

임하호의 탁수가 어류상 및 어류생장에 미치는 영향

한승철 · 이학영 · 서을원 · 심재현¹ · 이종은*

안동대학교 자연과학대학 생명과학과, ¹경상북도 자연환경연구소

Received May 21, 2007 / Accepted June 26, 2007

The Influence of Muddy Water in Imha Reservoir on the Ichthyofauna and Fish Growth. Seung Cheol Han, Hak Young Lee, Eul Won Seo, Jae hun Shim¹ and Jong Eun Lee*. *Department of biology, College of Natural Sciences, Andong National University, Andong, ¹Natural Environment Studying Institute, Gumi* – The number of investigated fish collected from the Andong and the Imha reservoir were 2,540 individuals 20 species belonging to 7 families, 850 individuals 11 species belonging to 4 families respectively from May 2005 to March 2006. The total number of the common 3 species individuals investigated caught from the Andong reservoir and the Imha reservoir were 486 individuals and 124 individuals respectively. The investigated individuals is similar(± 2.5 mm) to 171 individuals make a comparative study. The *Opsariichthys uncirostris*, *Culter brevicauda*, *Hemiculter eigenmanni* of length-weight relationship were $TW = 0.000007TL^{3.0543}$, $TW = 0.000009TL^{3.3654}$, $TW = 0.000001TL^{3.3872}$ in the Andong reservoir and $TW = 0.00002TL^{2.8493}$, $TW = 0.00001TL^{2.8744}$, $TW = 0.000004TL^{3.1082}$ in the Imha reservoir respectively. The Condition factor(K) of the Andong reservoir showed the positive slopes in all three species and to be in a good nutrition condition; where as the condition factor(K) of the Imha reservoir showed the negative slopes in two species except in *H. eigenmanni* and appeared to be in a little bad nutrition condition. Relative condition factor(Kn) indicating that *O. uncirostris* and *C. brevicauda* in Andong reservoir is more rotund than ones of Imha reservoir but *H. eigenmanni* in the Imha reservoir is more rotund than the ones of the Andong reservoir.

Key words – Fish, relationship, condition factor

서 론

어류는 수서생태계 내에서 최고소비자로서 수환경에 따라 다양한 반응을 보인다. 오염원에 대하여 단시간의 생리·생화학적인 반응을 통해 조직 및 기관내의 변화가 결국 오래 지속되면 개체에 영향을 주어 장기적으로는 개체군, 더 나아가 군집에까지 영향을 미치게 된다[2,20]. 이러한 장기적인 영향에 대하여 어류의 길이와 무게에 대한 자료는 어류 연구에 유용한 객관적인 결과를 나타내는데, 이는 어류의 성장률의 변화, 연령구조뿐만 아니라 다양한 변화 양상을 파악하는데 매우 효과적이다[10].

지난 2002년 태풍 “루사”, 2003년 “매미”, 2004년 “디엔무” 및 이상기후로 인한 집중호우의 영향으로 안동호 및 임하호에 고농도의 탁수가 지속적으로 발생하였다. 일반적으로 홍수기에 발생하는 탁수는 자연현상으로 강우 종료 후 수일내로 정화되는 것이 일반적인 현상이나, 특히 임하호의 탁수는 상류유역에서 퇴적암계통의 고화가 덜 된 적색 셰일층이 광범위하게 분포되어 강우시 쉽게 용해되어 호소로 유입되었으며, 그 크기가 1 μ m이하의 미세입자로 구성되어 침강에 장시간이 소요되어 2005년까지 높은 탁도를 나타냈다. 이

러한 탁수는 하류 지역에 서식하는 저서생물의 서식처를 파괴하며, 탁수에 포함된 미립성 입자들은 이들의 호흡방해 및 질병유발의 요인으로 작용할 수 있다.

따라서 본 연구는 탁수가 장기간 정체한 임하호와 대조수역인 안동호 내의 어류상을 조사하고, 추가로 안동호와 임하호에 서식하는 공통어종 3종(*Opsariichthys uncirostris amurensis*, *Culter brevicauda*, *Hemiculter eigenmanni*)의 성장 특성을 파악하여, 탁수가 어류에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

재료 및 방법

조사지점

조사지점은 안동호 내의 4개 지점과, 임하호 내의 4개 지점을 선정하여 조사하였으며, 각 행정구역의 명칭은 다음과 같다(Fig. 1).

1) 안동호의 조사지점

- St. 1 : 경상북도 안동시 예안면 귀단리
- St. 2 : 경상북도 안동시 도산면 선양리
- St. 3 : 경상북도 안동시 도산면 오천리
- St. 4 : 경상북도 안동시 와룡면 가류리

2) 임하호의 조사지점

- St. 1 : 경상북도 안동시 임하면 중평리
- St. 2 : 경상북도 안동시 길안면 용계리

*Corresponding author

Tel : +82-54-820-5618, Fax : +82-54-823-1627

E-mail : jelee@andong.ac.kr

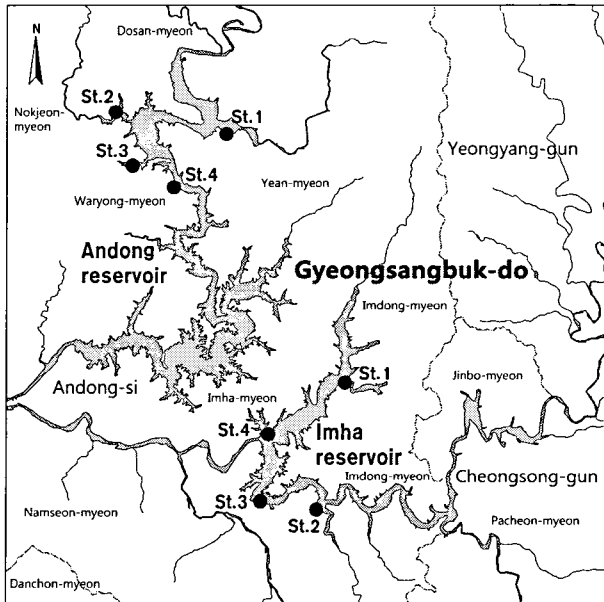


Fig. 1. Map showing the studied area in Andong and Imha reservoir.

St. 3 : 경상북도 안동시 임하면 임하리
 St. 4 : 경상북도 안동시 임하면 망천리

본 조사는 2005년 5월부터 2006년 3월까지의 기간에 6회에 걸쳐 실시하였으며, 조사시기는 다음과 같다.

- 1차 조사 : 2005년 5월 28일 ~ 31일
- 2차 조사 : 2005년 7월 23일 ~ 26일
- 3차 조사 : 2005년 9월 1일 ~ 4일
- 4차 조사 : 2005년 11월 14일 ~ 17일
- 5차 조사 : 2006년 2월 22일 ~ 25일
- 6차 조사 : 2006년 3월 14일 ~ 17일

어류조사

어류채집은 정치망(망목: 25×25, 15×15mm)을 대조구와 실험구 각 지점별로 설치하여 3일간 정치한 후 수거하였다. 군집분석 외에 개체군 분석에 사용될 어린개체를 확보하기 위해 동절기 5차와 6차 조사시 2회에 걸쳐 빙어망을 별도로 설치하였으며, 채집된 어류는 현장에서 분류·동정 및 계수하였다. 동정이 불가능한 개체 및 개체군 분석을 위해 채집된 개체들은 실험실로 운반 후 10% 포르말린에 고정하여 종별로 전장 및 체중을 측정하였다.

어류의 동정에는 국내에서 발표된 검색표[7,8,9]를 이용하였으며, Nelson[18]의 분류체계에 따라 배열하였다.

군집분석 및 길이-무게 상관관계

어류 군집 및 분석은 상대풍부도지수, 종풍부도지수[13], 우점도지수[14], 종다양성지수[19], 균등도지수[19] 등을 조사

하였으며, 어류의 전장과 체중을 이용한 개체군의 평가시 사용된 식은 다음과 같다.

$$W = aL^b$$

W = total weight(gram), L = total length(mm),
 a 와 b = parameters

일반적으로 b 가 3.0보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않다는 것을 의미하고 3.0보다 크면 길이 증가만큼 개체가 비대하다는 것을 뜻한다. 이때 매개변수인 a 와 b 의 위 의 식 양변에 logarithms(base 10)를 취함으로써 다음과 같이 추정될 수 있다.

$$\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L$$

반면에 Index of well-being에 해당하는 Fulton-type의 비대지수(Condition factor, K 또는 CF)와 상대적비대지수(Relative condition factor, Kn)는 길이-무게 상관관계에서 a 와 b 보다 좀더 쉽게 설명되고 비교되는데 식은 다음과 같다.

$$K \text{ or } CF = W/L^3 \times 10^5 \quad [4]$$

$$Kn = W/aL^b \quad [11]$$

결과 및 고찰

수질환경

안동호와 임하호의 최근 7년간 일반적인 수질환경은 다음과 같다(Table 1). 전체적으로 볼 때, 안동호의 수질은 비교적 안정되어 있으나, 2001년의 경우 수온과 DO에서 다소 차이를 보였다. DO의 경우 온도의 영향을 많이 받게 되는데, 2001년의 경우 수온 상승의 영향으로 산소용해도가 떨어져 DO가 감소한 것으로 판단된다. pH는 7.7~8.4의 범위로 약 알칼리성였으며, DO는 평균 9.73으로 높게 나타났다. BOD와 COD는 비교적 낮고 안정적으로 유지되고 있는 것으로 나타났다. 2000년부터 2006년까지의 SS와 T-P의 변화는 2004년을 제외하고 거의 비슷한 수치를 나타내었다. 2004년도의 경우 SS와 T-P가 다소 증가하는 경향을 나타냈는데, 이는 총인(T-P)의 증가가 조류의 급격한 증식과 연결되어 SS에 영향을 미쳐 나타난 결과로 판단된다. 수질은 2000년부터 2007년까지 T-N을 제외한 다른 측정기준치에서 "좋음"(Ib)등급을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

임하호 수질환경은 수온의 변화는 크지 않았으며, pH는 7.7~8.2의 범위로 약알칼리성이었다. DO의 경우 평균 8.48로 안동호보다 낮았으며, BOD, COD, SS, T-N, T-P, NTU 모두 안동호보다 높았다. 특히 NTU의 경우 2002년 처음 측정된 이후 2006년까지 3~5배가량 높은 것으로 나타났다. 수질은 2000년과 2001년의 경우 "좋음(Ib)"등급이었으나, 탁수가 심했던 2002년에 "보통(III)"등급까지 낮아졌으며, 2003년에서 2005년까지는 "약간 좋음(II)"등급을 유지하였다. 2006년

Table 1. A list of average water qualities in Andong and Imha reservoir from 2000 to 2006

Site	Year	Temp.	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	NTU
Andong	2000	12	7.7	10.7	1.4	2.6	2.1	1.521	0.015	-
	2001	14	7.8	8.3	1.5	2.5	2.4	1.601	0.018	33
	2002	11	7.8	10.3	1.5	2.5	2.5	1.618	0.018	90.5
	2003	11	8	9.3	1.4	2.4	2.4	1.671	0.018	153.6
	2004	12	8.4	10.1	1.3	2.2	3.9	1.632	0.02	53
	2005	11	8.1	9.7	1.3	2.2	2	1.281	0.015	22.1
	2006	11	7.7	9.3	1.2	2.3	2.9	1.227	0.02	65.6
Imha	2000	12	8.2	8.3	1.8	2.4	2.3	1.731	0.023	-
	2001	12	8	7.9	1.7	2.6	2.9	1.706	0.02	-
	2002	11	8	8.2	2.2	3.1	5.3	1.828	0.043	283.7
	2003	12	7.7	8.3	3	3.7	7.7	1.84	0.038	628.3
	2004	12	7.7	8.7	2.6	3.8	9.9	1.782	0.037	276
	2005	13	7.8	9.5	1.8	3.1	6.2	1.274	0.031	78.2
	2006	13	7.7	9.2	1.6	2.9	3.5	1.567	0.027	150

WT: Water temperature, SS: Suspended solid, NTU: Nephelometric turbidity units

※ 자료출처 : 한국수자원공사 안동·임하댐관리단, 연평균 방류수 기준, NTU : 연중 방류수 최대치

에는 큰 강우 및 환경영향을 받지 않아 “좋음(Ib)”등급 수준 까지 회복되었다.

안동호와 임하호 모두 T-P의 양에 따라 SS가 비례하여 증감하는 경향을 나타내었는데(Fig. 2), 이는 세포분열에 중요

한 성분인 인의 다량 유입이 수중의 식물성플랑크톤 증가에 영향을 끼침으로써 나타난 결과로 판단된다.

출현종과 종조성

조사기간 동안 출현한 어종은 안동호와 임하호 각각 7과 20종 2,540개체, 4과 11종 850개체가 확인되었다(Table 2). 안동호에서는 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어종이 12종(60%)으로 가장 많은 종수를 차지하였으며, 그 다음으로 꺾지과(Centropomidae)와 검정우럭과(Centrarchidae)가 각각 2종(10%)이었다. 그 외 동자개과(Bagruidae), 메기과(Siluridae), 바다빙어과(Osmeridae), 가물치과(Channidae)에 속하는 어종이 각각 1종(5%)으로 나타났다.

한편, 임하호의 경우 잉어과에 속하는 어종이 8종(72.7%)으로 가장 많은 종수를 차지하였고, 그 다음으로 꺾지과, 동자개과, 메기과에 속하는 어종이 각각 1종(9.1%)으로 조사되었다. 이와 같이 두 호소 모두 잉어과에 속하는 어종이 대부분을 차지하고 있는 점은 낙동강 수계의 댐호에서 나타나는 일반적인 현상과 일치하였다[6,22-24]. 이러한 현상은 개체수에서 더욱 현저하게 나타나는데, 안동호 잉어과에 속하는 종이 전체 개체수의 91.5%를 차지하였으며, 임하호는 전체의 99.3%를 차지하였다. 이는 과거 양[23,24]의 연구결과에서 안동호와 임하호 내의 잉어과 어종의 점유율이 각각 61.5%, 62.5%, 개체 점유율이 각각 61.2%, 92.3%에 비해 증가된 것이다. 이는 호소내의 정수화 및 외래어종이 증가가 지속됨에 따라 나타나는 호소의 일반적인 현상으로 판단된다.

본 조사에서 안동호에서 채집된 총 20종 중 개체수 구성비가 가장 높은 종은 누치(*Hemibarbus labeo*)로 19.65%를 차지하였으며, 다음으로 떡붕어(*Carassius cuvieri*, 19.21%), 백조어(*Culter brevicauda*, 16.69%), 잉어(*Cyprinus carpio*, 12.99%)

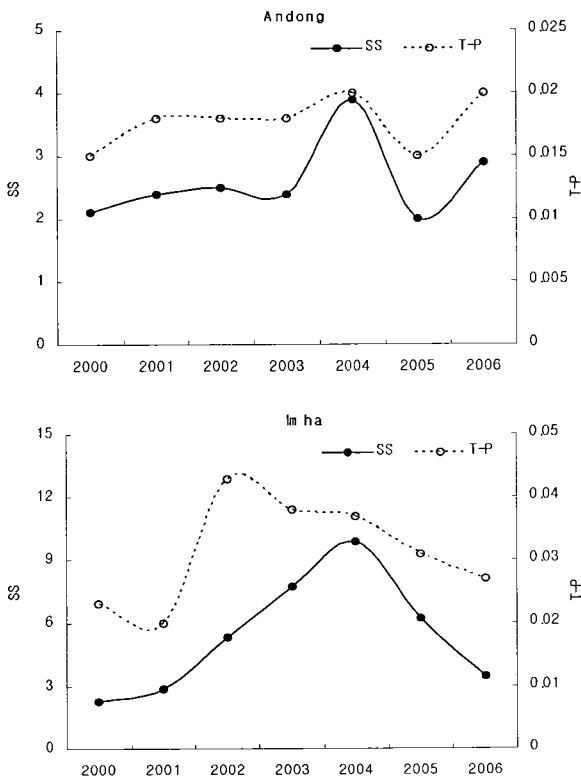


Fig. 2. Relationships between Suspended solid(SS) and Total phosphate(TP) in andong and Imha reservoir from 2000 to 2006.

Table 2. A list of fish species and numbers of individuals caught from sampling site

Species	Andong Reservoir		Imha Reservoir	
	Individuals	RA (%)	Individuals	RA (%)
Cyprinidae				
<i>Cyprinus carpio</i>	330	13.0		
<i>Carassius auratus</i>	187	7.4	1	0.1
<i>Carassius cuvieri</i>	488	19.2	1	0.1
* <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	3	0.1		
<i>Hemibarbus labeo</i>	499	19.6	3	0.4
<i>Hemibarbus longirostris</i>	5	0.2		
<i>Pseudogobio esocinus</i>	7	0.3		
<i>Zacco platypus</i>	9	0.4	2	0.2
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	135	5.3	148	17.4
<i>Erythroculter erythropterus</i>	58	2.3	640	75.3
<i>Culter brevicauda</i>	424	16.7	18	2.1
* <i>Hemiculter eigenmanni</i>	180	7.1	31	3.6
Bagridae				
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	1	<0.1	1	0.1
Siluridae				
<i>Silurus asotus</i>	11	0.4	4	0.5
Osmeridae				
<i>Hypomesus nipponensis</i>	80	3.1		
Centropomidae				
<i>Siniperca scherzeri</i>	5	0.2	1	0.1
* <i>Coreoperca herzi</i>	3	0.1		
Centrarchidae				
<i>Lepomis macrochirus</i>	106	4.2		
<i>Micropterus salmoides</i>	5	0.2		
Channidae				
<i>Channa argus</i>	4	0.2		
Family	7		4	
Species	20		11	
Number of individuals	2540	100	850	100
Dominance index (DI)	0.39		0.93	
Diversity index (H')	0.95		0.35	
Richness index (RI)	2.42		1.48	
Evenness index (J')	0.73		0.34	

*: Korea endemic species, RA: Relative abundance, DI: Dominance, H': Diversity, RI: Richness, J': Evenness

등의 순으로 나타났다.

한편, 임하호에서 채집된 총 11종 중 강준치(*Erythroculter erythropterus*)가 75.29%로 가장 높은 개체수 구성비를 나타냈으며, 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*, 17.41%), 치리(*Hemiculter eigenmanni*, 3.65%), 백조어(*C. brevicauda*, 2.12%) 등의 순서였다. 안동호의 경우 특정종이 우세한 정도를 나타내는 우점도지수는 0.39, 군집의 복잡성을 나타내는 종다양도지수는 0.95, 군집을 구성하는 종의 풍부함을 나타내는

나타내는 종풍부도는 2.42, 군집 내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 균등도지수는 0.73으로 나타났다. 임하호의 생물학적 지수는 각각 0.93, 0.35, 1.48, 0.34로 나타났다.

어류 개체군의 생태학적 특성

탁수가 어류의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 공통으로 서식하는 어류인 꼬리(*O. uncirostris*), 백조어(*C. brevicauda*), 치리(*H. eigenmanni*) 3종에 대하여 안동호와 임하호 각각 총 486개체와 124개체에 대하여 개체군생태학적 특성을 알아보았다. 채집된 어류는 실험실로 옮긴 후 10% 포르말린에 고정하여 측정하였다(Table 3, Table 4, Fig. 3). 조사결과, 각 어종별 분포는 당해 부화하여 성장 중인 치어부터 5년 이상까지 성장한 성체까지 다양한 분포를 나타냈다.

각 어종에 대한 길이-무게의 상관관계에서 수식 $W = aL^b$ 의 매개변수 b 의 값이 안동호의 3개 어종 모두 3.0이상으로 성장 상태가 양호한 것으로 나타났다. 한편, 임하호의 어종에서는 치리를 제외한 두 종에서 3.0보다 낮아 성장 상태가 양호하지 못한 것으로 확인되었다.

결과를 통해 안동호와 임하호에 서식하는 꼬리, 백조어, 치리에 대한 길이-무게 상관관계에 대한 수식은 다음과 같다.

안동호

꼬 리 : $\log TW = -5.1549 + 3.0543 \log TL$

백조어 : $\log TW = -5.3979 + 3.0961 \log TL$

치 리 : $\log TW = -5.3979 + 3.1263 \log TL$

임하호

꼬 리 : $\log TW = -5.0000 + 2.9169 \log TL$

백조어 : $\log TW = -5.0000 + 2.8744 \log TL$

치 리 : $\log TW = -5.6990 + 3.2906 \log TL$

또한 각 어종에 대한 개체별 비대지수(Condition factor, K)를 분석한 결과 안동호 꼬리(K = 0.936)가 가장 높고, 임하호 치리(K = 0.644)가 가장 낮게 나타났다(Table 4).

비대지수 또는 길이-무게 상관관계(length-weight relationship)는 어류의 건강성 및 개체군 평가에서 광범위하게 사용되어왔다. 높은 비대지수는 일반적으로 어류에 있어 풍부한 먹이원 유용을 반영하는 높은 에너지 축적으로 설명되고, 이는 특히 생활하수 및 유기물 오염으로 인한 지역에서 서식하는 어류에서 많이 나타나기도 한다[13,6]. 반면에 영양 결핍, 질병 또는 중금속에 의한 수질오염과 같은 경우 어류에 직·간접적으로 영향을 주어 결과적으로 낮은 비대지수를 보이기도 한다[15-17].

본 조사에서 나타난 어류의 비대지수 기울기는 안동호의 경우 꼬리(0.0003), 백조어(0.0005), 치리(0.0007) 모두 양의 값을 나타냈으며, 임하호의 경우 꼬리(-0.0003), 백조어(-0.002)는 음의 값으로 나타났고, 치리(0.0012) 한 종만이 양의 값을 나타냈다(Fig. 2). 안동호와 임하호 모두에서 치리의 비대지

Table 3. Total length and weight characteristics for 3 common species caught in Andong and Imha reservoir during the May 2005 to March 2006

Species	Sampling place	No.	Length characteristics			Weight characteristics		
			Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	Andong	63	143	112	263	50.37	18.88	219.32
	Imha	86	120	211	320	86.25	13.85	331.03
<i>Culter brevicauda</i>	Andong	365	167	61	295	66.01	3	359
	Imha	16	251	130	305	112.76	16.47	220.09
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	Andong	58	131	38	173	33.21	0.73	68.98
	Imha	22	151	67	272	42.47	1.64	145.94

Table 4. Length-Weight relationship parameters for 3 selected common fish species of Andong and Imha reservoir

Species	Sampling place	No.	Length-Weight relationship			Condition factor (K)
			a	b	R ²	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	Andong	63	0.000007	3.0543	0.9467	0.936
	Imha	26	0.00002	2.9493	0.9846	0.792
<i>Culter brevicauda</i>	Andong	32	0.0000009	3.3654	0.9787	0.711
	Imha	16	0.00001	2.8744	0.9117	0.720
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	Andong	25	0.000001	3.3972	0.9918	0.716
	Imha	9	0.000004	3.1092	0.9882	0.644

수 기온기가 가장 높았으며, 끄리의 경우 비대지수 기온기가 가장 낮았다. 임하호에 비해 안동호에 서식하는 종의 비대지수의 값이 높게 나타난다는 것은 안동호에 어류가 이용할 수 있는 에너지원이 풍부하다는 것으로 해석할 수 있다. 안동호로 흘러 들어오는 상류 유입수와 인근에 위치한 마을에서 흘러나오는 축산폐수와 생활하수는 풍부한 유기물을 포함하고 있으며, 이는 호내에 서식하는 동·식물플랑크톤의 영양물질로 작용하여 이들의 증가를 촉진시킨다. 따라서 어류의 먹이원인 플랑크톤의 증가는 이들을 먹고사는 작은 어류의 성장에 영향을 미치고 나아가 작은 어류를 먹고사는 대형 육식성 어류에까지 영향을 주어 이들의 비대지수가 높아지는 것으로 판단된다. 한편, 임하호에서는 풍부한 유기물의 유입에도 불구하고 안동호보다 3배 이상 높게 유지되는 탁도의 영향으로 인해 나타나는 조류의 광합성이 저해가 플랑크톤 생산량의 감소뿐만 아니라 어류까지 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다.

어류의 식성 조사

식성조사는 안동댐과 임하댐에 서식하는 어종의 식성을 조사함으로써 각 어종의 먹이원과 섭이량 더 나아가 먹이사슬 관계를 규명하는 기초 자료로 활용할 수 있다.

본 조사결과에서 나타난 안동호와 임하호의 어류의 먹이 습성 및 먹이원은 다음과 같다(Table 5, Fig. 4).

최적섭식 이론(optimal foraging theory)에 따르면 어류의 먹이 선택은 어떤 먹이를 접했을 때 그 먹이를 취할 것인가 아니면 더 좋은 먹이를 찾기 위해 탐색을 계속할 것인가를

분석한다. 또한 먹이로부터 얻는 정해진 양의 에너지는 물론 그 먹이를 택했을 때 소요되는 시간과 먹이의 소화, 다음 먹이까지의 이동하는데 드는 시간도 고려하여 먹이를 선택한다[12].

본 조사결과 두 호소의 3종의 어류는 서로 다른 패턴의 먹이선택 양상을 나타냈는데, 먹이원의 섭식빈도, 먹이원의 종류에서 차이가 확인되었다. 안동호의 끄리는 어류의 섭취를 선호하는 반면, 임하호의 끄리는 수면에 낙하하는 곤충류를 우선적으로 섭취하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 임하호의 높은 탁도가 빛을 차단함으로써 시야확보 및 이동성이 큰 어류의 포획 가능성이 매우 낮아지게 된다. 따라서 비교적 시야 확보가 용이한 수면에 낙하한 곤충류를 섭식하게 된 결과로 판단된다. 백조어는 비슷한 패턴을 나타냈으나, 임하호의 백조어가 선택하는 먹이원이 단순한 것으로 나타났으며, 어류와 갑각류의 섭취에 높은 빈도를 나타냈다. 치리의 경우 안동호에서는 수서곤충류의 섭취빈도가 높았으나, 임하호에서는 동물성 플랑크톤의 섭취 빈도가 높은 것으로 나타났다. 단, 어류의 섭이는 안동호의 어류가 어체 전체를 섭이하는 것과 달리 임하호 어류의 위에서 확인된 어류의 대부분이 어체 전체가 아닌 부분적으로 섭이가 이루어진 것으로 볼 때, 죽은 어류의 사체를 포식한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 어종별 먹이원의 섭취빈도의 차이는 알 수 있었으나, 그 구성에는 큰 차이가 없었다. 따라서 수환경의 변화가 호소 내 어류의 먹이원의 구성에 어떠한 영향을 미치는지 정확히 알아보기 위해서 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

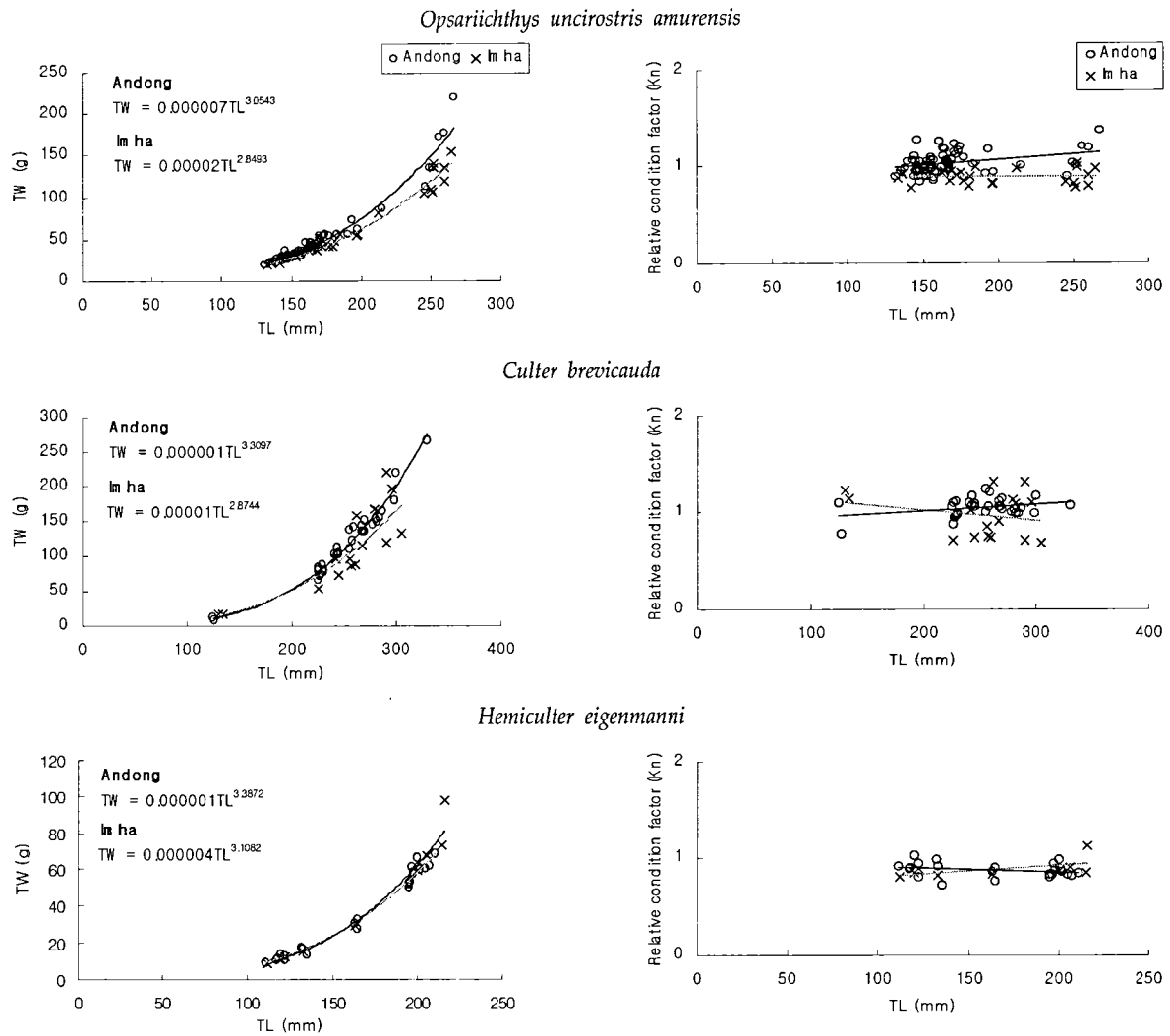


Fig. 3. Relationships between total length(TL) and total weight(TW) and relative condition factor (Kn) plotted against total length of common 3 species caught from andong and Imha reservoir.

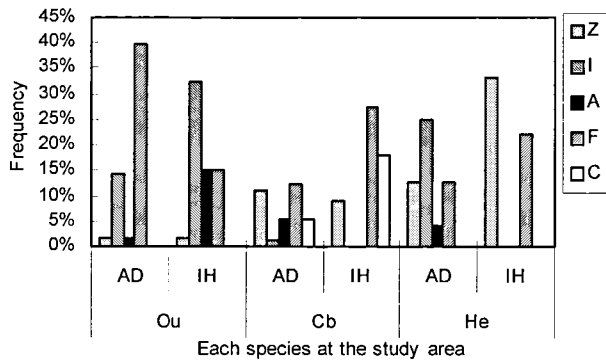


Fig. 4. Percent composition of the digestive organ contents of each species at the study area. (AD: Andong reservoir, IH: Imha reservoir, Ou: *Opsariichthys uncirostris amurensis*, Cb: *Culter brevicauda*, He: *Hemiculter eigenmanni* Z: Zooplankton, I: Insect(Fell on the reservoir), A: Aquatic insect, F: Fish, C: Crustacean)

Table 5. Digestive organ contents of 3 common species caught in Andong and Imha reservoir

Species	St.	No.	Z	I	A	F	C
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	AD	63	1	9	1	25	-
	IH	59	1	19	9	9	-
<i>Culter brevicauda</i>	AD	73	8	1	4	9	4
	IH	11	1	-	-	3	2
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	AD	24	3	6	1	3	-
	IH	9	3	-	-	2	-

* AD: Andong reservoir, IH: Imha reservoir, Z: Zooplankton, I: Insect(Fell on the reservoir), A: Aquatic insect, F: Fish, C: Crustacean

결과를 종합해 볼 때, 임하호에 발생한 고농도의 탁수는 빛을 차단하여 조류의 성장을 저해함으로써 이들을 먹고 사는 플랑크톤이나 작은 초식, 잡식성어류의 먹이원을 감소시

켜 성장에 불리한 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 미세점토질의 침전은 부착조류의 성장을 저해하고, 수서곤충류의 미소서식처 파괴 및 호흡을 저해하는 것으로 사료된다. 이는 먹이사슬의 정점에 위치하는 대형 육식성 어류의 먹이 탐색 및 먹이섭이에 불리한 요인으로 작용하여, 장기적으로 어류의 성장에까지 영향을 주고 있는 것으로 사료된다. 따라서 탁수가 장기간에 걸쳐 호내에 정제될 경우 수생태계 전체에 까지 영향을 미쳐 심각한 생태계교란 요인이 될 것으로 사료되므로, 이에 대한 면밀한 조사와 대처방안이 모색되어야 할 것이다.

요 약

2005년 5월부터 2006년 3월까지 안동호와 임하호의 어류상과 서식하는 어종인 끄리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 백조어(*Culter brevicauda*) 그리고 치리(*Hemiculter eigenmanni*)의 길이-무게 상관관계에 관한 조사 결과를 실시하였으며 결과는 다음과 같다. 조사된 어류는 안동호와 임하호 각각 7과 20종 2,540개체, 4과 11종 850개체였으며, 끄리, 백조어, 치리의 개체수는 안동호에서 총 486개체, 임하호에서는 총 124개체로 조사되었고, 이들 공서 어류는 길이가 비슷한(± 2.5 mm) 171개체를 비교하였다. 안동호에서 서식하는 끄리, 백조어, 치리의 길이-무게 상관관계식은 각각 $TW = 0.000007TL^{3.0543}$, $TW = 0.000009TL^{3.3654}$, $TW = 0.00001TL^{3.3872}$ 로 나타났으며, 임하호에서는 각각 $TW = 0.00002TL^{2.8493}$, $TW = 0.00001TL^{2.8744}$, $TW = 0.00004TL^{3.1082}$ 로 나타났다. 비대지수에서는 안동호에서는 3종 모두 기울기가 양의 값으로 영양상태가 양호한 것으로 나타났으나, 임하호에서는 치리를 제외한 2종에서 기울기가 음의 값을 나타내어 영양상태가 좋지 않은 것으로 나타났다. 상대적 비대지수를 알아본 결과 끄리와 백조어에서 안동호의 개체가 임하호의 개체보다 비대한 경향을 보였으며, 치리는 임하호의 개체가 더 비대한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Adams, S. M., W. D. Crumby, M. S. Greeley, Jr., L. R. Shugart and C. F. Saylor. 1992. Responses of fish populations and communities to pulp mill effluents: a holistic assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **24**(3), 347-360.
- Adams, S. M. 2002. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Alberto, A., A. F. M. Camargo, J. R. Verani, O. F. T. Costa and M. N. Fernandes. In press. Health variables and gill morphology in the tropical fish *Astyanax fasciatus* from a sewage-contaminated river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Anderson, R. O. and R. M. Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. pp. 447-482 in B. R. Murphy and D. W. Willis, editors. *Fisheries Techniques*, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Colinvaux, P. 1993. *Ecology*, Vol. 2. Wiley, New York.
- Ju, I. Y. and S. R. Jeon. 1997. Studies on the Fish Fauna from the Nakdong River - 1. The Areas of Sangju and Andong. *Korean j. Limnol.* **10**(3), 19-28.
- Kim, I. S. and E. J. Kang. 1993. Coloured fishes of Korea. *akademi press*. Seoul.
- Kim, I. S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Freshwater Fishes. Vol. 37. Ministry of Education.
- Kim, I. S. and J. Y. Park. 2002. freshwater fishes of Korea. *gyohak press*, Seoul.
- Kolher, N., J. Casey and P. Turner. 1995. Length-weight relationships for 13 species of sharks from the western North Atlantic. *Fish Bull.* **93**, 412-418.
- LeCren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology* **20**, 201-219.
- MacArthur, R. H. and E. R. Pianka. 1966. On the optimal use of a patchy environment. *American Naturalist* **100**, 603-609.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. **3**, 36-71.
- McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. *Nature* **216**, 168-144.
- Miller, P. A., K. R. Munkittrick and D. G. Dixon. 1992. Relationship between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates, and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metalcontaminated site. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **49**, 978-984.
- Møller, H. 1985. A critical review on the role of pollution as a cause of fish disease. Ellis A.E. editor. *Fish and Shellfish Pathology*. Academic Press, New York.
- Munkittrick, K. R. and D. G. Dixon. 1988. Growth, fecundity, and energy stores of white sucker (*Catostomus commersoni*) from lakes containing elevated levels of copper and zinc. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **45**, 1355-1365.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world* (3th ed.). pp. 523. John Wiley & Sons.
- Pielou E.C. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Amer. Nat.* **100**, 463-465.
- Seo, J. W. 2004. Aquatic environment assessment using biomonitoring of fish biomarkers. *Korean society of water and wastewater*. 132-135.
- Seo, J. W. 2005. Fish fauna and ecological characteristics of Dark Chub (*Zacco temminckii*) population in the mid-upper region of gam stream. *Korean j. Limnol.* **38**(2), 196-206.
- Yang, H. J. 1973. Studies on the Fishes from the Nakdong River - The List of Fishes and their Distribution. *Korean J. Limnol.* **6**(1), 19-36.
- Yang, H. J., B. S. Chae and S. O. Hwang. 1997. Ichthyofauna and fish community structure in the Imha-Dam Reservoir, Korea. *Korean J. Limnol.* **30**(2), 145-154.
- Yang, H. J., B. S. Chae and S. O. Hwang. 1997. Ichthyofauna and fish community structure in the Andong-Dam Reservoir, Korea. *Korean J. Limnol.* **30**(4), 347-356.