

음식물류 폐기물 자원화시설의 공정개선에 관한 연구(II) - DDM환경자원센터의 탈취시설 사례를 중심으로 -

김충곤^a, 배윤환^b, 신현곤^{c†}

Study on the Improvement Process for the Food Waste Resource Facility (II) - Focus on Deodorization Facility of DDM Environment Resource Center -

Choong-Gon Kim^a, Yoonhwan Bae^b, Hyun-Gon SHIN^{c†}

(Received: Feb. 23, 2019 / Revised: Mar. 11, 2019 / Accepted: Mar. 12, 2019)

ABSTRACT: This study refers to the deodorization of DDM Environmental Resource Center, which is operating abnormally in the food waste public-resource facilities that are operating nationwide, in accordance with the initial operating conditions. Issues concerning the abnormal deodorization facilities of DDM Environment Resource Center were the deodorization of composting facilities, indoor air quality problems, and overall deodorization of facilities, especially the phenomenon of stopping while operating the RTO and the phenomenon of poor spray in the wet scrubber etc. As an alternative and improvement method for converting such abnormal operation facilities into normal operation facilities, It is proposed to remove the front filter of the upper part of the fermentation tank, and to install scrubbers, air and water separator, and roll filters for dust removal etc.

Keywords: Food Waste, Public-Resource Facility, Deodorization Facility, Abnormal Operation

초 록: 본 연구는 전국적으로 운영되고 있는 음식물류 폐기물 공공자원화 시설 중에서 초기에 제시된 운전조건과 맞지 않게 비정상적으로 운전되고 있는 DDM환경자원센터의 탈취시설을 대상으로 하여 실시하였다. DDM환경자원센터의 비정상적인 탈취시설에 대한 쟁점사항은 퇴비화시설내부의 탈취와 실내공기질 문제 및 시설 전반적인 탈취문제이며 특히 축열식 연소장치(RTO)의 운전 중 정지되는 현상과 세정탑 내 살수 불량현상 등으로 나타났다. 이러한 비정상적인 운전시설을 정상적 운전시설로 전환하기 위한 개선방안 및 대안으로는 발효조 상부의 전면필터 제거와 분진제거용 스크레버, 기수분리기, 롤필터 등의 설치를 제안하고자 한다.

주제어: 음식물류폐기물, 공공자원화시설, 탈취시설, 비정상적 운전

^a 고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부 책임연구원 (Principal Researcher, Plant Engineering Division, Institute for Advanced Engineering)

^b 대진대학교 생명화학부 생명과학전공 정교수 (Professor, Dept. of Life Sci., Daijin University)

^c 신한대학교 에너지환경공학과 정교수 (Professor, Dept. of Energy & Environmental Engineering, Shinhan University)

† Corresponding author(e-mail: cospea@hanmail.net)

1. 서론

국내에서 버려지는 음식물류 폐기물은 2014년 기준으로 연간 약 500만 톤에 달하고 매년 9,000억원의 처리비용이 발생하고 있는 것으로 나타났다¹⁾. 이러한 음식물류 폐기물 발생량 추세는 2013년에 26%의 점유율로 최저치를 나타낸²⁻⁵⁾ 이후, 경제발전에 따른 국민소득이 증가하면서 음식물류 폐기물 발생량이 최근 다시 꾸준히 증가하고 있으며 국내 음식물류 폐기물 발생량은 2015년 8월 현재 1일 13,576톤으로 나타났다⁶⁾. 서울시의 경우 공공 처리시설이 현재 5개소로 1일 처리능력 1,360톤이며 2018년까지는 1일 2,360톤 규모의 처리목표로 추진하고 있는 것으로 조사되었다⁷⁾. 한편, 공공처리시설인 DDM환경자원센터에 적용된 처리공법은 벨기에 OWS社의 기술공법인 DRANCO 공법을 국내업체가 처음 도입하여 부산시 S매립장내에 적용한 공법과 동일한 것으로 주요 공정은 건식 단상 혐기성 소화방식으로 단일 혐기성소화시설로는 국내 최대시설이며 바이오가스 전력을 생산하는 최초시설로서 DRANCO 공법의 소화조에서 배출되는 소화슬러지를 퇴비 발효조에 연계시켜 부산시 S매립장과 DDM환경자원센터에 건설하였으며 DDM환경자원센터의 시설물은 1일 98톤의 음식물류 폐기물을 처리하는 시설이다⁸⁾. DDM환경자원센터는 2011년 퇴비생산량은 40.3톤으로 나타났으나 실시협약서는 연간 2,400톤 이상의 퇴비 원료를 생산하여 톤당 15,000원에 판매하기로 하였지만 실시협약 내용의 1.7%만 이행하고 있는 것으로 나타났다^{9,10)}.

따라서 본 연구에서는 공공 자원화시설이 무분별하게 확충되어 운영되고 있는 음식물류 폐기물 공공 자원화 시설 중에서 초기에 제시된 운전조건과 맞지 않게 비정상적으로 운전되고 있는 시설중의 하나인 DDM환경자원센터의 탈취시설을 대상으로 하였으며, DDM환경자원센터의 탈취시설에 대한 쟁점사항을 점검하고 그 쟁점의 원인을 분석하여 비정상적인 운전시설을 정상적 운전시설로 전환하기 위한 몇 가지 개선방안 및 대안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상 시설

본 연구의 대상은 전국 주요도시에 설치된 주요 음식물류 폐기물 공공자원화시설¹¹⁾ 중 초기 운전조건과 맞지 않게 비정상적으로 운전되고 있어 시공사와 운영사간에 책임소재의 쟁점이 되고 있는 DDM환경자원센터를 대상으로 하였다.

2.2. 조사내용

본 연구는 비정상적으로 운전되고 있는 음식물류 폐기물 공공 자원화시설의 운영 및 실태 조사를 통해 문제를 분석하고자 하며, 이에 따른 세부적인 조사내용은 다음과 같다.

- 1) DDM환경자원센터 탈취시설의 운영공정 조사
- 2) 탈취시설이 정상적으로 운영되는 못하는 쟁점 사항 조사
- 3) 탈취시설 쟁점사항에 대한 원인분석 및 개선방안 제시

3. 결과 및 고찰

3.1. 탈취시설의 운영공정

DDM환경자원센터의 전체공정은 Fig. 1, 탈취시설 공정은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 전반적인 탈취공정은 각 시설별로 발생된 악취유발물질을 흡입후드를 통하여 축열식 연소산화장치(RTO)를 거쳐 3단 약액세정탑을 통하여 처리후 대기로 방출되고 있는 공정이다.

RTO는 약 800 ℃의 고온에서 악취물질을 산화 분해시키는 장치로 내부에 설치된 세라믹 축열체를 이용해 연소열을 회수함으로써 열효율을 극대화시키고 3단 약액 세정탑은 황산, 수산화나트륨, 전기분해수를 이용해 알칼리성가스, 산성가스, 중성가스를 제거하는 설비로 앞 단계에서 제거되지 않은 잔존 악취를 제거한다.

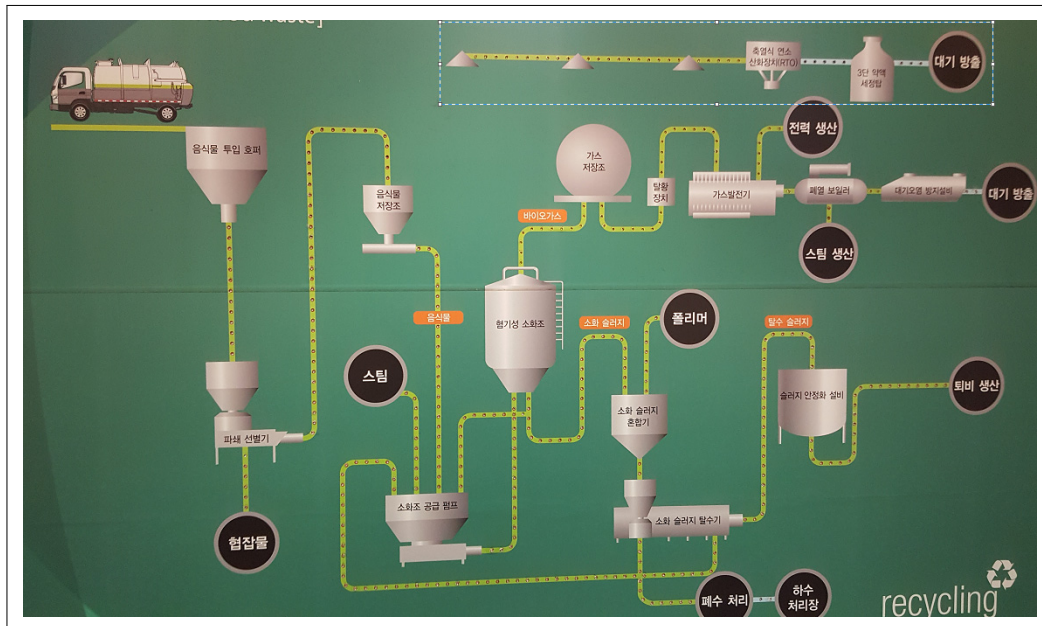


Fig. 1. Process of DDM environmental resource center.

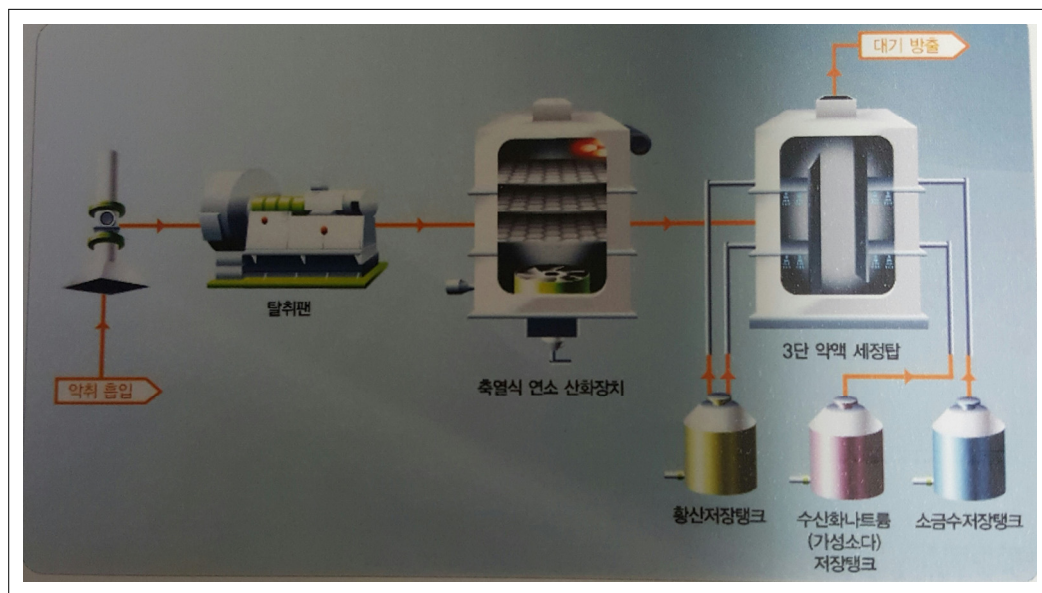


Fig. 2. Deodorization process of DDM environmental resource center.

3.2. 정상적으로 운영되지 못하는 쟁점사항

현재 탈취시설이 정상적으로 운영되지 못하고 있는 정황은 여러 곳에서 나타나고 있다. 이는 퇴비화 시설인 발효조에서의 실내공기질 문제뿐만 아니라 후속 공정인 탈취시설에서의 정상적 운영을 방해하는 요소로 작용한다고 볼 수 있다.

3.2.1. 퇴비화시설내부의 탈취와 실내공기질

비정상적인 퇴비화과정으로 인하여, 이에 수반되는 탈취시설이 정상적으로 가동되지 못하는 정황은 다음의 Table 1에서 보여주고 있다.

측정값의 결과는 퇴비화시설이 정상적으로 가동하지 못함으로써 발효조의 상부에서 측정된 미세먼

Table 1. Measurement Results of Indoor Air Quality Before and after Operation in Composting Facility(Analysis at Korean Industrial Health Association, Before Operation: June 23, After Operation: July 20, 2016)

Measurement location	Item	Measured Value		Exposure Standard	Remark
		Before Operation	After Operation		
Upper part of the composting tank	Fine dust (mg/m ³)	0.498	1.281	2	
	H ₂ S (ppm)	ND	0.0180	10	
	NH ₃ (ppm)	3.252	140.8600	25	in-service base overcome
Upper part of the sawdust storage	Fine dust (mg/m ³)	0.159	1.038	2	
	H ₂ S (ppm)	ND	ND	10	
	NH ₃ (ppm)	2.114	144.9850	25	in-service base overcome

주) ND: No Detection

지는 퇴비화시설 운전 전과 운전 중을 비교하여, 퇴비화시설을 가동할 때가 가동하지 않을 때 보다 2배 이상 많아졌으며 특히 암모니아 가스의 측정값은 노출기준을 초과하는 결과를 보이고 있다. 이러한 결과는 발효조 상부에서만 일어나는 것이 아니라 거리가 이격되어 있는 톱밥 저장고에서도 유사한 결과를 보이고 있어 탈취시설이 정상적으로 가동되지 못함을 보이는 정황이며, 이는 곧 악화된 실내 공기질의 결과로 나타나고 있다.

3.2.2. 시설 전체의 탈취

탈취시설은 퇴비화시설인 밀폐형 발효조에서 정상적으로 발생하는 가스상 물질을 우선적으로 제거해야 할 뿐만 아니라 DDM 환경자원센터 전체시설에 걸쳐서 탈취공정을 수행하여야 하는 시설이다. 이러한 탈취시설에서 아래의 문제점이 나타남을 확인하였다.

- 1) 축열식 연소장치(RTO)의 운전 중 정지되는 현상
- 2) 세정탑 내 살수 불량현상 등

3.3. 쟁점사항 원인분석 및 개선방안

3.3.1. 원인 분석

탈취시설물의 현장 실사로 나타난 쟁점사항에 대한 문제점을 확인, 분석한 결과 문제점의 발생원인, 즉 탈취시설이 정상적으로 가동되지 못하는 원인을 다음과 같이 정리하였다.

(1) 비정상적 퇴비화과정과 역기능의 탈취 전면 필터

본 연구(I)⁸⁾에서 언급한 바와 같은 비정상적인 퇴비화과정으로 인하여 발효조에서 과다하게 생성된 분진과 습한 상태에서의 입자상 및 가스상 물질이 만들어낸 응집된 상태의 이물질은 밀폐형 반응조 상단부분에 설치되어 있는 Duct의 흡입부 전면 필터를 막아버리게 됨으로서 차후의 탈취과정이 원활하게 진행되지 못하는 결과를 초래하게 된다. 이렇게 되면 가스상 물질과 분진이 흡입덕트로 들어가지 못하고 반응조 주변에 분산되어 실내공기질을 악화시키는 결과를 유발하게 되는 결과를 가져오게 된다.

(2) 기능을 잃어버린 탈취시설

원천적으로 소화슬러지와 톱밥이 완전 혼합되지 못하여 생기는 문제와 밀폐형 반응조의 비정상적인 운전으로 인한 과다한 미세먼지의 발생은 반응조에 발효공정에서 발생한 수분과 엉켜져서 습한 상태에서의 입자상 및 가스상 물질이 딱진 상태의 이물질을 만들어 내게 된다. 이러한 물질이 탈취시설 내로 흡입되면 직접적으로 RTO(축열식 연소산화장치)내부의 세라믹 축열체에 흡착되어 그 효율을 저하시켜 탈취시설이 정상적 성능을 유지하지 못하게 된다. 한편, RTO의 운전 중 정지되는 현상은 후단의 온도가 95℃ 이상 상승으로 인한 정지로서 온도의 상승원인은 내부 축열체에 먼지, 유분 등의 이물질이 유입되면서 생긴 눈 막힘 현상으로 인한 것이라 판단된다. 또한 현장에서 확인된 약액 세정탑의 살

수 불량 현상의 문제점은 약액세정탑 내부 배관손상과 함께 빈번하게 일어나는 크고 작은 하자에 기인한다.

3.3.2. 개선방안

탈취시설의 정상적인 가동을 위한 시설개선은 다음과 같이 제안 하고자 한다.

(1) 퇴비화시설내의 탈취공정 시설 보완

본 연구(I)⁸⁾에서 언급한 바와 같이, 혼합기 교체로 인한 혼합개선효과로 퇴비화 반응조에서의 퇴비화 과정은 어느 정도 개선 효과는 나타나겠지만 음식물류 폐기물이 처음부터 원료로 투입되는 정상적인 호기성 발효반응과 비교하여 성능효율이 다소 저하된 퇴비화 과정이 진행될 것으로 판단된다. 발효조 내부는 슬러지 따로 부형재 따로 분리되게 되는 현상이 여전히 발생하게 되며 블로어에서 송풍된 공기와 접촉된 톱밥은 비산되어 많은 분진을 발생시키게 된다. 또한 여기서 발생하는 dust와 이물질 그리고 반응시 생성되는 수분과 합쳐져서 탈취시설의 흡입덕트로 들어오게 되는데 흡입 덕트의 초입에 있는 전면 필터를 막아버리는 원인이 되기도 한다. 그러므로 퇴비화 시설에서 발생하는 암모니아 가스등은 막혀진 필터로 인하여 탈취시설의 덕트 내부로 흡입되지 못하고 주변에 비산되어져 실내공기질을 악화시키게 되는 것이다. 이러한 밀폐형 발효조의 반응과정에서 발생하는 가스상 물질을 제거하여 실내공기질을 향상시키기 위하여 다음의 개선방안과 같은 밀폐형발효조의 상단부에서 RTO 이전 단계까지의 퇴비화시설내 탈취시설개선이 필요하다.

(2) 주요 개선방안

주요 개선방안은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 발효조 상부의 전면필터 제거와 분진제거용 스크레버, 기수분리기, 롤필터 등의 설치를 제안하고자 한다.

개선된 탈취공정은 퇴비화 시설내부의 실내 공기 질개선뿐 아니라 RTO가 운전중 정지되는 온도 상승 원인인 내부 이물질 유입으로 인한 눈막힘 현상도 개선될 것으로 사료된다. 한편, Fig. 3에 나타난 개선된 설비의 기능은 다음과 같다.

- ① 세정탑(Wet Scrubber): 발효조에서 이송되어진 유해가스 및 수분, 분진 등을 물로서 세정 처리한다.
- ② 유인송풍기(I.D FAN): 발효조에서 발생하는 유해가스 및 수분, 분진 등을 흡입하여 처리 시설로 이송한다.
- ③ 기수분리기: 세정탑에서 넘어오는 수분을 제거하여 롤필터의 부하를 줄여주어 필터의 수명을 연장시키며 또한 RTO의 연소효율을 높인다.
- ④ 롤필터(Roll Filter): 세정탑에서 넘어오는 분진을 제거한다.

4. 결 론

본 연구대상 시설물인 탈취시설의 비정상적인 운전의 원인은 비정상적 퇴비화과정과 역기능의 탈취 전면필터 및 기능을 잃어버린 탈취시설로 정리되어진다. 비정상적 퇴비화과정의 개선사항으로는 본 연구(I)에서 언급한바 있는 분쇄형/파쇄형 혼합기로의 교체와 퇴비반출을 위한 컨베이어 설치 등을 제시

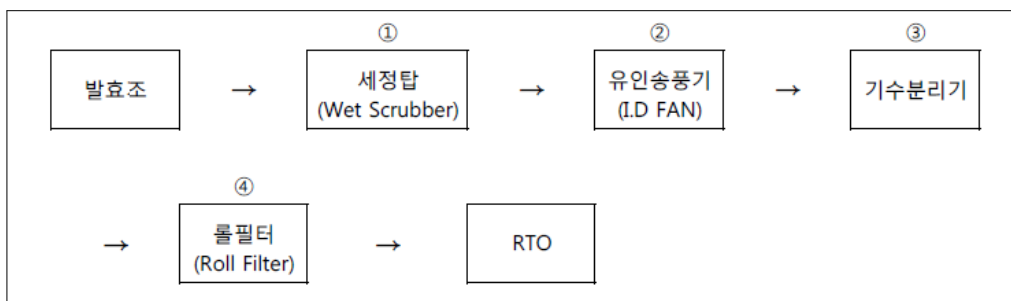


Fig. 3. Improved deodorization facility process flow.

할 수 있으며 역기능의 탈취 전면필터 및 기능을 잃어버린 탈취시설에 대한 개선사항으로는 발효조 상부의 전면필터 제거와 분진제거용 스크레버, 기수분리기, 롤필터 등의 설치를 들 수 있다. 발효조 상부의 전면필터 제거는 발효조에서 과다하게 생성된 분진과 습한 상태에서의 입자상 및 가스상 물질이 만들어낸 응집된 상태의 이물질이 Duct의 흡입부 전면 필터를 막아버리게 됨으로서 가스상 물질과 분진이 흡입덕트로 들어가지 못하고 반응조 주변에 분산되어 실내공기질을 악화시키는 결과를 방지하게 될 것이며 흡입덕트로 유입된 입자상 및 가스상 물질은 차후의 개선된 공정을 거쳐서 더 효율적이고도 정상적인 탈취과정이 진행할 수 있게 될 것이다. 특히, RTO유입전에 Roll Filter를 설치하여 세정탑에서 넘어오는 분진을 제거함으로써 눈막힘 현상으로 인한 RTO의 온도상승을 예방하는 효과를 가져와 비정상적인 운전사항을 해결하여 줄 것으로 기대된다.

References

1. Ministry of Environment, "A Panel Discussion with Development Plan of Food Disposal Improvement and Resource Recovery", the Environmental Research Forum in National Assembly (2014. 5).
2. Ministry of Environment, "Current State of Waste Generation & Disposal Facilities in Korea" (2013).
3. Ministry of Environment, "The environment white paper" (2014).
4. Ministry of Environment, "Current State of Food Waste Recycling Facility" (2013).
5. Ministry of Environment, "Website online homepage" (2015).
6. Ministry of Environment, "Inspect of the Government Offices Data" (2015).
7. Seoul Metropolitan Government, "Internal Data in Seoul-city" (2015).
8. Shin, H. G., "Study on the Improvement Process for the Food Waste Resource Facility (I)- Focus on Composting Facility of DDM Environmental Resource center -", Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association, 26(3), pp. 15~22. (2018).
9. Seoul Metropolitan Government, the Climate Change Headquarters, "Seoul Food Waste Recycling Facilities Expansion and the Validity investigation Service & Foundation Plan Service for Waste Facilities at Gangser-gu" (2014).
10. Ministry of Environment, "Contract State of Consignment on Food Wastes by Local Government in Seoul" (2015).
11. Shin, H. G., etc "Study on the Public Food Waste Recycling Facility Operation(I) - Focusing on the Current State of Operation and the Problems -", Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association, 24(1), pp. 41~49. (2016).