

## 달서천에 서식하는 나일틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 개체군 특성

왕주현, 최준길<sup>1</sup>, 이황구<sup>1,\*</sup>

상지대학교 환경공학과, <sup>1</sup>상지대학교 생명과학과

## The population characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Dalseo Stream, South Korea

Ju Hyoun Wang, Jun Kil Choi<sup>1</sup> and Hwang Goo Lee<sup>1,\*</sup>

Department of Environmental Engineering, College of Science & Engineering, Sangji University, Wonju 26339, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Biological Science, College of Science & Engineering, Sangji University, Wonju 26339, Republic of Korea

### \*Corresponding author

Hwang Goo Lee  
Tel. 033-730-0434  
E-mail. morningdew@sangji.ac.kr

Received: 13 February 2020

Revised: 4 March 2020

Revision accepted: 10 March 2020

**Abstract:** This study was conducted to investigate the population characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Daegu Metropolitan City thermal effluent stream (Dalseo Stream) from January to November 2019. The collected fish were identified as 4,247 individuals of 20 species from a total of eight families. The dominant species was *O. niloticus* with 1,306 individuals and a high relative abundance (30.75%). The water temperature of Dalseo Stream was maintained above 10°C throughout the year, which means that *O. niloticus* could inhabit it even in winter. The length-weight analysis showed a regression coefficient  $b$  of 3.1496, and a condition factor ( $k$ ) of 0.0025 with a positive slope. Comparing the water temperature of Dalseo Stream and the total length of *O. niloticus* per investigation period, the 0-age individuals appeared May 29 when the water temperature was maintained above 22°C. In conclusion, the thermal effluent of Dalseo Stream allowed *O. niloticus* to survive in winter and maintain stable growth conditions and life cycles. The results of this study will inform ecological information on *O. niloticus*, which suggests that river management efforts should consider the management of *O. niloticus* populations for the conservation of fish species diversity.

**Keywords:** thermal effluent stream, Nile tilapia, population characteristic, gonadosomatic index

## 서 론

틸라피아(Tilapia)는 아프리카가 원산지인 시클리드과(Cichlidae)의 열대어로 전 세계적으로 약 100여 종이 서식하고 있으며(Trewavas 1983), 세계적으로 가장 널리

양식화된 어류 중 하나이다(FishBase 2007; Molnar *et al.* 2008). 새로운 종의 도입은 서식지 변형, 질병 및 기생충의 도입, 영양 단계의 변화 등으로 인해 토착 어류에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있으며(Gozlan *et al.* 2005), 국내에 도입된 나일틸라피아(*Oreochromis niloticus*)는 하천

서식환경의 악화 및 부영양화의 발생을 유발하기도 한다 (Figueredo and Giani 2005). 특히, 양식에 특화된 나일틸라피아의 경우에는 성장과 번식이 매우 빠르고, 높은 생존율로 인해 새로운 환경에 대한 침습성이 강한 것으로 보고되고 있으며 (Canonico *et al.* 2005; FAO 2006), 식물플랑크톤, 부착생물, 수생식물, 작은 무척추동물, 저서동물 및 유기물 등을 섭식하는 잡식성으로 토착종과의 먹이경쟁에서 우위에 있는 것으로 알려져 있다 (FAO 2006; Zambrano *et al.* 2006). 따라서 침습종 관리 기관인 ISSG (Invasive Species Specialist Group)에서는 높은 침습성을 갖는 나일틸라피아를 세계 100대 침습종으로 지정하여 지속적으로 관리하고 있다 (ISSG 2015).

우리나라는 1955년 식용 자원 조성을 위해 태국에서 *Oreochromis Genus* (속)에 해당하는 모잠비크틸라피아 (*Oreochromis mossambicus*)와 나일틸라피아 (*O. niloticus*)를 국내로 도입하였다 (Kim and Park 1990; Kim and Park 2002). 일반적으로 나일틸라피아는 열대성 어류로 10°C 이하의 수온이 지속될 경우 서식하지 못하며 (Charo-Karisa *et al.* 2005; FAO 2006), 일부 교잡 나일틸라피아의 경우 약 7~8°C에서도 생존할 수 있는 것으로 보고되고 있다 (Charo-Karisa *et al.* 2005; Zhu *et al.* 2016). 우리나라는 겨울철 수온이 대부분 10°C 이하로 내려가며, 이로 인해 국내 하천에서는 나일틸라피아의 서식은 불가능한 것으로 인식되어 왔다. 그러나 Kong *et al.* (2011)에 의하면, 공업단지에서 유입되는 온배수로 인해 황구지천에 나일틸라피아 개체군이 서식한 것으로 확인되었다. 대구광역시에 위치한 달서천 또한 높은 수온의 온배수가 연중 지속적으로 유입되고 있어 겨울철에도 나일틸라피아가 왕성하게 활동하고 있으며, 달서천 이외에도 온배수가 유입되는 일부 하천 (금호강, 곡교천, 남강, 진천천 등)에서도 나일틸라피아의 서식이 보고된 바 있다 (NIER 2015, 2016; Yoon *et al.* 2018).

국내에서 실시한 나일틸라피아에 대한 연구는 산소 소비량 및 독성 연구 (Kim and Jo 1999; Park *et al.* 2002), 면역 및 스트레스 반응에 관한 연구 (Kim *et al.* 1999; Hur *et al.* 2004), 나일틸라피어를 이용한 어류 사육 시스템 관리 및 개발을 위한 연구 (Suh *et al.* 2002; Oh and Jo 2005), 나일틸라피아 유전자 발현 및 성호르몬 연구 (Park *et al.* 2016), 성분화에 대한 연구 (Kwon *et al.* 2006) 등 다양한 연구가 수행되었으나 국내 일부 하천에 서식하고 있는 나일틸라피

아 개체군의 생태특성에 관한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 대구광역시에 위치한 달서천을 대상으로 온배수 유입에 따른 나일틸라피아 개체군의 생태적 기초자료를 제공하고자 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

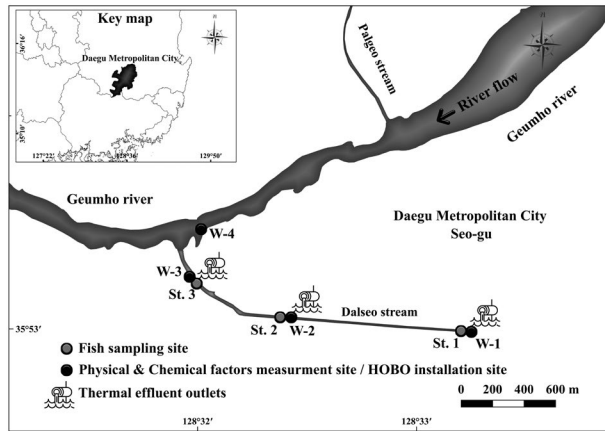
### 1. 조사시기

조사시기에 따른 나일틸라피아의 변화양상 파악을 위해 2019년 1월부터 11월 (1차: 1월 8일, 2차: 3월 11일, 3차: 5월 29일, 4차: 6월 30일, 5차: 7월 30일, 6차: 9월 30일, 7차: 11월 28일)까지 격월로 조사를 수행하였으며, 나일틸라피아 개체군의 산란시기로 추정되는 5~7월 (3차, 4차, 5차)은 매월 조사하여 총 7회 조사를 실시하였다.

### 2. 조사지점

달서천과 금호강의 연중 수온 측정을 위해 달서천 내 온배수 유입지역 3개 정점, 금호강 본류 1개 정점을 대상으로 수중온도로거 (총 4개)를 설치하였으며, 어류 조사를 위해 방류구를 기점으로 총 3개 지점 (St. 1~St. 3)을 선정하여 조사를 실시하였다. 조사 구간은 조사지점을 기준으로 상·하류 200m 이내에서 조사를 실시하였으며, 각 세부 지점은 다음과 같다 (Fig. 1).

- St. 1: 대구광역시 서구 비산동 (N 35°52'57.07", E 128°33'16.51")
- St. 2: 대구광역시 서구 비산동 (N 35° 53'00.35", E 128°32'23.86")
- St. 3: 대구광역시 북구 금호동 (N 35° 53'08.26", E 128°32'00.53")
- W-1: 대구광역시 서구 비산동 (N 35° 52'57.10", E 128°33'19.01")
- W-2: 대구광역시 서구 비산동 (N 35° 53'00.54", E 128°32'26.25")
- W-3: 대구광역시 북구 금호동 (N 35° 53'10.07", E 128°31'58.58")
- W-4: 대구광역시 북구 금호동 (N 35° 53'17.96", E 128°31'56.06")



**Fig. 1.** The map of sampling sites in Dalseo Stream and Geumho River, Daegu Metropolitan City, South Korea.

### 3. 조사방법

#### 1) 물리적·이화학적 서식환경 분석

서식처 내 물리적 특성분석은 2019년 1월에 실시하였으며, 거리측정계(Nikon LASER 1200S, Japan)를 이용하여 조사지역의 유속을 측정하고, Digital water velocity meter (FP111, Global Water, USA)를 이용하여 수심을 측정하였다. 하상구조물의 계측 및 분류는 Cummins (1962)의 방법을 적용하여 Boulder, Cobble, Pebble, Gravel, Silt/Sand의 5 단계로 구분하여 상대적인 구성 비율을 확인하였다. 이화학적 서식환경 분석은 2019년 1월부터 11월까지 수온, 용존산소, pH, 전기전도도를 각 조사지점에서 휴대용 다항목 측정기 (YSI model 556MPS, USA)를 이용하여 매회 현장에서 측정하였다. 대구시 기온과 달서천 및 금호강의 수온 변화를 비교하기 위해 WEATHERi (<http://www.weatheri.co.kr>)에서 제공하는 대구시 연중 기온 데이터를 활용하였으며, 달서천과 금호강의 연중 수온은 수중온도로거 (UTBI-001, ONSET, USA)를 설치하여 일별 1시간 간격으로 측정한 데이터의 평균값을 이용하였다.

#### 2) 채집 및 동정

어류 및 나일틸라피아의 채집은 각 지점별 투망(망목 7×7 mm, 20회)과 족대(망목 4×4 mm, 60분)를 이용하여 조사를 실시하였다. 채집된 어류는 10% Formalin 용액으로 고정한 후 실험실로 운반하여 동정 및 계측을 실시하였다. 어류의 동정은 다음의 검색표(Kim and Park 2002; Kim et al. 2005; FAO 2006, 2007)를 이용하였다.

### 3) 나일틸라피아 개체군 분석

#### (1) 길이-무게 상관 분석

달서천에 서식하고 있는 나일틸라피아의 생육상태를 파악하기 위해 전장-체중 상관관계를 이용한 성장도와 비만도지수를 분석하였다. 성장도와 비만도지수는 어류의 생육상태 및 생식능력 정도를 파악할 수 있으며, 수질, 먹이 이용능력, 서식처 등급 등 다양한 정보를 제공하는 지표로 이용되고 있다(Anderson and Gutreuter 1983; Ney 1993). 길이-무게 상관성 (Length-weight relationship)은 Anderson and Gutreuter (1983)의  $W = aTL^b$  ( $W$  = weight,  $TL$  = total length,  $a$ ,  $b$  = parameter) 식을 따랐으며, 비만도지수 (Condition factor,  $k$ )는 Anderson and Neumann (1996)의  $K = W/TL^3$  ( $W$  = weight,  $TL$  = total length) 식을 적용하였다. 또한, 나일틸라피아 개체군의 조사시기별 전장빈도 분포 분석을 실시하여 나일틸라피아의 산란시기 및 크기별 연령을 추정하였다.

#### (2) 생식소중량지수

생식소중량지수인 GSI (Gonadosomatic index) 분석은 생식능력이 가능한 15 cm 이상의 개체들을 이용하여 분석하였으며, 개체별 체중 및 생식소를 전자저울을 이용하여 0.001 g까지 측정 후 GSI를 산출하였다.

$$GSI = GS \times 100 / W$$

GS: 생식소 무게 (g), W: 체중 (g)

#### 4) 분석 프로그램

통계분석은 IBM SPSS (ver. 21)와 Biodiversity Pro (ver. 2)를 이용하였으며, 항목 간의 통계적 차이 및 유의성 검정, 유사도 비율 등을 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 서식환경 분석

#### 1) 물리적 서식환경 분석

조사지역의 물리적 수환경 분석 결과 유속은 4.3~31.9 m (달서천), 193.8~256.6 m (금호강)의 범위로 나타났다. 수심은 12~153 cm (달서천), 30~>200 cm (금호강)의 범위로 측정되었다. 하상구조 분석 결과 달서천과 금호강 모두 Gravel과 Sand/silt의 비율이 높은 것으로 분석되었다

**Table 1.** Physical and chemical factors of each site in Dalseo Stream and Geumho River, South Korea

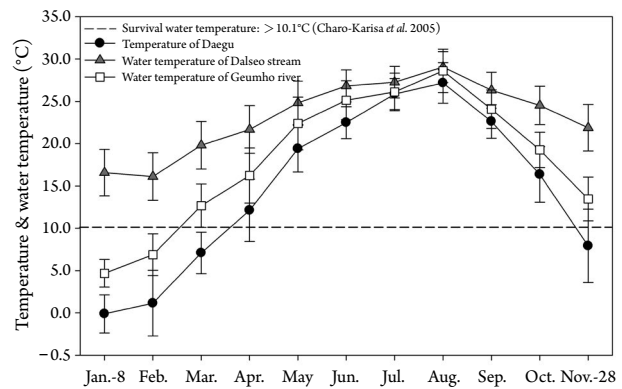
Sampling site	Stream width (m)	Water depth (cm)	Bottom structure (B:C:P:G:S)	WT (°C)	pH	DO (mg L <sup>-1</sup> )	EC (μS cm <sup>-1</sup> )
Dalseo Stream	St.1	4.3–25.5	12–127	B:C:P:G:S=0:1:3:3:3	24.4 ± 5.5	7.4 ± 0.2	20.0 ± 7.0
	St.2	14.2–23.7	35–131	B:C:P:G:S=0:0:2:4:4	24.1 ± 5.3	7.6 ± 0.2	9.9 ± 2.3
	St.3	17.9–31.9	19–153	B:C:P:G:S=0:0:3:4:3	20.2 ± 7.3	7.6 ± 0.3	8.3 ± 1.0
Geumho River	193.8–256.6	30–200	B:C:P:G:S=0:0:1:4:6	17.3 ± 9.6	8.3 ± 0.3	9.4 ± 2.1	517.2 ± 82.8

WT: Water temperature, pH: Potential of hydrogen ions, DO: Dissolved oxygen, EC: Electric conductivity, ±SD: Standard deviation, \*B: Boulder >256 mm, C: Cobble 64–256 mm, P: Pebble 16–64 mm, G: Gravel 2–16 mm, S: Sand/Silt 0.2–<2 mm

(Table 1). 일반적으로 나일틸라피아는 낮은 수심 및 유속이 느린 정수생태계를 선호하며, 모래와 진흙 바닥에 원형의 산란장을 만들어 산란하는 것으로 알려져 있는데 (Kim and Park 2002), 달서천은 나일틸라피아 개체군이 선호하는 서식 환경을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

**2) 이화학적 서식환경 분석**

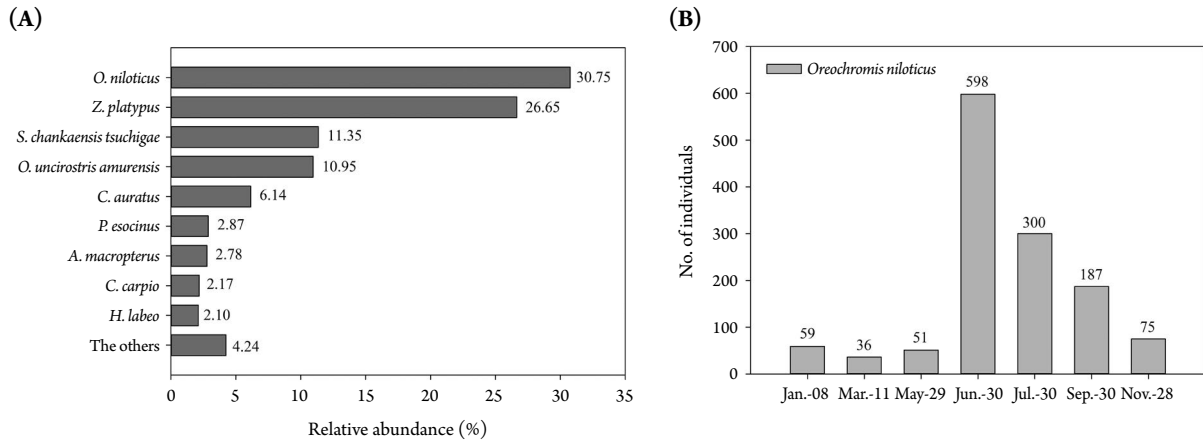
조사시기별 이화학적 수환경 분석 결과 달서천의 평균 수온은 20.2 ± 7.3 (St. 3)~24.4 ± 5.5 (St. 1)°C의 범위로 하류지점에서 상대적으로 낮게 나타났으며, 금호강은 17.3 ± 9.6°C로 달서천에 비해 상대적으로 낮은 수온을 유지하는 것으로 확인되었다. 평균 pH는 달서천에서 7.4 ± 0.2 (St. 1)~7.6 ± 0.3 (St. 3), 금호강에서 8.3 ± 0.3으로 분석되었다. 평균 용존산소(DO)는 달서천에서 8.3 ± 1.0 (St. 3)~20.0 ± 7.0 (St. 1) mg L<sup>-1</sup>, 금호강에서 9.4 ± 2.1 mg L<sup>-1</sup>로 달서천의 St. 1에서 용존산소가 상대적으로 높은 것으로 확인되었다. 평균 전기전도도(EC)는 달서천에서 1301.2 ± 619.8~2704.8 ± 302.9 (St. 1) μS cm<sup>-1</sup>, 금호강에서 517.2 ± 82.8 μS cm<sup>-1</sup>로 분석되어 금호강에 비해 달서천의 전기전도도가 매우 높은 것으로 나타났다(Table 1). 달서천은 인근 도심의 생활하수와 공장폐수, 쓰레기매립장 침출수, 위생처리장 분뇨 등을 통합 처리한 방류수가 유입되어 높은 농도의 전기전도도를 유지하고 있으며, 하상에 오염유기물이 축적되어 심한 악취가 발생하고 있었다. 하지만 나일틸라피아의 경우 오염의 내성범위가 매우 넓어 불량한 서식환경에서도 잘 적응하기 때문에 (Chervinski and Lahav 1976; Tave et al. 1990) 달서천의 불량한 수질환경이 나일틸라피아 개체군에 미치는 영향은 적을 것으로 판단된다.



**Fig. 2.** Seasonal variations in water temperature and air temperature in Dalseo Stream and Geumho River. Vertical bar represent standard deviation.

**3) 대구시 기온과 달서천 및 금호강의 수온 비교**

2019년 1월 8일부터 11월 28일까지 대구시 기온과 달서천 및 금호강의 수온을 비교 분석한 결과 대구시는 4월부터 10°C 이상의 기온을 유지하는 것으로 나타났으며, 평균 -0.1 ± 2.2 (1월)~27.2 ± 2.4°C (8월)의 범위로 확인되었다. 금호강의 수온은 3월부터 10°C 이상을 유지하는 것으로 나타났으며, 평균 4.7 ± 1.6 (1월)~28.6 ± 2.6 (8월)°C의 범위로 확인되었다. 온배수 유입 하천인 달서천은 1월 8일부터 11월 28일까지 10°C 이상의 수온을 지속적으로 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 평균 16.1 ± 2.8 (2월)~29.1 ± 1.8°C (8월)의 범위로 측정되었다(Fig. 2). 대구시 기온은 금호강 수온변화와 매우 유사한 경향성으로 분석되었으나 (similarity 89.6%, *p* < 0.001), 달서천의 수온 변화와는 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다 (similarity 77.7%, *p* < 0.001). 일반적으로 나일틸라피아는 10°C 이하의 수온에서는 서식하지 못하며 (Charo-Karisa et al. 2005; FAO 2006), 수온 내성도는 환경적인 영향, 유전적인 영향, 건



**Fig. 3.** (A) Relative abundance of the fish in the Dalseo Stream and (B) the number of *Oreochromis niloticus* individuals per investigation period.

강 및 영양상태, 개체군의 크기 등에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다 (Cnaani *et al.* 2000; Hofer and Watts 2002; Charo-Karisa *et al.* 2005). 따라서 연간 16°C 이상의 수온을 지속적으로 유지하는 것으로 확인된 달서천에 서식하는 나일틸라피아 개체군이 수온 변화로 인해 폐사 또는 절멸될 가능성은 매우 낮은 것으로 판단된다. 한편, 금호강의 경우 3월부터 10°C 이상의 수온을 유지하는 것으로 나타나 겨울철에 나일틸라피아 개체군이 금호강에 서식하는 것은 불가능할 것으로 예상되나 수온이 상승하는 3월부터는 달서천에서 금호강으로 서식처 이동 및 확산이 가능할 것으로 추정되며, 이를 위한 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

## 2. 달서천의 어류상

달서천의 어류상 조사 결과 총 8과 20종 4,247개체가 출현하였다. 상대풍부도 분석 결과 나일틸라피아 1,306개체 (30.75%), 피라미 (*Zacco platypus*) 1,132개체 (26.65%), 참물개 (*Squalidus chankaensis tsuchigae*) 482개체 (11.35%), 꼬리 (*Opsariichthys uncirostris amurensis*) 465개체 (10.95%), 붕어 (*Carassius auratus*) 261개체 (6.14%), 모래무지 (*Pseudogobio esocinus*) 122개체 (2.87%), 큰납지리 (*Acheilognathus macropterus*) 118개체 (2.78%), 잉어 (*Cyprinus carpio*) 92개체 (2.17%), 누치 (*Hemibarbus labeo*) 89개체 (2.10%), 2% 미만의 희소종 180개체 (4.24%) 등의 순으로 분석되었다 (Fig. 3A). 조사시기별 나일틸라피아 개체수 분석 결과 6월 30일 조사시 급격한 개체수 증

가를 보였으며, 이후 다시 감소하는 것으로 나타났다 (Fig. 3B). 따라서 달서천은 높은 침습성을 갖는 나일틸라피아 (Canonico *et al.* 2005; ISSG 2015)가 우점하고 있으며, 여름철 급격한 개체군 성장은 수온 상승에 따른 개체군 산란에 의한 결과인 것으로 판단된다.

## 3. 나일틸라피아 개체군 분석

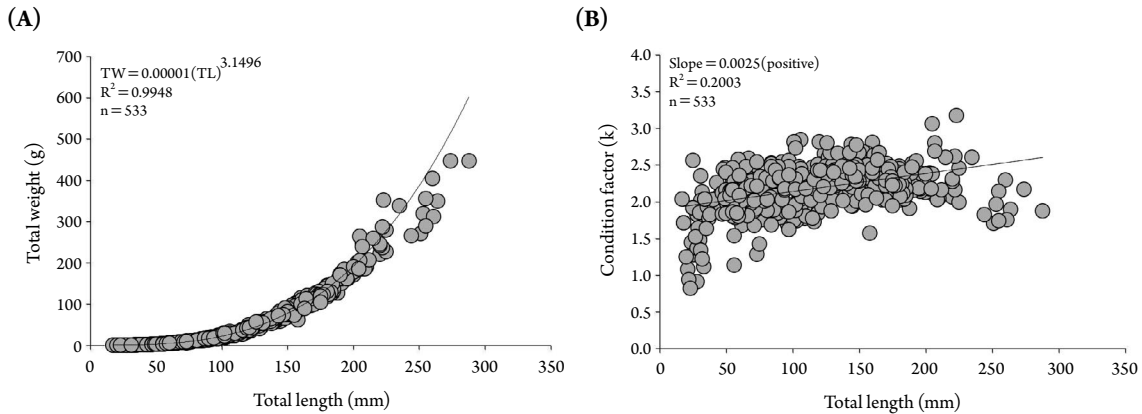
### 1) 길이-무게 분석

나일틸라피아 개체군의 생육상태 및 생식능력 정도를 파악하기 위해 달서천에서 채집된 1,306개체 중 당년생 치어 일부 개체 및 꼬리지느러미가 손상된 개체를 제외한 533개체를 대상으로 길이-무게 관계 및 비만도지수 (k) 분석을 실시하였으며, 분석 결과 회귀계수 b값은 3.1496, 비만도지수 기울기는 0.0025로 분석되었다 (Fig. 4). 일반적으로 개체군의 성장도를 나타내는 회귀계수 b값은 3.0을 기준으로 3.0보다 높으면 생육상태가 양호한 것을 의미하며 (Han *et al.* 2007), 비만도지수 (k)는 양의 기울기일 때 개체군의 생육상태가 양호한 것을 의미한다 (Carl and Peter 1990). 따라서 달서천에 서식하고 있는 나일틸라피아는 안정적인 생육상태를 유지하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 달서천의 풍부한 먹이원 및 나일틸라피아의 왕성한 먹이활동의 결과로 판단된다.

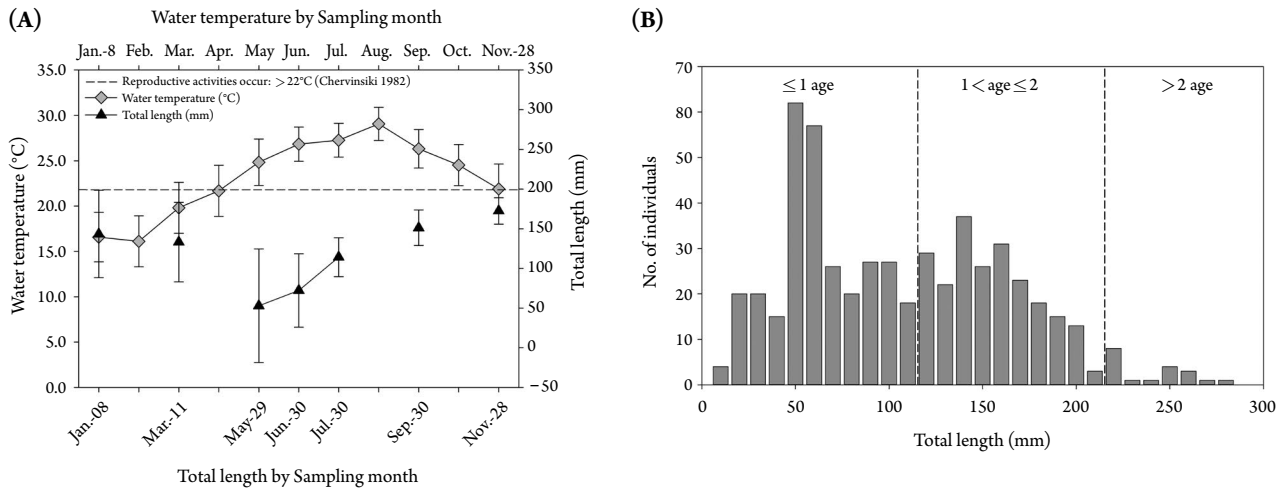
### 2) 시기별 수온과 전장 비교 분석

조사시기별 달서천의 수온과 나일틸라피아의 전장 (Total length)을 비교·분석한 결과 달서천의 월별 평균 수





**Fig. 4.** Relationship between the total length and total weight (left), and between the total length and condition factor (k) (right) for the *Oreochromis niloticus* population sampled in Dalseo Stream, South Korea.



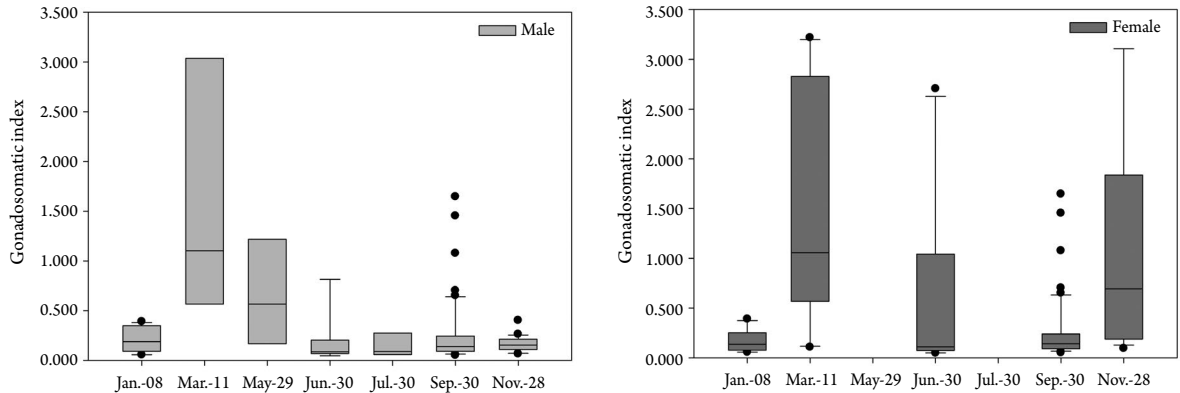
**Fig. 5.** (A) Relationship between the water temperature of Dalseo Stream and the total length of *Oreochromis niloticus* per investigation period. Vertical bar represents standard deviations. (B) Distribution of the total length frequency of the *O. niloticus* population. The dotted lines separately represent ages on the total length.

온은 2월부터 증가하기 시작하였으며, 8월 이후 다시 감소하는 경향성을 나타내는 것으로 분석되었다. 나일틸라피아 개체군의 평균 전장은 3월 11일 조사 이후 5월 29일 채집된 개체군에서 급격히 감소하였으며, 이후 지속적으로 증가하는 경향성을 나타냈다(Fig. 5A). 일반적으로 나일틸라피아 개체군은 연중 산란을 실시하며, 양식 개체군의 경우 20°C 이상의 수온일 때 산란을 실시하고(Dan and Little 2000), 자연 개체군의 경우 22°C 이상의 수온에서 산란하는 것으로 알려져 있다(Chervinski 1982). 조사시기별 수온과 전장 분포 비교 결과 22°C 이상의 수온을 유지하는 5월 29일 조사시 당년생 개체가 처음 확인되어 20~22°C 이

상일 때 산란을 실시하는 것으로 알려져 있는 기존 연구결과와도 일치하는 것으로 나타났다.

### 3) 전장빈도 분포 특성

열대지역인 우간다(Uganda)에 서식하는 나일틸라피아 자연 개체군의 경우 연생별 전장은 1년생 0~150 mm, 2년생 150~250 mm, 2년생 이상의 개체는 >250 mm의 범위로 알려져 있다(Bwanika et al. 2007). 달서천에서 채집된 나일틸라피아 개체군의 전장빈도 분포 분석 결과 전장은 10~280 mm의 범위로 조사되었으며, 전장별 연령 추정 결과 1년생 0~110 mm, 2년생 120~210 mm, 2년생 이상

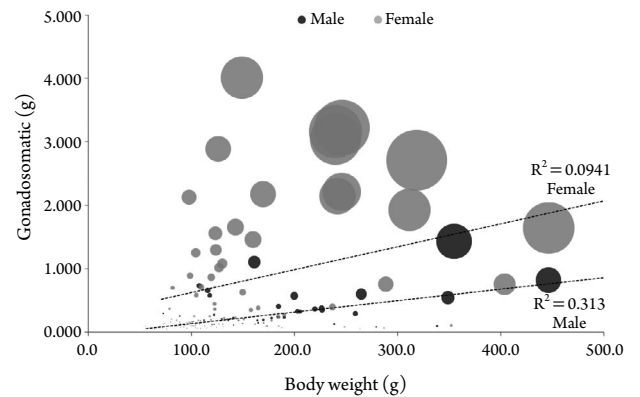


**Fig. 6.** Gonadosomatic index by investigation period of male (left) and female (right) *Oreochromis niloticus* sampled in Dalseo Stream, South Korea. Vertical bar represents standard deviations.

의 개체는  $\geq 220$  mm의 범위로 추정되었다(Fig. 5B). 연생별 개체수 분포의 경우 1년생 이하에서 가장 많은 개체가 출현하였으며, 개체의 크기 및 연령이 증가할수록 개체수는 감소하는 것으로 나타났다. 나일틸라피아의 경우 서식 환경에 따라 개체성장의 차이가 크며(Bwanika *et al.* 2007), 20°C 이하의 수온에서는 먹이활동을 포함한 대부분의 활동량이 감소하고, 16°C 이하에서는 성장하지 못하는 생육 특성을 갖는 것으로 알려져 있다(Chervinski 1982). 따라서 달서천에 서식하고 있는 나일틸라피아 개체군의 경우 수온이 20°C 이하로 감소하는 늦가을~초봄까지 먹이활동 감소로 인해 개체성장이 제한되었으며, 이로 인해 열대지역에 서식하는 자연개체군에 비해 상대적으로 느린 개체 성장을 보인 것으로 판단된다.

**4) 생식소중량지수 분석**

달서천에서 채집된 나일틸라피아 개체군의 생식소중량지수(GSI) 분석 결과 수컷의 median 값은 3월 11일에 가장 높았으며, 6월 30일에 최저 median 값을 나타냈다. 암컷 역시 3월 11일 채집된 개체들의 median 값이 가장 높았으며, 6월 30일에 최저 median 값을 나타냈고, 이후 11월 28일 조사시 다시 증가한 것으로 분석되었다(Fig. 6). 수컷과 암컷 모두 3월 조사 이후 GSI median 값이 감소하였는데, 이러한 양상은 3월 조사 이후 급격한 평균 전장 감소를 보인 시기별 전장 분석 결과와도 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 5A). 기존 나일틸라피아의 생식소중량지수(GSI) 연구에 따르면 20°C 미만의 수온에서 GSI가 가장 높았고(Fryer and Iles 1972), 3월~5월 산란 이후 수온이 감소하는 11월~12월에도 일시적인 GSI의 증가가 발생한 것으로



**Fig. 7.** Relationship between body weight and gonadosomatic of *Oreochromis niloticus* sampled in Dalseo Stream, South Korea. Dark gray circles represent the gonadosomatic index of the males and the light gray circles represent the gonadosomatic index of the females. The size of the circles is proportional to the gonadosomatic index.

보고되어 있다(Admassu 1996). 따라서, 달서천에 서식하는 나일틸라피아는 산란전 20°C 미만의 수온인 3월에 GSI median 값이 가장 높았으며, 수온이 20°C 이상을 유지하기 시작하는 4월부터 가장 낮은 GSI median 값을 보인 6월까지 산란을 실시하는 것으로 판단된다.

**5) 무게(BW), 생식소중량(GS), 생식소중량지수(GSI) 상관 분석**

달서천에서 채집된 나일틸라피아 개체군의 각 개체 무게(Body weight; BW), 생식소중량(Gonadosomatic; GS), 생식소중량지수(Gonadosomatic index; GSI)의 상관 분석 결과 수컷과 암컷 모두 BW와 GS에서 양의 기울기를 갖는

것으로 나타났다(Fig. 7). 또한 개체별 BW가 유사하더라도 암컷의 GS가 더 높은 것으로 나타났으며, GSI 값을 나타내는 bubble의 크기 또한 암컷이 더 큰 것으로 분석되었다. 수컷과 암컷의 BW, GS, GSI 간 T-test 분석 결과 모든 항목에서 수컷과 암컷 간에 통계적으로 높은 차이를 갖는 것으로 분석되었다( $p < 0.001$ ). 일반적으로 나일틸라피아 개체군의 경우 암컷은 수컷에 비해 성장 속도가 느린 반면에 성적성숙은 수컷에 비해 빠른 것으로 알려져 있다(Scott *et al.* 1989; FAO 2006; Kwon *et al.* 2006). 따라서 달서천에 서식하는 나일틸라피아 개체군도 성별에 따른 개체성장 및 성적성숙도 차이로 인해 개체 무게가 유사하더라도 암컷의 GS 및 GSI가 수컷에 비해 높게 나타난 것으로 판단된다. 이러한 성장과 생식특성의 차이는 서식환경에 따라 연중 3~10회까지도 산란(FAO 2006)을 하는 나일틸라피아 개체군 특성에도 연관이 있는 것으로 추정되며, 향후 면밀한 개체군 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 온배수가 유입되는 대구시 달서천을 대상으로 나일틸라피아의 개체군 특성을 파악하기 위해 2019년 1월부터 11월까지 조사를 실시하였다. 물리적 서식환경 분석 결과 낮은 수심과 자갈, 모래/진흙의 비율이 높은 하상구조를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 이화학적 서식환경 분석 결과 달서천의 전기전도도(EC)는 매우 높은 것으로 확인되었다. 기온 및 수온 분석 결과 달서천은 연중 10°C 이상의 수온을 지속적으로 유지하는 것으로 나타났으며, 금호강은 3월부터 10°C 이상의 수온을 유지하는 것으로 확인되었다. 어류상 조사결과 총 8과 20종 4,247개체가 출현하였다. 상대풍부도 분석 결과 나일틸라피아가 1,306개체(30.75%)로 우점하고 있는 것으로 나타났다. 조사 시기별 나일틸라피아 개체수 분석 결과 6월 30일 조사 시 급격한 개체수 증가를 보였다. 나일틸라피아 개체군의 길이-무게 분석 결과 회귀계수  $b$ 값은 3.1496으로 나타났으며, 비만도지수( $k$ ) 기울기는 0.0025로 양의 기울기로 분석되었다. 조사시기별 달서천의 수온과 나일틸라피아 전장을 비교·분석한 결과 22°C 이상의 수온을 유지하는 5월 29일 조사시 당년생 개체가 출현하였다. 전장빈도 분포 분석 결과 당년생은 0~110 mm, 1년생~2년생은 120~210

mm, 2년생 이상의 개체는 >210 mm의 범위로 추정되었다. 나일틸라피아 개체군 생식소중량지수(GSI) 분석 결과 수컷과 암컷 모두 3월 11일 조사시 중앙값이 가장 높았으며, 3월 이후 중앙값은 감소하는 것으로 나타났다. 나일틸라피아의 개체 무게(BW), 생식소중량(GS), 생식소중량지수(GSI) 간의 상관 분석 결과 개체 무게가 유사더라도 암컷 개체의 생식소중량과 생식소중량지수가 더 높은 것으로 분석되었다. 결과적으로 달서천에 서식하고 있는 나일틸라피아 개체군은 온배수로 인해 겨울철에도 생존이 가능하며, 안정적인 생활사를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 또한 수온이 10°C 이상으로 상승하는 3월 이후부터는 달서천에서 금호강으로 서식처 이동이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 금호강을 중심으로 나일틸라피아 개체군의 서식 분포 파악을 통해 나일틸라피아 개체군 관리 및 담수어류 종다양성 보존을 위한 하천관리 방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Admassu D. 1996. The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in Lake Awassa (Ethiopian rift valley). *Hydrobiologia* 337:77-83.
- Anderson R and S Gutreuter. 1983. Length, weight and associated structural indices. pp. 283-300. In: *Fisheries Techniques* (Nielsen L and D Johnson, eds.). Bethesda, MD.
- Anderson RO and RM Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. pp. 447-482. In: *Fisheries Techniques* (Murphy BR and DW Willis, eds.). Bethesda, MD.
- Bwanika GN, DJ Murie and LJ Chapman. 2007. Comparative age and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lakes Nabugabo and Wamala, Uganda. *Hydrobiologia* 589:287-301.
- Canonico GC, A Arthington, JK McCrary and ML Thieme. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquat. Conserv.-Mar. Freshw. Ecosyst.* 15:463-483.
- Carl BS and MM Peter. 1990. *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, MD. p. 684.
- Charo-Karisa H, MA Rezk, H Bovenhuis and H Komen. 2005. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. *Aquaculture* 249:115-123.
- Chervinski J and M Lahav. 1976. The effect of exposure to low temperature on fingerlings of local tilapia (*Tilapia aurea* (Steindacher) and imported tilapia (*Tilapia vulcani*) (Trewavas)



- and *Tilapia nilotica* (Linne) in Israel. *Bamidgeh* 28:25–29.
- Chervinski J. 1982. Environmental physiology of tilapias. pp. 119–128. In: *The Biology and Culture of Tilapia*. Proceedings of the 7th ICLARM Conference. Manila, Philippines.
- Cnaani A, GAE Gall and G Hulata. 2000. Cold tolerance of tilapia species and hybrids. *Aquac. Int.* 8:289–298.
- Cummins KW. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. *Am. Midl. Nat.* 67:477–504.
- Dan NC and DC Little. 2000. Overwintering performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) broodfish and seed at ambient temperatures in northern Vietnam. *Aquac. Res.* 31:485–493.
- FAO. 2006. Cultured Aquatic Species Information Programme - *Oreochromis niloticus*. Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO. 2007. Species Fact Sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Figueredo CC and A Giani. 2005. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). *Freshw. Biol.* 50:1391–1403.
- FishBase. 2007. *Oreochromis niloticus niloticus* Nile tilapia: Summary. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (12/2019).
- Fryer G and TD Iles. 1972. *Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa: Their Biology and Evolution*. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland. p. 641.
- Gozlan RE, S St-Hilaire, SW Feist, P Martin and ML Kent. 2005. Disease threat to European fish. *Nature* 435:1046.
- Han SC, HY Lee, EW Seo, JH Shim and JE Lee. 2007. Fish fauna and weight-length relationships for 9 fish species in Andong reservoir. *J. Life Sci.* 17:937–943.
- Hofer SC and SA Watts. 2002. Cold tolerance in genetically male tilapia (GMTR), *Oreochromis niloticus*. *World Aquac. Baton Rouge* 33:19–22.
- Hur JW, BH Min, IS Park, JH Im, JY Lee and YJ Chang. 2004. Stress responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by salinity challenges in a recirculating system. *J. Ichthyol.* 16:94–99.
- ISSG. 2015. Global Invasive Species Database (GISD) species profile *Oreochromis niloticus*. Invasive Species Specialist Group. Available from: <http://www.iucngisd.org/gisd/species>. p. 8.
- Kim DS and IS Park. 1990. Genetic identification of hatchery reared tilapia strains. *J. Aquacult.* 3:31–37.
- Kim IS and JY Park. 2002. *Freshwater Fishes of Korea*. Kyohak, Seoul. p. 465.
- Kim IS, Y Choi, CL Lee, YJ Lee, BJ Kim and JH Kim. 2005. *Illustrated Book of Korean Fishes*. Kyohak, Seoul. p. 515.
- Kim YC, MH Hwang and IS Park. 1999. Effect of dietary herb medical stuff on the non-specific immune response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *J. Fish Pathol.* 12:7–15.
- Kim YH and JY Jo. 1999. Oxygen consumption in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in relation to body weight and water temperature. *Korean Soc. Fish. Aquat. Sci.* 12:247–254.
- Kong DS, OM Lee, HB Song and MY Song. 2011. Survey and Recovery Measures on the Aquatic Ecosystem of Jinwi Stream. KYDI Research No. 2010-10. Gyeonggi Research Institute, Suwon, Korea. p. 145.
- Kwon JY, DJ Penman and HC Kwon. 2006. The Timing of Aromatase Action for Sex Differentiation in the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Dev. Reprod.* 10:197–202.
- Molnar JL, RL Gamboa, C Revenga and MD Spalding. 2008. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* 6:485–492.
- Ney JJ. 1993. Practical use of biological statistics. pp. 137–158. In: *Inland Fisheries Management in North America*. American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- NIER. 2015–2016. The Survey and Evaluation of Aquatic Ecosystem Health in Korea. National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea.
- Oh SY and JY JO. 2005. Effects of body weight and dietary protein level on ammonia excretion by the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Korean Soc. Fish. Aquat. Sci.* 18:122–129.
- Park IS, GC Choi, JK Nok and DS Kim. 2002. Acute toxicity of sodium chloride, formalin and potassium permanganate to Nile tilapia fry. *Korean Soc. Fish. Aquat. Sci.* 15:119–121.
- Park JW, JY Kwon, YH Jin and SY Oh. 2016. Effects of fasting on brain expression of Kiss2 and GnRH I and plasma levels of sex steroid hormones, in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Ocean Polar Res.* 38:81–88.
- Scott AG, DJ Penman, JA Beardmore and DOF Skibinski. 1989. The ‘YY’ supermale in *Oreochromis niloticus* (L.) and its potential in aquaculture. *Aquaculture* 78:237–251.
- Suh KH, BJ Kim and JY Jo. 2002. Culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in recirculating aquaculture system. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 35:27–34.
- Tave D, V Jayaprakas and RO Smitherman. 1990. Effects on intraspecific hybridization in *Tilapia nilotica* on survival under ambient winter temperature in Alabama. *J. World Aquacult. Soc.* 21:201–204.
- Trewavas E. 1983. *Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. British Museum of Natural History, London.

Yoon JD, JH Kim, SH Park and MH Jang. 2018. The distribution and diversity of freshwater fishes in Korean Peninsula. *J. Ecol. Environ.* 51:71–85.

Zambrano L, E Martinez-Meyer, N Menezes and AT Peterson. 2006. Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwa-

ter systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63:1903–1910.

Zhu H, Z Liu, M Lu, F Gao, X Ke, D Ma, Z Huang, J Cao and M Wang. 2016. Screening and identification of a microsatellite marker associated with sex in Wami tilapia, *Oreochromis urolepis hornorum*. *J. Genet.* 95:283–289.