

QGIS-fieldwork 통합모형을 활용한 환경소음(수동)측정망 지점 재설계 및 적용 연구

Redesign and Application of Sites in an Environmental Noise Monitoring Network using an Integrated QGIS-fieldwork Model

박 혜 지[†] · 박 송 인^{*} · 김 민 영^{*} · 정 혜 민^{*} · 김 효 성^{*} · 신 주 도^{*} · 김 동 선^{*}
Hye Jie Park[†], Song In Park^{*}, Min Young Kim^{*}, Hae Min Jung^{*},
Hyo Seong Kim^{*}, Joo Do Shin^{*} and Dong Seon Kim^{*}

(Received April 1, 2026 ; Revised May 18, 2026 ; Accepted July 13, 2026)

Key Words : Environmental Noise Monitoring Network(manual)(환경소음(수동)측정망), QGIS-fieldwork Integrated Model(QGIS-fieldwork 통합모형), Environmental Noise(환경 소음), Naju-si(나주시)

ABSTRACT

In this study, a network of sites designed to manually monitor environmental noise in Naju City, Jeollanam-do, Korea was redesigned and applied to improve the representativeness of the noise measurements and support more effective environmental management using a QGIS-fieldwork integrated model. The existing monitoring sites were designated approximately 20 years ago without systematic selection criteria, and subsequent urban development such as the construction of an innovation city has significantly changed the urban spatial structure. Consequently, the current monitoring network involves some notable limitations in reflecting the present urban noise environment. To address this issue, representative land-use categories including school, general residential, commercial, and general industrial areas were identified through spatial analysis using QGIS, and 48 preliminary candidate sites were selected. Field surveys were conducted to evaluate the suitability of various sites and the feasibility of taking measurements, and 20 monitoring sites were finalized through consultation with the local government. The results demonstrate that the redesigned monitoring network reflects the current urban spatial structure better and confirm the practical applicability of the integrated model in the redesign and implementation of environmental noise monitoring networks.

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 필요성

이 연구는 소음 저감 정책의 기초 자료로 활용되는

환경소음측정망 데이터의 활용성을 향상시키는 것을 목적으로, 데이터가 수집되는 측정 지점을 재설계하고 행정적 적용 단계까지 수행하였다. 환경소음측정망이란, 전국의 소음실태를 체계적으로 파악하여 소음저감정책에 활용을 목적에 두고 있다⁽¹⁾. 측정망 설

[†] Corresponding Author ; Member, Jeollanam-do Institute of Health and Environment, Environmental Research Officer, Researcher
E-mail : pretty1163@korea.kr

^{*} Member, Jeollanam-do Institute of Health and Environment, Researcher

[‡] Recommended by Editor Kyoung Min Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

립 취지의 목적에 부합하게 소음실태를 체계적으로 파악하기 위해서는 측정지역 및 측정지점의 대표성이 확보되어야 하며, 이를 통해 확보된 결과가 데이터로써 가치를 갖고, 정책 또한 신뢰도를 갖는다. 환경소음측정망은 단순한 측정 시스템이 아니라 도시 환경 변화를 반영하는 장기 환경 데이터 인프라로서의 중요성이 점차 증가하고 있다. 연구 대상인 전라남도 나주시의 환경소음(수동) 측정망은 약 20년 전 설정된 이후 혁신도시 개발 등 급격한 도시 환경 변화가 발생하였음에도 불구하고 지점에 대한 재평가가 이루어지지 않아 공간 대표성 저하 문제가 제기되고 있다.

이에 이 연구는 기개발한 방법론 QGIS-fieldwork 통합 모델을 사용해⁽²⁾, 기존 지점을 신규지점으로 변경하여, 실제적으로 행정에 적용하는 단계까지 수행하고자 한다.

1.2 환경소음측정망

환경소음측정망은 도시 공간 내 발생 소음과 수음이 동시에 이루어지는 지점에서 데이터가 수집된다. 전국의 지역별 소음실태를 체계적으로 파악하기 위하여 측정지역 및 측정지점의 대표성을 확보하고 측정 결과 데이터를 정온한 생활환경 조성을 위한 소음저감정책에 활용한다⁽¹⁾. 운영총괄은 환경부이며, 환경부, 국립환경과학원, 한국환경공단, 16개 시·도가 협업하여 설치·운영·측정·데이터 분석·공표가 이뤄지고 있다. 소음측정망은 수동과 자동(정밀, IoT)으로 나뉜다. 전국에 1828개(수동 1766개, 자동 62개) 설치되어있다⁽³⁾. 수동방식은 측정자가 직접 소음계로 측정하여 데이터를 수집하며, 자동방식은 고정적인 측정소를 두어 설정된 시간대로 측정되어 통합관제센터를 통해 데이터가 관리된다. 자동방식은 인간의 직접적 측정이 아닌 자동화방식으로 이뤄져 편리하나, 장소를 고정하여 측정소를 세움으로써 공간 변화에 대한 대응성이 떨어지며, 수동에 비해 고비용이다. 수동방식의 경우, 인간이 직접 측정하는 불편함을 가지고 있으나, 도시 공간 변화에 유동적이며, 자동에 비해 저비용이다. 데이터 관리 측면에서는, 자동 방식이 수동 방식에 비해 정확성이 높다. 수동은 인간이 직접적으로 소음계의 데이터를 확인 후, 작성 및 보고하는 방식이어서 중간과정에서 인간 개입 오류에 따른 손실이 발생할 여지가 있다. 또한, 측정망의 관리부분에서, 국가측정망과 지방자치단체측정망으로 나뉜

다. 국가측정망은 인구 50만 이상 또는 도청소재지인 지역은 환경부에서, 그 외의 도시지역은 관할 시도에서 설치 운영한다⁽¹⁾. 이 연구에서 다루지는 부분은 수동방식의 지방자치단체측정망이다.

1.3 환경소음측정망 운영지침의 측정지역 및 측정지점 선정 방식

환경소음측정망은 공공기관 간 협업하여 소음 데이터를 측정, 관리하는 시스템으로, 분리되는 기관 간의 업무를 유기적으로 운영하기 위해 운영지침을 배포하여 따르게 하고 있다⁽¹⁾. 이 운영지침에 따르면 측정지역 선정 기준은 대상도시를 선정 후, Table 1에 설명된 토지용도지역 부분에 따라 세분화하여 각각 선정한다. 측정 대상도시 내에 세분화된 토지용도지역이 여러 곳일 경우 그 중에서 생활여건 및 환경소음도가 그 지역을 대표할 수 있다고 판단되는 지역을 선정한다. 선정 조건과 측정지점 선정 방법은 Table 2와 Table 3에 각각 설명하였다. 운영지침에 토지용도지역의 선정 조건이 정량적 기준이 없어 지점변경 등 업무 진행 시 한계가 보였다.

방법론 QGIS-fieldwork 통합 모델은 이 지침을 바탕으로 단계적으로 접근하여 공공데이터와 오픈소스 프로그램인 QGIS(version 3.34.14) 이용하여 이 어려움을 해소하고자 했다⁽⁴⁾.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 연구 대상도시 선정 및 기존 지점의 현황 분석

연구 대상도시는 전라남도 나주시이다. 나주시의 현행 소음 측정 지점은 최초 설정 이후 20년 이상

Table 1 Land use zones classified into categories Ga, Na, Da and Ra according to the operational guidelines

Category	Land use zone
Ga	Green area, Exclusive residential area, General hospital zone, School zone
Na	General residential area, Semi-residential area
Da	Commercial area, Semi-industrial area
Ra	General industrial area, Exclusive industrial area

경과하여, 급격한 도시화와 지표면의 물리적 변화를 겪은 현재의 도시 공간 구조를 반영하는데 한계를 드러내고 있다. 과거의 소음원이 소멸하거나 이동했음에도 불구하고, 측정망은 여전히 고착화된 지점에 머물러 있어 데이터의 공간적 대표성 결여 문제가 제기되었다. 이는 결과적으로 행정적 의사결정에 왜곡된 기초자료를 제공할 우려가 있다. 이러한 문제점이 확인되어 대상도시로 선정하였다. 현행 소음 측정지점을 운영지침에 준용하여 객관적으로 문제점을 파악하였고⁽¹⁾, Table 4는 나주시의 소음측정망 기준 지점이다. ‘가’의 경우, 토지용도지역이 혼합 설정되어 있었다. 운영지침 상 측정지역을 설정할 때, 1개의 토지용도지역 당 측정지점이 5개로 선정되어야하나, 3개의 토지용도지역이 혼합되어 측정지점을 5개로 선정하였다. ‘나’, ‘다’, ‘라’의 경우, ‘가’와 다르게 토지용도지역은 단일로 설정했지만, 측정지역인 행정동이 5개로 설정되어있다. 이 부분에서 측정지점의 최초 설정 시 객관적인 근거없이 설정됨이 확인된다. 20년 전에는 거주 및 유동인구 수 등 테

터의 집계 및 개방성도 낮았으며, 소프트웨어를 이용한 지도의 시각화를 통한 작업도 어려워 측정지역의 설정이 어려웠을거라 추측한다. 이 연구에서 사용되는 도구들을 통해 지점을 설정하면 1개의 토지용도지역 당 1개의 측정 지역이 설정된다. 가장 큰 문제점은 현재 설정된 측정 지역은 대표성을 갖기가 어렵다. 단적으로, 현재 나주시의 인구수 1위인 ‘빛가람동’이 반영되지 않았다. 소음의 발생과 수렴의 대상인 인간을 수치적으로 확인할 수 있는 인구수를 반영하지않은 데이터는 기초데이터로써 효용가치를 낮춘다. ‘가’, ‘나’, ‘다’, ‘라’의 측정지역 설정 자체에서 문제점을 확인하였다. 측정 지점 또한 운영지침의 선정 조건과 적합성 여부를 평가하였고, 20개의 측정 지점에 대한 현장조사를 통해 적합성 여부를 확인하였다. Table 3에 제시된 측정 지점 조건을 적용한 결과, 20개 지점 중, 16개가 조건에 맞지 않음이 확인되었다. 신규 지점 설정 시 조건에 적합한 측정 지점은 측정 지역 내에 포함 시, 측정 지점을 유지한다. 동일지점에서 시간적 변화에 따른 데이터

Table 2 Criteria for selecting representative land use zones according to operational guidelines

Criteria for selecting
Residential and commercial areas are characterized by large spatial extent and high resident and transient population
Green areas are located near residential neighborhoods (e.g., neighborhood parks)
General hospitals are defined as facilities with a large number of beds
Schools are preferably located in areas with a high concentration of schools or a large student population
Industrial areas are characterized by a high degree of mixed residential land use

Table 3 Method for selecting measurement sites according to operational guidelines

Method for selecting measurement sites
Select sites that represent the noise level of the measurement area. Five sites per area should be selected (three in general areas and two in roadside areas)
When multiple roads influence noise levels, prioritize locations with higher traffic volume or a greater number of lanes
Maintain a minimum distance of 100 m between measurement sites
Avoid locations expected to significantly affect the noise assessment, such as areas adjacent to factories and industrial facilities, construction sites, airports, and railways. In roadside areas, avoid locations near bus stops, intersections, crosswalks, tunnels, pedestrian overpasses, and elevated roads
Selected sites should not overlap with those of national or local government monitoring networks
Selected sites must be confirmed using TM coordinates or latitude/longitude

Table 4 Environmental noise measurement existing points classified into Ga, Na, Da and Ra in Naju

Category	Land use zone	Administrative district	General or road side	Measurement points
Ga	School zone	Dasi-myeon	General	The front of dasi elementary school
		Namoe-dong		The front of naju elementary school
	Green area	Jungnim-dong		The front of naju station(old)
		Ungok-dong	Road side	The front of naju federation of livestock cooperatives market
	General hospital zone	Seongbuk-dong		The front of naju general hospital
Na	General residential area	Nampyeong-eup	General	The front of nampyeong-eup office
		Bonghwang-myeon		The front of bonghwang-myeon office
		Samyeong-dong		The front of buyeong apt
		Dasi-myeon	Road side	The front of dasi-myeon office
		Seongbuk-dong		The front of seongbuk jugong apt
Da	Commercial area	Songwol-dong	General	The front of naju city hall
		Seongbuk-dong		The front of seongbuk post office
		Jungang-dong		The front of shindongah pharmacy
		Ichang-dong	Road side	The front of yeongsanpo terminal
		Namnae-dong		The front of useonggak motel
Ra	General industrial area	Munpyeong-myeon	General	The front of korea 3M
		Munpyeong-myeon		The front of naju gas
		Bonghwang-myeon		The front of waunonggongdanji
		Songwol-dong	Road side	LG chemical naju factory
		Dongsu-dong		The front of dongsuoryangnonggongdanji administration center

축적 또한 기초데이터로써 의미가 있다고 판단하였기 때문이다.

2.2 방법론 QGIS-fieldwork 통합 모델

이 연구는 QGIS-fieldwork 통합 모델을 적용하여 측정지역과 지점을 단계적으로 선정하였다. 이 연구에서 사용한 QGIS-fieldwork는 특정 소프트웨어 자체를 의미하는 것이 아니라, GIS 기반 공간분석과 현장조사 절차를 통합한 연구 프레임워크를 지칭한다. 공간 데이터 정량화, GIS 시각화, 현장 검증을 결합한 공간 의사결정을 하는 이 모델의 알고리즘(2)을 Fig. 1에 도식화 하였다.

이 연구는 제시된 방법론의 기본 틀을 준수하였고, 세부적인 설계와 적용 과정은 연구자의 판단과 연구 목적에 따라 구체화하였다.

(1) 용도지역 선별

대표 토지용도지역을 설정하기 위해서는 우선 ‘가’, ‘나’, ‘다’, ‘라’에서 토지용도지역의 개수를 결정해야 하는데, 이 과정에서 학술적 타당성과 실무 적용성 간의 상충이 발생한다. 학술적 관점에서는 데이터의

다양성과 충분한 표본 확보를 위해 가능한 모든 토지용도지역을 포함하는 것이 바람직하나, 실제 현장 실무에서는 조사 여건과 자원의 제약으로 인해 모든 토지용도지역을 동일하게 적용하는 데 한계가 존재한다. 특히 대도시의 경우 소음데이터의 생산량이 많고 인구 규모와 공간적 분포가 넓어 다양한 토지용도지역을 포괄적으로 반영할 수 있으나, 소규모 도시는 상대적으로 데이터 축적과 조사 여건이 제한적이므로 동일한 수준의 적용이 어려운 실정이다. 전라남도 나주시의 2024년 인구수(총인구 118 018명)를 기준으로 $\pm 15\%$ 이내의 유사 인구 규모를 둔 지방 중소도시의 환경소음(수동)측정망의 토지용도지역 선정 현황을 확인한 결과, 충청북도 제천시(총인구 130 733명)가 ‘라’를 제외한 ‘가’, ‘나’, ‘다’에서 각각 1개의 토지용도지역을 설정하였고^(1,10), 그 외 12개의 도시는 환경소음수동측정망 자체가 설치되지 않았다. 또한, 2024년 기준 전국 시·군의 인구밀도를 검토한 결과, 나주시(약 190명/km²)와 $\pm 10\%$ 범위의 유사 인구밀도를 갖는 지자체로 김제시, 밀양시, 논산시 등 7개 시·군이 확인하였으나, 환경소음측정망이 설치되지 않았다. 이러한 배경을 바탕으로 구분별 토지용도지역

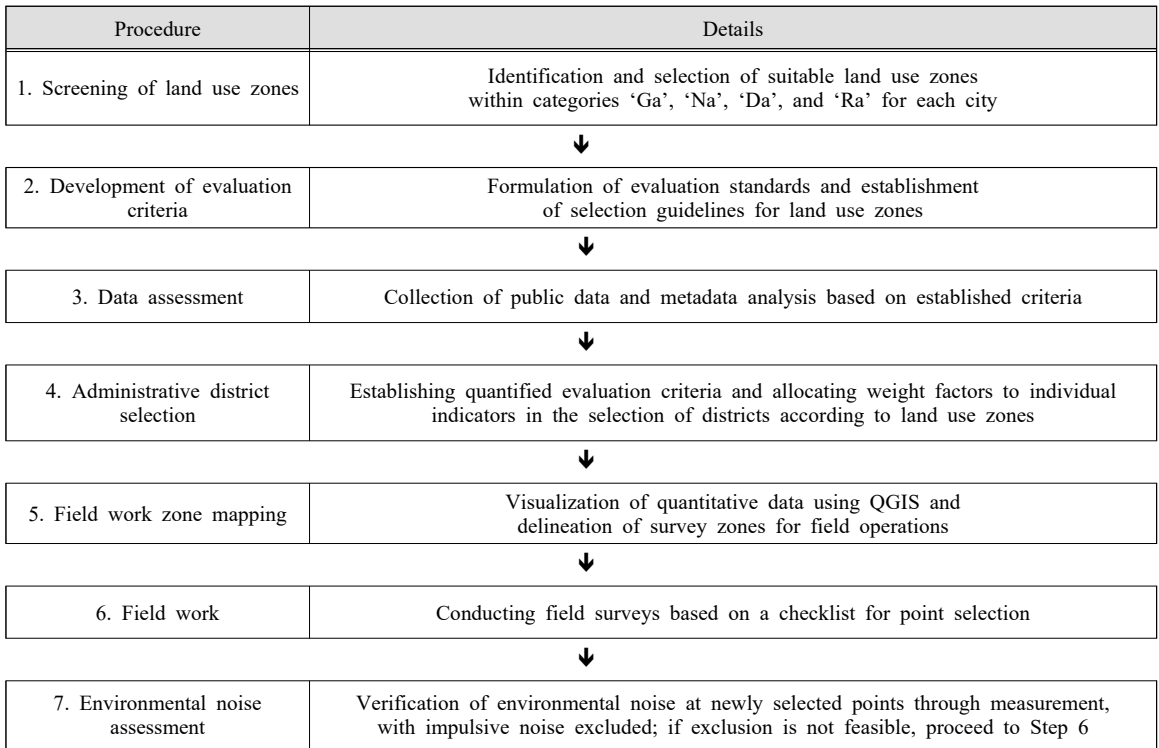


Fig. 1 Algorithm of the developed methodology: QGIS-fieldwork integrated model

의 최소수의 설정을 하고자, 이 연구에서는 ‘가’, ‘나’, ‘다’, ‘라’ 각 구분별 토지용도지역의 개수를 각각 1개로 설정하는 것을 기본 전제로 한다.

(2) 정량 평가지표 및 가중치 부여

선정된 토지용도지역 내에서 행정동을 탐색하는 작업으로 운영지침에 제시된 조건을 정량화하여 공공데이터를 이용한 객관적인 선정 근거를 제시한다. Table 2의 지역 선정 조건은 주거지역과 상업지역이 동일하다. 개발된 방법론 QGIS-fieldwork 통합 모델에서는 주거지역과 상업지역의 차별화를 두기위해 확보 가능한 유동인구 자료가 행정동이 아닌 법정동을 기준으로 생산되는 한계를 감안하여 유동인구의 가중치를 0.2로 설정하였다⁽²⁾. 가중치는 총합이 1이 되도록 정규화 조건을 유지하였고, 초기 균등 가중치는 각 조건에 약 0.33 수준으로 설정될 수 있으나, 이후 단계적 가중치 조정 및 해석의 용이성을 고려하여 기준 가중치를 0.3 단위로 정규화하였다. 주거지역에서의 소음은 주거기능을 갖는 주택을 중심으로, 상업지역은 업무, 유통, 서비스 등 상업기능이 활발

하게 이뤄지는 공간에서 데이터가 만들어진다⁽¹¹⁾. 이 연구에서는 주거지역과 상업지역을 구분하기 위해 가중치를 0.1 단위로 단계적조정을 수행하며 거주인구와 유동인구에서 토지용도지역이 갖는 성질에 초점을 맞춰 가중치를 조정하였다. 주거지역은 주거지역인 주택을 중심으로 소음 발생, 수음이 이뤄지므로, 거주인구의 가중치를 유동인구보다 상대적으로 높게 부여하고, 상업지역은 유동인구를 중심으로 가중치를 거주인구보다 높게 설정한다. 측정지점 간 공간적 분산을 확대하고 토지용도별 활동 특성을 효과적으로 반영하고자, 면적 조건은 0.3으로 고정하고, 토지용도 특성에 따라 하향 조건은 0.2로, 상향 조건은 0.5로 조정하였다. 개별된 조건을 갖는 그 외 용도지역별 평가지표와 가중치는 개발된 방법론 QGIS-fieldwork 통합 모델에서 제시한 것을 적용하였다⁽²⁾. Table 5는 가중치가 재조정된 평가지표와 그 배점 및 가중치이다.

(3) 측정지역 평가

정량평가를 통해 상대적으로 1순위가 된 측정지역

Table 5 Multi-criteria evaluation framework for administrative district selection based on land use zones

Land use zone	Operational definition	Rating scale	Weight
Green area	Resident population (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.5
	Distance to city center (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.5
General hospital zone	Average daily inpatient census	$\frac{\text{Indicator value}}{\text{Maximum indicator value}} \times 100$	0.5
	Total number of hospital beds	$\frac{\text{Indicator value}}{\text{Maximum indicator value}} \times 100$	0.5
School zone	Total enrolled students	$\frac{\text{Indicator value}}{\text{Maximum indicator value}} \times 100$	0.7
	School category (age-dependent sensitivity) : Elementary school / Middle school / High school / University or college	100 / 90 / 80	0.3
Exclusive / General / Semi-residential area	Resident population (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.5
	Total land area (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.3
	Foot traffic volume (legal district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.2
Commercial area	Resident population (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.2
	Total land area (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.3
	Foot traffic volume (legal district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.5
	Administrative districts containing central commercial areas are prioritized. In their absence, districts with larger commercial land coverage are preferentially selected.		
Exclusive / General / Semi-industrial area	Resident population (administrative district)	6 ~ 10 (ordinal)	0.3
	Presence of industrial complexes	If it exists, 10 if not, 6	0.3
	Presence of nearby apartment complex (administrative district)	If it exists, 10 if not, 6	0.4

에서 측정지점을 선정할 수 있는 구역(zone)을 선정하였다⁽¹¹⁾. 이 단계는 공공데이터 사용 시 발생하는 문제를 해소하는 작업이다. 정량평가를 위해 사용되었던 데이터인 거주인구, 면적은 행정동 기준이며, 토지용도지역, 유동인구는 법정동 기준으로 기준점이 다른 데이터 간의 중첩된 부분을 QGIS를 사용하여 구역(zone)을 설정하고, 현장조사를 진행하였다.

(4) 신규 측정 지점 선정

구역(zone) 내에서 Table 3의 측정지점 선정 조건을 충족하는 후보 측정 지점을 도출 후, 직접 현장조사를 진행하여 토지용도지역 당 5개 측정 지점을 선정하기 위한 5개 이상의 후보 측정 지점을 선정하였다. 5개의 측정 지점은 운영지침 상 일반 3개, 도로변 2개로 규정하고 있다. 측정 지점의 측정점 및 측정방법은 소음·진동 공정시험기준에서 환경기준 중 소음 측정방법과 운영지침을 준용하였다^(1,9). 신규 측정 지점은 1단계 현장 조사로 후보 측정 지점을 선정하고, 2단계로 지도 및 QGIS를 사용하여 최적의 5개 지점을 선별하여 최종적으로 확정한다. 현장 조사 시, 구

역(zone) 내에서 소음 발생 상황을 시각적, 청각적으로 면밀히 관찰하여 ‘일반’은 유동하는 인구가 상대적으로 많은 지점, 거주지의 기능이 포함된 지점, ‘도로변’은 차량이동량과 차선수가 많은 지점을 우위에 둔다⁽¹²⁾. 이를 바탕으로 지도 및 QGIS를 사용하여 후보 지점을 시각화하여, 최종 지점 20개를 선정하였다.

2.3 연구 도구 및 장비

(1) 프로그램 및 데이터

이 연구에서는 QGIS를 사용하여 데이터를 시각화하는 작업을 진행하였다. QGIS는 오픈소스 프로그램 소프트웨어로 version 3.34.14를 활용하였고, 데이터 중 ‘거주인구’는 외국인 제외된 주민등록인구로, 행정동 면적과 함께 KOSIS 자료를 활용하였다^(4,5). ‘종합병원 순위’는 건강보험심사평가원 보건 의료빅데이터 개방시스템의 병상 수 기준 상위 10위권 내 종합병원의 수를 활용하였다⁽⁶⁾. ‘유동인구’는 전라남도가 보유한 빅데이터로 직접 요청하여 SKT 통신데이터를 활용하였고⁽⁷⁾, ‘학생수’는 전라남도 교육청에 직접 요청하여 활용하였다⁽⁸⁾.

(2) 소음 측정 장비

최종 선정된 측정 지점의 데이터 측정을 위해 RION사(NL-62)의 소음계를 사용하였다. 소음 측정은 샘플주기 1초, 동특성 fast, 청감보정회로 A특성을 적용하여 5분 등가소음도(L_{eq})를 기준으로 수행하였다⁽²⁾. 또한, 바람의 영향을 최소화하기 위해 방풍망을 설치하였으며, 풍속이 초속 5 m/s 이상인 경우에는 측정을 제외하였다⁽⁹⁾.

3. 연구 결과

3.1 방법론 적용과 세부설계

이 연구에서 대표성은 해당 용도지역의 공간적·환경적 특성과 소음 발생 및 수음 공간의 인간 활동 분포를 측정지점이 얼마나 적절히 반영하는지를 나타내는 개념으로 설정하였다. 즉, 특정 측정지점이 해당 용도지역의 소음환경을 대표하기 위해서는 단순히 소음이 발생하는 공간뿐만 아니라, 소음에 노출될 가능성이 있는 인간 활동이 실제로 이루어지는 공간을 함께 고려할 필요가 있다. 이에 따라 이 연구에서는 용도지역별 공간 기능과 인간 활동 특성을 고려하여 소음 발생 및 수음이 이루어지는 공간을 우선적으로 검토하고, 해당 공간의 활동 특성이 측정지점 선정에 반영되도록 하였다. 전라남도 나주시를 대상으로 방법론을 적용하여 세부설계를 단계별로 진행하였다.

(1) 용도지역 선별

지방자치단체 측정망 중 나주시는 대도시에 비해 상대적으로 인구수가 적고 인구밀도가 낮아 가, 나, 다, 라에서 각각 1개의 토지용도지역을 설정한다는 전제를 두었다. 나주시의 토지용도지역을 확인하기 위해 토지이용 사이트에서 도시기본계획 문서를 활용하였다⁽¹³⁾. 가, 나, 다, 라 간의 키워드 중복을 줄이고 토지용도의 목적에 부합하며 다양화를 추구하였다. 토지용도지역 선택은 선택지가 단일로 존재하는 ‘라’에서 시작하여 중복을 소거하는 방식으로 진행하여 ‘가’에 이른다. ‘라’의 경우, 일반공업지역이 단일로 존재하여, ‘라’는 공업을 키워드로 ‘일반공업지역’을 선택하였다. ‘다’의 경우, 상업지역과 준공업지역이 존재하는데, ‘라’에서 공업이 선택되었으므로, ‘다’는 ‘상업지역’을 선택하였다. ‘나’의 경우, ‘주거’라는 키

워드로 일반주거지역과 준주거지역이 존재하는데, 일반주거지역은 저층, 중층, 중고층주택 중심의 주거환경을 조성하기 위한 필요지역이고, 준주거지역은 주거기능을 위주로 하되 일부 상업 및 업무기능의 보완이 필요한 지역이다⁽¹¹⁾. 실제 주민의 거주와 밀접한 관련은 일반주거지역으로, 토지 이용의 본질적 목적이 준주거지역에 비해 상대적으로 높고 주거민의 소음 발생과 수음 상황을 보다 적절하게 반영할 수 있을 것으로 판단하여, ‘나’는 ‘일반주거지역’으로 선택하였다. ‘가’의 경우, 주거를 제외하고, ‘녹지’, ‘종합병원’, ‘학교’라는 선택지가 있다. ‘가’는 ‘나’, ‘다’, ‘라’의 측정지역을 선정한 후 선택한다. 이는, 측정지역의 선정이 중복되지 않고, 대표성을 확보하기 위함이다. 예컨대, ‘가’와 ‘나’의 측정지역이 ‘빛가람동’으로 중복 선정되었을 경우이다. 이러한 중복 선정은 운영지침 상 문제가 없지만, 데이터의 편향이 발생할 소지가 있다. 가, 나, 다, 라 4개 중 2개가 중복되면, 나주시의 소음 측정망 데이터 중 50%는 ‘빛가람동’이 차지하며 대표성을 갖게 된다. 데이터의 편향을 방지하고, 다양성과 공평성을 갖기 위해 QGIS를 활용하여 데이터 시각화 작업으로 측정지역 간 거리 분포가 높은 경우를 선택하고자 한다.

(2) 정량 평가지표 적용

Table 6은 정량 평가지표를 적용한 내용이며, 최종 선정된 측정지역을 표기하였다. QGIS로 시각화하여 측정지역 간 거리 분포를 시각적으로 확인하였다(Fig. 2). ‘가’의 경우, 최종적으로 ‘학교’가 선정되었다. 평가지표를 통해 선정된 측정지역은 ‘녹지’가 ‘빛가람동’, ‘학교’가 ‘동신대학교(성북동)’, ‘종합병원’의 경우, ‘빛가람동’이다. ‘가’는 ‘나’, ‘다’, ‘라’의 측정지역을 선정한 후 선택함에 따라, ‘다’에서 ‘빛가람동’이 선정되어, ‘가’는 ‘학교’로 ‘동신대학교(성북동)’가 선정되었다. ‘나’의 ‘일반주거지역’은 ‘남평읍’으로 선정되고, ‘다’의 상업지역은 ‘빛가람동’이다. ‘라’의 ‘일반공업지역’은 ‘이창동’으로 선정되었다.

(3) 측정 지역 평가

‘가’, ‘나’, ‘다’, ‘라’의 행정동 및 법정동의 중첩된 구역(zone)을 QGIS로 시각화하여 확인하였다(Fig. 3) ‘가’의 경우, 법정동으로 확인되는 용도지역 데이터를 사용하지 않고, ‘동신대학교’ 부지를 데이터로 확인

Table 6 Evaluation results according to assessment Indicators

‘Ga’											
SN		ES	Weight	Score 1	SC	Weight	Score 2	Score	Rank		
Dongshin University		10	0.7	7	7	0.3	2.1	9.1	1		
Bitgaram elementary school - Bitgaram middle school - Bonghwang high school		7		4.9	10		3	7.9	2		
Hanareum elementary school - Geumcheon middle school		6		4.2	10		3	7.2	3		
Binnuri elementary school		6		4.2	10		3	7.2	3		
Naju university		6		4.2	7		2.1	6.3	5		
‘Na’											
AD	RP	Weight	Score 1	LA	Weight	Score 2	FT	Weight	Score 3	Score	Rank
Nampyeong-eup	9	0.5	4.5	10	0.3	3	8	0.2	1.6	9.1	1
Bitgaram-dong	10		5	7		2.1	10		2	9.1	1
Seongbuk-dong	8		4	8		2.4	6		1.2	7.6	3
Songwol-dong	7		3.5	6		1.8	9		1.8	7.1	4
Geumcheon-dong	6		3	9		2.7	7		1.4	7.1	4
‘Da’											
AD	RP	Weight	Score 1	LA	Weight	Score 2	FT	Weight	Score 3	Score	Rank
Bitgaram-dong	10	0.2	2	7	0.3	2.1	10	0.5	5	9.1	1
Nampyeong-eup	9		1.8	10		3	8		4	8.8	2
Songwol-dong	7		1.4	6		1.8	9		4.5	7.7	3
Geumcheon-dong	6		1.2	9		2.7	7		3.5	7.4	4
Seongbuk-dong	8		1.6	8		2.4	6		3	7	5
‘Ra’											
AD	RP	Weight	Score 1	IC	Weight	Score 2	AC	Weight	Score 3	Score	Rank
Ichang-dong	9	0.3	2.7	10	0.3	3	8	0.4	3.2	8.9	1
Songwol-dong	10		3	6		1.8	10		4	8.8	2
Sanpo-myeon	8		2.4	10		3	8		3.2	8.6	3
Wanggok-myeon	7		2.1	10		3	8		3.2	8.3	4
Munpyeong-myeon	6		1.8	10		3	8		3.2	8.0	5

SN: school name, ES: total enrolled students, SC: school category, AD: administrative district, RP: residential population, LA: total land area, FT: foot traffic volume, IC: presence of industrial complexes, AC: presence of nearby apartment complexes

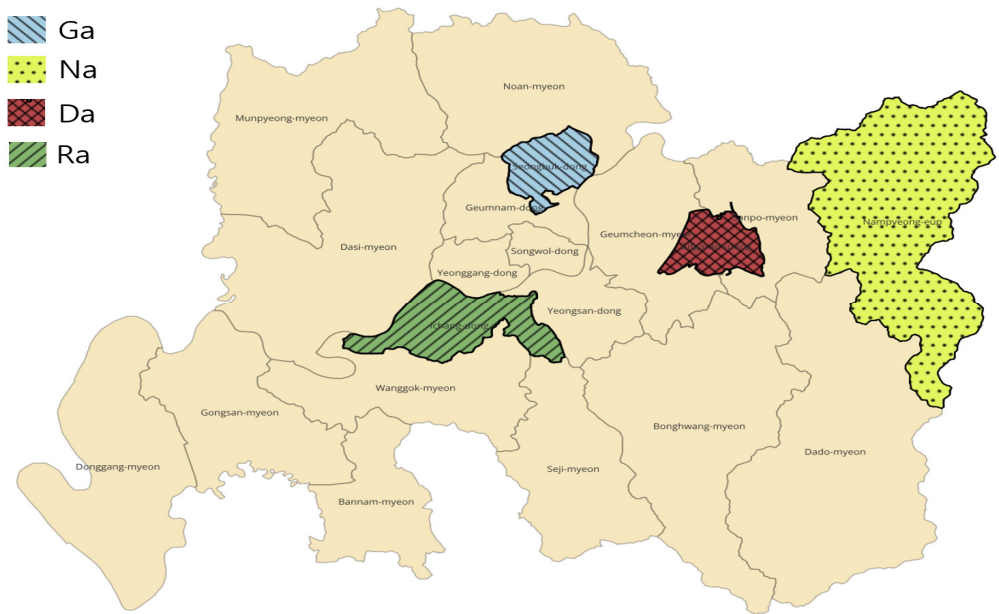


Fig. 2 Distance distribution between measurement areas in categories Ga, Na, Da, and Ra

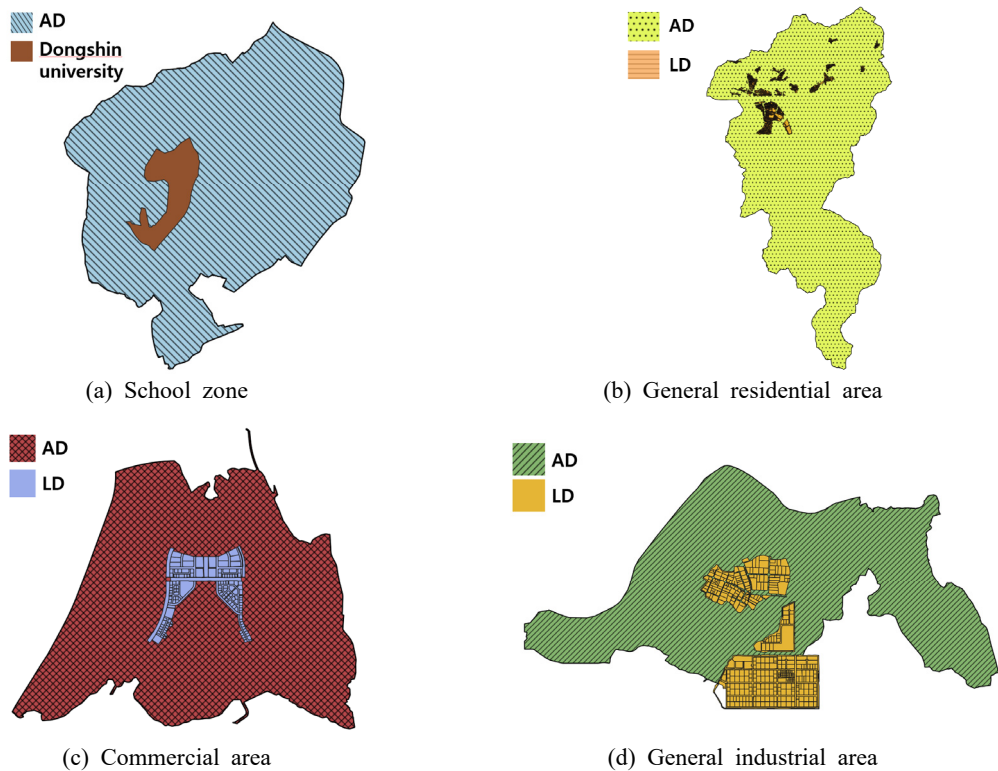


Fig. 3 Overlapping of administrative districts and land use zones (AD: administrative district, LD: legal district)

할 수 있다. 시각화 자료를 기반으로 소음측정망 신규 지점 선정을 위한 현장조사를 진행하였다.

(4) 신규 지점 선정

Table 3에서 제시한 측정지점 선정조건을 충족하는 지점을 QGIS 기반 공간분석과 지도를 활용하여 우선 선별한 후, 현장조사를 통해 소음·진동 공정시험기준의 측정조건을 만족하는 예비후보 48개 지점을 선정하였다⁹⁾.

예비지점 선정 후, 최종 20개 측정지점은 다음의 세 가지 선정기준을 순차적으로 적용하여 선정하였다. 첫째, 해당 용도지역의 활동 특성을 반영하는 공간인지 여부를 검토하였다. 둘째, 소리 울림에 따른 측정오차 발생 가능성, 측정장비 설치 가능성 및 안전성 등을 고려하여 측정 적합성을 평가하였다. 셋째, 동일한 기능을 수행하는 공간의 중복 여부를 검토하여 중복성을 최소화하였다. 활동 특성 반영성은 해당 용도지역에서 실제 소음이 발생하고 수음이 이루어지는 공간의 특성을 적절히 반영하는 정도를 의미한다. 따라서 후보지점은 용도지역별 활동 특성을 우선 고려한 후 측정 적합성과 공간 기능의 중복 여부를 순차적으로 검토하여 최종 선정하였다. Table 7은 이러한 선정기준을 적용한 예비후보 48개 지점의 평가 결과를 나타낸 것이다.

최종 측정지점은 환경부 운영지침에 따라 각 용도지역별 일반지점 3개와 도로변지점 2개를 선정하여 총 20개 지점으로 구성된다. 학교지역은 후보지점 중 광장이 학생 활동을 반영하는 공간으로 검토되었으나, 소리 울림에 따른 측정오차 발생 가능성이 확인되어 최종 선정에서 제외하였다. 또한 기숙사, 식당 및 교육동이 후보지점으로 선정되었으며, 교육동 후보는 공간 기능의 중복성을 고려하여 1개 지점을 제외하였다.

주거지역은 일반지점과 도로변지점 일부가 동일 생활권을 반영하는 것으로 확인되어 공간 기능의 중복성을 고려하여 제외하였다. 또한 도로변 후보지점 중 1개소는 측정장비 설치공간이 협소하여 안전성을 확보하기 어려운 것으로 판단되어 제외하였다.

상업지역은 일반지점 후보 중 소리 울림에 따른 측정오차 발생 가능성이 확인되거나 측정 안전성이 확보되지 않은 지점을 제외하였으며, 도로변 후보지점은 공간 기능의 중복성을 고려하여 최종 선정하였다.

공업지역은 일반지점과 도로변지점 일부가 동일한 생활권을 반영하는 것으로 확인되어 공간 기능의 중복성을 고려하여 최종 선정에서 제외하였다. 최종적으로 계층적 의사결정 절차를 통해 총 20개의 환경소음 측정지점을 도출하였다(Fig. 4).

3.2 신규 지점 데이터 측정 결과

최종 확정된 신규 측정 지점의 소음 데이터 발생 범위를 확인하기 위해 실측을 진행하였다. 기간은 2025년 중 1차는 9월~10월, 2차는 11월~12월에 측정하였고, 1일 측정 횟수는 동지점에서 6회 진행하며, 측정시간은 5분 이상이다. 6회는 낮 시간대(06:00~22:00)에 2시간 이상 간격으로 4회, 밤 시간대(22:00~06:00)에 2시간 간격으로 2회 측정하였다⁹⁾. 신규 측정 지점의 소음 데이터 발생 범위는 Table 8에 나타내었다.

환경소음 기준으로 지역 간 데이터를 확인하면, 학교 지역의 경우, 도로변에 위치한 측정지점에서 환경소음 기준을 모두 초과하는 것으로 나타났다. 이는 학교 주변 도로의 지속적인 차량 통행 영향에 의한 것으로 판단된다. 주거지역 또한 도로변 측정지점에서 환경기준을 초과하는 경향이 확인되었다. 현장조사 시, 해당 지점은 대형 화물차량의 통행량이 많았으며, 대형 화물차량 통행 시 66 dB(A)(±2)의 소음이 발생하는 것을 확인하였다. 이에 따라 도로교통소음의 영향이 주거지역 소음에 주요 요인으로 작용한 것으로 판단된다. 상업지역의 경우, 야간 시간대 유동인구 및 차량 통행량이 다른 용도지역에 비해 상대적으로 많아 환경소음 기준을 초과한 것으로 나타났다. 이는 상업지역의 특성상 야간 활동이 지속적으로 발생하는 지역적 특성이 반영된 결과로 판단된다. 공업지역은 모든 측정지점에서 환경기준 초과가 나타나지 않았다. 이는 공업지역의 환경소음 기준이 타 용도지역 대비 상대적으로 높게 설정된 영향이 있으며, 동시에 실제 공장 발생 소음 또한 기준 이하 수준으로 유지되고 있는 것으로 판단된다.

3.3 지점 변경 실제 행정 적용

연구를 통해 도출된 최종 지점을 전라남도 나주시에 적용하기 위한 행정 절차를 진행하였다. 운영지침의 변경 절차에 따라 수행하였으며¹⁾, 최종적으로 환경부 승인이 완료되어 2026년부터 적용한다.

Table 7 Hierarchical decision-making process for selecting the final environmental noise monitoring sites

Candidate site	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Decision
School – General – Candidate 1	○	○	×	○
School – General – Candidate 2	○	○	×	○
School – General – Candidate 3	○	×	×	×
School – General – Candidate 4	○	○	○	×
School – General – Candidate 5	○	○	×	○
School – General – Candidate 6	×	○	×	×
School – Roadside – Candidate 1	○	○	×	○
School – Roadside – Candidate 2	×	○	×	×
School – Roadside – Candidate 3	○	○	×	○
Residential – General – Candidate 1	○	○	×	○
Residential – General – Candidate 2	○	○	×	○
Residential – General – Candidate 3	×	○	×	×
Residential – General – Candidate 4	○	○	×	○
Residential – General – Candidate 5	○	○	○	×
Residential – General – Candidate 6	×	○	×	×
Residential – General – Candidate 7	×	○	×	×
Residential – Roadside – Candidate 1	○	○	×	○
Residential – Roadside – Candidate 2	○	×	×	×
Residential – Roadside – Candidate 3	○	○	×	○
Residential – Roadside – Candidate 4	×	○	×	×
Commercial – General – Candidate 1	○	○	×	○
Commercial – General – Candidate 2	×	○	×	×
Commercial – General – Candidate 3	○	○	×	○
Commercial – General – Candidate 4	×	○	×	×
Commercial – General – Candidate 5	×	○	×	×
Commercial – General – Candidate 6	×	○	×	×
Commercial – General – Candidate 7	○	×	×	×
Commercial – General – Candidate 8	×	○	×	×
Commercial – General – Candidate 9	○	○	×	○
Commercial – General – Candidate 10	○	×	×	×
Commercial – Roadside – Candidate 1	○	○	○	×
Commercial – Roadside – Candidate 2	○	○	○	×
Commercial – Roadside – Candidate 3	×	○	×	×
Commercial – Roadside – Candidate 4	○	○	×	○
Commercial – Roadside – Candidate 5	×	○	×	×
Commercial – Roadside – Candidate 6	×	○	×	×
Commercial – Roadside – Candidate 7	○	○	×	○
Industrial – General – Candidate 1	×	○	×	×
Industrial – General – Candidate 2	○	○	×	○
Industrial – General – Candidate 3	×	○	×	×
Industrial – General – Candidate 4	×	○	×	×
Industrial – General – Candidate 5	○	○	×	○
Industrial – General – Candidate 6	○	○	○	×
Industrial – General – Candidate 7	○	○	×	○
Industrial – Roadside – Candidate 1	×	○	×	×
Industrial – Roadside – Candidate 2	×	○	×	×
Industrial – Roadside – Candidate 3	○	○	×	○
Industrial – Roadside – Candidate 4	○	○	×	○

Criterion 1: reflecting land-use characteristics, criterion 2: measurement suitability, criterion 3: functional redundancy

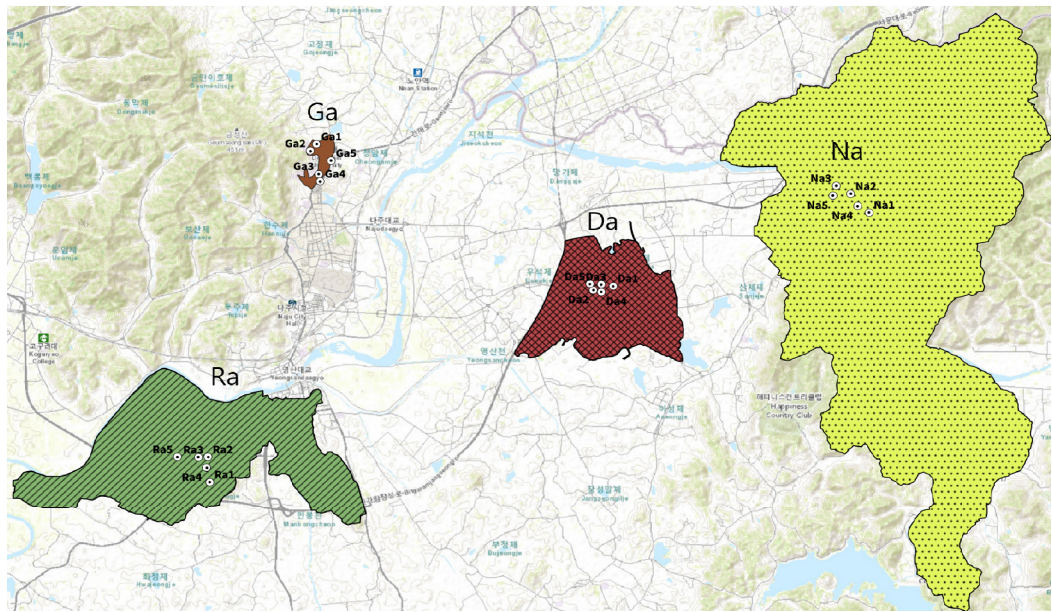


Fig. 4 Redesign and application of environmental noise manual monitoring network new 20 sites

Table 8 Environmental noise measurement results, in new points, presentation of results (primary/secondary) [unit: dB(A)]

'Ga' - 'school zone' - 'Dongshin university'							'Na' - 'general residential area' - 'Nampyeong-eup'						
Points	Daytime				Nighttime		Points	Daytime				Nighttime	
	09:00 ~	12:00 ~	16:00 ~	20:00 ~	23:00 ~	01:00 ~		09:00 ~	12:00 ~	16:00 ~	20:00 ~	23:00 ~	01:00 ~
Ga 1	56.3/ 44.7	46.6/ 44.0	42.4/ 44.5	57.9/ 43.1	56.3/ 36.7	56.6/ 37.5	Na 1	61.1/ 46.9	59.2/ 48.2	59.5/ 47.7	47.3/ 49.3	44.9/ 46.0	45.3/ 45.0
Ga 2	58.3/ 46.8	48.7/ 47.8	47.3/ 47.5	58.1/ 45.9	55.4/ 45.6	57.0/ 41.6	Na 2	47.7/ 42.5	47.6/ 45.6	50.7/ 50.7	49.1/ 47.5	44.8/ 39.8	45.0/ 38.6
Ga 3	57.3/ 44.0	46.3/ 50.4	46.6/ 45.6	58.3/ 43.7	56.3/ 37.4	54.7/ 36.5	Na 3	46.1/ 45.5	46.1/ 43.5	43.0/ 46.6	49.0/ 47.6	45.1/ 42.6	46.2/ 43.5
ES	50				40		ES	55				45	
Ga 4	68.8/ 72.3	69.3/ 72.1	70.4/ 72.7	68.8/ 67.1	61.2/ 59.6	59.0/ 65.4	Na 4	70.2/ 67.6	67.9/ 67.3	67.1/ 67.1	67.2/ 59.7	58.0/ 54.9	63.2/ 56.9
Ga 5	67.0/ 67.0	66.0/ 65.3	65.2/ 67.5	65.9/ 63.9	57.3/ 58.1	57.2/ 59.1	Na 5	65.5/ 67.6	64.2/ 64.0	64.2/ 63.6	63.3/ 58.3	62.3/ 53.7	56.2/ 57.4
ES	65				55		ES	65				55	
'Da' - 'commercial area' - 'Bitgaram-dong'							'Ra' - 'general industrial area' - 'Ichang-dong'						
Points	Daytime				Nighttime		Points	Daytime				Nighttime	
	09:00 ~	12:00 ~	16:00 ~	20:00 ~	23:00 ~	01:00 ~		09:00 ~	12:00 ~	16:00 ~	20:00 ~	23:00 ~	01:00 ~
Da 1	54.0/ 59.3	55.5/ 62.2	56.3/ 59.0	56.4/ 64.0	59.8/ 59.5	58.5/ 58.8	Ra 1	58.0/ 53.9	53.7/ 48.7	53.8/ 52.6	52.5/ 49.3	53.8/ 45.7	52.7/ 45.1
Da 2	61.9/ 62.6	60.9/ 59.8	60.3/ 63.1	59.1/ 59.4	53.5/ 55.2	54.9/ 55.0	Ra 2	64.1/ 60.9	64.4/ 61.1	61.9/ 57.9	62.2/ 60.2	59.3/ 59.3	57.5/ 59.0
Da 3	55.0/ 57.2	61.1/ 60.6	57.6/ 59.2	59.6/ 65.2	55.3/ 54.8	55.6/ 54.9	Ra 3	62.8/ 61.8	64.3/ 58.7	62.4/ 58.7	60.0/ 59.5	56.3/ 53.7	55.0/ 54.7
ES	65				55		ES	70				65	
Da 4	68.6/ 66.1	65.9/ 69.1	69.8/ 68.4	67.3/ 69.1	66.0/ 65.8	64.4/ 65.2	Ra 4	63.1/ 64.2	63.2/ 60.4	64.1/ 64.1	61.6/ 62.3	57.4/ 55.2	57.0/ 55.9
Da 5	63.8/ 63.6	66.1/ 62.8	75.2/ 63.9	61.1/ 62.0	59.7/ 65.8	59.6/ 60.1	Ra 5	67.3/ 61.1	63.1/ 58.6	65.6/ 62.8	56.7/ 61.4	60.2/ 59.2	56.4/ 46.8
ES	70				60		ES	75				70	

ES : environmental standard

측정망의 지점 변경을 통해 환경소음측정망의 대표성이 확보되고 이를 통해 데이터의 신뢰도가 상승하는 효과가 발생한다. 기존 측정망의 경우, 나주시 내에서 가장 높은 거주인구 및 유동인구 비율을 차지하는 빗가람동 지역이 측정지점에 포함되지 않아 실제 생활권 기반의 소음 노출 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있었다. 빗가람동은 2024년 기준 나주시 전체 거주인구의 34 %(1순위) 및 유동인구의 19 % (24년 1월 기준, 1순위)를 차지하는 지역임에도 기존 측정망에서는 측정지점이 부재하였다^(6,7). 반면 재설계된 측정망에서는 해당 지역이 신규 측정지점에 포함됨에 따라, 고밀도 생활권 및 활동지역에 대한 반영성이 개선되었다는 점에서 대표성이 향상된 것으로 판단된다.

4. 결 론

전라남도 나주시의 환경소음(수동)측정망 지점은 최초 선정(2004년) 이후, 혁신도시개발 등 급격한 도시환경 변화가 발생하여, 그에 따른 인구수, 주민의 거주 부분의 변화도 발생하였다. 과거의 소음원이 소멸하거나 이동했음에도 불구하고, 측정망은 여전히 고착화된 지점에 머물러 있어 데이터의 공간적 대표성 결여 문제가 제기된다. 이 연구는 QGIS-fieldwork 통합 모델과 공공데이터를 활용하여 나주시 환경소음(수동)측정망 지점을 재설계하였다. 지점 변경 과정과 결과는 다음과 같다.

(1) 운영지침에 준용한 기존 측정 지역과 지점의 문제점은 토지용도지역 혼합 설정 등 운영지침 선정 원칙 미준수, 선정의 객관적 근거 미확보와 대표성 결여 등이 확인되었다.

(2) 방법론 QGIS-fieldwork 통합모델과 공공데이터, 오픈소스 프로그램 QGIS를 사용하여 측정지역을 선정하였고, 그 결과는 ‘가’의 ‘학교’는 ‘동신대학교(성북동)’, ‘나’의 ‘일반주거지역’은 ‘남평읍’, ‘다’의 ‘상업지역’은 ‘빗가람동’, ‘라’의 ‘일반공업지역’은 ‘이창동’이다.

(3) 현장조사를 통해 토지용도지역 당 5개 측정지점으로, 총 20개의 지점이 선정되었으며, 19개는 신규 지점이고, 1개는 기존 지점을 유지하였다.

(4) 연구를 통해 도출된 20개의 측정 지점에 대해 행정 절차를 통해 지점 변경을 요청하여, 최종적으로

환경부 승인을 받아 2026년부터 적용한다.

이 연구를 통해 측정지점이 기존지점 대비 대표성을 확보하여 데이터의 신뢰도가 상승하고, 소음 정책에 일조할 것으로 예상된다. 아울러, 지점 변경을 위해 사용한 방법론 QGIS-fieldwork 통합모델의 적용 실증 연구를 통해 방법론의 효용성을 확인하여 국가 및 지방자치단체측정망 지점 개선에 적용할 가능성이 확대될 것으로 기대된다.

추가적으로 학교라는 토지용도지역에서 대표성을 확보하기위한 후보군으로 유치원을 포함하여 확대할 필요성이 있다고 생각된다. 확대함으로써 학교에서 연령대에 따른 소음 민감도 반영으로 공간의 대표성이 높아질 것으로 기대한다.

이 연구에서는 시대적으로 현재 사용이 가능한 공공데이터를 기반으로 측정지역을 시각화하였고, 그 다음 단계 측정지점의 설정은 연구자의 현장조사를 통해 가능하였다. 추후 도시 공간 구조 변화에 따른 3차 소음측정망 측정 지점 선정 시에는 AI 기반의 인간 활동 감지를 통한 더욱 정교한 지점 선정이 가능할 것이라 생각된다. 아울러, 소음측정망의 공공데이터를 사용할 시, ‘거주인구’와 ‘유동인구’ 데이터를 사용하는데, 등록인구를 포함하면서 지역에서 통근, 통학, 관광 등 모든 활동을 영위하는 지역포괄형 인구를 의미하는 ‘생활인구’를 공공데이터로써 이용가능하게되면 지점 선정의 대표성이 보다 더 상승할 것으로 기대한다.

후 기

이 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원(NIER-2025-01-03-002)을 받아 수행하였습니다.

References

- (1) Ministry of Environment, 2023, Integrated Operation Guidelines for Noise and Vibration Monitoring Networks, Ministry of Environment, Sejong-si, Korea.
- (2) Shin, J. D., Bae, J. S., Yun, S. H., Kim, M. Y., Park, H. J. et al., 2025, Development of a Methodology for Selecting Measurement Points of an Environmental Noise(Manual) Monitoring Network, Transactions of the

Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 35, No. 3, pp. 274~287.

(3) Ministry of Environment, 2020, The 4th Comprehensive Plan for Noise and Vibration Management, Ministry of Environment, Sejong-si, Korea.

(4) QGIS Association, 2025(date of access), QGIS Geographic Information System, QGIS Association, Switzerland.

(5) Jeollanam-do Provincial Government, 2023, Resident Registered Population Statistics by City/County (excluding foreigners), as of End of June 2023, Jeollanam-do Provincial Government, Statistical Data, Jeollanam-do, Korea.

(6) Health and Medical Big Data Opening System, 2021, Detailed Information Service by Medical Institution: Facility Information, Public Data Details, Health Insurance Review & Assessment Service(HIRA), Gangwon-do, Korea.

(7) Jeollanam-do, 2024, Floating Population Data by Administrative Dong in Naju City, Jeollanam-do Province, Jeollanam-do, Korea.

(8) Jeollanamdo Naju Office of Education, 2025, Status of Elementary, Middle, High School, and

University Student Enrollment in Naju City, Jeollanam-do Province, Naju-si, Korea.

(9) National Institute of Environmental Research, 2020, Noise Measurement Method for Environmental Standards, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea.

(10) KOSIS, 2025(date of access), Population of Small and Medium-sized Cities within $\pm 15\%$ of the Population of Naju City, Ministry of Data and Statistics, Daejeon, Korea.

(11) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2025, National Land Planning and Utilization Act, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong-si, Korea.

(12) Choi, H., Shin, S. and Lee, J., 2025, Assessment of Noise Environment at Roadside Schools and Review of Mitigation Measures, The Journal of Sustainable Design and Educational Environment Research, Vol. 24, No. 3, pp. 23~31.

(13) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2025, Urban master plan, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong-si, Korea.