

## 농업용저수지 아산호와 남양호에 서식하는 어류의 건전성 평가

김병석\* · 박경훈 · 박연기 · 정미혜 · 유아선 · 양유정 · 최주현 · 권오경 · 안용준<sup>1</sup>

농업과학기술원 농산물안전성부, <sup>1</sup>서울대학교 농생명공학부

(2008년 1월 4일 접수, 2008년 3월 9일 수리)

### Assessment of the Health of Fish Species Collected in Agricultural Reservoirs, AsanHo and NamyangHo

Byung-Seok Kim\*, Kyung-Hun Park, Yoen-Ki Park, Mi-Hye Joeng, Are-Sun You, Yu-Jung Yang, Ju-Hyun Choi, Oh-Kyung Kwon and Young-Joon Ahn<sup>1</sup>

National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST), Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea, <sup>1</sup>School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to establish biomonitoring method for the assessment of the health of fish species in agricultural reservoirs polluted from various environmental contaminants. The ichthyofauna and fish community were investigated in the AsanHo and NamyangHo from September to November 2007. We measured abundance, size distribution, biomass, the number of fish with external and internal lesions, organosomatic index of the fishes collected in the AsanHo and NamyangHo. Dominant species were *Lepomis macrochirus*, *Carassius auratus* and the highest biomass were found in *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus* in the AsanHo and NamyangHo, respectively. The composition of age in the population of *Carassius auratus* in the AsanHo and NamyangHo was stabled by size distribution analysis. The sex ratio of *Carassius auratus* were 1: 0.36, 1:0.52 as female: male ratio in AsanHo and NamyangHo, respectively. The GSI of were 4.30, 1.69 of female and 1.45, 1.70 of male in AsanHo and NamyangHo, respectively. Most carp were 10-70 cm long in the AsanHo and 20-50 cm in the NamyangHo. The sex ratio of *Cyprinus carpio* were 1:0.42, 1:0.59 as female: male ratio in AsanHo and NamyangHo, respectively. The GSI of were 0.16, 3.46 of female and 0.93, 2.37 of male in AsanHo and NamyangHo, respectively. Of the 227 fish examined, 1.8% had some type of external lesion in AsanHo and 10% in NamyangHo. Overall, HAI scores ranged from 10-60 and HAI scores of AsanHo relatively lower than that of NamyangHo.

**Key words** ichthyofauna, organosomatic index, fish health assessment index, biomonitoring, agricultural reservoirs

## 서론

1970년대 이후 인구증가, 급격한 도시화 및 산업화와 더불어 농업생산성 증대를 위한 농약, 비료의 과다사용 등으로 인

해 수환경의 오염이 가속화되면서 먹는 수질 뿐 만아니라 농업용저수지의 수질도 심각한 우려수준으로 악화되고 있다(윤 등, 2006; 김 등 2007). 농업용수 수질은 농업생산성과 농산물 안전성에 매우 중요한 요소이므로 농업과학기술원에서는 1999년부터 전국 농업지대의 소수계 500지점에 대한 수질 정점조사를 수행중이며(고 등, 2006), 또한 매년 5대강 유역에서 주기적 물중 농약잔류량 모니터링을 통해 농약 오염실

\*연락처 : Tel. +81-31-290-0536, Fax. +81-31-290-0506  
E-mail: kbs2000@rda.go.kr

태를 조사해오고 있다. 하지만 화학적 방법으로는 수계에 존재하는 수 만종의 오염물질을 검색한다는 것은 인력과 경제적인 면에서 가능하지 않으며 오염물질의 복합 노출에 의한 상승작용을 평가한다는 것은 더욱 불가능하다. 또한 이화학적 수질조사의 시공간적 변이와 불확실성으로 인해 수질대표성에 대한 신뢰도문제가 종종 거론되기도 한다(공동수, 2002).

최근 이화학적 수질조사의 한계를 극복하기 위해 수질과 생물을 상호 보완적으로 연구하는 통합적 수질관리방법이 제시되고 있다. 이러한 연구방법들 중에 지표생물을 이용한 생물학적 평가방법은 연간의 평균적인 수질을 대변하고 과거 오염물질의 노출 추정도 가능하게하며 복합 오염물질의 노출에 따른 종합적 영향을 평가할 수 있다(공동수, 2002; 서 등, 2006). 특히 PAHs, PCBs, 중금속, 유기염소계 농약 등이 호소나 하천의 저층에 장기간 잔류하면서 치사수준 이하의 저농도로 어류에 노출되어 성장률저하, 면역체계교란, 번식이상 등을 일으키며 다음세대에 까지 영향을 미칠 수 있다는 보고가 잇따르면서(Denslow and Larkin 2006) 선진각국에서는 인간에 대한 내분비계장애유발 가능성을 사전검색하고 영향정도를 예측하기 위한 유용한 방법으로 어류나 수서무척추동물을 대상으로 한 검색시험법개발(OECD, 2002; USEPA, 1999)과 노출영향을 야외생태계에서 직접 조사하는 생물학적 모니터링기법이 널리 활용되고 있다(Barata 2007, USGS 2002).

이러한 목적에서 개발된 biological monitoring기법은 생물자원(생물종 및 서식처)에 대한 환경오염물질의 영향실태를 현장조사하는 기법으로 생체내 생화학적 변화에서 개체군, 군집 영향까지 포괄적으로 파악할 수 있는 방법으로 생태계관리 보전정책의 효율성 검증을 위한 가장 효과적인 방법으로 인정받고 있다. 이러한 biological monitoring기법의 사용 예를 보면 미국의 USGS에서 추진하고 있는 BEST(Bio-monitoring of Environmental Status and Trends) Program이 대표적인데 1992년부터 추진된 이 프로그램은 미국내 주요 하천 유역의 유기염소계농약, PCBs, 중금속 등의 오염물질의 생물학적 오염실태를 어류를 대상으로 지속적으로 조사해오고 있다. 하지만 국내에서는 모니터링사업으로 수질과 토양의 오염물질을 정기적으로 조사해오고 있기는 하나 농업환경에서 서식하는 생물체의 오염물질에 의한 생물학적 영향을 정기적으로 조사해온 자료는 전무한 실정이다. 따라서 우리 농산물의 생산성 향상과 농식품 안전성 제고를 위해서는 농업지역 수계의 이화학적 수질 조사와 함께 수생태계의 생물건전성을 지속적으로 조사평가관리할 필요가 있다. 본 연구는 농업생태계 바이오모니터링사업체계 도입의 필요성에 따라 유해화

학물질의 수서생물에 대한 영향을 종합적 평가하기위한 어류 건전성조사기법을 확립하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 조사지점

조사지점은 경기도 소재 농업용 인공저수지인 아산호와 남양호 2지역을 선정하였다. 두산대백과사전(Encyber)에 따르면 아산호와 남양호는 평택지구 다목적 농업개발사업의 일환으로 준공되었는데 아산호·남양호 2개의 담수호를 용수원으로 하는 평택지구의 대단위 농업개발사업이 완결됨으로써 경기·충남에 걸친 지역의 홍한(洪水)대책이 크게 개선되었을 뿐만 아니라 농지확장 4,674 ha, 미곡증산 5만 4,983t의 개발 효과를 가져왔다. 그 밖에도 양어·양식사업의 터전을 제공하게 되었다.

### 어류 건강지표

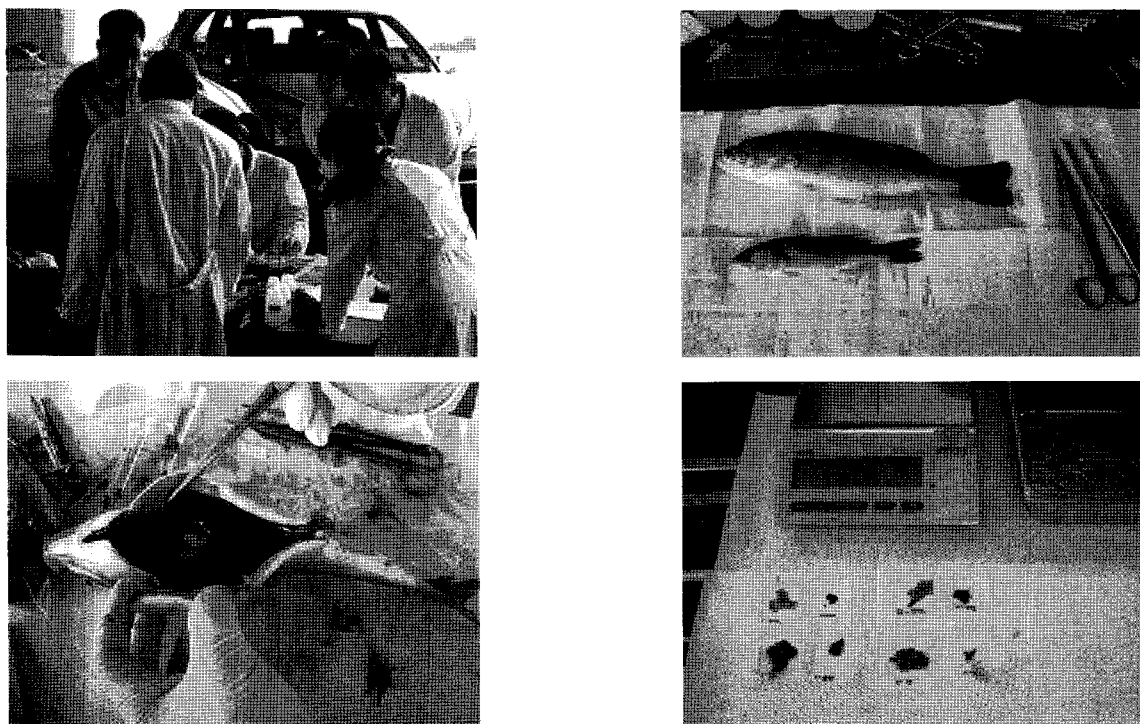
야외 채집 어류종별 어류 개체군 기초 조사를 위해 어종별 개체수, 성별, 전장, 체중을 조사한 후 어류건강지표(fish health indicators)를 조사하였다. 어류건강지표 조사에 사용한 기준은 USGS의 BEST program(2002)의 방법에 준하여 외형적 이상(External Gross Lesions)유무와 어류건강도평가지수(Health Assessment Index)를 조사하였으며 외형 이상의 등급표시는 이상유무(이상이 있을 경우 1, 없을 경우 0)에 기초하여 각 개체별로 한번씩 부여하며 각 어체의 건강지수(HAI)는 각 조직별 평가점수를 합하여 계산하고(Table 1, 2), 만약 각각의 항목을 전부 조사하지 못한 개체는 건강지수계산에서 제외하였다. 비만도지수(Condition Factor, CF, 체중/전장), 지라중량지수 [SplenoSomatic Index, SSI, 지라중량/(체중-생식선 무게)×100], 생식소중량지수 [GonadoSomatic Index, GSI, (생식선/체중)×100]등을 조사하였다. 채집시기는 9월에서 11월중에 조사하였는데 이는 어류의 생식주기와 관련된 시·공간적 변이를 최소화하기 위함 이었다.

### 야외샘플링 세부과정

야외샘플링의 세부과정을 정리하면 어류 채집은 삼각정치 어망 펼치고 24시간 후 수확한 전 개체를 현장 또는 실험실로 이동하였다. 채집어류의 종을 분류하고 무게 및 전장을 측정하는데 어류 대가리를 때려(sharp blow) 진정시킨 후 무게와 전장을 측정하였다. 2 kg 이상의 어류는 스프링저울로 달아서 측정하고 2 kg 이하의 어류는 전동저울로 측정하였다(Fig. 1).

**Table 1.** Classification of external lesions

Organ	Condition	Field observation	Classification
Eye	Normal	No visible abnormalities	0
	Exophthalmic	Protruding or “pop-eye”	1
	Hemorrhagic	Reddened within or around the eye	1
	Opaque	Cloudiness of the eye; cataracts	1
	Emboli	Gas bubbles visible within the eye	1
	Missing	Eye appears to be gone; may be healed over	1
Body surface	Normal	No visible abnormalities, possibly missing scale, pinpoint reddened area	0
	Tumor	Raised and/or discolored areas on the body surface	1
	Lesions	Large reddened areas, ulcerations or erosions	1
	Parasites	Visible parasites	1
Opercle	Normal	No visible abnormalities	0
	Slightly shortening	Opercle is slightly shortened; a small area of the gill may be visible	1
	Severe Shortening	Shortening is severe; a large area of the gill may be exposed	1
	Others	Deformity or visible parasite attached	1
Fin	Normal	No visible abnormalities	0
	Mild erosion	Some erosion but no evidence of bleeding or secondary infection	0
	Severe erosion	Active erosion with hemorrhage, evidence of secondary infection, or both	1
	Frayed	Margins of fins are ragged or torn	0
	Hemorrhagic	Reddened, bloody areas within fin	0
	Emboli	Gas bubbles visible within fin	1
	Other	Deformities, parasites	1



**Fig. 1.** Field observation procedure (A; Field observation table, B; Total length measurement, C; Necropsy of internal organs, D; Weight measurement of internal organs).

**Table 2.** Necropsy observations and their substituted health assessment index (HAI) values

Organ	Field observation	Value
Body surface	Normal, no aberrations	0
	Lesions; tumors; parasites; other	30
Fin	Normal	0
	Mild erosion; frayed, hemorrhagic, emboli	10
	Other	10
	Severe active erosion	30
Eye	No aberrations; eye clear	0
	Opaque, exophthalmic, hemorrhagic, missing	30
	Other; deviation not fitting any above	30
Opercle	Normal	0
	Slight shortening	10
	Severe shortening	30
Gill	Normal; no apparent aberrations	0
	Frayed; tips eroded, ragged	30
	Clubbed; tips swollen	30
	Marginate; distal portion light-colored	30
	Pale; whole filament very light-colored	30
	Other	30
Spleen	Normal; black, very dark red, or red	0
	Nodular; containing fistulas or nodules	30
	Enlarged	30
	Other; aberration not fitting any above	30
Kidney	Normal; firm, dark, flat	0
	Swoollen; enlarged or distended	30
	Mottled; gray discoloration	30
	Granular in appearance and texture	30
	Urolithiasis or nephrocalcinosis	30
	Other; aberration not fitting any above	30
Liver	Normal; uniform red or light red color	0
	Fatty liver; "coffee with cream" color	30
	Nodules or cysts in liver	30
	Focal discoloration	30
	General discoloration	30
	Other; deviation not fitting any above	30

외부 병징조사(EL)는 어류의 형태적 특징을 Table 1의 기준에 따라 조사 기록하고 심각히 비정상적으로 보이는 부분은 제거하여 병리조직검사를 위해 고정액에 담가 보관하였다. 개복(開腹) 및 내부장기 병징검사는 어류의 복부를 향문

에서부터 가슴지느러미까지 절개한 후 내부장기 적출에 앞서 간(liver), 쓸개(gall bladder), 신장(kidney), 지라(spleen), 생식선(gonad) 등의 이상유무를 Table 2의 기준에 따라 관찰 조사하였다. 생식선 조사시 어류의 성별을 판단하여 기록하

고 내외 부 육안검사가 끝나면 간, 지라, 콩팥, 생식선 등의 내부장기 떼어내어 무게를 측정하였다. 떼어낸 간, 신장, 지라, 생식선 중에 이상병변이 있는 경우 조직병리검사를 위해 수집하여 formalin 용액으로 보존처리하였다.

잔존 어체(car cass)처리방법은 냉동되거나 보존처리하지 않은 남은 조직을 복강에 다시 넣은 후 알루미늄 호일로 싸 후 플라스틱백에 넣어 보관하였다. 이때는 동일한 종, 동일한 성별로 한꺼번에 플라스틱백에 넣고 냉장 후 냉동시킨다.

**결과 및 고찰**

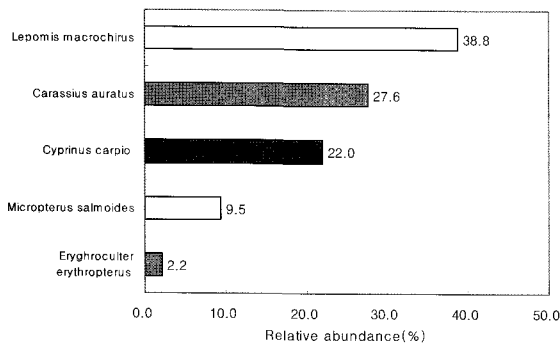
**Relative abundance and Biomass**

아산호에서 채집한 어류의 총 개체수는 232마리로 이중 가장 높은 상대풍부도를 보인 것은 외래종 블루길로 채집어류 중 90마리가 채집되었으며, 그 다음으로 붕어(*Carassius auratus*)가 64마리, 잉어(*Cyprinus carpio*)가 51마리, 배스(*Micropterus salmoides*)가 22마리, 마지막으로 강준치(*Erythroculter erythropterus*)가 5마리를 차지하였다(Fig. 2). 채집된 어종별 총 biomass를 비교한 결과 잉어의 biomass

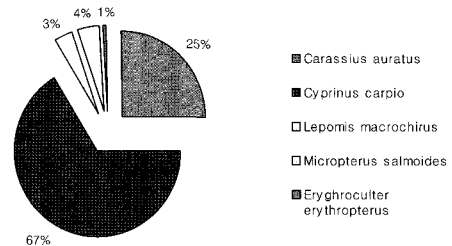
가 가장 커서 총 채집어류 biomass의 67%를 차지하였으며 그 다음으로는 붕어 25, 배스 4, 블루길 3, 강준치 1% 순이었다(Fig. 3).

남양호에서 채집한 어류는 총 5종에 전체 개체수는 270마리였으며 이중 가장 많은 높은 출현량을 보인 종은 붕어로 216마리가 채집되었다. 그 다음으로 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*) 23, 배스 15, 잉어 13, 블루길 3마리 순이었다(Fig. 4). 채집된 어종별 총 biomass를 비교한 결과 붕어의 biomass가 가장 커서 총 채집어류 biomass의 72%를 차지하였으며 그 다음으로는 잉어 18, 동자개 5, 배스 5%순이었다(Fig. 5).

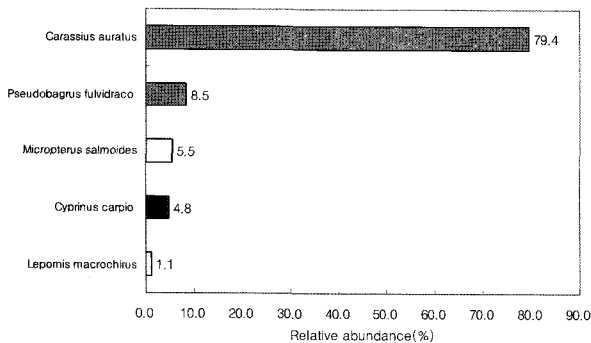
아산호의 외래종은 블루길과 배스 2종이 출현하였으며 상대풍부도는 48.3%로 매우 높게 조사되었으며 남양호의 경우에도 블루길과 배스 2종이 조사되었으나 아산호보다는 낮은 6.6%의 상대풍부도를 보여주었다. 윤 등(2006)이 농업용저수지의 어류군집 특성을 연구한 논문에 의하면 우리나라 농업용저수지에 서식하는 외래종의 상대풍부도는 평균 6.5%로 조사되었는데 본 조사의 결과와 비교하면 아산호의 외래종 유입율이 상당히 심각한 수준임을 알 수 있다. 안동호에 서식



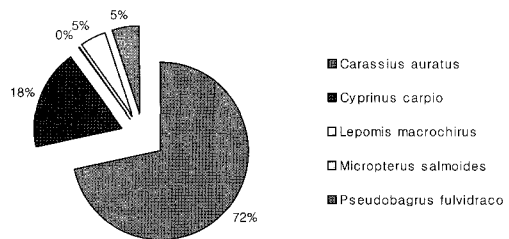
**Fig. 2.** The relative abundance of collected fishes in AsanHo in 2007.



**Fig. 3.** Biomass of fish population collected from AsanHo in 2007.



**Fig. 4.** The relative abundance of collected fishes in NamyangHo in 2007.



**Fig. 5.** Biomass of fish population collected from NamyangHo.

하는 블루길의 상대풍부도는 24.2%로 외래어종의 증가에 따라 토착어종은 대부분 희소종으로 전락하였다는 보고(변 등, 2004)에서 알 수 있듯이 39%에 달하는 매우 높은 상대풍부도를 나타내는 아산호의 경우에는 국내 소형 토착어종의 개체군 감소가 상당히 진행되고 있을 것으로 판단된다.

아산호의 경우 채집된 어류중 가장 많은 개체수를 보인 것은 블루길이었으나 생체량을 조사한 결과에서는 22%의 상대풍부도를 보인 잉어가 전체 생체량의 62%를 차지하였다. 이는 생체량의 차이는 개체수보다 개체의 크기에 따라 많은 차이가 있기 때문에(최 등, 1997) 상대적으로 크기가 큰 잉어가 많이 채집된 아산호에서 적은 개체수에도 불구하고 잉어의 생체량이 가장 높게 나타난 것으로 생각된다.

**Condition Factor and Population Size Distribution**

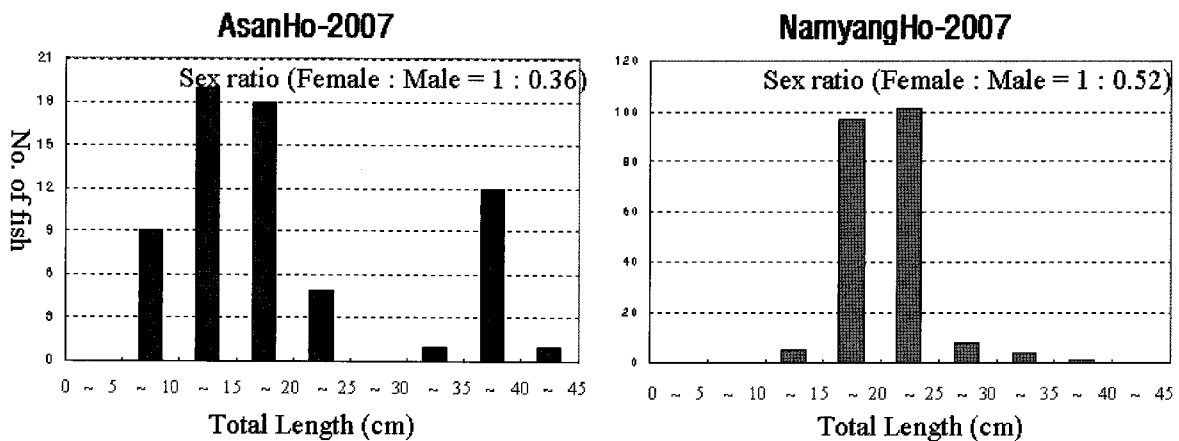
채취지점인 아산호와 남양호의 대표어종인 붕어의 개체군 분포를 보면 아산호의 경우 10-20 cm 크기 개체의 분포가 높았으며 남양호의 경우에는 15-25 cm 크기의 개체분포가 높았다. 남양호의 경우 5-10 cm의 어린개체가 채집되지 않았

다. 붕어의 성비는 아산호의 경우 암수비율이 1:0.36, 남양호는 1:0.52로 조사되었다. 비만도지수(Condition factor)는 아산호와 남양호 각각 7.2와 6.1로 조사되어 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다(Table 3, Fig. 6). 아산호의 붕어 암수비율은 국립환경과학원(2006)이 수행한 붕어를 이용한 내분비계 장애물질의 노출평가연구에서 한강, 금강, 영산강, 낙동강에 서식하는 붕어의 성비는 1:0.36이라고 보고한 바와 같은 결과를 얻었다.

붕어 다음으로 많은 개체수를 차지한 잉어의 개체군 분포를 보면 아산호와 남양호 모두 20-30 cm 크기 개체분포가 높았으나 남양호의 경우 5-20 cm의 어린개체가 채집되지 않아 개체군 연령분포의 안정성이 낮은 것으로 판단되며 이의 원인은 좀더 지속적인 조사를 통해 밝혀져야 할 것으로 판단된다. 잉어의 성비는 아산호의 경우 암수비율이 1:0.42, 남양호는 1:0.59로 조사되었다. 비만도지수(CF)는 아산호와 남양호 각각 14.6와 14.7로 조사되어 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다(Table 4, Fig. 7).

**Table 3.** Weight, total length and condition factor (CF) of crusian carp collected from AsanHo and NamyangHo

Site	Number	Weight (g)		Total length (cm)		CF	
		Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
AsanHo	64	209	6-1060	18.5	6.8-40	7.2±7.95	0.9-27.2
NamyangHo	216	132	21-817	20.4	12-37	6.1±2.7	0.9-24.8



**Fig. 6.** Population size distribution of crusian carp collected from AsanHo and NamyangHo.

**Table 4.** Weight, total length and condition factor (CF) of carp collected from AsanHo and NamyangHo

Site	Number	Weight (g)		Total length (cm)		CF	
		Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
AsanHo	51	688	14-3034	32.8	10-67	14.6±13.4	1.4-45.3
NamyangHo	13	555	99-1700	33.3	20-49	14.7±8.8	5.0-34.7

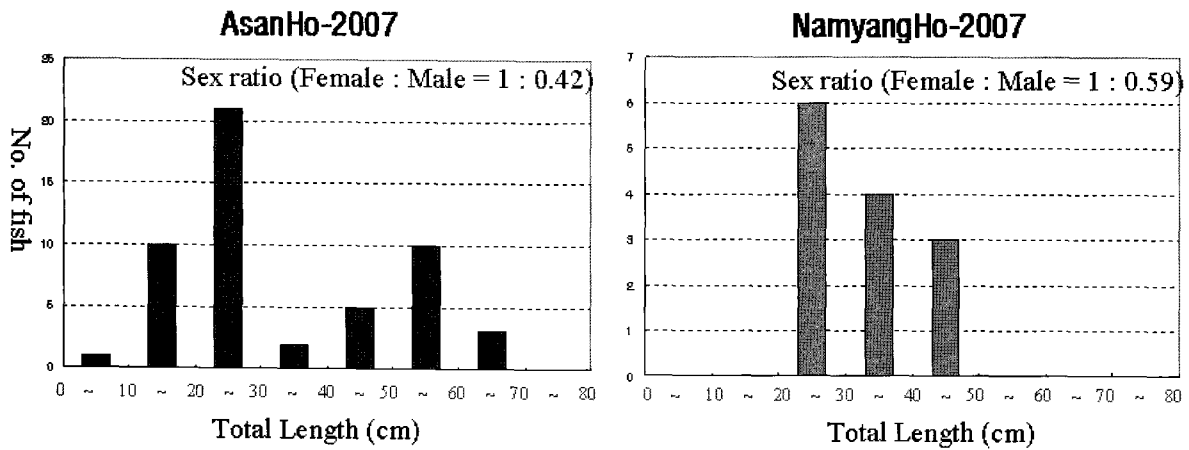


Fig. 7. Population size distribution of crucian carp collected from AsanHo and NamyangHo.

**Organosomatic Indices**

아산호에 서식하는 붕어의 성별 지라중량지수(SSI)와 생식 소중량지수(GSI)를 조사한 결과 SSI는 암컷(n=15)이 0.21, 수컷(n=5)이 0.16으로 유사하게 조사되었으나 GSI의 경우 암컷이 4.30, 수컷은 1.45로 2배정도 높게 조사 되었으나, 남양호에 서식하는 붕어의 경우에는 GSI가 암컷(n=11)이 1.69, 수컷(n=13)은 1.70으로 유사한 결과를 보였다(Fig. 8).

아산호에 서식하는 잉어의 성별 지라중량지수(SSI)와 생

식소중량지수(GSI)를 조사한 결과 SSI는 암컷(n=11)이 0.19, 수컷(n=7)이 0.20으로 유사하게 조사되었으나 GSI의 경우 암컷이 0.16, 수컷은 0.93으로 수컷이 더 높게 조사 되었다. 남양호에 서식하는 잉어의 경우에는 SSI는 암컷(n=5)이 0.39, 수컷(n=3)이 0.52으로 유사하게 조사되었고 GSI(n=5)도 암컷이 3.46, 수컷(n=3)은 2.37으로 비슷한 결과를 보였다 (Fig. 9).

아산호와 남양호 서식어류의 GSI를 비교해보면 붕어 암컷

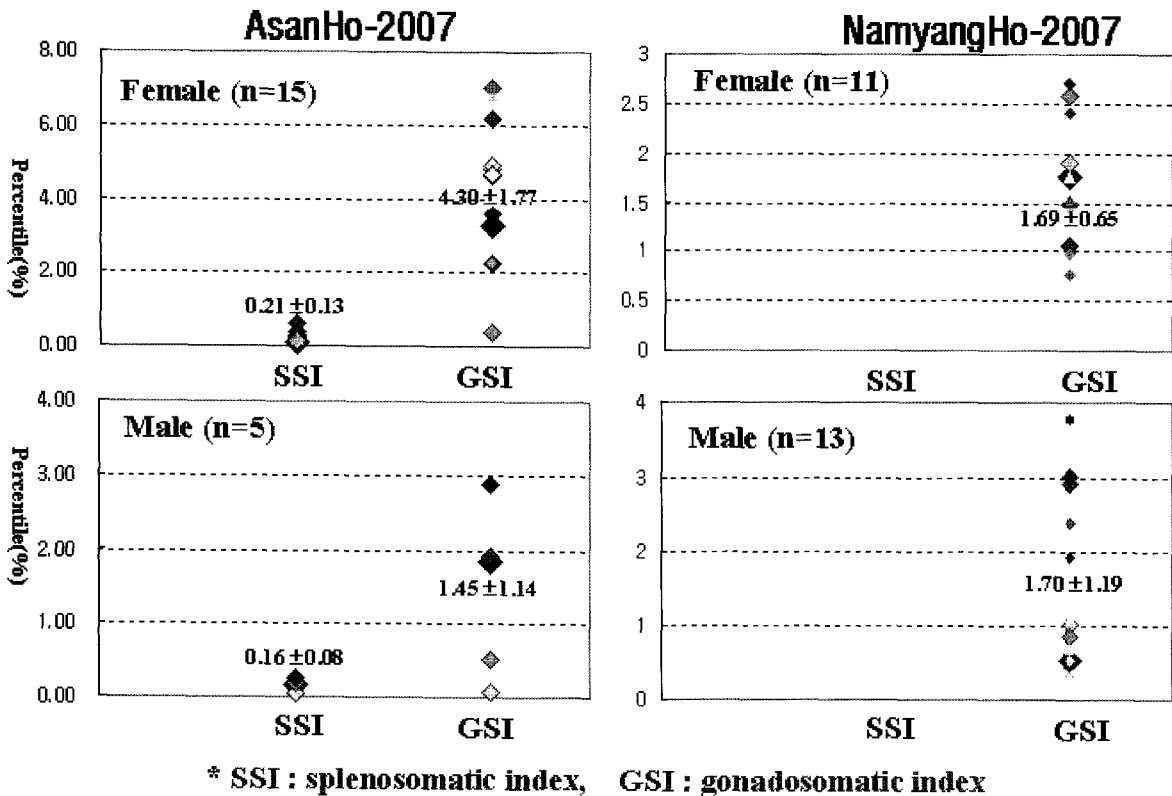
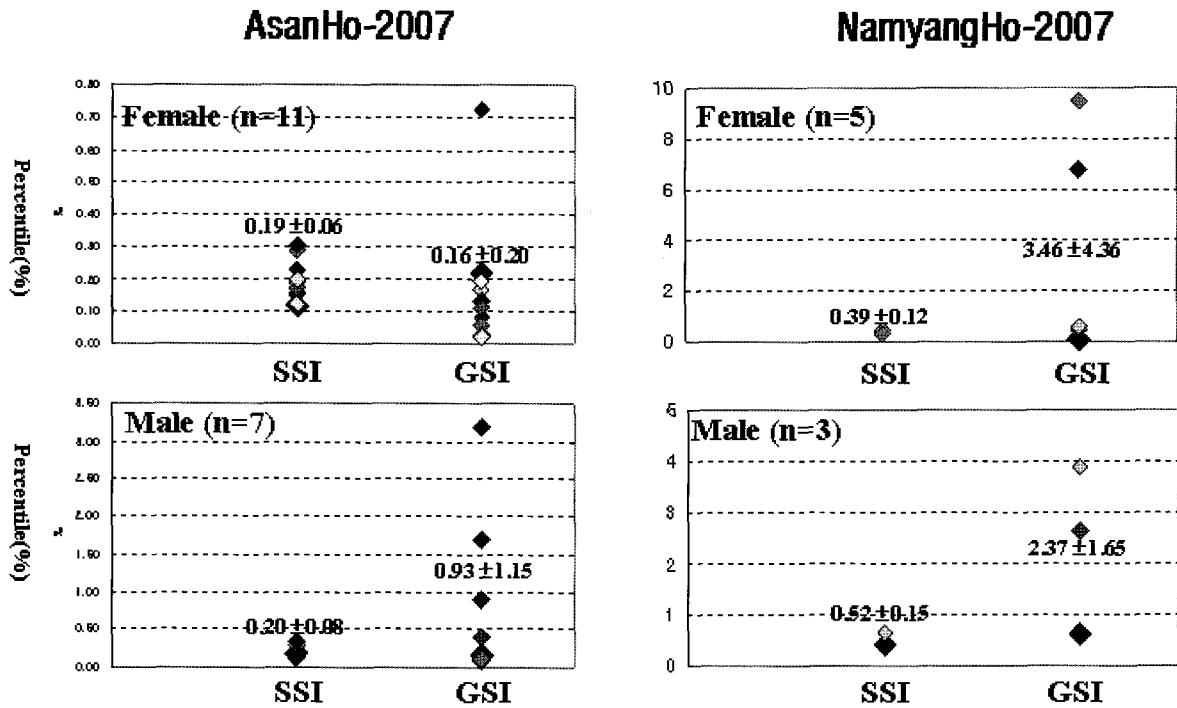


Fig. 8. Splenosomatic index and gonadosomatic index of crucian carp sampled AsanHo and NamyangHo.



\* SSI : splenosomatic index, GSI : gonadosomatic index

Fig. 9. Splenosomatic index and gonadosomatic index of carp sampled AsanHo and NamyangHo.

의 경우에는 비슷한 수치를 보여 주었으나 수컷의 경우에는 아산호의 GSI가 상당히 높게 나타났다. 잉어의 경우에는 암수 모두 아산호보다 남양호의 GSI가 훨씬 높게 나타났으나 남양호에서 채집된 잉어의 개체수가 작고 편차가 심해 단정적으로 높다고 판단하기는 어려웠다.

**External Abnormality and Health Assess Index(HAI)**

아산호에 서식하는 어류의 외형이상을 조사한 결과 전체 채집어류의 1.8%만이 경미한 외형이상증상을 보였고 어종별로는 붕어의 1.6, 잉어의 3.9, 베스의 4.5%가 외형이상증상을 나타내었다. 남양호에 서식하는 어류의 외형이상을 조사

한 결과 전체 채집어류의 10%가 경미한 외형이상증상을 보였고 어종별로는 붕어의 1.2, 잉어의 7.6%가 외형이상증상을 나타내었다. 아산호에 비해 남양호에서 외형이상개체가 상대적으로 높게 나타났으나 이는 미국 미시시피강유역에서 조사된 외형이상개체의 비율 28%에 비해서는 낮은 수준이었으나 국내에는 비교할만한 연구문헌이 존재하지 않아 비교할 수는 없었다(USGS, 2002).

아산호에 서식하는 어류의 건강도평가지수를 조사한 결과 전체 채집어류 227마리중 225마리가 정상개체로 조사되었고 2마리만이 건강도평가지수 10-30점의 가장 낮은 이상등급을 받았다. 남양호 서식어류의 경우에는 총 270마리중 253마리

Table 5. Proportion of fish with external lesion collected from AsanHo and NamyangHo in 2007

Species	AsanHo			NamyangHo		
	n	Total no. w/ lesions	Proportion	n	Total no. w/ lesions	Proportion
Crusian Carp	64	1	0.016	216	26	0.012
Carp	51	2	0.039	13	1	0.076
Blue gill	90	0	0.000	3	0	0.000
Large mouth Bass	22	1	0.045	15	0	0.000
Korean Bullhead	-	-	-	23	0	0.000
Overall	227	4	0.018	270	27	0.100



**Table 6.** Distribution of fish among Health Assesment Index Score collected from AsanHo and NamyangHo in 2007

Species	AsanHo				NamyangHo			
	n	HAI score			n	HAI score		
		0	10-30	40-60		0	10-30	40-60
Crusian Carp	64	64	0	0	216	199	16	1
Carp	51	50	1	0	13	13	0	0
Blue gill	90	90	0	0	3	3	0	0
Large mouth Bass	22	21	1	0	15	15	0	0
Korean Bullhead	-	-	-	-	23	23	0	0
Overall Proportion	227	225	2	0	270	253	16	1
		0.991	0.009	0.000		0.937	0.059	0.004

가 정상개체로 조사되었고 16마리의 붕어가 건강도평가지수 10-30점의 가장 낮은 이상등급을 받았으며 1마리의 붕어만이 건강도평가지수 40-60점을 받아 가장 높은 이상을 보였다. 앞의 외형이상개체와 마찬가지로 아산호에 비해 남양호에서 건강도지수가 높은 개체비율이 상대적으로 높게 나타났으나 이는 미국 USGS에서 조사한 Rio grande 강 서식 어류의 28%, 미시시피강 유역 서식어류의 22.5%가 외형이상개체로 조사된 사실과 비교하면 우리나라 서식어류의 건강도가 매우 높다는 것을 알 수 있다(USGS, 2002; USGS 2004).

본 연구는 농업용수의 이화학적 수질조사 분석만으로는 해결하지 못하는 종합적 수환경 평가방법의 하나로 주요 선진국에서 실시하고 있는 바이오모니터링 조사기법을 우리나라 농업용 저수지의 생태계건전성평가에 도입하고자 수행하였다. 어류의 건강지표로서 전장, 체중을 조사하였고 전장빈도분포도를 이용한 연령구조 분석을 통해 조사지점의 개체군의 안정도와 향후 성장여부를 판단할 수 있었다. 어류 개체의 기초 생리학적 특성을 알아보는 지표로서 비만도지수, 간중량지수, 생식소중량지수를 조사하였고 이들 지표는 어류의 영양정도를 평가하는 간접지표로서 유용하게 이용되며 환경변화에 대한 반응지표로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 어체의 눈, 체표면, 아가미덮개, 지느러미의 외형적 이상유무 조사와 외형이상과 아가미, 지라, 신장, 간의 내부장기 이상의 정도를 점수화하여 계산한 건강도지수를 사용한 본 연구의 방법을 활용하면 환경오염물질에 대한 수서생태계의 건전성을 보다 과학적으로 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서 제시하지 못한 어류 체내 장기의 조직병리학적 이상검사와 오염물질 노출유무를 판별할 수 있는 특이적 생화학적지표 분석도 생물학적 모니터링에서 중요한 조사항목중의 하나이므로 앞으로 추가적인 조사기법의 확립이 필요하다. 또한 서식생물의 이상증상 발현과 오염물질과의 관련성

구명, 주요 원인물질의 위해영향 최소화를 위한 종합적인 관리방안 수립 등을 위해서는 본 연구의 결과물로 생산된 생물학적 모니터링 자료와 수질과 저니토 및 어체 내에 존재하는 오염물질의 종류와 양에 대한 잔류분석자료를 상호 비교분석하는 연구가 필수적으로 수반되어야 할 것으로 판단된다.

>> **참 / 고 / 문 / 헌**

Barata, C., J. Damasio, M. A. López, M. Kuster, M. L. Alda, D. Barceló, M. C. Riva and D. Raldúa (2007) Combined use of biomarkers and in SITU bioassay in *Daphnia magna* to monitor environmental hazards of pesticides in the field. *Environ. Contam. Chem.* 26(2):370-379.

Denlow N. D. and P. Larkin (2006) Utilizing Molicular technologies for bioindicator research. *Environ. Bioindicators.* 1:40-59.

OECD (2002) Detailed Review Paper-Appraisal of test methods for sex hormone disrupting chemicals. OECD series on testing and assessment No. 21.

USEPA (1999) Review of the EPA's proposed environmental endocrine disrupter screening program. EPA/SAB EC-99-013.

USGS (2002) Biomonitoring of environmental status and trends (BEST) program: Environmental contaminants and their effects on fish in the Mississppi River Basin. USGS/BRD /BSR-2002-0004.

USGS (2004) Biomonitoring of environmental status and trends (BEST) program: Environmental contaminants and their effects on fish in the Rio Grande Basin. USGS Scientific Investigation Report 2004-5108.

고지연, 이재생, 김춘송, 정기열, 최영대, 윤을수, 박성태, 강항원, 김복진 (2006) 수질성분분포도를 이용한 서낙동강 수계 농업용수 수질평가. *Korean J. Environ. Agric.* 25(2):138-146.

공동수 (2002) 생물학적 수질기준 설정 필요성 및 접근방안. *Korean J. Environ. Boil.* 20:38-49.

국립환경과학원 (2006) 붕어를 지표종으로 이용한 내분비계장애물질의 노출평가연구. 최종보고서.  
 김진호, 최철만, 김원일, 이종식, 정구복, 한국현, 류중수, 이정택, 권순국 (2007) 농촌유역의 수질평가를 위한 다변량분석 기법의 이용. *Korean J. Environ. Agric.* 26(1):17-24.  
 변화근, 이완옥, 김동섭 (2004) 영천호의 어류상과 어류군집. *Korean*

*J. Ichthyol.* 16(3):234-240.  
 윤주덕, 장민호, 김명철, 남귀숙, 황순진, 주기재 (2006) 농업용저수지의 어류군집 특성. *Korean J. Limnol.* 39(1):131-137.  
 최신석, 송호복, 황수옥 (1997) 대청호의 어류 군집. *Korean J. Limnol.* 30(2):155-166.  
 Encyber 두산세계대백과 <http://www.encyber.com/index.html>

## 농업용저수지 아산호와 남양호에 서식하는 어류의 건전성 평가

김병석\* · 박경훈 · 박연기 · 정미혜 · 유아선 · 양유정 · 최주현 · 권오경 · 안용준<sup>1</sup>

농업과학기술원 농산물안전성부, <sup>1</sup>서울대학교 농생명공학부

**요 약** 수환경 내에 존재하는 다양한 오염물질에 의한 어류의 영향을 평가하기 위한 생물학적모니터링기법을 확립하기 위해 2007년 9월부터 11월까지 아산호와 남양호에 서식하는 어류를 채집하여 어류상과 개체군연령분포, 외형이상, 장기부검을 통한 건강지수 등을 조사하였다. 아산호에서 채집한 어류의 상대풍부도는 블루길, 붕어, 잉어, 배스, 강준치 순으로 높았으며, 채집된 어종별 총 biomass는 잉어, 붕어, 배스, 블루길, 강준치 순이었다. 남양호에서 채집한 어류의 상대풍부도는 붕어, 동자개, 배스, 잉어, 블루길 순으로 높았으며, 채집된 어종별 총 biomass는 붕어, 잉어, 동자개, 배스, 블루길 순이었다. 붕어의 개체군 분포를 보면 아산호의 경우 10-20 cm 크기의 분포가 높았으며 남양호는 15-25 cm 크기의 개체분포가 높았다. 붕어의 암수 성비는 아산호 1:0.36, 남양호는 1:0.52로 조사되었다. 비만도지수(CF)는 아산호와 남양호 각각 7.2와 6.1로 조사되었다. 생식소중량지수(GSI)는 아산호에서 암컷 4.30, 수컷 1.45로 조사 되었으나, 남양호에서는 암컷 1.69, 수컷 1.70으로 유사한 결과를 보였다. 잉어의 개체군 분포를 보면 아산호와 남양호 모두 20-30 cm 크기 개체분포가 높았으나 남양호의 경우 5-20 cm의 어린개체가 채집되지 않았다. 아산호 잉어의 암수비율은 1:0.42, 남양호는 1:0.59로 조사되었다. 비만도지수는 아산호와 남양호 각각 14.6와 14.7로 조사되었다. 생식소중량지수(GSI)는 아산호의 경우 암컷이 0.16, 수컷은 0.93으로 조사 되었고 남양호에는 암컷이 3.46, 수컷은 2.37로 조사되었다. 외형이상을 조사한 결과 아산호 서식 어류의 1.8%만이 경미한 외형이상증상을 보였고 남양호에는 10%가 경미한 외형이상증상을 보였다. 건강도평가지수(HAI)는 아산호에 비해 남양호에서 건강도지수가 높은 개체비율이 상대적으로 높게 나타났다.

**색인어** 남양호, 아산호, 어류건전성평가지표, 생물학적모니터링