



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

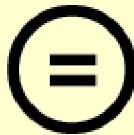
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

한국산 나비고기와 어류의 분자계통
및 분류학적 재검토



해 양 생 물 학 과

이 유 진

이 학 석 사 학 위 논 문

한국산 나비고기와 어류의 분자계통 및 분류학적 재검토

지도교수 김 진 구

이 논문을 석 사 학위논문으로 제출함.

2022 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

이 유 진

이유진의 이학석사 학위논문을
인준함.

2022 년 2 월 25 일



위 원 장 이학박사 백 혜 자 (인)

위 원 이학박사 강 충 배 (인)

위 원 이학박사 김 진 구 (인)

목 차

표목차 -----	
그림목차 -----	
논문요약 -----	ii
I. 서론 -----	1
1. 나비고기과 어류의 중요성 -----	1
2. 선행 연구 -----	2
3. 나비고기과 어류의 분류학적 체계 -----	3
4. 연구의 필요성 및 목적 -----	5
II. 재료 및 방법 -----	8
1. 표본 샘플링 -----	8
2. 형태 분석 -----	12
3. 분자 분석 -----	13
III. 결과 -----	18
1. 유전거리 비교 및 근연 관계 -----	18
1) mtDNA COI 영역 -----	18
2) mtDNA 16S rRNA 영역 -----	19
3) nDNA TMO 4C4 영역 -----	20
4) ML tree & Bayseian Inference tree -----	28
2. 형태 기재 -----	31
1) 나비고기속(<i>Chaetodon</i>) 어류 8종의 형태 기재 -----	41
(1) <i>Chaetodon auriga</i> 가시나비고기 -----	42
(2) <i>Chaetodon auripes</i> 나비고기 -----	45
(3) <i>Chaetodon lineolatus</i> 줄나비고기 -----	49
(4) <i>Chaetodon lunula</i> 룰나비고기 -----	52
(5) <i>Chaetodon nippon</i> 나비돔 -----	55

(6) <i>Chaetodon speculum</i> 흑점나비고기	58
(7) <i>Chaetodon vagabundus</i> 황줄나비고기	61
(8) <i>Chaetodon wiebeli</i> 꼬리줄나비고기	64
2) <i>Coradion</i> 속 어류 1종의 형태 기재	67
(1) <i>Coradion altivelis</i> 갈색띠돔	67
3) 두동가리속(<i>Heniochus</i>) 어류 8종의 형태 기재	71
(1) <i>Heniochus acuminatus</i> 두동가리돔	71
(2) <i>Heniochus chrysostomus</i> 돛대돔	75
(3) <i>Heniochus diphreutes</i> 짧은입두동가리돔	78
4) <i>Roa</i> 속 어류 1종의 형태 기재	82
(1) <i>Roa modesta</i> 세동가리돔	82
IV. 고찰	86
1. 한국산 나비고기과 어류의 분자계통학적 근연관계	86
2. 형태 형질의 분류학적 재검토	88
1) 두동가리돔 vs 짧은입두동가리돔	88
3. 유어의 종 검색표	96
V. 참고문헌	99

List of Tables

Table 1. List of the specimens in present study. -----	10
Table 2. Showing primers and primer sequences of the three genes employed for molecular phylogenetic analysis of the butterflyfishes. -----	16
Table 3. Mean genetic distances among 13 butterflyfishes based on mtDNA COI sequences (upper triangle) and 16S rRNA sequences (lower triangle). -----	22
Table 4. Mean genetic distances among 13 butterflyfishes. -----	23
Table 5. Mean genetic distances among 4 genus of butterflyfishes based on COI, 16S rRNA, Tmo-4C4 sequences. -----	24
Table 6. Comparisons of dorsal fin rays of butterflyfishes from Korea. -----	32
Table 7. Comparisons of anal fin rays of butterflyfishes from Korea -----	33
Table 8. Comparisons of lateral line pores (LLp) of butterflyfishes from Korea. ----	34
Table 9. Comparisons of TRa and TRb of butterflyfishes from Korea. -----	35
Table 10. Comparisons of proportional measurements of 13 in standard length. ----	36
Table 11. Comparisons of proportional measurements of 13 Chaetodontidae in head length. -----	39
Table 12. Structure matrix and standardized canonical coefficients based on 10 morphometric characters. Bold values have larger absolute values in the structural matrix standardized canonical coefficients. -----	93

List of Figures

- Fig. 1. Map showing sampling sites of specimens. ----- 9
- Fig. 2. Diagram showing morphometric characters. TL, total length; HL, head length; SL, standard length; SnL, snout length; OD, orbital diameter; POL, postorbital length; DBL, Dorsal fin base length; ABL, Anal fin base length; CPD, caudal peduncle depth. ----- 17
- Fig. 3. Neighbor joining tree based on mtDNA COI sequences 320 bp of butterflyfishes 13 species from Korea. Sequences arranged by ClusterW. NJ tree constructed by 10,000 bootstrap replications using K2P model . Scale indicate a genetic distance of 0.05. The tree showing relationship among butterflyfishes. ----- 25
- Fig. 4. Neighbor joining tree based on mtDNA 16S rRNA sequences 464 bp of butterflyfishes 13 species from Korea. Sequences arranged by ClusterW. NJ tree constructed by 10,000 bootstrap replications using K2P model . Scale indicate a genetic distance of 0.02. The tree showing relationship among butterflyfishes. ----- 26
- Fig. 5. Neighbor joining tree based on nDNA Tmo-4C4 sequences 460 bp of butterflyfishes 13 species from Korea. Sequences arranged by ClusterW. NJ tree constructed by 10,000 bootstrap replications using K2P model . The tree showing relationship among butterflyfishes. ----- 27
- Fig. 6. Maximum-likelihood (ML) tree and Bayesian-inference (BI) tree based on mtDNA 16S rRNA, COI sequences. The tree constructed by 3,000 bootstrap replications, showing relationships among 14 species butterflyfishes from Korea. Number of branches indicate bootstrap values (upper) and posterior probabilities

(below). Color of boxes indicate one of subgenus in Genus *Chaetodon* (Red: *Rabdophorus*; Yellow: *Lepidochaetodon*; Green: *Tetrachaetodon*). ----- 29

Fig. 7. Maximum-likelihood (ML) tree and Bayesian-inference (BI) tree based on nDNA Tmo-4C4 sequences. The tree constructed by 3,000 bootstrap replications, showing relationships among 14 species butterflyfishes from Korea. Number of branches indicate bootstrap values (upper) and posterior probabilities (below). Color of boxes indicate one of subgenus in Genus *Chaetodon* (Red: *Rabdophorus*; Yellow: *Lepidochaetodon*; Green: *Tetrachaetodon*). ----- 30

Fig. 8. (A) Juvenile stage of *C. auriga*, Photo by Ichthyology lab in Pukyong National University. ? mm. (B) Immature stage of *C. auriga*, PKU 19420, 54.7 mm TL, Philippines. (C) Adult stage of *C. auriga*, KAUM-I 148105, 87.25 mm SL. ----- 42

Fig. 9. (A) Juvenile stage of *C. auripes*, 40.1 mm, KAUM-I 104690; (B) Immature stage of *C. auripes*, PKU 19763 42.9 mm SL; (C) Adult stage of *C. auriga*, KAUM-I 139068, 75.2 mm SL. ----- 46

Fig. 10. (A) Juvenile stage of *C. lineolatus*, KAUM-I 56135, 33.07 mm SL; (B) Immature stage of *C. lineolatus*, KAUM-I 6888, 56.97 mm SL; (C) Adult stage of *C. lineolatus*, KAUM-I 80464, 207.23 mm SL ----- 49

Fig. 11. (A) Juvenile stage of *C. lunula*, PKU 19504, 43.03 mm SL; (C) Adult stage of *C. lunula*, N- P0103136, 183.14 mm SL. ----- 52

Fig. 12. (A) Juvenile stage of *C. nippon*, KAUM-I 90800, 24.9 mm SL; (B) Immature stage of *C. nippon*, KAUM-I 120161, 40.4 mm SL; (C) Adult stage of *C. nippon*, KAUM-I 131676, 116.7 mm SL. ----- 55

Fig. 13. (A) Tholichthys stage of <i>C. speculum</i> , PKU 62919, 14.79 mm TL; (B) Adult stage of <i>C. speculum</i> , PKU 20457, 68.00 mm TL, Bali, Indonesia. Scale bars indicate 1 cm. -----	58
Fig. 14. (A) Juvenile stage of <i>C. vagabundus</i> , KAUM-I 32.54 mm SL; (B) Adult stage of <i>C. vagabundus</i> , KAUM-I 121895, 109.7 mm SL. -----	61
Fig. 15. (A) Juvenile stage of <i>C. wiebeli</i> , PKU 20588 37.7 mm SL; (B) Adult stage of <i>C. wiebeli</i> , 178.2 mm SL from Jeju-Island. -----	64
Fig. 16. (A) Juvenile stage of <i>Coradion altivelis</i> , 24.0 mm SL, KAUM-I 147517; (B) Juvenile stage of <i>C. altivelis</i> , KAUM-I 147312, 25.8 mm SL; (C) Adult stage of <i>C. altivelis</i> , KAUM-I 129608, 134.3 mm SL. -----	67
Fig. 17. All of specimens (A)~(F) identified <i>H. acumniatus</i> . (A): PKU 9667, 43.8 mm SL; (B): PKU 9667 when alive, 43.8 mm; (C) PKU 19764, 37.3 mm SL; (D): HUMZ 224251, 98.0 mm SL; (E): HUMZ 219136, 129.3 mm SL; (F): PKU 10089, 158.8 mm SL.-----	74
Fig. 18. (A) Juvenile stage of <i>H. chrysostomus</i> , KAUM-I 13907653.3 mm SL; (B) Adult stage of <i>H. chrysostomus</i> , KAUM-I 101541, 122.4 mm SL. -----	75
Fig. 19. All of specimens (A)~(E) identified <i>H. diphreutes</i> . (A): KAUM-I 114441, 94.0 mm SL; (B): KAUM-I 120204, 68.9 mm SL; (C) KAUM-I 124918, 121.7 mm SL; (D): PKU 62799, 135.1 mm SL; (E): KAUM-I 123933, 33.4 mm SL. -----	81
Fig. 20. (A) Juvenile stage of <i>Roa modesta</i> , PKU 1312, 32.13 mm SL; (B) Adult stage of <i>Roa modesta</i> , PKU 11127, 71.17 mm SL. -----	83
Fig. 21. Showing pattern of anal fin, (A) morphology of <i>H. acuminatus</i> , (B) morphology of <i>H. diphreutes</i> . -----	90

Fig. 22. Enlargement of <i>H. diphreutes</i> anal fin, 148 mm SL. Showing morphological characteristic of <i>H. acuminatus</i> . -----	90
Fig. 23. Plots of canonical discriminant scores on the first and second canonical functions based on 10 morphometric characters. -----	92
Fig. 24. Diagram showing teeth rows of morphological identification key. (A) indicates 5~7 teeth rows; <i>H. acuminatus</i> , (B) indicates 1~3 teeth rows; <i>H. diphreutes</i> . -----	95



Molecular phylogeny and taxonomic review of the Family Chaetodontidae from Korea

Yu Jin Lee

Department of Marine Biology, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Butterflyfishes are known for having high species diversity among reef fishes. Since butterflyfishes are very sensitive to even small changes of marine environment, they have ecologically important position and considered as ‘biological indicator’ species. According to increase or decrease of their species diversity and population, butterflyfishes are recognized as important taxa that can be detected changes in the surrounding marine environment. There are 134 species of Chaetodontidae in worldwide, most of them are in genus *Chaetodon*. Blum (1988) divides genus *Chaetodon* into 10 subgenus based on osteological and anatomical morphology characters. 14 species of butterflyfishes are reported from Korea, of which 8 species belong to the genus *Chaetodon*. They are classified into three subgenus according morphological character, but a lack of molecular phylogenetic studies to support, mainly targeting the butterflyfishes from Korea. In this study, mtDNA COI, 16S rRNA sequences and nDNA Tmo-4C4 sequences are analyzed for performing to molecular phylogenetic and taxonomic studies, using the directly collected and loaned specimens of butterflyfishes. As a result, BI and ML tree show monophyletic group in each genus. In genus *Chaetodon*, subgenus *Rabdophorus* showing that monophyletic group, others indicate each clade that represent monophyletic group in nDNA region. In addition, this study presented detailed morphological characteristics and comparative of adult and juvenile for 13 species from Korea. Therefore, our purpose is to support phylogeny based on morphological characters, showing monophyly of Chaetodontidae. Finally, we provide

species identification key of juveniles with ambiguous classification characteristic based on actual specimen information and basic taxonomic information for accurate species identification.



I. 서론

1. 나비고기과 어류의 중요성

산호초에 서식하는 어류는 매우 다양하며(Cole et al., 2008) 그 중 나비고기과(Chaetodontidae) 어류는 전 세계 산호초 해역에 널리 분포하고 있다. 현재, 12속 134종이 알려져 있으며(Nelson et al., 2016; Fricke et al., 2021), 일본에는 8속 52종(Nakabo, 2013; Uejo et al., 2020), 한국에는 4속 15종이 알려져 있다(Myoung et al., 2015; Kim et al., 2020; MABIK, 2021; Lee and Kim, 2021; Lee et al., 2021; Lee and Kim, 2021). 이들 어류는 매우 다채로운 색상과 형태를 띠고 있기 때문에 해수 관상어 사업에서 큰 비중을 차지하고 있다(Pratchett et al., 2014). 또한, 나비고기과 어류에 속하는 대부분의 종들이 산호에 의존하며 살아가기 때문에 산호에 영향을 미칠 수 있는 작은 환경 변화에도 매우 민감하다. 따라서 이들은 종 다양성의 변화와 개체 수의 증감에 따라 주변 해양 환경의 변화를 감지할 수 있는 ‘생물학적 지표종’으로 여겨지고 있어 중요한 분류군으로 인식되고 있다(Reese, 1981; Bouchon-Navaro et al., 1985; Roberts et al., 1988; Crosby and Reese, 1996; Erdman, 1997; Shokri et al., 2005).

2. 선행 연구

나비고기와 어류는 눈길을 사로잡고 중요한 역할을 하는 분류군만큼 다양한 연구가 선행되고 있다. 먹이 선택 및 선호도에 관한 연구(Cornic, 1987; Sano, 1989; Cox, 1994; Pratchett, 2005; Berumen et al., 2005; Pratchett, 2007; Pratchett and Berumen, 2008; Nagelkerken et al., 2009), 먹이 사냥 및 커뮤니케이션 방법(Ferry-Graham et al., 2001; Parmentier et al., 2011), 번식 및 산란(Driscoll and Driscoll, 1988; Lobel, 1989), 부유기 기간 및 자치어 유생의 독특한 단계(Leis, 1989; Stobutzki, 1998), 골격학적 구조(Motta, 1982; Blum, 1988), 종 다양성 및 풍부함과 환경적 요인의 상관 관계(Reese, 1977; Bell and Galzin, 1984; Roberts and Ormond, 1987; Fowler, 1990; Jennings et al., 1996), 생태학(Motta, 1988; Blum, 1989) 등 다양한 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있으며, 생물지리학적, 계통분류학적 및 진화적 관계(Burgess, 1978; Blum, 1988; McMillan and Palumbi, 1997; McMillan et al., 1999; Ferry-Graham et al., 2001; Littlewood et al., 2004; Smith et al., 2005; Fessler and Westneat, 2007; Hsu et al., 2007; Waldrop et al., 2016; Ihya et al., 2020)를 구명하고자 하는 많은 연구가 진행되었다.

3. 나비고기과 어류의 분류학적 체계

Burgess (1978)가 해부학적 연구를 통해 나비고기과 분류체계를 확립하였으며, Allen (1980)도 그 뒤를 이어 같은 분류체제를 이어왔다. 이후 Blum (1988)의 골격 및 해부학적 연구를 통해 이전의 분류체계를 대폭 수정하였다. 아속 수준으로 유지되고 있었던 *Roa* 및 *Prognathodes*를 속 수준으로 변경하고, *Parachaetodon*을 속 수준에서 아속으로 변경하였으며, *Roaops* 및 *Exornator*아속을 제외하였다. Blum (1988)은 부레의 전외측방 게실(antero-lateral diverticula)이 상의쇄골(supracleithrum)과 접해있는 연결기관을 “Pseudo-otophysic”으로 정의하며 연조직(soft-tissue) 내에서 발생하는 종 간 변이의 형태학적 특성을 이용하여 분류하였다. Webb and Smith (2000)는 이러한 연결기관이 종간 차이를 보인다는 것을 확립하여 Blum (1988, 1989)의 견해를 뒷받침하였다. 그러나 이후 Kuiter (2002)에 의해 *Roaops*와 *Exornator*아속이 부활하였고 *Parachaetodon*아속이 다시 속으로 개편되었으며 Littlewood (2004)와 Fessler and Westneat (2007)의 분자계통을 근거로 한 분류학적 재검토를 통해 나비고기 속 어류는 현재 크게 10개의 아속 (*Citharoedus* Kaup, 1860; *Corallochaetodon* Burgess, 1978; *Discochaetodon* Nalbant, 1971; *Exornator* Nalbant, 1971; *Gonochaetodon* Bleeker, 1876; *Lepidochaetodon* Bleeker, 1876; *Megaprotodon* Guichenot, 1848; *Rabdophorus* Swainson, 1839; *Roaops* Mauge & Bauchot, 1984; *Tetrachaetodon* Weber & Beaufort, 1936)으로 구분되어지고 있다. 하지만 *Exornator*아속이 단계통성을 형성하지 않아 분류학적으로 혼란이 존재한다(Fessler and Westneat, 2007). Littlewood et al. (2004),

Fessler and Westneat (2007)와 Bellwood et al. (2010)에 따라 나비고기과 어류의 분자계통 및 계통분류가 체계적으로 확립이 되었으나, 나비고기과 어류 130여종을 모두 포함한 연구는 아직 선행되지 않고 있으며 특히 북서태평양에서 자주 출현하는 나비고기과 어류를 모두 포한 분자 계통학적 분류에 대한 연구는 부족한 실정이다.

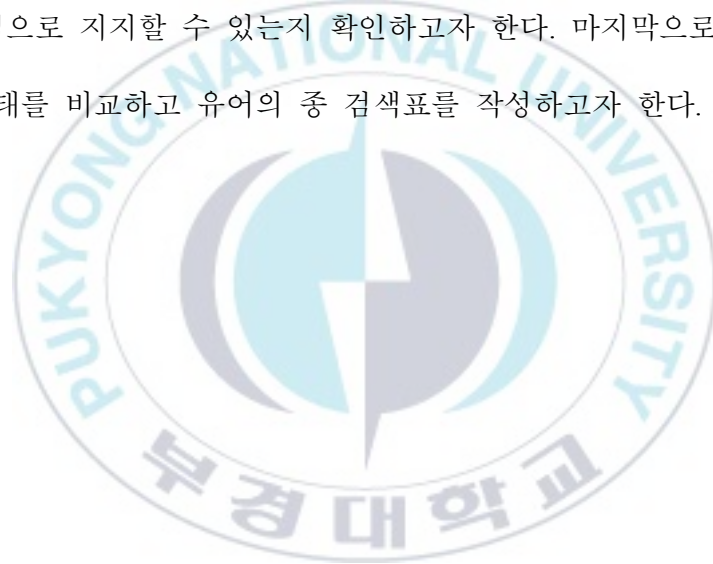


4. 연구의 필요성 및 목적

최근 열대 및 아열대 어종인 나비고기과 어류의 미기록종 출현율이 높아지고 있다. 이에 따라 면적대비 종 다양성이 매우 높은 우리나라의 생물 주권화를 확립하기 위해 정확한 자원의 종 식별이 뒷받침 되어야할 필요가 있다. 우리나라에 출현하는 나비고기과 어류는 4속 15종[부전나비고기 *Chaetodon adiergastos* Seale, 1910; 가시나비고기 *Chaetodon auriga* Forskål, 1775; 나비고기 *Chaetodon auripes* Jordan and Snyder, 1901; 줄나비고기 *Chaetodon lineolatus* Cuvier, 1831; 룰나비고기 *Chaetodon lunula* (Lacepède, 1802); 나비돔 *Chaetodon nippon* Steindachner and Döderlein, 1883; 노랑점나비고기 *Chaetodon selene* Bleeker, 1853; 흑점나비고기 *Chaetodon speculum* Cuvier, 1831; 황줄나비고기 *Chaetodon vagabundus* Linnaeus, 1758; 꼬리줄나비고기 *Chaetodon wiebeli* Kaup, 1863; 갈색띠돔 *Coradion altivelis* McCulloch, 1916; 두동가리돔 *Heniochus acuminatus* (Linnaeus, 1758); 돛대돔 *Heniochus chrysostomus* Cuvier, 1831; 짧은입두동가리돔 *Heniochus diphreutes* Jordan, 1903; 세동가리돔 *Roamodesta* (Temminck and Schlegel, 1844)]이 보고되어 있다(MABIK, 2021; Lee and Kim, 2021). 현재까지 실제 표본에 근거하여 보고된 종은 10종(나비고기, 가시나비고기, 룰나비고기, 꼬리줄나비고기, 황줄나비고기, 흑점나비고기, 두동가리돔, 돛대돔, 짧은입두동가리돔, 세동가리돔)이며, 나머지 5종(부전나비고기, 줄나비고기, 나비돔, 노랑점나비고기, 갈색띠돔)은 수중사진으로만 보고되어 있어 형태를 포함한 자세한 정보가 부족하며, 국내에서 수행된

나비고기과 어류에 대한 연구는 미기록종 보고와 꼬리줄나비고기(*C. wiebeli*)의 초기발생 연구만 있을 뿐 전무하다. 특히, Yoo 등(1995)에 의해 수중사진으로 보고된 부전나비고기(*C. adiergastos*)의 경우 나비고기(*C. auripes*) 또는 꼬리줄나비고기(*C. wiebeli*)가 오동정되어 보고된 것으로 확인됐으며 한국어류대도감(Kim et al., 2005)등에 기재된 두동가리돔은 짧은입두동가리돔이 오동정되어 기재된 것으로 확인되었다(Lee and Kim, 2021). 또한, 형태적으로 매우 유사한 두동가리속의 두동가리돔과 짧은입두동가리돔의 경우 Nakabo (2013)에 뒷지느러미 패턴에 의해 구별할 수 있는 분류형질이 명확히 제시되어 있으나, 실제 형질을 비교하였을 때 일부 개체들끼리 서로 형질이 섞여 나타나는 양상을 보이고 있어 동정에 어려움을 수반한다. 더불어, 우리나라에서 출현하는 나비고기과 어류들은 대부분 내항에서 유어 단계로 채집되고 있다. 유어는 성어와 매우 다른 채색 패턴을 보여 쉽게 오동정을 유발한다. 이전 연구에서는 우리나라에 출현하는 종들 중 일부 종들에 대한 유어 정보만 간단히 기재되어 있을 뿐(Shimada, 2013, Katō. 2014), 한국에서 주로 출현하고 있는 나비고기과 유어를 대상으로 한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째, 일본에서 대여한 표본을 포함하여 한국에서 채집된 나비고기과 어류 13종을 대상으로 실제 표본을 면밀히 관찰하고 명확한 종 식별 형질을 제시하고자 한다. 확증 표본이 없이 수중 사진 등으로 동정된 경우 오동정을 유발할 수 있으므로 직접 관찰한 정보에 의거한 기재가 필요하다. 두 번째, 분자계통학적 연구를 통해 한국에서 출현한 나비고기과의 종을 확정 짓고 유연관

계를 파악하고자 한다. 한국산 나비고기속(*Chaetodon*) 어류들은 해부학적 형질 특성에 의해 아속으로 세분화되고 있으며, 나비돔(*C. nippon*)은 *Lepidochaetodon*아속, 흑점나비고기(*C. speculum*)는 *Tetrachaetodon*아속, 나머지 7종은 *Rabdophorus*아속에 속하는 것으로 알려져 있다. 따라서 우리나라에 출현하는 나비고기속 어류의 mtDNA COI 영역과 16S rRNA영역 및 nDNA TMO 4C4 영역 분석을 통해 나비고기속 내 유연관계를 비교하고 분자계통학적으로 지지할 수 있는지 확인하고자 한다. 마지막으로, 유어와 성어간의 형태를 비교하고 유어의 종 검색표를 작성하고자 한다.



II. 재료 및 방법

1. 표본 샘플링

본 연구에 사용된 나비고기과 어류 표본은 총 13 종 51 개체이다. 2008 년부터 2021 년까지 우리나라 남해, 동해 및 제주도 조간대 및 내항과 위판장에서 나비고기(*Chaetodon auripes*), 룰나비고기(*C. lunula*), 꼬리줄나비고기(*C. wiebeli*), 황줄나비고기(*C. vagabundus*), 흑점나비고기(*C. speculum*), 두동가리돔(*Heniochus acuminatus*), 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*), 세동가리돔(*Roa modesta*)을 포함하여 8 종을 채집하였다. 그 중 부전나비고기(*C. adiergastos*)는 우리나라뿐만 아니라 주변 국가에서도 잘 채집되지 않는 어종으로 알려져 있어 표본을 수집하지 못하였다. 채집된 표본은 부경대학교 어류학 실험실로 운반하여 표본번호를 부여하였으며, 2.5 cm 이상의 표본의 경우 15% 포르말린에 고정 후 70% 알코올에 치환하여 보관하였으며 2.5 cm 미만의 표본은 99% 알코올에 바로 고정 및 보관하였다. 채집을 통해 표본을 확보하지 못한 가시나비고기(*C. auriga*), 줄나비고기(*C. lineolatus*), 나비돔(*C. nippon*), 갈색띠돔(*Cordion altivelis*), 돛대돔(*H. chrysostomus*)을 포함한 12 종을 일본 국립중앙박물관(NSMF), 가고시마 대학교(KAUM), 홋카이도 대학교(HUMZ)에서 어체 표본 및 조직 시료를 대여받은 후 상세히 분석하였다. 본 연구에 사용된 표본들의 채집 지역 및 자세한 정보는 Fig. 1 과 Table 1 에 나타냈다.

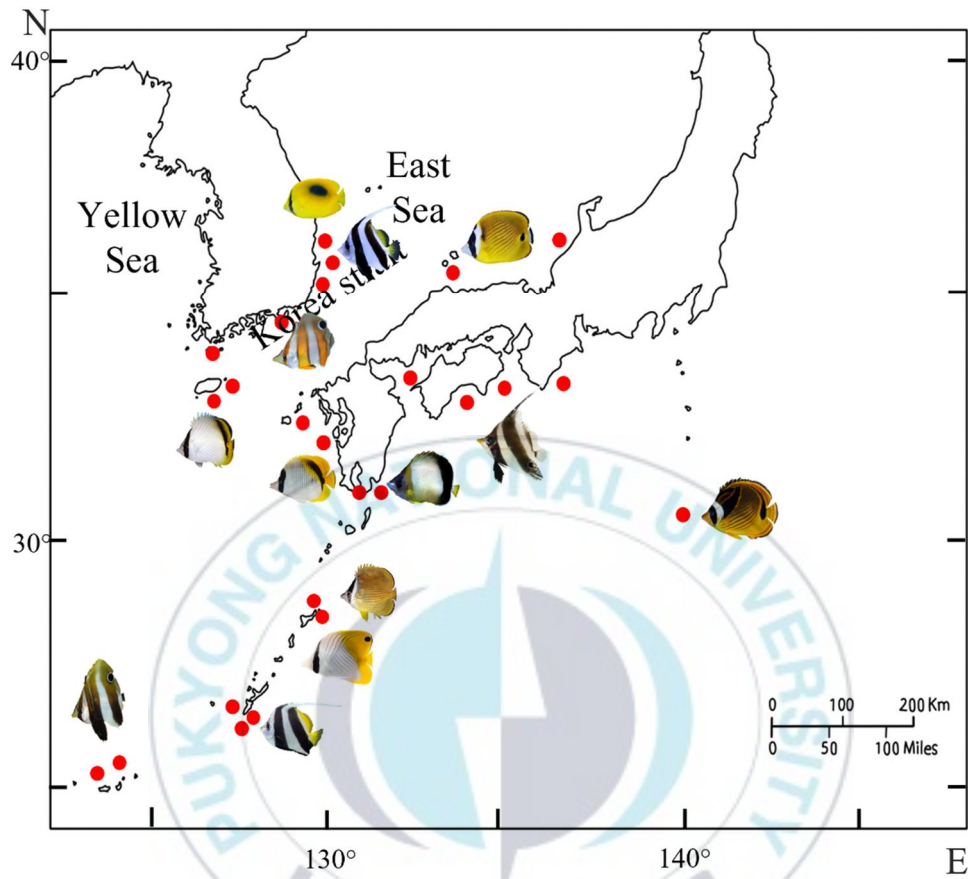


Fig. 1. Map showing sampling sites of specimens

Table 1. List of the specimens in present study

Species	Voucher number	Number of specimens	Locality	Date	Standard length (mm)
<i>Chaetodon auriga</i>	HUMZ 224194	1	Okinawa, Japan	-	148.73
	KAUM-I 116897	1	Hirase, Japan	2020. 06. 30	23.71
	KAUM-I 148104	1	Kamikatetsu, Japan	2020. 10. 04	131.95
	KAUM-I 148105	1	Kamikatetsu, Japan	2020. 10. 04	87.25
<i>C. auripes</i>	KAUM-I 104690	1	Off Ohto Beach, Japan	2017. 08. 08	40.1
	KAUM-I 139068	1	Off Bandokorobana National Park, Japan	2019. 11. 13	75.2
	KAUM-I 148107	1	Kamikatetsu, Japan	2020. 10. 04	139.5
	PKU 19763	1	Namcheon port, Busan	2020. 12. 07	42.9
<i>C. lineolatus</i>	PKU 51849	1	Haye-ro, Jeju-do	2014. 08. 28	20.31
	KAUM-I 6888	1	Ohto Port, Japan	2007. 09. 24	59.97
	KAUM-I 56135	1	Off Bandokorobana National Park, Japan	2013. 08. 14	33.07
	KAUM-I 80464	1	Umabana, Japan	2015. 09. 22	207.23
<i>C. lunula</i>	N-P95297	1	Ani-jima Island, Japan	2009.08.31.	209.06
	N-P0103106	1	Tori-shima Island, Japan	2010.07.19.	183.14
	N-P0103133	1	Tori-shima Island, Japan	2010.07.19.	182.58
	PKU 19504	1	Namcheon port, Busan	2020. 10. 21	43.03
<i>C. nippon</i>	KAUM-I 90800	1	Kitakame, Japan	2016. 08. 18	24.91
	KAUM-I 110151	1	Off Kumano, Japan	2017. 04. 28	65.43
	KAUM-I 120161	1	Uchinoura Bay, Japan	2018. 09. 10	40.4
	KAUM-I 131676	1	Uchinoura Bay, Japan	2019. 06. 07	116.7
<i>C. speculum</i>	PKU 62919	1	Pohang Igari port, Korea	2021. 07. 31	11.73
<i>C. vagabundus</i>	KAUM-I 121895	1	Okidomari Port, Japan	2018. 10. 21	109.71
	KAUM-I 153269	1	Kaihama Beach, Japan	2020. 12. 19	32.54
	NSMT-P 124212	1	Tarama Fishingport, Japan	2011. 03. 07	113.52
	PKU 62617	1	Yerae-ro, Jeju-do	2013. 09. 08	27.59

Table 1. Continue

Species	Voucher number	Number of specimens	Locality	Date	Standard length (mm)
<i>C. wiebeli</i>	KAUM-I 96584	1	East of Sakinoyama, Japan	2016. 11. 26	125.2
	KAUM-I 109992	1	Northeast of Matsu-shima island, Japan	2017. 11. 21	100.53
	KAUM-I 123241	1	Off Ishidera, Japan	2018. 10. 26	157.31
	PKU 19762	1	Namcheon port, Busan	2020. 12. 07	22.72
	PKU 20588	1	Namcheon port, Busan	2020. 09. 30	37.74
	PKU 20589	1	Namcheon port, Busan	2020. 10. 10	18.55
<i>Coradion altivelis</i>	KAUM-I 89728	1	Off Nishizaki, Japan	2016. 06. 18	120.9
	KAUM-I 129608	1	North of Kome-jima island, Japan	2019. 04. 14	134.28
	KAUM-I 147312	1	West of Nagahama Bay, Japan	2020. 10. 16	25.82
	KAUM-I 147517	1	West of Kashima, Japan	2020. 10. 18	23.99
<i>Heniochus acuminatus</i>	HUMZ 219136	1	Okinawa, Japan	-	129.33
	HUMZ 224251	1	Okinawa, Japan	-	98.01
	PKU 9667	1	Seongsan-eup, Jeju-do	2013. 08. 21	43.79
	PKU 10089	1	Uljin Hupo-port, Gyeongsangbuk-do	2013. 11. 27	158.84
	PKU 19764	1	Namcheon port, Busan	2020. 12. 07	37.29
<i>H. chrysostomus</i>	KAUM-I 101541	1	Off Shinaha Beach, Japan	2017. 06. 29	122.35
	KAUM-I 139076	1	Off Bandokorobana National Park, Japan	2019. 11	53.33
	KAUM-I 146645	1	Kamikatetsu, Japan	2020. 10. 03	50.83
<i>H. diphreutes</i>	KAUM-I 114441	1	Off Kumano, Japan	2018. 05. 15	93.95
	KAUM-I 120204	1	Uchinoura Bay, Japan	2018. 09. 11	68.91
	KAUM-I 123933	1	Off Kishira Fishing Port, Japan	2018. 12. 05	33.36
	KAUM-I 124918	1	Uchinoura Bay, Japan	2018. 12. 11	121.71
	PKU 62799	1	Guryongpo-eup, Gyeongsangbuk-do	2020. 12. 26	135.06
<i>Roa modesta</i>	PKU 1312	1	Tongyeong-si, Korea	2018. 12. 11	32.13
	PKU 11127	1	Jindo-gun, Jeollanam-do	2014. 07. 21	71.17
	PKU 19765	1	Nam-gu, Busan	2020. 12. 07	99.45

2. 형태 분석

계수형질은 Nakabo (2013)를, 계측형질은 Ihya et al. (2020)를 따라 측정하였으며, 20 개의 계측 형질 및 8 개의 계수 형질을 측정하였다(Fig 2). 각 부위는 버니어 캘리퍼(vernier caliper)를 이용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였으며, 측정한 값은 체장(SL)에 대한 비율(%) 및 두장(HL)에 대한 비율(%)로 분석하였고 소수점 첫째 자리까지 반올림하여 나타내었다. 관찰 후 표본은 부경대학교(Pukyong National University) 어류학실험실 표본실에 보관하였다. 이후 계측 형질을 이용하여 IBM SPSS Version 26.0 (IBM Corp., USA)를 통해 표준판별분석(Canonical discriminant analysis; CDA)을 수행하였다. 계측 형질에 따라 종 간 유의한 차이가 있는지 확인하였으며, 모든 계측 형질은 로그 값으로 변환하여 분석을 진행하였다. *Roa* 속과 *Coradion* 속은 국내에 각각 1 종만 존재하므로 제외하였으며, 나비고기 속의 경우 유의한 값을 나타내지 않아 두동가리속만 채택하였다.

3. 분자 분석

근육 조직이 없는 *C. lineolatus* 를 제외한 12 종에 대해 분자분석을 수행했다. Total genomic DNA 를 추출하기 위해 자치어는 표본의 오른쪽 눈알을 떼어내었고 유어 및 성어의 경우 오른쪽 체측 근육 또는 지느러미를 떼어 DNA extraction kit (accuprep genomic DNA extraction kit, Bioneer, Republic of Korea)를 이용하여 추출하였다. PCR (polymerase chain reaction)은 mtDNA 의 COI 영역 및 16S rRNA 영역과 nDNA 의 Tmo-4C4 (Strielman and Karl, 1997)영역을 증폭하였다. Tmo-4C4 는 농어목(Perciformes) 어류의 분자계통학 및 분류학적 연구를 위해 사용되기 시작한 single-copy nDNA locus 이며, RAG2 와 함께 어류의 분자계통 연구를 위해 널리 사용되어지고 있는 영역이다. 이전 연구를 통해 과 수준에서의 계통분류학적 연구에 유용성을 입증하였으며(Sparks and Smith, 2004; Westneat and Alfaro, 2005), Fessler and Westneat (2007)에 따라 나비고기과 어류의 분류학적 위치를 확립하고 단계통성을 입증하는데 사용되어진 바 있다. 3 가지영역을 분석하기 위해 사용한 프라이머는 Table 2 에 나타내었다. mtDNA 와 nDNA 영역을 증폭하기 위한 mixture 는 동일하게 제작하였다(10X Buffer 2 μ L, dNTP 1.5 μ L, primer 각 0.5 μ L, Taq polymerase 0.1 μ L 를 섞은 mixture 에 Total DNA 2 μ L 를 분주한 후 총 volume 20 μ L 이 될 때까지 3 차 증류수를 넣어 실험에 사용). Thermal cycler (Bio-rad MJ mini PCT-1148, USA)를 이용하였으며 실험에 사용한 PCR 조건은 다음과 같이 3 가지 조건을 설정하였다. MtDNA COI 및 16S rRNA 영역[Initial denaturation 95°C 에서 5 분; PCR reaction 35 cycles

(denaturation 95°C 에서 30 초, annealing 52~54 °C 에서 45 초, extension 72°C 에서 45 초); final extension 72°C 에서 7 분], nDNA Tmo-4C4 영역[Initial denaturation 95°C 에서 5 분; PCR reaction 35 cycles (denaturation 95°C 에서 45 초, annealing 56~58 °C 에서 1 분, extension 72°C 에서 1 분)], nDNA Tmo-4C4 영역[Initial denaturation 95°C 에서 5 분; PCR reaction 35 cycles (denaturation 95°C 에서 1 분, annealing 54~60 °C 에서 1 분 20 초, extension 72°C 에서 1 분 30 초)]. ABI PRISM 3730XL analyzer (96 capillary type, Applied Biosystems, USA)에서 ABI BigDye (R) Terminator v3.1 cycle sequencing kits (Applied Biosystems, USA)을 이용하여 염기서열을 확보하였으며, 염기서열은 National Center for Biotechnology Information (NCBI)에 등록하였다. 확보한 염기서열을 포함하여 NCBI GeneBank 에 등록된 *C. adiergastos* (EF616942; KU944226) 및 *C. lineolatus* (EF617187; EF616939; KF489525)의 염기서열 정보를 이용하여 분석하였으며 외집단으로 *Microcanthus strigatus* (EF617221; EF616974), *Zeus faber* (ZN3128031)를 사용하였다. NCBI 4 가지 영역의 염기서열은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 Clustral W (Thompson et al., 1994)를 이용하여 정렬하였다. 유전거리는 MEGA X (Kumar et al., 2018)을 이용하여 Kimura 2-parameter (Kimura, 1980)로 Pairwise distance 를 계산하였다. 유전거리를 기반으로 군집화 하는 Neighbor joining tree (Saitou and Nei, 1987)를 작성하였으며, bootstrap 은 10,000 번을 수행하였다. 계통발생을 추정하기 위해 진화모델을 이용한 ML (Maximum likelihood analysis) tree 와 종의 정보를 이용한 사전확률에서 진화모델을 설정한 후 유연관계를 파악하여 사후확률이 가장

높은 계통수를 출력하는 BI (Bayesian inference) tree 를 작성하였다(Yang and Rannala, 1997). jModelTest 2.1.10 을 이용하여 AIC (Akaike Information Criterion)을 기반으로 최적의 진화 모델을 설정하였다. 진화모델로 COI 영역은 GTR+G (Generalised time reversible with gamma distribution), 16S rRNA 영역은 GTR+I+G (Generalised time reversible with invariable site and gamma distribution) model 을 이용하였다(Tavaré, 1986). TMO 4C4 영역은 TN93+G (Tamura-Nei with gamma distribution) model 을 이용하였다(Tamura and Nei, 1993). ML tree (Felsenstein, 1985)는 MEGA X 를 이용하여 작성하였으며, BI tree 는 BEAST 1.7.5 (Drummond and Rambaut, 2007)를 사용하여 작성하였고 bootstrap 은 3,000 번 수행하였다.

분류군 정보를 이용하여 진화모델을 지정하기 위해 BEAUti (Drummond and Rambaut, 2007)를 사용하였으며, 진화속도를 계산하기위해 Uncorrelated relaxed clock 을 이용하여 로그모델로 변환하였다. Markov Chain Monte Carlo (MCMC) 분석은 각 영역마다 1000 만 세대, Sampling tree 는 모두 1000 세대를 수행하여 진행하였고 Fig Tree Ver. 1.4.4. (Rambaut, 2010)을 사용하여 BI tree 를 나타내었다.

Table 2. Showing primers and primer sequences of the three genes employed for molecular phylogenetic analysis of the butterflyfishes

Gene	Primers	Primer sequences	References
16S rRNA	16SarL	5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3'	Palumbi, 1996
	16SbrH	5'-CCGGTCTGAACTCAGATCACGT-3'	
COI	FishF2	5'-TCGACTAATCATAAAGATATCGGCAC-3'	Ward et al., 2005
	FishR2	5'-ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA-3'	
Tmo-4C4	Tmo-f1-5	5'-CCTCCGGCCTTCCTAAACCTCTC-3'	Spark and Smith, 2004
	Tmo-r1-5	5'-CATCGTGCTCCTGGGTGACAAAGT-3'	

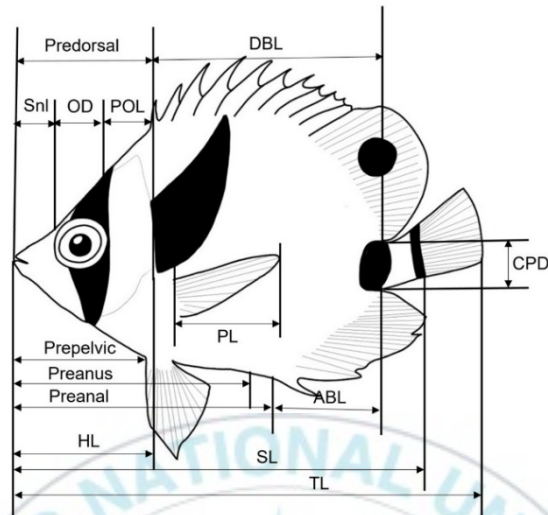


Fig. 2. Diagram showing morphometric characters. TL, total length; HL, head length; SL, standard length; Snl, snout length; OD, orbital diameter; POL, postorbital length; DBL, Dorsal fin base length; ABL, Anal fin base length; CPD, caudal peduncle depth.

III. 결과

1. 유전거리 비교 및 근연 관계

각 영역별로 미토콘드리아 DNA COI 영역 600bp, 16S rRNA 영역 500bp 및 핵 DNA Tmo-4C4 영역 460bp의 염기서열을 확보하여 비교하였다. 나비고기와 어류 14종의 유연관계를 파악하고 유전거리를 비교하였으며, 중간 평균 유전거리는 Table 3과 Table 4에 나타내었고, 속간 평균 유전거리는 Table 5에 나타내었다.

1) mtDNA COI 영역

먼저 COI 영역 염기서열을 분석한 결과, Transition/transversions ratio는 2.14, variable site (V)는 119개 좌위, parsimony informative sites (Pi)는 113개 좌위로 나타났으며 염기의 빈도율은 A (adenine) 22.65%, C (cytosine) 32.22%, G (guanine) 17.16%, T (thymine) 27.97%로 확인되었다. 확보한 표본을 대상으로 정확한 종 식별을 위해 mtDNA COI 영역의 염기서열을 NCBI의 BLAST를 이용하여 등록된 염기서열과 비교하였으며, NJ tree로 나타내었다(Fig. 3). 유전거리는 종간 2.6%~29.6%의 차이를 보이고 있었으며, 아속 간 유전거리는 14.3~18.0%, 속 간 유전거리는 최소 18.9%, 최대 29.6% 차이를 나타냈다. 종내 유전거리는 최대 0.7% 차이를 보이고 있어 종내 변이 수준에서 유집되었다. 종간 평균 유전거리를 비교해보았을 때(Table. 3), 나비고기 속에 속하는 가시나비고기(*C. auriga*)와 황줄나비고기(*C.*

vagabundus)가 2.8%로 매우 가깝게 유집되었으며, 나비고기(*C. auripes*)와 꼬리줄나비고기(*C. wiebeli*)가 3.1%로 유집되어 유연관계가 가까운 것으로 나타났다. 두동가리속의 종 간 유전거리를 비교해보았을 때, 돛대돔(*H. chrysostomus*)과 두동가리돔(*H. acuminatus*)이 11.7%로 확인되었으며, 돛대돔과 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*) 사이는 평균 12.8%, 두동가리돔과 짧은입두동가리돔 사이는 평균 10.7% 이상 차이를 보이고 있다. 갈색띠돔(*Coradion altivelis*)과 세동가리돔(*Roa modesta*)이 다른 속의 종들과 전체적으로 20% 이상의 유전거리가 확인이 되었고 특히 두 종간 평균유전거리는 29.4%로 유연관계가 가장 먼 것으로 나타났다.

2) mtDNA 16S rRNA 영역

MtDNA 16S rRNA 염기서열을 분석한 결과, Transition/transversions ratio는 2.12, variable site (V)는 134개 좌위, parsimony informative sites (Pi)는 110개 좌위로 나타났으며 염기의 빈도율은 A (adenine) 30.60%, C (cytosine) 24.48%, G (guanine) 22.82%, T (thymine) 22.10%로 나타났다. 종 간 유전거리는 2.0~12.2%의 차이를 보이고 있었으며, 아속 간 유전거리는 5.5%~5.9%, 속 간 유전거리는 8.4%~14.2%의 차이를 보였다. 종내 변이는 COI 영역과 비슷하게 최대 0.7%의 변이를 보이고 있었으며 마찬가지로 종내 변이 수준에서 잘 유집되었다(Fig. 4). 종간 평균 유전거리를 비교해보았을 때(Table. 3), 나비고기 속의 나비고기(*C. auripes*)와 꼬리줄나비고기(*C. wiebeli*)가 2.2%로 유집되어 유연관계가 매우 가까운 것으로 나타났으며,

나비고기와 물나비고기(*C. lunula*)가 2.9%, 가시나비고기(*C. auriga*)와 줄나비고기(*C. lineolatus*)가 2.9%로 가깝게 유집되었다. 두동가리속의 종간 유전거리를 비교해보았을 때, 돛대돔과 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*) 사이는 평균 4.7%, 돛대돔(*H. chrysostomus*)과 두동가리돔(*H. acuminatus*)이 6.2%로 확인되었으며, 두동가리돔과 짧은입두동가리돔 사이는 평균 4.6% 이상 차이를 보이고 있다. 갈색띠돔(*Coradion altivelis*)은 다른 속의 종들과 평균 8.4~10.4% 차이를 보이고 있으며 세동가리돔(*Roa modesta*)의 경우 평균 5~12.2% 이상의 유전거리 차이를 나타내고 있다. 두 종간 평균유전거리는 9.1%이며 두동가리돔과는 평균 12.2%로 나타나 두동가리속의 종과의 유연관계가 가장 먼 것으로 나타났다.

3) nDNA Tmo-4C4 영역

Nuclear DNA Tmo-4C4 영역의 염기서열에서는 Transition/transversions ratio는 2.0, variable site (V)는 60개 좌위, parsimony informative sites (Pi)는 36개 좌위로 나타났다. 염기의 빈도율은 A (adenine) 28.34%, C (cytosine) 18.30%, G (guanine) 27.29%, T (thymine) 26.07%로 구성되어 있다. 종 간 유전거리는 0~5.8%로 유집되고 있으며(Table 4), 아속 간 2.2~3.4%, 속 간 2.5~5.2%로 유집되었다. 나비고기속 내 평균 유전 거리는 1.3%로 나타났으며 두동가리속 내 평균 유전 거리는 0.5%로 확인되었다. 나비고기속과 비교적 가까운 속은 세동가리돔(*Roa modesta*)이 속한 *Roa*속으로 나타났으며 2.5%의 유전적 차이를 확인하였다. 갈색띠돔(*Coradion altivelis*)이 속한 *Coradion*속은 다른

속과의 유전거리가 평균적으로 5.2%의 차이가 나는 것으로 보아, 다른 속에 비해 유연관계가 먼 것을 확인할 수 있다(Table. 5).



Table 3. Mean genetic distances among 13 butterflyfishes based on mtDNA COI sequences (upper triangle) and 16S rRNA sequences (lower triangle).

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>C. auriga</i>		0.053	0.069	0.073	0.179	0.147	0.028	0.049	0.231	0.191	0.237	0.211	0.213
<i>C. auripes</i>	0.051		0.068	0.057	0.182	0.130	0.055	0.031	0.258	0.213	0.244	0.237	0.208
<i>C. lineolatus</i>	0.029	0.034		0.082	0.191	0.135	0.058	0.065	0.267	0.203	0.228	0.226	0.222
<i>C. lunula</i>	0.050	0.029	0.043		0.174	0.158	0.070	0.060	0.272	0.225	0.246	0.230	0.202
<i>C. nippon</i>	0.057	0.064	0.052	0.059		0.172	0.168	0.184	0.256	0.249	0.225	0.247	0.213
<i>C. speculum</i>	0.057	0.058	0.053	0.067	0.056		0.151	0.135	0.238	0.193	0.205	0.211	0.251
<i>C. vagabundus</i>	0.036	0.057	0.038	0.044	0.052	0.066		0.051	0.243	0.180	0.222	0.207	0.216
<i>C. wiebeli</i>	0.032	0.022	0.029	0.022	0.047	0.053	0.040		0.252	0.217	0.248	0.231	0.203
<i>Coradion altivelis</i>	0.094	0.089	0.086	0.098	0.098	0.099	0.091	0.084		0.211	0.255	0.263	0.294
<i>H. acuminatus</i>	0.167	0.128	0.128	0.135	0.143	0.136	0.142	0.130	0.104		0.117	0.107	0.270
<i>H. chrysostomus</i>	0.051	0.133	0.125	0.129	0.132	0.127	0.130	0.125	0.104	0.062		0.128	0.286
<i>H. diphreutes</i>	0.029	0.126	0.120	0.122	0.122	0.128	0.123	0.117	0.089	0.046	0.047		0.290
<i>Roa modesta</i>	0.050	0.087	0.089	0.107	0.094	0.094	0.107	0.087	0.091	0.122	0.112	0.107	

Table 4. Mean genetic distances among 13 butterflyfishes based on nDNA Tmo-4C4 sequences.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>C. auriga</i>												
<i>C. auripes</i>	0.007											
<i>C. lineolatus</i>	0.003	0.005										
<i>C. lunula</i>	0.005	0.007	0.002									
<i>C. nippon</i>	0.024	0.032	0.027	0.029								
<i>C. speculum</i>	0.022	0.025	0.020	0.022	0.034							
<i>C. vagabundus</i>	0.003	0.005	0.000	0.002	0.027	0.020						
<i>C. wiebeli</i>	0.003	0.005	0.000	0.002	0.027	0.020	0.000					
<i>Coradion altivelis</i>	0.054	0.052	0.051	0.054	0.053	0.053	0.051	0.051				
<i>H. acuminatus</i>	0.043	0.052	0.046	0.048	0.048	0.051	0.046	0.046	0.028			
<i>H. chrysostomus</i>	0.043	0.051	0.046	0.048	0.048	0.051	0.046	0.046	0.030	0.007		
<i>H. diphreutes</i>	0.051	0.058	0.053	0.056	0.051	0.058	0.053	0.053	0.035	0.007	0.013	
<i>Roa modesta</i>	0.03	0.028	0.023	0.025	0.024	0.027	0.022	0.022	0.038	0.033	0.033	0.034

Table 5. Mean genetic distances among 4 genera of butterflyfishes based on COI, 16S rRNA, Tmo-4C4 sequences.

Based on mtDNA COI sequences				
Genus	1	2	3	4
<i>Chaetodon</i>	0.106			
<i>Coradion</i>	0.252	0.000		
<i>Heniochus</i>	0.221	0.243	0.117	
<i>Roa</i>	0.26	0.294	0.282	0.000
Based on mtDNA 16S rRNA sequences				
Genus	1	2	3	4
<i>Chaetodon</i>	0.046			
<i>Coradion</i>	0.092	0.000		
<i>Heniochus</i>	0.099	0.099	0.052	
<i>Roa</i>	0.089	0.091	0.114	0.000
Based on nDNA Tmo-4C4 sequences				
Genus	1	2	3	4
<i>Chaetodon</i>	0.014			
<i>Coradion</i>	0.052	0.000		
<i>Heniochus</i>	0.050	0.031	0.009	
<i>Roa</i>	0.025	0.038	0.033	0.000

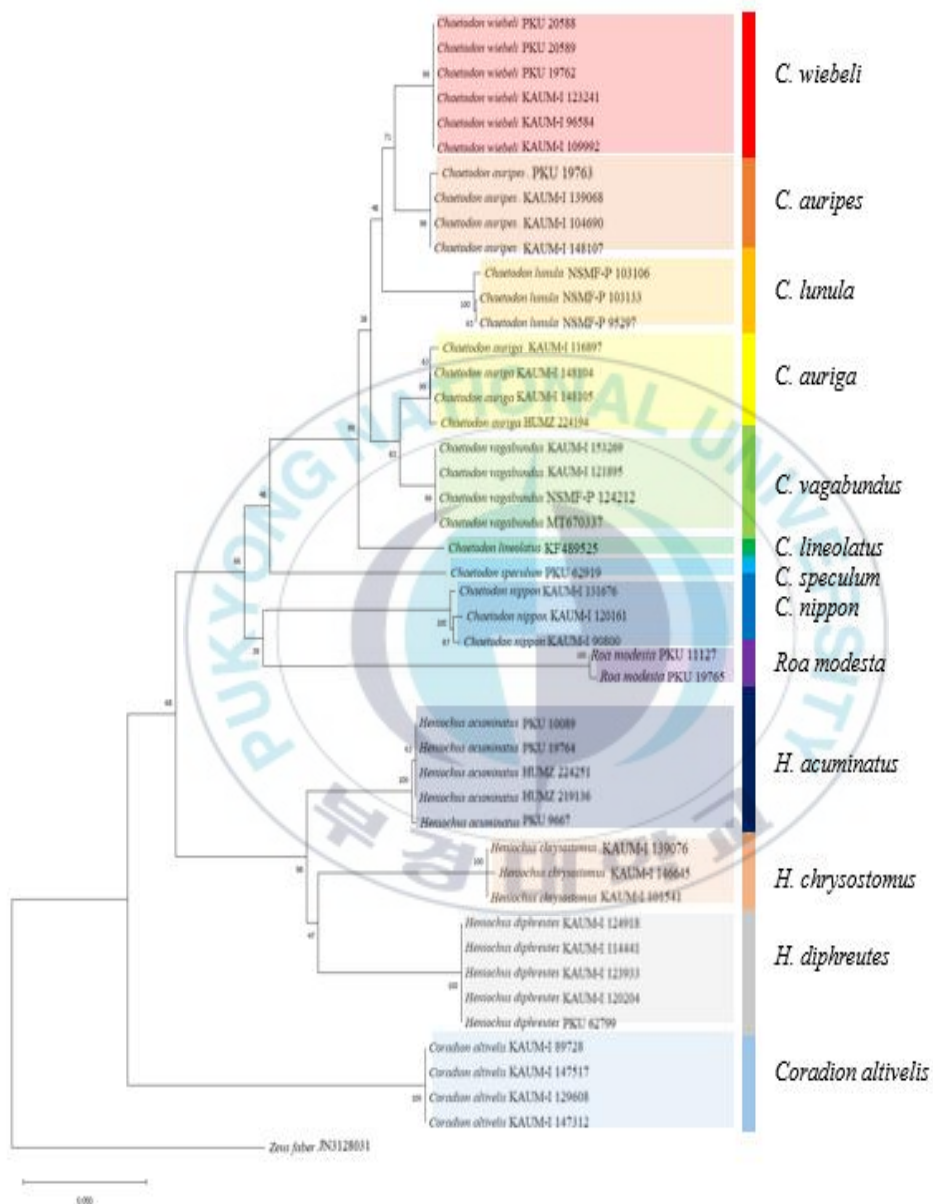


Fig. 3. Neighbor joining tree based on mtDNA COI sequences 320 bp of butterflyfishes 13 species from Korea. Sequences arranged by ClusterW. NJ tree constructed by 10,000 bootstrap replications using K2P model. Scale indicate a genetic distance of 0.05. The tree showing relationship among butterflyfishes.

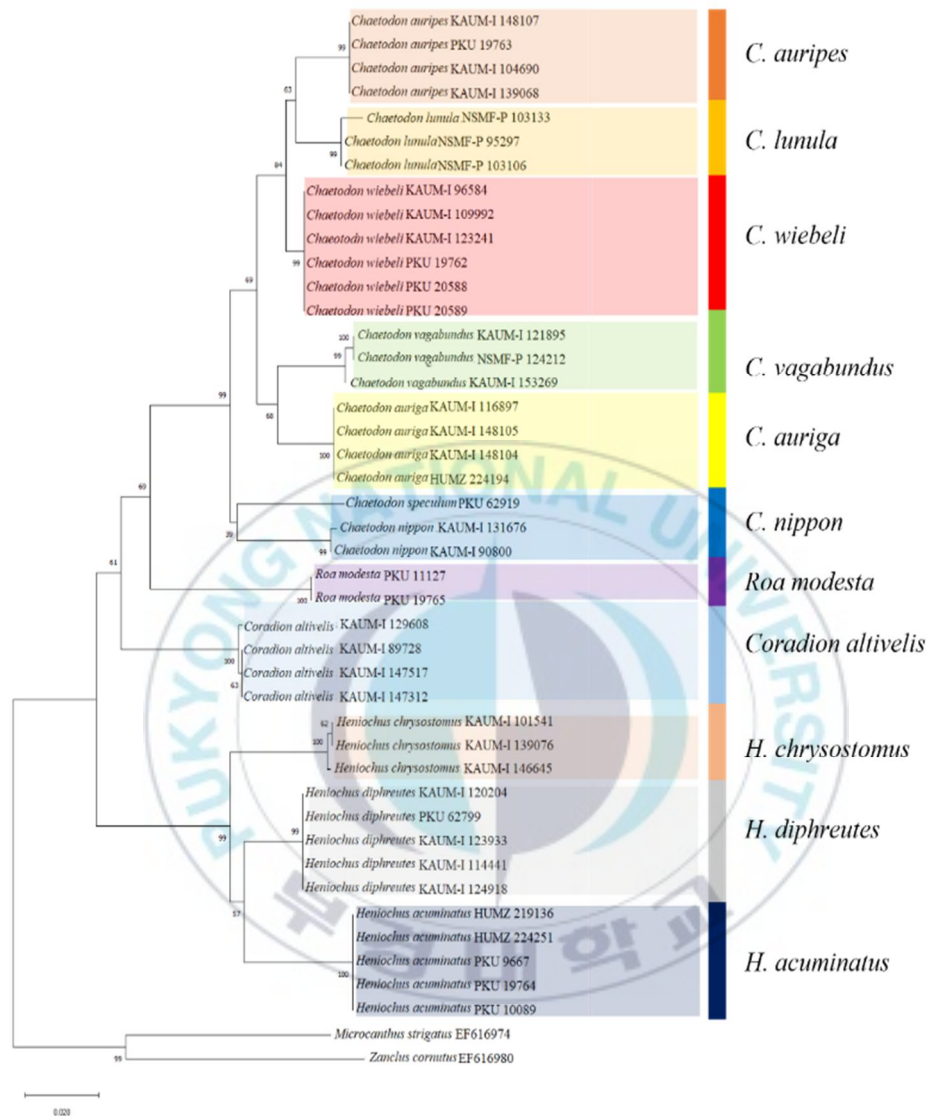


Fig. 4. Neighbor joining tree based on mtDNA 16S rRNA sequences 464 bp of butterflyfishes 13 species from Korea. Sequences arranged by ClusterW. NJ tree constructed by 10,000 bootstrap replications using K2P model . Scale indicate a genetic distance of 0.02. The tree showing relationship among butterflyfishes.

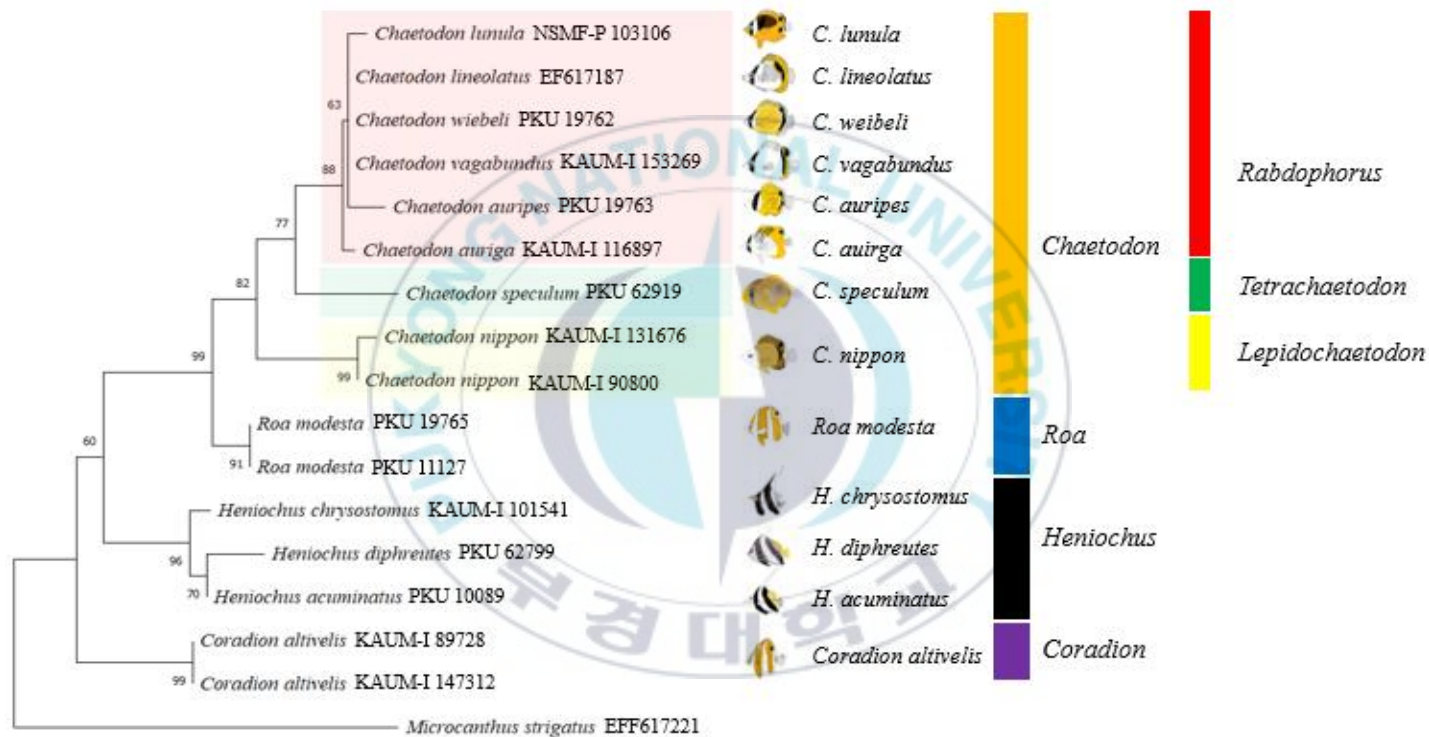


Fig. 5. Neighbor joining tree based on nDNA Tmo-4C4 sequences 460 bp of butterflyfishes 13 species from Korea. Sequences arranged by ClusterW. NJ tree constructed by 10,000 bootstrap replications using K2P model. The tree showing relationship among butterflyfishes.

4) ML tree & Bayseian Inference tree

MtDNA COI, 16S rRNA 영역 및 nDNA Tmo-4C4 영역에 대하여 BI tree와 및 ML tree를 작성하였으며 각각의 영역별로 구분하여 계통도를 작성하였다(Fig. 6, Fig. 7). 세가지 영역 모두 4개의 속(*Chaetodon*, *Roa*, *Coradion*, *Heniochus*)으로 잘 구분되고 있으며 mtDNA와 nDNA 영역 모두 높은 사후확률 값을 보여 단계통성을 지지하고 있다. 또한 우리나라에 출현하는 나비고기속 어류는 크게 3개의 아속으로 나누어 세분화되고 있다. 각 영역별 tree에서도 *Rabdophorus*, *Lepidochaetodon*, *Tetrachaetodon* 3개의 그룹으로 잘 나뉘어지고 있어 아속의 타당성을 지지할 수 있는 것으로 보여진다. 두동가리속 내에서도 갈색띠돔(*H. chrysostomus*)이 나머지 두 종(*H. diphreutes*, *H. acuminatus*)과 분리되는 것으로 보여지는데, 높은 사후확률(두 계통도 모두 1)과 부트스트랩 값을 나타내고 있어 추후 세부적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

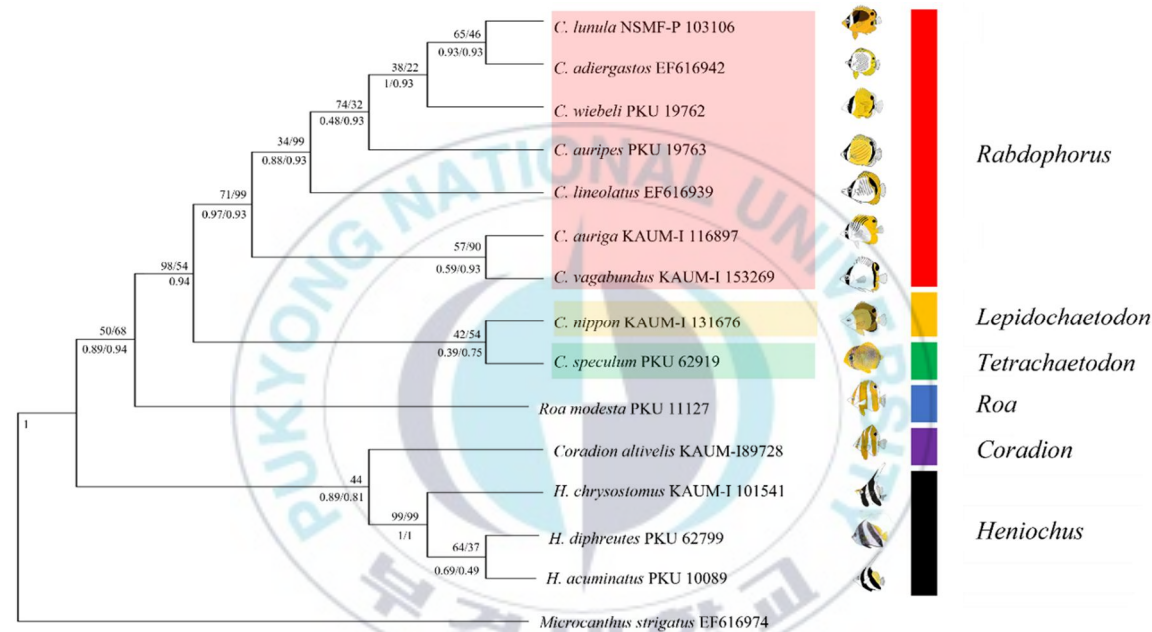


Fig. 6. Maximum-likelihood (ML) and Bayesian-inference (BI) consensus tree based on mtDNA 16S rRNA, COI sequences. The tree constructed by 3,000 bootstrap replications, showing relationships among 14 species butterflyfishes from Korea. Number of branches indicate bootstrap values (upper) and posterior probabilities (below). Color of boxes indicate one of subgenus in Genus *Chaetodon* (Red: *Rabdophorus*; Yellow: *Lepidochaetodon*; Green: *Tetrachaetodon*).

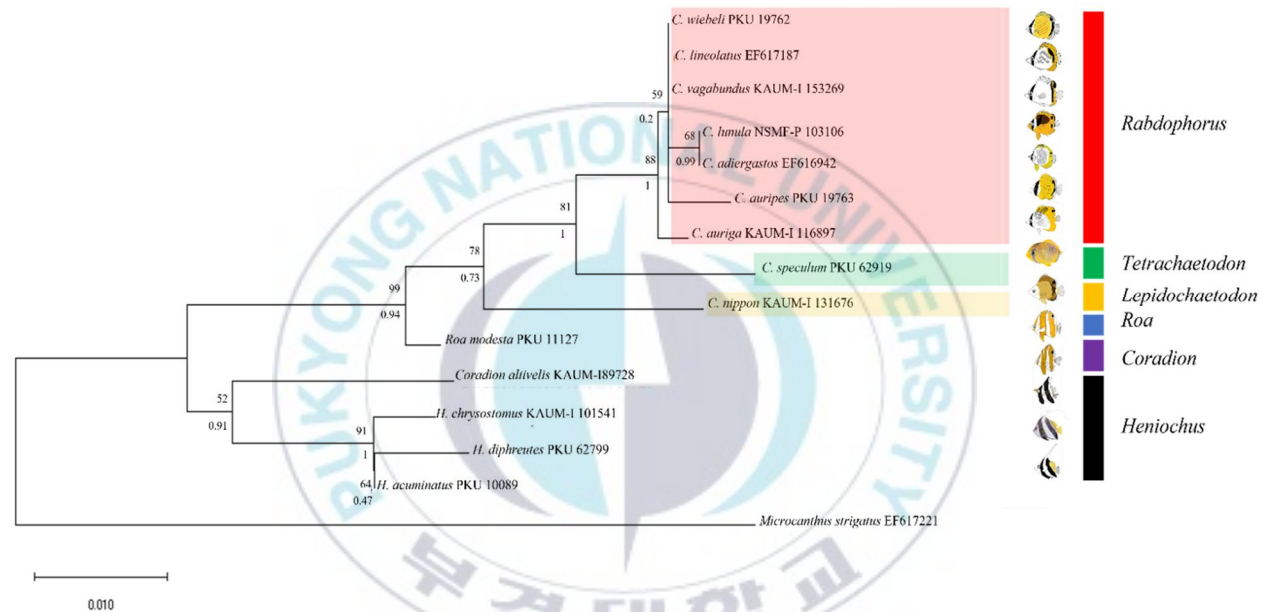


Fig. 7. Maximum-likelihood (ML) tree and Bayesian-inference (BI) tree based on nDNA Tmo-4C4 sequences. The tree constructed by 3,000 bootstrap replications, showing relationships among 14 species butterflyfishes from Korea. Number of branches indicate bootstrap values (upper) and posterior probabilities (below). Color of boxes indicate one of subgenus in Genus *Chaetodon* (Red: *Rabdophorus*; Yellow: *Lepidochaetodon*; Green: *Tetrachaetodon*).

2. 형태 기재

나비고기과 13종의 계수 및 측측 형질은 Table 6~ Table 11에 나타냈다. 등지느러미와 뒷지느러미의 계수형질에서는 속 간 유의한 차이를 보이지 않았으나, 갈색띠돔(*Coradion altivelis*)이 속한 *Coradion*속의 경우 등지느러미 극조가 8개로 가장 적었다(Table 6). 측선 공수(LLp)와 상횡렬린(TRa) 및 하횡렬린(TRb)를 비교하였을 때, *Chaetodon*속에 비해 *Heniochus*속이 대부분 더 많은 것으로 나타났다(Tabe 8; Table 9).

Family Chaetodontidae Rafinesque, 1985 (국명: 나비고기과)

기재: 몸과 머리가 매우 측편되어 있으며, 전새개부에 극이 발달되어 있지 않다. 입과 주둥이가 작고 뾰족하며 돌출되어 있다. 등지느러미 극조와 연조는 부드럽게 이어지거나 약간의 경계가 존재한다. 등지느러미 극조는 6~16개, 연조는 15~30개로 이루어져 있으며 뒷지느러미는 극조 3~5개, 연조는 14~23개로 이루어져 있다. 몸 전체가 빗비늘로 덮여 있다. 유어시기에는 두정부가 갑옷처럼 발달된 골질판으로 덮여 있으며, 머리 등쪽 외곽선이 매우 볼록하게 발달한 토리쿠치스(*Tholichthys*) 단계를 거친다 (Leis, 1989; Burgess, 2003; Allen and Erdmann, 2012). 나비고기과 어류는 등지느러미 신장 여부와 측측의 줄무늬 패턴 및 체형에 따라 속 수준으로 분류된다. 전세계 12속 134종이 있다(Fricke et al., 2021).

Table 6. Comparisons of dorsal fin rays of butterflyfishes from Korea

Counts		Dorsal spine								Dorsal softrays											
Specimens	Number of specimens	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	30	31
<i>Chaetodon auriga</i>	4	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	.	.	.	.
<i>C. auripes</i>	5	.	.	.	1	4	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	.	.	.	.	.
<i>C. lineolatus</i>	3	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.
<i>C. lunula</i>	4	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	.	.	.	.	.
<i>C. nippon</i>	4	.	.	.	.	.	4	.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. speculum</i>	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. vagabundus</i>	4	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	.
<i>C. wiebeli</i>	6	.	.	.	.	5	1	.	.	.	.	.	.	2	1	1	2	.	.	.	.
<i>Coradion altivelis</i>	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2
<i>Heniochus acuminatus</i>	5	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	.	.	.	.
<i>H. chrysostomus</i>	3	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>H. diphreutes</i>	5	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	.	.	.	.
<i>Roa modesta</i>	3	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.

Table 7. Comparisons of anal fin rays of butterflyfishes from Korea

Counts		Anal spine	Anal softrays																		
Specimens	Number of specimens	III	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	30	31	
<i>Chaetodon auriga</i>	4	4	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. auripes</i>	5	5	.	.	.	.	.	.	.	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. lineolatus</i>	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. lunula</i>	4	4	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. nippon</i>	4	4	.	.	.	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. speculum</i>	1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. vagabundus</i>	4	4	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. wiebeli</i>	6	6	.	.	.	.	.	.	2	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Coradion altivelis</i>	4	4	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Heniochus acuminatus</i>	5	5	.	.	.	.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>H. chrysostomus</i>	3	3	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>H. diphreutes</i>	5	5	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Roa modesta</i>	3	3	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

Table 8. Comparisons of lateral line pores (LLp) of butterflyfishes from Korea

Counts		Lateral line pores																																			
Specimens	Number of specimens	24	...	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	?					
<i>Chaetodon auriga</i>	4	.	.	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>C. auripes</i>	5	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
<i>C. lineolatus</i>	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
<i>C. lunula</i>	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
<i>C. nippon</i>	4	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>C. speculum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1		
<i>C. vagabundus</i>	4	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3		
<i>C. wiebeli</i>	6	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2		
<i>Coradion altivelis</i>	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1			
<i>Heniochus acuminatus</i>	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
<i>H. chrysostomus</i>	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	1		
<i>H. diphreutes</i>	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.			
<i>Roa modesta</i>	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		

Table 9. Comparisons of TRa and TRb of butterflyfishes from Korea

Counts		TRa													TRb																						
Specimens	Number of specimens	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	?	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	...	35	?	
<i>Chaetodon auriga</i>	4	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>C. auripes</i>	5	.	1	2	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>C. lineolatus</i>	3	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. lunula</i>	4	.	.	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>C. nippon</i>	4	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>C. speculum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>C. vagabundus</i>	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	
<i>C. wiebeli</i>	6	.	.	1	1	2	.	.	.	1	.	.	1	.	.	2	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Coradion altivelis</i>	4	.	.	.	.	1	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	1	.	.	.	.	
<i>Heniochus acuminatus</i>	5	.	.	.	.	.	.	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>H. chrysostomus</i>	3	.	.	.	.	.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	
<i>H. diphreutes</i>	5	.	.	.	.	.	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Roa modesta</i>	3	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1	.	

Table 10. Comparisons of proportional measurements of 13 in standard length

Morphological characters	<i>Chaetodon auriga</i>	<i>Chaetodon auripes</i>	<i>Chaetodon lineolatus</i>	<i>Chaetodon lunula</i>	<i>Chaetodon nippon</i>
Number of specimens	4	5	3	4	4
Standard length (mm)	23.7 ~ 148.7 (97.9)	20.3 ~ 139.5 (63.6)	33.1 ~ 207.2 (100.1)	43.0 ~ 209.1 (154.5)	24.9 ~ 116.7 (61.9)
In SL (%)					
Body depth	63.1 ~ 66.5 (64.3)	61.7 ~ 73.6 (68.1)	67.0 ~ 68.4 (67.4)	56.3 ~ 65.6 (63.2)	55.8 ~ 66.1 (61.8)
Head length	31.1 ~ 44.2 (35.4)	31.6 ~ 42.2 (36.1)	33.0 ~ 37.9 (36.1)	31.1 ~ 37.6 (33.7)	31.2 ~ 40.7 (34.9)
Upper jaw length	4.0 ~ 7.6 (5.3)	4.0 ~ 5.1 (5.2)	4.4 ~ 8.2 (6.3)	4.2 ~ 5.3 (4.6)	3.7 ~ 6.1 (5.0)
Snout length	13.2 ~ 14.9 (14.0)	11.0 ~ 13.1 (11.7)	13.3 ~ 15.4 (14.6)	13.3 ~ 14.7 (13.7)	9.0 ~ 13.8 (11.7)
Orbital diameter	8.0 ~ 16.7 (10.6)	10.9 ~ 13.1 (12.7)	7.0 ~ 13.9 (11.0)	7.2 ~ 11.7 (9.0)	8.8 ~ 16.4 (12.7)
Interorbital width	8.6 ~ 12.7 (9.9)	11.0 ~ 13.3 (12.2)	11.0 ~ 13.6 (12.5)	9.6 ~ 11.9 (10.5)	10.8 ~ 13.7 (11.8)
Postorbital length	12.4 ~ 17.7 (14.0)	13.2 ~ 16.2 (14.2)	13.2 ~ 15.0 (14.2)	13.6 ~ 15.2 (14.4)	14.0 ~ 17.9 (15.3)
Predorsal length	40.9 ~ 52.0 (44.6)	42.8 ~ 55.5 (47.9)	38.2 ~ 50.5 (45.3)	37.6 ~ 48.8 (43.6)	36.7 ~ 46.9 (41.2)
Prepectoral length	32.0 ~ 41.4 (36.0)	32.6 ~ 39.1 (36.4)	33.5 ~ 38.6 (36.4)	29.7 ~ 38.3 (34.6)	31.6 ~ 43.1 (35.7)
Prepelvic length	38.0 ~ 51.0 (43.0)	41.9 ~ 47.7 (45.4)	27.0 ~ 46.4 (37.8)	39.6 ~ 48.8 (43.3)	40.4 ~ 50.0 (44.3)
Preanus length	63.4 ~ 68.5 (66.0)	61.1 ~ 68.8 (66.1)	67.1 ~ 70.2 (68.4)	65.6 ~ 70.5 (68.5)	61.2 ~ 73.0 (68.4)
Preanal length	66.9 ~ 71.1 (68.9)	68.8 ~ 72.5 (71.1)	71.0 ~ 74.7 (72.8)	68.6 ~ 73.0 (71.5)	66.9 ~ 77.7 (71.7)
Dorsal fin length	62.8 ~ 71.2 (68.7)	65.7 ~ 68.8 (70.1)	65.6 ~ 72.0 (69.2)	57.9 ~ 71.1 (67.1)	61.1 ~ 75.0 (68.6)
Pectoral fin length	24.8 ~ 32.6 (27.5)	27.4 ~ 29.3 (29.0)	23.5 ~ 29.5 (27.5)	21.4 ~ 27.5 (25.0)	25.4 ~ 28.9 (26.4)
Pelvic fin length	19.3 ~ 27.9 (23.5)	13.9 ~ 28.5 (23.9)	18.0 ~ 30.6 (25.0)	20.3 ~ 30.5 (23.6)	21.9 ~ 29.1 (25.9)
Caudal peduncle depth	10.0 ~ 11.8 (10.7)	10.9 ~ 11.8 (11.0)	10.5 ~ 11.8 (11.0)	9.8 ~ 10.5 (10.2)	10.2 ~ 11.3 (10.6)
Caudal fin length	15.1 ~ 20.0 (17.7)	15.8 ~ 18.4 (17.8)	16.0 ~ 18.1 (17.1)	12.7 ~ 17.1 (14.6)	19.1 ~ 22.2 (20.5)

Table 10. Continue

Morphological characters	<i>Chaetodon speculum</i>	<i>Chaetodon vagabundus</i>	<i>Chaetodon wiebeli</i>	<i>Coradion altivelis</i>
Number of specimens	1	4	6	4
Standard length (mm)	11.7	27.6 ~ 113.5 (70.8)	22.7 ~ 157.3 (77.0)	24.0 ~ 134.3 (76.2)
In SL (%)				
Body depth	63.9	67.2 ~ 69.8 (68.3)	59.2 ~ 75.4 (66.0)	61.3 ~ 80.2 (71.7)
Head length	45.8	31.9 ~ 42.2 (35.4)	31.2 ~ 43.6 (36.3)	36.3 ~ 40.6 (37.7)
Upper jaw length	6	3.0 ~ 7.8 (5.6)	4.8 ~ 10.1 (7.3)	4.9 ~ 7.2 (6.5)
Snout length	11.9	11.5 ~ 13.3 (12.2)	11.5 ~ 13.7 (11.7)	9.0 ~ 14.8 (13.3)
Orbital diameter	21.3	9.2 ~ 14.7 (11.6)	8.5 ~ 16.9 (12.7)	9.8 ~ 16.5 (11.1)
Interorbital width	11.9	9.5 ~ 10.9 (10.1)	9.7 ~ 21.9 (13.6)	9.7 ~ 10.4 (10.1)
Postorbital length	16.2	8.1 ~ 13.3 (10.7)	10.8 ~ 15.8 (12.7)	15.3 ~ 17.1 (16.5)
Predorsal length	58.8	40.4 ~ 55.5 (46.6)	43.8 ~ 53.2 (12.9)	48.0 ~ 53.8 (51.9)
Prepectoral length	46.9	31.6 ~ 40.0 (35.5)	32.1 ~ 43.4 (71.8)	35.8 ~ 37.6 (36.8)
Prepelvic length	52.9	36.9 ~ 48.0 (39.4)	41.1 ~ 55.9 (36.8)	42.1 ~ 49.3 (44.6)
Preanus length	76.7	63.5 ~ 65.6 (64.7)	65.8 ~ 72.0 (46.4)	63.6 ~ 67.3 (65.6)
Preanal length	78.4	69.0 ~ 72.3 (62.7)	68.1 ~ 76.2 (47.9)	66.7 ~ 69.4 (67.7)
Dorsal fin length	58	62.5 ~ 75.3 (70.3)	58.8 ~ 80.8 (68.3)	79.6 ~ 73.9 (65.1)
Pectoral fin length	24.7	26.5 ~ 30.1 (28.3)	26.7 ~ 29.9 (28.8)	26.2 ~ 30.2 (28.3)
Pelvic fin length	27.3	22.0 ~ 28.0 (25.1)	20.4 ~ 28.1 (25.8)	33.5 ~ 38.7 (35.1)
Caudal peduncle depth	14.5	9.5 ~ 11.1 (10.5)	10.1 ~ 12.4 (11.3)	11.6 ~ 13.0 (12.1)
Caudal fin length	25.6	17.4 ~ 19.1 (18.4)	16.1 ~ 24.6 (20.4)	21.3 ~ 24.0 (22.8)

Table 10. Continue

Morphological characters	<i>Heniochus acuminatus</i>	<i>Heniochus chrysostomus</i>	<i>Heniochus diphreutes</i>	<i>Roa modesta</i>
Number of specimens	5	3	5	3
Standard length (mm)	37.3 ~ 158.8 (93.5)	50.8 ~ 122.4 (75.5)	33.4 ~ 135.1 (90.6)	32.1 ~ 99.5 (67.6)
In SL (%)				
Body depth	67.4 ~ 71.9 (69.4)	64.0 ~ 68.0 (66.6)	58.9 ~ 77.6 (69.9)	69.7 ~ 75.5 (71.8)
Head length	33.0 ~ 41.2 (36.4)	33.3 ~ 38.0 (36.3)	29.6 ~ 38.3 (34.2)	33.1 ~ 39.3 (36.4)
Upper jaw length	5.1 ~ 7.7 (6.2)	5.5 ~ 6.0 (5.7)	3.8 ~ 5.9 (5.1)	6.7 ~ 7.5 (7.0)
Snout length	12. ~ 15.9 (14.3)	11.6 ~ 13.8 (12.8)	9.1 ~ 12.1 (11.0)	11.2 ~ 12.8 (12.5)
Orbital diameter	8.3 ~ 16.1 (11.5)	11.3 ~ 13.5 (12.7)	9.2 ~ 12.6 (11.2)	10.1 ~ 12.6 (11.4)
Interorbital width	9.0 ~ 12.3 (10.5)	10.3 ~ 12.2 (11.1)	8.8 ~ 12.5 (10.3)	10.3 ~ 14.3 (12.3)
Postorbital length	10.3 ~ 16.5 (13.5)	12.6 ~ 15.1 (13.7)	12.9 ~ 17.5 (14.9)	13.3 ~ 15.5 (14.4)
Predorsal length	48.9 ~ 59.1 (53.5)	41.8 ~ 47.3 (45.0)	42.0 ~ 50.8 (48.0)	49.7 ~ 51.8 (50.4)
Prepectoral length	33.8 ~ 42.8 (37.5)	33.7 ~ 36.7 (35.4)	31.7 ~ 35.5 (33.8)	36.2 ~ 41.5 (38.6)
Prepelvic length	43.1 ~ 47.3 (46.0)	39.3 ~ 43.2 (41.4)	44.8 ~ 47.6 (46.2)	41.3 ~ 46.6 (44.0)
Prealanus length	65.6 ~ 71.1 (68.3)	60.5 ~ 67.9 (64.6)	65.4 ~ 73.4 (69.9)	62.1 ~ 68.9 (66.2)
Prealanal length	69.8 ~ 76.1 (73.5)	66.4 ~ 69.5 (67.9)	70.3 ~ 75.6 (73.8)	64.2 ~ 73.1 (69.9)
Dorsal fin length	68.2 ~ 75.3 (72.7)	71.5 ~ 77.7 (74.6)	66.3 ~ 79.4 (75.5)	64.6 ~ 72.1 (68.4)
Pectoral fin length	29.5 ~ 38.0 (33.9)	36.1 ~ 37.1 (36.6)	25.4 ~ 34.7 (30.5)	23.9 ~ 31.7 (28.7)
Pelvic fin length	32.8 ~ 41.2 (36.2)	31.1 ~ 38.4 (35.7)	31.7 ~ 40.8 (36.4)	26.2 ~ 29.7 (27.9)
Caudal peduncle depth	10.3 ~ 11.7 (11.0)	8.3 ~ 10.5 (9.5)	11.1 ~ 12.1 (11.6)	11.9 ~ 13.4 (12.4)
Caudal fin length	20.9 ~ 31.5 (24.3)	21.6 ~ 23.2 (22.4)	19.7 ~ 22.8 (21.2)	14.6 ~ 23.7 (19.8)

Table 11. Comparisons of proportional measurements of 13 Chaetodontidae in head length

Morphological characters	<i>Chaetodon auriga</i>	<i>Chaetodon auripes</i>	<i>Chaetodon lineolatus</i>	<i>Chaetodon lunula</i>
Number of specimens	4	5	3	4
Head length (mm)	10.5 ~ 46.2 (32.3)	8.6 ~ 24.9 (21.6)	12.5 ~ 68.3 (34.4)	16.2 ~ 65.1 (50.5)
In HL (%)				
Upper jaw length	11.5 ~ 24.6 (15.5)	12.0 ~ 17.9 (14.6)	13.5 ~ 21.9 (17.2)	11.1 ~ 15.9 (13.7)
Snout length	33.8 ~ 44.8 (40.2)	29.8 ~ 35.4 (32.6)	35.7 ~ 46.0 (40.8)	39.2 ~ 42.8 (40.7)
Orbital diameter	24.1 ~ 37.9 (29.0)	31.5 ~ 37.5 (35.2)	21.1 ~ 36.8 (30.2)	23.1 ~ 31.2 (26.5)
Interorbital width	26.5 ~ 28.7 (27.8)	26.0 ~ 38.6 (34.2)	33.5 ~ 36.0 (34.5)	25.5 ~ 35.8 (31.4)
Postorbital length	38.6 ~ 40.1 (39.6)	32.1 ~ 44.4 (39.7)	37.7 ~ 40.2 (39.3)	40.3 ~ 43.8 (42.9)
Morphological characters	<i>Chaetodon speculum</i>	<i>Chaetodon vagabundus</i>	<i>Chaetodon wiebeli</i>	<i>Coradion altivelis</i>
Number of specimens	1	4	6	4
Head length (mm)	5.4	8.6 ~ 36.2 (23.7)	7.4 ~ 51.3 (25.9)	9.5 ~ 49.9 (28.3)
In HL (%)				
Upper jaw length	13	8.5 ~ 24.3 (15.8)	12.8 ~ 24.1 (20.1)	13.4 ~ 19.7 (17.2)
Snout length	26.1	29.8 ~ 41.3 (34.9)	22.6 ~ 37.6 (32.6)	32.3 ~ 39.7 (35.3)
Orbital diameter	46.6	27.4 ~ 37.9 (32.3)	26.1 ~ 41.5 (34.3)	24.7 ~ 33.9 (29.4)
Interorbital width	26.1	25.9 ~ 30.8 (28.7)	27.3 ~ 55.1 (35.3)	23.9 ~ 28.5 (26.8)
Postorbital length	35.4	26.0 ~ 41.5 (31.2)	24.8 ~ 48.5 (38.2)	37.8 ~ 47.0 (44.0)

Table 11. Continue

Morphological characters	<i>Heniochus acuminatus</i>	<i>Heniochus chrysostomus</i>	<i>Heniochus diphreutes</i>	<i>Roa modesta</i>
Number of specimens	5	3	5	3
Head length (mm)	15.4 ~ 54.1 (32.7)	19.3 ~ 40.7 (26.7)	12.8 ~ 40.0 (30.1)	12.6 ~ 32.9 (23.9)
In HL (%)				
Upper jaw length	12.4 ~ 22.0 (17.3)	14.5 ~ 18.1 (15.7)	11.3 ~ 20.0 (15.0)	16.9 ~ 20.3 (19.2)
Snout length	33.2 ~ 42.4 (39.3)	34.6 ~ 34.8 (35.3)	23.6 ~ 40.7 (32.7)	32.6 ~ 36.7 (34.3)
Orbital diameter	24.5 ~ 39.1 (31.4)	33.9 ~ 35.9 (35.0)	31.2 ~ 34.6 (32.8)	30.7 ~ 32.1 (31.2)
Interorbital width	26.5 ~ 30.6 (28.8)	27.4 ~ 36.7 (30.8)	25.7 ~ 32.6 (30.0)	28.0 ~ 37.3 (33.9)
Postorbital length	30.3 ~ 42.1 (37.0)	33.2 ~ 40.1 (37.7)	41.5 ~ 45.6 (43.5)	36.9 ~ 42.1 (39.8)

1) 나비고기속(*Chaetodon*) 8 종의 형태 기재

Genus *Chaetodon* Linnaeus, 1758 (국명: 나비고기속)

3~5번째 등지느러미가 신장되지 않으며 눈을 가로지르는 줄무늬를 제외하고 체측에는 2개 이상의 커다란 줄무늬가 존재하지 않는다(Pyle, 2000). 이 속에 속한 어류 중 반점이 있는 종들은 모두 눈을 가로지르는 줄무늬가 있다(Kelley et al., 2013). 전세계적으로 10개 아속 87종이 알려져 있다(Fessler and Westneat, 2007; Froese and Pauly, 2021)

Subgenus *Lepidochaetodon* Bleeker, 1876

첫번째 등지느러미 담기골 전측방에 돌기가 있으며 측면 지지대가 기립근 주변을 둘러싸며 수렴하고 있다. 두정부에서 등지느러미 기점까지의 머리 뼈가 두겹게 발달되어 있다(Blum, 1988; Ferry-Graham et al., 2001).

Subgenus *Rabdophorus* Swainson, 1839

두정부에서 등지느러미 기점까지의 뼈가 단일로 존재하며 설공의 등쪽은 얇고 전방 표면은 측면을 향해 있는 것이 특징이다(Blum, 1988; Ferry-Graham et al., 2001).

Subgenus *Tetrachaetodon* Weber & Beaufort, 1936

전상악골 하행 돌기가 없으며 구개골에 골질돌기가 잘 발달되어 있고 외익상골이 넓지 않은 편이다(Blum, 1988; Ferry-Graham et al., 2001).

(1) *Chaetodon auriga* Forskål, 1775

(국명: 가시나비고기) (Fig. 8)

Chaetodon auriga Forskål, 1775: 60 (type locality: Ecuador)

Chaetodon auriga: Schultz, 1953: 591 (Djidda); Chyung, 1977: 618 (Korea); Allen, 1999: 148 (Indo Pacific); Allen et al., 2003: 17 (Japan); Kim et al., 2005: 348 (Korea); Shimada, 2013: 995 (Japan); Kirschner and Bergbauer, 2015: 145 (Red sea); Tiralongo et al., 2018: 491 (Capomisenno); Allen, 2020: 172 (Australia).

관찰재료: KAUM-I 116897 (23.7 mm SL), 일본 가고시마현 Hirase, 2018. 06. 30, Hand net; KAUM-I 148104-148105 (87.25~131.95 mm SL), 일본 가고시마현 Kamikatetsu Island, 2020.10.4, Hand net. HUMZ 224194 (148.7 mm SL), 일본 오키나와.



Fig. 8. (A) Juvenile stage of *C. auriga*, Photo by Ichthyology lab in Pukyong National University. ? mm. (B) Immature stage of *C. auriga*, PKU 19420, 54.7 mm TL, Philippines. (C) Adult stage of *C. auriga*, KAUM-I 148105, 87.25 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 체고가 높은 측편형이다. 입과 주둥이는 매우 작고 앞으로 뾰족하게 돌출되어 있다. 양 턱에 뾰뾰한 털과 유사한 턱니가 있다. 머리에 비해 눈은 비교적 큰 편이다. 콧구멍은 눈과 가까이 위치한다. 머리의 등쪽 외곽선은 매우 경사가 급하며 눈 위쪽은 약간 오목하다. 등지느러미는 새개부 약간 앞에서부터 시작하며 꼬리자루 앞까지 이어져 있다. 등지느러미 연조부의 일부가 매우 길게 신장되어 있다(유어시기에는 신장되지 않는다). 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤부터 시작하며 뒷지느러미까지 도달하지 않는다. 항문은 배지느러미보다 뒷지느러미에 가까이 위치한다. 뒷지느러미는 등지느러미 극조 후단부터 시작하며 꼬리자루 앞까지 연결되어 있다. 꼬리자루는 절단형이며 끝이 약간 둥글다. 측선은 새개부에서 시작하여 꼬리자루까지 도달한다. 주둥이부터 새개부까지의 비늘은 크기가 작으며 몸에 있는 비늘은 비교적 크다.

체색: 신선할 때, 머리와 몸은 흰색을 띠며 몸의 후단은 노란색을 띤다. 안경과 비슷한 폭의 가로 줄무늬가 머리의 등쪽에서 협부까지 가로지른다. 체측에는 새개부에서 등지느러미 극조를 향해 뻗어가는 사선의 줄무늬가 5 개 존재하며 바로 밑 쪽에는 머리의 등쪽에서 뒷지느러미 방향으로 뻗어가는 사선의 줄무늬가 여러개 존재한다. 등지느러미가 신장되는 연조의 바로 밑쪽에는 안경과 비슷한 크기의 반점이 존재한다. 등지느러미 극조 중앙부터 연조 후단까지 노란색을 띠며, 뒷지느러미는 아치형으로 노란색의 무늬가 나타난다. 꼬리자루와 꼬리지느러미는 모두 노란색을 띠며, 꼬리지느러미의 가장자리는 투명하다.

분포: 한국, 일본, 호주 등 인도-태평양 전 해역 및 홍해와 지중해에서 서식한다(Shimada, 2013; Kirschner and Bergbauer, 2015; Tiralongo et al., 2018; Allen 2020).

Remarks

Rabdophorus 아속에 속하며, Chyung (1977)에 의해 우리나라에 처음 보고되었다. 체측에 사선의 줄무늬가 양방향으로 존재하며, 등지느러미 연조부에 반점이 있고 흰색 바탕에 노란색의 등지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미를 가진다는 점에서 본 종과 잘 일치한다. 어린 시기에는 등지느러미 연조의 일부가 신장되지 않으며 약 10 cm 전후로 등지느러미가 길어진다(Fig. 8). 유어와 성어시기 모두 등지느러미 연조에 반점이 있으나, 홍해 개체군의 경우 반점이 존재하지 않는다(Kuiter and Debelius, 2007; DiBattista et al., 2015).

(2) *Chaetodon auripes* Jordan and Snyder, 1901

(국명: 나비고기) (Fig. 9)

Chaetodon auripes Jordan and Snyder, 1901: 90 (type locality: Japan)

Chaetodon auripes: Randall and Lim, 2000: 623 (South China sea); Myoung et al., 2002 (Korea); Allen et al., 2003: 21 (West pacific); Kim et al., 2005: 349 (Korea). Allen and Erdmann, 2012: 519 (Pacific); Shimada, 2013: 1001 (Japan); Kim et al., 2019: 334 (Korea).

Chaetodon collaris (not of Bloch): Mori and Uchida, 1934: 26 (Korea); Mori, 1952: 115 (Korea); Chyung, 1961: 436; Chyung, 1977: 393

관찰재료: KAUM-I 104690 (40.1 mm SL), 일본 가고시마현 Ohto Beach, 2017. 08. 08, Hand net; KAUM-I 139068 (75.2 mm SL), Hand net; 일본 가고시마현 Bandokorobana National Park, 2019. 11. 13, Hand net; KAUM-I 148107 (139.5 mm SL), 일본 가고시마현 Kamikatetsu, 2020. 10. 04, Hand net; PKU 19763 (42.9 mm SL), 부산 남천항, Hand net; PKU 51849 (20.31 mm SL), 제주 서귀포시 하예동, 2014. 08. 28, Hand net.

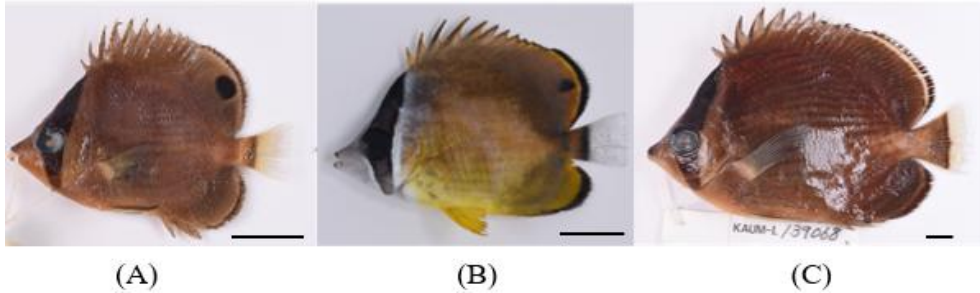


Fig. 9. (A) Juvenile stage of *C. auripes*, 40.1 mm, KAUM-I 104690; (B) Immature stage of *C. auripes*, PKU 19763 42.9 mm SL; (C) Adult stage of *C. auriga*, KAUM-I 139068, 75.2 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 체고가 높은 측편형이다. 입과 주둥이는 매우 작고 뽕족하게 돌출되어 있다. 양 턱에 뺏뺏한 털과 비슷한 턱니가 있다. 눈은 머리에 비해 비교적 크다. 콧구멍은 눈 앞쪽 가까이 위치한다. 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 매우 급하며 약간 오목한 형태이다. 새개부는 가슴지느러미 바로 앞에 위치한다. 등지느러미는 새개부보다 약간 앞쪽에서 시작하며 꼬리자루 앞까지 이어져 있다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤부터 시작한다. 항문은 배지느러미보다 뒷지느러미에 가까이 위치한다. 뒷지느러미는 등지느러미 극조 후단부터 시작하며 꼬리자루 앞까지 연결되어 있다. 꼬리자루는 절단형이며 끝이 약간 둥글다. 측선은 새개부의 위쪽에서 시작하여 꼬리자루까지 이어진다. 주둥이부터 새개부까지의 비늘은 크기가 작으며 몸에 있는 비늘은 비교적 크다.

체색: 신선할 때, 몸은 전체적으로 노란색을 띤다. 머리는 흰색바탕에 안경과비슷한 폭의 검은색 가로줄무늬가 눈을 가로지른다. 새개부 후단은 노란색을 띤다. 체측에는 새개부 뒤편부터 시작하는 일직선상의 세로줄무늬가 여러개 있다. 체측 및 등지느러미에 반점이 없다(유어 시기에는 등지느러미 연조에 반점이 있음). 가슴지느러미는 투명하나 등지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미, 꼬리자루와 꼬리지느러미는 모두 노란색을 띤다. 등지느러미와 뒷지느러미 가장자리는 검은색을 띤다. 꼬리지느러미의 후단부는 투명하며 투명한 부분 앞쪽에 검은색 띠가 있다. 분포: 한국, 일본, 중국 남부 등 서태평양에 주로 분포한다(본 연구, Randall and Lim, 2000).

Remarks

*Rabdophorus*아속에 속하며, 체측에 일직선상의 세로줄이 있는점, 꼬리자루에 반점이 없으며 머리를 제외한 몸 전체가 노란색을 띤 점에서 본 종과 일치한다. 꼬리줄나비고기와 매우 유사하나 눈을 가로지르는 줄무늬(나비고기는 이어짐 vs 꼬리줄나비고기는 상단이 분리되어 있음)와 줄무늬 방향(나비고기는 일직선 vs 꼬리줄나비고기는 사선)으로 명확히 구분할 수 있다. Mori and Uchida (1934)에 의해 한국에 *C. collaris*로 처음 보고되었으며 이후 Chyung (1961)과 Chyung (1977)에 기재된 나비고기도 역시 *C. collaris*로 보고되었다. 하지만 Chyung (1977)의 한국어도보에 수록된 *C. collaris* 사진을 검토한 결과, 몸이 전체적으로 노란색을 띠며 체측에

일직선상의 세로줄무늬가 있는 점에서 명백히 *C. auripes*와 일치하였다.
이후 보고된 Myoung et al. (2002), Kim et al. (2005) 도감에서는 *C. auripes*로
정정되었으며 Kim et al. (2019)에서도 이를 따르고 있다.



(3) *Chaetodon lineolatus* Cuvier, 1831

(국명: 줄나비고기) (Fig. 10)

Chaetodon lineolatus Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1831: 40 (type locality: France)

Chaetodon lineolatus: Randall and Lim, 2000: 623 (South China sea); Myoung et al., 2002 (Korea); Allen et al., 2003: 25 (Japan); Kuitert and Debelius, 2007: 484 (Maldives); Kirschner and Bergbauer, 2015: 151 (Red sea); Allen, 2020: 172 (Asia).

관찰재료: KAUM-I 6888 (59.97 mm SL), 일본 가고시마현 Ohto port, 2007. 09. 24, Hand net; KAUM-I 56135 (33.07 mm SL), 일본 가고시마현 Bandokorobana National Park, 2013. 08. 14, Hand net; KAUM-I 80464 (207.23 mm SL), 일본 오키나와, 2015. 09. 22, Spear.

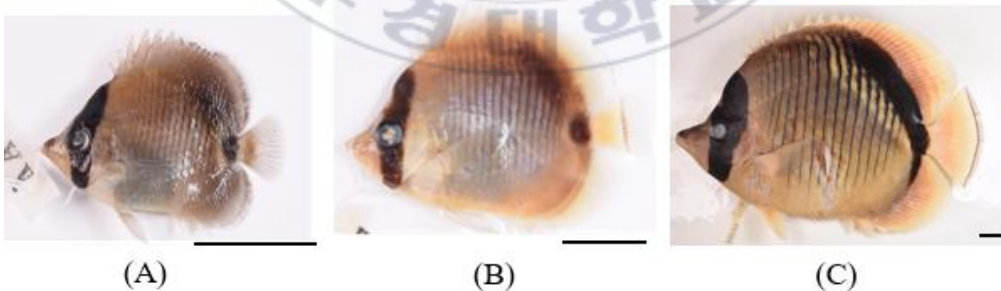


Fig. 10. (A) Juvenile stage of *C. lineolatus*, KAUM-I 56135, 33.07 mm SL; (B) Immature stage of *C. lineolatus*, KAUM-I 6888, 56.97 mm SL; (C) Adult stage of *C. lineolatus*, KAUM-I 80464, 207.23 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 체고가 높은 측편형이다. 입과 주둥이는 비교적 긴 편이며 매우 돌출되어 있다. 양 턱에 뾰뾰한 털과 비슷한 솔니가 있다. 눈은 머리에 비해 적당하다. 콧구멍은 눈 앞쪽에 위치한다. 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 매우 급하다. 주둥이와 눈 위쪽 외곽선이 오목한 형태이다. 새개부는 가슴지느러미 바로 앞에 위치한다. 등지느러미는 새개부보다 약간 앞쪽에서 시작하며 꼬리자루 앞까지 이어져 있다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤부터 시작하며 배지느러미는 가슴지느러미보다 뒤에 위치한다. 항문은 배지느러미보다 뒷지느러미에 가까이 위치한다. 뒷지느러미는 등지느러미 극조 후단부터 시작하며 꼬리자루 앞까지 연결되어 있다. 꼬리자루는 절단형이며 끝이 약간 둥글다. 측선은 새개부의 위쪽에서 시작하며 꼬리자루까지 이어진다. 주둥이부터 새개부까지의 비늘은 크기가 작으며 몸에 있는 비늘은 매우 큰 편이다.

체색: 신선할 때, 몸과 머리는 전체적으로 흰색을 띤다. 머리의 등쪽부터 협부까지 눈을 가로지르는 검은색 가로줄무늬가 있다. 체측에는 새개부 끝을 기준으로 등에서부터 시작하는 가로줄무늬가 여러개 있다. 가로줄무늬는 배 끝까지 이어지지 않으며 주둥이측과 비슷하게 도달한다. 체측 및 등지느러미에 반점이 없다(유어 시기에는 꼬리자루 부근에 반점이 있음). 가슴지느러미는 투명하며 배지느러미는 흰색을 띤다. 체측 중앙을 기준으로 등 쪽 상단부에서 꼬리자루, 뒷지느러미 후단부까지 이르는 초승달 모양의 검은색 패턴이 있으며 앞쪽 일부는 노란색을 띤다.

등지느러미, 뒷지느러미와 꼬리지느러미는 모두 노란색을 띤다.
등지느러미와 뒷지느러미 가장자리는 검은색을 띤다. 꼬리지느러미의
후단부는 투명하며 투명한 부분 앞쪽에 검은색 띠가 있다.

분포: 한국, 일본, 중국 남부, 홍해 등 인도 태평양 해역에 분포한다(Randall
and Lim, 2000; Kuitert and Debelius, 2007; Shimada, 2013; Kirschner and Bergbauer,
2015).

Remarks

*Rabdophorus*아속에 속한다. 체측에 가로줄무늬가 주둥이측과 비슷하게
도달하는점, 머리의 가로줄무늬가 끊기지 않고 이어져 있는 점, 등지느러미
연조 기점을 따라 검은색 패턴이 존재하는 점에 따라 본 종과 일치한다.
서태평양에 서식하는 *C. oxycephalus* 와 매우 유사하나 눈을 가로지르는
가로줄무늬(줄나비고기는 끊김없이 이어짐 vs *C. oxycephalus*는 두정부
패턴이 분리되어 있음)와 꼬리자루 패턴(줄나비고기는 꼬리자루 전체가
검은색 vs *C. oxycephalus*는 꼬리자루 뒤쪽에 검은색 띠가 존재)에서 차이를
확인할 수 있다(Allen et al., 2003). Myoung et al. (2002)에 의해 제주도에서
수중촬영으로 처음 보고되었으며, 실제 표본에 대한 정보가 미비하다.

(4) *Chaetodon lunula* (Lacepède, 1802)

(국명: 룰나비고기) (Fig. 11)

Pomacentrus lunula Lacepède, 1802: 507 (type locality: Indian Ocean)

Chaetodon lunula: Chyung, 1977: 618 (Korea); Burgess, 1978: 566 (Indo-Pacific); Allen, 1999: 148 (Australia); Allen et al., 2003: 21 (Indo-Pacific); Kim et al., 2005: 349 (Korea); Kuiter and Debelius, 2007: 483 (Japan); Shimada, 2013: 997 (Japan); Kim et al., 2019: 334 (Korea).

관찰재료: N-P95297 (209.06 mm SL), 일본 가고시마현 Ani-jima Island, 2009. 08. 31; N-P0103136 (183.14 mm SL), 일본 가고시마현 Tori-shima Island, 2010. 07. 19; N-P0103133 (182.58 mm SL), 일본 가고시마현 Tori-shima Island, 2010. 07. 19; PKU 19504, (43.03 mm SL), 부산 남천항, 2020. 10. 21, Handnet.



Fig. 11. (A) Juvenile stage of *C. lunula*, PKU 19504, 43.03 mm SL; (B) Adult stage of *C. lunula*, N- P0103136, 183.14 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 체고가 높은 측편형이다. 입과 주둥이는 비교적 긴 편이며 돌출되어 있다. 양 턱에 뺏뺏한 털과 비슷한 턱니가 있다. 눈은 머리에 비해 적당하다. 콧구멍은 눈 가까이 위치한다. 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 매우 급하며 오목하다. 등지느러미는 새개부보다 앞쪽에서 시작하며 꼬리자루까지 연결되어 있다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤부터 시작한다. 항문은 배지느러미보다 뒷지느러미에 가까이 위치한다. 뒷지느러미는 등지느러미 극조의 후단부에서 시작하며 꼬리자루 앞까지 연결되어 있다. 꼬리자루는 절단형이며 끝이 약간 둥글다. 측선은 새개부의 위쪽에서 시작하여 꼬리자루까지 이어진다. 주둥이부터 새개부까지의 비늘은 크기가 조밀하고 작으며 몸에 있는 비늘은 비교적 크다.

체색: 신선할 때, 몸과 머리는 전체적으로 노란색을 띤다. 안경보다 약간 넓은폭의 검은색 가로줄무늬가 눈을 가로지르며, 눈 위쪽 외곽선까지 다다른다. 새개부는 전체적으로 흰색을 띤다. 새개부 뒤쪽 중앙부터 등지느러미 극조 5~7번째 사이까지 위치하는 비스듬한 원뿔모양의 검은색 패턴이 있으며, 패턴의 가장자리는 밝은 노란색을 띤다. 체측 전체에 짙은 사선의 줄무늬가 있으며, 등지느러미에 반점이 없다(유어 시기에는 등지느러미 연조에 반점이 있음). 가슴지느러미는 투명하나 등지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미와 꼬리지느러미는 모두 노란색을 띤다. 등지느러미 연조부를 따라 꼬리자루 부근까지 검은색 무늬가 나타난다. 등지느러미와 뒷지느러미 가장자리는 어두운 색을 띤다. 꼬리지느러미의 후단부는

투명하며, 투명한 부분 앞쪽에 검은색 띠가 있다.

분포: 한국, 일본, 호주, 인도네시아 등 인도-태평양 해역에 분포한다. 주로 수심 30 m까지 서식한다(Burgess, 1978; Allen et al., 2003).

Remarks

물나비고기(*C. lunula*)는 Lacepède (1802)에 의해 자리돔과인 *Pomacentrus*속으로 보고되었으나, 이후 Burgess (1978)에 따라 *Chaetodon*속으로 개편되었으며, 현재 *Rabdophorus*아속에 속한다. 등지느러미, 뒷지느러미, 측선 공수 등 계수형질이 모두 일치하였으며, 체측에 뿔모양의 패턴이 존재하는 점, 꼬리자루에 반점모양의 검은색 무늬가 있는 점, 전체적으로 노란색 바탕에 새개부에 흰색 띠가 있는 점에서 본 종과 잘 일치하였다. 물나비고기(*C. lunula*)는 홍해 고유종으로 알려진 *C. fasciatus*와 형태적으로 매우 유사하나 *C. fasciatus*는 체측의 등쪽이 전체적으로 어두우며 사진의 줄무늬가 매우 진하고 꼬리자루에 검은색 무늬가 존재하지 않는다는 점에서 확연히 구분된다(Zekeria et al., 2005; Kuitert and Debelius, 2007). Chyung (1977)에 의해 우리나라에 처음 보고되었으며, 이후 Kim et al. (2005) 및 Kim et al. (2019)에서 이를 따르고 있다.

(5) *Chaetodon nippon* Steindachner and Döderlein, 1883

(국명: 나비돔) (Fig. 12)

Chaetodon nippon Steindachner and Döderlein, 1883: 124 (Japan)

Chaetodon nippon: Mori, 1952: 115 (Korea); Chyung, 1961: 437 (Korea); Chyung, 1977: 394; Amaoka and Fujii, 1999: 162 (Japan); Kim et al., 2005: 350 (Korea); Zuo and Tang, 2011: 1004 (China); Shimada, 2013: 1003 (Japan)

관찰재료: KAUM-I 90800 (24.9 mm SL), 일본 가고시마현 Kitakame, 2016. 08. 18, Hand net; KAUM-I 110151 (65.4 mm SL), 일본 가고시마현 Kumano, 2017. 04. 28, Set net; KAUM-I 120161 (40.4 mm SL), 일본 가고시마현 Uchinoura Bay, 2018. 09. 10, Set net; KAUM-I 131676, (116.7 mm SL), 일본 가고시마현 Uchinoura Bay, 2019. 06. 07, Set net.

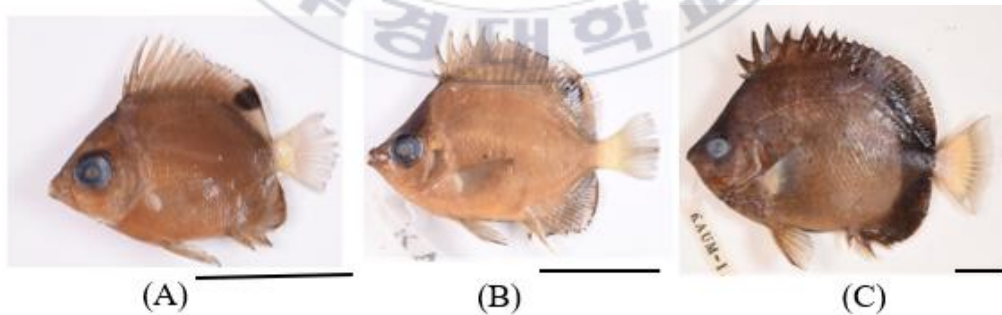


Fig. 12. (A) Juvenile stage of *C. nippon*, KAUM-I 90800, 24.9 mm SL; (B) Immature stage of *C. nippon*, KAUM-I 120161, 40.4 mm SL; (C) Adult stage of *C. nippon*, KAUM-I 131676, 116.7 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 체고가 높은 측편형이다. 입과 주둥이는 매우 작고 돌출되어 있다. 위턱과 아래턱에 뺏뺏한 털과 유사한 턱니가 있다. 눈은 머리에 비해 적당하다. 콧구멍은 눈 가까이 위치하며 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 급하며 비교적 약간 오목한 형태이다. 흉부가 비교적 발달되어 있다. 등지느러미는 새개부보다 뒤쪽에서 시작하며 꼬리자루까지 연결되어 있다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤부터 시작한다. 배지느러미는 가슴지느러미보다 뒤에 위치하며 항문은 뒷지느러미에 가까이 위치한다. 뒷지느러미는 등지느러미 극조의 후단부에서 시작하며 꼬리자루 앞까지 이어져있다. 꼬리자루는 절단형이며 끝이 약간 둥근 형태이다. 측선은 새개부의 위쪽에서 시작하여 꼬리자루까지 연결된다. 주둥이부터 새개부까지의 비늘은 크기가 매우 조밀하고 작으며 몸에 있는 비늘은 비교적 크다.

체색: 신선할 때, 몸은 진한 노란색 혹은 창백한 노란색을 띠며 두부는 푸른빛이 도는 은색을 띤다. 유어시기에는 눈을 가로지르는 검은색 줄무늬가 비교적 뚜렷하게 존재하지만, 성장하면서 점차 희미해진다. 새개부를 따라 진한 노란색 가로줄무늬가 나타나며 등지느러미 극조 바로 앞쪽부터 새개부를 따라 가슴지느러미 기저까지 이른다. 체측에는 줄무늬가 나타나지 않는다. 등지느러미에 연조부에 반점이 희미하게 나타난다(유어 시기에는 등지느러미 연조에 반점이 뚜렷하게 있음). 가슴지느러미는 투명하나 등지느러미 극조와 배지느러미는 비교적 밝은

노란색을 띤다. 체측 후단부에 등지느러미 연조, 꼬리자루를 따라
뒷지느러미 연조부까지 이르는 짙은 갈색을 띠는 어두운 패턴이 나타난다.

분포: 한국, 일본, 중국 등 북서태평양 일부 지역에 서식하는 것으로
알려져 있으며, 수심은 30 m 이내 서식한다(Amaoka and Fujii, 1999; Zuo and
Tang, 2011; Shimada, 2013).

Remarks

*Lepidochaetodon*아속에 속한다. 본 종은 등지느러미, 뒷지느러미,
가슴지느러미, 측선 공수 등의 계수형질과 비교했을 때 모두 일치하였으며,
몸에 별다른 줄무늬가 없는 점, 체측의 후단부가 어두운 색으로 이루어진
점에 따라 본 종과 일치하였다. 넓은 범위에 분포하는 것이 아니라
우리나라, 일본, 중국 등 주변 국가에서만 발견되고 있다. Mori (1952)에
의해 처음 보고되었으며, 이후 Chyung (1961)에서 형태 정보에 대한 기재가
최초로 수록되었다. Chyung (1977) 및 Kim et al. (2005)는 이를 따르고 있다.

(6) *Chaetodon speculum* Cuvier, 1831

(국명: 흑점나비고기) (Fig. 13)

Chaetodon speculum Cuvier, 1831: 73 (type locality: Indonesia)

Chaetodon speculum: Weber and Beaufort, 1936: 64 (Java); Sadovy and Cornish, 2000:169 (Hongkong); Allen et al., 2003: 20 (West Pacific); Pratchett, 2005: 375 (Australia); Hsu et al., 2007: 79 (Taiwan); Kuitert and Debelius, 2007: 480 (Indo-Pacific); Allen and Erdmann, 2012: 531 (Indonesia); Shimada, 2013: 890 (Japan); Yang et al., 2021: 1290 (China); Lee et al., 2021: 376 (Korea)

관찰재료: PKU 62979(14.79 mm TL), 경상북도 포항시 이가리항(36°11'08.8"N, 129°23'05.1"E), 2021. 07. 31, 뜯채, 채집자 송영선

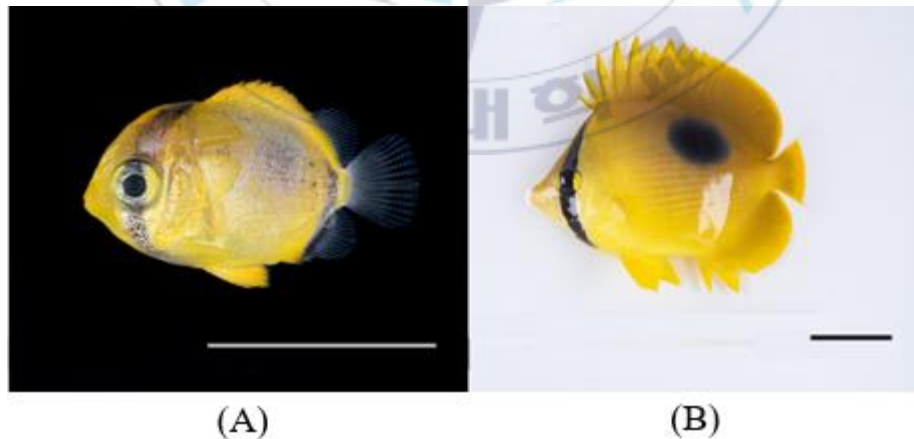


Fig. 13. (A) Tholichthys stage of *C. speculum*, PKU 62919, 14.79 mm TL; (B) Adult stage of *C. speculum*, PKU 20457, 68.00 mm TL, Bali, Indonesia. Photograph by Lee et al., 2020. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 상후두골에 골질판이 발달하였으며 머리의 등쪽 외곽선이 오목하지 않고 매우 볼록한 토리쿠치스 단계의 유어이다. 체고가 높은 측편형이며 체장과 체고가 비슷하여 마름모 형태를 띤다. 입과 주둥이는 매우 작고 약간 돌출되어 있다. 양턱에 아주 작고 촘촘한 턱니가 있으며, 눈은 머리에 비해 크다. 콧구멍은 눈 바로 앞쪽 가까이 위치하며 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 급하며 볼록한 형태이다. 주둥이 위쪽에 열은 흑색소포가 조밀하게 분포하며 눈 위쪽과 체측 상단부에 흑색소포가 밀집하여 산재한다. 새개부 뒤쪽에 귀모양의 뼈판이 발달되어 있다. 배지느러미 기점까지의 외곽선도 경사가 급하며 둥근 형태이다. 가슴지느러미는 몸에 비해 매우 크며 연조 가장자리를 따라 흑색소포가 빼곡히 분포한다. 등지느러미는 가슴지느러미보다 약간 뒤쪽에서 시작하며 배지느러미 기점과 거의 동일하다. 등지느러미 극조와 연조는 부드럽게 이어지지 않고 만곡이 존재한다. 항문은 배지느러미보다 뒷지느러미에 가까이 위치한다. 꼬리지느러미는 절단형이며 끝은 약간 둥근형이다. 측선은 새개부 위쪽에서 시작하며 꼬리자루 직전까지 이어진다. 몸 전체는 아주 작은 빗비늘로 덮여 있다.

체색: 신선할 때, 몸과 머리는 전체적으로 노란색을 띤다. 안경보다 훨씬 좁은폭의 검은색 가로줄무늬가 눈을 가로지르며 등지느러미 기점 앞부터 흉부까지 다다른다. 등지느러미 극조는 전체적으로 노란색을 띠며 연조는 1/3만 노란색을 띠고 나머지 부분은 투명하다. 배지느러미와 뒷지느러미

극조 전단부는 노란색을 띠며 극조 후단부와 연조부는 전반적으로 투명하다. 꼬리자루 앞쪽을 따라 뒷지느러미 극조까지 도달하는 검은색 줄무늬가 있다. 꼬리자루는 노란색을 띠며 꼬리지느러미는 투명하다. 체측의 1/4 이상을 차지하는 커다란 반점이 존재한다.

분포: 한국 동해, 일본, 대만, 인도네시아 등 인도-서태평양 해역(Cuvier, 1831; Hsu et al, 2007; Shimada, 2013; Allen and Erdmann, 2012; Allen, 2020)에 분포하며 수심 8~30 m에 서식한다(Allen et al., 2003).

Remarks

등지느러미, 가슴지느러미, 뒷지느러미 계수형질이 모두 일치하였으며 머리와 몸이 모두 노란색을 띠며 체측의 대부분을 차지하는 커다란 반점이 존재한다는 점에서 흑점나비고기 (*C. speculum*)와 잘 일치하였다. 흑점나비고기는 *C. zanzibarensis* 와 유사하며, 반점의 크기(흑점나비고기는 훨씬 큼 vs *C. zanzibarensis*는 작음), 측선의 모양(흑점나비고기는 활처럼 휘어있음 vs *C. zanzibarensis*는 비교적 완만), 측선 비늘 수(흑점나비고기 47~48개 vs *C. zanzibarensis*는 40~42개)에서 확연히 구분할 수 있다. Lee et al. (2021)에 의해 국내에 최초로 보고되었으며, Tholichthys 단계를 벗어나지 못한 유어기에 채집되었다. 유어시기에도 다른 나비고기과 어류와 달리 성어와 비슷한 형태를 띠고 있는 점이 특징이다. 본종은 Lee et al. (2021)에 의해 포항에서 채집된 1개체를 근거로 미기록종으로 보고되었다.

(7) *Chaetodon vagabundus* Linnaeus, 1758

(국명: 황줄나비고기) (Fig. 14)

Chaetodon vagabundus Linnaeus, 1758: 276 (type locality: India);

Chaetodon vagabundus: Kuitert, 1996: 215 (Eastern Australia); Allen et al., 2003: 17 (Indo-Pacific); Allen and Erdmann, 2012: 533 (Eastern India); Pratchett et al., 2013: 333-341 (Persian Gulf and Oman); Katō Shōichi, 2014: 154 (Southern Japan); Motomura et al., 2017: 168 (Indo-Pacific); Kim et al., 2019: 335 (Jeju-do); Lee and Kim, 2021: 128 (Korea)

관찰재료: PKU 62617(35.35 mm TL), 제주도 서귀포시 예래동, 2013. 09. 08, Hand net; KAUM-I 121895 (109.7 mm SL), 일본 가고시마현 Okidomari Port, 2018. 10. 21, Hand net; KAUM-I 153269 (32.54 mm SL), 일본 가고시마현 Kaihama beach, 2020. 12. 19. Hand net.; N-P 124212 (32.54 mm SL), 일본 가고시마현 Tarama Fishingport, 2011. 03. 07.

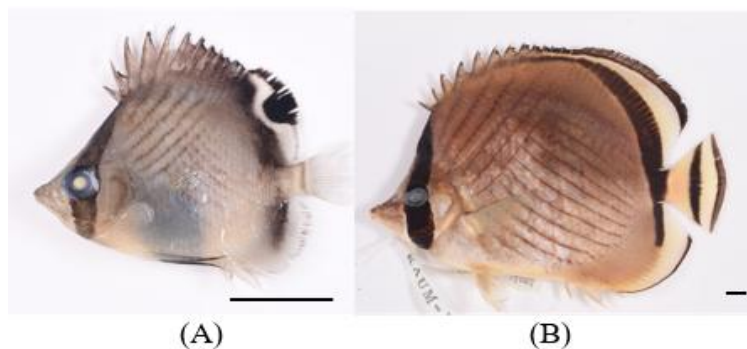


Fig. 14. (A) Juvenile stage of *C. vagabundus*, KAUM-I 32.54 mm SL; (B) Adult stage of *C. vagabundus*, KAUM-I 121895, 109.7 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 매우 측편형이며 체고가 높다. 입은 매우 작고 주둥이는 뾰족하게 돌출되어 있다. 양턱에 촘촘한 이빨이 있다. 눈은 머리에 비해 비교적 큰 편이며 약간 가로로 긴 타원형이다. 콧구멍은 눈과 가까이 위치해 있다. 입, 아래턱 주변과 새개부 하단부터 가슴지느러미 중앙까지 원형 흑색소포가 산재한다. 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 급하고 오목한 형태이다. 등지느러미는 새개부보다 뒤쪽에서 시작하며 꼬리자루까지 연결되어 있다. 등지느러미 극조와 연조는 서로 연결되어 있으나 경계가 뚜렷하다. 항문은 뒷지느러미와 가까이 위치한다. 꼬리지느러미는 가장자리가 약간 둥근 절단형이다. 측선은 새개부 위쪽에서 시작하여 꼬리자루까지 이어져 있으며 매우 휘어 있다. 머리와 지느러미에 위치한 비늘의 크기는 조밀하게 분포하며, 몸에 있는 비늘은 비교적 크다.

체색: 살아있을 때, 몸과 머리는 전체적으로 흰색을 띤다. 안경과 비슷한 폭의 검은색 가로줄무늬가 눈을 가로지르며 등지느러미 기점 앞부터 머리의 배쪽까지 이어진다. 체측에 새개부에서 등지느러미 극조를 향하는 사선의 줄무늬가 절반을 덮고 있으며 나머지 절반은 반대로 오른쪽 아래로 향하는 사선의 줄무늬가 존재한다. 가슴지느러미는 투명하며 등지느러미 극조와 배지느러미는 흰색을 띤다. 등지느러미 연조, 뒷지느러미와 꼬리자루는 노란색을 띤다. 등지느러미 연조에 반점이 없으며 가장자리가 검은색이다(유어 시기에는 등지느러미 연조에 눈모양 또는 올챙이와 비슷한 모양의 반점이 있으며 가장자리는 투명함). 등지느러미 극조와 연조 사이의 경계

부터 꼬리자루 앞쪽을 따라 뒷지느러미 연조까지 일직선상으로 검은색의 가로줄무늬가 있다. 꼬리지느러미의 절반은 검은색과 노란색의 띠가 번갈아 나타나며 나머지 부분은 투명하다(유어시기에는 꼬리지느러미 전체가 투명하다).

분포: 제주도, 일본, 페르시아만 및 오만 등지 산호초 지대에 주로 분포하고 있고, 수심 30 m 이내에 서식한다(Pratchett et al., 2013; Kim and Lee, 2021).

Remarks

본 종은 *Rabdophorus*아속에 속하며, 유어 단계부터 성어까지 다양한 표본을 확인하였다. 등지느러미, 뒷지느러미를 포함한 계수형질에서 잘 일치하였으며 몸은 흰색 바탕에 지느러미 일부만 노란색을 띠고 있는점, 등지느러미 연조부에 올챙이 모양의 반점이 있는 점, 체측 절반에 걸쳐 사선의 줄무늬가 있는 점에서 본종과 잘 일치하였다. 황줄나비고기는 유어 시기 동안 등지느러미 연조부에 반점이 있으며, 성장하면서 점차 사라지고 등지느러미 연조부터 꼬리자루 앞쪽을 따라 검은색 수직 줄무늬가 나타난다. 본 종은 오만, 몰디브, 호주 부근 해역에 분포하는 *C. decussatus*와 형태적으로 유사하며 *C. decussatus*의 경우 꼬리자루 부근에 나타나는 수직줄무늬 대신 등지느러미와 뒷지느러미 연조부까지 모두 검은색으로 어둡게 나타나는 것이 특징이다(Allen et al., 2003; Kirschner and Bergbauer, 2015). 본종은 Lee and Kim (2021)에 의해 제주도에서 채집된 1개체를 근거로 미기록종으로 보고

되었다.

(8) *Chaetodon wiebeli* Kaup, 1863

(국명: 꼬리줄나비고기) (Fig. 15)

Chaetodon wiebeli Kaup, 1863: 127 (China)

Chaetodon wiebeli: Masuda et al., 1984: 184 (Japan); Kim and Lee, 1994: 11 (Korea); Pyle, 2000: 624 (China); Allen et al., 2003: 21 (West Pacific); Myoung et al., 2002: 153 (Korea); Kim et al., 2005: 350 (Korea); Kuitert and Debelius, 2007: 483 (Hongkong); Shimada, 2013: 1001 (Taiwan); Kim et al., 2019: 345 (Korea).

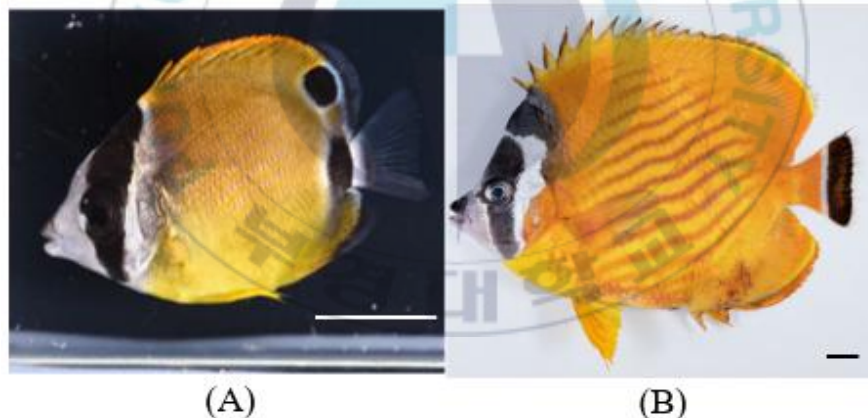


Fig. 15. (A) Juvenile stage of *C. wiebeli*, PKU 20588 37.7 mm SL; (B) Adult stage of *C. wiebeli*, 178.2 mm SL from Jeju-Island. Scale bars indicate 1 cm.

관찰재료: PKU 19762 (22.7 mm SL), 부산 남천항, 2020. 12. 07, Hand net, 채집자
이유진; PKU 20588 (37.7 mm SL), 부산 남천항, 2020. 09. 30, Hand net, 채집자
이유진; PKU 20589(18.5 mm SL), 부산 남천항, 2020. 10. 10, Hand net, 채집자
이유진; KAUM-I 96584 (125.2 mm SL), 일본 가고시마현 East of Sakinoyama,

2016. 11. 26, Set net; KAUM-I 109992 (100.5 mm SL), 일본 가고시마현 Northeast of Matsu-shima Island, 2017. 11. 21, Set net.; KAUM-I 123241 (157.3 mm SL), 일본 가고시마현 Ishidera, 2018. 10. 26, Gill net.

기재: 몸은 체고가 매우 높은 마름모꼴의 측편형이다. 입은 매우 작으며 주둥이는 돌출되어 있고 양턱에 이빨이 조밀하게 발달되어 있다. 눈은 머리에 비해 적당하며 원형이다. 콧구멍은 눈과 주둥이 사이에 위치한다. 머리의 등쪽 외곽선은 경사가 급하며 눈과 주둥이 사이의 외곽선은 오목하다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤쪽에 시작하며 배지느러미는 가슴지느러미보다 뒤에서 시작한다. 등지느러미 기점은 새개부 종점에 거의 일직선상에 위치한다. 등지느러미의 극조와 연조는 부드럽게 이어져 있으며 꼬리자루 직전까지 도달한다. 뒷지느러미는 등지느러미 극조의 후단부에서 시작하며 꼬리자루 앞까지 이어진다. 꼬리지느러미는 끝이 약간 둥근 절단형이다. 측선은 새개부 위쪽에서 시작하며 꼬리자루 기점까지 이어진다. 입 주변부, 눈 상단부, 새개부 주변 비늘과 지느러미 연조부에 위치한 비늘은 비교적 작고 조밀하게 분포하며 나머지는 비교적 큰 비늘로 덮여 있다.

체색: 신선할 때, 머리는 흰색이며 몸은 노란색을 띤다. 위턱은 검은색을 띤다. 안경과 비슷한 폭의 검은색 가로줄무늬가 눈을 가로지르며 눈의 상단부부터 새개부까지 일직선 상으로 존재한다. 등지느러미 기점에서부터 내려오는 검은색 패턴과는 이어지지 않는다. 눈 뒤쪽의 새개부는 흰색을

떠며, 새개부 후단부는 노란색을 띤다. 체측 전체에 오른쪽 위로 향하는 사선의 줄무늬가 있다. 가슴지느러미는 투명하며 나머지 모든 지느러미는 노란색을 띤다. 꼬리자루와 꼬리지느러미 1/3은 노란색을 띤다. 2/3는 흰색과 검은색 띠가 같이 나타난다.

분포: 한국, 일본, 중국, 대만, 호주 등 서태평양 해역에 주로 분포하며, 수심 4~25 m 내외에서 서식한다(Allen et al., 2003; Kuitert and Debelius, 2007; Shimada, 2013)

Remarks

*Rabdophorus*아속에 속한다. 유어부터 등지느러미, 뒷지느러미를 포함한 모든 계수형질과 일치하였으며 몸 전체가 노란색을 띤고 있는 점, 몸 전체에 머리의 배쪽에서 등지느러미 연조방향으로 비스듬한 줄무늬가 있는 점에서 형태적으로 잘 일치하였다. 유어 시기에 등지느러미 연조에 선명한 검은색 반점이 나타나지만 성장하면서 점차 없어지고 결국에는 사라진다. 본 종은 나비고기 (*C. auripes*)와 매우 유사하며 계수형질도 겹치는 경향을 보인다. 뚜렷한 분류형질은 체측에 나타나는 줄무늬의 방향이며 본 종은 사선으로, 나비고기(*C. auripes*)는 일직선 상으로 평행하게 뻗어있다는 점에서 명확히 구분된다. Kim and Lee (1994)에 의해 국내 미기록종으로 보고되었으며 형태에 대한 정보도 수록되어 있다. 이후 Myoung et al. (2002), Kim et al. (2005), Kim et al. (2019) 등에서 이를 따르고 있다.

2) *Coradion* 속 어류 1 종의 형태 기재

Genus *Coradion* Kaup, 1860 (국명: 국명없음)

Coradion 속은 5개의 새조골을 가지며, 독특한 새궁 형태가 존재하고 등지느러미 기점 전에 위치한 뼈대 형태에서 차이를 가진다. 전세계적으로 *Coradion* 속에는 3종이 있다(Ferry-Graham et al., 2001).

(1) *Coradion altivelis* McCulloch, 1916

(국명: 갈색띠돔) (Fig. 16)

Coradion altivelis McCulloch, 1916: 191 (Australia)

Coradion altivelis: Yoo et al., 1995: 113 (Korea); Allen et al., 2003: 29 (Indonesia); Kim et al., 2005: 350 (Korea); Kuitert and Debelius, 2007: 488 (Australia); Shimada, 2013: 993 (South China Sea); Allen, 2020: 172 (West Pacific).

관찰재료: KAUM-I 89728 (120.9 mm SL), 일본 가고시마현 Nishizaki, 2016. 06. 18, Spear; KAUM-I 129608 (134.3 mm SL), 일본 가고시마현 North of Kome-jima island, 2019. 04. 14, Spear; KAUM-I 147312 (25.8 mm SL), 일본 가고시마현 West of Nagahama Bay, 2020. 10. 16, Hand net; KAUM-I 147517 (24.0 mm TL), 일본 가고시마현 West of Kashima, 2020. 10. 18, Hand net.

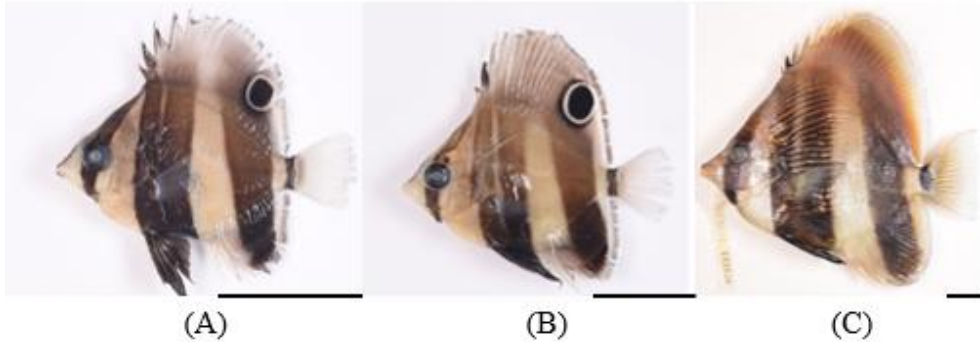


Fig. 16. (A) Juvenile stage of *Coradion altivelis*, 24.0 mm SL, KAUM-I 147517; (B) Juvenile stage of *C. altivelis*, KAUM-I 147312, 25.8 mm SL; (C) Adult stage of *C. altivelis*, KAUM-I 129608, 134.3 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 체고가 매우 높고 측편된 체형이다. 입은 매우 작으며 양턱에 이빨이 발달되어 있고, 주둥이는 뾰족하며 돌출되어 있다. 눈은 머리에 비해 크지 않으며 원형이다. 콧구멍은 눈과 가까이 위치한다. 머리의 등쪽은 경사가 급하며 눈 앞쪽과 주둥이까지의 외곽선은 약간 오목하다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤에서 시작하며 등지느러미와 배지느러미가 거의 일직선상에 위치한다.

등지느러미의 극조와 연조는 부드럽게 이어져 있으며 지느러미 길이가 체고에 비해 긴편이다. 뒷지느러미는 몸의 중앙보다 뒤쪽에서 시작하며 꼬리자루 앞까지 이어진다. 꼬리지느러미는 절단형이며 가장자리가 둥글다. 측선은 새개부 위쪽에서 시작하며 꼬리자루를 지나 꼬리지느러미 기점까지 이어진다. 머리와 흉부, 지느러미에 위치한 비늘은 크기가 작으나 나머지는 비교적 큰 비늘로 덮여 있다.

체색: 신선할 때, 머리와 몸은 흰색 바탕에 갈색 가로줄무늬가 존재한다. 안정보다 좁은 폭의 갈색 가로줄무늬가 눈을 가로지르며 등지느러미 기점보다 약간 앞쪽부터 머리의 배쪽까지 일직선 상으로 나타난다. 눈 뒤쪽의 새개부와 흉부는 흰색을 띤다. 새개부 뒤쪽으로 갈색 줄무늬가 ‘V형’으로 교차하여 나타나며 체측의 후단부에 가장 넓은 폭의 줄무늬가 1개 더 나타난다. 등지느러미 연조에 반점이 없다(유어시기에는 등지느러미 연조부에 흰색 가장자리로 둘러싸인 검은색 반점이 뚜렷하게 나타남). 가슴지느러미와 꼬리지느러미는 투명하며 배지느러미와 꼬리자루는 어두운 갈색을 띤다. 꼬리자루와 꼬리지느러미 1/3은 노란색을 띠며 2/3는 흰색과 검은색 띠가 같이 나타난다.

분포: 한국, 일본, 중국, 인도네시아, 호주 등 서태평양 해역에 주로 서식하며 3~60 m 수심에 분포한다(Shimada, 2013; Kirschner and Bergbauer, 2015).

Remarks

본 종은 새조골을 5개 가지는 점에서 *Coradion* 속에 속하며, 이 속에 속하는 종은 3종이 있다. 등지느러미 극조가 8개이며, 뒷지느러미, 측선공 수에서 모두 일치하였다. 또한 꼬리지느러미 기점까지 측선이 이어지는 점, 체측에 갈색 띠가 V모양으로 존재하는 점으로 보아 본 종과 일치하였다. 하지만 Kirschner and Bergbauer (2015)에 따르면, 개체 크기 상관없이

등지느러미 연조에 반점이 있어야 하나, 본 종은 존재하지 않는 개체가 있어 분류학적 혼동을 가져왔으나 Allen (2020)에서 등지느러미 연조부의 반점은 점차 사라진다고 보고했다. 본 종은 *Coradion* 속내 종들과 모두 유사하나 등지느러미 극조 수와 머리에 나타나는 가로줄의 형태를 비교하면 비교적 정확하게 분류할 수 있다. Yoo et al. (1995)의 수중사진에 의해 최초로 보고되었으며, 이후 실제 표본에 대한 정보가 부족하여 Kim et al. (2005)에서는 사진 대신 삽화를 이용한 형태 정보가 수록되어 있다.



3) 두동가리속(*Heniochus*) 어류 3 종의 형태 기재

Genus *Heniochus* Cuvier, 1816 (국명: 두동가리속)

두동가리속 어류는 등지느러미 극조가 11~13개이며 4번째 등지느러미가 신장되어 있다. 측선이 꼬리지느러미 기점까지 연결되어 있고 대부분 몸을 가로지르는 가로줄무늬가 존재하며, 드물게 없는 종도 있다. 전세계적으로 현재 8종이 두동가리속으로 알려져 있다(Jordan, 1902).

(1) *Heniochus acuminatus* (Linnaeus, 1758)

(국명: 두동가리돔) (Fig. 17)

Chaetodon acuminatus Linnaeus, 1758: 272 (India)

Heniochus acuminatus Mori, 1952: 115 (Korea); Chyung, 1961: 438 (Korea); Chyung, 1977: 395 (Korea); Burgess, 1978: 223 (Indo-Pacific); Masuda et al. 1984: 186 (Japan); Kim et al., 2001: 246 (Korea); Myoung et al., 2002: 155 (Korea); Allen et al., 2003: 28 (Red Sea); Zuo and Tang, 2011: 1003 (China); Choi et al., 2013: 47 (Korea); Shimada, 2013: 991 (Indo-Pacific); Kirschner and Bergbauer, 2015: 158 (Philippines); Allen, 2020: 174 (Indo-Pacific); Kim et al., 2019: 336 (Korea)

Heniochus diphreutes (not of Jordan): Mori and Uchida, 1934: 26 (Korea)

관찰재료: PKU 9667 (43.79 mm SL), 제주도 성산읍, 2013. 08. 21, Hand net; PKU 10089 (158.84 mm SL), 경상북도 후포항, 2013. 08. 21, Hand net; PKU 19764 (37.29 mm SL), Busan, 2020. 09. 30, Hand net; HUMZ 219136 (129.33 mm SL), 일본 Okinawa; HUMZ 224251 (98.01 mm SL), 일본 Okinawa.

기재: 몸은 측편되었으며 체고가 매우 높은 마름모형이다. 입은 매우 작고 주둥이는 뾰족하며 돌출되어 있다. 양턱에 5~7열의 이빨이 발달되어 있다. 머리에 비해 눈은 적당하며 원형이다. 등지느러미 기점부터 주둥이까지 내려오는 외곽선이 매우 경사가 급하며 오목한 형태이다. 협부와 흉부는 비교적 완만하다. 가슴지느러미는 새개부 뒤쪽에서 바로 시작하며 배지느러미는 가슴지느러미보다 약간 뒤쪽에 위치한다. 배지느러미는 비교적 길며 뒷지느러미에 닿는다. 등지느러미는 가슴지느러미와 거의 비슷한 위치에 시작하지만 약간 앞쪽에 위치한다. 4번째 등지느러미가 매우 길게 신장되어 있으며, 연조부는 비교적 둥근 형태이다. 뒷지느러미는 삼각형 형태를 띠고 있으며 끝은 둥글고 뾰족하다(각도나 개체에 따라 끝이 직각형태인 개체도 있음). 머리 주변부와 지느러미에 위치한 비늘은 조밀하게 분포하며 몸에 위치한 비늘은 비교적 크다. 측선은 새개부 위쪽부터 꼬리자루를 넘어 꼬리지느러미 앞까지 이어진다.

체색: 신선할 때, 머리와 몸은 흰색 바탕이며 검은색 줄무늬가 체측에 2개 존재한다. 머리의 등쪽부터 눈까지 안경보다 좁은 폭의 검은색 가로줄무늬가 나타난다. 등지느러미 극조 3~4번째부터 새개부 후단부를 포함하여 배지느러미까지 검은색의 가로줄무늬가 있으며, 신장된 극조 뒤쪽부터 뒷지느러미 연조의 가장 긴 부분을 포함하지 않는 선까지 검은색 사선의 줄무늬가 존재한다(유어시기에는 확인할 수 없는 경우가 많음). 등지느러미 극

조 후단부와 연조, 꼬리자루 일부 및 꼬리지느러미는 노란색을 띤다.

분포: 한국, 일본, 중국 및 인도 태평양 전 해역에 분포하며 수심 2~75 m에 서식한다(Allen et al., 2003; Zuo and Tang, 2011; Kim et al., 2020).

Remarks

네번째 극조가 신장되어 있고, 측선이 꼬리지느러미 기점까지 도달하는 점에서 두동가리돔에 속한다. Linnaeus (1758)에 의해 *Chaetodon acuminatus*로 최초로 보고되었다. 이후 동일한 문헌에 수록된 *Heniochus macrolepidotus*과 동종이명 처리되었으며 속명이 *Heniochus*로 변경되었다(Jordan, 1903; Burgess, 1978). 두동가리돔은 형태적으로 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*)와 매우 유사하며 등지느러미 극조 수(두동가리돔 11개 vs 짧은입두동가리돔 12개), 주둥이 길이(두동가리돔이 더 긴 편), 치열 수(두동가리돔 5~7열 vs 짧은입두동가리돔 2~3열), 뒷지느러미 패턴의 모양으로 자세히 구분이 가능하다. 하지만 일부 형질의 경우 두 종이 서로 중첩되어 나타나는 경향이 있어 형태 동정에 혼란을 보인다. 국내에서 Mori and Uchida (1934)에 의해 *H. diphreutes*로 처음 보고되었으나, Mori (1952)에서 *H. acuminatus*로 정정보고하였으며, Chyung (1961), Chyung (1977), Kim et al. (2001), Myoung et al. (2002), Kim et al. (2019) 등은 이를 따르고 있다. 하지만, Kim et al. (2005)에 의해 보고된 두동가리돔(*H. acuminatus*)의 경우, 사진 상으로 확인되는 등지느러미 계수와 흉부의 발달정도, 주둥이 길이 등을 고려했을 때 짧은입두동가리돔

이 오동정되었을 가능성이 매우 큰 것으로 보인다.

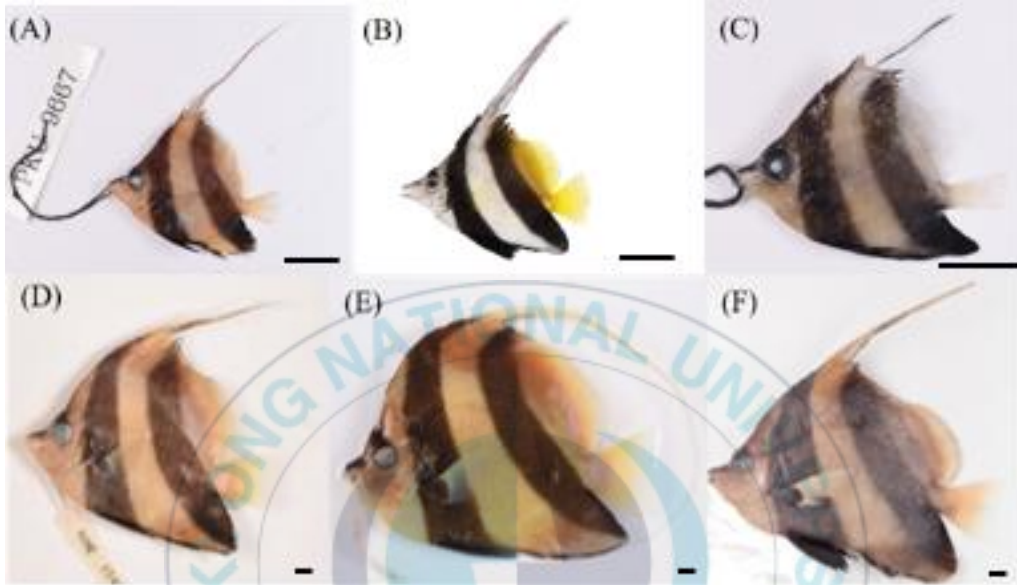


Fig. 17. All of specimens (A)~(F) identified *H. acumniatus*. (A): PKU 9667, 43.8 mm SL; (B): PKU 9667 when alive, 43.8 mm; (C) PKU 19764, 37.3 mm SL; (D): HUMZ 224251, 98.0 mm SL; (E): HUMZ 219136, 129.3 mm SL; (F): PKU 10089, 158.8 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

(2) *Heniochus chrysostomus* Cuvier, 1831

(국명: 돛대돔) (Fig. 18)

Heniochus chrysostomus Cuvier in Cuvier and Valenciennes, 1831: 99 (type locality: Tahiti)

Heniochus chrysostomus: Yoo et al., 1995: 113 (Korea); Allen et al., 2003: 25 (Japan); Kim et al., 2005: 351 (Korea); Kuiter and Debelius, 2007: 484 (Maldives); Kirschner and Bergbauer, 2015: 151 (Red sea); Allen, 2020: 172 (Asia).

관찰재료: KAUM-I 101541 (122.35 mm SL), 일본 가고시마현 Shinaha Beach, 2017. 06. 29, Hand net; KAUM-I 139076 (53.33 mm SL), 일본 가고시마현 Bandokorobana National Park, 2019. 11, Hand net; KAUM-I 146645 (50.83 mm SL), 일본 가고시마현 Kamikatetsu, 2020. 10. 03, Hand net.

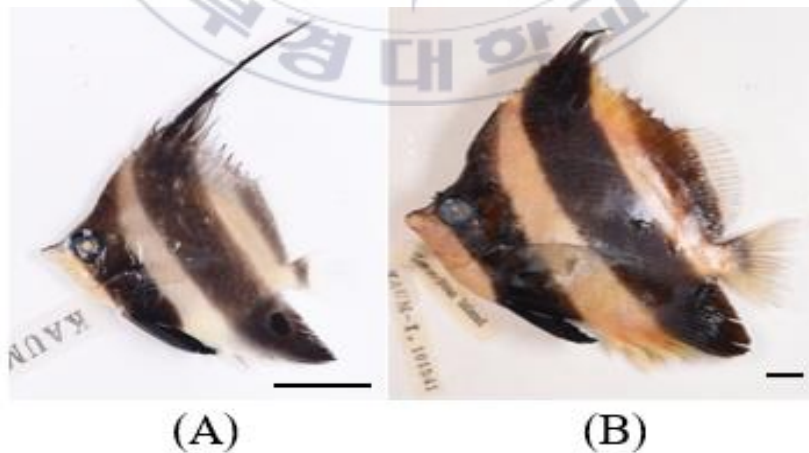


Fig. 18. (A) Juvenile stage of *H. chrysostomus*, KAUM-I 13907653.3 mm SL; (B) Adult stage of *H. chrysostomus*, KAUM-I 101541, 122.4 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 매우 측편되었으며 체고가 높다. 입은 매우 작고 주둥이는 돌출되어 있으며 양턱에 촘촘한 이빨이 있다. 머리에 비해 눈이 큰 편이며 원형이다. 등지느러미 기점부터 주둥이까지의 외곽선은 경사가 급하며 오목한 형태를 띤다. 협부와 흉부는 비교적 완만하다. 가슴지느러미는 새개부 바로 뒤쪽에서 시작한다. 배지느러미는 매우 큰 편이며 뒷지느러미에 닿는다. 4번째 등지느러미가 길게 신장되어 있다. 등지느러미 극조와 연조는 이어져 있으나 극조와 연조의 경계가 뚜렷하고 연조는 둥근 형태를 보인다. 뒷지느러미도 몸의 길이에 비해 길며 가장자리는 둥글다. 뒷지느러미에 반점이 없다(유어 시기에는 뒷지느러미에 선명한 반점이 있음). 전체적으로 비늘의 크기는 비교적 작다. 측선은 새개부 위쪽에서 시작하며 꼬리지느러미 기점까지 도달한다.

체색: 신선할 때, 머리와 몸은 전체적으로 흰색 바탕이며 체측에 어두운 갈색 줄무늬가 2개 나타난다. 주둥이는 약간 노란색을 띤다. 안경보다 좁은 폭의 검은색 가로줄무늬가 머리의 등쪽부터 눈까지 이른다. 등지느러미 기점 앞쪽부터 눈까지 이르는 폭의 갈색 줄무늬가 배지느러미까지 사선으로 나타난다. 또한, 등지느러미 극조부터 뒷지느러미까지와 등지느러미 연조 밑쪽에도 갈색 사선 줄무늬가 나타난다. 가슴지느러미는 투명하며 등지느러미 연조와 가슴지느러미는 연한 갈색을 띤다.

분포: 한국, 일본, 타히티, 인도네시아 등 인도 태평양에 서식하며 주로

3~45 m 수심에 분포한다(Cuvier and Valenciennes, 1831; Allen et al., 2003; Allen, 2020)

Remarks

등지느러미 극조가 11~12 개 사이이며 4 번째 극조가 신장되어 있고 체측에 큰 두개의 줄무늬가 있는 점에서 두동가리속에 속한다. 눈 위에 속눈썹을 닮은 골질판이 발달해 있으며, 뒷지느러미가 다른 종에 비해 비교적 길게 뻗어 있다. 유어 시기에는 뒷지느러미 연조부에 작은 반점이 존재하지만 성장하면서 반점이 사라진다. Yoo et al. (1995)의 수중 사진을 통해 국내 최초로 보고되었으며 이후 Kim et al. (2005)에 실물 사진을 등재한 형태 정보가 수록되었으며, 위의 특징과 잘 일치하였다.

(3) *Heniochus diphreutes* Jordan, 1903

(국명: 짧은입두동가리돔) (Fig. 19)

Heniochus diphreutes Jordan, 1903: 694 (type locality: Japan)

Heniochus diphreutes: Allen, 1999: 150 (South East Pacific), Myers, 1999: 192 (Micronesia); Allen et al., 2003: 28 (Indo Southwest Pacific); Kuitert and Debelius, 2007: 493 (Red Sea); Astakhov, 2010: 14 (Central Vietnam); Zuo and Tang, 2011: 351 (China); Allen and Erdmann, 2012: 539 (Indonesia); Shimada, 2013: 991 (Japan); Bergbauer and Kirschner, 2014: 157 (Indo-Pacific); Daly et al., 2018: 4 (Seychelles); Psomadakis et al., 2019: 513 (Myanmar); Lee and Kim, 2021: in press (Korea)

Heniochus macrolepidotus (not of Linnaeus): Jordan and Fowler, 1902: 542 (Japan)

Heniochus acuminatus (not of Linnaeus): Kim et al., 2005: 351 (Korea)

관찰재료: KAUM-I 114441 (93.95 mm SL), 일본 가고시마현 Kumano, 2018. 05. 15; KAUM-I 120204 (68.91 mm SL), 일본 가고시마현 Uchinoura Bay, 2018. 09. 11, Hand net. KAUM-I 123933 (33.36 mm SL), 일본 가고시마현 Kishira Fishing Port, 2018. 12. 05; KAUM-I 124918 (121.71 mm SL), 일본 가고시마현 Uchinoura Bay, 2018. 12. 11; PKU 62799 (135.06 mm SL), 경상북도 포항시 구룡포, 2020. 12. 26.

기재: 몸은 매우 측편되어 있으며 체장 대비 체고가 높다. 입은 매우 작고 이빨은 2~3열로 이루어져 있다. 주둥이는 뾰족하며 비교적 짧다. 안경은 머리에 비해 적당하며, 원형이다. 눈 바로 앞쪽에 콧구멍이 위치해 있다.

등지느러미 기점에서 주둥이까지의 외곽선은 경사가 급하며, 새개부부터 배지느러미 기점까지 이르는 흉부가 매우 발달되어 있다. 등지느러미는 가슴지느러미 약간 앞쪽에서 시작한다. 등지느러미 네번째 극조가 길게 신장되어 있다. 극조와 연조는 부드럽게 이어져 있으며 꼬리자루 앞쪽까지 연결되어 있다. 가슴지느러미 말단은 뒷지느러미까지 도달하지 않는다. 뒷지느러미는 삼각형이며 끝이 약간 둥글게 각이 진 모양이다. 꼬리자루는 짧은 편이다. 꼬리지느러미는 절단형이며 가장자리가 약간 둥글다. 측선은 새개부 위쪽에서 시작하여 꼬리지느러미 기점까지 끊기지 않고 이어져 있다. 측선을 기준으로 상부 비늘은 촘촘하고 매우 조밀하나, 하부 비늘은 큰 편이다.

체색: 신선할 때, 머리와 몸은 전체적으로 흰색 바탕이며 체측에 검은색 줄무늬가 있다. 머리의 등쪽부터 눈까지 안경과 비슷한 폭의 검은색 줄무늬가 나타난다. 등지느러미 극조 3~4번째부터 새개부 후단부를 포함하여 배지느러미까지 검은색의 가로줄무늬가 있으며, 신장된 극조 뒤쪽부터 뒷지느러미 연조의 가장 긴 부분을 포함하는 선까지 검은색 사선의 줄무늬가 존재한다. 가슴지느러미, 등지느러미 연조부와 꼬리지느러미는 노란색을 띤다.

분포: 한국 동해, 일본, 중국, 인도네시아, 홍해 등 인도 태평양 해역에 분포하며 5~30 m 수심에 서식한다(Kuiter and Debelius, 2007; Zuo and Tang,

2011; Allen and Erdmann, 2012)

Remarks

등지느러미 4번째 극조가 신장되어 있는 점, 등지느러미 극조가 12개인 점, 체측에 2개의 큰 가로 줄무늬가 존재하는 점, 주둥이가 비교적 짧고 협부가 발달한 점, 치열이 3개 이하인 점에서 두동가리속의 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*)과 일치하였다. 짧은입두동가리돔은 Jordan and Fowler (1902)에 의해 *H. macrolepidotus*의 학명으로 기재되었으나, 뒷지느러미 패턴이 기존에 기재된 형질과 차이를 보여 재검토 후 Jordan (1903)에 의해 *H. diphreutes*로 신종 보고하였다. 국내에서는 Mori and Uchida (1934)에 의해 최초로 보고되었으나, Mori (1952)가 후속연구를 통해 *H. acuminatus*로 정정 보고하였다. 본 연구에서 사용한 표본을 관찰한 결과, 뒷지느러미 패턴은 *H. diphreutes*의 형질과 일치하지 않는 모호한 경우도 존재하였으나, 등지느러미 극조 수(12개)와 치열 수(2~3열)에서 *H. diphreutes*와 완벽히 일치하였다. 또한, Kim et al. (2005)에 수록된 *H. acuminatus*의 사진을 비교한 결과, 등지느러미 극조 수가 12개인 점, 흉부가 매우 발달하고 주둥이가 짧은 점, 뒷지느러미의 모양이 각진 점에서 *H. diphreutes*가 오동정된 것으로 보인다. Lee and Kim (2021)의 연구를 통해 포항에서 채집된 확증 표본을 이용하여 미기록종을 보고하였다.

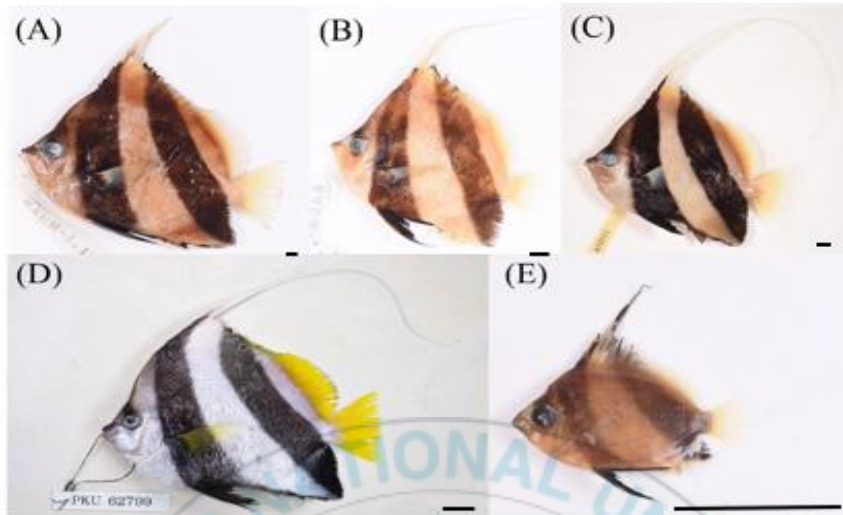


Fig. 19. All of specimens (A)~(E) identified *H. diphreutes*. (A): KAUM-I 114441, 94.0 mm SL; (B): KAUM-I 120204, 68.9 mm SL; (C) KAUM-I 124918, 121.7 mm SL; (D): PKU 62799, 135.1 mm SL; (E): KAUM-I 123933, 33.4 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

4) *Roa* 속 어류 1 종의 형태 기재

Genus *Roa* Jordan, 1923 (국명: 국명없음)

등지느러미 1~4번째 극조 길이가 다른 종들에 비해 긴 편이며 부레 전방에 게실이 존재하며 사골과 전액골 사이에 융기선이 없는 것이 특징이다(Ferry-Graham et al., 2001). 4종이 속하고 있으며, 주로 깊은 수심 30~150 m 부근에 서식한다(Kuiter, 2004).

***Roa modesta* (Temminck and Schlegel, 1844)**

(국명: 세동가리돔) (Fig. 20)

Chaetodon modestus Temminck and Schlegel, 1844: 80 (type locality: Japan)

Roa modestus Parin et al., 2014: 376 (Russia)

Roa modesta: Mori and Uchida, 1934: 26 (Korea); Mori, 1952: 115 (Korea); Chyung, 1961: 436 (Korea); Chyung, 1977: 394 (Korea); Kim et al., 2001: 246 (Korea); Myoung et al., 2002: 154 (Korea); Kuiter, 2004: 167 (Australia); Kim et al., 2005: 349 (Korea); Allen and Erdmann, 2012: 527 (North-western Pacific); Shimada, 2013: 998 (Japan); Rocha et al., 2017: 130 (Japan); Kimura et al., 2018: 210 (Vietnam); Kim et al., 2019: 336 (Korea)

관찰재료: PKU 1312 (32.13 mm SL), 경상남도 통영, 2018. 12. 11; PKU 11127 (71.17 mm SL), 전라남도 진도군, 2014. 07. 21; PKU 19765 (99.45 mm SL), 부산광역시 남구 민락동, 2020. 12. 07.

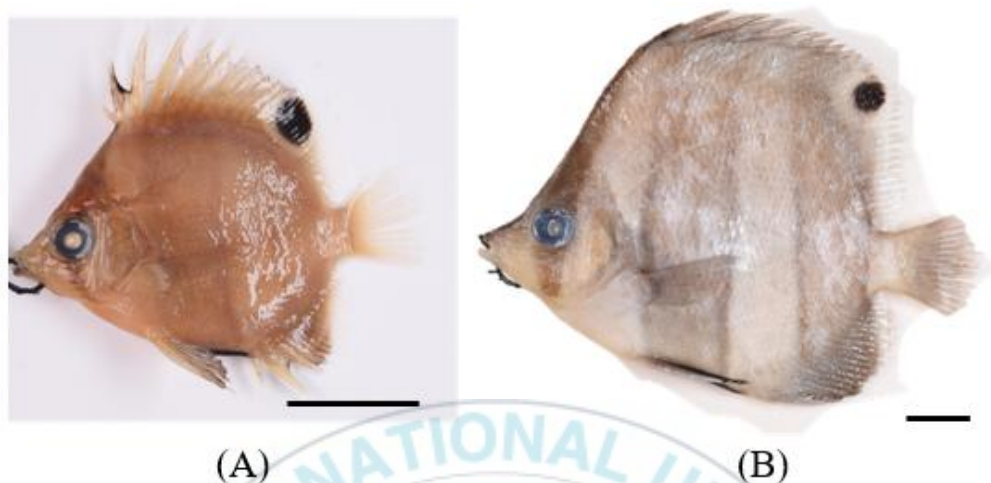


Fig. 20. (A) Juvenile stage of *Roa modesta*, PKU 1312, 32.13 mm SL; (B) Adult stage of *Roa modesta*, PKU 11127, 71.17 mm SL. Scale bars indicate 1 cm.

기재: 몸은 측편되었으며 체고가 높다. 입이 매우 작고 주둥이가 돌출되어 있으며 양턱에 촘촘한 이빨이 있다. 머리에 비해 눈은 적당히 크며 원형이다. 등지느러미 기점 앞쪽부터 주둥이까지 내려오는 외곽선이 매우 경사가 급하고 눈과 주둥이 사이는 오목한 형태로 완만하다. 가슴지느러미는 새개부 뒤쪽에 위치하며 배지느러미는 가슴지느러미보다 약간 뒤쪽에서 시작한다. 배지느러미는 몸에 비해 큰 편이며 뒷지느러미에 도달한다. 등지느러미 기점은 배지느러미 기점과 거의 일직선상에 있다. 등지느러미 극조와 연조는 부드럽게 이어져 있으며 꼬리자루까지 연결되어 있다. 뒷지느러미는 뭉툭하고 둥글다. 꼬리지느러미는 끝이 둥근 절단형이다. 측선은 새개부 위쪽부터 시작하여 꼬리자루 기점까지 이어지며 아치모양으로 휘어 있다. 머리와 배쪽, 지느러미에 위치한 비늘은

매우 작고 조밀하게 분포하며 몸의 비늘은 큰 편이다.

체색: 신선할 때, 머리와 몸은 흰색 바탕이며 밝은 갈색 또는 노란색의 가로줄무늬 3개가 있다. 등지느러미 1~2번째 극조부터 머리의 배쪽까지 내려오는 갈색 가로줄무늬가 있으며, 폭은 안경보다 좁다. 체측에 가슴지느러미 기점을 기준으로 내려오는 가로줄무늬와 체측 후단부에서 꼬리자루 앞쪽을 따라 내려오는 가로줄무늬 각 1개가 존재한다. 가슴지느러미는 투명하다. 배지느러미는 극조를 제외한 나머지 연조부가 갈색을 띤다. 등지느러미 연조에는 흰색 가장자리가 있는 검은색 반점이 존재한다(유어와 성어 동일함). 머리의 등쪽부터 눈까지 안경보다 좁은 폭의 검은색 가로줄무늬가 나타난다. 꼬리자루 중앙부분은 흰색을 띠며 꼬리지느러미 1/3은 노란색 뒤쪽 2/3는 투명하다.

분포: 한국, 일본, 필리핀, 베트남, 호주를 포함한 태평양 해역에 서식하며 주로 깊은 수심인 40~250 m까지 분포한다(Kim et al., 2005; Allen and Erdmann, 2012; Shimada, 2013).

Remarks

1~4번째 극조 길이가 비교적 긴 점, 등지느러미와 뒷지느러미 계수형질이 일치하는 점, 체측에 커다란 갈색 가로줄무늬가 있는 점, 등지느러미 연조부에 반점이 있는 점에서 세동가리돔(*Roa modesta*)으로 동정하였다. 본 종은 *Roa jayakari*와 형태적으로 매우 유사하나, 살아있을 때는

세동가리돔의 채색이 훨씬 열기 때문에 눈에 띄게 구분이 된다. 또한 4번째 등지느러미 극조의 모양에서 뚜렷하게 구분이 되며 세동가리돔은 4번째 등지느러미의 외곽선이 둥근 모양이나 *R. jayakari*의 경우 눈에 띄게 뾰어있는 점에서 구분할 수 있다(Bhera et al., 2015).



IV. 고찰

1. 한국산 나비고기와 어류의 분자계통학적 근연관계

본 연구에서는 한국에서 출현하는 나비고기와 어류 14 종을 대상으로 mtDNA COI 영역 및 16S rRNA 영역과 nDNA Tmo-4C4 영역의 분자분석을 통해 분자계통 및 분류학적 재검토를 수행하였다. 나비고기와 어류는 nDNA 를 포함하여 COI 영역과 16S rRNA 영역에서도 속 및 종 수준으로 완벽히 잘 분류되고 있음을 나타냈다(Figs. 3, 4, and 5). 진화모델을 적용하지 않고 단순히 유전거리를 이용하여 근린결합수(NJ)를 계산하였을 때 16S rRNA 영역에서는 같은 속의 종들이 서로 같은 그룹을 형성하여 단계통성을 지지하고 있으나, COI 영역에서는 세동가리돔(*Roa modesta*)과 나비돔(*C. nippon*)이 같은 클레이드를 형성하고 있어 단계통군을 지지하지 못하였다. 3 가지 영역에 대하여 ML 및 BI tree 를 분석한 결과, 높은 사후확률 값을 보이며 속 수준으로 명확히 구분되고 있어 Burgess (1978), Blum(1988)의 분류체계와 잘 일치하였다. 처음 분지되는 node 를 기준으로 크게 나비고기(*Chaetodon*)속과 *Roa* 속, *Coradion* 속과 두동가리(*Heniochus*)속으로 나뉘는 것을 확인할 수 있다. 속간 평균 유전거리를 계산하였을 때, 나비고기속과 *Roa* 속은 16S rRNA 영역에서 8.9%, COI 영역에서 21.6%, Tmo-4C4 영역에서 2.5% 차이를 보였으며, *Coradion* 속과 두동가리속은 16S rRNA 영역에서 9.9%, COI 영역에서 24.3%, Tmo-4C4 영역에서 3.1% 차이를 보였다. 다른 속에 비해 각각의 두 속이

서로 유연관계가 비교적 가까운 것을 확인하였다(Table. 4). 나비고기속의 경우 형태 특징에 따라 10 개의 아속으로 구분되고 있으며(Blum, 1988; Kuitert, 2002), 우리나라에서 출현하는 종들은 *Lepidochaetodon*, *Tetrachaetodon*, *Rabdophorus* 아속으로 분류되고 있다. *Rabdophorus* 에 속하는 집단은 mtDNA 와 nDNA 영역 모두에서 단 계통성을 확인할 수 있었으며, 특히 nDNA BI tree 에서는 사후확률 값이 1 로 매우 높기 때문에 단계통성을 신뢰할 수 있는 증거가 될 수 있다. *C. speculum* 과 *C. nippon* 의 경우 각각 *Tetrachaetodon* 과 *Lepidochaetodon* 아속에 속하고 있다. 두 아속이 mtDNA 영역에서는 한 clade 를 형성하고 있으나 16S rRNA 영역의 경우 0.39 의 낮은 사후확률을 보이고 있으며 nDNA 의 경우 각각의 단일 clade 를 형성하며 분지된 형태를 보여주며 자매그룹을 형성하고 있다. nDNA 영역에서는 매우 높은 사후확률(1)을 나타내고 있어 신뢰도가 비교적 높은 것으로 간주될 수 있으므로 두 아속 간에 분명한 차이는 존재하는 것으로 확인되며, 이러한 결과들은 형태에 의거한 나비고기과 어류의 계통 체계를 지지할 수 있는 근거가 될 수 있을 것이라 사료된다.

2. 형태 형질의 분류학적 재검토

산호초 주변 해역에 서식하는 해양 생물 중에서도 종 다양성이 매우 높은 것으로 알려져 있는 나비고기와 어류는 주로 몸의 색깔과 줄무늬 및 패턴과 같은 형태특징으로 분류하고 있다(Linnaeus, 1758; Cuvier, 1831; Shimada, 2013; Liedke et al., 2020). 따라서 나비고기와 어류의 정확한 종 식별을 위해서 세부적인 형태정보 파악이 매우 중요하다. 우리나라에서 출현하는 것으로 알려진 나비고기와 15 종은 주변국가인 일본에서도 전부 서식하는 것으로 알려져 있으며, 형태 동정을 위한 분류 체계 또한 Nakabo et al. (2013)에 따라 확립이 되어 있다.

1) 두동가리돔 vs 짧은입두동가리돔

본 연구를 통해 부전나비고기를 제외한 13 종에 대한 표본을 직접 관찰한 결과, 나비고기속과 *Roa* 속 및 *Coradion* 속 어류는 Shimada (2013)의 형태 분류 체계에 따라 정확하게 동정이 가능하였으나, 두동가리속의 두동가리돔과 짧은입두동가리돔이 분류형질이 중첩되는 모호한 형질이 확인되었다. 두 종은 형태적으로 매우 유사하기 때문에, 면밀히 관찰하지 않는다면 오동정할 가능성이 높다. 치열 수(두동가리돔은 5~7 열 vs 짧은입두동가리돔은 2~3 열), 등지느러미 극조 수(두동가리돔은 11 개 vs 짧은입두동가리돔은 12 개), 주둥이 길이(두동가리돔은 비교적 긴 편 vs 짧은입두동가리돔은 짧은 편), 흉부의 발달 정도(두동가리돔은 비교적

완만한 경사 vs 짧은입두동가리돔은 흉부 외곽이 발달됨)와 뒷지느러미 패턴 비율(두동가리돔은 뒷지느러미 가장 긴 연조부분은 흰색 vs 짧은입두동가리돔은 뒷지느러미 가장 긴 연조부분까지 검은색)로 구별할 수 있으나 이 역시도 유어 시기에는 차이가 거의 없어 형태 동정에 어려움을 겪는다. 특히, 뒷지느러미 패턴의 경우 종 식별 형질로써 가장 널리 이용되고 있으며(Jordan, 1903; Shimada, 2013) 두 종을 최종적으로 분류할 수 있는 중요한 분류 형질 중 하나이다(Fig. 21). 본 연구를 수행하면서 두동가리돔과 짧은입두동가리돔을 각각 5 개체씩 관찰한 결과, 전장 48.3~54.0 mm, 체장 34.3~43.8 mm 크기에서는 짧은입두동가리돔의 형질인 뒷지느러미 가장 긴 연조까지 검은색 패턴이 차지하고 있는 것으로 확인되었다. 또한, 반대로 크기가 전장 148.0 mm, 체장 121.7 mm 인 짧은입두동가리돔 1 개체가 두동가리돔의 형질인 뒷지느러미 가장 긴 연조부는 흰색 패턴을 나타내고 있다(Fig. 22). 현재까지 관찰한 바로, 나비고기과 유어는 보통 전장 3~5 cm 에서 반점이 점점 사라지는 등의 체색 변화를 보였으며 일부 형질의 경우 전장 10 cm 전후 크기가 되면 발현을 하기 시작하였으나 본 종의 경우 비교적 큰 크기인데도 불구하고 분류형질로써 적용할 수 없었던 것으로 보아 아직 발현이 되지 않았거나 개체 변이가 발생하여 일어난 결과로 보여진다.

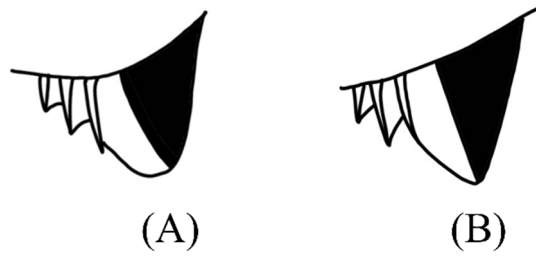


Fig. 21. Showing pattern of anal fin, (A) morphology of *H. acuminatus*, (B) morphology of *H. diphreutes*.

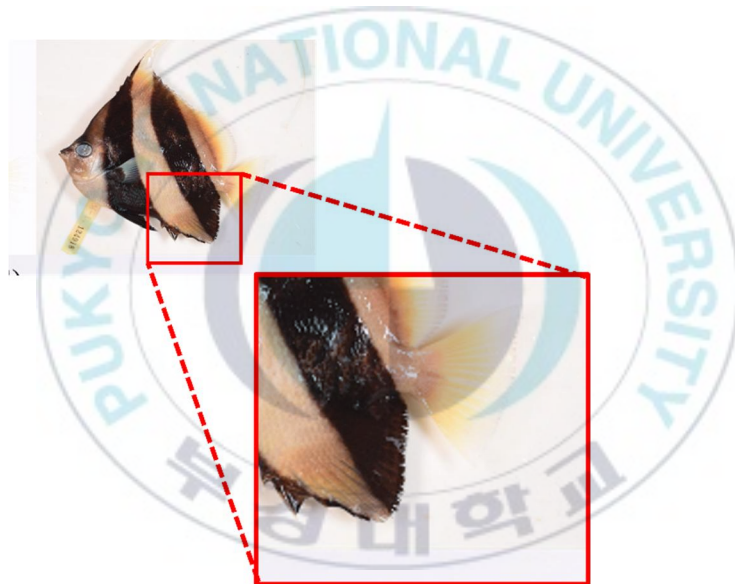


Fig. 22. Enlargement of *H. diphreutes* anal fin, 148 mm SL. Showing morphological characteristic of *H. acuminatus*.

추가적으로, 두동가리돔과 짧은입두동가리돔을 비교하기 위해 두동가리속(*Heniochus*)의 계측 형질을 이용하여 상세히 분석하였다. 두동가리돔 5 개체, 돛대돔 3 개체, 짧은입두동가리돔 3 개체의 각 개체 별 비율 값을 로그로 변환하여 CDA 분석을 통해 비교하였다(Fig. 23). 표준화 정준판별함수계수를 확인하였을 때, function 1 에서는 표준체장과 두장이 가장 큰 절대값을 나타냈으며, 이어서 상악장과 문장에서 절대값이 크게 나타났고 function 2 에서는 문장, 향문전장, 가슴지느러미 길이, 배지느러미 길이에서 큰 절댓값을 보였다. 구조행렬에서는 function 1 에서 문장과 상악장, function 2 에서는 가슴지느러미 길이와 향문전장에서 상대적으로 큰 절댓값을 나타냈으며(Table 12), 재분류율은 100%로 나타났다. 돛대돔의 경우 유어의 비율이 더 높기 때문에 정확히 반영할 수는 없지만 두동가리돔과 짧은입두동가리돔 대해서는 명확히 구분되었다. 이 중 체장에 대한 두장, 문장, 상악장에 대해 비율 값을 비교해보았을 때, 두장에서 두동가리돔(*H. acuminatus*) 33.0~34.9%, 돛대돔(*H. chrysostomus*) 33.3~37.7%, 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*) 29.6~33.8%, 문장에서 두동가리돔(*H. acuminatus*) 12.9~15.9%, 돛대돔(*H. chrysostomus*) 11.6~13.0%, 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*) 9.1~12.1%, 상악장에서 두동가리돔(*H. acuminatus*) 6.0~7.7%, 돛대돔(*H. chrysostomus*) 5.5~6.0%, 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*) 3.8~4.7%로 나타났다. 특히 두동가리돔과 짧은입두동가리돔의 경우 문장과 상악장의 계측형질이 두 종을 분류하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

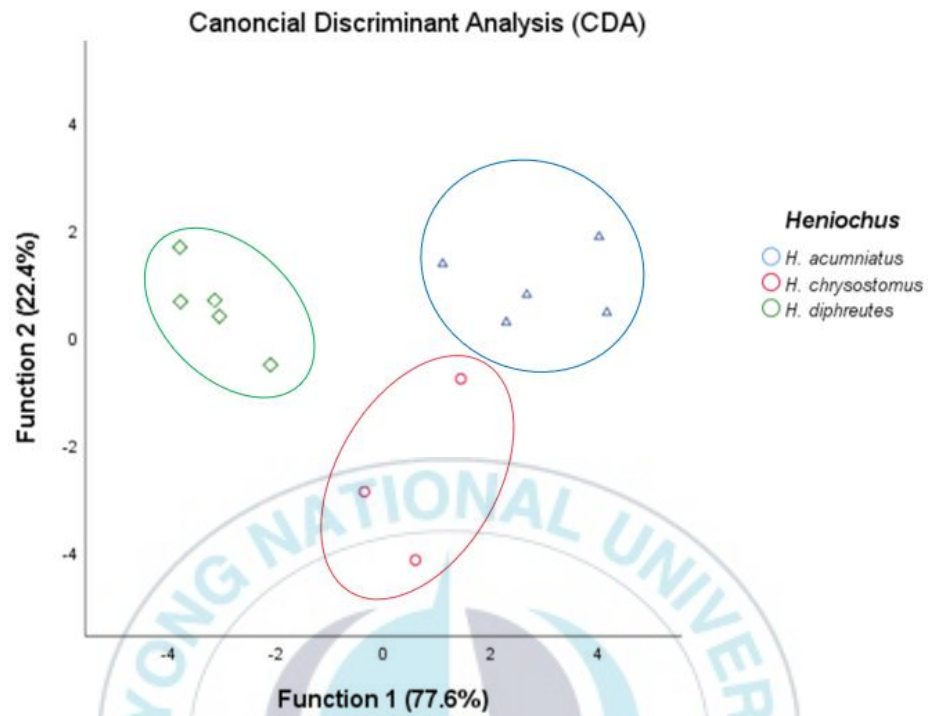


Fig. 23. Plots of canonical discriminant scores on the first and second canonical functions based on 10 morphometric characters.

Table 12. Structure matrix and standardized canonical coefficients based on 10 morphometric characters. Bold values have larger absolute values in the structural matrix standardized canonical coefficients

Measurements	Standard canonical discriminant function coefficients		Structure matrix	
	Function 1	Function 2	Function 1	Function 2
Standard length	-19.511	-0.703	-0.009	0.076
Body depth	1.147	6.321	-0.010	0.092
Head length	18.479	-4.397	0.011	0.074
Upper jaw length	4.195	-0.038	0.046	0.073
Snout length	5.186	10.003	0.062	0.077
Orbital diameter	-3.531	5.655	-0.005	0.018
Pectoral fin length	-2.021	10.134	-0.018	0.110
Pelvic fin length	0.429	-17.632	0.024	0.015
Peanus length	-4.243	-9.241	-0.013	0.100

본 연구에서는 종별 5 개체씩 10 개체를 분석하였으며 유어 및 종내 변이로 추정되는 개체를 포함하여 4 개체에 대해 해당 형질을 이용하여 분류하는 것이 매우 모호하였다. 문장과 상악장, 항문전장을 계측하여 비교하는 것도 도움이 될 수 있지만, 정확한 종 식별을 위해서는 현미경을 통해 치열을 세어보는 것이 가장 정확한 형태 동정 방법인 것으로 판단된다(Fig. 24). 따라서 추후 연구에서는 더 많은 개체를 확보하여 뒷지느러미의 패턴 형태가 분류 형질로써 타당한지 재검토가 필요할 것으로 사료되며 변이가 발생한 개체들 간 분자분석을 통해 유전거리 및 유연관계를 조사하고 유전적 변이가 발생 여부를 확인하여 추가 검토할 필요가 있는 것으로 여겨진다.

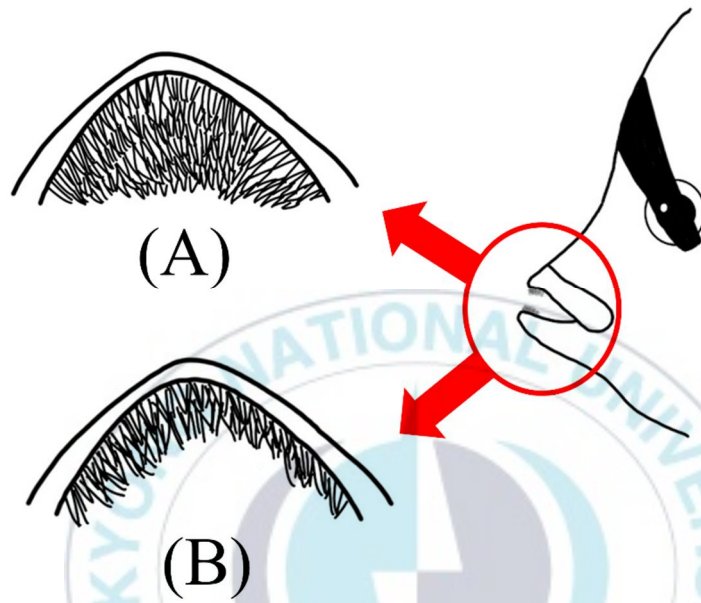


Fig. 24. Diagram showing teeth rows of morphological identification key.
 (A) indicates 5~7 teeth rows; *H. acuminatus*, (B) indicates 1~3 teeth rows; *H. diphreutes*.

3. 나비고기과 유어(3~5 cm)의 종 검색표

- 1a. 측선이 꼬리지느러미 기저부까지 이어진다 2
- 1b. 측선이 등지느러미 끝까지 이어지거나, 극조부까지만 이어진다 5
- 2a. 4 번째 등지느러미가 신장되어 있다 3
- 2b. 4 번째 등지느러미가 신장되어 있지 않고, 연조부에 흰색 가장자리로 둘러싸인 도넛 모양의 반점이 있다 갈색띠돔(*Coradion altivelis*)
- 3a. 뒷지느러미에 반점이 없고 눈 주변에 속눈썹처럼 생긴 골질돌기가 없다 4
- 3b. 뒷지느러미에 반점이 있으며 눈 주변에 속눈썹처럼 생긴 골질돌기가 발달해 있다 돛대돔(*Heniochus chrysostomus*)
- 4a. 뒷지느러미에 반점이 없고, 치열이 5 줄 이상이며, 등지느러미 극조가 11 개이다 두동가리돔(*H. acuminatus*)
- 4b. 뒷지느러미에 반점이 없고, 치열이 3 줄 이하이며, 등지느러미 극조가 12~13 개이다 짧은입두동가리돔(*H. diphreutes*)
- 5a. 체측에 2 개 이상의 큰 줄무늬가 없다 6
- 5b. 체측에 2 개 이상의 큰 갈색 줄무늬가 있다 세동가리돔(*Roa modesta*)
- 6a. 주둥이 주변이 노란색을 띤다 7
- 6b. 주둥이 주변이 은색 또는 흰색을 띤다 8
- 7a. 두부를 포함한 몸 전체가 노란색을 띠며 체측에 커다란 반점이 있다..... 흑점나비고기(*C. speculum*)

- 7b. 가슴지느러미 기저부분 바로 위에서부터 등지느러미 극조부까지
비스듬한 뿔모양의 무늬가 나타나며, 눈 뒤부터 아가미뚜껑까지 완전히
덮는 흰색 띠가 있다 룰나비고기(*Chaetodon lunula*)
- 8a. 체측에 사선 또는 수직줄무늬가 있다 9
- 8b. 체측에 줄무늬가 없으며 체측 후단부에 짙은 노란색 또는 갈색의
패턴이 나타난다 나비돔(*C. nippon*)
- 9a. 몸이 전체적으로 노란색을 띤다 10
- 9a. 몸이 전체적으로 흰색을 띤다 11
- 10a. 체측 전체에 일직선상의 세로줄무늬가 있으며, 하얀색 가장자리로
둘러싸인 반점이 있다 나비고기(*C. auripes*)
- 10b. 체측 전체에 사선으로 된 줄무늬가 있으며, 하얀색 가장자리로
둘러싸인 반점이 있다 꼬리줄나비고기(*C. wiebeli*)
- 11a. 아가미뚜껑에서 등지느러미 쪽으로 향하는 사선의 줄무늬가 몸
전체의 절반 정도만 덮여있다.....12
- 11b. 등지느러미 연조부에 반점이 없으며 체측에 가로줄무늬가 많다.
줄무늬는 주둥이측 전후까지 뻗어있다 줄나비고기(*C. lineolatus*)
- 12a. 등지느러미 연조부에 구형의 반점이 있으며, 등지느러미 극조부와
연조부가 홈이 없이 평평하게 이어져 있다 가시나비고기(*C. auriga*)

12b. 등지느러미 연조부의 반 이상을 차지하는 눈 모양의 반점이 있으며,
등 지 느 러 미 극 조 부 와 연 조 부 사 이 에 틈 이 있 다
..... 황줄나비고기(*C. vagabundus*)



V. 참고문헌

- Allen G, Swainston R and Ruse J. 2000. Marine fishes of South-East Asia, Periplus Editions Ltd, Singapore, 148-150.
- Allen GR and Erdmann MV. 2012. Reef fishes of the East Indies, volumes II. Tropical Reef Research, Perth, Australia, 516-541.
- Allen GR and Kuiter RH. 1978. *Heniochus diphreutes* Jordan, a valid species of butterflyfish (Chaetodontidae) from the Indo-West Pacific. J R Soc West Aust 61, 11-18.
- Allen GR, Steene R, Humann P and DeLoach N. 2003. Reef fish identification tropical Pacific. New World Publications, Inc., Florida, USA, 16-29.
- Allen GR. 2020. A Field Guide to Tropical Reef Fishes of the Indo-Pacific. Tuttle Publishing, Vermont, U.S.A., 172-179.
- Amaoka K and Fujii R. 1999. Fishes of the Döderlein collection. pp. 147-165. In: T. Nishikawa (ed.) Preliminary taxonomic and historical studies on Prof. Ludwig Döderlein's collection of Japanese animals made in 1880-81 and deposited at several European museums. Nagoya, Japan. i-vi. 1-266.
- Astakhov DA. 2010. Annotated list of species of the family Chaetodontidae (Actinopterygii, Perciformes) from Nha Trang bay (South China Sea, Central Vietnam). J Ichthyol, Vol. 50, 914-931.
- Behera PR, Ranjith L, Edward L, Muktha M and Ghosh S. 2015. First record of the Indian golden-barred butterflyfish, *Roa jayakari* (Norman, 1939) (Family: Chaetodontidae) from the east coast of India. Indian Journal of Geo-Marine

- Sciences, 44(10), 1512-1515.
- Bell JD and Galzin R. 1984. Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. *Marine Ecology Progress Series* 15: 265–274
- Bergbauer M and Kirschner M. 2014. Reef fishes of the Indo-pacific. John Beaufoy Publishing, Singapore, 143-158.
- Berumen ML, Pratchett MS and McCormick MI. 2005. Within-reef differences in diet and body condition of coral-feeding butterflyfishes (Chaetodontidae). *Marine Ecology Progress Series*, 287, 217-227.
- Bleeker P. 1853. Bijdrage tot de kennis der ichthyologische fauna van Solor. *Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië* v. 5 (no. 1): 67-96.
- Bleeker P. 1876. *Systema Percarum revisum. Pars II.* Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles v. 11: 289-340.
- Blum SD. 1988. Osteology and phylogeny of the Chaetodontidae (Pisces: Perciformes). Ph.D. Dissertation, University of Hawaii, Honolulu. 365 pp.
- Blum SD. 1989. Biogeography of the Chaetodontidae: an analysis of allopatry among closely related species. In *The butterflyfishes: success on the coral reef* (pp. 9-32). Springer, Dordrecht.
- Bouchon-Navaro Y. 1985. Impact of coral degradation on a chaetodontid fish assemblage (Moorea, French Polynesia). In *Proc. Fifth Int. Coral Reef Congr. Tahiti. Vol. 5*, 427-432.
- Bouchon Navaro Y, Bouchon C, Harmelin-Vivien M. 1985. Impact of coral degradation on a Chaetodontid fish assemblage (Moorea, French Polynesia). *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Symposium, Tahiti; Vol. 5:*

- Bozec YM, Dolédec S and Kulbicki M. 2005. An analysis of fish-habitat associations on disturbed coral reefs: chaetodontid fishes in New Caledonia. *J Fish Biol*, 66(4), 966-982. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00652.x>
- Burgess WE. 1978. Butterflyfishes of the World. A monograph of the family Chaetodontidae. T.F.H. Publ., Inc. Ltd., Neptune City, New Jersey, U.S.A. 1-832.
- Burgess WE. 2003. Chaetodontidae, In: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae). Carpenter KE and Niem VH, eds. Virginia, USA, 1663-1672.
- Choi Y, Kim B and Lee HH. 2013. The fish fauna of little Munsom in Jeju-do, Korea. *Korean J Environ Biol*, 31(1), 45-52.
- Chyung MK. 1961. Illustrated Encyclopedia the Fauna of Korea (2) Fishes. The Ministry of Education, Seoul, Korea, 554-555.
- Chyung MK. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea, 727pp.
- Cole AJ, Lawton RJ, Pratchett MS and Wilson SK. 2011. Chronic coral consumption by butterflyfishes. *Coral Reefs*, 30(1), 85-93.
- Cole AJ, Pratchett MS and Jones GP. 2008. Diversity and functional importance of coral-feeding fishes on tropical coral reefs. *Fish and Fisheries*, 9(3), 286-307.
- Cox EF. 1994. Resource use by corallivorous butterflyfishes (Family Chaetodontidae) in Hawaii. *Bulletin of Marine Science*, 54(2), 535-545.
- Crosby MP and Reese ES. 1996. A manual for monitoring coral reefs with indicator

species: butterflyfishes as indicators of change on Indo-Pacific reefs. Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration. Silver Spring, MD; 45 pp

Cuvier G and Valenciennes A. 1831. Histoire naturelle des poissons, Tome septième, Livre septième, Des Squamipennes. Livre huitième. Des poissons à pharyngiens labyrinthiformes, Vol 7: i-xxix + 1-531, Pls. 170-208. F. G. Levrault, Paris, France, 40. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.7339>.

Cuvier G. 1816. Le Règne Animal distribué d'après son organisation pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Les reptiles, les poissons, les mollusques et les annélides. Edition 1. v. 2: i-xviii 1-532.

Daly R, Stevens G and Daly CK. 2018. Rapid marine biodiversity assessment records 16 new marine fish species for Seychelles, West Indian Ocean. Mar Biodivers Rec 11, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s41200-018-0141-6>

DiBattista JD, Waldrop E, Rocha LA, Craig MT, Berumen ML and Bowen BW. 2015. Blinded by the bright: A lack of congruence between colour morphs, phylogeography and taxonomy for a cosmopolitan Indo-Pacific butterflyfish, *Chaetodon auriga*. Journal of Biogeography, 42(10), 1919-1929.

Driscoll JW and Driscoll JL. 1988. Pair behavior and spacing in butterflyfishes (Chaetodontidae). Environ Biol Fishes, 22(1), 29-37.

Drummond AJ and Rambaut A. 2007. BEAST: Bayesian evolutionary analysis by sampling trees. BMC evolutionary biology, 7(1), 1-8.

Erdman M. 1997. Butterflyfish as bioindicators a review. Reef Encounter 21: 7-9

- Felsenstein J. 1985. Phylogenies and the comparative method. *The American Naturalist*, 125(1), 1-15.
- Fenner R. 2014. Bannerfish butterflies, The genus *Heniochus*. In: *Butterflyfishes for marine aquariums: diversity, selection & care*. Wet Web Media. Retrieved from <http://www.wetwebmedia.com/heniochu.htm> on 16 Oct 2021.
- Ferry-Graham LA, Wainwright PC, Hulsey CD and Bellwood DR. 2001. Evolution and mechanics of long jaws in butterflyfishes (Family Chaetodontidae). *Journal of Morphology*, 248(2), 120-143.
- Fessler JL and Westneat MW. 2007. Molecular phylogenetics of the butterflyfishes (Chaetodontidae): taxonomy and biogeography of a global coral reef fish family. *Molecular phylogenetics and evolution*, 45(1), 50-68.
- Forskål P. 1775. *Descriptiones animalium avium, amphibiorum, piscium, insectorum, vermium; quæ in itinere orientali observavit Petrus Forskål. Post mortem auctoris. Carsten Niebuhr, ed. Adjuncta est materia medica Kahirina atque tabula maris rubri geographica, Hauniæ (Möller), Copenhagen, Denmark*, 60.
- Fowler AJ. 1990. Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of chaetodontid fishes at One Tree Reef, southern GBR. *Marine Ecology Progress Series* 64: 39–53.
- Fricke HW. 1986. Pair swimming and mutual partner guarding in monogamous butterflyfish (Pisces, Chaetodontidae): a joint advertisement for territory. *Ethology*, 73(4), 307-333.
- Fricke R, Eschmeyer WN and Fong JD. 2021. Eschmeyer's catalog of fishes. Retrieved from <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcat>

main.asp on 16 Sep 2021.

Furbeck ME, Pollock LW, Miller JW and Goldstein JS. 2019. Presence of Postflexion Spotfin Butterflyfish, *Chaetodon ocellatus* (Chaetodontidae), in a Southern Maine Estuary, Gulf of Maine. *Northeastern Naturalist*, 26(4).

Hall TA. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/ NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 41, 95-98.

Hsu KC, Chen JP and Shao KT. 2007. Molecular phylogeny of *Chaetodon* (Teleostei: Chaetodontidae) in the Indo-West Pacific: evolution in geminate species pairs and species groups. *Raffles Bulletin of Zoology*, 14, 77-86.

Jennings S, Boule' DP and Polunin NVC. 1996. Habitat correlates of the distribution and biomass of Seychelles' reef fishes. *Environ Biol Fishes* 46: 15–25.

Jordan DS and Fowler HW. 1902. A review of the Chaetodontidae and related families of fishes found in the waters of Japan. *Proceedings of the United States National Museum*, 25, 513–563.

Jordan DS and Snyder JO. 1901. A preliminary check list of the fishes of Japan. *Annot Zool Jpn* 3, 31-159.

Jordan DS. 1903. Supplementary note on *Bleekeria mitsukurii*, and on certain Japanese fishes. *Proceedings of the United States National Museum* v. 26 (no. 1328): 693-696, Pl. 30.

Jordan DS. 1923. Roa.-A genus of chaetodont fishes. *Copeia* No. 118: 63.

Kaup J. 1860. Ueber die Chaetodontidae: *Arch. Naturg.* 26: 133-156.

- Kaup JJ. 1863. Über einige Arten der Gattung Chaetodon. *Nederlandsch Tijdschrift voor de Dierkunde* v. 1, Amsterdam, Netherlands, 125-129.
- Kelley JL, Fitzpatrick JL and Merilaita S. 2013. Spots and stripes: ecology and colour pattern evolution in butterflyfishes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1757).
- Kim IS and Lee WO. 1994. New Records of Seven Species of the Order Perciformes from Cheju Island, Korea. *Korean J Ichthyol* 6(1), 7-20.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd, Seoul, Korea, 348-351.
- Kim JK, Kwun HJ, Ji HS, Park JH, Myoung SH, Song YS, Bae SE and Lee WJ. 2020. A guide book to marine fishes in Korea. Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion, and Pukyong National University, Busan, Korea, 223.
- Kim YU, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB, Kim JK and Ryu JH. 2001. The marine fishes of Korea. Hanguel, Pusan, Korea. 246.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J Mol Evol* 16, 111-120.
- Kuiter RH and Debelius H. 2007. World atlas of marine fishes. IKAN-Unterwasserarchiv, Germany, 477-493.
- Kuiter RH. 1996. Guide to sea fishes of Australia. New Holland Publishers, Wahroonga, Australia, 206-225.

- Kuiter RH. 2002. Butterflyfishes, bannerfishes, and their relatives: a comprehensive guide to Chaetodontidae & Microcanthidae. Twayne Publishers.
- Kuiter RH. 2004. Description of a new species of butterflyfish, *Roa australis*, from northwestern Australia (Pisces: Perciformes: Chaetodontidae). Records of the Australian Museum v. 56 (no. 2): 167-171.
- Kulbicki M. 1992. Present knowledge of the structure of coral reef assemblages in the Pacific. UNEP Regional Seas Report Studies 147: 31–53
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C and Tamura K. 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. Mol Biol Evol 35, 1547-1549.
- Lacepède BGE. 1802. Histoire naturelle des poissons, v. 4, Tome Premier, Paris, France, 507-511.
- Lacepède BGE. 1802. Histoire naturelle des poissons. v. 4: i-xliv + 1-728, Pl. 1-16.
- Lee YJ and Kim JK. 2021. First record of *Chaetodon vagabundus* Linnaeus, 1758 (Pisces, Chaetodontidae) collected from Jeju Island, Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol, 57(2),127-133.
- Lee YJ and Kim JK. 2021. New Record of the Schooling Bannerfish *Heniochus diphreutes* (Perciformes: Chaetodontidae) from Pohang, Korea. Korean J

Fish Aquat Sci 54(6),1017-1022.

Lee YJ, Song YS and Kim JK. 2021. First record of juvenile of the mirror butterflyfish, *Chaetodon speculum* Cuvier, 1831 (Perciformes: Chaetodontidae) collected from Pohang, Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 57(4), 374-381.

Leis JM. 1989. Larval biology of butterflyfishes (Pisces, Chaetodontidae): What do we really know?. Environ Biol Fish., 25, 87-100.

Liedke AM, Pinheiro HT, Floeter SR and Bernardi G. 2020. Phylogeography of the banded butterflyfish, *Chaetodon striatus*, indicates high connectivity between biogeographic provinces and ecosystems in the western Atlantic. Neotropical Ichthyology, 18.

Linnaeus C. 1758. Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I Editio decima, Holmiæ. (Salvius). L.Salvius, Stockholm, Sweden, 276.

Linnaeus C. 1758. Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I Editio decima, Holmiæ. (Salvius). L.Salvius, Stockholm, Sweden, 272.

Linnaeus C. 1758. Systema Naturae, Ed. X. (Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis,

synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata.) Holmiae. v. 1: i-ii +
1-824 [Nantes and Pisces in Tom. 1, pp. 230-338.

Littlewood DTJ, McDonald SM, Gill AC and Cribb TH. 2004. Molecular
phylogenetics of Chaetodon and the Chaetodontidae (Teleostei: Perciformes)
with reference to morphology. *Zootaxa*, 779(1), 1-20.

Lobel PS. 1989. Spawning behavior of *Chaetodon multicinctus* (Chaetodontidae); pairs
and intruders. In *The butterflyfishes: success on the coral reef* (pp. 125-130).
Springer, Dordrecht.

MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2021. National list of marine species.
Namu, Seochon, Korea, 26.

Masuda HK, Amaoka K, Araga C, Uyeno T and Yoshino T. 1984. The Fishes of the
Japanese Archipelago. Tokai Univ, Tokyo, Japan. 437pp.

McCulloch AR. 1916. Report on some fishes obtained by the F. I. S. "Endeavour" on
the coasts of Queensland, New South Wales, Victoria, Tasmania, South and
South-Western Australia. Part IV. Biological Results Endeavour v. 4 (pt 4):
169-199, Pls. 49-58.

McMillan WO and Palumbi SR. 1997. Rapid rate of control-region evolution in Pacific
butterflyfishes (Chaetodontidae). *Journal of Molecular Evolution*, 45(5),
473-484.

- McMillan WO, Weigt LA and Palumbi SR. 1999. Color pattern evolution, assortative mating, and genetic differentiation in brightly colored butterflyfishes (Chaetodontidae). *Evolution*, 53(1), 247-260.
- Mori T and Uchida K. 1934. A revised catalogue of the fishes of Korea. J. Chosen. Nat. Hist. Soc., 19, 26.
- Mori T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Hyogo Univ Agr 1(3): 1~228.
- Motta PJ. 1982. Functional morphology of the head of the inertial suction feeding butterflyfish, *Chaetodon miliaris* (Perciformes, Chaetodontidae). *Journal of Morphology*, 174(3), 283-312.
- Motta PJ. 1988. Functional morphology of the feeding apparatus of ten species of Pacific butterflyfishes (Perciformes, Chaetodontidae): an ecomorphological approach. *Environmental Biology of Fishes*, 22(1), 39-67.
- Motta PJ. 1989. Dentition patterns among Pacific and western Atlantic butterflyfishes (Perciformes, Chaetodontidae) : relationship to feeding ecology and evolutionary history. *Environ Biol Fish* 25, 159-170.
- Myers RF. 1999. Micronesian reef fishes. A comprehensive guide to the coral reef fishes of Micronesia. 3rd revised ed. Coral Graphics, Guam, 192.
- Myoung JG, Kim BI, Lee SM and Jeon GB. 2002. The sea fishes of Korea. Darakwon, Seoul, Korea, 153-155.

- Myoung JG, Koh DB and JS Kim. 2015. The sea fishes of Jeju, KOREA. Jisungsa, Seoul, Korea, 147-152.
- Nagelkerken I, Van der Velde G, Wartenbergh SLJ, Nugues MM and Pratchett MS. 2009. Cryptic dietary components reduce dietary overlap among sympatric butterflyfishes (Chaetodontidae). *Journal of Fish Biology*, 75(6), 1123-1143.
- Nelson JS, Grande TC and Wilson MVH. 2016. Fishes of the world. 4th ed. John Wiley and Sons, NJ, USA, 454-455.
- O'hman MC, Rajasuriya A, Svensson S. 1998. The use of butterflyfishes (Chaetodontidae) as bio-indicators of habitat structure and human disturbance. *Ambio* 27: 708–716.
- Palumbi SR. 1996. Nucleic acids II: the polymerase chain reaction. In: Hillis DM, Moritz C, Mable BK, eds Molecular systematics, 2nd edn. Sunderland, MA: Sinauer, 205–247.
- Parin NV, Evseenko SA and Vasil'eva ED. 2014. Fishes of Russian Seas: Annotated Catalogue. KMK Scientific Press, Moscow v. 53: 733 pp.
- Parmentier E, Boyle KS, Berten L, Brié C and Lecchini D. 2011. Sound production and mechanism in *Heniochus chrysostomus* (Chaetodontidae). *Journal of Experimental Biology*, 214(16), 2702-2708.
- Pisces. In: Siebold, P. F. de (ed.): Fauna Japonica, sive descriptio animalium, quae in

itinere per Japoniam ... suscepto annis 1823-1830 collegit, notis,
observationibus et adumbrationibus illustravit Ph. Fr. de Siebold. Lugduni
Batavorum [Leiden] (A. Arnz et soc.). Parts 5-6: 73-112

Pratchett MS and Berumen ML. 2008. Interspecific variation in distributions and diets
of coral reef butterflyfishes (Teleostei: Chaetodontidae). *Journal of Fish
Biology*, 73(7), 1730-1747.

Pratchett MS, Berumen ML and Kapoor BG. 2014. *Biology of butterflyfishes*. CRC
Press, Boca Raton, Florida, USA, 269-285.

Pratchett MS, Hoey AS, Feary DA, Bauman AG, Burt JA and Riegl BM. 2013.
Functional composition of Chaetodon butterflyfishes at a peripheral and
extreme coral reef location, the Persian Gulf. *Mar Pollut Bull* 72, 333-341.

Pratchett MS. 2005. Dietary overlap among coral-feeding butterflyfishes
(Chaetodontidae) at Lizard Island, northern Great Barrier Reef. *Marine
Biology*, 148(2), 373-382. 10.1007/s00227-005-0084-4

Pratchett MS. 2007. Dietary selection by coral-feeding butterflyfishes (Chaetodontidae)
on the Great Barrier Reef, Australia. *Raffles Bulletin of Zoology*:
Supplement Series, 14, 171-176.

Psomadakis PN, Thein H, Russell BC and Tun M. 2019. *Field identification guide to
the living marine resources of Myanmar*. In: *FAO Species identification*

- guide for fishery purposes. Rome, FAO and MOALI. 512-513.
- Pyle RL. 2001. Chaetodontidae. In: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 5. Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Carpenter KE and Niem VH, eds. FAO, Rome, Italy, 3224-3238.
- Rambaut A and Drummond AJ. 2010. FigTree v1. 4.4. Institute of Evolutionary Biology, University of Edinburgh.
- Randall JE and Lim KKP. A checklist of the fishes of the South China Sea. The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement No. 8: 569-667.
- Reese ES. 1977. Coevolution of corals and coral-feeding fishes of the family Chaetodontidae. Proceedings of the Third International Coral Reef Symposium, Miami; Vol. 1: 267-274.
- Reese ES. 1981. Predation on corals by fishes of the family Chaetodontidae: implications for conservation and management of coral reef ecosystems. Bulletin of Marine Science 31: 594-604.
- Roberts CM and Ormond RFG. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. Marine Ecology Progress Series 41: 1-8
- Roberts CM, Ormond RFG and Shepherd ARD. 1988. The usefulness of butterflyfishes

- as environmental indicators on coral reefs. Proceedings of the Sixth International Coral Reef Symposium, Townsville; Vol. 2: 331–336.
- Sadovy Y and Cornish AS. 2000. Reef fishes of Hong kong. Hong kong university press, Hong kong, 169.
- Saitou N and Nei M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular biology and evolution*, 4(4), 406-425.
- Sano M. 1989. Feeding habits of Japanese butterflyfishes (Chaetodontidae). In *The butterflyfishes: success on the coral reef* (pp. 195-204). Springer, Dordrecht.
- Schultz LP. 1953. Fishes of the Marshall and Marianas islands. Vol. 202. US Government Printing Office.
- Seale A. 1910. Description of four new species of fishes from Bantayan Island, Philippine Archipelago. *Philippine J Sci*, 5, 115-119.
- Shimada K. 2013. Chaetodontidae. In: *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*. 3rd ed. Nakabo T, ed. Tokai Univ Press, Tokyo, Japan, 990-1002.
- Shokri MR, Fatemi, SMR and Crosby MP. 2005. The status of butterflyfishes (Chaetodontidae) in the northern Persian Gulf, IR Iran. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(S1), S91-S99.

- Smith WL, Webb JF and Blum SD. 2003. The evolution of the laterophysic connection with a revised phylogeny and taxonomy of butterflyfishes (Teleostei: Chaetodontidae). *Cladistics*, 19(4), 287-306.
- Sparks JS and Smith WL. 2004. Phylogeny and biogeography of cichlid fishes (Teleostei: Perciformes: Cichlidae). *Cladistics*, 20(6), 501-517.
- Steindachner F and Doderlein L. 1883. Beitrage zur Kenntniss der Fische Japan's II. Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe v. 20, Wien, Austria, 123-125.
- Stobutzki IC. 1998. Interspecific variation in sustained swimming ability of late pelagic stage reef fish from two families (Pomacentridae and Chaetodontidae). *Coral Reefs*, 17(2), 111-119.
- Swainson W. 1839. On the natural history and classification of fishes, amphibians, & reptiles, or monocardian animals. Spottiswoode & Co., London. v. 2: i-vi 1-452.
- Tamura K and Nei M. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular biology and evolution*, 10(3), 512-526.
- Tavaré S. 1986. Some probabilistic and statistical problems in the analysis of DNA sequences. *Lectures on mathematics in the life sciences*, 17(2), 57-86.

- Temminck CJ and Schlegel H. 1844. Pisces. In: Siebold, P. F. de (ed.): Fauna Japonica, sive descriptio animalium, quae in itinere per Japoniam ... suscepto annis 1823-1830 collegit, notis, observationibus et adumbrationibus illustravit Ph. Fr. de Siebold. Lugduni Batavorum [Leiden] (A. Arnz et soc.). Parts 5-6: 73-112.
- Thompson JD, Higgins DG and Gibson TJ. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res*, 22, 4673-4680.
- Tiralongo F, Lipari R and Mancini E. 2018. A new exotic fish for the Mediterranean Sea: *Chaetodon auriga* Forsskal, 1775 (Perciformes: Chaetodontidae). *Mediterranean Marine Science*, 19(3), 491-493.
- Uejo T, Senou H and Motomura H. 2020. *Roa haraguchiae*, a new species of butterflyfish (Teleostei: Perciformes: Chaetodontidae) from Japan and the Philippines. *Ichthyological Research*, 1-8.
- Waldrop E, Hobbs JPA, Randall JE, DiBattista JD, Rocha LA, Kosaki RK and Bowen B W. 2016. Phylogeography, population structure and evolution of coral-eating butterflyfishes (Family Chaetodontidae, genus *Chaetodon*, subgenus *Corallochaetodon*). *Journal of Biogeography*, 43(6), 1116-1129.

- Ward RD, Zemlak TS, Innes BH, Last PR and Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Phil Trans R Soc B* 360, 1847-1857.
- Weber M and Beaufort LFD. 1936. The fishes of the Indo-Australian archipelago Vol. VII Perciformes (continued) Families : Chaetodontidae, Toxotidae, Monodactylidae, Pempheridae, Kyphosidae, Lutjanidae, Lobotidae, Sparidae, Nandidae, Sciaenidae, Malacanthidae, Cepolidae with 106 illustrations. E. J. Brill, Leiden, Netherlands, 64-66.
- Westneat MW and Alfaro ME. 2005. Phylogenetic relationships and evolutionary history of the reef fish family Labridae. *Molecular phylogenetics and evolution*, 36(2), 370-390.
- Yang Z. 1997. PAML: a program package for phylogenetic analysis by maximum likelihood. *Computer applications in the biosciences*, 13(5), 555-556.
- Yoo JM, Kim S, Lee EK, Kim WS, Myoung CS and Lee SM. 1995. Marine Fishes around Cheju Island. Hyunamsa, Seoul, 248 pp.
- Yukai Y, Tao L, Heizhao L, Xiaolin H, Wei Y and Zhong H(2021). The complete mitochondrial genome of *Chaetodon speculum* (Chaetodontiformes, chaetodontidae), *Mitochondrial DNA Part B*, 6:4, 1290-1291.
- Zekeria ZA, Afeworki Y and Videler JJ. 2005. The distribution patterns of Red Sea

chaetodontid assemblages. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 15(S1), S71-S76.

Zuo XY and Tang WQ. 2011. A new record species, *Heniochus diphreutes*, Chaetodontidae from China. Zool Res 32, 349-352.

Zuo XY and Tang WQ. 2011. Taxonomic revision of butterflyfishes family Chaetodontidae in China. Acta Zootaxonomica Sinica v. 36 (no. 4): 1000-1005.

