

하수처리시설 사례 별 강우발생 유무에 따른 유입수 분석 평가

최랑규¹ · 정진도^{2*}

¹(주)에코베이스 대표이사(현 호서대 환경공학과 박사과정), ²호서대학교 환경공학과 교수

Analytical Evaluation of Influent Depending on the Occurrence of Rainfall by Case Study of Wastewater Treatment Facility

Langkyu Choi¹ and Jin Do Chung^{2*}

¹Affiliations CEO, Ecobase Co. Ltd (Ph.D Course Student, Environmental Engineering, Presently Graduate School of Hoseo University)

²Affiliations Professor, Environmental Engineering, Hoseo University

요약

현재 한국 내 공공하수처리시설은 2018년 현재 600개 이상 운영 되고 있으며 하수종말처리시설은 법적으로 유입수량이 일일 500톤 이상 설계되어 운영되는 처리시설을 말한다. 마을 하수도는 50톤 이상 500톤 미만 유입되는 소규모 하수처리시설을 의미한다. 그러나 설계유입수량과 수질이 유사한 처리시설은 거의 없다. 이러한 현실은 하수관로의 노후화로 인한 빗물의 유입, 지하수의 침입과 하수관로에 폐수의 무단 투입 등으로 설계유입수량과 수질이 실제 현실과 많이 다른 것은 어쩔 수 없는 현실이다. 본 연구에서는 국내 많은 지역 하수관로 기술진단을 실시한 것 중 대표적 사례 2개소의 하수관로를 선정하여 청천시와 강우시 시간대별 유량 및 BOD 수질분석, 침입수 유량 및 비율 산정을 통해 하수처리시설의 적절한 운영과 하수관로와 그 부속 시설의 노후화 진단평가를 위한 기초자료로 활용하고자 하며, 일일 500톤 이상 공공하수처리시설 유입수 분석을 청천시 주1회 24시간 동안 시간대별 채수 및 분석, 우천시 강우영향일 고려하여 동일시간대 채수 및 분석을 주기적으로 실시하는 것을 제안한다.

핵심용어: 하수처리시설, 하수관로, 유량, 수질, 채수

ABSTRACT

Currently in 2018, Korea has over 600 operating sewage disposal facilities. The law requires a sewage treatment plant to treat 500 tons or more of water per day, and a small-decentralized sewage treatment facility in a community to treat 50 tons or more to less than 500 tons of water per day. However, most facilities fulfill neither the quantity nor the quality requirements from the original design for such reasons as inflow of rainwater and ground water due to deterioration of pipelines and unauthorized input of wastewater in the pipelines. The research has selected 2 representative cases among the technical diagnosis of sewage pipelines in many regions within the country to use it as the baseline of: hourly flowrate and BOD water quality analysis in both clear and rainy days, proper plant operation through inflow rate and ratio calculation, and diagnostic evaluation for deterioration of the pipelines and their accessory structures. This also suggests facilities that treats 500 tons or more of inflow per day to sample and analyze the water hourly for 24 hours once a week in both clear weather and rainy weather considering the influence of rainfall on a regular basis.

Keywords: Sewage disposal facility, Sewage pipeline, Flux, Water quality, Water sampling

*Corresponding author: Jin Do Chung, jdchung@hoseo.edu

Received: 11 June 2019, Revised: 2 August 2019, Accepted: 16 August 2019



1. 서론

1.1 연구목적과 범위

국내 공공 하수처리시설은 일일 500톤 이상 현재 600개소 이상 건설되어 운영되고 있고 일일 50톤~500톤 처리시설은 2,000개소 이상이며 현재도 계속 신설 하수처리시설이 건설되고 있다. 따라서 환경부는 공공하수도시설 운영 관리 업무지침 및 공공하수도시설 관리업무대행지침을 제정하여 시행하고 있다.

공공하수도는 하수처리시설과 하수관로, 배수설비, 간이 공공하수처리시설, 개인 하수처리시설 등 하수와 분뇨를 처리하기 위한 공작물 전체를 의미한다. 하수처리시설로 유입되는 설계된 수질과 유량은 실제 유입되는 수질과 유량이 대부분의 하수처리시설에서 상이 하고 우천시에 유입되는 유량과 수질은 강우량과 강도에 따라 동일 하수처리시설내에서조차 매우 다른 것이 현실이다.

이러한 현상은 2012년 하수도법에 공공하수도 기술진단 민간개방에 따라 전국 지자체에서 많은 하수관로 진단과정에서 하수관로의 노후화로 우천시 유입수와 청천시 침입수 등이 발견되고 있고 도심지 일부 공장지대에서 하수관로에 폐수 유입 등으로 수질이 급격히 증가 한 것으로 조사되기도 하였다.

또한 하수관로 내부 깨짐과 관 틀어짐, 나무뿌리 침입 등으로 하수관로 내부로 토사유실로 인한 땅꺼짐 현상(싱크홀)으로도 파손과 많은 안전사고의 원인이 되고 있어 환경부는 예산확보를 위해 애쓰고 있으며 2015년 이후 지속적으로 노후관로 정밀 조사를 실시하고 있다.

그러나 현재 하수처리시설 유입수 채수 방법으로는 진단 및 정밀조사 여부를 판단하기에 부족한 것이 현실이다. 환경부 공공하수도시설 운영 관리 업무지침에 따르면 “시료 채취시기는 강우시 우수가 유입되거나, 하수 및 폐수발생이 적은 시간대(야간)의 하수가 유입 처리되어 방류되는 시간은 배제하고, 정상적으로 유입 또는 처리되는 시간대를 고려하여 채취하여야 한다.” 또한 일일 500톤 이상 공공하수처리시설은 매일 1회 BOD, COD, SS, TN, TP를 수질검사를 실시하도록 되어 있으며 수질비교를 설계수질과 비교하는 것으로 하수관로와 그 부속시설 상태 정밀조사여부를 판단하는 근거로 삼고 있으나 이러한 판단은 고도의 기술과 경험을 지닌 엔지니어나 할 수 있다.

첫째 설계 유입수질과 현재 유입수질이 여러 가지 이유로 다를 수 있다. 둘째 우천시 수질 분석을 배제 하고 빗물유입을 어떻게 평가 할 것 인가? 셋째 야간시간대 수질을 모른 상태로 침입수를 어떻게 이해 할 수 있는가? 따라서 현재 환경부 지침 개정 필요성과 채수방법과 범위를 하수관로 진단 유량 및 수질조사 경험과 예제로 증명 하고 공공하수처리시설 유입수 분석을 청천시에는 주1회 24시간 동안 시간대별 채수 및 분석하고, 우천시에는 강우영향일 고려하여 채수 및 분석을 제안 하고자 한다.

본 연구에서는 국내 많은 지역 하수관로 기술진단을 실시한 것 중 대표적 사례 2개소의 하수관거(AA시: 전형적인 지방중규모 도시지역, BB시: 공장지대 하수처리구역)를 선정하여 청천시와 강우시 시간대별 유량 및 BOD수질 변화, 침입수 유량 및 비율을 산정을 통해 하수처리시설의 적절한 운영과 하수관로와 그 부속 시설의 노후화 진단 평가를 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

1.2 연구방법

1.2.1 유량 및 수질 조사 방법

1) 조사 개요

일반적인 하수에 침입수나 유입수가 발생하는지를 판단하기 위하여 청천일과 강우일이 포함된 기간 동안 유량 및 수질 조사를 시행한다. 조사 대상 지역이 넓은 경우 유효한 상세조사구간을 특정할 수 있도록 블록 단위 또는 관로노선 단위로 분할 측정한다.

2) 유량 조사 방법

초음파 유량계를 사용하여 10분 간격 이내로 유량을 측정한다. <Fig. 1>과 같이 컨트롤러는 맨홀 내부 상단 사다리에 거치하고 센서는 관로 유입부의 바닥에 밀착하여 설치한다. 심야에 발생하는 최저유량을 특정할 수 있어야 하며, 상류방향 직선 거리는 관경의 10배, 하류방향의 거리는 관경의 5배 이상을 확보할 수 있도록 한다. 조사 지점은 처리구역을 대표할 수 있어야 하며, 조사 목적에 적합하여야 하고 유지관리가 용이해야 한다.



Fig. 1. Flow Meter Installation

3) 수질 조사 방법

청천일 2일, 강우일 1일간 2시간 간격으로 24시간 채수하여 청천일과 강우일의 시간대별 농도변화를 비교하고 유입수 유입여부를 판단한다. 채수 시 grab sampling(일정 시간 간격으로 독립적인 도구에 시료채취를 수행하는 단일시료(환경부, 산업폐수 관리체계 개선연구, 2003))을 원칙으로 시료 채수를 수행토록 하며, 채수 관로 하부의 퇴적물이 혼입되지 않도록 주의한다. 채수한 시료의 이동 및 보존, BOD분석은 수질오염 공정시험기준 및 Standard Method 등에 준하여 수행한다.

1.2.2 침입수, 유입수 분석 방법

침입수 및 유입수 산정은 ‘하수관로 침입수 및 유입수 산정 표준 매뉴얼(환경부, 2009)’를 참고하여 산정한다.

1) 침입수 산정

일평균·최저 유량·수질 평가법은 하수에 침입수가 섞이면 농도가 묻어지며, 그 묻어지는 정도를 측정하여 침입수를 산정하는 방식이다. 일평균유량, 일최저유량, 일평균BOD, 일최저BOD를 사용하여 계산하며 아래의(식 1)과 같은 공식을 사용한다.

$$Q_i = \frac{Q_{av} * Q_{min} * (B_{av} - B_{min})}{Q_{av} * B_{av} - Q_{min} * B_{min}} \quad \begin{array}{l} Q_i = \text{침입수량}(m^3/\text{일}), \\ Q_{av} = \text{일평균 유량}(m^3/\text{일}) \end{array} \quad (\text{식 1})$$

Q_{min} = 일최저 유량($m^3/\text{일}$, 최소발생하수량(평균값)) B_{av} = 일평균BOD(mg/L), B_{min} = 일최저BOD(mg/L)

2) 유입수 산정

청천일 10분 간격 데이터와 강우일 10분 간격 데이터를 각각 비교하여 그 차이값을 유입수로 산정한다.

청천일 자료는 2주간의 자료를 요일별로 평균하여 정리한다. 강우일의 전일과 강우 영향일의 후일의 유량 자료와 해당 요일의 청천일 자료를 비교하여 잔차(±)값이 최소가 되도록 청천일 자료에 가감한다. 가감한 양은 기존 청천일 유량의 5%가 넘지 않아야 한다. 강우일 및 강우영향일의 자료와 보정된 청천일 자료를 비교하여 그 차이값을 유입수로 산정한다.

2. 본론

2.1 AA시 유량, 수질, 침입수 및 유입수 분석

2.1.1 A지점 유량 및 수질 분석

<Table 1>과 <Fig. 2>는 2018년 9월19일부터 10월23일까지 청천시와 강우시가 포함된 특정기간내 강우량 및 유량변화를 나타내었다. 강우시인 2018년 9월20일, 9월21일과 2018년 10월5일, 10월6일에 일평균 유량이 증가하였으며 이는 유입수가 발생하고 있다는 것을 의미한다.

Table 1. Rainfall and flow rate analysis at point A in AA City

구분	유량(m ³ /일)					강우량(mm)			
	일평균	일최대	일최소	청천평균	우천평균 (10/5~10/6)	9/20	9/21	10/5	10/6
A지점	821	2,653	632	703	1,843	24.5	23.5	42.5	115.0

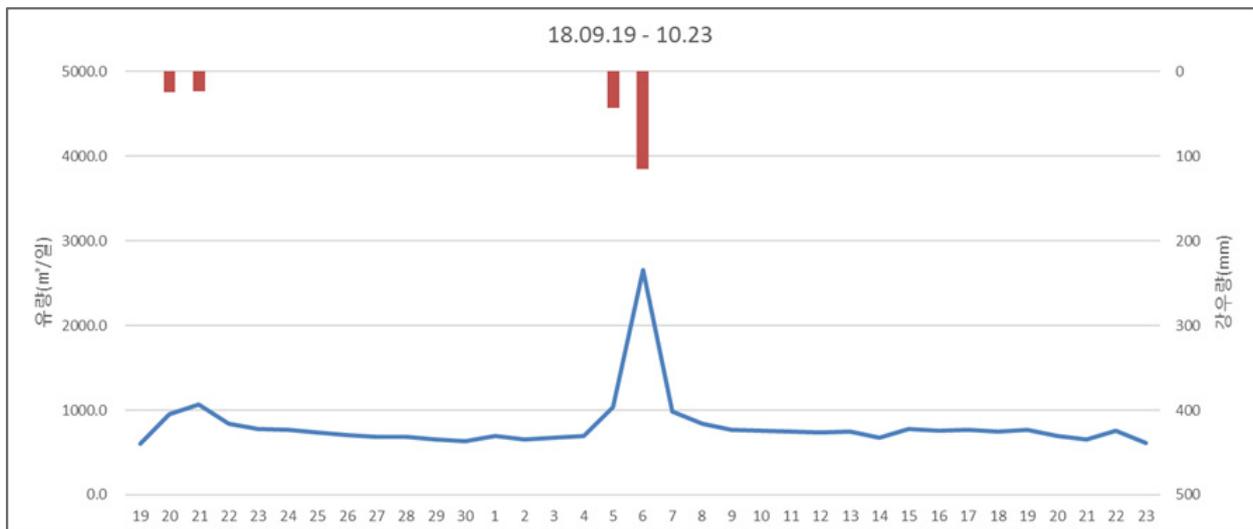


Fig. 2. Rainfall and flow rate curve at point A in AA City

<Table 2>와 <Fig. 3>은 AA시 A지점에서 청천시와 강우시(2018년 10월5일부터 10월6일까지) 동일시간대별 BOD 측정값과 변화추이를 각각 나타내었다. 청천일(평균) 수질은 새벽에 낮고 아침, 점심, 저녁으로 높아지는 정상적인 패턴을 보였다. 그러나 강우일 수질은 낮게 유지되고 있으며 이는 유입수가 발생하고 있다는 것을 의미한다.

Table 2. Comparing BOD at the same time on the sunny day and the rainy day at point A in AA City

시간	청천시			강우시		비고
	BOD(mg/L)			강우량(mm)	BOD(mg/L)	
	1차	2차	평균			
18:00	25.4	108.0	66.7		53.8	-
20:00	23.0	158.1	90.6		65.3	-
22:00	229.2	83.0	156.1	0.5	49.0	
0:00	53.8	59.1	56.5	0.5	29.3	
2:00	101.8	117.0	109.4	6.0	35.0	
4:00	86.0	37.8	61.9	4.0	15.0	
6:00	110.6	56.8	83.7	6.0	25.0	
8:00	116.6	268.8	192.7	7.5	45.0	
10:00	173.7	159.3	166.5	6.5	30.0	
12:00	222.0	143.7	182.9	5.0	20.0	
14:00	190.3	140.1	165.2	1.0	50.0	
16:00	21.8	81.8	51.8		40.0	-
평균	112.9	117.8	115.3		38.1	-
최대	229.2	268.8	192.7		65.3	-
최소	21.8	37.8	51.8		15.0	-

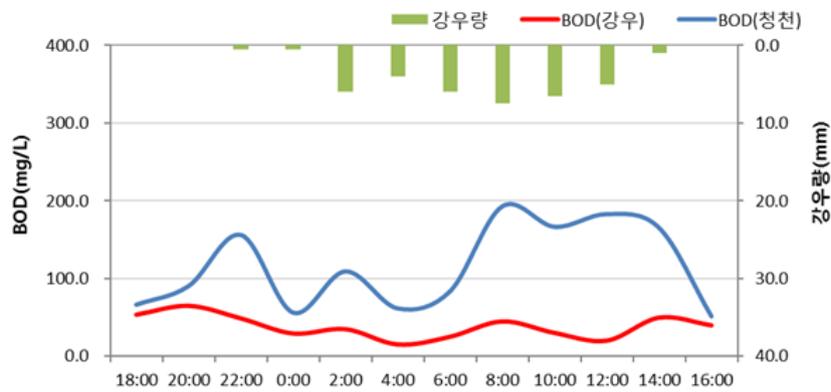


Fig. 3. BOD Curves at the same time on the sunny day and the rainy day at point A in AA City

2.1.2 A지점 침입수 및 유입수 분석

<Table 3>은 AA시 A지점에서 청천시와 강우시 유량변화 비교하였으며, 청천시대비 우천시 평균유량이 162% 증가한 1,843 m³/일로 나타났다.

Table 3. Comparing of flow rate on the sunny day and the rainy day at point A in AA City

지점명	청천시 유량(m ³ /일)			우천시 유량(m ³ /일)			비고
	평균	최대	최소	평균	최대	최소	
A지점	703	775	632	1,843 (162% 증가)	2,653 (242% 증가)	1,033 (63% 증가)	

<Fig. 4>와 <Fig. 5>는 AA시 A지점에서 청천일과 강우 양일간(2018년 10월5일, 10월6일)의 동일시간대별 유량변화의 추이곡선을 각각 보여주고 있으며, 시간대별 유량의 변화를 보면 강우가 있는 시간대에서 강우량에 비례하여 증가하고 있다.

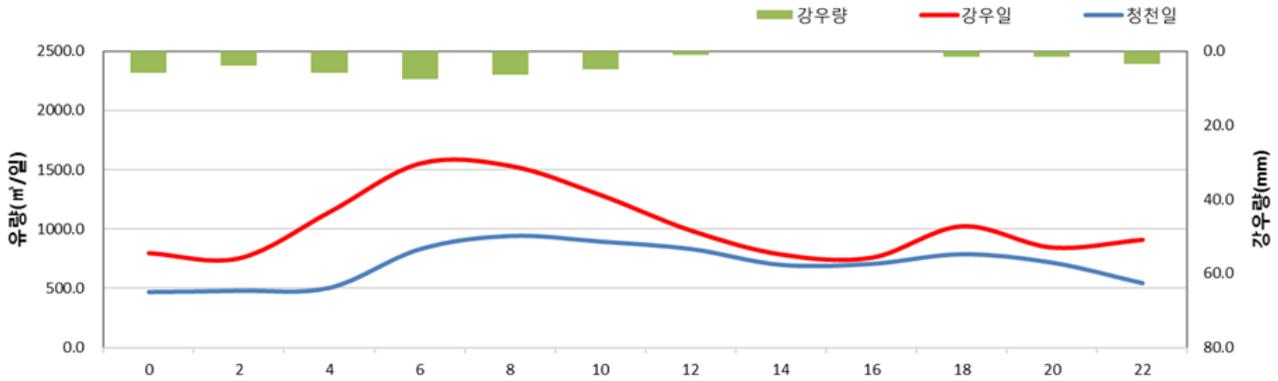


Fig. 4. Curves of flow rate at the same time on the sunny day and the rainy day at point A in AA City (Oct.5,2018)

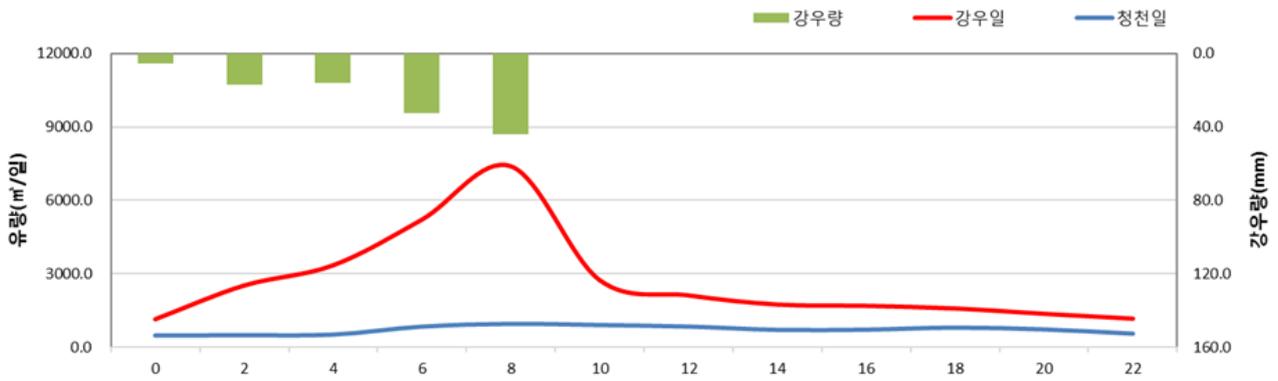


Fig. 5. Curves of flow rate at the same time on the sunny day and the rainy day at point A in AA City (Oct.6,2018)

<Fig. 6>에서 보여 지는 것과 같이, 강우일인 2018년 10월5일과 10월6일인 금요일 및 토요일에 유량이 급격히 증가하기 시작하여 10월7일인 일요일 오전까지 강우의 영향으로 유량 증가가 지속적으로 유지되는 것으로 확인되었다. 강우 양일간 (2018년 10월5일과 10월6일)의 강우량은 157.5 mm이며 유입수량은 2,665 m³으로 강우량당 유입수량은 16.9 m³/mm로 산출되었다.

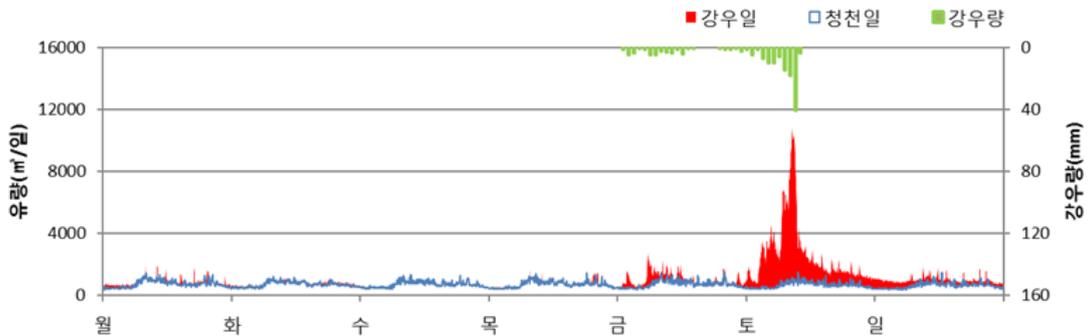


Fig. 6. Curves of flow rate at the same day on the sunny day and the rainy day at point A in AA City

AA시 A지점에서 일평균·최저 유량·수질 평가법에 의한 침입수량 산정한 결과 <Table 4>와 같이 356 m³/일로써 청천시 평균유량의 50.6%에 해당하며, 관로의 노후화가 진행된 것으로 판단된다. 또한 야간발생하수량은 일단위 최소발생하수량인 457 m³/일에서 침입수량인 356 m³/일을 제외한 101 m³/일로 계산되었다. <Fig. 7>

Table 4. Calculation of infiltration rate by daily average-minimum flow rate-water quality evaluation Method at point A in AA City

지점명	청천일				침입수량 (m ³ /일)	침입수비율 (%)
	평균유량(m ³ /일)	일단위 최소발생하수량 (m ³ /일)	평균BOD(mg/L)	최소BOD(mg/L)		
A지점	703	457	115.3	51.8	356	50.6

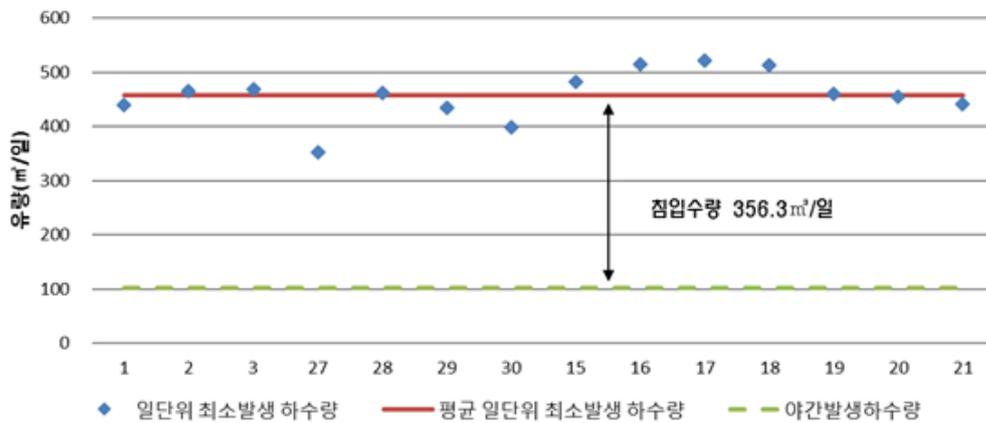


Fig. 7 Night time domestic flow rate graph at point A in AA City

2.1.3 B지점 유량 및 수질 분석

<Table 5>와 <Fig. 8>은 AA시 B지점에서 9월19일부터 10월23일까지 청천시와 강우시가 포함된 특정기간내 강우량 및 유량변화를 나타내었다. 강우시인 2018년 9월20일, 9월21일과 2018년 10월5일, 10월6일에 일평균 유량이 증가하였으며 이는 유입수가 발생하고 있다는 것을 의미한다.

Table 5. Rainfall and flow rate analysis at point B in AA City

구분	유량(m ³ /일)					강우량(mm)			
	일평균	일최대	일최소	청천평균	우천평균 (10/5~10/6)	9/20	9/21	10/5	10/6
B지점	1,101	4,237	448	805	3,058	24.5	23.5	42.5	115

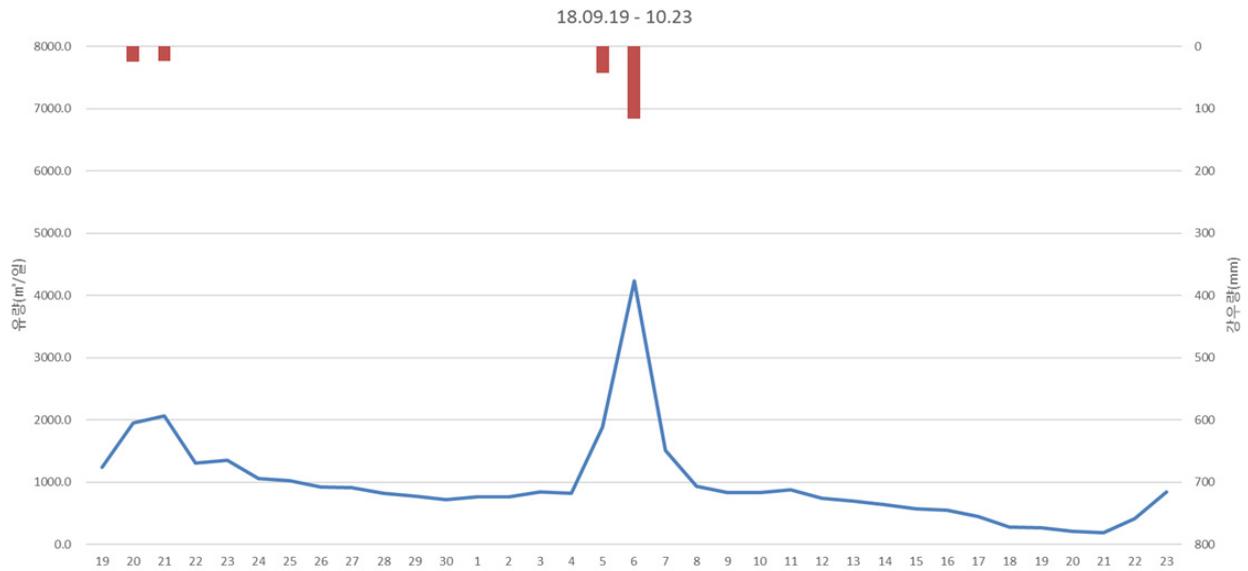


Fig. 8. Rainfall and flow rate curve at point B in AA City

<Table 6>과 <Fig. 9>는 AA시 B지점에서 청천시와 강우시(2018년 10월5일부터 10월6일까지) 동일시간대별 BOD 측정값과 변화추이를 각각 나타내었다. 청천일(평균) 수질은 새벽에 낮고 아침, 점심, 저녁으로 높아지는 정상적인 패턴을 보였다. 그러나 강우일 수질은 낮게 유지되고 있으며 이는 유입수가 발생하고 있다는 것을 의미한다.

Table 6. Comparing BOD at the same time on the sunny day and the rainy day at point B in AA City

시간	청천시			강우시		비고
	BOD(mg/L)			강우량 (mm)	BOD (mg/L)	
	1차	2차	평균			
18:00	97.8	120.2	109.0		23.6	-
20:00	167.1	176.4	171.8		139.2	-
22:00	128.1	134.4	131.3	0.5	132.6	
0:00	53.3	102.6	78.0	0.5	66.3	
2:00	45.5	125.4	85.5	6.0	112.5	
4:00	49.2	49.9	49.6	4.0	23.1	
6:00	120.0	63.1	91.6	6.0	13.5	
8:00	282.6	296.4	289.5	7.5	45.1	
10:00	115.4	191.7	153.6	6.5	57.9	
12:00	78.0	100.2	89.1	5.0	66.8	
14:00	98.8	267.6	183.2	1.0	30.4	
16:00	121.2	103.8	112.5		32.1	-
평균	113.1	144.3	128.7		61.9	-
최대	282.6	296.4	289.5		139.2	-
최소	45.5	49.9	49.6		13.5	-

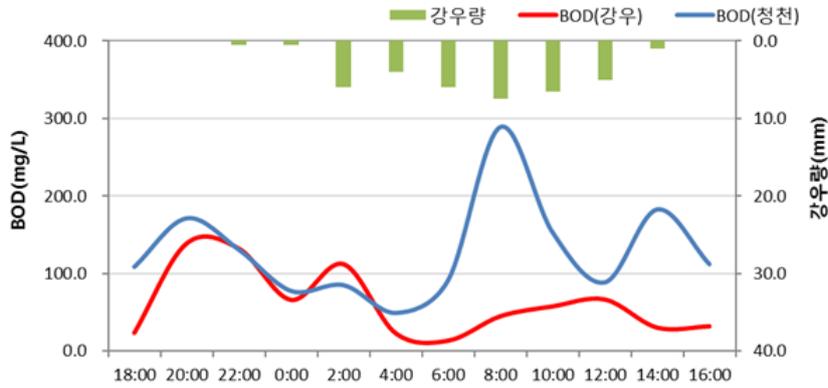


Fig. 9. BOD Curves at the same time on the sunny day and the rainy day at point B in AA City

2.1.4 B지점 침입수 및 유입수 분석

<Table 7>은 AA시 B지점에서 청천시와 강우시 유량변화 비교하였으며, 청천시대비 우천시 평균유량이 280% 증가한 3,058 m³/일로 나타났다.

Table 7. Comparing of flow rate on the sunny day and the rainy day at point B in AA City

지점명	청천시 유량(m ³ /일)			우천시 유량(m ³ /일)			비고
	평균	최대	최소	평균	최대	최소	
B지점	805	1,061	634	3,058 (280% 증가)	4,237 (299% 증가)	1,878 (296% 증가)	

<Fig. 10>과 <Fig. 11>은 AA시 B지점에서 청천일과 강우 양일간(2018년 10월5일, 10월6일)의 동일시간대별 유량변화의 추이곡선을 보여주고 있으며, 시간대별 유량의 변화를 보면 강우가 있는 시간대에서 강우량에 비례하여 증가하고 있다.



Fig. 10. Curves of flow rate at the same time on the sunny day and the rainy day at point B in AA City (Oct.5,2018)

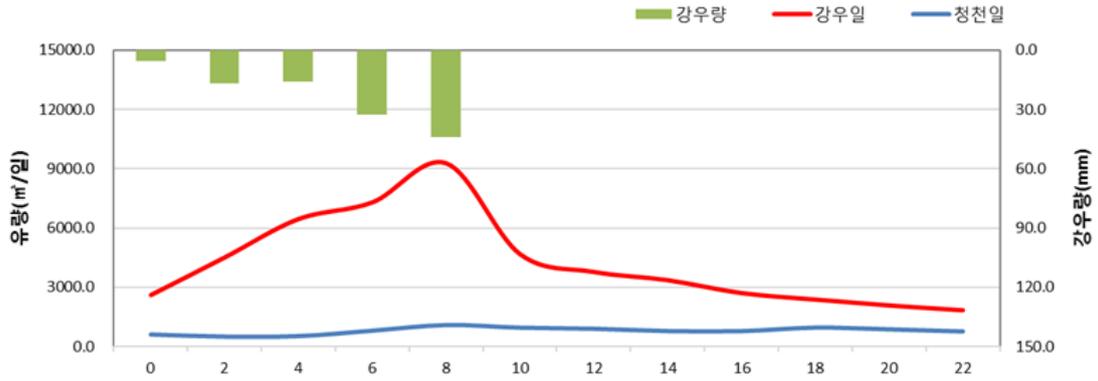


Fig. 11. Curves of flow rate at the same time on the sunny day and the rainy day at point B in AA City (Oct.6,2018)

<Fig. 12>에서 보여 지는 것과 같이, 강우일인 2018년 10월5일과 10월6일인 금요일 및 토요일에 유량이 급격히 증가하기 시작하여 10월7일인 일요일 오후까지 강우의 영향으로 유량 증가가 지속적으로 유지되는 것으로 확인되었다. 강우 양일간 (2018년 10월5일과 10월6일)의 강우량은 157.5 mm이며 유입수량은 5,527 m³으로 강우량당 유입수량은 35.1 m³/mm로 산출되었다.

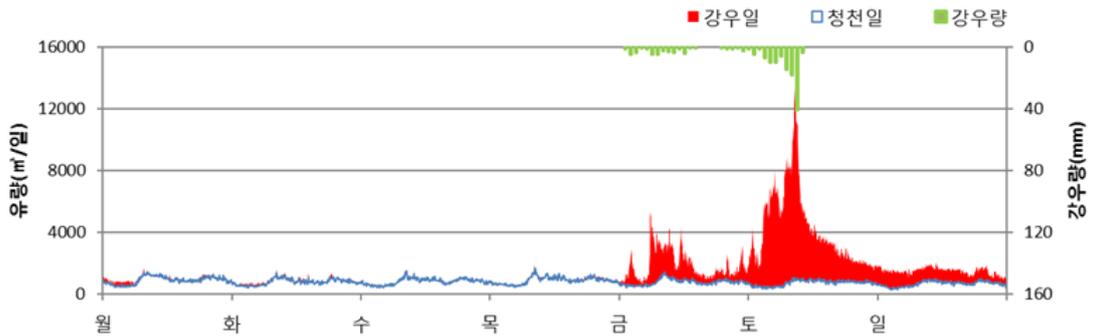


Fig. 12. Curves of flow rate at the same day on the sunny day and the rainy day at point B in AA City

AA시 B지점에서 일평균-최저 유량-수질 평가법에 의한 침입수량 산정한 결과<Table 8>과 같이 388 m³/일으로써 청천시 평균유량의 48.2%에 해당하며, 관로의 노후화가 진행된 것으로 판단된다. 또한 야간발생하수량은 일단위 최소발생하수량인 485 m³/일에서 침입수량인 388 m³/일을 제외한 96 m³/일로 계산되었다<Fig. 13>.

Table 8. Calculation of infiltration rate by daily average-minimum flow rate-water quality evaluation Method at point B in AA City

지점명	청천일				침입수량 (m ³ /일)	침입수비율 (%)
	평균유량 (m ³ /일)	일단위 최소발생하수량 (m ³ /일)	평균BOD (mg/L)	최소BOD (mg/L)		
B지점	805	485	128.7	49.6	388	48.2

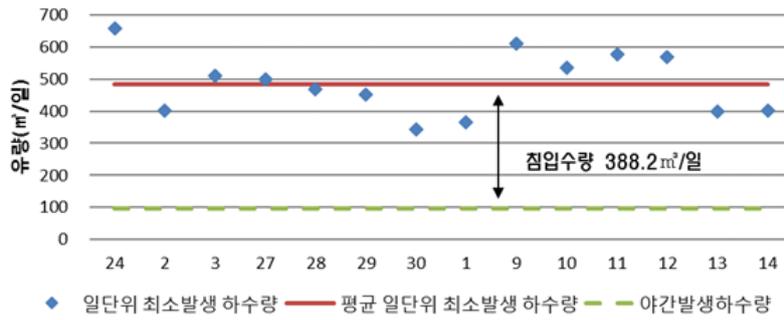


Fig. 13. Night time domestic flow rate graph at point B in AA City

2.2 BB시 유량 및 수질 분석

2.2.1 C지점 유량 및 수질 분석

<Table 9>와 <Fig. 14>는 BB시 C지점에서 2017년 11월4일부터 11월12일까지 청천시와 강우시가 포함된 특정기간내 강우량 및 유량변화를 나타내었다. 강우시인 2017년 11월10일에 일평균 유량이 약간 증가하였으며 정확한 분석을 위하여 유입수 분석이 필요하다.

Table 9. Rainfall and flow rate analysis at point C in BB City

구분	유량(m³/일)					강우량(mm)
	일평균	일최대	일최소	청천평균	우천평균 (11/10)	11/10
C지점	41.6	166.7	13.5	41.3	43.8	6.5

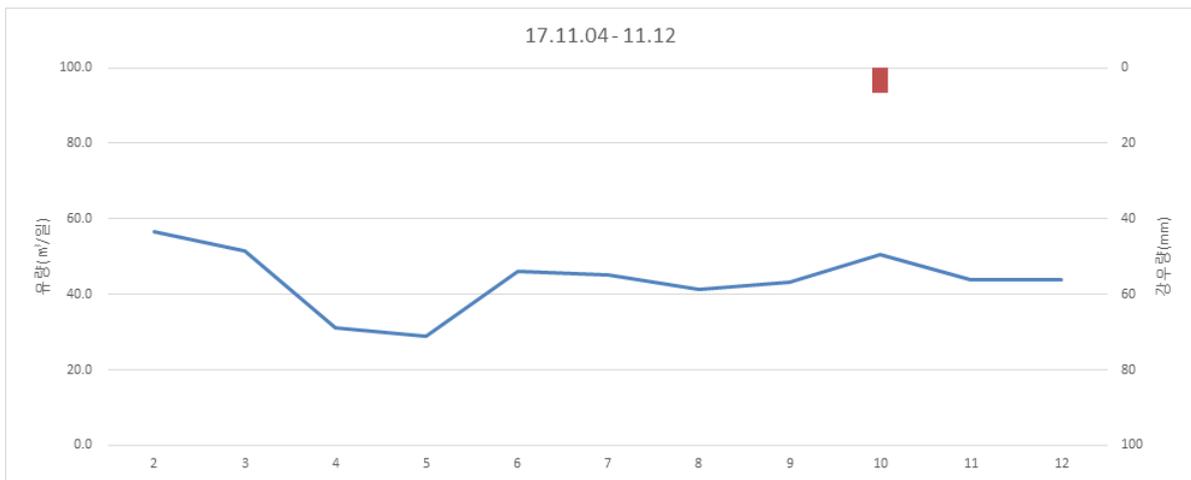


Fig. 14. Rainfall and flow rate curve at point C in BB City

<Table 10>과 <Fig. 15>는 BB시 C지점에서 청천시와 강우시(2018년 8월9일부터 8월10일까지) 동일시간대별 BOD 측정값과 변화추이를 각각 나타내었다. C지점은 육가공 및 식품공장이 포함되어 있는 공업단지의 하수가 유입되는 지점이다. 청천일(평균) 수질농도는 일평균 395.6 mg/L, 일최대 1006.5 mg/L 정도로 높게 측정되었으며, 강우일에 유입수로 인해 희석되어 일평균 296.2 mg/L, 일최대 771.0 mg/L으로 여전히 높은 수치를 보여주고 있다.

Table 10. Comparing BOD at the same time on the sunny day and the rainy day at point C in BB City

시간	청천시			강우시		비고
	BOD(mg/L)			강우량 (mm)	BOD (mg/L)	
	1차	2차	평균			
12:00	734	561	647.5	-	771	-
14:00	547	457	502.0	-	523	-
16:00	1006.5	577.5	792.0	4	295.8	
18:00	525	419.3	472.2	2.5	428	
20:00	264	115.6	189.8	-	134.7	
22:00	108	74	91.0	-	105.2	
0:00	89.6	52.2	70.9	-	72.1	
2:00	70.8	200.4	135.6	-	85.2	
4:00	83.2	483.4	283.3	-	360.6	
6:00	198.8	300	249.4	-	256.8	
8:00	491.3	762	626.7	-	282.6	
10:00	628	745.5	686.8	-	238.8	-
평균	395.5	395.7	395.6	-	296.2	-
최대	1006.5	762.0	792.0	-	771.0	-
최소	70.8	52.2	70.9	-	72.1	-

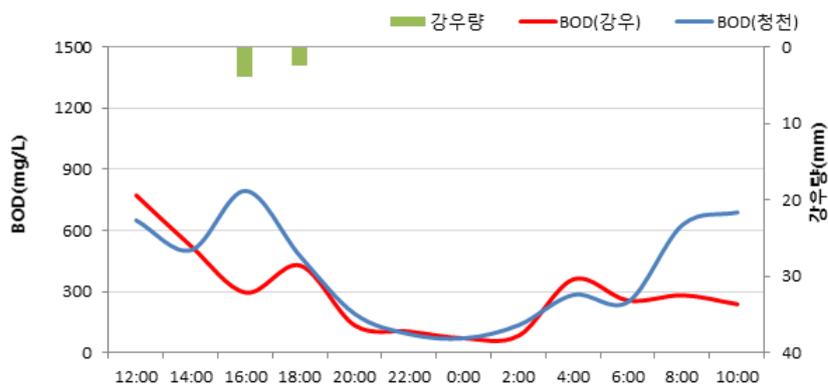


Fig. 15. BOD Curves at the same time on the sunny day and the rainy day at point C in BB City

2.2.2 D지점 유량 및 수질 분석

<Table 11>과 <Fig. 16>은 BB시 D지점에서 2017년 11월2일부터 11월22일까지 청천시와 강우시가 포함된 특정기간내 강우량 및 유량변화를 나타내었다. 강우시인 2017년 11월10일과 11월13일에 일평균 유량이 약간 증가하였으며 정확한 분석을 위하여 유입수 분석이 필요하다.

Table 11. Rainfall and flow rate analysis at point D in BB City

구분	유량(m ³ /일)					강우량(mm)	
	일평균	일최대	일최소	청천평균	우천평균 (11/10, 13)	11/10	11/13
D지점	50.4	138.1	11.4	47.6	77.0	6.5	5.5



Fig. 16. Rainfall and flow rate curve at point D in BB City

<Table 12>와 <Fig. 17>은 BB시 D지점에서 청천시와 강우시(2018년 10월5일부터 10월6일까지) 동일시간대별 BOD 측정값과 변화추이를 각각 나타내었다. D지점은 식품공장이 포함되어 있는 공업단지의 하수가 유입되는 지점이다. 청천일 (평균) 수질농도는 일평균 1,228.3 mg/L, 일최대 3,499.5 mg/L로 높게 측정되었으며 강우일에 유입수로 인해 희석되어 일평균 418.0 mg/L, 일최대 1080.0 mg/L으로 측정되었고 여전히 높은 편이다.

Table 12. Comparing BOD at the same time on the sunny day and the rainy day at point D in BB City

시간	청천시			강우시		비고
	BOD(mg/L)			강우량 (mm)	BOD (mg/L)	
	1차	2차	평균			
12:00	652	2692.5	1672.3	-	1080	-
14:00	913.5	2682	1797.8	-	687	-
16:00	5760	1239	3499.5	0.5	457	
18:00	2514	1104	1809.0	0.5	530	
20:00	646.5	142.2	394.4	6.0	390	
22:00	191.4	98.8	145.1	4.0	138.3	
0:00	94.8	173.1	134.0	6.0	136.2	
2:00	132	337.2	234.6	7.5	48.8	
4:00	715	522	618.5	6.5	54	
6:00	543	463.5	503.3	5.0	173.7	
8:00	732	1239	985.5	1.0	477	
10:00	597	5295	2946.0	-	844.5	-
평균	1124.3	1332.4	1228.3	-	418.0	-
최대	5760.0	5295.0	3499.5	-	1080.0	-
최소	94.8	98.8	134.0	-	48.8	-

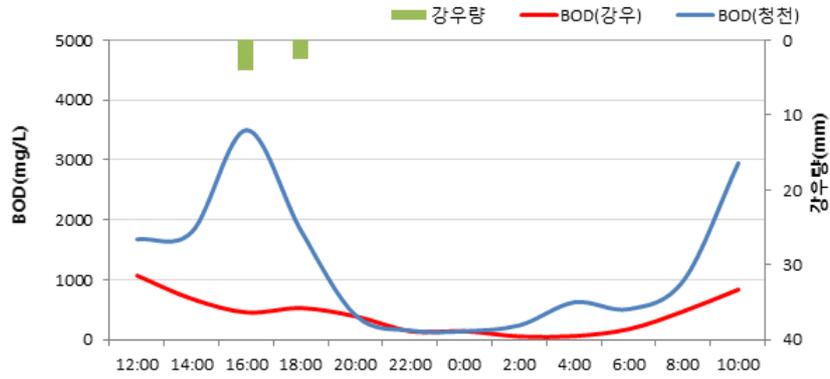


Fig. 17. BOD Curves at the same time on the sunny day and the rainy day at point D in BB City

3. 결론

본 연구에서는 국내 많은 지역 하수관로 기술진단을 실시한 것 중 대표적 사례 2개소의 하수관거(AA시: 전형적인 지방 중규모 도시지역, BB시: 공장지대 하수처리구역)를 선정하여 청천시와 강우시 시간대별 유량 및 BOD수질 변화, 침입수 유량 및 비율을 산정을 통해 하수처리시설의 적절한 운영과 하수관로와 그 부속 시설의 노후화 진단 평가를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였으며, 분석결과는 아래와 같다.

AA시는 청천시 24시간 시간대별 수질과 유량이 아침, 점심, 저녁, 심야시간 뚜렷이 구분되며 우천시 24시간 시간대별 수질과 유량이 더욱이 잘 구분되고 일평균·최저 유량-수질 평가법에 의한 침입수량 산정을 통해 관로의 노후화가 예측됨에 따라 하수관로와 마찬가지로 하수처리시설 유입수를 동일한 방법으로 분석하게 되면 하수관로 상태를 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

BB시는 하수 유입수질이 AA시에 비교하여 매우 높았으며 강우시에도 유입수로 인해 희석되지만 여전히 높은 수질농도를 보였다. 이 조사지점은 공장폐수의 유입가능성으로 예측되며 만약 하수처리시설 방류수가 한강으로 유입되고 있는 서울 인근 중규모 도시지역으로 하수관로가 노후화 될 경우 지하수를 오염시키거나 심각한 수질오염 사고를 일으킬 가능성이 있다. 따라서 하수관로와 마찬가지로 하수처리시설 유입수를 동일한 방법으로 분석하게 되면 공장폐수 유입에 대한 대책을 적극적으로 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

결론적으로 AA시와 BB시의 하수관로 진단 예제를 분석 결과, 일일 500톤 이상 공공하수처리시설 유입수 분석을 청천시 주1회 24시간 동안 시간대별 채수 및 분석, 우천시 강우영향일 고려하여 동일시간대 채수 및 분석을 주기적으로 실시하여 하수처리시설의 적절한 운영과 하수관로와 그 부속 시설의 노후화 진단 평가를 정밀하게 실시할 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgements

The hardworking staff of Eco-base recorded the results of this study. Having to open and examine sewer manholes in midsummer was no easy task, especially due to the heat and pungent stench. Collecting water samples for 24 hours during the rainy season was even more taxing. As such, I'd like to thank the staff members who've worked their best to achieve comprehensive results for this study.

References

- Choi, C. S., Bang, K. W., and Lee, J. H. (2018). An Investigation Analysis of Inflow and Infiltration into Combines Sewer System in Daejeon. *Journal of Korean Society of Urban Environment*. 8(2): 13-21.
- Choi, J. S., Lee, Y. S., Lee, Y. J., and Lee, J. M. (2015). Evaluation of Infiltration/inflow on Separate Sewer System in Residential Complex. *J.Korean Soc. Hazard Mitig.* 15(3): 357-362
- Kim, H. J. and Park, K. h. (2010). Statistical Methods for the Use of Infiltration and Inflow as Performance Index in Sewer Rehabilitation Works. *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*. 24(5): 617-628
- Lim, Y. S., Son, B. C., and Choi, Y. Y. (2015.04). Classification Expression Sewer Rehabilitation Regional infiltration/Inflow Investigation Analysis. *KSWST Jour. Wat. Treat.* 23(2): 67-79
- Park, M. G., Kim, D. S., Ahn, W. S., and Oh, J. M. (2006). A Quantitative/Qualitative Study of Infiltration/Inflow for Order Decision of Sewer pipe Maintenance. *Journal of the Korean Society of Water and Wastewater*. 20(1): 53-62

Korean References Translated from the English

- 김형준, 박규홍 (2010). 하수관거정비사업에서 침입수 유입수 성과지표 활용을 위한 통계적 방법론에 관한 연구. *상하수도학회지*. 24(5): 617-628.
- 박명균, 김대성, 안원식, 오정미(2006). 하수관거보수 순위결정을 위한 침입수/유입수량에 대한 정량/정성 분석의 실행 연구. *상하수도학회지*. 20(1): 53-62.
- 임유성, 손병철, 최윤영 (2015). 분류식 하수관거 정비지역 유입수/침입수 조사 분석. *한국수처리학회지*. 23(2): 67-79.
- 최중수, 이운상, 이유진, 이정민(2015). 주택단지 하수관거 내 침입수/유입수 분석. *한국방방재학회*. 15(3): 357-362.
- 최창수, 방기웅, 이준호 (2008). 대전시 합류식 하수관거 침입수/유입수(I/I) 조사 분석. *한국도시환경학회지*. 8(2): 13-21.