

서울시 전기차 보급을 위한 공공 급속충전기의 최적입지 분석

심혜영

서울대학교 환경대학원 환경계획학과 박사수료

Optimal Location of Public Fast Chargers for Electric Vehicle Supply in Seoul

Sim, Hyeyoung

Ph.D. Candidate, Dept. of Environmental Planning, Graduate School of Environmental Studies,
Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The uptake of electric vehicles (EVs) has risen with the global uptrend of many countries' decarbonization policies. EVs have received the world's attention as the most effective method to reduce carbon dioxide on the road. Except for the forerunners in electric mobility, most countries have just started installing and providing public charging infrastructure. In the initial adoption stage of EVs, the public infrastructure for charging is crucial to appeal to the public, thereby accelerating its adoption. Previous studies on public fast-charging stations have rarely integrated real-world problems and spatial constraints into the optimal location. To solve this contextual gap, the study proposed identifying the optimal location for fast-charging public stations through a spatial location-allocation model based on a road network and demand analysis based on the total number of registered EVs by the districts. Seoul Metropolitan Government aims to supply 22,000 charging stations and 300 fast chargers by 2022. This study, therefore, considered the optimal allocation of the public fast-charging stations in Seoul. To identify the location points where new charging stations can be installed for 25 districts of Seoul, this study initially applied the Service Area Analysis and Minimum Facility methods of the spatial Location-Allocation Model. Identifying the number of the installation points was based on the criteria for the total number of registered EVs by the district through a demand analysis. This study recognized that the Service Area Analysis had its methodological limitation due to not reflecting the differentiated demand by considering only the optimal location, not the density of charging stations. The implementation of the demand analysis resolved this limitation. This complementary methodology demonstrated a significant approach, considering the charging station distribution and the density of chargers in charging stations when considering future expansions of the charging network.

Key words: Electric Vehicle, Public Fast-charging Stations, Location-Allocation, Optimal Location, Optimal Quantity

1. 서론

전기차는 온실가스감축의 가장 효과적인 방안으로 고려된다. 전세계 온실가스 발생량 중 화석연료기반 이동수단이 차지하는 비율은 2020년 기준 약 41%이다(IEA, 2021). 이에 화석연료기반 이동수단을 재생에너지 기반 이동수단으로 전환하려는 시도가 이루어지고 있다. 특히 미국 바이

든정부는 전기차를 통한 그린인프라 구축에 50억 달러를 투자하는 등 전기차 보급에 열을 올리고 있다(NBC, 2022).

한국에서도 전기차를 보급하고자 전기차 구매 보조금과 기타 세면감면 등의 혜택을 지원하고 있다. 하지만, 전기차 보급률에 비해서 전기차 충전소가 많이 부족한 상황이다. 급속충전기 1대당 전기차 대수를 시도별로 살펴보면 전국 평균은 15.3대이고, 보급률이 낮은 지역 순으로는 부산

†Corresponding author : sim.geogreen@gmail.com (08826, 1, Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, Korea. Tel. +82-2-880-5646)

ORCID 심혜영 0000-0002-2100-038X

(29.4대), 인천(24.3대), 서울(23.9대) 순이다(KPX, 2021). 서울의 경우 전기차 보급률이 높은 편임에도 상대적으로 충전기 보급률이 낮게 나타나며, 부산과 인천의 경우 전기차 보급률과 충전기 보급률이 함께 낮다(KPX, 2021). 전기가 차가 친환경적이지만 충전이 불편하고 주행거리가 짧다는 인식이 다수이기 때문에 인식 개선이 필요한 상황이다(Park et al., 2020). 즉, 전기차 보급률을 높이기 위해서는 충전 인프라 구축이 필수적인 요소임을 알 수 있다.

환경부는 ‘2022년 무공해차 보급정책 설명회’를 통해 2022년 전기차 20만 7,500대를 보급하여 신규 판매차량 중 10%이상을 무공해차로 보급할 계획을 밝혔다(Policy Briefing, 2022). 서울시는 2022년에 충전기 약 22,000기를 지원할 계획이라고 밝혔으며, 부지 신청으로 지원하는 수량은 급속충전기는 약 300기, 완속충전기는 1,300기, 콘센트형은 10,000기라고 밝혔다(Seoul, 2022). 급속충전기의 경우 공영(환승)주차장, 주유소, 공공시설, 문화 체육시설 등 24시간 누구나 이용할 수 있는 개방된 장소와 대형 쇼핑몰 등과 같은 시민 접근성이 높은 다중이용시설을 중심으로 선정할 계획이라고 한다. 즉 충전소를 확대하는 데 있어서 공공 개방 여부를 고려하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

안정적인 충전인프라 구축이 시급한 공공기관 입장에서 는 구축시기에 맞는 적합한 장소를 선택해야한다. 충전소 구축시기 초기에는 전기차 충전소에 대한 접근이 안정적으로 이루어져야 전기차 구매로 이루어질 수 있고 전기차 비중이 늘어감에 따라 전기차 충전소 비중을 높일 수 있는 선순환 구조를 만들 수 있다. 그러므로 이용제한이 없는 공공 개방형 시설물에 전기차 충전기 설치를 우선적으로 확대해야 한다. 또한 공공 개방형 시설물 중 공공시설은 행정구역 별로 고르게 분배되어 있으므로 이용자들에게 접근성이 높다는 장점을 갖고 있으므로 단시간내에 충전하여 충전 순환율을 높일 수 있는 급속충전기를 설치하면 충전인프라의 접근성을 효율적으로 높일 수 있을 것으로 사료된다.

이 연구에서는 급속충전기 300기 설치 예정인 서울시를 대상으로 급속충전기를 설치할 공공시설의 최적입지를 살펴보는 것을 목표로 한다. 충전소 구축 초기이므로 거점 중심으로 충전소를 밀집시키기 보다는 서울시 전 구역에 충전소를 적절하게 입지시키는 전략이 필요할 것이다. 그러므로 서울시 구별로 전기차 수요분석을 통해 구별 충전소 니즈를 반영하면서도 충전소의 서비스권역이 최대화가 될 수 있는 최적입지를 알아보도록 하겠다.

2. 현황 및 선행연구

2.1. 서울시의 전기차 보급 및 충전소 현황

전기차 충전은 충전시간에 따라 급속, 완속으로 분류된다. 완속충전의 경우 충전시간이 길기 때문에 집 혹은 직장에서 장기간 주차해야 할 경우 사용되며, 완속충전기가 설치된 장소에서는 대부분 거주자이거나 해당 시설물의 재직자, 방문자 등으로 이용제한이 되어있는 경우가 빈번하다. 급속충전의 경우 짧은 시간에 충전이 가능하며 긴급할 때 주로 사용되기 때문에 공공시설에 설치하면 효율적일 것이다.

전기차 충전을 충전형태로 분류하면 개인충전, 공용충전으로 구성되고, 공용충전은 다시 목적지 충전, 경로 충전, 비상 충전으로 구성된다(Kang and Jeon, 2017). 자동차 보관이 주로 이루어지는 장소에서 충전하고 이동의 목적에서 충전이 부차적일 경우에는 개인충전과 목적지충전으로 고려되고, 충전을 목적으로 이동한 경우는 경로충전과 비상 충전으로 고려된다. 전기차 충전 시설의 소유와 운영주체, 접근성에 따라 4가지로 구분할 수 있으며, 민간 개방형, 민간 폐쇄형, 공공 개방형, 공공 폐쇄형으로 구분된다(Table 1). 이 연구는 경로충전과 비상충전이 가능한 공공 개방형의 시설물을 대상으로 급속충전기를 설치하기에 적합한 최적입지를 찾고자 한다.

Table 1. Types of Charger

Site		Time	Fast Charger	Standard Charger
		Private Charger		(1) Private & Open type
	Privately-operated facility, gas station		House parking	
Public Charger		(3) Public & Open type	(4) Public & Closed type	
	Destination	-	Workplace parking lot	
	Route	Government-owned facility	-	
Emergency	-			

이에 앞서서 현재 서울시 25개구에 설치된 공공 전기차 충전소의 현황을 알아보려고 한다. Table 2에 서울시 구별 전기차와 충전소의 현황을 정리하였다. 서울 25개 구별 전기차 등록 현황을 살펴보면, 강남구가 26,963대로 압도적으로 높고(11.25%), 대체적으로 모든 연료 자동차에 비해 전기차 등록 비율이 3~6% 사이로 나타났다. 용도별로 살펴보면 관용, 영업용이 아닌 개인용 전기차로 등록한 비율을 살펴보면 강남구(63.12%), 구로구(62.05%), 강서구(69.73%)만 60%대로 가장 낮고 대부분의 구가 90% 이상인 것을 확인할 수 있다.

서울시 구별 충전소의 현황을 살펴보면, 광진구가 293개로 가장 적고, 송파구가 1,402개로 가장 많이 설치되어 있는 것을 확인할 수 있다. 충전소 1곳당 전기를 얼마나 보급할 수 있는지 나타내는 보급률은 작을수록 충전소가 전기차 대수에 비해 충분히 보급되고 있다는 의미이다. 강남구는 전체 충전소가 1,381개로 높은 편이지만, 보급률이

19.5대로 충전소 1곳당 전기차 19.5대를 보급한다는 의미로 전기차 대수에 비해 충전소가 적게 설치되어 있다는 의미이다. 금천구는 보급률이 5.3대로 보급률이 가장 적게 나타났다. 그러나 금천구의 경우 충전소 670개 중 공공충전소가 겨우 19개소로 상대적으로 공공충전소가 매우 적게 분포한다는 것을 알 수 있다. 공공충전소 보급률을 본다면 금천구가 보급률이 187.9대로 강남구(158.6대수)보다 높게 나타난다. 즉, 전체충전소 보급률이 가장 낮은 금천구가 충전소 보급이 가장 많이 되어있는 것처럼 보이지만, 공공충전소 보급률이 가장 높아 공공충전소 보급이 가장 시급한 지역으로 보인다. 공공 급속충전소의 경우 설치개소가 전체 307기로 매우 저조하고, 성북구가 겨우 3개가 설치되어 있고, 강남구가 가장 많은 31개가 설치되어 있다. 성북구는 공공 급속충전소 1곳당 전기를 1,957대수를 보급해야 하는 것으로 나타나 공공 급속충전소의 보급이 시급한 것으로 나타난다.

Table 2. Status of EVs and Charging Stations (CS) in Seoul

Adm ID	Total Registered EV (Ratio)	EV for Private use (Ratio)	Total Charging Station (EV Adoption rate*)	Public CS (EV Adoption rate)	Public & Fast CS (EV Adoption rate)	
1	GangNam (GN)	26,963 (11.25)	17,019 (63.12)	1,381 (19.5)	170 (158.6)	31 (869.8)
2	GangDong (GD)	8,159 (5.36)	7,710 (94.5)	689 (11.8)	88 (92.7)	7 (1,165.6)
3	GangBuk (GB)	2,770 (3.68)	2,542 (91.77)	340 (8.1)	36 (76.9)	7 (395.7)
4	GangSeo (GS)	12,449 (6.07)	8,681 (69.73)	1,026 (12.1)	86 (144.8)	13 (957.6)
5	GwanAk (GA)	5,305 (4.49)	5,030 (94.82)	345 (15.4)	39 (136)	9 (589.4)
6	GwangJin (GJ)	4,593 (4.67)	4,349 (94.69)	293 (15.7)	44 (104.4)	3 (1,531)
7	GuRo (GR)	8,906 (6.11)	5,526 (62.05)	934 (9.5)	77 (115.7)	6 (1,484.3)
8	GeumCheon (GC)	3,570 (3.96)	3,344 (93.67)	670 (5.3)	19 (187.9)	7 (510.0)
9	NoWon (NW)	6,712 (4.41)	6,376 (94.99)	745 (9.0)	114 (58.9)	14 (479.4)
10	DoBong (DB)	3,648 (3.81)	3,336 (91.45)	432 (8.4)	82 (44.5)	12 (304.0)
11	DongDaeMun (DDM)	4,284 (4.35)	4,052 (94.58)	628 (6.8)	42 (102)	7 (612.0)
12	DongJak (DJ)	5,814 (5.47)	5,652 (97.21)	625 (9.3)	49 (118.7)	4 (1,453.5)
13	MaPo (MP)	6,785 (5.59)	6,477 (95.46)	785 (8.6)	125 (54.3)	28 (242.3)
14	SeoDaeMun (SDM)	4,594 (5.15)	4,343 (94.54)	448 (10.3)	44 (104.4)	5 (918.8)
15	SeoCho (SC)	13,810 (7.8)	13,119 (95)	1,276 (10.8)	150 (92.1)	17 (812.4)
16	SeongDong (SD)	6,082 (5.65)	5,262 (86.52)	1,009 (6.0)	90 (67.6)	20 (304.1)
17	SeongBuk (SB)	5,872 (4.85)	5,603 (95.42)	958 (6.1)	72 (81.6)	3 (1,957.3)
18	SongPa (SP)	14,041 (5.69)	13,600 (96.86)	1,402 (10.0)	148 (94.9)	21 (668.6)
19	YangCheon (YC)	7,317 (4.83)	6,985 (95.46)	741 (9.9)	73 (100.2)	16 (457.3)
20	YeoungDeungPo (YDP)	8,972 (6.14)	7,867 (87.68)	799 (11.2)	118 (76)	35 (256.3)
21	YoungSan (YS)	5,063 (6.35)	4,832 (95.44)	492 (10.3)	91 (55.6)	5 (1,012.6)
22	YeunPyeong (YP)	5,907 (4.44)	5,589 (94.62)	800 (7.4)	28 (211)	10 (590.7)
23	JongRo (JR)	3,108 (6.17)	2,617 (84.2)	423 (7.3)	52 (59.8)	7 (444.0)
24	Jung (J)	3,568 (5.83)	2,898 (81.22)	403 (8.9)	87 (41)	11 (324.4)
25	JungRang (JR)	4,161 (3.64)	3,791 (91.11)	755 (5.5)	59 (70.5)	9 (462.3)

* EV Adoption rate means the number of EVs per charging station

2.2. 선행연구

전기차 보급을 위해서는 충전소가 안정적으로 보급되어야 한다는 연구결과를 찾아볼 수 있었다. Park et al. (2020)은 2세대 전기승용차 이용자를 대상으로 전기차 차량이용 패턴과 충전패턴, 전기차 만족도 등을 조사하였다. 연구결과 급속 충전하는 경우가 38%이고, 충전장소는 주거지(45%), 공용충전소(39%), 직장(16%)로 나타났다. 공용충전소의 이용 비율이 높은 이유에 대해 국내 공용충전 인프라 보급의 규모가 크게 확대되었고, 충전요금이 저렴하거나 주차요금에 대한 혜택 등이 원인이라고 분석되었다. 이 연구에서는 공용충전소의 수요와 만족도를 알아보았는데, 공용충전이 필요한 경우는 전체의 78%로 대다수를 차지하며, 공용충전소를 이용하지 못한 경험이 과반수 이상을 차지하여 운영안정성 개선이 필요하다고 나타났다. 공용충전소를 이용하지 못한 이유로는 충전기 고장, 긴 대기시간으로 나타났다. KPX (2021)에서는 전기차 충전인프라의 이용 현황에 대해 분석하였다. 이 보고서에서는 급속충전기와 완속충전기의 월평균 이용 현황을 살펴보고, 급속충전기는 이동거점 중심으로 접근성이 높은 곳에 보급되었고, 평균이용시간이 짧으며, 보급대수가 증가하고 있으나 절대적인 보급대수가 부족하다고 나타났다. 설치장소별 이용횟수는 급속충전기의 경우 휴게소가 113회, 공공기관이 61회로 가장 높게 나타났다. 또한, 급속충전기의 경우 낮시간에 충전비율이 높게 나타났다. 선행 연구를 통해 전기차와 충전소 모두 절대적인 보급대수가 적으나 그 수요는 많기 때문에 보급대수를 늘리고, 설치이후에 안정적인 관리가 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

전기차 충전소의 최적입지를 선정하는 선행연구를 확인할 수 있었다. Kim (2017)은 서울시 내의 전기차 충전소의 최적 위치를 선정하기 위해 T-Map 네비게이션 사용자 데이터 분포와 서울시 교통정책과의 교통량 통계를 이용하였다. 이 연구는 교통량수집지점현황을 참고하여 차량의 흐름이 가장 많은 10곳을 중심으로 최적의 위치를 찾고자 하였다. 이 연구에서는 차량흐름이 가장 많은 10곳으로부터 1 km 이내의 데이터만을 이용하였는데, 1 km 라는 영역을 고려할 때 도로네트워크가 아닌 일직선을 고려하였다. Kang and Jeon (2017)은 경기도의 전기차 공공충전시설 적정 설치기준을 제시하였다. 시·군별 설치수량 배분은 전기차 보급대수, 교통량, 자동차등록대수 등 수요비중을 곱하여 도출하고, 정책적 판단으로 가감 보정하여 도출했다. 설치지점 선정할 때는 지역내 법정동별 또는

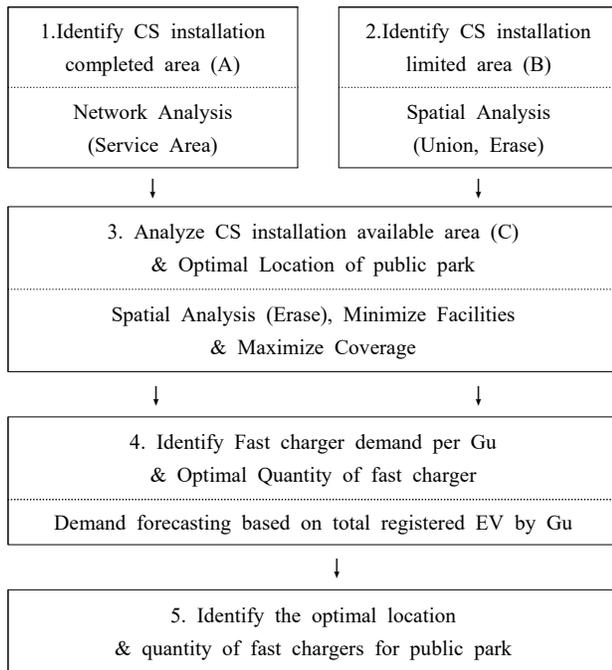
행정동별 전기차보급대수, 충전량, 교통량, 자동차등록대수, 아파트단지수 등의 항목 수요비중을 해당 시·군 배분 설치수량에 곱하여 도출하였다. 즉, 경기도 시·군 법정동·행정동 단위의 영향요인의 비중을 이용해 설치수량과 설치지점을 선정하였다. 충전소의 최적입지를 선정하는 데 있어서 충전소의 설치지점 뿐만 아니라 충전소가 입점할 행정구역에서의 전기차의 보급대수와 자동차등록대수 등을 고려하는 것을 확인할 수 있었다. Kwon et al.(2018)은 충전소가 붐비는 정도에 따라 최단거리에서 있는 충전소만이 아닌 더 멀리 있는 충전소를 이용할 수 있는 운전자의 행동을 고려하여 부하 평준화 기법을 활용하여 최적 입지선정 모형을 제시했다. 이 연구는 이미 전기차와 충전소가 많이 확대된 제주도가 중심이었으므로, 서울을 포함한 수도권지역에서 전기차와 충전소가 확대되고 난 뒤를 계획할 때 고려해야 할 것으로 사료된다. Hong and Hong (2021)은 고소득층 거주지역을 중심으로 전기차 충전소가 입지하는 공간적 불형평성을 해소하고자 지역별 소득수준과 충전소 개수 사이의 공간적 상관관계를 살펴 보았다. 연구결과를 통해 소득이 높은 지역에 충전소가 주로 입지하고 있는 것을 확인하여 향후 충전소 공급에 취약지역 개념을 도입하기를 제안했다.

선행연구를 통해 다음을 알 수 있었다. 첫째, 전기차에 대한 수요와 기대에 비해 우리나라에서는 아직 많은 보급이 이루어지지 않았다. 전기차 보급 초기단계이므로 좀 더 명확하고 체계적인 기준으로 충전소를 설치하여 충전소 설치에 대한 형평성을 제고해야 한다. 이 연구는 급속충전소를 고려하므로 교통량을 통해 구별 충전소의 수요를 파악하고, 현재 설치완료된 충전소를 고려하여 어느 한 행정구역에 충전소가 밀집되는 현상이 없도록 형평성을 확보해야 할 것이다. 둘째, 공공 급속충전소의 안정적인 운영과 보급이 필요하다. 급속충전소의 절대적인 보급대수가 적으나 이동거점 충전에서 높은 수요를 보이고 있으므로 급속충전소를 경로충전과 비상충전을 위해 보급해야 할 필요가 있다. 또한, 공공충전소의 이용실패경험을 줄이기 위해 공공충전기의 정상작동을 관리할 수 있는 체계가 필요할 것이다. 마지막으로 이미 운영 중에 있는 충전소의 서비스권역을 구할 때는 일직선이 아닌 도로네트워크를 고려해야 한다. 도로에 따라 이동하기 때문에 일직선으로 서비스권역을 고려한다면 원래보다 더 많은 범위를 포함할 수 있다. 그러므로 충전소의 충전기 보급대수가 적더라도 자칫 충분히 보급되었다고 나타날 수 있는 우려를 제거하기 위해 도로네트워크를 고려해야 할 것이다.

3. 연구방법

이 연구의 목표는 공공충전소의 최소 시설수(Minimize Facilities)로 서비스권역(충전망)의 최대수요(Maximize Coverage)를 확보하고 전기차 등록비율로 구별 수요를 반영하여 공공 급속충전소의 최적입지를 찾는 것이다. 이를 위해 첫 번째로는 현재 급속충전기가 설치된 공공충전소의 서비스 권역(A)을 확인한다. 둘째, A권역을 제외한 곳에 위치한 공공주차장 중 서비스권역을 최대화할 수 있는 공공주차장의 설치지점을 확보한다. 마지막으로 서울시 25개구별로 급속충전기 현황, 전기차 등록비율 등을 조합하여 구별 급속충전기의 설치수량을 정하고자 한다.

Table 3. Study Flow



3.1. 충전기 설치완료구역(A) 도출

전기차 충전소의 최적입지는 기본적으로 네트워크 분석으로 이루어질 것이다. 출발점에서 전기차 충전소까지의 거리가 진공속에서 일직선으로 이루어진 것이 아닌, 도로를 통한 물리적 거리를 바탕으로 하기 때문에 도로를 링크로 구성하고 시설물을 노드로 구성한 네트워크로 분석할 것이다. 서울시에서는 생활권 5분 충전망을 목표로 전기차 충전소를 목표로 설정하였고, 서울시내 평균 차량 속도는 24 km/h이므로 계산해보면 5분에 최대 2 km를 주행할 수 있다(SI, 2013). 그러나 도로의 사정상 더 짧은 거리를 이동할 수 있기 때문에 이 연구에서는 서비스영역을 최대 1 km로 고려하여 살펴보겠다.

3.2. 충전기 설치제한구역(B) 도출

전기차 충전기를 설치할 수 없는 구역을 도출하고자 한다. 서울에는 한강과 북한산, 관악산등의 수계와 임지가 있고, 이 영역에는 충전소 설치가 불가하다. 또한, 교육·감옥과 같이 접근이 제한되어 있는 시설도 충전소 설치가 불가능한 영역으로 설정하여 설치제한구역(B)를 도출한다.

3.3. 충전기 설치가능구역(C) 도출 및 최적입지의 공공주차장 설치지점 도출

서울시 면적에서 A와 B를 제외하면 충전기 설치가능구역(C)이 된다. 이 구역에 위치한 공공주차장을 설치가능후보로 가정했을 때, 후보지의 서비스권역(충전망)을 최대화하면서 후보지의 수를 최소로 할 수 있는 최소입지·최대수요 확보 분석을 수행한다(Table 4). 이 연구에서는 최대 1 km의 충전망을 고려하므로 1 km (impedance cutoff) 내 충전소가 최대한 많은 지점에 할당되면서 충전

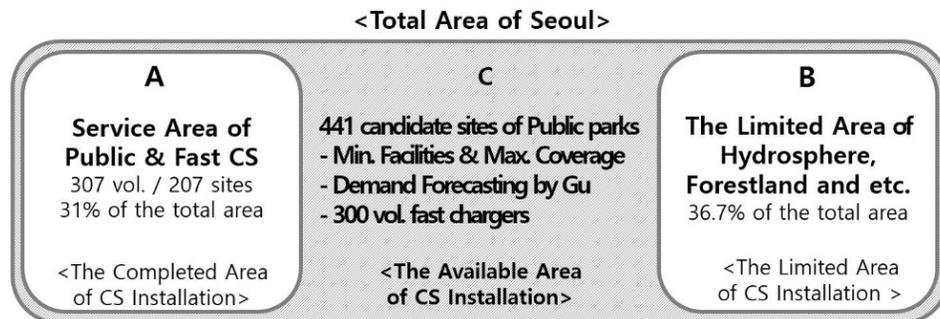
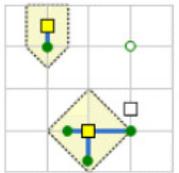


Fig. 1. A, B, and C areas in Seoul

Table 4. Description of Demand Analysis

Definition	Formula	Unit
a: Average traffic volume by Gu	Total traffic volume/The number of roads	Volume
b: The number of fast chargers for public	-	Volume
c: The demand for fast chargers for the public by Gu	α a ((e+f=300) such that α)	Volume
d: Necessary quantity of fast charger for public by Gu	$\begin{cases} aa-b, & \text{if } aa-b > 0 \\ 0, & \text{if } aa-b \leq 0 \end{cases}$	Volume
e: The number of optimal locations by Gu	 <p>Minimize Facilities: Facilities are located such that as many demand points as possible are allocated to solution facilities within the impedance cutoff*; additionally, the number of facilities required to cover demand points is minimized</p>	Site
f: Additional quantity of fast charger	$\begin{cases} d-e, & \text{if } (d-e) > 0 \\ 0, & \text{if } (d-e) \leq 0 \end{cases}$	Volume

* Any value assigned to this demand point property overrides the network analysis layer's Cutoff value.

망을 최대한로 커버하는 데 필요한 충전소의 수를 최소로 하는 최소입지·최대수요를 수행한다. 이 결과를 바탕으로 구별 설치가 필요한 공공주차장의 설치지점과 총 개소(e)를 도출한다.

3.4. 구별 공공 급속충전기 수요 파악 및 최적입지의 급속충전기 설치수량 도출

구별 교통량을 기반으로 구별 급속충전기 수요를 파악하고자 한다(Table 4). 이는 완속충전기가 거주지 중심의 충전형태에 쓰이지만 급속충전기는 경로충전과 비상충전 형태에 적합하고 교통량이 많은 곳에 수요가 높기 때문이다. 최소입지·최대수요 분석 결과인 최적입지를 구별 개소(e)와 구별 평균 교통량(a), 구별 설치완료된 공공 급속충전기 개수(b)는 모두 정해져 있는 값이다. 급속충전기 300기 설치를 목표로 진행하므로, 최소입지·최대수요 분석 결과(e)와 구별 추가적 설치가 필요한 급속충전기 수(f)의 합이 300을 만족하는 α 를 찾아야 한다. 구별 급속충전기의 수를 분석한 수요분석 결과값(c)에서 현재 설치완료된 공공 급속충전기(b)를 제외한 값이 구별로 실제 설치가 필요한 급속충전기수(d)이다.

3.5. 공공 급속충전기 최적입지 및 설치개수 도출

구별 급속충전소 설치가 필요개수(d)와 최소입지·최대수요가 가능한 구별 최적입지 개소(e)의 차이가 양수라면 그만큼 급속충전소 설치가 필요한 것이므로 추가적 설치

가 필요하며, 음수라면 추가적 배분이 필요하지 않다. 이런 방법으로 추가적 배분이 필요한 개수(f)를 파악한다. 한 곳의 공공주차장에 급속충전기를 최대 3대까지 설치하며, 그 이상 설치가 필요한 경우 추가적인 공공주차장 후보지를 모색해보도록 한다.

4. 결과

설치완료구역(A)을 분석하기 위해서는 우선 설치완료된 공공 급속충전소를 파악하고, 충전소의 서비스권역(충전망)을 확인해야한다. 먼저 공공개방형 시설물에 설치를 완료한 급속충전기는 총 307개이고 총 207개소에 설치되었다(Table 5). 설치완료된 급속충전기를 가장 많이 설치한 곳은 영등포구(35개)이고 강남구(31개), 마포구(28개), 송파구(21개) 순으로 나타난다. 급속충전기가 가장 적게 설치된 구는 광진구(3개)와 성북구(3개)로 나타난다. 공공 급속충전소가 가장 많은 곳은 강남구(19개소)이고 영등포구(19개소), 마포구(14개소), 서초구(13개소) 순으로 나타난다. 공공 급속충전소가 가장 적은 구는 광진구(2개소)이다. 충전소 1곳당 설치된 충전기 개수를 살펴보면, 1개를 설치한 충전소의 빈도가 가장 많지만, 한 곳에 8개의 충전기가 설치된 곳이 2곳이 있는 것을 확인할 수 있다. 충전소 1곳당 평균 충전기수를 살펴보면 중구가 2.2개로 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

Table 5. Completed Installation of Fast Chargers for Public

Adm ID	The number of fast chargers per CS							The number of fast chargers	The number of charging station	<i>The # of fast chrgers</i> <i>The # of charing station</i>
	1 vol	2 vol	3 vol	4 vol	5 vol	6 vol	8 vol			
J	1	3		1				11	5	2.2
SP	7		1		1	1		21	10	2.1
MP	8	3		2		1		28	14	2.0
SD	2	7		1				20	10	2.0
YDP	13	1	2			1	1	35	18	1.9
NW	5	2			1			14	8	1.8
GN	13	5					1	31	19	1.6
GJ	1	1						3	2	1.5
...
YS	5							5	5	1.0
DJ	4							4	4	1.0
SB	3							3	3	1.0
Total	15	40	4	5	2	3	2	307	207	-

4.1. 충전기 설치완료구역(A) 도출

충전기 설치완료구역(A)은 서울시에 설치가 완료된 공공 급속충전소의 1 km 서비스권역을 의미하며, 면적은 187.19 km²이고 서울면적(605.25 km²)의 약 31% 정도 되는 것을 확인할 수 있다(Table 6). 설치완료된 공공 급속충전소의 서비스권역(충전망) 중 전체 면적 대비 해당 면적이 가장 높은 구는 양천구(57%)이다. 서비스권역의 면적은 강남구(16.34 km²), 서초구(14.19 km²), 영등포구(12.83 km²) 순으로 높은 것을 확인할 수 있다.

4.2. 충전기 설치제한구역(B) 도출

충전기 설치제한구역(B)은 수계, 임지, 교육시설, 감옥 시설 등의 이용제한인 부지를 의미하며, 총 221.97 km²이고 서울전체 면적의 약 36% 정도가 된다(Table 6). 설치제한 구역에서 가장 높은 비율을 차지하는 것은 임지이다. 수계의 비중이 가장 높은 구는 영등포구(22%)이고, 임지의 비율이 가장 높은 구는 종로구(51%)이다. 이용제한 시설이 가장 많은 구는 용산구(17%)이다.

4.3. 충전기 설치가능구역(C) 도출 및 최적입지의 공공 주차장 설치지점 도출

충전기 설치가능구역(C)은 서울 전체면적에서 설치완료구역(A)과 설치제한구역(B)을 제외한 구역이다(Table 6). 면적은 약 196.09 km²이고, 서울전체면적의 약 32%가

된다. 구별 면적대비 해당 구의 설치가능구역의 비율이 가장 높은 구는 동작구(53%)이고, 절대적인 면적이 가장 넓은 구는 강서구(20.24 km²)이다. 설치가능구역에 위치한 공공주차장의 개수는 441개이며, 이 중에서 최소입지·최대수요가 가능한 최적입지를 도출하도록 한다.

최소입지·최대수요 분석결과, 설치가능구역에 위치한 공공주차장(441개소) 중 최소입지·최대수요에 적합한 공공주차장의 개수는 191개이고, 순 서비스권역은 100.92 km²다(Table 7.). 구별로 살펴보면, 강남구와 송파구가 공공주차장 15개소씩 가장 많은 입지가 필요한 것으로 나타났다. 그 이유는 설치가능구역(C)의 절대적인 면적이 넓으면서, 해당 구역에 입지한 공공주차장의 개수가 많기 때문으로 추론할 수 있다. 기존에 설치된 공공 급속충전기를 살펴보면, 강남구가 31개로 가장 높지만 다른 구에 비해 강남구의 면적자체가 넓은 편이어서 다른 구에 비해 상대적으로 설치완료구역(A, 16.34 km²)도 넓고, 설치가능구역(C, 12.09 km²)도 넓다. 또한, 설치가능한 공공주차장의 수가 강남구는 22개, 송파구는 26개로 상대적으로 많아 필요입지 개수로 선택될 수 있는 가능성이 높은 것으로 보인다. 설치가능한 공공주차장의 수가 많은 성동구(53개), 종로구(47개), 동작구(40개), 중구(39개)는 서비스권역을 최대화하는 입지의 개수가 각각 7개, 7개, 11개, 7개로 높게 나타나지 않았다. 그 이유는 해당 구의 설치가능구역(C)의 절대면적이 좁았기 때문에 서비스권역을 최대로 하는 입지가 적게 분석된 것으로 추론할 수 있다.

반대로 공공주차장 개수가 적게 나타난 구는 강동구(2개), 관악구(3개)이다. 그 이유는 설치가능구역(C)에 있는 공공주차장의 개수가 각각 3개로 매우 적기 때문이다. 설치

후보지인 공공주차장의 개수 자체가 매우 적어 충전망을 최대한으로 할 수 있는 입지를 선정하는 데 고려할 수 있는 후보 자체가 매우 적은 것이다. 더구나 해당 구의 설치완료 된 공공 급속충전기의 수는 각각 7개, 9개로 높은 편이 아니므로 수요를 반영하여 추가적인 공공 급속충전소 설치를 고려해

야한다. 즉, 서비스권역만을 기준으로 충전소 입지를 선정하게 되면 설치된 충전기 개수 자체가 적음에도 최소입지·최대수요 분석에서 필요입지의 개수가 적게 나올 수 있게 된다. 그러므로 수요분석을 통해 구별 공공 급속 충전기 수요를 파악하고 추가적으로 배분해주는 과정이 필요하다.

Table 6. Result of A, B, and C Area

Adm ID	A	B			C	Total Area
		Limited	Hydrosphere	Forestland		
GN	16.34 (0.41)	1.68 (0.04)	3.36 (0.09)	6.01 (0.15)	12.09 (0.31)	39.47 (1)
GD	8.14 (0.33)	0.94 (0.04)	2.46 (0.10)	3.17 (0.13)	9.83 (0.4)	24.54 (1)
GB	6.04 (0.26)	0.47 (0.02)	0.14 (0.01)	13.79 (0.58)	3.19 (0.13)	23.62 (1)
GS	12.44 (0.3)	0.88 (0.02)	4.14 (0.10)	3.68 (0.09)	20.24 (0.49)	41.39 (1)
GA	6.95 (0.24)	2.23 (0.08)	0.18 (0.01)	14.51 (0.49)	5.67 (0.19)	29.54 (1)
GJ	2.86 (0.17)	1.07 (0.06)	1.91 (0.11)	3.56 (0.21)	7.65 (0.45)	17.05 (1)
GR	7.99 (0.4)	0.96 (0.05)	0.46 (0.02)	3.49 (0.17)	7.21 (0.36)	20.11 (1)
GC	6.12 (0.47)	0.5 (0.04)	0.38 (0.03)	2.72 (0.21)	3.28 (0.25)	13.00 (1)
NW	7.24 (0.2)	2.46 (0.07)	0.90 (0.03)	15.64 (0.44)	9.32 (0.26)	35.56 (1)
DB	6.31 (0.31)	0.67 (0.03)	0.42 (0.02)	9.85 (0.48)	3.4 (0.16)	20.66 (1)
DDM	5.5 (0.39)	1.19 (0.08)	0.30 (0.02)	0.94 (0.07)	6.3 (0.44)	14.23 (1)
DJ	3.18 (0.19)	0.95 (0.06)	0.38 (0.02)	3.2 (0.2)	8.67 (0.53)	16.38 (1)
MP	10.42 (0.44)	0.74 (0.03)	4.27 (0.18)	1.85 (0.08)	6.57 (0.28)	23.85 (1)
SDM	2.57 (0.15)	1.47 (0.08)	0.22 (0.01)	5.58 (0.32)	7.83 (0.44)	17.68 (1)
SC	14.19 (0.3)	0.98 (0.02)	1.65 (0.04)	17.68 (0.38)	12.36 (0.26)	46.85 (1)
SD	7.17 (0.43)	0.77 (0.05)	2.65 (0.16)	0.51 (0.03)	5.7 (0.34)	16.79 (1)
SB	4.06 (0.16)	2.05 (0.08)	0.13 (0.01)	7.94 (0.32)	10.42 (0.42)	24.6 (1)
SP	8.89 (0.26)	2.16 (0.06)	4.59 (0.14)	3.26 (0.1)	14.94 (0.44)	33.83 (1)
YC	9.95 (0.57)	0.79 (0.05)	0.15 (0.01)	2.17 (0.12)	4.39 (0.25)	17.45 (1)
YDP	12.83 (0.52)	0.62 (0.03)	5.28 (0.22)	0.21 (0.01)	5.59 (0.23)	24.52 (1)
YS	4.96 (0.23)	3.79 (0.17)	3.68 (0.17)	1.51 (0.07)	7.94 (0.36)	21.88 (1)
YP	4.97 (0.17)	0.67 (0.02)	0.17 (0.01)	13.86 (0.47)	10.11 (0.34)	29.77 (1)
JR	6.86 (0.29)	0.82 (0.03)	0.03 (0.00)	12.3 (0.51)	3.97 (0.17)	23.98 (1)
J	4.58 (0.46)	0.51 (0.05)	0.00 (0.00)	1.3 (0.13)	3.57 (0.36)	9.96 (1)
JR	6.65 (0.36)	0.6 (0.03)	0.61 (0.03)	4.82 (0.26)	5.86 (0.32)	18.54 (1)
Total	187.19 (0.31)	29.97 (0.05)	38.46 (0.06)	153.54 (0.25)	196.09 (0.32)	605.25 (1)
			221.97 (0.36)			

Table 7. Result of Minimize Facilities Analysis

Adm ID	C	The number of available public park	The number of the selected site	Net Service Area
SP	14.94	26	15	8.33 (0.56)
GN	12.09	22	15	7.44 (0.62)
...
GA	5.67	3	3	1.16 (0.2)
GD	9.83	3	2	1.46 (0.15)
Total	196.09	441	191	100.92 (0.56)

4.4. 구별 공공 급속충전기 수요 파악 및 최적입지의 급속충전기 설치수량 도출

300기의 급속충전기를 서울시 25개 구로 효율적이게 배분하기 위해서는 각 충전소의 서비스권역(충전망)을 최대화할 수 있는 최소입지를 도출하고, 각 구의 수요를 반영한 추가적인 분배가 필요하다. 이 연구에서는 구별 평균교통량을 기준으로 각 구의 수요를 파악해보도록 하겠다. 구별 교통량은 TOPIS 2021년 12월 일자별 교통량 조사자료를 기준으로 구별 교통지점에서 측정된 교통량을 평균한 값이다. 급속 충전소는 경로충전과 비상충전을 목적으로 주로 이용되므로, 교통량이 많은 곳을 중심으로 급속 충전소의 수요가 높을 것으로 가정한다. 구별 수요 분석의 결과(c) 평균교통량이 가장 높은 마포구가 수요가 43개로 가장 높은 것으로 나타났다(Table 8). 평균교통량이 가장 낮은 구로구는 수요분석에서 8개로 가장 낮은 수요를 보였다.

구별 수요를 현재 설치완료된 공공 급속충전소 개수(b)로 빼주면 설치해야 할 충전기 개수(d)가 된다. 충전기가 많이 필요한 구는 순서대로 용산구(20개), 종로구(18개), 구로구

(18개), 동작구(18개)이다. 설치완료된 공공 급속충전기의 개수가 적으면 추가적인 설치에서 많게 나타나는 것을 확인할 수 있다. d값이 가장 높은 동작구(36개)를 살펴보면, 동작구는 현재 설치완료된 공공 급속 충전기가 4개로 매우 적은 편이고, 평균교통량으로 분석한 수요가 40개로 나타났다. 즉, 동작구는 평균교통량이 다른 구에 비해서 높는데 반해 설치완료된 공공 급속 충전기의 개수가 매우 적어서 설치를 필요로 하는 개수 d값(36)이 가장 높게 나타난 것으로 사료된다.

4.5. 공공 급속충전기 최적입지 및 설치개수 도출

f값이 높은 구를 순서대로 살펴보면, 동작구(25개), 대문구(22개), 강동구(14개)로 나타난다. 3개 구의 특징은 구별 평균 교통량(a)이 높아서 수요분석값(c)도 높지만 설치완료된 충전기수(b)가 적은 편이고 설치가능구역(C)의 면적이 좁다는 것이다(Table 8). 즉, 구별로 교통량에 비해 급속 충전할 수 있는 충전소가 부족하여 충전소 설치 필요하지만, 설치가능한 구역이 좁아서 최소입지·최대수요 분석에서 입지가 적게 반영되었으나 수요를 반영하여 추가적인 설치를 논의할 수 있게 되었다는 것이다.

Table 8. Result of Minimize Facilities Analysis

Adm ID	Status	Result of Analysis					
		a	b	c	d	e	f
1	GN	2,524,373	31	23	0	15	0
2	GD	2,577,362	7	23	16	2	14
3	GB	1,953,129	7	18	11	9	2
4	GS	2,192,879	13	20	7	9	0
5	GA	1,576,715	9	14	5	3	2
6	GJ	2,111,521	3	19	16	7	9
7	GR	878,002	6	8	2	8	0
8	GC	1,550,213	7	14	7	5	2
9	NW	2,194,350	14	20	6	10	0
10	DB	1,374,985	12	12	0	7	0
11	DDM	4,162,154	7	37	30	8	22
12	DJ	4,370,311	4	40	36	11	25
13	MP	4,780,483	28	43	15	5	10
14	SDM	1,520,807	5	14	9	6	3
15	SC	2,183,636	17	20	3	4	0
16	SD	2,360,272	20	21	1	7	0
17	SB	2,290,052	3	21	18	8	10
18	SP	1,863,895	21	17	0	15	0
19	YC	2,669,672	16	24	8	8	0
20	YDP	1,933,495	35	18	0	8	0
21	YS	2,459,644	5	22	17	7	10
22	YP	1,062,652	10	10	0	7	0
23	JR	1,212,787	7	11	4	7	0
24	J	1,026,170	11	9	0	7	0
25	JR	1,566,810	9	14	5	8	0
Total		-	307	-	-	191	109

설치완료 된 충전기수가 높은 영등포구(35개)와 강남구(31개)는 수요보다 더 많은 충전기가 이미 설치되어 있어서 추가적인 배분이 필요 없게 되어 f값이 0이 되었다. 수요가 8개로 가장 낮은 구로구는 설치완료된 공공급속충전기가 6개로 설치가 필요한 충전기가 2개로 나타났다. 하지만 최대 서비스권역을 위한 최소입지가 8개로 나타나 추가적인 배분이 없다. 즉, 1차적으로 서비스권역을 최대화하는 분석에서 입지를 분배하고, 수요를 반영한 2차 분배로 서비스권역 기반 분배의 한계점을 보완하였다.

충전소 1곳당 평균 충전기 수가 가장 큰 곳은 중구(2.2개)였으므로, 충전소 1곳당 최대 3대까지 설치하는 기준을 잡고 추가적인 배분을 진행하도록 하겠다. 충전소 1곳당 충전기 3대를 설치하고도 남는 충전기 수가 있다면 새로운 공공주차장을 알아보는 것으로 하겠다. 급속충전기를 설치할 공공주차장 한곳당 설치할 충전기의 개수를 Table 9에 정리하였다. 급속충전기 300기를 설치하는데 설치될 공공주차장은 총 198곳으로 나타난다. 설치될 공공주차장이 가장 많은 곳은 강남구와 송파구로 15곳이다. 설치될 공공주차장 개수가 많다는 것은 서로 다른 주차장에 충전

기가 설치되어야 서비스권역을 높일 수 있다는 것이고, 반대로 말하면 현재 이 지역은 설치가능구역이 높은 지역임을 확인할 수 있다. 설치될 공공주차장이 가장 적은 곳은 관악구(3곳)이다. 관악구는 평균 교통량에 비해 충전소가 부족하여 수요가 5기로 나타났으나, 설치가 가능한 공공 주차장의 개소가 3곳뿐이었기 때문에 주차장 2곳에 충전기 2개씩, 주차장 한 곳에 충전기 1기를 설치하는 방향이 적합한 것으로 나타났다.

설치가 필요한 급속충전기의 수가 가장 적게 필요한 곳은 서초구(4개)이다. 서초구의 경우 선택된 공공주차장이 4개소이고, 설치완료구역(A)이 14.19 km²로 넓고, 설치완료된 충전기가 17개로 높은 편이라 추가적 배분이 없는 것으로 확인된다. 마포구의 경우 설치가능구역이 6.57 km²로 매우 좁아 5개소가 서비스권역을 최대화하는 데 필요하다고 분석되었지만, 평균 교통량이 높아 수요가 48개로 나타났다고 설치완료된 충전기가 28개로 높은편인데도 불구하고 추가적으로 설치가 10개로 나타났다. 설치가 필요한 급속충전기 총개수가 가장 많은 곳은 동작구(36개)이다. 동작구의 경우 최소입지·최대수요는 11곳이었으나 추가

Table 9. Optimal Location and Optimal Amount of Fast Chargers

Adm ID	Min Facilities	Additional Quantity	Total Amount of fast chargers by Gu	The number of fast chargers per CS			Total Amount of public park	Net Service Area (km ²)	
				1 vol.	2 vol.	3 vol.			
1	GN	15	0	15	0	0	15	8.68	
2	GD	2	14	1	0	5	2+4	3.75	
3	GB	9	2	11	7	2	0	9	4.11
4	GS	9	0	9	9	0	0	9	7.03
5	GA	3	2	5	1	2	0	3	1.77
6	GJ	7	9	16	2	1	4	7	7.42
7	GR	8	0	8	8	0	0	8	3.72
8	GC	5	2	7	3	2	0	5	2.26
9	NW	10	0	10	10	0	0	10	6.39
10	DB	7	0	7	7	0	0	7	2.9
11	DDM	8	22	30	0	0	10	8+2	7.16
12	DJ	11	25	36	0	0	12	11+1	7.59
13	MP	5	10	15	0	0	5	5	3.44
14	SDM	6	3	9	3	3	0	6	5.59
15	SC	4	0	4	4	0	0	4	2.52
16	SD	7	0	7	7	0	0	7	4.7
17	SB	8	10	18	3	0	5	8	8.46
18	SP	15	0	15	15	0	0	15	9.97
19	YC	8	0	8	8	0	0	8	3.12
20	YDP	8	0	8	8	0	0	8	4.78
21	YS	7	10	17	2	0	5	7	5.25
22	YP	7	0	7	7	0	0	7	4.64
23	JR	7	0	7	7	0	0	7	4.77
24	J	7	0	7	7	0	0	7	3.1
25	JR	8	0	8	8	0	0	8	4.35
Total		191	109	300	142	10	46	198	127.47

적으로 급속충전기 25기를 설치해야 한다고 분석되었다. 동작구는 설치가능구역이 8.67 km²로 동작구 면적의 약 50%이라 최소입지가 11곳으로 높게 나타났으나, 평균교통량이 높아 수요가 40개로 높게 나타났다. 또한, 설치완료된 충전기가 4개로 매우 낮아 최종적으로 총 36개의 충전기를 최소입지 11곳에 설치해야 했다. 그러나 충전소 1곳당 최대 3대까지 설치 가능하므로 충전소 1곳의 입지를 추가적으로 선정해야 했고, 이에 충전소 12곳에 충전기 36개를 설치해야 한다고 나타났다.

추가적배분이 없어 선택된 공공주차장에 급속충전기를 1개씩 설치하면 되는 곳은 강남구(15곳), 강서구(9곳), 구로구(8곳), 노원구(10곳), 도봉구(7곳), 서초구(4곳), 성동구(7곳), 송파구(15곳), 양천구(8곳), 영등포구(8곳), 은평구(7곳), 종로구(7곳), 중구(7곳), 중랑구(8곳)이다. 해당 14개

구는 서비스권역을 최대로 하는 최소입지를 분석할 때 설치해야 할 공공주차장만으로도 서비스권역을 최대화하면서 구별 충전소 수요를 만족하는 것으로 나타났다.

그러나 추가적 배분이 있는 경우 최소입지에 따라 2개, 3개를 할지 혹은 새로운 충전소를 찾아봐야할지가 결정된다. 공공주차장 1곳당 설치가능한 충전기는 3대이므로 설치가 필요한 충전기의 총개수가 최소입지수의 3배 이하일 경우 입지에 적절히 배분해주면 된다. 공공주차장 1곳당 급속충전기를 3개를 설치하는 곳은 강동구 5곳, 광진구 4곳, 동대문구 10곳, 동작구 12곳, 마포구 5곳, 성북구 5곳, 용산구 5곳이다.

설치가 필요한 충전기의 총개수가 최소입지수의 3배 초과일 경우 새로운 충전소를 찾아 봐야한다. 강동구의 경우 설치가 필요한 충전기는 16개이고, 서비스권역을 최

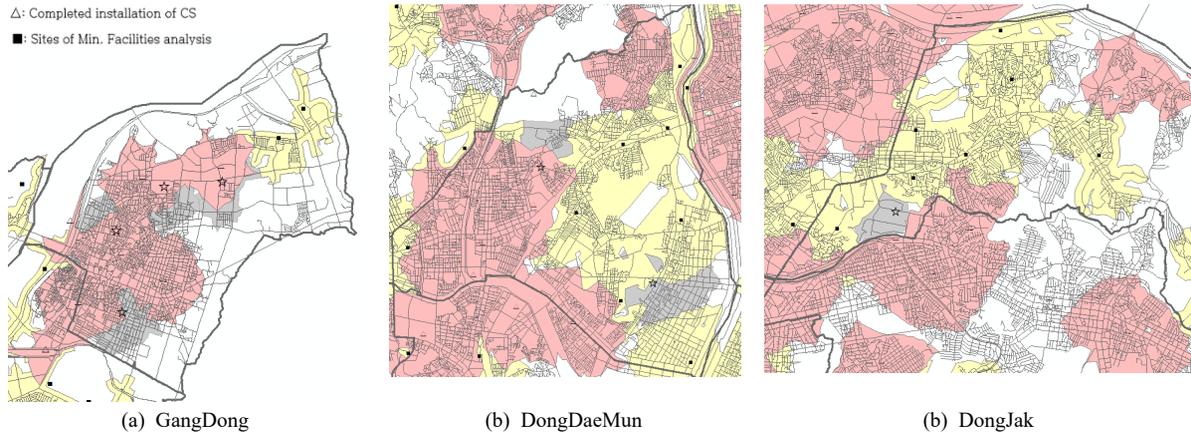


Fig. 2. Additional Selection of Public Park in GD, DDM and DJ

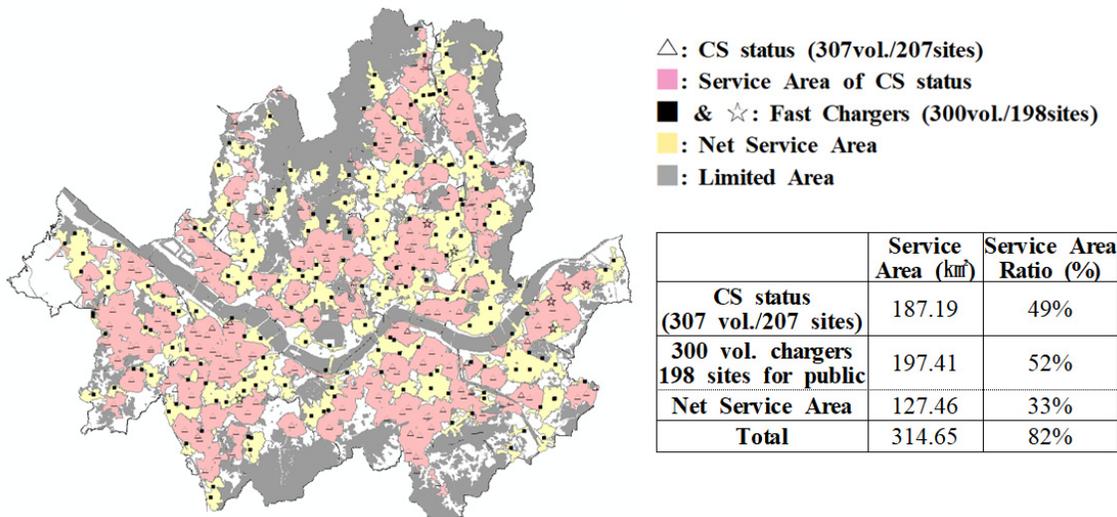


Fig. 3. Final Optimal Location & Service Area

대로 하는 최소입지개수가 단 2곳으로 나타났다(Fig. 2). 한 주차장에 설치할 수 있는 충전기는 3개이므로 2곳에 3개씩 설치하고, 남은 10개는 새로운 공공주차장에 설치하도록 해야 한다. 나머지 10개를 설치할 곳을 알아보는 방법은 각 지점의 순(net) 서비스권역이 가장 높은 것을 차례대로 고르도록 한다. 결과는 Fig. 2와 같고, 새로운 3곳에 충전기 3기를 새로운 1곳에 충전기 1기씩 설치하도록 한다. 순 서비스권역의 면적은 8.68 km^2 로 나타났다.

동대문구와 동작구는 새로운 공공주차장을 2개, 1개씩 찾아 봐야한다. 동일한 방법으로 새로운 입지를 찾아봤고, 각각의 순 서비스권역의 총 면적은 7.16 km^2 , 7.59 km^2 로 나타났다. 순 서비스권역을 계산할 때 설치완료된 충전망과 최소입지최대수요 충전망을 제외하기 때문에 추가적배분 지점의 충전망이 넓더라도 겹치는 부분이 많으면 면적이 넓지 않을 수 있다.

최소입지·최대수요 분석 결과와 추가적 배분 분석결과를 바탕으로 급속충전기 300기를 설치할 후보지의 충전망은 197.41 km^2 로 설치제한구역을 제외한 서울시 면적의 약 52%를 차지한다. 그러나 설치완료된 충전소의 충전망과 겹치는 부분이 있으므로 순수한 충전망은 총 127.46 km^2 (33%)로 나타난다. 설치완료된 충전소의 서비스권역은 설치제한구역을 제외한 서울시 면적의 49%를 차지한다. 즉, 서울시에서 올해 설치계획 중인 급속충전기 300기를 설치한다면 총 314.65 km^2 (82%)의 충전망을 구축할 수 있다는 것을 확인할 수 있다(Fig. 3).

5. 결론

온실가스 감축의무를 실현하기 위한 방안 중 하나인 전기차 확대는 안정적인 충전망이 우선적으로 필요하다. 서울시는 생활권 5분 충전망을 목표로 2022년 급속충전기 300기를 보급한다고 발표했고, 이에 이 연구에서는 모든 전기차 이용자가 사용할 수 있는 공공주차장에 급속충전기를 설치하는 것을 목표로 최적입지를 분석했다. 최적입지를 찾고자 충전소의 서비스권역과 구별 충전소 수요라는 두 가지 기준을 제시했다. 첫번째로는 충전소의 서비스권역을 최대화하고 최소의 충전소를 설치하고자 공간 입지 배분모형의 Service Area과 Minimize Facilities 분석을 수행했다. 분석결과 총 191곳의 공공주차장이 선택되었고, 순 서비스권역은 124.34 km^2 로 나타났다. 두 번째 분석은 구별 전기차 등록비율에 비례하는 충전소 수요를 파악하고 공간 입지 배분모형에서 놓칠 수 있는 부분을 보완하도록

했다. 수요분석을 통해 191곳의 공공주차장에 설치할 충전기의 개수를 결정하였고, 특히 최소입지에 비해 추가설치가 많았던 강동구, 동대문구, 동작구의 경우 추가적인 분석을 통해 서비스권역을 높이는 새로운 공공주차장을 분석하였다. 두 차례의 분석을 통해 198곳의 공공주차장에 급속충전기 300기를 설치하여 순 충전망이 127.46 km^2 (33%)가 확대되는 것을 확인할 수 있었다. 설치완료된 충전소의 서비스권역과 함께 계산하면 서울시 면적의 82%(314.65 km^2)인 충전망을 보급할 수 있는 것으로 분석된다.

이 연구는 충전기 300기를 설치하기에 앞서서 충전소의 위치와 충전기의 개수를 결정하는 것이 중요하고, 이를 위해서 충전소의 최적의 위치를 설정하는 데 있어서 최소입지·최대수요 분석을, 충전기의 개수를 선정하는 데 있어서 구별 충전기의 수요분석을 적용했다. 많은 선행연구에서는 최적입지를 분석할 때 충전망만을 중심으로 최적입지를 살펴보므로 이미 설치가 상대적으로 많은 지역은 분석대상에서 제외되거나 애초에 행정구역이 좁은 곳은 충전소 후보지가 매우 낮아지는 한계를 확인할 수 있었다. 이 연구에서는 이를 극복하고자 1차적으로는 최소입지·최대수요 분석을, 2차적으로는 수요분석을 수행했다. 이를 통해 충전소의 설치지점뿐만 아니라 충전기의 설치수량, 즉 한곳의 충전소에 얼마나 밀도 있게 충전기를 설치하는지에 대한 고민을 같이 다루었다. 이는 차후 충전망 확대를 고려할 때 충전소의 분포만을 고려하는 것이 아니라 충전소의 충전기 밀도까지 같이 고려하는 접근을 제시하는 점에서 의의가 있다.

전기차 확대를 위해 안정적인 충전인프라 구축이 매우 중요하지만, 이에 못지않게 충전소 이용에 제한이 없도록 관리하는 것도 중요하다. 현황을 살펴보면 입주자나 사용시설 방문자에게만 사용을 제한한 곳이 1,293 (65.2%)곳이나 있어 아직 충전소의 이용 접근성이 굉장히 제한적이라는 것을 확인할 수 있다. 더불어 노후로 인해 철거 예정 중인 공공 충전소가 24곳이나 있어서 기존 이용자들을 위해 빠른 재정비가 필요하다고 고려된다. 또한, 공공 급속충전소를 이용하는 전기차 이용자들을 위한 혜택을 고려해볼 필요가 있다. 충전기가 설치되어 있는 주차장 중에는 친환경차 50% 감면, 저공해차량 50% 할인과 같은 주차요금할인 혜택을 확인할 수 있다. 또한, 공공주차장에서 전기차를 충전할 때 대부분 주차요금은 별도로 소요된다. 그러므로 전기차 충전소를 확대하는 것도 중요하지만, 친환경차에 대한 주차요금 혜택에 대한 지원도 필요할 것으로 사료된다. 차후 연구에

서는 충전소의 최적입지를 결정하는 데 있어서 이용제한이나 주차요금 혜택에 관한 충전소의 질적인 측면을 고려하는 방향이 필요할 것이다. 또한, 이 연구는 전기차에 비해 충전소가 현저히 부족한 상황에서 안정적인 충전망을 확보하기 위해서는 공공주차장에 의무적으로 설치하는 배경에서 시작되었다. 이 연구는 도로네트워크를 기준으로 충전망을 살펴본것이기 때문에 공공주차장이 아닌 다른 건물, 입지에도 적용할 수 있다. 그러나 경로충전과 비상충전이 기반인 급속충전기를 중심으로 연구를 진행하였기 때문에 충전패턴이 다른 완속충전기에는 적용하기에는 한계가 있다. 그러므로 향후연구에서는 완속충전기의 충전시간과 패턴을 고려하여 최적입지와 최적수량을 찾는 방안을 고려해봐야 할 것이다.

이 연구는 기후변화에 따른 국가별 온실가스 감축대응 방안 중 하나인 전기차 확대를 이루기 위해서는 충전인프라 보급이 필요하다는 전제하에서 시작되었다. 많은 선진국에서 전기차를 전폭적으로 보급하여 안정적인 운영이 이루어지고 있으나, 우리나라에서는 아직 전기차와 충전소 모두 매우 적게 보급되었다. 전기차 보급의 극초기단계인만큼 충전소의 수를 늘리는 것도 중요하겠지만 지방자치단체의 적극적인 도입의지와 안정적인 운영 등의 정부차원의 지원정책도 필요하다. 전기차는 더 이상 선택의 문제가 아닌, 기후변화라는 환경재난과 수송산업에 대한 국제경제라는 환경속에서 가장 효과적인 온실가스 감축 수단이며 필수적 대안으로 고려되고 있다. 국가적 차원에서 체계적이고 안정적인 충전인프라를 구축하여 전기차 보급이 확대된다면, 내연기관 자동차에서 배출되는 온실가스를 감축할 수 있는 선순환이 시작될 수 있을 것이다.

사사

This research was supported by the BK21 FOUR (Fostering Outstanding Universities for Research) funded by the Ministry of Education (MOE, Korea) and National Research Foundation of Korea (NRF) (No. 5120200113713). This work was supported by the Seoul Data Fellowship funded by the Seoul Metropolitan Government in 2022.

References

Hong JS, Hong SJ. 2021. An Analysis of Spatial Equity of Electric Vehicle Charging Station. *Journal of the*

Architectural Institute of Korea 37(12): 211-221.

IEA. 2021. Global CO₂ emissions in transport by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2070; [accessed 2022 May 5]. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-in-transport-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2070>

Kang CG, Jeon SY. 2017. A study on the establishment of proper installation criteria of the electric vehicle charging station in Gyeonggi-do (in Korean with English abstract). Suwon, Korea: Gyeonggi Research Institutions, Policy Report 1-161.

Kim JY. 2017. Optimal Selection of Electric Vehicles' Charging Station Location in Seoul (in Korean with English abstract). *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* 21(8): 1575-1580.

KPX. 2021. A Report on the Supply and Use of Electric Vehicles and Chargers. Naju, Korea: Korea Power Exchange, Policy Report 2021-12.

Kwon OS, Yang W, Kim HJ, Son DH. 2018. A Problem of Locating Electric Vehicle Charging Stations for Load Balancing. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering* 41(4): 9-21.

NBC. 2022. U.S. to provide \$5 billion to help states build network of EV charging stations; [accessed 2022 May 5]. <https://www.nbcnews.com/news/us-news/us-provide-5-billion-help-states-build-network-ev-charging-stations-rcna16159>, search date: 2022.05.03

Park JY, Heo SH, Kim JI. 2020. Future Car-Based Transportation System Support Project. Sejong, Korea: Korea Transport Institute. Brief KOTI 2020 vol.1.

Policy Briefing. 2022. The era of 500,000 pollution-free cars will open in 2022; [accessed 2022 May 5]. <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156493458>

Seoul. 2022. 35,000 chargers for electric vehicles will be expanded this year; [accessed 2022 May 5]. <https://news.seoul.go.kr/env/archives/516961>

SI. 2013. Average Speed of Cars on the Road; [accessed 2022 May 5]. <https://data.si.re.kr/node/50/>