

## 지리정보시스템을 이용한 고속국도에서의 수소충전소 구축 방안

김봉진<sup>1†</sup> · 국지훈<sup>2</sup> · 조상민<sup>3</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 산업공학과, <sup>2</sup>새론오토모티브 생산관리부, <sup>3</sup>에너지경제연구원 기획실

## A Construction Plan of Hydrogen Fueling Stations on Express Highways Using Geographic Information System

BONGJIN GIM<sup>1†</sup>, JI HOON KOOK<sup>2</sup>, SANG MIN CHO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dankook University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam-do 330-714

<sup>2</sup>Saeron Automotiv Corporation, Gacheon 5-gil Byungchun-myun, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam-do 330-861

<sup>3</sup>Korea Energy Economics Institute, 665-1, Naeson 2-dong, Uiwang-si, Gyeonggi-do 437-713

**Abstract** >> This paper deals with a construction plan of hydrogen fueling stations on express highways using geographic information system. We analyzed the existing hydrogen fueling stations and production facilities to construct the hydrogen supply system to satisfy the hydrogen demands. Also, we suggested the necessary number and locations of hydrogen fueling stations on express highways for operating fuel cell vehicles. As a result, we need to construct at least 6 hydrogen stations on express highways in 2020 and 14 hydrogen stations in 2025. In 2030, when fuel cell vehicles are expected to spread over the whole nation, 114 hydrogen stations are needed to construct on express highways. This study mainly utilized the information of distances between hydrogen production facilities and fueling stations. However, we need to analyze the other factors such as traffic and income data. Also, it is necessary to make a suitable construction plan of hydrogen fueling stations that should be constructed on each district using geographic information system.

**Key words** : Hydrogen fueling station(수소충전소), Express highways(고속국도), Construction plan(구축 방안), Geographic information system(지리정보시스템)

### Nomenclature

NREL : national renewable energy laboratory  
CNG : compressed natural gas  
LNG : liquefied natural gas  
GIS : geographic information system  
LPG : liquefied petroleum gas

BPH : by-product hydrogen

LFG : land fill gas

### 1. 서론

수소경제는 지속가능한 에너지시스템 구축을 위한 여러 방안 중에서 가장 근본적인 접근 방법으로 인식되고 있다. 수소는 사용 시에 환경오염이 발생하지 않는 청정에너지로서 화석연료, 원자력, 바이오매스, 지열, 풍력, 태양 등의 다양한 에너지원으로부터 얻을 수

<sup>†</sup>Corresponding author : bjgim@dankook.ac.kr

[ 접수일 : 2014.5.7 수정일 : 2014.6.19 게재확정일 : 2014.6.30 ]

Copyright © 2014 KHNES

있다. 수소에너지와 연료전지에 대한 기술개발 이외에 수소경제 시대로의 진입을 위한 중요한 과제 중의 하나는 비용효과적인 수소 공급 인프라의 구축이다.

수소충전소는 수소경제로의 순조로운 이행에 필요한 핵심적인 인프라로서 수소연료전지 자동차와 수소충전소 등과 같은 수소 생산기술이 시장침투 과정에서 겪게 되는 “chicken and egg” 문제를 해결하는 것이 요구되고 있다. 수소충전소는 수소를 자체에서 생산하여 판매하는 분산 제조형(on-site)과 현재의 주유소나 가스충전소와 같이 외부에서 구입한 수소를 판매하는 중앙 집중형(off-site)으로 분류할 수 있다.

미국의 NREL (national renewable energy laboratory)은 수소연료전지 차량의 시장도입을 위해 필요한 수소경제 초기단계에서의 수소충전소의 위치와 각 수소충전소별 수소 생산량을 분석하고 2단계 분석과정을 통하여 수소충전소 구축을 위한 최소 비용을 산출하였다. 제 1단계에서는 현재의 수소 생산시설, 수소충전소, LNG (liquefied natural gas) 및 CNG (compressed natural gas) 판매시설 등의 위치를 GIS (geometric information system)에 입력하였다. 또한 주요 고속도로 및 횡단 도로의 교통량과 해당 지역의 인구 수 등을 조사하여 수소 이행을 위한 기초 지도를 작성한 후 수소충전소가 필요한 지점을 선정하였다. 제 2단계에서는 연도별 연료전지 자동차 등록대수를 예측하고 이를 토대로 하여 각 수소충전소의 운영에 필요한 수소수요량을 산정하였다<sup>1)</sup>.

한편 미국의 NREL의 다른 연구에서는 지역적 특성에 기초한 수소수요량 예측과 수소 인프라 구축에 대한 연구를 수행하였다. 그들은 수소연료전지 자동차에 대한 소비자들의 수요가 많은 곳은 인구밀도가 높고 신기술에 호의적인 사람들이 많은 주요 도시들에 초점을 맞추었다. 주요 도시에 수소충전소를 전략적으로 배치하는 것은 보급 범위를 최대화할 뿐만 아니라 초기 인프라 구축에 소요되는 비용을 최소화할 수 있는 효율적인 접근 방식이다<sup>2)</sup>.

독일을 대상으로 한 연구에서는 GIS를 이용하여 시간의 흐름에 따른 지역들의 에너지 수요를 최소의 비용으로 만족시키는 수소경제의 최적화 모델을 제시하였다<sup>3)</sup>. 미국의 Ohio에 대한 연구에서는 특수한 GIS 자료와 수소 인프라에 대한 기술경제적인 모델을 결합하여 지역적인 수소 인프라를 최적으로 구축하는 모델을 제시하였다<sup>4)</sup>. 한편 미국의 Florida에 대한 연구에서는 GIS를 이용하여 지역 간의 최대 교통량을 만족시킬 수 있는 수소충전소들의 위치들을 결정하는 모델을 제안하였다<sup>5)</sup>.

본 논문에서는 GIS를 이용하여 수소경제로의 이행에 필요한 국내 고속도로의 수소충전소 구축 방안을 수립하고자 한다. 수송 부문의 수소 수요는 지역 내 수송을 위한 수요와 지역간 수송을 위한 수요로 구분할 수 있으며, 본 논문에서는 수소연료전지 자동차의 전국적인 운영을 가능하게 하는 고속국도에서의 기간별 수소충전소 구축 방안에 초점을 맞추었다.

수소 인프라의 주요 거점은 기존의 수소충전소, 수소 생산시설, 수소생산 대체시설 등이며 주요 고속도로의 교통량을 감안하여 수소연료전지 자동차의 전국적인 운영에 필요한 수소충전소의 개수 및 위치 등을 결정하는 방안을 제시하고자 하였다.

본 논문은 다음과 같은 내용으로 구성된다. 제 2장에서는 수소충전소, 수소공급시설 등에 대하여 설명하고 수소충전소와 관련된 GIS에 대하여 개략적으로 설명한다. 제 3장에서는 국내 주요 고속국도의 현황 및 건설계획을 소개하고, 고속국도에서의 수소수요량을 추정한다. 제 4장에서는 2030년까지의 주요 고속국도를 대상으로 하는 수소충전소 구축 방안에 대하여 설명한다. GIS를 이용한 고속국도의 수소충전소 구축 방법을 기술하고 주요 고속도로별 수소충전소 개수 및 위치 등에 대한 수소충전소의 기간별 구축 결과를 제시한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 논문의 연구결과를 요약하고 향후 연구방향에 대해서 언급한다.

## 2. 수소충전소와 GIS

### 2.1 GIS 개요

GIS는 지구에서 발생하는 시공간상의 제반 현상들에 대한 위치 및 속성 정보를 결합하여 이를 컴퓨터를 통해 저장하고, 검색 및 갱신 등을 통하여 정보를 관리하고, 처리 및 분석 등을 통하여 사용자에게 원하는 정보를 제공하는 정보시스템이다. GIS는 토지, 시설물관리, 교통, 도시계획 및 관리, 환경, 농업, 재해 및 재난 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다.

GIS는 인식 가능한 여러 개의 요소로 구성되어 있으며, Fig. 1은 GIS의 구성 요소를 네트워크 형태로 보여주고 있다.

GIS의 구성 요소 중에서 가장 중요한 요소는 네트워크이며 인터넷은 GIS의 핵심이 되는 네트워크이다. 인터넷은 다양한 유형의 정보 사이의 상호작용을 돕는 공인된 표준으로서 인터넷을 통하여 지도화, 경로 선택, 지리적 전화번호부 등과 같은 GIS 서비스가 실시간으로 제공되고 있다.

GIS의 하드웨어는 사용자가 GIS 작업을 수행하기 위해 필요한 컴퓨터, 모바일 기기 등의 장치이다. GIS를 운영하기 위해서는 컴퓨터 프로그램과 같은 소프트웨어와 이미 구축된 자료를 검색, 수정, 보완 등의 관리 작업을 하는 데이터베이스가 필요하다. GIS

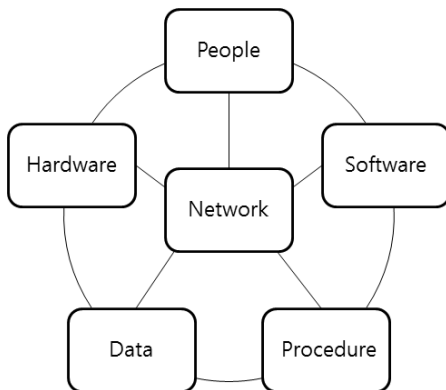


Fig. 1 Organization components of GIS

의 데이터베이스는 지구 표면의 특정한 부분이 보유한 특성을 디지털로 재현한 것으로, 문제 해결 혹은 과학적 목적을 위해 사용된다. 또한 GIS를 유지하기 위해서는 GIS 전체를 디자인하고, 유지하고, 데이터 공급 및 결과를 해석하는 사람이 필요하다<sup>6)</sup>.

### 2.2 수소 충전소

수소충전소는 수소 제조공장, 수소 운송 및 분배 수단 등과 더불어 수소경제의 핵심적인 인프라이다. 일반적으로, 수소 수요량이 충분하지 않은 수소경제 초기에는 수소 수요량이 충분하지 않기 때문에 부생 수소인 BPH (by-product hydrogen)를 이용한 분산형 수소충전소, 수소 수요량이 충분할 것으로 예측되는 2030년 이후에는 집중형 수소충전소를 중심으로 보급하는 것이 경제적인 수소충전소 구축방안으로 인식되고 있다. Table 1에는 이동형 수소충전소를 제외한 국내 수소충전소 현황을 수록하였다.

2013년 현재 국내에는 13기의 수소충전소가 설치되었으며, 이 중에서 부생수소를 이용한 off-site 수소충전소는 7기이며 천연가스, LPG, 전기, 매립지가스인 LFG (land fill gas) 등을 이용한 on-site 수소충전

Table 1 Status of domestic hydrogen fueling stations (2013)

Number	City	Company	Fuel
1	Yongin	Hyundai	BPH
2	Seoul	GS Caltex	LNG
3	Incheon	KOGAS	LNG
4	Daejeon	SK Energy	LPG
5	Seoul	KIST	BPH
6	Hwasung	Hyundai	BPH
7	Ulsan	SDG	BPH
8	Yeosu	SPG	BPH
9	Hwasung	KATRI	BPH
10	Daejeon	KIER	LNG
11	Seoul	Seoul City	LFG
12	Seoul	Hyundai	BPH
13	Jeju	Hyundai	Electricity

소는 6기이다. 국내에서 부생수소를 사용하는 off-site 수소충전소가 많은 이유는 석유화학단지에서 생산되는 부생수소 가격이 비교적 저렴하고 수소충전소의 이용률이 낮은 수소경제 초기에는 off-site 수소충전소가 on-site 수소충전소보다 경제적이기 때문인 것으로 사료된다.

현재까지 설치된 수소충전소는 모두 5~30Nm<sup>3</sup>/h의 소규모 수소충전소로 수소경제 초기에 적합한 수소 생산규모이며, 수소연료전지 자동차의 충전압력은 350bar 또는 700bar이다. 수소연료전지 차량이 원활하게 운행되기 위해서는 현재의 주유소나 LPG (liquefied petroleum gas) 충전소와 같이 많은 장소에 설치되는 것이 요구된다. 한편 수소충전소가 충분히 설치되기 위해서는 연료전지에 대한 획기적인 기술개발이 이루어지고 자동차의 양산체제가 구축되어 연료전지 차량의 가격을 대폭 낮추는 것이 필요하다. 따라서 수소경제로의 이행을 위한 수소공급 인프라 구축에 소요되는 투자는 상당한 수소 수요량이 전제되지 않고는 시작되기 어려운 특성을 갖고 있다.

### 2.3 수소 공급시설

국내에서 수소를 생산하는 주요 산업은 정유 산업, 납사를 분해하여 석유화학 제품을 생산하는 석유화학 산업, 화학 및 기타 산업 등으로 구분할 수 있다. 국내에서 수소를 생산하는 주요 회사들은 필요한 수소를 자체 생산하여 수소 수요를 충족시키고 있으며, 잉여 수소 생산량은 수소 유통회사를 통하여 기타 수소 수요처에 판매하고 있다. Table 2에는 국내 유통회사별 수소 공급능력을 수록하였다.

Table 2를 보면 국내 수소 유통회사는 덕양에너지, SPG, 동덕산업(SDG), 린데코리아(LDK), 에어리퀴드코리아(ALK) 등의 5개 회사가 있으며, 수소 유통회사들은 수소 생산업체에서 생산된 일부 소량의 수소 또는 자체 생산한 수소를 수소 수요처에 판매하고 있다. 한편 수소를 자체적으로 생산하여 소비하는 경

**Table 2** Hydrogen supply capacity by companies (2011)

Company	City	Capacity(Nm <sup>3</sup> /h)
Deokyang	Ulsan	25,500
	Seosan	12,000
	Yeosu	20,000
SPG	Ulsan	4,000
	Seosan	2,000
	Yeosu	40,000
SDG	Ulsan	3,000
	Seosan	800
ALK	Yeosu	45,000
LDK	Pohang	1,500
Total		162,000

우를 제외하면 울산, 여수, 서산 지역에서 99% 이상의 수소 공급능력을 갖고 있는 것으로 나타났다.

수소충전소가 수소공급시설에서 거리가 먼 지역에 위치하는 경우에는, BPH를 사용하는 off-site 수소충전소보다 on-site 수소충전소가 경제적이다. 따라서 국토가 광활한 미국에서는 자동차 교통량, 수소연료전지 자동차 등록대수, 신기술에 대한 소비자 반응 등을 고려하여 on-site 수소충전소를 중심으로 수소연료전지 자동차에 대한 수소 공급시스템을 구축하고 있다.

국내에서 수소경제 초기에는 고속국도에서의 수소충전소의 이용률이 매우 낮을 것으로 기대되므로 on-site 수소충전소의 경제성이 떨어질 것으로 사료된다. 또한 고속국도의 대부분의 휴게소에는 도시가스가 공급되지 않으므로 LNG를 이용한 on-site 수소충전소 구축이 불가능하다. 우리나라는 국토가 좁고 울산, 여수, 서산 등의 지역에서 수소를 생산하고 있기 때문에 수소 공급시설에서 고속국도 상의 수소충전소까지의 수소 운송거리가 상대적으로 멀지 않은 점을 고려하였으며, 본 논문에서는 수소경제 초기에는 수소생산량이 충분한 울산, 여수, 서산 등의 지역에서 고속국도의 수소충전소에 수소를 공급하는 것으로 설정하였다.

### 3. 고속국도와 수소 수요량

#### 3.1 고속국도 현황 및 계획

고속국도는 일반적으로 ‘고속도로’라고 부르는 자동차 전용도로이다. 고속국도는 차량의 고속 주행이 가능하도록 도로의 선형, 포장 구조 등이 타 도로와 비교하여 높은 수준이며 통행료를 징수하는 유료도로로 관리되고 있다. 국내 고속도로는 1968년 서울과 인천을 연결하는 경인고속도로 29.5km가 처음으로 건설되었고, 1970년에는 부산과 서울을 연결하는 경부고속도로가 개통되면서 전국이 일일 생활권으로 바뀌게 되었다. Table 3에는 국내 주요 고속국도의 노선별 현황을 수록하였다.

국내 고속국도는 육로수송에서 중추적인 역할을

담당하고 있으며, 2011년 현재 총 32개 노선 3,912km이다. 한국도로공사는 현재의 고속국도를 확장하여 2020년까지 3개의 연안축과 동서축이 연계된 남북 7개축, 동서 9개축 등의 격자형 고속국도망을 완성하여 전국 어느 곳에서나 30분 이내에 고속도로로 접근이 가능하도록 반일생활권화를 실현할 계획이다.

#### 3.2 고속국도의 수소수요량

고속국도에서의 수소충전소 구축방안을 수립하기 위해서는 고속국도의 수소수요량을 예측하는 것이 필요하다. 국내 수송부문의 수소수요량에 대한 예측치는 다양하나, 고속국도에서의 수소수요량에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 논문에서는 에너지경제연구원의 연구결과를 이용하여 고속국도에서의 수소수요량을 예측하였다<sup>7)</sup>.

그들은 Lawrence and Lawton 등이 제시한 확산방정식<sup>8)</sup>을 이용하여 2015년부터 2040년까지의 도로부문의 수소 수요량을 5년 간격으로 추정하였다. 또한 고속국도에서의 수소수요량을 예측하기 위하여 2004년부터 2006년까지의 고속국도에서의 에너지사용량을 조사한 결과, 고속국도에서의 에너지사용량은 전체 도로부문 에너지사용량의 2.5%를 차지하는 것으로 보고하였다. 그들은 2020년과 2030년의 도로부문 수소수요량을 각기 1,500 톤과 162,000 톤으로 추정하였으며, 2020년과 2030년의 고속국도에서의 수소수요량은 도로부문 수소수요량의 2.5%인 40 톤과 4,100 톤으로 예측하였다. Table 4에는 2020년부터 2030년까지의 고속국도에서의 수소수요량 전망을 수록하였다.

**Table 3** Status of main express highways

Highways	Section	Distance(km)
Gyeongbu	Busan ~ Seoul	416.0
Namhae	Suncheon ~ Busan	182.2
88Olympic	Gosuh ~ Okpo	181.9
	Muan ~ Gwangju	41.3
Seohaean	Mokpo ~ Siheung	340.8
Iksanpohang	Iksan ~ Jangsu	61.6
	Daegu ~ Pohang	68.4
Honam	Suncheon ~ Nonsan	194.2
Nonsancheonan	Nonsan ~ Cheonan	81.0
Suncheonwanju	Suncheon ~ Wanju	117.8
Dangjinsangju	Daejeon ~ Dangjin	91.6
	Chengwon ~ Sangju	79.5
Tongyeong daejeon	Tongyeong ~ Biryong	215.3
Jungbu	Namyi ~ Hanam	117.2
Pyungtaek jecheon	Pyungtaek ~ Eumsung	57.1
Jungbunaeryuk	Masan ~ Yeosu	282.5
Yeongdong	Seochang ~ Gangneung	234.4
Jungang	Gumho ~ Chuncheon	278.6
Busandaegu	Daedong ~ Daegu	81.1
Seoulyangyang	Seoul ~ Hongcheon	78.5
Donghae	Donghae ~ Jumunjin	75.4
Seochungongju	Seochun ~ Gongju	61.4

**Table 4** Prospects of hydrogen demands for express highways  
Unit: tons

Classification	2020	2025	2030
Hydrogen Demands on Road	1,500	23,300	162,000
Hydrogen Demands on Highways	40	600	4,100

## 4. 고속국도의 수소충전소 구축 방안

### 4.1 수소충전소 구축 방법

본 논문에서는 지역 간의 수송 수요를 충족시키기 위한 고속국도의 수소인프라 거점 분석에 초점을 맞추었다. 고속국도의 수소충전소는 건설비용을 최소화하기 위하여 기존의 휴게소가 설치된 지역을 대상으로 설치하는 것으로 가정하였다. 또한 국내에서는 지역 간의 수송 시에 지역 내의 수소충전소에 접근하기 어려운 특성을 감안하여 고속국도의 수소충전소는 상행선과 하행선의 휴게소를 이용하는 것으로 설정하였다.

고속도로의 각 노선에 수소충전소를 구축하기 위하여 고속국도 노선을 상행선, 하행선으로 구분하여

노선별 휴게소 지리정보 데이터를 수집하였다. 고속국도의 주요 노선에 대한 휴게소들의 위치 정보를 구글맵의 MyGeoPosition.com에 입력하여 각 휴게소에 대한 위도 및 경도에 대한 지리정보를 수집하였다. Fig. 2에는 구글맵 어플리케이션 활용 사례를 수록하였다.

본 논문에서는 주요 고속국도의 휴게소가 일정 거리 이내에 위치하는 제약조건 하에 최소의 수소충전소를 건설하는 방안을 수립하기 위하여 Visual Studio 2008 프로그램을 이용하여 휴게소 간의 최대거리가 50km, 75km, 100km, 150km에 해당되는 휴게소를 파악하였다. Fig. 3에는 수소충전소 위치를 파악하기 위한 Visual Studio 2008 프로그램을 나타내었다.

### 4.2 수소충전소 구축 결과

2015년까지는 서울을 포함하는 수도권과 울산을 중심으로 수소연료전지차가 보급될 것으로 전망되며, 2020년에는 상기 지역 이외에 백만 명을 초과하는 인구를 갖고 있는 부산, 대구, 대전, 광주, 울산, 수원 및 창원 등의 9개 대도시를 중심으로 수소연료전지자동차와 수소충전소를 보급하는 것으로 가정하였다.

2020년에는 수소연료전지차를 이용하여 전국의 9개 주요 대도시를 연결할 수 있는 최소한의 수소 공급인프라를 구축하기 위하여, 정부선에 4기, 호남선에 2기 등 총 6기의 수소충전소를 고속국도에 건설하는 것으로 계획하였다. 이러한 수소충전소는 150km의 최대 간격을 기준한 것이며 Table 5에는 2020년



Fig. 2 Case study of Google map application



Fig. 3 Visual Studio 2008 for identifying hydrogen stations

Table 5 Construction plan of hydrogen stations on express highways (2020)

Highways	Distance (km)	Number of Stations	Location
Gyeongbu	416.0	4	Jukam, Chilgok
Honam	194.2	2	Jeongup
Total	610.2	6	-

**Table 6** Construction plan of hydrogen stations on express highways (2025)

Highways	Distance (km)	Number of Stations	Location
Gyeongbu	416.0	8	Jukam, Hwanggan, Chilgok, Gyeongju(ha), Guncheon(sang)
Honam	194.2	4	Yeosan, Jeongup
88Olympic	223.2	2	Jirisan
Total	610.2	14	-

의 고속국도의 수소충전소 구축 방안을 수록하였다.

2025년에는 수도권 지역과 인구 50만 명을 초과하는 청주, 천안, 전주, 포항 등의 도시에 수소충전소를 구축하는 것으로 설정하였다. 2025년의 고속국도에 서의 수소 수요량은 600톤으로 추정되며 2025년까지

지는 고속국도에서의 수소 수요량이 충분하지 않기 때문에 수소충전소를 소형으로 건설하는 것이 경제적이다. Table 6에는 2025년의 고속국도의 수소충전소 구축 방안을 수록하였으며 경부선 8기, 호남선 4기, 88올림픽선 2기 등 총 14기의 수소충전소를 구축하는 것이 필요하다. 여기서, 충전소의 위치에 상(sang) 또는 하(ha)의 표시가 없으면 고속국도의 상행선과 하행선 모두에 수소충전소가 구축되는 것을 의미한다.

2030년에는 산간지역과 도서지역 등을 제외한 전국 대부분의 지역을 대상으로 수소충전소를 보급하며, 22개의 국내 주요 고속국도에 수소충전소를 구축하는 계획을 수립하였다. Table 7에는 2030년의 주요 고속국도의 수소충전소 구축 방안을 수립하였다.

**Table 7** Construction plan of hydrogen stations on express highways (2030)

Highways	Distance (km)	Number of Stations	Locations
Gyeongbu	416	12	Ansung, Jukam, Hwanggan, Chilgok, Pyungsa, Gyeongju(ha), Guncheon(sang)
Mokponamhae	292.1	6	Janghung, Sumjingang, Haman
88Olympic	223.2	4	Jirisan, Guhchang
Gwangwha seohaean	370.5	8	Hwasung, Seosan, Seochun, Gochanggoindol
Iksanpohang	130	4	Jinan, Cheongtong
Honam	194.2	6	Yeosan, Jungup, Goksung
Cheonannonsan	82	2	Tancheon(ha), Jeongan(sang)
Suncheonwanju	113.5	2	Osu
Seocheon youngdeok	245.7	6	Buyeo, Whaseo, Euisung
Yeonchunjunbu	464.8	8	Icheon, Ochang, Insamland, Hamyang
Pyungtaek samchuk	249.7	6	Ansungmachum, Chungju, Yeongwol
Pocheon jungbunaeryuk	265.6	6	Yeoju, Mungyung, Sungju
Yeongdong	234.4	6	Yongin, Munmak, Pyeongchang
Hwacheon jungang	288.8	6	Wonju, Danyang, Gunwui
Daegubusan	82	2	Cheongdo
Seoulyangyang	-	4	Gapyeong, Hongchun
Gansungbusan	440	8	Yangyang, Samchuk, Pyunghae, Pohang
Dangjinuljin	260.1	6	Cheongju, Mungyung, Bongwha
Ganghwa gansung	211.5	4	Pocheon, Yanggu
Yanggu yeongcheon	-	4	Jeongsun, Andong
Hamyangulsan	-	2	Changryung
Gwangjuwanju	-	2	Gangjin
Total	-	114	-

Table 7을 보면 2030년까지는 전국의 22개 주요 고속국도에 총 114기의 수소충전소가 필요한 것으로 분석되었다. 정부선과 같이 비교적 교통량이 많은 고속국도는 수소충전소 간의 거리를 짧게 하고, 강화간성선과 같이 교통량이 적을 것으로 예상되는 고속국도의 수소충전소 간의 거리는 상대적으로 길게 설정하였다.

본 논문에서는 수소충전소가 건설되는 고속국도의 휴게소에서 가장 가까운 수소 공급시설을 찾기 위해 각 휴게소 및 수소 유통업체의 위도, 경도 정보를 이용하여 휴게소와 수소 유통업체간의 직선상의 거리를 구하였다. 여기서 수소 공급지역은 현재 부생 수소 생산능력이 충분한 울산, 여수, 서산 등의 지역으로 한정하였다.

A를 수소충전소, B를 수소 공급시설로 표기하면 다음과 같은 방식으로 A와 B의 거리를 km 단위로 구할 수 있다. 예를 들어, A가 동경이 127도 30분 20초이고 북위가 36도 27분 08초, B의 동경이 127도 29분 30초이고 북위가 36도 28분 00초인 경우를 생각해 보자. 여기서, 두 지점의 경도 차이는 0도 1분 10초이고 위도 차이는 0도 1분 08초이다. 그러면 A와 B의 경도간 거리 x와 위도간 거리 y를 km 단위로 환산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x &= 0\text{도} \times 88.8 + 1\text{분} \times 1.48 + 10\text{초} \times 0.025 \\ &= 1.73\text{km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= 0\text{도} \times 111 + 1\text{분} \times 1.85 + 8\text{초} \times 0.031 \\ &= 2.10\text{km} \end{aligned}$$

따라서 A와 B 간의 직선거리 d는 다음과 같다.

$$d = \sqrt{(1.73^2 + 2.10^2)} = 2.72\text{km}$$

두 지점 사이의 직선거리를 구하는 계산은 프로그

Fig. 4 Display of calculating the distance between two places

램을 이용하는 것이 편리하며 본 논문에서는 Visual Studio 2008 프로그램을 이용하였으며, 지리정보인 각 지점의 위도와 경도를 입력하여 두 지점 사이의 직선거리를 구하였다. Fig. 4에는 위도 및 경도를 입력하여 두 지점간의 직선거리를 구하는 프로그램 화면을 수록하였다.

모든 고속국도 상의 수소충전소에서 가장 근접한 수소 공급시설은 두 지점 사이의 직선거리를 기준으로 발견하였으며, 각 수소충전소에 공급할 것으로 예상되는 수소 공급시설과의 거리를 참고하여 수소 공급지에서 수소충전소까지의 수소 수송 및 분배 비용을 추산할 수 있을 것으로 사료된다. 2030년을 기준으로 하여 고속국도 상의 수소충전소 114기 중에서 서산에 가장 근접한 수소충전소는 60기, 울산에 가장 근접한 수소충전소는 38기, 여수에 가장 근접한 수소충전소는 16기 등으로 나타났다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 비용효과적인 수소공급 인프라 구축을 위하여 GIS를 이용한 국내 고속국도에서의 수소 충전소 구축 방안을 제시하였다. 최적의 수소충전소 구축을 위하여 수소 인프라의 주요 거점인 기존의 수소충전소 및 수소 생산시설 등을 분석하였으며, GIS를 이용하여 수소연료전지 자동차의 지역간 수송에 필요한 수소충전소의 위치 및 개수 등을 결정



하는 방안을 수립하였다.

2020년까지 인구 100만 명 이상의 주요 도시들에 수소연료전지 자동차를 보급하기 위해서는 경부선과 호남선에 최소한 6기의 수소충전소가 고속국도에 건설되어야 하는 것으로 나타났다. 2025년까지는 88올림픽선에 2기의 수소충전소가 추가로 필요하여 총 8기의 수소충전소가 필요한 것으로 분석되었다. 한편 수소연료전지 자동차가 전국적으로 보급될 것으로 전망되는 2030년에는 22개의 주요 고속국도에 114기의 수소충전소가 필요한 것으로 예측되었다.

본 논문에서는 주로 거리 위주의 자료를 이용하였으나 보다 구체적인 수소충전소 구축 방안을 수립하기 위해서는 교통량과 소득 등의 다양한 요인을 분석할 필요가 있다. 또한 GIS를 이용한 연도별 지역 내의 수소충전소 구축 방안을 수립하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

## References

1. M. Melendez, A. Milbrandt, Analysis of the Hydrogen Infrastructure Needed to Enable Commercial Introduction of Hydrogen Fueled Vehicles, National Renewable Energy Laboratory, 2005, U.S.A.
2. M. Melendez, A. Milbrandt, Geographically-based Hydrogen Demand and Infrastructure Deployment Scenario Analysis, National Renewable Energy Laboratory, 2008, U.S.A.
3. M. Ball, M. Wietschel, O. Rentz, "Integration of a Hydrogen Economy into the German Energy System: An Optimizing Modelling Approach", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 32, 2007, pp. 1355-1368.
4. N. Johnson, C. Yang, J. Ogden, "A GIS-based Assessment of Coal-based Hydrogen Infrastructure Deployment in the State of Ohio", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 33, 2008, pp. 5287-5303.
5. M. Kuby, L. Lines, R. Schultz, Z. Xie, J.G. Kim, S. Lim, "Optimizing of Hydrogen Stations in Florida Using the Flow-refuelling Location Model", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 34, 2009, pp. 6045-6064..
6. S.I. Lee, J.Y. Shin, H.M. Kim, I.Y. Hong, Y.W. Jun, D.H. Cho, J.G. Kim, G.H. Lee, Geographic Information System and Geographic Information Science, Second Edition, Sigma Press, 2010, Korea.
7. S.M. Cho, A Study on the Construction of the Next Generation Energy Supply System: Forecast of the Investment Behavior of the Hydrogen Infrastructure-Agent Based Modelling, Korea Energy Economics Institute, 20011, Korea.
8. K.D. Lawrence, W.H. Lawton, Application of Diffusion Model: Some Empirical Results in New Product Forecasting, Lexington Books, 1981. U.S.A.