

생태·경관·친수·수질을 고려한 갑천 유역의 하천유지유량 산정

Instream Flow Estimation for Gap-Stream Watershed Considering Ecosystem, Landscape, Water-friendly Environment and Water Quality

김 태 철*·이 덕 주**·문 중 필***·이 재 먼****·구 희 진*****

Tai-Cheol Kim · Duk-Joo Lee · Jong-Pil Moon · Jae-Myun Lee · Hui-Jin Gu

Abstract

In order to make the way to determine the instream flow more practically, we have investigated many case studies and reviewed reports and papers. To validate instream flow level suggested by the case studies, DAWAST and HEC-RAS model were applied to the Gap-stream watershed in Daejeon city. Flow-duration analysis was performed both with the stream flow data gauged in the Indong, Boksu, and Hoeduck stations, and with the stream flow data estimated by the DAWAST model and the specific discharge method. Instream flow was determined among the flow-duration analysis, DAWAST, HEC-RAS model and mass balance approach. It was satisfied with various factors such as target water quality, water depth for eco-system and resorts, water surface width, flow velocity for landscape in dry season. The study suggested that the mean low flow could be replaced into the instream flow for the preliminary study because the instream flow considering ecosystem, landscape, water-friendly environment and water quality was generally close to the mean low flow.

Keywords : Instream flow, Ecosystem, Environmental conservation flow, DAWAST, HEC-RAS, Flow-duration analysis/curve

1. 서 론

하천생태환경을 보존하고 도시민에게 친수공간을 제공하기 위한 생태하천조성사업이 도시하천을 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서도 하천의 생태, 경관, 친수 및 수질에 대한 고려는 대단히 중요하며 이러한 조건을 만족시키기 위해서는 수자원 확보가

무엇보다 시급한 과제가 되고 있다. 따라서 생태하천 조성을 위한 하천유지유량의 합리적 산정은 수자원의 효율적 확보 및 유지관리에 매우 중요하다. 지금까지 하천유지유량 산정은 하천시설기준(건설부, 1993)¹⁾에서 제시한 방법으로 산정하며, 하천 고유의 갈수량과 환경보존유량(하천수온, 어업, 하천경관, 염해방지, 하구 막힘 방지, 하천관리시설 보호, 지하수위 유지, 동식물의 생태보호, 하천수질보전 등 종합적인 고려를 통해 설정된 유량) 가운데 큰 값을 사용하고 있다. 그러나 우리나라 기후와 지형에서는 대부분 하천에서 갈수량 보다는 환경보존유량이 크게 산정되므로 환경보존유량이 하천유지유량으로 산정되고 있다. 한편, 최근 환경보존유량 이외에 생태하천유량, 친수유지유

* 충남대학교 생물자원공학부

** (주)드림이엔지 수자원부

*** 농촌진흥청 농업공학연구소

**** 한국농촌공사

***** 충청남도 논산시청

† Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5797

Fax: +82-42-821-8883

E-mail address: dawast@cnu.ac.kr

Table 1 Presented instream flow from the previous case studies

River	Station	Instream flow (m ³ /s)	Required flow for each item(m ³ /s)						Flow-duration analysis(m ³ /s)			
			Eco system	Land-scape	Water Quality (Up stream)	Water Quality (target spot)	Leisure	Water-friendly	Mean Drought	Drought (10year-frequency)	Mean Low	Mean Middle
Anyang ¹⁾	Upstream	0.12	0.12	-	-	-	-	-	0.05	0.03	0.12	0.25
	Midstream	0.26	-	0.26	-	-	-	-	0.19	0.12	0.45	0.91
	Downstream	0.35	0.35	-	-	-	-	-	0.28	0.16	0.64	1.31
Hakui ¹⁾	Upstream	0.09	-	0.09	-	-	-	-	0.05	0.03	0.12	0.24
	Midstream	0.20	-	-	-	-	-	0.20	0.07	0.04	0.16	0.33
	Downstream	0.11	-	0.11	-	-	-	-	0.09	0.16	0.22	0.44
Geum ²⁾	Shintanjin	30.0	30.0	-	-	4.0	9.5	-	11.50	4.20	-	-
	Bugang	30.0	30.0	-	-	27.2	9.1	-	13.60	5.00	-	-
	Gongju	37.3	30.0	25.5	-	37.3	9.8	-	18.30	6.80	-	-
	Guam	34.9	30.0	27.3	-	28.1	34.9	-	21.20	7.90	-	-
	Ganggyung	34.7	-	-	-	22.0	34.7	-	22.90	8.60	-	-
Nakdong ³⁾	Jindong	82.0	82.0	-	-	-	-	-	32.0	-	60.0	102.0
Bochung ⁴⁾	Sangye Br.	4.74	3.62	-	-	4.74	-	-	4.70	-	6.73	9.11
Han ⁵⁾	YoungWol	12.7	12.7	-	4.40	4.60	19.30	-	7.26	3.80	-	-
Pyungchang ⁵⁾	Pyungchang	3.60	3.60	-	4.20	3.40	-	-	2.20	1.90	-	-
	YoungWol	7.10	7.10	-	-	-	-	-	4.30	2.30	-	-
Seom ⁵⁾	Hoengsung	2.60	2.60	-	5.40	5.00	-	-	1.60	-	-	-
Chungmi ⁵⁾	Chungmi	2.50	2.50	-	2.60	1.80	-	-	1.70	0.90	-	-
Bokha ⁵⁾	Bokha Br.	1.50	1.50	-	0.40	1.30	-	-	1.00	0.60	-	-
WangSuk ⁵⁾	Toygeywon	1.10	1.10	-	0.60	4.00	-	-	0.70	0.50	-	-
Naerin ⁵⁾	-	7.60	7.60	-	-	-	-	-	1.70	-	-	-
Gwangju ⁶⁾	-	0.73	0.4	0.28	0.73	-	-	0.8	0.03	-	-	-

- 1) 최지용(2001), 도시하천의 유지유수량 산정 및 확보방안 연구, 국토연구원, 32권 pp.72~73.
- 2) 안상진, 김종섭(1991), 금강유역의 하천유지유량 산정, 한국수자원학회지 24(1) pp.83~92.
- 3) 정일환, 지흥기, 이순탁(1996), 하천수질에 따른 낙동강유역의 하천유지유량 결정, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.527-532.
- 4) 한상관(2006), 보청천 수질보전을 위한 하천유지유량 산정.
- 5) 한국건설기술연구원(1999), 환경 보전성 하천관리를 위한 하천유지유량 산정방법.
- 6) 김종일, 양해근(2003), 광주천 하천유지유량 확보방안, 광주전남발전연구원.

량 등 새로운 하천정비개념이 도입됨에 따라 생태, 경관, 친수, 수질을 고려한 하천유지유량을 합리적으로 산정할 필요성이 커지고 있으나 이에 대한 정의와 산정 방법이 아직 제도적으로 확정되어 있지 않다.

1990년 이후에 주로 이루어진 생태하천조성을 위한 하천유지유량에 대해서 조사한 결과 Table 1과 같이 하천유지유량은 기준갈수량 이상이었으며, 대부분 평균저수량에 다소 부족한 값을 나타내고 있었다. 그러나 수질에 대한 고려가 생략되어 만약 대상하천의 수질이 악화되어 있다면 수질을 개선하기 위한 희석

유량이 추가되어야 하므로 평균저수량에 가까운 값 또는 그 이상의 값을 보이는 경우도 발생하고 있다. 다만 하천유지유량을 평균저수량 이상의 값으로 결정할 경우 현실적으로 이 정도의 하천유지유량 확대는 재정적인 문제가 있지만 이를 극복해야 할 것이다.

본 연구에서는 갑천 유역의 3대 하천인 대전천, 유등천, 갑천의 생태, 경관, 친수 및 수질 등을 고려한 하천유지유량을 산정을 하였고, 산정된 하천유지유량과 유흥분석에 의한 유흥을 비교하여 새로운 하천유지유량 결정방법을 제시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험유역

대전광역시를 관통하고 있는 3대 하천의 수위관측 지점인 인동지점(대전천, 인창교), 복수지점(유등천, 복수교), 유성지점(갑천, 만년교), 회덕지점(갑천, 원촌교)을 소유역 및 갑천 전체에 대한 보정 및 검정지점으로 설정하였고, 2개 지점(인동, 복수)에서 2005년 본 연구팀이 유량조사를 실시하였다. 이 지점들은 과거 유량조사에 의해 장기간 자료가 축적되어 있어 모형의 객관적인 보정 및 검정을 할 수 있는 지점들이다.

2. 모형의 적용

가. DAWAST 모형

김태철 등(1991)¹⁴⁾은 토양층을 Fig. 2와 같이 지표면층, 불포화층(UMAX), 포화층(LMAX)의 3개 저수층으로 단순화하므로 강우-유출의 유역수문반응을 개념화하여 한국하천의 일별유출량 추정이 가능한 DAWAST 모형을 개발하였으며 이 모형은 우리나라 하천의 유출특성을 잘 반영하고 있는 모형으로 우리나라 수자원의 설계 및 실무에 많이 사용되고 있다.

DAWAST 모형은 최적화모형, 지역화모형, 일반화모형으로 구성되어 있으며 특히 최적화모형은 강수량과 증발량에 대한 수문자료와 짧은 기간의 관측 유출량 자료를 가지고 장기간동안의 일별 유출량 추정

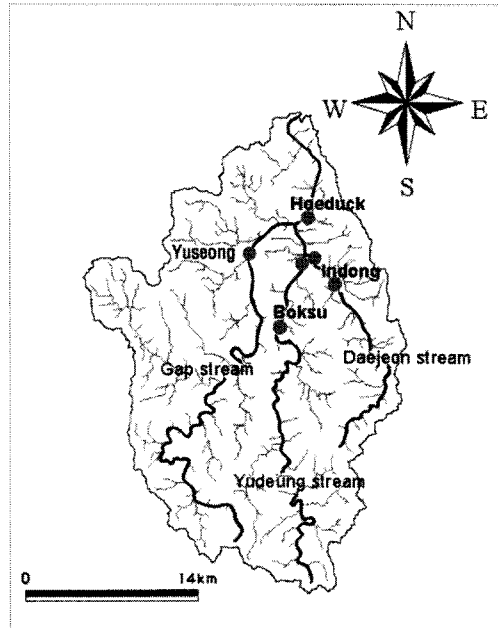


Fig. 1 Gap-stream watershed map

이 가능하다.

본 연구에서는 대상지점의 유황분석을 위하여 대전기상청의 1997년 1월부터 2006년 12월까지 일별 강수량과 증발량자료를 사용하였다.

나. HEC-RAS 모형

HEC-RAS 모형²⁰⁾은 미국육군공병단이 개발한 하천 해석모형으로 수면곡선해석 모형인 HEC-2 모형²¹⁾을

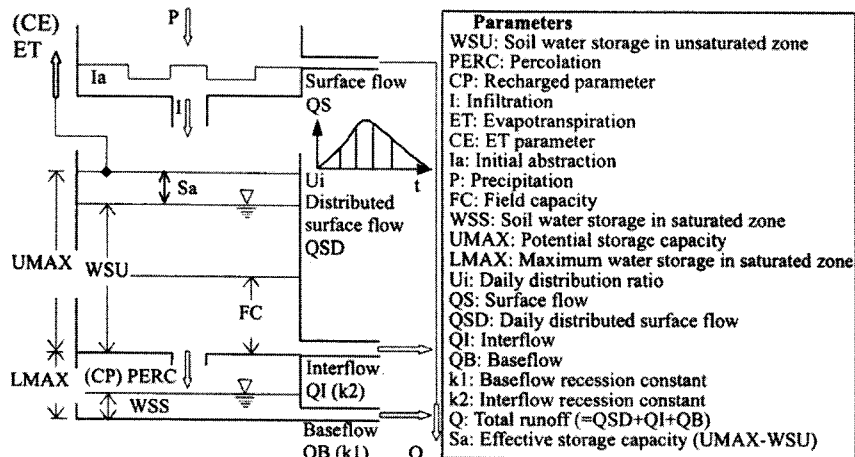


Fig. 2 Conceptual structure of the DAWAST model and its parameters

자연하천이나 인공하천에서 정상류 상태의 점변류 수면곡선을 계산하기 위하여 개발되었다. 이후 HEC-RAS 모형은 정상류뿐만 아니라 부정류, 유사현상해석까지도 포함하는 종합 하천 해석시스템으로 발전하였다. 이 프로그램은 자연하천이나 인공하천에서의 흐름이 정상류이면서 점변류일 경우의 수면곡선을 계산한다. 계산방법은 1차원 에너지 방정식을 표준축차법으로 해석하는 절차를 따르고 있다. 이 프로그램은 홍수터관리와 홍수로에 대한 하도잠식 등을 평가할 수 있기 때문에 홍수방재 역할에 탁월한 역할을 하고 있다. 하천개수에 의한 수면곡선 변화, 교량구조물 등 수리구조물 존재에 의한 수면곡선 등의 영향 등을 평가할 수 있는 기능이 있다.

3. 유출량 조사

모형의 검정을 위하여 본 연구팀은 2005년 인동지점과 복수지점에서 유량조사를 실시하였으며 유량조사에 의해 작성된 수위-유량 곡선식은 다음과 같다.

인동지점 :

$$Q = 0.231 H^{7.376} (0.96 < H < 2.75, H = h + 1) \quad (1)$$

복수지점 :

$$Q = 1.725(h + 0.172)^{8.01} (1.00 < h < 1.57) \quad (2)$$

$$Q = 318.469(h - 1.247)^{0.693} (1.57 < h < 2.67)$$

여기서 Q는 유량(m³/s), h는 수위(m)이다.

모형검정에 사용할 유출량 자료를 확보하기 위하여 금강홍수통제소의 회덕지점(1997~2006), 인동, 복수지점(2002~2006)의 수위자료와 연도별 수위-유량곡선식²⁾을 사용하였다.

4. 수질조사

인동, 복수, 유성, 회덕지점에서 갈수기에는 매월 2회에 걸쳐 BOD, T-N, T-P, SS에 대해서 수질측정을 실시하였다. 항목별 수질분석은 수질오염공정시험법에 준해서 시행하였으며 지점별 갈수기시 오염이 가장 심한 수질농도는 Table 2와 같다.⁷⁾

Table 2 Worst water quality for the study stations in dry season

Station	BOD(ppm)	T-N(ppm)	T-P(ppm)	SS(ppm)
Indong	1.63	2.68	0.17	6.87
Boksu	1.52	2.54	0.14	6.30
Yuseong	1.50	2.38	0.18	15.04
Hoeduck	3.22	9.80	0.31	24.50

5. 생태, 경관, 친수 및 수질을 고려한 하천유지유량 산정 방법

유황분석에 의한 갈수량 및 저수량 산정을 위하여 관측자료와 DAWAST 모형을 사용하였고, 대상지점의 생태, 경관, 친수 및 수질을 위한 필요유량 산정을 위하여 HEC-RAS 모형을 사용하였다. 또한 물질수지법(mass balance)을 이용하여 지점별 목표수질을 위한 희석유량을 산정하였다. 산정된 값들을 비교하여 최대값을 하천유지유량으로 결정하였으며, 절차 및 순서는 Fig. 3과 같다.

가. 갈수량 및 저수량 산정

하천갈수량은 하천 취수 허가량의 설정, 하천수질 정화를 위한 대상 유량, 그리고 폐기물의 방류량 할당과 방류 허가량을 포함한 수질관리와 하수처리장과 쓰레기 매립장의 위치를 선정하는데 사용된다. 이 밖에도 갈수량 빈도해석 결과는 수력발전소, 급수, 냉각시설 및 기타 시설에 필요한 하류로 방류될 수 있는 최소유량을 결정하는데 활용된다. 갑천 유역의 대전천, 유등천, 갑천에 대한 유황을 분석하기 위해 인

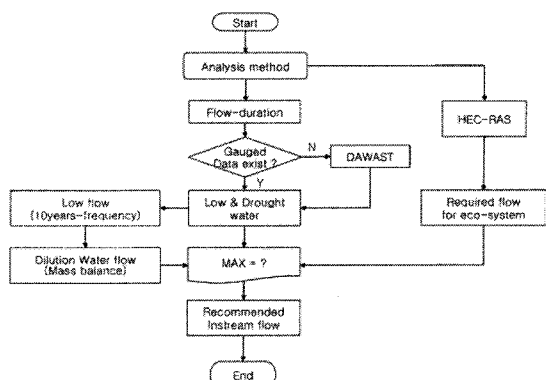


Fig. 3 Flow chart for the estimation of instream flow

동, 복수, 회덕지점의 실측 유출량자료와 DAWAST 모형으로 추정된 유출량을 적용하여 갈수량과 저수량을 산정하였다.

1) DAWAST 모형의 보정 및 검정

유출량의 오차가 큰 경우 지표면 유출이 전체 유출량을 크게 좌우하므로 지표면 유출 매개변수인 UMAX, LMAX, FC, CP, CE를 최적화기법으로 보정하였으며 결정된 매개변수는 Table 3과 같다.

2) DAWAST모형과 관측유출에 의한 유행분석

건설교통부 금강홍수통제소에서 수위관측하고 있는 인창교, 복수교, 원촌교 지점을 중심으로 수위-유량관계식과 DAWAST 모형을 사용하여 유행분석을 실시

하였으며, 여기서 적용된 지점을 이용하여 비유량방법을 사용하여 미관측지역의 유행분석을 실시하였다.

나. 생태·경관·친수를 고려한 하천유지유량 산정기준

1) 하천생태계 유지가능

본 연구에서는 생태계를 보전하는데 필요한 유량산정 방법으로 간편법을 적용하였고, 이에 대한 절차는 생태조사 자료를 이용하여 서식하는 대표어종의 선정, 서식처 수리조건 결정, 지점 및 구간 설정, 항목별 환경보전유량 산정 등이 필요하며 이에 대한 대표어종은 출현빈도가 높고 하천을 대표할 수 있는 어종으로 피라미를 선정하였다. 어류서식 환경은 여울과 웅덩이 등의 하천상태, 어류와 관련된 유속, 수심, 하상재료, 어류의 이동, 하천수질조건으로 수위, 용존산소, pH, 생물화학적 산소요구량 등이 고려되어야 한다.^{4,5)} 여기서의 수량과 가장 관계있는 유속과 수심 조건만 고려하였으며 이에 수심과 유속 측면에서 이들 어류 서식을 위해 갈수기에도 최소 20 cm 수심의 흐름이 필요하지만 횡단면의 변동에 따라 평균적으로 20 cm를 유지하려면 하천폭에 대한 수면폭을 우선적으로 고려하면서 하천수심이 30 cm 또는 그 이상이 유지

Table 3 DAWAST parameters for steamflow calibration

Parameter	Station		
	Indong	Boksu	Hoeduck
UMAX(mm)	250	280	280
LMAX(mm)	30	25	20
FC(mm)	120	150	130
CP	0.010	0.020	0.018
CE	0.020	0.008	0.009

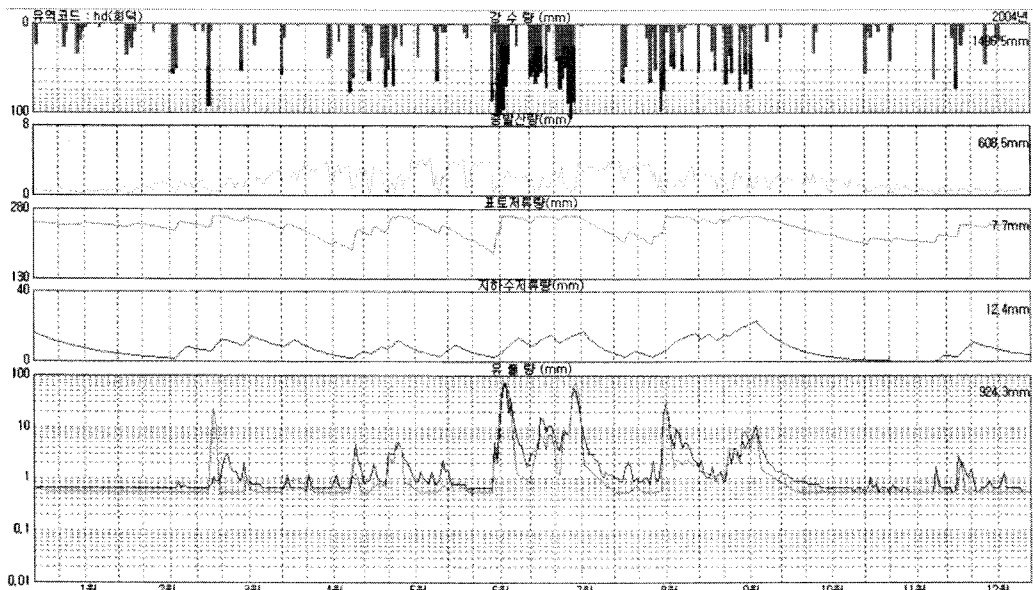


Fig. 4 Example of daily streamflow simulation for DAWAST model(2004, Hoeduck)

Table 4 Hydraulic condition of eco-river considering water-friendly activities⁸⁾

Division	Swimming	Waterside excursion	Insect observation	Fishing	Boat	River side recreation	Landscape observation	Jogging/ bike
Width	Higher than 5 m	-	-	Preserved	Higher than 10 m	Preserved	Preserved	Preserved
Depth	Higher than 0.5 m	Lower than 0.5 m	0.05 ~ 0.3 m	Higher than 0.3 m	Higher than 1.0 m	0.3 m	0.3 m	0.3 m
Velocity	Higher than 0.5 m/s	Lower than 0.6 m/s	0.1 ~ 0.3 m/s	0.3 m/s	0.6 m/s	0.3 m/s	0.3 m/s	0.3 m/s

되도록 항목별 환경보전유량을 설정하였다.

2) 하천경관유지

경관을 고려한 환경보전유량은 한국건설기술연구원과 일본 건설성 등에서 제시한 수면폭(W)과 하폭(B)의 비(W/B ≥ 0.2)를 기준으로 산정하였다. 수심은 급격한 경관변화가 일어나지 않도록 주요하상재료가 수면으로 드러나지 않는 수심을 확보하도록 고려하였고, 특히 하도가 이미 개수되어 있는 경우 또는 자연형 하도로 개도하고자 하는 경우도 이 수준을 고려하여 기존 저수로에서 수심 30 cm를 기준으로 하였다. 유속은 도시를 관류하는 느긋한 흐름의 경관이 바람직하다. 가급적 흐름을 느낄 수 있는 0.1~0.3 m/s를 이용하였다.^{4,5)}

3) 친수활동

여가활동을 포함한 친수활동을 고려하기 위하여 여가활동별 수리조건을 선정하였다(Table 4). 본 연구에서는 별도의 여가활동은 고려하지 않고 시민들이나 어린이들이 물놀이를 할 수 있을 정도의 친수활동을 고려하여 환경보전유량을 산정하였다.

4) 하천유지유량 산정을 위한 수리학적 적용기준

상기의 생태, 경관, 친수의 항목들을 만족시키기 위한 조건들을 고려하여 다음과 같은 산정기준을 제시하였고 이 기준들을 근거로 하여 3대하천의 환경보전유량을 산정하였다.⁵⁾

Table 5 Standard for instream flow estimation

Division	Standard for instream flow estimation
Width	Flow width/River width(W/B) Daejeon-, Yudeung- and Gap-stream : W/B ≥ 0.2
Velocity	0.1 ~ 0.3 m/s
Depth	Higher than 0.3 m

다. 하천수질유지

하천오염이 진행되어 생태계가 파괴되고 하천이 황폐화되면 하천오염방지를 위한 더욱 많은 유량이 필요하게 되었으나 이에 필요한 유량의 공급에는 한계가 있다. 이에 환경보전법 및 배수수질 규제 등을 통하여 배출수의 오염농도를 조절하고 있으며, 각종 하수를 정화처리하려는 노력과 함께 하천의 자연정화를 회복시키기 위하여 수량 공급을 늘리는 노력이 필요하다. 해당하천의 현재수질을 근거로 하여 유역의 오염원조사에 의한 오염부하량을 산정하고 목표연도의 수질기준을 달성할 수 있도록 주요 수질기준지점 또는 구간에서 원칙적으로 수질환경기준을 만족시킬 수 있는 유량을 공급하여야 한다. 수질개선을 위한 환경보전유량은 하천유역에서 목표연도별로 계획된 하수도 정비 및 오염부하량 삭감계획 등과 같은 수질대책을 최대한 고려하여 설정한다. 기본적으로 하천의 수질보전과 관리를 위해서는 해당하천 유역에 대한 수질관리 측면의 분석과 대책을 감안하여 필요한 유량을 설정해야 하나, 하천수질관리 주체가 제시한 명확한 계획과 유지관리대책을 확신하기 어려우므로 일반적으로 지금까지 제시된 목표수질에 해당하는 유량만을 설정한다.^{4,5)}

라. 기타항목

염해방지, 하구폐색방지, 하천시설물 보호, 지하수위 유지 및 어업에 관한 항목은 대상하천의 특성상 고려하지 않았다.⁴⁾

III. 결과 및 고찰

1. 대표지점 하천유지유량 산정

가. 유형분석에 의한 갈수량과 저수량

지점별 실측유출량과 DAWAST모형으로 추정된 유출량으로부터 유형분석을 실시한 결과는 Table 6

Table 6 Flow-duration analysis for the study stations

Divide	Stream	Station	Area (km ²)	Analysis method	Period(year)	Mean Low (m ³ /s)	Mean Drought (m ³ /s)	Remark
Observ-ed	Daejeon	Indong	61.6	Stage-discharge curve	2002-2006	0.19	0.13	Applied
	Yudeung	Boksu	160.4	Stage-discharge curve	2002-2006	0.88	0.41	
	Gap	Hoeduck	607.7	Stage-discharge curve	1997-2006	4.83	3.60	Applied
Simulat-ed	Daejeon	Indong	61.6	DAWAST model	1997-2006	0.12	0.12	
		Before junction with Yudeung	77.4	Specific discharge	2002-2006	0.24	0.17	
	Yudeung	Boksu	160.4	DAWAST model	1997-2006	0.48	0.28	Applied
		Before junction with Daejeon	187.6	Specific discharge	1997-2006	0.56	0.33	
	Gap	Hoeduck	607.7	DAWAST model	1997-2006	3.32	3.17	
		Yuseong	249.1	Specific discharge	1997-2006	1.98	1.48	
		Yuseong stream	30.5	Specific discharge	1997-2006	0.24	0.18	

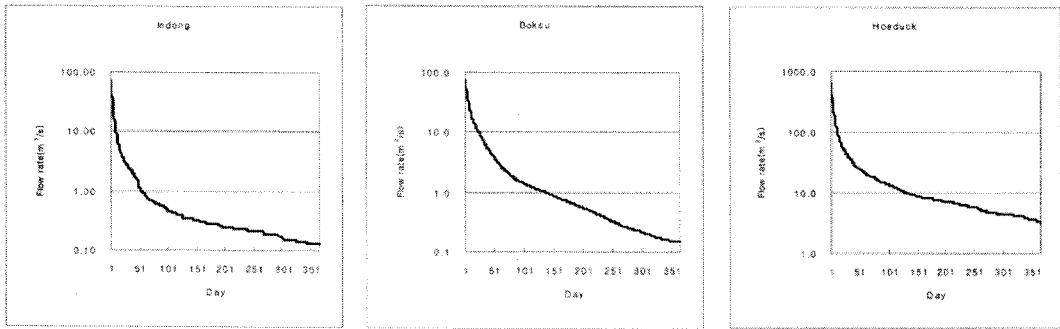


Fig. 5 Flow-duration curves for 3 streams in Gap stream watershed

과 같다. 인동, 회덕지점은 실측자료, 복수지점은 실측자료의 오류로 인하여 DAWAST모형에 의한 자료로, 미계측지점은 비유량방법으로 유황을 분석하였다.

나. 생태·경관·친수를 고려한 하천유지유량 산정
 갑천 3대 하천에 대하여 수문 및 기후학적 특성과 물리적 특성에 따라 생태, 경관, 친수 및 수질을 고려한 하천유지유량을 산정하였다. HEC-RAS 모형에 의한 하천유지유량 산정을 위하여 금강 수계 하천정비 기본계획³⁾과 대전시 도심생태하천조성 학술연구⁵⁾에서 구축된 갑천, 유등천, 대전천 개수 후 하천단면에 의한 HEC-RAS 모형을 운영하였다. HEC-RAS 모형의 정상상태의 등류흐름에 대한 분석방법을 사용하여

대상지점의 일정수심이상 도달하기 위한 필요유량과 이 때 평균유속, 수면폭/하천폭(W/B)의 비를 결정하였으며 Table 7과 같다.

생태, 경관, 친수 및 수질을 고려한 하천유지유량 산정할 때 유의 사항은 다음과 같다.

- ① 수심에 의한 환경보전유량 산정시 하천의 유역 면적 및 하천 폭에 크게 영향을 받는다. 즉, 하천 폭이 넓고 대상지점의 횡단면의 변동이 심한 경우 30 cm의 하천수심의 유지는 큰 의미가 없는 것으로 나타났다.
- ② 생태, 경관, 친수활동을 위한 환경보전유량 산정시 수면폭/하천폭(W/B)의 비가 유량 결정시 합리적으로 작용한 것으로 판단되었다.

Table 7 Result of HEC-RAS model analysis

Stream	Station	River width(B) (m)	Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)	Flow width(W) (m)	W/B	Depth (m)	Instream flow for eco-system, landscape, and water-friendly(m ³ /s)
Daejeon	Indong	73.2	0.64	0.23	16.39	0.22	0.30	0.64
Yudeung	Boksu	154.5	0.48	0.15	17.54	0.11	0.32	0.48
	Before junction with Yudeung	163.3	1.50	0.11	52.43	0.32	0.42	1.50
Gap	Yuseong	207.3	1.83	0.13	79.47	0.38	0.30	1.83
	Hoeduck	255.9	3.60	0.22	134.75	0.52	0.30	3.60

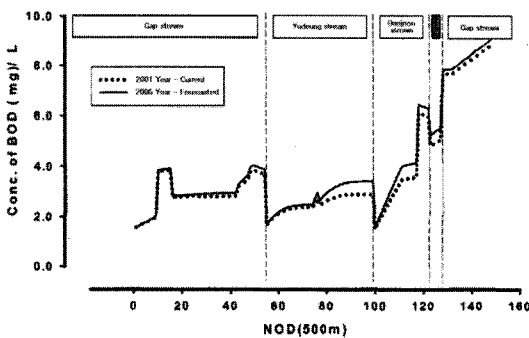


Fig. 6 Forecasted water quality for years of 2001 through 2006⁵⁾

다. 하천수질을 고려한 하천유지유량 산정

대전광역시에서 수행한 도심생태하천학술연구 종합 보고서(2003)⁵⁾에서 QUAL2e모형으로 예측한 2006년의 갑천, 유등천, 대전천 수질은 Fig. 6과 같았고, 수질예측을 위한 단위 거리는 0.5 km이었다.

Table 8. Mean flow rate and target water quality on drought flow status⁸⁾

Stream	Station	Mean drought flow (m ³ /s)	Target water quality (BOD)	Forecasted water quality (BOD)	Dilution water flow (m ³ /s)
Daejeon	Indong	0.13	3 ppm(II)	6.0 ppm	0.39
	Boksu	0.28	3 ppm(II)	3.0 ppm	0.28
Yudeung	Before junction with Yudeung	0.33	3 ppm(II)	4.0 ppm	0.55
Gap	Yuseong	1.48	3 ppm(II)	4.0 ppm	2.47
	Hoeduck	3.60	8 ppm(IV)	9.0 ppm	4.15

하천수질을 고려하기 위하여 대상하천의 현재 수질 및 예측수질을 고려하였으며 환경부에서 제시한 대상하천의 목표 수질 값을 조사하여 목표수질을 만족하는 희석수량을 산정하였으며 결과는 Table 8과 같고, 산정절차는 Table 9와 같다. 희석수량의 산정절차에서 사용된 갈수량과 보충수량은 본 연구에서 새로 산정하였다.

라. 갑천 유역의 하천유지유량 산정

하천유황을 분석하여 생태, 경관, 친수 및 수질을 고려한 하천유지유량을 산정한 결과 대전천 0.64 m³/s, 유등천 0.48~1.50 m³/s, 갑천 합류전 2.47 m³/s, 합류후 4.15 m³/s를 제시하였다. 대전천과 유등천은 생태, 경관, 친수를 고려한 하천유지유량으로, 갑천은 하천수질을 고려한 하천유지유량으로 산정되었다. 제시된 기준에 최대한 가까운 값을 얻을 수 있도록 산정하였으며 하천 규모가 커서 수심이 깊은 곳과 하천 폭이 넓은 곳은 현 상태에서 최선의 값으로 산정하였다.

유등천, 갑천 유역에서 산정한 Table 10의 하천유지유량과 평균저수량이 대체로 비슷한 범위의 값을 보이고 있다. 이는 Table 1에서 생태하천조성을 위한 하천유지유량이 평균저수량보다 약간 작은 값이 적용되고 있으며, 土屋¹⁹⁾가 도시하천에서의 친수유지유량을 유황분석에 의한 '10년 빈도 저수량'으로 제시한 것과 부합되고 있다. 따라서 기본조사단계에서는 모형에 의한 환경보전유량으로 하천유지유량을 산정하기에 앞서 간단한 유황분석에 의한 평균저수량을 하천유지유량으로 대체하는 방법을 제안한다.

Table 9 Estimation for the dilution water flow

Stream	Station	Dilution water flow	Required flow for target water quality(m ³ /s)
Daejeon	Indong	$3 = \frac{6.0 \times 0.13 + C_s \times Q_s}{0.13 + Q_s}$ C _s = Dilution water quality (assumed to be 1.5 mg/L) Q _s (Dilution water) = 0.26 m ³ /s	0.13 + 0.26 = 0.39
Yudeung	Boksu	$3 = \frac{3.0 \times 0.28 + 1.5 \times Q_s}{0.28 + Q_s}$ Q _s = 0.0 m ³ /s	0.28 + 0.00 = 0.28
	Before junction with Yudeung	$3 = \frac{4.0 \times 0.33 + 1.5 \times Q_s}{0.33 + Q_s}$ Q _s = 0.22 m ³ /s	0.33 + 0.22 = 0.55
Gap	Yuseong	$3 = \frac{4.0 \times 1.48 + 1.5 \times Q_s}{1.48 + Q_s}$ Q _s = 0.99 m ³ /s	1.48 + 0.99 = 2.47
	Hoeduck	$8 = \frac{9.0 \times 3.60 + 1.5 \times Q_s}{3.60 + Q_s}$ Q _s = 0.55 m ³ /s	3.60 + 0.55 = 4.15

Table 10 Selection of instream flow for Gap-stream watershed

Stream	Site	Area (km ²)	Flow-duration		Water quality (m ³ /s)	Instream flow for eco-system, landscape, and water-friendly(m ³ /s)	Recommended instream flow (m ³ /s)
			Mean Drought (m ³ /s)	Mean Low (m ³ /s)			
Daejeon	Indong	61.6	0.13	0.19	0.39	0.64	0.64
Yudeung	Boksu	160.4	0.28	0.48	0.28	0.48	0.48
	Before junction with Yudeung	187.6	0.33	0.56	0.55	1.50	1.50
Gap	Yuseong	249.1	1.48	1.98	2.47	1.83	2.47
	Hoeduck	607.7	3.60	4.83	4.15	3.60	4.15

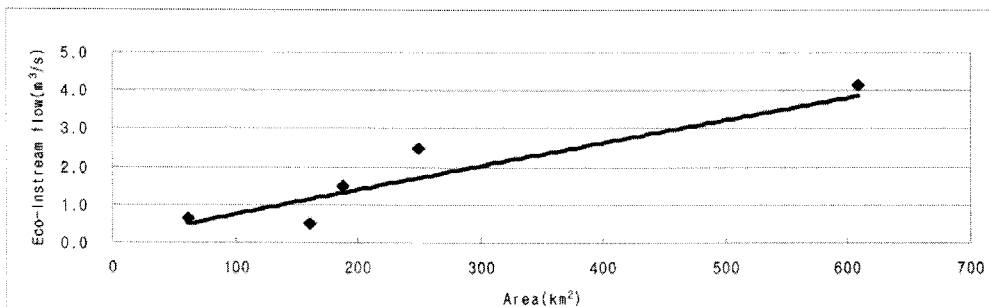


Fig. 7 Correlation curve between watershed area and instream flow rate in Gap-stream

Fig. 7과 같이 갑천 유역 3대 하천의 하천유지유량을 선정할 결과 유역면적 크기에 따라 안정적인 상관관계를 보이고 있다.

$$Y = 0.0111 X^{0.9124}, R^2 = 0.70 \quad (3)$$

여기서 Y : 하천유지유량(m³/s), X : 유역면적(km²)

IV. 결 론

도시하천의 유지용수는 기본적으로 하천보존을 위한 자연적 기능과 하천을 이용하는데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천 유량이라 할 수 있다. 본 연구에서는 갑천 3대 하천에서 생태, 경관, 친수 및 수질을 고려한 하천유지유량을 산정하였다. 유행분석을 위해 관측유량과 DAWAST 모형을 사용하였으며 미관측유역에는 비유량법을 적용하여 산정하였다. 또한 HEC-RAS 모형에 의하여 정상상태의 등류 흐름에 대한 분석방법으로 대상지점의 최대수심과 수면폭/하천폭(W/B)의 비 및 평균유속을 결정하였으며 연구결과는 다음과 같다.

생태, 경관, 친수, 수질을 고려하여 대전천 0.64 m³/s, 유등천 1.40~1.50 m³/s, 갑천 합류전 2.47 m³/s, 합류후 4.15 m³/s를 갑천 유역의 하천유지유량으로 제시하였다.

생태, 경관, 친수, 수질을 고려한 하천유지유량은 유역면적 크기에 따라 안정적인 상관관계를 보이고 있어, 향후 분석지점을 확대하면 갑천 유역의 유역면적 크기에 따른 하천유지유량을 구할 수 있다.

유등천, 갑천 유역에서 생태, 경관, 친수, 수질을 고려하여 산정한 하천유지유량과 평균저수량이 대체로 비슷한 범위에 있어 기초조사단계에서는 간단한 유행 분석에 의한 평균저수량을 하천유지유량으로 대체하는 방법을 제안한다.

이 논문은 2005년도 충남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

1. 건설교통부, 1993, 하천시설기준.
2. 건설교통부 금강홍수통제소, 1997~2006, 금강 수계 유량측정 조사보고서.
3. 건설교통부 대전지방국토관리청, 2002, 금강 수계 하천정비기본계획.

4. 한국농촌공사 농어촌연구원, 2005, 농촌지역 소하천의 유지유량 확보 및 관리방안 연구.
5. 대전광역시, 2003, 도심생태하천조성 학술연구.
6. 대전광역시, 2005, 대전천 유지용수확보 기본 및 실시설계.
7. 대전환경기술센터, 2005, 대전광역시 갑천 수계의 비점오염원 부하량 산정.
8. 한국건설기술연구원, 1999, 환경 보전성 하천관리를 위한 하천유지유량 산정방법.
9. 한국수도연구소, 1992, 국제물환경기술세미나, 수환경관점에서 본 도시하천의 이미지.
10. 한국수자원공사, 1995, 하천유지유량 산정방법의 개발 및 적용.
11. 김규호, 김선미, 이삼희, 우효섭, 1996, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용, 한국수자원학회지, 29(5), pp.185-202.
12. 김규호, 홍일표, 김선미, 김원, 1999, 하천유지용수산정방법워크숍, 한국건설기술연구원.
13. 김종일, 양해근, 2003, 광주천 하천유지수량 확보 방안, 광주전남발전연구원.
14. 김태철, 노재경, 박승기, 1991, 유역토양수분추적에 의한 유출 모형, 한국농공학회지, 33(4), pp.61-72.
15. 안상진, 김종섭, 1991, 금강유역의 하천유지유량 산정, 한국수자원학회지, 24(1), pp.83-92.
16. 정일환, 지흥기, 이순탁, 1996, 하천수질에 따른 낙동강유역의 하천유지유량 결정, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.527-532.
17. 최지용, 2001, 도시하천의 유지용수량 산정 및 확보방안 연구, 국토연구, 32, pp.63-76.
18. 한상관, 2006, 보청천 수질보전을 위한 하천유지유량 산정, 충북대 산업대학원 석사논문.
19. 土屋土圀, 1999, 都市河川の總合親水計劃, 信山社サイテック, pp.167-179.
20. U.S. Army Corps of Engineers, 2001, HEC-RAS River analysis system user's manual, version 3.0.1.
21. U.S. Army Corps of Engineers, 1990, HEC-2 Water surface profiles user's manual.