

낙동강 지류에 분포하는 참갈겨니 개체군의 전장과 체중 관계 및 von Bertalanffy의 성장모델

최 의 용 · 서 진 원* · 최 재 석¹

(한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소, ¹강원대학교 생물학과)

Length-weight Relation and von Bertalanffy's Growth Model of *Zacco koreanus* Population Distributed in the Tributaries of the Nakdong River. Choi, Euiyong, Jinwon Seo* and Jaeseok Choi¹ (Water Resources and Environmental Research Center, KIWE, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 305-730, Korea; ¹Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

Populations of *Zacco koreanus*, distributed in four different tributaries of mid-upper reach Nakdong River were investigated to analyze a length-weight relation and von Bertalanffy's growth model. Fish sampling was conducted by common method (cast net and kick net) during March to October 2005. Fishes caught in the field were identified immediately, and then individuals of *Zacco koreanus* were preserved in 10% formalin to further measure their total length and weight in the laboratory. As the results of the equation based on length-weight relation, values of parameter b on the population of all tributaries were greater than 3.0 and the value on Bohyeon Stream was the maximum (3.26), indicating that the fish in the stream became more rotund as the length increases. In the mean time, we examined Brody growth constant (k) induced by the von Bertalanffy's growth model, and we found more steady state population in Wi (-0.18) and Byeongbo (-0.21) Streams than in Ian (-0.38) and Bohyeon (-0.37) Streams. The findings would be used to assess local water environment on tributaries of the Nakdong River with understanding of ecological characteristics on the population of *Zacco koreanus*, as well as provide us fundamental information on domestic study of fish ecology.

Key words : *Zacco koreanus*, length-weight relation, von Bertalanffy's growth model

서 론

수중생태계에서 소비자의 위치를 차지하고 있는 어류는 이동성이 크고 서식환경의 변화에 민감하게 반응하는 동물군중의 하나로서 유속, 하상, 수질, 수온 등의 물리·화학적 서식지 변화에 따라 개체군의 증감뿐 아니라 새로운 종이 나타나기도 하고 또는 자취를 감추기도 한다(손 등, 1997). 최근 들어 개발과 오염의 범위가 점차

확대되면서 생태계 교란이 급속도로 진행되어 야생 동·식물의 서식지가 없어지거나 좁아지게 되고 있는데 담수 어류는 다른 야생동물과 달리 극히 제한된 수역에서 생활하고 있기 때문에 서식지의 변화는 생존에 직접적인 영향을 주게 된다(김, 1995). 따라서 어류는 수환경을 평가하기 위한 생물지표로서 많이 이용되고 있다(Adams, 2002).

최근 들어 하천생태에 대한 중요성이 대두되면서 하천의 수질 개선 및 서식지 회복을 위한 어류를 이용한 다

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

양한 수환경평가가 필요하다고 인식되고 있다. 이제까지 국내의 많은 어류조사는 주로 군집구조나 어류상을 파악하는 연구로 이루어졌으며, 이러한 군집분석은 정량화된 조사를 가정하여 얻어진 출현종수와 채집된 개체수의 양적인 비율로서 나타내지는 상대적인 개념으로 이를 통해서 얻을 수 있는 정보는 매우 제한적이고 추상적인 개념이다. 실제 하천에서의 종 다양도는 생물서식지 다양도 (Habitat diversity)와 밀접한 관련성을 가지며, 서식지의 복잡성 (Complexity), 이질성 (Heterogenous)의 증가에 따라 종 다양성은 증가하기 때문에 (Gorman and Karr, 1978) 종 다양도를 설명하기 위해선 서식환경의 복잡성과 이질성이 함께 정량화되어 제시되어야 의미를 가질 수 있다. 그러나 이제까지 국내에서 생물서식환경의 다양성에 관한 연구는 대부분 간과되어 있다. 한편 최근 들어 생물보존지수 (Integrity of Biological Index)를 중심으로 수환경의 질적인 평가가 이루어지고 있다 (안 등, 2001). 그러나 이러한 지수들은 군집의 안정도를 나타내거나, 하천의 건강도를 평가하는 종합적인 지표로서 개체군의 생리·생태적인 특성을 반영하지는 못한다.

어류개체군의 전장-체중 관계식이나 von Bertalanffy의 성장모델은 주어진 환경에서 개체군의 생태적인 특성 및 수환경특성을 잘 반영할 수 있다. 특히 중금속 및 수질오염의 영향을 받은 어류들은 섭식활동을 방해받아 낮은 에너지 축적 및 체중감소로 이어지고, 이것은 다른 하천의 동일 어종들에 비하여 상대적으로 낮은 비대지수 (Munkittrick and Dixon, 1988; Miller *et al.*, 1992; Adams, 2002)를 나타낸다고 알려져 있다. 따라서 전장과 체중의 상관관계 및 Brody 성장계수는 어류의 건강성 및 개체군의 순간성장속도를 나타내는 것으로 개체군 평가를 통한 수환경 평가 시 유용한 지표가 될 수 있을 것이다.

잉어과에 속하는 참갈겨니 (*Zacco koreanus*)는 일차담수어로서 피라미와 함께 우리나라 하천의 중·상류에 폭넓게 분포하고, 상류 계곡까지도 서식하며 어종으로 주로 수서곤충을 섭식하는 식충성 어류이다 (김, 1997). 하천에서 피라미와 갈겨니의 분포는 서식지 쟁탈에 따른 경쟁 관계에 있으며, 하천의 서식지가 파괴되고 수환경이 오염될수록 피라미가 우점하게 되며, 수환경이 양호하고 서식지가 잘 보존될수록 갈겨니가 우점하게 된다 (홍, 1991). 따라서 우리나라 전역에 분포하고 출현 빈도가 매우 높은 피라미와 참갈겨니는 하천 서식지의 특성에 따라 우점화 경향이 다르게 나타나기 때문에 수환경을 평가하는데 좋은 지표어종이 될 수 있다. 이제까지 본 종을 대상으로 주로 지리적 분포나 형태적인 특성에 따른 종의 분류 등은 자세히 보고되었고, 최근 들어 하천에 서식하는

개체군을 대상으로 전장과 체중에 따른 상관성이 비교되고 있지만 (최, 2004; 서, 2005), 본 종의 서식환경에 따른 성장도에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 비교적 수환경이 양호한 환경에서 우점 서식하는 참갈겨니를 대상으로 전장-체중과의 관계와 성장모델을 적용하여 성장계수를 파악함으로써 차후 어류성장을 이용한 하천의 수환경평가를 위한 기초자료를 제시하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 기간

조사기간은 2005년 3월부터 10월까지 3회에 걸쳐 실시하였으며 조사 시기는 다음과 같다.

1차 조사 : 2005년 3월 21일~3월 22일

2차 조사 : 2005년 8월 27일~8월 28일

3차 조사 : 2005년 10월 11일~10월 12일

조사지점은 낙동강 중·상류지역의 이안천, 병보천, 보현천 및 위천 등 4곳을 선정하였으며 조사 지점의 행정구역명칭은 다음과 같다 (Fig. 1).

이안천 : 경상북도 상주시 외서면 우산리

병보천 : 경상북도 청송군 현동면 거성리

보현천 : 경상북도 청송군 현서면 수락리

위 천 : 경상북도 군위군 고로면 학성리

2. 조사방법

어류의 채집은 정량 비교를 위해 각 하천에서 투망 (7 × 7 mm)을 이용하여 14회 실시하였고, 족대 (4 × 4 mm)를 사용하여 40분 동안 어류 채집을 실시하였다. 채집된 어류는 현장에서 10% 포르말린액으로 고정하여 실험실로 운반, 동정분류하였다. 어류의 동정에는 국내에서 지금까지 발표된 검색표 (최 등, 1990; 김, 1997; 김과 박, 2002; Kim *et al.*, 2005)를 이용하였으며, 분류체계는 Nelson (1994)에 따라 정리하였다.

3. 군집분석 및 군집분류

군집분석은 각 조사하천에 대하여 우점도 (McNaughton, 1967), 다양도 (Shannon and Weaver, 1963), 균등도 (Pielou, 1966)를 산출하였다.

군집분류는 각 조사하천별로 어류군집을 분류하고자

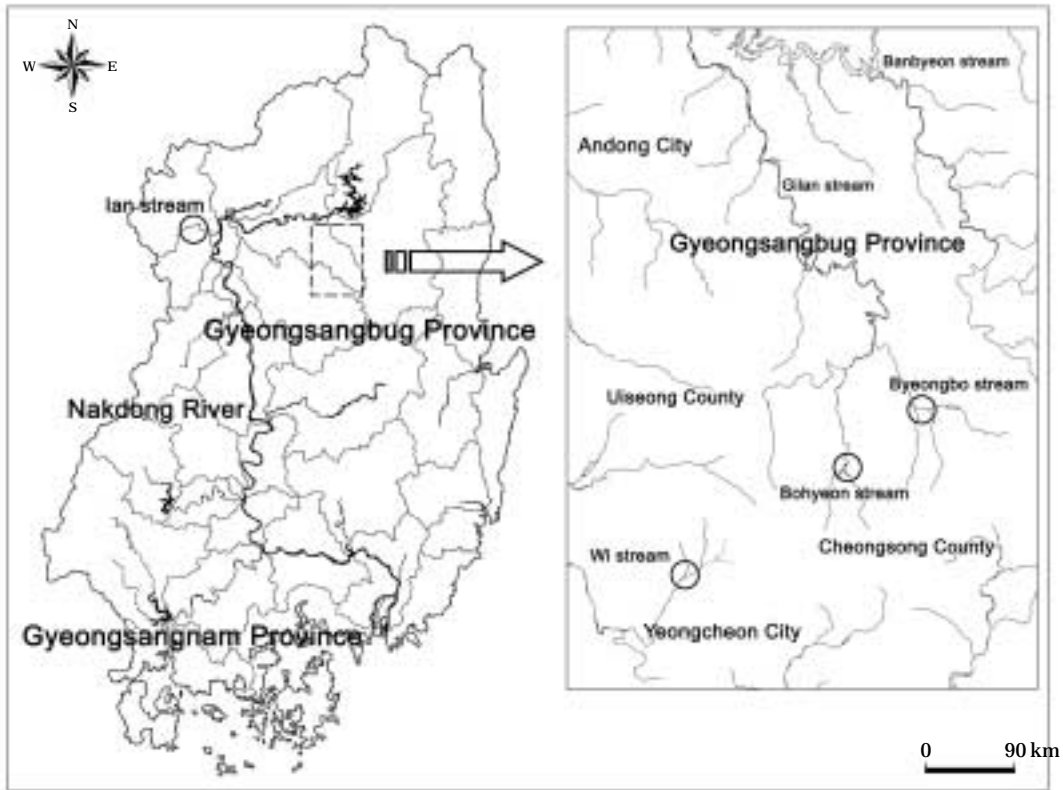


Fig. 1. Map showing the study area.

유사도 분석을 실시하였으며 다른 하천과의 유사성 비교를 위해 채 등(1998)에 의해 연구된 위천의 조사지점을 비교그룹으로 놓았다. 또한 유사도의 산출은 Jaccard (1908)의 방법을 이용하였고, 산출된 유사도를 기준으로 하천별 유사거리를 UPGMA (비가중치 평균연결법)로 집괴분석 하였다.

3. 전장-체중 관계

각 조사하천에서 채집된 어류를 대상으로 전장-체중의 관계를 알아보았다. 일반적으로 회귀계수 (b)값이 3.0을 기준으로 개체군의 비대지수 (condition factor, K)는 양 또는 음의 기울기를 가지며, 양의 기울기인 경우 개체군의 비만화가 나타나고, 음의 값인 경우 왜소화 경향을 의미한다(서, 2005). 어류 개체군의 전장-체중관계식은 다음과 같다.

$$W=aL^b$$

(W=체중 (g), L=전장 (mm), a=상수, b=회귀계수)

Index of well-being에 해당하는 Fulton-type의 비대지

수 (condition factor, K)식은 다음과 같다 (Anderson and Neumann, 1996).

$$K=W/L^3 \times 10^n \text{ (n=전환상수)}$$

4. von Bertalanffy 성장모델

개체군의 전장-체중관계가 정상적인 경우 각 전장별 성장을 가정하여 전장빈도법 (Length frequency method)에 따라 연령구조를 결정하였다 (Cassie, 1954; Bhattacharya 1967; Fournier and Breen, 1983; Gutreuter, 1987). 연령에 따른 개체군의 성장은 von Bertalanffy (1938) 성장모델을 적용하여 성장속도를 나타내는 Brody 계수를 추정하였다. 부화 직후의 전장 (t₀)은 5 mm 정도로 가정하였고, 개체군의 최대성장값 (L_∞)은 Walford (1946) 식을 이용하였다.

$$L_t=L_{\infty}(1-e^{-k(t-t_0)})$$

(L_t=시간 t에서의 전장, L_∞=최대성장 (mm),

k=Brody 계수)

Table 1. A number of fish species collected in the tributaries of the Nakdong River (* : Korean endemic species).

Species	Site				Total
	Ian	Byeongbo	Bohyeon	Wi	
Cyprinidae					
<i>Carassius auratus</i>	-	36	17	3	56
<i>Carassius cuvieri</i>	-	-	1	-	1
<i>Pseudorasbora parva</i>	-	40	103	-	143
<i>Pungtungia herzi</i>	54	16	45	49	164
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>	48	23	8	81	160
* <i>Squalidus gracilis majimae</i>	2	53	159	112	326
<i>Hemibarbus longirostris</i>	22	-	-	27	49
<i>Pseudogobio esocinus</i>	5	-	-	-	5
* <i>Microphysogobio yaluensis</i>	44	22	-	76	142
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	-	84	162	280	526
* <i>Zacco koreanus</i>	252	289	881	1,716	3,138
<i>Zacco platypus</i>	65	24	188	80	357
Cobitidae					
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	-	1	3	7	11
* <i>Koreocobitis naktongensis</i>	-	-	-	1	1
<i>Cobitis sinensis</i>	5	5	36	24	70
* <i>Niwaella multifasciata</i>	9	13	50	47	119
Siluridae					
* <i>Silurus microdorsalis</i>	-	-	-	1	1
Amblycipitidae					
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>	5	2	-	8	15
Osmeridae					
<i>Plecoglossus altivelis</i>	-	7	-	-	7
Centropomidae					
* <i>Coreoperca herzi</i>	11	-	-	-	11
Odontobutidae					
* <i>Odontobutis platycephala</i>	5	25	71	45	146
Gobiidae					
<i>Chaenogobius urotaenius</i>	-	1	-	-	1
<i>Rhinogobius brunneus</i>	-	31	70	5	106
Belontiidae					
<i>Macropodus chinensis</i>	-	-	-	1	1
Family	5	6	4	7	9
Species	13	17	14	18	24
Number of individual	527	672	1,794	2,563	5,556

결과 및 고찰

1. 어류상

낙동강 중·상류지역의 조사하천에 대한 어류상과 참갈겨니 (*Z. koreanus*)와 함께 서식하는 공서어종을 확인한 결과 총 9과 24종 5,556개체가 채집되었다 (Table 1). 각 조사지점별 어류상을 보면 이안천에서 5과 13종이 확인되었고, 병보천에서 6과 17종, 보현천에서 4과 14종, 그리고 위천에서 7과 18종 각각 채집되었다. 본 조사에서 채집된 어종 중 Cyprinidae 어류가 12종 (50.0%)으로 가

장 많이 채집되었으며, 다음은 Cobitidae가 4종 (16.7%)으로 나타났고, Gobiidae가 2종 (8.3%) 그리고 Siluridae, Amblycipitidae, Osmeridae 및 Centropomidae, Odontobutidae, Belontiidae는 각각 1종 (4.2%)씩이었다. 이와 같이 Cyprinidae와 Cobitidae에 속하는 어류가 우세하게 분포하는 것은 우리나라 서남해로 유입하는 하천의 담수 어류상의 특징과 잘 일치하고 있다 (전, 1980).

본 조사에서 채집된 24종 중 한국고유종은 멸종위기 야생동물 I급으로 지정된 얼룩새코미꾸리 (*Koreocobitis naktongensis*)를 포함하여 쉬리 (*Coreoleuciscus splendidus*), 긴물개 (*Squalidus gracilis majimae*), 돌마자

(*Microphysogobio yaluensis*) 및 수수미꾸리(*Niwaella multifasciata*) 등 10종(41.7%)으로 나타났으며 외래도입종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*) 1종(4.2%)만이 출현하였다. 또한 각 하천 별 우점종을 확인한 결과 전 조사지점에서 참갈겨니가 우점종으로 확인되었으며 아우점종은 이안천과 보현천에서는 피라미(*Z. platypus*), 병보천과 위천에서는 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*)로 나타났다.

2. 군집분석 및 군집분류

낙동강 중·상류지역으로 유입되는 각 하천의 군집구조 분석을 위하여 우점도, 다양도, 균등도 지수를 산출한 결과는 Table 2와 같다. 종의 풍부한 정도와 개체수의 상대적 균형성을 의미하는 다양도 지수는 병보천에서 2.04로서 다른 지점에 비해 가장 높게 나타났으며, 위천에서

1.34로 가장 낮게 나타났다. 반면 특정종이 우세한 정도를 나타내는 우점도 지수는 위천에서 0.78로 가장 높게 나타났다. 이는 위천에서 우점종으로 조사된 참갈겨니가 2,563개체 중 1,716개체로 다른 조사지역에 비하여 다수 채집되었기 때문이다. 균등도 지수는 군집 내 종 구성의 균일한 정도를 나타내는 지수로서 다양도가 가장 높게 나타난 병보천에서 0.72로 가장 높게 나타난 반면 위천에서는 0.47로 가장 낮게 나타났다.

이와 같이 다른 하천에 비해 위천에서 우점도를 제외한 다양도, 균등도 지수 값이 낮게 나타난 것은 본 지역

Table 2. Fish community indices in the tributaries of the Nakdong River (4 different watersheds).

Index	Sampling stream			
	Ian	Byeongbo	Bohyeon	Wi
Dominance	0.60	0.56	0.60	0.78
Diversity	1.75	2.04	1.79	1.34
Evenness	0.68	0.72	0.68	0.47

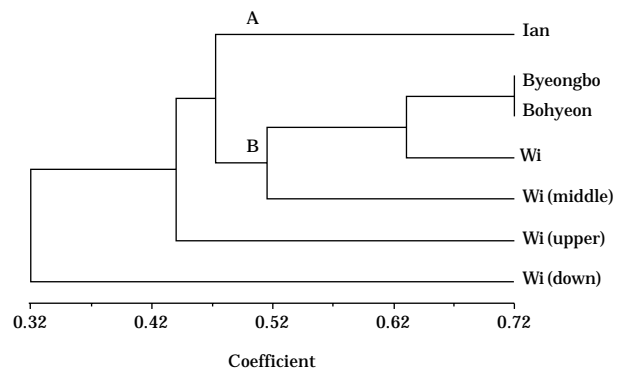


Fig. 2. Cluster analysis of collected fish at the 4 sampling sites and 3 reference sites.

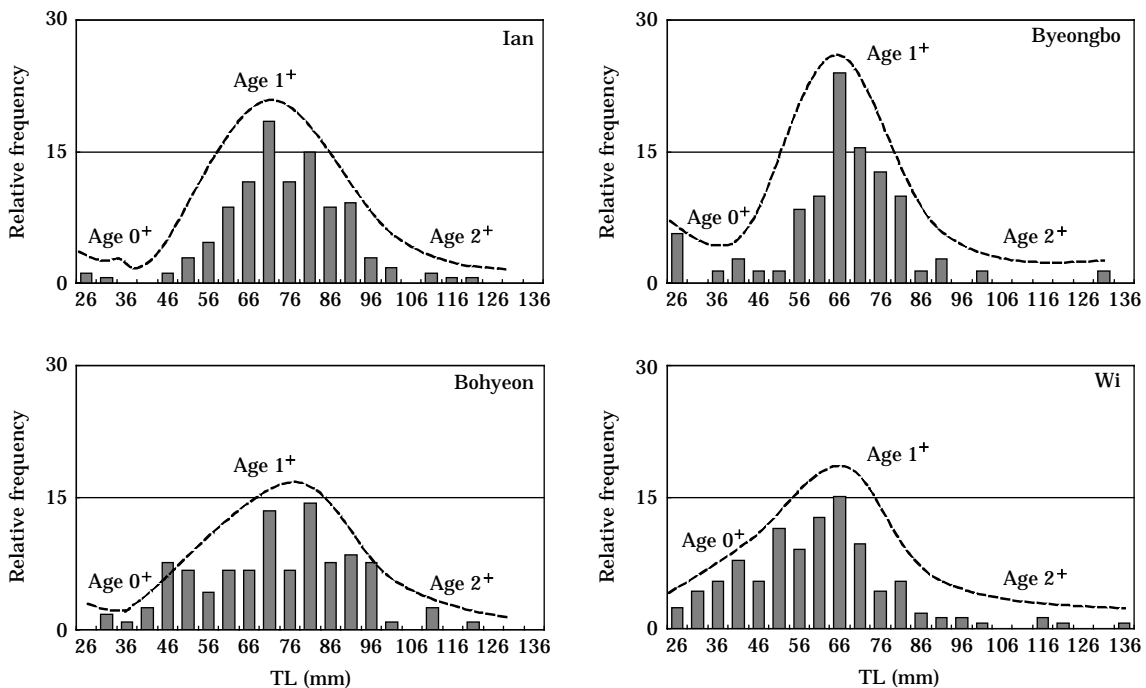


Fig. 3. Relative length frequency distribution for *Zacco koreanus* caught at the 4 different watersheds.

이 바닥이 들어날 정도로 하천이 건천화 되어 있었고, 하상구조가 주로 바위와 자갈 등으로 이루어져 서식처가 단순화되어 다른 하천에 비해 개체수가 고르게 분포하지 못하였기 때문에 사료된다.

산출된 유사도지수를 근거로 집괴분석을 실시한 결과 A, B 두 집단으로 나뉘었다. 이 중 그룹 A는 이안천 단독으로 분류되었으며 그룹 B는 병보천과 보현천, 위천이 비교그룹의 종류와 묶이고 있는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 2). 한편 본 조사하천이 지리적으로 상류에 위치해 있으나 비교하천의 종류역과 유사하게 분석된 것은 하천 정비, 댐 축조 등으로 인한 물리적인 교란으로 어류의 서식처 및 하천의 기울기 등이 변화되어 지리적으로는 상류에 속해 있으나 하천의 성격이 종류역으로 변화되어 종류형의 어류군집으로 점차 변화되어가고 있기 때문으로 판단된다.

3. 참갈겨니 개체군의 전장분포

채집된 참갈겨니 개체군의 전장분포를 분석한 결과 이안천의 경우 전장분포의 범위는 27~122 mm, 평균전장은 76.5±20.9 mm이었으며 병보천은 전장분포의 범위는 27~133 mm, 평균전장은 67.8±21.7 mm이었다. 또한 보현천은 전장분포가 34~121 mm의 범위로 평균전장은 73.6±20.9 mm이었고, 위천은 전장분포가 30~138 mm의 범위로 평균전장은 64.2±24.2 mm이어서 각 하천의 참갈겨니 개체군의 서식밀도와 평균전장에서 다소 차이

를 나타내고 있었다. 당년생으로 추정되는 참갈겨니 개체군은 이안천과 병보천에서는 45 mm 내외였으며, 보현천과 위천에서는 40 mm 정도로서 서로 비슷한 전장분포를 보였으며, 1년생과 2년생으로 추정되는 개체들의 전장분포도 하천들 간에 서로 유사하게 나타났다 (Fig. 3).

4. 개체군의 전장-체중 관계

낙동강 중·상류지역으로 유입되는 하천의 조사결과 각 조사지점 별로 참갈겨니가 우점종으로 조사되었는데 이는 우리나라 하천의 중·상류 하천에서 나타나는 전형적인 현상이다. 채집된 참갈겨니를 대상으로 전장-체중 관계와 비대지수(condition factor, K) 등을 산출해 각 하천의 종 조성 이외에 참갈겨니 개체군이 지리적으로 어떤 차이를 보이는지 생태학적으로 분석하여 보았다.

전장과 무게의 관계식에서 회귀계수 b값이 다른 지역의 회귀계수 b값보다 크면 다른 지역에 비하여 비대하다는 것을 뜻하고, 이와 반대로 작을 경우 왜소화 경향을 나타낸다고 볼 수 있다(서, 2005). 또한 일반적으로 회귀계수 b값이 3.0 이상일 경우 개체군의 성장이 비교적 양호한 것으로 판단할 수 있다. 각 하천의 참갈겨니 개체군의 전장-체중 관계를 살펴본 결과 회귀계수 b값이 3.0 이상으로 양호한 값을 나타냈다. 조사지점 중 보현천에서 참갈겨니 개체군(TW=0.000002TL^{3.2625}, R²=0.9838)의 회귀계수 b값이 3.2625로 가장 높게 나타나 조사 하천 중 가장 양호한 값을 보였다. 반면 보현천과의 유사도지

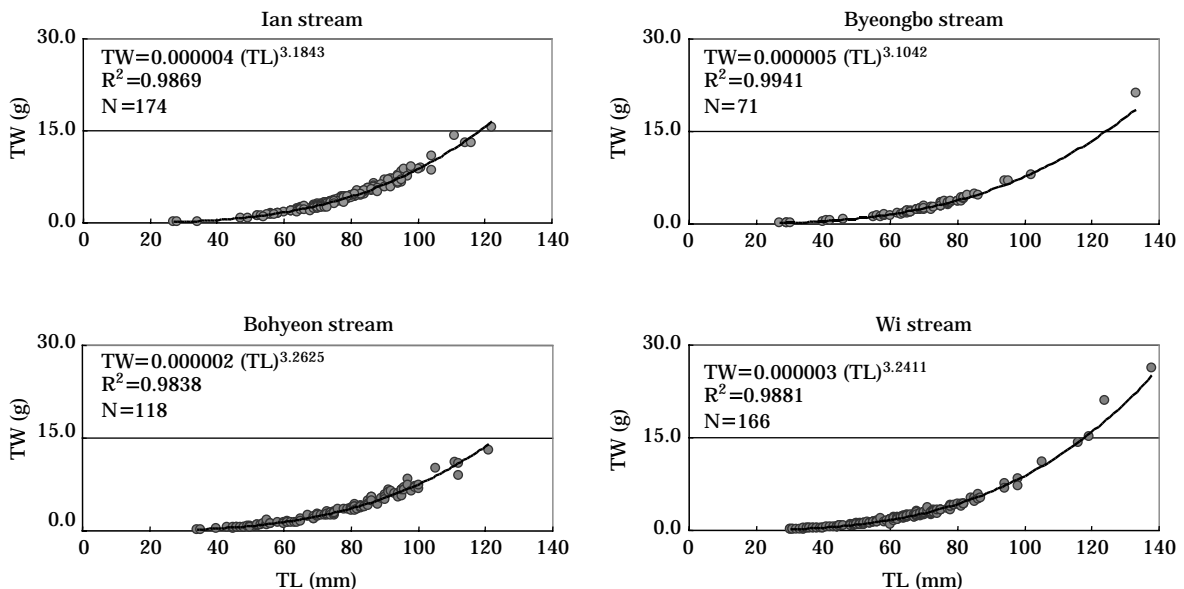


Fig. 4. Length-weight relationship for *Zacco koreanus* collected in the study sites.

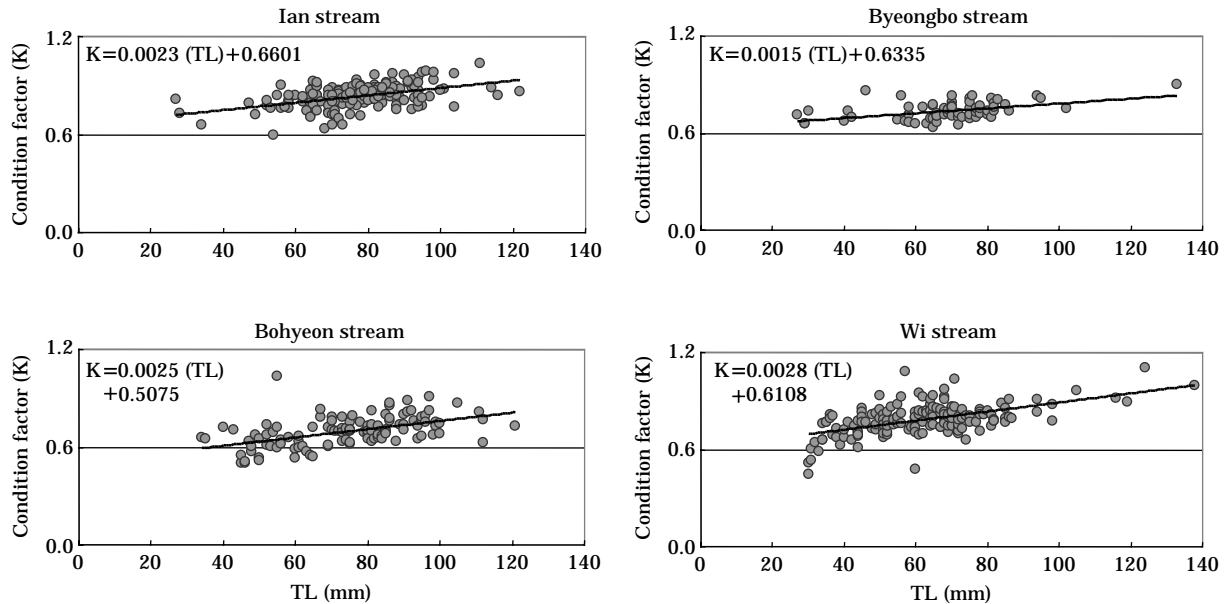


Fig. 5. Condition factor (K) for *Zacco koreanus* collected in the study sites.

수 값이 가장 높게 나온 병보천의 경우 참갈겨니 개체군 ($TW=0.000005TL^{3.1042}$, $R^2=0.9941$)은 3.1042로 조사지점 중 가장 낮은 회귀계수 b 값을 나타냈다. 이는 종조성에서 비슷한 유사도를 가진 하천이라도 서식 조건 및 주변 환경 등의 영향에 따라 개체군의 전장-체중 관계는 다르게 나타날 수도 있다는 것으로 판단된다. 또한 위천에서는 회귀계수 b 값이 3.2411을 나타내며 보현천 다음으로 높은 값을 보였고, 이안천은 3.1843으로 나타나 참갈겨니 개체군이 병보천에 비하여 양호한 것으로 나타났다 (Fig. 4).

최 (2004)에 의해 연구된 한강수계 (내린천)의 참갈겨니 개체군 ($TW=0.000001TL^{3.5838}$, $R^2=0.9910$)과 서 (2005)에 의해 언급된 금강수계의 참갈겨니 개체군 ($TW=0.000003TL^{3.2505}$, $R^2=0.9843$)의 회귀계수 b 값은 각각 3.5838, 3.2505로 알려져 있다. 본 조사에서 나타난 참갈겨니 개체군의 전장-체중 관계를 종합한 결과 회귀계수 b 값이 3.1932로 나타나 한강과 금강 수계에 비해 낙동강의 참갈겨니 개체군의 영양상태가 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 이중 비슷한 회귀계수 b 값을 보인 낙동강과 금강의 경우 참갈겨니가 서식하기에 유사한 서식환경을 이루고 있을 것이라 생각된다. 반면 한강수계의 경우 낙동강과 금강의 참갈겨니 개체군에 비하여 높은 회귀계수 b 값을 나타내며 한강수계의 참갈겨니 개체군의 영양 상태가 가장 양호한 것으로 분석되어 다른 수계에 비해 참갈겨니가 서식하기 가장 최적의 서식장소일 것으로 판단된

Table 3. Comparison of mean condition factors in *Zacco koreanus* by size-group among 4 different watersheds (Numbers in parentheses indicate individual number of fish measured).

Size (TL, mm)	Ian	Byeongbo	Bohyeon	Wi
20~60	0.78 (18)	0.72 (15)	0.63 (28)	0.74 (76)
61~100	0.84 (149)	0.74 (54)	0.72 (85)	0.81 (85)
101~140	0.89 (7)	0.83 (2)	0.76 (5)	0.98 (5)
Mean	0.83	0.76	0.70	0.84

다. 따라서 한강수계의 수질, 하상구조, 하천 기율기 등을 분석할 경우 참갈겨니 개체군의 최적 서식장소를 알 수 있을 것으로 생각된다.

한편 전장-체중과의 관계와 더불어 어류의 건강성과 개체군 평가에 광범위하게 사용되는 비대지수 (condition factor, K)는 어류에 있어서 풍부한 먹이원 유용을 반영하며 높은 에너지 축적으로 설명된다. 각 하천의 비대지수를 살펴본 결과 4개의 하천에서 모두 양의 기율기 값을 나타내며 양호한 영양상태를 보였다. 위천의 경우 0.0028로 가장 높은 기율기 값을 보였고, 전장-체중 관계가 가장 낮게 분석된 병보천이 0.0015로 가장 낮은 기율기 값을 나타냈으며 이안천과 보현천은 각각 0.0023, 0.0025로 병보천에 비하여 양호한 기율기 값을 나타냈다 (Fig. 5). 또한 각 조사지점의 참갈겨니 개체군을 size-group 별로 비대지수를 비교해본 결과 개체가 성장함에 따라 비대지수의 평균값이 높아지고 있는 것을 확인할

수 있었다(Table 3). 이안천과 병보천의 경우 size-group 별로 비슷한 비대지수의 증가를 보인 반면 보현천과 위천의 경우 20~60 mm부터 101~140 mm까지의 그룹 비교 시 다른 하천에 비하여 증가하는 폭이 크게 나타났다. 한편 보현천의 경우 어린 자어(20~60 mm) 때 다른 조사지역에 비해 상대적으로 낮은 비대지수 값을 보였다. 이는 각 하천의 수환경의 차이 또는 사람들에 의한 인위적인 교란, 즉 하천정비, 천렵 등과 같은 요인으로 스트레스 받아 발생한 결과라 생각된다.

5. von Bertalanffy's 성장모델

von Bertalanffy's 성장모델은 초기나 중기에 성장률이 가장 높고, 말기에 크게 둔화되어 최대 임계크기에 도달한다는 것으로 많은 생물의 성장은 이 모델에 잘 적용된다(신과 신, 1999). 본 조사에서 채집된 참갈겨니 개체군을 이용하여 성장모델을 유도하기 위해 전장-체중 관계를 분석한 결과 각 조사하천의 회귀계수 b 값이 모두 3.0 이상으로 매우 안정된 개체군을 유지하고 있는 것으로

나타나 개체군의 각 전장별 성장을 가정하여 전장빈도법을 적용하였다(서, 2005). 참갈겨니 개체군은 크게 4개의 연령등급으로 구분되었으며 연령등급에 따른 개체군의 성장은 von Bertalanffy's 성장모델을 적용하여 최대성장값(L_∞)과 Brody 성장계수를 유도하였다.

von Bertalanffy's 성장모델에 의해 유도된 최대성장값은 개체군의 최대 성장 정도를 추정하는 것으로 위천(L_∞=217.7 mm)과 병보천(L_∞=193.3 mm)이 이안천(L_∞=131.1 mm)과 보현천(L_∞=134.5 mm)에 비해 잠재성장능력이 높은 것으로 나타났다. 이렇듯 각 하천별로 최대성장값이 차이를 나타내는 것은 하천의 물리적 서식환경의 차이 또는 하천정비와 같은 물리적인 교란 요인 등으로 인한 차이로 생각된다. 순간성장속도를 나타내는 Brody 성장계수 역시 위천과 병보천에서 각각 -0.18과 -0.21의 이론값을 보이며 이안천(-0.38)과 보현천(-0.37)에 비해 상대적으로 안정된 참갈겨니 개체군이 유지되고 있는 것으로 나타났다(Fig. 6). 특히 전장-체중 관계에서 분석된 회귀계수 b 값이 3.1042로 가장 낮게 분석된 병보천의 경우 Brody 성장계수가 -0.21로 위천 다음으로 높

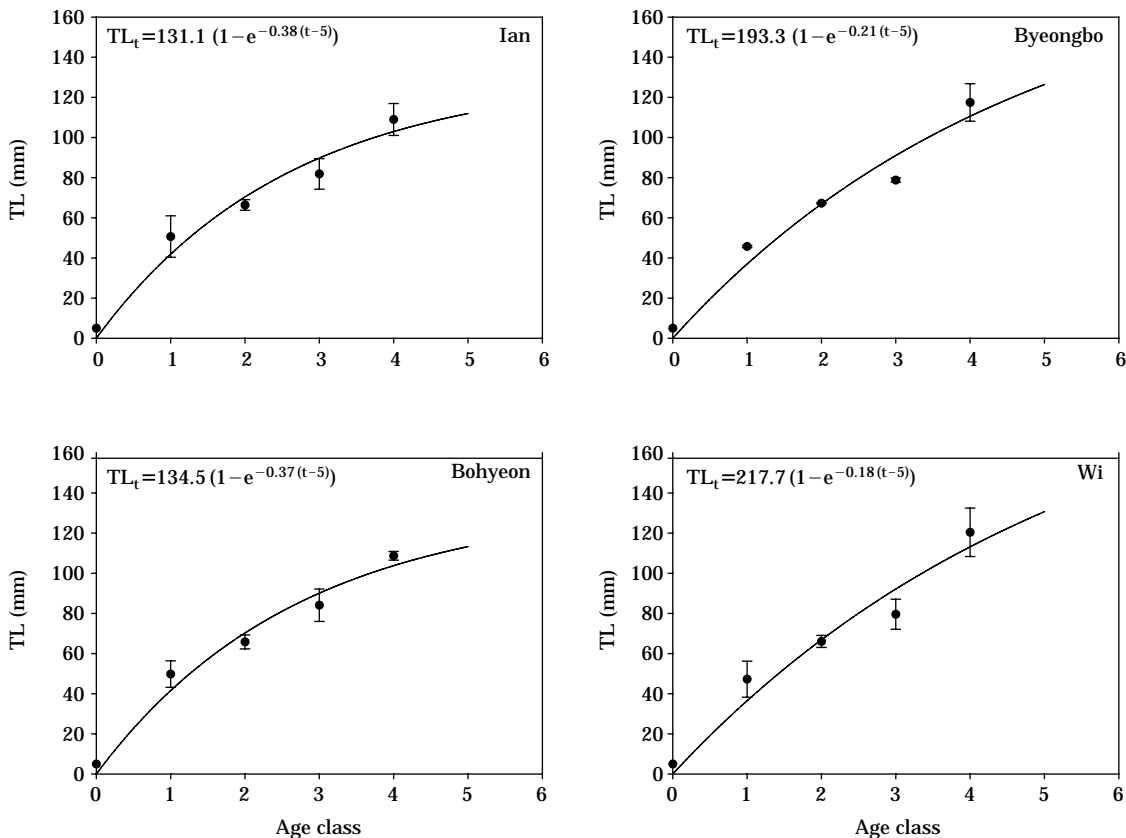


Fig. 6. von Bertalanffy's growth model based on age class estimated by length frequency method.

게 나타나 병보천에 서식하는 참갈겨니 개체군은 현재 기타하천에 비해 상대적으로 안정된 개체군을 유지하고 있는 것으로 판단되며 3.2625로 회귀계수 b 값이 가장 높게 나온 보현천의 경우 성장계수는 -0.37 로 기타하천에 비해 상대적으로 불안정한 참갈겨니 개체군을 이루고 있는 것으로 판단된다.

한편 성장모델에 의해 유도된 최대성장값은 종이 다를 경우 외형적 특징의 차이로 인해 개체군을 비교 평가하기에 다소 무리가 따른다. 하지만 Brody 성장계수는 어류의 건강성 및 개체군의 순간성장속도를 나타내는 것으로 개체군 평가를 통한 수 환경 평가 시 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

낙동강 중·상류 4곳의 유입하천에 분포하는 참갈겨니 (*Zacco koreanus*) 개체군의 전장과 체중의 관계 및 von Bertalanffy's 성장모델을 분석한 결과 다음과 같다. 조사기간 채집된 참갈겨니 (*Z. koreanus*) 개체군의 전장-체중 관계를 분석한 결과 모든 조사하천에서 회귀계수 b 값이 3.0 이상으로 양호한 것으로 나타났으며 보현천에서 3.26로 가장 높은 회귀계수 b 값을 나타내며 조사하천 중 가장 양호한 것으로 분석되었다. 그러나 다른 수계와의 비교시 한강수계의 *Z. koreanus* 개체군보다는 성장도가 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 한편 von Bertalanffy's 성장모델에 의해 유도된 Brody 성장계수의 경우 위천과 병보천에서 각각 -0.18 , -0.21 로서 이안천 (-0.38)과 보현천 (-0.37)에 비해 성장속도가 빠를 것으로 생각된다.

사 사

본 연구의 일부는 한국수자원공사에서 실시한 “2005년 화북댐 건설사업 환경영향평가”의 일환으로 수행되었기에 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

김익수. 1995. 한국의 위기 담수어류의 서식현황과 보존. 한국담수생태계의 특성과 어류상. 한국생태학회·어류학회 공동 심포지움 발표논문집. pp. 31-50.

- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권. 동물편 (담수어류). 교육부, 서울. pp. 133-520.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울. pp. 1-465.
- 서진원. 2005. 감천 중·상류역의 어류상과 갈겨니 (*Zacco temminckii*) 개체군의 생태학적 특성. 육수지 **38**(2): 196-206.
- 손영목, 송호복, 변화근, 최재석. 1997. 팔당호의 어류군집 동태. 한국어류학회지 **9**(1): 141-152.
- 신현출, 신상호. 1999. 광양만산 바지락 (*Ruditapes philippinarum*: *Bivalvia*)의 개체군 생물학. 한국패류학회지 **15**(1): 21-30.
- 안광국, 정승현, 최신석. 2001. 생물보존지수 (Index of Biological Integrity) 및 서식지 평가지수 (Qualitative Habitat Evaluation Index)를 이용한 평창강의 수환경평가. 육수지 **34**(3): 153-165.
- 전상린. 1980. 한국산담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 대학원 박사학위 청구논문. pp. 14-49.
- 채병수, 남명모, 양홍준. 1998. 낙동강수계 위천의 어류군집구조. 한국어류학회지 **10**: 77-86.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색 한국담수어 도감. 향문사. pp. 1-278.
- 최재석. 2004. 강원도 토속어종 부화장 건립 타당성 조사. 강원도 환동해출장소. pp. 68-83.
- 홍영표. 1991. 한강수계에 서식하는 피라미 (*Zacco platypus*)와 갈겨니 (*Z. temminckii*)의 분포 및 군집동태에 관한연구. 충남대학교 대학원 박사학위 청구논문. pp. 26-153.
- Adams, S.M. 2002. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Anderson, R.O. and R.M. Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. p. 447-482 in B.R. Murphy and D.W. Willis, editors. Fisheries Techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Bhattacharya, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* **23**: 115-135.
- Cassie, P.M. 1954. Some use of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshwater Research* **5**: 513-522.
- Fournier, D.A. and P.A. Breen. 1983. Estimation of abalone mortality rates with growth analysis. *Transactions of the American Fisheries Society* **112**: 403-411.
- Gorman, O.T. and J.R. Karr. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology* **59**(3): 507-515.
- Gutreuter, S. 1987. Considerations for estimation and interpretation of annual growth rates. p. 115-126 in R.C. Summerfelt and G.E. Hall, editors. Age and grow-

- th of fish. Iowa State University press, Ames.
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin Society Sciences Naturelle* **44**: 223-270.
- Kim, I.S., M.K. Oh and K. Hosoya. 2005. A new species of cyprinid fish, *Zacco koreanus* with redescription of *Z. temminckii* (Cyprinidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.* **17**(1): 1-7.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Glassland. *Nature* **216**: 168-169.
- 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.
- 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 ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Amer. Nat.* **100**: 463-465.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois. Press, Urbana, Chicago. pp. 125.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* **10**(2): 181-213.
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biological Bulletin* **90**: 141-147.

(Manuscript received 1 May 2006,
Revision accepted 13 June 2006)