

### 원주공공하수처리장의 반류수 및 연계처리수 특성 평가

김신영, 김용범, 류우신, 김안수, 이동석, 안종화\*  
 강원대학교 환경공학과  
 (johnghwa@kangwon.ac.kr\*)

#### Evaluation of characteristics of reject water and treated landfill leachate, livestock, and slaughter effluents in Wonju wastewater treatment plant

Shin-Young Kim, Yong-Boem Kim, Yu-Chen Liu, Wan-Su Kim, Dong-Seok Rhee,  
 Johng-Hwa Ahn\*  
 Environmental Engineering of Kangwon National University  
 (johnghwa@kangwon.ac.kr\*)

#### 1. 서론

우리나라의 공공하수처리시설의 방류수 수질기준은 2010년 12월까지 COD 40 mg/L, T-N 20 mg/L, T-P 2 mg/L로 정해져 있었으나, 2012년 1월 1일부터 COD 20 mg/L, T-N 20 mg/L, T-P 0.2 mg/L로 수질기준을 강화하고 있다(환경부, 2012a). 이러한 변화에 따라 국내 하수처리장은 방류수수질기준을 맞추기 위해 추가적인 설비나 기존 시설을 개량하는 대처가 필요한 실정이다. 슬러지처리 과정에서 발생하는 반류수는 고농도이고 간헐적으로 발생하는 경우가 많으며 반류되는 경우 2차처리 공정에 고부하를 야기해 생물학적 질소제거의 효율을 저해시키는 원인이 된다. 이는 반류수가 수처리 공정에서 슬러지처리 흐름으로부터 유입되는 고농도의 고형물과 질소를 함유하고 있어 생물학적 반응조(주처리 공정)의 운전에 큰 영향을 미치기 때문이다(이한샘 등, 2011). 원주 공공하수처리장의 경우 생활하수 외에 침출수, 도축장폐수, 축산폐수 등의 다양한 연계처리수가 유입됨으로 인해 그 성상이 복잡하고 유입량에 비해 영양소 부하가 큰 실정이며, 원심농축 등의 설치를 포함한 슬러지처리계통의 개선에도 불구하고 운전이 원활하지 않아 반류수로 인한 영양소의 부하도 증가하고 있다(임재명, 2009). 반류수 및 연계처리수는 고농도 유기물과 영양염류를 함유하고 있어 하수처리장 적정운전을 위한 최적조건을 결정할 수 있는 기술적 판단자료가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 반류수와 연계처리수의 특성을 분석하고자 한다.

#### 2. 실험방법

##### 2.1 대상시료

대상시료는 원주공공하수처리장으로 유입되는 1차 처리된 도축장 폐수, 매립장 침출수, 축산 폐수를 포함한 연계처리수와 농축조, 소화조, 탈수여액을 포함한 반류수 및 원주공공하수처리장 내에 반응조의 유입수, 유출수 등을 대상으로 하여, 2013년 5월 채취하였다. 시료성상의 변화를 방지하기 위하여 실험실 냉장고 4℃에 보관하였다.

##### 2.2 실험방법

원주시 하·폐수의 이화학적 특성을 분석하여, 발생원별 하·폐수의 특성 및 오염주요 인자를 파악 및 분석하였다. 분석항목으로는 COD<sub>cr</sub>, T-P, SS, DOC, BDOC, UV<sub>254</sub>, specific UV absorbance(SUVA) 등을 진행하였으며 Standard Methods(2005)를 이용하여 실험을 진행하였다.

### 3. 결과 및 토론

원주공공하수처리장에 유입되는 연계처리수와 반류수가 하수처리장 운영에 어떤 영향을 미치는지를 알기위해서는 연계처리수와 원주공공하수처리장 내 반류수의 수질 특성을 파악해야한다. 그러므로 본 연구에서는 2012년부터 2013년 4월까지의 자료와 실측치를 중심으로 그 특성을 분석하였다.

#### 3.1 반류수 현황

원주공공하수처리장내 반류수의 유량은 농축조 1,349 m<sup>3</sup>/day, 소화조 118 m<sup>3</sup>/day, 탈수여액 583 m<sup>3</sup>/day로 총 2,119 m<sup>3</sup>/day의 반류수가 발생하고 있다(임재명, 2009). 반류수 전반적으로 COD와 DOC가 높게 측정되어 유기물의 농도가 높다는 것을 알 수 있다. SS도 높아 처리 시 영향을 미칠 것으로 예상된다. 반류수 모두 연계처리수에 비해 BDOC/DOC비가 0.88 이상으로 생분해도가 높은 유기물질이 많은 것을 알 수 있다(표 1). SUVA는 모두 2 L/m·mg 이하로 대부분이 비휘발성물질이므로 소독부산물 발생 위험이 낮다(표 1, 2). 그러나 반류수 모두 유입수에 비해 높은 농도를 보이고 있으므로 유량변화에 주시할 필요가 있다. 특히 소화조 상등액은 모든 수질항목의 농도가 가장 높은 반면 유량은 가장 적어 지속적인 주시가 필요하다.

표 1. 원주공공하수처리장 반류수 성상

측정항목	구분	농축 상등액	소화 상등액	탈수여액
TCOD <sub>cr</sub> (mg/L)		9,531±52	45,264±1,145	3,054±260
SCOD <sub>cr</sub> (mg/L)		239±26	12,052±130	655±31
SS(mg/L)		4,715±163	55,950±16,956	2,470±71
T-P(mg/L)		38±0.2	144±1.4	38±0.1
PO <sub>4</sub> -P(mg/L)		24±0.3	113±5.1	9±0.1
DOC(mg/L)		172	4,177	637
BDOC/DOC		0.96	0.88	0.94
UV <sub>254</sub> (cm <sup>-1</sup> )		2.8	61.0	5.2
SUVA(L/m·mg)		1.6	1.5	0.8

#### 3.2 연계처리수 현황

원주공공하수처리장으로 유입되는 도축장폐수, 매립장 침출수, 축산폐수 등의 연계처리수는 1,093 m<sup>3</sup>/day으로 전체 유입수의 0.88% 정도 밖에 되지 않지만 적은 유량에 비해 고농도의 유기물 및 질소, 인을 함유하고 있다. 도축장폐수, 매립장 침출수, 축산폐수 등의 연계처리수는 모두 생물학적 처리나 물리화학적 처리가 결합된 1차 처리 후 원주공공하수처리장으로 연계되어 처리된다. 연계처리수 중 매립장 침출수가 COD가 가장 높고 BDOC/DOC가 가장 낮은 것은 난분해성 물질이 하수처리장에 가장 많이 유입됨을 보여 준다(표 2). 축산폐수의 경우 T-P(16.8±0.2 mg/L)가 높게 측정되어 유출수의 농도에 영향을 미칠 수 있다. 도축장폐수의 경우 SUVA 수치(3 L/m·mg)도 높게 측정되어 소독과정을 거친 후 소독부산물 발생 위험이 높다.

#### 3.3 원주공공하수처리장 유입수 및 유출수 현황

유입수의 경우 원주공공하수처리장과 처리용량이 유사한 타 지역 공공하수처리장(부산 동부, 제주, 김해 화목)과 비교하였을 때 SS를 제외한 모든 항목이 타 지역

공공하수처리장의 유입수 수질 평균치보다 낮았다(표 3).

표 2. 연계처리수 처리시설 유출수 성상

측정항목	구분	도축장폐수	매립지 침출수	축산폐수
TCOD <sub>Cr</sub> (mg/L)		195 ± 16	1,676 ± 85	651 ± 36
SCOD <sub>Cr</sub> (mg/L)		120 ± 19	632 ± 11	357 ± 5
SS(mg/L)		34 ± 3	358 ± 18	250 ± 21
T-P(mg/L)		6.5 ± 0.3	2.5 ± 0.1	16.8 ± 0.2
PO <sub>4</sub> -P(mg/L)		3.2 ± 0.0	1.9 ± 0.0	4.2 ± 0.0
DOC(mg/L)		37	422	289
BDOD/DOC		0.41	0.16	0.46
UV <sub>254</sub> (cm <sup>-1</sup> )		1.1	6.1	2.7
SUVA(L/m · mg)		3.0	1.5	0.9

표 3. 원주공공하수처리장과 타 지역공공하수처리장 유입수 성상(환경부, 2012b)

구분	수질항목	BOD (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
원주 공공하수처리장		164.1	81.3	217.5	23.0	3.7
	타 공공하수처리장 평균치	168.8 ±34.4	85.0 ±12.4	164.7 ±36.1	39.9 ±7.5	4.5 ±1.3

유출수의 경우 실제 측정된 수질항목을 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 (2012.01.01.기준)(환경부, 2012c)과 비교하였을 때 T-P를 제외한 SS, COD가 공공하수처리장 방류수 기준에 적합하다고 말할 수 있다(표 4). COD의 경우 방류수 기준은 COD<sub>Mn</sub>법으로 20 mg/L 이나 실제측정은 COD<sub>Cr</sub>법을 사용했기 때문에 직접적으로 비교할 수는 없으나 일반적으로 COD<sub>Cr</sub>이 COD<sub>Mn</sub>에 비해 2-3배 높기 때문에(이순자, 2008), 수질기준에 적합할 것으로 추정된다. T-P의 경우 방류수 수질 기준인 0.2 mg/L의 기준을 초과하고 있으나 최근 인 처리시설의 완공함에 따라 방류수 수질 기준을 만족할 것으로 예상된다. 타 문헌과 비교했을 때(이동석, 2012), UV<sub>254</sub>는 유사하나 DOC는 2.9 mg/L로 낮아 SUVA가 5.7 L/mg · m로 일반적인 수치보다 높게 나타났다. 이에 대해 차후 실험 및 문헌조사를 통해 확인이 필요하다.

표 4. 원주공공하수처리장 유출수 성상

수질항목	TCOD <sub>Cr</sub> (mg/L)	SCOD <sub>Cr</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	DOC (mg/L)	UV <sub>254</sub> (cm <sup>-1</sup> )	SUVA (L/m · mg)	T-P (mg/L)
유출수	37.2 ±12.0	11.4 ±4.7	9.0 ±0.1	2.9	0.2	5.7	0.56 ± 0.01

3.4 원주공공하수처리장의 하수, 연계처리수, 방류수 부하량  
원주공공하수처리장으로 유입되는 전체 유입수는 124,022 m<sup>3</sup>/day(처리용량 대비 88%)로 이 중 1.71%(2,120 m<sup>3</sup>/day)가 방류수, 0.88%(1,093 m<sup>3</sup>/day)가 연계처리수이다. 하수의 경우 모든 항목에서 농도가 낮지만 유량이 커서 부하량이 가장 높게 나타났다. 이에 반해 방류수와 연계처리수의 유량은 1-2%정도를 차지하지만, 유기물과 영

양염류의 농도가 높아 부하량은 연계처리수의 경우 1-5%, 방류수는 5-34%로 유량에 비해 매우 높음을 알 수 있다. 따라서 방류수의 경우 처리 없이 바로 주 처리시설 (main stream)에 유입되기 때문에 충격부하에 주의할 필요가 있다.

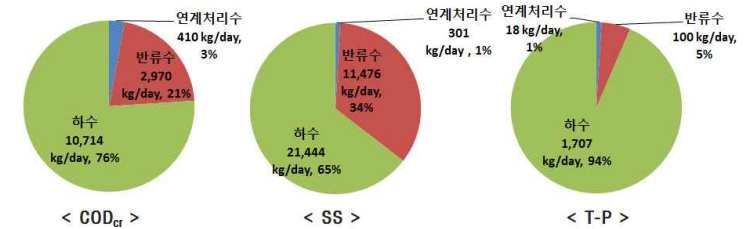


그림 1. 하수, 연계처리수, 방류수 부하량

4. 결론

원주공공하수처리장의 처리용량 대비 유량은 약 88%이며 유입수의 경우 SS를 제외한 모든 항목이 타 공공하수처리장에 비해 낮은 농도를 보였다. 유출수의 경우 방류수 및 연계처리수의 오염물질부하량 때문에 T-P를 제외한 COD와 SS가 방류수수질 기준을 만족하고 있다. 방류수의 경우 유입수 대비 약 2%정도 밖에 차지하지 않지만 1차적으로 처리하여 유입되는 연계처리수와 달리 높은 농도로 직접 하수처리장에 유입되기 때문에 부하량이 약 5-34%로 충격부하에 주의할 필요가 있다. 연계처리수의 경우 1차처리가 원주공공하수처리장으로 유입되는 것이기 때문에 부하량이 1-3%로 낮지만 유량이 증가할 경우 하수처리장에 악영향을 줄 수 있다. 따라서 하수처리장 운영 시 방류수 및 연계처리수 유량의 증가 및 성상 변화에 주의를 기울여야 한다.

사사

본 연구는 강원녹색환경지원센터 14차년도(2013년) 산학협력 연구 개발 사업에 의하여 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 이동석, 원주공공하수처리장의 방류수가 원주천에 미치는 영향, *강원녹색환경지원센터*(2012).
- 이순자, 수질환경 개선을 위한 환경기준의 검토, *한국환경법학회*, 30(3), 549-584(2008).
- 이한샘, 이상일, 윤주환, 방류수 처리를 위한 생물막 아질산화공정에서 유기물과 고형물 농도에 따른 온도 영향 평가, *한국물환경학회지*, 27, 769-775(2011).
- 임재명, 원주공공하수처리장 처리수질 개선 및 처리수 재이용 방안 연구, *강원지역환경기술개발센터*(2009).
- 환경부, 하수슬러지 감량화 방안 연구(2011).
- 환경부, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙(2012a).
- 환경부, 하수도통계(2012b).
- 환경부, 하수도법 시행규칙(2012c).
- APHA, AWWA, WEF, Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater, 21th ed., *American Public Health Association*, Washington D.C.(2005).