

2021 인재양성  
프로그램  
연구자 최종  
결과보고서

# 기계설비를 넘어 인프라를 향해: 한국의 생활폐기물 자동집하시스템 ‘자동크린넷’의 사회적·물질적 기반에 관한 비판적 검토

Beyond Machines, Toward Infrastructure:  
A Critical Review on the Social and Material Foundation of  
the Automated Waste Collection System ‘Auto Clean Net’  
in South Korea

2025. 02. 24

금 현 아 (특정주제 연구자)

# 제 출 문

재단법인 숲과나눔 이사장 귀하

본 보고서를 “기계설비를 넘어 인프라를 향해: 한국의 생활폐기물 자동집하시스템 ‘자동크린넷’의 사회적·물질적 기반에 관한 비판적 검토”의 최종 연구 결과보고서로 제출합니다.

2025년 2월 24일

연구원 : 금 현 아 (특정주제연구자)

※ 본 보고서의 내용은 연구자의 의견이며, (재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.

## 결과보고서 초록

연구원	금현아	구분	특정주제연구자
연구제목	한글	기계설비를 넘어 인프라를 향해: 한국의 생활폐기물 자동집하시스템 '자동크린넷'의 사회적·물질적 기반에 관한 비판적 검토	
	영문	Beyond Machines, Toward Infrastructure: A Critical Review on the Social and Material Foundation of the Automated Waste Collection System 'Auto Clean Net' in South Korea	
연구기간	2024.3.1 ~ 2024.12.31		
색인어	한글	폐기물, 인프라, 도시 환경, 자동화, 지하화, 유지보수	
	영문	Waste, Infrastructure, Urban Environment, Automation, Underground, Maintenance	

본 연구는 생활폐기물 자동집하시설(이하 '자동크린넷')이 한국 도시 환경의 사회적·물질적 맥락 속에서 어떻게 도입되고 운영되며 유지보수 되는지를 분석하였다. 자동크린넷은 도시 미관을 개선하고 폐기물 수거의 효율성을 높이기 위해 신도시 및 재개발 지구를 중심으로 도입된 과학기술이지만, 그 운영 과정에서 기술적 한계뿐만 아니라 사회적 관계의 복잡성과 구조적 취약성이 드러나고 있다.

먼저 사회적 맥락에서 자동크린넷은 단순한 기계 설비가 아니라, 폐기물 배출, 수거, 관리의 과정에서 다양한 행위자가 관여하는 복합적 기술 시스템이다. 그러나 기술을 개발하고 도입하는 시점에서는 어떠한 다양한 행위자가 관여되고 어떤 이해관계가 발생할 것인가를 명확히 알기 어렵다. 특히 유지보수의 부담이 민간위탁운영사 뿐 아니라 지자체, 주민 등으로 다양화되면서 지속적인 갈등이 발생하고 있다. 또한 폐기물을 투입하는 시민의 행위가 자동크린넷의 원활한 작동에 큰 영향을 미치기 때문에, 이에 대한 통제·감시 체계가 강화되면서 시민들의 규율적 행위를 요구하는 방식으로 기술이 작동하고 있다. 이렇게 자동크린넷의 운영이 여러 사회적 맥락과 상호작용하는 것을 본 연구는 인프라의 관계적 특성과 과정적 특성에 기인하는 것으로 보았다. 한편, 물질적 맥락에서 자동크린넷은 물리적 시설로서 도시 공간에 배치됨에 있어서 자동 운전이라는 시간적 조건과 지하 수송관로라는 공간적 속성이 매끄러운 폐기물 수거에 영향을 미친다. 예를 들어, 수송관로 내부의 폐기물이 빠르게 수송되는 속도와 이로 인해 발생하는 마찰열은 설비의 노후화를 가속화하며, 수거 방식의 자동화는 오히려 유지보수 노동을 증가시키는 결과를 초래한다. 또한, 자동크린넷이 지하에 구축됨으로써 폐기물 이동의 시각적 노출을 줄였지만, 오작동 시 관로 내부를 직접 점검해야 하는 노동 강도를 증가시키는 결과를 낳고 있다. 뿐만 아니라 이러한 문제들은 자동크린넷을 폐기물 수거라는 도시 행정의 필수 서비스를 담당하는 인프라로서 다루지 않는 제도의 문제와 맞물려 심화되고 있다.

본 연구는 자동크린넷이 폐기물 수거의 효율성을 목표로 도입되었으나, 사회적·물질적 맥락 속에서 유지보수의 문제가 부각되며 새로운 형태의 노동과 감시 시스템을 형성하고 있음을 밝혀냈다. 따라서 자동크린넷의 지속 가능한 운영을 위해서는 단순한 기술적 개선이 아니라, 유지보수 체계와 관리 주체에 대한 사회적 논의가 필요하며, 기술 인프라가 어떠한 사회적·물질적 관계 속에서 작동하는지에 관한 더욱 세밀한 이해에 기반한 제도 개선이 요구된다. 본 연구는 자동크린넷을 도시 인프라의 일부로 조망하며, 기술 시스템이 특정한 사회적·물질적 맥락 속에서 구성되고 작동하는 방

식을 분석하는 데 기여한다. 이를 통해 향후 스마트 도시 및 폐기물 관리 정책의 방향을 재고할 수 있는 학술적·정책적 기초 자료를 제공할 수 있을 것이다.

## Abstract

This study analyzes how the automated daily waste collection system (hereafter referred to as the "Auto Clean Net") has been introduced, operated, and maintained within the socio-material context of urban environments in South Korea. While Auto Clean Net was initially adopted in newly developed and redeveloped areas to enhance urban aesthetics and improve waste collection efficiency, its operation has revealed not only technological limitations but also the complexities of social relationships and structural vulnerabilities.

From a social perspective, the Auto Clean Net is not merely a mechanical installation but a complex technological system involving various actors in the processes of waste disposal, collection, and management. However, it is difficult to foresee at the stage of development and implementation which actors will be involved and what conflicts of interest may arise. In particular, as the responsibility for maintenance extends beyond private operators to include local governments and residents, ongoing conflicts have emerged. Moreover, since citizen behavior in waste disposal significantly affects the system's functionality, mechanisms of control and surveillance have been reinforced, leading to the imposition of disciplinary expectations on users. This study identifies such interactions between the operation of the Auto Clean Net and its social context as arising from the relational and processual characteristics of infrastructure.

From a material perspective, the physical placement of the Auto Clean Net within urban space, with its temporal condition of automated operation and spatial characteristic of underground transport pipelines, influences the smoothness of waste collection. For instance, the speed at which waste moves through the pipelines generates frictional heat that accelerates facility wear and tear, while the automation of collection paradoxically increases maintenance labor. Additionally, while the underground installation of the Auto Clean Net reduces the visual exposure of waste transportation, it also intensifies labor demands by requiring constant and direct monitoring of underground pipelines in case of malfunction. Moreover, these issues are further exacerbated by institutional shortcomings that fail to recognize Auto Clean Net as essential infrastructure responsible for waste collection, a fundamental service in urban administration.

This study reveals that although the Auto Clean Net was introduced with the goal of improving waste collection efficiency, the challenges of maintenance have surfaced within its socio-material context, giving rise to new forms of labor and surveillance systems. Thus, ensuring the sustainable operation of the Auto Clean Net requires not

only technological improvements but also broader social discussions on maintenance systems and management responsibilities. Institutional reforms should be based on a more nuanced understanding of how technological infrastructures function within specific socio-material relationships. By examining the Auto Clean Net as an integral part of urban infrastructure, this study contributes to the analysis of how technological systems are constituted and function within particular socio-material contexts. The findings offer valuable academic and policy insights for rethinking the future directions of smart city initiatives and waste management policies.

# 요 약 문

## I. 서론

현대 사회에서 폐기물 처리는 단순한 환경적 문제를 넘어 과학기술과 사회구조, 정책적 요소가 얽힌 복합적인 현상으로 자리 잡고 있다. 특히, 한국의 폐기물 관리 시스템은 첨단 과학기술을 활용하여 선진화되었다는 평가를 받지만, 동시에 다양한 환경적, 기술적, 정책적 문제를 동반하고 있다. 본 연구는 한국의 폐기물 관리 시스템 중에서 자동크린넷(Auto Clean Net)이라는 생활폐기물 자동집하시설의 문제점을 분석하고, 이를 통해 현대 도시의 폐기물 관리가 가지는 복합적 특성을 조명하고자 한다.

자동크린넷은 신도시 및 재개발 지역을 중심으로 도입된 생활폐기물 수거 시스템으로, 수거원과 수거차량의 역할을 자동화하여 보다 효율적이고 깨끗한 폐기물 관리를 목표로 한다. 그러나 실제 운영 과정에서 불법 투기, 악취, 소음 문제뿐만 아니라 유지보수 비용과 안전사고 발생 등의 다양한 문제점이 나타나고 있다. 특히, 자동크린넷의 운영을 둘러싼 다양한 행위자(사용자, 관리자, 유지보수 작업자 등)의 상호작용이 시스템의 안정성과 지속 가능성에 중요한 영향을 미친다.

본 연구가 던지는 질문은 다음과 같다. 첫째, 자동크린넷이 설치된 지역의 사회문화적 요소와 자동크린넷을 통과하는 폐기물의 물질적 요소는 어떤 관계를 맺고 있는가? 질문에 답하기 위하여 자동크린넷의 도입과 설치, 운영, 유지보수에 이르는 일련의 기술 실행의 맥락을 살펴본다. 먼저 자동크린넷이 스웨덴에서 최초로 개발된 배경과 한국에 도입된 과정을 역사적으로 분석한다. 또한, 자동크린넷을 통과할 수 있는 폐기물과 통과할 수 없는 폐기물은 무엇이며 자동크린넷을 통과한 폐기물은 어떻게 처리되는지 살펴본다. 이를 통해 자동크린넷이라는 새로운 과학기술 시스템이 고정된 것이 아니라 그것이 자리잡는 사회적이고 물질적인 맥락에 따라 변하는 것임을 보인다.

둘째, 생활 폐기물 수거와 최종 처리라는 도시의 필수 서비스를 담당하는 자동크린넷을 둘러싸고 발생하는 여러 문제는 어디에서 기인하는가? 자동크린넷이 달성하고자 하는 효율성과 안정성, 도시 외관의 깨끗함과 안전함을 위해 실제 수거 시스템이 작동하기 위한 자동화와 지하화의 시공간적 조건을 살핀다. 이를 위해서는 기계설비의 설계와 작동 방식 아니라 관련 행위자가 그것을 구현하기 위해 어떤 작업을 거치는지를 함께 다뤄야 한다. 더 많은 인력을 필요로 하고 더 정밀한 감시 장치를 필요로 하는 자동화와 지하화의 그림자를 드러냄으로써 자동크린넷이 지닌 취약성을 구체적으로 기술하고, 자동크린넷을 기계 설비의 집합체가 아닌 폐기물 처리 서비스를 담당하는 필수 인프라로 바라보아야 함을 시사한다.

## II. 연구 방법 및 연구 목적

본 연구는 법률 및 정책 문헌 검토, 현장 방문, 인터뷰 등의 질적 연구 방법을 활용하였으며, 특히 자동크린넷이 활발히 운영되고 있는 세종시를 중심으로 연구를 진행했다. 이를 통해 자동크린넷이 도입되고 운영되고 유지보수되기까지의 일련의 맥락을 면밀히 검토하고자 한다. 특히, 자동크린넷이 단순한 기계 설비가 아니라 운영 주체의 유지보수와 관리감독, 사용자의 학습, 의사결정자의 정

책 등 다양한 요소가 결합하여 작동하는 인프라임을 강조하며, 이를 통해 한국의 폐기물 관리 정책이 나아가야 할 방향을 제시하는 데 기여하고자 한다. 이러한 연구는 자동화 기술을 활용한 폐기물 관리 시스템의 효율성과 한계를 재조명하고, 지속 가능한 도시 인프라 구축을 위한 학문적·정책적 논의에 중요한 시사점을 제공할 것이다.

### III. 연구 결과

먼저 사회적 맥락에서 자동크린넷은 단순한 기계 설비가 아니라, 폐기물 배출, 수거, 관리의 과정에서 다양한 행위자가 관여하는 복합적 기술 시스템이다. 그러나 기술을 개발하고 도입하는 시점에서는 어떠한 다양한 행위자가 관여되고 어떤 이해관계가 발생할 것인가를 명확히 알기 어렵다. 특히 유지보수의 부담이 민간위탁운영사 뿐 아니라 지자체, 주민 등으로 다양화되면서 지속적인 갈등이 발생하고 있다. 또한 폐기물을 투입하는 시민의 행위가 자동크린넷의 원활한 작동에 큰 영향을 미치기 때문에, 이에 대한 통제·감시 체계가 강화되면서 시민들의 규율적 행위를 요구하는 방식으로 기술이 작동하고 있다. 이렇게 자동크린넷의 운영이 여러 사회적 맥락과 상호작용하는 것을 본 연구는 인프라의 관계적 특성과 과정적 특성에 기인하는 것으로 보았다.

한편, 물질적 맥락에서 자동크린넷은 물리적 시설로서 도시 공간에 배치됨에 있어서 자동 운전이라는 시간적 조건과 지하 수송관로라는 공간적 속성이 매끄러운 폐기물 수거에 영향을 미친다. 예를 들어, 수송관로 내부의 폐기물이 빠르게 수송되는 속도와 이로 인해 발생하는 마찰열은 설비의 노후화를 가속화하며, 수거 방식의 자동화는 오히려 유지보수 노동을 증가시키는 결과를 초래한다. 또한, 자동크린넷이 지하에 구축됨으로써 폐기물 이동의 시각적 노출을 줄였지만, 오작동 시 관로 내부를 직접 점검해야 하는 노동 강도를 증가시키는 결과를 낳고 있다. 뿐만 아니라 이러한 문제들은 자동크린넷을 폐기물 수거라는 도시 행정의 필수 서비스를 담당하는 인프라로서 다루지 않는 제도의 문제와 맞물려 심화되고 있다.

### IV. 결론

본 연구는 자동크린넷이 폐기물 수거의 효율성을 목표로 도입되었으나, 사회적·물질적 맥락 속에서 유지보수의 문제가 부각되며 새로운 형태의 노동과 감시 시스템을 형성하고 있음을 밝혀냈다. 따라서 자동크린넷의 지속 가능한 운영을 위해서는 단순한 기술적 개선이 아니라, 유지보수 체계와 관리 주체에 대한 사회적 논의가 필요하며, 기술 인프라가 어떠한 사회적·물질적 관계 속에서 작동하는지에 관한 더욱 세밀한 이해에 기반한 제도 개선이 요구된다. 본 연구는 자동크린넷을 도시 인프라의 일부로 조망하며, 기술 시스템이 특정한 사회적·물질적 맥락 속에서 구성되고 작동하는 방식을 분석하는 데 기여한다. 이를 통해 향후 스마트 도시 및 폐기물 관리 정책의 방향을 재고할 수 있는 학술적·정책적 기초 자료를 제공할 수 있을 것이다.

# 목 차

## I. 서론

### 1. 연구 배경

- (1) 폐기물, 한국, 그리고 과학 기술
- (2) 문제 제기

### 2. 문헌 검토

- (1) 복잡한 관계와 지속적인 과정 드러내기: 인프라 연구
- (2) 무엇이 폐기물이 되어 어떻게 처리되는가?: 폐기학 연구

### 3. 연구 질문 및 분석 대상

## II. 연구 방법

### 1. 문헌 분석 및 인터뷰 수행

### 2. 연구 범위

## III. 연구 결과

### 1. 새로운 과학기술을 들여오기: 자동크린넷 도입의 사회적·물질적 맥락

- (1) 녹색 옷을 입고 스웨덴에서 한국으로 넘어오다
- (2) 올바르게 폐기물을 투입구에 넣기
- (3) 소결

### 2. 매끄럽게 폐기물을 통과시키기: 자동크린넷 작동의 시간적 공간적 조건

- (1) 자동화와 지하화: 빠르고 안정적으로, 깨끗하고 안전하게
- (2) 거대한 기계 설비와 처리 인프라 사이에서
- (3) 소결

## IV. 결론

### 1. 나가며: 정책적·학술적 의의

### 2. 향후 연구 계획

## 참고문헌

# 1. 서론

## 1. 연구 배경

### (1) 폐기물, 한국, 그리고 과학 기술

아무것도 버리지 않는 단 하루라도 상상할 수 있는가? 산업화된 현대 사회에서 대부분의 사람들은 매일 무언가를 버린다. 이러한 일상적인 행위는 버려진 것이 수거되어 다른 곳으로 이송되고 적절히 처리될 것이라는 믿음, 그 믿음을 떠받치는 기술적, 사회적, 정치적 기반에 의해 가능하다. 이러한 버리는 행위가 만들어낸 폐기물이 여러 곳에서 오랜 시간 축적되자 국지적인 환경 문제를 넘어서 전세계가 당면한 이 시대의 문제가 되었다. 인간의 활동에 의해 현재의 지질 시대를 규정하고 문제화하고자 하는 ‘인류세’ 개념 역시 1950년대 이후 급격한 소비문화로 인한 플라스틱 폐기물 등 다양한 종류의 폐기물이 급격히 증가한 것을 중요 지표로 삼는다. (Zalesiewicz et al., 2014; Zalasiewicz et al., 2016)

이러한 폐기물의 가공할 만한 영향을 논할 때 한국 역시 예외가 아니다. 그러나 한국의 폐기물 발생량이 문제가 되는 것만큼이나 한국의 폐기물 관리 시스템은 첨단 과학기술의 활용으로 선진화되었다는 평가를 받는다. 이는 하수처리장, 재활용선별시설, 매립지, 소각장 등 복잡한 플랜트 혹은 넓은 부지를 필요로 하는 환경기초시설이 비교적 안정적으로 운영되며 재활용, 매립, 혹은 소각의 방식으로 폐기물의 최종 처리를 담당해왔기 때문으로 보인다. 이렇게 폐기물이 최종적으로 잘 처리되기 위해서는 우선 폐기물이 적절하게 배출되고 수거되는 과정이 필수적이다. 시민들이 일상적으로 배출하는 생활폐기물은 발생 구역 내 폐기물처리시설 또는 관할 구역을 대상 지역으로 하는 처리시설에서 처리하도록 지방자치단체가 적절한 관리 시설을 설치 및 운영해야 함이 폐기물관리법에 명시되어 있다.<sup>1)</sup> 대부분의 지자체는 배출 구역에 배출된 일반쓰레기와 음식물쓰레기를 수거원이 수거차량으로 돌아다니며 수거하는 문전 수거 방식을 취하고 있다. 흥미로운 것은, 이러한 수거 과정 역시 첨단 과학기술 시스템의 도입으로 선진화 혹은 ‘스마트화’ 하려는 시도가 이뤄져왔다는 것이다.

국내 일부 지역에서는 일반적인 생활폐기물 수거 시스템에서 필수적인 수거원과 수거차량의 역할을 대신하는 자동크린넷(Auto Clean Net)이라는 기계 시스템을 볼 수 있다. 주로 신도시 혹은 재개발 지역의 주거 지구 및 업무 지구에 설치되어 있는 이 시스템은 일반쓰레기와 음식물쓰레기 두 종의 생활폐기물 수거를 자동화하기 위해 설계된 기계 시스템으로, 배출 지역 내의 투입설비, 쓰레기가 이동하는 지하 수송관로, 수거한 일반쓰레기 및 음식물쓰레기를 중간 처리하는 집하장에 이르기까지 여러 단계를 담당하는 설비로 구성되어 있다. (그림1) 보통 일반쓰레기와 음식물쓰레기를 수거하기 위한 투입구 각 1개씩 2개, 혹은 대형폐기물 수거용 투입구까지 총 3개가 나란히 놓여 있다.<sup>2)</sup> (그림2)

1) 폐기물관리법 제 4조(국가와 지방자치단체의 책무) 및 제 5조(폐기물의 광역 관리). 국가법령정보센터 (접속일: 2025년 2월).

2) 폐지, 스티로폼, 플라스틱, 유리, 캔 등 재활용이 가능한 폐기물은 크린넷이 수거할 수 없기 때문에 주거 지구의 경우 크린넷 투입구가 있는 공간 옆에 재활용폐기물 배출 공간이 따로 있고 지정된 요일에 수거인력에 의해 수거되어야 한다.

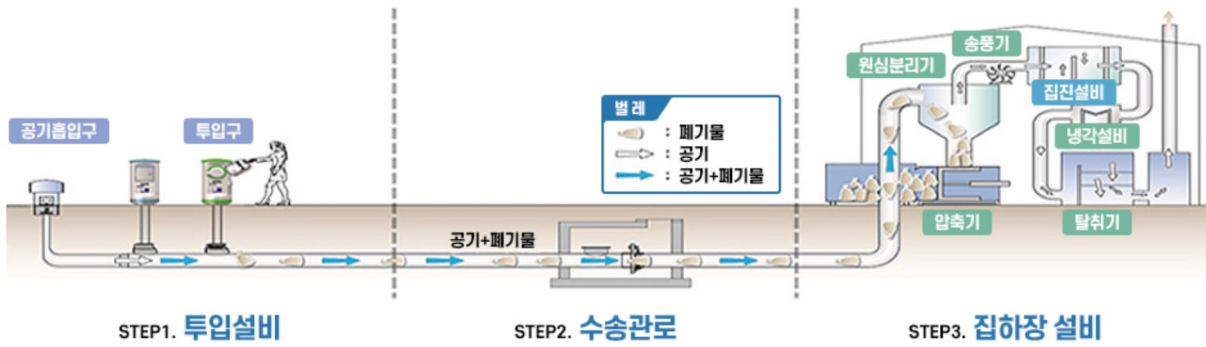


그림 1 자동크린넷 도식도 (출처: 세종시 웹사이트)



그림 2 세종시 한 아파트단지 내 크린넷 투입구. 왼쪽에 일반쓰레기용 투입구와 음식물쓰레기용 투입구가 나란히 위치해있고, 오른쪽에 재활용폐기물 배출 구역이 위치해있다. (출처: 본인 촬영. 세종시)

## (2) 문제 제기

첨단 과학기술의 활용으로 선진화된 폐기물 처리를 약속하는 자동크린넷의 이면에는 여러 보건, 안경, 환경 상의 문제가 있다. 가장 흔히 발생하는 문제는 쓰레기를 버리러 온 사용자가 투입구가 열리지 않아 가져온 쓰레기를 그대로 버리고 가는 불법 투기 행위이다. 이는 투입구 기계 설비에 쓰레기가 꽂 차있어서 더 이상 넣지 못하는 경우, 투입구에서 집하장을 이어주는 지하 관로에서 높은 공기압으로 폐기물이 이동하고 있는 경우, 혹은 에러 및 고장이 발생했을 경우 등 여러 가지 이유가 있다. 여러 이유로 인해 투입구 근처에 폐기물이 쌓이게 되면 외관 상 보기 안 좋을 뿐 아니라 악취가 발생하기도 한다. 폐기물을 지하 관로로 빨아들이기 위해 투입구 옆의 공기 흡입구에서 발생하는 소음 역시 문제이다. 특히, 새벽에도 가동되는 시스템으로 인해 흡입구 소음이 인근 주민의 수면을 방해하기도 한다. 수거원과 수거차량이 드나들 필요를 없애 쾌적한 도시 경관을 약속했

지만 폐기물 산적으로 인한 악취와 폐기물 흡입으로 인한 소음이라는 새로운 문제가 발생하고 있음을 알 수 있다.

뿐만 아니라 자동크린넷의 설치 비용 및 유지관리 비용에 대한 문제는 어렵지 않게 찾아볼 수 있다. 일단 지역 개발 단계에서 LH한국토지공사가 자동크린넷 시스템을 설치해두었지만 매년 발생하는 운영비 및 유지관리비가 문제가 되곤 했다. (인천연구원, 2012) 이러한 비용을 감당할 수 없어 가동 시작을 미루는 지자체들에 관한 보도도 수차례 이루어졌다. (KBS뉴스, 2018년 12월 23일; 경기일보, 2024년 11월 6일) 예산 문제에 더해 안전 문제 역시 제기되어 왔다. 2018년 4월 24일, 남양주 별내 신도시의 한 아파트에서 투입구를 점검하던 작업자가 시스템 오작동으로 인해 열려버린 투입구로 빨려 들어가 즉사하는 사고가 발생했다. (헤럴드경제, 2018년 5월 3일) 그러나 이에 대해 정부는 사람이 들어갈 수 없도록 투입구 규격 크기를 작게 변경하는 등의 소극적 대응만 이뤄졌을 뿐 안전관리 대책을 마련하거나 민원을 제기해온 주민들의 감사 요청 역시 감사원에서 기각하는 등 근본적인 해결책을 마련을 하고 있지 않다.

자동크린넷이 지향하는 효율성과 환경성은 수거 자동화 시스템과 설비의 지하화가 뒷받침하고 있다. 하지만, 노동 집약적인 수송관로 및 집하장 유지보수 운영의 현장, 지하화를 통해 사라지기보다는 새로운 모습으로 자리한 폐기물의 시청각적 경관과 자동화에도 불구하고 사람의 노동이 개입되며 그 노동이 안전하지 않은 것이 자동크린넷의 현실인 것이다. 이러한 문제의식을 바탕으로 본 연구는 한국의 일부 지역에서 폐기물 수거와 중간 처리라는 일상적 행위를 담당하는 자동크린넷의 복잡성과 취약성을 비판적으로 검토하고자 한다.<sup>3)</sup>

## 2. 문헌 검토

### (1) 복잡한 관계와 지속적인 과정 드러내기: 인프라 연구

위에서 서술한 자동크린넷의 문제점을 단순히 오류나 정책 실패로 진단하는 것에 그치지 않기 위해서는 인프라 연구(Infrastructure Studies)가 어떤 맥락에서 수행되어 왔는지 살피는 것이 중요하다. 인프라 연구는 물리적 실체의 유지보수 뿐만 아니라 물리적 실체들을 매개하면서도 그 자체로 행위자인 것들 사이의 관계의 유지보수 역시 중요하는 점을 드러내는 중요한 준거틀을 제공한다. 한국에서는 ‘Infrastructure’를 흔히 ‘기반 시설’로 번역하곤 하는데, 다른 물질적인 것들의 토대로 작용한다는 ‘기반’으로서의 기능과 물리적 실체로서의 ‘시설’로 한정 짓지 않기 위하여 본 연구에서는 ‘인프라’로 적고 기술사학, 과학기술학, 도시학, 인류학, 환경 인문학 등 다양한 학문 분야에서 어떠한 연구가 수행되어 왔는지 살펴보고자 한다. 초기 기술사를 비롯한 역사 연구에서 근대

3) 본 연구의 바탕이 된 연구는 혁신적인 것이라 여겨지는 기술시스템의 운영에 필연적으로 따라 오는 유지보수 과정의 중요성을 드러내고, 그러한 작업에 관여되어 있는 여러 행위자들을 유지보수 작업자(maintainers)라고 호명하기 위한 공동 연구로 2022년 상반기에 처음으로 시작했다. 동대학원 동료 조엘 샴팔레(Joelle Champalet)와 함께했던 공동 연구 초기에는 중저준위 방사성폐기물 저장소와 생활폐기물 재활용 선별장처럼 잘 보이지 않는 폐기물처리시스템에 대한 현장 조사와 인터뷰를 시작으로 이후 2022년 하반기에는 자동크린넷에 대한 연구를 3개월 정도 진행했다. 이후 2023년에는 프로젝트 진행 내용으로 학회 발표를 진행했지만 추가 자료 수집은 진행하지 못하고 중단되었다. 2024년 초에 다시 공동 연구 형태로 연구를 재개하고자 본교 인문사회융합과학대학의 석박사모험연구사업에 지원하여 선정기도 했다. 그러나 각자 학위논문연구 주제를 좁혀가는 과정에서 학위논문 주제와 자동크린넷 관련 연구의 연관성 및 한국어 사용 실무자 인터뷰 및 한국어 자료를 중점적으로 수행하는 자동크린넷 주제 연구의 특성 상 외국인 동료인 조엘 샴팔레와 공동 연구 형식으로 지속하기 어렵다는 상호 합의 및 지도교수의 조언 하에 2024년 5월부터 본격적으로 본인의 연구로 심화 발전시키게 되었음을 밝혀 둔다. 본 연구의 밑바탕이 된 초기 연구를 함께 수행했으며 이후 연구 진행 과정에 동의해준 조엘 샴팔레에게 깊은 감사를 표한다.

인프라의 도입을 근대화, 진보의 상징으로 서술해오던 것(Edgerton, 2010; 이정 2024) 에 반하여 과학기술학 및 인류학 분야에서는 근대 인프라로 발생할 수도 있는 만일의 사태, 복잡성, 취약함에 주목하며 이러한 인프라의 복잡한 네트워크에는 정치적 과정이 필연적으로 따라옴을 밝혔다. (Hirsh et al., 2020)

과학기술학 분야의 인프라 연구 선구자인 수잔 리 스타(Susan Leigh Star)는 인프라는 인프라와 관련된 행위자 그룹들에 각기 다른 의미를 가지며, 그들의 행동, 사용하는 도구, 주변 환경으로부터 분리할 수 없으므로 관계적이고 생태적이라고 말했다. (Star, 1999) 이후 기술사의 기술 시스템 (technological system) 논의와 과학기술학의 행위자 연결망 이론 (Actor-Network Theory, ANT) 과 더불어 스타의 인프라 논의가 가진 개별 사물에 대한 주목보다는 시스템에 대한 주목의 필요성과, 인간 뿐 아니라 비인간 사물을 포함하여 관련된 행위자 모두를 인프라의 구성 요소로 바라보는 연구들이 나타났다. 특히 기술사학자 토마스 휴즈(Thomas Hughes)는 발명가가 아니라 시스템 구축자로서의 에디슨을 조명하며 새로운 기술이 등장하고 채택되고 발전되는 과정에서 여러 사회 요소의 뒷받침이 중요함을 밝혔다. (Hughes, 1987) 과학기술학자이자 인류학자인 브라이언 라킨 (Brian Larkin) 역시 인프라를 다른 물질의 움직임을 가능케 하는 물질로 바라보고, 그 자체로 사물임과 동시에 사물과 사물 사이의 관계라는 점에 주목하여 인프라를 하나의 고정된 실체가 아닌 관계적인 것으로 바라보는 데 기여했다. 라킨은 나아가 인프라의 관계적 특성 중에서도 정치적 합리성이 인프라를 통해 드러나는 형태에 주목하며 인프라가 어떻게 통치기구로도 작동하는가에 대해 연구한 바 있다. (Larkin, 2013)

최근 한국의 과학기술학자 이정은 공학이 아닌 인문학 분야에서 인프라 연구를 활발히 하는 것은 굳건할 것으로 믿어왔던 기반 시설<sup>4)</sup>이 기후변화, 노후화, 민영화 등으로 인해 위태롭기 때문으로 진단하고 “인공과 자연이 더 잘 조화된 사회생태 기간망(socioecological backbone networks)으로서의 기반 시설을 탐구할 생태 역사학적 가능성”을 제시했다. (이정, 2024) 즉, 기반 시설 혹은 인프라로 부르는 것이 물질 자체로만 작동하는 것이 아니라 사회관계 속에 작동하며, 그 관계는 고정된 것이 아니라 그것을 이룬 자연과 인간을 포함한 여러 요소가 함께 만들어왔고 앞으로도 만들어갈 것이라는 것이 이정 논의의 핵심이다.

한편, 과학기술학 분야에서 중요하게 다뤄지기 시작한 유지보수 및 돌봄 관점의 연구들도 자동크린넷이라는 일상적 인프라가 작동하는 방식을 이해하는 중요한 틀이다. 리 빈셀(Lee Vinsel) 과 앤드류 러셀 (Andrew Russel)은 지금껏 새로운 과학기술의 등장은 혁신적인 것으로 여겨지며 주목받아온 반면 혁신 이후에 필연적으로 따라오는 유지보수의 중요성은 가려져왔음을 역설했다. 특히, 『혁신 망상(Innovation Delusion: How Our Obsession with the New Has Disrupted the Work That Matters Most)』이라는 저작에서 저자들은 새로운 것에 대한 지나친 집착을 문제 삼으며 낡은 기술 뿐 아니라 새로운 기술에도 꾸준한 유지보수가 필요하며 지연된 유지보수는 막대한 비용, 심지어는 큰 비극을 초래할 수 있다고 지적한다. (Vinsel & Russel, 2020: 10)

4) 그는 그의 연구에서 인프라를 기반 시설로 번역하여 쓰고 있다.

## (2) 무엇이 폐기물이 되어 어떻게 처리되는가?: 폐기학 연구

그렇다면, 현대 사회에서 기반 시설을 통해 하루도 빠짐없이 처리가 되어야만 하는 폐기물이란 무엇인가? 과학기술학과 환경사, 기술사의 관점에서 폐기물을 둘러싼 여러 연구를 진행하며 부상하고 있는 학제인 폐기학(Discard Studies)은 폐기물 자체보다 폐기물 처리를 가능하게 하는 시스템과 그 시스템이 작동하는 권력 구조에 초점을 맞춘다. 즉, 폐기학을 통해 “폐기물이란 무엇인가?”라는 단순한 질문 대신 “무엇이 폐기물이 되어 어떻게 처리되는가?”에 대한 정치적인 논의를 하고자 하는 것이다. 특히, 본 연구에서 다루는 자동크린넷이라는 시스템을 통과하는 폐기물의 특정한 물성과 이동 방식을 이해하기 위해 그동안 폐기학 및 관련 학제에서 폐기물의 물질성(materiality)과 장소성(placeness)에 주목한 연구들을 재검토한다.

폐기물의 물질적인 측면은 시간적 그리고 공간적 규모에 걸쳐 다양한 형태의 얽힘을 보여주기 때문에 중요하다. 폐기물 앞에는 플라스틱 폐기물, 재활용 폐기물, 음식물 폐기물, 생분해성 폐기물, 의료 폐기물, 방사성 폐기물과 같이 수많은 접두사들이 있는데, 이를 통해 폐기물의 원천 물질 혹은 폐기물의 처리 방식이 드러난다. 플라스틱 폐기물을 예를 들어 보면, 플라스틱 제품의 일회용 성질에 대해 생각해볼 수 있다. 과학기술학자인 Gay Hawkins는 일회용이라는 특성이 "플라스틱 제품의 사용 가치가 모두 소진되어 자연스레 발생하는 것이 아니라, 물질적 대상에 내장되고 처음부터 그것과 우리의 사이에서 관계적으로 발생하는 것으로, 낭비를 예상할 수 있고 받아들이도록 설계된 것" 이라고 지적한다. 플라스틱의 설계된 일회용을 통해 자원으로서의 플라스틱, 플라스틱의 물질성, 제품이 되기까지의 경제적 과정, 그리고 폐기 이후의 노동 및 오염 사이의 얽힘을 드러냄으로써 플라스틱의 물질성이 사회적으로 구성된 것을 밝히고 폐기물 윤리에 대한 질문을 던진다. 앞서 플라스틱의 사회적으로 구성된 물질성에 대한 Hawkins의 관점에서 보면, 일회용 플라스틱 제품의 일상적 폐기가 모여 가공할 만한 오염이 된다. 즉, 플라스틱 그 자체보다는 플라스틱을 일회용으로 만들어 버리는 인간의 의도가 플라스틱을 환경오염의 주범으로 만들어버린다.

플라스틱의 물질성이 문제인 것은 그것이 오염물질이 되기 때문만은 아니다. 한국의 경우 한국자원재생공사가 정부의 보조를 받는 특수법인 형태로 1980년에 처음 출범하며 플라스틱 등 재사용 가치가 있는 물질로 이뤄진 폐기물을 처리하는 공장을 운영하기 시작했다. (조선일보, 1980년 10월 2일) 오물 청소가 아닌 자원 재활용이라는 새로운 폐기물 처리 방식이 생겨나며 환경 행정의 중요한 부분이 된 것이다. 그러나 이러한 재활용폐기물 선별 처리 과정은 40년이 넘게 지난 지금도 자원, 장소, 노동력 등 여러 측면에서 불안정하게 운영되고 있다. 이를 이해하기 위해서는 폐기물의 공간적 측면, 장소성에 주목해봐야 한다. 폐기물은 여전히 가치 있다고 여기는 것들과 분리해 내어 다른 곳, 가능하다면 가장 먼 곳으로 보내야만 하는 가치 없는 것으로 여겨져왔다. 인류학 분야의 영향력 있는 저서인 『순수와 위험: 오염과 금기의 개념 분석(Purity and Danger: An analysis of concepts of pollution and taboo)』(1966)에서 인류학자 매리 더글러스(Mary Douglas)는 폐기물이라는 용어를 직접 사용하지는 않았지만 다양한 문화적 맥락에서 먼지·불결·오염에 주목하며 상대적으로 적은 가치를 지닌 것을 제거하는 행위가 공간적 차원과 연관된 능동적 과정임을 보인다. (Douglas, 1966)

이후 더글러스의 연구를 바탕으로 무엇이 폐기물이 되는지의 과정을 살피기 위해 소비부터 폐기

에 이르는 행동을 살펴보는 연구들이 진행되었다. 특히 미국의 사회학자 수잔 스트래서(Susan Strasser)는 저서 『낭비와 욕망: 쓰레기의 사회사(Waste and Want: A Social History of Trash)』(1999)에서 폐기물을 둘러싼 가치 체계가 시대에 따라 변화해 왔음을 역사적으로 보인다. 1800년대 후반부터 1950년대까지만 해도 영국과 미국의 일반 시민들은 재사용과 수리를 일상으로 하는 자원 시스템을 가지고 있었다. 그러나 제 1, 2차 세계대전을 거치면서 생산 및 유통 시스템과 함께 소비문화가 급격히 부상하면서 오래된 물건들을 자신의 손으로 수리하거나 적절히 처리하는 대신 더 많은 제품을 소비하기 위해 무언가를 일상적으로 버리게 되었다. 급격히 불어나는 폐기물의 양을 도시 내에서 처리할 수 없게 되자 폐기물과 하수를 도시 밖으로 보내는 시스템을 구축할 필요가 생겼고, 이내 복잡한 기술을 갖춘 거대한 플랜트 기반 시설이 등장해 폐기물 처리를 하기 시작한 것이다. (Strasser, 1999)

스트래서보다 조금 앞선 시기에 환경사학자 조엘 타르(Joel Tarr) 역시 “하나의 오염 문제를 해결하는 과정이 결국은 다른 지역의 혹은 다른 매개물의 새로운 오염 문제로 이어지게 된다”라고 주장하며 이를 “ultimate sink”를 찾는 과정에 빗댄 것처럼, 현대 도시 사회에서의 폐기물 처리는 다른 장소에서 다른 형태의 오염을 만들어내는 행위가 되어 버렸다. (Tarr, 1984; Tarr, 1996) 한편, 또다른 환경사학자 마틴 멜로시(Martin Melosi)가 19세기 후반에서 20세기 후반까지 미국과 유럽의 도시에서의 폐기물 처리에 관한 연구에서 위생공학자의 전문성이 자리 잡는 과정을 보여준 것처럼, 폐기물이 발생한 곳과 폐기물을 처리하는 곳이 도시 내외부로 철저히 나누어짐에 따라 폐기물 처리는 복잡한 행정 지원과 기술적 전문성을 요하는 관료적인 영역이 되었다. (Melosi, 1981)

지리학, 사회과학, 토착민 연구, 현장 과학의 교차점에서 땅의 관계(land relations)에 주목한 막스 리부아론(Max Liboiron)의 연구는 폐기물을 둘러싼 부정의한 구조의 문제에 대해 보여준다. 저서 『오염은 식민주의다(Pollution is Colonialism)』(2021)에서 Liboiron은 오염의 기원은 토착민의 땅에 인프라적 접근을 가능하게 하는 권력 구조에 있으며, 그것이 바로 식민주의라고 주장한다. 폐기물이 국경을 넘나드는 폐기물의 이동에 아직도 작동하고 있는 식민주의의 논리를 직시하면 생산, 소비, 및 폐기에 이르기까지 조금 더 책임 있는 구조를 만들어갈 수 있다고 역설한다. (Liboiron, 2021) 리부아론의 논의를 국가 간 폐기물의 이동보다 더 좁은 범위인 한 국가 내의 다른 지역 혹은 도시 간 폐기물의 이동에도 적용해볼 수 있다. 쓰레기 매립장, 소각장, 재활용시설 등 여러 환경 기초 시설은 예부터 폐기물이 가장 많이 발생하는 도심부에서 떨어진 도시 외곽부에 위치해 왔다. 또한 이마저도 입지 선정에 어려움을 겪어 인식을 개선하기 위해 자원새롬센터, 자원순환센터 등 새로운 명칭을 부여받곤 했다. 나아가 1990년대 후반부터는 자동크린넷의 사례에서처럼 폐기물이 이동하는 공간을 지상이 아닌 지하에 만들어 폐기물 이동 공간의 수직적 변화를 꾀하고 있을 뿐 아니라, 보다 적은 인력으로도 빠르게 수거하기 위한 자동화 시스템을 도입하고 있다.

### 3. 연구 질문 및 분석 대상

앞서 기술한 문제의식 및 선행 연구를 바탕으로 본 연구는 과학기술학의 관점에서 폐기물 수거와 중간 처리라는 일상적 행위를 담당하는 자동크린넷의 복잡성과 취약성을 비판적으로 검토하고자

한다.

첫째, 자동크린넷이 설치된 지역의 사회문화적 요소와 자동크린넷을 통과하는 폐기물의 물질적 요소는 어떤 관계를 맺고 있는가? 질문에 답하기 위하여 자동크린넷의 도입과 설치, 운영, 유지보수에 이르는 일련의 기술 실행의 맥락을 살펴본다. 먼저 자동크린넷이 스웨덴에서 최초로 개발된 배경과 한국에 도입된 과정을 역사적으로 분석한다. 또한, 자동크린넷을 통과할 수 있는 폐기물과 통과할 수 없는 폐기물은 무엇이며 자동크린넷을 통과한 폐기물은 어떻게 처리되는지 살펴본다. 이를 통해 자동크린넷이라는 새로운 과학기술 시스템이 고정된 것이 아니라 그것이 자리잡는 사회적이고 물질적인 맥락에 따라 변하는 것임을 보인다.

둘째, 생활 폐기물 수거와 최종 처리라는 도시의 필수 서비스를 담당하는 자동크린넷을 둘러싸고 발생하는 여러 문제는 어디에서 기인하는가? 자동크린넷이 달성하고자 하는 효율성과 안정성, 도시 외관의 깨끗함과 안전함을 위해 실제 수거 시스템이 작동하기 위한 자동화와 지하화의 시공간적 조건을 살핀다. 이를 위해서는 기계설비의 설계와 작동 방식 아니라 관련 행위자가 그것을 구현하기 위해 어떤 작업을 거치는지를 함께 다뤄야 한다. 더 많은 인력을 필요로 하고 더 정밀한 감시 장치를 필요로 하는 자동화와 지하화의 그림자를 드러냄으로써 자동크린넷이 지닌 취약성을 구체적으로 기술하고, 자동크린넷을 기계 설비의 집합체가 아닌 폐기물 처리 서비스를 담당하는 필수 인프라로 바라보아야 함을 시사한다.

위 두 질문에 대해 답함으로써 본 연구는 궁극적으로 기술 집약적인 폐기물 처리 시스템의 면면을 조명하여 근대 한국 사회와 과학기술의 관계에 대한 새로운 시각을 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 문헌 분석 및 인터뷰 수행

위의 질문에 답하기 위하여 본 연구는 국내에서는 자동크린넷이라고 불리는 생활폐기물 자동집하시설의 설치 및 운영에 관한 법률, 법률 개정안, 고시, 지침서, 표준시방서 등의 1차 자료를 검토했다. 자동크린넷이 설치된 현장에 방문하여 자동크린넷 투입구 설비에 직접 부착된 안내문 및 경고 문구, 홍보관 내부 안내 문구 등의 1차 자료도 직접 수집하였다. 또한 자동크린넷의 설치 및 운영 목적을 설명하는 웹사이트, 홍보 자료, 각종 애로사항 및 사건 사고를 보도하는 지역 신문 등의 2차 자료도 살펴보았다. 하지만 이러한 문헌 분석을 통해서서는 자동크린넷이 구체적으로 운영 및 관리되고 사용되는 일련의 기술시스템의 작동 과정에 연루된 다양한 행위자에 관한 정보를 충분히 수집할 수 없었다. 이에 자동크린넷 시스템 개선 방안을 연구한 경험이 있는 공학 분야 연구자, 폐기물 집하장에서 근무하는 작업자, 집하장을 운영하는 민간위탁업체 및 시민 사용자를 매개하고 예산을 관리하는 행정기관 공무원, 자동크린넷을 사용하는 주민 등 관련 행위자와의 인터뷰를 수행했다. 인터뷰 참여자에게는 문자, 전화, 이메일의 방법으로 연락을 취해 인터뷰 장소 및 시간을 조율하였으며 인터뷰 전에 간략히 인터뷰 질문지를 공유했다. 인터뷰 당일에는 인터뷰 참여자를 직접 만나 반구조화 인터뷰 (semi-structured interview)로 진행했으며 1회 당 30분에서 1시간 30분 이내로 진행했다. 아래 표에 적힌 세종시 주민1부터 주민12까지는 시니어센터 관계자의 허가를 받아 세 분씩 네 개 조로 나누어 포커스 그룹 인터뷰를 진행했고 연령은 모두 60대에서 70대였다. 인터뷰는 인간대상연구 방법론에 해당하므로 카이스트 생명윤리심의위원회의 심의를 받았으며 모든 인터뷰에 앞서 연구의 배경 및 목적, 소요 시간, 연구 참여자의 비밀 보장 및 개인정보 보호에 관한 사항을 안내하고 인간대상연구 피험자 동의서에 서명을 받는 절차를 준수하였다. 인터뷰 참여자의 개인정보는 익명화하여 기록하는 것이 원칙이므로 아래 표는 인터뷰 날짜, 장소, 형식, 간략한 인터뷰 참여자의 정보(소속, 직위)를 나타낸다.<sup>5)</sup>

날짜(년.월.일)	장소	시간	형식	인터뷰 참여자의 소속/직위
2024.5.14	카이스트 대전 본원 연구실	50분	개별 인터뷰	카이스트/교수
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민1
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민2
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민3
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민4
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민5
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민6
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민7

5) 승인번호 KH2024-080.

2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민8
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민9
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민10
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민11
2024.5.21	세종시 소담동 행정복지센터 내 시니어센터	20분	포커스 그룹 인터뷰	세종시 주민12
2024.5.23	대전 한국전자통신연구원(ETRI)	70분	개별 인터뷰	ETRI/책임연구원(공학박사)
2024.6.5	세종시 자동크린넷 집하장	100분	심층 인터뷰	자동크린넷 민간운영위탁사/작업자
2024.7.4	세종시 자원순환과	60분	개별 인터뷰	세종시 자원순환과/크린넷 담당자
2024.12.1	베르겐 Envac 사무실 및 집하장	50분	포커스 그룹 인터뷰	Envac 베르겐 지사/직원1
2024.12.1	베르겐 Envac 사무실 및 집하장	50분	포커스 그룹 인터뷰	Envac 베르겐 지사/직원2
2024.12.1	베르겐 BIR 사무실	20분	개별 인터뷰	BIR Infrastructure/Bossnet 담당자
2024.12.26	세종시 고운동 G마을 아파트 관리사무소	20분	개별 인터뷰	고운동 G마을아파트 관리사무소/경리

## 2. 연구 범위

관련 문헌 및 인터뷰 데이터는 2024년 3월부터 12월까지 수집했다. 인터뷰와 현장 방문은 대부분 세종특별자치시에서 수행했다. 이는 세종특별자치시가 전국에서 최초로 시 단위의 넓은 행정구역에 자동크린넷을 도입했고, 현재에도 추가 도입을 계획하고 있는 권역이 있어 자동크린넷을 가장 활발히 운영하고 있는 행정구역이기 때문이다.<sup>6)</sup> 연구자의 생활환경이 대전광역시이므로 대전광역시에 자동크린넷이 도입된 일부 행정구역 (도안동, 상대동, 원신흥동)의 현장도 방문해 자동크린넷의 일반적 속성에 대한 이해를 더하고자 했다. 연구자의 사정 및 예산 상황으로 인해 자동크린넷의 원형인 폐기물자동집하시스템이 최초로 개발되고 도입된 스웨덴을 방문하지는 못했지만, 폐기물자동집하시스템이 활발히 운영되고 있는 도시 중 하나인 노르웨이 베르겐(Bergen)을 방문하여 실무자 인터뷰를 수행하여 해외 사례와의 비교 분석을 시도했다. 그러나 분석을 거치면서 본 연구 보고서의 구조에 담을 수 있는 분석 범위를 초과하여 기술하지 않았다.<sup>7)</sup>

6) 2019년 2월에 발표된 세종 스마트시티 국가 시범도시 시행계획에 따르면 자동크린넷은 생활폐기물, 음식물쓰레기 자동 수거 및 폐기물 연료화를 연계하는 스마트 인프라 요소 중 하나로 포함되어 있다. (국토교통부 외, 2019)

7) 이 부분은 추후 본 연구를 연구자의 박사학위논문으로 발전시키는 과정에서 한 장으로 포함시키려고 한다.

### III. 연구 결과

#### 1. 새로운 과학기술을 들여오기: 자동크린넷 도입의 사회적·물질적 맥락

본 절에서는 어떠한 과학기술이 한 사회에 자리잡는 과정을 사회적, 물질적 맥락과 더불어 살핀다. 즉, 자동크린넷 시스템이라고 불리는 것이 어떠한 요소로 이뤄져 있는지 개발, 설치, 운영, 사용 및 유지보수에 이르는 일련의 기술 실행이 누구에 의해서 어떻게 이뤄지는지를 들여다보고자 한다.

##### (1) 녹색 옷을 입고 스웨덴에서 한국으로 넘어오다

한국에서 자동크린넷으로 불리는 기계설비의 기원은 1960년대 초 스웨덴으로 거슬러 올라간다. 당시 스웨덴의 엔지니어 올로프 홀스트롬(Olof Hallstrom)은 중앙 먼지 수거 시스템을 시공하고 설치하는 작업을 전문적으로 수행하는 회사인 Gustafsson AB를 사들였다. 이후 홀스트롬은 다른 엔지니어들과 함께 먼지 수거 시스템을 발전시켜 병원 내부의 폐기물 수거 시스템을 고안해내었고, 1961년에 스웨덴의 한 병원 (Sollefteå Hospital)에 설치했다. 이는 진공관을 통해 폐기물을 수거하는 세계 최초의 시스템으로, 현재도 작동 중인 것으로 알려져 있다. 이러한 진공흡입시스템은 1967년, 스웨덴의 순드뷔베리 (Sundbyberg) 시가 운영하는 주택 공급회사가 당시 새롭게 만들어진 주거구역인 Ör-Hallonbergen구역에 생활폐기물 수거 목적으로 도입하며 주거지구 단위로 확대되게 된다.<sup>8)</sup> 수거 차량이 없이 폐기물을 수거한다는 아이디어로 환영 받으며 이러한 폐기물 진공흡입시스템은 스웨덴 내부에서 차츰 확대되었고, 2000년에 Centralsug AB는 엔백(Envac)으로 회사명을 바꾸어 2025년 현재, 스웨덴 스톡홀름에 본사를 두고 아시아, 오세아니아, 유럽, 북미 대륙에서 22 국에 지사를 운영 중이다.<sup>9)</sup>

머나먼 스웨덴 땅에서 개발된 새로운 과학기술 시스템이 한국에 도착한 것은 1996년으로, 엔백 한국 지점이 생긴 1995년의 다음 해였다. 1993년에 착공해 1996년 10월에 준공된 서울 잠실의 주상복합건물 시그마타워는 중앙화된 폐기물 흡입 시스템 (“자동쓰레기 처리장치”)과 더불어 중앙 집중식 청정공기 정화시스템 등 당시로서는 최첨단의 환경시설을 갖췄다고 평가 받으며 ‘국내 최초의 환경아파트’라고 불리었다. (서울신문, 2005년 4월 29일; LH 토지구주택연구원, 2015) 이후 1999년, 한국토지구주택공사(LH)는 경기도 용인시 수지 2지구에 국내 최초로 8,000여 세대 규모의 주거 단지에 엔백 사의 시스템을 준공했다. 이후 송도신도시, 김포장기지구, 은평뉴타운지구, 판교신도시 등에 설치 및 운영을 시작하며 운영 지역이 조금씩 늘어갔다. (LH 토지구주택연구원, 2015)

2000년대 중반이 되자 스웨덴의 함마르비(Hammarby) 시에 설치된 시스템은 지속가능한 도시 개발의 롤 모델로 떠오르며 세계 각국의 정책결정자, 건축가, 도시 계획가의 주목을 받았다. 그 중에는 한국에서 저탄소 녹색 성장 환경 의제를 추진하던 이명박 전 대통령도 있었다. 그는 2009년 7월, 함마르비시를 방문하여 자동집하장치 시스템을 둘러본 후 초기 설치비용은 막대하지만 “장기적 관점에서는 오히려 비용을 절감할 수 있는 미래형 신도시 모델” 이라고 말하며 큰 관심을 보였다.<sup>10)</sup> (경향신문, 2012년 6월 23일) 그 해 11월 대통령 직속 녹색성장위원회는 ‘녹색도시, 건축물 활성화 방안’이라는 보고서에서 생활폐기물 자동집하시설 설치를 확대한다는 계획을 발표했다.

8) 당시 홀스트롬의 Gustafsson AB사는 Centralsug AB로 회사명을 바꾼 상태였다.

9) 본 내용은 엔백 그룹의 웹사이트(<https://www.envacgroup.com>)를 참고하여 적었다.

(국토해양부 외, 2009) 이듬해 1월 국토해양부 역시 “신도시를 저탄소 녹색도시로 조성합니다”라는 보도자료에서 “쓰레기 자동집하시설을 검토하여 설치할 수 있다”고 밝히며 쓰레기차가 드나들며 생기는 비산먼지, 배기가스 등 오염원이 줄어들고 일정 세대 이상인 주거 지역에 설치 시 인건비가 오히려 절감되므로 크린넷이 저탄소 녹색 성장 기조에 부합하는 시스템이라고 지지했다. (국토해양부, 2010) 국토교통부에서 2009년부터 장기적으로 추진해온 스마트도시 종합계획 (계획 발표 당시 유비쿼터스도시 종합계획)에서도 핵심 서비스의 예로 생활폐기물 자동집하시설을 들었다. (국토교통부, 2019) 이렇게 생활폐기물 자동집하시설은 폐기물 관리 정책을 관장하는 환경부가 아니라 저탄소 녹색 성장 의제를 견인하고 새로운 형태의 도시 개발을 추동하던 국토해양부에 의해 전국 신도시와 재개발 지역 위주로 자리를 잡기 시작했다. 앞서 연구 배경에서 간략히 기술했듯 투입구 주변에 불법 투기된 폐기물봉투로 인한 미관상의 문제와 악취, 공기 흡입구 주변의 소음, 투입구 내부로 작업자가 빨려 들어가는 안전 사고 등 여러 문제가 드러났음에도 불구하고 2022년 7월에 이르자 약 16개 시군구의 28개 지구에 설치되었다.<sup>11)</sup> 더 이상 머나먼 스웨덴의 시스템이 아니라 한국 신도시의 폐기물 처리 시스템인 “자동크린넷”의 이름으로 자리 잡은 것이다.

## (2) 올바르게 폐기물을 투입구에 넣기

자동크린넷의 가장 중요한 특징 중 하나는 수송관로를 통과할 수 있는 폐기물과 그렇지 않은 폐기물이 분명히 나뉜다는 것이다. 지하에 매설된 수송관로의 관경(지름)은 대부분 500mm, 관두께는 6~12mm 이며 관로길이는 지역마다 다르지만 대부분 5~20km 안팎이다. 폐기물의 이송 속도는 대략 초속 30m로 설정되어 있다. (LH 토지주택연구원, 2015) 이렇듯 지하에 매설된 수송관로의 두께와 수송관로를 통해 이송되는 폐기물의 빠른 속도로 인해 폐기물의 크기와 재질에 제약이 생긴다. 예를 들어 이불, 베개, 커튼, 현수막 및 의류와 같이 부피가 크거나 막대, 옷걸이처럼 단단하고 길이가 긴 폐기물은 수송관로 자체를 막거나 다른 폐기물을 걸리게 해 오작동의 원인이 될 수 있다. 가전제품이나 건설폐기물 류에는 화재를 일으킬 수 있는 금속 물질이 함유되어 있을 수 있어 엄격히 금지된다. 종이를 포함하여 재활용가능폐기물 역시 투입 금지 품목으로, 크린넷 수송관로에서는 빠른 이송 속도로 인해 종량제 봉투가 모두 터져 쓰레기의 성상이 혼합되어 재질 별 분리가 어려워지기 때문이다.

올바른 폐기 행동에 관한 정보 전달은 여러 방식으로 이뤄진다. 먼저, 투입구에 붙어 있는 “투입 금지 품목” 안내문에는 사용자가 알기 쉽게 투입금지 품목의 종류가 그림과 함께 쓰여 있다. (그림 3) 아파트 단지처럼 대규모 주거 단지에서 크린넷을 사용하는 경우 아파트관리사무소 등에서 주민들에게 안내방송을 하거나 안내문을 배부하기도 한다.<sup>12)</sup> 하지만 사용자의 자율에 맡기는 것은 한 부분일 뿐, 폐기물 투입 행위를 둘러싼 규율 및 감시 체계가 겹겹이 생성되어 있다. 크린넷 투입구 주변에는 불법투기를 단속하기 위해 감시카메라(CCTV)가 설치되어 있는 곳이 많다. 쓰레기 배출방

11) LH 자동집하시설 실태조사 및 종합운영관리 방안 연구용역 중간보고회(2022년 7월) 자료 기준으로 파주 운정, 은평 뉴타운, 김포 장기, 김포 양곡, 김포 한강신도시, 화성 향남2지구, 세종 첫마을, 세종 (행복) 1차, 2차, 3-1차, 4-1차, 5차, 인천 송도 국제도시, 인천 청라 국제도시, 인천 영종 신도시, 광명 소하지구, 광명 역세권, 성남 판교신도시, 용인 수지, 용인 흥덕, 대전 도안 신도시, 충남도청 이전 신도시, 아산배방 신도시, 인천 소래, 논현, 과천 레미안 에코팰리스, 고양 식사도시개발사업지구, 과천 레미안 슈르, 광명 철산/하안, 의왕포일2 에 설치되어 있다. 본 정보는 관계자 인터뷰 중 해당 자료의 일부 페이지만 열람 및 사진촬영을 허가 받아 기술하였다.

12) 세종시 주민 2, 주민 3, 주민5와의 인터뷰 (2024.05.21.)

법 위반 시 폐기물 관리법에 따라 과태료가 부과된다는 경고 문구도 투입구 근처에 부착되어 있다. (그림3) 그러나 이러한 통제도 한계가 있다. 자동크린넷이 설치된 지역을 돌아다니다보면 아래 그림(그림4)과 같이 투입구 앞에 불법 투기되어 방치되어 있는 폐기물 봉투를 어렵지 않게 발견할 수 있다.



그림 3 일반(대형)쓰레기 투입구 사용요령, 투입금지 품목 및 과태료 부과대상 안내문 (출처: 본인 촬영. 2024년 3월 22일. 세종시 나성동)



그림 4 세종시의 한 상가 골목 크린넷 투입구에 “CCTV 작동중”이라는 스티커가 붙어있지만 바로 앞에 종량제봉투가 불법 투기되어 있다. (출처: 본인 촬영. 2024년 3월 22일. 세종시 나성동)

종량제봉투 안에 무엇이 들어 있는지 일일이 검토할 수는 없기 때문에 투입금지 품목이 들어 있는 경우 수송관로 내부에서 고장을 일으키기도 한다. 잦은 고장 발생으로 인해 크린넷과 간접적으로 관련이 있는 행위자들의 업무는 늘어난다. 외관 미화원, 아파트 관리 사무소 경리, 해당 행정구역의 (동, 구, 시 등) 공무원 등 중간 행위자를 거쳐 집하장 작업자에게 접수되기 때문이다. 세종의 한 아파트 관리사무소 경리는 일과 중 꼭 하루에 한 번씩은 크린넷 고장 관련한 문의 전화를 중간에서 처리한다고 증언하며 이러한 잦은 고장이 높은 관리비 부담으로 이어지는 것에 대해 이야기했다. 해당 단지 투입구 근처에 붙은 투입금지 품목 안내문 하단에는 “크린넷 관로막힘의 원인이 되어 불편을 야기할 뿐만 아니라, 보수 비용을 관리비로 처리해야 합니다” 라고 적혀 있는 것을 확인할 수 있었다. (그림6)

“왜 안 빨아 당기냐고 올 때도 있고 고장 났다고 전화 올 때도 있고 하여튼 매일... (중략) 전화가 오면 예를 들면 외곽 미화원들이 고장이 났다거나 뭐 안 빨아당겼다, 오늘 왜 안 빨아당겨요? 그러면 이제 전화를 저한테 주시니까 제가 중간에서 이제 매개 역할을 하는 거죠. 전 달을 해드리고. 관리사무소에서 그러면 제가 크린넷[집하장]에 전화를 해서 오늘 작동이 안 되는데 작동 안 하셨나요? 라고 물으면 (중략) 여기서 고장 나는 거는 거기[집하장]에서 고장이 나서 보수 중입니다, 이런 경우도 있고, 우리가 또 고장 나서 그럴 때도 있고... (중략) 왜냐하면 이런 [아파트 단지에] 네 군데, 다섯 군데 중 어느 한군데가 그래도 저희한테 연락을 하니 까 여기 그랬다가 저기 그랬다가 여기 고장 났다가 저기 고장 났다가 이러니까 하루에 한 번 씩은 전화를 하시는 것 같아요. (중략) 막 이렇게 잘 안 지켜서 그런건지 막 우겨가지고, 옷걸이 같은 거 넣지 마라 해도 우겨가지고 그냥 넣어가지고 걸리고...(중략) 이게 돈 부담도 크고 그렇죠.”<sup>13)</sup>



그림 5 50L 대형 일반쓰레기 투입구에 부착된 투입금지 품목 안내문 (출처: 본인 촬영. 2024년 12월 26일. 세종시 고운동)

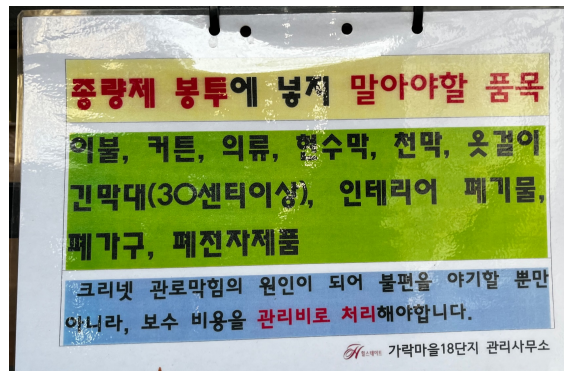


그림 6 크린넷 배출 지역에 부착된 투입 금지 품목 안내문. 관리사무소에서 제작한 안내문으로 보수 비용을 주민들의 관리비로 처리해야 함이 명시되어 있다. (출처: 본인 촬영. 2024년 12월 26일. 세종시 고운동)

민원 처리에 골머리를 앓는 것은 아파트 단지와 같은 주거 단지의 미화원이나 아파트 관리사무소 관계자뿐만이 아니었다. 단일 행정 지역 중 가장 큰 권역에 자동크린넷이 설치되어 있는 세종시의 자동크린넷 업무를 혼자서 맡고 있는 관계자 역시 소음, 악취를 포함하여 “왜 쓰레기 수거가 안 되고 있는지에 대한 민원, 시설이 정상적으로 작동이 되는지 안 되는지에 대한 민원 등” 자동크린

13) 세종시 고운동 G마을 아파트 관리사무소 경리와의 인터뷰 (2024.12.26)

넷 관련 업무를 담당하며 가장 어려운 부분은 ‘굉장히 많이 받는’ 민원 전화라며 관리자로서의 고충을 밝혔다.<sup>14)</sup> 투입구를 포함하여 수송관로와 집하장까지 자동크린넷 시스템의 설비 전반에 대한 운영을 책임지고 있는 민간 위탁사 역시도 잦은 관로막힘 문제에 공감하며, 직접 투입구에 와서 점검을 하거나 도로 한복판을 막고 하부 수송관로를 점검해야 하는 작업의 어려움을 토로했다.<sup>15)</sup>

민원 관련 고충을 토로할 때 아파트 관리사무소 관계자, 시 관계자, 집하장 작업자 모두가 공통적으로 언급했던 것은 “시민 의식” 혹은 “주민 의식”이었다. 종량제봉투에 담지 말아야 할 것을 담아 투입구에 버리고, 폐기물을 버리지 않아야 할 때 (투입구가 가득 찼다거나 수송관로를 통해 폐기물을 당기고 있거나 오류 해결 중일 때)에 투입구 주변에 폐기물을 버리는 등, 크린넷 시스템의 “적절한” 운영에 방해가 되는 것은 이렇게 올바르지 않은 행동을 하는 사용자에게 있다고 본다. 주민들 역시 자동크린넷의 원활한 작동을 위해 서로서로 “주민 의식,” 혹은 나아가 “주인 의식”을 강조하는 모습을 보이기도 했다.

주민들의 입장에서 한편으로는 이것이 단순히 올바른 시기에 알맞는 폐기물을 넣는 문제만은 아닌 것으로 보인다. 설이나 추석처럼 많은 선물을 주고받는 명절에 발생하는 일반쓰레기, 수많은 부대 쓰레기가 발생하는 김장철의 음식물 쓰레기처럼 한국 사회에서 주민으로 살아가면서 자연스럽게 평소보다 많은 쓰레기를 발생시키게 되는 시기도 있는 것인데, 그럴 때 투입구가 가득 차 있거나 시스템이 작동하지 않는 것을 의아하게 여기기도 했다.<sup>16)</sup> 사용자 입장에서는 해서는 안 되는 것에 대한 안내 문구와 경고 문구는 많이 접하지만 정작 자동크린넷을 통해 수거된 폐기물이 어떻게 처리되는지 아는 바가 없어 곤란함을 표하는 인터뷰 참여자도 있었다. 특히, 이전에 살던 다른 지역에서처럼 음식물쓰레기를 한데 모아 통에 버리는 것이 아니라 음식물쓰레기도 종량제봉투에 담아 넣으면 수거 과정에서 비닐과 음식물쓰레기가 다 섞여서 괜찮은 것인지에 대한 우려를 표하기도 했다.<sup>17)</sup> 주민들 입장에서는 앞서 언급된 관리비 부담에 더해 여러 사용 수칙을 준수해야 한다는 부담감을 감수하면서까지 편하게 쓸 수 있는 시스템이 아닌데다가, 환경에 악영향을 미치고 있는 것은 아닌지 우려하고 있음을 확인할 수 있었다.

세종시 아파트 연합회장단을 7년째 맡고 있는 한 인터뷰 참여자는 입주 시에 가구당 200에서 300만원에 달하는 크린넷 사용 비용을 냈음에도 불구하고 이후 보수 비용을 관리비 형태로 주민들이 부담하고 있는 것에 대해 강력히 반대했다. 현재 세종시 크린넷의 관리 주체가 아파트 단지의 경우 시와 아파트로 이원화되어 아파트 단지 내의 투입구의 고장에 대한 보수 비용은 아파트 단지가 부담하게 되어 있어서 이것을 시로 일원화해야 한다는 입장인 것이다.

“입주 비용에 다 들어가 있습니다. 이 분양가에. 그런데 또 쓰레기 무슨 한다고 맨날 돈 부담하고. 고장 나면 이제 건설청에서 시로 이관돼갖고 시에서는 이걸 아파트 단지 사유지에 있는 것은 너희들이 고치고 나머지만 우리가 고친다. 운영 면에서 지금 이렇게 하고 있는데.

14) 세종시 자원순환과 자동크린넷 담당자와의 인터뷰 (2024.07.04)

15) 세종시 자동크린넷 집하장 작업자와의 인터뷰 (2024.06.05.)

16) 세종시 주민1과의 인터뷰 (2024.05.21.)

17) 세종시 주민4와의 인터뷰 (2024.05.21.). 세종시의 경우 일반폐기물용 투입구와 음식물폐기물용 투입구를 통해 수송관로를 구분하여 따로 수거하고 있지만, 여타 지역은 하나의 수송관로를 쓰고 있어 일반폐기물과 음식물폐기물이 한데 뒤섞이고 있다고 세종시 집하장 작업자는 진술했으나 더 면밀한 조사가 필요한 부분이다. (2024.06.05.)

(중략) 한 번 고장 나면 수리 비용이 어마어마해요. 이걸 계속 쓰려면 시에서 가져가야 해요. 이 아파트 단지에서 할 일이 아닙니다. 아파트 단지 밑으로 이렇게 관이 막 다니는데 이 어마어마한 관이 그거 나중에 그거 어떡할 거예요? 그거 막히거나 무슨 큰 고장 나면은 아파트 파낼 거예요? 안 되잖아요. 그래서 이거 지금 두고두고 문제예요.”<sup>18)</sup>

### (3) 소결

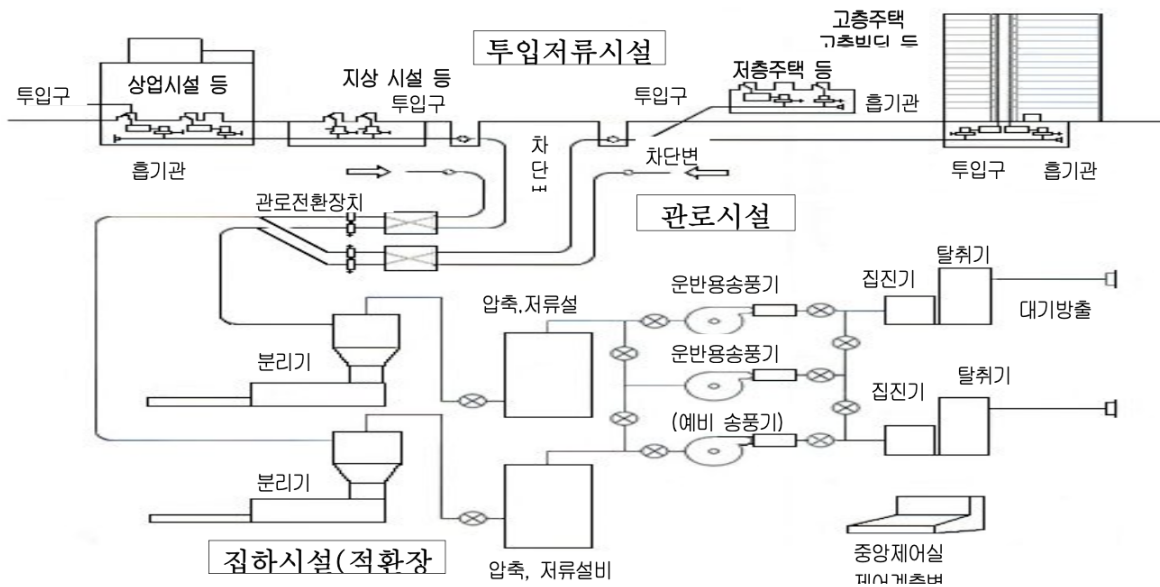
1960년대 초, 스웨덴의 한 병원에 최초로 설치되었던 먼지진공흡입시스템이 폐기물을 수거하는 목적의 자동집하시설로 발전하며 주거 단위로 확장되었다. 복잡한 도시 공간에서 폐기물 수거를 담당하던 수거 차량을 없애고 투입구와 수송관로를 통해 폐기물을 수거할 수 있다는 과학기술은 지속가능한 도시 모델로 각광 받았다. 한국에서는 2000년대 중반 저탄소 녹색 성장을 추진하던 당시 정부가 녹색 도시 개발 사업에 박차를 가할 수 있는 핵심 요소로 자리 잡았다. 그러나 한국에 자리 잡은 듯 보이는 ‘자동크린넷’의 투입구에 폐기물을 올바르게 넣기란 여간 쉬운 일이 아닌 것으로 드러났다. 자동크린넷의 사용자는 수많은 안내 및 지시성 문구, 감시카메라, 과태료 및 관리비 부과에 관한 경고문을 마주하며 폐기물을 버린다. 폐기물이 올바르게 투입구에 넣어졌는지 관리하는 여러 행위자들은 사용자들의 민원에 시달린다. 어떤 폐기물을 넣을 수 있는지 없는지에 대한 사용자들의 학습, ‘투입금지품목’이라는 규칙 준수에 대한 의지, 현재의 운영 체제를 유지하며 관리비를 부담할 의지 등, 자동크린넷이라는 사물이 요구하는 사회적이고 물질적인 조건은 복잡하다.

18) 세종시 주민 6과의 인터뷰 (2024.05.21.)

## 2. 매끄럽게 폐기물을 통과시키기: 자동크린넷 작동의 시간적·공간적 조건

### (1) 자동화와 지하화: 빠르고 안정적으로, 깨끗하고 안전하게

자동크린넷의 핵심 특징은 “자동화 시스템”과 “지하 수송관로”에 있다. 수거원이 지상에서 수거 차량을 동원하여 이동하며 수거하고 운송하여 한 데 모은 폐기물을 압축하여 대형차량에 적환하기까지의 노동을 지하에 매설된 수송관로와 이후 집하장의 기계 설비를 통해 보다 적은 인력으로, 보다 빠르게 하고자 하는 것이다. 환경부에서 2007년 발간한 「생활 폐기물 수집운반용 자동집하시설의 설치 및 운영 지침서」를 살펴보면 “운영 및 유지단계를 고려한 검토사항으로 다음의 네 가지를 명시하고 있다. “다른 지하매설물 관리부서와의 협조 체계,” “비상시 대응체계 확립”과 더불어 “자동/수동 전환의 유연성”을 확보할 것을 적어둠과 동시에 “관리 인원의 최소화 및 자동 운전의 효율성”을 추구할 것을 강조했다. 그러나 자동크린넷을 통과하는 그 어떤 폐기물도 사람을 손과 눈을 거치지 않을 수 없다. (환경부, 2007: 15)



〈그림 1-4〉 관로시설의 흐름과 시설의 구성

그림 7 환경부 「생활 폐기물 수집운반용 자동집하시설의 설치 및 운영 지침서」의 관로시설 흐름도

표준시방서의 제 9편 “생활폐기물 이송관로 및 집하시설 공사” 부분에 명시된 것처럼 자동크린넷의 “생활폐기물 이송관로는 생활폐기물 투입구로부터 중앙 집하장까지 연결하는 관로로서 주로 지하에 매설되며, 생활폐기물 및 공기를 통과시키는 기능을 수행한다.” (국토해양부, 2012: 820 쪽) 관로의 작동은 자동 수거 조건이 입력되어 있는 소프트웨어와 이것을 작동시키는 오퍼레이터와 긴밀한 상호작용으로 이뤄진다.<sup>19)</sup> 오퍼레이터는 작업 수칙에 의거하여 정해진 시간이 되면 담당 구역의 송풍구를 열고 모니터링 스크린을 보며 적절한 때에 송풍구를 닫는 일을 한다. 오퍼레이터

19) 위에서 서술한 것처럼 집하장은 여러 종류의 설비가 모여 있는 곳으로, 각기 다른 작업의 이뤄진다. 그 중에서 자동 제어 시스템을 운전하는 작업자를 인터뷰 참여자가 “오퍼레이터”라고 부른 것을 그대로 사용했다. 산업시스템공학 분야 전문가와의 인터뷰 (2024.05.14.)

가 송풍구를 열면 수송관으로 공기가 유입되어 투입구에 모여있던 폐기물이 수 km를 거쳐 수송관로를 통해 해당 권역의 집하장의 원심분리기까지 떨어져 들어온다. 세종시의 내외부의 교통망과 시민들의 일상적 움직임을 모델링하는 연구 사업의 일환으로 자동크린넷 운영 개선점 도출 프로젝트를 진행했던 산업시스템공학 분야의 한 전문가는 자동크린넷의 가장 큰 문제를 수송관로가 자주 막히는 것으로 보았다. 그는 관로가 막히는 데에는 여러 이유가 있지만 그 중 폐기물이 집하장으로 떨어져오는 와중에 오퍼레이터가 송풍구를 닫는 것을 문제로 보았다.

“떨러오는 와중에 송풍구를 스톱하기 때문에 그래요. (중략) 왜 시간이 다 되겠냐. 왜냐 하면 우리 투입구 빨리빨리 해달라고 사람들이 민원을 하니깐. 그러니까 여기에 더 오고 떨러오는 게 킴플릿(완료)되는 것을 확인해야 되는데, 일하는 스케줄도 있고~ (중략) 그러니까 이 시간이 되면 나는 다음 거 열어야지, 이렇게 한단 말이지. 물론 이거의 문제점에 대해서 또 좀 아는 고참들은 이렇게 하진 않아요. 하지만 잘 모르는 오퍼레이터가 오면 다음 거 계속 떨러오면은 오다가 바람이 끊겨. 그럼 애(쓰레기)가 떨어지는 거야. 그럼 거기에 남게 되는 거예요. 그러니까 관로는 막힌다. 그래서 이 오퍼레이팅 수칙에 적혀 있어요. (중략) [직접 찍은 원심분리기 사진을 가리키며] 카메라가 이렇게 쫓혀 있는 것이다. 이 카메라에서 보면서 원심 분리기에서 오는 물체가 더 이상 이 플로우(흐름)가 일정 시간 없더라는 것을 확인한 후에야 애를 끊고 다음 흡입구를 열어야 되는 것이다.”<sup>20)</sup>

그는 이것을 작업 미숙의 문제로만 보지 않고 공학적으로 보완할 수 있는 문제로 보고, 이 과정을 수송관로 곳곳에 사물 감지(object detection) 기능을 가진 장치를 추가로 설치해 개선하려고 시도했지만 해당 프로젝트가 중단되었다고 아쉬움을 표했다. 결국엔 자동 운전을 하더라도 관로 내부에 남아 있는 폐기물이 없는지 끝까지 확인하는 것은 오퍼레이터의 눈이어야 하며, 비로소 오퍼레이터의 손을 거쳐 송풍구가 닫혀야 관로는 매끄럽게 작동할 수 있는 것이다.

20) 산업시스템공학 분야 전문가와의 인터뷰 (2024.05.14.)



그림 8 집하장 내부 전기실 “위험특고압 22900V, 관계자이외출입금지” (출처: 본인촬영. 세종시)



그림 9 세종시 한 집하장의 1층에 위치한 자동크린넷 홍보관 내부의 자동크린넷 시스템 도식도. 오른쪽 부분에 집하시설의 복잡한 설비를 들여다 볼 수 있다. (출처: 본인촬영. 세종시)

수송 관로를 통과하는 것은 시작일 뿐, 집하장에 도착한 폐기물은 원심분리 후 분진 제거, 냉각, 집수, 등의 복잡한 공정 단계를 거쳐야만 한다. 이 때문에 집하장은 22,900V에 달하는 특고압 설비들이 작동하는 원심분리기실, 기계부품실, 진공흡입장치실, 탈취기실, 수집기계실 등 여러 공간으로 나뉘어져있고, 집하장에 근로하는 작업자는 대부분 전기 및 전자 분야의 전문성을 갖춘 엔지니어들이다. (그림 8) 일련의 중간처리과정을 거쳐 음식물쓰레기는 수질복원센터로, 일반쓰레기는 폐기물연료화시설 및 소각장으로 보내진다. (그림9) 집하장의 각 공간이 담당하는 중간처리 과정은 일반적인 문전 수거 방식으로 폐기물이 수거될 때는 필요하지 않은 과정이지만, 폐기물이 수송 관로를 통과하며 서로 섞이고 응축되며 필요해진 방식이다.

흥미로운 것은 이러한 일련의 과정이 통합중앙제어실의 모니터링 스크린을 통해 관리되고 있다는 것이다. 수송관로와 각 설비를 이어주는 밸브의 여닫힘 상태, 펌프나 반출설비의 시작 및 정지 상태, 송풍기 전단의 압력, 온도, 공기 속도, 옥상으로 방출되는 공기에 포함된 화학물질의 농도까지 세부적인 정보를 도식적으로 담은 스크린 화면은 사무실 벽면의 한쪽을 가득 메웠다. 그 옆에 나란히 붙은 스크린 화면은 현재 시각과 함께 일반폐기물과 음식물폐기물이 날아와 도착하는 지점의 원심분리기를 포함해 반출될 폐기물을 모은 컨테이너 반출실 등의 상태를 실시간 영상으로 보여준다.<sup>21)</sup> 그러나 큰 모니터링 스크린을 통한 면밀한 관리감독이 무색할 만큼 시스템을 불안정하게 만드는 것은 자동 수거 운전 조건 자체에도 있었다. 구체적으로 집하장 오퍼레이터가 담당하고 있는 업무는 지자체와의 협약 의무사항에 정해진 횟수대로 매일 쓰레기를 수거하는 것이다. 세종시의 경우 1일 일반쓰레기 수거 2회, 음식물쓰레기 수거 1회, 총 3회를 반드시 충족해야 한다. 업무 시간 내에 설비에 오류가 발생하면 직접 설비를 고치기 전까지는 수거가 일시 중단된다. 이후 수거를 재개하게 되면 초과 근무로 이어지게 되는 것이다.

“그 의무 시간 내에 설비가 고장 나면 설비도 고쳐야 되고 뭐도 해야 되는데. 고장 나고 문제 있으면 수거가 안 되니까 그걸 고치기 위해서는 시간이 무한정 늘어나는데, 고쳐지고 제대로 세팅이 돼서 수거하기까지 그러면 이 추가 시간에 갇던 것이 어디 가서 누가 보상을 받느냐는 거지. (중략) 그럼 평균적으로 13시간, 14시간 걸리는 것이 이게 추가로 수리한다든가 뭔가 문제 발생해서 딜레이 되는 타임이 뒤로 붙어버린단 말이죠. 이게 매일 그렇지 않지만 평균적으로 발생할 수 있는 ot(over time)의 발생들이 생긴단 말이죠. 1년 365일 사람 생활하는 데도 여러 문제들이 생기는데, 똑같은 거를 운영해도 기계가 언제 터지고 언제 어떻게 될지 모르는데. 그것도 (자동크린넷은) 쉽이 없는 기계잖아요. 365일.”<sup>22)</sup>

위의 인터뷰 인용문에서는 작업 시간 내 고장 해결 후 의무 수거 횟수를 충족하느라 초과 근무를 할 수밖에 없는 작업자의 고충이 드러난다. 수거원이 수거차량을 통해 직접 폐기물을 수거하고

21) 해당 부분은 세종시의 한 자동크린넷 집하장을 방문하여 직접 보고 적어둔 메모와 촬영해둔 사진을 바탕으로 작성했지만 집하장 운영 보안 문제로 사진은 첨부하지 않았다. 세종시 현장 방문 (2022.10.21.)

22) 세종시 집하장 작업자와의 인터뷰 (2024.06.05.)

돌아다니지 않게 되었지만 자동 수거 프로그램을 가동하는 운전원의 새로운 유지보수 작업을 하게 된 것이다. 때로는 유지보수조차 할 수 없게 집하장 전체가 중단되기도 한다. 투입구부터 집하장까지 초속 30~40m(약 시속 120km)의 고속으로 이동하는 폐기물은 수송관로와 부딪히며 마찰열을 일으키고 이로 인해 관로 내부 온도는 약 150도까지 온도가 올라간다. 이렇게 고온의 폐기물이 수송관로와 집하장이 연결된 부분의 필터와 접촉하면서 집하장 설비의 잦은 화재의 원인이 된다.<sup>23)</sup> (그림10) 이 경우 집하장을 보수하게 되어 자동크린넷이 운영되지 않는 여타 행정 구역처럼 문전 수거 방식으로 쓰레기를 수거하게 된다. 그러나 이처럼 시설에 문제가 생겼을 때 문전 수거 예비 인력을 확보해두고 운영하는 것은 예산 문제로 어려움이 많다고 시 관계자는 말한다.

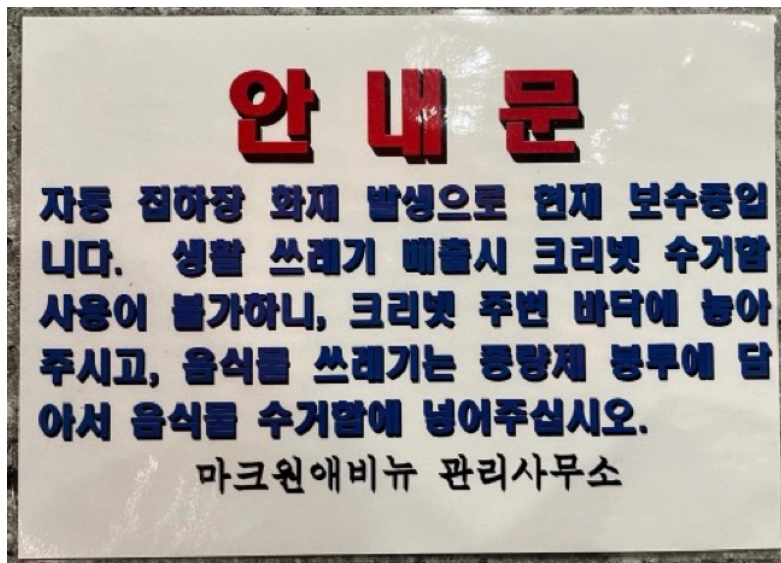


그림 10 세종시 한 상업 지구에 붙은 자동크린넷 집하장 화재 발생 안내문 (출처: 본인 촬영. 2024년 3월 22일. 세종시 나성동)

“자동으로 수거를 하는데, 이 시설이 고장이 난다라고 하면 수동으로 수거를 해야지 되잖아요, 문전 수거를. 근데 우리 시도 마찬가지로 어느 시군도 마찬가지지만. 문전 수거 예비 인력을 확보해놓고 자동 크린넷을 확보해 놓고 자동 크린넷을 운영하는 데는 없어요. 왜냐하면 예비 인력을 확보하려면 이걸로 문전 수거를 하지 굳이 자동크린넷을 운영할 필요가 없거든요. 이중으로 돈이 예산이 들어가는 거니까. 그래서 자동 크린넷이 수거가 중단되면 이제 문전 수거를 진행을 해야지 되는데 이 문전수거할 인력이 없다 보니 많은 민원들이 발생하죠. 문제들이 발생하고.”<sup>24)</sup>

시 관계자가 구술한 것처럼 예비 인력 확보를 위한 현실적인 어려움으로 인해 민간 위탁 운영사의 작업자가 문전 수거를 하거나 문제가 발생한 집하장이 담당하는 지역의 규모가 큰 경우에는 읍사무소 혹은 동사무소에 협조를 구해 소속 미화원이 문전 수거를 하는 등 추가 인력을 투입하는 방식으로 자동 시스템의 오류를 보완하며 유지되고 있다.

23) 세종시 자동크린넷 집하장 작업자와의 인터뷰 (2024.06.05.)

24) 세종시 자원순환과 자동크린넷 담당자와의 인터뷰 (2024.07.04)

고속 고압 수송 조건은 수송관로의 노후화를 초래하기도 한다. 빠르게 수송되는 폐기물의 마찰 열이 화재를 일으켜 집하장 작동을 일시적으로 중단시키기도 하지만, 마찰열이 빠르게 식으면서 만들어지는 결로(結露)는 관의 부식을 서서히 촉진한다. 또한 지하 공간에 묻혀 있는 관로는 직선 형태인 부분과 곡선 형태인 부분이 있는데, 이렇게 관로가 구부러지는 곡선부에 빠른 속도로 이동하는 폐기물이 반복적으로 충돌하면서 해당 부분이 빠르게 부식되기도 한다.<sup>25)</sup> 2012년에 개정된 산업환경설비공사 표준시방서에 따르면 생활폐기물 이송관로의 경우 “30년 동안 기능을 유지할 수 있도록 배관두께를 선정”해야 하며 “지하에 매설되는 배관은 매립지의 토양염분성분을 감안하여 부식발생을 방지할 수 있는 PE코팅관을 사용하고 방식대책을 강구하여야” 한다. (국토해양부, 2012: 821쪽) 관로 밖을 둘러싼 지하 토양의 염도를 고려해 관의 재질과 두께를 선정하도록 되어 있지만 관로 안을 통과하는 폐기물의 성상과 속도에 대한 고려는 찾을 수 없다.

## (2) 거대한 기계 설비와 폐기물 처리 인프라 사이에서

자동크린넷의 자동 운영에 방해가 되는 요인은 워처럼 여러 가지이나 자동크린넷의 설치, 사용, 유지보수, 관리감독에 이르기까지 다양한 행위자가 관여되어 있어 하나의 묘책은 없다. 환경부 자원순환국이 발간한 「생활 폐기물 수집운반용 자동집하시설의 설치 및 운영 지침서」에는 “생활폐기물을 대상으로 하는 자동집하시설을 지역 내에 설치하기 위해서는 현황 조사, 계획, 실시(설계, 시공, 유지관리), 평가의 순으로 진행하고, 지속적으로 점검하여 문제점이 개선되는 절차를 갖도록 하여 사업이 합리적으로 진행되도록 한다. 또한 자동 집하시설을 계획하고, 설계, 설치 및 유지관리에 있어서는 관계법령을 준수하고 관계단체 규격을 준수하도록 한다”라고 명시되어 있다. (환경부, 2007: 12) 사실상 자동크린넷의 설치 단계에 가장 중요한 역할을 수행하는 것은 국토교통부 산하의 LH 한국토지주택공사로, 토지 및 도시 개발 단계에서 자동크린넷 시스템을 도입하기로 결정하면 민간 시공사가 전반적인 공사 진행을 담당한다.<sup>26)</sup> 이 때 앞에서 언급한 엔백과 같이 투입구, 수송 관로, 집하장을 설계하는 민간 설비 회사가 하드웨어 시스템을 설치하고 소프트웨어 시스템 담당 회사도 관여하게 된다. 공사가 마무리되면 해당 지역의 지자체가 전체 시스템을 운영하기 위한 모든 관리 감독 책임을 진다. 가장 중요한 업무 집하장을 운영하는 민간 위탁사와 계약을 체결하고 예산을 분배하며, 주민 등 사용자들의 민원을 접수하는 일이다. 이렇듯 자동크린넷의 도입 및 설치 단계와 이후 사용, 유지보수, 관리감독에 관여하는 행위자가 자동크린넷이 작동하는 데 있어 수행하는 역할과 그로 인한 기대 등이 모두 다르다. 자동크린넷을 도입하고 설치하는 LH 한국토지주택공사와 민간 시공사의 입장에서는 대규모 개발 사업으로서 신규 택지에 자동크린넷 시스템을 도입할 필요성을 설득하고 공사를 잘 마무리하여 이윤을 창출하는 것에 중점을 둔다. 초기에 설정한 내구연한에 맞게 지속적으로 시스템이 잘 작동하고 있는지, 유지보수에는 어떤 전문성과 예산이 필요한지 등은 고려 사항이 아니다. 이는 자동크린넷을 꾸준한 이해관계의 조정이라는 정치적 과정을 수반하는 필수 인프라가 아니라 단순히 새로운 기계 설비로서 도입했기 때문으로 볼 수 있다.

수차례 무산된 법제화 시도를 통해 확인할 수 있듯, 자동크린넷은 하수처리, 재활용선별, 소각, 매립 등 폐기물처리를 담당하는 필수 인프라인 환경기초시설에 준하는 지위를 획득하지 못했다.

25) 세종시 자원순환과 자동크린넷 담당자와의 인터뷰 (2024.07.04)

26) 세종시 자동크린넷 집하장 작업자와의 인터뷰 (2024.06.05.)

2010년 백재현 의원이 대표발의(의안번호 제8171호)한 안을 살펴보면, 앞서 2003년 경기도와 2006년 인천경제자유구역청이 법제화를 건의했지만 제도적 장치가 미비한 실정을 짚으며 생활폐기물자동집하시설을 “폐기물처리시설”의 종류에 포함하도록 개정안을 발의하였다. 폐기물관리법에서 폐기물처리시설을 중간처리시설과 최종처리시설로서만 규정하고 있기에 운반시설에 해당하는 자동집하시설은 폐기물처리시설의 지위를 획득하지 못하는 현실을 바로잡기 위함이었다. 그러나 해당 발의안은 통과되지 못했다. 10년이 흐른 후 지난 2021년 폐기물관리법을 개정하고자 김선교 의원이 대표발의(의안번호 제2112475호)한 안에는 생활폐기물자동집하시설을 설치 및 운영하는 자가 환경부령으로 정하는 설치 및 안전 관리 기준에 따라 해당 시설을 설치하고 운영해야 함과 운영 및 관리 주체를 시설 가동으로 직접 수혜를 보는 사업자 또는 입주민으로 명시하고자 하는 일부개정법률안이 제안되었다. 해당 안에 대해 2022년 5월과 2023년 2월과 3월에 세 차례 토론 및 축조심사가 이뤄졌지만 2024년 5월 29일 본회의 의결 당시 김선교 의원의 임기가 만료되어 발의안이 폐기되었다. (국민참여입법센터, 접속일: 2025년 2월)

필수 인프라가 아닌 기계 설비로서의 자동크린넷의 지위는 자동화를 불안정하게 만든다. 폐기물처리시설은 산업용 시설에 해당되지만 단순히 폐기물운반시설로 분류되어 있는 자동크린넷은 가정용 시설에 해당되어 산업용 시설에 적용되는 전기료 감액을 적용받지 못한다. 민간위탁운영사가 집하장 가동을 위해 지출하는 전기료는 막대하지만 지자체에서 민간위탁 운영사에 할당하는 예산은 전기료와 인건비를 감당하기에 부족한 현실이다. 이에 민간위탁운영사는 작업자를 적게 고용하게 되고 집하장 작업자 한 명 한 명의 작업량이 늘어나 노동 환경은 열악해지는 악순환이 발생하는 것이다.

### (3) 소결

기술은 그것이 개발된 맥락을 벗어나 그것이 사용되는 맥락에 따라 유지되고 보수되고 쇠퇴하기도 한다. 자동크린넷의 설치와 운영으로 일반폐기물과 음식물폐기물이 배출된 장소부터 처리되는 장소까지의 모습은 도심에서 어느 정도 자취를 감췄을지 모른다. 그러나 그 과정에서 새로운 종류의 노동과 더 철저한 감시와 더 많은 예산이 필요해졌다. 다양한 행위자와의 상호작용 속에서 끊임 없이 변화하는 사물로서, 그리고 거대한 기계 설비들의 직선적인 조합이 아니라 도시의 필수 인프라를 담당하며 더 복잡하게 얽힌 사회, 문화, 물질의 복합체로서 자동크린넷을 바라봐야 할 것이다.

## IV. 결론

### 1. 나가며: 정책적·학술적 의의



그림 11 대전의 한 아파트 단지. 녹이 쓴 자동크린넷 투입구들 사이로 음식물폐기물 수거함이 놓여 있다. (출처: 본인 촬영, 대전시)

대전의 한 아파트 단지는 자동크린넷이 곳곳에 놓여 있으나 모두 녹이 슬고 잠겨 있다. 잦은 고장으로 인한 유지비를 부담하기 어려워진 단지 주민들이 협의하여 사용을 중단하기로 결정한 것이다. 이후, 자동크린넷을 사용하지 않는 다른 곳들처럼 수거함에 음식물폐기물을 수거함에 모아 배출하고 일반쓰레기는 종량제 봉투에 담아 아파트 건물 앞 지정된 곳에 놓아두면 지정된 요일에 수거차량이 들어와 수거해가는 시스템으로 돌아갔다. 폐기물 수거를 위한 기계 설비가 아파트 단지 전체에 걸쳐 유명처럼 덩그러니 놓여 있는 광경은 우리에게 감추고자 했던 인프라의 자국에 대한 질문을 무겁게 던진다.

생활폐기물 자동집하시설을 운영하며 나타나는 수많은 문제점은 비단 한국 사례로 국한되지 않는다. 일본의 경우 한국보다 앞선 1980년대에 최초로 설치되었으나 운영하는 과정에서 많은 시행착오가 발생하여 20년이 경과한 시점에서 시설을 폐쇄하는 사례가 있었으며, “관로시설에 대한 불신감이 높아져 새로운 시설의 설치에 회의적”이라고 환경부가 발간한 생활 폐기물 수집운반용 자동 집하시설 설치 민 운영 지침서의 “시설계획에 있어서 고려사항” 부분은 명시하고 있다. (환경부, 2007: 17) 특히 해당 부분에서 1977년 계획되고 1983년에 일본주택공단에 의해 시공된 D뉴타운의 실패 사례를 면밀히 검토하였는데, 관로 설치 계획 당시 예측한 수거량 대비 실제 수거량이 현저히 떨어져 배출장 부담액보다 실제 유지보수비용이 훨씬 커서 시설 운영 주체의 적자가 지속되어 유지보수하기보다 폐쇄하기로 결정한 과정이 상세히 기술되어 있다. 수거량에 영향을 미친 것은 미진한 도시개발과 재활용제품의 분리배출의 가속화인 것으로 분석하고 있다.

일본의 사례를 통해 한국 환경부가 동 지침서에서 강조하는 것은 “관로를 사용하는 기간 동안

(15년에서 30년)에 발생량의 변동을 정확히 예측해야” 한다는 것이다. (환경부, 2007: 18) 더불어 수집 대상 폐기물 특성의 검토와 폐기물 관련 정책동향에 따른 의사결정이 강조되고 있다. 한국 역시 2020년 이후 탄소중립 및 순환경제로의 이행에 있어 폐기물 직매립 금지 및 재활용 활성화에 중점을 두고 있는 만큼 자동크린넷이 과연 지속가능한 폐기물 수거 인프라로 기능할 수 있는지에 대한 비판적 검토가 필요한 이유이다.

## 2. 향후 연구 계획

본 연구는 생활폐기물자동집하시설, 일명 ‘자동크린넷’의 도입, 운영, 유지보수의 일련의 과정과 관련 행위자를 조명하여 새로운 과학기술시스템이 작동하는 사회문화적, 물질적 맥락을 면밀히 검토하고자 했다. 보이지 않게 감춰지고 고장 없이 매끄럽게 작동해야 하는 자동크린넷은 그것이 위치한 사회와 그것이 작동하는 물질적 기반과 마찰을 일으키며 그 존재를 드러냈다. 자동크린넷이라는 기술적 실체가 비가시성, 일상성, 안정성, 효율성의 틀 안에서 원활히 작동할 수 있으려면 이것이 어떤 행위자와 관계 맺고 있는 인프라인지 더욱 다양한 각도에서 검토되어야 할 것이다.

이러한 점에서 본 연구는 추후 여러 면에서 보완이 필요하다. 먼저, 2024년 7월 3일 세종시의 회가 구성한 “크린넷특별위원회”의 활동을 추적해볼 것이다. (세종의소리, 2023년 11월 14일; 세종의소리, 2024년 7월 12일) 세종시 아파트 단지 대표들이 구성한 본 위원회에서 제기되는 크린넷의 문제점을 세종시와 어떻게 논의해가는지 기록이 필요하다. 또한 세종시 뿐 아니라 자동크린넷이 최초 도입된 용인 수지구의 노후화 사례, 앞 절에서 간략히 언급한 대전의 한 아파트 단지처럼 운영이 중단된 사례, 인천 영종 지구처럼 설치된 이래로 십여 년 만에 처음 가동을 시작하는 사례 등 더 많은 국내 사례를 발굴하여 “한국의 자동크린넷”으로서의 속성을 면밀히 검토할 것이다. 이를 위해 많은 폐기물자동집하시설이 운영 중단된 바 있는 일본의 사례와 1960년대에 도입했지만 여전히 운영이 잘 되고 있는 스웨덴의 사례도 더 깊이 검토되어야 한다.

또한, 생활폐기물 집하시설에 관한 공학적 지식도 보강이 필요하다. 본 연구에서 앞서 기술했듯 스웨덴의 공학자가 개발한 진공흡입시스템을 최초로 한국으로 들여올 때 어떤 전문가 집단에 의해 어떤 기술력이 전수되었는지, 한국의 맥락에 맞게 변형된 것이 있다면 어떤 것인지 등에 대한 자료의 보완이 필요하다. 실제로 환경부가 발간한 지침서나 국토교통부의 표준시방서에는 투입구 설치 위치(옥내형, 옥외형), 파이프 수송 방식 (공기 흡입, 공기 압송, 물 흡입, 물 유압), 집하시설 설치 방식 (고정식, 이동식), 규모 (대규모, 소규모) 등 다양한 형태의 자동집하시설을 소개하고 있는데, 어떤 공학적 지식을 기반으로 하여 지금처럼 대규모 고정식 공기 흡입형 수송관로와 옥외형 투입구가 자리 잡았는지 검토해볼 것이다. 또한, 환경부 지침서에 따르면 15년에서 30년 사이로 사용연한이 설정되어 있는데 이것이 어떻게 산정된 수치인지, 사용연한을 넘겨 운영되고 있는 시설이 있다면 이후 유지보수 혹은 폐기나 철거에 이르는 과정은 어떻게 진행되고 있는지 더 많은 연구가 필요하다.

편집순서 7

## 참고문헌

- 건설교통부. (2001). 산업·환경설비공사 표준시방서.
- 국회. <폐기물관리법 일부개정법률안 (백재현 의원 대표발의)>. 발의연월일 2010.4.14.
- \_\_\_\_\_. <폐기물관리법 일부개정법률안 (김선교 의원 대표발의)>. 발의연월일 2021.9.8.
- \_\_\_\_\_. 2022.5. 제2차 환경노동위원회 “폐기물관리법 일부개정법률안 검토보고.”
- 국토교통부고시 제2013-48호. (2013.4.12.)
- 국토교통부. (2013). 「제2차 유비쿼터스도시 종합계획(2014~2018)」.
- \_\_\_\_\_. (2019). 「제3차 스마트도시 종합계획(2019~2023)」.
- 국토교통부, 행정중심복합도시건설청, 세종특별자치시, LH 한국토지주택공사. (2019). 「세종 스마트 시티 국가 시범도시 시행계획」.
- 국토해양부고시 제2009-1014호. (2009.10.20.)
- 국토해양부. (2009). 「제1차 유비쿼터스도시 종합계획(2009~2013)」.
- \_\_\_\_\_. (2012). 산업·환경설비공사 표준시방서(개정).
- \_\_\_\_\_. (2022). 보도자료 “신도시를 저탄소 녹색도시로 조성합니다.” 2022.01.22.
- 국토해양부, 교육과학기술부, 행정안전부, 지식경제부, 환경부, 산림청. (2009). 「녹색도시·건축물 활성화 방안」.
- 윤하연, 박원석. (2012). 인천광역시 쓰레기 자동집하시설 운영 합리화 방안. 인천발전연구원.
- 이정. (2024). “기반 시설, 혹은 사회생태 기간망을 통한 생태적 역사학,” 『개념과소통』 제33호, 318-351.
- 환경부 자원순환국. (2007). 「생활폐기물 수집운반용 자동집하시설 설치 및 운영 지침서」.
- LH 토지주택연구원. (2015). 「개발지구 생활폐기물 자동집하시설의 운영실태 분석연구」.
- Douglas, M. (1996). *Purity and Danger*. Routledge.
- Edgerton, D. (2010). Innovation, Technology, or History: What is the Historiography of Technology About? *Technology and Culture*, 51(3), 680-697.
- Hawkins, G. (2017). Ethical Blindness: plastics, disposability and the art of not caring. In. V. Kinnunen & A. Valtonen (eds). *Living ethics in a more-than-human world*. University of Lapland Press.
- Hirsh M., Angela Ki Che Leung & Izumi Nakayama. (2020). Infrastructure, Modernity, and the Technologies of Everyday Life: Insights from a Collaborative Research Project on the Making of Modern East Asia. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal*, 507-521.

- Hughes, T. P. (1987). The Evolution of Large Technological Systems. In. Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, and Trevor Pinch. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. The MIT Press.
- Larkin, B. (2013). The Politics and Poetics of Infrastructure. *Annual Review of Anthropology*, 42, 27-343.
- Liboiron, M. (2017). *Pollution Is Colonialism*. Duke University Press.
- Melosi, M. V. (1981). *Garbage in the Cities: Refuse, Reform, and the Environment, 1880-1980*. Texas A&M University Press.
- Star, S. L. (1999). The Ethnography of Infrastructure. *American Behavioral Scientist* 43(3), 377-391.
- Strasser, S. (1999). *Waste and Want: A Social History of Trash*. Holt Paperbacks.
- Tarr, J. A. (1984). The Search for the Ultimate Sink: Urban Air, Land, and Water Pollution in Historical Perspective. *Environmental History*, 3(1), 1-29.
- \_\_\_\_\_. (1996). *The Search for the Ultimate Sink: Urban Pollution in Historical Perspective*. The University of Akron Press.
- Vinsel, L. and A. L. Russell. (2020). *The Innovation Delusion: How Our Obsession with the New Has Disrupted the Work That Matters Most*. Currency.
- Zalasiewicz, J., Colin N. Waters, Juliana A. Ivar do Sul, Patricia L. Corcoran, Anthony D. Barnosky, Alejandro Cearreta, Matt Edgeworth, Agnieszka Gałuszka, Catherine Jeandel, Reinhold Leinfelder, J.R. McNeill, Will Steffen, Colin Summerhayes, Michael Wagemich, Mark Williams, Alexander P. Wolfe, Yasmin Yonan. (2016). The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, 13, 4-17.
- Zalasiewicz, J., M. Williams, Colin N. Waters, Anthony D. Barnosky, and Peter Haff. (2014). The technofossil record of humans" *The Anthropocene Review*, 1(1), 34-430.

## 신문 기사 및 뉴스

- 김강우. (2023년 11월 14일). 세종시 자동크린넷 문제, 세종시의회 나섰다. 세종의소리.
- 김셋별. (2024년 11월 6일). 10년째 골칫덩이' 인천 영종 크린넷, 수백억 수리비 폭탄. 경기일보.
- 이두걸. (2005년 4월 29일). [빌딩 X파일] 잠실 시그마타워. 서울신문.
- 정세희. (2018년 5월 3일). [뉴스탐색] 사람 잡는 살인기계? 신도시 우후죽순 크린넷 가동 중단을. 헤럴드경제.
- 정용인. (2012년 6월 23일). 쓰레기처리시설 '크린넷', 알고보니 무용지물. 경향신문.
- 조선일보. (1980년 10월 2일). 폐기 플라스틱 자원으로 재활용한다. 「한국 자원재생공사」 발족 1개월. 조선일보.

최병조. (2024년 7월 12일). 30년 보장 ‘크린넷’, 10년 만에 문제 발생, 말이 되나. 세종의소리.  
KBS뉴스. (2018년 12월 23일). ‘땅에 버린 185억’ 아산 크린넷. KBS뉴스.

## 인터넷 자료

국가법령정보센터 <https://law.go.kr/>

국민참여입법센터 <https://opinion.lawmaking.go.kr/gcom/gcomMain>

세종시 홈페이지 [https://www.sejong.go.kr/recycle/sub05\\_0301.do](https://www.sejong.go.kr/recycle/sub05_0301.do)

엔백그룹 홈페이지(본사) <https://www.envacgroup.com/>

엔백그룹 홈페이지(한국 지사) <https://www.envacgroup.com/kr/>

환경부 홈페이지 <https://www.me.go.kr/>

본 연구보고서의 내용은 연구자의 의견이며,  
(재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.