력 수요는 전 세계 전력 수요의 5.2%에 불과할 것으로 전망했다. 또한 친환경 동력에 기반을 둔 소형 근거리 이동수단으로 분류되는 마이크로 모빌리티인 전기스쿠터, 초소형 전기자동차 등도 지속적으로 증가하고 있다²⁾.

국도교통부 통계에 따르면 국내 전기자동차 등록대수는 2020년 5월에 106,099대로 10만대를 넘었고, 지난 2016년 1만대를 돌파한 이후 4년 만에 10만대를 넘어서며 빠르게 상승하고 있다³⁾. 또한 정부는 2025년까지 전기자동차를 버스와 화물을 포함한 누적대수 113만대¹⁾를 보급한다는 목표를 수립하였다⁴⁾. 향후 승용차뿐 아니라 화물과 대중교통을 포함한 중장비 차량도 전기자동차로 전환을 추진한다면, 증가하는 배터리 수요에 대비하여야 한다. 배터리를 충전하기 위한 전력 공급 방안으로 재생가능에너지인 태양광발전 인프라를 구축하여 생산된 전기로 배터리를 충전하여 공급할 수 있다.

지속적으로 증가하고 있는 전기자동차 배터리를 충전할 수 있는 전기를 태양광발전으로 생산하여 공급한다면, 일반 발전소에서 전기자동차 배터리 충전용 전기를 생산하면서 발생하는 온실가스를 최소화할 수 있다. 그러나 국토의 70%가 산림인 우리나라의 경우 태양광발전소 부지 확보를 위한 대안이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 전기자동차 배터리를 충전할 수 있는 태양광발전 수요 예측을 하여 전국 17개 지역별 태양광발전소 면적을 추정하고자 한다.

현재 화력발전소 및 원전에서 생산되는 전기로 전기자동차 배터리를 충전하고 있는 상황에서는 향후 전기자동차 수요가 계속 증가할수록 전체 전력용량에 영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 무한한 청정에너지인 태양광발전으로 생산된 전기로 전기자동차 배터리를 충전할 수 있는 태양광발전에 부지 면적을 예측하는 연구를 진행하였다. 국내의 등록된 지역별 자동차대수 현황을 파악하고, 전기자동차

1) 2025년까지 전기자동차를 버스와 화물을 포함한 누적대수 113만대를 보급한다는 정부 목표의 약 2배인 240만대(국내 등록차량대수의 10%)를 기준으로 분석하였다.

차 배터리를 충전하기 위한 전력 생산을 목적으로 하는 태양광발전에 필요한 부지 면적을 지역별로 추정하고자 한다.

2. 전기자동차 및 배터리 개요

최초의 전기자동차는 이미 19세기에 운행되었으나 고가의 차량비용과 부족한 충전소 문제로 인해 속도가 빠르고 출력이 큰 가솔린 자동차와 비교되었다. 가솔린 자동차 보다 정속성, 낮은 유지비 등을 장점으로 부각시켰지만, 1930년대 초에 자동차 시장에서 사라지고 말았다. 그러나 자동차의 배기가스가 대기를 오염시키고 지구 온난화를 심화시킨다는 근거로 미국 캘리포니아 대기지원국이 1998년까지 주내에서 판매하는 자동차의 2%를 배기가스를 유발하지 않는 친환경차로 제조하라는 규제를 수립하였다. 이 규제가 사라져버린 전기자동차를 소환하였고, 전 세계적으로 기후변화와 더불어 전기자동차의 수요는 빠르게 증가하고 있다⁵⁾.

전기자동차의 보급이 확산되는 추세는 차량으로 대표되는 도로이동오염원에서 배출되는 대기오염 물질이 수송부문 배출량의 대부분을 차지하고 있다는 현실과 연관되어 있다. 소음과 진동이 적은 전기자동차는 주행 시 화석연료를 사용하지 않아 대기오염 물질인 CO(일산화탄소)나 NOx(질소산화물) 등을 배출하지 않는다. 전기자동차는 충전된 배터리에서 직류(DC)전류를 인버터(inverter)로 보내고, 인버터의 AC/DC 컨버터(converter)는 배터리에서 받은 직류전류를 교류(AC)전류로 변환하여 모터를 구동한다. 이 모터에서 생성되는 회전력을 감속기가 적절한 속도 및 토크(torque)로 구동축을 통해 바퀴에 전달하여 움직이는 구조이다(Fig. 1)⁶⁾. 전기자동차는 전기모터나 내연기관을 동시에 사용하는 하이브리드 전기자동차(Hybrid EV), 기본적으로 전기모터를 사용하고 필요에 따라 엔진을 이용해서 배터리를 충전시킬 수 있는 플러그인 하이브리드 전기자동차(Plug-in hybrid EV) 등이 있으며, 본 연구에서는 순수 전기로만 움직이는 전기자동차(Battery electric vehicle) 배터리에 관한 전력량을 분석하고자 한다.

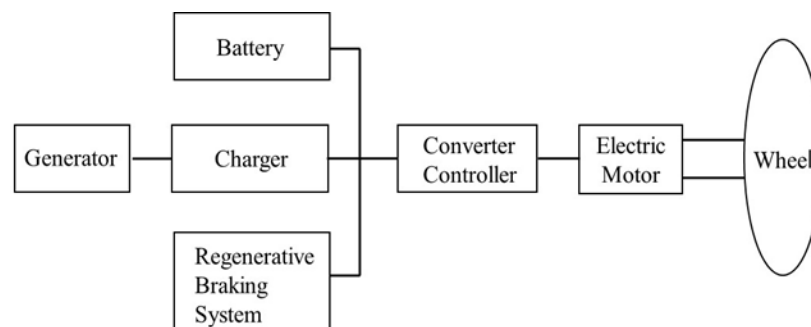


Fig. 1 Structure of battery electric vehicle

전기자동차 차종에 따라 구성이 차이가 있을 수 있지만, 일반적으로 전기자동차 배터리는 리튬이온전지에 해당하는 셀(Cell)과 셀을 보호하기 위해 조립된 형태의 모듈(Module) 그리고 실질적인 모듈의 구성체인 팩(Pack)으로 구성된다. 최종적으로 배터리 관리시스템(BMS, Battery management system)과 냉각장치 등을 추가하여 하나의 팩 형태로 전기자동차에 탑재된다. 셀은 단위 부피당 높은 용량을 수용해야 한정된 공간에서 최대의 성능을 보일 수 있고, 충방전 사이클이 길고 온도 변화와 충격을 견딜 수 있는 안전성과 신뢰성을 갖추어야 한다.

3. 태양광 발전 및 전기자동차 배터리 충전

3.1 전기자동차 배터리 충전 전력량

2020년 6월말 기준으로 우리나라 자동차 등록대수는 약 2,402만대이고, 서울, 부산, 대구, 인천, 경기, 충남, 전남, 경북, 경남 등 9개 지역은 100만대가 넘어섰다. 차종별 등록대수를 보면 승용차, 트럭, 밴과 버스, 그리고 특수자동차 순으로 나타나고 있다(Table 1). 자동차관리법 제3조(자동차의 종류) 1항, 2항에서 10인 이하를 운송하면 승용자동차, 11인 이상을 운송하면 버스를 포함한 승합자동차로 구분하고 있다. 화물자동차는 화물을 운송하기에 적합한 화물적재공간을 갖추고, 화물적재공간의 총적재화물의 무게가 운전자를 제외한 승객이 승차공간에 모두 탑승했을 때의 승객의 무게보다 많은 자동차이다. 특수자동차는 다른 자동차를 견인하거나 구난 작업 또는 특수한 용도로 사용하기에 적합하게 제작된 자동차로서 승용자동차·승합자동차 또는 화물자동차가 아닌 자동차로 정의되어 있다⁷⁾.

현재 전기승용차 배터리 용량은 35.9 kWh부터 100 kWh까지 다양하지만 최고 용량인 100 kWh를 기준으로 한다. 밴을 포함한 전기버스는 승용차 보다 3배 큰 300 kWh를 적용하고, 트럭은 5배 큰 500 kWh를 기준으로 한다. 특수한 용도로 사용되는 특수자동차도 트럭에 준하는 500 kWh를 기준으로 한다. 차량별 배터리 용량은 식(1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Vehicle battery charging power} = & (100 \text{ kWh} \times \text{Number of Passenger vehicles}) + \\ & (300 \text{ kWh} \times \text{Number of Vans and Buses}) + (500 \text{ kWh} \times \text{Number of Trucks}) + \\ & (500 \text{ kWh} \times \text{Number of Special vehicles}) \end{aligned} \quad (1)$$

국내 차량대수의 10%인 약 240만대의 용량을 산출하면 약 404 GWh 전력량이 소요되는 것으로 추정할 수 있다(Table 2).

Table 1 Vehicle registration status by region (as of the end of June 2020)

(unit: each)

Vehicle type Region	Passenger vehicles	Vans/Buses	Trucks	Special vehicles	Total
Seoul	2,691,874	110,589	330,618	8,629	3,141,710
Busan	1,170,655	42,943	187,062	10,666	1,411,326
Daegu	1,007,081	31,116	159,208	3,257	1,200,662
Incheon	1,415,718	50,927	191,526	7,326	1,665,497
Gwangju	570,487	20,177	92,079	2,812	685,555
Daejeon	571,699	20,660	86,283	2,624	681,266
Ulsan	482,179	14,807	71,428	2,893	571,307
Sejong	146,487	4,363	16,366	407	167,623
Gyeonggi	4,852,875	207,704	805,313	19,173	5,885,065
Gangwon	606,003	29,000	157,589	3,362	795,954
Chungbuk	660,953	29,987	158,547	4,283	853,770
Chungnam	864,246	41,988	223,461	5,078	1,134,773
Jeonbuk	715,742	32,867	186,394	4,030	939,033
Jeonnam	782,719	39,587	244,631	7,275	1,074,212
Gyeongbuk	1,084,359	48,691	318,913	8,298	1,460,261
Gyeongnam	1,393,312	54,413	292,708	8,257	1,748,690
Jeju	505,487	19,135	80,376	1,381	606,379
Total	19,521,876	798,954	3,602,502	99,751	24,023,083

Table 2 Amount of power that can charge 10% of the total vehicle

Vehicle type Region	Passenger vehicles (each)	Vans/Buses (each)	Trucks (each)	Special vehicles (each)	Vehicle battery charging power (kWh)
Seoul	269,187	11,059	33,062	863	47,198,900
Busan	117,066	4,294	18,706	1,067	22,881,300
Daegu	100,708	3,111	15,921	326	19,127,600
Incheon	141,572	5,093	19,152	733	25,627,600
Gwangju	57,049	2,018	9,208	281	11,054,800
Daejeon	57,170	2,066	8,628	262	10,781,800
Ulsan	48,218	1,481	7,143	289	8,982,100
Sejong	14,649	436	1,637	41	2,434,700
Gyeonggi	485,288	20,770	80,531	1,917	95,983,800
Gangwon	60,600	2,900	15,759	336	14,977,500
Chungbuk	66,095	2,999	15,855	428	15,650,700
Chungnam	86,425	4,199	22,346	508	21,329,200
Jeonbuk	71,574	3,287	18,639	403	17,664,500
Jeonnam	78,272	3,959	24,463	727	21,609,900
Gyeongbuk	108,436	4,869	31,891	830	28,664,800
Gyeongnam	139,331	5,441	29,271	826	30,613,900
Jeju	50,549	1,913	8,038	138	9,716,800
Total	1,952,189	79,895	360,250	9,975	404,299,900 (kWh) 2,402,309 (each)

3.2 지역별 태양광 발전 가능 면적 조사

태양광발전량은 일사량이 좋은 지역 및 방향에 따라 편차가 있으며, 태양광 모듈의 전류는 일사량이 좋으면 높아지고 전압은 고온으로 갈수록 낮아지므로 통풍이 잘 되는 서늘한 기온에서 발전량이 증가한다. 모듈의 용량과 면적, 어레이 면적과 간격, 사업부지 경계에서의 이격 거리, 부지 특성, 설치각 및 입사각 등이 육상태양광 발전소 면적을 결정하는 변수로 작용한다. 일반적으로 수평면으로부터 경사각 30도 내외가 가장 효율적이며, 태양광 1 kW당 평면 기준으로 약 13 ~ 16 m² (4 ~ 5坪) 면적이 소요되므로 본 연구에서는 경사진 토지도 포함하여 15 m² (약 4.5坪)를 1 kW 발전하는데 필요한 소요면적으로 정하였다. 한국환경정책평가연구원에서는 태양광 1kW 발전설비 설치에 필요한 부지 면적을 약 15.6 m²로 도출하였다⁸⁾. 또한 건축물위에 설치하는 경우에도 평슬라브 지붕은 일반 토지에 설치하는 것과 유사한 면적이 소요된다. 경사지붕인 경우에는 남·북 방향이 동·서 방향 보다 설치면적이 작아질 수 있으나, 지붕각도에 관계없이 동일한 면적으로 분석하고자 한다.

전체 국토면적에서 건축물 연면적 비율은 3.8%로 약 3,861 km²를 차지하고, 지역별 건축물 비율을 보면 서울은 약 563 km² (93.1%)로 가장 높고, 부산 약 239 km² (31%), 광주와 대전은 20.4%로 각각 약 102 km²와 110 km², 대구 약 167 km² (19%), 인천 약 194 km² (8.3%) 순으로 분포되어 있다. 그러나 경기도는 면적에 비해 건축물 비율은 9.6%로 낮으나 면적은 약 982 km²로 전국에서 가장 넓은 건축물이 분포되어 있다⁹⁾. 지역별 건축 면적보다는 토지에서 건축물이 차지하는 비율이 높은 지역이 태양광발전소 부지 선정 시 가용 면적이 많으므로 긍정적인 영향을 줄 수 있다.

모든 토지는 주된 용도에 따라 토지의 종류를 구분하여 지목을 등록하며 그 종류는 28개³⁾이다¹⁰⁾. 2012년 RPS (Renewables Portfolio Standard) 도입 시에는 임야, 전, 답, 과수원, 목장용지 등의 지목에 주로 설치하였고, 2014년에는 지목 제한을 해지하여 지목에 상관없이 건설이 가능해졌다. 지난 2006년부터 2018년까지 지목별 면적 비율을 보면 산지로 분류되는 임야가 60.9%로 가장 높았고, 농지로 분류되는 전, 답, 과수원, 목장용지 등이 20.0%, 기타 11.8%, 염전 7.2% 순으로 개발되었다. 산지와 농지의 비율이 개발된 전체 지목의 약 80%를 나타내고 있으므로, 본 연구에서는 지역별 산지 및 농지 면적을 조사하였다⁴⁾. 국내의 산지와 농지는 약 85,393 km²로 전 국토의 85.1%를 차지하고 있다. 특히 강원과 경북은 약 90%로 높은 비율을 나타내고, 평균 비율보다 낮게 나타내는 지역은 서울, 부산, 인천 등 대도시와 수도권 지역이다¹¹⁾(Table 3). 산지와 농지는 다른 지목보다 경제성이 있다는 전제하에 많은 태양광발전소가 건설되었지만, 현실적으로 산지관리법, 농지법의 행위 제한 지역에서는 태양에너지발전설비를 설치할 수 없다. 특히 산지인 임야에는 산림훼손과 환경비용에 대한 문제가 있기 때문에 충분한 사전 검토가 선행되어야 한다.

2) 건축물 동수(연면적)의 61.2%가 1층 바닥면적으로 실제 건폐율을 적용하면 토지와 면적 비율이 축소되지만, 통계적으로 가능한 연면적(약 3,861 km²)을 적용하였다.

3) 28개 지목: 전(전), 답(답), 과수원(과), 목장용지(목), 임야(임), 광천지(광), 염전(염), 대(대), 공장용지(장), 학교용지(학), 주차장(차), 주유소용지(주), 창고용지(창), 도로(도), 철도용지(철), 제방(제), 하천(천), 구거(구), 유지(유), 양어장(양), 수도용지(수), 공원(공) 체육용지(체), 유원지(원), 종교용지(종), 사적지(사), 묘지(묘), 잡종지(잡)

4) 지역별 토지의 28개 지목 중 산지(임야)와 농지(전, 답, 과수원, 목장용지) 5개 지목 면적의 합계를 비율로 산정하여 분석하였다.

Table 3 Area of land, building floor area, mountain and farmland area by region(unit: m²)

Area Region	Land area	Building floor area	Mountain and farmland areas
Seoul	605,237,001	563,697,204(93.1%)	161,086,251(26.6%)
Busan	770,073,413	239,148,059(31.0%)	440,435,064(57.2%)
Daegu	883,517,307	167,999,409(19.0%)	589,506,029(66.7%)
Incheon	1,063,257,851	194,323,804(18.3%)	640,570,977(60.2%)
Gwangju	501,136,260	102,197,270(20.4%)	307,731,456(61.4%)
Daejeon	539,626,514	110,011,053(20.4%)	338,327,286(62.7%)
Ulsan	1,062,038,814	91,119,997(8.6%)	814,403,317(76.7%)
Sejong	464,949,680	27,172,415(5.8%)	355,083,130(76.4%)
Gyeonggi	10,192,514,246	982,211,050(9.6%)	7,564,627,333(74.2%)
Gangwon	16,828,280,725	132,362,159(0.8%)	15,997,273,860(95.1%)
Chungbuk	7,406,819,936	146,622,299(1.9%)	6,270,815,857(84.7%)
Chungnam	8,245,540,720	201,196,410(2.4%)	6,637,416,861(80.5%)
Jeonbuk	8,069,138,979	159,329,008(2.0%)	6,657,841,863(82.5%)
Jeonnam	12,345,209,475	167,222,545(1.4%)	10,903,553,410(88.3%)
Gyeongbuk	19,033,343,123	253,084,319(1.3%)	17,242,500,950(90.6%)
Gyeongnam	10,540,373,559	271,235,770(2.6%)	8,924,501,542(84.7%)
Jeju	1,850,227,389	51,938,519(2.8%)	1,547,755,373(83.7%)
Total	100,401,284,999	3,860,871,000(3.8%)	85,393,430,559(85.1%)

3.3 전기자동차 운행을 위한 태양광발전소 면적 추정

태양전지 모듈의 효율은 양면모듈이 단면모듈보다 발전시간이 길고 상대적으로 발전량도 많다. 모든 모듈의 효율과 발전량은 지속적으로 증가하는 추세이므로, 본 연구에서는 단면모듈에 평균 발전시간을 적용하여 발전량을 산출하였다. 태양광발전시간은 일일 일조시간에 종합효율계수를 곱하여 계산한다. 지역별로 차이가 있지만, 한국전력 가이드에 따르면 토지면 상부 평균 일조시간은 3.7~4.0시간으로 건축물 상부 평균 일조시간 3.4~3.7시간보다 높게 산정하였다¹²⁾. 본 연구에서는 일조시간을 3.6시간⁵⁾으로 적용하고, 1 kW 발전하는데 필요한 태양광발전소 부지 면적을 15 m²(약 4.5坪)를 기준으로 산정하였다. 배터리 충전을 위해 소요되는 전력량 404,299,900 kWh를 일조시간 3.6시간과 연평균(365일)을 적용하면, 약 307,687 kW 규모의 태양광발전소를 건설해야 한다. 발전한 전기를 판매하는 수익성에 관련된 가중치는 포함하지 않았다. 소요되는 태양광발전소 면적을 소수점 두 자리까지 지역별로 산출하고, 기존 가용 면적에서 사용되는 면적 비율을 비교하였다(식(2)).

$$\begin{aligned} \text{Area required for photovoltaic power plant (km}^2\text{)} &= \\ \text{Battery charging power (kW)} \times 15\text{m}^2 & \end{aligned} \quad (2)$$

5) 종합효율계수(k)는 그늘, 먼지, 적설, 환경오염(미세먼지), 모듈표면온도, 인버터 평균효율, 모듈연결 배선상태 등의 저해 요인을 감안하여 통상적으로 0.7을 적용한다(기상청의 일조시간 × 0.7=3.6시간).

전국 자동차 등록대수의 10%인 약 250만대 전기자동차 배터리 충전소요 전력은 307,687 kW (약 0.3 GW)로 태양광발전소 부지 면적은 4.62 km²이다. 지역별로 보면 경기만 1 km²가 넘고, 나머지 지역은 모두 1 km²미만으로 산출되었다. 태양광발전소에 소요되는 전체 면적은 전 국토면적의 약 0.005%에 해당된다. 또한 지역별 건축물 가용 부지에서 보면 제주만 약 0.2% 정도이고 나머지 지역은 이보다 낮은 비율을 나타내고 있다. 산지와 농지에서 보면 가용 면적이 가장 작은 서울만 0.34%가 필요한 태양광발전소 부지로 예상되고, 나머지 지역은 0.1% 보다 작게 나타났다(Table 4).

Table 4 Area required of photovoltaic power plant and percentage of existing available area by region

Multiple types Region	Vehicle battery charging power (kW)	Area of photovoltaic power plant (km ²)	Percentage used by existing building floor area (%)	Percentage used by existing mountain and farmland area (%)
Seoul	35,920	0.54	0.10	0.34
Busan	17,414	0.26	0.10	0.06
Daegu	14,557	0.22	0.13	0.04
Incheon	19,504	0.29	0.15	0.05
Gwangju	8,413	0.13	0.13	0.04
Daejeon	8,205	0.12	0.11	0.04
Ulsan	6,836	0.10	0.11	0.01
Sejong	1,853	0.03	0.11	0.01
Gyeonggi	73,047	1.10	0.11	0.01
Gangwon	11,398	0.17	0.13	0.01
Chungbuk	11,911	0.18	0.12	0.01
Chungnam	16,232	0.24	0.12	0.01
Jeonbuk	13,443	0.20	0.13	0.01
Jeonnam	16,446	0.25	0.15	0.01
Gyeongbuk	21,815	0.33	0.13	0.01
Gyeongnam	23,298	0.35	0.13	0.01
Jeju	7,395	0.11	0.21	0.01
Total/average ratio	307,687	4.62	0.13	0.04

전기자동차 배터리 충전을 위한 태양광발전소 부지 면적 산정 방법은 먼저 차량 유형별 배터리 용량을 계산하여 소요 전력을 계산한다. 발전소 건설 위치에 따른 관련 법규, 행정 사항 등을 면밀히 검토하여 토지 또는 건축물에 시공할 것인지를 결정한다. 최종적으로 소요되는 발전 용량에 적합한 부지를 선정하여 건설한다 (Fig. 2).

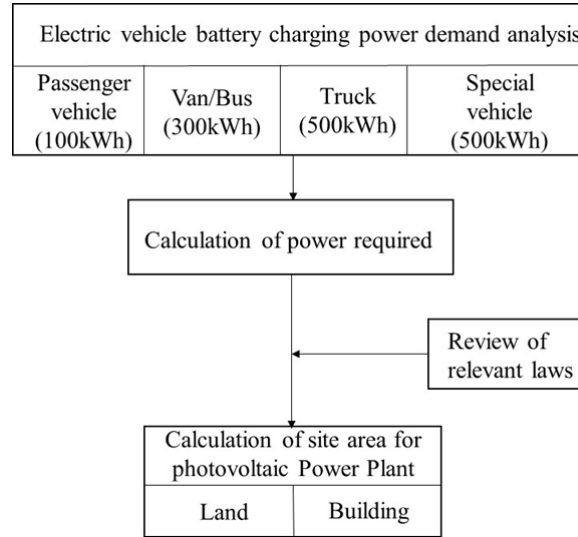


Fig. 2 Methods for calculating the site area of photovoltaic power plant for charging electric vehicle batteries

4. 결론 및 제언

2015년 파리기후협약 이후 전 세계적으로 탄소배출 감축을 위한 환경규제가 시행되면서 교통수단 부분에서도 친환경차에 관한 다양한 정책이 추진되고 있다. 특히 전기자동차의 시장규모가 증가하고 있으며, 배터리 성능 개선이 중요한 이슈로 부각되었다. 그러나 배터리를 충전하기 위한 전기를 온실가스가 배출되는 석탄이나 석유 등 화석연료를 이용하여 생산한다면 친환경이라 할 수 없다. 재생 가능한 청정에너지인 태양광을 활용한 태양광 발전소에서 생산한 전기로 배터리를 충전한다면 온전한 친환경차를 실현할 수 있으므로 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 전기자동차 유형 중 엔진 동력을 함께 사용하는 하이브리드와 플러그인하이브리드 전기자동차를 제외한 100% 충전된 전기 배터리만으로 운행하는 무공해 순수 전기자동차(BEV)에 중점을 두었다. 배터리 성능 개선과 가격 하락이 지속적으로 진행되고 있지만, 현재 기준으로 등록된 차량 유형에 따라 장착할 배터리 용량을 승용차 100 kWh, 밴 또는 버스 300 kWh, 트럭 500 kWh 그리고 특수차는 500 kWh를 적용하여 분석하였다. 전체 차량대수의 10%인 약 240만대의 소요 전력량은 약 404 GWh로 추정되었다.

둘째, 배터리 충전에 필요한 전력은 일조시간과 연평균 발전일수를 적용하면 약 0.3 GW이며, 태양광발전소 부지 면적은 4.62 km²로 국토의 0.005%를 점유하는 것으로 나타났다.

셋째, 국토에서 건축물 연면적은 약 3,861 km²로 3.8%이며, 서울이 약 563 km²로 서울 토지의 93.1%로 비율은 가장 높지만, 면적은 경기도가 약 982 km²로 가장 넓게 나타났다. 지역별 건축물 가용 부지에서 보면 제주만 약 0.2%가 소요되고, 나머지 지역은 약 0.1%가 필요한 것으로 나타났다.

넷째, 토지의 28개 지목 중 태양광발전소가 주로 건설되는 임야인 산지와 전, 답, 과수원, 목장용지로 분류되는 농지의 면적이 약 85,393 km²로 국토의 85.1%를 차지하고 있다. 지역별 면적을 보면 강원이 15,997 km²로

가장 넓고, 건축물이 많은 서울은 161 km²로 가장 작은 규모이다. 산지와 농지의 가용 면적이 가장 작은 서울이 0.34%가 필요한 태양광발전소 부지로 예상되고, 나머지 지역은 0.1% 보다 작은 규모로 나타났다.

이상 본 연구를 통해 전기자동차 보급으로 발생하는 배터리 충전용 전력을 생산하기 위한 태양광발전소 부지 면적은 매우 작다는 것을 확인하였다. 향후 자동차 등록대수 감소, 태양광발전효율과 배터리 성능 향상 등의 변수를 고려하면 현재 예측하는 면적보다 축소되겠지만, 현재 국내 등록된 전체 자동차에 전기배터리를 장착하여도 발전소 부지 비율은 국토의 1%도 차지하지 않을 것으로 추정된다. 나아가 태양광발전을 포함한 재생에너지를 확대하기 위해서는 효율적인 토지이용, 산림훼손 최소화, 안전한 유지관리 등 보다 구체적인 계획을 사전에 면밀히 분석하는 것이 중요하다고 판단된다.

나아가 태양광에너지를 이용한 전력생산량은 자연에 의존할 수밖에 없어 시간, 지역, 기후 등의 영향을 크게 받는데 이러한 문제점을 보완하고 안정적인 전기 공급을 위한 에너지저장시스템(Energy Storage System, ESS)이 설치되어야 한다. 무엇보다 ESS는 태양광으로 생산된 전력을 시간의 제약 없이 사용할 수 있어 전기자동차 배터리를 지속적으로 충전할 수 있다. 또한 태양광발전소내에 ESS를 연계하여 충전된 전기자동차 배터리를 공급한다면, 송배전의 비용을 제로화하고 충전소에서 충전하는 시간을 최소화할 수 있다. 태양광발전소와 ESS를 연계한 전기자동차 배터리 공급시스템¹³⁾은 태양광발전 전력을 이용한 전기자동차 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. IEA, Global EV outlook 2020, International Energy Agency, 2020.
2. BNEF, Electric Vehicle Outlook 2020, Bloomberg New Energy Finance, 2020.
3. E-Country Index. Vehicle Registration status. Ministry of Land Infrastructure and Transport, 2020.
4. ME Press Releases, Moving Forward Toward Eco-friendly Future Mobility, Ministry of Environment, 2020.7.22.
5. Seth Fletcher, Super Battery and Electric Vehicle Story, Sung An Dang, pp. 139-145, 2015.
6. Jung, Y. W. and Jung, K. S., Electric vehicle, GS Interservice, 2011.
7. National Legal Information Center, Automobile Management Act, Ministry of Government Legislation, 2020.
8. KEI Focus, The Present Condition of Environmental Evaluation and Environmental Acceptability of Land-State Photovoltaic Power Generation Project, Korea Environment Institute, 2019.
9. E-Country Index. Current status of buildings by Area. Ministry of Land Infrastructure and Transport, 2020.
10. National Legal Information Center, Act on the Establishment and Management of Spatial Data, Ministry of Government Legislation, 2020.
11. KOSIS, National Land Use Status by Geographical Names by Administrative Region, Korean Statistical Information Service, 2020.
12. Korea Electric Power Corporation, KEPCO PPA (Power Purchase Agreement) Guide, 2018.
13. Choi, H. K., A Study on Battery Charging and Supply System of Electric Vehicle Using Photovoltaic Generation, Journal of Climate Change Research, Vol. 8, No.3, pp. 265-273, 2017.