

Article

서식 환경에 따른 방류 돌기해삼(*Stichopus japonicus*)의
크기 및 서식밀도 변화

이진왕¹ · 길현우¹ · 이도현² · 김주경² · 허준욱^{1*}

¹생물모니터링센터
(30121) 세종시 가름로 232
²한국수산자원관리공단 내수면생명자원센터
(25041) 부산광역시 기장군 일광면 이동길 4

Variations of Size and Density of Sea Cucumber (*Stichopus japonicus*)
Released to the Habitat Conditions

Jin Wang Lee¹, Hyun Woo Gil¹, Do Hyeon Lee², Ju Kyeong Kim², and Jun Wook Hur^{1*}

¹Bio-Monitoring Center
Sejong-si 30121, Korea

²Inland Life Resources Management Center, Korea Fisheries Resources Agency
Yangyang 25041, Korea

Abstract : We investigated the effects of environmental variations on the growth and survival rate of *Stichopus japonicus* to determine the optimum environmental conditions for its growth. Literature studies and a 12 month-long diver survey were carried out to understand the habitat, ecology and size of the surveyed area. Based on the collected data, we suggested optimum habitat conditions for releasing *S. japonicus*. Experiments on releasing *S. japonicus* were conducted in the breakwater of the Hwagye fishing cooperative in Hwagey-ri, Namhae-un, Gyeongsangnam-do, Korea. To implement the experiments, we divided the surveyed area into 4 sub-areas with different characteristics: (1) sand and silt zone; (2) artificial sea cucumber bank zone; (3) artificial rock bank zone; and (4) marine algae zone. The experiment lasted for 12 months. We released 32,000 sea cucumbers over 120 m² of each of the sand and silt zone, artificial rock bank zone and marine algae zone and released 6,000 sea cucumbers over 120 m² of the artificial sea cucumber bank zone. The average density of the released sea cucumbers from day 30 to day 360 after the releasing was conducted was the highest in the artificial sea cucumber bank zone (23.7 animals/m²), which was followed by artificial rock bank zone (2.0 animals/m²), marine algae zone (1.9 animals/m²) and sand and silt zone (0.8 animal/m²). The analysis on growth showed that the initial average weight of 2.3 g increased on day 360 after the releasing to 12.5 g in the artificial sea cucumber rank zone, 20.2 g in the sand and silt zone, 23.3 g in the artificial rock bank zone and 22.9 g in the marine algae zone. Results from the experiment along with the literature analysis suggest the following optimum habitat conditions: 10–15°C water temperature; 28–34 psu salinity; 5–10 m water depth; 0.2–0.5 m/s velocity; rock, stone and muddy sand as substrate; and less than 20% mud in the substrate.

Key words : density, growth, releasing, sea cucumber, *Stichopus japonicus*

1. 서 론

해삼은 극피동물문 해삼강(Holothuroidea)에 속하는 무척추동물로 세계적으로 약 1,500여종이 분포하고, 우리나라에는 돌기해삼(*Stichopus japonicus*)을 포함하여 29종이 서식하고 있다(Lee and Park 1999; 강 등 2012). 돌기해삼은 우리나라에 서식하는 해삼류 중 가장 대표적인 종으로 전 연안에 서식하고 있으며, 생산되는 해삼의 대부분을 차지하고 있다. 해삼은 선호하는 먹이 및 서식지에 따라 표피색이 달라져 홍해삼(*S. armata*), 청해삼, 흑해삼(*Holothuria atra*), 해파리해삼(*Pelagothuria ludwigi*) 등으로 구분한다. 해삼은 수온이 8–10°C에서 활성이 가장 왕성하고 성장이 빠르다. 그러나 수온이 17°C 이상이 되면 먹이 활동을 중지하고, 25°C 이상일 경우에는 활동을 멈추고 여름잠을 자는 하면(夏眠, aestivation)이라는 생태적 특성을 갖는다(Lee and Park 1999; 박 2006; 강 등 2012).

최근 해삼의 경제적 중요성 때문에 인공종자생산과 양식에 관한 기술개발이 우리나라뿐만 아니라 중국과 일본을 비롯하여 여러 나라에서 진행되고 있다. 특히, 중국은 1980년 중반부터 인공종자생산과 육상 및 축제식양식 등의 다양한 해삼 양식 산업화기술을 확립하여 해삼 종자생산 및 양식과 관련된 가장 앞선 기술을 보유하고 있다. 뿐만 아니라 해삼 양식과 관련된 양식 기자재, 사료, 약품, 가공 및 유통 등의 산업 기반이 잘 구축되어 완전한 산업으로 발전되어 있다(탄해수산연구소 2012). 중국의 해삼 소비는 2014년 200,969톤으로 생산량 보다 많아 공급량이 부족한 실정이다(China Fishery Group 2015). 따라서 부족한 해삼 물량을 확보하기 위해 러시아, 일본 및 북한에 대체 해삼 어장을 찾고 있으며, 우리나라에서도 공동으로 해삼 양식을 시도하고 있다. 일본의 경우, 인공종자생산 기술이 정착단계에 있고, 바다 씨뿌림 양식을 통한 자원조성과 회복에 주안점을 두고 있으며 최근, 순환여과식을 통한 육상양식연구가 추진되고 있다. 일본은 중국 등지의 건해삼 수요 증가로 최근 7년간 평균 가격이 4배 이상 상승하면서 대규모 수산기업을 중심으로 마을 어장과 연계하여 해삼 생산량을 확대해 나가고 있다(Aoki Prefecture Fisheries Technology Center 2012a). 러시아에서는 1978년 자원량 감소로 자연산 해삼 채취를 금지시켰고, 자원 회복을 위해 민간차원에서 중국기업과 양식 기술 개발을 진행하고 있다(탄해수산자원연구소 2011).

우리나라에서 해삼은 해녀 및 잠수기 어업으로 채취하여 왔으며, 생산량은 1990년에 2,491톤에 달하였다. 그러나 연안어장 오염 및 해안매립 등으로 서식장이 축소되면서 생산량도 감소하여 2002년에 833톤을 생산하였다(강 등 2012). 이와 같은 해삼의 생산량 감소 문제를 해결하고

자 2003년 국립수산물과학원과 인천지방해양수산청은 해삼 양식기술에 대한 종합적인 연구를 착수하였다. 그리고 2010년 국립수산물과학원과 전남해양수산과학원에서 각각 해삼양식 산업화를 위한 핵심기술개발 연구와 해삼양식 실용화 시범사업을 추진하였다. 이러한 노력에 힘입어 2005년에 1,136톤, 2007년에 2,936톤, 2010년에 2,687톤, 2014년도에 2,139톤으로 해삼 생산량이 증가하여 안정적인 수준을 유지하게 되었다(Korean Statistical Information Service 2017). 그러나 이러한 해삼 생산은 대부분 자연적으로 성장한 개체의 어획에 의존하고 있으며 아직 산업적 대량 양식생산은 어려운 실정이다. 그리고 국내에서 해삼 양식 방법은 종자생산 후 방류하여 다시 포획하는 방법을 취하고 있으나, 방류한 해삼이 정착하기 적합한 환경 조건이나 방류 효과에 관한 연구 결과는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 서식지 환경에 따른 방류한 돌기해삼의 크기 변화를 조사하여 해삼이 서식하기 적합한 환경조건을 파악하고자 하였다. 또한 해삼 종자방류 후에 잠수 조사를 통한 방류 해삼의 성장 및 서식밀도 변화를 모니터링하여 해삼방류 효과를 극대화하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

조사 해역은 경상남도 남해군 이동면 화계리 화계어촌계 앞 방파제 부근으로, 실험구는 모두 4개로 해삼어초구, 투석구, 해조류서식구 및 모래필구로 구분하였다. 투석구는 기존에 투석하여 해삼의 은신처가 조성된 지역이었고, 해조류서식구는 자연적으로 해조류가 번식한 지점을 선정하였다. 실험구 중 하나인 해삼어초구는 종자와 어미 해삼용 두 가지를 사용하였고(종자: 590(B)×360(W)×120 mm(H); 어미: 590(B)×360(W)×18 mm(H)), 종자용 72개와 어미용 14개를 조합하여 18개씩 모두 12조를 설치하였다. 2014년 12월 2일에 다이버가 직접 해삼어초를 설치하였고, 12월 3일 해삼 종자 102,000마리를 방류하였다. 해삼어초구는 각 조당 500마리의 해삼을 방류하여 12개조에 모두 6,000마리를 방류하였다. 나머지 투석구, 해조류서식구 및 모래필구에는 각 실험구 당 32,000마리를 방류하였다. 해삼어초구는 테트라포트 방파제에서 약 3–5 m 정도 간격을 띄우고 설치하였고, 인공어초가 저질 속으로 파고들어갈 위험이 있는 필 지역을 제외하고 자갈 및 사니질 지역에 설치하였다.

채집한 저질의 pH 분석방법은 시료 20 g에 1 N KCl 용액 50 mL를 가하여 교반한 다음 상등액의 pH를 pH meter (IQ150, U.S.A.)로 측정하였다. 화학적산소요구량(COD)은 시료 2 g 내외에 40% NaOH와 KMnO₄ 용액을

가하여 물증탕에서 산화시킨 다음 유리된 요오드를 치오 황산나트륨으로 적정하여 측정하였다. 유기물 분석은 시료 20 g 정도를 600°C에서 회화시켜 그 감량으로 측정하였다. 황화물 분석은 시료 0.2 g 내외에 산(HCl)을 가하고 증기법으로 황(S)을 유리시켜 옥소적정법으로 적정하여 측정하였다. 채집한 저질의 입도분석방법은 200 g 내외의 시료를 표준체를 이용하여 각 체급별로 물 체질한 후 건조시켜 백분율로 환산하여 구하였다. 저질의 강열감량은 건조된 시료 약 1 g을 도가니에 담아 muffle furnace에서 550°C로 2시간 가열하여 감소된 중량을 유기물 농도로 계산하였다.

조사지점의 수질환경을 알아보기 위해 수온, 염분, 용존 산소(DO), 수소이온농도(pH) 및 전기전도도를 측정하였으며, conductivity temperature depth recorder (CTD)를 이용하여 현장에서 직접 조사하였다. 투명도는 각 정점에서 지름이 30 cm인 백색 원판(Secchi disk)을 물속에 넣어서 원판이 보이지 않을 때의 깊이를 측정하였다. 영양염류의 측정을 위하여 시료를 membrane 여지(공경, 0.45 µm)로 여과한 후 각 성분별로 정색 반응시켜 spectrophotometer (Varian, Cary 1C)로 비색 분석하였다.

해삼어초구는 월별 1개 set를 전수 조사하여 서식 개체 수 및 밀도를 조사 분석하였다. 나머지 투석구, 해조류서식구 및 모래필구는 20 × 20 m에 있는 해삼을 포획하여 분석하였다. 이를 기초로 하여 m²당 해삼 서식밀도를 환산하였다. 어초구는 서식 밀도와 방류 시 개체수를 비교하여 생존율을 산정하였다. 해삼어초구, 투석구, 해조류서식구 및 모래필구에서 채집되는 해삼은 매월 1회 조사하여 누적된 계측 데이터 및 서식 밀도 데이터를 비교하여 연속

적으로 체장, 체중 및 성장도를 분석하였다. 국내·외 문헌 조사를 통하여, 해삼이 서식하는 물리적, 환경적 조건을 분석하였으며 수온, 염분, 수심, 유속 및 저질 등 해삼 서식지의 조건을 분석하였다. 해삼의 최적 서식지 조건을 구명하고자 문헌조사와 본 연구의 결과를 바탕으로 해삼의 서식지 조건을 제시하였다.

3. 결 과

저질 분석 결과, pH는 7.9–8.3, COD는 2.1–3.9 O₂ mg/g 건니, 유기물함량은 2.5–3.1%, 황화물은 2.8–4.2 mg/kg 건니, 감열감량 2.1–3.8% 및 입도 분포는 사질 42.4%, 니질 33.7% 및 조립질 23.9%를 나타내었다(Table 1). 방류 지점의 수심은 5 m 이내이며, 유속은 20 cm/s 이하로 나타났다. 저질 조성은 해안 쪽으로는 사니질로 이루어져 있으며, 화계방과제로부터 남쪽 500 m 떨어진 곳에 위치한 목단도 주변은 암반 및 호박돌로 이루어져 있다. 앵강만에서 수심 10 m 이상의 바닥은 대부분 펄인 것으로 확인되었다.

2015년 12월까지 조사지점의 수질을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수온 분포는 6.3–28.0°C, pH는 8.3–8.8, 투명도는 0.5–3.0 m, 염분은 33.2–34.3 psu로 나타났다. 전기전도도는 51.7–53.1 mS/cm, 용존산소는 5.4–9.7 mg/L로 나타났으며, 총 부유물질은 6.7–9.4 mg/L로 나타났다. 암모니아태질소는 0.058–0.061 mg/L, 아질산태질소는 0–0.001 mg/L, 질산태질소는 0.008–0.015 mg/L, 인산은 0.003–0.009 mg/L, 총 질소는 0.225–0.481 mg/L, 총 인은 0.010–0.035, COD는 0.812–1.085 mg/L로 나

Table 1. Results of analysis on benthic zone and water quality at sea cucumber, *Stichopus japonicus* releasing area

Analysis category	2014		2015											
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
pH	8.1	8.0	8.1	8.3	8.1	8.1	8.1	8.3	8.2	8.1	7.9	8.0	8.2	
COD (O ₂ mg/g)	3.1	2.1	3.5	3.9	3.4	3.5	3.5	3.6	3.5	3.2	3.1	3.3	3.1	
Benthic zone	Organic metter content (%)	2.6	2.5	2.6	2.8	2.9	2.5	2.5	2.8	3.0	3.1	2.9	3.0	2.8
	Sulfide (mg/kg)	2.8	2.9	3.5	3.9	4.2	2.8	2.8	3.0	2.9	3.3	3.0	2.8	3.5
	Grain fineness rate (%)	Sand 42.4, Clay 33.7, Coarse texture 23.9												
	Ignition loss (%)	2.7	2.1	3.3	2.9	3.8	2.9	2.9	2.8	3.1	2.7	2.8	3.0	2.9
	Temperature (°C)	10.5	9.8	9.0	6.3	10.0	16.3	16.9	21.5	28.0	24.2	16.8	16.1	13.2
	pH	8.6	8.7	8.8	8.7	8.5	8.6	8.3	8.5	8.4	8.6	8.6	8.6	8.5
	Degree of transparency (m)	2.5	1.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.5	0.5	2.5	2.5	3.0
Water quality	Salinity (psu)	34.2	33.9	33.7	34.1	34.3	33.7	33.5	33.5	33.8	33.2	34.1	33.9	33.9
	Conductivity (mS/cm)	51.9	52.3	51.7	52.7	52.5	52.1	52.6	52.4	53.2	52.8	53.1	52.4	52.6
	Dissolved oxygen (mg/L)	8.8	8.9	9.7	9.1	9.3	8.9	7.9	7.2	5.6	5.4	7.9	8.8	8.5
	Total suspended solids (mg/L)	7.9	7.8	8.2	8.2	6.7	8.3	8.3	7.5	8.9	9.4	8.8	8.2	7.8
	COD (mg/L)	0.874	0.812	0.835	0.901	0.886	0.965	1.085	0.954	0.875	0.936	0.912	0.898	0.859

Table 2. Monthly density of sea cucumber, *Stichopus japonicus* at the four releasing area

Survey point	2014						2015						Mean ± SD	
	Month (days)													
	Dec (Releasing)	Jan (30)	Feb (60)	Mar (90)	Apr (120)	May (150)	Jun (180)	Jul (210)	Aug (240)	Sep (270)	Oct (300)	Nov (330)		Dec (360)
Sand & silt zone	266.7	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	1.1	2.2	2.1	0.8±0.71 ^a
Artificial sea cucumber banks zone	50.0	23.6	31.4	24.5	23.8	28.4	29.2	23.7	15.3	25.2	18.6	19.2	21.8	23.7±4.85 ^c
Artificial rock banks zone	266.7	4.0	3.5	2.5	2.0	2.5	1.0	0.6	1.7	0.5	1.7	1.2	3.0	2.0±1.17 ^b
Marine algae zone	266.7	2.5	3.0	1.5	1.9	2.0	1.0	0.4	1.1	1.5	2.5	1.4	4.2	1.9±1.07 ^b

※Releasing : Mud and sand, artificial rocks, seaweed point (each 32,000), artificial habitate (500/set, Total 6,000, 12 set)

※Releasing square measure : artificial habitate 1 set/10 m² (Total 120 m²), Mud and sand, artificial rocks, seaweed point 120 m²

※Mean values in the same column not sharing common superscripts are significantly different ($P < 0.001$)

※SD: Standard Deviation

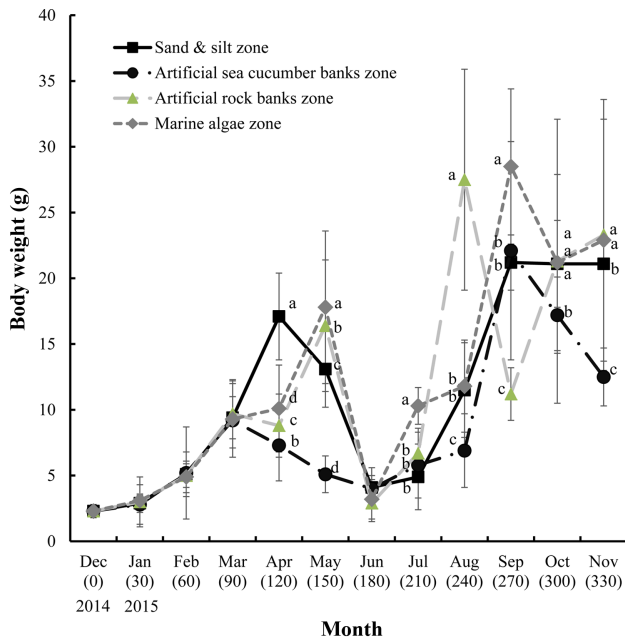


Fig. 1. Variation of size of sea cucumber, *Stichopus japonicus* at the four releasing area. Vertical and error bars are means±S.D. Different letters on the bars indicate statistical significance between pre and experimental groups ($P < 0.001$)

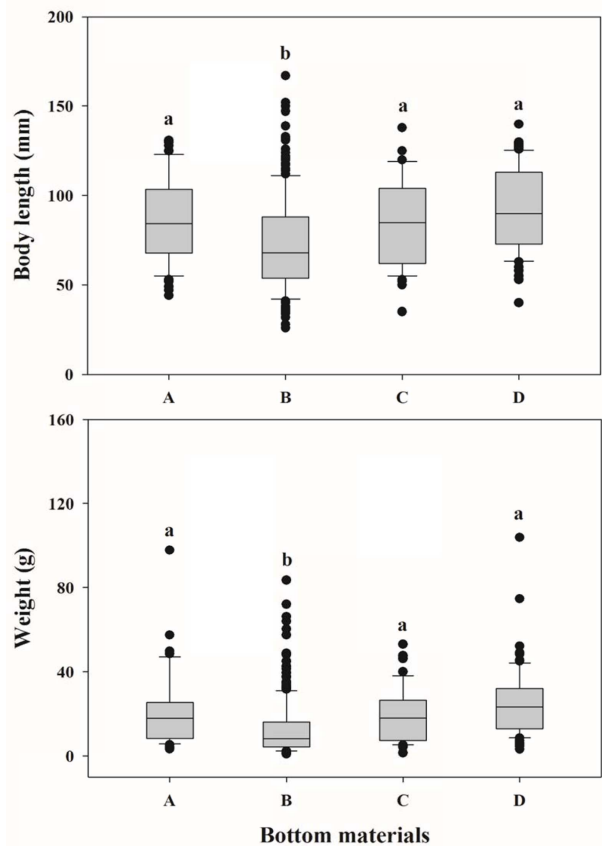


Fig. 2. Body length and weight of sea cucumber according to the characteristics of bottom materials on 330 days after releasing. Each values in the same column not sharing common superscripts are significantly different ($P < 0.001$). A: sand & silt zone, B: artificial sea cucumber banks zone, C: artificial rock banks zone, D: marine algae zone

타났다. 방류 해역의 WQI는 해양환경관리공단의 해양수질측정망의 평가에서 23이하로 1등급인 것으로 나타났고, 본 조사에서 측정된 수질환경, 영양염류 및 저질분석 결과에서도 모든 항목이 해삼의 성장에 적합한 것으로 나타났다.

방류 해삼 종자의 환경에 따른 서식밀도를 파악하고자 방류 지점을 4개 구역으로 구분하였다. 각 구역별 서식 밀도에 대한 조사는 Table 2와 같다. 해삼어초구에서 평균 서식 밀도 23.7개체/m²로 가장 높게 나타났다. 투석구와

해조류서식구는 각각 2.0개체/m², 1.9개체/m²로 비슷한 밀도를 보였고, 모래펄구에서는 평균 서식밀도 0.8개체/m²

으로 가장 낮은 밀도를 나타냈다. 수온의 상승으로 해삼이 하면을 시작하여 하면기간(210-270일)동안 서식밀도는 모래펄구 0.4개체/m², 투석구 0.9개체/m² 및 해조류서식구 1.0개체/m²를 나타내어 평균 밀도보다 낮아졌다. 그러나 해삼어초구는 이 기간동안 평균 21.4개체/m²로 나타나 하면 전후와 차이를 나타내지 않았다. 수온이 낮아지기 시작한 10월부터 모래펄구(1.8개체/m²), 투석구(2.0개체/m²) 및 해조류서식구의 해삼 서식밀도(2.7개체/m²)가 늘어나는 것을 확인할 수 있었고, 해삼어초구는 19.9개체/m²로 나타났다(Table 2).

방류 해삼의 크기 분포를 파악하기 위하여 2014년 12월부터 이듬해 12월까지 매월 각 구역별로 해삼을 채취하여 분석한 결과, 방류 당시 평균 2.3 g이었던 방류 해삼은 360일 경과 후 해삼어초구는 평균 12.5 g, 모래펄구 21.1 g, 투석구 23.3 g 및 해조류서식구 22.9 g으로 나타났다(Fig. 1). 방류 해삼의 구역에 따른 월별 체중 분포는 Fig. 1에 나타내었고, 기질에 따른 해삼의 성장 분포를 분석한 결과는 Fig. 2과 같이 나타났다. 해삼어초구를 제외한 모래펄구, 투석구, 해조류서식구에서는 해삼의 성장이 유의하게 높은 것으로 나타났다($P < 0.05$).

4. 고 찰

방류한 해삼이 안정적으로 정착하고 빠르게 성장하기 위해서는 여러 가지 환경조건이 서식에 적합해야 한다. 본 연구는 해삼의 최적 서식지 조건을 알아보고자 현장실험 결과를 바탕으로 방류 해삼의 서식지 조건을 제시하고자 하였다. 해삼의 생태는 수온에 따라 크게 활동기와 하면기로 나누어지는데 활동기는 10-16°C이고, 하면기는 24°C 이상이다. 실험장소인 화계리의 연간 수온 범위는 6.3-28.0°C로 나타났고, 조사기간 중 수온이 17°C 이하로 나타난 1-5월과 10-12월에 해삼의 출현율이 가장 높게 나타났다. 해삼은 염분 28-34 psu에서 가장 안정적인 서식 및 성장을 나타낸다고 하였는데(강 등 2012), 화계리는 실험기간중에 33.2-34.3 psu로 해삼의 성장에 적합한 것으로 나타났다. 실험 지역의 용존산소는 5.0 mg/L 이상으로 해삼의 서식에 적합하였고, pH는 8.3-8.8로 안정적인 범위를 나타내었다. 문헌조사를 통하여 해삼은 수심 3-20 m의 범위 안에서 서식이 가능한 것으로 판단하였다(강 등 2012). 화계리 방류 실험지점은 평균 수심 3.8-4.1 m로 방류 해삼이 성장하기에 적합하였고 5-10 m에서 상품 크기

Table 3. Optimum habitate conditions for sea cucumber, *Stichopus japonicus*

Category	Literature survey	Optimum habitat at the survey point		Reference		
				Country	Range	
Temperature (°C)	Range	10-14°C	Range	6.3-28.0°C	China ¹⁾	5-15°C
	Limit	<3°C or >28°C	Optimum	6-17°C	Japan ²⁾	2-10°C
Salinity (psu)	Range	28-34 psu	Range	33.2-34.3 psu	China ¹⁾	>27 psu
	Limit	<26 psu, decreased survival rate	Optimum	33.2-34.3 psu		
Dissolved oxygen (mg/L)	Range	>5.0 mg/L	Range	5.4-9.7		
	Limit	<3.6 mg/L	Optimum	>5.0 mg/L		
pH	Range	7.6-8.6	Range	8.3-8.8		
	Limit	<6.0, >9.0	Optimum	8.3-8.8		
Water depth (m)	Range	3-20 m	Range	3.8-18.3 m	China ¹⁾	1.7 m 7.7 m 5-15 m ³⁾
	Limit	10 m or more	Optimum	3.8-10.0 m	Japan ⁴⁾	10 m
Water flow velocity (m/s)	Range	0.2-0.4 m/s	Range	0.2-0.4 m/s	China ¹⁾	<0.5 m/s
	Limit	>0.5 m/s, Difficulty attaching	Optimum	0.2-0.4 m/s	Japan ²⁾	region with a low water velocity
Bottom composition	Range	Rocks, boulder stone, sands	Range	Rocks, boulder stone, sands	China ¹⁾	Rocks, Sand
	Limit	Mud within 10% of content, retiring place and food source	Optimum	Retiring place and rich source of Food	Japan ²⁾	Rocks, boulder stone

¹⁾Kang et al. 2012

²⁾Aoki Prefecture Fisheries Technology Center 2012b

³⁾Choi 1963

⁴⁾Hokkaido Research Organization 2012

의 해삼이 많이 출현하는 것으로 나타났다. 그러나 10 m 이상에서는 해삼이 출현하지 않았다. 유속이 0.5 m/s 이상 일 경우, 어린 해삼이 기질에 부착하지 못하고 유실되는 현상이 발생하기 때문에 0.2–0.4 m/s에서 해삼의 저질 안착이 가능하다고 보고되어 있다(FAO 2004). 방류지역은 내만 가장 안쪽에 위치하여 유속이 0.2–0.4 m/s로 안정적으로 나타났다. 해삼은 주로 조간대와 조하대에 분포하는데 이곳에 대량의 대형 해조류, 돌 무더기 및 어초가 존재하기 때문이다.

방류 해삼의 서식 조건에 관하여 선행연구 결과들은 Table 3과 같다. 2014년 수산종자관리사업 지침(한국수산자원관리공단 2014a)에 의하면 우리나라의 해삼은 10–15°C에서 가장 안정적으로 성장한다. 20°C 이상에서는 여름잠(하면, 夏眠)을 잘 준비를 시작한다. 그리고 수온이 28°C 이상 지속되면 해삼이 적응하기 어려우므로 이러한 곳은 방류 해삼의 서식지로서 부적합하다고 하였다(한국수산자원관리공단 2014b). 서해안을 제외한 우리나라의 겨울철 바다는 결빙이 나타나지 않으므로 해삼 생존에는 크게 문제가 되지 않지만, 축적식 양식장 등에서는 결빙이 있을 수 있어 주의할 필요성은 있다. 중국은 산둥지역의 해삼양식단지에서 방류 해삼 서식지 조건을 10–15°C로 우리나라와 같은 조건에서 해삼의 서식에 적합하다고 하였다(강 등 2012). 일본의 아오모리현 수산종합연구소에서는 2–10°C가 되는 시기가 방류 해삼의 서식 조건에 부합한다고 보고하였다(Aoki Prefecture Fisheries Technology Center 2012a, 2012b). 염분도는 국내의 경우 28–34 psu, 중국에서는 27 psu 이상의 조건이 방류 해삼의 서식 조건으로 적합하다고 보고하였다(강 등 2012). 방류 해삼이 서식하기 적합한 수심은 한국수산자원관리공단 2013년 양양군 해삼섬 조성사업 보고서에서 5–10 m, 농림수산식품부 2011년 해삼양식 가이드북에서 5–20 m, 해양수산부 2013년 해삼 양식산업 기술개발 연구사업에서 10 m 내외, 한국수산자원관리공단 2013년 군산시 수출전략 해삼양식단지 조성 기본계획 수립 보고서에서 30 m 이하(농림수산식품부 2011; 한국수산관리공단 2013a, 2013b; 해양수산부 2013), Lee et al. (2013)의 우리나라 주변해역의 방류 해삼의 서식지 현황 및 적지 기초 연구 보고서에서 6–10 m 등으로 발표된 바 있다. 중국 황해연구소에서는 1.7 m에서 85 g 이하의 해삼이 70% 출현율을 보였고, 7.7 m에서 126 g 이상의 해삼이 90% 이상 출현한다고 보고하였다(강 등 2012). Choi (1963)는 5 m 이하의 수심에서 50–100 g, 5–10 m의 수심에서 100–150 g, 10–15 m의 수심에서 150–200 g의 해삼이 출현했다고 보고하였다. 일본 북해도 하코다테수산시험장 해삼방류 증대추진사업 보고서에서는 10 m 내외가 방류 해삼의 서식 적지라고 보고하였다(Hokkaido Research Organization 2012). 이러한

결과들을 보아 5–10 m에서 방류 해삼이 성장하고 깊은 수심으로 이동하기 전에 서식지로써 적당한 것으로 판단된다. 방류 장소의 유속은 국내 보고서에서는 방류 해삼이 관측으로 몸을 지탱할 수 있는 0.6 m/s 이하 및 2.0 m/s 이하라고 보고하였고, 중국은 0.5 m/s 이하, 일본은 유속이 느린 장소라고 보고하였다. 방류 장소의 저질은 해양수산부 (2013)에서 암석, 사질 및 니질이 적합하다고 보고하였고, 농림수산식품부 (2011)에서는 암석, 호박돌 및 니질, 한국수산자원관리공단 (2013c)에서는 굵은 자갈 및 사질, Lee et al. (2013)은 암석 및 사니질이라고 보고하였다. 중국에서는 암석과 사질이라고 보고하였고, 그 중에서도 갯벌 함량이 적은 곳에 해삼 분포가 높다고 하였다. 또한 잘피와 해조류가 많은 암초지대 및 사질이 적합하다고 보고하였다(강 등 2012). 일본은 저질 중에 갯벌의 함량이 10% 이하인 호박돌 및 사질에서 해삼이 분포하지만, 갯벌 함량이 27.8% 이상인 저질에서는 해삼이 서식하지 않는다고 보고하였다(Aoki Prefecture Fisheries Technology Center 2012a). 따라서 국내·외 해삼관련 문헌조사와 본 연구를 통해서 판단한 결과 방류 해삼의 서식지 조건은 다음과 같다(Table 3). 방류 해삼의 적정 서식지 조건은 수온 10–15°C, 염분도 28–34 psu, 수심 5–10 m, 유속 0.2–0.4 m/s이 적합하고, 저질의 조성은 암반, 호박돌 및 사니질이 좋으며, 갯벌 함량이 20% 이하인 곳이 해삼의 서식에 적합한 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 한국수산자원관리공단에서 지원한 ‘해삼 최적 방류 및 효율 증대를 위한 정밀 조사 및 평가’ 과제의 수행결과입니다.

참고문헌

- 강석중, 강승완, 강정하, 정우철, 진상대, 최병대, 한종철 (2012) 최신 해삼양식기술. 아쿠아인포, 서울, 426 p
- 농림수산식품부 (2011) 해삼양식 가이드북. 농림수산식품부, 세종, 134 p
- 박영제 (2006) 해삼 양식 기술 개발. 국립수산과학원, 인천, 151 p
- 탄해수산자원연구소 (2011) 중국과 러시아의 공동 해삼양식. <http://www.tharri.com> Accessed 5 Jan 2018
- 탄해수산자원연구소 (2012) 중국의 해삼양식산업의 현황과 전망. <http://www.tharri.com> Accessed 3 Jan 2018
- 한국수산자원관리공단 (2013a) 2013년 양양군 해삼섬 조성 사업. 한국수산자원관리공단, FIRA-PR-2013-027, 173 p
- 한국수산자원관리공단 (2013b) 군산시 수출전략 해삼양식단지 조성 기본계획 수립 보고서. 한국수산자원관리공단,

- FIRA-PR-2013-032, 119 p
- 한국수산자원관리공단 (2013c) 친환경 해삼 씨뿌림 양성 시험. 웅진군 수출양식단지(양식섬) 육상사업 기본계획 수립 보고서. 한국수산자원관리공단, 266 p
- 한국수산자원관리공단 (2014a) 2014년 수산종묘관리사업 지침. 해양수산부, FIRA-PR-2014-050, 35 p
- 한국수산자원관리공단 (2014b) 해삼 방류 효율 증대를 위한 적정 방류량 산정. 한국수산자원관리공단, 61 p
- Aoki Prefecture Fisheries Technology Center (2012a) The ecology and resource management of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. http://www.aomori-itc.or.jp/public/zoshoku/dayori/114g/114_p8-10.pdf Accessed 15 Dec 2017
- Aoki Prefecture Fisheries Technology Center (2012b) The releasing and seedling manual of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. http://www.aomori-itc.or.jp/assets/files/rif/namako/Namako_houryuu.pdf Accessed 15 Dec 2017
- China Fishery Group (2015) The consumption of sea cucumber in China. Beijing, China Fishery Group, 19 p
- Choi S (1963) Study of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. Kaibuto, Tokyo, 35 p
- FAO (2004) Advances in sea cucumber aquaculture and management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 256 p
- Hokkaido Research Organization (2012) The Project to increase of releasing sea cucumber, *Stichopus japonicus*. Hokkaido Research Organization, Sapporo, 64 p
- Korean Statistical Information Service (2017) Production amount of sea cucumber in Republic of Korea from 1990 to 2014. <http://www.kostat.go.kr> Accessed 18 Dec 2017
- Lee CH, Lee DH, Kwak SN, Kim HW (2013) A preliminary study in habitat characteristics and settlement of released sea cucumber, *Stichopus japonicus* in the coastal waters of Korean peninsula. *J Fish Resour Manag* 3:113–127
- Lee CS, Park YJ (1999) Influence of food and density on the growth and survival of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. *J Aquacult* 12:39–45
- 국문 참고자료의 영어 표기
- English translation / Romanization of references originally written in Korean**
- Kang SJ, Kang SW, Kang JH, Jung WC, Jin SD, Choi BD, Han JC (2012) Sea cucumber aquaculture technology. Aquainfo, Seoul, 426 p
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2011) The Guidebook for aquaculture of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, 134 p
- Park YJ (2006) Development of culture technique of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. National Institute of Fisheries Science, Incheon, 151 p
- TanHae Aquatic Resources Research Institute (2011) Aquaculture of sea cucumber, *Stichopus japonicus* in China and Russia. <http://www.tharri.com> Accessed 5 Jan 2018
- TanHae Aquatic Resources Research Institute (2012) The current status and prospects of sea cucumber's aquaculture industry in China. <http://www.tharri.com> Accessed 3 Jan 2018
- Korea Fisheries Resources Agency (2013a) The development project of sea cucumber island in Yangyang-gun. Korea Fisheries Resources Agency, FIRA-PR-2013-027, 173 p
- Korea Fisheries Resources Agency (2013b) The plan report for the establishment of sea cucumber aquacultural complex. Korea Fisheries Resources Agency, FIRA-PR-2013-032, 119 p
- Korea Fisheries Resources Agency (2013c) Eco-friendly seedling test of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. Korea Fisheries Resources Agency, 266 p
- Korea Fisheries Resources Agency (2014a) 2014 Fisheries seedling management guidelines. Ministry of Oceans and Fisheries, FIRA-PR-2014-050, 35 p
- Korea Fisheries Resources Agency (2014b) Estimation of optimum releasing rate of sea cucumber, *Stichopus japonicus*. Korea Fisheries Resources Agency, FIRA-PR-2014-022, 61 p

Received Mar. 29, 2018

Revised Jun. 14, 2018

Accepted Jun. 20, 2018