

보령과 홍성 갯벌에 착저한 썩 2종(*Upogebia major* and *Austinogebia wuhsienweni*)의 성장

송재희, 안현미, 정희도, 정상옥, 강희웅*

국립수산과학원 서해수산연구소 갯벌연구센터

Growth of two mud shrimps (*Upogebia major* and *Austinogebia wuhsienweni*) settled in Boryeong and Hongseong tidal flat

Jae-Hee Song, Hyun-Mi Ahn, Hee-Do Jeung, Sang-Ok Chung and Hee-Woong Kang*

Tidal Flat Research Center, West Sea Fisheries Research Institute, Gunsan 54001, Republic of Korea

*Corresponding author

Hee-Woong Kang
Tel. 063-472-8601
E-mail. hwgang@korea.kr

Received: 18 June 2019

Revision accepted: 18 June 2019

Abstract: The purpose of this study was to investigate the initial growth, burrowing depth, and relative growth of mud shrimps (*Upogebia major* and *Austinogebia wuhsienweni*), living in damaged high density tidal flat shellfish farms from 2008 in the Western coast of Korea. By August, young mud shrimps (*Upogebia major*), which had settled down on the tidal flats in early May, grew to more than 10 mm in carapace length (CL). At the end of the first year, their CL and total length (TL) increased to 14.21 mm and 42.28 mm, respectively. The inhabiting depth of the young mud shrimps (*Upogebia major*) increased rapidly up to about 6 months after stocking (5 cm in July, 12.5 cm in September, and 28 cm in November, respectively). The inhabiting depth of adult mud shrimps in their burrows was about 10–93 cm during the year. As results, the analysis of the relative growth between the carapace length (CL) - the total length (TL) and the CL - total wet weight (TWW), the total wet weight of mud shrimps at Boryeong Saho (inner part of the Cheonsu-bay) was estimated to be 1.2–4 g heavier than those of Boryeong Jugyo (Outer part of the Cheonsu-bay) tidal flat. The young mud shrimps primarily grew from April to October. It is therefore crucial to observe whether the settlement of young mud shrimps on tidal shellfish farms from May to June to minimize the damage of shellfish farms by newly stocked young mud shrimps. In addition, it is recommended that young mud shrimps grown in fisheries be harvested before they dig deep into the sediment until early December.

Keywords: inhabiting depth, relative growth, Jugyo, shellfish farm

서 론

최근 수년간 한국 서해안 갯벌에서 가장 큰 관심사 중의 하나는 바지락 등 패류양식에 큰 어려움을 주고 있는 썩

Upogebia major (de Haan 1841)의 대량 발생 현상이다. 썩은 절지동물문(Phylum Arthropoda), 갑각아문(Subphylum Crustacea), 연갑강(Class Malacostraca), 십각목(Order Decapoda), 썩과(Family Upogebiidae), 썩속(Genus

Upogebia)에 포함되는 갑각류이다. 이 쪽과(Upogebiidae)는 다시 13속(genus)으로 나누어지며 전 세계적으로 170종(species)이 보고되어 있다(Hong 2013; WoRMS 2018). 쪽은 조간대의 펄 갯벌에서 Y자 모양의 굴을 만들고 살면서 해수 중의 먹이를 걸러먹는 여과식자이다. 쪽의 굴은 전형적으로 두 개의 구멍이 연결되어 있으며, 쪽의 최대 몸길이는 약 10~11 cm이고 후각과 촉각 신호를 통해 구애 행동을 한다. 암수딴몸으로 대개 간접적인 방법으로 정자를 암컷에 전달하는 것으로 알려져 있다(Holthuis 1991). 쪽은 한국 서·남해안 갯벌에서 오래전부터 서식해 왔지만 본격적으로 주목을 받게 된 것은 2010년 봄에 충남 보령시 소재 주교 갯벌에서 서식면적이 급속히 확대되면서 바지락 종패생산에 큰 차질을 겪게 되었기 때문이다. 보령 지역의 피해에 앞서 서해안 갯벌 패류양식 중요 지역 중의 한 곳인 인천광역시 옹진군의 선재리 갯벌에서도 2008년에 갑작스럽게 쪽이 대량 발생하면서 바지락 생산량이 큰 폭으로 감소하였다. 쪽의 대량 발생으로 인해 보령 주교어촌계는 바지락 생산량이 2009년에 1,734 톤에서 2011년에 88.9 톤으로, 인천 선재도어촌계도 2009년에 비해 약 1/5 수준으로 각각 감소한 바 있다(NIFS 2012).

쪽류에 대한 연구는 서식 분포(Hornig *et al.* 1989; NIFS 2013; Hong and Lee 2014; WoRMS 2018), 생식 생태(Holthuis 1991), 탈피(Hornig *et al.* 1989), 형태적 특징(Hornig *et al.* 1989), 분류(NFRDI 2014; Lee *et al.* 2014), 생활사(Kinoshita *et al.* 2003), 성숙(Hornig 1989; Kinoshita *et al.* 2003), 여과 능력(Dworschak 1981; Griffen *et al.* 2004), 퇴적물의 지화학적 특성(Webb and Eyre 2004; D'Andrea and DeWitt 2009), 정착성 패류의 착저기 유생기와 치패 단계의 영향(Dumbauld *et al.* 1996), LED 파장별 행동 특성(Jang *et al.* 2017) 등 주로 서식환경과 생태특성에 집중된 경향이 있다. 한편, 어류의 먹이로서 이용(Xue *et al.* 2004; Kamura and Hashimoto 2004), 낚시용 미끼(Hornig *et al.* 1989), 효소가수분해물의 면역증강과 혈관 염증에 대한 효과(Kim *et al.* 2018; Lee *et al.* 2018) 등 이용 측면의 연구도 국내·외적으로 추진된 바 있다.

충남 홍성지역에서 가시이마쪽(*Austinogebia wuhsienweni*)의 서식이 국내 최초로 보고(Lee *et al.* 2014) 되기 전까지 어업인들은 가시이마쪽을 ‘쪽’으로, 쪽은 ‘왕쪽’이라고 불렀다(NIFS 2014). 가시이마쪽은 액각 전면의 가시, 수컷의 제1가슴다리 안쪽 연결부의 돌출부, 제1가슴다리 발가

락 바깥 표면에 10~12개의 작은 알갱이들이 이어져 산맥처럼 이어져 있는 형태적 특징이 있어 쪽(*U. major*)과 구별된다(Lee *et al.* 2014). 쪽과 가시이마쪽은 동일지역에 서식하는 경우도 있지만 쪽이 가시이마쪽에 비해 좀 더 해안선에 가까운 고노출 지점에서 서식하며, 서식지점의 퇴적물의 입도조성과 토양의 경도, 서식 깊이에는 차이가 있다(Song unpublished). 본 연구는 쪽류의 고밀도 서식으로 인해 피해를 입고 있는 바지락 등 갯벌 패류양식장에서 쪽과 가시이마쪽이 갯벌에 착저한 다음 성장과 서식 깊이 변동 특성 등을 구명하여 어업현장에서 양식장 내 쪽의 제거를 위한 적정 시기 선정 등에 활용할 수 있는 생태적 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 갯벌 착저 후 쪽의 초기 성장 및 시기별 서식 깊이

서해안 갯벌 패류양식장에 고밀도로 서식하여 바지락 등 잠입성 패류와 공간 경쟁 등으로 피해를 주고 있는 쪽과 가시이마쪽의 연중 적정 제거 시기에 대한 기초자료 확보를 위하여 부유 유생기를 거쳐 갯벌에 가입한 어린 쪽의 크기와 서식 깊이를 약 1년 동안 매월 조사하였다.



Fig. 1. Map showing the sampling areas. *Upogebia major* and *Austinogebia wuhsienweni* were collected from Boryeong and Hongseong, respectively.

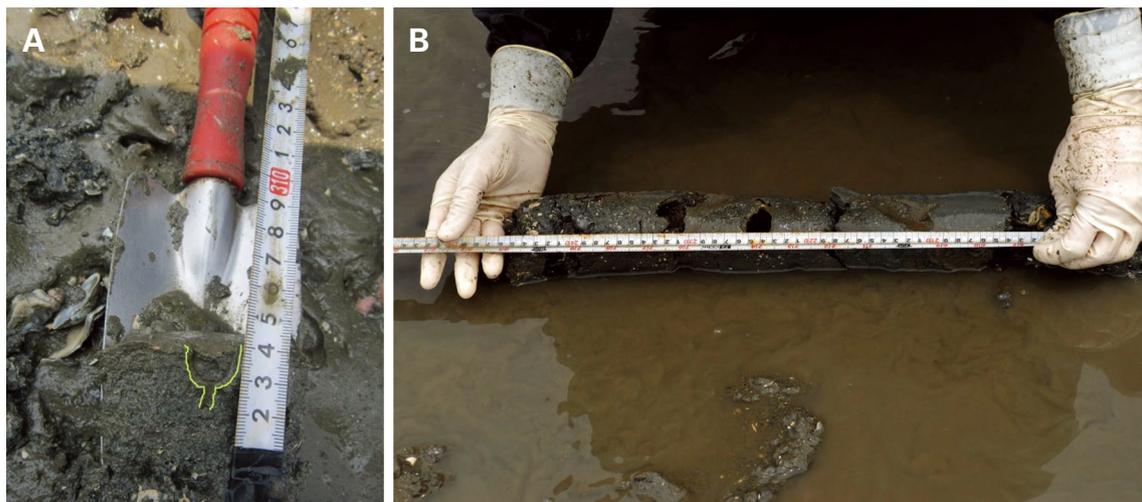


Fig. 2. Measurement of the mud shrimps burrows depths. A: About a month after young mud shrimps was stocked on tidal flat (2013. 6. 21., Boryeong); B: Adult mud shrimp that settled at least 1 year before (2014. 5. 20., Boryeong).

쪽은 충남 보령시 천북면 사호리 갯벌(Saho)에서는 2013년 8월부터 2014년 8월까지, 보령시 주교면 송학리 갯벌(Jugyo)에서는 2014년 5월부터 2015년 5월까지 각각 당년에 착저한 어린 쪽의 크기(두흉갑장, 전장, mm)와 서식 깊이(cm)를 조사하였다(Fig. 1). 쪽의 서식 깊이가 지표로부터 20 cm 이내일 때에는 꽃삽 또는 농사용 삽을 이용하여 쪽 굴이 파괴되지 않으며 굴 안에 있는 쪽의 위치가 훼손되지 않도록 1마리씩 채집하였다. 쪽이 성장하여 서식 깊이가 20 cm 이상인 때에는 농사용 삽 또는 자체 제작한 채집기(원통형코어: 지름 10 cm, 길이 1 m, 또는 사각형코어: 10 cm × 10 cm, 길이 1 m)를 이용하여 채집하였다. 쪽의 서식 깊이는 갯벌 표면으로부터 굴 안에 있는 쪽의 상단 끝부분까지의 직선거리를 막대자 또는 줄자로 소수점 첫째자리(cm)까지 측정하였다(Fig. 2). 가시이마쪽은 2014년 7월부터 2015년 9월까지 충남 홍성군 서부면 상황리 갯벌(Sanghwang)에서 매월 조사를 실시하였다. 서식 깊이가 쪽에 비해 얇은 가시이마쪽은 갯벌 표층으로부터 15~30 cm까지 농사용 삽을 이용하여 1마리씩 채집하며 쪽과 동일한 방법으로 크기(두흉갑장, 전장, mm)와 서식 깊이(cm)를 조사하였다.

2. 쪽과 가시이마쪽의 상대성장

쪽은 2013년부터 2015년까지 충남 보령시 주교면 송학리 갯벌(주교 갯벌, Jugyo)과 보령시 천북면 사호리 갯벌(사호 갯벌, Saho)에서 채집한 총 5,382마리를 분석하였

다. 가시이마쪽은 2014년부터 2015년까지 충남 홍성군 상황리 갯벌에서 채집한 총 1,281마리의 시료를 이용하였다. 성장과 서식 깊이 조사를 위하여 쪽은 착저 후 1년까지는 삽으로 파서, 그 이후에는 자체 제작한 원통형코어(지름 10 cm, 길이 1 m)를 이용하여 채집하였고, 가시이마쪽은 깊이 15~30 cm까지 삽으로 파서 채집하였다. 쪽과 가시이마쪽의 두흉갑장(CL, mm)과 전장(TL, mm)은 버어니어 캘리퍼스(Mitutoyo, Japan)를 이용하여, 습전중량(TWW, g)은 전자저울(Sartorius, Germany)을 이용하여 소수점 둘째자리까지 측정하였다. 쪽의 두흉갑장(CL; Carapace Length)과 전장(TL; Total Length), 두흉갑장과 습전중량(TWW; Total Wet Weight)의 관계는 단변량 단순 선형 회귀모형을 적용하여 분석하였다.

3. 통계처리

각 조사항목들에서 두 집단 간의 통계적 유의차 여부는 통계 프로그램(Microsoft Excel, Ver. 14.0)을 이용하여 평균에 대한 분산 분석(One-way ANOVA) 등을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 갯벌 착저 후 쪽의 초기 성장 및 시기별 서식 깊이

1) 착저 후 쪽의 초기 성장

2013년에 천수만 내측에 위치하는 충남 보령시 사호리

갯벌(Saho)에서 당년산 쪽은 8월에 두흉갑장과 전장이 각각 5.3 mm, 15 mm이었고, 다음해인 2014년 1월에는 두흉갑장과 전장이 각각 12.6 mm, 36.4 mm로 성장하였다. 착저 후 약 1년이 경과한 2014년 6월에는 2013년에 착저한 쪽이 두흉갑장 14.3 mm, 전장 41.7 mm까지 성장하였고, 7월부터는 두흉갑장 6.0 mm, 전장 17 mm의 당년산 쪽이 다시 채집되기 시작하였다(Fig. 3a, b). 천수만의 입구에 위치하는 보령시 주교면 송학리 갯벌(Jugyo)에서는 2014년 5월 20일에 두흉갑장 1.78 mm, 전장 3.17 mm의 당년산 쪽이 10월 10일에 두흉갑장 13.04 mm, 전장 38.2 mm로 성장하였다. 겨울철인 11월부터 1월 하순까지는 쪽이 거의 자라지 않았고, 2월 이후에 다시 서서히 성장하기 시작하여 갯벌에 착저 후 만 1년이 경과한 2015년 5월 초순에 두흉갑장과 전장이 각각 14.21 mm, 42.28 mm 까지 도달하였다(Fig. 3c, d). 2013년과 2014년에 보령지역에서 부유 유생기를 거친 어린 쪽이 갯벌에 착저하는 시기는 5월 초순부터 중순 무렵이다(NIFS 2016). 본 연구기간 중 동일한 시기에 두 지역에서 조사를 실시하지는 않았지만 같은 시기별로 쪽의 평균 전장을 비교한 결과, 천수만 내측의 사호리 갯벌(Saho)에 비해 천수만 입구인 주교면 송학리 갯벌(Jugyo)에서 당년산 쪽의 성장이 다소 빠른 경향을 보였다. 당년산 쪽의 시기별 월간 성장을 2개월 간격으로 이동 평균에 의해 검토한 결과, 보령지역에서 착저 이후 쪽의 주 성장기는 4월부터 10월 사이였다(Fig. 3e). 보령시 송학리 주교 갯벌(Jugyo)에서 부화한 어린 쪽이 갯벌에 착저한 것을 처음 발견한 것은 2012년 6월 4일이었다. 이때 쪽의 전장은 5~10 mm였는데, 6월 초순에 쪽의 크기(전장)가 약 10 mm 정도임을 감안하여 보령지역 갯벌에서 어린 쪽은 5월 중순에서 하순 사이에 이미 착저한 것으로 추정된 바 있다(NIFS 2016). Kinoshita *et al.* (2003)은 일본 토쿄만에서 어린 쪽의 착저 시기가 수온 8~11°C인 5월이라고 보고한 바 있는데, 갯벌에 쪽이 상시 서식하는 보령시 송학리 연안에서 4월 초순부터 5월 하순 사이의 해수 온도가 7.4~13°C로 일본 토쿄만과 비슷한 환경임을 고려할 때, 어미의 복부에 외포란 상태로 겨울을 지나는 어린 쪽의 부화는 4월 하순부터 5월 초순 사이에 이루어지는 것으로 추정되고 있다(NIFS 2016). 따라서 매년 쪽 서식으로 인해 어려움을 겪고 있는 갯벌 패류양식 어업인의 관점에서는 겨울을 지나 외포란 상태의 알이 부화하기 전인 4월 이전에 알을 가진 어미 쪽의 포획 방안을 적극 검토해 볼 필요가 있는 것으로 판단된다.

2) 시기별 쪽과 가시이마쪽의 서식 깊이

쪽이 갯벌에 착저한 후 성장에 따른 서식 깊이는 2014년 7월부터 2015년 9월까지 보령시 주교면 송학리 갯벌(Jugyo)에서 매월 평균 약 54마리씩 총 757마리를 1마리씩 채집하며 조사하였다.

당년에 착저한 쪽(두흉갑장 25 mm 이하)의 서식 깊이는 2014년 7월, 9월 및 11월에 각각 5 cm, 12.5 cm, 28 cm로 빠르게 증가하였다. 2014년 12월부터 2015년 7월 사이에는 평균 서식 깊이가 14.2~25.3 cm를 유지하였으나 여름철에 기온과 수온이 상승하면서 2015년 8월부터는 30 cm 이상으로 깊어졌다(Fig. 4a). 어린 쪽의 크기(CL, mm)와 서식 깊이와의 관계를 분석해 본 결과, 8월부터 이듬해 2월 사이에 두흉갑장이 10~15 mm 내외로 자라면서 쪽의 서식 깊이가 30~40 cm까지 빠르게 깊어지는 경향을 보였다(Fig. 4b). 본 연구결과, 당년산 쪽은 갯벌에 착저한 후 약 3개월이 지나면 서식 깊이가 10 cm 이상 깊어져 착저한 지점에 안정적으로 정착하는 것으로 나타났다. 따라서, 어린 쪽이 대량 정착하여 바지락 등 갯벌 패류양식장에 영향을 주는 것을 줄이기 위해서는 8월부터 12월 사이에 어린 쪽을 잡아내기 위한 다양한 노력이 필요할 것으로 판단된다. 한편, 시기별 풍속이 어린 쪽의 착저 후 안정적인 정착에 미치는 영향이 조사된 바는 없으나 2013년 7월에 보령 주교 갯벌에서 쪽 제거 경운작업의 실시, 잦은 강풍 노출 등으로 착저했던 어린 쪽의 50% 이상이 자연 소멸된 바 있었고, 천수만 내측에 위치하여 강풍의 영향이 적고 저질조성이 자갈질이었던 갯벌(Saho)에서는 어린 쪽이 대량 발생하였던 사례(NIFS 2016)를 볼 때, 5월부터 8월까지의 해황(강풍에 의한 저질 교란의 횟수와 강도)은 당년산 쪽 가입의 정도에 매우 중요한 환경요인인 것으로 판단된다.

보령시 주교면 송학리 갯벌(Jugyo)에서 2014년 1월부터 4월에 어미 쪽의 서식 깊이는 36.4~37.7 cm로 비교적 얇게 유지되다가 수온이 상승하는 5월부터 깊어지기 시작하였다(Fig. 4c). 2014년 7~9월에는 농업용 삽과 채집기(Corer)를 이용하여 쪽 채집을 시도했으나 한 마리도 잡을 수가 없었으며, 두흉갑장 22~36 mm (평균 28.50 mm)인 어미 쪽의 연중 서식 깊이는 10~93 cm이었다(Fig. 4c, d). 7~9월에 농업용 삽이나 코어형 채집장비로 쪽이 잡히지 않은 것은 높은 기온 및 수온과의 관련성을 추론해 볼 수 있다. 이는 어미 쪽의 굴 깊이가 토쿄만 갯벌에서 208 cm까지 보고된 점(Kinoshita 2002)과, 어미 쪽이 연중 가장 얇게 갯벌 표층 가까이 올라오는 시기가 충남 보령지역

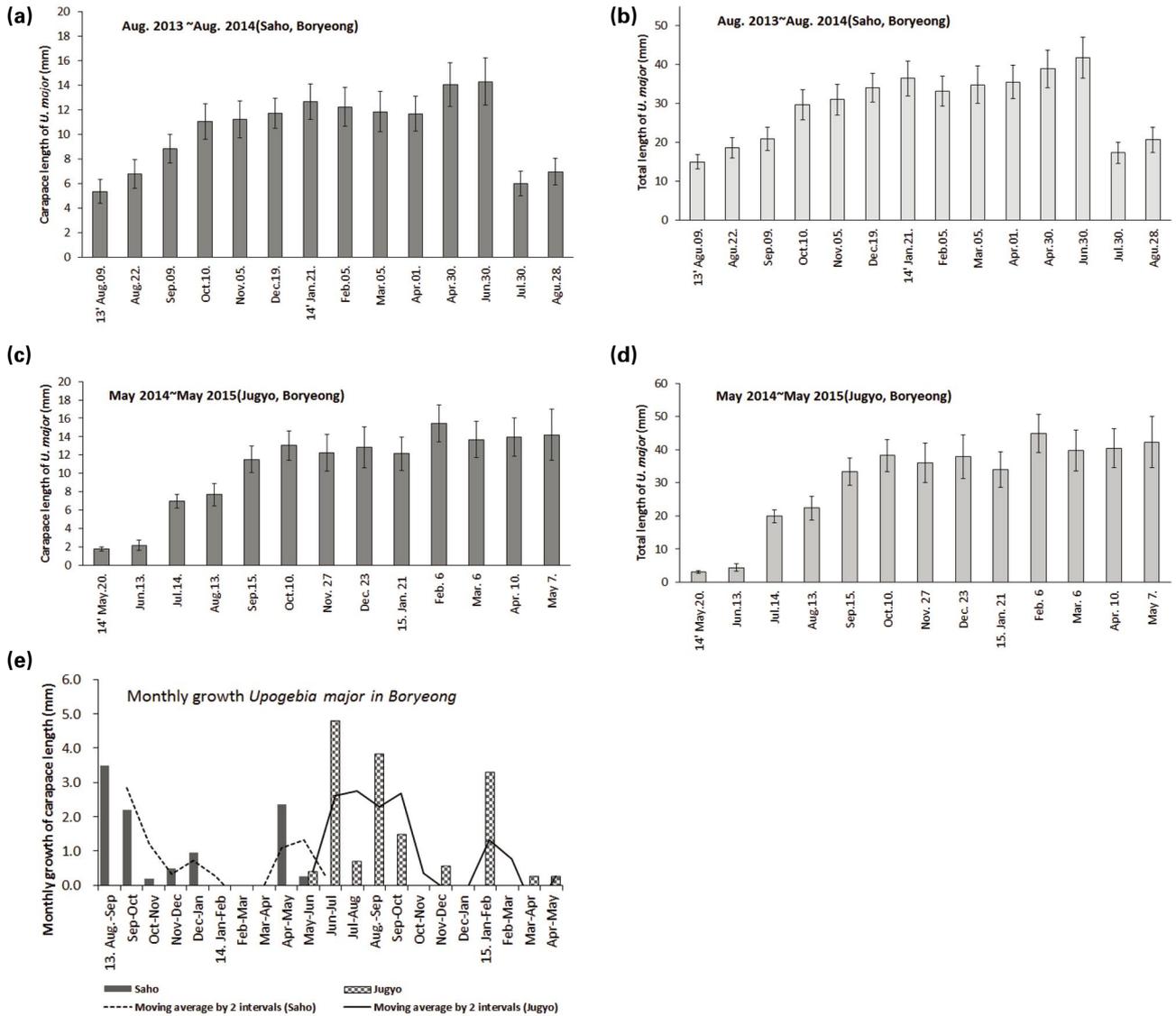


Fig. 3. Growth of the 0–1 year old mud shrimp (*Upogebia major*) in Boryeong tidal flat. Where, (a) and (b) were measured at Saho from August 2013 to August 2014, and (c) and (d) were measured at Jugyo from May 2014 to May 2015. (e) shows the major growing season of *Upogebia major* in Boryeong area.

연안 수온이 10~12°C인 3~4월과 10월 중순~11월 하순 인 점을 고려할 때, 수온이 25°C 이상으로 상승하는 여름철(7~9월)에는 더위를 피하기 위해 쪽들이 표층으로부터 1m 이상 깊게 굴속으로 들어가 서식할 가능성이 크다. 따라서, 여름철에 깊이 1m 이상 서식하는 쪽의 서식 깊이 등 좀 더 정확한 서식생태를 알기 위해서는 깊이 2m 이상의 core형 채집 장비 등 효과적인 채집방법을 고안할 필요성이 있다. 본 연구결과와 보령지역 어미 쪽의 시기별 평균 서식 깊이 면에서 1차 제거 적기는 쪽들이 표층에 가장 가까

워지는 3월부터 5월 초순이, 2차 적기는 10월 중순부터 12월 초순으로 판단된다.

미국 Oregon주의 Yaquina estuary에서는 푸젯쪽과 이들이 서식하는 굴(burrow)에 의해 만 전체의 해수가 하루에 한번 이상 여과가 가능하며, 동일지역 내 서식하는 굴(*Crassostrea gigas*)과 푸젯쪽이 식물플랑크톤 크기의 입자를 비슷한 효율로 이용하고 있어 서로 먹이경쟁을 하고 있음을 보여준 바 있다(Griffen et al. 2004). 본 연구에서도 천수만 입구의 송학리 주교 갯벌에 비해 천수만 중앙부에 위

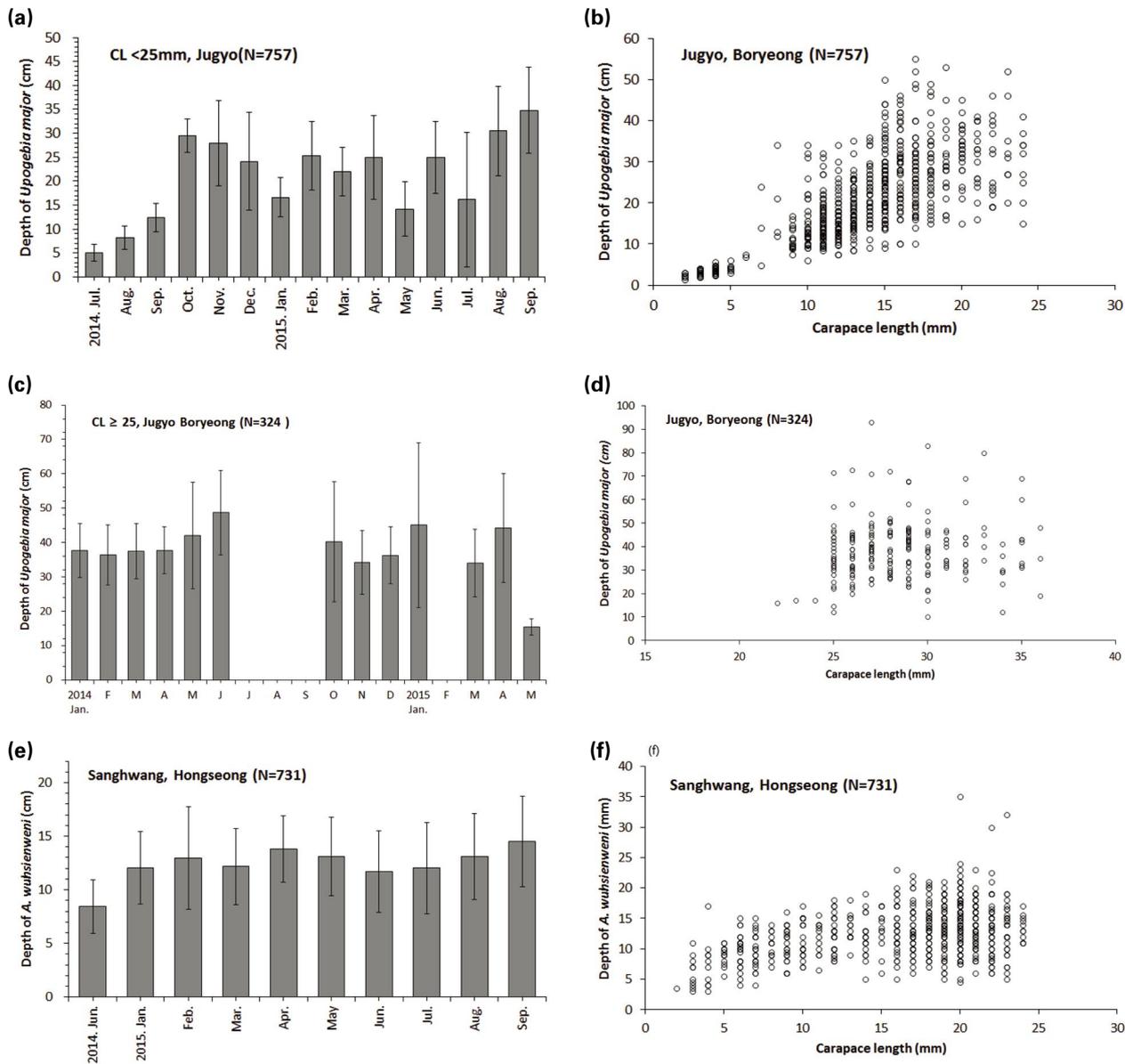


Fig. 4. Monthly average and range of inhabitation depth of mud shrimp *Upogebia major* at Boryeong, and those of *Austinogebia wuhsienweni* at Hongseong from January 2014 to September 2015. Where, (a), (b), (c) and (d) show the depth of *Upogebia major*, (e) and (f) show the depth of *Austinogebia wuhsienweni*.

치하는 천북면 사호리 갯벌에 서식하는 쪽의 습전중량이 유의적인 차이는 아니지만 다소 높게 나타난 결과는 두 지점 사이에 식물플랑크톤 등 먹이환경, 동일 공간에 서식하는 바지락 및 유사한 여과식자들과 쪽 사이에 복잡한 먹이 경쟁과 공간경쟁이 다르게 진행됨으로써 생태계뿐 아니라 패류양식 등 산업적으로도 영향을 주고 있음을 간접적으로 암시해 주는 것으로 판단된다(Song 2018).

홍성군 서부면 상항리 갯벌(Sanghwang)에서 2014년 6

월과 2015년 1월부터 9월까지 총 731마리의 가시이마쪽을 채집하며 서식 깊이를 조사한 결과, 가장 깊은 경우가 35 cm이었고, 월평균 서식 깊이는 11.7 cm(6월)~14.5 cm(9월)이었다. 두흉갑장 15 mm 이하의 어린 개체들은 대개 20 cm 보다 얇게 서식하였고, 두흉갑장 15~25 mm의 어미들도 극히 일부 개체들을 제외하고는 서식 깊이가 25 cm 이하였다(Fig. 4e, f). 두흉갑장 25 mm 이상인 쪽(*U. major*)의 굴(burrow)은 U자형 부분까지의 깊이가 30 cm 이상이고

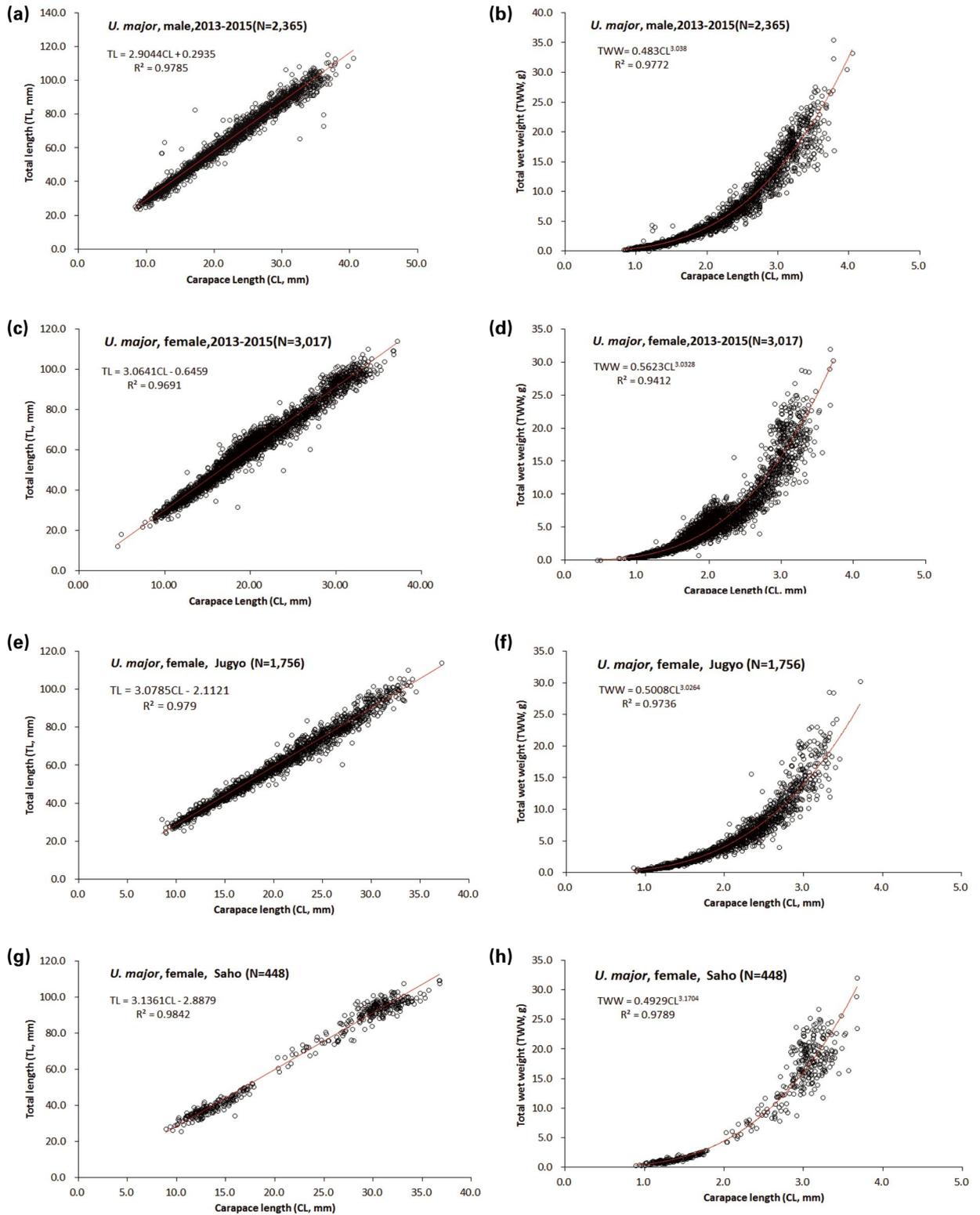


Fig. 5. Results of relative growth analysis between carapace length (CL) and total length (TL), and between CL and total wet weight (TWW) of mud shrimp (*Upogebia major*) in Boryeong area from 2013 to 2015. Where, (a) and (b) presents the results of 2,365 *Upogebia major* males; (c) and (d) presents the results of 3,017 *Upogebia major* females; (e) and (f), (g) and (h) presents the results of Jugyo ($n = 1,756$) and Saho ($n = 448$), respectively.

땅속으로 거의 수직으로 내려가지만 (Kinoshita 2002), 본 연구에서 가시이마쪽의 굴은 대부분 지면에서 땅속으로 수직방향이 아닌 비스듬하게 들어가는 경우가 많았다. 가시이마쪽과 동일 속의 *Austinopecten edulis*의 굴은 깊이가 1 m 이상이며, 캐내었을 때 굴을 둘러싸고 있는 진흙 덩어리의 맨 위 입구부분의 직경이 4~5 cm로 좁지만 아래로 내려가면서 넓어져 약 30 cm 깊이 굴의 바닥부에서는 20~25 cm로 마치 굴뚝 모양이라고 보고한 바 있다 (Das et al. 2017). 그러나 본 연구에서 관찰한 가시이마쪽의 굴은 입구와 채취지점(깊이 약 15~30 cm)의 직경이 1.5~2.5 cm로 비슷하였다. 따라서, 단순히 서식 깊이와 굴의 구조만으로 볼 때 가시이마쪽은 연중 어느 때라도 비교적 쉽게 농업용 삽 등으로 제거 또는 채취가 가능할 것으로 판단된다.

2. 쪽과 가시이마쪽의 상대성장

1) 쪽의 상대성장

2013년부터 2015년까지 충남 보령시 주교면 송학리 갯벌과 보령시 천북면 사호리 갯벌에서 총 5,382마리의 쪽을 채집하였으며, 암·수 마리 수는 각각 3,017마리, 2,365마리로 성비 (male : female)는 1 : 1.276이었다. 수컷 쪽 전체 (2,365마리)를 대상으로 두흉갑장 (CL)-전장 (TL), 두흉갑장-습전중량 (TWW) 사이의 상대성장을 분석한 결과는 각각 Fig. 5a, b 및 Table 1의 관계식 (1), (2)와 같다. 또한, 암컷 쪽 전체 (3,017마리)를 대상으로 하여 분석한 두흉갑장 (CL)-전장 (TL), 두흉갑장-습전중량 (TWW) 사이의 상대성장은 각각 Fig. 5c, d 및 Table 1의 관계식 (3), (4)와 같다.

암·수 모두 두흉갑장-전장, 두흉갑장-습전중량 사이의

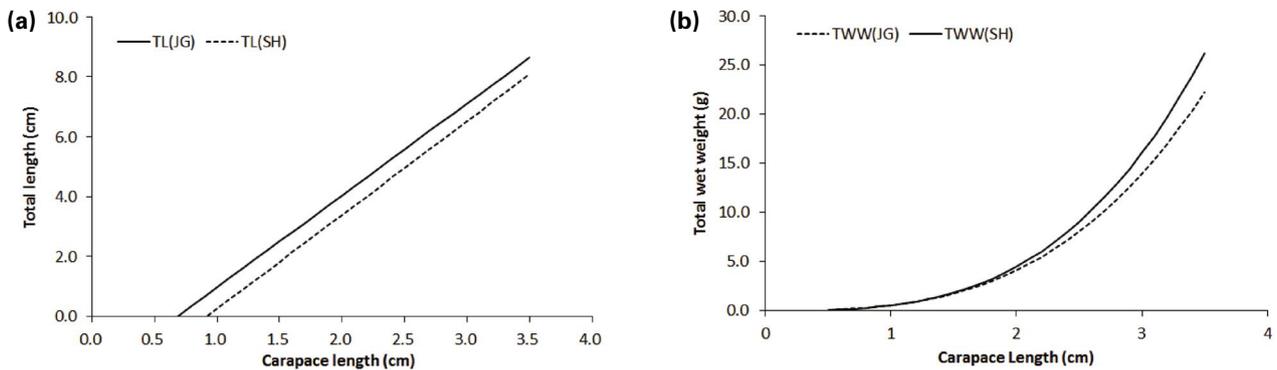


Fig. 6. Comparison of relative growth of mud shrimp (*Upogebia major*) between Boryeong Saho (SH: inner part of Cheonsu Bay) and Jugyo (JG: Outer part of Cheonsu Bay) by predicted total wet weight redrawn using equation (5) to (8) in Table 2. Where, (a) was redrawn using equation (5) and (7); (b) was redrawn using equation (6) and (8), respectively.

Table 1. The relative growth of carapace length (CL) - total length (TL), and carapace length (CL) - total wet weight (TWW) of male and female mud shrimps (*Upogebia major*) sampled from the Boryeong tidal flat, west coast of Korea from 2013 to 2015

Relative growth	Coefficient of determination (r^2)	No. of samples	Equation No.
TL (σ^7) = 2.9044CL + 0.2935	0.979	2,365	(1)
TWW (σ^7) = 0.483CL ^{3.038}	0.977	2,365	(2)
TL (φ) = 3.0641CL - 0.6459	0.969	3,017	(3)
TWW (φ) = 0.5623CL ^{3.0328}	0.941	3,017	(4)

Table 2. The relative growth of carapace length (CL) - total length (TL) and carapace length (CL) - total wet weight (TWW) of female mud shrimps (*Upogebia major*) in Boryeong Jugyo (JG) and Boryeong Saho (SH) tidal flat from 2013 to 2015

Relative growth	Coefficient of determination (r^2)	No. of samples	Equation No.
TL (JG φ) = 3.0785CL - 2.1121	0.979	1,756	(5)
TWW (JG φ) = 0.5008CL ^{3.0264}	0.974	1,756	(6)
TL (SH φ) = 3.1361CL - 2.8879	0.984	488	(7)
TWW (SH φ) = 0.4929CL ^{3.1704}	0.979	488	(8)

상관관계는 매우 높았으며, 두흉갑장-습전중량 사이의 상관성은 유의적인 차이는 아니지만 수컷($r^2=0.977$)이 암컷($r^2=0.941$) 보다 좀 더 높은 것으로 나타났다.

서식환경에 따른 쪽의 상대성장에 차이 유무를 알아보기 위해 천수만 입구의 보령시 송학리 주교 갯벌(JG)에서 채집한 1,756마리의 암컷 쪽과, 천수만 내측의 보령시 사호리(SH) 갯벌에서 채집한 488마리 암컷 쪽의 두흉갑장-전장, 두흉갑장-습전중량 사이의 상대성장을 구하였다. 송학리 주교 갯벌 쪽의 상대성장은 각각 Fig. 5e, f 및 Table 2의 관계식(5), (6)과 같으며, 사호리 갯벌 쪽의 상대성장은 각각 Fig. 5g, h 및 Table 2의 관계식(7), (8)과 같다. 두 지역 쪽의 상대성장을 좀 더 명확히 비교하기 위해 Table 2의 상대성장식(5)~(8)에 1 mm 간격으로 5~35 mm까지

각각 두흉갑장을 대입하여 전장(predicted TL)과 습전중량(predicted TWW)의 예측값을 구하여 Fig. 6을 도출하였다. 두흉갑장 7~35 mm 범위에서는 두흉갑장이 같을 경우 주교 갯벌의 쪽이 사호리 서식 쪽에 비해 전장(TL)이 6~7 mm가 더 클 것으로 예측되었다(Fig. 6a). 그러나 전장(TL)과는 달리 두흉갑장 26 mm 이상의 어미 쪽은 두흉갑장이 같을 경우, 주교 갯벌에 비해 사호리 갯벌의 쪽의 습전중량이 1.2~4.0 g 더 무거울 것으로 예측되었다(Fig. 6b). 이 결과는, 거리상으로는 약 13 km 밖에 떨어지지 않은 수역일지라도 해수 중 식물플랑크톤 등 먹이생물량의 차이, 동일공간 내 비슷한 먹이원을 이용하는 여과식성 대형저서동물의 서식에 의한 경쟁 등 다양한 요인으로 인해 쪽의 성장과 비만도에 차이가 발생할 수 있음을 시사해 준다.

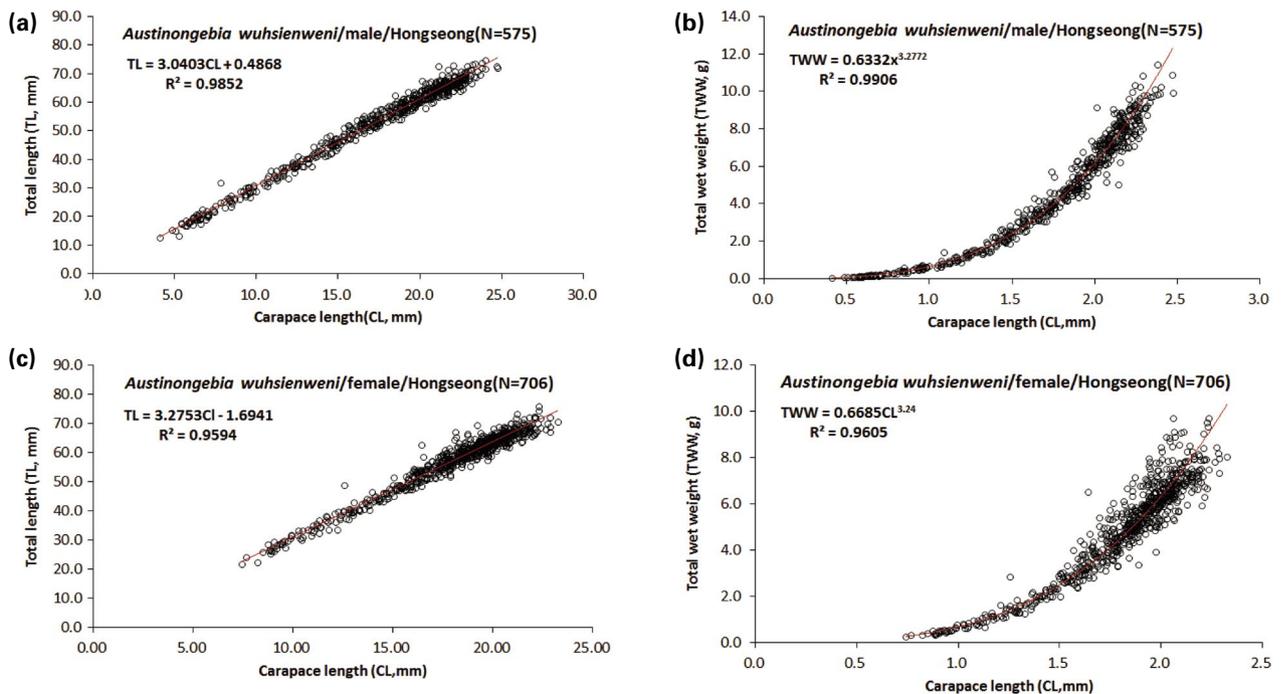


Fig. 7. Relationship between carapace length (CL) and total length (TL), and between carapace length (CL) and total wet weight (TWW) of male *Austinogebia wuhsienweni* at Hongseong Sanghwang tidal flat, inner coast of Cheonsu Bay, of the west coast of Korea from 2014 to 2015. Where, (a), (b), (c) and (d) shows the data for male and female, respectively.

Table 3. The relative growth of carapace length (CL) - total length (TL) and carapace length (CL) - total wet weight (TWW) of male and female mud shrimp (*Austinogebia wuhsienweni*) sampled from the Hongseong Sanghwang tidal flat from 2014 to 2015

Relative growth	Coefficient of determination (r^2)	No. of samples	Equation No.
TL (♂) = 3.0403CL + 0.4868	0.985	575	(9)
TWW (♂) = 0.6332x ^{3.2772}	0.991	575	(10)
TL (♀) = 3.2753CL - 1.6941	0.959	706	(11)
TWW (♀) = 0.6685CL ^{3.24}	0.961	706	(12)

더 나아가 이러한 차이는 천수만 내·외측의 보령 사호리와 주교 갯벌에 서식하는 어미 쪽들의 번식력에도 차이를 유발할 가능성도 예상할 수 있기 때문에 충남 연안 갯벌의 쪽 개체군 관리를 위한 우선 순위 판단 등에도 매우 중요한 의미가 있다고 판단된다.

2) 가시이마쪽의 상대성장

2014년부터 2015년까지 충남 홍성군 서부면 상황리 갯벌에서 채집한 가시이마쪽은 암·수 모두 총 1,281마리 (female 706, male 575)였으며, 성비 (male : female)는 1 : 1.228이었다.

암·수 각각에 대하여 두흉갑장(CL)-전장(TL), 두흉갑장(CL)-습전중량(TWW) 사이의 상대성장을 분석한 결과, 가시이마쪽 수컷은 Fig. 7a, b 및 Table 3의 관계식(9), (10)과 같이, 암컷은 Fig. 7c, d 및 Table 3의 관계식(11), (12)와 같이 각각 분석되었다.

Andrew *et al.* (2008)이 미국 오레곤주의 Yaquina Bay에서 채집한 퓨젯쪽(*Upogebia pugettensis*)의 건조중량 및 습중량과 두흉갑장(CL)과의 상관관계($r^2=0.990$) 조사결과도 본 연구와 유사하게 높은 상관성을 보인 바 있어 쪽류의 두흉갑장-체중 사이의 상대성장은 종마다 약간의 차이는 있을지라도 경향은 큰 차이가 없을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 쪽류의 고밀도 서식 때문에 2008년 이후 피해가 급격히 증가하고 있는 한국 서해안 갯벌의 패류양식장에서 착저 초기에 쪽과 가시이마쪽의 초기 성장, 서식 깊이, 상대성장 특성을 구명하여 물리적 제거 또는 포획에 관한 기초적 생태자료를 확보하고자 하였다. 5월 초순에 갯벌에 착저한 어린 쪽은 8월 이후에 두흉갑장이 10 mm 이상으로 성장하였고, 갯벌에 착저 후 1년 경과 시 두흉갑장(CL)과 전장(TL)이 각각 14.21 mm, 42.28 mm까지 성장하였으며, 주 성장 시기는 4~10월이었다. 당년산 어린 쪽의 서식 깊이는 성장과 더불어 착저 후 약 6개월 경과 시까지 빠르게 증가하였다(7월 5 cm, 9월 12.5 cm, 11월 28 cm). 어미 쪽(평균 두흉갑장 28.50 mm)의 연중 서식 깊이는 10~93 cm이었다. 쪽의 두흉갑장(CL)-전장(TL), 두흉갑장-습전중량(TWW) 간 상대성장을 분석한 결과, 두흉

갑장 26~35 mm 크기에서는 쪽의 습중량이 천수만 입구의 주교 갯벌에 비해 천수만 내측의 사호리 갯벌에서 1.2~4 g 더 무거운 것으로 예측되었다. 본 연구에서 밝혀진 당년산 어린 쪽의 착저 후 초기 성장과 서식 깊이의 증가 특성으로 볼 때, 어린 쪽이 바지락 양식장 등에 정착하여 피해를 주는 것을 줄이기 위해서는 5~6월경에 쪽의 착저 여부를 주의해서 관찰해야 하며, 다량의 쪽 서식이 확인되면 갯벌 속에 30 cm 보다 얇게 굴을 파고 서식하는 8월부터 12월 사이에 어린 쪽을 제거하기 위한 다양한 노력을 기울일 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 보령지역 어미 쪽의 시기별 평균 서식 깊이 면에서 볼 때 1차 제거 적기는 쪽들이 표층에 가장 가까워지는 3월부터 5월 초순, 2차 적기는 10월 중순부터 12월 초순으로 판단된다. 쪽은 갯벌양식장에서 공간점유와 먹이 경쟁 등 인간의 경제활동에는 부정적인 영향을 주지만, *engineering species*로서 갯벌에 수많은 구멍을 깊게 뚫어줌으로써 다양한 생태계적 순기능도 수행하고 있으므로 친환경적이며 합리적인 대응 방안을 지속적으로 모색할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구 결과물은 국립수산물과학원의 수산과학 시험연구사업비(R2019008)의 지원으로 수행되었습니다. 시료채집에 협조해 주신 보령시 주교어촌계와 사호어촌계의 어업인들께 감사드립니다.

REFERENCES

- Chapman JW, BR Dumbauld, G Itani and JC Markham. 2012. An introduced Asian parasite threatens northeastern Pacific estuarine ecosystems. *Biol. Invasions* 14:1221-1236.
- Das S, LCTseng, LWang and JS Hwang. 2017. Burrow characteristics of the mud shrimp *Austinopecten edulis*, an ecological engineer causing sediment modification of a tidal flat. *PLoS One* 12:e0187647.
- D'Andrea AF and TH DeWitt. 2009. Geochemical ecosystem engineering by the mud shrimp *Upogebia pugettensis* (Crustacea: Thalassinidae) in Yaquina Bay, Oregon: Density-dependent effects on organic matter remineralization and nutrient cycling. *Limnol. Oceanogr.* 54:1911-1932.

- Dumbauld BR, DA Armstrong and KL Feldman. 1996. Life history characteristics of two sympatric Thalassinidean shrimps, *Neotrypaea californiensis* and *Upogebia pugettensis*, with implications for oyster culture. *J. Crustacean Biol.* 16:689–708.
- Dumbauld BR, KM Brooks and MH Posey. 2001. Response of an benthic community to application of the pesticide carbaryl and cultivation of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Willapa Bay, Washington. *Mar. Pollut. Bull.* 42:826–844.
- Dworschak PC. 1981. The pumping rates of the burrowing shrimp *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda: Thalassinidea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 52:25–35.
- Griffen BD, TH Dewitt and C Langdon. 2004. Particle removal rates by the mud shrimp *Upogebia pugettensis*, its burrow, and a commensal clam: Effects on estuarine phytoplankton abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 269:223–236.
- Holthuis LB. 1991. FAO Species Catalogue. Vol. 13: Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO Fish. Synop. 125:292.
- Hong JS, CL Lee, S Kim and C Yu. 2012. Macro-invertebrate ectoparasites associated with the mud shrimp, *Upogebia major* from the west coast of Korea. In Proceedings of the Abstracts, Fishery Sciences Association of Korea 2012. 16 November 2012. Bexco, Busan, Korea.
- Hong JS. 2013. Biology of the Mud Shrimp *Upogebia major* (de Haan, 1841), with particular reference to pest management for shrimp control in *Manila clam* bed in the West Coast of Korea. *Ocean Polar Res.* 35:323–349.
- Hong JS and CL Lee. 2014. First record of the thalassinid *Upogebia issaefi* (Balss, 1913) (Crustacea, Decapoda, Upogebiidae) in Korean waters. *Ocean Sci. J.* 49:73–82.
- Hornig S, A Sterling and SD Smith. 1989. Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrate (Pacific Northwest): ghost shrimp and blue mud shrimp. No. FWS-82/13.93. Fish and Wildlife Service. Washington DC, USA.
- Jang JC, JK Chung, YS Hur, JH Song and JM Kim. 2017. Behavioral monitoring system for mud shrimp *Upogebia major* and the photoresponse to illumination with different wavelength LEDs. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 50:413–420.
- Kamura S and H Hashimoto. 2004. The food habits of four species of triakid sharks, *Triakis scyllium*, *Hemistriakis japonica*, *Mustelus griseus* and *Mustelus manazo*, in the central Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Sci.* 70:1019–1035.
- Kim SY, JE Yang, JH Song, SH Maeng, JH Lee and NY Yoon. 2018. Inhibition effect of enzymatic hydrolysate from Japanese mud shrimp *Upogebia major* on TNF- α -induced vascular inflammation in human umbilical vein endothelial cells (HUVECs). *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 51:127–134.
- Kinoshita K, N Satoko and F Toshio. 2003. Life cycle characteristics of the deep-burrowing mud shrimp *Upogebia major* (Thalassinidea: Upogebiidae) on a tidal flat along the northern coast of Tokyo bay. *J. Crustac. Biol.* 23:318–327.
- Kinoshita K. 2002. Burrow Structure of the Mud shrimp *Upogebia major* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *J. Crustac. Biol.* 22:474–480.
- Lee KH, JH Song, HM Ahn and HS Ko. 2014. First report of Mud shrimp *Austinogebia wusienweni* (Crustacea: Decapoda: Upogebiidae) from Korean waters. *Anim. Syst. Evol. Divers.* 30:334–338.
- Lee JH, JE Yang, JH Song, SH Maeng, SY Kim and NY Yoon. 2018. Immuno-potentiating activities of enzymatic hydrolysate of Japanese mud shrimp *Upogebia major*. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 51:135–141.
- NFRDI. 2014. 1/2 Technical report of national fisheries research & development institute. National Fisheries Research and Development Institute.
- NIFS. 2012. Technical report of National Institute of Fisheries Science (2/2). National Institute of Fisheries Science. pp. 1–1295.
- NIFS. 2013. Technical report of National Institute of Fisheries Science (1/2). National Institute of Fisheries Science. pp. 1–549.
- NIFS. 2016. Technical report of National Institute of Fisheries Science. National Institute of Fisheries Science. p. 100.
- Song JH. 2018. A study on the ecology and management strategy of mud shrimps in tidal flats of the west coast of Korea. Ph. D. Dissertation, Kunsan Nat Univ. p. 109.
- Webb AP and BD Eyre. 2004. Effect of natural populations of burrowing thalassinidean shrimp on sediment irrigation, benthic metabolism, nutrient fluxes and denitrification. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 268:205–220.
- WoRMS. 2018. Upogebiidae Borradaile, 1903. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=106803>. Accessed on 2018-05-14.
- Xue Y, X Jin, B Zhang and Z Liang. 2004. Diet composition and seasonal variation in feeding habits of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the central Yellow Sea. *J. Fish. Sci. China/Zhongguo Shuichan Kexue.* 11:237–243.