

석유화학폐수의 발생원 현황 및 특성 분석

박수호 · 이우범 · 김성욱*,†

전남대학교 환경시스템공학과 · *환경시설관리주식회사

(2018년 11월 23일 접수, 2018년 12월 12일 수정, 2018년 12월 14일 채택)

Status and Characteristics of the Sources of Petrochemical Wastewater

Soo-Ho Park · Woo-Bum Lee · Sung-Ug Kim*,†

Department of Environmental system Engineering, Chonnam National University

**Environment Management Corporation*

(Received 23, November 2018, Revised 12, December 2018, Accepted 14, December 2018)

Abstract

Petrochemical wastewater from Yeosu Industrial Complex contains various toxic substances and causes problems due to anomaly in the treatment plant. Therefore, in order to properly operate the wastewater treatment facility, it is necessary to manage the source. As a result of analyzing the sources that flowed into the wastewater treatment facility, the number of sources was 0-100 m³/day, but the average emission flow rate of source was 5,000-20,000 m³/day, which was the highest at 46.7%. The mean concentrations of BOD₅, COD_{Mn}, SS, nH and Phenol were higher than 1,000 m³/day and higher than 1,000 m³/day in BOD₅, COD_{Mn} and SS. There was no significant difference. Most wastewater treatment facilities for major sources are composed of a flow control tank, a neutralization facility, an oil separation facility, a filtration adsorption facility, and an activated sludge tank. The main process is treated by the activated sludge process. As a result of water quality analysis for major sources, the average concentration met the emission limit, but the difference was significant for each source. As a result, it is considered that the management of the generation source will be necessary when the generated petrochemical wastewater is integrated and treated, because the characteristics of the source are varied.

Keywords : Petrochemical complex, Wastewater, Source, Characterization, Management

1. 서론

산업이 고도화됨에 따라, 매년 400여종의 화학물질이 신규 사용되고 있으며 현재 4만 여종의 물질이 유통되는 등 화학물질의 사용이 급증하고 있다. 이러한 화학물질 중 발암

물질, 내분비계 장애물질(EDs; Endocrine Disrupters) 등 대부분의 화학물질들은 인간과 생태계에 유해한 것으로 알려져 있다¹⁻²⁾.

일부 수생태계에서는 유해화학물질에 의한 생태계 교란이 진행되고 있으며, 이들 물질이 상수원에 잔류할 가능성은 매우 높다. 수질유

†Corresponding author E-mail: sukim5190@naver.com

해물질 중 휘발성 유기물질, 유기용제, 다환방향족 탄화수소 등의 합성유기화합물과 중금속 등에 의한 수질오염은 인간의 건강은 물론 수생태계에도 큰 영향을 미칠 수 있다³⁻⁶⁾.

산업폐수는 생활하수에 비해 배출량이 상대적으로 적고 처리율이 높지만 오염 농도가 높고 유해물질 및 생태독성 물질은 생태계 교란 및 수생태계에 잔류할 가능성이 높아 철저한 관리가 요구되지만 유해물질 기준은 한정되어 있어, 이에 대한 반영이 어려운 실정이다⁷⁻⁸⁾.

폐수처리시설으로 유입되는 폐수는 방류수 수질측정 의무가 없어 유해물질 및 생태독성 물질이 포함된 유입폐수에 대한 발생원 및 모니터링의 어려움이 있으며, 여수산단은 화학물질 제조업이 절대적인 우위를 차지하고 있어 다양한 유해물질 및 생태독성 물질을 포함한 폐수가 처리장으로 유입되고 있다^{3,9-11)}.

여수산단 폐수처리시설은 생물학적 처리공정으로 운영되고 있고, 유입폐수에 유해물질 및 생태독성 물질이 포함된 경우 운영에 어

려움이 있으며, 유해물질 제거 공정 없는 등 체계적인 대응방안 미비하며, 유해물질 및 생태독성 물질이 포함된 폐수가 유입된 경우, 처리장에 이상현상이 발생된 후 인지되며, 이로 인한 처리장 시설 오염이 있었으며, 슬러지에 포함되어 슬러지 소각 후 사업장폐기물이 아닌 지정폐기물 지정되어 처리에 어려움이 있는 사례 있다. 또한, 여수산단 폐수처리시설은 유해물질 및 생태독성 물질의 유입을 담당자의 경험에 의존(발생원별 냄새 등)에 의존하여 파악하고 있다¹²⁾.

따라서, 폐수처리시설을 적절히 운영하기 위해서는 발생원에 대한 관리가 필요하므로 이를 위해 발생원 현황 및 특성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사대상 현황

여수국가산업단지는 여수 북쪽 9 km지점 전라남도 여수시 중흥동, 삼일동 일원에 위치하고 있다. 임해공단의 양호한 입지여건을 이



Fig. 1. Status map of Yeosu National Industrial Complex.

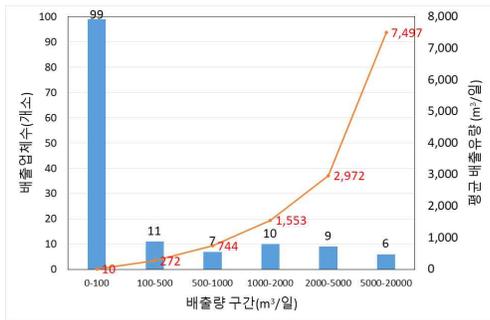


Fig. 1. Number of vendors and average discharge flow by source emission interval.

용한 종합 석유화학산업단지로 육성되었다.

2017년 4월 현재 업종별 입주현황은 총 284개 입주업체 중 현재 255개 업체가 가동 중이며, 주요 업종은 정유, 석유화학, 비료이다.

2.2. 분석방법

발생원 폐수배출시설을 거친 처리수를 일일 2회 채취하여 혼합 후 시료로 사용하였다. 수질분석은 수질오염공정시험기준에 따라 분석하였다¹³⁾.

분석항목은 SS, BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P, Cr⁺⁶, Hg, As, Se, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, pB, Zn, n-H, CN, 음이온계면활성제, F⁻로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 석유화학폐수 배출업소 현황

여수산단에서 폐수처리시설로 유입하는 발생원(배출업소)은 142개소이며 유량은 0.0~11,415 m³/일로 조사되었다. 배출구간별로는 0~100 m³/일을 배출하는 발생원이 99개소로 가장 많은 비율인 69.7%, 100~500 m³/일은 7.7%, 500~1,000 m³/일은 4.9%, 1,000~200 m³/일은 7.0%, 2,000~5,000 m³/일은 6.3%, 5,000~20,000 m³/일은 4.2%로 분석되었다.

배출구간별 평균유량을 보면 0~100 m³/일을 배출하는 발생원의 평균유량은 10 m³/일, 100~500 m³/일은 272 m³/일, 500~1,000 m³/일은 744 m³/일, 1,000~200 m³/일은 1,553 m³/일, 2,000~5,000 m³/일은 2,972 m³/일, 5,000~20,000 m³/일은 7,497 m³/일로 나타났다.

폐수처리시설로 유입되는 각 구간별 비율을 보면 가장 발생원이 많은 0~100 m³/일 발생원이 1.0%를 차지하여 가장 낮았고, 5,000~20,000 m³/일 발생원이 46.7%로 가장 높게 나타났다(Fig. 1).

BOD₅, COD_{Mn}, SS, n-H, phenol의 구간별 평균농도를 분석하였다. BOD₅는 0~100 m³/일과 500~1,000 m³/일이 가장 높은 농도인 50 mg/L 이상을 보였으며, COD_{Mn}도 0~100 m³/일과 500~1,000 m³/일이 가장 높은 농도인 80 mg/L 이상을 보였다. SS, n-H, phenol은 구간별로 큰 차이는 보이지 않았다(Table 1).

Table 1. Wastewater quality by source emission interval.

Interval(m ³ /일)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	SS(mg/L)	n-H(mg/L)	Phenol(mg/L)
0~100	51.5	106.4	44.2	0.9	0.058
100~500	23.0	62.3	35.2	0.9	0.060
500~1,000	57.7	83.1	36.3	1.0	0.070
1,000~2,000	23.8	43.7	21.4	0.9	0.062
2,000~5,000	22.2	47.8	27.0	1.0	0.063
5,000~20,000	21.5	46.8	43.4	1.0	0.061

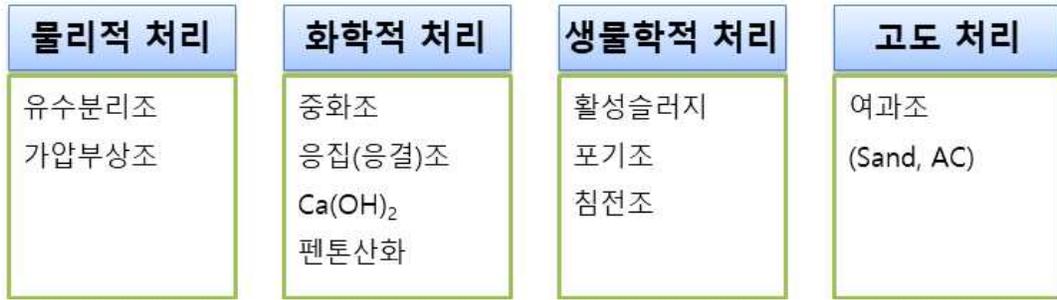


Fig. 2. Wastewater treatment process of main sources.



Fig. 3 Wastewater treatment process by industry.

3.2. 주요 발생원 폐수배출시설

석유화학폐수를 발생하는 주요발생원을 평균유량 1,000 m³/일인 발생원으로 선정하였으며, 총 25개 발생원이 해당 되었다.

주요 발생원에 대한 폐수처리시설을 분석하며, 대부분 유량조정조(균등조), 중화시설, 유수분리시설, 여과흡착시설, 활성오니조로 구성되어 있다. 폐수처리의 주 공정은 활성슬러지법에 의해 처리되고 있다.

주요 발생원을 공정별로 분류하면 물리적 처리공정은 유수분리조, 가압부상조이며, 화학적 처리공정은 중화조, 응집조이며, 생물학적 처리공정은 활성슬러지, 침전조이고 고도 처리 공정은 여과조로 분류할 수 있다(Fig. 2).

또한 주요 발생원에 대하여 업종별로 주요 폐수처리공정을 Fig. 3에 나타내었다.

3.3. 주요 발생원 수질

유량을 기준으로 주요 배출업소 25개소에 대한 수질을 분석하였다.

SS는 1.0~280.4 mg/L(평균 39.9 mg/L)로, COD_{Mn}는 3.0~138.8 mg/L(평균 40.8 mg/L)로, T-N은 1.044~79.844 mg/L(평균 19.353 mg/L)로, T-P는 0.009~34.966 mg/L(평균 3.718 mg/L)로 조사되었다.

Cr⁺⁶, Hg 불검출 되었으며, As은 ND~0.146 mg/L(평균 0.138 mg/L)로, Se은 ND~0.042 mg/L(평균 0.031 mg/L)로 조사되었다.

Ba은 0.004~0.390 mg/L(평균 0.038 mg/L)로, Cd는 불검출 되었고, Cr은 0.010~0.390 mg/L(평균 0.094 mg/L)로, Cu은 0.043~1.536 mg/L(평균 0.193 mg/L)로 조사되었다.

Fe은 0.077~24.863 mg/L(평균 2.761 mg/L)로, Mn은 0.007~4.847 mg/L(평균 0.324 mg/L)로, Ni은 ND~0.261 mg/L(평균 0.085 mg/L)로, Pb은 ND~0.074 mg/L(평균 0.074 mg/L)로 Zn은 0.048~0.433 mg/L(평균 0.136 mg/L)로 조사되었다.

n-H는 0.2~1.5 mg/L(평균 0.7 mg/L)로, 페놀류는 0.003~0.142 mg/L(평균 0.060 mg/L)로, CN은 ND~0.023 mg/L(평균 0.013 mg/L)로, 음이온계면활성제는 ND~0.946 mg/L(평균 0.222 mg/L)로 F⁻은 ND~1.027 mg/L(평균 0.438 mg/L)로 조사되었다.

4. 결론

석유화학폐수의 발생원에 대한 현황 및 특

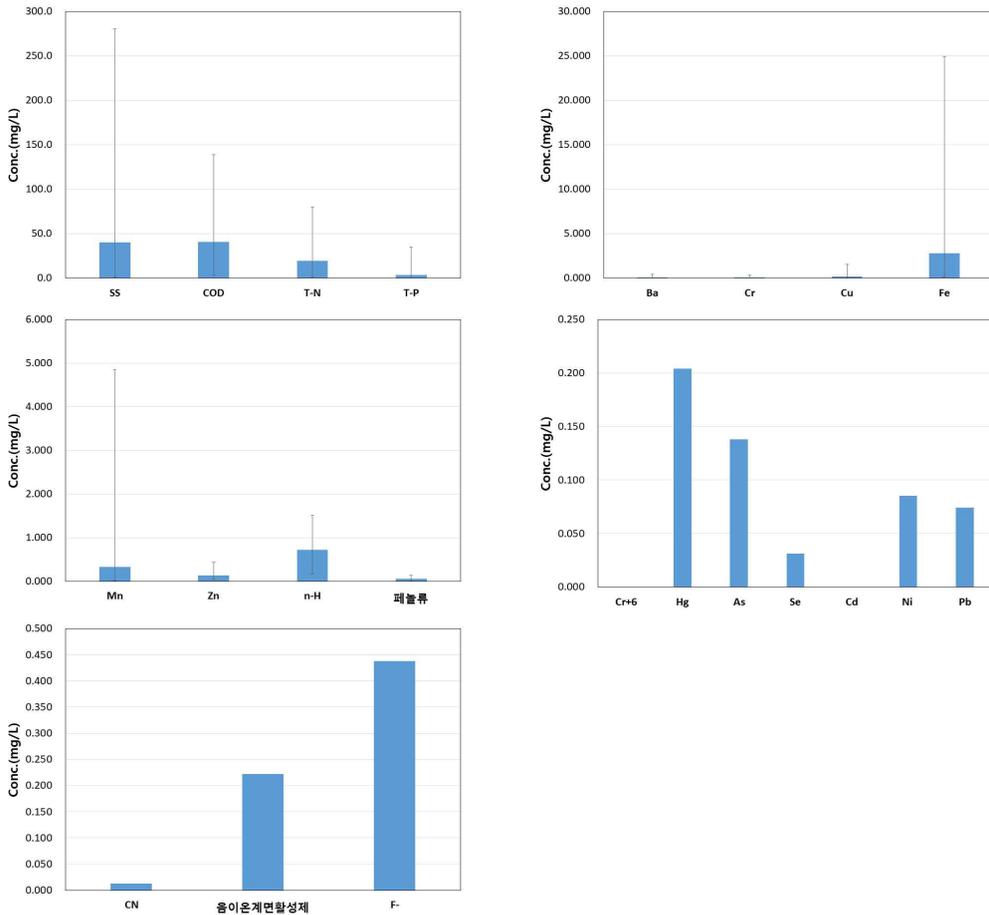


Fig. 4. Wastewater quality of main sources.

성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 폐수처리시설로 유입되는 발생원을 구간별로 분석한 결과, 발생원은 수는 0~100 m³/일 가장 많았으나, 발생원 평균 배출유량은 5,000~20,000 m³/일이 46.7%로 가장 높게 나타났다.

2) BOD₅, COD_{Mn}, SS, n-H, Phenol의 구간별 평균농도를 분석한 결과, BOD₅, COD_{Mn}, SS은 평균유량이 1,000 m³/일 이하에서 높고 1,000 m³/일 초과가 높게 나타났으며, n-H, Phenol은 큰 차이를 보이지 않았다.

3) 주요 발생원에 대한 폐수처리시설은 대

부분 유량조정조(균등조), 중화시설, 유수분리시설, 여과흡착시설, 활성오니조로 구성되어 있고 주 공정은 활성슬러지법에 의해 처리되고 있다.

4) 주요 발생원에 대해 수질분석을 한 결과 평균농도는 배출허용기준을 만족하고 있으나 발생원별로 차이가 크게 나타나고 있었다.

5) 이를 종합하여 보면 발생된 석유화학폐수를 통합하여 처리 할 경우 발생원의 성상이 다양하여 발생원 관리가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구과제는 환경부지정 전남녹색환경지

원센터의 연구비지원에 의해 수행된 연구과제입니다.

적용을 위한 영향분석 및 적정 관리방안 연구.

References

1. 국립환경과학원(2011), 산업폐수 유입시 공공하수처리시설의 효율적인 처리방안 연구.
2. 국립환경과학원(2012), 산업폐수 종말처리장 특정수질유해물질 처리 및 관리 방안 연구.
3. 한국환경정책평가연구원(2012), 간접방류 산업폐수 관리개선 방안 연구.
4. Halling-Sorensen, B., Nielson, S. N., Lanzky, P. E. and Ingerslev, L. F.(1998), Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment—a review, *Chemosphere*, 36(2), 357~393.
5. Stumpf, M., Ternes, T. A., Wilken, R. D., Rodrigues, S. V. and Baumann, W.(1999), Polar drug residue in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil, *Sci. Total Environ.*, 225, 135~141.
6. Kolpin, D. W., Furlong, E. T., Meyer, M. T., Thurmann, E. M., Zaugg, S. D., Barber, L. B. and Buxton, H. T.(2002), Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999~2000: a national reconnaissance,” *Environ. Sci. Technol.*, 36, 1202~1211.
7. 환경부(2008), 폐수배출시설 생태독성 탐색 및 저감방법 기술안내서.
8. 환경부(2009), 생태독성 저감 기술 지원 사례집(Ⅲ).
9. 환경부(2003), 수질오염물질의 관리제도 도입방안 연구(Ⅱ).
10. 김종민, 신기식, 이수형, 이정서, 이택준 (2017), 간접방류사업장 관련 폐수의 생태독성수준 및 특성 평가, *한국물환경학회지*, 33권 4호, pp. 481-486.
11. 국립환경과학원(2011). 신인허가체계 확대 적용을 위한 영향분석 및 적정 관리방안 연구.
12. 박수호, 김성욱(2018), 여수산단 폐수종말처리장 적정 운영을 위한 유해물질 및 생태독성 발생원 관리방안 연구, 전남녹색환경지원센터 최종보고서.
13. 환경부(2018), 수질오염공정시험방법.