

데이터 기반 환경감시를 위한 환경정보시스템 분석 및 시사점 도출*

Analysis of Environment Information System for Data-based Environmental Monitoring and Implications

김명제** · 윤정호*** · 김동우**** · 이상혁***** · 손승우*****

Myeong-je Kim · Jeong-Ho Yoon · Dong-Woo Kim · Sang-Hyuk Lee · Seung-Woo Son

요약: 환경오염물질 배출업소는 대기, 수질, 폐기물 등 다양한 환경매체 별로 환경범죄를 발생시킬 수 있으며, 이는 점차 지능화·고도화되는 추세이다. 이에 대응할 수 있도록 데이터를 기반으로 환경감시 업무를 체계화시키면 업무의 정확성을 높이고 시간과 비용을 절감할 수 있다. 본 연구는 환경부 및 유관 기관에서 현재 운영 중인 환경정보시스템과 환경감시 현장 전문가들이 활용하는 노하우를 비교·분석하여 시스템 내 데이터의 활용 가능성과 노하우 적용의 선택트화 가능성을 평가하였다. 분석결과 대기, 수질, 폐기물 부문별로 환경감시 업무로의 활용성이 높은 환경정보시스템을 각각 도출하였고, 시스템을 통해 필요한 데이터 연계가 가능한 노하우도 도출하였다. 본 연구에서 도출한 환경정보시스템과 환경감시 노하우의 환경감시 업무로의 활용 가능성과 함께 관련 법, 규정 등의 개선이 이루어진다면 환경감시 업무의 효율성과 객관성이 커질 것으로 기대된다.
핵심주제어: 환경감시, 환경정보시스템, 노하우, 환경오염물질 배출업소, 환경범죄

Abstract: Industries that emit pollutants create hazards in the physical environment in the domains of air quality, water quality, and waste. Data sensors to detect these hazards are gradually becoming more intelligent and sophisticated. Systematizing environmental monitoring based on data can increase work accuracy and save time and money. This study compared and analyzed the environmental information system currently operated by the Ministry of Environment and related ministries, together with the monitoring capabilities of field experts, and evaluated the usability of data in the system and the feasibility of improving relevant monitoring skills. This analysis identified environmental information systems with high usability for environmental monitoring tasks for each air quality, water quality, and waste sector. The technical knowledge to use the information system to monitor data was also identified. Applying the information systems and monitoring knowledge identified in this study and improving the related laws and regulations will enhance the efficiency and objectivity of environmental monitoring.

Key Words: Environmental Monitoring, Environment Information System, Monitoring Knowledge, Pollutant Emission Industry, Environmental Crimes

* 본 논문은 환경부 사업으로서 한국환경연구원에서 수행 중인 ‘환경감시 종합계획 (’23~’27) 수립을 위한 연구(2022-044)’의 지원을 받아 수행되었습니다. 본 논문은 한국환경연구원 보고서인 ‘데이터 기반 환경감시를 위한 환경정보시스템 활용 방안 연구(2021-047)’의 일부를 학술논문 형태로 재구성한 글임을 밝힙니다.

** 주저자, 한국환경연구원 연구원

*** 공동저자, 한국환경연구원 선임연구위원

**** 공동저자, 한국환경연구원 연구원

***** 공동저자, 한국환경연구원 초빙연구원

***** 교신저자, 한국환경연구원 부연구위원

I. 서론

환경오염물질 배출업소에서 발생하는 환경위반행위는 꾸준히 증가하고 있고, 지역주민의 환경에 대한 인식과 삶의 질 수준은 높아지고 있다. 따라서 배출업소 내 다양한 배출원에 대한 체계적인 관리가 필요한 시점이다. 환경감시 업무를 위해 많은 인력과 비용이 소요되고 있으나 중복된 비효율적인 점검, 낮은 수준의 처벌 등의 문제가 지속적으로 제기되고 있다. 환경감시 인력이 직접 현장을 방문하지 않아도 배출업소를 지도·점검할 수 있는 체계가 마련되면, 업종이 다양하고 사업장 수도 많은 배출업소를 현재보다 체계적으로 관리할 수 있을 것이다(손승우 등, 2021).

환경감시 업무를 체계화하기 위한 법과 규정은 배출업소 관리 및 환경범죄 단속에 대한 필요성이 높아지면서 함께 변화되어왔다. 1991년에 「환경범죄 등의 단속 및 가중처벌에 관한 법률(약칭: 환경범죄단속법)」이 제정되어 현재는 환경부 환경감시 담당부서에서 위 법에 의거하여 배출시설 및 방지시설의 현장 점검과 단속 업무를 진행하고 있다. 또한, 「환경정책기본법」 제30조 제2항에 근거하여 2002년 「환경오염배출시설 등에 관한 통합 지도·점검 규정」이 제정된 이래로 환경오염물질배출시설 관리를 위한 인력, 예산, 제도 및 정책이 환경부와 지방자치단체를 중심으로 지속적으로 편성되고 추진되었다. 환경오염물질배출시설의 관리를 더욱 용이하고 체계적으로 할 수 있도록 2015년에는 「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률(환경오염시설법)」이 제정되어 현재 환경부 통합허가제도과에서 위 법에 기반하여 기존의 오염매체별 허가·관리가 아닌 사업장 단위로 통합하여 관리하고 있다.

현행 지도·점검 업무 방식으로 모든 환경오염물질 배출업소를 체계적으로 관리하고, 이미 발생했거나 잠재적으로 발생가능한 환경위반행위를 모두 찾아내는 것에는 한계점이 많다. 우선, 지도·점검 업무의 주체가 환경부와 지자체 환경공무원으로 이원화되어 있는데 이들 간의 소통 부족으로 중복된 배출업소를 점검하는 경우가 많다. 배출업소에 비해 환경감시

인력이 부족하기 때문에 점검시 점검 대상이 되는 배출업소를 선정하는데 이 기준이 명확하지 않아 실질적으로 점검 및 단속이 필요한 업소들이 대상이 되지 않는 경우들도 많다. 또한 법에 의해 단속 및 수사 업무가 이루어지지만 단속 현황에 비해 처벌 수준이 미미한 경우가 많아 실효성이 떨어진다는 지적이 많다(김성은·김성언, 2009).

선행연구들에서 이러한 환경감시의 문제점을 보완하고자 행정적인 개선점이나 지도·점검에 필요한 환경정보들을 파악한 연구들은 있었으나 환경감시 업무에 바로 적용되기에는 어려운 점들이 있었다. 따라서 본 연구에서는 현재 환경감시 업무의 한계점을 개선할 수 있는 방안으로써 환경감시 업무에 유용한 환경정보시스템과 데이터를 선별하고 이에 대한 활용 가능성을 평가하고자 하였다. 분석 결과에 기반하여 효율적이고 객관적인 환경감시 업무 수행을 위한 데이터 기반의 환경감시 업무 수행방안을 제언하여 환경감시 언택트화의 필요성을 강조하였다.

II. 선행연구

1. 환경감시의 개념 및 정책 개요

본 연구에서 언급하는 환경감시는 환경법 위반행위의 단속 및 예방을 위하여 환경부 및 그 소속 기관의 환경감시조직에서 수행하는 환경오염물질배출시설의 통합지도·점검, 환경단속 및 수사에 관련된 모든 업무를 의미한다. 지도·점검은 「환경오염물질배출시설 등에 관한 통합지도·점검규정」 제2조 제5항에 의하면 한 사업장 내에 대기, 수질, 폐기물 등의 매체별 관련 규정에 따른 허가 및 등록 사항의 준수 등 위법 여부를 확인하기 위하여 시료 채취, 관계서류, 시설 점검 또는 관련 장비 등을 검사하는 것을 의미한다. 환경단속은 일반적으로 환경오염물질을 배출하는 사업장에 대한 지도·점검을 통해 위반사항을 발견한 경우 이에 대한 행정상 조치·제재를 하고 바로잡도록 하는 것이다. 대부분 단속업무의 주체는 지자체

환경공무원이고, 환경청 공무원은 특별지도·점검 업무만 수행한다. 환경수사는 환경범죄혐의 유무를 가려내는 절차로 범죄자를 처벌하기 위하여 관련 범죄사실을 조사하고 공소의 제기 및 수행을 위해 필요한 증거 확보 및 보전하는 일련의 행위이다(환경부, 2015).

감시 단속 권한의 변화는 1984년부터 시도가 전담하던 환경오염물질 배출업소에 대한 지도 단속을 환경부의 중앙기동점검반이 담당하며 중앙정부가 감시업무에 개입하기 시작하였고 이후 중앙정부와 지방정부 사이에 세차레나 위임과 회수가 반복되어 왔다(양재문, 2010; 김종순·문태훈, 2013). 2002년 10월부터는 환경부가 담당하고 있던 공단 내 배출업소에 대한 감시 단속 권한을 지방자치단체로 위임함으로써 공단 내외 구분없이 모든 지역의 배출업소를 시도 및 시군 지자체가 관리하였다(양재문, 2010; 김종순·문태훈, 2013). 현재 지도·점검은 시·도와 환경부에서 같이 수행하고 있지만 환경청은 특별단속 위주로 수행한다. 이러한 변천은 정부 및 지방자치단체의 부족한 감시인력을 효율적으로 이용하고 감시활동을 상시에 전개하기 위하여 제도적이나 기능적으로 많은 발전과 보완과정이 있었기 때문에 나타났다(양재문, 2010).

환경감시의 개념을 명확하기 위해서는 환경단속과 환경수사의 특징을 이해할 필요가 있다. 환경단속은 위반사항을 발견할 경우 필요한 행정 조치를 취하는 것인데, 대표적인 대상으로는 대기오염물질 배출시설 및 폐수 배출시설이 설치된 사업장, 비산먼지 발생 사업장 등이 해당된다. 현재 환경단속 업무는 환경부 산하 유역환경청 및 지방 환경청과 각 지방자치단체가 분담하여 수행하는 이원적 체제로 이루어지고 있다. 지방자치단체 소속 환경공무원이 대부분의 단속업무를 담당하고, 각 환경청 소속 공무원은 주로 특별지도·점검 업무를 담당한다. 환경단속 공무원들은 각 사업장을 방문하여 오염물질 배출시설이나 방지시설 등이 적절하게 설치·운영되고 있는지를 확인하고, 위반사항에 대해서는 그에 상응하는 다양한 조치를 취하고 있다(손승우 등, 2017; 윤정호 등, 2017).

환경수사는 환경범죄 혐의를 파악하기 위한 일련의 행위로 현재 일반사

법경찰, 특별사법경찰, 검찰이 환경범죄에 대한 수사권을 가지고 있다. 일반사법경찰은 행정관청 등의 고발사건을 조사하여 검찰에 송치하거나 주민의 신고나 민원, 언론공표에 따라 인지수사를 한다. 검찰은 주로 경찰이 송치한 사건이나 행정청이 고발한 사건 등을 수사하거나 환경청과 함께 합동단속반을 편성하여 기획수사를 진행하기도 한다. 2016년 2월 환경부는 대형 환경오염사고나 광역적 환경오염에 대응하기 위해 중앙 환경사범 수사전담반을 신설하고 검찰의 수사기법과 특별사법경찰의 전문성을 접목한 수사총괄조직을 구축한 바 있다(윤지영 등, 2016).

환경사건 현장에서 가장 중요한 역할을 담당하고 있는 수사주체는 환경특별사법경찰이다. 「환경특별사법경찰관리 직무규정」에 따르면, 환경특별사법경찰은 환경부 산하 환경청과 각 지방자치단체에 소속되어 환경단속 사무에 종사하는 공무원 가운데서 지명되는데, 환경법령에 규정된 범죄행위에 대해 일반경찰과 동일한 지위와 수사권을 가지고 있다. 이들은 검사의 지휘를 받아 관할구역 안에서 환경범죄 행위에 대한 인지, 압수·수색, 조사, 송치 등 수사업무 일체를 담당하고 있다. 환경특별사법경찰은 현장에서 활동하면서 위법사항이나 사업장의 상황을 잘 인식하고 관련 분야의 전문지식을 갖고 있다는 점에서 환경범죄 수사에 적합한 주체라고 볼 수 있다(윤지영 등, 2016).

2. 환경감시 관련 선행연구 검토

환경감시와 관련된 기존의 선행연구는 지방행정제도적 관점에서의 지도·점검 업무의 특성, 지도·점검의 현황 분석, 최신 IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 기법의 환경감시 업무로의 적용 가능성에 대한 연구 등이 있다.

지방행정제도적 관점의 연구에서 김종순·문태훈(2013)은 오염물질 배출업소에 대한 감시·단속 권한이 환경부에서 지방자치단체로 위임된 후 10년간의 변화를 평가하고, 감시·단속 업무에 대한 중요성 인식 저하, 일관성 부족 등의 문제점을 통해 전반적인 제도적 개선의 필요성을 제기하였다. 황계영(2015)은 지도·점검 업무의 인력과 예산이 부족하며 지도·점

검의 효율성을 높이기 위해서 선택과 집중을 통해 환경법을 이행해야 한다고 하였다.

지도·점검의 현황 분석과 관련된 연구에서 손승우 등(2017)은 지도·점검에 필요한 환경정보 활용체계를 구분하고 이를 토대로 각 환경정보시스템별로 정보의 활용도를 평가하였다. 평가 결과를 바탕으로 지도·점검에 환경정보를 활용하기 위해서는 배출물질 정보, 배출업소 정보, 점검이력 정보, 지리정보의 필요성을 도출하였다. 손승우 등(2015)은 행정업무의 시스템화를 위한 방안으로써 입력사항의 간소화, 지도·점검 및 배출정보 관련 업무 시스템의 연계, 배출정보 통계기능의 구축 등의 개선방안을 제시하였다. 윤정호 등(2017)은 환경범죄 단속 및 수사장비에 대한 과학화 방안의 일환으로 환경단속·수사업무 전담부서 설치와 법적·행정적 지원의 필요성을 강조하였다.

최신 IoT 기법의 환경감시 업무로의 적용 가능성에 대한 연구는 대부분 연구가 국외에서 진행되고 있다. S.L. Ullo와 G.R. Sinha (2020)은 대기질, 수질, 방사능 오염, 농업 시스템 모니터링이 스마트 환경감시로 변화하는 최근 연구들을 리뷰하였다. 센서 기술, IoT, 머신러닝 기법이 환경감시를 어떻게 스마트 환경감시 시스템으로 만드는지 정리하고, 센서, 머신러닝 기법, 분류 방법에 따른 모니터링 목적과 스마트 환경감시 방법이 적용된 곳에 따라 연구들을 분류하였다. L. Moses 등 (2020)은 배출업소에서 배출되는 미세먼지(PM2.5, PM10), 오존, NO₂, SO₂, CO와 온도, 습도를 계산하는 센서를 설치하였다. 이를 기반으로 대기질 지수(AQI, Air Quality Index)를 도출하는 클라우드 기반 IoT 시스템의 이행에 대해 논의하였고, 획득한 데이터들이 Lora 노드, Lora 게이트웨이를 통해 클라우드 플랫폼에 업데이트 되어 대기질 예측까지 가능하다고 제시하였다. P. Asha 등 (2022)은 인공지능 기법을 활용한 환경독성학 기반의 자동화된 대기오염 모니터링 시스템 제시하였다. 배출업소에서 배출된 8가지 오염물질(PM2.5, NH₃, NO₂, CH₄, CO₂, CO, 온도, 습도)을 감지하는 센서를 개발하여 클라우드 서버를 통해 실시간 대기질 상태를 보고하고 유해 대기오염

물질 수준에 대해 경고하는 시스템을 구축하였다.

선행연구들은 주로 현재 환경감시 업무의 현황과 문제점을 진단하고, 이에 대한 행정적이나 기술적인 개선점을 제시하는 연구들이 대부분이었다. 또한 지도·점검에 필요한 환경정보를 파악한 연구는 있었으나, 환경정보가 구축되는 시스템 내 데이터의 환경감시 업무로의 활용 가능성을 분석한 사례는 없었다.

본 연구는 환경감시 업무 측면에서 필요한 데이터와 환경정보시스템의 데이터를 연계하여 각각의 활용성을 개별적으로 평가하고자 하였다. 이를 통해 환경감시 업무에 활용성이 높은 환경정보시스템 내 데이터를 선별할 수 있고, AI 기법 등을 활용하여 환경감시 업무를 고도화하는 추후 연구에도 기여할 수 있을 것이다.

Ⅲ. 연구방법 설계

본 연구의 흐름은 크게 두가지로 나뉜다. 첫째, 현재 운영 중인 환경정보시스템에서는 환경감시 지도·점검과 관련된 시스템을 선별하였고, 환경감시 업무담당자들을 통해 환경감시 노하우를 취득하였다. 둘째, 각 노하우 점검 시 반드시 필요한 데이터와 선별한 환경정보시스템 내 데이터를 매칭하였고, 환경감시 업무의 언택트화 측면에서 노하우와 환경정보시스템을 각각 등급화하였다. 이를 통해 노하우와 환경정보시스템 내 데이터의 활용성, 환경감시 업무의 언택트화 가능성을 분석하고 추후 발전 방안을 제안하였다.

1. 환경정보시스템 조사 및 분석

현재 환경부 및 관계 부처에서 운영 중인 환경정보시스템은 매우 다양하며, 본 연구에서는 환경감시 업무와 연관성이 있다고 판단되는 국내 환경 관련 정보시스템 (이하 환경정보시스템)을 21개 선별하였다. 사용 빈도

가 높은 시스템들이 우선적으로 고려되었고, 개인정보 미동의, 내부정보 열람 불가, 기업 데이터 유출, 시스템 상황 등의 이유로 접근이 불가능한 시스템들은 제외하였다. 매체별로 대기, 수질 부문에서 각 7개, 폐기물, 화학물질 부문에서 각 3개, 기타 부문에서 1개를 선별하였고, 이를 대상으로 시스템의 운영기관, 구축목적, 시스템 내 데이터 활용방안을 조사·분석하였다(표 1).

대기, 수질, 폐기물, 화학물질, 기타 부문에서 각각의 대표적인 환경정보시스템을 예로 들면, 대기배출원관리시스템, 수질원격감시체계, 폐기물관리시스템, 화학물질종합정보시스템, 통합환경허가시스템이 있다. 대기 부문의 대기배출원관리시스템은 국가 대기보전 정책을 수립하고 관련 연구에 필요한 기초자료를 확보하고자 구축되었다. 대기배출사업장 대상 관련 정보(운영기록, 자가측정 정보 등)가 DB로 구축되고 있다. 배출구 오염물질의 배출량과 방지시설의 처리용량의 비교로 처리 정도 역시 알 수 있다. 또한, TMS(Tele-Monitoring System, 자동측정시스템)를 부착하지 않은 사업장은 자가측정 후 데이터를 대기배출원관리시스템에 직접 입력하는데, 자가측정을 하기 때문에 배출오염물질 농도의 신뢰도에 문제가 발생할 수 있는 특징이 있다.

수질 부문의 수질원격감시체계는 하수, 폐수 처리시설 및 폐수 배출사업장의 수질오염물질 배출상황을 실시간으로 감시하고 배출상황에 대한 분석 및 관리까지 하는 시스템이다. 수질원격감시체계는 배출시간대별 수질오염물질의 배출상황을 정확히 파악할 수 있어 부과금을 객관적으로 산정할 수 있고 수질환경정책의 기초자료를 제공한다. 실시간 데이터 공개와 함께 측정기기의 이상 유무도 확인이 가능하지만 TMS가 미부착된 4~5종의 소규모 사업장의 경우 현장 관리가 쉽지 않은 특징이 있다.

폐기물 부문의 폐기물관리시스템은 폐기물 배출·운반·최종처리까지의 전 과정을 실시간으로 관리하여 투명성과 신뢰성을 확보하고자 한 시스템이다. 배출자, 인수자, 처리자 각각의 데이터를 확인할 수 있기 때문에 폐기물의 상세 인계정보를 확인할 수 있는 특징이 있다. 따라서 폐기물의

이동정보와 실제 현장의 비교로 폐기물 처리의 조기 감시가 가능하고 폐기물 처리 증명 절차의 감소로 행정업무 간소화에도 기여할 수 있다.

화학물질 부문의 화학물질종합정보시스템은 화학물질 안전관리정보, 화학사고 발생 이력 등 화학물질과 관련된 다양한 정보들을 제공한다. 내부망과 외부망이 모두 존재하며, 외부망을 통해 사업장별로 통계자료를 작성 후 제출하면 내부망에서 확인 후 승인하는 방식이다. 화학물질관리법(화관법) 민원과 관련된 전반적인 자료를 제출하고 승인하는 시스템으로 화관법 민원처리를 보다 편리하게 신청할 수 있는 특징이 있다.

기타 부문의 통합환경허가시스템은 2017년부터 시행된 「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률」에 따라 오염물질 배출시설의 설치 및 운영허가의 신청에서부터 검토와 승인 절차의 전 과정을 효율적으로 지원하기 위해 구축된 시스템이다. 자동으로 연계되는 TMS자료 외의 데이터는 시스템에 직접 입력하는 방식이며, 배출기준 초과 여부, 허가사항의 이행 여부 확인 등의 데이터가 환경감시 업무에 활용될 수 있다.

〈표 1〉 매체별 환경정보시스템 종류와 목적

매체	번호	이름	운영기관	목적
대기	1	대기배출원관리시스템	환경부	국가 대기보전 정책 수립 및 관련 연구에 필요한 기초자료 확보
	2	소규모대기배출시설관리시스템	한국환경공단	굴뚝자동측정기기(TMS)가 미 부착된 소규모 대기배출사업장의 현황 파악
	3	사업장대기오염물질관리시스템	한국환경공단	굴뚝원격감시체계로 배출업소 지도점검 효율성 증대
	4	대기오염도실시간공개 시스템	한국환경공단	대기오염정보관리시스템(NAMIS)에 수집된 대기오염도 자료 공개
	5	국가대기질예보지원시스템	국립환경과학원	대기질 예측정보 생산 및 예보관의 의사결정 지원
	6	권역별대기개선통합관리시스템	국립환경과학원	대기환경 개선을 위한 종합시책 수립 및 성과 관리 지원
	7	대기정책지원시스템	환경부	대기오염물질, 배출원, 지역별 등 배출량 통계 및 세부정보 제공
수질	8	수질원격감시체계	한국환경공단	폐수 배출사업장의 수질오염 물질 배출상황 실시간 감시
	9	하수도정보시스템	한국환경공단	하수도 정책의 효율성 및 통계자료의 제고

	10	국가지하수정보센터	수자원공사	전국 지하수 정보 수집 및 관리
	11	물환경정보시스템	국립환경과학원	수생태계, 호소, 유역환경 등을 관리하고 전국 수질 오염원 및 통계자료로 개발
	12	수질총량정보시스템	국립환경과학원	유역의 변화에 대한 체계적인 물 관리
	13	실시간수질정보시스템	국립환경과학원	수질자동측정망으로 전국 주요 상수원과 오염 취약지역 감시
	14	전국오염원조사시스템	국립환경과학원	전국 수질보전을 위한 오염원 통계자료 제공
폐기물	15	폐기물관리시스템	한국환경공단	폐기물 배출·운반·최종처리 전 과정의 실시간 관리
	16	폐자원에너지종합정보 관리시스템	한국환경공단	고형연료제품의 제조, 유통, 사용에 대한 체계적인 관리
	17	폐기물처리시설운영평가시스템	한국환경공단	폐기물 처리시설 설치 운영현황의 효율적 관리시스템 마련
화학물질	18	화학물질종합정보시스템	화학물질안전원	화학물질과 관련된 다양한 정보들을 제공
	19	화학물질정보처리시스템	국립환경과학원	화학물질 등록·평가·보고 등 법령이행 사항의 전자적 처리
	20	화학물질정보시스템	국립환경과학원	화학물질의 기본정보, 유해화학물질 분류표시 등의 정보 제공
기타	21	통합환경허가시스템	국립환경과학원	오염매체별 관리가 아닌 사업장 단위로 오염물질을 관리하기 위한 시스템

2. 전문가 비대면 심층면담 (환경청 환경감시 노하우)

사업장의 종류에 따라 환경오염 배출물질이 다르므로 환경감시 현장 점검 업무 시 일반 점검 항목과 함께 사업장의 특성을 반영해야 하는 경우가 있다. 이와 같이 환경감시 업무담당자들이 사업장에 따라 부문별로 활용하고 있는 점검 방식을 환경감시 노하우라고 지칭하였다. 즉 환경감시 노하우는 각 지방 및 유역 환경청의 현장 지도·점검자가 사업장의 특성에 따라 익히고 파악한 환경감시 지도·점검의 경험과 시행착오를 의미한다. 이러한 노하우를 파악하고자 지방유역환경청 환경감시 지도·점검 담당자에게 2021년 5월에서 9월까지 5개월간 비대면으로 질의를 요청하고 응답을 받는 형식으로 심층면담을 진행하였다.

환경감시 노하우를 통해 사업장의 오염물질 배출시설 및 방지시설을 중점적으로 확인할 수 있으며 노하우에 따라 확인·비교하는 내용이 상이하

다. 또한 사업장의 특성에 따라 매체별로 다른 노하우가 적용되기 때문에 보다 정확한 지도·점검이 이뤄질 수 있다. 전문가 비대면 심층면담을 통해 지역에 따라 활용하는 각 환경청의 노하우를 종합하여 총 10가지 노하우를 선별하였다<표 2>.

〈표 2〉 사업장 발생 오염물질 종류별 노하우

구분	번호	노하우	내용
대기	①	방지시설 인허가(설계) 유량과 자가측정 결과 비교	대기배출시설 설치 허가·신고증 상의 방지시설 유량(용량)과 자가측정 결과 유량을 비교하여 단속대상 시설 선정
	②	비산재 등의 폐기물처리량을 역산하여 중 규모 산정	대기방지시설을 통해 포집한 비산재등의 폐기물 처리량을 방지시설의 처리효율과 비교·역산하여 배출시설 중 규모 산정
	③	인허가 서류와 폐기물 중금속 분석결과를 비교하여 신규 오염물질 발생 예측	인허가 서류와 폐기물의 비산재·바닥재·폐수슬러지 등의 중금속 분석결과를 상호 비교하여 신규물질 예측
	④	자가측정 대행업체의 대기측정자료 이용	자가측정 대행업체에서 측정한 업체별 대기측정 자료를 이용해 배출허용기준을 초과하는 사업장에 대해 단속대상 시설로 선정
대기·수질 공동	⑤	대기 운영일지와 폐수 운영일지의 교차 비교	폐수가 발생하는 대기방지시설은 폐수배출시설로서 대기 및 수질 운영일지의 교차비교를 통해 허위 작성여부 비교
	⑥	적산유량계(전력계)와 운영일지에 기록된 유량의 교차 비교	방류조에 설치되어 있는 전자식 적산유량계(전력계)의 백업 데이터와 과거 운영일지상의 기록 비교
수질	⑦	추적염료를 활용한 수류 확인 기법	인체에 무해한 형광염료 등 추적염료를 활용하여 폐수 무단방류 여부와 폐수의 유입·유출경로 확인 가능
	⑧	인허가 서류와 폐수배출시설 인허가 가이드북 비교로 신규 오염물질 발생 예측	폐수 인허가 배출항목과 폐수배출시설 인허가 가이드북 배출항목의 상호 비교를 통해 검출 가능성 항목을 선정하여 시료 분석
	⑨	전국오염원조사 방류량과 배출시설 인·허가증 배출량의 비교	전국오염원조사시스템 자료 중 폐수 방류량이 사업장 종별 기준을 초과하여 방류되고 있는 사업장을 단속대상으로 선정
폐기물	⑩	재활용업, 중간처분업 대상 관련 허가·신고자료 등을 활용	재활용업, 중간처분업을 대상으로 환경관련 허가·신고사항을 제출 받아 폐기물 배출자 미신고 사업장에 대해 단속 대상 선정

선별된 노하우 10개는 대기, 대기·수질 공동, 수질 부문, 폐기물 부문의 네 가지로 나뉘었다<표 2>.

대기 부문 노하우 ①은 ‘방지시설 인허가(설계) 유량과 자가측정 결과 비교’로 방지시설의 유량(용량)과 실제 측정되는 용량의 비교를 통해 허가 받지 않은 시설 혹은 방지시설 오작동 여부 확인하는 기법이다. 노하우 ②는 ‘비산재 등의 폐기물처리량을 역산하여 종 규모 산정’으로 배출업소에서 제공하는 폐기물처리량 데이터를 통해 대기오염물질 배출량 추정하여 정확히 종 규모를 산정하는 기법이다. 노하우 ③은 ‘인허가 서류와 폐기물 중금속 분석결과를 비교하여 신규 오염물질 발생 예측’으로 인허가 상 중금속 분석결과와 실제 폐기물 중금속 분석결과를 비교하는 기법이다. 이를 통해 분석결과에서 검출되지 않은 물질을 실제로 분석하여 신규 물질 지정여부를 파악할 수 있다. 노하우 ④는 ‘자가측정 대행업체의 대기 측정자료 이용’으로 대기오염물질 측정항목의 기준농도 초과 여부를 확인하여 방지시설의 정상작동 유무를 확인하고 환경감시 대상 사업장의 우선 순위를 부여할 수 있다.

대기·수질 공통 부문의 노하우 ⑤는 ‘대기 운영일지와 폐수 운영일지의 교차 비교’로 세정집진시설이나 흡수에 의한 시설은 대기 및 폐수 운영일지에 공통으로 작성되는 사항이므로 두 일지를 비교하는 기법이다. 전력량, 처리용량, 가동시간 등 운영에 관련된 부분에 있어 대기와 수질의 운영일지를 비교하면 허위 기재 여부를 확인할 수 있다. 노하우 ⑥은 ‘적산유량계(전력계)와 운영일지에 기록된 유량의 교차 비교’로 환경정보시스템에 명시된 적산유량(전력)과 현장에 설치된 적산유량계(전력계) 백업 데이터의 일치 여부를 확인하는 기법이다. 노하우 ⑤와 마찬가지로 두 가지의 교차 비교를 통해 허위 기재 여부를 확인할 수 있다.

수질 부문의 노하우 ⑦은 ‘추적염료를 활용한 수류 확인 기법’으로 인체에 무해한 추적염료를 주입해 폐수가 올바르게 처리되는지 확인하는 기법이다. 이를 통해 공정으로 인한 폐수가 폐수처리장이 아닌 다른 곳으로 유출되는지 확인할 수 있다. 노하우 ⑧은 ‘인허가 서류와 폐수배출시설 인허가 가이드북 비교로 신규 오염물질 발생 예측’으로 실제 배출한 오염물질 항목과 인허가 가이드북의 비교를 통해 발생 가능성이 있는 오염물질

항목 검출 여부 확인하는 것이다. 인허가 가이드북 상에만 기재된 항목이 있다면 현장 검사 시 추가적인 분석 대상으로 추가할 수 있다. 노하우 ⑨는 ‘전국오염원조사 방류량과 배출시설 인·허가증 배출량의 비교’로 사업장에서 제출한 배출량과 전국오염원조사시스템에 명시된 폐수방류량을 비교하는 기법이다. 이를 통해 사업장의 인허가 서류상의 허위기재를 확인하고 종 규모 산정의 적합 여부도 판단한다.

폐기물 부문의 노하우 ⑩은 ‘재활용업, 중간처분업 대상 관련 허가·신고자료 등의 활용’으로 배출자, 운반자, 처리자의 이동 과정에서 폐기물량의 변동을 확인하여 폐기물의 처리현황을 확인하고 인수인계 과정에서 오류 여부를 확인하는 것이다.

IV. 분석 결과

지방유역환경청 환경감시관들이 환경감시 업무에서 터득한 노하우를 대상으로 언택트 업무 가능성이 있는 노하우를 확인하고자 하였다. 이를 위해 선별한 21개의 기존 환경정보시스템 내 데이터와 각 노하우 점점에 필수적으로 필요한 데이터를 비교·분석하여 언택트 환경감시 업무로의 활용 가능성을 각각 검토하였다. 앞서 방법론에서 부문별 환경정보시스템에 선별되었더라도 각 노하우와 매칭되는 데이터가 없는 시스템은 모든 부문에서 일괄적으로 생략하였다. 또한 화학물질 점검과 관련된 노하우는 해당 점검 지역 대상으로는 확인할 수 없었으므로 화학물질과 관련된 시스템 데이터 매칭도 생략하였다.

데이터 간 매칭 후 등급화와 관련해서는 부문별로 전체 필요 데이터 개수 대비 활용 가능 데이터 개수를 백분위로 하여 등급화하였다. 각 부문별 전체 필요 데이터 개수가 다르므로 일괄적인 기준을 세우기는 어렵기 때문에 백분위 70% 이상 구간을 상, 30~70% 구간을 중, 30% 이하 구간을 하로 나누었고 결과는 다음과 같다(표 3, 4, 5, 6).

1. 환경감시 업무에 활용 가능성이 높은 환경정보시스템

우선, 대기 부문에서는 시스템을 노하우와 대비하였을 때, 대기배출원 시스템(시스템 1), 소규모대기배출시설관리시스템(시스템 2)이 활용 가능 데이터가 각각 10개, 9개여서 전체 데이터 개수 대비 75% 이상으로 활용성이 '상'이었다. 대기오염도실시간공개시스템(시스템 4)은 5개가 연계되어 활용성이 '중'으로 나타났고, 나머지 대기 관련 시스템은 4개 이하로 연계되어 활용성이 '하'였다<표 3>.

〈표 3〉 대기 노하우 - 시스템 데이터 매칭 결과

노하우	필요데이터	시스템 1	시스템 2	시스템 3	시스템 4	시스템 5	시스템 6	시스템 7	시스템 21
노하우 ①	방지사설 유량(유량)	○	○	○	X	X	X	X	X
	자가측정 여부	○	○	○	○	○	○	X	X
	자가측정 유량	○	○	X	X	X	X	X	X
노하우 ②	허가·신고증상 중 규모	○	○	○	X	X	X	X	○
	방지사설 종류	○	○	X	X	X	X	X	○
	방지사설 처리효율	○	X	X	X	X	X	X	○
	실제 폐기물 처리량	X	X	X	X	X	X	X	X
노하우 ③	인허가상 오염물질	X	X	X	X	X	X	X	X
	분석결과 오염물질	○	○	X	○	○	X	○	X
	중금속 측정여부	○	X	X	○	X	X	X	X
노하우 ④	오염물질 측정 결과	○	○	X	○	○	○	X	X
	배출허용기준	○	○	X	○	○	○	X	X
활용 가능 데이터(개)		10	9	3	5	4	3	1	3
백분위(%)		83	75	25	42	33	25	8	33
활용성		상	상	하	중	하	하	하	하

(시스템<표 1>, 노하우<표 2> 참조)

대기·수질 공통 부문에서는 대기배출원시스템(시스템 1), 사업장대기오염물질관리시스템(시스템 3), 소규모대기배출시설관리시스템(시스템 2) 순으로 활용 가능 데이터가 각각 7개, 6개, 5개여서 활용성이 '상'이었다. 반면, 수질 관련 시스템에서는 수질원격감시체계관계시스템(시스템 8), 전국 오염원조사시스템(시스템 14), 국가지하수정보센터(시스템 10)에 '중'의 활

용성을 나타냈으나 전반적으로 활용성이 낮아서 대기·수질 공통 부문에서 필요한 데이터 매칭이 수질 쪽에서 더 취약한 것을 확인하였다(표 4).

〈표 4〉 대기·수질 공통 노하우 - 시스템 데이터 매칭 결과

노하우	필요데이터	시스템 1	시스템 2	시스템 3	시스템 8	시스템 9	시스템 10	시스템 11	시스템 14
노하우 ⑤	폐수배출시설	○	○	○	○	X	X	X	○
	처리용량	○	○	○	○	X	○	X	○
	가동시간	○	○	○	X	X	○	X	○
	전력량	○	X	○	X	X	○	X	X
노하우 ⑥	적산유량(전력) 측정여부	○	○	○	○	X	X	○	X
	적산유량	○	○	X	○	○	X	X	○
	적산전력	○	X	○	X	○	X	X	X
활용 가능 데이터		7	5	6	4	2	3	1	4
백분위(%)		100	71	86	57	29	43	14	57
활용성		상	상	상	중	하	중	하	중

(시스템(표 1), 노하우(표 2) 참조)

수질 부문에서는 전국오염원조사시스템(시스템 14), 수질원격감시체계 관제시스템(시스템 8)이 활용 가능 데이터가 각각 8개, 7개로 전체 데이터 개수 대비 80% 이상으로 활용성이 '상'이었다. 나머지 수질 관련 시스템은 활용성이 모두 '하'였다(표 5). 폐기물 부문에서는 폐기물관리시스템(시스템 15)이 활용성이 '상'이었고, 나머지 시스템은 활용성이 모두 낮게 나타났다(표 6).

〈표 5〉 수질 노하우 - 시스템 데이터 매칭 결과

노하우	필요데이터	시스템 8	시스템 9	시스템 10	시스템 11	시스템 14
노하우 ⑦	폐수 배출방식	○	X	X	X	○
	방류시설	○	X	X	X	○
	방류구 수(위치)	○	X	X	X	○
노하우 ⑧	업종 구분	X	X	X	X	○
	사업장 규모	○	X	X	X	○
	배출물질	○	○	○	○	○
노하우 ⑨	허가·신고증상 종 규모	○	X	X	X	○
	폐수 방류량	○	○	X	X	○
활용 가능 데이터(개)		7	2	1	1	8
백분위(%)		88	25	13	25	100
활용성		상	하	하	하	상

(시스템(표 1), 노하우(표 2) 참조)

〈표 6〉 폐기물 노하우 - 시스템 데이터 매칭 결과

노하우	필요데이터	시스템 15	시스템 16	시스템 17
노하우 ⑩	폐기물 종류	○	○	○
	폐기물량	○	○	○
	업종 표시여부	○	X	X
	업종 인사항목	○	X	X
	업종 인수량	○	X	X
활용 가능 데이터(개)		5	2	2
백분위(%)		100	40	40
활용성		상	중	중

(시스템<표 1>, 노하우<표 2> 참조)

이를 통해 기존 환경정보시스템 중 환경감시로의 활용 가능성이 높은 시스템은 대기는 시스템 1, 2, 3, 수질은 시스템 8, 14, 폐기물은 시스템 15인 것을 확인하였다<표 7>.

〈표 7〉 환경감시 업무로의 활용성이 높은 환경정보시스템

부문	환경정보시스템 종류(시스템 번호)
대기	대기배출원관리시스템(1), 소규모대기배출시설관리시스템(2) 사업장대기오염물질관리시스템(3)
수질	수질원격감시체계관제시스템(8), 전국오염원조사시스템(14)
폐기물	폐기물관리시스템(15)

2. 환경감시 노하우의 언택트 가능성

환경감시 노하우 관점에서는 기존 환경정보시스템의 데이터를 얼마나 활용할 수 있는지를 파악했다. 즉 환경정보시스템을 통해 모두 연계할 수 있는 경우와 그렇지 않은 경우로 나뉘었다. 환경감시 노하우를 점검하기 위해 필요한 데이터를 기존 환경정보시스템을 통해 모두 연계할 수 있는 경우는 대기 부문에서는 노하우 ①, ④, 대기·수질 부문에서는 노하우 ⑤, ⑥, 수질 부문에서는 노하우 ⑦, ⑧, ⑨, 폐기물 부문에서는 노하우 ⑩ 이었다. 환경감시 노하우 중 일부 필요 데이터를 연계할 수 없는 경우는 대기 부문에서 노하우 ②, ③이 해당되었다<표 8>.

〈표 8〉 환경감시 노하우와 환경정보시스템의 연계성

모든 데이터 연계 가능한 경우	일부 데이터 연계 가능한 경우
대기: 노하우 ①, ④ 대기·수질: 노하우 ⑤, ⑥ 수질 부문: 노하우 ⑦, ⑧, ⑨ 폐기물 부문: 노하우 ⑩	대기: 노하우 ②, ③

(노하우(표 2) 참조)

V. 고찰

1. 데이터 매칭의 의의와 방향성

본 연구에서는 환경감시 현장점검 업무에서 습득된 환경감시 노하우를 기반으로 노하우 점검에 필요한 데이터들과 실제 활용되고 있는 환경정보시스템을 비교·분석하여, 시스템과 데이터의 환경감시 업무로의 연계 및 활용 가능성을 구체적으로 평가하였다는 것에 의의가 있다. 특히 환경감시 업무에서 점검하는 대기, 대기·수질 공통, 수질, 화학물질 부문에 맞춰 환경정보시스템을 부문별로 선별하였고 각각의 활용성을 평가하고 환경감시 업무로의 활용 방안을 제시하였다. 이를 통해 환경감시에 필요한 데이터의 존재 유무와 연계 및 활용 가능성을 분석하였다.

그러나 데이터의 활용성을 근본적으로 높이기 위해서는 데이터의 조사, 구축 단계에서부터 정확하고 과학적인 데이터를 생성할 수 있어야 한다. 명칭이 일치하는 데이터가 존재하더라도 구축 단계에서 한계점이 존재하거나 활용 방식이 다른 데이터들이 있는데 이러한 경우는 매칭을 통해 등급은 높게 나올 수 있으나 환경감시 업무로 직접적으로 활용하기 어려운 경우이다. 이는 환경정보시스템을 선별하였다 할지라도 시스템에 따라 관리 주체가 다르고 애초에 환경감시 업무 목적이 아닌 다른 목적을 위해 만들어진 시스템들이기에 나타나는 내재적인 한계점이라고 할 수 있다.

또한 단순히 매칭률이 높은 환경정보시스템을 활용하는 것이 환경감시 업무의 객관적이고 효율적인 언택트화를 의미하지 않는다. 데이터의 명칭

이 같더라도 실제 활용성에서는 정도의 차이가 있으므로 언택트 환경감시 업무로의 실질적인 활용성 면을 검토하기 위해서는 데이터 매칭과 더불어 데이터 형태 및 단위의 적합성, 데이터 업데이트의 주기 등을 고려하여 활용 가능성을 보다 세밀하게 평가하여야 업무 언택트화로 온전하게 나아갈 수 있을 것이다.

한 시스템에서의 데이터 매칭률이 높더라도 실제로 환경감시 업무에 활용될 수 있는 데이터는 적을 수 있고, 매칭률이 낮은 시스템이어도 특정 환경감시 노하우 점검에는 활용성이 더 높은 데이터를 가질 수도 있다. 따라서 매칭률이 낮은 시스템이어도 데이터 항목이 매칭되었다면 다른 시스템 내의 데이터와 비교하여 환경감시 업무에 더 적합한 데이터를 선별할 필요가 있다. 이런 경우들을 종합해볼 때, 활용도 측면에서 한 시스템이 '상'으로 판단되더라도 실제 환경감시 업무 측면에서는 가장 적합한 데이터를 보유하고 있는 각 시스템에서 데이터를 연계하는 것이 환경감시 업무의 정확성과 효율성을 높이는 방안이다.

환경감시 노하우 역시 점검에 필요한 데이터 항목들을 환경정보시스템에서 매칭할 수 있었다고 해서 즉각적인 언택트화를 할 수 있는 것은 아니다. 노하우 특성상 노하우 ⑦의 '추적염료를 활용한 수류 확인 기법'과 같이 현장점검이 필수적인 경우, 노하우 ⑥의 '적산유량계(전력계)와 운영일지에 기록된 유량의 교차 비교'와 같이 현장점검을 통해 데이터가 기록되는 경우 등은 현장점검이 반드시 수반되어야 한다.

이러한 환경정보시스템과 환경감시 노하우의 내재적인 측면을 고려했을 때, 본 연구에서 제시하는 환경감시 업무의 언택트화는 환경감시 업무의 전면적인 비대면 업무를 의미하기보다는 데이터를 기반으로 언택트화가 가능하거나 필요한 부분을 언택트화하여 기존 대면 업무의 효율성을 높이하고자 하는 것이다. 즉 기존의 환경감시 지도·점검에서 나타나는 문제점인 처벌의 형평성이나 업무의 중복성에 대해 우선 점검 대상 지역이나 업체를 선정하고 점검 빈도를 조절하는 등의 방법으로 이전보다 더욱 효율적으로 환경범죄에 대처할 수 있을 것이다.

2. 데이터 활용 방안

구체적으로 환경감시 노하우와 환경정보시스템의 데이터가 연계되는 방식과 이를 통해 환경감시 업무가 개선될 수 있는 방향을 제시함으로써 환경감시 업무의 언택트화에 대한 이해를 돕고자 하였다. 환경감시 노하우는 데이터 매칭률이 높고 개선 방향을 잘 나타내는 노하우 ②, ⑨를 예시로 선정하였다.

먼저 대기부문 노하우 ②의 ‘비산재 등의 폐기물처리량 기반 사업 중 규모 산정’은 방지시설에 포집된 양과 처리효율을 통해 실제 배출된 양을 추정하는 기법이다. 사업장에서 배출되는 대기오염물질은 방지시설의 처리효율만큼 포집된 후 대기 중에 방출되기 때문에 폐기물 처리량과 방지시설의 처리효율을 통해 중 규모를 역으로 산정하는 것이다.

예를 들어 방지시설의 처리효율을 90~99%, 방지시설에 포집된 오염물질의 양(실제 폐기물 처리량)을 19톤으로 가정하면 역산을 통해 추정되는 실제 배출량은 약 19.19톤에서 21.11톤이다. 실제 배출량 추정값이 20톤 이상이면 연간 대기오염물질 발생량이 10~20톤인 3종 사업장으로 인허가증 상에 명시되어 있다면 연간 대기오염물질 발생량이 20~80톤인 2종 사업장으로 중 규모 변경 신청 대상 사업장이 된다. 대기오염시설은 대기오염물질 발생량에 따라 1종은 80톤 이상/년, 2종은 20~80톤/년, 3종은 10~20톤/년, 4종은 2~10톤/년, 5종은 2톤 미만/년으로 종이 구분된다. 방지시설의 종류별로 처리효율은 정해져 있기 때문에 방지시설의 처리효율이 별도로 시스템에 기재되지 않아도 방지시설의 종류를 이용해 처리효율의 추정이 가능하다.

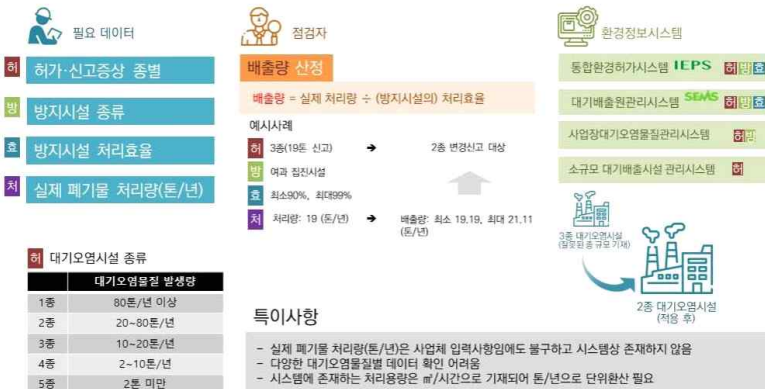
환경감시 노하우 ②의 점검을 위해 허가·신고증상 중 규모, 방지시설의 종류, 방지시설 처리효율, 실제 폐기물 처리량의 데이터 항목이 필요하다. 실제 폐기물 처리량 데이터가 기재된 시스템은 존재하지 않았으나, 통합환경허가시스템과 대기배출원관리시스템에서는 나머지 데이터들을 모두 확인할 수 있었다<그림 1>. 이와 같이 환경감시 노하우에 필요한 데이터와 환경정보시스템 내 데이터를 비교하여 중 규모 산정에 변경이 필요한 사업장

이 발견되면 우선적인 환경감시 지도·점검 대상으로 선별할 수 있게 된다.

〈그림 1〉 폐기물처리량(비산재 등) 기반 사업 중 규모 산정

③ 폐기물처리량(비산재 등) 기반 사업 중 규모 산정

- (배경) 배출업소에서 제공하는 폐기물처리량 데이터를 통한 대기오염물질 배출량 추정 및 중 규모 산정
○ (목적) 환경정보시스템(데이터)을 활용한 정확한 중 규모 산정(점검)



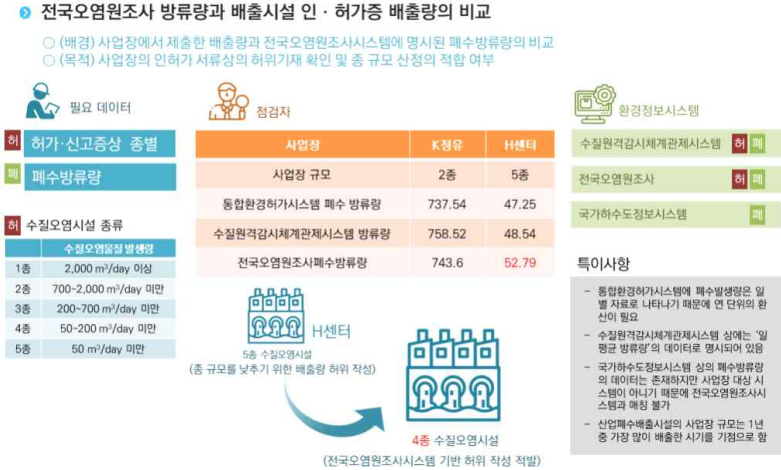
자료: 저자 작성

수질부문 노하우 ⑨의 ‘전국오염원조사 방류량과 배출시설 인·허가증 배출량의 비교’는 사업장의 인허가 서류상의 허위기재 확인 및 규모 산정의 적합 여부를 판단하는 기법이다. 허가·신고증의 폐수방류량과 전국오염원조사 시스템 상의 폐수방류량을 비교하여 사업장 중별 기준을 초과하여 방류되고 있는 사업장을 단속 대상으로 선정하는 것이다.

예를 들어 〈그림 2〉의 H센터를 예로 들면, 통합환경허가시스템 상에 폐수 방류량이 47.25m³/day로 기재되어 있고, 수질원격감시체계관제시스템 상에는 48.54m³/day로 기재되어 있어 두 시스템 기준으로는 5종 사업장에 해당한다. 그러나 전국오염원조사시스템에는 52.79m³/day로 기재되어 있다면 4종 사업장 기준에 해당한다. 이를 이용해 중 규모 산정 기준의 경계값과 방류량이 유사하거나 전국 오염원조사시스템과 다른 시스템에 기재된 방류량이 다를 경우 현장 지도·점검을 우선적으로 시행할 수 있다. 또한 수질오염물질 배출시설의 중 규모 산정 기준과 비교해 의도적으로 폐수 방류량을 적게 허위로 기재하였거나, 이로 인해 중 규모가 변경되

지 않는지 여부를 확인한다.

〈그림 2〉 전국오염원조사 방류량과 배출시설 인·허가증 배출량의 비교



자료: 저자 작성

환경감시 노하우 ⑨의 점검을 위해 허가·신고증상 중 규모, 폐수방류량의 데이터 항목이 필요하다. 수질원격감시체계관계시스템과 판단 기준이 되는 전국오염원조사 시스템에는 중 규모와 폐수 방류량의 데이터를 모두 얻을 수 있고, 국가측정망 대상 시스템인 국가하수도정보시스템의 경우 폐수방류량의 데이터만 얻을 수 있다(그림 2). 노하우 ②와 같이 노하우와 시스템의 데이터를 비교하여 중 규모 산정에 변경이 필요한 사업장이 발견되면 우선적인 환경감시 지도·점검 대상으로 선별할 수 있게 된다. 다만 두 노하우 모두 시스템별 기재된 단위가 다른 경우가 존재하기 때문에 대기오염물질별 환산계수를 적용하거나 일 또는 연 단위로 같은 단위환산을 적용해야 환경감시 업무에 활용해야 하는 한계점이 존재한다.

효율적이고 체계적인 환경감시 업무를 위해서는 앞서 조사 및 분석한 매체별 환경정보와 공간정보를 한 곳에서 활용할 수 있도록 국가공간정보 포털(NSDI, National Spatial Data Information Portal)의 데이터를 기존의 환경배출시설 통합관리시스템에 연계하여 이를 고도화할 필요가 있다.

환경배출시설 통합관리시스템은 환경부의 2014년 배출업체 관리·지원시스템 구축을 위한 정보화 추진계획을 토대로 구축되었다(전형진 등, 2014). 이는 지도·점검 업무 수행, 이력 관리 등에 필요한 배출정보를 관리하고 활용할 때 기초자료 입력 오류, 배출정보 연계 미흡, 체계적인 환경감시 활용 시스템 부재 등의 문제를 해결하기 위해 수립되었다. 이후 시스템이 구축되어 전국 지방 및 유역 환경청의 환경감시 업무담당자가 활용하고 있지만 인허가 시설정보, 기본적인 통계 등만 연계되어 서비스가 제공되고 있다. 현재 시스템에도 공간정보 기반의 서비스를 제공하고 있으나, 지역별 배출시설에 대한 기본적인 위치정보이다.

위 연구를 통해 도출된 각 부문별 연계 가능한 시스템 내 데이터를 활용하면, 환경감시 업무 특성에 따라 세분화되고 객관적인 언택트 환경감시 업무가 가능할 것이다. 사용자 측면에서 측정소 기반의 정보, 공간별 환경분석 기반의 정보 등을 서비스하고, 환경감시 업무담당자 측면에서 다양한 환경정보 연계를 통해 배출시설의 최신 허가현황 정보나 지도·점검표, 배출량 통계 정보 등을 제공하면 환경배출시설 통합관리시스템을 더욱 고도화할 수 있을 것이다(그림 3).

〈그림 3〉 환경배출시설 통합관리시스템 활용 방안 예시



자료: 저자 작성

VI. 결론

본 연구는 현행 환경감시 업무의 한계점을 파악하고 이를 개선할 수 있도록 환경감시 업무에 활용 가능한 환경정보시스템과 데이터를 선별하여 활용 가능성을 평가하고자 하였다. 또한 업무에서 활용되는 환경감시 노하우에 대해 환경정보시스템 내 데이터를 기반으로 한 언택트화 가능성도 평가하고자 하였다.

분석 결과 환경정보시스템에 대해서는 부문별로 대기는 대기배출원관리시스템, 수질은 전국오염원조사시스템과 같이 환경감시 업무로 활용 가능성이 높은 시스템을 선별하였다. 환경감시 노하우와 관련해서는 데이터 매칭을 통해 노하우와 환경정보시스템의 연계성을 평가하여 언택트화 가능성이 높은 노하우를 평가하였다.

다만, 본 연구의 한계점은 데이터의 분산성과 각 시스템의 데이터 특성에 있다. 첫째, 환경감시 업무로의 활용 가능성이 높은 환경정보시스템을 선별하였으나 적절한 데이터가 시스템마다 분산되어 분포하기 때문에 이를 바로 업무에 적용하기는 어렵다는 것이다. 데이터의 매칭을 통해 각 시스템의 환경감시 업무로의 활용 가능성을 평가하였으나 각 시스템의 관리 주체가 다르고 구축 목적이 환경감시 업무의 목적이 아니기 때문에 단순하게 활용성이 높은 시스템만을 활용하면 업무의 언택트화는 달성되기 어려울 것이다. 환경감시를 목적으로 하는 별도의 시스템을 구축하지 않는다면 오히려 각 환경정보시스템에서 활용성이 높은 데이터를 종합하여 활용하는 것이 업무의 정확성과 효율성을 높일 수 있을 것이다. 둘째, 데이터 특성의 측면에서 실제 업무의 언택트화를 위해서는 데이터 활용시 추가적으로 고려해야할 점들이 많다. 노하우와 시스템 상에서 데이터 명칭이 같더라도 데이터 형태, 단위의 적합성, 업데이트 주기 등이 다른 경우가 많기 때문에 실제 업무로 적용이 어려운 경우가 많기 때문이다.

따라서 본 연구에서 분석한 환경감시 노하우와 환경정보시스템의 활용 가능성을 기반으로 향후 이를 보다 고도화시킬 수 있는 연구가 필요하다.

업무의 효율성을 높이기 위해서는 환경감시 업무 관련 AI 기반 기술을 개발하여 환경부 내부 연계 환경정보시스템의 데이터들을 매체별로 구분하여 제공해야 하는데 본 연구에서 활용성이 높게 평가된 시스템과 노하우를 우선적으로 적용할 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 파악한 데이터 특성과 한계점을 보완할 수 있도록 데이터 구축, 확보, 연계 및 전처리 방안들을 개발하여 AI 기반 환경감시 자동 감지 기술 등을 개발하면 업무의 정확성이 더욱 높아질 것이다. 이러한 기술 개발과 함께 법, 규정 등의 개선이 이루어진다면 환경감시와 관련된 효율적인 의사결정 지원시스템을 구축하는 것까지 나아갈 수 있을 것이다.

■ 참고문헌 ■

- 김성은·김성언, 2009, 『환경범죄의 형사처리상 문제점과 개선방안』, 서울: 한국형사정책연구원.
- 김종순·문태훈, 2013, “오염물질배출업소 감시·단속권한의 지방위임 효과에 대한 연구”, 『한국행정학보』, 47(4), pp.231-258
- 손승우·김명제·김동우·이상혁·윤정호·김성은 등, 2021, 『데이터 기반 환경감시를 위한 환경정보시스템 활용방안 연구』, (KEI 사업보고서; 2021-12-31), 세종: 한국환경연구원.
- 손승우·윤정호·전형진·이종민·문지원, 2017, “환경감시업무 지원을 위한 환경정보시스템 분석과 정보 활용도 평가”, 『한국산학기술학회』, 18(2), pp.726-736, DOI:10.5762/KAIS.2017.18.2.726
- 손승우·윤정호·전형진·조남욱·명노일, 2015, “환경오염물질 배출업소 지도·점검 문제점 분석을 통한 개선방안 연구”, 『한국산학기술학회』, 16(10), pp.6466-6474, DOI:10.5762/KAIS.2015.16.10.6466
- 양재문, 2010, “환경오염물질 배출업소 환경감시 정책 방향”, 『환경정보』, 389, pp.4-6
- 윤정호·전형진·손승우·유재진, 2017, 『환경단속 및 수사의 과학화 방안 연구』, (KEI 사업보고서; 2017-06-14), 세종: 한국환경정책·평가연구원.
- 윤지영·임정호·김정환·박종원·이승준, 2016, 『법과학을 적용한 형사사법의 선진화 방안 (Ⅷ)-기후변화 위기 시대의 환경범죄 대응』, 서울: 한국형사정책연구원.
- 전형진·김영인·손승우·조남욱·김도윤·이승재 등, 2014, 『배출업체 관리·지원시스템 구축을 위한 정보화 추진계획 수립』, (KEI 사업보고서; 2014-12-08), 세종: 한

국환경정책·평가연구원.

환경범죄 등의 단속 및 가중처벌에 관한 법률(환경범죄단속법), 2022, 법률 제18284호.

환경부, 2015, 『환경사범 수사 매뉴얼 (2014~2015)』, 세종: 환경부.

환경오염물질배출시설 등에 관한 통합지도·점검규정, 2022, 환경부훈령 제1537호.

환경오염시설의 통합관리에 관한 법률(환경오염시설법), 2022, 법률 제18917호.

환경특별사법경찰관리 직무규정, 2020, 환경부훈령 제1471호.

황계영, 2015, “환경지도·단속 업무의 현황 및 향후 정책방향”, 『환경법연구』, 37(2), pp.75-101

L. Moses, Tamilselvan, Raju and Karthikeyan, 2020, “IoT enabled Environmental Air Pollution Monitoring and Rerouting system using Machine learning algorithms,” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 955 012005

P. Asha, L. Natrayan, B.T. Geetha, J. Rene Beulah, R. Sumathy, G. Varalakshmi et al, 2022, “IoT enabled environmental toxicology for air pollution monitoring using AI techniques,” *Environmental Research*, 205, DOI:10.1016/j.envres.2021.112574.

Ullo S. L. and G. R. Sinha, 2020, “Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors,” *Sensors*, 20(11), 3113, DOI:10.3390/s20113113.

국가대기질예보지원시스템, <https://kaon.nier.go.kr/>, [2022.6.3]

국가지하수정보센터, <https://www.gims.go.kr/>, [2022.6.8]

권역별대기개선통합관리시스템, <https://smartairscreen.nier.go.kr/>, [2022.6.3]

대기배출원관리시스템, <http://sodac.nier.go.kr/main/intro.jsp/>, [2022.6.3]

대기오염도실시간관리시스템, <https://www.airkorea.or.kr/web/>, [2022.6.3]

대기정책지원시스템, <https://www.air.go.kr/index.do/>, [2022.6.3]

물환경정보시스템, <http://water.nier.go.kr/>, [2022.6.8]

사업장대기오염물질관리시스템, <https://www.stacknsky.or.kr/stacknsky/main.jsp/>, [2022.6.3]

소규모대기배출시설관리시스템, <https://www.greenlink.or.kr/web/>, [2022.6.3]

수질원격감시체계, <https://www.soosiro.or.kr/>, [2022.6.8]

수질총량정보시스템, <http://tmdlms.nier.go.kr/>, [2021.11.1]

실시간수질정보시스템, <http://www.koreawqi.go.kr/>, [2021.11.1]

전국오염원조사시스템, <https://wems.nier.go.kr/>, [2022.6.8]

통합환경허가시스템, <https://ieps.nier.go.kr/>, [2022.6.3]

폐기물관리시스템, <https://www.allbaro.or.kr/>, [2022.6.3]

폐기물처리시설운영평가시스템, <https://www.recycling-info.or.kr/opeweb/>, [2022.6.3]

폐자원에너지종합정보관리시스템, <https://www.srf-info.or.kr/>, [2022.6.3]

하수도정보시스템, <https://www.hasudoinfo.or.kr/>, [2022.6.8]

화학물질정보시스템, <https://ncis.nier.go.kr/>, [2022.6.8]

화학물질정보처리시스템, <https://kreach.me.go.kr/>, [2022.6.8]

화학물질종합정보시스템, <https://icis.me.go.kr/>, [2022.6.8]

김명제: 고려대학교 대학원에서 환경생태계획 및 정책학 석사학위를 취득하고 현재 한국환경연구원 환경계획연구실에서 연구원으로 재직 중이다. 환경공간정보, 환경계획, 생태계 모니터링 등에 관련된 연구를 수행하고 있다(kimmj@kei.re.kr).

윤정호: 고려대학교 대학원에서 이학 박사학위를 취득하고 현재 한국환경연구원에서 선임연구위원으로 재직 중이다. 공간정보, IoT, AI 활용하여 국토공간정보 분석 및 계획수립 연구를 수행하고 있다(jhyoon@kei.re.kr).

김동우: 현재 한국환경연구원에서 재직 중이며 환경계획, 생태계 모니터링 관련 연구를 수행하고 있다(dwkim@kei.re.kr).

이상혁: 충남대학교에서 농학박사를 취득하고 현재 한국환경연구원 물국토연구본부 환경계획연구실에 재직 중이다. 국토환경계획, 공간정보분석, 생태모델링 등 연구를 수행하고 있다(shlee@kei.re.kr).

손승우: 서울대학교에서 공학 박사학위를 취득하고 현재 한국환경연구원 환경계획연구실에서 부연구위원으로 재직 중이다. 공간 환경계획 수립, 녹색복원, AI를 이용한 생태계 모니터링 기술 개발, 정보시스템 개발 및 관리 등 ICT 기반의 연구를 수행하고 있다(swson@kei.re.kr).

투 고 일: 2022년 06월 17일
심 사 일: 2022년 06월 24일
게재확정일: 2022년 07월 01일