금호강 지류의 오염영향 평가를 통한 관리하천 선정

Selecting Rivers for Management Via Pollution Impact Evaluation of Tributaries of the Geumho River

신상민* · 배현균** · 심규현*** · 김성민****

Shin, Sangmin*, Bae, Hunkyun**, Shim, Kyuhyun***, and Kim, Seongmin****

Abstract

The water quality of the Geumho River is greatly affected by pollution such as domestic sewage and industrial wastewater from residential and industrial facilities. Therefore, an attempt was made to determine the effects of pollution from these sources by targeting the Geumhogang River basin and selecting tributaries of the Geumhogang River for study. The pollution status and contribution of the Geumho River tributaries were analyzed using concentration, delivery load sharing rate, index analysis via index conversion and summation by water quality parameter, and water quality index evaluation. The rivers chosen to be subject to priority management may differ depending on the evaluation method used, but overall the Dalseocheon and Namcheon stream were shown to have the greatest influence on the water quality of the Geumhogang River although Omokcheon Stream also required water quality management. One plan to properly manage the water quality of the Geumho River should focus on setting priorities for the tributaries. For tributaries with high pollutant concentrations, a method to set and manage different water quality factors for each stream individually should be considered.

Key words : Geumho River, Water Quality, Sharing Rate, Index Analysis, Water Quality Index

요 지

금호강 내에는 주거와 산업시설에 의한 생활오수와 산업폐수 등의 오염원으로 인해 금호강 수질에 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 본 연구에서는 금호강 유역을 대상으로 금호강 내 대상 지류를 선정하여 오염원 영향을 파악하고자 하였다. 농도, 유달부하량 점유율, 수질항목별 지수변환과 합산을 통한 Index 분석 및 WQI 평가를 통해 금호강 지류의 오염 현황과 기여도를 분석하였다. 평가 방법에 따라 우선관리 대상 하천이 다를 수 있지만, 전체적으로 달서천과 남천이 금호강의 수질에 가장 큰 영향을 나타냈으며, 오목천 또한 수질관리가 필요한 것으로 나타났다. 금호강 수질의 적절한 관리를 위해 지류에서 우선순위를 설정해서 관리하는 방안이 마련되어야 하며, 오염 농도가 높은 지류의 경우 하천별로 관리대상 수질 요소를 달리 설정하여 관리하는 방안 또한 고려해야 할 것이다.

핵심용어 : 금호강, 수질, 점유율, 인덱스분석, 수질지수

*정회원, 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 연구원(E-mail: clicktomessm@korea.kr)

Member, Researcher, Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

**계명대학교 지구환경학과 교수(E-mail: hunkyunbae@kmu.ac.kr)

Professor, Department of Global Environment, Keimyung University

***국립환경과학원 낙동강물환경연구소 연구원(E-mail: ghsim@korea.kr)

Researcher, Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

****교신저자, 정회원, 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 연구관(Tel: +82-53-602-2710, Fax: +82-53-602-2800, E-mail: frogksm@korea.kr)

Corresponding Author, Member, Researcher, Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

지점과 유입지류의 지점 현황도를 나타내었다.

2.2 자료수집

금호강 중권역내의 주요 지류 하천의 수질 및 유량자료는 국가 물환경측정망과 낙동강물환경연구소에서 계속 사업으로 추진중인 “낙동강수계 지류·지천 장기모니터링 및 목표수질 달성도 평가, 이하 지류 모니터링 사업”에서 측정 중인 하천의 자료를 이용하였다(Nakdong River Environment Research Center, 2019; ME, 2021a). 자호천, 신령천, 청통천, 부기천은 물환경측정망 자료로 「환경정책기본법」 제22조(환경상태의 조사·평가등)와 「물환경보전법」 제9조(수질의 상시측정 등) 및 제9조의2(측정망 설치계획의 결정, 고시 등) 등에 의거하여 하천·호소 등 공공 수역의 수질 및 수생태계의 실태를 파악하기 위해 운영하고 있으며, 주요환경정책의 효과분석 및 정책수립을 위한 기초자료로 사용된다. 연간 36회 이상 조사를 원칙으로 하며 주요지점 및 보 대표지점은 48회를 측정하고 있다. 지류모니터링 사업은 일반관리지점과 중점관리지점으로 분류하며, 일반관리지점은 년 2회, 중점관리지점은 월 1회 수질 및 유량측정을 실시하고 있다. 북안천, 오목천, 남천, 팔거천, 달서천은 중점관리지점으로 월 단위 수질 및 유량 값을, 신천은 일반관리지점으로 년 2~4회 측정된 수질 및 유량 값을 이용하였다.

2.3 평가방법

유량과 수질자료의 평균값에 대한 유달부하량을 산정하였으며, 유달부하량 점유율은 금호강 말단인 금호C 측정 지점의 유달부하량에 대한 각각의 지류하천의 유달부하량 비율로 나타내었으며, 금호강에 유입되는 지류의 기여도 분석을 통해 금호강 말단부 수질에 있어 각 지류의 영향을 분석하였다.

유달부하량 점유율 이용한 Index 분석 방법은 Jung (2017) 이 제시한 낙동강 본류 조사지점 사이의 유출 본류에 대한 유입 본류의 비율을 산정하고, 유출 본류와 유입 본류 비율의 차이에 대한 각 지류의 증감율을 통해 지수산정과 지수합산으로 Index 분석을 하여, 지류의 본류 기여도를 평가하였다. 하지만 본 연구에서는 금호강 유입 지류의 실정에 맞게 Eq. (1)과 같이 금호강 말단인 금호C (N2)에 대한 유입 지류(N1)의 유달부하량 비율(점유율)로 지수범위에 따른 지수를 산정

하였다. 금호강 조사지점 사이의 조사대상 지류 외에 포함되지 않는 지류는 조사대상 지류의 증감율로 보기 어렵기 때문에 Jung (2017)이 제시한 유입, 유출 비율을 통해 지수산정을 하였다. 또한 금호강 말단에 대한 유입 지류의 유달부하량 비율이 적기 때문에 유달부하량 점유율을 수질항목별로 지수범위 0~1%는 1, 1~2%는 2, 2~3%는 3으로 지수를 변환하였다. 각 지류에서 수질항목 BOD, COD, TOC, T-P의 지수 합계에 따른 기여도 분석으로 지수범위에 따른 지수산정은 각 지류에서 수질항목별로 공통적으로 적용되기 때문에 정량적인 평가가 가능하다고 판단되며, 수질항목별 지수합산을 통해 금호강에 대한 기여도를 평가하였다.

$$\frac{N1}{N2} \times 100 \quad (1)$$

그리고 환경부 실시간 수질정보시스템에서 적용하고 있는 RTWQI 방법을 이용하여 하천을 평가하였으며, 수질지수(WQI)란 일반 국민이 복잡한 수질 상태를 이해하기 쉽게 방대한 수질 자료를 수질지수로 전환하여 등급(점수)으로 표현해서 종합적으로 수질의 상태를 평가하는 방법이다(ME, 2021b). RTWQI는 캐나다 환경부의 수질관리위원회인 CCME (2001)에서 개발한 CCME-WQI를 국내 실정에 맞게끔 개선한 지수이며, 수질항목별 기준치 초과 횟수와 초과 항목 등을 통해 하천의 수질환경을 지수로 평가하고 있다(Park et al., 2018). 본 연구에서는 실시간 수질지수로 사용하고 있는 수질항목 중 pH, DO, EC, 수온, TOC, T-N, T-P 등 7개에 대해서 평가항목으로 선정하여 금호강의 지류를 평가하였다.

수질지수 산정을 위한 지수등급, 지수범위 및 평가내용은 Table 1에서 5개의 등급으로 구분하여 “우수”(Excellent), “양호”(Good), “보통”(Fair), “주의”(Poor), “불량”(Very Poor)으로 구분하여 나타내었으며, Table 2는 수질지수 산정에 활용되는 수질항목에 대한 적정기준을 의미한다(Park et al., 2018; ME, 2021b). 본 연구에서 항목별 적정 수질 범위 중 수온의 적정기준은 8년 동안의 월평균 조사자료를 활용하였으며, DO의 수온에 따른 포화농도는 식약처(MFDS, 2020) 제2020-128호에 고시된 일반시험법 중 수중의 온도별 DO 포화농도 값을 사용하였다. 산출방법으로는 수질항목 자료

Table 1. Water Quality Index Classification

Rating	Range	Index Grade contents
Excellent	80~100	It is always clean water quality with few pollutants, so it is always suitable for hydrophilic activity.
Good	60~79	It is suitable for hydrophilic activity because it maintains relatively good water quality.
Fair	40~59	In general, good water quality and sometimes pollutants may be introduced and affect hydrophilic activity
Poor	20~39	Water pollution due to frequent inflow of pollutants requires attention to hydrophilic activities
Very Poor	0~19	Inadequate for hydrophilic activities with high water pollution level

Table 2. Appropriate Standards for Water Quality Items

Item	Index Setting Range
DO	$0.8 \times \text{DO Saturation concentration at present water temperature} \leq \text{DO} \leq 1.3 \times \text{DO Saturation concentration at present water temperature}$
pH	$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.0$
Water Temp.	Monthly average for 10 years - $10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{Water Temp.} \leq \text{Monthly average for 10 years} + 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
EC	$\text{EC} \leq 200\text{ }\mu\text{S/cm}$
TOC	$\text{TOC} \leq 3.0\text{ mg/L}$
TN	$\text{TN} \leq 3.0\text{ mg/L}$

Table 3. Load and Share in the Tributaries

Tributaries	Flow rate (Q)	Water Quality (mg/L)				Delivery Load (kg/day)				Share (%)			
		BOD	COD	TOC	T-P	BOD	COD	TOC	T-P	BOD	COD	TOC	T-P
Jahoecheon	2.872	0.9	5.3	3.7	0.019	215.5	1,316.7	915.4	4.799	1.98%	5.05%	4.80%	1.41%
Sinreongcheon	2.169	1.4	6.1	4.3	0.056	264.9	1,134.6	805.5	10.581	2.44%	4.35%	4.23%	3.10%
Bukaancheon	1.110	1.9	7.5	5.3	0.091	185.0	723.8	503.6	8.709	1.70%	2.78%	2.64%	2.55%
GeumhoA	10.889	2.1	6.7	4.7	0.059	1,980.8	6,339.2	4,405.7	55.142	18.24%	24.30%	23.12%	16.18%
Chungtongcheon	0.597	1.3	5.2	3.5	0.072	65.1	265.8	179.6	3.702	0.60%	1.02%	0.94%	1.09%
Bukicheon	0.164	1.2	7.5	5.9	0.073	17.4	106.7	83.8	1.027	0.16%	0.41%	0.44%	0.30%
Omokcheon	2.866	2.1	7.2	4.9	0.109	530.8	1,772.3	1,212.3	27.034	4.89%	6.79%	6.36%	7.93%
Namcheon	2.606	3.8	8.1	5.5	0.093	855.1	1,823.9	1,230.5	20.925	7.87%	6.99%	6.46%	6.14%
GeumhoB	23.736	2.9	7.3	5.0	0.079	5,945.3	15,028.5	10,200.0	161.222	54.74%	57.62%	53.53%	47.30%
Sincheon	1.292	2.3	6.7	4.4	0.097	255.1	745.9	486.6	10.809	2.35%	2.86%	2.55%	3.17%
Palgeocheon	1.330	2.5	6.6	4.4	0.085	282.7	754.4	507.2	9.713	2.60%	2.89%	2.66%	2.85%
Dalsecheon	3.784	2.5	8.6	6.9	0.134	813.4	2,800.3	2,240.0	43.727	7.49%	10.74%	11.76%	12.83%
GeumhoC	35.455	3.5	8.5	6.2	0.111	10,861.2	26,083.5	19,054.7	340.880	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

들을 활용하여, Eq. (2)의 F_1 , F_2 , F_3 factor를 이용하여 수질지수를 산정하였다.

$$WQI = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \quad (2)$$

수질지수 산정을 위한 F_1 은 기준치를 위반하는 수질항목의 개수를 전체 측정 수질항목의 개수로 나누어 산정한 비율이며, F_2 는 각 수질항목별 측정주기 동안 기준치를 위반한 항목들의 총 횟수를 총 측정횟수로 나누어 산정한 비율을 의미, F_3 은 각 수질항목별로 기준치를 위한 정도를 분율화한 요소의 합을 의미한다(Park et al., 2018; ME, 2021b).

3. 연구결과 및 고찰

3.1 금호강 지류 수질농도 및 유달부하량 점유율 평가

금호강 대상 지류의 수질, 유량 조사 결과에 따른 수질항목별 농도, 유달부하량 및 점유율은 Table 3에서 나타내었다. 유량은 달서천의 연평균 유량이 가장 많았으며, 다음으로

자호천, 오목천, 남천 순으로 나타났다. BOD 농도는 남천이 3.8 mg/L로 가장 높았으며, 다음으로 달서천 2.5 mg/L, 팔거천 2.5 mg/L 순으로 나타났다. COD 농도는 달서천이 8.6 mg/L로 가장 높았으며, 남천 8.1 mg/L, 북안천 7.5 mg/L 순으로 나타났다. TOC 농도는 달서천이 6.9 mg/L, T-P 농도 또한 달서천이 0.134 mg/L로 가장 높게 분석되었다.

이렇게 지류의 수질 농도 및 유량은 조사대상 지류에서 측정시기 및 강우의 영향에 따라 달라지며, 특히 달서천의 경우 염색공단 및 북부하수처리장에서의 오염원 유입에 따른 수질항목별 농도가 높게 분석되었으며, 남천은 상류 방향으로 경산시 주거 및 상가 밀집 지역을 지나 경산하수처리장에서의 오염원 영향이 있을 것으로 판단된다. 유달부하량과 점유율은 금호강 조사지점인 금호A, 금호B, 금호C에 대한 금호강 지류 유입에 따른 수질 현황을 파악하였으며, Fig. 2에서 점유율은 금호강 말단인 금호C 측정 지점의 유달부하량을 100%로 보았을 때 지류의 수질항목별 각각의 비율로서 유달부하량 점유율을 나타내었다. 따라서 대상지류 점유율의 합이 100%가 될 수 없으며, 이는 금호강 내 연구 대상 지류 외의 하천들의 비율이 빠진 결과이기 때문이

Fig. 2. Share of Inflow Tributaries of the Geumho River

다. 금호강 대상지점과 유입 지류에서 유입 전·후의 흐름과 점유율을 보면, 자호천, 신령천, 북안천은 금호A에 유입되어 수질 및 수량에 영향을 주며 금호A의 수량에 청통천, 오목천, 남천이 더해져 금호B에 유입되어 영향을 주게 된다.

이후 금호B의 수질 및 유량, 즉 유달부하량에 신천, 팔거천, 달서천의 부하량이 합쳐져 금호C의 수질과 수량에 영향을 주게 되며, 전체적으로 봤을 때 금호강 말단인 금호C 대한 유입 지류의 유달부하량 점유율 비율은 달서천, 남천, 오목천에서 높은 것을 알 수 있다. 또한 각 지류에서 유량에 따른 수질 항목별로 유달부하량은 Fig. 3에서 나타낸 것과 같이 금호A에 미치는 유달부하량의 경우 연도별 차이는 있겠지만 BOD, T-P는 신령천이, COD, TOC는 자호천의 영향이 큰 것으로 분석되었다. 금호B에서는 모든 수질항목에서 남천, 오목천의 유달부하량 영향이 큰 것으로 분석되었으며, 금호강 말단인 금호C에서의 유입 지류 영향은 달서천의 유달부하량 기여도가 가장 크게 나타났다.

금호강 말단(금호C) 기준으로 봤을 때 Table 3에서와 같이 금호강 지점을 제외한 유입 지류에서 유달부하량과 점유율의 경우 BOD는 남천(855.1 kg/day, 7.87%), 달서천(813.4 kg/day, 7.49%), 오목천(530.8 kg/day, 4.89%) 순으로, COD는 달서천(2,800.3 kg/day, 10.74%), 남천(1,823.9 kg/day, 6.99%), 오목천(1,772.3 kg/day, 6.79%) 순으로 나타났다. TOC의 경우 달서천(2,240.0 kg/day, 11.76%), 남천(1,230.5 kg/day, 6.46%), 오목천(1,212.3 kg/day, 6.36%) 순으로 나타났으며, T-P는 달서천(43.727 kg/day, 12.83%), 오목천(27.034 kg/day, 7.93%), 남천(20.925 kg/day, 6.14%) 순으로 나타났다. 순서에 차이가 있었으나 수질항목별 농도로 봤을 때 달서천과 남천의 경우 4가지 수질항목에서 높은 순위를 나타냈으며, 유달부하량에 따른 점유율로 봤을 때 달서천, 남천, 오목천에서 높은 순위로 나타나 이들 지류가 금호강으로 유입에 따른 오염 기여도가 높은 하천으로 분석되었다. 오목천의 경우 T-P의 농도가 달서천 다음으로 높게 분석되었으며, 이는 오목천 하천 전반에 걸쳐 생활지역과 농경지 경작이 주요 원인 것으로 추정되며, 달서천과 남천의 경우 하수처리장의 방류에 의한 영향으로 수질항목별 농도가 높을 뿐만 아니라 유량 또한 조사대상

(a) BOD

(b) COD

(c) TOC

(d) T-P

Fig. 3. Inflow Tributaries Load of Geumho River

지류에서 그 양이 많아 금호강에 기여하는 오염영향이 높은 것으로 판단된다.

3.2 금호강 지류 유달부하량 점유율 Index

유달부하량 점유율을 이용한 Index 평가 방법은 낙동강에 적용한 이전 연구와 같이 금호강 지류의 실정에 맞게 금호강 말단인 금호C 측정지점 부하량에 대한 각각의 지류의 비율로 지수조건(범위)에 따른 지수를 산정하였다(Jung, 2017). 이는 각각의 지류에서 수질항목 BOD, COD, TOC, T-P의 지수 합계에 따른 기여도 분석으로 지수범위는 공통적으로 적용되며, 평가에 있어서 다양성을 보여줄 수 있다. 금호강 지류의 유달부하량 점유율에 따른 지수 산정범위는 Table 4에서 나타내었으며, Table 5에서 수질항목별 지수합산을 통해 금호강에 대한 기여도를 평가하였다. 금호강 지류 유달부하량 점유율에 따른 Index 분석으로 BOD, COD, TOC, T-P의 수질항목별 점유율을 지수범위에 따른 지수변환과 지수합산을 통해 평가하였으며, 전체 지수합계는 177로 나타났다. 산정결과 달서천의 지수 합계는 44로서 24.9%로 기여도가 가장 큰 지류로 평가되었으며, 다음으로 남천 29 (16.4%), 오목천 27 (15.3%)으로 순으로 기여하는 것으로 분석되었다. 앞서 수질농도와, 유달부하량 평가는 각 지류에서의 단일 항목들에 대한 기여도를 평가하였지만, 유달부하량 점유율

을 통한 Index 평가에서는 4가지 수질 항목을 지수합산을 통해 금호강에 미치는 지류의 영향을 종합적으로 평가하고자 하였으며, 금호강의 관리대상 지류를 선정하는 부분에 있어서 또 다른 평가가 될 수 있을 것으로 판단된다.

3.3 수질지수를 이용한 지류 수질평가

금호강 지류의 수질 지수를 통해 하천의 오염정도를 종합적으로 평가하였다. Table 6은 금호강 지류의 연도별 F_1, F_2, F_3 factor와 수질지수 산정 결과이며, Table 7은 2012년~2019년 수질지수 평균값에 대한 지수등급을 나타내었다. 수질지수 연도별 평가 결과 자호천의 경우 수질지수가 85.00으로 지수등급 “우수”로 나타났으며, 나머지 지류는 지수등급 “보통”으로 나타났다. 다만 달서천의 경우 평균 수질지수가 38.61으로 지수등급이 “주의”로 나타나 가장 개선해야 될 하천으로 평가되었으며, 금호강 대상 지류 중 남천(45.62), 청통천(46.77), 오목천(48.28), 신령천(48.87), 북안천(49.23)의 경우 수질지수가 “보통” 등급이지만 지수등급 50 이하로 나타나 관리가 필요한 하천으로 분석되었다.

금호강 지류의 수질지수에 대한 연도별 변화는 Fig. 4에서 나타낸 것과 같이 연도별로 지류의 수질지수 변화가 크진 않지만 신천, 팔거천의 경우 연도별 변화가 20 이상 차이가 나타났으며, 이는 연도별 측정시기와 강우에 따른 오염 요소

Table 4. Delivery Load Share Index Range

Tributaries	Range	Index	Share of Water Quality (mg/L)			
			BOD	COD	TOC	T-P
Jahoecheon	0~1%	1	1.98%	5.05%	4.80%	1.41%
Sinreongcheon	1~2%	2	2.44%	4.35%	4.23%	3.10%
Bukaancheon	2~3%	3	1.70%	2.78%	2.64%	2.55%
Chungtongcheon	3~4%	4	0.60%	1.02%	0.94%	1.09%
Bukicheon	4~5%	5	0.16%	0.41%	0.44%	0.30%
Omokcheon	5~6%	6	4.89%	6.79%	6.36%	7.93%
Namcheon	6~7%	7	7.87%	6.99%	6.46%	6.14%
Sincheon	7~8%	8	2.35%	2.86%	2.55%	3.17%
Palgeocheon	8~9%	9	2.60%	2.89%	2.66%	2.85%
Dalsecheon	...	...	7.49%	10.74%	11.76%	12.83%

Table 5. Delivery Load Share Index Calculation

Index Calculation	Jahoecheon	Sinreongcheon	Bukaancheon	Chungtongcheon	Bukicheon	Omokcheon	Namcheon	Sincheon	Palgeocheon	Dalsecheon
BOD	2	3	2	1	1	5	8	3	3	8
COD	6	5	3	2	1	7	7	3	3	11
TOC	5	5	3	1	1	7	7	3	3	12
T-P	2	3	3	2	1	8	7	4	3	13
Total (177)	15	16	11	6	4	27	29	13	12	44
Contribution (%)	8.5	9.0	6.2	3.4	2.3	15.3	16.4	7.3	6.8	24.9

Table 6. Results of Annual Water Quality Index Calculation

Tributaries		Water Quality Index							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jahocheon	F1	28.57	28.57	14.29	14.29	14.29	14.29	42.86	14.29
	F2	8.88	14.98	12.86	13.57	12.03	13.91	15.06	14.29
	F3	2.50	2.36	2.96	2.36	2.90	3.72	5.83	6.66
	WQI	82.67	81.32	88.77	88.54	89.09	88.29	73.56	87.72
Sinreongcheon	F1	71.43	71.43	71.43	71.43	71.43	57.14	71.43	71.43
	F2	46.10	47.04	44.64	43.21	45.49	46.24	48.26	50.00
	F3	22.55	26.08	27.36	25.21	27.61	29.90	35.09	34.88
	WQI	49.22	48.38	48.87	49.65	48.58	54.18	46.26	45.78
Bukaancheon	F1	71.43	57.14	71.43	71.43	71.43	85.71	71.43	71.43
	F2	46.43	35.71	53.57	44.16	46.75	44.16	44.16	38.96
	F3	25.10	23.46	25.89	24.49	23.93	28.97	28.39	24.41
	WQI	48.72	58.80	46.33	49.50	48.81	41.87	48.82	50.96
Chungtongcheon	F1	85.71	85.71	71.43	85.71	71.43	57.14	71.43	71.43
	F2	46.79	47.39	41.07	41.79	43.23	39.39	42.86	45.86
	F3	15.75	21.74	22.89	21.90	26.38	28.00	28.31	29.33
	WQI	42.89	42.08	50.63	43.51	49.45	56.79	49.21	48.15
Bukicheon	F1	71.43	57.14	71.43	71.43	71.43	57.14	71.43	71.43
	F2	40.60	40.07	41.07	43.57	39.85	38.24	35.32	37.22
	F3	23.89	21.42	22.89	24.73	21.92	24.95	25.04	23.52
	WQI	50.60	57.85	50.63	49.63	51.11	57.77	51.78	51.56
Omokcheon	F1	71.43	71.43	71.43	71.43	71.43	71.43	71.43	57.14
	F2	53.57	53.57	57.14	42.86	48.05	42.86	54.55	40.26
	F3	28.66	23.17	28.83	25.89	26.61	26.67	32.96	24.73
	WQI	45.86	46.74	44.63	49.64	47.98	49.50	44.73	57.19
Namcheon	F1	57.14	71.43	71.43	71.43	57.14	71.43	71.43	71.43
	F2	50.00	50.65	53.25	51.95	48.05	48.05	49.35	49.35
	F3	43.16	47.57	42.80	43.33	40.89	41.25	36.93	37.01
	WQI	49.58	42.47	42.94	43.20	50.85	44.89	45.53	45.51
Sincheon	F1	57.14	42.86	71.43	71.43	57.14	71.43	42.86	42.86
	F2	50.00	42.86	53.57	42.86	50.00	50.00	42.86	42.86
	F3	31.66	31.19	36.01	29.01	35.16	31.91	26.15	22.81
	WQI	52.50	60.65	44.42	49.07	51.69	46.39	61.89	62.61
Palgeocheon	F1	57.14	71.43	85.71	71.43	57.14	57.14	71.43	71.43
	F2	42.86	51.95	55.84	45.45	33.77	35.06	38.96	35.06
	F3	24.75	30.42	26.29	14.13	15.37	17.70	20.40	13.69
	WQI	56.36	46.07	39.02	50.44	60.67	59.97	51.57	53.38
Dalsecheon	F1	71.43	71.43	57.14	57.14	71.43	71.43	71.43	71.43
	F2	60.71	55.84	57.14	54.55	50.65	58.44	48.05	45.45
	F3	70.17	50.55	55.98	56.69	60.79	71.01	62.55	61.71
	WQI	32.39	40.07	43.24	43.86	38.46	32.77	38.56	39.51

Table 7. Water Quality Index Grade of the Geumho River Inflow Tributaries

WQI	Tributaries									
	Jahocheon	Sinreongcheon	Bukaancheon	Chungtongcheon	Bukicheon	Omokcheon	Namcheon	Sincheon	Palgeocheon	Dalsecheon
Annual Ave.	85.00	48.87	49.23	46.77	52.62	48.28	45.62	53.65	52.18	38.61
Rating	Excellent	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Poor

Fig. 4. Water Quality Index of the Geumho River Inflow Tributaries

의 영향이 큰 것으로 사료된다. 남천, 청통천, 오목천은 대상 지류 중에서 수질지수가 “보통” 등급이지만 낮게 분포하고 있으며, 달서천의 경우 연도별로 차이는 있으나 수질지수 산정결과 연도별 30~45 사이로 분석되어 금호강으로 유입 영향이 가장 큰 하천으로 나타났다. 수질지수는 단일항목 평가가 아니라 지류에서 여러 수질 항목을 통해 종합적으로 하천을 평가할 수 있으며, 대상 지류 전체의 하천 상태를

파악하기에 용이하다고 판단되며, 지류의 모니터링 주기를 강화함에 따라 좀 더 명확하게 하천의 수질 상태를 평가할 수 있을 것이다.

3.4 오염관리하천 선정

본 연구에서 2012년~2019년의 금호강 지류의 자료를 이용한 하천 평가 결과 각각의 평가 방법에 따른 기여도 차이는

있으나, 금호강 유역에서 조사대상 지류 중 가장 크게 기여하는 지류는 유사하게 나타났다. 수질항목에 따른 농도는 달서천, 남천이 높게 나타났으며, 유달부하량에 따른 점유율과 수질항목별 지수합산을 통한 Index 분석에서 달서천, 남천, 오목천, 신령천이 조사대상 지류 중에서 크게 기여하는 하는 것으로 나타났다. 수질지수를 통한 금호강에 기여하는 오염 영향은 달서천, 남천, 청통천, 오목천, 신령천 순으로 나타났다. 앞서 평가 방법들로 봤을 때 달서천, 남천이 가장 오염 기여도 높게 나타나 우선순위로 설정해서 관리해야 될 하천으로 평가되었으며, 오목천 또한 유달부하량 및 Index 분석에서 금호강 유입 영향이 큰 것으로 나타나 차순위로 설정해서 관리해야 될 하천으로 판단된다. 달서천, 남천은 하수처리장에서의 방류에 의한 오염원 유입 영향이 클 것으로 보여지며, 좀 더 명확한 평가가 이루어지기 위해서는 지속적인 모니터링 조사를 통한 지류 수질, 유량 자료의 확보가 필요할 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 금호강 유역을 대상으로 금호강 유입 지류의 수질항목별 농도, 유달부하량과 점유율, 유달부하량 점유율에 따른 Index 분석 및 수질지수 산정 등 4가지 하천 평가를 통해 금호강 유입 지류의 오염현황과 기여도 연구를 수행하였다.

금호강 유역 내 지류 평가 결과 수질항목별 농도로 봤을 때 달서천, 남천의 경우 BOD, COD, TOC, T-P 수질항목에서 높은 순위를 보였으며, 수질항목별 유달부하량과 점유율은 달서천, 남천, 오목천, 신령천에서 높은 순위가 나타나 금호강으로 유입에 따른 오염도 기여도가 높은 하천으로 평가되었다. 소하천 관리에 있어서 금호강의 수질개선을 위해서는 대상 지류에서 우선순위를 설정하여 시급한 지류에 대한 관리가 선행되어야 하며, 비록 유량은 적지만 농도가 높은 지류에 대해서는 하천별로 관리 대상 수질 항목을 달리 설정하여 관리하는 방안 또한 고려해야 할 것이다.

그리고 금호강 지류 유달부하량 점유율에 따른 Index 분석 결과 달서천의 지수 합계가 가장 높게 나와 기여도가 큰 지류로 평가되었으며, 다음으로 남천, 오목천으로 나타났다. Index 분석은 각 지류에서 BOD, COD, TOC, T-P의 4가지 수질항목에 대한 유달부하량 점유율을 지수변환과 합산을 통해 평가하였기 때문에 유량 항목에 따른 순위 결정에 크게 좌우되는 것으로 나타났다.

수질지수(WQI) 연도별 평가에서는 자호천의 경우 “우수”로 나타났으며, 나머지 지류는 “보통”으로 나타났다. 다만 달서천의 경우 평균 수질지수가 38.61로 지수등급이 “주의”로 나타나 가장 개선해야 될 하천으로 평가되었다. 금호강 대상 지류 중 남천, 청통천, 오목천, 신령천, 북안천의 경우 “보통” 등급이지만 지수등급 50 이하로 나타나 관리가 필요

한 지점으로 보여진다. 금호강 지류의 Index 분석과 수질지수 산정에서 두가지 평가 결과 모두 달서천의 영향이 가장 크게 기여하는 것으로 나타났으며, 다음으로 남천으로 나타났다. 수질지수 산정은 유량 항목 없이 수온, DO, pH, EC, TN, T-P, TOC 등 7가지 항목으로 지수산정을 통한 평가로서 앞서 Index 평가 결과와 금호강 유입 지류의 오염 기여도의 차이를 비교할 수 있을 것이다.

본 연구에서 금호강 수질개선을 위한 지류를 종합적으로 평가했을 때 수질항목별 농도 및 유달부하량과 점유율, 그리고 Index 분석 및 수질지수 산정에서 달서천, 남천이 금호강에 미치는 오염원 기여도가 크게 나타났으며, 다음으로 오목천에서의 영향이 큰 것으로 나타나 관리가 필요한 지류로 판단된다. 다만 평가를 통해 오염영향이 큰 지류에 대해서 우선 관리 하천을 파악할 수 있으나, 평가 방법에 따라서 영향이 큰 하천이 다를 수 있고, 각각의 평가가 가지는 중요성 또한 배제할 수 없다고 사료된다.

본 연구를 통해 금호강 유역에서 달서천, 남천 등의 기여도가 높은 하천을 우선적으로 관리할 필요가 있을 것이며, 평가 방법별 요소들을 통해 금호강 유입 지류의 오염 기여도 영향을 파악할 수 있는 중요한 자료로 활용할 수 있다고 판단된다. 그리고 향후 연구에서는 하천 평가에 있어서 지류에서의 발생 및 배출부하량 산정과 비점오염원 영향 또한 적용할 필요가 있으며, 이를 통해 유역에 대한 지류의 수질 영향을 고려한 하천 평가가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원 (NEIR-2021-01-01-042)을 받아 수행하였습니다.

References

- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2001). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME water quality index 1.0. user's manual*. In Canadian environmental quality guideline.
- Daegu Regional Environmental Office Agency. (2012). *Water environment management plan for the Geumho River mid-watershed*.
- Im, T.H., Na, S.M., Shin, S.M., and Son, Y.G. (2016). Water quality analysis in Nakdong River tributaries for the determination of priority management areas. *Journal of Korean Society of Environment Engineering*, Vol. 38, No. 10, pp. 558-565.
- Jung, S.K. (2017). *A study on analysis to the influence of tributaries in the mid-lower Nakdong River basin*.

- Master's thesis, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea.
- Kal, B.S., Park, J.B., Kim, S.H., and Im, T.H. (2017). Assessment of tributary water quality using integrated water quality index. *Journal of Wetlands Research*, Vol. 19, No. 3, pp 311-317.
- Lee, J.W., Kwon, H.G., Kwak, I.S., Youn, J.S., and Cheon, S.U. (2012). The estimation of contribution ratio for sub stream in Nam River basin. *Journal of Environment Impact Assessment*, Vol. 21, No. 5, pp. 745-755.
- Ministry of Environment (ME). (2021a). *Water environment information system*. Water quality monitoring network data.
- Ministry of Environment (ME). (2021b). *Real time water quality information system*.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). (2020). *General test method*.
- Na, S.M., Kwon, H.G., Kim, K.H., Shin, D.S., and Im, T.H. (2016). Analysis of specific contaminated status and pollutant loads contribution rate of the tributaries in Geumho and Nam River basin. *Journal of Wetlands Research*, Vol. 18, No. 4, pp. 363-377.
- Na, S.M., Kwon, H.G., Shin, S.M., Son, Y.G., Shin, D.S., and Im, T.H. (2016). A study on seasonal pollutant distribution characteristics of contaminated tributaries in Nakdong River basin. *Journal of Wetlands Research*, Vol. 18, No. 3, pp. 301-312.
- Nakdong River Environment Research Center. (2019). *Long-term monitoring of the tributaries in the nakdong river system and evaluation of the achievement of target water quality*.
- Park, J.B., Kal, B.S., and Kim, S.H. (2018). Long-term trend analysis of major tributaries of Nakdong River using water quality index. *Journal of Wetlands Research*, Vol. 20, No. 3, pp. 201-209.
- Shim, K.H., Shin, S.M., Kim, S.M., Kim, Y.S., and Kim, G.H. (2020). Priority selection of water quality improvement through water quality data of tributaries of Nakdong River. *Journal of Korean Society on Water Environment*, Vol. 36, No. 5, pp. 364-372.
- Son, Y.G., Na, S.M., Im, T.H., and Km, S.H. (2017). Water quality analysis in Nakdong River tributaries using 2012-2016 monitoring data. *Journal of Korean Society on Water Environment*, Vol. 33, No. 6, pp. 680-688.
- Yang, D.S., and Bae, H.K. (2012). The effect of branches on Kumho River's water quality. *Journal of Environmental Sciences International*, Vol. 21, No. 10, pp. 1245-1253.

Received	December 14, 2021
Revised	December 15, 2021
Accepted	December 27, 2021