비점오염저감시설의 강우유출수 처리비 산정식 개선 - WQF 기준 시설 -

Improvement of the Empirical Formula for Estimating Stormwater Capture Ratio of WQF Treatment BMPs

최대규* · 박무중** · 강민지*** · 김상단****

Choi, Daegy*, Park, Moojong**, Kang, Minji***, Kim, Sangdan****

Abstract

Reduction loads of treatment BMPs can be calculated by using rainfall capture ratio which means the ratio between treated rainfall by BMPs and total annual rainfall in Korean TMDL. In this paper, Rainfall capture ratio and related terms was changed, and it is suggested the improved empirical formula of stormwater capture ratio which can consider the runoff characteristics because treatment BMPs collect not rainfall but stormwater with contaminants. We calculated the real stormwater capture ratio which can be altered by runoff coefficients by using long-term (43years, 1970-2012) rainfall data in seven rainfall stations (Busan, Daegu, Daejeon, Gangreung, Gwangju, Jeju and Seoul), and then, the empirical formula of stormwater capture ratio for WQF treatment BMPs is derived from the real stormwater capture ratio.

Key words : Non-point pollutant source, Stormwater capture curve, TMDL, WQF treatment BMPs

요 지

수질오염총량관리에서 비점오염저감시설의 삭감부하량은 연간 총강우량 중 시설에 의해 처리되는 강우량의 비를 의미하는 강우처리비를 이용하여 산정한다. 하지만 비점오염저감시설은 강우가 아닌 강우유출수와 이에 동반되는 오염물질을 처리하는 시설이기 때문에 강우처리비 및 그와 관련된 용어들을 변경하고 강우유출수 연속처리시설에 대해 유출특성을 반영할 수 있는 개선된 강우유출수 처리비 산정식을 제안하였다. 우리나라 7곳의 장기간(1970-2012)의 시간단위 강우자료를 이용하여 유출계수 변화에 따른 실제 강우유출수 처리비 곡선을 산정하였으며, 이에 기반을 두어 우리나라 전역에 사용할 수 있는 강우유출수 연속처리시설의 강우유출수 처리비 산정식을 유도하였다.

핵심용어 : 강우유출수 처리비, 비점오염원, 수질오염총량관리, WQF 기준 비점오염저감시설

1. 서 론

비점오염원은 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 오염원으로서(MOE, 2013), 주로 강우 시에 발생하는 지표 유출수와 함께 쏠려 수계로 유입된다. 지표면에 쌓여있는 먼지, 쓰레기, 화석연료 부산물, 타이어 가루, 비료, 농약, 토양침식물, 대기

오염물질 등 다양한 종류의 비점오염물질은 광범위한 장소에서 불특정하게 발생하고 시기에 따라 배출량의 편차가 심함에 따라 비점오염물질의 발생량 및 배출량을 예측하고 정량화하기 어려운 특징을 가지고 있다(Kim and Han, 2010).

수질오염총량관리 기술지침(이하 기술지침)(NIER, 2012)에 따르면, 토지계에서 배출되는 오염물질은 비점오염저감시설을 통해 삭감될 수 있으며, 이 때 삭감되는 오염부하량은

*정회원. SK건설 ERM팀 대리(E-mail: dchoi@sk.com)

Member. Junior Manager, ERM Team, SK E&C

**정회원. 한서대학교 토목공학과 교수 Member. Professor, Department of Civil Engineering, Hanseo University

***국립환경과학원 물환경연구부 Researcher, Water Environment Research Department, National Institute Environment Research

****교신저자. 정회원. 부경대학교 환경공학과 부교수(Tel: +82-51-629-6529, Fax: +82-51-629-6523, E-mail: skim@pknu.ac.kr)

Corresponding Author. Member. Professor, Department of Environment Engineering, Pukyong National University

다음의 절차를 통해 산정된다. 1) 비점오염저감시설의 강우처리비를 계산하고, 2) 계산된 강우처리비를 통하여 삭감대상부하비를 계산한다. 3) 처리대상구역의 토지계 발생부하량과 삭감부하비를 곱하여 삭감대상부하량을 계산하며, 마지막으로 4) 삭감대상부하량에 비점오염저감시설의 저감효율을 반영하여 비점오염저감시설삭감부하량을 계산한다. 참고로 기술지침에서는 위 과정 중 강우처리비와 삭감대상부하비를 산정할 수 있도록 회귀식과 회귀계수를 제시하고 있다.

위의 삭감부하량 산정절차에서 알 수 있듯이, 삭감부하량 산정에 있어 강우처리비의 계산이 우선적으로 필요하다. 강우처리비는 비점오염부하량 평가기법 연구(III)(NIER, 2008)에서 제안된 개념으로서 강우처리비는 시설용량 대비 총 강우유출수량으로 정의되며, 총 강우유출수량은 합리식으로 산정하는 것으로 소개되고 있다. 하지만 실제 계산과정에서는 강우에서 손실되는 양을 고려하지 않고, 강우와 강우유출량이 동일하다는 전제로 강우처리비 산정식을 유도하였다. 이는 기술지침에서도 확인할 수 있으며, 이는 Eq. (1)과 같다.

$$\text{강우처리비} = a \times \ln(\text{설계기준강우}) + b \quad (1)$$

여기서 강우량 기준 설계시설의 경우 a 는 0.2716, b 는 -0.2425이며, 강우강도 기준 설계시설의 경우 a 는 0.2445, b 는 0.3174이다.

하지만 비점오염저감시설은 강우가 아닌 강우로 발생하는 강우유출수(지표유출수)를 처리하는 시설로서 강우처리비는 강우유출수 처리비 또는 강우유출수 포착비로 표현하는 것이 적절할 것으로 생각된다. 기존 강우처리비 산정식(Eq. (1))에서 입력 값인 설계기준강우는 비점오염저감시설의 설계용량을 의미하는 것으로 강우량 기준은 저류 기반의 비점오염저감시설 즉 WQV(Water Quality Volume, 수질처리용량) 기준 시설로 판단되며, 강우강도 기준은 여과, 침강, 흡착 등의 원리로 고안된 처리장치로 구성된 연속적으로 강우유출수 처리하는 WQF(Water Quality Flow, 수질처리유량) 기준 시설로 판단된다. 따라서 설계기준강우는 설계저류고, 설계기준강우는 설계유량으로 이를 변경할 필요가 있다.

현재 총량제에서 적용되고 있는 기존 산정식은 유출특성에 따라 변하는 강우유출수의 특성이 반영되지 않아 설계기준이 동일할 경우 어느 지역에서나 동일한 강우 강우유출수 처리비가 산정되는 문제점을 내포하고 있어 이에 대한 개선이 필요할 것으로 생각된다. 본 논문에서는 비점오염저감시설 중에서 강우유출수를 연속적으로 처리하는 WQF 기준 시설에 대해 개선된 강우유출수 처리비 산정식을 제안하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비

앞서 서론에서 언급하였듯이, 기술지침에서 제시된 강우처

리비는 비점오염부하량 평가기법 연구(III)(NIER, 2008)에서 제안된 개념이다. 강우처리비는 시설처리능률강우량과 연간 총강우량의 비로 계산되며, 여기서 시설처리능률강우량은 비점오염저감시설의 설계기준에 따라 설계기준 이하의 강우량은 전량 유입되고 초과 시에는 설계기준만큼 유입된다고 가정하여 산정된 값이다.

한편 본 논문에서는 비점오염저감시설의 처리대상이 강우유출수임을 명확하게 하기 위해서 강우유출수 처리비를 비점오염저감시설에 포착되는 강우유출수의 양과 처리대상구역에서 발생한 강우유출수 총량의 비로 정의하고자 한다. 즉 WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비는 Eq. (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$C_R = \frac{\sum_{t=1}^n Q_{c,t}}{\sum_{t=1}^n Q_t} \quad (2)$$

여기서 C_R 은 강우유출수 처리비, Q 는 t 번째 유량(mm/hr), $Q_{c,t}$ 는 t 번째 유량에서 비점오염저감시설에 처리된 유량(mm/hr)이다.

비점오염저감시설의 처리대상구역은 대부분 소규모이므로 강우-유출 전환과정을 합리식 방법을 통해 구현하였으며, 이에 따라 강우유출량 Q 는 Eq (3)와 같이 정의될 수 있다.

$$Q_t = C \cdot i_t \quad (3)$$

여기서 C 는 유출계수, i_t 는 t 번째 강우강도(mm/hr)이다.

또한 비점오염저감시설에 처리된 강우유출량 $Q_{c,t}$ 는 강우유출량이 설계유량 D 보다 적을 경우(즉, $Q_t < D$) 발생한 강우유출량의 전량이 비점오염저감시설에 처리되며, 발생한 강우유출량이 설계유량보다 많을 경우에는(즉, $Q_t > D$) 설계유량만큼 비점오염저감시설에 처리될 수 있다(Eq. (4)).

$$Q_{c,t} = \min(C \cdot i_t, D) \quad (4)$$

여기서 함수 $\min(A, B)$ 는 A 와 B 중에서 작은 값을 반환하는 함수이다.

WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비 산정과정을 Fig. 1에 도시하였다.

2.2 WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비 산정식

기존 기술지침 상에 제시된 강우처리비 산정식은 비점오염부하량 평가기법 연구(III)(NIER, 2008)에서 제안된 식이다. 이 보고서에서는 4대강 수계의 대표 강우지점(한강수계: 양평, 낙동강수계: 대구, 금강수계: 대전, 영산강·섬진강수계: 광주)의 최근 30년간의 강우자료를 대상으로 월평균강우량을 산정하고 월평균강우량과 가장 근접한 강우량을 나타낸 월을 대표월로 정한 뒤, 각 대표 월의 강우량을 합하여 연간 총강우

Fig. 1. Estimation Procedure of Stormwater Capture Ratio.

량을 계산하였다. 또한 시설처리누적강우량은 연간총강우량 산정 시 사용된 대표 월의 강우자료를 기반으로 산정하였다. 강우처리비 산정식은 위의 방식으로 산정된 4 곳의 강우지점의 강우처리비를 근거하여 지수함수 형태로 설계되었다(Eq. (1)).

본 논문에서는 강우처리비에서 강우유출수 처리비로의 용어 변경과 더불어 새롭게 강우유출수 처리비 경험공식을 유도하고자 하며, 강우유출수 처리비 산정식이 기존 산정식의 형태(지수함수)를 유지하되 유출특성을 동시에 반영할 수 있도록 구성하고자 한다. Eq. (5)는 본 논문에서 제안한 강우유출수 처리비 산정식의 형태이다. 기존의 지수함수로 표현된 식의 형태를 유지하였으며, 추가로 a 와 b 를 유출계수의 함수로 표현하여 유출특성이 반영될 수 있도록 설계하였다(Eqs. (6) and (7)).

$$\text{강우유출수처리비} = a \times \ln(\text{설계유량, mm/hr}) + b \quad (5)$$

$$a = f(C) \quad (6)$$

$$b = f(C) \quad (7)$$

2.3 대상지역

강우유출수 처리비 산정식을 유도하기 위해 우리나라 주요 7곳의 기상관측소(강릉, 광주, 대구, 대전, 부산, 서울, 제주)의 43년(1970-2012)간의 시간 단위 강우량 자료를 활용하였으며, 이는 Fig. 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비 산정

우리나라 7 곳 기상관측소의 시간 단위 강우자료에 대해

Fig. 2. Study Area.

WQF 기준 시설의 설계용량을 의미하는 설계유량을 0.1-30 mm/hr, 유출계수를 0.2-1.0까지 적용하여 유출계수별 설계유량에 따른 강우유출수 처리비를 산정하였다. Fig. 3은 여러 지점 중 광주 지점에 대한 대표 유출계수(0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0) 별 강우유출수 처리비 곡선이다. 모든 유출계수에서 설계유량이 증가함에 따라 강우유출수 처리비가 증가하며 설계유량 30 mm/hr 정도에서 대부분 1에 수렴하는 것을 확인 할 수 있다. 또한 설계유량 0.1-5 mm/hr 사이의 초기 구간에서는 유출계수에 따라서 강우유출수 처리비가 다양하게 산출되며,

Fig. 3. Stormwater Capture Ratio (Gwangju).

유출계수가 높을수록 강우유출수 처리비는 작은 것을 살펴볼 수 있다. 이는 강우특성 및 설계유량이 동일한 비점오염저감 시설을 설치하였다고 가정하였을 때, 도시화된 지역일수록 총 발생된 강우유출수 대비 비점오염저감시설이 처리한 강우유출수의 양이 적어지게 됨을 의미한다.

3.2 WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비 산정식 유도

본 연구에서는 과거 강우자료를 통해 산출된 강우유출수 처리비 곡선을 바탕으로, 유출계수별 기존 산정식과 동일한 형태를 갖는(Eq. (1) 참조) 강우유출수 처리비 산정식을 새롭게 유도하였다. 0.1-30 mm 구간을 반영하는 산정식을 유도할 경우 실제 강우유출수 처리비를 왜곡된 형태로 표현하여 적절한 경험공식을 유도할 수 없기 때문에 대략적으로 설계유량

Fig. 4. Derived Stormwater Capture Ratio (Seoul).

의 범위를 0.5-5 mm/hr로 설정하여 강우유출수 처리비 경험 공식을 도출하였다. Table 1에 강우관측소 지점별로 Eq. (1)의 회귀계수 및 회귀상수를 제시하였으며, 그 중 서울 지점의 강우유출수 처리비 곡선을 Fig. 4에 도시하였다. 여기서 점은 각 유출계수 별 실제 강우유출수 처리비를 의미하며, 선은 유도된 경험공식으로 작성된 강우유출수 처리비 곡선이다.

한 가지 흥미로운 사실은 Table 1의 회귀계수 a 는 유출계수와 상관없이 일정하게 나타나며, 회귀상수 b 는 유출계수와 특정한 관계를 보이고 있다는 것이다. Fig. 5를 살펴보면, 회귀계수 a 는 유출계수에 따라 값이 변화하지만 그 변화 폭이 작아 일정한 상수로 표현 가능하며, 회귀상수 b 는 지수함수의 형태로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 각 지역별로 회귀계수 a 는 상수, 회귀상수 b 는 지수함수로 적합 시키고,

Table 1. Regression Parameters of the Empirical Formula for Estimating Stormwater Capture Ratio for Rainfall Stations

Station	Regression parameters	Runoff Coefficient(C)				
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Busan	a	0.1756	0.2495	0.2666	0.2644	0.2553
	b	0.7452	0.5672	0.4601	0.3886	0.3381
Daegu	a	0.1987	0.2477	0.2521	0.2442	0.2326
	b	0.6899	0.5166	0.4177	0.3531	0.3077
Daejeon	a	0.1746	0.2472	0.2659	0.2656	0.2570
	b	0.7511	0.5743	0.4669	0.3945	0.3437
Gangreung	a	0.1993	0.2501	0.2549	0.2475	0.2359
	b	0.6917	0.5163	0.4162	0.3505	0.3045
Gwangju	a	0.2076	0.2545	0.2563	0.2458	0.2321
	b	0.6707	0.4935	0.3938	0.3296	0.2852
Jeju	a	0.2074	0.2468	0.2474	0.2376	0.2251
	b	0.6611	0.4893	0.3929	0.3306	0.2872
Seoul	a	0.1929	0.2401	0.2471	0.2417	0.2325
	b	0.6987	0.5297	0.4317	0.3669	0.3209

(a) a

(b) b

Fig. 5. The Relationships between Runoff Coefficient and Regression Parameters.

이들과 유출계수간의 관계 공식을 추가로 유도하였다(Table 2 and 3). 회귀상수 b 는 R^2 0.9 이상으로 관계공식이 이들을 적절히 추정하는 것으로 나타났다.

이후 각 지역별로 유도된 a 및 b 의 관계 공식에 사용된 회귀상수(b_1) 및 회귀계수(b_2, b_3)에 대해 지점별 해당 값들을 평

균하여 회귀상(계)수 a, b 에 대한 우리나라 대표 경험공식을 유도하였다(Eqs. (8) and (9)).

$$a = 0.222 \quad (8)$$

$$b = 0.1962 + 0.6504e^{-1.5317C} \quad (9)$$

3.3 WQF 기준 시설의 강우유출수 처리비 산정식의 실용성 분석

본 절에서는 3.2 절을 통해 유도된 강우유출수 처리비 산정식에 대해 실용성 분석을 실시하였다. 실용성 분석은 산정식이 강우관측지점 및 관측자료 기간의 변화에 따라서 실제 강우유출수 처리비를 적절히 재현하는지에 대해 중점을 두었다.

3.3.1 유출계수별 강우유출수 처리비

Fig. 6은 적용된 강우관측지점들을 대상으로 실제 강우를 적용하여 계산된 유출계수별 강우유출수 처리비와 본 연구에서 제안한 강우유출수 처리비 산정식, 그리고 기존 산정식으로 작성된 곡선을 함께 나타낸 것이다. 참고로 비점오염저감 시설이 주로 설치되는 도시지역의 경우 대략적으로 유출계수가 0.6에서 1.0 사이이므로 이에 대해서만 나타내었다. 본 논문에서 제안한 산정식은 유출특성이 반영되어 실제 강우유출수 처리비를 적절하게 재현하고 있는 것을 확인할 수 있다. 기술지침에 명시된 산정식 또한 유출계수 0.8-1.0 범위에서 실제 강우를 적용하여 계산된 강우유출수 처리비를 비교적 잘 표현해주고 있으나, 그보다 유출계수가 낮은 지역의 경우 과소 산정할 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 앞서 서론에서 제기한 산정식의 문제점을 재확인시켜주는 결과이다.

3.3.2 강우자료 기간별 강우유출수 처리비

본 논문에서는 1970-2012년(총 43년) 동안의 장기간으로 확보된 시간 단위 강우자료를 이용하여 유출계수가 반영된 강우유출수 처리비 산정식을 유도하였다. 하지만 최근의 기후 패턴은 연간 변동성이 매우 커짐에 따라서 어떤 해에는 매우 강도 높은 강우사상이 발생할 수 있으며, 연이은 해에는 비록

Table 2. Regression Parameter for Rainfall Stations

	Busan	Daegu	Daejeon	Gangreung	Gwangju	Jeju	Seoul	General
a	0.2203	0.2316	0.2214	0.2312	0.2191	0.2170	0.2146	0.2222

Table 3. Relationships between Regression Parameter and Runoff Coefficient for Rainfall Stations

b	$b = b_1 + b_2e^{b_3C}$							
	Busan	Daegu	Daejeon	Gangreung	Gwangju	Jeju	Seoul	General
b_1	0.1905	0.1893	0.1719	0.1962	0.2266	0.1735	0.2219	0.1962
b_2	0.6488	0.6678	0.6499	0.6678	0.6451	0.6389	0.6355	0.6504
b_3	-1.5608	-1.5253	-1.5405	-1.5321	-1.5285	-1.5011	-1.5340	-1.5317
R^2	0.9958	0.99983	0.9963	0.9982	0.9961	0.9961	0.9951

(a) C=0.6

(a) Daegu

(b) C=0.8

(b) Gangreung

(c) C=1.0

Fig. 6. Comparison between the Proposed Curve(Line), Original Curve(Dotted Line), and Computed Curves(Dot) Based on Each Rainfall Data.

Fig. 7. Comparison between the Proposed Curve(Line), Original Curve(Dotted Line), and Computed Curves(Dot) Based on Precipitation Record Periods.

우기에 해당하는 기간일지라도 장기간의 무강우 기간이 존재하는 경우가 발생하기도 한다. 또한 우리나라 강우관측소들 중에는 시간 단위 강우자료를 5년 또는 10년 동안의 관측기록을 보유하고 있는 지점도 있다. 본 절에서는 이러한 이유로 인해 강우유출수 처리비 산정에 사용된 강우자료의 기간이 변경될 경우 제안된 강우유출수 경험곡선이 변경된 자료기간 동안 산정된 실제 강우유출수 처리비와 어떠한 차이가 존재하는지를 살펴보고자 한다.

Fig. 7은 유출계수 0.8인 경우에 대해 강릉과 대구 지점을 대상으로 최근 1년, 5년, 10년, 20년, 30년, 43년(모든 기간)간의 시간 단위 강우자료로부터 계산된 강우유출수 처리비와 본 논문에서 제안한 경험공식을 나타낸 그림이다. 적용된 강우자료의 기간이 짧은 경우에는 제안된 경험곡선에서 다소 이탈되는 모습을 확인할 수 있으며, 이는 본 논문에서 제안한

강우유출수 처리비 경험곡선이 우리나라를 대표할 수 있는 일반적인 강우유출수 처리비 산정식일 뿐, 특정 지점의 특정 기상조건 하에 WQF 기준 시설이 처리할 수 있는 강우유출수의 양을 정량적으로 도출하는데 이용하는 것은 적절하지 못함을 의미한다.

4. 결 론

본 논문에서는 기술지침 상의 WQF 기준 시설의 삭감부하량 산정에 필요한 강우처리비의 용어 변경 및 새로운 강우유출수 처리비 산정식을 제안하였다. 비점오염저감시설의 처리 대상이 강우가 아닌 강우유출수이므로 강우처리비에서 강우유출수 처리비로 용어를 변경할 것을 제안하였으며 더불어 강우강도 기준 설계 시설로 표현되고 있는 강우유출수 연속 처리시설에 대해 강우강도가 아닌 설계유량으로 용어를 변경할 것을 제안하였다. 현재의 총량제에서 사용되고 있는 강우처리비 산정식은 유출특성이 반영되지 못함에 따라 설계기준이 동일할 경우 어느 지역에서나 동일한 강우처리비가 계산되는 문제점을 내포하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 7곳의 강우관측소(강릉, 광주, 대구, 대전, 부산, 서울, 제주)에 대한 최근 43년간(1970-2012)의 시간단위 강우자료를 이용하여 유출계수의 변화에 따른 다양한 강우유출수 처리비를 산정하고, 이를 통해 강우유출수 처리비 산정식을 제시하였다(Eqs. (10)-(12)).

$$\text{강우유출수처리비} = a \times \ln(\text{설계유량, mm/hr}) + b \quad (10)$$

$$a = 0.222 \quad (11)$$

$$b = 0.1962 + 0.6504e^{(-1.5317 \cdot C)} \quad (12)$$

강우유출수 처리비 경험공식은 기존의 강우유출수 처리비 경험공식의 구조 하에서 회귀계수 a 를 재산정하고 회귀상수 b 는 유출계수의 함수로 새롭게 정의함으로써 기존 공식에서처럼 손쉽게 계산할 수 있으며, 이와 더불어 기존의 경험공식보다 정확한 강우유출수 처리비를 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

유출계수(C)가 추가로 반영됨에 따라 본 논문에서 제안한 강우유출수 처리비 산정식을 이용할 경우 설계유량이 동일한 비점오염저감시설이라도 설치지역의 유출특성에 따라 강우

유출수 처리비는 다르게 나타날 수 있으며, 계산상으로 삭감부하량이 기존 산정식에 비해 과다 또는 과소 산정되어 실무자로 하여금 다소 혼란을 가져올 수 있을 것이다. 하지만 강우유출수 특성을 상기해 볼 때, 본 논문에서 제기한 개선사항들은 반영될 필요가 있을 것으로 생각한다. 또한 기존 산정식에 비해 보다 많은 강우지점과 장기간의 자료를 이용하여 개발된 강우유출수 처리비 산정식을 이용할 경우 이전 보다 정확하게 비점오염저감시설의 삭감부하량 산정할 수 있을 것으로 생각되며, 비점오염저감시설 평가에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술 개발사업 [NEMA-자연-2011-45] 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Kim, S. and Han, S. (2010) Urban Stormwater Capture Curve Using Three-parameter Mixed Exponential Probability Density Function and NRCS Runoff Curve Number Method, Water Environment Research, Vol. 82, pp. 43-50.
- Ministry of Environment (MOE) (2008) The Manual for Installation and Management of Nonpoint Source Control Facilities, Ministry of Environment, pp. 58. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE) (2013) Act for Conservation of Water Quality and Aquatic Ecosystem, Ministry of Environment, pp. 1-2 and 257. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2008) Assessment Methods of Nonpoint Source Loads(III) - Calculating Efficiency of Nonpoint Source Reduction Facilities -, NIER No. 2008-17-967, National Institute of Environmental Research, pp. 6-7. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER) (2012) The Technical Guideline of Water Pollutant Load Management, National Institute of Environmental Research, pp. 64-66. [Korean Literature]

Received February 18, 2014

Revised February 26, 2014

Accepted March 6, 2014