

하천유지유량 결정 방법의 개발 및 적용: II. 적용 및 결과 Development of a Method for Determining the Instream Flow and Its Application: II. Application and Result

김 규 호* · 김 선 미** · 이 삼 희* · 우 호 섭***
Kim, Kyu-Ho · Kim, Sun-Mee · Lee, Sam-Hee · Woo, Hyoseop

Abstract

The newly-developed method for estimating the instream flow, proposed by the authors (1996), was applied to the main channel reach of the Kum River basin in Korea. Performance of the suggested method was tested through the evaluations of the required flow, instream flow, and river-management flow which were estimated at five main reaches with each representative station. The mean drought flow was used as the object flow to evaluate the minimum instream flow for the mid- and large-size rivers. Water quality prediction by using the QUAL2E model was made for both cases that the planned wastewater treatment facilities may and may not be constructed. The required flow for the fish habitat was evaluated for 9 representative fish species. The instream flows required for the riverine aesthetics at Kong-ju and Puyo scenary points, for river navigation at natural channel conditions, and for current and potential recreation activities were evaluated, respectively. The instream flows required for other items are not quantified. On the whole, it is shown that the instream flow to maintain the natural riverine functions such as fish habitat, and riverine aesthetics govern the upstream reaches of the Kum River, and the artificial riverine functions such as conservation of water quality, navigation and recreations govern the middle and downstream reaches. Especially, it is found that the instream flow requirement depends largely upon the construction of wastewater treatment facilities at the Kum River basin.

요 지

개발된 하천유지유량 결정 방법을 금강유역 본류 구간(대청댐 조정지에서 강경까지)에 적용하여 항목별 필요유량, 그리고 5개구간 및 대표지점에 대한 하천유지유량과 하천관리유량을

- * 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원
- ** 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원
- *** 한국건설기술연구원 기획조정실 실장

산정하였다. 갈수량은 평균갈수량을 대상으로, QUAL2E 모형을 사용하여 환경기초시설 완비 여부에 따라 수질을 예측하고, 어류는 금강유역의 9개 대표어종에 대해 필요유량을 산정하였다. 그리고 하천경관은 공주와 부여 지점에 대해, 수운은 자연 하도 방식, 물놀이는 현재와 장래에 이루어질 여가활동을 대상으로 평가하였으나, 기타 항목은 평가하지 않았다. 대체적으로 자연상태를 유지하고 있는 상류 구간은 생태계 보전 등과 같은 하천의 자연적 기능에 필요한 유량이 지배적이고, 하류는 수질 악화에 따른 수질 보전과 수상이용 등과 같은 인위적 기능에 필요한 유량이 지배적인 것으로 나타났다. 특히 목표 년도에 따라 수질보전에 대한 필요유량은 환경기초시설 완비 여부에 따라 하천유지유량과 하천관리유량이 큰 차이를 보여 하수처리에 의한 수질보전이 시급한 것으로 나타났다.

1. 서 론

본 연구는 김규호 등(1996)에서 개발된 하천유지유량 결정 방법을 금강유역에 적용하여 검토함으로써 우리 나라 하천유지유량 결정방법의 적용 가능성 여부를 검토하고, 금강유역 본류(대청댐 조정지 하류에서 강경까지)의 주요 지점(공주, 부여, 강경 등)에 대해 환경기초시설 완비 여부에 따른 목표 년도별(1994(기준 년도), 1996, 2001년)로 하천유지유량/하천관리유량을 산정하여 제시한다. 대상 하천은 직할하천으로서 금강 유역 대청 다목적 댐 조정지 하류에서 금강 하구둑에 의한 배수위가 비교적 적은 강경까지이다.

2. 금강 유역 특성 조사

금강유역이 갖는 하천 특성을 하천유지유량 결정 차원에서 조사하고, 하도 구분 및 대표지점을 선정하였다. 항목별 필요유량 결정을 위한 한계 구간 및 지점을 선정하여 하천유지유량을 산정할 수 있는 하도 구분과 대표지점을 구분하였다.

2.1 하천 특성

금강 유역은 수원에서 하구까지는 북서 방향의 직선거리로 약 85 km에 불과하나, 유로의 길이는 401 km에 이른다. 수원은 소백산맥에서 시작하여, 북쪽으로 흐르면서 남대천, 봉황천, 송천, 보청천 등과 차례로 합류되며, 대전 북쪽에는 대청 다목적

댐이 위치하고 있다. 하천은 여기서부터 서쪽으로 흐르며, 갑천과 합류한 후 월산 부근에서 이 유역의 최대 지천인 미호천과 합류하여 차령산맥과 노령산맥 사이를 남서 방향으로 흐르면서 정안천, 유구천 등과 합류한다. 그리고 강경 부근에서 논산천과 합류하고 하구둑을 통해 황해로 들어간다. 본 유역에서는 금강 본류 외에 10개의 직할 하천과 16개의 지방 하천으로 구성되어 있다. 이들 중 미호천을 제외하면 대체적으로 본류의 3~6% 정도의 유역면적을 갖는 소하천들이다(금강수계 종합 정비계획(Ⅱ), 1988).

1994년과 1995년의 상황으로 볼 때, 금강유역은 대청댐 하류 조정지에서 어느 정도 자연상태 하천을 유지하다가 대전에서 유입되는 갑천에서 상당한 수질악화를 초래한다. 그 하류에서는 악화된 수질이 자정작용에 의해 점차 개선되고 하천은 사람의 출입이 비교적 적은 자연 상태의 하천을 이룬다. 미호천 합류 구간에서는 상당한 양의 골재 채취 사업이 진행되고 있어 수심이 깊은 웅덩이(沼, pool)가 인공적으로 형성되어 있다. 여기서는 어류가 서식하나 여울과 같은 특성을 찾아보기 힘들고 이러한 현상은 금남교까지 이어진다. 또한, 금남교에서 공주까지는 일부 구간에서 여울이 형성되나 대체적으로 골재채취와 교량공사 등에 의한 물막이 구조물에 의해 웅덩이를 형성한다. 공주에서는 하상이 드러나 다시 여울이 나타나고 대체적으로 강경까지 웅덩이 상태를 이룬 하도가 이어진다. 이러한 특성을 종합하여 구간별 하천 특성, 즉 하천 형태, 지류의 유황 상태 등을 조사한 결과 대체적으로 자연 상태의 하천을 유지하나 골재채취에 의한

하상 변화가 심하며 다른 수공구조물에 의해 물이 저류된 구간이 많이 나타난다(우효섭과 김규호, 1995).

그리고 하천유지유량의 결정과 관련된 갈수량, 수질, 공간, 생태계(어류), 경관, 지역사회와 하천의 관계 등 하천의 환경적 특성을 파악하기 위해 금강유역 본 연구 대상 구간에 대해 각종 항목별 필요유량을 산정하기 위한 하천 특성을 조사하기 위하여 대청댐 조정지 하류에서 강경까지 보트를 타고 갈수기에 2회에 걸쳐 직접 조사하였다. 그 밖에 필요한 내용에 대해서는 지역 주민 등을 통해 필요한 사항을 조사하였고, 금강유역의 자연유량과 댐건설 후의 유량 및 장래 지점별, 용도별 이수유량 등에 대해서는 금강유역 조사 보고서(1995) 결과를 바탕으로 본 연구에 맞게 자료를 보완하여 이용하였다.

2.2 하도 구분 및 대표지점의 선정

본 연구의 대상 범위는 금강유역 본류 구간 중에서 대청댐 조정지 하류에 대해 하천유지유량을 산정하는 것으로 금강유역에는 1980년에 준공된 대청 다목적 댐이 있어 유역 전체를 댐을 중심으로 상류와 하류로 나눌 수 있다. 따라서 대청댐 하류에서의 하천유지유량은 댐에서 공급을 보장해 줄 수 있으며, 댐상류 지역은 공급측면에서는 보장이 불가능한 실정이다. 댐을 중심으로 상·하류에 대한 하천유지유량은 수요측면과 공급측면에서 심도 있게 검토되어야 하며, 수문학적으로 대청댐 하류의 기준이 되는 주요지점은 공주, 규암으로 이 두 지점은 과거 수문자료가 풍부하여 유역내 타 지점보다 비교적 수문분석이 용이하다고 판단된다. 그러나 대표지점은 주요 취수시설에 관련된 자료를 참고하여 선정하였다.

2.2.1. 하도 구분

대청댐 조정지에서 강경까지의 구간에 해당하는 본 유역의 하천유지유량/하천관리유량, 그리고 각 항목별 필요유량을 산정하기 위한 하도 구분은 기본적으로 다음과 같은 항목을 고려하여 구분하였다.

(1) 수질예측 모형에서 구분하는 하도를 일차적인

기준으로 삼는다. 수질예측모형을 적용하기 위한 하도 구분은 주요 지류와 수위 및 수질관측소를 기준으로 구분한다.

(2) 주요 취수지점과 하천관리에 있어 중요한 구간을 중심으로 하도를 구분한다.

(3) 각 항목별 필요유량에 대한 하도 구분은 다음과 같은 범위에 따라 구분한다.

① 갈수량은 수위와 유량이 과거부터 충분히 관측된 주요 수위관측소인 공주, 규암을 중심으로 구분하되, 주요 지류 및 강경 지점 등에 대해서는 유역 비유량 개념에 의한 평균갈수량을 산정한다.

② 수질보전과 관련된 하도 구분은 기존의 목표수질에서 구분한 지점, 수질관측지점 및 주요 오염원의 유입 예상지점, 그리고 하천 유량과 관련된 하천관리의 주요 대상 구간을 중심으로 분할한다.

③ 생태계와 관련된 하도 구분은 전구간을 몇 개로 구분하고 이 중에서 생태계 서식에 중요한 구간을 선정하여 한계구간을 조사한다.

④ 하천경관을 위한 하도 구분은 전구간을 기본으로 하지만, 본 유역에서 하천경관으로서 가치를 갖는 구간을 선정하여 조사한다.

⑤ 수운은 전구간을 대상으로 하고, 여가활동에 대한 하도 구분은 전구간을 몇 개의 구간으로 구분하여 필요유량을 계산한다.

⑥ 기타 항목과 관련된 하도 구분은 항목별 필요에 따라 구분한다.

2.2.2. 대표 지점의 선정

본 유역 중 대청댐 조정지에서 강경까지 구간에 대한 대표 지점 선정방안은 다음과 같다.

(1) 갈수량 산정을 위한 대표지점 중에서 기준지점은 과거부터 관측 유량이 비교적 많아 하천 유황파악이 쉽고, 유역 물관리에 있어 중요한 지점으로 공주, 규암을 선정하였다.

(2) 수질보전에 대한 대표지점은 금강 대권역 수질보전계획(1992)에 제시된 목표수질 기준지점(이것은 주요 수질관측지점으로 구성됨), 그리고 주요 오염원의 유입 지점을 고려하여 본류를 7개구간, 지류 및 전구간을 일정한 하도간격(1

km당)을 갖는 소구간 요소로 구분하였다.

- (3) 생태계와 관련된 대표지점은 전구간의 하천 및 하상 상태, 즉 한계 구간으로 판단되는 여울 구간을 별도로 선정하였다.
- (4) 하천경관과 관련된 대표지점은 전구간에서 하천환경 및 하천경관의 중요성이 가장 높은 공주 및 부여 부근의 구간을 선정하였다.
- (5) 수상이용 중에서 수운은 전구간이 대상으로 특별 구간으로 강경에서 규암, 일반 구간은 나머지 구간을 대상으로 하였으며 별도의 대표지점은 선정하지 않았다. 한편 여가활동과 관련된 대표지점은 전구간에서 이루어지는 여가활동과 그 특성을 조사하고, 수리 조건은 5개구간으로 구분하였으나 별도의 대표지점은 선정하지 않았다.
- (6) 기타 항목과 관련된 대표지점은 선정하지 않았다.
- (7) 각종 필요유량 산정 기준지점은 기본적으로 대청댐 하류, 갑천 합류점, 미호천 합류점, 공주, 규암, 강경을 선정하고, 보조기준지점은 각종 취수량과 지류 유입량을 고려하여 기준지점의 중요지점을 선정하되 수질예측모형에서 이용하는 요소를 기본으로 선정하였다.

3. 금강유역 항목별 필요유량의 결정

금강유역의 특성을 반영하여 각 항목별 필요유량을 결정하고, 산정된 구간 또는 지점별 필요유량을 조합하여 목표 년도별로 하천유지유량을 산정하여 금강유역에 대한 전체 구간별, 연도별 하천유지유량과 하천관리유량을 산정하였다.

3.1 갈수량의 검토 및 설정

금강 유역에서 비교적 과거 수위 자료가 충분하고 수위-유량 곡선이나 관계식이 갖추어져 있으며 유량 측정 성과가 있는 지점은 규암, 공주 그리고 용담 지점이다. 각 수위관측소의 일수위 자료와 가용한 수위-유량 관계식을 검토하고, 수위관측소별 과거 일수위 자료는 '수문조사연보'를 기본으로 작성된 한국건설기술연구원에서 운영중인 '수문 데이

터베이스 시스템(HISS)'을 이용하여 수집하였다. 또한 분석 대상 기간은 갈수량의 특성상 인위적인 유량 조절이 없는 자연유량에 준해야 하므로 대청댐에 의해 유량이 조정되기 이전으로 국한하였다. 전체 수위자료의 선정은 수위-유량 관계식의 유무와 유량측정 성과 등을 고려하여 공주와 규암 지점은 대상 년도를 1956-1979년, 용담 지점은 1963-1979년으로 각각 선정하였다.

그리고, 기존에 개발되어 있는 수위-유량 관계식(정성원, 1994)의 저수부분에 대한 신뢰도와 일관성을 검토하기 위해 각 연도별 수위-유량 관계식을 도시하여 검토하였다. 수위-유량 관계식 추정에 이용된 유량 측정 성과는 규암은 1956-83년, 공주는 1956-80년, 용담은 1966-68년의 자료를 이용하였다. 단지, 용담 지점의 1966-68년 유량 측정 성과를 이용하여 추정한 수위-유량 관계식을 이용하여 1963년부터 1979년까지의 유량을 구한다는 것은 무리가 있을 수 있으나, 현재로서는 특별한 대안이 없어 본 연구에서는 이식을 적용하였다.

기존 수위-유량 관계식과 본 연구에서 선정한 수위-유량 관계식에 의해 환산한 유량을 이용하여 각 지점별 갈수량을 구하고 연도별로 도시하여 일관성을 검사한 바 대체적으로 산정치에 큰 지장이 없을 것으로 판단되었다. 이에 따라 본 연구에서 선정한 수위-유량 관계식에 의해서 각 지점별 연도별 갈수량을 산정한 바, 규암, 공주, 그리고 용담 지점의 평균갈수량은 각각 21.2, 18.8, 3.1 cms이다.

금강 유역의 미계측 지점에 대한 평균갈수량 및 기준갈수량을 추정하기 위해서 규암, 공주, 그리고 용담에 대해 산정된 평균갈수량과 기준갈수량을 이용하여 회귀 분석하여 다음과 같은 유역면적(km²)에 대한 평균갈수량 및 기준갈수량의 비유량 산정식으로 나타냈다. 표 1은 다음 두 식을 이용하여 대표지점과 구간으로 유입되는 지류별 갈수량을 나타낸 것이다.

$$\text{평균갈수량 } Q_L = 8.77 \times A^{0.861} \quad (1/1000 \text{ cms}) \quad (1)$$

$$\text{기준갈수량 } Q_{L10} = 2.83 \times A^{0.878}$$

(1/1000 cms) (2)

여기서 A는 지점 상류의 유역면적(km²)이다.

표 1. 비유량 회귀식을 이용한 평균갈수량 추정치

지점/하천	유역면적 (km ²)	평균갈수량 (cms)	기준갈수량 (cms)	비 고
신탄진	4,160.8	11.5	4.2	I 구간 대표지점
부 강	5,086.8	13.6	5.0	II 구간 대표지점
공 주	7,150.5	18.3	6.8	III 구간 대표지점
규 압	8,524.4	21.2	7.9	IV 구간 대표지점
강 경	9,313.1	22.9	8.6	V 구간 대표지점
용 담	912.4	3.1	1.1	
갑 천	662.2	2.4	0.8	지류 유입량
미호천	1,860.9	5.7	2.1	"
유구천	285.3	1.1	0.4	"
지 천	235.8	1.0	0.3	"
금 천	185.1	0.8	0.3	"
석성천	144.1	0.6	0.2	"
논산천	527.1	1.9	0.7	"

3.2 하천 수질 보전을 위한 필요유량의 결정

하천 수질보전에 필요한 유량을 추정하기 위해 우선 각종 오염원에 대해 지역별 오염부하량을 조사하고, 수질 및 유량자료 등을 이용하여 오염물질이 수계로 전달되는 특성을 파악하였다. 이와 같은 지류 유출입량 및 오염부하량을 고려하여 구간별 필요유량을 산정할 수 있고, 금강유역에는 수질 개선책과 목표 수질 등이 구간별로 설정되어 있으며 개인용 컴퓨터에서 예측할 수 있는 모형, 즉 QUAL2E 모형(Brown과 Barnwell, 1987)을 선정하였다. 그리고 이 모형을 적용하여 수질을 예측하고 기존의 수질보전계획에 따른 수질환경기준을 만족하기 위한 필요유량을 산정하였다.

3.2.1 수질 및 유량 측정

수질보전을 위한 필요유량에서 언급한 바와 같이 수질 모형을 통한 장래 수질을 평가하기 위해서는 대상 지점에 대한 유량과 수질 자료 및 오염부하량 자료가 필요하며, 본 연구에서는 수질예측에 필요한 기본적인 지점 및 구간에서 유량과 수질을 실측

하였다. 수질측정은 1994년 12월 1일부터 1995년 3월 22일까지로 주로 동절기 및 갈수기에 실시하였으며, 금강유역 중 대청댐 조정지 하류에서 강경지점까지의 수질 변화를 조사하기 위하여 주요 지점인 현도(대청댐 조정지 직하류), 갑천(신구교), 미호천(미호천교 직하류), 공주(금강교 직하류), 부여(백제대교), 논산천(강경천과의 합류점 후), 그리고 강경(황산대교)까지 총 7곳에서 시료를 4회에 걸쳐 채취하였다. 각 채취지점에서 수심이 1m 이상인 경우 표층과 저층으로 나누어 시료를 채취하였다. 측정 항목별 시료 채수 및 실험실 내 수질 조사 방법은 주로 Standard methods for the examination of water and wastewater (1993)의 기준을 이용하였다(서동일, 1995). 수질 측정 당시의 하천 흐름은 1994년 12월과 1995년 1월, 2월은 하천 유량이나 흐름이 거의 변하지 않는 정상류 상태를 유지하였으나, 3월의 측정시는 1994년 가을부터 계속되어 온 극심한 가뭄후 강우로 인해 오염물질이 갑자기 증가하여 정상류 상태의 수질 현상을 반영하지 못하는 것으로 판단된다. 그리고 수질측정 시점과 같은 일정에 맞추어 직접 유량을 측정하여 갈수기 유량과 하천 수질간의 조사에 활용하였다. 유량 측정은 수질 측정과 동시에 4회에 걸쳐 수행되었으며, 대청댐 조정지를 제외한 총 6개 지점에서 보트를 타고 유속과 하천단면을 동시에 측정하는 방법을 이용하였다.

표 2는 비교적 측정 자료가 불확실한 4차를 제외하고, 3회에 걸쳐 실측한 7개 지점과 실측치와 오염부하량을 기준으로 추정한 4개 지점의 수질과 유량 자료를 나타낸 것으로 수질예측 모형의 보정과 검증에 사용하였다. 한편, 1992년 1월~1995년 3월 동안의 환경부 측정 자료와 4회에 걸친 실측자료를 비교하여 관측지점들의 계절적인 수질변화 특성을 분석한 결과, 대체적으로 4차의 실측치를 제외하고 두 자료가 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

3.2.2 오염원 및 오염부하량 산정

본 연구에서는 BOD, SS, TN, 그리고 TP 등이 주로 분석 대상이 되었으며, 대상지역의 오염물질의 발생원은 ① 인구, ② 가축, ③ 토지이용, ④ 산

표 2. 실측 및 추정된 수질과 유량 자료

항목	DO (mg/l)			BOD (mg/l)			수온 (°C)			유량 (cms)		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
지점												
현 도 (분류)	12.4	9.9	11.5	1.1	1.0	1.1	9.6	4.6	4.5	1.5	10.0	10.0
갑 천 (지류)	8.3	6.7	5.6	6.6	10.4	6.1	11.4	3.8	6.9	3.86	9.10	9.55
미호천 (지류)	10.2	10.4	12.9	2.7	3.1	5.8	10.4	3.1	6.3	12.96	18.54	6.50
공 주 (분류)	13.0	11.2	10.6	3.1	3.5	4.5	6.1	3.3	7.0	23.23	42.64	27.63
부 여 (분류)	12.8	11.3	11.7	2.0	3.2	6.4	8.6	3.6	4.4	-	-	-
논산천 (지류)	10.6	10.6	11.3	2.5	2.3	3.9	9.2	3.8	5.1	1.90	1.90	1.90
강 경 (분류)	13.8	10.2	12.5	3.6	3.5	3.9	8.7	3.4	4.7	-	-	-
유구천 (지류)	9.1	10.2	11.0	2.1	1.7	1.7	7.0	4.5	3.8	1.10	1.10	1.10
지 천 (지류)	9.4	9.9	11.8	1.4	1.5	1.6	6.0	5.0	4.8	1.00	1.00	1.00
금 천 (지류)	9.3	9.5	10.5	2.7	2.5	2.4	9.0	4.8	4.8	0.80	0.80	0.80
석성천 (지류)	8.6	9.5	9.5	2.9	2.9	3.2	6.7	5.0	4.0	0.60	0.60	0.60

업폐수, 그리고 ⑤ 기타 내수면 양식장 등으로 대별하여 분석하였다. 배출원별 오염물질 원단위는 그 동안의 오염물질 원단위에 대한 조사한 내용을 종합하여 다목적 댐 수질조사 보고서(1992, 1993)에서 사용한 원단위를 이용하였다. 또한 오염물질의 배출원이 연도별로 어떻게 변할 것인지를 추측하기 위해 배수구역별로 인구현황 및 예측, 가축현황 및 예측, 토지이용 현황, 산업배수 현황, 그리고 양식장 현황을 조사하였다. 오염원 원단위에 오염원 발생량을 곱하여 발생오염부하량을 추정하고 여기에 삭감오염부하량을 빼서 배출오염부하량을 산정하였다. 이 배출오염부하량에 추정된 유달률을 곱하여 하천에 유입될 수 있는 유달오염부하량을 산정하였다.

한편, 유달률은 ① 침식 토양의 유달률, ② 합리식의 유출계수, ③ 통계식을 이용한 유달률, 또는 ④ 실측치를 이용한 유달률 등을 이용하는 산정법을 들 수 있는데(서동일, 1995), 본 연구에서는 BOD, SS, TN, TP 등의 수질과 유량 실측치(미측정 지점은 비유량으로 추정된 평균갈수량 이용)를 이용한 유달률 산정 방법을 이용하였다. 이 중에서 BOD를 기준으로 볼 때, 실측 BOD와 유량으로 계산한 오염물질 총량(유달 오염부하량)을 원

표 3. 갑천과 미호천의 BOD 유달률 산정

주요 지류	유달오염부하량 (kg/day)	배출오염부하량 (kg/day)	유달률
갑 천	4,989.6	68,301	0.07
미호천	3,848.6	78,875	0.05
논산천	450.2	11,259	0.04

단위로 산정한 오염물질 총발생량(배출 오염부하량)으로 나눈 값을 유달률로 보았으며, 금강 유역의 주요 오염원인 갑천과 미호천, 그리고 하류의 지류 유역을 대표할 수 있다고 판단되는 논산천의 BOD 기준 유달률은 표 3과 같다.

지천별 환경기초시설 및 BOD 삭감량 조사하기 위해 본 연구 대상 지역의 환경기초시설 설치에 따른 수역별 BOD 부하 삭감량은 목표 연도별(1994, 1996, 2001년)로 조사하였으며, 주로 다목적 댐 수질조사 보고서(1992, 1993)를 참고하였다. 이러한 환경기초시설에 의한 BOD 삭감량을 배수구역별, 연도별로 정리하였다.

각 배수구역에서 환경기초시설을 고려한 오염부하량(배출오염부하량)은 각 구역의 오염물질 발생총량에서 환경기초시설에 의하여 제거되는 오염량을 뺀 값이다. 각 구역에서 발생하는 배출오염부하량 중 하천에 도달하는 부분을 유달오염부하량으로 보며, 유달오염부하량은 배출오염부하량에다 실측 자료를 이용하여 산정한 유달률을 곱한 값으로 나타낸다.

3.2.3 QUAL2E 모형의 적용

(1) 하천구간의 설정

하도구간 구분은 수리 또는 지형 특성을 위주로 분할하였으며, 수질예측과 필요유량을 고려하여 생물학적·화학적 분해 속도 등이 일정하고 보정에 이용할 수 있는 수질과 유량 측정 자료가 비교적 충분한 지점 및 지류 합류 지점 등을 중심으로 구분하였다. 그러나 주요 지천으로서 오염부하량이 많은 하천을 검토하여 구간을 구분하는데 참고하였다. 그림 1은 본 연구에서 수질예측을 위해 QUAL2E 모형을 적용한 금강 유역 구간에 대한 모식도이다. 구간별 해당 하천은 대청댐 하류 조정지에서부터 강경지점까지 총 7개 구간으로 구분하였으며, 구간내의 소구간 요소는 하도길이를 1 km 간격으로 구분하였다.

(2) 수질 예측 모의에 사용된 가정

본 연구에서 수질예측을 위해 사용된 가정은 다음과 같다.

1) 자료의 가용성 및 한계성, 수질 예측 모형 수행의 난이성 등을 고려하여 일반적으로 하천의 수

질을 평가하는데 기본이 되는 BOD 농도에 대해서만 수질 예측을 실시한다.

2) 수질 반응계수 중 침전에 의한 BOD 제거율을 나타내는 K3는 BOD의 분해가 DO 변화에 최대 영향을 미친다고 가정하고, 오염물질이 유입되면 초기에는 BOD 제거가 분해와 침전에 의해 급속히 일어나지만 하류로 갈수록 침전은 더 이상 일어나지 않고 분해만 발생한다고 가정하여 무시한다.

3) 본류로 유입되는 모든 지천은 점오염원으로 가정한다. 또한 갑천과 미호천을 제외한 모든 지천의 유입량은 평균갈수량을 사용한다. 갑천과 미호천의 지류 유입량은 상류유역의 대도시 지역에서의 회귀수량을 고려하여 본 연구진이 측정한 4회 유량의 평균치를 사용한다.

4) 각 구간별 이수유량은 취.배수량을 조사하여 각 구간에서 유출입되는 유량으로 보고 수질예측을 위한 QUAL2E 모형의 입력자료로 사용한다.

5) 최근 하구둑에 의해 하천수가 조절되어 방류되고 조석 유입이 근본적으로 차단되고 있어 조석의 영향은 무시한다.

(3) 수리 입력 계수 산정

본 QUAL2E 모형에 사용된 조도계수는 금강수계 홍수량 측정조사 보고서(1991-1993)와 금강수계종합정비계획(II)(1988)을 참고로 조사하였으며, 구간에 따라 약간의 차이가 있지만 전반적으로 0.026~0.030의 범위에 속한다. 각 구간별 평균유속과 수심 산정시 본 연구에서는 하천의 단면자료가 필요 없는 유량계수법을 사용하였으며, 금강수계 홍수량 측정조사 보고서(1991-1993) 등에 조사된 유속과 유량 자료를 이용하여 회귀식을 작성하고 기존에 발표된 수위-유량 관계식을 이용하여 유량계수를 산정하였다.

(4) 모형의 보정

모형의 보정에 사용된 수질 및 유량은 수질 및 유량 측정 성과에서 조사된 바와 같이 현도, 갑천, 미호천, 공주, 부여, 논산천, 강경에 대해 표 2에 나타난 실측자료 중에서 1차와 3차 측정자료는 반응계수의 보정에 사용하였다. 그림 2는 1차 및 3차 실측 자료와 각 반응계수를 이용한 BOD의 보정 결과(시행착오법을 이용)를 나타낸 것으로 그

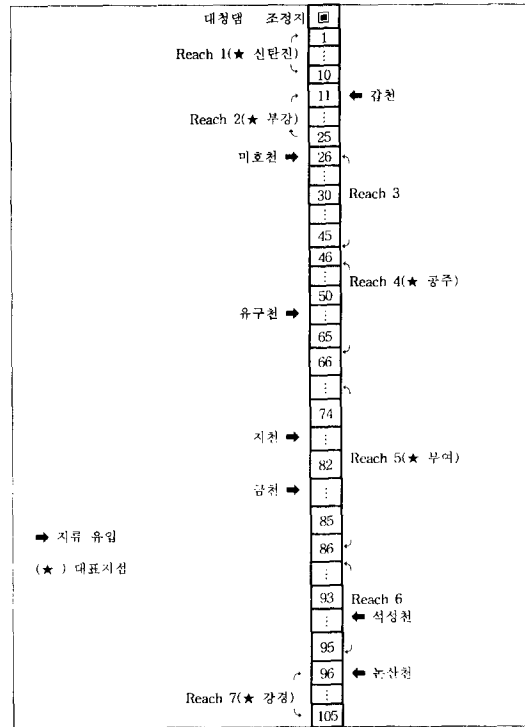


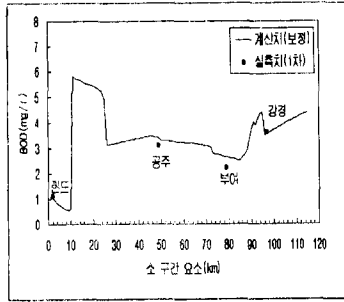
그림 1. 대청댐 하류부 금강유역 하도 구간 모식도

림과 같이 실측치와 계산치가 비교적 잘 일치하였다. 또한, 보정을 통해 얻은 대청댐 조정지 하류에서 강경 지점까지의 탈산소 계수(K1)는 대략 0.25~0.5/day, 재폭기 계수(K2)는 0.9~19.6/day), 그리고 저니층에 의한 산소 소모율(Sediment Oxygen Demand; SOD, K_s)은 0.2~0.3 g O₂/m²·day의 범위에 걸쳐 있으며, 대체적으로 이 값들은 QUAL2E 모형의 매뉴얼에 제시된 반응계수 범위 내에 속한 것으로 나타났다.

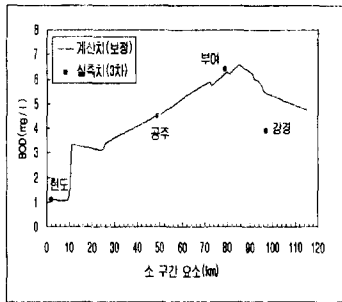
(5) 모형의 검증

모형의 검증은 보정에 사용된 자료 군으로 정의된 현상 범위내에서 보정된 모형을 적절히 수질을 예측할 수 있는지의 여부를 판단하는 과정으로서 2차 실측 자료(표 2 참조)와 보정값을 평균한 반응계수를 이용하여 검증하였다. 그 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 수질 변화 및 유량 측정에 약간

의 불확실성이 내포된 하류 지점을 제외하고 실측치와 계산치가 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다.



(a) 1차 보정결과



(b) 3차 보정결과

그림 2. BOD에 대한 모형 보정 결과

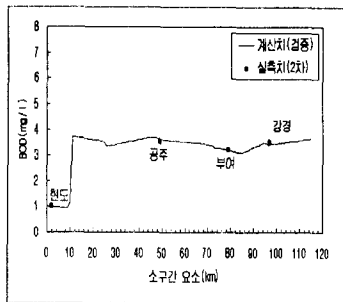


그림 3. BOD에 대한 모형 검증 결과

3.2.4 수질보전을 위한 필요유량 산정

금강 대청댐 조정지 하류의 환경기준 목표수질은 표 4와 같으며, 표에서 보는 바와 같이 목표수질이 1등급인 II구간은 1등급인 I구간과 4등급인 갑천이 합류되는 구간으로 현실적으로 1등급 수질을 유지하기 어렵다고 판단된다. 또한 금강 내권역 수

질보전 계획(1992)에 제시된 목표수질은 대상유량으로 최빈유량 정도를 책정한 것으로 판단되고 책정 근거 또한 명확하지 않은 것이 사실이다. 이러한 두 가지 점을 고려하여 본 연구에서는 II구간의 목표수질을 2등급으로 낮추어 사용하였다.

표 4. 대청댐 조정지 하류의 목표 수질 (금강 내권역 수질보전 계획, 1992)

구 간	하 도 구 간	목표 수질 (BOD 농도)	목표달성 년도
I 구간	조정지 하류-갑천 합류점전	I (1 mg/l 이하)	1994
II 구간	갑천 합류후-미호천 합류점전	I (1 mg/l 이하)	1996
III 구간	미호천 합류후-공주 수위관측소	II (3 mg/l 이하)	1994
IV 구간	공주 수위관측소-규암 수위관측소	II (3 mg/l 이하)	1994
V 구간	규암 수위관측소-강경 수위관측소	II (3 mg/l 이하)	1996

그리고 본 연구가 일반적으로 기온이 낮은 갈수기(11월~익년 4월)를 대상으로 하므로 DO 농도가 상당히 높을 것으로 추정되며, 실제로 과거 수질 자료와 측정 결과에 나타난 바와 같이 대청댐 조정지에서 강경까지 전구간의 DO 농도는 대체적으로 목표수질을 만족하는 것으로 나타나 DO 농도에 대한 수질 기준은 제외하고, 일반적으로 수질 등급 판정 기준으로 사용되고 있는 BOD 농도만을 가지고 수질을 평가하여 필요유량을 산정하였다. 이에 따라 예측된 BOD 수질은 표 5와 같다.

표 5. 오염부하량에 따른 지류의 BOD 예측 결과 (mg/l)

지 점	대상 유량 (cms)	1996년		2001년	
		환경기초시설고려	환경기초시설미고려	환경기초시설고려	환경기초시설미고려
갑 천	8.8	1.7	7.1	3.4	8.8
미호천	12.4	2.2	3.9	2.5	4.0
유구천	1.1	1.0	1.6	0.8	1.4
지 천	1.0	0.2	1.2	0.06	1.1
금 천	0.8	2.3	2.5	2.1	2.3
석성천	0.6	3.8	4.3	2.5	3.3
논산천	1.9	2.2	3.3	1.8	2.8

예측된 수질을 대상으로 목표수질을 만족하지 못하는 지점에 대해 대청댐 조정지에서 방류량(상류 유입량)을 변화시키면서 목표수질을 만족할 때의 각 구간별 필요유량을 계산하였으며, 대청댐 조정지의 방류량 변화에 따른 각 지점별 수질 변화는 상류 유입량에 따라 BOD 예측농도 및 이에 해당

표 6. 상류 유입량에 따른 BOD 예측 농도와 필요유량 (BOD 농도: mg/l, 유량: cms)

목표년도	1996년									2001년					
	1994년			환경기초시설 고려			환경기초시설 미고려			환경기초시설 고려			환경기초시설 미고려		
	방류 량	예측 농도	필요 유량	방류 량	예측 농도	필요 유량	방류 량	예측 농도	필요 유량	방류 량	예측 농도	필요 유량	방류 량	예측 농도	필요 유량
신 단 진(I)	5.0	0.9	4.0	5.0	0.9	4.0	5.0	0.9	4.0	5.0	0.9	4.0	5.0	0.9	4.0
부 강(II)	18.0	2.9	27.2	5.0	1.8	14.0	18.0	2.9	27.2	5.0	2.8	14.0	25.0	2.9	33.2
공 주(III)	21.0	2.9	37.3	5.0	2.7	21.6	22.0	2.9	38.4	9.0	3.0	26.0	29.0	2.9	46.2
부 여(IV)	18.0	2.9	28.1	5.0	2.8	15.1	19.0	3.0	29.3	8.0	3.0	18.1	26.0	3.0	36.2
강 경(V)	23.0	2.9	29.6	8.0	3.0	14.2	26.0	3.0	32.4	11.0	3.0	17.7	29.0	3.0	36.1

주) 대청댐 조정지 방류수의 수질(BOD)이 1mg/l라고 가정할 때

하는 유량을 필요유량으로 보았다. 이와 같은 과정을 거쳐 목표 년도별 환경기초시설이 계획대로 추진될 경우와 추진되지 않을 경우에 대해 구간별로 구하였으며, 각 구간의 목표수질을 만족하는 구간별 대표 지점의 필요유량을 나타내면 표 6과 같다.

표 6에서 보는 바와 같이 당초 계획대로 환경기초시설이 건설된다고 볼 경우, 1996년까지 유역 전체에 평균갈수량이 유입되는 자연하천 조건하에서 방류량이 5 cms만 되어도 강경을 제외한 전 지점에서 목표수질을 만족할 수 있다. 또한 2001년까지는 대청댐 조정지에서 유입되는 상류 유입량이 10 cms 정도만 되어도 강경을 제외한 전지점에서 목표수질을 만족할 수 있을 것으로 추정된다. 그러나 조정지 댐에서 이 유량으로 5~10 cms를 방류하여 조정지댐 하류에서 강경까지 구간의 하천수질이 충분히 만족한다 할지라도 조정지 댐에서 하류로 흘러주어야 할 방류량을 어느 정도로 할 것인지 검토가 이루어져야 할 것이다.

한편, 당초 계획대로 환경기초시설이 건설되지 않을 경우에 대청댐 조정지에서 유입되는 상류 유입량이 최대 30 cms 정도가 되어야 전 구간을 만족하는 목표수질이 유지될 수 있을 것이다. 이때의 각 대표지점별 필요유량은 4~46.2 cms 범위에 걸쳐 있다.

3.3 생태계를 고려한 필요유량의 결정

3.3.1 어류 조사

어류 조사는 1994년 6월~10월의 5개월 동안 매월 한번씩 현지에 가서 직접 실시하였다. 단지, 1994년 11월부터 1995년 1월까지의 과거에 주로 문헌에서 얻은 결과를 검토하였다. 어류 분포는 계

절에 따라 상당한 차이가 있기 때문에 1995년의 갈수기인 2~5월에도 현지조사를 계속했더라면 채집결과는 어느 정도 달라졌을 것으로 판단된다. 그것은 대체적으로 웅어, 상어, 빙어, 뱀어 무리, 그리고 납줄개아과에 속하는 어류와 뱀장어, 강주걱양태, 황복 등이 이 기간에 활동하는 어류들이기 때문이다(최기철, 1995).

조사 지점은 갑천 부근에서 강경에 이르기까지 4개 지점으로 선정하였다. 조정지 댐과 강경은 조사구간의 상하류 끝이고, 대전(신단진)과 강경은 하수배출에 의해 수질 등이 영향을 받은 곳이며, 어부를 만날 수 있을 것으로 판단되었기 때문이다. 부여와 공주를 택한 것도 같은 효과를 기대한 것이고 대체로 대전, 강경 사이를 3등분하는 위치에 있기 때문이다.

조사에 사용된 채집 도구는 주로 투망이며, 각 조사 지점에서 30번씩 채집하여 그 결과를 기준으로 하였고, 족대, 자망, 삼각 정치망, 또는 주낙 등을 보조 채집 도구로 사용하였다. 이번 조사에서 채집된 어종은 총 52종이다. 이 조사는 사실상 '94년 6월부터 10월에 이르기까지 매월 1회씩 4개 지점에서 민물고기를 채집한 것으로서 대체적으로 이 하천 구간에서 어류 분포를 대표하기에는 부족하나, 전체적인 조사 결과를 참고하여 많이 채집된 것을 우선 10종을 선정하였다.

3.3.2 대표 어종의 선정 및 서식처 수리 조건

지금까지 문헌 등을 통해 확인된 대청댐 조정지 하류 구간에 서식하는 어종은 78종이나 이번 조사에서 분포하는 것으로 확인된 어종은 52종이었다. 대표어종의 선정은 유량이 감소될 경우 한계 상황에서 가장 영향을 많이 받는 곳은 여울이기 때문에

표 7. 구간별 대표/대리어종과 생태적 요구 조건

구간	대표/대리어종	구역	수질 등급	하상 재료	수온	DO (mg/l)	산란기	산란처	수심 (cm)	유속 (cm/s)
I	참마자	갈겨니	2	모래, 자갈	20~30℃	6~9	5, 6월	평여울	30~50	5~70
II	피라미	피라미	2,3	자갈	20~30℃	5	6~8월	평여울	30~50	10~60
III	끄리	피라미	2,3	자갈	25℃내외	5	5,6월	평여울	50~100	10~50
IV	누치	피라미	2,3	모래, 자갈	20~30℃	5~7	5월	평여울	30~100	10~50
V, VI	치리	붕어	3	모래, 개펄	20~25℃	2~5	6, 7월	평여울	50내외	5~30

주) 어류학자들은 '하상재료 (bed material)' 대신 '저질 (substrate)'이라는 용어를 사용하기도 함

여울에서 주로 서식하고 산란하는 어종을 대상으로 하였다.

어류조사 결과를 바탕으로 대표어종 선정 원칙 (김규호 등, 1996)에 따라 대표어종과 대리어종으로 9종을 선정하였다. 조사된 결과를 바탕으로 금강 조사구간에서 구간별 대표어종을 선정하면 표 7과 같다. 이 대표어종의 생태적 요구 조건 및 서식처 수리 조건은 우리 나라 대표어종 및 대리어종의 생태적 요구 조건 및 서식처 수리 조건을 적용하였다.

한편, 대표어종과 관련된 서식처 수리 조건 조사 항목은 여러 가지가 있으나 어류 보전과 관련이 있는 수심과 유속을 중심으로 파악하였다. 그 동안의 문헌을 통해 조사된 대표어종의 성장단계별로 필요한 수심과 유속은 표 8과 같다. 대체적으로 대표어

종 9종에 대해 4계절을 통해 여울지역에서 수심이 30cm 이상, 유속은 약 60 cm/s 이하가 유지되어야 하는 것으로 나타났다. 또한 산란기는 대부분이 4월에서 7월까지이나, 은어의 경우는 10월까지 산란활동이 이루어지므로 대표어종의 산란기는 4월에서 10월까지 보았다.

3.3.3 한계 구간의 설정 및 조사

금강유역 본 연구 대상 구간에서 어류 서식처와 관련된 한계 구간을 선정하기 위해 상류 조정지 댐에서 하류 하구둑까지 하천의 구조적 특성을 조사하였다. I, II구간을 제외하고 조사 기간에 대부분의 조사 구간에서는 골재채취가 매우 활발하게 이루어지고 있어 사실상 자연하도 구간이 드문 상태였다. 이러한 골재채취로 인하여 인위적으로 여울이 형성된 구간도 있으나, 이러한 인위적 여울은 일시적인 하도 형상으로 보고 본 연구에서는 이를 고려하지 않았다. 또한 교량보수 목적이나 기타 골재채취 목적의 가교들이 축조되어 암거를 통해 하천수가 흐르는 곳에서는 어류가 이동하는데 지장을 주는 인위적인 장애물이 형성되고 있으나, 이것 역시 일시적인 현상으로 보고 고려하지 않았다.

본 연구에서 조사된 여울 지점과 인공암거 등의 위치는 I, II, III 구간을 중심으로 나타냈을 때 그림 4와 같다. 본 조사 구간 중에서 가장 큰 여울은 I구간에 있는 여울로서 폭이 300 m 내외, 길이가 30 m 이상이나 된다. 더구나 이 여울은 조사 구간 최상류에 위치하고 있어 이 지점을 대상으로 한계유량이 결정될 경우 이 하류에서 취수를 고려하더라도 지류유입이 있으므로 하류는 최소한 이 유량 이상의 하천유지유량이 보장될 수 있을 것으로 판단된다. 이와 같은 상황을 바탕으로 본 연구에서는 I구간의 여울을 어류 서식처를 고려한 필

표 8. 금강유역 대표어종/대리어종의 서식처 수리 조건

항목	수심 (cm)			유속 (cm/sec)		
	산란	치어	성어	산란	치어	성장
참마자	5~7월 (10~30)	여름~가을 (10~20)	봄~가을 (20~40)	5~10	20~30	30~70
피라미	4~5월 (10~20)	여름~가을 (10~30)	봄~가을 (20~50)	10~10	10~20	30~60
모래무지	5~6월 (10~30)	여름~가을 (10~30)	봄~가을 (20~50)	5~10	10~20	30~50
누치	5월 (20~70)	여름~가을 (10~50)	봄~가을 (30~200)	10~20	20~30	30~50
끄리	5~6월 (10~30)	여름~가을 (10~50)	봄~가을 (30~200)	10~20	20~30	30~50
붕어	5~6월 (20~50)	여름~가을 (10~40)	봄~가을 (30~200)	5~10	10~20	20~30
참붕어	5~6월 (10~30)	여름~가을 (10~20)	봄~가을 (30~50)	5~10	10~20	20~30
치리	6~7월 (20~40)	여름~가을 (20~60)	봄~가을 (30~100)	5~10	10~20	20~30
잉어	5~6월 (20~40)	여름~가을 (10~50)	봄~가을 (30~100)	5~10	10~20	20~30

주) 수심에서 위에 나타낸 숫자는 월을 나타낸 것이고, ()내 숫자는 수심(cm)을 표시한 것이다.

요유량을 결정하기 위한 대표 조사 지점 또는 한계 구간으로 선정하였다.

조사 당시 I구간의 여울은 약 27 cms의 유량에서 수심은 전반적으로 20~30 cm 정도, 유속은 30~60 cm/s 정도를 유지하고 있었으며, 수온은 하천수가 대부분이 조정지댐 방류수여서 낮은 상태였다. 하상재료는 주로 10 cm 내외의 자갈로 되어 있으며, 낚시꾼들이 누치 등을 상당수 잡고 있었다.

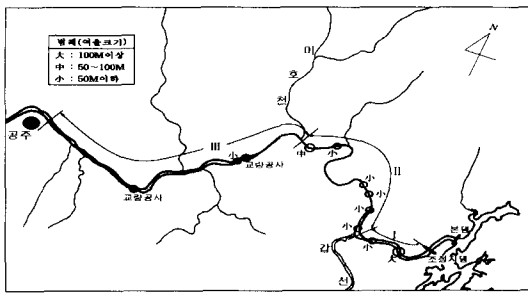


그림 4. 금강 유역 조사 지점 및 한계 구간의 여울 위치

3.3.4 필요유량의 결정

조사 당시의 측정 유량에 대한 수심 10~50 cm 범위내의 수심-유량관계를 표시하고, I구간의 대표어종은 갈겨니 구역의 참마자로서 한계수심은 30 cm이다. 이 수심에 해당하는 유량은 27 cms 정도가 되며, 평균유속은 0.45 m/s가 된다. 그리고 이 유속은 대표어종 참마자의 한계유속 70 cm/s를 초과하지 않는다.

따라서, 금강유역 조사구간에서 어류서식처를 위한 필요유량은 I구간에서 27 cms 정도로 추정되나, 관련자료의 신뢰도를 고려하면 30 cms로 간주하는 것이 좋을 것이다. 기타 II, III, IV구간에서도 30 cms 정도면 충분할 것으로 판단되고, V, VI구간에서는 하구둑에 의해 상시 '웅덩이(沼)'를 형성하므로 어류서식처를 위한 필요유량을 따로 설정할 필요가 없는 것으로 사료된다.

결국, 본 연구에서는 금강 유역 조사 구간 I, II, III, IV구간 모두에 대해 어류 서식처를 고려한 필요유량은 30 cms로 결정하며, 나머지 V, VI구

간은 따로 정하지 않는다.

3.4 경관을 고려한 필요유량의 결정

3.4.1 대상 구간 및 시점장

본 연구의 적용 구간은 대청댐 조정지에서 강경까지로 하천 경관을 위한 필요유량의 산정 구간도 대상구간에 맞추어 5개구간으로 구분하였다. 즉 ① 조정지에서 갑천 합류점, ② 갑천 합류점에서 미호천 합류점, ③ 미호천 합류점에서 공주, ④ 공주에서 규암, 그리고 ⑤ 규암에서 강경까지 5개구간이다.

기본적으로 사람의 왕래가 잦은 곳을 시점장으로 채택하고, 수면 경관이 수려한 구간을 경관 대상으로 삼기 위해 연구 대상 구간을 하천을 따라 도보, 차량, 또는 고무보트를 이용하여 직접 답사하였다. 조사 지점은 주로 제방, 교량, 전망대, 정자, 그리고 주요 하천시설물 등을 대상으로 하였고, 경관 대상은 수면이 수려한 곳, 하천내 섬(河中島), 여울, 웅덩이(沼), 그리고 사진 작가와 화가들의 작품 대상지가 되는 곳 등을 조사하였다. 그 결과 금강유역을 대표할 수 있는 대상 구간은 ① 공주시를 포함하는 구간과 ② 부여 낙화암을 포함하는 구간을 선정하였다. 시점장은 공주구간의 경우 공산성 동북루, 부여 구간의 경우 부소산 낙화암 백화정을 선정하였으며, 경관 대상은 수면 경관으로 하였다.

3.4.2 필요유량의 산정 및 검토

금강유역에서 경관과 유량과의 관계를 평가하는 방법은 조사지점인 시점장을 찾는 사람들을 대상으로 설문조사하는 방법과 분류법의 한 형태라 할 수 있는 걸보기 수면폭 대비 하폭(W/B) 방법(우효섭과 김규호, 1995)을 함께 적용하여 평가하였다. 이와 같은 설문조사 방법에 의한 평가를 바탕으로 경관 조사 항목별로 해당 유량을 산출한 후 가장 큰 값을 경관을 고려한 필요유량으로 결정하였다.

구간별 필요유량은 상류인 I, II구간은 선정된 조사 지점이 없어 설정하지 않았고, 대략 중류 구간인 III구간은 공주 조사 지점에서 25.5 cms, 부

여를 포함하는 IV구간은 낙화암 백화정 조사 지점에서 27.3 cms가 각각 산정되었다. 그리고 최하류인 V구간은 하구둑 배수위에 의해 거의 저수지를 이루는 구간으로서 특별히 경관에 필요한 필요유량을 설정하지 않았다.

이와 같이 설정된 두 구간에서 필요유량은 각각 공주가 25.5 cms, 부여가 27.3 cms로서 현재와 같은 자연하천을 이루는 상태를 반영하여 결정된 유량들이다. 대체적으로 이 유량은 현재의 평균갈수량을 약간 넘는 값으로서 경관에 필요한 필요유량이 4계절을 유지해야 한다고 보면 평균갈수량 이하의 유량이 흐르는 기간은 만족하기 어려울 것이다. 또한 앞으로 본 연구 대상 구간에서 새로운 하천정비사업이 이루어질 경우 하상단면 뿐만 아니라 수면폭에 상당한 변화가 이루어지고 하상단면이 고정화될 가능성이 있어 경관에 필요한 필요유량은 달라지게 될 것이다.

3.5 수상이용을 고려한 필요유량의 결정

금강유역의 필요유량 산정에 필요한 수상이용 특성을 조사하기 위하여 대청댐 조정지 하류에서 강경까지 현지답사 및 탐문조사를 2회에 걸쳐 실시하였다. 그리고 현지 지역 주민 및 선박 운항자들의 의견을 통해 필요한 사항을 조사하였다.

3.5.1 수운을 고려한 필요유량

수운 이용 실태는 다음과 같고 기본적으로 자연하도를 바탕으로 하는 금강 유역의 수운을 위한 수리 조건은 아래와 같이 조사된 내용을 이용하였다.

(1) 낙화암에서 관광용 유람선(선착장 및 바지선 포함)을 운영하고, 백제교 하류에서는 어선이 운행되고 있다. 유람선의 최소 흘수는 1.20 m이고 배가 강바닥에 닿지 않고 안정적으로 운항할 수 있는 필요수심은 1.50 m 정도이다. 대체적으로 측정된 유량을 비교할 때 규암 수위관측소는 하구둑의 배수 효과에 의해 유람선 운항에 필요한 수심이 대체적으로 안정적으로 유지되고 있다.

(2) 강경대교 근처에서 수상스키와 물놀이가 이루어지고 있었다. 여름에 일부 수상스키와 낚시와 같은 물놀이가 이루어지고 있으나 수심 감소와 수

로폭 부족으로 인한 장애는 거의 없는 것으로 판단된다.

이와 같은 조사를 바탕으로 수운을 위한 필요유량은 수운이 이루어지고 있는 IV구간은 현상태의 자연 하도 방식의 수운을 반영하여 30 cms를 필요유량으로 설정하였다. 그리고 나머지 일반 구간 중에서 V구간은 하구둑 수위 상승효과와 IV구간에서 공급되는 유량을 감안하여 30 cms 이하로 하도 하구둑 수위와 관련하여 필요유량은 30 cms로 결정한다. 한편 I, II, III구간은 기본적으로 자연하도 방식에 의한 수운의 필요성이 크게 대두되지 않는 구간으로서 특별히 수운에 필요한 유량을 지정하지 않는다.

3.5.2 여가활동을 고려한 필요유량의 결정

본 연구 대상 구간 내에서 행해지고 있고 앞으로 주로 행해질 여가활동은 주로 물에서 직접 이루어지는 여가활동이 주류를 이루고 있으며, 그 항목은 표 9와 같다. 이 여가활동은 직접 조사에 의해 얻어진 활동과 하천개발 방향에서 설정된 것을 위주로 정리한 것들이다.

표 9. 금강유역에서 이루어지는 주요 여가활동

활동범위 활동방식	물에서 직접 이루어지는 활동	물에 접근하여 이루어지는 활동	물과 직접적인 관계 없이 하천부지에서 이루어지는 활동
보존성 활동	야생 및 수생생물 관찰 환경조사 및 연구	좌 등	좌 등
수동적 활동	낚시 등	캠핑, 산책 등	소규모 운동 시설
적극적 활동	수영 및 떡갈기, 천렵, 보트타기, 수상스키		미개발 하천

여가활동과 관련된 수리 조건의 조사 방법은 주로 단일 구간 조사 방법과 중분법에 제시된 방법을 혼용하여 적용하였다. 그리고 금강유역의 일부 구간에 적용하기보다는 전구간을 5개구간으로 구분하여 조사하였으며, 이에 소요되는 필요유량은 하천유지유량을 결정하는데 이용하였다. 선정된 여가활동에 대해 필요한 수심과 유속의 수리 조건은 해당 여가활동이 이루어질 수 있기 위한 수심과 유속을 최소, 최대, 그리고 최적으로 구분되어 있는 기준(Hyra, 1978; 우효섭과 김규호, 1995)을 선정

표 10. 구간별 하도 특성에 따른 필요유량 계산

구간	(1) 1/n	(2) 수심 × 하폭 A (㎡)	(3) [(2/P) ³] ^{0.149} R ^{2.7}	(4) 1/n	(5)= {(1)×(2)×(3)×(4)} Q (cms)	(6) 설정유량 Q (cms)	비고
I	33.3	3.5~18.5+	0.37~1.03	0.0149	0.6~9.5+	9.5~75.2+	왕복하폭* 취수보폭**
		25.3~134.2+	0.37~1.13		4.6~75.2+		
II	33.3	3.5~18.5+	0.37~1.03	0.0144	0.6~9.1+	9.1~85.8+	
		29.9~158.6+	0.37~1.13		5.3~85.9+		
III	37.0	3.5~18.5+	0.37~1.03	0.0139	0.7~9.8+	9.8~106.4+	
		34.5~183.0+	0.37~1.13		6.6~106.4+		
IV	38.5	9.3~41.6+	0.68~1.59	0.0137	3.3~34.9+	34.9~414.1+	
		91.5~411.0+	0.72~1.91		35.7~414.1+		
V	40.0	9.3~41.6+	0.68~1.59	0.0131	3.3~34.7+	34.7~430.6+	
		95.8~430.2+	0.72~1.91		36.1~430.6+		

주) *는 보트가 동시에 왕래할 수 있는 하폭 15.2m, **는 금강종합개발기본계획보고서(1992)의 각 구간별 최저 취수로 하폭을 기준으로 한 것임

하였다. 이 수리 조건을 각 여가활동 범위 내에서 결정하고, 이에 따라 필요유량을 구간별로 산정하면 표 10과 같다.

3.6 기타 항목을 고려한 필요유량의 결정

3.6.1 염해방지

건설부의 금강수계 종합정비계획(II)(1988), 충청남도의 금강종합개발기본계획 보고서(1992) 등에 따르면 대청댐 조정지에서 하구둑까지 하류 구간의 하천유지유량으로 30 cms를 고시하였으며, 이것은 대청댐 상시방류량으로 지정되어 있다. 이 염해방지 유량은 그 동안 ① 각종용수의 수질 즉, 염분농도 개선 등, ② 취수지점의 하류 이전, ③ 염수 침입 구간 상류의 수량 유지로 생태계 및 기타 기능보호 등에 어느 정도 기여하였다. 그러나 현재는 ① 자연하천에서 염수침입방지를 위한 하천유지유량과 취수량의 관계에 명확한 결과를 찾기 어렵고, ② 1989년에 완성된 금강 하구둑으로 인해 하구 염수침입이 근본적으로 억제된 상태여서 지정된 30 cms의 하천유지유량은 유명 무실하게 되었다. 따라서 본 연구에서는 이 유량을 해당 구간의 참고치로 이용하였다.

3.6.2 하구 막힘 및 기타

금강유역은 하구 막힘으로 인한 장애가 발생하지 않는 것으로 조사되었으며, 실제로 하구막힘 방지를 위한 필요유량은 구체적인 기능을 발휘하기 어렵고 하구에 건설된 도류체가 근본적으로 하구 막힘을 방지하고 있을 뿐만 아니라 하구둑 건설로 인

해 하구의 평균수위는 담수만으로 유지되어 사실상 저하된 상태이다. 따라서 이 항목과 관련된 필요유량은 고려하지 않는다. 또한 현재까지 필요유량 산정 방법이 개발되어 있지 않음 뿐만 아니라 그 필요성도 적어서 하천관리시설이 수심의 변화에 따라 부식되거나 손패되는 현상을 감소시키기 위한 하천관리시설 보호용 필요유량, 그리고 하천변 지하수 취수 등에 지장을 초래하지 않는 지하수위 유지용 필요유량은 고려하지 않았다.

4. 하천유지유량/하천관리유량의 결정

각 항목별로 결정된 필요유량과 각종 이수유량 및 지류유입량을 고려하여 하도구간 및 대표지점의 하천유지유량/하천관리유량을 결정한다. 특히 현재를 기준으로 목표 년도에 따라 달라질 수 있는 수질보전대책, 즉 환경기초시설의 완성여부에 따른 하천유지유량/하천관리유량을 결정하여 제시하였다.

4.1 하천유지유량/하천관리유량의 산정

하천유지유량/하천관리유량의 정의와 산정 방법의 개념에 따라 갈수량, 수질보전, 하천 생태계(어류), 하천 경관, 수상이용, 그리고 기타 항목을 각각 만족하는 필요유량을 비교·검토하여 하천유지유량 결정 항목 9가지 요소를 공통으로 만족시키는 유량을 구간별, 목표 년도별로 결정한다. 금강유역에 대해 구분된 5개 각 구간별로 결정된 하천유지유량과 구간내 이수유량을 고려하여 주요 구간 및 지점별로 하천관리에 필요한 하천관리유량을 산정한다.

4.1.1 이수유량의 조사

금강유역의 본 연구 대상구간에서 이수량은 1992년까지 허가된 구간별로 이수유량(주로 최대 취수량 또는 취수 허가량)을 조사하여 이용하였다. 그러나, 1992년부터 현재까지 허가된 구간별 이수유량은 얻을 수가 없었으며, 목표 년도인 1996, 2001년의 용수수요에 따른 취수예상지점 및 취수량을 판단하기 어려워 수질보전을 위한 필요유량 산정 등에는 1992년까지의 취수허가량이 입력자료

로 사용되었다. 한편, 이수유량 중에서 농업용수는 보통 4월에서 9월까지가 취수기간이고 나머지 생공용수는 연중 4계절 동안 지속적으로 취수되는 유량으로 보았다.

지류의 유입량은 평균갈수량으로 하였으며, 미계측 구간에 대해서는 금강유역 갈수량 특성 조사에서 얻은 유역면적 대 평균갈수량으로 산정된 비유량에 의해 추정하여 사용하였다. 구간에 따라 유입되는 지류 유입량은 기본적으로 대청댐 건설 이전의 자연유량에 의해 산정된 평균갈수량을 적용하였다. 대청댐 조정지에서 추정되는 대청댐 건설 이전의 자연상태에서 평균갈수량은 11.4 cms이고, 각 지류의 유입량 추정치는 지류의 유입방향에 따라 나타났다. 단지, 미호천과 갑천의 지류유입량은 평균갈수량이 아닌 본 연구 기간 동안 측정된 4회 갈수기 유량을 평균한 값을 이용하였다. 이 두 지천 유역에는 청주시와 대전광역시 각각 위치하면서 대청댐에서 광역상수에 의해 공급되는 생.공.농업용수가 회귀수로서 상당한 역할을 하고 있다. 이와 같이 측정된 하천유량을 자연 상태의 갈수량으로 보는 것은 적절하지 못하지만, 이 회귀수는 거의 연중 일정한 양이 하수처리장에서 방류되고 있어서 본류에 꾸준히 유입될 수 있는 유량으로 수질, 생태계, 하천경관, 수상위락 등 본류의 하천 기능에 직접적으로 영향을 미치고 있기 때문이다.

평균갈수량을 기준으로 지류유입량 및 구간 잔류유역 유입량, 그리고 각종 이수유량을 설정하여 전 구간에 따라 도시한 것이 그림 5이다. 이 그림에는 각 구간에서 선정된 대표지점과 지류 유입지점을 중심으로 표시하였으며, 대표지점 상하류의 위치와 취수 지점을 명확히 구분하여 구간 필요유량을 산정할 수 있도록 하였다.

4.1.2 조사지점별 필요유량의 산정

조사지점별 필요유량은 어떤 하도구간내 각 항목별 필요유량을 보다 정확히 산정하고자 할 때 구간에서 다수의 조사지점을 선정하여 산정한다. 즉, 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위한 9개 주요 항목에 맞는 필요유량을 산정하기 위해 선정된 구간내 다수의 조사지점에 대한 필요유량을 산정하여 조사구간의 필요유량으로 설정한다. 그러나, 본 연구에서는 각 항목별 필요유량을 산정하여 제시한 바와 같이 5개구간의 필요유량은 간략법을 이용하였다. 이것은 금강유역에서 본 연구 대상 구간이 대체적으로 자연 상태의 하천을 유지하고 있고, 다음과 같은 특성과 한계를 가지고 있었기 때문이다. 즉, ① 본 연구 대상 구간에서 구분된 하도 구간이 각각 어느 정도의 수리.수문학적 동질성을 갖고 있는 것으로 판단되었다. ② 구간내 다수 조사 지점을 설정하여 상세하게 구분하여 조사하기가 어렵고

구 간	VI	V	IV	III	II	I
취수량(↑), 유입량(↓) (cms)		금 천 0.8 0.021 ↓ ↑	지 유 구 천 천 1.99 1.0 1.14 1.1 ↑ ↓ ↑ ↓	미 호 천 1.13 12.4 ↑ ↓	1.1 0.28 ↑ ↑	0.72 ↑
하 도	■	◎	◎	◎	◎	◎ ■
취수량(↓), 유입량(↑) (cms)		↑ ↑ 1.9 0.6 논 석 산 성 천 천	↓ 5.97	↓ 1.78	↓ ↓ ↑ 0.01 0.04 8.8 천	↓ 0.92
대표지점	하 구 둑	강 경	부 여	공 주	부 강	신 탄 진 조 정 지

주) 1) 대청댐 하류 본류연안 취수시설 및 수해상습지역 조사보고서(1992)
2) 금강유역 대청댐 및 하구둑의 효율적 관리방안(1992)
3) 금강유역 조사 보고서(1995)

그림 5. 구간내 지류 유입량 및 취수 허가량의 종단변화

조사할 필요성도 대두되지 않았다. ③ 구간마다 대규모 취수와 유량 전환이 이루어지지 않고 있어서 한 두개의 조사 지점 필요유량으로도 구간을 대표할 수 있다고 판단되었다. 그리고 ④ 김규호 등(1996)에 제시된 간략법으로 산정한 각 항목별 필요유량은 각종 지류유입량과 이수유량이 현실적으로 고려된 상태에서 설정된 유량으로 보아도 큰 문제점이 없는 것으로 판단되었다.

4.1.3 필요유량 및 하천유지유량의 산정

각 항목별로 산정된 구간별 필요유량을 정리하면 표 11과 같다. 이 표에서 수질보전을 위한 필요유량은 하천에 유입되는 오염부하량을 저감하기 위한 환경기초시설이 목표 년도에 완성되어 진다고 보는 경우와 완성되지 않을 경우에는 상당한 차이가 나고 있음을 알 수 있다. 하천의 자연적 기능을 유지하기 위한 필요유량은 대체적으로 수질이 깨끗한 상류구간에서는 생태계가 지배적이고, 중류에서는 수질보전, 생태계 보전, 그리고 하천경관 유지를 위한 필요유량이 큰 인자이며, 하류에서는 수질과 수상이용이 하천유지유량에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이와 같이 산정된 구간별 필요유량 최대치와 추정된 평균갈수량을 비교하여 큰 값을 구간 하천유지유량으로 결정하였으며 이것을 나타내면 표 12와 같다. 대체적으로 금강유역 조정지점 직하류에서 강경까지 구간별로 산정된 하천유지유량은 30.

표 11. 항목별 구간 필요유량 산정 결과 (단위: cms)

구 간	평균 갈수량	수질 보전(목표 년도)			생태계	하천 경관	수상 이용	기 타
		1994년	1996년	2001년				
I	11.5	4.0 (4.0)	4.0 (4.0)	30.0	-	9.5	-	
II	13.6	27.2	14.0 (27.2)	14.0 (33.2)	30.0	-	9.1	
III	18.3	37.3	21.6 (38.4)	26.0 (46.2)	30.0	25.5	9.8	
IV	21.2	28.1	15.1 (29.3)	18.1 (36.2)	30.0	27.3	34.9	
V	22.9	29.6	14.2 (32.4)	17.7 (36.1)	-	-	34.7	

- 주) 1) 평균갈수량은 비유량에 의해 대표지점 하류단에서 산정된 값임
 2) 수질보전 필요유량은 목표 년도별 환경기초시설을 고려한 경우이고, ()안은 환경기초시설을 고려하지 않은 경우의 필요유량임
 3) 생태계는 I 구간을 기본으로 나머지 구간 필요유량이 설정됨
 4) 수상이용은 물놀이에 필요한 유량이 주로 차지하고 있음
 5) 기타 항목별 필요유량은 기존 염수침입방지 용수(30 cms)를 말함

표 12. 구간별 필요유량과 평균갈수량에 의한 하천유지유량 (단위: cms)

목표 년도 구간	1994년	1996년		2001년		평균 갈수량	주요 관련항목
		환경기 초시설 고려	환경기 초시설 미고려	환경기 초시설 고려	환경기 초시설 미고려		
		I	30.0	30.0	30.0		
II	30.0	30.0	30.0	30.0	33.2	13.6	생태계, 수질
III	37.3	30.0	38.4	30.0	46.2	18.3	생태계, 수질
IV	34.9	34.9	34.9	34.9	36.2	21.2	수질, 수상이용
V	34.7	34.7	34.7	34.7	36.1	22.9	수질, 수상이용

주) 항목별 필요유량 중에서 최대치와 갈수량을 비교하여 더 큰 값이 하천유지유량임.

0~46.2 cms의 범위에 걸쳐 있으며 이 유량은 대부분이 대표지점의 평균갈수량을 훨씬 웃돈다. 특히 모든 지류에서 평균갈수량이 유입되는 상태를 전제로 한 것으로 대청댐 조정지에서 자연상태의 유입되는 평균갈수량이 11.4 cms인 점을 감안하면 하천의 자연적 기능보다 인위적 기능에 필요한 유량이 지배적임을 알 수 있다.

4.1.4 대표지점 하천관리유량의 산정

하천관리유량은 대표지점에서 설정된 구간별 하천유지유량과 대표지점 사이에서 발생하는 지류 유입량 및 이수유량을 만족하는 유량이다. 따라서 구간별 하천유지유량을 바탕으로 대표지점 간의 지류 유입량 및 이수유량을 고려하여 종단적으로 조합함으로써 적절한 양이 설정되도록 전체 하도구간을 만족할 수 있도록 한다. 또한 대표지점 간의 하천 유입량 및 취수량 등에 의한 정확하고 합당한 물수지가 이루어지도록 전체 구간의 필요유량을 만족하는 하천관리유량을 설정한다. 그림 6은 1994년 현재 오염부하량을 저감하기 위한 환경기초시설 미고려시 대표지점 사이의 이수유량과 지류유입량, 그리고 앞에서 산정된 하천유지유량을 고려하여 하천관리유량을 산정한 예이다. 이와 같은 방법으로 산정된 목표 년도별 하천관리유량은 표 13과 같다. 이 표에서 2001년 환경기초시설 미고려시를 제외하고는 하천관리유량이 모두 같게 나타났다.

4.1.5 하천유지유량/하천관리유량의 분석

지금까지 제시된 하천유지유량과 하천관리유량을 살펴보면, 대청댐 조정지에서 감천 합류 전까지

대표 지점	강경	부여	공주	부강	신탄진	
구간 하천유지유량	34.7	34.9	37.3	30.0	30.0	
지점간 유입량	3.3	2.1	12.4	8.8	0.0	
지점간 취수량 등	0.0	9.1	4.0	0.3	1.6	
기준 지점	V 구간	[35]	31	38	30	22
	IV 구간		[35]	42	34	25
	III 구간			[37]	29	20
	II 구간				[30]	22
	I 구간					[30]
대표지점 하천관리유량	35	35	42	34	30	

그림 6. 하천유지유량 및 하천관리유량 계산(1994년)

표 13. 목표 년도별 대표지점의 하천관리유량
(단위: cms)

대표 지점	목표 년도	1996년		2001년		비 고
		고려	미고려	고려	미고려	
신탄진	1994년	30	30	30	30	
부 강		34	34	34	38	
공 주		42	42	42	46	
부 여		35	35	35	36	
강 경		35	35	35	36	

주) 1996, 2001년은 환경기초시설 완비 여부를 고려한 것임

는 하천 생태계를 위한 하천유지유량이 비교적 크게 산정되었으며, 나머지 구간은 일차적으로 수질 보전에 필요한 하천유지유량과 기타 항목이 혼합되어 산정되었다. 이것은 비록 금강유역이 아직까지는 거의 자연 상태에 가까운 하천을 유지하고 있어서 수질을 제외한 항목의 필요유량이 상당한 역할을 한 것으로 판단된다. 그러나, 앞으로 유역 개발에 따라 오염부하량이 증대되고 하천개발에 따른 자연적 기능의 저하가 발생할 것으로 예상되는 바, 수질과 관련된 하천유지유량이 큰 비중을 차지할 것으로 판단된다.

표 13에서 보는 바와 같이 1994년을 기준으로 2001년 환경기초시설을 고려할 경우에 비해 2001년 환경기초시설을 고려하지 않는 경우는 수질보전을 위한 필요유량이 하천유지유량을 지배하여 그 값이 상당히 커진다. 이것은 최근에 사회적으로 문제시되고 있는 하천수 오염을 위한 회석용수 개념의 하천유지유량은 기본적으로 하천에 유입되는 오염부하량을 저감할 수 있는 대책, 즉 수질보전을 위한 환경기초시설을 설치하는 대책이 필요함을 나

타내고 있다.

4.2 하천유지유량/하천관리유량의 고찰

지금까지 금강유역 대청댐 조정지에서 강경까지의 본류구간, 약 98 km에 이르는 구간을 분할하여 5개구간 및 5개 대표지점을 기준으로 하천유지유량과 하천관리유량을 산정하였다. 또한 금강유역에서 대청댐 조정지 상류의 오염부하를 제외한 하류 구간의 오염부하에 대한 목표 년도별 환경기초시설의 완성여부에 따라 구간 및 대표지점의 수질 보전 등에 대한 필요유량을 산정하고, 그에 따라 하천유지유량을 산정하였으며, 산정된 하천유지유량에 이수유량과 지류 유입량을 고려하여 대표지점별 하천관리유량을 산정하였다.

이와 같은 하천유지유량/하천관리유량 산정 방법과 절차는 그 동안 국내에서는 시도되지 않은 방법으로서 하천의 자연 및 인위적 기능을 비교적 상세하게 고려하여 각 기능을 유지하는데 필요한 유량을 산정할 수가 있었다. 따라서 하천이 주는 자연적 혜택뿐만 아니라 인위적 효과까지 고려하는 하천유지유량은 하천을 보전과 개발을 병행할 수 있는 기준으로 활용될 수 있을 것이다.

한편, 하천관리유량은 기본적으로 현재 상태의 취수 허가량과 자연 상태의 평균갈수량 유입(특히 수질보전에 적용됨)을 전제 조건으로 설정된 것이다. 따라서 새로운 취수허가가 요구되는 경우에는 해당 지점을 정확히 파악하여 하천관리유량을 재산정하여야 할 것이다. 또한 수질보전을 위한 필요유량에 의해 하천유지유량이 지배되어 결정되고 이에 따라 하천관리유량이 산정된 경우에는 평균갈수량을 기준으로 검토할 수 있으며, 수질보전대책의 추진 정도에 따라 약간씩은 달라질 수 있다. 반면에, 수질보전 이외의 항목에 의한 필요유량에 의해 하천유지유량이 결정된 경우에는 그 기능이 유지되는 계절적 기간을 판단하여 하천유지유량의 유지기간을 계절이나 연중 특정 기간을 설정할 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 김규호 등(1996)에 의해 개발된 하천

유지유량 결정 방법을 금강유역 본류 구간(대청댐 조정지에서 강경까지)에 적용하여 항목별 필요유량, 그리고 5개구간 및 대표지점에 대한 하천유지유량과 하천관리유량을 산정하여 제시한 것이다. 본 연구를 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 금강유역 본류 구간에서 하천의 정상적인 기능 유지에 필요한 하천 갈수량, 하천수질 보전, 생태계 보전, 하천 경관, 수온과 물놀이, 그리고 기타 항목에 대한 필요유량과 하천유지유량을 5개구간별로 산정한 결과, 대체적으로 자연상태를 유지하고 있는 상류 구간은 생태계 보전 등과 같은 하천의 자연적 기능 유지에 필요한 유량이 지배적이었고, 하류는 수질 악화에 따른 수질 보전과 수상이용 등과 같은 인위적 기능 유지에 필요한 유량이 지배적인 것으로 나타났다.

(2) 1994년부터 2001년 환경기초시설을 고려할 경우까지 목표 년도별 하천유지유량은 30~38 cms, 하천관리유량은 30~42 cms로 비슷한 값으로 추정되지만, 2001년 환경기초시설을 고려하지 않는 경우는 수질보전을 위한 필요유량이 하천유지유량에 큰 영향을 미쳐 하천유지유량은 30~46 cms, 하천관리유량도 30~46 cms로 상대적으로 커지는 것으로 나타났다. 이것은 목표 년도에 따라 수질보전에 필요한 유량이 지배적인 구간에서 환경기초시설 완비 여부에 따라 하천유지유량과 하천관리유량이 큰 차이를 보이는 것으로 환경기초시설에 의한 수질보전과 수량관리가 시급함을 나타낸다고 할 수 있다.

(3) 하천유지유량 결정 방법을 금강 유역 직할 하천구간에 적용하여 본 결과, 개발된 방법은 우리나라 하천중 직할 하천에 구체적으로 적용할 수 있고, 하천관리자가 하천 취수 허가와 하천유지유량 등과 같은 하천관리를 보다 효율적으로 수행할 수 있는 기준을 제공할 수 있을 것이다. 특히 금강유역의 특정 지점에 한해 산정·고시되는 기존 하천유지유량을 특정 하도구간과 대표지점에 대해 필요유량, 하천유지유량, 그리고 하천관리유량을 산정하여 제시함으로써 효율적인 하천관리가 가능할 것으로 판단된다.

(4) 본 연구에서 지류 유입량 및 수질예측모형

의 유입량으로 사용된 평균갈수량은 대체적으로 중대하천의 직할하천 구간에 하천유지유량의 최소 기준으로 적용되었지만, 댐 등과 같은 유량 조절시설이 없는 중소하천에서는 평균갈수량을 하천유지유량의 최소 기준으로 삼기에는 무리가 따르는바 기준갈수량과 특정 기준유량 등에 대한 검토가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 1994~5년에 한국수자원공사에서 한국건설기술연구원에 의뢰한 '하천관리를 위한 하천유지유량 결정 방법의 개발'의 연구 성과중 중요한 부분만을 재구성한 것으로서 이 연구를 지원해준 한국수자원공사 관계자들에게 심심한 사의를 표한다.

참 고 문 헌

- 금강권역 오염원 현황. (1994). 환경부 금강수계관리청, 대전.
- 금강 대립역 수질보전계획. (1992). 환경처 수질보전국.
- 금강수계 종합정비계획(II). (1988). 건설부 수자원국.
- 금강수계 홍수량 측정조사 보고서. (1991~1993). 건설부 금강홍수통제소.
- 금강유역 대청댐 및 하구둑의 효율적인 관리 방안. (1992). 한국수자원공사 댐운영처.
- 금강유역 조사 보고서. (1995). 한국수자원공사 조사계획처.
- 금강종합개발기본계획 보고서. (1992). 충청남도.
- 김규호, 이진원, 홍일표, 우효섭 (1996). "하천유지유량 결정 방법의 개발 및 적용: I. 산정 방법." 한국수자원학회지, 제29권, 제4호, pp. 161-176.
- 다목적 댐 수질조사 보고서. (1992, 1993). 한국수자원공사 조사계획처.
- 대청댐 하류 본류 연안 취수시설 및 수해상습지역 조사 보고서. (1992). 한국수자원공사 댐운영처.
- 서동일 (1995). "지수시 수질측정 및 오염부하량 산정." 건기연 '95 용역 보고서, 충남대학교 산업기술연구소.

- 우효섭, 김규호 (1995). "하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용." IPD-95-2 연구보고서 및 부록, 한국수자원공사, 조사계획처.
- 정성원 (1994). "수자원관리기법 개발 연구 조사: 부록. 수위유량 관계 곡선 자료집." 연구보고서, 건설부 수자원국.
- 최기철 (1995). "하천관리를 위한 어류 서식처 구조에 관한 조사." 건기연 '95 용역보고서, 민물고기보전협회.
- Brown, L.C., and Barnwell, T.O., Jr. (1987). "The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and user manual." EPA/600/3-87/007, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia..
- Hyra, R. (1978). "Methods of assessing instream flows for recreation." *Instream Flow Information Paper No. 6, FWS/OBS-78/34*, Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado.
- Standard methods for the examination of water and wastewater.* (1993). APHA-AWWA-WPCF, New York.

〈접수: 1996년 4월 9일〉