

GIS를 이용한 도심지 대기오염 측정망 최적위치 선정에 대한 연구 : 서울특별시를 대상으로

Study on Optimal Location of Air Pollution Monitoring Networks in Urban Area Using GIS : Focused on the case of Seoul City

Ayoung Kim^{a,1}, Changhee Kwon^{b,*}

^a Department of Beauty of Hansei University of Hansero 30, Gunpo Gyeonggi - do 435-742, Republic of Korea

^b Department of Beauty of Hansei University of Hansero 30, Gunpo Gyeonggi - do 435-742, Republic of Korea

ABSTRACT

Micro dust is closely related to real life. Especially, the micro dust forecasting system is being implemented from February 2014. Reliability of data through air pollution monitoring network is important. The Ministry of Environment operates 506 air pollution monitoring networks (11 types) to analyze national air quality and establish air policies. However, there is not enough system to confirm and check the site suitability of the measurement site. Therefore, this study analyzes urban space using GIS. Assess the appropriateness and equity of air pollution measurement facilities. The final goal is to reflect the results of the analysis into the Seoul Metropolitan Air Pollution Monitoring Network Installation Plan.

KEYWORDS

Micro dust
Environmental disaster
Air monitoring network
GIS
Urban Spatial Analysis

미세먼지는 실생활과 밀접한 관련이 있으며 특히, 2014년 2월부터 대국민 환경서비스 제공의 일환으로 미세먼지 예보제를 시행중에 있어, 대기오염 측정망을 통한 미세먼지 측정 자료의 신뢰성을 확보할 필요성이 대두되었다. 환경부에서는 국가 대기질 파악 및 대기정책 수립을 위해 대기오염측정망(11종 506개소)을 운영 중이다. 그러나 현재 측정소 입지 선정 과정과 적합성을 확인 및 점검하는 체계가 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 GIS를 활용한 도시 공간분석을 통해 대기오염 측정시설의 적절성 및 입지 형평성 등을 평가하고자 한다. 분석 결과를 통해 향후 서울시 대기오염 측정망 설치 계획에 반영 될 수 있도록 측정망의 최적입지를 도출함을 최종 목적으로 한다.

미세먼지
환경재난
대기측정망
GIS
도시공간분석

© 2016 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-31-450-5254. Fax. 82-31-450-3172.
Email. k77777891@gmail.com

1 Tel. 82-10-3023-8825. Email. kay8710@naver.com

ARTICLE HISTORY

Received Aug. 29, 2016
Revised Sep. 24, 2016
Accepted Dec. 06, 2016

1. 서론

미세먼지는 실생활과 밀접한 관련이 있으며 측정망자료는 연구자료, 정책 자료로도 활용되므로 정확한 측정값과 높은 신뢰성을 요구된다. 특히, 2014년 2월부터 대국민 환경서비스 제공의 일환으로 미세먼지 예보제를 시행중에 있으며, 추가적으로 PM 2.5에 대한 신규 대기환경기준을 적용함에 따라 대기오염 측정망을 통한 미세먼지 측정 자료의 신뢰성을 확보할 필요성이 대두되었다. 환경부에서는 국가 대기질 파악 및 대기정책수립을 위하여 대기오염측정망(11종 506개소)을 운영 중이다. 그러나 현재 측정소 입지 선정 과정과 적합성을 확인 및 점검하는 체계가 미흡하다. 특히 이러한 측정망 입지 관리는 대국민 환경서비스 제공(미세먼지 및 오존 예보)의 품질향상을 위한 대기오염측정망 자료의 신뢰도 확보를 위해 중요하다.¹⁾

따라서 본 연구에서는 GIS를 활용한 도시 공간분석을 통해 대기오염 측정시설의 적절성 및 입지 형평성 등을 평가하고자 한다. 분석 결과를 통해 향후 서울시 대기오염 측정망 설치 계획에 반영 될 수 있도록 측정망의 최적입지를 도출함을 최종 목적으로 한다.

2. 이론적 배경

2.1 대기오염

대기오염물질 중 가장 대표적인 것으로는 미세먼지 (PM10, PM2.5), 아황산가스 (SO₂), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂) 등이 있다. 그 중 본 연구에서 대상으로 하는 대기오염물질은 미세먼지(PM10)이다. 미세먼지는 직경에 따라 PM10과 PM2.5등으로 구분된다. PM10은 1000분의 10mm보다 작은 입자를 말하며, PM2.5는 1000분의 2.5mm보다 작은 입자의 먼지를 말한다. 미세먼지는 공기 중 고체와 액체상태의 입자들의 혼합물로 배출되며 그밖에 화학반응 또는 자연적으로 생성되기도 한다. 미세먼지의 발생원으로는 자동차 연료의 연소, 사업장에서의 연소, 생물성 연소 등이 있다.

환경부가 제시하고 있는 대기환경기준에 따르면 우리나라 미세먼지(PM10) 법정 관리기준 값은 연간평균치는 50 μ g/m³ 이하, 24시간 평균치는 100 μ g/m³ 이하이다.²⁾

2.2 대기오염 측정망 용어 정의³⁾

(1) 측정망(Network)

동일한 설치목적에 가진 측정소의 모임을 말한다. 측정망은 설치목적에 따라 '도시대기 측정망', '교외대기 측정망', '국가배경농도 측정망', '도로변대기 측정망'으로 구분된다.

Table 1. Functional purpose of air pollution measurement network

기능별 분류	목적
도시대기 측정망	도시지역의 평균 대기질 농도를 파악하여 환경 기준 달성 여부 판정
교외대기 측정망	도시를 둘러싼 교외 지역의 배경 농도 측정
국가배경농도 측정망	국가적 범위의 배경농도를 파악하고 외국으로부터의 오염물질 유입·유출상태 및 이동경로 파악
도로변대기 측정망	자동차 통행량과 유동인구가 많은 도로변의 대기농도 측정

(2) 측정소(Station)

대기오염물질을 측정하기 위해 측정에 필요한 시설 및 분석 또는 시료 채취를 위한 장비를 갖춘 한 개의 단위를 말한다. 측정소는 설치 목적에 따라 그 기능을 달리한다.

1) 국립환경과학원, 대기 오염측정망 정도관리 및 데이터 평가체계 확립(1), 2015.11

2) 한국환경공단, www.airkorea.or.kr

3) 환경부, 대기오염측정망 설치·운영 지침, 2016

(3) 지점(Site or location)

측정 장소를 말하며, 하나의 지점은 단일 또는 다수의 측정소로 구성할 수 있다.

2.3 선행연구

GIS를 활용한 공간분석기법에 대한 선행연구를 보면 2009,조홍래·정종철의 연구에서는 실질적으로 대기측정망 위치선정 시 도시특성에 맞는 최적위치를 선정하는 모델을 제시하였으며 사용된 분석기법은 지역경향면모형, IDW, RBF, Kriging을 사용하였다. 2013, 정원석의 학위논문에서는 도시대기측정망의 최적 수와 위치를 선정하기 위해 IDW와 Kriging 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 가장 보편적으로 사용되는 IDW 기법을 활용하여 공간보간에 활용하였다.

3. 기초분석 및 현황

3.1 서울시 도시 현황

서울 미세먼지(PM-10) 농도의 장기 추이를 살펴보면 1990년대 급격한 공업화로 인해 미세먼지 농도가 더 높게 나타나고 있다. 오늘날 서울시는 청정연료화, 천연가스버스 보급, 자동차 수효관리 등 대기오염 저감 정책의 추진으로 장기적으로는 미세먼지 농도가 개선되었다고 볼 수 있다. 그러나 선진국의 대기오염 수준과 비교해 보았을 때 우리나라의 기준값이 상대적으로 더 높을 뿐만 아니라 관리와 분석 시스템이 미흡하다고 할 수 있다.

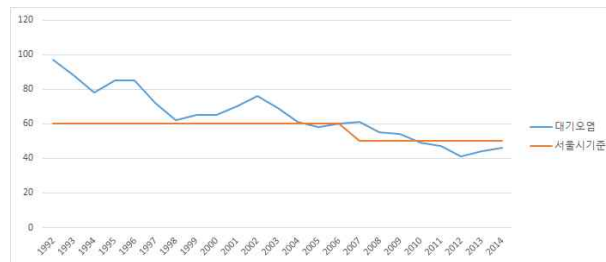


Fig. 1 Long-term trend of fine dust concentration in Seoul

현재는 서울을 도심·동북·서북·서남·동남권으로 세분하여 권역별 대기 오염도를 관리하고 있다. 2010년 이후 서울시 권역별 미세먼지 농도 값을 보면 다음 표와 같다. 중국이나 주변 수도권의 영향을 많이 받는 서남권의 미세먼지 농도가 전반적으로 높은 비율로 나타나지만, 타 권역에 비해 도심권의 미세먼지 농도 값도 높은 수치를 보이고 있기 때문에 서울시 도심권을 중심으로 한 자체적인 대기오염 개선 방안 마련도 시급한 실정이다.4)

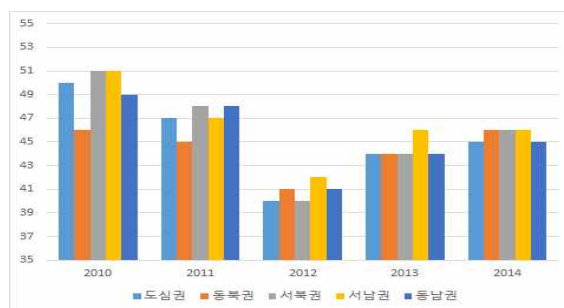


Fig. 2 Change of fine dust concentration by region in Seoul

4) 서울특별시(기후환경본부), 2014년 서울 대기질 평가 보고서, 2015.06

3.2 서울시 대기오염 측정망 현황⁵⁾

서울시 대기오염 측정망은 기능에 따라 도시대기 측정망과 도로변 대기 측정망이 있으며, 도시대기 측정망 25곳과 도로변 대기 측정망 14곳으로 총 39개의 측정소가 설치되어 있다.

Table 2. Seoul air pollution measurement network status

기능	명칭	용도	주소(위치)	설치	좌표	
				년도	WGS-1984	
1	도로변	강변북로	녹지	성동구 성수1가동 642-25(한강사업본부 옆)	2009	37.538919, 127.041164
2	도로변	공항대로	주거	강서구 가양1동 530-4외3필지(마곡역 앞)	2010	37.560168, 126.824234
3	도로변	길동	준주거	강동구 길동417(길동사거리)	2008	37.534031, 127.139291
4	도로변	내부순환로	녹지	성북구 정릉3동998(내부순환로내선 정릉램프시점)	2010	37.607676, 127.001751
5	도로변	동작대로	주거	동작구 사당동739(이수역북단인근 도로중앙)	2010	37.489443, 126.982536
6	도로변	한강대로	상업	용산구 동자동 3(서울역전식당 앞)	1996	37.554247, 126.972354
7	도로변	도산대로	상업	강남구 논현동1(신사동사거리 신한은행 앞)	1995	37.516141, 127.020123
8	도로변	신촌로	상업	마포구 노고산동31-6(신촌사거리 우리은행 앞)	2001	37.555048, 126.937395
9	도로변	강남대로	주거	서초구 양재동 19-14(서초구민회관앞 중앙차로)	2009	37.482955, 127.035611
10	도로변	영등포로	준공업	영등포구 영등포동4가66(영등포사거리하나은행앞)	1993	37.519837, 126.904432
11	도로변	종로	상업	종로구 종로4가 32-8(종묘주차장 앞)	2008	37.570674, 126.996059
12	도로변	청계천	상업	중구 주교동 125(청계천4가사거리 남강빌딩 앞)	1994	37.568708, 126.998320
13	도로변	홍릉로	상업	동대문구 청량리동 746(청량리전철역 사거리)	1995	37.580402, 127.044905
14	도로변	화랑로	상업	노원구 공릉동 687-9(태릉입구역 8번출구)	2009	37.617318, 127.075312
15	도시대기	강남구	주거	강남구 학동로 426(강남구청 별관 1동)	2012	37.517538, 127.048003
16	도시대기	강동구	주거	강동구 구천면로42길 59(천호1동 주민센터)	1997	37.544986, 127.136787
17	도시대기	강북구	주거	강북구 덕릉로41길 74(번1동 주민센터)	1997	37.637860, 127.028851
18	도시대기	강서구	주거	강서구 강서로45다길71(화곡3동청소년도서관)	1992	37.542539, 126.838467
19	도시대기	관악구	주거	관악구 신림동길 14(신림동 주민센터)	1979	37.487383, 126.927114
20	도시대기	광진구	주거	광진구 광나루로 571(구의아리수정수센터 내)	1980	37.545255, 127.094332
21	도시대기	구로구	준주거	구로구 가마산로 27길 45(구로고등학교)	2012	37.498894, 126.889811
22	도시대기	금천구	주거	금천구 금하로21길 20(시흥5동 주민센터)	1997	37.452356, 126.908282
23	도시대기	노원구	주거	노원구 상계로23길 17(상계2동 주민센터)	1997	37.658792, 127.068482
24	도시대기	도봉구	주거	도봉구 시루봉로2길 34(쌍문동 청소년문화의집)	1982	37.654121, 127.029227
25	도시대기	동대문구	주거	동대문구 천호대로13길 43(용두초등학교)	1973	37.575798, 127.028996
26	도시대기	동작구	주거	동작구 사당로16아길 6(사당4동 주민센터)	1997	37.480909, 126.971451
27	도시대기	마포구	주거	마포구 대흥로20길 28(마포아트센터)	1973	37.549960, 126.945611
28	도시대기	서대문구	주거	서대문구 연희로32길 51(서대문자연사박물관)	1988	37.576717, 126.937835
29	도시대기	서초구	주거	서초구 신반포로15길 16(반포2동 주민센터)	1982	37.504548, 126.994494
30	도시대기	성동구	주거	성동구 뚝섬로 273(서울숲 방문자센터 옆)	1982	37.543010, 127.041129
31	도시대기	성북구	주거	성북구 삼양로2길 70(길음2동 주민센터)	1988	37.606672, 127.027294
32	도시대기	송파구	녹지	송파구 올림픽로 424(시사편찬위원회)	1984	37.521924, 127.124197
33	도시대기	양천구	주거	양천구 은행정로11가길 8(신정4동주민센터)	1997	37.523397, 126.858694
34	도시대기	영등포구	상업	영등포구 양산로23길 11(당산1동 주민센터)	1973	37.524954, 126.897330
35	도시대기	용산구	주거	용산구 한남대로 136(한남직업전문학교 본관)	1984	37.540360, 127.004983
36	도시대기	은평구	주거	은평구 진흥로 215(한국환경정책평가연구원)	1996	37.610627, 126.933144
37	도시대기	종로구	상업	종로구 종로35가길 19(종로5·6가동 주민센터)	1997	37.572016, 127.005005
38	도시대기	중구	상업	중구 덕수궁길 15(시청서소문별관 3동)	1981	37.564543, 126.975963
39	도시대기	중랑구	주거	중랑구 용마산로 369(건강가정지원센터)	1984	37.584850, 127.094022

4. 분석

4.1 분석 Flow Chart

행정자치부에서 제공하고 있는 2016년도 도로명주소 전자지도를 기반으로 하여 배경지도를 구축하였다. 그리고 배경지도와 인문사회 데이터베이스를 접목시켜 도시공간분석을 실시하였다. 도시공간분석을 통해 도출된 입지선정을 위한 평가지표

5) 환경부 국립환경과학원, 대기오염측정망 운영계획(2016~2020), 2016

들을 만들고 평가지표에 따라 평가 항목이 많이 중첩되는 곳을 대기측정망 최적지로 선정하였다.

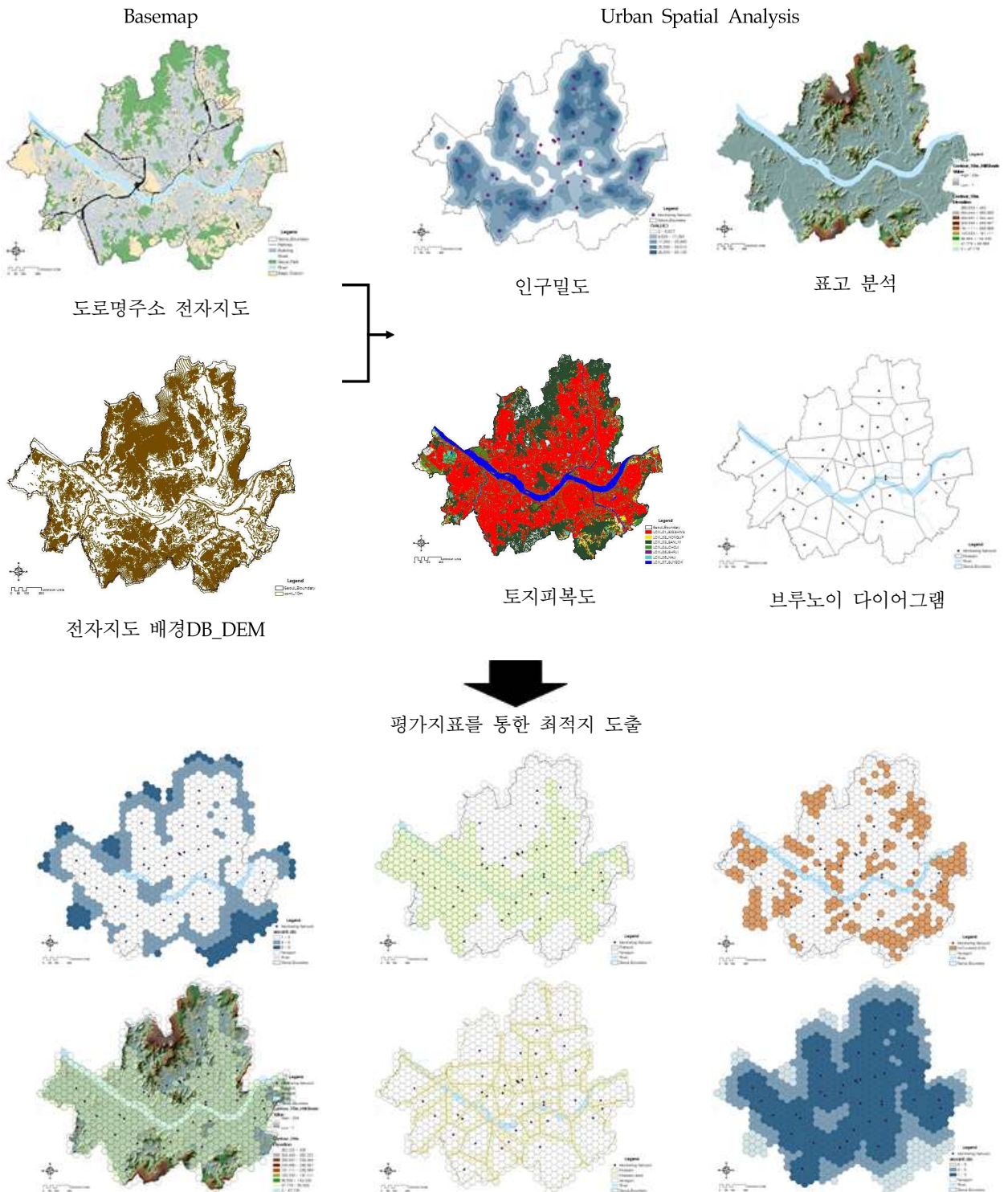


Fig. 3 Analysis flow chart for optimal location

4.2 도시 공간 분석

(1) 평가 기준 단위 설정

2020 서울도시기본계획에서는 근린생활권이란 동일 생활권으로써 보행권, 통학권, 역세권 등(반경 500m 내외)을 기준으로 연계가능한 동일 소생활권을 근린생활권으로 정의하고 있다. 근린생활권의 범위는 초등학교 1개소를 기준으로 하며, 약 2,500세대를 포함한다. 본 연구에서는 서울시 근린생활권 설정기준을 참고하여 평가지표의 기준 단위를 만들었다. 반경 500m의 원을 포함하는 육사각(Hexagon)을 하나의 기준단위로 하여 총 801개의 육사각(Hexagon)으로 서울시를 구분하였다.

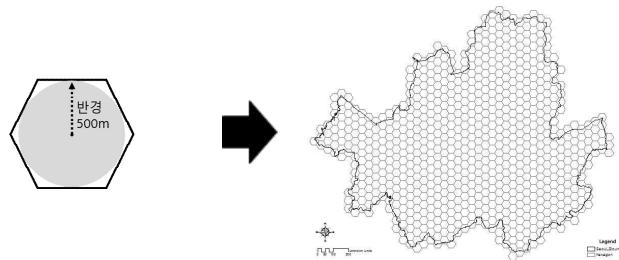


Fig. 4 Set evaluation standard unit for urban spatial analysis

(2) 도시 밀도 분석

도시의 밀도를 분석하기 위해 상주인구, 건물 밀집도 등을 분석하였다. 인구나 건물에 대한 정적인 밀도를 계산하기 위해 ArcGIS의 Tool 중 Spatial Analyst Tools → Density → Point Density를 사용하였다. 인구 분포와 건물밀집 정도를 표현하기 위해 100m x 100m 격자형 셀로 서울시를 나누고, 해당 셀에 포함되어 있는 인구분포와 건물밀집 정도를 속성값으로 하여 하나의 셀에 해당하는 각 포인트를 생성하였다. 실제 100m x 100m 셀이 위치하는 지점의 인구와 건물을 표현하고 분석할 수 있기 때문에 기존의 행정구역 단위의 분석보다 실질적 값을 통해 정밀한 분석이 가능하다.

(3) 토지피복 분석

서울시의 토지피복을 분석하기 위해 환경부에서 제공하고 있는 환경공간정보서비스(EGIS)의 데이터를 활용하였다. 토지피복도 DB는 해상도에 따라 속성값의 분류체계를 다르게 하고 있어 정밀한 분석이 가능하였다. 본 연구에서는 해상도 1M 급의 세분류 41개 항목을 적용하여 해당 구역의 정밀한 토지 상태를 반영하였다. 토지피복 분류 체계와 기준을 참고하여 41개 항목의 토지피복 정도를 3단계로 나누었다. 토지피복분석은 운동장, 나지, 논·밭 등으로 인해 해당지역에 분진이 발생 할 수 있는 요소들을 파악하기 위함이다. 41개 세부항목 중 경지정리가 안 된 논, 경지정리가 된 밭, 경지정리가 안 된 밭, 과수원, 목장/양식장, 기타재배지, 채광지역, 운동장, 기타나지에 해당하는 총 9가지 항목을 토지피복 정도가 가장 낮은 3단계로 평가하여 추출하였다.

(4) 표고 분석

국가공간정보유통시스템(NSIC)에서 제공하고 있는 DEM을 기반으로 서울시 지형분석을 실시하였다. 3D Analyst Tools → Data Management → TIN → Create TIN을 사용하여 10m 간격 등고선으로 래스터(RASTER) 파일을 생성하고, 서울시 표고를 3D적으로 표현하였다. 생성된 표고 데이터를 기반으로 서울시의 지형을 분석하고, 이는 공기의 흐름에 영향을 주는 높은 표고의 지역을 배제하고, 오픈스페이스적 공간을 하나의 측정망의 영향권으로 설정하는 평가지표로 활용하였다.

(5) 브루노이 다이어그램 분석

브루노이 다이어그램으로 측정망 위치를 기준점으로 한 티센(Thiessen) 폴리곤을 생성하였다. 티센(Thiessen) 폴리곤이란 해당 폴리곤 내에서는 어떤 위치에서도 폴리곤 내부에 위치한 다른 한 점까지의 거리가 다른 폴리곤에 위치한 점으로부터의 거리보다 가깝도록 경계가 설정된 폴리곤이다. 그러므로 티센(Thiessen) 폴리곤을 이루고 있는 경계 라인은 주변 측정소로부터 가장 멀리 떨어진 구간으로 거리상 측정망 입지가 필요한 지역으로 평가할 수 있다.

4.3 분석 결과

도시공간분석에서 사용한 평가지표들에 대한 결과값을 hexagon(Hexagon) 지도에 표현하면 다음과 같다. Fig 5.에서는 서울시 39개 측정망에서 측정된 2014년 미세먼지 농도값을 반영하여 측정망의 영향권을 평가하였다. IDW(Inverse Distance Weighted) 보간기법을 통해 실측값의 영향권을 설정하고 영향권의 밖에 존재하는 지역을 추출한 도면이다. Fig 6.은 건물의 밀집도가 높은 시가지 지역을 추출한 도면이다. Fig 7.은 티센(Thiessen) 경계 line과 중첩하고 있는 hexagon(Hexagon)을 추출한 도면이다. Fig 8.은 인구밀도가 높은 지역을 추출한 도면이다. Fig 9.는 토지피복 정도가 낮은 지역에 대한 도면이다. Fig 10.은 표고가 30m미만인 지역이 포함된 hexagon(Hexagon)을 추출하여 표현한 도면이다.

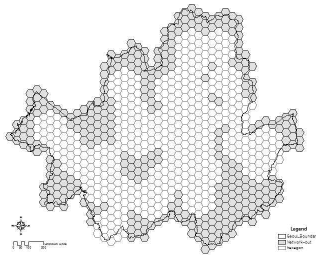


Fig. 5 Outside the scope of air pollution measurement network

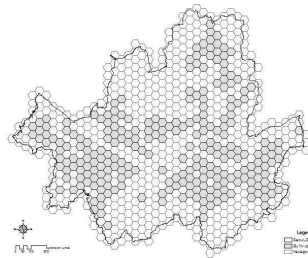


Fig. 6 Urbanization area

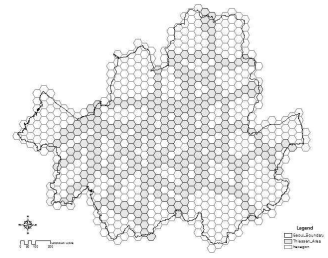


Fig. 7 Areas overlapping Thiessen Border

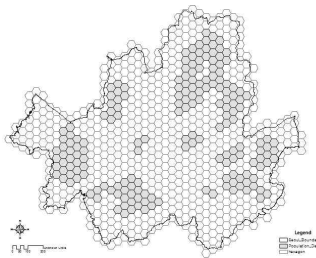


Fig. 8 A densely populated area

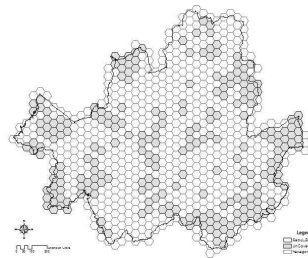


Fig. 9 Areas with low land cover

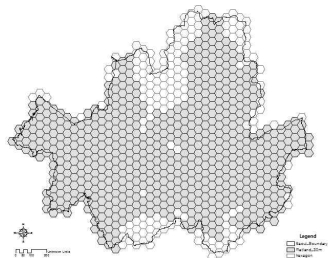


Fig. 10 Area less than 30m high

위의 평가 지표들을 통해 결론을 도출해본 결과 다음 그림과 같다. 진 한색일수록 평가지표의 hexagon(Hexagon)들이 겹치는 지역이며 많이 겹칠수록 최적지라고 볼 수 있다. 총 6개의 지표 중 5개 이상이 겹치는 지역을 최적 입지로 선정하였다.

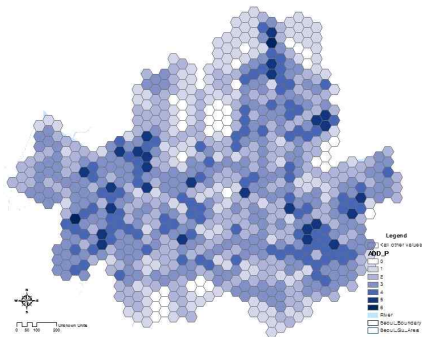


Fig. 11 Hexagon with evaluation index

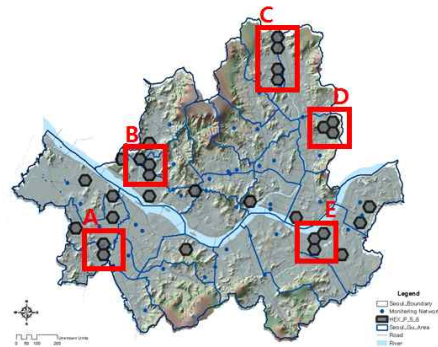


Fig. 12 Optimal location

Table 4. Final location selection result

	지역	인구밀도 (명/km ²)	표고(m)	시가화비율 (%)	비피복 토지 비율(%)	측정소와의 거리
A	구로구 구일역 주변	32033.5	10	0.40	0.11	2180m
B	서대문구 디지털미디어시티역 주변	28177.6	10	0.40	0.24	2335m
C	도봉구 도봉구청 주변	24829.8	20	0.47	0.12	2989m
D	중랑구 신내역 주변	15038.2	30	0.37	0.28	2713m
E	송파구 신천역 주변	30947.6	10	0.40	0.04	3292m

4. 결론

본 연구는 2016 도로명주소 전자지도, DEM, 건물 데이터, 토지피복도, 인구통계 데이터 등 국가가 제공하는 공공 공간DB를 활용하여 진행되었다. 측정망 입지에 영향을 미치는 요소별로 총 6가지 주제도를 만들어 평가지표를 설정하였다. 평가지표를 통하여 최종 입지로 총 다섯 개 지역이 선정되었다. 선정된 지역을 비교해보면 A지역(구로구 구일역 주변)과 E지역(송파구 신천역 주변)이 우선순위가 높은 것으로 평가된다. 기존 측정망의 범위에서 가장 멀리 벗어나 있으며, 도시 밀도 등을 고려했을 때 필요성이 높은 지역으로 볼 수 있다. 또한 표고도 다른 지역에 비해 낮아 넓은 오픈스페이스를 해당 범위로 포함할 수 있는 조건을 갖추었다. 본 연구에서는 서울시의 표고와 토지피복 등 지형과 관련된 물리적 공간에 대한 조건을 분석요소에 반영하여 실제 대기오염 농도 측정값이 해당 지역의 대표성과 신뢰성을 가질 수 있도록 하는 측정망의 입지를 도출하였다. 향후 다양한 인문사회적 DB 활용을 위하여 서울시 빅데이터 자료를 공간분석에 이용한다면 더욱 신뢰도 높은 입지 선정 평가지표가 될 것이다.

References

- ST Kim, HH Kim, DS Kim. (2015.11). "Quality control of Air pollution Monitoring System and establishment of Data Evaluation Scheme(I)." National Institute of Environmental Research.
 Seoul. (2004). 2030 Seoul City Comprehensive Plan.
 Seoul. (2014). Seoul Air Quality Assessment Report.
 Keco. (2016). www.airkorea.or.kr
 Ministry of Environment. (2016). Guidelines for installation and operation of air pollution measurement network.
 Ministry of Environment. (2016). Air Pollution Monitoring Network Operation Plan(2016~2020)
 HL Cho, JC Jeong,. (2009). "The Distribution Analysis of PM10 in Seoul Using Spatial Interpolation Methods." Environmental Impact Assessment, Vol.18, pp.31-39.
 JH Yoo, (2011). "A Redundancy Analysis on Air Pollution Monitoring Stations in Seoul." Master Thesis. Seokyeong University.
 SK Kim, (2014). "A study for Selecting the Location of Electrical Vehicle Charging Station by Using the Car Sharing System :Based on a Case Study of Car Sharing System in Gunpo-City." Ph.D. Hansei University.
 WS Jung. (2013). "Determination of minimum number and optimal location of air monitoring stations in Seoul by spatial distribution analysis." Master Thesis. Kyunghee University.
 YR Shin. (2015). "Evaluation of Air Monitoring Stations Based on Comprehensive Air-quality Index : focusing on Seoul and Incheon." Master Thesis. Kyungbuk University.