Korean J. Malacol. 38(3): 139-145 2022
https://doi.org/10.9710/kjm.2022.38.3.139

속초 연안의 지중해담치 착생 특성을 이용한 사후시간경과 추정 연구

정상목[1,2], 이지현3, 신현웅[1,2]

[1]순천향대학교 생명과학과, [2]순천향대학교 한국자생동물자원활용 융복합연구소,
[3]한국수산자원공단 동해본부

A study of postmortem interval (PMI) using fouling characteristics of *Mytilus galloprovincialis* off the coast of Sokcho, South Korea

Sang Mok Jung[1], Ji Hyun Lee[2] and Hyung Woung Shin[1]

[1]Department of Life Science and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan, Chungcheongnam-do, 336-745 South Korea
[2]Korea Native Animal Resources Utilization Convergence Research Institute
[3]Resources Agency East Sea Branch, 457, Samho-ro, Buk-gu, Pohang, Gyungsangbuk-do, South Korea

ABSTRACT

One of the most important estimations in forensic studies of marine criminal evidence is the postmortem interval (PMI). Here we analyzed the time estimation relevance using biofouling process. To this end, four different material panels (pvc, SUS, wood, and cloth), all in the same size 10 × 10 cm^2, were immersed in sea area at a depth of 1.5 m. Fouling patterns of the mussels *Mytilus galloprovincialis* were investigated every month and the new panels were immersed. Based on ASTM methods, the fouling mussels were measured for shell length and populations. As a result, we found that there was a significant difference in the density and growth of the mussels depending on the dumping time ($F = 56.609$, $p = .000$). Therefore, these findings can be feasible for use in marine scientific investigations such as PMI, finding criminal, and crime details.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, postmortem interval, marine criminal investigation, biofouling

서 론

최근 해양변사체 발견 건수는 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 변사자 등의 수사를 하기 위해서는 사후 추정 시간 간격 (postmortem interval : PMI) 이 이용되는데, 육상의 경우 분해자인 절지동물에 대한 다양한 곤충학적 연구가 있어 육상 환경의 PMI 추정에 도움이 되고 있다 (Glasby, 1999; Baynes and Szmant, 1989). 반면 해양환경은 육상환경과 비교하면 해류, 수온, 미네랄, 해양생물 등의 물리·화학·생물학적 변화가 다양하며 (Steele, 1985), 이로 인해 수중에서는 온도, 빛, 노출, 분해생물과 같은 변수가 증거물 또는 변사자에 영향을 미치므로 시간이 지남에 따라 판단이 어려워진다 (Haglund and Sorg, 2002a). 특히 법의학적 관점에서 익사를 사망원으로 나타낸 병리학적 소견과 PMI 추정이 매우 어려운 것으로 알려져 있다 (Hong, 2013).

현재 사용하는 법의학적 방법에서 익사를 암시하는 소견으로는 입, 콧구멍의 거품, 기도의 거품액체, 폐 중량증가, 폐의 이상소견 등이 있다 (Haglund and Sorg, 2002b). 또한 제한적이지만 화학적 지표와 생물학적 지표가 익사 암시 소견으로 사용되고 있다. 이 중 화학적 지표는 혈중에 유입된 담수나 해수로 인해 염화물, 마그네슘, 칼슘, 철, 스트론튬 검출 방법이 사용되며 (Pollanen, 1988), 생물학적 지표는 체내에 유입된 규조류만의 존재 및 개체수로 사망원인을 추정하고 있다 (Ebbesmeyer and Haglund, 1994).

대부분의 물체는 해수에 장기간 노출 되게 되면 다양한 착생생물의 영향을 받으며, 특히 증거물 표면, 옷과 시신에 착생기작에 따라 형성되지만 이에 대한 연구는 부족한 실정이다. 착

Received: September 14, 2022; Revised: September 22, 2022; Accepted: September 29, 2022
Corresponding author: Hyung Woung Shin
Tel: +82 (41) 530-1638, e-mail: happynews4me@gmail.com
1225-3480/24823
This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

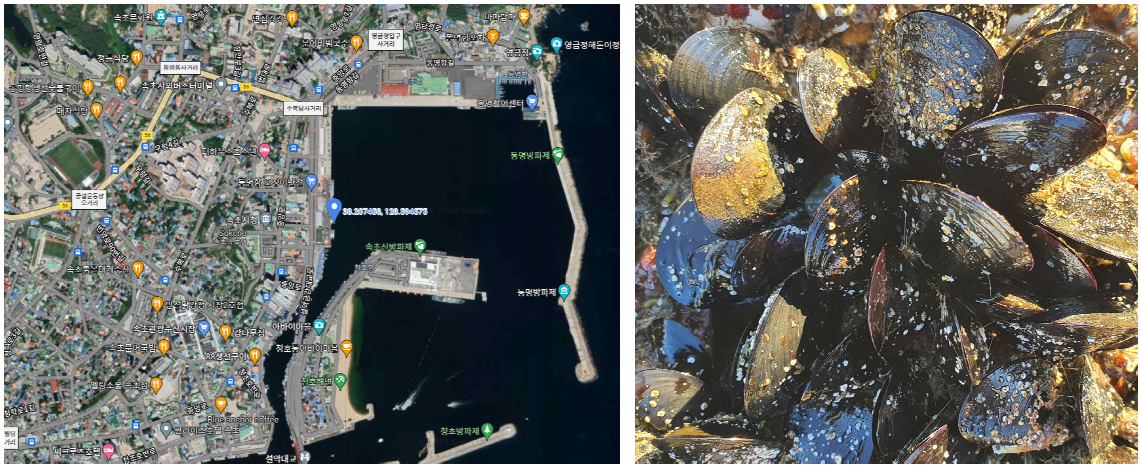

Fig. 1. Experimental area and sampled mussel *Mytilus galloprovincialis*. in in Sokcho coastal area.

생물이란 인공적인 표면에 미소생물, 해조류, 동물 등 기대하지 않는 생물이 부착하여 생태계를 이루는 것을 의미한다 (Evan, 1981). 착생과정은 어떠한 구조물이 일단 해수환경에 접촉하게 되면 초기에는 균류, 박테리아, 규조류 등이 착생하여 생물막 (biofilm) 을 형성하고, 다음으로 최적의 환경이 조성될 경우 1주 내 원생동물, 균류 또는 대형해조류의 포자가 착생되며, 2-3주 후에는 무척추동물이 착생하게 된다 (Yebra *et al.*, 2006). 그리고 해양생물은 일반적으로 일생동안 어느 한시기만 착생하는 생물도 있고, 착생 후 이동이 제한적이거나 평생을 착생하여 살아가는 종들로 나눌 수 있다. 해양 생물 중 알 또는 변태과정 시기 등 일정 기간만 착생하는 생물의 종류 외 평생을 착생하여 살아가는 규조류, 해조류, 석회관갯지렁이, 멍게, 따개비, 담치류 등 다양한 생물이 있다(Armstrong *et al.*, 2000).

이와 같이 착생생물의 시간적, 공간적, 생물학적 특성을 통해 해수에 유입된 시간, 공간 역 추적 연구는 과학수사에 도움이 되며, 다양한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 4가지 다른 종류인 polyvinyl chloride (PVC), stainless steel (sus), wood, cloth 패널을 제작하여 매달 속초항에 침지하였으며, 우점하는 해양착생생물인 지중해 담치 (*Mytilus galloprovincialis*) 의 개체수, 길이를 매월 측정하여 시간에 따른 착생변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실 해역 실험

본 연구는 2020년 1월부터 12월까지 한국의 동해안 속초연안 (38°12.424'N, 128°35.669'E) 에서 수행 하였으며, 실험 장소는 수심 3 m 이며, 패널은 세트로 만들어 수심 1.5 m에 매달았다. 매월 25 ± 3일 동일한 장소에 신규 패널 세트를 침지하고, 기존에 침지 되어있던 패널은 육상으로 이동 시킨 후 측정하였다. 수온은 디지털 로그와 국립해양조사원 홈페이지를 활용하여 측정하였다. 종 동정은 한국의 무척추동물 (이, 2013) 을 이용하여 우점하는 담치류가 지중해 담치 (*Mytilus galloprovincialis*) 임을 확인하였다.

2. 패널 제작

패널의 종류는 polyvinyl chloride (PVC), stainless steel (sus), wood, and cloth 으로 총 4종을 사용하였으며, 각각의 패널 크기는 10 x 10 x 0.5 cm 으로 제작하였다. 각 패널을 고정하기 위해 가장 자리에 홀 (2∅) 을 만들고 나일론타이를 이용하여 PVC 프레임에 고정하였다. 한 세트에는 동일한 종류의 패널을 3개씩 고정하였다.

3. 패널 측정

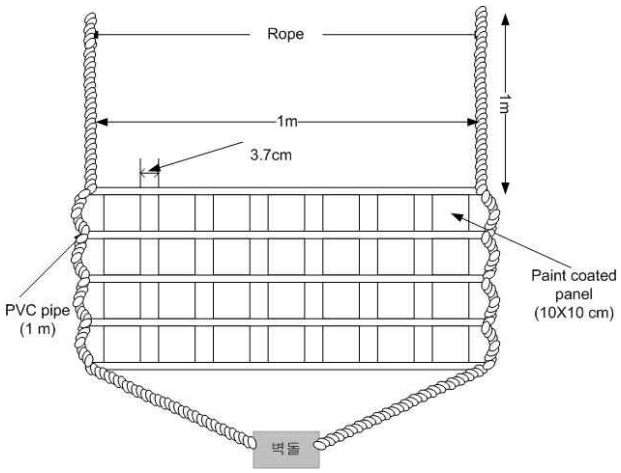

Fig. 2. Drawing of panel set.

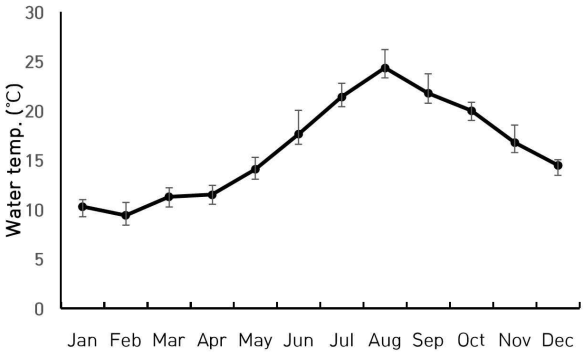

Fig. 3. Water temperature in Sokcho coastal area.

패널을 측정하기 위해서 해역 시험은 매월 25 ± 2일 수행하였으며, 착생한 지중해 담치의 개체수, 길이를 측정하였다. 개체수 측정 방법은 ASTM D-3623을 방법을 적용하여 계수하고, 각장인 길이는 버니어캘리퍼스 (Model:500-180-20, Mitutoyo digimaatic caliper, Japan) 을 사용하여 측정 하였다.

4. 분석

통계분석은 two-way ANOVA test를 이용하여 유의차이를 검정하였으며, 데이터 분석을 위해 사용된 프로그램은 SPSS 23을 사용하였다. 또한 사후 검증은 Tukeys HSD test를 사용하여 집단간 차이를 비교하였다.

결 과

속초 연안은 국가무역항으로 비교적 넓은 항이었으며, 외해와의 단절이 없이 유통이 잘 되는 지역 이었다. 패널 침지 수온 2019년 1월부터 12월까지 측정 하였고, 결과 1월부터 8월까

Table 1. *Mytilus galloprovincialis* populations in panels immersed at different times

Immersion time	materials	Occurrence at different times (Population 100 cm^{-2})								
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Jan.	PVC	4.6 ± 1.7	22.0 ± 12.8	88.4 ± 37.6	110.6 ± 30.2	111.0 ± 7.9	178.4 ± 19.9	169.0 ± 24.0	158.2 ± 19.1	143.0 ± 19.9
	SUS	0	23.0 ± 12.6	82.4 ± 13.8	104.4 ± 10.0	108.4 ± 20.8	157.6 ± 22.9	153.2 ± 20.9	142.0 ± 17.5	135.4 ± 32.8
	Wood	0	8.8 ± 0.8	97.8 ± 26.1	90.9 ± 26.8	119.6 ± 9.8	148.6 ± 41.4	143.8 ± 37.5	125.8 ± 26.3	116.6 ± 30.7
	Cloth	0	5.2 ± 0.8	75.4 ± 26.9	99.4 ± 18.1	105.4 ± 16.6	132.0 ± 44.4	124.6 ± 43.5	113.2 ± 39.4	106.0 ± 35.2
Feb.	PVC	0	7.0 ± 2.7	56.2 ± 4.0	55.9 ± 7.0	68.4 ± 23.2	167.4 ± 25.1	172.2 ± 24.2	163.0 ± 14.0	152.2 ± 15.5
	SUS	0	26.6 ± 18.8	87.6 ± 21.5	78.5 ± 18.3	136.0 ± 43.9	204.4 ± 68.9	201.0 ± 66.7	186.2 ± 57.5	168.2 ± 49.7
	Wood	0	0	114.8 ± 25.5	85.1 ± 21.4	156.4 ± 6.2	174.0 ± 10.6	168.8 ± 13.1	167.0 ± 8.4	157.0 ± 11.9
	Cloth	0	24.2 ± 13.9	85.8 ± 13.9	116.3 ± 33.2	126.0 ± 20.8	139.4 ± 26.7	135.4 ± 21.0	132.6 ± 24.4	118.4 ± 23.5
Mar.	PVC	0	0	0	13.8 ± 3.3	19.2 ± 5.0	16.4 ± 1.8	15.2 ± 4.3	12.0 ± 2.4	10.0 ± 2.9
	SUS	0	0	0	9.0 ± 3.0	14.4 ± 4.3	20.4 ± 8.3	19.6 ± 8.7	20.4 ± 8.3	19.0 ± 8.3
	Wood	0	0	0	12.4 ± 5.1	14.0 ± 2.2	25.4 ± 3.2	24.0 ± 1.9	25.4 ± 3.2	22.4 ± 3.4
	Cloth	0	0	0	9.0 ± 2.5	17.6 ± 3.2	29.4 ± 14.0	26.4 ± 10.2	25.8 ± 10.7	24.4 ± 10.0
Apr.	PVC	0	0	0	0	5.2 ± 4.1	18.2 ± 3.8	12.8 ± 2.4	11.0 ± 2.5	10.2 ± 2.2
	SUS	0	0	0	0	7.0 ± 3.3	13.6 ± 5.4	11.2 ± 3.7	9.8 ± 2.8	8.8 ± 2.8
	Wood	0	0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	2.6 ± 1.7	8.0 ± 3.9	7.0 ± 3.7	6.6 ± 3.8	6.2 ± 3.5
	Cloth	0	0	3.8 ± 0.5	2.0 ± 0.7	3.8 ± 1.1	17.6 ± 3.6	17.0 ± 2.9	14.8 ± 2.7	13.2 ± 2.9
May	PVC	0	0	0	0	0	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.6	1.0 ± 0.4	1.0 ± 0.4
	SUS	0	0	0	0	0	2.6 ± 2.1	2.4 ± 0.7	2.0 ± 1.7	2.2 ± 0.6
	Wood	0	0	0	0	0	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.5
	Cloth	0	0	0	0	0	2.6 ± 2.1	2.2 ± 2.2	2.8 ± 1.9	2.0 ± 1.7

Polyvinyl chloride (PVC), Stainless steel (SUS)

Fig. 4. Comparison of the population mean fouling in different panels in September (P 〈 0.05, ANOVA, Tukey-HSD).

지 수온이 증가하고 9월부터 다소 낮아지는 경향을 보였으며, 2월이 최저 수온으로 9.42 ± 1.29℃였으며, 8월 최고 수온은 24.36 ± 1.86℃ 나타났다 (Fig. 3).

매월 동일 시간에 침지한 패널 중 1월부터 5월달까지만 침지한 패널에서 지중해 담치가 착생하고, 6월달부터 침지한 패널에서는 지중해 담치가 출현하지 않았다. 1월과 2월에 침지한 패널의 경우 5월부터 본격적으로 지중해 담치가 착생하였으며, 9월달까지 증가하고 12월달까지 개체수가 유지되었다. 3월과 4월의 침지한 패널의 경우 6월달부터 본격적으로 출현되었으며, 9월달까지 증가하고 12월달까지 유지되었다. 5월 침지한 패널의 경우 9월달부터 출현하고 12월달까지 개체수가 유지되었다. 소재별 비교에서는 1월달 침지한 패널만 비교 했을 때 pvc와 sus가 wood와 cloth 보다 착생 효능이 높은 것으로 나타났으며, 최대로 착생한 개체수는 2월에 침지 후 수 9월에 확인한 SUS에서 204.4±68.9 population 100㎝-2 이었으며, 가장 적은 개체수는 5월에 침지하여 9월에 확인 PVC 패널에서 1개체만 확인되었고 착생이 되지 않은 패널도 있었다 (Table 1).

침지 시간별 지중해 담치의 각장 측정에서도 착생이 된 후 시간이 지날수록 성장이 증가하는 것으로 나타났다. 최대 길이는 3월달 침지 후 11월에 확인한 pvc에서 34.89 ± 4.36 mm로 나타났으며, 9월까지 길이 성장을 하고 12월까지 많은 성장

Table 2. *Mytilus galloprovincialis* growth length in panels immersed at different times

Immersion time	materials	Shell length at different times (mm)								
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Jan.	PVC	3.06 ± 0.09	4.46 ± 1.44	12.55 ± 1.34	21.41 ± 5.74	20.39 ± 1.45	16.56 ± 3.37	15.76 ± 2.98	16.61 ± 3.68	17.55 ± 2.83
	SUS	0	2.55 ± 0.31	9.63 ± 1.70	23.36 ± 2.79	21.46 ± 1.13	27.63 ± 3.87	26.66 ± 4.15	27.12 ± 3.11	28.32 ± 2.61
	Wood	0	4.20 ± 0.65	10.91 ± 2.62	17.20 ± 2.43	19.62 ± 0.96	17.09 ± 3.18	18.68 ± 1.32	18.12 ± 3.23	18.61 ± 2.26
	Cloth	0	3.07 ± 0.73	11.35 ± 0.59	19.51 ± 1.92	23.33 ± 2.60	25.29 ± 3.07	25.06 ± 3.34	25.78 ± 3.10	24.82 ± 4.73
Feb.	PVC	0	2.88 ± 0.95	8.92 ± 0.98	24.55 ± 2.85	26.62 ± 1.12	32.15 ± 4.19	32.22 ± 3.55	31.76 ± 3.40	31.65 ± 3.15
	SUS	0	2.16 ± 0.24	9.45 ± 1.63	25.38 ± 6.23	27.63 ± 1.40	29.69 ± 3.00	29.49 ± 2.42	30.09 ± 1.75	29.40 ± 2.44
	Wood	0	0	8.46 ± 0.92	21.98 ± 1.15	25.92 ± 1.86	24.84 ± 1.32	24.55 ± 1.64	25.18 ± 1.29	25.08 ± 1.57
	Cloth	0	2.37 ± 0.25	8.55 ± 1.03	21.38 ± 3.35	17.56 ± 0.85	26.31 ± 3.46	28.08 ± 3.05	27.57 ± 3.52	27.47 ± 3.25
Mar.	PVC	0	0	0	13.02 ± 0.37	19.29 ± 6.57	35.24 ± 4.35	35.12 ± 3.87	34.89 ± 4.36	34.56 ± 4.19
	SUS	0	0	0	13.17 ± 0.41	14.05 ± 1.49	32.71 ± 6.39	33.31 ± 6.67	32.35 ± 6.57	32.36 ± 6.22
	Wood	0	0	0	13.24 ± 0.27	7.44 ± 0.89	32.19 ± 5.79	32.86 ± 5.41	33.49 ± 4.84	32.37 ± 5.43
	Cloth	0	0	0	12.54 ± 0.71	10.33 ± 2.34	27.17 ± 2.14	27.43 ± 2.02	27.67 ± 2.04	27.96 ± 2.34
Apr.	PVC	0	0	0	0	17.23 ± 3.80	29.36 ± 1.61	29.55 ± 1.39	28.57 ± 0.95	27.20 ± 1.97
	SUS	0	0	0	0	13.01 ± 2.91	19.15 ± 1.38	19.03 ± 1.39	20.14 ± 1.31	20.21 ± 1.80
	Wood	0	0	6.52±0.00	17.0 ± 0.71	20.00 ± 3.10	31.26 ± 2.20	31.67 ± 2.10	32.93 ± 1.88	31.90 ± 2.52
	Cloth	0	0	2.86±1.63	10.13 ± 2.80	10.16 ± 0.92	26.26 ± 4.49	26.05 ± 4.85	26.13 ± 4.44	25.59 ± 5.09
May	PVC	0	0	0	0	0	21.33 ± 1.40	21.33 ± 1.40	21.62 ± 1.87	21.11 ± 0.95
	SUS	0	0	0	0	0	12.48 ± 1.92	12.62 ± 2.16	12.48 ± 0.91	12.04 ± 1.95
	Wood	0	0	0	0	0	12.48 ± 5.74	12.28 ± 6.05	11.99 ± 5.09	11.55 ± 5.11
	Cloth	0	0	0	0	0	20.20 ± 5.92	22.58 ± 8.80	19.54 ± 5.59	20.45 ± 5.67

Polyvinyl chloride (PVC), Stainless steel (SUS)

Table 3. Results of two-way ANOVA of population mean on immersion time and different materials in September

Source	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*
Immersion time	4	530355.000	132588.750	231.890	.000*
materials	3	3359.535	1119.845	1.959	.127
Immersion time×materials	12	13676.899	1139.742	1.993	.036*

*p 〈 0.05: significant effect by 2-way ANOVA, R^2 = 0.907

Table 4. Results of two-way ANOVA of mean length on immersion time and different materials in September

Source	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*p*
Immersion time	4	3406.723	851.681	56.609	.000*
materials	3	379.253	132.418	8.801	.000*
Immersion time×materials	12	1881.010	156.751	10.419	.000*

*p 〈 0.05: significant effect by 2-way ANOVA, R^2=0.794

을 하지 않았다. 12월달에 확인된 최소 길이는 5월에 침지한 wood에서 11.55 ± 5.11 mm으로 나타났다 (Table 2).

소재별 출현개체수 착생 특성을 비교하기 위해 측정 시기가 전반적으로 높은 9월로 한정하여 비교하였다. 모든 침지한 패널의 경우 PVC가 가장 많이 착생하고, 가장 적은 소재는 cloth 인 것으로 나타났다. 1월과 2월에 침지한 패널이 3월, 4월, 5월에 비해 홍합의 착생 개체수가 4배 이상 착생하였으며, 그다음으로 3월, 4월 5월 순으로 나타났다 (Fig. 4).

지주해 담치 착생 개체수에 대한 침지시기 (F = 231.890, p = .000) 는 유의하게 나타났으며, 침지시기와 패널종류에 따른 상호작용효과 또한 F = 1.993, p = .036으로 통계적으로 유의한 결과가 나타났다 (Table 3).

소재에 따라 착생된 지중해담치의 각장 비교에서도 전반적으로 pvc와 cloth와 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 1월에 침지한 패널은 제외하고 모두 pvc 소재에 착생한 지중해 담치

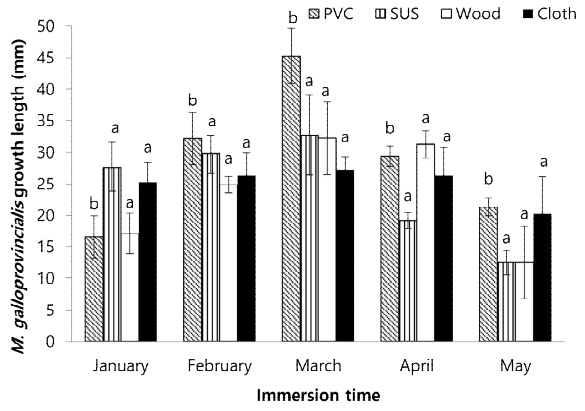

Fig 5. Comparison of the mean *Mytilus galloprovincialis* length in different panels in September (P 〈 0.05, ANOVA, Tukey-HSD).

개체수 성장이 높은 것으로 나타났다 (Fig. 5).

지중해 담치 각장 성장에 대한 침지시기 (F = 56.609, p = .000) 와 패널종류 (F = 8.801, p = .000) 에 따라 유의하게 나타났으며, 침지시기와 패널종류에 따른 상호작용효과 또한 F = 10.419, p = .000으로 통계적으로 유의한 결과가 나타났다 (Table 4).

고 찰

해양범죄 사건의 경우 해양환경의 특성으로 인해 기존 육상에서 사용하는 수사기법을 사용하기가 어렵다. 예를 들면, 익사사건의 경우 부패심화, 백골화, 시체손상으로 인해 사망시간 특정 한계, 사망 장소 특정 곤란, 시체 손상시기 추정곤란, 개인 식별 한계 등 미제사건화 되는 것으로 알려져 있다 (Mateus *et al*., 2015). Magni *et al*., (2021) 의 경우 다양한 해양사고 중 시신의 붙은 따개비류의 착생경향, 수온 등을 분석하여 사후시간 추정과 같은 가능성을 연구한 사례가 있다. Sorg (1997) 는 브리티시 컬럼비아에서 발견된 두개골에서 따개비 *Balanus crenatus*이 착생한 것을 발견하였으며, 착생 평균 면적, 성장률 등을 역산하여 해수 노출 시간을 계산하였다.

본 연구에 적용한 지중해 담치 (*Mytilus galloprovincialis*) 는 홍합목 (Order Mytiloida), 홍합과 (Family Mytilldae) 에 속하며, 우리나라에서는 분류학적으로 진주담치 (*M. edulis*) 로 알려졌으나, 최근들어 분자생물학적 분석으로 유럽으로부터 유입된 담치류로 판명되었다 (Yoo 1992; Daguin and Borsa 2000). 국내 전 연안의 조간대 및 조하대 분포하는 것으로 알려져 있으며, 남해안에서는 수하식으로 양식되고 있다 (Min *et al*. 2004).

지중해 담치의 서식 적합 수온은 5-24℃도 범위가 높은 편

이며, 염분은 14-33 psu가 적당하며, 산란 최적 수온은 약 15℃로 48 시간후 veliger 유생단계로 된다 (Sung *et al*., 2005). 그래서 양식에서 채묘시기는 산란 후 약 4주간이 지난 다음 부착하기 때문에 5월로 보고 있으며 채묘 완료 후에는 양성을 위한 조립단계를 거쳐 곧바로 양식장에 수하하여 대부분 7월 이전에 진행한다 (Yoo, 1988). 때문에 본 연구결과에서도 자연상태에서는 늦은 봄인 4월 초여름 5월 말 쯤 산란이 시작되고, 늦어도 6월 초까지 착생이 완료되고, 12월까지 착생하여 살아가는 것으로 나타났다.

본 실험에 사용한 4가지 소재이며 각종 플라스틱의 원료 소재인 pvc, 철소재인 sus, 나무, 옷감등 생활과 밀접한 소재로 선정하였다. 동일한 시간에 침지된 소재에 대한 차이는 보이지 않으나, 시간차이에 대한 소재별 지중해담치의 착생개체수는 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p = 0.036$). 반면 시간별, 소재별 착생한 지중해 담치의 각장 비교에서는 모두 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p = 0.000$). 특히 PVC와 SUS 소재가 wood와 cloth 소재보다 지중해 담치의 개체수가 더 많이 착생되었다. 유사한 홍합의 착생 강도 실험에서 아크릴, PVC, 고무, 유리 비교에서도 아크릴, PVC가 착생 강도가 더 우수한 것으로 나타났다 (Kobak *et al*., 2006).

이를 종합해 볼 때, 서로 다른 시간과 소재가 어떤 특정 해역에 노출이 시작되었다면 착생 생물의 착생률, 성장률 등의 패턴을 분석하여 시간 역산이 가능할 것으로 사료된다. 예를 들어 본 연구결과를 바탕으로, 해양범죄의 증거물 또는 변사체 몸이 특정 해역에서 10월에 발견되었고, 지중해 담치가 착생되었다고 가정했을때, 착생된 개체수가 다소 많다면 6개월 이상의 시간이 지났고, 적게 착생 되었다면 4-5개월의 시간이 지났을 가능성이 있다. 또한, 착생이 전혀 나타나지 않았다면 3-4개월 정도의 시간이 지난 것으로 판단할 수 있다.

따라서 본 연구의 시간적 공간적 소재별 특징 결과를 바탕으로 해양에 투기 된 물체에 사후 시간을 추정 할 수 있을 것으로 사료되며, 좀도 다양한 착생생물을 발굴하여, 해양 과학수사 및 현장 과학수사관들의 활용도를 높일 필요가 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 교육부 (한국연구재단, NRF-2017R1D1A3B06034971) 및 2021년도 정부 (교육부) 의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (NRF-2021R1A6A1A03039503) 에 의해 수행 되었습니다. 또한 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원 (선체부착생물 관리 및 평가기술개발, 20210651) 및 해양경찰 국책연구개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

Armstrong, E., Boyd, K.G. and Burgess, J.G. (2000) Prevention of marine biofouling using natural compounds from marine organisms.

ASTM D3623-78a (2020) Standard Test Method for Testing Antifouling Panels in Shallow Submergence.

Daguin, C. and Borsa, P. (2000) Genetic relationships of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck populations worldwide: evidence from nuclear-DNA markers. *Geological Society, London, Special Publications*, **177**(1) : 389-39.

Ebbesmeyer, C.C. and Haglund, W.D. (1994) Drift trajectories of a floating human body simulated in a hydraulic model of Puget sound. J.

Evans, L.V. (1981) Marine algae and fouling: a review, with particular reference to ship-fouling.

Hong, J.M, Lim, S.C. and Kim, Y.S. (2013) Comparison of Pathologic Findings by Seawater or Fresh Water Drowning on the Experimental Animals. *Korean J. Leg. Med*., **37**: 119-128. (in Korean with English abstract)

Haglund, W.D. and Sorg, M.H. (2002a) Humans remains in water environment Advances in forensic taphonomy: method, theory, and archaeological perspectives, 201-218.

Glasby, T.M. (1999) Interactive effects of shading and proximity to the seafloor on the development of subtidal epibiotic assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser*., **190**: 113-124.

Kobak, J. and Monika, J. (2006) Impact of substratum type on attachment and survival of Dreissena polymorpha (Bivalvia). *Folia Malacol*., **14**: 2.

Kim, P.G., Park, M.E., Lee, I.W., Chun, H.H. and Park, H. (2010) Evaluation of acute toxicity about leakage waters of antifouling paints on Sebastes schlegeli and artemia. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf*., **16**(4): 361-367. (in Korean with English abstract)

Min, D.K., Lee, J.S., Koh, D.B. and Je, J.G. (2004) Mollusks in Korea. Hanguel Graphics, Busan, 566 p (in Korean)

Mateus, M., Pinto, L. and Chambel-Leitão, P. (2015) Evaluating the predictive skills of ocean circulation models in tracking the drift of a human body: a case study. *Aus. j Forensic Sci*., **47**(3): 322-331.

Magni, P.A., Tingey, E., Armstrong, N.J. and Verduin, J. (2021). Evaluation of barnacle (Crustacea: Cirripedia) colonisation on different fabrics to support the estimation of the time spent in water by human remains. *Forensic Sci. Int*., **318**: 110526.

Pollanen, M.S. (1998) Forensic Diatomology and Drowning. Elsevier Science, Netherlands.

Steele, J.H. (1985) A comparison of terrestrial and marine ecological systems. Nature 313(6001): 355-358.

Sorg, M.H., Dearborn, J.H., Monahan, E.I, Ryan, H.F., Sweeney, K.G. and David, E. (1997) Forensic

Taphonomy in Marine Context. In: Haglund WD, Sorg MH editors. Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains. Boca Raton: CRC Press LLC, 605-613.

Sung, C.G., Kim, G.B., Seo, J.Y., Lee, C.H., Ryu, T.K., Han, G.M., Choi, J.W. and Kim, Y.H. (2005) Optimal conditions for the embryonic development of mussel, *Mytilus galloprovincialis*. *Korean J. Malacol.* **21**(1): 25-31.

Yoo, S.K. (1988) Aquaculture of coatal waters, pp. 153-175, Gooduk Publ. Co. Busan. [in Korean]

Yoo, M.S. (1992) A taxonomical study on the shell morphology of blue mussel, *Mytilus edulis* galloprovincialis Lamarck in Korea and Japan. Bull. *Korean Fish. Soc.,* **25**(3): 165-170 (in Korean)

Yebra, D.M., Kiil, S. and Dam-Jihansen, K. (2004) Antifouling tech- nology-past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Prog. Org. Coat*., **50**(2): 75-104.

이준상 (2013) 한국의 무척추동물 : 이매패류 I 연체동물문: 이매패강: 익형아강: 돌조개목, 홍합목. 국립생물자원관, 19 (2).