

경기 6개호수의 어류군집 특성

최재석* · 김재구¹ · 장영수 · 이광열 · 유형렬² · 정주용² · 김범철¹

(강원대학교 생물학과, ¹환경과학과, ²경기도보건환경연구원)

Characteristics of Fish Community on Six Lakes Located in Gyeonggi. Choi, Jae-seok*, Jai-ku Kim¹, Young-su Jang, Kwang-yeol Lee, Hyeungri Ryu², Juyong Jeong² and Bomchul Kim¹ (Department of Biology, ¹Department of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea; ²Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, Suwon 440-290, Korea)

Community structures of fish in six small eutrophied lakes, located in Gyeonggi province, Korea were investigated from September 2003 to August 2004. Total number of fish species was 33 species of 13 families in which five Korean endemic species such as *Rhodeus uyekii*, *Squalidus gracilis majimae*, *Abbottina springeri*, *Iksookimia koreensis*, and *Odontobutis interrupta* were found. Dominant species in the lakes was *Hemiculter leucisculus*. Both *Zacco platypus* and *Pseudorasbora parva* were numerous as subdominant species. In particular, *Micropercops swinhonis* known as partly distributed in the Jeonlabukdo was first recorded in Lake Wangsong and Heungbu which are located in the Gyeonggi province. In lake Myukwoo, Wangsong, and Heungbu, the proportion of Pelagic and omnivorous fish were high, reflecting that fish habitat is poor. A CPUE based fish production was the lowest in Lake Geumgwang of which lake is relatively favorable, whereas it was higher in eutrophied lakes such as Dukwoo, Myukwoo and Heungbu lakes.

Key words : fish community, *Micropercops swinhonis*, CPUE

서 론

생태계 내 효율적인 어족관리를 통하여 호수 수질개선에 기여 할 수 있음에도 불구하고 우리나라의 경우 생태계 및 수환경을 고려한 과학적인 어족관리가 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다. 국내 호수들은 일부 대형호수를 제외하고 대부분 수심이 얕고, 규모가 작은 소형호수의 형태로서 유역 내 산재된 오염원의 영향에 매우 취약하여, 매년 하천과 호수의 부영양화현상이 심각하게 나타나고 있다. 호수의 부영양화에 따른 생태계군집구조는 매우 단순하며 특정 종에 의한 우점화 현상이 두드러지게 나타나는 특징을 가지고 있다. 부영양화된 호수에서

일차적인 관리방안은 수질개선측면에서 유역내 오염원을 제거하거나 감소시키는 것이며, 이차적인 접근방법으로 수질개선에 기여 할 수 있는 방향으로 생태학적 먹이조절을 이용한 인위적인 군집구조의 개선이다(Lamarra, 1975; Shapiro *et al.*, 1975; Andersson *et al.*, 1978; Shapiro, 1979; Lynch and Shapiro, 1981; Kitchell *et al.*, 1982; Goad, 1984; McQueen and Post, 1984; Tatrai and Istranovics, 1986; Arcifa *et al.*, 1986; McQueen *et al.*, 1986). 그러나 수질 개선을 위한 어류군집의 구조를 바꾸기 위해선 그 호수의 어류상 및 어류군집을 파악하여 특성에 맞게 변형시켜야 함에도 불구하고 어류군집의 특성을 파악하는데 노력은 매우 미약하다. 또한 담수어의 분포를 밝히는 일도 어류의 지리적 구계설정이나 이동경로, 진

* Corresponding author: Tel: 033) 250-8405, Fax: 033) 251-3990, E-mail: gobiobotia@hanmail.net

화, 생태 등을 연구하는데 매우 중요함(양 등, 1991)에도 불구하고, 이런 소형 호수의 어류상 및 어류군집에 대한 조사는 매우 적은 실정이다. 더욱이 이러한 호수들은 대부분이 유로 낚시터로 임대되어 이용되고 있으며, 주변의 어촌계에서 호수의 생태적 특성을 고려하지 않은 채 각종 어류를 방류해 호수내의 어류군집은 안정화 되지 못하고 지속적인 교란이 야기되고 있는 실정이다. 그러므로 이러한 소형 호수들에 대한 어족자원관리는 어류군집의 특성을 반영한 구조변화를 통하여 수질 개선에 기여할 수 있도록 관리대책을 수립하는 것이 필요하다고 본다.

따라서 본 연구에서는 정량적인 방법을 통하여 6개 호

수의 어류상, 어류군집의 특징 등을 밝혀 수질 개선에 기여할 수 있도록 효율적인 어족관리에 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역 및 시기

조사는 경기도에 분포하는 소형 호수인 6개 호수를 대상으로 3~4개의 지점을 선정하여 2003년 9월부터 다음 해인 2004년 8월까지 3차에 걸쳐 실시하였다 (Fig. 1).

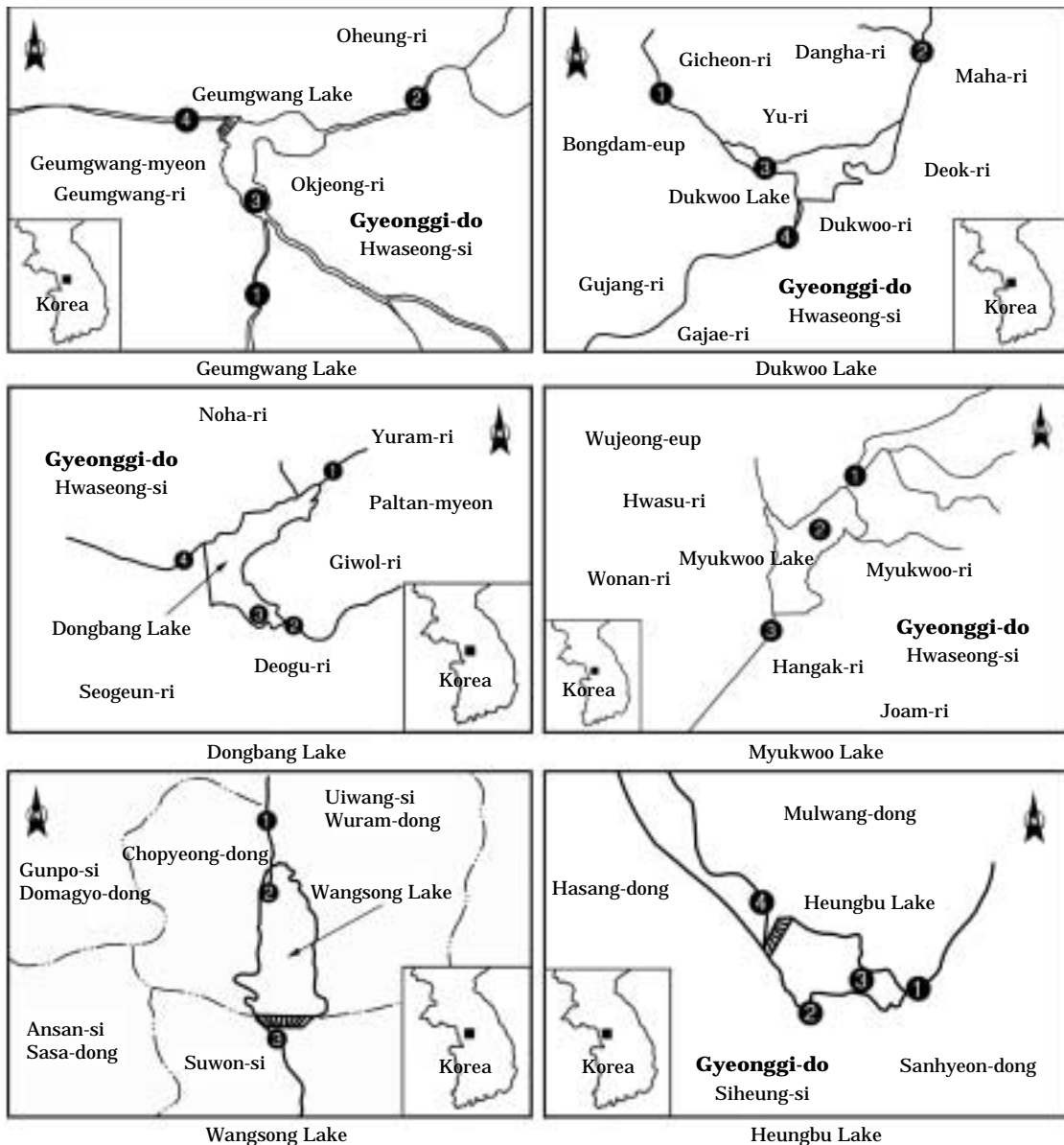


Fig. 1. Maps of six lakes studied. Three or four sampling sites of each lake including up and downstreams were investigated.

1) 조사지역

- 금광지 : 경기도 안성시 금광면 금광리
- 덕우지 : 경기도 화성시 봉담면 덕우리
- 동방지 : 경기도 화성시 팔탄면 노하리
- 떡우지 : 경기도 화성시 우정면 떡우리
- 왕송지 : 경기도 의왕시 월암동
- 홍부지 : 경기도 시흥시 물왕동

2) 조사시기

- 1차조사 : 2003년 9월~10월
- 2차조사 : 2004년 4월~5월
- 3차조사 : 2004년 7월~8월

2. 어류조사 및 호수 부영양화 평가

어류 채집의 경우 지류에서는 투망(7×7 mm: 14회)과 족대(4×4 mm: 40분), 그리고 호수내에서는 자망(15×15, 40×40 mm: 16시간)과 정치망(20×20 mm: 48시간)을 각각 사용하였다. 채집된 어류는 현장에서 즉시 10% 포르말린액으로 고정된 다음 실험실로 운반하여 동정, 분류하였다. 어류의 동정 및 분류는 김과 강(1993) 등 검색표에 의존 했다. 분류체계는 Nelson(1994)을 따랐다.

호수의 부영양화도 평가는 투명도, Chl. a, 총인 농도(TP)간의 상관관계를 이용하여 부영양화지수를 산출하였다(Carlson, 1977).

3. 단위시간당 채집량 (Catch Per Unit Effort: CPUE)

어류의 정량적 비교·분석을 위해 어획도구, 채집시간, 채집방법, 채집확률 등을 고려하여 각 호수별로 단위시간

당 채집량(Catch Per Unit Effort: CPUE)으로 환산하였다. 어획도구에 따른 포획확율을 Hovgård & Lassen(2000)의 방법을 참고하였다. 각 조사지점에서 채집된 총 개체수 및 생체량은 포획확율×포획조사시간으로 나누어 시간당 개체수 혹은 시간당 생체량의 단위로서 환산하였다. 평균포획률(P)은 어류 자망 평균조우율과 보유율을 고려하여 계산하였다(Regier, 1975; Hamley, 1979).

$$P \text{ (Capture rate)} = E \text{ (Encounter rate)} \times R \text{ (retained rate)}$$

$$E = \text{Average length}^{0.8} \text{ (Rudstam et al., 1984)}$$

$$R = \text{body depth of species/girth of mesh size}$$

$$\text{CPUE (Catch Per Unit Effort)}$$

$$= \text{Individual number or Biomass}$$

$$/ (P \times \text{Sampling number} \times \text{Sampling time})$$

결과 및 고찰

1. 호수의 수리적 제원 및 육수학적 특성

경기도에 위치한 금광, 덕우, 동방, 떡우, 왕송, 홍부 등 6개 호수는 1940~1960년대에 농업용수확보를 위해 축조된 소형호수이다. 금광과 덕우지는 유역면적이 크고, 평균수심이 깊으며, 상대유역면적비가 20.6~29.2로서 비교적 크다. 반면 덕우지는 떡우, 동방, 왕송, 홍부지는 유역면적이 작고, 평균수심이 얕으며, 상대유역면적비는 홍부지를 제외하고 10.5~16.6으로 상대적으로 작다. 호수의 굴곡정도를 나타내는 호안발달지수는 금광지를 제외

Table 1. Hydrological and limnological characteristics of six reservoirs. A trophic state index was used by Carlson (1977).

Characteristics	Reservoir					
	1	2	3	4	5	6
Hydrology						
Watershed area (km ²)	43.8	22.7	6.3	8.3	15.6	13.2
Relative drainage area ratio	29.2	20.6	10.5	16.6	15.6	22.0
Lake surface area (km ²)	1.5	1.1	0.6	0.5	1.0	0.6
Mean depth (m)	6.9	3.8	1.5	1.7	2.0	3.2
Shoreline development index (SDI)	0.96	1.51	1.96	2.00	1.84	1.97
Trophic state (Sept. 2003 to Aug. 2004)						
TSI(Chl. a)	52~64	68~76	70~88	67~83	78~86	74~84
TSI(TP)	50~63	60~72	68~91	64~81	76~91	71~78
TSI(Secchi transparency)	50~60	60~67	65~83	67~80	65~77	65~73
Specific conductivity (μS cm ⁻¹)	117±31	191±49	351±140	422±237	346±115	315±88
TDS*	68±18	111±28	204±81	245±138	201±67	138±51

* : TDS estimated from specific conductance.

1: Geumgwang-Lake, 2: Dukwoo-L., 3: Dongbang-L., 4: Myukwoo-L., 5: Wangsong-L., 6: Heungbu-L.

Table 2. The species list and individual numbers of fishes collected from six lakes.

Species/sites	1	2	3	4	5	6	Remarks
Anguillidae 뱀장어과							
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어			3	1			Ph, B
Cyprinidae 잉어과							
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어	6	8	81	7	56	39	Pr, P
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type) 향어	1					1	Pr, P
<i>Carassius auratus</i> 붕어	35	184	181	64	118	252	Pr, P
<i>Carassius auratus</i> (Gold type) 금붕어						1	Pr, P
<i>Carassius cuvieri</i> 떡붕어	29	17	96	31	45	75	Pr, P
<i>Rhodeus ocellatus</i> 흰줄납줄개	2	34	4	16		7	Pr, P
<i>Rhodeus uyekii</i> 각시붕어		1		2			Pr, E, P
<i>Rhodeus notatus</i> 떡납줄개	1	15		6		2	Pr, P
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어	38	347	913	146	515	501	Pr, P
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개	229						Pr, E, P
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	13	2					Pr, B
<i>Abbottina springeri</i> 왜매치	60	12					Pr, E, B
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치	106	1				51	Pr, P
<i>Aphyocypris chinensis</i> 왜물개	3	1	11	1	2	50	Pr, P
<i>Zacco platypus</i> 피라미	507	267	30	110			Pr, P
<i>Hemiculter leucisculus</i> 살치	510	61	1054	116	919	628	Pr, P
Cobitidae 미꾸리과							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리	6	48	8	2	46	39	Pr, B
<i>Misgurnus mizolepis</i> 미꾸라지	1	1	4		4	2	Pr, B
<i>Iksookimia koreensis</i> 참중개	1						Pr, E, B
<i>Cobitis lutheri</i> 점줄중개	1						Pr, B
Siluridae 메기과							
<i>Silurus asotus</i> 메기	3	12		7	1	6	Pr, B
Bagridae 동자개과							
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> 동자개	2	2	12	2	1		Pr, B
Osmeridae 바다빙어과							
<i>Hypomesus olidus</i> 빙어	14	43					Ph, P
Adrianichthyidae 송사리과							
<i>Oryzias sinensis</i> 대륙송사리	4	92	171	38	27	90	Pr, P
Symbranchidae 드렁허리과							
<i>Monopterus albus</i> 드렁허리					1	2	Pr, B
Odontobutidae 동사리과							
<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리	12	27		1	13		Ph, E, B
<i>Micropercops swinhonis</i> 줄구굴치					2	133	Ph, B
Gobiidae 망둥어과							
<i>Chaenogobius urotaenius</i> 꼭저구				14			Ph, B
<i>Synechogobius hasta</i> 풀망둑			1	3			Ph, B
<i>Rhinogobius giurinus</i> 갈문망둑	5	13	50	39	65	65	Ph, B
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	228	137	43	26	11	1	Ph, B
Balontiidae 천상어과							
<i>Macropodus chinensis</i> 버들붕어			30		5	1	Pr, P
Channidae 가물치과							
<i>Channa arga</i> 가물치	1	1	6	1	2	6	Pr, B
Centrarchidae 검정우럭과							
<i>Micropterus salmoides</i> 큰입우럭 (배스)	1				19		Pr, P
Family	10	9	8	9	11	9	
Species	26	23	18	21	19	19	
Number of individuals	1819	1326	2698	633	1852	1952	

1: Geumgwang-Lake, 2: Dukwoo-L., 3: Dongbang-L., 4: Myukwoo-L., 5: Wangsong-L., 6: Heungbu-L., Pr: Primary freshwater fish, Ph: Peripheral freshwater fish, E: Korean endemic species, B: Benthic P: Pelagic.

하고 모두 1.0 이상으로 비교적 잘 발달되어있다 (Table 1). 호수의 육수학적 특성은 금광지를 제외하고 유역내 인구나 축사 등 점 오염원의 영향이 우세하게 나타나고 있으며, 왕송지를 제외하고 5개 호수는 모두 유류누시터로 운영되고 있어 이에 따른 오염원의 영향을 받고 있다. 왕송지의 경우 부곡하수종말처리장의 방류수의 유입으로 호수내 수질을 악화시키는 주요인이 되고 있다. 6개 호수의 각 항목별 월 TSI 값은 계절적인 편차가 크지 않았다. TSI (평균) 값은 수질이 비교적 양호한 금광지에서 가장 낮았으며, 그 외 호수에서는 60 이상으로 부영양화에 속한다 (Table 1).

2. 어류상 및 어류군집

경기지방 소형 호수 6곳의 어류상을 조사한 결과 모두 13과 33종이 채집되었다. 금광지에서는 10과 26종 1,819개체, 덕우지에서 9과 23종 1,326개체, 동방지에서 8과 18종 2,698개체, 떡우지에서 9과 21종 633개체, 왕송지에서 11과 19종 1,852개체, 그리고 흥부지에서는 9과 19종 1,952개체가 각각 채집되었다 (Table 2). 이와 같이 호수의 면적이 48.3 km²으로 가장 넓은 금광지에서 26종이 채집되어 가장 많은 종이 채집되었으며, 호수의 면적이 6.3 km²으로 가장 적은 동방지에서 18종으로 가장 적은 종이 채집되었다 (Fig. 2). 이는 일반적으로 알려진 호수의 면적이 넓을수록 더 많은 어종이 출현한다는 결과 (Tonn *et al.*, 1990; Helminen *et al.*, 2000; 최 등, 2005)와 잘 일치하고 있다. 그러나 떡우지의 경우 면적이 적음에도 불구하고 다소 많은 종이 확인되었는데, 이는 본 호수에 유역면적보다 더 넓은 남양호의 수체가 양수장을 통해 지속적으로 유입되고 있기 때문인 것으로 판단된다.

한편 채집어종들 중 한국고유종은 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*), 긴물개 (*Squalidus gracilis majimae*), 왜매치 (*Abbottina springeri*), 참종개 (*Iksookimia koreensis*), 얼룩동사리 (*Odontobutis interrupta*) 등 모두 5종이 출현하여 출현율이 15.15%로 낮은 편이었고, 출현 호수도 금광지에서 4종, 덕우지 3종, 떡우지 2종, 그리고 왕송지 1종이 각각 출현하였으며 그 외 동방과 흥부지에서는 확인되지 않았다. 또한 출현개체수도 금광지를 제외하고 다른 호수들에서는 매우 적은 편이었다. 본 6개호수에서 출현한 33종 중 잉어과 (Cyprinidae)는 14종 (42.42%)으로 가장 많이 출현하였고, 다음은 미꾸리과 (Cobitidae)와 망둑어과 (Gobiidae)가 각 4종 (12.12%)씩, 동사리과 (Odontobutidae) 2종 (6.06%), 그리고 뱀장어과 (Anguillidae), 메기과 (Siluridae), 동자개과 (Bagridae), 바다빙어과 (Osmeri-

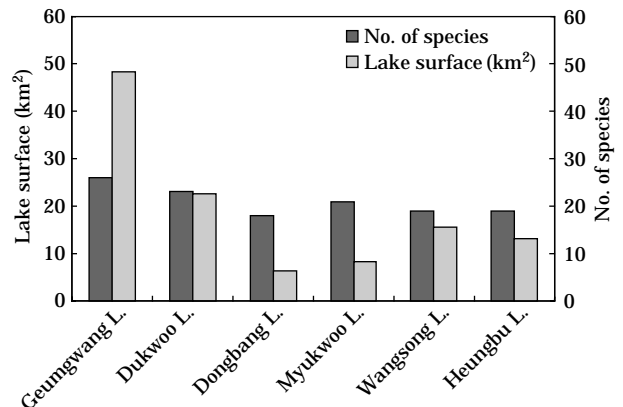


Fig. 2. Comparison of lake surface area and number of species confirmed in six lakes.

dae), 송사리과 (Adrianichthyidae), 드렁허리과 (Symbranchidae), 천상어과 (Balontiidae), 가물치과 (Channidae), 그리고 검정우럭과 (Centrarchidae)가 각각 1종씩 (3.03%)이었다. 이와 같이 잉어과 (Cyprinidae)와 미꾸리과 (Cobitidae)에 속하는 어류가 우세하게 분포하는 것은 우리나라 서남해로 유입되는 하천의 담수어류상의 특징과 잘 일치하는 결과 (전, 1980)라 생각된다. 그리고 일차담수어는 25종 (75.76%), 주연성담수어는 8종 (24.24%)이 출현하였다. 또한 국외에서 도입되어 방류된 종은 향어 (*Cyprinus carpio* (Israeli type)), 떡붕어 (*Carassius cuvieri*), 금붕어 (*C. auratus* (Gold type)), 큰입우럭 (*Micropterus salmoides*) 등 모두 4종 (12.12%)으로 나타났다. 특히 붕어 (*C. auratus*)들 중 일부 개체들은 어촌계의 증원으로 중국에서 도입된 것으로 확인되었으며 이들 개체들에 대해서는 추후 충분한 검토가 이루어져야 될 것으로 생각된다. 이들 어종들은 대부분이 낚시를 목적으로 도입된 것으로 보인다. 각 호수의 우점종 및 아우점종을 보면 금광지에서는 살치 (*Hemiculter leucisculus*)와 피라미 (*Zacco platypus*), 덕우지에서는 참붕어 (*Pseudorasbora parva*)와 피라미 (*Z. platypus*), 그리고 동방지, 떡우지, 흥부지, 왕송지에서는 살치 (*H. leucisculus*)와 참붕어 (*P. parva*)로 각각 나타났다. 살치 (*H. leucisculus*)를 포함한 이들 어종들은 오염에 대한 내성이 강한 어종들로 부영양한 수역에서 우점종으로 출현하는 경우가 많으며 또한 오염이 가속화 될수록, 그리고 서식지 환경 변화가 심할수록 개체군이 증가하는 어종들로 알려져 있다. 따라서 이들 대부분의 호수들은 부영양화이거나 부영양화에 가까운 호수인 것으로 생각된다.

특히 주목할 점은 왕송지와 흥부지의 유입, 유출하천에

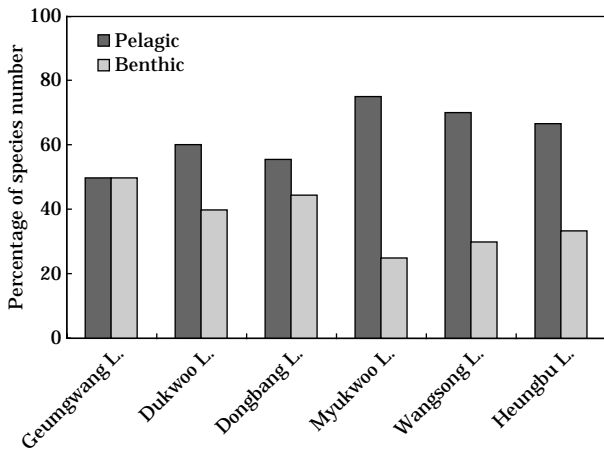


Fig. 3. Relative abundance of pelagic and benthic species in six lakes.

서 줍구굴치 (*Micropercopis swinhonis*)가 처음으로 2개체와 133개체가 채집된 것이다. 줍구굴치 (*M. swinhonis*)는 우리나라의 전북 진안군 마령(섬진강), 청호지와 고창군 흥덕면, 그리고 전주 만경강에서만 분포(김, 1997)하는 것으로 기록되고 있으며 경기도에서 채집된 기록은 아직 없다. 따라서 현재까지 왕송지와 흥부지는 본종의 북방한계선으로 보이며 향후 지속적인 분포연구가 필요한 실정이다.

한편 각 호수의 호수내에서만 분포하는 어종들을 대상으로 생태형을 부유성 (Pelagic)과 저서성 (Benthic)으로 구분하고 분류하여 보았다. 부유성과 저서성으로 구분하는 것은 그 비율에 따라 호수의 환경상태 또는 바닥상태를 파악할 수 있다고 판단되기 때문이다. 즉 저서성어종이 적게 분포할 경우 호수내 바닥상태가 오염되어 있거나 단순화 되어 있다고 판단할 수 있으며, 저서성어종의 비율이 높다는 것은 호수의 바닥상태가 양호하며 다양한 서식처(자갈, 돌, 빨, 모래 등)가 많이 존재하고 있다는 것을 나타낸다고 할 수 있다. 6개호수의 저서성과 부유성 어종을 비교해 본 결과, 금광지의 호수내에서 모두 10종이 출현하였고, 부유성과 저서성은 각각 5종씩 채집되어 어류들이 서식하기에는 다른 호수에 비해 비교적 양호한 호수임을 알 수 있었다. 이와 반대로 먹우, 왕송, 흥부지의 경우 부유성어종의 비율이 65% 이상으로, 그리고 저서성 어종은 35% 미만으로 나타났다 (Fig. 3). 또한 출현한 어종들의 섭식기능특성을 알아본 결과, 금광, 덕우, 먹우, 동방, 왕송 그리고 흥부지의 잡식성어종의 비율은 34.4%, 47.6%, 88.4%, 63.8%, 92.9% 그리고 82.6%로 금광, 덕우 그리고 동방은 비교적 낮게 그리고 그 외의 호

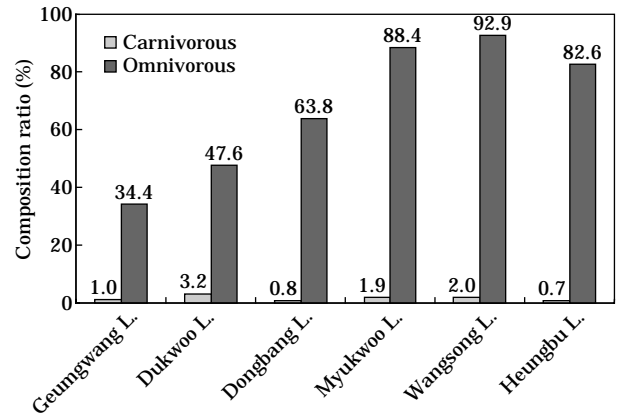


Fig. 4. Comparison of fish feeding group in six reservoirs.

수들은 비교적 높게 나타났다 (Fig. 4). 일반적으로 수환경의 오염도가 높거나 서식환경이 교란될수록 잡식성과 식물성플랑크톤성 어종의 비율이 높아지고 반면 식충성, 동물플랑크톤성, 저서성의 비율이 상대적으로 줄어드는 것으로 알려져 있다 (Karr, 1981), 이러한 결과로 볼때 먹우, 왕송 그리고 흥부지는 어류의 서식환경이 양호하지 못할 결과라 생각된다. 또한 저서성 어종의 출현비율이 낮은 것은 호수의 퇴적질 환경은 대부분 산소가 고갈된 환원상태로서 다양한 저서성 어류가 서식하는데 부적합한 환경을 보이기 때문으로 판단된다. 따라서 수환경과 퇴적질의 환경이 개선되면 다양한 섭식기능군의 어종이 증가할 것으로 예상된다.

납자루아과 (Acheilognathinae)의 어종들은 이매패류인 말조개 (*Unio douglasiae*) 등의 부족류 (Pelecypoda)와 공생하는 어종들로서 이러한 종들이 다수 분포한다는 것은 호수내의 바닥상태가 양호하며, 이매패류가 다수 분포한다는 것을 반영하여 준다. 그러나 이와 반대로 납자루아과 (Acheilognathinae) 어종들이 매우 적게 분포하거나 출현하지 않는 것은 이매패류가 서식하지 못할 정도의 오염된 호수내 바닥상태를 반영한다고 볼 수 있다. 따라서 각 호수의 납자루아과 (Acheilognathinae) 어종들의 분포를 통해 호수내의 바닥상태를 간접적으로 검증하여 보았다. 금광지의 경우 상류에서 흰줄납줄개 (*Rhodeus ocellatus*)와 떡납줄개 (*R. notatus*)가 1개체씩 출현하였고, 호수내에서는 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 1개체가 나타났다. 덕우지의 경우 상류에서 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 34개체, 각시붕어 (*R. uyekii*) 1개체, 떡납줄개 (*R. notatus*) 15개체가 출현하였고 호수내에서는 전혀 나타나지 않았다. 먹우지의 경우 상류에선 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 11개체, 각시붕어 (*R. uyekii*) 2개체, 떡납줄개 (*R.*

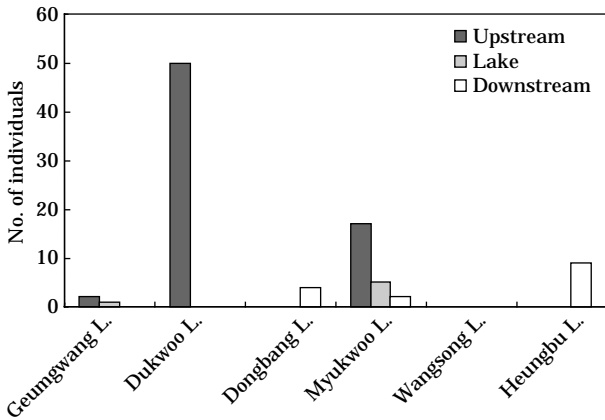


Fig. 5. Comparison of Acheilognathinae individual number in six lakes.

notatus) 4개체, 호수내에선 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 5개체, 그리고 하류에서 떡납줄갱이 (*R. notatus*) 2개체가 각각 채집되었다. 동방지의 경우 하류에서만 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 4개체가 나타났다. 왕송지의 경우 납자루아과 (Acheilognathinae) 어종들이 전혀 출현하지 않았다. 그리고 흥부지에서는 상류와 호수내에서는 전혀 출현하지 않았고, 하류에서 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 7개체, 떡납줄갱이 (*R. notatus*) 2개체가 각각 나타났다 (Fig. 5). 이와 같이 상류와 하류에서는 납자루아과 (Acheilognathinae) 어종들이 대부분 출현하였으나 호수내에서는 충분히 서식이 가능함에도 불구하고, 금광지와 떡우지에서 소수의 흰줄납줄개 (*R. ocellatus*) 1종만 나타난 것은 주목할만한 사항이다.

특히 팔당호(손 등, 1997) 및 의암호(송과 권, 1992)에서는 다수의 부족류의 서식과 함께 납자루아과 (Acheilognathinae)나 중고기속 (*Sarcocheilichthys*) 어류도 풍부한 것으로 보고되고 있다. 그리고 납자루아과 줄납자루 (*Acheilognathus yamatsutae*)의 경우 주된 서식지는 수심이 30~80 cm이며 큰 개체일수록 수심이 깊은 지역에서 서식하고, 동계에는 2~3.5 m 깊이까지 이동하여 월동하는 것으로 알려져 있다(송, 1994). 그러나 본 호수들에서 납자루아과 (Acheilognathinae)의 어종들이 서식하지 않는 것은 호수내 바닥의 상태가 이때패류가 서식하기에는 부적당하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 본 종들이 서식하기 위해서는 수질회복 및 건전한 수환경이 우선되어야 될 것으로 생각된다.

3. 생체량

6개 호수에서 출현한 어종들의 생체량을 비교·분석한

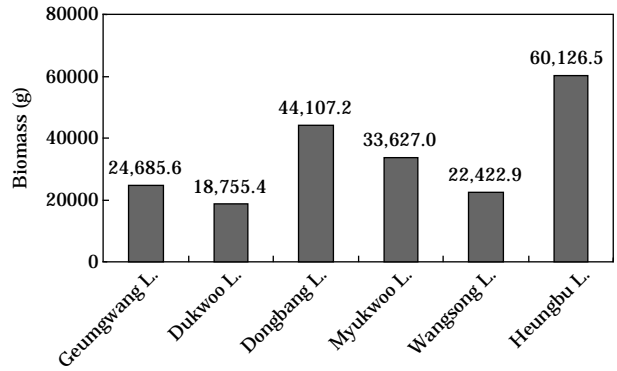


Fig. 6. Comparison of total biomass of fish collected in six lakes.

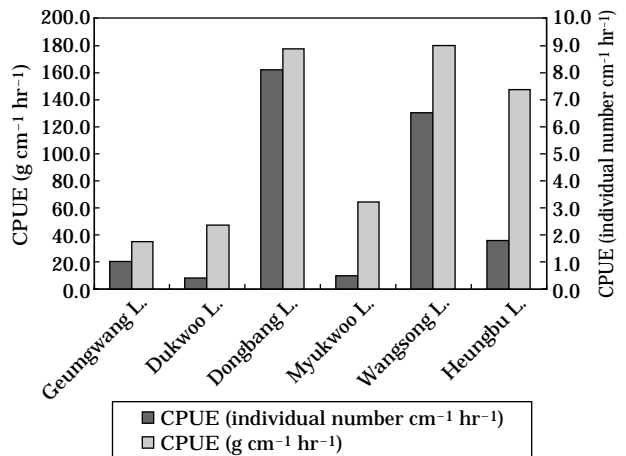


Fig. 7. Comparisons of fish biomass and individual based on CPUE in six lakes.

결과 아래 Fig. 6과 같다. 흥부지에서 가장 높게 나타났고, 다음은 동방지, 왕송지, 금광지, 떡우지, 그리고 마지막으로 떡우지 등의 순으로 각각 나타났다. 이와 같이 흥부지에서 가장 많은 생체량이 채집된 것은 다른 호수에 비해 어촌계에서 낚시자원 확보를 위한 목적으로 특정어종 즉 잉어 (*C. carpio*) 및 붕어류(떡붕어 (*C. cuvieri*), 붕어 (*C. auratus*)) 등을 지속적으로 그리고 무분별하게 방류하였기 때문인 것으로 생각된다. 또한 이러한 방류는 다른 호수에서도 일부 행한 것으로 추정되며, 이러한 요인들에 의해 호수내 생태계 교란이 일어나고 있으며 또한 앞으로 지속적으로 일어날 것으로 판단된다. 따라서 이러한 소형호수에 대하여서도 어족자원관리가 필요할 것으로 생각된다. 한편 떡우지의 경우 개체수가 다른 호수에 비해 상당히 적게 출현 (Table 2)하였음에도 불구하고 높은

생체량을 나타낸 것은 40 cm 정도의 메기 (*Silurus asotus*)가 다수 출현하였기 때문이었다.

4. CPUE를 활용한 호수별 어획량 비교분석

CPUE는 각 호수의 어류군집을 정량적으로 비교·분석하고 어족관리, 더 나아가 내수면 관리를 위하여 개발하였다. 각 호수에서 단위시간당 채집되는 개체수 및 생체량을 분석한 결과는 다음 Fig. 6과 같다. 단위시간당 채집되는 개체수는 비교해본 결과 동방지에서 8.1 individual number cm⁻¹ hr⁻¹로 가장 높았으며 다음은 왕송지 6.5, 흥부지 1.8, 금광지 1.0, 먹우지 0.5, 그리고 덕우지 0.4로 각각 나타났다. 또한 단위시간당 채집되는 생체량도 왕송지가 179.4 g cm⁻¹ hr⁻¹로 가장 많았으며, 다음은 동방지로 177.1, 먹우지 64.6, 덕우지 47.4, 그리고 금광지 34.7으로 각각 나타났다 (Fig. 7). 그러므로 호수면적이 가장 넓고 단위시간당 생체량이 가장 적은 금광지가 수질이 가장 양호한 호수로 생각된다. 한편 덕우, 먹우, 흥부지는 다른 호수와 달리 단위시간당 개체수에 비해 생체량이 매우 높게 나타났는데 이는 본 호수들이 유로 낚시터로 이용되므로 낚시 관리처에서 비교적 Size가 큰 잉어 (*C. carpio*) 떡붕어 (*C. cuvieri*), 붕어 (*C. auratus*) 등 많은 낚시 대상 종들을 인위적으로 방류하였기 때문인 것으로 생각된다. 또한 본 호수들은 어류생산성이 높은 부영양호로 판단된다.

적 요

경기도에 위치한 6개 소형 부영양호를 대상으로 2003년 9월부터 2004년 8월까지 어류의 군집구조를 조사하였다. 총 채집된 종은 13과 33종이었으며, 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*), 긴물개 (*Squalidus gracilis majimae*), 왜매치 (*Abbottina springeri*), 참종개 (*Iksookimia korensis*), 얼룩동사리 (*Odontobutis interrupta*) 등 5종의 한국고유종이 발견되었다. 우점종은 살치 (*Hemiculter leucisculus*)였으며, 그 외 피라미 (*Zacco platypus*), 참붕어 (*Pseudorasbora parva*)가 아우점종으로서 풍부하게 나타났다. 특히 전라북도의 일부지역에서 분포하는 것으로 알려진 좁구굴치 (*Micropercops swinhonis*)가 경기지역에 위치한 왕송과 흥부지에서 처음으로 기록된 것은 주목할 만하다. 먹우, 왕송, 흥부지의 경우 부유성어종의 비율과 잡식성어종의 비율이 높게 나타나 호수의 어류서식환경이 양호하지 못함을 반영하고 있다. CUPE를 바탕으로 한 어

류의 생산성은 호수 수질이 양호한 금광지에서 가장 낮았으며, 반면 다소 부영양한 호수인 덕우지, 먹우지, 그리고 흥부지는 어류생산성이 높았다.

사 사

본 연구는 2004년도 경기도 보전환경연구원의 “경기도 6개 호소 생물상조사”의 일환으로 수행되었다. 본 연구를 위해 현장조사에 많은 도움을 주신 함승대, 김승환, 이태원, 서홍석, 권순국, 김영호, 박장근 선생님들께 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

김익수, 강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적, 서울. pp. 10-264.
 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류), 교육부. pp. 133-520.
 손영목, 송호복, 변화근, 최재석. 1997. 팔당호 어류군집 동태. 한국어류학회지 9: 141-152.
 송호복, 권오길. 1992. 댐 건설에 따른 의암호의 어·패류상 변화. 강원대학교 논문집-과학기술연구 31: 178-186.
 송호복. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* (잉어과)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문, 181pp.
 양홍준, 채병수, 남명모. 1991. 홍천강 상류수역의 추계어류상. 육수지 24: 37-44.
 전상린. 1980. 한국산담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 대학원 박사학위 청구문. pp. 14-49.
 최재석, 이광열, 장영수, 최의용, 서진원. 2005. 평화의 댐 어류군집 분석. 육수지 38: 297-303.
 Anderson, G., H. Berggren, G. Cronberg and C. Gelin, 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59: 9-15.
 Arcifa, M.S., T.G. Northcote and O. Froehlich. 1986. Fish and zooplankton interactions and their effects on water quality of a tropical Brazilian Reservoir. *Hydrobiologia* 139: 49-58.
 Carlson, R.E. 1977. A Trophic State Index for Lake. *Limnology Oceanography* 22: 363-369.
 Goad, J.A. 1984. A biomanipulation experiment in Green Lake Seattle, Washington USA. *Archiwam Hydrobiologia* 102: 137-154.
 Hamley, J., M. 1975. Review of gill net selectivity, *J. Fish Res. Board Can.* 32: 1943-1969.

- Helminen, H., J. Karjalainen, M. Kurkilahti, M. Rask and J. Sarvala. 2000. Eutrophication and fish biodiversity in Finnish lakes. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie* **27**: 194-199.
- Hovgård, H. and H. Lassen. 2000. Annual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance surveys. FAO Fisheries Technical Paper. No. 397. Rome, FAO. 2000, 84pp.
- Kitchell, J.F., H.F. Henderson, E. Grygierek, J. Hrbacek, S.R. Kerr, M. Pedini, T. Petr, J. Shapiro, R.A. Stein, J. Stenson and T. Zaret. 1982. Management of lakes by food chain manipulation, U. N. F. A. O., Rome, 215pp.
- Lamarra, V.A. Jr., 1975. Digestive activities of carp as a major contributor to the nutrient loading of lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.* **19**: 2461-2468.
- Lynch, M. and J. Shapiro. 1981. Predation, enrichment, and phytoplankton community structure, *Limnology and Oceanography* **26**: 86-102.
- McQueen, D.J. and J.R. Post. 1984. Effects of planktivorous fish on zooplankton, phytoplankton and water chemistry. Lake and Reservoir Management, *Proceedings of the Fourth Annual Conf. NALMS* **1984**: 35-42.
- McQueen, D.J., J.R. Post and E.L. Mills. 1986. Trophic relationships in fresh-water pelagic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **43**: 1571-1581.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the world. John Wiley & Sons, New York. 600pp.
- Regier, H.A. 1975. To survey, monitor or appraise fishery resource some general concepts. EIFAC Tech. pap W. 23. suppl. I. Vol II. 690-730.
- Rudstam, L.G., J.J. Magnuson and W.M. Tonn. 1984. Size selectivity of passive fishing gear: A correction for encounter probability applied to gill nets. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **41**: 1252-1255.
- Shapiro, J. 1979. The need for more biology in lake restoration, In: Lake Restoration, Proceedings of a national conference, Aug. 22 ~ 24, 1978. Minneapolis, Minnesota. EPA 440/5-70-001. U. S. Gov't Printing office, Washington, D. C.: 161-167.
- Shapiro, J., V. Lamarra and M. Lynch. 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. In: P.L. Brezonik and J.L. Fox (eds). Proceedings of a Symposium on Water Quality Management through Biological Control. University of Florida. Gainesville: 69-85.
- Tatrai, I. and V. Istranovics. 1986. The role of fish in the regulation of nutrient cycling in Lake Balaton, Hungary. *Freshwater Biology* **16**: 417-424.
- Tonn, W., J. Magnuson, M. Rask and J. Toivonen 1990. Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages : the balance between local and regional processes. *The American Naturalist* **136**: 345-375.

(Manuscript received 28 February 2006,
Revision accepted 28 April 2006)