

한국산 빗살거미불가사리속(빗살거미불가사리과, 거미불가사리아강)의 3종에 대한 분류학적 재검토*

유 재 원·홍 재 상·박 흥 식**

(인하대학교 해양학과, **한국해양연구소 해양생물연구부)

적 요

우리나라 서해 연안의 경기만 및 황해 전해역, 남해, 대한해협 주변 그리고 동해의 강릉 주변해역 등 한반도의 주변 해역에서 채집된 거미불가사리류 *Ophiura* 속의 3종, *O. kinbergi*와 *O. sarsi* 그리고 *O. sarsi vadicola*를 대상으로 250개체의 운영분류단위를 무작위적으로 추출, 20개의 형질 및 형태 비율을 측정하여 수리 분류를 실시하였다. 유클리드 비상사성 지수값(Euclidean distance)과 비가중 평균결합법(UPGMA)을 이용한 집괴 분석의 결과, 6.84의 지수값에서는 *O. kinbergi*, *O. sarsi*, *O. sarsi vadicola*의 3개 표현군으로 구분되었으며, 7.50에서는 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*를 한 그룹으로 하는 표현군과 *O. kinbergi*로 구성된 표현군으로 구분되었다. 단계적 판별분석의 결과, 종간의 구분양상을 최적화하는 형질들로서 총완줄의 수, 1차 완줄의 형태(2) 등을 포함하는 13개 변수들이 추출되었으며, 종간 차이를 최적화하는 변수들을 이용한 정준상관 판별분석에서는 3개의 그룹으로 뚜렷이 구분되었다. 각 종별로 형성된 그룹 간의 평균 거리에서는 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*가 8.26의 최단 거리를 나타내었고, *O. kinbergi*와 *O. sarsi vadicola*가 24.24 그리고 *O. kinbergi*와 *O. sarsi*가 21.63의 거리를 나타내어 *O. sarsi vadicola*를 아종으로 인정함이 타당하다고 판단되었다.

Key words: Taxonomy, Ophiuroidea, *Ophiura*, morphometry, Korea

*본 연구는 1994년도 교육부 해양수산과학분야 학술연구 조성비의 지원에 의해 수행되었음.

서 론

극피동물에 속하는 거미불가사리아강(Subclass Ophiuroidea)은 연안에서 심해에 이르기까지 다양한 환경에 서식하며, 그 밀도나 생체량의 면에서 커다란 비중을 차지하고 있어 해양 저서생태계에 있어서 중요한 분류군으로 잘 알려져 있다. 이러한 중요성으로 인해 외국에서는 일찍이 19세기 중반부터 이들에 대한 분류학적 연구가 시행되었다. 그러나, 국내에서는 1960년대 말에 이르러서야 분류에 관한 연구가 시작되었고(Rho, 1979; Rho and Kim, 1966), 1990년대 초에 수피의 특성과 관련하여 이들의 분포에 관한 연구(Shin and Koh, 1993)가 수행되었다. 그 중 특히, 전세계적으로 100 여종 이상이 포함되는 것으로 알려진 빗살거미불가사리(Family Ophiuridae)에 속하는 빗살거미불가사리속(*Ophiura*)의 분류군에는 현재까지 *Ophiura kinbergi*, *O. sarsi* 그리고 *O. leptoctenia* 등 3종이 국내에 보고되어 있는데, 이들 3종 중 *Ophiura sarsi*는 전세계적으로 그 유래가 드물 정도의 넓은 분포 범위를 갖고 있으며(Clark, 1911), 우리나라에서도 동해, 제주도를 포함하는 남해 그리고 황해에 이르는 넓은 분포 범위를 갖는 것으로 알려졌다(Shin, 1984; Rho, 1979).

그러나, 이후 KORDI(1987)와 Yi와 Irimura(1987)는 북위 34°-37°, 동경 123° 30'-126° 30' 범위의 황해에서는 *Ophiura sarsi*는 존재하지 않으며, *O. kinbergi*만이 서식하고 있는 것으로 보고하였다. 한편, 같은 해역에서 조사된 중국측의 연구에서는 *O. kinbergi*는 황해의 중심부보다는 연안 해역에 치우쳐 분포하며, 반대로 황해의 중심부에는 *O. sarsi vadicola* Djakonov가 분포하는데, 그 범위는 냉수구의 범위와 잘 일치한다고 하였다(Liu, 1990; Liu et al., 1983; 劉·徐, 1963).* *O. sarsi vadicola* Djakonov는 *O. sarsi*와는 다른 분포 특성을 가지며, 따라서 D'yakonov(1954)도 이 종을 독립된 종으로 취급해야 한다고 주장한 바 있다. 그러나, 그 후 한국산 거미불가사리류의 분류 및 분포에 관한 연구에서 Shin(1984)은 *O. sarsi vadicola*를 *O. sarsi*의 동종이명으로 인정하였으며, 반면 D'yakonov (1954)에 의하면 동해의 한국측 연안과 일본 연안에 분포하고 있는 것으로 알려진 *O. sarsi vadicola*는 동해의 남동해역에서 집중적으로 연구한 Shin and Koh(1993)의 연구에서도 채집되지 않은 것으로 나타났다.

따라서 한반도 주변 해역에 분포하는 *Ophiura* 속의 이들 3종에 관한 보다 정확한 분류학적 연구가 요구되었으며, 이는 이들에 관한 생태학적 연구가 갖는 수피의 특성과 관련한 생물지리적 분포의 연구에 대한 중요성을 고려할 때 그 필요성이 더욱 절실하다. 본 논문에서는 황해, 남해 및 동해의 광범위한 해역에서 발견된 *Ophiura* 속의 3종에 대해 수리분류학적 방법을 이용하여 재검토하였다.

*당시 Liu et al.(1983)과 劉·徐 (1963) 등의 문헌에는 *Ophiura sarsi*로 기재되었다. 지금까지 황해산 *Ophiura sarsi*를 *Ophiura sarsi vadicola*로 인정해야 한다는 중국측의 구체적인 분류학적 연구 결과는 없으나, 현재 중국의 저서생물 생태학자들이 이를 인정하여 쓰고 있고(Liu, 1990), 이를 확인하기 위하여 1995년 7월 중국과학원 해양연구소를 방문, 거미불가사리의 분류를 전공하는 Y. Liao 교수를 접촉한 결과 그도 역시 황해산과 우리나라의 동해산은 형태적 차이가 없으며, 이전의 황해산 *Ophiura sarsi*는 *Ophiura sarsi vadicola*로 본다는 의견을 분명하게 제시하였다.

재료 및 방법

우리나라 서해 연안의 경기만(1989년 3월과 9월 및 1994년 2월) 및 황해 전해역(1992년 9월 ~10월), 남해, 대한해협 주변(1992년 5월) 그리고 동해의 강릉 주변해역(1993년 4월, 7월, 10월 그리고 94년 1월) 등 한반도 주변 해역(Fig. 1, Appendix 1)의 27개 지점에서 채집된 개체들 중 438개체를 선택하여 반(盤) 직경(central disc diameter in mm)을 측정하였고, 그 중 무작위적으로 추출된 *O. kinbergi* 48개체, *O. sarsi* 49개체 그리고 *O. sarsi vadicola*로 보이는 153개체에 대해서는 반 직경, 폭순(radial shield)의 너비와 길이 등 18개의 형질을 측정하였으며, 이들을 이용하여 Fig. 2와 Appendix 2에서 보는 바와 같이 다시 20개의 형태 측정비를 구하고, 피어슨 상관계수를 계산하였다. 이러한 결과로부터 반 직경과 유의한 상관관계를 나타내는 외부형질 변수들은 반 직경값으로 나누어주었다. 측정된 변수들은 각 형질별로 표준화되었으며, 이를 이용한 운영분류군간의 분류에는 유클리드 비상사성 지수값(Euclidean

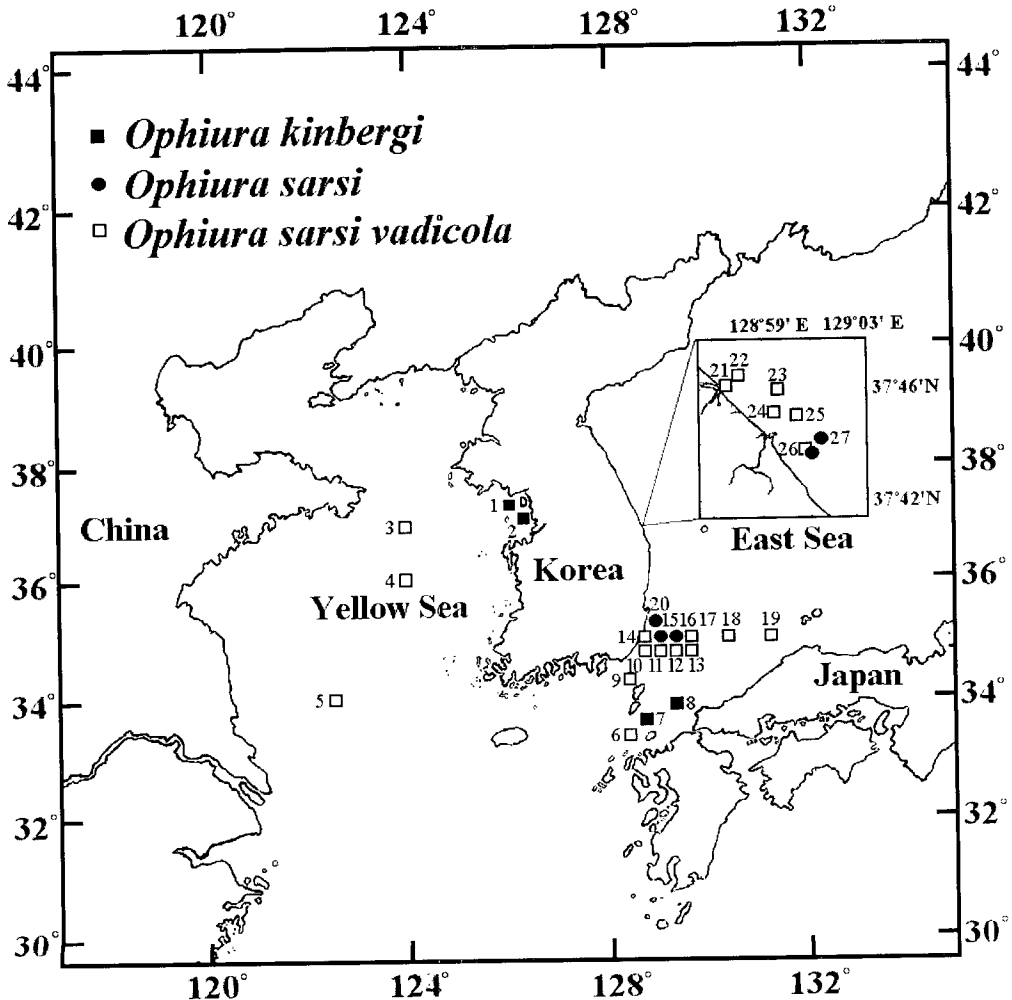


Fig. 1. A map showing the localities of sampling stations.

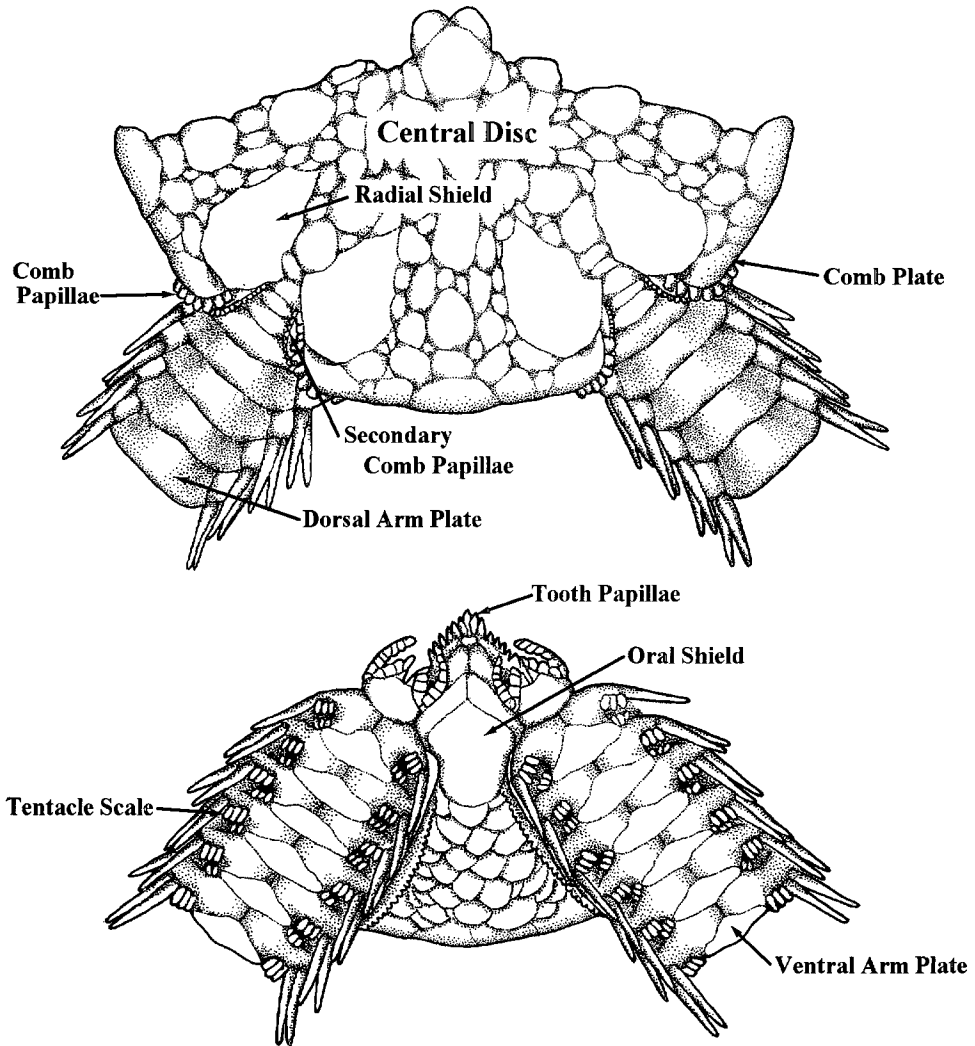


Fig. 2. Illustrations for the estimated morphological characters.

distance)과 비가중 평균결합법(UPGMA)을 이용한 집괴분석(cluster analysis)을, 운영분류군간의 차이점을 최적화하는 형질의 선정에는 단계적 판별분석(stepwise discriminant analysis), 그리고 이를 통한 중간 차이의 규명에는 정준상관 판별분석(canonical discriminant analysis) 등의 다변량 분석을 이용하였다.

결 과

우선, *Ophiura kinbergi*, *O. sarsi* 그리고 *O. sarsi vadicola*라고 생각되어지는 3종의 외부형태를 각각 등면과 배면에서 관찰하였다(Figs. 3, 4, 5). 이들 *Ophiura* 3종의 반 직경(mm)의 분포 양상을 보면, *O. kinbergi*는 가장 작은 평균값(6.77 mm)을 나타내었으며, 중위수 또한 비슷한 수치(6.65 mm)를 나타내었다. 이들의 최소 직경은 3.69 mm, 최대 직경은

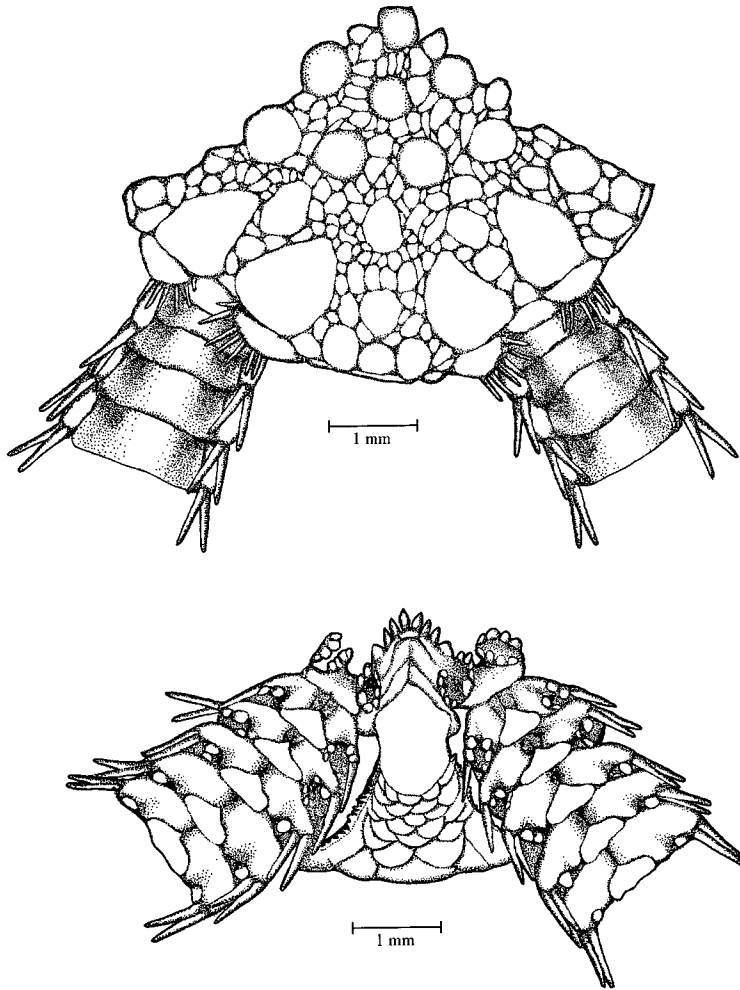


Fig. 3. *Ophiura kinbergi* (Ljungman, 1866) — Aboral view (left) and oral view (right).

10.09 mm인 것으로 나타났으며, 다른 두 종에 비해 적은 편차(1.17 mm)를 보이고 있다. 한편, *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*에 있어서는 *O. sarsi*가 7.15-26.15 mm, *O. sarsi vadicola*가 2.83-24.15 mm로서 유사한 범위의 분포를 갖는 것으로 나타났는데, 평균은 각각 15.45 mm와 12.27 mm, 중위수는 15.75와 12.35인 것으로 나타나 약 3 mm 정도 *O. sarsi*가 더 큰 것으로 나타났으며, 표준 편차의 경우에도 각각 3.62와 2.97 mm인 것으로 나타나 *O. sarsi*가 더 큰 편차를 갖는 것으로 나타났다(Fig. 6).

Fig. 7은 측정된 20개의 외부형질의 각 종별 평균값과 변동 계수를 나타낸 것이다. 우선 평균값은 해당 형질의 최대치를 기준으로 하여 백분율로 나타낸 것인데, 크게 중간 차이를 나타낸 형질과 종간에 차이가 없는 형질들로 구분할 수 있었다. 종간의 차이를 나타낸 형질들은 다시 *O. kinbergi*, *O. sarsi*, *O. sarsi vadicola* 등이 각각 최대값을 나타낸 형질들과 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola* 그리고 *O. kinbergi*와 *O. sarsi*가 서로 유사한 경향을 나타낸 형질들로 구분할 수 있었다. 종간의 차이가 없는 형질에는 구순(口盾, oral shield) 너비의 비율(OWD)과 폭순(幅盾, radial shield) 너비의 비율(SWD), 폭순 길이의 비율(SLD) 그리고 폭순의 형태

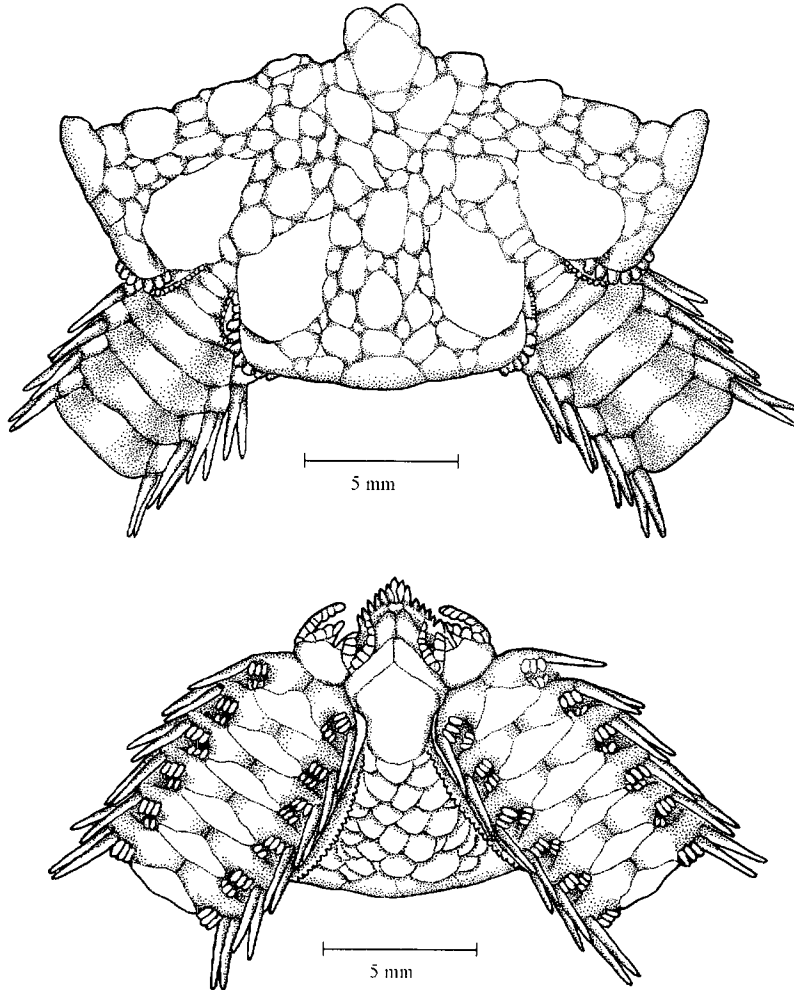


Fig. 4. *Ophiura sarsi* Lütken — Aboral view (left) and oral view (right).

(SWSL) 등의 폭순의 형태와 관련된 변수들이 포함되었다. 한편, 중간 차이를 나타낸 형질들 중 *O. sarsi vadicola*가 최대값을 나타낸 형질은 각 완즐극(腕櫛棘, comb papillae) 사이의 간격(SPACE)과 완즐극의 길이(CMPPL)였고, *O. sarsi*가 최대값을 나타낸 형질은 폭순간의 너비(GAP), 완즐극 너비의 비율(CMBWD), 완즐극의 형태(1)(CWDCL), 완즐극의 형태(2)(CWCL) 등이었다. 한편, *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*가 유사한 경향을 나타낸 형질들로는 치극(齒棘, dental papillae, tooth papillae)의 수(NTTHP), 제3복완판 촉수린의 수(TSC), 배완판의 형태(AWAL), 1차 완즐극의 수(NCPP) 그리고 완즐극의 총수(FS) 등이며, *O. kinbergi*가 최대값을 나타낸 형질들은 구순의 형태(LOW)와 길이 비율(OLD), 완즐판 너비의 비율(PLTD), 그리고 완즐극의 길이 비율(CLPLT) 등이었고, 폭순의 침도(POINT)는 *O. kinbergi*와 *O. sarsi*가 유사한 경향을 나타내었다.

한편, 이를 다시 일종의 편차의 표준화 값인 변동 계수와 비교해 보면, 각 형질들의 변이의 폭에 관한 정보를 추출할 수 있다. 변동 계수의 패턴에서는 *O. sarsi vadicola*가 전반적으로 높은 값을 나타내고 있는데, 이는 이 종의 관찰 개체수가 더 많은 데에 기인하는 것이다. Fig. 7의 아

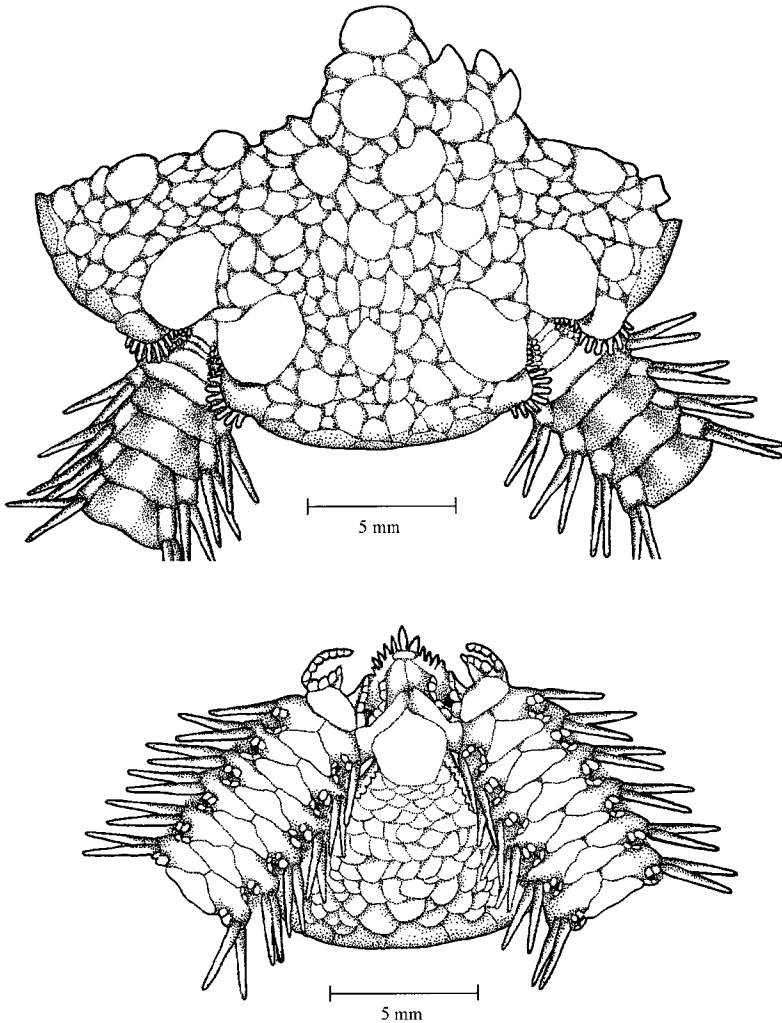


Fig. 5. *Ophiura sarsi vadicola* Djakonov — Aboral view (left) and oral view (right).

래 그림을 보면, 대부분 변이의 정도는 유사한 경향을 갖고 있음을 알 수 있다. 변이의 정도가 높은 형질을 보면, 각 완줄극 사이의 간격(SPACE)과 폭순간의 너비(GAP) 그리고 폭순의 첨도(POINT) 등이 있는데, 그 중 각 완줄극 사이의 간격과 폭순의 첨도의 높은 변이 역시 다양한 형질의 관찰에 기인하는 것이나, 이들 평균치가 나타내는 현저한 차이를 비교해 보면, 유의한 중간 차이를 나타낸다고 볼 수 있다.

O. kinbergi 48개체, *O. sarsi* 49개체 그리고 *O. sarsi vadicola* 153개체 등 총 250개체의 운영분류단위의 측정 형질을 변수로 집괴분석을 시행한 결과를 Fig. 8에 제시하였다. 유클리드 비상사성 지수값(Euclidean distance)을 6.84로 기준하여 보면, 운영분류단위들은 크게 *O. kinbergi*, *O. sarsi* 그리고 *O. sarsi vadicola* 등 3개의 표현군으로 뚜렷이 구분되어짐을 알 수 있으며, 7.50을 기준으로 한다면, *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*를 하나의 집단으로 하는 표현군과 *O. kinbergi*로 구성된 표현군으로 구분되어짐을 알 수 있다.

중간의 차이를 최적화하는 형질들을 추출하기 위하여 단계적 판별분석(stepwise discriminant analysis)을 수행하였다(Appendix 3). 일반적으로 Wilks' lambda는 각 집단

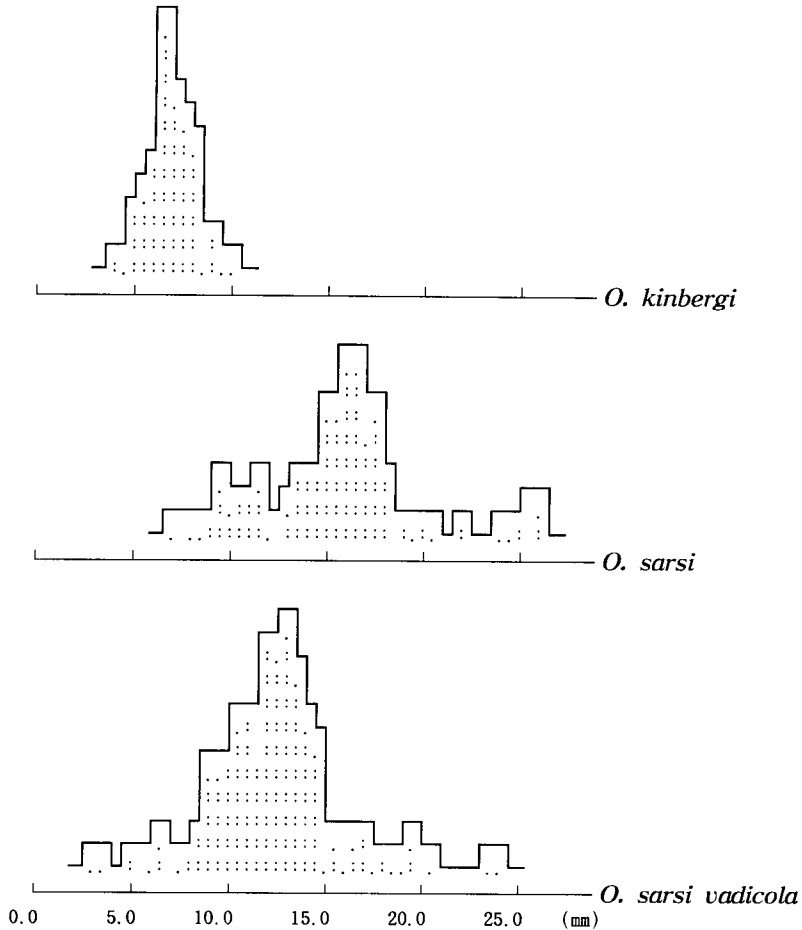
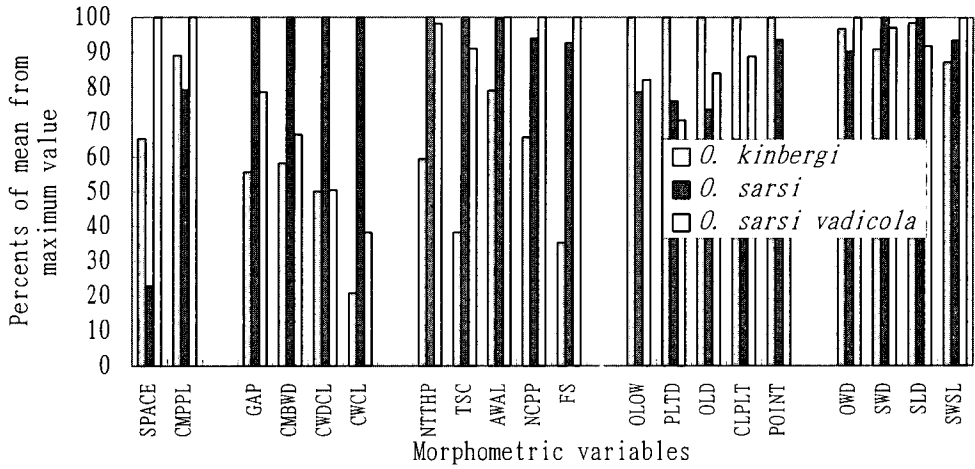
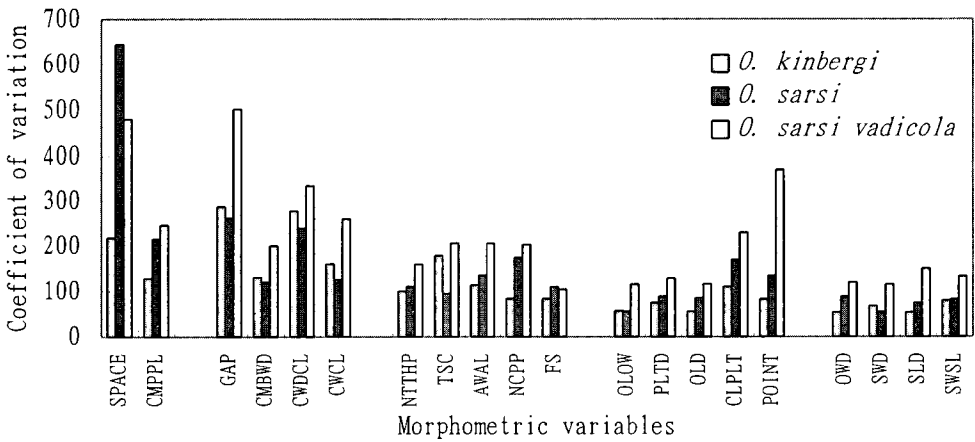


Fig. 6. Size distributions of central discs of *O. kinbergi* (upper), *O. sarsi* (middle) and *O. sarsi vadicola* (lower)

간의 분리가 커질수록 0에 가까운 값을 가지는데, Appendix 3에서도 13개의 변수가 포함될 때 최소값을 가지며, 완줄극의 총수(FS), 1차 완줄극의 수(NCPP) 그리고 완줄극의 형태(2)(CWCL)가 선택될 때 큰 폭으로 감소하고 있음을 알 수 있다. 이러한 과정으로부터 선택된 13개의 변수들을 이용하여 정준상관 판별분석(canonical discriminant analysis)을 수행한 결과를 Fig. 9와 Appendix 4에 나타내었다. 우선, 각 집단 평균간의 거리는 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*가 8.26의 최단 거리를 나타낸 반면, *O. kinbergi*와 *O. sarsi vadicola*는 가장 커다란 차이(24.24)가 있는 것으로 나타났다. 전체 운영분류단위들의 산포 형태를 설명해 주는 전체 정준구조 계수(total canonical structural coefficient)를 보면, 완줄극의 총수(FS)와 1차 완줄극의 수(NCPP), 완줄판 너비의 비율(PLTD), 폭순의 침도(POINT) 그리고 구순의 형태(LOW) 등이 첫번째 판별함수에, 완줄극의 형태(2)(CWCL), 각 완줄극 사이의 간격(SPACE), 완줄극의 형태(2)(CWDCL), 그리고 완줄극의 길이 비율(CLPLT) 등의 완줄과 관련된 형질들이 두번째 판별함수에 각각 큰 값으로 적재되어 있음을 알 수 있다. 집단간의 정준구조계수(between-group canonical structural coefficient) 역시 이와 유사한 경향을 나타내어 집단간의 분리가 위에 나열한 형질들에 의해 적절히 이루어져 있음을 알 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 7. Variation patterns of estimated morphometric variables — Relative scales of mean value (upper) and coefficient of variation (lower).

논 의

빗살거미불가사리속(*Ophiura*)의 종들은 다양한 크기의 비늘(scale)로 덮여 있는 편평한 반(central disc)과 뚜렷한 중배판(中背板, centrodorsal plate 또는 primary rosette)을 가진다. 완늘은 잘 발달해 있고, 반은 간혹 얇은 피막이나 작은 가시들에 뒤덮인 채로 나타나기도 한다. 구순 역시 잘 발달하였고, 말단이 현저하게 부풀어 있지 않다. 치극은 다소 많으며, 제2 촉수공(2nd tentacle pore openings)은 구열(oral slit) 쪽으로 열려 있고, 비늘은 최소 2개 이상이다. 배완판은 잘 발달하였고, 적어도 가장 반 쪽에 위치한 판은 넓으며, 다음 판과 붙어 있고, 복완판은 작으며, 대개가 다음의 복완판과 접촉하고 있지 않다. 완극(arm spine)은 작은 말뚝 또는 나무뚝의 형태부터 긴바늘 형태에 이르기까지 다양하게 나타나고, 촉수린(tentacle

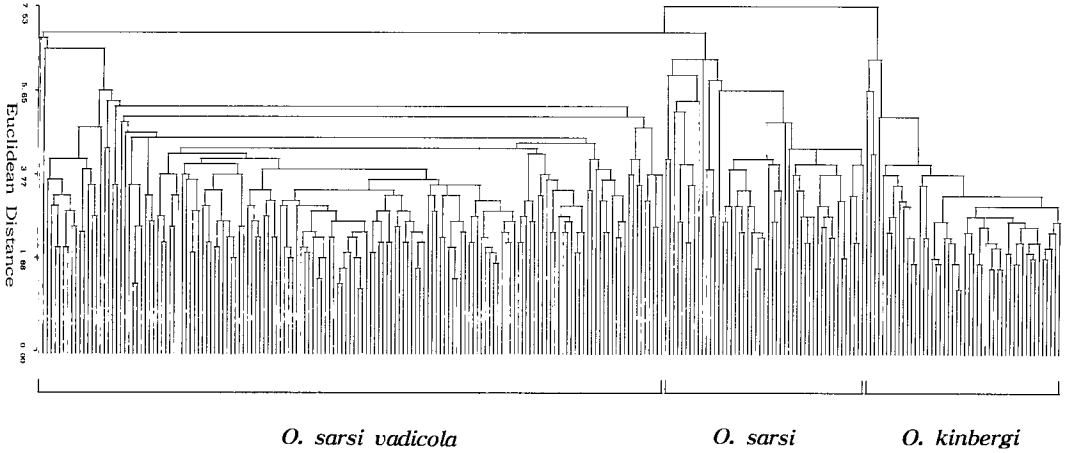


Fig. 8. Group formation of 250 OTUs of *O. kinbergi*, *O. sarsi* and *O. sarsi vadicola* by cluster analysis using euclidean distance and UPGMA.

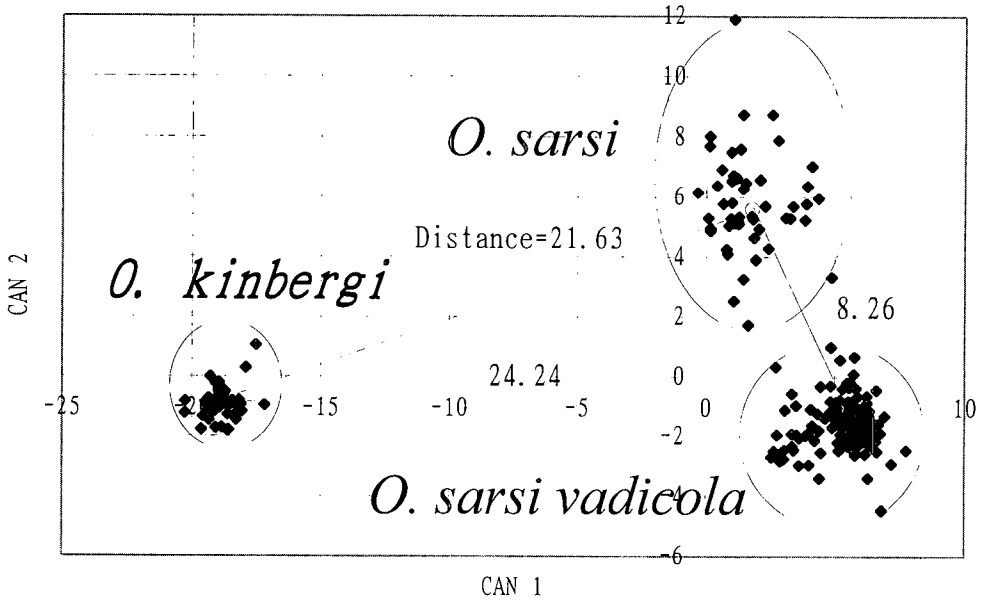


Fig. 9. Plots of 250 OTUs and their group means on the first two canonical discriminant functions

scales)은 팔의 거의 모든 부분에 존재하나, 반에서 먼 경우에는 1개 또는 존재하지 않으며, 반에 가까운 곳에서는 적어도 2개 이상 나타난다(Clark and Courtman-Stock, 1976; Matsumoto, 1917).

19세기 중반에는 *Ophiura*와 유사한 외부형태를 갖는 *Ophioglypha* Lyman이라는 속이 존재하였으나, 그 뒤 Clark(1911)를 포함한 여러 학자들에 의해 *Ophiura*의 동속이명(同屬異名)으로 간주되었다. 이 후, Mortensen(1933)과 Clark와 Courtman-Stock(1976)은 *Ophiura*의 아속(亞屬)으로 *Ophiura*와 *Ophioglypha*를 내세워 인도 태평양 및 남아프리카 등지의 열대

해역에서 채집되는 *Ophiura*의 개체들 중 완극(arm spine)이 마디의 길이보다 현저하게 짧고, 촉수공(tentacle pore)이 3번째부터 10번째 마디까지 불분명하게 나타나는 개체들을 *Ophiura* (*Ophioglypha*)에 속하는 것으로 분류하였다. 그러나, 그 곳과는 지리적으로 멀리 떨어져 있는 극동 주변 및 태평양에서 연구된 국내의 문헌(D'yakonov, 1967; Matsumoto, 1917, 1941; Rho, 1979; Shin, 1984; Yi and Irimura, 1987) 등은 현재까지 아속의 분류 체계를 인정하지 않고 있으며, 이에 대해 본 저자도 이견은 없다.

수리분류학적 분석에 의해 제시된 결과와 관찰한 바를 바탕으로 조사된 3종의 특징과 차이를 요약해 보면 다음과 같다. 우선, *Ophiura kinbergi*는 폭순(radial shield)이 길며, 삼각형의 형태이다. 완즐극의 길이는 매우 길고, 완즐극 사이의 간격이 매우 넓다. 치극(tooth papillae)의 수(NTTHP)는 3-4개로 3종 중 가장 적다. 구순(oral shield)은 *O. sarsi*나 *O. sarsi vadicola*의 것보다 긴 형태를 갖추고 있다. 또한, 촉수린(tentacle scale)의 수는 중앙으로부터 3번째 절에서 평균 2개씩인 것으로 나타나 촉수공(tentacle pore openings)을 덮는 촘촘한 정도가 가장 낮다. *Ophiura sarsi* 또한 폭순(radial shield)이 길고, 대략적인 삼각형의 형태를 가지나, 완즐극이 2개의 호열을 구성하고 있으며, 윗부분에 true arm comb papillae와 그 아래에 2차 완즐극(secondary comb papillae 또는 granule-like papillae)이 위치하는 형태를 갖는다. 완즐극의 길이는 짧으며, 원추형 또는 삼각형이고, 각 완즐극 사이의 간격은 세 종 중 가장 좁다. 구순(oral shield)은 대체로 넓고, 5각형의 형태로서, 안쪽의 폭이 바깥쪽의 가장자리보다 넓다. 촉수린(tentacle scale)은 5-6개이며, 세 종 중 가장 촘촘하게 촉수공(tentacle pore openings)을 덮고 있다. 이들의 반 직경은 최대 26.15 mm까지 측정되었으나, 현재까지 40 mm에 달하는 개체가 보고되어 있다(D'yakonov, 1967). 색깔은 다른 조사 문헌에는 다양한 것으로 보고되어 있으나, 본 조사에서는 대부분이 회색이었으며(alcohol과 formalin 용액에 보존), 뚜렷한 줄무늬를 가지는 개체 등은 발견되지 않았고, 일부 관찰 표본에서 약하게 검은 점들이 산포되어 있는 형태가 발견되었다. 한편, *Ophiura sarsi vadicola*가 *O. sarsi*와 비교하여 나타내는 가장 큰 특징은 완즐극의 형태(1)(CWMCL)과(2)(CWCL)이다. 이들의 완즐극은 *O. sarsi*와는 달리 길며, 가늘고, 각 완즐극 사이의 간격(SPACE)이 매우 넓다. 또한, 폭순(radial shield)은 다양한 형태가 나타나고 있기는 하나 대부분이 타원형의 형태를 가지므로, 다른 두 종의 것보다는 둥근 형태로 구분할 수 있다. 몸체의 색깔은 대부분이 회색이며, 간혹 어두운 무늬를 갖는 개체들이 관찰되었다.

Ophiura 속의 3종에 관한 논란이 있었던 점을 고려해 볼 때, 가장 적절한 토의의 접근 방법은 현재까지 이에 관해 다루었던 논문들을 상세히 재고찰하는 일일 것이다. 우선, Clark(1911)는 *O. sarsi*를 55°59' N에서 32°27' N의 범위에 걸친 북태평양의 거의 모든 해역에서 출현했던 중요한 종으로 보고하고, 이로부터 이들을 'circumpolar species'라고 규정하였는데, 반(disc)의 형태, 무늬, 색깔 등을 비롯한 외부형질의 세세한 부분에서는 상당한 다양성을 나타내는 것으로 기록되어 있다. 완즐(arm comb) 또한 상당한 변이성을 나타내며, 그 정도는 *O. lutkeni*의 것 이상으로 폭이 넓지 않고, *O. kinbergi*의 것보다 가늘지 않은 범위에 포함된다고 하였으나, 이 범위 내에서도 완즐극은 넓적하며, 둥근 가장자리를 갖거나, 폭의 수 배에 달하는 길이를 갖는 원통형의 것으로 나타나기도 한다고 하였다. 그는 이와 같은 외부형질의 다양한 형태를 특정 해역에서의 분포와 관련있는 것으로 보았는데, 특히, 일부 검은 점이 나타나는 개체들은 일본 연안에서만 채집되었으며, 이들이 긴 완즐극을 갖는다고 하였다. 이들을 정확하게 닮은 개체들이 미국 동부의 대서양에 인접한 New England 해안에서 채집되며, 이외의 다른 형질들의 변이성과 분포 패턴을 비교한 결과, 북방에 존재하는 개체들이 남방 분포 한계선 부근의 것보다 크며, 짧고, 넓적한 완즐극을 갖는 것으로 보았다. 한편, 남방 한계선 부근에 분포하는 개체들은 길고,

가느다란 완즐극과 다양한 색채를 갖는 것으로 기재하였다. 또한, 전형적인 *O. sarsi*는 주로 남쪽으로 갈수록 나타나긴 하나 동시에 저위도로 갈수록 더욱 많은 변이가 나타나므로 *O. sarsi*의 분류에 대해 엄격하게 들어맞는 설명을 할 수는 없고, 일부 정점에서는 매우 긴 완즐극을 갖는 개체들이 나타나, *sarsi*가 *kinbergi*에 점차로 가까워지긴 하나 여러 면에서 *kinbergi*와는 확실히 다르다고 언급하였다. 이와 유사한 내용은 Matsumoto(1941)의 연구에서도 엿볼 수 있는데, 그는 일본 연안에 출현하는 *O. kinbergi*의 경우에는 매우 적은 변이의 정도를 가지며, *O. sarsi*가 *O. kinbergi*와 유사해지려는 변이성을 나타내는 반면, *O. kinbergi*는 매우 균일한 모습을 유지하고 있고, 상당수의 *O. sarsi*의 개체들이 다소 길고, 가는 완즐극을 갖는 것으로 나타나 다소 *O. kinbergi*로의 변이의 경향을 나타내고 있다고 하였다. 그러나, *O. kinbergi*와 *O. sarsi*는 여러 면에서 뚜렷이 다른 종임이 구분되며, 특히, 완즐극의 아래에 위치하는 granule-like papillae의 존재 유무로도 판단할 수 있다고 하였다.

Shin(1984)에 의하면, *O. sarsi*의 형태적 특징 중 치판(dental plate)에 나 있는 소공(小孔)의 개수 및 산포 형태가 *O. sarsi*의 분류학적 특징이 될 수 있는 것으로 언급하고 있으나 종에 따른 구체적 기재는 없다. 이에 따라 본 연구에서는 부수적으로 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*라고 생각되어지는 표본을 각 10개체 정도 추출하여 관찰한 결과 치판 하단의 소공이 나란히 3개가 위치하는 것은 일치하나 그 윗부분의 6-8개의 소공들은 불규칙적으로 산포하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 이 형질은 본 연구의 외부형질에 포함된 20개의 형질 중 종간의 차이를 볼 수 없는 것 중에 해당하는 것으로 생각된다.

현재까지의 내용을 정리해 보면, 이들은 *O. kinbergi*와 *O. sarsi*의 혼동 가능성과 동해 주변에서 나타나는 변이성을 띄는 *O. sarsi*의 존재를 언급하였는데, 이로부터 D'yakonov(1954)의 *Ophiura sarsi vadicola*라는 새로운 아종의 명명에 이르기까지 이어지는 관찰 결과의 부분적 일치성이 존재함을 알 수 있다. 그러나, 이에 관한 국내의 연구 현황은 다소 다른 결과를 제시하고 있다. Shin(1984)은 *O. sarsi*가 우리나라의 동해안에 많이 분포하며, 남쪽으로는 제주도 서귀포까지 분포하는데, 채집 개체들은 위도에 따라 완즐극의 길이와 폭의 비율에 있어서 차이가 있으며, 위도가 높을수록 완즐극의 길이가 짧은 개체가, 위도가 낮아질수록 그 길이가 긴 개체들이 많이 출현한다고 하였다. 여기에서 Shin(1984)이 *O. sarsi vadicola*를 관찰했을 가능성이 있는 것으로 짐작해 볼 수도 있으나 이러한 변이를 새로운 아종으로까지 이어질 정도로 중요한 것으로 보지 않았고, D'yakonov(1954)가 완즐극의 길이가 긴 종을 *Ophiura sarsi vadicola*로 명명한 것을 *O. sarsi*의 동종이명(同種異名)으로 보았다.

한편, 이외의 한국산 거미불가사리류에 대한 연구로는 황해의 거의 전해역을 포함하는 넓은 범위에서 채집이 이루어진 KORDI(1987)와 Yi와 Irimura(1987) 등의 연구가 있으며, 중국측에서는 Liu(1990)와 Liu 등(1983) 그리고 劉·徐(1963) 등의 연구가 있다. 우선, 황해에서의 *O. sarsi vadicola*(당시에는 *O. sarsi*로 발표되었음)의 존재와 이 종의 수괴와 관련된 분포 특성에 관하여 언급한 Liu et al.(1983)은 다음과 같은 주장을 하였다. 황해의 저서동물 군집은 15개로 나뉘어져 있는데, 그 중 *Ophiura sarsi vadicola*-*Thyasira tokunagai* 군집은 대표적인 냉수성 군집으로, 북온대종이 절대 우세를 점하고 있으며, 북황해 중부의 비교적 깊은 수역에 분포되어 있고, *Ophiura kinbergi*-*Luidia* spp. 군집은 연안 천해군집으로 요동반도의 남쪽 연안 부근에 분포하고 있다고 하였다. 이에 대해, KORDI(1987)는 Liu 등(1983)의 연구 내용을 언급하면서, 그들이 *O. kinbergi*와 모양이 매우 비슷한 *O. sarsi vadicola*를 황해의 주요종으로 발표하고, 냉수괴와 일치되는 분포 양상을 보인다고 하였으나, 1982년부터 1986년까지 황해에서 시행된, 가능한 모든 도구[채내기(grab), 드레지(dredge) 그리고 트롤(trawl)]를 사용한 채집에서 *Ophiura*의 표본은 모두 *O. kinbergi*였다고 주장하면서 Liu 등(1983)의 연구

결과에 대한 강한 의구심을 나타내었다. 이러한 주장은 Yi와 Irimura(1987)에 의해서도 동일하게 되풀이되었는데, 이들은 1980년부터 1985년까지 황해의 거의 모든 해역에서 채집된 거미불가사리류에 대한 분류 연구를 수행하면서, 이 지역의 *Ophiura* 속에는 *O. kinbergi*만이 존재하는 것으로 보았다.

이러한 일련의 주장들로부터 두 가지의 견해가 대립되고 있음을 알 수 있으나, 250개의 운영분류단위에 대한 수리 분류를 시도한 본 연구의 결과를 보면, 황해 수역에 *O. sarsi vadicola*가 존재한다는 것과 경기만과 같은 연안 천해역에서 *O. kinbergi*가 서식하는 것으로 나타난 점 등으로 보아 Liu 등(1983)의 견해가 부분적으로 옳았음이 입증된 것으로 생각된다. 애당초 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*의 문제는 결국 이들이 나타낸 형질의 차이가 우연성에 의한 결과를 반영하는 것인지 아니면 종의 공통적 본성을 유지한 채 생태적인 지위의 차이와 함께 일부 형질에서 지속적인 형질의 차이를 나타낸 것인지에 관한 것이었다. 형질의 차이에 관한 구분은 부분적으로 각 운영분류단위 상호간의 유사성이 차이를 나타낸 경우도 있지만, 두 개 또는 세 개의 집단으로 정확히 구분되었다. 이들을 더욱 뚜렷하게 구분지워주는 요소는 서식처의 이소성인데 (Hong et al., 1995), 다만 유일하게 강릉 주변해역의 한 정점에서 *O. sarsi*와 *O. sarsi vadicola*의 2종이 출현하였으나 각 계절별로 채집된 해당 정점의 표본들을 모두 검정한 결과 뒤섞임이 없이 1993년 7월의 경우에는 *O. sarsi vadicola*가, 10월의 경우에는 *O. sarsi*가 각각 채집되어 계절적으로 분리되어 있는 것으로 나타났다. 또한, 비교적 지리적으로 인접한 곳에 분포하는 것으로 나타난 동해 남부 역시 수온, 염분도 그리고 용존산소 등의 무기환경요인 등에서 급격한 구배가 형성되어 있는 해역인 것으로 나타났다(KORDI, 1994).

한편, Liu(1990), Liu 등(1983) 그리고 劉·徐(1963) 등에서 *O. sarsi vadicola*를 황해의 중앙부 저층 냉수괴(Yellow Sea Bottom Cold Water)의 지표종이라고 언급한 부분은 본 연구에서 나타난, 이 종의 분포가 한반도의 남해안을 제외하고, 대한 해협을 중심으로 하는 남동해역과 강릉 부근의 동해안까지 이어진다는 사실이 관찰되었던 점 등에서 볼 때 다소 부합되지 않는 것으로 보인다. 그러나, 이들 3종의 서식처 지위가 서로 다르므로 아종으로서의 인정을 뒷받침하는 Hong 등(1995)의 생태학적 정밀분석에서 이들 3종의 분포는 저층수의 온도, 염분도 및 수심이 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀졌다. 특히, *O. sarsi vadicola*는 나머지 두 종에 비해 협온성의 분포 특성을 지니며 그 적정 서식처 범위는 저층수의 수온이 약 6-10°C, 저층수의 염분도가 31-33.5%, 수심은 천해와 깊은 곳을 제외한 100-200 m 범위 내에서 높은 존재 확률값을 나타내는 것으로 타나났는데, 이러한 분포 환경은 황해 중앙부에 자리잡고 있는 저층냉수괴(黃海底層冷水塊)의 특성과 대체로 잘 일치하는 것으로 밝혀져 劉·徐(1963), Liu 등(1983), Liu(1990) 등이 주장했던 가설이 정량적 자료분석에 의해 확인되었다. 그러나, 앞서 언급한 바와 마찬가지로 이 종의 서식처가 황해에서부터 우리나라 동해의 연안 해역으로까지 이어질 가능성이 있는 것으로 제시됨에 따라 특히 우리나라의 남해를 중심으로 한 이 종의 분포에 관한 더 많은 연구와 한반도 주변해역에서의 분포기작을 이해하는 생태학적 연구가 요구된다.

사 사

본 논문에 관심을 가져 주시고, 읽고, 비평하여 주신 인하대학교 생물학과 양서영 교수님, 민미숙 박사, 귀중한 참고문헌을 제공해 주신 삼육대학 생물학과 신숙 교수님, 그리고 그림을 그려 준 인하대학교 대학원 해양학과 해양저서생물연구실의 최병미 양에게 심심한 사의를 표하는 바이다.

참고문헌

- Clark, A.M. and J. Courtman-Stock, 1976. The echinoderms of southern Africa. British Museum (Natural History), 277 pp.
- Clark, H.L., 1911. North Pacific ophiurans in the collection of the United States National Museum. Washington Government Printing Office, 302 pp.
- D'yakonov, A.M., 1954. Ophiuroids of the USSR Seas. Acad. Sci. USSR., 55: 1-136 (in Russian)
- D'yakonov, A.M., 1967. Ophiuroids of the USSR Seas. (translated by the Israel Program for Scientific Translations Jerusalem). 123 pp.
- Hong, J.S., J.W. Yoo and H.S. Park, 1995. Niche characterization of the three species of genus *Ophiura* (Echinodermata, Ophiuroidea) in Korean waters, with special emphasis on the distribution of *Ophiura sarsi vadicola* Djakonov. J. Kor. Soc. Oceanogr, 31(5) in press (in Korean).
- KORDI, 1987. The ecological study of benthic polychaetes in the Yellow Sea. BSPE 00097-127-3. 153 pp. (in Korean).
- KORDI, 1994. A study on the atlas of marine environments in the adjacent seas to Korea — Korea Strait (Third Year) —. BSPN 00227-733-3. 715 pp. (in Korean).
- Liu, R., 1990. Studies on marine ecology of the Yellow Sea in China. Yellow Sea Res., **3**: 45-71. (in Korean).
- Liu, R., Y. Cui, F. Xu and Z. Tang, 1983. Ecology of macrobenthos of the East China Sea and adjacent waters. In: Proc. Intern. Symp., Apr. 12-16, 1983, Hangzhou, China, ed. by Acta Oceanologica Sinica, China Ocean Press, Beijing, pp. 759-818.
- Lyman, T., 1865. Ophiuroidea and Astrophytidae. Illust. Cat. Mus. Comp. Zool. Harv., **1**: vi+1-200.
- Matsumoto, H., 1917. A monograph of Japanese Ophiuroidea, arranged according to a new classification. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, **38**: 1-408.
- Matsumoto, H., 1941. Report of the biological survey of Mutsu Bay. 36. Ophiuroidea of the Mutsu Bay and vicinities. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Ser. 4(Biol.), **16**: 331-344.
- Mortensen, T., 1933. Studies of Indo-Pacific Euryalids. Vid. MEd. Naturh. For. Kbh., **96**: 1-75.
- Rho, B.J., 1979. A study on the classification and the distribution of the echinoderms in Korea 1. Ophiuroids. J. Korea, Res. Inst. Bet. Liv., **23**: 33-60.
- Rho, B.J. and H.S. Kim, 1966. Studies on the Echinodermata (Echinoidea, Asteroidea and Ophiuroidea) from Korea. pp. 273-313. In: collect. Thes. Writ. Commem. Dr. Emma Kim's Forty years Teac. Ewha Woman's Univ., Seoul, Korea.
- Shin, H.C. and C.-H. Koh, 1993. Distribution and abundance of ophiuroids on the continental shelf and slope of the East Sea (southwestern Sea of Japan), Korea. Mar. Biol., **115**: 393-399.
- Shin, S., 1984. A systematic study on the Ophiuroidea in Korea. Ph.D. Thesis, Ewha Woman's Univ., 210 pp. (In Korean).
- Yi, S.K. and S. Irimura, 1987. A taxonomic study on the ophiuroidean from the Yellow Sea. Korean J. Syst. Zool., **3**(2): 117-136.
- 劉瑞玉, 徐鳳山, 1963. 黃·渤海底棲動物區系的特点. 海洋與湖沼, **5**(4): 306-321.

RECEIVED: 23 August 1995

ACCEPTED: 9 November 1995

A Taxonomical Reconsideration on the Three Species of Genus *Ophiura* from Korean Waters

Jae-Won Yoo, Jae-Sang Hong and Heung-Sik Park*

(Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea; *Biological Oceanography Division, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea.)

Abstract

Three species (*O. kinbergi*, *O. sarsi* and *O. sarsi vadicola*) of the genus *Ophiura* (Echinodermata: Ophiuroidea) were sampled from the various localities of Korean waters (Kyonggi Bay in March and September, 1989 and February, 1994; Yellow Sea in September and October, 1992; Southern Sea and Korean Strait in May, 1992; and eastern coasts adjacent to Kangnung in April, July, October, 1993 and January, 1994). Results of the examination of 250 Operational Taxonomical Units (OTUs) are presented based on the 20 morphometric variables to evaluate their taxonomic characters and positions.

In cluster analysis, 250 OTUs were divided into 3 phenons (*O. kinbergi*, *O. sarsi* and *O. sarsi vadicola*) at the Euclidean distance levels of 6.84 and 2 phenons (a phenon composed of *O. sarsi* and *O. sarsi vadicola* and the other of *O. kinbergi*) at 7.50. Stepwise discriminant analysis was used in order to produce a good discrimination model and 13 morphological characters (the total number of comb papillae, the number of primary comb papillae and shape of comb papillae (2). etc.) were extracted. The results of canonical discriminant analysis illustrated clear distinction among 3 phenons by the distance of 8.26 between *O. sarsi* and *O. sarsi vadicola*, 24.24 between *O. kinbergi* and *O. sarsi vadicola* and 21.63 between *O. kinbergi* and *O. sarsi*.

APPENDICES

Appendix 1. The location of sampling stations around Korean Peninsula

No.	Latitude (N)	Longitude (E)	No.	Latitude (N)	Longitude (E)
1	37° 28' 40"	126° 18' 20"	15	35° 30' 00"	130° 00' 00"
2	37° 13' 50"	126° 19' 40"	16	35° 30' 00"	130° 15' 00"
3	37° 00' 00"	124° 30' 00"	17	35° 30' 00"	130° 30' 00"
4	36° 00' 00"	124° 30' 00"	18	35° 30' 00"	131° 30' 00"
5	34° 00' 00"	123° 30' 00"	19	35° 30' 00"	132° 30' 00"
6	33° 45' 00"	129° 15' 00"	20	35° 45' 00"	129° 45' 00"
7	34° 00' 00"	129° 45' 00"	21	37° 46' 00"	128° 57' 28"
8	34° 15' 00"	130° 30' 00"	22	37° 46' 26"	128° 57' 57"
9	34° 45' 00"	129° 15' 00"	23	37° 46' 24"	129° 00' 08"
10	35° 15' 00"	129° 30' 00"	24	37° 45' 08"	128° 59' 28"
11	35° 15' 00"	130° 00' 00"	25	37° 45' 10"	129° 00' 30"
12	35° 15' 00"	130° 15' 00"	26	37° 43' 50"	129° 00' 45"
13	35° 15' 00"	130° 30' 00"	27	37° 44' 20"	129° 01' 27"
14	35° 30' 00"	129° 30' 00"			

Appendix 2. The list of estimated morphometric characters

No.			Characters
1	CMBWD	Comb Papillae Width/Disc Diameter	완즐극 너비의 비율 완즐극의 너비/반직경
2	NTTHP	No. of Tooth Papillae	치극의 수
3	CWDCL	CMBWD/Comb Papillae Length	완즐극의 형태(1) 완즐극 너비의 비율/ 완즐극의 길이
4	CWCL	Comb Papillae Width/Comb Papillae Length	완즐극의 형태(2) 완즐극의 너비/완즐극의 길이
5	CMPLL	Comb Papillae Length	완즐극의 길이
6	CLPLT	Comb Papillae Length/Comb Plate Width	완즐극의 길이 비율 완즐극의 길이/완즐판의 너비
7	PLTD	Comb Plate Width/Disc Diameter	완즐판 너비의 비율 완즐판의 너비/반직경
8	SWSL	Shield Width/Shield Length	폭순의 형태 폭순의 너비/폭순의 길이
9	SWD	Shield Width/Disc Diameter	폭순 너비의 비율 폭순의 너비/반직경
10	SLD	Shield Length/Disc Diameter	폭순 길이의 비율 폭순의 길이/반직경
11	GAP	Distance between Radial Shields	폭순간의 너비
12	SPACE	Space Length between Comb Papillae	각 완즐극 사이의 간격
13	NCPP	No. of Comb Papillae	1차 완즐극의 수
14	FS	NCPP + Average Number of the 2nd Comb Papillae	완즐극의 총수 완즐극의 수 + 2차 완즐극 갯수의 평균값
15	AWAL	Dorsal Arm Plate Width/Dorsal Arm Plate Length	배완판의 형태 배완판의 너비/배완판의 길이
16	OLD	Oral Shield Length/Disc Diameter	구순 길이의 비율 구순의 길이/반직경
17	OWD	Oral Shield Width/Disc Diameter	구순 너비의 비율 구순의 너비/반직경
18	OLOW	Oral Shield Length/Oral Shield Width	구순의 형태 구순의 길이/구순의 너비
19	POINT	Degree of Pointedness of Radial Shields	폭순의 첨도
20	TSC	No. of Tentacle Scales of the 3rd Ventral Arm Plate	제3복완판 촉수런의 수

Appendix 3. The result of stepwise discriminant analysis

Step	Variable		Number In	Wilks' Lambda	Prob < Lambda	Average	Prob > ASCC
	Entered	Removed				Squared Canonical Correlation	
1	FS		1	0.12389551	0.0001	0.43805224	0.0001
2	NCPP		2	0.01710746	0.0001	0.49374983	0.0001
3	CWCL		3	0.00250089	0.0	0.91863309	0.0001
4	SPACE		4	0.00200501	0.0	0.92636625	0.0001
5	CMPLL		5	0.00178538	0.0	0.93346912	0.0001
6	PLTD		6	0.00158661	0.0	0.93433300	0.0001
7	POINT		7	0.00144502	0.0	0.93594029	0.0001
8	CWDCL		8	0.00138822	0.0	0.93704196	0.0001
9	AWAL		9	0.00132132	0.0	0.93862708	0.0001
10	CLPLT		10	0.00128117	0.0	0.93881250	0.0001
11	OWD		11	0.00125025	0.0	0.93902896	0.0001
12	SWD		12	0.00122165	0.0	0.94026523	0.0001
13	OLOW		13	0.00120052	0.0	0.94118073	0.0001

Appendix 4. The summary of result of canonical discriminant variables — Significance of morphometric variables (upper) and structure estimates (lower).

F Statistics, Variable	Num DF = 2 F	Den DF = 247 Pr > F
FS	873.3077	0.0001
NCPP	74.8916	0.0001
CWCL	838.6339	0.0001
SPACE	104.8089	0.0001
CMPPL	20.5880	0.0001
PLTD	211.5209	0.0001
POINT	124.3577	0.0001
CWDCL	113.8879	0.0001
AWAC	30.1634	0.0001
CLPLT	158.3360	0.0001
OWD	18.6254	0.0001
SWD	13.7380	0.0001
LOW	121.5882	0.0001

Eigenvalues of $INV(E) \times H$
= $CanRsq/(1-CanRsq)$

	Adjusted		Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative	Likelihood		
	Canonical Correlation	Canonical Correlation					Ratio	Approx. F	Pr > F
1	0.994340	0.994061	87.5869	79.1840	0.9125	0.9125	0.00120052	503.6462	0.0
2	0.945331	0.943095	8.4029		0.0875	1.0000	0.10635020	165.2570	0.0001

Test of H0: The canonical correlations in the current row and all that follow are zero

	Total Canonical Structure		Between Canonical Structure		Pooled Within Canonical Structure	
	CAN1	CAN2	CAN1	CAN2	CAN1	CAN2
FS	0.940567	0.039918	0.999187	0.040315	0.283908	0.036983
NCPP	0.617735	-0.015134	0.999729	-0.023285	0.083185	-0.006255
CWCL	0.312736	0.931216	0.333076	0.942900	0.092742	0.847625
SPACE	0.240596	-0.670562	0.353091	-0.935589	0.034756	-0.297328
CMPPL	0.161184	-0.362140	0.423997	-0.905663	0.018498	-0.127563
PLTD	-0.798615	0.029545	-0.999382	0.035150	-0.139751	0.015869
POINT	-0.569630	0.449939	-0.799636	0.600485	-0.085738	0.207869
CWDCL	0.067425	0.729259	0.096794	0.995304	0.009932	0.329721
AWAC	0.441438	0.063711	0.990717	0.135938	0.052316	0.023176
CLPLT	-0.246631	-0.749242	-0.327182	-0.944961	-0.039585	0.369110
OWD	0.088783	-0.371381	0.243865	-0.969809	0.010119	-0.129925
SWD	0.271537	0.174473	0.853374	0.521300	0.030412	0.059979
LOW	-0.670362	-0.240728	-0.946367	-0.323092	-0.100335	-0.110592