

동진강의 이·화학적 수질 및 서식지 분석을 통한 어류 생태영향 평가

김 유 표 · 이 의 행¹ · 안 광 국*

(충남대학교 생명시스템과학대학, ¹한국농어촌공사 농어촌연구원)

Ecological Health Assessment of Dongjin River Based on Chemical Measurement and Fish Assemblage Analysis. Kim, Yu-Pyo, Eui-Haeng Lee¹ and Kwang-Guk An* (College of Biological Sciences and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea; ¹Rural Research Institute, Korea Rural Community & Agriculture Corporation, Ansan 426-825, Korea)

This study was to evaluate ecological health of Dongjin River in October 2007. The ecological health assessments was based on the Index of Biological Integrity (IBI), Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI), and water chemistry. For the study, the models of IBI and QHEI were modified as 8 and 11 metric attributes, respectively. We also analyzed spatial patterns of chemical water quality over the period of 2005~2008, using the water chemistry dataset, obtained from the Ministry of Environment, Korea. In Dongjin River, values of IBI averaged 19 (n=3), which is judged as a "Fair" condition after the criteria of Barbour *et al.* (1999). There was a distinct spatial variation. IBI score at Site 1 was estimated as 28, indicating a "Good" condition whereas, IBI at Site 2 and Site 3 were as 18 and 12, indicating "Fair" and "Poor" condition, respectively. Habitat analysis showed that QHEI values in the river averaged 117 (n=3), indicating a "Fair~Good" condition after the criteria of Barbour *et al.* (1999). Values of BOD and COD averaged 2.3 mg L⁻¹ (scope: 0.1~8.9 mg L⁻¹) and 5.5 mg L⁻¹ (scope: 1.8~12.6 mg L⁻¹), respectively during the study. Total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) averaged 2.7 mg L⁻¹ and 0.127 mg L⁻¹, respectively, and the nutrients showed large longitudinal gradients between the upper and lower reach. Overall, dataset of IBI, QHEI, and water chemistry showed that river health was a gradual decline at upstream to downstream. So, Dongjin River should be protected from habitat disturbance and chemical pollutions.

Key words : ecological health, habitat, water quality

서 론

본 연구지점인 동진강 유역은 만경강 유역과 더불어 전라북도의 주요 농업용수원으로 사용되며, 새만금으로 유입되는 하천이다. 동진강을 기준으로 북쪽으로는 만경

강, 동쪽은 섬진강, 남쪽은 영산강에 둘러싸여 있으며, 유역 내 토지는 대부분 농경지로 이용되고 있다. 중류부는 신대인음이 위치하고 있어 생활하수가 유입되며, 정읍공단과 축산폐수가 유입되는 정읍천과의 합류부로 수질의 악화가 예상되고 있다. 새만금은 방조제 길이 33 km, 간척지 면적 40,100 ha, 갯벌 면적 20,000 ha이다. 새만금

* Corresponding author: Tel: (042) 821-6408, Fax: (042) 822-9690, E-mail: kgan@cnu.ac.kr

간척지 사업이 완료되면 서식지 교란과 오염물질을 정화하는 갯벌이 사라져 수질이 악화되고, 수체가 정체되어 영양염류로 인한 적조현상이 발생할 것으로 예상되어 관심이 커지고 있다(김과 김, 2002). 또한, 수산업에 종사하는 지역민들의 경제적 활동을 축소시키는 결과를 가져올 것으로 보인다. 따라서 새만금 사업 완료 후에 예상되는 어류 종 조성 및 수질의 변화와 비교하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

최근 들어 동진강 수계의 연구에는 동진강의 수질평가(엄 등, 2000; 윤 등, 2002; 이 등, 2004b)와 새만금의 수질평가(이 등, 2004a)가 보고되고 있다. 동진강의 오염부하량에 관한 연구(원 등, 2002; 이 등, 2005)와 어류상에 관한 연구(김과 이, 2001)가 보고되고 있어 동진강에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 수질평가에 관한 연구에서 공통적으로 정읍천의 수질악화를 문제로 제기하였다. 정읍천이 합류하기 전과 합류 후의 수질에는 큰 차이를 보이는 것으로 나타나 정읍천에 대한 관심이 필요하다.

상기 문헌 검토 결과에서 보는 바와 같이, 동진강 수계에서는 수질 및 비점오염원 특성, 단순 어류상 조성 및 군집평가 등과 같이 연구되어 생태계의 건강성 및 모델 평가는 전무한 실정이다. 북미 및 유럽 등에서 어류를 이용한 건강성 평가를 실시하고 있으며, 최근 우리나라에서도 이와 같은 방법을 이용하여 하천 및 강의 통합적인 건강성 평가가 활발해지고 있으며(안 등, 2001; 안 등, 2005; 안 등, 2006), 환경부의 수생태계 건강성 조사 및 평가(환경부, 2008)를 기반으로 활발히 진행 중에 있다.

본 연구에서는 이·화학적 수질 및 물리적 서식지 분석을 통하여 동진강의 생태 건강성을 평가하고, 어류의 분포특성을 파악하는 데 있다. 또한, 새만금 사업 완료 전의 예비 자료로써 향후 연구와 중요한 비교자료로 쓰일 것으로 예상된다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 조사시기

본 연구지점인 동진강 수계는 전라북도 정읍시 산외면에서 발원하여 서해로 이어지는 하천으로 김제시를 통과하는 원평천이 김제시 평야를 가로질러 동진강으로 유입되고, 부안군 백산면을 통과하는 고부천이 동진강으로 유입된다. 동진강의 상·중·하류의 지점별 특성 및 오염원의 영향을 알아보기 위하여 3개의 지점을 선정하였으며,

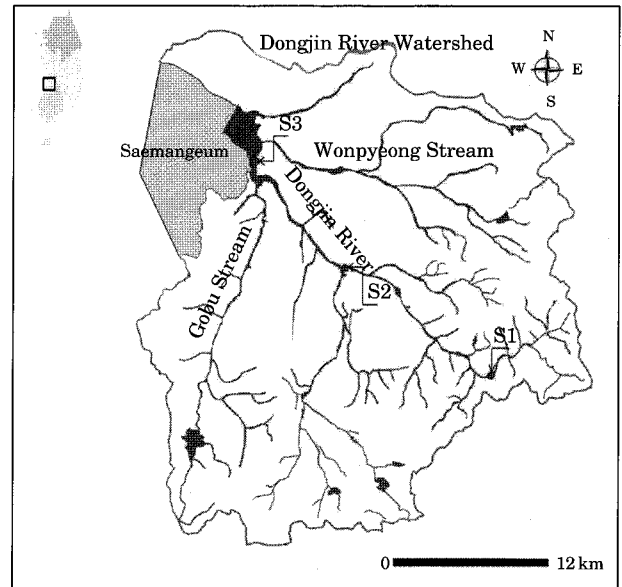


Fig. 1. Sampling sites in Dongjin River.

조사지점은 Horton (1945)과 Strahler (1957)의 하천차수(Stream order) 기준에 의거할 때, S1은 3차 하천, S2와 S3는 4차 하천으로 조사지점은 Fig. 1과 같다. 또한 상·하류간 각각 500 m, 하천으로부터 폭 200 m를 선정하였고, 인공위성 사진을 통하여 대략적으로 각 지점의 수변구역 토지이용도를 산정하였다.

조사시기는 몬순강우의 영향으로 수체가 불안정하면 어류의 교란 요인으로 작용할 수 있어 장마가 끝난 후 수체 안정기인 2007년 10월에 실시하였다.

S1: 전북 정읍시 칠보면 시산리 시산교(N: 35° 35'57", E: 126° 59'37")

S2: 전북 정읍시 신태인읍 우령리 신고 제1교(N: 35° 40'46", E: 126° 52'9")

S3: 전북 부안군 동진면 서포리 동진교(N: 35° 45'17", E: 126° 46'52")

2. 조사방법

조사는 수생태계의 정량적인 건강성 평가를 위해 개발된 Ohio EPA (1989)의 Wading method를 우리나라 하천 특성에 맞게 수정·보완한 환경부의 수생태계 건강성 조사 및 평가(환경부, 2008)의 방법에 의거하였다. 어류 채집은 여울(Riffle), 소(Pool), 유속이 느린 구간(Run)이 존재하는 개방된 곳에서 투망(망목 5×5 mm)과 족대(망목 4×4 mm)를 이용하였다. 채집거리는 각 조사지점에서

상·하류로 200 m 구간에서 50분 동안 실시하였다. 각 지점에서 채집된 어류는 김 등(2005), 김과 박(2002)에 의거해 동정하였으며 동정 후 바로 놓아주었다. 현장에서의 동정이 어려운 종은 10% 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 운반 후 동정하였다.

이·화학적 수질 변수는 생화학적 산소요구량(Biochemical oxygen demand: BOD), 화학적 산소요구량(Chemical oxygen demand: COD), 총인(Total phosphorus: TP), 총질소(Total nitrogen: TN), 전기전도도(Electric conductivity: EC, 25°C), 부유물질(Suspended solid: SS)로서 동진강 수계의 환경부 측정망 지점 자료 중 2005년부터 2008년까지 4년간 측정된 자료를 이용하여 조사지점별 특성을 분석하였으며, 이·화학적 수질등급 기준은 2007년 1월에 환경부에 고시된 7등급 기준체계에 의거하였다.

물리적 서식지 평가 모델은 Plafkin *et al.* (1989)에 의해 제안되었으며 물리적 서식지 평가 지수(Qualitative Habitat Evaluation Index, QHEI)는 Barbour *et al.* (1999)에 의해 보정되어 안과 김(2005)에 의하여 국내 하천 특성에 맞게 보완된 11개의 다변수 매트릭 모델을 이용하였다. 각 변수값의 등급구분은 U.S. EPA(1993)의 기준에 의거하여 각 매트릭으로부터 얻어진 값의 합을 최종적으로 최적상태(Excellent, 220~182), 양호상태(Good, 168~124), 보통상태(Fair, 110~66), 불량상태(Poor, 52~8)의 4개 등급으로 구분하여 평가하였다.

하천 건강도 평가모델은 북미에서 최초 개발된 어류의 다변수 매트릭인 IBI(Index of Biological Integrity)모델에 기반을 두고(Karr, 1981), Barbour *et al.* (1999)에 의해 재정립된 모델을 국내 하천의 특성에 맞게 수정·보완한 환경부의 수생태계 건강성 조사 및 평가(환경부, 2008)의 방법을 기초로 하였으며 총 8개 매트릭 시스템으로 구성되었다. M₁ 국내종의 총 종수, M₂ 여울성 저서종수, M₃ 민감종수, M₄ 내성종의 개체수 비율, M₅ 잡식종의 개체수 비율, M₆ 국내종의 충식종 개체수 비율, M₇ 채집된 국내종의 총 개체수, M₈ 비정상종의 개체수 비율로 각 매트릭을 평가하였고, M₁, M₂, M₃, M₇은 하천차수(Stream order)에 따라 차등 평가하였다. 모델 평가는 환경부에 의해 제시된 바와 같이 각각 “5”, “3”, “1”의 모델 값을 부여한 뒤 최종값을 산정하여 최적상태(A: Excellent, 40~36), 양호상태(B: Good, 35~26), 보통상태(C: Fair, 25~16), 불량상태(D: Poor, ≤15)의 4개 등급으로 평가하였다. 하천차수별로 Reference 하천에 대한 현장에서의 종수 및 개체수 비율을 산정하여 평가하였다.

결 과

1. 이·화학적 수질 상태

4년간의 자료에 기반을 둔 동진강의 생화학적 산소요구량(Biochemical oxygen demand: BOD), 화학적 산소요구량(Chemical oxygen demand: COD), 총인(Total phosphorus: TP), 총질소(Total nitrogen: TN), 전기전도도(Electric conductivity: EC, 25°C), 부유물질(Suspended solid: SS)은 지점별로 뚜렷한 변이양상을 보여주었다(Fig. 2). 지난 4년간 평균 BOD 값은 2.3 mg L⁻¹로서 우리나라 수질기준(2007년 1월의 환경부 기준고시)에 의거할 때 II(약간 좋음) 등급을 보였고, 0.1~8.9 mg L⁻¹의 넓은 변이폭을 보였다(Fig. 2). 지점별로 상류에서 하류로 갈수록 증가하였으며 증가하는 양상을 보였다. COD 역시 큰 변이를 보이며(1.8~12.6 mg L⁻¹), BOD와 유사한 경향을 보였다(Fig. 2).

부영양화의 지표로 이용되는 TN의 평균값은 2.7 mg L⁻¹(범위: 0.9~7.5 mg L⁻¹)이고, 상류에서 하류로 갈수록 증가하는 경향을 보였다. 이는 신태인읍의 생활하수와 신태인 평야에서 농업배수의 유입에 의한 것으로 사료되었다. TP의 평균값은 0.127 mg L⁻¹(범위: 0.01~0.391 mg L⁻¹)로 TN과 비슷한 양상을 보였다.

EC는 평균값 174.9 μs cm⁻¹(범위: 6.7~547 μs cm⁻¹)로 지점 3에서 급격하게 높게 나타났는데, 이는 기수역으로 서해바닷물의 유입이 이와 같은 결과에 기인한 것으로 사료된다. SS는 17.7 mg L⁻¹(범위: 0.5~62.7 mg L⁻¹)로 하류로 갈수록 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2).

2. 물리적 서식지 평가

물리적 서식지 평가 지수(Qualitative Habitat Evaluation Index, QHEI)값은 상류에서 하류로 갈수록 감소하는 경향이 나타났다(Fig. 4). 지점 1은 천변 식생대의 폭을 나타내는 M₁₀, 소규모 댐의 유무를 나타내는 M₁₁이 낮게 나타났지만, 128로 “양호상태”(Good)로 나타났다(Fig. 4). 특히 인공보가 있어 어류의 이동성을 제한하며 하천의 흐름을 방해하여 서식환경에 영향을 주었다. 지점 2는 하천 서식지 구성을 나타내는 M₁, 하상매물도를 나타내는 M₂가 낮게 나타났다. 지점 3은 M₁, M₂, 여울 빈도 및 하천굴곡도를 나타내는 M₇, 제방식생 보호도를 나타내는 M₉, M₁₀이 낮게 나타났다. 지점 3은 서해와 경계지역으로 하상피복도 부재와 뱀(Silt)로 이루어진 하상구조로 서식 환경에 영향을 주어 다른 지점과는 종 조성면에

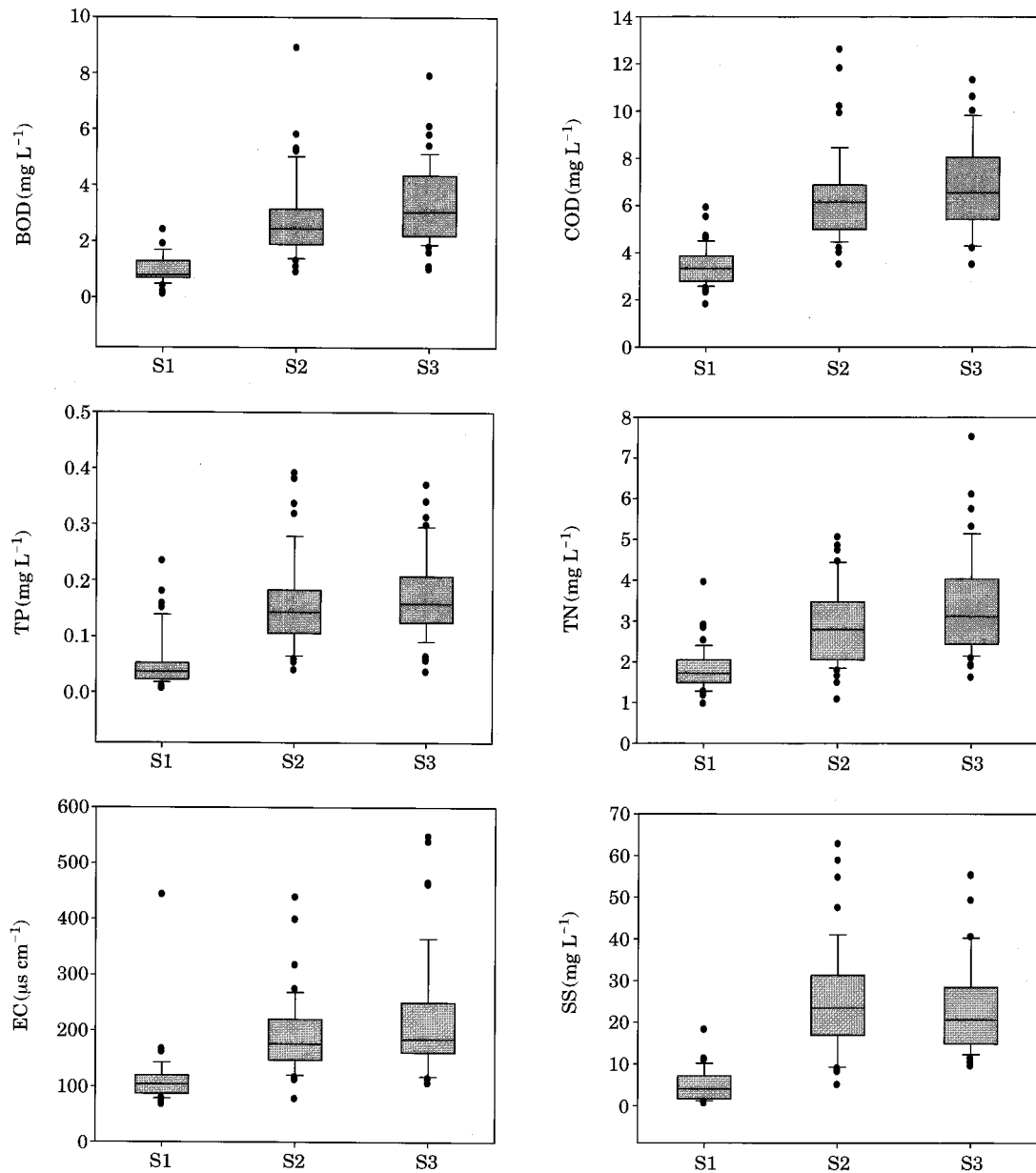


Fig. 2. Biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total phosphorus (TP), total nitrogen (TN), electric conductivity (EC), and suspended solids (SS) in Dongjin River.

서 차이를 보였다. 물리적 서식지 건강도는 생물학적 건강도에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려진 바 있어 (안과 김, 2005) 상류에서 하류로 갈수록 서식지 값이 감소하여 생물학적 건강도와 같은 유형으로 나타났다. 또한, 하상구조는 하류로 갈수록 썰의 비율이 증가함에 따라 어류의 서식환경이 변화하여 총 채집 종수와 개체수에 영향을 주는 것으로 나타났다.

3. 생태 지표종 특성 및 트로픽 길드 분석

동진강의 어류 조사 결과 총 30종 520개체가 채집되었으며, 내성종이면서 잡식성 어종인 피라미(*Zacco platypus*)와 중간종이면서 충식성 어종인 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*)이 각각 약 17%, 15%로 우점종으로 나타났다(Table 1). 이는 김과 이(2001)의 피라미가 동진강 본류에서 우점하는 결과와 일치하였다. 내성도(Toler-

Table 1. Fish fauna and the various guilds of trophic level, tolerance and habitats in Dongjin River.

Species	Tolerance guild	Trophic guild	Habitat guild	S1	S2	S3
<i>Carassius auratus</i>	TS	O	-	1	2	1
<i>Carassius cuvieri</i>	TS	O	-		4	2
<i>Rhodeus uyekii</i>	IS	O	-	1		
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	IS	O	-	3	16	
<i>Acheilognathus koreensis</i>	IS	O	-	10	1	
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	IS	O	-	3		
<i>Acheilognathus yamatsuataea</i>	IS	O	-	5		
<i>Rhodeus notatus</i>	IS	O	-	1		
<i>Pungtungia herzi</i>	IS	I	-	4		
<i>Pseudogobio esocinus</i>	IS	I	-	2	3	1
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	IS	O	RB	28	5	
<i>Hemibarbus longirostris</i>	IS	I	-	1		
<i>Hemibarbus labeo</i>	TS	I	-		26	
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	TS	O	-	1	5	9
<i>Pseudorasbora parva</i>	TS	O	-		17	35
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	SS	I	-	11		
<i>Zacco platypus</i>	TS	O	-	51	35	
<i>Zacco temminckii</i>	SS	I	-	51		
<i>Opsarichthys uncirostris amurensis</i>	TS	C	-		1	1
<i>Aphyocypris chinensis</i>	TS	O	-			1
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	TS	O	-		19	36
<i>Misgurnus mizolepis</i>	TS	O	-	6		
<i>Cobitis lutheri</i>	IS	I	-	2	1	
<i>Mugil cephalus</i>	TS	H	-			12
<i>Micropterus salmoides</i>	TS	C	-		10	1
<i>Odontobutis platycephala</i>	SS	C	-	7		
<i>Tridentiger brevispinis</i>	IS	I	RB	74		3
<i>Rhinogobius brunneus</i>	IS	I	RB	8		
<i>Synechogobius hasta</i>	TS	I	-			2
<i>Periophthalmus modestus</i>	TS	I	-			1
Total number of species				20	14	13
Total number of individual				270	145	105

SS=Sensitive species, IS=Intermediate species, TS=Tolerant species, O=Omnivore, I=Insectivore, C=Carnivore, H=Herbivore, RB=Riffle-benthic species

ance guild) 분석에 의하면 내성종 (Tolerant species)은 약 54%, 중간종 (Intermediate species)은 약 33%, 민감종 (Sensitive species)은 약 13%로 나타났다 (Table 1). 내성 종은 하류로 갈수록 개체수 비율과 종수가 증가하는 양상을 보여 하류로 갈수록 수질이 악화되는 경향과 일치하였다 (Fig. 3). 하류로 갈수록 BOD, COD가 증가하였으며 이와 같이 내성종의 비율 또한 증가하는 것으로 나타났다지만, 충식종은 하류로 갈수록 개체수 비율이 감소하는 경향을 보였다. 하천의 전역에서 수질오염에 쉽게 사라지지 않고, 내성을 보이는 내성종이 우점함으로써 오염원의 유입과 하상구조의 질적하락이 이와 같은 결과를 반영한 것으로 사료된다. 지점 1은 농경지 50%, 식생대 20%, 도시화 지역 30%로 나타났고, 지점 2는 농경지 92%, 식생대 5%, 도시화 지역 3%로 나타났다. 지점 3은 농경지

95%, 식생대 2%, 도시화 지역 3%로 나타났다 (Fig. 3). 이와 같이 수변구역의 식생대의 비율이 하류로 갈수록 감소하고 농경지의 비율이 증가하여, 식생대의 감소가 어류 군집 교란에 큰 영향을 미친다는 연구 결과와 일치한다 (Allison et al., 2007). 상류인 S1에서는 중간종과 민감종이 우점하였으나 중·하류인 S2와 S3로 갈수록 내성종이 우점하는 것으로 나타났다. 동진강은 농경지에서 흘러 나오는 농업배수, 정읍시·신태인읍의 생활하수, 정읍공단의 산업폐수로 수질이 악화되어 있는 것으로 보고된 바 있어 (엄 등, 2000) 종 조성의 교란이 발생하여 이와 같은 결과를 반영한 것으로 사료되었다. 어류의 트로픽 길드 (Trophic guild) 분석을 따르면 잡식성 (Omnivore) 어종은 약 57%, 충식성 (Insectivore) 어종은 약 37%, 육식성 (Carnivore) 어종은 약 4%, 초식성 (Herbivore) 어종은

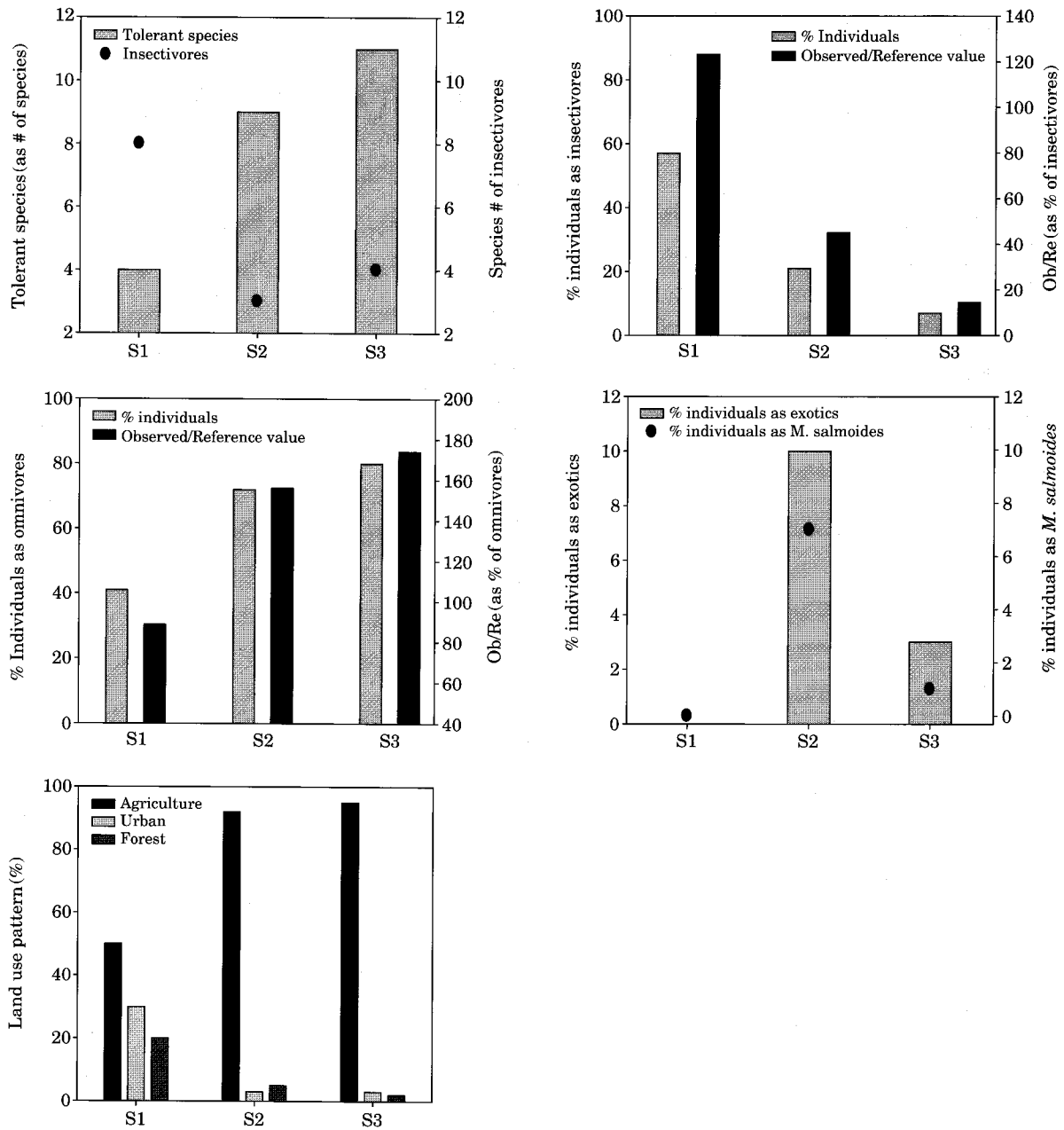


Fig. 3. Fish metric characteristic and the land use pattern in Dongjin River.

약 2%로 나타났다(Table 1). 잡식종은 하류로 갈수록 개체수 비율이 증가하였지만, 종수는 감소하여 소수종이 우점하고 있는 것으로 나타났다. 충식성 어종은 개체수 비율이 하류로 갈수록 감소하였으며, 개체수 비율을 메트릭의 기준으로 나눈 값 또한 하류로 갈수록 감소하는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 외래어종 (Exotic species)은 S2와 S3에서 떡붕어 (*Carassius cuvieri*)와 배스 (*Micropterus salmoides*)가 출현하였으며, 대부분 배스가 차지하는 것

으로 나타났다 (Fig. 3). 1984년 조사에서는 확인되지 않았지만, 2001년 조사에서는 배스 (*Micropterus salmoides*)가 출현한 것으로 보고되었다. 배스는 토착어종 및 수서 곤충 등을 포식하고, 종 구성을 교란시켜 이에 대한 대책이 요구되고 있다. 화학적 독성 물질 및 유기물 오염이 존재하는 곳에서 빈번히 나타나는 비정상개체 (Abnormality, U.S. EPA, 1993)는 지점별로 출현하여 생태계의 교란 및 화학적 오염의 영향이 다소 있는 것으로 나타났

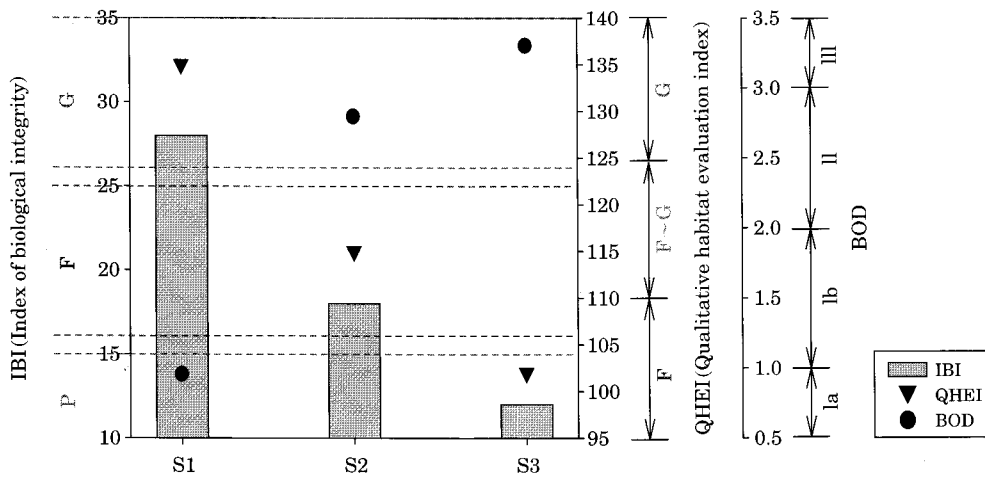


Fig. 4. Index of biological integrity (IBI), Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI) and BOD in Dongjin River. The abbreviations are as follows: Excellent=Ex, Good=G, Fair=F, Poor=P.

다.

지점별 분석에 따르면, 지점 1은 20종 270개체가 채집되었고, 그 중 민물검정망둑이 74개체로 가장 높은 우점도를 보였다. 지점 2는 14종 145개체가 출현하였고, 지점 3은 13종 105개체가 출현하여 하류로 갈수록 종수와 개체수가 감소하였다. 또한, 지점 1에서는 민감종인 갈겨니 (*Zacco temminckii*)가 약 19% (51개체)로 출현하였지만 다른 지점에서는 출현하지 않았다. 이는 서식지의 질적 하락 및 영양 구조상의 교란이 생태계 건강성에 영향을 주는 것으로 사료되었다. 생태 지표종 특성면에서 동진강은 전체적으로 하천 건강성이 악화되어 있으며 종 조성면에서 생태계 교란의 관리가 필요한 것으로 나타났다.

4. 생태 건강성 평가

본 연구에서 채집된 어류를 이용하여 생물학적 건강도 지수를 산정하였고, 환경부의 수생태계 건강성 조사 및 평가(환경부, 2008)의 등급 평가기준에 의거하여 구분한 결과는 Fig. 4와 같다. 생물학적 건강도 평가 지수 (IBI)는 평균 19(n=3)로 “보통상태”(Fair)로 나타났다. 지점별 모델 분석 결과에 따르면, 지점 1은 28로 “양호상태”로 나타나 지점 중 가장 높은 값으로 나타났다. 지점 2는 18로 “보통상태”로 나타났고, 지점 3은 12로 “불량상태”로 나타나 생태 건강성이 가장 낮은 값으로 나타났다 (Fig. 4). 지점 1은 총 채집 종수와 개체수 증가, 여울성 저서종인 돌마자, 민물검정망둑, 밀어 및 민감성 어종의 출현으로 지수 값이 높게 나타났다. 지점 2는 여울성 저서종수의 감소, 민감종의 미채집 등으로 인하여 지수 값이 지점 1

보다 낮게 나타났다. 지점 3은 총 종수와 개체수 및 층식종의 감소로 지점 중 가장 낮은 값으로 나타났다. 전체적으로 상류에서 하류로 갈수록 서식지 질의 하락 및 오염물질의 유입으로 건강성 평가의 값이 낮게 나타났다. 이는 U.S. EPA(1993)에서 보고된 바와 같이 하류로 갈수록 하천차수 및 오염원의 증가로 건강성이 낮아진다는 결과와 일치하였다. 또한, 한 차례의 조사로 상·중·하류간의 건강성 평가를 단정 짓기에는 어려우며 추가적인 조사(갈수기, 풍수기, 평수기)가 필요할 것으로 사료되었다.

고 찰

전체적으로 상류에서 하류로 갈수록 하천차수 및 오염원 유입의 증가로 건강성이 악화되는 U.S. EPA(1993)의 결과와 일치하는 경향을 보였으며, 이는 신태인 평야의 농업배수 및 생활하수와 정읍공단이 위치한 정읍천에 의한 결과로 사료되었다. 수변구역의 파괴와 하상구조의 질적 악화로 서식지가 교란되었고, 이는 건강도에 직접적인 영향을 미치는 것으로 사료되었다. 특히, 지점 1에서는 민감종이 출현하였지만 하류의 특성을 서식지 환경의 변화로 지점 2와 3은 출현하지 않아 건강도의 악화로 이와 같은 결과가 나온 것으로 사료되었다. 동진강 본류의 김과 이(2001)의 연구에서는 47종이 채집되었지만 본 연구에서는 30종이 출현하였다. 이는 채집도구와 채집 횟수 차이로 이와 같은 결과가 나타났다. 향후 여러 차례 조사를 실시하여 비교해 볼 필요가 있는 것으로 사료되었다. 종 조성면에서도 이·화학적 수질과 마찬가지로 하류로

갈수록 악화되는 경향을 보였으며 지점 3은 기수역으로 EC와 TN이 높은 값으로 나타났다. 즉, 수질이 어류의 종 구성에 지대한 영향을 미치는 것으로 나타나 수질의 개선이 필요할 것으로 사료되었다.

본 연구에서 상류에서 하류로 갈수록 다변수 건강성 평가 지수가 낮아지는 것을 보였는데, 이는 물리적, 화학적 지수가 생물학적 평가 지수에 반영되어 이와 같은 결과가 나타난 것으로 사료되었다(Fig. 4). 동진강은 교란 및 오염원이 산재한 도심하천과 달리 평야지대가 위치하여 농업용수로 쓰이고 있어 농경지에서 나오는 농업배수와 축산폐수로 동진강의 서식지와 수질이 악화되어 향후 관리가 필요한 것으로 사료되었다. 또한, 동진강의 수질은 정읍천의 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타나 정읍천의 수질관리 및 주기적인 모니터링이 필요한 것으로 사료되었다. 본 연구는 향후 새만금 사업 완료 후에 있을 연구와 비교자료로 활용하기 위하여 실시하였으며, 1회의 조사로 동진강의 건강성을 평가하기에는 무리가 있어 추가적인 조사가 필요한 것으로 사료되었다.

적 요

본 연구는 동진강 수계 중 동진강 본류의 상·중·하류의 3개 지점을 선정하여 조사를 실시하여 이·화학적 수질 및 서식지 분석을 통하여 생태 건강도 및 어류 분포특성을 진단하였다. 생물통합지수(Index of Biological Integrity, IBI)모델 분석은 국내 하천의 특성에 맞게 수정·보완하여 8개 다변수 메트릭 모델을 이용하였고, 물리적 서식지 평가 지수(Qualitative Habitat Evaluation Index, QHEI)분석은 11개의 다변수 메트릭 모델을 적용하였다. 이·화학적 수질 분석은 동진강 수계의 환경부 수질 측정망 자료 중 2005년부터 2008년까지 4년간의 자료를 이용하여 분석하였다. 내성종이면서 잡식성 어종인 피라미가 우점종으로 나타났으며, 동진강의 생물통합지수는 평균 19(n=3)로서 “보통상태”(Fair)로 나타났다. 지점별로 지점 1에서 28 “양호상태”(Good)로 가장 높게 나타난 반면에 지점 2와 3은 각각 18과 12로 “보통상태”(Fair), “불량상태”(Poor)로 나타났다. 서식지 평가 지수는 평균 117(n=3)으로 “보통~양호상태”(Fair~Good)로 나타났으며, 상류에서 하류로 갈수록 악화되는 경향을 보였다. 이·화학적 수질자료의 분석 결과 지난 4년간 평균 BOD는 2.3 mg L^{-1} (범위: $0.1 \sim 8.9 \text{ mg L}^{-1}$)로서 우리나라 수질기준(2007년 1월의 환경부 기준고시)에 의거할 때 II(약간 좋음) 등급을 보였다. COD는 평균 5.5 mg L^{-1} (범

위: $1.8 \sim 12.6 \text{ mg L}^{-1}$)로 나타났고, 계절 및 지점별로 큰 변이폭을 보였다. TN의 평균값은 2.7 mg L^{-1} (범위: $0.9 \sim 7.5 \text{ mg L}^{-1}$)이고, TP의 평균값은 0.127 mg L^{-1} (범위: $0.01 \sim 0.391 \text{ mg L}^{-1}$)로 TN과 같이 하류로 갈수록 증가하는 경향을 보였다. EC는 평균값 $174.9 \mu\text{s cm}^{-1}$ (범위: $6.7 \sim 547 \mu\text{s cm}^{-1}$)이고, SS는 17.7 mg L^{-1} (범위: $0.5 \sim 62.7 \text{ mg L}^{-1}$)로 나타났다. 본 연구에서 생물통합지수와 물리적 서식지 평가, 이·화학적 수질 분석에 따르면, 동진강의 수환경 건강 상태는 악화되어 있는 것으로 나타나 서식지와 농업 배수의 관리가 필요한 것으로 사료되었다.

사 사

본 연구는 환경부 수생태복원사업단 Eco-STAR project [과제명: 호수생태계 통합적 건강성 평가기법 개발(08-IV-11)]의 지원으로 수행되었기에 이에 감사합니다.

인 용 문 헌

- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기, 교학사.
- 김익수, 최 윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사.
- 김종구, 김양수. 2002. 새만금 사업지수의 연안해역에서 부영양화관리를 위한 생태계모델의 적용-1. 해역의 수질 특성 및 저질의 용출 부하량 산정. 한국수산학회지 **35**(4): 348-355.
- 김종률, 이충렬. 2001. 동진강 수계의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지 **13**(1): 40-49.
- 안광국, 김자현. 2005. 물리적 서식지평가기법 및 어류 다변수 평가모델에 의거한 대전천의 생태학적 건강도 진단. 한국육수학회지 **38**(3): 361-371.
- 안광국, 이재연, 배대열, 김자현, 황순진, 원두희, 이재관, 김창수. 2006. 우리나라 주요하천 수계에서 다변수모델을 이용한 생태학적 수환경 평가. 한국물환경학회지 **22**(5): 796-804.
- 안광국, 이재연, 장하나. 2005. 유동천에서의 생태학적 건강도 평가 및 수질양상. 한국육수학회지 **38**(3): 341-351.
- 안광국, 정승현, 최신석. 2001. 생물보전지수(Index of Biological Integrity) 및 서식지 평가지수(Qualitative Habitat Evaluation Index)를 이용한 평창강의 수환경 평가. 한국육수학회지 **34**(3): 153-165.
- 엄미정, 최정식, 한수곤, 김갑철, 문영훈. 2000. 동진강 수계 농업수 수질평가. 한국환경농학회지 **19**(2): 110-115.
- 원찬희, 정팔진, 김민정, 조선영, 김세훈, 김충천. 2002. 동진강 유역 비점오염원 정밀조사. 공학연구 **33**: 13-20.
- 윤순강, 김원일, 김진호, 김선중, 고문환, 엄기철. 2002. 동진강

- 유역내 하천의 특성별 영향평가. *한국환경농학회지* **21**(4): 243-247.
- 이경보, 김종천, 김종구, 이덕배, 박찬원, 김재덕. 2005. 동진강 유역의 오염부하량 평가. *한국환경농학회지* **24**(2): 91-97.
- 이광야, 엄명철, 조재원, 정해진. 2004a. 새만금 예정수역의 수질특성 분석. *한국농공학회지* **46**(1): 107-117.
- 이종식, 정구복, 김진호, 윤순강, 김원일, 신중두. 2004b. 만경강 및 동진강 수계의 BOD에 의한 수질 평가. *한국환경농학회지* **23**(2): 81-84.
- 환경부. 2008. 수생태계 건강성 조사 및 평가 최종보고서. 국립환경과학원.
- Allison, H.R., B.J. Freeman and M.C. Freeman. 2007. Riparian influences on stream fish assemblage structure in urbanizing streams. *Landscape Ecol* **22**: 385-402.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder and J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2nd Ed, EPA 841-B-99-002. US EPA Office of Water, Washington, D.C., USA.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* **56**: 275-370.
- Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**: 21-27.
- Ohio EPA. 1989. Biological criteria for the protection of aquatic life. Vol. III, Standardized biological field sampling and laboratory method for assessing fish and macroinvertebrate communities. U.S.A.
- Plafkin, J.L. M.T. Barbour, K.D. Porter, S.K. Gross and R.M. Hughes. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrate and fish. EPA/444/4-89-001. Office of water regulations and standards. US EPA. Washington, D.C., USA.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions* **38**: 913-920.
- U.S. EPA. 1993. Fish field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA 600-R-92-111. Environmental Monitoring systems Laboratory-Cincinnati office of Modeling, Monitoring systems, and quality assurance Office of Research Development, U.S. EPA, Cincinnati, Ohio 45268, USA.

(Manuscript received 29 April 2009,
Revision accepted 12 June 2009)