

# 하천수질에 따른 낙동강유역의 하천유지유량의 결정

정일환\* · 지흥기\*\* · 이순탁\*\*

## 1. 서론

낙동강은 하구둑 건설 이후에 하류의 염수침해를 방지하고 용수공급도 원활하게 되었으나 상류유역의 급속한 도시화와 산업화로 인하여 생활하수 및 산업폐수의 무분별한 방류로 수질오염문제가 더욱 심화되어 수자원의 심각한 수질악화를 초래하게 되었다. 그러므로 수질오염을 방지하고 정해진 수질기준에 부합되는 양질의 수자원 확보와 더불어 자연생태계를 보전하기 위한 적절한 하천관리가 요구되고 있다.

일반적으로 하천으로서의 정상적인 기능을 유지하는데 필요한 최소한의 가용유량(minimum acceptable flows)은 하천의 수질을 개선시키는데 중요한 요소로서 유역의 토지이용실태와 장래 개발방향을 파악하고 관계법령에 따른 하천수질기준과 공공수역의 수질악화와 관련된 환경기준에 따라서 결정되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 낙동강의 주요지점에 대하여 환경기준치와 부합되는 수질을 도모할 수 있는 환경보전유량을 산정하고 하천유지유량으로 결정하고자 한다.

## 2. 하천유지용수의 정의

하천의 제 기능을 충족시키기 위한 최소한의 유량인 하천관리유량(management flow :  $Q_M$ )은 비소비성인 하천유지유량( $Q_m$ )과 소비성 이수유량( $Q_c$ )으로 구성된다.

$$Q_M = Q_m + Q_c \quad (2.1)$$

또한 하천유지용수는 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하고 용수수요와 공급의 측면을 다 만족하는 유량을 의미하며, 환경보전유량은 하천환경의 적절한 관리를 위하여 수질보전, 하천관리시설의 보전, 지하수위의 유지 및 하천생태계의 보전 등에 필요한 유량을 종합적으로 고려한 유량이다. 그러므로 하천유지용수량(maintenance flow :  $Q_m$ )은 그림 2.1과 같이 기존의 하천에서 항상 흐를수 있다고 인식되는 평균갈수량(mean drought flow :  $Q_D$ )과 환경보전유량(environmental conservation flow :  $Q_E$ )을 비교하여 그 중에서 큰값을 채택토록 한다.

$$Q_m = \max(Q_D, Q_E) \quad (2.2)$$

이수유량은 하천유역의 주요 지점에서 생활용수(domestic water :  $Q_d$ ), 공업용수(industrial water :  $Q_i$ ), 농업용수(agricultural water :  $Q_a$ ) 등의 소비유량(consumptive flow :  $Q_c$ )을 말하며, 이 이수유량은 장래 하천유역의 개발과 산업발달에 따른 용수수요량의 예측과 공급 그리고 수자원 이용을 극대화하는데 필요한 수량으로서 다음 식(2.3)과 같다.

$$Q_c = Q_d + Q_i + Q_a \quad (2.3)$$

\* 영남대학교 대학원 박사과정

\*\* 영남대학교 교수

이와같이 하천관리유량의 산정은 우선 기준지점의 평균갈수량과 환경유량을 비교하여 큰 값을 하천유지유량으로 결정한 다음 이수유량을 더함으로써 결정할 수 있으며 하천유지유량을 결정하기 위하여 본 연구에서는 하천의 저수시 유역의 수질특성을 조사하고 수체내에서 발생하는 물리, 화학, 생물학적 제 현상을 수질관리모형을 이용하여 해석적으로 분석토록 한다.

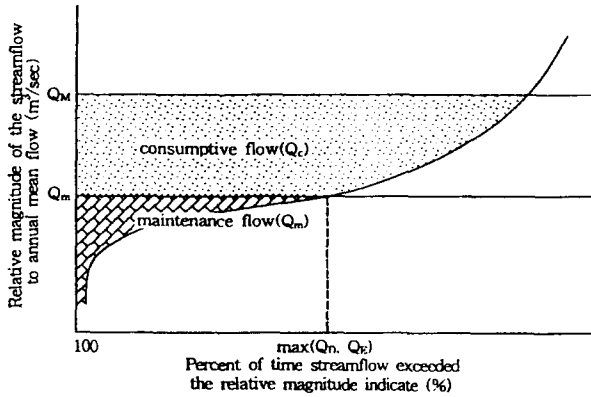


그림 2. 1 하천관리유량의 구성성분

### 3. 분석유역의 개황 및 특성

본 연구에서는 점오염원에 의한 낙동강 하구에 미치는 영향을 분석하기 위하여 낙동강 수계 중에서 가장 오염도가 심한 금호강 및 주요 지류들을 연구대상유역으로 하였다. 수질모델링에 필요한 하천유량은 실측된 수위자료로부터 기존의 수위-유량 관계곡선식을 이용하여 금호강 및 낙동강 본류의 주요 지점에 대해서 각 지점별로 하천유량을 산정하였으며 이때 각 지점의 유황은 표 3. 1과 같다.

표 3. 1 주요수위표지점의 하천유황

(Unit : m<sup>3</sup>/sec)

Stage station	observed period	drought flow	low flow	mean flow
Jindong	1970~1979	32.0	60.0	102.0
Goryung bridge	1973~1982	18.6	31.0	59.2
Waegan	1973~1982	16.0	27.2	45.6
mouth of Gumho River	-	4.1	6.7	9.5

QUALIE 수질모델링을 위한 하천망은 그림 3. 1과 같으며, 낙동강 본류는 하천연장이 길고 본류를 따라서는 밀집된 오염부하가 없으므로 소구간의 단위거리를 1.5km로 하여 총 88개의 소구간으로 나누었다. 오염부하지점은 24개소이고 주요 취수지점은 4개소로서 총 28개의 점오염원으로 구성하였다.

본 유역의 수질모델링을 위한 수리학적 자료는 HEC-2프로그램을 이용하여 산정하였으며, 총 88개의 소구간은 동일한 수리 및 기하학적 특성을 가진 소구간으로 다시 분류하여 총 30개의 구간으로 구분하였다.

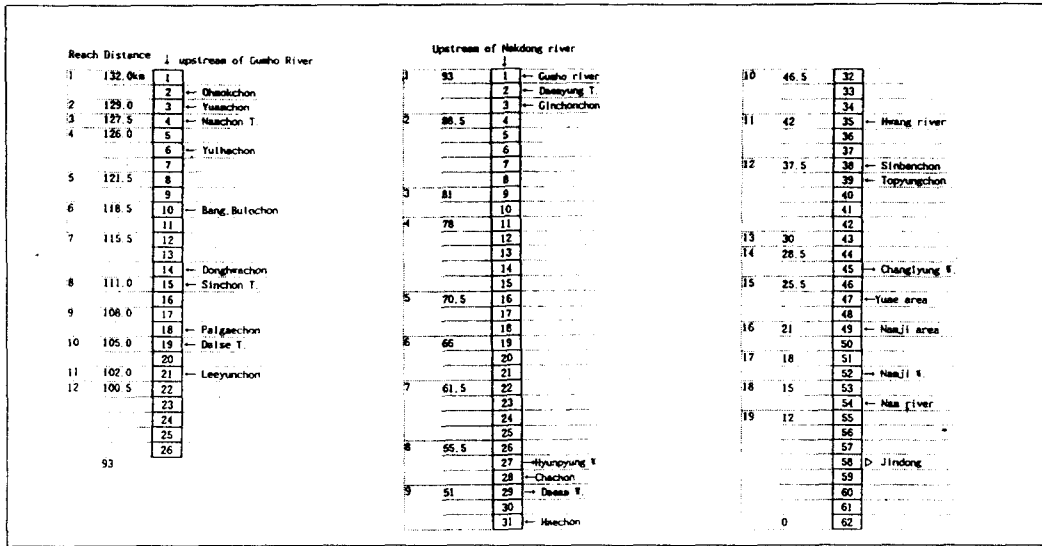


그림 3.1 낙동강의 하천망도

#### 4. 하천유지용수와 수질관계 분석

하천수질에 영향을 미치는 수질 오염원으로는 일반적으로 생활하수, 공장폐수 등의 점오염원과 도시하수의 유출수, 농경지 우수 유출수, 매립지 침출수, 자연독지 배출수 등의 비점오염원으로 구분되며, 이 중에서 하천의 수질오염원으로는 점오염원인 가정하수 및 공장폐수를 포함한 도시하수가 대부분을 차지한다. 본 연구에서는 이러한 점오염원의 현황과 배출량을 근거로 오염부하량을 산정하여 수질예측을 위한 모델링의 입력자료로 활용하였다.

표 4. 1 점오염원별 하수량 오염부하량(BOD)

Basin	Domestic wastewater (m <sup>3</sup> /day)	Treatment quantity of night soil (m <sup>3</sup> /day)	Industrial wastewater (m <sup>3</sup> /day)
Upstream of Nakdong river	183,426	978	581,810
Gumho river	553,088	286	250,290
Hwaechon	18,545	132	38,570
Hwang river	8,925	112	2,100
Nam river	72,847	315	163,330
Total	836,831	1,823	1,036,970

생활 및 산업에 의한 오염물질의 배출부하량 중에서 하수종말처리장, 위생처리장 및 산업폐수종말처리장에서의 처리용량 및 배출수기준 등을 각 배출구역별로 고려하여 처리배출량과 미처리 배출량을 산정하여 처리수에 의한 오염부하 감소량을 제거한 후에 적용하였다.

오염원 중에서 질적 양적으로 하천수질에 영향을 미치는 점오염원에 대한 오염부하 발생량을 산정하기 위해서 하천수질의 대표적인 지표항목인 BOD 부하량을 산정해 보면 표 4. 2와 같으며 본 분석구역의 총 BOD부하량은 681,900 kg/day로 분석되었다.

표 4. 2 분석유역의 BOD부하량

(Unit : kg/day)

Basin	Total	pollutional loads for BOD by domestic wastewater	pollutional loads for BOD by night-soil wastewater	pollutional loads for BOD by industrial wastewater
Upstream of Nakdong river	402,400	49,400	13,000	340,000
Gumho river	110,000	55,000	18,000	37,000
Hwaechon	7,700	5,700	1,000	1,000
Hwang river	7,900	5,100	1,300	1,500
Nam river	153,900	18,900	5,000	130,000
total	681,900	134,100	38,300	509,500

본 분석 유역에 대하여 기존의 수질 및 유량 자료를 이용하여 수리 및 수질계수의 보정 및 검증을 수행한 QUALIIE모델을 이용하여 산정된 생활하수와 산업폐수의 오염물질의 배출부하량을 각 처리구역별로 적용하여 수질변동을 예측하였다.

금호강유역의 수질예측 대상구간의 최상류 유입유량과 지류의 자연유량 그리고 낙동강유역에 대해서는 낙동강의 주요 지류에 대해서 수질이 악화되는 저수유량(low flow)에 대해서 수행하였으며, 그 결과는 그림 4. 1과 같다.

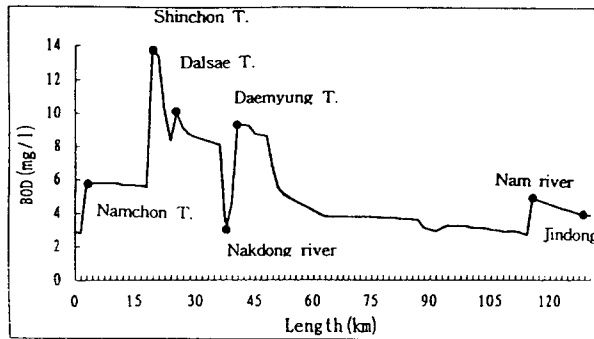


그림 4. 1 분석하도구간에서의 BOD 변화(1994)

수질모델링 결과 표 4. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 대부분의 하도구간이 모두 수질환경 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 특히 금호강의 경우에 전 하도구간이 수질기준치를 초과하였으며, 신천·지산처리장의 처리수가 유입된 후에 수질이 크게 악화되고 있다. 또한 달서천·북부위생처리장의 유입수에 의하여 다시 수질이 악화된 후에, 금호강 유출수가 낙동강 본류에 유입하게 되면서 하류에서는 다시 수질이 점차 완화되고 있으나 남강이 유입되면서 다시 수질이 악화되는 것으로 나타났다.

표 4. 3 낙동강 주요지점의 수질현황(BOD)

(Unit : mg/l)

Observed position	observed value at normal flow from 1989 to 1993	the study value	water class for environmental quality
the first Ayang bridge	5.4~8.7	5.8	II
Goryung bridge	4.5~5.8	5.8	II
Hyunpung	4.0~5.8	4.7	II
Jukpo bridge	3.1~4.1	3.5	II
Jindong	3.2~3.8	4.0	II

### 5. 하천유지용수 적용분석 및 고찰

금호강 상류부(영천댐 등)에서 일정량 이상의 하천유지용수를 공급함으로써 표 5. 1에서 나타난 바와 같이 금호강상류부의 수질개선은 매우 크게 나타났으나 수질기준치에는 미치지 못했으며, 낙동강 하류에 대해서는 수질환경기준에 부합하는 수질개선을 이루지는 못하는 것으로 나타났다.

표 5. 1 금호강상류로부터의 환경보전유량 공급에 의한 수질변화(BOD)

(Unit : mg/l)

Observed station	The study value	Supplied environmental conservation flow from the upstream of Gumho River		
		3m <sup>3</sup> /sec	5m <sup>3</sup> /sec	7m <sup>3</sup> /sec
The first Avang bridge	5.8	3.2	2.6	2.3
Goryung bridge	5.8	5.5	5.2	5.1
Hyunpung	4.7	4.8	4.3	4.2
Jyukpo bridge	3.5	3.4	3.3	3.2
Jindong	4.0	3.8	3.7	3.6

따라서 금호강 상류부에 5m<sup>3</sup>/sec 이상의 하천유지용수 공급은 비경제적일 것으로 판단되어 금호강은 5m<sup>3</sup>/sec를 공급하고 낙동강 상류부에서는 10m<sup>3</sup>/sec, 15m<sup>3</sup>/sec, 20m<sup>3</sup>/sec의 하천유지용수를 부과하여 모델링하였으며, 그 결과는 표 5. 2와 같다.

표 5. 2 금호강 및 낙동강상류로부터의 환경보전유량 공급에 의한 수질변화(BOD)

(Unit : mg/l)

Observed station	The study value	Supplied environmental conservation flow from the upstream of Nakdong River and Gumho River		
		10+5m <sup>3</sup> /sec	15+5m <sup>3</sup> /sec	20+5m <sup>3</sup> /sec
Goryung bridge	5.8	4.48	4.36	4.12
Hyunpung	4.7	3.63	3.54	3.35
Jyukpo bridge	3.5	2.88	2.82	2.69
Jindong	4.0	3.23	3.10	2.95

하천유지용수의 공급에 따른 수질변화를 보면 낙동강 하류의 경우에는 25m<sup>3</sup>/sec를 방류하였을 때에도 금호강 오염원의 유입으로 인하여 고령교와 현풍지점에서의 BOD는 각각 4.12mg/l 3.35mg/l로 수질기준을 초과하였다.

다음으로, 적포교 지점은 현풍지점 이후 별다른 오염원의 유입이 없어 수질이 개선되어 15m<sup>3</sup>/sec의 유지용수가 공급되었을 때 2.9mg/l를 나타내고 있다.

마지막으로, 진동지점에서는 남강유역의 유출량이 유입함으로써 다시 수질이 악화되어 25m<sup>3</sup>/sec를 공급하였을 때 2.95mg/l로 적정의 수질기준에 도달하였다.

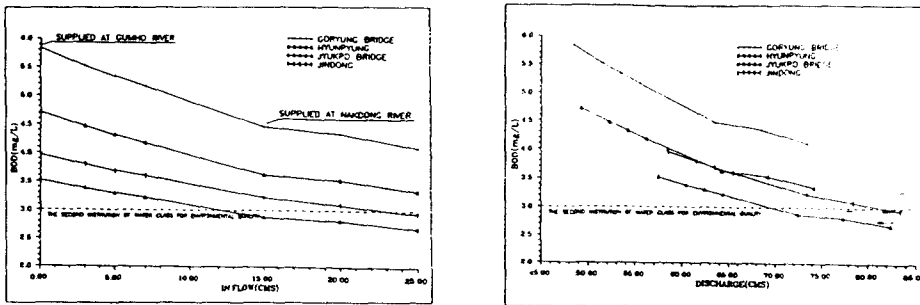


그림 5. 1 낙동강에서의 환경보전유량에 의한 수질변화(BOD) 및 수질과 유량과의 관계

따라서 낙동강 본류구간인 진동지점에 대해서 환경보전유량과 기준갈수량을 비교하여 하천유지용수를 산정해 보면 표 5. 2와 같으며, 수질보전을 위해서는 환경보전유량의 공급이 필요한 것으로 나타났으며 오염부하량이 큰 지류에 대해서는 유지용수 공급과 아울러 기타 환경관리시설을 통한 수질개선이 도모되어야 할 것으로 판단되었다.

표 5. 2 진동지점에서의 하천유지유량

(Unit : m<sup>3</sup>/sec)

Observed station	Main lowflow	Environmental conservation flow	Maintenance flow
Jmdong	32.0	82.0	82.0

## 6. 결론

지금까지 하천의 저수시 수질변화에 따른 유지용수량의 결정 및 그 결정기법을 확립하는데 필요한 하천유지용수의 개념을 정립하고 하천관리유량의 결정방법을 개발하기 위한 QUALIIE모델의 적용 및 매개변수의 추정방법을 분석 연구하였으며, 지금까지 분석된 저수시의 하천수질에 따른 유지용수에 대한 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 하천유지유량의 개념을 정립하고 하천유지유량 결정에 필요한 환경보전유량과 기준갈수량의 상관관계를 정립하여 하천유지유량 결정 기법을 제시하였으며, 하천유지용수의 산정을 위하여 저수시 유량 규모별로 QUALIIE모델을 적용한 결과를 실제의 수질자료와 비교분석함으로써 매개변수를 보정할수 있었으며, 그 결과로 장래 오염원의 수질변화에 따른 예측수질로부터 하천유지용수를 결정하는 방법을 확립하였다.

3) 분석 하도구간에 대한 적용결과, 금호강본류는 저수(하천유지용수 공급량 : 3m<sup>3</sup>/sec, 5m<sup>3</sup>/sec, 7m<sup>3</sup>/sec)시 전 하도구간에서 수질기준을 초과하는 것으로 나타났으며, 그 원인은 하수종말처리장과 위생처리장의 방류수에 의한 오염부하가 크기 때문임을 알 수 있었다.

4) 낙동강하류구간(금호강 합류점~진동)에서의 분석결과 중류부인 금호강 합류부에서 현풍에 이르는 구간은 하천유지용수(15m<sup>3</sup>/sec, 20m<sup>3</sup>/sec, 25m<sup>3</sup>/sec)를 공급하더라도 금호강의 오염부하량이 크므로 수질 기준에는 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그러므로 하천유지용수 공급방식이 본 하도구간의 근본적인 수질개선방안이 될 수 없으며, 금호강의 오염부하를 저감시키는 방안이 보다 선결되어야 할 방안임을 알 수 있었다. 현풍에서 진동구간은 오염부하원이 없고 하천의 자정작용으로 인하여 수질개선이 다소 이루어지고 있었으며, 진동지점의 경우에는 남강에서 유입하는 오염부하량로 인하여 다시 수질이 악화되고 있어, 하천유지용수를 추가로 공급하여 저수시 유량이 82m<sup>3</sup>/sec가 되어야만 비로소 수질기준 2등급인 3mg/l에 이르는 것으로 분석되었다.

## 7. 참고문헌

1. 정일환, 지홍기, 이순탁 "저수시의 하천수질에 따른 유지용수에 관한 연구", 영남대학교 석사학위논문, 1995.
2. A. James., "An Introduction to Water Quality Modelling", Wiley.,pp. 141, 1993.
3. Robert V. Thomann, John A. Mueller, Principle of surface water quality modeling and control, Harper & Row, New York, pp. 327, 1987.
4. Linfield C. Brown & Thomas O. Barnwell, "Documentation for the enhanced stream water quality model Qual2E", Environmental Research Laboratory Office, pp. 52, 1985.