

감천 중·상류역의 어류상과 갈겨니 (*Zacco temminckii*) 개체군의 생태학적 특성

서진원

(한국수자원공사 수자원연구원 호소환경연구소)

Fish Fauna and Ecological Characteristics of Dark Chub (*Zacco temminckii*) Population in the Mid-Upper Region of Gam Stream. Seo, Jinwon (Environmental Research Center, KIWE, KOWACO, Daejeon 305-730, Korea)

The fish community in the mid-upper region of Gam Stream was examined seasonally from 2001 to 2003 in order to perform an environmental impact assessment prior to a construction of Gamcheon Multipurpose Dam. Additional investigation was conducted in August 2004 to confirm the fish fauna reported and to examine the ecological characteristics of *Zacco temminckii* population. The total number of fish caught from the study sites was 1,081 fish representing 5 families 14 species. There were 6 Korean endemic species including *Coreoleuciscus splendidus*, *Squalidus gracilis majimae*, *Microphysogobio yaluensis*, *Liobagrus mediadiposalis*, *Coreoperca herzi* and *Odontobutis platycephala*, but no endangered or vulnerable species were found. Length-weight relation, condition factor (*K*) and relative condition factor (*Kn*) of *Zacco temminckii* were compared by the study sites and stream. The equations based on length-weight relation in Buhang and Gam Streams were $TW = 0.000004TL^{3.2357}$ and $TW = 0.000002TL^{3.3566}$, respectively indicating the fish in Gam Stream became more rotund as length increases. The condition factor (*K*) and relative condition factor (*Kn*) against total length of *Zacco temminckii* at two streams indicated that the fish (>70 mm) in Gam Stream (mean *K* and *Kn* = 1.116, 1.21 respectively) had better nutritional condition than those in Buhang Stream (mean *K* and *Kn* = 1.046, 1.14 respectively). The results were corresponded with natural disturbances such as drought and intensive rainfall from 2001 to 2003 followed by human activities such as stream repair works. Therefore, it is considered to perform environmental impact assessment with not only confirmation of fish composition but also examination of ecological characteristics in population-level.

Key words : fish, population, ecological characteristics, condition factor, natural disturbance

서론

최근 들어 환경오염 중 특히 수질오염에 대한 사회적 관심이 대두되면서 미국 및 유럽 내 대다수의 연구들은

건강한 수환경을 보전 및 복원하고자 꾸준한 생물모니터링 (biomonitoring)을 주장해왔다 (Schmitt and Dethloff, 2000). 화학·생물학적 산소요구량을 포함하는 과거 이 화학적 분석 (chemical-based approach)만을 이용한 수질관리에서 벗어나 수환경에 서식하는 생물을 평가

* Corresponding author: Tel: 042) 860-0436, Fax: 042) 860-0369, E-mail: jinwonseo91@kowaco.or.kr

(bioassessment)함으로서 수질과 생물을 상호 보완적으로 연구하는 통합적 수자원 관리 (integrated management)가 제기되면서 수생생물에 대한 생태적 특성 및 생리·생화학적 영향을 살펴보기 시작하였다 (Lee *et al.*, 2003). 선행연구들은 생물을 이용한 영향평가를 통해 수환경 내 특정 유해물질에 대한 오염정도를 어느 정도 예측할 수 있다고 제시하고 있다 (Adams, 2002).

어류는 수서생태계 내에서 최소비자로서 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. 따라서 각각의 단계별로 조사를 시행할 경우 수환경 내 오염원에 대한 영향 예측을 어느 정도 할 수 있기 때문에 선진국의 많은 연구자들이 어류를 수자원 관리의 지표생물로 이용하고 있다 (Adams, 2002; 서, 2004).

본 연구 중 특히 개체군 평가에 이용된 갈겨니 (*Zacco temminckii*)는 잉어목 (Cypriniformes), 잉어과 (Cyprinidae), 피라미속 (*Zacco*)에 속하는 중·상류 하천의 물의 흐름이 비교적 완만한 곳에 서식하며 상류 계곡까지 올라가면서 주로 수서 곤충을 먹고사는 대표적인 계류성 어종이다 (Lee and Lee, 1988; Kim, 1997; Kim and Park, 2002). 우리나라의 영동 북부지역을 제외한 전 하천에 분포하며 중국과 일본에도 분포하는 종으로서 피라미와 더불어 국내 담수어류 가운데 높은 출현빈도를 보인다. 따라서 충분한 개체군 확보를 통해 국내 중·상류 하천의 수환경을 평가하는데 유용한 어류종으로 사료된다.

본 연구는 감천다목적댐 건설사업 환경영향평가와 관련하여 수행된 어류조사를 기본으로 이에 대한 추가조사 시 채집된 갈겨니 개체군의 생태적 특성을 파악하고자 하였다. 이는 국내에서 어류조사 시 지점별 종 조성 및 개체수 확인, 군집분석과 같은 제한된 기초자료 제공으로 인한 어류학 연구를 보완하고자 어류의 전장 (total length) 과 체중 (total weight)을 이용한 상대비교를 도입하였다. 이를 통해 국내 담수어류를 이용한 하천별 개체군별 성장률 및 비대지수를 파악하여 국내 어류학 연구의 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지점

감천다목적댐이 위치할 부항천은 감천의 제 1 지류이며, 유역면적 84.88 km², 유로연장 22.0 km의 지방 2급 하천

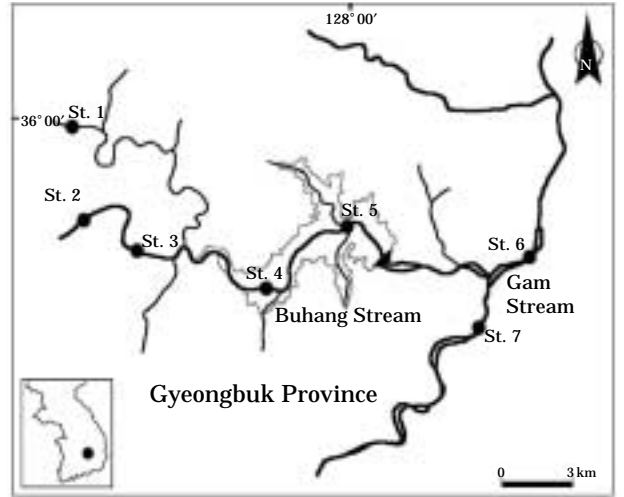


Fig. 1. Map of the study sites. Dam is prearranged and the grey line indicates expected area submerged.

으로 수원은 삼도봉 (EL. 1,177 m)에서 발원하여 김천시 지례면 도곡리에서 감천과 합류된다. 부항천의 본류인 감천은 낙동강 제 1 지류로서 유역면적 999.5 km², 하천관리에 따라 국가하천 구간 39 km, 지방 2급 하천구간 29 km로 구분되며 경북 김천시 대덕면과 경남 거창군 웅양면의 경계인 우두령재에서 발원하여 부항천을 포함한 13개의 1차지류를 유입시킨 뒤 경북 구미시 선산읍에서 낙동강으로 합류된다.

조사지점은 환경영향평가서 (한국수자원공사, 2003)를 근거로 하여 댐 건설 예정지를 중심으로 상·하류에 해당하는 부항천과 감천과의 합류지 내 범위에서 선정하여 조사하였고, 각 지점의 행정구역 명칭은 다음과 같다 (Fig. 1).

- St. 1: 경북 김천시 부항면 두산리 갈계 (부항천 지류)
- St. 2: 경북 김천시 부항면 월곡리 수풍교 (부항천 지점)
- St. 3: 경북 김천시 부항면 사동리 한적동 (부항천)
- St. 4: 경북 김천시 부항면 지좌리 지좌교 (부항천, 담수 예정지)
- St. 5: 경북 김천시 부항면 유촌리 남산교 (부항천, 담수 예정지)
- St. 6: 경북 김천시 지례면 상부리 지례교 (감천, 부항천 합류점 하류)
- St. 7: 경북 김천시 지례면 관덕리 가좌교 (감천, 부항천 합류점 상류)

본 지역에서 조사는 2001년 8월부터 2003년 5월까지 각 지점에서 계절별로 조사한 환경영향평가조사와 2004년 8월 추가조사를 통해 이루어졌다.

2. 어류조사

채집은 지점별 정성·정량비교를 위해 유입하천에서는 투망(망목 5×5 mm, 7×7 mm)을 이용하여 10회 내외로 실시하였으며, 다양한 어류상의 확인을 위해 족대(5×5 mm)를 이용하였다. 어류조사는 각 조사지점의 상·하류 100 m 내외에서 하천을 따라 이동하며 여울(riffle) 및 소(pool)의 다양한 미세서식지를 대상으로 투망을 이용하여 실시하였고, 수변식물이 발달한 지역 및 바위 밑은 족대를 이용하여 조사하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정하고 개체수 확인 후 즉시 놓아주었으나, 동정이 불가능한 개체 및 표본이 필요한 경우는 10% 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 운반하여 최 등(1990), 김(1997)에 의하여 동정하였다. 분류체계는 Nelson(1994)에 따라 정리하였다. 보완조사 시 갈겨니의 개체군 분석을 위해 지점별로 포획된 개체들을 10% 포르말린 용액에 고정하여 실험실에서 전장 및 체중을 측정하였다. 개체수는 보통 크기 간격(보통 1 cm)당 5마리 정도가 충분하였다(Anderson and Neumann, 1996).

3. 길이-무게 상관관계

어류의 전장과 체중을 이용한 개체군의 평가 시 사용되는 유용한 식은 다음과 같다.

$$W = aL^b$$

W = total weight (gram), L = total length (mm),

a와 b = parameters,

일반적으로 b가 3.0보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않다는 것을 의미하고 3.0보다 크면 반대로 길이에 비해 비대하다는 것을 뜻한다. 이때 매개변수인 a와 b는 위의 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-being*에 해당하는 Fulton-type의 비대지수(condition factor, K 또는 CF)와 상대적 비대지수(Relative condition factor, Kn)는 길이-무게 상관관계에서 a와 b보다 좀더 쉽게 설명되고 비교되는데 식은 다음과 같다.

$$K \text{ 또는 } CF = WL^{-3} \times 10^5$$

(Anderson and Neumann, 1996)

$$Kn = WaL^b$$

(LeCren, 1951)

결과 및 고찰

1. 어류상

2001년부터 2003년까지 4차(계절별)에 걸친 어류조사 결과 조사지역(St. 1~St. 6)에서 4과 12종 510개체가 채집되었다(Table 1). 채집된 어류 중 잉어과(Cyprinidae) 어류가 8종 458개체가 채집되어 89.8%의 비교풍부도(relative abundance, RA)를 나타냈다. 반면에 미꾸리과(Cobitidae, 7.8%), 통가리과(Amblycipitidae, 1.4%), 꺾지과(Centropomidae, 1.0%)는 1~2종으로 구성되어 기름종개(*Cobitis sinensis*, RA = 7.5%)를 제외한 나머지 종은 전체 개체수의 2.0% 미만에 해당하는 소수개체만 지역적으로 확인되었다.

환경영향평가 조사기간동안 출현 어류 가운데 피라미(*Zacco platypus*)가 비록 최 상류에서는 확인되지 않았으나 총 88개체가 채집되어 우점종으로서 17.3%의 비교풍부도를 나타냈다. 또한 돌고기(*Pungtungia herzi*, 16.5%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 12.9%)는 전 조사지역에서, 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*, 15.7%), 갈겨니(*Zacco temminckii*, 14.1%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 10.4%)는 대부분의 지역에서 우점종과 비슷한 개체수(RA > 10%)로 발견되었다. 비록 기름종개(*Cobitis sinensis*)는 위의 어종들보다는 낮은 비교풍부도(7.5%)를 보였지만, 한 조사지점(Site 2)을 제외한 전 조사지역에서 발견되었다(Table 1).

피라미와 갈겨니는 우리나라 하천에 우점하여 출현하는 종으로 알려졌는데, 본 조사지역에서도 비슷한 경향을 보였다. 이는 본 조사지역이 산간지역에 흐르는 하천으로서, 버들치와 함께 계류성 어류군집의 대표적인 특성을 나타내고 있다.

환경영향평가 조사에서 확인된 총 12종의 어류 가운데 한국고유종(korean endemic species)은 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*), 자가사리(*Liobagrus mediadiposalis*), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 등 4종(33.3%) 145개체(28.4%)이었다. 조사지역 내에서 멸종위기종 또는 환경부 보호종은 발견되지 않았다.

한편 2004년 8월 추가조사에서는 집중강우 직후 하천의 교란이 일어난 상태에서 1회 조사하여 다양한 종을 확보하지는 못했지만 4과 10종 571개체가 채집되었다(Table 1). 비록 이전조사에서 확인된 일부 어종(붕어, 모래무지, 미꾸리, 꺾지)을 채집하지는 못했으나, 과거 문헌

Table 1. A list of fish species and numbers of individuals caught from the sampling sites. Numbers in parentheses indicate numbers of fishes collected from supplementary investigation. (* : Korean endemic species RA : Relative abundance)

Species	Site							Subtotal	Total	RA
	1	2	3	4	5	6	7			
Cyprinidae										
<i>Carassius auratus</i>			3	5	2	4		14	14	1.3
<i>Pungtungia herzi</i>	14 (1)	16	12 (4)	4 (1)	11	27		84 (6)	90	8.3
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>				(5)	(3)	(6)		(14)	14	1.3
* <i>Squalidus gracilis majimae</i>		8	13	19 (2)	9 (24)	4 (2)	(2)	53 (30)	83	7.7
<i>Pseudogobio esocinus</i>				1				1	1	<1.0
* <i>Microphysogobio yaluensis</i>	16	16	4	(2)	13 (18)	31		80 (20)	100	9.3
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	28 (2)	15 (14)	8 (10)	10 (10)	2 (5)	3 (2)	(3)	66 (46)	112	10.4
<i>Zacco temminckii</i>	14 (21)	17 (65)	18 (46)	11 (84)	(82)	12 (74)	(62)	72 (434)	506	46.8
<i>Zacco platypus</i>		(5)	6	28	13 (4)	41	(4)	88 (13)	101	9.3
Cobitidae										
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	2							2	2	<1.0
<i>Cobitis sinensis</i>	8		16	7	3	4 (1)	(1)	38 (2)	40	3.7
Amblycipitidae										
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>	1	3	(2)	(2)		3		7 (4)	11	1.0
Centropomidae										
* <i>Coreoperca herzi</i>		3		2				5	5	<1.0
Odontobutidae										
* <i>Odontobutis platycephala</i>			(2)					(2)	2	<1.0
Family	3 (1)	3 (2)	2 (2)	3 (2)	2 (1)	3 (2)	(2)	4 (4)	5	
Species	7 (3)	7 (4)	8 (4)	9 (7)	7 (6)	9 (5)	(5)	12 (10)	14	
Number of individuals	83 (24)	78 (86)	80 (62)	87 (106)	53 (136)	129 (85)	(72)	510 (571)	1,081	

및 탐문 조사(김, 1985; 최, 1991)에서 확인된 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*)와 동사리(*Odontobutis platycephala*)를 추가종으로 채집하였고 환경영향평가 전체 조사 기간동안 채집한 것보다 더 많은 개체수를 포획하였다. 이는 추가조사 시, 장마 후 빨라진 유속에 따라 흐름에 약한 일부 종들은 대체서식지로 이동 또는 바위 밑이나 구석에 은닉하여 채집이 불가능하였고, 채집된 대부분의 어류들은 산간지역 중·상류 하천에서 빠른 유속에 적응한 종(갈겨니, 버들치, 피라미)들로 채집된 개체수의 대다수(전체의 86.3%)를 차지하는 내용과 일치하였다. 특히, 갈겨니(*Zacco temminckii*)가 434개체가 채집되어 76.0%의 높은 비교풍부도를 보인 점은 위 사실을 뒷받침해 주었다(Table 1). 또한, 하천의 가장자리에 있는 침수된 수변식물 내 또는 제방 틈 사이는 죽대를 통한 채집으로 다수의 치어들이 발견됨으로써 빠른 유속에 적응하지 못한 치어들의 은닉처로써 사용됨을 확인하였다.

추가조사를 통해 확인된 총 10종의 어류 중 한국고유종은 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*),

자가사리(*Liobagrus mediadiposalis*), 동사리(*Odontobutis platycephala*) 등 5종(50.0%) 70개체(12.3%)이었다. 이로써 환경영향평가 조사 시 확인된 격지를 포함하여 조사 지역에서 총 6종(42.9%) 215개체(19.9%)의 한국고유종을 확인하였다.

감천댐 예정지 상·하류 하천 조사지점 간 어종 및 개체수를 비교하였을 때, 계절별 지점별로 차이를 보이고 있다(Fig. 2). 먼저 추가조사를 제외한 영향평가서를 기준으로 하였을 때, 종수 및 개체수가 태풍 'Rusa'가 일어나기 전인 2001년 1차 여름조사 때가 모두 많았고, 2002년 2차 가을조사, 2003년 봄조사 순으로 나타났다. 또한 2003년 겨울조사 시 전 조사지역과 봄조사 시 하류지역(Site 4 이후)에서 어류를 전혀 채집하지 못했다. 이는 태풍의 영향을 직접적으로 보여준 자료임에 틀림없다. 지점별로는 비슷하지만 부항천 하류지역에서 감천 유입부에 걸쳐 좀더 많은 종과 개체수가 확인되었다. 전 지역의 종수를 보면, 추가조사에서 2001년 여름조사 때보다는 적지만 나머지 조사 때보다는 많은 종을 채집하였다. 반면, 개체수는 한 지점(Site 1)을 제외한 모든 지역에서 영향

평가조사 기간동안보다 추가조사에서 더 많은 개체수를 채집하였다 (Fig. 2).

2. 갈겨니 개체군의 생태학적 특성

추가조사를 통해 확인한 결과, 부항천 상류부터 하류에 이르기까지, 그리고 감천과 합류되는 지점 위·아래의 감천 조사지역에서 갈겨니가 우점하는 것을 볼 수 있었다. 이는 조사기간이 강우 직후 이루어진 결과로 나타난

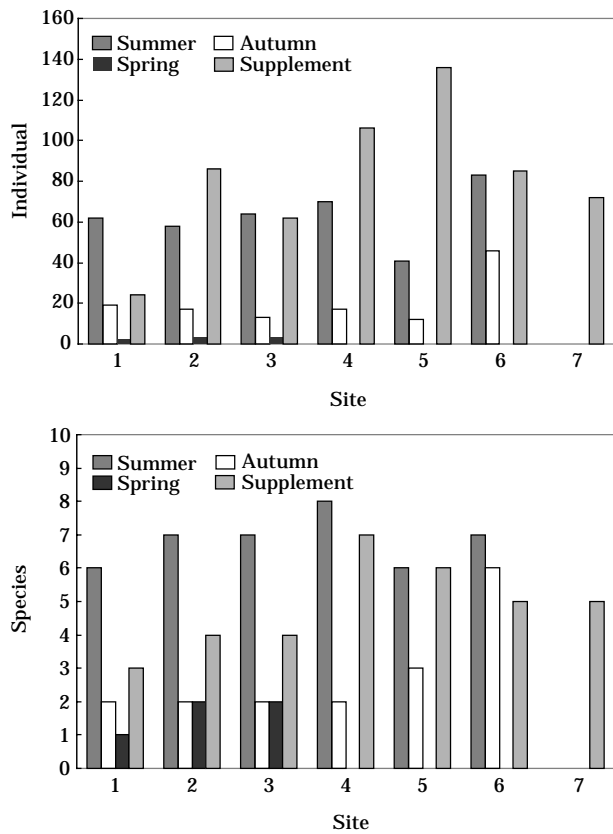


Fig. 2. Total numbers of individual and species caught by sites and investigations.

패턴이지만 다른 유역의 중·상류 하천에서 나타나는 전형적인 현상이기도 하다. 따라서 이번 조사를 통해 부항천 및 감천에 서식하는 갈겨니 개체군의 생태학적 특성을 알아봄과 동시에 앞으로 다른 하천 조사에서도 이와 같은 자료를 이용하여 하천 간 또는 유역 간 어류 개체군을 이용한 연구를 하고자 본 자료를 정리하였다.

자료는 우선 조사지점별 채집된 갈겨니를 현장에서 일정 크기별로 전장 및 체중을 측정해야 하나 인력 및 시간 부족으로 인해 현장에서 포르말린에 고정하고 실험실로 운반하여 측정하였다. 이것을 정리한 자료는 다음과 같다 (Table 2). 조사결과, 갈겨니 개체군의 조사지점별 비교 시 개체크기는 당년 (2004년)에 부화하여 성장 중인 치어 (최소 31 mm, 0.27 g)부터 몇 년 성장한 성어 (최대 122 mm, 21.04 g)까지 다양한 분포를 보였다. 각 개체별 비대지수 (condition factor, K)를 분석한 결과, 최소 0.759 부터 최대 1.265까지 다양한 영양상태의 갈겨니를 확인 하였으나 각 조사지점별 평균에는 큰 차이를 볼 수 없었다 (Table 2). 하지만 하천별로 길이 분포에 따른 개체수 및 상대빈도를 살펴보면 상대적으로 부항천 상류 (St. 1~St. 3)에서 좀더 큰 개체들이 채집되었으며 감천에 비해 부항천이 좀더 크기가 다양한 개체들과 높은 빈도의 2년생 이상 갈겨니 개체군을 이루었다 (Table 2, Fig. 3).

조사지점별, 하천별 각각의 개체 크기 및 무게에 따른 분포현황 및 개체크기에 따른 비대지수 분포현황은 다음과 같이 나타났다 (Figs. 4, 5). 조사지점별 길이-무게의 상관관계에서 수식 $W = aL^b$ 의 매개변수 b 가 모두 3.0보다 커서 양호한 상태를 보였다. 하지만 부항천의 지류이며 최상류인 St. 1 (3.303)에서 부항천으로 내려갈수록 매개변수 b 가 감소하다가 (St. 3 = 3.0263) 다시 증가하기 시작하여 감천과의 합류 지점 위·아래 조사지점 (St. 6 = 3.296, St. 7 = 3.4039)에서는 다시 높아지는 경향을 보였다 (Fig. 4). 이것은 하천별 비교 시에도 감천 (3.3566)이 부항천 (3.2357)보다 높은 매개변수 b 값을 보인 것과 일치하였다 (Fig. 5). 이를 통해 부항천과 감천에 서식하는

Table 2. Total length, weight, and condition factor of *Zacco temminckii* caught from the study sites in August 2004.

Stream	Total length (mm)				Total weight (g)			Condition factor	
	Site	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Range	Mean
Buhang	1	42	105	83	0.669	12.928	6.735	0.852 ~ 1.183	1.046
	2	52	110	77	1.429	14.267	5.067	0.871 ~ 1.107	0.990
	3	65	122	86	3.077	21.043	7.327	0.971 ~ 1.181	1.079
	4	31	113	68	0.272	17.019	4.056	0.759 ~ 1.265	1.001
	5	47	96	62	1.005	9.058	2.466	0.794 ~ 1.091	0.913
Gam	6	48	100	64	1.117	12.248	3.173	0.838 ~ 1.239	1.011
	7	47	102	64	0.985	11.923	2.841	0.762 ~ 1.225	0.961

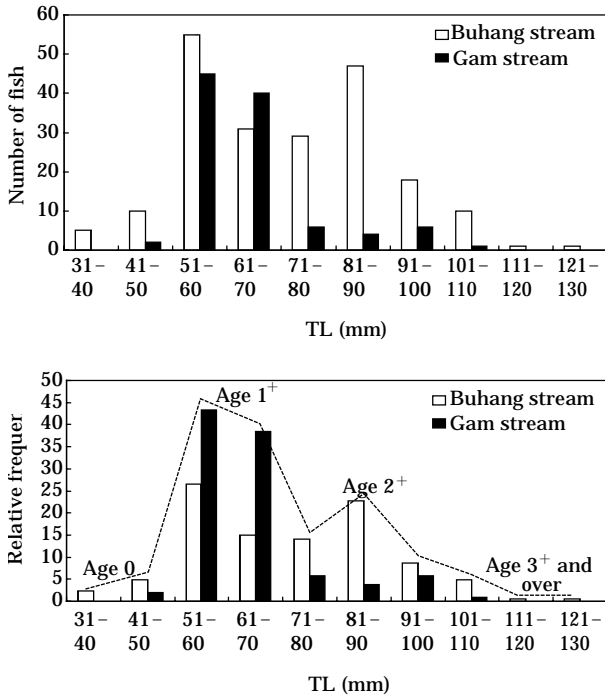


Fig. 3. Relative length frequency distribution for *Zacco temminckii* caught in August 2004.

갈겨니에 대한 길이-무게 수식은 다음과 같다.

부항천 갈겨니 : $\log TW = -5.398 + 3.2357 \log TL$

감천 갈겨니 : $\log TW = -5.699 + 3.3566 \log TL$

또한 길이에 따른 비대지수와와의 관계를 살펴본 결과 감천이 부항천보다 높은 기울기 (0.0052)를 갖고 있는데 이는 1년생 (대략 전장이 70 mm) 이하의 갈겨니 치어들은 부항천 (평균 K 와 $Kn = 0.939, 1.14$)과 감천 (평균 K 와 $Kn = 0.955, 1.14$)에서 비슷한 경향을 보이는 반면 70 mm 이상의 개체군이 부항천 (평균 K 와 $Kn = 1.046, 1.14$)에 비해 감천 (평균 K 와 $Kn = 1.116, 1.21$)에서 훨씬 양호한 영양상태를 보였다.

비대지수 (condition factor) 또는 길이-무게 상관관계 (length-weight relations)는 어류의 건강성 및 개체군 평가에서 광범위하게 사용되어왔다. 높은 비대지수 (K 또는 Kn)는 일반적으로 어류에 있어 풍부한 먹이원 유용을 반영하는 높은 에너지 축적으로 설명되고, 이는 특히 생활하수 및 유기물 오염으로 인한 지역에 서식하는 어류에서 많이 나타나기도 한다 (Adams *et al.*, 1992; Colinvaux, 1993; Alberto *et al.*, In press). 반면에 영양결핍, 질병 또는 중금속에 의한 수질오염과 같은 경우 어류에 직·간접적으로 영향을 주어 결과적으로 낮은 비대지수를 보이기도 한다 (Möller, 1985; Munkittrick and Dixon, 1988;

Miller *et al.*, 1992; Adams, 2002). 특히 오염원으로 인한 질병은 어류의 섭식활동을 교란하여 빈약한 먹이섭취를 유도하며 체내에서 면역시스템 내 추가적 에너지 소모로 통해 체중감소로 이어져 상대적으로 낮은 비대지수를 일으킨다 (Sindermann, 1990; Schmitt and Dethloff, 2000) 한편 길이-무게 상관관계를 살펴본 결과 조사지역인 감천 및 부항천의 갈겨니 개체군 ($TW = 0.000003TL^{3.2517}$, $R^2 = 0.9893$)과 무주 남대천 및 금강의 갈겨니 개체군 ($TW = 0.000003TL^{3.2505}$, $R^2 = 0.9843$)은 비슷한 매개변수 b 값을 보여 비슷한 성장률을 보인 반면 같은 낙동강 지류 중 하나인 이안천의 갈겨니 개체군 ($TW = 0.000002TL^{3.3819}$, $R^2 = 0.9698$)과 한강수계 (내린천, 동강, 평창강, 홍천강)의 갈겨니 개체군 ($TW = 0.000001 TL^{3.4676}$, $R^2 = 0.991$)보다 낮은 매개변수 b 값을 보였다 (최, 2004; Unpublished data).

Kim (1997)에 의하면 갈겨니 수정란은 22°C에서 5일 이면 부화하고 6월에 부화한 어린 자어 (yolk-sac)는 그 해 전장 50~60 mm까지 자라고 만 1년이 되면 60~70 mm, 2년이면 100~120 mm, 3년 이상이면 보통 전장 140~160 mm까지 자라며 전장 200 mm가 넘게 되는 데는 5년 이상 걸린다고 하였다. 본 조사에서 채집된 갈겨니 개체군을 살펴본 결과 1년생 (51~60 mm)으로 추측되는 그룹은 문헌자료와 비슷한 성장률을 보인 반면 2년생 (81~90 mm)과 3년생 (110 mm 이상)으로 추측되는 그룹은 훨씬 저조한 성장률을 보였다 (Fig. 3). 이는 하천의 물리적 환경 변화 또는 부착조류 및 수서곤충과 같은 먹이원 감소로 인한 영향, 또는 수질오염에 따른 영향에 의해 나타날 수 있다. 또한 조사기간 동안 개체군내에서 크기별 출현빈도를 살펴보면, 부항천에서는 1년생과 2년생이 비슷한 빈도 (26.6과 22.7%)로 출현한 반면 감천에서는 1년생 (43.3%)에 비해 매우 낮은 2년생 (3.8%)을 확인하였고 3년생으로 추측되는 개체는 확인할 수 없었다 (Fig. 3). 이는 연평균 (1160.1 mm)의 약 70%에 해당하는 강우를 보인 2001년 (822.2 mm) 가뭄피해와 2002년 (총 1459.7 mm) 8월 최대 시간당 72.5 mm의 기록적인 폭우를 동반하여 수많은 이재민과 재산피해를 입힌 태풍 'Rusa'와 2003년 (총 1835.3 mm) 9월 태풍 'Maemi'로 인한 홍수피해와 같은 자연적 교란이 큰 영향으로 작용하였으리라 추측된다 (Fig. 6). 태풍으로 인한 홍수는 많은 유량과 빠른 유속으로 인해 하상구조를 교란시키고 이로 인한 부착조류 및 수서곤충과 같은 저서성 생물들이 영향을 받아 감소하게 되며 이들을 먹이원으로 하는 어류들은 간접적으로 영향을 받게 된다. 또한 피해지역에 대한 하천복구공사는 골재채취와 더불어 수서생태계 내 생

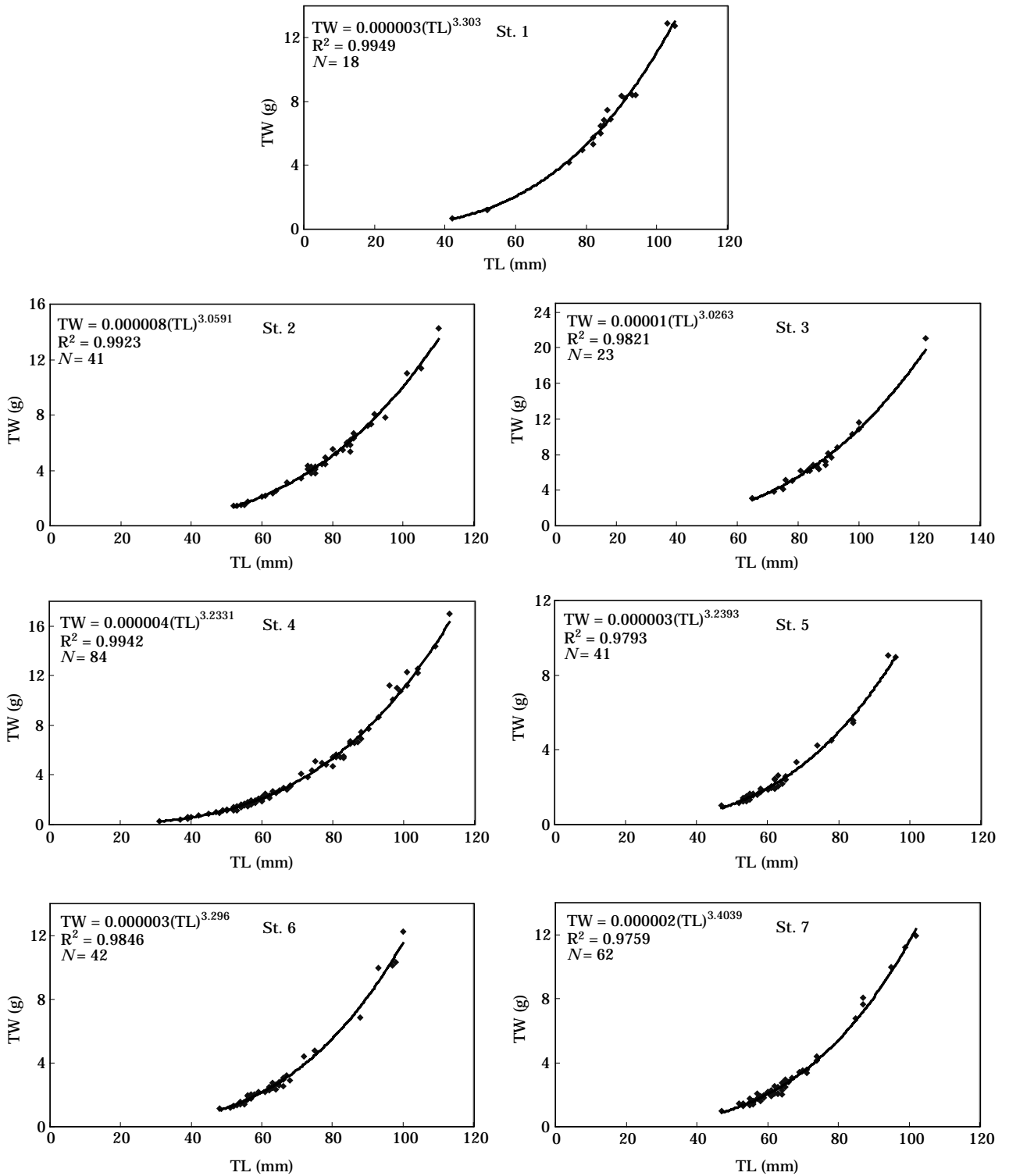


Fig. 4. Length-weight relations for *Zacco temminckii* in the study sites.

물단계별로 악영향을 가중시켰다고 사료된다.
 최근 들어 하천의 연속성 개념 (river continuum con-

cept)을 예를 들어 농업용수 확보를 위해 설치된 기존 보나 소형댐의 철거 및 어류 이동을 위한 댐체 또는 보의

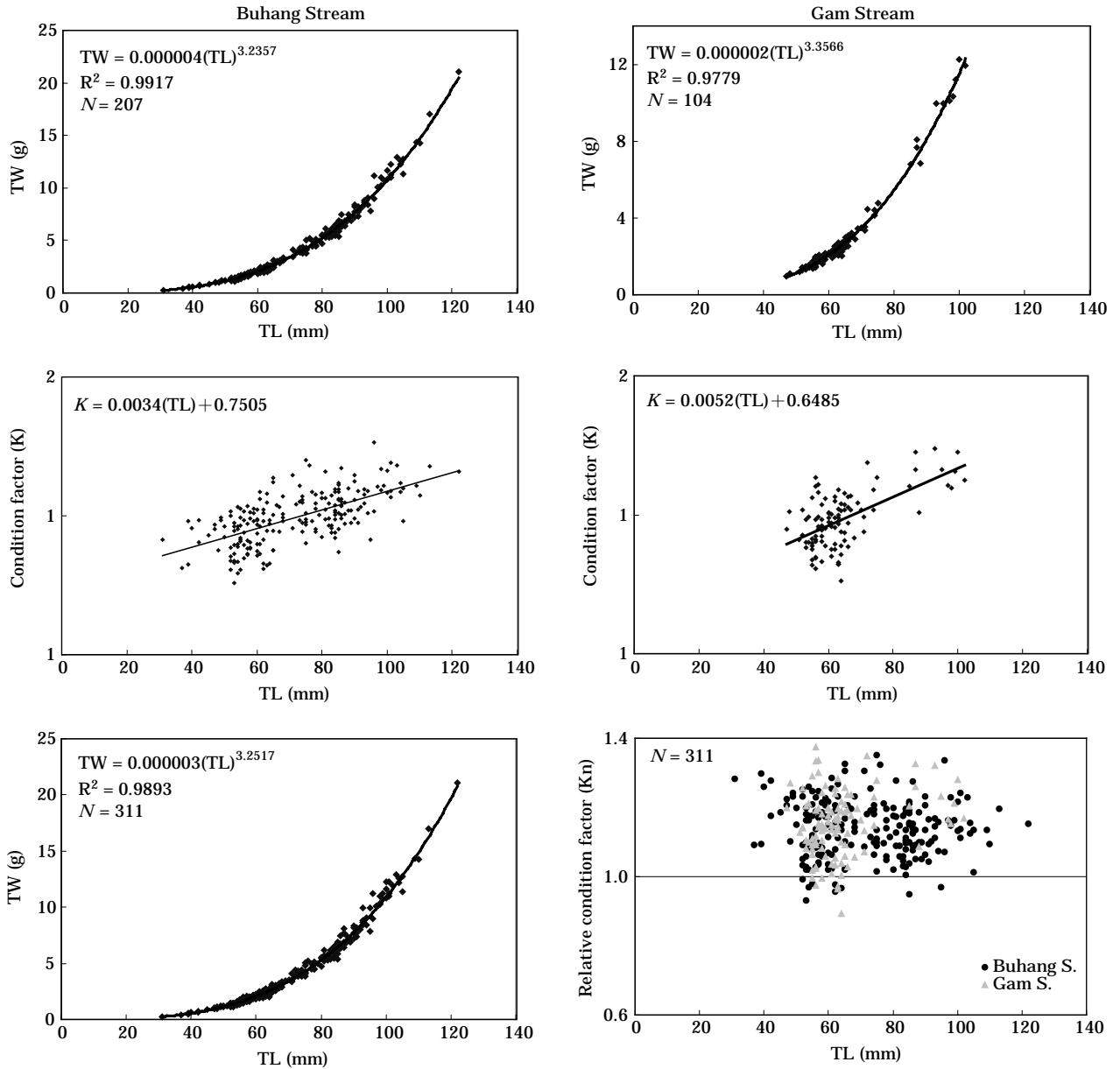


Fig. 5. Relationships between total length (TL) and total weight (TW) and the condition factor (K) and relative condition factor (Kn) plotted against total length of *Zacco temminckii* caught from two streams.

어도 설치에 대한 관심이 날로 커지고 있다. 일반적으로 하천에서 보, 댐과 같은 콘크리트 구조물은 하천의 상·하위를 구분 짓고 수생생물의 이동을 차단함에는 틀림없다. 또한, 일정유량 및 유속을 유지하여 여울과 소를 형성하며 흐르던 하천의 특성을 구조물로 인해 호소성 또는 정수성 환경으로 변화시키는 것 또한 구조물의 영향이라고 볼 수 있다. 이는 곧 수중 생태계에 물리적, 화학적, 생물학적인 특성 변화로 인해 수중생물들의 생활에 직·간

접적으로 영향을 미치고 생물량의 증·감소 및 생물상 변화에 큰 역할을 한다. 특히, 수중생물 중 어류와 관련되어 경제적 가치성이 높거나 희귀성이 높은 생태학적으로 가치 있는 보호어종 존재의 경우 이와 같은 구조물로 인한 악영향을 최소화하기 위해 앞서 말한 보전 및 복원개념의 사업이 검토되어야 함은 부인할 수 없다. 하지만 이와 같은 사업이 과연 진행되어야 되는지에 대한 여부는 앞서 말한 여러 가지의 환경영향평가 자료를 기초로 하

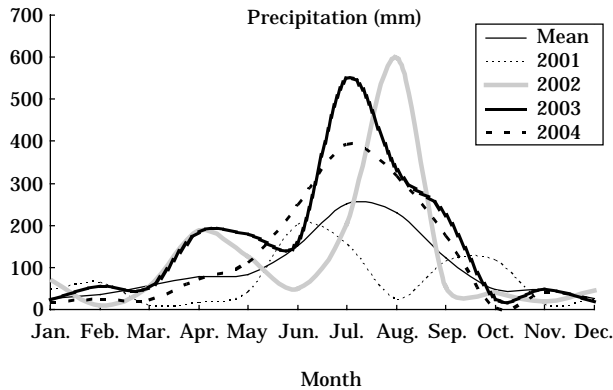


Fig. 6. Annual and monthly trends of precipitation near the study area.

Table 3. Confirmation of species existence in upper- and lower regions of prearranged dam. (*Korean endemic species, ● indicates confirmation of species existence)

Scientific name	Dam	
	Upper region	Lower region
Cyprinidae		
1. <i>Carassius auratus</i>	●	●
2. <i>Pseudogobio esocinus</i>	●	○
3. <i>Pungtungia herzi</i>	●	○
4. <i>Coreoleuciscus splendidus*</i>	●	●
5. <i>Squalidus gracilis majimae*</i>	●	●
6. <i>Microphysogobio yaluensis*</i>	●	●
7. <i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	●	●
8. <i>Zacco temminckii</i>	●	●
9. <i>Zacco platypus</i>	●	●
Cobitidae		
10. <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	●	○
11. <i>Cobitis sinensis*</i>	●	●
Amblycipitidae		
12. <i>Liobagrus mediadiposalis*</i>	●	●
Centropomidae		
13. <i>Coreoperca herzi*</i>	●	○
Odontobutidae		
14. <i>Odontobutis platycephala*</i>	●	○
Number of family	5	3
Number of species	14	10

여 그 필요성 유무를 검토해야 할 것이다(김, 2004).

본 조사와 환경영향평가 조사를 통해 밝혀진 감천댐 예정지 주변유역에서 발견된 어종은 추가조사 시 새로이 발견된 2종을 포함하여 총 14종으로, 비록 댐 예정지를 기준으로 하여 종간의 존재 유무에 일부 차이가 있지만

상·하류 비슷한 중수를 유지하고 있었다(Table 3). 일부 종(모래무지, 미꾸리, 꺾지, 동사리)들이 상류에서만 확인 되었으나 이들은 일반 하천에서도 흔히 볼 수 있는 종들로서 조사구간 내 제한된 서식이 예상되어졌다. 종 다양성 보전측면에서는 위에서 언급한 바와 같이 경제적, 생태적 가치어종의 존재유무에 대해 먼저 고려해야 하는데, 본 조사 자료를 통해 확인한 것처럼 감천댐 예정지 주변유역 내 어류상 가운데 이와 같은 점을 고려할 만한 종이 현재 존재하지 않으며 또한 댐 예정지 상·하류에 대부분의 어류종이 골고루 분포하고 있기 때문에 댐체 어도와 같은 구조물은 고려되지 않아도 될 것이다. 다만 현재 분포된 어류상을 유지하기 위해 대체 서식처로서 댐 상류 유입하천엔 계류성 어류(갈겨니, 버들치, 자가사리, 꺾지 등)들이 다수 서식할 수 있는 다양한 하상조건(모래, 자갈, 바위 등)의 자연형 하천을, 댐 저수지엔 정수성 어류(붕어, 피라미, 긴몰개, 메기 등)들이 다량으로 서식할 수 있는 수변식물 이식 또는 수생식물을 이용한 부유식 산란장 같은 것을 조성할 경우 종 다양성은 물론 개체군 유지에도 이바지 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 예정댐 건설로 인한 상류하천 수물지역 내 보와 상시 방류로 인한 유지용수 확보를 통해 하류하천의 보는 철거 유무를 검토하고, 유량과 유속을 감안한 자연형 하천으로 복원시키는 것이 종 다양성 보전측면에 이바지 할 수 있을 것이다.

적 요

감천다목적댐 건설사업 이전의 환경영향평가를 수행하기 위해 감천 중·상류역의 어류군집이 2001년부터 2003년까지 계절별로 조사되었다. 2004년 8월에는 영향평가 자료의 어류상 확인과 더불어 갈겨니 개체군의 생태학적 특성을 파악하기 위해 추가조사가 이루어졌다. 환경영향평가와 추가조사를 통해 총 5과 14종에 해당하는 1,081개체의 어류가 조사지역으로부터 확인되었다. 그 중쉬리, 긴몰개, 돌마자, 자가사리, 꺾지, 동사리 등 6종의 한국고유종이 조사된 반면 멸종위기종은 발견되지 않았다. 갈겨니에 대한 길이-무게 상관관계, 비대지수(K), 상대적 비대지수(Kn)는 조사지점별 하천별로 비교되었다. 길이-무게 상관관계를 기본으로 한 수식은 부항천이 $TW = 0.000004TL^{3.2357}$ 감천이 $TW = 0.000002TL^{3.3566}$ 으로서 감천의 갈겨니가 부항천의 같은 크기의 갈겨니에 비해 조금 더 비대하다는 것을 알았다. 또한 전장에 따른 비대지수와의 관계를 살펴본 결과 감천이 부항천보다 높은

기울기 (0.0052)를 갖고 있는데 이는 1년생 (대략 전장이 70 mm) 이하의 갈겨니 치어들은 부항천 (평균 K 와 $Kn=0.939, 1.14$)과 감천 (평균 K 와 $Kn=0.955, 1.14$)에서 비슷한 경향을 보이는 반면 70 mm 이상의 개체군이 부항천 (평균 K 와 $Kn=1.046, 1.14$)에 비해 감천 (평균 K 와 $Kn=1.116, 1.21$)에서 훨씬 양호한 영양상태를 보였다. 이러한 결과들은 부항천 유역에서 2001년도 가뭄과 2002년도 태풍 'Rusa' 및 2003년도 태풍 'Maemi'로 인한 자연적 교란과 바로 연이은 하천복구공사와 같은 인간 활동으로 인한 서식지 교란의 결과와도 잘 일치하였다. 그러므로 환경영향평가 시 어류 종조성의 확인뿐만 아니라 개체군 수준에서의 생태학적 특성조사 또한 환경영향평가로서 수행되어야 된다고 사료된다.

사 사

본 연구는 한국수자원공사의 “감천다목적댐 건설사업 환경영향평가”의 일환으로 수행되었다. 본 연구를 위해 현장조사에 많은 도움을 주신 수자원환경처 이성우 부장님, 김진원 과장님과 이정민 대리님께 감사드리며 어류계 측에 도움을 준 수자원연구원 이혜숙 연구원님께도 감사드립니다. 무엇보다도 원고작성에 많은 조언을 아끼지 않으신 수자원연구원 신재기 박사님께 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

김재엽. 1985. 감천(낙동강)의 어류상과 Cyprininae 어류의 형질조사. 경북대학교 교육대학원 석사학위 논문.
 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편 (담수어류). 교육부.
 김동욱. 2004. 환경영향평가. 도서출판 그루.
 서진원. 2004. 어류생물지표의 생물학적 모니터링을 이용한 수환경 평가. 2004년 대한상하수도학회·한국물환경학회 공동 추계학술발표회 논문집.
 최기철, 전상린, 김익수. 손영목. 1990. 원색 한국담수어 도감. 향문사.
 최기철. 1991. 경북의 자연, 담수어편. 경상북도 교육위원회.
 최재석. 2004. 강원도 토속어종 부화장 건립 타당성 조사. 강원도 환경해충장소.
 한국수자원공사. 2003. 감천다목적댐건설사업 환경영향평가서 (초안). 건설교통부.
 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*. **243**: 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. Pages 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.
 Kim, I-S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea, Vol. 37, Freshwater fishes. Ministry of Education.
 Kim, I-S. and J-Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd.
 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.
 Lee, H.Y. and H.S. Lee. 1988. Evolutionary study on the dark chub (*Zacco temminckii*). V. Geographical variation on the karyotypes between two allelotypes. *Korean Journal of Genetics* **10**: 93-99.
 Lee, S-K., J. Seo, H. Lee, H-G. Yun and S-O. Lee. 2003. Ecotoxicological assessment of complex industrial effluents in Korea using whole effluent toxicity (WET) test. Asia-Pacific SETAC Conference, Christchurch, New Zealand.
 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 metal-contaminated sites. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**: 978-984.
 Möller, 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, 3rd edition. John

Wiely & Sons, New York.

Schmitt, C.J. and G.M. Dethloff. 2000. Biomonitoring of environmental status and trends (BEST) program: selected methods for monitoring chemical contaminants and their effects in aquatic ecosystems. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Information and Technology Report, USGS/BRD/ITR--2000

-0005.

Sindermann, C.J. 1990. Principle disease of marine fish and shellfish. 2nd ed. Vol. 1. Academic Press, New York.

(Manuscript received 10 Match 2005,
Revision accepted 16 May 2005)