Review Paper

The Current State of Management and Disposal of Wastes Related to COVID-19 : A review

Jeongyeon Yoon¹ · Younghan Yoon² · Sang Leen Yun² · Wontae Lee^{3*}

¹Gyeongsangbukdo Government Public Institute of Health & Environment

²Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

³Kumoh national Institute of Technology

(Received December 3, 2021; Revised December 23, 2021; Accepted December 29, 2021)

Objectives : This paper summarizes effective waste management and disposal methods for plastic and medical wastes during the prolonged COVID-19 pandemic.

Methods : We reviewed the literatures reporting and identifying the current status and characteristics of wastes related to COVID-19, and the management and treatment guidelines for those wastes. We also investigated various technologies for waste treatment and disposal, and assessed the current status and future direction of the technologies in Korea.

Results and Discussion : In the first half of 2020 in Korea, the amount of plastic waste produced had increased by 15.6% year-on-year, and medical waste production also increased significantly from 0.6 ton in January 2020 to 2,928 ton in August 2021. All of the infectious wastes are currently being incinerated in Korea, but there are concerns on air pollutant emissions and insufficient treatment facilities. Municipal solid waste also suffers from a lack of landfill capacity and low price competitiveness in the recycling industry.

Conclusions : Policy and system need to be improved to reduce the infectious waste generation from the sources, and treatment and disposal technologies for produced wastes also need to be developed. Furthermore, hospitals and health care facilities should establish their own waste reducing systems which may include chemical treatment and sterilization units.

Keywords : COVID-19, Plastic waste, Medical waste, Waste management, Waste disposal

The Korean text of this paper can be translated into multiple languages on the website of <http://jksee.or.kr> through Google Translator.

* Corresponding author

E-mail: wtlee@kumoh.ac.kr

Tel: 054-478-7636 Fax: 054-478-7859

© 2021, Korean Society of Environmental Engineers

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

총 설

코로나19 바이러스 관련 폐기물의 발생현황, 관리 및 처리

윤정연¹ · 윤영한² · 윤상린² · 이원태^{3*}

¹경상북도보건환경연구원, ²한국건설기술연구원, ³금오공과대학교 환경공학과

목적: 본 연구는 장기화되고 있는 코로나19 대유행 시기에 보다 효과적인 폐기물 관리 및 처리 방안을 검토하는 것을 목적으로 한다.

방법: 국내외 문헌 검토를 통하여 코로나19 관련 의료 폐기물, 플라스틱 폐기물, 생활 폐기물 등의 발생 현황과 특성, 관리 및 처리 지침을 조사하였다. 또한, 현재 발표되고 있는 폐기물의 다양한 처리 기술과 동향을 확인하고, 우리나라의 현황과 문제점을 검토하였다.

결과 및 토의: 2020년 상반기 플라스틱 폐기물 배출량은 전년 동기 대비 15.6%가 증가하였고, 의료 폐기물 발생량 또한 2020년 1월 0.6톤에서 2021년 8월 2,928톤으로 크게 증가하였다. 현재 감염 위험성이 있는 폐기물은 전량 소각을 통해 처리하고 있지만 대기오염물질 배출과 처리 용량 부족 문제에 시달리고 있으며, 생활폐기물 또한 매립 시설 용량 부족과 재활용 업계의 가격경쟁력 약화로 어려움을 겪고 있다.

결론: 감염성 폐기물 발생량을 원천적으로 감량하기 위한 정부의 정책 및 제도 개선과 발생된 폐기물을 처리하기 위한 다양한 기술에 대한 적극적인 개발이 필요할 것으로 보인다. 또한, 대규모 병원과 의료시설 등에서는 자체적으로 멸균 및 화학적 처리 시설을 갖추으로써 폐기물 감량에 앞장서야 할 것이다.

주제어: 코로나바이러스감염증-19, 플라스틱 폐기물, 의료폐기물, 폐기물 관리, 폐기물 처리

1. 서론

2020년 3월, 세계보건기구(WHO)는 신종코로나바이러스 감염증의 확산 현상에 대하여 세계적 대유행을 뜻하는 팬데믹(Pandemic)을 선언하였다. 2021년 11월 기준, 전세계적으로 2억5천여만명이 감염되었고, 누적 사망자 수가 510만명에 이르는 등 코로나19 감염 확산세가 꺾이지 않고 있다.

신종코로나바이러스 감염증(이하 코로나19)은 SARS-CoV-2(Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2)에 의해 발생하는 호흡기 질환으로, 감염자가 기침, 재채기, 말하기 등을 할 때 발생하는 호흡기 침방울(비말)에 의해 전파되거나 감염된 사람과의 접촉 등을 통해 전파된다. 주로 대면접촉을 통해 감염이 이루어짐에 따라 사회적 거리두기와 생활 속 거리두기, 사적 모임 등을 제한하는 방법으로 방역을 실시하고 있다. 이에 따라 재택근무를 실시하거나 가정에서 활동하는 시간이 늘어나면서 언택트(Non-contact) 소비인 택배와 배달 수요가 대폭 증가하고 있으며, 필연적으로 포장재 및 일회용품 등의 플라스틱류 폐기물이 다량 배출되어 적절한 수거 및 처리 방안이 요구되고 있다.

또한, RT-PCR 진단검사를 통해 코로나19에 감염된 것으로 확인되면 환자는 병원 또는 생활치료센터로 이송되고, 진단검사 결과가 음성인 경우에는 자가에서 격리하거나 임시생활시설에서 격리하게 된다. 이 때 진단 과정에서 사용한 각종 실험기구와 개인 보호장비(PPE, Personal Protective Equipment), 코로나19에 감염된 환자와 환자를 치료 및 관리하는 의료진으로부터 발생하는 의료폐기물 또한 코로나19 확산세에 따라 배출량이 점차 증가하고 있다. 의료폐기물이란 의료기관 및 시험기관 등에서 배출되는 폐기물 중 인체 감염 등 위해 우려가 있는 폐기물로서 위해도에 따라 격리·위해·일반의료폐기물로 분류된다.

Chin (2020)에 따르면, SARS-CoV-2 바이러스는 인체물이나 화장지 표면에서 약 3시간 가량 생존할 수 있으며, 방부목이나 의료 표면에서는 2일, 유리나 지폐에서는 4일, 스테인리스강과 플라스틱 표면에서는 약 7일간 생존할 수 있다고 언급하였다.¹⁾ 따라서 코로나19와 관련하여 발생된 모든 폐기물이 코로나19의 간접 전파 매개체가 될 수 있으므로 일반 환경에 노출되지 않도록 관리하는 것이 중요하다.

이에 국내외 문헌 조사를 통하여 코로나19 관련 폐기물

의 발생현황을 파악하고, 수거 및 운반, 관리 및 처분에 이르는 과정을 검토함으로써 장기화되고 있는 코로나19 확산 시기에 보다 효과적인 폐기물 관리 방안을 고민해보고자 한다.

2. 코로나19 관련 폐기물 발생 현황

통계청에 따르면 2020년 12월 기준 온라인쇼핑 거래량은 전년 동월 대비 약 26.1% 증가하였다.²⁾ 여행 및 교통서비스 분야에서 거래량이 70.0% 감소한 반면 음식서비스 분야에서 109.1%, 음식료품 분야에서 66.3% 가량 거래량이 증가한 결과이다.²⁾ 이처럼 대면 접촉을 피하기 위하여 배달 서비스와 택배 소비가 증가하면서 포장재 및 아이스팩, 스티로폼, 비닐, 플라스틱류 등의 폐기물 발생량이 대폭 증가하고 있다. 또한, 코로나19 감염 예방을 위하여 일회용 마스크, 일회용 위생장갑 등에 대한 수요가 늘고 카페와 음식점 내부에서의 일회용 컵 사용금지가 일시 해제되면서 플라스틱 소비를 촉진시키고 있다. 환경부 보도자료에 의하면 2020년 상반기 플라스틱 폐기물 배출량은 전년 동기 대비 15.6%가 증가하였고, 비닐 폐기물은 11.1%가 증가한 것으로 나타났다.³⁾

코로나19 확산에 따른 플라스틱 폐기물의 배출량 증가는 우리나라에만 국한된 것이 아닌 전세계적 현상이며, 일부 국가에서는 일시적으로 일회용품 사용을 권고하거나 강제로 시행하고 있다. 양정화(2020)에 따르면, 2019년 말까지만 해도 미국은 플라스틱을 포함한 일회용품의 사용을 금지하는 규정을 시행하고 있었지만, 코로나19 사태가 지속되자 바이러스 전파와 감염 위험을 줄이기 위해 각 주(state)와 시, 기업 등에서 일회용품 사용 금지령을 중단하거나 플라스틱 사용을 허용하고 있다.⁴⁾ Darmaraj (2021)는 코로나19 사태가 시작된 이후 플라스틱 사용량은 포장재 부분에서 44.8%, 손소독제 및 마스크 등 의료 부분에서 13.2% 증가한 것으로 보고하였다.⁵⁾ 특히 코로나19 예방을 위하여 매일 사용하고 있는 마스크의 경우 대부분 플라스틱 섬유로 구성되어 있어 환경에 미칠 부정적 영향이 매우 클 것으로 예상된다.⁶⁾

한편, 지난 2020년 1월 국내에서 처음으로 코로나19 확진자가 발생한 이후 1년동안 병원, 생활치료센터, 임시생활시설로부터 발생한 코로나19 관련 의료폐기물은 약 7,517톤이 수거되었으며, 처음 집계가 시작된 2020년 1월 23일에 0.6톤을 시작으로 1년동안 하루 평균 21톤의 의료폐기물이 수거되었다.

Fig. 1. Variation of the medical waste caused by COVID-19 in Korea, January 2020 through August 2021.⁷⁻⁹⁾

이는 2015년에 발생한 메르스 관련 의료폐기물 양인 275톤 대비 약 30배에 해당하는 양이다.⁷⁾ 또한, 국회 환경노동위원회 장철민 국회의원의 국정감사 보도자료에 따르면 2021년 7월과 8월에는 코로나19 확진자가 급증하면서 의료폐기물 또한 각각 1,939톤과 2,928톤으로 크게 증가하여 전년 동월 대비 각각 7.9배와 11.1배 많은 의료폐기물을 배출하였다.⁸⁻⁹⁾ 월별 의료폐기물 발생량을 Fig. 1에 나타내었다.

이처럼 발생량이 급증한 의료폐기물의 종류에는 코로나19 확진자와 의료진, 폐기물 수거업체에서 사용하는 보호복 세트, 마스크, 보호장갑, 보호안경, 비닐가운 등이 있으며, 진단·치료 과정에서 사용하는 바늘, 주사기, 의료기구 등 감염 위험성이 있는 폐기물이 해당된다. 이외에도 자가격리자가 배출하는 생활폐기물과 코로나19 진단 검사를 수행하는 실험실, 코로나19 백신 개발 관련 연구실과 백신 접종 과정에서 발생하는 폐기물, 코로나19로 사망한 환자의 화장장, 장례식장 등에서 발생한 폐기물이 의료폐기물로 분류되는데 대부분 플라스틱 폐기물에 해당된다. Table 1에 코로나19와 관련한 의료폐기물의 주요 발생원과 종류 및 성상을 나타내었다.

3. 국내외 코로나19 관련 폐기물 관리 지침

코로나19와 관련하여 발생한 폐기물 처리에 관한 국가별 지침을 살펴보면 우리나라를 포함한 대부분의 국가는 격리의료폐기물에 대한 감염 위험성을 줄이기 위해 이중 밀봉 후 별도의 선별 과정을 거치지 않고 발생 현장에서 즉시 수거 및 소각

Table 1. The sources, materials and types of medical waste related to COVID-19⁵⁾

Source	Common materials of COVID-19 medical waste	Types of plastic waste
Hospitals, Medical clinics, Health-care centers, Research and development sectors, Home quarantine, Household	COVID test kits, masks, respirators, syringes, feeding tubes, oxygen pipes, suction probes, saline bottles, catheters, gloves, aprons, shoe masks, face masks, caps, covers, goggles/glasses, clothing and packaging bags	PET (Polyethylene terephthalate), HDEP (High density polyethylene), LDEP (Low density polyethylene), PVC (Poly vinyl chloride), PP (Polypropylene) and PS (Polystyrene)

하는 것을 원칙으로 하고 있다. 미국을 제외한 대부분의 국가에서 플라스틱 폐기물 등 폐기물의 재활용율을 높이기 위한 정책을 제시하고 있으며 아래에 우리나라와 세계 국제 기구(WHO, UNEP), 미국, 유럽연합(EU)의 폐기물 관리 지침을 자세히 소개하였다.

3.1. 국내 관리 지침

2020년 3월 환경부에서 발표한 코로나바이러스감염증-19 관련 폐기물 안전관리 특별대책(제3판)에 따라 코로나19 확진자에게서 발생한 모든 폐기물(음식물쓰레기 포함)은 배출장소에서 바로 플라스틱 재질의 전용용기에 투입하고 의료폐기물 전용봉투에 넣어 이중으로 밀봉하여야 한다.¹⁰⁾ 다른 폐기물과 구분하여 별도 보관장소에 소독·보관한 후 당일 반출이 원칙이며, 의료폐기물 수집·운반·처리업체는 임시보관장소를 경유하지 않고 의료폐기물 소각업체로 직송하여 소각처리해야 한다. 소각장에서는 해당 폐기물의 입고 즉시 전용용기에 담긴 상태로 바로 소각로에 투입하여 최종 처리한다. 확진자와 접촉 없이 생활치료센터를 운영·지원하는 과정에서 발생한 생활폐기물은 일반의료폐기물로 분류하여 의료폐기물 전용봉투에 담은 후 골판지 재질의 의료폐기물 전용용기에 넣어 밀봉해야 하는데, 마찬가지로 매일 운반 및 소각처리해야 한다.

2021년 10월 개정된 코로나바이러스감염증-19 관련 폐기물 안전관리 특별대책(제4-1판)에서는 최근 자가격리자와 확진자가 폭증함에 따라 재택치료 활성화 및 폐기물 처리방법을 보완하기 위하여 자가격리자와 재택치료자가 배출한 폐기물을 의료폐기물이 아닌 생활폐기물로 분류하여 처리하도록 규정하고 있다. 자가격리자가 배출한 폐기물의 경우 확진자를 이송하고 3일(72시간) 이후 소독하여 생활폐기물로 분리배출하도록 하였다. 재택치료자가 배출한 폐기물의 경우 재택치료가 종료되고 3일(72시간) 이후 치료기간 동안 발생한 폐기물을 소독하여 생활폐기물로 배출하도록 하였다.¹¹⁾

이와 더불어 2020년 12월에 열린 제120차 국정현안조정점검 회의에서 우리 정부는 코로나19 팬데믹 시기에 관리가 느슨했던 플라스틱 사용량을 낮추기 위하여 <생활폐기물 탈(脫)플라스틱 대책>을 발표하였다. 플라스틱 발생을 원천 감량하기 위하여 올해부터 단계적으로 배달 용기 종류에 따라 두께를 제한하기로 하였으며, 1회용컵 보증금 제도 등을 신설하여 2025년까지 플라스틱 폐기물을 2020년 대비 20% 줄이고, 현재 54% 수준인 폐플라스틱 재활용 비율을 70%까지 높일 계획이다.

3.2. 해외 관리 지침

3.2.1. 국제 기구(WHO, UNEP)

세계보건기구(WHO)는 의료폐기물을 의료행위 및 이와 관

련한 연구와 실험에서 발생하는 모든 폐기물로 정의하고 있으며, 2020년 7월에 코로나19 관련 폐기물의 안전한 처리와 관리에 대한 가이드라인 개정판을 배포하였다. 이 가이드라인에서는 확진자를 돌보는 헬스케어센터에서 발생하는 폐기물은 모두 감염성폐기물로 간주하여 바이오유해성 표시가 있는 용기 내에 밀봉된 플라스틱 전용 봉투에 수거하여 현장에서 즉시 처리하기를 권고하고 있으며, 처리방법으로 고온 이중 소각이나 고압 살균을 권고하고 있다. 또한, 헬스케어 시설에서 발생하는 비감염성폐기물에 대해서는 감염성폐기물과 분리하여 처리하되, 폐기물의 수거 인력에 대해 각종 보호장비 착용 및 전문적인 교육을 실시하도록 하고 있다.^{6,12)}

유엔환경계획(UNEP, United Nations Environment Programme)은 환경과 건강 보호를 위한 의료폐기물 등 코로나19 폐기물 관리를 위해 폐기물 발생 단계부터 일반적인 의료폐기물과 분리하여 관리할 것을 권고하고, 코로나19 관련 폐기물에 대한 통제되지 않은 투기 금지(No Uncontrolled Dumping), 야외 소각 금지(No Open Burning)를 제시하였다.⁶⁾

3.2.2. 미국

미국은 정부 차원의 특별한 가이드라인은 없으나 미국 노동부 산하 산업안전보건청(OSHA, Occupational Safety and Health Administration)에서 고형폐기물 처리 지침에 대해 발표하면서 코로나19에 노출된 고형폐기물 또는 일반 폐기물을 다른 고형폐기물과 같이 분류하여 처리하도록 규정하였으며, 다만 폐기물 수거 노동자에게 개인 보호장비 착용 및 안전 교육을 권고하고 있다.¹³⁾ 특히 코로나19 감염 위험으로부터 보호하기 위하여 플라스틱 물품은 굉장히 중요한 역할을 하기 때문에 플라스틱을 반드시 사용해야 한다고 주장하고 있으며, 캘리포니아 주에서는 장바구니의 재사용이 코로나 감염의 매개체가 될 수 있다는 점을 우려해 일회용 종이나 비닐봉지를 사용하도록 규정하고 있다.⁴⁾

3.2.3. 유럽연합

유럽연합(EU)은 2020년 4월 유럽위원회(European Commission, EC) 명의로 코로나바이러스 위기 관리의 일환으로 폐기물 관리(Waste management in the context of the coronavirus crisis)를 발표하였다. 이 가이드라인에는 코로나19 환자로부터 발생한 휴지, 마스크 등을 담은 폐기물 봉투를 환자 방에 별도 보관했다가 수거 전에 밀봉하여 폐기하도록 하였으며, 간병인 등이 사용한 봉투와 함께 일반 폐기물로 수거하도록 하여 별도의 격리의료폐기물 수거를 위한 활동이나 폐기 방법을 규정하고 있지 않다.¹⁴⁾

한편 영국은 팬데믹 초기 봉쇄 조치가 시행되는 동안 생활쓰레기 처리 및 재활용센터가 문을 닫았다. 이것은 쓰레기 폐기 및 수거 과정 중에서 대면 접촉으로 인한 바이러스 확산 우려와 폐기물 자체의 바이러스 오염 가능성 때문이다.¹²⁾ 영

Fig. 2. Number of peer-reviewed journal papers related to coronavirus published per year, 2011-2021: (a) waste management (b) waste disposal (c) medical waste and (d) plastic waste. Source: Google Scholar.

국 정부에서는 건강상 위협 등을 포함한 폐기물 처리 우선순위에 대한 가이드라인은 제공하고 있지만, 각 지방정부와 폐기물 처리 업체에 판단을 맡기고 있다. 정부 차원에서는 급증한 플라스틱 사용 근절 및 폐기물 재활용 확대를 위하여 <1회용 포장재 재활용 활성화를 위한 보증금제도 도입 방안>이라는 정책 보고서를 발간하여 폐기물 재활용 측면을 더욱 강조하고 있다. 또한, 음료 용기의 보증금 상환 제도, 포장에 관한 제조사의 책임 확대 등에 대한 법안을 추가 발의하여 폐기물 재활용 관련 법을 확대 시행할 계획이다.¹⁵⁾

4. 코로나19 관련 폐기물 처리 동향

코로나19와 관련하여 발생한 폐기물의 처리 기술과 최근 연구 동향을 살펴보기 위하여 구글 학술검색(scholar) 사이트에 2011년부터 2021년 11월 현재까지 발행된 논문 현황을 검색하였다. 주요 검색어는 coronavirus를 기본으로 하여 “waste management”, “waste disposal”, “medical waste”, “plastic waste”를 각각 추가하여 검색하였고, 각 검색어와 관련하여 발간된 논문의 개수를 **Fig. 2**에 그래프로 나타내었다.

2011년 이후 발행된 논문을 검토한 결과, 2002년과 2013년에 coronavirus를 원인으로 하여 유행하였던 SARS (중증급성호흡기증후군)와 MERS (중동호흡기증후군)로 인하여 폐기물의 관리와 의료 폐기물에 대한 논문은 매년 비슷한 수준

으로 꾸준히 발행되고 있었다. 하지만, 2020년 코로나19 팬데믹 시기를 기점으로 coronavirus 및 폐기물에 관련하여 발표된 논문의 수는 급증하였고, 2011년 대비 waste management 부분에서는 약 10.4배, waste disposal 부분에서는 약 37.2배, medical waste 부분에서는 약 4.6배, plastic waste 부분에서는 약 2.6배 많은 수의 논문이 게재되었다. 이는 코로나19와 관련한 폐기물의 관리와 처리에 대한 중요성을 반증하는 결과이다. 위 논문들에서 소개된 주요 폐기물 처리 기술 및 방법에 대하여 현재 우리나라의 현황을 검토하였다. 코로나19로 발생한 폐기물에만 국한된 처리기술은 없으므로 본 절에서 기술하는 처리기술은 코로나19 뿐만 아니라 다른 감염성 폐기물의 처리를 포함하는 기술이다.

4.1. 소각(Incineration)

코로나19 관련 폐기물 처리에 대한 각 나라별 지침과 방법을 검토한 결과, 대부분의 의료폐기물 또는 감염이 의심되는 폐기물은 소각을 통하여 처리하고 있었다. 이는 코로나19 감염증을 유발하는 SARS-CoV-2 바이러스를 70℃ 이상의 고온에서 5분 이상 처리할 경우 바이러스의 비활성화에 매우 효과적인 것으로 알려져 있기 때문이다.¹⁶⁾ 특히 소각은 850℃ 이상의 온도에서 시간당 최소 1톤 이상의 폐기물을 태울 수 있고, 소각 후 고형폐기물의 부피를 약 85~90%까지 감소시킬 수 있기 때문에 대량으로 발생하는 코로나19 관련 의료폐기

Table 2. Comparison of the fuel properties of pyrolytic oil with other commercial fuels¹⁹⁾

Property	Unit	Pyrolytic oil	Diesel	Kerosene
Density	kg/m ³	840	870-950	780-810
Gross calorific value	kJ/kg	41,325	44,800	35,000
Flash point	℃	39	52	37-65
Pour point	℃	14	-9 ~ +9	-40

물을 처리하기가 용이하다.¹⁷⁾

하지만, 코로나19 관련 의료폐기물이 대부분 플라스틱류에 해당하는 것을 감안할 때, 플라스틱의 연소 과정에서 1급 발암물질인 다이옥신(dioxin), PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbon) 과 같은 유해물질이 2차적으로 발생할 수 있어 장기적 관점에서는 전량 소각 처리가 적합하지는 않다.¹⁸⁾ 다만, 현재와 같은 팬데믹 상황에서 코로나19 방역에 대한 우선적 가치를 고려한다면 의료폐기물의 소각은 어쩔 수 없는 선택으로 받아들여지고 있는 것이다. 따라서 폐기물을 단순 소각하여 처리하는 것에 그치는 것이 아닌 폐기물을 태워서 에너지를 회수할 수 있도록 시설을 개선하는 방안이 필요하다. 또한, 의료폐기물을 전량 수거 및 전량 소각하는 처리 방식에만 의존하지 말고, 배출 현장에서 직접 멸균 혹은 화학적 처리 등을 통해 처분할 수 있도록 다양하고 효율적인 처리기술의 개발과 이에 대한 정부의 적극적인 투자가 필요할 것으로 사료된다.

4.2. 열분해(Pyrolysis)

열분해는 플라스틱, 종이, 유기물질 등의 폐기물을 무산소 또는 저산소 조건에서 200~650℃의 열을 가하여 열화학적으로 분해·처리하는 방법으로 산소 공급 유무로 소각과 구별된다.⁵⁾ 열분해는 저에너지 형태의 물질을 고에너지 형태의 연료로 변환하여 사용할 수 있는 장점이 있으며, 현재 의료폐기물 중의 플라스틱 폐기물 등을 열분해 방법을 통해 처리한 후, 다양한 형태의 연료로 생산하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

Som U.(2018) 등은 의료폐기물 중의 플라스틱 주사기를 열분해 하여 합성유를 얻는 연구를 수행하였으며, 이를 시중의 경유 및 등유와 비교한 결과를 Table 2에 나타내었다. 실험실 규모에서 열분해 처리하여 얻은 합성유는 밀도, 인화점 등 대부분의 특성이 시중의 경유 및 등유와 비슷한 것으로 나타났다.¹⁹⁾ 특히, 열분해 합성유를 제조하여 얻은 총 열량은 상업유와 유사한 수준으로 나타나, 연료로서 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

현재 국내의 열분해 처리 시장 규모는 연간 1만톤 수준에 그친다. 환경부는 <생활폐기물 탈(脫)플라스틱 대책>을 발표하면서 2025년까지 폐플라스틱 열분해 시설을 10기 더 확충할 계획을 발표하였으며, 2025년 31만톤, 2030년에는 90만톤 규모로 열분해 처리 시설을 계속해서 확장할 계획이다. 이를 통해 폐플라스틱을 보다 안정적으로 처리하고, 열분해유를 석

유화학 제품의 원료로 재활용할 수 있도록 함으로써 폐플라스틱으로부터 경제적 가치를 창출할 계획이다.

4.3. 재활용(Recycling)

통상적으로 폐기물 재활용은 수거, 선별, 재활용의 3단계를 거친다. 사용자로부터 배출된 폐기물을 수거업체에서 모아 선별업체로 이송하면, 선별업체에서는 재생원료로 사용이 가능한 폐기물은 재활용하고, 그렇지 못한 폐기물은 소각 또는 매립(Landfill) 시설로 보내게 된다.

최근 코로나19 확산 이후 가정에서 생활하는 시간이 늘고, 비대면 거래인 배달 서비스 및 온라인 쇼핑 소비가 증가하면서 포장재, 스티로폼, 비닐 등의 플라스틱 폐기물을 포함한 생활 폐기물의 발생량이 크게 증가하고 있다. 이에 폐기물 재활용 산업의 확장세가 주목을 받으면서 관련 업체를 중심으로 폐기물 재활용률을 높이기 위한 재활용 폐기물 선별 및 재가공 기술, 에너지화에 대한 신기술 개발이 진행되고 있다. 한국 환경산업기술원의 자료에 따르면 2021년 10월 기준 환경산업 연구단지 입주기업 중 폐기물 관련 업체가 가장 많은 비중을 차지하였으며, 전체 116개사 중 37개사(31.9%)가 폐기물 관련 기술 및 제품 보유 업체인 것으로 나타났다. 특히, 폐플라스틱을 선별한 후 펠릿으로 재활용하거나 폐플라스틱을 가공해 재활용하는 등의 기술 분야가 관심을 받고 있는 것으로 나타났다.²⁰⁾

하지만, 코로나19 팬데믹 시기 이전의 환경 정책은 플라스틱 재활용 보다는 플라스틱 사용량을 근본적으로 줄이는 방향으로 진행되어 왔고, 폐기물의 수거와 선별, 재활용의 전 과정을 대부분 영세한 민간업체에 의존하고 있어 현재와 같은 대내외 시장변동에는 매우 취약한 상황이다. 또한, 코로나19 사태 장기화에 따른 경기 침체와 유가 하락은 플라스틱 재생원료에 대한 가격경쟁력을 떨어뜨리면서 폐기물 재활용 업체를 더욱 어렵게 하고 있다. 따라서 복잡·다양·대형화되고 있는 폐기물 재활용 시장에 민감하게 대처하기 위한 공공의 역할과 적극적인 개입이 요구되고 있다.

이에 정부는 자원순환 정책 대전환 추진계획(2020)을 통해 2024년까지 수거 체계에 공공이 단계적·적극적으로 개입함으로써 국내외 시장 변동에 대한 완충 역할을 수행하기로 하였으며, 재생원료의 품질을 향상시키기 위한 선별시설 확충 및 현대화를 추진하기로 하였다.

4.4. 매립(Landfill)

환경부는 수도권매립지에 반입되는 생활폐기물의 양을 줄이기 위하여 2020년 1월부터 지자체별로 반입총량제를 실시하였다. 2020년 7월 말 기준 반입총량 대비 인천시 83.3%, 서울시 69.1%, 경기도 60.3%를 반입하고 있었으며, 반입총량을 이미 초과한 지자체(시·자치구)는 10곳에 달하였다.²¹⁾ 코로나19 확산 속 가정에서 생활하는 시간이 늘어나면서 생활폐기물의 양 또한 급격히 늘어나고, 이 중 일회용품 및 플라스틱류의 재활용 폐기물을 적절히 분리 배출하지 않고 생활폐기물과 함께 배출하는 경우가 반영된 것이다. 또한, 코로나19 감염 의심 폐기물을 현재 전량 소각하여 처리하고 있는데, 이때 소각 후 남아있는 소각재 및 불연물을 매립을 통해 처리함에 따른 것이다.

올해는 2020년에 비하여 수도권 위주로 코로나19 확산세가 더욱 거세지고 사회적 거리두기 4단계가 계속 지속되었던 것을 감안하면, 대부분의 지자체에서 할당된 반입총량을 훨씬 넘길 것으로 예상된다. 더욱이 수도권매립지의 제3매립장(1단계)도 2025년 이전에 매립이 종료될 것으로 보여 생활폐기물의 발생량을 원천적으로 감량하기 위한 정책 마련과 소각재 재활용 기술 개발 등 다양한 분야에서의 정책적·기술적 뒷받침이 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

코로나19 사태가 장기화되고 계속해서 다양한 변이 바이러스가 발견되면서 당분간 팬데믹 상황은 종식되기 어려울 것으로 보인다. 코로나19가 확산되던 초기에는 일회용품과 플라스틱 사용량 증가가 일시적인 현상일 것으로 예상했지만, 이제는 일회용품과 플라스틱제품이 개인의 위생과 안전을 위한 필수품으로 인식되고 있다. 이로 인한 폐기물 발생량 증가는 소각, 재활용, 매립 등에 이르는 폐기물 처리 프로세스 전반에 걸쳐 영향을 끼치고 있다. 이에 정부는 격리의료폐기물을 제외한 생활폐기물에 대하여 탈플라스틱 정책을 다시 시행하면서 그동안 완화하였던 일회용품과 플라스틱 사용에 대한 규제를 이어감과 동시에 플라스틱 열분해 처리 시설에 대한 확충 계획을 발표하는 등 다양한 폐기물 처리·관리 정책을 내놓고 있다.

또한, 현재 확진자와 자가격리자로부터 발생되는 의료폐기물은 전문업체를 통하여 대부분 소각으로 처리하고 있는데, 코로나19 확산세가 계속 지속될 경우 의료폐기물 발생량 급증에 따른 소각시설 용량 부족과 의료폐기물 보관 물량 증가로 인한 환경 중 노출 가능성 등을 고려하여 이러한 문제점을 미리 차단하기 위한 준비가 필요하다. 이는 대규모 병원이나 생활치료센터 등에서 자체적으로 멸균 및 화학적 처리를 통한 의료폐기물 처리 시설을 갖추으로써 해소할 수 있을 것이며, 이에 대한 정부의 적극적인 지원과 투자가 필요할 것으로 보인다.

Acknowledgement

본 연구는 국가과학기술연구회 글로벌 연구협력 네트워크 구축사업(글로벌 20-010)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. A. W. H. Chin, J. T. S. Chu, M. R. A. Perera, K. P. Y. Hui, H.-L. Yen, M. C. W. Chan, M. Peiris, L. L. M. Poon, Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions, *The Lancet Microbe*, 1(1), p. 10(2020).
2. Statistics Korea website, [https://kosis.kr/covid/statistics\(2021\)](https://kosis.kr/covid/statistics(2021)).
3. Ministry of Environment website, [http://www.me.go.kr\(2020\)](http://www.me.go.kr(2020)).
4. J. H. Yang, The current status of regulations on disposable goods and waste in the United States after the outbreak of COVID-19, *KIPA Regulatory Trends*, Korea institute of public administration, pp. 61-65(2020).
5. S. Dharmaraj, V. Ashokkumar, R. Pandiyan, H. S. Halimatul Munawaroh, K. W. Chew, W. H. Chen, C. Ngamcharussrivichai, Pyrolysis : An effective technique for degradation of COVID-19 medical wastes, *Chemosphere*, 275, p. 10092(2021).
6. J. M. Choo, S. J. Myeong, C. L. Kim, International environmental cooperation strategies for post-COVID era, *Koera Environment Institute*, Vol. 10(2020).
7. Ministry of Environment website, [http://www.me.go.kr\(2021\)](http://www.me.go.kr(2021)).
8. Member of the National Assembly C. M. Jang website, [http://blog.naver.com/jcm5440\(2021\)](http://blog.naver.com/jcm5440(2021)).
9. The environment daily website, [http://www.hkbs.co.kr\(2021\)](http://www.hkbs.co.kr(2021)).
10. Ministry of Environment, Special measures for safety waste management related to COVID-19, Vol. 3(2020).
11. Ministry of Environment, Special measures for safety waste management related to COVID-19, Vol. 4-1(2021).
12. S. C. Shin, H. J. Byeon, S. H. Kim, A study on the application of the short-range principle for treatment of COVID-19 medical waste in Korea, *Korea Environment Institute*, Vol. 9(2020).
13. M. R. Capoor, A. Parida, Current perspectives of biomedical waste management in context of COVID-19, *Indian J. Med. Microbiol.*, 39(2), pp. 171-178(2021).
14. European Commission website, [http://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/disinfection-environments-covid-19, April\(2020\)](http://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/disinfection-environments-covid-19, April(2020)).
15. Korea institute of public administration website, [http://www.kipa.re.kr\(2020\)](http://www.kipa.re.kr(2020)).
16. F. Di Maria, E. Beccaloni, L. Bonadonna, C. Cini, E. Confalonieri, G. La Rosa, M. R. Milana, E. Testai, F. Scaini, Minimization of spreading of SARS-CoV-2 via household waste produced by subjects affected by COVID-19 or in quarantine, *Sci. Total Environ.*, 743, p. 140803(2020).
17. J. Wang, J. Shen, D. Ye, X. Yan, Y. Zhang, W. Yang, X. Li, J. Wang, L. Zhang, L. Pan, Disinfection technology of hospital wastes and wastewater : Suggestions for disinfection

- strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China, *Environ. Pollut.*, 262, p. 114665(2020).
18. J. E. Celis, W. Espejo, E. Paredes-Osses, S. A. Contreras, G. Chiang, P. Bahamonde, Plastic residues produced with confirmatory testing for COVID-19: Classification, quantification, fate, and impacts on human health, *Sci. Total Environ.*, 760, p. 144167(2021).
 19. U. Som, F. Rahman, S. Hossain, Recovery of pyrolytic oil from thermal pyrolysis of medical waste, *J. Eng. Sci.*, 5(2), pp. H5-H8(2018).
 20. Korea Environmental Industry and Technology Institute homepage, www.keiti.re.kr(2020).
 21. Sudokwon landfill site management corporation homepage, www.slc.or.kr(2020).

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Authors and Contribution Statement

Jeongyeon Yoon

Drinking Water Analysis Section, Gyeongsangbukdo Government Public Institute of Health & Environment, Researcher, 0000-0002-6272-2143: Conceptualization, Methodology, Writing - Original Draft.

Younghan Yoon

Department of Environmental Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Senior Researcher, 0000-0002-8187-8223, Conceptualization, Methodology, Project administration, Visualization, Writing - review and editing.

Sang Leen Yun

Department of Environmental Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Senior Researcher, 0000-0001-8243-4002, Conceptualization, Methodology, Project administration, Visualization, Writing - review and editing.

Wontae Lee

Department of Environmental Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Professor, 0000-0001-9660-4455: Conceptualization, Supervision, Writing - review and editing.