

연구논문

담수어류의 종생물지수를 이용한 강릉 남대천의 수환경 평가

송호복 · 백현민 · 이춘원*

강원대학교 자연과학대학 생명과학부, (주)동성엔지니어링*
(2005년 7월 7일 접수, 2005년 8월 22일 승인)

Water Environmental Assessment by the Species Biotic Index of Freshwater Fish in the Namdaecheon, Gangneung City

Ho-Bok Song · Hyun-Min Baek · Chun-Won Lee*

Division of Life Sciences, College of Natural Sciences, Kangwon National University, Dongsung Engineering*
(Manuscript received 7 July 2005; accepted 22 August 2005)

Abstract

We investigated the water environmental assessment by the species biotic index (SBI) of freshwater fish at the Namdaecheon in Gangneung city, Gangweon-do during June and July in 2004 and June in 2005. In fish fauna, 29 species and 10 families were collected. Dominant species was *Zacco platypus* (relative abundance 15.33%) and subdominant species was *Rhynchocypris steindachneri* (13.13%). Species biotic index (SBI) in station 1, 2, 3, 4 was 1.70, 2.85, 1.00 and 3.39 respectively and water environmental grade by SBI was all very good. Station 5 was 4.13 in SBI and good grade. Station 6 was 4.47 and fairly good. Station 7 was 7.25 and poor. And station 8 was 8.10 and very poor grade. Results of water environmental grade by SBI and water quality grade were very similar in this stream.

Key words : Species biotic index, Water environmental assessment, Freshwater fish, Namdaecheon in Gangneung city

1. 서론

한국산 담수어류는 현재 남북한을 합해 210여종이 알려져 있다. 이들 어류는 종마다 특이한 서식환경에

오랫동안 적응하며 서식해 왔기 때문에, 하천 마다 서로 다른 어류상(fish fauna)을 가지는 특징을 나타내며, 독특한 생태적 지위(ecological niche)를 가지고 있다(정, 1977; 최 등, 1990; 김, 1995; 김, 1997; 김

등, 2005). 그러나 급격한 산업화가 진행됨에 따라, 하천 개수, 골재 채취, 댐의 건설 등에 따른 서식 환경의 파괴와 하천의 단순화, 농축산 및 산업 폐수나 가정 하수 등에 의한 수질 악화, 그리고 남획이나 외래종의 방류에 따른 생태적 교란 등에 의해 우리나라의 하천생태계는 급속도로 변모되고 파괴되어 왔으며, 이러한 변화에 적응하지 못한 어종들은 그 수가 급격히 감소하거나 멸종위기에 처해 있는 실정이다.

따라서 각 수계별, 지역별 어류상을 조사하고 서식상황 및 서식환경을 평가하는 일은, 생물지리학적 중요성, 수자원과 종다양성에 따른 생물자원의 확보 차원뿐 만 아니라 과거와 현재의 서식상태와 서식환경의 비교를 통해 다양한 정보를 확보하고, 보호, 보전 및 복원 방안 등을 강구할 수 있으며, 특히 국민 정서상으로도 매우 중요한 일로 사료된다. 그 동안 국내에서도 하천을 대상으로 한 다각적인 수질평가 및 수환경 평가가 수행되어 왔다. 이러한 평가에 주로 이용되어 온 주요 생물군은 어류(송 등, 1995; 최 등, 1997; 양·채, 1997; 안 등, 2001), 저서성대형무척추동물(배·박, 1992; 김 등, 1995; 윤·전, 1999), 담수플랑크톤(신 등, 2000; 김 등, 1995; 조 등, 1998) 등으로 대별된다. 특히 어류의 경우 군집분석이나 어류 지표종 등을 이용한 군집구조의 안정성 또는 오염에 의한 영향의 유무 등으로 구분하여 하천의 생태적 특성이나 서식 상태 등을 평가하여 왔다.

그러나 이러한 평가 방법은 군집구조라든가 특정 개체군 혹은 개체의 단편적인 특징만을 고려하고 있으며, 또한 동일 지역의 조사, 연구라 할지라도 연구자와 조사방법에 따른 편차가 커서 비교 평가가 어려운 단점이 있다. 최근 미국의 환경청(US EPA)에서는, 수환경의 평가를 위한 도구로서 어류를 이용한 생물지표도(biological criteria)를 도입하고 있으며, 이러한 평가 방법에는 U.S. EPA(1988), Hilsenhoff(1987, 1988), Van Putten(1989), Karr(1991), Barbour et al.(1999) 등 여러 가지 방법이 제시되고 있다. 종생물지수(species biotic index)를

이용한 수환경 및 서식환경의 평가(Hilsenhoff, 1988)는, 어류의 총 채집 개체수와 종별 개체수 그리고 각 어종에 부여된 등급에 의하여 산출되는 지수로서, 하천의 유기물 오염과 서식환경의 정도를 잘 반영하고 있다.

본 연구에서는 강릉 남대천을 대상으로 조사한 어류상을 바탕으로, Hilsenhoff(1988)의 방법으로 어류의 종생물지수를 산출하여 수환경 및 어류의 서식환경을 평가하였으며, 이를 수질 분석 결과를 통한 하천수질등급과 비교하였다

II. 재료 및 방법

1. 연구지역 및 어류 조사

어류의 종생물지수 평가를 위한 어류상 조사는 2004년 5월, 7월과 2005년 6월 등 3회에 걸쳐 강원도 강릉시에 위치한 남대천에서 실시하였으며, 하천의 상류부터 하구까지 하천의 규모와 구조, 지류의 위치, 가옥의 밀집도, 오염원 등을 고려하여 총 8개 지점을 선정하였으며, 각 조사 지점을 중심으로 상하 100 m 내외에서 하상구조, 유속과 수심(여울과 소) 등을 안배하여 채집하였다. 어류의 채집은 투망(망목 5×5mm)과 족대(5×5mm) 등을 이용하였고 각 지점 당 투망 10회, 족대작업 30분으로 통일하였다. 하천형의 분류는 可兒(1944), 하상구조 분류는 Cummins(1962)의 방법을 따랐다. 어류의 동정과 분류는 최 등(1990), 김·박(2002), 김 등(2005), 분류체계는 Nelson(1994)에 의하였다. 각 조사지점과 행정구역 명은 Figure 1과 같다.

남대천은 지류인 왕산천과 도마천이 강릉시 성산면 오봉리에서 합류한 후 성산면과 강릉시를 관통하면서 강릉시 견소동에서 바다에 유입되는 하천으로 총 유역면적 364km²이다. 하천연장은 왕산천이 7.1km, 도마천이 10.4km, 강릉남대천 본류가 16.1km에 달한다. 왕산천(지점 1, 2)과 도마천(지점 3, 4) 일대는 대부분 산악지대이며 하천변에는 소수

Table 1. Environmental characteristics of stream at study stations in Ngnamdaechon, Gangneung city, Gangwon-do

Stations	Stream type	Mean stream width(m)	Mean water width(m)	Mean water depth(m)	Bottom structure* B : C : P : G : S : SI
1	Upper (Aa)	8~15	2~8	0.2~0.7	6 : 3 : 1 : 0 : 0 : 0
2	Upper (Aa)	15~25	3~10	0.3~0.5	4 : 3 : 1 : 1 : 1 : 0
3	Upper (Aa)	5~10	1~3	0.1~0.3	2 : 3 : 2 : 2 : 1 : 0
4	Mid-upper (Aa-Bb)	20~30	4~10	0.3~0.5	1 : 2 : 3 : 2 : 2 : 0
5	Mid-upper (Aa-Bb)	20~80	5~15	0.3~1.0	3 : 4 : 2 : 1 : 0 : 0
6	Middle (Bb)	30~100	5~20	0.3~1.0	2 : 3 : 4 : 1 : 0 : 0
7	Mid-lower (Bb-Bc)	70~150	10~20	0.3~1.5	0 : 1 : 2 : 3 : 3 : 1
8	Lower (Bc)	80~200	30~100	1.0~2.5	0 : 0 : 0 : 3 : 4 : 3

* By Cummins(1962): B (boulder)>256 mm, C (cobble) 256-64mm, P (pebble) 64-16 mm, G (gravel) 16-2 mm, S (sand) 2-0.06 mm, SI (silt) 0.06 mm<

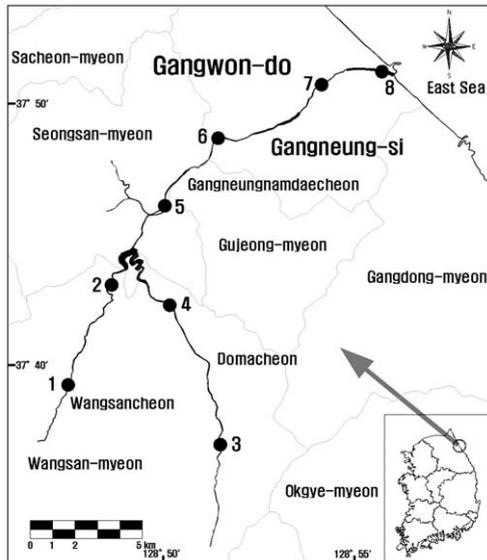


Fig. 1. Map showing the study stations in Namdaechon, Gangneung city, Gangwon-do.

- St. 1. Geomjeongigol, Wangsan-myeon Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 2. Wangsan bridge, Wangsan-myeon Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 3. Guha bridge, Wangsan-myeon Mokgye-ri Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 4. Tapdong bridge, Wangsan-myeon Mokgye-ri Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 5. Gusan bridge, Seongsan-myeon Obong-ri Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 6. Junsan bridge, Junsan-dong Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 7. Ponam bridge, Ponam-dong Gangneung-si, Gangwon-do
- St. 8. River miuth, Gyeonso-dong Gangneung-si, Gangwon-do.

의 농가에 의해 소규모의 경작이 행해지고 있어 비교적 양호한 하천환경 및 수환경을 유지하고 있고, 하상은 주로 암반, 큰돌, 돌, 자갈 등으로 구성되는 상류형 하천으로 주변 임상도 매우 양호하였다. 왕산천과 도마천의 합류지에 위치한 오봉저수지의 하류 지점인 성산(지점 5)부터 하천의 규모도 커지고 민가와 농경지 등이 증가하기 시작하면서 준산동(지점 6)에 이른다. 그러나 준산동까지는 비교적 인구 저밀도 지역이며 하천 주변은 주로 논과 밭 등의 농경지가 위치하고 있다. 하상은 큰돌, 돌, 자갈 등으로 구성되는 중상류 및 중류형 하천이다. 준산동 이 후부터 포남동(지점 7)과 하구인 견소동(지점 8)까지는 전형적인 도심하천으로 고수부지 및 제방공사, 하상정리, 보 등으로 인위적인 하천환경의 변형이 심한 구간이며, 하상은 돌, 자갈, 모래, 뽕 등으로 구성되는 중하류 및 하류형 하천으로 유속은 느리거나 정체되어 있다. 하수는 분리 처리되고 있으나 산재한 점 오염원으로 인해 수질 악화 현상이 나타나고 있으며, 견소동에는 강릉시 하수처리장의 배출수가 유입된다(Table 1).

2. 종생물지수의 산정

어류의 종생물지수(Species Biotic Index, SBI)는 Hilsenhoff(1988)에 따라 $SBI = (n1 \times t1) + (n2 \times t2) + \dots + (nx \times tx) / N$ ($n1, n2, nx: 1, 2, x$ 번째 종의 개체수, $t1, t2, tx: 1, 2, x$ 번째 종의 등급, $N: 총 개체수$)으

Table 2. Species grade of Korean freshwater fish for species biotic index

No.	1st grade	2nd grade	3rd grade	4th grade	5th grade
1	<i>Ladislavia taczanowskii</i> (새미)	<i>Pseudopungtungia nigra</i> (감돌고기)	<i>Acheilognathus signifer</i> (목납자루)	<i>Lampetra sinensis</i> (칠성장어)	<i>Anguilla japonica</i> (뱀장어)
2	<i>Phoxinus phoxinus</i> (연못모치)	<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i> (가늌돌고기)	<i>Coreoleuciscus splendidus</i> (쉬리)	<i>Lampetra reissneri</i> (다복장어)	<i>Acheilognathus lanceolatus</i> (납자루)
3	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (버들치)	<i>Zacco temminckii</i> (갈겨니)	<i>Hemibarbus mylodon</i> (어름치)	<i>Pungtungia berzi</i> (돌고기)	<i>Acheilognathus yamatutatae</i> (졸납자루)
4	<i>Rhynchocypris stenocheilichthys</i> (버들개)	<i>Oribias toni</i> (중개)	<i>Gobiobotia macrocephala</i> (꾸구리)	<i>Hemibarbus longirostris</i> (참마자)	<i>Sarcocheilichthys variegatus uzbekiae</i> (참중고기)
5	<i>Rhynchocypris kamgangensis</i> (금강모치)	<i>Oribias nudus</i> (대북중개)	<i>Gobiobotia brevitbarba</i> (돌상어)	<i>Microphysogobio koreensis</i> (모래주사)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)
6	<i>Rhynchocypris semioflus</i> (버들가지)	<i>Korecobitis rotundicaudata</i> (새꼬미꾸리)	<i>Microphysogobio longidorsalis</i> (베가사리)	<i>Iskokimia pumila</i> (부안중개)	<i>Gobiobotia nakdongensis</i> (흰수마자)
7	<i>Brachyocypis lenok isulhngensis</i> (열복어)	<i>Korecobitis nakdongensis</i> (열복새꼬미꾸리)	<i>Iskokimia koreensis</i> (참중개)	<i>Iskokimia longicorpa</i> (양중개)	<i>Microphysogobio yaluensis</i> (돌마자)
8	<i>Onchorhynchus masou masou</i> (산천어)	<i>Silurus microdorsalis</i> (미우기)	<i>Nivaeella multifasciata</i> (수송미꾸리)	<i>Cobitis pacifica</i> (북방중개)	<i>Ssarogobio dabryi</i> (두우쟁이)
9	<i>Cottus poeciloptus</i> (독중개)	<i>Liobagrus medialispositus</i> (자카사리)	<i>Pseudogobius brevicorpus</i> (꼬치통자개)	<i>Kichichioia brevifasciata</i> (좁수치)	<i>Cobitis sinensis</i> (기름중개)
10		<i>Liobagrus andersoni</i> (통가리)	<i>Odontobutis platycephala</i> (동사리)	<i>Plecoglossus altivelis</i> (은어)	<i>Iskokimia bugarcifeldi</i> (남방중개)
11		<i>Liobagrus obesus</i> (을사리)		<i>Siniperca scherzeri</i> (뜨가리)	<i>Cobitis lutheri</i> (전출중개)
12		<i>Coreoperca berzi</i> (격지)		<i>Coreoperca kauamebari</i> (격지개)	<i>Pseudogobius koreanus</i> (눈동자개)
13				<i>Cottus hangjougensis</i> (한독중개)	<i>Hypomesus nipponensis</i> (빙어)
14					<i>Rhinogobius brunneus</i> (릴어)
Total	9	12	10	13	14

No.	6th grade	7th grade	8th grade	9th grade	10th grade
1	<i>Rhodeus pseudosericeus</i> (한강납줄개)	<i>Rhodeus ocellatus</i> (흰줄납줄개)	<i>Hemibarbus labeo</i> (누치)	<i>Coilia nasus</i> (응어)	<i>Cyprinus carpio</i> (잉어)
2	<i>Acheilognathus koreensis</i> (납납자루)	<i>Rhodeus uyekii</i> (자시붕어)	<i>Opsanichthys uncinistris amurensis</i> (고리)	<i>Carassius cuvieri</i> (떡붕어)	<i>Carassius auratus</i> (붕어)
3	<i>Acheilognathus somjinensis</i> (임남자루)	<i>Rhodeus notatus</i> (떡납줄갱이)	<i>Tribolodon hakonensis</i> (황어)	<i>Pseudolabrax parva</i> (참붕어)	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (미꾸라지)
4	<i>Squalidus gracilis majimae</i> (긴물개)	<i>Acheilognathus rhombus</i> (납지리)	<i>Tribolodon brandtii</i> (대황어)	<i>Gnathopogon strigatus</i> (졸물개)	<i>Misgurnus mizolepis</i> (미꾸라지)
5	<i>Squalidus japonicus coreanus</i> (물개)	<i>Acanthorhodeus macropus</i> (큰납지리)	<i>Pseudogobius fulvitraco</i> (동자개)	<i>Abbotina rivularis</i> (버들매지)	<i>Silurus asotus</i> (메기)
6	<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> (참물개)	<i>Acanthorhodeus gracilis</i> (가시납지리)	<i>Trachidermus fasciatus</i> (씩쟁이)	<i>Aphyocypris chinensis</i> (왜물개)	<i>Channa argus</i> (가물치)
7	<i>Squalidus multinaclulatus</i> (검물개)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)	<i>Chaenogobius castaneus</i> (날망둑)	<i>Erythroculter erythropterus</i> (강준치)	
8	<i>Zacco platypus</i> (피라미)	<i>Sarcocheilichthys nigripinnis mori</i> (중고기)	<i>Acanthogobius flavimanus</i> (문절망둑)	<i>Culter brevicauda</i> (백조어)	
9	<i>Leftia costata</i> (참미꾸리)	<i>Abbotina springeri</i> (왜매지)	<i>Acanthogobius lactipes</i> (흰날망둑)	<i>Hemiculter eigenmanni</i> (치리)	
10	<i>Iskokimia choii</i> (미호중개)	<i>Microphysogobio jeoni</i> (뿔망둑)	<i>Synechogobius hasta</i> (플망둑)	<i>Hemiculter leuciscultus</i> (살치)	
11	<i>Iskokimia yongdokensis</i> (동방중개)	<i>Squaliobarbus curriculus</i> (눈물개)	<i>Rhinogobius giurinus</i> (갈문망둑)	<i>Mugil cephalus</i> (승어)	
12	<i>Cobitis tetralineata</i> (줄중개)	<i>Letocassis ussurensis</i> (대농갱이)	<i>Tridentiger bifasciatus</i> (민물두물망둑)	<i>Chelon affinis</i> (등줄승어)	
13	<i>Pungitius sinensis</i> (가시고기)	<i>Leiocassis nitidus</i> (밀자개)	<i>Tridentiger obscurus</i> (검정망둑)	<i>Chelon baenatocbellus</i> (가승어)	
14	<i>Pungitius kaibarae</i> (잔가시고기)	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (큰가시고기)	<i>Tridentiger brevispinis</i> (민물검정망둑)	<i>Oryzias latipes</i> (송사리)	
15	<i>Odontobutis internipha</i> (열복동사리)	<i>Repomucenus olidus</i> (강주걱양태)	<i>Acentrogobius pflaumi</i> (출망둑)	<i>Oryzias sinensis</i> (대북송사리)	
16	<i>Chaenogobius urotaenia</i> (꼭져구)	<i>Micropercops swinhonis</i> (좁구물치)	<i>Luciogobius guttatus</i> (미끈망둑)	<i>Monopterus albus</i> (드렁허리)	
17	<i>Leucopsarion petersii</i> (사백어)	<i>Macropodus ocellatus</i> (버들붕어)	<i>Takefugu obscurus</i> (황복)	<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)	
18				<i>Lepomis macrochirus</i> (물루깅)	
19				<i>Micropterus salmoides</i> (베스)	
Total	17	17	17	19	6

Table 3. Water environmental grade and symbolic color by species biotic index (Hilsenhoff, 1988)

Grade	Species biotic index	Water environmental grade	Symbolic color
1	0.00~3.75	Very good	Blue
2	3.76~4.25	Good	Sky blue
3	4.26~5.00	Fairly good	Green
4	5.01~5.75	Fair	Light green
5	5.76~6.50	Fairly poor	Yellow
6	6.51~7.25	Poor	Orange color
7	7.26~10.00	Very poor	Red

로 산출하였다. 각 어종에 대한 표준 등급(점수)을 부여하기 위하여 등급 범위를 1~10점 사이로 정하였으며, 어종에 따른 서식지 특성, 수질에 따른 어류 서식 현황, 수질오염에 대한 민감성 등을 문헌(內田, 1939; 정, 1977; 최 등, 1990; 전, 1980; 김, 1997; 김 · 박, 2002; 김 등, 2005)과 경험적 상황 등을 종합적으로 고려하여 작성하였으며, 대부분의 생활사를 바다에서 보내면서 일시적으로 하천에 나타나는 어류는 제외하였다. 또한 어종의 등급 선정에 따른 공정성과 정확도를 기하기 위하여, 등급 목록을 국내 어류학자들에게 열람한 후 의견과 자문을 반영하여 재 수정하였다. 한국산 담수어류의 어종별 등급은 Table 2와 같다. 종생물지수 값은 Hilsenhoff (1988)에 따라 Table 3과 같이 7개의 수환경 등급으로 구분하였으며, 각 등급에 따라 수환경 등급을 색으로 표기함으로써 조사 하천의 수환경을 쉽게 판단할 수 있도록 하였다.

종생물지수를 이용한 수환경 평가의 객관성을 검증하기 위하여, 2005년 6월에 지점별 수질분석을 실시하여 비교하였다. DO(YSI-Model 58)와 pH(DKK FG-7) 등은 각 지점의 현장에서 측정하였고, BOD, SS, 대장균 수 등은 4l 무균 채수병에 하천수를 채수한 후 환경오염공정시험법에 따라 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 지점별 어류상과 종생물지수

강릉남대천의 지점별 서식 어종과 채집 개체수, 그

리고 이를 통해 산출된 종생물지수는 Table 4와 같다. 강릉남대천에서 채집된 어류는 총 10과 29종 1,729개체였다. 이들 중 순수담수어는 19종이었으며, 생활사의 일정 시기를 하천과 바다를 왕래하며 보내는 회유성 어류(migration fish)가 8종, 원래는 회유성 어류였으나 담수에 정착하여 생활사를 이어가는 육봉형 어류가 2종이었다. 그러나 영서지방으로부터 이입된 어류가 12종이었고 특산종 6종 중 북방종개를 제외한 5종이 영서로부터 이입된 어종이었다. 우점종은 피라미(상대풍부도 15.33%)였으며 아우점종은 버들개(13.13%)였고 우세종은 갈겨니(10.24%), 돌고기(9.43%), 북방종개(7.63%) 등이었다.

각 지점별 어류 채집현황과 종생물지수를 보면 지점 1에서는 3과 5종, 168개체가 채집되었으며, 모두 어류등급 1~2에 해당되는 어종들로 본 지점의 종생물지수는 1.70이었다. 지점 2에서는 6과 10종 191개체가 채집되었으며, 1~2 등급의 어류가 6종, 4등급 2종, 5등급과 6등급 어종이 각각 1종씩 채집되었고, 종생물지수는 2.85로 나타났다. 지점 3에서는 1등급 어류인 버들개와 산천어 2종만이 채집되어 어류상이 극히 빈약하였으며, 종생물지수는 1.00이었다. 지점 4에서는 6과 11종, 191개체가 채집되었다. 1등급 어류가 1종, 2등급이 4종, 4등급이 2종, 5등급이 1종, 6등급이 2종 등이었으며, 종생물지수는 3.39였다. 지점 5에서는 모두 6과 12종이 채집되었고, 1등급 어류 1종, 2등급 4종, 4등급 2종, 5등급 2종과 6등급 3종이 조사되었다. 종생물지수는 4.13으로 나타났다. 지점 6에서는 6과 15종이 조사되었다. 1등급 어류는 5

Table 4. Fish fauna and species biotic index at each stations in Namdaecheon, Gangneung city, Gangwon-do

Species / Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	RA*	Note**
Cyprinidae, 잉어과											
<i>Cyprinus carpio</i> , 잉어							3	23	26	1.50	P
<i>Carassius auratus</i> , 붕어						17	24	45	86	4.97	P
<i>Pseudorasbora parva</i> , 참붕어							11	9	20	1.16	P, I
<i>Pungtungia herzi</i> , 돌고기		17		21	62	61	2		163	9.43	P, I
<i>Ladislavia taczanowskii</i> , 새미	2					1			3	0.17	P, I
<i>Squalidus gracilis majimae</i> , 긴물개				5	21				26	1.50	P, I, E
<i>Pseudogobio esocinus</i> , 모래무지					2	17			19	1.10	P, I
<i>Rhynchocypris steindachneri</i> , 벼들개	48	14	61	28	31	44		1	227	13.13	P
<i>Zacco temminckii</i> , 갈겨니	43	64		19	42	9			177	10.24	P, I
<i>Zacco platypus</i> , 피라미		26		35	51	93	17	43	265	15.33	P, I
<i>Tribolodon bakonensis</i> , 황어							15	35	50	2.89	M
Balitoridae, 종개과											
<i>Orthrias toni</i> , 종개	60	24		23	9	4			120	6.94	P
<i>Lefua costata</i> , 쌀미꾸리						3			3	0.17	P
Cobitidae, 미꾸리과											
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> , 미꾸리						2	5	4	11	0.64	P
<i>Iksokimia koreensis</i> , 참종개				1					1	0.06	P, I, E
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i> , 새코미꾸리		1			5				6	0.35	P, I, E
<i>Cobitis pacifica</i> , 북방종개		1		35	11	61	13	11	132	7.63	P, E
Siluridae, 메기과											
<i>Silurus asotus</i> , 메기								1	1	0.06	P, I
<i>Silurus microdorsalis</i> , 미유기		3		1					4	0.23	P, I, E
Amblycipitidae, 통가리과											
<i>Liobagrus andersoni</i> , 통가리	15	29		16	14	6			80	4.63	P, I, E
Osmeridae, 바다빙어과											
<i>Plecoglossus altivelis</i> , 은어						17	14	3	34	1.97	M
<i>Hyptomesus nipponensis</i> , 빙어					27	8			35	2.02	M
Salmonidae, 연어과											
<i>Onchorhynchus masou masou</i> , 산천어			1						1	0.06	L
Mugilidae, 송어과											
<i>Mugil cephalus</i> , 송어							29	89	118	6.82	M
Gasterosteiformes, 큰가시고기과											
<i>Pungitius kaibarae</i> , 잔가시고기								2	2	0.12	L
Gobiidae, 망둥어과											
<i>Chaenogobius castaneus</i> , 날망둑							6	5	11	0.64	M
<i>Chaenogobius urotaenia</i> , 꼭저구					3		9	3	15	0.87	M
<i>Synechogobius basta</i> , 풀망둑								31	31	1.79	M
<i>Rhinogobius brunneus</i> , 밀어		12		7		4	21	18	62	3.59	M
Total number of individuals	168	191	62	191	278	347	169	323	1,729		
Total number of species	5	10	2	11	12	15	13	16	29		
Species biotic index	1.70	2.85	1.00	3.39	4.13	4.47	7.25	8.10			

* RA: relative abundance (%)

** P: primary freshwater fish, M: migration fish, I: introduced fish, E: endemic species, L: Land-locked form

Table 5. Species biotic index, water environmental grade and water quality grade (by BOD) at each station in Namdaecheon, Gangneung city, Gangwon-do

Stations	Species biotic index	Water environmental grade	Water quality grade (by BOD)
1	1.70	Very good	I
2	2.85	Very good	I
3	1.00	Very good	I
4	3.39	Very good	I
5	4.13	Good	II
6	4.47	Fairly good	II
7	7.25	Poor	III
8	8.10	Very poor	III<

Table 6. Water quality at each study station in Namdaecheon, Gangneung city, Gangwon-do from June 2005

Stations	pH	DO(mg/ℓ)	BOD(mg/ℓ)	SS(mg/ℓ)	<i>E. coli</i> (MPN/100ml)
1	7.1	9.02	0.6	1.2	300
2	7.4	8.86	0.6	1.0	240
3	7.3	8.91	0.6	1.0	240
4	8.0	8.49	0.7	5.8	500
5	7.5	8.86	1.1	3.4	1,000
6	7.5	9.75	1.3	2.2	3,000
7	7.0	9.40	6.3	2.0	8,000
8	7.3	9.35	-	10.4	24,000

종이었으나 버들개를 제외하면 모두 소수만이 채집되었고, 4~6등급의 어류와 10등급에 해당하는 붕어와 미꾸리도 채집되었다. 종생물지수는 4.47로 나타났다. 지점 7에서는 5과 13종이 조사되었고, 1~3등급에 해당하는 어류는 채집되지 않았으며 6~10등급에 해당하는 어류가 9종이 포함되었다. 종생물지수는 7.25였다. 본 지점은 정체수역을 형성하고 있으며 수질이 급격히 악화되는 지역이다. 지점 8에서는 총 7과 16종이 조사되었으며, 대부분이 6~10등급에 해당하는 어종이었으며, 버들개, 북방종개, 은어, 밀어등은 1~5등급에 해당하는 어류였으나 개체수는 빈약하였다. 종생물지수는 8.10으로 나타났다.

2. 수환경 평가 및 수질의 비교

각 지점별 종생물지수(SBI) 값에 따른 수환경 등급 및 수질 검사를 통한 하천수질등급(BOD 기준)은 Table 5와 같으며, 수환경등급을 색상으로 표기한

하천 전 구간의 수환경등급도는 Figure 2와 같다. 하

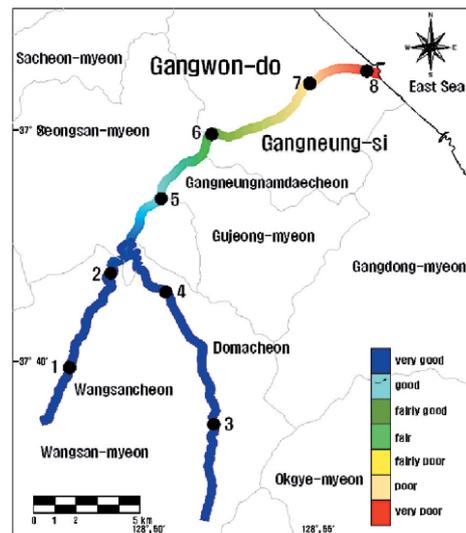


Fig. 2. Colored stream map by the water environmental grade in Namdaecheon, Gangneung city, Gangwon-do.

천의 상류에 속하는 지점 1~4의 종생물지수는 1.00~3.39의 범위로 지점 간 다소 차이는 있었으나 모두 수환경 등급에서 “매우 좋음”으로 나타났으며, 지점 5는 종생물지수 4.13으로 “좋음”에 해당하였고, 지점 6은 종생물지수 4.47로 “조금 좋음”, 지점 7은 종생물지수 7.25로 “나쁨”, 지점 8은 8.10으로 수환경 등급 최하위인 “매우 나쁨”으로 나타났다. 이러한 수환경 등급은 비교적 하천의 상류에 속하고 오염원이 거의 없는 지점 1, 2, 3, 4는 매우 좋음으로 나타난 반면, 유량이 증가하고 민가 등의 오염원이 늘어나기 시작하는 지점 5와 6에서는 각각 좋음과 조금 좋음, 그리고 도심에 위치하며 인위적 영향과 수질의 오염이 심한 지점 7과 8은 나쁨과 매우 나쁨으로 나타나 하천 환경의 변화와도 매우 밀접하게 나타났다.

수질 검사를 통한 하천수질환경등급은 BOD 기준 지점 1~4는 1급수에 해당되었고, 지점 5~6은 2급수, 지점 7은 3급수였고, 지점 8은 해수가 혼합되어 있는 관계로 측정이 불가하였으나 조사지점 가운데 가장 하류 지점이고 하수처리장의 배출수가 유입되는 점 등으로 미루어 최소한 지점 7보다 낮은 3급수 이하일 것으로 추측된다. 표 5에서 보는 바와 같이 종생물지수를 이용한 수환경등급과 하천수질등급은 유사한 결과를 나타내었는데, 수환경등급의 매우 좋음은 하천수질등급 1급수에 해당하였고, 좋음과 조금 좋음은 2급수 그리고 나쁨과 매우 나쁨은 3급수 및 3급수 이하 등에 해당하였다. 각 지점별 수질분석 결과는 Table 6과 같다.

어류를 통한 하천의 수환경 평가는 주로 군집분석이나 특정 개체 및 개체군을 대상으로 주로 실시되어 왔으며(송 등, 1995; 최 등, 1997; 양·채, 1997) 이러한 평가 방법은 연구자와 조사방법에 따른 편차가 크고, 어류의 경우 비교적 내성 범위가 넓게 나타나는 단점이 있다. 그러나 종생물지수(SBI)를 통한 수환경 평가 방법의 경우 채집된 전체 어종의 종별 어류 등급과 개체수 및 총 개체수를 이용해 산출한 지수로서 비교적 연구자나 조사 방법 및 어류의 내성에 따른 오차 등의 영향을 줄일 수 있는 기법으로 평가되었다.

IV. 결론

강원도 강릉시에 위치한 강릉남대천을 대상으로 2004년 6월과 7월, 2005년 6월에 걸쳐 어류상 조사를 통한 담수어류의 종생물지수를 이용하여 수환경 등급을 평가한 결과는 다음과 같다.

본 하천에서 채집된 어류는 총 10과 29종이었으며, 우점종은 피라미(상대풍부도 15.33%), 아우점종은 버들개(13.13%)였다.

하천의 상류에 속하는 지점 1~4의 종생물지수는 1.00~3.39의 범위로 지점 간 다소 차이는 있었으나 모두 수환경 등급에서 “매우 좋음”으로 나타났으며, 지점 5는 종생물지수 4.13으로 “좋음”에 해당하였고, 지점 6은 종생물지수 4.47로 “조금 좋음”, 지점 7은 종생물지수 7.25로 “나쁨”, 지점 8은 8.10으로 수환경 등급 최하위인 “매우 나쁨”으로 나타났다.

종생물지수를 이용한 수환경등급과 하천수질등급을 비교한 결과 매우 유사한 결과를 나타내었다.

참고문헌

- 김범철, 허우명, 황길순, 1995, 도암호의 부영양화 실태, 한국육수학회지, 28(2), 233-251.
- 김익수, 1995, 한국의 위기 담수어류의 서식현황과 보존, 1995 한국생태학회·어류학회 공동 심포지움 발표 논문집.
- 김익수, 1997, 한국동식물도감, 제 37권 동물편(담수어류), 교육부, 연기, 1-629.
- 김익수·박종영, 2002, 한국의 민물고기, 교학사, 서울, 1-465.
- 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현, 2005, 원색 한국어류대도감, 교학사, 서울, 1-616.
- 김종선, 함순아, 나철호, 1995, 수서곤충을 이용한 탐진강수계의 수질평가, 한국환경생물학회지, 13(2), 225-230.
- 배경석, 박성배, 1992, 한강 중, 하류 지천생태계의 저서성무척추동물군집 및 환경요인과의 관

- 계, 한국육수학회지, 25(1), 41-57.
- 송호복, 권오길, 전상호, 김휘중, 조규송, 1995, 황성 섬강상류의 어류상, 한국육수학회지 28(2), 225-232.
- 신재기, 조주래, 황순진, 조경제, 2000, 경안천-팔당호의 부영양화와 수질오염 특성, 한국육수학회지, 33(4), 387-394.
- 윤병진, 전태수, 1999, 수영강지류인 석대천에서 깔다구류(파리목) 군집에 대한 오염의 영향, 한국육수학회지, 32(1), 24-34.
- 조경제, 신재기, 광승국, 이옥희, 1988, 담수산 *Stephoanodiscus*속 규조류의 오염지표성 평가, 한국육수학회지, 31(3), 204-210.
- 정문기, 1977, 한국어도보, 일지사, 서울, 1-727.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목, 1990, 원색한국담수어도감, 향문사, 서울, 1-257.
- 최신석, 송호복, 황수옥, 1997, 대청호의 어류군집, 한국육수학회지, 30(2), 155-166.
- 안광국, 정승현, 최신석, 2001, 생물보전지수(index of biological integrity) 및 서식지평가지수(qualitative habitat evaluation index)를 이용한 평창강의 수환경 평가, 한국육수학회지, 34(3), 153-165.
- 양홍준, 채병수, 1994, 대도시 주변 하천수계의 수질환경과 육수생물학적 연구-금호강수계의 어류상과 어류군집 구조, 한국육수학회지, 27(2), 177-188.
- 可兒藤吉, 1944. 溪流性昆蟲の生態. 古川晴男編(昆蟲), 上, 研究社, 東京.
- 内田恵太郎. 1939, 朝鮮魚類誌, 第1册, 朝鮮總督府水産試驗場報告, 1-458.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Synder and J. B. Stribling, 1999, Rapid bioassessment protocols for use in streams and Wadeable Rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, Second edition, EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Cummins, K. W., 1962, An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters, Am. Midl. Nat., 67, 477-504.
- Hilsenhoff, W. L., 1987, An improved biotic index of organic stream pollution, The Great Lakes Entomologist, 20(1), 31-39.
- Hilsenhoff, W. L., 1988, Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index, J. of North American Benthological Society, 7(1), 65-68.
- Karr, J. R., 1991, Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management, Ecological Applications, 1, 66-84.
- Nelson, J. S., 1994, Fishes of the world, 3rd edition, John Wiley & Sons, New York, 1-600.
- Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross and R. M. Hughes, 1989, Rapid assessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrata and fish, EPA/444/4-89-001, Office of Water Regulations and Standards, U.S. EPA, Washington, DC, USA.
- U.S. EPA, 1988, WQS draft framework for the water quality program, Draft 11-8-88. Office of water, U.S. EPA, Washington, D.C., U.S.A.
- Van Putten, 1989, Issues in applying water quality criteria. Water quality standards for the 21st century, Office of Water, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C. U.S.A, 175-177.