

TECHNICAL NOTE

골판지원지 제조업 최적가용기법 기준서의 이해와 개선사항

서경애 · 김은석 · 김가희 · 간종범 · 홍석영 · 강필구*

국립환경과학원 통합환경관리연구팀

Understanding and Improvement of the K-BREF (Korea BAT reference documents) for the Corrugated Cardboard Manufacturing Industry

Kyungae Seo, Eunseok Kim, Gahee Kim, Jongbeom Khan, Sukyoung Hong, Philgoo Kang*

National Institute of Environmental Research, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team, Incheon 22689, Korea

Abstract

The purpose of this study analyzed the overview of corrugated cardboard manufacturing industry and then provide direction for improvement. The BREF (BAT reference document) is an important reference for licensees and officer, including the best available techniques for the industry and achievable environmental performance, technical characteristics, and economic information. In the corrugated cardboard manufacturing process, wastewater pollutants are generated throughout the production process, and water is used in the dissociation and aging process. Atmospheric emissions are mostly generated by steam production from boilers and incinerators for the dry process. SO₂, NO_x, CO₂, CO, HCl, dust, VOC, and odor were common. In the EU-BREF (European union BAT reference documents) BAT for wastewater have taken up a relatively large proportion. Items of water pollutants in wastewater were common in COD, BOD, N, P, SS, and however EU-BREF had different pollutants such as AOX and salt compared to K-BREF. In order to improve the quality of the K-BREF, it is necessary to devise basic data research method and data acquisition method. Consideration should be given to additional environmental management techniques that reflect the emissions characteristics of the corrugated cardboard manufacturing process. In addition, further research is needed to develop methodologies for selecting BATs considering environmental and economic feasibility.

Key words : BAT, K-BREF, EU-BREF, Integrated environment management, Air emission, Water treatment

1. 서론

환경오염시설의 배출허용기준은 매체별 허가제도 도입당시와 비교하여 10배 이상 강화되었고, 배출되는 오

염물질 또한 다양화되었다. 환경관리기법의 선진화 등 제반여건은 과거에 비하여 개선되었었지만, 허가 사항은 변함없이 인정되고 있다(Park, 2016). 환경오염물질이 한 가지 이상의 환경매체로 배출되고, 배출원에서 발생

Received 9 January, 2020; Revised 19 March, 2020;

Accepted 22 April, 2020

*Corresponding author: Pilgoo Kang, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, Korea

Phone: +82-32-560-7694

E-mail:philgkang@korea.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

되는 오염물질은 매체간 상호연관성을 가진다. 이처럼 통합환경관리는 다양한 매체가 매체별로 주변 환경에 영향을 끼치는 경우에 필요하다(Lee, 2018). 이를 위해 우리나라는 선진환경관리 방식인 통합환경관리제도를 도입하였으며, 매체별로 분산된 허가방식을 하나로 통합하였다. 이 제도는 사업장, 즉 수용체 중심의 환경관리를 위한 기술지원과 전문적 검토, 사업장별 맞춤형 환경기준 설정 등 허가권자와 사업장간의 상호소통을 가능하게 한다(Park, 2016). 최적가용기법 기준서(K-BREF, Korea best available techniques reference document)는 통합환경관리제도의 참고문헌 기능을 하며, 업종별 시행시기에 맞추어 마련될 예정이다. 통합관리에 관한 법률의 적용을 받는 업종은 19개 업종으로 현재까지 폐기물 소각, 전기 및 증기 생산시설 등 13권의 기준서가 마련되었다. 최적가용기법 기준서는 해당 산업의 공정별 또는 제품별 통합공정도 파악이 가능하며, 발생가능한 오염배출물질의 정보를 수록한다. 또한 최적가용기법과 달성가능한 환경성능 및 기술적 특성, 경제적 정보 등을 신고하여, 환경관리 및 공정운영에 유용한 문서이다(Kim et al., 2017). 게다가 2020년부터는 SO_x, NO_x, CO 등 대기오염물질 배출허용기준이 강화되어 사업장에서의 오염물질 관리에 대한 추가적인 대책이 필요하다. 따라서 업종별 공정 및 배출 특성을 파악하여 사업장에 적용가능한 최적가용기법을 도출하고(Park, 2017), 이를 적절히 적용하여 지속적인 환경관리를 하는 것은 통합환경관리를 위하여 매우 중요하다.

펄프·종이 제조업은 산업활동과 문화생활에 있어서 필수적인 산업이며 국민 1인당 종이소비량으로 문화수준의 척도를 나타낼 수 있다(Kim et al., 2010). 국내 제지업계는 중국, 미국에 이어 생산량 세계 5위를 유지하고 있으며, 1인당 지류 소비량은 197.2 kg으로 세계 10위권이다. 그중 골판지 포장산업은 택배시장 물동량 증가와 신유통산업의 성장, 농산물상자의 소포장화로 인해 2017년 기준으로 전년 대비 13.3%의 물량증가로 나타났다(KOPA, 2017). 폐지회수율이 높은 우리나라는 회수율 85.0%를 유지하고 있으며, 크라프트지 및 상자용 판지 제조업에 해당하는 제품인 골판지원지는 폐지사용비율이 높은 편이다. 또한 대표적인 에너지 다소비 업종으로 2016년 기준 5번째로 에너지 소비비중이 많았으며, 2013년 대비 0.4% 증가세를 보였다(MOT, 2018).

환경적 특성을 살펴보면, 수질의 측면에서 배출업소의 수는 감소하고 있지만(2007년 대비 1.4%) 폐수발생 및 배출량은 일정하게 유지하고 있다. 또한 BOD 부하량은 최근 5년간 118 kg/일이 증가한 것으로 나타났다. 통합환경관리제도의 대상이 되는 1·2종 사업장은 전체 산업의 5.6%에 불과하지만, 유기물질의 부하량은 전체 산업의 16.5%로 기여도가 크다. 또한 공정별 폐수의 성상 차이 및 유량이 달라 처리 후 재이용 시 각 공정에 요구되는 수질을 맞추어 주어야 한다. 대기의 측면에서는 건조공정을 위한 스팀 생산 및 에너지 소비과정에서 보일러 및 소각시설로 인해 오염물질이 발생된다. 더불어 원료와 폐수처리 과정에서 폐기물 및 악취가 발생할 수 있다(MOE·NIER, 2018). 전 공정에서 다량의 용수가 소비되며 스팀생산공정과 재활용공정에서 발생하는 SO_x, NO_x 등을 제어하기 위해 환경관리에 대한 시설투자가 지속적으로 필요한 업종이다(KEITI, 2015).

최근까지 최적가용기법 기준서 연구는 발전·증기 및 소각 등 일부 산업을 중심으로 보고되어왔으며(Kim et al., 2017; Shin et al., 2017, 2018), 골판지 원지를 대상으로 작성된 기준서에 관한 연구는 부족한 실정이다. 게다가 배출오염물질 및 적용가능한 환경관리기법은 각 산업별로 다양하기 때문에, 산업 특성에 맞는 기준서별 연구는 필수적이다. 본 연구는 국내 발간된 기준서의 골판지원지 제조업 공정과 오염배출물질의 특성을 파악하고, 적용가능한 환경관리기법 및 최적가용기법, 최적가용기법 연계배출수준에 대해 조사하였다. 이와 더불어 EU 기준서(EU-BREF, European union best available techniques reference document) 고찰을 통해 현재 발간된 골판지원지 제조업에 대한 기준서의 이해도를 높이고, 향후 5년마다 개정될 기준서의 개선방안을 제시하고자 하였다.

2. 업종 분류 및 기준서 마련 절차

2.1. 업종분류 및 대상제조업 선정

업종 분류는 국내 표준산업분류에 따라 적용대상이 구분된다(KOSIS, 2017). 골판지제조업이 포함된 펄프·종이 제조업은 다음의 분류를 따른다(Fig 1). 세세분류에서 펄프제조업(1711)과 종이 및 판지 제조업(1712)으로 나누게 되며 펄프 제조업은 펄프제조업(17110), 종이 및

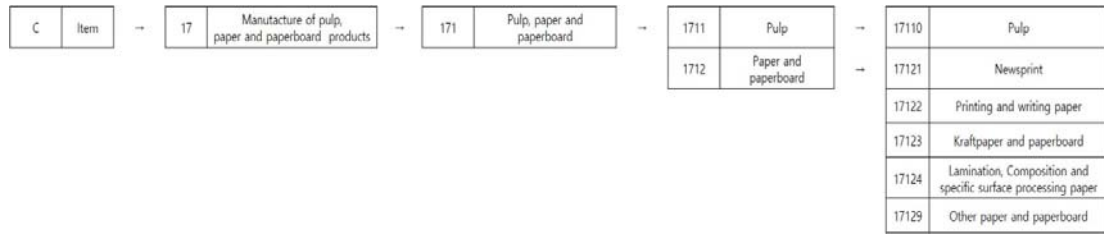


Fig. 1. Classification of pulp and paperboard industry.

판지 제조업은 신문용지 제조업(17121), 인쇄용 및 필기 용 원지 제조업(17122), 크라프트지 및 상자용 판지 제조업(17123), 적층, 합성 및 특수 표면처리 종이 제조업(17124), 기타 종이 및 판지 제조업(17129)으로 각각 다시 분류된다. 본 연구의 대상은 한국표준산업분류의 크라프트지 및 상자용 판지 제조업에 속한다. 통합환경관리제도의 시행 대상이 되는 펄프·종이 제조업 1·2종 사업장은 총 65개소로 조사되었다. 이 중 다품종생산 사업장도 일부 존재하였으며 폐쇄사업장과 단순가공 사업장 등은 제외되었다. 본 연구는 골판지원지 제조에 속하는 크라프트지 및 상자용 판지 제조업 중 연간 20 ton 이상의 대기오염물질 또는 하루 700 m³ 이상의 폐수를 배출하는 사업장을 대상으로 하였으며, 국내 8개소가 선정되었다.(NIER, 2017).

2.2. 기준서 마련 절차

국내 최적가용기법 기준서 발간은 총 3년에 걸쳐 마련되었다. 1차 년도에서는 기준서 작성 계획 수립 및 기술 현황조사를 통해 제조공정을 확인하고, 사용되는 기법들의 현황화 작업을 수행하였다. 또한 오염물질 발생현황과 최적가용기법 도출을 위해 위한 국내의 관련자료 조사 및 현장방문, 환경 담당자 인터뷰를 실시하여 국내 실정에 맞는 실질적인 자료를 포함하도록 하였다. 사업장의 인허가 서류, 2016년도 데이터를 기반으로 SEMS (Stack Emission Management System), WEMS (Water Emission Management System), TMS (Tele Monitoring System) 등을 검토하여 신뢰성 높은 데이터를 반영하기 위한 작업을 실시하였다. 2차년도에 최적가용기법 기준서(안)을 마련하게 되며, 3차년도에 중앙환경정책위원회 환경경제분과 통합환경심사위의 사전 및 본 심의를 통해 기준서가 발간되었다. 모든 수행과정에서 공정전문가,

학계, 협회 등 총 22명으로 구성된 기술작업반(TWG, Technical Working Group)을 중심으로 기준서(안)검토 및 환경관리기법 도출 등의 검토를 거쳤다. 3년동안 기술현황조사를 바탕으로 14차례 회의를 거쳐 최적가용기법 및 최적가용기법 연계배출수준이 선정되었다. 위 과정은 세비야 프로세스를 참고하였기 때문에 전체적으로 EU의 기준서 마련 방법과 유사한 절차를 가진다. 위 과정은 세비야 프로세스(Sevilla process)를 참고 하여 작성되었기 때문에 전체적으로 EU의 기준서 마련 방법과 유사한 절차를 가진다. 세비야 프로세스는 IPPC가 BREF의 공개 작성 기관이며 정보교환포럼(IEF, Infomation Exchange Forum)에 의해 작성계획과 가이드라인이 정해진다. 각 분야별 기술작업반에 의해 작성된 후 IEF의 검토를 거쳐 최종 초안이 작성된다(Harald schoenberger, 2009). 세비야 프로세스는 IPPC가 BREF의 공개 작성 기관이며 정보교환포럼(IEF, Infomation Exchange Forum)에 의해 작성계획과 가이드라인이 정해진다. 각 분야별 기술작업반에 의해 작성된 후 IEF의 검토를 거쳐 최종 초안이 작성된다(Harald schoenberger, 2009). 하지만 EU의 기준서 1차 초안이 24~29개월가량 소요되며, 2차에 걸친 초안의 경우 29~39개월이 걸린다는 점과 집행위원회의 발표 후 8년 이내 개정, 정보교환포럼(IEF, IED Article Forum)에 의해 작성계획이 결정되는 부분에 있어서는 차이점을 보인다(IPPC, 2010).

3. 기준서의 주요 내용 및 개선사항

3.1. 골판지원지 제조공정

국내 골판지원지 제조는 다른 지종의 생산 공정과 큰 흐름에서 유사하지만 최종제품에 따라 원료와 부연료 등의 구성에 차이를 나타냈다. 세부 공정과 연계된 환경오염

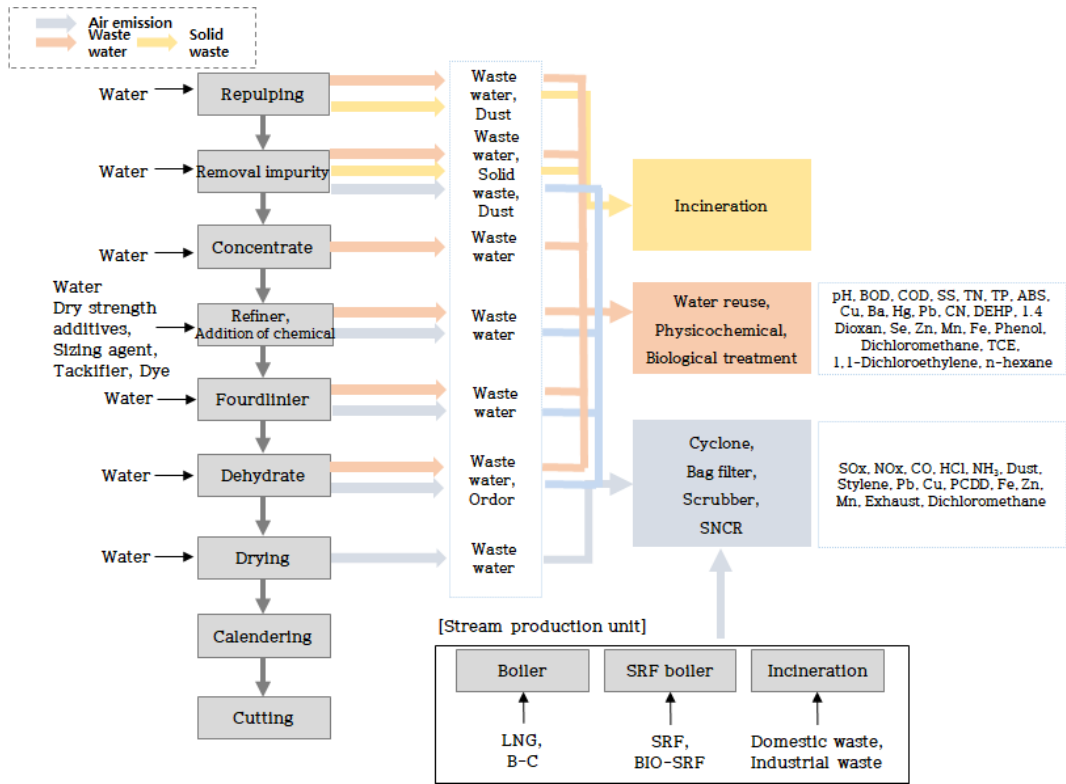


Fig. 2. Corrugated cardboard process in K-BREF.

발생 기작 및 처리기법이 달라진다. 현장조사를 통해 확인된 골판지원지 제조 공정은 Fig. 2과 같다. 세부 공정은 해리-정선-농축-고해 및 조약-초조-탈수-건조-광택-권취의 공정을 거친다. 원료는 펄프와 폐지를 많이 사용하며 폐지는 펄프에 비해 질이 떨어져 표백공정이나 섬유유의 강도를 높이고 이물질 제거를 위한 추가 공정을 운영하게 된다. 그에 따라 표백제나 지력증강제 등 약품 투입도 이루어진다. 생산 공정은 크게 원질공정과 초지공정 두 가지로 나뉜다. 원질공정은 종이의 원료가 되는 펄프 또는 폐지를 종이 생산에 알맞은 형태로 만들어 주는 공정이며 해리, 정선, 농축, 고해 및 조약의 공정이 이에 해당한다. 초지공정은 준비된 원료를 종이형태로 만들어 주는 공정을 말하며 초조, 탈수, 건조, 광택 공정이 해당된다. 후단에 완정공정이 일부 추가되기도 하는데 이는 제품의 종류 및 목적에 맞게 가공하여 주는 공정이다. 권취공정이 해당된다.

EU에서는 국내 발간된 기준서와 비교검토가 가능한 문서로서 재활용종이를 다루는 공정이 담긴 ‘Pulp and paper industry’에 관한 최적가용기법 기준서를 2014년 10월에 발간하였다(IPPC, 2015). 유럽의 폐지 재활용율은 약 50%를 나타냈다. 공정에 대한 구성은 원질공정을 상품별로 나누고 초지공정을 후반부에 나누어 기술하는 방식으로 나타났다. 세부상품별로 포장종이와 상자, 신문인쇄와 간단한 필기를 위한 인쇄용지, 고품질의 그래픽용지와 화장지에 대한 공정을 포함하였다. 전반적인 원질 및 초지 공정은 대부분 우리나라와 유사한 것으로 나타났다. 해리-정선-고해와 조약-탈목-세척 공정으로 기술되었고 초지공정은 초조-탈수-건조-조약(사이징-코팅-염색-광택:선택사항)-커팅과 릴링으로 기술하였다. 초지공정 서두에 제지기계와 펄프섬유 회수, 공정상에서 발생할 수 있는 종이부산물물을 회수하는 시스템에 대해서도 기술하였다. 국내 기준서와 달리 구체적인 최종생산

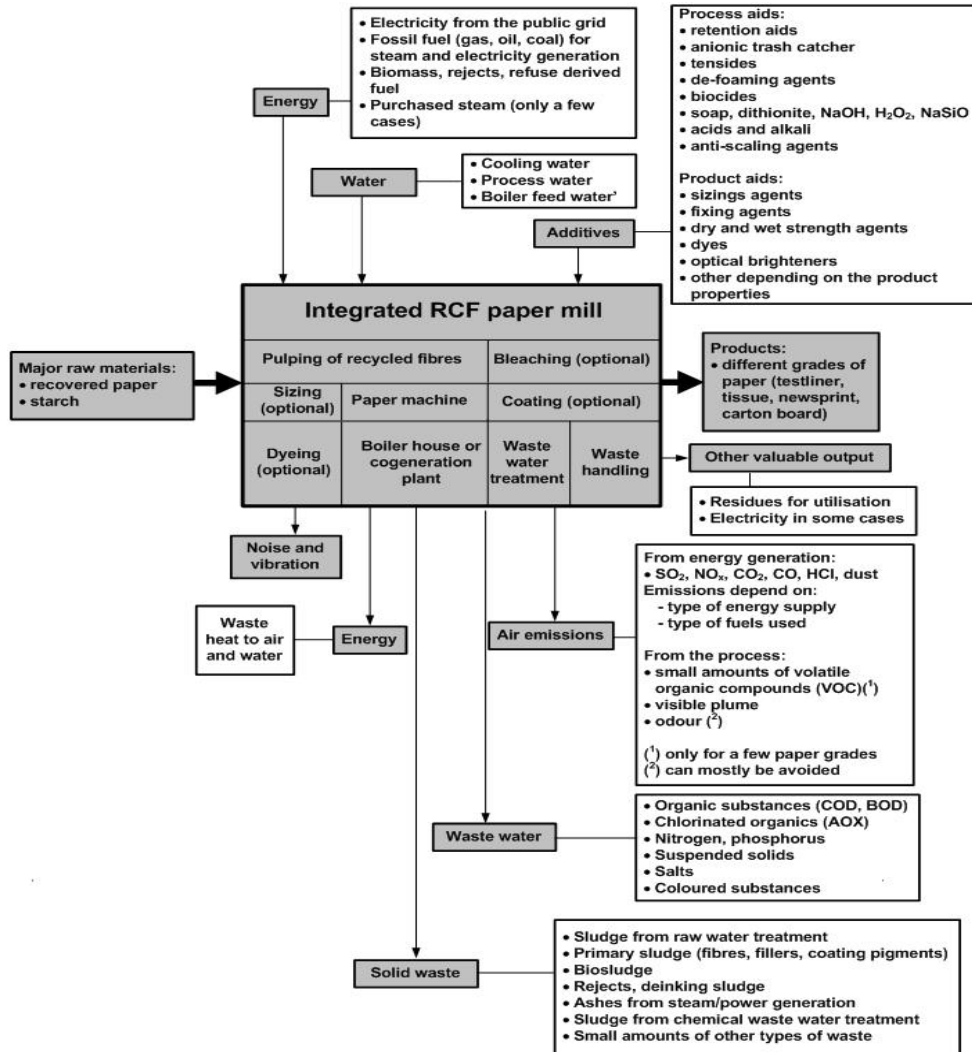


Fig. 3. Overview of an integrated mill for processing paper for recycling.

품별 물 사용량, 국가 및 공정별 제조업의 에너지 소비량, 표백과 조약공정에서 사용된 약품사용량 등을 사례로 명시하는 차이점을 보였다(Fig. 3).

3.2. 오염물질 발생특성

3.2.1. 수질

공정별 발생특성은 광택과 권취를 제외한 모든 공정에서 폐수가 발생하며, 일반적으로 처리 후 재이용되는 시스템을 갖추고 있다. 폐수의 재이용량 및 비율은 오염

도와 방류수의 배출허용량, 관리기준에 따라 달라졌다. 일반적으로 사업장에서의 폐수처리는 처리 후 직접방류하거나 폐수처리장으로 유입되는 구조였다. 예를 들어, 조사대상 사업장 중 A사는 자체폐수처리장을 보유하고 있으며 물리화학적 처리 후 직접 하천에 방류하는 시스템을 갖추고 있었다. 용수사용량의 약 58% 가량이 초조 과정에서 소비되고 있었는데 여과포위에 종이를 뿌리는 과정이 세척과 동시에 이루어져 가장 많은 용수(재이용수 포함)가 사용되고 있었다. 그 다음으로 해리와 탈수

공정에서 각 18% 정도로 용수가 사용되고 있었다. 추가적으로 소각재의 재처리와 습식세정시설에서도 폐수가 발생하는 것으로 확인되었다.

골판지원지의 제조공정에서 원료지종의 특성과 생산과정에서 투입되는 지력증강제, 염료, 사이즈제 등에 따라 유기물이 발생하고 있었으며, 백수의 높은 재이용률로 인해 폐수의 경도가 높았다. 특히 인쇄적성을 높이기 위한 코팅제, 박스강도를 높이기 위한 지력증강제, 접착을 위한 전분은 난분해성 COD를 높게 유발시키는 원인이 되었다. 또한 골판지 생산 layer 등급과 원료로 사용되는 폐지의 오염 수준은 폐수 부하차이를 유발하였으며, 재활용도가 높은 폐지일수록 유기물이 다량 발생하였다.

국내 기준서(K-BREF)에서 펄프 및 종이 업종내 공통적으로 관리되는 항목을 중점관리 항목, 제품별 생산공정 특성에 따라 관리할 수 있는 항목을 기타관리 항목으로 구분하였다. 골판지원지 제조공정의 중점관리항목으로는 BOD, COD, SS, TN, TP 이 해당되었다. 기타발생가능 항목으로는 ABS, n-H, Fe, Zn, Mn, Ba, Cu, Pb, CN, Phenol, DEHP, 1,4 Dioxane, Se, CH₂Cl₂, TCE, 1,1-Dichloroethylene, 생태독성, 색도 등이 있었다.

EU 기준서(EU-BREF)에서는 폐지를 재활용한 공정의 발생가능한 수질오염물질 항목이 COD, BOD와 같은 유기물질과, AOX, N, P, SS, 염분, 색도, Cu, Zn, Chlorophenols, Polychlorinated biphenyls을 포함하였다. 국내 기준서에서는 수질오염물질 항목 중 AOX, 염분 등은 기타관리항목으로 고려대상이 아닌점에서 차이점을 나타냈다. 반면 수생태계 환경을 고려하기 위한 생태독성 항목은 국내에서만 관리하는 것으로 나타났다. 그밖에 동종업을 대상으로 관리항목과 관련된 배출기준 설정 해외사례를 살펴보면, 미국은 제어기술에 따라 COD, BOD, AOX, 색도 등 총 21가지의 항목에 대한 배출 기준을 두고 있었다(EPA, 2012). 캐나다는 BOD, COD, TSS, Cu, Pb 등 17가지의 관리기준을 두고 모니터링을 실시하고 있었으며(Editeur official du Quebec, 2019), 중국은 자체 모니터링 기술 가이드에서 15가지의 항목에 대해 관리하고 있었다(MEP, 2017).

3.2.2. 대기

제조공정상에서 직접적인 대기오염물질은 거의 발생하지 않으며, 일부 원료저장시설에서 먼지가 발생하더라도 방지시설 설치 면제대상이었다. 그러나 건조공정에서

사용되는 스팀생산을 위한 보일러, 소각시설로 인하여 대기오염물질이 발생하였다. 보일러의 사용연료는 LNG, B-C유 등을 사용하나 사업장별로 다르며, 이로 인해 먼지, SOX, NOX가 발생하였다. 공정에서 발생하는 리젝트를 연료로 사용하지만 추가열원은 외부에서 반입하고 있었다. 내부발생 리젝트 소각비중이 높았으나, 외부유입된 폐기물성상에 따른 오염물질 발생 편차가 크기 때문에 대부분 화격자방식(stoker)의 소각로를 채택했다. 먼지, SOx, NOx, CO, HCl, styrene, NH₃, 매연, Pb, Cu, PCDD, Fe, Zn, Mn, CH₂Cl₂이 발생된다. SRF시설은 원료 성상에 따라 폐플라스틱과 목재, 생활폐기물 등을 사용하고 있으며 발생 대기오염물질은 소각로와 같다. SRF와 같은 경우는 원료의 품질관리를 통해 소각을 수행하지만 연소물질에 따른 특정대기오염물질이 발생할 수 있어 관리가 필요하며 주기적인 검토로 적절한 방지시설의 운영이 필요하다.

EU 기준서에서도 공정상 대기배출물질은 우리나라와 유사하게 거의 발생하지 않았다. 건조공정에서 사용되는 스팀생산을 위한 소각로, 보일러 시설의 연료와 에너지공급원에 따라 대기오염물질이 배출되었다. 대기오염물질은 먼지, SO₂, NOx, CO₂, CO, HCl, VOC, Visible plume, Cd, Tl, Hg, Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn, Dioxins/Furans이 발생하고 있었다. 발생가능 물질은 에너지 공급별 또는 연료사용에 의존된다고 기술되고 있었다. 그 밖에 동종업을 대상으로 발생물질 중 관리항목에 대한 해외 사례는 다음과 같이 조사되었다. 미국의 경우 EPA의 대기청정법에 따라 CO, Pb, NO₂, PM, SO₂, O₃ 6가지 항목 외에 유해대기오염물질에 대해 관리하고 있으며, 구체적인 공정별로 187개 항목에 대해 관리기준을 설정하고 있다(EPA, 2012). 캐나다는 회수보일러 등의 공정에서 먼지와 TRS (Total Reduced Sulfur), SO₂ 등을 관리하고 있으며(Editeur official du Quebec, 2019), 중국은 NOx, SO₂ 등 7개의 항목에 대해 관리하고 있었다(MEP, 2017).

3.2.3. 폐기물, 소음 및 악취

폐기물은 폐수처리과정에서 발생하는 슬러지와 원료 속에 포함되어있던 이물질 등이 공정상에서 분리되어 발생하였다. 이들은 자체 소각하여 열로 회수하거나 소각로 바닥재의 경우 위탁처리하여 매립하고 있었다. EU 기준서에서 발생가능한 폐기물은 폐수의 슬러지와 초기슬

Table 1. Considerations of Korea and EU BATs selection

	Considerations
Korea	<ul style="list-style-type: none"> • Applicability at the facility • Reduction of pollutant generation and emissions • The cost of applying environmental management techniques • Promote waste reduction of recycling • Efficiency of energy use • Whether pollution can be managed through prevention
EU	<ul style="list-style-type: none"> • The use of low-waste technology • The use of less hazardous substances • The futhering of recovery and recycling of substances generated and used in the process and of waste, where appropriate • Comparable process facilities or methods of operation which have been tried with success on an industrial scale • Technological advances and changes in scientific knowledge and understanding • The nature, effects and volume of the emissions concerned • The commissioning dates for new or existing installations • The length of time needed to introduce the best available technique • The consumption and nature of raw materials(including water) used in the process and energy efficiency • The need to prevent or reduce to a minimum the overall impact of the emissions on the environment and the risks to it • The need to prevent accidents and minimize their consequences for the environment • Information published by national and international organizations

러지, 바이오슬러지와 탈묵공정에서 발생한 슬러지, 리젝트 물질, 스팀생산으로 이루어지는 소각로의 바닥재와 기타 폐기물을 표기하였다.

국내 생산공정의 소음은 라인별 압축, 송풍, 분쇄기 등으로 인해 발생할 수 있으나, 방음창, 방음벽, 제진시설등을 설치하여 저감하고 있었다. 악취는 폐지원료 저장공간과 해리공정, 약품투입 후 정선과 조약공정에서 발생한다. 이는 덮개를 씌우거나 악취가스를 스크러버로 보내 처리하고 바이오필터 및 탈취제를 이용하는 기법이 적용되고 있었다.

3.3. BAT (best available techniques economically achievable)

최적가용기법(BAT, best available techniques economically achievable) 선정을 위해, 국내 기준서에서는 사업장에서의 적용가능성, 오염물질의 발생량 및 배출량 저감효과, 환경관리기법 적용운영에 따른 소요비용, 폐기물의 감량 또는 재활용 촉진여부, 에너지사용의

효율성, 오염물질 등의 원천적 감소를 통한 사전예방적 오염관리 가능여부 등을 고려하고 있다(NLIC, 2017). 반면, EU의 IED (Industrial Emission Directive) Annex III(IPPC, 2010)에서는 국내 적용사항 외에 기법 적용을 위한 필요기간, 오염물질 환경누출의 위험정도, 환경사고에 대한 예방 등을 고려하고 있어 환경성에 대한 구체적인 항목들을 고려하고 있는 것으로 나타났다 (Table 1).

이를 바탕으로 골판지원지 제조업의 최적가용기법 적용을 위해 고려되어야 할 사항은 원료로 폐지가 많이 사용되는 특성상 타 지종에 비해 재이용으로 사용되는 용수 및 폐수처리, 정선과정에서 발생하는 폐기물처리, 건조공정에서 사용되는 스팀생산으로 인해 운영되는 소각시설의 대기오염 방지시설에 대한 고려가 중점적으로 필요하였다.

국내에 적용가능한 최적가용기법은 크게 4가지(대기 배출저감, 폐수배출저감, 폐기물배출저감, 폐수처리기법 효율 향상) 분야의 8개 기법으로 나누어 구성되었다

Table 2. BATs of corrugated cardboard in K-BREF

BAT No.	Technique
Reduction of emission to air	
43	a Reduction of NOx emission through a low NOx burner operation
	b Removal of dioxins through activated carbon
	c Operating efficiency improvement through co-operation of SNCR and SCR
Reduction of waste water	
45	a Efficiency enhancement of wastewater treatment using a dissolved-air flotation method
	b Control of wastewater load through fenton reactor
Reduction of waste	
46	a Reduction of wastewater sludge using a high efficiency dewatering system
Improving waste water treatment efficiency	
47	a Wastewater treatment using a high-concentrated inorganic coagulant
	b Scrubber connection of biological sulfur

(Table 2). 각 분야별 세부 기법에 대한 설명은 다음 장에서 제시하였다. 반면, EU 기준서(EU-BREF)의 최적가용기법은 크게 3가지(원료관리, 폐수와 배출수에 대한 관리, 에너지 소비와 효율) 분야의 6가지 기법으로 나누어 구성되고 있었다(Table 3). 각 기법은 공정수와 순환수의 재사용, 생물학적 폐수처리 후 부분적 재사용, DAF (Dissolved Air Flotation)를 이용한 백수의 처리, 공정수에서 칼슘제거, 생물막법에 의한 살생물체 배출 최소화, 수질 관리를 위한 지속적인 모니터링 등이 있었다. 원료의 보관과 원료의 부스러기 등 주변환경이 오염되지 않도록 하는 최적가용기법이 선정되었는데 이러한 사례로 볼 때 국내 기준서에서도 전공정 관리라는 통합 환경관리의 지향점에 부합할 수 있도록 공정전체에 대한 기법 고려가 필요한 것으로 판단되었다. 이들 중 폐수 발생의 저감과 재이용에 대한 기법과 개별적인 단일 기법만을 적용하는 것이 아니라, 최적가용기법으로 선정된 기법들을 복합적으로 사용하는 점은 국내와 유사하였다. 한편, 에너지 소비와 효율 분야의 기법들은 국내 골판지 원지 제조공정에 관한 최적가용기법에는 포함되지 않았으나, 국내 일반 최적가용기법에 에너지 및 용수, 유틸리티 관리 기법과는 유사한 것으로 나타났다. 이들 중 저장 시설과 관련된 기법(저장시설에서의 비산으로 인한 주변 환경 오염관리, 저장시설 구조에 관한 환경관리)은 국내 일반 최적가용기법에 포함되지 않았으며, 이는 향후 추가적인 검토가 필요한 기법으로 판단되었다.

3.3.1. NOx 배출량 저감을 위한 저 NOx 보일러 운영 기법

보일러, 폐기물소각로, SRF보일러는 건조공정에서 다량의 스팀을 생산하기 위해서 사용되고 있었다. 환경규제의 강화로 인해 대기오염물질에 대한 배출저감 기법이 다양하게 적용되고 있으며, 특히 2020년부터 대기배출기준이 강화로 인해 NOx 저감이 필수적이다.

저 NOx 보일러 운영 기법은 보일러에서 연소하는 불꽃에 작은 보조 불꽃을 붙여 새는 가스를 차단하여 효율을 높이고 완전연소 및 NOx 배출감소의 효과를 얻는다. 절감효율은 약 40% 정도로 나타났고, NOx 발생농도 수준은 40~50 ppm이었다. 적용 사업장에서는 낮은 연소비와 화염온도로 인해 thermal NOx와 fuel NOx 생성을 억제하는 효과가 발생하였다. 본 기법에 약 1억원의 투자비용이 발생하였고 운영에 대한 경제성은 사업장상황을 고려하여 투자가 필요하다.

3.3.2. 활성탄을 이용한 소각로 다이옥신 제거 기법

스팀생산을 위하여 소각로 운영에 적용할 수 있는 기법이다. Semi Dry Reactor (SDR)을 통한 1차 처리 후 SDR 출구 쪽에서 활성탄분말, 소석회 슬러리 혼합물을 분사하게 된다. 이와 반응된 다이옥신이 건조되면서 하부로 낙하되는 기법이다.

적용 사업장에서는 주로 SDR과 bag filter 중간공정에 많이 적용하며 반건식 반응시설에서 제거되지 못한 다이옥신을 추가로 제거하는 용도로 사용되었다. 연간

Table 3. BATCs for processing paper for recycling

BAT No.	Technique
Materials management	
42	a Hard surfacing of the storage area for paper for recycling
	b Collection of contaminated run-off water from the paper for recycling storage area and treatment in a waste water treatment plant (uncontaminated rainwater e.g. from roofs can be discharged separately)
	c Surrounding the terrain of the paper for recycling yard with fences against wind drift
	d Regularly cleaning the storage area and sweeping associated roadways and emptying gully pots to reduce diffuse dust emissions. This reduces wind-blown paper debris, fibres and the crushing of paper by on-site traffic, which can cause additional dust emission, especially in the dry season
	e Storing of bales or loose paper under a roof to protect the material from weather influences (moisture, microbiological degradation processes, etc.)
Waste water and emissions to water	
43	a Separation of the water systems
	b Counter-current flow of process water and water recirculation
	c Partial recycling of treated waste water after biological treatment
	d Clarification of white water
44	Avoid possible negative effects from the increased recycling of process water
	a Reduction of wastewater sludge using a high efficiency dewatering system
45	In order to prevent and reduce the pollution load of waste water into receiving waters from the whole mill, BAT is to use a suitable combination of the techniques specified in BAT 13, BAT 14, BAT 15, BAT 16, BAT 43 and BAT 44.
Energy consumption and efficiency	
46	a High consistency pulping for disintegrating paper for recycling into separated fibres
	b Efficient coarse and fine screening by optimising rotor design, screens and screen operation, which allows the use of smaller equipment with lower specific energy consumption
	c Energy saving stock preparation concepts extracting impurities as early as possible in the re-pulping process, using fewer and optimised machine components, thus restricting the energy intensive processing of the fibres

2천만원의 운영비가 소요되었으며, 흡착 후 분진제거 장치 등 회수 폐기물로 추가적인 처리비용이 발생되었다. 따라서 폐기물 처리비용에 대한 경제적인 고려가 필요한 기법으로 조사되었다.

3.3.3. Selective Non Catalytic Reduction (SNCR)과 Selective Catalytic Reduction (SCR)의 연계 운영을 통한 소각시설 운영효율 향상 기법

SNCR운영과정에는 오염물질처리를 위한 요소가 사용되며, 처리과정에서 미반응된 요소는 후단으로 슬립되어 환경오염 부하로 작용하였다. 이때 SNCR과 SCR을 연계 운영하는 경우, SNCR에서 반응되지 못한 요소가 SCR에서 추가 반응하여 소모되게 된다. 이로 인하여, 암모니아를 추가로 투입할 필요가 없어, 경제성이 높은 기

법으로 조사되었다.

적용 사업장에서는 SCR운영과정에 암모니아 투입을 위한 별도의 시설(저장탱크, 기화기, 팬)설치 및 운영비의 절감효과가 있었으며, 대기 중으로 발생하는 암모니아가 저감 되는 환경적 이점도 확인되었다.

3.3.4. 가압부상조(DAF, Dissolved Air Flotation)를 적용한 폐수처리기법

폐수의 순환수에 고압의 공기 공급으로 발생한 기포를 통하여 부유물질을 부상 분리하는 기법이다. 분리효율 향상을 위해 부상분리 전 고분자 응집제를 폐수에 첨가하여 플러를 형성 후 제거하게 된다. 기포가 부유물질에 부착한 후, 분리조 내에서 효율적으로 부상해야 하므로 설계가 중요하다.

적용 사업장에서는 원형의 조에 고압에서 공기순환수와 혼합하는 방법에 의해 기포를 형성시켜 고분자 응집제와의 반응을 통해 Floc을 제거하는 것으로 조사되었다. 이 기법의 적용으로 배출수에서 COD와 SS 농도가 각각 30~40%와 90%의 저감 효과가 확인되었다. 뿐만 아니라, 침전공정에 비해 고액분리 소요 면적이 적어 초기 시설투자비도 상대적으로 낮았다. 하지만 본 기법 적용으로 응집반응에 필요한 약품비와 기포발생장치의 동력비가 추가로 발생되어 운영 경비를 고려하여 적용해야 하는 것으로 조사되었다.

3.3.5. 펜톤산화를 이용한 폐수처리기법

골판지원지 제조공정에서는 폐지를 원료로 사용함으로써 인해 기본적으로 수질오염부하가 다른 지종의 공정에 비해 큰 것으로 나타났다. 이를 위해 폐수처리 과정에서 COD 저감을 목적으로 고도처리인 펜톤산화 기법을 적용한다. 이 기법은 Fe^{2+} 과 H_2O_2 의 반응에서 생성되는 OH radical의 산화력을 이용하여 처리되는데, H_2O_2 는 다양한 유기물과의 반응성이 높고 독성과 색도유발을 하지 않는 경제성 있는 산화제이다.

적용 사업장에서는 COD 저감 효과가 50% 내외인 것으로 조사되었다. 초기 산화과정에서 pH 2.8~3.2 사이를 유지하여 산화시킨 후 촉매로 이용된 철염 제거를 위해 NaOH으로 pH를 6.8~7.2로 조정하여 처리수와 슬러지를 고액분리 하여 처리하였다. 단 산성조건에서 유기물을 분해하기 때문에 산성폐수에서는 경제적이거나 염기성폐수발생 사업장에서는 추가적인 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

3.3.6. 고효율 탈수기 적용을 통한 폐수슬러지 저감 기법

골판지원지 제조공정은 폐수처리 과정에서 발생하는 슬러지와 부산물 등의 수분을 제거하여 함수율을 낮추는 것이 매우 중요하다. 이는 폐수슬러지가 소각로의 대체 원료로 재이용되어 열효율을 높여야하기 때문에, 고효율의 탈수기가 필수적이다.

국내 탈수설비는 원심분리형, 벨트프레스형, 압축탈수형으로 기존 탈수기를 개량하는 방식으로 적용되고 있었다. 벨트프레스기 적용 사업장에서는 상하 2개의 벨트의 롤러에 압력을 가하여 그사이로 응집된 슬러지를 탈수하여 cake형태로 배출하는 기법을 적용하고 있었다.

다만, 이 기법의 적용은 초기 투자비가 높고, 탈수장치 운영에 따른 전력소모 등의 운영 경비를 고려하여 적용해야 하는 것으로 조사되었다.

3.3.7. 고농도 무기응집제를 투입한 폐수처리 향상 기법

골판지원지 공정 특성상 폐수처리 효율향상을 위한 고도처리 방식이 주로 적용되고 있으며, 이는 운영비용의 증가로 이어진다. 따라서 운영비용의 절감과 오염부하를 낮추기 위해 고농도 무기응집제를 투여하는 기법을 적용하고 있었다. 펜톤산화 기법 적용 사업장 사례를 살펴보면, $Al_2(SO_4)_3$ 및 Poly Aluminium Chloride (PAC), $FeCl_3$ 및 $Fe_2(SO_4)_3$ 계열의 무기응집제를 투여하여 오염부하를 낮추고, 비용을 절감하는 것으로 조사되었다. 추가적으로 사업장 폐수 특성에 따른 단분자 또는 고분자형 무기응집제를 투여하여 적용가능한 것으로 확인되었다.

3.3.8. 생물학적 황 제거기법의 세정탑 연계

폐가스상의 황(S)은 대기 중으로 배출되어 환경오염을 유발하는 인자이다. 일반 최적가용기법인 습식세정탑을 적용하여 황의 제거가 가능하나 높은 황 농도와 세정탑 순환수에 다량의 중화제 사용을 야기하여 관리가 어려운 것으로 나타났다. 이로 인해 세정수의 황을 제거하고 순환수의 순환비율 높일 수 있도록 생물학적 황 제거 기법을 연계하여 적용하고 있는 것으로 조사되었다. 뿐만 아니라 순환수의 pH도 함께 상승하여 중화제 사용 저감 효과를 동반하게 된다. 황이 사용되는 비료 및 산업체로의 재활용이 가능한 점이 특징이지만, 황제거 미생물에 대한 유지관리 노력이 필요한 것으로 확인되었다.

3.4. BAT-AEL (BAT-Associated Emission Level)

최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL; BAT-Associated Emission Level)은 배출시설에서 최적가용기법의 단일 또는 기법의 조합을 적용하여, 정상운영 조건에서 발생할 수 있는 배출수준의 범위를 의미한다. 최대배출기준 설정을 위한 기술적 근거가 되는 자료이며, 환경 기준과 환경의 질 목표수준을 가진 총 22개의 항목이 대상이다.

최적가용기법 연계배출수준 선정방법은 배출시설별로 SEMS, TMS의 자료를 확보하여 Rosner법을 이용한 통계처리 후 배출수준을 설정하게 된다(Seo et al, 2019). Fig. 4.는 최적가용기법 연계배출수준의 설정 프로세스

Table 4. Waste water BAT-AELs of corrugated cardboard in K-BREF

Pollutant	Facilities	Area	Unit	BAT-AEL
COD	More than 2,000 m ³	NA	mg/L	15 ~ 70
	Less than 2,000 m ³	NA		38 ~ 90
SS	More than 2,000 m ³	Clean	mg/L	8 ~ 25
		GA		4 ~ 50
		NA		3 ~ 50
		Speacial		5 ~ 25
	Less than 2,000 m ³	Clean		9 ~ 35
		NA		12 ~ 90
T-N	More than 2,000 m ³	Clean	mg/L	3 ~ 25
		Normal ⁽¹⁾		5 ~ 50
	Less than 2,000 m ³	Clean		5 ~ 25
T-P	More than 2,000 m ³	Normal ⁽¹⁾	mg/L	7 ~ 50
		Clean		1 ~ 3
	Less than 2,000 m ³	Clean		1 ~ 6
		Normal ⁽¹⁾		1 ~ 3
		Normal ⁽¹⁾	1 ~ 6	

(1) 'Normal' area include 'Ga', 'Na' and 'Da' area

Table 5. Air pollutant BAT-AELs of corrugated cardboard in K-BREF

Process	Facilities	When to install	Pollutant	Unit	BAT-AEL
Incineration	Less than 2 ton/h	Before 2014	Dust	mg/Sm ³	1 ~ 18
	More than 2 ton/h				3 ~ 15
	Less than 2 ton/h	-	SO _x	ppm	3 ~ 30
	More than 2 ton/h				1 ~ 20

이다. 골판지원지 제조공정의 연계배출수준은 수질 4가지 항목, 대기 3가지 항목에 대해서 설정되었다. 수질오염물질은 COD, SS, TN, TP 항목에 대한 지역별 배출수준이 설정되었다(Table 4). 대기오염물질은 먼지와 SO_x 항목에 대해 배출시설의 설치년도와 용량에 따라 상한값과 하한값의 범위로 제시하였다. 예를 들어, 소각시설에서 먼지항목에 대해 2014년 이전에 설치된 소각시설은 소각용량이 시간당 2톤 미만일 때 1~18 mg/Sm³, 2톤 이상일 때 3~15 mg/Sm³로 제시하였으며, 황산화물의 경우 소각용량이 시간당 2톤 미만일 때 3~30 mg/Sm³, 2톤 이상일 때 1~20 mg/Sm³의 배출수준의 범위를 보였다(Table 5).

국내 최적가용기법 연계배출수준의 설정은 사업장별

배출특성을 고려하고, 국가공인자료를 기반으로 설정된다는 강점을 가진다. 하지만 기존의 배출허용기준 규제 대상에 한해 자료화된다는 한계점이 있다. 또한, 그 외의 항목은 데이터 획득에 어려움이 있으며, 데이터가 확보된 경우에도 데이터 신뢰성에 대한 의문점이 발생하게 된다. 한편, 2021년부터 단계적으로 산업폐수 배출허용기준 항목이 기존 COD에서 TOC로 전환될 예정이다. 배출허용기준과 같은 법적인 규제사항과는 다르지만 연계배출수준의 상한값이 최대배출기준으로 설정되기 때문에 추후 해당항목에 대한 방안 마련이 필요한 것으로 판단되었다.

EU와 국내의 연계배출수준을 살펴보면, 국내에서는 기존의 매체법을 고려하여 항목별로 배출기준설정 지역을

Table 6. BAT-AELs of recycled fibre pulp EU

Parameter	without deinking	with deinking
COD	0.4 ⁽¹⁾ ~1.4	0.9~3.0
TSS	0.02~0.2 ⁽²⁾	0.08~0.3
TN	0.008~0.09	0.01~0.1
TP	0.001~0.005 ⁽¹⁾	0.002~0.01
AOX	0.05 for wet strength paper	

(1) For mills with completely closed water circuits, there are no emissions of COD.

(2) For existing plants, levels up to 0.45 kg/t may occur, due to the continuous decline in the quality of paper for recycling and the difficulty of continuously upgrading the effluent plant.

(3) For mills with a waste water flow between 5 and 10 m³/t, the upper end of the range is 0.008 kg/t.

구분하였으나, EU에서는 탈묵공정의 유무로 나누어 배출수준을 선정하는 것으로 나타났다(Table 6). 수질오염 물질에 대한 연계배출수준 항목은 국내와 EU가 거의 유사하였으나, EU에서만 AOX를 연평균 단위로 최적가용기법 연계배출수준을 설정하고 있었다. 대기배출에 대한 연계배출수준은 별도로 수록되지 않은 것으로 나타났으나, 회수보일러 이외의 증기, 발전을 위한 연소설비는 별개의 시설로 구분하고 있었다. 폐기물소각시설에 관한 연계배출수준은 Waste incineration(IPPC, 2019), 공정에서의 증기생성을 위한 연소와 관련된 연계배출수준은 Large combustion plant(IPPC, 2017)을 참조하도록 나타내고 있었다. 소각에 의한 경우 소각성상과 용량, 기법의 적용 유무에 따라 항목은 다르지만 먼지, SO_x, NO_x, HCl, CO, NH₃, HF, Hg, TVOC, PCDD/F, 중금속 등의 항목에 대해 연계배출수준이 설정된 것으로 조사되었다. 소각성상에 의한 다양한 발생물질이 생성될 수 있는 점을 감안할 때 국내에서도 추가 항목에 대한 고려가 필요할 것으로 판단되었다.

3.5. 개선사항

3.5.1. 기초자료 확보 방안 마련 필요

최적가용기법 기준서는 국내 업종 특성을 반영한 문서로 사업장의 환경관리에 실질적인 도움을 주고 통합환경허가제도의 이해당사자들을 돕는데 그 목적이 있다. 그 중 기준서의 품질향상을 위한 가장 중요하고 기초적인 작업은 기술현황조사, 문헌 및 기초자료조사를 통한 자료확보이다.

실태조사를 통한 공정 및 현장 담당자와의 대면회의와 해당사업장의 인허가 증, 해외 동종업의 자료 및

SEMS, WEMS, WTMS, TMS 등의 자료 등이 활용되었다. 하지만 국내 통합허가 대상 사업장의 모든 데이터를 확보하는 전수조사에는 한계점이 존재하였다. 또한 사업장 자가측정 데이터를 획득하는 데에도 어려움이 있으며, 획득된 자료의 신뢰성 문제도 존재하였다. 자가측정 데이터에 대한 정도관리, 분석항목의 등급화, 측정대행업 관리의 법적인 보완 등을 통한 신뢰도 향상 방안 마련이 시급하였다(NIER, 2016). 또한 통합환경관리는 사업장의 전 공정 관리를 위한 제도이므로, 제조공정뿐 아니라 원료의 보관, 에너지 소비, 약품사용 등의 운영현황 자료도 필요하다. 국내와 달리, EU 기준서는 해당 업종 사업장의 운영현황 자료가 모두 반영되어 있다. 통합환경관리를 위한 기준서의 활용도를 높이기 위해서는 사업장 운영 전반에 관한 지속적인 자료축적 및 관리를 위한 체계적인 방안 마련이 필수적이다.

3.5.2. 최적가용기법 및 최적가용기법 연계배출수준 설정항목 추가 도출 필요

국내 골판지원지 제조의 원료는 재활용되는 폐지의 비율이 높고, 폐지의 특성상 잉크가 사용된 폐지나 오염도가 높은 상태로 유입되는 경우가 많다. 이로 인해 해리와 정선 공정에서 많은 용수와 약품이 사용되기 때문에, 폐수의 1차 처리 기법과 처리효율을 높이기 위한 최적가용기법 개발 및 적용이 더욱 필요하다. 또한 폐수 중 슬러지는 해리공정에서 발생한 섬유질로 조성되어있어, 효율적으로 분리 및 재활용 가능한 기법 적용을 늘린다면 환경적, 경제적으로 유용할 것으로 판단된다. 한편, 열생산 시설로 인해 중금속 및 특정대기유해물질이 발생하기 때문에, 이를 위한 최적가용기법기법과 시설별 관리방안이

필요하다. 현재 개발되고 있는 환경관리기법이나 유망기법, 해외 사례 등을 국내에 적용하기 위한 연구와 협의체 마련이 필요할 것으로 판단된다.

또한, 최적가용기법 연계배출수준의 상한값은 최대배출기준의 설정근거가 되기 때문에 발생가능한 오염물질의 지속적인 관리를 위해서 항목도출에 관한 연구가 필요하다. 국내와 EU의 공정이 유사함에도 불구하고 연계배출수준 설정항목은 차이점을 나타냈다. 이를 보완하기 위한 방법으로 2018년 1월 도입된 특정오염배출물질배출량 조사제도의 자료를 활용한 유입, 배출에 대한 정보활용(Han, 2018), PRTR (Pollutant Release and Transfer Register)의 화학물질 사용량 및 배출량 등의 기준법과 제도와의 연계 연구를 통해 항목도출이 수행되어야 한다.

3.5.3. 최적가용기법 평가 및 선정방법 마련 필요

국내 골판지원지 제조업의 최적가용기법은 데이터와 문헌조사, 현장 실태조사 결과를 바탕으로 기술작업반의 검토 절차를 통해 결정되었다(Shin et al., 2017). EU 기준서의 최적가용기법도 기술작업반의 검토의견을 바탕으로 환경관리기법 선정이 이루어진다는 큰 흐름에서의 공통점이 있다. 그러나 세부적인 과정에서 경제성과 매체통합적 환경영향에 대한 평가를 이용하는 절차적 차이가 존재하였다. 인체독성, 지구온난화, 수생생물독성, 산성화, 부영양화, 오존층파괴, 광화학적 오존생성능 등의 환경성에 대한 영향을 정량화하는 평가가 이루어지고 있었다. 또한, 환경설비에 대한 비용산출 및 환율, 인플레이션등을 고려하는 경제성 평가도 적용되고 있었다(IPPC, 2006). 국내에서도 최적가용기법들을 평가하고 선정하기 위한 정성적·정량적 방안 마련이 필수적이다. 최근 최적가용기법 평가에 대한 선행연구 보고되었으나(NIER, 2014), 폐수처리시설만을 대상으로 수행되었다. 따라서 최적가용기법의 평가 및 선정 방법 마련을 위한 체계적인 장치가 수립되어야 하며, 이는 업종별 특성을 고려해야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 2019년도에 발간된 펄프·종이 및 판지 제조업 최적가용기법 기준서 중 골판지원지 제조업에 대해 검토하였다. 주요공정과 오염물질 배출특성, 최적가용기법과 선정된 연계배출수준에 대하여 조사 및 분석하

였다. 기준서는 제조공정과 공정에 따른 발생오염물질, 그에 따른 환경관리기법을 전반적으로 아우르는 참고문헌으로, 국내 여건이 반영되어 최적화된 문서이다. 5년마다 주기적인 개정작업이 이루어지며, 향후 개정 시기에 다음과 같은 개선방안을 고려해야 할 것으로 판단되었다. 첫째, 골판지원지 사업장에서 생산되는 기초 자료의 확보는 기준서 품질향상에 필수적이다. 자료획득에 대한 한계점을 보완하기 위해, 자료의 신뢰성 확보와 지속적인 데이터 확보방안 마련이 필요하다. 둘째, 정성·정량적 평가 방법을 마련하고, 이를 통하여 최적가용기법이 선정되어야 한다. 또한 최적가용기법 연계배출수준 항목은 배출특성을 고려하여 발생가능한 오염원에 대한 추가 도출이 지속적으로 이루어져야 한다. 이를 위해, 선행연구 및 제도와의 연계성 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다. 셋째, 일반적으로 기준서 발간에는 3년의 시간이 소요되며, 이로 인하여 기술현황에 대한 조사시기, 업종별 시행시기 등의 시간차가 발생하게 된다. 따라서 환경관리기법 적용의 유연성이 필요하며 기존 매체법 강화적용에 따른 배출물질의 농도변화와 물질의 다양성을 충분히 고려되는 것이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 통합환경관리를 위한 최적가용기법 기준서 마련 연구(2017)-비료 및 펄프종이 제조업(NIER-2017-01-02-058)사업 기반으로 작성되었음을 밝힙니다.

REFERENCE

- Editeur official du Quebec, 2019, Regulation respecting pulp and paper mills, chapter Q-2, r. 27, Canada.
- EPA (Environmental Protection Agency), 2012, Part 430-The pulp, paper, and paperboard point source category, USA.
- EPA (Environmental Protection Agency), 2012, Subpart S-National emission standards for hazardous air pollutants from the pulp and paper industry, USA.
- Han, D. H., 2018, Effectiveness analysis and suggested improvements for investigation the system for the discharge of specific substance that are harmful to water quality, J. Kor. Envir. Pol. Admin. Soc., 26(3), 267-286.

- Harald Schoenberger, 2009, Integrated pollution prevention and control in large industrial installations on the basis of best available techniques-the sevilla process, *J. Cle. Pro.*, 17, 1526-1529.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2006, Economics and cross-media effects, European Union.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2010, Commission implementing decision of 10 February 2012 laying down rules concerning guidance on the collection of data and on the drawing up of BAT reference documents and on their quality assurance referred to in directive 2010/75/EU of the European parliament and of the council on industrial emissions. *Off J Eur Union* 2012, L63/1- 39., European Union.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2015, Best available techniques reference document for the production of pulp, paper and board, European Union.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2017, Best available techniques reference document for waste incineration, European Union.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2019, Best available techniques reference document for the large combustion plant, European Union.
- KEITI (Korea Environmental Industry and Technology Institute), 2015, Environmental characteristics of paper industry, 47, *Konetic Report*, Korea.
- KEITI (Korea Environmental Industry and Technology Institute), 2017, Pollutant distributor self-monitoring technical guide, *Konetic Report*, Korea.
- Kim, C. H., Moon, J. M., Kim, E. G., Ahn, B. I., 2010, Input-output analysis for pulp, paper and paper product industries, *J. Korea. TAPPI*, 42, 45-55.
- Kim, K. Y., Shin, S. J., Moon, H. S., Jeon, T. W., Shin, S. K., 2017, Integrated approach for environmental permits and understanding BAT reference of EU, *J. Kor. Soc. Urb. Env.*, 17, 109-117.
- KOPA (Korea Packaging Association Inc), 2017, Market trend of corrugated racking case, *The monthly packaging world*, 292, 48-51.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service), 2017, http://kssc.kostat.go.kr:8443/ksscNew_web/index.jsp#.
- Lee, J. H., 2018, Integrated environmental management and environmental impact assessment, *J. Korean Cadastre Information Association*, 20, 89-103.
- MEP (Ministry of Environmental Protection of China), 2017, EISCHNIA (Environmental Information System about China), http://kjs.mep.gov.cn/hjbhzb/bzwb/shjhbh/xgbzh/201705/t20170511_413872.shtml.
- MOE (Ministry of Environment) · NIER (National Institute of Environmental Research), 2018, 2018 The occurrence and treatment of industrial wastewater, Korea.
- MOT (Ministry of Trade, Industry Energy)·KEEI (Korea Energy Economics Institute and Korea Energy Agency), 2018, 2017 Energy consumption survey, Korea.
- NIER (National Institute Environmental Research), 2014, Development of guideline for assessment and selection of best available techniques and establishing the roadmap of horizontal BAT reference document, NIER-SP2014-121, Korea.
- NIER (National Institute Environmental Research), 2016, Prepare measures to secure reliability of self-measurement agency system, NIER-SP2016-173, Korea.
- NLIC (National Law Information Center), 2017, Act on the integrated control of pollutant discharging facility, Korea.
- Park, J. H., 2017, Evaluation and selection method of best available techniques for integrated environmental management system, *J. Korea. Wat. Env.*, 33, 348-358.
- Park, J. H., Kim, Y. S., Lee, W. S., 2016, Significant and development of the integrated environment management system implementation, *J. Korea. Wat. Env.*, 32, 318-324.
- Shin, S. J., Park, J. H., Park, S. A., Lee, D. G., Kim, D. G., 2017, Understanding and improvement of best available techniques for waste incineration facility. *J. Korea. Atmos. Env.*, 33, 533-543.
- Shin, S. J., Park, J. H., Park, S. A., Lee, D. G., Kim, D. G., 2018, Understanding and improvement of best available techniques for electricity and steam production facility. *J. Korea. Atmos. Env.*, 34, 281-293.

-
- Researcher. Kyung-Ae Seo
National Institute of Environmental Research, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team
nnke02@korea.kr
 - Researcher. Eun-Seok Kim
National Institute of Environmental Research, Integrated Pollution Prevention and Control Research Team
jagaru@korea.kr

-
- Researcher. Ga-Hee Kim
National Institute of Environmental Research, Integrated
Pollution Prevention and Control Research Team
gahkim@korea.kr
 - Researcher. Jong-Beom Khan
National Institute of Environmental Research, Integrated
Pollution Prevention and Control Research Team
khan10@korea.kr

-
- Researcher. Suk-Young Hong
National Institute of Environmental Research, Integrated
Pollution Prevention and Control Research Team
ryan4368@korea.kr
 - Researcher. Phil-Goo Kang
National Institute of Environmental Research, Integrated
Pollution Prevention and Control Research Team
philgkang@korea.kr