

하천차수에 따른 금강수계 피라미 (*Zacco platypus*)의 물리적 서식지 평가

허준욱 · 박상영 · 강신욱 · 김정곤*

한국수자원공사 K-water연구원

Physical Habitat Assessment of Pale Chub (*Zacco platypus*) to Stream Orders in the Geum River Basin

Jun Wook Hur, Sang Young Park, Shin Uk Kang and Jeongkon Kim*

Water Resources and Environmental Research Center, K-water Institute,
Korea Water Resources Corporation, Daejeon 305-730, Korea

Abstract – We assessed the physical habitat conditions of pale chub (*Zacco platypus*) considering various stream order in the Geum river basin. Field monitoring was conducted for ecological and habitat conditions for 28 sites from October 2007 to October 2008. The number of *Z. platypus* sampled during this period was 2,362. In more than 3rd stream, water depth and velocity showing the highest number of samples were 0.8 m and 0.8 m s^{-1} , respectively. In addition, the highest number of samples was observed under the condition of total length (TL) (8~10 cm), velocity (0.3 m s^{-1}), water depth (0.4 m), substrate size (sand, 0.1~1.0 mm~ coarse gravel, 50.0~100.0 mm) and habitat type (run). Based on the monitoring data ($n=1059$) the relationship between body weight (BW) and TL in male and female were estimated as $\text{BW}=0.0068 \times \text{TL}^{3.0274}$ ($r^2=0.9102$) and $\text{BW}=0.0075 \times \text{TL}^{2.9995}$ ($r^2=0.8517$), respectively. Growth equations on days after parturition (DAP) to the TL were estimated as $\text{TL}=0.0108\text{DAP}+1.5795$ ($r^2=0.9721$). By equations (TL 6.9 cm), BW were 2.7 g (male) and 2.4 g (female), and DAP was about 490 days.

Key words : pale chub, *Zacco platypus*, habitat assessment

서 론

우리나라의 하천 생태계는 댐호 및 인공제방의 설치, 하천의 평탄화 및 직강화, 골재채취, 각종 토목공사 및 생활하수 등으로 교란되고 있다. 이러한 요인에 의해 하천 생태계에서 중요 소비자인 어류는 먹이 연쇄 및 생태 서식환경이 좋은 조건 보다는 나쁜 조건으로 변화하여

어류분포 및 서식환경이 협소해지는 결과를 초래하였다.

하천에 서식하는 어류는 수환경의 물리, 화학 및 생물학적 특성에 따라 직·간접적으로 많은 영향을 받는다 (Arthington *et al.* 2006). 이중 하천의 수심, 유속, 하상재료 (substrate size), 여울 (riffle) 및 소 (pool) 배열 등은 하천의 물리적 특성으로 어류 군집 및 생활사에 중요한 요인으로 작용한다. 또한 물리적 특성은 유량을 결정하는 중요한 인자로 작용하며, 하천에서 생물집단을 구성하는데 영향을 미친다 (Bunn and Arthington 2002). 유량 변동은 때론 안정적이던 수서생태계에 위협을 줄만큼 심각

* Corresponding author: Jeongkon Kim, Tel. 042-870-7470,
Fax. 042-870-7419, E-mail. jkkim@kwater.or.kr

할 수 있다(Ward *et al.* 1999). 홍수조절, 용수공급 및 각종 공사(댐 등 건설) 등은 하류 하천의 자연유량을 변화시켜 생태학적 측면에서 기대치 않던 영향을 야기할 수 있다. 따라서 각종 공사 전·후의 자연유량과 조절유량 사이에서 생태학적 조사연구를 통한 차이점을 찾는 것은 매우 중요하다. 그러나 지금까지의 어류에 대한 서식지 연구는 조사지점에서 어종의 군집구조 등 생태학적 측면에서 이루어졌다. 최근 하천 정비 및 복원 등에 필요한 각 어종의 물리적 서식지에 대한 분포 및 특성에 대한 연구결과는 부족하다.

이러한 측면에서 환경변화에 내성이 강하고 출현빈도가 높은 피라미(*Zacco platypus*)를 대상으로 서식지별 분포 양상을 파악하였다. *Z. platypus*는 잉어과(Cyprinidae) 피라미속(*Zacco*)에 속하는 소형 담수어류로 한국, 중국, 일본 및 대만 등지에 분포한다(김 등 2005). *Z. platypus*와 관련 연구는 계통분류학적 연구(민과 양 1991a, b, 1993), 핵형분석(조 1985), 난자와 정자의 형성 과정(장 1985; 조 1996), 종묘생산(남 등 1999) 및 생식 생태(백 등 2006) 등이 보고되고 있다. 또한 여러 어류상의 조사에는 *Z. platypus*는 출현빈도가 매우 높은 것으로 보고되고 있다.

따라서 본 조사연구에서는 금강수계에서 물리적 서식지 특성인 수심, 유속, 하상재료 및 서식지 유형에 따라 *Z. platypus*의 분포 및 출현양상을 파악하였으며, 또한 채집 크기에 대한 수심과 유속관계 및 상대성장식을 조사하였다.

재료 및 방법

본 조사는 2007년 10월부터 2008년 10월까지 금강수계의 주요지점을 선정하여 3~4회에 걸쳐 어류를 채집하였으며, 어류중 *Z. platypus*에 대하여 물리적 서식지(수심, 유속, 하상재료 및 서식지 유형)에 따라 구분하였다. 조사는 금강 본류와 지류인 초강천, 보청천, 갑천, 미호천, 유구천, 지천, 삽교천, 정읍천, 동진강 및 만경강을 포함한 모두 28개 지점에서 실시하였다(Fig. 1). 조사지점은 하천차수에 따라 1차 2개, 2차 2개, 3차 1개, 4차 5개, 5차 13개 및 6차 5개였다.

하천차수는 1:75,000 축척 지도를 이용하여, 수원부의 가장 작은 초기지류에 차수를 “1”을 부여하고, 이 하천이 동일 차수의 하천과 합류하게 되면 합류하천 차수를 높여주는 방법으로 결정하였다. 차수가 낮은 하천을 만나면 차수를 높이지 않았으며, 인공구조물 등도 차수 변화에서 배제하였다. 각 조사지점의 행정구역 명, 하천차

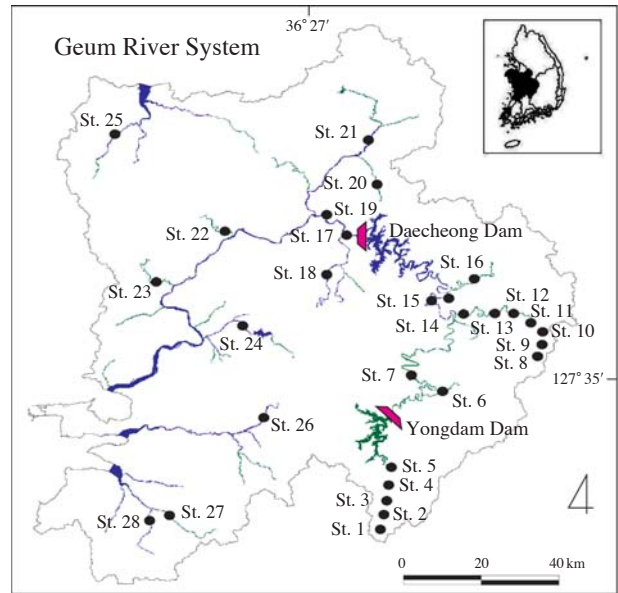


Fig. 1. Location map of the study sites. 1st stream order: St. 1, 8; 2nd: St. 2, 9; 3rd: St. 10; 4th: St. 3, 4, 11, 20, 28; 5th: St. 5, 6, 7, 12, 16, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27; 6th: St. 13, 14, 15, 17, 19.

수, 위도 및 경도는 다음과 같다.

- St. 1(1차): 전라북도 장수군 장수읍 용계리 안양교 (N35° 37'06", E127° 29'45")
- St. 2(2차): 전라북도 장수군 장수읍 개정리 개정교 (N35° 37'07", E127° 30'30")
- St. 3(4차): 전라북도 장수군 장수읍 송천리 송천교 (N35° 38'31", E127° 30'49")
- St. 4(4차): 전라북도 장수군 천천면 월곡리 박곡교 (N35° 42'06", E127° 31'18")
- St. 5(5차): 전라북도 장수군 천천면 연평리 연화교 (N35° 47'21", E127° 3'141")
- St. 6(5차): 전라북도 무주군 무주읍 오산리 앞섬대교 (N36° 01'02", E127° 38'42")
- St. 7(5차): 충청남도 금산군 부리면 예미리 수통대교 (N36° 02'52", E127° 35'30")
- St. 8(1차): 충청북도 영동군 상촌면 물한리 현수교 (N35° 03'48", E120° 52'44")
- St. 9(2차): 충청북도 영동군 상촌면 물한리 괴재교 (N35° 04'27", E127° 52'46")
- St. 10(3차): 충청북도 영동군 상촌면 물한리 황점교 (N36° 05'33", E127° 52'51")
- St. 11(4차): 충청북도 영동군 상촌면 돈대리 돈대교 (N36° 09'26", E127° 55'23")
- St. 12(5차): 충청북도 영동군 황간면 신흥리 월유교

- (N36° 14'06'', E127° 54'03'')
- St. 13 (6차): 충청북도 영동군 용산면 울리 송천교
(N36° 13'36'', E127° 48'15'')
- St. 14 (6차): 충청북도 영동군 심천면 심천리 심천교
(N36° 13'47'', E127° 43'20'')
- St. 15 (6차): 충청북도 옥천군 동이면 적하리
(N36° 16' 31'', E127° 38'58'')
- St. 16 (5차): 충청북도 옥천군 청성면 산계리 산계교
(N36° 19'02'', E127° 44'29'')
- St. 17 (6차): 대전광역시 유성구 문평동 현도교
(N36° 27'25'', E127° 25'42'')
- St. 18 (5차): 대전광역시 유성구 온천동 만년교
(N36° 21'05'', E127° 21'01'')
- St. 19 (6차): 충청북도 청원군 부용면 부강리
(N36° 30' 59'', E127° 21'49'')
- St. 20 (4차): 충청북도 청원군 남일면 효촌리 신송대교
(N36° 35'06'', E127° 30'06'')
- St. 21 (5차): 충청북도 청원군 오창면 석우리 팔결교
(N36° 42'42'', E127° 28'18'')
- St. 22 (5차): 충청남도 공주시 우성면 동대리 동대교
(N36° 28'04'', E127° 03'06'')
- St. 23 (5차): 충청남도 부여군 은산면 회곡리 지천교
(N36° 19'25'', E126° 51'37'')
- St. 24 (5차): 충청남도 논산시 덕지동 계백교
(N36° 12' 40'', E127° 06'46'')
- St. 25 (5차): 충청남도 예산군 삼교읍 두리 충의대교
(N36° 41'12'', E126° 43'51'')
- St. 26 (5차): 전라북도 완주군 봉동읍 장기리 용봉교
(N35° 56'14'', E127° 10'14'')
- St. 27 (5차): 전라북도 정읍시 신태인읍 구석리 정우교
(N35° 38'57'', E126° 55'34'')
- St. 28 (4차): 전라북도 정읍시 정우면 초강리 정읍천대교
(N35° 38'19'', E126° 51'53'')

어류채집은 조사정점 상·하류 각각 200 m 구간에서 60분씩 실시하였으며, 소, 여울 및 흐름이 있는 유수역(run)을 모두 포함하여 조사하였다. 어류의 채집은 투망(망목, 5×5 mm) 및 족대(망목, 3×3 mm)를 사용하였다. 투망으로 채집은 정량적 조사를 수행하기 위하여 20회씩 동일하게 투척하였으며, 족대는 하천 좌·우안 식생 주변과 호박돌 주변에서 채집하였다. 소, 여울 및 유수역에서 투망의 투척 횟수는 가급적 횟수를 같게 하였으며, 족대로 채집 시간도 유사하게 하였다. 하류로부터 상류로 올라가면서 하천을 지그재그(zigzag)로 실시하였다. 현장에서 채집된 어류는 동정이 가능한 종은 현장에서

확인한 후 방류하였으며, 채집된 어류 중에서 분류 및 동정이 모호한 표본은 10% 포르말린 용액에 고정하여 연구실로 운반한 후 동정하였다. 어류의 동정은 김과 박(2002)의 문헌을 참고하였다.

각 조사지점에서 투망으로 투척한 장소 및 족대로 채집한 장소에서 샘플 후에 유속, 수심, 하상재료 및 서식지 유형을 기록하였다. 유속은 전기자기식 유속계(electromagnetic flow meter, Model 801, UK)를 사용하여 조사하였다. 수심은 유속계에 있는 수심 측정봉을 이용하였다. 하상재료는 우(2004)의 사립자 크기 등급에 따라 실트(1. 0.1 mm 이하), 모래(2. 0.1~1.0 mm), 잔자갈(3. 1.0~50.0 mm), 굵은자갈(4. 50.0~100.0 mm), 호박돌(5. 100.0~300.0 mm) 및 전석(6. 300.0 mm 이상)으로 나누었다. 서식지 유형은 소, 여울 및 유수역으로 나누었다(김과 김 2009). 소는 개방형과 폐쇄형으로 물의 유속이 느리거나 정체수역이며, 여울은 지형과 하상이 급경사로 변화하여 유속이 빠르고, 유량이 감소시에는 하상이 노출되어 있는 지점이며, 유수역은 여울과 인접한 상·하류 지점으로 구분하였다.

채집어류의 전장 계측은 0.1 mm 단위까지 측정하였으며, 체중은 0.1 g까지 측정이 가능한 휴대용 저울을 이용하여 현장에서 즉시 계량하였다. 또한 산란기로 추정되는 시기에는 정액과 알, 혼인색과 추성(nuptial organ)으로 암컷과 수컷을 비교 및 분리하여 계측하였으며, 비산란기에는 암수 구분 없이 계측하였다.

결 과

하천차수에 따른 본 조사지점에서 *Z. platypus*는 1 및 2차하천을 제외한 모든 지점에서 출현하였다. 2차하천 이하는 산간 계곡 하천으로 *Z. platypus*보다는 참갈겨니(*Z. koreanus*)가 우세하게 출현하는 것으로 나타났다. 따라서 본 서식지 평가에 사용한 지점은 1과 2차하천 4개를 제외한 24개 지점에 대하여 결과를 정리하였다.

전체 채집된 어류의 전장(total length), 유속, 수심, 하상재료 및 서식지 유형은 Fig. 2에서 보는 것과 같다. 전체 2,362마리중 전장은 8~10 cm가 44.1%로 가장 많이 채집되었다(Fig. 2A). 유속은 0.3~0.5 m s⁻¹에서 39.9%로 나타났으며(Fig. 2B), 수심은 0.4 m에서 21.9%를 중심으로 다른 수심에서는 감소하였다(Fig. 2C). 하상재료는 모래(0.1~1.0 mm)로부터 굵은자갈(50.0~100.0 mm) 사이에서 93.4%로 대부분 서식하는 것으로 조사되었다(Fig. 2D). 서식지 유형은 흐름이 있는 유수역에서 60.3%, 여울과 소에서 각각 17.8%와 21.8%를 보였다(Fig. 2E).

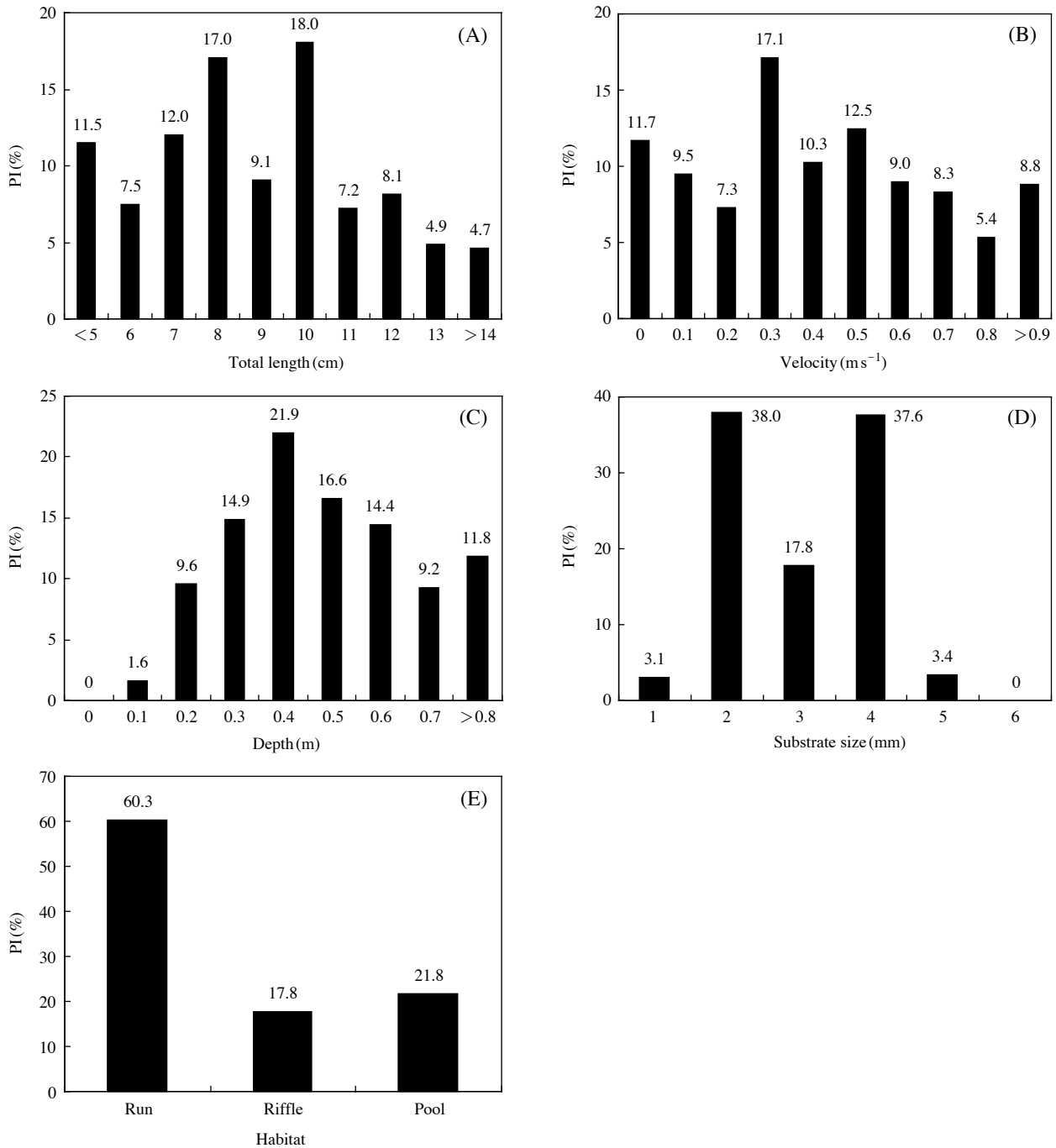


Fig. 2. Variations of percent of individual (PI) to total length, velocity, depth, substrate size and habitat to total stream order in pale chub, *Zacco platypus* ($n=2,362$). Substrate size: 1 (silt): <0.1 mm, 2 (sand): $0.1 \sim 1.0$ mm, 3 (fine gravel): $1.0 \sim 50.0$ mm, 4 (coarse gravel): $50.0 \sim 100.0$ mm, 5 (cobble): $100.0 \sim 300.0$ mm, 6 (boulders): >300.0 mm.

각 하천차수에 따른 채집 어류의 전장, 유속, 수심, 하상재료 및 서식지 유형 분포 경향은 Fig. 3과 같다. 3차하천에서 전장 8 cm (27.9%)와 12 cm (25.6%)가 출현하였다 (Fig. 3A). 4차하천에서 10 cm가 24.8%, 5 및 6차하천에서 8~10 cm가 많이 채집되었다. 유속은 3차하천에

서 0.3 m s^{-1} 이하에서 많이 채집되어 다른 4차하천 이상과 차이를 보였다 (Fig. 3B). 수심은 3차하천에서 0.5 m, 4차하천은 0.4 m, 5와 6차하천은 $0.3 \sim 0.6$ m였다 (Fig. 3C). 하상재료는 모래~굵은자갈사이에 많이 분포하는 것으로 나타났다 (Fig. 3D). 서식지 형태는 3차하천을 제외하

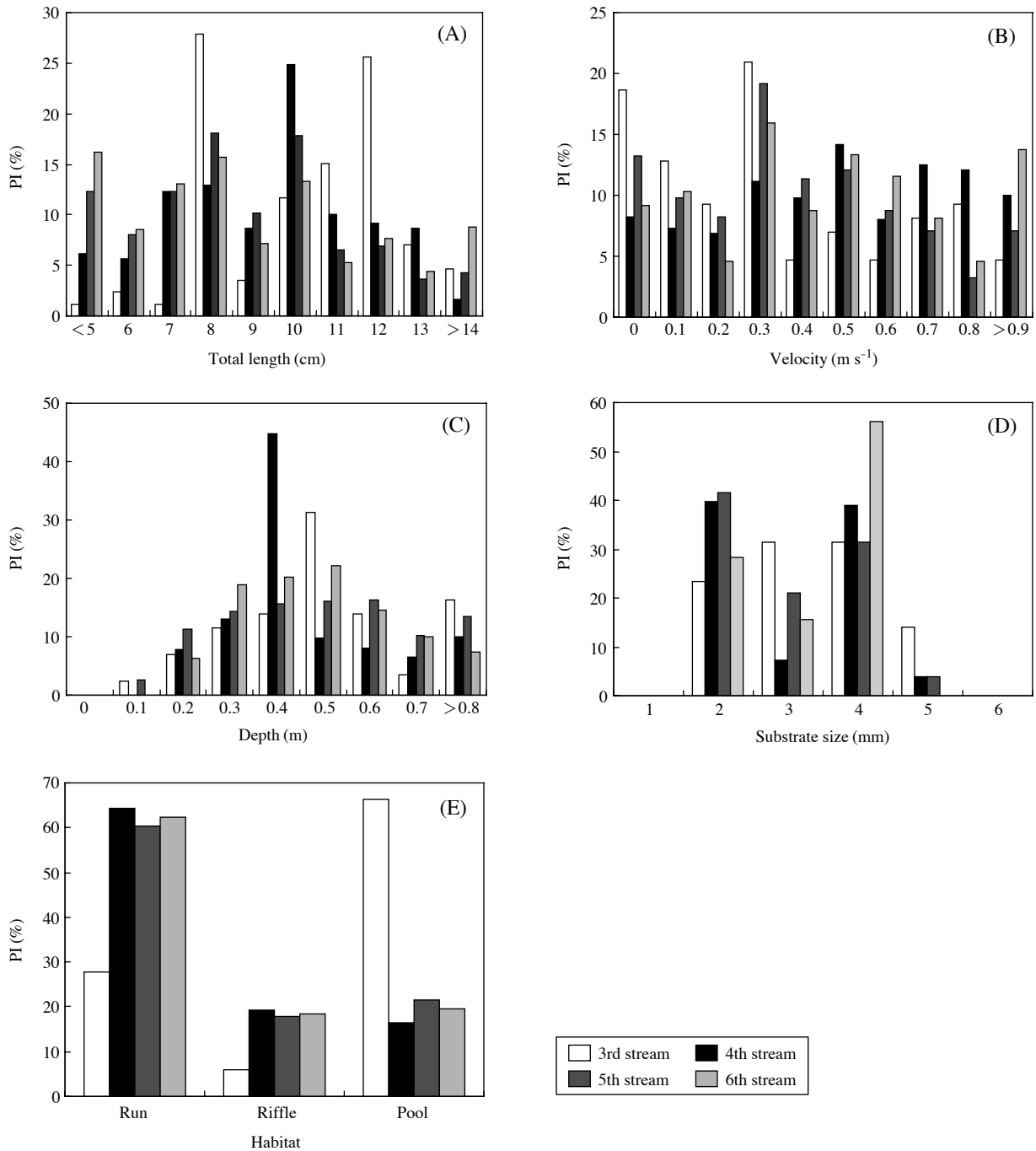


Fig. 3. Variations of percent of individual (PI) to total length, velocity, depth, substrate size and habitat to each stream order in pale chub, *Zacco platypus*. 3rd stream order ($n=86$), 4th stream order ($n=439$), 5th stream order ($n=1,379$), 6th stream order ($n=458$). Substrate size: 1 (silt): < 0.1 mm, 2 (sand): $0.1 \sim 1.0$ mm, 3 (fine gravel): $1.0 \sim 50.0$ mm, 4 (coarse gravel): $50.0 \sim 100.0$ mm, 5 (cobbles): $100.0 \sim 300.0$ mm, 6 (boulders): > 300.0 mm.

고 나머지는 흐름이 있는 유수역에 많이 분포하는 것으로 조사되었다 (Fig. 3E).

Fig. 4는 전장에 대한 유속과 수심의 분포 경향을 나타내었다. 유속에 대한 *Z. platypus*의 분포는 전장 5~15

cm에서 유속은 0.8 m s^{-1} 이하에서 대부분 채집되었다 (Fig. 4A). 수심 분포에서도 전장 5~13 cm에서 수심 0.8 m 이하에서 많이 서식하는 것으로 나타났다 (Fig. 4B). 수심과 유속을 서로 비교하였을 때 수심 0.8 m와 유속 0.8

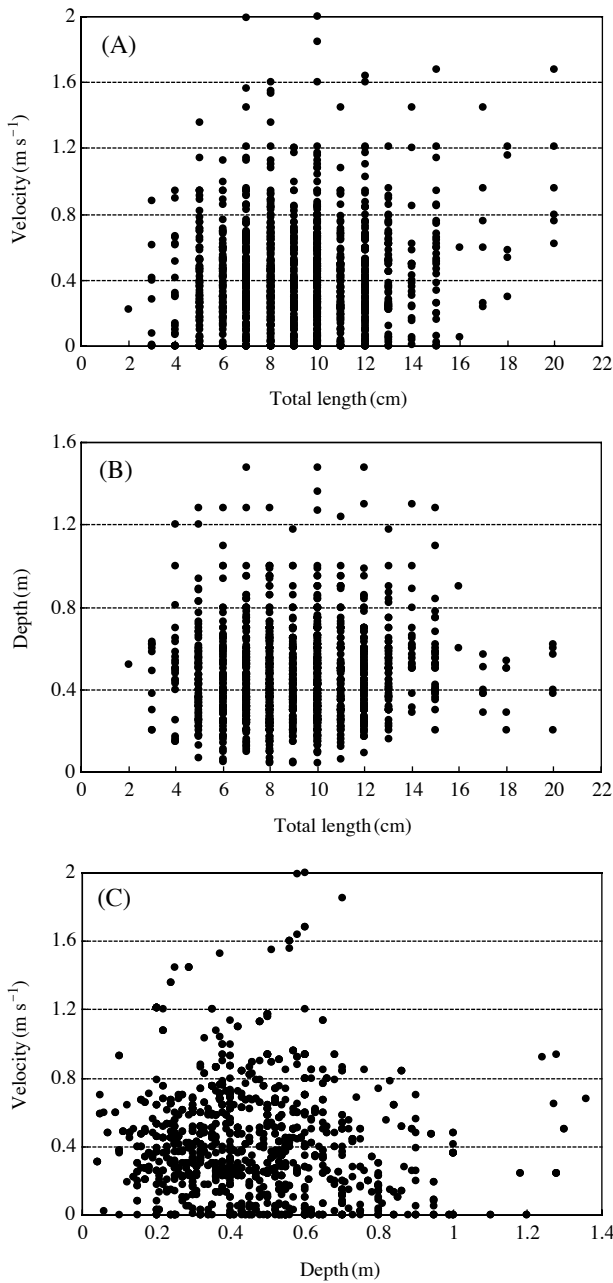


Fig. 4. Relationship between velocity, depth and total length in pale chub, *Zacco platypus* (n=2,362).

m s⁻¹ 이하에 대부분 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 4C).

Fig. 5는 전체 2,362마리중 산란시기에 1,059마리에 대하여 암컷(454마리)과 수컷(605마리)의 구별이 뚜렷하게 나타났으며, 이에 대하여 전장과 체중(body weight, BW)의 상대성장식을 비교하였다. 본 조사결과 암·수컷 모두 최소 6.9cm 이상에서 구별이 나타났으며, 전체에서의 상대성장식은 $BW=0.0078TL^{2.9698}$ ($r^2=0.8918$) (Fig. 5A), 수컷은 $BW=0.0068 \times TL^{3.0274}$ ($r^2=0.9102$) (Fig. 5B),

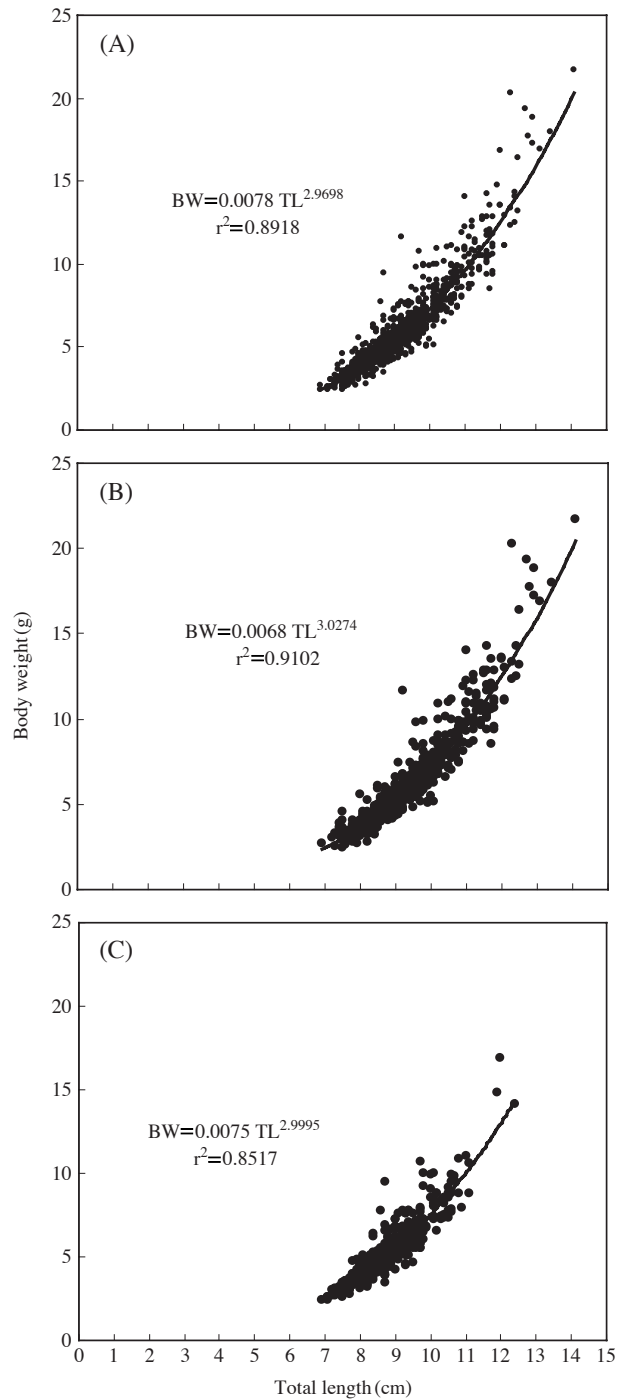


Fig. 5. Relationship between body weight (BW) and total length (TL) in pale chub, *Zacco platypus*.

암컷은 $BW=0.0075 \times TL^{2.9995}$ ($r^2=0.8517$)로 나타났다 (Fig. 5C). 부화일수(days after parturition, DAP)에 따른 전장 성장식은 $TL=0.0108DAP+1.5795$ ($r^2=0.9721$)로 직선식이었다(Fig. 6).

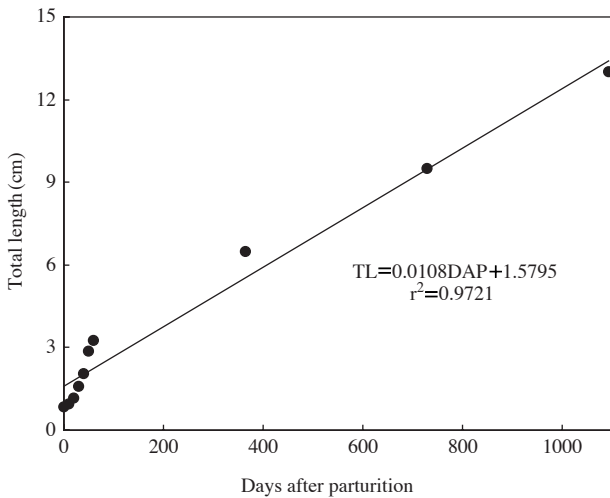


Fig. 6. Growth pattern of total length (TL) on days after parturition (DAP) in pale chub, *Zacco platypus*.

고찰

한강수계(양양 남대천)에서 *Z. koreanus*와 *Z. platypus*의 서식지 평가에 대하여 김 등(2006)은 4차하천까지는 *Z. koreanus*가 우점하고 있으며, 5차하천에서 두 종이 비슷한 비율로 출현하여 생태적 지위(ecological niche)를 차지하기 위한 경쟁관계에 있다고 보고하였다. 본 조사에서 나타난 3차하천까지는 참갈겨니가 우세하게 출현하였고, 4차하천부터 *Z. platypus*가 우세한 것으로 나타났다. 이러한 것은 한강과 금강수계의 하천 크기 및 서식지 구조형태 등 여러 가지 이유에서 출현율에 차이를 보인 것으로 추측된다.

백 등(2005)은 한강수계(가정천과 원주천)에서 *Z. platypus*의 산란기때 수심과 유속은 각각 가정천이 0.05~0.3 m, 0.05~0.2 m s⁻¹, 원주천이 0.05~0.15 m, 0~0.1 m s⁻¹에서 수심이 얇고 하상재료는 모래가 있는 하천에 산란을 한다고 보고하였다. 본 조사결과 나타난 전체 생활사에서 유속 0.3~0.5 m s⁻¹ (Fig. 2B), 수심과 유속의 분포(Fig. 4C)에서 0.8m와 0.8 m s⁻¹ 이하에서 대부분 서식하는 것으로 확인되어 백 등(2005) 유속 범위와 차이를 나타냈다. 금강수계에서 *Z. platypus*에 대한 수심과 유속은 각각 0.1~0.5 m, 유속 0.1~0.6 m s⁻¹로 보고하였다(건 1999). 또한 허와 김(2009)은 금강수계 용담댐 하류 지점에서 *Z. platypus*의 서식지는 유속 0.1~0.6 m s⁻¹, 수심 0.2~0.7 m, 하상재료 모래~호박돌로 보고하였다. 본 조사에서 나타난 결과는 건(1999)과 허와 김(2009)의 범위와 유사하였다.

백 등(2005)의 보고와 본 조사결과의 차이는 하천특

성 및 조사지의 서식지 유형 등에 의해 나타난 차이로 보여진다. 본 조사결과에서도 하천차수별 유속 분포율은 0.3 m s⁻¹에서 20% 이상으로 나타났고, 유속이 없는 개방형 및 폐쇄형 소에서도 서식하는 것으로 나타났다. 수심에 있어서는 0.1 m에서 3과 5차하천에서 각각 2.3%와 2.5%를 보였는데 채집시기에 하천 좌·우안 수심이 얇은 곳과 유속이 없는 곳에서 치어가 포획되어 나타난 결과로 보여진다. 백 등(2005)은 *Z. platypus*는 모래가 있는 지점에서 모래속에 산란하고, 돌과 모래가 있는 부분에서는 돌과 돌사이 모래부분에 산란행동을 한다고 하였다. 본 조사에서 나타난 하상재료는 모래에서부터 굵은자갈이 있는 지점에서 가장 많이 서식하는 것으로 나타나 백 등(2005)의 보고와 비슷하였다.

*Z. platypus*는 산란시기에 암컷은 등쪽이 청갈색이고 몸통의 옆쪽과 배쪽은 은백색을 띠었다. 수컷은 등지느러미, 가슴지느러미, 배지느러미 및 뒷지느러미의 가장자리와 몸통에 적색을 나타내어 암수구별이 용이하였다. 또한 머리에서 주둥이, 윗입술과 양안사이 뺨 등에 작은 돌기의 추성이 나타냈다(백 등 2006). 이러한 산란기 특징은 본 조사구역인 금강수계에서 출현 시기 및 하천의 상하류간에도 차이를 보였으며, 또한 *Z. platypus*는 1회성 산란형태가 아닌 다회성 산란종임을 알 수 있었다. Katano(1992a, b)는 *Z. temminckii*가 산란장 주변에 밀도가 낮으면 한 산란장에서 여러번 반복적으로 산란하지만, 이와 반대로 밀도가 높아지면 주변에 다른 산란장으로 이동한다고 보고하였다. 이러한 이유는 밀도가 높아지면 산란후 동종이 알을 포식(cannibalism)하는 습성 때문이라고 하였다. 이와 유사하게 *Z. platypus*에서도 이러한 습성을 가지고 있어 산란장의 밀도에 따라 장소를 이동하는 것으로 보고하였다(백 등 2006).

백 등(2006)은 산란에 참여하는 암수 개체의 전장은 각각 8 cm, 10 cm로 보고하였다. 본 조사에서는 암수 모두 최소 6.9 cm 이상에서 암수구별이 나타났는데, 식에 의해 수컷은 최소 전장 6.9 cm일 때 체중은 2.7 g, 암컷은 전장 6.9 cm일 때 2.4 g으로 나타났다. 암수 큰 차이는 없으나, 암컷보다는 수컷이 전장에 따라 체중이 높은 것으로 나타났다. 백 등(2005)에서도 산란에 참여하는 개체가 암컷보다는 수컷이 큰 것으로 나타나 본 조사와 유사한 결과를 보여주었다. 상대적으로 *Z. platypus*는 암컷보다는 수컷이 크다는 것을 의미한다.

피라미속 어류와 같이 암컷보다 수컷이 큰 것은 산란 습성 및 진화적 적응에서 나타나는 현상이라고 보고하였다(Trivers 1985; Avdersson 1994). 이는 수컷에 입장에서는 생존 경쟁에서 다른 수컷과 제한된 암컷을 차지하려는 습성, 암컷은 유전적으로 우월한 수컷을 선택하여 생

존경쟁에서 우수한 자손생산을 위하여 결과적으로 수컷이 암컷보다 큰 이유로 볼 수 있다(Parker 1992).

전장에 대한 체중의 성장식에서 나타난 일차원의 길이에 대한 차원(dimension)을 나타내는 상대성장의 지수는 전체 2.9698, 수컷 3.0274 및 암컷 2.9995로 나타나 3승에 가까운 값을 보여주었다. 장 등(1995)의 보고에 의하면 연어, *Oncorhynchus keta*에서 자어기 성장은 상대성장의 지수가 0.9529로 거의 1차원 대 1차원 관계를 나타낸다고 하였으나, 성어에서는 3승 관계를 나타낸다고 하여 본 종 *Z. platypus*에서도 성어와 같은 유사 지수를 보여주었다.

남 등(1996)과 손과 송(2006)의 보고에 의해 *Z. platypus*의 부화일수에 따른 전장 성장식에 의해 6.9 cm 이상은 부화일수로부터 490일 성장한 것으로 추정된다. 따라서 1년 이상이 되었을 때 산란에 참여한다고 추측할 수 있다.

금강수계에서 *Z. platypus*의 채집률은 각 하천에 따라 차이는 있으나, 대부분 우점 또는 아우점종으로 출현하고 있다. 이에 대한 보고는 동진강(40.6%, 김과 이 2001), 만경강(27.8%, 이 등 2008), 미호천(54.7%, 손과 변 2005) 및 갑천(52.0%, 이 2001)에서 평균 40% 이상 출현하는 것으로 보고하고 있다. 본 조사에서도 *Z. platypus*는 다른 보고에서와 마찬가지로 평균 40% 출현하는 것으로 나타났다. 따라서 *Z. platypus*는 이전에 보고한 것처럼 서식지가 광범위하게 나타나는 종으로 확인되었다.

이상의 조사결과를 요약하면 금강수계에서 *Z. platypus*는 3차하천 이상에서 서식하는 것으로 확인되었으며, 수심 및 유속은 0.8 m와 0.8 m s⁻¹에서 대부분 서식하는 것으로 나타났다. 세부적으로 전장 8~10 cm, 유속 0.3 m s⁻¹, 수심 0.4 m, 모래~굵은자갈, 유수역에서 가장 많이 서식하는 것으로 확인되었다. 산란시기 최소 개체는 암컷과 수컷 모두 전장 6.9 cm 이상에서 암수구별이 가능하였으며, 이때 무게는 각각 2.7 g(수컷)과 2.4 g(암컷)이었다. 부화일수로부터 약 490일 성장한 것으로 추정되었다. 본 조사에서 나타난 결과를 기초로 하여 추후 이러한 연구는 더욱 정밀하게 조사되어야 하겠으며, *Z. platypus*의 미세 서식지를 확인하는 연구에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

2007년 10월부터 2008년 10월까지 하천차수에 따른 금강수계에서 피라미, *Zacco platypus*를 대상으로 서식지 평가를 실시하였다. 하천차수에 따라 28개 지점을 설정

하여 모니터링을 실시하여 총 2,362마리를 채집하였다. 3차하천 이상에서 수심 및 유속은 0.8 m와 0.8 m s⁻¹에서 대부분 서식하는 것으로 나타났다. 전장 8~10 cm, 유속 0.3 m s⁻¹, 수심 0.4 m, 모래(0.1~1.0 mm)~굵은자갈(50.0~100.0 mm), 유수역에서 가장 많이 서식하였다. 전장 6.9 cm 이상에서 암수구별이 가능하였으며, 이에 따라 수컷과 암컷에서 전장(total length, TL)과 체중(body weight, BW)의 상대성장식은 각각 $BW=0.0068 \times TL^{3.0274}$ ($r^2=0.9102$) 및 $BW=0.0075 \times TL^{2.9995}$ ($r^2=0.8517$) ($n=1059$)로 나타났다. 부화일수(days after parturition, DAP) $TL=0.0108DAP+1.5795$ ($r^2=0.9721$)로 나타났다. 식에 의해 6.9 cm일때 무게는 2.7 g(수컷)과 2.4 g(암컷)로 나타나 부화일수로부터 약 490일 성장한 것으로 추정되었다.

사 사

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신연구개발사업의 일환으로 진행되는 '자연과 함께하는 하천복원기술개발(Ecoriver 21)' 중 '어류생태 모니터링 및 조절하천의 유지유량 확보기술(3-1과제)' 지원으로 이루어진 연구 성과입니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 대전지방국토관리청. 1999. 금강수계 하천수 사 용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서. 613pp.
- 김규호, 김정곤. 2009. 어류생태 모니터링 가이드라인. Ecoriver21 자연과 함께하는 하천복원 기술개발 연구단. 68pp.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사. 467pp.
- 김익수, 최 윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사. 615pp.
- 김종률, 이충렬. 2001. 동진강 수계의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지. 13:40-49.
- 김치홍, 이완옥, 홍관의, 이철호, 김종화. 2006. 양양 남대천의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지. 18:112-118.
- 남명모, 최낙중, 김성원, 석규진, 이종윤. 1999. 피라미 *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel)의 종묘생산. 한국양식학회지. 12:25-30.
- 민미숙, 양서영. 1991a. 피라미속(잉어목, 잉어과)어류의 계통분류학적 연구 I; 유전적 변이. 한국동물학회지. 115: 557-570.
- 민미숙, 양서영. 1991b. 피라미속(잉어목, 잉어과)어류의 계통분류학적 연구 II; *Zacco*속 및 *Candidia*속 어류의 계통적 유연관계. 한국동물학회지. 115:571-584.

- 민미숙, 양서영. 1993. 피라미속 어류의 계통분류학적 연구 IV; 한국 및 일본산 갈겨니 (*Zacco temmincki*)의 유전학적 분화. 한국동물학회지. 18:141-147.
- 백현민, 송호복, 조동현. 2006. 한강지류에 서식하는 피라미, *Zacco platypus*의 생식생태. 한국어류학회지. 18:193-201.
- 손영목, 변화근. 2005. 미호천의 어류상과 어류군집 동태. 한국어류학회지. 17:271-278.
- 우효섭. 2004. 하천수리학. 청문각. pp. 362-363.
- 이완욱, 김경환, 김종화, 홍관의. 2008. 만경강의 담수어류 및 외래어종의 분포. 한국어류학회지. 21:198-209.
- 이충렬. 2001. 갑천수계의 어류상과 어류군집. 환경생물. 19: 292-301.
- 장성임. 1995. 피라미 (*Zaco platypus*)의 난자형성에 관한 연구. 청주대학교 대학원 석사학위 논문. 81pp.
- 장창익, 손명호, 성기백, 박인석. 1995. 연어, *Oncorhynchus keta* 전기자어의 난황흡수 및 초기성장. 한국수산학회지. 28:539-548.
- 조장현. 1996. 피라미 (*Zaco platypus*)의 정자형성 과정. 청주대학교 대학원 석사학위 논문. 24pp.
- 조정우. 1985. Banding방법에 의한 한국산 피라미속 어류 2종의 핵형분석. 인하대학교 대학원 석사학위 논문. 34pp.
- 허준욱, 김정근. 2009. 용담댐 하류의 하천건강성 평가 및 어류 서식처를 고려한 최적 생태유량 산정. 한국수자원학회지. 42:481-491.
- Andersson M. 1994. Sexual selection. Princeton University Press. Princeton. 599pp.
- Arthington AH, SE Bunn, NL Poff and RJ Naiman. 2006. The challenges of providing environmental flow rules to sustain river ecosystem. Ecol. Appl. 16:1311-1318.
- Bunn SE and AH Arthington. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environ. Manage. 30:492-507.
- Katano O. 1992a. Spawning tactics of paired males of the dark chub, *Zacco temmincki*, reflect potential fitness costs of satellites. Environ. Biol. Fishes. 35:343-350.
- Katano O. 1992b. Cannibalism on eggs by dark chub, *Zacco temmincki* (Temminck & Schlegel) (Cyprinidae). J. Fish Biol., 41:655-661.
- Parker G.A. 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. J. Fish. Biol. 41:1-20.
- Trivers R. 1985. Social evolution. Benjamin cummings. Menlo park. 462pp.
- Ward JV, K Tockner and F Schiemer. 1999. Biodiversity of floodplain ecosystem; Ecotones and connectivity. Res. Manage. 15:125-139.

Manuscript Received: September 7, 2009

Revision Accepted: November 28, 2009

Responsible Editor: Kwang-Guk An