



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의료폐기물의 효율적 관리를 위한
규제 개선에 대한 연구

연세대학교 대학원
의료기기산업학과
차 영 환

의료폐기물의 효율적 관리를 위한 규제 개선에 대한 연구

지도교수 구 성 욱 · 장 원 석

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2025년 6월

연세대학교 대학원

의료기기산업학과

차 영 환

의료폐기물의 효율적 관리를 위한
규제 개선에 대한 연구

차 영 환의 석사 학위논문으로 인준함

심사위원장 구 성 욱 (서명)

심사위원 장 원 석 (서명)

심사위원 정 희 교 (서명)

연세대학교 대학원
의료기기산업학과

2025년 06월

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 많은 분들의 도움이 있었습니다. 그분들께 깊은 감사의 뜻을 전 하고자 합니다.

먼저, 연구의 기획 단계부터 논문이 완성되기까지 지속적인 지도와 조언을 아낌없이 주신 장원석교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 교수님의 탁월한 학문적 통찰력과 풍부한 경험은 저에게 큰 영감을 주었고, 특히 연구 주제 선정부터 설계에 이르기까지 세심한 지도를 통해 저의 연구가 한층 더 발전할 수 있었습니다. 교수님의 조언 덕분에 연구의 방향성을 명확하게 설정할 수 있었으며, 그 결과 이 논문을 완성할 수 있었습니다.

또한, 연구 수행 중 여러 가지 기술적 어려움을 해결하는 데 큰 도움을 주신 구성욱 교수님, 권병주교수님, 정희교교수님께 감사드립니다. 자료 수집 및 활용 방법과 논문 작성에 대해서 도움 주신 지승권선생님, 박시연선생님, 조연서선생님, 나성진선생님께도 감사드립니다. 그리고, 경기도립의료원 파주병원 수술실 박지영 수 선생님께도 감사드립니다. 전문적인 조언과 피드백은 저에게 많은 도움이 되었으며, 어려운 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 했습니다. 이 논문이 완성 될 수 있었던 것은 여러분의 도움 덕분이라고 생각합니다.

저는 연세대학교 의료산업최고위자과정을 통해서 연세대학교 의료기기산업학과를 알게 되었고, 의료기기 산업에 20여 년의 경력을 가지고 있었지만, 항상 아쉽고, 부족함이 많았습니다. 그래서 의료기기에 대한 좀 더 전문적이고, 체계적으로 배우기 위해서 의료기기산업학과에서 공부하게 되었습니다. 일과 공부를 병행하다 보니 중간에 많은 어려움이 있었지만, 의료기기산업학과 교수님들과 의료기기산업학과 11기 동기분들 덕분에 마무리할 수 있었습니다.

이 논문을 작성하는 동안, 가족과 직장 동료들의 지속적인 응원과 격려가 없었다면 끝까지 마무리하기 어려웠을 것입니다. 특히, 사랑하는 아내 신미정, 딸 규은, 아들 규창, 부모님, 장인·장모님, 형, 누나들, 처남, 처형들, 조카들에게 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 우리 가족의 이해와 배려 덕분에 연구에 몰두할 수 있었고, 힘들 때마다 큰 힘이 되어 주었습니다. 또한, 진선용연구소장님, 임낙소이사님, 류윤수대리님, 따뜻한

응원과 격려는 연구 과정에서 겪은 좌절과 어려움을 이겨내는 데 큰 도움이 되었습니다.

마지막으로, 저와 함께 이 연구를 진행하며 언제나 열린 마음으로 논의하고, 귀중한 의견을 제시해 준 곽우섭, 정영호, 윤청하 선생님께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 여러분들과의 협력과 논의는 저에게 큰 배움의 시간이었으며, 이 논문이 더욱 깊이 있는 연구가 될 수 있도록 도와주었습니다.

모든 분들의 도움과 성원 덕분에 이 논문을 무사히 완성할 수 있었습니다. 이 자리를 빌려 다시 한번 진심으로 감사드립니다.

이 논문이 많이 부족하지만, 의료 산업의 성장발전과 지구 환경보호에 조금이나마 도움이 되었으면 합니다.

차 례

그림 차례	v
표 차례	vi
국문 요약	vii
1. 서론	1
1.1. 연구 배경	1
1.2. 연구 목적	1
1.3. 연구 범위	1
1.4. 연구 방법	2
2. 이론적 배경	3
2.1. 의료폐기물의 정의	3
2.2. 의료폐기물의 종류	4
2.2.1. 격리 의료폐기물	4
2.2.2. 위해 의료폐기물	5
2.2.2. 위해 의료폐기물	5
2.3. 의료폐기물 처리의 중요성	6
2.3.1. 감염성 질병 전파 및 인간 건강에 미치는 영향	6
2.3.2. 환경 오염	6
2.3.3. 의료 종사자 및 폐기물 처리자의 안전	7
2.3.4. 지속 가능한 의료 시스템 구축	7
2.3.5. 법규 및 정책	7
2.4. 의료폐기물 증가 원인	8
2.4.1. 코로나19 팬데믹의 영향	9
2.4.2. 일회용 의료 도구 사용 증가	9
2.4.3. 의료 서비스 확장 및 인구 고령화	9

2.4.4. 감염성 및 위험 폐기물 증가	10
2.4.5. 폐기물처리 인프라의 한계	10
2.5. 의료폐기물 발생 및 처리 현황	10
2.5.1. 의료폐기물의 발생 기관	10
2.5.2. 의료폐기물 보관 및 처리	11
2.5.3. 의료폐기물의 배출 및 처리기준	16
2.5.4. 의료폐기물처리 현황	17
2.6. 의료폐기물이 환경에 미치는 영향	20
2.6.1. 플라스틱 오염	20
2.6.2. 대기 및 토양 오염	20
2.6.3. 감염성 폐기물의 확산	20
2.6.4. 기후 변화와의 연관성	20
3. 의료폐기물 처리 방법 분석	22
3.1. 처분 시설	22
3.1.1. 중간 처분 시설	22
3.1.2. 최종 처분 시설	23
3.1.3. 재활용 시설	23
3.2. 소각방식과 그 문제점	25
3.2.1. 소각의 기술적 요소	25
3.2.2. 소각로의 종류	25
3.2.3. 환경 및 영향	25
3.2.4. 의료폐기물 소각 시 발생 되는 유해물질	26
3.3. 멸균·화학적·방사선 처리의 장·단점	28
3.3.1. 멸균 처리(Autoclaving)	28
3.3.2. 화학적 처리(Chemical Treatment)	29
3.3.3. 방사선 처리(Irradiation)	30
3.4. 매립 방식의 환경적 영향	31
3.4.1. 환경 오염	31

3.4.2. 2차 감염 위험	31
3.4.3. 약취 및 미관 문제	32
3.4.4. 관리 및 비용 문제	32
3.5. 재활용 방식의 환경적 영향	33
3.5.1. 재활용의 기술적 요소	33
3.5.2. 환경 및 영향	33
3.5.3. 실제 사례	33
3.6. 기타 처리 방식	34
3.6.1. 플라즈마 소각(Plasma Incineration)	34
3.6.2. 미생물 처리(Biological Treatment)	34
4. 의료폐기물 재활용 가능성 및 방안	35
4.1. 의료폐기물 재활용 현황	35
4.1.1. 일회용 기저귀 재활용	35
4.1.2. 의료폐기물 소각재의 재활용	36
4.1.3. 플라스틱 의료폐기물의 재활용	37
4.2. 해외 재활용 사례	37
4.2.1. 미국	37
4.2.2. 일본	40
4.2.3. 유럽	41
4.2.4. 호주	43
4.2.5. 독일	44
4.2.6. 스웨덴	46
4.3. 재활용을 통한 자원 순환 및 환경보호 방안	47
4.3.1. 재활용의 구체적 전략	47
4.3.2. 정책적 지원 및 법적 규제	48
4.3.3. 순환 경제의 개념	48
4.3.4. 기술적 발전과 혁신	48
4.3.5. 지역 사회의 역할과 참여	49

4.4. 우리나라의 의료폐기물 재활용을 위한 법적 방안	49
4.4.1. 의료폐기물 재활용을 위한 법령 정비	49
4.4.2. 의료폐기물 처리 방식의 법적 개선	50
4.4.3. 의료폐기물 재활용 촉진을 위한 제도적 지원	50
4.4.4. 의료폐기물 재활용을 위한 법적 인프라 구축	50
4.5. 향후 우리나라의 의료폐기물 재활용 방안	51
4.5.1. 의료폐기물 분리배출 및 자원화 촉진	51
4.5.2. 의료기기 및 소모품의 재사용 시스템 도입	51
4.5.3. 의료폐기물의 에너지화	51
4.5.4. 의료폐기물 전문 재활용 기업과 협력 강화	52
4.5.5. 정책 및 법제도 개선	52
4.5.6. 대국민 인식 개선 및 교육 강화	52
5. 고찰	53
6. 결론	55
참고문헌	56
영문요약	63

그림 차례

<그림 1> 폐기물 분류 체계	4
<그림 2> 의료폐기물 전용 용기	16

표 차 례

<표 1> 의료폐기물 분리 배출 지침 2023.12.	.....	14
<표 2> 의료폐기물 분리 배출 지침 2023.12.	.....	16
<표 3> 2020년도 전국 의료폐기물 처리 현황	.....	18
<표 4> 2021년도 전국 의료폐기물 처리 현황	.....	19
<표 5> 2022년도 전국 의료폐기물 처리 현황	.....	20

국 문 요 약

의료폐기물의 효율적 관리를 위한 규제 개선에 대한 연구

이 논문은 최근 급증하는 의료폐기물의 문제에 대응하기 위한 효율적인 관리방안과 재활용 가능성을 중심으로 규제 개선의 필요성을 다룬다.

현대 사회는 의료기술의 발달, 고령화, 감염병의 확산 등 여러 요인으로 인해 의료폐기물의 양은 꾸준히 증가하고 있으며, 이러한 의료폐기물은 인간의 건강 및 생태계에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 특히 의료폐기물에는 감염성 병원체, 독성 화학물질, 방사성 물질 등이 포함되어있으며, 부적절한 처리 시 치명적 위험을 수반한다. WTO에 따르면 수천만 건의 주사 시술 중에 약 15%는 감염성 폐기물을 생성한다고 한다. 의료폐기물의 부적절한 처리로 인해 C형, B형간염 및 HIV 전파의 위험성이 크게 증가하고 있다.

현재 국내 의료폐기물의 대부분은 소각 및 매립 방식으로 처리되고 있다. 소각은 감염성 물질의 제거에 효과적이지만, 다이옥신이나 퓨란과 같은 발암물질이 대기 중으로 방출되어 공기 질 저하 및 토양·수질 오염을 유발할 수 있으며, 매립 역시 토양오염과 지하수 오염 가능성을 내포하고 있다. 이러한 처리 방식은 단기적 위생 처리에는 효과가 있을 수 있으나, 장기적인 환경 영향과 지속 가능성 측면에서 한계가 존재한다. 특히 코로나19팬데믹 이후 개인보호장비(PPE), 마스크, 주사기 등 일회용 의료소모품의 사용량이 폭증하면서 의료폐기물 처리의 부담은 더욱 가중되고 있다.

본 연구는 소각 및 매립 중심의 기존 의료폐기물 처리 방식의 문제점을 분석하는 한편, 멸균 및 분쇄, 화학적 처리, 방사선 처리 등 대체처리기술의 적용 가능성과 한계를 고찰하였다. 특히 멸균·분쇄 방식은 감염성 제거에는 효과적이거나, 잔재물의 자원화에는 법적·기술적 장벽이 존재하며, 이를 해결하기 위한 정책 수립이 시급함을 밝혔다. 대체처리기술의 비용, 처리 속도, 공간 효율성, 폐기물의 성질별 적합성 등을 종합적으로 분석하였으며, 중소 의료기관의 시설 접근성 확보 또한 중요한 고려사항으로 지적되었다.

재활용 가능성이 높은 의료폐기물 중 플라스틱 계열(주사기, 수액세트, 일회용 보호장구 등)에 대한 재활용 방안을 집중적으로 분석하였다. 플라스틱 폐기물은 에너지 회수 및 재자원화 가능성이 높으며, 선별 및 멸균 공정을 통해 일반폐기물 수준으로 전환이 가능하다는 점에서 매우 유망한 자원으로 평가된다. 특히 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌(PE) 등의 재질은 열분해, 압출 성형 등 다양한 물리·화학적 공정을 통해 재활용이 가능하다는 점에서 향후 재자원화 기술 개발의 핵심으로 지목된다.

연구 결과, 의료폐기물의 효율적 재활용 확대는 단순한 폐기물처리 차원을 넘어, 자원 순환경제실현과 환경 보전이라는 사회적 가치 실현에 기여할 수 있음이 확인되었다.

이에 따라 다음과 같은 정책적 제언을 제시하였다. 첫째, 의료폐기물의 세부 분류 체계 개선과 재활용 적합 품목의 구체화, 둘째, 재활용 가능 폐기물의 전처리 및 멸균 기술 개발에 대한 연구 투자 확대, 셋째, 관련 법률의 정비 및 제도적 인센티브 제공을 통한 의료기관의 참여 유도, 넷째, 의료종사자 및 폐기물처리종사자 대상 교육과 홍보 강화. 또한, ICT 기술을 활용한 의료폐기물 실시간 추적 및 관리 시스템 도입, RFID 기반의 스마트 태그를 통한 폐기물 이력 관리 등도 미래형 정책 도입 방향으로 제시된다.

또한, 미국, 일본, 독일, 스웨덴 등 선진국 사례 분석을 통해 이들 국가는 이미 의료폐기물의 분리배출 및 멸균·재활용시스템을 제도적으로 정착시켜 운영 중이며, 이를 통해 환경 부하 감소와 자원 절약을 동시에 실현하고 있음을 확인하였다. 미국의 경우, 병원 인증 기준에 의료폐기물 감축 프로그램 도입 여부가 포함되어있으며, 일본은 재활용 품목 분류와 처리 매뉴얼이 중앙정부에 의해 일원화되어있는 특징이 있다. 이러한 해외 사례는 국내 정책 개선에 있어 유의미한 방향성을 제공한다.

결론적으로 본 연구는 의료폐기물의 처리 효율성과 재활용 가능성을 동시에 고려한 통합 관리 시스템의 구축을 목표로 하며, 이를 위해 기술적, 제도적, 사회적 차원의 다중적 접근이 필요함을 강조한다. 향후 본 연구는 정책 입안자 및 산업계, 의료계가 의료폐기물의 지속 가능한 관리를 위해 참고할 수 있는 실질적 가이드라인을 제공하는 데 그 의의가 있다. 궁극적으로는 의료폐기물의 발생 단계에서부터 최종 처리 단계까지를 아우르는 전주기적 관리체계 구축을 통해, 의료서비스의 질과 국민 환경 건강 수준을 함께 향상시키는 것을 지향한다.

따라서, 본 논문은 의료폐기물 관리와 관련한 정책적, 기술적 개선방안을 제시하고 있으며, 이를 통해 지속 가능한 자원 관리 및 환경보호에 기여 하고자 한다.

핵심되는 말: 의료폐기물, 재활용, 소각, 매립, 살균, 분쇄, 환경 영향, 감염성 물질, 유해화학 물질, 다이옥신 및 퓨란, 살균, 순환 경제, 정책 개혁, 폐기물 관리 시스템.

1. 서론

1.1. 연구배경

최근 우리 사회는 의학 기술의 발전과 의료서비스의 증가, 의료관광, 팬데믹, 고령화로 인한 의료폐기물의 양은 매년 많이 증가하고 있다. 특히, 의료폐기물은 감염 위험이 높고, 처리 과정에서 환경적으로 유해 한 물질이 발생할 수 있다.

그리고, 의료폐기물은 전부 소각 후 매립을 한다. 또한, 의료폐기물은 소각 시 다이옥신, 퓨란과 같은 발암물질이 방출되며, 매립 시에는 토양 및 수질 오염이 발생할 위험이 크다. 이러한 문제를 해결하기 위해 의료폐기물의 효율적인 처리와 재활용 방안이 필요하다.

1.2. 연구목적

본연구는 의료폐기물처리 과정에서 발생하는 환경적 문제를 분석하고, 이를 개선 할 수 있는 방안을 제시하는데 목적이 있다. 특히, 의료폐기물의 재활용 가능성을 탐구하고, 이를 통해 자원 순환과 환경보호를 촉진할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

1.3. 연구범위

본 연구는 국내외 의료폐기물의 발생 및 처리 현황을 분석하고 주요처리 방법의 문제점을 파악하며, 재활용 가능성과 그에 따른 환경적, 경제적 잇점을 논의한다.

국내 및 미국, 유럽, 일본 등 선진국들의 의료폐기물 발생 및 처리 현황, 의료폐기물의 처리방법과 문제점, 재활용 의료폐기물의 종류와 처리 가능성에 대해서 연구한다.

1.4. 연구방법

본 연구는 문헌연구를 통해 의료폐기물의 처리 및 재활용 관련 이론적 배경을 수립하고, 최근 국내 의료폐기물처리 현황과 문제점을 분석할 것이다. 또한, 의료폐기물의 재활용 가능성을 확인하고, 이를 촉진할 수 있는 방안을 제시하기 위해 국내외 사례를 분석할 것이며, 의료폐기물에 관련된 국내 외 논문 및 연구보고서, 정기 간행물, 보건복지부 및 국회, 통계청, 식약처, 환경부, 환경공단, 환경연구원, 국립환경과학원 및 각종 유관기관 및 학회의 연구 자료를 통해서 의료폐기물의 감축과 재활용방법에 대해 고찰할 것이다.

2. 이론적 배경

2.1. 의료폐기물의 정의

폐기물은 「폐기물관리법」 제 2조 제1호에 의하면 쓰레기, 연소재, 오니, 폐유, 폐산, 폐알칼리 및 동물의 사체 등으로서 사람의 생활이나 사업 활동에 필요하지 아니하게 된 물질을 말한다.

생활폐기물이란 「폐기물관리법」에 따르면 사업장폐기물 외 폐기물을 말한다. 주로 가정에서 발생 되는 폐기물 및 개보수 공사·작업 등으로 인하여 5톤 미만으로 발생 되는 폐기물을 말한다.

사업장폐기물이란 「대기환경보전법」, 「물환경보전법」 또는 「소음·진동관리법」에 따라 배출 시설을 설치·운영하는 사업장이나 그 밖에 대통령령으로 정하는 사업장에서 발생하는 폐기물을 말한다.

건설폐기물은 「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」 제 2조에 의해 「건설산업기본법」 제 2조 제4호에 해당하는 건설공사로 인하여 건설현장에서 발생 되는 5톤 이상의 폐기물로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.

지정폐기물은 「폐기물관리법」 제2조에 의해 사업장폐기물 중 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 의료폐기물 등 인체에 위해를 줄 수 있는 해로운 물질로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 말한다.

지정폐기물에 포함되어있는 의료폐기물의 경우 「폐기물관리법」 제2조 제5호에 의하면 보건·의료기관, 동물병원, 시험·검사기관 등에서 배출되는 폐기물 중 인체에 감염 등 위해를 줄 우려가 있는 폐기물과 인체조직 등 적출물, 실험동물의 사체 등 보건·환경보호상 특별한 관리가 필요하다고 인정되는 폐기물로서 대통령령이 정하는 폐기물로 정의하고 있다.

의료폐기물이란 보건·의료기관, 동물병원, 시험·검사기관 등에서 배출되는 폐기물 중

인체에 감염 등 위해를 줄 우려가 있는 폐기물과 인체조직 등 적출물(摘出物), 실험동물의 사체 등 보건·환경보호상 특별한 관리가 필요하다고 인정되는 폐기물로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 말한다.

폐기물 분류 체계는 다음과 같다.

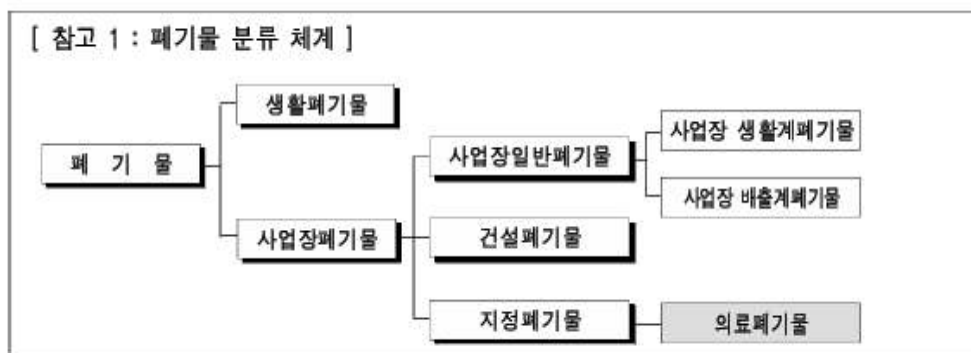


그림 1. 폐기물 분류 체계

자료 : 「폐기물관리법」 제 2조.

재활용이란 다음 각목의 어느 하나에 해당하는 활동을 말한다.

- 1) 폐기물을 재사용·재생이용하거나 재사용·재생이용 할 수 있는 상태로 만드는 활동.
- 2) 폐기물로부터 「에너지법」 제2조 제1호에 따른 에너지를 회수하거나 회수할 수 있는 상태로 만들거나 폐기물을 연료로 사용하는 활동으로서 환경부령으로 정하는 활동을 말한다.¹⁾

2.2. 의료폐기물의 종류

2.2.1. 격리 의료폐기물

「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」 제2조 제1호의 감염병으로부터 타인을 보호하기 위하여 격리된 사람에 대한 의료행위에서 발생한 일체의 폐기물이라 한다.

2.2.2. 위해 의료폐기물

1) 조직 물류 폐기물

인체 또는 동물의 조직·장기·기관·신체의 일부, 동물의 사체, 혈액·고름 및 혈액 생성물(혈청, 혈장, 혈액제제)등을 말한다.

2) 병리계 폐기물

시험·검사 등에 사용된 배양액, 배양용기, 보관균주, 폐시험관, 슬라이드, 커버 글라스, 폐배지, 폐장갑 등을 말한다.

3) 손상성 폐기물

주사바늘, 봉합바늘, 수술용 칼날, 한방침, 치과용침, 파손 된 유리 재질의 시험기구를 말한다.

4) 생물·화학 폐기물

폐백신, 폐항암제, 폐화학치료제를 말한다.

5) 혈액 오염 폐기물

폐혈액백, 혈액투석 시 사용된 폐기물, 그 밖에 혈액이 유출될 정도로 포함되어있어 특별한 관리가 필요한 폐기물을 말한다.

2.2.3. 일반 의료폐기물

혈액·체액·분비물·배설물이 함유되어있는 탈지면, 붕대, 거즈, 일회용 기저귀, 생리대, 일회용 주사기, 수액세트를 말한다.

그리고, 의료폐기물이 아닌 폐기물로서 의료폐기물과 혼합되거나 접촉된 폐기물은 혼합되거나 접촉된 의료폐기물과 같은 폐기물로 본다. 채혈진단에 사용된 혈액이 담긴 검사튜브, 용기 등은 제2호가목의 조직 물류 폐기물로 본다.

제3호 중 일회용 기저귀는 다음 각목의 일회용 기저귀로 한정 한다.

가. 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」 제2조제13호부터 제15호까지의 규정에 따른 감염병환자, 감염병의사환자, 또는 병원체보유자(이하 “감염병환자등”이라한다)가 사용한 일회용 기저귀, 다만, 일회용 기저귀를 매개로 한 전염 가능성이 낮다고 판단되는 감염병으로서 환경부장관이 고시하는 감염병 관련 감염병환자등이 사용한 일회용 기저귀는 제외 한다.²⁾

2.3. 의료폐기물의 중요성

의료폐기물처리는 인간 건강과 환경에 매우 중요한 영향을 미치는 문제로, 이를 무시하거나 적절하게 관리하지 않을 경우, 심각한 결과를 초래할 수 있다. 의료폐기물 관리의 구체적인 중요성과 그 위험을 아래와 같은 다섯 가지 측면에서 더욱 자세히 설명하겠다.

2.3.1. 감염성 질병 전파 및 인간 건강에 미치는 영향

의료폐기물은 감염성 물질, 약물, 화학물질을 포함할 수 있으며, 제대로 처리되지 않으면 심각한 건강 문제를 일으킬 수 있다. WHO에 따르면 매년 160억 건 이상의 주사가 전 세계에서 이루어지며, 이 과정에서 감염된 주사기와 같은 위험한 물질이 발생한다. 만약 이러한 폐기물이 적절하게 처리되지 않으면, 의료 종사자뿐만 아니라 폐기물처리 인력, 심지어 일반 대중에게도 B형 간염, C형 간염, 그리고 HIV와 같은 질병을 전염시킬 수 있다.

특히, 개발도상국에서는 의료폐기물처리 시스템이 미비한 경우가 많아 더욱 위험하다. 일부 국가에서는 폐기물 처리장이나 매립지에서 사람들이 위험한 폐기물에 접근할 수 있는 상황이 발생하여 질병 전파의 위험이 높다.

이는 적절한 처리 절차의 부재가 건강에 얼마나 치명적인 영향을 미치는지 잘 보여준다.³⁾

2.3.2. 환경오염

의료폐기물은 환경에도 심각한 영향을 미칠 수 있다. 플라스틱 폐기물, 방사성 물질, 독성 화학물질이 포함된 의료폐기물이 제대로 분리 및 처리되지 않으면 토양과 수질을 오염시킬 수 있으며, 폐기물 소각 과정에서 유해한 대기 오염 물질이 방출될 수 있다. 특히 COVID-19 팬데믹 동안 마스크, 장갑, 보호 장비 등의 플라스틱 폐기물이 급격히 증가 했다.

의료폐기물의 부적절한 소각은 다이옥신, 퓨란 등과 같은 유해한 물질을 생성할 수 있으며, 이는 생태계 파괴와 공기 질 악화로 이어질 수 있다. 또한, 이러한 유해물질은 인간의 호흡기 건강에 심각한 영향을 미칠 수 있으며, 암 발생률을 증가시키는 것

으로 알려져 있다.⁴⁾

2.3.3. 의료종사자 및 폐기물 처리자의 안전

의료폐기물 관리가 제대로 이루어지지 않을 경우, 가장 먼저 노출되는 사람들은 병원 직원과 폐기물 처리자들이다. 특히, 주사기나 메스와 같은 날카로운 물체(샤프 폐기물)는 의료종사자들이 감염성 질병에 걸릴 위험을 크게 증가 시킨다.

WHO는 매년 감염된 주사기로 인해 수백만 명이 감염된다고 보고하고 있으며, 이러한 감염을 막기 위해서는 샤프 폐기물을 제대로 관리하고 폐기해야 한다.⁵⁾ 샤프 폐기물 외에도 방사성 물질이나 독성 화학물질을 다루는 과정에서 방호 조치가 충분히 이루어지지 않으면 방사능 오염, 화학물질 중독 등의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제는 의료종사자뿐만 아니라 폐기물 관리 인력에게도 매우 큰 위협을 가 한다.⁶⁾

2.3.4. 지속 가능한 의료시스템 구축

지속 가능한 의료 환경을 구축하는 데 있어 의료폐기물의 효과적인 관리는 필수적이다. 이는 단순한 폐기물이 아닌, 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 안전하게 처리해야 할 물질이기 때문이다. 최근 연구에 따르면, 병원은 매일 평균적으로 병상당 0.5kg 이상의 폐기물을 생성하며, 이 중 상당 부분은 감염성, 독성 폐기물이다.⁷⁾

효과적인 의료폐기물 관리는 병원에서 발생하는 플라스틱 폐기물의 재활용을 촉진하고, 전체적으로 폐기물 양을 줄이는데 기여할 수 있다.⁸⁾

이를 통해 탄소 배출량을 줄이고, 궁극적으로 환경에 미치는 악영향을 감소시키는 지속 가능한 시스템을 구축할 수 있다.

2.3.5. 법규 및 정책

의료폐기물 관리는 각국의 법률과 규제에 따라 엄격히 관리되어야 한다. 미국에서는 EPA(미국 환경 보호청)와 같은 기관이 의료폐기물 관리 규정을 설정하고, 엄격한 준수를 요구한다. 각국은 의료폐기물의 분류, 처리방법, 소각 규정 등에 대한 세부 지침을 마련하고 있으며, 이러한 법규를 따르지 않을 경우 심각한 법적 책임이 따를 수 있다.⁹⁾

의료폐기물처리의 복잡성 때문에 각 병원과 의료기관은 정확한 처리 절차를 따라야 하며, 이를 위해서는 병원 내 전 직원이 관련 교육을 받는 것이 중요하다.¹⁰⁾

결론적으로, 의료폐기물의 효과적인 처리는 감염성 질병 예방, 환경보호, 그리고 의료 종사자의 안전을 보장하는데 있어 매우 중요한 역할을 한다. 이를 위해서는 적절한 정책 수립, 철저한 교육, 지속적인 관리가 필요하며, 지속 가능한 의료시스템을 구축하는 것이 필수적인 요소이다.

국내에서 의료폐기물 처리는 특히 수도권과 대도시에서 큰 문제로 대두되고 있다. 주요 문제는 의료폐기물 소각시설의 부족과 이에 따른 처리 용량 한계이다. 예를 들어, 많은 병원에서 발생하는 감염성 폐기물은 전용 소각장에서 처리되지만, 이러한 시설이 부족해 장거리 이동 후 처리되는 경우가 많다. 이로 인해 환경오염 및 비용 증가가 발생하고 있다.

COVID-19 팬데믹으로 인해 의료폐기물, 특히 감염성 폐기물이 급격히 증가하면서 이러한 문제는 더욱 심각해졌다. 팬데믹 기간 동안 감염성 폐기물의 양이 늘어나자 소각장뿐만 아니라 폐기물 운반 과정에서의 안전성 문제가 제기되었다. 감염성 폐기물은 빠르게 소독하거나, 안전한 방식으로 소각해야 하지만, 처리 지연이나 부적절한 보관은 2차 감염의 위험을 높인다.¹¹⁾

또한, 국내에서는 소각 이외의 처리방법으로 열균분쇄 방식이 도입되고 있지만, 이러한 방식으로 처리된 잔여물의 재활용을 위한 법적 규제는 여전히 부족한 상황이다. 이는 비용 절감 측면에서는 긍정적일 수 있으나, 환경적 지속 가능성을 고려한 처리 방식의 개선이 필요 하다.¹²⁾

따라서, 국내 의료 폐기물처리 시스템은 관리체계의 개선과 함께, 소각 외의 대안적 처리 방법을 적극적으로 도입하고, 이를 위한 법적 기반을 마련하는 것이 시급한 과제로 제시되고 있다.¹³⁾

2.4. 의료폐기물 증가 원인

의료폐기물의 증가 원인은 다양한 요인이 복합적으로 작용한 결과이다. 전 세계적으로 의료폐기물의 증가는 여러 복합적인 요인에 의해 영향을 받고 있으며, 이는 특히 최근 몇 년간 더 두드러지게 나타났다.

2.4.1. 코로나19 팬데믹의 영향

COVID-19 팬데믹은 전 세계 의료폐기물의 급증을 초래한 중요한 사건이다. 대규모로 사용된 일회용 개인 보호 장비(PPE), 마스크, 장갑, 가운 등이 대량으로 폐기물로 처리되었으며, 이는 감염 예방을 위해 필수적인 조치였다.

1) COVID-19 관련 의료폐기물의 급증: 하루 평균 2.6만 톤 이상의 COVID-19 관련 폐기물이 발생했으며, 특히 감염 위험이 있는 폐기물이기 때문에 안전한 처리 과정이 필수적이었다.

2) 의료 자원의 고갈 및 폐기물처리 문제

팬데믹으로 인해 일부 지역에서는 의료 자원의 고갈뿐 아니라 폐기물처리 용량이 초과 되는 문제도 발생했다. 이로 인해 폐기물 관리와 처리시설에 대한 요구가 더욱 커졌다.¹⁵⁾

2.4.2. 일회용 의료 도구 사용 증가

1) 감염 예방과 위생 관리 강화

감염 위험을 줄이기 위해 의료기기, 주사기, 수술 도구 등 다양한 일회용 제품이 의료 현장에서 필수적으로 사용되고 있다. 특히, 이러한 제품들은 재활용이 어렵고 감염 위험이 높은 것으로 분류되므로, 폐기 시 특별한 처리가 필요 하다.¹⁶⁾

2) 의료기기 산업의 확장

의료기기 산업은 빠르게 성장하고 있으며, 이는 일회용 제품의 설계와 생산을 더욱 촉진 촉진하고 있다. 이로 인해 플라스틱 기반 제품의 사용과 함께 의료폐기물이 증가하는 원인이 되고 있다.¹⁷⁾

2.4.3. 의료 서비스 확장 및 인구 고령화

1) 병원 시설 확장

많은 국가에서 의료 인프라 확장을 통해 더 많은 병상과 의료 서비스를 제공하고 있으며, 이에 따라 더 많은 폐기물이 발생하고 있다. 특히 대형 병원에서는 매일 대량의 일회용품과 의료기기가 사용되며, 이러한 제품들이 모두 폐기물로 처리 된다.¹⁸⁾

2) 고령 인구의 증가

고령화로 인해 더 많은 환자가 의료서비스를 이용하고 있으며, 이는 의료폐기물의 증가로 이어진다. 만성 질환 및 장기 치료를 받는 환자가 많아지면서 병원에서 발생

하는 폐기물의 양도 자연스럽게 늘어나고 있다.¹⁹⁾

2.4.4. 감염성 및 위험 폐기물 증가

1) 병원 내 감염과 항생제 내성

병원에서 발생하는 감염성 폐기물, 특히 항생제 내성균에 감염된 환자에서 발생하는 폐기물이 크게 증가하고 있다. 이들은 위험 폐기물로 분류되며, 특별한 처리가 필요하다. 이러한 폐기물은 감염 위험을 최소화하기 위해 소각 또는 고온 처리 방식으로 안전하게 처리된다.²⁰⁾

2) 다른 위험 폐기물

병원에서는 혈액, 화학 물질, 방사선 노출과 같은 다양한 위험 폐기물이 발생하며, 이는 일반폐기물보다 더 엄격한 규제와 관리가 필요하다. 이러한 폐기물들이 적절히 처리되지 않으면 환경 및 공중 보건에 심각한 영향을 미칠 수 있다.²¹⁾

2.4.5. 폐기물처리 인프라의 한계

1) 처리 시설의 용량 부족

의료폐기물의 급증에 비해 폐기물처리 시설이 부족한 것이 전 세계적인 문제다. 많은 국가에서는 폐기물처리 시설이 포화 상태에 있으며, 일부 지역에서는 폐기물을 다른 지역으로 옮겨 처리해야 하는 어려움이 발생하고 있다.²²⁾ 이는 추가적인 환경적 부담 과 비용 증가로 이어진다.

2) 처리 비용의 증가

의료폐기물은 일반폐기물보다 더 많은 비용이 소요되며, 안전한 처리를 위해서는 고가의 장비와 기술이 필요하다. 이는 병원 및 의료기관의 운영 비용을 높이는 주요 원인 중 하나이다.²³⁾

2.5. 의료폐기물 발생 및 처리 현황

2.5.1. 의료폐기물의 발생 기관²⁴⁾

- 「의료법」 제3조에 따른 의료기관
- 「지역보건법」 제7조 및 제10조에 따른 보건소 및 보건지소

- 「농어촌 등 보건의료를 위한 특별조치법」 제15조에 따른 보건진료소
- 「혈액관리법」 제6조에 따른 혈액관리업무를 하는 혈액원
- 「검역법」 제28조에 따른 검역소 및 「가축전염병예방법」 제30조에 따른 동물검역기관
- 「수의사법」 제2조제4호에 따른 동물병원
- 국가나 지방자치단체의 시험·연구기관(의학·치과의학·한의학·약학 및 수의학에 관한 기관을 말한다)
- 대학·산업대학·전문대학 및 그 부속 시험·연구기관(의학·치과의학·한의학·약학 및 수의학에 관한 기관을 말한다)
- ※ 생명과학, 생명의학 등의 유관학과는 의료폐기물 발생기관에서 제외
- 학술연구나 제품의 제조·발명에 관한 시험·연구를 하는 연구소(의학·치과의학·한의학·약학 및 수의학에 관한 연구소를 말한다)
- 「장사 등에 관한 법률」 제25조에 따른 장례식장
- 「행형법」 제2조의 교도소·소년교도소·구치소 등에 설치된 의무시설
- 「의료법」 제35조에 따라 설치된 기업체의 부속 의료기관으로서 면적이 100제곱미터 이상인 의무시설
- 「군통합병원령」에 따라 사단급 이상 군부대에 설치된 의무시설
- 「노인복지법」 제34조제1항제1호에 따른 노인요양시설
- 법 제46조에 따라 의료폐기물 중 태반의 재활용 신고를 한 사업장
- 「인체조직 안전 및 관리 등에 관한 법률」 제13조제1항에 따른 조직은행
- 그 밖에 환경부 장관이 정하여 고시하는 기관

2.5.2. 의료폐기물 보관 및 처리

의료폐기물은 그 종류에 따라 격리 의료폐기물, 위해 의료폐기물, 일반 의료폐기물로 구분을 하며, 각각의 의료폐기물들은 전용 용기에 보관하며, 종류에 따라 각자 다른 색깔을 사용한다. 격리 의료폐기물은 붉은색, 위해 의료폐기물은 노란색, 일반 의료폐기물은 검정색을 사용 한다. 전용 보관시설은 4℃ 이하의 시설 또는 전용의 보관 창고를 사용해야 하며, 보관 기간 또한 의료 폐기물의 종류에 따라 최저 7일에서 최장 60일까지 명확한 기준을 갖추고 있다. 자세한 내용은 아래 표에서 확인할 수 있다.

의료폐기물을 사용 중인 전용 용기는 내부의 폐기물이 새지 아니하도록 관리- 보관

기간, 보관방법 등에 있어 엄격한 기준을 적용해야 하며, 투입이 끝난 전용 용기는 밀폐 포장하고, 사용한 전용 용기는 재사용을 금지 한다.

봉투형 용기는 의료폐기물을 그 용량의 75% 이상이 되도록 넣어서는 안되며, 위탁처리 시 상자형 용기에 담아 배출(상자형은 75%이상 가능)한다.

골판지류 상자형 용기의 내부에는 봉투형 용기 또는 내부 주머니를 붙이거나 넣어서 사용해야 한다.

봉투형 용기에 별도 거치대를 사용하는 것도 가능하며, 거치대는 봉투형 용기의 파손을 방지할 수 있는 견고한 재질로 하고, 내부를 확인할 수 있는것(투명 플라스틱통 등)이 바람직하며 사용 후 소독이 필요하다.

※봉투형 용기를 단독으로 사용하여 의료폐기물을 수집하는 경우, 봉투형 용기 표면에 사용개시일을 반드시 기입 해야 한다. 위탁 처리를 위해 상자형 용기에 옮겨 담을 경우, 상자형 용기 표면에는 봉투형 용기 사용개시일을 동일하게 기입 해야 한다.

의료폐기물을 담은 봉투형 용기를 이동할 때는 뚜껑이 있고 견고한 전용 운반구를 사용해야 하며, 사용한 운반구는 「감염병의 예방법시행규칙」별표6 제2호라목에 따른 약물 소독의 방법으로 소독하여야 한다.

※ 「감염병 예방법 시행규칙」별표6 제5호에 따라, 「생활화학제품 및 살생물제의 안전관리에 관한법률」 제3조 제4호에 따른 안전 확인 대상 생활화학 제품(살균제품및구제제품으로한정한다) 또는 같은 조 제8호에 따른 살생물 제품(살균제류및구제제류로한정한다)으로서 환경부장관의 승인을 받은 상품화 된 약품을 사용할 수 있다.

대형 조직 물류 폐기물 등 전용 용기에 넣기 어려운 의료폐기물은 내용물이 보이지 않게 개별 포장하여 내용물이 새어 나오지 않게 밀폐 포장 한다.

※「폐기물관리법」시행 규칙 별표5에 따른 의료폐기물 도형, 취급 시 주의사항 표기

전용 용기에 서로 다른 의료폐기물을 혼합 보관 가능, 다만, 합성수지류 상자형 용기를 사용해야 하는 의료폐기물을 봉투형 용기 또는 골판지류 상자형 용기에는 보관 금지-격리 의료폐기물과 혼합된 경우 격리 의료폐기물로 표기 한다.

※사용개시일은 혼합된 것중 가장 빠른 것으로 표기- 전용 용기 취급 시 주의사항의 '종류 및 성질과 상태' 란에는 혼합으로 표기 한다.

보관하는 의료폐기물의 종류별로 기재하고, 가장 많은 비중을 차지하는 의료폐기물 종류로 전자태그를 발행하여 배출 한다.

여러 소형 전용 용기들을 대형 전용 용기에 담을 경우, 대형 전용 용기에만 전자태그 1개만 부착 한다.

여러 소형 전용 용기들을 非 전용 용기(포대, 마대 등)에 담을 경우, 소형 전용 용기에 모두 개별 전자태그 1개씩 부착 한다.

표 1. 의료폐기물 분리 배출 지침

[의료폐기물 종류별 보관시설, 전용용기 및 보관기간]

폐기물종류		전용용기 (도형색상)	보 관 시 설	보관기간
격리의료폐기물		상자형 합성수지류	성상이 조직물류일 경우:전용보관시설(4℃이하)	7일
		(붉은색)	조직물류 외:전용보관시설(4℃이하)또는 전용의 보관창고	
위해의료폐기물	조직물류	상자형 합성수지류	전용보관시설(4℃이하)	15일
	폐기물	(노란색)		(치아는60일)
	(재활용하는 태반)	상자형합성수지류 (녹색)	전용보관시설(4℃이하)	15일
	손상성	상자형 합성수지류	전용보관시설(4℃이하)	30일

폐기물	(노란색)	하)또는 전용의 보관 창고	
병리계	합성수지류,골판지류 또는 봉투형	전용보관시설(4℃이하)또는 전용의 보관 창고	15일
폐기물	(노란색)		
생물화학	합성수지류,골판지류 또는 봉투형	전용보관시설(4℃이하)또는 전용의 보관 창고	15일
폐기물	(노란색)		
혈액오염	합성수지류,골판지류 또는 봉투형	전용보관시설(4℃이하)또는 전용의 보관 창고	15일
폐기물	(노란색)		
일반의료폐기물	합성수지류,골판지류 또는 봉투형 (검은색)	전용보관시설(4℃이하)또는 전용의 보관 창고	15일

전용 용기는 환경부장관이 지정한 검사기관이 별도의 검사기준에 따라 검사하여 합격한 제품만 사용(허가받은 등록 업체만 제조 가능)한다.

재활용 태반은 발생한 때부터 흰색의 투명한 합성수지 내부 주머니에 의료기관명, 중량(g), 발생 일자, 담당 의사명을 기재한 후 1개씩 포장하여 전용 용기에 넣어 냉장 시설에 보관 한다.

격리 의료폐기물을 넣은 전용 용기는 용기를 밀폐하기 전에 용기의 내부를, 처리하기 위하여 보관시설 외부로 반출하기 전에 용기의 외부를 각각 약물소독 하여야 한다.

전용 용기의 바깥쪽에 도형과 취급 시 주의사항 표시하고, 도형색상은 의료폐기물 종류별로 상이하다.

구분	용기 사진		해당 의료폐기물
합성수지류 상자형 용기			<ul style="list-style-type: none"> • 격리의료폐기물 • 조식물류폐기물(치아 제외) • 손상성폐기물 • 액체상태 폐기물
봉투형용기 또는 골판지류 상자형 용기			<ul style="list-style-type: none"> • 조식물류폐기물(치아) • 병리계폐기물 • 생물·화학폐기물 • 혈액오염폐기물 • 일반의료폐기물

그림2. 의료폐기물 전용 [봉투형, 상자형 전용 용기(골판지류, 합성수지류)]

※ 자료: 의료폐기물 분리 배출 지침, 2023.12. 환경부.

표 2. 의료폐기물 분리 배출 지침

의료폐기물종류		도형색상
격리의료폐기물		붉은색
위해의료폐기물(재활용하는 태반은 제외)및 일반의료폐기물	봉투형 용기	검정색
	상자형 용기	노란색
재활용하는 태반		녹색

※ (도형색상) 붉은색으로 표시하여야 하는 의료폐기물과 노란색 또는 검정색으로 표시하여야 하는 의료폐기물을 혼합 보관할 때에는 붉은색으로 표시한다.

2.5.3. 의료폐기물의 배출 및 처리기준²⁵⁾

- 1) 전용 용기에 넣어 밀폐 포장된 상태로 전용 운반 차량으로 수집·운반한다.
- 2) 수집·운반차량은 4℃ 이하의 냉장설비가 설치되고 운반 중에는 항상 냉장설비를 가동- 밀폐된 적재함 설치 한다.
- 3) 의료폐기물은 흘날림·유출 및 악취의 새어 나옴을 방지할 수 있는 밀폐된 적재함이 설치된 차량으로 운반 한다.
- 4) 적재함 내부는 물에 견디는 성질의 자재로서 약물소독을 쉽게 할 수 있는 구조로 온도계를 붙이고, 약물 소독에 쓰이는 소독약품, 분무기 등 소독장비와 이를 보관할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
- 5) 적재함은 사용할 때마다 약물소독의 방법으로 소독-차량의 차체는 흰색으로 색칠하고, 적재함의 양쪽 옆면에는 의료폐기물의 도형, 업소명 및 전화번호를, 뒷면에는 의료폐기물의 도형을 붙이거나 표기 한다.
- 6) 임시 보관장소에 보관하는 경우에는 4℃ 이하의 냉장 전용 보관시설에 보관하는 경우 5일 이내 보관 가능하다. 그 밖의 보관시설에 보관하는 경우 2일 이내 보관 가능하다. 격리 의료폐기물은 보관시설과 무관하게 2일 이내 보관 가능하며, 임시 보관장소가 없는 경우, 배출장소에서 소각장으로 지체없이 운반하고, 임시 보관장소 주차 차량 내 보관 불가하다.
- 7) 의료폐기물은 재활용을 금지한다. 다만, 「약사법」에 따라 태반을 원료로 하는 의약품 제조업 허가를 받은 자가 그 원료로 이용하는 경우에만 재활용 가능하다.
- 8) 그 외 의료폐기물은 위탁(소각)하여 처리하거나, 자가 처리(소각, 멸균분쇄)한다.
- 9) 폐기물 중간 처분업은 소각만 가능하며, 의료폐기물 배출자가 설치 하는 자가처분 시설은 소각 및 멸균·분쇄만 가능하다. 격리의료폐기물, 조직물류폐기물, 생물화학 폐기물, 및 보관·운반 시 혈액·체액·분비물·배설물 등이 흘러내릴 수 있는 물질을 포함한 의료폐기물은 반드시 소각으로 처리(멸균분쇄 불가)해야 한다.
- 10) 의료폐기물을 소각시설, 멸균분쇄시설 투입 전까지 전용 용기로부터 해체하여서는

아니 되며, 용기에 담은 상태로 투입해야 한다.

11) 멸균 분쇄 잔재물(사업장일반폐기물)은 반드시 소각 처리 한다.

12) 환자의 혈액이나 혈액·분비물·배설물 등이 섞인 물 등 액체상태 의료폐기물은 「물환경보전법」 제2조제12호에 따른 수질 오염 방지 시설에 직접 유입하여 처리하는 경우로서, 그 배출 시설의 설치 허가권자가 인정하는 경우 예외가 인정(「폐기물관리법시행규칙」 제10조)된다.

13) 의료폐기물 소각장에서 보관하는 경우는 1일 처분용량의 5일분 보관량 이하, 5일 이내가능하며, 격리의료폐기물, 조직물류폐기물은 2일분 보관량 이하, 2일 이내 가능 하다.

14) 의료폐기물 소각 잔재물(소각재, 비산재, 바닥재 등)은 반드시 매립처리 한다.

2.5.4. 의료폐기물처리 현황

의료폐기물처리 방식을 자가처리 방식과 위탁처리 방식으로 구분을 하였으며, 자가 처리 방식에서 소각처리방식은 0%이며, 주로 멸균분쇄방식과 기타처리 방식으로 처리를 한다. 위탁처리 방식은 태반의 재활용처리 방식을 제외 한 모든 의료폐기물은 소각 처리를 한다.

2020년부터 2022년도까지 의료폐기물 처리 방식은 아래 표와 같이 차이는 보이지 않았으며, 대부분 소각처리방식으로 처리를 했다.

표 3. 2022년도 전국 폐기물 발생 및 처리 현황, 발간등록번호:11-1480000-001552-10
시도 의료폐기물처리 현황 재구성.

2020년도 전국 의료폐기물 처리 현황

(단위:톤/년)

시 도	폐기물명	20년도발 생량	자가처리			위탁처리		
			소 각	멸균 분쇄	기타	소각	멸균분쇄	재활용
전 국	총합계	195,351.0 0	18.3	1,432.1 0	4,830.1 0	189,041.7 0	0	28.8

격리 의료 폐기물	14,281.00	0	0	0	14,281.00	0	0
병리 계 폐 기물	13,795.10	0	70.2	379.5	13,345.40	0	0
생물 화학 폐기물	6,412.60	0	0	0.3	6,412.30	0	0
손상성 폐 기물	5,379.70	0	135.4	0	5,379.90	0	0
일반 의료 폐기물	129,228.8 0	0	1,201.7 0	43.5	43.5	0	0
조직물류 폐기물	9,625.10	18.3	0	32.1.0	3,201.00	0	0
태반	28.8	0	0	0	0	0	28.8
혈액 오염 폐기물	16,599.90	0	24.8	1,205.8 0	1,205.80	0	0

표 4. 2022년도 전국 폐기물 발생 및 처리 현황, 발간등록번호:11-1480000-001552-10
 시도 의료폐기물처리 현황 재구성.

2021년도 전국 의료폐기물처리 현황

(단위:톤/년)

시 도	폐기물 명	21년도 발생량	자가처리			위탁처리		
			소 각	평균 분쇄	기타	소각	평균 분 쇄	재활 용
전 국	총합계	217,915.2 0	1	2,176.9 0	3,794.0 0	211,915.9 0	0	27.4
	격리 의료 폐기물	33,322.30	0	0	0	33,322.30	0	0
	병리 계 폐 기물	15,304.40	0	84.6	420	14,799.80	0	0
	생물 화학 폐기물	6,748.00	0	0	1.4	67,466.60	0	0
	손상성 폐 기물	5,409.90	0	128.6	0	5,281.30	0	0

일반의료 폐기물	130,431.0 0	0	1,906.0 0	43.5	128,481.5 0	0	0
조직물류 폐기물	9,034.10	1	0	2,164.8 0	6,868.30	0	0
태반	27.4	0	0	0	0	0	27.4
혈액오염 폐기물	17,638.10	0	57.7	1,164.3 0	16,416.10	0	0

표 5. 2022년도 전국 폐기물 발생 및 처리 현황, 발간등록번호:11-1480000-001552-10
 시도 의료폐기물처리 현황 재구성.

2022년도 전국 의료폐기물처리 현황

(단위:톤/년)

시 도	폐기물 명	22년도 발생량	자가처리			위탁처리		
			소 각	평균 분쇄	기타	소각	평균분 쇄	재활 용
전 국	총합계	195,351.0 0	18.3	1,432.1 0	4,830.1 0	189,041.7 0	0	28.8
	격리의료 폐기물	14,281.00	0	0	0	14,281.00	0	0
	병리계폐 기물	13,795.10	0	70.2	379.5	13,345.40	0	0
	생물화학 폐기물	6,412.60	0	0	0.3	6,412.30	0	0
	손상성폐 기물	5,379.70	0	135.4	0	5,379.90	0	0
	일반의료 폐기물	129,228.8 0	0	1,201.7 0	43.5	43.5	0	0
	조직물류 폐기물	9,625.10	18.3	0	32.1.0	3,201.00	0	0
	태반	28.8	0	0	0	0	0	28.8
	혈액오염 폐기물	16,599.90	0	24.8	1,205.8 0	1,205.80	0	0

자료: 환경부, 한국환경공단

위와 같이 의료폐기물은 전체 발생량의 98%가까이 소각처리를 진행하고 있다. 소각 후 발생 되는 잔재 폐기물은 전량 매립한다.

2.6. 의료폐기물이 환경에 미치는 영향

의료폐기물이 환경에 미치는 영향은 특히 COVID-19 팬데믹 이후 더욱 심각해졌다. 주요 문제는 다음과 같다.

2.6.1. 플라스틱 오염

의료폐기물의 상당 부분이 일회용 플라스틱 제품으로 구성되어 있다. COVID-19 팬데믹 동안 대규모로 사용된 마스크, 장갑, 보호 장비 등은 폐기 후에도 분해되지 않고, 미세 플라스틱으로 변해 해양 및 토양 오염을 유발한다. 이러한 미세 플라스틱은 생태계에 침투하여 생물 다양성에 악영향을 미치고, 인간의 건강에도 장기적인 위협을 초래한다.²⁶⁾

2.6.2. 대기 및 토양 오염

많은 의료폐기물은 소각을 통해 처리되며, 이 과정에서 다이옥신, 퓨란과 같은 유해 화학물질이 대기 중으로 방출된다. 이들 물질은 주변 환경에 축적되어 토양 및 수질 오염을 유발하며, 인근 지역 주민들의 건강에도 부정적인 영향을 미친다. 특히, 대기 중으로 방출된 물질이 호흡기 질환을 유발할 수 있다.²⁷⁾

2.6.3. 감염성 폐기물의 확산

병원에서 발생하는 감염성 폐기물이 제대로 처리되지 않으면 병원균이 환경으로 유출될 위험이 있다. 이러한 감염성 폐기물은 특히 저개발국가에서 문제가 될 수 있으며, 질병 확산을 야기할 수 있다. 제대로 관리되지 않은 폐기물은 건강에 위협이 되는 미생물, 바이러스 등이 환경에 퍼질 가능성은 높다.²⁸⁾

2.6.4. 기후 변화와의 연관성

의료폐기물처리 과정에서 발생하는 온실가스 배출은 기후 변화에 기여한다. 의료 서비스가 늘어남에 따라, 폐기물처리에 소요되는 에너지도 증가하게 되며, 이는 환경에 추가적인 부하를 준다. 소각방식의 폐기물처리는 탄소 배출을 가속화 하는 주된 요인 중 하나로 꼽힌다.²⁹⁾

따라서, 의료폐기물 관리 시스템의 개선과 더불어 재활용 가능한 자재의 사용 확대, 친환경적인 폐기물처리 기술 도입이 시급하다. WHO는 특히, 팬데믹으로 인해 발생한 추가적인 폐기물이 기존의 관리 시스템에 큰 부담을 주고 있으며, 이에 대한 전 세계적인 개선이 필요하다고 강조하고 있다.³⁰⁾

3. 의료폐기물 처리 방법 분석

3.1. 처분 시설³¹⁾

3.1.1. 중간 처분 시설

1) 소각시설

- ① 일반 소각 시설
- ② 고온 소각 시설
- ③ 열분해 소각 시설
- ④ 고온 용융 시설
- ⑤ 열처리 조한시설(①에서 ④까지의 시설 중 둘 이상의 시설이 조합 된 시설)

2) 기계적 처분 시설

- ① 압축시설(동력 7.5kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ② 파쇄분쇄 시설(동력 15kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ③ 절단시설(동력 7.5kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ④ 용융시설(동력 7.5kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ⑤ 증발농축 시설
- ⑥ 정제시설(분리증류추출여과 등의 시설을 이용하여 폐기물을 처분하는 단위 시설을 포함 한다)
- ⑦ 유수 분리시설
- ⑧ 탈수건조 시설
- ⑨ 멸균분쇄 시설

3) 화학적 처분 시설

- ① 고형화고화안정화 시설
- ② 반응시설(중화산화환원중합축합치환 등의 화학 반응을 이용하여 폐기물을 처분하는 단위 시설을 포함 한다)
- ③ 응집침전 시설

4) 생물학적 처분시설

- ① 소멸화 시설(1일 처분능력 100킬로그램 이상인 시설로 한정한다)
- ② 호기성(好氣性: 산소가 있을 때 생육하는 성질)혐기성(嫌氣性: 산소가 없을 때 생육하는 성질) 분해시설

5) 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 중간처분할 수 있다고 인정하여 고시하는 시설

3.1.2. 최종 처분시설

1) 매립시설

- ① 차단형 매립시설
- ② 관리형 매립시설(침출수 처리시설, 가스 소각발전연료화 시설 등 부대시설을 포함한다)

2) 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 최종처분할 수 있다고 인정하여 고시하는 시설

3.1.3. 재활용 시설

1) 기계적 재활용 시설

- ① 압축 압출 성형 주조 시설(동력 7.5kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ② 파쇄 분쇄 탈피 시설(동력 15kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ③ 절단 시설(동력 7.5kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ④ 용융 용해 시설(동력 7.5kW 이상인 시설로 한정 한다)
- ⑤ 연료화 시설
- ⑥ 증발 농축 시설
- ⑦ 정제 시설(분리증류추출여과 등의 시설을 이용하여 폐기물을 재활용하는 단위 시설을 포함 한다)
- ⑧ 유수 분리 시설
- ⑨ 탈수건조 시설
- ⑩ 세척시설(철도용 폐목재 받침목을 재활용하는 경우로 한정 한다)

2) 화학적 재활용 시설

- ① 고형화고화 시설
- ② 반응시설(중화산화환원중합축합치환 등의 화학 반응을 이용하여 폐기물을 재활용하는 단위 시설을 포함 한다)

③ 응집침전 시설

④ 열분해시설(가스화 시설을 포함 한다)

3) 생물학적 재활용 시설

① 1일 재활용능력이 100킬로그램 이상인 다음의 시설 · 부속(썩혀서 익히는 것) 시설
(미생물을 이용하여 유기 물질을 발효하는 등의 과정을 거쳐 제품의 원료 등을 만드는 시설을 말하며, 1일 재활용 능력이 100킬로그램 이상 200킬로그램 미만인 음식 물류 폐기물 부속 시설은 제외 한다)

· 사료화 시설(건조에 의한 사료화 시설을 포함 한다)

· 퇴비화 시설(건조에 의한 퇴비화 시설, 지렁이 분변토 생산시설 및 생석회 처리시설을 포함 한다)

· 동애등에분변토 생산 시설

· 부숙토(腐熟土: 썩혀서 익힌 흙) 생산 시설

② 호기성혐기성 분해 시설

③ 버섯 재배 시설

4) 시멘트 소성로

5) 용해로(폐기물에서 비철금속을 추출하는 경우로 한정 한다)

6) 소성(시멘트 소성로는 제외 한다)탄화 시설

7) 골재 가공 시설

8) 의약품 제조시설

9) 소각열 회수 시설(시간당 재활용능력이 200킬로그램 이상인 시설로서 법 제13조 2 제1항 제5호에 따라 에너지를 회수하기 위하여 설치하는 시설만 해당 한다)

10) 수은 회수 시설

11) 그 밖에 환경부 장관이 폐기물을 안전하게 재활용할 수 있다고 인정하여 고시하는 시설

3.2. 소각 방식과 그 문제점

소각(Incineration)은 의료폐기물을 고온에서 연소시켜 병원성 물질을 파괴하고 폐기물의 부피를 줄이는 처리방법이다.

3.2.1. 소각의 기술적 요소

의료폐기물 소각의 일반적인 온도는 800°C에서 1200°C 사이이다. 이 온도는 병원균과 화학 물질을 완전히 분해하는 데 필요하다. 다이옥신과 퓨란의 형성을 최소화하려면 소각로의 온도가 일정 수준 이상(약 850°C 이상)으로 유지되어야 한다.

3.2.2. 소각로의 종류

1) 로터리 킬른 소각로(Rotary Kiln Incinerator)

회전식 드럼에서 폐기물이 연소되며, 연속적으로 폐기물을 처리할 수 있다. 다양한 형태의 폐기물(액체, 고체, 슬러지)을 처리할 수 있어 다목적 소각로로 사용된다.

2) 고정로(Fixed Hearth Incinerator)

고정된 연소실에서 폐기물이 연소되며, 주로 단일 형태의 폐기물을 처리하는데 적합하다.

3) 유동층 소각로(Fluidized Bed Incinerator)

고온의 모래층에서 폐기물이 연소되며, 폐기물의 연소 효율을 높일 수 있다. 작은 입자 형태의 폐기물처리에 적합하다.

3.2.3. 환경 및 영향

1) 다이옥신과 퓨란

염소 함유 플라스틱(PVC)이 소각될 때 주로 발생하며, 이들 물질은 강력한 발암성 물질로 환경 중에 오래도록 잔류한다.

2) 중금속

수은, 납, 카드뮴 등이 소각 과정에서 휘발되어 대기 중으로 방출될 수 있다. 이러한 중금속은 호흡기 및 신경계에 치명적인 영향을 미칠 수 있다.

3) 배기가스처리 시스템

소각 과정에서 발생하는 유해 가스를 처리하기 위해, 다단계 배기가스처리시스템이 필수적이다. 예를 들어, 스크리버, 전기 집진기, 활성탄 필터 등을 사용하여 다이옥신, 퓨란, 중금속 등을 제거 한다.

4) 실제 사례

독일은 의료폐기물 소각에서 배출되는 다이옥신과 퓨란의 수준을 엄격하게 규제한다. 고효율 소각로와 필터링 시스템을 도입하여 이러한 유해 물질의 배출을 최소화하고 있다.

3.2.4. 의료폐기물 소각 시 발생하는 유해물질

1) 다이옥신(Dioxins)

① 형성 및 특성

다이옥신은 염소를 포함한 유기물이 고온에서 불완전 연소될 때 주로 형성된다. 특히, 의료폐기물에는 PVC(폴리염화비닐) 같은 염소가 포함된 플라스틱이 많이 포함되어 있어, 소각 시 다이옥신의 생성 가능성이 높다. 다이옥신은 매우 독성이 강하며, 인체에 축적되어 장기적으로 암을 유발할 수 있다.

② 환경 및 영향

다이옥신은 환경에 방출될 경우 대기 중에 퍼져 생태계에 침투하고, 식품 사슬을 통해 인체로 유입될 수 있다. 특히 지방 조직에 축적되며, 면역계, 생식계, 신경계에 손상을 줄 수 있다.

2) 염화수소(HCl)

① 형성 및 특성

의료폐기물에 포함된 염소 성분이 연소하면서 염화수소가 생성된다. 염화수소는 강한 산성을 띄며, 공기중에 방출될 경우 주변 환경을 산성화시킬 수 있다.

② 환경 및 영향

염화수소 가스는 호흡기를 자극하고, 눈과 피부에 심한 자극을 줄 수 있다. 대기중으로 방출된 염화수소는 산성비의 원인이 되며, 건축물, 식물, 수질에 악영향을 미칠 수 있다.

3) 질소산화물(NOx)

① 형성 및 특성

질소산화물은 연소 과정에서 공기 중의 질소와 산소가 결합하여 생성된다. 의료폐기물 소각 시 발생하는 주된 질소산화물은 이산화질소(NO_2)와 일산화질소(NO)이다.

2) 환경 및 영향

질소산화물은 대기 중에서 광화학 스모그를 형성하며, 이는 호흡기 질환을 악화시키고 심장병 발병 위험을 높일 수 있다. 또한, 질소산화물은 산성비를 유발하여 토양과 수질을 오염시킬 수 있다.

4) 황산화물(SO_x)

① 형성 및 특성

황산화물은 주로 의료폐기물에 포함된 황 성분이 연소할 때 생성된다. 황산화물은 대기 중에서 산소와 반응하여 황산을 형성 한다.

② 환경 및 영향

황산화물은 대기 중으로 방출될 경우 산성비의 주요 원인이 되며, 이로 인해 토양과 수질 오염이 발생할 수 있다. 또한, 호흡기 질환을 악화시킬 수 있으며, 특히 천식 환자에게 매우 위험할 수 있다.

5) 중금속 및 기타 유해 물질

① 형성 및 특성

의료폐기물에는 종종 수은, 납, 카드뮴과 같은 중금속이 포함되어 있으며, 이들이 소각될 때 유독한 금속 산화물이 형성된다. 이러한 중금속은 소각 재나 슬래그로 농축되며, 재활용 시에도 주의가 필요하다.

② 환경 및 건강 영향

중금속은 환경에서 생물 축적성을 가지며, 식물, 동물, 인간에게 유해할 수 있다. 장기간 노출될 경우 신경계, 신장, 간 등의 장기에 손상을 줄 수 있다.

6) 방지 대책

이러한 유해물질의 배출을 최소화하기 위해, 소각로의 온도 제어, 연소 공정의 최적화, 배출 가스 처리 시스템의 강화 등의 조치가 필요하다.

예를 들어, 다이옥신의 생성을 억제하기 위해서는 $850\sim 1100^\circ\text{C}$ 이상의 고온에서 폐기

물을 완전 연소시키고, 배출가스를 신속히 냉각하여 재생성을 방지해야 한다.

이와 같은 유해물질은 의료폐기물처리의 중요한 환경적 문제 중 하나이며, 이에 대한 적절한 대처가 필수적이다.

3.3. 멸균·화학적·방사선 처리의 장·단점

3.3.1. 멸균 처리 (Autoclaving)

Autoclaving 멸균 처리는 고온의 증기나 가스를 이용해 폐기물을 멸균하는 방법이다.

1) 멸균 처리의 기술적 요소

멸균 온도와 압력: 일반적으로 멸균기는 121°C 이상의 고온에서 15-20분 동안 작동한다. 압력은 보통 15-20psi (약 1-1.4바)로 유지 된다.

2) 멸균기 종류

① 증기 멸균기 (Steam Autoclave)

가장 일반적인 멸균기로, 고온의 증기를 폐기물에 직접 노출시켜 멸균 한다.

② 플라즈마 멸균기 (Plasma Sterilizer)

저온 플라즈마 상태에서 폐기물을 멸균하며, 고온에 민감한 물질을 처리할 때 사용된다.

③ 멸균 효과

멸균 처리는 대부분의 박테리아, 바이러스, 포자 등을 비활성화시킨다. 그러나 프리온과 같은 일부 단백질 구조는 멸균 과정에서도 완전히 파괴되지 않을 수 있다.

3) 환경 및 영향

① 멸균 후 폐기물 처리

멸균된 폐기물은 감염성이 제거되지만, 물리적 부피는 그대로 유지되기 때문에 이후 매립지로 운반하거나 다른처리 방법을 적용해야 한다.

② 멸균 과정의 안전성

멸균 과정에서 발생하는 증기와 응축수는 환경적으로 안전하며, 화학적 잔류물이 남지 않는다.

4) 실제 사례

미국의 많은 병원에서는 감염성 폐기물의 80% 이상을 멸균 처리하고 있으며, 이후 매립지로 운반하거나 재활용하는 방식으로 처리하고 있다.

3.3.2. 화학적 처리 (Chemical Treatment)

화학적(Chemical Treatment)처리는 폐기물에 특정 화학물질을 사용하여 병원성 물질을 비활성화하는 방법이다.

1) 화학적 처리의 기술적 요소

화학 약품의 종류는 아래와 같다.

· 염소제 (Chlorine Compounds)

염소 기반의 화학 물질로 박테리아와 바이러스를 비활성화 한다.

예: 차아염소산나트륨(NaOCl).

· 알데하이드류 (Aldehydes)

글루타랄데하이드와 같은 화합물은 의료 기구 소독에 자주 사용 된다.

· 과산화수소 (Hydrogen Peroxide)

강력한 산화제로, 다양한 병원균을 비활성화 한다.

2) 처리 과정

① 폐기물을 미리 분쇄하여 화학 약품이 더 잘 침투할 수 있도록 한다.

② 화학 약품을 폐기물에 적용하여 병원균을 비활성화 한다.

③ 처리된 폐기물은 물리적으로 안정화되며, 이후 매립지로 운반 된다.

3) 환경 및 영향

① 화학 잔류물

일부 화학 약품은 폐기물에서 완전히 제거되지 않을 수 있으며, 환경에 유출될 경우 오염을 일으킬 수 있다.

② 안전 문제

화학 약품을 다루는 과정에서 작업자의 안전이 중요하며, 적절한 보호 장비와 작업 절차가 필요하다.

4) 실제 사례

유럽의 여러 병원에서는 저비용과 효율성을 이유로 화학적 처리를 선호하며, 특히 액체 폐기물의 처리가 많이 이루어지고 있다.

3.3.3. 방사선 처리 (Irradiation)

방사선 처리는 감마선 또는 전자빔을 사용하여 폐기물의 병원균을 비활성화하는 방법이다.

1) 방사선 처리의 기술적 요소

① 방사선원

코발트-60(Cobalt-60) 또는 세슘-137(Cesium-137)과 같은 방사성 동위 원소를 사용하여 감마선을 발생시킵니다. 이들은 폐기물에 침투하여 병원균의 DNA를 손상 시킨다.

2) 처리 과정

① 폐기물은 방사선 처리 장치에 투입 된다.

② 감마선 또는 전자빔이 폐기물에 노출되어 병원균을 비활성화 한다.

③ 처리 후 폐기물은 안전하게 매립지로 운반되거나 재활용 된다.

3) 환경 및 영향

① 방사선 안전

방사선 처리 장치는 고도로 보호된 환경에서 사용되며, 방사성 물질의 유출을 방지하기 위한 엄격한 안전 기준이 적용 된다.

② 처리 후 부피

방사선 처리는 폐기물의 부피를 감소시키지 않으며, 따라서 추가적인 처리 방법이 필요할 수 있다.

4) 실제 사례

일본은 고밀도 방사선 처리를 통해 대규모 병원의 감염성 폐기물을 처리하고 있으

며, 이는 매우 높은 멸균 효과를 보인다.

3.4. 매립 방식의 환경적 영향

3.4.1. 환경오염

1) 지하수 오염

의료폐기물 매립의 가장 큰 문제는 침출수로 인한 지하수 오염이다. 의료폐기물에는 중금속, 유기 화합물, 방사성 물질 등이 포함될 수 있는데, 이러한 물질이 매립지에서 침출되어 지하수에 유입되면 장기적으로 환경과 인체에 해로운 영향을 미칠 수 있다. 특히, 감염성 물질이나 독성 화학물질이 포함된 폐기물이 매립될 경우, 이러한 물질들이 침출수와 함께 주변 토양과 수질을 오염시킬 가능성이 높다.

2) 토양 오염

매립지에서 발생한 유해물질은 주변 토양으로 흘러 들어가며, 이로 인해 토양오염이 발생한다. 오염된 토양은 농작물의 생산성을 저하 시킬 뿐만 아니라, 오염된 식물이 인간이나 동물에 의해 섭취될 경우 2차적인 건강 문제를 일으킬 수 있다. 예를 들어, 의료폐기물에 포함된 항생제, 호르몬, 기타 화학물질은 토양에 축적되어 생태계에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

3.4.2. 2차 감염 위험

1) 병원균 확산

의료폐기물에는 감염성 물질이 포함되어 있을 가능성이 높다. 이러한 물질이 매립지에서 적절히 처리되지 않으면, 병원균이 주변 환경으로 퍼져나갈 수 있다. 예를 들어, 매립된 의료폐기물이 부패하면서 병원균이 공기중으로 방출되거나, 해충에 의해 퍼질 수 있다. 이는 지역 사회 내에서 감염병의 확산을 촉진할 수 있다.

2) 해충 및 동물 매개

의료폐기물이 매립지에서 부패하면서 발생하는 악취는 쥐, 파리, 기타 해충을 유인할 수 있다. 이들 해충은 감염성 물질을 매개하여 질병을 퍼뜨릴 수 있다. 해충을 통한 병원균의 전파는 인근 지역 주민들의 건강에 심각한 위협이 될 수 있다.

3.4.3. 악취 및 미관 문제

1) 악취 발생

의료폐기물이 매립되면 부패 과정에서 강한 악취가 발생할 수 있다. 이 악취는 매립지 인근 주민들에게 심각한 불편을 초래할 뿐만 아니라, 관광 및 경제 활동에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 악취 문제는 매립지 관리의 중요한 부분으로, 주민들의 건강과 생활의 질을 직접적으로 저해하는 요소로 작용할 수 있다.

2) 미관 저해

매립지는 주변 경관을 해치는 시각적 문제를 초래할 수 있다. 특히, 관리가 부실한 매립지는 쓰레기가 외부로 노출되어 주변 경관을 심각하게 저해할 수 있으며, 이는 인근 지역의 부동산 가치 하락이나 관광 감소로 이어질 수 있다.

3.4.4. 관리 및 비용 문제

1) 비용 상승

의료폐기물의 매립 관리에는 상당한 비용이 수반된다. 이러한 비용은 매립지 설계, 운영, 사후 관리 등에 사용되며, 지역에 따라 처리 비용이 크게 다를 수 있다. 또한, 비효율적인 매립 관리로 인해 발생하는 환경오염 문제를 해결하는 데 추가 비용이 발생할 수 있다.

2) 부실한 관리로 인한 문제

매립지가 제대로 관리되지 않으면 침출수 처리시설의 부족, 폐기물의 적절한 분리 및 전처리 부족, 불법 투기 등 다양한 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제들은 환경오염과 건강 위험을 더욱 증가시킨다. 특히, 매립지의 용량이 한계에 도달했을 때, 불법 투기와 같은 비정상적인 폐기물처리가 이루어질 가능성이 높아진다.

이와 같은 문제들은 의료폐기물 관리에 있어서 심각한 도전 과제이며, 이를 해결하기 위해서는 매립 전에 철저한 폐기물 분리 및 처리, 환경친화적인 매립지 설계, 그리고 지속적인 모니터링과 관리가 필요하다.

또한, 소각이나 재활용과 같은 대안적인 폐기물 처리방법을 적극적으로 고려해야 한다.

3.5. 재활용방식의 환경적영향

재활용은 일부 의료폐기물을 분리하여 새로운 자원으로 변환하는 방법이다.

3.5.1. 재활용의 기술적 요소

1) 분리 및 세척

재활용 가능한 폐기물은 먼저 분리 및 세척된다. 이 과정에서 오염 물질을 제거하고, 순수한 재활용 재료를 확보 한다.

2) 재처리 기술

기계적 재활용 방식을 통해 플라스틱, 금속, 유리를 기계적으로 분쇄하여 새로운 제품의 원료로 사용 한다.

3) 화학적 재활용

폐기물을 화학적으로 분해하여 기본 원료로 되돌리는 방법이다. 예를 들어, PET 플라스틱을 에틸렌글리콜과 테레프탈산으로 분해 한다.

3.5.2. 환경 및 영향

1) 오염 위험

재활용 과정에서 폐기물이 오염되면 최종 제품의 품질에 영향을 줄 수 있으며, 이로 인해 추가적인 처리 과정이 필요할 수 있다.

2) 에너지 소비 재활용 과정에서 에너지를 소비하지만, 신재료 생산에 비해 에너지 사용량이 줄어 든다.

3.5.3. 실제 사례

유럽은 높은 재활용률을 자랑하며, 의료폐기물 재활용에 있어 선도적인 역할을 하고 있다.

특히, 독일과 스웨덴은 의료플라스틱의 재활용 비율이 매우 높다.

3.6. 기타처리 방식

3.6.1. 플라즈마 소각 (Plasma Incineration)

1) 원리

플라즈마 소각은 초고온 플라즈마 아크를 사용하여 거의 모든 형태의 폐기물을 완전 연소시킨다. 플라즈마의 온도는 5000°C 이상으로, 폐기물을 원자 수준으로 분해 한다.

2) 환경 및 건강 영향

플라즈마 소각은 거의 완벽한 연소를 보장하며, 다이옥신과 같은 유해물질의 배출을 거의 제로 수준으로 줄일 수 있다. 단점은 초기 설치와 운영 비용이 매우 높다는 점이다.

3) 실제 사례

일본과 미국의 일부 첨단 소각 시설에서 플라즈마 소각 기술이 사용되고 있다.

3.6.2. 미생물 처리 (Biological Treatment)

1) 원리

특정 미생물을 사용하여 생물학적 폐기물을 분해한다. 이는 주로 음식물 폐기물이나 다른 유기성 폐기물에 적용되며, 폐기물을 자연적으로 분해하여 퇴비나 바이오가스를 생성한다.

2) 환경 및 영향

미생물 처리는 자연 친화적이며, 퇴비화 과정에서 발생하는 바이오가스는 에너지원으로 활용될 수 있다. 그러나, 미생물의 효율은 폐기물의 특성과 환경 조건에 따라 달라진다.

3) 실제 사례

유럽과 미국에서는 음식물 폐기물 처리에 미생물 처리가 널리 사용되고 있으며, 일부 병원에서도 유기성 폐기물의 처리를 위해 도입하고 있다.

이와 같은 다양한 처리방법은 의료폐기물의 종류와 위험성, 지역적 법규, 환경적 조건을 고려하여 선택되어야 하며, 안전하고 지속 가능한 방식으로 관리되어야 한다.

4. 의료폐기물 재활용 가능성 및 방안

4.1. 의료폐기물 재활용 현황

4.1.1. 일회용 기저귀 재활용

의료기관에서 사용된 일회용 기저귀는 비감염성 폐기물로 분류되어 일반폐기물과 함께 처리될 수 있다. 이 경우, 멸균과 분쇄 과정을 거쳐 재활용이 가능한 원료로 사용할 수 있다. 한국의 폐기물관리법에서는 이러한 비감염성 기저귀를 의료폐기물에서 제외하여 일반폐기물 소각장에서 처리할 수 있도록 허용하고 있으며, 이를 통해 재활용이 가능하도록 하는 연구가 진행 중이다.

일회용 기저귀의 재활용 사례는 전 세계적으로 환경 문제를 해결하기 위한 다양한 시도들이 이뤄지고 있다.

다음은 해외 몇 가지 주요 사례이다.

1) 일본의 Unicharm순환형 재활용³²⁾

일본의 Unicharm은 일회용 기저귀를 재활용하여 다시 기저귀로 만드는 기술을 개발했다. 이 방식은 사용된 기저귀에서 펄프와 슈퍼 흡수성 폴리머를 추출해서 소독하고, 이를 새로운 기저귀 제조에 활용하는 순환형 재활용 시스템이다. 이는 순환 기반 재활용이라고 알려졌다. 순환 기반 재활용의 한 가지 장점은 제한된 천연자원을 그냥 버리는 대신 반복적으로 사용할 수 있다는 것이다. 일회용 기저귀는 주로 나무에서 나오는 목재 펄프로 만들어지므로 이 펄프를 계속해서 재사용하면 전 세계 숲을 보존하는데 도움이 된다.

기저귀 등급을 2가지로 분류 한다.

- ①하위등급: 잔류세균 및 기타 폐기물이 일정량 남아 있어 일회용 기저귀로 재사용하기에는 부적합한 품질 수준.
- ②상위등급: 기저귀로 재사용하기 위한 필수 품질 기준을 충족.

사용된 기저귀를 잘게 갈아서 세척 한 다음 주로 펄프와 초흡수성 폴리머(SAP)로 분리하며, 이 단계에서는 재료가 여전히 다소 더럽고 냄새가 난다. 따라서 펄프는 박

테리아를 파괴하기 위해 특수 오존 처리를 하고 SAP는 흡수 능력을 회복하기 위해 산 처리를 한다. 이러한 처리 후 펄프와 SAP는 모두 깨끗하고 안전해져서 새로운 일회용 기저귀를 제조하는 데 재사용할 수 있다.

이는 자원의 낭비를 줄이고, 기존 기저귀 제조에 필요한 펄프를 재사용함으로써, 환경에 긍정적인 영향을 미친다.

2) 건축자재로의 재활용

일본의 기타큐슈대학 연구진은 기저귀를 분쇄해 콘크리트의 일부분으로 사용하는 방안을 연구했다. 이 연구에 따르면, 기저귀를 분쇄한 후 콘크리트에 포함시키면, 건축자재로 활용할 수 있을 만큼의 강도를 유지할 수 있다. 이는 저소득층 주택건설에 기여할 가능성이 있으며, 폐기물을 유용하게 재활용할 수 있는 유용한 방법 중 하나이다. 이는 소각이나 동시 연소와 같은 폐기물 관리 방법에 비해, 일회용 기저귀를 콘크리트 구성요소로 재활용하는 것은 탄소 배출과 생태 비용 측면에서 더 큰 이점이 있다.

3) 대만의 재활용 기술

대만에서는 기저귀를 재활용하여, 펄프 섬유와 플라스틱으로 전환하는 기술이 개발되었다. 이 기술은 기저귀에서 추출된 슈퍼 흡수성 폴리머를 다양한 비 접촉성 제품으로 재활용한다. 예를 들면, 건축 자재나 플라스틱 제품으로 재활용하는 과정을 포함하고 있다. 이러한 사례들은 일회용 기저귀 폐기 문제를 해결하는 동시에 재활용을 통해 자원을 다시 활용하려는 노력을 보여 준다.³³⁾

4) 기타

일본과 유럽 일부 기업은 히터를 연료로 전환하거나 드라이브 제품으로 보관하는 방법을 연구하고 있다. 하지만 일회용 기저귀의 재활용에는 처리 및 유지 문제가 있다.³⁴⁾

4.1.2. 의료폐기물 소각재의 재활용

의료폐기물의 소각 후 남은 소각재는 기존에는 매립되었으나, 최근에는 이 소각재를 활용하여 재활용하는 기술이 개발되고 있다. 이는 소각재를 건설 자재 등으로 활용할 수 있는 가능성을 열어주며, 자원 순환형 사회를 촉진하는 방안으로 주목받고 있다.³⁵⁾

4.1.3. 플라스틱 의료폐기물의 재활용

코로나19 팬데믹 이후 의료용 플라스틱 폐기물이 급증하면서, 이러한 폐기물의 재활용이 중요한 과제로 떠올랐다. 의료용 플라스틱은 주로 멸균 후 재활용할 수 있는 기술이 개발 중이며, 이는 환경오염을 줄이고 자원 활용을 극대화하는 데 기여할 수 있다.

이와 같은 연구들은 의료폐기물의 재활용을 통해 환경보호와 자원 절약을 동시에 달성하려는 목표를 가지고 있다. 앞으로도 관련 법규의 개선과 함께 보다 효율적인 재활용 기술 개발이 요구될 것이다.

4.2. 해외 재활용 사례

4.2.1. 미국

미국에서의 의료폐기물 재활용은 다양한 접근 방식과 성공 사례를 통해 이루어지고 있다. 각 사례는 병원의 특성, 지역 사회의 요구, 그리고 환경보호 목표에 맞춰 고유한 방법을 채택하고 있다. 다음은 주요 사례들에 대한 자세한 설명이다.

1) 스탠포드 메디컬 센터(Stanford Medical Center)

스탠포드 메디컬 센터는 2012년에 의료폐기물 재활용을 위한 파일럿프로그램을 시행했다. 이 프로그램은 특히 비감염성 의료플라스틱을 재활용하는 데 초점을 뒀다.

① 폐기물의 종류와 양 분석

병원 내 특정 부서에서 발생하는 재활용 가능한 폐기물의 종류와 양을 분석한다. 이 과정에서 플라스틱이 가장 큰 비율(약 70%)을 차지하는 것으로 나타났다.

② 임상 재활용 과정

재활용 과정을 병원의 기존 폐기물 관리 프로세스에 통합했다. 이는 직원들이 폐기물을 쉽게 분류하고 처리할 수 있도록 하여, 재활용의 효율성을 높였다.

③ 경제적 이점

이 프로그램을 통해 스탠포드메디컬센터는 폐기물처리 비용을 크게 절감했다. 혼합

재활용 프로그램 덕분에 기존 폐기물처리 비용의 약 75%를 절감할 수 있었다.³⁶⁾

2) 뉴욕시 의료폐기물 재활용 네트워크

뉴욕시의 의료폐기물 재활용 네트워크는 다양한 주체와 프로그램이 협력하여 운영되고 있으며, 환경보호와 공중 보건을 동시에 달성하기 위한 중요한 역할을하고 있다. 뉴욕시는 엄격한 규제와 광범위한 네트워크를 통해 의료폐기물의 안전한 처리를 보장하고 있으며, 주사기 및 약물과 같은 위험 폐기물의 재활용을 위한 여러 방법을 도입하고 있다.

① 주요 재활용 프로그램 및 네트워크

뉴욕시의 Department of Sanitation (DSNY)는 의료 폐기물처리와 관련된 규제를 철저히 관리하며, SAFE Disposal Events와 같은 행사를 통해 시민들이 약물과 주사기 등 위험 폐기물을 안전하게 처리할 수 있도록 돕는다. 이는 각 병원과 시설이 안전한 폐기물처리를 할 수 있게 지원하며, 폐기물이 일반 쓰레기나 재활용 쓰레기로 혼합되지 않도록 예방하는 시스템이다.³⁷⁾

② 병원 기반 재활용 네트워크

뉴욕 내 주요 병원들이 자체적으로 폐기물 재활용 네트워크를 구축하고 있다. Montefiore Medical Center는 미국 최초로 주사기 및 바늘 재활용 프로그램을 도입했으며, 이를 통해 대규모의 Sharps 폐기물을 수거하고 재활용하는 시스템을 구축했다. 이 프로그램은 Sharps 폐기물이 단순 소각되는 대신, 재활용되어 새로운 의료 기구로 재사용되는 과정을 포함 한다.³⁸⁾

Mount Sinai Health System 또한 다양한 의료폐기물 재활용 프로그램을 통해 플라스틱폐기물 및 운영실에서 발생하는 쓰레기를 재활용하고 있다. 이들은 의료폐기물 관리뿐만 아니라, 운영실 폐기물, 전자 폐기물, 그리고 일반 쓰레기 재활용까지 관리 범위를 확대하고 있다.³⁹⁾

③ 기술적 혁신 및 협력

Northwell Health는 Envetec과 협력하여 감염성 폐기물처리에 있어 혁신적인 청정 기술을 도입하였다. 이 기술은 감염성 폐기물을 안전하게 처리하고, 그 과정에서 재사용 가능한 자원을 회수하여 환경보호를 강화 한다.⁴⁰⁾

④ 환경 및 경제적 효과

이러한 네트워크와 프로그램들은 의료폐기물의 양을 줄이고 재활용률을 높이며, 환경에 미치는 영향을 최소화하는 데 기여하고 있다. 더불어, 의료폐기물 재활용은 단순한 비용 절감을 넘어, 지역 사회와 병원의 지속가능성 목표에도 기여하고 있다. 예를 들어, Montefiore는 이미 여러 에너지 절약 및 탄소 배출 감소 프로젝트를 병행하여, 뉴욕시의 PlaNYC 목표와 맞물린 환경친화적 전략을 수행하고 있다.⁴¹⁾

3) 메이요 클리닉(Mayo Clinic)⁴²⁾

메이요 클리닉은 병원 내에서 발생하는 의료플라스틱 폐기물을 효과적으로 재활용하기 위해 다음과 같은 전략을 채택했다.

① 직원 참여 및 교육

직원들이 재활용 프로그램에 적극 참여하도록 유도하고, 이를 위한 교육을 실시했다. 이는 재활용 프로그램의 성공에 중요한 역할을 했다.

② 지역 자원 활용

지역 사회의 자원과 협력하여 재활용 시스템을 구축했다. 이를 통해 지역 경제에 기여하면서도 환경보호 목표를 달성할 수 있었다.

4) 녹색 병원(Green Hospital)

녹색 병원은 환경친화적인 병원 운영을 목표로 하는 개념이다. 이 개념은 병원의 설계, 운영, 그리고 폐기물 관리까지 포함하여 전반적인 환경 영향을 최소화하는 것을 목표로 한다.

첫 번째 주요 전략은 5R 전략이다.

감소(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle), 재고(Rethink), 연구(Research)라 5R 전략을 통해 병원 내 폐기물 발생을 최소화하고, 재활용 가능성을 최대화하는데 중점을 둔다.

두 번째는 안전하고 친환경적인 처리 전략이다.

의료폐기물 소각 대신 멸균, 화학 처리, 마이크로웨이브 처리 등의 친환경적인 방법을 채택하여, 병원 폐기물의 환경 영향을 줄이려는 노력이 중요하다.

이와 같은 사례들은 미국의 병원들이 환경보호와 자원 재활용을 목표로 다양한 전략을 실천하고 있음을 보여준다. 이러한 접근 방식은 미국 내 병원들뿐만 아니라 전 세

계의 의료 시설에서도 적용될 수 있는 모델을 제시한다.

4.2.2. 일본⁴³⁾

일본의 의료폐기물 관리 및 재활용에 대한 접근 방식은 매우 체계적이며, 여러 측면에서 지속 가능성과 효율성을 동시에 추구하고 있다. 일본은 자원 순환 사회를 목표로 하여 폐기물의 발생을 줄이고 재활용을 극대화하는 것을 중점으로 하고 있다.

1) 정부 주도하에 강력한 규제와 지침 마련

일본 정부는 의료폐기물의 안전한 처리를 위해 강력한 규제를 도입했다. 예를 들어, 고압증기멸균법(autoclaving)과 같은 친환경적인 폐기물처리 방법이 장려되고 있다. 이러한 방법은 병원에서 발생하는 감염성 폐기물의 안전한 처리를 보장하며, 소각보다 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있다.

일본은 의료폐기물 관리에 관한 엄격한 법률을 통해 모든 병원이 감염성 폐기물을 안전하게 처리할 수 있도록 하고 있으며, 이 법률은 환경오염을 방지하기 위한 중요한 역할을 하고 있다.

2) 자원 순환 사회(SMCS) 구축

일본은 "자원 순환 사회"를 구축하기 위해 의료폐기물뿐만 아니라 모든 폐기물의 재활용을 강조하고 있다. 정부는 3Rs(감축, 재사용, 재활용) 원칙을 바탕으로 한 여러 정책을 도입하였으며, 이를 통해 폐기물의 발생을 줄이고 재활용률을 높이려 한다.

이와 같은 정책은 의료 부문에서도 적극적으로 적용되고 있으며, 병원들이 재활용 가능한 자원을 효과적으로 활용할 수 있도록 지원하고 있다.

일본 정부는 재활용 산업과의 협력을 통해 의료폐기물의 재활용 기술을 발전시키고 있다. 예를 들어, 병원에서 사용된 플라스틱 폐기물은 수집 후 세척 및 분류 과정을 거쳐 재활용되며, 이를 통해 플라스틱 사용을 줄이고 자원을 절약할 수 있다.

3) 감염성 폐기물의 안전한 관리와 재활용

감염성 폐기물의 경우, 일본은 주로 소각을 통한 처리를 시행해 왔으나, 최근에는 무해화 처리 및 재활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 폐기물의 소각 시 발생할 수 있는 유해 물질 방출을 줄이기 위한 대안으로 떠오르고 있으며, 병원 들은 이와 같은 친환경적 방법을 채택하여 감염성 폐기물을 처리하고 있다.⁴⁴⁾

감염성 폐기물의 재활용은 일본의 병원들에서 다양한 실험적 접근을 통해 시도되고 있으며, 이는 향후 보다 지속 가능한 의료폐기물 관리 방안을 마련하는데 기여할 수 있을 것이다.

4) 기술 혁신과 공공 참여의 중요성

일본은 재활용 기술의 혁신을 통해 의료폐기물의 처리를 효율적으로 개선하고 있다. 정부와 민간 부문은 공동으로 새로운 재활용 기술을 개발하고 있으며, 이를 통해 의료폐기물의 재활용률을 높이고자 한다.

또한, 공공의 참여와 인식을 높이기 위한 캠페인과 교육 프로그램이 병행되고 있으며, 이는 의료폐기물의 올바른 분리와 처리를 촉진하는 데 중요한 역할을 하고 있다.

이와 같은 일본의 의료폐기물 재활용 사례는 효율적인 폐기물 관리와 지속 가능한 발전을 위한 중요한 교훈을 제공한다. 일본의 접근 방식은 전 세계적으로 적용할 수 있는 모델로 평가받고 있으며, 향후 의료폐기물 관리에 있어 중요한 참조가 될 것이다.

4.2.3. 유럽⁴⁵⁾

유럽의 의료폐기물 재활용 접근 방식은 지속 가능성과 환경보호에 중점을 두고 있으며, 다양한 국가와 기관들이 이를 실현하기 위해 노력하고 있다.

1) 네덜란드 UMC 위트레흐트(UMC Utrecht) 병원

중앙화된 폐기물 관리 시스템: UMC 위트레흐트는 병원 내에서 발생하는 모든 폐기물을 중앙에서 관리하는 시스템을 구축했다. 이 시스템은 세 개의 주요 병원이 연결된 복합 병원 구조에서 작동하며, 각 병원에서 발생하는 폐기물은 중앙 홀로 모여 다양한 폐기물 스트림으로 분리된다. 이는 병원 전체의 폐기물 관리 효율성을 높이는 동시에 재활용률을 극대화한다.

① 분리수거와 재활용: 병원은 플라스틱, 금속, 음료수 카톤(PMD), 유기 폐기물 등 다양한 폐기물을 분리수거하고 있으며, 특히 운영실과 연구실에서 발생하는 플라스틱 폐기물의 분리수거에 중점을 두고 있다. 이를 통해 병원에서 발생하는 폐기물의 약 40%가 재활용되고 있으며, 이는 네덜란드 내 병원 중에서도 가장 높은 재활용률에 해당한다.

② 감염성 폐기물의 멸균 처리: UMC 위트레흐트는 Sterilwave라는 첨단 멸균 장비를 도입하여 감염성 폐기물을 안전하게 처리하고 있다. 이 장비는 폐기물을 고온 멸균하여 미세한 가루로 만들고, 이를 콘크리트 산업에서 필러로 재활용하고 있다. 이를 통해 병원은 연간 20만 킬로그램의 감염성 폐기물을 소각 대신 재활용하고 있으며, 향후에는 최대 70톤의 폐기물을 재활용하는 것을 목표로 하고 있다.⁴⁶⁾

2) EU 순환 경제 모델에서의 의료폐기물 관리⁴⁷⁾

① 순환 경제의 원칙 적용

유럽 연합은 순환 경제 모델을 통해 폐기물 관리의 지속가능성을 높이고 있다. 순환 경제는 자원의 사용을 최소화하고, 재활용과 재사용을 통해 폐기물을 자원으로 전환하는 것을 목표로 한다. 이는 의료폐기물 관리에도 적용되어, 병원에서 발생하는 비감염성 폐기물의 약 85%가 재활용 가능한 자원으로 간주 되고 있다.

② 비감염성 폐기물의 재활용

비감염성 폐기물은 가정 쓰레기와 유사한 성질을 가지고 있어 재활용이 가능하며, 이는 기존의 소각 중심의 폐기물처리 방식에 비해 환경적 부담을 줄이는데 기여하고 있다. EU는 병원들이 이러한 폐기물을 안전하게 처리하고 재활용할 수 있도록 다양한 가이드라인과 법적 규제를 마련하고 있다.

3) EU의 의료폐기물 관리 지침

① 통합된 법적 규제

유럽의 각국은 EU의 통합된 법적 규제와 지침을 따르고 있으며, 이는 의료폐기물 관리의 일관성을 유지하고 재활용률을 높이는 데 기여하고 있다. EU는 감염성 폐기물의 안전한 처리를 위해 멸균, 물리화학적 처리, 미생물 처리 등을 권장하며, 이를 통해 폐기물의 환경적 영향을 최소화하려고 노력하고 있다.

② 공공 인식 제고

의료폐기물 관리의 중요한 요소 중 하나는 공공의 인식 제고이다. 유럽 내 병원들은 교육 프로그램과 캠페인을 통해 직원과 일반 대중이 폐기물 분리수거와 올바른 처리를 실천하도록 유도하고 있다. 이러한 노력은 폐기물 관리의 효율성을 높이고, 장기적으로는 환경보호에 기여하고 있다.

이러한 사례들은 유럽이 의료폐기물 관리와 재활용에서 지속 가능한 방법을 어떻게 적용하고 있는지를 보여준다. 특히, 각 국가와 병원이 채택한 다양한 접근 방식은 다

른 지역에서도 적용할 수 있는 중요한 모델을 제공하며, 글로벌 환경보호 노력에 큰 기여를 하고 있다.

4.2.4. 호주⁴⁸⁾

호주의 의료폐기물 재활용은 지속 가능성과 환경보호를 중심으로 발전하고 있으며, 여러 혁신적인 기술과 시스템을 도입하여 효율성을 높이고 있다.

1) AMB Ecosteryl 기술의 도입

① 기술 개요

AMB Ecosteryl은 마이크로파를 사용하여 의료폐기물을 처리하는 혁신적인 기술로, 소각이나 오토클레이브 처리에 비해 환경적 영향을 크게 줄인다. 이 기술은 폐기물을 멸균하면서 동시에 재활용 가능한 물질로 전환하며, 플라스틱을 비롯한 다양한 폐기물을 고품질의 상업적 제품으로 재생할 수 있다. 특히, 이 기술은 배출가스를 최소화하고, 전통적인 소각방식에서 발생하는 다이옥신과 같은 유해물질을 방지 하는데 효과적이다.

② 환경적 이점

AMB Ecosteryl 기술은 물을 사용하지 않으며, 폐기물의 80%까지 재활용할 수 있는 능력을 가지고 있다. 이로써 병원에서 발생하는 고품질 플라스틱이 재활용되어 새로운 제품으로 만들어지며, 이 과정에서 에너지 소비도 줄일 수 있다. 또한, 이 기술은 매립지로 보내지는 폐기물의 부피를 크게 줄여, 환경적 부담을 최소화한다.

2) 180 Waste Group의 혁신적 재활용 시스템

① 현장 처리 시스템

180 Waste Group은 병원에서 발생하는 의료폐기물을 현장에서 바로 처리하고 재활용할 수 있는 시스템을 개발했다. 이 시스템은 마찰열 기술을 사용하여 폐기물을 멸균하고, 미세한 입자로 분쇄한 후 이를 건축 자재로 재활용한다. 이러한 접근 방식은 폐기물의 재활용률을 높이고, 병원의 폐기물 관리 비용을 절감하는데 기여 한다.⁴⁹⁾

② 실제 적용 사례

캔버라에 있는 병원에서는 이 시스템을 통해 연간 60만 킬로그램 이상의 의료폐기물을 처리하고 있다. 이 시스템은 특히 폐기물의 종류와 성분에 따라 최적의 처리 조건을 설정하여 일관된 품질의 재활용 자원을 생산하는 데 중점을 둔다.⁵⁰⁾

3) Veolia의 퍼스 메디컬 솔루션

① 통합 폐기물 관리

Veolia는 퍼스 지역에서 병원과 협력하여 의료폐기물 관리의 통합 솔루션을 제공하고 있다. 이 솔루션은 병원 내에서 발생하는 폐기물을 효과적으로 관리하고, 재활용 가능성이 높은 자원을 회수하여 새로운 제품으로 재활용하는 것을 목표로 한다. 이러한 통합 시스템은 병원의 환경적 영향을 줄이고, 자원 효율성을 극대화하는 데 기여한다.⁵¹⁾

② 재활용 프로세스

Veolia는 폐기물 분리수거를 강화하고, 재활용 가능한 물질을 고품질의 재생 자원으로 전환하는 데 중점을 두고 있다. 이를 통해 병원은 환경적 영향을 줄이면서 동시에 경제적인 이익을 얻을 수 있다.⁵²⁾

4) 기술적 과제와 혁신적 해결책

① 기술적 도전 과제

호주의 의료폐기물 재활용은 여러 기술적 과제를 포함하고 있다. 예를 들어, 다양한 폐기물의 일관된 품질 처리를 위해 적절한 기술적 설정과 장비의 최적화가 필요하다. 이를 위해 AMB Ecosteryl과 같은 첨단 기술의 도입이 이루어지고 있으며, 이러한 기술은 폐기물의 성분에 따라 적절히 처리할 수 있는 기능을 제공한다.⁵³⁾

② 미래 전망

호주는 의료폐기물 관리의 효율성을 더욱 높이기 위해 다양한 혁신적 기술과 시스템을 도입할 계획이다. 이를 통해 호주는 의료폐기물 관리에서 지속 가능성과 환경보호를 더욱 강화할 수 있을 것으로 기대 된다.⁵⁴⁾

이와 같은 사례들은 호주가 의료폐기물 관리에서 지속 가능성과 환경보호를 실현하기 위해 채택한 다양한 접근 방식을 잘 보여준다. 이와 같은 기술과 시스템은 호주의 병원뿐만 아니라 전 세계적으로도 중요한 모델이 될 수 있다.

4.2.5. 독일⁵⁵⁾

1) 의료폐기물의 분류 및 관리

독일은 의료폐기물 관리에 대해 매우 체계적인 시스템을 운영하고 있으며, 폐기물을 감염성 및 비감염성으로 나누어 처리한다. 이는 자원의 재활용 가능성을 극대화하기 위한 조치로, 독일의 법적 규제는 이와 같은 분류를 엄격히 요구하고 있다. 감염성 폐

기물은 주로 소각을 통해 처리되며, 비감염성 의료폐기물은 분리 후 재활용 가능 자원으로 전환된다. 예를 들어, 수술 후 발생하는 비감염성 폐기물(플라스틱, 금속 등)은 별도로 수거되어 재활용 공장으로 보내어 진다.

2) 의료폐기물 처리 및 재활용 기술

독일은 첨단 폐기물처리 기술을 보유하고 있으며, 이를 통해 자원 회수 및 재활용이 활성화되고 있다. 예를 들어, 의료폐기물 중 비감염성 폐기물은 플라스틱, 금속 등의 형태로 분류되어 재활용된다. 이 과정에서 플라스틱은 정제 후 다시 원료로 사용되며, 금속은 제련 과정을 통해 산업용 재료로 재사용된다. 이를 통해 독일은 자원의 순환 경제를 실현하며, 자원 고갈 문제와 환경오염 문제를 해결하고 있다.

특히, 폐기물 소각 과정에서 발생하는 열에너지를 재활용하는 기술도 널리 사용된다. 이는 독일의 에너지 생산에서 재생 가능한 에너지원으로 사용될 수 있어, 환경보호뿐만 아니라 경제적 효율성도 높이는 데 기여 한다. 이 같은 재활용 기술은 독일이 세계적으로 인정받는 폐기물처리 국가로 자리 잡게 하는 데 중요한 역할을 했다.

3) 법적 규제와 순환 경제 법령

독일의 순환 경제 및 폐기물 관리법(KrWG)은 의료폐기물 관리를 포함한 모든 폐기물 관리 활동에 엄격한 법적 규제를 부과한다. 이 법은 2012년에 처음 제정되었으며, 그 이후로 지속적인 개정 작업을 통해 환경보호 목표를 강화하고 있다.

특히, 의료폐기물은 인체에 해로운 물질을 포함할 수 있기 때문에, 안전하게 처리하고 환경 오염을 방지하기 위한 여러 절차가 법으로 규정되어 있다.

법령은 또한 폐기물의 감축, 재사용, 재활용 순으로 폐기물을 처리하는 5단계 폐기물 계층 구조를 강조한다. 즉, 폐기물의 발생을 가능한 한 줄이고, 발생한 폐기물은 최대한 재활용하며, 재활용할 수 없는 부분은 에너지로 전환하거나 안전하게 폐기하는 것이다. 이를 통해 독일은 폐기물처리 과정에서 발생하는 탄소 배출량을 줄이고, 지속 가능한 폐기물 관리를 실현하고 있다.

4) 재활용의 경제적 효과

독일의 의료폐기물 재활용은 환경보호뿐만 아니라 경제적 이점도 크다는 점에서 주목할 만하다. 독일의 폐기물 관리 산업은 약 280,000명의 고용을 창출하며, 연간 800억 유로 이상의 매출을 기록하는 고성능 산업 분야로 자리 잡았다.⁵⁶⁾

이 산업은 순환 경제의 핵심 요소로 작용하며, 재활용된 자원이 산업 전반에 공급됨으로써 자원 절약과 환경보호에 기여하고 있다.

독일의 의료폐기물 재활용 시스템은 철저한 법적 규제와 첨단 기술, 그리고 순환 경제의 원칙에 기반하여 운영된다. 이러한 시스템은 자원 절약과 환경보호, 그리고, 경제적 이익을 동시에 추구하는 성공적인 사례로 평가된다. 독일의 성공적인 의료폐기물 재활용 사례는 다른 국가들이 환경보호를 실현하는 데 있어 중요한 참고 자료가 될 수 있다.

4.2.6. 스웨덴⁵⁷⁾

스웨덴의 의료폐기물 재활용 시스템은 첨단 기술과 지속 가능한 환경 관리를 위한 다양한 정책으로 주목받고 있다. 스웨덴은 의료폐기물의 화학적 재활용을 통해 자원을 회수하고, 소각에 의존하지 않는 새로운 방법을 개발하고 있다. 이 과정은 특히 열화학적 재활용을 활용하여 의료폐기물에서 탄소를 회수하고, 이를 다시 플라스틱 원료로 사용하려는 목표를 가지고 있다.

1) 화학적 재활용 기술의 성공

Chalmers 공과대학교의 연구진은 의료폐기물, 특히 마스크와 장갑 같은 일회용 플라스틱 제품을 대상으로 열화학적 재활용 기술을 시도했다. 이 기술은 플라스틱 의료폐기물을 열화학적으로 분해하여 탄소 원자를 회수하는 방식으로, 이를 통해 재사용 가능한 플라스틱 원료를 얻을 수 있다. 연구 결과는 매우 긍정적으로 평가되었으며, 이 방법은 순환 경제의 원칙에 부합 하면서도 현재 의료폐기물 소각에서 발생하는 환경 문제를 해결할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

2) PET 혈액 채취 튜브 재활용

PET(폴리에틸렌 테레프탈레이트)로 만들어진 혈액 채취 튜브를 재활용하는 프로젝트도 진행 중이다. 이 프로젝트는 튜브를 세척, 분쇄하여 새로운 제품으로 성형하는 과정을 통해 연간 약 33톤의 고품질 플라스틱을 소각하지 않고 재활용할 수 있을 것으로 기대된다. 이 기술은 의료폐기물의 재활용률을 높이는 동시에 폐기물의 환경적 영향을 줄이기 위한 중요한 시도 중 하나이다.

3) Stenungsund 열화학적 재활용 공장

스웨덴의 Stenungsund 지역에 대규모 열화학적 재활용 공장을 건설하는 계획도 추진되고 있다. 이 공장은 의료폐기물 뿐만아니라 다양한 플라스틱 폐기물을 처리할 수

있는 시설로, 재활용 가능한 물질의 흐름을 충분히 수용할 수 있는 규모로 설계될 예정이다. 이를 통해 순환 경제의 핵심 요소인 자원 회수와 지속 가능한 폐기물 관리가 실현될 것이다.

4) 정치적, 법적 도전

스웨덴의 의료폐기물 재활용 프로젝트는 성공 가능성을 보였지만, 대규모 재활용 시스템을 구축하기 위해서는 정치적 및 법적 장벽을 극복해야 한다. 예를 들어, 유럽 연합(EU)의 다양한 국가들이 의료폐기물 관리에 대해 다른 규제를 적용하고 있어, 스웨덴이 자체적인 재활용 공장을 구축하고 운영하는 데는 규제적 제약이 존재한다. 이에 따라, EU 차원에서의 일관된 정책적 지원과 투자 장려가 필요하다.

5) 경제적 잠재력

스웨덴의 열화학적 재활용 기술은 환경보호와 경제적 이익을 동시에 추구한다. 특히, 스웨덴은 이러한 기술을 통해 의료폐기물의 소각으로 인한 온실가스 배출을 줄이고, 플라스틱 자원의 회수율을 높이는 방안을 모색하고 있다. 이는 의료폐기물 재활용 분야에서 스웨덴이 경제적, 환경적 측면 모두에서 큰 성과를 거둘 수 있음을 보여준다.

스웨덴의 의료폐기물 재활용 사례는 지속 가능한 폐기물 관리의 모범으로 평가 받고 있으며, 이는 다른 국가들에게도 중요한 참고 자료가 될 수 있다.

4.3. 재활용을 통한 자원 순환 및 환경보호 방안

이 과정을 심도 있게 이해하기 위해 다양한 측면에서 접근할 수 있다. 여기서는 재활용의 구체적인 전략, 정책적 지원, 순환 경제의 개념, 기술적 발전 그리고 지역 사회의 역할을 중심으로 설명하겠다.

4.3.1. 재활용의 구체적 전략

재활용은 자원을 다시 사용할 수 있도록 분리, 수집, 재처리하는 과정이다. 단순한 종이, 플라스틱, 금속 재활용을 넘어 다양한 자원을 활용할 수 있는 전략이 필요하다. 예를 들어, 전자 폐기물은 독성이 강한 물질을 포함하고 있지만 동시에 희귀한 자원도 포함하고 있다. 이 전자 폐기물에서 귀중한 금속들을 추출하고 재활용하는 것은

경제적으로도 중요한 전략이다.⁵⁸⁾

또한, 유기 폐기물의 재활용도 중요한 전략이다. 음식물 쓰레기와 같은 유기 폐기물은 퇴비화 과정을 거쳐 다시 농업에 활용될 수 있으며, 이는 음식물 쓰레기를 단순히 폐기하는 대신 자원으로 재활용하는 중요한 방법이다.⁵⁹⁾

4.3.2. 정책적 지원 및 법적 규제

재활용과 자원 순환을 효과적으로 실행하기 위해서는 강력한 정책적 지원과 법적 규제가 필요하다. 예를 들어, 유럽 연합과 같은 지역에서는 재활용 법안을 강화하고, 기업들이 재활용 가능한 제품을 설계하도록 압력을 가하고 있다. 유럽 연합의 순환 경제 행동 계획은 기업들이 제품을 설계할 때부터 재사용과 재활용을 고려하도록 강제하는 법적 규제의 사례이다.

미국에서도 캘리포니아주와 버몬트주는 재활용을 촉진하기 위한 법안을 통과시켰다. 예를 들어, 캘리포니아는 2022년부터 플라스틱 오염을 줄이기 위한 법안을 도입하고, 재활용 가능한 자원의 수집을 의무화하는 정책을 시행 중이다. 이러한 법적 조치는 시민들과 기업들이 재활용에 더 적극적으로 참여할 수 있도록 만드는 중요한 도구이다.⁶⁰⁾

4.3.3. 순환 경제의 개념

순환 경제(Circular Economy)는 자원을 가능한 한 오래 사용하고, 사용 후에도 재활용하거나 재사용할 수 있도록 설계된 경제 모델이다. 이는 자원을 소비하고 폐기하는 기존의 선형 경제(Linear Economy) 모델을 대체하는 것으로, 자원을 낭비하지 않고 환경에 미치는 영향을 최소화하는 데 중점을 둔다.

순환 경제는 제품 설계에서부터 폐기물 관리까지 모든 과정에서 자원의 순환을 고려해야 한다. 예를 들어, 제품을 설계할 때 쉽게 분해되거나 재활용될 수 있도록 하고, 폐기물을 다시 자원으로 변환하는 기술을 사용하여 자원을 최대한 재사용하는 것이 핵심이다.⁶¹⁾

4.3.4. 기술적 발전과 혁신

재활용 기술의 발전은 자원 순환의 효과를 극대화하는 중요한 요소이다. 예를 들어, 폐플라스틱의 화학적 재활용 기술은 기존의 기계적 재활용보다 더 효율적으로 플라스틱을 분해하여 고품질의 재생 플라스틱을 생산할 수 있게 한다. 이러한 기술은 플라스

스틱 폐기물 문제를 해결하는 데 큰 도움이 될 수 있다.⁶²⁾

또한, 전자 폐기물 재활용 기술은 귀금속과 같은 희귀 자원을 다시 추출하여 사용할 수 있게 한다. 예를 들어, 일본은 전자 폐기물에서 금속을 추출하여 올림픽 메달을 제작한 사례가 있다. 이러한 기술적 발전은 자원의 재활용을 더욱 촉진시키고 있다.⁶³⁾

4.3.5. 지역 사회의 역할과 참여

지역 사회는 재활용 프로그램의 성공에 중요한 역할을 한다. 시민들이 재활용에 적극적으로 참여할 수 있도록 하는 교육 프로그램과 홍보 활동은 필수적이다. 예를 들어, 독일 뮌헨의 Halle 2는 단순히 재활용 센터의 역할을 넘어, 지역 주민들에게 수리와 재활용을 가르치고, 그들이 폐기물을 자원으로 다시 사용할 수 있도록 돕는 커뮤니티 공간으로 활용되고 있다.⁶⁴⁾

또한, 지방 정부는 재활용 인프라를 개선하고, 시민들이 쉽게 재활용에 참여할 수 있도록 지원해야 한다. 미국의 많은 도시들은 폐기물 관리 시스템을 개선하여 자원을 분리 배출하는 시스템을 도입하고 있다. 이러한 시스템은 시민들이 더 쉽게 재활용할 수 있도록 도와주며, 자원 순환을 촉진 시킨다.⁶⁵⁾

4.4. 우리나라의 의료폐기물 재활용을 위한 법적 방안

우리나라의 의료폐기물 재활용을 위한 법적 방안은 효율적인 자원 순환과 환경 보호를 동시에 달성하기 위해 필수적이다.

4.4.1. 의료폐기물 재활용을 위한 법령 정비

1) 인체유래물 재활용 규제 완화

현재 「폐기물관리법」은 의료폐기물의 재활용을 엄격히 제한하고 있다. 특히 폐지방, 폐치아 등은 연구용으로만 활용이 가능하며, 의약품 개발 등 산업적 활용은 금지되어 있다. 이에 따라 정부는 '인체 폐지방을 재활용한 의료기술 및 의약품 개발 허용'을 포함한 「바이오헬스 핵심 규제 개선방안」을 추진하고 있다.

2) 법령 간 충돌 해소

의료폐기물의 재활용을 위해서는 「폐기물관리법」 외에도 「약사법」, 「생명윤리 및 안전에 관한 법률」, 「인체조직 안전 및 관리 등에 관한 법률」 등 관련 법령의 개정이 필요하다. 특히 기증자 비식별화, 감염 위험 차단, 제조공정의 안전성 보장 등 생명윤리와 안전성 확보가 선결되어야 한다 .

4.4.2. 의료폐기물처리 방식의 법적 개선

1) 멸균분쇄 후 재활용 허용

현재 의료폐기물은 대부분 소각 처리되며, 멸균분쇄 후의 잔재물은 소각 후 매립된다. 그러나 멸균분쇄 후 잔재물을 재활용하기 위한 법적 규제가 마련되어 있지 않아, 멸균분쇄는 비용 절감에만 초점이 맞춰져 있다. 따라서 멸균분쇄 후 잔재물의 재활용을 허용하는 법령 개정이 필요 하다 .

2) 재활용 가능한 의료폐기물의 분류 개선

현재 의료폐기물은 감염성, 위해성 등을 기준으로 분류되며, 재활용이 가능한 폐기물도 단순히 소각 후 매립된다. 따라서 재활용 가능한 의료폐기물을 별도로 분류하여 재활용을 촉진하는 법적 기준 마련이 필요 하다 .

4.4.3. 의료폐기물 재활용 촉진을 위한 제도적 지원

1) 규제특례 도입

「규제자유특구 및 지역특화발전특구에 관한 규제특례법」에 따른 특례로 '인체유래 콜라겐 적용 의료기기 개발·실증'이 진행 중이며, 안전성 검증 시 소관 법령 등을 정비할 예정이다. 이러한 규제특례를 통해 의료폐기물의 재활용을 촉진할 수 있다 .

2) 법적 인센티브 제공

의료기관이 재활용 가능한 의료폐기물을 분리배출하고 재활용하는 경우, 세제 혜택이나 재정 지원 등을 통해 참여를 유도할 수 있다.

4.4.4. 의료폐기물 재활용을 위한 법적 인프라 구축

1) 전용 분리배출 시스템 구축

의료기관 내에서 의료폐기물의 종류별 분리배출을 의무화하고, 이를 위한 전용 수거함과 교육 프로그램을 운영하여 재활용률을 높인다.

2) 자원화 기술 개발 지원

의료폐기물을 플라스틱, 금속, 종이 등으로 분리하여 재활용하는 기술을 개발하고,

이를 상용화하여 자원 순환을 촉진 한다.

이러한 법적 개선과 제도적 지원을 통해 의료폐기물의 재활용을 촉진하고, 환경보호와 자원 절약에 기여할 수 있다.

4.5. 향후 우리나라의 의료폐기물 재활용 방안

우리나라의 의료폐기물 재활용 방안은 환경보호, 자원 순환, 그리고 의료 안전성을 동시에 고려해야 하는 복합적인 과제이다.

4.5.1. 의료폐기물의 분리배출 및 자원화 촉진⁶⁶⁾

1) 전용 분리배출 시스템 구축

의료기관 내에서 의료폐기물을 종류별로 철저히 분리 배출하도록 의무화하고, 이를 위해 전용 수거함 설치 및 종사자 교육 프로그램을 운영하여 재활용률을 제고 한다.

2) 자원화 기술 개발

의료폐기물을 플라스틱, 금속, 종이 등으로 분리하여 재활용할 수 있는 기술을 개발하고, 이를 실용화함으로써 자원 순환체계를 강화한다.

4.5.2. 의료기기 및 소모품의 재사용 시스템 도입⁶⁷⁾

1) 멸균 재사용 시스템 도입

일회용으로 사용되던 일부 의료기기나 소모품에 대해 멸균 처리를 통한 재사용시스템을 도입하여 폐기물 발생을 줄이고, 자원 낭비를 최소화한다.

2) 재사용 기준 마련

재사용이 가능한 의료기기 및 소모품에 대한 명확한 기준과 지침을 마련하고, 이를 의료기관에 안내하여 안전하고 합리적인 재사용을 유도한다.

4.5.3. 의료폐기물의 에너지화

1) 고온 소각 시스템 도입

의료폐기물을 고온에서 소각하여 발생한 열을 에너지로 변환하는 시스템을 도입하여 자원화한다.

2) 에너지 회수 시설 구축

의료폐기물을 처리하는 과정에서 발생하는 에너지를 효율적으로 회수할 수 있는 전용설비와 인프라를 구축하여 의료기관의 에너지 비용을 절감하는 방안을 모색한다.

4.5.4. 의료폐기물 전문 재활용 기업과의 협력 강화⁶⁸⁾

1) 전문 기업과의 협력

의료폐기물을 전문적으로 수거하고 재활용하는 기업들과 협력하여 폐기물의 안전한 처리와 재활용을 촉진한다.

2) 기술 개발 지원

의료폐기물 재활용 기술 개발을 위한 연구개발(R&D) 지원을 강화하여 혁신적인 재활용 기술의 상용화를 촉진한다.

4.5.5. 정책 및 법제도 개선⁶⁹⁾

1) 재활용 촉진 법제도 마련

의료폐기물의 재활용을 촉진하기 위한 법과 제도를 마련하고, 이를 통해 의료기관의 자발적 참여를 유도한다.

2) 인센티브 제공

재활용 실적이 우수한 의료기관에 인센티브를 제공하여 재활용 참여를 장려한다.

4.5.6. 대국민 인식 개선 및 교육 강화

1) 인식 개선 캠페인

의료폐기물의 재활용 중요성에 대한 대국민 인식 개선 캠페인을 전개하여 시민들의 참여를 유도한다.

2) 교육 프로그램 운영

의료기관 종사자 및 시민을 대상으로 의료폐기물 재활용에 대한 교육 프로그램을 운영하여 올바른 분리배출과 재활용방법을 안내한다. 이러한 방안들은 의료폐기물의 재활용을 통해 환경보호와 자원 절약에 기여하며, 지속 가능한 의료 환경을 조성하는데 중요한 역할을 할 것이다.

5. 고찰

의료폐기물은 여러 가지의 감염성, 화학적, 방사성 위험을 내포하고 있다. 이러한 특성으로 인해 일반폐기물과는 구분된 체계적인 관리가 요구된다. 본 연구에서는 의료폐기물의 발생 원인, 처리 방식, 재활용 가능성 및 이를 위한 제도 개선 방향을 포괄적으로 검토하였다. 특히 국내 의료폐기물의 대부분이 소각과 매립에 의존하고 있으며, 이는 환경오염 및 자원 낭비의 문제를 유발하고 있음을 확인하였다. 의료폐기물은 본질적으로 고위험성이 동반된 폐기물임에도 불구하고, 다수는 멸균·분쇄 등 중간처리만으로 일반폐기물로 전환이 가능함에도 법적 제한으로 인해 재활용되지 못하는 실정이다.

현행 제도에서는 의료폐기물은 철저한 감염성 관리에는 적합할 수 있으나, 재활용 및 자원화의 관점에서는 비효율적이라는 한계를 내포한다. 예를 들어, 멸균·분쇄 처리를 거친 폐기물의 경우 감염성이 제거됨에도 불구하고 여전히 전량 소각 또는 매립 대상으로 분류되며, 이로 인해 자원의 순환 가능성이 원천적으로 차단되고 있다. 또한, 폐기물처리 비용의 증가와 함께 의료기관의 운영비 부담 역시 커지고 있다. 이 같은 구조는 의료기관이 보다 지속가능한 방식으로 운영될 수 있는 기회를 차단하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 의료폐기물의 분리배출 단계에서부터 재활용 가능성을 고려한 세분화된 분류 기준이 필요하며, 특히 플라스틱 기반 폐기물에 대한 자원화 기술의 적용 범위를 확대할 필요가 있다. 현재 의료현장에서 대량으로 배출되는 일회용 보호장구, 주사기, 수액세트 등은 고온 멸균 후 물리적 분쇄를 통해 재활용 원료로 활용 가능함에도 불구하고, ‘의료’라는 명칭만으로 배제되고 있는 실정이다. 따라서 법적·제도적 재정비를 통해 멸균된 폐기물에 대한 재활용 허용 기준을 명확히 해야 하며, 관련 산업의 육성을 위한 인센티브제도 도입도 병행되어야 한다.

또한, 본 연구에서 제시한 해외 사례의 미국, 독일, 일본, 스웨덴 등은 의료폐기물의 효율적인 분류배출 시스템과 기술기반 재활용 시스템이 정착되어 자원 순환과 환경보호를 동시에 실현하고 있다. 미국의 경우 병원 인증 기준에 의료폐기물 감축 프로그램이 포함되어있으며, 일본은 국가 차원의 의료폐기물 분류 및 처리 매뉴얼을 통해 전국적 일관성을 확보하고 있다. 국내의 경우에도 이와 유사한 정책을 벤치마킹하여,

중앙정부 주도의 통합 가이드라인과 실시간 추적 시스템(RFID 등)의 도입이 시급하다.

더불어, 기술적인 해결방안뿐만 아니라 의료기관 종사자의 인식 제고 역시 중요한 과제이다. 의료폐기물 분리배출 교육의 의무화, 분리배출 성과에 따른 기관 평가 시스템, 감염관리와 재활용이 동시에 고려된 교육 콘텐츠 개발 등이 이에 해당된다. 실제로 폐기물 분리배출이 잘 이루어질 경우, 소각물량을 30% 이상 감소시킬 수 있다는 국내외 사례들도 보고되고 있다. 이는 단순히 환경 문제를 넘어서 병원 운영의 효율성, 나아가 사회적 비용 절감에도 크게 기여할 수 있다.

마지막으로, 본 연구는 문헌과 제도 분석에 주력한 점에서 실증적인 한계가 존재하므로, 향후에는 의료기관 대상 인터뷰, 폐기물 처리업체의 실태조사, 폐기물 재활용 기술의 경제성 평가 등을 통해 보다 정량적이고 실천적인 연구로 발전될 필요가 있다. 이를 통해 정책 입안자, 산업계, 의료계, 그리고 시민사회가 함께 논의할 수 있는 구체적이고 실행 가능한 개선안을 도출할 수 있을 것이다.

6. 결론

본 연구는 의료폐기물의 효율적인 관리와 재활용 확대를 통해 환경오염을 저감하고, 지속 가능한 자원 순환체계를 구축하기 위한 규제 개선방안을 제시하고자 하였다. 급속한 고령화, 감염병의 반복적 유행, 일회용 의료기기의 사용 증가 등으로 인해 의료폐기물의 발생량은 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따른 환경적·경제적 부담도 함께 증대되고 있다.

현재 국내 의료폐기물의 대부분은 감염성 우려로 인해 소각 또는 매립 방식으로 처리되고 있다. 이는 단기적인 감염 예방에는 효과적일 수 있으나, 다이옥신·퓨란 등의 유해물질 배출로 인한 환경오염, 토양 및 수질의 오염 가능성, 폐기물처리 용량의 한계, 처리비용상승 등의 문제를 초래하고 있다. 특히, 멸균·분쇄 처리 기술이 있음에도 불구하고 재활용에 대한 법적 제약이 존재함으로써 자원 순환의 흐름이 원천적으로 차단되고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 의료폐기물의 재활용 가능 품목을 중심으로 정책적·기술적 개선방안을 도출하였다. 첫째, 의료폐기물의 발생 단계에서부터 철저한 분리배출 시스템이 구축되어야 하며, 이를 위한 교육과 매뉴얼, 관리체계가 필요하다. 둘째, 멸균 및 물리·화학적 처리 기술의 안전성과 효율성에 대한 검토를 바탕으로 재활용 가능한 폐기물의 범위를 확대하고, 이를 법령으로 명확히 규정해야 한다. 셋째, 의료기관 및 폐기물처리 업체에 대한 제도적 인센티브를 마련하여 자발적인 참여를 유도하고, ICT 기반의 실시간 폐기물 추적 시스템(RFID 등)을 통해 투명한 관리체계를 확립해야 한다. 넷째, 국내 현실에 맞는 처리 기술의 현장 적용성과 경제성을 평가하여 중소병원 및 지역 의료기관에서도 접근할 수 있는 저비용 고효율 처리 방식을 확대해야 한다.

결론적으로, 의료폐기물의 효율적인 처리는 단순한 위생 관리 차원을 넘어, 환경보호, 자원 순환, 국민 건강 증진이라는 공공적 가치를 실현하기 위한 핵심 과제를 확 인하였다. 이를 위해서는 정부, 산업계, 의료기관, 시민사회가 함께 참여하는 다차원적 협력체계와 실효성 있는 정책적 실행이 병행되어야 하며, 이를 통해 보다 지속 가능한 의료환경과 순환경제 실현이 가능할 것이다.

참고문헌

1. 환경부. (2024.8.13.), 폐기물관리법 별표 2 [시행 2024.8.17.] [법률 제34834호, 2024. 8.13., 일부개정].
2. 환경부. (2024.8.13.) 폐기물관리법 시행령 [시행 2024.8.17.] [대통령령 제34834호, 2024.8.13., 일부개정], 별표 2 <개정 2019.10.29.>.
3. Attrah, M., Elmanadely, A., Akter, D., & Rene, E. R. (2022). A Review on Medical Waste Management: Treatment, Recycling, and Disposal Options.
4. Lee, S. M., & Lee, D. H. (2022). Effective Medical Waste Management for Sustainable Green Healthcare. College of Business, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE 68858, USA, College of Business Administration, Inha University, Incheon 22212, Korea.
5. Healthy Workplace Safety Trend Report. (2023). 4 Consumer Concerns Regarding the Impact of Medical Waste Management.
6. Wakelam, L. (2023, February 9). Back to Basics: Medical Waste Disposal Best Practices.
7. UNDP. (2021, October 25). Medical waste: why it is so important to dispose of it correctly.
8. Lee, S. M., & Lee, D. H. (2022). Effective Medical Waste Management for Sustainable Green Healthcare. College of Business, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE 68858, USA, College of Business Administration, Inha University, Incheon 22212, Korea.
9. Wakelam, L. (2023, February 9). Back to Basics: Medical Waste Disposal Best Practices.
10. Lee, S. M., & Lee, D. H. (2022). Effective Medical Waste Management for Sustainable Green Healthcare. College of Business, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE 68858, USA, College of Business Administration, Inha University, Incheon 22212, Korea.
11. 이보은. (2022). 의료폐기물 처리방법 및 처리시설 개선에 관한 연구. 광운대학교 대학원 건

설법무학과.

12. 오인준. (2022). 의료폐기물의 관리체계 개선안 연구. 서울과학기술대학교 에너지환경공학과.
13. 안세희, & 안상윤. (2014). 의료폐기물 처리의 권역화 방안 연구. 서강대학교대학원 법학박사과정, 건양대학교 병원경영학과.
14. Janik-Karpinska, E., Brancaloni, R., & Niemcewicz, M. (2023). HealthcareWaste: A Serious Problem for Global Health.
15. Singh, N., Ogunseitan, O. A., & Tang, Y. (2021). Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management.
16. Kaposi, A., Nagy, A., Gomori, G., & Kocsis, D. (2024). Analysis ofhealthcare waste and factors affecting the amount of hazardous healthcare waste in a university hospital. SpringerLink.
17. Kaposi, A., Nagy, A., Gomori, G., & Kocsis, D. (2024). Analysis ofhealthcare waste and factors affecting the amount of hazardous healthcare waste in a university hospital. SpringerLink.
18. Janik-Karpinska, E., Brancaloni, R., & Niemcewicz, M. (2023). HealthcareWaste: A Serious Problem for Global Health.
19. Kaposi, A., Nagy, A., Gomori, G., & Kocsis, D. (2024). Analysis ofhealthcare waste and factors affecting the amount of hazardous healthcare waste in a university hospital. SpringerLink.
20. Kaposi, A., Nagy, A., Gomori, G., & Kocsis, D. (2024). Analysis ofhealthcare waste and factors affecting the amount of hazardous healthcare waste in a university hospital. SpringerLink.
21. Kaposi, A., Nagy, A., Gomori, G., & Kocsis, D. (2024). Analysis ofhealthcare waste and factors affecting the amount of hazardous healthcare waste in a university hospital.

SpringerLink.

22. Singh, N., Ogunseitan, O. A., & Tang, Y. (2022). Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(11).
22. Singh, N., Ogunseitan, O. A., & Tang, Y. (2022). Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(11).
22. Singh, N., Ogunseitan, O. A., & Tang, Y. (2022). Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(11).
24. 환경부. (2023.12.), 폐기물관리법 시행규칙 별표 3 관련
25. 환경부. (2023, 12월). 의료폐기물 분리 배출 지침.
26. World Health Organization (WHO). (2022). Global analysis of health care waste in the context of COVID-19.
27. Ye, J., Song, Y., Liu, Y., & Zhing, Y. (2022). Assessment of medical waste generation, associated environmental impact, and management issues after the outbreak of COVID-19: A case study of the Hubei Province in China.
28. BMJ. (2022). Covid-19: Pandemic waste threatens human and environmental health, says WHO.
29. World Health Organization (WHO). (2022). Global analysis of health care waste in the context of COVID-19.
30. BMJ. (2022). Covid-19: Pandemic waste threatens human and environmental health, says WHO.

31. 환경부. (2022,11,29) 폐기물관리법 시행령 [별표3] <개정 2022. 11.29>.
32. <https://www.unicharm.co.jp/en/csr-eco/education/note-01.html>.
33. GENIUS. (2023, October 31). The Innovative Diaper Recycling Machine: Transforming Waste into Value.
34. New Open-loop Recycling Approaches for Disposable Diaper Waste. (2021). Environmental Reviews, 10.1139/er-2021-0033.
35. Transforming Waste into Value (2023 October 31), The Innovative Diaper Recycling Machine
36. Healthcare Plastics Recycling Council. (2013). Clinical Recycling at Stanford Hospital and Clinics: A Healthcare Plastics Recycling Council Pilot Study.
Recycling International. (2019, February 11). 85% of US medical plastic waste is ‘clean’... but small portion is recycled.
37. City of New York. Welcome to NYC.gov.
38. Montefiore Einstein. (2012, April 17). Montefiore is First Integrated Healthcare Delivery Network in U.S. to Launch System Wide Sharps RecyclingProgram.
39. Mount Sinai Health System. Welcome to Mount Sinai. Retrieved from <https://www.mountsinai.org/about/sustain/waste-and-recycling>
40. Northwell Health. New Tech to Treat Regulated Medical Waste. Retrieved from <https://www.northwell.edu/news/the-latest/northwell-new-tech-treat-regulated-edical-waste>
41. Montefiore Einstein. Montefiore Einstein Medical Center. Retrieved from <https://montefioreeinstein.org/body.cfm?id=1738&action=detail&ref=434>
42. Mayo Clinic. Retrieved from <https://www.mayoclinic.org>

43. Ministry of the Environment Japan.
44. Journal of Material Cycles and Waste Management. Retrieved from <https://link.springer.com/journal/10163>
45. HPRC, A Medical Waste Recycling Best Practice of the Netherlands,
46. Healthcare Plastics Recycling Council. Best Practice of Medical Waste Recycling in the Netherlands. Retrieved from <https://www.hprc.org/a-medical-waste-recycling-best-practice-of-the-netherlands/>
47. EU Circular. Healthcare Plastics Recycling Council.
48. Medical Device Technologies. Medical Waste Recycling that Reduces Cost: Why is Australia So Behind? Retrieved from <https://medicaldevicetechnologies.com.au/medical-waste-recycling-that-reduces-cost-why-is-australia-so-behind/>
49. Create Digital. Clinical Clean-Up: Recycling Medical Waste. Retrieved from <https://createdigital.org.au/clinical-clean-up-recycling-medical-waste/>
50. Australian National University. Disrupting Australia's Approach to Medical Waste. Retrieved from <https://www.anu.edu.au/news/all-news/disrupting-australias-approach-to-medical-waste>
51. Veolia. Perth Medical Solutions: Sorting & Recycling Facilities. Retrieved from <https://www.anz.veolia.com/our-facilities/sorting-recycling-facilities/perth-medical-solutions>
52. Veolia. Perth Medical Solutions: Sorting & Recycling Facilities. Retrieved from <https://www.anz.veolia.com/our-facilities/sorting-recycling-facilities/perth-medical-solutions>
53. Medical Device Technologies. Medical Waste Recycling that Reduces Cost: Why is Australia So Behind? Retrieved from

<https://medicaldevicetechnologies.com.au/medical-waste-recycling-that-reduces-ost-why-is-australia-so-behind/>

54. ANU. Disrupting Australia's Approach to Medical Waste
55. Waste Management in Germany 2023 - Facts, Data, Figures.
56. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
의약자로,독일의 특수 환경부.
57. PVCMed. Retrieved from <https://pvcmed.org/>
58. Ellen MacArthur Foundation. (2021, February 24). Recycling is the action or process of converting waste into reusable material.
59. US EPA. (2022). National Recycling Strategy: Part One of a Series on Building a Circular Economy for All.
60. Balkan, E., Martin, C., & Weinstein, K. (2021, November 12). Beyond Recycling: Policy to Achieve Circular Waste Management.
61. US EPA. (2022). National Recycling Strategy: Part One of a Series on Building a Circular Economy for All.
62. Balkan, E., Martin, C., & Weinstein, K. (2021, November 12). Beyond Recycling: Policy to Achieve Circular Waste Management.
63. US EPA. (2022). What is a circular economy?.
64. Balkan, E., Martin, C., & Weinstein, K. (2021, November 12). Beyond Recycling: Policy to Achieve Circular Waste Management.
65. Ellen MacArthur Foundation. (2021, February 24). Recycling is the action or process of converting waste into reusable material.

66. 국회입법조사처, (2022). 의료폐기물 자원화 방안.
67. 한국환경정책평가연구원(KEI), (2022). 의료폐기물 관리 정책 개선 방안.
68. 중소벤처기업부, (2023). 규제자유특구 사업계획.
69. 국회미래연구원, (2023). 바이오헬스 규제혁신 정책보고서.

ABSTRACT

A Study on the Improvement of Regulation for Efficient Management of Medical Waste

In modern society, disposal of medical waste has emerged as one of the important tasks in solving environmental and health problems caused by infectious substances and hazardous chemicals. Advances in medical technology, expansion of medical services, population aging, and global crises such as the Covid-19 pandemic have significantly increased the amount of medical waste generated, and there is an urgent need to develop appropriate treatment and recycling measures. In particular, a significant portion of medical waste contains infectious substances, and improper disposal can pose serious risks to human health and the environment.

In order to solve these problems, this study aims to analyze problems that arise during the treatment of medical waste and find more sustainable solutions.

The main goal of the research is to identify problems with medical waste disposal methods, explore recycling possibilities, promote resource circulation, and suggest ways to strengthen environmental protection. Through literature research, we investigated the current status of domestic and foreign medical waste generation and treatment, and compared and analyzed the advantages and disadvantages of various treatment methods currently used, such as incineration, sterilization, and grinding. In this process, the impact of medical waste disposal methods on human health and the environment, as well as economic costs and legal regulations, were analyzed from various angles. Incineration, the main method of medical waste disposal, can reduce the risk of infection, but carcinogens such as dioxins and furans are released during the incineration process, contaminating the air and soil. This increases the incidence of cancer and is a major cause of adverse effects on the ecosystem. Additionally, during the landfill process,

hazardous substances from waste may permeate through the soil into groundwater, causing long-term damage to the environment. Therefore, incineration and landfill may be short-term solutions, but they have limitations as sustainable disposal methods. Additionally, during the landfill process, hazardous substances from waste may permeate through the soil into groundwater, causing long-term damage to the environment. Therefore, incineration and landfill may be short-term solutions, but they have limitations as sustainable disposal methods. On the other hand, sterilization and grinding are emerging as alternative methods to safely dispose of infectious materials. In particular, sterilization uses high-temperature steam to render waste sterile, lowering the risk of infection and allowing safe disposal of residues. However, this method does not reduce the amount of residue after treatment, and additional management of the treated residue is required. In addition, methods such as chemical treatment and radiation treatment have been introduced, but these treatment methods are not widely used due to high costs and management difficulties.

Research on recyclability is considered a new breakthrough in medical waste management. A significant portion of medical waste consists of recyclable materials such as plastic, and recycling can contribute to environmental protection through resource circulation. Plastic medical waste can be reused through recycling processes instead of incineration and landfill, or used as raw materials in other industries. In addition, it was introduced as an overseas example of recycling disposable diapers and incineration ash and converting them into building materials or fuel, which is presented as a way to reduce waste disposal costs and maximize resource utilization.

Through analysis of overseas cases, it was confirmed that advanced countries such as the United States, Europe, and Japan are strengthening policy and legal regulations to promote recycling. In the United States, regulatory agencies such as the Environmental Protection Agency (EPA) are proposing strict standards for the treatment and recycling of medical waste, while Europe and Japan are revitalizing resource circulation through policies to expand plastic medical waste. This recycling system not only saves resources but also has a positive effect on environmental protection, and Korea needs to strengthen its medical waste

recycling policy by referring to the examples of advanced countries.

In conclusion, this study drew the following conclusions through advanced analysis of the treatment and recycling of medical waste.

First, incineration and landfilling of medical waste have a long-term negative impact on the environment, and a sustainable treatment method must be introduced to replace it.

Second, alternative processing methods, such as sterilization and comminution, can safely dispose of infectious materials, but require additional efforts to increase recyclability.

Third, expanding recycling of plastic medical waste can be a major strategy for resource circulation and environmental protection, and legal and policy alternatives must be prepared for this. In the case of Korea, improving the current medical waste disposal system and establishing specific strategies to promote recycling are presented as urgent tasks.

This study can be used as basic data to improve the efficiency of medical waste disposal and build a sustainable medical system through resource circulation. Through this, we will contribute to building a sustainable medical environment in the future by improving the medical waste management system and suggesting ways to contribute to environmental protection and resource saving.

Key words : Medical waste, Recycling, Incineration, Landfill, Sterilization, Grinding, Environmental impact, Infectious substances, Hazardous chemicals, Dioxins and furans.