

# 한강 팔당하류의 갈수 시 댐 용수공급 가능유하량 분석

## The Analysis of Potential Discharge by Dam in Han River Basin at Dry Season

김 영 규\* / 최 계 운\*\* / 함 명 수\*\*\* / 김 남 원\*\*\*\*

Kim, Young Kyu / Choi, Gye Woon / Ham, Myeong Soo / Kim, Nam won

### Abstract

Korea is located in a monsoon area, so that 2/3 of precipitation is fallen down in rainy season and dry season has few rainfall. Also, water quality gets worse during dry season by shortage of water. In this paper, the method, which is a physical way to improve water quality by dilution through over supplied water from big reservoir or dam, is analyzed at Han-river basin. For the sake of the analysis, the basin is divided in 33 catchments and each catchments' natural flow is simulated by SWAT-K and the future water demand is estimated by using statistics data. It is considered that Han-river basin has two big reservoirs(Chung-ju dam, So-yang gang dam) and potential discharge by dam is calculated through case of supply water from each dam and supply water from both dams.

**keywords** : natural flow, water usage, potential discharge by dam, Han-river basin, SWAT-K

### 요 지

우리나라는 강우량의 편기 현상으로 6월부터 9월중에 전체 강우량의 2/3가 내리고 있으며 갈수기에는 극히 적은 강우가 발생하고 있다. 또한 이러한 갈수기에는 물 부족으로 인하여 수질이 악화되는 문제까지 발생하고 있다. 본 연구에서는 갈수기에 발생하는 수질 악화현상을 방지하기 위해 저수지로부터 하천 유하량을 증가시켜 희석을 통한 수질개선효과를 얻을 수 있는 방법에 대하여 한강유역을 대상으로 분석하였다. SWAT-K를 이용하여 한강유역을 총 33개의 소유역으로 구분하였으며, 각 소유역에서 발생하는 자연유출량을 모의하였다. 또한 용수수요량은 과거 용수 사용량 자료를 이용하여 추정하였다. 한강유역에서 유량을 공급하는 대규모 저류지는 남한강과 북한강에서 각각 한 개씩의 다목적댐(충주댐, 소양강댐)이 있는 것으로 고려하였으며, 각각의 댐에서 물을 공급하는 경우와 동시에 공급하는 경우에 대하여 댐 용수공급 가능유하량을 분석하였다.

**핵심용어** : 자연유량, 용수수요량, 댐 용수공급 가능유하량, 한강유역, SWAT-K

\* (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 연구원

Researcher, 736-6 Yeoksam-dong, Gangnam-Gu, Seoul, 135-080, Korea

(e-mail: kimyk09@paran.com)

\*\* 교신저자, 인천대학교 공과대학 토목환경공학과 교수

Professor, Dept. of Civil & Environment Eng., University of Incheon, Nam-Gu, Incheon, Korea

(e-mail: gyewoon@incheon.ac.kr)

\*\*\* 인천대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정

M.D. Candidate, Dept. of Civil & Environment Eng., University of Incheon, Nam-Gu, Incheon, Korea

(e-mail: hamhen@incheon.ac.kr)

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 수문연구실 책임연구원

Principal Researcher, Korean Institute of Construction Technology, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, Korea

## 1. 서 론

서울 및 수도권의 대부분 도시는 팔당호를 주 상수원으로 활용하고 있기 때문에 팔당호의 수질관리가 무엇보다도 중요하다고 판단되고 있으며, 이에 따라 환경부에서는 팔당호의 수질기준을 “매우 좋음(BOD 1 ppm)”등급으로 설정하여 관리하고 있다. 그러나 갈수시 팔당호의 수량은 사실상 충주호와 소양호 등 상류의 대규모 저류지로부터 공급받기 때문에 팔당호의 목표 수질기준을 유지하기 위해서는 팔당호 주변에서 유입되는 오염원 관리와 함께 상류지역으로부터의 공급되는 수량 및 수질의 유지가 매우 중요하다.

수질은 유량에 포함되어 있는 오염물질의 농도를 나타내는 지표로 같은 양의 오염물질에도 유량의 차이에 의해 오염농도가 다르게 나타난다. 따라서 갈수시에는 수질을 개선시킬 수 있는 방법으로 오염배출의 원인을 제거하거나, 충분한 유량을 공급함으로써 오염농도를 낮출 수 있다. 근본적으로 수질을 저감하기 위해서는 오염물질을 줄이는 것이 당연하지만 일상생활에서 일정량 이상의 오염물이 발생하게 된다. 따라서 유량을 조절하여 수질을 유지하는 방법이 제한되는데, 유출유량이 현저히 감소되는 갈수기에는 어느 정도 유량이 하천을 흐를 수 있는지 분석하는 것이 중요하다.

그러나 지금까지 수질을 개선하는 방법에는 비점오염원 관리 등을 통한 오염원을 감소시키는 방법과 접촉산화법 등의 오염물질 처리방법이 대부분이다. 또한 수질을 관리하는 환경부에서 깨끗한 물을 만들기 위해 도입한 오염총량제도 역시 지역에서 발생하는 오염양을 감소시키는 방법 중의 하나이다.

본 연구에서는 오염물질을 감소시키는 방법이 아닌 불가피하게 발생하는 오염물질에 의한 수질을 향상시키는 방법으로 유량관리를 통하여 수질을 개선 할 수 있는 방법에 대하여 분석하였다. 이를 위하여 기존에 연구된 하천 유지를 위한 하천유지유량이 아니라 하천의 공급 가능한 유량을 산정함으로써 향후 하천유지뿐만 아니라 수질유지에서 필요유량의 가능성을 판단할 수 있는 유량을 제안하고자 한다.

본 연구는 우리나라의 주요 하천인 한강을 대상으로 댐 용수공급 가능유하량을 분석하였다. 한강유역의 경우 남한강과 북한강이 팔당댐에서 합류되는 병렬구조로 되어 있으며 이러한 병렬구조에서는 댐의 운영방법에 따라 용수의 효율적인 관리를 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 하천에 한 개씩의 저류지를 고려하여 각 저류지의 독립적 운영 및 동시 운영할 경우에 대하여 댐 용수공급 가능유하량을 분석하였다.

## 2. 대상유역의 선정 및 소유역 구분

### 2.1 대상유역의 선정

한강수계는 북위 36° 30' ~ 38° 55', 동경 126° 24' ~ 129° 02'에 걸쳐 한반도의 중앙부에 위치하며 유역면적이 26,219 km<sup>2</sup>(임진강을 포함하는 경우 34,473 km<sup>2</sup>임), 유로연장 481.7 km, 유역의 평균폭 54.4 km, 유역 형상계수가 0.111인 한국의 최대하천으로 휴전선 이남지역의 남한 전체면적 99,237 km<sup>2</sup>의 약 26.4 %를 차지하고 있다.

한강은 남한강과 북한강으로 구성되어 있으며, 이 두 개의 국가하천이 한강 인도교 상류 약 41 km지점인 양수리 근처에서 합류하여 팔당댐에 유입된 이후 팔당댐 하류 협착부(약 5 km에 걸쳐 형성된 암질의 급류부)를 유하한 후 광대한 충적평야지대를 거쳐 서울특별시를 통과하기까지 만곡되어 흐르다가 한강하류부에서 임진강과 합류되어 서해로 흘러들어간다.

본 연구에서는 한강 시점부터 남한강과 북한강이 합류되는 팔당댐 지점까지를 대상으로 분석하였으며 목표지점은 팔당댐 하류지점으로 설정하여 댐 용수공급 가능유하량을 분석하였다.

### 2.2 가능유하량 분석을 위한 소유역 구분

소유역은 기존에 제시된 표준유역을 이용하여 구성하였다. 소유역 구성은 환경부에서 제시하는 총량관리 단위유역(안)을 기본으로 하였으며 일부 유역에 대하여 세분화 하였다. 본 연구에서 구성한 소유역은 Fig. 1과 같다.

그림과 같이 남한강의 경우 골지천 및 주천부터 시작하여 흑천 합류점 전까지 18개 소유역으로 나누었다.

북한강은 화천댐을 포함하여 소양강 유역 등 남한강과 합류 전까지 11개 소유역으로 구성하였다. 또한 남한강과 북한강이 합류되는 지점은 흑천 및 경안천을 포함한 팔당댐 유역으로 4개 소유역으로 구성하는 등 총 33개 소유역으로 구성하였다. 본 연구에서 분석기준이 된 지점은 Fig. 1의 한강F 지점으로 팔당댐 직하류 유역까지 포함하고 있으며 한강 중하류에서 취수되는 용수는 팔당댐에서 취수되는 것으로 가정하였다.

## 3. 자연유출량 산정

한강유역에서 댐에 의한 공급가능 유하량을 분석하기 위해서는 댐으로 유입되는 유출량에 대한 자연유출량 산정이 필요하다. 본 연구에서 사용된 자연유출량의 경우 준분포형모형인 SWAT-K 모형을 이용하여 각 소유역별 유출량을 산정하였다.

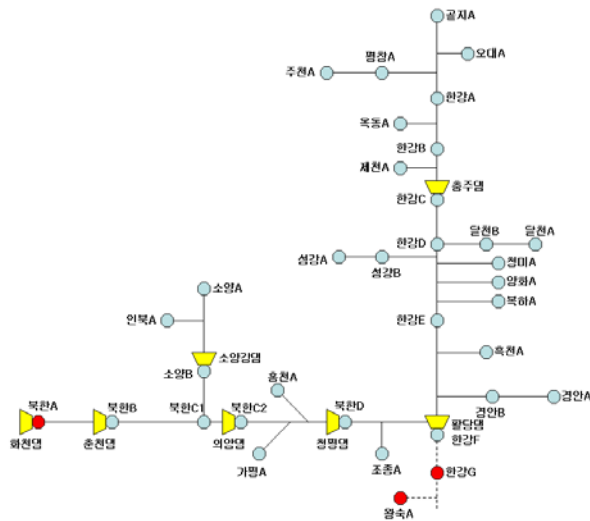


Fig. 1. The Catchment Chart for Water Balance Analysis

### 3.1 SWAT 모형의 개요

SWAT-K 모형은 SWAT 모형을 국내실정에 맞춰 일부를 개선한 프로그램이다(과학기술부, 2007). SWAT은 미국 농무성 농업연구소(ARS)의 Jeff Arnold 등에 의해 개발된 유역모델로서 Soil and Water Assessment Tool의 약자이다. SWAT은 대규모의 복잡한 유역에서 장기간에 걸친 다양한 토양의 종류와 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 물과 유사 및 농업화학물질의 거동에 대한 토지관리방법의 영향을 예측하기 위하여 개발되었다.

SWAT은 ARS에서 개발된 여러 모형들의 특징이 채택되었으며, SWRRB(Williams *et al.* 1985; Arnold *et al.* 1990)를 기본 모형으로 하였다. SWAT 모형의 개발에 현저한 영향을 끼친 모형들은 CREAMS(Knisel, 1980), GLEAMS (Leonard *et al.* 1987), EPIC(Williams *et al.* 1984), ROTO(Arnold *et al.* 1995) 등이다.

1994년에 최초로 발표된 SWAT94.2 이후로 지속적으로 개선이 되고 있으며, 현재 SWAT 2000 버전까지 발표되고 있고, Windows 환경 및 GRASS, ArcView 등의 지리정보시스템과 연계된 모형 인터페이스가 개발되었다.

SWAT은 한 유역에서 다양한 물리적 과정이 모의될 수 있으며 모형화를 위해서 유역은 수개의 소유역으로 구분될 수 있다. 모의할 때 소유역으로 나누는 것은 수문에 영향을 주는 토지이용이나 토양의 상이성에 의해 유역이 여러 다른 지역으로 구분된다. 유역을 소유역으로 구분함으로써 사용자는 유역의 다른 지역들을 공간적으로 나눌 수 있다.

각 소유역에 대한 입력 정보는 그룹화 되거나 다음

Fig. 2와 같은 분류로 묶어진다. 기후, 수문반응단위(HRUs), 저류지/습지, 지하수, 그리고 주 하천 또는 하도나 배수로 등이다. 수문반응단위는 소유역내의 집중화된 토지 지역이며 동일한 토지피복과 토양 및 관리 등의 조합으로 구성된다.

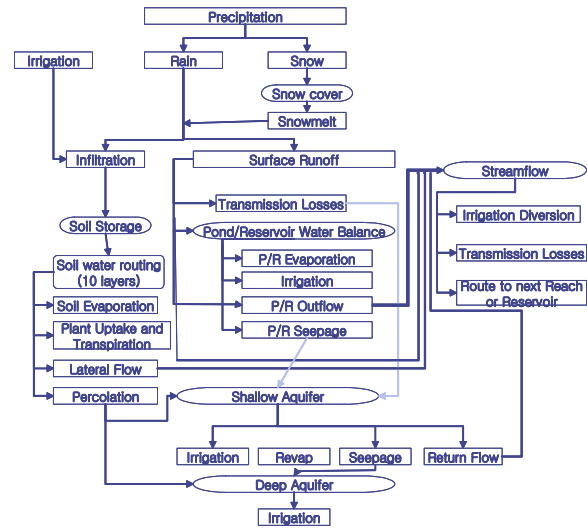


Fig. 2. The SWAT Modeling Type

SWAT-K 모형은 SWAT-MODFLOW(분포형 지하수 해석), SWAT-SWMM(도시화 영향 예측), SWAT-AGRIMAN(농업용수 운용) 등의 결합모형이 포함되어 있다. 최근에는 Muskingum 추적법, 변동저류 추적법 등의 하도추적법에 대하여 매개변수 설정에 따른 제약성과 이로 인해 발생하는 유출추적 결과의 한계를 극복하고자 운동과 근사에 의한 비선형 저류방정식을 이용한 하도추적법(김남원 등, 2007)을 제시하여 갈수기 유출모의의 정확도를 높였다.

### 3.2 자연유출량 해석

본 연구에서는 팔당댐 상류유역에 대하여 SWAT-K 모형을 구축한 후, 장기유출모의를 수행하였다. 소유역 구분 모형구축 현황은 Fig. 3에 나타냈으며, 소양강댐 상류, 충주댐 상류, 그리고 팔당댐 상류 등 크게 3개로 나누어 유출보정을 실시하였다.

#### 3.2.1 유역의 유출모의 및 자연유량 산정

대상유역의 유출분석 수행을 위해 지표면 유출은 토양특성에 따른 수정 CN법, 증발산량 산정은 Penman-Monteith 방법을 이용하였다. 하도추적의 경우 운동과 근사에 의한 비선형 저류방정식을 이용한 하도추적법(김남원 등, 2007)을 이용하였다.

SWAT-K 모형은 물리적인 모형이기 때문에 매개변수가 물리적으로 설정될 뿐 최적화나 기타 인위적인 조

작을 하기 쉽지 않다. 따라서 매개변수의 보정은 실제로 검증의 절차와 같으며, 물리적인 범위 내에서 보정이 이루어지게 된다. 먼저 유출총량 보정을 위해 토양 증발보상계수(ESCO)에 대한 보정을 실시하였으며, 갈수기와 홍수기의 유량보정을 위하여 측방흐름 조정계수(ADJF), 대수층 함양 지체시간(GW\_DELAY), 지하수 감수상수(ALPHA\_BF), 평균경사장(SLSUBBSN) 등에 대하여 보정을 실시하였다.

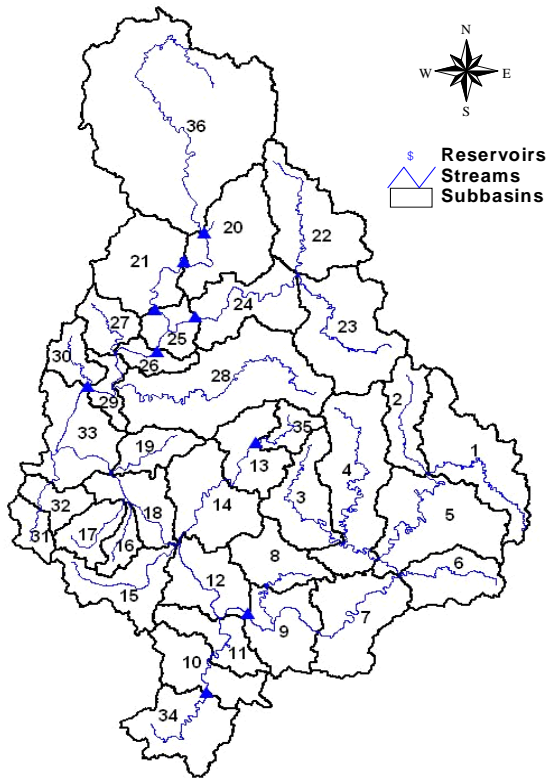


Fig. 3. The Present Condition of Sub Basin Division Model Construction

앞에서 언급하였듯이 유출 보정 시 유역을 3개로 구분한다. 유출 보정시 소양강 댐과 충주댐 유입량자료를

이용하여 매개변수를 보정하여 모의값을 결정하였으며, 소양강댐과 충주댐의 일단위 유입량 관측치와 본 연구에서 모의한 모의치를 비교 결과 상관관계가 약 0.82 ~ 0.85로 양호하게 나타났다. 팔당댐 상류지역의 경우 상류지역 댐에 의해 팔당댐으로 유입되는 유입량이 변화되기 때문에 상류에 위치한 소양강댐, 충주댐, 화천댐의 실제 방류량을 상류 유출량으로 가정하여 댐에 의한 유량변화를 배제시켜 팔당댐 지점에서의 매개변수를 보정하였으며, 측정값과 모의값과의 상관관계는 0.92로 매우 높은 상관성을 나타내는 것으로 모의 되었다. 또한 팔당댐 지점에서의 관측-모의 유향곡선 비교는 Fig. 5에 나타났다.

본 연구에서 사용된 자연유량은 인위적인 물 사용량이 없는 상태에서 하천에 흐르는 유량을 의미하고 있으며, 팔당댐 지점에서의 모의 자연유량은 소양강댐과 충주댐, 화천댐 그리고 괴산댐으로 유입되는 유량을 하류 방류유량으로 하여 댐이 없는 상태로 가정하여 팔당댐 지점에서의 모의자연유량을 산정하였으며 모의기간은 1986년 ~ 2005년까지로 하였다.

### 3.2.2 자연유량에 대한 빈도해석 및 단위유역별 갈수량의 재분배

빈도해석은 어떤 사상이 발생하는 횟수를 추정하는 방법으로서 특히 극치사상의 빈도를 추정하는 데에 많이 중요하다. 본 연구에서는 빈도해석을 위해 수문년을 기준으로 33개 각 소유역별 월별 누가자연유량 계열을 작성하였다. 빈도분석시 확률분포형은 Weibull 분포형을 선정하였으며, 매개변수 추정방법은 Hosking의 L-moment 방법을 이용하였다. 산정된 빈도갈수량을 팔당댐 지점을 기준으로 해당 빈도에 대하여 각 소유역별로 갈수량을 재배분 (redistribution)하는 과정이 필요하다. 각 단위유역에 대한 빈도별 갈수량 재배분을 수행하는 방법으로는 Table 1과 같이 3가지 방법이 있다.

본 연구에서는 소유역 가중 면적비법을 채택하였다.

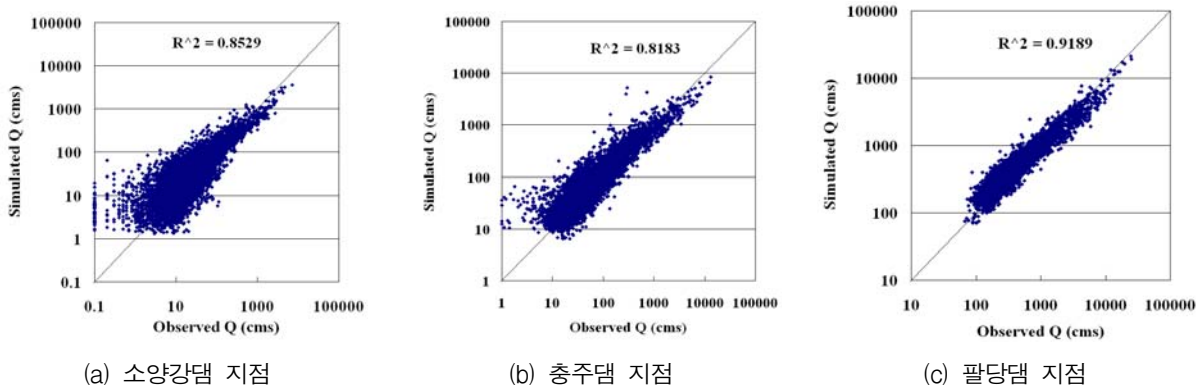


Fig. 4. Inflow Quantity Comparison of Dam

Table 1. Natural Flow Distribution Methods in the Unit Catchment

방법	빈도해석	배분방법
면적비법	단위유역 33개 지점 자료이용, 지역빈도해석	단순 면적비법
대유역 가중 면적비법		3개의 유역(충주댐, 소양강댐, 나머지 잔유역 상류유역)으로 크게 구분하여 각 유역별로 면적비법
소유역 가중 면적비법		각 단위유역별 유출발생특성을 고려한 가중치를 구한 후, 팔당댐 지점의 갈수량을 그 가중치에 따라 단위유역 갈수량으로 배분

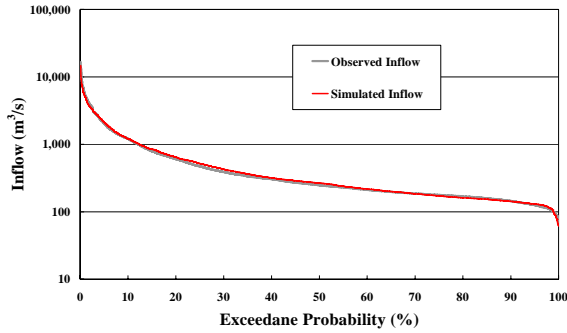


Fig. 5. The Observation-Imitation Duration Curve Comparison of Paldang-Dam

자연유량에 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량값을 단위유역별로 산정하였다.

#### 4. 용수 수요량 추정

##### 4.1 생공용수 수요량 추정

생공용수 사용량의 경우 각 소유역 또는 단위유역별로 세밀하게 측정된 자료가 필요하지만 각 소유역별로 측정된 자료가 없기 때문에 환경부에서 발간된 상수도 통계연보에서 행정구역상으로 제시된 상수도사용량을 기본으로 하여 각 소유역별 면적비로 나누어 용수사용량을 산정하였다. 용수사용량 산정을 위해 1995년부터 2004년까지 10년간의 상수도 통계연보의 용수사용량 자료를 분석하여 생공용수량을 산정하였다. 생공용수 사용량 산출 시에 사용되는 면적비는 우선 각 소유역이 어느 행정구역에 포함되는지를 확인하여 행정구역별로 구분되는 면적을 구하고 이를 다시 소유역을 포함하는 시, 군의 총 면적으로 나누어 각 소유역의 면적비를 산정하였다. 이 면적비를 시, 군, 구의 생공용수 사용량에 곱하여서 각 소유역의 생공용수 사용량을 산출하였다.

산출한 생공용수량을 기준으로 장래수요량은 소유역별로 추정하였으며 사용량의 통계분석에 근거하여 년증가량을 계산하였고 이를 2004년 자료를 기준으로 하여 년증가량을 합산하여 년도별 소유역의 장래수요량을 추정하였으며 추정식은 Table 2와 같다.

Table 2. Future Demanded Water Quantity at Each Catchment

(Unit : 1,000 ton/year)

지점	생공용수 수요량 추정	농업용수 수요량 추정
갈지A	$y = 363.45x + 5810.9$	$y = -31.043x + 6702.3$
오대A	$y = 77.238x + 565.93$	$y = -14.404x + 3110$
한강A	$y = 312.78x + 2604.2$	$y = 27.572x + 9509.3$
주천A	$y = 85.834x + 3094$	$y = -165.13x + 16693$
평창A	$y = 93.955x + 2494.8$	$y = -317.02x + 32047$
옥동A	$y = 39.729x + 2414.7$	$y = -402.47x + 17950$
한강B	$y = 6.5542x + 4092.1$	$y = -661.63x + 29509$
한강C	$y = 58.857x + 8990$	$y = -501.04x + 22347$
제천A	$y = 156.56x + 7387.1$	$y = -375.34x + 16740$
한강D	$y = 233.88x + 11466$	$y = -1198.2x + 65908$
달천A	$y = 297.36x + 3468.8$	$y = -6051.4x + 167346$
달천B	$y = 52.386x + 6027.4$	$y = -2006x + 55473$
섬강A	$y = 201.88x + 4525.4$	$y = -638.38x + 51732$
섬강B	$y = 848.45x + 15491$	$y = -687.44x + 55708$
청미A	$y = 1461.2x + 5412.5$	$y = -930.15x + 96108$
양화A	$y = 196.44x + 1152.4$	$y = -282.4x + 29179$
북하A	$y = 602.69x + 3247.2$	$y = -482.54x + 49858$
한강E	$y = 340.25x + 1433.6$	$y = -990.18x + 102310$
흑천A	$y = 101.93x + 699.59$	$y = -489.66x + 50594$
경안A	$y = 1723.8x + 4147.6$	$y = -38.355x + 8540$
경안B	$y = 966.99x + 1074.7$	$y = -48.123x + 10715$
한강F	$y = 1676.3x + 9499.8$	$y = 193.5x + 37328$
북한B	$y = 34.89x + 5144.4$	$y = -121.45x + 23660$
인북A	$y = 213.44x + 969.53$	$y = -124.62x + 20398$
소양A	$y = 208.39x + 1805.3$	$y = 39.854x + 14728$
소양B	$y = 71.34x + 8101.2$	$y = -133.55x + 17282$
북한C1	$y = -15.36x + 7466.9$	$y = -83.594x + 10817$
북한C2	$y = -8.60x + 4936.2$	$y = -246.15x + 29763$
가평A	$y = 106.64x + 1069.8$	$y = -121.52x + 9365.2$
홍천A	$y = 195.15x + 8087.1$	$y = -195.93x + 15099$
북한D	$y = 63.703x + 1232.2$	$y = -1071.1x + 74127$
조종A	$y = 92.318x + 904.43$	$y = -43.202x + 8260.9$

X : 기준 년부터의 누가년수 Y : 장래수요량

##### 4.2 농업용수 수요량 추정

농업용수 사용량의 경우 한국농촌공사에서 측정한 중권역별 농업용수 수요량 산정내역을 이용하여 생·공업용수 사용량 분석과 동일하게 면적비 방법으로 각 소유역의 용수사용량을 계산하였다.

##### 4.3 용수회귀율 결정

용수회귀율이란 필요에 의해서 사용된 용수가 사용

되고 난 뒤 다시 하천으로 유입되는 유량을 말하며 사용수량에 대한 비율인 용수회귀율로 나타낸다. 이러한 용수회귀율은 물수지분석 및 가능유하량 분석에서 추가적으로 유입되는 유량의 값으로 유하량을 증가시키게 된다. 그러나 이러한 회귀량 및 회귀율은 각각의 용수 사용에 따라 매우 다양하게 나타나기 때문에 이론적인 근사값을 나타낼 뿐 정확한 값을 얻기는 불가능 하다.

#### 4.3.1 생공용수의 회귀율 결정

기존 생활용수 회귀율은 Table 3과 같이 약 65 %의 회귀율을 나타내고 있는 것으로 분석하여 사용하였다. 그러나 90년대 들면서 측정장비의 개발과 하수관거 개선 등에 대한 투자로 인하여 회귀율이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

Table 3. The Return Flow Ratio of Existing Report

출 처	회 귀 율
한강유역조사 (1978)	생공:5 % - 19 % 농업:26 % - 31 %
한강유역조사 (1990)	생공 : 65 % 농업 : 순물소모량
기존댐 용수공급능력조사 (1997)	생공 : 65 % 농업 : 순물소모량
수자원 계획의 최적화 연구 (1999)	생공 : 65 % 농업 : 35 %
수자원장기종합계획 (2001)	생공 : 65 % 농업 : 순물소모량

4대강 하천수 사용실태 조사보고서에 의하면 지역별로 차이가 있지만 평균 76 ~ 85 %의 회귀율을 나타내고 있으며, 일부 연구보고서의 의하면 90 % 이상을 상회하는 회귀율을 나타내고 있어 대부분 사용된 물이 회귀되는 것으로 분석되었다. 그러나 이러한 결과는 정비가 잘된 도시지역에 한해서 나타나고 있으며 대부분의 농촌지역이나 소도시의 경우 아직도 70 % 정도의 회귀율을 나타내고 있다.

#### 4.3.2 농업용수의 회귀율 결정

농업용수 회귀율은 생공용수 회귀율에 비해 매우 다양하게 나타나고 있다. 농업용수의 경우 기존 물수지 분석 보고서에서 26 ~ 35 %로 다양한 값을 나타내고 있다. 또한 직접 측정하여 회귀율을 제시한 논문이나 보고서에 의하면 지역적, 재배작물 등에 따라 18 ~ 70.5 %의 다양한 회귀율을 나타내고 있다. 기존의 자료 중 조사된 자료 전체평균의 값은 48.5 %로 조사되었으며, 본 연구에서는 기존의 조사연구와 보고서의 35 %와 조사된 48.5 %를 감안하여 기존 회귀율 35 %를 40

%로 상향조정하여 선정하였다.

## 5. 댐 용수공급 가능유하량 해석

### 5.1 대규모 저류지의 활용가능성 분석

한강유역에서 현재 운영되고 있는 대규모 저수지는 7개가 있다. 이중에서 용수공급 및 활용 가능성 측면에서 남한강유역에서 충주댐과 북한강유역의 소양강댐 등 두 개의 다목적 댐을 활용하는 방법에 대하여 분석하였다.

#### 5.1.1 충주댐의 활용가능량 분석

충주댐은 충청북도 충주시 종민동에 위치한 다목적댐으로 홍수조절용량은 616백만 톤이며, 총 저수용량은 2,750백만 톤이며 유효저수용량은 1,789백만 톤이다. 상시만수위는 EL. 141 m이며 저수위는 EL. 110 m, 용수공급가능 수위는 EL. 84 m이다.

본 연구에서 충주댐 초기 수위를 상시만수위인 EL. 141 m와 제한수위 EL. 138 m, 그리고 제한수위에서 5 m씩 감소시키면서 EL. 133 m, EL. 128 m, EL. 123 m에 대한 저수지 활용 가능량을 분석하였다. 이때 활용 가능한 최저수위는 저수위인 EL. 110 m로 하였으며, 유사 퇴적에 의한 저수용량 감소는 없는 것으로 가정하였다. Table 4에 충주댐의 5가지 초기수위별로 운용 용량을 산출하여 나타내었다.

#### 5.1.2 소양강댐의 활용가능량 분석

소양강댐은 강원도 춘천시 동면에 위치한 다목적댐으로 북한강의 지류인 소양강에 있다. 홍수조절용량은 770백만 톤이며, 총 저수용량은 2,900백만 톤이고 유효저수용량은 1,900백만 톤이다. 상시만수위는 EL. 193.5 m이며 저수위는 EL. 150 m이고 용수공급가능 수위는 EL. 130 m이다.

본 연구에서는 소양강댐 초기 수위를 상시만수위인 EL. 193.5 m와 제한수위 EL. 185 m, EL. 180 m, EL. 175 m, 및 EL. 170 m로 하였으며 활용가능한 최저 수위는 저수위인 EL. 150 m로 설정하였다. 소양강댐 역시 충주댐과 동일하게 댐에서 유사 퇴적으로 인해 저수용량 감소는 없는 것으로 가정하였다. Table 4에 소양강댐의 5가지 초기수위별로 운용 용량을 산출하여 나타내었다.

### 5.2. 댐 용수공급 가능유하량

대규모 저류지(댐)를 감안하여 2년, 5년, 10년, 20년, 30년 빈도의 자연유량이 발생하는 경우의 각 지점별로 월별 유하량을 산정하고, 이를 바탕으로 댐 용수공급



Table 4. The Working Capacity of Chung-Ju Dam and So-Yang Dam

	경우	초기수위	운용구간(m)	운용용량(백만톤)	비고
충주댐	CASE1	EL. 141.00	EL. 110.00 ~ EL. 141.00	2385.249 - 600.44 = 1784.809	상시만수위
	CASE2	EL. 138.00	EL. 110.00 ~ EL. 138.00	2140.288 - 600.44 = 1539.848	제한수위
	CASE3	EL. 133.00	EL. 110.00 ~ EL. 133.00	1762.2458 - 600.44 = 1161.806	
	CASE4	EL. 128.00	EL. 110.00 ~ EL. 128.00	1432.637 - 600.44 = 832.197	
	CASE5	EL. 123.00	EL. 110.00 ~ EL. 123.00	1148.4456 - 600.44 = 548.006	
소양강댐	CASE1	EL. 193.50	EL. 150.00 ~ EL. 193.50	2569.16 - 697.95 = 1871.21	상시만수위
	CASE2	EL. 185.00	EL. 150.00 ~ EL. 185.00	2062.89 - 697.95 = 1364.94	제한수위
	CASE3	EL. 180.00	EL. 150.00 ~ EL. 180.00	1802.25 - 697.95 = 1104.3	
	CASE4	EL. 175.00	EL. 150.00 ~ EL. 175.00	1565.69 - 697.95 = 867.74	
	CASE5	EL. 170.00	EL. 150.00 ~ EL. 170.00	1352.25 - 697.95 = 654.3	

가능유하량을 해석하였다.

팔당댐 하류에서 취수되는 광역상수도의 경우 공급에 지장이 없이 지속적으로 취수되어야 하는 양으로 본 연구에서는 계산상 취수에 영향이 없도록 팔당댐에서 취수되는 광역상수도와 같이 일괄 취수하는 것으로 가정하여 분석하였다. 각 댐의 수위별 저류용량을 고려하여 댐의 초기수위에 따른 댐 용수공급 가능유하량을 해석하였다.

5.2.1 충주댐 활용시의 분석

충주댐의 저수위인 EL. 110.00 m를 기준으로 상시만수위인 EL. 141.00 m, 제한수위인 EL. 138.00 m, 제한수위이후 5 m씩 차감하여 EL. 133.00 m, EL. 128.00 m, EL. 123.00 m에 대하여 댐 용수공급 가능유하량을

해석하였다. Fig. 6의 경우 빈도별 댐 용수공급 가능유하량을 나타낸 그림이다. 그림과 같이 모든 빈도에서 건기인 10월 ~ 6월까지 일부 기간을 제외하고 상류 저류지에서 물을 공급해야 하는 것으로 나타나고 있으며 그 양이 각 빈도별로 감소되는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 초기 수위에 변화에 따라 빈도별 댐 용수공급 가능유하량을 계산하면 Table 5와 같다. 충주댐에서 댐 용수공급 가능유하량을 공급할 경우 빈도 및 초기수위에 따라 목표지점인 팔당댐 하류 지점에서 257.146 CMS에서 93.346 CMS까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 초기수위를 128 m 이상으로 유지할 경우 30년 갈수 빈도에서도 목표지점에서 100 CMS 이상의 물을 공급할 수 있는 것으로 나타났다.

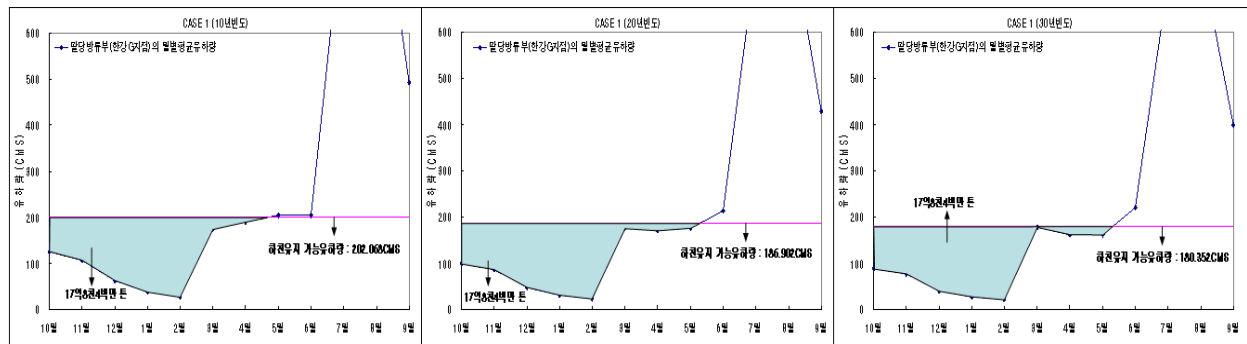


Fig. 6. The Frequently Discharge for Maintaining in Stream of Chung-Ju Dam which is Full Reservoir Level(2007 Standard of estimated water duty)

Table 5. The Discharge for Maintaining the Stream which Applies Chung-Ju Dam in 2007

초기수위	갈수빈도별 댐 용수공급 가능유하량(m <sup>3</sup> /s)					비고
	2년	5년	10년	20년	30년	
EL. 141.00	257.146	218.023	202.068	186.902	180.352	상시만수위
EL. 138.00	240.936	205.184	188.464	174.892	167.343	제한수위
EL. 133.00	211.959	181.381	162.321	146.731	140.393	
EL. 128.00	185.394	155.577	137.057	121.633	115.129	
EL. 123.00	151.542	126.272	112.646	99.993	93.346	

### 5.2.2 소양강댐 활용시의 분석

소양강댐의 저수위인 EL. 150.00 m를 최저수위로 하여 상시만수위인 EL. 193.50 m, 제한수위인 EL. 185.00 m, EL. 180.00 m, EL. 175.00 m, 및 EL. 170.00 m에 대하여 댐 용수공급 가능유하량을 분석하였다. Table 6에 2007년도의 빈도별 댐 용수공급 가능유하량 값을 나타냈고, Fig. 7에 2007년도의 상시만수위에서의 빈도별 댐 용수공급 가능유하량을 나타냈다.

소양강댐을 활용할 경우도 충주댐을 활용할 경우와 마찬가지로 10월 ~ 6월까지 하천유지유량을 공급해 주어야 하며, 그 양은 Table 6에서 보는 바와 같다. 그러나 소양강댐의 경우 충주댐보다 규모가 크기 때문에 용수공급능력이 증가하여 갈수빈도별 댐 용수공급 가능유

하량이 계산한 초기수위에서 빈도에 상관없이 소양강댐의 수위를 저수위까지 활용할 경우 목표지점에서의 댐 용수공급 가능유하량이 100 CMS 이상 흐를 수 있는 것으로 나타났다.

### 5.2.3 충주댐과 소양강댐을 동시에 활용시의 분석

앞에서 충주댐 및 소양강댐을 각각 단독으로 활용할 경우에 대하여 분석하였다. 그러나 한강의 경우 팔당댐에서 물을 공급하기 때문에 두 개의 댐을 같이 활용할 수 있는 장점이 있기에 두 댐을 동시에 활용하여 댐 용수공급 가능유하량을 분석하였다.

충주댐의 저수위인 EL. 110.00 m와 소양강댐의 저수위인 EL. 150.00 m를 기준으로 충주댐과 소양강댐의 상시만수위인 EL. 141.00 m와 EL. 193.50 m, 제한수위

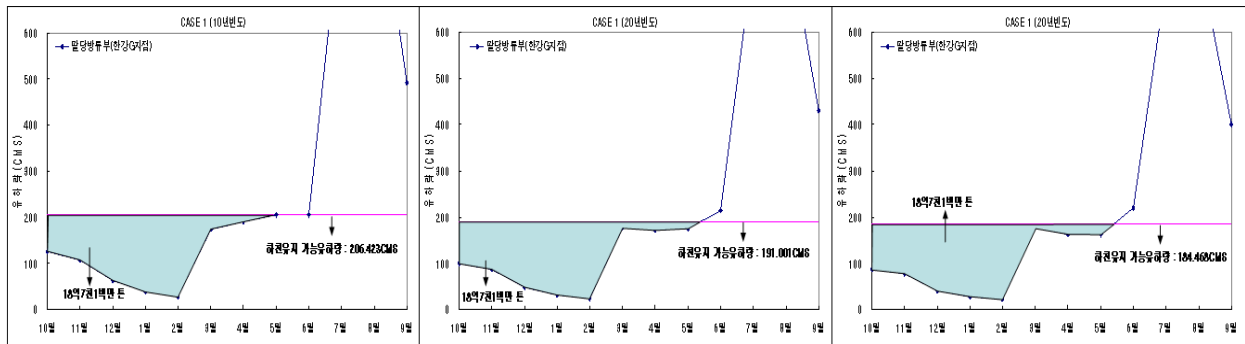


Fig. 7. The Frequently Discharge for Maintaining in Stream of So-Yang Dam which is Full Reservoir Level(2007 Standard of estimated water duty)

Table 6. The Discharge for Maintaining the Stream which Applies So-Yang Dam in 2007

초기수위(m)	갈수빈도별 댐 용수공급 가능유하량(m/s)					비고
	2년	5년	10년	20년	30년	
EL. 193.50	261.863	222.155	206.423	191.001	184.468	상시만수위
EL. 185.00	227.529	194.299	177.34	162.199	155.963	제한수위
EL. 180.00	207.551	177.724	157.914	142.352	135.985	
EL. 175.00	188.794	159.005	139.781	124.339	117.853	
EL. 170.00	165.211	138.419	122.898	108.087	101.493	

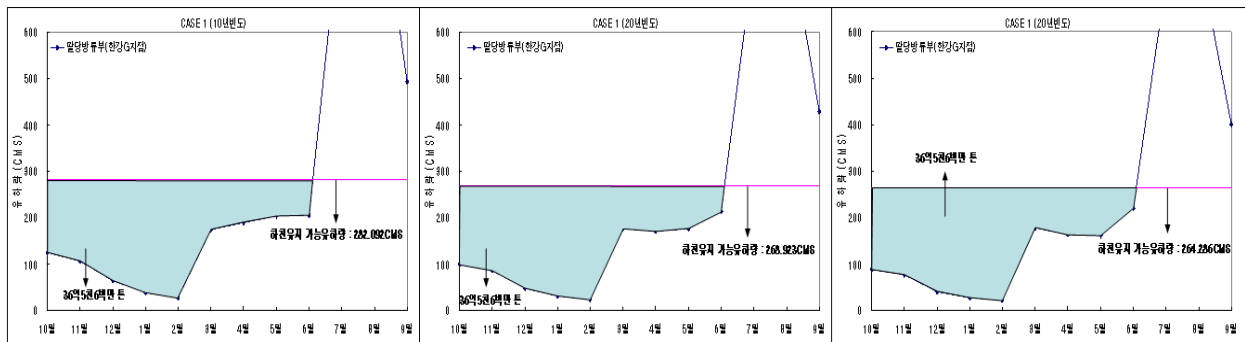


Fig. 8. The Frequently Discharge for Maintaining in Stream of Chung-Ju Dam and So-Yang Dam which is Full Reservoir Level(2007 Standard of estimated water duty)



Table 7. The Discharge for Maintaining the Stream which Applies Chung-Ju Dam and So-Yang Dam in 2007

초기수위		갈수빈도별 댐 용수공급 가능유하량(m <sup>3</sup> /s)				
		2년	5년	10년	20년	30년
상시만수위	EL. 141.00	344.445	300.012	282.092	268.923	264.086
	EL. 193.50					
제한수위	EL. 138.00	311.965	268.163	250.243	237.19	232.236
	EL. 185.00					
제한수위보다 5m 낮은 경우	EL. 133.00	281.419	241.040	223.165	209.733	203.277
	EL. 180.00					
제한수위보다 10m 낮은 경우	EL. 128.00	252.131	213.924	197.435	182.877	176.083
	EL. 175.00					
제한수위보다 15m 낮은 경우	EL. 123.00	215.063	183.957	165.426	149.815	143.497
	EL. 170.00					

인 EL. 138.00 m와 EL. 185.00 m, 이후 5 m씩 차감하여 EL. 133.00 m와 EL. 180.00 m, EL. 128.00 m와 EL. 175.00 m, EL. 123.00 m와 EL. 170.00 m에 대하여 댐 용수공급 가능유하량을 해석하였다.

두 개의 댐을 동시에 활용할 경우 단독으로 활용하는 경우에 비해 상당히 많은 유량을 하천에 공급할 수 있는 능력이 나타나게 되며 갈수빈도별 목표지점의 댐 용수공급 가능유하량은 Table 7과 같다. 각 댐을 단독으로 활용할 경우 최대 260 CMS내외의 유량을 흘려내려 보낼 수 있는 것으로 분석되었으나 동시에 활용할 경우 344.445 CMS까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 초기수위를 최저로 한 경우 30년 빈도에서도 143.497 CMS의 유량을 공급할 수 있는 것으로 분석되었다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 한강수계의 중요성을 인식하고 팔당구역의 상수원으로서 유지해야할 적정수질을 위해 공급 가능한 유량의 산정을 위해 한강수계의 소유역 구분과 자연유출량, 용수수요량, 회귀율 분석을 통하여 댐 용수공급 가능유하량을 산정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 한강 상류에 위치한 충주댐을 활용할 경우 팔당댐 하류의 목표지점에서의 댐 용수공급 가능유하량은 2년 빈도부터 30년 빈도까지 초기수위의 변화에 따라 93.346 m<sup>3</sup>/s ~ 257.146 m<sup>3</sup>/s까지 유하시킬 수 있는 것으로 나타났다.

둘째, 한강 상류에 위치한 소양강댐을 활용할 경우 팔당댐 하류의 목표지점에서의 댐 용수공급 가능유하량은 2년 빈도부터 30년 빈도까지 초기수위의 변화에 따

라 101.493 m<sup>3</sup>/s ~ 261.863 m<sup>3</sup>/s까지 유하시킬 수 있는 것으로 나타났다.

셋째, 충주댐 및 소양강댐 두 개의 댐을 동시에 활용할 경우 단독으로 활용할 때보다 약 50 %이상 증가되었고 2년 빈도부터 30년 빈도까지 초기수위의 변화에 따라 143.497 m<sup>3</sup>/s ~ 344.445 m<sup>3</sup>/s까지 유하시킬 수 있는 것으로 나타났다.

넷째, 대규모 저류지(댐)가 존재하지 않을 때의 팔당댐 방류부의 유하량은 겨울, 봄의 갈수기에는 그 유하량이 매우 적어 적정 수질과 수량을 공급하지 못하는 것으로 판단된다. 이에 대규모 저류지(댐)을 활용할 경우에는 갈수기에 댐의 최소 운용용량(저수위)을 유지하면서도 충분한 양의 물을 공급해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

다섯째, 이 상의 연구를 통해 갈수 시 한강수계 내 댐 용수공급 가능유하량을 정량적으로 해석하여 향후 하천유지유량 관리방안을 도출하기 위한 기초자료의 구축에 활용 가능할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구를 위한 연구비 일부를 인천대학교 2005년 자체연구비로 지원받았으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 건설교통부, 산업기지개발공사 (1978). **한강유역조사**
- 건설교통부, 한국수자원공사 (1997). **기존댐 용수공급 능력조사(한강수계) 보고서**
- 건설교통부, 한국수자원공사, 한국건설기술연구 (1999). **수자원계획의 최적화 연구(III)**
- 건설교통부, 한국수자원공사 (2001). **수자원장기종합계**

획(water vision 2020)

과학기술부, 한국건설기술연구원 (2007). **수자원의 지속적 확보기술개발사업 - 지표수 수문성분 해석기술 개발보고서**

김남원, 이정우, 이병주, 이정은 (2007). “비선형 저류방정식을 이용한 일 단위 하도추적법.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제27권, 제5B호, pp. 533-542

한국농촌공사 (1974-2003). **농업용수 수요량 산정내역**

한국수자원공사 (1990). **한강유역조사**

환경부 (1995-2004). **상수도 통계연보**

Arnold, J. G., J. R. Williams and D. R. Maidment (1995). “Continuous-time Water and Sediment-routing Model for Large Basins.” *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 121, No. 2, pp. 171-183.

Arnold, J. G., J. R. Williams, A. D. Nicks, and N. B. Sammons (1990). *SWRRB: A Basin Scale Simulation Model for Soil and Water Resources Management*, Texas A&M Univ. Press, College Station, TX.

Knisel, W. G. (1980). *CREAMS, A Field Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems*, USDA Conservation Research Rept, No. 26.

Leonard, R. A., W. G. Knisel, and D. A. Still (1987). *GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems*, Trans. ASAE, Vol. 30, pp. 1403-1418.

Williams, J. R., A. D. Nicks, and J. G. Arnold (1985). “Simulator for Water Resources in Rural Basins.” *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 111, No. 6, pp. 970-986.

Williams, J. R., C. A. Jones and P. T. Dyke (1984). *A Modeling Approach to Determining the Relationship Between Erosion and Soil Productivity*, Trans. ASAE, Vol. 27, No. 1, pp. 129-144.

(논문번호:08-22/접수:2008.02.19/심사완료:2008.10.30)