

# 전기자동차 보급을 위한 농촌지역의 주유소 기반 급속 충전인프라 구축 방안 분석

김솔희 · 김태곤\* · 서교\*\*†

서울대학교 농업생명과학대학 생태조경·지역시스템공학부

\*미국 미네소타대학교, 환경연구소

\*\*서울대학교 국제농업기술대학원, 서울대학교 그린바이오과학기술연구원, 서울대학교 농업생명과학연구원

## Analysis of Construction Plans of Rapid Charging Infrastructures based on Gas Stations in Rural Areas to Propagate Electric Vehicles

Kim, Solhee · Kim, Taegon\* · Suh, Kyo\*\*†

*Department of Landscape Architecture and Rural Systems Engineering, Seoul National University*

*\*The NorthStar Initiative for Sustainable Enterprise (NiSE), Institute on the Environment, University of Minnesota*

*\*\*Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University, Institute of Green Bio Science & Technology, Seoul National University Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University*

**ABSTRACT** : As environmental concerns including climate change drive the strong regulations for car exhaust emissions, electric vehicles attract the public eye. The purpose of this study is to identify rural areas vulnerable for charging infrastructures based on the spatial distributions of the current gas stations and provide the target dissemination rates for promoting electric cars. In addition, we develop various scenarios for finding optimal way to expand the charging infrastructures through the administrative districts data including 11,677 gas stations, the number of whole national gas stations. Gas stations for charging infrastructures are randomly selected using the Monte Carlo Simulation (MCS) method. Evaluation criteria for vulnerability assessment include five considering the characteristic of rural areas. The optimal penetration rate is determined to 21% in rural areas considering dissemination efficiency. To reduce the vulnerability, the charging systems should be strategically installed in rural areas considering geographical characteristics and regional EV demands.

**Key words** : Climate Change, Vulnerable Area, Electric Vehicle, Charging Infrastructure, Gas Station, Optimal Penetration Rate

### 1. 서론

자동차 배기가스에 관한 환경규제로 친환경 자동차 (Green Car)에 대한 관심이 증가하고 있다(Hong et al., 2009; Lee et al., 2011). 친환경 자동차 중에서 전기자동차는 주행 중 각종 배기가스와 매연물질을 전혀 배출하

지 않는 무공해차량(ZEV; ZERO-Emission Vehicle)으로서, 차세대 자동차로 각광받고 있다. 그러나 전기자동차는 기존 화석연료를 이용하는 내연기관 자동차에 비해 약 55% 이상 높은 차량 가격과 긴 충전시간, 부족한 충전 인프라와 같은 이유로 보급에 어려움이 있어왔다 (Keisuke et al., 2001; Kim et al., 2013; Schuster et al., 2012). 이러한 문제들 중 높은 차량 가격은 환경개선을 장려하기 위한 정부 지원 정책을 통하여 해결이 가능하며, 충전시간은 급속 충전방식 및 배터리 기술의 발전을

Corresponding author : Suh, Kyo  
Tel : 033-339-5810  
E-mail : kyosuh@snu.ac.kr

통하여 개선되고 있다. 충전인프라는 충전 서비스에 대한 공간적인 접근성을 개선하여 전기자동차의 이용을 증진시킬 수 있기 때문에 전기자동차 보급의 핵심요소로 부각되고 있다(Wiederer and Philip, 2010). 그러나 초기 설치비용이 크고, 설치 이후 변경이 어렵기 때문에 보급 이전에 반드시 사전 검토가 필요하다.

이에 따른 효과적인 충전인프라 구축을 위한 연구가 진행되고 있으며, 특히, 충전인프라 구축 계획 수립을 위한 수요 예측에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 미국의 전기충전기 제작업체 Coulomb Technologies는 전기자동차 1대당 대략 1.8기의 충전기가 필요할 것으로 추정된 바 있으며(Lowenthal, 2012), Better Place는 Project Better Place를 통해 10만 대의 전기자동차에 대해 25만 개의 충전기와 150개소의 배터리교환소가 필요할 것으로 예측하였다(Daco Industrial Research Institute, 2010). 우리나라의 경우 한국스마트그리드사업단에서 현재 1900대 가량인 전기자동차를 2020년까지 전기자동차 누적 100만대 이상 보급을 목표로 충전시설 총 52만대를 전망하였다(Ministry of Knowledge Economy, 2010). 충전인프라는 환경부를 중심으로 공공부문에서 완속충전기 8천여 대, 급속충전기 2천 6백여 대를 공급할 계획이며, 민간부문에서는 홈충전기 약 13만 대, 완속충전기 약 37만 대, 급속충전기 약 4천여 대의 설치를 지원할 계획이다.

홈충전기와 완속충전기는 이용자의 주거지와 직장지를 중심으로 설치장소를 계획할 수 있는 반면, 급속충전기는 불특정 다수가 이용하므로 수요량을 바탕으로 적절한 설치위치를 선정하는 것이 매우 중요하다. 지식경제부는 민간부문 급속충전기 수요를 약 4천여 대로 예상하면서, 면적당 설치대수를 고려하여 지역별 급속충전소 개수를 추정하였다. 더불어, 급속충전소 설치 시 주유소, 고속도로 휴게소 등을 설치장소로 제안하였다(Ministry of Knowledge Economy, 2010). 충전 인프라 구축에 있어서 이러한 충전시설의 입지를 평가함으로써, 정책적 지원이 필요한 지역이나 개선이 필요한 부분에 대한 대응 전략 수립이 가능하다. 그러나 지역별 수요량 및 설치 위치에 대한 가이드라인만 제시되어, 충전소 입지에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전국 주유소를 기반으로 다양한 보급목표에 따른 충전인프라 구축 시 급속 충전시설의 접근성을 평가하여 취약지역을 도출하고 적절한 보급목표를 제시하고자 하였으며 충전기의 특성을 바탕으로 보급 시나리오를 구성하여 경제성을 비교 분석하였다. 이를 위하여 도농간 취약성 비교를 통하여 농촌지역에 대한 취약성 지표를 재설정하였고 보급비율에 따른 취약지역 감소 효과를 평가하여 농촌지역에 대한 적정보급비율

을 산정하였다. 산정된 적정보급률을 기준으로 농촌지역의 충전인프라 접근취약성을 도별로 비교하고, 충전소 입지 분석을 위하여 취약도가 높은 지역 중 하나인 평창군을 중심으로 경제성분석과 최적입지 선정을 위한 시나리오 분석을 실시하였다.

## II. 연구자료 및 방법

### 1. 행정구역 및 주유소 위치정보

본 연구에서는 행정구역의 중심지점(centroid)과 충전소 사이의 거리를 이용하여 취약성을 평가하였다. 행정구역은 읍면동 단위의 구역도를 이용하였으며, 충전소는 현재의 주유소 위치에 충전소가 추가적으로 설치된다고 가정하였다.

행정구역의 중심지점을 추출하기 위하여, 국가공간정보유통시스템에서 제공하는 행정읍면동 지리정보를 이용하였다. 대상지역은 도서지역을 제외한 전국 읍면동 4,827개소로 한정하였으며, 도시지역은 동부, 농촌 지역은 읍부와 면부로 정의하였다. 전국 행정구역 중 도서지역을 제외하고 본 연구에 사용된 도시지역은 3,458개소(71.6%)이며, 농촌 지역은 읍부 201개소, 면부 1,168개소로 총 1,369개소(28.4%)로 나타났다. 행정구역별 중심좌표는 미국 ESRI사의 ArcGIS 9.3.1 소프트웨어의 Data Management Tools 기능 중 Feature To Point을 이용하여 산출한 후, 텍스트 파일로 저장하였다.

충전 인프라를 구축하는 과정에서 급속 충전소는 대지비용 및 입지조건을 고려할 때, 현재의 주유소 시설에 위치한다고 가정하였다. 급속 충전소 건립에 필요한 비용 중 큰 비중을 차지하는 대지비용은 기존 주유소 시설을 이용할 경우, 상당부분 절감할 수 있으며, 현재의 주유소 입지는 시장경제를 통하여 수요와 공급에 의한 최적 입지라고 가정하였다.

전국 주유소에 대한 위치정보는 한국석유공사에서 운영하는 유가정보서비스로 부터 소재지 주소를 수집하였으며, 수집된 주소는 다음의 지도 오픈 API를 이용하여 위경도 좌표로 변환하였다. 유가정보서비스(Opinet)에서 제공하는 전국 주유소는 총 12,181개이며, 이 중 데이터의 수집이 가능한 11,677개 지점의 주유소를 본 연구에서 이용하였다. 분석에서 제외된 주유소는 제주도 및 울릉도를 포함한 도서지역에 소재한 주유소, 고속도로 휴게소 주유소, 불법 행위로 인한 행정처분 중인 주유소(2014년 3월 기준), 소재지 불명의 주유소 등이다.

Table 1. Vehicles and infrastructures by Korean administrative districts in 2014. 1.

Administrative Districts	Vehicles			Infrastructures		
	Internal Combustion Engine Vehicles (ICEV)	Electric Vehicles (EV)	Proportion of Electric Vehicles (%)	Gas Stations	Public Charging Stations	EV per a Charging Station
Seoul	2,482,795	516	0.021	598	111	4.7
Busan	950,988	21	0.002	459	3	7.0
Daegu	850,739	11	0.001	401	0	0.0
Incheon	847,072	63	0.007	344	8	7.9
Gwangju	460,743	51	0.011	312	1	51.0
Daejeon	505,475	22	0.004	272	1	22.0
Ulsan	407,723	12	0.003	272	0	0.0
Geonggi	3,721,652	117	0.003	2,364	23	5.1
Gangwon	490,995	22	0.004	692	1	22.0
Chungbuk	516,206	8	0.002	770	1	8.0
Chungnam	713,445	100	0.014	1,010	3	33.3
Jeonbuk	582,929	13	0.002	895	0	0.0
Jeonnam	552,246	98	0.018	858	1	98.0
Gyeongbuk	901,446	77	0.009	1,296	1	77.0
Gyeongnam	1,160,066	154	0.013	1,132	4	38.5
Jeju	225,045	362	0.161	197	17	21.3
Total	15,369,565	1,647	0.011	11,677	175	9.4

## 2. 취약성 평가 등급 설정

충전인프라를 구축하는 데 있어서 시설 보급 기준을 설정하기 위하여 행정구역을 중심으로 인구 밀도, 차량 등록대수 등을 이용하였다(Ministry of Knowledge Economy, 2010). 충전소의 수가 상대적으로 크게 적은 행정구역이 있을 경우, 행정구역 단위로 취약성을 평가할 경우 왜곡된 결과를 도출할 수 있다. 도별 차량등록대수 및 전기차 등록대수, 주유소 및 충전소 개수를 2014년 1월 기준으로 Table 1과 같이 정리하였다. 대구, 울산, 전북 등은 충전소 개수가 0이므로 취약도가 매우 높을 수밖에 없으나, 실제로는 인근 지역인 경상북도, 경상남도, 부산, 대전, 충청남도 등의 지역을 이용할 수 있으므로, 취약성이 아주 높다고 평가하기는 어렵다. 또한 경기도는 23개의 충전시설이 있지만, 서울시를 둘러싸고 있는 지리적 특성상 서울시 소재 111개의 충전시설 역시 이용반경에 고려되어야 한다. 특히, 본 연구에서는 거주지 혹은 직장지에 위치하는 완속 충전방식이 아닌 주요 경로에 설치하는 급속 충전방식을 통한 충전 인프라의 취약지역을 평가하고자 모델을 구성하였으므로, 행정구역 단위의 취약성 분석방식은 한계가 있다(Kim et al., 2014).

우리나라 충전 인프라를 평가한 선행 연구(Kim et al., 2014)에서는 전국 읍면동 중 도시지역인 동부의 개수가 높은 비율을 차지하고 있으므로, 도시 지역의 특성이 많이 반영된 평가 기준이 설정되었다. 이에 대부분의 농촌 지역이 취약한 지역으로 평가됨으로써, 정책 입안을 위한 우선순위를 판단하기 어려웠다. 이에 본 연구에서는 공간적 특성을 최대한 반영한 분석을 위하여 지점 간 거리, 즉 가장 가까운 충전소까지의 거리를 평가지표로 선정하였다. 기준점은 행정구역단위로 설정하되, 가능한 작은 단위인 읍면동 단위로 분석하였다. 농촌 지역을 분리하여 분석함으로써, 농촌 지역을 적절히 평가할 수 있는 새로운 취약성 등급을 개발하였다.

## 3. 보급률에 따른 시나리오 평가

다양한 보급률에 따른 충전 인프라의 취약도를 평가하기 위하여 Monte Carlo Simulation(MCS) 기법을 이용하였다. MCS 기법은 모형을 구성하는 확률분포를 이용하여 난수를 생성하고, 생성된 난수를 이용하여 모형을 평가한다. 이와 같은 과정을 반복 수행함으로써 결과의 확률적 거동을 모의하는데, 본 연구는 MCS 기법을 이용

하여 충전소 위치를 확률적으로 결정하였다. 전국 주유소 소재지를 충전소가 소재할 수 있는 모집단으로 가정하고, 보급률 수치에 따라 지역별 가중치 없이 균등하게 표본을 추출하였다. 결정된 충전소 위치를 이용하여 각 행정구역 중심지역에서 가장 가까운 충전소까지의 거리를 계산하였으며, 이 과정을 반복수행 함으로써 충전소까지 거리에 대한 확률분포를 산정하였다.

읍면동 중심으로부터 충전소까지의 거리는 좌표를 이용한 유클리드 직선거리로 계산하고, 계산된 직선거리에 도별 우회율(Circuitry factor)을 적용하여 도로거리를 추정하였다(Kim et al., 2013).

보급률에 따른 취약지역 변화를 관찰하기 위하여, 지식경제부(2010)의 전망치인 12%(1,385개소)를 먼저 검토하고, 보급률 1%에서부터 40%까지 증가시키면서 취약지역의 변화를 조사하였다.

#### 4. 충전소 경제성 및 시나리오 분석

전기자동차는 충전방식에 따라 주행가능 시간과 거리가 크게 좌우된다(Martin, 2011). 충전방식은 사용 목적에 따라 크게 홈충전기, 완속충전기, 급속충전기로 분류한다. 홈충전기의 경우 일반 가정의 자가 주차공간에 설치하여 기본 충전장치로 사용되며, 24kWh 배터리를 220v로 충전하는데 약 6~8시간이 소요된다. 완속충전기는 홈충전기와 동일하게 220v로 충전하며 관공서, 병원 등 공용주차장에 설치하여 주간동안 충전이 가능하도록 설치되고 있다. 급속충전기는 380v의 전압으로 30분 정도의 상대적으로 짧은 시간 내에 충전이 가능하다.

가정에서 홈 충전기를 이용하여 충전할 경우, 충전시간은 8시간정도 걸리므로 주행가능 시간은 16시간정도이며, 현재 전기자동차의 기술에 비추어볼 때 배터리를 고려한 1회 충전 주행가능 거리는 100 km 내외로 추정된다. 야간의 홈 충전과 주간의 급속충전의 혼용 시 주행가능 시간은 15시간 정도로 예상되며, 충전을 위해서 가정으로 되돌아오지 않아도 되므로, 주행가능 거리가 300 km로 늘어나게 된다. 나아가 급속충전만 이용할 경우 22.5시간 주행이 가능하며, 주행거리 역시 300 km 이상으로 이용권역이 넓어지게 된다(Martin, 2011).

이에 따라 전국 농촌 중 취약하게 분석된 강원도 소재의 평창군을 대상으로 각 충전방식에 따른 경제성 분석을 실시하고, 최적 급속충전소 입지선정을 위한 시나리오 분석을 수행하였다. 경제성 분석은 2020년을 기준으로 전기차 차량대수를 추정하고, 추정된 차량대수를 기준으로 충전방식별 적정 충전인프라 개수를 산출하였다. 산정된 충전인프라를 구축하기 위하여 필요한 설치

비용을 기준으로 경제성을 비교하였다.

최적 충전인프라 설치를 위한 시나리오 분석 과정에서 세 가지 시나리오를 설정하였다. 시나리오 1은 현재의 주유소 분포를 고려하여 임의로 입지를 결정하는 방안으로, 최적보급률에 해당하는 급속충전소를 MCS 기법을 이용하여 충전소 위치를 임의로 선정하였다. 시나리오 2는 홈 충전기와 거점 급속충전소의 혼용하는 방안으로, 전기차를 이용하는 가정에는 가정별 홈 충전기와 더불어 전국 충전 인프라를 이용한다고 가정하였다. 충전인프라는 1회 주행가능거리가 140 km 정도인 현재 전기자동차 성능을 고려하여 70 km, 50 km마다 지역의 거점 주유소에 충전소를 설치하는 방안으로 설정하였다. 마지막으로 시나리오 3은 전략적 급속충전소로서 네트워크 분석을 이용해 최적의 급속충전소를 설치하는 방안으로 설정하였다. 시나리오 3은 주행거리에 따르는 충전소의 최적위치를 설치하는 방법이기 때문에 실제 도로를 기반으로 한 시나리오를 적용하기 위하여 ‘국가교통정보센터’에서 제공하고 있는 표준노드링크를 기반으로 작성하였다. 본 연구에서 사용된 표준노드링크는 2014년 11월 18일까지 반영된 전국표준노드링크를 사용하였다. 또한 시나리오의 분석은 미 ESRI사의 ArcGIS 9.3.1 소프트웨어의 Network Analysis Tool을 이용하여 실시하였다. 네트워크분석은 도로나 철도 등의 레스터 및 벡터데이터를 기반으로 Network Database(ND)라는 지리적 속성을 구축하여 특정지점으로부터의 서비스 권역을 설정하는 것이 가능하므로 시나리오에 따른 최적위치를 산정하기 위하여 GIS의 Network Analysis와 표준노드링크를 이용하여 산정하였다.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 평가 기준 및 도농간 취약지역 비교

Ministry of Knowledge Economy (2010)에서 제시한 민간부문의 1,385개소 급속충전소를 주유소 기반으로 설치할 경우, 이는 수집된 전국 주유소 11,677개의 12%에 해당한다. 전국 주유소의 12%에 급속 충전소가 설치된다고 가정했을 때, Kim et al. (2014)의 선행연구에서 설정한 취약성 평가 등급(2.5 km 이내 ‘양호’, 5.0 km 이내 ‘보통’, 7.5 km 이내 ‘약간 취약’, 10.0 km 이내 ‘취약’, 10.0 km 이상 ‘매우취약’)을 이용하여 도시와 농촌의 취약성을 각각 보면 전국의 경우 취약지역은 26.97%(1302개 읍면동), 도시의 경우 7.23%(250개 동), 농촌은 76.84%(1052개 읍면)로 나타났다.

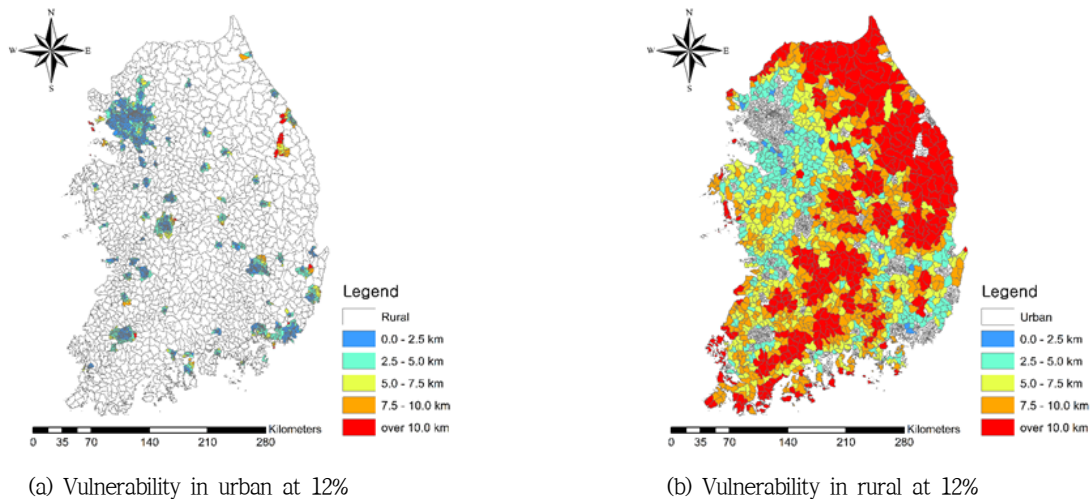


Figure 1. Vulnerability in urban and rural areas at the penetration rate suggested by MKE (12%)

지역별 취약지역의 분포를 판단하기 위하여 GIS를 이용하여 Figure 1와 같이 공간정보를 시각화하였다. 도시 지역(Figure 1 (a))의 경우 강원도 일부를 제외하고 대부분의 지역에서 ‘양호’ 혹은 ‘보통’의 등급으로 분포하여, 취약지역이 희소한 것으로 나타났다. 하지만 농촌 지역(Figure 1 (b))은 수도권을 중심으로 한 대도시 주변지역을 제외하고, 강원도와 전라남도 등 전국적으로 취약지역이 분포하며, 특히 태백산맥과 소백산맥으로 이어지는 산악지대와 취약지역이 일치하는 경향을 확인할 수 있었다.

## 2. 적정 보급률 산정 및 평가

### 가. 농촌지역의 특성을 반영한 새로운 등급 설정

전국 읍면동의 행정구역에서 동은 도시지역, 읍·면은 농촌지역으로 정의하였으며, 도시의 경우 행정구역 중심지점으로부터 가장 가까운 주유소와의 거리는 평균 1.05 km이었지만, 농촌의 평균 거리는 2.81 km로 약 2.6배 이상 먼 것으로 분석되었다. 또한 행정구역 중심으로부터 가장 가까운 주유소까지의 거리를 이용하여 백분위를 분석한 결과, 도시의 상위 95%는 가장 가까운 주유소가 3.06 km이내에 존재하였지만, 농촌 지역의 상위 95%는 가장 주유소까지 거리가 최대 7.06 km까지 멀어졌다. 이와 같은 특성으로 인해, 농촌의 평가기준을 전국을 평가하는 기준과 동일하게 설정할 경우, 과도하게 취약한 지역으로 분석되므로, 농촌에 대한 새로운 기준이 필요할 것으로 판단하였다.

기존 연구(Kim et al., 2014)에서는 2.5 km부터 10.0 km 이상까지 5등급으로 취약지역을 분류하였다. 그러나 농촌 지역에 대하여 분석하면, 분류기준으로 삼았던 행정구역 중심으로부터의 가장 가까운 주유소의 거리, 지역의 주유소 중 95%이내에 존재하는 거리 등이 도시 지역의 약 2배를 상회하였다. 따라서 현재 농촌의 주유소 접근성에 비교하여 상대적인 취약도를 판단하기 위하여 농촌지역에 대한 충전인프라 접근 취약성 등급기준을 상향하여 설정하였다. 이에 따라 농촌 지역의 충전 인프라 취약지역은 읍·면 중심으로부터 전기충전소까지의 거리가 5.0 km 이내 ‘A’ 등급, 10.0 km 이내 ‘B’ 등급, 15.0 km 이내 ‘C’ 등급, 20.0 km이내 ‘D’ 등급, 그리고 20.0 km 이상 ‘E’ 등급의 5등급으로 설정하였다.

### 나. 농촌지역 새로운 기준에 따른 취약성 평가

새로 설정한 등급에 따라 초기 보급비를 1%일 때의 취약지역을 보면 행정중심으로부터 충전소까지의 거리가 20 km 이상인 ‘E’ 등급이 약 66.8%로 매우 큰 값을 보였다. 보급률이 5%인 경우 ‘E’ 등급은 7.31%로 보급률이 증가함에 따라 취약지역의 비율은 감소함을 알 수 있었으며, 취약지역의 분포를 도시화한 결과(Figure 2 (a)) ‘E’ 등급의 대부분이 강원도 지역에 분포하였다. Ministry of Knowledge Economy (2010)에서 전망한 급속충전소 1,385 개소를 주유소를 기반으로 설치할 경우 ‘E’ 등급은 1.17%로 비교적 낮은 값을 보였다. 취약지역의 분포를 살펴보면 Figure 2 (b)과 같이 대도시를 중심으로 취약지역이 감소하는 경향을 보인다.

보급률 증가에 따른 보통 이상의 등급 지역의 증가비

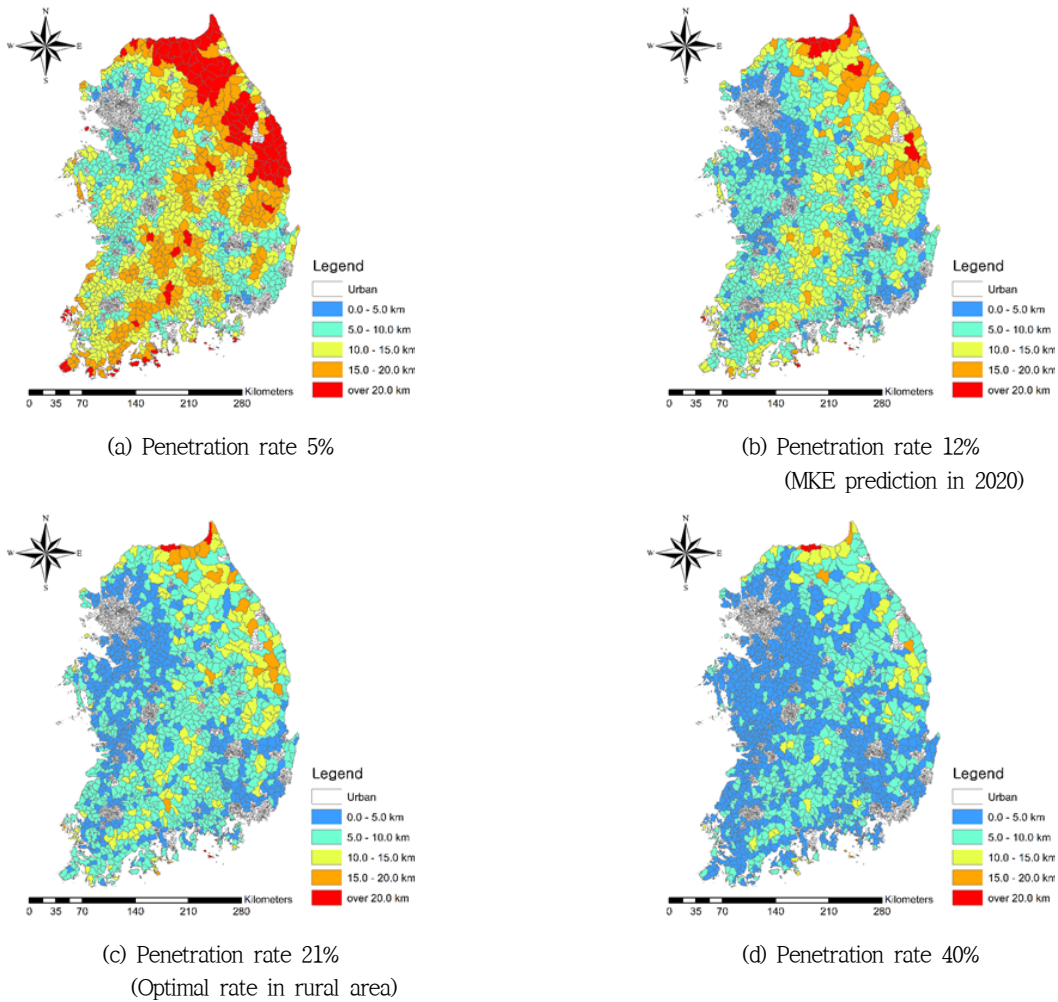


Figure 2. Vulnerable rural areas according to various penetration rates

을 보면 보급률 5%까지 증가비율은 37.04%p였으며, 보급률 5%에서 10%까지의 증가비율은 27.68%p로 나타났다. 적정보급률을 산정 할 시 효율의 측면에서 보급효율은 보급률 1%p 증가 당 보통 이상 등급의 지역의 증가비율%p로 정의하며, 보급효율이 1.0 이상일 때를 농촌지역의 적정 보급률로 정의하였다. 농촌지역의 충전소 적정 보급비율은 주유소를 기반으로 충전소가 보급되는 비율 21%로 판단된다.

보급효율을 고려하여 산정한 적정보급률이 21%일 때, ‘매우취약’ 등급은 전체의 0.37%이며 이 이후 보급률을 증가시켜도 취약지역이 감소하는 비율이 낮은 것을 알 수 있다. 적정보급률 21% 이후의 취약성을 살펴보면 보급률 40%인 경우 취약지역의 분포는 강원도의 일부를 제외하고 대부분의 지역이 ‘B’ 이상의 등급으로 나타났다(Figure 2 (d)).

### 3. 도별 농촌 취약성 평가

주유소 기반 급속 전기충전소 보급률이 21%일 때, 농촌지역을 대상으로 취약지역의 분포를 살펴본 결과 Figure 2 (c)와 같다. 취약지역은 대체적으로 강원도와 전라남도 등 주요 산맥과 일치하는 경향을 확인 할 수 있다. 농촌지역의 각 도별 취약성을 살펴본 결과는 다음 Figure 3와 같다. 양호와 취약을 나누는 기준은 도별 농촌 취약성을 보다 간략하게 평가하고자 등급에서 ‘A’ 등급과 ‘B’ 등급을 적정(Fair) 등급으로, ‘C’ 등급, ‘D’ 등급, 그리고 ‘E’ 등급은 취약(Weak) 등급으로 이분화 하였다.

서울, 울산, 인천 등 대도시를 제외하고 도별 취약성을 보면 경상북도와 전라남도의 읍, 면 중 취약지역은 10%를 웃돌며, 강원도의 경우 약 46.2%에 근접함을 알 수 있다. 이는 강원도의 면적 중 약 82%가 임야지역이

Table 2. The estimated vehicle ownership per household in 2020

The Estimated Value in 2020		National	Gangwon-do	Pyeongchang-gun
Number of Household		19,878,399	645,808	15,316
Automobile Ownership		18,070,191	608,351	14,428
EVs ownership		1,046,200	34,228	812
Ownership per Household	Automobiles	0.942		
	EVs	0.053		

Table 3. Economic feasibility of various charger types in Pyeongchang

EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment)	EVs	Necessary Chargers per an EV (EVSE/EV)	Cost of a Charger[a] (Million ₩/a charger)	Total Cost (Million ₩)
Home Charger	812	1.0[b]	1.0	730.8
Slow Charger		1.25[c]	4.0	4,060.0
Fast Charger		0.05[b]	45.0	1,845.0

- [a] The equipment price except for initial installation cost.
- [b] The aim of EVSE/EV ratio for home and fast chargers by 2020 in Korea.
- [c] The aim of EVSE/EV ratio for slow chargers by 2020 in China.

며, 주유소 밀도가 0.04 개소/km<sup>2</sup> 으로서 전국에서 가장 낮은 밀도의 주유소가 분포함에 기인한 것으로 판단된다. 또한 강원도의 총 193개의 면 중 철원군 근동, 원동, 원남, 임남면과 고성군 수동면 5개의 면이 주민 미거주 지역으로서 다른 지역보다 상대적으로 취약성이 높게 나온 것으로 판단된다. 이외의 지역은 10% 이하로 나타났으며, 그 중 충남의 경우 1.75%의 취약성으로 가장 낮은 값을 보였다. 따라서 강원도의 경우 다른 지역과는 다르

게 민간부문의 차원이 아닌 정부의 공공부문 차원으로서 인구 등을 고려한 입지 분석 등을 통하여 충전소의 보급 전략을 세우는 것이 더 효율적으로 판단된다.

#### 4. 경제성을 고려한 전기충전소 최적 입지 선정

##### 가. 충전기별 경제성 평가

전기자동차 보급을 위해 농촌지역의 충전 인프라를 설치할 경우에 대한 경제성 평가를 실시하였다. 2020년 전기자동차 등록대수 전망을 기준으로 홈, 완속, 급속 충전기를 설치할 때 필요한 설치비용을 평가함으로써 농촌 지역의 충전인프라 보급 방향을 제시하고자 하였다. 대상지역은 전국 도별 농촌 중 가장 취약하게 평가된 강원도의 한 지역인 평창군으로 제한하였다.

2020년을 기준으로 평창군의 전기자동차 수를 Table 2 와 같이 추정하였다. 2020년 자동차 등록대수는 승용차의 경우 약 1807만 대이며(Park et al., 2012), 통계청에서는 2020년 가구수를 약 1988만 세대로 전망하였다(Statistics Korea, 2014). 이는 전국의 2020년 가구당 승용차 대수는 0.942(대/가구)로 추정할 수 있다. 또한 전기자동차는 승용차를 기준으로 약 1,046천 대를 보급 목표로 하고 있으며(Ministry of Environment, 2014), 2020년 전기

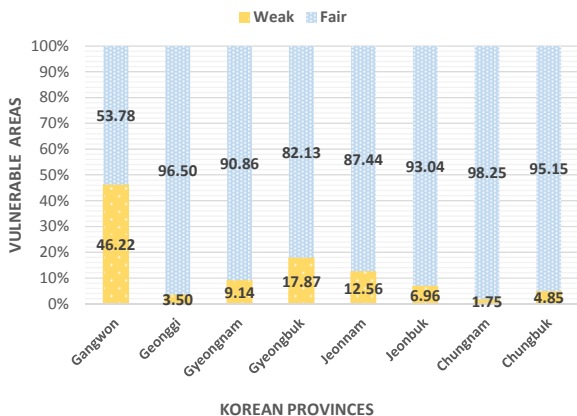


Figure 3. Vulnerable provinces at the optimal penetration rate (21%) for fast charging infrastructures in rural areas

자동차의 수는 승용차의 약 5.60%에 해당한다. 따라서 2020년 가구당 전기자동차 수는 0.053(대/가구), 즉 1000 가구 당 53대로 추정하였다. 이를 위해 통계청 자료를 바탕으로 2020년 평창군의 가구수를 산정하였다. 2010년 강원도의 가구수는 645,808세대이며, 2020년 추계가구 역시 645,808세대로(Statistics Korea, 2014) 가구수에 변화가 없다고 추정되고 있어 평창군 또한 추계 가구수에 큰 변화가 없을 것으로 가정하였다. 따라서 추정된 2020년의 가구수인 15,316세대를 바탕으로 2020년 평창군의 전기자동차 보유대수는 812대로 추정되었다.

이에 따른 평창군의 충전인프라 설치비용을 Table 3과 같이 산정하였다. 국내 환경부의 전기자동차 충전인프라 보급목표에 따르면, 전기자동차 1대당 필요한 홈충전기는 1기가 필요하며, 급속충전기의 경우 전기자동차 20대당 1기가 필요하다(Ministry of Environment, 2014). 완속충전기의 경우 나라별로 최적의 전기자동차(EV) 대비 전기충전기(EVSE, Electric Vehicle Supply Equipment) 비율인 EVSE/EV ratio에 관한 연구가 진행 중이며, 중국의 경우 2020년까지 1.25의 EVSE./EV 비율의 목표를 설정하였다.

또한 2020년 기준 충전기별 가격을 살펴보면, 충전기 1기당 홈충전기는 100만 원, 완속충전기는 400만 원, 그리고 급속충전기는 4500만 원으로 예상된다(Ministry of Environment, 2014). 이를 통해 2020년 평창군의 812대의 추정된 전기자동차에 대한 충전인프라 비용은 홈충전기의 경우 약 7억 3천만 원, 완속충전기의 경우 약 40억 6천만 원, 그리고 급속충전기의 경우 18억 4천만 원으로 분석되었다.

결과적으로 홈충전기가 가장 경제적이라고 분석되었지만, 평창군에 한정된 전기자동차 운행이 아닌 전국적인 전기자동차 운행을 위한 커버리지 측면에서 살펴보면 지역의 거점지점에 완속 혹은 급속충전소를 설치해야한다. 완속충전기의 경우 필요대수는 많으나, 급속충전기에 비해 충전시간이 길고 초기설치비용이 높은 점으로 미루어보아 급속충전이 보다 합리적인 충전방식이라고 판단된다.

#### 나. 충전소 설치 시나리오 분석

시나리오 1은 랜덤 급속충전소로서 MCS 기법을 이용하여 임의로 충전소 설치를 가정한 결과, 보급률 21%일 경우 8개의 평창군 읍·면 중 약 37.5%인 3지역인 미탄면, 방림면, 봉평면이 취약하게 분석되었다. 세 지역의 주유소 수는 미탄면 2개소, 방림면 3개소, 봉평면 5개소로서 비교적 주유소의 수가 적어 주유소가 선정될 확률이 작음으로서 나타나는 결과로 판단된다.

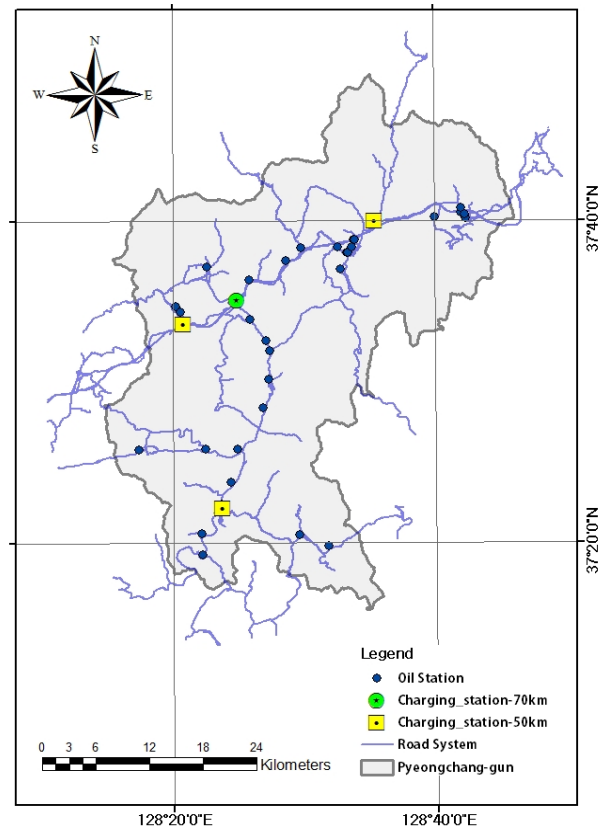


Figure 4. Selected points for fast charging stations by road distance in Pyeongchang

시나리오 2는 평창군의 도로망을 이용하여 도로의 연장을 고려해 70km, 50km마다 주유소에 급속 충전소를 설치하는 방안으로서, 70km마다 설치할 경우 1개소, 50km마다 설치할 경우 3개소가 필요한 것으로 분석되었다(Figure 4).

시나리오 3은 전략적으로 급속충전소를 설치하는 것으로서 평창군의 41개 주유소 중 21%에 해당하는 최적의 8개소가 네트워크 분석을 통해 이용권역이 최대가 되는 주유소를 선정하였으며, 읍·면 중심으로부터 해당 급속충전소까지 10.0km 이상 즉, 취약지역으로 평가된 지역은 봉평면 한 지역으로서 취약지역은 12.5%로 분석되었다. 이는 시나리오 2인 랜덤으로 설치하는 것보다 취약성이 3개의 지역에서 1개의 지역으로 감소함을 확인할 수 있었다. 네트워크 분석의 결과는 Figure 5와 같이 도시화하였으며, 표준노드링크에서 제공하는 도로망은 시군도 및 지방도, 고속국도, 일반국도까지만 제공하고 면-리간 도로는 제공을 하지 않기 때문에 도로가 누락된 지역은 해당 충전소의 이용권역에서 제외하였다. 향후



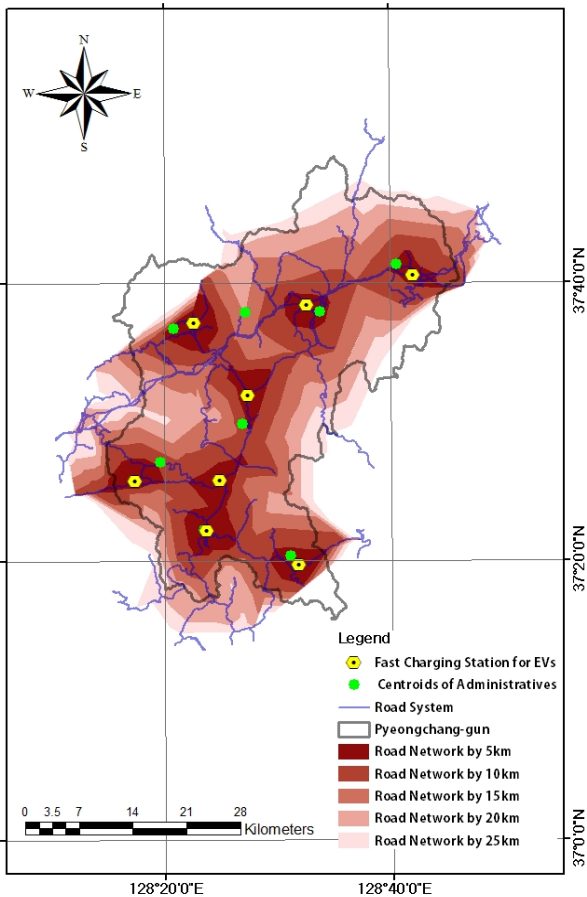


Figure 5. Optimal locations of fast charging stations in Pyeongchang

지역별 충전 인프라 구축에 대한 계획이 구체화되면, 정밀한 수치지형도를 이용하여 상세한 입지 분석이 가능할 것으로 기대된다.

#### IV. 결 론

전기자동차 보급을 위해서는 안정적인 충전인프라 구축이 매우 중요한 요소이며, 본 연구에서는 이러한 충전 인프라의 보급을 위해 주유소를 기반으로 급속 충전시설을 보급하는 경우 농촌의 취약지역을 평가하였다. 특히 농촌지역을 중심으로 도시와 달리 기존 주유소에 대한 접근성을 고려한 새로운 취약성 평가 기준을 제시하여 취약성을 평가하였다. 또한 평창군을 대상으로 충전인프라 보급에 대한 시나리오별 경제성을 분석하였다. 이를 위한 거점 충전 인프라의 위치는 네트워크 분석을 통해 최적입지를 선정하였다.

현재 농촌지역의 주유소 접근성을 기준으로, 전기자동차 충전인프라 접근성에 대한 새로운 취약성 평가기준을 설정하였다. 농촌지역은 도시지역에 비하여 2배 이상 긴 거리를 이동해야 주유를 할 수 있는 것으로 분석되는 바, 농촌지역에 대한 새로운 접근 취약성은 지역 중심지역으로부터 가장 가까운 충전소까지의 거리를 기준으로 5.0 km 이내 'A' 등급, 10.0 km 이내 'B' 등급, 15.0 km 이내 'C' 등급, 20 km 이내 'D' 등급, 20 km 이상 'E' 등급의 5등급으로 정의하였다.

적정보급률을 평가하기 위하여 보급효율을 기준으로 분석하였으며, 현재 주유소 대비 21%의 충전소를 구축하는 것이 타당하다고 판단하였다. 적정보급률을 기준으로 농촌 지역의 충전인프라 취약지역을 도시한 결과, 강원도, 경상북도, 전라남도가 취약지역의 다수 분포함을 확인하였다. 특히 강원도는 임야지역이 넓게 분포하고, 미거주 지역이 포함되어 취약지역이 넓은 것으로 분석되었다.

강원도 평창군을 대상으로 충전 인프라에 따른 시나리오별 경제성분석을 실시한 결과 흠충전기와 거점 충전소를 병행하는 경우 1~3개의 충전소가 필요하며, 도로망을 기반으로 네트워크를 실시한 결과 랜덤으로 설치하는 것보다 취약성이 25%가 감소되었다. 따라서 농촌지역은 도시지역과 달리 급속충전소 설치에 있어서 전략적인 접근방법이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 충전인프라 구축에 있어서 급속충전소의 입지요건을 중심으로 취약지역을 평가하고 입지분석을 실시하였다. 향후 지역별 취약지역 원인 분석 및 대응 전략 수립을 위한 정책 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 전기 자동차의 친환경성을 고려하여 농촌 지역 특성화를 기대해 볼 수 있다.

본 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원(과제번호: NRF-2012R1A1A1015755)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Daco Industrial Research Institute, 2010, Trend analysis and prospect of electric vehicle charging infra in domestic and international market. Daco Industrial Research Institute.
2. Hong, J., Choi, J., Lee, J., and Y. Nam, 2009.

- Determining the Proper Capacity of Electric Vehicle Charging Station. The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 58(10): 1911-1915.
3. Keisuke N., Susumu T., Motoki K., Mikio K., and M. Yuichi, 2001, Life-cycle analysis of charging infrastructure for electric vehicles. Applied Energy, 70(3): 251-265.
  4. Kim, S., Kim, W., Kim, B., and H. Im, 2013, A case study on optimal location modeling of batter swapping & charging facility for the electric bus system. The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 12(1): 121-135.
  5. Kim, T., Kim, S., and K. Suh, 2014, Analysis of Vulnerable Districts for Electronic Vehicle Charging Infrastructure based on Gas Stations. Journal of Korean Society of Rural Planning, 20(4): 137-143.
  6. Kim, T., Shin Y., Lee, J., and K. Suh, 2013, Calculation of regional circuitry factors using road network distance in South Korea. Journal of the Korean Planner Association, 48(4): 319-329.
  7. Korea Environment Corporation, 2011, An analysis of empirical data on electric vehicles and the investigation for development strategies, Incheon.
  8. Lee, S., Jo, J., and D. Kim, 2011, The Development Trend of Electric Vehicle Driving System. The Journal of the Korean Institute of Power Electronics, 16(2): 32-37.
  9. Lowenthal, Richard, 2012, Pilot Pricing for Electric Vehicle Charging Stations, AGRION Meeting in San Francisco, held at May 9th, 2012. available from: <http://www.agrion.org/reports/pdf/en/324.pdf>
  10. Martin H., 2011, EV Charging Infrastructure Rapid Charge Solutions, ABB EV investor Club Meeting, held at December 8th, 2011. available from: [http://www.cleantechinvestor.com/events/docs/EV\\_dec11\\_abb.pdf](http://www.cleantechinvestor.com/events/docs/EV_dec11_abb.pdf)
- 

- Received 2 January 2015
- Finally Revised 17 January 2015
- Accepted 17 January 2015