

# 극동산, 북미산 및 유럽산 실뱀장어의 종 구분과 성장에 따른 형태적 변화

강언종 · 김광석 · 박승렬\* · 손상규

국립수산진흥원 진해내수면연구소, \*생물공학과

## Species Identification of Japanese, American, and European Eel Elvers, and Changes in Morphometric Characters According to Growth

Eon-Jong Kang, Kwang Seog Kim, Sung Real Park\* and Sang-Gyu Sohn

Jinhae Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Jinhae 645-750, Korea

\*Aquaculture Department, Biotechnology Division, NFRDI, Pusan 619-900, Korea

This study was conducted to obtain data for identification of species among elvers of anguillids, *Anguilla japonica* and *A. anguilla* and *A. rostrata* implanted in Korea for culture.

The longer predorsal length and the fewer number of vertebrae distinguished elvers of *A. rostrata* from those of *A. anguilla* and *A. japonica*. *A. japonica* and *A. anguilla* were well discriminated each other in the statistical value of preanal length which the former showed shorter distance.

It was remarked phylogenetically that the morphological changes according to growth in head and predorsal length of *A. rostrata* was different from other two species.

So the elvers of *A. japonica*, *A. anguilla* and *A. rostrata* culturing in Korea can be distinguished by the vertebral counts, predorsal and preanal length.

**Key words** : Elver, *Anguilla japonica*, *A. anguilla*, *A. rostrata*

### 서 론

뱀장어류의 양식은 이태리에서 시작되어 일본에서 집약적 양식을 시작한 이래 (Tesch, 1977; 根本, 1988), 현재는 주로 우리 나라를 비롯한 아시아 일대에서 뱀장어 (*Anguilla japonica*)를 대상으로 이루어지고 있다. 우리나라에서 뱀장어 양식은 金 (1988), 金 등 (1977), 金과 趙 (1974) 등의 양식에 대한 연구와 田 (1983), 田과 金

(1985)의 어병 연구 등을 거쳐 주로 전·남북 지방에 양식산업으로 정착되었으며, 그 면적은 전국적으로 248개소에 수면적 1,032,595m<sup>2</sup>에 이른다. 1990년도부터 1998년 현재까지 뱀장어 양식 생산량은 일정한 경향은 없으나, 1992년 3,148톤을 생산하여 최고를 기록한 이래 연간 약 2,000톤 정도를 유지하고 있다 (농림수산통계연보, 1991~1995; 어업생산량통계 1996~1998).

한편 1998년도 현재 뱀장어 어로어업 생산량은 14톤에 불과한 반면 양식 생산량은 2,213톤에 달해 전체 담수 양식 생산량의 11.1%에 해당하는 주요 양식산업으로 발달하였으며, 단일 어종으로서는 유일하게 수산업협동

본 연구는 1999년도 수산특정연구개발비의 지원으로 이루어졌음.

조합이 결성된 정도로 중요하다.

우리 나라와 일본 및 중국에서 양식하는 *A. japonica* 는 인공종묘 생산기술이 개발되지 않았으므로 (Takahashi and Sugimoto, 1978; Yu *et al.*, 1993; Yu and Tsai, 1994), 마리아나열도 서부 북위 15도, 동경 140도 부근에서 산란하여 (Tsukamoto, 1992) 부화한 후 해류를 따라 회유하면서 성장하여 강 하구에 도달한 실뱀장어 (glass eel)를 포획하여 이용하고 있어 실뱀장어 포획 정도가 한 해의 양식을 좌우하는 실정이다.

실뱀장어의 소상량은 해마다 감소하는 추세에 있고, 연간 포획되는 양은 변동이 심하여 예측할 수 없으므로 양식용 종묘의 가격 상승과 수급 불균형으로 문제시되고 있으며, 우리 나라에서 필요한 수량을 확보하기 위해 많은 양을 중국 등 외국에서 수입하고 있는데 1999년에는 3.1톤을 수입한 것으로 나타났다. 이처럼 자원이 부족하고 공급이 불안정한 극동산 뱀장어 *A. japonica*의 실뱀장어 확보를 위해 인공종묘 생산기술의 개발이 주목을 받고 있지만 현재로서는 대체 자원의 이용이 손쉬운 방법 이어서 뱀장어속 내의 다른 종을 이용하려는 노력이 대두되고 있다. 대체 자원으로 관심을 받고 있는 종은 아직 자원이 풍부하여 종묘의 가격이 비교적 싼 유럽산 뱀장어 *A. anguilla*와 북미산 뱀장어 *A. rostrata*로 이들 외국산 실뱀장어의 이용은 우리 나라 또는 인근 국가의 뱀장어 *A. japonica* 자원이 회복되는 동안 양식산업을 유지할 수 있다는 측면에서 중요하므로 경제적·학술적으로 주목되고 있는 바 근래 양식용으로 수입하여 양식하려는 노력이 활발한 실정 이지만 *A. japonica*와 가격 차이가 많아 유통에 문제점이 대두되어 3종에 대한 손쉬운 동정 방법이 필요하게 되었다. 한편 이들 종은 실뱀장어 수준에서 중간 구분이 어려워 전기영동법에 의한 구분 (Taniguchi *et al.*, 1972)이 시도된 바 있으나 일반적인 접근이 어려웠고, 대만의 경우 자연산을 대상으로 종 구분을 연구 (曾, 1982, 1983; Tzeng and Tabeta, 1983; Lee *et al.*, 1997)하여 북미산에 대해서는 비교 검토되지 않았다.

본 연구는 외국에서 수입되는 유럽산 뱀장어 (*A. an-*

*guilla*)와 북미산 뱀장어 (*A. rostrata*) 그리고 극동산 뱀장어 (*A. japonica*)의 실뱀장어 구분을 위해 형태적 분석을 실시하여 중간 구분 형질을 밝혔기에 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

시험에 이용된 실뱀장어는 이식된 유럽산 실뱀장어 (영국산)와 북미산 실뱀장어 (미국산) 그리고 우리 나라 동진장에서 포획된 극동산 실뱀장어의 3종으로 꼬리지느러미를 제외한 몸의 부위에 흑색소포가 발달하지 않은 glass eel 단계 (Tesch, 1977)이었다. 각 종류의 실뱀장어는 임의로 10마리씩 10% 포르마린액에 고정한 후 몸의 각부를 측정 및 계수하였다.

계측 형질은 뱀장어의 종 구분에 중요한 것으로 보고된 (Tesch, 1977; Tzeng and Tabeta, 1983) 전장, 두장, 뒷지느러미 기점거리, 등지느러미 기점거리를 1/20 digital caliper로 측정하였고, 측정 결과는 전장에 대한 백분비로 비교하였다 (Fig. 1).

계수 형질은 뱀장어 구분 형질로 알려진 척추골수를 조사하였으며, 척추골수의 수는 소프트 x-ray로 촬영한 후 실체현미경하에서 계수하였다.

한편 본 조사 대상 종은 양식을 위해 이식되므로, 양식 조건에서 성장이 되는 성장 단계별로 체형 변화와 중간 차이점을 알아보기 위해 사육 6개월 후 각 종별 가장 작은 크기와 큰 크기에서 임의로 10개체씩을 조사하였다.

## 결 과

### 두장의 비교

의 실뱀장어에서 두장을 전장에 대한 백분비로 비교한 결과 *A. anguilla*는  $11.4 \pm 0.5$  (10.4~12.2)%, *A. japonica*는  $10.7 \pm 0.3$  (10.4~11.1)%, *A. rostrata*는  $10.9 \pm 0.4$  (10.4~11.7)%로 나타나 세 종간 범위 및 평균치가 거

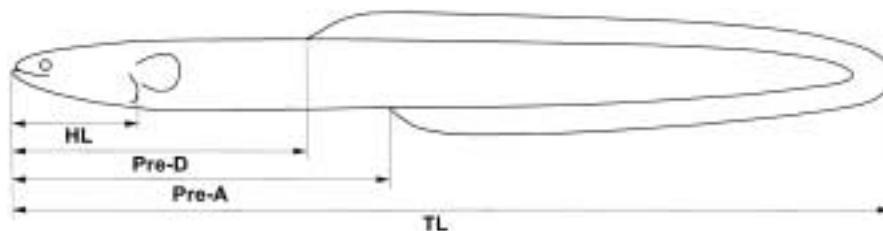


Fig. 1. Diagram showing body measurements. HL: head length, Pre-D: predorsal length, Pre-A: preanal length, and TL: total length.

의 중복되었다 (Fig. 2A).

등지느러미 기점거리의 비교

뱀장어의 등지느러미 기점거리 비교 결과 *A. anguilla*는  $26.9 \pm 1.1$  (24.3~28.5)%, *A. japonica*는  $26.8 \pm 1.0$  (25.8~28.7)%, *A. rostrata*는  $36.3 \pm 0.9$  (35.2~38.4)%로 나타나 (Fig. 2B), *A. rostrata*는 등지느러미 기점거리가 비교적 긴 종류에 해당하였으며, 다른 두 종과 완전히

구분되었다. 한편 *A. japonica*와 *A. anguilla*의 두 종은 등지느러미 기점거리가 비교적 짧은 종류로 두 종의 범위가 거의 중첩되었다.

뒷지느러미 기점거리의 비교

뒷지느러미 기점거리의 비교 결과 *A. anguilla*는  $38.3 \pm 1.3$  (36.8~40.3)%, *A. japonica*는  $35.5 \pm 1.0$  (33.7~37.2)%, *A. rostrata*는  $38.4 \pm 0.9$  (36.9~39.8)%로 나타나

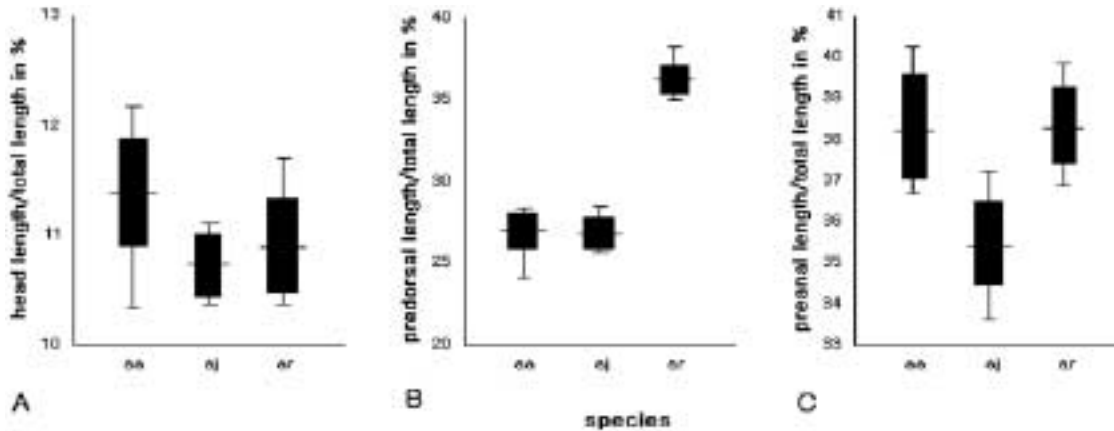
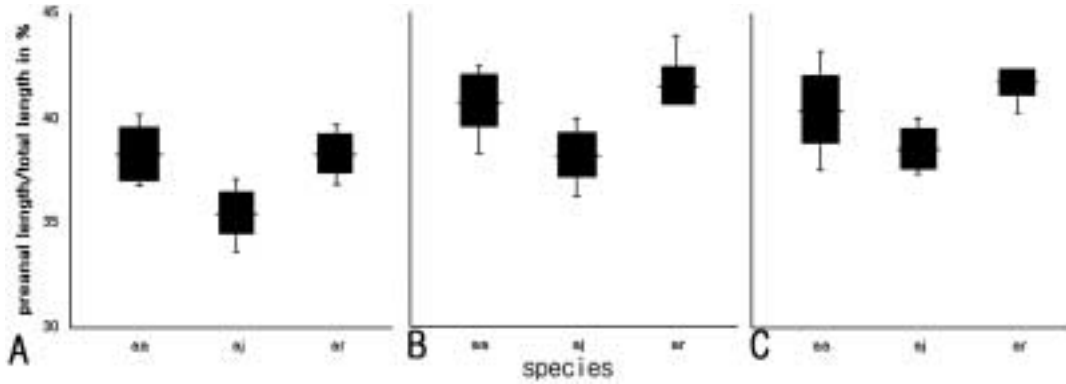


Fig. 2. omparison of head length, predorsal length, and preanal length among anguillid species. aa; *Anguilla anguilla*, aj; *Anguilla japonica*, ar; *Anguilla rostrata*.

Table 1. Comparison of some measurements of *A. anguilla*, *A. japonica*, and *A. rostrata* according to size group of specimens. Mean  $\pm$  standard deviation and range in parenthesis (n = 10 for each group)

Species		<i>A. anguilla</i>	<i>A. japonica</i>	<i>A. rostrata</i>
Elver	Total length (mm)	57.37~67.85	50.89~58.26	51.92~57.94
	In % of total length			
	head length	$11.39 \pm 0.50$ (10.35~12.19)	$10.73 \pm 0.29$ (10.38~11.13)	$10.91 \pm 0.44$ (10.37~11.72)
	pre-dorsal length	$26.91 \pm 1.11$ (24.27~28.47)	$26.83 \pm 1.02$ (25.78~28.63)	$36.26 \pm 0.89$ (35.17~38.36)
Small group	pre-anal length	$38.34 \pm 1.28$ (36.83~40.27)	$35.50 \pm 1.03$ (33.67~37.22)	$38.35 \pm 0.93$ (36.89~39.82)
	Total length (mm)	99.14~133.27	100.27~140.58	84.79~113.01
	In % of total length			
	head length	$12.92 \pm 0.70$ (11.75~14.05)	$11.90 \pm 0.42$ (11.36~12.83)	$13.54 \pm 0.49$ (12.73~14.55)
Large group	pre-dorsal length	$29.25 \pm 1.42$ (26.63~31.95)	$28.83 \pm 1.04$ (27.43~30.98)	$32.84 \pm 1.56$ (30.86~36.44)
	pre-anal length	$40.82 \pm 1.28$ (38.35~42.53)	$38.26 \pm 1.07$ (36.24~40.04)	$41.54 \pm 0.91$ (40.77~44.00)
	Total length (mm)	176.03~221.56	229.58~293.74	132.06~154.04
	In % of total length			
head length	$12.17 \pm 0.85$ (11.06~13.46)	$11.32 \pm 0.46$ (10.67~12.14)	$12.70 \pm 0.29$ (12.30~13.17)	
Large group	pre-dorsal length	$29.19 \pm 0.90$ (27.90~30.71)	$29.29 \pm 1.22$ (27.62~31.02)	$33.06 \pm 1.05$ (31.31~34.72)
	pre-anal length	$40.47 \pm 1.62$ (37.58~43.31)	$38.58 \pm 0.99$ (37.48~40.11)	$41.72 \pm 0.64$ (40.33~42.47)



**Fig. 3.** Comparison of preanal length of *A. anguilla* (aa), *A. japonica* (aj), and *A. rostrata* (ar) according to growth. A; elver, B; small-size group, and C; large-size group. See table 1 for size range of each group.

(Fig. 2C), *A. japonica*는 뒷지느러미 기점거리가 비교적 짧은 종류에 해당하였고, *A. anguilla*와 *A. rostrata*는 뒷지느러미 기점거리가 비교적 긴 종류로 각각 구분되었다.

**성장에 따른 변화**

3종의 성장에 따른 각 분류형질 변화를 분석한 결과는 Table 1과 같다.

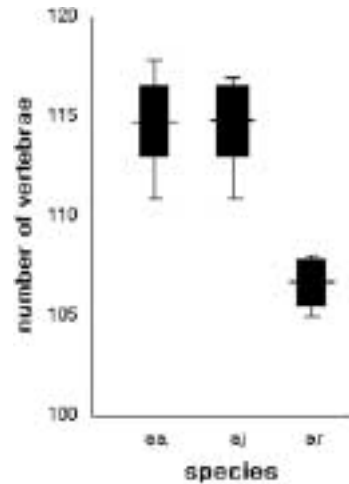
두장에 있어서 *A. anguilla*와 *A. japonica*는 성장함에 따라 거의 일정한 간격의 차이를 두고 증가 후 감소하지만, *A. rostrata*의 경우는 실뱀장어기에는 위의 두 종의 중간 위치에 있다가 성장함에 따라 두 종보다 약간 큰 쪽으로 변화하여 주목되었다.

한편 등지느러미 기점거리에 있어서도 *A. rostrata*의 경우는 특이하게 그 비율이 감소하였지만, *A. anguilla*와 *A. japonica*는 다소 증가하는 경향이었으며 각 종의 크기가 뒤바뀌는 현상은 나타나지 않았다.

한편 뒷지느러미 기점거리에 있어서는 3종 모두 거의 일정한 경향으로 증가하는 경향을 보였으며, *A. anguilla*와 *A. japonica*의 경우 그 차이가 성장함에 따라 둔화되어 전장 170 mm 이상에서는 뒷지느러미 기점거리의 차이가 거의 나타나지 않지만, *A. rostrata*의 경우 *A. japonica*와 완전히 구분되어 주목되었다 (Fig. 3).

**척추골수의 비교**

척추골수 비교 결과 *A. anguilla*는 평균 114.8 (111~118)개, *A. japonica*는 평균 114.8 (111~117)개, *A. rostrata*는 평균 106.7 (105~108)개로 나타나 (Fig. 4), *A. rostrata*는 척추골수가 다른 두 종에 비해 적어 잘 구분되었으며, *A. anguilla*와 *A. japonica*는 평균 및 범위가 완전히 중복되어 서로 구분할 수 없었다.



**Fig. 4.** Comparison of number of vertebrae among eel species. aa; *Anguilla anguilla*, aj; *Anguilla japonica*, ar; *Anguilla rostrata*.

**고 찰**

뱀장어속 어류의 종 동정은 특히 실뱀장어의 경우 성장에 따라 색소와 체형 등이 변화되기 때문에 아주 어려우며, 성장에 따라 변화하지 않는 분류 형질로는 척추골수, 근절수, 등지느러미와 뒷지느러미의 길이 정도인 것으로 알려졌다 (Tesch, 1977).

우리나라의 경우 뱀장어속 어류는 뱀장어 (*A. japonica*)와 무태장어 (*A. marmorata*)의 두 종뿐이며 (김, 1997), 무태장어는 우리나라 남부 지역이 서식 북한지로 자원량이 많지 않아 실뱀장어의 종 구분이 보고된 바 없는 실정이다.

뱀장어류에서 분류학적으로 중요한 형질인 척추골수에 있어서 우리나라에 출현하는 *A. japonica*는 111~117

(평균 114.8)개로 기존에 보고된 계수치인 114~119개와 잘 일치하였으며 (Tesch, 1977; Tzeng and Tabeta, 1983), 이는 유럽산 *A. anguilla*와는 범위가 완전히 중복되기 때문에 중간 구분형질로 이용될 수 없었다. 한편 *A. rostrata*는 척추골수가 105~108 (평균 106.7)개로 기존의 보고와 잘 일치하였으며 (Tesch, 1977), 그 범위가 다른 두 종에 비해 현저히 적어 구분 형질로 이용할 수 있었다.

종 구분의 특징으로 많이 이용된 등지느러미 길이의 경우 *A. japonica*는 등지느러미 기점거리가 체장의 25.8~28.6 (평균 26.8)%로 대만에서 보고된 24.5~30.5 (평균 27.8)%와 분류학적으로 차이가 없었으며 (Tzeng and Tabeta, 1983), *A. anguilla*는 이와 유사하게 24.3~28.5 (평균 26.9)% 이어서 두 종간 구분형질로 이용할 수 없었다. 한편 *A. rostrata*는 35.2~38.4 (평균 36.3)%로 다른 두 종과 현저히 달라 구분되었으므로 척추골수와 같이 *A. rostrata*를 구분짓는 중간 구분 형질로 이용이 가능한 것으로 사료되었다.

뱀장어속 어류는 등지느러미 길이가 긴 종류와 짧은 무리로 구분되는 바 (Tesch, 1977) 조사한 3종은 모두 등지느러미가 긴 무리에 해당하지만, *A. rostrata*는 다른 2종에 비해 비교적 짧은 것으로 나타났다.

성장에 따른 이들 계측형질의 변화는 *A. rostrata*의 경우 특이하게 두장이 증가하고 등지느러미 기점거리가 감소하는 경향을 보이는 등 다른 두 종과 형태적 변화가 달리 나타나 척추골수가 다른 두 종에 비해 현저히 적은 점등과 관련하여 계통학적으로 주목되었다. 한편 뱀장어 시기의 *A. japonica*는 등지느러미 기점거리가 19.2~32.4, 뒷지느러미 기점거리가 19.0~35.7% (Liao et al., 1996)로 실뱀장어로 변태하면서 그 크기가 약간씩 증가되었음을 알 수 있어 본 조사의 측정치가 약간씩 증가되는 경향과 일치되는 결과를 보였다.

3종을 비교할 때 척추골수와 등지느러미 기점거리에 있어서 *A. japonica*와 *A. anguilla*는 서로 유사하게 나타내 반해 *A. rostrata*는 구분이 되었고, 뒷지느러미 기점거리에서는 *A. anguilla*와 *A. rostrata*가 서로 유사하고 *A. japonica*는 이들과 다르게 나타나 분류학적으로 주목되었다. 실뱀장어 시기의 뒷지느러미 기점거리의 경우 *A. japonica*는 체장의 33.7~37.2 (평균 35.5)%로 각각 36.8~40.3 (평균 38.3)%와 36.9~39.8 (평균 38.4)%인 *A. anguilla* 및 *A. rostrata*와 약간의 범위는 중복되지만 평균±1 표준편차의 범위에서 두 종과 완전히 구분되므로 구분형질로서 이용이 가능한 것으로 사료되었다 (Figs. 2A, 3A). 한편 *A. anguilla*와 *A. japonica*의 이러한 차이점은 성장함에 따라 둔화되는 특징을 보이고 있어

뒷지느러미 기점거리의 특징은 실뱀장어 시기의 특징인 것으로 사료되었다.

## 적 요

국내에 이식된 유럽산 및 북미산 실뱀장어와 극동산 실뱀장어의 구분을 위해 계수 계측 형질을 비교한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

*A. rostrata*는 등지느러미 기점거리가 길고 척추골수가 현저히 적어 *A. anguilla*와 *A. japonica*로부터 구분되었다. 한편 *A. japonica*는 뒷지느러미 기점거리가 다른 두 종에 비해 짧아 통계적으로 구분되었다.

성장에 따른 형태적 변화를 조사한 결과 *A. rostrata*는 두장, 등지느러미기점거리의 비율이 두 종과 다른 변화 경향을 보여 계통학적으로 주목되었다.

이러한 결과를 토대로 *A. japonica*, *A. anguilla* 및 *A. rostrata*는 등지느러미 기점거리, 뒷지느러미 기점거리, 척추골수의 특징을 조합하여 중간 구분이 가능한 것으로 나타났다.

## 인 용 문 헌

- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편 (담수어류), 문교부, 서울, 629 pp.
- 金仁培. 1988. 뱀장어 養殖. 養殖開發 (潞林水產養殖開發研究所) 6 : 83~111.
- 金仁培 · 金容億 · 趙載潤. 1977. 뱀장어 養殖에 關한 研究 (循環濾過式 利用). 韓水誌 10(2) : 115~124.
- 金仁培 · 趙載潤. 1974. 뱀장어의 初期飼育에 關한 研究. 韓水誌 7(4) : 179~186.
- 농림수산통계연보. 1991~1995. 농림부.
- 宋相鎬. 1977. 실뱀장어 온도별 고밀도 사육. 논문집 (여수수산대학) 11 : 67~70.
- 어업생산량통계, 1996~1998. 해양수산부.
- 田世圭. 1983. 高密度 養殖水槽의 疾病對策. 韓水誌 16(2) : 103~110.
- 田世圭 · 金鎮禹. 1985. *Vibrio*菌에 대한 養殖( *Anguilla japonica* )의 免疫反應. 韓水誌 18(5) : 464~470.
- 根本 清. 1988. 施設養鰻技術. 恒星社厚生閣, 東京, 170 pp.
- 曾萬年. 1982. 記臺灣新記錄之西里伯鰻鰻線. 生物科學 19 : 57~66.
- 曾萬年. 1983. 臺灣產鰻線之種類識別及其生產量. 中國水產 366 : 16~23.
- Lee, S.C., S.C. M. Tsoi, H.L. Cheng, and J.T. Chang. 1997. Identification of *Anguilla japonica* and *A. marmorata* eelers by allozyme electrophoresis. J. Fish. Biol., 51(1) : 208~210.
- Liao, I.C., C.-L. Kuo, W.-N. Tzeng, S.-T. Hwang, C.-L.

- Wu, C.-H. Wang, and Y.-T. Wang. 1996. The first time of leptocephali of Japanese eel *Anguilla japonica* collected by Taiwanese researcher. J. Taiwan Fish. Res., 4(2) : 107~116.
- Taniguchi, N., J. Takahashi, and Y. Konishi. 1972. Studies on a biochemical method for identification of the European and Japanese freshwater eel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 38(6) : 627~631 (In Japanese with English summary).
- Takahashi, H. and Y. Sugimoto. 1978. Spontaneous hermaphrodite of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, and its artificial maturation. Jap. J. Ichthyol., 24(4) : 239~245.
- Tesch, F.-W. 1977. The Eel. Biology and management of anguillid eels. Chapman and Hall, London, 434 pp.
- Tsukamoto, K. 1992. Discovery of the spawning area for Japanese eel. Nature 356 : 1989~1991.
- Tzeng, W.-N. and O. Tabeta. 1983. First record of the short-finned eel *Anguilla bicolor pacifica* elvers from Taiwan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49(1) : 27~32.
- Yu, T.C. and C.L. Tsai. 1994. Studies on the artificial propagation of Japanese eel, *Anguilla japonica*. TFRI Newsletter 61 : 5~8. In Proceedings of FOID 99 on New technologies for aquaculture in fisheries and ocean Industrial development. Aug. pp. 25~26, 1999. Pusan.
- Yu, T.C., C.L. Tsai, Y.S. Tsai, and J.Y. Lai. 1993. Induced breeding of Japanese eels, *Anguilla japonica*. Journal of Taiwan Fisheries Research 1(1) : 27~34. (In Chinese with English abstract). In Proceedings of FOID 99 on New technologies for aquaculture in fisheries and ocean Industrial development. Aug. pp. 25~26, 1999. Pusan.

Received : August 21, 2000

Accetped : December 6, 2000