

커뮤니티매핑을 활용한 악취관리의 가능성과 한계에 관한 연구

- 마곡 스마트시티 사례를 중심으로 -

임완수*·김경태**·조병우***

A Study of the Possibilities and Limitations of the Odor Management Using Community Mapping

- Focusing on Magok Smart City Case -

Wansoo Im*·Kyungtae Kim**·B. Shine Cho***

요약 : 악취는 대표적인 감각 공해 요인 중 하나이다. 환경부는 악취관리 기준을 마련하여 이를 제어하려고 하지만 객관적인 측정 자료는 냄새 유발 요소의 조합, 냄새를 맡은 시점의 기후 및 환경 등에 따라 바뀌는 악취에 대한 주관적인 느낌을 충분히 반영하지 못한다. 이에 서울시는 미래의 도시 생활 악취관리를 위한 시민참여 시스템 구축을 공공환경시설의 악취관리 강화방안 중 하나로 내세우고 있다. 이 연구는 지역공동체의 참여를 바탕으로 한 지도 만들기 과정을 통해 지역사회가 가지고 있는 사회적 문제에 대한 시민들의 관심과 참여, 소통을 이끌어내고 이를 해결하기 위한 공동의 의사결정을 이끌어내는 총체적인 과정을 의미하는 커뮤니티매핑이 서울시가 내세우는 정책대안이 될 수 있다고 제안한다. 이를 위해 마곡 스마트시티 리빙랩 사업의 하나로 수행된 “냄새 커뮤니티매핑 리빙랩” 사례인 커뮤니티매핑이 악취 관리에 어떻게 활용될 수 있는지를 설명하였다. 특히, 마곡 스마트시티의 거주자, 주변 지역으로의 통근자·통학자, 그리고 지자체 및 지역의 이해관계자와 같은 시민의 냄새 커뮤니티매핑 활동이 어떻게 이루어지는지, 그리고 이러한 활동을 통해 수집된 주관적, 객관적 데이터를 활용하여 통계 분석을 시행하였을 때 얻을 수 있는 결과를 소개하였다. 마지막으로, 커뮤니티매핑을 통한 주민참여 및 데이터 분석을 활용한 악취관리의 가능성을 도출한 뒤 이를 활성화하기 위한 정책적 시사점을 제시하였다.

주제어 : 커뮤니티매핑, 악취관리, 주민참여, 마곡 스마트시티, 리빙랩

ABSTRACT : An unpleasant smell is a type of sensory pollution. Korean EPA established a standard to control the unpleasant smells. Nevertheless, the standard consisting of objective measurement is inadequate to reflect the subjective sensory uncomfortableness about the odors that change frequently due to the combination of the odor sources, the climate and environment of the moment of sniffing. Therefore, Seoul Metropolitan Government urges to establish a citizen participation system for odor control. The purpose of this study is to introduce how community mapping can contribute to improving the odor management system through the Magok Smart City Odor Management case. Particularly, this study presents how to analyze how citizens, e.g. residents, commuters and stakeholders, participate in the community mapping based odor management and possible benefits and limitations of the statistical analysis on the objective and subjective odor measurement data. Consequently, this study draws policy implications for invigorating participatory odor management through community mapping

KeyWords : Community mapping, odor management, public participation, smart city, living lab

* 테네시주 머해리 의과대학 부교수(Associate Professor, Meharry Medical College); (사)커뮤니티매핑센터 대표(Director, Community Mapping Center)

** 테네시주 교육부 데이터분석관(Data Analyst, Tennessee Department of Education)

*** 건국대학교 행정학과 조교수(Assistant Professor, Department of Public Administration, Konkuk University). 교신저자(E-Mail: bshine247@konkuk.ac.kr, 02-450-3079)

I. 서론

악취는 자극적인 물질이 후각을 자극하여 불쾌함을 주는 대표적 감각 공해이다(조용모·진정규, 2017). 대기오염의 하나로 관리되던 악취는 2005년 악취방지법의 시행으로 체계적으로 관리되는 계기를 맞이하였다. 동 법에 근거하여 2008년 12월 제 1차 국가악취방지종합시책(2009~2018)이 수립되었고, 최근에는 지난 10년간의 정책 활동을 반영한 제2차 국가악취방지 종합시책(2019~2018)이 수립·시행되었다. 또한, 환경부(2020)는 2020년 1월 13일 기준으로 전국 12개 도시의 44개 지역을 악취관리지역으로 지정하여 관리하고 있다. 환경부(2019)에 따르면 악취 민원 접수 건수는 2001년 2,760건에서 2018년 32,452건으로 열 배가 넘게 증가하였다.

서울은 대규모 공장이 밀집한 산업단지나 축산단지 등이 존재하지 않아 악취관리지역으로 지정된 곳은 없다. 하지만, 공공환경시설이나 하수구에서 발생하는 악취로 인해 주로 민원이 발생하고 있다. 예를 들어 서울연구원이 발표한 공공시설 악취관리 강화방안(조용모·진정규, 2017)에 따르면 악취 민원은 여름철 물재생센터를 중심으로 집중적으로 발생하였다. 또한, 보건환경연구원 대기환경연구부 대기화학팀(2014)은 하수 악취에 대한 서울 시민의 불만 제기는 2012년 기준 전체 3,135건 중 2,443건(78%)으로 가장 많았다고 밝혔다.

정부는 악취 문제 해결을 위한 다양한 정책과제를 수행하였으나, 악취 문제가 가지는 여러 특성으로 인해 목표 달성에 어려움을 겪었다(환경부, 2018). 첫째, 악취는 감각 공해이기 때문에 사람마다 민감도가 다르다. 환경부령은 객관적인 악취 관리

기준을 규정하고 있지만, 같은 상황에서도 사람마다 악취의 정도를 다르게 판단할 수 있다. 따라서 악취를 정량적으로만 관리하는 데 한계가 있다. 둘째, 악취는 특정 시점에 집중되어 발생한다. 민원이 접수된 후 담당 공무원이 현장에 도착하는 사이의 시차로 인해서 정확한 악취 측정이 어렵다. 셋째, 악취의 정도는 온도와 습도 같은 주변환경과 밀접하게 연관되어 있다. 같은 수준의 악취요인이 발생한다고 하더라도 주변의 온도와 습도에 따라 악취의 정도가 달라진다.

이처럼 악취의 객관적 측정이 어렵다는 점, 그리고 공해의 정도가 사람마다, 그리고 상황마다 달라지는 점으로 인해 악취방지 정책은 측정기술의 개발과 갈등관리라는 두 가지 방향을 추구해야만 한다. 환경부(2018)의 제2차 국가악취방지 종합시책(2019~2018)은 사물인터넷(IoT)과 인공지능(AI)을 활용한 센서·네트워크를 접목한 과학적 악취관리, 적극적 소통을 통한 거버넌스 활성화를 동시에 추진하였다. 또한, 서울시 공공시설의 악취관리를 위해서도 시민참여시스템을 구축하는 것이 주요 과제로 제안되었다(조용모·진정규, 2017).

커뮤니티매핑은 과학적 악취관리와 시민참여형 악취관리를 동시에 달성할 수 있는 정책대안으로 주목을 받고 있다(기획재정부·한국조세재정연구원, 2020). 하지만, 이에 대한 실증연구는 매우 부족한 상황이다. 따라서, 이 논문은 ‘주민참여형 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑 사업’ 사례 분석을 통해 커뮤니티매핑을 활용한 악취관리의 가능성과 한계를 짚어보고자 하였다. 먼저, 선행연구 분석을 통해 악취관리정책의 변화와 현황을 살펴보고 커뮤니티매핑이 어떻게 활용될 수 있을지를 조사하였다. 이어, 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑 사례 연구를 통해 실질적인 활용 가능성과 그 한계를

분석하였다. 마지막으로, 커뮤니티매핑을 활용한 악취관리에 대한 정책적 시사점을 논하였다.

II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

1. 악취관리정책의 개요

1991년에 시행된 대기환경보전법 제2조는 악취를 “황화수소·메르캅탄류·아민류 기타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새”(대기환경보전법, 법률 제 4262호)로 정의하고 악취 물질을 대기오염 물질의 하나로 간주하였다. 또한, 제29조 악취발생물질의 소각금지 및 제30조 생활악취의 규제를 중심으로 악취를 관리하고자 하였다. 서울시는 1996년에 시행된 서울특별시환경기초조례(서울특별시조례 제 3301호)를 통해 악취를 사람의 건강이나 환경에 피해를 주는 환경오염 상태로 규정하였다.

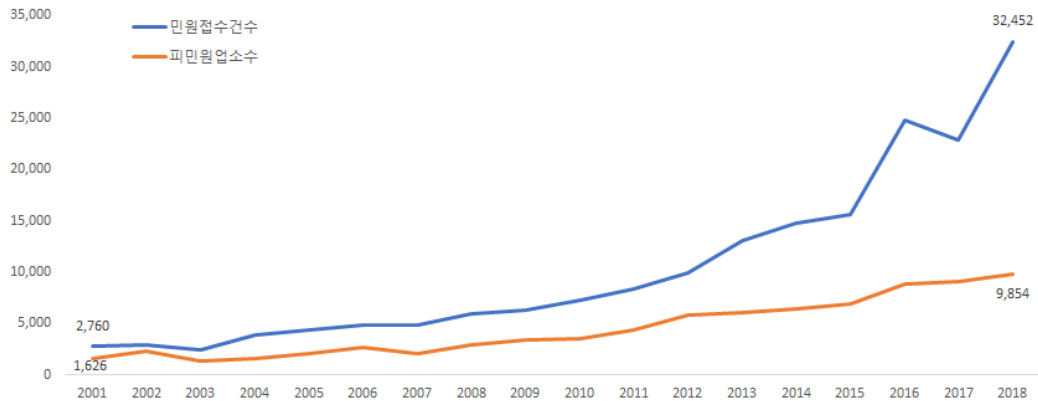
2005년 악취방지법(법률 제7170호)의 제정은 악취를 대기오염과 별도로 취급하고 체계적 악취관리 정책의 기틀을 마련하였다. 악취를 발생시키는 오염물질이 다양하고, 발생과 소멸의 특징이 일반적인 대기오염물과는 다르기 때문이다. 이 법은 악취방지를 위한 국가·지방자치단체 및 국민의 책무를 정하고(제3조), 악취 규제가 필요한 악취관리 지역을 지정하도록 하며(제6조), 악취 배출허용 기준을 환경부령으로 정하게 하는 동시에, 시·도가 조례를 통해 더 엄격한 배출허용 기준을 정할 수 있도록 하였다(제7조). 또한, 악취배출시설에 대한 규제와 방지조치(제8조, 제10조)를 실시하도록 하고

악취발생물질의 특별관리와 공공수역에서의 악취관리 의무(제15조, 제16조)를 명문화하였다. 이를 바탕으로 환경부 대기보전국은 2007년 악취관리 업무편람을 작성하여 악취와 관련한 관리 방법을 제시하였고, 2008년 제1차 악취방지종합시책(2009~2018)을 발표하였다. 초기 악취방지 정책은 악취배출원을 객관적이고 합리적으로 규제하기 위한 기술적·제도적 선진화에 초점을 맞추고 있었다. 또한, 2015년에는 12월 1일 자 악취방지법 개정(법률 제 13531호) 제16조의3 생활악취 관리 조항을 신설하여 지방자치단체장에게 지자체의 조례를 바탕으로 생활악취를 관리할 수 있도록 하는 규제·지원의 근거를 마련하였다. 이에 서울시는 2016년 1월 7일부터 생활악취 저감 및 관리에 관한 조례(서울특별시조례 제6102호)를 시행하였으며, 이 과정에서 서울연구원은 서울시 생활악취의 최소화(조용모·최유진, 2013) 및 공공환경시설의 악취관리(조용모·진정규, 2017)를 위한 연구를 수행하였다.

이러한 정책 노력에도 불구하고 악취와 관련된 민원은 계속해서 증가했다. 환경부 환경통계포털에서 제공하는 악취 민원 발생 현황(그림 1)에 따르면 악취와 관련한 민원 접수 건수는 2001년 2,760건에서 2018년 32,452건으로 약 11.7배나 증가하였으며, 지방자치단체 차원의 생활환경악취 관리가 본격적으로 시작된 2016년의 민원 발생(24,748건)과 비교해도 40% 이상 증가하였다. 악취 발생과 관련한 피민원업소의 수도 2001년 1,626개 업체에서 2018년 9,854개 업체로 약 5배 이상 증가하였다. 서울시에서 발생하는 악취 민원과 관련해서는 최근 자료를 구할 수 없었으며, 통계정보도 일치하지 않는 문제점이 발견되었다. 서울특별시 보건환경연구원 대기화학팀의 연구(김영두 외, 2014)에 따르면 서울지역의 악취 민원이

〈그림 1〉 전국 악취 민원 발생 현황 (2001~2018년)

출처: 환경부, 2020, 환경통계포털(stat.me.go.kr). 접속일 2020. 10. 4



2010년 483건, 2011년 485건, 2012년 481건으로 좀처럼 감소하지 않는다고 하였다. 하지만 2017년에 발표된 서울연구원의 보고서는 서울시 내부자료를 바탕으로 같은 시기 동안 총 693건(2010년 197건, 2011년 253건, 2012년 243건)의 악취 민원이 발생하였다고 밝혔다.

환경부는 2018년 제2차 악취방지 종합시책(2019~2028)을 수립하여 지난 1차 시기의 정책추진방안을 돌아보고 새로운 정책 방향을 제시하였다(〈그림 2〉). 제2차 악취방지 종합시책이 가지는 가장 큰 의의는 센서 등 신기술을 활용한 모니터링과 이해와 상생을 도모하는 정책 전환을 추구한다는 점이다. 지난 10년간 악취방지 기술지원 및 악취 진단을 통한 다양한 악취개선 노력에도 불구하고 민원은 지속해서 증가했다는 점에서 악취배출시설을 중심으로 한 사후관리 중심의 정책 구조가 가진 한계가 명확하게 드러났다. 또한 특정 시점에 집단으로 발생하는 악취 민원의 특성상, 민원 접수 후 담당 공무원 현장투입이라는 대응방식은 악취 발생을 감시하는 데 큰 한계가 있다는 것도 드러났다. 이를 바탕으로 센서, IoT, 시료자동채취장치를 결합한 실시간 악취 모니터링 시스템과 드론, 분광

학적 오염물질 측정방법 등과 같은 최신 기술을 활용한 악취 감시 기법을 도입하는 것과 지자체·주민·기업 등 악취 문제와 관련한 이해당사자가 공동 활동을 통해서 서로의 요구를 이해하고 차이를 극복할 수 있도록 하는 거버넌스 체제를 구축하는 정책 방향을 수립하였다.

〈그림 2〉 제2차 악취방지 종합시책 비전 및 목표

출처: 환경부(2018)

비전	악취 없는 쾌적한 생활환경 조성
목표	악취배출원의 선제적·과학적 관리기반 확립 ◇ 악취민원 : '17, 23천건 → '28, 10천건(△57%)
<div> <div>분야</div> <div>주요 추진과제</div> </div>	
I. 사전예방적 악취관리	1. 사업장 설치단계부터 악취영향 최소화 2. 악취 취약지역에 대한 정확한 진단·조치
II. 맞춤형 악취배출원 관리	1. 축사시설 현대화 등을 통한 축산 악취피해 저감 2. 하수도 악취 실태분석 및 종합적 악취관리체계 마련 3. 음식물 제조부터 처리까지 악취노출 최소화
III. 과학적 악취관리기반 강화	1. 수용제 중심의 악취 평가체계 도입 2. 최신기술을 활용한 악취 감시기법 도입
IV. 적극적 소통을 위한 거버넌스 활성화	1. 전문성에 기반한 이해관계자 간 협의체 활성화 2. 투명한 악취민원 관리를 위한 통합시스템 구축

2. 커뮤니티매핑을 통한 악취관리

커뮤니티매핑은 제2차 악취관리 종합시책이 내세우는 신기술의 활용(〈그림 2〉, 분야 III)과 적극적인 소통을 위한 거버넌스 활성화(〈그림 2〉, 분야 IV)라는 두 가지 목표를 동시에 달성할 수 있는 시민참여형 과학적 악취관리 정책수단으로 활용될 수 있는 가능성을 가진다. 커뮤니티매핑은 지역공동체의 참여를 바탕으로 한 지도 만들기 과정을 통해 지역사회가 가지고 있는 사회적 문제에 대한 시민들의 관심과 참여, 소통을 이끌어내고 이를 해결하기 위한 공동의 의사결정을 이끌어내는 총체적인 과정을 의미한다(임완수, 2013, 2014, 2015). 이는 시민참여형 지리정보시스템(public participation GIS, PPGIS)이라는 연구분야를 기반으로 발달하였는데, 이는 일반 대중이 다양한 유형의 지리정보기술을 활용하여 지도만들거나 의사결정과 같은 공공절차에 참여하는 것을 의미한다(Brown and Kytä, 2014; Tulloch, 2008). 1996년 미 국립 지형 공간 정보 분석 센터의 연례회의에서 지리정보 기술을 활용해 시민의 참여를 촉진하는 방법을 설명하는 과정에서 처음 등장한 이 용어는 세계의 여러 지역에서 도입되었으며 참여형 지리정보시스템(participatory GIS, PGIS)나 자원활동 지리정보시스템(volunteered geographic information, VGI)과 같은 다양한 용어로 소개되었다(Brown and Kytä, 2014; Goodchild, 2007; Sieber, 2006). 국토연구원이 도시계획과정에서 GIS를 활용한 주민참여 모형을 개발하기 위한 연구(서기환 외, 2008)를 수행하면서 한국에도 소개되었다.

커뮤니티매핑은 2013년 사단법인 커뮤니티매핑 센터가 설립되면서 본격적으로 확산되었다. 커뮤니티매핑 센터는 커뮤니티매핑의 개념과 운영방식을

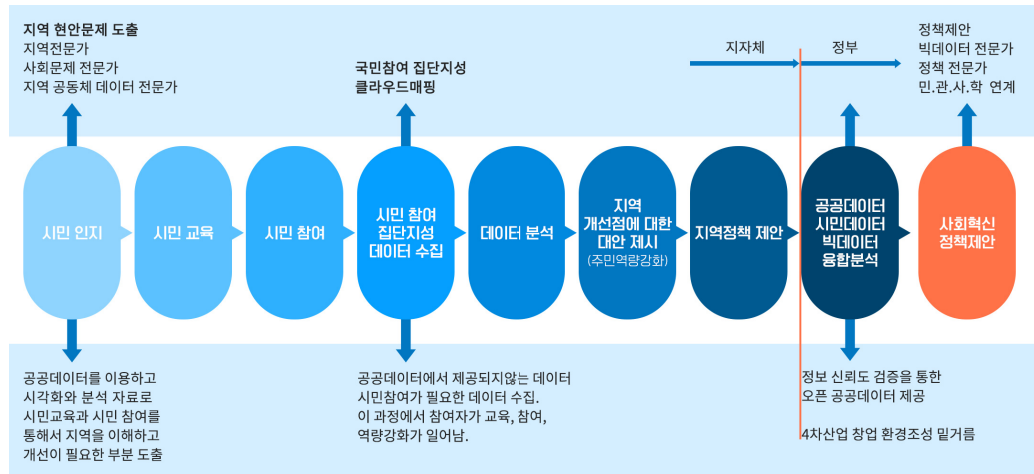
수립하는데 크게 기여하였다.

커뮤니티매핑센터는 9단계 커뮤니티매핑 프로세스를 통해 표준 운영방식을 제시하고 있다(커뮤니티매핑센터, 연도미상). 첫 번째 단계는 시민인지 단계로 지역전문가, 사회문제 전문가, 지역공동체 데이터 전문가와 함께 커뮤니티매핑 대상 지역이 가지고 있는 현안을 도출하는 것을 의미한다. 이 과정을 통해서 얻은 자료는 문제를 잘 알지 못하는 시민들을 교육하고(2단계), 추후 커뮤니티매핑 작업에 참여하도록 유도하는 데(3단계) 쓰인다. 네 번째와 다섯 번째 단계는 본격적인 시민참여가 이루어지는 단계이다. 네 번째 단계에서는 시민참여를 통해 데이터를 수집한다. 시민의 집단지성이 발휘되는 단계로 공공데이터가 제공하지 못하는 새로운 데이터를 수집하는 것을 목적으로 한다. 다섯 번째 단계는 모인 데이터에 대한 분석작업이다. 시민이 직접 데이터 분석에 참여할 수도 있으며, 전문가의 분석에 의존할 수도 있다. 여섯 번째 단계는 분석된 데이터를 바탕으로 지역이 당면한 문제를 해결할 방법을 제시하고, 일곱 번째 단계에서는 이를 정책의 언어로 바꾸어 지역을 위한 정책을 제안하게 된다. 이 과정에서 시민들에 대한 교육과 역량강화가 일어날 것으로 기대된다. 여덟 번째 단계와 아홉 번째 단계는 지역의 커뮤니티매핑 활동을 통해 모인 자료와 정책제언은 지역을 넘어 더 큰 범위로 확산할 수 있다는 것을 보여준다.

커뮤니티매핑은 효율(efficiency), 효과(effectiveness), 교육(education), 평등(equity), 참여와 소통(engagement), 역량강화(empowerment)라는 여섯 가지 기대효과를 가진다(임완수, 2013; 정수희·이병민, 2014). 과학기술을 바탕으로 한 참여활동은 기존의 시민참여 활동의 효율성을 증진시킨다. 또한, 지도만들기를 위해 자료를 모으는 과

〈그림 3〉 커뮤니티매핑 수행모형

출처: 커뮤니티매핑센터, 연도미상, 내부자료



정을 효율적으로 수행할 수 있게 한다. 또한, 모인 데이터를 통해 지역이 가진 문제와 이슈의 패턴을 시각화해서 지도의 형태로 보여줌으로써 원인을 분석하고 해결책을 도출하는 효과를 가져온다. 커뮤니티매핑에 참여하는 과정은 참여자들을 대상으로 지역의 문제와 그 해결책에 대해 학습할 수 있는 교육 프로그램을 제공한다. 또한 커뮤니티매핑 활동의 결과물을 공유하여 시민들에게 지역의 당면 문제를 새롭게 알게 하는 교육의 효과도 있다. 커뮤니티매핑은 정보를 모두에게 공개함으로써 평등한 정보접근권을 부여하며, 참여를 통해 소외계층의 의견을 반영할 수 있게 함으로써 평등한 커뮤니티 건설에 기여할 수 있다. 커뮤니티매핑은 문제 해결형 참여 활동으로 참여자들은 문제를 파악하는 단계부터 해결책을 마련하는 단계까지의 전 과정에 깊이 참여하게 된다. 또한 지도를 만들어가는 과정에서 참여하는 시민들은 물론 이해당사자들과 정책결정자들과의 소통을 이끌어 갈등을 줄이고 해결안을 도출할 수 있는 계기를 마련할 수 있으며, 이 과정을 통해 지역구성원들이 지역의 문제를

스스로 고민하고 능동적으로 해결할 수 있도록 하는 역량강화의 효과를 가져올 것으로 기대된다.

커뮤니티매핑은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 서울시 마을공동체 종합지원센터 (2013)는 커뮤니티매핑 시범사업을 통해서 마을의 자원지도를 구축하는 활동을 수행하였다. 정수희·이병민(2014)은 커뮤니티매핑센터의 활동을 중심으로 커뮤니티매핑이 지역자산조사 및 공유, 지역 문화, 역사, 관광, 생활, 교통 및 안전, 장애인 및 노약자 접근성, 보건, 복지 및 건강, 생태 및 환경, 재난 방지 및 관리, 초중고 교육 등 다양한 분야에서의 활용될 수 있다는 것을 보여주었다. 이외에도 지역사회 안전 지도 구축(조민상, 2019), 재난 안전관리(이종훈 외, 2019), 환경보호(구순욱·남상준, 2019), 문화재(전종민, 2014)와 같은 다양한 분야에서의 커뮤니티매핑 활용에 관한 연구가 진행되었다. 또한 커뮤니티매핑활동이 참여자들에게 문제에 대한 인식을 새롭게 하는 교육효과가 있음을 보여주는 실증연구들이 수행되었다(구순욱·남상준, 2019; 임완수, 2013; 현은령·이수기, 2014).

악취문제와 관련해서도 다양한 커뮤니티매핑 활동이 진행되었다. 커뮤니티매핑센터는 2019년 마장동 축산물시장 일대의 악취와 환경문제 해결을 위한 커뮤니티매핑 활동을 진행하였다. 또한, 한국환경공단은 성남시와 함께 “시민과 함께 악취다운(Down)지도”를 제작하기도 하였다(기획재정부·한국조세재정연구원, 2020). 하지만, 악취문제를 해결하는 데 있어 커뮤니티매핑이 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 실증연구는 아직 수행되지 않고 있다. 제2차 악취관리 종합시책(환경부, 2020)은 “획일적 배출허용기준에 의한 악취배출원 관리, 실험실·관능법에 의한 악취 측정, 비전문적 갈등관리, 협의체 관리기반 부실, 민원, 협의체 구성 등에 관한 서류적 관리”라는 기존의 악취관리 시스템을 “수용체의 악취 피해수준을 고려한 악취 배출원관리, ICT 기술, 드론 등 최신 기술을 활용한 악취 측정·관리, 전문적이고, 법적 이행력을 가진 협의체 활성화, 전자시스템을 통한 투명하고 체계적인 협의체 관리”로 변화하고자 한다. 과연 커뮤니티매핑의 활용은 제2차 악취관리 종합시책이 추구하는 변화상을 달성하는데 어떻게 기여 할 수 있을까? 이에 대한 경험적 연구가 필요한 시점이다.

III. 연구의 범위 및 절차

1. 마곡 스마트시티 사례연구

이 연구의 공간적 범위는 마곡 스마트시티이다. 2019년 7월 10일부터 12월 13일에 걸쳐 2019년도 마곡 스마트시티 리빙랩 사업의 일환으로 수행된

‘주민참여형 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑 사업’(이하 ‘냄새 커뮤니티매핑 사업’)을 단일 사례로 한 연구를 수행하였다. 사례연구는 실험, 설문조사, 문헌 분석 등과 같은 사회과학연구 방법 중 하나다(Berg and Lune, 2012; Outhwaite and Turner, 2007; Yin, 2014). 사례분석을 연구 방법론이 아닌 연구의 유형 중 하나로 설명하는 학자들도 있지만(Bogdan and Biklen, 2003; Hagan, 2018), 인식론에 근거하여 최근의 현상·사건의 의미를 깊이 파악하는 모두를 아우르는 방법론(Yin, 2014)이라고 설명하기도 한다. 이 연구는 사례연구를 사회과학연구 방법론의 하나로 인정하는 입장에 근거하여, 단일 사례 연구(single-case, holistic design)를 수행하였다. 단일 사례 연구는 1) 연구가 다루는 이론과 밀접하게 관련이 있는 경우(critical case), 2) 평소에 찾아볼 수 없는 특별한 사례의 경우(unusual case), 혹은 3) 일반적인 상황을 설명할 수 있는 대표적인 사례의 경우(common case), 4) 연구자가 새롭게 접근할 수 있게된 사례의 경우(revelatory case), 그리고 5) 종단연구의 경우(longitudinal case)에 그 효과가 극대화된다(Yin, 2014, pp. 51-53).

이 연구를 위해 ‘냄새 커뮤니티매핑 사업’ 사례를 선택한 가장 큰 이유는 평소에 찾아볼 수 없는 특별한 사례이기 때문이다. 커뮤니티매핑을 활용한 악취관리란 최근에 등장한 개념으로 그 사례를 많이 찾아볼 수 없다. 두 번째 이유는 제2차 악취관리 종합시책이 추구하는 수용체의 피해 수준을 고려한, 그리고 ICT기술을 활용한 악취관리 방식을 잘 보여 줄 것으로 기대되는 사례이며, 이를 통해 시민 참여형 협의체를 구성하는 것까지 연결될 가능성을 가진 사례이기 때문이다. 또한, 마곡 스마트시티의 악취 문제가 서울시가 당면한 물재생센터 악취 문제의 대표적인 사례라는 점(조용모, 2017)도 단일

사례연구 방법론 선정의 정당성을 제공한다.

2. 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑의 절차

커뮤니티매핑 센터가 제시한 9단계 수행모형은 필요에 따라 다르게 적용된다. 따라서, 연구 수행에 앞서 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑의 참여 주체와 진행 순서를 확인하였다. '냄새 커뮤니티매핑'은 마곡 스마트시티의 거주자, 주변 지역의 통근자·통학자, 그리고 지자체 및 지역의 이해관계자들의 참여를 바탕으로 실시하였다. 커뮤니티매핑을 통한 악취관리 리빙랩은 크게 자료의 1) 수집, 2) 관리, 3) 시각화, 4)분석 활동으로 구성되었다. 자료의 수집은 악취와 밀접한 관련이 있는 기존 데이터의 수집, 설문조사, 그리고 현장 워크숍을 통해 수집된 주관적 악취 정도와 휴대용 냄새 측정기를 통해 측정된 객관적 냄새요인 정보 수집

으로 나누어 수행되었다.

사전 자료수집 차원에서 기존의 데이터 수집과 설문조사를 실시하였다. 기존의 데이터로는 악취와 관련이 있는 토지이용정보, 기후정보와 함께 마곡지역에서 발생한 악취 관련 민원 정보를 수집하였다. 다음으로 마곡지역의 악취와 관련한 사전 조사의 차원에서 마곡주민 및 통근자들을 대상으로 온라인 설문 조사를 진행하였다. 설문은 지리정보시스템(GIS)을 활용하여 응답자가 평소 악취를 맡았던 지점을 지도 위에 표시하고 각 냄새의 특성에 대한 정보를 입력할 수 있도록 하였다(〈표 1〉 참조).

사전 설문에는 총 137명(남: 48, 여:74)이 응답하였고, 썩은/메스꺼운/찌린 냄새에 대한 불만이 80건 파악되었다. 악취는 6월에서 8월 사이, 그리고 저녁 6시부터 익일 아침 6시 사이에 주로 발생하는 것으로 조사되었다. 또한, 서남 물 재생센터 주변에서 악취가 난다는 응답이 25건 접수되었다. 설문조사를 통해 수집된 정보는 커뮤니티매핑을

〈표 1〉 악취 측정 변수

구 분	변수 종류
주관적 측정결과	<ul style="list-style-type: none"> - 위치설명(거리 이름, 장소 설명 등) - 위치 구분(일반측정지역/냄새발원지역) - 측정위치의 잠정 악취배출원(음식점, 하수정화조, 세탁소, 찜질방, 농경지퇴비, 자동차정비소, 쓰레기, 고물상, 인쇄시설맨홀, 축산시설, 공장, 음식물쓰레기, 폐기물매립, 하루종말처리, 정화조, 배수구, 맨홀, 하수관거, 기타) - 측정위치 주변 잠정 악취배출원(음식점, 하수정화조, 세탁소, 찜질방, 농경지퇴비, 자동차정비소, 쓰레기, 고물상, 인쇄시설맨홀, 축산시설, 공장, 음식물쓰레기, 폐기물매립, 하루종말처리, 정화조, 배수구, 맨홀, 하수관거, 기타) - 배수구/맨홀 여부(열려있음, 닫혀있음, 막혀있음) - 측정위치 주변 토지이용 정보(주택가, 상가, 오피스, 공장, 음식점, 버스정류장, 전철역, 녹지 및 공원, 개천가, 공터, 기타) - 음식점의 종류(고기굽는집, 빵집, 일반음식점, 카페, 기타) - 냄새 유무(좋은냄새, 악취, 잘모르겠음) - 냄새 종류(향기, 신냄새, 썩은냄새, 타는냄새, 구수한냄새, 메스꺼운 냄새, 찌린내(염소), 기타) - 냄새 정도(약간, 조금, 조금강함, 강함, 아주강함) - 악취 정도(무취, 감지악취, 보통악취, 강한악취, 극심한악취, 참기어려운 악취) - 측정 위치에 대한 서술
객관적 측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> - 위치(위도, 경도) - 악취요인의 농도(황화수소, 암모니아, 휘발성유화합물) - 기후정보(온도(℃), 습도(%), 풍향, 풍속, 기압)
측정자/상황	성별, 연령, 측정 날짜, 측정 시간

통한 본격적인 악취 정보 수집 활동의 계획 수립에 사용되었다.

본격적인 악취관련 커뮤니티매핑 활동은 주민 워크숍을 통해서 시작되었다. 워크숍의 목적은 참석자에게 마곡 스마트시티가 당면한 악취라는 문제를 이해하도록 정보를 제공하고 악취 측정기를 들고 지역 곳곳을 다니며 주관적으로 느껴지는 냄새와 측정기를 통한 객관적 측정결과를 동시에 입력한 뒤 측정 결과를 공유하고 소감을 나누는 것을 목적으로 한다.

〈표 1〉은 측정을 통해 얻은 데이터의 종류를 보여준다. 냄새에 대한 주관적 측정 결과는 냄새측정 위치, 측정지점 및 측정지점 주변의 잠재적 악취오염원, 냄새의 유·무, 냄새의 종류, 악취의 정도 등을 포함한다. 측정기와 맵러 앱을 통해서 객관적으로 측정되는 정보는 위치(위도, 경도), 악취요인(황화수소, 암모니아, 휘발성 화합물)의 농도, 온도, 습도, 풍향, 풍속, 기압 등이다. 또한 측정자 및 측정 일시에 대한 정보도 수집되었다.

측정 데이터의 입력에는 맵러 모바일앱(MapplerK2)을 사용하였다. 맵러는 VERTICES, LLC가 개발한 온라인 클라우드 소스 기반의 지리정보입력시스템으로 다양한 커뮤니티매핑 활동에 사용되었다. 휴대용 악취 측정기는 강서구청 환경관

리과 및 물관리과의 의견을 반영하여 (사)커뮤니티매핑센터가 자체 개발한 도구이다. 측정기에는 황화수소, 암모니아, 휘발성 화합물을 측정하기 위한 센서가 탑재되어 있다. 이들을 활용한 워크숍에서 측정된 자료는 마곡 냄새지도(lab.odormap.city)를 통해 지도와 대시보드의 형태로 일반 시민들에게 제공되었으며, 추후 통계 분석에 사용되었다.

IV. 커뮤니티매핑을 활용한 악취관리 사례 분석

1. 악취 커뮤니티매핑 워크숍

워크숍은 5차례에 걸쳐 이루어졌으며, 워크숍 과정에서 심야 및 새벽 시간에 악취가 심하다는 시민들의 의견을 바탕으로 심야/새벽 시간을 포함한 보완 측정을 수행하였다(〈표 2〉 참조). 워크숍을 통해 총 125명의 주민이 참여하여 총 1,720건의 데이터를 수집하였다. 워크숍을 통해 수집된 객관적, 주관적 냄새 자료는 클라우드 서비스를 통해 온라인 데이터베이스에 저장되었고, 마곡 냄새지도

〈표 2〉 워크숍 수행 일정

종류	1차 워크숍	2차 워크숍	3차 워크숍	4차 워크숍	5차 워크숍	심야/새벽 포함한 보완 측정
일시	10월 5일(토) 10:00~12:30	10월 8일(수) 16:30~18:30	11월 9일(토) 10:00~12:00	11월 22일(금) 12:20~14:00	12월 5일(수) 14:00~16:00	19시~ (+)9시
측정 지역	마곡나루역-서울식물원-서남물재생센터	마곡역-농산물시장	마곡나루역-서울식물원-서남물재생센터	마곡 중학교 인근	마곡 지구 전역	마곡 지구 전역
참여 인원	25명	14명	16명	51명	8명	11명

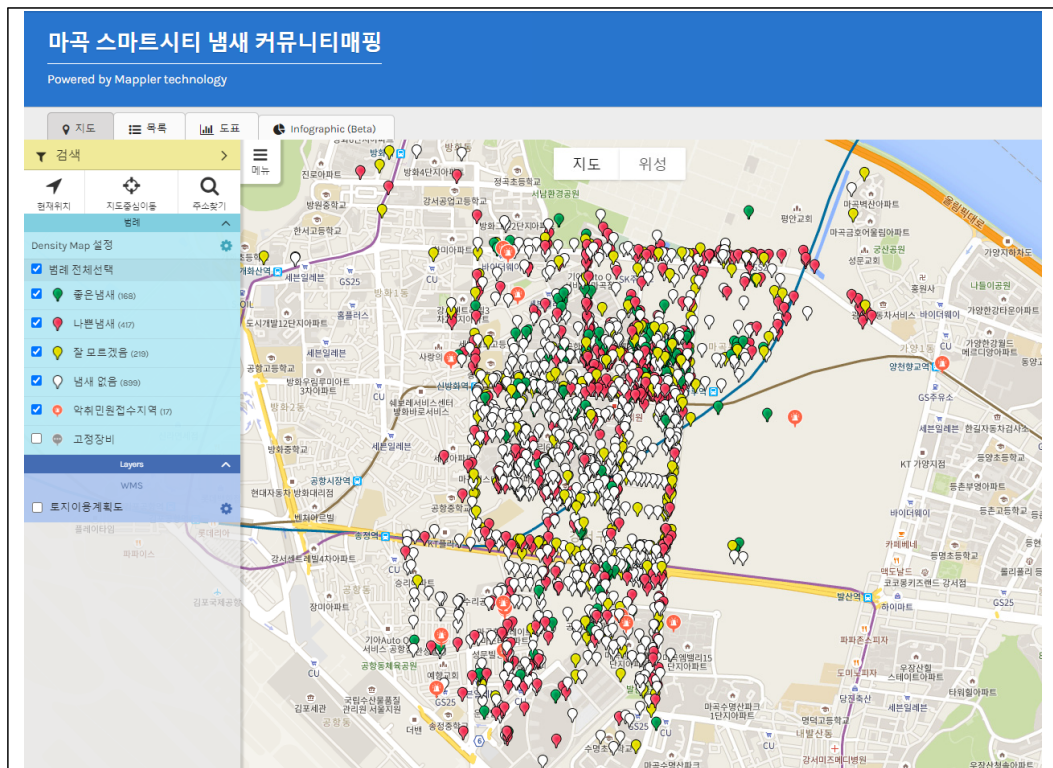
(lab.odormap. city)를 통해 공개되었다.

워크숍에 참석한 시민들의 후기는 커뮤니티매핑 활동이 가지는 다양한 측면의 긍정적인 효과를 잘 보여준다. 악취 커뮤니티매핑을 마친 후에 제출한 소감문은 “다양한 냄새가 있고, 지역별로 냄새가 다르다는 점을 처음 알게 되었다”, “더울 때 냄새가 많이 나는 편이다”, “물가에서 생각보다 많은 냄새가 났다”, “남향인 집에만 살아와서 그런지 주변에서 이야기하는 냄새 문제에 크게 공감하지 못했었는데, 이번에 냄새 문제를 더 잘 이해하게 되었다” 등과 같이 커뮤니티매핑을 통해 참석자들이 지역의 악취 문제에 대해서 더 잘 알게 되는 경험을 했다는 내용이 적혀 있었다. 또한, “아이들이 이해할 수 있을까 걱정을 하였는데, 좋은 경험이 되었다고 생

각이 된다”, “한 달이라도 빨리 했으면 얼마나 좋았을까 한다”, “앞으로 냄새에 많은 관심이 생길 것 같다”는 등 커뮤니티매핑 활동 자체가 가지는 효과에 대한 내용도 있었다. 마지막으로, “내년에 여름에도 진행하게 되면 좋겠다”, “저녁 8시 쯤부터 새벽까지 악취가 심하게 난다. 이 시간대에 데이터 측정이 필요하다”, “재생활성터에서 가장 냄새가 많이 나는 시간에 정확하게 측정해야 한다” 등 악취 커뮤니티매핑 활동의 확산을 위해 적극적으로 문제 해결의 아이디어를 제시하는 등 커뮤니티매핑의 문제해결능력 제고 효과도 잘 보여주고 있다.

〈그림 4〉 마곡 냄새 지도

출처: 마곡 냄새지도(lab.odormap.city)



2. 지도를 활용한 악취 요인 분석

워크숍을 통해 수집된 자료들은 마곡 냄새 지도(lab.odormap.city)를 통해 지도와 대시보드의 형태로 일반인에게 공개되었다. 냄새 지도 <그림 3>은 마곡 스마트시티 안에서 수집된 자료를 좋은 냄새, 나쁜 냄새, 잘 모르겠음.

냄새 없음 등의 유형으로 나누어 보여준다. 또한, 악취 민원 접수 지역을 동시에 표시해 주고 토지 이용계획도 레이어를 추가해 주관적 악취와 토지이용방식과의 관계를 보여줄 수 있게 구성되었다.

대시보드<그림 4>는 작게 표시된 지도와 함께 날짜, 시간, 측정자 성별, 측정자 연령대, 온도와 습도, 냄새의 정도, 악취의 정도, 냄새의 종류, 주변에 냄새 날만한곳 검색, 냄새 설명 검색, 휘발수소(H2S), 암모니아(NH3), 총휘발성유기화합물(TVOC)의 수치를 보여주었다.

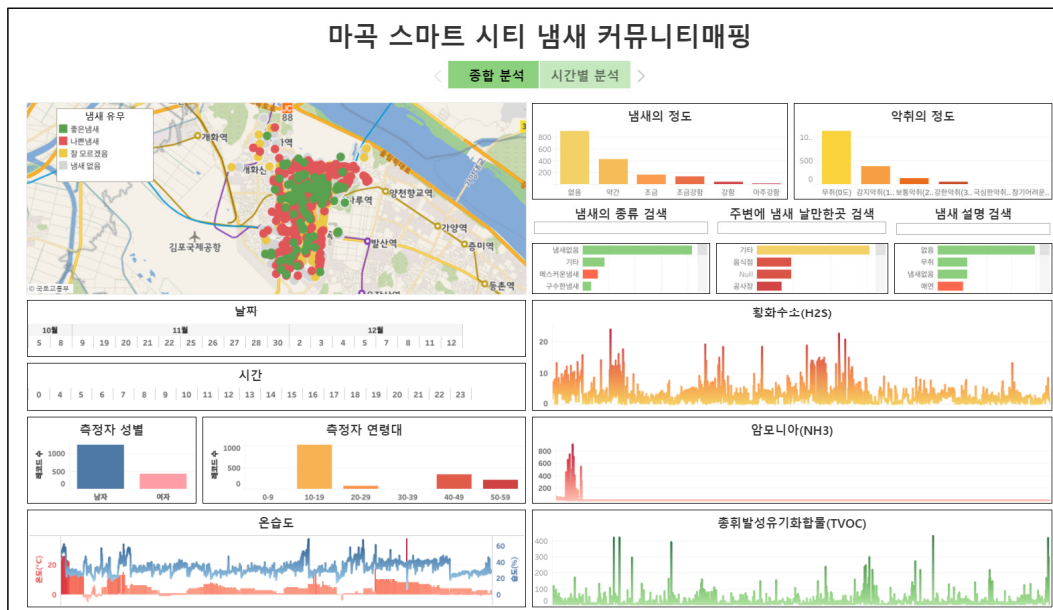
일반인에게 공개되는 자료와는 별개로 수집된 냄새 자료 위에 정부가 제공하는 오픈데이터를 통해서 수집된 기후정보와 토지이용 정보를 겹쳐 표시하는 방식으로 지도위에 냄새 정보를 시각화하였다. 이는 지도 위에 서로 다른 두 변수를 가진 레이어를 층층이 쌓아 변수 간 관계를 분석하는 것이다. 이를 위해서 주관적 냄새측정 결과가 토지이용 구역, 음식점 위치, 폐기물 관련 시설과 어떤 관계가 있는지 분석하였다(<그림 5>).

3. 주요 측정변수를 활용한 통계분석의 가능성과 한계

마곡스마트시티 냄새 커뮤니티매핑 사업에서는 워크숍을 통해 측정한 자료를 활용하여 통계분석을 실시하였다. 그 결과물은 커뮤니티매핑을 활용해

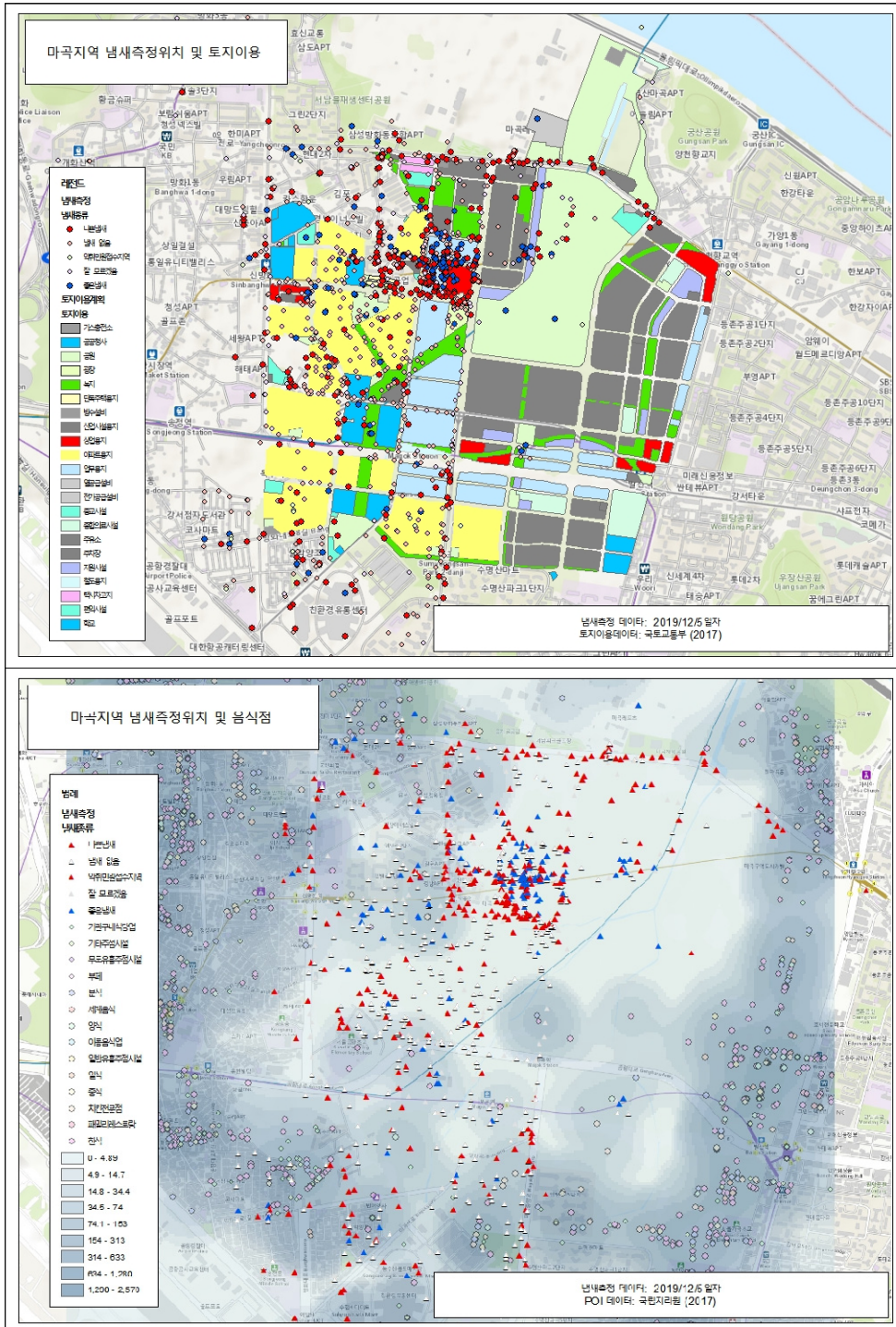
<그림 5> 마곡 냄새지도(대시보드)

출처: 마곡 냄새지도(lab.odormap.city)



〈그림 6〉 지도를 활용한 냄새 요인분석

출처: 커뮤니티매핑센터, 2020, 내부자료



수집된 자료가 가지는 가능성과 한계를 동시에 보여주었다.

첫 번째 가능성은 마곡스마트시티 냄새 커뮤니티매핑 사업에서는 수집된 자료로 통계 분석이 가능했다는 점이다. 수집된 자료는 악취요인 정도(암모니아, 총휘발성유기화합물, 습도), 서울시 기상관측 데이터의 정보(온도, 바람속도, 기압), 마곡지역 토지 이용정보 및 지리원에 등록된 비즈니스 위치(가축 산업, 미용 산업, 커피/제과, 음식/식당, 폐기물, 폐기물처리장과의 거리), 그리고 마곡지역의 공기오염 측정자료(미세먼지, 초미세먼지 농도) 및 측정 참석자가 느끼는 악취의 정도 등의 정보를 수치화해서 제공하기 때문에 기존의 악취방지 사업들이 하지 못했던 실증적 통계 분석을 가능하게 하였다.

통계분석이 보여준 두 번째 가능성은 분석의 결과가 우리가 일반적으로 알고 있는 냄새에 대한 내용을 실증적으로 검증했다는 것이다. 이 데이터를 활용한 상관분석과 통계분석은 총휘발성유기화합물(TVOC) ($r = .12, p < .01$), 암모니아(NH_3) ($r = .10, p < .01$), 온도 ($r = .18, p < .01$), 대기압 ($r = -.15, p < .01$), 폐기물 처리장과의 거리($r = -.10, p < .05$)와 같은 일반적으로 알고 있는 악취요인들이 측정자의 주관적 악취강도에 영향을 준다는 점을 보여주었다. 또한 이들을 대상으로 한 단계적 회귀분석(Stepwise regression)은 온도가 높아질수록, 대기압이 낮아질수록, 폐기물처리장과의 거리가 가까울수록, 그리고 TVOC 농도가 높을수록 주관적 악취를 강하게 느낀다는 일반적으로 알고 있는 내용을 통계적으로 검증할 수 있었다(〈표 3〉 참조).

통계분석의 결과는 밤과 낮에 따라 냄새의 정도가 다르다는 마곡지역 거주민의 피드백이 사실이라는 점을 실증적으로 검증하기도 하였다. 밤 시간

〈표 3〉 주관적 악취 요인에 대한 단계적 회귀분석 결과

(단위: 비표준화 계수(표준오차))

변수	전체 측정 데이터	야간 측정 데이터	주간 측정 데이터
TVOC	0.01 (0.00)	0.02 (0.01)	-
온도	0.02 (0.01)	-	0.04 (0.01)
습도	-	0.01 (0.01)	-
대기압	-0.03 (0.01)	-	-0.03 (0.01)
폐기물 처리장과의 거리	-1.8e-4 (4.7e-5)	-2.8e-4 (8.1e-5)	-
초기값	26.59 (7.84)	0.03 (0.22)	35.13 (9.46)
n	717	231	486
F	13.33	14.25	17.54
r ²	0.07	0.16	0.07
adj.r ²	0.06	0.15	0.06

주1: $p < .05$

주2: 단계적 회귀분석에 앞선 상관관계 분석에는 암모니아, 황화수소, PM10, PM2.5가 포함되었으나 단계적 회귀분석 단계에서는 주관적 냄새와 통계적으로 유의미한 결과가 없었기 때문에 연구 결과표에서는 누락되었다.

(오후 7시부터 오전 7시까지, 231건)과 낮 시간의 데이터를 분리하여 같은 방식으로 분석한 결과 풍속은 오후 7시부터 오전 7시까지의 데이터를 중심으로 분석하였을 때만 주관적 악취 정도와 부적 상관관계를 가지는 것을 알 수 있었다($r = -.16, p < .05$). 이들 주요 변수를 대상으로 밤동안 주관적 악취 강도에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 단계적 회귀분석을 실시한 결과, 습도가 높을수록, 폐기물 처리장과의 거리가 가까울수록, 그리고 TVOC의 농도가 높을수록 주관적으로 느껴지는 악취가 증가하는 것을 보여주었다.

이러한 효과에도 불구하고 커뮤니티매핑을 통해서 얻은 자료를 실제로 활용하는 데 여러 가지 한계점이 있는 것으로 나타났다. 먼저 자료의 신뢰성이다. 측정 자료는 총 1,720건이었지만, 통계분석에

사용할 수 있는 자료는 717건(약 41.7%)에 불과하였다. 이는 참가자들이 수집된 측정결과와 대다수가 통계분석에 사용하기에 적합하지 않았다는 점이다. 이 문제를 해결하기 위해서 커뮤니티매핑에 참여하는 시민들을 대상으로 한 교육을 통해 유효한 데이터를 더 많이 수집할 수 있도록 하는 것이 중요함을 보여주었다. 다음으로 분석 모형의 한계이다. 이 사업에서 수행된 통계 분석의 결정계수(r^2)는 전체 데이터에 대한 분석에서는 0.07, 야간 측정데이터에서는 0.16으로 매우 낮게 나왔다. 통계자료를 수집한다고 하더라도 냄새 요인과 악취의 관계를 분석하기 위한 좋은 분석모형을 준비하지 않으면 통계분석이 크게 유용하지 않을 수 있다는 것을 보여주었다.

V. 결론

이 연구는 주민참여형 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑 사업 사례를 통해 냄새 문제 해결을 위해 커뮤니티매핑을 활용하는 방안을 소개하는 것을 목적으로 한다. 마곡 스마트시티 냄새 커뮤니티매핑에서는 시민들이 직접 지역 곳곳을 돌아다니며 휴대용 냄새 측정기를 이용한 주관적·객관적 냄새 데이터측정 활동을 수행하였다. 이러한 커뮤니티매핑 워크숍은 참여한 시민들로 하여금 지역의 악취 문제에 대한 새로운 사실을 알게 하고 문제를 스스로 해결하려는 의지와 역량을 길러주는 긍정적인 효과를 가져왔다.

동시에, 워크숍을 통해 수집된 데이터는 클라우

드를 통해 관리하면서 홈페이지를 통해 지도나 대시보드의 형태로 공유하였고, 외부 공공 데이터를 연동시켜 냄새와 다른 환경요인과의 상관관계를 분석할 수 있었다. 그리고 통계 분석을 실시하여 악취에 미치는 영향 요인을 다각도로 분석하는 것도 가능하게 하였다. 파일럿 프로그램과 같았던 마곡 스마트시티 리빙랩 사례를 통해 수집된 데이터의 질적 문제로 통계분석에 잘 활용할 수 없었다는 점과 분석 모형의 한계로 설명력이 많이 떨어진다는 점은 한계로 나타났다. 하지만, 이러한 부분을 해소할 수 있다면, 주민참여 활동을 포함한 과학적 악취 관리가 가능할 수 있다는 가능성을 보여주었다.

커뮤니티매핑은 제2차 악취관리 종합시책이 내세우는 신기술의 활용과 이해당사자들의 공동활동을 동시에 활용하는 시민참여형 과학적 악취관리라는 새로운 정책방향을 제시한다. 이 사업을 악취관리 전반에 적용한다면 악취배출시설을 중심으로 한 사후관리 중심의 정책 구조가 가진 한계를 극복하고, 민원 접수 후 담당공무원 현장투입이라는 대응방식이 가지는 악취발생 모니터링의 비효율성을 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 기획재정부·한국조세재정연구원, 2020, 「2019 공공기관 혁신·협업·시민참여 우수사례집」, 기획재정부.
- 구순옥·남상준, 2019, “커뮤니티매핑 기반 참여적 환경지도 제작활동 효과”, 「한국지리환경교육학회지」, 27(2): 131~145.
- 김영두·이준연·김은숙·최낙경·신덕영·천정완·김홍제·정종흡·어수미, 2014, “서울시내 주요 업종별 약취발생 특성과 약취기여도 평가”, 「서울특별시 보건환경연구원보」, 50: 177~186.
- 보건환경연구원 대기환경연구부 대기화학팀, 2014, 「약취관리대책」, June 15, 서울정책아카이브.
- 서기환·신동빈·이왕건·김동한, 2008, 「도시계획과정의 GIS 기반 주민참여 모형 개발 및 적용방안에 관한 연구 (국토연 2008-34)」, 국토연구원.
- 서울시 마을공동체 종합지원센터, 2013, 「마을공동체 커뮤니티 매핑 시범사업 참여마을 사례집(제2013-01-006호)」, 서울시 마을공동체 종합지원센터.
- 이종훈·표경수·김성삼, 2019, “재난안전 관리를 위한 커뮤니티매핑과 드론매핑의 연계방안 연구”, 「大韓遠隔 探査學會誌」, 35(5): 873~881.
- 임완수, 2013, 「커뮤니티가 그리는 새로운 지도: 허리케인 샌디 복구 과정을 통해 살펴본 커뮤니티 맵핑의 역할과 미래」, IMPACT BUSINESS REVIEW.
- 임완수, 2014, “공공데이터의 활용과 커뮤니티매핑”, 「지방자치 Focus」, 88: 4~20.
- 임완수, 2015, “커뮤니티매핑으로 마을만들기”, 「자치발전」, 2015(10): 30~37.
- 전종민, 2014, “지역박물관의 커뮤니티 매핑 활용방안 연구: 안산시 성호기념관을 중심으로”, 한국외국어대학교 대학원.
- 정수희·이병민, 2014, “지역공동체의 실천적 집단지성의 발현으로서 커뮤니티매핑에 대한 소고”, 「서울도시연구」, 15(4): 185~204.
- 조민상, 2019, “시민참여를 활용한지역사회 안전지도 구축방안”, 「한국치안행정논집」, 15(4): 189~206.
- 조용모, 2017, “서울시 공공환경시설의 약취관리 강화방안”, 「정책리포트」, No.23: 1~19. 서울연구원.
- 조용모·진정규, 2017, 「서울시 공공환경시설 약취관리 강화방안」, 서울연구원.
- 조용모·최유진, 2013, 「서울시 생활약취의 최소화를 위한 정책 연구」, 서울연구원.
- 현은령·이수기, 2014, “커뮤니티 매핑(community mapping)을 활용한 과학기술 및 디자인 융합 STEAM 프로그램의 효과 분석», 「디자인지식저널」, 32: 199~208.
- 환경부, 2018, 제2차 약취방지종합시책(2019~2028).
- 환경부, 2019, 약취민원 발생현황, 환경부 환경통계포털(<http://stat.me.go.kr>)
- 환경부, 2020, 약취관리지역 지정현황.
- Berg, B. L., and Lune, H., 2012, *Qualitative research methods for the social sciences (Eighth edition.)*, Pearson.
- Bogdan, Robert, and Biklen, S. Knopp, 2003, *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods (4th ed.)*, Allyn and Bacon.
- Brown, G., and Kytä, M., 2014, “Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research”, *Applied Geography*, 46: 122~136.
- Goodchild, M. F., 2007, “Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0”, *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2(2): 24~32.
- Hagan, F. E., 2018, *Research methods in criminal justice and criminology (Tenth edition.)*, Pearson.
- Outhwaite, William., and Turner, S. P., 2007, *The SAGE handbook of social science methodology*, SAGE.

- Sieber, R., 2006, "Public Participation Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework", *Annals of the Association of American Geographers*, 96(3): 491~507.
- Tulloch, D., 2008, *Public Participation GIS (PPGIS)*. In *Encyclopedia of Geographic Information Science*, SAGE Publications, Inc.
- Yin, R. K., 2014, *Case study research: Design and methods (5 edition.)*, SAGE.

원 고 접 수 일 : 2020년 12월 23일

1 차 심 사 완 료 일 : 2021년 1월 11일

2 차 심 사 완 료 일 : 2021년 5월 20일

최 종 원 고 채 택 일 : 2021년 5월 26일