

한국산 전복과 6종의 치설 연구

임한규, 정태혁, 이준상¹

국립목포대학교 해양수산자원학과, ¹강원대학교 환경연구소

Comparative radula structure of six Haliotid ablonas from Korea

Han Kyu Lim, Tae Hyug Jeong and Jun-Sang Lee¹

Marine and Fisheries Resources, Mokpo National University, Jeonnam, 58554, Korea

¹Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Gangwon-do, 200-701, Korea

ABSTRACT

These studies were conducted to compare the radulae of six species (*Nordotis madaka*, *N. gigantea*, *N. discus discus*, *N. discus hannai*, *Sulculus diversicolor diversicolor*, and *S. diversicolor supertexta*) of the family Haliotidae in Korea using the scanning electron microscope. As a result, teeth of all species has asymmetry rhipidoglossate form and basic tooth formula of six Haliotids was $>50-5-1-5-50<$ (one central tooth, five lateral teeth, and over the 50 marginal teeth on each side). Therefore it is difficult that all of the species can be detected sharply the difference of interspecies by comparisons of radulae.

Key Words: Radular, Haliotidae, *Nordotis*, *Sulculus*, Scanning Electron Microscope.

서론

전복과의 패류는 오래 전부터 인류의 주요한 식용 자원으로 이용되어 왔기에 형태와 지방에 따라 다양한 이름으로 불리어 왔으며, 이들 무리는 동일 속 (Genus) 내 종 구별을 위한 뚜렷한 형질 차이가 적어, 종 및 아종 단위 분류의 혼동으로 인한 오류가 반복되어 왔다. 동북아시아 전복과의 패류는 일본인 학자 Habe (1977, 1983) 에 의하여 말전복 (*N. gigantea*) 과 왕전복 (*N. madaka*) 이 구분되고, 시볼트전복 (*N. sieboldii*) 이 말전복의 동종이명으로 규명되었다. 이에 따라 국내 전복과의 둥근전복속 (Genus *Nordotis*) 에는 왕전복, 말전복, 둥근전복 (*N. discus*) 과, 1952년 Ino에 의하여 발표된 북방전복 (*N. discus hannai*) 이 추가되어 2종 및 2아종으로 기록되고 있다. 한편 오분자기속 (Genus *Suculus*) 에는 마대오분자기 (*S. diversicolor diversicolor*) 와 오분자기 (*S. diversicolor*

supertexta) 를 포함하여, 국내 자생 전복과 패류는 모두 2속 2종 4아종으로 구성 된다 (Lee & Min, 2002; Lee *et al.*, 2014; Lee, 2015).

연체동물의 치설은 속이나 종에 따라 배열상태, 크기, 형태 등의 차이가 있어 종 분류를 위한 유용한 재료로 이용되어 왔다. 국내 연체동물을 대상으로는 이루어진 연구로는 Chung (1984, 1985), Lee *et al.* (1998), Kho *et al.* (2001), Kim (2015) 등에 의하여 일부 담수 복족류의 치설 구조가 확인되었고, Choe & Kim (1988), Choe & Yoon (1992), Jung *et al.* (2013) 등은 해산 복족류의 종 동정 자료로 치설 구조를 제시하였다.

본 연구는 Lee *et al.* (2014) 에 의하여 정리된 국내 전복과 패류의 분류학적 기재에 따라 구분된 국내산 전복과 2속 2종 4아종의 치설 형태를 주사전자현미경으로 관찰하여 종, 속간의 치설 구조 차이를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

치설 관찰을 위한 표본은 2013년 5월부터 2014년 8월까지 제주도에서 채집되어, 강원대학교 환경연구소와 제주특별자치도 해양수산연구원에서 보관중인 표본을 연구재료로 사용 하였다. 치설 관찰을 위하여 실험 대상 종은 치설 부위 (buccal mass) 를 절취하여 상온에서 30% NaOH 용액에 10시간 동안 방치한 다음 10% NaOH 용액을 10시간씩 3회 교환하여

Received: November 17, 2015; Revised: December 7, 2015;
Accepted: December 30, 2015

Corresponding author : Jun-Sang Lee

Tel: +82 (33) 250-7409 e-mail: sjjun@kangwon.ac.kr
1225-3480/24599

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

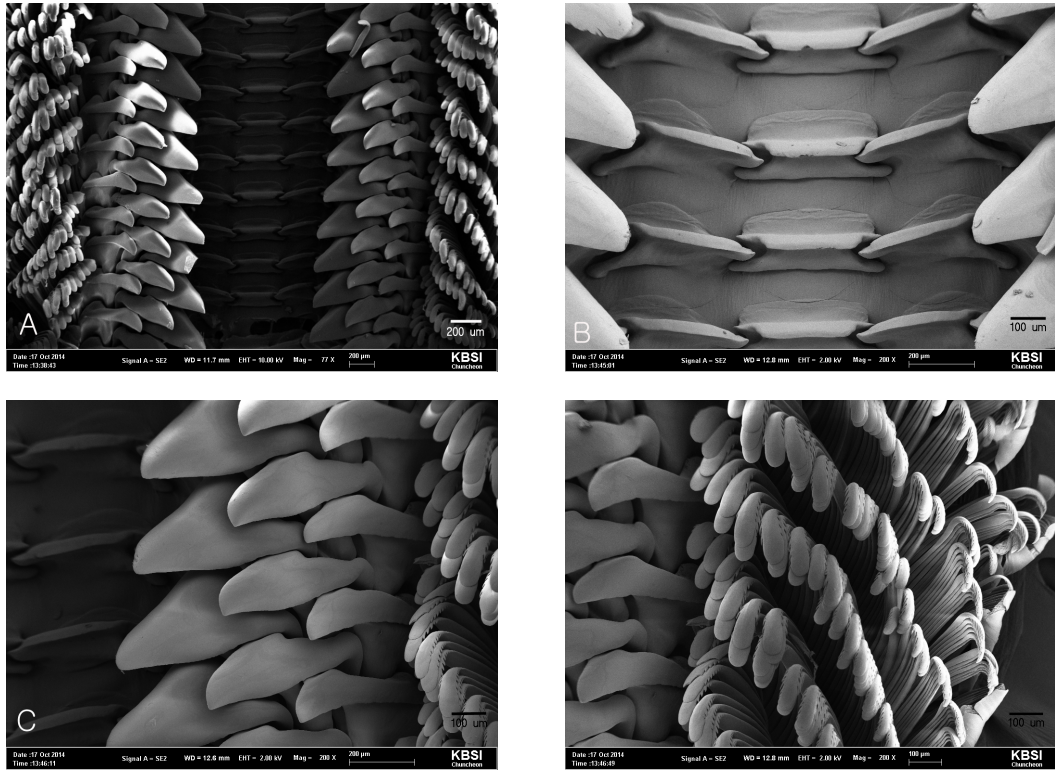


Fig. 1. A scanning electron microscopy of radulae of *Nordotis madaka*. A: Overview, B: Central tooth, C: Lateral tooth, D: Marginal tooth.

육질을 제거하였다. 육질이 완전히 제거된 치설은 증류수로 수회 세척 후, 초음파 세척기로 5분간 처리하였다. 세척이 끝난 치설은 50%, 70%, 100% (2회) 의 alcohol 용액을 거쳐 탈수시켰고 slide glass 위에서 4% acetic acid로 치설을 연하게 한 후 자체 제작한 미세 유리봉과 해부침 및 세필 붓을 이용하여 치설을 편 다음 100배의 현미경 하에서 외부 형태를 관찰하였다. 또한 주사전자현미경 (S-3500N, Hitachi) 촬영을 위해 glass stub에 건조된 치설을 붙이고 100 Å 두께로 gold coating (Module Sputter Coater, SPI., 1996) 하여 촬영하였다.

결 과

복족류의 섭식 방법은 다양하여 종에 따라 치설도 많은 다양성을 나타내고 있다. 연체동물의 치설은 선설형 (rhipidoglossa), 유설형 (taenioglossa), 협설형 (stenoglossa), 시설형 (texoglossa), 익설형 (ptenoglossa), 양설형 (decoglossa) 의 6 가지 형태가 있는데 전복과의 치설형은 중치를 중심으로 측치와 연치가 겹치듯이 배열된 선설형 (rhipidoglossa) 이다. 관찰된 전복과 2속 2종 및 4아종의 치설 구조는 다음과 같다

(Fig. 1-6).

1. *Nordotis madaka* Habe, 1979 왕전복 (Fig. 1)

왕전복의 치설형은 선설형 (Rhipidoglossate form) 으로 중앙에 중치 (central tooth) 를 중심으로 양쪽에 측치 (lateral tooth) 와 연치 (marginal tooth) 가 사선으로 배열되어 있다. 중앙의 중치는 중앙돌기 (mesocone) 이나, 소첨두 (cusps) 가 없는 가로날의 형태로 길이는 약 230 μm 이다. 측치는 중치를 향하여 안쪽으로 경사진 2열의 내측치 (inner lateral tooth) 와 길이가 긴 3열의 외측치 (outer lateral tooth) 와 함께 모두 5열 구조를 이루고 있다. 안쪽 내측치는 중치와 유사한 구조로 중앙돌기나 내, 외측 돌기가 없는 경사진 가로날의 형태를 보이고 있다. 3열의 외측치는 형태와 크기가 동일하지 않아 안쪽에서 바깥쪽 순서로 크기가 작아진다. 외측치는 모두 1개의 중앙돌기를 보인다. 연치는 양쪽으로 50열 이상이 사선으로 배열되어 있다. 중앙돌기는 없고, 양 옆으로 수많은 소첨두가 톱니모양으로 열 지어 있다. 왕전복의 치식은 $>50-5-1-5-50$ 으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다.

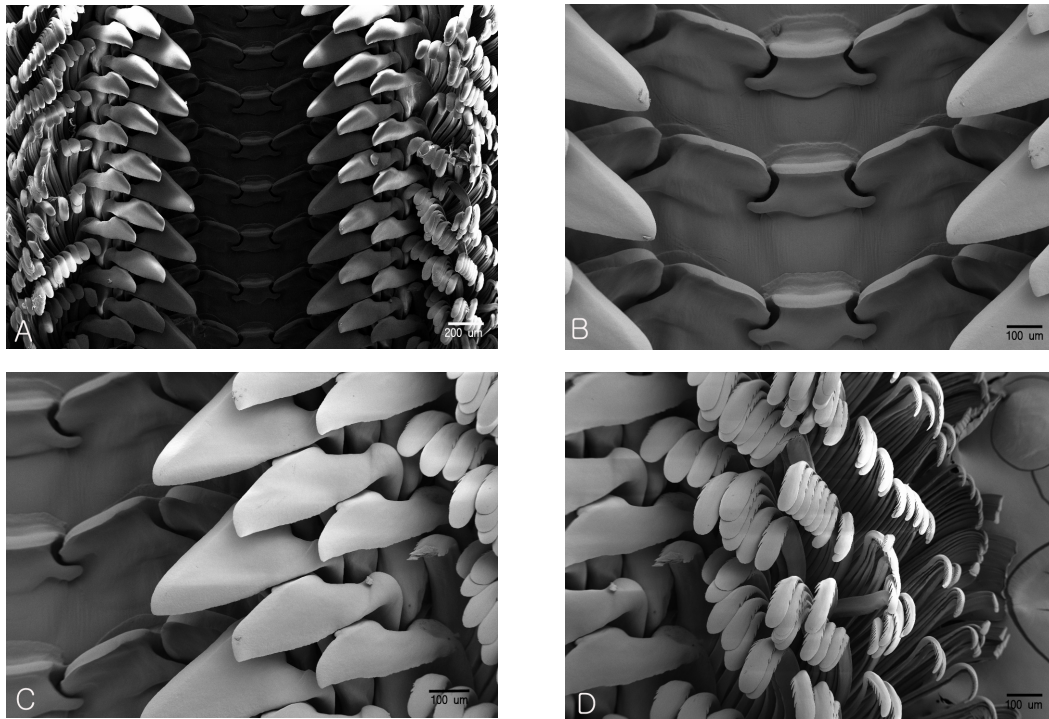


Fig. 2. A scanning electron microscopy of radulae of *Nordotis gigantea*. A: Overview, B: Central tooth, C: Lateral tooth, D: Marginal tooth.

2. *Nordotis gigantea* (Gmelin, 1791) 말전복 (Fig. 2).

말전복의 치설형은 선설형 (Rhipidoglossate form) 으로 중앙에 중치 (central tooth) 를 중심으로 양쪽에 측치 (lateral tooth) 와 연치 (marginal tooth) 가 사선으로 배열 되어 있다. 중앙의 중치는 중앙돌기 (mesocone) 나, 소첨두 (cusp) 가 없는 가로날의 형태로 길이는 약 240 μm 이다. 측치는 중치를 향하여 안쪽으로 경사진 2열의 내측치 (inner lateral tooth) 와 길이가 긴 3열의 외측치 (outer lateral tooth) 와 함께 모두 5열 구조를 이루고 있다. 안쪽의 내측치는 중치와 유사한 구조로 중앙돌기나 내, 외측 돌기가 없는 경사진 가로날의 형태를 보이고, 바깥쪽의 내측치는 물결 형태를 보인다. 3열의 외측치는 형태와 크기가 동일하지 않고, 안쪽에서 바깥쪽 순서로 크기가 작아지면서 정교하게 끼여 있다. 외측치는 모두 1개의 중앙돌기를 보인다. 연치는 양쪽으로 50열 이상이 사선으로 조밀하게 배열되어 있다. 왕전복과 동일하게, 중앙돌기는 없고 양 옆으로 많은 소첨두가 배열한다. 말전복의 치식은 >50-5-1-5-50< 으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다.

3. *Nordotis discus discus* (Reeve, 1846) 둥근전복 (Fig. 3).

둥근전복의 치설형은 선설형 (Rhipidoglossate form) 으로 중앙에 중치 (central tooth)를 중심으로 양쪽에 측치 (lateral

tooth) 와 연치 (marginal tooth) 가 사선으로 배열되어 있다. 중앙의 중치는 중앙돌기 (mesocone) 이나, 소첨두 (cusp) 가 없는 가로날의 형태로 길이는 약 200 μm 이다. 측치는 중치를 향하여 안쪽으로 경사진 2열의 내측치 (inner lateral tooth) 와 길이가 긴 3열의 외측치 (outer lateral tooth) 와 함께 모두 5열 구조를 이루고 있다. 내측치는 중치와 유사한 구조로 중앙돌기나 내, 외측 돌기가 없는 경사진 가로날의 형태를 보이고 있다. 3열의 외측치는 왕전복이나 말전복과는 다르게 형태와 크기 차이가 심하지 않고, 모두 1개의 중앙돌기로 이루어 졌다. 연치는 양쪽으로 50열 이상이 사선으로 배열되어 있다. 중앙돌기는 없고 양 옆으로 소첨두가 배열되어 있으나 말전복 과 왕전복에 비해서는 숫자가 적다. 둥근전복의 치식은 > 50-5-1-5-50< 으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치, 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다.

4. *Nordotis discus hannai* (Ino, 1952) 북방전복 (Fig. 4)

북방전복의 치설형은 선설형 (Rhipidoglossate form) 으로 중앙에 중치 (central tooth)를 중심으로 양쪽에 측치 (lateral tooth) 와 연치 (marginal tooth) 가 사선으로 배열되어 있다. 중앙의 중치는 중앙돌기 (mesocone) 이나, 소첨두 (cusp) 가 없는 가로날의 형태로 길이는 약 180 μm 로 둥근전복의 형태 와 유사하다. 측치는 중치를 향하여 안쪽으로 경사진 2열의 내

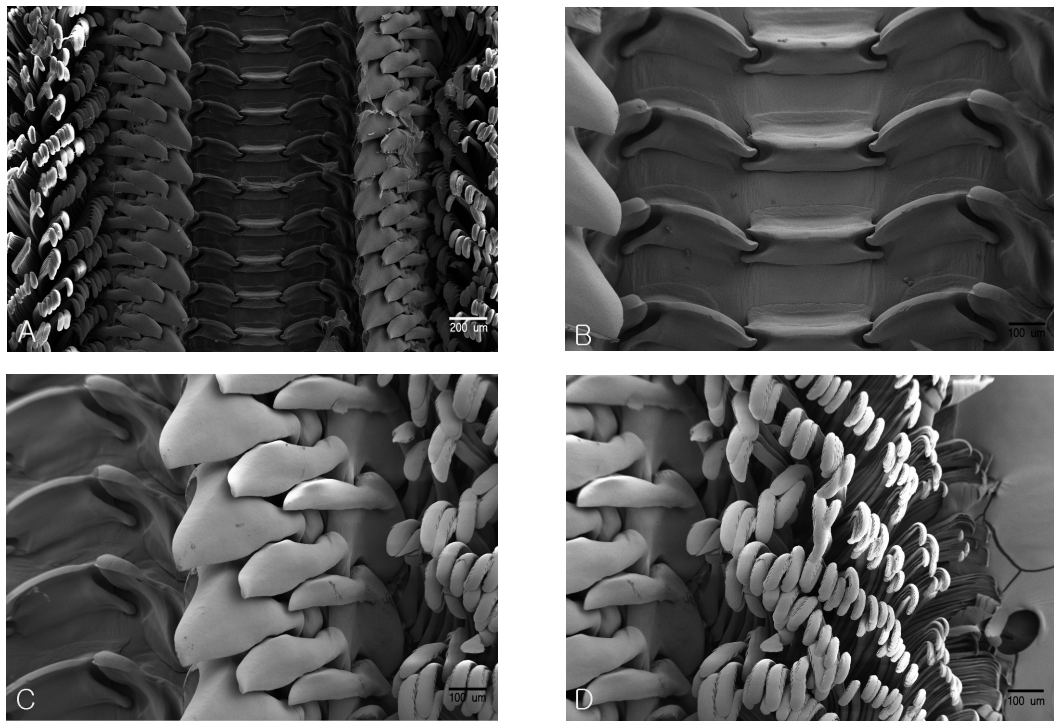


Fig. 3. A scanning electron microscopy of radulae of *Nordotis discus discus*. A: Overview, B: Central tooth, C: Lateral tooth, D: Marginal tooth.

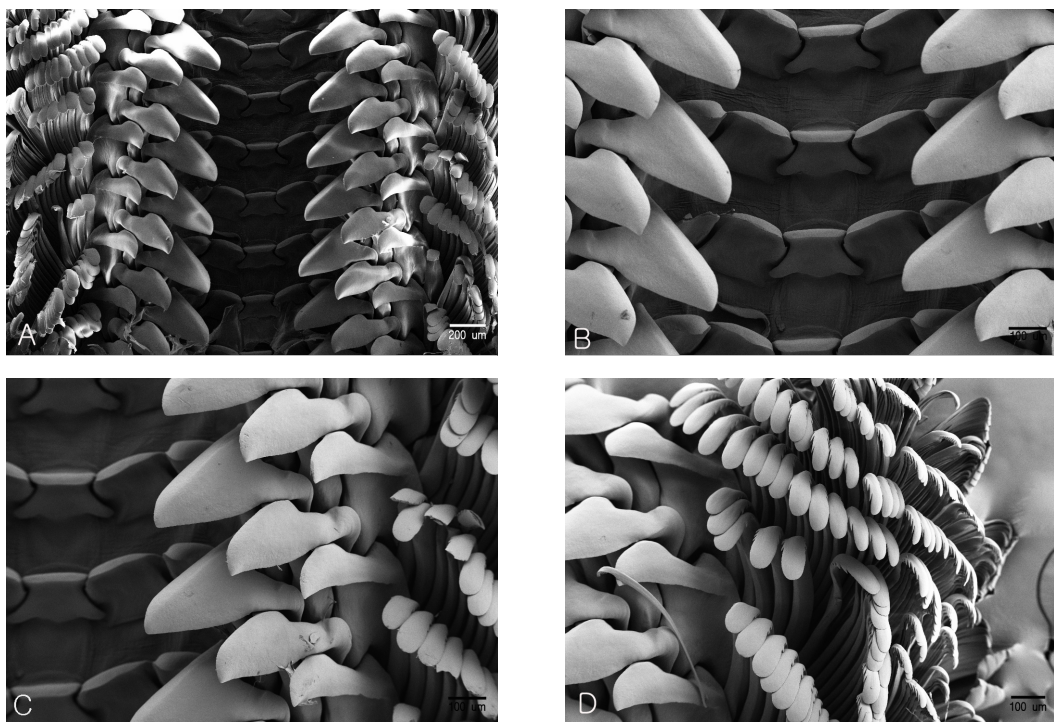


Fig. 4. A scanning electron microscopy of radulae of *Nordotis discus hannai*. A: Overview, B: Central tooth, C: Lateral tooth, D: Marginal tooth.

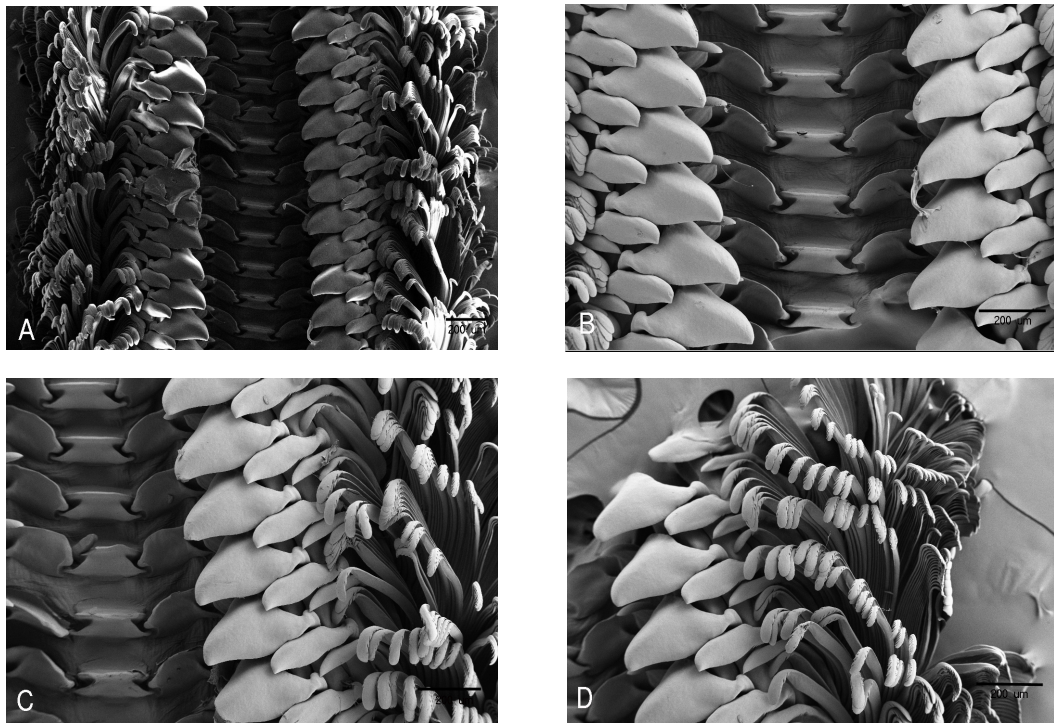


Fig. 5. A scanning electron microscopy of radulae of *Sulculus diversicolor diversicolor*. **A:** Overview, **B:** Central tooth, **C:** Lateral tooth, **D:** Marginal tooth.

측치 (inner lateral tooth) 와 길이가 긴 3열의 외측치 (outer lateral tooth) 와 함께 모두 5열 구조를 이루고 있다. 내측치는 중치와 유사한 구조로 중앙돌기나 내, 외측 돌기가 없는 경사진 가로날의 형태를 보이고 있다. 3열의 외측치는 둥근전복 과는 다르게 형태와 크기의 차이가 있다. 모두 끝이 뾰족한 1개의 중앙돌기로 이루어졌다. 연치는 양쪽으로 50열 이상이 사선으로 배열되어 있다. 중앙돌기는 없고 양 옆으로 소첨두가 배열되어 있고 둥근전복과 유사하게 소첨두의 숫자가 적다. 북방전복의 치식은 $>50-5-1-5-50$ 으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치, 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다.

5. *Sulculus diversicolor diversicolor* (Reeve, 1846) 마대오 분자기 (Fig. 5)

마대오분자기의 치설형은 선설형 (Rhipidoglossate form) 으로 중앙에 중치 (central tooth) 를 중심으로 양쪽에 측치 (lateral tooth) 와 연치 (marginal tooth) 가 사선으로 배열되어 있다. 중앙의 중치는 중앙돌기 (mesocone) 이나, 소첨두 (cusp) 가 없는 가로날의 형태이다. 치가 배열되어 있다. 측치는 중치를 향하여 안쪽으로 경사진 2열의 내측치 (inner lateral tooth) 와 길이가 긴 3열의 외측치 (outer lateral

tooth) 와 함께 모두 5열 구조를 이루고 있다. 내측치는 중치와 유사한 구조로 중앙돌기나 내,외측 돌기가 없는 경사진 가로날의 형태를 보이고 있다. 3열의 외측치는 형태와 크기가 동일하지 않아 안쪽에서 바깥쪽 순서로 크기가 작아진다. 외측치는 모두 1개의 중앙돌기를 보인다. 연치는 양쪽으로 50열 이상이 사선으로 배열되어 있다. 크기는 작고 기저부가 매우 길다. 중앙돌기는 없고 양 옆으로 많은 소첨두가 배열한다. 왕전복의 치식은 $>50-5-1-5-50$ 으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다.

6. *Sulculus diversicolor supertexta* (Lischke, 1870) 오분 자기 (Fig. 6)

오분자기의 치설형은 선설형 (Rhipidoglossate form) 으로 중앙에 중치 (central tooth)를 중심으로 양쪽에 측치 (lateral tooth) 와 연치 (marginal tooth) 가 사선으로 배열되어 있다. 중앙의 중치는 중앙돌기 (mesocone) 이나, 소첨두 (cusp) 가 없는 가로날의 형태이다. 치가 배열되어 있다. 측치는 중치를 향하여 안쪽으로 경사진 2열의 내측치 (inner lateral tooth) 와 길이가 긴 3열의 외측치 (outer lateral tooth) 와 함께 모두 5열 구조를 이루고 있다. 내측치는 중치와 유사한 구조로 중앙돌기나 내,외측 돌기가 없는 경사진 가로날의 형태를 보이

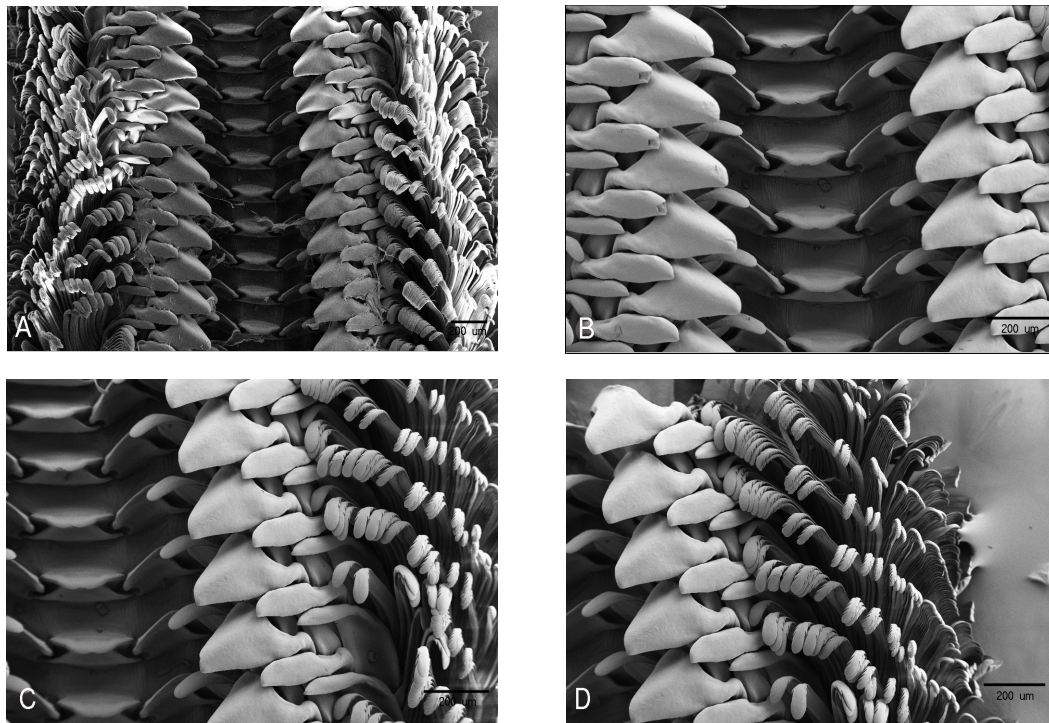


Fig. 6. A scanning electron microscopy of radulae of *Sulculus diversicolor supertexta*. **A:** Overview, **B:** Central tooth, **C:** Lateral tooth, **D:** Marginal tooth.

고 있다. 3열의 외측치는 형태와 크기가 동일하지 않아 안쪽에서 바깥쪽 순서로 크기가 작아진다. 외측치는 모두 1개의 중앙돌기를 보인다. 연치는 양쪽으로 50열 이상이 사선으로 배열되어 있다. 중앙돌기는 없고 양 옆으로 많은 소침두가 배열한다. 왕전복의 치식은 $>50-5-1-5-50$으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다.

고찰

치설은 연체동물의 관복강 (Class Solenogasres) 과 이매패강 (Class Bivalvia) 을 제외한 모든 연체동물에서 나타나는 섭식기관으로 알려져 있으나, 일부 치설이 없는 복족류가 보고되기도 하였다 (Gerlach & v. Bruggen, 1998; Valdes, 2003). 한국산 전복과 6종을 대상으로 주사전자현미경을 이용하여 관찰한 결과 전복과 패류의 치설형은 모두 비대칭적인 선설형 (Rhipidoglossate form) 의 구조를 보이고 있다. 선설형은 원시 형태의 치설 구조로 유설형 (Taenioglossa) 과 함께 초식성 복족류에서 나타난다. 담수산 복족류 다슬기과 (Pleuroceridae) (Kho *et al.*, 2001), 쇠우렁이과 (Bithyniidae) (Kim, 2015) 의 치설형은 한 열 (transverse row) 에 여러 개의 이빨을 갖고, 초식성에 알맞은 리본 모양의

형태를 보이는 유설형 (taenioglossa) 이다. 선설형과 유설형의 형태는 유사하지만 유설형이 한 열을 기준으로 리본과 같이 치열이 배열되어 있는 것에 반하여, 선설형은 여러 열의 치설이 갈대기 모양의 사선 배열을 하는 차이를 보이고 있다. 따라서 유설형은 중치를 기준으로 좌우대칭의 형태를 보이지만 선설형은 비대칭적 구조를 보인다. 전복과 6종의 중치 세부 구조는 공통적으로 중앙돌기와 소침두가 발달되지 않고 단순한 가로날의 형태를 보이고 있으나, 등근전복속 4종에 비하여 오분자기속 2종이 중앙돌기에 한하여 분화된 양상을 보이고 있다. 또한 다슬기과와 쇠우렁이과의 유설형 측치는 중앙돌기와 내, 외측돌기가 발달하지만 전복과 6종의 측치는 모두 1개의 중앙돌기로 이루어진 단순한 측치 구조를 보이고 있다. 이에 반하여 실험 대상종 모두의 연치는 여러 개의 소침두가 배열된 구조를 보이고 있다. 실험 대상 6종의 치식은 $>50-5-1-5-50$으로 나타났다. 공통적으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어, 치설 형태가 종 간 또는 나아가 속 간의 차이를 구별할 수 없었다. 이러한 결과는 전복과 패류의 치설 구조가, 종 또는 속 단위를 구별할 수 있는 분류학적 자료로 사용되기에는 부족한 것으로 생각된다.

요약

한국산 전복과 2속 2종 및 4아종 (*N. gigantea*, *N. madaka*, *N. discus discus*, *N. discus hannai*, *S. diversicolor diversicolor*, *S. diversicolor supertexta*) 을 대상으로 주사전자현미경 (SEM) 을 이용하여 치설 관찰을 하였다. 그 결과 전복과 패류의 치설형은 비대칭적인 선설형 (Rhipidoglossate form) 이며, 치식 (Radular formula) 은 >50-5-1-5-50< 으로 중앙에 1열의 중치와 3열의 측치 그리고 50열 이상의 연치로 구성되어 있다. 이러한 치설 구조는 실험 대상종 모두 공통적인 결과로 종 또는 속 간 치설 구조의 차이는 나타나지 않았다. 그러나 각 종별 세부적인 치설 형태의 차이점은 인지되어, 이를 규명하기 위한 정밀하고 세밀한 관찰이 요구되었다.

사 사

이 연구는 농림축산식품부, 해양수산부, 농촌진흥청, 산림청 Golden Seed Project에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Choe, B. L. & Yoon, S. H. (1992) Three unrecorded species of Archaeogastropoda (Gastropoda) from Korean waters. *Korean Journal of Zoology*, **35**: 484-488.
- Choe, B.L. and Kim, H.S. (1988) On the classification and description of Archaeogastropods from Korean waters. *Korean Journal of Systematic Zoology Special Issue*, **2**: 135-198.
- Chung, P.R. (1984) A comparative study of three species of Bithyniidae: *Parafossarulus manchouricus*, *Gabbia misella* and *Bithynia tentaculata*. *Malacological Review*, **17**: 1-66.
- Chung, P.R. (1985) Malacological studies on *Parafossarulus manchouicus* (Gastropoda: Prosobranchia) in Korea. *Korean J. of Malacology*, **1**(1): 24-50.
- Gerlach, J. and van Bruggen, A.C. (1998). A first record of a terrestrial mollusc without a radula. *Journal of Molluscan Studies*, **64**(2): 249-250.
- Habe, T. (1977) Miscellaneous knowledge about mollusks 8: *Nordotis madaka* is a new species (Translation of Japanese title by Dr. Takeharu Kosuge). *Chiribotan.*, **9**: 93-94.
- Habe, T. (1983) Type Species of *Haliotis gigantea* Gmelin and *Ostrea japonica* Gmelin Housed in the Zoological Museum, Copenhagen. *Venus*, **41**(4): 259-263.
- Ino, T. (1952) Biological studies on the propagation of Japanese abalone (genus *Haliotis*). *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Lab.*, **5**: 1-102, pls. 1-34.
- Jung, D.W., Lee, J.R., and Kim, C.B. (2013) New recorded of four Doridoidean Nudibranchs from Korea. *Animal Systematics, Evolution and Diversity*, **29**(2): 191-197.
- Kho, J.H., Lee, J.S., and Kwon, O.K. (2001) Study on radulae of seven species of the Family Pleuroceridae in Korea. *Korean Journal of Malacology*, **17**(2): 105-115.
- Kim, J.J. (2015) Radula tooth structure of eight Bithyniid snails observed by scanning electron microscopy. *Korean Journal of Malacology*, **31**(1): 49-59.
- Lee, J.S. (2015) National list of species of Korea (Invertebrates-VI). National Institute of Biological Resources, Korea. 206 pp.
- Lee, J.S., Won, S.H., Kim, S.K., Lim, H.K., and Lee, J.S. (2014) Classification and Description of Genus *Nordotis* (Gastropoda: Vesitigastropoda) from Korea. *Korean Journal of Malacology*, **30**(1): 79-86.
- Lee, J.S. & Min, D.K. (2002) A Catalogue of Molluscan Fauna in Korea. *Korean Journal of Malacology*, **18**(2): 93-217.
- Lee, Y.S., Jeong, K.H., Jung, Y.H., and Jung, P.R. (1998) Radular teeth of six Korean freshwater Pulmonates. *Korean Journal of Malacology*, **14**(1): 41-50.
- Purchon, R.D., and Kerkut, G.A. (1977) The Biology of the Mollusca. 560 pp. Pergamon Press Ltd.