

수질오염총량관리 배출부하량에 대한 강우영향 분석연구

박준대 · 오승영[†]

국립환경과학원 물환경연구부 수질총량연구과

Rainfall Effects on Discharged Pollution Load in Unit Watershed Area for the Management of TMDLs

Jun Dae Park · Seung Young Oh[†]

Water Pollution Cap System Research Division, Water Environmental Research Department, National Institute of Environmental Research
(Received 31 March 2010, Revised 4 May 2010, Accepted 4 May 2010)

Abstract

Discharged pollution load for the management of Total Maximum Daily Loads (TMDLs) is calculated on the basis of rainfall data for reference year. Rainfall has an influence on discharged pollution load in unit watershed with combined sewer system. This study reviewed the status of discharged pollution load and rainfall conditions. We also investigated rainfall effects on discharged pollution load by analyzing change of the load in accordance with increase of rainfall. The change ratio of discharged pollution load was 18.6% while inflow load only 5.8% for 5 years from 2004 to 2008 in Daejeon district. The greatest rainfall and rain days were over 2 times than the least during the period. This change in rainfall could have great effect on discharged pollution load. The analysis showed that discharged pollution load increased 2.1 times in case rainfall increased 2 times and 1.2 times in case rain days increased 2 times. Rainfall effects, therefore, should be considered to make reasonable evaluation of discharged pollution load in the assessment of annual performances.

keywords : Annual performances, Combined sewer system, Discharged pollution load, Rainfall conditions, Rainfall effects, Total Maximum Daily Loads (TMDLs)

1. 서론

수질오염총량관리를 위한 허용 배출부하량은 점배출부하량과 비점배출부하량으로 구분하여 할당된다. 점배출부하량은 연중 비교적 일정한 형태로 나타나는 반면, 비점배출부하량은 강우조건에 따라 다양한 형태로 나타나고 있다(박준대 등, 2008; 최지용, 1997). 비점배출부하량은 개별배출과 관거이송의 배출경로를 통하여 수역에 도달되게 된다. 비점오염원으로부터 발생된 오염부하 중 일부 오염부하량은 합류식 하수처리지역의 관거로 유입되며, 관거이송과정에서 월류로 인한 관거배출이 일어난다. 관거배출에 가장 크게 영향을 미치는 것은 관거로 유입되는 토지계 우수유출수의 양으로서 강우강도 및 강우지속시간 즉, 일정 시간동안의 강우량과 강우일수와 같은 강우조건에 따라서 결정된다(Gupta and Saul, 1996). 그러므로 단위유역의 오염원 변화가 없더라도 강우조건이 변화하면 관거배출에 영향을 미치게 되며, 단위유역의 배출부하량에 차이가 발생하게 된다.

수질오염총량관리는 기본계획에서 정해진 할당부하량을 시행계획에서 연차별로 할당하며(환경부, 2002a, 2002b), 매년 이행평가시에는 실제 배출된 부하량과 비교 평가한다(환

경부, 2005). 배출부하량을 평가하는 것은 오염원의 자연증감이나 지역개발 및 삭감계획의 이행에 따른 상대적인 배출부하량의 차이를 파악하는 것이다. 그러나 기준년도 배출부하량 산정시와 강우조건이 다르면 배출부하량 산정결과에 차이가 발생하여 왜곡된 평가결과를 초래할 수가 있다. 그러므로 이행평가 등 배출부하량 평가시에는 강우조건 변화 등에 의한 영향 등을 파악하여 반드시 이를 고려하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 강우조건 변화에 따른 배출부하량 변화량을 분석함으로써 강우조건이 배출부하량에 미치는 영향 정도를 파악하여 이행평가시 실질적인 배출부하량 평가가 이루어지도록 하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 관거배출 현황 및 강우조건 분석

관거배출량에 대한 현황 및 강우조건을 분석하기 위하여 우리나라 중부지역에 위치한 대전지역을 대표지역으로 선정하였다. 관거배출부하량 현황분석을 위하여 2004년부터 2008년까지 최근 5년 간의 대전광역시 지역의 오염원 및 부하량 자료와 환경기초시설 운영자료를 이용하였다(대전광역시, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008). 강우조건 분석을 위한 강수량 자료는 2000년부터 2009년까지 최근 10년간의 대전기상청 자료를 이용하였다(대전기상청, 2009).

[†] To whom correspondence should be addressed.
osyoung@korea.kr

2.2. 관거유입량 및 관거배출부하량 산정 방법

2004년 8월 1일부터 시작되는 3대강수계 제1단계 수질오염총량관리 대상물질은 BOD(환경부, 2002b)이며 수계오염총량관리 기술지침(국립환경과학원, 2004)에서는 건기시와 우기시(건기일과 우기일)로 구분하여 대상물질에 대한 관거배출량을 산정한다. 관거배출량은 관거이송 과정의 물질수지를 기본으로 하여 합류식 관거로 유입되는 관거유입량과 환경기초시설까지 이송된 관거이송량으로부터 관거이송비 및 관거배출비를 구하여 산정한다. 관거배출은 하수처리구역의 배수구역 크기, 하수관거의 용량 및 정비상태 등에 따라 일어나지만 우기시에 일어나는 관거배출은 주로 합류식관거의 월류량으로서 강우량 및 강우일수 등 강우조건이 가장 크게 영향을 미치게 된다(Hogland et al., 1984).

관거배출부하량 산정시 강우조건과 관련된 주요 식(국립환경과학원, 2004)을 보면, 다음 식 (1)~(2)에 나타난 바와 같이 유효강우고(10 mm/일 이상의 강우강도 기준)가 증가하면 토지계 유입유량이 증가하게 되고, 유효강우일수(유효강우가 발생하는 일수)가 증가하면 토지계 관거유입유량 및 관거유입부하량이 감소한다.

$$\text{토지계관거유입유량} = \frac{\sum(\text{유입계수} \times \text{유효강우고} \times \text{차집면적})}{\text{유효강우일수}} \quad (1)$$

$$\text{토지계관거유입부하량} = \quad (2)$$

$$\frac{\sum(\text{유입계수} \times \text{연평균발생부하원단위} \times \text{차집면적})}{\text{강우배출비}} \times \frac{\text{유효강우일수비}}{\text{유효강우일수}}$$

우기시의 관거배출부하량은 관거누수부하량 관거월류부하량으로 구성되는 데 유효강우일수가 증가하면 다음 식 (3)~(4)에 따라 관거누수부하량은 감소하는 반면, 오염원별 관거월류부하량은 증가한다. 월간 또는 산정기간 동안의 평균값을 구하기 위하여 유효강우일수비(산정기간중의 유효강우일수를 산정기간으로 나눈 값)를 곱한다.

$$\text{오염원별관거누수부하} = \frac{\text{오염원별건기시관거누수부하} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시관거누수부하} \times \text{유효강우일수비}}{\quad} \quad (3)$$

$$\text{오염원별관거월류부하} = \frac{\text{오염원별우기시관거월류부하}}{\text{유효강우일수비}} \quad (4)$$

이와 같이 유효강우고가 증가하면 관거유입유량이 증가하여 관거월류 발생 크기를 증가시키므로 관거이송 능도가 크게 희석되지 않는 한 관거배출부하량은 증가하게 되나, 유효강우일수가 증가하면 유입부하를 감소시키는 요인과 월류부하를 증가시키는 요인이 함께 작용하므로 관거용량 및 개별 환경기초시설의 유입유량 운영조건 등에 따라서 변화유형은 다르게 나타날 수 있다.

2.3. 강우조건 변화에 따른 관거배출부하량 변화분석

강우조건 변화에 따른 관거배출부하량 변화분석은 2004년도 강우조건을 기준으로 산정하였다. 강우조건을 일정한 간격으로 변화시키면서 각 강우조건에 대한 배출부하량을 산정한 다음, 대전하수처리구역에 대한 유효강우고-관거배출부하량 곡선 및 유효강우일수-관거배출부하량 곡선을 작성하였다. 관거배출부하량을 산정하는 과정에서 토지계 관거유입량 산정시 유입계수와 환경기초시설의 관거이송량은 동일한 것으로 가정하였다.

유효강우고 변화에 따른 관거배출부하량과의 변화를 분석하기 위하여, 유효강우고 증가시에는 각 강우일의 유효강우고 비율에 따라 증가된 유효강우고를 배분하였다. 유효강우량 감소시에는 감소된 유효강우고를 각 강우일의 유효강우량 비율에 따라 배분(단, 10 mm 이하시는 고정)하였다.

유효강우일수 변화에 따른 관거배출부하량과의 변화를 분석하기 위하여, 유효강우일수 증가시에는 유효강우고가 가장 많은 강우일부터 유효강우고를 분할하여 유효강우일수를 1일씩 증가(기존 유효강우일 바로 다음날을 증가하고 자 하는 유효강우일로 지정하고 기존 유효강우고를 1/2로 분할하여 사용)하였다. 유효강우일수 감소시에는 월별 강우일수 비율만큼 유효강우일을 감소하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 관거배출 현황 및 환경기초시설 유입형태

3.1.1. 관거배출부하량 현황

도시지역 비점오염부하량의 대부분은 합류식 관거(CSS: combined sewer system)로부터 배출되는 월류부하로서 도시지역을 관통하는 하천의 수질개선을 위해 시급히 해결해야 하는 과제이다(백도현 등, 2005). Table 1은 2004년부터 2008년까지 연도별 대전하수처리구역의 총배출부하량과 관거배출부하량을 나타낸 것이다. 총배출부하량(26,603.8 kg/일)에 대한 관거배출부하량(10,944.1 kg/일)의 비율은 약 41%로서 관거배출이 차지하는 비율이 매우 높게 나타나고 있으며, 관거배출부하량 중 생활계 오염원 배출부하량이 약 66%로서 가장 많은 부분을 차지하고 있다.

2004년도를 기준으로 하여 대전지역의 관거유입부하량 변화율과 관거배출부하량 변화율을 보면 기준년도 대비 연도별 유입부하량 변화율이 -10.1~6.4%범위로서 평균 5.8%를 보이는 반면, 연도별 배출부하량 변화율은 -25.3~29.4%로서 평균 18.6%의 매우 큰 변화율을 보이고 있다(Table 2). 이는 오염원 변화를 나타내는 관거유입부하량 변화율에 비해 관거배출량 변화율이 매우 크다는 것을 나타내주고 있는데 강우조건 변화가 관거배출부하량에 미치는 영향이 그만큼 크다는 것을 설명해 주고 있다.

3.1.2. 환경기초시설 유입형태

환경기초시설(STP: sewage treatment plants)의 유입유량은 유효강우가 없는 시기에는 비교적 일정한 유형을 나타내지만 강우사상이 발생할 경우에는 유입유량 변화도 일어

Table 1. Yearly discharged pollution load in total and from combined sewer system (CSS) at Deajeon District (unit: kg/day)

Pollution load	Poll. sources	2004	2005	2006	2007	2008	Avg.
Pollution load	Population	16,416.0	18,765.4	19,459.3	21,664.5	11,157.6	17,492.6
	Industrial activities	5,266.4	3,313.2	3,394.2	2,633.7	2,102.4	3,342.0
	Livestock	229.8	346.9	343.2	333.4	398.8	330.4
	Land use	4,984.2	5,534.1	5,551.1	6,113.6	4,978.9	5,432.4
	Landfill site	16.1	5.4	4.8	5.4	0.9	6.5
	Total	26,912.5	27,964.9	28,752.7	30,750.6	18,638.5	26,603.8
Inflow of Pollution load to CSS	Population	78,781.7	73,204.6	78,027.4	78,103.5	78,299.7	77,283.4
	Industrial activities	37,897.1	44,888.0	44,888.0	46,110.6	25,655.5	39,887.8
	Livestock	-	-	-	-	-	-
	Land use	5,958.0	6,111.4	6,369.8	6,434.9	6,398.9	6,254.6
	Landfill site	134.3	29.7	23.0	20.6	8.4	43.2
	Total	122,771.1	124,233.7	129,308.2	130,669.7	110,362.5	123,469.0
Overflow of Pollution load from CSS	Population	7,340.4	7,991.1	6,497.0	10,062.0	5,403.8	7,458.9
	Industrial activities	2,484.1	2,109.6	1,713.5	2,399.2	1,734.9	2,088.3
	Livestock	-	-	-	-	-	-
	Land use	1,175.4	1,611.3	1,320.9	1,777.1	1,084.0	1,393.7
	Landfill site	6.8	3.0	2.3	3.2	0.6	3.2
	Total	11,006.7	11,715.0	9,533.7	14,241.5	8,223.3	10,944.1
Ratio of CSS discharge(%)		40.9	41.9	33.2	46.3	44.1	41.1

Table 2. Yearly change ratio of inflow pollution load to CSS and discharged pollution load from CSS

Classification	2004	2005	2006	2007	2008	Avg.
Inflow load (kg/day)	122,771.1	124,233.7	129,308.2	130,669.7	110,362.5	123,469.0
Overflow load (kg/day)	11,006.7	11,715.0	9,533.7	14,241.5	8,223.3	10,944.1
Inflow vs. overflow (%)	9.0	9.4	7.4	10.9	7.5	8.9
Change ratio of inflow (%)	0	1.2	5.3	6.4	-10.1	5.8*
Change ratio of outflow (%)	0	6.4	-13.4	29.4	-25.3	18.6*

Note) * Average on absolute value of data concerned.

난다. 환경기초시설의 유입유량은 유효강우가 나타나지 않는 건기와 유효강우가 나타나는 우기에 대한 변화유형이 뚜렷하게 구별되고 있다. 유효강우가 비교적 빈번하게 나타나는 시기는 3월, 5월, 7월, 8월 및 9월로서 이 시기에 관거이송유량 즉, 환경기초시설로 유입되는 유량이 크게 증가하는 양상을 나타내고 있다(Fig. 1).

우기시에는 건기시에 비해 환경기초시설 유입유량이 증가하며, 증가량은 관거의 용량, 환경기초시설의 유량운영조건 등에 따라 결정된다.

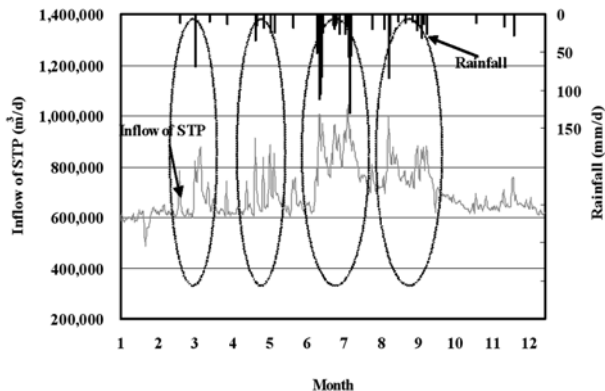


Fig. 1. Daily rainfall distribution and pattern of inflow of STP.

Table 3은 대전하수처리장으로 유입되는 월별 건기와 우기 평균유량을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 건기에 비해 우기 이송유량이 약 1.2배 증가한 것으로 나타나고 있다.

유효강우고와 환경기초시설 유입유량 사이의 직접적인 상관성이 어느 정도 인지를 파악하기 위하여 선형함수, 거듭제곱함수 및 로그함수 관계를 설정하여 각각에 대한 상관성을 분석하였으며 상관계수가 가장 높게 나타난 로그함수 곡선($r=0.58$)을 Fig. 2에 나타내었다. 유효강우고가 10~40 mm/일 범위에서는 환경기초시설 유입유량 사이에서 분포가 다양하게 나타나고 있지만 일반적으로 급격히 증가하는 경향을 보이며, 환경기초시설 처리용량 이상이 될 경우에는 유효강우고가 증가하더라도 하수처리장 유입유량이 완만한 형태로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

3.2. 강우조건 변화에 따른 관거배출부하량 변화

3.2.1. 강우조건 변화

우리나라 중부지방에 위치하고 있는 대전지역의 과거 10년간 강수량 분포를 보면 Table 4에 나타난 바와 같이 연강수량은 평균 1,389.1 mm로서 최대 연강수량과 최소 연강수량의 차이는 약 2.1배를 나타내고 있다. 대전지역의 유효강우고는 10년간 평균 1,203.9 mm로서 연강수량의 86.0%

Table 3. Monthly inflow of STP on dry & rainy period

Classification	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg.
Effective rainfall (mm/month)	0.0	12.0	80.3	62.0	83.5	373.0	367.0	161.0	124.0	0.0	28.5	28.0	1,319.3*
Transport on dry period (m ³ /day)	594,787	621,209	672,163	630,796	664,894	703,620	820,824	756,472	754,094	660,310	644,726	643,160	680,588
Transport on rainy period (m ³ /day)	-	784,990	754,663	803,640	832,459	927,465	927,991	853,297	839,400	-	700,028	756,390	818,032
Ratio of dry & rainy transport	-	1.26	1.12	1.27	1.25	1.32	1.13	1.13	1.11	-	1.09	1.18	1.20**

Note) * Sum of monthly effective rainfall amounts (mm)

** Avg. of monthly transport on rainy period ÷ Avg. of monthly transport on dry period

Table 4. Distribution of yearly total and effective rainfall for 10 years

Classification	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Avg.
Yearly total rainfall (mm)	1,707.5	828.7	1,378.7	1,748.9	1,496.5	1,656.1	1,195.2	1,750.9	1,037.6	1,090.4	1,389.1
Effective rainfall (mm)	1,505.0	647.7	1,147	1,536	1,319.3	1,505.5	1,027.5	1,560.5	858.0	932.0	1,203.9
Effective/total (%)	88.1	78.2	83.2	87.8	88.2	90.9	86.0	89.1	82.7	85.5	86.0

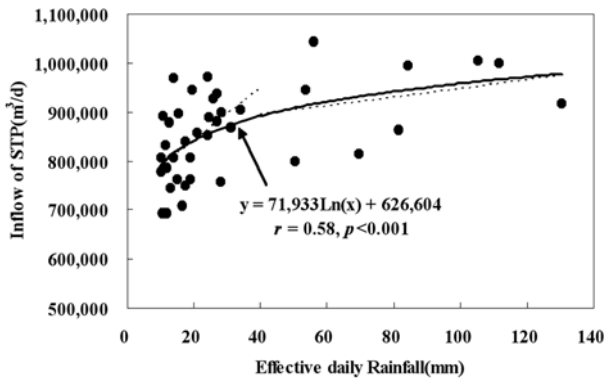


Fig. 2. Relationship between daily rainfall and inflow of STP.

를 차지하고 있다. 과거 10년간 대전지역의 유효강우고 변화를 보면 최소 647.7 mm에서 최대 1,560.5 mm까지 최대 약 2.4배까지 차이가 나타나고 있다.

대전지역의 과거 10년간 강우일수 분포를 보면 Table 5에 나타난 바와 같이 연강수일수는 약 116일로 나타났으며, 일일 강우강도 10 mm 이상을 나타내는 유효강우일수는 약 37일로서 연강수일수의 약 32%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 과거 10년간 대전지역의 유효강우일수의 변화를 보면 최소 25일에서 최대 49일까지 약 2배까지 차이가 나타나고 있다.

3.2.2. 관거배출부하량 변화율

유효강우고가 증가하면 토지계로부터 발생하는 우수 유

출량이 증가하게 되어 관거유입량이 증가하게 되고 관거로 이송되는 과정에서 관거배출량도 증가하게 된다(Mullis et al., 1996).

다음 Fig. 3(a)는 2004년도 유효강우고를 기준으로 하여 유효강우고를 일정 간격으로 증감시키면서 하수관거로의 유입계수 및 환경기초시설의 유입조건을 고정시킨 상태에서 각 유효강우 조건에 대한 배출부하량을 산정하여 관거배출부하량 변화상태를 살펴본 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 이 경우에는 유효강우고와 거의 같은 비율로 급격하게 증가하고 있으며, 유효강우고가 2배 증가하였을 경우에 관거배출량은 2.1배로 증가하는 것으로 나타났다(Table 6). 이 분석결과는 유효강우고 증가율만큼 토지계로부터 우수 유출수량이 증가하여 관거배출부하량이 매우 큰 비율로 증가한다는 것을 설명해주고 있다. 그러나 동일 강우일에 유효강우고가 증가하면 유입계수 및 환경기초시설의 유입조건에 어느 정도 변화가 생길 것으로 예상되므로 후속 연구를 통하여 유입유량의 변화유형도 함께 고려하는 것이 보다 사실적인 자료를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

배출부하량을 산정하기 위한 관거유입량 및 관거배출량의 평균화 기간은 일반적으로 월단위(monthly)로 한다. 그러므로 월별 유효강우고가 동일할 경우에 유효강우일수가 변화하면 일별 관거유입량이 변화하게 되며 따라서 관거배출량도 변화하게 된다.

Fig. 3(b)는 2004년도 유효강우일수를 기준으로 하여 유효강우일수를 일정 간격으로 증감시키면서 유입계수 및 환

Table 5. Distribution of yearly total and effective rain days for 10 years

Classification	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Avg.
Yearly total rain days (day)	119	100	113	136	118	118	115	131	98	110	115.8
Effective rain days (day)	34	25	32	46	40	41	38	49	29	35	36.9
Effective/total (%)	28.6	25.0	28.3	33.8	33.9	34.7	33.0	37.4	29.6	31.8	31.6

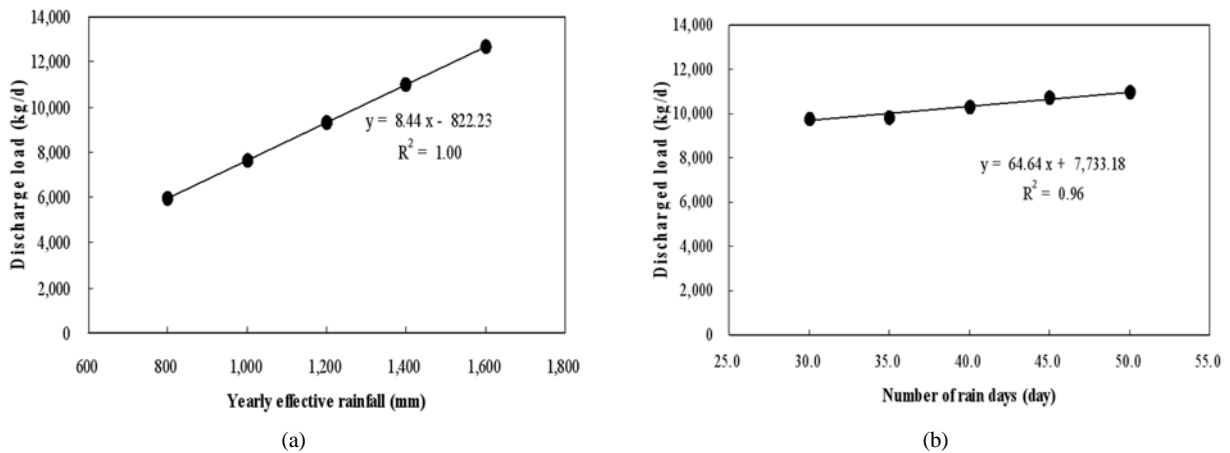


Fig. 3. Change of discharged pollution load from combined sewer system in accordance with increase of effective rainfall (a) and rain days (b).

Table 6. The change of discharged pollution load in accordance with rainfall increase

No.	Yearly rainfall (mm)	Discharged load (kg/d)		Ratio of change		No.	Yearly rain days (day)	Discharged load (kg/d)		Ratio of change	
		Total	CSS	Total	CSS			Total	CSS		
1	800.0	22,265.3	5,932.6	1.00	1.00	1	30	26,347.8	9,772.3	1.00	1.00
2	1000.0	24,047.9	7,610.5	1.08	1.28	2	35	26,432.3	9,843.4	1.00	1.01
3	1200.0	25,839.7	9,296.6	1.16	1.57	3	40	26,912.5	10,306.0	1.02	1.05
4	1400.0	27,637.9	10,988.6	1.24	1.85	4	45	27,344.8	10,725.2	1.04	1.10
5	1600.0	29,435.8	12,680.2	1.32	2.14	5	50	27,576.9	10,947.5	1.05	1.12
						6	60	28,271.3	11,611.6	1.07	1.19

Note) * Estimated value from regression equation between rain days and discharged load from CSS

경기초시설의 유입조건을 고정시킨 상태에서 각 유효강우 일수 조건에 대한 배출부하량을 산정하여 관거배출부하량 변화상태를 살펴본 것이다. 유효강우고가 20 mm/일 미만인 강우일은 제외하였으며, 강우일의 감소에 따른 기존의 유효 강우고는 동일 월 또는 차기 월의 강우일에 중첩하였다. 그림에서 보는 바와 같이 증가율은 그다지 크지 않으며, 강우 일수가 2배 증가하였을 경우에 관거배출량은 약 1.2배로 증가하는 것으로 나타나고 있다(Table 6). 이 분석결과는 유효 강우일수 증가로 인한 우기시의 월평균 관거유입량이 환경기초시설의 월평균 유입량보다 큰 조건에서는 관거배출부하량이 다소 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 우기시의 월평균 관거유입량이 환경기초시설의 월평균 유입량보다 적은 조건에서는 해당 월의 관거배출이 발생하지 않아 전체적인 증가추세가 다소 둔화되는 양상을 나타내고 있다.

4. 결론

수질오염총량관리 단위유역의 합류식 하수처리구역에서는 우기시에 관거배출이 발생하며, 기준년도와 강우조건이 크게 차이가 날 경우에는 오염원의 변화가 없는 경우에도 배출부하량의 차이가 크게 발생하여 매년 이행평가시에 왜곡된 평가결과를 초래하게 된다.

본 연구에서는 관거배출 현황을 검토하고 강우조건 변화가 관거배출부하량에 미치는 영향을 분석하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 대전지역 하수처리구역의 경우 관거배출부하량은 총배출부하량의 약 41%를 차지하고 있으며, 관거배출부하량 증 생활계 오염원 배출부하량이 약 66%로서 가장 많은 부분을 차지하고 있다.
- 2) 2004년도를 기준으로 연도별 관거유입부하량 변화율은 약 5.8%를 보이는 반면, 연도별 배출부하량 변화율은 약 18.6%의 변화율을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 오염원의 변화가 크지 않음에도 불구하고 강우조건 변화에 따라 배출부하량의 차이가 크게 나타난 결과이라고 설명할 수 있다.
- 3) 대전지역의 경우 최대 유효강우고 조건과 최소 유효강우고 조건은 약 2.4배까지 차이가 나타나고 있으며, 최대 유효강우일수 조건과 최소 유효강우일수 조건은 약 2배까지 차이가 나타나고 있다. 이와 같은 강우조건 큰 변화는 배출부하량의 차이에 크게 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사해 주고 있다.
- 4) 강우조건에 따른 관거배출부하량 변화를 분석한 결과, 관거배출부하량은 유효강우고와 거의 같은 비율로 급격한 증가형태를 나타내고 있으며, 유효강우일수의 경우에는 다소 완만한 증가 형태를 나타내고 있다. 유효강우고가 2배 증가할 경우 관거배출부하량은 약 2.1배 정도의 매우 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났으며, 유효강우일수가 2배 증가할 경우 약 1.2배 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 유효강우고 변화시에 관거배출부하량에 대한 강우영향이 큰 것으로 나타났다.

수질오염총량관리 이행평가시에는 매년 배출부하량을 평가하게 된다. 총량관리 단위구역의 오염원의 변화가 없는 경우에도 강우조건(유효강우고 및 유효강우일수)에 따라 배출부하량이 크게 차이가 나타날 수 있다. 배출부하량의 차이폭 및 차이유형은 하수처리구역별로 다르게 나타날 수 있으므로 이행평가시에는 반드시 해당 하수처리구역에 대한 강우영향 정도를 파악하여 이를 고려함으로써 배출부하량에 대한 합리적인 평가가 이루어지도록 하여야 할 것이다. 강우조건 변화에 따른 영향을 고려할 수 있는 방법으로는 배출부하량 산정시 기준년도 강우조건을 적용하거나 또는 실제 강우조건을 기준년도와 동일한 강우조건으로 변환하여 산정하는 방법과 해당년도의 실제 배출부하량을 산정한 후 기준년도 강우조건 수준의 배출부하량으로 환산하는 방법 등을 적용할 수 있을 것이다. 그러나 어느 방법이든 제약과 한계점이 있을 것으로 예상됨으로 이 방법들을 원활하게 적용하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 국립환경과학원(2004). 수계오염총량관리기술지침.
- 대전광역시(2004). 대전광역시 제1단계 오염총량관리 시행계획.
- 대전광역시(2005). 대전광역시 오염총량관리 시행계획 2005년도 이행평가보고서.
- 대전광역시(2006). 대전광역시 오염총량관리 시행계획 2006년도 이행평가보고서.
- 대전광역시(2007). 대전광역시 오염총량관리 시행계획 2007년도 이행평가보고서.
- 대전광역시(2008). 대전광역시 오염총량관리 시행계획 2008년도 이행평가보고서.
- 대전기상청(2009). 2000~2009 연도별 강수량자료.
- 박준대, 박주현, 류덕희(2008). 정동일, 수질오염총량관리를 위한 비점배출계수 산정-특정 기준유량시기의 강우배출비. 수질보전 한국물환경학회지, **24**(4), pp. 452-457.
- 백도현, 임영환, 최진규, 정팔진, 곽동희(2005). SWMM 모델을 이용한 도시지역 비점오염원 유출특성 연구-전주시를 대상으로-. 한국환경과학회지, **14**(12), pp. 1185-1194.
- 최지용(1997). 도시지역 비점오염원 관리방안 연구. 한국환경정책평가연구원.
- 환경부(2002a). 금강수계 물관리 및 주민 지원 등에 관한 법률 시행규칙.
- 환경부(2002b). 금강수계 오염총량관리 기본방침.
- 환경부(2005). 3대강수계 오염총량관리시행계획 이행평가기준 고시.
- Gupta, K. and Saul, A. J. (1996). Specific relationships for the first flush load in combined sewer flows. *Water Research*, **30**(5), pp. 1244-1252.
- Hogland, W., Berndtsson, R., and Larson, M. (1984). Estimation of Combined Sewer Overflow Discharge From the City of MalmÖ. *Nordic Hydrology*, **15**, pp. 333-340.
- Mullis, R. M., Revitt, D. M., and Shutes, R. B. (1996). Brian Shutes, The impacts of urban discharges on the hydrology and water quality of an urban watercourse. *Science of the Total Environment*, **190**, pp. 385-390.