

해양 갑각류 민꽃게(*Charybdis japonica*) 집단의 형태학적 변이성

허윤성 · 이복규 · 허만규*

동의대학교 분자생물학과

Received April 10, 2006 / Accepted May 3, 2006

Morphological Variability of the Japanese Swimming *Charybdis japonica* Populations. Youn Seong Heo, Bok Kyu Lee and Man Kyu Huh*. *Department of Molecular Biology, Dong-eui University, 614-714* – In order to determine the morphological variations of the Japanese swimming crab, *Charybdis japonica*, we conducted morphological analysis of five populations that are relatively abundant in Korea and Japan. Abdominal sternite for individuals of the Tean population showed significantly short when compared to those of other populations. Principal component analysis demonstrated that morphological differentiation was due to differences (A/Q, B/M, D/P, F/O, J/K), and effectively discriminated each others. The first two components accounted for 40.9% and 60.7% of the variation, respectively. The dendrogram showed three distinct groups, Tokyo population, Taean population, and the other populations.

Key words – *Charybdis japonica*, morphological variation, swimming crab

서 론

어업관리를 위한 집단의 연구에 있어서 유전학적 방법이 많이 이용되고 있지만 형태학적 방법도 매우 유용하게 쓰이고 있다[1,4,11]. 형태학적 방법에는 집단간의 외형적 형태, 내부 형태에서 보이는 차이를 기초로 개체를 식별하게 된다. 개체의 식별에 이용되는 형태 형질에는 유전적 형질 의한 선천적으로 결정되어지는 특성과 외부 환경에 의해서 후천적으로 결정되어지는 것 등 복잡하게 연관되어 있다[5,10,12]. 최근 형태학적 분석에는 생물에 관하여 다변량 분석 연구 및 유전학적 방법을 더하여 연구가 많이 진행되어지고 있다[2,4].

또한 McClure and Wickston가 *Alpheus* 3종 22변수에 대해서 주성분 분석을 이行了다[8]. Weber and Galleguillos는 징거미새우류(*Palaemonidae*) 근연종에 대해서 군집 분석을 실시하였다[16]. 또한 대게의 계군해석에는 판별 분석이 이용하고 있고, 이외에도 많은 연구가 진행되어지고 있다[3,6].

동물 집단의 구조는 여러 요인이 영향을 끼친다. 중요한 요인으로서 교배체계(mating system)라든지 적합한 장소로 이주(migration), 작은 서식 집단에서의 자연도태(natural selection) 등을 들 수 있다[9]. 그리고 자연 집단에서도 시간과 공간의 차이에 따른 형태적 차이로 집단구조에 대한 분석도 가능하게 되어 종의 진화 경로 및 분화 연대를 추정할 수 있는 방법으로 널리 각광받고 있고 이를 바탕으로 유전자형 분석이나 분자생물학적 기초가 되기도 한다. 그러나 한국 및 인접 일본에 분포하는 참게에 대해 형태적 기초 연구가 그리 많

지 않은 실정이다. 따라서 기초적인 형태 연구를 수행하여 한국산 참게(*Eriocheir sinensis*)의 형태적 특징과 분화정도 등의 집단구조를 살펴보고 이웃 일본 지역과 비교할 필요가 있다.

한국의 중요한 근해어업의 중요한 갑각류 자원 중에 하나인 민꽃게 *Charybdis japonica*는 절지동물문 십각목의 갑각류에 속한다. 이런 갑각류는 조간대에서 조개류의 포식자로서 매우 중요한 생태적 지위를 차지하고 있다[13]. 민꽃게는 주로 조간대 하부에 서식하며 한국을 비롯하여 일본, 타이완에 주로 분포한다. 본 연구에서는 한국과 일본 민꽃게 집단의 형태학적 분석을 통하여 자원관리와 생물학적 기반확립을 위한 일환으로 실시하였다.

재료 및 방법

재료

형태 분석에 이용한 시료는 1996년 12월부터 2001년 7월에 일본에서는 Tokyo, Kochi, Kumamoto의 3지역에서, 한국에서는 태안과 여수의 두 지역 등 총 5개 지역에서 194개체를 채집하였다(Table 1).

형태계측

194개체에 대해 디지털노기스(Mitutoyo, Japan)를 이용하여 0.01 mm까지 측정하였다. 계측부위는 민꽃게 외부관찰 및 각각의 분류상의 특징을 참고하여 갑각배면에는 갑폭(A), 앞면의 6번째 가시가 포함되지 않은 갑폭(B), 앞면의 첫 번째 가시 사이의 폭(C), 눈과 눈 사이(D), 갑등면 뒤쪽 폭(E), 갑장(F), 액치가 포함되지 않은 부위와 갑면 중앙(H), 자형 홈 중심까지 길이(G), 앞면 1가시부터 6번 가시까지 길이(J), 갑면 중앙(H), 자형 폭(K) 등 11개소, 그리고 배면에는 제5복갑의

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1529, Fax : +82-51-890-1521

E-mail : mkhuh@deu.ac.kr

Table 1. Samples used for morphological analysis in the *Charybdis japonica*

Collection site	Individual number	Collected date
Tokyo(Japan)	53	October, 2000
Kochi(Japan)	50	November, 2000
Kumamoto(Japan)	26	January, 2001
Tean(Korea)	38	June, 2001
Yosu(Korea)	27	May, 2001

최대폭(L), 제5복갑의 최소폭(M), 제7복절길이(N), 제6복절길이(O), 갑폭장(P)의 5개소 및 가위다리길이(Q) 등 총 17개소를 측정하였다(Fig. 1).

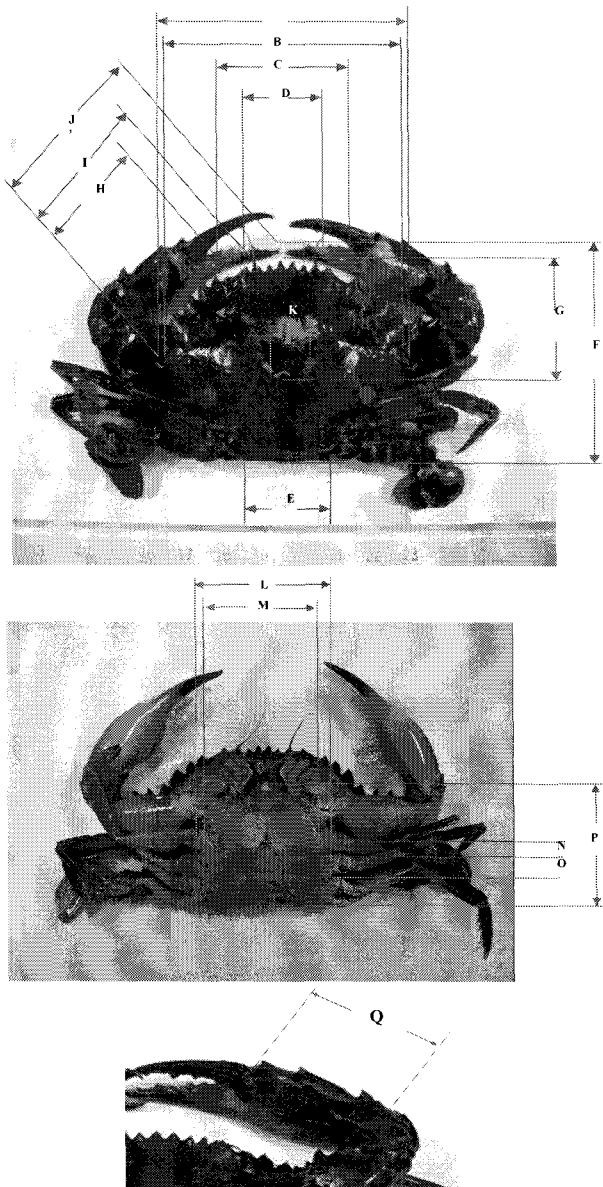


Fig. 1. Body characteristics measured for morphometric analysis of the *Charybdis japonica*. Abbreviations are shown in Materials and Methods.

데이터의 추출과 기준화에 따른 군집 분석

계측한 17개 부위의 길이를 변량으로 하여 2변량을 추출하여 총조합수 136경우에 대해 상관관계를 조사했다. 상관분석에서 집단간 유의한 차이가 나타난 변량의 조합을 선택했다. 각조의 변량을 다른 한쪽의 변량으로 나눈 값을 변수로 하였다. 각 개체간의 유의성을 비교하기 위해서 선택한 변수를 기초로 하여 각 개체간에 대한 유클리드 거리를 구하고 UPGMA방법을 이용하여 클러스터 분석을 하여 각 변수간의 유의성을 검증하였다[15].

주성분 분석

민꽃게 자연집단의 형태적 특징을 조사하기 위해서 주성분에 의한 개체의 형질특성을 해석했다[14]. 또한 그 결과를 검토하기 위하여 개체간 및 변수간의 관계를 분포도로 표시하였다.

결 과

상관 분석

계측한 17개 부위의 길이를 변량으로 하여 2변량을 추출해서 136개 조합에 대해서 상관관계를 조사하였다(Fig. 2). 집게다리(Q)와 다른 16변량의 관계에는 Kochi와 태안집단과 그 밖에 집단으로 명확히 구분되었다. Fig. 2(a)는 갑폭(A)와 집게다리길이(Q)의 상관관계를 나타내고 있다. 민꽃게 집단에서 일본의 Kochi집단과 한국의 태안집단이 유사한 경향이 보였지만 다른 집단과의 차이가 나타났고, Kochi집단과 태안집단의 개체는 다른 집단들에 비해서 집게다리 길이가 상대적으로 길었다.

제6번째 복절의 길이(O)와 다른 16개 변량관계는 태안집단과 그 밖의 다른 집단의 분포가 다르게 나타났다(Fig. 2). Fig. 2(b)는 갑장(F)과 6번째 복절장(O)의 상관관계를 나타내고 있다. 민꽃게 집단 중에서 태안집단과 그밖에 다른 집단에서 차이가 보였고, 상대적으로 태안집단의 민꽃게의 6번째 복절이 작았다. 또한 Fig. 2(c)에서 보는 것과 같이 앞가시 부분의 측정부분 Fig. 1의 6번째 갑폭(B)과 5번째 복갑의 최소폭(M)의 상관관계는 태안집단이 다른 집단에 비해 차이가 보였고, Fig. 2(d)에서 나타난 바와 같이 눈과 눈 사이의 폭(D)와 복갑장(P)의 상관관계는 여수집단, 태안집단, Kochi집단과 그밖에 다른 집단과 차이가 나타났다. 그리고 Fig. 2(e)는 앞가시 중앙부분과 전측가시부분의 6번째 가시까지의 길이(J)와 등의 중앙부분 H형 홈의 폭(K)의 상관관계를 표시하였고, 태안과 그 밖의 다른 집단에서 차이가 나타났다.

데이터의 추출과 기준화에 따른 군집 분석

계측한 17개소 부위의 길이를 변량으로 한 상관관계결과에서 지역집단의 차이가 나타난 (A, Q), (B, M), (D, P), (F,

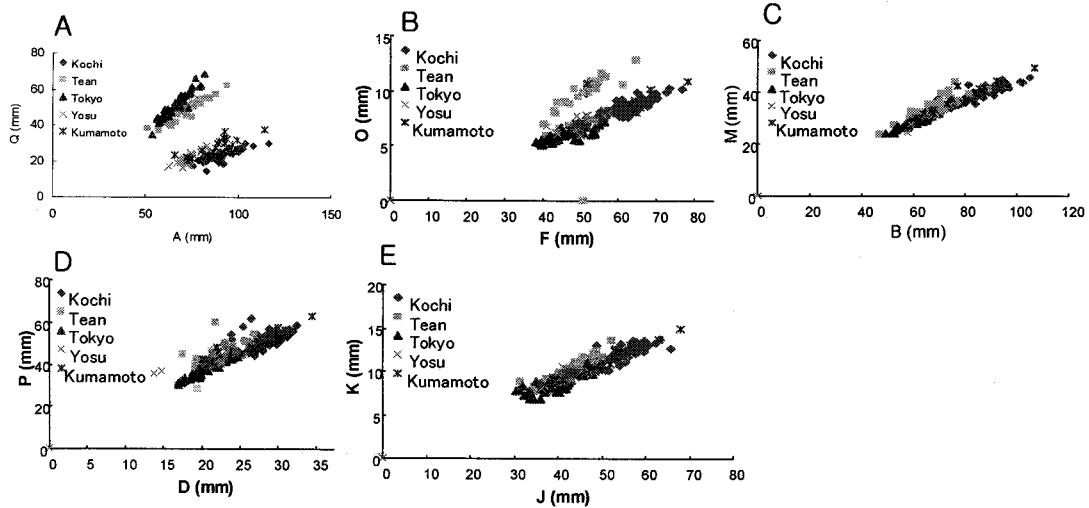


Fig. 2. Relationships of carapace parameters from five *Charybdis japonica* populations. (a): Relationship between A and Q. (b): Relationship between F and O. (c): Relationship between B and M. (d): Relationship between D and P. (e): Relationship between J and K. Abbreviations are shown in Materials and Methods.

O), (J, K) 5조합을 선택했다(Fig. 2). 이 조합의 각조의 1변량을 다른 하나의 변량을 나눈 값을 변수로 하였다(A/Q, B/M, D/P, F/O, J/K). 이들 5변수(A/Q, B/M, D/P, F/O, J/K)간의 유클리드거리를 계산한 군집 분석을 이행한 결과 3개의 그룹으로 나뉘어졌다. 일부 개체가 다른 지역집단 클러스터에 속한 경우도 나타났으며 Tokyo집단과 태안집단과 각각의 클러스터를 형성하고 그 밖의 다른 집단을 형성했다.

한편 유의한 5변수(A/Q, B/M, D/P, F/O, J/K)간 유클리드 거리를 이용해서 클러스터 분석을 이행한 결과 크게 두 개의 클러스터를 형성하였다(Fig. 3). 이 결과 A/Q, B/M, D/P 3개의 변수의 클러스터와 F/O, J/K의 2변수 클러스터로 나뉘어졌다.

주성분 분석

민꽃게 개체에 대해 변수(A/Q, B/M, D/P, F/O, J/K)를

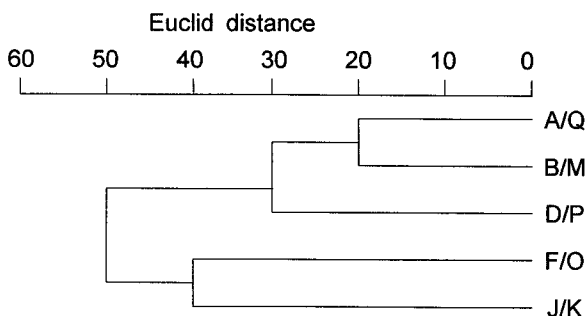


Fig. 3. Dendrogram constructed by UPGMA cluster analysis from Euclid distance showing the relationships among five variables based on the measurement data of the *Charybdis japonica*. Abbreviations are shown in Materials and Methods.

이용한 주성분 분석을 이행한 결과, 제1 주성분에 전분산의 40.9%, 제2주성분에 60.7%의 분산을 설명하였고, 전개체의 프로트를 보면 약 3개의 그룹으로 나누어졌다(Fig. 4). 또한 민꽃게의 형태적 특징을 전개체 및 변수로 검토한 결과 제1 주성분은 B/M, F/O, J/K의 영향이 강하고, 제2주성분은 A/Q의 영향이 강하게 반영되었다(Fig. 4).

고찰

민꽃게 5집단에 대해서 집단간 형태의 유의성을 클러스터 분석에 의해서 조사한 결과 크게 3개의 그룹으로 나누어졌고 3개의 그룹은 Tokyo집단, 태안집단, 그 밖의 다른 집단으로 구성되었다. Tokyo집단의 클러스터와 태안집단의 클러스터에는 개체간 다소 중첩된 것이 있었으며, 그 밖의 다른 집단에

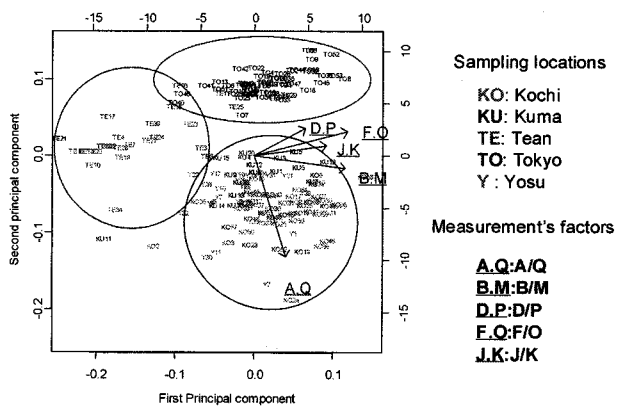


Fig. 4. Principal component scores of individuals and plots of factor loadings for variables obtained by principal component analysis of the *Charybdis japonica*. Abbreviations are shown in Materials and Methods.

형성되어진 클러스터에는 Tokyo과 태안의 개체가 포함되어 있지 않았고 형태적으로 완전히 다르다는 것을 시사하고 있다 (Fig. 2). Tokyo, 태안 이외에 집단에 형성되어진 클러스터에는 Kochi의 집단이 클러스터를 형성하고 있지만 Kumamoto-여수는 상호 혼재하는 클러스터가 많이 포함되어 있었다.

주성분 분석에서 개체의 포트에서도 민꽃게는 형태상 3형으로 나뉘어져 있었으며 (Fig. 4), 또한 3형의 형태적 특징을 개체 포트와 변수로 비교하여 검토하면 제1 주성분은 F/O, B/M 및 J/K로 암컷의 6번째 복절의 길이의 차이와 5번째 복절의 최소폭 및 앞이마의 중앙과 앞측가시의 6번째까지의 길이 J와 등중앙의 H홈의 폭(K)과 상대적 관계에 있고, 태안과 그 밖의 집단의 차이를 나타내는 것으로 생각되어진다. 제2 주성분 분석은 갑폭과 집게다리(A/Q)의 상관관계가 Tokyo과 태안의 집단에서 그 밖의 다른 집단의 개체와 비하여 상대적으로 높다는 것을 알 수 있었다. 이런 통계 분석 결과에 대한 형질을 종합적으로 검토해 보면, 집게다리(Q)와 6번째 복절의 길이(O)가 주요한 계량형질의 차이이고, 집게다리(Q), 그리고 Tokyo과 태안의 개체는 그 밖의 다른 개체보다 Q가 길고, Q의 빈도분포에서도 명확하게 Tokyo, 태안이 집게다리 부분이 길다는 것이 명확하게 알 수 있었다 (Fig. 2). 6번째 복절의 길이(O)는 태안이 다른 지역의 개체보다 상대적으로 크고, 클러스터와 주성분 분석에 이용한 다른 계량형질 A, B, D, F, J, K, M, P의 각 형질에 있어서도, 상관관계에 있어서는 지역집단마다 차이가 보였다. 특히 Kochi의 개체가 비교적 다른 집단의 개체와 다른 경향이 보이지만, 집게다리와 6번째 복절정도의 차이는 없었다.

이런 결과로 형태학적 집단간 차이는 서식환경에 따른 적응성에 의한다고 생각되며 민꽃게 집단의 형태학적 차이는 서식지역 분리에 따른 형태학적 변이의 차이는 크다고 할 수 없는데 이것은 한국과 일본에 서식하는 민꽃게 집단은 빈번한 교류 또는 유전적으로 분지의 시점이 그렇게 오래 되지 않았다고 생각되어진다[7]. 또한 민꽃게 집단이 조간대를 중심으로 유사한 먹이와 생활 습성, 그리고 동아시아의 좁은 분포로 비록 한 집단에서 현재와 같은 여러 집단으로 나누어졌다는 증거는 없지만 유사한 서식지로 인한 덜 분화된 형태를 보인다고 사료되며 이는 꽃발게(fiddler crab, *Uca pugnax*)의 결과와 유사하였다[16].

참 고 문 헌

- Dai, A. and S. Yang. 1991. *Crab of the China Seas*. pp. 226-245, China Ocea Press, Beijing.
- Davidson, K., J. C. Roff and R. W. Elner. 1985. Morphological, electrophoretic, and fecundity characteristics of Atlantic Snow Crab, *Chionoecetes opilio*, and implications for fisheries management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **42**, 474-482.
- Dineen, J. F., P. F. Clark, A. H. Hines, S. A. Reed and H. P. Walton. 2001. Life history larval description, and natural history of *Charybdis hellerii* (Decapoda, Brachyura, Portunidae), an invasive crab in the Western Atlantic. *J. Crust. Biol.* **21**, 774-805.
- Gao, T. and S. Watanabe. 1998. Genetic variation among local population of the Japanese mitten crab, *Eriocheir japonica* De Haan. *Fish. Sci.* **64**, 198-205.
- Geng M., J. Li, X. Xin, G. Deng, J. Xu and H. Guan. 2000. The effects of pyridoxal phosphate on morphological changes in cultured *Hippocampal* neurons. *J. Ocean Univ. Qingdao* **30**, 249-254.
- Jiang, W., T. Meng, R. Chen and S. Wei. 1998. Diet of *Charybdis japonica* (A. Miline-Edwards) and *portunus trituberculatus* (Miers) in the Bohai Sea. *Mar. Fish. Res.* **19**, 53-59.
- Kurata, H. and S. Nishima. 1975. The zoeal stages of the swimming crabs, *Charybdis japonica* and *Portunus hastatoides* reared in the laboratory. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.* pp. 21-27.
- McClure, M. R. and M. K. Wicksten. 1997. Morphological variation of species of the edwardsii group of *Alpheus* in the Northern Gulf of Mexico and Northwestern Atlantic (Decapoda: Caridea: Alpheidae). *J. Crust. Biol.* **17**, 480-487.
- Mukaratirwa, S., H. R. Siegismund, T. K. Kristensen and S. K. Chandiwana. 1996. Population genetics and genetic variability of *Bulius globosus* (Gastropoda: Planorbidae) from the two main river systems in Zimbabwe. *J. Hered.* **87**, 288-294.
- Parrish B. B. and A. Saville. 1965. The biology of the North-east Atlantic herring populations. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* **3**, 323-373.
- Resenberg, M. S. 2002. Fiddler crab claw shape variations: a geometric morphometric analysis across the genus *Uca* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae). *Biol. J. Linn. Soc.* **75**, 147-162.
- Sakai, T. 1976. *Crab of Japan and the Adjacent Seas*. pp. 354-367, Kodansha. Tokyo.
- Schubart, C. D., J. E. Neigel and D. L. Felder. 2000. Molecular phylogeny of mud crabs (Brachyura: Panopidae) from the Northwestern Atlantic and the role of morphological stasis and convergence. *Mar. Biol.* **137**, 11-19.
- Sirus for Windows. 1993. *Pattern Recognition Systems A/S, ver. 1.1*. Ulset, Norway.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1987. *Introduction to Biostatistics*. pp. 363, W. H. Freeman & Company, N.Y.
- Thurman, C. L. 1987. Fiddler crabs (genus *Uca*) of Eastern Mexico (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana* **53**, 94-105.