

쏙 분포 실태조사 결과 보고 (2015~2016년)



인천광역시
수산자원연구소
<http://fish.incheon.go.kr>

목 차

1. 서론	1
2. 재료 및 방법	2
2.1. 연구지 개황	2
2.2. 조사정점	2
2.3. 퇴적물 시료 채취	2
2.4. 썩 서식 밀도	2
2.5. 퇴적 환경 분석	4
2.5.1. 입도	4
2.5.2. 강열감량(IL)	5
2.5.3. 화학적산소요구량(COD)	5
2.5.4. 산취발성황화물(AVS)	5
2.5.5. 부영양화관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수	6
3. 결과	7
3.1. 썩 서식 밀도	7
3.2. 퇴적 환경 분석 결과	11
3.2.1. 입도	11
3.2.2. 입도와 썩 서식밀도와의 상관관계	20
3.2.3. 강열감량	31
3.2.4. 화학적산소요구량(COD)	31
3.2.5. 산취발성황화물	31
3.2.6. 부영양화 평가점수	31
4. 종합결론	38
5. 참고문헌	42

표 차례

표 1. 조사정점 좌표	3
표 2. 해양오염퇴적물 조사 및 정화,복원 범위 등에 관한 규정	6
표 3. 정점별 썩 구멍 계수와 썩 서식 밀도 차이	9
표 4. 정점별 표층퇴적물 조성 비율 차이	25
vy 5. 정점별 표층퇴적물 조직변수의 차이	28
표 5. 정점별 표층퇴적물 함수율, 강열감량, 화학적산소요구량(COD), 산취발성황화물(AVS), Chlorophyll-a, 부영양화 평가점수 차이	35

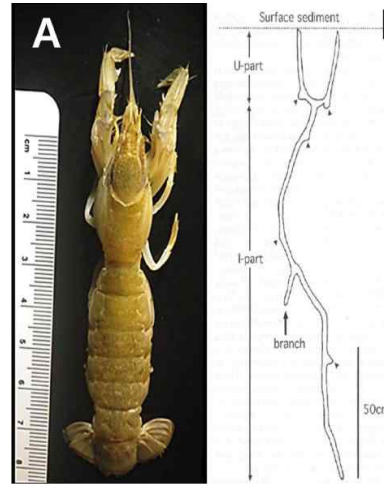
그림차례

그림 1. 정점별 썩 서식밀도의 차이 (A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	8
그림 2. 정점별 표층 퇴적물 자갈 함량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	12
그림 3. 정점별 표층 퇴적물 모래 함량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	13
그림 4. 정점별 표층 퇴적물 펄 함량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	14
그림 5. 정점별 표층 퇴적물 평균입도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	15
그림 6. 정점별 표층 퇴적물 분급도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	17
그림 7. 정점별 표층 퇴적물 왜도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	18
그림 8. 정점별 표층 퇴적물 첨도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	19
그림 9. 썩 개체수 0~5백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이어그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	20
그림 10. 썩 개체수 5~10백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이어그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	21
그림 11. 썩 개체수 10~20백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이어그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	22
그림 12. 썩 개체수 20~30백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이어그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	23

그림 13. 정점별 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 상관관계 삼각다이어그램 (A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	24
그림 14. 정점별 표층 퇴적물 강열감량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하 반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	32
그림 15. 정점별 표층 퇴적물 화학적산소요구량(COD)의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	33
그림 16. 정점별 표층 퇴적물 산취발성황화물(AVS)의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)	34
그림 17. 그물망 매설 전후 썩 구제 효과	39
그림 18. 그물망 설치시 바지락 피해 예상도	40
그림 19. 큰돌갈기 실시 지역과 미실시 지역의 썩 구멍 차이	41
그림 20. 양수기를 이용한 개불잡이	41
그림 21. 썩을 이용한 여러 가지 음식들	42

1. 서론

썩, *Upogebia major* (de Haan, 1841)은 십각목 (Decapoda) 썩과(Upogebiidae)에 속하는 종으로 우리나라에서는 황해, 남해 및 제주도 조간대에 분포하며, 일본 및 중국 등지의 펄갯벌의 상부 지역에서 흔하게 발견되는 새우처럼 생긴 대형 갑각류이다. 조간대의 펄갯벌에 Y-자 형태의 구멍을 파고 살며 깊이는 2m를 상회 한다. 높은 밀도로 밀생 하는 습성이 있으며, 일본의 동경만 북부에 인공적으로 형성된 신하마 석호에서는 1㎡ 당 평균 36개체, 최대 142개체가 서식하는 것으로 보고 된 바 있다(Kinoshita and Furota, 2003).



이러한 서식 특성 탓에 썩은 과거부터 바지락, 굴 등 양식패류의 경쟁생물로서 지목된 바 있으며, 2011년을 시작으로 서해안 바지락 어장에서 발생하고 있는 썩의 이상증식 현상은 해당 어장의 바지락 생산량을 급감시키는 결과를 만들고 있다.

이와 같은 현상은 충청남도 서천과 태안군 안면도 가경주 및 보령 일대 바지락 양식장에서도 마찬가지로 일어나고 있으며, 특히 단일 면적으로는 서해안 최대 규모의 바지락 생산지인 인천광역시 선재도 어촌계(패류양식 230 ha, 바지락 단일 어장 면적 175 ha)에서는 2011년 이후 썩의 이상증식으로 바지락 생산량이 과거의 10% 수준으로 급감하여 해당 지역 어촌계소속 어민들의 소득감소로 이어져 큰 문제가 되고 있다. 때문에 현지의 바지락 양식 어업자들은 이들을 제거하기 위하여 양식장 바닥을 경운(耕耘)하거나 폐쇄하고 인근 어장으로 옮기는 사태가 벌어지기도 하였다(김, 2012).

따라서, 본 연구는 바지락 양식어장 서식장 파괴로 인해 생산량 감소를 유발하는 썩의 분포 현황 및 퇴적 환경 조건과의 연계성을 파악하고 구제방법을 모색하고자 한다.



2. 재료 및 방법

2.1. 연구지 개황

연구 대상지인 선재도는 인천광역시 옹진군 영흥면 선재리에 속해 있으며, 대부도와 영흥도 사이에 위치해 있다. 섬을 중심으로, 동쪽과 서쪽에 갯벌을 형성하고 있으며, 대조 시에 약 9 m의 조차를 가진다. 인근 지역에서 관측된 조류분석 결과 창조류는 인천항 방향으로 북류 또는 북북동류의 형태로 흐르고, 낙조류는 남류 또는 남남서류의 형태로 흐르며(한국남동발전, 2006), 선재도 동쪽 갯벌은 선재도와 대부도 사이에 형성된 갯골(Tidal channel)을 중심으로 조류가 형성된다.

2.2. 조사정점

썩 분포 밀도 및 퇴적 환경 분석을 위하여 94개 지점(남 52, 북 42)에서 시료를 채취하였다.

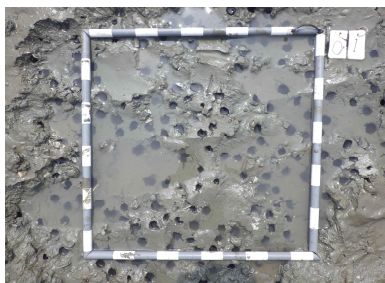


2.3. 퇴적물 시료 채취

정점별 퇴적물 입도, 강열감량, 화학적산소요구량, 산취발성황화물 농도를 측정하기 위해 표층 퇴적물 시료를 채집하였다(표 1).

2.4. 썩 서식 밀도

썩 서식 밀도를 알아보기 위해 정점별로 썩의 밀도를 측정하였다. 썩 밀도는 50×50 cm 크기의 방형구를 이용하여 면적 내 썩 구멍의 개수를 세어 추정하는 방법으로 진행하였으며, 1마리의 썩이 Y자 형태로 2개의 구멍을 뚫기 때문에 구멍수를 2로 나누어 썩 밀도를 추정하였다.



방형구조사 (50×50cm)



퇴적물 시료 채취(입도분석용)



퇴적물 시료 채취(AVS)

표 1. 조사정점 좌표

정점	좌표(WGS84)		정점	좌표(WGS84)		정점	좌표(WGS84)	
	위도	경도		위도	경도		위도	경도
1	37° 14.095	126° 30.736	32	37° 13.621	126° 31.360	65	37° 15.487	126° 31.767
2	37° 14.257	126° 30.731	33	37° 13.459	126° 31.366	66	37° 15.325	126° 31.772
3	37° 14.419	126° 30.726	34	37° 13.463	126° 31.568	67	37° 15.163	126° 31.777
4	37° 14.581	126° 30.720	35	37° 13.625	126° 31.563	68	37° 15.001	126° 31.782
5	37° 14.743	126° 30.715	36	37° 13.787	126° 31.558	69	37° 14.839	126° 31.788
6	37° 14.905	126° 30.710	37	37° 13.950	126° 31.552	70	37° 14.926	126° 31.627
7	37° 15.067	126° 30.704	38	37° 14.085	126° 31.548	71	37° 14.843	126° 31.990
8	37° 15.097	126° 30.822	39	37° 14.275	126° 31.491	72	37° 15.005	126° 31.985
9	37° 14.909	126° 30.912	40	37° 14.429	126° 31.514	73	37° 15.168	126° 31.980
10	37° 13.663	126° 31.181	41	37° 14.591	126° 31.509	74	37° 15.330	126° 31.975
11	37° 14.585	126° 30.923	42	37° 14.753	126° 31.503	75	37° 15.492	126° 31.969
12	37° 14.423	126° 30.928	43	37° 13.954	126° 31.755	76	37° 15.654	126° 31.964
13	37° 14.261	126° 30.934	44	37° 13.792	126° 31.760	77	37° 15.816	126° 31.959
14	37° 14.099	126° 30.939	45	37° 13.630	126° 31.766	78	37° 15.496	126° 32.172
15	37° 13.455	126° 31.163	46	37° 13.467	126° 31.771	79	37° 15.334	126° 32.177
16	37° 13.617	126° 31.158	47	37° 13.472	126° 31.974	80	37° 15.172	126° 32.183
17	37° 13.779	126° 31.152	48	37° 13.634	126° 31.968	81	37° 15.010	126° 32.188
18	37° 14.103	126° 31.142	49	37° 13.796	126° 31.963	82	37° 14.848	126° 32.193
19	37° 14.265	126° 31.136	50	37° 13.958	126° 31.958	83	37° 14.685	126° 32.199
20	37° 14.427	126° 31.131	51	37° 13.935	126° 32.162	84	37° 14.512	126° 32.173
21	37° 14.589	126° 31.126	52	37° 13.773	126° 32.167	85	37° 14.361	126° 32.209
22	37° 14.752	126° 31.120	55	37° 15.637	126° 31.153	86	37° 14.189	126° 32.227
23	37° 14.914	126° 31.115	56	37° 15.786	126° 31.175	87	37° 14.358	126° 32.074
24	37° 14.918	126° 31.318	57	37° 15.803	126° 31.350	88	37° 14.546	126° 32.000
25	37° 14.756	126° 31.323	58	37° 15.641	126° 31.356	89	37° 14.365	126° 32.412
26	37° 14.594	126° 31.328	59	37° 15.321	126° 31.569	90	37° 14.528	126° 32.407
27	37° 14.432	126° 31.334	60	37° 15.483	126° 31.564	91	37° 14.685	126° 32.373
28	37° 14.269	126° 31.339	61	37° 15.645	126° 31.558	92	37° 14.852	126° 32.396
29	37° 14.107	126° 31.344	62	37° 15.807	126° 31.553	93	37° 15.033	126° 32.368
30	37° 13.945	126° 31.350	63	37° 15.812	126° 31.756	96	37° 14.685	126° 32.044
31	37° 13.783	126° 31.355	64	37° 15.650	126° 31.761	97	37° 15.499	126° 31.361

2.5. 퇴적 환경 분석

2.5.1. 입도

염산과 과산화수소를 이용하여 탄산염과 유기물을 제거한 후 4Φ 체를 이용하여 습식체질을 통해 모래와 펄을 구분하고 건식체질과 퇴적물분석기 (sedigraph III 5120, Micromeritics, USA)를 통하여 각 입자크기별 무게를 측정하여 입도분석지에 기입하고 아래 식을 통해 평균입도 (Mean, M_z), 분급도 (Sorting, S_o), 왜도 (Skewness, S_k), 첨도 (Kurtosis, K_G)를 계산하고, 삼각다이아그램을 통해 정점별 퇴적형태를 규명하였다

- 평균입도 (M_z) =
$$\frac{(\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})}{3}$$

- 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

- 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
- 0.1~0.1 : Near-symmetrical
- -0.1~0.3 : Coarse-skewed
- -0.3 이하 : Strongly coarse-skewed

- 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

2.5.2. 함수율

퇴적물의 건조전 무게를 측정하고 110°C의 온도로 24시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정하고 건조전 무게와 건조후 무게 차이를 계산하였다.

2.5.3. 강열감량(IL)

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

2.5.4. 화학적산소요구량(COD)

건조된 약 1 g의 무게를 취하여 과망간산칼륨과 수산화나트륨 용액을 넣고 100°C 수욕상에서 60분간 중탕시킨 후 요오드화칼륨을 넣었다. 증류수를 가해 500 ml로 만들고 잘 흔들어 유리섬유여과지를 사용하여 여과한 후 황산을 넣어 소비되고 남은 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정하였다.

2.5.5. 산취발성황화물(AVS)

밀봉된 시료를 glove box 내에서 2 g을 정확히 측정하여 기체발생관에 넣고 황산용액을 가하여 펌프를 작동시켜 발생하는 황화수소가 검지관에 흡수되도록 하고 아래 식으로 계산하였다.

$$\text{황화물량}(mg\ S/g.dry) = \frac{\text{검지관 눈금}}{\text{시료의 무게}(g) \times \frac{100 - \text{함수율}(\%)}{100}}$$

2.5.6. 부영양화관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수

퇴적물 부영양화관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수는 표 2에 나타내었다.

표 2. 해양오염퇴적물 조사 및 정화,복원 범위 등에 관한 규정
(해양수산부 고시 제2013-206호, 2013.08.30.)

항 목	단위	기준농도	평가점수
강열감량 (IL)	% (건중량)	5 미만	0
		15 미만	3
		15 이상	6
화학적산소요구량 (COD)	mg/g (건중량)	13 미만	0
		20 미만	1
		30 미만	2
		40 미만	4
		40 이상	6
산취발성황화물 (AVS)	mg/g (건중량)	0.6 미만	0
		1 미만	1
		5 미만	2
		10 미만	4
		10 이상	6

3. 결과

3.1. 썩 서식 밀도

선재도에 분포하는 썩 구멍 계수와 서식 밀도는 표 3, 그림 1에 나타내었다. 썩은 Y자 형으로 2개의 구멍을 파기 때문에 썩 구멍 개수에 2를 나누어 썩 서식 밀도를 추정하였다.

2015년 상반기에는 1m²당 썩 구멍이 0~637개 (평균 52개)였으며, 썩은 0~319마리 (평균 103마리)였다. 한 정점이 대표하는 면적인 9ha (300×300 m)로 환산할 경우 0~28,680,000마리 (평균 9,296,250마리)였으며, 전체 면적 864 ha에 약 892,440,000마리의 썩이 서식하는 것으로 나타났다.

2015년 하반기에는 1m²당 썩 구멍이 0~537개 (평균 105개)였으며, 썩은 0~269마리 (평균 53마리)였다. 한 정점이 대표하는 면적인 9ha (300×300 m)로 환산할 경우 0~24,180,000마리 (평균 4,739,368마리)였으며, 전체 면적 864 ha에 약 450,240,000마리의 썩이 서식하는 것으로 나타났다.

2016년 상반기에는 1m²당 썩 구멍이 0~439개 (평균 123개)였으며, 썩은 0~219마리 (평균 61마리)였다. 한 정점이 대표하는 면적인 9ha (300×300 m)로 환산할 경우 0~19,740,000마리 (평균 5,528,387마리)였으며, 전체 면적 864 ha에 약 514,140,000마리의 썩이 서식하는 것으로 나타났다.

2016년 하반기에는 1m²당 썩 구멍이 0~1,111개 (평균 195개)였으며, 썩은 0~555마리 (평균 97마리)였다. 한 정점이 대표하는 면적인 9ha (300×300 m)로 환산할 경우 0~49,980,000마리 (평균 8,767,097마리)였으며, 전체 면적 864 ha에 약 815,340,000마리의 썩이 서식하는 것으로 나타났다.

선재도에 서식하는 썩 개체수가 2015년 상반기에 비해 2015년 하반기에 감소하는 경향을 보였으나, 2016년 상반기부터 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 2016년 하반기부터는 새로 가입한 썩 구멍이 많이 관찰되는 바 향후 급격한 개체수 증가가 예상된다.

지역별로는 선재도와 가까운 연안 부근은 점차 감소하는 경향을 보였으며, 조간대 하부지역은 점차 증가하는 경향을 보였다.

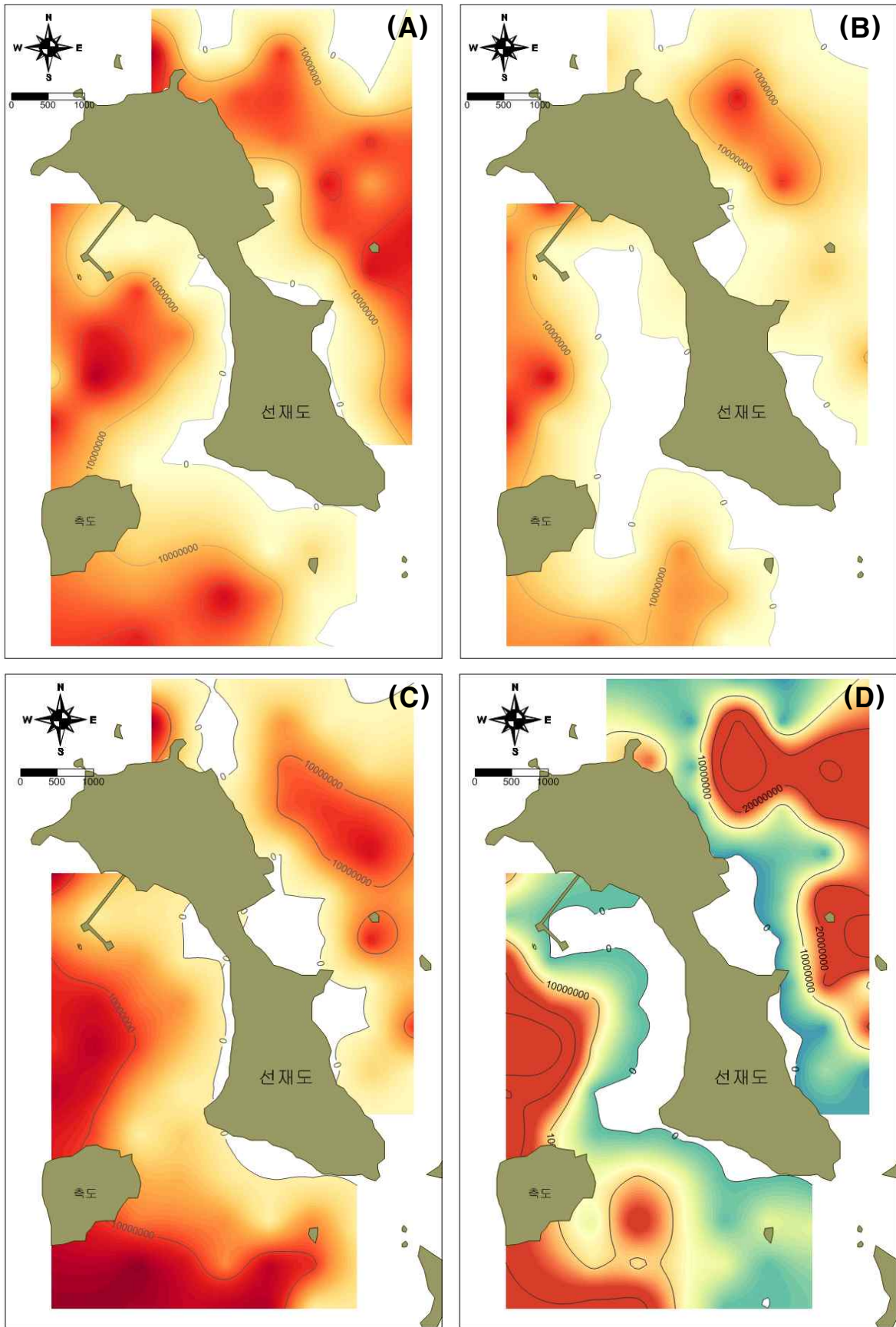


그림 1. 정점별 측 서식밀도의 차이 (A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

표 3. 정점별 쪽 구멍 계수와 쪽 서식 밀도 차이

정점	2015년		2016년		정점	2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기		상반기	하반기	상반기	하반기
1	15,780,000	14,160,000	11,700,000	28,260,000	25	0	0	0	0
2	22,920,000	24,180,000	14,040,000	18,660,000	26	13,860,000	0	6,420,000	0
3	4,380,000	15,780,000	10,200,000	47,580,000	27	6,900,000	0	3,840,000	0
4	14,700,000	14,460,000	11,100,000	24,840,000	28	0	0	0	0
5	16,320,000	14,640,000	10,260,000	19,320,000	29	0	0	3,240,000	0
6	14,460,000	17,640,000	5,400,000	1,500,000	30	4,200,000	0	4,500,000	10,680,000
7	19,200,000	6,000,000	15,720,000	12,960,000	31	10,260,000	0	7,260,000	19,800,000
8	9,300,000	22,440,000	6,360,000	3,300,000	32	16,500,000	6,540,000	12,660,000	8,940,000
9	0	0	0	0	33	16,560,000	9,180,000	13,500,000	24,120,000
10	7,200,000	4,620,000	6,660,000	0	34	17,160,000	13,440,000	14,220,000	8,100,000
11	22,740,000	11,460,000	12,540,000	15,180,000	35	24,480,000	14,220,000	6,600,000	7,980,000
12	27,180,000	24,180,000	14,220,000	40,200,000	36	10,800,000	14,220,000	6,600,000	7,980,000
13	12,000,000	4,980,000	11,940,000	21,300,000	37	3,180,000	2,280,000	1,020,000	6,240,000
14	9,120,000	5,640,000	9,480,000	9,420,000	38	60,000	0	0	0
15	22,200,000	16,200,000	14,640,000	22,500,000	39	0	0	0	0
16	13,620,000	2,580,000	15,600,000	8,760,000	40	0	0	0	0
17	7,920,000	0	7,380,000	5,220,000	41	0	0	0	0
18	0	0	0	780,000	42	0	2,220,000	0	0
19	6,360,000	540,000	4,560,000	0	43	0	0	0	0
20	18,420,000	540,000	9,660,000	8,400,000	44	0	0	0	0
21	18,480,000	0	7,620,000	11,700,000	45	15,000,000	11,220,000	13,920,000	5,820,000
22	19,200,000	0	6,120,000	660,000	46	10,320,000	0	14,340,000	0
23	0	0	960,000	0	47	0	0	0	0
24	1,860,000	0	0	0	48	1,140,000	0	10,920,000	0

(계속)

정점	2015년		2016년		정점	2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기		상반기	하반기	상반기	하반기
49	7,020,000	0	6,780,000	5,340,000	75	9,720,000	5,880,000	8,760,000	22,320,000
50	0	0	0	0	76	0	1,500,000	720,000	0
51	0	0	0	0	77	600,000	1,320,000	660,000	0
52	0	0	240,000	4,980,000	78	0	1,920,000	2,400,000	32,520,000
55	28,680,000	6,300,000	19,740,000	8,760,000	79	21,000,000	6,660,000	11,760,000	25,260,000
56	5,400,000	1,020,000	0	1,740,000	80	12,060,000	8,340,000	15,960,000	0
57	0	0	0	1,380,000	81	18,660,000	4,440,000	8,760,000	27,300,000
58	0	0	0	5,820,000	82	23,820,000	8,040,000	15,060,000	20,160,000
59	13,560,000	6,360,000	1,860,000	0	83	9,000,000	1,320,000	0	21,480,000
60	18,600,000	11,460,000	0	660,000	84	5,280,000	0	0	0
61	1,020,000	720,000	0	360,000	85	7,440,000	0	4,320,000	4,380,000
62	420,000	0	1,080,000	3,180,000	86	0	0	0	540,000
63	360,000	1,080,000	960,000	840,000	87	0	0	0	0
64	20,700,000	8,640,000	8,820,000	32,340,000	88	0	0	0	0
65	19,920,000	22,920,000	11,100,000	49,980,000	89	20,520,000	480,000	0	0
66	17,340,000	15,480,000	11,340,000	22,140,000	90	17,400,000	11,940,000	13,500,000	21,420,000
67	180,000	0	0	0	91	20,100,000	1,740,000	5,940,000	8,340,000
68	3,780,000	0	0	0	92	21,120,000	1,800,000	7,920,000	43,320,000
69	1,320,000	0	0	0	95	17,820,000	3,360,000	6,660,000	19,680,000
70	1,200,000	0	0	0	96	0	3,720,000	0	1,740,000
71	2,280,000	2,520,000	0	0	97	13,200,000	1,740,000	0	18,540,000
72	19,080,000	540,000	0	2,640,000					
73	22,920,000	21,000,000	11,280,000	1,980,000					
74	14,340,000	14,640,000	13,320,000	6,000,000	추진중	892,440,000	450,240,000	514,140,000	815,340,000

3.2. 퇴적 환경 분석 결과

3.2.1. 입도

정점별 표층 퇴적물 조성비율, 퇴적상의 차이는 표 4에 나타내었다.

입도별 함량을 살펴보면, 2015년 상반기에는 자갈은 0.0~61.1 % (평균 5.4%), 모래는 5.8~94.0% (평균 47.0%), 펄은 3.3~94.2% (평균 47.6%)의 범위를 보였다. 2015년 하반기에는 자갈은 0.0~41.6 % (평균 4.0%), 모래는 3.5~96.1% (평균 43.3%), 펄은 3.2~96.5% (평균 52.7%)의 범위를 보였다. 2016년 상반기에는 자갈은 0.0~49.7 % (평균 5.1%), 모래는 5.0~95.7% (평균 45.1%), 펄은 4.3~94.5% (평균 49.7%)의 범위를 보였다. 2016년 하반기에는 자갈은 0.0~56.3 % (평균 6.0%), 모래는 2.5~94.4% (평균 41.5%), 펄은 5.6~97.5% (평균 52.1%)의 범위를 보였다.

자갈의 경우 2015년 상반기에는 41번 정점(61.1%), 2015년 하반기에는 48번 정점(41.6%), 2016년 상반기에는 17번 정점(49.7%) 그리고 2016년 하반기에는 60번 정점(56.3%)에서 가장 높은 함량을 보였으나, 2015~2016년 모두 대체로 10% 미만의 함량을 보였다(그림 2).

모래의 경우 2015~2016년 모두 측도와 목섬 사이 해역과 외해 쪽으로 갈수록 함량이 높아지는 경향을 보였다(그림 3).

펄의 경우 2015, 2016년 모두 상반기에 비해 하반기에 함량이 높아지는 경향을 보였으며, 선재도에 가까운 연안 쪽이 높은 함량을 보였고, 특히 선재도 동쪽 해역은 바닷굴이 많이 서식하는 암반들 사이에 고운 펄이 퇴적되어 있는 경향을 보였다(그림 4).

평균입도는 2015년 상반기에 $-1.77 \sim 9.47 \phi$ (평균 4.44ϕ)였으며, 선재도 북동쪽, 북서쪽 해역과 선재도와 측도 사이에서 6ϕ 이상의 세립한 경향을 보였으며, 외해로 갈수록 입도가 4ϕ 이하로 조립해지는 경향을 보였다. 2015년 하반기에는 $0.70 \sim 6.73 \phi$ (평균 4.37ϕ)였으며, 선재도와 측도 사이에서 6ϕ 이상의 세립한 경향을 보였으며, 선재도 북서쪽 해역은 상반기에 비해서 더 조립해지는 경향을 보였다. 2016년 상반기에는 $0.57 \sim 8.23 \phi$ (평균 4.52ϕ)였으며, 68~70번 정점에서 매우 높은 평균입도 값을 보였으며, 선재도 서쪽 해역이 2015년에 비해 조립해지는 경향을 보였다. 2016년 하반기에는 $0.50 \sim 9.37 \phi$ (평균 4.48ϕ)였으며, 60번, 96번 정점에서 매우 낮은 평균입도 값을 보였으며, 8, 9, 23번 정점이 매우 높은 평균입도 값을 보였다(그림 5).

이러한 퇴적물 입도 변화는 계절에 의한 물리적 에너지 변화에 의한 침식과 퇴적에 의해 발생하지만, 외부적인 요인에 의한 퇴적 변화는 보다 장기적인 관찰을 통해서 이루어져야 한다.

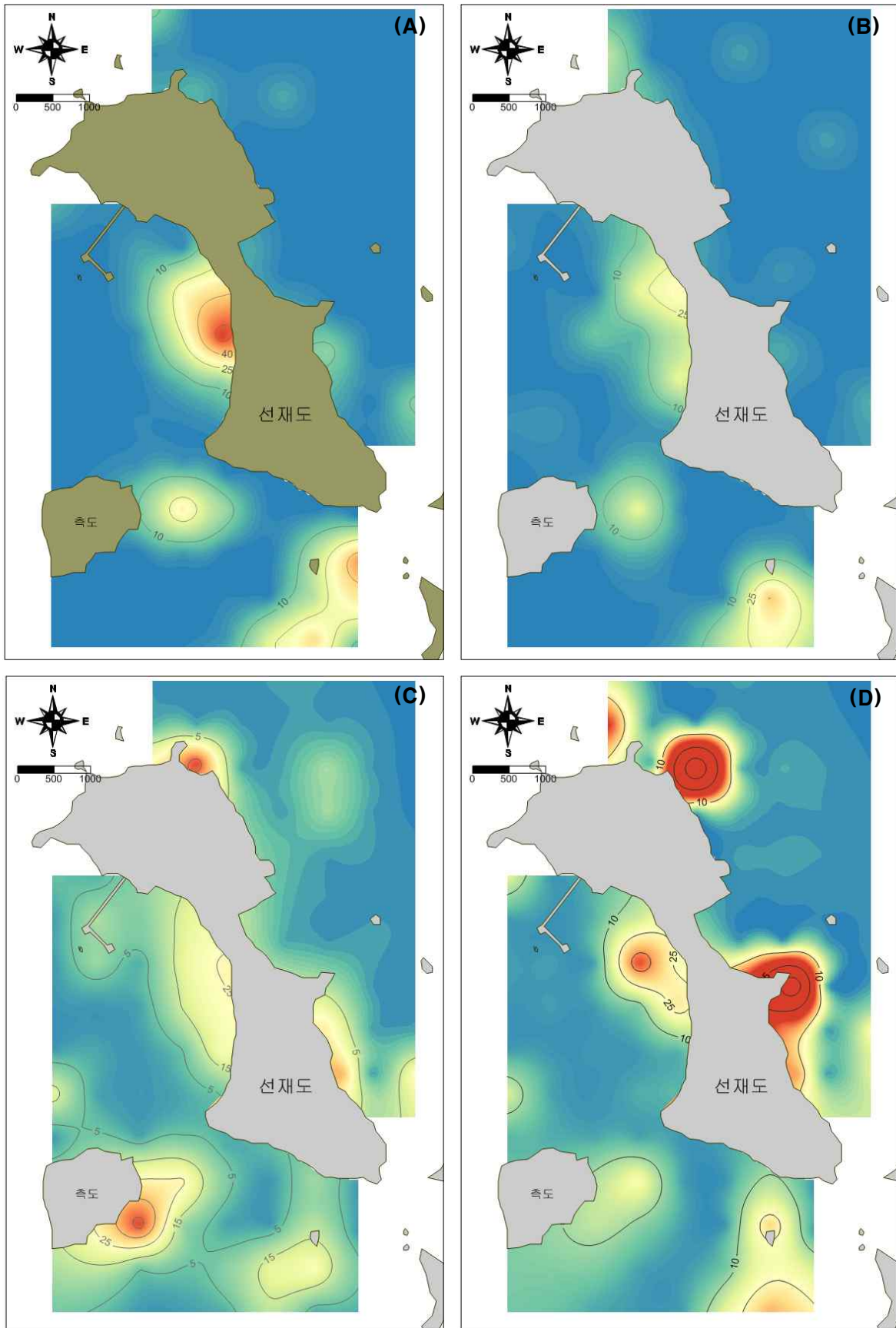


그림 2. 정점별 표층 퇴적물 자갈 함량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

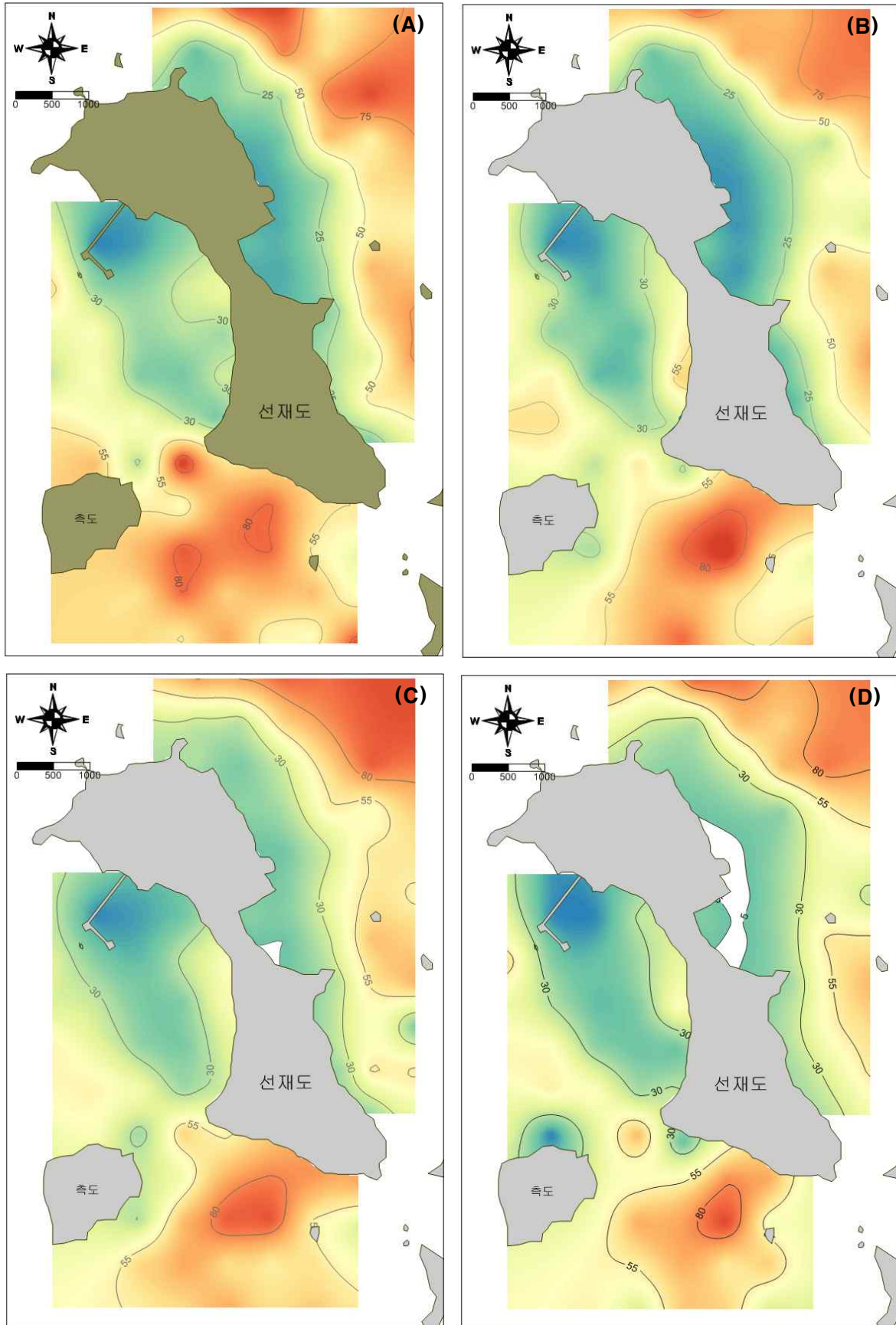


그림 3. 정점별 표층 퇴적물 모래 함량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

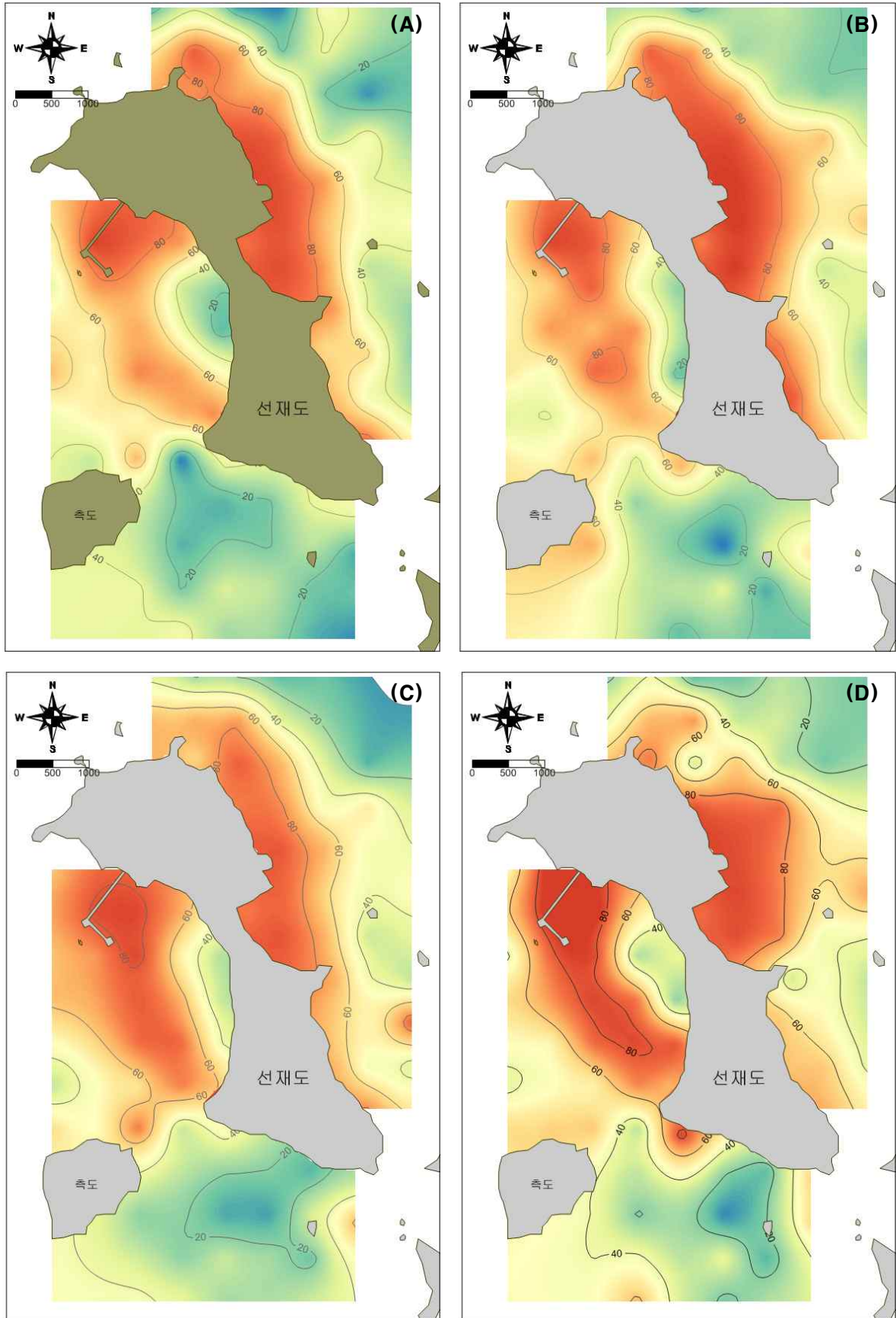


그림 4. 정점별 표층 퇴적물 펄 함량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

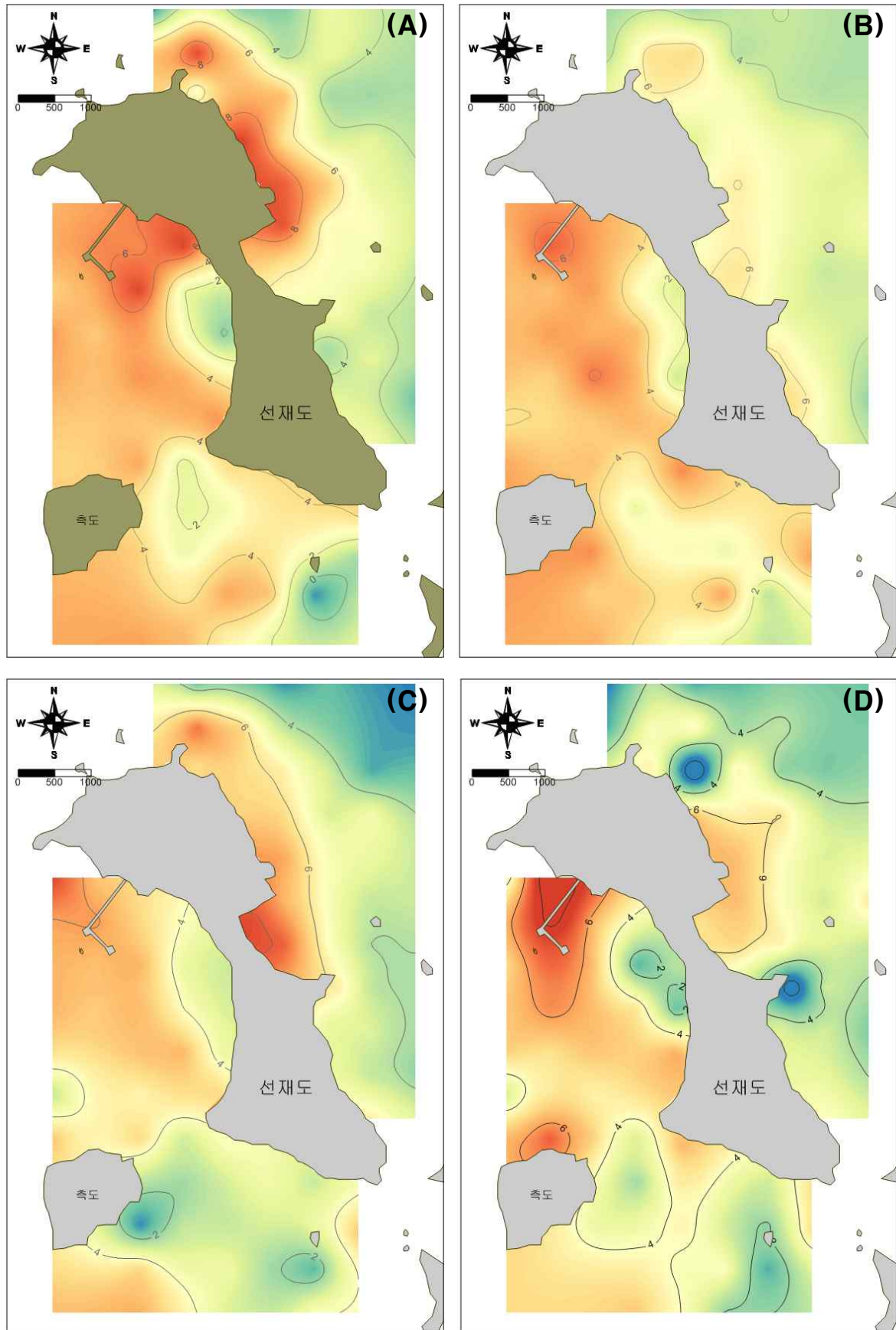


그림 5. 정점별 표층 퇴적물 평균입도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

분급도(sorting)는 시료의 퍼진 정도 즉, 평균입도에서 어떤 표준편차를 나타내는가를 측정하는 값으로 분급도가 불량하면(값이 커지면) 여러 가지 크기의 입자가 섞여 있다는 것을 의미하며, 반대로 분급도가 양호하면(값이 작아지면) 단일 크기의 입자가 주로 존재한다는 것을 의미한다. 2015년 상반기에는 0.50~5.14 (평균 1.92) 범위였고, 주로 연안쪽이 불량한 분급도를 보였으며, 사질 또는 니질이 우세했던 해역들은 분급도가 양호한 경향을 나타냈다. 2015년 하반기에는 0.55~4.13 (평균 1.85) 였으며, 사질 또는 니질이 우세했던 해역들은 분급도가 양호한 경향을 나타냈으며, 주로 연안쪽이 불량한 분급도를 보였는데 특히 선재도 북쪽해역은 분급도가 매우 불량한 경향을 보였다. 2016년 상반기에는 0.50~5.04 (평균 2.13) 였으며, 선재도 서쪽과 북동쪽 연안에서 extremely poorly sorted한 경향을 보였고, 대체로 poorly sorted 또는 very poorly sorted한 경향을 보였다. 2016년 하반기에는 0.54~4.10 (평균 2.09)였으며, 대체로 very poorly sorted한 경향을 보였다(표 5, 그림 6).

왜도(skewness)는 분포의 대칭성과 세립질·조립질 분포를 나타내며, 세립한 물질이 많으면 positive skewed, 조립한 물질이 많으면 negative skewed하다고 표현된다. 2015년 상반기에는 -0.86~1.00 (평균 0.14), 2015년 하반기에는 -0.62~2.79 (평균 0.23)의 범위를 보였으며, 2016년 상반기에는 -0.79~0.74 (평균 0.11), 2016년 하반기에는 -0.72~1.00 (평균 0.14)의 범위를 보였다(표 5, 그림 7). 선재도 연안과 목섬·축도 사이 해역에서 negative skewed를 보였으며, 나머지 해역에서는 positive skewed한 경향을 보였다.

첨도(kurtosis)는 정규분포에 대한 상대적인 최고점의 날카로움을 표시 즉, 어떤 한 점에 얼마나 편중되어 있는가를 나타내는 것으로, 꼬리 부분의 분급도와 중앙 부분의 분급도 비율을 나타내는데, 2015년 상반기에 0.51~4.99 (평균 1.38), 2015년 하반기에는 0.51~2.73 (평균 1.34)의 범위를 보였다 2016년 상반기에 0.50~3.56 (평균 1.33), 2016년 하반기에는 0.52~5.41 (평균 1.54)의 범위를 보였다(표 5, 그림 8).

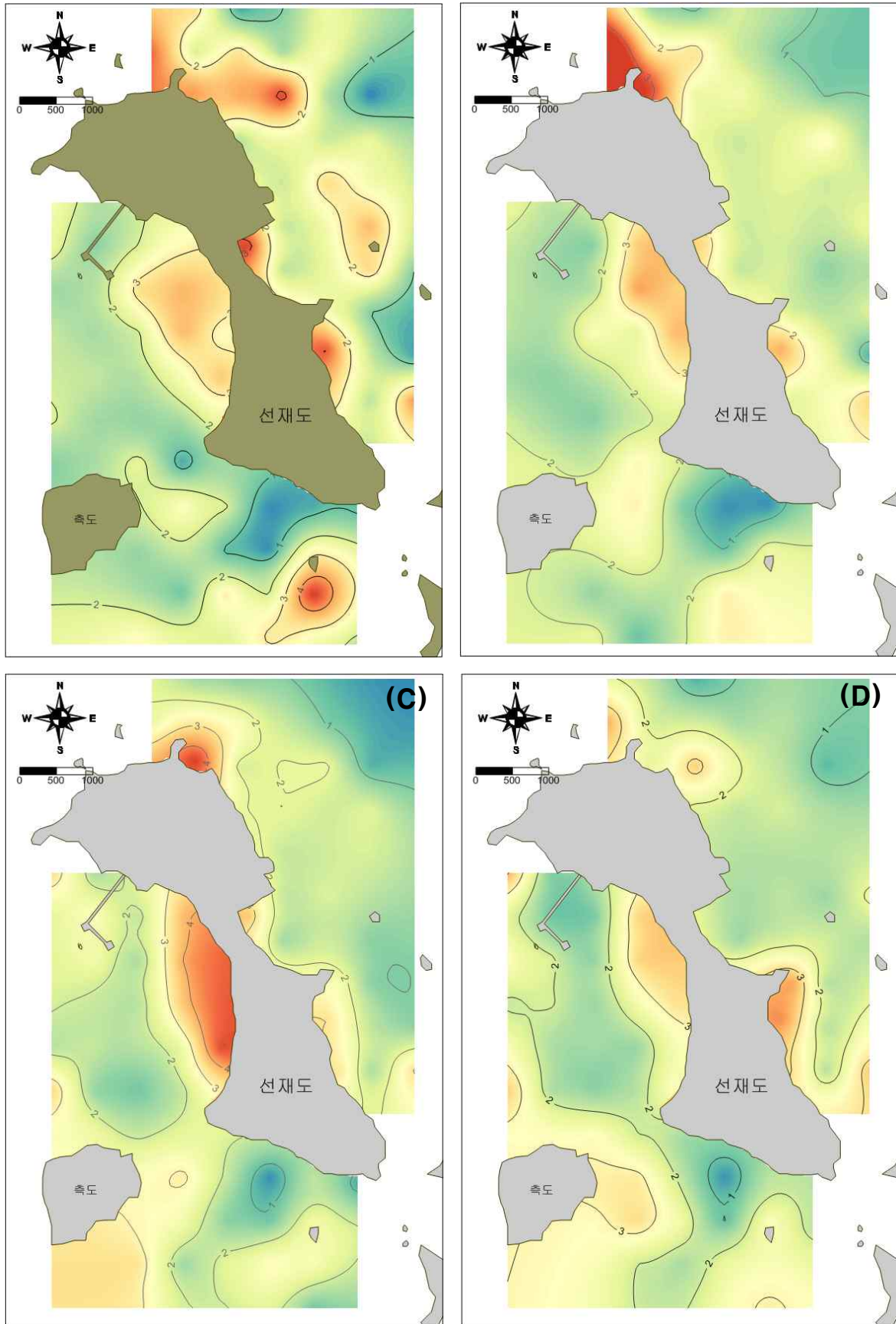


그림 6. 정점별 표층 퇴적물 분급도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

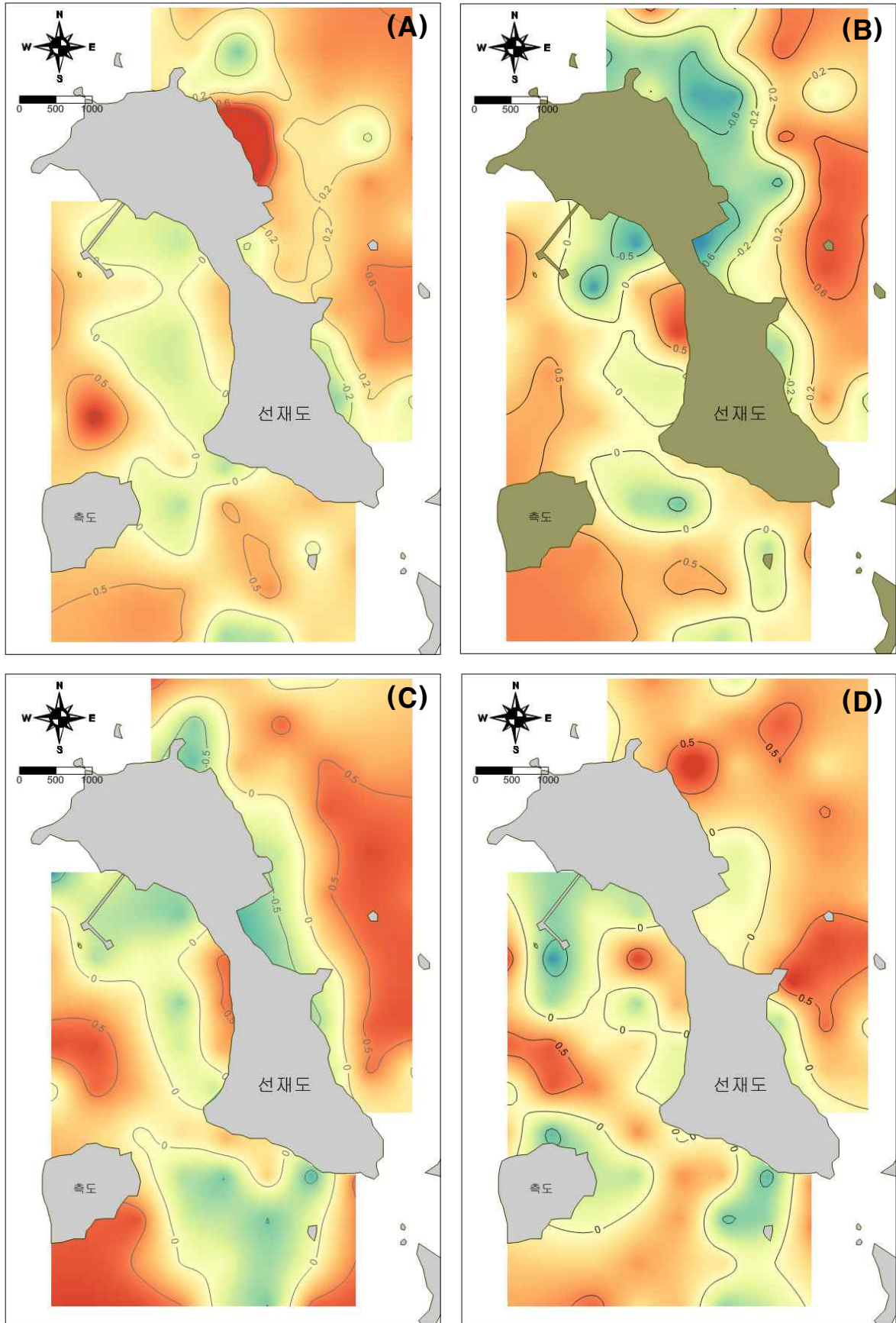


그림 7. 정점별 표층 퇴적물 왜도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

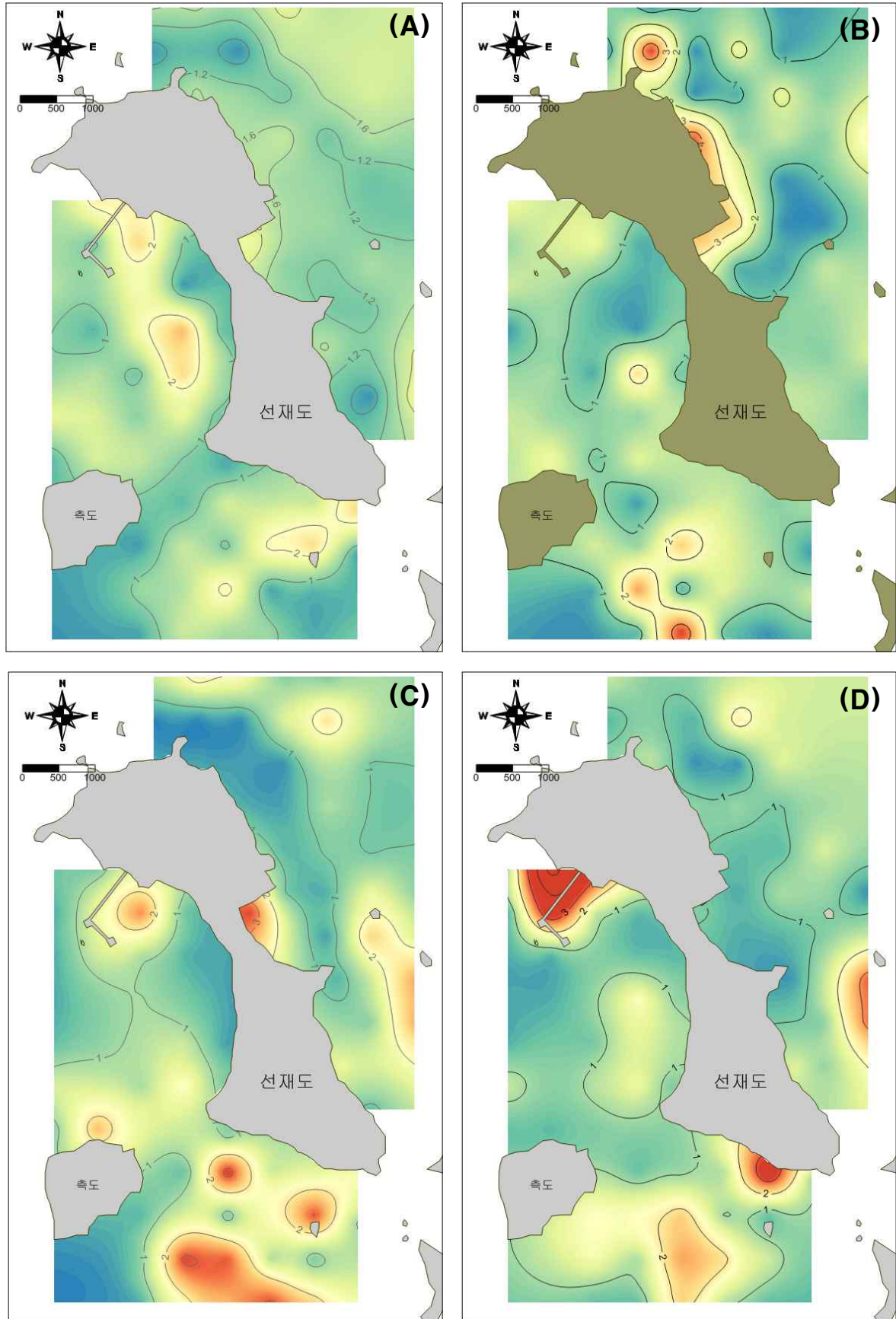


그림 8. 정점별 표층 퇴적물 침도의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

3.2.2. 입도와 썩 서식밀도와의 상관관계

정점별 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 상관관계는 그림 9~13에 나타내었다. 썩 서식밀도가 9 ha당 0~5백만 마리로 낮게 나온 정점은 자갈, 펄, 모래 함량이 상당히 높은 특징이 있었으며, 주로 펄 함량이 높은 정점에서 썩 서식밀도가 낮은 경향을 보였다. 반대로 썩 서식밀도가 9 ha당 10백만~20백만 마리로 비교적 높은 정점은 자갈 함량은 5% 이하로 낮으며, 모래 함량은 10~85%, 펄 함량이 10~85%로 골고루 분포했으며, 썩 서식밀도가 9 ha당 20백만~30백만 마리로 상당히 높은 정점은 자갈 함량은 3% 이하로 지극히 낮고, 모래 함량이 50~80%, 펄 함량이 20~50%의 입도 특성을 보였으며, 불행하게도 바지락 서식 적지조건과 유사한 경향을 보였다.

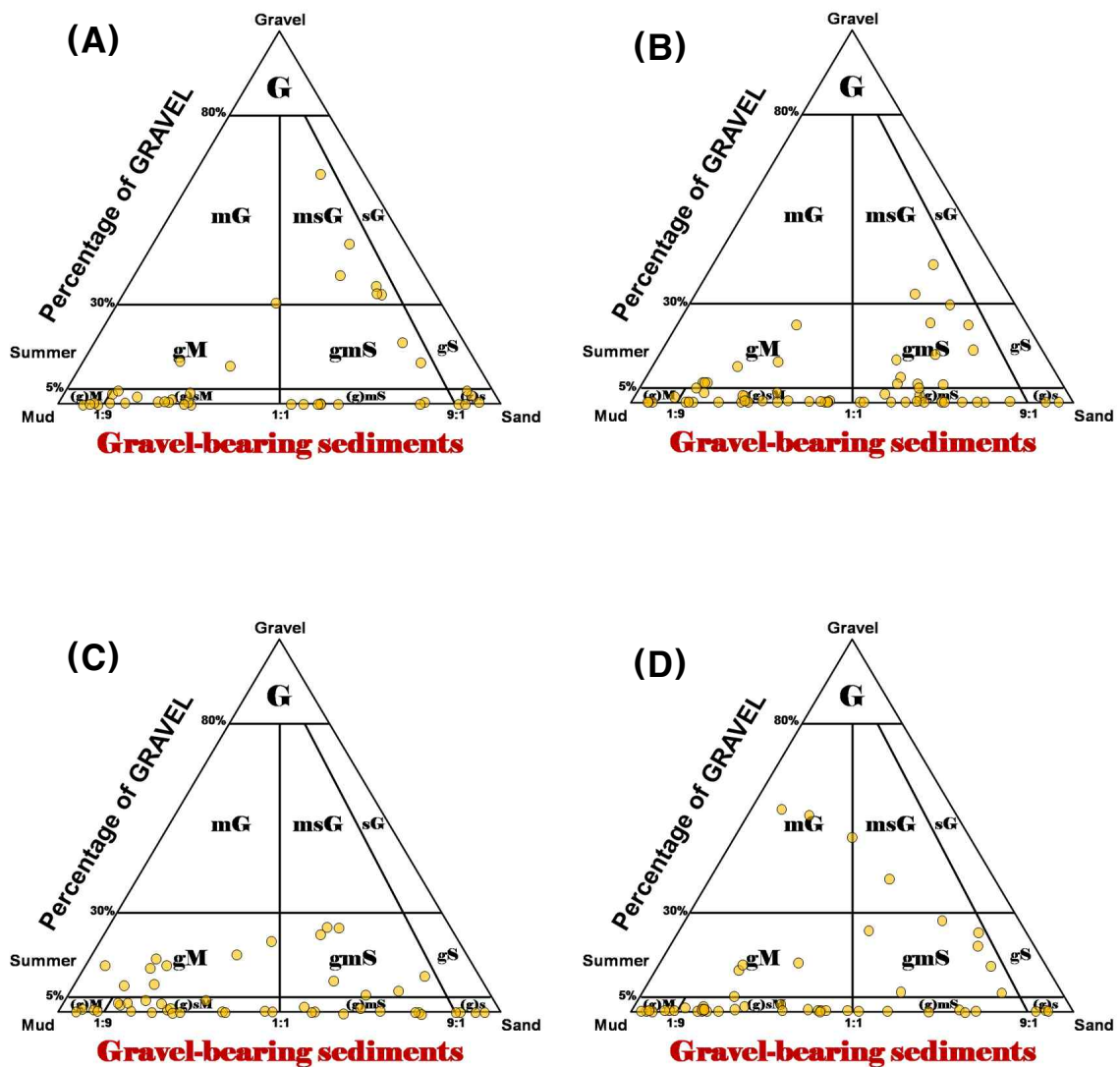


그림 9. 썩 개체수 0~5백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이아그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

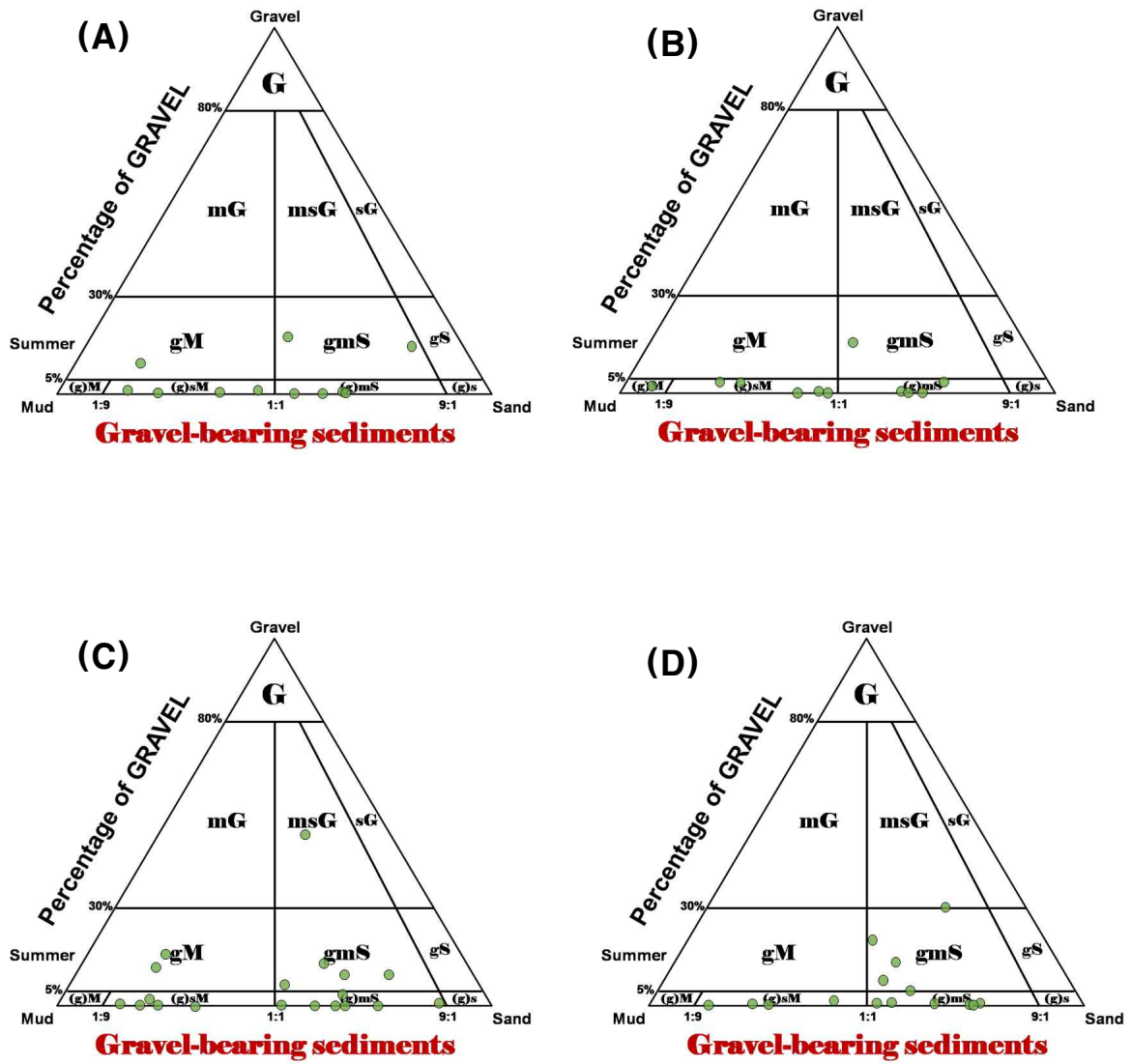


그림 10. 썩 개체수 5~10백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이어그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

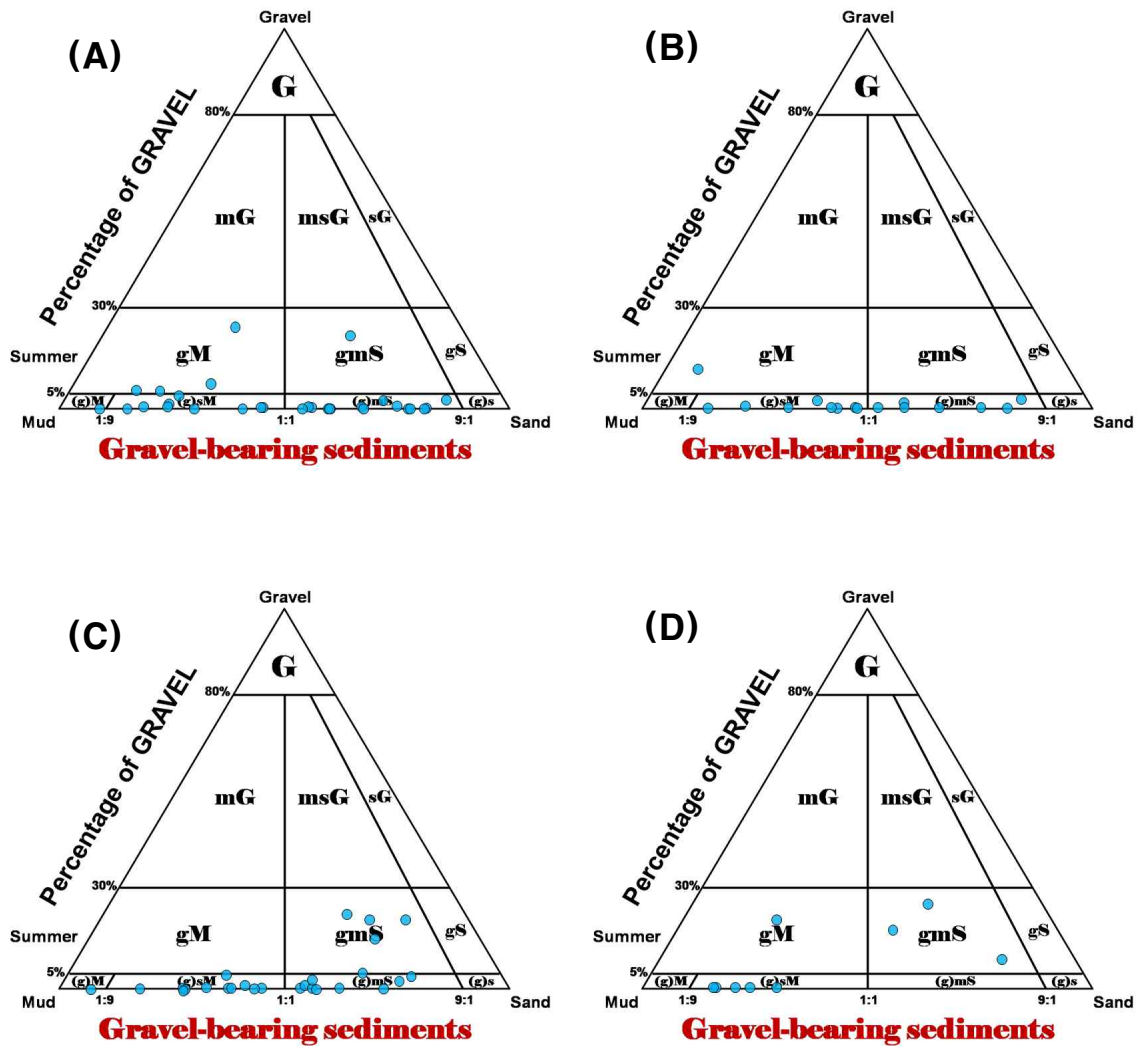


그림 11. 쇄 개체수 10~20백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 쇄 서식밀도와의 삼각관계 삼각다이아그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

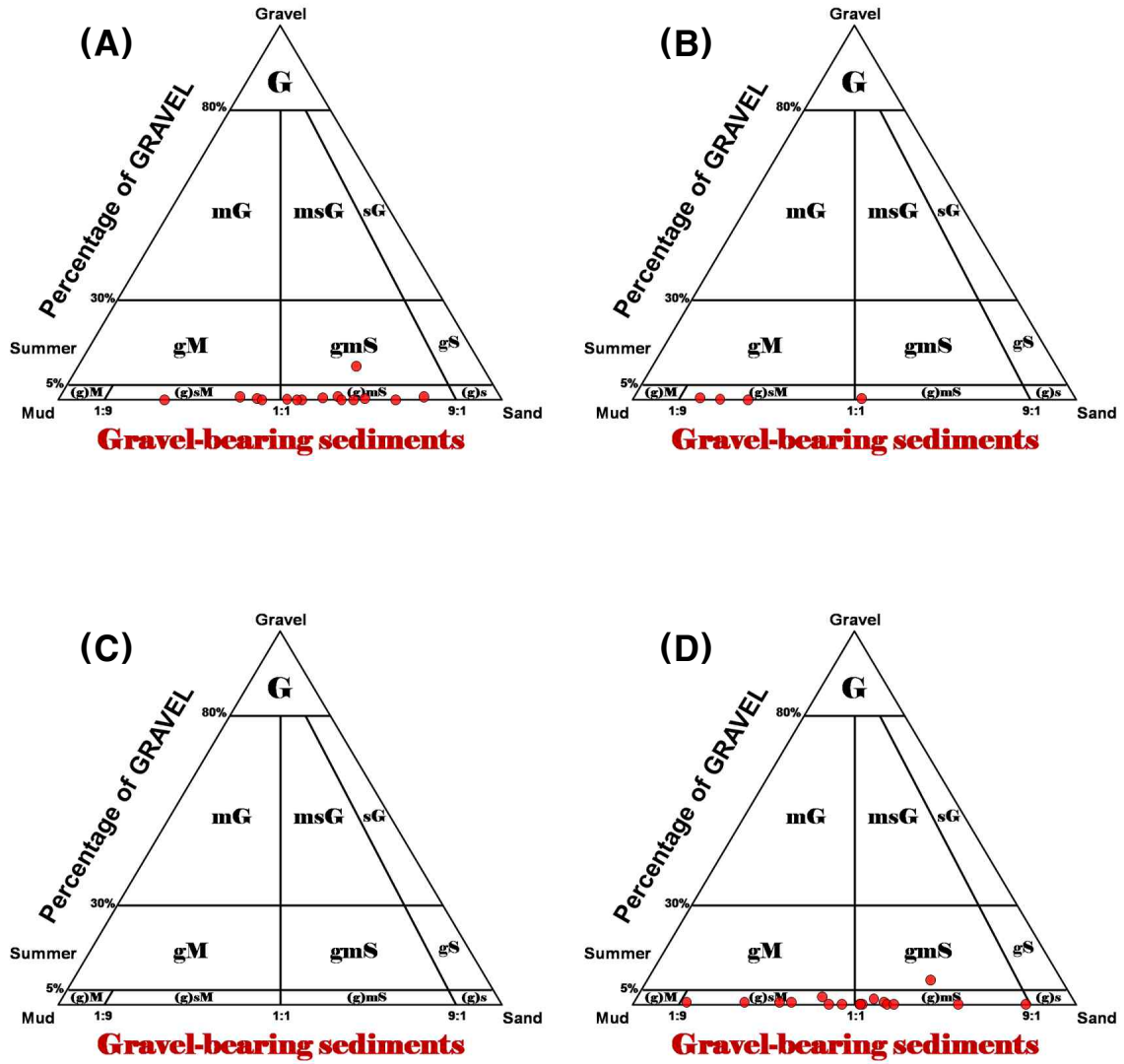


그림 12. 썩 개체수 20~30백만마리인 정점의 표층퇴적물 입도와 썩 서식밀도와와의 삼각관계 삼각다이어그램(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

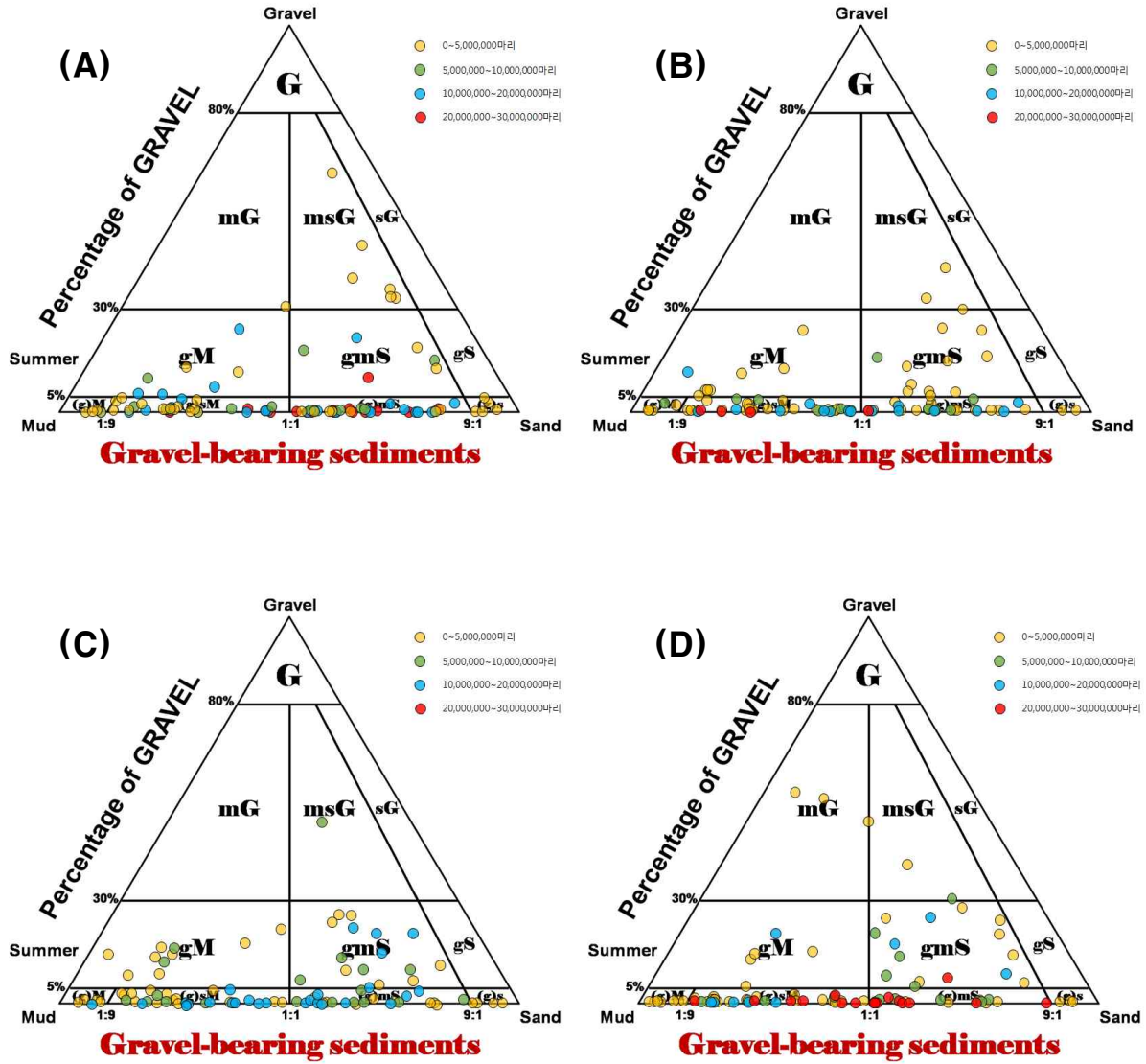


그림 13. 정점별 표층퇴적물 입도와 속 서식밀도와의 상관관계 삼각다이어그램 (A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

표 4. 정점별 표층퇴적물 조성 비율 차이

조사점	자갈 (Gravel)				모래 (Sand)				펄 (Mud)				퇴적상 (Sediment type)			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
1	0.2	0.1	0.0	2.9	59.7	42.8	44.5	41.1	40.1	57.1	55.5	56.0	(g)mS	(g)sM	sM	(g)sM
2	0.9	2.3	19.1	17.0	53.5	57.4	52.2	46.4	45.6	40.3	28.7	36.6	(g)mS	(g)mS	gmS	gmS
3	0.0	0.0	0.0	0.3	30.1	41.1	53.7	53.3	69.9	58.9	46.3	46.4	sM	sM	mS	(g)mS
4	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	47.5	37.1	43.4	59.1	52.5	62.9	56.5	sM	sM	sM	sM
5	0.0	0.0	0.0	1.0	59.3	47.2	38.8	61.5	40.7	52.8	61.2	37.5	mS	sM	sM	(g)mS
6	0.3	2.6	0.1	0.6	46.2	38.0	32.4	40.8	53.5	59.4	67.5	58.6	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
7	6.0	1.9	4.5	19.0	31.6	39.7	34.8	34.7	62.4	58.4	60.7	46.2	gM	(g)sM	(g)sM	gmS
8	1.5	1.1	2.4	0.0	16.0	14.5	21.4	8.8	82.5	84.4	76.2	91.2	(g)sM	(g)sM	(g)sM	M
9	0.0	0.1	11.5	0.0	5.8	6.4	6.2	7.3	94.2	93.5	82.3	92.7	M	M	gM	M
10	0.0	1.2	9.8	1.1	23.1	34.9	21.4	21.2	76.9	63.9	68.8	77.6	sM	(g)sM	gM	(g)sM
11	0.5	1.0	0.1	0.9	46.2	21.8	33.1	29.7	53.4	77.2	66.8	69.4	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
12	0.0	0.5	1.8	0.0	47.1	51.5	41.1	51.2	52.9	48.0	57.1	48.8	sM	(g)mS	(g)sM	mS
13	0.0	3.1	1.3	1.2	45.2	58.0	54.4	55.0	54.8	38.9	44.3	43.8	sM	(g)mS	(g)mS	(g)mS
14	0.9	1.4	6.0	2.1	66.6	46.7	49.2	4.0	32.5	51.9	44.8	58.3	(g)mS	(g)sM	gmS	(g)sM
15	0.7	0.6	0.5	1.6	59.5	51.2	56.1	54.6	39.8	48.2	43.4	43.9	(g)mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
16	0.0	0.0	5.0	7.0	57.4	51.8	63.7	53.1	42.6	48.2	31.3	39.8	mS	mS	gmS	gmS
17	0.0	0.6	49.7	13.5	66.8	26.3	29.4	47.3	33.2	73.1	20.9	39.2	mS	(g)sM	msG	gmS
18	2.2	1.0	1.2	1.4	26.4	29.1	24.6	38.4	71.4	69.9	74.2	60.2	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
19	1.3	0.6	0.6	0.0	46.2	44.2	46.2	50.7	52.5	55.2	53.2	49.2	(g)sM	(g)sM	(g)sM	mS
20	0.4	0.2	0.3	0.5	19.2	14.1	23.4	22.6	80.4	85.7	76.3	76.9	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
21	2.0	8.6	1.1	0.7	23.6	21.9	19.6	15.5	74.4	69.5	79.3	83.9	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
22	5.5	0.4	2.1	0.9	21.5	12.0	14.7	16.0	73.0	87.6	83.2	83.1	gM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
23	4.0	2.1	6.5	3.0	10.0	9.3	10.4	6.0	86.0	88.6	83.1	90.9	(g)sM	(g)M	gM	(g)M
24	0.9	10.9	17.3	15.0	22.1	28.6	17.3	31.9	77.0	60.5	65.4	53.1	(g)sM	gM	gM	gM
25	31.0	23.9	18.8	49.8	34.0	28.5	33.2	24.9	35.0	47.6	48.0	25.3	msG	gM	gM	mG
26	25.6	6.0	15.9	6.2	28.9	15.7	20.5	20.0	45.5	78.3	63.6	73.9	gM	gM	gM	gM
27	7.9	6.1	4.8	0.4	17.5	17.3	18.8	16.8	74.6	76.6	76.4	82.8	gM	gM	gM	(g)sM
28	1.1	2.0	1.8	2.4	28.7	24.5	25.3	25.8	70.2	73.5	72.9	71.9	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
29	3.0	7.1	5.5	1.0	93.7	55.8	65.4	71.8	3.3	37.1	29.1	27.2	(g)S	gmS	gmS	(g)mS
30	34.8	24.4	26.3	23.3	46.7	52.1	44.8	48.1	18.5	23.5	28.9	28.7	msG	gmS	gmS	gmS
31	2.9	5.7	8.7	8.0	84.1	60.7	70.1	73.4	13.0	33.6	21.2	18.6	(g)mS	gmS	gmS	gmS
32	0.2	1.3	4.7	1.5	80.9	64.8	74.6	55.8	18.9	33.9	20.7	42.6	(g)mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
33	0.4	0.0	0.7	0.5	54.1	66.2	62.3	36.1	45.5	33.8	37.0	63.3	(g)mS	mS	(g)mS	(g)sM

(계속)

조사 정점	자갈 (Gravel)				모래 (Sand)				펄 (Mud)				퇴적상 (Sediment type)			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
34	3.0	3.8	2.5	0.9	71.2	81.0	73.6	66.9	25.8	15.2	23.9	32.3	(g)mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
35	1.0	1.3	8.2	0.3	61.6	67.1	61.0	72.4	37.4	31.6	30.8	27.3	(g)mS	(g)mS	gmS	(g)mS
36	0.0	0.0	1.1	1.1	77.7	80.7	88.2	74.7	22.3	19.3	10.7	24.2	(g)mS	mS	(g)mS	(g)mS
37	13.6	1.1	6.8	0.8	73.3	64.2	72.4	51.4	13.1	34.7	20.8	47.7	gmS	(g)mS	gmS	(g)mS
38	0.1	0.1	1.9	0.0	58.9	27.8	55.3	15.0	41.0	72.1	42.8	85.0	(g)mS	(g)mS	(g)mS	sM
39	2.5	3.8	4.5	3.4	17.8	30.7	32.7	32.3	79.7	65.5	62.8	64.2	(g)mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
40	12.9	23.5	22.2	2.2	34.1	60.6	37.2	16.5	53.0	15.9	40.6	80.3	gM	gmS	gM	(g)mS
41	61.1	17.0	23.8	28.9	24.0	49.4	45.9	50.3	14.9	33.6	30.3	20.8	msG	gmS	gmS	gmS
42	38.3	32.3	25.8	22.2	40.6	43.8	47.8	40.8	21.1	23.9	26.4	37.0	msG	msG	gmS	gmS
43	0.5	0.0	0.0	0.0	81.4	79.4	80.5	78.3	18.1	20.6	19.5	21.7	(g)mS	mS	mS	mS
44	0.0	0.7	0.0	0.1	81.0	96.1	90.3	93.9	19.0	3.2	9.7	6.0	mS	(g)S	S	(g)S
45	0.6	1.5	19.1	5.4	67.5	58.6	56.3	56.8	31.9	39.9	24.6	37.8	(g)mS	(g)mS	gmS	gmS
46	23.6	18.5	13.6	18.6	49.7	56.9	61.1	64.5	26.7	24.6	25.3	16.9	gmS	gmS	gmS	gmS
47	38.6	29.8	1.6	36.8	48.1	52.8	66.9	37.0	13.3	17.4	31.5	26.2	msG	gmS	(g)mS	msG
48	16.4	41.6	23.5	21.9	65.8	47.2	60.3	65.7	17.8	11.2	16.2	12.3	gmS	msG	gmS	gmS
49	16.4	6.1	12.7	32.7	52.4	56.8	53.6	47.0	31.2	37.1	33.7	20.2	gmS	gmS	gmS	msG
50	0.0	0.0	10.2	12.0	59.1	74.5	77.0	74.2	40.9	25.5	12.8	13.8	mS	mS	gmS	gmS
51	0.0	2.4	0.0	0.1	55.0	63.9	73.0	41.9	45.0	33.7	27.0	58.0	mS	(g)mS	mS	(g)mS
52	49.0	0.4	0.1	0.4	39.7	39.9	37.2	43.6	11.3	59.7	62.7	56.0	msG	(g)mS	(g)mS	(g)mS
55	1.7	17.9	0.7	18.5	40.6	45.8	28.2	41.4	57.7	36.3	71.1	40.2	(g)mS	gmS	(g)mS	gmS
56	12.6	5.3	0.0	6.3	75.1	66.9	64.0	78.2	12.3	27.8	36.0	15.6	gmS	gmS	mS	gmS
57	0.0	0.6	0.0	0.0	62.0	68.9	81.0	58.1	38.0	30.5	19.0	41.9	mS	(g)mS	mS	mS
58	0.8	0.0	0.3	0.0	11.0	12.2	25.5	27.7	88.2	87.8	74.2	72.2	(g)mS	(g)mS	(g)mS	sM
59	0.0	2.3	2.6	0.0	9.4	6.4	12.9	5.5	90.6	91.3	84.5	94.5	M	(g)M	(g)mS	M
60	1.0	0.2	0.4	56.3	24.1	14.0	8.3	13.6	74.9	85.8	91.3	30.1	(g)mS	(g)mS	(g)M	mG
61	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	24.8	21.8	19.9	71.1	75.2	78.2	80.1	sM	sM	mS	sM
62	0.0	0.0	0.0	0.0	91.1	85.9	80.6	94.4	8.9	14.1	19.4	5.6	S	mS	mS	S
63	0.7	0.1	0.2	0.3	94.0	70.1	93.9	90.5	5.3	29.8	5.9	9.2	(g)S	(g)mS	(g)S	(g)S
64	0.2	4.0	0.0	0.4	81.7	70.8	66.0	72.6	18.1	25.2	34.0	27.0	(g)mS	(g)mS	mS	(g)mS
65	4.9	0.1	0.5	1.2	25.9	26.5	28.5	31.6	69.2	73.4	71.0	67.2	(g)mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
66	0.0	0.0	0.2	1.1	15.0	9.7	18.5	11.0	85.0	90.3	81.3	87.9	sM	M	(g)mS	(g)mS
67	0.0	0.0	1.2	0.3	9.5	4.3	5.6	4.3	90.5	95.7	93.2	95.4	M	M	(g)M	(g)M
68	0.7	0.0	0.9	0.0	8.1	3.5	8.9	2.5	91.2	96.5	90.2	97.5	(g)M	M	(g)M	M

(계속)

조사 정점	자갈 (Gravel)				모래 (Sand)				펄 (Mud)				퇴적상 (Sediment type)			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
69	0.2	0.1	0.5	0.0	7.4	3.5	5.0	3.6	92.4	96.4	94.5	96.4	(g)M	(g)M	(g)M	M
70	4.9	3.5	3.6	1.5	11.6	15.3	11.9	10.4	83.5	81.2	84.5	88.2	(g)sM	(g)sM	(g)sM	(g)sM
71	0.2	2.8	0.0	0.0	23.9	24.4	27.2	16.8	75.9	72.8	72.8	83.1	(g)sM	(g)sM	sM	sM
72	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	19.1	37.3	17.4	69.6	80.9	62.7	82.6	sM	sM	sM	sM
73	0.0	0.0	0.0	0.2	23.6	19.6	28.0	17.2	76.4	80.4	72.0	82.5	sM	sM	sM	(g)sM
74	0.0	0.0	3.4	0.0	68.4	32.3	54.0	12.2	31.6	67.7	42.6	87.8	mS	sM	(g)mS	sM
75	0.0	0.1	3.7	0.7	81.1	69.0	63.0	73.7	18.9	30.9	33.3	25.6	mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
76	0.0	0.0	0.0	0.0	58.0	70.6	83.1	65.3	42.0	29.4	16.9	30.7	mS	mS	(g)mS	mS
77	0.0	0.0	0.0	0.0	52.2	67.1	90.9	74.6	47.8	32.9	9.1	25.4	mS	mS	S	mS
78	0.0	0.0	0.0	0.0	92.2	78.2	95.7	88.6	7.8	21.8	4.3	11.4	S	mS	S	mS
79	0.0	3.9	0.0	0.0	52.6	27.6	43.8	50.9	47.4	68.5	56.2	49.1	mS	(g)sM	(g)sM	mS
80	0.0	0.0	0.0	0.0	59.8	48.0	57.7	42.2	40.2	52.0	42.3	57.8	mS	sM	mS	sM
81	0.0	0.0	0.0	0.0	52.7	43.0	59.4	44.1	47.3	57.0	40.6	55.9	mS	sM	mS	sM
82	0.3	0.7	0.2	0.1	69.0	65.8	71.0	57.4	30.7	33.5	28.8	42.5	(g)mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
83	0.0	0.0	0.0	0.0	61.2	52.4	58.4	51.1	38.8	47.6	41.6	48.9	mS	mS	mS	mS
84	0.4	0.8	0.3	0.0	37.4	43.8	48.2	49.0	62.2	55.4	51.5	51.0	(g)sM	(g)sM	(g)sM	sM
85	0.0	0.0	0.0	0.0	54.4	44.0	57.1	32.9	45.6	56.0	42.9	67.1	mS	sM	mS	sM
86	0.0	1.0	3.6	5.1	15.4	26.3	15.2	21.3	84.6	72.7	81.2	73.6	sM	(g)sM	(g)sM	gM
87	3.9	0.4	12.6	13.3	29.2	11.9	17.9	19.2	66.9	87.7	69.5	67.5	(g)sM	(g)sM	gM	gM
88	12.7	5.0	8.7	15.7	24.8	13.8	20.0	19.4	62.5	81.2	71.3	64.8	gM	gM	gM	gM
89	11.9	5.5	8.6	5.9	60.0	62.1	57.6	57.2	28.1	32.4	33.8	36.9	gmS	gmS	gmS	gmS
90	0.0	0.1	0.2	7.8	77.6	75.3	7.0	62.3	22.4	24.6	92.8	29.9	mS	(g)mS	(g)mS	(g)mS
91	0.0	0.0	0.0	0.3	76.2	61.5	74.0	73.8	23.8	38.5	26.0	25.9	mS	mS	mS	(g)mS
92	0.0	0.0	0.0	0.0	63.2	58.9	64.1	58.9	36.8	41.1	35.9	41.1	mS	mS	mS	mS
95	0.6	0.1	0.0	0.0	74.5	64.4	51.9	23.1	24.9	35.5	48.1	76.9	(g)mS	(g)mS	mS	mS
96	0.7	0.0	3.3	52.5	22.4	41.9	22.8	18.0	76.9	58.1	73.9	29.5	(g)mS	sM	(g)sM	mG
97	6.3	6.1	17.2	0.2	16.1	15.1	20.2	15.3	77.6	78.8	62.6	84.6	gM	gM	gM	(g)sM
최소값	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	3.5	5.0	2.5	3.3	3.2	4.3	5.6				
최대값	61.1	41.6	49.7	56.3	94.0	96.1	95.7	94.4	94.2	96.5	94.5	97.5				
평균값	5.4	4.0	5.1	6.0	47.0	43.3	45.1	41.5	47.6	52.7	49.7	52.1				

표 5. 정점별 표층퇴적물 조직변수의 차이

조사 정점	평균입도(Mean)				분급도(Sorting)				왜도(Skewness)				첨도(Kurtosis)			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
1	4.20	5.30	5.37	5.63	1.23	2.21	2.71	2.80	0.59	0.38	0.30	0.30	1.32	0.70	0.83	0.67
2	4.57	3.87	2.57	2.90	2.10	1.93	3.56	3.67	0.51	0.15	-0.14	-0.17	1.41	1.66	1.32	1.23
3	5.30	4.63	4.87	5.23	1.90	1.46	1.70	2.70	0.28	0.40	0.68	0.63	1.08	1.07	0.63	0.55
4	5.50	4.83	5.67	5.30	1.83	1.72	2.07	1.86	0.07	0.62	0.33	0.24	0.53	1.01	0.52	0.55
5	4.30	4.67	5.67	4.93	1.44	1.79	2.19	2.83	0.65	0.62	0.37	0.71	1.48	1.31	0.53	0.54
6	5.27	4.83	5.93	5.73	2.32	1.87	2.22	2.18	0.68	0.41	0.19	0.18	1.09	1.19	0.53	0.52
7	5.00	5.17	7.40	3.37	2.61	2.37	3.45	4.10	0.02	0.27	-0.74	-0.11	1.82	1.24	0.74	1.00
8	5.37	5.53	5.37	9.37	1.64	1.76	1.56	1.23	0.16	0.18	-0.07	-0.45	1.42	2.22	0.77	5.41
9	5.87	6.73	6.10	8.33	1.25	1.47	2.84	1.07	0.24	-0.24	-0.33	-0.49	1.51	0.91	1.53	3.69
10	5.23	4.67	5.47	6.83	1.65	1.49	2.53	2.13	0.17	0.30	-0.36	-0.72	1.25	1.11	1.27	0.55
11	4.47	5.50	5.27	6.30	1.49	1.56	1.88	2.07	0.50	-0.08	0.32	-0.41	1.16	0.71	0.85	0.55
12	4.70	4.30	5.00	4.83	1.80	1.29	1.88	1.61	0.61	0.50	0.69	0.64	1.17	1.28	0.87	0.74
13	4.50	4.00	4.33	4.73	1.44	1.46	1.38	1.62	0.54	1.13	0.60	0.64	1.12	1.56	1.28	0.86
14	4.33	4.60	4.27	6.97	1.53	2.02	2.43	2.78	0.47	0.33	0.23	-0.62	1.82	1.54	2.39	0.61
15	5.37	5.10	5.73	5.03	2.77	2.27	3.12	2.60	0.68	0.60	0.71	0.59	0.55	0.61	0.56	0.65
16	4.63	4.33	5.07	4.57	1.59	1.34	3.30	2.68	0.59	0.57	0.43	0.22	0.64	1.13	0.86	1.66
17	4.30	5.80	0.57	3.40	1.37	2.07	2.90	2.85	0.64	0.18	0.67	-0.11	1.50	0.56	0.59	1.82
18	5.33	4.73	5.03	5.13	2.22	1.78	1.87	2.84	-0.04	-0.06	-0.05	-0.16	0.89	1.39	1.48	0.78
19	4.50	4.43	4.30	4.40	1.34	1.24	1.11	1.32	0.45	0.38	0.34	0.50	1.01	1.00	1.01	1.13
20	5.67	6.20	5.47	5.40	1.65	1.70	1.75	1.56	0.03	-0.11	0.23	0.08	0.65	0.87	1.09	0.74
21	5.57	5.07	5.57	5.50	1.92	2.61	1.74	1.44	0.24	-0.17	0.08	0.07	0.77	1.84	1.01	0.95
22	7.33	5.53	5.70	5.47	3.29	1.66	1.59	1.38	-0.86	0.20	-0.03	-0.05	0.81	1.90	1.06	0.84
23	5.73	5.47	5.03	5.60	2.02	1.26	1.84	1.17	-0.24	-0.17	-0.39	-0.06	1.77	2.50	2.74	1.20
24	7.37	4.30	3.97	3.63	2.82	3.53	3.85	3.52	-0.83	-0.34	-0.50	-0.33	0.67	0.97	0.72	0.62
25	2.00	2.90	3.33	1.13	3.79	4.02	4.02	3.54	0.44	0.01	0.03	0.78	0.63	0.54	0.58	0.65
26	2.77	4.87	3.97	4.70	3.74	2.22	3.70	2.60	0.00	-0.27	-0.46	-0.42	0.53	2.73	0.77	1.74
27	5.10	5.03	5.60	5.17	2.59	2.29	2.42	1.43	-0.18	-0.29	-0.26	0.20	2.44	2.48	1.22	1.41
28	4.97	4.93	4.87	4.80	1.52	1.81	1.86	1.74	0.03	-0.11	-0.05	-0.03	1.06	1.71	1.82	1.53
29	1.47	3.40	2.80	2.97	0.70	2.88	2.26	1.98	-0.05	0.27	0.19	0.50	1.64	0.98	1.24	0.88
30	1.73	1.93	2.13	2.13	2.73	2.94	3.16	3.16	-0.45	-0.40	-0.35	-0.35	0.56	0.74	0.67	0.67
31	2.00	3.20	2.67	3.43	1.89	2.54	2.54	3.44	0.36	-0.13	-0.21	0.12	1.06	1.42	1.35	1.78
32	3.60	4.47	3.47	4.53	1.05	1.76	1.49	1.98	0.42	0.54	-0.03	0.44	2.99	1.25	3.19	1.03
33	4.90	3.97	4.40	5.30	2.25	0.98	2.07	1.95	0.51	0.52	0.52	0.17	0.71	1.43	1.80	0.66

(계속)

조사 점	평균입도(Mean)				분급도(Sorting)				왜도(Skewness)				첨도(Kurtosis)			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
34	3.25	2.63	3.03	4.00	2.08	1.85	1.98	1.92	-0.10	-0.46	-0.22	0.30	3.69	1.18	2.42	2.25
35	5.33	3.87	3.53	3.77	3.04	1.76	2.26	1.55	0.54	0.20	-0.06	0.27	0.61	2.21	2.99	2.58
36	3.70	2.40	2.67	4.37	0.90	1.62	1.31	2.51	0.43	0.41	-0.30	0.43	2.60	0.89	0.75	2.28
37	2.27	4.07	2.93	4.63	2.08	1.21	1.90	1.80	-0.66	0.58	-0.52	0.47	1.23	1.54	3.37	0.94
38	3.80	5.87	3.87	5.60	1.46	1.95	2.09	1.50	0.21	-0.41	0.35	-0.04	1.33	0.64	0.87	0.90
39	5.67	4.43	5.03	5.27	2.32	2.03	2.96	2.77	-0.04	-0.21	-0.28	-0.16	1.41	0.91	0.93	0.81
40	3.62	1.07	3.43	5.83	3.56	2.94	5.04	2.62	-0.22	0.13	0.38	-0.16	0.92	1.18	0.50	1.08
41	-0.17	2.43	3.03	1.40	2.69	3.75	4.81	3.33	1.00	0.34	0.50	0.36	1.08	0.82	0.52	0.91
42	1.07	1.40	2.80	2.50	3.33	3.43	4.70	3.64	0.60	0.45	0.56	0.23	0.91	0.77	0.51	0.60
43	3.63	3.67	3.63	3.67	0.50	0.55	0.50	0.54	0.17	0.30	0.28	0.34	1.48	1.37	1.23	1.11
44	3.63	2.00	2.97	2.90	0.53	0.97	1.09	0.95	0.31	0.51	-0.52	-0.57	1.64	2.12	1.74	0.95
45	4.60	5.47	2.13	3.97	1.95	2.94	2.90	2.36	0.56	0.67	-0.41	0.17	1.61	0.59	1.07	2.11
46	2.03	2.10	2.67	1.93	3.12	2.96	2.23	2.69	-0.34	-0.37	-0.51	-0.45	0.80	1.12	3.11	1.09
47	0.80	0.83	4.00	1.97	2.54	2.72	1.08	3.13	0.22	0.30	0.60	-0.26	0.52	0.65	2.20	0.64
48	-1.77	0.70	1.17	1.03	5.14	2.49	2.65	2.65	-0.24	0.21	-0.04	-0.02	1.15	0.72	0.76	1.28
49	2.40	3.53	3.43	1.87	2.83	2.34	2.51	2.79	-0.41	-0.12	-0.13	-0.43	1.17	2.46	3.09	0.62
50	3.97	3.73	2.70	2.77	0.75	0.55	1.81	1.78	0.39	0.45	-0.65	-0.62	1.02	1.37	1.40	3.86
51	4.13	4.00	3.83	4.90	0.99	1.54	0.75	1.71	0.45	0.28	0.59	0.48	1.16	2.50	1.64	1.02
52	0.23	5.47	5.37	4.90	2.46	2.14	2.05	1.77	0.68	0.49	0.49	0.50	0.54	0.59	0.95	0.92
55	7.17	3.60	5.90	2.83	2.92	4.13	2.11	3.65	-0.64	0.11	0.10	-0.12	0.59	0.60	0.53	0.81
56	1.77	3.30	4.57	2.33	2.33	2.44	1.89	2.05	-0.06	0.01	0.66	0.07	1.26	1.64	1.49	1.51
57	5.00	3.93	3.33	4.17	2.20	1.10	1.26	1.55	0.70	0.44	0.33	0.49	0.58	1.68	2.25	1.09
58	9.33	6.40	7.67	5.23	1.43	2.11	2.86	1.77	-0.56	0.18	-0.67	0.25	4.99	0.83	0.54	1.09
59	9.47	4.43	6.37	6.63	1.24	1.62	2.06	1.83	-0.45	2.79	-0.14	0.29	4.58	1.56	0.79	1.12
60	7.47	5.57	6.23	0.50	2.57	1.63	1.80	3.31	-0.77	0.17	0.30	1.00	0.51	1.40	0.70	0.60
61	6.67	6.67	6.33	5.67	2.18	2.18	2.41	1.76	-0.62	-0.62	0.20	0.14	0.51	0.51	0.57	0.79
62	3.07	3.23	3.43	2.83	0.67	0.91	1.04	0.56	0.03	0.22	0.26	0.18	0.94	1.43	2.00	1.11
63	2.90	3.90	2.60	3.03	0.99	1.45	1.07	1.03	-0.22	0.33	-0.18	-0.35	1.45	2.16	1.05	1.49
64	3.47	3.63	4.17	3.77	1.11	1.38	1.63	1.31	0.23	0.36	0.61	0.44	2.37	1.71	1.64	2.28
65	7.27	5.30	5.77	5.77	3.20	1.74	2.05	2.05	-0.77	0.14	0.15	0.15	0.78	1.05	0.60	0.60
66	6.33	5.70	6.23	5.70	1.68	1.38	2.01	1.59	-0.55	0.19	-0.12	0.19	1.37	1.81	0.70	1.18
67	8.83	6.07	7.03	6.67	1.37	1.40	1.61	1.45	-0.41	0.35	-0.40	-0.32	2.38	1.45	0.82	0.86
68	9.07	5.97	6.83	6.73	1.36	1.40	1.59	1.31	-0.64	0.36	-0.42	-0.27	3.33	1.55	1.01	0.75

(계속)

조사 정점	평균입도(Mean)				분급도(Sorting)				왜도(Skewness)				첨도(Kurtosis)			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
69	6.10	6.40	7.90	6.30	1.30	1.33	1.25	1.21	-0.01	0.31	-0.58	-0.07	0.80	1.31	1.74	0.76
70	7.53	5.40	8.23	6.17	3.17	2.23	3.36	1.88	-0.85	-0.25	-0.79	-0.03	3.47	2.33	3.56	1.04
71	5.37	4.97	5.43	5.73	1.58	1.48	1.72	1.75	0.19	0.12	0.18	0.18	0.68	1.14	0.67	0.80
72	5.33	5.20	5.27	5.33	1.70	1.50	1.87	1.57	0.23	0.16	0.46	0.18	0.57	1.43	0.79	1.28
73	6.97	5.20	5.27	5.43	2.24	1.55	1.71	1.45	-0.71	0.16	0.32	0.12	0.55	1.35	1.07	0.84
74	4.33	4.93	4.50	6.03	1.36	1.53	1.68	1.81	0.70	0.20	0.66	0.28	1.84	1.03	1.29	0.98
75	3.40	3.90	4.47	3.57	1.23	1.32	2.08	1.52	0.28	0.43	0.55	0.51	2.25	1.67	1.40	1.64
76	4.83	4.00	3.47	4.20	1.77	0.99	0.95	1.49	0.71	0.58	0.17	0.66	0.65	1.90	2.40	1.56
77	4.83	4.07	3.17	3.57	1.69	1.22	0.66	1.33	0.61	0.54	-0.04	0.37	0.64	1.71	1.00	1.58
78	3.33	3.60	2.83	3.37	0.52	0.97	0.59	0.68	-0.16	0.32	0.35	0.05	1.23	2.00	0.97	1.38
79	4.57	4.87	5.13	4.33	1.60	1.95	1.91	1.37	0.64	-0.29	0.57	0.53	1.25	1.58	0.98	1.23
80	4.77	4.43	4.83	4.57	1.70	1.39	1.80	1.48	0.73	0.57	0.74	0.44	1.04	0.96	0.95	1.61
81	5.47	4.47	4.23	4.40	2.48	1.34	1.51	1.20	0.78	0.44	0.67	0.38	0.52	1.12	1.81	1.17
82	5.17	4.03	3.97	4.70	2.25	1.03	1.07	1.74	0.83	0.62	0.61	0.74	1.84	1.56	2.58	1.05
83	4.03	4.33	4.17	4.37	0.99	1.28	1.11	1.49	0.52	0.51	0.50	0.56	1.38	1.08	1.49	1.46
84	4.60	4.70	4.60	4.47	1.37	1.70	1.57	1.47	0.37	0.56	0.63	0.60	1.23	1.19	1.11	1.11
85	4.20	5.33	4.27	4.77	1.27	1.78	1.33	1.45	0.55	0.22	0.58	0.26	1.67	0.52	1.58	1.14
86	5.17	5.17	5.87	5.50	1.35	1.68	1.88	2.70	0.13	0.06	0.03	-0.18	1.49	1.08	0.87	1.31
87	4.50	6.43	4.80	4.83	2.00	1.52	2.90	2.90	-0.17	-0.53	-0.24	-0.27	1.81	0.96	1.74	1.67
88	3.37	5.93	4.77	4.47	3.04	2.54	2.99	3.97	-0.47	-0.29	-0.47	-0.49	1.33	1.66	1.17	0.93
89	2.60	3.13	3.67	3.97	2.69	2.28	3.08	3.36	-0.32	-0.26	-0.03	0.17	1.11	2.28	1.97	2.02
90	3.73	3.77	3.90	3.43	0.69	0.73	1.10	2.40	0.49	0.53	0.68	-0.12	1.98	2.05	2.81	3.21
91	3.73	4.27	3.90	3.87	0.77	1.51	1.01	1.80	0.47	0.66	0.66	0.37	1.81	1.64	2.87	3.37
92	4.03	4.20	4.07	4.27	1.00	1.22	1.14	1.42	0.52	0.61	0.65	0.66	1.56	1.39	1.64	1.48
95	3.83	4.00	4.37	5.97	1.20	1.15	1.29	2.13	0.53	0.62	0.52	0.21	2.99	1.41	1.13	0.59
96	5.13	4.60	5.87	1.13	1.62	1.45	2.41	3.82	0.16	0.43	-0.15	0.88	1.34	1.05	0.80	0.64
97	5.33	6.03	6.20	5.80	2.62	3.14	4.86	1.98	-0.17	-0.12	-0.78	0.26	1.96	1.64	0.69	1.39
최소값	-1.77	0.70	0.57	0.50	0.50	0.55	0.50	0.54	-0.86	-0.62	-0.79	-0.72	0.51	0.51	0.50	0.52
최대값	9.47	6.73	8.23	9.37	5.14	4.13	5.04	4.10	1.00	2.79	0.74	1.00	4.99	2.73	3.56	5.41
평균값	4.51	4.40	4.52	4.48	1.92	1.85	2.13	2.09	0.14	0.24	0.11	0.14	1.38	1.35	1.33	1.25

3.2.3. 강열감량

정점별 표층 퇴적물 강열감량 차이는 표 6, 그림 14에 나타내었다. 강열감량은 퇴적물 시료에 강한 열을 가하기 전후의 무게를 측정하여 퇴적물 내에 포함된 유기물량을 알아내는 방법으로 부영양화로 인한 오염 여부를 판단하는 자료로 활용된다.

2015년 상반기에 강열감량은 1.79~7.91% (평균 3.61%), 2015년 하반기에는 2.01~5.69% (평균 3.43%), 2016년 상반기에는 1.95~5.25% (평균 3.38%), 2016년 하반기에는 0.18~9.28% (평균 4.28%)의 범위를 나타냈으며, 선재도 북쪽, 동쪽 연안해역에서 상대적으로 약간 높은 함량을 나타냈다.

3.2.4. 화학적산소요구량(COD)

정점별 표층 퇴적물 화학적산소요구량 차이는 표 6, 그림 15에 나타내었다. 화학적산소요구량(Chemical oxygen demand, COD)은 퇴적물 내에 포함된 유기물이 산화될 때 소비되는 산소량을 측정하는 방법으로 부영양화로 인한 오염 여부를 판단하는 자료로 활용된다.

2015년 상반기에는 0.67~11.25 mg/g (평균 3.51 mg/g), 2015년 하반기에는 1.21~8.07 mg/g (평균 3.75 mg/g), 2016년 상반기에는 0.51~10.99 mg/g (평균 3.65 mg/g), 2016년 하반기에는 0.63~9.72 mg/g (평균 3.64 mg/g)의 범위를 보였으며, 강열감량과 마찬가지로 선재도 북쪽, 동쪽 연안 해역에서 상대적으로 높은 함량을 나타냈다.

3.2.5. 산취발성황화물(AVS)

정점별 표층 퇴적물 산취발성황화물 차이는 표 6, 그림 16에 나타내었다. 산취발성황화물(Acid volatile sulfide, AVS)은 퇴적물 내 산소의 고갈 및 결핍으로 인한 발생하는 황화물량을 측정하는 것으로 부영양화로 인한 오염 여부를 판단하는 기준으로 활용된다.

2015년 상반기에는 0~0.038 mg/g (평균 0.004 mg/g), 2015년 하반기에는 0~0.091 mg/g (평균 0.006 mg/g), 2016년 상반기에는 0~0.256 mg/g (평균 0.011 mg/g), 2016년 하반기에는 0~0.349 mg/g (평균 0.018 mg/g)의 범위를 나타냈다.

3.2.6. 부영양화 평가점수

부영양화 평가점수는 상·하반기 모두 0 또는 3점으로 비오염 지역인 것으로 나타났다(표 6).

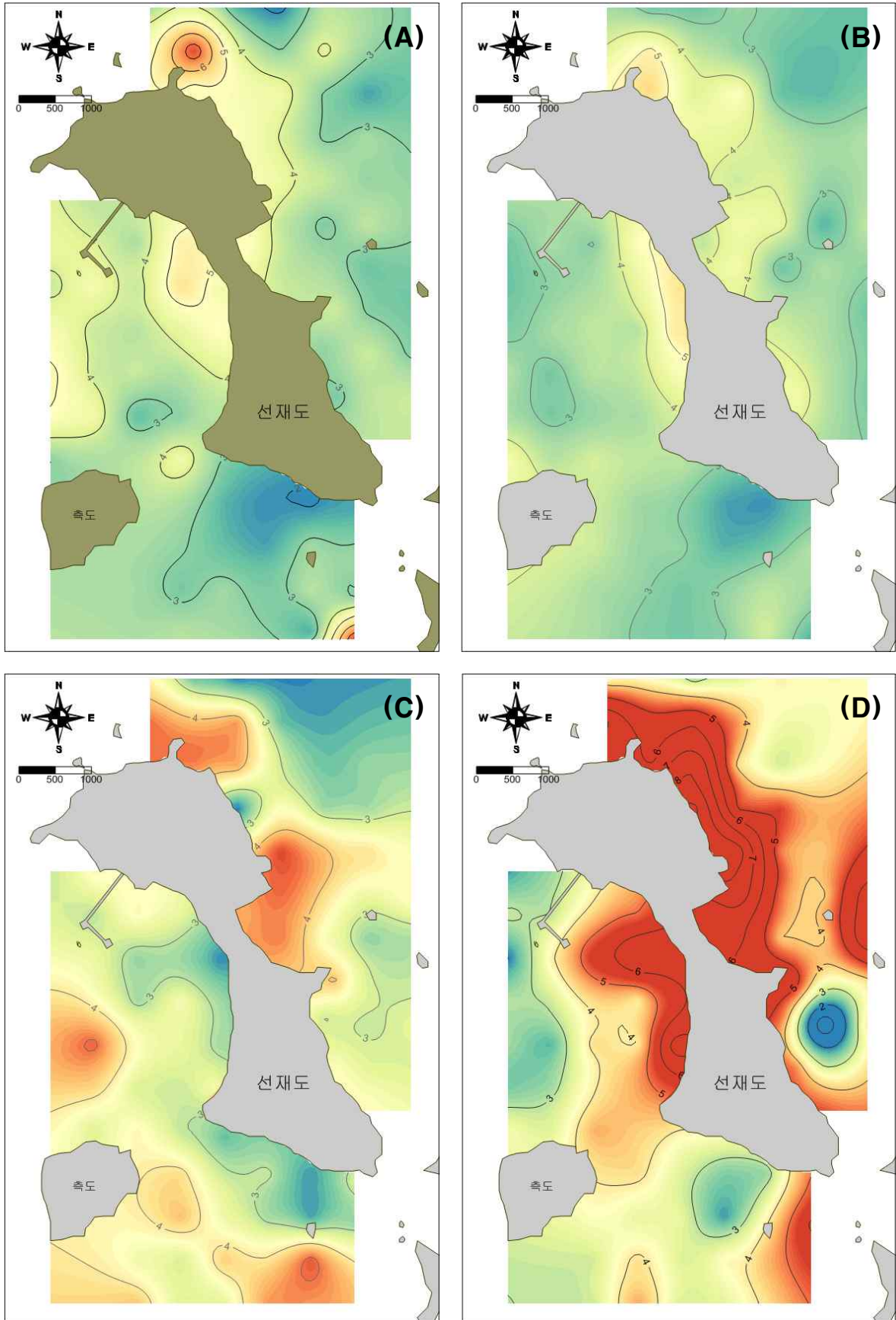


그림 14. 정점별 표층 퇴적물 강열감량의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

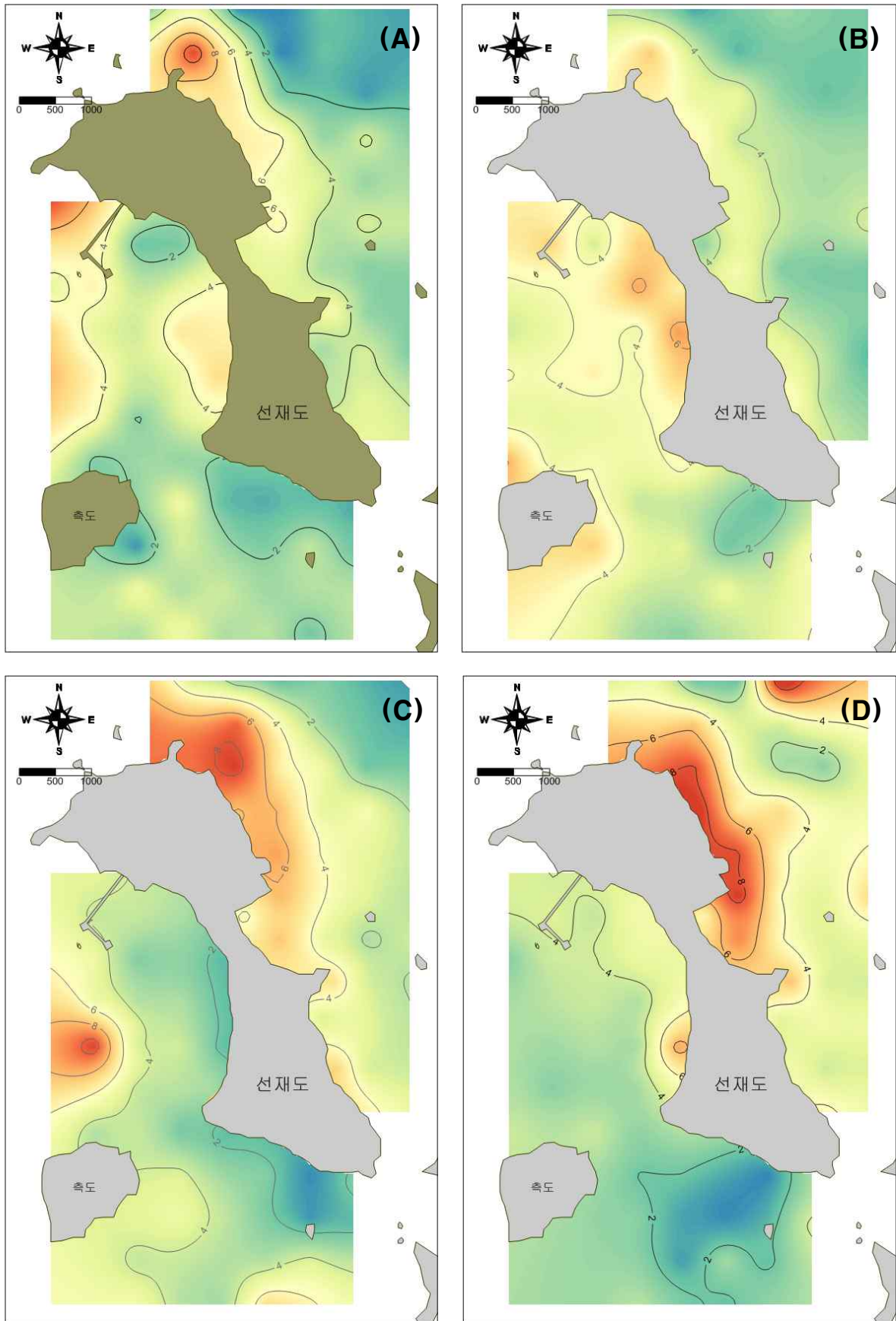


그림 15. 정점별 표층 퇴적물 화학적산소요구량(COD)의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

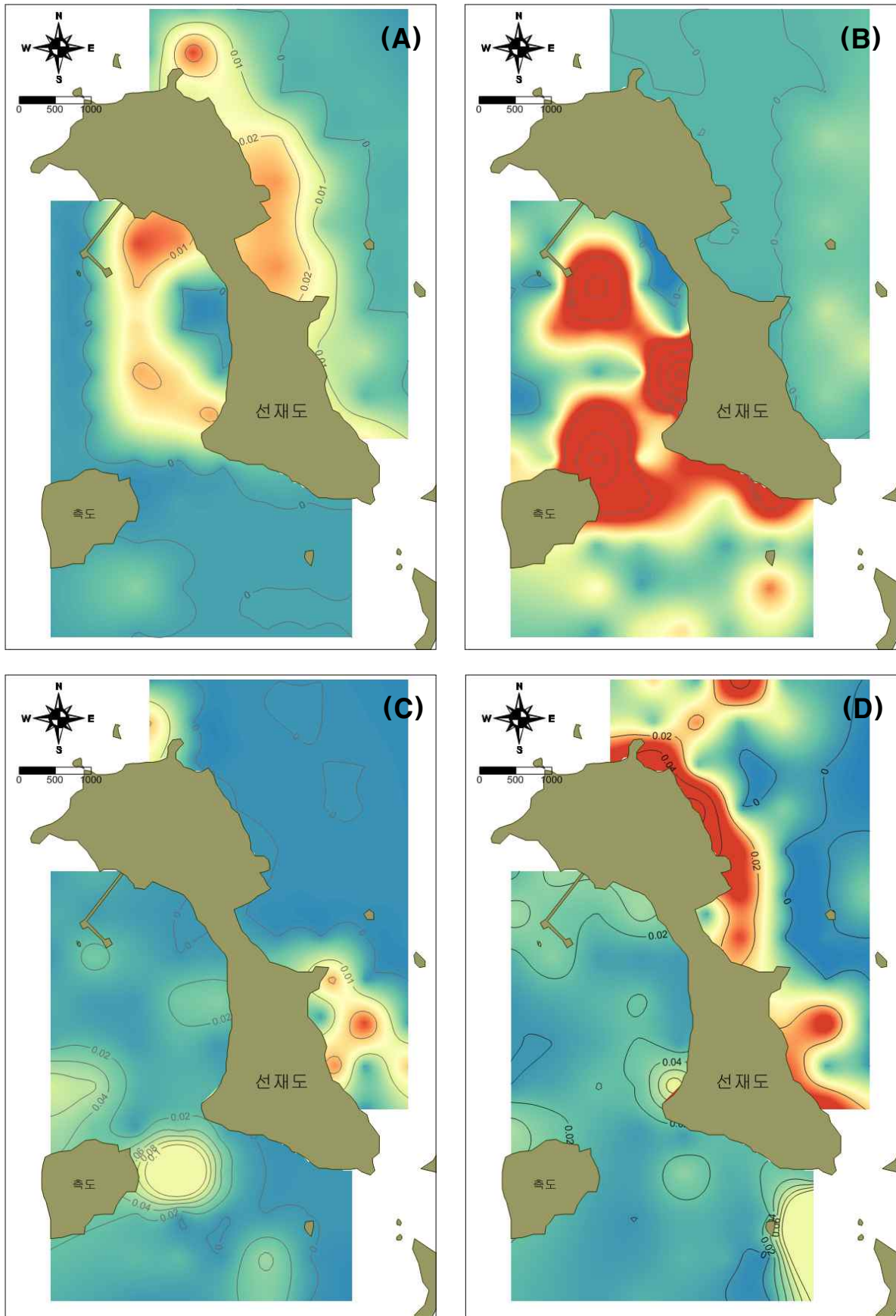


그림 16. 정점별 표층 퇴적물 산화발성황화물(AVS)의 차이(A : 2015년 상반기, B : 2015년 하반기, C : 2016년 상반기, D : 2016년 하반기)

표 6. 정점별 표층퇴적물 강열감량, 화학적산소요구량, 산취발성황화물, 부영양화 평가점수 차이

조사 정점	강열감량(%)				화학적산소요구량(mg/g)				산취발성황화물(mg/g)				부영양화 점수			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
1	2.99	4.72	3.08	3.61	3.76	6.08	4.64	3.92	0.000	0.010	0.052	0.054	0	0	0	0
2	4.95	3.35	3.85	2.54	5.32	3.42	4.53	3.28	0.000	0.000	0.079	0.000	0	0	0	0
3	5.18	3.49	2.99	2.85	5.88	4.12	3.73	3.23	0.000	0.000	0.010	0.001	3	0	0	0
4	4.75	2.81	3.47	2.96	5.45	2.96	4.99	3.07	0.000	0.000	0.011	0.000	0	0	0	0
5	3.71	2.63	3.83	1.95	3.33	3.68	5.03	2.40	0.000	0.000	0.000	0.012	0	0	0	0
6	4.33	2.66	5.16	3.15	5.09	4.85	10.99	3.97	0.000	0.006	0.010	0.052	0	0	3	0
7	4.08	3.35	4.26	2.21	7.72	4.77	6.40	4.33	0.000	0.000	0.003	0.012	0	0	0	0
8	3.60	3.35	3.25	2.78	5.77	4.51	3.24	3.96	0.000	0.002	0.015	0.048	0	0	0	0
9	4.06	3.41	4.41	3.02	4.63	5.49	5.27	4.39	0.000	0.000	0.001	0.027	0	0	0	0
10	4.70	3.04	3.53	3.91	4.69	4.00	3.64	3.91	0.000	0.000	0.030	0.038	0	0	0	0
11	3.78	3.32	3.92	3.13	3.40	3.53	4.52	3.49	0.000	0.013	0.001	0.009	0	0	0	0
12	3.79	2.73	3.85	2.35	4.59	4.08	3.77	2.90	0.000	0.001	0.014	0.000	0	0	0	0
13	4.53	2.77	3.21	2.80	4.20	3.41	3.71	2.43	0.000	0.002	0.065	0.007	0	0	0	0
14	3.39	3.51	3.74	3.28	1.82	3.65	4.18	3.36	0.000	0.004	0.025	0.026	0	0	0	0
15	3.34	3.37	2.83	3.16	2.47	3.44	3.39	2.79	0.000	0.000	0.001	0.004	0	0	0	0
16	3.30	3.35	2.74	3.16	3.75	3.63	2.33	2.76	0.002	0.008	0.017	0.002	0	0	0	0
17	3.36	3.86	3.84	3.74	0.78	5.53	3.74	2.66	0.000	0.001	0.017	0.004	0	0	0	0
18	3.61	3.97	3.40	4.58	2.21	4.00	3.23	3.88	0.000	0.072	0.001	0.012	0	0	0	0
19	2.51	3.16	2.79	3.95	1.91	3.50	2.63	2.83	0.007	0.029	0.012	0.021	0	0	0	0
20	3.78	3.61	3.61	4.22	2.95	4.71	3.25	3.41	0.011	0.000	0.001	0.009	0	0	0	0
21	3.52	3.72	3.42	4.23	2.94	4.25	4.02	3.87	0.009	0.014	0.001	0.014	0	0	0	0
22	3.75	3.34	3.11	5.73	2.78	4.55	3.41	3.98	0.010	0.055	0.011	0.003	0	0	0	3
23	3.36	2.95	3.04	4.29	1.52	2.98	2.11	3.65	0.015	0.010	0.001	0.019	0	0	0	0
24	5.31	4.86	4.18	5.03	1.67	5.53	4.34	5.19	0.012	0.000	0.000	0.050	3	0	0	3
25	5.68	4.26	4.45	6.88	3.47	6.33	4.92	4.81	0.000	0.001	0.000	0.000	3	0	0	3
26	4.29	3.49	3.20	3.98	4.94	3.70	3.78	3.23	0.000	0.015	0.029	0.025	0	0	0	0
27	3.48	3.67	3.30	3.99	3.59	3.79	3.37	3.08	0.009	0.003	0.015	0.021	0	0	0	0
28	3.01	3.27	3.35	4.67	3.25	3.83	3.01	2.96	0.009	0.010	0.013	0.022	0	0	0	0
29	4.58	3.67	4.32	4.31	2.03	3.73	3.24	2.55	0.000	0.006	0.030	0.001	0	0	0	0
30	3.41	3.21	3.47	4.17	3.80	2.78	3.64	1.95	0.000	0.025	0.256	0.005	0	0	0	0
31	3.08	3.19	3.08	3.40	3.08	3.51	2.83	2.48	0.000	0.002	0.000	0.000	0	0	0	0
32	2.74	3.11	2.43	4.15	2.43	2.99	1.73	2.55	0.000	0.000	0.018	0.002	0	0	0	0
33	3.52	2.92	3.57	4.66	3.79	2.33	3.05	3.47	0.000	0.006	0.000	0.013	0	0	0	0

(계속)

조사 정점	강열감량(%)				화학적산소요구량(mg/g)				산취발성황화물(mg/g)				부영양화 점수			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
34	3.31	2.76	2.84	3.22	2.43	1.97	1.83	2.24	0.000	0.009	0.010	0.007	0	0	0	0
35	3.26	2.75	2.86	3.27	2.94	2.82	1.88	1.04	0.000	0.001	0.000	0.014	0	0	0	0
36	2.56	3.14	2.11	3.41	2.20	3.36	1.66	1.15	0.000	0.005	0.000	0.012	0	0	0	0
37	2.40	3.02	3.11	3.31	1.35	2.80	2.40	1.98	0.000	0.013	0.033	0.043	0	0	0	0
38	2.80	3.52	2.84	3.76	1.57	4.22	2.24	3.02	0.000	0.016	0.011	0.000	0	0	0	0
39	3.55	3.88	4.05	5.36	3.91	4.29	3.23	4.87	0.012	0.012	0.013	0.100	0	0	0	3
40	4.07	4.66	4.74	7.58	5.27	5.51	7.19	8.57	0.000	0.091	0.000	0.003	0	0	0	3
41	5.00	5.46	4.75	5.60	4.67	6.44	6.20	5.18	0.000	0.000	0.036	0.002	3	3	0	3
42	4.56	5.51	5.25	6.47	4.21	4.75	4.35	4.78	0.000	0.000	0.004	0.001	0	3	3	3
43	2.01	2.20	2.21	2.61	1.15	2.11	0.95	1.28	0.000	0.005	0.000	0.012	0	0	0	0
44	2.19	2.36	2.18	2.16	1.75	1.58	0.73	0.72	0.000	0.000	0.000	0.007	0	0	0	0
45	2.81	3.10	3.25	3.80	2.21	3.61	2.37	3.01	0.000	0.003	0.049	0.011	0	0	0	0
46	3.03	2.95	2.78	3.35	2.70	2.67	1.66	1.77	0.000	0.001	0.035	0.000	0	0	0	0
47	2.30	3.97	3.13	4.15	1.59	3.21	2.17	2.61	0.000	0.005	0.000	0.000	0	0	0	0
48	3.59	3.62	3.42	4.53	2.52	3.05	2.09	1.74	0.000	0.013	0.000	0.000	0	0	0	0
49	3.32	2.63	2.76	3.86	2.79	2.23	1.97	1.48	0.000	0.001	0.000	0.021	0	0	0	0
50	1.90	2.01	3.39	2.77	1.38	1.41	1.23	0.63	0.000	0.026	0.000	0.027	0	0	0	0
51	2.26	2.79	2.77	5.06	1.10	2.75	1.82	3.08	0.000	0.007	0.000	0.025	0	0	0	3
52	3.15	3.49	4.00	6.12	1.63	4.06	4.59	4.35	0.000	0.000	0.000	0.349	0	0	0	3
55	4.76	4.10	4.58	7.05	6.64	5.63	7.07	5.41	0.000	0.000	0.021	0.010	0	0	0	3
56	3.29	3.23	3.57	3.49	2.74	3.69	5.45	2.75	0.000	0.000	0.000	0.004	0	0	0	0
57	4.07	2.72	2.42	3.43	5.13	2.84	2.55	3.35	0.000	0.000	0.000	0.019	0	0	0	0
58	7.73	5.19	4.10	5.34	11.25	8.07	6.59	5.08	0.038	0.000	0.000	0.003	3	3	0	3
59	4.73	4.32	1.95	9.28	6.83	6.42	5.89	9.14	0.019	0.000	0.000	0.075	0	0	0	3
60	4.61	3.98	4.26	7.97	6.69	4.97	8.55	8.09	0.014	0.000	0.000	0.002	0	0	0	3
61	4.15	3.62	4.35	5.88	5.58	4.10	7.67	5.69	0.009	0.000	0.000	0.024	0	0	0	3
62	2.37	2.60	2.03	2.79	0.84	1.21	1.42	0.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
63	1.79	3.14	2.06	3.14	0.70	2.34	0.51	0.67	0.000	0.000	0.000	0.053	0	0	0	0
64	2.99	3.07	2.40	4.38	0.67	1.61	3.83	2.76	0.000	0.000	0.000	0.001	0	0	0	0
65	4.45	4.86	3.02	3.83	2.21	5.04	4.52	3.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
66	3.94	4.07	3.49	4.92	6.32	3.92	5.94	4.63	0.021	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
67	4.33	3.74	4.91	8.57	5.39	5.11	6.53	8.14	0.029	0.000	0.000	0.033	0	0	0	3
68	3.63	4.43	4.63	7.74	6.47	5.17	6.03	8.68	0.027	0.000	0.000	0.033	0	0	0	3

(계속)

조사 정점	강열감량(%)				화학적산소요구량(mg/g)				산취발성황화물(mg/g)				부영양화 점수			
	2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년		2015년		2016년	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
69	3.65	4.49	4.50	6.22	4.89	5.75	5.72	6.99	0.030	0.000	0.000	0.029	0	0	0	3
70	4.96	3.58	4.24	5.99	4.60	2.64	3.73	4.33	0.024	0.000	0.000	0.000	0	0	0	3
71	3.31	2.61	3.40	4.00	3.17	2.42	3.10	4.05	0.016	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
72	2.82	4.29	3.87	4.61	3.50	3.92	4.09	3.94	0.004	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
73	3.74	3.93	4.09	4.46	4.41	3.68	3.81	4.21	0.011	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
74	2.89	3.61	2.66	4.94	2.79	3.70	2.93	5.30	0.000	0.000	0.000	0.004	0	0	0	0
75	2.93	2.54	2.43	3.01	1.90	2.72	3.29	1.71	0.000	0.000	0.000	0.001	0	0	0	0
76	4.20	2.63	2.22	3.32	1.92	2.33	1.51	2.59	0.000	0.000	0.000	0.012	0	0	0	0
77	3.55	2.91	2.15	3.66	1.96	3.03	1.12	9.72	0.000	0.000	0.000	0.002	0	0	0	0
78	2.16	2.44	2.69	3.50	1.03	1.93	0.75	1.19	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0
79	3.33	3.21	2.69	4.15	4.34	3.13	3.67	3.60	0.000	0.006	0.000	0.000	0	0	0	0
80	3.07	3.05	3.83	4.02	2.73	3.16	3.04	3.40	0.000	0.001	0.000	0.000	0	0	0	0
81	3.64	2.32	3.21	3.92	4.34	3.40	2.90	2.92	0.000	0.004	0.000	0.000	0	0	0	0
82	2.62	3.40	2.62	3.94	2.46	2.32	1.78	2.71	0.000	0.001	0.000	0.000	0	0	0	0
83	2.91	3.36	3.07	3.46	2.72	2.81	2.66	2.73	0.000	0.009	0.000	0.000	0	0	0	0
84	3.80	3.44	2.93	0.18	4.32	3.70	3.02	3.44	0.008	0.004	0.029	0.037	0	0	0	0
85	3.55	3.54	3.13	3.06	4.73	3.44	2.66	2.41	0.000	0.005	0.000	0.000	0	0	0	0
86	3.55	3.34	3.54	4.79	4.94	4.31	4.50	4.34	0.020	0.000	0.000	0.040	0	0	0	0
87	2.83	4.53	3.44	4.48	3.76	5.92	5.46	3.41	0.010	0.000	0.024	0.024	0	0	0	0
88	3.04	3.96	2.97	4.60	3.13	5.04	2.70	2.86	0.009	0.000	0.000	0.016	0	0	0	0
89	3.73	2.82	3.10	3.80	3.84	2.59	2.36	2.67	0.000	0.000	0.020	0.000	0	0	0	0
90	2.89	2.88	3.15	3.79	2.36	1.65	2.09	3.37	0.000	0.010	0.000	0.000	0	0	0	0
91	2.69	2.70	2.93	3.81	2.41	2.62	1.92	2.57	0.000	0.002	0.000	0.000	0	0	0	0
92	2.80	3.06	2.78	6.92	2.63	2.22	2.43	3.26	0.000	0.001	0.000	0.000	0	0	0	3
95	2.93	3.43	3.62	6.52	2.60	3.08	2.05	5.24	0.000	0.005	0.000	0.005	0	0	0	3
96	3.83	3.45	4.08	5.74	5.58	3.32	5.16	5.80	0.011	0.000	0.023	0.005	0	0	0	3
97	4.70	5.69	4.56	5.76	6.99	6.90	7.37	6.95	0.012	0.000	0.000	0.056	0	3	0	3
최소값	1.79	2.01	1.95	0.18	0.67	1.21	0.51	0.63	0.000	0.000	0.000	0.000				
최대값	7.73	5.69	5.25	9.28	11.25	8.07	10.99	9.72	0.038	0.091	0.256	0.349				
평균값	3.58	3.44	3.38	4.28	3.53	3.75	3.65	3.64	0.004	0.006	0.011	0.018				

4. 종합결론

본 조사는 2015년 상반기에는 3월 20일부터 4월 8일까지, 하반기에는 2015년 9월 10일부터 10월 27일까지, 2016년 상반기에는 4월 5일부터 5월 12일까지, 하반기에는 10월 17일부터 11월 2일까지 인천광역시 옹진군 영흥면 선재어촌계 해역에 대하여 바지락 양식어장 서식장 파괴로 인해 생산량 감소를 유발하는 썩의 분포 현황 및 퇴적 환경 조건과의 연계성을 파악하고 구제방법을 모색하기 위하여 실시되었다.

총 94개 조사정점에서 50×50 cm (0.25 m²) 방형구 조사를 통한 썩 서식 밀도를 분석하고 퇴적 환경 분석을 위해 입도, 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD), 산취발성황화물(AVS) 분석을 실시하였다.

94개 조사정점(864 ha)의 썩 서식 밀도를 살펴보면, 2015년 상반기에는 약 892,440,000마리, 하반기에는 약 450,240,000마리, 2016년 상반기에는 514,140,000마리, 2016년 하반기에는 815,340,000의 썩이 서식하는 것으로 나타났는데, 다소 감소했다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 특히 2016년 하반기에는 새로 가입한 썩 밀도가 높아 향후 썩의 급격한 개체수 증가가 예상된다. 지역적으로는 선재도 서, 동, 남쪽해역의 감소가 두드러졌는데, 이는 퇴적물 입도 변화(펄 함량 증가)와 옹진군에서 실시한 투석사업(큰돌갈기)의 영향인 것으로 추측되나, 영향 여부 확인은 장기적인 모니터링을 통해 계속 관찰해야 할 것으로 사료된다.

선재도 연안의 퇴적물 입도는 상반기에 비해서 하반기에 펄의 함량이 더욱 많아져 보다 세립화되었다. 또한, 썩 서식 밀도와 퇴적물 입도와의 상관관계를 살펴본 결과, 상반기에는 썩이 발견되지 않거나 밀도가 낮은 해역은 자갈, 모래, 펄 함량이 극도로 높았으며, 썩이 선호하는 입도는 자갈 함량은 3% 이하로 지극히 낮고, 모래 함량이 50~80%, 펄 함량이 20~50%의 입도 특성을 보였으며, 바지락 서식 적지조건과 유사한 경향을 보였다.

또한, 부영양화로 인한 퇴적물 오염여부를 판단하기 위해 강열감량(IL), 화학적 산소요구량(COD), 산취발성황화물(AVS)을 분석한 결과, 선재도 모든 해역은 오염되지 않은 청정해역인 것으로 나타났다.

썩 구제를 위해서 기존에 사용되던 방법은 경운, 살충제, 그물망 매설, 큰돌갈기, 양수기 어획 등이 있다. 첫 번째 방법인 경운은 혐기성으로 변한 갯벌을 호기성 환경을 전환시켜 주기 때문에 어장정화사업으로 널리 이용되는 방법이며, 썩이 만든 갯도를 무너뜨려 썩이 대기중으로 노출되게 할 수 있으나, 얇은 깊이 (약 40cm)의 썩만 대기 중에 노출시킬 수 있으며 펄이 많은 갯벌은 트



렉터나 포크레인 같은 중장비 진입이 어려워 작업 공간에 한계가 있으며, 경운 후 대기 중에 노출된 썩은 바로 포획하지 않으면 펄 속으로 다시 진입하기 때문에 썩 구제에 효과가 미비하다고 할 수 있겠다.

두 번째 방법인 살충제의 경우 미국 서부 연안 굴 양식 어장에 급증한 썩 (*Upogebia pugettensis*)와 썩붙이 (*Neotrypaea californiensis*)의 구제를 위하여 1963년부터 카아바릴 (carbaryl)이라고 하는 살충제를 간조시 직접 갯벌에 뿌려 매우 효과적인 결과를 얻었지만 (WDF, 1970; Buchanan et al., 1985; WDF and WDOE (Washington department of Ecology), 1985, 1992; Armstrong et al., 1989), 이 약품은 1 naphthyl n-menthyl carbamate로서, 신경접합부에 있는 acetylcholinesterase 효소의 활동을 저해시켜 과잉활동하게 하여 근육과 호흡 마비로 죽음에 이르게 하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 실제 카아바릴을 사용할 양식장에서는 썩의 구멍 수가 84~96%나 감소하였다는 보고가 있었다 (Feldman et al., 2000; Dumbauld et al., 2006). 하지만, 이 살충제의 사용은 이 지역 주요 산업종인 Dungeness carb (*Cancer magister*) 등을 비롯하여 단각류를 포함하는 다른 저서성 무척추동물들인 비표적 생물종들 (non-target species)을 동시에 죽인다는 이유로 많은 주목을 받았으며, 최근에 미 환경보호국 (US EPA)에서는 살충제 사용으로 인한 식품 위해에 관한 식품질보호법 (FQPA, Food Quality Protection Act)을 내놓으면서 패류양식장에 모든 화학 물질을 사용하는 것을 취소하도록 제안하여 양식 어업자들의 실제 사용은 쉽지 않은 상황이므로, 우리나라에서도 적용 가능한지의 여부는 명확하지 않은 실정이다.

세 번째 방법인 그물망 매설의 경우, 효과 조사를 실시한 결과 썩 제거 효과는 확실하지만 (그림 17), 설치할 수 있는 지역이 협소하며 많은 장비와 인력이 소요되고, 그물망 설치를 위한 중장비 진입이 어려워 설치 장소가 제한적이므로, 실제 구제 효과는 좋지 않을 것이라고 사료된다.

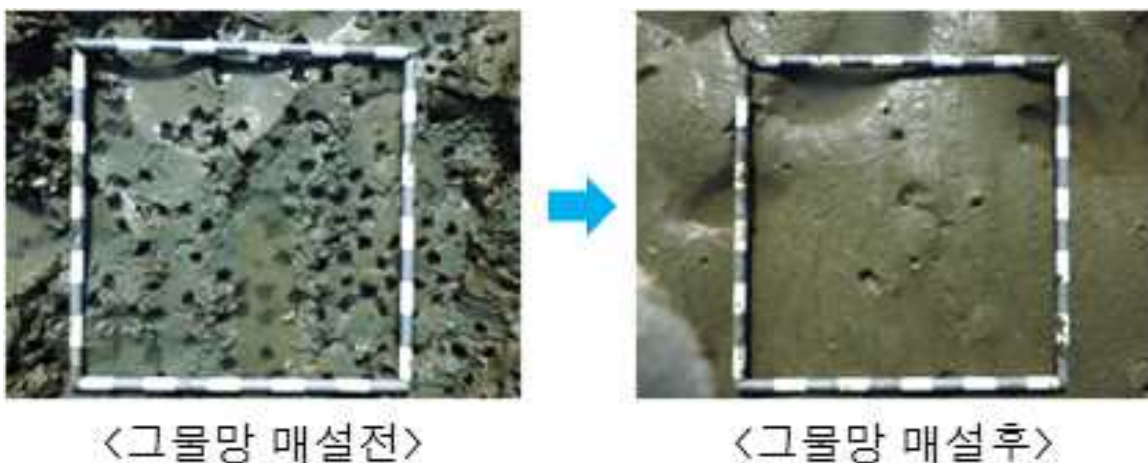


그림 17. 그물망 매설 전후 썩 구제 효과

실제 현장에 설치된 그물망들의 경우 망목이 넓어 (약 2cm) 썩들이 마음대로 이동이 가능하여 썩 구멍을 막지 못하는 것으로 예상된다. 또한, 그림 18과 같이 조류와 파도의 영향으로 침식과 퇴적을 반복되는 환경에서 갯벌이 침식되었을 경우 설치된 그물망에 의해 바지락의 잠입이 막혀 대기 중으로 노출되어 폐사될 가능성이 매우 높아 바지락 양식장을 재생시킬 수 있는 효과는 낮은 것으로 사료된다.

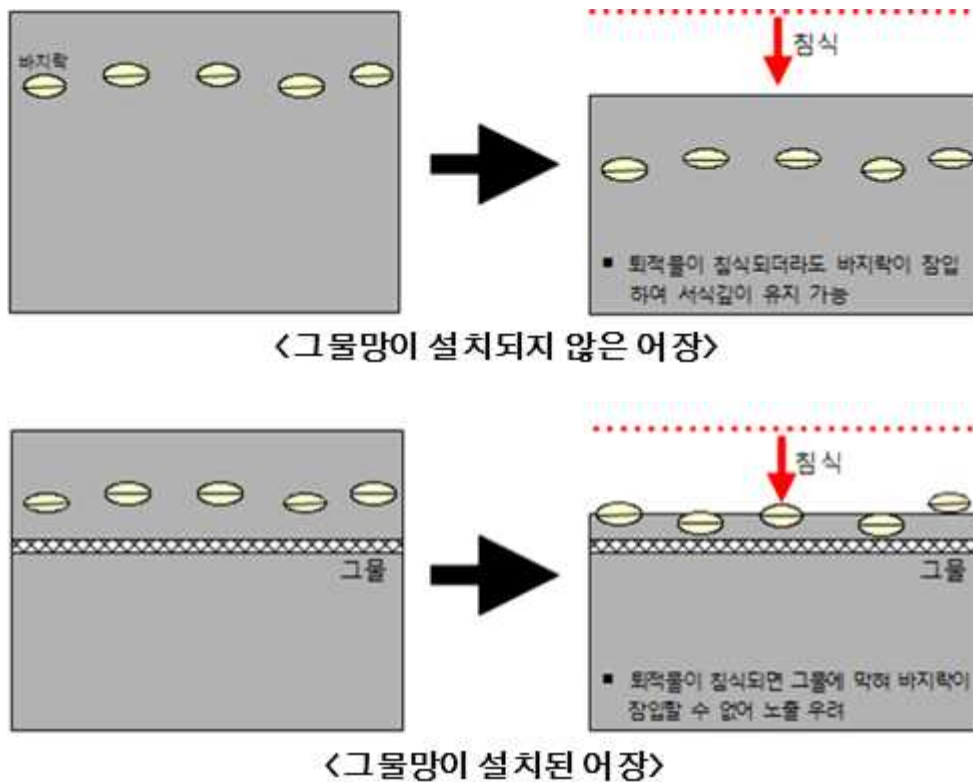


그림 18. 그물망 설치시 바지락 피해 예상도

네 번째 방법인 큰돌깔기의 경우, 그림 19과 같이 큰돌을 투석한 지역은 투석하지 않은 지역보다 썩 구멍수가 상대적으로 적은 것을 확인할 수 있었으나, 큰돌에 의해 바지락이 서식하는 공간도 축소되지만 낙지, 민꽃게 등 다른 유용생물은 증가하는 것으로 보이며, 이에 대한 효과는 장기적인 모니터링을 통해서 이루어져야 할 것으로 사료된다.



그림 19. 큰돌갈기 실시 지역과 미실시 지역의 썩 구멍 차이

마지막으로 양수기를 이용한 어획 방법의 경우(그림 20), 현재 서해 연안에 서식하는 개불을 어획하기 위해서 음성적으로 이용되고 있으며, 썩과 마찬가지로 약 1 m 까지 깊이 잠입하는 습성을 가진 개불은 맨손 포획이 어려우므로 갯도를 무너뜨려 물 위로 떠오르는 개불을 포획하므로 같은 방법으로 썩을 포획하기에 매우 적합한 방법이라고 사료된다. 하지만, 현재 남획 및 주변 갯벌환경 파괴를 우려하여 해양수산부에서 새로운 어구어법으로 인정하지 않고 있으며, 국립수산물과학원에서 양수기 어획시 주변환경에 미치는 영향 등에 대한 시험연구를 진행중이므로 향후 정식 어구어법으로 등록된다면 썩 포획에 매우 효과적인 방법일 것이라고 사료된다.



그림 20. 양수기를 이용한 개불잡이

마지막으로 썩은 바지락 서식처를 파괴한 유해생물로 인식되어 있지만, 갯벌에 갯도를 뚫어 산소를 공급하여 건강하게 해주는 순기능도 하고 있는 생물이다. 따라서, 바지락에 해를 입히는 유해생물이라는 관점에서 탈피하여 썩을 이용한 먹거리 콘텐츠 (간장썩장, 썩튀김, 썩찜, 국물용 다시팩 등) 개발, 관광 콘텐츠 (어촌체험마을 썩잡이), 미끼 등 새로운 소득원으로서의 개발이 필요하다고 생각된다.



그림 21. 썩을 이용한 여러 가지 음식들

5. 참고문헌

Armstrong D. A., B. R. Dumbauld, and D. Doty, 1989. Oyster culture and crab habitat: conflicts over use of the insecticide sevin in coastal estuaries. Northwest environ. J. 5: 185-187.

Buchanan D. V., D. L. Botton, and D. A. Armstrong, 1985. The controversial use of the insecticide sevin in pacific northwest estuaries: Its effects on Dungeness crab, Pacific oyster, and other species, In: Proceedings of the symposium on Dungeness crab biology and management. Alaska sea grant report 85-3, University of Alaska, Fairbanks, Alaska, 9-11 Oct. 1984, pp. 401-417.

- Dumbauld B. R., S. Booth, D. Cheney, A. Suhrbier, and H. Beltran, 2006. An Integrated Pest Management Program for Burrowing Shrimp Control in Oyster Aquaculture. *Aquaculture* 261: 976–992.
- Feldman K. L., D. A. Armstrong, B. R. Dumbauld, T. H. DeWitt, and D. C. Doty, 2000. Oysters, crabs, and burrowing shrimp: Review of an environmental conflict over aquatic resources and pesticide use in Washington State' s (USA) coastal estuaries. *Estuaries*, 23(2): 141–176.
- Kinoshita, K., S. Nakayama and T. Furota, 2003. Life cycle characteristics of the deep-burrowing mud shrimp *Upogebia major* (*Thalassinidea: Upogebiidae*) on a tidal flat along the northern coast of Tokyo Bay. *Journal of Crustacean Biology*, 23(2), 318–327.
- Parsons, T.R., Y. Maita and C. M. Lalli, 1984 A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. 173 pp., Pergamon Press, Oxford.
- Washington Departement of Fisheries, 1970. Ghost shrimp Control Experiments with Sevin, 1960–1968. Washington Department of Fisheries Technical Report vol 1. Olympia, Washington, 62 p.
- Washington Departement of Fisheries, and Wahington Department of Ecology, 1985. Use of the Insecticide sevin to control ghost and mud shrimp in oyster beds of willapa bay and grays harbor. Final Environmental Impact Statement. Olympia, Washington, 88 p.
- Washington Departement of Fisheries, and Wahington Department of Ecology, 1992. Use of the Insecticide Carbaryl to control ghost and mud shrimp in oyster beds of Willapa bay and grays harbor. Final supplemental environmental impact statement. Olympia, Washington, 197 p.
- 김성태, 유 철, 홍재상. 2012. 인천 선재도산 쪽(*Upogebia major*)의 개체군 동태. 한국수산과학총연합회 공동학술대회 초록집, BEXCO, 2012. 11. 16., p. 267
- 한국남동발전, 2006. 영흥화력 온배수 영향(해양물리) 정밀조사 및 모델링 검증 용역 보고서. pp. 1–53.
- 홍재상. 2013. 쪽의 생물학. *Ocean and polar research*. 35(4), 323–349.