



큰이랑피조개 적지조사 결과보고서



要 旨

조사목적

- 우리 연구소에서 시험연구중인 큰이랑피조개 치패를 적지에 방류하기 위해 수질, 퇴적물 환경 특성 조사

조사지역 및 정점

- 옹진군 영흥면 외리 일대 : 24개 정점

조사항목

- 해수 물리적 특성(수온, 용존산소, pH, 염분), 영양염류, COD
- 퇴적물 입자크기, 감열감량, COD, 산화발성황화합물

판정결과

- BC3, 4, 9, 10, 15, 16라인과 BC19~24 라인이 방류 적지

조사 정점	해 수			퇴 적 물				점수	적지 판정	조사 정점	해 수			퇴 적 물				점수	적지 판정
	물리 환경	영양 염류	COD	입도	강열 감량	COD	AVS				물리 환경	영양 염류	COD	입도	강열 감량	COD	AVS		
BC1	○	○	○	×	○	○	○	86	×	BC13	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC2	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC14	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC3	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC15	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC4	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC16	○	○	○	△	○	○	○	93	○
BC5	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC17	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC6	○	○	○	×	○	○	○	86	×	BC18	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC7	○	○	○	×	○	○	○	86	×	BC19	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC8	○	○	○	×	○	○	○	86	×	BC20	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC9	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC21	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC10	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC22	○	○	○	△	○	○	○	93	○
BC11	○	○	○	○	○	○	○	100	○	BC23	○	○	○	△	○	○	○	93	○
BC12	○	○	○	×	○	○	○	86	×	BC24	○	○	○	○	○	○	○	100	○

※ × : 0점, △: 5점, ○ : 10점

※ 총 70점 만점을 100점으로 환산하여 점수 합산하여 90점 이상만 적합 판정

향후계획

- 실험구에 방류 후 생존율, 성장률 관찰(1회/월)

目 次

I. 개 요	1
II. 조사 재료 및 방법	2
1. 조사 개요	2
2. 조사 항목	3
3. 조사 및 분석방법	4
(1) 수질환경 특성조사	4
(2) 퇴적물환경 특성조사	5
III. 분석결과	8
1. 해양 수질	8
2. 표층 퇴적물	9
(1) 퇴적물 입자조성	9
(2) 퇴적물 평균입도	13
(3) 퇴적물 분급도	14
(4) 퇴적물 왜도	15
(5) 퇴적물 첨도	16
(6) 강열감량	17
(7) 화학적산소요구량(COD)	17
(8) 산화발성황화합물(AVS)	18
3. 현지 관찰	19
IV. 종합결론(적지판정)	19
V. 향후계획	22
VI. 참고문헌	22

큰이랑피조개 방류적지조사 결과 보고

우리 연구소에서 시험연구중인 큰이랑피조개 치패를 적지에 방류하기 위해 수질, 퇴적물 환경 특성 조사

I 개 요

큰이랑피조개(*Scapharca satowi*)는 돌조개목 Arcoida, 돌조개과 Arcoidae에 속하며(Choe et al., 1999), 우리나라 서해 및 남해안의 서부 연안 외해에 서식한다. 패각 길이는 7cm 전후이며 외형으로는 피조개와 비슷하나 크기가 다소 작고, 최대방사능은 길고 육질이 약간 단단한 편이며, 피의 색깔도 희미하여 일명 분홍피조개라고도 불려진다.

이때때는 살포지의 이화학적인 요인, 먹이생물의 생물학적 조건뿐만 아니라 서식지 물질순환의 주요 요인들인 강우, 가뭄, 태풍과 오염원 유입에 따른 해황 변동이 피조개 초기 성장에 영향을 미친다(Chun et al., 1991).

큰이랑피조개는 부유 유생기를 지나 침강하여 일시 부착하는 생태적인 습성을 가지고 있는 종으로 종묘생산을 위해서는 유생의 생태적 특성에 맞는 관리가 필요하다.

또한, 인공종묘생산을 통해 사육한 치패를 어장에 살포한 후 저질에 잠입하지 못하면 포식자에 의해서 잡혀 먹히거나 많은 위험에 노출되기 쉬우므로 가능한 빠르게 잠입하는 것이 중요하므로 서식에 알맞은 적지를 찾아 방류하는 것이 방류 초기 생존율 향상에 큰 도움을 줄 것이다.

따라서, 본 조사는 우리 연구소에서 시험연구중인 큰이랑피조개 치패를 방류하기 전에 어촌계로부터 추천받은 지역에 대한 수질, 퇴적물 분석을 통해 방류 적지인지 여부를 판정함으로써 방류 후 생존율 향상을 통해 자원증가에 기여하고자 한다.

II 조사 자료 및 방법

1. 조사개요

영호면 외리어촌계에서 추천받은 지역에 대해 2012년 10월 15~16일에 도별로 표층퇴적물을 채취하였다(표 1, 그림 1).

표 1. 큰이랑피조개 적지조사 정점 좌표

정점	WGS 좌표						UTM	
	위도(DMS)			경도(DMS)			X	Y
BC1	37	13	55.12	126	28	21.16	275782.20	4123600.27
BC2	37	13	52.63	126	28	23.60	275840.31	4123521.80
BC3	37	13	50.12	126	28	26.09	275899.65	4123442.72
BC4	37	13	48.14	126	28	22.95	275820.73	4123383.87
BC5	37	13	50.65	126	28	20.46	275761.40	4123462.95
BC6	37	13	53.18	126	28	17.99	275702.67	4123542.65
BC7	37	13	51.19	126	28	14.88	275624.37	4123483.18
BC8	37	13	48.66	126	28	17.38	275683.70	4123403.49
BC9	37	13	46.14	126	28	19.87	275743.04	4123324.40
BC10	37	13	44.23	126	28	16.70	275663.52	4123267.39
BC11	37	13	46.72	126	28	14.24	275604.79	4123345.86
BC12	37	13	49.23	126	28	11.77	275546.06	4123424.94
BC13	37	13	47.28	126	28	8.64	275467.15	4123366.71
BC14	37	13	44.74	126	28	11.10	275525.87	4123287.01
BC15	37	13	42.23	126	28	13.57	275584.60	4123207.93
BC16	37	13	40.28	126	28	10.48	275506.91	4123149.69
BC17	37	13	42.77	126	28	7.97	275446.96	4123228.16
BC18	37	13	45.28	126	28	5.53	275388.84	4123307.24
BC19	37	13	37.75	126	28	12.97	275566.07	4123070.18
BC20	37	13	39.70	126	28	16.11	275645.07	4123128.15
BC21	37	13	41.66	126	28	19.22	275723.45	4123186.75
BC22	37	13	43.65	126	28	22.36	275802.45	4123245.97
BC23	37	13	45.64	126	28	25.45	275880.20	4123305.19
BC24	37	13	47.65	126	28	28.59	275959.21	4123365.03

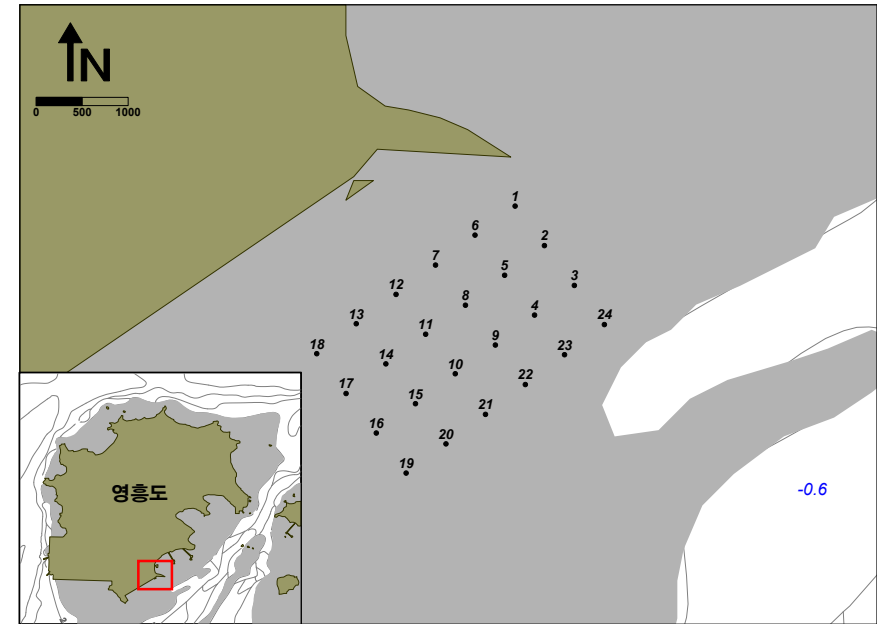


그림 1. 큰이랑피조개 적지조사 정점

2. 조사항목

수질 환경은 수온, 용존산소(DO), 수소이온농도(pH), 염분, 부유물질, 영양염류(NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , HPO_4^{2-} , $\text{Si}(\text{OH})_4$), 화학적산소요구량(COD)을 측정하였다. 퇴적물 환경은 입도, 함수율, 강열감량, 화학적산소요구량(COD), 산화발성황화합물을 측정하였다.

3. 조사 및 분석방법

해양 수질 및 표층 퇴적물은 해양환경공정시험법(해양수산부, 2006)에 따라 분석을 실시하였으며, 항목별 분석방법은 아래와 같다.

(1) 수질환경 특성 조사

가. 수온, 용존산소, 수소이온농도(pH), 염분

현장에서 다항목수질측정기(YSI-556MPS, 미국)를 이용하여 측정하였다.

나. 부유물질(Suspended sediment, SS)

건조기로 건조시켜 무게를 측정한 GFF 여과지에 해수 시료 300mL를 여과한 후 Dry oven에서 110℃로 2시간동안 건조시킨 후 데시케이터에 넣어 실온에서 방냉하고 측정한 무게로부터 여과지 무게를 뺀 값으로 계산하였다.

다. 화학적산소요구량(Chemical oxygen demand, COD)

시료를 알칼리성으로 하여 과망간산칼륨(KMnO₄)을 과잉으로 넣고 90℃ 수욕상에서 60분간 가열 반응시킨 후 요오드화칼륨(KI) 및 황산(H₂SO₄)을 넣어 소비되고 남은 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하였다. 동계, 춘계를 제외한 나머지 자료는 기존 조사·분석 자료(2005년 하계, 추계)를 인용하였다(인천광역시, 2006).

라. 영양염류(Nutrient)

용존 암모니아성 질소(Ammonia, NH₄⁺), 아질산성 질소(Nitrite, NO₂⁻), 질산성 질소(Nitrate, NO₃⁻), 인산염인(Phosphate, HPO₄²⁻), 규산규소(Silicate, Si(OH)₄)는 Grasshoff et al.(1999)의 방법에 따라 자동분석기 QUAATRO (Bran+Luebbe auto analyzer)를 사용하여 측정하였으며, 분석 방법은 다음과 같다. 동계, 춘계를 제외한 나머지 자료는 기존 조사·분석 자료(2005년 하계, 추계)를 인용하였다(인천광역시, 2006).

① 암모니아성 질소(Ammonia, NH₄⁺)

시료에 EDTA (C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·2H₂O)와 sodium nitroprusside (Na₂Fe(CN)₅NO·2H₂O)의 혼합 용액 및 alkaline phenol (C₆H₅OH)과 dichloroisocyanic acid (C₃Cl₂N₃NaO₃·2H₂O) 용액을 가하여 발색시켜 파장 630 nm로 측정하였다.

② 아질산성 질소(Nitrite, NO₂⁻)

시료에 sulfanilamide (C₆H₈O₂·N₂S)와 naphthylethylenediamine (C₁₂H₁₄N₂·2HCl) 용액을 가하여 발색시킨 후 파장 550 nm로 측정하였다.

③ 질산성 질소(Nitrate, NO₃⁻)

시료를 Cu-Cd column에 통과시켜서 아질산성 질소로 환원시킨 후 아질산성 질소 측정방법과 동일하게 측정하였으며, column의 환원율을 구하여 보정한 후 아질산성 질소의 농도를 감하여 질산성 질소의 농도를 계산하였다.

④ 인산염(Phosphate, HPO₄²⁻)

시료에 sodium molybdate, sulfuric acid, antimony potassium tartrate 혼합시약을 가하고, ascorbic acid로 환원시켜 발색시킨 후 파장 880 nm로 측정하였다.

⑤ 규산염(Silicate, Si(OH)₄)

시료에 sodium molybdate를 가하여 silicomolybdate complex를 만든 후, oxalic acid와 ascorbic acid를 가하여 발색시킨 후 파장 660 nm에서 측정하였다.

(2) 퇴적물 환경 특성 조사

가. 입도(Grain size)

염산과 과산화수소를 이용하여 탄산염과 유기물을 제거한 후 4φ 체를 이용하여 습식체질을 통해 모래와 펄을 구분하고 건식체질과 피펫팅 방법을 통하여 각 입자크기별 무게를 측정하여 입도분석지에 기입하고 아래 식을 통해 평균입도(Mean, MZ), 분급도(Sorting, S₀), 왜도(Skewness, S_K), 첨도(Kurtosis, K_C)를 계산하고, 삼각다이어그램을 통해 정점별 퇴적 형태를 규명하였다(그림 2).

$$\bullet \text{ 평균입도 } (M_Z) = \frac{(\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})}{3}$$

$$\bullet \text{ 분급도 } (S_o) = \frac{(\Phi_{84} - \Phi_{16})}{4} + \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{6.6}$$

- 0.35 이하 : Very well sorted
- 0.35 ~ 0.50 : Well sorted
- 0.50 ~ 0.71 : Moderately well sorted
- 0.71 ~ 1.00 : Moderately sorted
- 1.00 ~ 2.00 : Poorly sorted
- 2.00 ~ 4.00 : Very poorly sorted
- 4.00 이상 : Extremely poorly sorted

$$\bullet \text{ 왜도 } (S_K) = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_{95} + \Phi_5 - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

- 0.3 이상 : Strongly fine-skewed
- 0.3 ~ 0.1 : Fine-skewed
- 1.0 ~ -0.1 : Near-symmetrical
- -0.1 ~ -3.0 : Coarse-skewed
- -3.0 이하 : Strongly coarse-skewed

$$\bullet \text{ 첨도 } (K_G) = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

- 0.67 이하 : Very platykurtic
- 0.67 ~ 0.90 : Platykurtic
- 0.90 ~ 1.11 : Mesokurtic
- 1.11 ~ 1.50 : Leptokurtic
- 1.50 ~ 3.00 : Very leptokurtic
- 3.00 이상 : Extremely leptokurtic

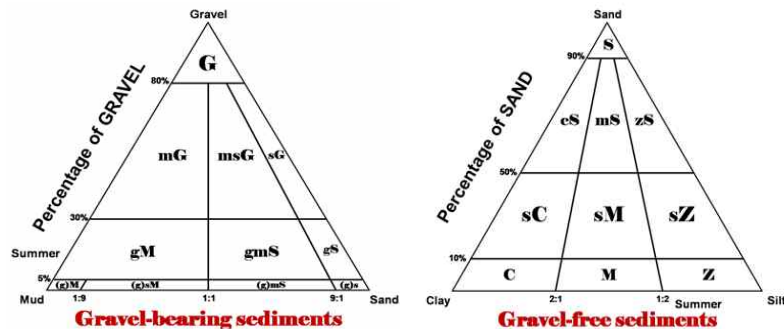


그림 2. 퇴적물 입도 삼각다이어그램(Triangular diagram)

나. 강열감량(Ignition Loss, IL)

건조된 퇴적물 1g을 도가니에 담아 muffle furnace에서 550℃로 2시간 가열하여 가열 전후의 무게 차이로 계산하였다.

다. 화학적산소요구량(Chemical oxygen demand, COD)

건조된 약 1 g의 무게를 취하여 과망간산칼륨과 수산화나트륨 용액을 넣고 100℃ 수욕상에서 60분간 중탕시킨 후 요오드화칼륨을 넣었다. 증류수를 가해 500 ml로 만들고 잘 흔들어 유리섬유여과지(GF/F)를 사용하여 여과한 후 황산을 넣어 소비되고 남은 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하였다.

라. 산취발성황화합물(Acid volatile sulfide, AVS)

산소와 접촉을 밀폐시킨 퇴적물 2g을 기체발생관에 담고 황산 2mL을 넣고 펌프로 서서히 당겨 발생하는 황화수소가 검지관에 흡수되도록 하고 더 이상 색이 변하지 않는 지점의 눈금을 읽어 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{황화물량}(mgS/g.dry) = \frac{\text{검지관눈금}}{(\text{시료의 무게}(g) \times \frac{(100 - \text{함수율}(\%))}{100})}$$

III 분석 결과

1. 해양 수질

조사 결과는 2010년에 해당 지역에 대해 본 연구소에서 실시한 연안어장 생태환경조사 결과를 인용하였다.

조사지역의 수온은 2.0~23.1℃ (평균 13.2℃), 용존산소는 6.56~11.64 mg/L (평균 8.89 mg/L), pH는 8.00~8.19 (평균 8.07), 염분은 29.68~31.65 ppt (평균 30.87 ppt)였다. 부유물질 농도는 5.00~96.7 mg/L (평균 32.8 mg/L)로 춘계에 높은 농도를 보였다.

암모니아(NH₄⁺)는 0.034~0.129 mg/L (평균 0.073 mg/L)로 여름철에 높은 농도를 보였으며, 아질산염(NO₂⁻)은 0.004~0.021 mg/L (평균 0.012 mg/L), 질산염(NO₃⁻)은 0.136~0.179 mg/L (평균 0.152 mg/L)로 수온이 높아져 전체 용존무기질소(DIN) 중 암모니아의 비율이 높아질수록 질산염 농도가 감소하는 경향을 보였다.

해수 중에 질소(N)의 존재 형태는 동물의 배설물로 암모니아가 배출되면 아질산염을 거쳐 질산염으로 산화되는 과정을 거치게 된다. 따라서, 환원 환경에서는 암모니아가 많이 존재하고, 산화환경에서는 질산염이 많이 존재하는 경향을 보인다. 동계에 비해 암모니아와 아질산염은 증가하고 질산염은 감소하는 경향을 보인 이유는 동계의 경우 낮은 수온과 풍랑 등의 영향으로 용존산소량이 높아 산화환경이었으나, 춘계에는 점차 수온이 올라감에 따라 용존산소량이 낮아지기 때문인 것으로 사료된다.

해수의 화학적산소요구량(COD)은 0.50~2.99 mg/L (평균 1.60 mg/L)의 범위를 보였으며, 환경정책기본법 해역별 수질기준(2003. 7. 1 개정)에 따르면 춘계에는 I 등급, 동계·춘계에는 II 등급, 하계에는 III등급을 나타냈으며, 계절적인 영향인 것으로 사료된다.

국립수산과학원 서해수산연구소에서 제시한 웅진군 품종별 양식장 적지조사 기준을 살펴보면(웅진군, 2008), 피조개의 수질 적지조건은 수온 3~27℃, 용존산소 4.3~9.9 mg/L, pH 7.6~8.3, 염분 25~33 ppt인데 이 조건을 모두 충족하므로 큰이랑피조개를 방류가 가능할 것으로 사료된다.

표 2. 계절별 각종 해수 특성의 차이

계절	수온 (℃)	용존산소 (mg/L)	pH	염분 (ppt)	부유물질 (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	DIN (mg/L)	HPO ₄ ³⁻ (mg/L)	Si(OH) ₄ (mg/L)	COD (mg/L)
동계	2.0	11.64	8.19	31.65	5.00	0.034	0.004	0.179	0.217	0.026	0.885	1.24
춘계	14.6	9.13	8.01	31.15	96.67	0.057	0.004	0.142	0.203	0.012	0.539	1.68
하계	23.1	6.56	8.00	31.00	14.67	0.129	0.021	0.136	0.286	0.016	0.110	2.99
추계	12.9	8.23	8.08	29.68	14.67	0.071	0.020	0.151	0.242	0.027	0.527	0.50
최소값	2.0	6.56	8.00	29.68	5.0	0.034	0.004	0.136	0.203	0.012	0.110	0.50
최대값	23.1	11.64	8.19	31.65	96.7	0.129	0.021	0.179	0.286	0.027	0.885	2.99
평균값	13.2	8.89	8.07	30.87	32.8	0.073	0.012	0.152	0.237	0.020	0.515	1.60

2. 표층 퇴적물

(1) 퇴적물 입자조성

퇴적물 입자크기별 조성비율은 표 3에 나타내었다. 조사지역의 퇴적물 입자 조성 비율을 살펴보면, 자갈은 0.0~2.7% (평균 0.3%)로 거의 무시해도 될 정도로 미비하고, 모래는 47.8~97.6% (평균 84.3%), 펄은 2.4~52.2% (평균 15.4%)로 주로 모래가 우세한 경향을 보였다(그림 3).

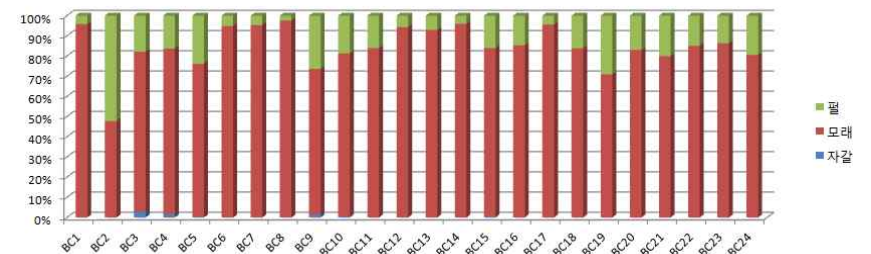


그림 3. 정점별 퇴적물의 자갈, 모래, 펄 조성 비율의 차이

퇴적상은 모래질이 우세한 Sand가 8개 정점, Muddy sand(MS)는 7개 정점, Silty sand(zS)는 7개 정점, 그리고 펄질이 우세한 sZ(Sandy silt)가 1곳(BC2)으로 주로 조간대 상부 지역은 모래질이 조간대 하부 지역은 펄질이 약간 우세한 모래질의 특성을 보였다(그림 4).

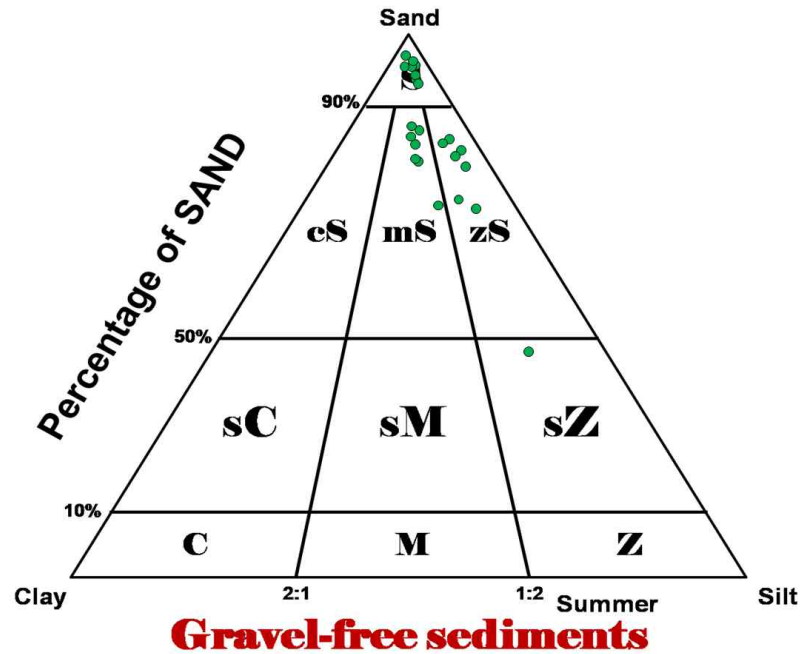


그림 4. 정점별 퇴적물 입자상(Type)의 차이

표 3. 정점별 퇴적물 조성비율, 조직변수 및 퇴적상의 차이

조사 정점	조성비율(%)			조 직 변 수				퇴적상 Sediment type
	자갈 (Gravel)	모래 (Sand)	펄 (Mud)	평균입도 (Mean)	분급도 (Sorting)	왜도 (Skewness)	첨도 (Kurtosis)	
BC1	0.0	95.8	4.2	2.8	0.7	0.1	1.0	S
BC2	0.0	47.8	52.2	4.8	2.2	0.6	1.3	sZ
BC3	2.7	79.5	17.8	2.8	2.0	-0.2	1.5	zS
BC4	1.6	82.1	16.3	3.0	1.6	-0.2	1.9	zS
BC5	0.4	75.8	23.8	3.6	1.8	0.6	2.1	zS
BC6	0.0	94.8	5.2	3.1	0.6	-0.1	0.8	S
BC7	0.0	95.4	4.6	2.6	0.4	0.1	1.4	S
BC8	0.0	97.6	2.4	2.5	0.3	0.1	0.9	S
BC9	1.4	72.2	26.3	3.4	2.1	0.2	2.1	zS
BC10	0.6	80.7	18.7	3.0	1.8	0.4	2.8	zS
BC11	0.0	84.0	16.0	3.0	1.2	0.6	2.2	zS
BC12	0.0	94.3	5.7	2.6	0.5	0.1	1.7	S
BC13	0.0	93.0	7.0	4.9	1.8	0.4	1.2	S
BC14	0.0	95.9	4.1	2.5	0.4	0.2	1.1	S
BC15	0.7	83.3	16.0	2.9	1.8	0.3	2.6	zS
BC16	0.0	85.3	14.7	2.9	1.3	0.7	4.4	mS
BC17	0.0	95.6	4.4	3.0	0.6	0.2	0.9	S
BC18	0.0	83.9	16.1	3.1	1.2	0.4	1.9	zS
BC19	0.0	70.9	29.1	4.0	2.0	0.6	3.0	mS
BC20	0.0	83.0	17.0	3.1	1.7	0.7	4.2	mS
BC21	0.0	80.0	20.0	3.2	1.8	0.7	2.8	mS
BC22	0.0	85.1	14.9	2.9	1.6	0.7	5.3	mS
BC23	0.1	86.2	13.7	2.8	1.3	0.7	4.4	mS
BC24	0.0	80.5	19.5	3.2	1.8	0.8	3.7	mS

정점별 퇴적물의 모래 함량은 연안쪽이 높게 나타났고, 조하대 쪽으로 갈수록 함량이 작게 나타났다(그림 5). 정점별 퇴적물의 펄 함량은 모래 함량과 반대로 조하대 쪽으로 갈수록 높게 나타났다(그림 6).

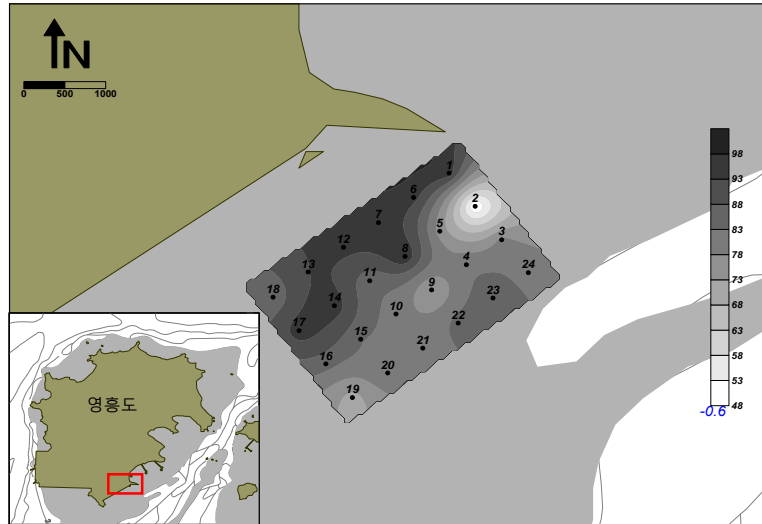


그림 5. 정점별 퇴적물의 모래 함량 비교

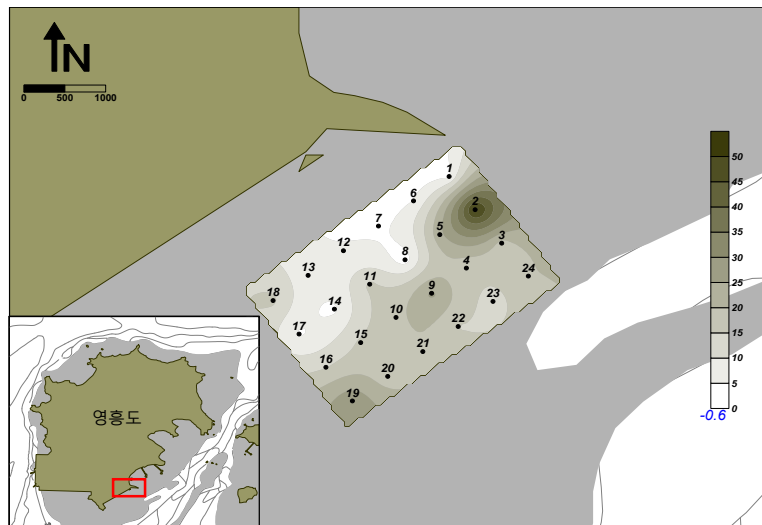


그림 6. 정점별 퇴적물의 펄 함량 비교

(2) 퇴적물 평균입도(Mean grain size)

정점별 퇴적물의 평균입도는 2.5~4.9 ϕ (평균 3.2 ϕ)의 범위를 보였다(그림 7). 입도는 낮은 값을 보일수록 조립하며, 높은 값을 보일수록 더 세밀한데, 본 조사지역은 조간대 상부보다 하부쪽이 높은 값을 보여 더 세립한 퇴적환경임을 알 수 있다.

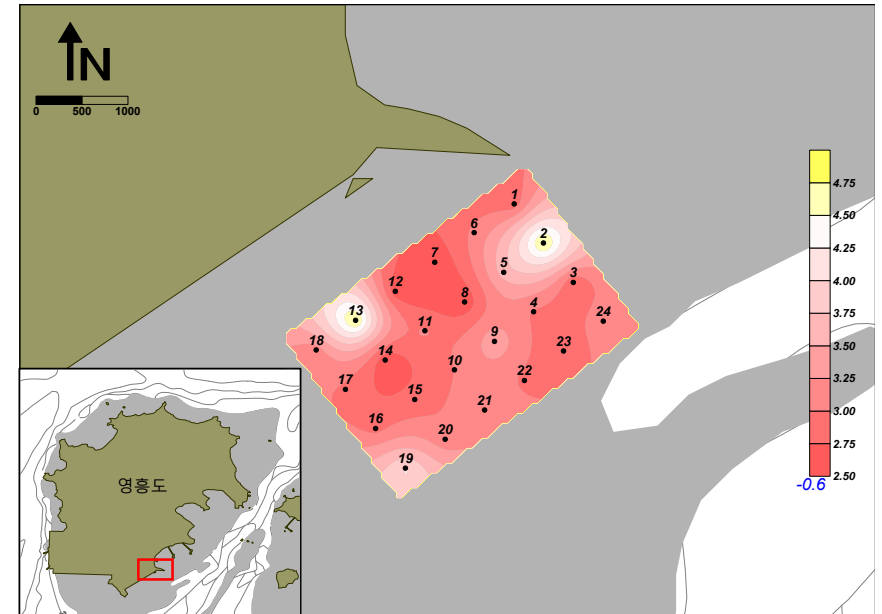


그림 7. 정점별 퇴적물의 평균입도 차이

(3) 퇴적물 분급도(Sorting)

정점별 퇴적물의 분급도(sorting)는 0.3~2.2 (평균 1.4)의 범위를 보였다(그림 8). 퇴적물 분급도는 퇴적물을 구성하는 입자들이 같은 크기의 것들로 구분되어 있는 정도를 나타낸다. 따라서 입자들의 입경이 일정하게 구성되어 있으면 분급도가 양호하여 0.5 이하의 낮은 값을 보이며, 반대로 입경이 일정하지 않으면 분급도가 불량하여 1이상의 높은 값을 보인다.

조사지역의 조간대 상부에 있는 정점들은 모래의 함량이 높아 입경이 일정하여 분급도가 양호하지만, 조간대 하부로 갈수록 펄의 함량이 높아져 분급도가 불량한 경향을 보였다.

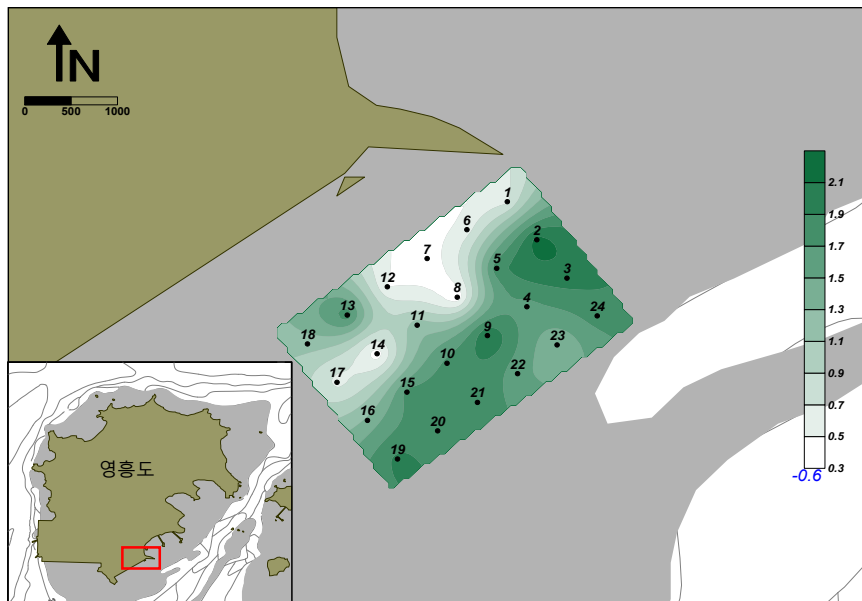


그림 8. 정점별 퇴적물의 분급도 차이

(4) 퇴적물 왜도(Skewness)

정점별 퇴적물의 왜도(skewness)는 -0.2~0.8 (평균 0.4)의 범위를 보였다(그림 9). 퇴적물 왜도는 분포곡선에서 보이는 비대칭 상태를 나타내는 값으로 입도분포에서 정규분포에 대하여 조립 또는 세립 입도 쪽으로 치우친 정도를 나타낸다. 따라서 왜도값이 양(+)의 값이 클수록 더 많이 조립(coarse)하다는 것을 의미하고, 반대로 왜도값이 음(-)의 값이 클수록 더 많이 세립(fine)하다는 것을 의미한다.

조사지역의 조간대 상부에 있는 정점들은 모래의 함량이 높아 음의 값을 보여 조립하며, 조간대 하부로 갈수록 펄의 함량이 높아져 양의 값을 보여 점점 더 세립해지는 경향을 보였다.

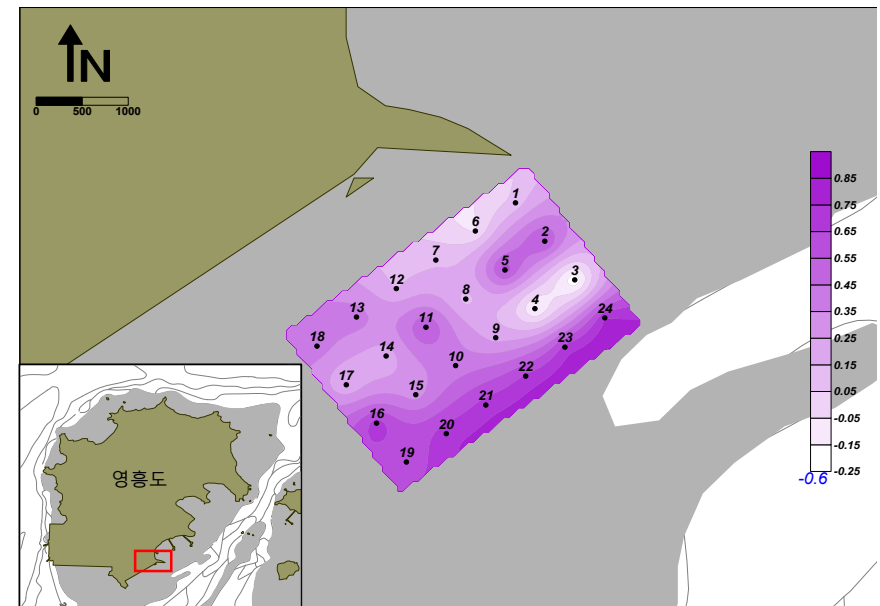


그림 9. 정점별 퇴적물의 왜도 차이

(5) 퇴적물 침도(Kurtosis)

정점별 퇴적물의 침도(Kurtosis)는 0.8~5.3 (평균 2.3)의 범위를 보였다(그림 9). 퇴적물 침도는 분포곡선에서 보이는 평균값에 집중 정도를 나타낸다. 조간대 상부 지역은 낮은 값을 보였으며, 조간대 하부 지역으로 갈수록 높은 값을 보였다.

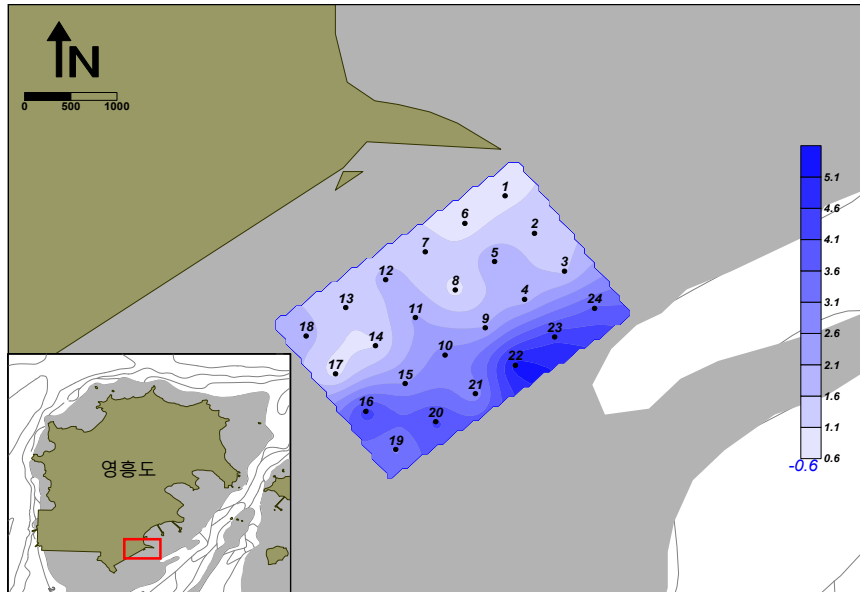


그림 10. 정점별 퇴적물의 침도 차이

국립수산과학원 서해수산연구소에서 제시한 웅진군 품종별 양식장 적지조사 기준에서 피조개는 사니질(사질 20~60%)에서 서식 가능하다고 제시하였다. 즉, 펄질이 40~80%로 펄의 비율이 높은 지역이 적지라는 의미인데, 조사지역 중 정점 BC19~BC24까지 조간대 하부지역은 모래 70~85% 지역이지만, 이는 지표면에서 5cm 이상 퇴적물을 채취해서 골고루 섞었기 때문에 무거운 모래의 비율이 높게 나타난 것으로 사료된다. 실제 현장 채취 당시 관찰한 결과 지표면에는 펄질이 많이 퇴적되어 있어 지표면에만 채취했다면 펄질의 비율이 상당히 높게 나왔을 것이라고 생각되며, 조간대 하부지역인 BC19~24 라인에 큰이랑피조개 방류가 가능하다고 사료된다.

(6) 강열감량

퇴적물에 강한 열을 가하여 유기물을 태움으로써 가열 전과 후의 무게를 이용하여 측정하는 강열감량 실험을 실시한 결과, 24개 정점의 강열감량은 2.09~4.76% (평균 3.06%)의 범위를 보였다.

수저퇴적물 환경기준이 국내에는 마련되지 않아 미국지역환경청 기준에 따르면 24개 정점 모두 비오염지역(<5%)에 해당한다.

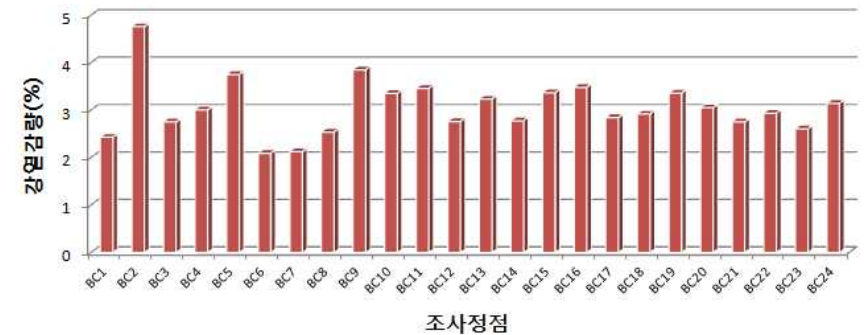


그림 11. 정점별 퇴적물의 강열감량 차이

(7) 화학적산소요구량(COD)

퇴적물 오염 여부를 평가하는 기준으로 사용하는 화학적산소요구량은 0.8~7.5 mg/g (평균 2.5 mg/g)의 범위를 보였다.

수저퇴적물 환경기준이 국내에는 마련되지 않아 미국지역환경청 기준에 따르면, 모든 정점이 비오염지역 기준인 40 mg/g 이하의 값을 보여 24개 정점 모두 오염되지 않은 것으로 사료된다.

또한, 국립수산과학원 서해수산연구소에서 제시한 웅진군 품종별 양식장 적지조사 기준을 살펴보면, 모든 정점이 피조개의 저질 COD 기준인 15 mg/g 이하의 값을 보여 큰이랑피조개 서식에 적합한 환경임을 알 수 있다.

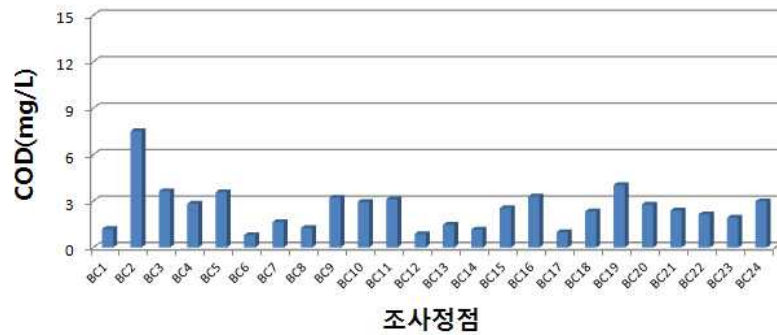


그림 12. 정점별 퇴적물의 화학적산소요구량 차이

(8) 산취발성황화합물(AVS)

조사를 실시한 웅진군 영흥면 외리의 정점별 표층퇴적물의 산취발성황화합물(AVS)은 0.000~0.024 mg S/g. dry (평균 0.004 mg S/g. dry)의 범위를 보였다.

현재 국내에서는 해저 퇴적물의 산취발성황화합물에 대한 오염 기준이 설정되어 있지 않아 일본의 오염 기준농도인 0.2 mg S/g. dry (일본수산자원보호협회, 1980)와 비교할 경우, 모든 조사정점이 기준치 이하 농도값을 보여 비오염지역임을 알 수 있다.

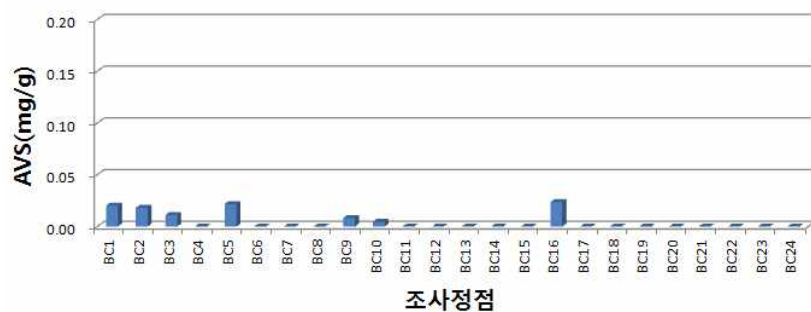


그림 13. 정점별 퇴적물의 산취발성황화합물 차이

3. 현지 관찰

퇴적물 채취를 위한 현장 방문시 지표면에 큰이랑피조개 껍질이 관찰되는 것으로 보아 본 지역에 큰이랑피조개 자원이 존재하며, 서식이 가능한 환경이라는 것을 짐작할 수 있다.



그림 14. 퇴적물 채취시 발견한 큰이랑피조개 껍질

IV 종합 결론(적지판정)

상기 결과에서 기술한 웅진군 영흥면 외리어촌계의 큰이랑피조개 신규 개발 희망해역에 대한 해수 물리적 환경(수온, 용존산소, pH, 염분), 화학적 산소요구량(COD), 영양염류와 퇴적물 입자크기, 강열감량, 화학적산소요구량(COD), 산취발성황화합물(AVS) 조사 결과를 토대로 적지를 판정하였다.

먼저, 수질은 모든 항목(수온, 용존산소, pH, 염분, 화학적산소요구량, 영양염류)이 적지조건에 합당하여 큰이랑피조개가 서식하기에 적합한 환경이라고 할 수 있겠다.

이때패류의 서식 기질인 퇴적물의 환경이 적지 요건에 중요하게 작용하는데, 퇴적물 입자크기는 조간대 상부는 조립하고 조간대 하부로 갈수록 세립해지는 경향을 보였는데, 이는 파도와 같은 물리적인 힘이 조간대 상부로 갈수록 세지기 때문인 것으로 사료된다. 입도분석 결과 전체적으로 모래질이 우세하게 나타났지만, 조간대 하부인 BC19~24 정점은 표층에는 펄이 많이 쌓여 있어 방류초기 잠입하는데 유리한 조건이 될 것으로 사료된다.

산소요구량, 산화발성황화합물은 모두 오염 기준치보다 낮게 나타나 큰이랑피조개 서식하기에 적합한 환경이라고 할 수 있겠다.

따라서, 상기 기술한 내용처럼 금번에 조사한 웅진군 영흥면 외리지역 BC3, 4, 9, 10, 15, 16라인과 BC19~24 라인이 큰이랑피조개 방류 적지라고 사료되며, 금번 방류 후 지속적인 관찰을 통해 큰이랑피조개의 성장률과 생존율을 관찰하도록 할 예정이다.

또한, 향후 인천 관내에 피조개의 기존 서식 지역에 대한 환경조사를 통해 피조개의 적지 조건에 대한 다각화된 연구가 실시할 예정이다.

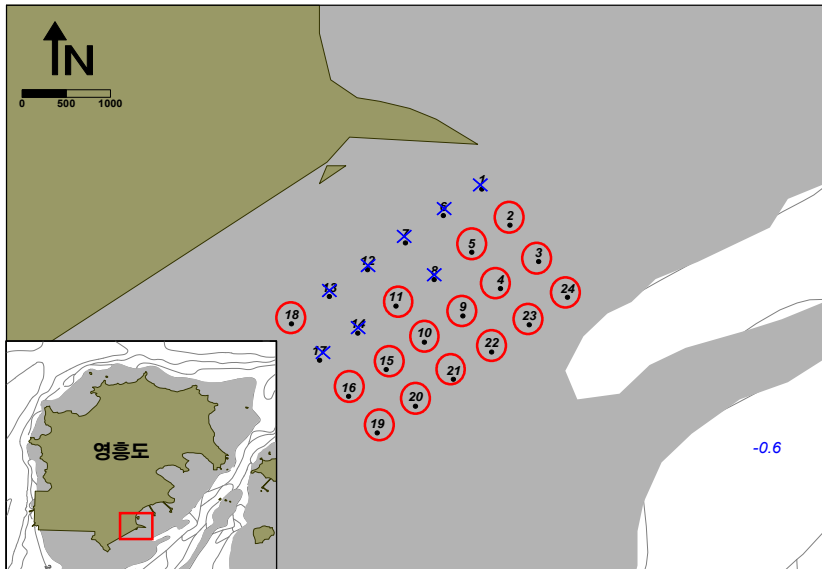


그림 15. 정점별 큰이랑피조개 적지 판정

표 4. 정점별 큰이랑피조개 적지판정

조사 정점	해 수			퇴 적 물				점수	적지 판정
	물리 환경	영양 염류	COD	입도	강열 감량	COD	AVS		
BC1	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC2	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC3	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC4	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC5	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC6	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC7	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC8	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC9	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC10	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC11	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC12	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC13	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC14	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC15	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC16	○	○	○	△	○	○	○	93	○
BC17	○	○	○	×	○	○	○	86	×
BC18	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC19	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC20	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC21	○	○	○	○	○	○	○	100	○
BC22	○	○	○	△	○	○	○	93	○
BC23	○	○	○	△	○	○	○	93	○
BC24	○	○	○	○	○	○	○	100	○

※ × : 0점, △: 5점, ○ : 10점

※ 총 70점 만점을 100점으로 환산하여 점수 합산하여 90점 이상만 적합 판정

VI 참고문헌

- Choe, B. L., M. S. Park, L. G. Jeon, S. R. Park and H. T. Kim. 1999. Commercial molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 197 pp.
- Chun, Y. Y., G. H. Na and E. J. Choi, 1991. Mass mortality of ark-shell, *Anadara broughtonii* SCHRENCK seeding with marine ecological characteristics. Bull. Kor. Fish. Soc., 24 : 70~78.
- 옹진군, 2008. 옹진군 도서별 양식어장 적지조사 및 바지락 폐사저감 대책. 128 pp.
- 인천수산자원연구소, 2012. 2010,2011년 종묘생산·시험연구 사업보고서, 113~137.
- 해양수산부, 2006. 해양환경공정시험방법.