

주유소 기반의 전기자동차 충전인프라 구축에 대한 취약지역 분석

김태곤 · 김솔희* · 서교**

서울대학교 그린바이오과학기술연구원 · *서울대학교 생태조경·지역시스템공학부

**서울대학교 국제농업기술대학원, 서울대학교 그린바이오과학기술연구원

Analysis of Vulnerable Districts for Electronic Vehicle Charging Infrastructure based on Gas Stations

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

Senior Researcher, Institute of Green Bio Science Technology, Seoul National University

*Graduate Student, Dept. of Rural Systems Engineering, Seoul National University

**Assistant Professor, Graduate School of International Agricultural Technology and Institute of Green Bio Science Technology, Seoul National University

ABSTRACT : Car exhaust emissions are recognized as one of the key sources for climate change and electric vehicles have no emissions from tailpipe. However, the limited charging infrastructures could restrict the propagation of electric vehicles. The purpose of this study is to find the vulnerable districts limited to the charging station services after meeting the goal of Ministry of Knowledge Economy(12%). We assumed that the charging service can be provided by current gas stations. The range of the vulnerable grades was determined by the accessibility to current gas stations and the vulnerable regions were classified considering the optimal number of charging stations estimated by the efficiency function. We used 4,827 sub-municipal divisions and 11,677 gas station locations for this analysis. The results show that most of mountain areas are vulnerable and the fringe areas of large cities generally get a good grade for the charging infrastructure. The gangwon-do, jeollanam-do, gyeongsangbuk-do, and chungcheongnam-do include more than 40% vulnerable districts.

Key words : Accessibility, Application Rate, Electronic Vehicles, Gas Station

1. 서 론

기후변화에 대응하기 위하여 선진국을 중심으로 기후변화의 원인인 탄소배출량을 저감하기 위한 환경규제를 강화하고 있다(Lave et al., 1995; Byun et al., 2012). 많은 자동차 생산업체들이 자동차 배출가스에 대한 주요 환경규제로 인해 연비향상이나 하이브리드 등의 신기술 개발과 적용을 위한 노력이 꾸준히 이루어지고 있으며(Demirdoven and Deutch, 2004), 최근에는 차세대 자동차로 전기자동차가 부각되고 있다(Lee et al., 2011; Hong

et al., 2009). 하지만 국토교통부 자료에 따르면, 2014년 1월 현재 전기자동차 등록 대수가 1,647대(승용차 기준 0.01% 수준)로 아직 걸음마 단계에 머물러 있다. 이에 정부에서는 2020년까지 전기자동차를 100만대 이상 보급하고 이를 위한 공공 민간 충전인프라 확충 계획을 수립하였다(Ministry of Knowledge Economy, 2010). 추가적으로 구매보조금 지원과 세제감면, 주차장 이용료 할인과 같은 지원 정책을 통하여 전기자동차 보급을 장려하고 있다.

높은 차량가격과 짧은 주행거리는 전기자동차 보급의 가장 큰 장애 요인으로 지적되고 있다(Daco Industrial Research Institute, 2010). 높은 차량가격은 앞서 세제감면과 같은 지원정책으로 보완이 가능한 반면, 짧은 주

Corresponding author : Suh, Kyo

Tel : 033-339-5810

E-mail : kyosuh@snu.ac.kr

행거리는 배터리를 포함한 전기자동차 기술에 따라 결정된다. 주행거리는 1회 충전시 주행가능거리(VR, vehicle range)로 평가하는데, 현재 전기자동차의 주행가능거리는 150km 수준으로 기존 화석연료 차량에 비하여 짧고, 충전 소요시간이 길다는 단점이 있다(Kim, 2011). 따라서 기존 주유소와 같이 언제든 필요할 때 충전이 가능한 충전시설이 생활공간 내에 구축 되어야만 1회 충전 시 주행가능거리에 대한 불안감을 해소할 수 있다(Wiederer and Philip, 2010).

또한 배터리 탑재량을 높이는 경우 차량가격 상승의 요인이 되고 에너지 효율이 감소되는 문제가 발생하여 주행가능거리를 늘리는 데 한계가 있다. 이러한 전기자동차 배터리 용량에 한계가 있더라도 안정적인 충전 인프라가 잘 갖추어지면 사용자의 심리적 불안감을 감소시키기 때문에 전기자동차 주행거리의 범위가 넓어질 수 있다(ABI research, 2010; Lee, 2013). 따라서 충전인프라 구축은 사용자의 편의성 확보와 전기차 보급 활성화에 핵심적인 요소로 평가받는다(Kim, 2011).

주차공간을 활용한 개별 플러그인 충전방식은 충전 대기시간이 길고 충전인프라 구축과 관리에 많은 비용 예상된다(Kim et al., 2012). 가정용 전압인 220V로 충전할 경우, 르노삼성 SM3 Z.E.(24kWh 배터리)를 충전하기 위해 5~6시간 정도의 충전시간이 필요하다. 더욱이 개별 차량의 충전을 위한 시설보급이 어려운데, 우리나라의 경우 전국 주택 중 아파트 및 연립/다세대 등 공동 거주형태가 71.6%로써(Statistics Korea, 2014), 가구별로 넓은 주차공간의 확보가 어렵다. 특히 도시지역은 주차공간의 부족현상으로 인해 개인별 지정 주차공간 확보조차 힘든 여건이므로, 지정된 위치에 일정한 주차공간이 확보되어야 하는 플러그인 방식으로 충전인프라를 구축하기에 한계가 존재한다.

반면, 급속충전 방식은 플러그인 방식의 대안으로, 360V의 고압 충전을 통하여, 80% 충전을 기준으로 30분 이내로 충전이 가능하다. 또 다른 대안으로 배터리 교환 quick drop 방식이 소개되었다. 이 방식은 충전의 대기시간을 없애기 위한 방안으로 배터리 교환으로 5분 이내에 충전이 가능하다(Kim et al., 2013a). 배터리 교환 방식은 고가의 배터리 교환소 인프라 비용, 배터리의 소유권, 배터리 교환을 위한 차량구조의 변화에 대한 문제가 지적되고 있어 현재로서는 도입이 어렵지만, 장기적으로 보완가능한 충전방식으로 판단된다.

본 연구는 충전소를 중심으로 충전 인프라가 구축되어야 하는 고압충전방식과 배터리교환방식을 기준으로, 충전 기점을 기존 주유소 시설을 활용하는 방안으로 설정하였다. 이 방안은 충전소 설치비용 중 비중이 큰 대

지 비용을 절감하고, 운전자에게 익숙한 자동차 운행행태를 유지할 수 있으며, 충전시설을 효과적으로 관리할 수 있다는 점이 장점으로 파악되었다. 현재 충전시설이 전국적으로 동시에 구축되기는 어려우므로, 점진적으로 구축되는 과정에서 취약지역을 미리 파악함으로써 정책적 지원이 필요한 지역이나 개선이 필요한 부분에 대한 대응전략을 수립할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 전기자동차의 보급을 위한 충전시설 네트워크 구축 시 상대적으로 취약한 지역을 평가하고, 기존의 정부 보급 전망치를 검토하고자 한다. 이를 위하여, 기존 주유소의 위치를 분석하여 접근 거리에 따른 주유 인프라의 취약지역을 분석하고, 몬테카를로 시뮬레이션(MCS) 기법을 이용하여 도입 시나리오에 따른 보급율별로 충전 인프라의 취약지역 비율을 산정함으로써 적정 보급 비율을 도출하고자 한다. 산정된 적정 보급 비율을 바탕으로 충전 인프라 취약지역의 공간분포를 분석하고자 한다.

II. 공간 정보 및 취약지역 분석 방법

1. 주유소 및 행정구역의 공간정보

본 연구는 한국석유공사에서 운영하는 유가정보서비스(오피넷, <http://www.opinet.co.kr>)을 이용하여 전국 주유소의 소재지 주소를 수집하였다. 오피넷에서 제공하는 전국 주유소 개수는 12,181개(2014년 2월 말 기준)이며, 본 연구에서는 표 1에 정리한 바와 같이 11,677개의 주유소를 분석대상으로 선정하였다. 전체 주유소 가운데 제주도, 울릉도를 포함한 도서지역 주유소, 고속도로 휴게소 입점 주유소, 소재지 불명의 주유소, 불법 행위로 인한 행정처분중인 주유소, 자료의 취득이 용이하지 않은 주유소를 분석대상 주유소에서 제외하였다. 구득한 주유소 정보 중 주소정보는 다음의 오픈 API¹⁾를 이용하여 위경도 좌표로 변환하여 거리산정의 기초자료로 이용하였다.

취약지역을 평가하기 위한 공간단위로 읍면동 단위 행정구역으로 선정하였다. 행정구역은 국가공간정보유통정보시스템(<http://www.nsic.go.kr>)에서 제공하는 읍면동 지리정보(지리정보시스템 행정읍면동, 기초지자체, 2013)를 이용하였으며, 총 4,941개 행정구역 중 도서지역을 제외한 4,827개 행정구역을 대상으로 분석하였다. 각 행정구역의 중심좌표는 구득한 읍면동 경계의 기하학적 중심으로 정의하였으며, 미 ESRI사의 ArcGIS 9.3에서 제공하는 Data Management Tools 중 Feature To Point 기

능을 이용하여 좌표를 추출하였다.

2. 충전인프라의 보급 시나리오

한국스마트그리드사업단의 '전기자동차 충전인프라 구축방안'에서 민간부문 2020년 기준 급속충전소의 보급을 전기자동차 보급 전망의 1% 수준으로 1,385개소 설치를 전망하고 있다(Ministry of Knowledge Economy, 2010). 이를 현 주유소를 기반으로 설치한다면, 전국 주유소 개수의 약 12%에 해당한다.

전기자동차 충전인프라는 목표수치 12%을 달성하기 위하여 점진적으로 보급될 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서는 충전 인프라 보급 시나리오를 1%부터 1% 단위로 점진적으로 보급이 진행되는 과정을 분석하고, 목표치인 12% 보급시 취약지역을 평가한다. 더 나아가 취약지역 평가를 통하여 적정 보급률을 제시하고자 한다.

3. 취약지역 선정방법

충전 인프라의 취약지역을 분석하기 위하여, 읍면동 행정구역별로 취약도를 평가하였다. 취약도는 각 읍면동 중심지점에서 가장 가까운 충전소까지의 거리로 정의하여 등급화하였다. 평가모형은 거리를 바탕으로 충전 인프라에 대한 접근성을 반영하고자 하였다.

Table 1에서 제시한 주유소의 공간적 밀도나 1인당 주유소 개수로 나눈 사회적 밀도를 고려하여 취약지역을 평가할 수 있겠으나, 본 연구에서는 직접적인 지표로 활

용하지는 않았다. 이와 같은 지표는 넓은 지역을 평가하는 데는 효과적이나, 본 연구에서 대상으로 하는 읍면동 단위에서는 인근 행정구역의 영향이 크므로, 단순히 행정경계선으로 구분지어 개수를 세는 것에 한계가 있다고 판단하였다. 예를 들어, 1% 보급 시 취약지역을 평가하는 데 있어서 117개의 충전소가 설치된다고 가정하였을 때, 4,827개의 읍면동 중 대부분의 지역에서 충전소가 포함되지 않는다. 따라서 단순계산으로도 4,700여개 읍면동은 충전소의 개수가 0개이므로, 이들 사이의 취약도 차이를 구분할 수 없다. 공간단위를 시군으로 확대하여 분석하더라도 특별시와 광역시에 충전소가 집중되므로, 특별시와 광역시를 제외한 150여개 시군 지역의 상당 부분은 충전소의 개수가 0개로 분석되어, 취약 지역 간 경중을 판단하기 어렵다. 이처럼 단순히 행정경계선 내에 소재여부의 통계자료를 이용한 지표로는 효과적인 공간 분석을 수행하는 데 어려움이 있다.

이에 본 연구에서는 각 지자체의 중심지점에서 가장 가까운 충전소의 거리로 취약도를 평가하였다. 본 연구에서 제안하는 방법은 인근 행정구역에 포함된 충전소라도 거리가 가까운 경우에는 양호한 접근성으로 판단할 수 있다. 또한 현재 주유소의 위치는 공간적, 사회적 밀도가 반영되어 최적화된 위치로 판단할 수 있으므로, 추정된 충전소는 이러한 지표가 반영된 것으로 가정하였다. 읍면동별 충전소 최근거리를 평가하기 위하여 각 지자체 중심지점의 위경도 좌표와 주유소의 위경도 좌표를 이용하여, 직선거리를 산정하였다. 산정된 직선거리는 식 (1)을 이용하여 도로거리를 추정하였다. 이후 분석에서 사용되는 거리는 모두 우회계수를 반영한 도로거리를 의미하며, 이 거리를 이용하여 등급구간을 정의하고, 취약도를 평가하였다.

$$N = C \times E \quad (1)$$

여기서, N 은 실제도로거리(network distance), C 는 우회계수(circuitry factor), E 는 직선거리(euclidean distance)를 의미한다. 본 연구에서는 Kim et al. (2013b)이 제시한 도별 우회계수를 사용하여 분석하였다.

4. MCS를 이용한 보급 시나리오 평가

기존 주유소 위치에 충전소를 설치한다고 가정하였으나, 보급 전략이 수립되지 않은 현재 상황에서 충전소를 설치할 주유소를 결정하기 위한 기준이 제시되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 이용하여, 시나리오 상 보급률을 만족하는 개수만

Table 1. Number of Gas Stations by municipalities

Name of municipalities	No. of gas station	Density (unit/km ²)
Seoul	598	0.99
Busan	459	0.60
Daegu	401	0.45
Incheon	344	0.33
Gwangju	312	0.62
Daejeon	272	0.50
Ulsan	272	0.26
Geonggi	2,364	0.23
Gangwon	692	0.04
Chungbuk	772	0.10
Chungnam	1,010	0.12
Jeonbuk	895	0.11
Jeonnam	858	0.07
Gyeongbuk	1,296	0.07
Gyeongnam	1,132	0.11
Total	11,677	0.12

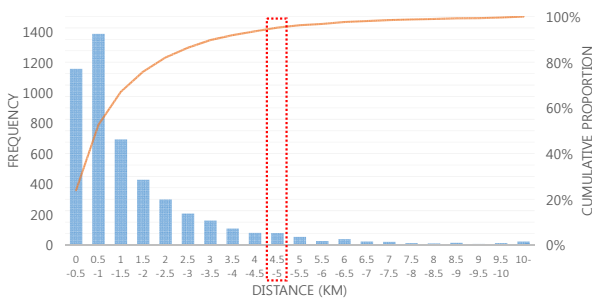


Figure 1. Frequency analysis of gas stations

크의 임의 주유소에 충전소가 설치됨을 가정하였다. 예를 들어, 1% 보급을 평가하기 위해서 현재 주유소 11,677개 중 1%인 117개를 임의로 선택하여, 이를 충전소로 정의하고, 최근거리를 산출하였다. 이 계산과정을 1,000회 반복 수행하여 최근거리 평균값을 도출하였다.

계산횟수는 오차를 고려하여 결정하였다. 몬테카를로 시뮬레이션의 오차는 중심극한정리에 따라 $1/\sqrt{N}$ 에 비례하는 것으로 알려져 있다(Press et al., 1996). 계산횟수를 100회, 500회, 1,000회, 5,000회, 10,000회씩 30회 반복수행한 결과, 계산횟수별 표준편차가 각각 0.026, 0.011, 0.007, 0.003, 0.002으로 나타났다. 본 연구에서는 계산 효율성을 고려하여 몬테카를로 모사횟수를 표준편차가 0.01 이하인 1,000회로 수행하였다.

적정 보급률을 선정하기 위하여 보급 효율을 평가할 수 있는 효율함수를 도입하였다. 효율함수는 보급비율 증가율 대비 취약지역 감소율로, 식 (2)과 같이 정의하였다.

$$EF = \frac{\Delta V}{\Delta CI} \sum \quad (2)$$

여기서, ΔV 는 취약지역 감소율(%), ΔCI 는 충전시설 보급률(%)를 의미하며, 취약지역은 “약간 취약”, “취약”, “매우 취약”으로 평가되는 지역을 의미한다. 효율함수 EF는 무차원 계수로 1.0 이상일 때 효율적인 보급으로 판단하였으며, 효율함수가 1.0 이상이면서, 보급비율이 최대인 지점을 적정 보급률로 판단하였다. 이와 더불어 취약지역이 전체 지역 중 일정 기준 이하 혹은 취약지역 중 “매우 취약” 지역이 일정 기준 이하가 되도록 목표 수준을 정의하고, 이를 달성할 수 있는 적정 보급률도 함께 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 주유소 인프라 분석

전국 주유소를 기준으로 읍면동 중심지역에서부터 가장 가까운 주유소까지 거리를 계산하여 빈도분석을 실시하였다. 빈도구간을 0.5km로 설정하여 Figure 1과 같이 도수분포와 누적확률을 도시하였다. 평균적으로 중심지역에서 1.57km 이내에 주유소가 존재하는 것으로 분석되었으며, 중앙값은 0.93km로 분석되었다.

현재 주유소 인프라는 Figure 1의 누적확률곡선을 통해 95% 읍면동이 각 행정구역의 중심지점에서 5.0km 이내에 주유소가 위치하고 있음을 확인하였다. 이에 취약도를 평가하기 위한 기준으로 가장 가까운 충전소의 거리를 기준으로 등간격 구간을 설정하였다. 최근거리가 기준 지표의 절반인 2.5km 이내인 경우를 양호, 5.0km 이내를 보통, 7.5km 이내를 다소 취약, 10.0km 이내를 취약, 10.0km 이상을 매우 취약한 지역으로 정의하였다. 이는 충전 인프라가 구축되었을 때, 현재 주유소 인프라의 접근 취약성 95% 수준까지를 적정한 수준으로 판단하여 취약도를 보통으로 정의하였으며, 이보다 2배 이상 더 멀어질 경우에는 매우 취약한 것으로 설정하여 충전소까지 최근거리에 따른 취약도를 평가하였다.

설정한 평가 기준에 따라 현재의 주유소 접근성을 평가하여 Figure 2와 같이 지도로 도시하였다. 전체 읍면동 중 약 5%는 주유소까지 최근거리가 5.0km 이상인 취약 지역인데, 상대적으로 면적이 넓은 비도시 지역이 많기 때문에 지도상에서는 다소 많은 지역에서 취약한 것으로

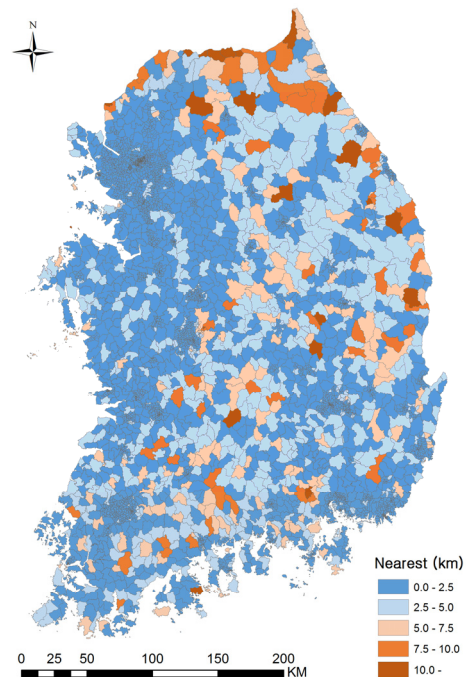


Figure 2. Vulnerable districts for accessibility to current gas stations

인식된다. 취약 지역은 대도시 주변, 경기도, 충청남도를 제외한 전 지역에서 고루 분포하는 모습을 보이며, 특히 강원도에서는 취약도가 심한 지역이 다수 확인된다. 주유소는 오랜 기간에 걸쳐서 구축된 인프라로써, 시장경제에 의해 인구수에 따른 수요량, 도로여건, 대지비용을 포함한 설치-운영 비용 등이 고려된 최적화 상태로 유추할 수 있다. 따라서 현재의 주유소 분포를 기준으로 임의로 표본을 추출할 경우, 그 위치는 자동차 운행과 관련하여 수요량, 도로여건, 비용 등이 반영된 위치로 판단할 수 있다. 이러한 관점에서 현재 주유소의 위치를 기준으로 임의로 충전소가 설치된다고 가정하여, 접근성의 변화를 중심으로 취약도를 평가할 수 있었다.

2. 적정 보급률 분석

충전 인프라 구축 과정에서 보급률에 따른 취약도를 평가하기 위하여 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 실시하였다. 보급 비율 1%부터 25%까지 1% 간격으로 각 1,000회씩 모의 실험하여 정리한 결과가 Figure 3과 같다. 보급률이 증가함에 따라 취약지역이 급속히 감소하는 것을 확인할 수 있는데, 1% 보급시 50%를 상회하던 ‘매우 취약’ 지역은 4% 보급률일 때 20% 이하로 급감하였다.

보급률 시나리오별로 취약지역을 평가하여, 결과 중 일부를 Figure 4와 같이 도시하였다. 보급률이 증가함에 따라 취약지역이 줄어드는 것을 확인할 수 있으며, 취약해소지역이 도시지역에 집중되어 취약지역 수 변화에 비하여 취약 면적변화가 적은 특징을 보였다. 지식경제부(2010)에서 제시한 2020년 보급전망치인 1,385개 충전소(전체 주유소의 12%) 보급이 시행되었을 경우, ‘양호’는 46.1%, ‘보통’은 26.9%로 나타났다. 이 경우, 전국 읍면동 중 3525개(73.0%) 지역에서 전기차 운행이 가능한 충전 인프라 확보를 기대할 수 있다.

보급률 증가에 따른 취약 지역의 감소비율을 분석해

본 결과 보급률 5%까지 감소비율은 54.4%p였으며, 보급률 5%에서 10%까지는 취약지역 감소비율이 15.6%p로 나타났다. 앞서 정의한 보급효율함수를 이용하여 산정한 적정 보급률은 1,424개소(12.2%)로 계상되었다. 산정된 적정 보급률을 초과하면, 임의의 주유소를 충전소로 전환하는 전략의 효용이 떨어진다고 판단되므로, 적정 보급률을 초과하는 신규 충전소에 대해서는 임의로 지점에 충전소를 설치하는 것보다 취약지역 분석을 통하여 전략적 접근이 필요하다고 사료된다.

취약지역의 목표치를 30%와 20%, 취약지역 중 ‘매우 취약’ 지역이 10%와 5% 이하가 되는 점을 기준으로 적정 보급률을 분석하였다. 몬테카를로 시뮬레이션을 통하여 충전소를 1,155개소(9.9%)와 2,478개소(21.2%)를 설치할 경우 취약지역의 목표치인 30%와 20%를 달성할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한, 충전소 1,269개소(10.9%)와 2,018개소(17.3%) 보급을 통하여 ‘매우 취약’ 지역의 비율을 10% 혹은 5%로 낮출 수 있다고 나타났다.

3. 충전인프라 취약지역 평가

적정 보급률로 판단되는 12%의 임의 주유소에 충전소가 설치된다고 가정하였을 때, 취약지역은 전체 읍면동 중 27.0%로 분석되었다. 지역별 취약지역을 판단하기 위하여 GIS를 이용하여 Figure 5와 같이 공간정보로 시각화하였다. 수도권과 대도시 주변에 ‘양호’ 혹은 ‘보통’으로 평가되는 읍면동이 다수 분포하였으며, 서울, 수도권, 천안, 세종시를 포함한 대전권역까지 연속된 지역이 충전 인프라가 적절하게 구축되는 것으로 분석되었다. 취약지역으로 분석되는 곳은 강원 대부분 지역, 경상북도, 전라남도의 일부 지역으로 대체로 태백산맥과 일치하는 지역으로 나타났다. 산악지역은 주유소 기반의 충전인프라 보급으로는 한계가 있으며, 다른 보급방안이 제시되어야할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

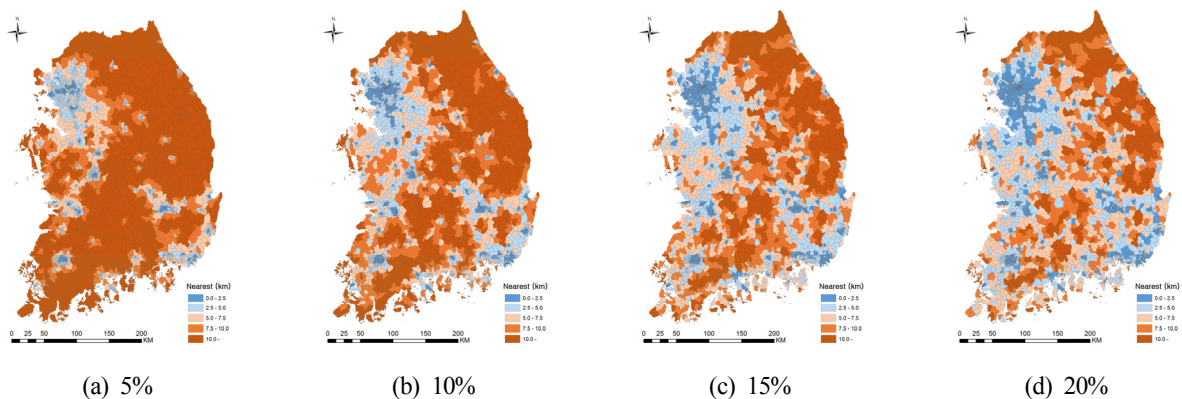


Figure 3. Vulnerable district according to application scenarios

IV. 결 론

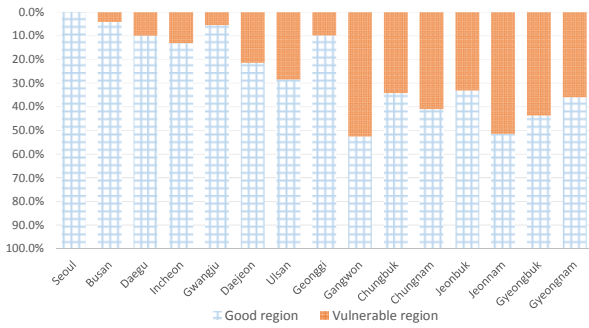


Figure 4. Vulnerable proportion group by municipalities

취약지역을 시도별로 정리하여 Figure 6과 같이 도시하였다. 시도별로 취약지역 비율은 강원도 52.7%, 전라남도 51.5%, 경상북도 43.8%, 충청남도 41.1%로 높았으며, 취약지역 비율이 낮은 시도는 서울특별시(0.0%), 부산광역시(4.3%), 광주광역시(5.6%), 경기도(10.0%), 대구광역시(10.1%) 순으로 분석되었다. 대전광역시(21.5%)와 울산광역시(28.6%)는 광역시 중에서 상대적으로 취약지역 비율이 높았으며, 경기도를 제외한 도 지역에 광역시에 비하여 취약지역 비율이 확연하게 높은 것으로 나타났다. 대도시 지역은 취약 지역의 비율이 8.2%인 반면, 도 지역은 취약 지역의 비율이 35.1%로 4배 이상 높게 분석되었다.

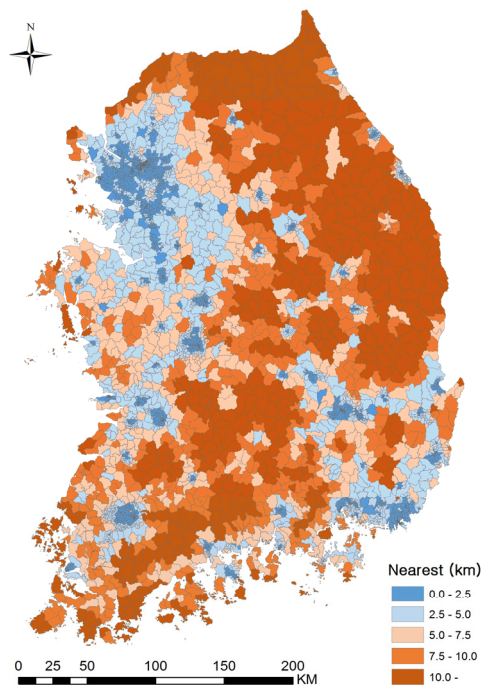


Figure 5. Vulnerable district for accessibility of charging stations with optimum application rate (12%)

본 연구에서는 전기자동차 보급을 위하여 충전 인프라 구축방안을 예비평가하기 위하여, 기존 주유소에 충전인프라를 설치하는 방안을 가정하여 충전인프라의 취약지역을 평가하였다. 취약지역을 평가하기 위하여, 각 읍면동 중심지점에서 가장 가까운 충전소까지의 거리를 바탕으로 취약도를 정의하였으며, 충전소의 위치는 보급률에 따라 임의로 선택하는 방식의 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 이용하였다.

일부 지역을 제외한 전국 주유소 인프라는 95%이상이 읍면동 중심에서 5.0km 이내에 존재하였다. 이에 충전소 접근성 기준을 2.5km ‘양호’, 5.0km ‘보통’으로 정의하고, 7.5km, 10.0km, 10.0km 이상을 각각 ‘다소 취약’, ‘취약’, ‘매우 취약’으로 정의하여, 읍면동 지역을 5등급으로 분류하였다.

취약성 등급 기준을 바탕으로 보급률별로 취약도를 평가한 결과, 지식경제부(2010) 보급전망기준인 12% 보급시 73% 읍면동이 보통 이상 등급으로 적정한 수준을 확보할 수 있었다. 효율성 측면을 고려하여, 적정 보급률을 분석한 결과, 지식경제부 기준과 동일한 12%가 가장 효율적인 보급률로 판단되었다.

적정보급률 12%를 기준으로 전기자동차 충전 인프라를 보급하는 경우 읍면동의 취약성을 평가한 결과, 대도시 지역은 취약지역의 비율이 8.2%인 반면, 도 지역은 35.1%로 분석되었다. 따라서 수도권에서 세종시를 포함한 대전권역까지 이어지는 연속된 지역이 양호한 접근성으로 평가되기 때문에 해당 권역을 중심으로 관련 정책이 수립되는 것은 매우 효과적인 것으로 판단된다. 하지만 도별로 취약지역을 평가한 결과, 강원도, 전라남도, 경상북도, 충청남도가 취약지역 비율이 가장 높았으며, 서울특별시, 부산광역시, 광주광역시, 경기도가 취약지역 비율이 가장 낮았다.

주유소 기반의 전기자동차 충전 인프라의 취약지역이 대부분 비도시 지역으로, 전 국토를 대상으로 양호한 전기차 충전 인프라를 구축하기 위해서는 농촌 지역에 대한 보급방안에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

주1) 오픈 API는 프로그램에서 활용 가능하도록 웹을 통하여 서비스를 약속된 형식으로 배포하는 방식을 의미한다. 구독한 주소를 위경도 좌표로 변환하기 위하여 java로 자동화 프로그램을 작성하고, Local API(<http://dna.daum.net/apis/local>)를 이용하여 변환하였다.

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

Reference

1. Byun, W., Lee, K., Lee, S., and H., Kee, 2012, "Demand Forecasts Analysis of Electric Vehicles for Apartment in 2020," The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 11(3), 81-91.
2. Daco Industrial Research Institute, 2010, Trend analysis and prospect of electric vehicle charging infra in domestic and international market. Daco Industrial Research Institute.
3. Demirdöven, Nurettin and Deutch, John, 2004, "Hybrid cars now, fuel cell cars later", Science, 305(5686), 974-976.
4. Hong, J., Choi, J. I., Lee, J.-H., and Nam, Y. W., 2009, "Determining the proper capacity of electric vehicle charging station," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 58(10), 1911-1915.
5. Kim J.-H., 2011, "Optimizing Location and Capacity of the Service Facility : The Application of Constructing Electric Vehicle Charging Station," Master's thesis. Soongsil University.
6. Kim, S.-J., Kim, W., Kim, B. J., and Im, H. S., 2013a, "A case study on optimal location modeling of battery swapping & charging facility for the electric bus system," The journal of the Korea institute of intelligent transport systems, 12(1), 121-135.
7. Kim, S.-Y., Hwang, J.-D., Lim, J.-H., and Song, K.-B., 2012, "A Study of comparing and analyzing electric vehicle battery charging system and replaceable battery system by considering economic analysis," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 61(9), 1242-1248.
8. Kim, T., Shin Y., Lee, J., and Suh, Kyo, 2013b, "Calculation of regional circuitry factors using road network distance in South Korea," Journal of the Korean Planner Association, 48(4): 319-329.
9. Lave, Lester B., Hendrickson, Chris T., and McMichael, Francis Clay, 1995, "Environmental implications of electric cars". Science(Washington), 268(5213), 993-995.
10. Lee, K. S., Baek, M. Y., and Park, H. B., 2007, "Study on low pressure loop EGR system for heavy-duty diesel engine to meet EURO-5 NOx regulation," Journal of the Korea society for power system engineering, 11(4), 12-17.
11. Lee, S. T., Jo, J. H., and Kim, D. K., 2011, "Technical trend for the motor drive system of an electric vehicle," The journal of the Korean Institute of Power Electronics, 16(2), 32-37.
12. Lee, Y. G., 2013, "UE-based location model of EV rapid charging stations for different battery state-of-charge," Ph. D. dissertation, Seoul National University.
13. Ministry of Knowledge Economy, 2010, A research of charging infrastructure for electric vehicle. Gwacheon.
14. Press, William H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T. and Flannery, B. P., 1996, Numerical Recipes in Fortran 77: The Art of Scientific Computing. Fortran Numerical Recipes 1 (Second ed.), Cambridge University Press.
15. Statistics Korea, 2014, Population census, Available at: <http://kosis.kr>
16. Wiederer, A., and Philip, Ronald, 2010, Policy options for electric vehicle charging infrastructure in C40 cities. Harvard Kennedy School.
17. <http://www.nsic.go.kr>
18. <http://www.opinet.co.kr>

-
- Received 23 September 2014
 - First Revised 24 October 2014
 - Finally Revised 10 December 2014
 - Accepted 10 December 2014