한국어병학회지 제26권 제3호 (2013)
J. Fish Pathol., 26(3) : 139~148

www.ksfp.org
http://dx.doi.org/10.7847/jfp.2013.26.3.139

우리나라 전복 양식장의 패각 천공성 다모류 감염현황

원경미 · 김병학 · 진영국 · 박영진* · 손맹현 · 조미영** · 박명애** · 박민우†

국립수산과학원 남서해수산연구소, 전남 해양수산과학원*, 국립수산과학원 수산생물방역과**

Infestation of the Abalone, *Haliotis Discus Hannai*, by the *Polydora* under Intensive Culture Conditions in Korea

Kyoung-Mi Won, Byeng-Hak Kim, Young-Guk Jin, Young-Jin Park*, Maeng-Hyun Son, Mi-Young Cho**, Myoung-Ae Park**, Min-Woo Park†

Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823,Korea
**Jeollanam-do Fisheries Research and Development Institute, Wando 537-801, Korea*
***Aquatic life disease control division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea*

The genus *Polydora*(Polychaeta, Spionidae) includes many species well known for their activity as borers. They often become harmful invaders by reducing the growth rate and meat yield of, or inducing the mortality of commercially important mollusck, abalone, *Haiotis discus hannai*. In 2012, the frequency of the *Polydora* was observed with 5～99% in live abalone and 5.3～70.3% in dead abalone shells of abalone sea-caged aquaculture system, Korea. There are many nacreous blister in the ventral margin and inner of the infestated abalone by abalone in response to the *Polydora*. A worm bored two holes in the shell and come in and out for ingestion the organic matters. They are more than 40 mm in length and had outstanding palps with black bars, disc form pygidium and 4 eyespots. This is the first record for the statue of *Polydora* infestation of sea-caged cultured abalone, *Haliotis discus hannai* in Korea.

Key words : Abalone, *Haliotis discus hannai*, *Polydora*, Prevalence, Mortality, Infestation

환형동물문(Annelida), 다모강(Polychaeta), 얼굴갯지렁이과(Spionidae)의 *Polydora* 속은 부드러운 진흙에서 딱딱한 석회질 기질까지 전세계의 다양한 기질에 폭넓게 서식하며(Blake, 1996), 이들 중 일부 종은 패각을 천공하는 것으로 잘 알려져 있다. *Polydora*는 종종 상업적으로 중요한 패류의 패각에 천공하여 성장저해, 폐사율 증가, 상품가치 저하 등의 피해를 일으킨다. 그러므로 상업적으로 중요한 품종에 감염되었을 경우, 양식업에 심각한 문제를 일으키는 것으로 간주된다(Okoshi and Sato-Okoshi, 1996; Martin and Britayev, 1998). 전복(Simon *et al.*, 2006; Sato-Okoshi *et al.*, 2008), 굴(Handley and Bergquist, 1997), 진주조개(Mohammad, 1972), 홍합(Kent, 1979) 및 바지락(Rossella B. and Otello G., 2002)과 같은 다양한 패류에서 *Polydora*의 감염이 오래전부터 보고되어져 왔다. 1995-1997년, 호주 타스마니아 지역의 전복, *Haliotis rubra* 양식장에 천공성 다모류에 의한 감염이 발생하여, 폐사율 50% 이상의 피해를 입었으며

†Corresponding author: Min-Woo Park
Tel: 061-690-8984, Fax: 061-685-9073,
E-mail: mwpark@nfrdi.go.kr

한 양어장에서는 폐사율이 95% 달했다는 보고도 있다(Lleonart *et al.*, 2003).

*Polydora*에 의한 전복의 피해 및 감염률에 대한 연구는 자연산 전복류의 경우, Shepherd(1973), Kojima and Imajima(1982), Horne(1996) 및 Grindley *et al.*(1998)에 의해 보고되었으나, 양식 전복에 대한 연구는 매우 드물다. 최근 칠레의 양식 전복(*H. discus hannai*)에 감염된 *Polydora uncinata*(Radashevsky and Olivares, 2005)와 호주의 양식 전복(*H. rubra* and *H. laevigata*)에 감염된 *P. hoplura*와 *Boccardia knoxi*에 관한 보고가 있으나, 그 정보가 매우 제한적이다.

우리나라에서는 서해안에서 채집된 전복(*H. discus discus*)에서 *P. haswelli*와 *P. aura*가 관찰되었다는 연구(Sato-Okoshi *et al.*, 2012)가 유일하며, 양식산 전복에 대한 조사는 까막전복의 육상수조식 양식시험 중 관찰된 사례가 보고된 정도이다(목포지방해양수산청, 2005). 따라서, 본 연구에서는 처음으로 우리나라 전복 가두리 양식장의 패각 천공성 다모류의 특성 및 감염현황을 조사하여 패각 천공성 다모류에 의한 양식전복의 피해대책 마련의 기틀을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

패각 천공성 다모류(*Polydora*) 감염현황 조사

2012년 완도군 소재의 10개 해상 가두리 전복 양식장을 대상으로 *Polydora* 감염현황을 조사하였다(site 1～10, Fig. 1). 조사는 각 양식장의 출하작업이 이루어지는 동안 진행하였으며, *Polydora* 감염현황과 함께 전복의 양식 생산성(칸당 생산량, kg/cage) 및 생존률(%)을 조사하였다. *Polydora* 감염은 활전복과 죽은 전복 패각으로 나누어 실시하였다. 활전복은 각 site 마다 100마리씩 조사하였으며, 죽은 전복 패각은 각 양식장마다 가두리 3칸 당 죽어 있는 패각을 모두 수거하여 조사하였다.

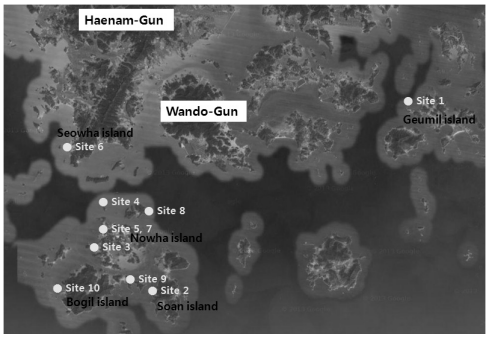

Fig. 1. Map of sampling sites in Korea.

패각 천공성 다모류(*Polydora*) 관찰

*Polydora*의 관찰은 전복 표면의 패각 변형부위를 롱노즈로 조심스럽게 부러뜨려 분리하였으며, 분리된 *Polydora*는 실체현미경(Stemi 2000-C, Zeiss)으로 즉시 관찰하거나, 10% 중성 포르말린으로 고정하여 보관하였다. *Polydora* species의 동정은 Rainer(1973), Read(1975) 및 Blake and Kudenov(1978)의 분류법에 따라, prostomium(전구엽), pygidium(항문상판)의 형태, eyespots(안점) 및 palps(촉수)의 형태에 따라 판별하였다.

결 과

패각 천공성 다모류(*Polydora*) 감염현황 조사

2012년 전라남도 완도군 소재 10개 전복 가두리양식장을 조사한 결과, *Polydora*의 감염률은 활전복에서 5～99%, 죽은 패각에서 5.3～70.3%로 나타나(Table 1), 가두리 양식장에 따라 다양한 결과를 보였다. 조사한 전복의 평균 각장은 57.00±3.5～98.10±7.48 mm였으며, 전복의 양식생산량은 18.4～76.3 kg/cage, 가두리 입식 후 생존률은 14.8～96.6%로 나타났다. *Polydora* 감염률은 죽은 전복 패각보다 활전복이 다소 높거나 유사한 경향을 보였다.

Table 1. Abalone productivity, survival rate and frequency of *Polydora* infestation in Abalone, 2012

Site	Area	Abalone size(mm)	Abalone productivity(Kg/cage)	Abalone survival rate(%)	Polydora Infestation	
					Live shell(%)	Dead Shell(%)
1	Geum-il island iljeong-ri	57.00±3.5	58.7	67.48[3)]	66/100[1)] (66)	593/1086[2)] (54.6)
2	So-an island Maengseon-ri	82.13±9.7	50.6	71.80	41/100 (41)	182/916 (19.9)
3	No-wha island Dangsan-ri	75.63±6.04	35.0	54.57	99/100 (99)	1516/2157 (70.3)
4	Masac island sinrang-ri	80.08±8.59	33.2	61.23	65/100 (65)	820/1798 (45.6)
5	No-wha island Mira-ri	77.34±5.35	49.6	76.86	44/100 (44)	199/594 (33.5)
6	Seo-wha island Dangin-ri	98.10±7.48	76.3	96.6	21/100 (21)	48/499 (9.6)
7	No-wha island Mira-ri	68.02±5.87	42.1	75.57	69/100 (69)	575/983 (58.5)
8	Wheong-gan island Wheonggan-ri	93.46±6.65	44.3	41.87	30/100 (30)	134/774 (17.3)
9	Bo-gil island Baekdo-ri	76.67±7.71	30.3	43.13	5/100 (5)	17/319 (5.3)
10	Bo-gil island Jeongja-ri	65.6±8.7	18.4	14.80	58/100 (58)	368/625 (58.9)

[1)] Infestated abalone/Observated abalone

[2)] All of the dead abalone shells in three cage of a site

[3)] Survival rate for the duration from input day in the sea case of 3cm abalone to output day for sale

패각 천공성 다모류(*Polydora*) 관찰

*Polydora*에 감염된 전복은 패각의 측면 및 내면에 형성된 blister로 인해 패각 변형이 일어났으며(Fig. 2-A and B), 중감염의 경우 패각이 쉽게 부러졌다. 이들 *Polydora*는 패각 외측에 2개의 구멍을 뚫어 내·외부를 왕래하면서 유기물을 섭취하며(Fig. 2-C), 활전복을 해수에 순치시켜 관찰하는 동안 *Polydora*의 palps가 바깥으로 나와 있는 모습이 확인되었다(Fig. 2-D).

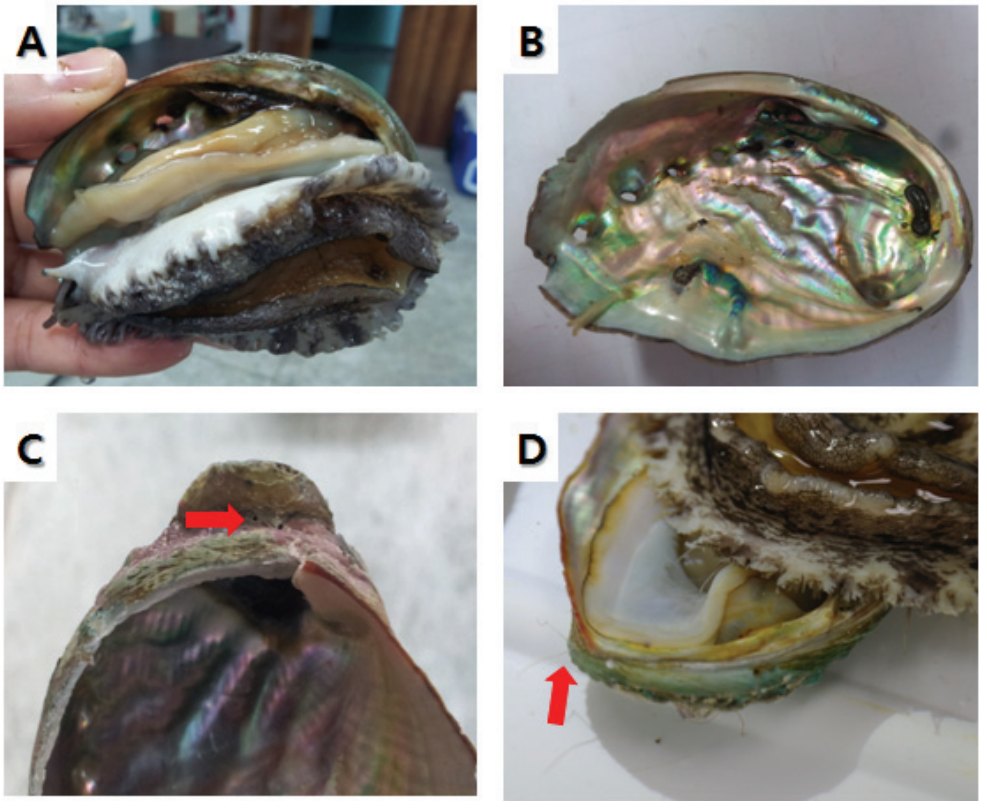

Fig. 2. Infestation of the Abalone, *Haliotis discus hannai* by *Polydora* of Korea. A, Abalone infestated by *Polydora*. B, Nacreous blister produced by abalone in response to the *Polydora*. C, Two holes of burrow(→) in the margin of abalone by *Polydora*. D, Ventral margin of an abalone, showing palps of *Polydora* protruding from their burrows(→).

*Polydora*에 감염된 전복에서 분리된 *Polydora*는 길이 40 mm 이상의 중·대형 종으로 도드라지지 않은 prostomium, 검은 줄무늬를 가진 palps, 4개의 eyespots, 등쪽으로 넓은 원반형의 끝이 갈라진 형태의 pygidium을 기준으로 *Polydora uncinata*로 동정하였다(Fig. 3-A and B). 또한 Sato-Okoshi and Abe(2012)의 연구에서 밝힌 주요 양식생물 피해 천공성 다모류의 분류표(Table 2)의 기준을 충족시켰다. 생태학적 관찰을 통해, *Polydora* 성체의 체강에서 배출된 난낭(egg capsule)이 길게 연결되고(Fig. 3-C), 이 속에는 발달 중인 유충(larvae)과 영양체로 사용되는 nurse egg와 함께 관찰되는 것을 확인하였다(Fig. 3-D).

고 찰

양식업의 관점에서 볼 때, 패각 천공성 다모류에 의한 패류의 손상은 매우 심각한 문제이다. 패각 바깥 표면에 점액질과 진흙으로 tube를 만들어 도관(burrow) 입구를 돌출시키고, 패각 내부는 *Polydora*가 접한 부위의 추가적인 침입을 막기 위한 물리적 장벽으로 검은 유기물, 석회질 및 진주 성분으로 이루어진 얇은 층을 분비하여 수포(blister)를 형성한다(Stephen, 1978). 그럼에도 불구하고 일부 *Polydora*는 얇고 약한 패각을 지속적으로 천공하여, 패류로 하여금 이들 물질을 지속적으로 분비하게 하여 전복으로 하여금,

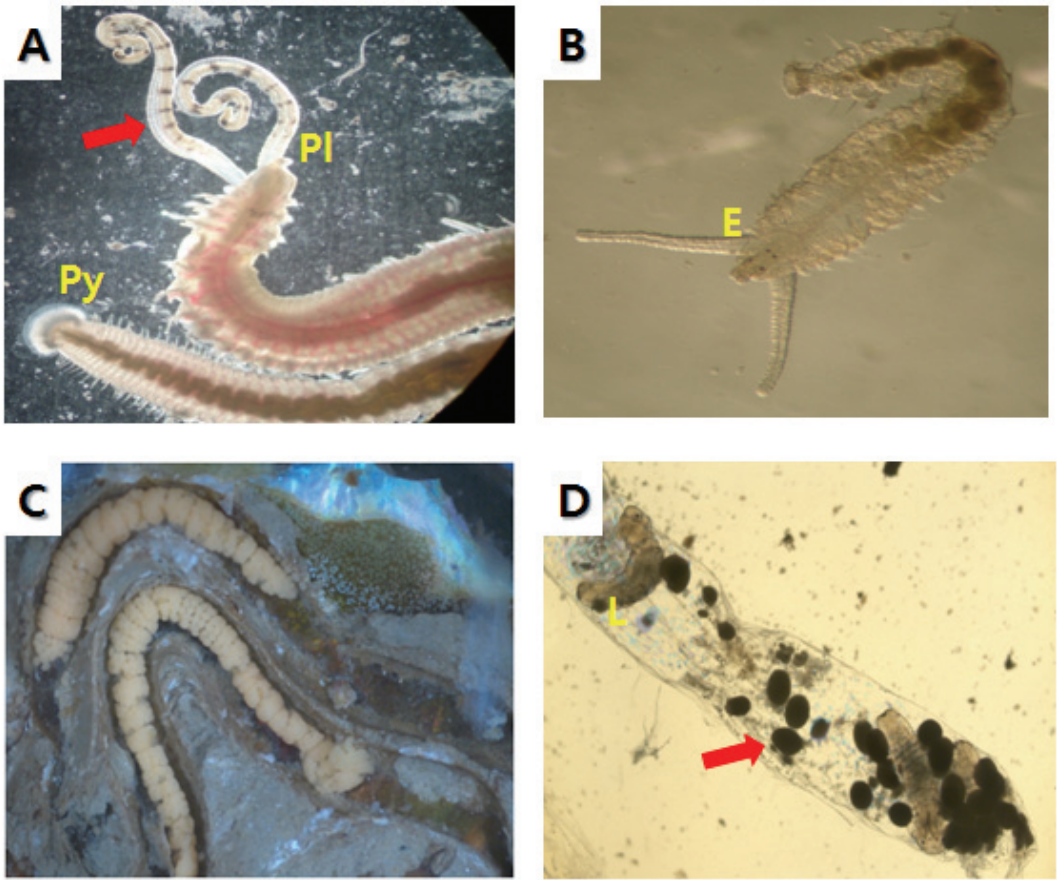

Fig. 3. *Polydora* isolated in the abalone, *Haliotis discus hannai*. A, Live *Polydora* with palps(Pl) which of having the black bars(→) and pygidium(Py). B, Larvae of the *Polydora* with four eye spots(E). C, Egg string divided into many capsules on the inner surface of abalone. D, Egg capsule containing developed larvae(L) and nurse eggs(→).

Table 2. Comparison of morphological characteristics among four harmful shell boring species, *Polydora brevipalpa*, *Polydora uncinata*, *Polydora haswelli*, and *Polydora aura*. Bold shows distinguishable key characters of the species(Sato-Okoshi and Abe, 2012)

Species	Body color	Pigmentation				Occipital tentacle	Notocaetae on chaetiger5	Special notochaetae in posterior chaetigers
		Palps	Prostomium	Interchaetigers	Pygidium			
P. uncinata	Tan	**Black bars**	Black or absent	Black or absent	Absent	**Present**	**Present**	Recurved hook accompanying capillaries
P. haswelli	Tan	**Black bars**	Black or absent	Black or absent	Absent	Absent	**Present**	Absent
P. aura	**Orange to tan**	Absent	Absent	Absent	Absent	**Present**	Absent	Tight cylindrical bundles of short needles accompanying capillaries
P. brevipalpa	Tan	**Black bars**	Absent	Absent	Absent or black	Absent	Absent	Absent

성장과 산란에 필요한 에너지를 *Polydora* 침입을 막는데 모두 쓰게 하여 숙주의 장기적인 건강에 큰 영향을 미치는 결과를 가져오게 되는 것이다(Bower, 1994); Kent, 1979). *Polydora* 감염은 항상 양식 패류의 직접적인 폐사 원인이 되는 것이 아니라, 패각의 성장과 육중량을 감소시키고, 생식소와 인접하여 형성된 경우는 생식세포 생산을 방해하기도 한다 (Bower *et al.*, 1994). 더욱이 *Polydora* 감염기간 동안의 스트레스로 인해, 불리한 환경변화에 더 민감하고 결국은 폐사율을 증가시킨다. 중국의 전복 양식장의 경우, *Polydora* spp.에 의한 직접적인 피해 뿐 아니라 천공부위가 전복의 내장과 닿아 있는 경우 복부파열 질환(Ruptured abdominal disease)이 발생하며, *Vibrio* spp.에 의한 2차 감염을 야기하여 폐사를 가중시켰다는 보고가 있다(Nie and Wang, 2004). 또한 이들 분비물의 지속적인 축적은 패각의 외형을 상하게 하여 상품가치를 떨어뜨린다(Kent, 1979, 1981). 이러한 패각 천공은 3가지 기작에 의해 이루어지는 것으로 밝혀졌다(Blake and Evans, 1973). 첫째는 기질을 녹이기 위한 산성 물질을 특수 소화선에서 분비하는 화학적 기작, 둘째는 발달된 15번째 강모에 의한 물리적 기작, 그리고 마지막은 이 두 가지가 함께 작용하는 복합적 기작이다. 이 천공 기작은 패각 안쪽에 도달하게 하여 전복이 탄산칼슘 성분과 콘치올린 층을 분비하게 하여 *Polydora*와 격리된 blister를 형성한다. 이로 인해 이들 *Polydora*는 “mudworms” 혹은 blister worms”(Laucker, 1983)이라고도 불린다. 본 연구에서 양식 활전복의 *Polydora* 감염비율이 5～99%로 매우 다양하게 나타났는데, 감염률이 가장 낮은 보길도 백도리(5%) 지역과 감염률이 가장 높은 노화도 당산리(99%) 지역의 양식생산성 및 폐사율 차이는 없었다. 이는 천공성 다모류 감염으로 인해 양식생산량이 감소하고 폐사율이 증가한다는 기존의 연구와 상반되나(Lleonart *et al.*, 2003), *Polydora*가 10마리 이상 감염된 중감염 전복에서만 육중량이 감소한다는 연구(Kojima and Imajima, 1982)에서와 같이, 본 시료의 대부분이 경감염된 사실과 관계가 있을 것으로 생각된다. 그러나, 이들 지역이 특히 낮은 *Polydora* 감염률을 보이는 것에 대한 지리적, 환경적 분석은 추후 진행되어야 할 것으로 사료된다.

패류의 패각에 천공하는 *Polydora*s는 최근까지 재분리 및 정비가 이루어지고 있어(Blake, 1996), 분류가 매우 까다롭다. 실제로 1838년 *Polydora* Cf. *ciliata*로 동정된 시료가 최근 Isozyme pattern 분석을 통해 유사한 2종이 섞여 있음이 판명되기도 하였다(Manchenko and Radashevsky, 1998). 그러나 최근, 아열대 해역의 타이완에서 서식하는 *Polydora* 속의 5종에 대한 분류 검색표가 발표되고(Radashevsky and Hsieh, 2000), 일본과 한국의 패각 천공 다모류의 분류에 관한 연구가 이루어져(Sato-Okoshi *et al.*, 2012; Sato-Okoshi and Abe, 2012), *Poridora* spp.에 대한 형태학적 · 생태학적 이해가 넓어지고 있다. 본 연구에서 전복에서 분리된 패각 천공성 다모류는 형태학적 관찰을 통해, *Polydora uncinata*로 동정되었다. *P. uncinata*는 비교적 최근에 기술된 종으로, 1998년 일본의 굴, *Crassostrea gigas*에 심각한 피해를 입히는 것으로 보고된 후 연구가 이루어지기 시작하였다(Sato-Okoshi, 1998). 2005년에는 칠레의 양식 전복, *H. discus hannai*에 피해를 입히는 것으로 보고되었는데, 이 보고에는 일본의 굴이 칠레로 유입되면서 *P. uncinata*가 함께 유입되었을 가능성이 있다고 하였다(Radashevsky and Olivares, 2005). 우리나라의 경우, 2012년 굴에서 *P. uncinata*를 확인한 사례가 있어(Sato-Okoshi *et al.*, 2012), 본 연구에서 동정된 *P. uncinata*에 대한 분자생물학적 분석 후 확정 동정을 실시하여 최근 수년간 급격히 증가한 전복의 패각 천공성 다모류 감염에 대한 원인을 밝힐 필요가 있을 것으로 생각된다.

패각 천공성 다모류의 감염에 영향을 주는 인자들로는 계절, 수온, 오염, 패류의 건강도, 나이 등 다양한 요인이 제시되고 있다. 일반적으로 패류의 크기 및

나이에 비례하여 *Polydora* 감염빈도 및 감염강도가 증가하는데, Yanai *et al.*(1995)는 전복의 크기가 커질수록 감염빈도가 증가하며, 개체당 10마리 이상 감염될 경우 전복 연체부의 중량이 유의하게 감소한다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 전복 크기와 *Polydora* 감염률과의 상관성은 확인되지 않아, 다른 요인들에 대한 조사가 필요할 것으로 사료된다. 이 외에도 Simon *et al.*(2004)는 남아프리카공화국의 양식 전복, *H. midae*에 감염된 sabellid, *Terebrasabella heterouncinata*를 조사한 결과, 전복의 성장과 감염빈도 및 감염강도는 무관하다고 하였으며, 천공하는 기질과 해류 조건보다는 감염된 패류와의 co-habitation이 큰 영향을 미친다는 보고도 있다(Tinoco-Orta and Caceres-Martinez, 2003).

이들 패각 천공성 다모류가 양식업에 미치는 영향은 매우 커서, 구제방법에 관한 연구가 매우 절실한 현실이다. 몇몇 연구자들이 저온수 처리, 고온수 처리, 건조법 및 유기물을 섭취하는 *Polydora*의 생태를 이용한 microcapsules법 등이 검토되었으나(Handley and Bergquist, 1997; Diggles *et al.*, 2002; Simon *et al.*, 2010), 현장 적용 가능한 방법은 아직 찾지 못하고 있다.

앞으로 우리나라 전복 양식장에 감염되는 *Polydora* sp.의 확정 동정과 산란주기 및 감염 특성에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

패각 및 석회기질을 천공하는 것으로 잘 알려져 있는 *Polydora* 속(Polychaeta, Spionidae) 다모류는 종종 전복을 포함한, 상업적으로 중요한 패류에 침입하여 성장률 및 육중량 감소와 상품가치를 하락시키다. 2012년 우리나라 전복 가두리 양식장 10개소를 대상으로 패각 천공성 다모류의 감염현황을 조사한 결과, 활전복에서는 5～99%, 죽은 전복 패각에서는 5.3～70.3%의 감염률을 보였다. 이들 전복은 진주층으로 덮힌 blister 및 패각변형이 일어났으며 패각 표면에는 *Polydora*가 서식하는 도관(burrow)으로 연결된 2개의 구멍이 확인되었다. 여기에서 분리된 *Polydora*는 성체의 길이가 40mm 이상으로 검은 띠가 있는 두드러진 palps, 꼬리 말단부위의 원반형 pygidium 및 4개의 eyespots을 가지는 것이 특징적이었다. 본 연구는 우리나라 전복 가두리 양식장의 패각 천공성 다모류 감염현황에 대한 첫 보고이다.

감사의 글

전복 패각 천공성 다모류의 형태학적 분류에 도움을 주신 Dr. Radashevsky V.I.에게 감사드립니다. 본 연구는 국립수산과학원의 지원(전복가두리 양식생산성 향상 및 표준화 연구, RP-2013-AQ-185)으로 운영되었습니다.

참고문헌

Blake, J.A.: Family Spionidae Grube, 1850. (The Annelida, Part 3) In: Blake, J.A., Hibig, B., Scott, P.H.(eds.), Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel 6. Santa Barbara Muserum of Natural History. California, pp. 81-224, 1996.

Blake, J.A. and Evans, J.W.: *Polydora* and related genera as borers in mollusc shell and other calcareous substrates (Polychaeta; Spionidae). Veliger, 15:235-249, 1973.

Blake, J.A. and Kudenov, J.D.: The spionidae(polychaeta) from southeastern Australia and adjacent areas with a revision of the genera. Memoirs of the National Museum of Victoria, 39:171-280, 1978.

Bower, S.M., McGladdery, S.E. and Price, I.M.: Synopsis of infectious diseases and parasites of

commercially exploited shellfish. Ann. Rev. Fish Dis., 4:1-199, 1994.

Clavier, J.: Infestationof *Haliotis tuberculata* shells by *Cliona celata* and *Polydora* species. In: Shepherd, s.A., Tegner, M.J., Guzman del Proo, S.A.(Eds), Abalone of the world, biology, Fisheries and Culture-Supplementary Papers. Proceedings of the 1st International Symposium on Abalone, La Pez, Mexico, 21-25 November, pp. 16-20, 1989.

Diggles, B.K., Hine, P.M., Handly, S.J. and Boustead, N.C.: A handbook of diseases of importance to aquaculture in New Zealand. NIWA Sci. & Tech. Ser., 49:1-200, 2002.

Grindley, R.M., Keogh, J.A. and Friedman, C.S.: Shell lesions in New Zealand *Haliotis* sp.(Mollusca, Gatropoda). J. shellfish Res., 17:805-811, 1998.

Handley, S.J. and Bergquist, P.R.: Spionid polychaete infestations of intertidal pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg), Mahurangi Harbour, northern New Zealand. Aquaculture 153:191-205, 1997.

Kent, R.M.L.: The influence of heavy infestations of *Polydora ciliata* on the flesh content of *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. UK., 59:289-297, 1979.

Kent, R.M.L.: the effect of *Polydora ciliata* on the shell strength of Mytilus edulis. J. du Conseil Int. pour l'Exploration de la Mer., 39:252-255, 1981.

Kojima, H. and Imajima, M.: Burrowing polychaetes in the shells of abalone *Haliotis diversicolor aquatilis* chiefly on the species of *Polydora*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48:31-35, 1982 (In Japanese with English summary).

Lauckner, G.: Diseases of mollusca bivalvia. In: Kinne, O.(Ed.), Diseases Marine Animals, vol. Ⅱ. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg, pp. 477-1038, 1983.

Lleonart, M., Handlinger, J. and Powell, M.: Spionid mudworm infestation of farmed abalone (*Haliotis* spp.). Aquaculture, 221:85-96, 2003.

Manchenko, G.P. and Radashevsky, V.I.: Genetic evidence for two sibling species within *Polydora* cf. *ciliata*(Polychaeta: Spionidae) from the Sea of Japan. Mar. Biol., 131:489-495, 1998.

Martin, D. and Britayev, T.A.: Symbiotic polychaetes: review of known species. In A.D. Ansell *et al.*(eds.), Oceanogra. & mar. biol.: an annual review, vol. 36. London: University College London Press, pp. 217-340, 1998.

Mohammad, M.-B.M.: Infestation of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* (Linne) by a new species of *Polydora* in Kuwait, Arabian Gulf. Hydrobiologia, 39:463-477, 1972.

Nie, Z. and Wang, S.: The status of abalone culture in China. J. shellfish Res., 23:941-945, 2004.

Okoshi, K. and Sato-Kokoshi, W.: Biomineralization in molluscan aquaculture-growth and disease. Bull. l'Ins. Oceanogr., Monaco, 14:151-169, 1996.

Radashevsky, V.I. and Hsieh, H.L.: *Polydora*(Polychaeta: Spionidae) species from Taiwan. Zool. Stud., 39: 203-217, 2000.

Radashevsky, V.I. and Olivares, C.: *Polydora uncinata* (Polychaeta: Spionidae) in chile: an accidental transportation across the Pacific. Biol. Inv., 7:489-496, 2005.

Rainer, S.: *Polydora* and related genera(Polychaeta:

Spionidae) from Otago waters. J. proc. Roy. Soc. New Zealand, 3:545-564, 1973.

Read, G.B.: Systematics and biology of polydorid species(Polychaeta: Spionidae) from Wellington Harbour. J. Proc. Roy. Soc. New Zealand, 5:395-419, 1975.

Rossella, B. and Otello, G.: *Polydora ciliata* shell infestation in *Tapes philippinarum* Manila clam held out ouf the substrate in the Adriatic sea, Italy. J. Invert. pathol., 79:197-198, 2002.

Sato-Okoshi, W.: Three new species of polydorids (Polychaeta, Spionidae) from Japan. Species Diversity, 3:277-288, 1998.

Sato-Okoshi, W. and Abe, H.: morphological and molecular sequence analysis of the harmful shell boring species of *Polydora*(Polychaeta: Spionidae) from Japan and Australia. Aquaculture, 368-369:40-47, 2012.

Sato-Okoshi, W., Okoshi, K., Koh, B.S., kim, Y.H. and Hong, J.S.: Polydorid species(Polychaeta: Spionidae)associated with commercially important mollusk shells in Korean waters. Aquaculture, 350-353, 82-90, 2012.

Sato-Okoshi, W., Okoshi, K. and Shaw, J.: Polydorid species (Polychaeta, Spionidae) in southwestern Qustralian waters with special reference to *Polydora uncinata* and *Boccardia knoxi*. J. Mar. Biol. Asso.(UK), 88:491-51, 2008.

Shepherd, S.A.: Studies on southern Australian abalone(genus *Haliotis*): 1. Ecology of five sympatric species. Australian J. Mar. Freshwater Res., 24:217-257, 1973.

Simon, C.A., Bentley, M.G. and Caldwell, G.S.: 2,4-Decadienal: exploring a novel approach for the control of polychaete pests on cultured abalone. Aquaculture, 310:52-60, 2010.

Simon, C.A., Kaiser, H. and Britz, P.J.: Infestation of the abalone, *Haliotis midae*, by the sabellid, *Terebrasabella heterouncinata*, under intensive culture conditions, and the influence of infestation on abalone growth. Aquaculture, 232:29-40, 2004.

Simon, C.A., Ludford, A. and Wynne, S.: Spionid polychaetes infesting cultured abalone, *Haliotis midae*, in South Africa. African J. Mar. Sci., 28:167-171, 2006.

Stephen, D.: Mud blister formation by *Polydora ciliata* in the Indian backwater oyster *Crassostrea madrasensis*(Preston). Aquaculture, 13:347-350, 1978.

Tinoco-Orta, G.D. and Caceres-Martinez, J.: Infestation of the clam *Chione fluctifraga* by the burrowing worm *Polydora* sp. nov. in laboratory conditions. J. Invert. Pathol., 83:196-205, 2003

Yanai, T., Takagi, H. and Nihira, Akira.: Infestation of the Japanese Abalone Haliotis discus hannai INO by the Boring Polychaetes, Polydora, in the coast of Ibaraki Prefecture, East Japan. 茨城水試研報, 33:119-125, 1995.

목포지방해양수산청: 난류계 까막전복 육상수조식 양식시험보고서. ISBN 89-90801-20-6, p56, 2005.

Manuscript Received : October 10, 2013
Revised : December 03, 2013
Accepted : December 04, 2013