

수질오염총량관리를 위한 비점배출계수 산정 - 특정 기준유량 시기의 강우배출비

박준대[†] · 박주현 · 류덕희 · 정동일

국립환경과학원 환경총량관리연구부 수질총량과

Estimation of Nonpoint Discharge Coefficient for the Management of Total Maximum Daily Load

- Rainfall Discharge Ratio on the Specific Design Flow

Jundae Park[†] · Juhyun Park · Doughee Rhew · Dongil Jeong

Water Pollution Cap System Division, Environmental Cap System Research Department, National Institute of Environmental Research
(Received 25 March 2008, Accepted 25 June 2008)

Abstract

Nonpoint source (NPS) pollution is caused by rainfall moving over and through the ground. As the runoff moves, it picks up and carries away various pollutants from NPS. The discharge pattern of NPS pollutant loads is affected by the distribution of the rainfall during the year. This study analysed relationship between the rainfall event and the stream flow rate, and estimated the rainfall discharge ratio on the specific design flow which can be used as nonpoint discharge coefficient for the estimation of NPS pollution load. It is considered that nonpoint discharge coefficient can be effectively used for the calculation of NPS pollution load at the time of water quality modelling for the management of Total maximum daily load (TMDL).

keywords : Design flow, Nonpoint discharge coefficient, Nonpoint source (NPS), Rainfall discharge ratio, Total maximum daily load (TMDL)

1. 서론

수질오염총량관리제는 수계구간을 단위유역으로 나누어 목표수질을 설정하고, 이 목표수질을 달성·유지할 수 있도록 유역으로부터 배출할 수 있는 오염물질의 총량을 할당하여 관리하는 제도이다.

수질오염총량관리를 위한 목표수질의 설정 및 오염부하량의 할당은 수질모델링을 통해서 이루어지며, 이와 같은 수질모델링을 수행하기 위해서는 특정시점의 유량 즉, 기준유량 시기에 대한 배출부하량을 산정한다(US EPA, 1977).

기준유량은 오염부하량 할당 등의 기준이 되는 유량으로서 대상 오염물질의 특성에 따라 설정된다. 현재 제1단계 수질오염총량관리 대상물질은 BOD로서 기준유량은 10년 평균 저수량을 사용하고 있다. 2011년부터 시행되는 제2단계 대상물질은 BOD와 T-P이며 이중 BOD 기준유량은 10년 평균 저수량으로 설정되어 있으나, T-P 기준유량은 10년 평균 저수량 및 평수량으로 설정되어 있다(환경부, 2002, 2007).

유역의 인구, 축산 및 산업 등과 같은 점오염원으로부터 배출되는 점배출부하량은 연중 비교적 일정한 형태와 양으로 배출된다. 그러나 대지, 전답 및 임야 등과 같은 비점오

염원으로부터 배출되는 비점배출부하량은 연중 강우분포에 의하여 배출되는 형태와 양이 결정된다. 즉, 비점오염원으로부터 연간 발생된 오염부하량은 일정하나, 갈수기 또는 저수기와 같이 강우가 거의 없는 시기에는 적은 양이 배출되며, 풍수기나 홍수기와 같이 강우가 집중되는 시기에는 상대적으로 많은 양이 배출된다(UCWR, 1995).

수질오염총량관리를 위하여 낙동강 등 3대강 수계에서 기준유량 시기에 대한 배출부하량을 산정하는 방법은 기준유량과 하천유량 측정값을 비교하여 기준유량과 가장 유사한 하천유량을 나타내는 시기를 선정하고 그 시기의 배출부하량을 사용하고 있다(전라남도청, 2005; 충청북도청, 2005). 이 방법은 수질모델링을 단독으로 수행하는 단위유역의 경우에는 크게 문제가 되지 않으나, 수질모델링 구간에 2개 이상의 단위유역이 포함되고 단위유역간 기준유량 시기가 서로 다르게 나타나는 경우에는 매우 복잡하게 되어 수질모델링에 대한 일관성을 유지하기가 어렵게 된다. 그러므로 2개 이상의 단위유역이 포함되어 있는 수계구간의 수질모델링을 수행하기 위해서는 특정 기준유량 시기의 배출부하량 산정과정을 단순화하고 용이하게 적용할 수 있는 비점배출계수(nonpoint discharge coefficient)가 필요하게 된다. 한강 수계 오염총량관리계획수립지침에서는 토지계 배출부하량 산정에 적용할 수 있도록 저수기와 평수기에 해당하는 비점오염원 유출계수를 제시하고 있다(환경부, 2006).

[†] To whom correspondence should be addressed.
parkjd@me.go.kr

본 연구에서는 3대강 수계에서 유역의 강수량 분포특성을 분석하여 수질오염총량관리 수계구간에서 범용적으로 적용할 수 있는 비점배출계수를 산정하여 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 비점배출계수 산정절차

어느 기간 또는 임의적인 시기의 비점배출부하량은 연평균 비점오염원 발생부하원단위와 유역의 연간 총강우량에 대한 해당기간의 강수량 비율 즉, 유역의 강우배출비를 적용하여 산정할 수 있다(환경부, 1995).

본 연구의 비점배출계수 산정절차는 다음 Fig. 1과 같이 비점배출부하의 형태와 규모를 결정하는 주요 인자인 유역의 강우분포특성이 적절하게 반영될 수 있도록 하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 유역의 강우량 및 하천유량 측정자료를 이용하여 여러 가지 평균화기간에 대한 강우량 및 하천유량을 산정하고 이에 대한 상관성을 분석하였다. 강우량과 하천유량 사이의 상관성이 가장 높게 나타나는 평균화기간에 대한 강우량 및 유량자료를 바탕으로 하여 하천유량이 증가하는 순서로 정렬하여 순차유량-강우배출비를 작성하였다. 순차유량-강우배출비로부터 기준유량 시기에 대한 강우배출비를 산정하였으며, 이와 같이 산정한 각 지점별 강우배출비를 평균하여 수계별 강우배출비를 구하고 이와 같이 구한 수계별 강우배출비를 평균하여 3대강 수계의 비점배출계수로 하였다.

2.2. 강우량 분포와 하천유량 상관성 분석

2.2.1. 조사대상 지점

조사대상 지역은 낙동강, 금강 및 영산강의 3대강 수계이며, 강우량 및 하천유량 측정지점은 기상청 강우량 관측지점과 이에 대응하는 건설교통부의 하천유량 측정지점을 대상으로 하였다. 각 수계별 강우량 관측지점은 Table 1과 같이 3대강 수계에서 총 14지점을 선정하였으며, 하천유량 측정지점은 조사대상 강우량 관측지점을 포함하는 유역의 하천구간에 위치한 유량측정지점을 선정하였다.

2.2.2. 조사대상 기간

강우량 및 하천유량 조사대상 기간은 자료수집이 가능한 1998년부터 2005년까지로 하였다. 유역의 강우량 분포와

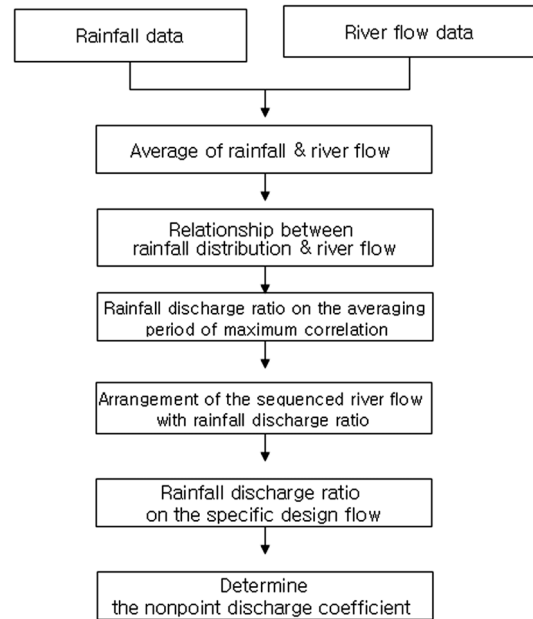


Fig. 1. The procedure of estimation of Nonpoint discharge coefficient.

하천유량 변동현상에 대한 상관성을 분석하기 위하여 기상청에서 관측한 강우량 자료와 건설교통부에서 측정된 하천유량 자료를 이용하였다(건설교통부, 1998~2005; 기상청, 1998~2005). 3대강 유역에 위치한 강우량 관측지점의 일별 강우량 자료를 이용하여 매 연도별로 연중 일정기간별 즉, 평균화기간별 강우량 분포를 분석하였다. 강우량은 유효강우량으로 하였으며 수계오염총량관리 기술지침에 따라 10 mm 이상으로 하였다(국립환경과학원, 2004). 또한, 3대강 수계구간에 위치한 하천유량 측정지점에서 측정된 일별 유량자료를 이용하여 기준유량을 조사하고 평균화기간별 하천유량을 산정하였다.

이와 같이 조사된 평균화기간별 강우량 분포 및 하천유량 자료를 바탕으로 하여 상관성을 분석하고, 강우량과 하천유량 사이에 상관관계가 가장 높게 나타나는 평균화기간을 확인하였다.

2.3. 기준유량 시기의 강우배출비 산정

3대강 수계에서 비점배출부하량은 연평균 비점배출부하량과 특정 기준유량 시기에 대한 배출부하량을 사용하고

Table 1. Rainfall and river flow observation stations in 3 river basins

River	Rainfall station	River flow station	Remark (Location)
Nakdong river (9)	Taebaek	Socheon	upstream
	Bonghwa, Andong	Jibo	upstream
	Youngju, Mungyeong	Nakdong	midstream
	Euseong, Gumi, Youngcheon, Daegu	Goryeonggyo	midstream
Guem river (3)	Jangsu	Cheoncheon	upstream
	Daejeon, Buyeo	Gyuam	midstream
Youngsan river (2)	Jangseong*	Seonam	upstream
	Damyang*	Maruek	upstream

* Stations controlled by Ministry of Construction & Transportation

있다. 연평균 비점배출부하량은 토지 지목별 면적과 발생원 단위를 사용하여 산정하며, 특정 기준유량 시기의 배출부하량은 연평균 비점배출부하량과 그 시기의 해당지역에서 나타나는 강우배출비를 이용하여 산정하고 있다(국립환경과학원, 2004).

Table 2는 수질모델링 구간에 포함되는 4개의 단위유역에 대한 월별 배출부하량과 하천유량 측정결과를 나타낸 것이다(충청북도청, 2005). 수질모델링에 필요한 특정 기준유량 시기가 저수기(Q₂₇₅)이므로 저수기 시기에 대한 배출부하량을 산정하여야 하나, 단위유역에서 나타나는 기준유량 시기가 동일하지 않으므로 기존 방법으로는 한계점을 지니게 된다. 즉, 각 단위유역에서 저수기 기준유량과 가장 근사한 유량을 나타내는 시기가 10월, 4월, 3월, 11월로서 각각 다르게 나타나고 있으므로 하천유량 측정값에 의하여 동일한 기준유량 시기를 판별하기가 매우 어렵게 된다. 이러한 경우에는 모든 단위유역에 대하여 가장 근사한 유량을 나타낼 수 있는 시기를 저수기 시기로 선정하여 그 시기에 해당하는 배출부하량을 사용하여 수질모델링을 수행하게 되는데, 이러한 방법은 기준유량 시기와의 차이에 의하여 배출부하량 차이가 발생할 수 있을 뿐만 아니라 모델 수행자의 판단에 따라서 값이 결정되므로 모델의 재현이나 결과의 평가시에 일관성이 결여될 우려가 있다. 그러므로 이와 같은 한계를 보완하기 위해서는 수계의 강우특성이 고려된 특정 기준유량시기의 비점배출계수의 적용이 필요하게 된다.

본 논문에서는 강우량과 하천유량 사이의 최대상관이 나타나는 평균화기간에 대한 하천유량과 강우배출비를 산정하고, 하천유량이 증가하는 순서로 나타낸 순차유량-강우배출비로부터 기준유량 시기의 강우배출비를 산정하였다.

평균화기간에 대한 강우배출비는 수계오염총량관리 기술지침(국립환경과학원, 2004)에 따라 다음 식 (1)과 같은 월 강우배출비 산정식을 이용하였다. 여기서 월유효강우량은 연간 10 mm 이상의 유효강우량 중 해당 월의 유효강우량

비를 의미한다.

$$\text{월강우배출비} = 0.1 + 0.9 \frac{\text{연간일수}(= 365,366) \times \text{월유효강우량비}}{\text{월간일수}(= 28,29,30,31)} \quad (1)$$

상기 식 (1)의 월간일수 대신에 평균화기간에 해당하는 일수로 변경하고, 월유효강우량비 대신에 평균화기간의 유효강우량비로 변경하여 평균화기간에 대한 강우배출비를 산정하였으며, 평균화기간에 대한 하천유량과 강우배출비로부터 순차유량-강우배출비를 작성하였다. 또한, 1일 단위 하천유량자료를 이용하여 작성한 유행곡선으로부터 기준유량인 갈수량, 저수량, 평수량 및 풍수량을 구하였다.

순차유량-강우배출비로부터 기준유량 전후의 유량값을 이용하여 기준유량에 해당하는 순차값(X)을 다음 식 (2)와 같이 구하였으며,

$$X = X1 + \frac{(df - f1)}{(f2 - f1)} \quad (2)$$

여기서, X : 기준유량에 해당하는 순차값

X1 : 기준유량보다 바로 작은 유량의 순차값

X2 : 기준유량보다 바로 큰 유량의 순차값

df : 기준유량(cms)

f1 : X1순차에 대한 유량

f2 : X2순차에 대한 유량

이와 같이 구한 순차값(X) 및 기준유량 전후의 강우배출비를 이용하여 다음 식 (3)과 같이 기준유량 시기에 대한 강우배출비를 구하였다.

$$R = R1 + (X - X1) \times (R2 - R1) \quad (3)$$

여기서, R : 기준유량 시기에 대한 강우배출비

Table 2. Monthly discharged load and river flow of unit area in Guem river basin

Month	Discharged load (kg/d)				River flow (m ³ /sec)			
	Guembon E	Musim A	Bocheong A	Chogang A	Guembon E (20.8) ¹⁾	Musim A (1.6) ¹⁾	Bocheong A (1.6) ¹⁾	Chogang A (4.7) ¹⁾
1	1644	2923	3192	3090	-	-	-	-
2	814	1123	1133	1507	15.1	-	0.3	3.0
3	1257	1605	1493	2372	17.7	1.8	0.8	3.0
4	3582	5733	6205	7322	13.9	1.4	0.5	3.6
5	2588	6116	4609	4972	28.9	3.9	0.3	6.7
6	1508	2990	2436	2607	-	-	-	-
7	3078	10471	5488	6702	-	-	-	-
8	9953	20097	12648	18953	-	-	-	-
9	1850	6360	4406	2920	35.0	5.6	2.6	9.2
10	1257	3254	1920	1891	20.8	2.4	0.7	6.4
11	814	2102	1440	1513	23.9	2.0	0.3	4.7
12	1300	2750	1118	2066	26.9	1.7	0.3	3.7

¹⁾ Q₂₇₅ design flow of each unit area (m³/sec)

- R1 : 기준유량보다 바로 작은 순차유량에 해당하는 강우배출비
- R2 : 기준유량보다 바로 큰 순차유량에 해당하는 강우배출비

3. 결과 및 고찰

3.1. 강우량 분포와 하천유량 상관성

강우량과 하천유량의 평균화기간에 따라서 강우량과 유량과의 상관성이 다르게 나타날 수 있다. 강우량과 하천유량 사이에 최대 상관관계를 나타내는 평균화기간을 확인하기 위하여 3대강 수계 강우관측지점의 일정기간별 강우량과 하천유량 측정지점의 동일기간에 대한 하천유량 사이의 상관성을 분석하였다.

본 연구에서는 연도별 자료를 이용하여 1일, 3일, 5일, 7일, 10일 및 1개월 단위로 강우량과 하천유량을 평균화하고 강우량과 하천유량 사이의 상관관계를 분석하였다. Table 3은 낙동강수계 태백지점의 강우량과 소천지점의 하천유량 사이의 평균화기간별 상관계수를 나타낸 것으로서 일반적으로 평균화기간이 길어질수록 상관관계가 높아지는 경향을 나타내고 있으나, 그 이하의 평균화기간에서도 최대상관이 나타나고 있음을 알 수 있다.

Table 4는 3대강 수계 각 조사지점을 대상으로 하여 각 평균화 기간에 대한 강우량과 하천유량과의 상관계수가 가장 높게 나타나는 평균화기간의 횟수(출현빈도)를 나타낸 것으로서, 대부분의 지역에서 평균화기간이 월 단위인 경우에 최대상관 출현비율이 가장 많게 나타나고 있으나, 5일 단위의 평균화 기간에서도 상관계수가 가장 높게 나타나는 경우도 있다. 이와 같은 결과로 보아 유역의 강우량 분포 유형이 하천유량의 변동요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

3.2. 3대강 수계 비점배출계수

3.2.1. 순차유량-강우배출비 곡선

평균화기간별 상관성 분석자료 중 최대상관이 나타나는 평균화기간에 대한 강우배출비를 산정하고 동일기간의 하천유량을 바탕으로 하여 순차유량-강우배출비를 작성하였다.

Fig. 2는 최대상관 평균화기간이 1개월 단위인 경우의 순차유량-강우배출비를 그래프로 나타낸 것이다. 하천유량은 월별 유량이 증가하는 순서로 순차적으로 정렬하였고, 이에 해당하는 강우배출비를 나타낸 것이다. 즉, 곡선의 가로축은 유량의 순차 및 그에 대한 유량값을 나타내고 있으며, 세로축은 순차적인 유량값에 해당하는 강우배출비를 나타내고 있다. 이와 같은 방법으로 3대강 수계 14개 조사지점에 대한 연도별 순차유량-강우배출비를 작성하였다.

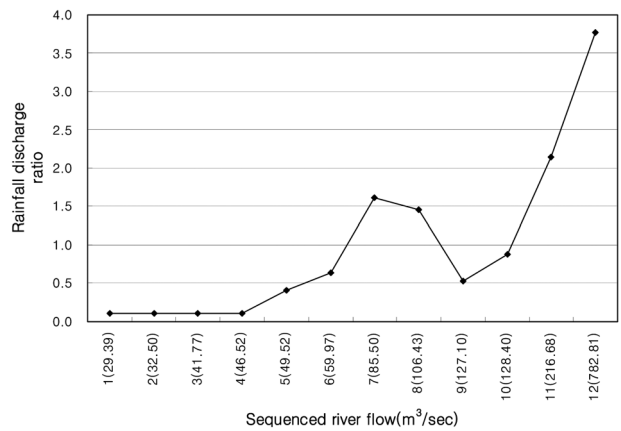


Fig. 2. The curve for the sequenced river flow with rainfall discharge ratio (Taebak-Socheon).

3.2.2. 3대강 수계 비점배출계수

앞 절에서 작성한 순차유량-강우배출비로부터 하천의 기준유량인 갈수량, 저수량, 평수량 및 풍수량 시기에 해당하는 연도별 강우배출비를 구하였다. 연도별 기준유량은 1일 단위의 유량 측정자료를 이용하여 작성된 유황곡선으로부터 구하였다. Table 5는 낙동강수계 지보지점의 연도별 하

Table 3. Correlation coefficient between rainfall and river flow according to the averaging period (Taebak-Socheon)

Year	Averaging period					
	1-day	3-day	5-day	7-day	10-day	1-month
1998	0.3900	0.6358	0.7080	0.6486	0.7501	0.8341
1999	0.5369	0.8413	0.8035	0.8457	0.9485	0.9700
2000	0.7307	0.8683	0.9370	0.9192	0.9581	0.9419
2001	0.0175	0.2816	0.7667	0.4440	0.8089	0.7381
2002	0.5200	0.6732	0.9323	0.9616	0.9161	0.9268
2003	0.3619	0.5753	0.7295	0.8283	0.8936	0.9587
2004	0.0097	0.0308	0.1021	0.0800	0.4243	0.9318
2005	0.4145	0.6381	0.7746	0.6977	0.8336	0.9390

Table 4. The frequency of maximum correlation according to the averaging period

	Averaging period						Total
	1-day	3-day	5-day	7-day	10-day	1-month	
Frequency	-	-	3	7	17	83	110
Percent (%)	-	-	3	7	15	75	100

Table 5. Design flow at Gibo station in Nakdong river
(unit : m³/sec)

Year	Q ₃₅₅	Q ₂₇₅	Q ₁₈₅	Q ₉₅
1998	25.00	37.00	55.00	124.00
1999	28.71	33.00	45.33	82.38
2000	22.63	31.54	42.08	71.13
2001	12.88	16.25	20.79	26.00
2002	10.13	18.36	27.02	54.06
2003	10.95	16.71	72.24	234.48
2004	6.13	9.56	47.57	91.06
2005	16.93	31.06	51.32	58.64

Table 6. The yearly rainfall discharge ratio on the design flow (Taebak-Socheon)

Year	Q ₃₅₅	Q ₂₇₅	Q ₁₈₅	Q ₉₅
1998	0.10	0.10	0.42	1.02
1999	0.10	0.10	0.47	0.71
2000	0.10	0.10	0.10	0.59
2001	0.10	0.10	0.37	1.26
2002	0.10	0.10	0.37	0.41
2003	0.10	0.27	0.21	1.22
2004	0.10	0.18	0.22	0.68
2005	0.10	0.22	0.60	0.36

Table 7. The rainfall discharge ratio on the design flow in the 3 river basins

Station		Q ₃₅₅	Q ₂₇₅	Q ₁₈₅	Q ₉₅
Nak dong river	Taebaek	0.10	0.15	0.35	0.78
	Bonghwa	0.10	0.18	0.48	0.99
	Andong	0.10	0.14	0.53	1.21
	Youngju	0.10	0.15	0.39	1.23
	Mungyeong	0.10	0.18	0.46	1.37
	Euiseong	0.10	0.17	0.55	1.14
	Gumi	0.10	0.16	0.51	1.01
	Daegu	0.10	0.15	0.47	1.10
	Youngcheon	0.10	0.16	0.56	1.30
	Average	0.10	0.16	0.48	1.13
Guem river	Jangsu	0.10	0.16	0.41	0.81
	Daejeon	0.10	0.13	0.53	1.20
	Buyeo	0.10	0.18	0.61	1.31
	Average	0.10	0.16	0.51	1.11
Young san river	Jangseong	0.10	0.18	0.49	1.49
	Damyang	0.10	0.10	0.51	0.94
	Average	0.10	0.14	0.50	1.22

천 기준유량을 나타낸 것이다.

Table 6은 낙동강수계 태백지점의 연도별 기준유량 시기(갈수기, 저수기, 평수기 및 풍수기)에 대한 강우배출비를 도출한 결과이다. 강우가 없는 갈수기 시기에는 식(1)에서와 같이 강우배출비 값이 0.1로 나타나므로 이 시기에 대한 강우배출비는 0.1로 하였다.

이와 같이 구한 3대강 수계의 각 강우 관측지점에 대한 연도별 강우배출비를 평균하여 각 지점의 강우배출비를 구하였으며, 그 결과는 Table 7과 같이 낙동강수계에서는 저수기 0.14~0.18 및 평수기 0.35~0.56, 금강수계에서는 저수기 0.13~0.18 및 평수기 0.41~0.61, 영산강수계에서는 저수기 0.10~0.18 및 평수기 0.49~0.51로 나타났다.

각 수계의 강우 관측지점별 강우배출비를 평균하여 각 수계에 대한 기준유량 시기별 강우배출비를 산정하였다. 이와 같이 산정한 각 수계별 기준유량 시기의 강우배출비를 평균화하여 3대강 수계에서 범용적으로 사용할 수 있는 비점배출계수를 산정하였으며, Table 8에 나타난 바와 같이 갈수기 비점배출계수는 0.10, 저수기는 0.15, 평수기는 0.50 및 풍수기는 1.15로 산정되었다.

본 비점배출계수는 한강수계에서 유사하게 적용할 수 있도록 제시된 저수기 0.25 및 평수기 0.60의 비점오염원 유

Table 8. The Nonpoint discharge Coefficient for 3 river basins

River	Q ₃₅₅	Q ₂₇₅	Q ₁₈₅	Q ₉₅
Nakdong river	0.10	0.16	0.48	1.13
Guem river	0.10	0.16	0.51	1.11
Youngsan river	0.10	0.14	0.50	1.22
Average	0.10	0.15	0.50	1.15

출계수에 비하여 다소 작은 값을 나타내고 있다.

4. 결론

수질오염총량관리 수계구간에 대한 목표수질의 설정 또는 단위유역에 대한 오염부하량을 할당하기 위해서는 수질 모델링 과정이 필요하며, 특정 기준유량 시기에 대한 비점배출부하량을 산정하여야 한다.

비점배출부하량은 강우현상에 의하여 발생되며, 비점배출부하의 형태와 규모는 유역의 강우분포에 따라 결정된다. 유역의 강우량은 하천유량 변동의 직접적인 영향인자이므로 강우량과 하천유량 사이의 관계분석을 통하여 비점오염원으로부터 배출되는 오염물질의 양을 결정하는 계수를 도출할 수 있다.

본 연구에서는 유역의 강우분포와 하천유량 사이의 상관성을 분석하여 비점배출부하량을 산정하는데 적용할 수 있는 비점배출계수를 산정하여 제시하였다. 3대강 수계 내의 강우량 관측지점 및 하천유량 측정지점들에 대한 장기간 측정자료를 바탕으로 하여 강우량과 하천유량 사이에 최대상관이 나타나는 평균화기간에 대한 강우배출비를 구하고, 하천유량과 강우배출비를 이용하여 순차유량-강우배출비를 작성한 다음 기준유량 시기에 대한 강우배출비를 산정하였다. 이와 같이 산정한 3대강 수계의 강우배출비를 평균화하여 수질오염총량관리 비점배출부하량 산정에 적용할 수 있는 비점배출계수를 산정하였다.

본 연구에서 제시된 비점배출계수는 수질모델링 적용시 단위유역별 유량시기에 상관없이 기준유량 시기에 대한 배출부하량을 간편하게 산정할 수 있을 뿐만 아니라 수질모델링 과정에서도 일관성 및 객관성을 유지할 수 있으므로 수질오염총량관리를 위하여 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 건설교통부(1998~2005). 한국수문조사연보.
 국립환경과학원(2004). 수계오염총량관리기술지침.
 기상청(1998~2005). 기상연보.
 전라남도청(2005). 전라남도 영산강 오염총량관리 기본계획.
 충청북도청(2005). 충청북도 금강 오염총량관리 기본계획.
 환경부(1995). 비점오염원 조사연구사업 보고서.
 환경부(2002). 낙동강 등 3대강수계 오염총량관리 기본방침 (환경부 훈령 제531호, 제534호, 제535호).
 환경부(2006). 한강수계 오염총량관리계획수립지침(환경부 고시 제2006-69호).
 환경부(2007). 낙동강 등 3대강수계 오염총량관리 기본방침 (환경부 훈령 제705호, 제706호, 제707호).
 Universities Council on Water Resources (UCWR) (1995). *Integrated watershed management-A new paradigm for water management*. Issue NO.100.
 US EPA (1977). *Technical Guidance manual for Developing Total maximum Daily Loads*.