

## 쪽 차단 상자에서 양성한 바지락의 성장 특성

이건호\* · 장수정 · 조삼광<sup>1</sup> · 송재희<sup>2</sup>

국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과 연구원, <sup>1</sup>국립수산과학원 연구협력과 연구원, <sup>2</sup>서해수산연구소  
갯벌연구센터 연구원

### Growth characteristics of Manila clams (*Tapes philippinarum*) grown in boxes to block mud shrimp (*Upogebia major*)

Gun-Ho LEE\*, Soo-Jung CHANG, Sam-Kwang CHO<sup>1</sup> and Jae-Hee SONG<sup>2</sup>

Researcher, Fisheries resource and environment Division, West Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Incheon 22383, Korea

<sup>1</sup>Researcher, Research cooperation Division, NIFS, Busan 46083, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Tidal flat research center, West Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Gunsan 54014, Korea

Although mud shrimp (*Upogebia Major*) provides benefits on the tidal flat ecosystem, it is causing the mass mortality of Manila clam (*Tapes philippinarum*) and large economic loss to the aquaculture farmer due to spreading in the entire coastal clam farm area of the West Sea of Korea. In this study, a mud shrimp blocking box for cultivating clam was tested to prevent the mud shrimp from invading the habitat of the clam. To determine the effect of the blocking box, the growth characteristics of the clams under various culture conditions were investigated. The shell length, total weight, condition index, the presence of mud shrimp in the box, and the soil decay in the box were examined according to whether the clams were raised in the box or in natural state, whether the box is covered with a net or not and the gap size of the box. As a result, no significant differences in shell length, total weight, and condition index were found between the clam grown in the box and the natural state ( $P>0.05$ ) without any evidence of invading of mud shrimp to the box. In addition, the soil inside the box was in good condition, not decayed. Therefore, using the mud shrimp blocking box, mud shrimp can be prevented from propagating to the habitat of the clam, thereby contributing to the normal production of the clam and thus to restoring the clam farming.

Keywords : Mud shrimp, Mud shrimp blocking box, Mud shrimp remove, Manila clam, Clam farming

#### 서론

쪽(*Upogebia Major*)은 우리나라 서해안의 조간대에 서식하는 갑각류로 생김새는 가재(*Cambaroides similis*)

와 유사하다. 쪽은 갯벌에 최소 몇 cm에서 최대 2 m가 넘는 깊이의 굴을 파서 생활하는데 쪽이 만든 굴은 갯벌에 산소를 공급할 뿐만 아니라 미생물들에게 서식처

\*Corresponding author: ghlee94@korea.kr, Tel: +82-32-745-0631, Fax: +82-32-745-0569

를 제공하며(Allanson et al., 1992; Coelhol et al., 2000; Kinoshita, 2002; Hong, 2013), 해수 중 부유물을 걸러 먹는 먹이 습성은 수질을 정화하는 역할을 하기도 한다(Hong, 2013; Batang and Suzuki, 2003). 썩의 이러한 서식 습성은 갯벌 생태계에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 알려져 있다(Kinoshita et al, 2008; Simenstad and Fresh, 1995). 그러나 최근 썩의 서식 범위가 우리나라 서해안의 바지락(*Tapes philippinarum*) 양식장까지 확대됨으로써 바지락이 폐사하고 그 결과로 바지락 생산량이 급감하는 문제가 야기되고 있어 바지락 양식장을 살리기 위한 썩 구제 연구가 다양하게 수행되어왔다. 현재 국내에서는 경운을 통해 썩 서식지를 파괴하는 방법이 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 국외에는 카아바릴(carbaryl)이라는 약품으로 폐사시키는 방법(Dumbauld et al., 2001; Dumbauld et al., 2006)이 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 썩을 물리적 또는 화학적으로 제거하는 방법은 효과가 어느 정도 검증된 바 있지만 효과가 단기적이고 다른 저서 생물 및 해양 생물에 직·간접적으로 좋지 않은 영향을 미칠 가능성이 있기 때문에 한계가 있다(Feldman et al., 2000).

따라서 본 연구에서는 썩이 갯벌에 제공하는 유익한 효과는 살리면서 썩이 서식하는 지역에 바지락 양성을 할 수 있는 방법을 제공하기 위해 썩 차단식 바지락 양식 상자를 제안하였다. 이 방법은 바지락과 썩의 서식공간을 분리하는 상자를 갯벌에 일정 간격으로 배치함으로써 두 생물이 갯벌을 서식지로 공유하되 서로의 영역을 침범하지 않게 하는 역할을 한다. 썩은 상자 외부에, 바지락은 내부에 서식하게 함으로써 바지락의 서식 공간을 썩의 침범으로부터 보호할 수 있다. 뿐만 아니라 차단 상자의 측면과 밑면에 여러 개의 작은 흠이 있어 바지락 치패의 생존을 위협하는 큰 썩을 제외한 어린 썩과 크기가 작은 저서생물들이 통과가 가능하도록 하였다. 본 연구에서는 제안한 상자의 효과를 확인하기 위해 자연 상태의 갯벌에서 길러진 바지락과 상자 안에서 길러진 바지락의 성장 특성을 비교하였고 상자 내부의 썩 서식 여부를 조사하였다. 그리고 상자 사용 시 상자 내부 토양의 질이 저하되는지 여부를 확인하기 위해 상자 내부 토양의 오염도를 분석하였다.

### 재료 및 방법

썩 차단을 위한 바지락 양성상자의 크기는 폭 20 cm, 길이 100 cm, 높이 13 cm, 재질은 ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene), 상자 벽체의 두께는 4 mm였다(Fig. 1). 흠은 상자 옆면과 밑면에 내었고 그 너비에 따라 5 mm인 상자와 3 mm인 상자를 각각 제작하였다. 상자의 흠은 시험 지역인 주교 어촌계에서 사용하는 바지락 치패의 최소 크기(각장 약 10 mm, 각폭 약 5 mm)를 고려하여 이 치패가 빠져나가지 못하는 크기로 제작되었다(Yoon et al., 2011).

상자 유무 및 흠 너비 그리고 상자 위에 그물을 덮은 경우와 그렇지 않은 경우에 따른 바지락의 각장, 전중량, 비만도 그리고 상자 내부의 썩 번식 여부를 현장 시험을 통해 조사하였다. Fig. 2의 시험 세트 A는 흠 너비가 5 mm인 상자 2개, 3 mm인 상자 2개 및 상자를 설치하지 않은 자연상태의 갯벌 2곳으로 구성하였다. 시험 세트 B는 썩의 착저 및 바지락의 유실 방지를 위해 세트 A와 동일한 구성에 그물(나일론 랏셀망지, 망목 17.8 mm)만 덮은 경우이다. 각 시험구 및 대조구에는 바지락 1 kg(약 294 개체)을 2017년 6월 29일에 입식하였다. 최초 입식한 바지락의 평균 각장은 30.85±2.72 mm, 전중량은 3.51±0.99 g, 비만도는 0.12±0.02였다.

바지락 입식 후 약 15일 후부터 4개월간 월 1회 각 상자에서 바지락 15개체를 샘플링한 후 각장, 전중량, 비만도를 조사하였으며, 마지막 달에는 상자 안의 썩 서식 여부와 토양 오염도 및 바지락 잔존량, 토양 잔존량

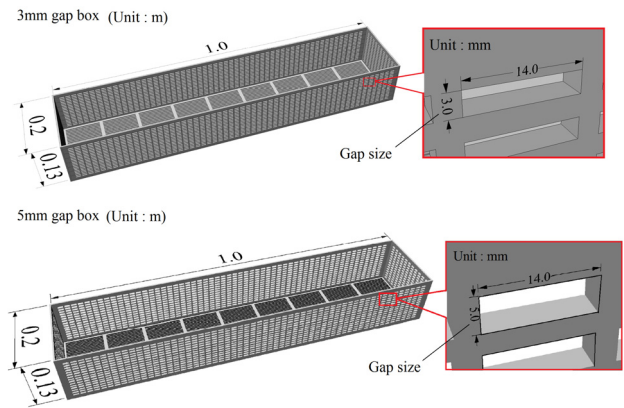


Fig. 1. Schematic of clam cultivating boxes with a 3 mm and 5 mm gap width.

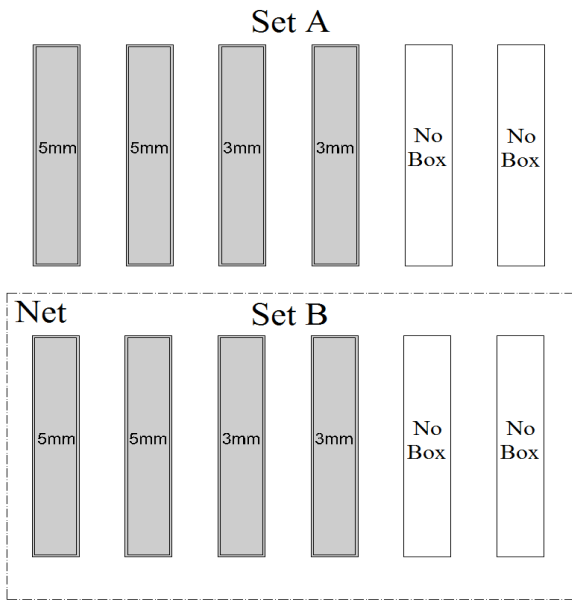


Fig. 2. Experimental diagram for the growth test for Manila clam in mud shrimp blocking box.

을 조사하였다.

샘플링한 바지락은 Ahn et al. (2016)과 같이 육질과 패각을 각각 분리하여 오븐에서 110℃로 24시간 건조시킨 후 육질부와 패각의 중량을 측정하여 비만도 산출에 사용하였다. 비만도는 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$F = MDW / (MDW + SDW) \quad (1)$$

여기서 MDW는 육질부 건중량, SDW는 패각 건중량을 나타낸다.

각장, 전중량, 비만도의 평균이 각 시험조건별로 통계적인 차이가 있는지 확인하기 위해 신뢰수준 95%에서 통계 검정을 실시하였다. 통계 검정 시 동일한 시험 조건에서 샘플링한 바지락은 합쳐서 한 개의 그룹으로 처리하였다. 예를 들어 시험 세트 A의 5 mm 상자 2개에서 샘플링한 각 15개체는 두 상자의 것을 합쳐서 30개체 한 그룹(조건)으로 만들었다. 통계 검정은 상자 조건에 따른 차이 즉, 흙 너비가 5 mm인 상자, 3 mm인 상자, 자연 상태에서 각각 기른 바지락의 성장 차이에 대한 검정을 실시하되 그물을 덮은 경우와 덮지 않은 경우로 구분하여 실시하였다. 다음으로 그물 유무에 따른 바지락의 성장 차이 검정을 실시하되 상자 조건(5 mm, 3

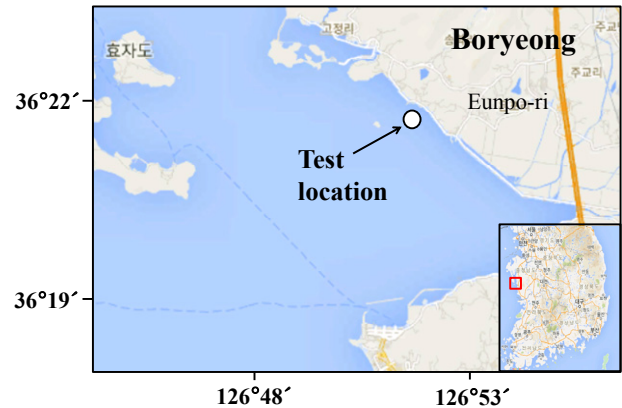


Fig. 3. Location of the growth test for Manila clam in mud shrimp blocking box from Jul. to Oct. 2017 in Joogyo tidal flat.

mm, 자연 상태)에 따라서 구분하여 실시하였다. 상자 조건에 따른 차이 검정 시에는 one-way ANOVA (Serdar et al., 2007)로, 그물 유무에 따른 차이 검정 시에는 T test로 검정을 실시하였다.

시험은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 충청남도 보령시 주교면 은포리 소재의 주교 어촌계 마을어장의 조간대 지역에서 6월 29일부터 10월 13일까지 실시하였다. 시험 지역은 썩이 널리 퍼져 바지락 양식을 하지 않는 지역이었다.

상자 내부 토양의 오염도는 해양환경공정시험법 (Ministry of Ocean and Fisheries, 2013)에 따라, 화학적 산소요구량(COD, Chemical Oxygen Demand), 산화발성화합물(AVS, Acid Votalite Sulfate)을 측정하는 방법으로 평가하였다. 화학적산소요구량은 퇴적물 습시료 약 1~2 g을 0.1 N 과망간산칼륨(KMnO<sub>4</sub>) 100 mL와 10% 수산화나트륨(NaOH) 5 mL를 넣어 혼합한 다음 1시간 동안 중탕하여 방냉한 후, 10% 요오드화칼륨(KI)과 4% 아지드화나트륨(NaN<sub>3</sub>)을 넣은 후 증류수를 가해 500 mL로 만들어 유리섬유여과지로 여과하였다. 여과한 용액 100 mL에 30% 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 넣고 이를 0.1 N 티오황산나트륨(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O) 용액으로 적정하여 그 값을 구하였다. 산화발성화합물은 퇴적물 습시료 약 2 g을 황화수소(H<sub>2</sub>S) 발생 검지관에 담은 후 뚜껑을 닫은 다음, 황산 2 mL를 넣어 2~3초간 기다린 후 이 때 발생하는 황화수소를 검지관에 흡수시켜 그 값으로부터 구하였다.



상자 내부 속 서식 여부 확인은 시험 종료 직전에 상자 내부의 내용물을 체에 부은 후 해수를 섞어서 흔들면서 실시하였다. 체의 눈은 한 변이 5 mm인 정사각형이었다.

토양 잔존율은 시험 종료 직전 측정된 상자 내부의 토양 중량과, 시험을 시작한 첫날에 측정된 상자 내부 토양 중량의 비율로 정하였다.

### 결 과

시험 지역의 갯벌 상태를 Fig. 4에 나타냈다. 시험결과, 각장의 경우 Fig. 5와 같이 모든 시험 조건에서 시간 경과에 따른 크기변화는 크지 않았다. 그물 유무에 대한 각장 조사 결과는 다음과 같았다. 그물을 덮지 않은 조건의 바지락의 각장이 덮은 조건의 것보다 평균 1.90 mm 큰 것으로 나타났다. 세부적으로는 5 mm 상자일 때 평균 1.83 mm, 3 mm 상자일 때 평균 1.28 mm, 자연 상태일 때 평균 2.58 mm 컸다.

상자 조건에 따른 각장 조사 결과는 다음과 같았다. 그물을 덮지 않은 조건일 때 5 mm 상자에서 기른 바지락의 각장은 평균 30.75 mm, 3 mm 상자는 평균 29.96 mm, 상자가 없는 자연 상태 일 때는 30.57 mm 였다. 그물을 덮은 조건일 때 5 mm 상자에서 기른 바지락의 각장은 평균 29.92 mm, 3 mm 상자는 평균 28.68 mm, 상자가 없는 자연 상태 일 때는 28.00 mm였다. 그물 조건에 대한 구분을 하지 않은 경우 즉, 그물을 덮은 경우와 덮지 않은 경우를 평균한 크기는 5 mm 상자의 바지락은 평균 29.84 mm, 3 mm 상자는 평균 29.32 mm, 자연 상태 일 때는 29.28 mm였다. 상자가 없는 자연상태 조건의 경우 그물 유무에 따라 결과가 달랐는데 그물을 덮은 경우에는 상자 안에 있는 개체보다 각장이 작았고, 그물이 덮지 않은 경우에는 8월을 제외하고는 5 mm 상자의 것보다는 작고 3 mm 상자보다 크거나 비슷하였다.

전중량 또한 Fig. 6에 나타난바와 같이 시간이 경과에 따른 전반적인 값의 변화는 크지 않았다. 그물 유무에 대한 전중량 조사 결과는 다음과 같았다. 그물을 덮지 않은 조건의 바지락의 전중량이 덮은 조건의 것보다 평균 1.04 g 큰 것으로 나타났다. 세부적으로는 5 mm 상자일 때 평균 1.10 g, 3 mm 상자일 때 평균 0.45 g, 자연 상태 일 때 평균 1.58 g 컸다.

상자 조건에 따른 전중량 조사 결과는 다음과 같았다.

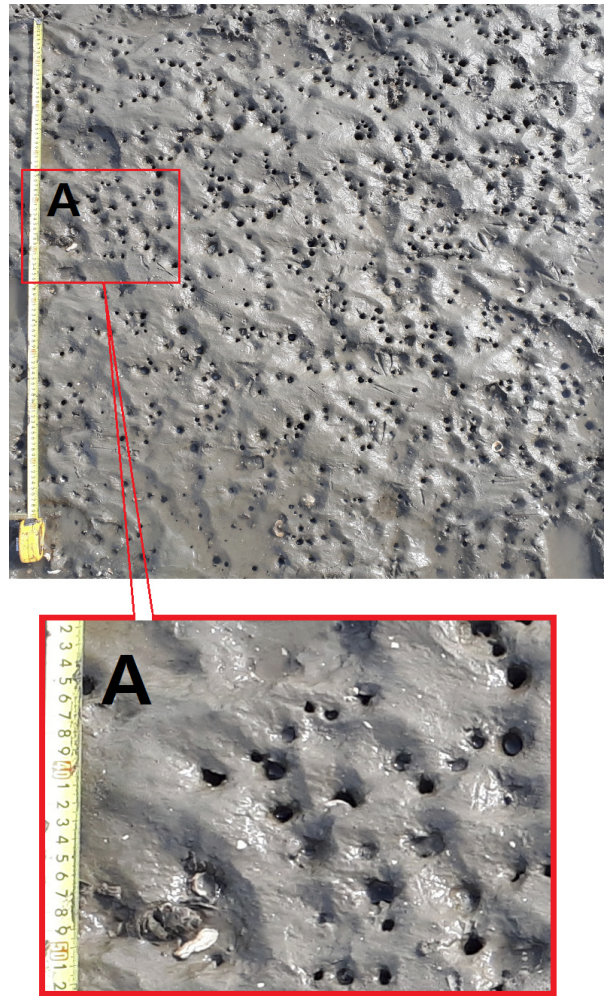


Fig. 4. Mud shrimp holes on Joogyo tidal flat for the growth test for Manila clam in June 2017.

그물을 덮지 않은 조건일 때 5 mm 상자에서 기른 바지락의 전중량은 평균 6.26 g, 3 mm 상자는 평균 5.40 g, 상자가 없는 자연 상태 일 때는 6.06 g이었다. 그물을 덮은 조건일 때 5 mm 상자에서 기른 바지락의 전중량은 평균 5.16 g, 3 mm 상자는 평균 4.94 g, 상자가 없는 자연 상태 일 때는 4.48 g이었다. 그물 조건에 대한 구분을 하지 않은 경우는 5 mm 상자의 바지락은 평균 5.71 g, 3 mm 상자는 평균 5.17 g, 자연 상태 일 때는 5.27 g이었다.

비만도에 대한 결과는 Fig. 7에 나타냈는데 시간 경과에 따라 조건에 상관없이 조금씩 감소하는 경향을 보였다. 시험 초기인 7월에는 시험 조건별 값의 차이가 다소

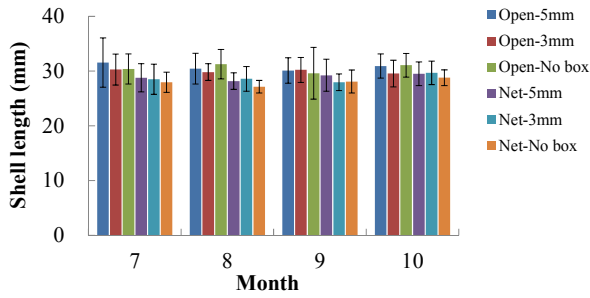


Fig. 5. Monthly changes of Manila clam's average shell length (SL ± SD) according to net covering and box condition from Jul. to Oct. 2017 in Joogyo tidal flat.

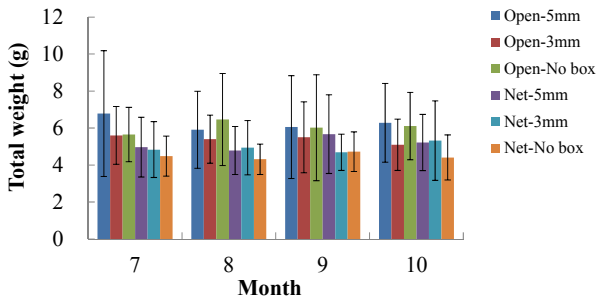


Fig. 6. Monthly changes of Manila clam's total weight (TW ± SD) in average according to net covering and box condition from Jul. to Oct. 2017 in Joogyo tidal flat.

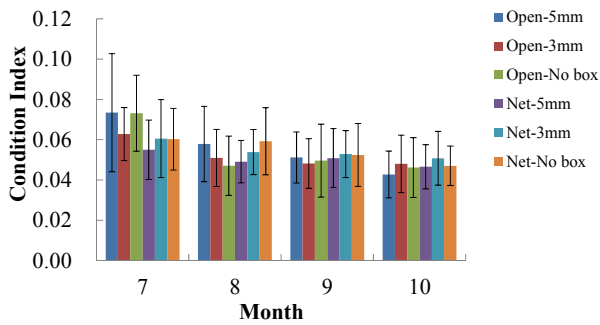


Fig. 7. Monthly changes of Manila clam's condition index (CI ± SD) in average according to net covering and box condition from Jul. to Oct. 2017 in Joogyo tidal flat.

크게 나타났으나 시간이 경과할수록 차이가 적어지는 것으로 나타났다.

그물 유무에 대한 비만도 조사 결과는 다음과 같았다. 그물을 덮지 않은 조건의 바지락의 비만도는 덮은 조건의 것보다 평균 0.001 큰 것으로 나타났으나 세부적으로

Table 1. Significance test results of shell length, total weight and condition index of Manila clam for box condition without net

Month	Open (Set A)		
	Shell length	Total weight	Condition index
7	p=0.29	p=0.09	p=0.10
8	p=0.26	p=0.13	p<0.05
9	p=0.81	p=0.65	p=0.73
10	p=0.12	p<0.05	p=0.31

Table 2. Significance test results of shell length, total weight and condition index of Manila clam for box condition with net cover

Month	Covered (Set B)		
	Shell length	Total weight	Condition index
7	p=0.43	p=0.40	p=0.35
8	p=0.15	p=0.12	p<0.05
9	p=0.31	p<0.05	p=0.85
10	p=0.49	p=0.07	p=0.31

Table 3. Significance test results of shell length, total weight and condition index of Manila clam for box condition (No classification of net conditions)

Month	Shell length	Total weight	Condition index
7	p=0.19	p=0.07	p=0.35
8	p=0.98	p=0.78	p=0.92
9	p=0.47	p=0.14	p=0.97
10	p=0.58	p=0.20	p=0.12

는 5 mm 상자일 때 평균 0.006이 컸고, 3 mm 상자일 때 평균 0.002이 작았고, 자연 상태 일 때 평균 0.001이 작았다.

상자 조건에 따른 비만도 조사 결과는 다음과 같았다. 그물을 덮지 않은 조건일 때 5 mm 상자에서 기른 바지락의 비만도는 평균 0.056, 3 mm 상자는 평균 0.052, 상자가 없는 자연 상태 일 때는 0.054였다. 그물을 덮은 조건일 때 5 mm 상자에서 기른 바지락의 비만도는 평균 0.050, 3 mm 상자는 평균 0.054, 자연 상태 일 때는 0.055였다. 그물 조건에 대한 구분을 하지 않은 경우는 5 mm 상자의 바지락은 평균 0.053, 3 mm 상자는 평균 0.053, 자연 상태 일 때는 0.054였다.

상자 조건에 따른 유의성 검정 결과를 Table 1~2에 나타냈다. Table 1은 그물을 덮지 않은 경우를, Table

**Table 4. Significance test results of shell length, total weight and condition index of Manila clam for existence of net (box condition classified)**

Month	Shell length		
	5mm	3mm	No box
7	p<0.05	p<0.05	p<0.05
8	p<0.05	p<0.05	p<0.05
9	p=0.23	p<0.05	p<0.05
10	p<0.05	p=0.43	p<0.05

Month	Total weight		
	5mm	3mm	No box
7	p<0.05	p<0.05	p<0.05
8	p<0.05	p=0.10	p<0.05
9	p=0.28	p<0.05	p<0.05
10	p<0.05	p=0.32	p<0.05

Month	Condition index		
	5mm	3mm	No box
7	p<0.05	p=0.30	p<0.05
8	p<0.05	p=0.19	p<0.05
9	p=0.47	p=0.07	p=0.26
10	p=0.10	p=0.22	p=0.40

2는 그물을 덮은 경우의 결과를 나타낸다. 시험 초기인 7월의 경우 모든 시험구 및 대조구에서 각장, 전중량, 비만도 모두 차이가 없는 것으로 나타났다. 8월에는 각장과 전중량은 차이가 없었고 비만도만 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데 그물이 없는 경우에는 상자에 있는 바지락의 비만도가 높았고, 그물이 있는 경우에는 자연상태의 바지락의 비만도가 높았다. 9월에는 그물을 덮은 경우에만 전중량에 유의차가 있었고 나머지는 차이가 없었다. 10월에는 그물을 덮지 않은 경우에만 전중량에 유의차가 있었고 나머지는 차이가 없었다. 이같이 전반적으로 상자 조건에 따른 각장, 전중량, 비만도의 유의차가 없는 것으로 나타났으나 시기에 따라 일부 조건에서 유의성 차이가 불규칙하게 나타나 상자 종류에 따른 관계를 명확하게 파악하기가 곤란하였다.

따라서 그물 유무에 대한 조건은 구분하지 않고 상자 조건에 따라서만 데이터를 재 정렬한 뒤 다시 유의차 검정을 실시하였다. 그 결과, 각장, 전중량, 비만도 모두 시기와 상관없이 상자 종류에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

그물 유무에 따른 유의차 검정(Table 4)에서는 비만도

**Table 5. Significance test results of shell length, total weight and condition index of Manila clam for existence of net (box condition not classified)**

Month	Shell length	Total weight	Condition index
7	p<0.05	p<0.05	p<0.05
8	p<0.05	p<0.05	p=0.17
9	p<0.05	p<0.05	p=0.13
10	p<0.05	p<0.05	p=0.09

**Table 6. Clam remaining rate (%) by condition of box and net at the end of the experiment.**

	Open	Covered
5 mm	25	32
3 mm	34	36
No box	1	10

**Table 7. Soil Pollution degree by condition of box and net.**

Net condition	Box condition	COD (mg/g.dry)	AVS (mg/g.dry)
Covered	3 mm	3.6	0.002
	5 mm	3.7	0.004
	No Box	3.2	0.012
Open	3 mm	4.1	0.003
	5 mm	3.5	0.002
	No Box	4.6	0.002
Average		3.8	0.004

의 경우 시험 초기인 7월과 8월에만 흙 너비 5 mm 상자와 상자가 없는 자연상태 조건에서 유의차가 있었고 9월과 10월에는 모든 조건에서 비만도의 차이가 없었다. 각장의 경우 각 상자 종류와 시기에 따라 유의차 여부가 불규칙하게 나타났고, 전중량의 경우도 상자가 없는 자연상태 조건을 제외한 5 mm, 3 mm 상자에서 유의차 여부가 불규칙하게 나타나 조건에 따른 차이를 판단하기 어려웠다.

따라서 각 상자 조건에 따른 값들을 모두 합쳐서 상자 종류에 따른 구분이 없는 상태로 데이터를 재 정렬한 뒤 다시 유의성 검정을 실시하였다. 그 결과, 시기에 상관없이 그물을 설치하지 않은 시험구의 각장과 전중량이 그물을 설치한 시험구보다 높은 것으로 나타났다. 반면, 비만도는 시험 초기인 7월을 제외한 모든 시기에

서 유의차가 없는 것으로 나타났다(Table 5).

시험 조건에 따른 바지락의 잔존율을 Table 6에 나타냈다. 모든 시험 조건에 대한 바지락의 평균 잔존율은 약 23%였다. 상자에 넣은 바지락의 잔존율은 31.8%, 자연상태의 바지락은 5.2%로 상자 속 바지락의 잔존율이 월등히 높았다. 그물 설치 유무에 대해서는 그물설치 시 26.2%, 미설치 시 19.7%로 그물 설치 시 잔존율이 높았다. 상자 조건별 잔존율은 5 mm 상자는 28.6%, 3 mm 상자는 35.0%로 3 mm 상자의 잔존율이 5 mm 상자보다 6.4% 높은 것으로 나타났다.

상자 내부 토양의 오염도를 측정한 결과는 다음과 같았다. 화학적산소요구량(COD)은 모든 시험 조건에서 일본의 수산환경 기준인 20 mg/g.dry 이하로 검출되었으며, 산화발성화합물(AVS)의 양도 시험 조건에 상관없이 우리나라 어장환경 평가기준인 0.2 mg/g.dry 이하로 검출되었다. 따라서 모든 시험 조건에서 토양의 오염도가 양호한 것으로 나타났다. Table 7은 상자 조건 및 그물 유무에 따른 토양 오염도 측정 결과를 나타낸다.

상자 내부의 썩 번식 여부를 확인한 결과, 모든 상자 속에서 썩은 발견되지 않았다. 그 외에 상자 속 갯벌의 평균 잔존율은 그물설치 시 71.4%, 미설치 시 49.1%인 것으로 조사되었다.

## 고 찰

일반적으로 바지락의 각장, 전중량 등 성장률은 봄에서 여름 사이에 비교적 증가하고 겨울에는 서서히 감소하는 계절적인 패턴을 가진다(Soudant et al., 2004; Ahn et al., 2016). 본 연구의 시험 결과를 살펴보면 지속적인 성장이 발생해야할 것으로 예상되는 7월부터 10월까지 약 4개월간 바지락의 각장과 전중량의 증가는 매우 미미하였다. 그러나 이와는 달리 Lim (2016)이 수행한 연구를 살펴보면 6월까지의 바지락의 성장이 지속적으로 발생하다가 7~10월에는 바지락의 각장 및 전중량의 증가가 거의 이루어지지 않는 것을 확인할 수 있으며 이 시기의 바지락 각장도 본 연구의 것과 비슷한 30 mm 내외인 것을 알 수 있다. 따라서 시험 환경에 따라 바지락 성장률은 다양하게 나타날 수 있음을 알 수 있다.

패류의 서식지에 그물이나 울타리 등 인위적인 구조물을 설치하는 것은 패류 성장률에 영향을 미칠 수 있다(Kim et al., 2011). Carpet shell clam (*Tapes decussatus*)

의 서식지 조성 방법에 따른 성장률 차이 연구에서는 나일론 그물을 패류의 서식지에 덮은 경우와 단단한 플라스틱 그물을 덮은 경우, 플라스틱 상자 구조물을 덮은 경우 그리고 서식지 주변에 그물 울타리를 친 경우에 대해서 성장률을 조사하였다(Sendar et al., 2007). 그 결과 가장 성장률이 높았던 것은 단단한 플라스틱 그물을 덮은 경우였고 가장 낮았던 것은 울타리를 친 경우였다. 이 연구에서는 성장률 차이의 원인을 이끼 누적에 따른 해수 유통의 차이로 보았다. 그물 울타리의 경우 울타리가 차지하는 영역이 크기 때문에 울타리가 이끼로 인해 막힐 경우 해수 유통은 다른 시험 조건보다 더 많이 줄어든다. 반면 단단한 플라스틱 그물은 해수와 접촉하는 면적이 상대적으로 적고 표면이 구멍이 없이 매끄러워 이끼가 부착되기 어려운 상태를 만든다. 그러므로 다른 조건들에 비해 해수 유통이 가장 원활한 조건이라고 할 수 있다. 이 연구로 미루어 볼 때, 본 연구에서 상자에 있는 바지락과 자연 상태에 있는 바지락 사이에 성장률 차이가 없었던 것은 두 조건 모두 해수의 유통량에는 차이가 없었기 때문인 것으로 추정된다. 반면 그물 유무에 대한 시험 결과에서는 그물을 덮은 경우가 그렇지 않은 경우보다 성장률 낮게 나타났다. 마찬가지로 논리로 그물이 해수 유통을 방해하여 성장률을 낮췄다는 추정을 할 수 있다(Choi et al., 2016). 그러므로 패류 성장 환경을 제어할 위해 특정 시설을 설치할 때는 이 시설이 해수 유통에 얼마나 영향을 줄 것인지를 미리 고려해야 할 것이다.

본 연구에서 고안한 썩 차단용 상자는 Hong (2013)의 연구에서 제안한 그물 차단 방법과 비교된다. 이 연구에서는 Volkenborn N and Reise K (2006)이 수행한 연구에서 검은갯지렁이(Lugworm *Arenicola marina*)를 제거하기 위해 그물망을 사용한 것에 착안하여 썩 제거 시에도 이와 유사한 그물을 썩 서식지에 덮을 것을 제안하였다. Volkenborn N and Reise K (2006)의 연구에서는 모래 갯벌에 서식하는 검은갯지렁이를 제거하기 위해 망목 크기가 1 mm인 PE 그물을 서식지에 깔고 그 위에 10 cm 깊이로 모래를 덮었다. 검은갯지렁이는 20 cm 깊이에서 U자 형태의 굴을 파서 생활을 하는데 이 깊이의 절반이 되는 10 cm 지점에 갯지렁이의 이동을 제한하는 그물을 설치하자 갯지렁이가 제거되었다. Hong (2013)은 이 시험에서 사용한 그물의 망목을 1 mm에서



3~5 mm로 늘리고 그물을 10 cm 깊이로 묻는다면 속이 착저한 후 길이가 대략 1 cm 이상으로 자라면서 굴 파기가 곤란하여 폐사할 것이라고 예측하였다. 그러나 Hong (2013)이 제안한 방식은 그물의 유지 보수의 어려움 때문에 지속되지 못할 가능성이 있다. 일반적으로 그물은 유연하고 가벼워서 10 cm 정도의 낮은 깊이로 덮어 놓으면 서해안과 같이 밀물과 썰물이 반복적으로 교차되면서 유속이 빠른 환경에서는 유실될 가능성이 크다. 속의 서식지의 크기에 비례해서 그물의 크기도 커질 가능성이 높기 때문에 만약 이 그물이 유실되어 갯벌이나 물속에서 돌아다닌다면 다양한 문제를 일으킬 가능성이 높다.

본 연구에서 사용한 속 차단 상자는 4개월간 시험을 실시하였으나 유실되지 않고 처음 위치를 그대로 유지하였고 상자 내부의 바지락도 자연 상태 조건보다 적게 유실 되는 것으로 확인되었다. 속 차단 상자에서의 바지락 성장 시험에서도 속 차단용 상자에서 바지락을 기른 것과 자연 상태에서 기른 것 사이에 성장 차이가 없었으며, 상자 내부에 속도 서식하지 않아 속 차단 효과도 있는 것을 알 수 있다. 그러므로 본 연구에서 제안한 방식은 속 제거와 바지락 양성에 유용한 방법으로 판단된다.

본 연구는 속이 갯벌에 서식하는 것을 원천적으로 차단하는 것을 목적으로 하지는 않는다. 왜냐하면 속이 만든 굴이 갯벌에 산소를 공급하고 미생물들에게 서식처를 제공하는 등 속이 갯벌 생태계에 기여하는 바가 크기 때문이다(Coelhol et al., 2000; Simenstad CA and Fresh KL, 1995; Kinoshita, 2002; Kinoshita et al., 2008). 따라서 본 연구는 갯벌의 일정 공간은 바지락 양성을 위해 할당하고 나머지는 속이 서식할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 속 차단 상자는 추후 현장 적용 시 상자 폭 만큼 간격을 두고 배치될 것이다. 차단 상자 내부에서는 속이 서식하고 그 사이 공간에는 속이 서식하도록 함으로써 속과 바지락이 공존하는 시스템이 마련되는 것이다.

상자와 같이 밀폐된 용기 안에 다량의 수분이 함유된 갯벌의 토양을 장기간 보관할 경우 토양이 부패하는 문제가 생길 가능성이 있다. 예시 시험을 통해 측면과 밑면에 구멍이나 틈이 없는 상자에 갯벌의 토양을 담아서 보관할 경우 흐르는 해수 중에 상자가 놓여 있어도 상자 내부의 구석 부분에 있는 토양이 부패하여 심한 악취가 발생하는 것을 확인하였다. 속 차단 상자에 일정 너비의

홈을 낸 것은 이러한 토양의 부패를 방지하고 해수의 유통을 원활히 하여 바지락의 성장에 영향을 주지 않기 위한 것이었다. 홈이 있는 상자의 효과는 상자 내부 및 외부에서 기른 바지락의 성장도의 차이가 없음을 통해서도 추정할 수 있지만 토양 오염도 파악을 위한 직접적인 조사에서도 토양의 상태가 양호한 것으로 나타나 제안한 속 차단 상자가 바지락의 성장에 큰 문제가 없는 환경인 것을 알 수 있다.

그물 유무에 따른 성장 차이는 해수의 유통 차이에 기인하는 것으로 추정된다. 그물을 덮을 경우 그물에 의한 저항으로 유속이 느려지고 해수의 유통량은 상대적으로 줄어들어 바지락의 성장률이 저하될 가능성이 있다. Choi et al. (2016)은 해수유통은 생태계를 건강하게 만드는 중요한 요인이며, 원활한 해수유통 환경을 바지락의 서식에도 유리한 조건으로 판단하였다. 본 연구의 시험 결과에서 그물을 덮을 경우 바지락의 유실량이 적어 수확률 향상에는 도움이 되는 것으로 나타나긴 했으나(Munroe and McKinley, 2007) 해당 시험구에서 성장률이 저하되는 결과가 나타났으므로 바지락 양성 시 그물을 사용하는 문제는 좀 더 신중하게 고려해야 할 문제로 생각된다. 따라서 향후 그물코 크기 차이에 따른 성장률 조사를 실시함으로써 성장에 가장 적은 영향을 주는 그물코 크기를 파악하는 연구를 수행해야 할 것이다.

상자에서 기른 바지락의 잔존율이 자연상태보다 높은 것으로 나타났는데 이 결과를 바지락의 생존율과 동일한 것으로 간주하기에는 조금 무리가 있다. 상자에 담긴 바지락의 경우 상자의 옆면이 바지락의 이동을 제한하는 장벽으로 작용했을 가능성이 있는 반면 자연 상태의 바지락은 이러한 방해 요소가 없어 다른 지역으로 이동했을 가능성이 있기 때문이다. 그러나 바지락을 수확하는 입장에서는 바지락이 최초 입식 때와 같이 예측 가능한 장소에 있을 경우 바지락의 양식의 성과를 정량적으로 파악하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

이와 같이 시험구와 대조구 간 바지락의 성장율의 차이가 없고, 속이 시험구에서 발견되지 않은 점, 그리고 갯벌의 오염이 없는 점으로 미루어볼 때 속 차단 상자를 이용한 방식이 효과가 있는 것으로 판단된다. 그러나 상자 내 갯벌 유실은 바지락 서식 공간의 소실을 의미하므로 향후 연구에서는 이를 줄일 수 있는 방안에 대한



연구가 수행되어야 할 것이다. 연구 이후의 실용화에 대한 고민도 필요하다. 넓은 바지락 양식장 전체에 썩 차단 상자를 설치할 경우 많은 비용이 들 수 있다. 바지락 양식을 통해 얻는 이익이 이러한 시설비용 지출 때문에 줄어든다면 현장 보급 가능성도 낮아진다. 그러므로 실용화를 위해서는 시설비용 지출에 따른 경제성 평가가 이루어져야 할 것이다. 경제성 평가와 더불어 설치비용이나 운영비용의 최소화에 대한 연구도 필요하다. 초기 설치비용이 들겠지만 한번 설치하면 이후에는 일부 유지 보수 비용을 제외하고는 추가 비용이 들지 않을 수도 있고 썩 차단 상자를 대량 생산함으로써 비용 절감도 가능하므로 경제성을 확보할 수 있는 다양한 방안이 있을 수 있다.

향후 썩 차단 상자에 대한 효과가 충분히 구명되고 경제성에 대한 문제도 해결된다면 썩 차단 상자는 서해안의 바지락 양식 생산성 회복에 도움이 될 것으로 생각된다.

## 결 론

본 연구에서는 썩 차단용 상자를 통한 바지락의 안정적 양성을 목적으로 고안한 썩 차단 상자의 효과를 확인하기 위해 자연상태의 갯벌에서 길러진 바지락과 상자 안에서 길러진 바지락의 성장 차이와 상자 내부의 썩 서식 여부를 조사하였고 그 결과는 다음과 같았다.

썩 차단 상자에서 약 4개월간 길러진 바지락과 자연 상태에서 길러진 바지락은 각장, 전중량, 비만도에서 차이가 없었고 상자 내부에는 썩이 발견되지 않았다. 바지락 서식지에 그물(나일론 랏셀 망목 17.8 mm)을 덮으면 바지락의 비만도는 변화가 없지만 각장과, 전중량은 그렇지 않은 경우보다 작아진다. 썩 차단 상자 내부에 토양을 채운 후 바지락 1 kg (294 개체)을 넣어 약 4개월간 양성 시켜도 갯벌은 오염되지 않고 양호한 상태를 유지하였다.

그러므로 썩 차단용 상자를 이용하면 썩이 바지락의 서식지에 번식하는 것을 방지할 수 있고 바지락도 정상적으로 양성시킴으로써 바지락 양식에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

## 사 사

이 논문은 2019년도 국립수산물과학원 수산과학연구소업(R2019036)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지

원에 감사드립니다.

## References

- Ahn HM, Ki HJ, Jeong HD, Lee HJ, Han HK, Park KJ and Song JH. 2016. Comparison of growth, condition index and mortality rate between manila clam (*Ruditapes philippinarum*) spat originated from China (Liaoning Dandong) and Chungnam (Taean) in Gochang tidal flats. *The Korean journal of malacology* 32, 176-177. (DOI:10.9710/kjm. 2016.32.3.175).
- Allanson BR, Skinner D and Imberger J. 1992. Flow in prawn burrows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 35, 253-266. (DOI:10.1016/S0272-7714(05)80047-2).
- Batang ZB and Suzuki H. 2003. Gill-cleaning mechanisms of the burrowing thalassinidean shrimps *Nihonotrypaea japonica* and *Upogebia major* (Crustacea: Decapoda). *The Zoological Society of London printed in the United Kingdom* 261, 69-77.(DOI:10.1017 /S0952836903003959).
- Choi YH, Choi YS, Cho YS, Kim YT and Jeon SR. 2016. A Study on the habitat suitability considering survival, growth, environment for *Ruditapes philippinarum* in Geunso bay (Pado and Beopsan). *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety* 22, 723-730. (DOI:10.7837/kosomes. 2016.22.6.723).
- Coelhol VR, Cooper RA and Rodrigues SA. 2000. Burrow morphology and behavior of the mud shrimp *Upogebia omissa* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *Marine Ecology Progress Series* 200, 229-300. (DOI:10.3354/meps200229).
- Dumbauld BR, Brooks KM and Posey MH. 2001. Response of an estuarine benthic community to application of the pesticide carbaryl and cultivation of pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Willapa Bay, Washington. *Marine pollution bulletin* 43, 826-844.(DOI:10.1016/S0025-326X(00)00230-7).
- Dumbauld BR, Booth S, Cheney D, Suhrbier A and Beltran H. 2006. An integrated pest management program for burrowing shrimp control in oyster aquaculture. *Aquaculture* 261, 976-992. (DOI:10.1016/j.aquaculture. 2006.08.030).
- Feldman KL, Armstrong DA, Dumbauld BR, Dewitt TH and Doty DC. 2000. Oysters, crabs, and burrowing shrimp: review of an environmental conflict over aquatic

- resources and pesticide in Washington State's (USA) coastal estuaries. *Estuaries* 23, 141-176. (DOI:10.2307/1352824).
- Hong JS. 2013. Biology of the Mud Shrimp *Upogebia major*, with particular reference to Pest management for shrimp control in Manila clam bed in the West coast of Korea. *Ocean and Polar Research* 35, 323-349.(DOI:10.4217/OPR.2013.35.4.323).
- Kim BH, Cho KC, Jee YJ, Byun SG, Kim MC. 2011. Growth and Survival by the Breeding Method of Early Young Spats of the Hard Clam, *Meretrix petechialis*. *Korean J. Malacol.* 27, 115-119. (DOI:10.9710/kjm.2011.27.2.115).
- Kinoshita K. 2002. Burrow structure of the mud shrimp *Upogebia major* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *Journal of Crustacean Biology* 22, 474-480. (DOI:10.1651/0278-0372(2002)022[0474:BSOTMS] 2.0.CO;2).
- Kinoshita K, Wada M, Kogure K and Furota T. 2008. Microbial activity and accumulation of organic matter in the burrow of the mud shrimp, *Upogebia major* (Crustacea: Thalassinidea). *Research Article* 153, 277-283. (DOI:10.1007/s00227-007-0802-1).
- Lim HS. 2016. Growth of the manila clam (*Ruditapes philippinarum*) cultured in Gomso tidal flat, Korea. *Korean J. Malacol.* 32, 192-194. (DOI:10.9710/kjm.2016.32.3.189).
- Ministry of Ocean and Fisheries. 2013. Standard for Marine Environment Test.
- Munroe D and McKinley RS. 2007. Commercial Manila clam (*Tapes philippinarum*) culture in British Columbia, Canada: The effects of predator netting on intertidal sediment characteristics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72, 319-328. (DOI:10.1016/j.ecss.2006.10.025).
- Serdar S, Lok A, Kose A, Yildiz H, Acarli S and Goulletquer P. 2007. Growth and survival rates of carpet shell clam (*Tapes decussatus Linnaeus*) using various culture methods in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Turkey. *Aquacultural Engineering* 37, 92-93. (DOI:10.1016/j.aquaeng.2007.02.004).
- Simenstad CA and Fresh KL. 1995. Influence of intertidal aquaculture on benthic communities in Pacific Northwest estuaries: scales of disturbance. *Estuaries* 18, 43-70. (DOI:10.2307/1352282).
- Soudant P, Paillard C, Choqueta G, Lamberta C, Reidb HI, Marhica A, Donaghya L and Birkbeckb TH. 2004. Impact of season and rearing site on the physiological and immunological parameters of the Manila clam *Venerupis (Tapes Ruditapes) philippinarum*. *Aquaculture* 229, 401-408. (DOI:10.1016/S0044-8486(03)00352-1).
- Volkenborn N and Reise K. 2006. Lugworm exclusion experiment: responses by deposit feeding worms to biogenic habitat transformations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 330, 169-179. (DOI:10.1016/j.jembe.2005.12.025).
- Yoon HS, An YK, Kim ST and Choi SD. 2011. Age and growth of the Short necked *Ruditapes philippinarum* on the South coast of Korea. *Korean J. Malacol.* 27, 2. (DOI:10.9710/kjm.2011.27.1.001).

2019. 08. 07 Received

2019. 10. 17 Revised

2019. 11. 21 Accepted