

## 필리핀 연안에 접안하는 열대산 실뱀장어 *Anguilla marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 형태 및 유전적 특징

이남실\* · 김재홍\*\* · 이배익\* · 김신권\* · 나진호\*\* · 김광석\* · 김대중†  
(\*국립수산과학원 · \*\*양만수산업협동조합)

### Morphological and Molecular Identification of a Tropical Glass eels *Anguilla marmorata* and *A. bicolor pacifica* from Philippines Coast

Nam-Sil LEE\* · Jae-Hong KIM\*\* · Bae-Ik LEE\* · Shin-Kwon KIM\* · Jin-Ho NA\*\* ·  
Kwang-Seog KIM\* · Dae-Jung KIM†

(\*National Fisheries Research and Development Institute · \*\*Eel Fisheries Cooperatives Federation)

#### Abstract

Recently, import supply of glass eels from Philippines has been increased in South Korea, and the species distinction was very important to import traders and *Anguilla marmorata* and *A. bicolor pacifica* are major species at Philippines. In this study, the species distinction and the rate were researched targeting imported glass eels from the estuaries of North Luzon and the South Mindanao in May and July, 2014. Dorsal fin position and pigmentation pattern at caudal fin are the trait standard for species distinction. The results about morphological identification were coincide with the result of the genetic identification, and the regional distribution of *A. marmorata* rate was over 90% at North Ruzon in May. However, the rates of *A. bicolor pacifica* and *A. mamorata* were 63.3% and 36.7% in May, and were 53.3% and 46.7% in July respectively at South Mindanao.

**Key words :** *Anguilla bicolor pacifica*, *Anguilla marmorata*, Philippines glass eel, Molecular identification, morphological identification

#### I. 서론

국내 뱀장어 양식은 전라도 지방을 중심으로 활발히 이루어지고 있으며, 주요 양식종은 극동산 뱀장어(*Anguilla japonica*)이다(Kang et al., 2000). 양식어종 중에서는 생산금액으로 2014년도 통계 4000억원을 넘는 넓치에 이어 2120억원 수준의 국내 2위를 차지하는 주요 양식산업으로 정

착되어 있다(Ministry of Fisheries). 국내 뱀장어 생산량은 2007년 10,557톤으로 최고를 기록한 이래 최근 자연환경의 변화와 남획 등으로 종묘로 사용되는 뱀장어 치어(이하 실뱀장어)의 어획부족으로 2013년에는 5,204톤, 2014년에는 5,716톤으로 근간에는 6,000톤 미만으로 감소하고 있는 추세이다(Ministry of Fisheries).

이러한 극동산 실뱀장어 어획부족으로 국내업

† Corresponding Author : 051-720-2181, djkim4128@korea.kr

\* 이 논문은 국립수산과학원 연구과제인 뱀장어 인공 종묘생산 기술개발(RP-2015-AQ-056)과 극동산 민물장어 대체어종 양식기술개발(A20150125)의 연구지원으로 수행되었습니다.

계는 유럽 및 미국산 실뱀장어를 이식하여 양식을 시도하였으나, 유럽연합 및 미국의 규제 강화로 최근에는 비교적 가격이 저렴하고 구입이 용이한 동남아시아, 아프리카산 실뱀장어에 대한 관심이 크게 대두되고 있다. 특히 동남아에서 채포되어 이식되는 *A. bicolor* 종의 이식량은 최근 들어 크게 늘어났으며, 2013년에는 전체 이식종의 약 45%를 차지할 만큼 양적으로 증가하였다 (National Fisheries Products Quality Management service).

동남아산 실뱀장어의 주요산지인 필리핀에서는 무태장어(*A. marmorata*)와 *A. bicolor pacifica*가 동일 하구역에서 같은 시기에 혼획, 채포되고 있으며, 현지 수입업자들은 *A. marmorata*에 비해 저수온에는 민감하지만 성장속도가 빠르고 극동산 뱀장어와 형태가 유사한(Luo et al., 2013) *A. bicolor pacifica*를 선호하여 이를 선택적으로 이식하려는 동향이 있어 실뱀장어 단계에서 두 종을 간단하고 신속하게 구별하여 선별 할 수 있는 분류 방법이 절실히 요구 되고 있다.

현재 이들 종의 형태적인 분류 방법에 의한 중간 동정은 유전자 분석 방법에 의해서 이루어지고 있으나(Jamandre et al., 2007), 유전자 분석은 시간과 비용이 많이 소요되고, 분석에 사용된 개체는 폐사되기에 이 방법은 양식어민들이 두 종을 간편하게 선별하기 위해 적용 할 수 있는 종 분류 방법은 아니다.

본 연구에서는 2014년 5월과 7월에 필리핀 루손섬 북쪽 해안과 민다나오섬 남쪽 해안에서 채집하여 수입된 소상초기의 실뱀장어를 대상으로 현지에서 육안으로 구분되는 것으로 알려져 있는 척색 말단의 색소세포의 분포형태와 등지느러미와 항문 사이 간격의 계측형질을 함께 비교함으로써 일반인들도 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 구분을 실뱀장어 수준에서 외부 형태학적으로 쉽게 구분 가능한 방법을 선택하여 활용하였으며, 분류법의 정확성을 유전자 분석을

통하여 비교 확인하였다.

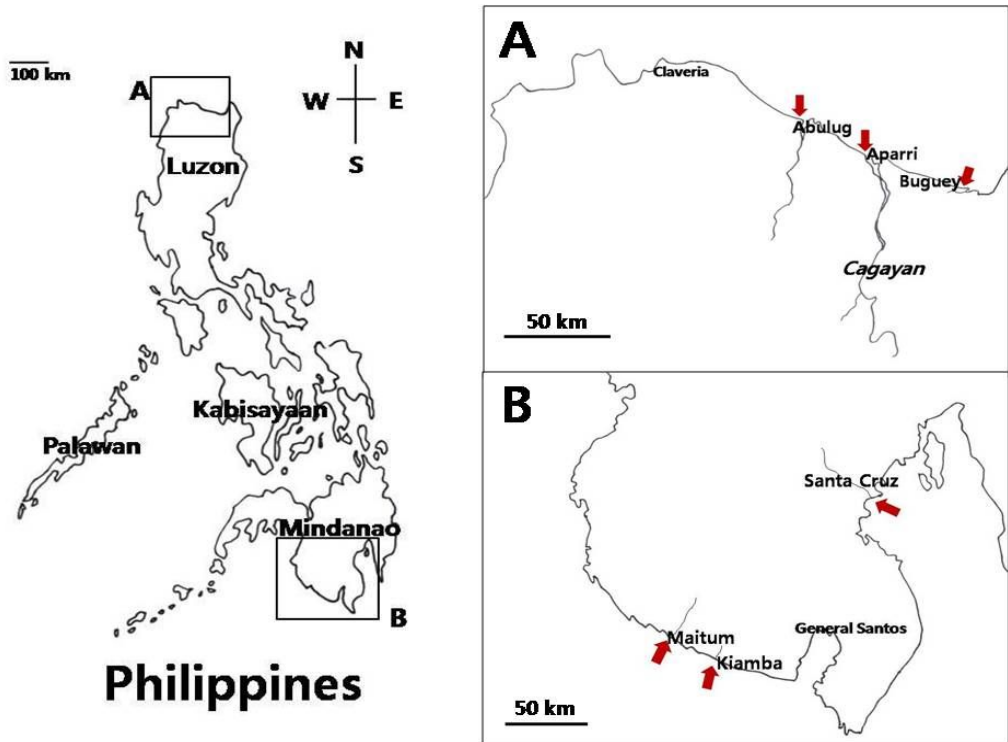
## II. 재료 및 방법

2014년 5월 7일에 필리핀 루손섬 북쪽 Abulug, Aparri, Buguey 의 연안에서 채집된 실뱀장어를 1차로, 5월 12일에 민다나오 남쪽 Maitum, Kiamba, Santa Cruz 의 연안에서 채집된 실뱀장어를 2차로 수입하였다. 7월 28일에 2차와 같은 지역에서 3차로 필리핀산 실뱀장어를 수입하였다[Fig. 1]. 루손섬 북쪽에서 채집된 1차 실뱀장어 시료의 종 분류를 위해 30마리(평균체장:  $4.85 \pm 0.18$  cm)를 유전학적 분류에 사용하였으며, 남은 28마리는 형태학적 분류에 사용하였다. 민다나오 남쪽에서 채집된 2차 실뱀장어 시료 30마리(평균체장:  $4.99 \pm 0.16$  cm)에 대해서는 유전학적, 형태학적 분류를 같은 시료를 사용하여 실시하였다. 7월에 민다나오 남쪽에서 채집된 3차 실뱀장어 시료 30마리(평균체장:  $5.00 \pm 0.19$  cm)에 대해서도 같은 시료를 사용하여 유전학적 및 형태학적 종 분류를 실시하였다(<Table 1>).

### 1) 유전학적 종 분류

유전학적 분류를 위해 1, 2, 3 차 시료를 개체별로 에탄올에 고정하여 유전자분석에 사용하였다. 목적유전자인 mtDNA 사이토크롬 b 유전자 분석을 위하여 universal primer인 Cyto-HE (5'-CCATCCAACATCTCAGCATGATGAAA-3')와 Cyto-L1 (5'-GCCCTGAGAATGATATTTGTCTCA-3') set 을 사용하여 melting temperature 50°C로 유전자 증폭을 실시하였으며, 염기서열분석을 위해 ABI Big Dye Terminator v.3.1, Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems), DNA sequencing analysis software (Applied Biosystems) 그리고 SeqMan Software (DNASTAR Lasergene 8 package)를 사용하였다. 유전자 분석 후 NCBI 자료와 비교하여 종을 분류하였다.

필리핀 연안에 접안하는 열대산 실뱀장어 *Anguilla marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 형태 및 유전적 특징



[Fig. 1] Sampling sites at Philippines (A: North seashore of Luzon, B: South seashore of Mindanao, Arrows: estuaries of sampling locations)

<Table 1> Samples information about 1 to 3 times

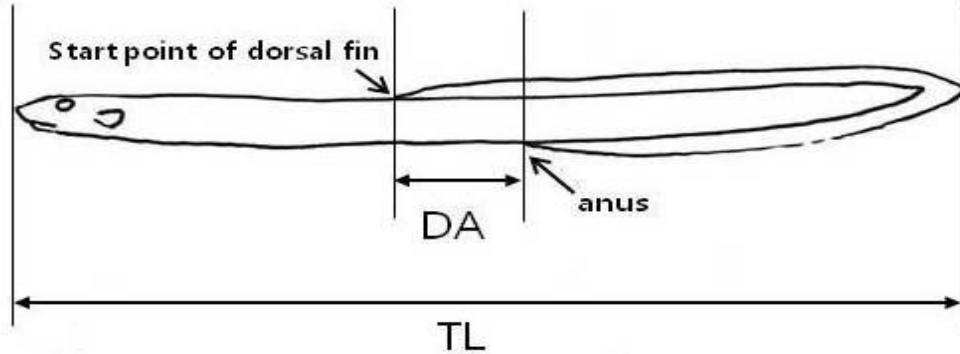
Sampling time	Date	Sample No.	Sample size (cm)	Captured site (Fig.1)
1	7 May 2014	30 + 28*	4.85±0.18	North Philippines (A)
2	12 May 2014	30	5.04±0.22	South Philippines (B)
3	28 July 2014	30	5.00±0.19	South Philippines (B)

Asterisks (\*): Sample number for morphological identification of 7. May 2014.

## 2) 형태학적 종 분류

형태학적 관찰을 위해 실뱀장어는 얼음물에 마취시킨 후, 버니아캘리퍼스(Mitutoyo, Japan)를 사용하여 전장(TL: total length)을 측정하였으며[Fig. 2], 실체현미경(SteReo Discovery. V.20, ZEISS, Germany)으로 전신을 관찰하고 미부의 꼬리지느

리의 색소침착 패턴을 관찰하면서 현미경에 연결된 촬영시스템(AxioCamMRC5, ZEISS, Germany)으로 사진 촬영하였다. 종 구분을 위한 다른 형태학적 방법으로 [Fig. 2]에서 나타내는 dorso-anal length (DA)를 현미경과 촬영시스템으로 확인하였으며 1, 2, 3 차 시료 중 각 종에 해당하는 15마리씩에 대해서는 DA/TL 의 비율을 계산하였다.



[Fig. 2] Measurement standard (TL: total length, DA: dorso-anal length)

### Ⅲ. 결 과

#### 1) 유전학적 종 분류

시료의 유전자 분석에 해당하는 부분은 mtDNA 사이토크롬 b 유전자 300bp이며, *A. marmorata* 와 *A. bicolor pacifica* 사이에 18개의 염기부분에 대하여 차이를 나타내었다([Fig. 3]). 이 부위의 비교 결과 1차 시료 30마리 유전자 분석

에서 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 28:2 로 각각 93.3%와 6.7%의 비율로 확인되었고, 2차 시료는 30마리에 대한 유전자 분석 결과 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 11:19로 각각 36.7%와 63.3%의 비율을 나타내었다. 3차 시료 30마리의 유전자 분석 결과 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 14:16로 각각 46.7%와 53.3%였다.

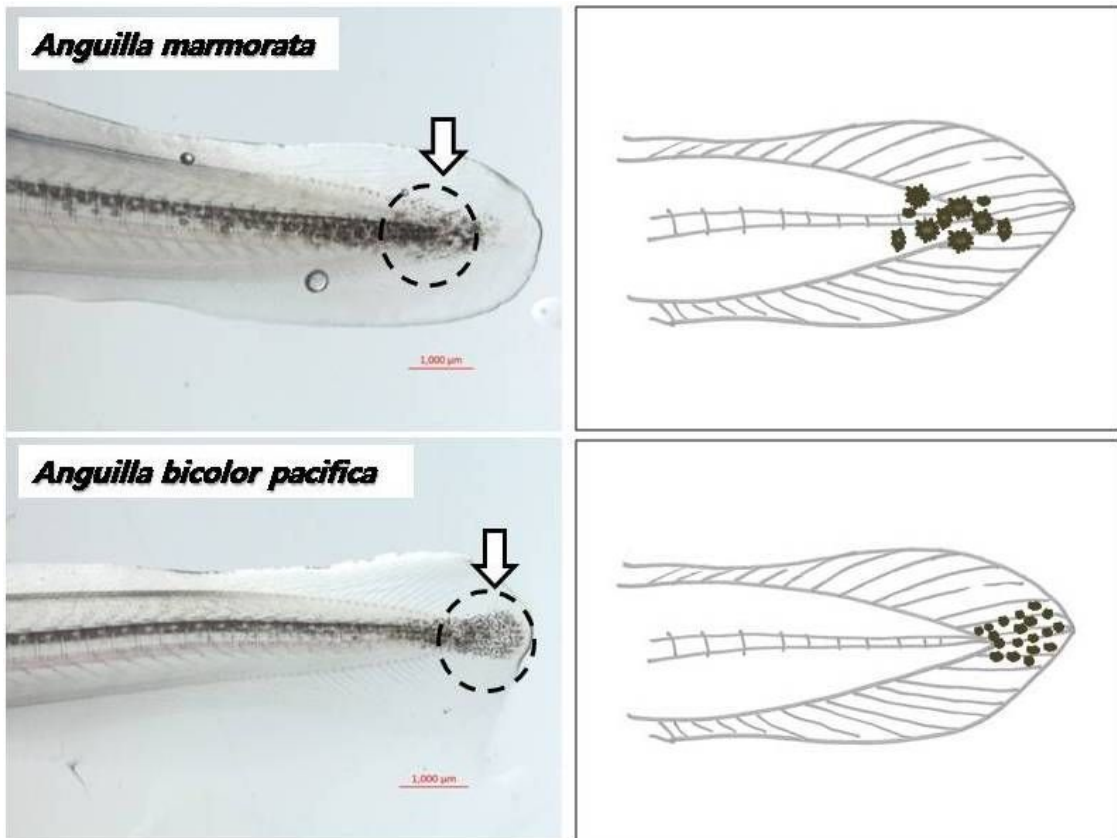
	Score	Expect	Identities	Gaps	Strand	
	455 bits(246)	7e-133	282/300(94%)	0/300(0%)	Plus/Plus	
<i>A. marmorata</i>	1	TGCTGTTATTACTAATAGGAATAGTACGACTCCGATGTTTCATGTTTCTTTGTAAAG	60	★		
<i>A. bicolor pacifica</i>	1	TGCTGTTATTACTAATAGGAATAGTACGACTCCGATGTTTCATGTTTCTTTATAAAG	60			
<i>A. marmorata</i>	61	ATATGAACCGTAGTAAAGTCCTCGGGCAATGTGAAGGTATAGGCAGATGAAAAAGAAGGA	120	★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★		
<i>A. bicolor pacifica</i>	61	ATATGATCCGTAGTAAAGTCCTCGGGCGATGTGGAGGTATAGACAAATGAAGAAGATGA	120			
<i>A. marmorata</i>	121	GGCTCCGTTTGCAITGTAAGTTGCGGATTAGTCATCCGTAATTAACGTCTCGGCAAAATGTG	180	★ ★ ★ ★ ★		
<i>A. bicolor pacifica</i>	121	GGCTCCGTTTGCAITGTAGTTGCGGATTAGTCATCCGTAGTTAACGTCTCGGCAAAATATG	180			
<i>A. marmorata</i>	181	GGCTACTGAGGAAAAGGCCAGTTGAGATGTCTGATGTGTAGTGTATGGCTAGGAATAGTCC	240	★ ★ ★ ★		
<i>A. bicolor pacifica</i>	181	GGCTACTGAGGAGAAGGCCGTTGAAATGTCTGATGTATAGTGTATGGCTAGGAATAGTCC	240			
<i>A. marmorata</i>	241	TGTGATGATTTGTGAGATTAGGCATAATCCTAGGAGAGAGCCAAAATTCATCATGCTGA	300	★ ★ ★		
<i>A. bicolor pacifica</i>	241	TGTAACGATTTGTGAGATAAGGCATAATCCTAGGAGAGAGCCAAAATTCATCATGCTGA	300			

[Fig. 3] Alignment about the sequenced 300 bp of *A. marmorata* and *A. bicolor pacifica* (★ is unmatched base)

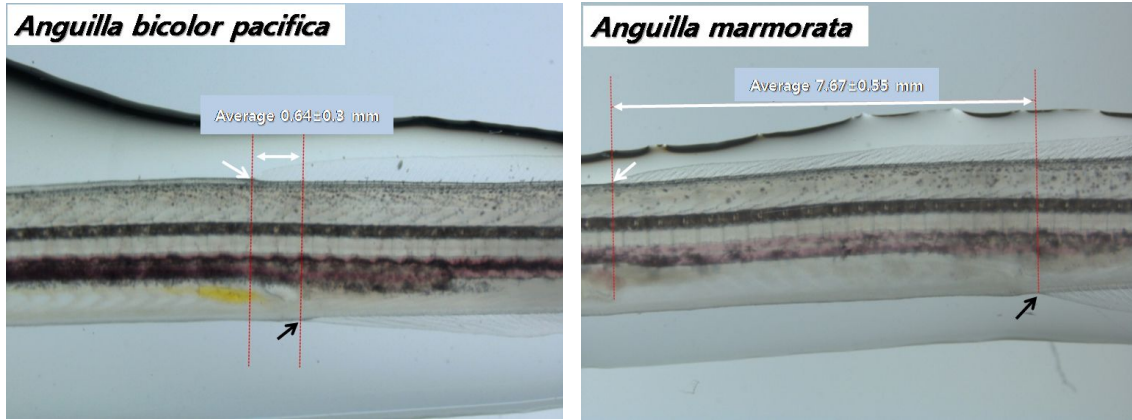
2) 형태학적 종 분류

두 종간 형태학적 특징은 육안적인 전신 비교에서는 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았으며, 미부와 체부의 부분적 확대 비교를 통하여 가능하였다. 척추 말단과 꼬리의 막성지느러미에 나타나는 색소세포의 분포특성으로, *A. marmorata*는 척추끝에서 체부안쪽으로 다양한 크기의 색소세포의 침착이 관찰되며, *A. bicolor pacifica*는 꼬리지느러미 말단의 막성 지느러미에 타원형태의 미세한 색소과립세포 침착이 나타나는 것이 특징이다 ([Fig. 4]). 형태적 분류를 위한 또 다른 계측형질인 전장(TL)과 등지느러미와 항문 사이 길이의 비율(DA/TL)은 *A. marmorata*는  $7.67 \pm 0.55$  mm이

며, *A. bicolor pacifica*는 등지느러미와 항문 사이 길이가 1 mm 이하로 *A. bicolor pacifica*와 비교하여 *A. marmorata*의 DA/TL의 백분율이  $15.24 \pm 1.04\%$ 로 현저하게 높았다([Fig. 5], <Table 2>). 두 가지 계측형질을 기준으로 한 형태학적 분류에서, 1차 시료 28마리에 대한 결과, *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 27:1로 96.4%와 3.6%의 비율로 확인되었다. 2차 시료 30마리에 대한 결과, *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 11:19로 36.7%와 63.3%의 비율을 나타냈다. 3차 시료 30마리의 형태학적 분류 결과, *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 비율이 14:16로 각각 46.7%와 53.3%였다(<Table 3>).



[Fig. 4] Pigmentation patterns (Arrows) at caudal fin of *A. marmorata* and *A. bicolor pacifica* and the simplified figures (bar=1000 μm)



[Fig. 5] Dorso-anal (DA) length of *A. marmorata* and *A. bicolor pacifica* (White arrow: start point of dorsal fin, Black arrow: anus).

<Table 2> Results for length ratio information of *A. marmorata* and *A. bicolor pacifica*

	n	TL (mm)	DA (mm)	DA/TL ratio (%)
<i>A. marmorata</i>	15	50.30±1.40	7.67±0.55	15.24±1.04
<i>A. bicolor pacifica</i>	15	50.33±2.03	0.64±0.30	1.29±0.64

n: sample number, TL: total length, DA: dorso-anal length, DA/TL ratio=(DA/TL)×100

<Table 3> Results of species identification using morphological and genetic analysis

Sampling time	Sample No.	Morphological Identification ( <i>A. marmorata</i> : <i>A. bicolor pacifica</i> )	Genetic Identification ( <i>A. marmorata</i> : <i>A. bicolor pacifica</i> )
1	30 (*28)	27:1 (96.4 : 3.6 %)	28:2 (93.3 : 6.7 %)
2	30	11:19 (36.7 : 63.3 %)	11:19 (36.7 : 63.3 %)
3	30	14:16 (46.7 : 53.3 %)	14:16 (46.7 : 53.3 %)

Asterisks (\*): Sample number for morphological identification of 7. May 2014.

#### IV. 고찰

본 연구에서는 2014년 5월과 7월에 필리핀에서 수입된 실뱀장어를 대상으로 하였으며 *Anguilla marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 두 종으로 확인되었다. *A. marmorata*는 일본, 타이완, 중국은 물론 인도양, 뉴칼레도니아까지 열대에서 아열대

해역에 걸쳐 널리 분포하는데 반해 *A. bicolor pacifica*는 열대성 해역에서 서식하므로(Luo et al., 2013) 필리핀은 이 두 종이 서식하는 교차지역이라 생각할 수 있다. 이 지역의 실뱀장어 군체와 유사할 것으로 생각되는 타이완 동쪽 태평양 연안과 접한 하천에서 주로 나타나는 실뱀장어의 종류는 *A. japonica*, *A. marmorata*, *A. bicolor pacifica*,

*A. celebesensis*의 4종류 정도로 알려져 있으며 (Leander et al., 2012; Tzeng, 1983), 최근에는 필리핀 북부에서 *A. luzonensis*라는 새로운 종을 보고하기도 하였다(Watanabe et al., 2009).

필리핀 북쪽 지역에서 채집된 뱀장어 종에 대한 보고에서 *A. marmorata*가 98% 이상으로 나타났으며 *A. bicolor pacifica*가 1.6%, *A. japonica*가 1% 이하로 조사된 결과가 있는데(Leander et al., 2012) 본 연구에서도 필리핀 북부 기수지역에서 채집된 종은 상기 보고와 유사하게 루손섬 북쪽 기수지역에서 채집된 실뱀장어의 종 분포는 *A. marmorata*가 우월하게 높았다. 그러나 지역뿐 아니라 채집시기(봄-여름, 가을)에 따라 종 분포가 달라지는 경향도 있어 같은 필리핀 북부지역에서 가을에는 *A. bicolor pacifica*가 우점하는 것으로 보고되고 있다(Leander et al., 2012).

2차와 3차로 민다나오섬 남쪽 연안에서 채집된 시료의 경우, *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 비율이 두드러지는 차이는 아니지만 두 번 모두 *A. bicolor pacifica*의 비율이 조금 더 높게 확인되었다. 따라서 연중 필리핀 연안에서는 *A. marmorata*의 실뱀장어 군체가 높은 비율로 채집되는 것으로 보이며, 민다나오 남쪽 연안의 경우 태평양 해역에서 부화하여 인도네시아 동쪽으로 이동하는 뱀장어 자어 군체에서 변태하여 일부 필리핀 남쪽 연안으로 유입되는 *A. bicolor pacifica*로 인하여(Sugeha & Suharti, 2008) *A. marmorata*에 비해 *A. bicolor pacifica*가 조금 높은 비율로 나타난 것으로 생각된다.

전세계적으로 16종 3아종으로 분류되고 있는 다양한 뱀장어의 종 분류(Tsukamoto & Aoyama, 1998; Watanabe et al., 2006)를 위해 유전학적 기법과 더불어 형태학적 판별 기법도 유용하게 사용되고 있다(Anders Silfvergrip, 2009; Han et al., 2002). 등지느러미의 시작점과 항문간의 간격, 척추골수, 근절수, 몸체의 얼룩무늬 혹은 꼬리지느러미에서의 색소세포 침착의 패턴 등의 다양한 계측형질을 종구분의 지표로 사용하고 있다

(Aoyama et al., 2000; Jespersen, 1942; Minegishi et al., 2008; Tesch, 1977; Watanabe, 2003; Watanabe et al., 2006). 본 연구에서는 형태학적으로 전장(TL: total length)에 대한 등지느러미 시작점에서 항문까지 길이(DA:dorso-anal length)의 비율과 꼬리지느러미의 색소세포 침착패턴의 두 가지 특징을 기준으로 종 분류를 실시하였으며 유전자 분석을 함께 실시하여 그 결과를 비교할 수 있었다. 형태학적 조사와 유전학적 조사의 시료를 따로 사용한 1차 시료를 제외 하고 동일한 시료를 바탕으로 한 2차, 3차 조사에서 형태학적, 유전학적 연구 결과가 100 % 일치하였으며, 1차 시료의 결과에서도 유사한 경향을 확인 할 수 있었다. *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*는 외형이나 계측형질에서 두드러진 차이점이 있어 유전자 분석을 통하지 않더라도 본 연구에서 활용한 외부 형태학적 종 분류 기준으로 실뱀장어의 종구분이 용이할 것으로 판단되었다.

그러나 인도네시아 해역에서 주로 서식하는 *A. bicolor pacifica*나 *A. bicolor bicolor*와 같이 동일 종 내에서 아종을 구분하기 위해서는 외형이나 계측형질만으로 한계가 있기 때문에 유전자 분석법을 이용할 수밖에 없을 것이다(Sugeha & Suharti, 2008).

뱀장어 양식 산업의 난항을 극복하기 위해서는 외래종 실뱀장어의 수입은 계속될 것으로 생각되며, 이러한 외래종 실뱀장어에 관한 연구는 이후 수입 실뱀장어의 국내 양식을 위한 중요한 기반이 될 것으로 생각된다. 최근 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 사육수온, 생존율, 먹이 성장에 관한 연구가 진행되고 있으며(Luo et al., 2013), 향후 다양한 수입 실뱀장어의 적절한 사육 방법은 물론, 수온에 따른 성장율, 사료정보, 경제적 이윤 등 수입 이후의 사육을 위한 정확한 정보가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 요약

최근 우리나라에서는 필리핀 현지에서 채집되는 *Anguilla marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 실뱀장어 수입량이 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 2014년 5월과 7월에 필리핀의 루손섬 북쪽과 민다나오섬 남쪽의 기수지역에서 채집된 실뱀장어를 대상으로 현지에서 적용 가능한 등지느러미의 위치와 꼬리지느러미의 색소세포 침착형태 등의 외부 형태적 특징을 바탕으로 한 판별기법을 유전자분석과 함께 실시하여 그 유효성을 검토하였다. 5월 루손섬 북쪽의 시료는 *A. marmorata*가 90% 이상이었으며, 민다나오섬 남쪽의 시료는 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 각각 36.7%, 63.3%였다. 7월의 민다나오섬 남쪽의 시료는 *A. marmorata*와 *A. bicolor pacifica*가 각각 46.7%, 53.3%로, 두 종간의 외부 형태학적 특징을 바탕으로 하는 중 분류기법은 유전자분석 결과와 일치하여 유효한 것으로 사료된다.

## References

Anders MC Silfvergrip, 2009. Report 5943, CITES Identification guide to the freshwater eels (Anguillidae). ISSN 0282-7298. Swedish environmental protection agency. Naturvardsverket, Sweden, 16~36.

Aoyama J, Watanabe S, Nishida M and Tsukamoto K. 2000. Discrimination of catadromous eel species, genus *Anguilla*, using PCR-RFLP analysis of the mitochondrial 16SrRNA domain. Transactions of the American Fisheries Society, 129, 873~878

Han YS, Yu CH, Yu HT, Chang CW, Liao IC and Tzeng WN. 2002. The exotic American eel in Taiwan: ecological implications. J Fish Biol, 60, 1608~1612.

Jamandre BWD, Shen KN, Yambot AV and Tzeng WN, 2007. Molecular phylogeny of Philippine freshwater eels *Anguilla* spp. (actinopterygi: anguilliformes:anguillidae) inferred from mitochondrial DNA. The Raffles Bull Zool, 14, 51~59.

Jespersen, P. 1942. Indo-Pacific leptocephali of the genus *Anguilla*. Dana-Report No. 22. 128.

Kang Eon-Jong, Kim Kwang Seog, Park Sung Rral and Sohn Sang-Gyu. 2000. Species identification of Japanese, American, and European eel elvers, and changes in morphometric characters according to growth. Korean J Ichthyol. 12(4), 244~249.

Leander NJ, Shen KN, Chen RT and Tzeng WN, 2012. Species composition and seasonal occurrence of recruiting glass eels (*Anguilla* spp.) in the Hsiukuluan River, Eastern Tiwan. Zoologica Studies 51(1), 59~71.

Luo M, Guan R, Li Z and Jin H, 2013. The effects of water temperature on the survival, feeding, and growth of the juveniles of *Anguilla marmorata* and *A. bicolor pacifica*. Aquaculture, 400-401, 61~64.

Minegishi Y, Aoyama J and Tsukamoto K. 2008. Multiple population structure of the giant mottled eel, *Anguilla marmorata*. Mol Ecol, 17, 3109~3122.

Ministry of Fisheries 2015. Statistics of fishing production. <http://www.fips.go.kr/>

National Fisheries Products Quality Management service 2014. Statistics of quarantine about import fisheries. <http://www.nfqqs.go.kr/>

Sugeha Hagi Yulia, Suharti Sasanti R, 2008. Discrimination and distribution of two tropical short-finned eels(*Anguilla bicolor bicolor* and *Anguilla bicolor pacifica*) in the Indonesian Waters. The Nagisa Westpac Congress, 1~14.

Tesch FW, 1977. The Eel, Biology and management of anguillid eels. Chapman and Hall, London, 434pp

Tsukamoto K, Aoyama J, 1998. Evolution of the freshwater eels of the genus *Anguilla*: a Probable scenario, Enviromental Biology of Fishes, 52, 139~148.

Tzeng WN. 1983. Species identification and commercial catch of the anguillid elvers from Taiwan. Chin. Fish Month. 366, 16~23.

Watanabe S, Aoyama J, Tsukamoto K. 2009. A new species of freshwater eel *Anguilla luzonensis* (Teleostei:anguillidae) from Luzon Island of the Philippines. Fish Sci, 75, 387~392.

Watanabe S. 2003. Taxonomy of the freshwater eels, genus *Anguilla* Schrank, 1798, In Eel Biology, Aida K, Tsukamoto K, Yamauchi K, eds.



필리핀 연안에 접안하는 열대산 실뱀장어 *Anguilla marmorata*와 *A. bicolor pacifica*의 형태 및 유전적 특징

Springer-Verlag Tokyo, 3~18.

Watanabe S. Aoyama J and Tsukamoto K. 2006.  
Confirmation of morphological differences between  
*Anguilla australis australis* and *A. australis*  
*schmidtii*. New Zealand J Mar Freshwater Res, 40,  
325~331.

- 
- Recieved : 28 June, 2015
  - Revised : 28 July, 2015
  - Accepted : 04 August, 2015