

북한 환경상태: 하수도와 폐기물

Environmental Status in North Korea: Sewerage and Waste

박규홍 · 이승희 · 권순원 · 장전리 · 최 용 · 최형진



■ 저 자 박규홍, 이승희, 권순원, 장전리, 최 용, 최형진

| 연구집

연구책임자	박규홍 (중앙대학교 교수), 이승희(경기대학교 교수)
참여연구원	권순원 (중앙대학교 연구조교)
	장전리 (중앙대학교 연구조교)
	최 용 (경기대학교 연구조교)
	최형진 (경기대학교 연구조교)

■ 연구자문위원 (가나다순)

강성룡 (국립생태원 부장)	윤성욱 (충북대 교수)
공우석 (경희대 교수)	윤정호 (한국환경연구원 선임연구위원)
김익재 (한국환경연구원 선임연구위원)	이영준 (한국환경연구원 선임연구위원)
김재한 (한림대 교수)	이정석 (한국환경연구원 연구위원)
김태윤 (한국환경연구원 연구위원)	정준희 (통일부 남북협력지구발전기획단 단장)
서종원 (고통여구원 동북아북한고통여구센터 센터장)	

© 2021 한국환경연구원

발행인	이영수
발행처	한국환경연구원
	(30147) 세종특별자치시 시청대로 370
	세종국책연구단지 과학·인프라동
	전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799
	http://www.kei.re.kr
인쇄	2021년 12월 26일
발행	2021년 12월 31일
등록	제 2015-000009호 (1998년 1월 30일)
ISBN	979-11-5980-536-3 94530
	979-11-5980-530-1 (전6권 세트)
인쇄처	(주)범신사 02-720-9786

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처를 표시해 주십시오.
박규홍, 이승희 외(2021), 「북한 환경상태: 하수도와 폐기물」, *한국환경연구원*

값 10,000원

이 보고서는 2021년 한국환경연구원에서 일반사업과제로 수행한
“북한 환경상태 조사 및 남북 환경협력사업 개발 연구”(전6권 세트)의 제6권입니다.

“북한 환경상태 조사 및 남북환경협력사업 개발 연구”

보고서 번호	연구보고서명 (연구책임)	목차
(제1권) 사업보고서 2021-09-01	북한 환경상태 조사 및 남북 환경협력사업 개발 연구: 총괄고보서 (강택구)	1. 서 론 2. 2021년 연구사업 요약 3. 1단계 평가 및 향후 계획
(제2권) 사업보고서 2021-09-02	DMZ 일원 개발사업 환경영향평가 방안: 경기권 DMZ 및 접경지역을 중심으로 (전동준)	1. 서 론 2. 경기권 DMZ 접경지역 현황 3. 경기권 DMZ 및 접경지역 개발계획 및 개발사업 현황 4. 경기권 DMZ 및 접경지역 토지피복, 생물서식지 질 및 탄소저장량 5. 경기권 DMZ 접경지역 유형별 개발 계획 환경영향평가 중점 검토 사항 6. 결론 및 제언
(제3권) 사업보고서 2021-09-03	북한 자연재해 자료 구축과 협력 전략 (강택구)	1. 서 론 2. 북한 자연재난 30년 분석 (1991~2020년) 3. 북한 자연재난 관련 법제도 및 대응체계 4. 국제사회와 남북한 협력 현황 5. 결론 및 제언
(제4권) 사업보고서 2021-09-04	북한의 기후변화 취약성과 기후변화 대응을 위한 남북협력(I) (명수정)	1. 서 론 2. 기후변화 및 기후변화 취약성 동향 3. 북한지역 기후변화 취약성 검토의 기 초자료 구축과 시범적용 4. 1차연도 결론

“북한 환경상태 조사 및 남북환경협력사업 개발 연구”(계속)

보고서 번호	연구보고서명 (연구책임)	목차
(제5권) 사업보고서 2021-09-05	KEI 북한환경동향 2021년 (강택구)	<ul style="list-style-type: none">1. 북한 매체 보도 동향2. 국내 매체 보도 동향
(제6권) 사업보고서 2021-09-06	북한 환경상태: 하수도와 폐기물 (박규홍, 이승희)	<ul style="list-style-type: none">제1부1. 서 론2. 북한 하수도 관련 정책 및 법·제도3. 북한 하수도 일반 현황4. 북한 하수도의 관리5. 결론 및 제언제2부1. 서 론2. 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도3. 북한 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보, 분류체계와 관리현황4. 북한 폐기폐설물(폐기물)의 관리분석5. 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점 및 관리방안6. 결론 및 제언

서 언

올해 9월 한국환경정책·평가연구원에서 한국환경연구원으로 이름을 변경한 우리 원은 2019년 KEI 북한환경정보센터를 개소하여 운영하고 있습니다. 남북한 환경협력에 대응하고자 우리 한국환경연구원은 남북한 환경협력 정책지원을 위한 기초 자료수집과 관련 정책을 수립하고 남북한 교류와 협력을 증대할 수 있는 체계적인 기반 마련의 수요에 대응하고자 북한환경정보센터를 개소한 것입니다. KEI 북한환경정보센터는 북한 환경문제에 대응하고 한반도 차원의 지속가능한 발전을 위해 남북한 간에 추진할 수 있는 환경 분야에서의 다양한 협력사업을 개발하고 정책을 연구하고 있습니다. 더불어 남북한 및 북미관계 변화 등을 종합적으로 고려하여 한반도와 동북아의 환경 및 지속가능한 발전을 위한 연구를 수행하고 있습니다. 이번 연구는 북한 환경 현황을 파악하고 남북한 협력 전략을 마련하기 위한 정책 결정에 기여할 수 있는 주요한 자료가 될 것입니다.

이번 연구를 수행한 한국환경연구원 북한정보센터를 맡고 있는 강택구 연구위원과 더불어 외부 참여진으로 중앙대학교 박규홍 교수, 권순원 조교, 장전리 조교와 경기대학교 이승희 교수, 최용 조교, 최형진 조교에게도 감사 인사드립니다. 그리고 본 연구의 질적 제고를 위해 각 분야의 전문적 지식을 활용한 고견을 주신 자문위원들뿐 아니라 과제 평가를 수행한 심사위원들에게도 감사를 표합니다.

2021년 12월

한국환경연구원

원장 직무대행 **이영수**

■ 요 약

제1부 북한 하수도 문헌자료 심층분석

I. 서 론

1. 연구의 배경

- ▣ 북한의 경우 1960~1970년대에 상하수도시설이 구비되었을 것으로 추정되나, 최근 하수관로로 배출하여 처리하는 하수도보급률은 한국에 비해서 상당히 낙후된 상황으로 추정됨
- ▣ 북한 하수도에 관한 정보는 알려진 바가 많지 않으며 그나마 회자되는 자료의 신뢰성에 대해서도 검증이 필요한 상황
- ▣ 그러므로 북한 하수도 관련 기존 문헌 등의 토대가 되는 원자료를 검토하고 자료들의 신뢰성을 확인할 필요가 있음

2. 연구의 목적

- ▣ 본 연구의 목적은 지금까지 수행된 북한 하수도 관련 조사 및 연구 문헌들을 검토, 확인, 분석하는 것이며, 추후 북한 하수도 종합계획을 구상, 수립하기 위한 토대로 활용될 수 있도록 신뢰성 있는 자료를 정리하려는 것임

II. 북한 하수도 관련 정책 및 법 제도

1. 법령

- 하수도와 관련된 「환경보호법」, 「하수도법」, 「공중위생법」, 「물자원법」, 「하천법」, 「국토환경보호단속법」, 「환경영향평가법」, 「전염병예방법」, 「바다오염방지법」, 「폐기폐설물취급법」, 「도시경영법」, 「수도 평양시관리법」, 「금강산관광지구법」, 「대동강오염방지법」에 대해 살펴보았음
- 북한의 「하수도법」은 2009년에 채택되었으며 제1장 「하수도법」의 기본, 제2장 하수도시설의 건설, 제3장 하수도시설의 관리, 제4장 벼름물의 처리, 제5장 하수도사업에 대한 지도통제로 구성되어 있음

2. 북한의 환경관리와 하수도 관리의 행정조직

- 북한의 도시계획 체계는 중앙급 도시총계획과 중소도시급 도시총계획으로 나뉨
 - 중앙급 도시총계획은 중요지구국토건설총계획과 도(직할시) 국토건설총계획으로 나뉨
 - 중요지구국토건설은 최고 인민회의의 심의 및 승인을 필요로 함
 - 도(직할시) 국토건설총계획은 도(직할시) 인민위원회에서 관리함
 - 중소도시급 도시총계획은 중앙급 도시총계획에 비해 규모가 축소되어 있으며 읍총계획, 노동자구총계획, 마을총계획으로 나뉨
- 하수도와 관련해서는 중앙의 도시경영성이 그 산하에 있는 도시건설총국을 통해 상하수도시설 등을 전문적으로 관리, 유지, 보수를 함
 - 평양시 산하 군(구역)에는 상하수도사업소, 도시경영사업소가 있으며, 상하수도사업소는 기술망을, 도시경영사업소에서는 건축물과 기타 토목구조물의 경영을 담당함
 - 한편 상하수도시설의 건설은 각 도 직할시 산하 도시건설총국의 시설사업소가 담당하여 진행함

- 시군(구역)에는 도시경영과를 두어, 그 산하의 시설사업소를 지도함
- 평양시를 제외한 기타 시군(구역)에는 상하수도사업소를 따로 두지 않으며 시설사업소를 두어 관리도 함께 수행함

III. 북한 하수도 일반 현황

1. 북한 하수도시설 관련 국내 문헌 조사

- 1960~1970년대, 구소련의 지원으로 평양시에 하수처리장이 건설된 것으로 알려졌으며, 평천구역, 평양시 교외, 통일거리 오수정화장의 3개 하수처리장이 있다고 함
 - 외국의 기술로 설계, 시공되어 한국의 시설과 크게 다르지 않으나, 시설용량을 초과하여 생활 및 공업오폐수로 대동강의 오염이 가중되고 있다고 하며, 전력공급의 문제로 가동이 되지 않는다고 함
- 한편, 정희성(1995)은 1992년 평양시에 하루 30만 톤 처리능력의 대규모 하수종말처리장(평천오수정화장)이 건설되었으나 평양 전 지역에서 배출되는 하수를 처리하기에는 그 용량이 크게 부족할 것으로 추정하였음. 평양에 분뇨처리시설이 있으나 330만 명의 시민이 배출하는 분뇨처리용량의 절반밖에 안 된다고 하였음
- 정희성(1995)과 정희성, 강광규, 강철구(1996)는 북한이 '상하수도 관리규정'을 제정하여 상수원 보호, 식수의 수질관리, 오수의 정화처리 및 빗물의 관리, 상하수도시설의 유지보수 등을 담당하는 기관의 의무와 권한을 제시한 것으로 보고하였음
- 김정욱 외(2008)는 평양시 하수도보급률이 100%에 달하고 있으나, 지방도시에는 도로변에 접한 아파트에만 하수도시설이 설치되어 있다고 하였음
 - 그 외 단층집에는 침투조를 사용하며 주기적으로 바닥을 청소해야 하는데, 제때에 청소하지 못해 하수도가 월류하는 경우가 있다고 하였음

- 윤주환(2008)은 우리의 1960~1970년대의 경험과 분뇨처리 경로에 대한 자료를 기반으로 하여 북한의 하수처리율을 19.5%로 추정하였음
 - 환경부는 2013년에 북한의 하수관로보급률이 수세식 위생시설을 사용하는 세대비율과 유사한 50~60% 수준일 것으로 예상하고, 북한 전체의 하수처리 비율이 35% 수준일 것으로 추정하였음

2. 북한 하수도시설 관련 국제기구 문헌조사

- 2017년에 수행된 MICS(Multiple Indicator Cluster Survey) 보고서에는 더 상세한 분뇨처리 경로가 나타나 있음
 - MICS 보고서는 북한의 중앙통계청(Central Bureau of Statistics of the DPR Korea)이 UNICEF(The United Nations Children's Fund)의 기술적, 재정적 지원을 받아 글로벌 MICS 프로그램의 일부로 수행한 결과임
 - 설문대상 가구 수는 8,500가구로, 그중 8,499가구를 방문, 면담하였고 응답률이 100%이었음
 - 윤주환(2008)과 유사한 가정에 의해 이 데이터를 사용하여 하수처리율을 도출할 수 있으며, 2008년부터 10년이 경과된 후의 하수처리율 변화를 비교해 볼 수 있음
 - 2008년의 하수처리율은 19.5%였으나 2017년의 하수처리율은 56.9%로 증가하였음. 이렇게 급증한 일은 팔목할 만한 성장이라고 볼 수 있음
 - 하지만 두 자료 취득시기의 방법론의 차이와 설문의 차이, 설문응답자의 하수관로시설에 대한 전문적 인지능력 미흡 등에서 발생한 오차일 가능성을 살펴야 하며 하수관로의 정비사업, 하수처리장의 건설, 안정적인 전력공급을 통한 처리시설의 정상적 가동 등이 담보되지 않은 상황에서 하수처리율이 팔목할 만한 증가율을 보인 것이 생활환경 및 수질환경의 개선이 상당히 이뤄졌기 때문이라는 판단은 유보해야 할 듯함
 - 같은 방법으로 북한의 도시 및 시골의 하수처리율과 북한 평양과 각 도별 하수처리율을 산정하였음

- 도시의 하수처리율은 75.5%로 시골의 하수처리율 27.9%보다 2.7배 커서 하수도서비스의 격차가 크게 나타남을 알 수 있음
- 평양시의 하수처리율이 거의 100%라고 알려져 있었지만, 변소시설이 없거나 재래식 변소를 이용하여 처리하지 않는 비율이 9.8%로 나타나 실제 하수처리율이 90.3%라는 것을 알 수 있었음
- 한편, 각 도별 하수처리율은 함경북도가 63.7%로 가장 높고, 자강도가 62.7%로 그다음으로 높으며, 함경남도, 황해북도, 평안북도, 평안남도, 양강도, 강원도, 황해남도의 순으로 나타났고 황해남도가 35.1%로 가장 낮았음을 알 수 있었음

- 북한의 정화조로 배출된 분뇨는 농경지에 비료로 사용되는 비율이 21.6%(도시 23.1%, 시골 20.7%)이고, 개량변소(수세식, 수거식)를 통해 배출된 분뇨는 68.7%(도시 60.3%, 시골 73.8%)가 농경지에서 사용되고 있음
 - 즉 정화조든 개량변소든 배출된 분뇨 중 농경지에서 비료로 사용되는 비율은 90.3%로, 도시는 83.4%이고 시골은 94.5%임
 - 당연히 시골에서 더 높은 수치를 보일 것으로 생각되지만, 도시에서 배출된 분뇨의 83.4%가 농경지에 비료로 사용되는 것은 매우 높은 수치여서, 이로 인한 음용수 오염과 수인성 전염병의 발생 개연성을 떨쳐 버릴 수 없는 상황임
- 아울러 노동신문, 민주조선 등에 나타난 하수도 관련 기사와 북한의 발명총국, 공업출판사, 김일성종합대학학보, 중앙과학기술통보사에 나타난 하수도 관련 기술기사 및 연구기사를 조사하여 정리하였음
 - 한국이나 여러 선진국에서 활용 및 연구되며 전문성 있는 하수도 기술에 대한 소개를 하고 있으나, 실제적으로 현장에서 얼마나 적용되고 있는지에 대해서는 더 심도 있는 조사가 필요함

IV. 북한 하수도의 관리

- 북한 대학의 '하수도공학' 교재에 나타난 오수정화장의 계획시 고려사항, 오수정화장의 구조물 관리방안 및 자료관리방안, 하수도 관리운영의 정보화와 자동화, 분산식 소규모 정화구조물 모듈 기술을 요약해 제시하였음
 - 이를 통해, 북한은 고육지책이긴 하지만 현재의 열악한 상황을 고려할 때 바람직한 분산형 소규모 하수처리시설 모듈 확대보급 정책을 펼치고 있는 것으로 보임
- Sedlak(2015)과 IWA(2021)에서 제안한 바와 같이 분산형 물관리가 전 세계적으로 미래 도시인프라 발전의 중요한 패러다임 전환의 이슈이며 에너지 효율적인 측면을 강조하고 있긴 함
 - 하지만 농경지에 분뇨를 사용하고 있어 생활환경의 오염, 수인성 전염병 발병 위험, 주민 건강 위협 등 우려를 지울 수 없는 상황임
 - 그럼에도 불구하고 효율적인 분산형 소규모 하수처리 모듈을 보급하면 공공수역의 수질환경 보전, 주민의 건강 보호 등 약간의 성과를 얻을 수는 있을 것임
- 물관리의 지속가능성과 회복탄력성이 향상되고, 소단위의 물 및 자원순환 체계가 구축 될 수 있도록 시범적인 성공사례를 만드는 시험대가 되길 기대함

V. 결론 및 정책 제언

1. 결론

- 본 연구에서는 그동안 수행된 북한 하수도 관련 원자료를 검토하고 자료들의 신뢰성과 의미를 확인, 재해석하여 제시함으로써 추후 북한 하수도 종합계획의 구상과 수립을 위한 기초로 활용할 수 있도록 하였음

- ▣ 북한 하수도 관련 문헌자료를 심층 분석해 북한 하수도 관리에 대한 시사점을 정리하고자 하였음

2. 정책 제언

- ▣ 북한 하수도에 대해 우리가 알고 있는 것과 모르는 것을 요약하였고, 미래 북한 하수도 시설의 구축 전략을 제안하였음
- ▣ 본 연구는 단기적인 연구로서 단편적인 초기의 성과만을 얻었음. 북한 하수도 종합계획을 구상, 수립하기 위한 데이터 기반을 마련할 수 있는 축적된 연구 성과를 얻을 수 있도록 특화된 연구기관에 장기적으로 지속적인 연구 투자가 이루어지길 기대함

주제어: 하수도, 북한, 문헌 조사, 하수처리율, 하수도 관리

제2부 북한 폐기물 문헌자료 심층분석

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

- 한반도가 한국과 북한으로 분단된 이후 반사대주의와 자주성을 강조하는 폐쇄적인 북한의 정책 때문에 내부적인 상황을 파악할 수 있는 정보가 적은 실정이며, 환경 분야에 대한 정보는 더욱이 적은 실정임
- 북한에서 환경 분야의 오염현황 등을 포함한 전반적인 정보는 『유엔환경계획(UNEP: United Nation Environment Program)』과 같은 국제기구, 언론매체와 일부의 논문 등에서 그 문제가 매우 심각한 것을 지적하고 있음

- 북한에서는 생활환경이 열악함에 따라 생활계 폐기물의 발생은 평양시와 같은 일부의 지역을 제외하고 다른 지역은 그 양이 많지 않은 것으로 나타나고 있어 생활계 폐기물 보다는 사업장 폐기물에 의한 영향이 클 것으로 예상됨
- 북한의 사업장 폐기물은 북한에 구성되어 있는 공업지구의 산업형태에 따라 폐기물의 종류와 성질이 매우 다르게 나타날 것으로 예상되며, 해당 폐기물은 유해특성을 포함 할 수 있음
- 예를 들어, 북한에서는 전 세계에서 제조와 사용을 금지한 폴리염화비페닐(PCBs: Polychlorinated biphenyls)과 같은 유해물질을 생산하고 있음. 이러한 물질을 폐기할 때 필요한 적정 처리시설이 구축되지 않아 주변 환경으로 유출되고 있음

- 북한은 김일성, 김정일, 김정은의 세습정권을 유지하면서 국제적으로 심각한 고립 상태로, 물자 부족 등의 문제가 지속되고 있음
- 북한에서는 고질적인 물자 부족 문제를 해결하기 위해 자력갱생의 개념에 기초하여 수매사업에 파철, 파동, 파지 등의 폐기물을 수집대상으로 포함

- 김정일 시기부터 환경문제에 대해 인식하기 시작하였으며, 물자확보를 위한 수단으로 재자원화를 적극적으로 강조하고 있음. 김정은 시기에 들어서면서 2020년에는 자력갱생을 강조하고 재자원화를 명문화하기 위한 「재자원화법」을 채택함
- 따라서 북한의 기초적인 폐기물 관리현황과 시사점을 국내외 언론, 보고서 및 학술논문, 북한의 언론 및 간행물을 통해 파악하고자 함

2. 연구의 목적 및 내용

- 본 연구의 목적은 북한의 폐기물 관리와 관련한 법과 문헌정보의 수집해 북한의 폐기물 관리현황을 파악하고, 시사점 등의 분석을 수행하는 것임
- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 문헌자료에 의한 폐기물 관리현황 조사
- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리의 시사점 및 관리방안 도출
- 본 연구에서 수집된 법과 문헌정보 등을 포함한 주요 연구내용은 다음의 4가지 사항임
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도
 - 북한에서 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보, 분류체계와 관리현황
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물)에 대한 관리 분석
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점과 관리방안

II. 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 법제도

1. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법 현황

- 북한의 정치, 군사, 사회, 환경 등 각종 분야에 대해서는 김일성, 김정일, 김정은의 집권 시기에 따라 그 특징이 나타나고 있음
- 김일성 시기(1945~1994년)에는 한국전쟁 이후 공업 및 농업생산 수준이 크게 감소하였음. 1976년 자연개조5대방침을 통해 관개사업, 다락밭의 건설 등 농업생산 증진

을 도모하였으며, 당시의 환경문제는 북한의 사회발전 과정의 우선순위로 인식되지 못함

- 김정일 시기(1997~2011년)는 김정일의 저작 '국토관리사업을 개선강화할데 대하여'에서 공장 및 주택의 건설 시 환경보전 시설을 우선적으로 건설한다는 원칙 등을 제시하여 북한에서 실질적으로 환경문제를 인식한 시기로 평가됨
 - 1986년 「환경보호법」의 채택 이후 환경 매체에 따라 「물자원법」(1997년 채택), 「바다오염방지법」(1997년 채택), 「폐기폐설물취급법」(2007년 채택) 등 다양한 환경분야의 법이 김정일 시기에 마련되었고, 몇 차례의 수정 보충이 진행됨
 - 또한 1990년대 고난의 행군 시기에 극심한 물자 부족의 문제를 겪어, 이를 해결하기 위해 경제생활에서 자력갱생을 요구함
- 김정은 시기(2012년~현재)에도 김정은의 노작 '사회주의강성국가건설의 요구에 맞게 국토관리사업에서 혁명적전환을 가져올데 대하여'를 통해 환경오염과 폐기물 관리에 관심을 보이고 있음
 - 김정은 시기에서도 지속되는 대북제재의 상황에서 심각해진 경제문제를 해결하기 위해 자력갱생의 개념에 기초한 재자원화를 강조하고 있으며, 재자원화에 대한 명령과 책임의 명문화를 위해 2020년 「재자원화법」을 채택하였음

2. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법

▣ 북한의 환경 분야와 관련한 법의 분야 구분

- 환경 기본, 물 환경 및 수자원, 해양환경, 폐기물 및 자원순환, 대기 환경, 토양환경, 화학물질, 환경보건, 산림 및 생태계, 도시 관리, 환경평가 및 기타의 11개 분야로 구분할 수 있음

▣ 북한에서 폐기물과 관련한 법

- 환경 기본 분야의 「환경보호법」, 자원순환 분야의 「폐기폐설물취급법」, 「재자원화법」과 환경보건 분야의 「공중위생법」, 도시 관리 분야의 「도시미화법 및 평양시관리법」에 폐기물 관련 규정이 있으며, <표 1>에 주요 사항을 나타내었음

〈표 1〉 북한의 환경 법 중 폐기폐설물(폐기물) 관련한 법과 규정

분야	법	주요 내용
환경기본	「환경보호법」 (1986년 채택)	<ul style="list-style-type: none"> - 4개의 장으로 구성됨. - 제3장에 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 규정이 포괄적으로 설정됨 · 오물통의 설치/타재, 파유리 등을 최대한 재자원화할 것
폐기물 및 자원순환	「폐기폐설물 취급법」 (2007년 채택)	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물의 정의 및 취급: 법의 적용 대상, 목적 등을 규정 - 배출, 보관, 수송: 배출량 기록, 기본 요구사항, 공정 검사 등을 규정 - 처리 및 재이용: 폐기폐설물 처리의 기본 요구사항, 시설 등에 대한 규정 - 지도통제: 폐기폐설물 사업에 대한 지도통제의 기본요구 등을 규정
	「재자원화법」 (2020년 채택)	<ul style="list-style-type: none"> - 재자원화를 자력갱생으로 하며, 4개의 장으로 구성됨 - 전문은 공개되지 않음
기타 (환경 보건, 도시 관리)	「공중위생법」 (1998년 채택)	<ul style="list-style-type: none"> - 살림집과 공공건물 주변의 오물장과 변소를 위생문화적으로 관리 - 오물은 정해진 대로 수집 운반하고 무해화하여야 함
	「도시미화법」 (2012년 채택)	<ul style="list-style-type: none"> - 담당구간의 청소, 휴지통의 설치, 오물 처리 및 재자원화에 대해 규정함
	「평양시관리법」 (1998년 채택)	<ul style="list-style-type: none"> - 오물종합처리장을 꾸리고 오물을 제때 처리하도록 규정함

자료: 저자 작성.

3. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 제도

- 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 제도는 8·3인민소비품창조운동과 수매사업이 있음(표 2 참조)
 - 8·3인민소비품창조운동은 소비재의 증산을 위해 시작되었음. 이는 기관, 가내작업반 등에서 유휴자재를 이용하여 생활소비품을 생산하는 것으로, 생산품의 질이 낮다는 한계점이 있음
 - 수매사업은 식료품에 대한 수요 충족과 공산품의 생산원료를 확보하는 것이 주된 내용이며, 부족한 원료를 확보하기 위하여 수매사업에 파철, 파동 등의 유휴자재를 포함시켰음

〈표 2〉 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 제도

구분	주요 내용	특징
8·3인민소비품 창조운동	<ul style="list-style-type: none"> - 1980~1990년대 물자 부족에 의한 소비재 공급 문제를 해결하기 위해 김정일의 지시에 의해 추진되었음 - 8·3인민소비품창조운동은 기관, 기업소, 협동단체, 가내작업반 등에서 유휴자재와 폐기물 및 폐설물을 이용하여 생활소비품을 만드는 활동임 	<ul style="list-style-type: none"> - 기관, 기업소, 가내작업반에서 폐기물과 폐설물을 이용하여 소비품을 만드는 형태로, 이는 간단하고 기초적인 재활용 활동임 - 주로 가내수공업 등에 의해 만들어지는데 소비품의 질이 낮았음 - 결과적으로 소비재 공급 문제의 해결에는 도달하지 못함
수매사업	<ul style="list-style-type: none"> - 수매사업은 주로 식료품의 수요 충족과 공산품의 생산원료를 확보하는 사업임 - 북한 당국에서는 사회주의 경제건설에 이바지한다는 목적으로 수매사업의 대상 중 유휴자재를 포함시킴 - 주요 대상으로는 파철, 파동, 파지, 파고무, 파유리 등 총 20여 종임 	<ul style="list-style-type: none"> - 인민반에 유휴자재의 수집에 대한 할당량이 부여됨 - 각 가정에 수집 의무량이 증대되고 있음 <ul style="list-style-type: none"> · 2018년: 3~5kg · 2020년: 4~6kg - 북한 가정에 과도한 의무량이 부과되나 이를 맞추지 못하는 경우 생활총화의 대상이 됨 - 따라서 주민들은 어떻게든 할당량을 맞추고 있음 - 인민반에 돈을 지불하거나 장마당으로부터 유휴자재를 구매하는 경우가 있음

주: 유휴자재는 쓸모가 없어 집에서 놀고 있는 자재를 의미함.

자료: 저자 작성.

III. 북한 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보, 분류체계와 관리 현황

1. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 분류체계

- 북한의 폐기폐설물취급법에서의 폐기폐설물의 분류
 - 방사성폐기폐설물, 유독성폐기폐설물 및 일반폐기폐설물로 구분하여 설명함
 - 그러나 구체적인 폐기폐설물의 목록이 설정되지 않았으며, 발생원의 개념이 반영되어 있지 않음
- 북한의 법이나 로동신문과 같은 언론, 학술잡지 등의 간행물에서는 오물, 폐기물, 폐설물 등 폐기폐설물과 관련한 다양한 용어가 사용됨

- 따라서 북한의 폐기폐설물에 대한 분류체계를 북한 문헌에서 사용되는 용어와 문맥, 탈북민의 증언을 통해 유추하였음
 - 북한의 폐기폐설물의 분류체계에 대하여 <표 3>에 제시한 근거를 바탕으로 발생원을 반영하면 오물은 한국의 생활폐기물이며, 폐기폐설물은 사업장폐기물로 구분할 수 있음

<표 3> 북한의 폐기폐설물 분류체계에 대한 유추

한국	북한	근거
생활폐기물	오물	<ul style="list-style-type: none"> - 법에서의 문맥: 「공중위생법」과 「도시미화법」, 「평양시관리법」 등 도시경영기관은 살림집 주변에 오물장을 조성하도록 함 - 탈북민의 증언: 가정에서 발생되는 폐기물을 주로 오물로 표현함 - 북한 과학자의 영문 표현: Municipal Solid Waste
사업장폐기물	폐기폐설물	<ul style="list-style-type: none"> - 법에서의 문맥: 「폐기폐설물취급법」에서 폐기물 또는 폐설물이 발생되는 기관, 기업소 등에서 처리하도록 함 - 탈북민의 증언: 현장에서 폐기물과 폐설물의 의미를 파악함 <ul style="list-style-type: none"> · 폐기물: 기계, 제품 등을 사용하지 못하고 버리는 것 · 폐설물: 공장, 기업소 등에서 작업, 생산과정에서 나오는 버리는 것 - 북한 과학자의 영문 표현: Industrial Solid Waste

자료: 저자 작성.

3. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 발생 및 처리현황

- 북한의 오물과 폐기폐설물의 발생량 및 처리현황은 전국적으로 제시된 것이 없으며, 평양시로 범위가 국한되어 있고, 조사시점은 2008~2010년으로 한정됨

□ 오물의 발생 및 처리현황

- 평양시에서 오물은 연간 58.0만~61.4만 톤 정도가 발생되고 있으며, 탄재가 64~68%로 비중이 매우 큼. 이는 가정에서 에너지원으로 석탄을 사용하기 때문임
- 최근 문헌에 의하면 오물은 재사용 및 재활용 69.0%, 매립 28.7%, 소각 2.3% 비중으로 처리되고 있음
- 또한 발생된 오물은 대도시 지역과 농촌 지역에 따라 처리방법이 구분됨

- 평양 및 일부의 대도시 지역에서는 탄재를 건설자재로 활용하고 있으며, 유기성 폐기물은 탄재 등과 혼합하여 퇴비로 활용하고 있음
- 특히, 탄재와 유기성폐기물을 혼합하는 것은 공산당으로부터 할당받은 비료의 양을 맞추기 위해 혼합하는 것임
- 농촌 지역에서는 오물의 발생량이 매우 적으며, 이는 생활에 필요한 물자가 부족하여 오물의 대부분을 재사용하고 있기 때문임

□ 폐기폐설물의 발생 및 처리현황

- 평양시에서 폐기폐설물은 연간 56.4만 톤 정도가 발생되고 있음. 석탄재가 약 55%로 비중이 큰데 이는 평양시 내 발전소 두 곳의 석탄(연료) 사용에 의한 것임
- 폐기폐설물의 처리는 재사용 및 재활용이 76.3%로 가장 높으며, 매립이 23.7%, 소각이 0.0%의 비중을 차지하고 있음

□ 이러한 오물과 폐기폐설물의 처리에서 재사용 및 재활용의 비중이 높아 수치로 봤을 때는 관리 수준이 높은 것으로 평가될 수 있으나 국제기구의 보고서, 탈북민의 증언 등을 고려해보면 현실적인 관리 수준은 매우 미흡할 것으로 추정됨

□ 폐기폐설물의 처리 및 관리 미흡으로 인한 오염

- 북한에서 폐기폐설물 처리 및 관리 미흡으로 인한 오염 현황은 UNEP(2012)에서 폐기폐설물 내 중금속 농도, 폐기폐설물 처리에 의한 토양오염, 일부 제련소 및 광산 주변의 토양오염에 대한 정보가 제시되었음
- 폐기폐설물에 포함된 중금속 중 비소, 납, 아연의 기준을 초과하고 있으며, 도시폐기 물 중 유기성물질과 하수오니의 경우, 퇴비로 재활용되고 있으므로 비소, 납, 아연에 의한 토양 및 지하수 오염의 우려가 있음
- 폐기폐설물 처리로 인한 토양오염은 2005년과 2009년의 정보가 제시되었으며, 중금 속 농도 기준을 초과하지는 않았으나 중금속 농도가 증가하는 경향을 나타내어 환경에 영향을 미칠 가능성이 있음

- 제련소 및 광산 주변 토양에서는 정광에 불순물로 포함된 카드뮴, 수은, 비소, 납의 기준을 초과하고 있어 제련 후 광재나 폐수처리오니의 적정한 관리가 이루어지지 않는 것으로 추정됨

IV. 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리

- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에서는 재자원화 추진사항, 오물의 관리, 폐기폐설물 관리, 광산의 폐기폐설물 관리, 수입 폐기폐설물 관리의 5가지 사항에 대해 분석함

□ 재자원화 추진사항

- 북한은 재자원화를 추진하면서 수매사업의 중요성이 강조되고 있음. 2020년의 각 가구당 파지 등의 수집 의무량이 2018년 대비 약 20% 증가되어 각 가정에 막대한 부담으로 이어지고 있음
- 이 외에도 북한 내부에서의 재자원화 성공사례가 전파되고 있는데 주로 파수지 등을 활용하여 칠감, 신발창과 같은 제품 및 건설자재 등을 생산하였다는 내용임. 이러한 기술들은 고도화된 기술이 아니고, 기초적인 수준에서 볼 수 있는 재자원화 기술임

□ 오물의 관리

- 북한의 일부 오물장에 오물이 모이면 노천에서 소각시킴. 이는 북한에서 오물장에 쌓여있는 오물을 운반할 수단이 부족하기 때문임
- 북한의 포장재 폐기물이 바다로 유입되어 한국의 연평도에서 발견되었다는 점을 살펴 보면 오물 처리시설의 수준이 미흡하다는 것을 알 수 있음

□ 폐기폐설물의 관리

- 기업, 기업소 등의 사업장에서 발생되는 폐기폐설물에 의한 유해성으로 북한의 총체적 환경오염이 나타나는 매우 중요한 사항임

- 북한의 다양한 산업 중 남포와 순천에 위치한 화학산업에서는 DDT 및 PCBs와 같은 POPs 물질의 제조와 사용이 이루어지고 있음
- 특히, 폐기되는 PCBs가 생산시설과 가까운 주거지역으로 유출되어 주민들의 건강에 영향을 미치고 있으며, 폐기되는 PCBs가 생산 및 사용 시설 내부에서도 유출되고 있어 작업자의 건강에 영향을 미치고 있음

□ 광산의 폐기폐설물 관리

- 북한에서는 석탄, 철, 비철 및 비금속 광업이 이루어지는데 북한 광산의 미광과 버려 적치장에서 미광과 버려 자체와 침출수가 적정하게 관리되지 않아 주변 하천으로 흘러들어가고 있어 강이 새까맣게 오염되었고, 물고기도 살 수 없는 환경이 되었음

□ 수입 폐기폐설물 관리

- 수입 폐기폐설물에 대해서는 1990년대부터 언론을 통해 환경오염 문제가 제기되어 왔으며, 지속적으로 폐기폐설물의 수입에 의한 환경오염 문제가 제기되고 있음
- 특히, 북한에서 뿐전기재 등의 재원이 부족하여 수입 폐기폐설물은 항구 등에 적치되어 해양환경의 오염원으로 작용하고 있음
- 결과적으로 북한의 폐기폐설물 수입은 자원의 확보보다는 외화벌이를 목적으로 지속적으로 수행되고 있음

V. 북한에서 폐기폐설물(폐기물) 관리의 시사점 및 관리방안

□ 폐기폐설물 관리에 대한 분석 결과로부터 북한의 폐기폐설물 관리의 시사점과 관리방안을 6가지로 구분하여 도출함

□ 첫째, 폐기폐설물 분류체계와 범위의 명확한 규정이 필요함

- 폐기폐설물의 분류체계가 미흡하여 이해당사자의 역할과 책임이 불분명해 시간이 지남에 따라 환경오염으로 이어질 가능성이 매우 높음

- 따라서 폐기폐설물의 종류에 대한 세부종류의 설정과 고유번호를 지정해 쉽게 분류하고 확인할 수 있도록 하는 것이 바람직함
- 둘째, 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 지속적 통계자료의 작성이 필요함
 - 북한의 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 수치적 정보는 평양시로 국한되어 있고, 2008년과 2010년의 시점에만 통계자료가 조사되어 북한 전역의 정보가 없어 폐기폐설물의 특성 파악이 어려움
 - 따라서 폐기폐설물 통계작성의 범위를 전국적으로 확대하고, 지속적으로 통계자료를 수집하여야 함
- 셋째, 공업지역 유독성의 우선순위를 고려한 체계적인 유해폐기물 관리가 필요함
 - 공업지역의 폐기폐설물에 대한 정보가 거의 없어 정확한 평가에 한계가 있으나 DDT나 PCBs와 같은 물질이 폐기될 때의 적정관리가 이루어지지 않고 있음
 - 따라서 국제 환경협약의 기준에 의한 적합한 관리를 수행하는 것이 필요하나 북한은 현실적으로 국제 기준을 만족하기 어려우므로 유해물질의 독성에 의하여 우선순위를 정해 순차적으로 관리해나가야 함
- 넷째, 광산의 폐기폐설물에 대한 기초적인 관리가 필요함
 - 광산 폐기폐설물의 적치장 관리 미흡으로 미광과 같은 물질이 하천으로 유입되고, 주변 식생의 훼손이 발생되었음. 이러한 오염이 사람의 건강 문제로 이어지고 있음
 - 따라서 여러 광산에서 미광 등의 광산폐기물의 적정한 관리를 위해 우선순위를 정해야 하며 아주 기초적이고 지속적인 관리 방안이 우선 마련되어야 함
- 다섯째, 재활용 기술의 다양하고 체계적인 개발이 필요함
 - 북한의 재자원화 기술은 고급화된 기술이 거의 없으며, 주로 유기성 오물 및 폐기폐설물의 퇴비화나 무기성 오물 및 폐기폐설물로부터 건재 제조 등의 기초적인 기술로 나타나고 있음

- 따라서 북한의 재자원화 질적 향상을 위해서는 체계적이고 지속적인 기술개발이 이루 어져야 함
- 여섯째, 수입 폐기폐설물 관리 규정 마련이 필요함
 - 북한은 바젤 협약에 가입하였으나 외화벌이를 목적으로 지속적으로 폐기폐설물을 수입하고 있으며, 수입 폐기폐설물이 항구에 적체되어 해양환경의 오염원으로 작용하고 있음
 - 따라서 북한에서는 바젤협약의 환경적으로 건전한 관리(ESM: Environmentally Sound Management)의 개념을 중심으로 수입 폐기폐설물의 관리 규정을 명확하게 설정하여야 함

〈표 4〉 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리 시사점과 관리방안 요약

구분	시사점	관리방안
폐기폐설물에 대한 분류체계와 범위의 명확한 규정	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물 분류체계의 세부적인 종류와 범위, 발생원이 반영되지 않음 - 폐기폐설물 관련 이해당사자의 역할과 책임이 불분명함 - 시간이 지남에 따라 환경오염으로 이어질 가능성이 매우 높음 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물의 종류에 대한 세부종류의 설정과 고유번호를 지정해 쉽게 분류하고 확인할 수 있도록 하여야 함 - 이를 근거로 폐기폐설물의 통계 작성과 책임소재를 명확하게 나타나도록 할 수 있음
폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 지속적인 통계자료 작성	<ul style="list-style-type: none"> - 북한의 폐기폐설물 발생 및 처리현황은 평양시로 국한되어 있고, 2008년과 2010년의 시점에만 통계가 조사됨 - 다른 지역의 통계자료가 작성되지 않아 폐기물 특성의 파악이 어렵고, 적정한 규모의 시설 설계에 한계가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 전국적으로 폐기폐설물 통계작성의 범위를 확대하고, 지속적으로 통계자료를 수집할 수 있도록 「폐기폐설물취급법」의 개정이 필요함 - 지속적인 통계자료를 확보하면 폐기 폐설물 특성과 규모에 따른 적정 시설 확보에 활용이 가능함
공업지역의 유독성의 우선 순위를 고려한 체계적인 유해폐기물 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 공업지역의 폐기폐설물에 대한 정보가 거의 없어 정확한 평가에 한계가 있음. - 외국 전문가 등에 의하여 DDT나 PCBs와 같은 물질의 폐기시 적정관리가 이루어지지 않는 것이 확인됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 국제 환경협약의 기준에 의한 적합한 관리를 수행하는 것이 필요하나 현실적으로 국제 기준을 만족하기 어려움 - 따라서 유해물질의 독성에 의한 우선순위를 정하여 순차적인 관리가 필요함
광산폐기물에 대한 기초적인 관리 필요	<ul style="list-style-type: none"> - 북한에서 광산폐기물의 적치장 관리의 미흡으로 광미와 같은 물질이 하천으로 유입되거나 주변 식생의 훼손이 발생함 	<ul style="list-style-type: none"> - 여러 광산에서 광미 등의 광산폐기물의 적정한 관리를 위해 우선순위를 정하고, 아주 기초적이고 지속적인 관리 방안이 우선 마련되어야 함
재활용 기술의 다양하고 체계적인 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 문현에 나타난 북한의 재활용 기술은 고급화된 기술이 거의 없이 유기성 오물의 퇴비화나 무기성 오물로부터 건재 제조 등의 기초적인 기술임 	<ul style="list-style-type: none"> - 파수지를 칠감으로 생산하는 등 기초적인 기술이므로 폐기폐설물 재활용에 대한 체계적이고 지속적인 기술 개발이 이루어져야 함
수입 폐기폐설물 관리 규정 마련 필요	<ul style="list-style-type: none"> - 북한은 2008년 바젤 협약에 가입하였으나 경제력을 확보하기 위해 외국으로부터 폐기물을 수입하고 있음 - 북한 항만에 수입된 폐기물이 적체되어 이를 통해 주변 환경의 오염(주로 해양 오염)이 심각할 것으로 추정됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 바젤 협약에 근거하여 폐기물의 환경적으로 건전한 관리(ESM)에 관심을 두고 적정 관리방안을 마련하여야 함 - 특히, 해양환경오염을 방지하여 국제적인 해양환경오염국이라는 오명에서 벗어나야 함

자료: 저자 작성.

VI. 결론 및 제언

□ 결론

- 북한의 환경 분야의 법 중 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 규정을 설정하고 있는 「환경 보호법」, 「폐기폐설물취급법」, 「재자원화법」, 「공중위생법」, 「도시미화법」, 「평양시 관리법」의 분석을 수행함
- 북한에서는 폐기폐설물의 재사용 및 재활용과 관련된 8·3인민소비품창조운동 및 수매사업을 수행하고 있으며, 2020년 「재자원화법」을 채택하여 자력갱생에 의한 재자원화의 강요 및 활성화를 수행하고 있음
- 북한에서는 폐기폐설물의 세부종류가 설정되지 않고, 발생원이 반영되지 않음
- 북한의 문현, 북한 과학자, 탈북민의 증언을 통해 오물은 한국의 생활폐기물이고, 폐기폐설물은 한국의 사업장폐기물로 유추함
- 평양시 오물은 연간 약 58.0만~61.4만 톤이 발생되고 있음. 2018년 및 2019년 문현에 따르면 재활용 69.0%, 매립 28.7%, 소각 2.3% 비중으로 나타남
- 평양시 폐기폐설물은 연간 약 56.4만 톤이 발생되어 오물 발생량보다 적고, 폐기폐설물 중 석탄재가 가장 많은 양을 차지하나 적정한 관리가 이루어지지 않고 있음
- 북한에서는 PCBs와 DDT를 지속적으로 제조 및 사용하고 있는데 이를 폐기할 때 공장 내부와 주거지역으로 유출되어 작업자와 사람의 건강에 악영향을 미치고 있음
- 북한의 폐기폐설물 관리 능력 미흡으로 환경오염을 유발하고 공장이나 제련소 인근의 토양에서 비소, 납, 수은 등의 중금속 오염농도가 증가하고 있음
- 북한의 폐기폐설물의 관리에 대해 재자원화 추진상황, 오물 관리, 폐기폐설물 관리, 광산의 폐기폐설물 관리, 수입 폐기폐설물 관리에 대해 분석함
- 북한의 폐기폐설물 관리에 대한 폐기폐설물의 분류체계와 범위의 명확한 규정, 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 지속적 통계자료 작성, 공업지역의 유독성 우선순위를 고려한 체계적인 유해폐기물 관리, 광산 폐기폐설물에 대한 기초적인 관리, 재활용 기술의 다양하고 체계적인 개발, 수입 폐기폐설물 관리 규정 마련의 6가지 시사점과 관리방안을 도출하였음

▣ 북한에서 폐기폐설물에 대한 정보 유무에 따른 해석

○ 수집된 정보에 의한 해석

- 북한의 환경 분야 법은 통일법제데이터베이스 등에서 일부 찾아볼 수 있으나 최신법령 정보는 수집되지 않음
- 북한의 폐기폐설물 발생 및 처리현황과 오염에 대하여 문서화된 정보는 주로 UNEP(2012) 보고서에서 제시됨
- 로동신문 등의 북한 언론과 국내외 언론을 통해 북한의 재자원화 추진 상황과 폐기폐설물 수입 문제에 대해 파악하였음

○ 없는 정보에 대한 추론

- 북한의 폐기폐설물 관리 현황에 대하여 문서화된 정보는 지역과 시점이 한정적임
- 재자원화가 강조되는 상황에서 기존의 폐기폐설물 관리 정보로는 재자원화 기술 수준을 파악하는 것에 한계가 있음
- 한국의 폐기물 관련 용어 및 명칭(폐기물의 세부분류 등)과 북한에서 사용되는 용어를 매칭하는 것은 향후 북한의 폐기폐설물 관리에 대해 보다 폭넓게 연구를 수행하는 방안이 될 수 있음

주제어: 폐기폐설물 관리, 재자원화, 수입 폐기폐설물

| 차례 |

[제1부]

북한 하수도 문현자료 심층분석

제1장 서론	1
제2장 북한 하수도 관련 정책 및 법·제도	4
제3장 북한 하수도 일반 현황	22
제4장 북한 하수도의 관리	76
제5장 결론 및 제언	90

[제2부]

북한 폐기물 문현자료 심층분석

제1장 서 론	129
제2장 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도	134
제3장 북한 폐기폐설물(폐기물) 문현정보, 분류체계와 관리현황	151
제4장 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리분석	184
제5장 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점 및 관리방안	215
제6장 결론 및 제언	224

제1부

북한 하수도 문헌자료 심층분석

In-Depth Analysis of Literatures on Sewerage in North Korea

박규홍 | 권순원 | 장천리

Park, Kyoo-hong | Kwon, Sunwon | Zhang, Chuanli

| 차례 |

제1장 서 론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 범위	2
3. 연구 내용 및 수행 체계	2
제2장 북한 하수도 관련 정책 및 법·제도	4
1. 법령	4
2. 북한의 환경관리와 하수도관리의 행정조직	18
제3장 북한 하수도 일반 현황	22
1. 북한 하수도시설의 분류	22
2. 북한 하수도 관련 자료	28
3. 시사점	74
제4장 북한 하수도의 관리	76
1. 국내외적인 하수도 이슈	76
2. 북한 오수정화장 유지운영 기술 및 분산식 소규모 하수도의 관리 방향	80
3. 시사점	88
제5장 결론 및 제언	90
1. 결론	90
2. 제언	92

참고문헌	99
부 록	105
I. 북한 대학교재 '하수도공학'의 목차	107
Executive Summary	111

| 표차례 |

〈표 2-1〉 북한 하수도법의 장별 구성과 조항의 내용	5
〈표 2-2〉 북한 환경보호법에 나타난 하수도 관련 조항과 내용	8
〈표 2-3〉 북한 물자원법에 나타난 하수도 및 홍수방지대책 관련 조항과 내용	10
〈표 2-4〉 대동강오염방지법에 나타난 오폐수 관련 조항과 내용	12
〈표 2-5〉 북한 도시경영법에 나타난 하수도 관련 조항과 내용	14
〈표 2-6〉 북한 공중위생법에 나타난 하수도 관련 조항과 내용	17
〈표 2-7〉 북한 상하수도시설 관련 업무와 담당 기관	21
〈표 3-1〉 대학교재 ‘하수도공학’에 수록된 참고문헌	26
〈표 3-2〉 북한의 강, 하천, 호수의 수질환경기준 변천	30
〈표 3-3〉 북한의 해양환경기준	31
〈표 3-4〉 북한의 수질오염물질 배출허용기준	32
〈표 3-5〉 북한 주요 하천과 지천의 1991년 이전의 수질	33
〈표 3-6〉 북한의 공업과 주요 강의 오염실태	35
〈표 3-7〉 대동강의 계절별 수질 현황	36
〈표 3-8〉 북한 주요 도시의 인구수	38
〈표 3-9〉 2008년도에 평가한 북한의 하수도 현황	41
〈표 3-10〉 2008년 북한의 하수처리율 추정	42
〈표 3-11〉 북한 분뇨의 배출 및 처리 경로 및 하수처리율 추정을 위한 본 연구의 가정	43
〈표 3-12〉 북한 하수처리율 변화	44
〈표 3-13〉 북한 도시와 시골의 분뇨 배출 및 처리 경로	45
〈표 3-14〉 북한 도시와 시골의 하수처리율 및 무처리율 추정	45
〈표 3-15〉 북한 평양과 각 도별 분뇨 배출 및 처리 경로	47
〈표 3-16〉 북한 평양과 각 도별 하수처리율	48
〈표 3-17〉 북한의 개량변소와 정화조에서 발생된 분뇨의 청소 및 처분 방법에 따른 비율	49

〈표 3-18〉 평양과 각 도별 개량변소와 정화조에서 발생된 분뇨의 청소 및 처분 비율	51
〈표 3-19〉 북한의 위생시설 형태별 발생 분뇨의 처분방법에 따른 비율	53
〈표 3-20〉 북한의 하수도 관련 연구 및 기술	71
〈표 5-1〉 북한 하수도에 대해 알고 있는 것과 모르는 것	92
〈표 5-2〉 북한의 하수도 시설 구축을 위한 병렬식 접근법	95

| 그림차례 |

〈그림 1-1〉 연구 수행 체계도	3
〈그림 2-1〉 북한의 환경행정 조직현황	19
〈그림 2-2〉 북한의 도시계획 및 도시환경인프라 계획구조	20
〈그림 3-1〉 북한 하수도계통의 구성요소	25
〈그림 3-2〉 남북한 인구 변화의 비교	37
〈그림 3-3〉 북한의 분뇨처리 경로	41
〈그림 3-4〉 북한 도시와 시골의 추정 하수처리율	46
〈그림 3-5〉 북한의 각 도별 및 평양시의 추정 하수처리율	48
〈그림 3-6〉 북한의 각 도별 및 평양시의 분뇨의 안전 및 불안전 처분 비율	50
〈그림 3-7〉 북한의 위생시설 형태별 분뇨의 안전 및 불안전 처분 비율	54
〈그림 3-8〉 나선시에서 선호하는 하수처리공정	69
〈그림 4-1〉 UN의 Sustainable Development Goals	77
〈그림 4-2〉 새로운 물관리 패러다임 전환	79
〈그림 4-3〉 두종침전지	84

| 약어 |

AO	Anoxic/Oxic(무산소조/호기조)
AAO	Anaerobic/Anoxic/Oxic(혐기조/무산소조/호기조)
AOP	Advanced Oxidation Process(고도산화공정)
BOD	Biochemical Oxygen Demand(생화학적 산소요구량)
COD	Chemical Oxygen Demand(화학적 산소요구량)
CSOs	Combined Sewer Overflows(합류식하수관로월류수)
DPRK	Democratic People's Republic of Korea(조선민주주의인민공화국)
ED	Electrodialysis(전기투석)
MBR	Membrane Bioreactor(생물여과막)
MF	Microfiltration(정밀여과)
MICS	Multiple Indicator Cluster Survey(복수지표집단조사)
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids(포기조 내 미생물농도)
NF	Nanofiltration(나노여과)
RBC	Rotating Biological Reactors(회전원판반응조)
RO	Reverse Osmosis(역삼투)
SBR	Sequential Batch Reactor(연속회분식반응조)
SDC	Swiss Agency for Development and Cooperation(스위스 개발협력청)
SDG	Sustainable Development Goals(지속가능개발목표)
SVI	Sludge Volume Index(슬러지용적지수)
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket(상향류협기성슬러지블랭킷)
UCT	University of Cape Town(케이프타운 대학교)
UF	Ultrafiltration(한외여과)
UN	United Nations(유럽연합)
UNEP	United Nations Environment Programme(유엔환경프로그램)

UNICEF United Nations Children's Fund(유엔아동기금)

UV Ultraviolet(자외선)

WHO World Health Organization(세계보건기구)

제1장

서론

1. 연구의 필요성 및 목적

상하수도시설은 도로, 주택 등과 함께 국가발전, 특히 도시 발전의 중요한 기반이다. 먹는 물을 취급하는 상수도시설보다 하수도시설은 덜 중요하게 취급되는 경향이 있어, 하수도시설 투자에 대한 관심은 남북한 공히 상수도보다 미흡할 것으로 추정한다.

한국의 경우 1988년 올림픽을 준비하는 과정에서 1970년대에 한강종합개발사업과 함께 한강변에 차집관로 건설, 중랑하수처리장 건설이 이루어지면서 하수도사업이 본격 개시되었다. 2019년 한국의 하수도보급률은 94.3%로 괄목할 만한 성장을 이루었다.¹⁾

북한의 경우 1960~1970년대에 상하수도시설이 구비되었을 것으로 추정되나, 최근 하수관로로 배출하는 하수의 처리비율은 한국에 비해 상당히 낙후된 상황으로 추정되며 오수처리공정으로 대체로 화학응집제 투입 없이 침전처리하는 수준일 것으로 추정된다. 분뇨는 재래식 변소로 배출, 수거되어 별도의 처리 과정 없이 농경지 퇴비 등으로 사용되기 때문에 병원성 세균과 대장균 등에 노출될 개연성이 크다. 분뇨를 포함한 하수 수집 및 처리가 제대로 이루어지지 않을 경우 생활환경의 오염과 함께 지하수와 지표수의 수질오염, 나아가 식수원을 오염시켜 상수도의 문제로 연결되기 때문에, 종합적인 상하수도계획 수립은 북한의 도시 발전에 필수적이다. 한편, 하수관로시설은 오수 외에 빗물의 배제 기능을 하기 때문에 관로의 통수용량 부족 등의 문제로 도시침수(내수침수)의 원인이 된다. 수자원분야의 외수침수와는 구별된 내수침수 이력에 대한 자료를 확보해 하수관로시설의 수준을 엿볼 수 있다.

1) 환경부(2020.12.31), “2019 하수도통계”, 검색일: 2021.8.31.

북한 관련 연구의 고질적인 난제는 신뢰성 높은 자료의 획득이다. 북한에 관한 모든 정보의 공개가 제한적이기에, 하수도에 관한 정보도 알려진 바가 많지 않다. 북한의 하수도 정보는 상수도보다 훨씬 미흡한 수준이며, 그나마 공개된 자료도 검증이 필요한 상황이다. 그러므로 북한 하수도와 관련된 기존 문헌 등의 토대가 되는 원자료를 검토하고 자료들의 신뢰성을 확인 및 재해석해 개선할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 지금까지 수행된 북한 하수도 관련 문헌들을 검토, 확인, 분석하는 것이며, 추후 북한 하수도 종합계획을 구상, 수립하기 위한 토대로 활용될 수 있도록 신뢰성 있는 자료를 정리하는 것이다.

2. 연구 범위

본 연구의 범위는 북한 하수도 관련 정책 및 법 제도를 정리하고, 북한 하수도 시설의 분류, 하수도 관련 통계자료 조사 및 분석, 북한 하수도와 연계되는 수자원 및 수질 현황에 관한 문헌 조사 및 검토를 통해 북한 하수도의 관리 상황을 분석하는 것이다. 이를 통해 북한 하수도 관리에 관한 시사점을 정리하고자 한다.

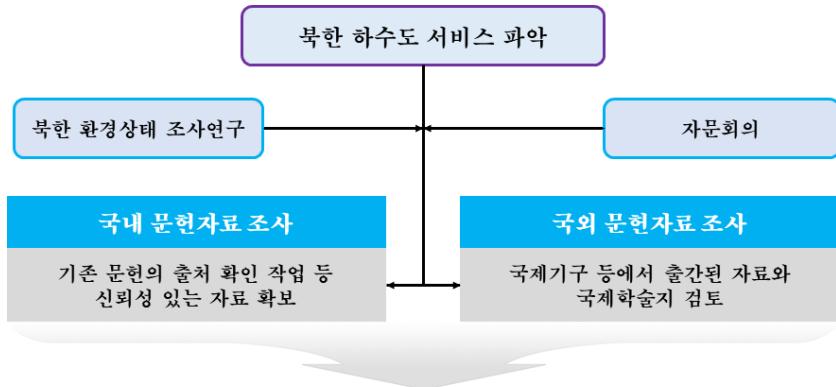
3. 연구 내용 및 수행 체계

본 연구에서는 북한 하수도에 관한 국내외 문헌을 조사해 신뢰성 있는 자료들에 대해 심층적으로 분석하여, 북한 하수도 관리의 시사점을 정리하였다. 연구의 주요 내용 및 수행 체계는 다음과 같다(그림 1-1 참조).

첫째, 국내 문헌 자료를 조사해 기존 문헌의 출처 등을 확인하여 정리하였다.

둘째, 국외의 문헌 자료를 조사해 북한 하수도에 대해 고찰하였다. 국제기구에서 출간된 자료, 학술지 등에 북한 학자들이 수록한 자료 등을 조사하고, 이들 자료를 바탕으로 시사점을 분석하였다.

셋째, 국내외 자료의 종합적인 분석을 통해 북한 하수도 관리에 관한 추가적인 연구에 도움이 될 만한 신뢰성 있는 자료로 재정리하여 제시하였다.



국내·외 자료의 종합적인 분석 및 신뢰성 있는 자료 확보

자료: 저자 작성.

〈그림 1-1〉 연구 수행 체계도

제2장

북한 하수도 관련 정책 및 법·제도

1. 법령

북한의 환경정책 및 하수도 정책은 우상화와 체제수호를 우선하는 국가적 특징을 지니고 있다. 일반적인 북한의 환경은 열악하지만, 혁명유적지, 백두혈통 등과 관련된 지역에 대해서는 철저하게 환경을 보호하는 정책을 수행하는 것으로 알려져 있다.²⁾

북한은 우리나라의 「하수도법」과 같은 이름의 「하수도법」을 2009년 12월에 최고인민회의에서 채택하였다. 먼저 「하수도법」의 구성과 개략 내용에 대해 정리하였다. 또한 하수도와 관련된 「환경보호법」, 「공중위생법」, 「물자원법」, 「하천법」, 「국토환경보호단속법」, 「환경영향평가법」, 「전염병예방법」, 「바다오염방지법」, 「폐기폐설물취급법」, 「도시경영법」, 「수도 평양시관리법」, 「금강산관광지구법」, 「대동강오염방지법」, 「수산법」, 「해운법」, 「양어법」에 대해 조사하였다. 하수도 및 수질과 관련성이 높은 「환경보호법」, 「공중위생법」, 「물자원법」, 「하천법」에 대해 먼저 상세히 알아보고, 인구가 많이 집중된 도시지역과 평양, 그리고 금강산관광지구, 대동강 주변의 하수관리를 위한 법에 대해 살펴봤다. 그 외 하수도와 관련이 있는 기타 법령에 대해 정리하였다.

가. 하수도법³⁾

「하수도법」은 2009년 12월 10일 최고인민회의 상임위원회 정령 제486호로 채택되었

2) 박상현 실장(한국국방연구원 국방전략연구실)의 e-mail 개인수신(2021.6.22).

3) 김승현 교수(경남대학교)의 e-mail 개인수신(2021.7.1).

다. 제1장 「하수도법」의 기본, 제2장 하수도시설의 건설, 제3장 하수도시설의 관리, 제4장 벼림물의 처리, 제5장 하수도사업에 대한 지도통제로 구성되어 있다.

〈표 2-1〉 북한 하수도법의 장별 구성과 조항의 내용

조항	내용	
제1장 하수도법의 기본	<ul style="list-style-type: none"> - 제1조 하수도법의 사명 - 제2조 정의 - 제3조 하수도시설의 건설원칙 - 제4조 하수도시설의 과학화, 현대화 원칙 	<ul style="list-style-type: none"> - 제5조 벼림물의 처리 원칙 - 제6조 하수도시설의 보호 원칙 - 제7조 과학연구 및 기술자, 전문가 양성 - 제8조 다른 법의 적용
제2장 하수도시설의 건설	<ul style="list-style-type: none"> - 제9조 하수도시설 건설의 계획화 - 제10조 하수도시설 건설계획의 작성 - 제11조 하수도시설 건설의 선행 - 제12조 하수도시설 건설 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - 제13조 하수도시설 건설에서 설계의 요구 준수 - 제14조 인입관 연결 - 제15조 완공된 하수도시설의 준공검사
제3장 하수도시설의 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 제16조 새로 건설한 하수도시설의 이관·인수 - 제17조 관리대상이 다른 하수도시설의 이관·인수 - 제18조 하수도시설의 등록 - 제19조 하수도시설관리체계의 확립 - 제20조 기술규정과 표준조작법의 요구준수 - 제21조 하수도시설의 보수주기 - 제22조 하수도시설의 대보수와 유지보수 	<ul style="list-style-type: none"> - 제23조 하수도시설의 자체보수 - 제24조 하수도시설의 파손방지 - 제25조 오수관·우수관의 보호 - 제26조 하수도시설의 사고, 고장퇴치 - 제27조 위생보호구역의 설정 - 제28조 위생보호구역의 관리 - 제29조 하수도시설의 폐기와 용도변경
제4장 벼림물의 처리	<ul style="list-style-type: none"> - 제30조 벼림물의 정화·멸균 - 제31조 배출기준 준수 정형의 조사 - 제32조 오수망을 통한 산업폐수의 처리 - 제33조 산업폐수의 수질분석결과 통보 	<ul style="list-style-type: none"> - 제34조 오수망을 통하여 내보낼 수 없는 벼림물 - 제35조 미광물과 모래, 오물의 처리 - 제36조 오수관을 우수관에 연결하는 행위금지 - 제37조 벗물처리
제5장 하수도사업에 대한 지도통제	<ul style="list-style-type: none"> - 제38조 하수도사업의 지도 - 제39조 하수도사업조건 보장 - 제40조 하수도사업에 대한 감독통제기관 	<ul style="list-style-type: none"> - 제41조 손해보상 - 제42조 행정적 책임 - 제43조 형사적 책임

자료: 저자 작성.

제1장 「하수도법」의 기본은 8개 조항으로 구성되어 있다. 「하수도법」의 사명, 하수도시설의 정의, 하수도시설의 건설원칙, 하수도시설관리의 과학화, 현대화 원칙, 베림물의 처리원칙, 하수도시설의 보호원칙, 과학연구 및 기술자, 전문가 양성, 다른 법의 적용에 관한 내용이 포함되어 있다.

제2장 하수도시설의 건설은 제9조에서 제15조로 구성되어 있다. 하수도시설 건설의 계획화, 하수도시설 건설계획의 작성, 하수도시설 건설의 선행, 하수도시설 건설 설계, 하수도시설 건설에서 설계의 요구준수, 인입관 연결, 완공된 하수도시설의 준공검사를 포함하였다.

제3장에는 하수도시설의 관리에 관한 내용이 제16조~제29조에 기재되어 있다. 새로 건설한 하수도시설의 이관·인수, 관리대상이 다른 하수도시설의 이관·인수, 하수도시설의 등록, 하수도시설관리체계의 확립, 기술규정과 표준조작법의 요구 준수, 하수도시설의 보수주기, 하수도시설의 대보수와 유지보수, 하수도시설의 자체보수, 하수도시설의 파손 방지, 오수관·우수관의 보호, 하수도시설의 사고 또는 고장퇴치, 위생보호구역의 설정, 위생보호구역의 관리, 하수도시설의 폐기와 용도변경의 내용을 포함한다.

제4장은 9개의 조항에 베림물의 처리에 관한 내용을 기재했다. 베림물의 정화·멸균, 배출기준 준수 정형의 조사, 오수망을 통한 산업폐수의 처리, 산업폐수의 수질분석결과 통보, 오수망을 통하여 내보낼 수 없는 베림물, 미광물과 모래, 오물의 처리, 오수관을 우수관에 연결하는 행위 금지, 빗물처리에 관한 내용으로 구성되어 있다.

마지막 제5장은 하수도사업에 대한 지도통제의 내용이다. 6개 조항으로 구성되며, 하수도사업의 지도, 하수도사업조건 보장, 하수도사업에 대한 감독통제기관, 손해보상, 행정적 책임, 형사적 책임에 관해 기술하였다.

나. 환경보호법⁴⁾

「환경보호법」은 1986년에 채택이 된 후 1999년부터 2014년까지 일곱 차례 개정이 되어 북한이 환경보호에 많은 관심을 가지고 있음을 엿볼 수 있다. 「환경보호법」은 제1장 「환경보호법」의 기본, 제2장 자연환경의 보존과 조성, 제3장 환경오염의 방지, 제4장 환경보호사

4) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 환경보호법”, 검색일: 2021.7.18.

업에 대한 지도통제로 구성되어 있다.

제1장 「환경보호법」의 기본에는 「환경보호법」의 사명, 환경보호사업의 기본원칙과 계획화 원칙, 공해방지대책의 선행원칙, 전 인민적인 환경보호관리원칙, 관리담당제의 실시, 환경보호분야의 과학연구와 사업원칙, 환경보호분야의 교류와 협조, 법의 규제대상에 대해 규정하였다. 제2장 자연환경의 보존과 조성은 자연환경의 보존과 조성의 기본요구, 자연보호구와 특별보호구의 선정, 환경보호대책의 수립, 자연풍치의 보호, 명승지, 천연기념물의 보호, 땅의 침하방지, 자연생태계의 균형파괴행위 금지, 문화휴식터 건설과 원림과 녹지 조성, 국토환경보호관리월간으로 구성되어 있다.

제3장 환경오염의 방지는 하수도에 관한 내용과 관련성이 깊다. 별도로 구분해놓은 것은 아니지만, 대기오염, 하수도, 상수도, 배로 인한 수질오염 관리, 화학물질 및 유해 오염물질 관리, 에너지 자원 이용, 오염방지제도에 관한 내용을 포함하였다. 제3장 제19조(환경보호 기준의 준수)에는 기관, 기업소, 단체에 환경보호한계기준과 오염물질의 배출기준, 소음, 진동기준 같은 환경보호기준을 지켜야 할 의무를 부여하고 있으며, 환경보호기준을 정하는 사업은 내각이하도록 명시하였다. 제20조부터 제22조까지는 대기오염에 관한 조항으로 가스, 먼지 잡이와 공기여과장치의 설치, 환경보호기준을 초과하는 설비의 가동 금지, 특수 기상조건에 의한 대기오염의 방지에 관해 규정하였다. 제26조는 상수도에 관한 조항이며, 제27조부터 제29조까지는 배로 인한 바다, 하천, 호소, 저수지의 환경보호와 오염방지에 관해 규정하였다. 제31조부터 제38조까지는 화학물질의 생산과 수입, 독성검사, 농약의 보관, 이용, 오염된 농산물의 판매, 공급 금지, 방사성물질에 의한 오염 방지, 방사성물질 취급, 오염된 물품의 수입 금지, 환경 파괴 폐기물, 설비, 기술의 수입과 생산도입 금지, 해로운 물질의 배출량과 농도, 소음과 진동의 세기 측정, 공해를 일으키는 건물, 시설물의 이설에 대해 규정하였다. 제39조는 재생에너지 자원의 개발 이용, 제40조는 환경인증제도의 실시, 제41조는 재자원화 기술의 도입을 규정하였다. 제23조부터 제25조까지는 오물의 처리, 도시오물의 재자원화, 벼림물의 정화에 관한 조항으로 본 연구에서 다루는 하수도와 가장 밀접한 조항이다. 또한 제30조는 정화장, 오물, 공업폐설물처리장의 건설에 관한 조항이 포함되어 있어 주목할 만하다. 다음 <표 2-2>에 하수도에 관련된 조항과 내용을 정리하였다.

제4장 환경보호사업에 대한 지도통제에는 환경보호사업에 대한 지도통제의 기본요구, 환경보호사업에 대한 지도, 비상설환경보호위원회의 조직과 운영, 환경감시체계 수립 및 환경상태 장악, 환경경제지표의 계획화, 환경보호사업조건 보장, 건설대상의 환경영향평가, 공해방지시설과 준공검사, 환경보호기금과 오염물질배출 보상료, 환경실태통계자료의 작성과 제출, 환경보호에 대한 과학지식 보급, 환경보호사업에 대한 감독 통제, 관리 및 감독사업에 대한 책임, 민사적 책임, 행정적 책임, 형사적 책임에 대해 규정하였다. 이 중 제57조에 나타난 행정적 책임을 해당 기관, 기업소, 단체의 책임 있는 일군과 개별적 공민에게 정상 참작하여 지우게 되는 경우를 나열하고 있는데, 하수에 관한 것으로는 정화하지 않은 버림물을 바다, 하천, 호소, 저수지에 내보냈을 경우와 환경보호기준을 초과하였을 경우가 명시되어 있다. 제58조(형사적 책임)에는 제57조의 행위가 범죄에 이를 경우에 형법의 해당조문에 따라 형사적 책임을 지우도록 하였다.

〈표 2-2〉 북한 환경보호법에 나타난 하수도 관련 조항과 내용

조항	내용
제23조(오물의 처리)	<ul style="list-style-type: none"> - 도시경영기관과 지방인민위원회, 해당기관, 기업소, 단체는 거리와 마을, 공원, 유원지, 해안가, 해수욕장에 각종 오물들을 분류하여 버릴 수 있게 휴지통, 오물통, 오물장 같은 것을 규모 있게 설치하며 버려진 오물을 제때에 처리하거나 겉어내야 한다. - 오물을 도시주민구역과 주요 도로 주변에서 불태우지 말며 오물처리장에 모아 놓은 오물은 제때에 실어내야 한다.
제24조(도시오물의 재자원화)	<ul style="list-style-type: none"> - 지방인민위원회와 해당 기관, 기업소, 단체는 도시오물을 탄재, 파수지, 고포, 파유리, 파철, 유기질 비료 생산용 오물 같은 것으로 분류하여 최대한 재자원화하도록 하여야 한다.
제25조(버림물의 정화)	<ul style="list-style-type: none"> - 건물, 시설물을 건설하는 기관, 기업소, 단체는 생활오수 및 산업폐수를 처리할 수 있는 하수도시설, 정화시설을 건설한 다음 상부구조를 건설하여야 한다. - 하수도시설, 정화시설을 건설하지 않고서는 다음 단계의 건설을 할 수 없다. - 생활오수 및 산업폐수는 오염물질배출기준에 맞게 깨끗이 정화하여 내보내며 정화되지 않은 버림물이 바다나 하천, <u>호소</u>, 저수지 같은 곳에 흘러들지 않도록 하여야 한다.

〈표 2-2〉의 계속

조항	내용
제30조(정화장, 오물 공업폐설물처리장의 건설)	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 기관, 기업소, 단체는 버림물의 정화장이나 오물, 공업폐설물의 처리장을 바다나 하천, 호소, 저수지 또는 먹는물 원천을 오염시키지 않을 곳에 꾸려야 한다. - 지하자원을 개발하는 기관, 기업소, 단체는 박토장, 버려장 저탄장, 연재 및 광재처리장을 꾸리고 산림과 하천, 농경지를 오염시키거나 뜯쓰게 만들지 말며 지하자원개발이 끝난 다음에는 그 지대를 원상대로 정리하여야 한다. - 파괴된 환경을 원상태로 정리하지 않았을 경우에는 다음 대상의 지하자원을 개발할 수 없다.

자료: 저자 작성.

제19조에서 선언한 환경보호한계기준, 오염물질의 배출기준, 환경보호기준과 행정적 책임, 형사적 책임을 지우게 하는 환경보호기준 등이 명시되지 않아 이에 관한 조사가 추가로 필요하다.

다. 물자원법⁵⁾

「물자원법」은 1997년에 채택되었고 1999년에 개정되었다. 제1장 「물자원법」의 기본, 제2장 물자원의 조사와 개발, 제3장 물자원의 보호, 제4장 물자원의 이용, 제5장 물자원의 조사와 개발, 보호, 이용에 대한 지도통제로 구성되어 있다.

제1장 제1조에 나타난 「물자원법」의 목적은 물자원의 조사와 개발, 보호, 이용에서 제도와 질서를 엄격히 세워 인민경제발전과 인민생활에 필요한 물을 원만히 보장하는 것이라고 선언하였다. 제2조에는 물자원을 인민경제발전과 인민생활에 이용할 수 있는 일정한 지역에 있는 물이라고 정의하고 있으며, 하천, 저수지, 호소수, 광천수, 지하수를 그 종류로 명시하였다.

제2장 제11조에 물자원의 개발계획은 국가계획기관이 세우고, 제12조에 물자원의 개발승인은 국토환경보호기관 또는 해당 기관이 하도록 해, 수자원 관리에 국가의 역할의 중요성을 강조하였다. 한편 제13조 물자원개발설계의 작성은 해당 설계기관이 하도록 하고, 물

5) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 물자원법”, 검색일: 2021.7.18.

자원의 개발은 물자원 개발 설계에 따르도록 함으로써, 물자원에 대한 전문성 필요에 관한 인지를 엿볼 수 있다.

제3장 ‘물자원의 보호’에는 하수도와 관련된 조항이 있다. 제18조에는 기관, 기업소, 단체에 벼름물을 정상적으로 정화하거나 침전시키는 정화장, 침전지를 건설하는 의무를 부과하였다. 또한 정화되지 않았거나 침전시키지 않은 벼름물을 하천, 저수지, 호소에 내보낼 수 없도록 규정해 물자원의 수질 보호를 의도하였다.

한편, 제19조에는 홍수 및 침수에 대비해 하천, 저수지, 호소에서 장마철에 큰 물을 안전하게 처리할 수 있도록 물관리의 의무를 해당 기관, 기업소, 단체에 부여하였다. 제22조에는 침수피해를 최소화할 수 있도록 수문, 양수장을 비롯한 물빼기시설물의 정상적인 운영이 보장되어야 하며, 물빼기시설물의 운영에 필요한 전력은 우선적으로 정상 공급하도록 규정하였다. 이 부분은 하수도에 의한 내수침수보다는 하천 제방 등과 관련된 외수침수에 관한 조항이라고 판단된다. 이에 내수침수와 관련된 조항은 없는 것으로 보인다.

제5장 ‘물자원의 조사와 개발, 보호, 이용에 대한 지도통제’의 제36조에 벼름물을 정화, 침전시키지 않고 내보낸 경우에는 물의 이용을 중지시키거나 해당 손해를 보상하도록 규정하였다.

〈표 2-3〉 북한 물자원법에 나타난 하수도 및 홍수방지대책 관련 조항과 내용

조항	내용
제18조	<ul style="list-style-type: none"> - 기관, 기업소, 단체는 정화장, 침전지를 건설하고 벼름물을 정상적으로 정화하거나 침전시켜야 한다. - 정화되지 않았거나 침전시키지 않은 벼름물은 하천, 저수지, 호소에 내보낼 수 없다.
제19조	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 기관, 기업소, 단체는 하천, 저수지, 호소에서 장마철에 큰 물을 안전하게 처리할 수 있도록 물관리를 하여야 한다.
제22조	<ul style="list-style-type: none"> - 기관, 기업소, 단체는 해마다 큰 물로 피해를 받을 수 있는 대상들을 장악하고 장마철 전으로 대책을 세우며 수문, 양수장을 비롯한 물빼기시설물의 정상적인 운영을 보장하여야 한다. - 전력공급기관은 물빼기시설물의 운영에 필요한 전력을 정상적으로 보장하여야 한다.

〈표 2-3〉의 계속

조항	내용
제36조	- 물이용계획을 초과하였거나 물을 용도에 맞게 쓰지 않았거나, 벼름물을 정화, 침전시키지 않고 내보낸 경우에는 물의 이용을 중지시키거나 해당한 손해를 보상시킨다.

자료: 저자 작성.

라. 대동강오염방지법⁶⁾

북한의 가장 큰 도시인 평양에 인접한 대동강의 수질상황은 북한의 하수도시설의 상태를 추정하는 데 도움이 된다. 「대동강오염방지법」은 2005년 2월에 제정된 후 같은 해 7월에 개정되었다.

제1조에 나타난 바와 같이 이 법의 사명은 대동강의 보호관리에 대해 제도와 질서를 엄격히 세워 대동강의 수질과 생태환경을 보존, 개선하려는 것이다. 제2조에서는 대동강오염방지사업에 대한 투자계획을 수립해 투자를 늘려가도록 선언하였다. 제3조에는 대동강오염방지구역의 범위를 설정하고 있으며, 대동강오염방지구역을 관리목적에 따라 1~5급으로 분류하고 중앙국토환경보호지도기관이 맡는다(제4조). 제5조에서는 대동강에 갑문, 항, 부두 등의 건설, 탐사, 개발에 대해 환경영향평가 의무를 부여하고 있어 대동강의 환경보호에 대한 관심이 큰 것을 알 수 있다.

6) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 대동강오염방지법”, 검색일: 2021.7.18.

〈표 2-4〉 대동강오염방지법에 나타난 오폐수 관련 조항과 내용

조항	내용
제6조 (공업버림물의 정화)	<ul style="list-style-type: none"> - 기관, 기업소, 단체는 정화시설을 갖추고 대동강으로 내려보내려는 공업버림물을 정상적으로 정화하여야 한다. - 오염물질의 배출허가는 국토환경보호기관이 한다.
제7조 (생활오수의 정화)	<ul style="list-style-type: none"> - 도시경영기관과 지방정권기관, 해당기관은 하수도시설을 보수정비하고 오수정화장을 꾸리며 생활오수를 국가환경보호기준에 맞게 정화하여야 한다. - 국가환경보호기준에 맞게 정화하지 않은 생활오수는 대동강으로 내보낼 수 없다.
제8조 (병원성버림물의 소독, 정화)	<ul style="list-style-type: none"> - 보건기관과 해당기관은 대동강으로 내보내려는 병원성폐수를 소독, 정화하여야 한다. - 병원성폐기, 폐설물은 소독하거나 소각하여 국토환경보호기관이 정한 장소에 매몰하여야 한다.
제9조 (기름유출의 방지)	<ul style="list-style-type: none"> - 기관, 기업소, 단체는 대동강 수역과 그 기슭에서 자원을 텁사, 개발하거나 자갈채취 같은 작업과정에 설비와 윤전기재의 기름이 대동강으로 흘러들지 않도록 하여야 한다. - 대동강 수역과 그 기슭에서 설비와 윤전기재를 세척할 수 없다.
제10조 (버림물처리시설의 설치)	<ul style="list-style-type: none"> - 항, 부두, 갑문을 관리하는 기관, 기업소, 단체는 배의 버림물받이시설과 처리장, 정화장을 갖추어야 한다. - 해당 수역에 떨어진 기름과 오물은 제때에 거두어내거나 파내야 한다.

자료: 저자 작성.

제6조부터 제10조까지는 다양한 오폐수(공업폐수, 생활오수, 병원성폐수, 기름 유출, 선박의 오폐수)의 배출 규제에 대해 규정하였다(표 2-4 참조). 이 중 평양의 하수도에 가장 관련성이 있는 조항은 제7조다. 평양의 하수도시설 관리기관은 도시경영기관과 지방정권기관 등임을 알 수 있으며, 생활오수의 처리는 국가환경보호기준에 맞게 이루어져야 하고 평양에는 하수관로시설과 하수처리시설(오수정화장)이 구비되어 있으되, 기존에 설치된 하수관로에 대해서는 보수 등의 정비사업이 필요한 것으로 추정해 볼 수 있다.

제22조에서는 대동강의 수질을 조사해 수질 상태를 파악하고 그 자료를 해당기관에 통보하도록 하고 있으며, 수질이 악화되었거나 심각하게 오염될 우려가 있을 경우 내각의 승인을 받아 대동강의 환수조치를 취하도록 규정하였다.

제27조에서는 정화, 오물처리 질서를 어긴 행위에 대한 제재를 규정하였다. 정화하지

않은 벼름물, 비료, 농약, 기름, 유독성 물질을 대동강에 흘려 보냈거나 미광, 벼력, 오물을 대동강에 버렸거나 그 수역이나 기슭에서 윤전기재를 세척하는 행위에 대해 벌금을 부과한다.

마. 도시경영법⁷⁾

우리나라의 경우 지방상수도와 하수도는 각각 수도사업자와 공공하수도관리청인 지방자치단체의 소관업무로 취급한다. 북한도 상하수도시설의 관리 책임이 각 도시에 맡겨져 있는 것으로 판단된다. 북한 도시의 상하수도시설 관리는 「도시경영법」(제19조⁸⁾)에 규정하였다. 「도시경영법」은 1992년에 처음 채택되었고 1999년, 2000년, 2004년에 수정·보충되었다.

「도시경영법」 제1조에는 이 법이 “도시경영에서 제도와 질서를 염격히 세워 주민들에게 보다 편리한 생활조건과 문화적인 생활환경을 마련하여 주는데 이바지”할 목적으로 만들어 졌음을 나타낸다. 「도시경영법」은 모두 7장 63개 조항으로 구성되었다. 제1장 도시경영의 기본, 제2장 건물관리, 제3장 상하수도와 난방시설의 운영, 제4장 도시 도로, 하천 정리, 제5장 원림 조성, 제6장 도시미화, 제7장 도시경영에 대한 지도통제의 내용이다.

제3장의 상하수도와 난방시설 운영에는 제28조를 제외하고 제25조부터 제30조까지 하수도에 관한 내용이 포함되어 있다. 제25조에서는 오수의 수집과 처리에 관한 의무, 책임기구(도시경영기관과 해당 기관, 기업소, 단체)에 대해 언급하였다. 오수는 오수관망을 통해 수집하여 처리하도록 하고 있으며, 노후화된 오수관의 보수, 교체 등의 정비가 필요한 상황임을 엿볼 수 있다.

7) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 도시경영법”, 검색일: 2021.7.18.

8) 「도시경영법」 제19조에 ‘도시경영기관과 해당 기관, 기업소, 단체는 상하수도, 난방시설을 보수정비하여 그 운영을 정상화하여야 한다’라고 명시되었다.

〈표 2-5〉 북한 도시경영법에 나타난 하수도 관련 조항과 내용

조항	내용
제25조	- 도시경영기관과 해당 기관, 기업소, 단체는 오수관망을 정상적으로 보수정비하며 벼름물을 정해진 기준대로 정화, 멸균하여 내보내야 한다.
제26조	- 도시경영기관과 해당 기관은 우수관을 비롯한 물빼기시설을 충분히 갖추고 제때에 보수 정비하며 주민지구에 빗물이 고이지 않게 하여야 한다. - 주민지구의 물빼기시설은 다른 데 돌려쓸 수 없으며 우수관에는 오수관을 연결할 수 없다.
제28조	- 상하수도, 난방시설을 관리 운영하는 기관, 기업소, 단체는 관망에 대한 보수정비와 보온을 잘하며 먹는물과 난방열의 도중손실을 체계적으로 낮추어야 한다. - 기관, 기업소, 단체는 자체로 보수정비한 상하수도, 난방시설에 대하여 도시경영기관의 기술검사를 받아야 한다.(중략)
제29조	- 도시경영기관과 해당 기관, 기업소, 단체는 기술혁신운동을 힘있게 벌려 상하수도, 난방 시설의 운영을 기계화, 자동화, 원격조종화하여야 한다. - 전력공급기관은 상하수도, 난방시설의 운영에 필요한 전력을 정상적으로 공급하여야 한다.
제30조	- 기관, 기업소, 단체는 상하수도관, 난방관에 새로 인입관을 연결하는 건설명시를 받으려 할 경우 도시경영기관의 합의를 받아야 한다.

자료: 저자 작성.

오수를 처리하는 경우 소독에 관한 처리방법을 언급하고 있는데, 「물자원법」 제18조에 나타난 “정화장, 침전지를 건설하고 벼름물을 정상적으로 정화하거나 침전시켜야 한다”는 표현을 살펴보면 오수처리가 침전공정과 소독공정을 통해 이루어짐을 엿볼 수 있다. 일반적으로, 침전공정의 경우 수처리공정의 기능과 메커니즘에 따라 독립침전, 응결침전, 지역침전, 압축침전의 네 가지 종류로 구분하는데, 독립침전과 응결침전은 통상 하수처리장의 제1차 침전조에서 일어나나 응집제 투입 여부로 분류할 수 있다. 한편 지역침전은 하수처리장의 생물반응조 후단에 있는 제2차 침전조에서 미생물 슬러지가 대량으로 침전되는 형태를 일컬으며, 압축침전은 제1차 및 제2차 침전조에서 가라앉은 슬러지를 모아 탈수하는 과정에서 일어나는 침전형태를 일컫는다. 북한에서 사용하는 침전처리의 경우 상기의 4가지 분류에 따라 특정할 수 없으나, 제1차 침전조에서 일어날 수 있는 침전을 의미하는 것으로 보인다. 하지만 북한의 경제적 어려움을 고려할 때 지속적인 운영비(구매비 및 전력비)를 필요로 하는 응집제 투입 후 급속교반과 완속교반을 거쳐 침전조에서 부유물질을 제거하는 방식의

응결침전 방식을 사용하고 있다고 보기는 어려운 듯하다.

정화장(「물자원법」 제18조), 오수정화장(「대동강오염방지법」 제7조), 정화시설(「대동강 오염방지법」 제6조)의 조금 다른 표현을 사용하고 있는데, 의미의 큰 차이는 없는 것으로 보인다. '정화장'이란 표현은 부폐조, 임호프조 등의 개인오수처리시설로 한국에서 흔히 통용되고 있는 '정화조'일 개연성이 있으나, 확인이 필요하다.

제26조에서는 도시와 농촌 등 주거공간(주민지구)의 침수 방지를 위한 빗물배제에 대해 언급하였다. 주거공간에 빗물이 고이지 않도록 빗물을 신속히 배제하는 우수관과 펌프(물빼기시설물)의 필요성과 유지관리 등의 정비 필요성을 강조하여 침수 방지를 위해 대비하였다. 침수방지시설의 책임기관으로는 기업소와 단체를 제외하고 도시경영기관과 해당 기관으로 명시해 민간 측보다는 국가의 책임이라는 인식을 하고 있는 것으로 보인다. 주민지구 별로 펌프가 할당되어 빗물관리를 하고 있으며, 빗물배제를 위한 펌프를 다른 곳에 사용하여 침수가 발생하는 일이 없도록 빗물배제용 펌프의 독점적 이용에 관해 언급하였다. 한편, 오수관과 우수관의 오접 방지에 대해 언급하고 있는 것으로 보아 하수배제방식으로 분류식을 채택하려는 움직임이 있는 것으로 판단할 수 있다.

제28조에는 상하수도 관망의 관리에 관해 규정하였다. 관망의 보수와 정비를 위한 관리 운영기관, 기업체, 단체가 있어서 그 업무를 맡고 있음을 알 수 있다. 보수와 정비를 마친 경우에는 도시경영기관이 보수와 정비의 점검을 위한 기술 검사를 하는 제도가 있다.

제29조에서는 상하수도시설의 기계화, 자동화, 원격조정화를 위해 운영 선진화를 꾀하고 있음을 볼 수 있다. 또한 상하수도시설에 전력공급이 우선 공급될 수 있도록 하는 내용이 포함되어 있다.

제30조에서는 하수관로에 새로운 배수설비를 연결하려는 주택, 건물이 있는 경우, 도시 경영기관의 승인(합의)이 필요함을 규정하였다.

바. 평양시관리법⁹⁾

평양시의 관리를 위해 제정된 「평양시관리법」에도 상하수도에 관한 내용이 포함되어 있다. 「평양시관리법」은 1998년에 처음 채택되었다.

「평양시관리법」 제20조에는 상수도, 제21조에는 하수도에 관한 내용이 기재되어 있으며 제21조에 “도시경영기관은 하수도시설을 완비하고 오수정화체계를 세워 버림물이 수질보호한계기준을 넘지 않도록 하며 도시에서 생활오수와 빗물이 잘 빠지게 하여야 한다. 기관, 기업소, 단체는 버림물을 자체로 정화하여야 한다.”라고 규정하였다.

하수 수집, 처리와 빗물배제 등의 책임이 도시경영기관에 있음을 선언하고 있으며, 기관, 기업소, 단체는 하수의 정화시설을 갖추어 정화해야 할 의무를 갖는다.

한편, 하수도침수와 직접 관련이 되지는 않지만, 외수침수와 관련된 대동강과 보통강의 물수위변동과 물흐름량에 맞게 갑문관리와 운영을 잘 해야 하고, 하천의 강안과 바닥을 정상적으로 정리해야 함을 제25조에 언급하였다.

사. 공중위생법¹⁰⁾

「공중위생법」은 1998년에 처음 채택되었다. 북한의 공중위생사업에서 제도와 질서를 세워 인민들의 위생적인 생활환경과 조건을 마련하고 그들의 건강을 보호 증진하기 위한 법이다(제1조 참조).

「공중위생법」의 제10조에 상하수도에 관한 내용이 있으며, 제11조에는 토양오염에 관한 내용이 있다. 제15조에는 살림집과 공공건물의 폐기물수거장(오물장), 변소 등의 시설 관리, 제16조에는 공공장소의 위생시설 관리에 관한 규정하였다.

제10조에는 “해당 기관, 기업소, 단체는 먹는물, 생활용물, 산업용물의 생산에 이용되는 하천, 호수 저수지, 지하수 같은 것을 위생적으로 보호하여야 한다. 버림물을 내보내려 할 경우에는 정화, 소독하여야 한다.”라고 되어 있다. 앞서 기술한 「물자원법」, 「도시경영법」, 「대동강오염방지법」 등에서 나타난 바와 같은 수준의 하수(버림물)의 정화, 소독의 책임이

9) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 평양시관리법”, 검색일: 2021.7.18.

10) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 공중위생법”, 검색일: 2021.7.18.

해당 기관, 기업소, 단체에 있음을 표현하였다.

〈표 2-6〉 북한 공중위생법에 나타난 하수도 관련 조항과 내용

조항	내용
제10조	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 기관, 기업소, 단체는 먹는물, 생활용물, 산업용물의 생산에 이용되는 하천, 호소, 저수지, 지하수 같은 것을 위생적으로 보호하여야 한다. - 버림물을 내보내려 할 경우에는 정화, 소독하여야 한다.
제11조	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 기관, 기업소, 단체는 독성물질에 의한 토양의 오염을 막아야 한다. - 토양에서 독성물질이나 기생충 알 같은 것은 위생기준 이하로 보장하여야 한다.
제15조	<ul style="list-style-type: none"> - 도시경영기관과 해당 기관, 기업소, 단체는 살림집과 공공건물의 주변에 오물장, 변소 같은 시설을 꾸리고 위생문화적으로 관리하여야 한다.(중략)
제16조	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 기관, 기업소, 단체는 회관, 영화관, 극장, 체육관, 역기다림칸, 광장, 공원, 거리 같은 공공장소에 위생시설을 꾸리고 정상적으로 청소, 소독하여야 한다.(중략)

자료: 저자 작성.

한편 제11조에 “해당 기관, 기업소, 단체는 독성물질에 의한 토양의 오염을 막아야 한다. 토양에서 독성물질이나 기생충 알 같은 것은 위생기준 이하로 보장하여야 한다.”라고 규정하였다. 하수가 가정이나 기업 등에서 발생하여 하수관망으로 수집되어 처리장으로 이송되지 않을 경우 하수가 토양을 오염시킬 개연성이 있으며, 특히 분뇨가 하수에 포함되면 기생충 알 등에 의한 공공보건 상의 위협이 될 수 있으므로, 하수도와 관련 있는 규정이라고 볼 수 있다.

제15조에는 살림집과 공공건물 주변에 오물장, 변소 등의 시설을 설치하여 위생적으로 관리하도록 규정하고 있으며, 제16조에는 공공장소에 위생시설을 설치하여 청소, 소독하는 의무를 해당 기관, 기업소, 단체에 지우고 있음을 알 수 있다.

아. 전염병예방법¹¹⁾

하수도 관리가 부실할 경우에는 수인성 전염병이 생겨날 위험이 있어 북한의 「전염병예

11) 중앙대 북한학술정보포털, “조선민주주의인민공화국 전염병예방법”, 검색일: 2021.7.18.

방법」도 살펴보았다. 「전염병예방법」은 1997년에 처음 채택되었고, 1998년과 2005년에 수정·보충되었다.

제27조에 버림물의 정화에 대한 규정이 있는데, “전염병예방기관과 해당기관은 버림물정화 정형을 정기적으로 조사하고 해당기관, 기업소, 단체에 통보”하여야 하며, “도시경영기관과 해당기관, 기업소, 단체는 버림물을 정화하여 급수원보호구역 밖으로 내보내”라고 되어 있다.

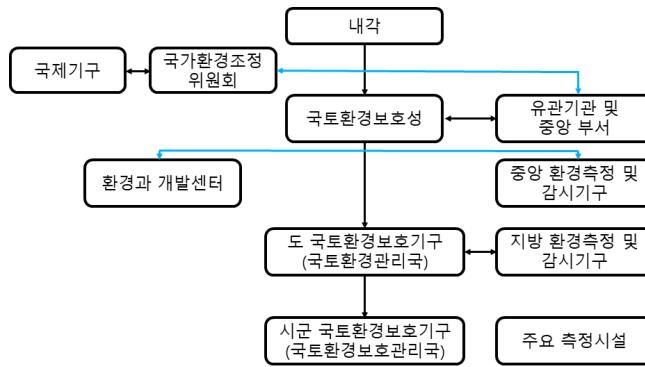
한편 제28조에는 변소와 오물장의 소독에 관해 언급하였다. “도시경영기관과 기관, 기업소, 단체는 변소, 오물장 같은 위생시설을 꾸리고 소독을 정상적으로 하여 전염병을 퍼뜨리는 매개물이 생겨나지 않도록 하여야 한다. 위생시설은 제때에 보수하여야 한다.”라고 명시하였다.

2. 북한의 환경관리와 하수도관리의 행정조직

가. 환경관리 행정조직

북한의 환경관리를 담당하는 행정조직은 1995년 ‘국토환경보호성’에서 1998년 ‘도시경영 및 국토환경보호성’으로 개편되었다가 1999년에 ‘도시경영성’과 ‘국토환경보호성’으로 분리되었다. 북한의 환경행정은 도/시/군 차원으로 이뤄지고, 도급 환경관리는 ‘국토환경관리국’, 군급 환경관리는 ‘국토환경보호관리소’가 담당한다.

김정은 집권 이후 도시환경인프라 도입이 강화되고, 도시미화에 대한 수요가 증가하여 국토환경보호기관/도시경영기관의 위상이 격상되었다고 한다.



자료: 한상운, 김윤정(2013), p.63.

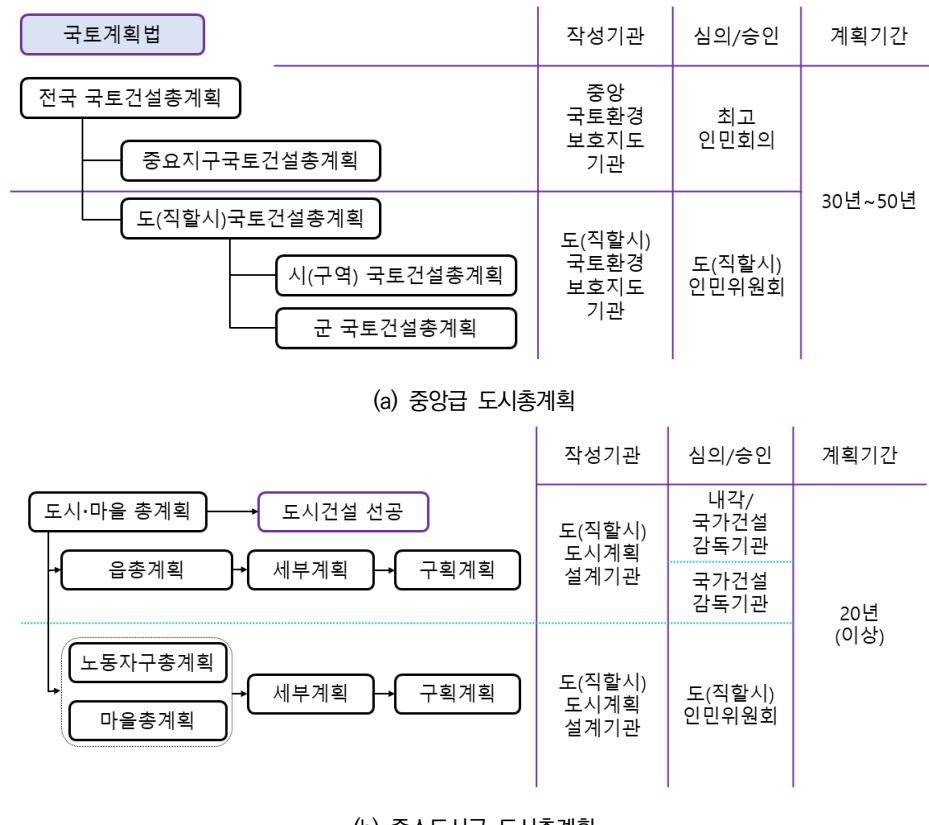
〈그림 2-1〉 북한의 환경행정 조직현황

나. 북한의 도시계획 체계

도시계획의 작성과 비준, 심의·승인의 경우 계층적 위계를 반영하여 시급 도시총계획과 중요대상의 도시총계획은 내각이 계획, 승인하며, 읍총계획과 시급도시, 읍의 세부계획은 국가건설감독기관이 심의·승인한다. 노동자구, 마을총계획과 세부계획, 구획계획의 경우 도민위원회가 심의·승인한다.

도시계획의 작성은 도시계획 설계기관이 하며, 도서건설에 앞서 도시계획을 작성해야 함을 「도시계획법」(제7조)에서 명시하였다. 이때 지방정권기관은 도시계획의 작성을 주문하고, 주요 대상의 도시계획 작성은 내각이 조직한다. 도시계획을 작성할 때에는 기념비적인 건물과 유적, 자연자리적 조건과 기후풍토를 고려하여 도시를 너무 크게 하지 않고, 인구밀도와 건축밀도를 줄이고 큰 도시 주변에 위성도시를 합리적으로 배치할 것 등을 규정하였다.

도시계획의 기본적인 성격은 장래의 도시변화와 수요를 예측하는 성격이 강하지만 북한의 도시계획은 도시를 건설하는 청사진을 제시하는 것이 특징이다. 북한은 도시계획을 작성할 때 평양 이외의 지역은 가급적 중소도시의 형태로 개발하고자 하는 경향을 보인다.



자료: 박규홍 외(2019), p.9.

〈그림 2-2〉 북한의 도시계획 및 도시환경인프라 계획구조

다. 하수도관리 행정조직

김정욱 외(2008)는 전 평양시 교량도로 설계실에 근무했던 새터민으로부터 정보를 얻어, 북한 하수도의 관리 조직에 대해 〈표 2-7〉과 같이 정리한 바 있다.

중앙의 도시경영성이 그 산하에 있는 도시건설총국을 통해 상하수도시설 등을 전문적으로 관리, 유지, 보수를 한다. 평양시 산하 군(구역)에는 상하수도사업소, 도시경영사업소가 있으며, 상하수도사업소는 기술망을, 도시경영사업소에서는 건축물과 기타 토목구조물의 경영을 담당한다.

한편 상하수도시설의 건설은 각 도 직할시 산하 도시건설총국의 시설사업소가 담당하여 진행한다. 시군(구역)에는 도시경영과를 두어, 그 산하의 시설사업소를 지도한다. 평양시를 제외한 기타 시군(구역)에는 상하수도사업소를 따로 두지 않으며 시설사업소를 두어 관리도 함께 수행한다.

〈표 2-7〉 북한 상하수도시설 관련 업무와 담당 기관

구분	담당기관
건설(시공)	<ul style="list-style-type: none"> 각 도 및 직할시 산하 도시건설총국 시설사업소
경영(운전과 유지관리)	<ul style="list-style-type: none"> 중앙정부 도시경영성 산하 도시건설총국이 관리 및 유지, 보수 시행
기타	<ul style="list-style-type: none"> 시 산하 군의 상하수도 사업소: 기술지원 도시경영사업소: 건설물 및 기타 토목구조물 경영 평양시 외 기타지역: 상하수도사업소가 따로 없고, 여타 도시 인프라와 함께 상하수도 시설 관리

자료: 김정욱 외(2008), p.11.

제3장

북한 하수도 일반 현황

1. 북한 하수도시설의 분류

가. 우리나라의 하수도시설 분류 및 발전

하수에는 일상생활에서 사용한 주방배수, 세탁배수, 목욕배수 등에 사람의 분뇨를 수세한 배수 등으로 구성된 오수와 빗물배수가 포함된다. 우리나라뿐 아니라 대부분의 선진국에서 하수는 가정 및 영업장 등 생활공간에서 배제하는 배수설비와 오수받이를 통해 공공하수관로로 연결되어 공공하수처리시설에 도달하여 처리된 후 처리수를 공공수역으로 방류하게 된다. 이때, 빗물의 배제를 오수관과 별도의 우수관으로 배제하는 분류식과 구분 없이 공통의 관로로 배제하는 합류식의 두 가지 방식으로 분류할 수 있다. 합류식의 경우는 대량의 빗물을 모두 공공하수처리시설에서 처리할 수 없으므로, 간선관로와 차집관로가 연결되는 우수토실을 설치하여 과다한 빗물(오수가 포함되어 있으나 희석되어 오염부하가 낮은 상태)을 별도의 처리 없이 공공수역으로 방류한다. 분류식의 경우, 우수관의 빗물은 공공하수처리시설까지 이송하지 않고 공공수역으로 방류하며, 오수관의 오수만 공공하수처리시설에서 처리한다. 일반적으로 선진국의 오래된 도시에서는 합류식 하수관로시스템을 채택하였는데, 가정과 영업장에서의 수세분뇨도 합류식 관로를 통해 공공하수처리시설로 이송해 처리해 비가 많이 올 경우 우수토실을 통해 분뇨가 포함된 하수가 공공수역으로 윌류되어 심각한 수질오염 문제로 인식되었다. 그 후, 합류식하수관로시스템의 개선을 위해 CSOs 대책시설인 하수저류시설 설치, 장치형 처리시설 설치사업, 하수관로의 분류식화 정비사업 등 많은 노력과 투자를 하는 상황이다. 우리나라는 2020년 이후 대대적인 하수관로정비사업을

시행하여 많은 도시에서 합류식 하수관로체계를 분류식화하여 수세분뇨를 공공하수관로에 직접 투입해 공공하수처리시설에서 처리한다. 합류식 하수관로체계를 채택한 우리나라의 오래된 도시에서도 수세분뇨의 직투입이 가능한 하수관로체계를 갖추려는 논의가 서울시를 필두로 하여 진행되고 있다(서울특별시, 2019). 그동안 합류식 지역의 주택 및 대형건물에서 발생한 수세분뇨를 해당 건물 지하의 정화조 또는 오수처리시설에서 일부 처리 및 수거하여 공공분뇨처리시설에서 처리하여 왔으나, 수세분뇨의 공공하수관로 직투입이 서서히 실현되면 하수와 함께 공공하수처리시설에서 처리되어 분뇨처리시설은 더 이상 존재하지 않게 될 것이다. 최근 기후변화로 인해 잦은 도심침수가 발생하는데, 하수관로의 통수용량이 부족하거나, 구조적인 결함, 기존 관로의 노후화(분류식화 사업시 기존 합류식 관로를 우수관으로 이용) 등이 원인인 경우가 많아 내수침수의 방지를 위한 하수관로정비사업도 지속적으로 진행되고 있다.

전형적인 공공하수처리시설의 계통은 스크린, 그릿챔버, 응집응결조, 일차침전조, 포기조, 이차침전조, 소독조로 구성되나, 유입수 특성과 방류수수질기준 등에 따라 추가적인 공정을 덧붙이기도 한다. 부영양화를 일으키는 영양물질을 제거하기 위해 표준활성슬러지 공정을 개선하여 다양한 고도처리공정으로 대부분 교체되었고, 더욱 확실한 인 제거를 위해 총인처리시설도 많은 곳에서 설치되었다. 하수처리수를 재이용하려는 추가적인 처리시설을 갖춘 곳도 많이 있으며, 최근에는 메탄가스 등 재생에너지 생산을 늘리려는 공정의 개선에 관한 많은 노력을 기울이고 있다.

나. 북한의 법정 하수도 용어

북한의 법을 통해 표현된 하수도 관련 용어를 살펴보고, 북한의 하수도시설의 현황을 들여다봤다.

상하수도, 하수도의 표현을 우리와 동일하게 사용하고 있으며, 하수의 표현을 세분화하여 생활오수, 산업폐수 그리고 공업폐수, 병원성폐수, 선박의 오피수 등의 용어를 사용한다. 우리말 표현으로 ‘버림물’을 사용하기도 하는데, 공업폐수를 ‘공업버림물’과 같이 사용하는 것으로 보아 오수, 폐수 등을 통틀어 사용하는 표현으로 보인다.

‘하수도시설’과 ‘정화시설’을 「도시경영법」의 한 문장 안에 사용하고 있는데, 하수도시설은 하수관로시설을 의미하고, 정화시설은 하수처리시설을 구분해 표현하는 것으로 보인다. 우수관과 오수관의 표현이 별도로 사용되는 걸 보면 분류식 하수관로체계를 갖추려는 시도가 있을 개연성이 있다. ‘양수장을 비롯한 물빼기시설물’이란 표현이 있어서, 양수장, 콤장(손펌프) 등을 통틀어 물빼기시설물로 사용하고 있음을 알 수 있다.

또 정화시설, 정화장, 침전지, 멸균, 소독의 표현이 북한의 법에 쓰여 있다. 통상 알려진 하수처리장에 필요한 기본적인 기능이 일반적인 표현 위주로 나타나고 있다는 것이 특기할 만하다. 전문가들 사이에서 통용되는 처리공정과 기술적인 용어들은 거의 사용되지 않는데, 이는 일반인이 이해할 수 있는 수준의 법률 용어를 의도적으로 사용하는 것으로 볼 수도 있다.

다. 북한 대학교재에 사용되는 하수도시설 용어 및 분류

북한의 고등교육도서출판사에서 발행한 대학교재인 ‘하수도공학’(김학철, 김경철, 2015)¹²⁾에 나타난 하수도시설 용어를 검토하였다.

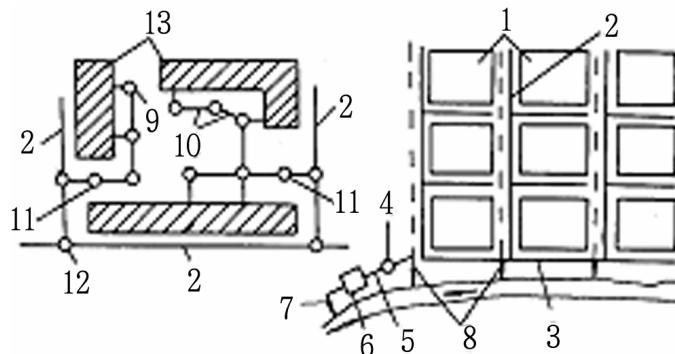
대학교재 ‘하수도공학’의 내용 구성은 제1장 하수도망, 제2장 하수의 조성과 특성, 제3장 하수정화방법, 제4장 하수의 물리적 정화, 제5장 하수의 생물학적 정화, 제6장 하수의 고도 정화, 제7장 하수침전물 처리, 제8장 오수정화장 계획, 제9장 생산폐수의 정화, 제10장 분산식 소규모 오수정화로 되어있다. 더 상세한 목차는 부록 I에 나타내었다.

하수도망의 하수도계통을 합류식, 분류식, 반분류식¹³⁾으로 분류하였다. 반분류식 하수도 계통은 거리망(지선관로)은 분류식으로, 줄기관(간선관로)은 합류식으로 된 계통이라고 정의하였다. 한편 <그림 3-1>에 나타낸 바와 같이 하수도계통의 구성요소로 일반적으로 사용되는 개념의 시설들이 사용되고 있음을 알 수 있다. 오수관 설계시 최소관경, 층수율, 무압원관(개수로)의 유속 계산식, 최소구배, 동결심도 등 최소매설깊이 등을 고려한 수리계산

12) 초판은 1962년에 발간되었고 5판이 2002년에 발행되었는데, 2015년에 발행된 6판을 참고하였다. 이 교재는 평양건축종합대학의 상수도학과, 건물관리학과, 도시경영학과, 함흥화학공업종합대학 건설대학, 횡복종합대학 공업대학, 양강공업대학, 평성공업대학 도시경영학과에서 사용되는 것으로 명시하였다.

13) 우리나라에서는 불완전분류식 또는 오수분류식으로 부르는 하수도계통과 유사한 것으로 보인다.

예를 들고 있다. 우수관 설계시 비세기(강우강도), 비계속시간(강우지속시간), 비의 반복도(강우빈도)의 수문학적 요소를 고려해 지표면 포장재료 종류에 따른 유출결수(유출계수), 비세기줄음결수, 지대구배(지표면 경사)를 이용해 우수량을 추산하고 있음을 알 수 있다. 하수도관은 오지관, 콘크리트관, 철근콘크리트관, 합성수지관이 널리 이용되며 철길을 지나거나 잡관(역싸이이편)으로 건설될 때에는 금속관을 쓴다. 생산폐수를 운반하는 경우에는 불수강관, 동관, 연관 등 특수한 관들을 사용한다.



주: 1-구획, 2-거리망(지선관), 3-줄기관(간선관), 4-펌프장, 5-압송관, 6-오수정화장, 7-방출구조물, 8-우수관, 9-첫 인공(맨홀), 10-구획내부망, 11-검사인공, 12-거리인공, 13-건물.

자료: 김학철, 김경철(2015), p.8.

〈그림 3-1〉 북한 하수도계통의 구성요소

하수처리장의 계통은 살창(스크린), 침사지(수평식, 원형흐름식, 수직식, 접선흐름식, 포기침사식, 모래건조장), 침전지(수평식, 방사식, 수직식, 경사관(판)식), 생물학적 처리공정으로 소개하였다. 생물학적 처리공정인 호기성 방식으로 활성오니법과 생물막(생물여과지)법, 혐기성 방식으로 고농도오수처리, 오수침전물(슬러지)처리에 적용됨을 소개하였다. 그 외 생물학적 정화방법들로 회전원판법, 접촉산화조 설계방식에 대해 더 상세히 설명하였다.

하수고도정화(처리)를 위해 여과법, 생물막법(생물지, 자연포기생물지, 포기생물지)에 대해 소개하였다. 혐기-호기법에 의한 오수의 고도정화방법으로 AO, AAO, UCT공정, 혐기성처리기술공정으로 UASB, IC반응기 설계법을 소개하였으며, 혐기-호기성복합처리의 다양한 공정들에 대해 기술하였다. 또한 하수침전물(슬러지)의 농축, 발효의 원리 설명과 침전

물발효구조물, 메탄탱크, 건조장, 탈수장치의 설계법에 대해 기술하였다.

분산식 소규모 오수정화기술에 대해 상당한 지면을 할애하고 있는 것이 특기할 만하다. 부패조, 혐기완충반응조, 혐기생물여과지, 안정못, 인공습지(자유표면흐름식, 잠김식수평흐름, 잠김식수직흐름, Hybrid식)에 의한 정화공정에 대해 마지막 장에 상세하게 설명하였다.

김학철, 김경철(2015)의 ‘하수도공학’에는 다음과 같이 총 11권의 참고문헌이 기재되었다. 국외문헌으로는 중국, 러시아, 독일 저자의 저서만을 참고한 것이 특기할 만하다.

〈표 3-1〉 대학교재 ‘하수도공학’에 수록된 참고문헌

저자	저작연도	제목	출판사 및 쪽수
박조규, 서린식, 최규완	2002년	대학용 「하수도공학」	고등교육도서출판사, 492.
명시형	1986년	대학용 「하수도공학」	고등교육도서출판사, 412.
라홍철, 강현숙	2008년	「오수생물처리공정기술」	공업출판사, 118.
황명권, 류경애	1992년	「상하수도시설물시공」	공업출판사, 244.
Ludwiq Sasse	1998년	「DEWAS」(Decentralized Wastewater Treatent system)	Bermen Publishing, 159.
顾夏声	2004년	「给水排水设计手册」第五册	中国建筑工业出版社, 464.
钱易, 米样友	2004년	「现代废水处理新技术」	中国建筑工业出版社, 321.
张自杰	2008년	「排水工程」下册	中国建筑工业出版社, 192.
孙慧修	2008년	「排水工程」下册	中国建筑工业出版社, 190.
С.В Яковлев	2002년	「КАНАЛИЗАЦИЯ」	Москва строительство, 358.
Ю.М Ласков	1987년	「ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ」	Москва строительство, 258.

자료: 김학철, 김경철(2015)의 p.296을 참고하여 저자 재작성.

특히 마지막 장에서 강조한 분산식 소규모 오수정화기술은 2008년에 독일의 동일한 저자 Ludwiq Sasse가 공동으로 저술한 저서¹⁴⁾의 제목 'Decentralized Wastewater Treatment Systems(DEWATS) and Sanitation in Developing Countries'에서 알 수 있듯이 개발도상국에서 활용할 것을 권장하는 적정기술의 범주에 포함되는 기술이다. 이는 저에너지를 필요로 하는 지속가능한 수처리기술이긴 하지만 처리효율은 낮은 편이기 때문에, 북한에서의 전력 에너지 수급의 어려움을 염불 수 있게 한다.

라. 국제기구의 하수도시설 용어 및 분류

여러 국제기구에서 발간하는 후진국의 하수도에 관한 보고서에는 선진국의 하수도시설을 표현할 때 사용하는 sewerage(하수도시설), sewer system(하수관로체계) 또는 collection system(집수체계), drainage system(배수체계), wastewater treatment(하폐수 처리) 등의 표현이 사용되는 대신, Sanitation이라는 표현을 많이 사용한다. 통상 저개발국에서는 하수처리시설이나 하수관로시설이 제대로 구비되어 있지 않아서, 분뇨 처리 및 위생 상태에 대해 Sanitation이라는 표현을 사용한다. Sanitation은 '사람의 분뇨를 안전하게 처분하는 시설에의 접근성 및 위생(hygienic) 상태를 유지할 수 있는 능력의 보유'로 정의한다. 이 때 사용하는 방법으로 '수거방식'이나 '하수와 함께 수집하는 방식'이 사용되며, '하수처리장에서 처리'하거나 '퇴비화 방식'을 사용하기도 한다.

2018년에 출간된 MICS 2017 보고서(DPRK and UNICEF, 2018)에서는 북한의 위생 시설을 개선시설과 미개선시설로 구분한 후, 개선시설을 다시 수세식과 재래식으로 분류하였다. 수세식 개선시설의 경우 하수처리장으로 연결되는 관로시스템(piped sewer system), 정화조(septic tank), 수세기능이 있는 재래식 변소(pit latrine)에서 처리되는 경우로 구분하였으며, 수거식 개선시설의 경우는 환풍기능이 설치된 재래식 변소(ventilated improved pit latrine)와 상판이 설치된 재래식 변소(pit latrine with slab)로 구분하였다. 미개선시설은 미처리 방류(open drain) 및 무상판 변소(pit latrine without slab)/개방구덩이(open pit)로 구분하여 통계자료를 수집하였다.

14) Gutterer et al.(2009).

2. 북한 하수도 관련 자료

북한 하수도에 관한 문헌을 고찰하기 전에 북한 수계의 수질오염 상태에 관한 문헌을 조사, 검토하였다. 도시 지역에 하수도시설이 구비되어 있지 않으면 그 주변 하천, 지천, 호수 등의 수계가 일차적으로 오염되므로 수계의 수질오염은 하수도의 수준을 간접적으로 엿볼 수 있다. 북한 수계의 수질오염에 대한 북한 수질관리정책에 대해 살펴보고, 수질보전을 위한 수질환경기준과 수역별 수질오염물질의 배출허용기준, 그리고 주요 하천의 수질오염상태에 대해 정리하였다. 또한 북한 하수도에 관한 문헌을 국내 및 국외의 문헌들로 구분하여 정리하였다. 국외의 문헌들은 여러 국제기구와 국제학술지, 특히 등의 기술 관련 자료들로 구분한 후에 제시하였다.

가. 북한 수계의 수질오염

1) 수질관리 정책

1986년 제7기 5차 최고인민회의에서 이종우은 ‘대동강의 생화학적 산소요구량은 1.36mg/L 이고 물속에 녹아있는 산소량은 8.3mg/L ’이라며 최초로 수치를 밝히고 대동강의 깨끗함을 자랑하였다고 한다(정희성, 1995). 그러나 1993년 체험자 증언에 따르면 평양의 식수원인 대동강에 물고기가 떠오르고 분뇨가 떠다니는 일이 목격되었고 수돗물을 그대로 마신 주민의 복통 호소가 많았으며 대동강의 지류인 보통강도 강물이 뿌에서, 수면 밀 20~30cm 안도 들여다볼 수 없을 정도라는 보고가 있었다(북한문제연구소, 1993). 한편 평양, 원산, 청진, 남도 등 공장지대 밀집 지역과 대도시 지역 주변 수질오염으로 죽은 물고기가 수시로 목격되었으며, 보통강 턱도가 심하여 20~30cm 이상 전방이 보이지 않는 것으로 보고되었다. 또한 원산 앞바다의 해조류가 사라졌고, 5~8월에 적조가 심하게 발생했다고 한다. 그리고 간척사업으로 인한 해양오염이 심각한 것도 보고되었다(정희성, 1995).

손기웅(1996)은 북한의 환경정책을 두 시기로 나누었다. 제1기는 해방 후 1977년도에 「토지법」이 제정되어 토지이용 효율화가 주가 되면서 환경보호, 수질보전의 규정이 포함되어 시행되던 시기이고, 제2기는 1980년대 중반 「환경보호법」이 채택된 이후다. 제1기는

주로 농업, 임업, 수산업의 1차산업과 관련된 환경문제를 다루며, 산업화에 따른 환경문제 인식과 대응이 상대적으로 미약한 시기였다. 1970년대 이후 중공업 위주의 산업화에 따라 수질오염 문제가 심각해져 경각심을 갖게 된 것으로 보이나, 「토지법」 제정에 따라 토지를 합리적으로 이용하기 위한 대책과 방향을 정하면서, 환경보호와 수질보전의 규정(제17조 및 제26조)이 포함되었다. 한편, 1986년에 「환경보호법」이 제정된 이후 1990년대에는 부분적인 환경기준과 배출허용기준을 제정하였으며, 1995년에는 「환경보호법」의 시행규정을 제정한 것으로 알려졌으나, 구체적인 시행령이나 세칙 등에 대해 알려진 바가 없다.

수질환경보전을 위하여 산업폐수배출기준이 각종 산업과 기업에 대하여 별도로 설정되어 있으며, 사업단위별 오염물질 및 폐수배출부과금과 범칙금 제도가 마련되었다고 한다(김정욱 외, 2008).

2) 주요 수질보전 관련 기준

〈표 3-2〉는 북한의 수자원환경을 관리하기 위하여 정하고 있는 강, 하천, 호수의 수질기준의 변천을 나타냈다(정희성, 1995; DPRK and UNICEF, 2018). 강, 하천, 호수의 수질기준을 특수구역과 일반구역으로 구분하여 제시하였다. 과거에 비해 냄새, 색도, pH, 부유물질, $\text{NO}_2\text{-N}$, DO, CN, 대장균, PCB 항목이 추가되었으며, 특수구역의 $\text{NO}_3\text{-N}$, Cl^- , COD_{Mn} 의 기준값이 강화된 반면, 수온의 기준값은 특수구역과 일반구역에서 모두 약간 완화되었다. 한국과 달리 하천과 호수를 구분하지 않고 동일한 기준을 적용하고 있으며, 한국이 상수원수, 수산용수, 공업용수의 등급별로 구분하고 있는 것과 달리 북한은 용수의 종류에 따른 구분 없이 단일 기준을 정해 더 엄격한 기준을 적용하고 있다고 판단된다.

〈표 3-2〉 북한의 강, 하천, 호수의 수질환경기준 변천

항목	정회성(1995)		UNEP(2003)	
	특수구역	일반구역	특수구역	일반구역
냄새	-	-	없어야 함	없어야 함
색도	-	-	<2	<2
pH	-	-	7.0~8.5	6.5~8.5
부유물질	-	-	<20	<30
NH ₄ -N	<0.1	<0.3	<0.1	<0.2
NO ₂ -N	-	-	<0.01	<0.01
NO ₃ -N	<10	<10	<5	<10
Cl ⁻	<10	<30	<20	<30
DO	-	-	>7.5	>5.0
COD _{Mn}	<3.0	<3.0	<1.5	<3.0
BOD ₅	<2.0	<4.0	<2.0	<4.0
Ni	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
CN	-	-	<0.001	<0.001
As	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Hg	없어야 함	없어야 함	<0.0005	<0.0005
Cr	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Zn	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cu	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Pb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cd	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Phenol	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
F	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
유기염소	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
대장균	-	-	<500	<10,000
PCB	-	-	없어야 함	없어야 함

자료: 정회성(1995), p.43; UNEP(2003), p.32를 참고하여 저자 재구성.

〈표 3-3〉은 북한의 해양환경을 관리하기 위하여 정한 해양환경수질기준 항목과 그 기준 값을 보여주고 있다(정회성, 1995).

북한의 수질오염물질 배출허용기준은 〈표 3-4〉에 제시하였다(정회성, 1995). 정회성은 북한의 수질측정망과 측정주기 등에 대해서도 다음과 같이 기술하였다.

주요 지역에 있어서 폐수관리시스템(폐수모니터링시스템)이 설치되어 있으며 그 수질측정항목으로서는 pH, BOD, COD, SS, 유리암모니아, 질산염, 폐놀, 비산염 등이 있는데 1개월마다 측정하고 있다. 수질측정센터는 220여 곳의 수질측정망을 보유하고 있으며, 이들은 자연보전지역, 공업지역, 유역 및 해안지역에 걸쳐 설치되어 있다고 한다. 또 산업폐수에 대한 배출허용기준(표 3-4 참조)도 제시하고 있다. 보건부도 1개월에 한 번 수질을 측정하는 모니터링 담당국을 가지고 있다. 특히 대동강의 경우 전 유역에 걸쳐 공장, 기업, 주거지역을 강력히 통제함으로써 오염을 막고 있다.

정회성(1995)은 배출허용기준이 전술한 수질환경기준과 유사하여 수질환경기준과 배출허용기준 간의 개념 정립이 잘되지 않은 것으로 판단하였다. 세월이 흐르면서 수질환경 및 배출허용의 기준값이 변경되었을 개연성이 있으나, 그 이후의 기준항목 및 기준값의 변화에 대해 확실하게 알려진 바가 없는 듯하다.

〈표 3-3〉 북한의 해양환경기준

(단위: mg/L)

항목	식료품처리/제염조 수역	관광/수영장 수역	항구/공업지대 수역
COD _{Mn}	3	4	5
As	0.05	0.1	0.1
Hg	0.0005	0.0001	0.001
Cr	0.1	0.5	0.5
Zn	0.1	1.0	1.0
Cu	0.01	0.1	0.1
Pb	0.05	0.1	0.1
Phenol	0.005	0.01	0.05
유기염소	0.001	0.02	0.04
Se	0.01	0.02	0.03
무기질소	0.1	0.2	0.3
Cd	0.005	0.01	0.01
무기인	0.015	0.03	0.045
부유물질	10	50	150
기름	0.05	0.1	0.5
pH	7.5~8.4	7.3~8.8	6.5~9.0
온도	4°C	4°C	4°C
대장균	700개/L	1,000개/L	1,000개/L

자료: 정회성(1995), p.44.

〈표 3-4〉 북한의 수질오염물질 배출허용기준

지표	단위	특별수역	일반수역
부유물질	mg/L	<20	<30
NH ₄ -N	mg/L	<0.1	<0.5
NO ₂ -N	mg/L	<0.01	<0.05
NO ₃ -N	mg/L	<10	<10
COD _{Mn}	mg/L	<3	<3
DO	mg/L	>7.5	>5
BOD ₅	mg/L	<2	<4
Ni	mg/L	<0.1	<0.1
CN	mg/L	<0.01	<0.01
As	mg/L	<0.05	<0.05
Cr	mg/L	<0.03	<0.03
Zn	mg/L	<1.0	<1.0
Cu	mg/L	<0.1	<0.1
Pb	mg/L	<0.1	<0.1
Phenol	mg/L	<0.001	<0.001
Cd	mg/L	<0.01	<0.01
F	mg/L	<0.7	<0.7
Cl ⁻	mg/L	<10	<10
유기염소	mg/L	<0.002	<0.002
대장균	count/L	<1,000	<1,000

자료: 정희성(1995), p.46.

3) 주요 수계의 수질 상태

북한에는 압록강, 두만강, 대동강, 성천강 등 많은 하천과 지천이 존재한다. DPR Korea(1991)¹⁵⁾를 인용하여, 주요 하천의 수질이 〈표 3-5〉와 같이 제시된 바 있다(UNEP, 2003).

또한 UNEP(2003)에서는 Rim(1998)¹⁶⁾을 인용하여 1995~1996년의 압록강의 수질오염 상태를 제시하였고, Hong(2000)¹⁷⁾의 결과를 인용하여 대동강의 지천인 휴암천, 합장강, 무진천, 보통강의 수질오염 농도를 제시하였다.

15) DPR Korea(1991): UNEP(2003)에서 재인용

16) Rim(1998): UNEP(2003)에서 재인용.

17) Hong(2000): UNEP(2003)에서 재인용.

〈표 3-5〉 북한 주요 하천과 지천의 1991년 이전의 수질

(단위: mg/L)

하천 및 지천	유역 면적 (km^2)	Ca^{+2}	Mg^{+2}	$\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$	HCO_3^{-}	SO_4^{-2}	Cl^{-}	총이온	경도
대동강	16,580.5	26.0	7.2	6.0	106.4	11.0	8.9	165.5	5.7
청천강	5,933.1	11.9	2.6	7.7	44.0	6.7	9.6	8.25	2.0
장자강	5,155.9	9.7	1.8	8.9	43.1	5.0	4.4	72.9	1.8
장진강	6,920.0	8.8	3.4	4.2	28.1	8.6	8.6	61.7	1.9
호촌강	5,140.0	12.0	4.8	4.4	50.5	7.9	6.1	85.7	3.7
소천	2,392.0	8.0	3.4	3.3	38.9	4.0	5.0	61.6	2.5
오랑천	2,014.0	9.5	3.0	10.2	42.9	14.5	8.0	88.1	2.1
송촌강	2,417.7	8.6	2.5	5.5	25.0	9.0	11.0	61.6	1.5
금야	2,200.5	19.8	5.9	6.7	84.0	6.5	8.5	131.4	4.1
남대천	857.0	20.0	4.0	9.5	65.0	9.0	11.0	118.5	3.5
임진강	8,129.5	23.9	4.0	9.5	78.3	9.0	12.9	137.6	3.8
예성강	3,916.3	27.5	6.0	9.5	110.0	8.4	9.0	170.4	4.5

자료: UNEP(2003), p.30.

정회성(1995)은 일찍이 두만강과 압록강의 수질에 대해 다음과 같이 기술하였다.¹⁸⁾

전장이 505km인 두만강은 백두산을 흘러내리는 상류 106km지역을 제외하고는 심하게 오염되어 있어 식수로는 물론 공업용수로도 사용할 수 없는 5급수 이하라고 한다. 두만강의 수질오염 중 부유물질(SS)은 두만강 상류지역인 남평에서 하천 3급 수질기준(25mg/L)의 7배가 넘는 940mg/l(1990년)인데 이는 '무산철광산'의 폐수에 의한 것이다.¹⁹⁾ 중류지점인 하동에서의 화학적 산소요구량(COD)은 3급 수질기준(6mg/L)의 7배 이상인 43mg/L인데 이는 '회령시멘트공장', 중국의 '개산툰 펄프공장' 등 화학, 섬유, 펄프, 제지공장에서 방류된 폐수에서 비롯된 것이다.²⁰⁾ 두만강 하류지역에는 '석현종이공장', '아오지화학공장', 중하류에 걸쳐있는 탄광 등이 있어 중류에서 배출된 많은 폐수와 합류되어 두만강의 수질오염을 더욱 가중시키고 있다.²¹⁾ '아오지화학공장'으로부터 나오는 연간 60만 톤의 산업역인 권하에서는 폐놀성분이 0.022mg/L 검출되었다고 한다. 이러한 여러 가지 요인이 복합적

18) 정회성(1995)의 pp.28-29의 일부를 인용함.

19) '무산철광산'에서는 연간 1천만에서 1천 5백만 톤 사이의 부유성 고체물질인 광석가루가 배출한다.

20) '개산툰펄프공장'은 연간 30만 톤의 산업폐수를 비롯하여 BOD 1만 8,000여 톤, COD 7만여 톤을 배출한다.

21) '석현종이공장'은 연간 28만여 톤의 폐수를 배출하며 그 오염부하는 BOD 1만 4,000여 톤, COD 6만 1,000여 톤에 이를 것으로 추정하였다.

으로 작용하여 두만강 하류는 물고기가 살 수 없을 정도의 심한 오염을 드러내고 있다.

압록강은 두만강처럼 시꺼멓지는 않지만 오염이 심각하기는 마찬가지여서 식수로 사용할 수 없는 3급수로 전락하였다. 이는 중국과 북한 양쪽 탄광, 북한의 '만포 시멘트공장', 중강진, 혜산, 만포, 신의주 등 대도시와 중국의 장백현, 임강, 집안, 단동 등 대도시에서 산업 및 생활폐수가 그대로 흘러들고 있기 때문이다.²²⁾ 두 강변의 공장이나 도시들은 대부분 폐수정화시설의 설치와 같은 환경보전에 관심을 두지 않고 있다. 함흥 시내에는 소규모 염료공장, 피혁공장 등이 주택가에 혼재해 있어 공장폐수와 생활하수가 뒤섞여 악취를 풍기며 성천강으로 흘러 들어가 함흥의 성천강도 수질오염이 매우 심하다. 청천강도 강 상류의 화학공업단지에서 배출되는 폐수 때문에 오염되고 있다고 한다.²³⁾

유충걸(1996)은 두만강과 훈춘하의 수질 측정자료를 제시하였다. 권하수문집에서 측정한 것에 의하면 DO는 0.8~9.6, COD는 32.3~135.33, NH₃-N는 0.8~3.5에 도달하여 안전농도보다 훨씬 높다. 중류지점인 하동에서의 화학적산소요구량(COD)은 3급 수질기준(6mg/L)의 7배 이상인 43mg/L인데 이는 '회령시멘트공장', 중국의 '개산툰펄프공장' 등 화학, 섬유, 펄프, 제지공장에서 방류된 폐수에서 비롯된 것으로 판단하였다. 두만강 하류지역에는 '석현종이공장', '아오지화학공장'의 탄광 등이 있어 중류에서 배출된 많은 폐수와 합류되어 두만강의 수질오염을 더욱 가중시키고 있다고 하였다. 훈춘하는 상류는 동광과 금광에 의하여 오염되고 하류는 경작지에 쓰는 비료와 농약, 성시에서의 공업폐수, 생활폐수에 의하여 오염되고 있는데, 특히 제지공장, 섬유반공장, 병원에서 매일 3,000톤 이상의 폐수를 내보내 수질오염이 더욱 심해졌다고 기술하였다.

한편 김정욱 외(2008)는 북한의 공업과 주요 강의 오염실태에 관한 표(정회성, 강광규, 강철구, 1996)를 인용하여 북한 주요 수역의 일반적인 수질오염도를 <표 3-6>과 같이 정리하였다. 이는 이미 알려진 단편적 자료들을 종합한 것인데, 북한의 주요 강들이 대도시나 공장, 광산지대 등을 통과하는 경우 오염이 심각한 것으로 판단하였다. 그 외 남대천, 현금

22) 중앙일보 보도자료(1993): 정회성(1995), p.28에서 재인용.

23) 내외통신 보도자료(1991): 정회성(1995), p.28에서 재인용.

호, 대은호의 수질 측정자료를 제시하였다. 또한 이런 문헌들을 인용해, 특히 평양, 원산, 청진, 남포 등 대도시 주변의 강이 심하게 오염되어 있다고 기술한 문헌들이 있다(정회성, 변병설, 2011; 기정훈, 2016).

〈표 3-6〉 북한의 공업과 주요 강의 오염실태

구분	수질오염 상태
대동강	<ul style="list-style-type: none"> - 오수, 분뇨 중 절반 정도가 정화되지 않은 채 그대로 유입 - 물고기가 죽어 떠오르는 광경 수시 목격 - 수돗물을 그대로 마신 주민들의 복통 호소
성천강	<ul style="list-style-type: none"> - 함흥의 염료공장, 가죽공장의 폐수와 가정의 생활하수 유입 - 회복 불능의 강으로 전락
두만강	<ul style="list-style-type: none"> - 무산탄광, 회령제지공장, 중국의 개산툰 펠프공장 등으로부터 탄광폐수, 표백제, 생활오수 유입 심각한 수질오염상황 - 수생식물에 심각한 영향 초래
압록강	<ul style="list-style-type: none"> - 북한의 혜산, 종강, 만포, 신의주, 중국의 장백, 남강, 집안시, 단동시 등의 산업폐수와 생활오수 유입 - 식수로 사용하기 곤란한 하천 3급수 이하의 악화된 수질
연근해안	<ul style="list-style-type: none"> - 동서부의 산업폐수로 연근해안 오염 - 남포시 유색금속제련소의 정광 부산물과 제련찌꺼기, 시약 배출로 연안오염 심화 - 원산 앞바다 5~8월 사이 적조현상 빈발, 어패류 및 해조류 멸종 - 서해안 간척사업(황해남도 앞바다 8만ha, 평안남도 앞바다 11만ha를 포함한 총 30만 ha 간척)으로 인한 해양오염 - 서해갑문 건설 이후 폐수가 역류, 악취 발생, 맴 상류 평균온도 상승 부작용 초래

자료: 정회성, 강광규, 강철구(1996), p.53.

이후에 발표된 UNEP와 북한의 자료(UNEP, 2003; DPRK and UNEP, 2012)로 대동강의 수질오염 변화를 추정할 수 있다. 〈표 3-7〉에 나타낸 바와 같이, 대동강의 계절별 수질 현황은 환경기준을 크게 상회하지는 않지만, 염소와 대장균의 경우 환경 기준보다 상당히 높았다. 특히 4계절 중 봄철의 COD 농도가 높고, 대장균 수 또한 봄철에 가장 높았다. 전반적으로 1999~2008년, 약 10년에 걸쳐 대동강의 수질이 악화되고 있음을 알 수 있었다.

〈표 3-7〉 대동강의 계절별 수질 현황

지표	봄		여름		가을		겨울		연평균		환경 기준
	'99년	'08년	'99년	'08년	'99년	'08년	'99년	'08년	'99년	'08년	
COD	2.14	2.82	1.33	2.11	0.78	1.56	0.73	2.10	1.25	2.15	3.00
NH4-N	0.27	0.30	0.87	0.20	0.08	0.20	0.20	0.19	0.35	0.22	0.3 미만
Cl-	7.20	8.60	8.40	16. 33	8.40	13.53	10.00	7.49	8.70	11. 49	30 미만 ²⁴⁾
Coliform	311, 666	33, 743	4, 847	63, 234	2, 300	25, 7880	68, 500	12, 000	96, 828	33, 689	10.000 미만

자료: DPRK and UNEP(2012), p.38.

명수정(2017)은 북한과 DPRK and UNEP(2012)의 자료에서 COD와 NH₄-N의 경우 환경기준을 크게 초과하지 않는 것으로 평가했는데, 김정욱 외(2008)의 자료와 차이가 있어, 실측에 바탕을 둔 수질의 검증이 필요하다고 보고하였다. 한편, 대장균이 환경기준보다 높은데, 특히 대장균은 분뇨로 인한 수질오염과 관련성이 있어 인분으로 인한 하천오염 가능성이 있는 것으로 판단하였다.

기정훈(2016)은 이상익, 이종수, 최윤수(2003)가 사용한 인공위성 영상자료를 이용한 비점오염원 분포를 파악할 수 있는 기법을 참고하여, 함흥시 주변의 강을 통해 흥남비료공장과 흥남제철소에서 배출된 오염물질이 해양으로 침투해 수질오염이 발생된 것을 시간의 차이를 둔 구글어스 영상을 비교하여 확인하였다.

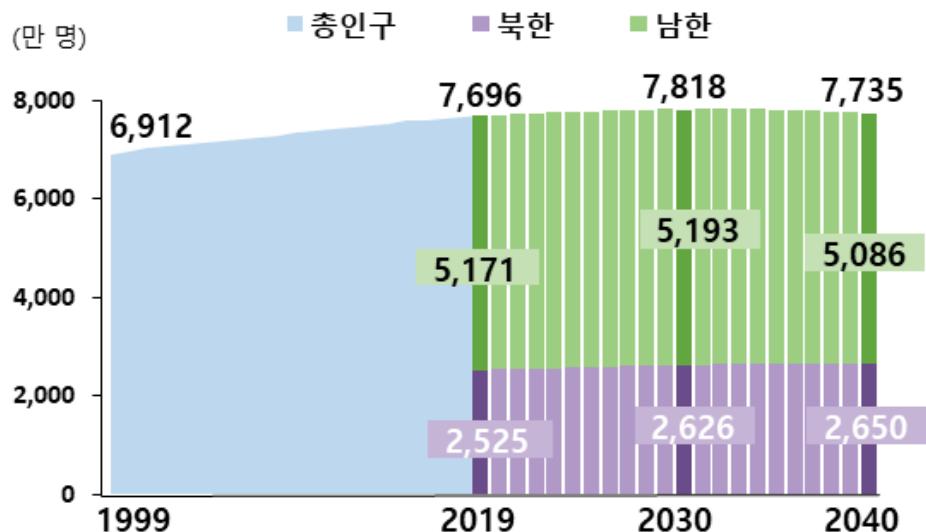
나. 북한 하수도

1) 북한의 인구추이 및 도시화

북한의 인구는 1970년의 1,460만 명에서 1995년에는 2,186만 명으로 연평균 2% 내외의 성장률을 보였으나, 2019년에는 2,525만 명, 2020년에는 2,579만 명으로 증가하여

24) 명수정(2017)은 이 보고서의 〈표 3-7〉과 동일한 표를 인용하면서, 30mg/L인 Cl-의 환경기준을 0.3mg/L로 잘못 표기하였다. 이로 인해 'Cl-농도가 환경기준보다 높다'는 평가를 하였는데 이는 환경기준 오기에 따른 잘못된 해석임에 유의해야 한다.

최근에는 연평균 0.5% 내외의 성장률을 보여 완만한 감소 추세를 나타냈다. 북한의 인구는 한국의 약 절반가량이며 북한의 평균 인구밀도는 1km²당 214명으로 한국(527명/km²)보다 낮다. 향후 북한은 2028년, 한국은 2029년부터 인구 감소가 시작될 것으로 전망된다.



자료: 통계청(2020), p.3.

〈그림 3-2〉 남북한 인구 변화의 비교

북한의 인구분포는 지역적으로 매우 심한 불균형을 보인다. 평양은 3백22만 명, 함흥은 약 56만 명, 남포와 순천은 각각 약 45만 명과 44만 명, 흥남, 개성, 원산, 청진, 사리원은 30만 명대, 신의주, 해주, 강계는 20만 명대이다. 그 외 인구수 10만 명대인 도시로 혜산, 송민, 만포, 평성이 있다.

〈표 3-8〉 북한 주요 도시의 인구수

도시명	인구수	도시명	인구수
평양	3,222,000	원산	329,207
함흥	559,056	청진	327,000
남포	455,000	사리원	310,100
순천	437,000	신의주	288,112
홍남	346,082	해주	222,396
개성	338,155	강계	209,530

자료: Worldometer, “North Korea population”, 검색일: 2021.6.12.

정회성, 강광규, 강철구(1996)가 제시한 북한의 도시화율은 다음과 같다.²⁵⁾

북한 도시인구의 비율은 1953년 17.7%, 1965년 47.5%, 1970년 53.3%, 1980년 56.9%로 나타나 전후 산업화에 따른 도시인구의 급격한 증가가 있었다. 그러나 1980년대에 들어서는 정체되는 양상을 보이고 있으며 1995년 현재 북한의 도시화율은 61.3%로 한국의 약 85%에 훨씬 미치지 못하고 있다. 북한의 주요 도시로는 인구 330만 명의 평양시를 비롯하여 80만 명의 남포시와 함흥시, 67만 명의 청진시가 있다. 이외 인구 20만 명이 넘는 도시는 순천시(48만), 개성시(35만), 단천시(35만), 신의주시(32만), 김책시(29만), 원산시(29만), 사리원시(29만), 평성시(26만), 강계시(26만), 해산시(22만) 등이 있다. 이같이 북한이 한국과 달리 대도시가 발달하지 않았다는 점은(중략) 다량의 생활하수 발생에 따른 수질오염 등이 심각하지 않을 것이라는 점이 유추된다.

현재의 북한 주요 도시의 인구수는 정회성, 강광규, 강철구(1996)가 제시한 1995년의 각 도시 인구수와 비교해볼 때, 오히려 감소한 것을 알 수 있었다. 전체 인구수가 조금씩 증가 추세였던 것을 감안하면, 북한에서는 대도시로 인구가 집중되는 것보다 소도시로 인구를 분산시키는 정책을 펴 왔을 것으로 짐작할 수 있다. 북한의 탈북자나 방문자를 통해 구두로 얻은 정보에 의하면 북한의 많은 소도시의 인구 규모는 3,000명 정도라고 한다. 이를 참고하여 박규홍 외(2019)는 남북환경협력사업을 패키지형 도시건설 형태로 추진하는 것이

25) 정회성, 강광규, 강철구(1996)의 p.5를 인용.

바람직하다고 보고하였다. 인구 10만 명 이상의 도시에는 복잡하고 값비싼 하수관망 및 하수처리장의 체계를 갖추어야 생활환경 및 공공수역 등의 수질오염을 회피할 수 있다는 면에서, 북한은 경제적이면서 친환경적인 소규모의 도시계획을 수립해가는 것으로 추정해 볼 수 있다.

2) 북한의 하수도시설 관련 국내 문헌

1960~1970년대, 구소련의 지원으로 평양시에 하수처리장이 건설되었는데(윤주환, 2008), 평천구역, 평양시 교외, 통일거리 오수정화장의 3개 하수처리장이 있다고 한다(김건하, 2020). 외국의 기술로 설계, 시공되어 한국의 시설과 크게 다르지 않으나, 시설용량을 초과하여 생활오수 및 공업폐수로 대동강의 오염이 가중되고 있다고 하며(김정욱 외, 2008), 전력공급의 문제로 가동이 되지 않는다고 한다(윤주환, 2008; 김건하, 2020).

한편, 정회성(1995)은 평양시에 1992년에 완공된 하루 30만 톤 처리능력의 대규모 하수종말처리장(평천오수정화장)을 건설하였으나 평양 전 지역에서 배출되는 하수를 처리하기에는 그 용량이 크게 부족할 것으로 추정하였으며, 평양에 분뇨처리시설도 있으나 330만 명의 시민이 배출하는 분뇨처리용량의 절반밖에 안 된다고 하였다.

정화조(septic tank)는 우리나라의 경제개발시기에 수질오염방지시설에 대한 공공분야의 투자여력이 없었을 때 도시 하수처리의 대안으로 민간에게 떠넘겨져 수질오염방지책으로 사용된 시설이다. 아직도 우리의 대도시 합류식 하수관로지역에 존치되고 있는 시설로, 도시의 악취를 유발하는, 논란이 되는 시설이다. 북한에서 분뇨는 비료의 대용품으로 권장한다. 변소, 위생시설 등의 표현이 북한의 법에서도 사용되고 있으며, 주민들 변소의 상당부분이 재래의 수거식 변소일 것으로 추정하였다(윤주환, 2008). 수거한 분뇨를 농경지에 비료로 사용하는 과정에서 냄새와 기생충 감염 등의 위생문제가 야기될 개연성이 높다.

김정욱 외(2008)는 전 평양시 교량도로 설계실에 근무했던 새티민으로부터 정보를 얻어, 북한 설계기준 및 규정의 상하수도편에 대해 다음과 같이 정리하였다. 계획, 설계, 시공, 예산, 관리운영 등으로 세분화되어 있다. 평양시는 분류식 하수관로체계를 채택하였는데, 1980년대 이전에는 우수관을 차도 중심에 배치했다가 유지관리시 교통혼잡을 일으켜 불편을 겪은 후에 우수관의 위치를 차도와 보도 사이의 연석 가까이에 배치하게 되었다고 한다.

우수관은 대부분 원심력철근콘크리트관을 사용하며, 평양시 중심도로에 조립식 철근콘크리트 박스(함거)를 사용했다고 한다. 도면상에 우수관, 오수관, 상수관을 구분하기 위해(우), (오), (상)으로 표시하며, 관경, 관경사, 맨홀 등도 기입했다고 한다. 오수관, 우수관의 설계 시 관경에 따른 최대 및 최소 관경사의 기준값, 맨홀 간격 기준 등이 규정되어 있다고 한다. 평양시의 하수도보급률은 100%로, 지방도시에는 도로변에 접한 아파트에만 하수도시설이 설치되어 있고 그 외 단층집에는 침투조²⁶⁾를 사용하는데, 2~3년에 1회씩 밑바닥을 청소하는 큰 공사를 해야 한다고 한다. 제때에 청소하지 못할 경우 하수도가 월류하여 집에서 악취가 나기 때문이다. 평양시와 지방도시의 중심은 우수함(빗물받이)을 통해 우수관으로 빗물이 흘러들어 지정된 하천에 방류되는데 지방도시의 단층집에는 이러한 시설이 없어 빗물이 지면으로 그냥 유출되어 표고가 낮은 지역의 주민들은 비만 오면 온 가족이 나와 침수를 막기 위한 고역을 치른다고 한다.

정회성(1995)과 정회성, 강광규, 강철구(1996)는 북한이 '상하수도 관리규정'을 제정하여 상수원 보호, 식수의 수질관리, 오수의 정화처리 및 빗물의 관리, 상하수도시설의 유지보수 등을 담당하는 기관의 의무와 권한을 제시한 것으로 보고하였다.

3) 북한의 하수처리율

북한 하수도의 개괄적인 현황을 김정욱 외(2008)는 전 평양시 교량도로 설계실에 근무했던 새터민으로부터 정보를 얻어 〈표 3-9〉로 정리한 바 있다. 평양시의 하수도보급률은 100%에 달하나, 지방도시는 도로변에 접한 아파트에만 하수도시설이 설치되어 있다고 하였다. 그 외 단층집에는 침투조를 사용하여 주기적으로 바닥을 청소해야 하는데, 제때에 청소하지 못할 경우 하수가 월류하는 경우가 있다고 하였다.

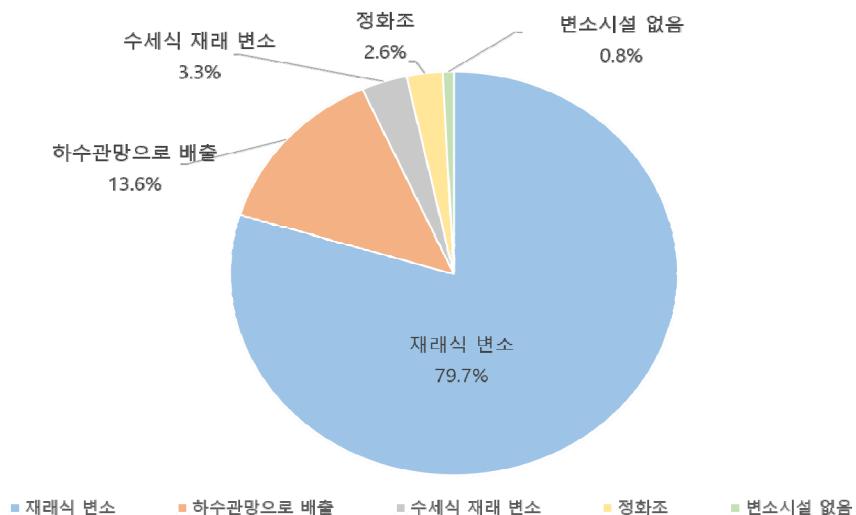
26) 땅을 3m 이상 파고 거기에 침투가 잘 되는 돌과 자갈을 깔고 그 위에 공간을 두어 뚜껑을 설치한 다음 배수설비를 연결해 천천히 자연스럽게 침투되도록 하는 시설이다.

〈표 3-9〉 2008년도에 평가한 북한의 하수도 현황

구 분	내 용
하수도 보급	<ul style="list-style-type: none"> - 평양 시내: 거의 100% - 평양 외 지역: 도로변 대형 아파트 건축물만 보급, 이외 단독주택은 침투조 활용
하수관	<ul style="list-style-type: none"> - 평양시: 분류식 - 생활 및 공업오폐수: 오수정화장 경유 후 대동강으로 방류 - 우수: 우수관망을 거쳐 대동강·보통강으로 방류, 단층주택은 우수관망이 없어 종종 침수피해 겪음

자료: 김정욱 외(2008), p.13.

윤주환(2008)은 우리의 1960~1970년대의 경험에 비추어 북한의 하수도를 평가하였는데, 〈그림 3-3〉의 분뇨처리 경로에 대한 자료를 기반으로 〈표 3-10〉과 같이 하수처리율을 추정하였다.



자료: 윤주환(2008), p.647.

〈그림 3-3〉 북한의 분뇨처리 경로

〈표 3-10〉 2008년 북한의 하수처리율 추정

구 분		비 율	비 고
하수형태 배출	하수관로 배출	13.6%	· 관로 배출 후 하수처리장 유입 경우와 관로에서 바로 방류수역으로 배출하는 경우로 나뉨
	정화조	2.6%	· 정화조 배출수는 관로로 유입 추정
	수세식 변소	3.3%	· 수세식 변소 배출수는 관로로 유입 추정
	하수처리율	19.5%	· 하수관로 연장 등 자료 없음
생분뇨 형태 배출	재래식 변소	79.7%	· 수거한 분뇨는 주로 두엄 등으로 사용
	변소시설 없음	0.8%	· 화장실 없는 주택
	무처리율	80.5%	-

자료: 윤주환(2008), p.647.

윤주환(2008)이 추정한 북한의 하수처리율은 많은 문헌과 발표자료(명수정, 2017; 이호식 2019)에서 인용되었다. 명수정(2017)은 북한에서 생활하수와 공장폐수를 제대로 처리하지 않은 채 하천으로 직접 유출하는 것으로 추측되며, 분뇨를 비료로 활용하고 있어 음용수 오염과 수인성 전염병의 발생이 우려되므로 정수장과 함께 하수처리장과 상하수도 공급망의 구축이 시급하다고 보고하였다. 이호식(2019)은 북한의 최근 보도자료를 통해 전기를 이용하지 않고 자연적 흐름을 이용하는 하수처리장에서 혐기성 미생물을 이용하는 생물학적 처리방법을 채택하였다고 발표하였다. 평양의 하수처리장의 용량을 증가시키면서 최신 설비를 갖추어 보수해 이 시설(슬러지 소화시설로 추정)을 이용해 메탄가스를 생산한다는 보도를 인용하였다.

2013년에 환경부는 북한의 하수관로보급률²⁷⁾이 수세식 위생시설을 사용하는 세대비율과 유사한 50~60% 수준일 것으로 예상하고, 북한 전체의 하수처리 비율을 35% 수준일 것으로 추정했다(환경부, 2013). 하수관로보급률은 높지만 모든 하수관거가 하수처리장과

27) 우리 하수도통계에 나타나는 '하수도보급률'은 행정구역상 총인구 대비 처리구역 내 전체 인구로 정의되며, 국제적으로 인정받는, 행정구역상 총인구 대비 처리구역 내 공공하수도 접속처리인구의 비율로 정의되는 '공공하수도접속처리인구보급률'보다 과대평가되어 있다는 비판을 받는다. 또한 우리의 '하수관로보급률'은 계획연장 대비 보급연장의 비율로 정의되어 계획연장이 시간에 따라 변화하는 변수로 설정되어 문제가 제기되고 있다. 이렇듯, 엄밀한 의미의 하수도보급률과 하수관로보급률은 각 나라별로 차이가 있을 수 있는 상황인데, 북한의 하수도통계자료도 이런 측면에서 용어의 사용과 용어에 따른 값의 오차가 나타날 수 있다.

연결되어 있지 않기 때문에, 하수관로가 단순히 각종 오수와 산업폐수의 방류구로 기능하는 것으로 추정하였다. 또한 하수처리시설은 평양시에서만 운영되는데 노후화와 전력난으로 인해 가동률이 75% 정도에 그치는 것으로 추정하였다(환경부, 2013).

2017년에 수행된 MICS보고서(DPRK and UNICEF, 2018)에는 더 상세한 분뇨처리 경로가 나타나 있다. 이 MICS 보고서는 북한의 중앙통계청(Central Bureau of Statistics of the DPR Korea)이 UNICEF(The United Nations Children's Fund)의 기술적, 재정적 지원을 받아 글로벌 MICS 프로그램의 일부로 수행한 결과이다. 설문대상 가구수는 8,500가구였고, 그 중 8,499가구를 방문, 면담하였으며 응답률이 100%였다. 이 결과 중 분뇨 수집과 처리에 관한 주요 결과를 <표 3-11>에 간단하게 정리해 보았다. 윤주환(2008)과 유사한 가정에 의해 이 데이터를 사용하면 <표 3-12>와 같이 하수처리율을 도출할 수 있으며, 10년이 경과된 후의 하수처리율 변화를 비교해 볼 수 있다.

<표 3-11> 북한 분뇨의 배출 및 처리 경로 및 하수처리율 추정을 위한 본 연구의 가정

구분	방식	시 설	비 율	가 정	
개선된 위생시설	수세식	하수관로시설	44.6%	· 관로 배출 후 하수처리장 유입 경우와 관로에서 바로 방류수역으로 배출하는 경우로 나뉘지만, 전자로 가정하여 하수처리율로 추정	
		정화조	9.6%	· 정화조 배출수는 관로로 유입 추정	
		수세식 변소	2.7%	· 수세식 변소 배출수는 관로로 유입 추정	
	수거식	환풍 기능 재래식 변소	0.4%	· 수거한 분뇨는 주로 두엄 등으로 사용	
		상판 설치 재래식 변소	26.8%	· 수거한 분뇨는 주로 두엄 등으로 사용	
	미개선 위생시설	미처리 방류	0.1%	· 수거, 처리되지 않음	
		상판없는 변소 /노상 배변	15.8%	· 수거, 처리되지 않음	
합계			100%	-	
개선된 위생시설 비율			84.1%	-	
조사대상 가족구성원 수			32,455	-	

자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-155를 재구성.

2008년과 2017년의 다른 표본을 대상으로 한 설문조사의 결과를 비교한 것임으로 여러 가지 변수의 영향을 받아 다양한 오차가 발생할 수 있다. 특히 가정이나 영업장 등에서 배출된 오수가 하수관로를 통해 배출되지만, 반드시 하수처리장까지 가지 않고 처리되지 않은 상태에서 토양이나 하천으로 유출·방류될 수 있는데, 이를 일반인이 정확히 인지하지 못하는 경우가 많아서 일반 주민을 대상으로 한 설설문 결과의 하수처리율은 과대평가될 개연성이 크다. 하지만 북한의 하수도에 관한 자료가 거의 전무한 상황에서는 매우 귀한 자료여서 이를 통해 얻을 수 있는 결과가 상당히 유의미한 것이라고 판단된다.

〈표 3-12〉 북한 하수처리율 변화

구 분		2008년도 추정 비율 ¹⁾	2017년 추정 비율 ²⁾
하수 형태 배출	하수관로 배출	13.6%	44.6%
	정화조	2.6%	9.6%
	수세식 변소	3.3%	2.7%
	하수처리율	19.5%	56.9%
생분뇨 형태 배출	재배식 변소	79.7%	27.2%
	변소시설 없음	0.8%	15.9%
	무처리율	80.5%	43.1%

자료: 1) 윤주환(2008), p.647

2) DPRK and UNICEF(2018), pp.153-155를 가공하여 추정.

19.5%였던 2008년의 하수처리율이 2017년에 56.9%로 급증한 것은 괄목할 만한 성장이라고 볼 수 있다. 하지만 두 자료 취득시기의 방법론의 차이와 설문의 차이, 설문응답자의 하수관로시설에 대한 전문적 인지능력 미흡 등에서 발생한 오차일 가능성이 있다. 하수관로의 정비사업, 하수처리장의 건설, 안정적인 전력공급을 통한 처리시설의 정상적 가동 등이 담보되지 않은 상황에서 하수처리율의 괄목할 만한 증가가 생활환경 및 수질환경 개선이 상당히 이루어졌기 때문이라는 판단은 유보해야 할 듯하다.

4) 북한의 지역별 하수처리율

MICS 2017 보고서(DPRK and UNICEF, 2018)에 나타난 도시와 시골의 분뇨 배출 및 처리 방식에 따른 비율을 <표 3-13>에 요약하였다. 이를 이용해 도시와 시골의 하수처리율을 앞서 사용했던 가정으로 다시 추정해 보았다(표 3-14 참조). 도시의 하수처리율은 75.5%로 시골의 하수처리율 27.9%보다 2.7배 커서 하수도서비스의 격차가 크게 나타남을 알 수 있었다.

<표 3-13> 북한 도시와 시골의 분뇨 배출 및 처리 경로

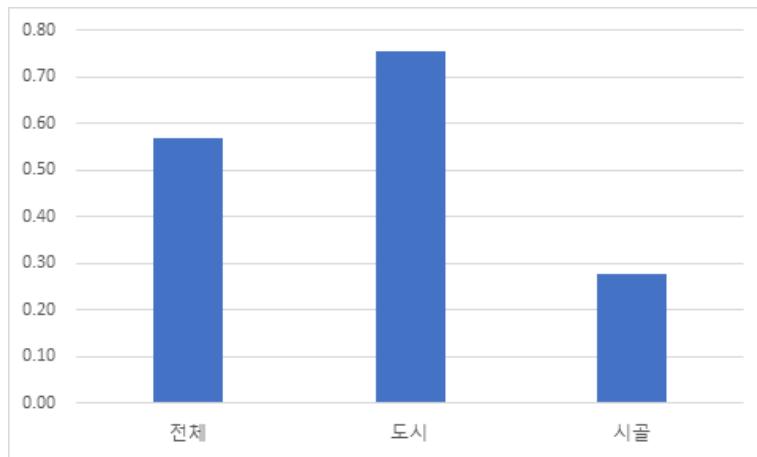
구분	방식	시 설	전체비율	도시	시골	
개선된 위생시설	수세식	하수관로 시설	44.6%	67.2%	9.5%	
		정화조	9.6%	6.4%	14.5%	
		수세식 변소(구덩이)	2.7%	1.9%	3.9%	
	수거식	환풍 기능 재래식 변소	0.4%	0.4%	0.4%	
		상판 설치 재래식 변소	26.8%	15.8%	44.1%	
미개선 위생시설	미수거	미처리 방류	0.1%	0.1%	0.1%	
		상판 없는 변소 /노상 배변	15.8%	8.3%	27.6%	
		합계	100%	100%	100%	
		개선된 위생시설 비율	84.1%	91.6%	72.3%	
		조사대상 가족구성원 수	32,455	19,779	12,675	

자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-155.

<표 3-14> 북한 도시와 시골의 하수처리율 및 무처리율 추정

구 분	전체	도시	시골
하수 형태 배출	하수관로 배출	44.6%	67.2%
	정화조	9.6%	6.4%
	수세식 변소(구덩이)	2.7%	1.9%
	하수처리율	56.9%	75.5%
생분뇨 형태 배출	재래식 변소	27.2%	16.2%
	변소시설 없음	15.9%	8.4%
	무처리율	43.1%	24.6%

자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-155를 참고하여 저자 재구성.



자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-156를 참고하여 저자 재작성.

〈그림 3-4〉 북한 도시와 시골의 추정 하수처리율

한편, MICS 2017 보고서(DPRK and UNICEF, 2018)에는 각 도별 분뇨 배출 및 처리 방식에 따른 비율이 나타나 있다. 이를 재구성하여 제시하면 〈표 3-15〉와 같다. 이를 이용해 〈표 3-16〉과 같이 각 도별 하수처리율을 앞서 사용했던 가정으로 추정한 결과를 나타내었다.

〈표 3-15〉 북한 평양과 각 도별 분뇨 배출 및 처리 경로

구분	방식	시설	양강도	함경북도	함경남도	강원도	자강도	평안북도	평안남도	황해북도	황해남도	평양	
개량 위생 시설	수세식	하수관로 시설	23.9	45.1	35.9	33.9	57.4	45.9	43.4	29.9	28.2	83.2	
		정화조	25.7	18.2	18.0	10.9	5.2	5.0	2.9	10.8	5.5	6.7	
		수세식 변소 (구덩이)	0.0	0.4	1.0	3.7	0.1	0.0	4.3	13.0	1.4	0.4	
	수거식	환풍 기능 재래식 변소	0.0	0.6	0.1	0.2	4.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	
		상판 설치 재래식 변소	35.1	23.8	29.7	33.6	12.8	28.8	30.2	31.2	38.2	8.2	
미개량 위생 시설	미수거	미처리 방류	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	
		상판 없는 변소 /노상 배변	15.3	11.8	15.2	17.4	20.2	20.3	19.0	15.0	26.1	1.3	
합계			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
개선된 위생시설 비율			84.7	88.2	84.8	82.4	79.8	79.7	81.0	85.0	73.2	98.7	
조사대상 가족구성원 수			1,0 13	3,2 13	4,2 90	2,0 62	1,8 26	3,7 99	5,5 45	3,2 94	3,2 78	4,1 36	

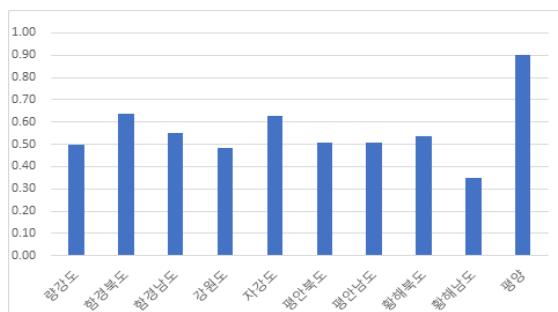
자료: DPRK and UNICEF(2018), p.156.

〈표 3-16〉 북한 평양과 각 도별 하수처리율

구 분		양 강 도	함 경 북 도	함 경 남 도	강 원 도	자 강 도	평 안 북 도	평 안 남 도	황 해 북 도	황 해 남 도	평 양
하수 형태 배출	하수관로 배출	23.9	45.1	35.9	33.9	57.4	45.9	43.4	29.9	28.2	83.2
	정화조	25.7	18.2	18.0	10.9	5.2	5.0	2.9	10.8	5.5	6.7
	수세식 변소	0.0	0.4	1.0	3.7	0.1	0.0	4.3	13.0	1.4	0.4
	하수처리율	49.6	63.7	54.9	48.5	62.7	50.9	50.6	53.7	35.1	90.3
생분뇨 형태 배출	재래식 변소	35.1	24.4	29.8	33.8	17.0	28.8	30.3	31.2	38.2	8.5
	변소시설 없음	15.3	11.8	15.2	17.6	20.3	20.3	19.0	15.0	26.7	1.3
	무처리율	50.4	36.2	45.0	51.4	37.3	49.1	49.3	46.2	64.9	9.8

자료: DPRK and UNICEF(2018), p.156을 참고하여 저자 재구성.

지역별 하수처리율을 산정하여 보니, 평양시의 하수처리율이 100%라고 알고 있었던 것과 달리 변소시설이 없거나 재래식 변소를 이용하여 처리하지 않는 비율이 9.8%로 나타나 실제 하수처리율은 90.3%라는 것을 알 수 있었다. 한편, 각 도별 하수처리율은 함경북도가 63.7%가 가장 높고, 자강도가 62.7%로 그다음으로 높으며, 함경남도, 황해북도, 평안북도, 평안남도, 양강도, 강원도, 황해남도의 순으로 나타났고 황해남도가 35.1%로 가장 낮음을 알 수 있었다.



자료: DPRK and UNICEF(2018), p.156을 참고하여 저자 재구성.

〈그림 3-5〉 북한의 각 도별 및 평양시의 추정 하수처리율

〈표 3-17〉에 나타낸 바와 같이, 북한의 정화조로 배출된 분뇨는 농경지에 비료로 사용되는 비율이 21.6%(도시 23.1%, 시골 20.7%)였고, 개량변소(수세식, 수거식)를 통해 배출된 분뇨의 68.7%는 농경지에서(도시 60.3%, 시골 73.8%) 사용되고 있었다.

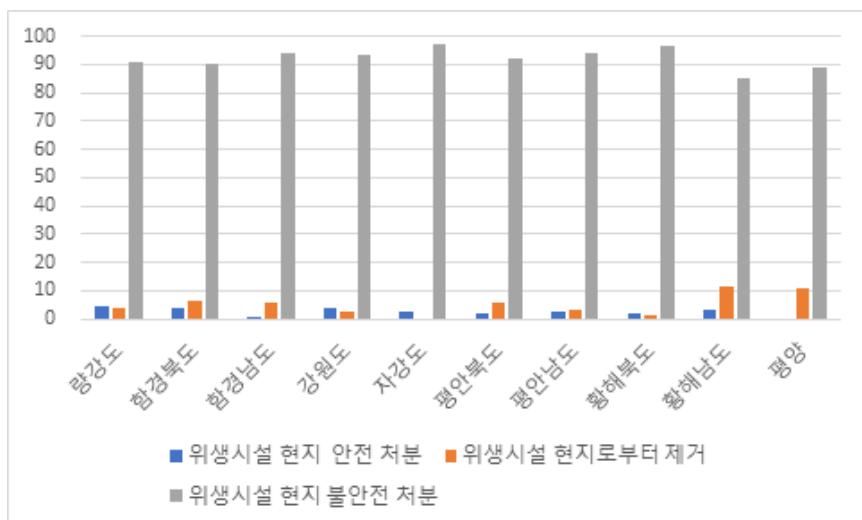
〈표 3-17〉 북한의 개량변소와 정화조에서 발생된 분뇨의 청소 및 처분 방법에 따른 비율

구분		전체	도시	시골	
정화조 발생 분뇨 처분	분뇨 처분 장소	서비스제공자 수거 후 처리함(1)	1.3	1.9	
		서비스제공자 수거 후 처리 미상(2)	0.1	0.3	
		매립(덮개 유)(3)	0.3	0.2	
		육상 또는 수역 등 매립 (덮개 무)(4)	0.1	0.0	
		농경지(5)	21.6	23.1	
		기타(6)	0.7	0.2	
		분뇨 배출 미상(7)	0.0	0.0	
	미처분	분뇨 수거 미시행(8)	0.2	0.5	
		분뇨 수거 미상(9)	0.0	0.0	
개량 변소의 분뇨 처분	분뇨 처분 장소	서비스제공자 수거 후 처리함(10)	2.7	6.0	
		서비스제공자 수거 후 처리 미상(11)	1.0	1.8	
		매립(덮개 유)(12)	0.8	2.0	
		육상 또는 수역 등 매립(덮개 무)(13)	1.2	1.5	
		농경지(14)	68.7	60.3	
		기타(15)	0.2	0.0	
		분뇨 배출 미상(16)	0.0	0.1	
	미처분	분뇨 수거 미시행(17)	0.9	1.8	
		분뇨 수거 미상(18)	0.1	0.2	
합계		100.0	100.0	100.0	
위생시설 현지에서 안전한 처분(3)+(7)+(8)+(9)+(12)+(16)+(17)+(18)		2.3	4.7	0.8	
위생시설 현지에서 불안전한 처분(4)+(5)+(6)+(13)+(14)+(15)		92.5	85.2	97.0	
처리를 위해 위생시설 현지로부터 제거(1)+(2)+(10)+(11)		5.2	10.1	2.2	
개선된 위생시설을 갖춘 가정의 구성원 수		12,806	4,841	7,965	

자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-156을 참고하여 저자 재구성.

정화조든 개량변소든 배출된 분뇨 중 농경지에서 비료로 사용되는 비율은 90.3%로, 도시는 83.4%, 시골은 94.5%였다. 당연히 시골에서 더 높은 수치를 보일 것으로 생각되지만, 도시에서 배출된 분뇨의 83.4%가 농경지에 비료로 사용되는 것은 매우 높은 수치이다.

지역별로 분뇨의 배출 경로에 따른 처분 상태를 정리하여 〈그림 3-6〉과 〈표 3-18〉에 나타내었다. 특기할 만한 것은 하수도보급률이 100%라고 알려져 있었던 평양에서, 위생시설 현지에서 불안전한 분뇨 처분 비율이 89.1%나 되는 것과 위생시설에서 수거되어 처리장에서 처리되는 비율이 10.9%에 불과한 것이 주목할 만하다. 분뇨의 비료 사용에 대한 정책적 추진이 이루어지고 있다고 하여도, 300만 명 이상의 인구가 살고 있는 평양의 분뇨 발생량의 10% 남짓만 처리장에서 안전하게 처리되고 있는 상황인 것이다.



자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-156을 참고하여 저자 재구성.

〈그림 3-6〉 북한의 각 도별 및 평양시의 분뇨의 안전 및 불안전 처분 비율

〈표 3-18〉 평양과 각 도별 개량변소와 정화조에서 발생된 분뇨의 청소 및 처분 비율

구 분		양 강 도	함 경 북 도	함 경 남 도	강 원 도	자 강 도	평 안 북 도	평 안 남 도	황 해 북 도	황 해 남 도	평 양	
정 화 조 발 생 분뇨 처 분	분뇨 처 분 장 소	서비스제공자 수거 후 처리함	0.2	0.6	1.0	0.0	0.0	2.8	0.4	0.0	4.4	3.2
		서비스제공자 수거 후 처리 미상	0.5	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		매립(덮개 유)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0
		육상, 수역 등 매립(덮개 무)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0
		농경지	41.4	41.7	35.3	22.2	22.7	10.0	7.2	14.7	5.4	39.6
		기타	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		분뇨 배출 미상	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	미 처 분	분뇨 수거 미시행	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
개 량 변 소 의 분뇨 처 분	분뇨 처 분 장 소	분뇨 수거 미상	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		서비스제공자 수거 후 처리함	0.0	5.5	2.1	0.0	0.0	2.5	3.0	0.6	5.8	5.9
		서비스제공자 수거 후 처리 미상	3.4	0.0	2.0	2.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.7	1.8
		매립(덮개 유)	4.5	0.0	0.3	3.7	1.7	0.2	0.3	0.6	0.8	0.0
		육상, 수역 등 매립(덮개 무)	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	7.1	0.5	1.8	0.7	0.0
		농경지	49.3	48.3	58.4	71.3	70.0	74.6	86.4	74.9	79.0	49.5
		기타	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
		분뇨 배출 미상	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
미 처 분	분뇨 수거 미시행	0.1	3.8	0.0	0.0	0.5	0.0	1.6	1.1	0.0	0.0	0.0
	분뇨 수거 미상	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.4	0.0	0.0
합계		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
위생시설 현지에서 안전한 처분		4.7	3.8	0.3	3.7	2.9	1.9	2.3	1.8	3.4	0.0	0.0
위생시설 현지에서 불안전한 처분		91.0	90.0	94.1	93.4	97.1	92.1	94.3	96.9	85.4	89.1	
처리를 위해 위생시설 현지로부터 제거		4.0	6.2	5.7	2.9	0.0	6.0	3.4	1.3	11.2	10.9	
개선된 위생시설을 갖춘 가정의 구성원 수		615	1,3 83	2,0 96	999	408	1,2 85	2,0 84	1,8 13	1,4 78	644	

자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-156을 참고하여 저자 재구성.

안전한 처리를 위해 분뇨발생지역에서 일단 제거되거나, 분뇨발생지에서 안전하게 처분되는 비율은 황해남도가 14.6%(=11.2+3.4)로 가장 높고, 그다음 평양시가 10.9%(=10.9+0.0), 함경북도 10.0%, 양강도 8.7%, 평안북도 7.9%, 함경남도 6.0%, 평안남도 5.7%, 강원도 6.6%, 황해북도 3.1%, 자강도 2.9% 순이다. 수도 평양(10.9%)보다 오히려 황해남도가 위생시설에서 수거되어 처리장에서 처리되는 비율(11.2%)이 더 큰 것으로 나타나, 개성공단이 설치되었던 것으로 인한 영향인지 확인해 볼 필요가 있다.

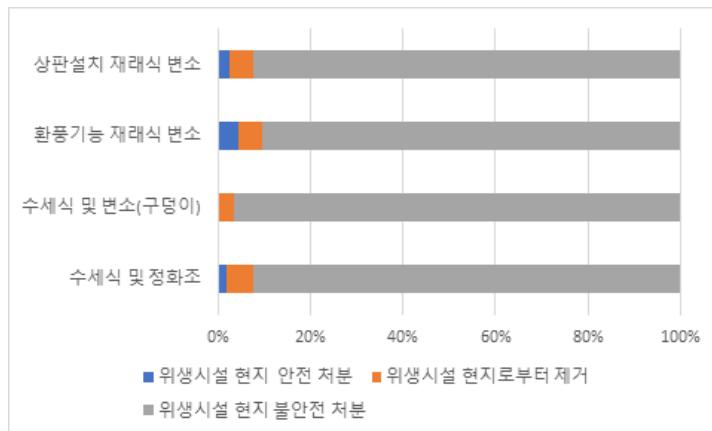
다른 지역과 달리 위생시설 현지에서 안전하게 처분되는 것으로 판단한 ‘분뇨발생 현지에서 덮개가 설치된 매립’, ‘분뇨배출 미상’, ‘분뇨수거 미상’, ‘분뇨수거 미시행’의 항목이 0%로 나타나 평양의 분뇨 수거, 처리에 매우 철저한 관리가 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

〈표 3-19〉와 〈그림 3-7〉에는 분뇨발생원(정화조 또는 개량변소)에 따른 위생시설(수세식 및 정화조, 수세식 및 변소(구덩이), 환풍기능이 있는 재래식 변소, 상판이 설치된 재래식 변소) 종류별 분포를 정리하였다(DPRK and UNICEF, 2018). 위생시설 현지 안전 처분 비율은 환풍기능 재래식 변소가 4.4%, 상판 설치 재래식 변소가 2.6%, 수세식 및 정화조 방식이 1.8%, 수세식 및 변소(구덩이) 방식이 0.2%로, 위생시설 형태별로 큰 차이를 보이지 않지만 낮은 비율을 차지하고 있다. 위생시설 현지에서 안전하게 처리되지는 못하지만, 아예 현지에서 옮겨 처리되는 경우가 수세식 및 정화조 방식이 5.8%, 수세식 및 변소(구덩이) 방식이 3.4%이며 환풍기능 재래식 변소와 상판 설치 재래식 변소는 각각 5.3%와 5.2%이다. 위생시설 현지에서 안전하게 처분되는 경우와 처리를 위해 위생시설 현지에서 제거되는 경우를 합한 분뇨의 안전관리 비율로 볼 때, 수세식 및 정화조 방식이 7.6%, 수세식 및 변소(구덩이) 방식이 3.6%이며 환풍기능 재래식 변소와 상판 설치 재래식 변소는 각각 9.7%와 7.8%이다.

〈표 3-19〉 북한의 위생시설 형태별 발생 분뇨의 처분방법에 따른 비율

구분		수세식 & 정화조	수세식 & 변소(구덩이)	환풍기능 재래식 변소	상판 설치 재래식 변소
정화조 발생 분뇨 처분	분뇨 처분 장소	서비스제공자 수거 후 처리함	5.2	0.0	0.0
		서비스제공자 수거 후 처리 미상	0.5	0.0	0.0
		매립(덮개 유)	1.1	0.0	0.0
		육상 또는 수역 등 매립(덮개 무)	0.4	0.0	0.0
		농경지	89.1	0.0	0.0
		기타	2.9	0.0	0.0
		분뇨 배출 미상	0.0	0.0	0.0
	미 처분	분뇨 수거 미시행	0.7	0.0	0.0
	분뇨 수거 미상	0.0	0.0	0.0	0.0
개량 변소의 분뇨 처분	분뇨 처분 장소	서비스제공자 수거 후 처리함	0.0	3.0	5.3
		서비스제공자 수거 후 처리 미상	0.0	0.0	0.0
		매립(덮개 유)	0.0	0.0	4.4
		육상 또는 수역 등 매립(덮개 무)	0.0	1.6	0.0
		농경지	0.0	94.7	88.1
		기타	0.0	0.0	0.3
		분뇨 배출 미상	0.0	0.4	0.0
	미 처분	분뇨 수거 미시행	0.0	0.2	0.0
	분뇨 수거 미상	0.0	0.0	0.0	0.2
합계		100.0	100.0	100.0	100.0
위생시설 현지에서 안전한 처분		1.8	0.2	4.4	2.6
위생시설 현지에서 불안전한 처분		92.4	96.3	90.3	92.2
처리를 위해 위생시설 현지로부터 제거		5.8	3.4	5.3	5.2
개선된 위생시설을 갖춘 가정의 구성원 수		3,103	865	124	8,714

자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-156을 참고하여 저자 재구성.



자료: DPRK and UNICEF(2018), pp.153-156을 참고하여 저자 재작성.

〈그림 3-7〉 북한의 위생시설 형태별 분뇨의 안전 및 불안전 처분 비율

한편, 위생시설 현지에서 불안전하게 처리되는 비율은 수세식 및 정화조 방식이 92.4%, 수세식 및 변소(구덩이) 방식이 96.3%이며 환풍기능 재래식 변소는 90.3%, 상관 설치 재래식 변소는 92.2%이다. 어떤 형태의 위생시설에서 발생한 분뇨일지라도 농경지에 비료로 이용하는 비율이 89~92%이기 때문에 불안전하게 처분되는 것으로 취급될 수 있다. 이로 인한 음용수 오염과 수인성 전염병의 발생 개연성을 떨쳐 버릴 수 없는 상황이다.

5) 북한 하수도에 관한 보도자료

KEI에서는 2017년부터 ‘북한환경동향’이라는 보고서를 출간하고 있다(강택구, 김현아 외, 2020). 이 보고서에 나타난 북한의 하수도에 관한 보도자료를 골격으로 하여 최신 기사를 우선으로 다음과 같이 재정리하였다. 또한 통일부의 북한자료센터²⁸⁾의 검색어로 ‘오수’, ‘정화’ 등을 사용하여 노동신문의 내용과 아울러 그 외의 기사에 대해 검색된 내용을 추가로 기술하였다.

28) 통일부 북한자료센터, “오수”, “정화”, 검색일: 2021.8.18.

가) 2020년 노동신문 등

- 각지 위생방역소, 장마철 수질분석사업 강화(중앙통신, 2020.8.11)
 - 국경 연선에 위치한 평안북도에서 압록강과 그 지류들, 호수와 수원지들에 대한 수질분석사업의 도수를 보다 높여나갔음
 - 도 위생방역소의 일군들은 시료 채취와 검사를 규정대로 엄격히 진행하도록 행정적, 기술적 지도를 짜고 드는 한편 채취한 시료에 대한 검사와 자료 분석에서 신속성과 정확성을 철저히 보장해나가고 있음
 - 신의주시, 의주군, 삵주군, 벽동군 위생방역소들에서는 주요 지점들에 검사 역량, 감시 역량을 보강하고 일군들부터가 현지에 내려가 감시원들과 분석공들과의 사업을 짜고 들었으며 물질기술적 보장사업에 힘을 넣었음
 - 자강도 만포시, 중강군, 자성군, 위원군의 위생방역 일군들은 강하천들에 대한 검사를 중단 없이 진행하는 것과 함께 음료수와 생활용수, 오수와 산업폐수 등에 대한 분석사업을 더욱 심화시키고 있음
 - 황해남도, 황해북도, 개성시의 위생방역 일군들도 림진강과 레성강 등 강하천들의 수질분석에서 제기되는 문제들을 빠짐없이 장악하고 제때에 대처하기 위한 사업을 적극 따라 세워 악성 전염병의 사소한 류입 공간도 철저히 차단 봉쇄하고 있음
- 봄철 위생월간사업의 코로나19 국가 비상방역 전환 강조(노동신문, 2020.3.20)
 - 지금 3, 4월 위생월간사업이 전국 각지에서 힘 있게 벌어지고 있음
 - 해마다 진행되는 봄철 위생월간사업은 전 국가적, 전 인민적인 위생문화사업임
 - 김정일은 다음과 같이 교시하였음 “생활문화를 세우는 사업은 광범한 대중이 발동되고 대중 자신의 사업으로 전환될 때에만 성과를 거둘 수 있습니다.”
 - 국제사회에서 비루스 감염증에 의한 피해가 나날이 급증되고 있는 요즘 그 어느 때보다도 각성 분발하여 봄철 위생월간사업에 적극 나설 것을 요구하고 있음
 - 비상설중앙인민보건지도위원회에서는 이미 3, 4월 위생월간사업을 신형 코로나 비루스 감염증의 전파를 막기 위한 사업으로 전환시켜 진행할 데 대하여서와 이

기간에 진행하여야 할 단계별 사업계획이 구체적으로 반영된 지시문을 모든 지역과 단위에 하달하였음

- 격리 장소를 물리적으로, 방역학적으로 차단격폐하고 그에 대한 위생 관리와 격리자들의 치료 예방 대책을 바로세워야 함
- 우리나라 령해와 대동강 류역에 격리되어 있는 무역 선박들에서 나오는 오수 처리를 규정대로 엄격히 하기 위한 대책을 계속 강구하여야 함
- 상하수도망들에 대한 정비와 보수 대책을 잘 세우며 도량 정리와 올타리 보수, 오수정화장들에서 벼림물에 대한 소독을 철저히 진행하는 것과 함께 수원지들의 수질검사를 일, 주, 월별로 정상화해야 함
- 봄철 위생월간사업에서 사소한 편향도 나타나지 않도록 해당 기관들에서 법적 통제와 교양사업의 도수를 더욱 높여나가야 함

나) 2019년 노동신문 등

- 환경보호사업에 대한 옳은 관점을 지니고 – 승호군 일군들의 사업에서(노동신문, 2019.9.24)
 - 김정은이 “공장, 기업소들과 시, 군들에서는 오수정화장을 산업폐수와 생활오수량을 타산하여 꾸리고 그 시설들을 현대화하여야 합니다”라고 말했다고 함
 - 승호군에서 생활오수 및 산업폐수정화시설을 꾸려 은이 나게 하고 있다고 함
 - 기존의 정화시설이 제대로 운영되지 않는 이유가 전기를 이용하여서만 정화시설을 운영하게 된 것이라 생각하고, 전기를 쓰지 않는 자연흐름식 시설로 새로 꾸렸다고 함
 - 자연흐름식 시설은 침전지들에서 큰단백풀을 재배하여 축산에 필요한 비알곡먹이를 보장할 수 있게 하였으며 생물여과지를 기술규정의 요구대로 완성해놓고 그 위에 농작물을 심도록 하였고 침전물은 포전에 내여 알곡생산을 늘릴 수 있게 하였다고 함
 - 이를 계기로 군에서는 다양한 공장들의 폐수정화사업에 달라붙어 각 정화시설들의 개건보수를 위한 사업을 활발히 진행 중이라고 함

- 가을철국토관리총동원사업에 떨쳐나섰다(노동신문, 2019.10.15)
 - 자강도에서는 령길기술개간에 힘을 넣고 40여 km 옹벽쌓기, 15개소에 암거공사를 진행하고 각종 도로표식기, 안전보호말뚝세우기를 하였으며 30여 개소에 콘크리트 다리를 건설함
 - 김형권군에서 중요도로구간 수 km 영길기술개간을 결속함
 - 여러 도, 시, 군에서 양어장, 오수정화장건설과 보수, 수산자원보호사업도 진행함
- 배수체계를 완비하고 과학농사열풍을 일으켜(노동신문, 2019.11.6)
 - 농사를 잘 지을 수 있는 충분한 조건을 마련하지 못한다면 옳은 방법론이 없이 구태의연하게 일한다면 다수학을 내기 어렵다고 판단함
 - 지난해 농사에서는 배수체계가 불비하다나니 얼마간 내린 비에도 많은 포전이 침수 되고 그로 하여 응당한 소출을 거둘 수 없었음
 - 그리하여 수천 m 물길을 새로 째고 여러 개의 구조물을 건설해 침수피해를 받지 않고 농사를 안전하게 지을 수 있음
- 대동강의 맑은 물을 위해(노동신문, 2019.5.13)
 - 평천정화장관리소는 중구역을 비롯한 여러 구역의 생활오수를 정화하여 대동강에 맑은 물을 내보내는 단위임
 - 이들은 정화공정이 흐름식으로 되어 있는 조건에 맞게 설비의 특성을 잘 알고 운전 과정에 비정상적인 현상이 나타나지 않도록 사전 대책을 세우고 있음
 - 이독 일군들과 종업원들의 헌신적인 노력에 의해 오수정화설비들은 언제나 만가동의 동음을 높이 울리고 있음
- 능률 높은 배기름 오수여과장치를 제작도입(노동신문, 2019.12.24)
 - 최근 국가해사감독국에서 능률 높은 배기름 오수여과장치를 새로 개발하여 많은 배들에 도입하였음

- 우리의 자재와 기술로 제작된 이 장치는 수입제품에 비해 제작원가가 훨씬 적으며 려과효과도 더 높음
- 마름류를 리용하여 도시오수를 생물에너지기를 전환시키는 기술(노동신문 2019.11.10)
 - 오수 속에서 질소와 린(인)을 흡수하며 성장하는 미생물로, 기존에는 질소, 인, 물을 사용하며 성장시키는 것이 생물수지에 맞지 않았음
 - 빛생물 반응로에서 제거된 질소와 인을 마름류의 먹이로 사용
 - 원심분리를 통한 물과 마름류의 분리, 생물소화기에서 생물 가스(바이오가스)를 얻어 이를 연소 시켜 에너지를 얻는 기술
 - 유출물이 깨끗하고 이산화탄소 방출량이나 에너지(에너지) 소비량이 적은 장점이 있음
- 생태환경과 그 보호(노동신문, 2019.7.7)
 - 사람들은 자연으로부터 식량과 원료, 연료, 에너지 등 생존과 경제발전에 필요한 모든 것들을 얻어냄
 - 김정은은 “환경보호, 자연보호관리사업은 조국산천을 더욱 아름답게 만들고 자원을 보호증식시키며 사람들의 건강을 보호하고 그들에 보다 훌륭한 생활환경을 마련해 주기 위한 중요하고도 책임적인 사업입니다”라고 이야기함
 - 생태환경을 잘 보호하여 자연생태계의 조화로운 균형을 보장하여야 현 세대뿐 아니라 후대들의 지속적발전도 담보할 수 있음
 - 생태환경을 파괴하는 요인에는 지진, 화산, 해일과 같은 자연적 요인과 인간의 생활과 경제활동으로 인한 인위적 요인이 있음
 - 이 두 요인 가운데서 지구의 생태환경을 파괴하는 결정적 요인은 인위적 요인이라고 말할 수 있음
 - 산업폐수와 산업폐기물, 주민생활오수와 생활오물, 농약의 과도한 사용 등으로 하여 각종 오염물질들이 강이나 바다에 흘러 물오염과 부영양화를 일으키고 토양에 퇴적

되거나 매몰되어 많은 면적의 토지와 지하수를 오염시키고 있음

- 심각한 환경문제를 최대한 감소시키기 위한 생태환경보호사업은 인류에게 있어서 더는 미룰 수 없는 초미의 과제로 나서고 있음

- 세계적으로 주목되는 도시오수처리방법(노동신문, 2019.7.21)

- 대부분 사용되고 있는 합류식 배수 체계의 통상적인 문제점을 지적하고 분류식 하수관로 사용을 제안
- 오수망 관리를 위한 독일의 오수 속 지방질 제거 약품 사용, 중국의 로봇 관리 체계를 언급하는 등 해외의 오수 관리 사례 소개
- 오수망 관리와 함께 인도의 대규모 오수처리장, 독일의 용량 증설 작업, 스위스의 하수처리 인프라 확보 등과 같은 사례 소개
- 오수처리 기술 중 하나로 나노막 여과 기술이 있고 복잡한 정화처리공정이 없어도 오수를 효율적으로 처리할 수 있는 장점이 있음

- 오수정화(노동신문, 2019.7.14)

- 생물화학적 정화방법을 선호하고 가장 많이 이용되고 있음
- 침전, 생물화학적 처리, 거르기 및 침전단계 등 기본적인 오수정화 체계 소개

- 오수정화장 건설을 마감단계에서(민주조선, 2019.7.2)

- 단천시에서 능력이 큰 오수정화장 건설이 마감단계에 있음
- 공장, 기업소들과 시·군들에서는 오수정화장을 산업폐수와 생활 오수량을 탄산하여 꾸리고 그 시설들을 현대화의 필요가 있음

- 경애하는 최고령도자 김정은동지께서 강계시와 만포시건설총계획을 지도하시였다 (노동신문, 2019.6.1)

- 김정은은 강계시와 만포건설총계획을 도와 도시건설 전망 모형사판을 보면서 도시 형성계획에 대한 해설을 듣고 강계시와 만포시를 시대적 요구에 맞게 훌륭히 건설 하는 데서 과업과 방도를 제시함
 - 삼지연군의 경험을 본받아 자기 지역의 성격이 살아나도록 건축형성계획을 과학적으로 세우고 건축물들을 다양한 형식으로 특색있게 건설하며 시의 면모를 새롭게 일신시켜야 한다고 말함
 - 도시를 건설할 때 오수처리대책을 잘 세우는 것은 생태환경오염을 막기 위한 매우 사활적임 누제라고 하고 하부망공사를 과학적으로 하고 오수정화시설들을 정상적으로 가동 시켜 산업폐수와 생활오수를 철저히 정화처리하여야 한다고 말함
-
- 압록강은 3급수 이하? '통일비용'으로 돌아온 북한 환경오염 실태는(경향신문, 2019.6.28)
 - 북한은 에너지 사용량이 한국보다 현저히 작아서 대기오염물질 총 발생량 자체는 적지만 질 낮은 연료를 쓰고 대기오염 처리기술이 부족해 지역에 따라 공기질은 상당히 나쁜 것으로 추측됨
 - 대동강은 "오수, 분뇨 중 절반 정도가 정화되지 않은 채 그대로 유입"되며, 수돗물을 음용수로 마시기 어려운 상황으로 알려졌으며 두만강은 "무산탄광, 회령제지공장, 중국 개산둔 펠프공장 등에서 오염물질이 흘러들어와 수질오염이 심각"하며, 수생식물에도 안 좋은 영향을 준다고 함
 - 압록강은 "북한의 혜산·신의주, 중국의 장백·단동 등에서 산업폐수와 생활오수가 유입돼 식수로 쓰기 곤란한 3급수 이하 수질로 악화"됐으며 함흥의 성천강은 염료공장, 가죽공장의 폐수와 가정의 생활하수가 흘러가 "회복 불능의 강"이 됐다고 함

 - "평양 평천구역 환경오염 심각…정화장 악취에 시꺼먼 먼지까지"(DAILY NK, 2019.7.11)
 - 평양 평천구역의 환경오염이 심각한 상태인 것으로 전해졌으며 실제 유엔환경계획

(UNEP)과 북한 국토환경보호성이 공동으로 조사해 지난 2012년 공개한 ‘북한 환경과 기후변화 전망’(DPRK Environment and Climate Change Outlook) 보고서에 따르면 평양의 일부 대기오염 수준이 환경오염 기준을 상회하고, 대동강을 비롯한 주요 하천의 수질오염 문제가 점차 심각해지고 있다고 함

- 정화장의 오수 수용량과 처리능력이 한계에 도달해 제 기능을 발휘하지 못하고 있으며 북한 관영 조선중앙통신은 지난 5월 김재룡 내각 총리가 평양 시내 도시경영 실태를 점검하면서 중심지구의 오수정화장 확장공사와 관련해 관리·감독을 철저히 할 것을 주문했다고 보도함
- 세계보건기구(WHO)가 지난해 발표한 ‘2018 세계보건통계’에 따르면 북한 인구 10만 명 당 207.2명이 대기오염으로 인해 사망했으며 이는 한국(20.5명)의 10배 수준이며 중국(112.7명)과 비교해도 2배가량 높은 수치임

다) 2018년 노동신문 등

- o 능률 높은 배기름 오수여과장치를 제작 도입(노동신문 2018.12.24)
 - 환경보호의 목적으로 영해 및 경제수역에 있는 배들이 오염물질 정화시설을 갖추게 되어 있고 오염물질처리 대책을 철저히 세우도록 관리하고 있음
 - 배기름, 배에서 발생하는 오수 처리를 위해 북한 내의 자재를 이용한 오수여과장치 제작
- o 오수로부터 깨끗한 에너르기를 생산하는 새 방법(노동신문 2018.12.2)
 - 녹색 에너르기 수집 및 탄소 방출을 줄이는 방법에 대한 연구
 - 유기물질로부터 생물연료를 회수하고 이를 이용해 생물 가스 및 에너르기 수집
- o 새로운 오수정화 방법 개발(민주조선 2018.10.27)
 - 중금속이 포함된 오수의 처리 방법 소개
 - 산화알루미니움으로 된 나노려과기(나노여과기)의 산화알루미니움 나노층의 공극

을 통해서 오수 내의 중금속 이온과 기름오염물질을 여과하는 기술

- 애국의 마음 안고 봄철국토관리총동원사업에 한 사람같이 떨쳐나섰다 - 환경보호사업과 도로보수관리를 책임적으로(민주조선 2018.5.4)
 - 대동군인민위원회에서 오수정화장을 새로 건설하여 읍지구의 환경을 깨끗하게 하기 위한 사업을 진행하고 있다고 함
 - 짧은 기간에 수십 m^3 의 굴착작업을 끝내고 석축작업을 진행하고 있으며, 이에 맞게 위원회의 일군들은 모든 작업을 철저히 기술규정과 공법의 요구대로 하도록 하고 있다고 함
 - 의주군인민위원회에서는 봄철국토관리총동원기간에 69km 구간에 대한 도로기술 개건을 진행할 목표를 세우고 수행을 위한 조직사업을 짜고 있다고 함
 - 위원회에서는 도로기술개건사업과 더불어 현장에서 총화사업도 전투적으로 하고 있다고 함
 - 영광군에서는 도로보수가 가지는 의의와 중요성을 인식시키는 지도사업과 도로보수사업을 진행하고 있다고 함
- 도로기술개건에 힘을 집중하여(민주조선 2018.6.10)
 - 희천시인민위원회에서 도로기술개건사업을 벌려 성과를 거두었다고 함
 - 위원회에서는 평원동-극성리도로 개건 사업을 끝내고, 역평동-금산동도로를 개건 하였으며, 상하수도난방사업소를 비롯한 다른 단위들에서도 도로확장과 나무심기, 안전시설과 도로표식물설치 등 맡은 과제들을 수행하였다고 함
- 도시경영사업을 개선하여 인민들에게 문명한 생활조건과 환경을 보장해 주자 - 조직 사업을 짜고들어(민주조선 2018.8.11)
 - 평안남도인민위원회에서 올해에 도 안의 인민들에게 보다 문명한 생활조건과 환경을 보장하여 주기 위해 도시경영사업에 큰 힘을 넣고 있음

- 물 문제 해결을 위해 평성시에서는 상수도망 공사와 구조물, 건물공사를 끝내고 전동기와 펌프를 비롯한 12대의 설비를 갖추었고, 순천시에서는 새덕동과 역전동 지구의 물공급을 위한 2개의 배수지공사를 끝내고 침강정공사를 하고 있으며, 여러 군에서도 자연흐름식수도화공사, 상수도망공사를 진행하고 있음
 - 또한 시설물관리 사업을 위해 순천시와 안수시에서는 살림집과 공공건물의 상태를 확인해 보수를 진행하고 있으며 개천시에서는 천리길동지구의 260여 세대의 소층 살림집 건설이 완공된 데 맞게 종합검사와 준공검사를 보장하고 있음
 - 평성시에서는 십여 리 구간의 도로포장공사를 완료했고 큰물피해막이를 위해 130개소 수천 m 구간의 석축보수공사를 진행하였으며, 순천시에서는 대동강의 오염을 막기 위한 $2,000m^3$ 능력의 오수정화장건설을 완공했음
- [북한 날씨] 태풍 ‘솔릭’으로 강원도 문천시에 601mm 폭우(연합뉴스 2018.8.24)
- 조선중앙방송이 24일 태풍 솔릭의 영향으로 원산만 지역에서 강한 폭우를 동반한 매우 많은 비가 집중적으로 내렸다며 23일 1시부터 24일 5시까지 강원도 문천시 601mm, 고원군 436mm, 원산시 327mm, 천내군 274mm가 내렸다고 밝혔고, 특히 문천시에서는 23일 오후 5시부터 24일 오전 5시까지 502mm의 폭우가 내려 12시간 강수량으로는 기상관측 이래 2011년 7월 26일 청단군의 517mm에 이어 두 번째로 많은 것이라고 보도했다고 함
 - 황해남도 해주와 강원도 통천, 함경남도 금야군, 평안남도 숙천 등에서는 한때 초당 10m 이상의 강한 바람도 불었다고 함
 - 중앙방송은 농업, 도시경영, 건설, 전력 등 모든 경제부문에서 폭우와 강한 바람에 의한 피해가 없도록 사전대책과 감시 및 통보체계를 세우고 하수로 정비와 위험부분에 대한 안전대책을 마련해야 한다고 당부했다고 함
- 환경보호사업에 큰 힘을 - 인산군인민위원회에서(민주조선 2018.3.27)
- 위원회의 일군들은 읍지구에 100여 m^3 능력의 오수정화장 3개를 새로 건설할

구체적인 계획을 세운데 맞게 자재보장사업을 앞세워 나가고 있다고 함

- 위원회의 일군들이 자주 현장에 나가 공사에서 제기되는 문제들을 알아보고 제때에 해결해 주기 위한 대책들도 적극 세워 나가고 있으며, 공사에 필요한 자재들을 충분히 확보하도록 하는 것과 함께 많은 양의 토양을 제때에 처리하고 생활오수 흐름길 보수공사를 설계의 요구대로 하고 있다고 함

○ 환경보호사업에 품을 들여(노동신문 2018.2.22)

- 평성시의 삼룡리에 매일 많은 양의 오수를 정화할 수 있는 오수정화장이 건설되었으며 이 외에 2개의 오수정화장이 새로 생겨났다고 함
- 전기를 전혀 쓰지 않고 자연 흐름식으로 오수가 흐르게 하면서 혼기성미생물에 의해 정화할 수 있는 방법을 적용하였으며 이 방법은 시의 실정에 아주 적합하였다 고 함

○ 인민들에게 더 좋은 생활조건과 환경을(민주조선 2018.9.15)

- 도시경영성에서는 생활조건과 환경에 대한 인민들의 요구에 맞게 상수도망과 오수 정화능력을 확장하기 위한 사업을 추진하고 있음
- 황해북도 사리원시에서는 6개의 수원지들에서 양수설비들이 정상 가동할 수 있게 변압기를 새로 설치하고, 1만 4,000여 m의 상수도관을 늘이기 위한 공사를 진행 중임
- 평안남도 평성시에서도 수만 m^3 능력의 침강정 3개와 여러 개의 배수지구조물공사를 끝내고 전동기와 펌프를 비롯한 10여 대의 설비들을 갖춰 놓음
- 특히 평천오수정화장과 락랑오수정화장능력 확장 공사를 동시에 해나가고 있음

○ LH연구원 “북한 주택 2040년까지 연 23~24만 호 공급 필요”(연합뉴스 2018.4.29)

- 29일 한국토지주택공사(LH)의 ‘북한 주택사업 중장기 전략 연구’ 보고서에 따르면 오는 2040년까지 북한에 1,200만 가구가 넘는 주택이 필요한 것으로 예측됨

- 연구원은 2020년부터 2030년까지 북한에 주택 602만 호(신규 440만 호), 2030년부터 2040년까지 665만 호(신규 560만 호)가 필요할 것으로 추정함
- 또 특구·경제개발구 건설과 특구 주변의 배후주거단지 추가 지정이 필요하다고 예상하였으며 소요 예산은 2030년까지 35조~93조 원, 2040년까지 52조~120조 원으로 추정함
- LH 연구원은 경제협력 등에 따른 북한의 도시개발을 위해 '주거기본권 보장'과 '경제기반 지원'의 트루트랙 방식을 추진하되 기반시설 정비와 의료·복지·농업·교육 분야와 패키지 방식으로 병행 추진하는 방안을 검토할 필요가 있다고 제안함
- 또 산업·경제기반 지원을 위한 주택공급과 전력, 상하수도, 난방 등 인프라사업을 연계하되 단기적으로는 주로 도시의 주거성능 개선과 물량 확보를 위한 정비사업에 주력하고, 중장기적으로 특구·경제개발구 중심의 사업과 신도시 개발로 확장하는 것이 바람직하다고 말함

라) 2017년 노동신문 등

- 목표를 높이 세우고 전투적으로 - 도시경영성에서(민주조선 2017.2.5)
 - 도시경영성이 도시경영 사업에서 새로운 전환을 가져오기 위해 혁명적인 사업을 진행하고 있다고 함
 - 평양시를 비롯한 각지에서 살림집과 공공건물 개건 및 보수, 도로와 걸음길 보수와 관리, 강하천정리, 오수정화시설 건설과 능력 확장 및 보수, 원림조성 목표를 세웠다고 함
 - 온 나라를 수림화, 원림화, 과수원화하기 위한 사업도 진행해나가고 있다고 함
- 목표를 높이 세우고 혁력을 집중하여 - 황해남도인민위원회에서(민주조선 2017.11.17)
 - 종합된 자료에 의하면 11월 2일까지 도 차원에서 가을철 국토관리 사업을 추진하여 도로부문과 강하천부문, 농업부문, 도시경영부문, 민족유산부문, 수산부문, 농촌건설부문의 계획지표를 100% 이상 넘쳐 수행했다고 함

- 환경보호부문의 생활오수침전지정리와 축산폐수침전지건설, 지방공업부문의 수유나무열매 채취와 타래붓꽃 보식계획도 100% 이상 넘쳐 수행되었다고 함
- 힘 있게 벌어지는 물 자원 보호관리 사업 - 세계 물의 날에 즈음한 토론회에서 언급(조선신보 2017.3.29)
 - 조선중앙통신에 의하면 세계 물의 날에 즈음한 토론회가 22일 함경북도 청진시에서 진행되었다고 함
 - 조선에서는 강하천과 호수, 바다오염을 막기 위해 공장, 기업소들과 주민지구에서 나오는 산업폐수와 생활오수를 철저히 정화하여 내보내도록 하고 있다고 함
 - 특히 모든 도시들에서 고도정화기술을 받아들이고 산업기자들에서는 되돌이 물 이용체계를 세우며 장마철과 봄, 가을철에는 환수방법으로 수질개선대책을 세우도록 하고 있다고 함
 - 공장, 기업소들과 시, 군들에서 산업폐수와 생활 오수량을 탄산하여 오수정화장을 꾸리고 그 시설들을 현대화 하고 있으며 광산들에서는 미광이나 폐수가 강하천과 호수, 바다에 흘려들지 않도록 침전지를 건설하고 있다고 함
 - 평양시에서는 처리물을 종합적으로 처리하는 유기질복합비료공장이 새로 건설되어 질 좋은 유기질비료를 생산하고 있다고 함
 - 과학연구기관 및 생산단위들에서 새로운 염색폐수정화방법, 역삼투법에 의한 물 처리기술 등을 연구하여 현실에 광범히 도입하고 있다고 함
- 가는 곳마다 맑은 물이 흘러넘친다 - 산양군에서(노동신문 2017.5.21)
 - 신양군은 예로부터 수질이 좋고 물맛 또한 이를 데 없기로 널리 소문난 고장이라고 함
 - 신양군 책임일군들은 먹는 물 문제 해결에 관심을 돌리고 자연흐름식 수도화 공사를 진행하고 있다고 함
 - 또한 보다 경제적이면서도 산골군의 특성에 맞는 오수정화시설을 꾸려놓는 사업에 최선을 다했다고 함

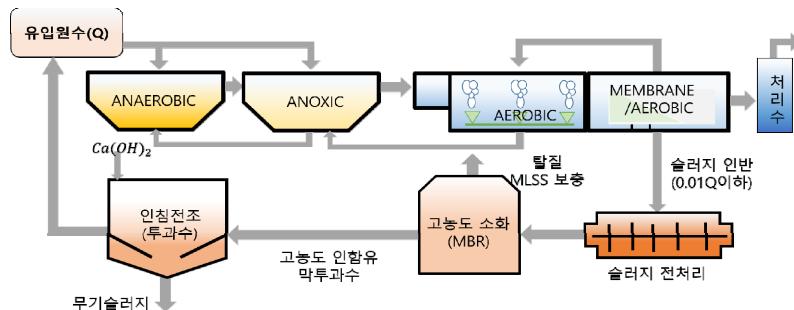
- 읍에서는 20여 개에 달하는 장소들에 침전, 여과 등의 여러 단계를 거치는 오수정화장들을 꾸렸다고 함
- 오수정화장건설을 힘있게 - 황주군인민위원회에서(민주조선 2017.10.20)
 - 황주군인민위원회에서 가을철국토관리총동원기간에 오수정화장건설을 힘 있게 밀고 나가고 있다고 함
 - 위원회 일군들은 읍 지구에 100m³ 능력의 오수정화장을 새로 건설할 구체적인 계획을 세우고 자재보장사업을 선행시켜나갔다고 함
 - 위원회의 책임일군들은 자주 현장에 나가 공사에서 제기되는 문제들을 알아보고 제때 해결해주기 위한 대책을 세워나가고 있다고 함
- 마) 1957~2016년 노동신문 등
 - 오수정화장 건설에 박차를(민주조선 2015.12.23)
 - 오수정화장 건설에 큰 힘을(민주조선 2015.9.13)
 - 자연환경을 보호하기 위하여 오수정화를 과학기술적으로 하고 있다(노동신문 2015.9.4)
 - 오수정화시설들의 개건사업을 틀어쥐고 - 금야군인민위원회에서(민주조선 2015.8.30)
 - 폐수와 생활오수를 철저히 정화하여 - 문천시 인민위원회에서(민주조선 2014.9.18)
 - 도시오수를 이용한 열펌프 난방체계(노동신문 2014.8.24)
 - 오수정화시설 개건사업 적극 추진(민주조선 2012.6.30)
 - 오수처리능력을 1.5배로 높일 목표로(민주조선 2012.6.27)
 - 평천오수정화장 개건공사 적극 추진(민주조선 2012.6.19)
 - 무동력식 분산오수처리방법 연구개발(노동신문 2011.1.2)
 - 오수를 열에네르기로 이용하는 방법(민주조선 2011.5.28)

- 오수펌프장들이 개건 및 능력 확장되었다(민주조선 2011.9.4)
- 수도의 오수펌프장 개건사업을 힘있게(민주조선 2011.11.11)
- 오수정화장 건설을 박력있게(민주조선 2009.1.31)
- 열흘 동안에 2개의 오수정화장 건설, 그 기세 계속 고조 - 길주군 인민위원회에서(민주조선 2009.5.9)
- 용성 오수정화장 공사 마감단계(민주조선 2008.9.21)
- 고려약공장이 훌륭히 개건 오수정화장 건설 힘있게 추진(민주조선 2008.10.28)
- 자연흐름식 오수정화장 건설에 박차를(민주조선 2007.5.4)
- 새형의 오수처리설비(민주조선 2007.11.27)
- 오수, 오물로 유기질비료와 살충제를(민주조선 2005.2.20)
- 도시오물, 오수처리의 발전 추세(민주조선 2005.9.20)
- 오수펌프의 종합적 자동화에 성공(노동신문 1963.3.25)
- 오수정화장 건설에 착공 - 평양고등석탄공업전문학교 학생들(노동신문 1959.3.2)
- 건설용 주철관을 대신하는 토기오수관을 생산(노동신문 1958.8.28)
- 계획보다 143미터의 오수간선공사를 더 할 것을 결의(노동신문 1957.5.25)
- 창발성을 다하여 작업 능률을 제고 - 평양 의대학생들의 동평양 오수간선 건설장에서 (노동신문 1957.7.2)
- 서평양 오수간선 및 인홍교 개통식 진행(노동신문 1957.7.31)

6) 북한에서 출간된 하수도에 관련 연구 및 신기술 기사

앞서 북한의 오수, 하수의 처리에 관한 법령을 검토할 때 사용되는 용어로 정화시설, 정화

장, 침전지, 멸균, 소독의 표현이 있었으며, 하수관로시설에 관한 용어로는 우수관, 오수관, 우수함(빗물받이), 양수장, 콜장(손펌프), 물빼기시설물, 침투조 등의 표현이 사용되고 있음을 알 수 있었다. 북한의 법에서는 통상 알려진 하수처리장에 필요한 기능의 일반적인 표현 위주로 나타나고 있으며, 전문가들 사이에서 통용되는 처리공정과 기술적인 용어들은 거의 사용되지 않고 있었다. 법에는 모든 국민이 지켜야 할 최소 수준의 의무가 포함되고 있음을 감안할 때, 하수처리기술이 침전과 소독 수준의 기술뿐이라고 단정하기엔 무리가 있을 것이다. 따라서 일반인이 이해할 수 있는 수준의 법 용어를 의도적으로 사용하는 것으로 볼 수도 있다. 한편으로는 윤주환(2008)이 지적한 바와 같이 전력난으로 현대적인 포기(aeration) 시스템을 이용하는 활성슬러지 공정 등의 생물학적 처리를 사용하기 어렵기 때문일 수도 있다. 북한이 나선경제무역도시를 개발하면서 새롭게 계획되는 하수처리시설에는 최신 기술인 MBR공정의 설치를 선호하는 것으로 제시(그림 3-8 참조)하고 있어서, 우리가 사용하는 선진기술과 크게 다르지 않은 수준을 요구하고 있음을 알 수 있다.



자료: 박규홍 외(2019), p.22.

〈그림 3-8〉 나선시에서 선호하는 하수처리공정

북한 문헌에 기재된 생활오수처리장의 건설 입지에 대한 내용은 다음과 같다. 오수정화장을 건설할 때는 지상건물 건설보다 하부구조물의 건설을 중시해야 한다고 표명하고 있으며, 주민지역과 공업지역의 경영활동에서 생겨나는 생활오수에 대한 심각성을 인식해 지하 오수정화장을 적극적으로 도입하면 도시건설이 이익을 보장하면서도 환경보호에 적극 이바지 할 수 있다고 하였다. 또한 지하 오수정화장의 위치 선정 문제, 오수정화장의 지하화로 인한

토지이용뿐 아니라 주변 생활환경의 보호, 오수처리 능력과 운영적 이점에 대해 검토하였다 (김일건, 2016; 박규홍 외, 2019).

북한의 상하수도 관련 논문은 국제적인 수준과는 차이가 있으나, 자료의 접근이 제한되어 있는 점을 감안할 필요가 있다. 특히 수치해석을 이용한 엔지니어링 설계, 위성자료를 이용한 모니터링 자료해석 연구도 발표되고 있다(기정훈, 2016). 김건하(2017)는 북한에서 출원된 상하수도 분야 특허를 분석하였는데, 여과 소독과 관련된 특허, 폐수정화방법 관련 특허가 출원되고 있다고 하였다. 이러한 특허는 사업소를 위주로 출원되고 있어 대학이나 기업에서 주도하고 있지 않음을 주목하였다. 한편, 수치 해석과 관련된 특허, 간편수질검사 를 위한 시약 제조법 등 특허도 출원되고 있었다.

이정석, 김미나(2016)는 북한 통계지표와 국내외 전문가 및 탈북자 심층 인터뷰를 활용하여 북한 상하수도, 댐 등 10여 종 사회간접자본 인프라 시설의 안전 및 유지관리에 대한 현황조사를 실시한 결과, 한국의 평균 위험수준 체감도가 41.8%인 데 비하여 북한은 77.6%였으며 미국의 기술수준을 100%로 하였을 때 대한민국 79%, 북한 39.5%로 측정하였다. 북한 인프라 시설은 대부분 노후화되어 있으며 기술 수준 또한 한국과 격차가 많은 것으로 평가된다.

〈표 3-20〉에는 북한의 발명총국, 공업출판사, 김일성종합대학학보, 중앙과학기술통보사에 나타난 하수도 관련 기술기사 및 연구기사를 조사하여 정리하였다. 한국이나 여러 선진국에서 활용 및 연구되고 전문성 있는 하수도기술에 대한 소개를 하고 있으나, 실제적으로 현장에서 얼마나 적용되고 사용되고 있는지에 대해서는 더 심도 있는 조사가 필요하다.

〈표 3-20〉 북한의 하수도 관련 연구 및 기술

서명	연구(기사) 또는 기술명	저자	발행처
발명공보 2019년 제5호(루계제155호)	혐기성정화조와 오수정화방법	박철혁, 김영옥, 리상일	발명총국
발명공보 2019년 제6호(루계제156호)	중소규모오수정화공정	정인성, 유청일, 리충혁	발명총국
발명공보 2019년 제8호(루계제158호)	선박에서 나오는 기름섞인 오수를 정화하는 장치	리광훈, 신일국	발명총국
천리마 2019년 제3호(루계제718호)	혁신적인 오수정화방법	편집부	천리마사
도시경영 2017년 제1호(루계제245호)	AO-AF법에 의한 오수정화공정의 정화효과	라홍철, 전경래	공업출판사
도시경영 2017년 제1호(루계제245호)	도시오수의 정화효과를 높일수 있는 침전구조물의 합리적인 규모 결정	현광일, 리 춘	공업출판사
도시경영 2017년 제1호(루계제245호)	SBBR법에 의한 오수정화기술	문광진	공업출판사
도시경영 2017년 제3호(루계제247호)	소규모오수처리장에서 활성온나처리과정의 최량화	장현주, 허철명	공업출판사
도시경영 2017년 제3호(루계제247호)	CASS 오수 생물반응기	최금성, 라홍철	공업출판사
도시경영 2017년 제4호(루계제248호)	오수의 자원화, 물절약형으로 널리 리용되는 룽색 변기	강철민, 김경철	공업출판사
도시경영 2016년 제1호(루계제241호)	분산형 도시생활오수에 리용되는 칸막이식 혐기반응기	전승철, 신혁철	공업출판사
도시경영 2016년 제1호(루계제241호)	허용충수률을 고려한 오수관로의 설치물매결정	오정옥	공업출판사
도시경영 2016년 제3호 (루계제243호)	Bardenpho기술에 의한 오수 정화	김경철, 리순옥	공업출판사
도시경영 2016년 제2호(루계제242호)	공업유기폐수의 혐기처리방법	전승철	공업출판사
도시경영 2016년 제4호(루계제244호)	대규모오수정화장의 1차침전지에서 유기성침전물의 생화학적변화에 대한 해석	김문혁, 리상일	공업출판사
도시경영 2016년 제4호(루계제244호)	정화효률이 높은 오수생물반응조의 전면포기체계	장현철, 라홍철	공업출판사
도시경영 2016년 제4호(루계제244호)	무산소조와 접촉호기조를 결합한 오수정화공정	리명일	공업출판사
도시경영 2016년 제4호(루계제244호)	급속삼투여과계통에 의한 생활오수의 정화	김광철	공업출판사

〈표 3-20〉의 계속

서명	연구(기사) 또는 기술명	저자	발행처
김일성종합대학학보: 철학, 경제학 제62권 제3호(루계 제511호)	지하오수정화장의 경제적 유리성과 그 건설에서 나서는 중요한 문제	김일건	김일성종합 대학출판사
도시경영 2015년 제1호(루계제237호)	폐수처리에서 변성탄재의 리용	조영로, 김남일	공업출판사
도시경영 2015년 제2호(루계제238호)	혐기발효에 의한 오수처리기술	전승철	공업출판사
도시경영 2015년 제3호(루계제239호)	UASB에 의한 생활오수처리	전승철, 황길성	공업출판사
도시경영 2015년 제4호(루계제240호)	도시오수처리를 위한 분산형여러단계탄반응기	전승철, 황길성	공업출판사
도시경영 2015년 제4호(루계제240호)	격판식협기반응기를 이용한 분산형생활오수처리	김진국	공업출판사
도시경영 2015년 제4호(루계제240호)	Orbal산화도량에 의한 오수정화	최진혁, 김경철	공업출판사
김일성종합대학학보 (자연과학) 2015년 제61권 제3호(루계 500호)	오수에서 방사선에 의한 몇가지 오염물질들의 제거	리통일, 리성범	김일성종합 대학출판사
경공업 2007년 제4호(루계제294호)	초전도자기마당에 의한 종이공장폐수의 정화처리	김동주	중앙과학기 술통신보사
경공업 2007년 제5호(루계제295호)	식료공업에서 용수와 폐수처리의 최신동향	편집부	중앙과학기 술통신보사
경공업 2006년 제4호(루계제288호)	팔프종이공업의 폐수처리기술과 그 연구발전	박명호	중앙과학기 술통신보사
경공업 2006년 제4호(루계제288호)	공제품생산폐수를 이용한 기름효모배양	리태준	중앙과학기 술통신보사
경공업 2006년 제5호(루계제287호)	염색폐수처리에서 연재의 리용	김광영	중앙과학기 술통신보사
경공업 2006년 제5호(루계제287호)	전해법에 의한 고농도염색폐수처리	최평수	중앙과학기 술통신보사
경공업 2006년 제6호(루계제290호)	알카리감량폐수에서 테레프탈산의 회수	편집부	중앙과학기 술통신보사
경공업 2006년 제6호(루계제290호)	파지에 의한 종이생산에서 폐수처리기술	김송죽	중앙과학기 술통신보사
경공업 2005년 제2호(루계제280호)	염색폐수처리성능을 높이기 위한 몇가지 방도	편집부	중앙과학기 술통신보사
경공업 2005년 제5호(루계제283호)	염색폐수속의 오염물회수와 폐수처리	편집부	중앙과학기 술통신보사

〈표 3-20〉의 계속

서명	연구(기사) 또는 기술명	저자	발행처
경공업 2005년 제5호(루계제283호)	팔프종이공업에서 폐수삭감기술동향	김송죽	중앙과학기술통보사
경공업 2002년 제6호(루계제266호)	염색공장폐수의 정화	량성덕	중앙과학기술통보사
생물학 1999년 제6호(루계제216호)	활성고분자겔담체를 이용한 폐수의 고도처리기술	-	중앙과학기술통보사
화학 2003년 제6호(루계제274호)	시안화물함유폐수의 처리방법	-	중앙과학기술통보사
과학의 세계 1999년 제5호(루계제125호)	오수를 정화하는 복합미생물	김례진	중앙과학기술통보사
기술혁신 2000년 제5호(루계제501호)	동역학적 모형에 의한 활성감탕법 오수처리계통의 설계	-	중앙과학기술통보사
기술혁신 2001년 제1호(루계제509호)	오수정화용 공기뿜이판	-	중앙과학기술통보사
기술혁신 2001년 제6호(루계제514호)	날개바퀴를 개조한 오수펌프	-	중앙과학기술통보사
기술혁신 2001년 제9호(루계제517호)	조절지를 이용한 오수펌프장	-	중앙과학기술통보사
기술혁신 2003년 제9호(루계제541호)	논밭에 오수양금을 이용	-	중앙과학기술통보사
기술혁신 2003년 제10호(루계제542호)	오수정화장 침사밀도의 계산 방법	-	중앙과학기술통보사
천리마 2012년 제9호(루계제640호)	오수에 의한 전기생산체계	-	천리마사
천리마 1992년 제4호(루계제395호)	에너지 원천 -도시오수	강경남	천리마사
기술혁신 1998년 제1호(루계제473호)	오수관 뚫는 기계	-	중앙과학기술통보사
과학의 세계 1998년 제5호(루계제119호)	농업 생산에서 도시오수의 이용	홍기철, 손선봉	중앙과학기술통보사
화학 1998년 제4호(루계제242호)	증발법에 의한 무방류 오수처리체계	-	중앙과학기술통보사

자료: 저자 작성.

3. 시사점

북한의 법정 하수도 용어를 통해 하수도의 전문성 수준이 낮을 것이라 추정한 것은 잘못된 것이었다. 대학교재에서 사용되는 하수도시설의 계획과 설계 등의 학습내용을 볼 때 한국의 수준에 거의 벼금가는 내용을 교육하고 있음을 알 수 있었다. 다만, 대학에서 가르치는 내용이 현실세계에 얼마나 반영되고 있는지는 투자의 여력, 건설상의 기술 수준 및 건설관리, 유지운영 등 또 다른 영역에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

북한 하수도에 관한 공개된 자료가 많지 않아 파악하기 어려운 상황이지만, 2018년 MICS 보고서는 북한의 분뇨 배출과 처리 경로에 대해 비교적 신뢰성이 높은 실태조사 및 설문조사의 결과인 것으로 판단하여 이를 기반으로 2017년도 북한의 하수처리율을 56.9%로 추정하였다. 도시의 하수처리율은 75.5%로 시골의 하수처리율 27.9%보다 2.7배 커서 도시와 시골 간 하수도서비스의 격차가 큰 것을 알 수 있다. 각 도별 하수처리율은 함경북도가 63.7%가 가장 높고, 자강도가 62.7%로 그다음으로 높으며, 함경남도, 황해북도, 평안북도, 평안남도, 양강도, 강원도, 황해남도의 순이었으며 황해남도가 35.1%로 가장 낮음을 알 수 있었다. 위생시설 현지에서 불안전하게 처리되는 비율은 수세식 및 정화조 방식이 92.4%, 수세식 및 변소(구덩이) 방식이 96.3%이며 환풍기능 재래식 변소는 90.3%, 상판 설치 재래식 변소는 92.2%였다. 어떤 형태의 위생시설에서 발생한 분뇨일지라도 농경지에 비료로 이용하는 비율이 89~92%이기 때문에 불안전하게 처분되는 것으로 취급될 수 있으며, 이로 인한 음용수 오염과 수인성 전염병의 발생 개연성을 떨쳐 버릴 수 없는 상황이다.

한편, 평양시의 하수처리율이 거의 100%라고 알려져 있었지만, 변소시설이 없거나 재래식 변소를 이용하여 처리하지 않는 비율이 9.8%로 나타나 실제 하수처리율은 그보다 낮은 90% 정도로 추정된다. 위생시설 현지에서 불안전한 분뇨 처분(정화조 발생 분뇨 및 개량변소 분뇨의 농경지 이용이 각각 39.6%와 49.5%) 비율이 89.1%나 되는 반면, 위생시설에서 수거되어 처리장에서 처리되는 비율은 10.9%에 불과한 것이 주목할 만하다. 아무리 분뇨의 비료 사용에 대한 정책적 추진이 북한 전역에서 이루어지고 있다고 하여도, 300만 명 이상의 인구가 살고 있는 평양의 분뇨 발생량의 10% 남짓만 처리장에서 안전하게 처리되고 있는 상황이다. 그럼에도 불구하고 평양시는 다른 지역과 달리 위생시설 현지에서 안전하게

처분되는 것으로 판단한 ‘분뇨발생현지에서 덮개가 설치된 매립’, ‘분뇨배출 미상’, ‘분뇨수거 미상’, ‘분뇨수거 미시행’의 항목이 0%로 나타나 평양의 분뇨 수거, 처리에서 매우 철저한 관리가 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

또한 북한의 발명총국, 공업출판사, 김일성종합대학학보, 중앙과학기술통보사에 나타난 하수도 관련 기술기사 및 연구기사를 조사한 바, 한국이나 선진국 등에서 활용되는 전문성 있는 하수도기술에 대한 기사 및 결과 요약으로 소개하고 있었다. 실제적으로 현장에서 얼마나 적용되고 있는지에 대해서는 추후 더 심도 있는 조사가 필요하다.

제4장

북한 하수도의 관리

1. 국내외적인 하수도 이슈

가. 지속가능한 발전

1) SDG체제로의 전환

국제연합(UN)은 2000년부터 2015년까지 시행된 밀레니엄개발목표(Millennium Development Goals)를 종료하고 2016년부터 2030년까지 지속가능개발목표(SDG: Sustainable Development Goals)를 시행함으로써 2016년 SDG 체제로의 전환이 이루어졌다. <그림 4-1>에 UN의 지속가능개발목표 17개를 나타내었다. 이는 국제사회에서 ‘발전’보다 ‘지속 가능성’을 점차 더 중요한 가치로 인식하고 있음을 의미한다.

SDG의 17대 목표 중 SDG3 ‘모든 연령층의 모든 사람을 위한 건강한 삶 보장 및 복지증진’, SDG6 ‘모두를 위한 물과 위생의 이용가능성 및 지속 가능한 권리 보장’, SDG7 ‘모두를 위한 저렴하고 신뢰성 있으며 지속 가능하고 현대적인 에너지에 대한 접근 보장’, SDG9 ‘회복력 있는 사회기반시설 구축, 포용적이고 지속 가능한 산업화 증진 및 혁신 촉진’, SDG11 ‘포용적이고 안전하며 회복력 있고 지속 가능한 도시와 정주지 조성’ 등은 하수도시설과 직접적인 연관이 있는 것으로 인식되고 있으며, 위와 같은 목표를 실현하기 위한 하수도시설의 개선 및 혁신이 국제적으로 논의되고 있다.



자료: UN, "Clean Water and Sanitation", 검색일: 2021.9.19.

〈그림 4-1〉 UN의 Sustainable Development Goals

2) 하수처리장의 에너지 자립화와 자원생산을 통한 도시 지속가능성 향상

우리나라에서는 2017년에 고리 원자력 발전소의 영구정지 절차를 시작하는 등 국가적인 탈원전 정책 시행으로 신재생에너지 개발 요구가 크게 증가하였다. 또한 2019년 4월 19일 『제3차 에너지기본계획(안)』에서 2040년 재생에너지 발전량 비중을 전체 발전량의 30~35%로 하겠다는 목표를 제시하였는데, 2019년 현재 재생에너지 발전량 비중은 6% 수준에 머무르는 바, 물재생센터의 에너지 자립화/생산 기지화를 포함한 보다 적극적인 재생에너지 개발 정책이 요구되는 상황이다.

최근 수년간 지속적으로 격화하고 있는 각국의 보호무역주의 강화와 미-중 간 무역분쟁, 그리고 2019년 일본의 우리나라에 대한 경제보복 등으로 에너지 및 자원 안보의 필요성이 전례 없이 강조되어 왔으며, 국내의 한정된 자원을 보다 효율적으로 활용하고, 도시 자원순환을 향상시킬 필요성이 커지고 있다. 이에 따라 하수에 존재하는 에너지 및 유용자원을 최대한 회수하기 위한 기존 하수처리장의 혁신이 강력하게 요구되고 있다.

폐기물 분야에서는 유기성 폐자원에서 바이오가스 등 에너지원을 생산하여 인근 지역

주민의 수익을 창출하고, 문화관광 등의 기능을 연계하여 가축분뇨시설, 매립지 등 기존의 험오시설을 선호시설로 탈바꿈하는 친환경 에너지타운 사업 등 혁신의 노력을 기울이고 있다. 도시 하수처리장도 에너지 생산기지의 역할을 수행하면서 친환경 에너지타운 등과는 차별화된 기능과 성격을 갖는 혁신기지로 탈바꿈할 필요성이 대두되고 있다.

나. 새로운 물관리 패러다임 제시

1) 분산형 물관리

긴 연장의 관로, 대형 정수장 및 하수처리장, 규모의 경제로 대표되는 현재의 물관리 인프라인 집중형 물관리 시스템의 낮은 지속가능성과 회복탄력성이 지속적으로 지적되면서, 새로운 시대에 적합한 패러다임의 물관리로, 분산형 물관리가 최근 많은 연구자에 의해 주목받고 있다.

일례로, University of California, Berkeley의 David Sedlak 교수(2015)는 저서 “Water 4.0”에서 Water 1.0은 로마 시대부터 등장한 관거를 이용한 물 공급 및 배제, Water 2.0은 정수를 통한 공급 수질 개선, Water 3.0은 하수처리를 통한 배출 수질 개선으로 제시하고, 21세기에는 이를 넘어선 새로운 패러다임이 필요하다고 역설하였다. David Sedlak은 차세대 물관리 패러다임인 Water 4.0의 예상 가능한 두 가지 유형 중 하나로 분산형 물관리를 제시하였다.

분산형 물관리의 가장 핵심적인 요소는 분산형 하수 수집, 처리 및 재이용이다. 분산형 물관리의 목표가 물의 수요자이자 배출원인 시민에게 근접한 영역에서 자원·에너지 회수 및 물 재생에 보다 효과적인 배출원 분리 하수를 수집하고, 각각의 하수 성상에 맞는 처리기술을 적용하여 하수를 처리하면서 자원 및 에너지를 회수하고 용도에 맞는 품질의 물을 생산하여 수요자에게 공급하는 데 있기 때문이다. 이로써 도시 물관리의 지속가능성과 회복탄력성이 향상되고, 소단위의 물 및 자원순환 체계가 구축될 수 있다는 것이 분산형 물관리 지지자들의 의견이다.

이에 따라 분산형 하수관리의 발전 방향과 추진과제에 대한 국외 저명 연구자들의 공동저술 논문 게재, 분산형 하수관리에 필요한 요소 기술 등에 관한 기초연구 및 연구개발사업

(예: Bill & Melinda Gates Foundation의 ‘Reinvent the Toilet Challenge’), 시범사업 등이 유럽, 미국, 호주 등의 선진국에서 최근 매우 활발하게 이루어지고 있는 추세이다.



4

자료: 저자 작성.

〈그림 4-2〉 새로운 물관리 패러다임 전환

2) 제4차 산업혁명기술의 적용

2016년 1월 스위스 다보스에서 열린 세계경제포럼(World Economic Forum)에서는 4차 산업혁명에 대하여 논의해 국제적으로 큰 반향을 일으켰다. 여기서 언급된 4차 산업혁명의 정의는 “물리적 공간, 디지털 공간 및 생물학적 공간 간의 경계가 회석되는 기술 융합의 시대”, “초연결(hyper-connectivity), 초지능(super-intelligence)의 시대”로 이해되었다. 이에 따라 각국에서 4차 산업혁명 시대에 대비하고, 그 주요 기술을 다양한 분야에 접목하려는 시도가 이루어지고 있으며, 하수도 시설에서도 그 흐름이 감지되고 있다.

하수도 시설에서는 유량 및 수질을 실시간(real-time), 온라인(on-line) 센서로 계측하고, 빅데이터 수집·관리·처리기술로 수집된 데이터를 정보로 생산하며, 스마트한 대응체계로 획득한 정보로부터 최적의 솔루션을 제공하는 자동화된 하수관로 및 하수처리장 운영을

달성하는 한편, 이해하기 쉬운 방식으로 정보를 표현해 시민에게 제공하는 것이 제4차 산업 혁명 기술 접목 방향의 주요 골자이다.

2. 북한 오수정화장 유지운영 기술 및 분산식 소규모 하수도의 관리 방향

김학철, 김경철(2015)이 저술한 북한 대학교재인 ‘하수도공학’에 기술된 오수정화장의 계획 시 고려사항, 오수정화장의 구조물 관리방안 및 자료관리방안, 하수도 관리운영의 정보화와 자동화에 관한 내용을 살펴보았다. 분산식 소규모 정화구조물 모듈로 소개하는 기술에 대해서도 요약 제시해 북한 하수도의 관리 및 정책 방향을 살펴봤다.

가. 오수정화장 계획

오수정화장은 도시총계획에 맞물려 계획해 주민지구의 환경위생을 보장하도록 배치된 상태다. 정화장의 위치를 정할 때 지형적 특성, 수리적 특성, 환경적 특성, 지질적 특성 등을 고려하여 경제적 타당성을 검토한다.²⁹⁾

정화장은 지대상 낮은 지대에 강을 끼고 있는 경우 강하류에 그리고 년간 주풍 방향을 고려하여 배치한다. 정화장은 구조물들 사이 오수 흐름이 자연 흐름이 보장 될 수 있도록 일정한 경사를 가진 지대에 배치한다. 정화장 위치에는 지하수의 수위가 낮은 지대가 유리하다. 정화장은 위생 조건이 보장되는 조건에서 하수도 설치대상에 가까이 배치하여야 한다. 오수정화장에 배치하는 정화구조물의 종류와 형태는 정화장의 능력, 지대적 조건에 관계된다. 즉 정화구조물의 형태와 종류는 기후조건, 지형지질조건, 지방 건재 이용 조건 등에 따라 달라지므로 정화구조물을 선택할 때는 반드시 건설비와 경영비의 지출을 고려하여 정하여야 한다. 정화방법은 정화장의 규모와 방수역의 위생학적 요구, 기후조건, 지질 및 지형조건 등 여러 가지 요인들에 관계된다.

29) 김학철, 김경철(2015), p.237.

오수정화장을 계획할 때 오수량 증가에 따른 단계별 건설을 고려하도록 하며, 관리운영조건을 고려해 구조물을 배치해야 한다. 또한 다양한 보조치설 배치에 관해서도 기술하였다. 정화장의 평면계획과 수직배치 계획상 필요한 조건들도 제시하였다.³⁰⁾

정화장을 계획할 때에는 정화장의 건설순차와 오수량이 증가되는데 따라 확장할 것을 예전하도록 한다. 정화장에 정화구조물들을 배치할 때 구조물의 관리운영조건을 고려하며 구조물들을 연결하고 관들의 길이가 될수록 짧아지도록 한다. 정화구조물들은 기본정화구조물들을 먼저 배치하고 그와 연관된 보조구조물들을 배치하며 부대시설들을 배치한다. 필요에 따라 구조물들을 통합할 수 있다.

정화장 평면계획에는 기본정화구조물 외에 다음의 보조치설들과 봉사시설을 배치하여야 한다. 정화구조물들에 오수를 분배하기 위한 분배설비정화구조물을 비우고 씻어내기 위한 설비 비상방출 인공과 물빼기판 보일러실, 변전실, 공기압축기실, 약품창고, 사무실, 실험실, 휴게실, 차고 등 보조치설들. 정화장 내부의 구내길, 올타리, 방풍림조성 등을 예전하여야 한다.

정화장 평면계획에는 정화구조물과 함께 보조구조물들, 여러 가지 관들, 보조건물들, 도로, 동력선 배치 등을 표시하여야 하며 위생공학상 및 안전공학상 요구들을 옳게 타산하여야 한다. 개별적 구조물들 사이 거리는 관리운영 조건과 지형상 특성에 맞게 정하며 물매가 완만한 지형에서는 동일한 사명을 가진 구조물 사이 거리 2~3m, 서로 다른 사명을 가진 구조물사이거리 5~10m로 한다.

정화구조물의 수직배치는 보통 땅 속에 묻히고 부분적으로 땅 곁면에 놓이도록 한다. 구조물의 높이가 높은 수직식 침전지, 메탄탱크, 두층침전지와 같은 구조물을 배치할 때 지하수의 영향을 잘 고려하여야 한다. 정화장에서 오수와 침전물의 운반은 자연흐름으로 되게 하는 것을 원칙으로 한다. 그러므로 정화구조물을 연결하는 관과 도랑, 보조설비들에서 생기는 물기(수두)손실을 정확히 타산하여야 한다.

나. 오수정화장 구조물 관리

오수정화장의 주요 공정 시설별 유지운영이 필요한 사항에 대해 상세하게 기술하고 있는데, 각 시설별로 주요 유지운영 사항을 요약하여 제시하였다. 먼저 스크린의 유지관리를 위해 스크린에 걸린 협잡물의 주기적 청소와 협잡물통 비우기 및 소독을 강조하였다. 침사

30) 김학철, 김경철(2015), p.238.

지를 관리할 때 오수흐름속도를 0.15~1.3m/s 범위로 유지해 유기물질은 나가고 모래만 가라앉도록 하였다. 또한 모래를 정상적으로 뽑아낼 것을 강조하였다.

침전지를 관리할 때는 침전물이 잘 가라앉도록 오수를 골고루 분배할 것과 침전물을 제때에 뽑는 것을 강조하였다. 침전물을 뽑는 주기와 시간을 바로 정해 실시하도록 권장하였다.

제2침전지에서는 활성오니에 대한 관리에 유의하도록 기술하였다.³¹⁾

활성오니는 침전지에 6h 이상 머무르지 않게 해야 한다. 만일 활성오니가 침전지에서 너무 오랫동안 체류하면 미생물의 생리학적 조건이 나빠져 활성오니의 질이 떨어지고 미생물들이 죽게 된다. 그러므로 활성오니를 순환시키는 데 주의를 돌려야 한다. 생물여과지 다음에 놓이는 제2침전지에서는 활성오니를 순환시키지 않기 때문에 제1침전지에서와 같은 방법으로 관리하여도 된다.

생물여과지 관리의 주요 사항을 수록하고 있는 것으로 보아, 활성슬러지공정 외에 살수여상법을 사용하는 사례가 있는 것으로 판단된다. 생물여과지를 운영할 때 오수의 여과지 균 등 분배와 생물막이 과다 번식하여 수두손실이 커질 경우의 통수능 부족 현상에 주의를 기울일 것을 기술하였다.³²⁾

생물여과지의 관리에서 중요한 것은 여과재료 곁면에 오수를 골고루 분배하여야 한다. 오수를 여과재료에 골고루 분배하지 못하면 여과재료의 일부에서만 정화가 이루어지고 오수가 공급되지 않는 부분에서는 정화에 참가하지 못한다. 여과재료층에 통풍이 잘되어야 미생물들이 필요한 산소를 충분히 공급할 수 있고 생물반응과 정에 형성된 탄산가스를 비롯한 여러 가지 가스들을 여과재료층에서 환기시킬 수 있다. 그래야 미생물들의 유리한 생물환경을 마련할 수 있다.

생물여과지에서 정화가 잘 진행되지 않으면 여과재료 곁면에 물기가 계속 남아 있다. 이러한 경우에는 압력수로 여과재료 곁면을 씻어내고 오수를 공급하지 않고 5~10일간 여과재료를 건조시킨다. 심한 경우는 염소수로 여과재료를 재생시킨다.

생물여과지에서 분배관들에 생물막이 생기면서 관에서 수두손실이 커지고 통수능력이 줄어드는 현상에 주의를 돌려야 한다. 이러한 현상을 막기 위하여 5~10

31) 김학철, 김경철(2015), p.244.

32) 김학철, 김경철(2015), pp.244-245.

mg/L의 염소수로 분배관들을 주기적으로 세척하여야 한다. 이때 염소수가 여과재료로 흘러들면 미생물막이 파괴되기 때문에 분배관을 세척한 물을 빼버리기 위한 물빼기관을 설치해주어야 한다.

포기조 유지운영을 위해, 오수와 활성슬러지양, MLSS 농도, 공기량의 적정 수준을 유지하도록 했으며, 활성오니의 추출량 조절 및 팽화현상의 유의점에 대해 기술하였다. 또한 압축공기 공급의 중요성과 유입오수의 BOD, SVI, 오수의 온도를 적정 수준으로 유지할 것을 당부하였다.³³⁾

포기조를 정상적으로 작업시키려면 오수와 활성오니의 량, 농도를 보장하는 한 편 계산된 공기량을 원만히 보장하여야 한다. 보통 「활성오니법」에서 포기조에서 순환시키는 활성오니량은 류입오수량의 30~50% 정도이다.

포기조 안에서 오수와 활성오니혼합물의 농도는 활성오니를 뽑아내는 량을 늘이거나 줄이는 방법으로 조절한다. 포기조 관리에서 활성오니가 부풀어 오르면서 정화과정이 심히 나빠지는 현상(팽화현상)을 막는 것이 중요하다. 팽화현상의 원인은 유기성 오염물질의 농도의 증가, 산소량이 부족할 때, 오수의 온도 증가 또는 저하, 농도가 높은 생산폐수의 유입 등이다.(중략)

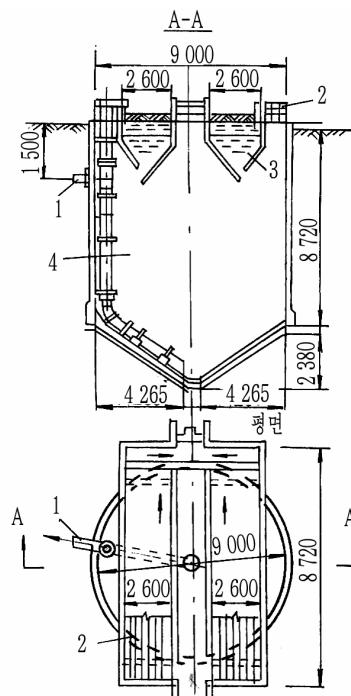
포기조의 관리에서 중요한 것은 압축공기를 잘 공급하는 것이다. 압축공기식 포기 체계에서 한 개의 세로관이나 공기조절변에 연결하는 포기장치들은 같은 높이에 놓여야 한다(허용편차 $\pm 3\text{mm}$). 포기조에는 공기공급을 중단하지 말고 계속하여야 하며 공기가 부족한 곳이나 지나치게 많이 공급되는 부분이 없도록 하여야 한다. 포기조 관리에서는 유입오수의 BOD20를 적당히 보장하여야 한다. 운영과정에 2 침전지에서 부유물질들이 떠다니는 현상이 나타나면 이것은 오니가 부풀어 올랐다는 것을 의미한다. 이것은 활성오니의 용량지표(SVI)가 커졌다는 것을 의미한다. 그 원인은 오염물질이 지나치게 많은 것, 당질량의 증대, 공기공급의 부족, pH의 저하 등에 있다.

포기조 관리에서는 오수의 온도를 적당히 보장하여야 한다. 온도는 미생물들의 활동에 영향을 크게 미친다. 온도가 30°C 를 넘지 말아야 한다. 온도가 높을수록 산소의 용해도가 작아지므로 공기공급량을 증가시켜야 한다. 온도가 10°C 아래로 내려가면 산화능력이 떨어지기 때문에 순환오니량과 공기공급량을 늘이고 오수량

33) 김학철, 김경철(2015), pp.245-246.

은 줄여야 한다. 포기조 관리에서는 pH와 독성물질의 허용농도를 넘지 않도록 주의를 돌려야 한다.

북한에서는 하수슬러지 침전지와 침전물발효탱크를 결합한 구조물을 두층침전지³⁴⁾로 칭하였다. 두층침전지의 관리를 위해 오수의 고른 공급과 표면에 발생하는 침전물막을 제거할 것을 강조하였다.



주: 1-침전물 뽑는 관, 2-밸브, 3-침전도랑, 4-부폐실.

자료: 김학철, 김경철(2015), p.208.

〈그림 4-3〉 두층침전지

34) 두층침전지에서는 오수의 침전과정과 침전물의 발효 및 농축과정이 진행된다. 두층으로 된 이 구조물에서 위층은 침전지이고 아래층은 발효탱크이다. 윗층의 침전지는 수평식침전지와 같이 부유물질을 가라앉히고 침전물은 바닥홈을 통하여 부폐실에 떨어진다. 부폐실은 원통으로 만든다. 부폐실이 하나인 경우 단식두층침전지, 부폐실이 두개인 경우 쌍식두층침전지라고 한다.

두층침전지의 관리에서 중요한 것은 침전지들에 오수를 골고루 공급하며 물곁면에 생기는 침전물막을 제때에 제거하는 것이다(침전물막 두께가 5~6cm를 넘지 않게). 또한 썩은 침전물을 제때에 뽑는 것이다.

쌍식두층침전지에서는 침전물을 썩임칸에 골고루 분배하기 위하여 물흐름방향을 7~10일에 한 번씩 바꾸어주어야 한다. 썩은 침전물은 주기적으로 뽑는데 단번에 뽑지 말고 30~40min 간격으로 부분적으로 뽑아야 오수가 나오거나 농축되지 않은 침전물이 나올 수 있는 현상을 피할 수 있다. 침전물을 뽑을 때 썩은 침전물의 15~20%는 남겨두어야 한다. 그래야 새로 들어오는 침전물을 썩일 수 있다.

메탄탱크의 적정 온도 유지, 생슬러지 투입, 슬러지 인발 및 혼합의 중요성, 운전시 유의 사항 등에 대해 다음과 같이 기술하였다.³⁵⁾

메탄탱크에서 침전물이 정상발효되자면 계산온도를 정확히 보장하며 생침전물 넣기와 썩은 침전물뽑기를 잘 조절하며 침전물을 잘 섞어 주어야 한다. 메탄탱크에서 뽑는 침전물에서 알카리도, 휘발산, pH를 결정한다. 알카리도가 높아지고 휘발성산의 농도가 크게 높아지지 않으면 메탄탱크에서 썩는 과정이 정상이라는 것을 의미한다. 이때 탱크에서 뽑은 물의 알카리도는 60mmol/L, 휘발성지방산은 600~700mg/L 정도이다.

메탄발효가 잘되지 않을 때에는 가스량이 줄어들며 H₂S가 분리되어 나오다. 그리고 유기산이 많아진다. 이러한 현상의 원인은 생오니를 너무 많이 넣었거나 온도가 심히 변동될 때 발효에 지장을 주는 물질들이 들어가는 경우 등이다. 침전물은 하루에 한 번 또는 몇 번 넣을 수 있다.

침전물을 뽑을 때 탱크 내부에서 부압이 형성되지 않도록 주의해야 한다. 만일 부압이 크게 조성되어 공기가 빨려 들어가면서 폭발위험성이 생길 수 있다. 메탄탱크 관리에서 탱크 안에 모래가 쌓이는 것에 주의를 돌려야 한다. 탱크 안에 모래가 쌓이면 작업공간이 줄어들게 되고 뽑기 힘들어진다. 모래가 들어오는 원인은 침사지의 작업상태에 기인된다. 메탄탱크에서 발효가 잘되려면 생오니와 발효오니를 잘 섞어주어야 한다.

35) 김학철, 김경철(2015), pp.246-247.

다. 오수정화장 자료 관리

오수정화장의 측정계기에 대한 일반 자료, 측정계기의 구성, 요구되는 측정변수뿐 아니라 열공학적 측정계기자료, 유량측정계기, 온도측정계기(오수의 유입, 유출수 온도, 소화조 내부 온도), 수위측정계기, 수질분석계기(오수의 pH, 용해산소, 오니농도, 전기전도도, 탁도 등), 펌프 및 기타 부속설비 자료 관리의 필요성과 중요성을 인지하여 잘 관리하도록 하였다.

측정계기를 에너지 원천과 신호에 따라 기계동력계기, 전기동력계기, 액체동력계기로 분류하기도 하고, 설치방식에 따라 통식계기, 뚜껑식계기로 나누며, 측정대상에 따라 압력측정계기, 수위측정계기, 온도측정계기, 류량측정계기, 성분분석계기(DO분석기, pH계기, 산화환원전위계, 잉여염소계기, 오니농도계, 탁도계)로 분류하여 관리한다.

또한 정화장의 건설과 운영을 위하여 블프와 배관설비를 비롯한 여러 가지 설비들과 종류, 특성, 적용범위 등에 대하여 자료기지를 구축하고 설계나 수리 보수를 위해 신속히 찾아 볼 수 있도록 설비자료의 기지를 구축하도록 하고 있다.

라. 하수도 관리운영의 정보화·자동화 등 첨단정화기술 소개

정보시대의 요구에 맞춰 첨단과학기술을 상하수도부문에 적극 받아들이는 것이 중요함을 인지해 A/D변환기, D/A변환기, 컴퓨터 조종에 대해 기술하였다. 컴퓨터 조종을 위한 대표적인 프로그램들로 LabView6.0, WinCC와 같은 것들을 소개하고 있는데, 이 중 WinCC는 Microsoft Windows 2000과 Windows XP하에서의 사용을 목적으로 하는 고성능 HMI(Human Machine Interface) 체계라고 기술하였다.

현대화된 오수처리장은 많은 양의 자동검측기를 이용하여 자동화시켜야 함을 기술해두었다. 자동화조성설비로 PLC를 이용하도록 권장하는 분위기인지 이에 대한 내용을 4쪽 분량을 할애하여 설명하였다.³⁶⁾

검측기의 출구신호는 모두 PLC와 컴퓨터로 구성된 감시조정계통에 송신되어 현시 보관, 인쇄, 분석 등이 진행된다. 이외에 컴퓨터 조정계통은 임의의 연속동작

36) 김학철, 김경철(2015), p.255.

하는 장치들에(예를 들면 밸브) 신호를 발송할 수 있게 되어있다. 오수정화장의 과정상 조성은 하나의 공통된 특징을 갖는데, 여닫는 개량이 많고 모사량이 적으며 논리적 순서 조정이 기본이고 단기회로조정은 보조적인 것이므로, PLC조정기가 오수처리과정에서 광범한 응용성을 띠게 되는 것이다.

한편, 21세기 오수정화부문 과학기술이 급속히 발전하여 오수의 고도정화(여러 가지 방법에 의한 오수의 질소, 린 제거기술, 예를 들면 AO, AAO, UCT, MUCT, Phostrip Bardenpho, Renpho, JHB, SHARON, OLAND, RBC, CPFSR, ANAMMOX, De-ammonification, SBR, SBBR, ICEAS, CASS(CAST, CASP), DAT-LAT, UNITANK, LINPOR, IC-SBR, Phoredox, EASC, Bio-Denipho, OWASA, UASB, 막려과기술(MF, UF, NF, RO, ED), AOPS(Advanced Oxidation Process-O₃, UV, O₃/UV, H₂O₂ 등)법에 의한 오수의 소독기술 등의 방법들이 연구되었다. 그 효과성이 확증되고 있는 현실은 자동조종과 정보관리, 정화 정도의 감시와 조정 등 여러 가지 과학기술적 문제들에 대한 깊은 지식을 소유할 것을 요구하고 있음을 명시해놓았다. 아울러, 오수정화장 관리운영에 자동화 체계를 도입하는 목적은 오수정화효과를 높이며 노동조건을 개선하고 오수정화의 원가를 줄이려는 것이라고 기술하였다.

마. 분산식 소규모 하수도의 관리 방향

분산식 소규모 하수도 정화구조를 모듈을 부폐조, 협기완충반응조, 협기생물여과지, 안정못, 인공습지에 의한 정화공정(자유표면 흐름식 인공습지(Free Water Surface-FWS), 잠김흐름식(Subsurface Flow-SSF) 인공습지)으로 분류하여 상세히 소개하였다. 잠김흐름식 인공습지(SSF)를 수평식(HSSF-Horizontal Subsurface Flow)과 수직식(VSSF-Vertical Subsurface Flow)으로 분류해 기술하였다. 시설에는 예비처리 단계가 필요하며, 다양한 협기처리 구조물을 병합하여 활용할 수 있음을 기술하였다.

인공습지 오수처리계통은 예비처리 단위와 인공습지 단위로 이루어졌다. 예비처리단계에서는 주로 거친알갱이들을 제거하여 인공습지의 부하를 낮추어준다. 예비

처리구조물들로서는 두층침전지(Imhoff Tank), 안정못(Stabilization Pond), 부패조(Septic-Tank) 등이 이용되며 최근에는 인공습지(Constructed-Wetland)의 전처리구조물로서 협기성완충반응조(ABR), 협기생물반응조(AF), UASB(Up flow Activated Sludge Bed), UBF, IC 등 협기처리구 조물들이 광범히 이용되고 있으며 중요하게는 여러 가지 협기처리 구조물들을 병합한 병합구조물들이 이용되고 있다.

3. 시사점

북한은 북한 정권의 핵심 지지자들이 모여 있는 수도인 평양과 타 도시와의 질적 차이가 명확하다. 2020년을 기준으로 북한 주요 10개 도시의 대략적인 인구수는 평양 322.2만 명, 함흥 55.9만 명, 남포 45.5만 명, 순천 43.7만 명, 흥남 34.6만 명, 개성 33.8만 명, 원산 32.9만 명, 청진 32.7만 명, 사리원 31.0만 명, 신의주 35.3만 명이다(표 3-8 참조). 11위는 22.2만 명의 해주인데, 이 밑으로 강계, 혜산, 송민, 만포의 인구가 계속 감소하여 16위 평성은 10만 명에 그친다. 17위인 혜산동에서 25위인 의주까지가 5만~10만 명 사이이고, 26위인 회령부터 59위인 신안주가 1.5만~5만 명 사이인 것으로 조사되었다.³⁷⁾

Sedlak(2015)이 제안한 바와 같이 분산형 물관리가 미래 도시인프라 발전의 중요한 패러다임 전환의 이슈이며 에너지 효율적인 측면을 강조하는 것이긴 하지만, 낮은 수준의 기술로 생활환경을 오염시키고 수인성 전염병을 발생시켜 주민의 건강을 위협한다는 단점이 있다. 분산형 물관리의 목표가 물의 수요자이자 배출원인 시민과 근접한 영역에서 자원·에너지 회수 및 물 재생에 보다 효과적인 배출원 분리 하수를 수집하고, 각각의 하수 성상에 맞는 처리기술을 적용하여 하수를 처리하면서 자원 및 에너지를 회수하며, 다양한 용도에 맞는 품질의 물을 생산하여 수요자에게 공급하는 데 있기 때문이다.

도시의 발달 수준과 물사용 습관 및 태도에 따라 1인 1일 급수량이 변화하며, 하수발생량도 변화한다. 북한 도시의 1인 1일 급수량을 한국보다 훨씬 적은 계획급수량 원단위인 평균 100L/인/일로 가정하고 상수도 사용량이 하수발생량으로 모두 전환된다고 가정할 때, 1.5

37) 국가통계포털, “북한 인구”, 검색일: 2021.9.19; Worldometer, “North Korea population”, 검색일: 2021.6.12.

만 명의 인구가 거주하는 도시의 하수처리시설은 $1,500\text{m}^3/\text{일}$ 의 처리용량을 갖추어야 할 것이다. 특히, 평양을 제외한 인구 35만 명 이상의 10개 도시에는 도시화가 상당히 진행됐고 인구가 집중하여 거주하는 곳이므로 현대화된 하수처리장의 건설 및 운영이 필요할 것으로 판단된다. 분뇨의 농경지 이용, 분산식 소규모 처리시설을 보급하는 것이 북한 하수도 정책의 지속가능한 목표이라 할지라도, 이미 상당한 규모로 발전한 인구가 많은 도시에서는 다양한 비위생적인 환경이 주민의 건강을 위협할 수 있기 때문이다.

인구가 5만~22만인 15개의 중규모 도시에도 현대화 기술이 적용된 하수처리장이 필요하겠지만, 현재의 열악한 상황을 고려했을 때 고육지책이나 바람직한 분산형 소규모 하수처리 시설 모듈 확대보급 정책을 펼치고 있는 것으로 보인다. 이를 통해 공공수역의 수질환경보전, 주민의 건강보호 등 어느 정도 성과를 얻을 수는 있을 것이다. 물관리의 지속가능성과 회복탄력성이 향상되고, 소단위의 물 및 자원순환 체계가 구축될 수 있도록 시범적인 성공 사례가 만들어질 수 있는 시험대가 될 수도 있을 것으로 판단된다.

북한 도시환경인프라는 대부분 내각 ‘도시경영성’에서 분장하고, 각 도의 도시경영관리국은 도시계획실과 도시건설사업소를 두며, 시(구역)는 상하수도관리국이나 상수도사업소를 별도로 운영한다. 북한은 기초단위 실행예산 책임제를 시행하기 때문에 도시 환경인프라에 소요되는 예산도 기초단위에서 해결해야 한다. 예산은 기초단위 시(구역)·군 인민위원회가 예산수입을 책임지고 계획분을 상위기관에 우선 납부한 후 나머지 살림살이는 자체예산으로 충당하는 구조이다. 자체 예산을 확보하기 쉽거나 기술력이 풍부한 도시지역은 도시환경 인프라가 점점 개선되고 있지만, 지역예산의 확보가 어렵거나 기술이 부족한 기초단위는 점점 열악한 상황에 몰릴 가능성이 커질 우려가 있다.

제5장

결론 및 제언

1. 결론

그동안 수행된 북한 하수도 관련 문헌 등의 토대가 되는 원자료를 검토하고 자료들의 신뢰성을 확인, 재해석을 하여 제시하였다. 추후 북한 하수도 종합계획을 구상, 수립하기 위한 토대로 활용될 수 있도록 신뢰성 있는 자료를 정리하였다. 북한 하수도 관련 정책 및 법 제도를 정리하고, 북한 하수도시설의 분류, 하수도 관련 통계자료 조사 및 분석, 북한 하수도와 연계되는 수자원 및 수질 현황에 관한 문헌 조사 및 검토를 통해 북한 하수도의 관리 상황을 분석하였으며, 이를 통해 북한 하수도 관리에 관한 시사점을 정리하였다.

중앙의 도시경영성이 그 산하에 있는 도시건설총국을 통해 상하수도시설 등을 전문적으로 관리, 유지, 보수를 한다. 평양시 산하 군(구역)에는 상하수도사업소, 도시경영사업소가 있으며, 상하수도사업소는 기술망을, 도시경영사업소에서는 건축물과 기타 토목구조물의 경영을 담당한다. 한편 상하수도시설의 건설은 각 도 직할시 산하 도시건설총국의 시설사업 소가 담당하여 진행한다. 시군(구역)에는 도시경영과를 두어, 그 산하의 시설사업소를 지도 한다. 평양시를 제외한 기타 시군(구역)에는 상하수도사업소를 따로 두지 않으며 시설사업 소를 두어 관리를 함께 수행한다.

2009년 12월 10일 최고인민회의 상임위원회 정령 제486호로 「하수도법」을 채택하여 하수도시설을 관리하고 있다. 제1장 「하수도법」의 기본, 제2장 하수도시설의 건설, 제3장 하수도시설의 관리, 제4장 벼림물의 처리, 제5장 하수도사업에 대한 지도통제로 구성되어 있다.

2018년의 UNICEF와 북한이 공동으로 조사, 발표한 MICS 보고서에 나타난 북한 분뇨의 배출 및 처리경로를 통해 북한의 하수처리율을 추정하였다. 2017년도 북한의 하수처리율은 56.9%로 추정하였다. 도시의 하수처리율은 75.5%로 시골의 하수처리율 27.9%보다 2.7배 커서 도시와 시골 간 하수도서비스의 격차가 크게 나타났다. 각 도별로 비교해 보면, 함경북도가 63.7%가 가장 높고, 자강도가 62.7%로 그다음으로 높으며, 함경남도, 황해북도, 평안북도, 평안남도, 양강도, 강원도, 황해남도의 순이었으며 황해남도가 35.1%로 가장 낮았다. 위생시설 현지에서 불안전하게 처리되는 비율은 수세식 및 정화조 방식이 92.4%, 수세식 및 변소(구덩이) 방식이 96.3%이며 환풍기능 재래식 변소는 90.3%, 상판 설치 재래식 변소는 92.2%였다. 어떤 형태의 위생시설에서 발생한 분뇨일지라도 농경지에 비료로 이용하는 비율이 89~92%이기 때문에 불안전하게 처분되는 것으로 취급될 수 있으며, 이로 인한 음용수 오염과 수인성 전염병의 발생 개연성이 있다.

또한 북한의 발명총국, 공업출판사, 김일성종합대학학보, 중앙과학기술통보사에 나타난 하수도 관련 기술기사 및 연구기사를 조사하여 정리하였다. 한국이나 선진국 등에서 활용되는 전문성 있는 하수도기술에 대한 기사 및 결과 요약으로 소개되었지만, 실제적으로 현장에서 얼마나 적용되고 있는지에 대해서는 추후 더 심도 있는 조사가 필요하다.

북한 대학의 ‘하수도공학’ 교재에 나타난 오수정화장의 계획시 고려사항, 오수정화장의 구조물 관리방안 및 자료관리방안, 하수도 관리운영의 정보화와 자동화, 분산식 소규모 정화구조물 모듈 기술을 요약해 제시하였다. 북한은 고육지책이긴 하지만 현재의 열악한 상황을 고려할 때 바람직한 분산형 소규모 하수처리시설 모듈 확대보급 정책을 펼치고 있는 것으로 보인다. 농경지에 분뇨를 이용하는 탓에 생활환경의 오염, 수인성 전염병 발병 위험, 주민 건강 위협 등이 우려되는 상황이지만, 효율적인 분산형 소규모 하수처리 모듈 보급으로 공공수역의 수질환경보전, 주민의 건강 보호 등 약간의 성과를 얻을 수는 있을 것이다. 물관리의 지속가능성과 회복탄력성이 향상되고, 소단위의 물 및 자원순환 체계가 구축될 수 있도록 시범적인 성공사례가 만들어질 수 있는 시험대가 될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 제언

북한에 대한 연구가 다 그렇듯이 북한 하수도에 관한 연구는 접근성이 낮고, 신뢰도도 낮은 자료에 기반하는 경우가 많다. 본 연구가 그런 문제점과 동기로 인해 수행되었지만, 단기적인 연구로는 단편적인 소기의 성과만을 얻은 것으로 판단된다. 이에 우리가 알고 있는 것과 모르는 것을 요약하고, 하수도 시설의 구축 전략을 제안하고자 한다. 아울러 장기적으로 북한 하수도 종합계획을 구상, 수립하기 위한 데이터 기반을 마련할 수 있는 축적된 연구 성과를 얻을 수 있도록 특화된 연구기관(예: 한국환경연구원)에 지속적인 연구 투자가 이루어지길 기대한다.

가. 알고 있는 것과 모르는 것

북한 하수도에 관한 문헌을 분석한 결과, 우리가 알고 있는 것과 모르는 것은 <표 5-1>과 같이 요약할 수 있다.

<표 5-1> 북한 하수도에 대해 알고 있는 것과 모르는 것

알고 있는 것	모르는 것
- 법률	- 명령, 시행규칙, 규정(상하수도 관리 규정의 내용)
- 주요 지역별 분뇨 발생 및 처분 경로·방법	- 하수도보급률(공공하수도접속처리인구보급률)
- 주요 지역별 하수처리율(추정값)	- 하수관로보급률
- 하천, 호수, 해양의 수질환경기준	- 1인 1일 생활오수량 및 오수발생부하량(BOD 등)
- 수질오염물질 배출기준	- 공공하수처리시설 설치 현황(개소수 및 시설용량)
- 주요 하천 이온 함량	- 공공수역의 수질 자료의 주요 도시의 오염 현황
- 대학교재 '하수도공학'의 주요 내용	- 하수처리구역, 배수구역 및 배수분구

자료: 저자 작성.

1) 알고 있는 것

북한의 하수도 관련 법률은 잘 알려져 있다. 「하수도법」, 「도시경영법」, 「환경보호법」, 「물자원법」, 「공중위생법」, 「전염병관리법」, 「대동강오염방지법」, 「평양시관리법」 등이 하수도와 관련이 있다. 이 중 하수도 업무를 가장 자세히 그리고 포괄적으로 다루고 있는 법률

은 「하수도법」이다. 이러한 법률들은 북한의 하수도 건설, 관리, 처리계통에 관한 이해하는 데 도움이 된다.

주요 지역별 하수처리율은 최근 발간된 MICS 보고서(DPRK and UNICEF, 2018)에 나타난 분뇨의 발생 및 처분 경로와 방법에 기반하여 추정할 수 있었다.

하천, 호수, 해양의 수질환경기준과 수질오염물질 배출허용기준은 정화성(1995), DPRK and UNICEF(2018)를 통해 얻을 수 있었으나, 그 이후 기준값이 변경되었는지는 추가로 확인해 볼 필요가 있다. 한편, 북한 주요 하천과 지천의 이온 함량에 관한 수질 자료를 UNEP(2003)의 자료를 통해 알아볼 수 있으나, 수질오염의 지표인 COD, NH₃-N 등의 농도에 대해서는 매우 피상적인 수질상태(예: 물고기가 죽어 떠오름, 수생식물에 심각한 영향 초래 등)만 알려져 있다.

북한의 대학에서 하수도의 전문가 양성을 위해 가르치는 교재의 내용은 북한 하수도 수준을 확인하는 데 매우 중요한 단초를 제공한다. 전 세계적으로 알려져 있는 하수처리의 공정 기술을 소개하고 있으며, 분산식 소규모 하수처리 모듈 기술을 강조하고 있다. 대학에서 하수도의 전문성 향상을 위해 교육하는 내용의 수준이 높다고 하더라도 실제 상황이 그러하다고 단정할 수는 없다.

2) 모르는 것

북한의 「하수도법」, 「도시경영법」, 「환경보호법」, 「물자원법」, 「공중위생법」, 「전염병관리법」, 「대동강오염방지법」, 「평양시관리법」 등을 통해 각 법률에서 정하는 기본 원칙을 확인할 수는 있지만, 이러한 법을 철저하게 이행하고 규제하려면 한국의 법체계에서 볼 수 있는 대통령령과 시행규칙이 있어야 하는데, 그러한 자료와 정보를 찾을 수 없었다.

하수처리율은 엄밀한 의미의 하수도보급률인 공공하수도접속처리인구보급률은 아니다. 따라서 현재 북한 하수도에 관한 제한적인 정보를 활용해 추정한 하수처리율과는 상당한 차이가 날 수도 있다. 북한 하수도 정보를 추가로 정확히 확보하게 되면, 엄밀한 의미의 하수도보급률 및 하수관로보급률을 산정하여 국가 간의 상호비교가 가능하도록 하여야 할 것이다.

상수도분야에서 생활용수 사용량을 추정할 수 있다 하더라도 생활용수가 공공하수관로로 배출되어 공공하수처리시설에 도달하는 오수전환율은 도시의 발전상태, 도로와 주택마당 등의 포장상태에 따른 불투수율 변화로 예측하기 어렵다. 때문에 하수발생량의 추정이 어려워 하수도계획을 수립할 때 매우 중요한 1인 1일 생활오수량 원단위에 관해 알 수 없었다.

대도시에 우선 장기적인 하수도시설 구축 전략을 세울 필요가 있는데 그 전에 기존의 공공하수처리시설의 개소수, 시설용량, 처리수준 등이 파악되어야 한다. 하수도 구축사업의 시행 긴급도를 판단하여 사업 우선순위를 세우려면 공공수역의 수질오염 상태와 주요 도시의 오수로 인한 생활환경오염 상태 등이 파악되어야 한다. 생활오수뿐 아니라 빗물의 배제를 함께 고려하여 하수처리구역, 배수구역 및 배수분구를 분할하고 구역별 하수도정비계획을 수립하여야 하는데, 기존의 하수처리구역, 배수구역 및 배수분구의 구분이 정해져 있는지 확인할 수 없다.

나. 하수도 시설 구축 전략

한국이 북한의 하수도 시설 구축 사업에 참여할 수 있는 상황을 가정하여 전략을 제안하고자 한다. 명수정(2017)은 북한에서의 환경 인프라 구축 전략으로 아래의 5단계 접근 방법을 제시하였다. 요약하면, 낙후 지역의 소규모 수도시설과 같이 작은 규모로 시작하여 점차 규모도 키우고 지역도 확대하는 전략이다. 하수도시설은 수도시설보다는 덜 시급한 편이지만, 어느 정도는 수도시설의 구축 수준을 따라가야 발전된 도시의 모습을 제대로 갖출 수 있을 것이다.

- 1단계: 북한의 취약계층이 거주하는 낙후 지역을 대상으로 소규모 수도시설의 건설을 국제기구와 협력하여 추진
- 2단계: 남북경제특구를 대상으로 환경 인프라 구축 사업을 남북이 함께 추진
- 3단계: 육상교통망 건설에 따라서 확대된 지역을 대상으로 환경 인프라 구축 사업을 남북이 함께 추진
- 4단계: 대도시와 신도시를 대상으로 환경 인프라 구축 사업을 남북이 함께 추진
- 5단계: 북한 전역을 대상으로 환경 인프라 구축 사업을 남북이 함께 추진

강택구, 추장민 외(2020)는 남북환경협력사업이 외부의 영향을 피하거나 최소화하기 위해 단계적 접근방법보다 여러 경로를 함께 추진하는 병렬식 접근 방법이 바람직할 수 있다며 3가지 경로를 제안하였는데, 본 연구에서도 유사한 접근법을 제안하고자 한다.

〈표 5-2〉 북한의 하수도 시설 구축을 위한 병렬식 접근법

항목	경로 1	경로 2	경로 3
대상 지역	낙후 지역 (지역인구 약 5,000명)	경제특구 (개성, 금강산 등)	주요 도시 (인구 200,000명 이상)
시설	분산식 소규모 하수도 시설	하수도시설	하수도시설
추진 주체	국제기구(NGO, UN)	남북한	다자기구 (6자 회담국가 + EU)

자료: 저자 작성.

경로 1은 낙후 지역의 분산식 소규모 하수도 시설을 대상으로 국제기구를 통해서 사업을 추진하는 것이다. 북한의 하수도시설 구축을 위한 단독사업을 기획, 시행하기는 어려울 것으로 판단된다. 하수도시설은 수도시설 또는 도시환경인프라 구축사업과 연계하여 구축 계획을 수립해야 할 것으로 보인다. 박규홍 외(2019)는 5,000명 규모의 에코도시 환경인프라 협력사업을 추진할 것을 제안하였으며, 그 시범사업의 대상지로 한국의 파주시와 고성군에 가까운 북한의 해주시, 장전읍 등을 꼽았는데 지자체 간 협력사업의 형태로 추진할 것을 제안하였다. 한편 경로 1은 KEI가 제안한 1단계와 유사하지만, 국제기구와 공동으로 추진하는 대신 국제기구에 일임한다는 차이점이 있다. 인도적 성격의 이러한 사업은 경제제재를 피할 수 있고, 국제기구를 통해서 사업을 추진하기 때문에 남북관계에 의한 영향도 무시할 수 있다. 우리는 국제기구를 선정하고 이들에게 사업 추진을 일임하는 대신 우리가 원하는 북한의 하수도 현황에 대한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

경로 2는 개성공단과 금강산 관광지구와 같은 경제특구를 대상으로 남북이 공동으로 사업을 추진하는 것이다. 이는 KEI가 제안한 2단계와 유사하지만, 남북관계와 경제제재라는 외부의 영향을 피할 수 없으므로, 사업의 지속성을 보장할 수는 없다. 개성공단과 금강산 관광지구와 같이 이미 남북한이 주도적으로 개발한 경제특구는 남북이 공동으로 하수도시

설의 구축을 추진하는 것이 바람직하다.

경로 3은 다자기구를 통해 북한 전역, 특히 인구 20만 이상의 주요 도시에 하수도 시설을 구축하는 것이다. 이는 외부의 영향을 피하면서 사업을 추진할 수 있는 방안으로 판단된다. 6자 회담 국가(남북한, 미국, 중국, 일본, 러시아)와 EU 등이 참여하는 다자기구를 설립해 하수도를 포함한 모든 도시인프라 구축을 이 기구를 통해서 추진하는 것이다.

본 연구를 통해 현재까지 알려져 있는 국내외의 북한 하수도 관련 자료를 심층 분석하여 북한의 하수도 현황을 파악할 수 있는 보고서를 작성하였다. 지금까지는 북한의 하수도 관련 정보를 확보하기가 어려웠고, 정확성이 의심되거나 서로 상충되는 정보가 발표되기도 하였다. 그러나 최근 북한과 UNICEF가 공동으로 조사하여 발표한 분뇨 발생 및 처분 경로는 그 동안에 알려진 하수도 자료에 비해 꽤 신뢰할 만한 것으로 판단된다. 이를 통해 북한의 주요 지역별 하수처리율을 추정해보았다. 하지만 이 역시 거친 가정을 통해 추정된 것이므로 지속적으로 하수도 관련 자료를 수집하여 주기적으로 수정하고 보완하는 것이 바람직하다. 또한 상수도 및 다른 환경 및 도시 분야의 연구 결과를 병행하여 검토하는 것이 필요하다.

| 참고문헌 |

[국내문헌]

- 강택구, 추장민 외(2020), 「북한 환경상태 조사 및 남북 환경협력사업 개발 연구: 총괄보고서」, 한국환경정책·평가연구원.
- 강택구, 김현아 외(2020), 「KEI 북한환경동향 2020년」, 한국환경정책·평가연구원.
- 경향신문(2019), “압록강은 3급수 이하? ‘통일비용’으로 돌아올 북한 환경오염 실태는”, 2019년 6월 28일.
- 기정훈(2016), “구글어스 기반의 공간영상분석을 통한 북한 도시들의 환경오염과 산림파괴 연구”, 「환경정책」, 24(1), 한국환경정책학회, pp.133-146.
- 김건하(2017), “북한과학자의 물 관련 연구수준 평가”, 「제8회 적정기술 국제컨퍼런스」, 12월 1일, 서울: 서울대학교 글로벌컨벤션플라자, p.20.
- 김건하(2020), “물환경분야 남북한 협력방안”, 「상하수도학회지」, 34(1), 대한상하수도학회, pp.23-33.
- 김일건(2016), “지하오수정화장의 경제적 유리성과 그 건설에서 나서는 중요한 문제”, 「김일성종합대학학보(철학, 경제학)」, 62(3), 김일성종합대학, pp.114-117.
- 김정욱 외(2008), 「남북 환경 정책 비교 연구 2」, 서울: 서울대학교 출판부.
- 김학철, 김경철(2015), 「하수도공학(대학용)」, 제6판, 원산고등교육도서인쇄공장, 고등교육도서출판사, pp. 1-297.
- 노동신문(1957), “계획보다 143미터의 오수간선공사를 더 할 것을 결의”, 1957년 5월 25일.
- 노동신문(1957), “창발성을 다하여 작업 능률을 제고 - 평양 의대학생들의 동평양 오수간선 건설장에서”, 1957년 7월 2일.
- 노동신문(1957), “서평양 오수간선 및 인홍교 개통식 진행”, 1957년 7월 31일.
- 노동신문(1958), “건설용 주철관을 대신하는 토기오수관을 생산”, 1958년 8월 28일.
- 노동신문(1959), “오수정화장 건설에 착공 - 평양고등석탄공업전문학교 학생들”, 1959년 3월

2일.

- 노동신문(1963), “오수펌프의 종합적 자동화에 성공”, 1963년 3월 25일.
- 노동신문(2011), “무동력식 분산오수처리방법 연구개발”, 2011년 1월 2일.
- 노동신문(2014), “도시오수를 이용한 열펌프 난방체계”, 2014년 8월 24일.
- 노동신문(2017), “가는 곳마다 맑은 물이 흘러넘친다 – 산양군에서”, 2017년 5월 21일.
- 노동신문(2018), “환경보호사업에 품을 들여”, 2018년 2월 22일.
- 노동신문(2018), “오수로부터 깨끗한 에너르기를 생산하는 새 방법”, 2018년 12월 2일.
- 노동신문(2018), “능률 높은 배기름 오수여과장치를 제작 도입”, 2018년 12월 24일.
- 노동신문(2019), “대동강의 맑은 물을 위해”, 2019년 5월 13일.
- 노동신문(2019), “생태환경과 그 보호”, 2019년 7월 7일.
- 노동신문(2019), “경애하는 최고령도자 김정은동지께서 강계시와 만포시건설총계획을 지도하시였다”, 2019년 6월 1일.
- 노동신문(2019, “오수정화”, 2019년 7월 14일.
- 노동신문(2019), “세계적으로 주목되는 도시오수처리방법”, 2019년 7월 21일.
- 노동신문(2019), “환경보호사업에 대한 옳은 관점을 지니고 – 승호군 일군들의 사업에서” 2019년 9월 24일.
- 노동신문(2019), “가을철국토관리총동원사업에 떨쳐나섰다”, 2019년 10월 15일.
- 노동신문(2019), “배수체계를 완비하고 과학농사열풍을 일으켜”, 2019년 11월 6일.
- 노동신문(2019), “마름류를 리용하여 도시오수를 생물에너지로 전환시키는 기술”, 2019년 11월 10일.
- 노동신문(2019), “능률 높은 배기름 오수여과장치를 제작도입”, 2019년 12월 24일.
- 데일리 노스코리아(DAILY NK)(2019), “평양 평천구역 환경오염 심각…정화장 악취에 시꺼먼 먼지까지”, 2019년 7월 11일.
- 라홍철, 강현숙(2008), 「오수생물처리공정기술」, 북한, 공업출판사, pp.1-118.
- 명수정(2017), 「북한의 환경인프라 조성을 위한 환경협력 연구」, 한국환경정책·평가연구원.
- 명시형(1986), 「하수도공학(대학용)」, 원산고등교육도서인쇄공장, 고등교육도서출판사, pp.1-412.

- 민주조선(2005), “도시오물, 오수처리의 발전 추세”, 2005년 9월 20일.
- 민주조선(2005), “오수, 오물로 유기질비료와 살충제를”, 2005년 2월 20일.
- 민주조선(2007), “자연흐름식 오수정화장 건설에 박차를”, 2007년 5월 4일.
- 민주조선(2007), “새형의 오수처리설비”, 2007년 11월 27일.
- 민주조선(2008), “용성 오수정화장 공사 마감단계”, 2008년 9월 21일.
- 민주조선(2008), “고려약공장이 훌륭히 개건 오수정화장 건설 힘있게 추진”, 2008년 10월 28일.
- 민주조선(2009), “오수정화장 건설을 박력있게”, 2009년 1월 31일.
- 민주조선(2009), “열흘 동안에 2개의 오수정화장 건설, 그 기세 계속 고조 - 길주군 인민위원회에서”, 2009년 5월 9일.
- 민주조선(2011), “오수를 열에네르기로 이용하는 방법”, 2011년 5월 28일.
- 민주조선(2011), “오수펌프장들이 개건 및 능력 확장되었다”, 2011년 9월 4일.
- 민주조선(2011), “수도의 오수펌프장 개건사업을 힘있게”, 2011년 11월 11일.
- 민주조선(2012), “평천오수정화장 개건공사 적극 추진”, 2012년 6월 19일.
- 민주조선(2012), “오수처리능력을 1.5배로 높일 목표로”, 2012년 6월 27일.
- 민주조선(2012), “오수정화시설 개건사업 적극 추진”, 2012년 6월 30일.
- 민주조선(2014), “폐수와 생활오수를 철저히 정화하여 - 문천시 인민위원회에서”, 2014년 9월 18일.
- 민주조선(2015), “오수정화장 건설에 박차를”, 2015년 12월 23일.
- 민주조선(2015), “오수정화장 건설에 큰 힘을”, 2015년 9월 13일.
- 민주조선(2015), “오수정화시설들의 개건사업을 틀어쥐고 - 금야군인민위원회에서”, 2015년 8월 30일.
- 민주조선(2015), “자연환경을 보호하기 위하여 오수정화를 과학기술적으로 하고 있다”, 2015년 9월 4일.
- 민주조선(2017), “목표를 높이 세우고 전투적으로 - 도시경영성에서”, 2017년 2월 5일.
- 민주조선(2017), “오수정화장건설을 힘있게 - 황주군인민위원회에서”, 2017년 10월 20일.
- 민주조선(2017), “목표를 높이 세우고 혁량을 집중하여 - 황해남도인민위원회에서”, 2017년

11년 17일.

민주조선(2018), “인민들에게 더 좋은 생활조건과 환경을”, 2018년 9월 15일.

민주조선(2018), “환경보호사업에 큰 힘을 – 인산군인민위원회에서”, 2018년 3월 27일.

민주조선(2018), “애국의 마음 안고 봄철국토관리총동원사업에 한 사람같이 떨쳐나섰다 – 환경보호사업과 도로보수관리를 책임적으로”, 2018년 5월 4일.

민주조선(2018), “도로기술개선에 힘을 집중하여”, 2018년 6월 10일.

민주조선(2018), “도시경영사업을 개선하여 인민들에게 문명한 생활조건과 환경을 보장해 주자 – 조직사업을 짜고들어”, 2018년 8월 11일.

민주조선(2018), “새로운 오수정화 방법 개발”, 2018년 10월 27일.

민주조선(2019), “오수정화장 건설을 마감단계에서”, 2019년 7월 2일.

박규홍 외(2019), 「북한 도시지역의 환경인프라 현황분석 및 K-eco 참여전략 연구」, 한국환경공단.

박조규, 서린식, 최규완(2002), 「하수도공학(대학용)」, 원산고등교육도서인쇄공장, 고등교육 도서출판사, pp.1-492.

북한문제연구소(1993), 「체험자들의 증언을 통해 본 북한의 현실」, p.179.

서울특별시(2019), 「서울, 고품격 하수도 프로젝트 – 하수도 정책포럼 운영 및 정책구상 최종 보고서」, pp.1-439.

손기웅(1996), “북한의 환경정책과 환경실태”, 「국제정치논총」, 35(2), 한국국제정치학회, PP.175-193.

연합뉴스(2018), “LH연구원, 북한 주택 2040년까지 연 23~24만 호 공급 필요”, 2018년 4월 29일.

연합뉴스(2018), “태풍 ‘솔릭’으로 강원도 문천시에 601mm 폭우”, 2018년 8월 24일.

유충걸(1996), “두만강 하류의 물자원 예비와 전망”, 「북한」, 9월호, 북한연구소, p.165.

윤주환(2008), “북한 상하수도 인프라 재구축: 현황과 전망”, 「한국물환경학회지」, 24(6), 한국물환경학회, pp.641-650.

이상익, 이종수, 최윤수(2003), “인공위성영상자료를 이용한 비점오염원 분포지도 제작과 비점오염원부하량 산정 결과 분석”, 「대한토목학회논문집」, 23(5), 대한토목학회,

pp.719-726.

이정석, 김미나(2016), “북한 인프라 스트리의 실태추적에 의한 기술 및 위험수준 평가”, 「대한건축학회논문집」, 32(3), 대한건축학회, pp.25-32.

이호식(2019), “북한 상하수도 현황과 향후 과제”, 「한국상하수도협회 특별 세미나」, 2019. 3.21, 대구 엑스코. 한국상하수도협회, pp.1-30.

정회성(1995), 「북한의 환경문제와 남북환경협력의 추진방안」, 한국환경기술개발원, pp.1-111.

정회성, 강광규, 강철구(1996), 「북한의 환경문제와 통일한국의 환경정책방향」, 한국환경기술개발원. pp.1-121.

정회성, 변병설(2011), 「환경정책론」, 서울: 박영사.

조선신보(2017), “힘 있게 벌어지는 물 자원 보호관리 사업 – 세계 물의 날에 즈음한 토론회에 서 언급”, 2017년 3월 29일.

중앙통신(2020), “각지 위생방역소, 장마철 수질분석사업 강화”, 2020년 8월 11일.

한상운, 김윤정(2013), 「통일대비 환경법제 연구」, 한국환경정책·평가연구원, p.63.

환경부(2013), 「통일을 대비한 북한 상하수도 인프라 구축을 위한 연구」, pp. 1-141.

황명권, 류경애(1992), 「상하수도시설물시공」, 북한, 공업출판사.

[국외문헌]

顾夏声(2004), 「给水排水设计手册」, 北京:中国建筑工业出版社, 第五册.

钱易, 米样友(2004), 「现代废水处理新技术」, 北京:中国建筑工业出版社.

张自杰(2008), 「排水工程」, 北京:中国建筑工业出版社, 下册.

孙慧修(2008), 「排水工程」, 北京:中国建筑工业出版社, 下册.

С.В Яковлев(2002), 「КАНАЛИЗАЦИЯ」, Москва стройиздат.

Ю.М Ласков(1987), 「ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ」, Москва стройиздат, pp.1-258.

DPRK and UNEP(2012), *Democratic People's Republic of Korea Environment and Climate Change Outlook*, United Nations Environment Programme·DPRK

- (Ministry of Land and Environment Protection), Pyongyang, pp.1-116.
- DPRK and UNICEF(2018), *DPR Korea Multiple Indicator Cluster Survey 2017, Survey Findings Report*, pp.1-307.
- Gutterer, B. et al. (2009), *Decentralized Wastewater Treatment Systems(DEWATS) and Sanitation in Developing Countries - A Practical Guide*, Water, Engineering and Development Centre, Germany, pp.1-356..
- Sasse, L.(1998), *DEWAS(Decentralized Wastewater Treatent System)*, Bermen Publishing, pp.1-159.
- Sedlak, D.(2015), *Water 4.0: The Past, Present, and Future of the World's Most Vital Resource*, Yale University Press, pp.1-352.
- United Nations Environment Programme: UNEP(2003), *DPR Korea: State of the Environment 2003*, p.32.

[온라인 자료]

- 국가통계포털, “북한 인구”, https://kosis.kr/bukhan/nkStats/nkStatsIdctChart.do?num=5&listNm=%EC%9D%B8%EA%B5%AC&menuId=M_01_02, 검색일: 2021.9.19.
- 중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 공중위생법”, <http://law.yescnc.com.proxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=327>, 검색일: 2021.7.18.
- 중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 대동강오염방지법”, <http://law.yescnc.com.proxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=438>, 검색일: 2021.7.18.
- 중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 도시경영법”, <http://law.yescnc.com.proxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=348>, 검색일: 2021.7.18.
- 중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 물자원법”, <http://law.yescnc.com.p>

roxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=359, 검색일: 2021. 7.18.

중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 전염병예방법”, <http://law.yescnc.com.proxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=387>, 검색일: 2021.7.18.

중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 평양시관리법”, <http://law.yescnc.com.proxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=374>, 검색일: 2021.7.18.

중앙대 북한학술정보 포털, “조선인민민주주의공화국 환경보호법”, <http://law.yescnc.com.proxy.cau.ac.kr/Viewer/TextViewer.aspx?no=316&subno=569>, 검색일: 2021. 7.18.

통계청 보도자료(2020.12.28), “2020 북한의 주요통계지표”, pp.1-3, URL, 검색일: 2021. 12.1.

통일부 북한자료센터, “하수”, “오수”, <https://unibook.unikorea.go.kr/material/searchBy>, 검색일: 2021.8.18.

환경부(2021.12.31), “2019 하수도통계”, http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10264&orgCd=&condition.code=A5&condition.deleteYn=N&seq=7626, 검색일: 2021.8.31.

IWA (2021.8.23), “Changing Times for Urban Non-Sewered Sanitation”, <https://www.thesourcemagazine.org/changing-times-for-urban-non-sewered-sanitation/>, 검색일: 2021.9.19.

UN, “Clean and Water Sanitation”, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>, 검색일: 2021.9.19.

Worldometer, “North Korea Population”, <https://www.worldometers.info/world-population/north-korea-population/>, 검색일: 2021.6.12.

[개인기록목록]

김승현 교수(경남대학교)의 e-mail 개인수신(2021.7.1).

박상현 실장(한국국방과학연구원 국방전략연구실)의 e-mail 개인수신(2021.6.22).

부 록

I. 북한 대학교재 ‘하수도공학’의 목차

부록 1. 북한 대학교재 ‘하수도공학’의 목차

머리말

제1장. 하수도망

제1절. 하수도계통

제2절. 하수도망의 계획

제3절. 오수망의 계산과 설계

제4절. 우수망의 계산과 설계

제5절. 하수도관과 부속구조물

제6절. 하수도망의 관리

제7절. 하수도 뿐프장

제2장. 하수의 조성과 특성

제1절. 하수의 조성

제2절. 하수의 특성

제3장. 하수정화방법

제1절. 하수정화

제2절. 물리적 정화

제3절. 생물학적 정화

제4절. 하수의 물리화학적 정화

제4장. 하수의 물리적 정화

제1절. 살창

제2절. 침사지

제3절. 침전지

제5장. 하수의 생물학적 정화

제1절. 생물학적 정화의 기초

제2절. 활성오니법

제3절. 생물흡착법

- 제4절. 여러 가지 생물학적 정화 방법들
- 제6장. 하수의 고도정화
 - 제1절. 하수의 고도정화에 대한 개념
 - 제2절. 려과법
 - 제3절. 생물막법
 - 제4절. 혼기-호기법에 의한 오수의 고도정화
 - 제5절. 막려과기술
- 제7장. 하수침전물 처리
 - 제1절. 하수침전물의 특성
 - 제2절. 하수침전물의 농축
 - 제3절. 하수침전물의 발효
 - 제4절. 침전물 건조
 - 제5절. 하수침전물의 리용
- 제8장. 오수정화장 계획
 - 제1절. 방수역
 - 제2절. 정화정도 계산
 - 제3절. 오수의 소독 및 방출
 - 제4절. 오수정화장 계획
 - 제5절. 정화구조물 관리
 - 제6절. 정화장 자료기지
 - 제7절. 설비 자료기지
 - 제8절. 상하수도관리운영의 정보화
- 제9장. 생산폐수의 정화
 - 제1절. 생산폐수
 - 제2절. 생산폐수의 화학적 정화
 - 제3절. 생산폐수의 물리화학적 정화
- 제10장. 분산식 소규모 오수정화

제1절. 분산식 소규모 오수정화 기술(DEWATS)

제2절. 분산식 소규모 정화구조물 모듈

제3절. 하수정화구조물들과 방법 및 공정들에 관한 기호화 정형

부록

찾아보기

참고문헌

Executive Summary

I. Introduction

1. Background of research

- It is speculated that North Korea had water supply and sewerage facilities in the 1960s and 1970s, but the rate of population connected to sewerage is recently estimated to fall behind compared with that in South Korea.
- Much information is not known about the North Korea's sewerage system, and the reliability of the data being talked about needs to be verified.
- Therefore, it is necessary to review the original resources that form the basis of the existing literature related to North Korea's sewerage system and to confirm its reliability.

2. Purpose of research

- The purpose of this research is to review, confirm, and analyze the studies related to the North Korea's sewerage system that have been carried out so far, and to organize reliable resources, which can be used as a basis for conceiving and establishing the comprehensive plan for the North Korea's sewerage system in future.

II. North Korea's Sewerage-Related Policies and Laws

1. Acts

- The laws related to sewerage were viewed: Environmental Protection Act, Sewerage Act, Public Sanitation Act, Water Resources Act, River Act, Land Environment Protection Enforcement Act, Environmental Impact Assessment Act, Epidemic Prevention Act, Sea Pollution Prevention Act, Waste Disposal Act, Urban Management Act, Capital Pyongyang Management Act, Geumgangsan Tourist District Act, and Daedonggang River Pollution Prevention Act.
- North Korea's Sewerage Act was adopted in 2009. The North Korea's Sewerage Act consists of 'Chapter 1 Basics of the Sewerage Act', 'Chapter 2 Construction of Sewerage Facilities', 'Chapter 3 Management of Sewerage Facilities', 'Chapter 4 Disposal of Wastewater', and 'Chapter 5 Guidance and control of Sewerage Projects'.

2. Administrative Organization of Environmental Management and Sewerage Management in North Korea

- North Korea's urban planning system is divided into a central-level comprehensive urban plan and a small and medium-sized city-level comprehensive urban plan.
 - The central-level urban plan is divided into the major regional land construction master plan and the provincial(directly administered city) land construction master plan.
 - The construction of major regional land requires the judgment and approval of the Supreme People's Assembly.

- The provincial(directly governed city) land construction plan is managed by the provincial(directly administered city) people's committee.
- o A small and medium-sized city-level comprehensive urban plan is downsized in scale and divided into the town master plan, labor region master plan, and village master plan.
- As for the management of sewer system, the central urban management department professionally manages, operates, and maintains water supply and sewerage facilities through the General Bureau of Urban Construction under its jurisdiction.
 - o There are water and sewerage office and urban management office in counties(districts) under Pyongyang City, while water and sewerage office is in charge of technology networks, and urban management office is in charge of buildings and other civil structures.
 - o Meanwhile, the construction of water supply and sewerage facilities is carried out by the facility office of the General Bureau of Urban Construction under each provincial government.
 - Urban management departments are placed in cities and counties(regions) to guide facilities and establishments under their jurisdiction.
 - In other cities and counties(regions) except for Pyongyang, there are no separate water and sewerage offices but facility offices are to manage them.

III. Overview of Sewerage in North Korea

1. Domestic Literature Review Related to Sewerage Facilities in North Korea

- It is known that a sewage treatment plant was built in Pyongyang with the support of the former Soviet Union in the 1960s and 1970s(Yoon, 2008). It is said that there are three sewage treatment plants in Pyeongcheon District, a suburb of Pyongyang, and the sewage treatment plant on Unification Street(Kim, 2020).
 - Although they were designed and constructed with foreign technology and were not much different from facilities in South Korea, it is said that the Daedonggang River was polluted with domestic and industrial wastewater in excess of facility capacity(Kim, 2008), and it did not seem properly operated due to power supply problems(Yoon, 2008; Kim, 2020).
- On the other hand, Jeong(1995) estimated that the large-scale sewage treatment plant(Pyeongcheon Sewage Treatment Plant) built by Pyongyang City, completed in 1992, had a daily treatment capacity of 300,000 tons, and its treatment capacity was insufficient to treat the sewage discharged from the entire districts of Pyongyang. Pyongyang had manure treatment facilities as well, but it is said that its capacity was only half of the manure discharged by 3.3 million citizens.
- Jeong(1995, 1996) reported that North Korea has established regulations on "Water Supply and Sewerage Management", stipulating responsibilities and authorities for water source protection, drinking water quality management, sewage purification, rainwater management, and maintenance of water

supply and sewerage facilities.

- Kim et al.(2008) stated that percentage of seweraged population in Pyongyang reached 100%, but that in local cities sewerage facilities were installed only in apartments adjacent to the roadside.
- In addition, a soil trench process should be used for single-story houses and its floor surface should be cleaned periodically, and if it is not cleaned in time, the sewage system may overflow.
- Yoon(2008) estimated the sewage treatment rate in North Korea to be 19.5% based on the data onto the manure disposal route in light of our experiences in the 1960s and 1970s.
- In 2013, the Ministry of Environment predicted that North Korea's sewer pipes would be 50-60%, similar to that of households using flush sanitation facilities, and estimated that the overall sewage treatment rate in North Korea would be 35%(Ministry of Environment, 2013).

2. International Organization Literature Review Related to Sewerage Facilities in North Korea

- A more detailed manure disposal route was reported in the Multiple Indicator Cluster Survey(MICS) report conducted in 2017(DPRK and UNICEF, 2018).
- This MICS report was conducted by the Central Bureau of Statistics of the DPR Korea as part of the global MICS program with technical and financial support from the United Nations Children's Fund(UNICEF).
 - The number of households subject to the questionnaire was 8,500, of

which 8,499 were visited and interviewed, and the response rate was 100%.

- Based on the similar assumption as Yoon(2008) used, when the survey results from MICS were used to derive the sewage treatment rate, the change in the sewage treatment rate after 10 years since 2008 could be compared.
 - In 2017, the sewage treatment rate increased to 56.9%, which could be seen as a remarkable growth considering the sewage treatment rate of 19.5% estimated in 2008.
- However, there might be a possibility that errors occurred due to the difference in survey methodology, data acquisition period, and the lack of professional recognition ability of the survey respondents for sewerage facilities. As far as the implementation of sewer rehabilitation projects, construction of sewage treatment plants, and the normal operation of treatment facilities through the stable power supply, etc. are not guaranteed, the judgment that the living environment and water quality environment have been considerably improved, as seeing the remarkable increase of sewage treatment rate, should be put on hold.
- In the same way, the sewage treatment rate for urban and rural areas in North Korea and the sewage treatment rate for Pyongyang and each province in Pyongyang were estimated.
 - The urban sewage treatment rate is 75.5%, which is 2.7 times higher than the rural sewage treatment rate of 27.9%, indicating a large gap in the sewage service.
 - Although it was known that the sewage treatment rate in Pyongyang was almost 100%, the rate of no toilet facilities or no treatment using conventional toilets was 9.8%, indicating that the actual sewage

treatment rate was 90.3%.

- On the other hand, as for the sewage treatment rate by province, Hamgyeong-do had the highest rate of 63.7%, followed by Jagang-do with 62.7%, followed by Hamgyeongnam-do, Hwanghaebuk-do, Pyeonganbuk-do, Pyeongannam-do, Yanggang-do, Gangwon-do, and Hwanghaenam-do were the lowest at 35.1%.

- In North Korea, as for the manure discharged from septic tanks, 21.6%(23.1% in urban areas, 20.7% in rural areas) was used as fertilizer for agricultural land, and as on the manure discharged through improved toilets, 68.7%(60.3% in urban areas, 73.8% in rural areas) was used as fertilizer for agricultural land.
 - In other words, the ratio of the manure discharged from septic tanks or improved toilets as fertilizer for agricultural land is 90.3%, of which 83.4% is in urban areas and 94.5% is in rural areas.
 - Although it should be surely thought to be higher in rural areas rather than urban areas, the value of 83.4% of the urban area manure usage rate as fertilizer for agricultural land seemed so high that the potential of drinking water pollution and waterborne disease infection could not be ruled out.
- In addition, sewage-related articles such as the Labor Newspaper and Democratic Korea, and sewage-related technical articles and research articles in North Korea's General Bureau of Invention, Industrial Publisher, Journal of Kim Il-sung University, and Central Science and Technology News Agency, etc. were investigated and organized.
 - Although they introduced similar specialized sewerage technologies as

those used and studied in South Korea and other developed countries, a more in-depth investigation should be conducted on how much they have actually applied and used practically in the field.

IV. Sewerage Management in North Korea

- The textbook of "Sewerage Engineering" taught in universities in North Korea was acquired and its key subjects were viewed: considerations in planning sewage treatment plants, structural management plan and data management plan of sewage treatment plants, informatization and automation of sewer management operation, and non-centralized small-scale sewerage structure module technologies(Kim and Kim, 2015).
 - Through this, North Korea seems to be implementing a desirable policy, which might be a desperate measure considering its current poor situation, to expand and distribute non-centralized small-scale sewage treatment facility modules.
- As suggested by Sedlak(2014) and Strande(2021), non-centralized water management is regarded as an important paradigm shift in future urban infrastructure development worldwide, emphasizing energy efficiency aspects.
 - However, due to the use of agricultural land in manure, concerns about pollution in the living environment, risk of waterborne infectious diseases, and threat to residents' health cannot be eliminated.
 - Nevertheless, through the popularization of effective non-centralized small-scale sewage treatment modules, some results could be achieved in terms of protecting the water quality environment in public waters

and protecting residents' health.

- It is expected that North Korea could be a test-bed for successful demonstrations of improving the sustainability and resilience of water management, and establishing a small-scale water and resource recycling system.

V. Conclusions and Suggestions

1. Conclusions

- In this research, the original resources related to North Korean sewage-related literatures were reviewed and their reliability and suggestion were confirmed and reinterpreted in order to be used as the basis for the conception and establishment of a comprehensive sewerage plan of North Korea in future.
- Through in-depth analysis of North Korean sewage-related literatures, the implications for North Korean sewage management were summarized.

2. Suggestions

- It was summarized what we know and do not know about sewerage system in North Korea. A strategy was proposed as well to construct sewage facilities in North Korea in future.
- In this study as a short-term study, it seemed that only fragmentary results have been obtained. It is expected that long-term continuous research investment should be made in specialized research institutes to

accumulate useful information that could prepare a database, necessary to devise and establish a comprehensive sewerage plan in North Korea.

Keywords: Sewerage, North Korea, Literature Review, Sewage Treatment Rate, Sewerage Management

제2부

북한 폐기물 문헌자료 심층분석

In-Depth Analysis of Literatures on Waste in North Korea

이승희 | 최용 | 최형진

Rhee, Seung-Whee | Choi, Yong | Choi, Hyeong-Jin

| 차례 |

제1장 서 론	129
1. 연구 배경 및 필요성	129
2. 연구 목적 및 내용	130
3. 연구수행 방법 및 추진체계	132
제2장 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도	134
1. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법 현황	136
2. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 제도	148
제3장 북한 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보, 분류체계와 관리현황	151
1. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 문헌정보와 특징	151
2. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 분류체계	164
3. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 발생 및 조성	167
4. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 처리현황	176
제4장 북한 폐기폐설물(폐기물)의 관리분석	184
1. 북한의 재자원화 진행에 대한 분석	184
2. 북한의 오물 관리에 대한 분석	191
3. 북한의 폐기폐설물 관리에 대한 분석	195
4. 광산에서의 폐기폐설물 관리에 대한 분석	201
5. 북한의 폐기폐설물 수출입 관리에 대한 분석	212
제5장 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점 및 관리방안	215

제6장 결론 및 제언	224
1. 결론	224
2. 정보유무에 따른 해석	234
참고문헌	239
Executive Summary	251

| 표차례 |

〈표 2-1〉 환경보호법의 구성과 주요 내용	142
〈표 2-2〉 폐기폐설물취급법의 구성과 주요 내용	144
〈표 2-3〉 기타 환경 분야 법에서 오물관리에 관한 규정	147
〈표 3-1〉 북한과 관련한 기관 현황	152
〈표 3-2〉 국내 전문가에 의한 북한 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보	153
〈표 3-3〉 국내 연구기관에서의 북한 폐기물 관련 문헌정보	155
〈표 3-4〉 국외 전문가에 의한 북한 폐기물 관련 문헌정보	157
〈표 3-5〉 북한의 학술잡지 및 정기간행물에서 폐기폐설물 관련 문헌정보	159
〈표 3-6〉 북한 전문가에 의한 폐기폐설물 관련 국제학술논문	161
〈표 3-7〉 북한의 폐기폐설물 관련 문헌정보의 특징	163
〈표 3-8〉 한국과 북한에서의 폐기물 관련 용어 차이의 사례	165
〈표 3-9〉 북한 평양시의 오물(도시고형폐기물)의 조성	168
〈표 3-10〉 국가별 1인당 GDP 범위에 따른 폐기물 발생량	171
〈표 3-11〉 북한 평양시의 폐기폐설물 조성	172
〈표 3-12〉 국내 5대 발전사의 연료(석탄)소비 및 석탄재 발생 현황(2018년 기준)	173
〈표 3-13〉 평양시의 발전소 현황	174
〈표 3-14〉 북한 평양시 오물 처리현황의 문헌별 차이	177
〈표 3-15〉 북한 평양시의 오물 처리현황	179
〈표 3-16〉 북한 평양시 폐기폐설물 처리현황	181
〈표 3-17〉 폐기폐설물에 포함된 중금속 함량	183
〈표 3-18〉 폐기폐설물 처리에 의한 토양오염	183
〈표 3-19〉 일부 제련소 및 광산 주변 토양의 중금속 함량	183
〈표 4-1〉 북한의 재자원화 기술 개발과 도입에 대한 주요 내용	189
〈표 4-2〉 부적절하게 관리되는 폐플라스틱 추정량 순위(2010년 기준)	194

〈표 4-3〉 북한의 주요 공업지구별 특징과 예상폐기물	199
〈표 4-4〉 북한의 지역별 광산의 주요 광종	203
〈표 4-5〉 폐기물 관련 주요 문제가 관측된 북한의 광산 현황	204
〈표 4-6〉 북한의 폐기물 수입 관련 주요 언론 보도	213
〈표 5-1〉 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리 시사점과 관리방안 요약	223
〈표 6-1〉 북한의 폐기폐설물에 대한 기준 정보에 의한 해석과 없는 정보에 대한 추론	235

| 그림차례 |

〈그림 1-1〉 북한 폐기물 문헌자료 심층분석 연구추진 체계	133
〈그림 2-1〉 북한에서 환경 매체에 따른 법 현황	139
〈그림 3-1〉 북한의 폐기폐설물 분류체계	166
〈그림 3-2〉 함경북도 무산시 주거지역	169
〈그림 3-3〉 World Bank에서 Low Income 국가로 분류된 국가의 1인당 GDP	170
〈그림 4-1〉 평양시 중심구역 아파트 주변 오물장의 위치	192
〈그림 4-2〉 북한 도시의 오물장에서의 노천소각(평양 모란봉 중학교 인근)	192
〈그림 4-3〉 북한의 주요 공업지구 현황	196
〈그림 4-4〉 남포의 PCBs 관련 시설의 사진	200
〈그림 4-5〉 북한의 광산 분포 현황	202
〈그림 4-6〉 위성사진을 통해 파악한 2.8직동광산의 벼룩처리장	206
〈그림 4-7〉 함경북도 무산군 무산광산의 위성사진	208
〈그림 4-8〉 광산폐기물 유입으로 인한 만덕광산 주변 하천의 적화현상	208
〈그림 4-9〉 운산광산의 광미처리장	210

제1장

서론

1. 연구 배경 및 필요성

전 세계적으로 인구, 생활 및 경제수준, 산업규모의 전반적인 증가에 따라 폐기물 발생량이 지속적으로 증가하고 있으며, 전 세계 폐기물의 발생량은 매년 약 20억 톤으로 나타나고 있다.³⁸⁾ 이에 대응하고자 국제적으로 순환경경제 개념이 도입되었는데 폐기물로부터 자원을 회수하여 최대한 활용함으로써 천연자원의 소비를 저감하는 개념이다. 이에 따라 한국에서도 폐기물 관리에 대하여 기본적으로 3R(Reduce, Reuse, Recycle)의 개념에 입각한 정책을 추진하고 있다.

그러나 한반도가 한국과 북한으로 분단된 이후 북한은 반사대주의와 자주성을 강조하는 폐쇄적인 정책을 펼쳐 내부적인 상황을 파악할 수 있는 정보가 적은 실정이며, 환경 분야에 대한 정보는 더욱이 적다. 북한의 환경 분야 중 폐기물에 대한 정보는 일부 문헌에 제시된 바 있다. 북한에서의 환경오염 실태는 『유엔환경계획(UNEP: United Nation Environment Programme)』과 같은 국제기구, 언론매체와 일부의 논문 등에서 그 문제가 매우 심각한 것으로 지적하고 있다.³⁹⁾

북한에서는 생활환경이 열악함에 따라 평양시와 같은 일부 지역을 제외한 나머지 지역의 생활계 폐기물 발생량은 많지 않은 것으로 나타난다. 오히려 생활계 폐기물 보다는 사업장 폐기물에 의한 영향이 클 것으로 예상된다. 북한의 사업장 폐기물은 공업지구의 산업형태에 따라 발생되는 폐기물의 종류와 성질이 매우 다르게 나타날 것으로 예상되며, 해당 폐기물

38) World Bank Group(2018), p.3.

39) 이기영 외(2018), pp.19-21.

에는 유해특성이 포함되었을 수 있다. 또한 북한은 소각시설, 매립시설 등과 같은 폐기물 처리시설이 일부 지역에만 설치되어 있는데 이에 대한 적정한 운영이 이루어지지 않는 것으로 예상되어 폐기물 처리에 의한 환경오염이 심각할 것으로 추정된다.⁴⁰⁾

예를 들어, 북한에서는 전 세계에서 제조와 사용이 금지된 폴리염화비페닐(PCBs: Polychlorinated biphenyls)과 같은 유해물질을 생산하고 있으며, 2006년부터 2015년까지 연간 약 150톤의 PCBs를 생산하였다. 또한 PCBs와 같은 유해물질을 폐기할 때 적정한 처리시설이 구축되지 않아 주변 환경으로 유해물질이 유출되는 것으로 보고된 바 있다.⁴¹⁾

그러나 북한에서 유해물질의 폐기를 포함한 전반적인 폐기물 관리 현황과 관련한 거의 모든 정보의 공개가 제한되어 있고, 국제기구 등을 통해 일부 제시된 정보가 있으나 간헐적이며, 특정 지역에 국한되어 있어 북한의 폐기물 관리 현안에 대한 정보로 활용하는 것에는 한계가 있다. 특히, 폐기물 관리 현황과 처리기술 등을 포함한 폐기물 관리 수준에 대한 정보는 북한에서 폐기물 관리 정책을 수립하는 데 기초적인 사항이기 때문에 이에 대한 파악이 필요하다.

따라서 북한의 폐기물 관리에 대하여 북한의 기존 문헌과 규정을 검토하고, 국내외의 정보자료를 수집해 북한 폐기물 관리현황에 대한 신뢰성과 시사점에 대해 검토할 필요가 있다. 북한에서 수행된 폐기물 관련 기존 문헌에 대한 심층 분석을 수행하고, 향후 통일에 대비하여 북한의 폐기물 관리 종합계획의 구상 및 수립에 활용할 수 있는 정보자료를 확보하고자 한다.

2. 연구 목적 및 내용

본 연구는 북한의 폐기물 관리에 대한 법과 국내외 과학자 등에 의해 작성된 문헌을 수집 및 분석을 수행하여 다음 두 가지 정보를 확보하는 것이 목적이다.

- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 문헌자료에 의한 폐기물 관리 현황 조사

40) 명수정(2018), pp.49-51.

41) Chen and Li(2016), p.4.

- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리와 관련한 법·제도의 조사와 특징 분석 수행
 - 북한에서 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 기초 정보인 발생 및 처리현황 등에 대한 정보 수집과 정보에 대한 평가 수행
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리 수준에 대한 정성적 분석 수행
- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리의 시사점 및 관리방안 도출
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리 현황과 분석된 정보를 통한 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리의 시사점 도출
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리 시사점에 의한 관리방안 도출

북한의 폐기물 관리에 대한 법과 문헌의 분석을 통해 통일에 대비한 폐기물 관리 종합계획에 활용할 수 있는 정보자료를 확보하고자 하였다. 이에 대한 주요 연구 내용은 4가지로 구분하여 추진하였다.

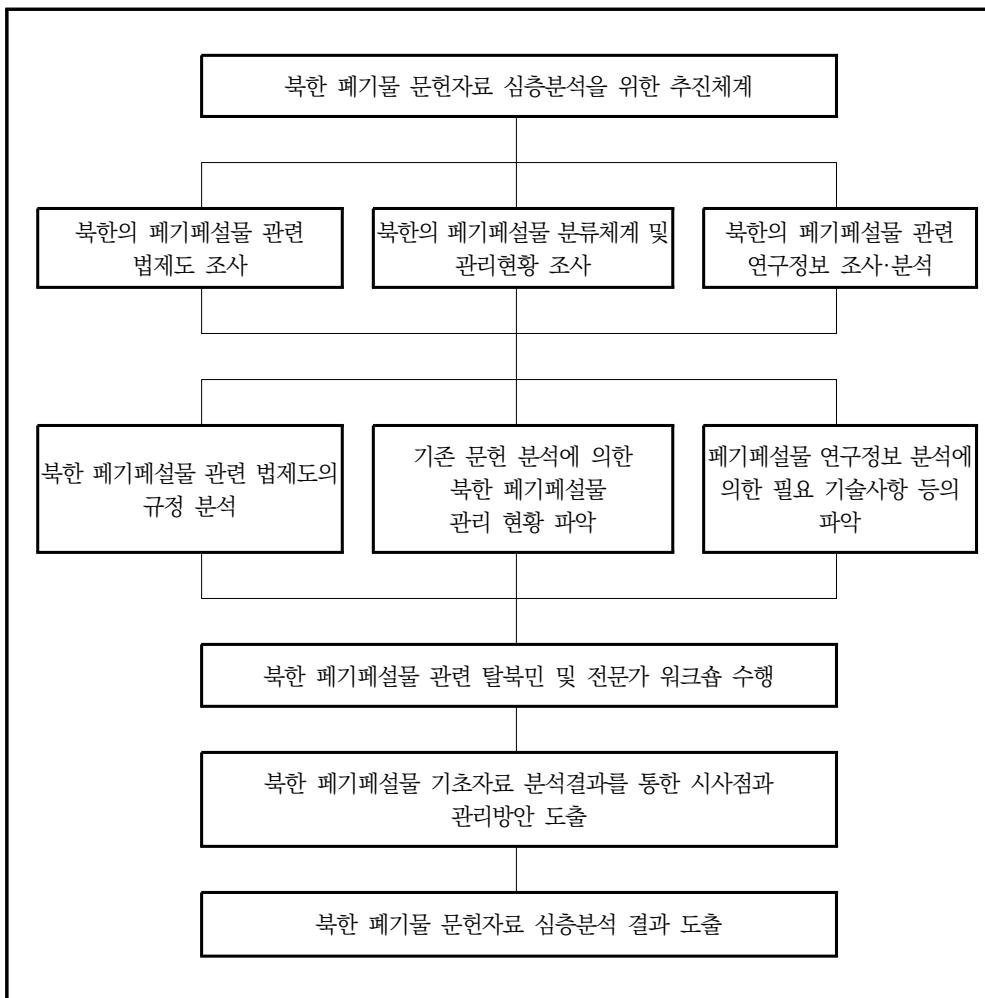
- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도
 - 북한의 법 중에서 환경 분야로 분류되는 법에 대한 정보를 통일부, 법무부, 법제처에서 운영하는 통일법제데이터베이스와 국제 학술논문 등으로부터 수집하였음
 - 수집된 환경 분야 법은 19개이며, 이에 대한 세부 분야의 구분을 수행하고, 각 법률로부터 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대해 규정하고 있는 법에 대해 분석하였음
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 제도는 국내외 보고서, 탈북민의 증언과 통일부 북한자료센터에서 소장하고 있는 로동신문, 북한의 학술잡지 등을 통해 정보를 수집하였음
 - 수집된 정보를 통해 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 제도의 특징에 대해 분석을 수행하였음

- 북한에서 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보, 분류체계와 관리현황
 - 폐기물의 관리에서 분류체계의 개념은 발생원, 폐기물의 종류, 유해성 등을 반영하여 폐기물의 식별을 통해 적정한 관리를 수행할 수 있도록 함. 나아가 통계작성과 관리의 규모를 산정하는 것에 매우 기초적인 자료임
 - 따라서 북한의 폐기폐설물의 분류체계를 분석하기 위해 북한에서의 용어 사용과 문헌에서의 문맥을 살펴 폐기폐설물의 분류체계를 파악함
 - 북한의 문헌과 국제 학술논문을 통해 북한 평양시의 오물과 폐기폐설물의 발생 및 처리현황의 정보를 수집하였으며, 정보의 수준을 평가하기 위해 국내의 상황과 비교·분석하였음
- 북한의 폐기폐설물(폐기물)에 대한 관리 분석
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련하여 수집된 정보와 탈북민 및 전문가의 증언 수집을 통해 폐기폐설물 관리에 대한 분석을 수행함
 - 북한의 폐기폐설물(폐기물)에 대한 관리 분석의 주요사항은 폐기폐설물 관리의 정성적인 수준을 파악하는 것임
- 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점과 관리방안
 - 북한의 폐기폐설물과 관련하여 미래의 폐기폐설물 관리 종합계획 등에 정보의 활용성을 향상시키기 위해서 법·제도, 폐기폐설물 분류체계 및 관리현황, 폐기폐설물 관리에 대한 분석을 토대로 북한의 폐기폐설물 관리의 시사점과 관리방안을 도출하였음

3. 연구수행 방법 및 추진체계

본 연구에서는 북한의 폐기물 문헌자료 심층분석을 위하여 국내 정부 부처에 의해 구축된 정보센터(통일부 북한자료센터 등), 탈북민 관련 기관, 국내외 연구소를 통해 북한의 폐기물

관련 법령과 기존 문헌을 수집하여 해당 정보에 의한 북한의 폐기물 관리 현황과 그 특징에 대해 분석하였다. 또한 분석된 내용을 바탕으로 국내 전문가 및 탈북민 전문가와의 워크숍 및 토론을 거쳐 북한의 폐기물 관리에 대한 시사점과 관리방안에 대해 논하였다. 이와 같은 방법들에 의하여 <그림 1-1>과 같이 연구를 추진하였다.



자료: 저자 작성.

<그림 1-1> 북한 폐기물 문헌자료 심층분석 연구추진 체계

제2장

북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도

북한에서는 정치, 군사, 사회, 환경 등 각종 분야에 대하여 주체사상을 기반으로 하여 김일성, 김정일, 김정은의 집권 시기별로 특징을 보인다. 환경 분야에 대해서도 각 시기에 따라 구분할 수 있다.

김일성 시기(1945~1994년)에는 한국전쟁 이후 공업과 농업생산 수준이 크게 감소하였다. 이에 따라 북한 당국은 전쟁 이전의 수준으로 산업생산을 회복하는 목표를 설정하였으며, 전후 복구를 어느 정도 마친 1957년부터 장기적인 경제 계획에 착수하였다. 이 시기부터 북한의 경제 개발의 기본노선으로 중공업 우선정책이 추진되어 왔다.⁴²⁾ 이에 따라 산업 발전의 목표를 달성하기 위한 국토개발이 이루어졌는데 당시의 환경문제는 북한의 사회발전 과정의 우선순위로 인식되지 못한 것으로 보인다.

일부 문헌에서는 1970년대에 들어서면서 1976년 자연개조5대방침을 통해 환경문제에 관심을 갖기 시작한 것으로 평가된 바 있다.⁴³⁾ 그러나 자연개조5대방침은 관개사업, 다락밭의 건설, 토지정리 및 개량 사업, 치산치수사업 및 간석지의 개간이 주된 사업으로써 농업생산 증진과 관련된 방침이다.⁴⁴⁾

김정일 시기는 1997년부터 시작된 것으로 알려져 있으나 북한에서 1980년대부터는 김정일이 실질적인 당권을 행사한 시기로 분석된다.⁴⁵⁾ 이 시기에 환경문제에 대한 인식은 김정일에 의해 제기된 것으로 판단된다. 이는 1984년 김정일 저작 ‘국토관리사업을 개선강

42) 이창희(2013), pp.239-266; 양문수(2015), pp.33-66.

43) 최현아(2019), pp.4-5.

44) 한민족문화대백과사전(2012), “자연개조오대방침(自然改造五大方針)”, 검색일: 2021.9.6.

45) 최진숙(1997), pp.451-472.

화할데 대하여'에서 국토관리사업의 개선을 위해 공장 및 주택의 건설 시 공해를 미연에 방지하고 환경보전 시설을 우선적으로 건설한다는 원칙, 토지보호를 철저히 해야 한다는 원칙, 산림의 조성과 보호 관리에 더욱 힘을 기울여야 한다는 원칙 등이 제시되었기 때문이다.⁴⁶⁾ 또한 「환경보호법」이 1986년에 채택되었으며, 이후 환경 매체에 따라 「물자원법」(1997년 채택), 「바다오염방지법」(1997년 채택), 「국토환경보호단속법」(1998년 채택), 「폐기폐설물취급법」(2007년 채택) 등 다양한 환경 분야의 법이 실질적인 김정일 시기(1997~2011년)에 들어서면서 마련되었고, 이후 몇 차례에 걸쳐 법의 수정 보충이 진행되었다.

특히, 북한의 경제 및 사회발전은 중공업 중심의 발전 전략이 추진되었다. 1980년대에는 인민들의 소비품의 공급에 차질이 생기는 등 인민의 일반적인 생활에 영향을 미치게 되었다. 이에 김정일은 1984년 8월 3일 평양시 경공업제품 전시장 시찰을 하며 폐자재 및 부산물을 이용한 인민소비품 생산운동을 전군중적으로 확대 실시하라는 지시를 해 8·3인민소비품창조운동이 ~~군중운동~~으로 확산되었다.⁴⁷⁾ 또한 1990년대에는 고난의 행군 시기에 극심한 물자 부족의 문제를 겪었기에 이를 해결하기 위하여 경제생활에서 자력갱생을 요구하였다.⁴⁸⁾

김정은 시기(2012년~현재)에 들어서면서도 김정은의 2012년 노작 '사회주의강성국가건설의 요구에 맞게 국토관리사업에서 혁명적전환을 가져올데 대하여'를 통해 환경오염과 폐기물 관리에 대한 관심을 보이고 있다.⁴⁹⁾ 노작에서는 광산들에 침전지를 꾸려 미광이 강, 하천과 호수, 바다에 흘러들어가지 않도록 하여야 함을 설명하였고, 바다와 강을 리용하는 단위들에 항, 부두, 포구들과 배들에 오물 처리시설을 빠짐없이 갖추도록 하여야 한다는 설명을 하며 폐기물 처리의 필요성에 대한 언급을 하였다. 또한 보통강 감탕과 오수정화장의 침전물, 연재를 종합적으로 철하여 유기질비료를 생산하는 공장을 건설한 것을 예시로 들며, 오물과 공장폐설물을 효과적으로 처리하면 자원의 절약 및 확보, 환경오염을 막는 것에 도움이 된다고 설명하였다.

46) 손기용(2002), pp.66-74.

47) 통일부 북한정보포털, "8.3인민소비품", 검색일: 2021.9.6.

48) 박후건(2018), pp.227-254.

49) 김정은(2012).

김정은의 노작에 이어 북한의 자력갱생의 개념이 이어지고 있다. 이는 지속되는 대북제재의 상황에서 심각해진 경제문제를 해결하기 위하여 재자원화를 강조하고 있는데 이러한 재자원화의 강조는 1990년대 고난의 행군 시기에 요구되었던 자력갱생의 개념이 영향을 미친 것으로 판단된다. 그리고 재자원화에 대한 명령과 책임의 명문화를 위하여 「재자원화법」을 2020년 북한 최고인민회의 제14기 3차 회의에서 채택하였다.

따라서 본 연구에서는 통일부, 법무부 등 정부기관에 의해 구축된 통일법제데이터베이스와 같은 자료원과 국내·외 문헌에서 얻은 북한의 환경과 관련한 법과 규정 현황을 검토하여 환경 매체에 따라 구분하고, 환경 매체에 따른 법에서 규정하고 있는 폐기물과 관련된 사항에 대해 분석하였다. 또한 북한의 환경 분야의 법과 함께 자력갱생 등 북한의 경제노선에서 추진되었던 정책 및 제도 중 폐기물의 재이용과 재활용에 영향을 미친 것에 대해서도 분석하였다.

1. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법 현황

가. 북한의 환경 분야 법의 구분

북한에서는 1984년 김정일의 저작을 통해 환경문제에 대해 인식하기 시작한 것으로 보인다. 환경문제에 대한 과학적 및 기술적 해법을 모색하기 위해 1986년 「환경보호법」을 제정하였다. 그리고 「환경보호법」 제정 이후 환경 매체(물환경, 대기환경, 폐기물, 토양 등)에 따른 관리사항을 규정하기 위하여 「물자원법」, 「폐기폐설물취급법」 등의 환경매체별 법령의 마련이 추진된 것으로 분석된 바 있다.⁵⁰⁾ 국내 일부 문헌에서는 북한의 「환경보호법」 제정과 환경매체별 법령의 마련을 추진한 배경을 대외적으로 고립된 상황을 탈피하기 위한 수단으로 국제환경기구와의 교류 등 국제사회로부터의 지원을 이끌어내기 위한 전략적 측면이 내포되어 있을 것으로 분석된 바 있다.⁵¹⁾

이에 따라 북한은 환경 분야 다자 협약인 바젤 협약, 로테르담 협약 및 스톡홀름 협약에 가입하였다. 바젤 협약의 경우, 2008년에 가입 및 발효가 이루어졌으며, 로테르담 협약은

50) 손기웅(2006), pp.13-15.

51) 김정순(2010), pp.92-96.

2004년, 스톡홀름 협약은 2002년 가입, 2004년에 발효가 이루어졌다.⁵²⁾

바젤 협약은 유해폐기물의 국가 간 이동 및 그 처리에 관한 사항을 다루고 있는 협약으로 유해폐기물의 교역을 최소화하고, 유해폐기물에 의한 환경오염을 방지하기 위하여 폐기물의 수출입에서 국가들의 협조체계를 구축하는 것이 목적이다.⁵³⁾ 바젤 협약에서는 유해폐기물의 국가 간 이동의 통제를 위하여 유해폐기물의 목록, 유해특성을 나타내는 폐기물 등을 설정하고 있으며, 폐기물의 국가 간 이동의 시작부터 처리까지 환경적으로 건전한 관리(Environmentally Sound Management) 방식으로 관리되도록 규정하고 있다.

로테르담 협약은 특정 유해화학물질 및 농약의 국제 무역과 관련하여 유해화학물질과 농약이 선진국에서 개발도상국 등으로 수출되어 사람의 건강과 환경오염을 유발하는 것을 방지하고자 유해화학물질과 농약의 유해성 정보와 적절한 관리를 위해 시작된 협약이다.⁵⁴⁾ 로테르담 협약에서는 수출국과 수입국이 유해화학물질과 농약 관리의 책임을 공유하도록 알드린, 디엘드린 등 총 46종의 물질의 교역 시 사전 통보 동의(PIC: Prior Informed Consent) 절차를 의무화하고 있다.

스톡홀름 협약은 독성, 난분해성, 생물체 내 축적성을 지닌 잔류성유기오염물질(POPs: Persistent Organic Pollutants)의 관리를 위한 협약이다.⁵⁵⁾ 이 협약에서는 의도적으로 생산되는 POPs 물질의 생산, 사용 금지 또는 제한, 비의도적으로 생산되는 POPs 물질, 적치물과 폐기물로부터의 유출 저감에 대한 사항을 정하였다. 스톡홀름 협약에 의해 규제되는 POPs 물질 중에는 생산 및 사용 금지 또는 제한물질이 있으며, 금지물질은 알드린, 디엘드린 등 24종의 물질이고, 제한물질은 DDT 등 2종의 물질이 포함되어 있다.

북한은 이러한 협약의 이행을 위한 계획이나 대외적인 지원을 받은 것은 나타나고 있으나 실질적으로 이를 이행하기 위한 기술적, 경제적 등의 역량이 미흡한 실정으로 알려져 있다.⁵⁶⁾

다양한 법률 중 환경에 관한 기본법인 「환경보호법」은 오물의 처리, 재자원화를 포함하여

52) Kim(2015), pp.13-15.

53) UNEP, Basel Convention, "Text of the Convention", 검색일: 2021.6.20.

54) UNEP, Rotterdam Convention, "Text of the Convention", 검색일: 2021.6.20.

55) UNEP, Stockholm Convention, "Text of the Convention", 검색일: 2021.6.20.

56) Kim(2015), pp.18-20.

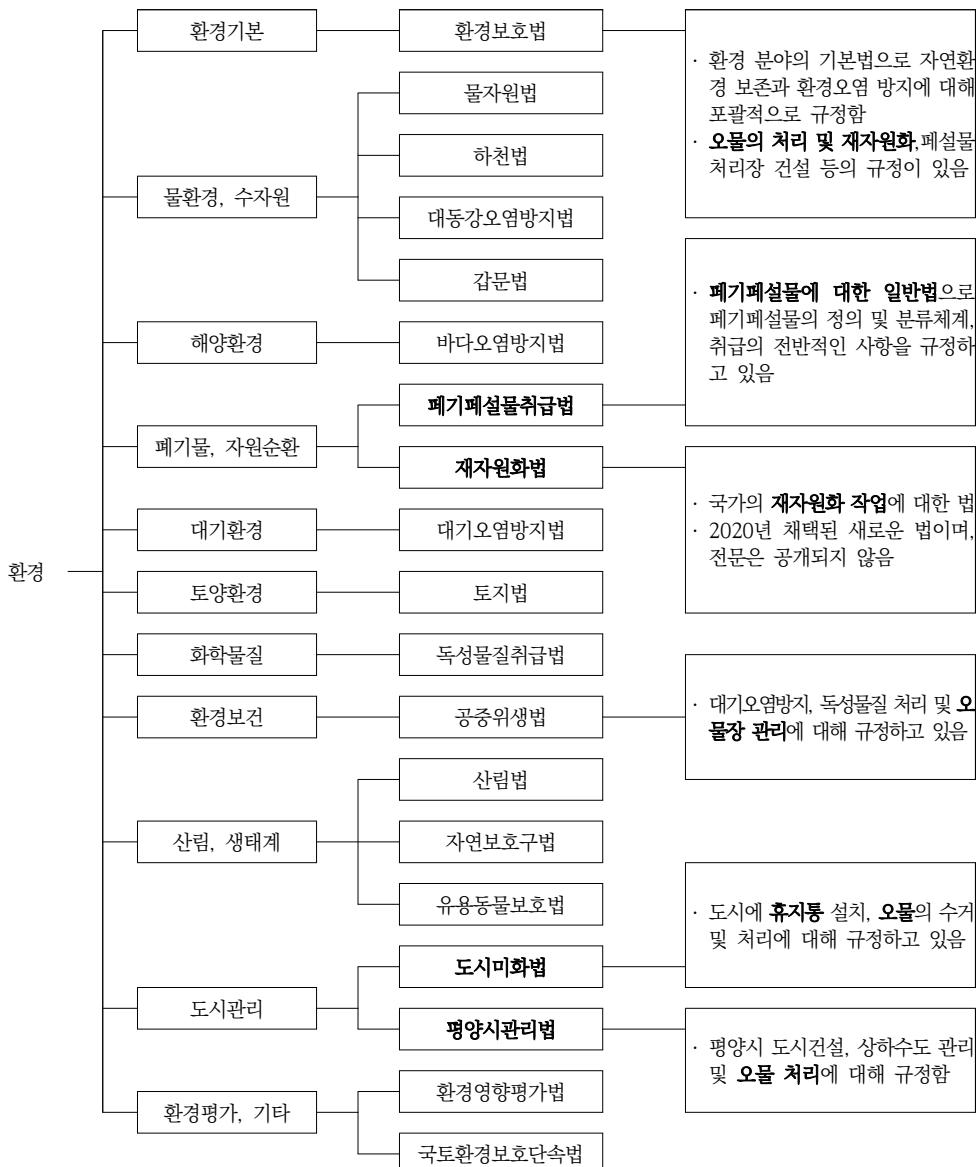
포괄적으로 환경 매체에 대한 규정을 하고 있으며, 폐기폐설물(폐기물)에 대한 일반법으로 「폐기폐설물취급법」을 제정했다. 2020년에는 국제사회로부터의 제재로 인한 고립상황의 심화에 따라 경제성장과 자원의 절약을 위하여 「재자원화법」을 제정하였다. 또한 「공중위생법」, 「도시미화법」, 「평양시관리법」에서는 오물장 관리, 휴지통 설치, 오물의 수거 및 처리에 대한 규정을 마련하였다. 이와 같은 북한의 환경 분야의 법을 환경 매체를 기준으로 구분하면 <그림 2-1>과 같이 나타낼 수 있다.

나. 환경기본 분야에서 관련 법과 규정

북한의 환경기본 분야의 「환경보호법」은 자연환경의 보존과 조성, 환경오염 방지를 통해 아름다운 환경조성과 인민들의 건강보호를 목표로 한다. 이러한 「환경보호법」은 1986년에 채택되었으며, 제1장 「환경보호법」의 기본, 제2장 자연환경의 보존과 조성, 제3장 환경오염의 방지 및 제4장 환경보호사업에 대한 지도통제의 4개의 장으로 구성되어 있으며, 세부 조항은 총 58개의 조항이 포함되어 있다(표 2-1 참조).

특히, 「환경보호법」 제8조에서는 환경보호 분야에 대해 다른 나라, 국제기구들과의 교류 및 협력을 발전시키도록 명시하였다. 북한은 마르크스-레닌주의를 김일성과 김정일, 김정은의 수령중심 체계로 토착화하여 주체사상으로 변화시켰는데, 이러한 주체사상에서는 반사대주의와 자주성을 강조하고 있다.⁵⁷⁾ 그러나 북한에서는 자주적인 성장의 한계점이 있었으며, 다른 나라 또는 국제기구의 원조 등을 받는 것은 반사대주의와 자주성의 개념이 강조된 주체사상과 충돌하는 일이었다.

57) 서재진(2001), pp.2-7.



자료: 저자 작성.

〈그림 2-1〉 북한에서 환경 매체에 따른 법 현황

이에 북한 사회에서는 국제적 원조를 이끌어 내기 위한 새로운 정치적 수단이 필요했다. 「환경보호법」에 다른 나라 또는 국제기구와의 교류 및 협력의 조항을 규정함으로써 국제적인 지원을 끌어내기 위한 수단을 마련한 것으로 볼 수 있다.

「환경보호법」 중 폐기폐설물에 관한 규정은 제3장 환경오염의 방지에 포함되어 있으며, 제3장은 23개 조항으로 구성되어 있다. 이러한 「환경보호법」 제3장 중 제23조 오물의 처리, 제24조 도시오물의 재자원화, 제29조 배로 인한 오염 방지, 제30조 정화장, 오물, 공업 폐설물처리장의 건설, 제36조 환경을 파괴시킬 수 있는 폐기물, 설비, 기술의 수입과 생산도입 금지 및 제41조 재자원화기술의 도입의 6개 조항이 폐기폐설물 관리에 연관되어 있는 규정이다.

「환경보호법」 제23조 오물의 처리 조항에서는 도시경영기관과 지방인민위원회, 해당 기관, 기업소, 단체가 거리와 마을, 공원, 유원지, 해안가, 해수욕장에 각종 오물을 분류하여 버릴 수 있도록 휴지통, 오물통, 오물장 같은 것을 규모 있게 설치하고, 적정 시기에 수거 및 처리하도록 되어 있다. 이 조항은 생활 및 공공시설과 같은 곳에서 발생하는 것과 기관, 기업소와 같은 사업장에서 발생되는 것을 구분하여 관리의 책임을 설정하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 생활 및 공공시설에서 발생되는 오물은 도시경영기관과 지방인민위원회, 기관, 기업소와 같은 해당 기관이 오물을 분류하여 버릴 수 있는 시설을 조성하여야 하는 책임이 있다. 또한 같은 조항에서는 오물을 도시주민구역과 주요 도로 주변에서 불태우지 말고 오물처리장에 모아놓은 오물을 제때 실어내도록 규정해 노천 소각과 같은 부적정한 관리로 이어지지 않도록 명시하였다.

「환경보호법」 제24조 도시오물의 재자원화의 조항에서는 지방인민위원회와 해당 기관, 기업소, 단체가 탄재, 파지, 파수지, 고포, 파유리, 파철, 유기질비료생산용오물 같은 것으로 분류하여 최대한 재자원화할 것을 명시하여 한국의 분리배출의 개념과 유사한 성격을 띤다. 그러나 북한의 재자원화는 극심한 경제난을 해결하기 위한 수단으로 자력갱생의 기지를 기본으로 하고 있다는 점을 고려하면 북한의 고질적인 자원 부족의 문제에 대한 책임을 인민들에게 전가하는 것으로 해석될 수도 있다.

또한 제29조 배로 인한 오염의 방지 조항은 항과 포구, 갑문, 부두를 관리 운영하는 기관, 기업소, 단체가 버림물과 오물처리시설을 갖추고, 배에서 나오는 오물을 규정대로 처리하도록 규정하여 폐기폐설물에 의한 바다와 하천의 오염을 방지하도록 하고 있다.

제30조에서는 해당 기관, 기업소, 단체는 버림물의 정화장이나 오물, 공업폐설물의 처리장의 건설과 관련하여 폐기폐설물의 처리에 따른 하천, 바다를 오염시키지 않을 곳에 건설하도록 명시하여 폐기폐설물 관리에서 환경오염 방지 사항도 인식하고 있다.

「환경보호법」 제36조에서는 해로운 물질을 내보내거나 소음과 진동을 일으켜 환경을 심히 파괴시킬 수 있는 폐기폐설물, 그것이 들어있는 설비는 중앙국토환경보호지도기관의 함의 없이 북한으로 들여올 수 없도록 하였다. 제41조 재자원화 기술 도입의 조항에서 폐기폐설물을 재자원화하기 위한 기술을 적극 받아들이고, 원료, 자재의 소비를 줄여야 함을 명시하였는데 같은 법 제24조에서와 같이 자원 부족의 문제가 심각하여 이를 해결하기 위한 수단으로 법에 재자원화와 같은 규정을 설정한 것으로 판단된다.

〈표 2-1〉 환경보호법의 구성과 주요 내용

구분	주요 내용
제1장 환경보호법 기본(9개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 환경보호법의 목표와 환경보호사업의 기본 원칙 등을 규정하고 있음 - 환경보호분야에서 다른 나라, 국제기구들과의 교류와 협조를 발전할 것을 명시함
제2장 자연환경의 보존과 조성 (9개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 자연보호구와 특별보호구의 선정에 대해 규정하고 있음 - 생태계 균형파괴 금지 및 녹지조성, 국토환경보호관리 월간 등에 대해 규정하고 있음
제3장 환경오염의 방지(23개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 대기환경, 버림물(오수, 폐수), 상수도, 바다, 하천 및 호소, 폐기폐설물, 화학물질 등의 전반적인 분야에서 오염방지에 대해 포괄적으로 규정하고 있음 - 제3장에서는 폐기폐설물의 처리 등에 대해 포괄적인 사항을 규정하는 조항이 있음 <ul style="list-style-type: none"> · 제23조 오물의 처리: 거리, 마을 등에 휴지통, 오물통 등을 설치하며, 버려진 오물을 제때 처리하거나 겉어내도록 명시 · 제24조 도시오물의 재자원화: 탄재, 파수지, 파지, 파유리, 파철 등으로 분류하여 최대한 재자원화할 것을 명시 · 제29조 배로 인한 오염의 방지: 항과 포구 등을 관리 운영하는 기관, 기업소, 단체는 버림물과 오물처리시설을 갖추도록 함. 배에서 나오는 오물을 규정대로 처리하며 바다, 하천에 떨어진 기름과 오물을 제때 정화하거나 거두어 내도록 명시 · 제30조 정화장, 오물, 공업폐설물처리장의 건설: 오물, 공업폐설물 처리장은 바다나 하천 등을 오염시키지 않을 곳에 건설하도록 명시 · 제36조 환경을 파괴시킬수 있는 폐기폐설물, 설비, 기술의 수입과 생산도입 금지: 환경을 심히 파괴할 수 있는 폐기폐설물, 오존층 파괴 물질과 그것이 들어있는 설비, 기술을 들여오거나 생산에 도입할 수 없도록 명시, 처리장은 바다나 하천 등을 오염시키지 않을 곳에 건설하도록 명시 · 제41조 재자원화기술의 도입: 생산과정의 부산물과 폐기폐설물의 재자원화 기술을 도입하여 원료 및 자재의 소비를 절약할 것을 명시
제4장 환경보호사업에 대한 지도 통제 (17개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 환경보호사업에 대한 지도 및 통제, 환경보호사업의 조건보장 등에 대해 규정함 - 환경보호기금과 오염물질배출보상료 등의 재정적 사항에 대해 명시함 - 관리 및 감독에 대한 책임, 형사상 책임에 대해 명시함

자료: 조선민주주의인민공화국(1986.4.9), “환경보호법”을 참조하여 재구성.

다. 폐기폐설물(폐기물), 자원순환 분야에서 관련법과 규정

1) 폐기폐설물취급법

북한에서는 폐기폐설물(폐기물)관리에 대한 일반법으로 「폐기폐설물취급법」을 2007년에 채택하였다. 동 법은 1~4장으로 이루어져 있으며, 세부 40개 조항으로 구성되어 있다(표 2-2 참조).

「폐기폐설물취급법」의 제1장에서는 「폐기폐설물취급법」의 사명과 폐기폐설물의 정의 등을 설정하였다. 「폐기폐설물취급법」의 목적은 “폐기폐설물의 배출과 보관, 수송, 처리에서 제도와 질서를 엄격히 세워 환경오염을 미리 막는데 이바지 한다”로 명시하였다. 또한 폐기 폐설물은 생산과 건설, 생활과정에서 나오는 경제적 리용가치가 없거나 적은 물체 또는 물질로 정의하고 있으며, 폐기폐설물에는 폐기물, 폐설물, 오수, 오물 같은 것이 속한다고 설명하였다. 이와 같은 폐기폐설물의 정의에서 폐기물, 폐설물, 오물 등의 용어를 사용하고 있으나 한국의 「폐기물관리법」에서 정하고 있는 폐기물의 구체적인 종류와 달리 폐기폐설물의 종류와 이에 대한 세부적인 설명이 제시되어 있지 않다.

취급원칙으로 폐기폐설물의 배출량을 최대한 줄이고, 재이용하도록 한다는 점을 명시하고 있어 국제사회에서 폐기물관리에 적용되는 개념인 3R(Reduce, Reuse, Recycle)의 개념과 유사하나 대북제재 등의 상황 속에서 북한 내부적으로 자원의 확보와 소비 감소를 유도하기 위한 것으로 판단된다.

「폐기폐설물취급법」 제2장에서는 배출, 보관, 수송에 관한 사항을 정해두었다. 기관, 기업소, 단체는 국토환경보호기관이 승인한 폐기폐설물의 배출기준을 초과하지 않도록 명시하였으며, 설비와 생산공정에 대하여 기술검사를 수행하여 수리보수 주기를 지키도록 하였다. 또한 기관, 기업소, 단체에 폐기폐설물의 배출실태를 매일 조사하여 대장에 기록하도록 하는 규정을 설정하여 폐기폐설물에 대한 통계자료 작성 등을 위한 기본이 되는 사항을 명시하였다. 그러나 북한의 폐기폐설물과 관련한 공식적인 통계자료는 확보하기 어렵고, 일부 문헌 중 국제사회의 지원이 이루어진 문헌에서 지역적으로 국한된 정보가 제공된다는 점을 고려하면 북한에서 폐기폐설물의 배출실태 조사를 위한 기반이 적정하게 구축되지 않았을 것으로 유추해볼 수 있다.

「폐기폐설물취급법」 제3장에서는 폐기폐설물 처리에 대한 사항을 규정하였다. 해당 기관, 기업소 또는 단체가 유독성폐기폐설물과 일반폐기폐설물을 처리하도록 처리의 주체를 명시하였으며, 처리방법은 재이용, 물리화학적 및 생물학적 방법에 의하여 수행하도록 하였다. 또한 폐기폐설물의 인계·인수(넘겨주기와 받기)에 대한 사항을 규정하여 폐기폐설물이 적합한 용도와 방법으로 처리장으로 유입될 수 있도록 하는 사항도 명시하였다.

「폐기폐설물취급법」 제4장에서는 폐기폐설물에 대한 지도통제 사항을 규정하였으며, 중앙국토환경보호지도기관이 폐기폐설물 취급사업에 대한 통일적인 지도를 수행하도록 정하였다. 이러한 지도통제에 대한 기본 요구사항으로 폐기폐설물 취급사업 조건의 보장, 벌금, 행정적 및 형사적 책임에 대한 사항 등을 규정하였다.

〈표 2-2〉 폐기폐설물취급법의 구성과 주요 내용

구분	주요 내용
제1장 폐기폐설물 취급법의 기본 (7개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물취급법의 사명을 설명하고 있음 - 폐기폐설물의 정의 및 취급 원칙 및 법의 적용대상을 설정하고 있음
제2장 배출, 보관, 수송(11개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 배출, 보관, 수송의 기본요구사항을 규정하고 있음 - 배출 조건 및 배출량을 기록하도록 요구하고 있음 - 공정검사, 보관시설의 건설방법 등에 대해 규정하고 있음
제3장 처리 및 재이용 (16개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물 처리의 기본요구사항을 규정하고 있음 - 폐기폐설물 처리시설, 방법 및 장소에 대한 규정이 있음 - 폐기폐설물의 재이용, 넘겨주기와 받기에 대해 규정하고 있음
제4장 지도통제 (6개 조항)	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물사업에 대한 지도통제의 기본요구사항을 규정하고 있음 - 폐기폐설물 취급사업 감독 통제기관, 손해배상 및 벌금 등의 사항을 규정하고 있음

자료: 조선민주주의인민공화국(2007.4.26), “폐기폐설물취급법”을 참조하여 재구성.

2) 재자원화법

북한은 국제적인 대북제재로 인한 경제활동 제약과 고립상황이 심화되면서 경제난을 극복하기 위한 수단으로 재자원화를 추진하고 있다. 이에 따라 재자원화를 명문화하기 위한 방법으로 「재자원화법」을 2020년 북한 최고인민회의 제14기 3차 회의에서 채택하였다. 동 법의 목적은 국가의 재자원화 작업에 대한 체계와 질서를 엄격하게 세워 국가 경제의 지속적인 발전과 생태환경 보호에 기여하는 것이다.⁵⁸⁾

법의 구성은 4개 장, 46개의 세부 조항으로 이루어져 있다. 제1장 「재자원화법」 기본, 제2장 재자원화 계획, 제3장 폐기물 및 생활쓰레기 관리, 제4장 재자원화 작업에 대한 지도 및 통제로 구성된 것으로 알려졌으며, 세부적인 조항에 담긴 구체적인 내용에 대해서는 아직 외국이나 국내에 수집된 정보가 없다.

일부 문헌에서는 북한에서 자원의 확보가 원활하지 못하다는 측면 때문에 자국 내 지속 가능한 경제활동을 추진하기 위한 여건 마련을 위해 순환경체 체계의 도입을 선택하였다는 해석이 있다.⁵⁹⁾ 그러나 북한의 「재자원화법」의 구체적인 내용이 공개되지 않은 상황에서 북한이 순환경체 체계의 도입을 선택하였다는 것은 과도한 해석이 될 수 있는 가능성이 있으며, 언론보도의 내용 중 재자원화가 미흡한 기업소 일꾼들의 처벌, 국토환경보호일꾼대회 중 일꾼들을 질책하는 모습을 보았을 때 물자 부족의 문제를 중앙당에서 도당위원회와 기업소, 인민에게 책임을 지우려는 목적일 가능성이 있다. 따라서 북한의 「재자원화법」의 제정 배경에 대한 해석은 「재자원화법」의 전문이 공개된 후 판단해야 한다.

라. 기타 환경 분야에서 관련법과 규정

기타 환경 분야에서 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 규정을 담고 있는 법은 환경보건 분야의 「공중위생법」, 도시 관리 분야의 「도시미화법」 및 「평양시관리법」이 있다.

「공중위생법」은 1998년에 채택되었으며, 인민들의 위생적인 생활환경과 조건을 마련하여 그들의 건강을 보호 증진하는 데 이바지하는 것으로 목적을 설정하고 있다. 주요 내용으

58) Boljkovac(2020), p.28.

59) 최은주(2021), pp.1-17.

로는 독성물질의 처리, 먹는 물 등의 수질기준 보장, 오물장 관리 및 공공장소의 위생관리 등에 대한 규정이 있다. 이러한 「공중위생법」에서는 제15조 오물장, 변소의 관리 규정을 두어 오물의 처리에 관한 규정을 설정하였는데 이는 오물장을 위생적으로 관리하여 사람의 건강 및 환경에 미칠 영향을 방지하고자 함이다. 또한 오물은 무해화하여 처리하도록 규정하여 오물의 처리과정에서 발생될 수 있는 유해성을 관리하도록 하고 있다.

「도시미화법」은 2012년에 채택되었으며, 도시구획의 정리 및 미화, 도시청소사업을 통해 인민들에게 문화위생적인 생활환경을 마련하는 것이 목적이다. 주요 내용으로는 도시구획의 정리, 시설물의 미화, 도시 청소에 관한 사항을 다루고 있다. 「도시미화법」에는 제28조 담당구간의 청소, 제29조 휴지통의 설치, 제30조 오물의 처리, 제31조 오물의 재자원화의 4가지 조항에서 오물과 관련한 규정이 존재한다.

동 법 제28조 담당구간의 청소 조항에서는 기관, 기업소, 단체와 공민은 담당구간 청소를 정상적으로 하여 오물을 제때 버리도록 하고 있으며, 도시경영기관과 기관, 기업소, 단체는 오물장을 문화위생적으로 조성하여 오물을 정해진 장소에 버리게 하도록 규정하고 있다. 또한 제29조 휴지통의 설치 조항을 살펴보면 극장, 영화관, 정류소, 공원 등의 공공장소에 휴지통을 설치하여 깨끗이 관리하도록 규정함으로써 일반적인 생활공간의 위생을 관리하고 있다는 것을 알 수 있다. 제30조 오물의 처리 조항에서는 생활에서 발생되는 오물은 도시경영기관이 처리하고, 기관, 기업소, 단체에서 발생되는 오물은 해당 기관, 기업소, 단체가 처리를 수행하도록 규정하여 오물의 처리 주체를 설정하고 있다. 제31조 오물의 재자원화 조항에서는 선진과학기술의 성과를 수용하여 오물을 재자원화하도록 규정하고 있다.

지방자치단체의 폐기폐설물과 오물에 대한 법인 「평양시관리법」은 1998년에 채택되었으며, 평양시를 현대적이고 문화적인 도시로 잘 꾸려 인민들에게 깨끗한 생활환경과 편리한 생활조건, 노동 조건을 마련하는 것이 목적이다. 「평양시관리법」의 주요 내용은 정화된 도시 건설과 경영, 가로등 설치, 하천 관리, 월립 조성, 거주 및 기관 등록, 주민 봉사 등에 대한 규정을 담고 있다.

「평양시관리법」의 다양한 도시 관리 규정 중 제28조 오물의 처리 조항이 있는데 이는 도시경영기관이 도시의 오물종합처리장을 조성하고 오물 처리의 주체를 규정하고 있으며, 오물을 적정한 시기에 수거, 운반, 재자원화 및 처리하도록 하여 도시 오물에 의한 환경오염

을 방지하고 주민들에게 깨끗한 환경을 보장해주기 위함이다.

〈표 2-3〉 기타 환경 분야 법에서 오물관리에 관한 규정

법	환경보건	도시관리	
	공중위생법	도시미화법	평양시관리법
목적	인민들의 위생적인 생활환경과 조건을 마련하여 그들의 건강을 보호 증진시키는 데 이바지함	도시의 구획정리 및 미화, 도시청소사업을 통해 인민들에게 문화위생적인 생활환경 마련	평양시를 현대적이고 문화적인 도시로 잘 꾸려 주민들에게 깨끗한 생활환경과 편리한 생활조건, 노동 조건을 마련
주요 내용	독성물질 처리, 먹는물 등의 수질기준 보장, 오물장 관리, 공공장소의 위생관리	도시구획의 정리, 시설물의 미화, 도시 청소	도시 건설과 경영, 가로등 설치, 하천 관리, 원림 조성, 거주 및 기관 등록, 주민봉사 등
폐기물, 오물 등 관련 조항	<ul style="list-style-type: none"> - 제15조 오물장, 변소의 관리 <ul style="list-style-type: none"> · 살림집, 공공건물 주변의 오물장, 변소를 위생 문화적으로 관리 · 오물은 정해진 대로 수집 운반하고 무해화 	<ul style="list-style-type: none"> - 제28조 담당구간의 청소 <ul style="list-style-type: none"> · 담당구간 청소를 정상적으로 깨끗이 하며 오물을 제때 버려야 함 · 오물장을 꾸려놓고, 오물을 정해진 곳에만 버리게 하여야 함 - 제29조 휴지통의 설치 <ul style="list-style-type: none"> · 공공장소에 휴지통을 설치 - 제30조 오물의 처리 <ul style="list-style-type: none"> · 오물은 정해진 처리 장소에 제때에 실어내가야 함 - 제31조 오물의 재자원화 <ul style="list-style-type: none"> · 선진과학기술을 이용하여 오물을 재자원화 하여야 함 	<ul style="list-style-type: none"> - 제28조 오물의 처리 <ul style="list-style-type: none"> · 오물종합처리장을 꾸리고 오물을 제때 처리하여 도시 오물, 공업폐설물에 의한 환경오염을 막아야 함 · 기업소는 공업폐설물을 오물종합처리장에 실어 날라야 함

자료: 조선민주주의인민공화국(1998.7.15), “공중위생법”; 조선민주주의인민공화국(1998.11.26), “평양시관리법”; 조선민주주의인민공화국(2012.12.19), “도시미화법”을 참조하여 재구성.

2. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 제도

일부 문헌에서는 북한의 물자 부족, 인민소비품 부족의 해결을 위해 추진되어온 정책들을 순환경 정책과 연관하여 해석하고 있으며, 1980년대부터 추진되었던 8·3인민소비품창조 운동을 순환경 정책의 일환으로 보기도 한다. 또한 북한에서는 농산물, 축산물, 농업부산물 등과 같은 것들을 전 국가적 차원에서 사들이는 상업행위인 수매사업을 추진하고 있으며,⁶⁰⁾ 일부 북한의 언론에서는 폐기물 또한 수매사업의 대상으로 재자원화가 경제발전에 이바지되어야 함을 언급한 바 있다.⁶¹⁾ 따라서 북한에서 추진된 물자 부족 등의 해결과 폐기물 관리 분야가 연관된 정책적 제도들에 대하여 조사하고 분석하였다.

가. 8·3인민소비품창조운동

8·3인민소비품창조운동은 북한에서 1980~1990년대에 물자의 부족과 함께 생활필수품 공급이 부족해짐에 따라 소비재를 증산시키고자 김정일의 지시로 추진된 정책적 조치이다.⁶²⁾ 북한에서는 이를 군중운동의 성격으로 설명하고 있으나 8·3인민소비품창조운동의 시작은 김정일의 지시에 따라 확산된 운동이라는 점을 고려하였을 때 정책적 조치였던 것으로 판단된다. 여기서 8·3인민소비품은 기관, 기업소, 협동단체와 가내작업반, 부업반 등에서 유휴자재와 폐기물, 폐설물, 부산물을 이용하여 만든 생활소비품을 의미하며, 국가계획상에는 없는 제품이다.⁶³⁾

8·3인민소비품창조운동에서는 각 기업, 가정에 조직된 생활필수품 직장과 작업반을 조직하였으며, 도시와 노동자구, 협동농장들에 가내작업반과 부업반을 조직하여 기업의 부산물, 폐기물, 지방의 차원에서 수집한 유휴자재, 폐기물 등을 이용하여 생활필수품 등의 생산을 담당하도록 하였다. 또한 도시에 8·3인민소비품 직매점을 설치하여 판매할 수 있도록 하였으며 이에 대한 처리책임도 명확하게 규정하였다. 8·3인민소비품은 국가계획상 없는 사적 생산

60) 전우현(2010), pp.69-125.

61) 리춘광(2012), pp.39-41; 황영남(2012) p.56; 리윤일(2013) p.92.

62) 양문수(2015), pp.33-66.

63) 통일부 북한정보포털, “8·3인민소비품”, 검색일: 2021.9.6.

품이라는 점과 8·3인민소비품창조운동에서 국가가 지원해주지 않고 지방 차원에서 자체 해결하도록 되어 있다는 점에 따라 국가 계획경제의 범위 밖에 존재하는 시장경제의 존재를 인정했다는 점에서 의미를 갖는 것으로 평가되기도 한다.⁶⁴⁾

그러나 8·3인민소비품창조운동에 의해 생산되는 소비품의 경우, 가내수공업 등 단순한 방법으로 생산되어 질이 낮은 한계점이 있었으며, 결과적으로 소비재 증산에 의한 공급문제 해결에 도달하지 못하였다.

나. 수매사업

북한의 수매사업은 식료품에 대한 수요를 충족시키는 일과 공산품의 생산 원료를 확보하는 일이 주된 내용으로 알려져 있다.⁶⁵⁾ 수매사업의 수행에 있어 당의 말단 단위인 인민반은 상부로부터 하달되는 과제를 수행해야 하며, 인민반에 하달되는 과제 중 유휴자재의 수집과 수매 과제를 수행해야 한다. 여기서 유휴자재란 쓸모가 없어 집에서 놓고 있는 자재를 의미한다.

또한 북한의 사회주의 경제 건설에 이바지한다는 명목으로 가정에 있는 유휴자재를 모조리 찾아내어 수매사업을 통해 재사용 또는 재활용할 것을 지시하였다. 수집되는 품목으로는 파철, 파동, 파지, 파고무, 파유리 등 총 20여 종이 있다.⁶⁶⁾ 각 가구별로 유휴자재의 할당량이 정해져 있으며, 월별 또는 분기별로 수집하여 수매소에 제출해야 한다.

최근 언론보도에서는 북한의 재자원화와 관련한 중앙당의 지시와 자력갱생의 개념을 기반으로 한 경제난 극복을 위한 다양한 조치 중 전국적인 수매사업이 강조되고 있다는 내용도 있다.⁶⁷⁾ 노동신문에서는 재자원화가 경제발전의 동력이 되는 데에 수매사업이 중요한 문제의 하나임을 나타내었으며, 수매사업 규정을 전반적으로 검토하여 불합리한 점을 바로 잡고 인민들이 유휴자재를 하나도 버리지 않고 모아들이는 데 재미를 붙이도록 하여야 한다고 언급하였다.⁶⁸⁾

64) 양문수(2015), pp.33-66.

65) 전우현(2010), pp.69-125.

66) 배영애(2018), pp.194-240.

67) NK경제(2020.11.5) “북한 ‘재자원화 국가적 사업으로 추진 중’”, 검색일: 2021.9.27.

이와 같은 수매사업은 공장에 부족한 원료를 보충하기 위한 수단으로 수행되고 있으나 일정 부분은 폐기물의 분리배출 및 수거에 의한 재사용 및 재활용에 기여한다고 볼 수도 있다. 예를 들어, 평양의 오물장은 수거의 효율성을 위하여 2층의 구조로 되어 있으나, 한국과 같이 별도의 분리수거장이 마련되어 있지 않다. 분리수거장이 마련되지 않은 것은 수매 제도에 의한 것인데 가정으로부터 발생되는 빈병, 파유리, 파동 등과 같은 물질들이 1차적으로 수매제도를 거쳐 수거가 이루어지고 있기 때문이다.

이와 같은 수매사업의 추진이 비교적 잘 이루어지는 것은 인민반에 할당된 과제의 목표를 무조건 맞추기 위함이다. 이는 생활총화의 주요 자아비판의 주제로 유휴자재의 수매에 대한 사항이 선정되어 있기 때문이기도 하다. 여기서 생활총화는 북한의 사회 제도 중 하나로 북한 주민들이 당이나 근로단체 등과 같은 소속 조직을 매개로 주기적으로 수행되는 각자의 업무와 공·사생활을 반성하고 상호 비판하는 모임을 말한다.⁶⁹⁾

수매에 대해 할당된 과제의 목표가 현실에 맞지 않게 매우 과중하게 설정된 것도 문현을 통해 살펴볼 수 있다. 일부 문현에서 나타난 탈북민의 증언에서는 인민반별로 자갈 50kg, 고철 5kg, 구리 600g을 상납하는 형식으로 과제가 할당되는데 가정에서 자재의 마련이 어려운 경우에는 돈을 지불하거나 장마당으로부터 구매하여 할당량을 채우는 경우가 많다는 사항도 존재하였다.⁷⁰⁾ 또한 일부 주민은 수매소의 직원에게 로비하여 수매증을 받아오기도 하는데 이로 인해 현물은 없고 빈 수매증만 발급되는 상황이 발생하고 있다는 탈북민의 증언도 있다.

이와 같이 한국에서의 분리배출 및 수거와는 다른 형태이지만 북한의 수매제도가 생활총화 등과 같은 사회적 시스템에 의하여 비교적 잘 수행되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 북한의 주민들에게 과도한 폐기물의 수거에 대한 책임이 부여되어 있다는 점을 알 수 있다.

68) 연합뉴스(2020.2.14), “북한, 자력갱생 천명 속 ‘폐기물 수매’ 확대...‘모조리 재활용’”, 검색일: 2021.9.14.

69) 통일부 북한정보포털, “생활총화”, 검색일: 2021.9.14.

70) 김연지(2017), p.109.

제3장

북한 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보, 분류체계와 관리현황

1. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 문헌정보와 특징

가. 북한과 관련한 국내 기관 현황

북한에 대한 정보는 언론이나 대학 및 대학 연구소 등의 연구 자료를 통해 발표되는 경우가 많다. 언론의 경우, 탈북자의 인터뷰 등과 각종 매체를 활용하여 북한의 인권, 경제 상황, 생활 및 환경 분야에 대해 보도하고 있으며, 북한 사회의 심각한 상황을 설명하고 있다. 특히, 일부 언론은 탈북자가 기자로 활동하면서 북한에 대한 비교적 신뢰도가 높은 정보를 보도하고 있다.

대학 및 대학 연구소에서는 북한의 언론, 정치, 국방, 교육, 경제, 사회문화 등의 전반적인 분야의 연구를 수행하고 있으며, 북한학 또는 탈북자 전문가 양성 등을 수행하고 있다. 이러한 기관을 통해 북한의 일상생활에 대해 확인할 수 있는 정보를 일부 구할 수 있는데 일상생활에 대한 정보는 북한의 폐기물 발생 및 처리에 대해 간접적으로 검토해볼 수 있는 정보이다.

연구소와 같은 기관에서는 북한 환경, 안보, 정책, 경제, 남북관계 등에 대한 연구를 수행하고 있다. 북한의 산업현황이나 군사 활동 등에 대한 정보를 확인할 수 있는데 이러한 정보들은 북한에서의 사업장 폐기물과 유해폐기물의 종류에 대해 간접적으로 검토해볼 수 있는 정보가 된다.

국내의 북한과 관련한 기관 현황은 <표 3-1>과 같으며, 이를 기관으로부터 확보할 수 있는 북한과 관련한 정보를 활용하여 북한의 폐기물 관리 상황에 대해 검토하였다.

〈표 3-1〉 북한과 관련한 기관 현황

구분	기관	북한 관련 주요 분야
언론	자유아시아방송	북한 인권, 경제, 환경 등
	데일리엔케이	북한 인권, 생활, 환경 등
대학 및 대학 연구소	경기대학교 (한반도전략문제연구소)	북한 정치, 국방, 교육 등
	고려대학교 세종캠퍼스 (통일외교안보 전공)	북한문학, 북한언론, 북한예술
	중앙대학교 (동북아학과-북한개발협력 전공)	북한문화예술
	이화여자대학교	북한 일상생활
	경남대학교(극동문제 연구소)	북한 사회문화
연구소	한국환경정책·평가연구원	북한 환경 전반
	국방연구원	안보환경, 군사전략 등
	세종연구소	북한 정책, 경제, 교류방안 등
	통일연구원	남북관계, 교류협력, 군사안보 등

자료: 저자 작성.

나. 국내외 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 문헌정보

1) 국내 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 문헌정보

북한의 환경 분야와 관련한 연구 중 폐기폐설물(폐기물)에 대한 연구논문은 〈표 3-2〉에 나타내었다. 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 연구에는 직접적으로 폐기폐설물(폐기물) 분야를 다루는 문헌도 있고, 환경 분야 전반에 대한 연구에서 폐기폐설물(폐기물) 분야를 언급하거나 일부 포함된 문헌이 있다. 또한 북한의 폐쇄적인 성향에 따라 위성사진을 활용하여 환경오염 현황을 분석한 문헌이 있어 이를 문헌을 통해 폐기물에 의한 환경 영향을 간접적으로 확인할 수 있다.

북한의 폐기폐설물(폐기물)과 직접적으로 연관된 논문으로는 북한의 환경문제와 폐기물 정책에 관한 시론적 연구가 있다. 이 연구는 국내 학자들에 의한 연구 문헌분석과 탈북자 인터뷰에 의한 실태를 파악하는 방식으로 수행되었다.⁷¹⁾

또 다른 문헌은 내용을 바탕으로 「환경법」 분야와 국제지원 및 사업 분야, 위성사진을 활용한 환경오염 분석으로 구분할 수 있다. 「환경법」 분야의 문헌의 주요 내용은 북한의 「환경법」의 구성과 체계를 분석한 것이며, 「환경보호법」 등을 포함하여 물환경, 대기환경, 폐기물 등 환경의 전반적인 분야의 법에 대한 사항이다.⁷²⁾ 국제지원 및 사업 분야에서는 북한의 청정개발체계와 관련한 것이며 주요 내용으로 재생에너지 및 폐기물 에너지 분야의 사업 내용이 포함되어 있다.⁷³⁾ 위성사진을 활용한 문헌에서는 과거와 연구 당시의 이미지 분석을 통해 산림파괴, 수질오염 등에 대해 파악하였다.⁷⁴⁾

〈표 3-2〉 국내 전문가에 의한 북한 폐기폐설물(폐기물) 문헌정보

연도	저자	제목	주요내용	발행기관/ 학술지
2007년	박순애	북한의 환경문제와 폐기물 정책에 관한 시론적 연구	- 북한의 폐기물 정책에 대한 분석 - 탈북자 인터뷰 등에 의한 북한의 폐기물현황 조사	한국정책과학 학회
2013년	김상명	북한 환경 법제에 관한 연구	- 북한의 환경법제의 법체계의 분석 (환경보호법 등)	제주대학교 법과정책연구원
2014년	한상운	최근 북한 환경법의 동향과 시사점	- 환경매체(물, 대기, 토양, 폐기물 등)에 따른 환경보호 규정에 대한 분석	한국환경법학회
2016년	이해정, 이용화	북한의 청정개발체제(CDM) 사업 추진 현황	- 북한의 재생에너지 사업과 폐기물 에너지 분야 사업현황 분석	통일경제
2016년	기정훈	구글어스 기반의 공간영상 분석을 통한 북한 도시들의 환경오염과 산림파괴 연구	- 북한에 대한 구글어스 위성사진을 활용한 환경오염에 대한 분석	환경정책
2017년	최현아	북한 환경문제 해결을 위한 협력 방안 -EU 지원사업이 주는 시사점을 중심으로-	- 북한의 환경과 관련하여 국제기구 등과의 협력사항에 대한 조사와 분석	통일연구
2018년	윤성문 외	위성사진을 활용한 북한 지역 광산의 광해 현황 연구	- 구글어스 위성사진을 활용한 광산 지역의 관리 현황과 물환경 및 산림 등의 환경오염 분석	한국자원 공학회지

자료: 저자 정리.

71) 박순애(2007), pp.275-294.

72) 김상명(2013), pp.49-82; 한상운(2014), pp.237-271.

73) 이해정, 이용화(2016), pp.74-87; 최현아(2017), pp.47-73.

74) 기정훈(2016), pp.133-146; 윤성문 외(2018), pp.564-575.

국내 연구기관에서 수행한 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 연구에는 북한의 법률 중 환경 분야 법에 대한 분석, 수질, 토양, 대기환경 등의 오염 정도에 대한 문헌 분석, 위성사진 등을 활용한 오염상태 분석 및 이를 통한 환경인프라 구축 등 협력방안과 관련한 연구의 내용이 포함되어 있다. 주요 연구 내용은 <표 3-3>과 같다.

법제처에서는 북한의 전반적인 법률체계에 대한 조사를 수행하였다. 이는 북한의 기상, 천연기념물, 환경 등과 북한 사회 전반에 걸친 법률들의 제정 배경과 법률 분야의 구분 및 내용이 담겨져 있다.⁷⁵⁾

과학기술정책연구원과 한국환경연구원에서는 독일 통일 사례 중 환경협력 정책을 분석하였고, 북한의 대기, 수질, 폐기폐설물(폐기물) 및 토양 등의 현황에 대하여 문헌을 분석해 북한 환경기술 협력방안, 인프라 조성을 위한 환경협력 전략 등을 도출하였다.⁷⁶⁾

과학기술정보통신부의 주관으로 명지대학교에서는 구글어스 기반의 위성사진을 분석해 산림파괴, 습지파괴와 수질오염, 대기오염 등을 포함한 환경오염에 대하여 분석해 환경협력 방안에 대해 연구를 하였다.⁷⁷⁾

경기연구원에서도 남북협력을 위한 연구를 수행하였으며, 북한의 환경 전반에 대한 현황을 조사하였다. 특히, 경기도는 접경지역인 DMZ가 포함된 지역이어서 이에 대한 지속 가능한 발전 방안에 대해 연구가 수행되었다.⁷⁸⁾

75) 김성욱(2010), pp.47-87.

76) 김종선 외(2014), pp.12-21; 명수정(2017), pp.91-92.

77) 기정훈(2017), p.3.

78) 이기영 외(2019), pp.279-281.

〈표 3-3〉 국내 연구기관의 북한 폐기물 관련 문헌정보

연도	연구기관	제목	주요내용
2010년	법제처	2010년 남북법제연구보고서	- 북한의 기상, 천연기념물, 환경 등의 분야별 법제 현황과 내용
2014년	과학기술 정책연구원	북한 환경기술 연구 현황과 남북 과학기술 협력방안	- 독일의 통일사례 중 환경협력 정책 분석 - 기후변화, 수질, 토양 등의 환경 현황조사 - 환경분야 남북 과학기술 협력방안 도출
2017년	한국환경 연구원	북한의 환경인프라 조성을 위한 환경협력연구	- 북한의 대기, 수질, 폐기물, 토양, 토지 이용에 대한 문헌조사 - 북한의 환경인프라 구축을 위한 협력전략
2017년	과학기술 정보통신부 (명지대학교)	구글어스를 활용한 북한의 환경오염과 자연환경 분석과 협력적 거버넌스 모델을 통한 남북한 환경협력 관리기술 개발	- 구글어스 이미지 분석을 통한 공장, 기업 소 등에 의한 환경오염 분석
2019년	경기연구원	경기도의 남북 환경협력 방안 연구	- 환경매체별 현황 분석(자연환경, 하천, 상 하수도, 자원순환 등) - DMZ 보전 및 지속 가능한 발전 방안 및 전략

자료: 저자 정리.

2) 외국 북한 폐기폐설물(폐기물) 관련 문헌정보

UNEP와 같은 국제기구와 국외의 전문가 및 북한 과학자에 의하여 작성된 북한 폐기폐설물과 관련한 문헌 현황은 〈표 3-4〉와 같다. UNEP에서는 2012년 북한의 환경과 기후변화에 대한 전망을 주제로 한 문헌을 발간하였으며, 대기질, 물환경, 토지, 산림 및 토양, 생물 다양성, 기후변화의 분야별 북한 환경 현황에 대한 내용을 담고 있다. 폐기폐설물과 관련한 내용은 토지, 산림 및 토양 분야에 포함되어 있으며, 폐기폐설물로 인한 토양 중 중금속 함량과 함께 발생된 폐기폐설물의 조성, 폐기폐설물의 처리 방법에 대해 간략하게 설명하고 있다.⁷⁹⁾ 이러한 정보는 북한의 폐기폐설물 관리에 대한 정보 중 정량적으로 제시된 정보이므로 향후 연구에서 해당 정보에 대하여 경제상황 등 다른 요인을 고려하여 그 의미에 대해 파악할 필요가 있다.

Chen and Li(2016, p.4)는 스톡홀름 협약 및 바젤 협약에 대한 역량 강화 및 기술 이전

79) UNEP(2012), pp.50-52.

등과 관련하여 북한의 PCBs 생산과 폐기에 대하여 발표하였다. 북한에서 PCBs는 기계산업에서 변압기, 축전기의 절연유 등으로 사용되고 있다. 스톡홀름 협약에 따라 PCBs 철폐라는 전 지구적 목표를 달성하기 위해 북한 당국은 자체적인 연구를 시행해 PCBs의 대체품을 도입하려 하나 일부 산업규격을 만족하지 못한 것으로 알려졌다. PCBs 폐기물에 대한 특별한 처리방법 또한 없는 실정이다.⁸⁰⁾

Boljikovac(2020, p.28)은 북한의 국제 협약 이행 지원을 위하여 화학물질 및 폐기물 관리에 대한 교육사항을 중국 주관의 국제학술대회인 International Conference on Waste Management and Technology에서 발표하였다. 주요 내용은 북한의 산업폐기물의 관리에 대한 문제점을 평가하였는데 유해폐기물이 적절하게 관리되지 않아 대기환경, 물환경 및 토양환경으로 그대로 배출된다는 점이었다. 또한 북한에서 2020년에 채택된 「재자원화법」에 대해 소개하였으며, 법의 목적과 주요 구성에 대해 소개하였다.⁸¹⁾ 그러나 「재자원화법」의 세부적인 조항에 대해서는 파악할 수 없었다.

2021년 북한에서는 지속가능한발전목표(SDGs: Sustainable Development Goals)의 17가지 목표와 관련한 북한의 추진사항과 현황, 계획의 내용을 담고 있는 Voluntary National Review On the Implementation of the 2030 Agenda(이하 VNR 보고서)를 발간하였다. VNR 보고서에서 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 사항은 '목표 12 지속가능한 소비 및 생산 방식의 보장 부문'에서 다루고 있으며, 2030년까지 예방, 감축, 재활용 및 재사용을 통해 폐기폐설물(폐기물)량을 현저히 줄일 것을 목표로 설정하였다. 그간의 추진 사항에 대하여 각 가정에서의 재활용 물품의 수거, 재와 슬래그의 건축자재로의 재활용에 대한 내용을 설명하였다. 또한 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 도전 과제로써 자국 내 재활용률 측정방법이 미흡하다는 점과 국제사회를 통한 교류가 필요하다는 사항을 설명하였다. 향후 계획으로 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 정보 수집, 분석, 평가 및 관리에 대한 제도적·기술적 여량강화의 내용을 국가환경보호 전략의 하위 내용으로 설정하였다.⁸²⁾

80) Chen and Li(2016), p.4.

81) Boljikovac(2020), p.28.

82) DPRK(2021), pp.38-39.

〈표 3-4〉 국외 전문가에 의한 북한 폐기물 관련 문헌정보

연도	기관/저자	제목	주요내용	비고
2012년	UNEP	Democratic People's Republic of Korea, Environment and Climate Change Outlook	- 북한의 대기, 물, 토양, 산림, 폐기물 등의 전반적인 환경 현황에 대해 다루고 있음.	UNEP 및 북한 국토환경보호성
2015년	Jambeck et al.	Plastic waste inputs from land into the ocean	- 전 세계에서 플라스틱 폐기물의 해양으로 유입량 예측 - 전 세계 플라스틱 폐기물의 해양 유입량 중 북한은 세계 19위로 나타남.	Science
2016년	Chen and Li	The Challenges of Eliminating PCB-Case Studies	- 북한의 Polychlorinated Biphenyls(PCBs)의 생산 및 PCBs 폐기물 관리 현황	BCRC China (스톡홀름, 바젤 협약 역량 강화 및 기술 이전 관련)
2020년	Boljkocvac	Developments in Resources Recycling in DPR Korea	- 북한의 폐기물 관리 현황 및 사례 - 북한의 폐기물 관련 법률 현황	ICWMT15 (중국 주관 학술발표)
2021년	DPRK	Democratic People's Republic of Korea: Voluntary National Review On the Implementation of the 2030 Agenda	- 북한에서 지속 가능한 발전 목표 (Sustainable Development Goal; SDGs)의 진행사항과 계획	목표 12에서 산업폐기물과 생활폐기물에 대해 설명

자료: 저자 정리.

3) 북한에서의 폐기폐설물(폐기물) 관련 문헌정보

북한의 폐기폐설물과 관련한 문헌은 노동신문과 같은 언론, 김일성종합대학학보와 경제 연구와 같은 학술잡지에서 일부 내용을 다루고 있다. 노동신문과 같은 북한의 언론에서는 폐기폐설물과 관련하여 수령의 지시 또는 지적을 전달하거나 재자원화 사업과 같은 국가적 정책 방향에 대한 인식 개선을 위한 선전물 배포, 재자원화의 성공사례 등을 전파하고 있다.

북한의 폐기폐설물 분야에 특화된 학술잡지와 정기간행물은 없었으며, 경공업, 금속 등의 산업분야, 경제 분야, 자연과학 및 생물분야의 학술잡지와 간행물에 폐기폐설물과 관련된 일부의 자료가 게재되었다. 연구 또는 정보자료는 주로 폐기물, 폐설물 또는 오물과 같은 용어나 재자원화, 재생리용 등의 키워드를 통해 파악할 수 있었다(표 3-5 참조).

북한의 경공업, 금속, 기술혁신, 생물학, 전자자동화, 화학의 산업 및 농업과 연관되는 학술잡지와 간행물에서는 산업공정에서 발생되는 폐기물의 감량화 및 특정 폐기폐설물(함성섬유, 고무, 폐축전지, 제련소의 폐설물 등)의 재사용 또는 재활용에 대한 성과를 설명하였다. 경제연구와 김일성종합대학학보: 철학·경제학의 학술잡지에서 게재된 폐기폐설물과 관련한 문헌에는 폐기폐설물의 경제적 가치 분석이나 재자원화 또는 재생이용의 필요성을 분석한 논문들이 게재되어 있다. 또한 교육과 관련한 고등교육의 간행물에서는 국제사회의 재자원화와 관련한 설명 자료를 실어 인민들에게 재자원화의 중요성을 강조하였다.

북한의 다양한 학술잡지와 간행물 중 하나인 과학원통보에서는 직접적인 연구로 폐기폐설물의 재자원화 모델과 관련하여 물질수지 이론에 의하여 수학적 분석을 수행하였다. 또한 김일성종합대학학보: 자연과학에서는 폐기폐설물의 에너지화에 대한 연구논문이 게재되어 있는데 이를 통해 북한의 폐기폐설물 에너지화가 폐기폐설물 관리의 중요 현안임을 유추해 볼 수 있다.

〈표 3-5〉 북한의 학술잡지 및 정기간행물에서 폐기폐설물 관련 문헌정보

학술잡지	학술잡지의 주요 주제	개재 논문 중 폐기폐설물 관련 주요 내용	문헌 수
경공업	· 의류, 식품, 일용품 등의 경공업 분야에 대한 간행물	- 합성섬유, 고무 등 고분자물질의 재생이용 기술 등	2
경제연구	· 과학기술, 산업 등 모든 분야에서 경제 개발을 위한 연구를 다루는 학술잡지	- 폐설물의 경제적 가치와 평가 방법 - 재자원화, 재생이용의 필요성에 관한 연구 등 - 경제작전에서 재자원화 체계의 의미 - 금속 재료관련 폐설물, 전자오물, 폐축전지 등과 같은 특정 폐기폐설물의 경제적 가치와 재자원화의 필요성 등	16
고등교육	· 김정일, 김일성 등의 지적사항 등과 북한의 정책성과 선전자료 및 교육 방법에 대한 간행물	- 국제사회에서 재자원화의 동향과 필요성에 대한 교육 자료	1
과학원통보	· 수학, 물리, 화학, 생물학 등의 기초 과학 및 응용과학 분야의 연구자료	- 재자원화 모델에 대한 수학적 분석	1
금속	· 흑색금속, 유색금속, 야금, 금속재료 등 금속공학의 전반적인 학술잡지	- 제련소 폐설물로부터 자원회수 기술	1
기술혁신	· 건설, 기계, 농업, 광업 등의 현장 기술에 관한 잡지	- 생산 공정 중 발생되는 폐설물의 재생이용 기술 - 파수지제품의 재생이용 기술 등	2
김일성종합대학 학보:자연과학	· 수학, 물리, 생물, 원자력 등의 학술논문	- 도시고체폐기물의 에너지화	2
김일성종합대학 학보:철학, 경제학	· 김일성과 김정일의 로전로작 및 주체사상의 이론적 및 방법론적 학술논문	- 경제생활에서 재자원화에 대한 고찰	1
생물학	· 동물학, 미생물학 등 생물학 전반의 연구를 다루는 학술잡지	- 폐설물의 작물 재배 기질로 이용하기 위한 연구	1
전자자동화	· 전기기계, 전기설비의 응용과 성과 등에 대한 간행물	- 생산 공정 중 폐기폐설물 발생 감량화 기술	1
화학	· 무기화학, 유기화학, 고분자화학 등의 화학 전반에 대한 간행물	- 고무 및 전지류의 재생이용 기술	2

자료: 저자 작성.

최근 북한 과학자가 쓴 북한의 폐기폐설물 관리에 대한 문헌이 국제 학술지에 발표되었는데 저자는 주로 김일성종합대학의 교수와 산하 연구진이다. Kim, O, and Pak(2017, p.72)은 북한의 도시고형폐기물(Municipal Solid Waste)과 산업폐기물(Industrial Solid Waste)로 구분하여 조성과 그 처리방법에 대하여 설명하였다.⁸³⁾

북한의 전문가에 의한 국제 학술논문 중 폐기물과 관련한 논문은 북한의 과학자인 김원국 교수와 오남철 교수의 논문이 대부분이다. 주요 내용은 폐기폐설물의 조성과 발열량에 기초한 에너지화 가능성이나 에너지화 옵션과 관련한 폐기폐설물 흐름에 대한 분석이다.⁸⁴⁾ 북한의 과학자가 폐기폐설물 에너지화 분야의 연구를 다수 수행한 것은 국제적인 대북 제재로 인하여 에너지원 공급이 수월하지 않아 이를 대체할 수 있는 수단으로써 연구를 수행하고 있는 것으로 판단된다.

83) Kim, O, and Pak(2017), p.72.

84) O and Kim(2017), pp.1671-1678; O et al.(2018), pp.2914-2922; O, Kim, and Kim(2018), pp.139-148; O et al.(2019), pp.1-12; O et al.(2021), pp.35-44.

〈표 3-6〉 북한 전문가에 의한 폐기폐설물 관련 국제학술논문

연도	저자	제목	주요내용	학술지
2017년	Kim, O, and Pak.	Waste Composition for Solid Waste Management and Its Characteristic Analysis, a Case Study	- 북한의 도시고형폐기물 및 산업 폐기물의 조성과 처리 현황을 설명함.	Landscape Architecture and Regional Planning
	O and Kim	Investigation of characterization of municipal solid waste for refuse-derived fuel, a case study	- 북한의 도시고형폐기물 중 가연성 및 유기성 폐기물의 기초 특성 및 에너지 특성 분석	Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects
2018년	O et al.	A feasibility study of energy recovery of RDF from municipal solid waste	- 북한의 도시고형폐기물을 폐기물 고형연료로 활용 가능성에 대한 연구 - 북한의 도시고형폐기물의 발생량과 조성이 제시됨.	Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects
	O, Kim, and Kim	Assessment of environmental burdens for municipal solid waste management options	- 북한의 도시고형폐기물의 포함적인 처리 흐름이 제시됨.	Waste and Resource Management
2019년	O et al.	An evaluation of alternatives to energy recovery from municipal solid waste part 2: energy balance and carbon footprint	- 북한의 도시고형폐기물 중 가연성 및 유기성 폐기물의 처리경로에 따른 물질 및 에너지 흐름이 제시됨.	Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects
2021년	O et al.	Investigating effective waste-to-energy options from refuse-derived fuel resources	- 북한에서 기존의 가연성 및 유기성 폐기물의 처리 옵션별 현황에 대해 설명함. - 북한에서 가연성 및 유기성 폐기물의 에너지화 옵션에 대한 처리 흐름을 분석함.	Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy

자료: 저자 정리.

다. 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 문현정보의 특징 요약

국내외 북한 폐기폐설물 관련 문현의 특징을 요약하여 <표 3-7>에 나타내었다. 문현의 특징은 북한의 폐기폐설물 관련법, 북한의 폐기폐설물 발생 및 처리현황, 북한의 폐기폐설물 처리실태 분야로 구분할 수 있다.

북한의 폐기폐설물 관련법은 통일부, 북한 관련 연구기관 등에서 일부 제공되고 있다. 주로 「환경보호법」, 「폐기폐설물취급법」, 「도시미화법」 등의 환경 분야 법률 정보가 있으며, 2015년 전후의 자료가 제공되고 있다. 최근 언론보도, 국제 학술대회에서의 발표 등에 따르면 북한에서 2020년 「재자원화법」을 채택한 것으로 나타났고, 일부 내용이 발표되었으나 전문은 공개되지 않았다.

북한의 폐기폐설물 발생 및 처리현황 중 생활계폐기물의 개념인 도시고형폐기물에 관한 정보는 UNEP에서 2012년에 조사한 정보가 주로 이용되고 있다. 또한 2012년 이후의 연구나 북한 과학자의 학술논문도 UNEP의 정보를 활용하고 있다. 이는 북한 자체의 폐기물 발생량 및 처리량을 집계하는 체계가 미흡하여 국제기구의 지원 하에 수집된 정보가 거의 유일하기 때문인 것으로 판단된다. 사업장에서 발생되는 폐기물(Industrial Solid Waste)의 경우, 국제적으로 제조와 사용이 금지된 특정 유해물질의 제조와 생산이 이루어지고 있는 것으로 나타났는데 이들의 폐기 시 적정관리가 이루어지지 않아 대기환경, 물환경 등으로 유해물질의 유출이 발생되고 있는 것으로 확인되고 있다. 그러나 이에 대한 정량적 정보 등은 미흡한 실정이다.

북한의 폐기폐설물 처리실태에 대해서는 법적으로 폐기폐설물을 제때 수거하고, 처리하도록 하고 있으나 수거 및 운반 능력이 미흡하며, 폐기폐설물 배출량을 기록하도록 하고 있으나 Voluntary National Review(VNR) 보고서에서 설명된 도전 과제와 학술논문의 내용을 고려해보면 폐기폐설물 발생 및 처리현황에 대한 조사체계가 확립되지 않은 것으로 추정된다.

〈표 3-7〉 북한의 폐기폐설물 관련 문헌정보의 특징

분야	특징
북한의 폐기폐설물 관련법	<ul style="list-style-type: none"> - 북한의 법률 현황은 통일부에서 일부 제공되고 있으나 국제적인 대북 제재에 따라 최신 법령 정보는 반영되어 있지 않음 - 외국의 전문가를 통해 최신 법령 정보의 일부정보를 파악할 수 있음⁸⁵⁾
북한의 폐기폐설물 발생 및 처리	<ul style="list-style-type: none"> - 생활계 폐기폐설물의 발생량은 UNEP(2012)에서 제시된 정보가 주로 이용됨 - 2012년 이후의 연구나 북한 연구자의 문헌에서도 UNEP의 정보를 주로 활용하고 있음 - 북한 연구자의 문헌은 폐기폐설물 에너지화 분야에 집중되어 있음 - 사업장 폐기폐설물의 발생 및 처리현황은 일부 문헌에서 정성적 정보가 제시되어 있으나 생활계 폐기폐설물에 비해 정보가 미흡하고, 정보의 신뢰성에 대한 검토가 필요한 실정임 - PCBs와 같은 유해물질의 생산과 폐기가 이루어지고 있는 것은 확인되나 정량적 정보가 미흡함
북한의 폐기폐설물 처리실태	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물취급법에서 폐기물 배출량을 기록하도록 규정하고 있으나 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 조사체계가 확립되지 않은 것으로 추정됨

자료: 저자 작성.

85) 중국 주관의 학술대회 등에서 일부 언급되었으나 전문이 공개되지 않음.

2. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 분류체계

가. 북한의 폐기폐설물(폐기물)과 관련한 용어의 사용

북한에서의 폐기물과 관련한 용어의 표현은 한국과 약간 차이가 있다. 「폐기폐설물 관리법」 등에서는 폐기물과 폐설물, 오물을 구분하여 사용하고 있으며, 미광, 버력과 같이 한국에서 잘 사용하지 않는 용어도 사용되고 있다. 또한 북한의 학술잡지와 간행물에서도 오물과 폐기폐설물의 용어를 나누어 사용하고 있다. 따라서 북한의 환경 분야 법과 학술잡지 및 간행물에서 사용하고 있는 폐기물 관련 주요 용어의 개념을 국내 통일부에서 제공하고 있는 정보와 탈북민의 증언을 통해 확인하였다. 주요 용어의 개념은 다음과 같다.

- 폐기물: 기계, 제품 등을 사용하지 못하고 버리는 것
- 폐설물: 공장, 기업소 등에서 작업, 생산과정에서 나오는 버리는 것
- 오물: 가정에서 발생되는 폐기물
- 미광: 광물에서 필요한 광물을 분리하고 남은 가치 없는 부분(광물찌꺼기; 광미)
- 버력: 광산활동에서 나오는 미광 외의 모든 폐기물(폐석 등)

북한 전문가들의 국제 학술논문을 살펴보면 폐기물과 관련한 영문표현은 Municipal Soild Waste와 Industrial Solid Waste로 나눠 설명하고 있다. Municipal Solid Waste는 주로 오물을 나타내는데 이는 한국의 생활폐기물을 의미한다. Industrial Solid Waste는 폐기폐설물로, 이는 한국의 사업장폐기물을 의미한다. 이외에도 북한의 언론이나 북한 과학기술자가 작성한 논문 등에서 사용되는 폐기물 관련 용어도 약간의 차이를 보이는데 그 사례를 <표 3-8>에 나타내었다.

〈표 3-8〉 한국과 북한에서의 폐기물 관련 용어 차이의 사례

대한민국	북한	대한민국	북한
사업장폐기물	폐기폐설물	하수, 오수, 폐수	버림물
생활폐기물	오물	광물찌꺼기, 광미	미광
폐주물사	낡은 주물모래	광미를 제외한 폐석 등 광산폐기물	버려
퇴비	풀거름	오니, 슬러지	감탕
골재	속감	준설	바닥파내기
집진기	먼지잡이 장치	고철	고금속

자료: 통일부 북한정포포털, “북한 용어 사전” 검색일: 2021.6.11의 내용을 바탕으로 저자 재작성.

나. 북한의 법·제도 및 문현에 의한 폐기폐설물 분류체계 분석

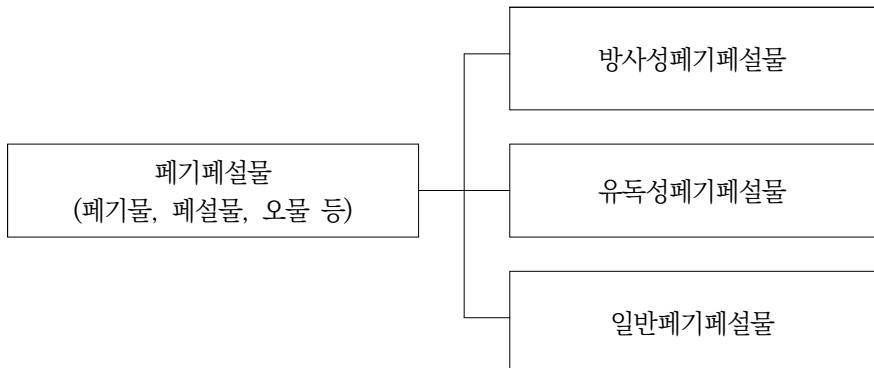
북한의 폐기폐설물의 분류체계는 「폐기폐설물취급법」에서 방사성폐기폐설물, 유독성폐기폐설물 및 일반폐기폐설물로 구분하고 있으며, 이를 도식화하면 〈그림 3-1〉과 같다. 방사성폐기폐설물의 경우, 별도로 정한 법에 따라 취급하고 있으며, 유독성폐기폐설물과 일반폐기폐설물은 해당 기관, 기업소, 단체가 처리하고 있다. 북한의 폐기폐설물 분류체계에서는 대부분 수준의 범주는 제시되어 있으나 세부적인 폐기폐설물 분류는 설정되어 있지 않다. 또한 우리나라와 달리 발생원의 개념을 포함하지 않는다.

북한의 「환경보호법」, 「폐기폐설물취급법」, 「공중위생법」, 「도시미화법」, 「평양시관리법」에서의 조항 간의 관계, 문맥 등과 북한의 학술잡지 및 간행물에서 사용되는 폐기폐설물 관련 용어를 살펴보았을 때 발생원을 유추해볼 수 있다. 북한의 폐기폐설물 관련 용어 사용에서 설명된 것과 같이 오물은 생활폐기물로 구분할 수 있다. 오물의 표현이 생활폐기물임을 유추할 수 있는 단서는 「공중위생법」과 「도시미화법」, 「평양시관리법」의 문맥에 있다. 예를 들면 도시경영기관은 살림집 주변에 오물장을 조성하도록 한다는 점이다. 이러한 개념은 우리나라의 생활폐기물의 처리 주체를 지방자치단체로 설정한 것과 유사하여 북한에서 쓰는 오물의 표현이 우리나라의 생활폐기물의 개념임을 파악할 수 있다.

또한 북한에서의 폐기물 및 폐설물은 공장, 기업소 등에서 발생되는 것으로 정의할 수 있으며, 우리나라의 사업장폐기물로 인식할 수 있다. 이는 북한의 「폐기폐설물취급법」에서

폐기물 또는 폐설물이 발생되는 기관, 기업소, 단체가 처리하도록 규정하고 있다는 점에서 우리나라의 사업장폐기물의 개념으로 유추해볼 수 있다.

그러나 북한의 폐기폐설물의 분류체계는 한국과 달리 폐기폐설물의 종류를 구체적으로 설정하고 있지 않으며, 북한의 법이나 문헌에서 설명된 문맥을 통해서 유추해볼 수 있는 정도이므로 향후 북한의 폐기폐설물 관리의 개선을 위해서는 북한의 사회, 산업 등의 현황을 반영한 구체적인 분류체계 마련이 필요할 것이다.



자료: 저자 작성.

〈그림 3-1〉 북한의 폐기폐설물 분류체계

3. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 발생 및 조성

가. 오물의 발생 및 조성

북한의 오물 발생량과 조성에 대한 전국적인 자료는 미비하다. 평양시의 자료가 있으나 이마저도 연구자에 따라 약간 차이를 보이고 있다. 오물의 발생량은 평양시에서 발생된 정 보로, 연간 약 58만~61만 3,600톤으로 보고되었다.⁸⁶⁾ 오물의 조성은 <표 3-9>와 같으며, UNEP에서 작성된 2012년도의 보고서에서 제시된 정보가 주로 활용되고 있다. 북한 전문 가의 국제 학술논문에서도 같은 정보를 계속 인용하고 있으나 Kim, O, and Pak(2017, p.72)은 오물의 조성을 약간 다르게 보고하였다. 2012년에 발간된 UNEP의 보고서 내에서 오물의 조성에 대한 조사 시점을 명확하게 나타내지는 않았으나 북한의 중앙통계국의 2009년 보고 자료로 나타낸 것을 보면 실질적인 조사 시기는 2008년 이전일 것으로 추정된다.⁸⁷⁾ Kim, O, and Pak(2017, p.72)에 의해 보고된 오물의 조성은 2009~2010년의 시점에 조사한 것임을 나타냈다.⁸⁸⁾ 따라서 문현별 오물의 조성의 차이는 조사 시점에 따른 것으로 판단된다.

북한 평양시의 오물의 조성은 크게 가연성 및 유기성, 불연성으로 구분할 수 있다. 가연성 및 유기성은 27.0~29.0%이고 불연성은 71.0~73.0%로 불연성 폐기물의 부분이 더 큰 것을 확인할 수 있다. 특히, 탄재는 전체 폐기물 중 64.0~68.4%를 나타내고 있어 이를 양으로 환산하면 약 37만~42만 톤으로 평양시의 오물 중 큰 비중을 차지하고 있다. 이와 같이 탄재의 비중이 높은 이유는 가정에서 난방용 및 취사용 연료로 석탄이나 탈 수 있는 가연성 물질들을 사용하고 있기 때문이다.

평양시뿐만 아니라 북한 전역에서 난방용 및 취사용 연료로 석탄과 탈 수 있는 가연성 물질을 사용한다는 것은 <그림 3-2>에서도 유추해볼 수 있다. <그림 3-2>는 함경북도 무산시의 주거지역 모습이다. 각 가구별로 굴뚝이 설치되어 있는데 이는 가정 내에 설치된 아궁

86) Kim, O, and Pak(2017), p.72; O, Kim, and Kim(2018), pp.139-148; 오남철, 박효성(2018), pp.33-36.

87) UNEP(2012), pp.50-52.

88) Kim, O, and Pak(2017), p.72.

이에 석탄과 가연성 물질을 이용하기 때문이다. 따라서 평양시를 포함한 북한 전역의 가정에서 발생되는 오물 중 탄재의 비중이 가장 높다는 것을 알 수 있다.

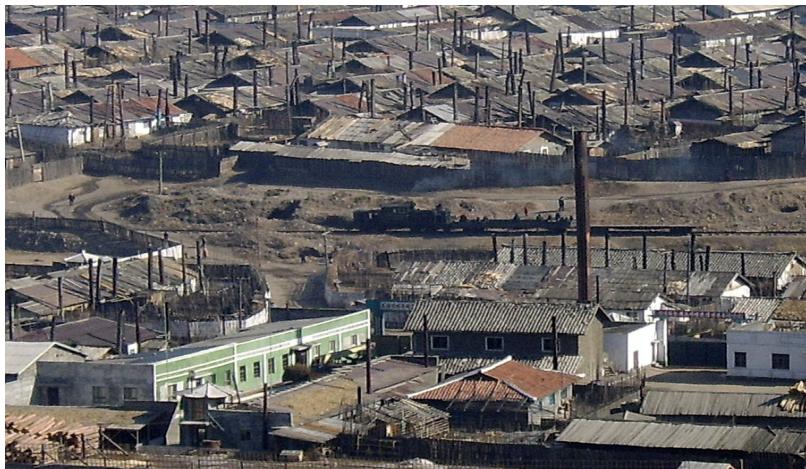
특히, 북한의 오물 중 탄재가 많다는 점을 고려해보면 한국의 서울시에서 무연탄 사용량이 약 7,000천~9,000천 톤⁸⁹⁾으로 가장 많았던 1970년대 중반에서 1980년대 중반 시기의 한국 생활 여건과 문헌에 조사된 시점의 북한 평양시의 생활 여건이 유사할 것으로 추정된다.

〈표 3-9〉 북한 평양시의 오물(도시고형폐기물)의 조성

구분	폐기물 종류	UNEP(2012), O et al.(2021)		Kim, O, and Pak(2017)		O et al.(2018), O, Kim, and Kim(2018) 오남철, 박효성(2018)		오물 조성의 범위(%)
		톤	%	톤	%	톤	%	
가연성 및 유기성	플라스틱류	11,600.0	2.0	8,590.4	1.4	11,600.0	2.0	1.4~2.0
	종이류	29,000.0	5.0	20,862.4	3.4	29,000.0	5.0	3.4~5.0
	섬유류	11,600.0	2.0	6,749.6	1.1	11,600.0	2.0	1.1~2.0
	혼합 유기성폐기물	58,000.0	10.0	119,038.4	19.4	58,000.0	10.0	10.0~19.4
	기타	58,000.0	10.0	10,431.2	1.7	58,000.0	10.0	1.7~10.0
	소계	168,200.0	29.0	165,672.0	27.0	168,200.0	29.0	27.0~29.0
불연성	금속	29,000.0	5.0	23,316.8	3.8	29,000.0	5.0	3.8~5.0
	유리	11,600.0	2.0	4,908.8	0.8	11,600.0	2.0	0.8~2.0
	탄재	371,200.0	64.0	419,702.4	68.4	371,200.0	64.0	64~68.4
	소계	411,800.0	71.0	447,928.0	73.0	411,800.0	71.0	71.0~73.0
합계		580,000.0	100.0	613,600.0	100.0	580,000.0	100.0	-
시점		2008년 이전		2009~2010년		2008년 이전		-

자료 : UNEP(2012), p.50~52; O et al.(2021), pp.35~44; Kim, O, and Pak (2017), p.72; O, Kim, and Kim(2018), pp.139~148; 오남철, 박효성(2018), pp.33~36.

89) 서울연구원 서울연구데이터베이스, “에너지 소비”, 검색일: 2021.9.16.



자료: 탈북자동지회(2006.3.25), “북한자료, 무산시내4”, 검색일: 2021.6.24.

〈그림 3-2〉 함경북도 무산시 주거지역

이와 같은 북한의 오물 발생량 및 조성의 정보의 신뢰성이 어느 정도 인지 분석하기 위하여 북한의 경제수준과 유사한 국가들의 폐기물 발생량을 비교하여 검토하였다. 〈그림 3-3〉은 World Bank에 의해 Low Income 국가로 분류된 국가들의 1인당 GDP를 나타낸 것이다. 또한 〈표 3-10〉은 Low Income 국가의 1인당 GDP의 범위를 200달러로 구분한 뒤 폐기물의 발생량 범위를 1인 1일당 발생량으로 나타낸 것이다.

북한의 경우, 2013년을 기준으로 1인당 GDP가 749달러로 분석되었다.⁹⁰⁾ 이 시기의 평양시의 인구는 2,926천 명이다.⁹¹⁾ 문현에서 보고된 북한 평양시의 오물 발생량을 인구를 고려하여 1인 1일당 발생량으로 환산하면 0.54~0.57kg/인/일로 나타낼 수 있다.

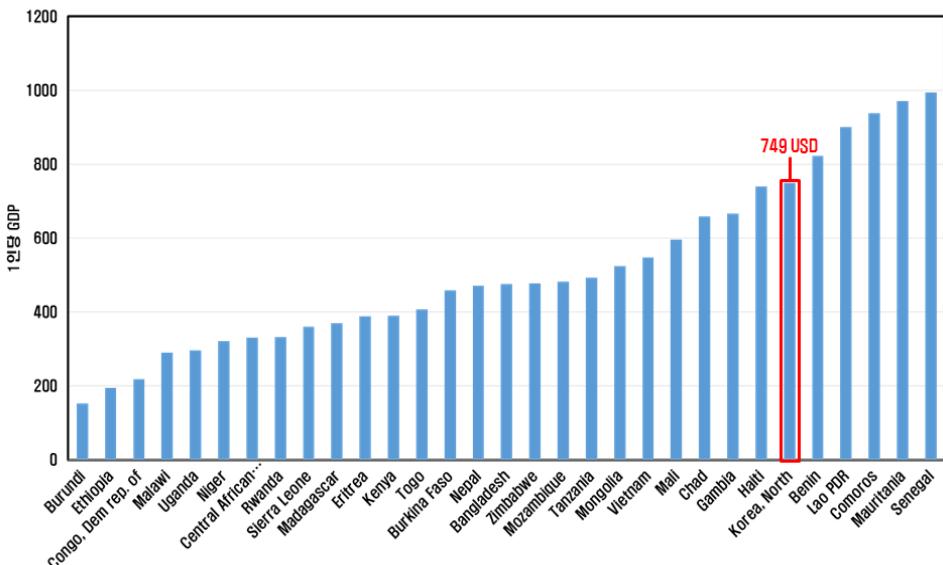
북한의 2013년 1인당 GDP인 749달러가 속하는 범위는 600~800달러이다. 해당 범위에 있는 Low Income 국가는 3개국이며, 폐기물 발생량의 범위는 0.50~1.00kg/인/일이다. 그러나 Low Income 국가 중 아이티에서는 폐기물 발생량이 1.00kg/인/일인 매우 높은 수치로 나타났다. 폐기물의 원단위 발생량은 경제수준과 밀접한 관계가 있어 일반적으로 경제수준의 증가에 따라 폐기물의 원단위 발생량도 함께 증가하는 경향을 띤다. 특히,

90) Kim(2017), pp.80-87.

91) 통계청 북한통계, “주요 도시 인구”, 검색일: 2021.8.26.

아이티의 폐기물 원단위 발생량은 현재 우리나라의 생활폐기물 원단위 발생량(2019년 기준 1.09kg/인/일⁹²⁾)과 유사한 수준이다. Low Income 국가에서 폐기물의 발생량 집계 방식이 미흡해 생활폐기물만 별도로 집계된 것이 아니고 지진이나 해일 등 자연재해로 발생하는 건설폐기물 등과 같은 다른 폐기물이 함께 집계되었을 가능성이 높기 때문에 아이티의 폐기물 원단위 발생량은 매우 특이한 경우이다.

아이티를 제외한 1인당 GDP의 범위가 600~800달러인 국가의 폐기물 발생량 원단위는 0.50~0.53kg/인/일이므로 북한 과학자에 의해 제시된 오물의 발생량은 국제적으로 발생하고 있는 폐기물 양과 비슷한 정도로 나타나 일정 부분 신뢰성 있는 정보라고 판단된다.



자료: Hoornweg and Bhada-Tata(2012), pp.51-62를 참조하여 저자 재구성.

〈그림 3-3〉 World Bank에서 Low Income 국가로 분류된 국가의 1인당 GDP

92) 환경부(2019), p.12.

〈표 3-10〉 국가별 1인당 GDP 범위에 따른 폐기물 발생량

국가수	1인당 GDP(USD)	폐기물 발생량(kg/인/일)
2	$x < 200$	0.3~0.55
10	$200 \leq x < 400$	0.34~0.80
10	$400 \leq x < 600$	0.12~1.46
3	$600 \leq x < 800$	0.50~1.00
6	$800 \leq x < 1,000$	0.50~2.23
북한	749	0.54~0.57

주: 국가별 1인당 GDP 정보와 도시고형폐기물 발생량(kg/인/일) 정보가 모두 명시된 자료를 기반으로 하여 국가별 기준 연도가 다름.

자료: Hoornweg and Bhada-Tata(2012), pp.51-62를 참조하여 저자 재구성.

나. 폐기폐설물 발생 및 조성

북한에서 폐기폐설물에 대한 정보가 제시되는 문현 수는 오물에 대한 정보가 제시되는 문현 수보다 적으며, 폐기폐설물 또한 평양시로 그 범위가 국한되어 있다. 특히, 폐기폐설물을 직접적으로 언급한 문현은 1건으로, 산업고형폐기물(Industrial Solid Waste)로 표현하였다.⁹³⁾

Kim, O, and Pak(2017, p.72)은 북한 평양시에서 2009~2010년에 발생된 폐기폐설물이 연간 약 564천 톤이라고 제시하였으며, 그 조성을 〈표 3-11〉과 같이 나타내었다. 이 폐기폐설물 발생량은 오물 발생량보다 적어 평양의 산업이 활성화되지 않은 것을 암시한다. 평양시에서 발생되는 폐기폐설물은 주로 전기, 금속, 농·축산업 등의 분야이며, 다양한 폐기물 중 석탄재와 연소잔재물이 약 318천 톤으로 약 56%를 나타내어 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

93) Kim, O, and Pak(2017), p.72.

〈표 3-11〉 북한 평양시의 폐기폐설물 조성

구분	폐기물 종류	발생량(톤)	조성(%)
가연성 및 유기성	플라스틱	564	0.10
	하수오니	46,981	8.33
	고무	56	0.01
	섬유	677	0.12
	종이	395	0.07
	목재	113	0.02
	곡물잔재	127,577	22.62
	축산잔재	30,287	5.37
	혼합 유기성 폐기물	10,829	1.92
	소계	217,478	38.56
불연성	석탄재	309,974	54.96
	연소잔재물	8,178	1.45
	유리, 도자기	959	0.17
	광재	24,365	4.32
	금속	564	0.10
	소계	344,040	61.00
기타		2,482	0.44
합계		564,000	100.00

자료: Kim, O, and Pak(2017, p.72)을 참조하여 재구성.

평양시에서 석탄재의 발생량이 높은 이유는 평양시 내 두 곳의 화력발전소(평양화력발전 기업소 및 동평양화력발전소)에서 연료를 사용했기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 평양시의 폐기폐설물 중 가장 비중이 높은 석탄재를 기준으로 문현에서 제시된 발생량 수치에 대해 검토하였다.

평양시의 석탄재의 발생량을 평가하기 위하여 국내 5대 발전사의 연료소비량 및 석탄재

발생량 등 석탄화력발전소의 기본 정보를 우선 검토해, 〈표 3-12〉에 나타내었다.

〈표 3-12〉 국내 5대 발전사의 연료(석탄)소비 및 석탄재 발생 현황(2018년 기준)

구분	단위	내용
서부발전	발전설비용량	MW 6,100
	연료소비량(a)	톤 15,226,131
	석탄재 발생량(b)	톤 1,709,336
	석탄재 발생계수(b/a)	- 0.11
동서발전	발전설비용량	MW 6,940
	연료소비량(a)	톤 13,802,758
	석탄재 발생량(b)	톤 2,117,000
	석탄재 발생계수(b/a)	- 0.15
남부발전	발전설비용량	MW 6,044
	연료소비량(a)	톤 11,283,221
	석탄재 발생량(b)	톤 1,564,000
	석탄재 발생계수(b/a)	- 0.14
중부발전	발전설비용량	MW 5,945
	연료소비량(a)	톤 13,714,028
	석탄재 발생량(b)	톤 1,600,170
	석탄재 발생계수(b/a)	- 0.11
남동발전	발전설비용량	MW 9,188.6
	연료소비량(a)	톤 26,462,746
	석탄재 발생량(b)	톤 2,334,000
	석탄재 발생계수(b/a)	- 0.09
-	석탄재 발생계수 평균	- 0.12

자료: 공공데이터포털(2021.7.27) “한국남부발전(주)_연료소비실적 정보”, “한국동서발전(주)_연료소비현황”, 검색일: 2021.8.19; 공공데이터포털(2021.8.19) “한국동서발전(주)_발전소별 석탄 재활용 정보”, “한국서부발전(주)_발전연료소비실적”, “한국서부발전(주)_석탄재활용내역”, “한국중부발전(주)_석탄회 재활용량과 요율”, 검색일: 2021.8.19; 공공데이터포털(2021.9.15) “한국중부발전(주)_연료소비실적 조회서비스_GW”, 검색일: 2021.9.15; 통계청(2021.8.19) “발전회사별 발전설비용량”, 검색일: 2021.8.19; 한국남부발전(2021.8.19) “연도별 석탄회 발생량 및 재활용량”, 검색일: 2021.8.19; 한국남동발전(2021.8.19), “연료소비 실적 현황”, “석탄회 발생 및 처리현황”, 검색일: 2021.8.19를 참조하여 저자 재구성.

국내 5대 발전사 중 4개 발전사의 석탄화력 발전설비용량은 약 6,000~7,000MW 정도로 발표되었다. 연료소비량(석탄소비량)은 약 11백만~15백만 톤의 범위였고, 석탄재의 발생량은 1.5백만~2.1백만 톤 정도였다. 국내의 5대 발전사 중 가장 큰 석탄화력 발전설비의 용량은 9,188.6MW였으며, 연료소비량(석탄소비량)은 26백만 톤, 석탄재의 발생량은 2.3백만 톤으로 나타났다. 이와 같은 발전사별 연료소비량(석탄소비량)과 석탄재 발생량을 통해 석탄화력발전소에서 석탄 사용에 의한 석탄재 발생계수를 추정할 수 있었다. 석탄재 발생계수는 석탄재 발생량을 연료소비량(석탄소비량)으로 나눈 값이다. 국내 5대 발전사의 석탄재 발생계수는 0.09~0.15의 범위이며, 평균값은 0.12로 나타났다. 이와 같은 정보와 〈표 3-13〉에 나타낸 평양의 발전소 현황자료를 활용하여 평양의 석탄재의 발생량을 추정할 수 있었다.

〈표 3-13〉 평양시의 발전소 현황

구분		단위	내용	비고
평양화력발전연합 기업소	발전설비용량	MW	500	-
	연료소비량	톤	1,900,000~2,100,000	-
동평양화력 발전소	발전설비용량	MW	100	추정치
	연료소비량	톤	-	정보 없음

자료: KDB산업은행(2015), p.175를 참조하여 저자 재구성.

평양화력발전연합기업소의 경우, 연료소비량(석탄소비량)의 정보가 제시되어 있어서 석탄재 발생계수를 활용하여 평양화력발전연합기업소에서 발생되는 석탄재 발생량을 식(3-1)과 같이 추정하였다.

$$\begin{aligned} \text{평양화력발전연합기업소의 석탄재(톤)} &= \text{연료소비량(석탄소비량)} \times \text{석탄재 발생계수} \\ &= 1,900,000 \sim 2,100,000 \text{톤} \times 0.12 = 231,470 \sim 255,385 \text{톤} \end{aligned} \quad \text{식(3-1)}$$

동평양화력발전소의 경우 발전설비용량은 추정된 값이 있으나 연료소비량(석탄재소비량)에 대한 정보는 없었다. 따라서 동평양화력발전소의 석탄재 발생량은 발전설비용량이 5분의 1인 것을 고려하여 평양화력발전연합기업소의 1/5로 가정하였다.

$$\begin{aligned} \text{동평양화력발전소의 석탄재(톤)} &= 231,470 \sim 255,385 \text{톤} \times 1/5 \\ &= 46,294 \sim 51,167 \text{톤} \end{aligned} \quad \text{식(3-2)}$$

석탄화력 발전에 의한 평양시의 석탄재 추정값의 총량은 27만 7,764~30만 7,003톤으로 문현에서 나타난 30만 9,974톤과 거의 비슷한 수준이었다. 따라서 문현에 기재된 석탄재의 발생량도 어느 정도 신뢰할 수 있는 값으로 판단된다. 그러나 다른 종류의 폐기폐설물의 경우, 기업의 설비 용량, 원료의 사용량 등이 명확하게 밝혀지지 않아 향후 이에 대한 검토와 검증을 수행하는 방안이 필요하다.

4. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 처리현황

가. 오물의 처리현황

북한에서 오물의 처리는 평양시 및 일부 대도시 지역과 농촌 지역에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 탈북민의 증언에 따르면 평양 및 일부 대도시 지역에서 발생되는 주요 오물 중 탄재는 건설재료로 재활용되며, 일부는 유기성폐기물과 혼합하여 처리한다고 한다. 유기성폐기물은 대부분이 비료로 재활용되는데 이때 탄재와 혼합된다. 이는 인민반에 따라 할당된 퇴비의 양을 맞추기 위해 탄재와 유기성 폐기물을 혼합하여 비료의 양을 많아 보이게 만드는 것이다. 또한 유기성폐기물 중 음식물류폐기물 같은 경우, 도시 지역에서 정해진 배출 장소에 배출하면, 주변 지역에서 수거하여 농촌의 비료로 활용한다고 한다.

농촌 지역의 경우, 평양시 및 일부 도시 지역과 달리 오물이 거의 발생되지 않으며, 대부분 재사용되고 있다. 농촌 지역에서는 가정에서 에너지원을 확보하기 위하여 탈 수 있는 가연성폐기물은 거의 모두 태운다는 탈북민의 증언이 있었으며, 연소 후 탄재는 유기성폐기물과 혼합하여 비료로 활용되고 있다고 한다. 다만, 탈북민의 출신지역에 따라 가연성폐기물을 연소시켜 에너지원으로 활용하지 않고, 매립한다는 증언도 있었다.

북한의 오물 처리와 관련한 정보는 매우 부족하다. 탈북민의 증언이나 일부 문헌에서의 설명자료가 대부분이며, 정량적인 수치에 대한 정보는 극히 일부인 실정이다. 최근 북한 전문가의 국제 학술논문에서 오물 처리현황이 제시되었는데 국제 학술논문에 따라 처리현황에 대한 차이가 크게 나타나고 있다. <표 3-14>는 북한의 오물 처리현황을 재활용 및 재이용, 소각, 매립으로 구분하여 제시한 정보를 정리한 것이다. Kim, O, and Pak(2017, p.72)에 따르면 북한의 오물 처리 방법의 비중은 매립(72.9%)이 가장 높으며, 그 다음으로 재활용 및 재이용(26.5%), 소각(0.6%)의 순이었다. O, Kim, and Kim(2018, pp.139-148) 및 O et al.(2021, pp.35-44)에서는 재활용 및 재이용(69.0%)이 가장 높게 나타났으며, 그다음으로 매립(28.7%), 소각(2.3%)의 순으로 나타났다. 제시된 두 가지의 정보에서 오물의 처리방법의 비중 차이는 조사 시점과 조사 방법의 차이일 것으로 추정된다.

〈표 3-14〉 북한 평양시 오물 처리현황의 문헌별 차이

구분	재활용 및 재이용(%)	소각 (%)	매립 (%)	합계 (%)	시점
Kim, O, and Pak(2017)	26.5	0.6	72.9	100	2009~2010년
O et al.(2018, 2021)	69.0	2.3	28.7	100	불분명

자료: Kim, O, and Pak(2017), O, Kim, and Kim(2018), O et al.(2021)을 참조하여 재구성.

북한 전문가의 국제 학술논문 중 평양시에서 발생하는 오물 종류에 따른 구체적인 처리현황을 재사용 및 재활용, 소각, 퇴비화 및 매립의 4가지 방법으로 구분하여 제시하였다.⁹⁴⁾ 제시된 정보에서 폐기물을 가연성 및 유기성, 불연성으로 구분하여 〈표 3-15〉에 정리하였다.

가연성 및 유기성폐기물에서 종이, 목재 및 고무의 재사용 및 재활용 비중이 각각 96.3%, 80.3%로 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한 불연성폐기물에서도 금속류는 100% 재사용 및 재활용되고 있으며, 유리도 88.8% 재사용 및 재활용되어 4가지의 처리방법 중 매우 높은 수치를 보였다. 이와 같은 종이(파지), 고무(파고무), 금속류(파철, 파동) 및 유리(파유리)의 품목은 2장에서 설명한 수매사업에 의해 수집되는 품목이다. 북한 사회에서 이러한 품목의 수매사업을 통해 최대한 재사용 또는 재활용하도록 강조하고 있어 높은 재사용 및 재활용률을 보이는 것으로 판단된다.

플라스틱 폐기물의 경우 57.4%가 재사용 및 재활용되고 있으며, 플라스틱 폐기물 중 일반적인 재질은 HDPE, LDPE 및 PVC이고, 일부 PS와 PP가 포함된 것으로 보고되었다.⁹⁵⁾ 한국의 생활계 폐기물 중 플라스틱 폐기물의 처리는 2018년을 기준으로 재활용 57%, 소각 33%, 매립 10%의 순으로 나타난다.⁹⁶⁾ 그러나 북한의 플라스틱 폐기물의 경우 소각이 11.1%이고, 매립이 31.5%로 나타나 매립처분의 비중이 큰 것으로 나타났다. 따라서 북한에서 플라스틱 폐기물을 적정하게 소각할 수 있는 시설이 미흡한 것으로 추정된다.

또한 혼합 유기성 폐기물의 경우 퇴비화로 99.5%가 처리되고 있었다. 혼합 유기성폐기물의 퇴비화 비율이 높은 이유는 언론보도에서 언급되었던 북한 당국에 바쳐야 하는 가정당

94) O et al.(2021), pp.35-44.

95) O, Kim, and Kim(2018), pp.139-148.

96) 환경부(2018), p.45.

할당되는 퇴비의 양이 증가하였기 때문인 것으로 보인다.⁹⁷⁾ 특히, 북한 주민들에게 할당된 퇴비의 양이 증가하면서 퇴비의 주요 원료가 되는 분뇨 등 유기성폐기물을 오물장이나 공공 변소 등에서 퇴비를 훔쳐가는 일도 발생되며, 퇴비의 양을 맞추기 위해 탄재뿐만 아니라 흙이나 다른 물질도 혼합한다는 탈북민의 증언도 있었다.

오물 중 가장 많은 양을 차지하는 석탄재는 59.3%가 건설재료로 재사용 및 재활용되고 있으며, 나머지 40.7%는 매립되고 있다. 특히, 북한의 종합교양지인 천리마에서는 석탄재를 벽돌, 블록 등의 건설자재로 재활용할 수 있다는 점을 일반 주민에게 홍보하고 있으며,⁹⁸⁾ VNR 보고서에서도 재자원화 추진현황으로 석탄재를 건축자재로 활용할 것을 설명하고 있다.⁹⁹⁾ 따라서 북한의 석탄재 재자원화는 부족한 물자를 해결할 수 있는 주요 수단인 것으로 보인다.

오물 중 섬유류의 경우, 6,750~1만 1,600톤으로 전체 오물 발생량 중 그 비중은 낮지만 77.1%의 매우 높은 매립 비중을 보였다. 이는 일반 가정에 에너지원이 부족하여 가연성폐기물을 태워 에너지원으로 이용한다는 점을 고려할 때 매우 특수한 경우라고 볼 수 있다. 다만, 북한의 폐기물 통계작성 체계가 미흡하다는 점을 고려하면, 가정에서 에너지원으로 사용된 섬유류는 집계되지 않고, 다른 유해물질이 함유되어 가정에서 에너지원으로 사용할 수 없는 부분만 집계되었을 가능성도 있다.

97) 자유아시아방송(2019.10.10), “북, 주민들에 과도한 퇴비 과제 강요”, 검색일: 2021.8.11.

98) 리윤일(2013), p.92.

99) DPRK(2021), pp.38-39.

〈표 3-15〉 북한 평양시의 오물 처리현황

구분	폐기물 종류	재사용 및 재활용(%)	소각(%)	퇴비화(%)	매립(%)
가연성 및 유기성	종이	96.3	0.0	0.0	3.7
	플라스틱	57.4	11.1	0.0	31.5
	섬유류	17.2	5.7	0.0	77.1
	목재 및 고무	80.3	19.7	0.0	0.0
	혼합 유기성 폐기물	0.0	0.0	99.5	0.5
불연성	금속류	100.0	0.0	0.0	0.0
	유리	88.8	0.0	0.0	11.2
	석탄재	59.3	0.0	0.0	40.7

자료: O et al.(2021), p.37을 참조하여 저자 재구성.

나. 폐기폐설물의 처리현황

북한의 폐기폐설물의 처리현황을 평양시를 기준으로 재사용 및 재활용, 매립, 소각의 방식으로 구분하여 〈표 3-16〉에 나타내었다. 평양시 폐기폐설물의 총괄 현황을 살펴보면 재사용 및 재활용이 76.30%로 가장 높으며, 매립이 23.66%, 소각이 0.04%의 비중을 차지하였다. 폐기폐설물의 종류는 오물의 종류보다 많았으며, 전반적으로 오물보다 재사용 및 재활용의 비중이 높게 나타났다.

평양시 폐기폐설물의 종류별 처리현황을 살펴보면, 오물과 수치가 같은 폐기폐설물이 있는데 플라스틱, 섬유, 종이, 혼합 유기성 폐기물, 석탄재, 유리, 금속의 7개 종류가 해당된다. Kim, O, and Pak(2017, p.72)은 Industrial Solid Waste로 분류하여 제시하였고, O et al.(2021, pp.35-44)은 Municipal Solid Waste로 분류하여 제시하였다. 이는 논문의 작성 및 게재된 시기를 보았을 때 폐기물의 분류체계가 미흡한 것을 나타낸다고 볼 수 있다.

따라서 평양시 폐기폐설물의 종류별 처리현황에 대한 분석은 오물과 수치가 같은 폐기폐설물을 제외한 주요 폐기물로 발생원을 추정할 수 있는 하수오니(하수처리장), 곡물잔재 및 축산잔재(농업 및 축산업 관련 시설), 광재(금속 제련시설)에 대해 설명하고자 한다.

유기성폐기물로 볼 수 있는 곡물잔재 및 축산잔재의 재사용 및 재활용률은 100%이고, 하수오니의 재사용 및 재활용률은 95.6%로 매우 높았다. 이러한 유기성폐기물들은 대부분 농업생산에 유기비료로 이용되고 있었다.¹⁰⁰⁾ 불연성폐기물인 광재도 100% 재사용 및 재활용되고 있으며, 대부분이 건설자재의 재료로 이용되고 있는 것으로 보고되었다.¹⁰¹⁾

북한 평양시의 폐기폐설물 처리현황에 전반적으로 재사용 및 재활용의 비중이 높은데 수치로 보면 비교적 폐기폐설물의 관리 수준이 높은 것으로 평가될 수 있다. 그러나 UNEP 등 국제기구의 조사 결과, 국제 학술논문에서의 평가 결과 및 탈북민의 증언 등을 고려하면 북한에서 폐기폐설물의 관리는 매우 미흡한 수준이라 폐기폐설물 관리에 의한 물, 대기, 토양 환경에 미치는 오염에 대한 우려가 심각할 것으로 예상된다. 따라서 북한의 폐기폐설물과 관련한 국내외 각종 문헌에서의 정보와 탈북민의 증언 등을 비교·검토하여 북한의 폐기폐설물 관리 수준을 평가해야 한다. 이에 제4장에 평가 결과를 작성하였다.

100) UNEP(2003), p.82.

101) DPRK(2021), pp.38-39.

〈표 3-16〉 북한 평양시 폐기폐설물 처리현황

(단위: %)

구분	폐기물 종류	재사용 및 재활용	매립	소각
가연성 및 유기성	플라스틱	57.4	31.5	11.1
	하수오니	95.6	4.4	-
	고무	80.0	-	20.0
	섬유	17.1	77.1	5.7
	종이	96.3	3.7	-
	목재	66.7	-	33.3
	곡물잔재	100.0	-	-
	축산잔재	100.0	-	-
	혼합 유기성 폐기물	99.5	0.5	-
	소계	98.6	1.3	0.07
불연성	석탄재, 연소잔재물	59.3	40.7	-
	유리, 도자기	88.8	11.2	-
	광재	100.0	-	-
	금속	100.0	-	-
	소계	62.3	37.7	-
기타		70.8	29.2	-
총괄		76.30	23.66	0.04

자료: Kim, O, and Pak(2017), p.72을 참조하여 저자 재구성.

다. 폐기폐설물 처리에 의한 오염 현황

공업지구별로 예측되는 다양한 폐기물 중 도시폐기물과 슬러지의 중금속 함량, 폐기폐설물 처리에 의한 토양오염에 관한 정보가 UNEP(2012)에 제시되었다. <표 3-17>에는 도시폐기물과 슬러지에 포함된 중금속 농도를 나타내었다. 도시폐기물에는 비소 36.2mg/kg, 납 144mg/kg, 아연 107mg/kg이 함유되어 있으며, 슬러지에는 비소 42.6mg/kg, 납 171mg/kg, 아연 625mg/kg이 함유되어 설정된 기준을 초과하였다. 특히, 제3장에서 설명한 것과 같이 도시폐기물 중 유기성물질과 하수오니의 경우, 퇴비로 재활용되고 있어서 비소, 납, 아연에 의한 토양과 지하수 오염의 우려가 있다.

폐기폐설물 처리에 의한 토양오염 상황은 <표 3-18>과 같다. 이는 2005년과 2009년 사이에 폐기폐설물을 퇴비로 재활용하여 사용한 토양 중 중금속 농도의 변화를 나타낸 것이다. 폐기폐설물을 재활용한 비료가 사용된 토양에서 중금속 농도는 2005년과 2009년 기준을 초과하지는 않았으나 중금속 농도가 증가하는 경향을 나타내어 환경에 영향을 미칠 가능성이 있다.

또한 UNEP(2012)는 일부 제련소와 광산 주변의 토양 중 중금속 함량에 대한 정보도 제시하였다. 제시된 정보는 카드뮴, 수은, 비소, 납의 함량으로, 모두 기준을 초과하는 수준이었다. 단천제련소는 전기아연과 황산을 생산하는 제련소이며, 문평제련소는 아연과 전기연, 전기동, 전기은 등을 생산하는 제련소이다. 이와 같은 비철금속 제련소에서는 정광과 같은 원료에 포함된 불순물로 인하여 제련 폐기물로 발생되는 광재나 폐수처리오니에 중금속 함량이 높다. 이들을 적정하게 관리하지 않는다면, 주변 환경에 막대한 영향을 미칠 수 있다. <표 3-19>에 비철금속 제련의 원료가 되는 정광에 대표적으로 포함되어 있는 4가지 종류의 중금속을 나타냈는데 이들이 제련소 주변 토양에서 기준보다 높은 함량으로 검출되었다는 것은 제련소에서 광재 및 폐수처리오니의 적정한 관리가 이루어지고 있지 않다는 것으로도 볼 수 있다.

〈표 3-17〉 폐기폐설물에 포함된 중금속 함량

(단위: mg/kg)

구분	기준	도시폐기물	슬러지
카드뮴(Cd)	3.0	2.8	3.2
수은(Hg)	2.0	0.7	1.6
비소(As)	20.0	36.2	42.6
크롬(Cr)	100.0	34	57.5
납(Pb)	100.0	144	171
아연(Zn)	170.0	107	625
구리(Cu)	280.0	120	127

자료: UNEP(2012), p.50.

〈표 3-18〉 폐기폐설물 처리에 의한 토양오염

(단위: mg/kg)

구분	기준	2005년	2009년
카드뮴(Cd)	3.0	0.80	0.88
수은(Hg)	2.0	-	-
비소(As)	20.0	-	-
크롬(Cr)	100.0	42.6	46.8
납(Pb)	100.0	47.6	49.3
아연(Zn)	170.0	88.4	98.2
구리(Cu)	280.0	43.2	64.8

자료: UNEP(2012), p.50.

〈표 3-19〉 일부 제련소 및 광산 주변 토양의 중금속 함량

(단위: mg/kg)

구분	기준	단천제련소	문평제련소	천마 광산
카드뮴(Cd)	3.0	3.4	6.4	3.4
수은(Hg)	2.0	4.5	3.2	6.3
비소(As)	20.0	47.0	59.0	38.0
크롬(Cr)	100.0	-	-	-
납(Pb)	100.0	261.0	4.1	130.0
아연(Zn)	170.0	-	-	-
구리(Cu)	280.0	-	-	-

자료: UNEP(2012), p.51.

제4장

북한 폐기폐설물(폐기물)의 관리분석

1. 북한의 재자원화 진행에 대한 분석

북한에서는 과거부터 자력갱생의 개념에 영향을 받은 재자원화 사업을 지속적으로 추진하고 있다. 2020년 「재자원화법」을 채택한 후 가정이나 기업소 등에서 재자원화를 독려하기 위하여 영상 선전물을 제작 및 방영하거나 노동신문과 같은 북한 언론으로 기업소에서의 재자원화 사례 등을 전파하고 있다.

최근 조선중앙방송에서는 가정에서 발생되는 오물이 보물이 될 수 있다는 내용이 담긴 약 16분 길이의 영상 선전물을 방영했다. 또한 북한은 파지 등의 폐기물을 수거하기 위하여 수매품 교환소를 확대하였으며, 노동신문을 통해 재자원화를 애국적 의무, 당에 대한 충성심으로 홍보하는 형식으로 재자원화 사업을 인민들에게 강조하고 있다.¹⁰²⁾

이러한 재자원화 강조를 위한 선전물 제작 등과 함께 기업소에서 재자원화를 등한시하여 관련 일꾼이 처벌받았다는 내용도 전파되고 있다. 예를 들어 북한의 326전선종합공장에서는 재자원화 사업을 등한시하여 당 조직지도부의 검열을 받았는데 파철, 파동, 파알루미늄, 파비닐 등 각종 폐기물을 수매하지도 않고, 재자원화설비도 갖추지 않았다는 것이 검열의 이유였다. 결과적으로 당의 경제정책 노선과 사회주의 법령을 따르지 않았다는 당 조직부의 지적을 받고 지배인, 기사장 등이 처벌을 받았다. 북한 공산당의 기본 생산계획 등의 수행과 「재자원화법」에 의한 명령이 노동계층에게 막대한 부담으로 이어지고 있다. 기업소뿐만 아니라 가정에도 재자원화 명령에 대한 부담이 이어지고 있다. 이는 2018년 파고무나 파지 등의 각 가구

102) 한겨례(2021.6.21), “폐기물 재활용도 ‘당성으로’...우리와 같거나 다른 ‘북한식 분리수거’”, 검색일: 2021.7.19.

당 수집 의무량이 3~5kg 정도였으나 2020년에는 4~6kg 정도로 증가했다는 것을 통해 알 수 있다.¹⁰³⁾

따라서 북한의 오물이나 폐기폐설물의 재자원화는 수치적으로는 나타나지 않으나 확실하게 활성화될 가능성이 높다. 이를 위하여 북한이 쓰레기를 재활용해 고형폐기물연료(SRF)를 생산하는 설비를 구매하기 위해 최근 러시아와 접촉하였으며, 러시아의 폐기물 처리 방법인 분리수거, 높은 수준의 소각, 재활용 등의 기술과 관리방안을 도입할 것으로 추정된다.

또한 선전물 제작, 처벌 사례 등과 함께 국가 및 도·시·군 과학기술위원회, 국가과학원, 북한 내 대학, 공장 및 기업소 등에서의 재자원화 성공사례를 언론 등을 통해 전파하며 재자원화의 중요성과 필요성을 강조하고 있다.

북한 국가 및 도·시·군 과학기술위원회에서는 몇 개 도·시에서의 재자원화와 관련한 성과가 전파되었으며, 국내 언론, 문현 등에서도 일부 소개된 바 있다. 북한의 선전매체인 우리민족끼리는 평안남도 과학기술위원회가 파수지를 이용하여 대용연료 생산기술을 완성하였고, 실수율을 높였으며, 순천시에서는 파수지를 이용하여 연유(석탄)첨가제를 개발하였다고 보도하였다.¹⁰⁴⁾

함경남도 과학기술위원회에서는 선전적인 대용연료 생산기술을 개발해 뜨락또르(트랙터)와 같은 뿐전기재 들의 가동률을 높였다는 설명이 있었다.¹⁰⁵⁾ 평안북도 과학기술위원회에서는 가정오수와 음식물쓰레기 등을 이용하여 메탄가스와 유기질 비료 생산기술을 개발해 도내 수십 개 단위들과 가정에 공급하였다는 내용이 우리민족끼리를 통해 전파되었다.¹⁰⁶⁾ 황해남도 과학기술위원회에서는 유휴자재를 이용하여 농업생산에 필요한 자재를 생산하고 있으며, 황해북도 과학기술위원회는 다양한 폐기물을 이용하여 다른 규격의 수지관, 종이 및 벽돌 등을 생산하고 있다고 전해졌다.¹⁰⁷⁾

북한의 국가과학원 건축재료연구소에서 PET 수지 폐기물을 기초화학제품으로 전환하는 기술이 개발되었다는 내용이 조선중앙통신을 통해 전파되었다. 구체적으로는 PET 수지 폐

103) MBC뉴스(2021.1.30), “넘쳐나는 쓰레기..북한은 어떻게?”, 검색일: 2021.7.29.

104) NK경제(2020.5.16), “북한 각지 과학기술위원회들 재자원화 사업 추진”, 검색일: 2021.9.23.

105) 로동신문(2011.4.29), “논밭갈이를 본격적으로”.

106) 프레시안(2021.6.21), “북한 생산현장에 도입된 과학기술 살펴보기”, 검색일: 2021.7.19.

107) 통일뉴스(2020.5.16), “북 국가과학기술위원회, ‘리사이클링’ 기술개발에 집중”, 검색일: 2021.9.24.

기물의 미분방법과 알칼리 분해방법을 개발하였고, PET 수지 폐기물로부터 에틸렌글리콜과 테레프탈산, 유기용매 등을 제조하는 방법 등이 확립되었다는 내용이었다. 이러한 기술의 개발로 벼려지는 PET 수지 폐기물을 합성수지, 접착제, 칠감 등의 생산에 필요한 기초화학제품으로 재이용할 수 있게 되었다고 보도되었다.¹⁰⁸⁾

북한의 재자원화 기술의 개발과 관련하여서는 북한의 일부 대학의 사례도 전파되고 있다. 조선중앙통신은 함흥건설대학이 흔한 원료로 건설자재 국산화를 추진하였다는 내용을 전파하였는데 구체적으로는 파수지를 이용하여 칠감을 생산하였다는 내용이다.¹⁰⁹⁾ 또한 조선신보를 통해서는 김형직사범대학에서 제철소의 공업폐설물을 이용하여 소금생산지에서 사용할 수 있는 타일 생산기술을 개발하였다는 내용이 전파되었다.¹¹⁰⁾ 기존의 소금 생산지에서 사용되는 타일은 소금결정에 부식되지 않도록 누름세기와 구부림세기 등의 기술적 특성을 확보하기 위하여 높은 온도에서 소성하는 방식으로, 많은 원료와 연료를 소비하는 형태였다. 제철소의 공업폐설물을 이용한 타일의 생산은 철성분이 포함된 공업폐설물에 첨가제를 넣어 비소성 방식의 타일을 만드는 방식이다. 이는 제철소의 공업폐설물을 이용하여 원료원천이 풍부하고, 수명이 길며, 생산성이 좋아 경제적 실리가 크고, 연료 사용량이 적어 일산화탄소의 배출도 현저히 줄인 원가절약형, 에너르기절약형, 환경보호형 타일생산기술이라고 자평하였다.¹¹¹⁾

또한 생산 공정 등에서 재자원화 기술 도입에 대한 선전을 위하여 로동신문 등의 북한언론을 통해 주요 공장 및 기업소에서의 사례도 전파하였으며, 이와 같은 북한의 재자원화 추진 현황에 대하여 국내 세종연구소, 통일연구원과 같은 기관에서 분석하고 있다.¹¹²⁾

주요 공장에서의 재자원화 사례로는 식료품, 섬유, 일용품, 가구 등의 생산 공장에서의 사례가 전파되고 있다. 식료품과 관련한 갈마식료공장에서는 생산과정에서 발생되는 물고

108) 통일뉴스(2019.5.7), “북, PET 수지 폐기물을 기초화학제품으로 전환기술 개발”, 검색일: 2021.9.15.

109) 한겨례(2021.6.20), “폐기물 재활용도 ‘당성으로’...우리와 같거나 다른 ‘북한식 분리수거’”, 검색일: 2021.7.19.

110) 서울평양뉴스(2021.6.27), “北 김형직사범대, 공업폐설물 이용, 제염소 사용 타일 제조기술 확립”, 검색일: 2021.9.24.

111) 통일뉴스(2020.9.18), “북, 공업폐설물 이용해 타일 생산기술 확립.. 소금생산지에서 이용”, 검색일: 2021.9.24.

112) 최은주(2021), pp.1-17.

기 부산물 및 파수지를 활용하여 제품 및 포장용기를 생산할 수 있는 공정을 건설하였다는 내용이 소개되었다.

섬유, 의복, 신발 등의 생산 공장의 경우, 제사공장에서 명주실 및 명주솜 생산과정에서 발생한 폐수를 이용하여 물비료 및 단백먹이를 생산하여 주변 농장에 제공하였으며, 신발 및 구두 공장에서는 파수지를 이용하여 장화, 신발창, 구두창 등을 생산하고 있다고 보도되었다.¹¹³⁾

일용품과 관련한 공장들에서는 유류자재를 활용하여 생활필수품을 생산하고 있으며, 재생원료를 이용하여 인민소비품과 건설 자재를 생산하는 등 전반적으로 오물과 폐기폐설물을 이용하여 원가절감을 실현하고 있다는 내용이 보도되었다.¹¹⁴⁾ 가구공장에서는 목재부산물을 이용하여 인민 수요가 높은 제품을 생산하였으며, 자투리 및 부산물을 재자원화하여 각종 건재품을 생산하고 있다는 내용이 설명되었다.¹¹⁵⁾

화학과 관련한 남흥청년화학연합기업소에서는 폐베어링을 재활용하여 생산원가를 감축하였으며, 폐유를 절연물로 생산하였다.¹¹⁶⁾ 강선비닐박막공장의 경우, 송풍식 파수지 재생기를 도입하여 재생원료의 품질을 개선했다는 내용이 전파되었으며, 평양화장품공장에서는 폐유, 폐효모, 파수지, 파지 등을 이용하여 세척 화장품, 기초 화장품, 용기 등을 생산하였다 는 사례가 설명되었다.¹¹⁷⁾

이외에도 평양오물처리공장에서는 도시오물을 이용하여 블록, 비료를, 파수지를 이용하여 비닐박막, 플라스틱 관 등을 생산하였으며, 평양빛섬유통신케이블공장에서는 파수지를 이용하여 절연체를 개발하였고, 해주뜨락또르공장에서는 쇠밥과 자투리 소재를 활용하여 부속품을 추가 생산하였다는 사례가 전파되었다.¹¹⁸⁾

북한의 국가 및 도·시·군 과학기술위원회, 국가과학원, 북한 내 대학, 공장 및 기업소에서의 재자원화 기술 개발과 도입 등의 상황에 대한 내용을 〈표 4-1〉에 요약하였다.

113) 통일뉴스(2021.5.21), “북 경공업성 리성철 국장 ‘원료, 자재의 국산화와 재자원화가 생명’”, 검색일: 2021.7.19.

114) 서울평양뉴스(2021.2.28), “北, 재자원화 사업 박차...경공업성 재자원화국 발족”, 검색일: 2021.9.24.

115) 서울평양뉴스(2021.4.7), “北 기업체들 ‘재자원화’ 중요한 기업전략... 자재부족 해결책”, 검색일: 2021.9.24.

116) 박창진(2021), pp.4-6.

117) 최은주(2021), pp.1-17.

118) 박창진(2021), pp.4-6; 최은주(2021), pp.1-17.

O, Kim, and Kim(2018, pp.139-148) 및 O et al.(2021, pp.35-44)은 오물(Municipal Solid Waste)의 재활용 및 재이용의 비율을 69.0%로 보고하여 재활용 및 재이용, 소각, 매립의 처리방법 중 가장 높은 수치를 나타냈으며, Kim, O, and Pak(2017, p.72)은 폐기폐설물(Industrial Solid Waste)의 재활용 및 재사용의 비율을 76.30%로 제시하여 소각과 매립보다 높은 비중을 나타냈다. 일반적으로 폐기물의 재활용률이 40% 이하로 나타나는 경우, 기초적인 재활용 방법에 의해 이루어질 수 있다고 평가할 수 있으나 폐기물의 재활용률이 70% 정도 수준으로 나타나면 고급화된 재활용 기술이 도입되어야 나타날 수 있는 정도로 평가한다.

북한의 간행물이나 언론에서 전파된 재자원화의 사례는 주로 칠감, 신발창, 구두창, 인빈 소비품, 건설자재 등의 생산에 대한 것이며, 경공업 분야에 치중되어 있다. 이러한 폐기물을 제품 또는 재료로 재활용하는 기술은 기초적인 수준의 재활용 기술로, 북한 당국이 재자원화를 강조하는 것에 비하여 고도화된 재활용 기술은 잘 나타나지 않고 있다.

따라서 북한의 폐기물의 재활용 및 재사용 결과물은 질이 그다지 높지 않을 것으로 예상되며, 재활용 및 재사용 과정에서 발생할 수 있는 안전, 오염 등의 제어 기술도 미흡할 것으로 추정된다.

또한 북한은 자립적인 발전을 위한 기본적인 경제노선에서 자립경제의 토대가 중공업에 있다고 평가하여 중공업 우선발전 노선을 설정하였다.¹¹⁹⁾ 그러나 중공업 중심의 경제노선으로 농업, 경공업 등의 분야가 심각하게 위축되고, 이로 인해 식량 및 소비재의 부족 현상이 초래되었다. 이에 북한에서는 인민의 소비재 증산을 위하여 경공업 분야의 재자원화 사례를 강조하는 것으로 볼 수도 있다.

그럼에도 불구하고 북한에서는 중공업이 지속적으로 강조되어 왔고, 중공업 중심으로 공장 등이 건설되었으며, 철강, 화학물질 등의 중공업 분야에서의 생산이 이루어지는 것에 비해 재자원화에 대한 사례는 경공업 위주로 치중되어 있는 것을 볼 수 있다. 중공업 분야에서 DDT나 PCBs의 제조 및 사용, 부적정한 폐기사례가 확인된 바 있으므로 중공업 분야에서도 재자원화를 포함한 환경오염 방지 기술을 도입하도록 북한 당국이 인식하도록 하는 방안이 필요하다.

119) 통일부 북한정보포털, “중공업 우선발전 노선”, 검색일: 2021.10.1.

〈표 4-1〉 북한의 재자원화 기술 개발과 도입에 대한 주요 내용

구분	개발 주체	주요 내용
국가 및 도·시·군 과학기술위원회	평안남도 과학기술위원회	<ul style="list-style-type: none"> - 평안남도에서 파수지를 이용한 대용연료 생산기술 완성 - 순천시에서 파수지를 이용하여 연유(석탄)첨가제 개발
	함경남도 과학기술위원회	<ul style="list-style-type: none"> - 선전적인 대용연료 생산기술 개발을 통해 뜨락또르와 같은 뿐 전기재들의 가동률을 높임
	평안북도 과학기술위원회	<ul style="list-style-type: none"> - 가정오수와 음식물쓰레기 등을 이용하여 메탄가스와 유기질 비료 생산기술의 개발과 이에 의한 도내 수십 개 단위들과 가정에 공급
국가 및 도·시·군 과학기술위원회	황해남도 과학기술위원회	<ul style="list-style-type: none"> - 유류자재를 이용하여 농업생산에 필요한 자재 생산
	황해북도 과학기술위원회	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 폐기물을 이용하여 다른 규격의 수지관, 종이, 벽돌 등을 생산
국가과학원	국가과학원 건축재료연구소	<ul style="list-style-type: none"> - PET 수지 폐기물의 미분방법과 알칼리 분해 방법 개발 - PET 수지 폐기물로부터 에틸렌글리콜, 테레프탈산, 유기용매 제조 방법 확립

〈표 4-1〉의 계속

구분	개발 주체	주요 내용
대학	함흥건설대학	<ul style="list-style-type: none"> 파수지를 이용하여 칠감을 생산
	김형직사범대학	<ul style="list-style-type: none"> 제철소의 공업폐설물을 이용하여 소금생산지에서 사용할 수 있는 비소성 방식의 타일 생산 기술 개발
공장 및 기업소	갈마식료공장	<ul style="list-style-type: none"> 물고기 부산물 및 파수지를 활용하여 제품 및 포장용기 생산
	강서제사공장	<ul style="list-style-type: none"> 명주실 및 명주솜 생산과정에서 발생한 폐수를 이용하여 물비포 및 단백먹이 생산
	혜산신발공장	<ul style="list-style-type: none"> 파수지 재자원화를 통한 원료 국산화와 신발창 증산
	원산구두공장	<ul style="list-style-type: none"> 파수지를 활용하여 구두창 생산
	만경대영예군인 만년필공장	<ul style="list-style-type: none"> 폐기폐설물과 유휴자재로 각종 생활필수품 생산
	평천일용필수품 공장	<ul style="list-style-type: none"> 재자원화 기술을 도입하여 재생수지 생산 공정 확립 재생원료를 이용하여 인민소비품 및 건설자재 생산
	라선목련기구공장	<ul style="list-style-type: none"> 자투리 및 부산물을 재자원화하여 각종 건재품 생산
	남흥청년화학 연합기업소	<ul style="list-style-type: none"> 폐베어링을 재활용하여 생산원가 감축 폐유를 절연물로 생산
	강선비닐박막공장	<ul style="list-style-type: none"> 송풍식 파수지 재생기를 도입하여 재생원료의 품질을 개선
	평양화장품공장	<ul style="list-style-type: none"> 폐유, 폐효모, 파수지, 파지 등을 이용하여 세척 화장품, 기초화장품, 용기 등을 생산
	평양오물처리공장	<ul style="list-style-type: none"> 도시오물을 이용하여 블록, 비료를 생산하였으며, 파수지를 이용하여 비닐박막, 플라스틱 관 등을 생산
	평양빛섬유통신 케이블공장	<ul style="list-style-type: none"> 파수지를 이용하여 절연체 생산
	해주뜨락또르공장	<ul style="list-style-type: none"> 쇠밥과 자투리 소재를 활용하여 부속품을 추가 생산

자료: 로동신문(2011.4.29), “논밭같이를 본격적으로”; NK경제(2020.5.16), “북한 각지 과학기술위원회들 재자원화 사업 추진”, 통일뉴스(2019.5.7), “북, PET 수지 폐기물을 기초화학제품으로 전환기술 개발”, 검색일: 2021.9.15; 통일뉴스(2020.5.16), “북 국과학기술위원회, ‘리사이클링’ 기술개발”에 집중”, 검색일: 2021.9.24; 검색일: 2021.9.23; 통일뉴스(2020.9.18) “북, 공업폐설물 이용해 타일 생산기술 확립.. 소금생산지에서 이용” 검색일: 2021.9.24; 한겨례(2021.6.20), “폐기물 재활용도 ‘당성으로’...우리와 같거나 다른 ‘북한식 분리수거’”, 검색일: 2021.7.19; 프레시안(2021.6.21), “북한 생산현장에 도입된 과학기술 살펴보기”, 검색일: 2021.7.19; 서울평양뉴스(2021.6.27), “北 김형직사범대, ‘공업폐설물 이용, 제염소 사용 타일 제조기술 확립’”, 검색일: 2021.9.24; 박창진(2021), pp.4-6; 최은주(2021), pp.1-17을 참조하여 저자 재구성.

2. 북한의 오물 관리에 대한 분석

북한의 폐기폐설물과 관련한 기존 문헌에서는 평양시와 일부 도시 지역 등의 오물 관리 현황 등에 대해 설명하였으나 대부분 정량적인 통계자료가 아니라 정성적인 정보이다.

기존 문헌에 의하면¹²⁰⁾ 북한의 아파트 등의 생활공간 주변에 오물을 모아두는 장소가 있는데 이는 「공중위생법」, 「도시미화법」에 따라 도시경영기관이 조성한 것으로 추정된다. 그러나 오물 장소에 오물을 모아두어도 에너지 확보 문제로 수거차량 지원이 제대로 이루어 지지 않아 오물 발생을 감소시키고 있는 실정이다. 도시 지역에서의 오물은 북한 정부가 정한 재자원화 할당량을 달성하기 위하여 각종 오물들을 혼합하여 비료로 만들어 농촌지역으로 반입시키고 있는 것으로 파악되고 있다.

박순애(2007, pp.286-287)에 따르면 농촌에서 발생되는 폐기물의 경우, 생활환경이 열악하여 오물의 발생량이 극히 적은 것으로 조사된 바 있다. 일반적으로 사용되는 생활용품은 공급이 원활하지 않고, 장마당 등에서도 구매하기 어려워 최대한 재사용되고 있다. 예를 들어, 가연성 물질이 폐기되는 경우, 난방용이나 취사용의 에너지원으로 활용되고 있으며, 타고 남은 장작 연소재는 유기성폐기물(인분 등)과 혼합하여 퇴비로 활용되고 있다.

본 연구에서는 평양의 아파트 주변 오물장의 조성 형태에 대한 탈북민의 증언을 확보하였다. <그림 4-1>은 평양 중심구역에 위치한 고위층 아파트로, 노란색 원 표식의 부분이 오물장이 설치되어 있는 장소이다. 오물장은 2층 구조로 되어 있으며, 약 200가구가 1개의 오물장을 사용한다. 평양에서는 주민들에게 오물의 수거 비용 등이 부과하지 않으며, 1주일에 1회 정도 수거차가 오물을 수거해간다. 북한의 아파트 주변 오물장에는 한국과 달리 분리수거장이 설치되어 있지 않다. 북한에서는 수매제도에 의해 수매사업을 수행하고 있기 때문에 북한의 주민들은 빈병, 파철 및 파동 등 재활용이 가능한 물품을 수매소에 의무 할당량을 제출하여야 하며 할당량을 만족하지 못하였을 경우에는 생활총화 시간에 자기 반성하여야 한다.

<그림 4-2>는 국외 언론에 의해 보도된 주거지역 인근(평양 모란봉중학교 인근)에서의 오물 노천소각 사진이다. 아파트 인근의 2층 구조로 이루어진 구조물에서 소각해 대기오염

120) 박순애(2007), pp.286-287.

과 악취를 발생시켜 지역 주민들에게 악영향을 줄 수 있다. 해당 언론이 보도한 내용은 탈북민의 증언과도 거의 일치하고 있어 신뢰성이 높은 것으로 판단된다.



자료: 구글어스, “39°00'27"N, 125°44'33"E”, 검색일: 2021.9.10.

〈그림 4-1〉 평양시 중심구역 아파트 주변 오물장의 위치



자료: 38NORTH(2010.4.25), “Waste Management in the DPRK”, 검색일: 2021.7.28.

〈그림 4-2〉 북한 도시의 오물장에서의 노천소각(평양 모란봉 중학교 인근)

북한의 오물과 폐기폐설물의 관리 수준이 미흡하다는 증거는 국제 학술논문에서도 찾아 볼 수 있다. 국제적으로 저명한 학술지인 Science에 북한의 오물과 폐기폐설물 중 폐플라스틱 관리의 수준이 매우 미흡하다는 증거로 폐플라스틱 해양투기량과 관련한 내용이 실렸다.

Jambeck et al.(2015, p.769)은 전 세계 폐플라스틱의 해양투기량에 대하여 추정하였으며, 해양투기량 추정과정에서 World Bank Group에 의한 경제수준, 연안 인구, 폐기물 발생량, 부적절하게 관리되는 폐기물의 비율 등을 고려하였다. 그 결과 2010년을 기준으로 북한에서 폐플라스틱의 90%가 부적절하게 관리되는 것으로 추정되었다. 북한의 폐플라스틱의 해양투기량은 0.05~0.12 MMT/년으로 평가되어 전 세계 기여도가 19위로 집계되었다(표 4-2 참조).¹²¹⁾ 이와 같은 추정결과는 북한의 폐기물 관리 수준이 매우 낮다는 것을 간접적으로 확인할 수 있는 내용이다.

특히 Jambeck et al.(2015, p.769)의 자료를 제3장의 오물 및 폐기폐설물 발생 및 처리 현황과 직접 비교하지 않은 것은 논문의 내용에서 북한의 특수성에 대한 언급이 없고, 평가에 활용된 값들이 추정 값이나 다른 유사한 상황의 국가에서 정보들의 평균값을 활용하였기 때문이다. 예를 들어, 북한의 폐플라스틱 해양투기량을 추정할 때 폐기물 발생량(원단위 발생량)을 0.6kg/인·일의 값을 사용하였다. 이는 북한의 폐기물 발생량의 정보를 얻을 수 없어 정보가 있는 Low Income 국가들의 폐기물 발생량 정보를 평균하여 사용했기 때문이다. 그럼에도 불구하고 0.6kg/인·일의 값은 제3장에서 분석한 바와 같이 북한 평양시에서 분석된 폐기물 발생량은 0.54~0.57kg/인·일의 값과 유사하여 Jambeck et al.(2015, p.769)의 평가결과도 유의미한 것으로 판단된다.

또한 북한의 폐플라스틱의 관리 부실에 의하여 북한과 한국의 해양오염 우려에 대한 언론 보도가 있었으며 북한의 포장재 폐기물이 적정하게 관리되지 않아 바다로 유입되어 해류로 인해 이동하여 한국의 연평도에서 발견되었다는 내용도 보도되었다.¹²²⁾ 이와 같은 언론 보도는 국제 학술논문에서 제기된 북한의 폐플라스틱 관리 능력이 부족하다는 것을 뒷받침 할 수 있는 증거가 된다.

121) Jambeck et al.(2015), p.769.

122) NK NEWS(2020.6.12), “On a remote South Korean island, North Korean trash washes ashore”, 검색일: 2021.7.28.

〈표 4-2〉 부적절하게 관리되는 폐플라스틱 추정량 순위(2010년 기준)

순위	국가	경제 구분	연안 인구 (백만 명)	폐기물 발생량 (kg/인·일)	플라스틱 폐기물 비율 (%)	부적절하게 관리된 폐기물 (%)	부적절하게 관리된 플라스틱 폐기물 (MMT/년)	총 부적절하게 관리된 폐플라스틱 (%)	플라스틱 해양투기량 (MMT/년)
1	중국	UMI	62.9	1.10	11	76	8.82	27.7	1.32~3.53
2	인도네시아	LMI	187.2	0.52	11	83	3.22	10.1	0.48~1.29
3	필리핀	LMI	83.4	0.5	15	83	1.88	5.9	0.28~0.75
4	베트남	LMI	55.9	0.79	13	88	1.83	5.8	0.28~0.73
5	스리랑카	LMI	14.6	5.1	7	84	1.59	5.0	0.24~0.64
6	태국	UMI	26.0	1.2	12	75	1.03	3.2	0.15~0.41
7	이집트	LMI	21.8	1.37	13	69	0.97	3.0	0.15~0.39
8	말레이시아	UMI	22.9	1.52	13	57	0.94	2.9	0.14~0.37
9	나이지리아	LMI	27.5	0.79	13	83	0.85	2.7	0.13~0.34
10	방글라데시	LI	70.9	0.43	8	89	0.79	2.5	0.12~0.31
11	남아프리카	UMI	12.9	2.0	12	56	0.63	2.0	0.09~0.26
12	인도	LMI	187.5	0.34	3	87	0.60	1.9	0.09~0.24
13	알제리	UMI	16.6	1.2	12	60	0.52	1.6	0.08~0.21
14	터키	UMI	34.0	1.77	12	18	0.49	1.5	0.07~0.19
15	파키스탄	LMI	14.6	0.79	13	88	0.48	1.5	0.07~0.19
16	브라질	UMI	74.7	1.03	16	11	0.47	1.5	0.07~0.19
17	미얀마	LI	19.0	0.44	17	89	0.46	1.4	0.07~0.18
18	모로코	LMI	17.3	1.46	5	68	0.31	1.0	0.05~0.12
19	북한	LI	17.3	0.6	9	90	0.30	1.0	0.05~0.12
20	미국	HIC	112.9	2.58	13	2	0.28	0.9	0.004~0.11

주: 경제구분(HIC: High Income, UMI: Upper Middle Income, LMI: Lower Middle Income, LI: Low Income),
무게단위(MMT: Million Metric Tons).

자료: Jambeck et al.(2015), p.769.

3. 북한의 폐기폐설물 관리에 대한 분석

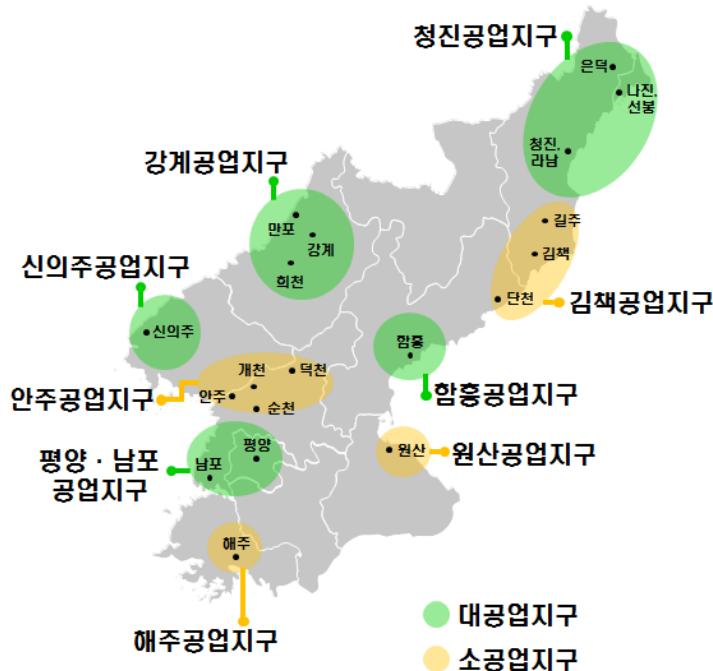
북한의 기업, 기업소 등의 사업장에서 발생되는 정보는 생활과정에서 발생되는 폐기물에 대한 정보보다 부족한 실정이다. 따라서 북한의 사업장에서 발생되는 폐기물은 북한의 주요 공업현황을 통해 유추해볼 수 있다. 국내에서 조사된 정보에 의하면 북한의 공업지구는 대공업지구와 소공업지구로 구분되며, 대공업지구는 평양·남포공업지구, 신의주공업지구, 강계공업지구, 청진공업지구, 함흥공업지구가 이에 해당한다.¹²³⁾ 그리고 소공업지구는 김책 공업지구, 해주공업지구, 안주공업지구, 원산공업지구의 4개 지역이 존재하고 있는 것으로 알려져 있다.

대공업 지구인 평양·남포공업지구는 평양, 남포 일대에 조성되어 있다. 주요 산업으로는 기계, 철강, 시멘트, 의류 등 중공업과 경공업이 고르게 발달한 곳으로, 이중 남포는 철광석과 무연탄 등이 매장되어 있고, 항구도시로 교통조건이 유리한 지역이다. 기계공업으로는 기관차, 공작기계, 전기공장 등이 있으며, 섬유 및 의류와 관련하여 방직, 제사, 신발공장이 있다.¹²⁴⁾ 또한 시멘트 공장과 제철소가 있다. 평양 내에는 2개의 석탄화력발전소가 있다.¹²⁵⁾ 이러한 공장들로부터 예상되는 폐기물은 연소재와 분진 등이다.

123) KDB산업은행(2015), p.22-24.

124) KDB산업은행(2015), p.24-26.

125) KDB산업은행(2015), p.173-176, p.179-180.



자료: KDB산업은행(2015), pp.24-36의 내용을 바탕으로 저자 작성.

〈그림 4-3〉 북한의 주요 공업지구 현황

신의주공업지구는 농기계, 채굴 설비 등을 생산하는 기계공업과 기초화학제품, 화학섬유를 생산하는 화학 및 방직공업, 제지공업 등이 분포하고 있는 지역이다.¹²⁶⁾ 신의주 공업지구에서는 화학물질 생산에 의한 폐유독물질과 각종 공업에서 발생되는 오니가 발생할 것으로 예상된다.

강계공업지구는 자강도의 강계시, 화천시, 만포시 일대에 조성된 북부 내륙지역으로 기계 및 군수공업이 분포하고 있다. 기계 및 군수물자를 생산하기 위한 공장이 있고, 건재 생산 중 시멘트 공장이 함께 분포하고 있으며, 아연과 납 등의 비철금속을 생산하고 있다.¹²⁷⁾ 이러한 강계공업지구에서는 비철금속 생산에 따른 광재가 발생할 것으로 예상된다.

청진공업지구는 청진, 나진, 은덕 일대에 조성된 공업지구로 제철, 제강 및 화학공업이

126) KDB산업은행(2015), p.26-27.

127) KDB산업은행(2015), p.31-32.

분포하며, 광산이 있는 지역이다. 이에 따라 채굴 설비, 채탄기, 전기기구, 애자류 등을 생산하고 있다. 또한 화학제품 중 황산과 수산화나트륨을 생산하고 있는 것으로 알려져 있다.¹²⁸⁾ 이와 같은 청진공업지구에서는 전기기구 등의 생산에 따라 전기전자 스크랩이 발생되고 있을 것으로 예상되며, 산 및 알칼리 생산에 따른 폐산과 폐알칼리, 제철공업에 따른 광재도 발생하고 있을 것으로 추정된다.

함흥공업지구는 물자수송항인 원산에 근접한 지원이며, 북한 최대의 유기 및 무기화학공업이 분포하고 있는 지역으로 알려져 있다. 이에 따라 화학비료, 농약, 합성수지 등의 제품이 생산된다.¹²⁹⁾ 이와 같은 화학공업에 수반하여 폐유독물질과 폐농약 등의 폐기물이 발생되고 있을 것으로 추정된다.

북한의 소공업지구인 김책공업지구는 김책, 길주, 단천지역에 분포하고 있는 공업지구이며, 일부 광산이 있는 것으로 조사되었다.¹³⁰⁾ 주요 공업분야는 금속과 건재이며, 생산품은 철강재, 비철금속, 마그네시아 클링커, 채굴 설비 등이 있다. 일부 문헌에 따르면 단천에 제련소가 있는데 제련소의 가동으로 발생하는 배출가스 때문에 인근의 주민은 숨을 쉬기 힘들 정도로 대기오염의 문제가 심각한 것으로 알려져 있다. 이와 같은 공업의 분포에 의하여 예상되는 폐기물은 광재와 폐금속류 등이 있다. 또한 길주지역은 군사무기의 실험 등이 수행되었던 장소여서 군수물자 생산과 관련한 유독물질에 의한 환경오염도 예상되는 지역이다.

해주공업지구는 철광석을 생산하고 있는 광산이 함께 있으며, 시멘트 생산, 제련소, 인비료 생산에 특화된 지역으로 알려져 있다.¹³¹⁾ 철금속을 생산하는 제련소가 분포하고 있으며, 시멘트 공장, 인비료 등을 생산하는 화학공장이 있다. 이러한 해주공업지구에서는 폐유독물질과 오니 등의 폐기물이 발생되고 있을 것으로 예상된다.

안주공업지구는 안주, 개천, 순천, 덕천 지역에 조성된 공업지구이다. 이 지역은 석탄화학, 전력 공업, 정유 및 제지공업이 주를 이루고 있다.¹³²⁾ 특히, 순천에서는 비닐론공장 등을 포함한 화학

128) KDB산업은행(2015), p.30.

129) KDB산업은행(2015), pp.28-29.

130) KDB산업은행(2015), p.32.

131) KDB산업은행(2015), p.36.

132) KDB산업은행(2015), pp.33-34.

공장이 분포하고 있다. 이러한 화학공장에서는 국제적으로 제조와 사용이 금지된 잔류성 유기오염물질인 디클로로-디페닐-트리클로로에탄(DDT: Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane)과 폴리염화비페닐(PCBs: Polychlorinated Biphenyls) 등과 같은 물질의 제조와 생산이 이루어지고 있는 지역이다.¹³³⁾ 이에 따라 국제사회에서는 북한의 스토흘름 협약의 이행 지원을 위하여 교육 및 훈련 등의 작업을 수행한 바 있는데 당시 북한에 방문한 전문가들에 의하여 DDT나 PCBs와 같은 물질의 폐기 시 적정관리가 이루어지지 않고 있다는 것이 알려졌다.¹³⁴⁾ 특히, 화학물질의 생산시설이 주거지역 인근에 있으며, 굴뚝 등이 존재하지 않아 화학물질이 생산시설의 내부에 남아있고, 일부는 출입문이나 창문을 통해 시설 외부로 유출되어 주민에게 영향을 미치고 있다고 한다. 또한 폐기되는 DDT나 PCBs의 경우, 시설 내부에서도 유출되고 있어 적정한 관리가 이루어지지 않고 있다.(그림 4-4 참조). 이와 같은 공업지구의 특징에 의하여 안주공업지구에서는 폐유독물질과 같은 폐기물이 발생될 것으로 예상된다.

원산공업지구는 항구이기 때문에 원료와 제품의 수송이 유리한 지역이며, 납, 아연광산이 일부 존재하고 있다. 기계공업 분야인 조선소, 선박 수리 공장 등이 분포하고 있으며, 제련소도 있다.¹³⁵⁾ 이와 같은 원산공업지구에서는 기계생산에 따른 분진 등의 폐기물이 발생하고 있을 것으로 추정된다.

특히 북한의 산업에서 발생되는 폐기폐설물에 대한 정보는 문헌에 제시된 정보가 극히 적어 세부적인 평가에 한계가 있다. 북한의 폐기폐설물 처리시설이나 적용된 기술의 규모 등을 제시하고 있는 정보가 없으며, 기술력, 기술역량, 기술개발력 등의 정량적인 기술 수준에 대해서도 제시된 정보가 없다. 또한 북한의 공장 및 시설의 근무자는 환경오염 방지시설이 필요하다는 것을 어느 정도는 알고 있지만 환경오염 방지설비의 설치 및 가동에 소요되는 비용을 확보할 수 없어 폐기폐설물을 포함한 대기 및 수질오염 물질이 그대로 주변 환경으로 유출되고 있다는 일부 탈북민의 증언이 있다. 따라서 산업에서 발생되는 폐기폐설물의 세부적인 평가를 위해서는 우선 탈북민과 외국 전문가, 국내외 연구기관 간의 네트워크를

133) DPRK(2008), p.34, p.38.

134) Voice of America(2010.3.3), “UN Says N. Korea's Exposure to Toxic Chemicals Is Result of Isolation”, 검색일: 2021.6.1.

135) KDB산업은행(2015), p.35.

구축한 다음 우선순위를 정하여 연구를 추진하는 것이 필요하다.

〈표 4-3〉 북한의 주요 공업지구별 특징과 예상폐기물

구분	특징	예상폐기물
평양·남포공업지구	· 기계, 철강, 시멘트, 의류 등 종합적 공업지구	연소재, 분진 등
신의주공업지구	· 중화학공업과 경공업이 고루 분포 · 종이, 기초화학 제품 등을 생산	폐유독물질, 오니 등
강계공업지구	· 기계 및 군수공업 중심 · 금속분야 아연, 납 등을 생산	광재 등
청진공업지구	· 제철, 제강, 기계, 화학공업 중심의 종합 공업지역 · 채탄기, 전기기구, 애자류 등의 기계 생산 · 황산, 수산화나트륨 등의 화학제품 생산	전기전자 스크랩, 광재, 폐산, 폐알칼리 등
함흥공업지구	· 유기 및 무기화학공업 중심 · 화학비료, 농약, 합성수지, 카바이드 블랙 등 생산	폐유독물질, 폐농약 등
김책공업지구	· 마천령산맥의 지하자원과 임산자원 이용이 용이한 지역 · 철강재, 비철금속, 2차 금속가공품, 채굴 및 전기 설비 등 생산	광재류, 폐금속류 등
해주공업지구	· 시멘트, 제련, 인비료 생산에 특화되어 있음	폐유독물질, 오니 등
안주공업지구	· 화학공업과 전력공업, 정유 및 제지공업에 특화 · 종소탄광이 밀집되어 있음	폐유독물질, 오니 등
원산공업지구	· 항구로서 원료와 제품의 수송이 용이 · 기계, 선박, 금속 공업 등	분진 등

자료: KDB산업은행(2015), pp.24-36의 내용을 바탕으로 저자 작성.



(a) 남포에 위치한 PCBs 함유 구식 전기 변압기



(b) 남포에 위치한 PCBs 보충시설에서의 유출사례

자료: Boljkovac, C. 중국 청화대학교 교수(2018.9.5), "A summary of many years of cooperation (with some key points regarding Waste Management Issues)", 경기대학교 강의실, 강의 개인기록.

〈그림 4-4〉 남포의 PCBs 관련 시설의 사진

4. 광산에서의 폐기폐설물 관리에 대한 분석

국제적으로 수은에 관한 미나마타 협약 등에 따라 광산 활동에 의한 폐기물 관리에 대한 관심이 매우 높다. 한국은 광산 활동이 적어 국제적인 협약인 광산 활동에 대한 영향과 관심이 적으나 북한은 광산 활동이 존재하고 있어 국제적 협약과 이에 따른 규제에 따른 영향이 미칠 수 있으며, 광산 활동에 수반하는 폐기물에 의하여 환경오염이 심각해질 수 있다.

〈그림 4-5〉는 북한의 주요 광산을 석탄광산, 철광산, 비철금속광산, 비금속광산으로 구분하여 표시하였다. 주요 석탄광산은 14개 지역에 분포하고 있고, 대부분이 무연탄을 생산하고 있다. 북한의 가정에서는 대부분 무연탄을 촬사 및 난방 등의 에너지원으로 이용하고 있다. 평안남도 문덕군에 위치한 석탄광산과 함경북도 일대에 조성되어 있는 석탄광산의 주요 광종은 갈탄으로 알려져 있다. 이들 지역에서는 갈탄을 가정에서 에너지원으로 이용하고 있다. 이외에도 중소 규모의 석탄광산이 존재하며, 주요 석탄광산을 포함하여 총 240여 개의 석탄광산이 존재하고 있다.¹³⁶⁾

북한의 주요 철광산은 무산광산연합기업소, 은률광산 등을 포함해 10개 지역에 분포되어 있다. 북한의 철광산 중 무산광산연합기업소는 북한 최대의 철광산으로 정광기준 연간 350만 톤의 생산 규모를 갖추고 있으나 최근에는 약 100만 톤을 생산 중인 것으로 추정되고 있다.¹³⁷⁾ 특히, 무산 지역에 조성된 철광산은 국제적으로 환경오염이 심각한 지역으로 알려져 있다.¹³⁸⁾

북한의 주요 비철금속 광산은 5개 지역에 분포하고 있으며, 광종은 동, 아연, 연, 금, 은 등이다.¹³⁹⁾ 특히, 아연과 같은 비철금속 광물은 국제적으로 미나마타 협약에 의하여 수은과 관련한 오염 관리가 논의되고 있다. 비록 북한은 미나마타 협약에 가입하지는 않았으나 비철금속 광물에는 불순물로 수은이 포함되어 있어 광산에서 수은에 의한 오염도 예상된다.

비금속광물의 경우, 마그네사이트와 흑연이 생산되고 있다. 마그네사이트 광산은 단천에 위치하고 있으며, 비철금속 제련과 함께 마그네사이트 산지로 알려져 있다.¹⁴⁰⁾ 마그네사이트

136) KDB산업은행(2015), p.792.

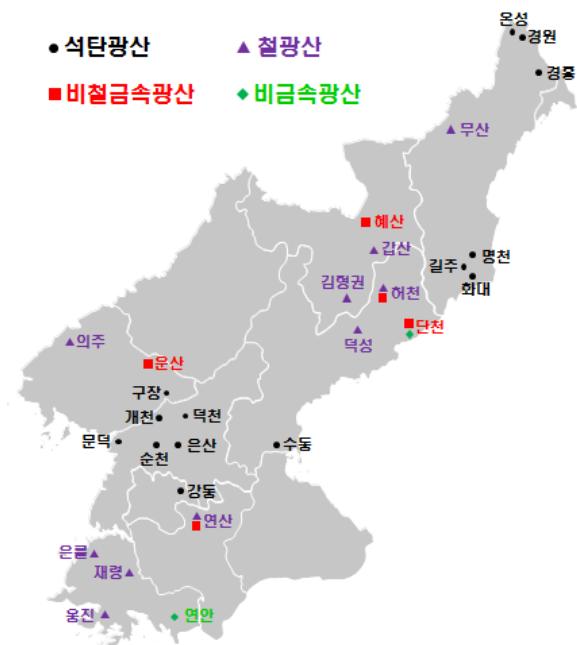
137) KDB산업은행(2015), p.807.

138) Yoon(2011), pp.23-24.

139) KDB산업은행(2015), p.263.

트는 알칼리성을 유발하는 광물이며, 이러한 광물로부터 발생되는 폐기물의 관리가 적정하지 않으면 주변 식생에 영향을 미칠 수 있다.

이와 같은 북한의 광산 활동에 대하여 국내 전문가는 시기에 따른 구글어스의 위성사진을 활용하여 광산 지역 광미처리장에서의 광미의 적정 관리 여부 및 시설에 대하여 평가하였고,¹⁴⁰⁾ 광산폐기물이 주변 하천 또는 해양에 미친 환경오염에 대해 분석한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 북한의 주요 광산현황의 정보와 국내외 문헌자료를 수집하고, 이들의 내용을 검토하여 북한의 광산 활동에 의한 광산폐기물과 이로 인한 환경오염 현황에 대해 파악하였다.



자료: KDB산업은행(2015), pp.792-824의 내용을 바탕으로 저자 작성.

〈그림 4-5〉 북한의 광산 분포 현황

140) KDB산업은행(2015), p.770.

141) 윤성문 외(2018), pp.564-575.

〈표 4-4〉 북한의 지역별 광산의 주요 광종

구분	광산 개소	주요 광종
석탄	평남	순천시(1), 은산군(3), 개천지구(3), 덕천시(3) 문덕군(3)
	평북	구장군(2)
	함북	온성군(3), 경원군(2), 경흥군(2), 명천군(1), 화대군(1), 길주군(1)
	함남	수동군(3)
	평양	강동군(2)
	합북	무산군(1)
철	함남	덕성군(1)
		허천군(3)
	횡남	은률군(1), 재령군(1), 용진군(1)
	횡북	연산군(1)
	평북	의주군(1)
	양강	갑산군(1), 김형권군(1)
비철 금속	함남	단천시(1), 허천군(1)
	횡북	연산군(1)
	평남	운산군(1)
	양강	혜산시(1)
비 금속	함남	단천시(2)
	횡남	연안군(2)

자료: KDB산업은행(2015), pp.792-824의 내용을 바탕으로 저자 작성.

국내외에서 조사된 북한의 광산 활동에 의한 환경오염 문제 중에서 폐기물과 관련한 사항을 〈표 4-5〉에 요약하였다. 석탄광산 중에서는 1개소, 철광산 중에서는 3개소, 비철금속광산 중에서는 4개소에 대한 사항이 분석되었다. 광산폐기물 중 벼리과 관련해서는 벼리 적치량 증가에 따른 식생 훼손 등이 주요 내용이며, 광미와 관련해서는 광미적치장의 관리 부실로 인한 붕괴, 광미 및 침출수의 유실에 의한 하천 및 바다오염 등에 대한 사항이 주요

내용이다. 이와 같은 분석은 2016~2018년에 수행되었다. 따라서 본 절에서는 폐기물 관리의 문제가 관측된 주요 광산들에 대하여 최신 위성사진들을 확보하여 광산폐기물 관리의 수준을 파악하였다.

〈표 4-5〉 폐기물 관련 주요 문제가 관측된 북한의 광산 현황

구분	광산	소재지	기본 특징	폐기물 관련 주요 문제
석탄 광산	2.8직동탄광	평남 순천시	- 광종: 무연탄 - 매장량: 1억 8,000만 톤 - 생산량: 3만 톤/년(2005년)	- 벌력적치장에 벌력 적치량의 지속적 증가 확인
철광산	무산광산	함북 무산군	- 광종: (주)자철광/(부)금, 은 - 매장량: 13억 톤(가채매장량) - 생산량: 350만 톤(2001년)	- 노천채광 후 벌력의 적치로 인해 식생훼손 확장을 관측 - 광미의 하천으로의 유출을 관측
	만덕광산	함남 허천군	- 광종: (주)자철광, 유화철/ (부)동, 종석 - 매장량: 2억 톤 - 생산량: 12만 톤(1979년)	- 광미적치장에서 침출수의 발생을 관측 - 주변 하천에서 광미에 포함된 황화물질의 산화로 인해 적화현상 관측
	덕현광산	평북 의주군	- 광종: 자철광 - 매장량: 1억 톤 - 생산량: 5만 톤/년(2008년)	- 광미적치장의 댐 범면 중앙 부분의 지속적인 침식 관측
비철 금속 광산	검덕광업 연합기업소	함남 단천시	- 광종: 납, 아연 - 산하 광산수: 금공광산 등 총 10개소 - 광량: 2억 6,574만 톤	- 광미적치장의 붕괴가 관측 - 광미가 하천으로의 지속적 유입 관측
	혜산광산	양강 혜산시	- 광종: 동 - 광량: 동광석 기준 1억 6,152만 톤 - 생산량: 35만 톤	- 광미적치장의 범면 침식을 관측 - 광미적치장 하부로 침출수 유출 관측
	운산광산	평남 운산군	- 광종: 금, 은 - 매장량: 광석기준 150만 톤 (Au 10g/톤, Au 9-10g/톤)	- 2014년 광미적치장 붕괴 관측 후 하부에 유실 방지용 댐을 건설
	홀동광산	황남 연산군	- 광종: 금, 은, 동 - 매장량: 522만 톤(가채매장량)	- 2015년 광미적치장 댐의 범면 침식 관측 - 2017년 광미 재처리를 위해 광미적치장 훼손

자료: 윤성문 외(2018), pp.564-575를 참조하여 재구성.

석탄광산 중 2.8직동탄광의 위성사진을 통해 벼력적치장의 관리 사항에 대해 분석된 바 있다. 2.8직동탄광은 평안남도 순천시에 있으며, 순천지구탄광연합기업소에 소속된 탄광으로 알려져 있다.¹⁴²⁾ 2.8직동탄광의 주요 광종은 무연탄이며, 매장량은 약 1억 8,000만 톤이고, 1~12갱, 청년갱, 전차갱, 컨베이어갱 등으로 구성되어 있다. 2.8직동탄광은 1960년 대부터 개발되기 시작하였으며, 2005년 기준 약 3만 톤/년의 생산량을 나타내었다. 이 탄광에서 생산되는 석탄은 평양의 화력발전소 및 제련소, 화학공업 원료 등으로 공급되고 있다.¹⁴³⁾

<그림 4-6>은 2004년, 2016년 및 2018년의 2.8직동탄광의 벼력적치장의 위성사진을 나타낸 것이다. 윤성문 외(2018)는 2.8직동탄광의 벼력적치장에 대하여 2004년 및 2016년의 위성사진과 비교했을 때 벼력의 적치량이 증가된 것을 관측하였고, 이로 인해 주변 산림의 훼손에 영향을 미쳤을 것으로 추정하였다.¹⁴⁴⁾

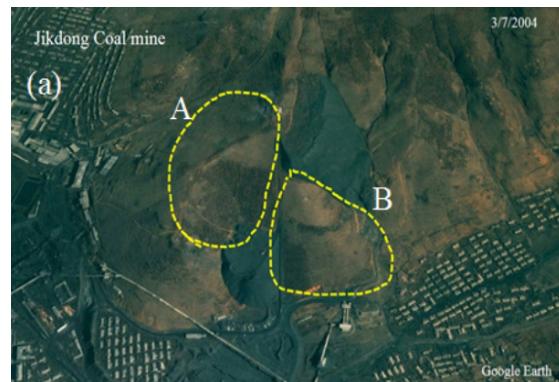
2.8직동탄광 벼력적치장의 2018년 위성사진을 살펴보면, 노란색 점선으로 표식한 부분에 2016년 대비 벼력의 양이 줄어든 것을 관찰할 수 있다. 특히, 북한의 학술잡지와 간행물에서 무연탄 벼력의 시멘트클링커 원료로의 이용 방법, 석탄벼력을 이용한 비소성 벽돌생산 방법 등을 설명하였다.¹⁴⁵⁾ 따라서 2.8직동탄광의 벼력적치장에서 벼력의 감소는 북한에서 부족한 원료를 대체하기 위하여 벼력적치장에 적치한 벼력을 재료로 활용한 것이 원인인 것으로 예상된다.

142) KDB산업은행(2015), p.793.

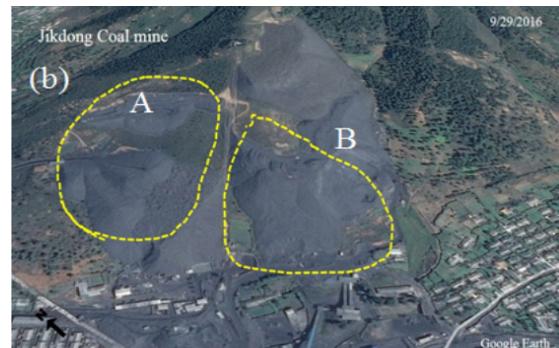
143) KDB산업은행(2015), pp.793-794.

144) 윤성문 외(2018), pp.564-575.

145) 함수길, 류영복(2004), pp.13-14; 엄성호(2017), pp.20-21; 한태명 외(2019), p.18.



(a) 2004년 2.8직동광산 벼력적치장



(b) 2016년 2.8직동광산 벼력적치장



(c) 2018년 2.8직동광산 벼력적치장

자료: 윤성문 외(2018), p.571(a, b); 구글어스, “39°20'30"N, 126°02'04"E”, 검색일: 2021.9.10(c).

〈그림 4-6〉 위성사진을 통해 파악한 2.8직동광산의 벼력처리장

2001년 UN Office of Project Service(UNOPS)에서는 무산의 철광산 조사단을 구성해 방북하여 실태조사를 수행한 바 있다. 무산광산에서 채광된 물질의 조성은 벼력(Waste rock)이 1/3, 정광이 1/3, 광미가 1/3인 것으로 조사되었다.¹⁴⁶⁾

〈그림 4-7〉은 구글어스를 통해 확인한 무산광산의 위성사진이며, 위성사진의 가장 최신 캡션 시점은 2020년 11월 13일이다. 무산광산에서는 노천채광이 이루어지고 있으며, 사진의 중앙 부분에 계단식으로 채광이 이루어지고 있는 것을 확인할 수 있다. 무산광산의 채광 과정에서 발생되는 벼력의 적치는 〈그림 4-7〉에 표시된 3개 지점(Overburden piles)에서 이루어지고 있으며, 광석의 처리 후 발생되는 광미는 하단의 광미적치장(Tailing dam)에 보관되고 있다.

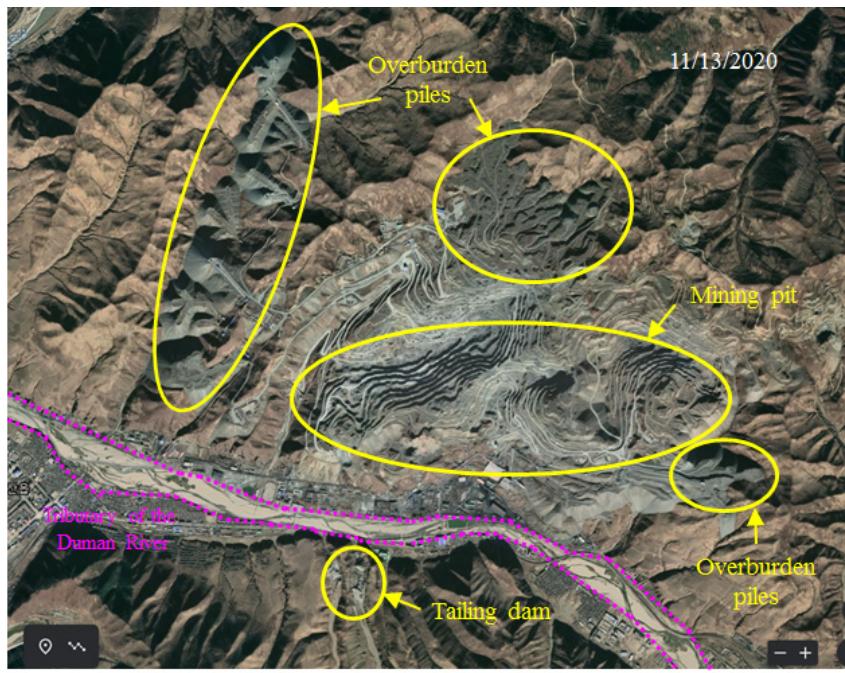
Yoon(2011, pp.23-24)은 무산광산에서 벼력과 광미가 부적절하게 관리되어 두만강 지류로 벼력의 일부나 광미가 유입되고 있는 것을 지적하였으며, 두만강 지류로 유입된 광산 폐기물에 의하여 지류 하류에 있는 토지는 농지로 이용하기에 어려움이 있는 것으로 조사되었다.¹⁴⁷⁾

철광산 중 만덕광산의 경우, 〈그림 4-8〉과 같이 광미적치장에서 발생되는 침출수와 광미 자체의 하천으로의 유출과 광미 재처리에 의해 하천에서 나타난 오염을 보여주고 있다. 특히, 하천이 붉은색을 나타내고 있는데 이는 광미에 포함된 황화물질이 산화되었기 때문으로 분석되었다.¹⁴⁸⁾

146) Yoon(2011), pp.23-24.

147) Yoon(2011), pp.23-24; 윤성문 외(2018), pp.564-575.

148) 윤성문 외(2018), pp.564-575.



자료: 구글어스, “42°14'22"N, 129°15'47"E”, 검색일: 2021.9.10.

〈그림 4-7〉 함경북도 무산군 무산광산의 위성사진



자료: 윤성문 외(2018), p.569.

〈그림 4-8〉 광산폐기물 유입으로 인한 만덕광산 주변 하천의 적화현상

비철금속 광산 중에서 위성사진에 의해 광미 등 광산폐기물의 부적절한 관리가 관측된 곳은 운산광산과 홀동광산이다. 선행연구에서 운산광산과 홀동광산의 각각 2016년 및 2017년의 위성사진을 분석한 바 있는데 본 연구에서는 구글어스를 통해 가장 최신 위성사진을 비교하여 북한의 비철금속 광산에서의 광산폐기물 관리현황을 비교하였다.

운산광산은 북한 금 매장량의 60%를 차지하는 광산으로 1896년 광상이 발견된 이후 1897년부터 개발된 광산이다.¹⁴⁹⁾ <그림 4-9>는 운산광산의 광미적치장의 2014년, 2016년 및 2020년의 위성사진을 나타낸 것이다. <그림 4-9, a>와 같이 2014년에는 광미적치장 중 노란색 원 표식을 한 부분에서 약한 붕괴가 관찰되었으며, 2016년에는 붕괴 지점이 점차 확장되었음이 확인되었다. 지속되는 붕괴로 인해 하부에 유실을 방지하기 위한 둑을 건설한 것으로 분석되었다. 2020년 위성사진에서는 2016년 둑의 건설 이후 광미적치장의 붕괴를 수습하고, 운산광산의 광미를 지속적으로 저장하여 광미의 양이 증가한 것을 확인할 수 있다. 특히 <그림 4-9, c>의 화살표 표식은 약 10m이며, 확인되는 광미가 적치된 층은 5단으로 보인다. 즉, 2016년에서 2020년의 약 4년 동안 8m의 광미가 적치되었다.

홀동광산은 황북 연산군에 소재하고 있으며, 금, 은, 동을 채굴하는 광산이다. 이 광산은 1870년대부터 개발이 시작되었고, 본격적인 채광활동이 시작된 것은 1893년부터로 알려져 있다.¹⁵⁰⁾ 홀동광산의 경우, 2015년도에 광미적치장 댐 범면의 침식이 관측되었으며, 2017년도에는 2015년도보다 광미적치장이 하부로 파낸 형태를 보였는데, 이는 광미의 재처리를 위해 인위적으로 훼손한 것으로 분석되었다.¹⁵¹⁾ 2020년의 위성사진에서는 2017년 보다 광미적치장이 더 많이 파인 모습이었다. 이는 홀동광산의 광미적치장에서 광미 재처리를 통해 물질회수를 수행하기 때문인 것으로 예상된다.

149) KDB산업은행(2015), p.820.

150) KDB산업은행(2015), p.819.

151) 윤성문 외(2018), pp.564-575.



(a) 2014년 운산광산 광미적치장



(b) 2016년 운산광산 광미적치장



(c) 2020년 운산광산 광미적치장

자료: 윤성문 외(2018), p.571(a, b); 구글어스, “40°12'27"N, 125°45'23"E”, 검색일: 2021.9.10(c).

〈그림 4-9〉 운산광산의 광미처리장

북한의 광산에서의 벼리, 광미와 같은 광산폐기물의 부적절한 관리는 세 가지로 구분할 수 있다.

첫 번째는 벼리 및 광미 적치장에서 발생되는 침출수와 벼리과 광미 자체가 강 및 하천으로 흘러들어가 광산 주변의 물 환경에 심각한 오염을 초래하고 있다는 점이다. 광산의 벼리, 침출수와 광석물질로 인해 주변의 하천은 새까맣게 오염되었으며, 물고기가 살 수 없을 정도이나 이러한 하천에 아이들이 들어가 해엄치고 있다. 또한 오염된 강물 때문에 강 하류에서는 농사도 지을 수 없는 환경이 되었으며, 북한의 상수도 시설이 미흡하여 강물을 먹는 물로 이용하고 있기 때문에 사람의 건강에 막대한 악영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

두 번째는 벼리 및 광미의 비산 등의 관리가 미흡해 주변 식생이 훼손되어 수목이 감소하고 있는데 이것이 북한의 산림 생태계의 파괴로 이어진다는 점이다. 이러한 산림 생태계 파괴는 장마가 오면 매우 위험한 사태를 발생시킬 수 있다. 게다가 산림이 없으므로 비가 조금만 많이 와도 침출수의 발생이 많아져 하천은 물론 인근 해변까지 오염시킬 수 있다. 장마가 오면 광미나 벼리의 적치장에 산사태에 의한 붕괴가 일어날 수 있어 광산 인부들의 건강에 직접적으로 피해를 줄 수도 있다.

세 번째는 북한 대부분의 광산지역에서 폐기물의 처리시설의 설계, 건설 및 관리가 매우 미흡하게 이뤄진다는 점이다. 벼리 및 광미 적치장에 대한 관리가 전혀 이루어지고 있지 않아 이 지역으로부터 발생되는 침출수에 의해 적치장 붕괴 사례가 많이 발생하여 인명 피해도 발생할 수 있다. 북한의 광산폐기물의 관리의 중요성은 탈북민과 두만강을 방문한 국내 전문가의 증언을 통해서도 알 수 있다.

따라서 북한의 미흡한 광산폐기물 관리는 부적절하다는 것에서 끝나는 것이 아니다. 이는 물, 대기 등의 오염과 이러한 오염이 북한 주민의 건강 문제로 연결되는 사항이고 더 나아가 적치장 붕괴사고로 인한 인명 피해도 발생할 수 있으므로 폐기물의 관리가 전반적인 환경에 부적절한 영향을 미치는 매우 중요한 사항임을 인식하여야 한다.

본 연구에서 분석된 광산폐기물의 부적절한 관리는 석탄, 철, 비철금속 광산 중 일부 광산의 위성사진을 통해 파악되었다. 따라서 북한의 광산에 대한 지도상 좌표를 확보하고 구글어스 등 위성사진을 활용한다면, 보다 넓은 공간적 범위에서 북한의 광산 폐기폐설물 관리에 대한 실태를 파악하는 데 도움이 될 것으로 판단된다.

5. 북한의 폐기폐설물 수출입 관리에 대한 분석

북한에서 폐기물 수입에 의한 환경오염의 우려는 1990년대부터 언론 매체를 통해 제기되었다. 시기별 주요 내용을 <표 4-6>에 나타내었다. 1997년에는 대만으로부터 핵 폐기물 20만 배럴의 수입계약이 체결되었다는 것과 독일의 산업폐기물을 3년 동안 47천 톤을 수입하였다. 이때는 북한이 아직 폐기물의 국가 간 이동과 관련한 바젤 협약에 가입하지 않은 시기였다. 2008년 북한은 바젤 협약에 가입하였으나 폐기물 수입에 대한 언론 보도는 지속되었다. 2008년에는 북한으로 산업폐기물을 보낼 업체를 찾고 있다고 광고하였으며, 2010년에는 나선시에 유해폐기물 합영기업을 설립하고 산업폐기물 및 유해폐기물을 수입하여 처리하기로 하였다. 2019년에는 러시아와 접촉하여 폐기물 에너지화 설비를 수입하려고 시도하였다. 이는 대북 제재로 인해 북한 내부의 에너지 수급상황이 불안정하여 석탄 이외의 에너지원을 발굴하기 위한 것으로 판단되며, 김일성종합대학 연구진들의 폐기물 연구 분야가 폐기물 에너지화 분야라는 점과 일치하는 사항이다.

북한의 폐기물 수입에 대한 상황이 국내외 언론을 통해 알려지고 있다. 바젤 협약으로 폐기물 수출입 현황, 자국 내 법률 현황 등을 당사국으로부터 보고 받고 있으나 북한에서 보고된 내용은 없다. 따라서 북한은 바젤 협약에 가입은 했으나 대외적인 고립 상황에서 외화 부족 등의 이유로 다른 국가의 폐기물을 수입하고 있으며, 바젤 협약에 따른 폐기물의 환경적으로 건전한 관리(ESM: Environmentally Sound Management)에는 관심이 낮아 수입된 폐기물의 처리시설도 매우 미흡할 것으로 예상된다.

〈표 4-6〉 북한의 폐기물 수입 관련 주요 언론 보도

시기	내용
1997년 보도	<ul style="list-style-type: none"> - 1997년 1월 대만과 핵 폐기물 20만 배럴 수입계약 체결 - 독일 산업폐기물 3년간 4만 7,000톤 수입
2008년 보도	<ul style="list-style-type: none"> - 중국 웹사이트에 북한은 플라스틱과 전자폐기물 등의 산업폐기물을 북한으로 보낼 업체를 찾고 있다고 광고
2010년 보도	<ul style="list-style-type: none"> - 라선시에 유해폐기물 수입 합영기업 설립 - 2024년까지 금속폐기물 300만 톤, 산업폐기물 200만 톤, 유해폐기물 560만 톤을 수입하여 처리하기로 함
2011년 보도	<ul style="list-style-type: none"> - 심각한 연료난을 겪고 있는 북한 주민들이 외국쓰레기를 들여와 땔감으로 사용하고 있음
2019년 보도	<ul style="list-style-type: none"> - 북한이 폐기물을 재활용하여 연료를 생산하는 설비를 수입하기 위해 러시아와 접촉 함 - 이는 북한이 다른 나라의 폐기물 중 재활용 가능한 것을 돈을 받고 들여올 계획으로 외화 수입과 연료문제 해결까지 기대하는 것으로 보임

자료: 조선일보(1997.2.6), “[초점] 세상에 이런 나라가...쓰레기 수입왕국 된 북한”, 검색일: 2021.7.28; 자유아시아방송(2008.7.3), “북, 중국 산업폐기물 수입...한반도가 쓰레기장?”, 검색일: 2021.7.27; New Energy and Environmental Digest(2009.12.14), “China Diverting Toxic Waste to North Korea, Emerging Information Suggests”, 검색일: 2021.6.7; 연합뉴스(2010.6.15), “北, 유해 폐기물 수입 합영기업 설립”, 검색일: 2021.7.27; DailyNK(2011.4.3), “北 연료난 심각...외국쓰레기 들여와 땔감 사용”, 검색일: 2021.7.27; 자유아시아방송(2019.5.2), “북, 외화벌이 위해 세계적 골칫거리 폐 플라스틱 수입 검토하는 듯; 러시아 이미 접촉해”, 검색일: 2021.7.27을 참조하여 저자 작성.

북한의 소식을 전하는 일부 언론에서 북한의 폐기물 수입 상황에 대해 보도한 바에 따르면, 북한은 적은 비용 등을 홍보하는 문구로 중국에 호보하여 전기전자폐기물, 플라스틱폐기물 등을 수입하고 있는 것으로 조사되었다. 중국과 인접한 신의주 부두에서 중국의 폐기물을 이송하고 있는 작업 현장의 경우, 북한의 노동자들은 폐기물의 하차 시 지게차와 같은 별도의 기계장치 없이 수작업에 의해 폐기물을 하차하고 있다. 이는 북한 내부에서 중량물 작업, 이송작업 등에 활용할 수 있는 루전기재 등의 재원이 부족하다는 것을 나타내는 간접적인 자료라고 할 수 있다.¹⁵²⁾

또한 일부 언론은 최근 북한이 외화의 확보를 위하여 플라스틱 폐기물의 수입을 검토하기 시작하였으며, 폐기물로부터 연료를 생산하기 위한 설비를 러시아로부터 구매하기 위해 접

152) New Energy and Environmental Digest(2009.12.14), “China Diverting Toxic Waste to North Korea, Emerging Information Suggests”, 검색일: 2021.6.7.

촉한 것으로 보도한 바 있다.¹⁵³⁾

이에 대한 내용은 북한 과학자가 국제 학술지에 발표한 논문의 주제가 폐기물 에너지화 분야임을 고려하였을 때 대북 재재의 상황이 지속됨에 따라 내부에서 사용할 수 있는 에너지원이 부족한 것에서 기인한 것으로 판단된다.

특히, 북한의 항만에 수입폐기물이 쌓여 있는데 이는 수입된 폐기물이 북한 내부에서 이동수단의 미흡으로 적체되어 있는 것으로 판단된다.¹⁵⁴⁾ 수입된 폐기물이 폐기물을 처리 할 수 있는 시설로 이동하지 못하고, 바다로 투기되거나 주변 환경에 적치되어 환경오염이 심각할 것으로 추정할 수 있다.¹⁵⁵⁾ 북한에서 수입한 폐기물이 부적절하게 관리된다는 점도 Jambeck et al.(2015)이 추정한 결과가 이를 뒷받침하고 있다.

이처럼 북한의 폐기물 관리에 있어 자국 내 발생되는 폐기물에 의한 영향도 중요하나 외국에서 수입하는 폐기물에 의한 환경영향도 무시할 수 없음을 시사하고 있다. 따라서 장기적으로 폐기물을 적절하게 관리하려면 바젤 협약과 폐기물에 의한 영향에 대한 교육 방안 이 함께 고려되어야 할 것이다.

153) 자유아시아방송(2019.5.2) “북, 외화벌이 위해 세계적 골칫거리 폐플라스틱 수입 검토하는 듯; 러시아 이미 접촉해” 검색일: 2021.7.27.

154) NK LOGIN(2019.5.5), “북한에서 경험했던 외국산 쓰레기의 추억”, 검색일: 2021.6.7.

155) 이승희 경기대학교 교수(2018.7.27), “통일대비 북한 폐기물 관리실태”, 경기대학교 세미나실, 강의 개인기록.

제5장

북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점 및 관리방안

북한의 폐기폐설물에 대한 문헌자료를 심층 분석하기 위하여 통일연구원, 한국환경연구원, 세종연구원, 국립도서관 북한자료실 등의 기관과 개인적으로 연구를 수행한 국내외 보고서와 자료 등을 통하여 북한 관련 정보를 수집하였다. 북한의 오물이나 폐기폐설물에 대한 정보는 매우 제한적이고 기본적인 발생량이나 처리량에 대한 정보는 거의 없는 실정이어서 다른 정보를 이용하여 추정하는 방법을 사용하였다.

폐기물을 적정하게 관리하기 위한 가장 중요하고 기본적인 정책은 이에 대한 법과 규정을 제정하는 것이다. 북한에서는 폐기폐설물에 대한 수매제도를 강화하고 폐기폐설물 관리의 과학적 및 기술적 해법을 모색하기 위하여 「폐기폐설물취급법」을 2007년에 제정하였다. 이 법은 폐기폐설물 취급의 기본과 배출, 수송, 보관 그리고 처리, 재이용과 폐기폐설물 취급에 대한 지도 통제 등을 마련하여 북한 폐기폐설물 관리에 대한 기본사항을 규정하였다. 최근 국제적인 대북제재로 인한 경제활동 제약과 코로나19로 인한 고립상황이 심화되면서 경제난을 극복하기 위한 수단으로 북한에서는 재자원화를 추진하고 있다.¹⁵⁶⁾ 재자원화를 명문화하기 위한 방법으로 2020년 「재자원화법」을 제정하였는데, 이 법의 기본적인 목적은 국가의 재자원화 작업에 대한 체계와 질서를 엄격하게 세워 국가 경제의 지속적인 발전과 생태환경 보호에 기여하는 것이다.¹⁵⁷⁾ 또한 대외적으로 고립된 상황을 탈피하기 위하여 국제환경기구와의 교류 등 국제사회로부터의 지원을 이끌어내려는 전략적 측면이 내포되어 있다. 이에 따라 북한에서는 환경 분야 다자 협약인 바젤 협약(2008), 로테르담

156) DAILY NK(2021.4.27), “[북한읽기] ‘쓰레기를 보물로’… ‘재자원화’에 대한 소고(小考)”, 검색일: 2021.9.27.

157) Boljkovac(2020), p.28.

협약(2004) 및 스톡홀름 협약(2002)에 가입하였다.¹⁵⁸⁾

북한은 이러한 국내외적인 활동으로 폐기폐설물 관리에 치중하지만 실질적인 폐기폐설물에 대한 기본 관리는 수매제도를 기반으로 이루어지고 있다고 할 수 있다. 수매제도에 의해 모든 가정은 매월 수매기관에 일정 양의 오물을 제출하여야 하며 이를 달성하지 못하였을 경우에는 생활총화를 하는 것이 현실이다. 따라서 가정에서 발생하는 오물은 취사용이나 난방용으로 사용하고 남는 탄재가 대부분이고, 파동, 파철, 파지와 같은 오물은 수매기관에 모두 제출하기 때문에 거의 없는 실정이다. 그럼에도 불구하고 평양과 같은 대도시는 인구가 집중되어 있고 오물을 처리할 곳으로 농어촌과 달리 오물장(수거장)이 있기 때문에 오물이 발생하고 있다.

평양시에서 발생하는 폐기폐설물은 발생량 자체가 오물 발생량보다 적어 관리가 조금 유리한 것으로 평가되며 대부분 재자원화 방법으로 처리되어 재자원화율도 매우 높아 적정하게 관리되고 있는 것으로 파악된다. 그러나 기간산업이 되는 공업지구와 탄광지구에서는 유해오염물질과 광미, 벼룩 등을 적정하게 관리하지 않아 이러한 오염물질로 인한 환경오염이 심각한 실정이다. 또한 북한에서는 폐기폐설물을 국외로부터 수입하고 있으나 운반, 해체, 저장, 재자원화하기 위한 기반 시설이 매우 부족하여 적정하게 관리되지 않고 있는 실태이다.¹⁵⁹⁾ 이렇게 관리가 제대로 이루어지지 않고 있는 상황에 의해 북한의 오물과 폐기폐설물 관리에서 도출되는 시사점을 몇 가지로 구분하였다.

첫째, 법률적으로 폐기폐설물에 대한 분류체계와 범위가 명확하게 규정되어야 한다.

북한은 「폐기폐설물취급법」을 제정하였다. 이 법에서는 폐기폐설물이 크게 방사성폐기폐설물, 유독성폐기폐설물, 일반폐기폐설물로 분류되어 있으나 세부분류가 마련되지 않고 발생원에 대한 내용도 없으며 폐기폐설물의 분류체계와 범위에 대한 명확한 규정이 없다. 폐기폐설물의 세부분류에 의한 종류와 범위에 대한 규정이 명확하지 않아 폐기폐설물 취급에

158) Kim(2015), pp.13-15.

159) 조선일보(1997.2.6), “[초집] 세상에 이런 나라가...쓰레기 수입왕국 된 북한”, 검색일: 2021.7.28; 자유아시아방송(2008.7.3) “북, 중국 산업폐기를 수입...한반도가 쓰레기장?” 검색일: 2021.7.27; 연합뉴스 (2010.6.15), “北, 유해 폐기물 수입 합영기업 설립”, 검색일: 2021.7.27; DailyNK(2011.4.3), “北 연료난 심각...외국쓰레기 들여와 뭘 깨 사용”, 검색일: 2021.7.27; Jambeck et al.(2015); 자유아시아방송 (2019.5.2), “북, 외화벌이 위해 세계적 골칫거리 폐 플라스틱 수입 검토하는 듯; 러시아 이미 접촉해”, 검색일: 2021.7.27.

대한 책임 소재가 불분명하다. 또한 폐기폐설물 책임소재에 의해 처리비용의 담당이 결정되는데 이 부분이 명확하지 않아 처리비용을 포함한 이해 당사자들의 역할과 책임이 모호한 것이 문제로 나타난다. 물론, 북한사회체제가 공산당에 의해 결정되므로 공산당의 의도에 따라 처리비용도 확보되고 적정하게 진행될 수도 있으나 처리에 대한 책임이 명확하게 규정되지 않으면 폐기폐설물의 경우 아무도 책임을 지지 않게 된다. 시간이 지나면 이로 인한 환경오염이 발생할 가능성이 매우 높다. 폐기폐설물을 효율적이고 안정적으로 관리하기 위하여 분류체계에서 폐기폐설물 종류에 대한 고유번호를 적용하여 쉽게 분류하고 확인할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 이를 근거로 폐기폐설물의 통계자료와 책임 소재를 명확하게 관리할 수 있다. 폐기폐설물을 적정하게 분류하여 안전하게 관리하는 것이 필요하다.

둘째, 폐기폐설물 관리를 위한 가장 기본적인 내용은 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 통계 자료를 지속적으로 작성하는 것이다.

평양시의 2008년과 2010년 2년간 폐기폐설물 통계자료인 발생량과 처리량에 대한 통계가 최근에 발표되었다.¹⁶⁰⁾ 이러한 폐기폐설물 통계자료는 지속적으로 이루어져야 하는데 다른 연도의 통계자료가 조사되고 있지 않고, 다른 지역의 통계자료도 또한 발표된 사례가 없다. 폐기폐설물 조성과 발생량에 의해 처리방법과 처리시설 규모가 설정되어야 하는데 발생량 통계 자료가 지속적으로 작성되지 않아 어떤 종류의 폐기폐설물을 어떻게 처리했는지에 대한 자료도 부족한 실정이다. 물론, 생활에서 발생되는 폐기폐설물은 수매제도 등으로 수거되어 발생량이 거의 없겠지만 수매제도에 의해 재활용되는 폐기폐설물의 통계자료는 더욱 더 중요하므로 이로 인한 재활용 폐기폐설물의 통계를 구축하는 것이 필요하다.

특히, 북한은 2021년 초 8차 당대회에서 경제사업과 관련하여 국가적인 일원화통계체계를 강화해 국가경제의 명맥을 추켜세우기 위한 사업을 올바르게 전개하고, 공장 및 기업소들의 경영활동조건을 개선할 것을 강조하였다.¹⁶¹⁾

북한에서 경제분야와 관련하여 통계사업을 강조했지만 폐기폐설물의 관리에 대한 통계를 확보하는 것도 중요한 사항임을 인식할 필요가 있다. 물론, 폐기폐설물의 소각처리나 매립처분에 대한 처리량 통계를 확보하는 것도 중요하나 전체적인 폐기물 처리통계 중요성에

160) O et al.(2021), pp.35-44; Kim, O, and Pak(2017), p.72.

161) 평화시대(2021.1.9), “[제8차 당대회9] 사업총화보고 요약(전문)”, 검색일: 2021.10.1.

대한 인식이 필요하다고 판단된다. 또한 농어촌에서 발생되는 축산 폐기폐설물에 대한 통계 자료도 중요한 자료여서 벗장을 이용하여 퇴비를 제조하여도 이에 대한 통계자료를 구축하는 것이 바람직하다. 평양시에서는 폐기물 발생량과 조성이 간헐적으로 발표되고 있어 폐기 폐설물의 특성을 그나마 파악할 수 있다. 주로 난방용이나 취사용으로 사용되고 난 후의 탄재 등의 발생량 자료에 의해 적절한 재활용 방법도 적용될 수 있으나 지속적으로 통계자료 수집이 이루어지도록 「폐기폐설물취급법」을 개정할 필요가 있다. 대한민국에서는 환경 통계연람, 생활폐기물 발생 및 처리현황, 사업장 폐기물 발생 및 처리현황 등을 매년 발간하고 있고 이러한 통계자료에 의해 향후 발생할 폐기물 발생량을 예측하며 향후에 필요한 폐기폐설물 처리 규모를 산정한다. 이러한 처리시설 규모를 기반으로 폐기폐설물을 안정적으로 관리하면 환경오염을 사전에 방지할 수 있다.

셋째, 공업지역의 유해폐기물에 대한 관리가 유독성의 우선순위를 고려하여 체계적으로 이루어져야 한다.

북한의 공업지구는 대공업지구와 소공업지구로 구분되며, 공업지구에 따른 다른 제조특성과 공업 특성에 따라 폐기폐설물을 발생된다. 공업지구에서는 폐기폐설물에 대한 자료가 전혀 없으므로 정확한 평가가 이루어질 수 없으나 북한에서 지낸 탈북민들의 의견과 외국인들의 방문 의견을 종합하면 공업지역의 심각한 오염이 발생하고 있다고 증언하고 있으므로 이를 근거로 시사점을 도출하였다. 공업지구에서는 규모와 상관없이 폐유독물질과 오염물질이 발생하고 있는데 이에 대한 오염방지시설과 유해물질 처리시설이 매우 부족하여 유해물질로 인한 주변의 오염이 심각한 실정이다. 특히, 기계, 금속, 화학 등의 공업지구에서는 폐유독물질, 광재, 분진, 폐농약, 전기전자 스크랩 등의 폐기폐설물이 발생하고 있다.¹⁶²⁾ 그러나 환경 관련 시설을 설치하지 않고 있으며 공업지구에서 발생되는 폐기폐설물을 적정하게 관리할 기술도 매우 낮은 수준이어서 이로 인한 환경오염이 심각하게 진행되고 있는 실정이다.

특히 안주공업지구의 순천에서는 국제적으로 제조와 사용이 금지된 잔류성유기오염물질인 디클로로디페닐트리클로로에탄(DDT: Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane)과 폴리염화비페닐(PCBs: Polychlorinated Biphenyls) 등과 같은 물질의 제조와 생산이 이루어

162) Boljkovac(2020), p.28.

지고 있는 것이 확인되었다.¹⁶³⁾ 그러나 스토훌름 협약의 이행 지원을 위한 교육 및 훈련 등의 작업을 위해 당시 북한에 방문한 전문가들에 의하여 DDT나 PCBs와 같은 물질의 폐기시 적정관리가 이루어지지 않고 있다는 것이 알려졌다.¹⁶⁴⁾ 이와 같은 공업지구의 특징에 의하여 안주공업지구에서는 폐유독물질과 같은 폐기폐설물이 발생되고 있으며 이로 인한 심각한 환경오염도 예상된다. 따라서 북한의 공업지구에서는 국제 환경협약 가입에 의한 기준에 적합하게 유해화학물질과 폐기물을 관리하여야 할 것이다. 그러나 현실적으로 이를 만족하기는 어려운 실정이므로 유해물질의 독성에 의한 우선순위를 정해 체계적으로 관리하는 것이 필요하다.¹⁶⁵⁾

넷째, 광산지역의 탄광이나 철광에서 발생하는 광미나 벼력 등에 대한 기초적인 관리가 이루어져 오염이 방출되지 않도록 하여야 한다.

북한에서는 대부분 무연탄을 에너지원으로 이용한다. 무연탄을 제조하기 위하여 석탄광산에서 탄광하고 있으며 주요 광종은 무연탄과 갈탄으로 알려져 있다. 북한 전역에는 총 240여 개의 석탄광산이 존재하는 것으로 보고되었다.¹⁶⁶⁾ 북한의 주요 철광산은 은률광산 등을 포함하여 10개 지역에 분포되어 있다.¹⁶⁷⁾ 특히, 무산광산연합기업소는 북한 최대의 철광산이나 최근에 국제적으로 환경오염이 심각한 지역으로 알려져 있으며,¹⁶⁸⁾ 광미적치장의 관리가 부실하여 두만강 지류로 광미와 침출수가 흘러들어가 강물이 새까맣게 오염되어 있다.

북한의 탄광산업이나 철광산업에서는 발생되는 폐기폐설물이나 광미가 적정하게 관리되지 않아 근처의 물 환경을 오염시키고 이로 인하여 주변의 강이나 바다가 탄광 오염물질에 의해 오염되고 있다고 보고되었다.¹⁶⁹⁾ 벼력과 광미의 관리가 미흡해 발생되는 물 환경 등의 오염은 북한 주민들의 건강에도 막대한 악영향을 미치고 있다. 북한은 강, 하천의 물을 먹는 물로 이용하는 경우가 많기 때문이다.

163) DPRK(2008), p.34, p.38; Chen and Li(2016), p.4.

164) Chen and Li(2016), p.4; Boljkovac(2020), p.28.

165) 이승희 외(2018), pp.174-177.

166) KDB산업은행(2015), p.792.

167) KDB산업은행(2015), p.807.

168) Yoon(2011), pp.23-24.

169) 윤성문 외(2018), pp.564-575.

따라서 벼룩과 광미와 같은 다양한 폐기폐설물을 적정하게 관리하기 위해서는 우선순위를 정하여 아주 기초적이고 지속적인 관리 방안을 마련해야 하며 이를 통해 북한 주민의 건강의 보호를 유도하여야 한다.

다섯째, 폐기폐설물의 재활용 정책이 최근 「재자원화법」에 의해 강력하게 진행되고 있다. 일부 재활용 기술도 있으나 재활용 기술을 다양하게 체계적으로 개발하여야 한다.

북한의 오물 처리 방법에 대한 정보는 매우 한정적이어서 한정된 정보를 이용하여 재활용에 대한 시사점을 논의하는 데는 한계가 있다. Kim, O, and Pak(2017)에 의한 재활용 및 재이용의 비율은 26.5%이나 O, Kim, and Kim(2018) 및 O et al.(2021)에 의한 재활용 및 재이용의 비율은 69.0%로 처리방법 중 가장 높게 나타났다.¹⁷⁰⁾ 재활용률 40% 이하에서는 일반적으로 기초적인 재활용방법에 의해 이루어질 수 있으나 재활용률 70% 정도에서는 기초적인 재활용 방법보다는 고급화된 재활용 기술을 이용하여야 가능한 재활용 정도이다. 문헌에서 나타난 북한의 재활용 기술은 고급화된 기술이 거의 없이 유기성 오물의 퇴비화나 여러 무기성 오물로부터 벽돌 등의 건설자재를 제조하는 기초적인 것으로 나타나고 있다. 북한 사회발전은 중공업을 중심으로 이루어져 왔으나 재자원화의 사례는 인민들의 소비재 증산 등을 목적으로 경공업 분야의 재자원화 사례를 다수 전파하고 있다. 북한에서는 화학산업 등에서 폐기되는 물질의 부적절한 관리 사례가 확인되고 있으므로 중공업 분야에 대해서도 재자원화를 포함한 환경오염 방지 기술의 전반적인 사항을 인식하도록 하는 방안이 필요하다.

2020년도 「재자원화법」에 의해 자원화할 수 있는 폐기폐설물을 집중적으로 수거하고 있으나 이를 자원화할 수 있는 기술은 파수지를 이용하여 칠감을 생산하는 정도의 매우 기초적이어서 이에 대한 기술 개발이 체계적이고 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 그러나 북한의 재자원화는 극심한 경제난을 해결하기 위한 수단과 고질적인 자원 부족의 문제를 폐기폐설물 수매량 증가로 해결하기 위해 필요한 자원을 폐기폐설물로부터 20~30% 정도 더 확보하는 것으로 해석될 수도 있다.

북한도 원료와 자재의 소비를 줄이고 재자원화 기술 도입을 위하여 폐기폐설물을 재자원화할 수 있는 기술을 적극 받아들이라고 명시함으로써 자원화 기술을 개발할 의지를 보이고

170) Kim, O, and Pak(2017), p.72; O, Kim, and Kim(2018), pp.139-148, O et al.(2021), pp.35-44.

있다. 그러나 자원화 기술을 개발하기 위해서는 기술 인력과 연구 재원 그리고 시설과 장비가 병행하여야 하는데 이에 대한 근본적인 해결책이 너무도 부족한 실정이다. 따라서 중국과 러시아 등과 같은 다른 외국과의 공동으로 연구를 수행하고 이러한 연구비용은 UN, 유럽기구, World Bank 등 국제기구를 통하여 조달될 수 있도록 하는 것이 중요하다.

여섯째, 수입 폐기폐설물에 대한 관리 규정을 마련하여 수입 폐기폐설물에 의한 환경오염, 특히 해양환경오염을 방지하여 국제적인 해양환경오염국으로부터 벗어나야 한다.

북한은 2008년 바젤 협약에 가입하여 국가 간 유해폐기물의 이동을 금지하는 데 비준하였으나 경제력을 확보하기 위하여 외국으로부터 폐기물을 수입하고 있다는 국내·외 보도가 지속되었다.¹⁷¹⁾ 이러한 결과를 뒷받침하여 주는 Science 논문이 Jambeck et al.(2015)에 의해 보고되었는데 북한에 의한 폐플라스틱 해양오염이 전 세계를 기준으로 했을 때 19위로 발표되었다.¹⁷²⁾ 평양시에서 발생하는 폐플라스틱 발생량은 564톤/년 정도이다. 이 중 약 57%가 재활용되었다고¹⁷³⁾ 하나 북한에서 해양으로 배출된 폐플라스틱 양이 5만 톤/년에서 12만 톤/년으로 보고되는 것은 그 차이만큼 폐플라스틱이 수입되었다고 추정할 수 있다. 북한 항만의 수입폐기물 사진이 이 사실을 뒷받침해준다. 수입폐기물은 북한에서의 이동수단 미흡으로 적체되어 있는 것으로 판단된다. 북한에 수입된 폐기물은 이동수단이 부족해 폐기물을 처리할 수 있는 시설로 이동하지 못하고, 바다로 투기하거나 주변 환경에 적치되어 환경오염이 심각할 것으로 추정된다는 내용이 Science 논문으로 보고되었다.

북한은 바젤 협약에 비준하였으나 대외적인 고립 상황에서 외화 부족 등의 이유로 다른 국가의 폐기물을 수입하고 있고 폐플라스틱은 해양오염을 유발하고 있는 실정이다. 향후에는 바젤 협약에 따른 폐기물의 환경적으로 건전한 관리(ESM: Environmentally Sound Management)에 관심을 두어 수입된 폐기물의 관리와 이로 인한 해양오염 방지 방안도 마련되어야 할 것이다.¹⁷⁴⁾

앞에서 언급한 북한의 폐기폐설물과 오물 관리에 대한 시사점을 적절하게 반영하고 이행

171) New Energy and Environment Digest(2009.12.14), “China Diverting Toxic Waste to North Korea, Emerging Information Suggests”, 검색일: 2021.6.7.

172) Jambeck et al.(2015), p.769.

173) O et al.(2021), pp.35-44.

174) 이승희 외(2017), p.127.

하기 위해서는 법과 규정이 가장 중요하다. 북한에서는 이에 대한 법과 규정이 마련되어 있으나 세부적으로 명확하게 규정하지 않아 개정이 필요하다. 다만, 이러한 법과 규정을 이행하기 위한 전문가가 매우 부족하고, 폐기폐설물을 적정 처리하는 예산과 시설 또한 부족하며, 다양한 오물과 폐기폐설물을 안전하게 처리하는 기술 개발이 미흡한 실정이다. 북한의 오물이나 폐기폐설물을 합리적으로 관리하기 위해서 다른 나라에서 실시하는 폐기물 관리방안을 바로 적용하는 것은 북한의 조건이나 입장을 반영하지 못하기 때문에 적합하지 않을 것이다. 따라서 북한의 오물이나 폐기폐설물에 대한 관리 정책은 북한의 실정에 적합하게 기초적이고 경제적이면서도 체계적인 관리 방안이 마련되어야 한다.

북한은 2020년에 「재자원화법」을 제정하여 폐기폐설물의 재자원화를 강화하도록 하였는데 이 방안은 매우 의미 있고 바람직한 관리라고 할 수 있다. 가연성 및 유기성폐기물의 재사용 및 재활용 비중이 80% 이상으로 매우 높고, 불연성폐기물인 금속류는 100% 재사용 및 재활용되고 있으며, 유리도 88.8% 재사용 및 재활용되어 매우 높은 재활용률을 보인다. 폐기폐설물 수매제도를 활성화하여 오물이나 폐기폐설물의 재자원화를 향상시키는 방안은 앞으로도 지속적으로 추진되어야 바람직하다. 다만, 이러한 재자원화를 실시하는 데 매우 중요한 폐기폐설물과 오물에 대한 재활용 정보를 지속적으로 수집하여 이를 기반으로 재자원화 방안을 강구하는 것이 절대적으로 필요하다.

그리고 북한에서의 오물이나 폐기폐설물 재자원화 기술과 처리기술 개발 그리고 처리시설을 확보하는 방안은 자력에 의해 내부적으로 이루어내는 것도 중요하지만 국제 사회와의 협력체계를 이용하는 것이 필요하다. 선진국과 다른 나라의 폐기폐설물 처리에 대한 여러 기술과 시설을 검토하고 그 기술과 시설 중에서 북한 실정에 가장 적합한 방안을 선택하여 이용하는 것이 필요하다. 또한 지속적인 오물이나 폐기폐설물을 관리하기 위하여 장기적인 청사진을 마련해야 하며, 이러한 청사진을 일정 기간마다 재검토하여 다양한 오물과 폐기폐설물을 안전하게 관리하는 방안을 구축해야 한다.

〈표 5-1〉 북한 폐기폐설물(폐기물) 관리 시사점과 관리방안 요약

구분	시사점	관리방안
폐기폐설물에 대한 분류체계와 범위의 명확한 규정	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물 분류체계의 세부적인 종류와 범위, 발생원이 반영되지 않음 - 폐기폐설물 관련 이해당사자의 역할과 책임이 불분명함 - 시간이 지남에 따라 환경오염으로 이어질 가능성성이 매우 높음 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물의 종류에 대한 세부종류의 설정과 고유번호 지정에 의하여 쉽게 분류하고 확인할 수 있도록 하여야 함 - 이를 근거로 폐기폐설물의 통계 작성과 책임소재를 명확하게 나타나도록 할 수 있음
폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 지속적인 통계자료 작성	<ul style="list-style-type: none"> - 북한의 폐기폐설물 발생 및 처리현황은 평양시로 국한되어 있고, 2008년과 2010년의 시점에만 통계가 조사됨 - 다른 지역의 통계자료가 작성되지 않아 폐기물 특성의 파악이 어렵고, 적정한 규모의 시설 설계에 한계가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 전국적으로 폐기폐설물 통계 작성의 범위를 확대하고, 지속적으로 통계자료를 수집할 수 있도록 폐기폐설물취급법의 개정이 필요함 - 지속적인 통계자료의 확보를 통해 폐기폐설물 특성과 규모에 따른 적정 시설 확보에 활용이 가능함
공업지역의 유독성의 우선 순위를 고려한 체계적인 유해폐기물 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 공업지역의 폐기폐설물에 대한 정보가 거의 없어 정확한 평가에 한계가 있음 - 외국 전문가 등에 의하여 DDT나 PCBs 와 같은 물질의 폐기시 적정관리가 이루어지지 않는 것이 확인됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 국제 환경협약의 기준에 의한 적합한 관리를 수행하는 것이 필요하나 현실적으로 국제 기준을 만족하기 어려움. - 따라서 유해물질의 독성에 의한 우선순위를 정하여 순차적인 관리가 필요함
광산폐기물에 대한 기초적인 관리 필요	<ul style="list-style-type: none"> - 북한에서 광산폐기물의 적치장 관리의 미흡으로 광미와 같은 물질이 하천으로 유입되거나 주변 식생의 훼손이 발생함 	<ul style="list-style-type: none"> - 여러 광산에서 광미 등의 광산폐기물의 적정한 관리를 위해 우선순위를 정하고, 아주 기초적이고 지속적인 관리 방안이 우선 마련되어야 함
재활용 기술의 다양하고 체계적인 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 문현에 나타난 북한의 재활용 기술은 고급화된 기술이 거의 없이 유기성 오물의 퇴비화나 무기성 오물로부터 건재 제조 등의 기초적인 기술임 	<ul style="list-style-type: none"> - 파수지를 칠감으로 생산하는 등 기초적인 기술이므로 폐기폐설물 재활용에 대한 체계적이고 지속적인 기술 개발이 이루어져야 함
수입 폐기폐설물 관리 규정 마련 필요	<ul style="list-style-type: none"> - 북한은 2008년 바젤 협약에 가입하였으나 경제력을 확보하기 위해 외국으로부터 폐기물을 수입하고 있음 - 북한 항만에 수입된 폐기물이 적체되어 있으며, 이를 통해 주변 환경의 오염(주로 해양오염)이 심각할 것으로 추정됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 바젤 협약에 근거하여 폐기물의 환경적으로 건전한 관리(ESM)에 관심을 두고 적정 관리방안을 마련하여야 함. - 특히, 해양환경오염을 방지하여 국제적인 해양환경오염국이라는 오명에서 벗어나야 함

자료: 저자 작성.

제6장

결론 및 제언

1. 결론

가. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관련 법·제도

북한의 폐기폐설물과 관련한 법과 제도를 분석하기 위하여 통일부, 법무부 및 법제처에 의해 구축된 통일법제데이터베이스와 국제학술대회의 발표자료, 탈북민의 증언을 통해 북한의 환경 분야 법과 제도에 대해 파악하였다.

환경 분야의 19개 법에 대해 정보가 수집되었으며, 19개 법에서 폐기폐설물과 관련한 사항을 분석하기 위해 세부적인 환경 분야 구분을 수행하였다. 북한의 법에 의해 구분되는 환경 분야는 환경 기본, 물 환경 및 수자원, 해양환경, 폐기물 및 자원순환, 대기 환경, 토양 환경, 화학물질, 환경보건, 산림 및 생태계, 도시 관리, 환경평가 및 기타의 분야로 나뉜다. 이러한 북한의 환경 분야 법 중 폐기폐설물과 관련한 규정이 설정되어 있는 법은 환경 기본 분야의 「환경보호법」, 폐기물 및 자원순환 분야의 「폐기폐설물취급법」, 「재자원화법」과 환경보건 분야의 「공중위생법」, 도시 관리 분야의 「도시미화법」 및 「평양시관리법」이 있으며, 해당 법조문에서 그 내용을 찾아볼 수 있다.

환경 기본 분야의 「환경보호법」은 1986년에 채택되었으며, 제1장 「환경보호법」의 기본, 제2장 자연환경의 보존과 조성, 제3장 환경오염의 방지, 제4장 환경보호사업의 지도통제의 4개의 장으로 구성되어 있다. 「환경보호법」에서 폐기폐설물에 대한 규정은 제3장 환경오염의 방지에 포함되어 있으며, 마을에 휴지통과 오물통의 설치, 도시오물의 재자원화, 공업폐설물처리장의 건설, 재자원화 기술의 도입 등 폐기폐설물 관리에 대한 포괄적인 규정을 설

정하였다.

폐기폐설물에 대한 일반법으로는 2007년에 채택된 「폐기폐설물취급법」이 있으며, 제1장 「폐기폐설물취급법」의 기본, 제2장 배출, 보관, 수송, 제3장 처리 및 재이용, 제4장 지도통제의 4개의 장으로 나눠지며, 40개의 세부조항이 포함되어 있다. 「폐기폐설물취급법」에서는 폐기폐설물의 정의와 분류를 언급하고 있으나 구체적인 폐기물의 목록은 마련되어 있지 않으며, 폐기폐설물의 배출과 관련하여 배출 조건과 배출량을 기록하도록 명시하고 있으나 실질적인 통계 작성으로는 이어지지 않는 것으로 보인다. 이 외에 폐기폐설물 처리의 기본 요구사항, 시설의 건설, 폐기폐설물의 넘겨주기와 받기 등 폐기폐설물의 배출부터 처분까지의 규정을 설정하고 있다.

폐기폐설물과 관련하여 2020년 북한 최고인민회의 제14기 3차 회의에서는 「재자원화법」이 채택되었다. 이 법은 국제적인 대북제재로 경제활동의 제약과 고립상황이 심화되면서 경제적 어려움을 극복하기 위한 수단인 것으로 보인다. 또한 법의 목적은 국가의 재자원화작업에 대한 체계와 질서를 염격하게 세워 국가 경제의 지속적인 발전과 생태환경보호에 기여하는 것으로 설명되어 있다. 이는 과거부터 이어진 북한의 자력갱생의 개념을 법적으로 명문화한 것으로 볼 수 있다. 법의 구성은 4개의 장, 46개의 세부 조항으로 구성된 것으로 알려졌으나 구체적인 내용은 공개되지 않았다. 「재자원화법」은 지속가능한 경제활동을 추진하기 위해 순환경 체계를 도입했다는 해석도 있으나 물자 부족의 문제를 중앙당에서 도당위원회와 기업소, 인민에게 책임을 지우려는 목적일 가능성이 있다. 따라서 「재자원화법」의 제정 배경, 주요 사항 등에 대한 구체적인 내용이 공개되지 않았으므로 향후 전문이 공개된 후 판단하여야 할 부분이 남아있다.

환경보건 분야의 「공중위생법」은 1998년에 채택되었으며, 인민들의 위생적인 생활환경과 조건을 마련하여 그들의 건강을 보호 증진하는 데 이바지하는 것이 목적이다. 이 법에서는 오물장의 관리와 관련한 규정을 설정하고 있으며, 오물장을 위생적으로 관리하여 사람의 건강에 미치는 악영향을 방지하도록 하고 있다.

도시 관리 분야에서 2012년에 채택된 「도시미화법」은 도시청소사업을 통해 인민들에게 문화 위생적인 조건을 마련하도록 하고 있다. 이 법에서는 담당구간의 청소, 휴지통의 설치 등의 규정을 설정하여 오물을 제때 버리고 실어내가도록 하고 있다. 1998년에 채택된 「평

『양시관리법』은 평양시를 현대적이고 문화적인 도시로 잘 꾸려 주민들에게 깨끗한 생활환경과 편리한 생활조건을 마련하는 것이 목적이다. 이 법에서도 오물의 처리 규정을 두어 오물 종합처리장을 꾸리고 오물을 제때 처리하도록 하고 있다.

북한의 폐기폐설물과 관련한 제도는 8·3인민소비품창조운동과 수매사업이 있다. 8·3인민소비품창조운동은 생활필수품의 공급이 어려워짐에 따라 김정일의 지시에 따라 소비재의 증산을 목적으로 시작된 군중운동으로 설명하고 있으나 김정일의 지시에 따라 수행된 것이라는 점을 고려하였을 때 정책적 조치로 판단된다. 8·3인민소비품은 기관, 기업소, 협동단체와 가내작업반 등에서 유휴자재와 폐기물, 폐설물을 이용하여 만든 생활소비품을 말한다. 이러한 활동은 기초적이고 간단한 재사용과 재활용을 수행하는 것이라고 볼 수 있다. 그러나 8·3인민소비품은 주로 가내수공업 등에 의해 이루어져 생산품의 질이 낮다는 한계점이 있었으며, 결과적으로는 소비재 증산에 의한 공급부족 문제 해결에는 도달하지 못했다.

북한의 수매사업은 식료품에 대한 수요 충족과 공산품의 생산 원료를 확보하는 일이 주된 내용이다. 수매사업은 북한 당의 상부가 말단 단위인 인민반에게 수행하여야 하는 과제를 주며, 하달되는 과제에는 유휴자재의 수집과 수매 과제가 포함되어 있다. 또한 북한에서는 언론 등을 통해 사회주의 경제 건설에 이바지한다는 명목으로 가정에 있는 유휴자재를 모조리 찾아내어 재사용 또는 재활용할 것을 지시하고 있으며, 수집되는 품목으로는 파철, 파동, 파지, 파고무, 파유리, 빙병 등 총 20여 종이 있다. 수매사업에 의해 유휴자재를 수집하여야 하는 파철, 파동 등의 양은 가정에서 마련하기 어려울 정도로 부과되고 있어 각 가정에서는 수매사업에 의한 할당량을 맞추기 위한 방법으로 인민반에 돈을 지불하거나 장마당으로부터 재료를 구매하는 경우가 있었다. 특히, 인민들이 할당된 양을 어떻게든 맞추는 이유는 북한의 사회제도인 생활총화에 자아비판의 주제로 유휴자재의 수매에 대한 사항이 선정되어 있기 때문이다.

나. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 분류체계와 관리현황

북한에서 폐기폐설물의 분류체계는 「폐기폐설물취급법」에서 방사성폐기폐설물, 유독성 폐기폐설물, 일반폐기폐설물로 설명하고 있으나 구체적인 폐기폐설물의 목록이 설정되어

있지 않으며, 발생원의 개념이 반영되어 있지 않다. 또한 북한의 법이나 로동신문과 같은 언론, 학술잡지와 같은 간행물에서는 오물, 폐기물, 폐설물 등 폐기폐설물과 관련한 다양한 용어가 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 북한의 법과 문현에서 사용되는 용어와 문맥, 탈북민의 증언을 통해 폐기폐설물에 대한 분류체계를 유추하였다.

북한에서 폐기물은 기계, 제품 등을 사용하지 못하고 버리는 것을 의미하며, 폐설물은 공장, 기업소 등에서 작업 및 생산과정에서 나오는 버리는 것을 의미한다. 오물은 주로 가정에서 발생되는 폐기폐설물을 의미한다. 또한 북한 과학자가 작성한 국제 학술논문에서는 생활에서 발생되는 폐기폐설물에 대해 도시고형폐기물(Municipal Solid Waste)로 사용하며, 사업장에서 발생되는 폐기폐설물을 산업고형폐기물(Industrial Solid Waste)로 사용하고 있다. 따라서 발생원의 개념을 고려하여 북한의 폐기폐설물을 분류하면, 한국의 생활폐기물은 오물이라고 볼 수 있으며, 사업장폐기물은 폐기폐설물로 구분할 수 있다.

북한에서 폐기폐설물의 관리현황은 발생과 처리현황으로 구분할 수 있다. 북한의 폐기물 발생량은 전국적으로 제시된 것은 없으며, 평양시로 범위가 국한되었으며, 폐기물 발생량의 조사시점은 2008~2010년으로 한정되어 있다.

평양시의 오물 발생량은 연간 약 58.0만~61.4만 톤이다. 이러한 평양시의 오물발생량에 대하여 인구를 반영한 1인 1일당 발생량으로 나타내면 0.54~0.57kg/인/일이다. 북한의 1인당 GDP는 749달러로, World Bank에 의해 Low income 국가로 분류된 국가들 중 특수한 국가를 제외하고 1인당 GDP가 600~800달러 수준의 국가들에서는 0.50~0.53kg/인/일의 폐기물 발생량을 나타내고 있어 평양시의 오물발생량으로 제시된 정보는 어느 정도 신뢰성이 있는 것으로 판단되었다.

평양시의 오물은 가연성 및 유기성이 27.0~29.0%이고, 불연성이 71.0~73.0%로 오물 중 불연성의 비중이 높다. 특히, 오물 중 불연성 물질인 탄재는 전체 오물 중 64.0~68.4%이며, 양으로는 약 37만~42만 톤으로 그 비중이 매우 크다. 오물 중 탄재의 비중이 높은 이유는 가정에서 난방용 및 취사용 연료로 석탄이나 탈 수 있는 가연성 물질을 사용하고 있기 때문이다.

북한에서 폐기폐설물의 발생량과 관련한 정보는 거의 없으며, 평양시에서 2009~2010년의 시기에 56.4만 톤이 발생되었다. 폐기폐설물 중에서 석탄재와 연소잔재물은 31.8만 톤

인 약 56%로 그 비중이 크다. 이는 평양시에 있는 2개의 화력발전소의 연료 사용에 의한 것으로 추정된다. 국내 5대 발전사에서 연료소비량과 석탄재 발생량을 고려하였을 때 석탄 사용에 의한 석탄재 발생계수는 0.12이며, 북한의 석탄사용량과 발전용량을 고려하였을 때 석탄화력발전에 의한 석탄재의 추정량은 27.7만~30.7만 톤이다. 따라서 문헌에 제시된 평양시의 석탄재 발생량 정보는 신뢰할 수 있는 값이라고 판단된다. 그러나 다른 종류의 폐기폐설물의 경우, 기업의 현황, 원료 등의 사용량, 제품 생산량 등이 명확하게 밝혀지지 않아 향후 이에 대한 검토와 검증을 수행하여야 한다.

평양시의 오물 처리는 북한 과학자에 의해 제시된 문헌에 따라 다르게 나타나고 있으며, 최근 문헌에서는 오물의 종류별 처리현황을 재사용 및 재활용, 퇴비화, 매립의 4가지 방법으로 구분하여 제시하고 있다. 가연성 및 유기성 오물에서 종이, 목재 및 고무의 재사용 및 재활용이 각각 96.3%, 80.3%로 높다. 또한 불연성폐기물에서도 금속류는 100% 재사용 및 재활용되고 있으며, 유리도 88.8% 재사용 및 재활용되어 4가지의 처리방법 중 매우 높은 수치이다. 혼합 유기성 폐기물의 경우 퇴비화로 99.5%가 처리되고 있다. 이와 같은 오물의 처리는 수치로 봤을 때 대부분 재사용 및 재활용되고 있으며, 소각과 매립에 의한 처리는 거의 없다.

평양시의 폐기폐설물 처리는 재사용 및 재활용이 76.30%로 가장 높으며, 매립이 23.66%, 소각이 0.04%의 비중을 차지하였다. 전반적으로 오물보다 재사용 및 재활용의 비중이 높게 나타났다. 폐기폐설물의 종류별 처리현황 중 플라스틱, 섬유, 종이, 혼합 유기성 폐기물, 석탄재, 유리, 금속의 7개 종류의 폐기폐설물은 오물의 처리현황과 수치가 같았다. 이는 북한에서 폐기폐설물의 분류체계가 미흡하다는 것을 나타낸다. 오물의 처리현황과 수치가 같은 것을 제외하고 하수오니는 재사용 및 재활용이 95.6%, 곡물잔재 및 축산잔재는 재사용 및 재활용이 100%로 나타났다. 이러한 유기성 폐기폐설물은 대부분 농업과 관련하여 비료로 이용되고 있다. 불연성 폐기폐설물인 광재도 100%의 재사용 및 재활용률을 보이는데 대부분이 건설자재 생산의 재료로 이용되고 있다.

또한 북한의 오물과 폐기폐설물의 처리방법은 도시지역과 농촌지역으로도 구분할 수 있다. 평양시와 같은 도시지역에서 오물과 폐기폐설물 중 탄재는 건설자재의 재료로 이용되고 있으며, 유기성오물과 폐기폐설물은 탄재 등과 혼합하여 비료로 만들고 있다. 유기성 오물

과 폐기폐설물을 이용하여 만드는 비료에 탄재와 같은 물질을 섞는 것은 인민들에게 할당되는 퇴비의 양을 맞추기 위함이다. 농촌지역의 경우, 오물의 발생량 자체가 매우 적고, 대부분이 재사용되고 있다. 도시지역과 같이 유기성 오물은 비료로 사용하며, 플라스틱 폐기물과 같이 탈 수 있는 대부분의 가연성 오물은 가정 내 에너지원으로 활용되고 있다.

평양시의 오물과 폐기폐설물 처리현황에서 전반적으로 재사용 및 재활용의 비중이 높아 수치로 따지면 비교적 오물과 폐기폐설물의 관리 수준이 높은 것으로 평가될 수 있으나 UNEP와 같은 국제기구의 보고서, 국제 학술논문에서의 평가, 탈북민의 증언을 고려하면 북한에서 오물과 폐기폐설물의 관리 수준은 매우 미흡한 실정이다. UNEP의 보고서에서는 슬러지에 포함된 비소와 납의 함량이 각각 42.6mg/kg과 171mg/kg으로 기준치를 초과하고 있었으며, 제련소 주변의 토양에서는 카드뮴, 수은, 비고, 납의 기준치를 초과하고 있다는 점에서 폐기폐설물의 관리 과정에서 물, 대기, 토양 환경에 미치는 오염이 심각한 실정임을 알 수 있었다.

다. 북한의 폐기폐설물(폐기물)에 대한 관리 분석

북한의 폐기폐설물 관리에 대하여 재자원화 추진 상황, 오물 관리, 폐기폐설물 관리, 광산 폐기폐설물 관리, 수출입 폐기폐설물 관리의 5가지 분야로 구분하여 분석하였다.

재자원화 추진상황에 대한 분석은 2020년 「재자원화법」의 채택과 북한 중앙당에서 언론을 통한 재자원화를 지속적으로 강조하고 있기 때문에 국내외 언론, 북한의 간행물 등을 통해 분석하였다. 북한에서는 재자원화를 독려하기 위한 수단으로 조선중앙방송에서 약 16 분 길이의 영상 선전물을 방영하였다. 재자원화를 강요하기 위하여 326전선종합공장에서 재자원화 사업을 등한시하였다는 이유로 당 조직지도부의 검열을 받았으며, 검열 후 지배인, 기사장 등이 처벌받았다는 내용이 전파되었다. 또한 재자원화의 추진과정에서 수매사업의 중요성을 강조해되고 있으며, 2018년도 파고무나 파지 등의 각 가구당 수집 의무량이 3~5kg 정도였으나 2020년에는 4~6kg으로 증가되었다. 이와 같은 북한의 재자원화 추진은 북한 공산당으로부터 받은 기본 생산계획 등의 수행과 재자원화에 대한 명령이 노동계층과 가정에 막대한 부담으로 이어지고 있다.

북한의 재자원화 추진과정에서 선전물 제작, 강요, 과도한 명령 등과 함께 국가 및 도·시·군 과학기술위원회, 국가과학원, 북한 내 대학, 공장 및 기업소 등에서의 재자원화 성공사례를 언론 등을 통해 전파하고 있다. 도별로 존재하는 과학기술위원회에서는 주로 파수지를 이용하여 대용연료를 생산하는 기술을 개발하여 뜨락또르와 같은 런전기재의 가동률을 높였으며, 유휴자재를 이용하여 농업생산에 필요한 자재를 생산하였다. 국가과학원에서는 PET 수지 폐기물의 분해방법, 에틸렌글리콜, 테레프탈산, 유기용제 제조방법을 확립하였다. 대학에서는 파수지를 이용하여 칠감을 생산하는 기술을 개발하였으며, 공업폐설물을 이용하여 비소성 방식의 타일 생산 기술을 개발하였다. 공장 및 기업소에서는 주로 유휴자재와 파수지를 활용하여 신발창, 구두창과 같은 제품 및 건설자재 등을 생산하였다. 이와 같은 재자원화 기술 개발이나 제품 등의 생산사례는 북한이 과거부터 강조해왔던 중공업 분야보다는 경공업 분야에 치중되어 있으며, 기초적인 수준에서 볼 수 있는 재자원화 기술들이므로 재자원화의 결과물은 질이 그다지 높지 않을 것으로 예상된다.

오물의 관리에 대해서는 오물장의 형태와 위치, 관리 실태와 관련한 국내외 언론보도와 탈북민의 증언을 수집하여 분석하였다. 평양시나 일부 도시지역은 아파트 등의 생활공간 주변에 오물을 모아두는 오물장이 존재하며, 오물장은 2층 구조로 마련되어 있다. 평양시 아파트의 경우 1개의 오물장을 약 200가구가 사용하고 있다. 북한의 아파트 주변 오물장에는 한국과 달리 분리수거장이 설치되어 있지 않은데 수매사업에 의하여 주민들이 파지, 파철, 파동 등을 수매소에 할당량을 제출하기 때문이다. 일부 오물장에서는 오물이 모이면 노천에서 소각시키는데 이는 오물장에 쌓여있는 오물을 운반할 수단이 부족하기 때문인 것으로 보인다. 또한 북한의 포장재 폐기물이 바다로 유입되었고, 해류로 인해 이동하여 한국의 연평도에서 발견되었다는 점에서 오물의 처리시설의 수준이 미흡하고, 시설이 마련되어 있어도 관리가 잘 이루어지지 않는다는 것을 알 수 있다.

폐기폐설물 관리에 대한 분석은 기업, 기업소 등의 사업장에서 발생되는 폐기폐설물에 의한 유해성으로 총체적 환경오염이 발생하기 때문에 매우 중요한 사항이다. 사업장에서 발생되는 폐기폐설물의 관리에 대한 분석은 국내외 학술논문과 보고서, 탈북민의 증언을 수집하여 수행하였다. 북한의 다양한 산업 중 남포와 순천에 위치한 화학산업에서는 국제적으로 제조 및 사용이 금지된 DDT 및 PCBs와 같은 POPs 물질의 제조와 사용이 이루어지고

있다. 북한은 POPs 물질과 관련한 스톡홀름 협약에 가입하였다. 이에 따라 동 협약의 이행 지원을 위해 국제 전문가들이 방북하여 교육 및 훈련작업이 이루어졌다. 당시 확인된 사항으로는 폐기되는 PCBs가 생산시설에 가깝게 조성되어 있는 주거지역으로 유출되어 주민들의 건강에 영향을 미치고 있으며, 폐기되는 PCBs가 생산 및 사용 시설 내부에서도 유출되고 있어 작업자의 건강에 영향을 미치고 있다고 한다. 이와 같이 공장과 기업에서 발생되는 폐기폐설물의 부적절한 관리는 화학산업 외에서도 잘 이루어지지 않을 것으로 추정된다. 전자산업, 제련업 등으로부터 발생되는 전기전자 스크랩, 광재, 폐산, 폐알칼리 폐유독물질 등 유해폐기물의 종합적인 관리가 필요하다.

본 연구에서 북한의 광산 폐기폐설물 관리에 대한 분석 배경은 국제적으로 수은에 관한 미나마타 협약 등에 의하여 광산에서 미광이나 버러의 관리가 주요 현안으로 대두되었고, 북한에서는 석탄, 철, 비철 및 비금속 광업이 이루어지고 있기 때문이다. 광산 폐기폐설물 관리는 국내외 보고서, 학술논문, 탈북민의 증언과 위성사진을 통해 분석하였다. 북한의 광산 중 폐기폐설물 관리의 문제는 주로 미광과 버러의 적치장에서 나타났다. 미광과 버러 적치장에서는 미광과 버러 자체와 침출수가 적정하게 관리되지 않은 채 주변 하천으로 흘러 들어가 물 환경의 오염을 유발하고 있다. 특히, 국제적으로 광산에 의한 환경오염이 알려진 무산광산에서는 광산 폐기폐설물이 두만강으로 유입되었고, 이로 인해 강의 물 자체가 새까맣게 오염되어 물고기도 살 수 없는 환경이 되었다. 또한 북한에서는 강의 물을 먹는 물로 주로 이용하고 있으므로 광산에서 폐기폐설물의 부적정한 관리는 물 환경의 오염과 사람의 건강 문제를 유발하고 있다. 또한 미광 적치장이 붕괴하는 일이 발생하였는데, 이는 북한에서 광산 폐기폐설물 처리시설의 설계 및 건설 능력과 관리 능력이 매우 미흡하다는 것을 나타낸다.

수출입 폐기폐설물에 대해서는 1990년대부터 언론을 통해 북한에서 폐기폐설물의 수입에 의한 환경오염 문제가 제기되어 왔으므로 이에 대한 분석을 수행하였다. 1997년에는 독일의 산업폐기물을 3년 동안 4.7만 톤을 수입하였다. 북한은 2008년 바젤 협약에 가입하였으나 그 후에도 폐기폐설물의 수입은 계속되었다. 2008년에는 북한으로 산업폐기물을 보낼 업체를 찾고 있다며 중국의 웹사이트를 통해 광고하였으며, 2010년에는 라선시에 유해폐기물 합영기업을 설립하여 산업폐기물과 유해폐기물을 수입하여 처리하기로 하였다.

2019년에는 러시아와 접촉하여 폐기물 에너지화 설비를 수입하려고 시도하였다. 또한 북한은 투전기재 등의 재원이 부족하여 폐기폐설물을 수입해오면 수작업으로 하차 작업을 하고 있다. 이를 통해 북한의 수입 폐기폐설물은 항구 등에 적치되어 해양환경의 오염원으로 작용하고 있다. 결과적으로 북한의 폐기폐설물 수입은 자원의 확보보다는 외화벌이를 목적으로 지속적으로 수행되고 있다.

라. 북한의 폐기폐설물(폐기물) 관리에 대한 시사점 및 관리방안

북한의 법, 문헌, 탈북민의 증언을 통해 북한의 폐기폐설물 관리 사항에 대하여 분석하였다. 폐기폐설물의 관리에 대한 분석 결과로부터 북한의 폐기폐설물 관리의 시사점과 관리방안을 폐기폐설물 분류체계와 범위의 명확한 규정, 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 지속적 통계자료 작성, 공업지역의 유독성의 우선순위를 고려한 체계적인 유해폐기물 관리, 광산 폐기폐설물에 대한 기초적인 관리, 재활용 기술의 다양하고 체계적인 개발, 수입 폐기폐설물 관리 규정 마련의 6가지로 구분하여 도출하였다.

첫째, 폐기폐설물 분류체계와 범위의 명확한 규정

폐기폐설물의 분류체계와 범위에 대한 시사점은 세부적인 종류와 범위 발생원이 반영되어 있지 않으므로 폐기폐설물 관련 이해당사자의 역할과 책임이 불분명하여 시간이 지남에 따라 환경오염으로 이어질 가능성이 매우 높다는 점이다. 이러한 사항을 개선하기 위한 관리방안으로는 폐기폐설물의 종류에 대한 세부종류의 설정과 고유번호를 지정해 쉽게 분류하고 확인할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 또한 이를 근거로 하여 폐기폐설물의 통계 작성과 책임소재를 명확히 할 수 있도록 하여야 한다.

둘째, 폐기폐설물 발생 및 처리에 대한 지속적 통계자료 작성

북한의 폐기폐설물 발생 및 처리와 관련한 통계에 대한 시사점은 북한 폐기폐설물 발생 및 처리현황에 대한 정보가 평양시로 국한되어 있고, 2008년과 2010년의 시점에만 통계자료가 조사되어 북한 전역의 정보가 없어 폐기폐설물의 특성 파악이 어렵고, 적정 규모의 시설 설계에 한계가 있다는 점이다. 이러한 사항을 개선하기 위해 전국적으로 폐기폐설물 통계 작성의 범위를 확대하고, 지속적으로 통계자료를 수집할 수 있도록 「폐기폐설물취급법」

의 개정이 필요하다. 또한 지속적인 통계자료의 확보를 통해 폐기폐설물의 특성과 규모에 따른 적정시설 확보에 활용하여야 한다.

셋째, 공업지역의 유독성의 우선순위를 고려한 체계적인 유해폐기물 관리
공업지역의 폐기폐설물에 대한 정보가 거의 없어 정확한 평가에 한계가 있으나 일부 외국 전문가에 따르면 DDT나 PCBs와 같은 물질이 폐기될 때 적정관리가 이루어지지 않으므로 폐유독물질에 대한 체계적인 관리가 필요하다는 점이다. 북한에서 폐유독물질의 관리방안은 국제 환경협약의 기준에 의한 적합한 관리를 수행하는 것이 필요하나 북한은 현실적으로 국제 기준을 만족하기 어려우므로 유해물질의 독성에 의하여 우선순위를 정해 순차적으로 관리해나가야 한다.

넷째, 광산 폐기폐설물에 대한 기초적인 관리

광산 폐기폐설물 관리에 대한 시사점은 북한에서 광산 폐기폐설물의 적치장 관리 미흡으로 미광과 같은 물질이 하천으로 유입되고, 주변 식생의 훼손이 발생되었으며, 이러한 오염이 사람의 건강 문제로 이어지고 있으므로 기초적인 관리가 필요하다는 점이다. 따라서 북한의 여러 광산에서 미광 등의 광산폐기물의 적정한 관리를 위해 우선순위를 정해야 하며 아주 기초적이고 지속적인 관리 방안이 우선 마련되어야 한다.

다섯째, 재활용 기술의 다양하고 체계적인 개발

북한에서 언론 등을 통해 소개되고 있는 재자원화 기술은 고급화된 기술이 거의 없으며, 주로 유기성 오물 및 폐기폐설물의 퇴비화나 무기성 오물 및 폐기폐설물로부터 전재 제조 등의 기초적인 기술이다. 2020년도에는 재자원화를 명문화하는 「재자원화법」을 채택하여 자원화할 수 있는 오물과 폐기폐설물을 집중적으로 수거하고 있으나 이를 재자원화하는 기술은 파수지를 이용하여 칠감을 생산하는 정도의 매우 기초적인 수준이다. 따라서 재자원화 대한 체계적이고 지속적으로 기술 개발이 이루어져야 한다. 재자원화 기술을 개발하기 위해서는 기술 인력과 연구 재원, 시설과 장비가 병행되어야 하나 북한에서는 모든 것이 부족하므로 국제기구 등을 통해 연구비용을 조달받을 수 있도록 하는 것이 중요하다.

여섯째, 수입 폐기폐설물 관리 규정 마련

북한은 바젤 협약에 가입했으나 외화벌이를 목적으로 지속적으로 폐기폐설물을 수입하고 있다. 또한 수입된 폐기폐설물을 운반하는 룬전기재가 미흡하여 폐기폐설물이 처리시설로

운반되지 못하고 수입되는 항구에 적체되어 있어 해양환경의 오염원으로 작용하고 있다. 따라서 북한에서는 바젤 협약의 환경적으로 건전한 관리(ESM: Environmentally Sound Management)의 개념을 중심으로 수입 폐기폐설물의 관리 규정을 명확하게 설정하고, 해양오염 방지 방안을 함께 마련하여 국제적인 해양환경오염국으로부터 벗어나야 한다.

이와 같은 북한의 오물과 폐기폐설물의 관리에 대한 시사점과 관리방안을 이행하기 위해서는 법과 규정이 가장 중요하다. 북한에서는 「폐기폐설물취급법」, 「재자원화법」 등 오물과 폐기폐설물에 대한 법을 마련하고 있으나 세부적으로 명확하게 규정하지 않아 개정작업이 수행되어야 한다. 북한은 2020년에 「재자원화법」을 채택하여 오물과 폐기폐설물의 재자원화를 강화하였으며, 수매사업에서 수집 의무량을 증가시키고 있다. 이러한 오물과 폐기폐설물의 관리는 매우 의미 있는 것으로 평가할 수 있으나 재자원화와 관련한 정보를 지속적으로 수집하여 재자원화를 추진해나가야 한다.

북한에서 오물이나 폐기폐설물을 재자원화하고 환경오염을 방지하는 적정 처리기술의 개발 및 확보를 자력으로 이루어내는 것도 중요하지만 물자, 생활수준 등이 매우 낮으므로 국제 사회와의 협력체계를 이용하는 것이 필요하다. 선진국과 다른 나라의 오물과 폐기폐설물 처리의 여러 기술과 시설을 검토하여 북한 실정에 적합한 방안을 선택하여 이용하여야 한다.

2. 정보유무에 따른 해석

본 연구에서 수집된 문헌자료와 텔북민의 증언을 통해 북한의 오물과 폐기폐설물 관리에 대한 사항을 분석하였다. 수집된 정보를 통해 북한의 오물과 폐기폐설물 관리에 대해 알고 있는 것과 모르는 것을 정리하여 향후 북한의 오물과 폐기폐설물과 관련한 연구의 수행에 도움이 될 수 있도록 하였다.

〈표 6-1〉 북한의 폐기폐설물에 대한 기존 정보에 의한 해석과 없는 정보에 대한 추론

기존 정보에 의한 해석	없는 정보에 대한 추론
<ul style="list-style-type: none"> - 북한의 환경법에서 오물 및 폐기폐설물과 관련한 규정이 설정된 법 - 북한에서 사용하는 폐기폐설물 관련 용어 일부 - 평양시의 오물과 폐기폐설물의 발생 및 처리현황 (2008년과 2010년) - 일부 화학산업에서의 폐기폐설물 관리 미흡 (DDT와 PCBs 등의 폐유독물질의 미흡한 관리) - 좌표가 특정된 일부 광산에서의 벼룩과 광미 관리 - 언론을 통해 확인된 지속적인 폐기폐설물 수입 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기폐설물과 관련한 전반적인 용어 - 북한 전역의 폐기폐설물 발생 및 처리현황 자료 (정량적 정보) - 북한의 오물과 폐기폐설물 처리 시설 현황과 적정 시설 규모 - 북한의 오물과 폐기폐설물 처리 기술의 수준(정량적 정보) - 북한 전역의 광산 좌표(일부 확인 가능) - 북한의 폐기폐설물 수입량

자료 : 저자 작성.

가. 기존 정보에 의한 해석

북한의 오물과 폐기폐설물에 대해 수집된 정보로부터 알 수 있는 것은 법과 일부 폐기폐설물 관련 용어, 일부의 관리 현황이다.

첫째, 북한의 오물과 폐기폐설물에 대한 법은 「폐기폐설물취급법」이 일반법으로 존재하며, 발생부터 최종 처분까지에 필요한 사항을 규정하고 있다. 또한 2020년에 「재자원화법」을 채택한 것은 알 수 있었으나 전문이 공개되지 않아 구체적인 내용을 수집할 수 없었다.

둘째, 북한에서 오물과 폐기폐설물의 종류를 문현과 탈북민의 증언을 통해 일부 파악하였다. 북한에서는 폐기폐설물의 분류체계가 구체적으로 설정되지 않았고, 남북의 분단 이후 사용되는 용어가 달라졌다. 주로 파악된 용어는 폐기물과 폐설물의 구분, 오물, 벼룩, 미광 등이다. 이러한 용어를 통해 로동신문이나 북한의 학술잡지 등으로부터 설명된 정보를 수집 할 수 있었다.

셋째, 국제 학술논문, 국제기구의 보고서를 통해서는 2008년도와 2010년도의 평양시에서 오물과 폐기폐설물의 발생량과 처리 현황에 대해 파악하였다. 북한에서 오물과 폐기폐설물의 발생량과 조성, 처리방법별 현황에 대한 수치적인 정보는 UNEP의 보고서 “DPRK Environment and Climate Change Outlook(2012)”와 김일성종합대학의 김원국 교수와 오남철 교수의 논문 “Waste Composition for Solid Waste Management and Its Characteristic Analysis, a Case Study(2017)”, “Assessment of environmental

burdens for municipal solid waste management options(2018)” 및 “Investigating effective waste-to-energy options from refuse-derived fuel resources(2021)”에 제시되어 있다.

넷째, 북한에 방문한 외국 전문가와 탈북민의 증언으로부터 오물과 폐기폐설물 관리 수준을 일부 알 수 있었다. 북한에 방문한 전문가는 국제 학술대회에서 북한의 오물과 폐기폐설물의 관리 수준이 낮으며, 국제적으로 제조 및 사용이 금지된 물질인 DDT와 PCBs의 제조와 사용이 이루어지고 있고, 이러한 물질을 폐기할 때 적정하게 관리되지 않아 주거지역과 공장 내부의 유출이 발생하고 있다고 한다. 탈북민의 증언을 통해서 광산 등에서의 폐기폐설물 관리 미흡으로 발생한 물, 대기, 토양 환경의 오염문제에 대해 파악하였다.

다섯째, 일부 광산지역의 위성사진을 확보하여 광산에서 벼락과 미광의 관리 수준을 확인하였다. 위성사진을 확인한 광산은 2.8직동탄광, 무산광산, 만덕광산, 운산광산, 홀동광산의 다섯 곳이다. 다른 광산의 구체적인 좌표를 확보한다면 추가적인 분석이 가능할 것이다.

여섯째, 로동신문과 같은 북한 언론과 국내외 언론을 통해 북한의 재자원화 추진 상황과 폐기폐설물의 수입 문제에 대해 파악하였다. 북한의 언론에서는 주로 김정은의 지시사항 등을 전파하고 있으며, 재자원화 성공사례는 간략하게 설명하고 있어 구체적인 재자원화 규모와 수준을 파악하는 것에는 한계가 있었고, 일정 부분의 추진 동향을 파악할 수 있었다. 국내외 언론 중에서는 북한의 폐기폐설물 수입에 대한 사항을 다루고 있었으며, 일부 지역과 특정 시점에서 수입된 폐기폐설물의 양을 일부 파악할 수 있었다. 그리고 북한에서 외화벌이의 수단으로 폐기폐설물이 수입되고 있다는 것을 알 수 있었다.

나. 없는 정보에 대한 추론

북한의 폐기폐설물 관리에 대해서는 일부 문헌에서 평양시의 발생 및 처리 현황이 제시되었으며, 그 시점은 2008년과 2010년으로 한정되어 있다. 또한 폐기폐설물과 관련한 오염 현황, 기술의 수준은 문서화되지 않고, 방북한 외국 전문가나 탈북민의 증언을 통해 일부의 지역 또는 특정 시설에 대해 파악할 수 있는 수준이다. 따라서 향후 북한의 폐기폐설물 관리에 대한 연구 수행 시 도움이 될 수 있도록 모르는 점을 정리하고자 한다.

첫째, 북한의 「환경법」과 로동신문, 학술잡지와 같은 간행물 등과 탈북민의 증언을 통해 폐기폐설물의 분류체계를 유추하였다. 이는 북한의 「폐기폐설물취급법」에서 폐기폐설물의 분류를 언급은 했으나 구체적인 종류와 범위가 나타나지 않고, 발생원도 반영되어 있지 않기 때문이다. 또한 남북의 분단 이후 일부 용어가 다르게 사용되고 있다. 예를 들어, 광산에서 폐석은 버려으로 광미는 미광으로 사용된다. 이처럼 북한의 폐기폐설물의 구체적인 분류 체계가 미흡하므로 탈북민의 증언 수집 등을 통해 폐기폐설물과 관련한 용어의 사용을 보다 구체적으로 파악한다면, 북한의 로동신문, 학술잡지와 같은 간행물에서 보다 다양한 폐기폐설물의 관리 현황에 대해 파악할 수 있을 것이다. 예를 들어, 국내 폐기물 세부분류와 관련 번호를 이용하여 북한의 폐기폐설물 관련 용어를 조사 검토하고 이 결과를 이용하여 북한의 폐기폐설물 분류체계와 관리를 파악하는 것도 한 가지 방법이 될 수 있다.

둘째, 북한 전역의 오물과 폐기폐설물의 발생 및 처리현황에 대한 정량적 정보(수치)가 공개되어 있지 않다. 북한의 지역별 주거 및 산업 형태에 따라 오물과 폐기폐설물의 특성은 달라진다. 특히, 산업에서 발생되는 폐기폐설물은 광업, 화학공업, 기계공업 등의 산업의 종류에 따라 발생되는 폐기폐설물의 종류가 다르게 나타나고, 폐기폐설물의 종류에 따라 그 특성이 크게 다를 수 있다. 본 연구에서는 평양시에 국한된 정보와 외국 전문가 및 탈북민의 증언을 통해 유해성이 있는 폐기폐설물의 일부 현황(DDT와 PCBs 등)을 파악할 수 있었다. 그러나 구체적인 양에 대해서는 파악할 수 없어 실질적인 폐기폐설물의 발생량이나 오염의 규모를 파악하는 것에 한계가 있다.

셋째, 북한의 폐기폐설물 처리시설의 현황을 파악할 수 없다. 북한의 「폐기폐설물취급법」이나 「공중위생법」, 「도시미화법」 등에서는 오물장, 공업폐설물처리장 등을 설치하도록 명시하고 있으나 지역별로 어떤 시설이 설치되어 있는지 알 수 없다. 탈북민의 증언을 통해서 평양시와 같은 도시지역에서 오물의 배출장소인 오물장이 설치된 위치와 형태를 파악하였다. 북한의 일부 문헌에서도 도시오물처리장이 있다고 언급된 바 있다. 오물과 폐기폐설물 처리시설 현황은 북한의 오물과 폐기폐설물의 처리 규모를 파악하고, 필요한 시설, 기술의 종류를 도출할 수 있는 기초적인 정보이다. 따라서 폐기폐설물 처리시설의 현황과 관련해 문서화된 정보가 없기 때문에 국내외 전문가 및 탈북민 등의 네트워크 구축을 통해 파악하여야 할 것이다.

넷째, 북한의 오물과 폐기폐설물의 재자원화를 포함한 기술 수준을 파악하는 것에 한계가 있다. 특히, 기술 수준은 기술력, 기술역량, 기술개발력 등에 대해 수치로 평가되는 정보이다. 본 연구에서는 로동신문 등의 북한 언론, 국내 보고서 등을 통해 재자원화 사례를 파악하였다., 주로 파수지를 칠감 등으로 생산하는 기초적인 수준이었다. 북한의 문현정보만으로는 수치로 나타나는 기술 수준을 파악할 수 없으며, 재자원화 기술이 기초적인 수준이고, 오염 제어 기술이 미흡하다는 정성적인 평가가 가능하였다.

다섯째, 벼려과 미광의 관리에 대해 일부 광산을 분석하였다. 특히, 광산의 폐기폐설물의 관리가 미흡해 인근 하천의 오염과 이에 따른 사람의 건강에 미치는 악영향에 대해 우려가 매우 크므로 북한의 광산지역에 대한 구체적인 좌표 등을 확보하는 경우, 북한에서 광산의 폐기폐설물 관리의 미흡한 정도를 보다 구체적으로 파악할 수 있을 것이다.

여섯째, 북한에서 폐기폐설물의 수입이 지속적으로 이루어지고는 있으나 양적인 정보는 파악할 수 없다. 북한은 바젤 협약에 가입하였고, 바젤 협약에서는 보고(Reporting)에 대한 규정이 있으므로 국제기구나 선진국으로부터 폐기폐설물 수입량 등을 집계할 수 있는 지원을 받을 수 있도록 유도하고, 바젤 협약에 보고하도록 하는 등 국제사회와의 협력을 이용하는 것이 필요하다.

이상 6가지의 모르는 점에 대해 정리하였다. 이러한 사항에 대해 구체적인 분석과 평가를 수행하기 위해서는 국내외 전문가, 탈북민, 연구소 등 기관들 간의 네트워크 구축이 반드시 필요하다. 이러한 네트워크의 구축은 북한의 폐기폐설물을 포함한 환경 분야의 전반적인 사항이 논의될 수 있도록 구성해야 하며, 이를 통해 북한의 전반적인 환경 상태를 평가하여 환경 분야의 남북 협력을 위해 필요한 과제를 도출하여야 한다.

| 참고문헌 |

[국내문헌]

- 기정훈(2016), “구글어스 기반의 공간영상 분석을 통한 북한 도식들의 환경오염과 산림파괴 연구”, 「환경정책」, 24(1), 한국환경정책·평가연구원, pp.133-146.
- 기정훈(2017), 「구글어스를 활용한 북한의 환경오염과 자연환경 현황분석과 협력적 거버넌스 모델을 통한 남북한 환경협력 관리기술개발」, 과학기술정보통신부, p.3
- 김상명(2013), “북한 환경 법제에 관한 연구”, 「국제법무」, 5(2), 제주대학교 법과정책연구원, pp.49-82.
- 김성옥(2010), “남북한 명승지·천연기념물 보호법제에 관한 연구”, 법제처 편, 「(2010)남북법 제연구보고서(II)」, 법제처, pp.47-87.
- 김연지(2017), “인민반은 북한 주민들의 감시조직”, 「북한」, 제546호, 북한연구소, p.109.
- 김종선 외(2014), 「북한 환경기술 연구현황과 남북 과학기술 협력방안」, 과학기술정책연구원, pp.12-21.
- 김정순(2010), “북한 환경보호법의 고찰”, 「2010년 남북법제연구보고서」, 2권, 법제처, pp.92-96.
- 김정은(2012), “사회주의강성국가건설의 요구에 맞게 국토관리사업에서 혁명적전환을 가져올 데 대하여”, 김정은교서, 조선로동당출판사, p.31
- 리윤일(2013), “석탄재의 재자원화 동향”, 「천리마」, 2013년 제12호(루계제655호), 천리마사, p.92.
- 리춘광(2012), “재자원화의 필요성”, 「경제연구」, 2012년 제2호(루계제155호), 과학백과사전 출판사, pp.39-41.
- 로동신문(2011.4.29.) “논밭갈이를 본격적으로”.
- 명수정(2017), 「북한의 환경인프라 조성을 위한 환경협력 연구」, 한국환경정책·평가연구원, pp.91-92.

- 명수정(2018), “북한의 환경 현황”, 「KDI 북한경제리뷰」, 2018년 3월호, 한국개발연구원, pp.49-51.
- 박순애(2007), “북한의 환경문제와 폐기물 정책에 관한 시론적 연구”, 「한국정책과학회보」, 11(4), 한국정책과학학회, pp.275-294, p.288, pp.286-287.
- 박창진(2021), “북한의 재(再)자원화 추진현황”, 「주간 KDB리포트」, 제932호, KDB산업은행 미래전략연구소, pp.4-6.
- 박후건(2018), “북한은 ‘고난의 행군’을 극복하였는가? : 북한 자력갱생노선의 시련과 도전 그리고 재정립”, 「북한연구학회보」, 22(1), 북한연구학회, pp.227-254.
- 배영애(2018), “북한의 체제유지를 위한 ‘인민반’의 역할과 변화”, 「통일과 평화」, 10(2), 서울 대학교 통일평화연구원, pp.66-74.
- 서재진(2001), 「주체사상의 형성과 변화에 대한 새로운 분석」, 통일연구원, pp.2-7.
- 손기웅(2002), “김정일 국방위원장의 환경 정책”, 「통일경제」, 현대경제연구원, pp.66-74.
- 손기웅(2006), 「주제가 있는 통일문제 강좌 16 북한의 환경정책과 실태」, 통일부 통일교육원, pp.13-15.
- 양문수(2015), “북한의 경제발전전략 70년의 회고와 향후 전망”, 「통일정책연구」, 24(2), 통일 연구원, pp.33-66.
- 이기영 외(2018), “남북 환경협력의 쟁점과 추진방향”, 「이슈&진단」, 제335호, 경기연구원, pp.19-21.
- 이기영 외(2019), 「경기도의 남북 환경협력 방안 연구」, 경기연구원, pp.279-281.
- 이승희 외(2017), 「수출·입 폐기물 적정관리를 위한 중장기 로드맵 마련」, 국립환경과학원, p.127.
- 이승희 외(2018), 「폐기물 재활용 시 유해특성 제거 및 안정화 기술 마련」, 환경부, p.174-177.
- 이승희 경기대학교 교수(2018.7.27), “통일대비 북한 폐기물 관리실태”, 경기대학교 세미나 실, 강의 개인기록.
- 이창희(2013), “북한의 1945~1960년 중공업 우선 발전전략에 대한 재고찰”, 「통일정책연구」, 22(1), 통일연구원, pp.239-266.

- 이해정, 이용화(2016), “북한의 청정개발체제(CDM) 사업 추진 현황”, 「통일경제」, 2016권1호, 현대경제연구원, pp.74-87.
- 오남철, 박효성(2018), “폐기물의 발열량에 기초한 에너르기함량평가”, 「김일성종합대학학보 지구환경과학 및 지질학」, 64(4), 김일성종합대학출판사, pp.33-36.
- 윤성문 외(2018), “위성사진을 활용한 북한 지역 광산의 광해 현황 연구”, 「한국자원공학회지」, 55(6), 한국자원공학회, pp.564-575.
- 엄성호(2017), “석탄벼룩을 이용한 새로운 세멘트생산방법”, 「기술혁신」, 2017년 제1호(루계 제701호), 과학기술출판사, pp.20-21.
- 조선민주주의인민공화국(1977.4.29), “토지법”.
- 조선민주주의인민공화국(1986.4.9), “환경보호법”.
- 조선민주주의인민공화국(1992.12.11), “산림법”.
- 조선민주주의인민공화국(1997.6.18), “물자원법”.
- 조선민주주의인민공화국(1997.10.22), “바다오염방지법”.
- 조선민주주의인민공화국(1998.5.27), “국토환경보호단속법”.
- 조선민주주의인민공화국(1998.7.15), “공중위생법”.
- 조선민주주의인민공화국(1998.11.26), “유용동물보호법”.
- 조선민주주의인민공화국(1998.11.26), “평양시관리법”.
- 조선민주주의인민공화국(2001.3.21), “갑문법”.
- 조선민주주의인민공화국(2002.11.27), “하천법”.
- 조선민주주의인민공화국(2005.11.9), “환경영향평가법”.
- 조선민주주의인민공화국(2007.4.26), “폐기폐설물취급법”.
- 조선민주주의인민공화국(2008.9.23), “대동강오염방지법”.
- 조선민주주의인민공화국(2009.11.25), “자연보호구법”.
- 조선민주주의인민공화국(2010), “조선말규범집”.
- 조선민주주의인민공화국(2012.7.11), “대기오염방지법”.
- 조선민주주의인민공화국(2012.12.19), “도시미화법”.
- 조선민주주의인민공화국(2015.10.8), “독성물질취급법”.

- 전우현(2010), “북한의 사회주의상업법상 수매사업 등의 분석 -북한 상업법상 수매사업, 사회 급양사업, 유통사업 등에 대한 통일대비 연구-”, 「상사판례연구」, 23(3), 한국상사판례 학회, pp.69-125.
- 최은주(2021), “북한의 ‘순환경제’ 정책과 시사점”, 「세종정책브리프」, No. 2021-04, 세종연구소, pp.1-17.
- 최진옥(1997), “김정일 권력장악의 특징 : 당을 중심으로”, 「국제정치논총」, 36(3), 한국국제 정치학회, pp.451-472.
- 최현아(2017), “북한 환경문제 해결을 위한 협력 방안 -EU 지원사업이 주는 시사점을 중심으로-”, 「통일연구」, 21(1), 연세대학교 통일연구원, pp.47-73.
- 최현아(2019), 「김정은 정권이후 환경분야 정책 변화 분석」, 통일부, pp.4-5.
- 한상운(2014), “최근 북한 환경법의 동향과 시사점”, 「환경법연구」, 36(3), 한국환경법학회, pp.237-271.
- 한태명 외(2019), “석탄버력을 리용한 비소성벽돌생산방법”, 「발명공보」, 2019년 제3호(루계 제153호), 발명총국, p.18.
- 함수길, 류영복(2004), “세멘트크링카월료로 무연탄버력을 리용”, 「기술혁신」, 2004년 제9호 (루계제553호), 과학기술출판사, pp.13-14.
- 환경부(2018). 「전국 폐기물 발생 및 처리 현황」, p.45.
- 환경부(2019). 「전국 폐기물 발생 및 처리 현황」, p.12.
- 황영남(2012), “6개년계획시기 량곡수매사업을 개선강화하기 위한 경애하는 김일성동지의 현명한 령도”, 「력사과학」, 2012년 제4호(루계제224호), 과학백과사전출판사, p.56.
- KDB산업은행(2015), 「북한의 산업」, pp.22-34, p.36, pp.173-176, pp.179-180, p.263, p.770, pp.792-793, p.807, p.819, p.820.

[국외문헌]

- Boljkovac, C. 중국 칭화대학교 교수(2018.9.5), “A Summary of Many Years of Cooperation(With Some Key Points Regarding Waste Management Issues)”, 경기대학교 강의실, 강의 개인기록.

- Boljkovac, C.(2020), "Developments in Resources Recycling in DPR Korea", *The 15th International Conference on Waste Management and Technology(ICWMT 15)*, June.28, Beijing : Tsinghua University, MEE of People's Republic of China, UNEP, BCRC China, p.28.
- Chen, Y. and J. Li(2016), "The Challenges of Eliminating PCB-Case Studies", *PCB-A Forgottin Legacy*, October.25, Webinar : UNEP, UNITAR, BCRC China, p.4.
- DPRK(2008), *National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*, p.34, p.38.
- DPRK(2021), *Democratic People's Republic of Korea : Voluntary National Review On the Implementation of the 2030 Agenda*, pp.38-39.
- Hoornweg, D. and P. Bhada-Tata(2012), *What is Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, The World Bank Group, pp.51-62.
- Jambeck, J. R. et al.(2015), "Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean", *Science*, 347(6223), Science, p.769.
- Kim, R. E.(2015), *International Environmental Cooperation of the Democratic People's Republic of Korea*, The DMZ FORUM, pp.13-15, pp.18-20.
- Kim, B. Y.(2017), *Unveiling the North Korean Economy: Collapse and Transition*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp.80-87.
- Kim, W. G., N. C. O and H. S. Pak(2017), "Waste Composition for Solid Waste Management and Its Characteristic Analysis, a Case Study", *Landscape Architecture and Regional Planning*, 2(3), Science Publishing Group, p.72.
- O, N. C. and W.G. Kim(2017), "Investigation of Characterization of Municipal Solid Waste for Refused-Derived Fuel, a Case Study", *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(15), Taylor & Francis Online, pp.1671-1678.
- O, N. C. et al.(2018), "A Feasibility Study of Energy Recovery of RDF from Municipal

- Solid Waste”, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(24), Taylor & Francis Online, pp.2914-2922.
- O, N. C., W. G. Kim and G. S. Kim(2018), “Assessment of Environmental Burdens for Municipal Solid Waste Management Options”, *Waste and Resource Management*, 170(3-4), ICE Publishing, pp.139-148.
- O, N. C. et al.(2019), “An Evaluation of Alternatives to Energy Recovery from Municipal Solid Waste Part 2: Energy Balance and Carbon Footprint”, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Taylor & Francis Online, pp.1-12.
- O, N. C. et al.(2021), “Investigating Effective Waste-to-Energy Options from Refuse-Derived Fuel Resources”, *Energy*, 174(1), ICE Publishing, pp.35-44.
- United Nations Environment Programme: UNEP(2003), *State of the Environment: DPR Korea*, p.82.
- United Nations Environment Programme: UNEP(2012), *DPRK Environment and Climate Change Outlook*, pp.50-52.
- Yoon, E.(2011), *Status and Future of the North Korean Minerals Sector*, Nautilus Institute, pp.23-24.
- World Bank Group(2018), *What is Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, p.3.

[온라인 자료]

- 구글어스, “39°00'27"N, 125°44'33"E”, <https://earth.google.com/web/search/%ed%8f%89%ec%96%91/@39.00784685,125.7424301,12.66429748a,290.90105293d,35y,359.96663138h,0t,0r/data=CigiJgokCYpkezC5o0NAEVnCS9UwI0NAGd0Su8PSwF9AITiT-iKJX19A>, 검색일: 2021.9.10.
- 구글어스, “39°20'30"N, 126°02'04"E”, <https://earth.google.com/web/search/%ed%8f%89%ec%96%91/@39.49188637,126.03241929,205.9754182a,3647.792568>

68d,35y,359.99997993h,0t,0r/data=CigiJgokCYpkezC5o0NAEVnCS9UwI0NA
Gd0Su8PSwF9AITiT-iKJX19AMicKJQojCiExMmNfR3JwLXkyT1RQdGNGNW8
4YkstZ2ktalpQUzgyeUs, 검색일: 2021.9.10.

구글어스, “40°12'27"N, 125°45'23"E”, <https://earth.google.com/web/search/?ed%8f%89%ec%96%91/@40.20788911,125.75676312,266.74313691a,2860.08071647d,34.99999868y,91.84783241h,65.22370498t,0r/data=CigiJgokCYpkezC5o0NAEVnCS9UwI0NAGd0Su8PSwF9AITiT-iKJX19AMicKJQojCiExMmNfR3JwLXkyT1RQdGNGNW84YkstZ2ktalpQUzgyeUs>, 검색일: 2021.9.10.

구글어스, “42°14'22"N, 129°15'47"E”, <https://earth.google.com/web/search/?ed%8f%89%ec%96%91/@42.2338109,129.26664298,703.9143994a,11232.92303164d,35y,359.99998133h,0t,0r/data=CigiJgokCYpkezC5o0NAEVnCS9UwI0NA>
Gd0Su8PSwF9AITiT-iKJX19AMicKJQojCiExMmNfR3JwLXkyT1RQdGNGNW8
4YkstZ2ktalpQUzgyeUs, 검색일: 2021.9.10.

공공데이터포털(2021.7.27), “한국남부발전(주)_연료소비실적 정보”, <https://www.data.go.kr/data/15082978/fileData.do>, 검색일: 2021.8.19.

공공데이터포털(2021.7.27), “한국동서발전(주)_연료소비현황”, <https://www.data.go.kr/data/15053709/fileData.do>, 검색일: 2021.8.19.

공공데이터포털(2021.8.19), “한국동서발전(주)_발전소별 석탄 재활용 정보”, <https://www.data.go.kr/data/3071451/fileData.do>, 검색일: 2021.8.19.

공공데이터포털(2021.8.19), “한국서부발전(주)_발전연료소비실적”, <https://www.data.go.kr/data/15054783/fileData.do>, 검색일: 2021.8.19.

공공데이터포털(2021.8.19), “한국서부발전(주)_석탄재활용내역”, <https://www.data.go.kr/data/15083006/fileData.do>, 검색일: 2021.8.19.

공공데이터포털(2021.8.19), “한국중부발전(주)_석탄회 재활용량과 요율”, https://www.data.go.kr/data/15070848/fileData.do#layer_data_infomation, 검색일: 2021.8.19.

- 공공데이터포털(2021.9.15.), “한국중부발전(주)_연료소비실적 조회서비스_GW”, <https://www.data.go.kr/data/15084744/openapi.do>, 검색일: 2021.9.15.
- 서울연구데이터베이스, “에너지 소비”, <https://data.si.re.kr/data/%EC%A7%80%ED%91%9C%EB%A1%9C-%EB%B3%B8-%EC%84%9C%EC%9A%B8-%EB%B3%80%EC%B2%9C-2010/348>, 검색일: 2021.9.16.
- 서울평양뉴스(2021.6.27), “北 김형직사범대, 공업폐설물 이용, 제염소 사용 타일 제조기술 확립”, <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=40561>, 검색일 : 2021.9.24.
- 서울평양뉴스(2021.2.28), “北, 재자원화 사업 박차...경공업성 재자원화국 발족”, <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=37247>, 검색일: 2021.9.24.
- 서울평양뉴스(2021.4.7), “北 기업체들 ‘재자원화’ 중요한 기업전략... 자재부족 해결책”, <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=38210>, 검색일: 2021.9.24.
- 연합뉴스(2010.6.15), “北, 유해 폐기물 수입 합영기업 설립”, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20100615149500009>, 검색일: 2021.7.27.
- 연합뉴스(2020.2.14), “북한, 자력갱생 천명 속 ‘폐기물 수매’ 확대...‘모조리 재활용’”, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200214057600504>, 검색일: 2021.9.14.
- 자유아시아방송(2008.7.3), “북, 중국 산업폐기물 수입...한반도가 쓰레기장?”, https://www.rfa.org/korean/in_focus/nk_waste-07032008145222.html, 검색일: 2021.7.27.
- 자유아시아방송(2019.5.2), “북, 외화벌이 위해 세계적 골칫거리 폐 플라스틱 수입 검토하는 듯; 러시아 이미 접촉해”, https://www.rfa.org/korean/weekly_program/environment/environmentnow-05012019161823.html, 검색일: 2021.7.27.
- 자유아시아방송(2019.10.10), “북, 주민들에 과도한 퇴비 과제 강요”, https://www.rfa.org/korean/in_focus/ne-ml-10102019083101.html, 검색일: 2021.8.11.
- 조선일보(1997.2.6), “[초점] 세상에 이런 나라가...쓰레기 수입왕국 된 북한”, https://www.chosun.com/site/data/html_dir/1997/02/06/1997020670048.html, 검색일:

2021.7.28.

탈북자동지회(2006.3.25), “북한자료, 무산시내4”, <http://www.nkd.or.kr/pds/nk/view/565>, 검색일: 2021.6.24.

통계청, “밸전회사별 발전설비용량”, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=388&tblId=TX_38803_A000A, 검색일: 2021.8.19.

통계청 북한통계, “주요 도시 인구”, https://kosis.kr/bukhan/nkStats/nkStatsIdctChart.do?num=5&listNm=%EC%9D%B8%EA%B5%AC&menuId=M_01_02, 검색일: 2021.8.26.

통일뉴스(2019.5.7), “북, PET 수지 폐기물을 기초화학제품으로 전환기술 개발”, <https://www.tongilnews.com/news/articleView.html?idxno=128639>, 검색일: 2021.9.15.

통일뉴스(2020.5.16), “북 국가과학기술위원회, ‘리사이클링’ 기술개발에 집중”, <https://www.tongilnews.com/news/articleView.html?idxno=132151>, 검색일: 2021.9.24.

통일뉴스(2020.9.18), “북, 공업폐설물 이용해 타일 생산기술 확립.. 소금생산지에서 이용”, <https://www.tongilnews.com/news/articleView.html?idxno=133355>, 검색일: 2021.9.24.

통일뉴스(2021.5.21), “북 경공업성 리성철 국장 ‘원료, 자재의 국산화와 재자원화가 생명’”, <https://www.tongilnews.com/news/articleView.html?idxno=202090>, 검색일: 2021.7.19.

통일부 북한정보포털, “8.3인민소비품”, <https://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/term/viewNkKnwldgDicary.do?pageIndex=1&dicaryId=207>, 검색일: 2021.9.6.

통일부 북한정보포털, “북한 용어 사전”, <https://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/term/termDicaryList.do>, 검색일: 2021.6.11.

통일부 북한정보포털, “생활총화”, <https://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/term/viewNkKnwldgDicary.do?pageIndex=1&dicaryId=122>, 검색일: 2021.9.14.

통일부 북한정보포털, “중공업 우선발전 노선”, <https://nkinfo.unikorea.go.kr/nkp/term>

/viewNkKnwldgDicary.do?pageIndex=1&dicaryId=191&menuId=NK_KNWL
DG_DICARY, 검색일: 2021.10.1.

프레시안(2021.6.21), “북한 생산현장에 도입된 과학기술 살펴보기”, <https://www.pressian.com/pages/articles/2021062101202524086#0DKU>, 검색일: 2021.7.19.

평화시대(2021.1.9), “[제8차 당대회9] 사업총화보고 요약(전문)”, <http://www.peacetimes.kr/news/articleView.html?idxno=2391>, 검색일: 2021.10.1.

한국남부발전, “연도별 석탄회 발생량 및 재활용량”, <https://www.kospo.co.kr/kospo/270/subview.do>, 검색일: 2021.8.19.

한국남동발전, “연료 소비 실적 현황”, https://www.koenergy.kr/kosep/gv/nf/dt/nfdt04/main.do?pageIndex=248&menuCd=GV05020204&xmlText=&strOrgNo=&strHokiS=&strHokiE=&strDateS=&strDateE=&__encrypted=jT0xNhPQJ2ui64mT00iY8qlUY5e6SdkNSAO7KQx38x52ANEBWpfj%2F91PsrjaueeBAdx0B62PzFPe8%2BtW4qfTfgNntAOuJ%2FcNluXT6OvDsO7mwiiqqE%2BmogUnejRbaVxyPNba%2FoqQcZa0iz97R8vPYBUaUoVSm7eOlud2kheqhVBqnGbZiV8Fw9aY1pxJLNaxqZ8QCPJfILCvzhPjI8eCJuAutUtSRL9R%2Bn1iX5W1IYHKsniSdT2we4Be37vUwCCGX0mvtBS%2BFLN%2BcOh99ClwM%2Fh4Tku6ADO08D1DsW61yciFERizLfleR%2B8ax2erBrsw3tqFu5HQ%3D, 검색일: 2021.8.19.

한국남동발전, “석탄회 발생 및 처리현황”, https://www.koenergy.kr/kosep/gv/nf/dt/nfdt12/main.do?pageIndex=1&menuCd=GV05020211&xmlText=&strDateS=&strDateE=&__encrypted=jT0xNhPQJ2ui64mT00iY8piszWSfoSmTsZ1V9PHdp9YMT0yCY6wFmGIz9NMQPWrqsVOddGrPtEr0M%2BEYlZ%2B5EiT5a0KS%2BAZvZY7S56NCKCKieqdPgURe4j1xaVtmQXUHWB4UBDow4Y4YARgDSxtLh2D5%2BzYDo73U, 검색일: 2021.8.19.

한겨레(2021.6.20), “폐기물 재활용도 ‘당성으로’...우리와 같거나 다른 ‘북한식 분리수거’”, <https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/1000101.html>, 검색일: 20

21.7.19.

한민족문화대백과사전(2012), “자연개조오대방침(自然改造五大方針)”, <http://encykorea.aks.ac.kr/Contents/Item/E0070645>, 검색일: 2021.9.6.

DailyNK(2011.4.3), “北 연료난 심각...외국쓰레기 들여와 땔감 사용”, <https://www.dailynk.com/%E5%8C%97-%EC%97%B0%EB%A3%8C%EB%82%9C-%EC%8B%AC%E%A%B0%81%EC%99%B8%EA%B5%AD%EC%93%B0%EB%A0%88%EA%B8%B0-%EB%93%A4%EC%97%AC%EC%99%80-%EB%95%94/>, 검색일: 2021.7.27.

DAILY NK(2021.4.27), “[북한읽기] ‘쓰레기를 보물로’… ‘재자원화’에 대한 소고(小考)”, <https://www.dailynk.com/%EB%B6%81%ED%95%9C%EC%9D%BD%EA%B8%B0-%EC%93%B0%EB%A0%88%EA%B8%B0%EB%A5%BC-%EB%B3%B4%EB%AC%BC%EB%A1%9C-%EC%9E%AC%EC%9E%90%EC%9B%90%ED%99%94%EC%97%90-%EB%8C%80/>, 검색일: 2021.9.27.

New Energy and Environment Digest(2009.12.14), “China Diverting Toxic Waste to North Korea, Emerging Information Suggests”, <https://needigest.wordpress.com/2009/12/14/china-diverting-toxic-waste-to-north-korea-emerging-signs-suggest/>, 검색일: 2021.6.7.

NK LOGIN(2019.5.5), “북한에서 경험했던 외국산 쓰레기의 추억”, <https://nklogin.com/post/Postmng?ptype=v&contentkey=BFC1557043735>, 검색일: 2021.6.7.

NK NEWS(2020.6.12), “On a Remote South Korean Island, North Korean Trash Washes Ashore”, <https://www.nknews.org/2020/06/on-a-remote-south-korean-island-north-korean-trash-washes-ashore/>, 검색일: 2021.7.28.

NK경제(2020.5.16), “북한 각지 과학기술위원회들 재자원화 사업 추진”, <https://www.nkeconomy.com/news/articleView.html?idxno=3062>, 검색일: 2021.9.23.

NK경제(2020.11.5), “북한 ‘재자원화 국가적 사업으로 추진 중’” <https://www.nkeconomy.com/news/articleView.html?idxno=3646>, 검색일: 2021.9.27.

MBC뉴스(2021.1.30), “넘쳐나는 쓰레기..북한은 어떻게?”, https://imnews.imbc.com/replay/unity/6073303_29114.html, 검색일: 2021.7.29.

UNEP, Basel Convention, “Text of the Convention”, <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1275/Default.aspx>, 검색일: 2021.6.20.

UNEP, Rotterdam Convention, “Text of the Convention”, <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1048/language/en-US/Default.aspx>, 검색일: 2021.6.20.

UNEP, Stockholm Convention, “Text of the Convention”, <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>, 검색일: 2021.6.20.

Voice of America(2010.3.3), “UN Says N. Korea's Exposure to Toxic Chemicals Is Result of Isolation”, <https://www.voanews.com/a/un-says-n-koreas-exposure-to-toxic-chemicals-is-result-of-isolation-86338482/113437.html>, 검색일: 2021.6.1.

38NORTH(2010.4.25), “Waste Management in the DPRK”, <https://www.nkeconwatch.com/2010/04/25/waste-management-in-the-dprk/>, 검색일: 2021.7.28.

Executive Summary

I. Introduction

1. Background

- After the division of the Korean Peninsula into the South Korea and the North Korea, there is little information released on the North Korea's internal situation due to its closed policy emphasizing anti-toadism and independency, and almost no information on the environmental issues.
 - According to international organizations such as the United Nation Environment Program (UNEP), news media, and some academic papers, environmental pollution is a serious problem in the North Korea.
- In the North Korea, due to a very low standard of living, the generation of household waste is not great except in some areas such as Pyongyang City. It is expected that the environmental impact of industrial waste may be greater than that of household waste.
 - It is expected that the types and characteristics of waste from industrial areas in the North Korea are varied depending on the type of industry. Most waste from industries may have hazardous characteristics.
 - For example, the North Korea produces hazardous substances such as polychlorinated biphenyls (PCBs) whose manufacturing and usage are banned all over the world. In addition, since treatment facilities for these substances are not established, they can be the cause of serious pollution in the surrounding environment.

- While maintaining the hereditary regimes of Kim Il-sung, Kim Jong-il, and Kim Jong-un, the North Korea continues to suffer from shortages of supplies resulting from severe isolation due to UN sanctions against the country.
 - In order to solve the chronic shortage of supplies in North Korea, waste such as scrap iron, scrap copper, waste paper, and others are collected and recycled by the government based on the concept of self-rehabilitation.
 - At the time of Kim Jong-il, the North Korea society began to recognize environmental issues, and now it is actively emphasizing recycling as a means to secure materials.
 - Entering the era of Kim Jong-un, in 2020, the Recycling Act was adopted to emphasize self-rehabilitation and stipulate recycling.
- Therefore, this study aims to grasp the basic status and implications of waste management in the North Korea through domestic and foreign news media, reports and academic papers, and publications in the North Korea.

2. Aims and scope

- The purpose of this study is to analyze the status and implications of waste management in the North Korea through the collection of law and literature information related to waste management.
 - Investigation of the status of waste management based on literature information related to waste management in the North Korea
 - Finding implications and management plans for waste management in the North Korea

- The main research scope including law and literature collected in this study covers the following four categories.
 - Laws and systems related to waste management in the North Korea
 - Current status of waste classification and waste management in the North Korea presented in the literature.
 - Analysis of waste management and treatment in the North Korea.
 - Implications of waste management in the North Korea and management schemes.

II. Laws and Systems on Waste Management in the North Korea

1. Status of laws on waste management in the North Korea

- In various fields such as politics, military affairs, society, and environment in the North Korea, different characteristics appear depending on the eras of Kim Il-sung, Kim Jong-il, and Kim Jong-un.
 - During the era of Kim Il-sung (1945-1994), the level of industrial and agricultural production decreased significantly after the Korean War. In 1976, agricultural production was promoted through the Five-point Policy for Nature Reorganization, and environmental problems at that time were not recognized at all in the social development process in the North Korea.
 - During the era of Kim Jong-il (1997-2011), the principle of prioritizing facilities for environmental conservation in the construction of factories and houses was presented in Kim Jong-il's book, *On Strengthening Land Management*, recognizing environmental issues in the North Korea.
 - After the adoption of the Environmental Protection Act in 1986, various environmental laws were enacted by environmental medium during the

era of Kim Jong-il, and several revisions and supplements were carried out.

- In addition, during the March of Suffering in the 1990s, they suffered from a severe shortage of supplies, and to solve this poverty problem, the government demanded that people abide by the principle of self-rehabilitation in their economic life.
- o After entering the era of Kim Jong-un (2012–present), the North Korea is still showing interest in environmental pollution and waste management through Kim Jong-un's work, *On Bringing About a Revolutionary Turn in Land Administration in Line With the Demands for Building a Thriving Socialist Country*.
 - In order to solve the economic problem that has become serious with the sanctions against the North Korea that persist even during the era of Kim Jong-un, Kim Jong-un is emphasizing the recycling based on the concept of self-rehabilitation. In addition, the Recycling Act was adopted in 2020 to stipulate the directive and responsibility with respect to recycling.

2. Laws on waste management in the North Korea

- Classification of laws related to the environmental sector in the North Korea
 - o It can be divided into 11 areas: Environmental basic, water quality and water resources, marine environment, waste and resources circulation, air quality, soil, chemicals, environmental health, forest and ecosystem, urban management, environmental assessment, and others.

- Laws on waste management in the North Korea
 - Six laws include regulations on waste management: the Environmental Protection Act, the Waste Treatment Act, the Recycling Act, the Public Hygiene Act, the Urban Beautification Act, and the Pyongyang City Management Act.

〈Table 1〉 Laws and regulations related to waste management in the North Korea

Area	Law	Contents
Environmental basic	Environmental Protection Act (adopted in 1986)	<ul style="list-style-type: none"> - Consists of four chapters - In chapter 3, regulations related to waste are comprehensively stipulated. · Installation of waste bins / Recycling of ash, waste glass, and others as much as possible
Waste and resources circulation	Waste Treatment Act (adopted in 2007)	<ul style="list-style-type: none"> - Definition and handling of waste: Defines the subject and purpose of the law - Discharge, storage, transportation: Regulation on waste generation, basic requirements, process inspections, etc. - Treatment and reuse: Regulation on basic requirements of waste treatment, and others - Guide and control: Stipulates basic requirements for guidance and control for business related to waste management
	Recycling Act (adopted in 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Recycling is promoted through regeneration by self-rehabilitation, and the act consists of four chapters. - Full text is not disclosed.
Others (Environmental health, Urban management)	Public Hygiene Act (adopted in 1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Proper management of places where municipal solid waste (MSW) is disposed of and toilets around living quarters and public buildings - MSW must be collected, transported, and detoxified as prescribed.
	Urban Beautification Act (adopted in 2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulations on cleaning of the section in charge, installation of trash bins, MSW treatment and recycling
	Pyongyang City Management Act (adopted in 1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Stipulates the establishment of a comprehensive waste treatment plant and that waste should be disposed of in a timely manner

Source: Prepared by the authors.

3. Systems related to waste in the North Korea

- In the North Korea, systems related to waste include the 8·3 people's consumer goods production movement and the government purchases (see Table 2).
 - The 8·3 people's consumer goods production movement was started to increase the production of consumer goods. This is to use disused materials in institutions and cottage industries to produce consumer goods, but the quality of the produced consumer goods is very low.
 - The major reasons for government purchases are to meet the demand for food and to secure raw materials for the manufacturing of industrial products. In order to secure more raw materials, disused materials such as scrap iron, scrap copper, and others are included as target items.

〈Table 2〉 Systems related to waste in the North Korea

System	Descriptions	Features
8·3 people's consumer goods production movement	<ul style="list-style-type: none"> - In the 1980s~1990s, it was promoted under the direction of Kim Jong-il to solve the problem of supply of consumer goods due to the insufficient raw materials. - This is to use disused materials in institutions and cottage industries to produce consumer goods. 	<ul style="list-style-type: none"> - In institutions and cottage industries, waste is used to make consumer products, which is a simple and basic recycling activity. - The quality of consumer goods made mainly by domestic handicrafts was low. - As a result, the solution of the consumer goods supply problem could not be reached.
Government purchases	<ul style="list-style-type: none"> - It is mainly a business to meet the demand for food and secure raw materials for manufacturing industrial products. - The authorities of North Korea included disused materials among the target items of this business for the purpose of contributing to socialist economic construction. - The major target is about 20 types including scrap iron, scrap copper, waste rubber waste paper and others. 	<ul style="list-style-type: none"> - Neighborhood units are given a quota for the collection of disused materials. - The amount of collection obligations for each household is increasing. <ul style="list-style-type: none"> · 2018 : 3~5kg · 2020 : 4~6kg - An excessive amount of obligation is imposed on North Korean families, but if they do not meet it, they will be subject to the review meeting of the party life(or life consensus session). - So the residents are meeting their quota somehow. <ul style="list-style-type: none"> · In some cases, residents pay money to the neighborhood unit or purchase disused materials from the Jangmadang (market grounds).

Note: 'Disused materials' refers to materials that are useless and are lying idle at home.

Source: Prepared by the authors.

III. Classification and Management of Waste in the North Korea and Literature Review

1. Classification of waste in the North Korea

- Classification of waste under the Waste Treatment Act
 - Waste is classified into: general waste, toxic waste, and radioactive waste.
 - However, a specific list of waste has not been established, and the concept of the sources of waste is not reflected.
- Various terminologies related to waste are used in laws and the news media such as the Rodong Sinmun, academic journals, and other publications.
- Therefore, the classification of waste in the North Korea was inferred from the contexts used in literature and the testimony of defectors from the North Korea.
 - The resulting waste classification system of the North Korea is based on the evidence presented in 〈Table 3〉.

〈Table 3〉 Inference result of the waste classification in the North Korea

South Korea	North Korea	Evidence
Household waste	Filth	<ul style="list-style-type: none"> - Context in the law: Urban management agencies are required to create a place for waste disposal near their living quarters. - Testimony of defectors from the North Korea: Waste generated in households is called filth. - English expression of a scientist in the North Korea: Municipal Solid Waste
Industrial waste	Things that become obsolete and things that are generated in the production process of the main product.	<ul style="list-style-type: none"> - Context in the law: Waste disposal should be carried out by institutions, enterprises, etc. where it was generated. - Testimony of defectors from the North Korea: The difference between types of waste is decided on site. <ul style="list-style-type: none"> · Things that become obsolete: Machines, products, etc. that are not usable · Things that are generated in the production process of the main product: By-products resulting from the manufacturing process in factories, etc. - English expression of a scientist in the North Korea: Industrial Solid Waste

Source: Prepared by the authors.

2. Status of waste generation and treatment in the North Korea

- Information on the national status of waste generation and treatment of the North Korea is not found, the scope is limited to Pyongyang City, and the survey period is limited to 2008 – 2010.
- Status of Municipal Solid Waste (MSW) generation and its treatment
 - In Pyongyang City, about 580,000 to 614,000 tons of MSW was generated annually, and coal ash accounted for 64 – 68% of the total MSW, which is because coal is used as an energy source in households.
 - According to a recent literature, 69% of MSW was reused and recycled, 28.7% was landfilled, and 2.3% was incinerated.
 - In addition, the treatment of MSW differs between the metropolitan area and the rural area.
 - In Pyongyang City and some metropolitan areas, ash is used as construction material, and organic waste is mixed with ash and used as fertilizer.
 - In particular, mixing ash with organic waste is to meet the amount of fertilizer allocated by the government.
 - In rural areas, the amount of MSW is very small, because most of MSW is reused due to a lack of materials necessary for daily life.
- Status of Industrial Solid Waste (ISW) generation and its treatment
 - About 564,000 tons of ISW was generated annually in Pyongyang City, and coal ash accounted for 55% of the total ISW, which is due to the use of coal in two power plants in Pyongyang City.

- For ISW treatment, reuse and recycling accounted for the highest at 76.3%, followed by landfill at 23.7% and incineration at 0.0%.
- In the treatment of MSW and ISW, the portion of reuse and recycling is high, so it can be seen that the management level is high from a quantitative perspective. However, considering the reports of international organization and the testimonies of defectors from the North Korea, the actual level of waste management is estimated to be very low.
- Contamination due to inadequate treatment and management of waste
 - As to the status of pollution due to treatment and management of waste, UNEP (2012) presented information on heavy metal content in urban waste, soil contamination by waste treatment, and soil contamination around some metal refineries and mines.
 - Among the heavy metals in urban waste, the amounts of arsenic, lead, and zinc exceed the standard. Organic substances and sewage sludge among all types of urban waste are recycled by composting, so there is concern about soil and ground water contamination by arsenic, lead, and zinc.
 - Information on soil contamination due to waste treatment was presented in 2005 and 2009. Although it did not exceed the standard limits of heavy metals, the amount of heavy metal in soils tends to increase and may affect the environment in the near future.
 - The measured values of cadmium, mercury, arsenic, and lead in soil around metal refineries and mines exceed the standard limits. It is estimated that slag or sludge from wastewater treatment is not properly managed.

IV. Analysis of Waste Management in the North Korea

- The waste management in North Korea was analyzed according to five categories: status of recycling promotion, MSW management, ISW management, waste in the mining sector, and the management of imported waste.
- Status of recycling promotion
 - In the North Korea, the importance of government purchases is emphasized while recycling is promoted, and the duty of each household to collect disused materials such as scrap iron, scrap copper, waste paper, and others increased by about 20% in 2020 compared to 2018. This imposed a heavy burden on each household.
 - In addition, successful cases of recycling in the North Korea are being advertised. In most cases, plastic waste was recycled to manufacture products such as paint and shoe soles and construction materials. These recycling technologies are not advanced technologies which are at the low and basic level.
- MSW management
 - In some places in the North Korea, MSW is burned in open fields because there is a lack of means to transport MSW.
 - Considering that the packaging waste that entered the ocean in the North Korea was discovered on Yeonpyeong Island in South Korea, the capacity of waste treatment facilities is low in the North Korea.

▣ ISW management

- ISW management is a very important matter to show the overall environmental pollution in the North Korea because the hazardous characteristics of ISW are not considered in the industrial sector.
- Among various industries in the North Korea, the chemical industries located in Nampo and Sunchon manufacture produced persistent organic pollutants (POPs) such as DDT and PCBs.
- In particular, discarded PCBs flows into residential areas and production facilities, affecting the health of residents and workers.

▣ Waste in the mining sector

- Coal, ferrous and non-ferrous metals, and non-metal mining is carried out in the North Korea. However, overburden piles, waste rock, and leachate from tailing storage facilities are mismanaged and flowing into nearby rivers, resulting in severe water pollution.

▣ Management of imported waste

- With respect to imported waste in the North Korea, the issue of environmental pollution caused by the imported waste has been raised by the news media since the 1990s.
- Due to a lack of transportation means in the North Korea, in particular, imported waste is left at ports, becoming a source of pollution in the marine environment.
- Nevertheless, waste is continuously imported to earn income in foreign currency.

V. Implications of Waste Management in the North Korea and Management Schemes

- From the result of the analysis on waste management in the North Korea, the implications and a waste management plan were examined according to six categories.
- First, there is a need for a clear classification and scope of waste.
 - Due to the insufficient classification and scope of waste, the roles and responsibilities of stakeholders are unclear.
 - Therefore, it is desirable to make it easy to classify and identify types of waste by setting detailed types and assigning a code number.
- Second, it is necessary to continuously prepare statistical data on the generation and treatment of waste.
 - Numerical information on the generation and treatment of waste in the North Korea is limited to that from the period of 2008 – 2010 for Pyongyang City. With limited information of waste, it is difficult to understand the types and the characteristics of waste.
 - Therefore, the range of statistics for waste collection, treatment, and recycling should be expanded to cover the entire nation and the statistical data for waste management should be continuously accumulated.
- Third, it is necessary to systematically manage hazardous waste taking into account the management priority of industrial areas.
 - There is little information about waste in industrial areas, so there is a limit to accurate evaluation. When POPs such as DDT and PCBs are

discarded, proper management can not be carried out without information.

- In the future, it may be necessary to perform appropriate management for all types of waste according to the international standards.
 - However, it is difficult for the North Korea to meet international standards, so it is necessary to set priorities for waste management according to the toxicity and the amount of waste.
- Fourth, the basic management of waste in mining activities is required.
- Due to insufficient management of mine waste, mine waste such as tailings and overburden enters rivers and cause pollution and damage to surrounding agricultural areas, leading to human health problems.
 - Therefore, it is necessary to set priorities for the proper management of mining waste in the North Korea and establish a basic management plan that can be continuously implemented.
- Fifth, it is necessary to develop systematic recycling technologies.
- The North Korea's recycling technologies are mainly basic technologies such as composting and block manufacturing.
 - In order to improve the quality of recycling in the North Korea, systematic and continuous technology development should be carried out based on the cooperation with the advanced countries.
- Sixth, it is necessary to prepare regulations for the management of imported waste.
- Although the North Korea is a signatory to the Basel Convention, waste imported for the purpose of earning income in foreign currency is left at ports without any management. Hence, it is necessary to clearly

establish regulation for the management of imported waste.

〈Table 4〉 Summary of implications of waste management in the North Korea and management plans

Category	Implications	Management plans
Clear classification and scope of waste	<ul style="list-style-type: none"> - The detailed type, scope, and generation source of the waste classification are not reflected. - The roles and responsibilities of stakeholders related to waste are unclear. 	<ul style="list-style-type: none"> - Classification and identification of waste types should be made clear by setting detailed types of waste and designating code numbers. - Based on this, collecting statistics and clarifying where the responsibility lies will be possible.
Continuous collection of statistical data on the generation and treatment of waste	<ul style="list-style-type: none"> - Information on the status of waste generation and disposal in the North Korea is limited to Pyongyang City, and statistics were only collected in 2008 and 2010. - Statistical data at the national level are not prepared, which makes it difficult to grasp the characteristics of waste, and it is also difficult to design facilities on an appropriate scale 	<ul style="list-style-type: none"> - It is necessary to revise the Waste Treatment Act to expand the scope to cover the entire nation and to continuously collect statistical data. - By continuously securing statistical data, facilities suitable for the management of each waste type can be secured.
Hazardous waste management in consideration of the management priority of toxic substances in industrial areas	<ul style="list-style-type: none"> - There is little information about waste from industrial areas, so there is a limit to an accurate evaluation. - It was confirmed that proper management was not carried out when disposing of materials such as DDT or PCBs by foreign experts. 	<ul style="list-style-type: none"> - It is necessary to perform appropriate management according to international standards, but in reality, it is difficult to meet those standards. - Therefore, it is necessary to set priorities according to the toxicity level of hazardous substances and manage them in order.

Source: Prepared by the authors.

〈Table 4〉 Summary of implications of waste management in the North Korea and management plans (continued)

Category	Implications	Management plans
Need for basic management of mining waste	<ul style="list-style-type: none"> - In the North Korea, mining waste such as tailings enters rivers or causes damage to surrounding vegetation due to insufficient management of tailing storage facilities and overburden piles. 	<ul style="list-style-type: none"> - For the proper management of mining waste such as tailings in the mine, priority should be set, and a basic plan that can be implemented continuously should be established
Systematic development of diverse recycling technologies	<ul style="list-style-type: none"> - Recycling technologies described in the literature is at the basic level, such as composting organic waste or manufacturing building materials from inorganic waste, with few advanced technologies. 	<ul style="list-style-type: none"> - As they are basic technologies such as producing paint with plastic waste, systematic and continuous technology development for waste recycling should be carried out.
Establishment of regulations on imported waste management	<ul style="list-style-type: none"> - The North Korea joined the Basel Convention in 2008, but imports waste from foreign countries to secure economic power. - Imported waste are left at ports, and it is estimated that pollution of the surrounding environment (mainly marine pollution) is serious because of this. 	<ul style="list-style-type: none"> - Based on the Basel Convention, an appropriate management plan should be prepared for ESM of waste. - In particular, it is necessary to avoid remaining as a country who greatly contributes to the marine pollution in the international community, by preventing marine pollution.

Source: Prepared by the authors.

VI. Conclusion and Suggestion

□ Conclusion

- Waste management regulation in six laws were analyzed: Environmental Protection Act, Waste Treatment Act, Recycling Act, Public Hygiene Act, Urban Beautification Act, Pyongyang City Management Act.
- In the North Korea, the 8·3 people's consumer goods production movement and government purchases related to the reuse and recycling of waste were carried out. In 2020, the Recycling Act was adopted to force and promote recycling through self-rehabilitation.
- In waste classification, the detailed types of waste were not set, and the generation source was not reflected.
- In Pyongyang City, about 580,000 to 614,000 tons of MSW was generated annually according to the literature in 2018 and 2019, and 69% of MSW was recycled, 28.7% was landfilled, and 2.3% was incinerated.
- In Pyongyang City, about 564,000 tons of ISW was generated annually, and coal ash accounted for the largest amount of total ISW.
- In the North Korea, PCBs and DDT are continuously manufactured and used, and they can leak and flow into the factories and residential areas, adversely affecting the health of workers and people. Also, the heavy metal content such as arsenic, lead, and mercury was increasing in the soil near factories and metal refineries due to insufficient waste management capabilities.
- The following six implications and management plans were drawn up for the management of waste in the North Korea: ① clear classification and scope of waste, ② continuous accumulation of statistical data on the generation and treatment of waste, ③ hazardous waste management in

consideration of the management priority of toxicity and amount in industrial areas, ④ need for basic management of mining waste, ⑤ systematic development of diverse recycling technologies, and ⑥ the establishment of regulations on the management of imported waste management.

- Interpretations and assumptions regarding waste management in the North Korea based on available information
 - Interpretations of collected information
 - Some environmental laws of the North Korea can be found in the Unification Legislation Database, but the latest information cannot be collected.
 - Documented information on the status of waste generation and treatment in the North Korea is mainly presented in the UNEP (2012) report.
 - Through the media in the North Korea, such as the Rodong Sinmun, and domestic and foreign media, the progress of recycling and the problem of imported waste were identified.
 - Assumption
 - Documented information on the waste management in the North Korea is limited to some regions and time periods.
 - Even though reuse and recycling are emphasized in the regulation, it is hard to understand the level of recycling technologies with the existing information of waste management.
 - International cooperation can be a way to conduct more extensive research on waste management and recycling in the future.

Keywords: Waste management, Recycling, Imported waste

■ 저자약력

박규홍 (연구책임)

미국 노스웨스턴대학교 환경공학 박사
중앙대학교 공과대학 사회기반시스템공학부 교수(현)
kpark@cau.ac.kr

주요 연구실적

- 새로운 하수도서비스 제공을 위한 스마트 하수관로 구축기술 및 갈등 해소방안 연구 (2020)
- 북한 도시지역의 환경인프라 현황분석 및 Keco 참여 전략 (2019)
- Assessment of Sewer System Using PROMETHEE and GAIA Methods (2019)

이승희 (연구책임)

미국 루이지애나주립대학교 화학공학 박사
경기대학교 창의공과대학 융합에너지시스템공학부 교수(현)
한국바젤포럼 대표(현)
Editor in Chief, Journal of Material Cycles and Waste Management, Springer(현)
swrhee@kyonggi.ac.kr

주요 연구실적

- Estimation on Migration Characteristics of Leachate Using Analysis of Hydraulic Conductivity at Bioreactor Landfill" (2020)
- Supply Chain Analysis of E-waste Processing Plants in Developing Countries" (2020)
- Estimation on Hazardous Characteristics of the Components from Linear Type of End-of-life Light-emitting Diode Lamps (2020)
- Current Status and Perspectives on Recycling of End-of-Life Battery of Electric Vehicle in Korea(Republic of)" (2020)
- Management of Used Personal Protective Equipment and Wastes Related to COVID-19 in South Korea (2020)

권순원

중앙대학교 대학원 석사과정(현)
mympp3@naver.com

장전리

중앙대학교 대학원 석사과정(현)
zcl1121@cau.ac.kr

최 용

경기대학교 대학원 박사과정(현)
oskn1105@kyonggi.ac.kr

최형진

경기대학교 대학원 박사과정(현)
smiley-3-@nate.com

KEI 연구보고서 목록 (2017~2021)

기후환경정책연구

발행연도 | 보고서 번호 | 보고서 제목 (연구책임)

- 2021년 2021-01 북한의 산림복원과 기후변화가 물관리 취약성에 미치는 영향과 정책방향 연구(III) (김익재, 전동진)
2021-02 Data Science 기반 기후변화 대응 지원 플랫폼 구축을 위한 전략 마련 연구(II) (진대용)
2021-03 재생에너지 확산 이행방안 연구(II) (이상엽)
2021-04 기후변화에 따른 미세먼지 대기질 변화 추정 및 관련 정책 지원 연구 (이승민)
2021-05 기후변화 적응정책 10년: 현주소 진단과 개선방안 모색을 중심으로(III) (송영일, 신지영)
2021-06 기후정의 실현을 위한 정책 개선방안 연구(III) (한상운)
- 2020년 2020-01 북한의 산림복원과 기후변화가 물관리 취약성에 미치는 영향과 정책방향 연구(II) (김익재, 전동진)
2020-02 Data Science 기반 기후변화 대응 지원 플랫폼 구축을 위한 전략 마련 연구 (이명진)
2020-03 재생에너지 확산 이행방안 연구(I) (이상엽)
2020-04 기후변화에 따른 미세먼지 대기질 변화 추정 및 관련 정책 지원 연구 (이승민)
2020-05 기후변화 적응정책 10년: 현주소 진단과 개선방안 모색을 중심으로 (장훈, 송영일)
2020-06 기후정의 실현을 위한 정책 개선방안 연구(II) (한상운)
2020-07 포스트 코로나 시기 국가 온실가스 배출 반등효과 전망 및 대비 방향 (이상엽)
2020-08 그린뉴딜 추진을 위한 친환경에너지 전환 포럼 운영 (신동원)
- 2019년 2019-01 기후변화를 고려한 미세먼지 예측 및 중장기 관리정책 수립 연구 (이승민)
2019-02 북한의 산림복원과 기후변화가 물관리 취약성에 미치는 영향과 정책방향 연구 (김익재)
2019-03 기후정의 실현을 위한 정책 개선방안 연구(I) (한상운)
2019-04 기후변화 적응정책 10년: 현주소 진단과 개선방안 모색을 중심으로 (장훈)
2019-05 기후변화 파리협정 적응보고 세부이행규칙 대응방안 연구 (강상인)
2019-06 혼합정수계획법을 이용한 발전부문 온실가스 감축 잠재력 평가 (김용건)
2019-07 환경-주민수용성을 고려한 재생에너지 보급 활성화 방안 연구 (이상범)
- 2018년 2018-01 에너지전환을 고려한 중장기(2050) 국가 온실가스 감축전략 (이상엽)
2018-02 미세먼지와 온실가스의 효과적 감축을 위한 기후, 대기, 에너지 정책 연계 방안: 발전, 수송 부문을 중심으로 (채여라, 전호철)
2018-03 기후위험 관리를 위한 이해관계자 참여방안 연구 (이승준)
2018-04 기후환경 이슈 분석을 위한 텍스트 마이닝 활용방안 연구 (진대용)
2018-05 2018 기후변화 파리협정 이행협상 동향 및 대응방안 (강상인)

- 2018-06 지역기반 참여형 연구방법론 연구: 기후변화 리빙랩 시범사업을 중심으로 (신용승, 조공장)
2018-07 사회·환경영향을 고려한 태양광·풍력발전 시설 입지 방안 연구 (김태현, 이상범)

- 2017년 2017-01 신기후체제 대응을 위한 2050 저탄소 발전전략 연구 I (이상엽)
2017-02 기후변화의 부정적 영향에 따른 손실과 피해 대응방안 (이승준)
2017-03 이상기후 대응을 위한 지역 기후경쟁력 증진 방안 (류재나)
2017-04 신기후체제 국제기후변화 협상동향 분석 (강상인)
2017-05 기후행동 변화를 고려한 정책적 대응전략 마련: 물-에너지에 대한 행동경제학적 접근 (최희선)
2017-06 이상기온에 따른 건강영향 평가·예측을 통한 기후변화 대응 전략 마련 (배현주, 정다운)

연구보고서/기본연구

- 2021년 2021-01 지속가능발전목표 이행 방안 마련 연구 (홍한움)
2021-02 팬데믹 감염병 시대 도시 생태계서비스에 대한 사회적 스키마 연구 (이정석)
2021-03 순환경제를 고려한 '스마트 지속가능 도시' 추진체계 마련 연구 (조지혜, 최희선)
2021-04 국민건강 보호와 생활환경 변화 대응을 위한 소음진동 법체계 선진화 방안 (박영민)
2021-05 국가생물다양성 전략-관리지표-이행평가-실효성평가 통합시스템 구축 방안 연구 (구경아)
2021-06 통합물관리를 위한 디지털-그린 뉴딜정책의 추진방안 연구 (안종호)
2021-07 환경영향평가 사후환경영향조사 개선 및 환류체계 구축방안 연구 (김경호)
2021-08 재생에너지 주민수용성 제고를 위한 갈등지도 활용방안: 계획입지제도를 중심으로 (이재혁)
2021-09 환경갈등 관리를 위한 공론조사 개선에 관한 연구 (김도균)
2021-10 시민 인식의 녹색 전환을 위한 환경 리터러시 진단 및 강화 방안 (염정윤)
2021-11 2050 저탄소발전전략에 따른 기후·대기·에너지 정책 추진방향: 발전부문을 중심으로 (김용건)
2021-12 석탄화력발전소의 사회적 비용 추정 연구: 주택시장 영향을 중심으로 (박주영)
2021-13 딥러닝을 활용한 해양오염 예측도구 개발 및 적용 연구(II) (김태윤)
2021-14 환경 디지털 뉴딜 구현을 위한 AI 기반 환경 감시 체계 구축 (진대용)
2021-15 지역기반 자원순환 평가 시스템 구축 및 녹색전환 전략 마련 연구 (이소라)
2021-16 도시 산진대사(Urban Metabolism)를 고려한 도시기후대(Urban Climate Zone) 분류방법 연구 (홍제우)
2021-17 물관리 발전을 위한 하천 및 농업용수 등의 통합관리 연구(II) (이승수)
2021-18 폐기물처리시설의 적정성 평가를 위한 환경영향 평가 연구 (안준영)
2021-19 폐기물매립장 사업의 수환경 평가분야 개선방안 연구 (지민규)
- 2020년 2020-01 [국민체감 환경현안 정책연구 (전16권)]
2020-01-01 지속가능발전 정책개발을 위한 기획연구 (김호석)
2020-01-02 포용적 녹색사회를 위한 사회환경 기획연구 (정우현)

- 2020-01-03 친환경적 데이터 응용기술 활용 정책개발을 위한 기획연구 (강성원)
- 2020-01-04 국제환경협력 로드맵 수립을 위한 기획연구 (김호석)
- 2020-02-01 국가 기후 및 에너지 관리 정책개발 기획연구 (이상엽)
- 2020-02-02 인체 위해성 기반의 미세먼지 관리 전략 수립을 위한 기획연구 (심창섭)
- 2020-02-03 자원순환 분야 관리 전략 수립을 위한 기획연구 (이소라)
- 2020-02-04 환경보건 분야 안전망 구축을 위한 정책개발 기획연구 (배현주)
- 2020-03-01 바람직한 통합물관리를 위한 중장기 정책연구 로드맵 (류재나)
- 2020-03-02 자연환경 최적관리를 위한 중장기 로드맵 (이승준, 오일찬)
- 2020-03-03 친환경 스마트도시로의 전환을 위한 중장기 연구개발 전략 로드맵 (박창석)
- 2020-04-01 미래 환경 대응력 강화를 위한 환경평가 부분 데이터 융복합 활용방안 (이병권)
- 2020-04-02 신재생에너지 확대와 미래 환경변화 대응을 위한 중장기 발전방향 (전3권) (김유미)
- 2020-04-03 폐기물 처리시설의 안정성 확보를 위한 중장기 발전방안 (안준영, 이상윤)
- 2020-05 생태정보학적 생물다양성 평가기술 개발(II): 생물다양성 지도를 통한 정책활용 방안 (이후승)
- 2020-06 플라스틱 내 유해물질 관리방안 연구 (서양원, 박정규)
- 2020-07 LNG 열병합발전시설의 대기오염물질 관리 개선방안 연구 (김유미)
- 2020-08 기후정의 진단을 위한 공간기반 기후변화 민감계층 분석 연구 (정휘철, 김근한)
- 2020-09 도심지역 유출지하수 활용 및 관리를 위한 제도개선 연구 (김경호)
- 2020-10 원자력발전소 해체 시 비방사성폐기물 관리 방안 (신경희)
- 2020-11 자연자원총량제의 실효성 강화를 위한 제도적 대안 (이승준)
- 2020-12 주택정책 환경성 제고를 위한 국토-환경계획 연계방안 (이상범)
- 2020-13 환경영향평가 협의 기능 개선 방안 연구: 환경영향평가 재협의/변경협의를 중심으로 (주용준)
- 2020-14 순환경제 이행 진단을 위한 통합 평가지표 개발 및 활용방안 구축 (조지혜, 주문솔)
- 2020-15 지속가능한 한반도 자연생태계 보존을 위한 남북환경협력 연구 (명수정)
- 2020-16 지속가능성 확보를 위한 자원순환 성능 및 처리기반 적정성 평가 연구(I) (이소라)
- 2020-17 딥러닝을 활용한 해양오염 예측도구 개발 및 적용 연구(I) (김태윤)
- 2020-18 물관리 발전을 위한 하천 및 농업용수 등의 통합관리 연구(I) (김익재)
- 2020-19 식생활 패턴 변화에 따른 음식물류폐기물의 발생 전망과 대응 전략 (주문솔, 조지혜)
- 2020-20 인공지능 딥러닝을 활용한 조류현상 예측기술 개발 및 활용방안 (홍한웅)
- 2020-21 통합물관리를 고려한 지속가능한 물순환 관리체계 구축 및 정책기반 마련 연구 (한혜진)
- 2020-22 피해자 삶의 복원을 위한 환경영향피해의 사회모델 개발: 오염공동체 사례를 중심으로 (김도균)
- 2020-23 하·폐수 방류수 수질 준수 평가방법의 합리화 방안 연구 (조을생)
- 2020-24 환경영향의 구현을 위한 건강위해성 평가 및 관리전략 도입 연구 (배현주, 정다운)
- 2020-25 친환경 시민행동 유도를 위한 사회적 휴리스틱 활용방안 연구 (이정석)
- 2019년 2019-01 한반도 신경제지도 녹색화 전략 연구 (이정호)
- 2019-02 숙의적 접근을 통한 하천 자연성 회복 정책 도출 연구 (조을생)
- 2019-03 폐기물 자원순환의 국제 동향과 영향 분석 (신상철)

- 2019-04 도시의 지속가능성을 위한 공원녹지 정책의 재정립 방안 (최희선)
- 2019-05 환경정책의 사회적 수용성 제고 방안: 환경문화를 중심으로 (조공장)
- 2019-06 육상화물운송수단의 미세먼지 및 온실가스 저감 방안 연구 (한진석)
- 2019-07 지자체의 고농도 미세먼지 비상관리대책 수립 지원을 위한 연구 (이승민, 신동원)
- 2019-08 기후적응 요소를 고려한 토지·건물정보 제공방안 연구 (신지영)
- 2019-09 지속가능성을 고려한 가축분뇨관리 정책방안 연구 (조을생, 이소라)
- 2019-10 통합물관리를 위한 유역계획의 통합 및 조정 방안 연구 (안종호, 한대호)
- 2019-11 통합물관리체계 하에서 물자원 이용·관리를 위한 비용부담: 부과체계 정비방안 연구 (문현주)
- 2019-12 저출산·고령화를 고려한 폭염 노출위험인구 전망 및 지역별 대응 전략 (심창섭, 김오석)
- 2019-13 북한 토양·지하수 오염관리를 위한 남북협력방안 (신경희)
- 2019-14 환경영향평가를 통한 소규모 소각시설 환경개선방안에 대한 연구 (이영준B)
- 2019-15 지자체 지속가능발전 전략수립 및 SDGs 반영방안 (이정석)
- 2019-16 지방분권 시대 지자체 환경행정기능 강화를 위한 중앙–지방간 역할 재정립 방안 (정우현)
- 2019-17 순환경제로의 전환을 위한 플라스틱 관리전략 연구 (이소라)
- 2019-18 하천 및 호수의 물환경에 미치는 미세플라스틱 영향 연구 (김의재)
- 2019-19 환경영향평가 고도화를 위한 공간정보활용 체계 구축(II) (이명진)
- 2019-20 생태정보학적 생물다양성 평가 기술 개발 (이후승)
- 2019-21 소음노출의 위해성을 고려한 비용편익 연구(이병권)
- 2019-22 유역단위 하수도 재정전략 수립기법 연구 (류재나)
- 2019-23 Construction of a Historical Map Database as a Basis for Analyzing Land-Use and Land-Cover Changes, Exemplified by the Korean Demilitarized Zone and Inner-German Green Belt (Part II) (김오석)
- 2018년 2018-01 개발기본계획의 전략환경영향평가 운영의 성과분석 및 발전방향 연구 (사공희)
- 2018-02 원자력시설 해체 부지의 재사용을 위한 환경관리 전략: 토양 및 지하수 분야를 중심으로 (신경희)
- 2018-03 폐기물 처리방법별 환경효율성(Eco-efficiency) 평가 연구 (이소라)
- 2018-04 토양오염부지의 환경매체 연계관리 방안 (황상일, 양경)
- 2018-05 고령화 사회에서의 가정 발생 폐의약품 수거 및 처리체계 개선방안 (서양원, 조지혜)
- 2018-06 고형연료 에너지 시설의 대기오염물질 관리 개선방안 연구 (김유미, 조지혜)
- 2018-07 우리나라 국토환경 지리정보의 활용성 제고 방안 (명수정)
- 2018-08 복합재난(NATECH) 대비 사업장 안전관리 방안 (박정규, 서양원)
- 2018-09 장기미집행 도시공원 자동실험제에 따른 환경적 영향과 대응방안 (최희선)
- 2018-10 점오염원 질소관리 정책강화의 타당성 평가 (안종호)
- 2018-11 중소하천 물환경 개선을 위한 용배수로 관리 및 활용 방안 (김의재)
- 2018-12 토지피복지도와 국토환경성평가지도의 정책적 활용 기반 마련 연구 (윤정호, 김근한)
- 2018-13 고령지의 환경친화적 농지이용 전환에 대한 경제성 평가 (김현노)
- 2018-14 생활화학제품 안전관리를 위한 누적위해성평가 연구 (정다운)

- 2018-15 Construction of a Historical Map Database as a Basis for Analyzing Land-Use and Land-Cover Changes, Exemplified by the Korean Demilitarized Zone and Inner-German Green Belt (Part I) (김오석)
- 2018-16 가뭄지역 농촌용수 개발계획의 전략환경향평가 개선방안 연구: 지하수-지표수 복합이용을 대안으로 (김경호)
- 2018-17 생태공학적 기법을 활용한 지역단위 생태계 보호지역 확대방안 (구경아)
- 2018-18 환경영향평가 고도화를 위한 공간정보 활용 체계 구축(I) (이명진)
- 2018-19 상수원 관리지역의 기후회복력 강화 방안 연구: 4대강 수계를 중심으로 (이정호)
- 2017년 2017-01 국토-환경계획 연동제에 대응한 전략환경향평가 개선방안: 도시·군관리계획(재정비) 및 개발제한구역 해제계획을 중심으로 (이영재)
- 2017-02 물인프라 건설단계 이후의 효율적 관리를 위한 중앙과 지방정부의 역할 (문현주, 김현노)
- 2017-03 IPCC 신시나리오 체계를 적용한 우리나라 기후변화의 피해비용 분석 (채여라)
- 2017-04 화학물질관리법 내 화학사고 정책의 개선방안 및 산업계 지원방안 연구(II) (서양월, 박정규)
- 2017-05 국내 온실가스 배출권거래제 시행 효과 분석 (이상엽)
- 2017-06 환경복지 구현을 위한 국민체감형 환경서비스 개발 방안 (신용승)
- 2017-07 환경영향평가서 위생·공중보건 항목의 위해성 평가 개선 연구 (하종식)
- 2017-08 이차전지의 폐자원흐름 분석 및 자원순환성 제고방안 (조지혜)
- 2017-09 생태계서비스 기반의 자연자본 지속가능성 지수 개발 연구(II) (김충기)
- 2017-10 매립자원의 순환이용 가능량 분석 및 미래형 매립지 관리전략 마련 연구 (이소라)
- 2017-11 공공수역 수질개선을 위한 공공하수처리시설 관리제도의 합리적 개선방안 연구 (김익재)
- 2017-12 원자력발전소 해체 폐기물의 안전·안심관리 정책 방안 (이희선)
- 2017-13 ICT 밸전트렌드에 대응하는 공간정보의 환경이슈 적용 체계 구축: 빅데이터 분석과 위성영상 활용을 중심으로 (이명진, 이정호)
- 2017-14 기저유출을 고려한 환경가뭄 평가방안 연구 (현윤정)
- 2017-15 해수담수화에서 생성되는 농축수의 환경적 영향과 평가 (김태윤)
- 2017-16 전기자동차 보급에 따른 지역간 오염물질 및 온실가스 배출 영향 분석 (전호철)
- 2017-17 지권과 생물권 간 공진화 현상에 기반한 국토 자연환경 관리방안 (이수재)
- 2017-18 사회인지이론의 적용을 통한 환경친화적 행동 촉진에 대한 연구 (이정석, 강택구)
- 2017-19 지역별 친환경차 시장 활성화 방안 연구: 인구밀집지역을 중심으로 (한진석)

정책보고서/수시연구

- 2021년 2021-01 물관리의 전환적 혁신을 위한 그린뉴딜 정책 및 사업 기획 연구 (한혜진)
- 2021-02 그린뉴딜 촉진을 위한 자원순환부문 인센티브 체계 개선 연구 (신상철)

- 2021-03 탄소중립 시나리오 작성 및 이행점검체계 구축을 위한 기획 연구 (이창훈)
- 2021-04 기후위기대응을 위한 입법 개선방안 마련 (한상운)
- 2021-05 영농형 태양광 추진을 위한 정책방안 마련 연구 (신동원)
- 2021-06 탄소 중립 이행을 위한 순환경 정책 로드맵 연구 (조지혜)
- 2021-07 하천관리 일원화의 정책현안과 추진방향 (안종호, 이승수)
- 2021-08 한반도 탄소중립을 위한 남북 기후개발협력 방안 연구 (김성진)
- 2021-09 ESG 관련 국내외 동향 및 환경정책에 미치는 영향 (김호석)
- 2021-10 환경위기 대응을 위한 자연기반해법(NbS) 연구 (명수정, 오일찬)
- 2021-11 탄소중립 시대에 대응하는 미래 공공하수처리시설 역할 재정립 방향 연구 (조을생)
- 2021-12 기후위기 시대 영농형태 변화에 따른 농업용 지하수 관리전략 연구 (현윤정)
- 2020년 2020-01 지속가능성 정책 지원을 위한 환경용량 평가 체계 및 활용 연구 (이승준)
- 2020-02 스마트도시 계획 진단을 통한 '스마트 지속가능도시'로의 전환방향 (최희선, 박창석)
- 2020-03 중국의 대기정책결정 구조 분석과 한중 협력의 시사점 (강택구)
- 2020-04 다부처 정책 연계성 확보를 통한 순환경 정책 로드맵 연구: 전기차 배터리를 중심으로 (조지혜, 이소라)
- 2020-05 도심지 열병합발전시설 주변 주거지역 소음영향 최소화 관리방안 (박영민)
- 2020-06 미세먼지 대응 예산의 재정운용 방향 (정우현)
- 2020-07 코로나19에 따른 환경규제 개편 필요성 및 추진방안 (강성원)
- 2020-08 환경권의 실체적 구현을 위한 입법 개선방안 (한상운)
- 2020-09 감염성 의료폐기물 비상처리계획 수립을 위한 연구 (신상철)
- 2020-10 포스트 코로나 시대 국제환경협력 전략 연구 (추장민, 명수정)
- 2019년 2019-01 통합법 시행에 따른 대기배출시설 하가조건 평가 및 개선방안 (공성용)
- 2019-02 산업단지, 관광단지 등 폐기물 발생량 산정을 위한 가이드라인 마련 연구 (이영준B)
- 2019-03 물환경 분야 규제 완화에 의한 영향 분석 및 제도개선 방안 (이병국, 김익재)
- 2019-04 도시지역 자연환경 훼손 진단과 복원 방향 (명수정)
- 2019-05 중국의 미세먼지 농도추이 및 한중 간의 오염도 상관관계 분석 (주현수)
- 2019-06 국가 지속가능성 이행과제 간 연관관계 분석방안 연구 (홍한움)
- 2019-07 수송용 에너지 전환을 위한 세계개편의 사회적 수용성 제고방안 연구 (신동원)
- 2019-08 DMZ 토지이용의 지속가능성을 위한 연구 방향 (김호석)
- 2019-09 생활밀착형 환경이슈에 대한 수요반영 개선 연구: 민원 빅데이터 분석을 중심으로 (진대용)
- 2019-10 남북한 도로망 연결사업의 환경영향평가 방안 (전동준)
- 2019-11 P4G 파트너십 의제 개발 및 국내 대응방안 연구 (김호석)
- 2019-12 지역단위 음식물류 폐기물의 효율적 관리방안 마련 연구: 세종시 사례를 중심으로 (신상철)
- 2019-13 환경성·형평성을 고려한 수송용 에너지 적정가격 설정 및 세수 활용 방향 (강만옥)
- 2019-14 택배 등 유통포장재의 재사용 활성화를 위한 정책 지원방안 마련 연구 (이소라)

- 2019-15 시공간을 고려한 환경생태적 우수지역과 환경성질환의 상관성 분석 연구: 환경·국토계획 통합 계획에서의 활용방안을 중심으로 (김근한)
- 2019-16 인체위해 저감방안 마련을 위한 미세먼지 구성성분별 건강영향 연구 (배현주)
- 2019-17 가뭄 대비 기준 지하수 관정 활용을 위한 정책 로드맵 연구 (현윤정)
- 2019-18 시민 참여를 통한 사회·경제적 환경영향평가 폭염 체감 영향 분석 (채여라, 최영웅)
- 2019-19 재생에너지 입지계획의 전략환경영향평가 실시방안 연구 (김경호)
- 2019-20 교통소음 관리 기준의 합리화(일원화) 방안 (박영민)
- 2019-21 중국의 대기관리 정책 분석 및 한중 협력 강화 방안 (최기철)
- 2019-22 한반도 지속가능발전을 위한 북한환경 연구로드맵 수립: 북한 환경실태 기초조사를 통한 미래 친환경 통일 한반도 기반 구축 (추장민)
- 2018년
- 2018-01 태양광 폐페널의 관리 실태조사 및 개선방안 연구 (조지혜)
- 2018-02 에너지전환정책에 따른 2030 온실가스 감축 로드맵 수정 방향 (이상엽)
- 2018-03 LCA에 기반한 전기차의 발전원별 환경효과 분석 (이소라)
- 2018-04 환경부문 개헌의 법적 효과에 관한 연구 (한상운)
- 2018-05 지방자치·분권 강화에 따른 유역 중심의 하수도 관리체계 연구 (김호정)
- 2018-06 환경부문 헌법 개정을 위한 여론조사 (조공장)
- 2018-07 신규 농업시설물의 수질오염 관리방안 마련 연구 (류재나)
- 2018-08 지자체 교통부문 미세먼지 관리 방안 연구: 서울시 자동차 친환경등급제를 중심으로 (한진석)
- 2018-09 물환경관리계획의 이행평가체계 개선 방안 (김익재)
- 2018-10 소규모 공동주거시설의 층간소음 정책 개선방안 (박영민)
- 2018-11 국민참여형 환경영향평가 체계 구축 및 제도 개선방안 (전동준)
- 2018-12 공동주택 재활용 폐기물 수거·처리 체계 개선 방안 마련 연구 (신상철)
- 2018-13 미세플라스틱 관리 동향 및 정책 제언 (박정규)
- 2018-14 차량-야생동물 충돌 사고(WVC) 제어와 방지를 위한 적정 야생동물의 이동통로 확보 방안 연구: 세종특별자치시 생활권 오송역~세종시 고속화도로를 중심으로 (방상원)
- 2017년
- 2017-01 지진의 환경영향 및 대응방향 (현윤정)
- 2017-02 수용체 중심의 환경정책 활용을 위한 대기오염의 노출위험인구 산정 연구 (배현주)
- 2017-03 지속가능한 사회 구현을 위한 환경영향 미래 발전 전략 (이영준)
- 2017-04 미래 기후 및 사회경제 여건 변화 대응을 위한 환경정책 이슈 발굴 (채여라)
- 2017-05 녹색경제와 지속가능발전을 위한 환경정책 뉴 패러다임 개발 (추장민)
- 2017-06 환경영향평가 시 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 개선방안 (김유미)
- 2017-07 환경영향의 실현을 위한 지역단위 환경불평등 분석 (김태현)
- 2017-08 산업단지 토양 분야 환경영향평가 개선방안 (양경)
- 2017-09 북한의 환경인프라 조성을 위한 환경협력 연구 (명수정)

- 2017-10 아시아 지역 거점 바이오브릿지 헬프데스크 구축방안 연구 (오일찬)
- 2017-11 통합 물관리의 기본 원칙과 정책 로드맵 연구 (김익재)
- 2017-12 군부대 주둔 및 이전 부지의 환경관리 정책: 토양·지하수 환경을 중심으로 (박용하, 이정호)
- 2017-13 국가 정책·계획 지속가능성 평가체계 개발 (김호석)
- 2017-14 자연적 원인에 의한 종금수 오염 농경지의 합리적 관리방안 마련 (황상일)
- 2017-15 환경영정의 측면의 녹지접근성 분석 연구 (명수정)
- 2017-16 야간조명으로 인한 생태계 영향 환경영향평가 조사방안 연구 (이상범)
- 2017-17 환경영향평가의 공정성 제고를 위한 공탁제 도입방안에 관한 연구 (유현석)

Working Paper

- 2021년 2021-01 국내 동물윤리 이슈 분석 (김도균)
- 2021-02 환경영향가 모니터링을 통한 환경영향평가 제도 성과 검증 연구 (강유진)
- 2021-03 ESG 평가체계 현황 분석 연구: 환경영향(E)을 중심으로 (김이진)
- 2021-04 기후위기 대응을 위한 가뭄관리 협력체계 구축 기반연구 (이문환)
- 2021-05 지역산업구조 개편에 따른 탄소중립 확보 방안 연구: ICT 투자 기반을 중심으로 (이영경)
- 2021-06 시민과학을 적용한 환경문제 대응방안 연구 (정행운)
- 2021-07 메타버스를 활용한 국민체감형 기후변화 대응 방안 마련 (조한나)
- 2021-08 순환경 경제 계획 수립 단계에서의 시민참여 기법 연구 (주문솔)
- 2020년 2020-01 물관리일원화에 따른 내외수 흡수범람 통합관리를 위한 기초연구 (이승수)
- 2020-02 건강하고 쾌적한 음환경 구축을 위한 도시소음 관리정책 수립방안 (박영민)
- 2020-03 에너지전환 지역사회를 위한 '에너지경관' 연구동향 분석 (이재혁)
- 2020-04 환경정책 수용성 제고를 위한 정책 소통 모형 개발 기초연구 (염정윤)
- 2020-05 환경정책의 고용 영향: 제조업을 중심으로 (조일현, 김호석)
- 2020-06 하천구역 내 친수시설물 입지 및 조성에 관한 환경영향평가 가이드라인 마련 연구 (지민규)
- 2020-07 지역특화관광산업에 대한 기후변화 적응방안 마련 (조한나)
- 2020-08 기후변화 적응대책에서의 생태계기반 적응(Ecosystem-based Adaptation) 도입 방안 모색 (박진한)
- 2020-09 흡수총량제 도입 검토를 위한 기초연구: 흡수 유역분담제 시행 방안 검토 (이승수)
- 2020-10 지진 재난 복원력 정량화 및 효율적 복구전략 수립을 위한 기초연구 (권선용)
- 2019년 2019-01 환경불평등 해소를 위한 수용체 중심 위해관리 기반 연구 (정다운)
- 2019-02 환경규제 동향분석 및 중장기 정책과제 도출: 포럼 자료집 (김현노)
- 2019-03 전문가시스템(Expert System)의 사후환경영향평가 적용을 위한 기초연구 (이진희)
- 2019-04 저주파 소음의 환경영향평가를 위한 기초 연구 (선효성)

- 2019-05 지속가능한 해양활용을 위한 해양환경통합자료 적용 연구 (김태윤)
- 2019-06 선형 교통사업의 지형변화 적정성 평가방안 마련 (권선용)
- 2019-07 생태계 교란식물 분포도 구축을 위한 드론 영상과 이미지 검색 기술의 적용 가능성 검토 연구 (김근한)
- 2019-08 수자원의 합리적 배분 방안 마련 기초 연구: 합리적 물 수급 분석 방안 연구 (서승범)
- 2019-09 환경영향평가 과정에서 드론과 BIM의 적용 가능성 검토 기초 연구 (유재진)
- 2019-10 삶의 만족도 지표를 활용한 미세먼지의 사회적 비용 추정 연구 (전호철)
- 2019-11 순환경제사회를 위한 물질흐름분석의 정책적 활용 동향 연구 (주문술)
- 2019-12 매립장 유래 미세플라스틱 관리방안: 침출수 발생원을 중심으로 (지민규)
- 2019-13 환경정책연구에서 데이터 활용성 강화를 위한 기초 연구 (진대용)
- 2019-14 실내공기질 관리 및 개선을 위한 기초연구 (최현진)
- 2018년 2018-01 에너지 수요전망모형 개발 기초연구 (전호철)
- 2018-02 원자력발전소 해체에 따른 환경영향평가 도입 필요성 연구 (이영준)
- 2018-03 환경영향평가 환경정의 항목 개발을 위한 기초연구 (이상윤)
- 2018-04 조류충돌에 대한 환경영향평가 개선을 위한 기초연구 (이후승)
- 2018-05 드론을 이용한 대기환경 조사기법 분석과 적용을 위한 기초연구 (윤정호)
- 2018-06 서울 미세먼지(PM10) 농도의 시공간통계모형 활용방안 연구 (홍한음)
- 2018-07 소규모환경영향평가 제도 개선을 위한 기초연구: 도시개발과 재생에너지개발을 중심으로 (이상범)
- 2018-08 온실가스 배출량의 소득탄력성 추정 연구: 험수 계수 패널 분석방법을 중심으로 (전호철)
- 2018-09 환경영향평가 시 지진 안정성 평가 가이드라인 마련을 위한 기초연구 (권선용)
- 2018-10 대기 이미지를 활용한 미세먼지 오염도 추정 (진대용)
- 2018-11 한국의 녹색경제 진단(I): 녹색활동 및 경제운영시스템 (김종호)
- 2017년 2017-01 불확실성과 학습효과를 반영한 기후경제 모형 방법론 연구 (황인창)
- 2017-02 환경경제 분석에서 행위자 기반 모형의 활용방안 연구 (채여라, 정예민)
- 2017-03 인도 물관리 정책의 비교분석과 환경협력 확대 방향 (김익재)
- 2017-04 산림경영사업지의 개발용지 전환 사례조사 및 개선사항의 도출 (방상원)
- 2017-05 환경분야 빅데이터 수집방법 연구: 대기질 데이터를 중심으로 (한국진)
- 2017-06 에너지 방법론을 활용한 유역의 지속가능성 평가: 금강유역을 중심으로 (이승준)
- 2017-07 도시재생 활성화지역 노후건물의 재정비 시나리오별 환경적 지속가능성 평가를 위한 기초연구 (송지윤)
- 2017-08 Smart waste 및 환경정보 제공을 위한 주민참여형 애플리케이션 활용 연구 (이소라, 임혜숙)
- 2017-09 2차 생성 미세먼지 저감을 위한 암모니아 관리정책 마련 기초연구 (신동원)
- 2017-10 주요국가 환경정책 트렌드 분석연구 (명수정, 문현주, 신용승, 전호철)
- 2017-11 한국의 녹색경제지수 산정 (김종호)
- 2017-12 합성생물 관리방안 마련을 위한 국내외 연구동향 (오일찬)

사업보고서

- 2021년 2021-01 국가 리스크 관리를 위한 기후변화 적응역량 구축·평가: 극한기후 리스크의 경제적 분석 (채여라)
- 2021-02 동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업 (이현우)
- 2021-03-01 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VIII) (한혜진, 김호정)
- 2021-03-02 [별책부록] 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VIII) [부록] (한혜진, 김호정)
- 2021-04 [환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영 (전5권)]
- 2021-04-01 상세규모 대기질 평가를 위한 Hybrid Modeling 적용방안 (문난경)
- 2021-04-02 개발사업에 따른 생물 서식지의 질적 변화 III (전동준)
- 2021-04-03 소음지도를 활용한 지역(도시)별 환경영향평가 (이병권)
- 2021-04-04 도시개발사업의 현황과 환경영향 분석 (최현진)
- 2021-04-05 통합환경평가모델 구축을 위한 환경지표 개발 (김경호)
- 2021-05 [환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구 (전3권)]
- 2021-05-01 통합분석 시스템 구축 (안소은)
- 2021-05-02 부문별 영향평가 및 가치추정 (안소은)
- 2021-05-03 [별책부록] 2021 국민환경의식조사 (안소은)
- 2021-06 환경 빅데이터 분석 및 서비스 개발 V (홍한웅)
- 2021-07-01 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구 (심창섭)
- 2021-07-02 [별책부록] 미세먼지 통합관리를 위한 정책지원 자료 구축 (심창섭)
- 2021-08 미세플라스틱의 건강 피해 저감 연구(III) (박정규)
- 2021-09 [북한 환경상태 조사 및 남북 환경협력사업 개발 연구 (전6권)]
- 2021-09-01 종괄보고서 (강택구)
- 2021-09-02 DMZ 일원 개발사업 환경영향평가 방안: 경기권 DMZ 및 접경지역을 중심으로 (전동준)
- 2021-09-03 북한 자연재해 자료 구축과 협력 전략 (강택구)
- 2021-09-04 북한의 기후변화 취약성과 기후변화 대응을 위한 남북협력(I) (명수정)
- 2021-09-05 KEI 북한환경동향 2021년 (강택구)
- 2021-09-06 북한 환경상태: 하수도와 폐기물 (박규홍, 이승희)
- 2021-10 [Post-코로나19 사회의 지속가능발전을 위한 환경정책 연구 (전4권)]
- 2021-10-01 코로나19 대응 환경부문 국가 지속가능발전 전략 개발 (안소은)
- 2021-10-02 팬데믹 관련 환경인자 및 현황 분석 기반 환경 정책방향 연구 (채여라, 서양원)
- 2021-10-03 Post-코로나19 사회 개발트랜드 변화관련 환경평가 대응방안 연구 (이영준, 유현석)
- 2021-10-04 사회·환경이슈 선제적 대응을 위한 환경 데이터 허브 구축 및 운영 (진대용)
- 2021-11 [감염성 질병예방을 위한 질병-생태 통합평가시스템 구축 종합연구 (전3권)]
- 2021-11-01 감염성 질병예방을 위한 질병-생태 통합평가시스템 구축 종합연구(I) (이후승)
- 2021-11-02 개발지 확장에 따른 생태적 영향에 대한 예측 모델링 체계 구축(I) (주용준)
- 2021-11-03 질병-생태 평가의 공간적 접근방법론 마련을 위한 기초 연구 (정슬기)
- 2021-12-01 [녹색경제협동연구] 지속가능한 도시를 위한 스마트 축소 모형 연구(II) (신지영, 박창석)

- 2021-12-02 [녹색경제협동연구] 녹색경제 활성화를 위한 환경규제 개선방안 (신동원)
2021-12-03 [녹색경제협동연구] 어린이 녹색생활환경 구축연구(III): 위해저감을 위한 녹색소비 활성화 방안
(주문술, 정다운)

- 2020년 2020-01 국가 리스크 관리를 위한 기후변화 적응역량 구축·평가: 극한기후 리스크의 경제적 분석 (채여라)
2020-02 동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업 (이현우)
2020-03-01 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VII) (류재나, 한혜진)
2020-03-02 [별책부록] 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VII) [부록] (류재나, 한혜진)
2020-04 생물다양성협약 이행 지원 프로그램 기획·운영(VI) (김충기)
2020-05 [환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영 (전5권)]
2020-05-01 지자체별 미세먼지 기여도 및 전환율 (KEI_PM2.5_CR_V2.0) (문난경)
2020-05-02 개발사업에 따른 생물 서식지의 질적 변화 II (전동준)
2020-05-03 낙동강권역 유역건전성 평가체계 마련 (박종윤)
2020-05-04 소음지도를 활용한 지역(도시)별 환경용량평가 (이병권)
2020-05-05 산업단지 개발사업 현황과 환경변화 분석 (최현진)
2020-06 [환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구 (전3권)]
2020-06-01 통합분석 시스템 구축 및 정책·사업 평가 (김현노)
2020-06-02 부문별 영향평가 및 가치추정 (김현노)
2020-06-03 [별책부록] 2020 국민환경의식조사 (김현노)
2020-07 환경 빅데이터 분석 및 서비스 개발 IV (강성임)
2020-08-01 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구 (심창섭)
2020-08-02 [별책부록] 미세먼지 통합관리를 위한 정책지원 자료 구축 (심창섭)
2020-09 미세플라스틱의 건강 피해 저감 연구(II) (박정규)
2020-10 [북한 환경상태 조사 및 남북 환경협력사업 개발 연구 (전8권)]
2020-10-01 총괄보고서(Comprehensive Report) (강택구)
2020-10-02 북한지역 환경오염원 현황 분석 및 남북환경협력 방안: 대기오염을 중심으로 (명수정)
2020-10-03 한강하구 상태평가 및 환경정보 공유 플랫폼 개발 연구 (김충기)
2020-10-04 DMZ 일원 개발사업 환경영향평가 방안: 강원권 DMZ 및 접경지역을 중심으로 (전동준)
2020-10-05 북한 개발 투자사업의 환경사회 세이프가드 구축 방안 (조공장)
2020-10-06 북한 환경법제 입법동향 및 DB 구축 (I) (한상운)
2020-10-07 위성영상 기반 북한 주요 지역 토지피복 현황 및 토지피복도 구축 (추장민)
2020-10-08 KEI 북한환경동향 2020년 (강택구)
2020-11-01 [녹색경제협동연구] 2020 녹색경제협동연구 사업보고서: 녹색경제협동연구 성과확산 (강형식)
2020-11-02 [녹색경제협동연구] 녹색경제 활성화를 위한 환경규제 개선방안(II) (김현노, 신동원)
2020-11-03 [녹색경제협동연구] 지속가능한 도시관리를 위한 스마트 축소 모형 연구(I) (박창석, 신지영)
2020-11-04 [녹색경제협동연구] 어린이 녹색생활환경 구축연구(II): 위해저감을 위한 녹색소비 이행전략
(정다운)

- 2019년 2019-01 동아시아 녹색전환을 위한 국제환경네트워크 구축 (이현우)
 2019-02 [국가 리스크 관리를 위한 기후변화 적응역량 구축·평가 (전2권)]
 2019-02-01 데이터 기반 폭염 및 한파의 직간접 영향 분석 (채여라)
 2019-02-02 [별책부록] 수요자의 인식을 고려한 리스크 커뮤니케이션 정책방안(II) (채여라)
 2019-03-01 동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업 (김호석)
 2019-03-02 KEI 북한환경동향 2019년 (김호석)
 2019-04-01 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VI) (류재나, 김익재)
 2019-04-02 [별책부록] 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(VI) [부록] (류재나, 김익재)
 2019-05 생물다양성협약 이행 지원 프로그램 기획·운영(VI) (김충기)
 2019-06 [환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영 (전6권)]
 2019-06-01 선박 및 발전시설의 미세먼지 기여도 분석 (문난경)
 2019-06-02 개발사업 입지 적정성 평가를 위한 발암성 대기오염물질의 현황 및 배출원 특성 분석 (김유미)
 2019-06-03 개발사업에 따른 생물서식지의 질적 변화 (전동준)
 2019-06-04 한강권역 유역건전성 평가체계 마련 (박종윤)
 2019-06-05 소음지도를 활용한 지역(도시)별 환경용량평가 (이병권)
 2019-06-06 주요 재생에너지원별 현황 및 환경적 기여도 분석 (이영준)
 2019-07-01 환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구 (김현노)
 2019-07-02 [별책부록] 2019 국민환경의식조사 (김현노)
 2019-08 환경 빅데이터 분석 및 서비스 개발 III (강성원)
 2019-09 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구 (심창섭)
 2019-10 미세플라스틱의 건강 피해 저감 연구 (박정규)
 2019-11-01 [녹색경제협동연구] 녹색경제협동연구 성과확산 (현윤정)
 2019-11-02 [녹색경제협동연구] 녹색경제 활성화를 위한 환경규제 개선방안 (김현노)
 2019-11-03 [녹색경제협동연구] 어린이 녹색생활환경 구축 연구(I): 위해저감 및 녹색 소비 방안을 중심으로 (정다운)
- 2018년 2018-01 국가 리스크 관리를 위한 기후변화 적응역량 구축·평가: 체감형 적응을 위한 데이터 기반 기후변화 리스크 대응체계 구축(II) (채여라)
 2018-02 [동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업 (전4권)]
 2018-02-01 동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업 (이현우)
 2018-02-02 환경거버넌스 강화를 위한 공공참여제도 한중 비교연구 (김태현)
 2018-02-03 KEI 북한환경동향 2018년 (이현우)
 2018-02-04 KEI 일대일로포럼 자료집 (이현우)
 2018-03 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(V) (류재나, 황상일)
 2018-04 생물다양성협약 이행 지원 프로그램 기획·운영 (황상일)
 2018-05 [환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영 (전5권)]
 2018-05-01 지자체별 오염원별·물질별 미세먼지 기여도 및 전환율 산정 (문난경)

- 2018-05-02 유해대기오염물질 평가를 위한 모델링 기반 구축 (문난경)
- 2018-05-03 토석채취사업의 현황 및 개발 적정성 분석 (이영준)
- 2018-05-04 도시화에 따른 유역건전성 평가 체계 개발(금강수계를 중심으로) (박종윤)
- 2018-05-05 육상태양광발전사업 현황과 환경적 고찰 (박종윤)
- 2018-06 [환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구 (전3권)]
- 2018-06-01 환경·경제 통합분석 시스템 구축 (안소은)
- 2018-06-02 부문별 영향평가 및 가치추정 (안소은)
- 2018-06-03 [별책부록] 2018 국민환경의식조사 (안소은)
- 2018-07 원전사고 대응 재생계획 수립방안 연구(3): 중장기대응방안을 중심으로 (조공장)
- 2018-08 환경 빅데이터 분석 및 서비스 개발 II (강성원)
- 2018-09 미세먼지 통합관리 전략 수립 연구 (주현수)
- 2018-10-01 [녹색경제협동연구] 2018 녹색경제협동연구 사업보고서 (안종호)
- 2018-10-02 [녹색경제협동연구] 한국 제조업의 환경경제효율성 분석 (김종호)
- 2018-10-03 [녹색경제협동연구] 녹색경제 전환을 위한 지속가능한 환경재정 구축 방안: 지속가능발전을 반영한 환경재정 개편 방향 (김호석)
- 2018-10-04 [녹색경제협동연구] 환경기반시설·사업 투자의 타당성·효과성 평가사업(II) (문현주)
- 2018-10-05 [녹색경제협동연구] 국가 친환경 에너지전환 추진을 위한 총괄연구 (이상엽)
- 2018-10-06 [녹색경제협동연구] 녹색사회로의 전환을 위한 정책평가 기반마련 연구: 개발사업의 사회영향 모니터링을 중심으로 (신용승, 조공장)
- 2018-11 농촌지역 환경복지 증진을 위한 가축매몰지 피해 관리방안 연구(III) (황상일, 현윤정)
- 2017년
- 2017-01 물환경 서비스와 물 인프라의 지속가능성 평가(IV) (류재나, 강형식)
 - 2017-02 빅데이터를 이용한 대기오염의 건강영향 평가 및 피해비용 추정(III) (안소은)
 - 2017-03 생물다양성협약 이행·지원 프로그램 기획·운영(III) (황상일)
 - 2017-04 [환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영 (전3권)]
 - 2017-04-01 주요 국가산업단지와 지자체별 대기오염물질이 인접 지역에 미치는 기여도 평가 (문난경)
 - 2017-04-02 주요 능선축에 대한 개발계획 현황 분석 및 유역 물순환 건전성 영향 분석(금강수계 시범) (이영준)
 - 2017-04-03 육상태양광발전 및 수상태양광발전 현황 분석 (박종윤)
 - 2017-05 [환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구 (전3권)]
 - 2017-05-01 환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구 (안소은)
 - 2017-05-02 부문별 영향평가 및 가치 추정 (안소은)
 - 2017-05-03 [별책부록] 2017 국민환경의식조사 (안소은)
 - 2017-06 원전사고 대응 재생계획 수립방안 연구(2): 비상대응계획을 중심으로 (조공장)
 - 2017-07 환경 빅데이터 분석 및 서비스 개발 (강성원)
 - 2017-08-01 [녹색경제협동연구] 녹색경제 성과확산 (공성용)
 - 2017-08-02 [녹색경제협동연구] 환경기반시설 사업·투자의 타당성·효과성 평가사업 (I) (문현주)
 - 2017-08-03 [녹색경제협동연구] 환경유해보조금 추계 및 개편방향 연구: 화석연료보조금을 중심으로 (김종호)

- 2017-08-04 [녹색경제협동연구] 사회적 경제를 활용한 친환경 소비 확산방안 (김동현)
- 2017-08-05 [녹색경제협동연구] 자연혜택 평가를 통한 지역경제 활성화 방안(II) (김종기)
- 2017-08-06 [녹색경제협동연구] 메콩유역의 기후변화 대응 식량안보와 지속가능한 물관리 정책 연구 (강상인)
- 2017-09 농촌지역 환경복지 증진을 위한 가축매몰지 피해 관리방안 연구(II) (황상일, 현윤정)
- 2017-10 석탄화력발전 연료대체 시나리오별 환경·건강영향 분석 (주현수)
- 2017-11 어린이 환경건강 관리 개선방안 연구 (정다운)
- 2017-12 저탄소·친환경 전원 기반 마련에 따른 전기요금 개편의 국민수용성 제고를 위한 효과적 소통 방안 (이승준)
- 2017-13 국가 리스크 관리를 위한 기후변화 적응역량 구축·평가 (채여라)
- 2017-14 [동아시아 환경공동체 발전전략 개발 및 협력사업 (전5권)]
- 2017-14-01 (총괄) 동아시아 환경공동체 성과 확산 (추장민)
- 2017-14-02 지속가능한 동시베리아 지역공동체 발전전략 연구 (강상인)
- 2017-14-03 환경거버넌스 강화를 위한 공공참여제도 한·중 비교연구 (정우현, 이정석)
- 2017-14-04 동북아 국제정세 변화에 대응한 지역 환경협력 추진전략 (추장민)
- 2017-14-05 KEI 북한환경동향 2017년 (추장민)

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지(www.kei.re.kr)에서 보실 수 있습니다.

※ 본 책자는 환경표지 인증을 받은 용지로 인쇄되었습니다.



북한 환경상태: 하수도와 폐기물



(30147) 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 B동(과학·인프라동)
전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799 <http://www.kei.re.kr>

