Check for updates

한국해양환경 · 에너지학회지
J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy
Vol. 26, No. 3, 320-326, August 2023

https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2023.26.3.320
ISSN 2288-0089(Print) / ISSN 2288-081X(Online)

Original Article

인공부착판을 활용한 국내 주요 항만의 부착성 대형무척추동물 생물상 조사

서진영[1] · 장민철[2] · 신경순[2,†]
[1]한국해양과학기술원 선박평형수연구센터 전문연구원
[2]한국해양과학기술원 선박평형수연구센터 책임연구원

Investigation of the Sessile Macro-invertebrates in Major Domestic Ports Using Artificial Plates

Jin-Young Seo[1], Min Chul Jang[2], and Kyoungsoon Shin[2,†]
[1]Full-time Researcher, Ballast Water Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Geoje 53201, Korea
[2]Principal Researcher, Ballast Water Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Geoje 53201, Korea

요 약

본 연구는 국내 주요 항만에 서식하고 있는 부착성 대형무척추동물의 생물상을 파악하고 계절적 변동 양상을 파악하기 위해 수행되었다. 인공부착판을 국내 주요 9개 항만에 설치 후, 4주와 13주 간격으로 샘플링을 진행하였고, 13주차 샘플링 후 새로운 부착판을 투입하여 다시 4주와 13주 간격으로 샘플링을 수행하였다. 2021년 8월에 시작하여 2022년 10월 채집 종료까지 계절별로 2회씩 총 8회 채집을 진행하였다. 부착판은 방오도료 처리구와 프라이머 처리구로 구분하여 투입하였다. 4주차 부착판에는 슬라임 상태 혹은 해조류와 일부 따개비류 만이 부착되어 있었고, 13주 유지 부착판, 특히 프라이머 처리 부착판에는 다양한 생물이 부착되었다. 계절적 변동 양상을 살펴본 결과, 추계에는 따개비류가 가장 우점하였고, 동계에서는 군체성멍게와 유령멍게, 춘계에도 유령멍게와 멍게류인 *Asidia ahodori*가 우점하였다. 하계 조사에서는 처음으로 연체동물의 지중해담치와 굴이 출현하였다. 지역적으로 부착생물의 종조성에 큰 차이는 없었고, 동해, 남해, 서해에서 계절에 상관없이 따개비류, 이끼벌레류, 석회관갯지렁이가 우점하였다.

Abstract – This study conducted to identify the biota of sessile macro-invertebrates and seasonal variations in the ports areas, Korea. We installed that artificial plate in 9 major domestic ports. Sampling was performed at interval 4 weeks and 13 weeks. The sampling was conducted at interval 4 and 13 weeks during August, 2021 to October, 2022. At the 13 weeks, the artificial plate was collected and re-installed and sampling was conducted 4 and 13 weeks again. There was no biological attachment at a level that could be classified morphologically regardless of the season for 4 weeks of maintenance. Seasonal appearance patterns were confirmed by barnacles in autumn, chordates such as *Ciona robusta* in winter and spring, and *Mytilus galloprovincialis* and *Magallana gigas* in summer. There was no significant difference in regional variation and barnacles, bryozoa, Serpulidae of polychaeta were dominated in study areas regardless of the season.

Keywords: Biofouling(생물오손), Invasive species(침입종), Sessile invertebrate(부착성 무척추동물), Artificial plate(인공부착판), Port(항만)

1. 서 론

외래생물의 유입은 크게 선박에 의한 이동과 해류 및 인간에 의한 유입 등으로 구분된다. 그중 가장 높은 비중을 차지하는 것은 선박에 의한 이동으로 생물오손(biofouling)과 선박평형수(ballast water)에 의한 유입이 대표적이며, 그 중 77%가 선체부착을 통한 이동으로 선체부착에 의한 생물의 유입 비중이 선박평형수(20%)에 비해 3배 이상 높은 것으로 나타났다(Jackson *et al.*[2008]; Ruiz *et al.*[2000]; Sylvester *et al.*[2011]; IMO [2006]). 생물오손(biofouling)이

†Corresponding author: ksshin@kiost.ac.kr

란 해양부착생물이 인간이 이용하는 시설물에 부착하여 어떤 악영향을 미치는 경우를 말한다. 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 선체 부착으로 이동 가능성이 높은 침입종(Invasive species)으로 8종의 무척추동물을 선정하여 발표하였다(IMO web site). 그 중 아무르불가사리(*Asterias amurensis*), 흰따개비(*Amphibalanus improvisus*) 등은 이미 국내 연안 및 항만지역에 우점하여 출현하고 있으나, 초록담치(*Perna viridis*), *Mytilopsis sallei* 등과 같이 아직 국내에서 보고되지 않은 종들도 포함하고 있다. 하지만 항만지역의 경우 접근성이 좋지 않고, 대형 선박이 출입하는 지역이므로 안전상의 문제 등으로 인한 생물 채집에 어려움이 있어 항만지역에 서식하는 무척추동물에 대한 분포 범위 및 현황에 대한 조사는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 부착생물상 조사를 위해 인공 부착판을 활용하였다. 부착판을 활용한 연구는 자연상태에서 얻기 어려운 실험구를 반복적으로 만들 수 있고, 다양한 크기와 재질을 사용할 수 있어 부착생물에 대한 연구에 많이 사용된다(Choi *et al.*[2011]). 국내에서는 남해안에서 계절별 부착성 무척추동물의 가입양상을 파악한 연구(Choi *et al.*[2011]), 부착판의 투입시기와 투입기간에 따른 부착생물상의 변동 양상에 대한 연구(Park *et al.*[2011])등이 수행되었으나, 항만 지역에 대한 조사는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 주요 항만의 계절별 부착생물상을 파악하기 위해 계절마다 새로운 인공부착판을 투입하여 부착생물상을 파악해 보고자 하였다. 국내 주요 항만에 분포하고 있는 부착 무척추동물의 분포 현황 및 범위를 파악하여 국내에서 출현이 보고되지 않은 외래 침입종의 출현 유무를 파악해 보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

부착성 무척추동물 조사를 위해 국내 주요 9개 항만(동해(묵호), 울진, 울산, 부산, 거제, 여수, 군산, 목포, 인천)에 인공부착판을 설치하였다(Fig. 1). 각 항만별로 계절별 부착양상을 파악하기 위해, 2021년 8월(추계), 12월(동계), 2022년 3월(춘계), 그리고 2022년 6월(하계)에 부착판을 투입하였다. 추계 생물상 파악을 위해 2021년 8월에 투입한 부착판은 4주차인 2021년 9월에 1차 샘플링을 수행하였고, 13주차인 2021년 12월에 2차 샘플링을 수행 후 제거하였다. 추계 생물상 조사를 위한 부착판을 제거 후 다시 새로운 부착판을 투입하여 동계 생물상 조사를 수행하였다. 동계 생물상 조사는 2021년 12월에 투입하였으며, 역시 4주와 13주차에 샘플링을 수행 후 제거하였다. 춘계와 하계 조사를 위한 부착판 역시 추계와 동계 조사와 동일한 방법으로 실험을 진행하였다. 실험에 사용한 부착판은 방오도료 처리를 한 실험구와 방오도료 처리를 하지 않고 프라이머 처리만 한 실험구를 사용하였다.

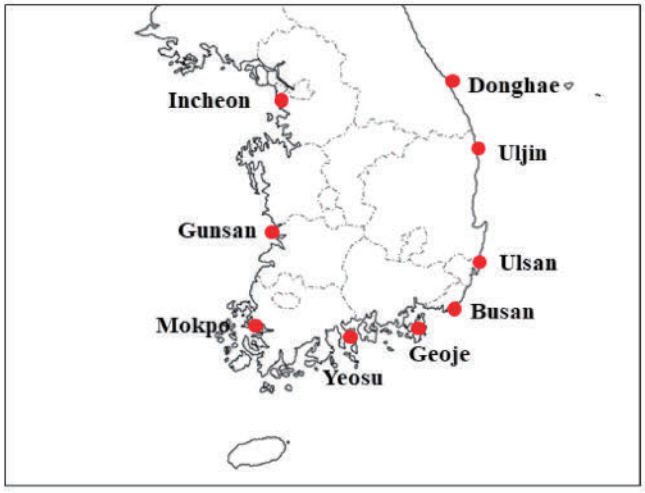

Fig. 1. The installed areas where the artificial plate is in the domestic port areas.

시료는 채집 후 실험실로 이동하여 부착성 무척추동물의 생물상을 파악하였으며, 가능한 종수준까지 동정을 수행하였다. 단각류와 같은 부착성이 아닌 저서동물들의 경우 본 연구 결과에서 배제하였다. 부착판에서 생물을 분리하는 과정에서 생물들이 부스러지고 형태를 알아볼 수 없는 상태가 되어서 전체 면적에 대한 분포 비율로 부착상을 나타내었다. 전체 면적의 50% 이상을 차지하는 생물종은 '+++', 30% 이상은 '++', 10% 미만인 종은 '+'로 표시하였으며, slime 상태는 '-'로 표시하였다.

3. 결 과

2021년 8월부터 4주간 유지한 부착판에서의 생물상을 파악한 결과, 동해안에 설치한 부착판들에서는 주로 따개비류가 부착되었고, 남해안의 부산과 여수에서는 이끼벌레류, 거제의 부착판에서는 석회관갯지렁이류가 부착되어 있었다. 서해안의 목포에 설치한 부착판에서는 따개비류와 해조류가 부착되어 있었고, 인천의 부착판에서는 이끼벌레류와 해조류가 부착되어 있었다. 대부분의 항만에서 프라이머만 처리한 부착판에서 생물이 부착되어 있었으며, 부착정도는 방오도료를 처리한 부착판에 비해 프라이머 처리 부착판에서 높은 생물 부착상을 보였다(Fig. 2). 하지만 동해 묵호항, 인천의 부착판에서는 방오도료 처리 부착판에서도 생물의 부착이 관찰되었다. 하지만 동해 묵호항을 제외한 대부분 항만에서는 부착 정도가 심하지 않았고, 부착이 시작된 단계로 보여 형태학적으로 구분이 쉽지는 않았다.

2021년 8월부터 13주간 유지한 부착판(추계)에서는 프라이머 처리구에서 많은 생물이 부착되어 있었다(Fig. 2). 동해안에 설치한 동해(묵호항), 울진, 울산의 항만 지역에서는 이끼벌레 4종, 환형동물 1종, 절지동물 4종이 부착되어 있었으며, 가장 우점한 종은 태형동물의 자주빛이끼벌레(*Watersipora subovoidea*), 환형동물의 석회관갯지렁이(*Serpula vermicularis*)였고, 삼각따개비(*Balanus trigonus*)와 주걱따개비(*Amphibalanus amphitrite*)도 우점 출현하였다(Table 1). 방오도료 처리구에서도 13 주차에는 석회관갯지렁이류와 따개비류 등이 부착되었으며, 해조류도 일부 부착된 것을 확인할 수 있었다. 남해안의 부산에 설치한 부착판에서는 방오도료를

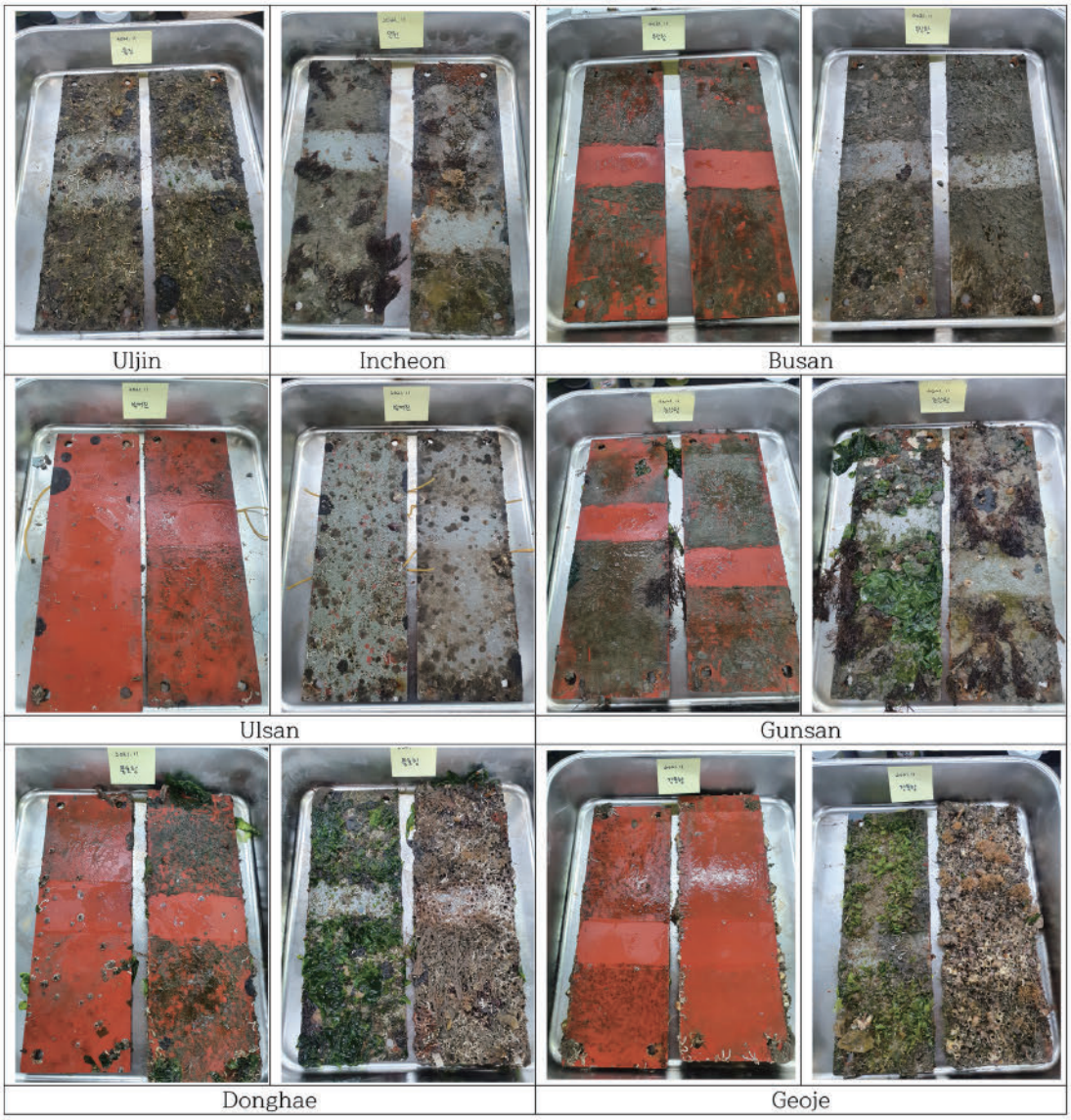

Fig. 2. The macrobenthic fauna settled on the artificial substrates during 13 weeks from August to November, 2021(The red plate is coated with anti-fouling paint; The gray plate is coated with primer).

처리한 부착판에서는 특별한 생물 부착 없이 슬라임 상태만을 보였고, 프라이머 처리구에서는 태형동물 2종, 환형동물 1종, 절지동물 1종이 출현하였다. 그 중 큰다발이끼벌레(*Bugula neritina*)와 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*), 따개비류가 우점하는 것으로 나타났다. 거제의 부착판에서는 태형동물 1종, 환형동물 1종, 절지동물 3종, 척삭동물 1종이 출현하였다. 방오도료 처리구에서는 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*)만이 부착되었으며, 프라이머 처리구에서는 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*)와 삼각따개비(*B. trigonus*), 주걱따개비(*A. amphitrite*)가 우점하였다. 그 외에도 캘리포니아이끼벌레(*B. californica*)와 자주빛이끼벌레(*W. subovoidea*)가 우점하였다. 서해안의 군산 부착판에서는 태형동물 2종, 환형동물 1종, 절지동물 1종, 척삭동물 1종이 출현하였다. 그 중 큰다발이끼벌레(*B. neritina*)가 가장 우점하였고, 해조류의 부착 비중도 높게 나타났다. 인천의 부착판에서는 태형동물 3종, 환형동물 1종, 절지동물 1종이 출현하였다. 큰다발이끼벌레(*B. neritina*)의 비중이 가장 높았고, 그 외에도 캘리포니아이끼벌레(*B. californica*)등의 이끼벌레류가 우점하는 것으로 나타났다.

2021년 12월에는 동계 부착 생물상을 파악하기 위해 새로운 부착판을 투입하여 추계와 동일하게 4주와 13주 후 생물상을 살펴보았다. 4주 후 관찰한 결과, 프라이머 처리구와 방오도료 처리구 모두에서 특별한 생물의 부착이 확인되지 않았고, 슬라임 상태 혹은 일부 해조류가 부착된 상태인 것으로 나타났다. 13주간 유지한 부착판을 살펴본 결과, 동해(묵호)항에서는 캘리포니아이끼벌레(*B. californica*)와 자주빛이끼벌레(*W. subovoidea*), 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*)의 부착이 확인되었고, 추계 조사에서는 출현하지 않았던 군체성멍게가 새롭게 가입되었다. 울산항의 부착판에서는 자주빛이끼벌레(*W. subovoidea*)만이 일부 부착이 확인되었고, 울진항의 부착판은 소실되어 생물상을 파악할 수 없었다(Table 2). 남해안의

Table 1. The list of sessile invertebrate fauna in the port areas from August to December 2021 during 13 weeks

Region / Anti-fouling paint	Donghae		Uljin		Ulsan		Busan		Geoje		Yeosu		Gunsan		Mokpo		Incheon	
	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X
Bryozoa																		
Bugula californica		++						+		++								+
Bugula neritina								++						+++				+++
Watersipora subtorquata		+++		++	+	+++				++				+				
Bryozo unidentified		++				++												++
Mollusca																		
Mytilus galloprovincialis																		
Crassostrea gigas																		
Annelida																		
Serpula vermicularis	++	+++	+	+++		+++		++	+	+++	plate loss			+	plate loss			+
Arthropoda																		
Amphibalanus amphitrite *Balanus trigonus*	++	+++	+	++		++		++		+++								+
Amphibalanus eburneus				+						+++				++				
Balanidae unidentified		++																
Chordata																		
Polyclinidae														++				
Stylela clava										+								
Others (Slime)	(-)	+++	(-)	++	(-)	+	(-)	++	(-)				(-)				(-)	
Seaweed	+	+++		+						+++				+++				

(○, Anti-fouling paint; X, no anti-fouling paint) (Cover degree '+': 10%, '++': 30%, '+++': 50%)

Table 2. The list of sessile invertebrate fauna in the port areas from December 2021 to March 2022 during 13 weeks

Region / Anti-fouling paint	Donghae		Uljin		Ulsan		Busan		Geoje		Yeosu		Gunsan		Mokpo		Incheon	
	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X
Bryozoa																		
Bugula californica		+																
Bugula neritina																		
Watersipora subtorquata		+				++												
Bryozo unidentified																		
Mollusca																		
Mytilus galloprovincialis																		
Crassostrea gigas																		
Annelida																		
Serpula vermicularis		++										+						
Arthropoda																		
Amphibalanus amphitrite																		
Balanus trigonus																		
Amphibalanus eburneus																		
Balanus improvisus																+		
Chordata																		
Polyclinidae		++																
Ciona robusta										+++								
Others (Slime)	(-)				(-)				(-)				(-)		(-)		(-)	
Seaweed										+	++	+++	+++	++				++

(○, Anti-fouling paint; X, no anti-fouling paint) (Cover degree '+': 10%, '++': 30%, '+++': 50%)

거제(장목항)에 설치한 부착판에서는 유령멍게(*Ciona robusta*)가 가장 우점하였고, 여수항의 부착판에서는 석회관갯지렁(*S. vermicularis*)이 만이 일부 확인되었다. 부산항에 설치한 부착판은 소실되었다. 서해안의 군산, 목포, 인천의 부착판에서는 목포 부착판에서 일부 따개비류의 부착이 확인되었으나, 그 외 지역에서는 대부분 해조류만이 부착되어 있었다.

Table 3. The list of sessile invertebrate fauna in the port areas from March to June 2022 during 13 weeks

Region / Anti-fouling paint	Donghae		Uljin		Ulsan		Busan		Geoje		Yeosu		Gunsan		Mokpo		Incheon	
	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X
Bryozoa																		
Bugula californica		+++								+		+				+		
Bugula neritina																		
Watersipora subovoidea												++						
Bryozo unidentified																		
Mollusca																		
Crassostrea gigas																		
Mytilus galloprovincialis																		
Annelida																		
Serpula vermicularis		++		++						+		+++						
Arthropoda					Plate loss		Plate loss											
Amphibalanus amphitrite																		
Balanus trigonus																		
Amphibalanus eburneus																		
Balanidae unidentified																		
Chordata																		
Polyclinidae		+								+								
Asidia ahodori										++				+++				
Ciona robusta				+						+		+		+		+++		+++
Others	(-)		(-)	(-)					(-)		(-)		(-)		(-)		(-)	
Seaweed		++																

(○, Anti-fouling paint; X, no anti-fouling paint) (Cover degree '+': 10%, '++': 30%, '+++': 50%)

2022년 3월에는 춘계 부착 생물상을 파악하기 위해 새로운 부착판을 투입하였고, 동일하게 4주, 13주 후 생물상을 살펴보았다. 4주간 유지한 부착판에서는 프라이머 처리구와 방오도료 처리구 모두 슬라임 상태를 보였고, 일부 해역에서는 해조류의 부착을 확인할 수 있었다. 13주간 유지한 부착판에 부착된 생물상을 살펴보면, 동해(묵호)항에서는 캘리포니아이끼벌레(*B. californica*), 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*), 그리고 군체성멍게(Polyclinidae)가 부착되어 동계 생물상과 큰 차이를 보이지 않았다(Table 3). 남해안의 거제(장목항)에서는 척삭동물의 *Asidia ahodori*와 유령멍게(*C. robusta*)가 우점하였고, 여수항에서는 자주빛이끼벌레*(W. subovoidea)*와 석회관갯지렁이(*S. vermicularis)*가 우점 출현하였다. 서해안의 군산에서는 척삭동물의 *A. ahodori*, 목포와 인천에서는 유령멍게(*C. robusta)*가 우점하였다.

2022년 6월에는 하계 부착 생물상을 파악하기 위해 새로운 부착판을 투입하였고, 4주와 13주 후 부착 생물상을 확인하였다. 하계 기간에 4주간 유지한 부착판에서는 프라이머 처리구와 방오도료 처리구 모두 슬라임 상태를 보였고, 13주간 설치된 부착판에서는 프라이머 처리구와 방오도료 처리구 모두 많은 생물이 부착되어 있었다. 동해(묵호)항과 울진항, 남해안의 거제, 여수항에 설치된 부착판에서는 프라이머 처리구와 방오도료 처리구 모두 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*)와 주걱따개비(*A. amphitrite*), 삼각따개비(*B. trigonus)*가 가장 우점하였다(Table 4). 그 외에도 동해항에서는 자주빛이끼벌레(*W. subovoidea)*가 우점하였고, 군산에서는 군체성멍게(Polyclinidae), 인천에서는 군체성멍게(Polyclinidae)와 미더덕(*Stylela clava)*이 우점 출현하였다. 동해와 여수항에서 처음으로 연체동물의 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis)*의 출현이 확인되었고, 참굴(*Magallana gigas)*은 울진에서 처음으로 부착이 확인되었다.

본 연구결과, 계절과 해역에 상관없이 석회관갯지렁이와 따개비류가 우점 출현하였고, 이끼벌레류도 우점 출현하였다. 동계에 남해안의 거제도에서 가장 먼저 유령멍게의 출현이 확인되었고, 춘계에는 동해안을 제외한 남해안과 서해안에서는 유령멍게를 비롯한 척삭동물의 멍게류가 우점 출현하였다. 하계에는 동해안과 남해의 여수항에서 처음으로 연체동물의 지중해담치와 참굴의 부착이 확인되었고, 추계 조사에서는 해역에 상관없이 출현하는 종조성은 유사하였으나 동해안과 남해안에 비해 서해안에서 이끼벌레류와 해조류의 출현 빈도가 높은 것으로 나타났다. 이처럼 해역별로 부착생물상에 큰 차이를 보이지는 않았고, 다만 부착 시기는 해역별로 다소 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 고 찰

인공기질을 이용한 부착생물에 대한 연구는 투입시기, 투입기간에 따라 생물상이 달라진다(Underwood and Chapman[2006]). 해양생물의 경우 고유한 생활사와 생식 주기를 갖기 때문에 종별로 가입되는 시기는 고정되어 있으며, 가입시기는 종별로 차이를 보인다(Choi *et al.* [2011]; Park *et al.*[2011]). 본 연구에서 추계 조사에서는

Table 4. The list of sessile invertebrate fauna in the port areas from June to October 2022 during 13 weeks

Region / Anti-fouling paint	Donghae		Uljin		Ulsan		Busan		Geoje		Yeosu		Gunsan		Mokpo		Incheon	
	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X	○	X
Bryozoa																		
Bugula californica	++			+						+	+	+				++		++
Bugula neritina																		
Watersipora subovoidea	+	+++																
Bryozo unidentified		+		+						+								
Mollusca																		
Mytilus galloprovincialis	+	+									+							
Crassostrea gigas				++														
Annelida																		
Serpula vermicularis	+++	+++	+	+++	Plate loss		Plate loss		+++	++	++	++		++				+
Arthropoda																		
Amphibalanus amphitrite *Balanus trigonus*	+++	+++	+	+++					+++	++	+	+++		+++	+	++	+	++
Amphibalanus eburneus	+																	
Balanidae unidentified																		
Chordata																		
Polyclinidae	+									+		++		+++		+		+++
Stylela clava	+																+	+++
Others																		
Seaweed		+											+	+				

(○, Anti-fouling paint; X, no anti-fouling paint) (Cover degree '+': 10%, '++': 30%, '+++': 50%)

따개비류의 가입이 확인되었고, 동계와 춘계에는 멍게류, 하계에 지중해담치(*M. galloprovincialis*)와 참굴(*M. gigas*)과 같은 이매패류의 가입이 확인되었다. 남해안의 거제 장목만에 가입되는 부착생물의 계절적 경향을 살펴보면, 지중해담치는 4월과 5월에 가입이 되었고, 다발이끼벌레류(*Bugula* sp.)와 유령멍게(*C. robusta*)는 5월과 6월, 주걱따개비(*B. amphtrite*)는 8월, 석회관갯지렁이(*S. vermicularis*)는 10월에 가입되었다(Choi *et al.*[2011]). 본 연구 결과와 비교하였을 때, 대부분 종들의 가입 시기는 유사하였으나, 지중해담치의 경우 본 연구에서는 여름철에 처음으로 가입이 확인되었고, 2011년 최 등의 연구 결과에서는 봄철에 이미 가입되었다(Choi *et al.*[2011]). 남해안의 마산만에 서식하는 지중해담치의 산란기는 4월부터 9월까지 지속되는 것으로 알려져 있다(Jeung *et al.*[2014]). 부착생물의 재생산 시기와 계절적 출현 양상은 서식지 내 다양한 요인에 의해 달라진다(Fortič *et al.*[2021]). 부착생물의 군집 발달 과정은 세균류 및 규조류-다세포 해조류-따개비류, 홍합류 및 다모류-해면류, 말미잘류 및 해초류로 발달한다(Shim and Jurng[1987]). 본 연구해역에서는 세균류 및 규조류의 가입이 진행된 후(4주차 biofilm 형성 상태) 따개비와 석회관갯지렁이가 가입되었고, 추후 지중해담치가 가입된 것으로 나타났다. 이는 지역적 특성에 따라 따개비나 다모류 등이 지중해담치에 비해 종간 경쟁에서 우위를 점하였기 때문인 것으로 판단된다. 이는 지역적인 특성인 것으로 정확한 판단을 위해서는 각 종에 대한 추가적인 생태학적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

부착생물상은 투입기간에 의해서도 군집 조성이 달리 나타나는 것으로 알려져 있다. 실제 투입기간이 1개월인 부착판의 경우 3개월과 6개월 간 노출된 군집에 비해서 종조성이 매우 빈약하였으나, 3개월 이상 투입되면 비교적 안정된 군집을 형성하여 6개월 이상 투입한 부착판의 군집과 큰 차이를 보이지 않는다고 보고하였다(Underwood and Chapman[2006]). 실제 실험실 내 부착률에 대한 실험 결과, 따개비는 초기에 부착되어 7일째 이후 이미 10 개체 cm^{-2}까지 증가하였고, *Antozoa* sp., 참굴, 갯지렁이 유생의 경우 3일 후부터 부착이 시작되었다(Choi *et al.*[1999]). 본 연구에서는 계절적 가입 양상을 파악하기 위해 부착판을 4개월 간격으로 투입하였다. 방오도료 처리를 한 부착판에서는 13주간 유지한 부착판에서도 일부 지역에서는 많은 생물이 가입되지 않았으나, 프라이머 처리를 한 부착판에서는 지역별 그리고 계절별 부착생물상을 파악하기에 투입 기간이 부족하지는 않았던 것으로 판단된다. 실제 부착판을 활용한 연구에서 장기간 노출을 할 경우, 계절에 따른 군집조성의 변동 양상이 나타나는 것이 아니라 단일 종이 공간을 점령하여 다른 종의 가입을 막는 현상이 나타나 오히려 종다양성을 낮추게 되는 결과를 초래한다(Claar *et al.*[2011]). 본 연구에서 춘계 유령멍게의 우점 이외에 다른 종들의 과도한 공간 점유 현상은 나타나지 않았다.

이처럼 국내 주요 항만에 인공부착판을 설치하여 부착생물상에 대한 계절 변동양상을 파악해 본 결과, 계절에 상관없이 대부분의 해역에서 태형동물의 자주빛이끼벌레, 큰다발이끼벌레, 캘리포니아이끼벌레, 환형동물의 석회관갯지렁이, 절지동물의 삼각따개비와 주걱따개비가 우점하였고, 춘계에는 남해안과 서해안을 중심으로 척삭동물의 유령멍게가 우점하는 것으로 나타났다. 이 중 자주빛이끼벌레는 유해생물, 잠재적외래종, 큰다발이끼벌레는 교란생물, 잠

재적 외래종이다(MEIS web site). 그 외에도 전국 항만에서 출현하고 있는 주걱따개비, 닻따개비 등은 잠재적외래종으로 지정되어 있다.

외래침입종(Invasive Alien Species, IAS)은 외래종이면서 유해종 또는 생태계 교란종으로 정의하고 있다(MOF and KIMST[2019]). 본 연구 결과, 국내 주요 항만에 출현하는 종들은 대부분이 외래종이거나 유해종으로 구분된 종들이었다. IMO에서 규정하고 있는 선체 부착으로 이동 가능성이 있는 무척추동물 8종(*Charybdis japonica*, *Didemnum vexillum*, *Asterias amurensis*, *Amphibalanus improvisus*, *Carcinus meanas*, *Perna viridis*, *Mytilopsis sallei*, *Sabella spallanzanii*) 가운데 국내에서 출현이 보고되지 않았던 Asian green mussel(*Perna viridis*)와 Black striped mussel(*Mytilopsis sallei*)는 아직 국내 항만 지역에서는 출현이 관찰되지 않았다. 하지만 이러한 종들에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 국내 주요 9개 항만에 서식하는 부착성 무척추동물의 생물상 파악을 위해 수행되었다. 항만별로 부착하는 무척추동물의 계절변동 양상을 살펴본 결과, 계절에 상관없이 이끼벌레류, 석회관갯지렁이, 따개비류가 우점 출현하였으며, 유령멍게는 남해안의 경우 동계에 시작되어 춘계에 우점 출현하였으며, 동해안에 비해 남해와 서해안에서 우점 출현하였다. 계절별 생물상은 하계와 추계에 상대적으로 높은 출현빈도와 다양도를 보였다. 노출기간에 따른 부착 정도를 파악하기 위해 4주와 13주에 걸쳐 샘플링을 수행하였는데, 4주간 노출한 부착판에서는 방오도료 처리 유무 그리고 계절과 관계없이 형태학적으로 분류 가능한 수준의 생물이 부착되지는 않았다. 하지만 13주간 유지한 부착판을 대상으로 살펴보았을 때, 방오도료 처리를 한 부착판에서는 춘계와 동계의 경우 프라이머 처리 부착판에 비해 낮은 부착률을 보였으나, 생물의 부착률이 높은 하계와 추계의 경우에는 큰 차이를 보이지 않았다.

후 기

이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아수행된 연구임(연구개발과제번호: 20210651, 사업명: 선체부착생물 관리 및 평가 기술개발, 연구기간: 202104.01-2025.12.31).

References

[1] Choi, J.W., Seo, J.Y. and Park, S.H., 2011, Recruitment patterns of sessile organisms on the artificial PVC panels in Jangmok Bay, southern coast of Korea. Korean J. Malacol., 27(1), 29-33.

[2] Choi, J.K.. Yang, E.J., Lee, W.J., Yoon W.D. and Shim, J.H., 1999, The effects of protozoa on the early formation of microbial fouling communities of Inchon Coastal waters. The Sea. J. Kor. Soc. Oceanography. 4(4), 349-362.

[3] Claar, D.C., Edwards, K.F. and Stachowicz, J.J., 2011, Positive and negative effects of a dominant competitor on the settlement, growth, and survival of competing species in an epibenthic community. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 399, 130-134.

[4] Fortič, A., Mavrič, B., Pitacco, V. and Lipej, L., 2021, Temporal changes of a fouling community: Colonization patterns of the benthic epifauna in the shallow northern Adriatic Sea. Regional Studies in Marine Science 45, 101818.

[5] IMO, 2006, 'Investigating bio-fouling risks and management options on commercial vessels' (Submitted by Australia), MEPC 54/INF.5, p. 1.

[6] Jackson, L., 2008, UNEP's Regional Seas Programme, Global Invasive Species Programme, Marine Biofouling and Invasive Species: Guidelines for Prevention and Management.

[7] Jeung, H.D., Lee, J.Y., Limpanont, Y., Park, K.I., Kang, H.S., Kim, C.W., Kim, H.S. and Choi, K.S., 2014, Histopathologic Observation of the Mediterranean Mussel, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) During a Spawning Season. Ocean and Polar Res. 36(2), 121-134.

[8] MOF and KIMST, 2019, Development of the methods for controlling and managing the Marine Ecosystem Disturbing and Harmful Organisms (MEDHO).

[9] Shim, J.H. and Jurng, M.S., 1987, Development and succession of marine fouling organisms on artificial substrata. J. Oceanol. Soc. Kor. 22(4), 257-270.

[10] Park, S.H., Seo, J.Y. and Choi, J.W., 2011, Community structure of sessile organisms on PVC plates according to different submerged timings and durations in Jangmok Bay, Korea. Korean J. Malacol. 27(2), 99-105.

[11] Ruiz, G.M., Fofonoff, P.W., Carlton, J.T., Wonham, M.J. and Hines, A.H., 2000, Invasion of Coastal Marine Communities in North America: Apparent Patterns, Processes, and Biases, Annual Review of Ecol. and Sys. 31, 481-531.

[12] Sylvester, F., Kalaci, O., Leung, B., Lacoursiere-Roussel, A., Murray, C.C., Choi, F.M., Bravo, M.A., Therriault, T.W. and Maclsaac, H.J., 2011, Hull Fouling as an Invasion Vector: Can Dimple Models Explain a Complex Problem? J. of App. Ecol. 48, 415-423.

[13] Underwood, A.J. and Chapman, M.G., 2006, Early development of subtidal macrofaunal assemblages: relationships to period and timing of colonization. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 330, 221-233.

[14] Web site of IMO(International Maritime Organization) https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx.

[15] Web site of MEIS https://www.meis.go.kr/mes/marineLife/harmful/view1.do.

Received 17 July 2023
Revised 7 August 2023
Accepted 21 August 2023