

## 건설소음이 자라의 생존, 성장률 및 호르몬분비에 미치는 영향

박종호\* · 조규석\* · 이병찬\* · 연익준 · 조병렬 · 박상찬

충주대학교 환경공학부

\*충청북도내수면연구소

### Change of Survival, Growth Rate and Hormone Secretion in the Juvenile *Trionyx sinensis* Exposed to Construction Noise

Jong Ho Park\* · Kyu Seok Cho\* · Byung-Chan Lee\* · Ik Jun Yeon · Byung Yeol Cho · Sang Chan Park

Department of Environmental Engineering, Chung Ju National University

\*Department of Inland Fisheries Research Institute, Chung Cheong Buk-Do

(Received 15 May 2006, Accepted 13 June 2006)

#### Abstract

To evaluate impacts of the construction noise, *Trionyx sinensis*, inland fishers aquacultural organism, were exposed to control groups (about 55 dB) and noise groups (80 dB). The survival, growth rate and feeding efficiency of the juvenile *Trionyx sinensis* were measured at 10, 20 and 30 days intervals (each 9 hours/day). No significant mortality occurred during the experiments, but growth rates (1.7 times) and feeding efficiency (1.83 times) showed significant reduction in time-dependent manner. Also, serum cortisol (6.7 times) and corticosterone levels (1.37 times) in noise groups significantly increased by the noise exposure, compared to the controls. In conclusion, this study may provide the fundamental knowledge on adverse effects *Trionyx sinensis* and apply to assessments on the impacts of aquaculture industry by construction noise.

**keywords** : Corticosterone, Cortisol, Feeding efficiency, Growth rate, Noise, *Trionyx sinensis*

## 1. 서 론

최근 우리나라는 사회간접자본의 확충으로 인해 각종 건설공사가 활발히 시행되고 있으나 이 과정에서 발생하는 소음으로 피해를 입는 사례가 급증하고 있으므로 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다. 환경부 중앙환경분쟁조정 위원회에서 처리하고 있는 조정사례를 검토해 본 결과 소음, 진동에 의한 피해분쟁사건이 1991년도부터 2000년까지 전체의 78% 수준을 점하고 있으며, 이 가운데 동물 피해와 관련된 비율은 약 14%를 차지하고 있는 실정이다(환경부, 1992-2001).

소음에 의한 생물 피해의 특성은 피해 개념과 범위의 모호성때문에 피해규모를 수치화하여 확정하기 어려운 점이 있다. 이는 소음원, 생물의 종류 및 피해시점의 환경조건 등 각 영향인자들의 복합적인 상호작용으로 피해양상이 다르게 나타날 수 있기 때문이다(Yang, 1997). 특히, 건설기계에 의한 소음은 다른 소음원과 같이 연속성이 있는 것이 아니라 공사시간 혹은 공사기간에만 발생하며 같은 건설기계라도 사용목적 및 동작조건에 따라 소음도가 달라지며 주파수 스펙트럼도 달라진다(Lee et al., 2003).

건설소음에 대한 생물 피해연구는 인간을 중심으로 육상

가축에 관한 것이 많으며, 객관적으로 취급이 가능한 요소들을 중심으로 피해량을 도출하는데 까지 이르렀다(Rhee et al., 2000; Yang, 1997). 그러나 양식산업이 활발하여 도처에 양식장이 산재해 있는 우리나라에서 건설 소음에 따른 수중생물의 피해가 적지 않음에도 불구하고 이와 관련된 연구는 아직 미흡한 실정에 있다(Shin, 2001).

수중에서 음은 매우 효율적으로 전달되는데 Scholik 등 (2002)의 연구에 의하면 인위적으로 발생한 수중소음은 음원으로부터 수 킬로미터 떨어진 곳에서 감지되는 것으로 알려져 있어 수중생물은 육상동물에 비해 더 민감하게 반응할 수도 있다.

특히, 수중생물들은 수중음의 특성을 다양하게 활용하고 있는데 민어과 어류(sciaenids), oyster toadfish(*Opsanus tau*) 및 해산포유류 등은 음을 상호 의사전달의 수단으로 이용하고 있고(Richardson et al., 1995), 포식자의 공격 및 먹이 탐색에 의한 정보를 입수하는데 자신의 청각기능에 의존한다고 보고되어 있다(Myrberg, 1978).

이렇듯 수생생물들은 수중음을 통해서 자신이 필요로 하는 정확한 정보를 입수하는데 인위적인 소음은 이를 방해하거나 청각기능에 영향을 끼칠 수 있으며, 특히 인간과 달리 소음원에 대한 인지능력이 부족한 수중생물은 소음의 인식을 자신에게 다가오는 엄청난 재앙으로 해석하여 상당한 스트레스를 받을 개연성이 크다.

\* To whom correspondence should be addressed.

bclee@chungju.ac.kr

따라서 본 연구는 건설소음이 수중생물에 미치는 영향을 파악하기 위하여 건설소음의 대표적인 백호우의 지반향타 작업시 발생하는 건설기계 소음을 우리나라 내수면 양식산업의 주요 종(species)중의 하나인 자라(*Trionyx sinensis*)에 노출시킨 후 생존, 사료섭이, 성장 및 호르몬 분비에 미치는 영향을 파악하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

자라, *Trionyx sinensis*는 C연구소에서 분양 받아 실험실의 300 L 순환여과식 수조에서 시판되는 부상사료(Purina Ltd., Korea)를 공급하면서 20일간 순응시킨 후, 외관상 질병의 증세가 나타나지 않고 먹이 붙임이 좋은 자라(체중, 4.58±0.91 g; 갑장, 2.12±0.40 cm)를 선발하여 실험동물로 사용하였다. 대조구(control)와 처리구(treatment)는 각각 400 L 용량의 PVC 수조 3개를 이용해 순환여과식으로 실시하였으며 각 실험수조에 20마리의 개체를 수용하였다. 실험용수는 3일을 원칙으로 50%를 환수하여 수질상태 변화 등으로 인한 불필요한 영향은 최대한 배제시켰다. 실험조건 및 실험용수의 수질분석 결과는 Table 1과 같다.

처리구의 설치는 대조구의 경우 일반적인 양식기계음(55 dB 정도)이 발생하는 C 연구소 자라사육장에 설치하였다. 소음 처리구는 출입문을 제외하고는 완전 밀폐된 벽면이 콘크리트로 마감처리 된 항온항습실(245×276×270 cm)에 설치되었으며, PC와 연결된 스피커(TGX-1000)를 실험수조 20 cm 위에 장착하여 소음이 80 dB이 되도록 설정하였다. 이에 따라 음원의 발생에 따른 잔향음(reverberation sound)이 존재하였다.

건설 소음원은 지반향타 작업 중인 백호우 1대로 설정하였으며, 이 지점으로부터 15 m 이격된 지점에서 소음측정 및 분석기(B&K 2260)로 소음도를 측정하고 분석하였다. 그 결과 등가소음도(Leq)는 83 dB, 최고소음도(Lmax)는 98 dB, 주파수는 500 Hz 대역이 크게 측정되었다. 향타시 나타나는 소음주파수가 최고소음도에 가까우므로 향타시에 고주파수가 많이 나타남을 알 수 있다(Fig. 1). 이를 Personal computer(PC)에서 파일로 저장한 후 PC 프로그램(Winamp 5.0rc8)을 이용하여 1일 주간 9시간(09:00 - 18:00) 동안 재생하여 노출시켰다.

자라의 체중은 매 10일 간격으로 30일간 측정하였고 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{성장률 (\%)} = \frac{[(\text{종료시 평균중량} - \text{개시시 평균중량}) / \text{개시시 평균중량}] \times 100}{(1)}$$

$$\text{사료효율 (\%)} = \frac{(\text{체중 증중량 증가분} / \text{건조사료 섭취량}) \times 100}{(2)}$$

혈청내 호르몬 분석을 위하여 혈청샘플은 3배 분량의 diethyl ether로 3회 추출하였다. Ether 추출은 speed vacuum evaporator로 실시하였고, 인산완충용액(pH=7.2)이 포함

Table 1. Experimental conditions

Parameter	Mean±S.D.
Temperature (°C) of air	30 ± 1
Temperature (°C) of water	28±1
pH	7.5 ± 0.7
Dissolved oxygen (mg/L)	7.5 ± 0.54
Ammonia-nitrogen (mg/L)	0.3±0.1
Nitrite-nitrogen (mg/L)	0.01±0.008
Nitrate-nitrogen (mg/L)	2.10±1.05
Chemical oxygen demand (mg/L)	2.04±0.33
Total hardness as CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	1.88±0.09

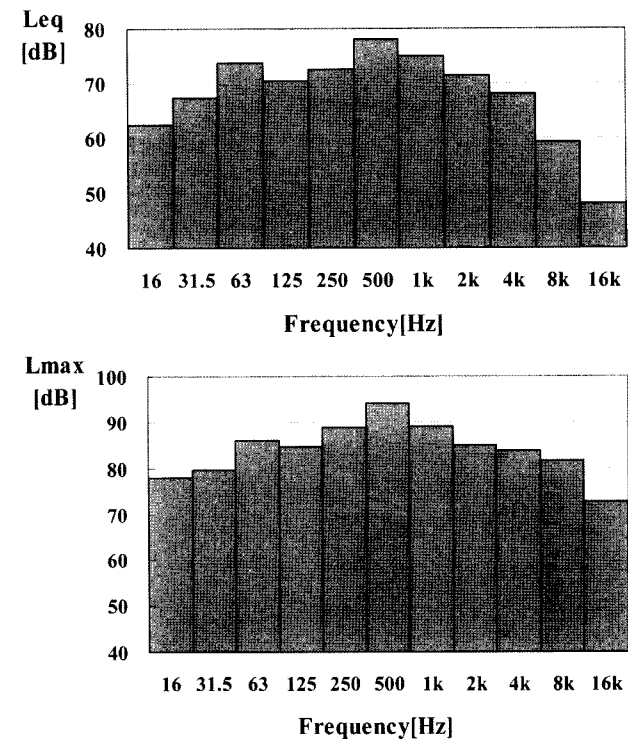


Fig. 1. Frequency spectrum of the artificial noise.

된 젤라틴(gelatin)을 추가하였다. 혈청내에 호르몬의 recovery rate는 상대적으로 일정하였다(95±2%, n=10). 기타 세부적인 분석과정은 Kwon 등(1989)의 방법으로 실시되었다.

사료의 공급은 1일 체중의 4%를 오전 10시와 오후 4시로 2회 나누어 공급하였다. 실험기간은 30일 동안 실시하였으며 실험생물의 생존은 24시간을 기준으로 치사개체를 확인하였고 성장도에 대한 소음의 영향은 10일마다 측정하였다.

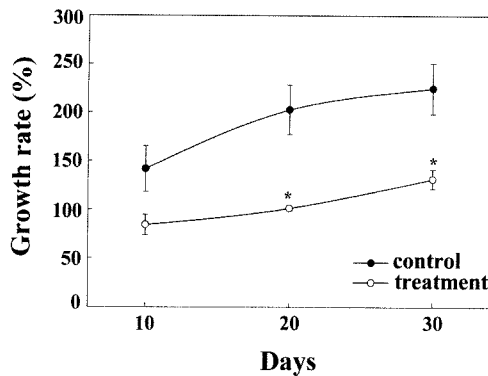
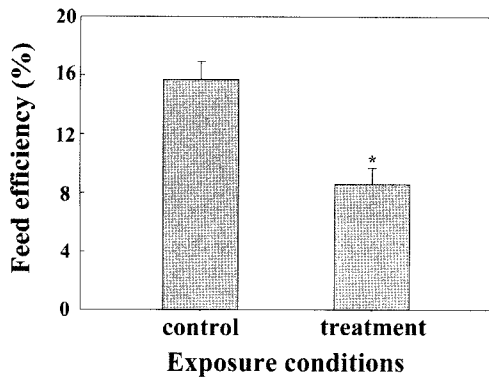
실험결과는 one-way ANOVA(Fisher PLSD test)와 Fisher's r-test를 실시하여 P<0.05에서 통계적 유의성을 검정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

실험기간 동안 자라의 생존율은 55 dB의 대조구와 80 dB의 처리구에서 유의한 변화를 보이지 않았다(Table 2). 대조구와 처리구에서의 자라의 성장률을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 30일 동안 대조구에서의 자라 성장률

**Table 2.** Survival in *Trionyx sinensis* exposed to the noise for 30 days

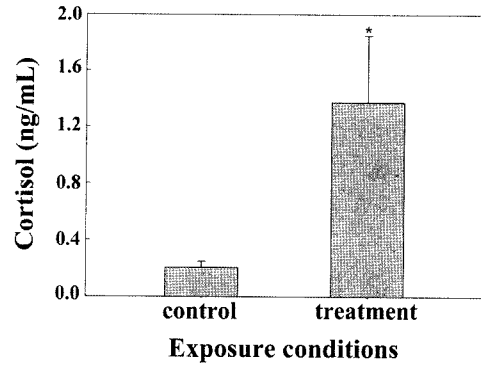
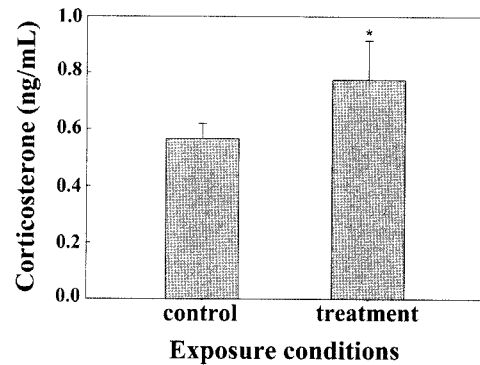
Measured parameters	Noise exposure	Days		
		10	20	30
Survival	55 dB	19.7±0.58	19.0±1.00	18.3±0.58
	80 dB	19.3±1.15	18.3±1.15	18.0±1.00

**Fig. 2.** Growth rate of *Trionyx sinensis* exposed to noise for 30 days. Vertical bars denote a standard error of the mean. \*A significant difference was found between the controls and treatments ( $P<0.05$ ).**Fig. 3.** Feeding efficiency of *Trionyx sinensis* exposed to the noise for 30 days. Vertical bars denote a standard error of the mean. \*A significant difference was found between the controls and treatments ( $P<0.05$ ).

은 224%를 보인 반면 처리구에서는 132%를 보여 상당한 성장 감소를 유발시킴을 확인 할 수 있었다( $P<0.05$ ).

자라의 사료효율은 성장률의 결과와 비슷한 양상을 보여, 처리구의 자라 사료효율은 8.6%로 대조구의 15.7%에 비해 크게 감소된 것으로 나타났다(Fig. 3)( $P<0.05$ ).

소음에 노출된 자라의 혈청내 cortisol과 corticosterone의 농도 변화는 실험종료시 목 부위정맥에서 채혈하여 분석하였다. 대조구의 혈청 cortisol 농도는 0.205 ng/mL이었으며 처리구는 1.373 ng/mL로 나타나 6.7배 정도 상승한 것으로 조사되었다(Fig. 4). Corticosterone 농도를 분석한 결과 대조구에서는 0.567 ng/mL이었으며 처리구는 0.775 ng/mL로 나타나 1.37배 정도 상승한 것으로 조사되었다(Fig. 5).

**Fig. 4.** Serum cortisol level of *Trionyx sinensis* exposed to the noise for 30 days (each 9 hours/day).**Fig. 5.** Serum corticosterone level of *Trionyx sinensis* exposed to the noise for 30 days (each 9 hours/day).

수중의 청각환경(the acoustic environment)은 인공음원으로 부터 발생한 소음 증가의 결과로서 상당히 시끄러운 것으로 알려져 있다(John et al., 1996). 수중의 청각환경에 영향을 미치는 대부분의 인간활동은 1.0 kHz 보다 낮은 주파수를 가진 소음을 발생시키며(Richardson et al., 1997), 이러한 주파수는 대부분의 어류의 hearing 범위 내에 존재한다고 알려져 있다(Fay, 1988; Schellart et al., 1992; Popper et al., 1993, 1999). 또한 앞에서 살펴본 바와 같이 자연수계에 서식하는 민어과 어류 및 해산포유류 등은 음을 이용하여 상호간의 주요 의사전달의 수단으로서 이용하고 있음이 알려져 있으며, 어류는 포식자의 공격에 대한 정보 및 먹이탐색활동을 자신의 청각기능에 의존한다고 보고되어 있다. 그러나, 수중생물에 대한 음의 영향에 관한 기존 연구는 주로 어업분야에서 효율적인 어로활동을 하기 위하여 활발히 진행되어 왔으며(Kim, 1985), 현재 건설소음에 의한 어류의 피해 건수는 상당히 증가하고 있는 실정이나 이에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서 실험기간 동안 자라의 생존율은 대조구와 처리구에서 유의한 차이를 보이지 않았으나, 성장률과 사료효율은 대조구에 비해 상당히 감소하는 경향을 보였다.

Shin(1995)의 연구에 따르면 건설현장의 파일작업으로 인해 발생한 소음으로 인해 가물치(*Channa argus*)가 도피처를 찾는 이상 유영행동을 보였으며, 전체적으로 파일작업중의 유영속도는 정상시에 비해 약 1.4배 더 빠르게 행동한다고 보고하였다. 따라서 건설현장에서 발생하는 소음은 수

증생물의 정상적인 섭이활동에 영향을 주어 성장률 및 사료효율을 저하시키는 것으로 판단된다.

Cortisol과 corticosterone은 생물이 육체적 또는 정신적 스트레스를 받은 경우에 조직속에 혈중으로 분비되어 상승하게 되는데 이는 외부자극을 방어하기 위한 반응을 일으키는데 중요한 역할을 한다(Lacroix et al., 2001). 이 호르몬과 관련되어 수중생물에도 많은 연구가 수행되어 수온, pH, 유속 및 독성물질 등에 의한 스트레스에 의해 증가된 보고가 많이 있다(Hontela, 1997; Kennedy et al., 1995; Vijayan et al., 1994). 본 연구에서 건설소음에 노출된 자라의 cortisol와 corticosterone의 농도는 대조구에 비해 증가되었는데, 이 결과를 통해 건설소음이 자라에 상당한 스트레스를 부여함을 확인할 수 있었다.

이러한 연구는 축산분야에서 닭의 실험결과와도 유사한데 건설소음 100 dB에 닭을 노출시킨 결과 혈중 cortisol이 정상치보다 4배정도 증가하였다고 보고하였다(Lee et al., 2003).

위의 결과를 종합해 볼 때 수중생물은 인간과 달리 소음원에 대한 인지능력이 부족하여 양식장 주변의 건설현장에서 인위적으로 발생된 소음의 인식을 자신에게 다가오는 위협적인 요인으로 해석하여 상당한 스트레스를 받을 개연성이 있을 것으로 사료된다. 건설소음 발생으로 인한 주변 양식장의 피해는 앞으로 더욱 증가할 것으로 추정되므로, 건설장비의 종류, 소음 노출시간 및 노출방법에 따른 수중생물의 피해량을 수치화할 수 있는 체계적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구는 현재 국내에서 체계적으로 건설소음에 의한 내수면 양식생물인 자라의 피해를 실험적으로 규명한 연구는 보고된 바가 없어, 건설현장에서 녹음한 건설소음을 스피커를 통하여 자라에 노출시켰다. 건설소음(80 dB)은 1일 9시간으로 하여 30일 동안 지속적으로 노출시켜 자라의 생존, 성장 및 호르몬(cortisol and corticosterone) 분비에 미치는 영향을 파악하였다. 본 연구를 통하여 소음에 노출된 자라의 피해에 관하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 자라의 생존율은 55 dB의 대조구와 80 dB의 처리구에서 유의한 변화를 보이지 않았다.
- 2) 자라의 성장률은 30일 동안 대조구에서의 자라 성장률은 224%를 보인 반면 처리구에서는 132%를 보여 상당한 성장 감소를 유발시킴을 확인할 수 있었다. 사료효율은 대조구 15.7%에 비해 처리구는 8.6%로 크게 감소된 것으로 나타났다.
- 3) 자라의 혈청내 cortisol의 농도 변화는 실험종료시 대조구에서 0.205 ng/mL이었으며, 처리구는 1.373 ng/mL로 나타나 6.7배 정도 상승한 것으로 조사되었다. Corticosterone 농도를 분석한 결과 대조구에서는 0.567 ng/mL이었으며, 처리구는 0.775 ng/mL로 나타나 1.4배 정도 상승한 것으로 조사되었다.

## 사 사

이 논문은 2005학년도 충주대학교의 학술연구조성비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, *환경분쟁조정사례집*, 환경부, (1992-2001).
- Fay, R. R., Hearing in Vertebrates: A Psychophysics Databook, *Hill-Fay Associates, Winnetka*, p. 621 (1988).
- Hontela, A., Endocrine and Physiological Responses of Fish to Xenobiotics: Role of Glucocorticosteroid Hormones, *Reviews in Toxicol.*, **1**, pp. 1-46 (1997).
- John, M. G. and Leonard, L. L., Injuries and Serum Enzyme Activities of Fingerling Channel Catfish(*Ictalurus punctatus*) Harvested with a Turbine Pump, *Aquacultural Engineering*, **15**(5), pp. 349-357 (1996).
- Kennedy, C. J., Sweeting, R. M., Farrell, A. P. and McKeown, B. A., Acute Effects of Chlorinated Resin Exposure on Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Environ. Toxicol. Chem.*, **14**, pp. 977-982 (1995).
- Kim, D. S., The Response of Fishes to Sound Stimulus, *Bull. Korean Fish. Soc.*, **18**(3), pp. 266-270 (1985).
- Kwon, H. B., Lim, Y. K., Choi, M. J. and Ahn, R. S., Spontaneous Maturation of Follicular Oocytes in *Rana Dybowskii* in Vitro: Seasonal Influences, Progesterone Production and Involvement of cAMP, *J. Exp. Zool.*, **252**(2), pp. 190-199 (1989).
- Lacroix, M. and Hontela, A., Regulation of Acute Cortisol Synthesis by cAMP-dependant Protein Kinase and Protein Kinase C in a Teleost Species, the Rainbow Trout(*O. mykiss*), *J. Endocrinol.*, **169**, pp. 71-78 (2001).
- Lee, H. M., Kim, S. and Lee, J. K., Investigation of Abnormal Eggs and Cortisol Stress Hormone in Laying Hens due to the Artificial Noise., *J. of KSEE.*, **25**(7), pp. 8-865 (2003).
- Myrberg, A., Ocean Noise and the Behavior of Marine Animals: Relationships and Implications. In: Fletcher, J. L. and Busnel, R. B. (ed.) *Effects of Noise on Wildlife*, Academic Press, New York, pp. 169-208 (1978).
- Popper, A. N. and Fay, R. R., Sound Detection and Processing by Fish: Critical Review and Major Research Questions, *Brain Behav. Evol.*, **41**, pp. 14-38 (1993).
- Popper, A. N. and Fay, R. R., The Auditory Periphery in Fishes, In: Fay, R. R. and Popper, A. N. (ed.) *Comparative Hearing: Fish and Amphibians*, Springer-Verlag, New York, pp. 43-100 (1999).
- Rhee, Y. J. and Song, Y. H., Effects of Sound Stimulation on Growth Performance, Feeding Behaviour and Egg Production in Egg-type Chickens, *J. of Livestock Housing and Environment*, **6**(2), pp. 91-96 (2000).
- Richardson, W. J. and Rsig, B. W., Influences of Man-made Noise and Other Human Actions on Cetacean Behavior, *Mar. Fresh. Behav. Physiol.*, **29**, pp. 183-209 (1997).
- Richardson, W. J., Greene, C. R., Malme, Jr., C. I. and

- Thomason, D. H., *Marine mammals and noise*, Academic Press, San Diego, p. 576 (1995).
- Schellart, N. A. M. and Popper, A. N., Functional Aspects of the Evolution of the Auditory System of Actinopterygian Fish. In: Webster, D. B., Fay, R. R. and Popper, A. N. (ed.), *The Evolutionary Biology of Hearing*, Springer-Verlag, New York, pp. 295-322 (1992).
- Scholik, A. R. and Yan, H. Y., Effects of Boat Engine Noise on the Auditory Sensitivity of the Fathead Minnow, *Pimephales Promelas*, *Environmental Biology of Fishes*, **63**, pp. 203-209 (2002).
- Shin, H. O., Effect of the Piling Work Noise on the Behavior of Snakehead (*Channa argus*) in the Aquafarm, *J. Korean Fish. Soc.*, **28**, pp. 492-502 (1995).
- Shin, H. O., Effect of Dynamite Explosion Work Noise on Behavior of Israeli Carp (*Cyprinus Carpio*) in the Cage of Aquaculture, *J. Korean Fish. Soc.*, **33**, pp. 348-356 (2001).
- Vijayan, M. M., Pereira, C. and Moon, T. W., Hormonal Stimulation of Hepatocyte Metabolism in Rainbow Trout Following an Acute Handling Stress, *Comp. Biochem. Physiol.*, **108C**(3), pp. 321-329 (1994).
- Yang, C. J., *Assessment of Economic Loss Resulting from Sound Stress in Pig Farming Facility*, Sunchon Natl. Univ. Bull., **16**, pp. 7-20 (1997).