

바지락 자원량 조사 결과 보고 [연평어촌계]



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

바지락 자원량 조사 결과 보고(연평어촌계)

I 조사개요

2015년 4월 9일에 바지락을 해감해도 불순물이 잔존한다는 민원에 대한 원인규명을 위한 현장 조사 중 근처 어장에 자연 발생한 바지락 치패 자원량이 상당히 많은 것을 발견하였다.

하지만, 그대로 방치할 경우 과밀로 인한 집단 폐사가 우려된다고 판단되어 이에 대한 해결 방안을 모색하고자 2015년 4월 22~23일에 인천광역시 수산사무소, 용진군 수산과, 연평면 담당자, 연평어촌계장과 함께 인천시 용진군 연평면 대연평도 용디지선 인근에 대한 바지락 자원량 파악을 목적으로 실시하였다(그림 2).



그림 2. 바지락 자원량 조사 경로

II 조사 수행사항

본 조사는 총 49개 조사정점 중 21개 정점에 대한 바지락 자원량 조사를 위해 30×30 cm (0.09 m²) 방형구 조사를 실시하였으며, 입도·강열감량·COD 측정을 위한 퇴적물 시료와 Chlorophyll-a, 산화발성황화물 측정을 위한 퇴적물 시료를 따로 채취하여 냉동상태로 연구실까지 운반하였다.



III 재료 및 방법

1. 바지락 자원량 분석

방형구 내의 채집한 바지락 개체수를 계수하였고, 이를 단위면적당(1 m²) 개체수로 환산한 후 1 ha당 개체수로 환산하였다.

2. 바지락 생체량 분석

각장, 각고는 버니어캘리퍼스를 이용하여 소수점 2째자리까지 측정하였고, 습중량은 키타울즈를 이용해 껍질 표면에 있는 물기를 제거한 후 전자저울로 소수점 3째자리까지 무게를 측정하였다.

3. 퇴적물 환경 분석

(1) 입도

염산과 과산화수소를 이용하여 탄산염과 유기물을 제거한 후 4 Φ 체를 이용하여 습식체질을 통해 모래와 펄을 구분하고 건식체질과 퇴적물분석기 (sedigraphIII 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, 삼각다이어그램을 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) 강열감량 (IL)

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

(3) 화학적산소요구량 (COD)

건조된 약 1 g의 무게를 취하여 과망간산칼륨과 수산화나트륨 용액을 넣고 100°C 수욕상에서 60분간 증탕시킨 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.

(4) 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.

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

(5) 클로로필-a

퇴적물 클로로필-a 농도 측정을 위해 현장에서 채취한 표층 퇴적물을 드라이아이스에 냉동 보관하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 실험실에서 무게를 측정한 후 90% 아세톤에 넣어 하루 동안 클로로필-a를 추출한 후 fluorometric method (Parsons et al., 1984)에 따라 측정하였다.

(6) 부영양화관련 평가항목, 기준농도 및 평가점수

- 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

IV 결 과

1. 바지락 자원량 분석

바지락 자원량 조사를 위하여 30×30 cm (0.09 m²) 방형구 조사한 결과는 표 1과 같다.

방형구 조사에 의해 바지락이 채집된 정점은 총 11개 정점으로 1개 정점은 1 ha를 대표하는 값이므로, 11 ha에 대한 바지락 총 개체수는 96,222,222마리이며, 무게는 220.3 ton이었다.

21개 정점 중 2, 3, 9, 10, 11, 16, 18, 24, 31, 32번 정점은 바지락 치패가 발견되지 않았으나, 각장 1 cm 이상의 바지락 치패만 채집하기 위하여 체에 거르는 과정에서 육안으로 각장 1 cm 이하의 바지락 치패가 다수 관찰되어 연안(아주까리) 인근 해역에는 각장 1cm 이하의 치패가 다량 존재하는 것으로 사료된다.

표 1. 정점별 바지락 개체수 및 습중량

정점	개체수 (마리)			습중량 (ton)
	0.09 m ²	1 m ²	1 ha	
Y2	0	0	0	0.0
Y3	0	0	0	0.0
Y9	0	0	0	0.0
Y10	0	0	0	0.0
Y11	0	0	0	0.0
Y16	0	0	0	0.0
Y17	45	500	5,000,000	11.4
Y18	0	0		0.0
Y23	105	1167	11,666,667	26.7
Y24	0	0		0.0
Y25	43	478	4,777,778	10.9
Y28	26	289	2,888,889	6.6
Y30	3	33	333,333	0.8
Y31	0	0		0.0
Y32	0	0		0.0
Y33	176	1956	19,555,556	44.8
Y34	154	1711	17,111,111	39.2
Y35	137	1522	15,222,222	34.8
Y40	57	633	6,333,333	14.5
Y41	59	656	6,555,556	15.0
Y42	61	678	6,777,778	15.5
합계			96,222,222	220.3

바지락 치패가 다량으로 채집된 정점인 23, 33, 34, 35번 정점은 주변에 갯벌참굴 양식을 위한 가상식 시설이 설치되어 있었으며, 이 시설로 인해 유속이 저감되면서 바지락 치패가 축적된 것으로 사료된다(그림 3).



그림 3. 정점별 바지락 치패 개체수

2. 바지락 생체량 분석

바지락 생체량 분석을 위하여 측정한 정점별 각장, 각고, 습중량에 대한 자료는 표 2, 그림 3에 나타내었다.

표 2. 정점별 바지락 생체량(각장, 각고, 습중량)의 차이

정점	개체수	각장 (mm)	각고 (mm)	습중량 (g)
Y17	45	24.76± 3.18	17.28± 2.10	2.454± 0.871
Y23	105	23.57± 2.79	16.27± 1.91	1.937± 0.685
Y25	43	22.92± 2.32	16.04± 1.55	1.919± 0.542
Y28	26	23.69± 3.16	16.61± 2.23	2.248± 0.787
Y30	3	33.05± 6.26	24.39± 4.13	8.287± 4.419
Y33	176	23.15± 2.86	15.47± 1.83	1.849± 0.751
Y35	137	25.01± 2.44	16.48± 1.65	2.301± 0.675
Y40	57	27.12± 3.42	18.40± 2.44	3.491± 1.278
Y42	61	25.97± 3.04	17.31± 2.19	2.871± 1.159

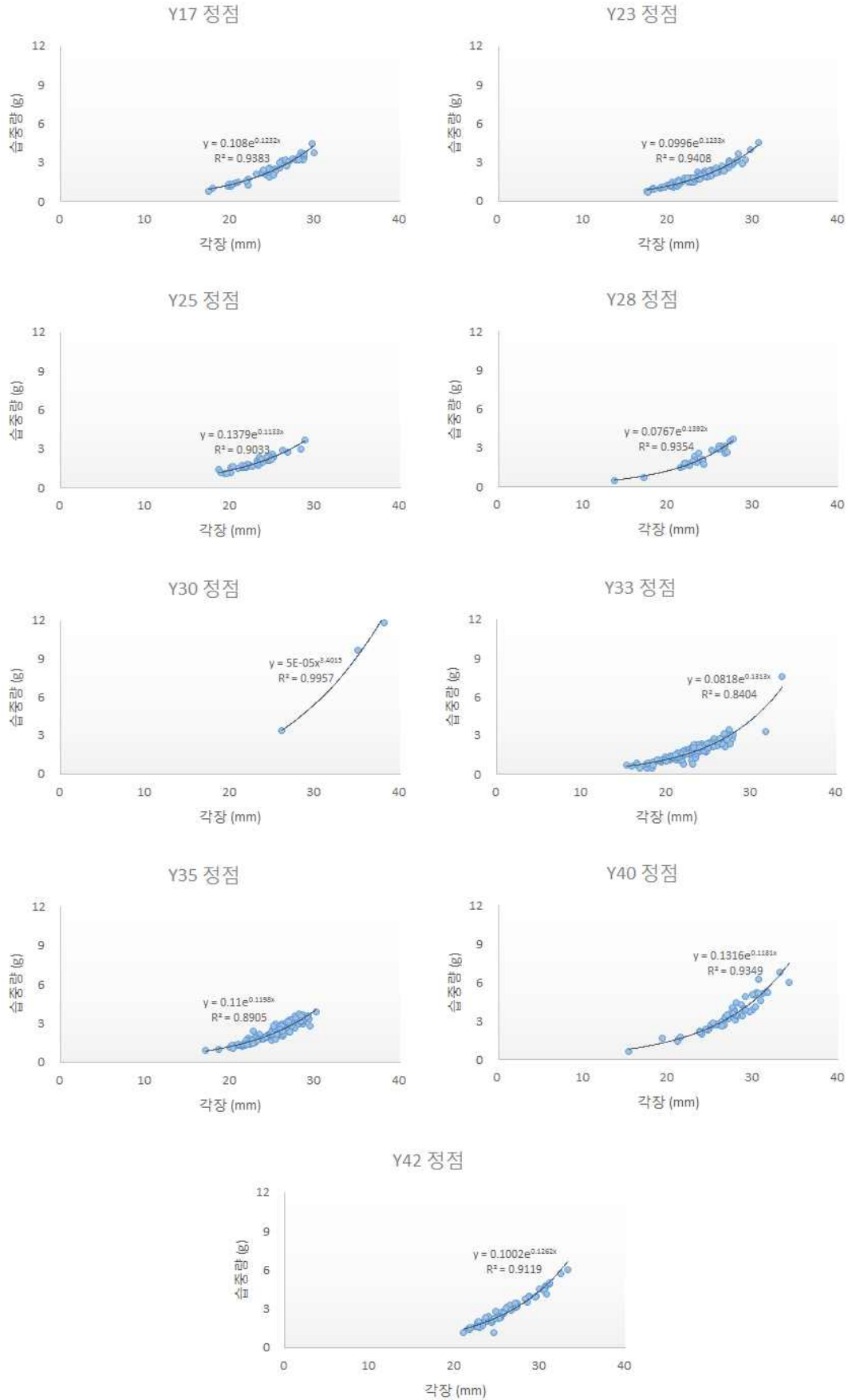


그림 4. 정점별 각장, 각고 상관관계 비교

정점별 바지락 생체량 (각장, 각고, 습중량)을 살펴보면, 각장은 Y25 정점에서 22.92 ± 2.32 mm로 가장 낮은 값을 보였으며 Y30 정점에서 33.05 ± 6.26 mm로 가장 높은 값을 보였다. 각고는 Y33 정점에서 15.47 ± 1.83 mm로 가장 낮은 값을 보였고, Y30 정점에서 24.39 ± 4.13 mm로 가장 높은 값을 보였다. 습중량은 Y33 정점에서 1.849 ± 0.751 g으로 가장 낮은 값을 보였으며, Y30 정점에서 8.287 ± 4.419 g으로 가장 높은 값을 보였다.

전반적으로 각장 22~27 mm 내외, 습중량 2~3 g의 범위였으며, 연안에서 외해로 멀어질수록 생체량(각장, 각고, 습중량)이 커지는 경향성을 보였다.

3. 퇴적물 환경 분석

(1) 입도

정점별 표층 퇴적물 조성비율, 조직변수 그리고 퇴적상의 차이는 표 3, 그림 5에 나타내었다.

입도별 함량을 살펴보면, 자갈은 0.0~28.6 % (평균 3.2%), 모래는 31.9~96.1% (평균 64.7%), 펄은 3.9~68.1% (평균 35.9%)의 범위를 보였다. 자갈의 경우 30번 정점에서 28.6%로 가장 높은 함량을 보였는데, 이는 용딤로 들어가는 어장 진입로 근처이기 때문인 것으로 사료된다. 모래의 경우 당섬쪽으로 갈수록 모래 함량이 높아지는 경향을 보였다. 펄의 경우 아리까리와 가까운 연안 쪽이 높은 함량을 보였으며, 모래와 반대로 당섬 방향으로 갈수록 함량이 낮아지는 경향을 보였다.

평균입도는 $0.30 \sim 5.50 \phi$ (평균 3.02ϕ)였으며, 분급도(sorting)는 $0.87 \sim 3.10$ (평균 2.14), 왜도(skewness)는 $-0.17 \sim 0.58$ (평균 0.26), 첨도(kurtosis)는 $0.58 \sim 2.64$ (평균 1.05)의 범위를 보였다.

바지락이 많이 채집되었던 23, 33, 34, 35번 정점의 경우, 펄보다는 모래 함량이 더 많은 퇴적 특성을 보였다. 이는 바지락 양식어장인 태안군 근소만의 정산포, 파도리 갯벌의 표층 퇴적물 입도 조건인 자갈 0~10%, 모래 63~82%, 펄 18~30%와 일치한다.

표 3. 정점별 표층 퇴적물 조성비율 및 조직변수의 차이

정점	조성비율 (%) Textural parameters			조직변수 Statistical parameters				퇴적상 Sediment type
	자갈 (Gravel)	모래 (Sand)	펄 (Mud)	평균입도 (Mean)	분급도 (Sorting)	왜도 (Skewness)	침도 (Kurtosis)	
Y2	0.1	51.6	58.4	4.93	2.19	0.26	0.87	(g)sM
Y3	0.0	38.0	62.0	5.20	1.93	0.10	0.66	sM
Y9	1.1	31.9	68.1	5.27	2.04	-0.17	0.61	(g)sM
Y10	0.2	48.2	51.8	4.57	2.08	0.27	0.77	(g)sM
Y11	1.3	90.4	9.6	2.40	0.94	0.19	2.46	(g)S
Y16	0.2	67.7	32.3	3.50	1.88	0.56	0.95	(g)mS
Y17	1.4	69.7	30.3	3.37	1.90	0.55	1.23	(g)mS
Y18	0.5	55.1	44.9	4.20	2.35	0.49	0.58	(g)mS
Y23	0.2	49.4	50.6	4.43	2.21	0.28	0.86	(g)sM
Y24	13.2	65.4	34.6	2.30	3.10	0.22	0.79	gmS
Y25	4.6	70.4	29.6	3.33	2.49	0.32	1.34	(g)mS
Y28	1.5	86.1	13.9	2.37	1.30	0.18	2.64	(g)mS
Y30	28.6	88.9	11.1	0.37	2.30	0.23	0.95	gmS
Y33	0.1	71.3	28.7	3.50	2.73	0.55	0.78	(g)mS
Y35	0.4	69.9	30.1	3.63	3.04	0.53	0.81	(g)mS
Y40	1.6	49.1	50.9	3.90	3.00	-0.05	0.65	(g)sM
Y42	0.0	96.1	3.9	1.60	0.87	0.00	0.96	S

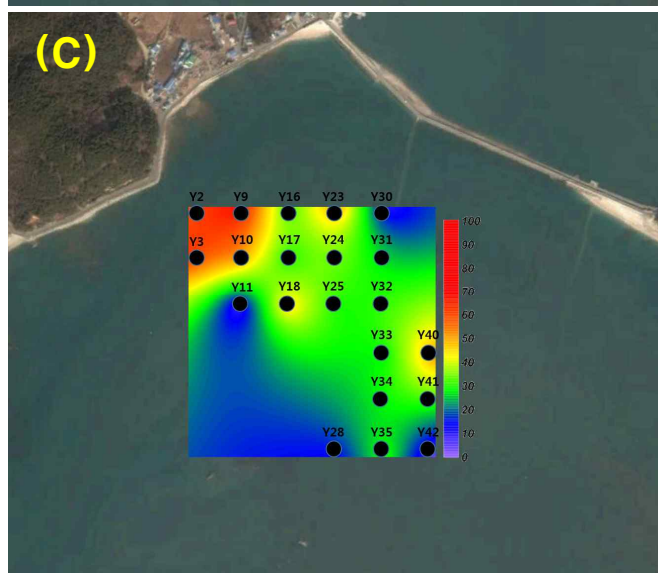
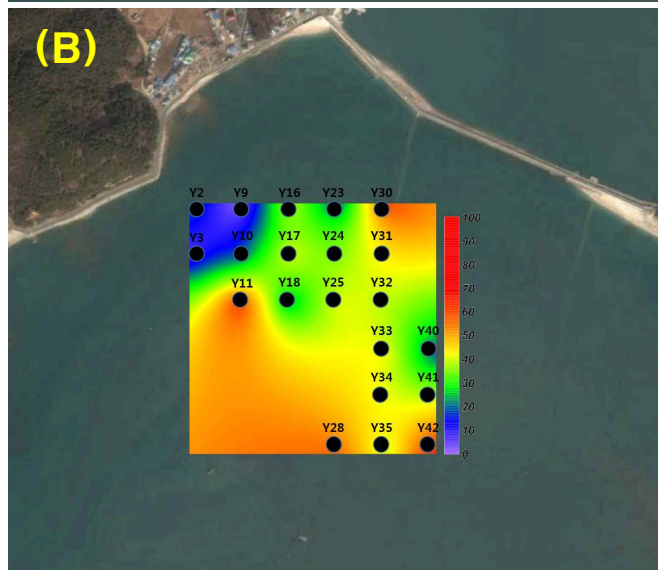
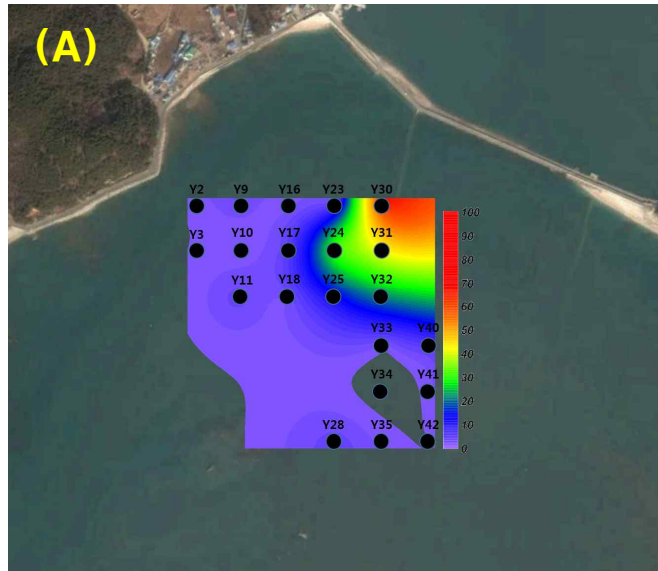


그림 5. 정점별 퇴적물 입자조성 차이

(2) 강열감량(Ignition loss)

정점별 표층 퇴적물 강열감량의 차이는 표 4, 그림 6에 나타내었다.

퇴적물 중 유기물량을 측정하는데 이용하는 강열감량은 3.94~6.78% (평균 5.19%)였으며, 강열감량 값이 높은 지역은 외부 오염원 유입으로 인한 유기물 부영양화가 아닌 퇴적물 입도조성이 펄(mud) 함량이 높은 것이 원인이라고 사료된다.

“해양오염 퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정” (해양수산부 고시 제2013-206호, 2013.08.30)에 의거 Y9, Y10, Y16, Y24, Y30, Y33, Y35, Y40, Y42 정점이 평가점수 3점이며, 나머지 정점은 0점을 나타냈다.

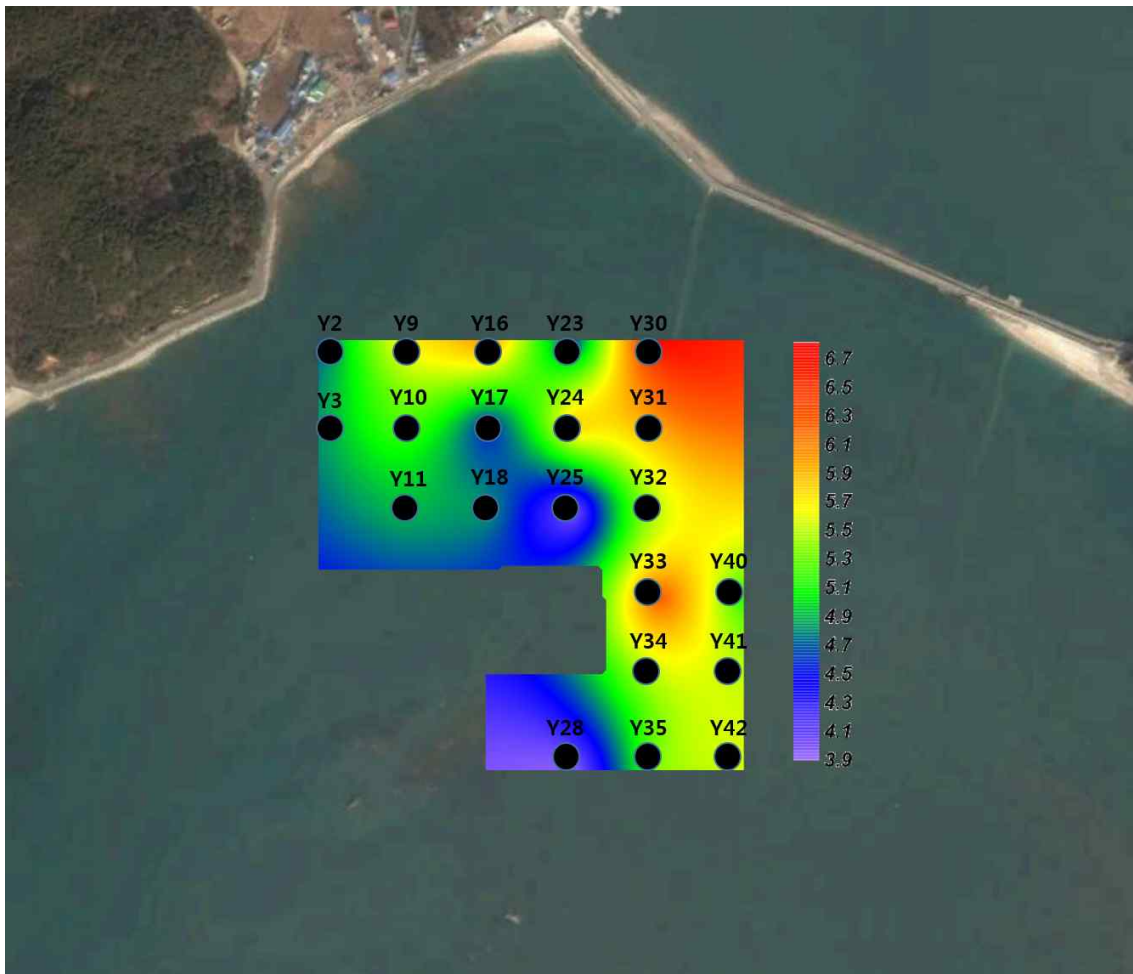


그림 6. 정점별 표층퇴적물 강열감량의 차이

(3) 화학적산소요구량(COD)

정점별 표층퇴적물 화학적산소요구량(COD)의 차이는 표 4, 그림 7에 나타내었다.

강열감량과 마찬가지로 퇴적물 중 유기물량을 측정하는데 이용하는 화학적 산소요구량은 1.63~8.65 mg/g (평균 5.19 mg/g)였으며, 강열감량과 유사한 경향을 보였다.

“해양오염 퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정” (해양수산부 고시 제2013-206호, 2013.08.30)에 의거 모든 정점에서 0점을 나타냈다.

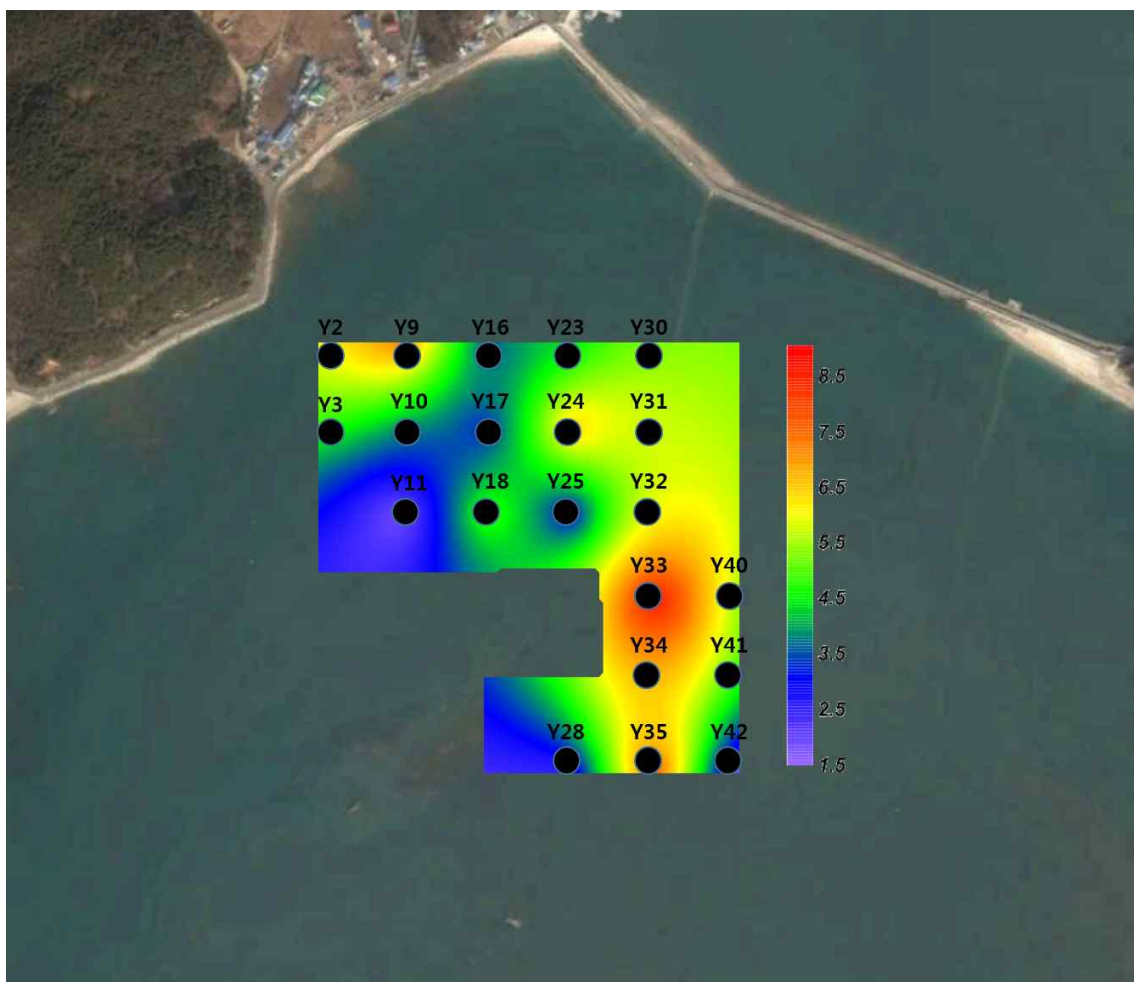


그림 7. 정점별 표층퇴적물 화학적산소요구량(COD)의 차이

(4) 산취발성황화물(AVS)

정점별 표층퇴적물 산취발성황화물(AVS)의 차이는 표 4, 그림 8에 나타내었다.

해저 퇴적물 내 산고의 고갈 및 결핍으로 인해 발생하는 산취발성황화물은 저층 수질 및 저서 생태계에 나쁜 영향을 줄 수 있는데, 조사지역은 0.00~0.10 mg/g (평균 0.03 mg/g)의 범위를 보였으며, 전반적으로 값이 매우 낮아 건강한 상태임을 보여주었다.

“해양오염 퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정” (해양수산부 고시 제2013-206호, 2013.08.30)에 의거 모든 정점에서 0점을 나타냈다.

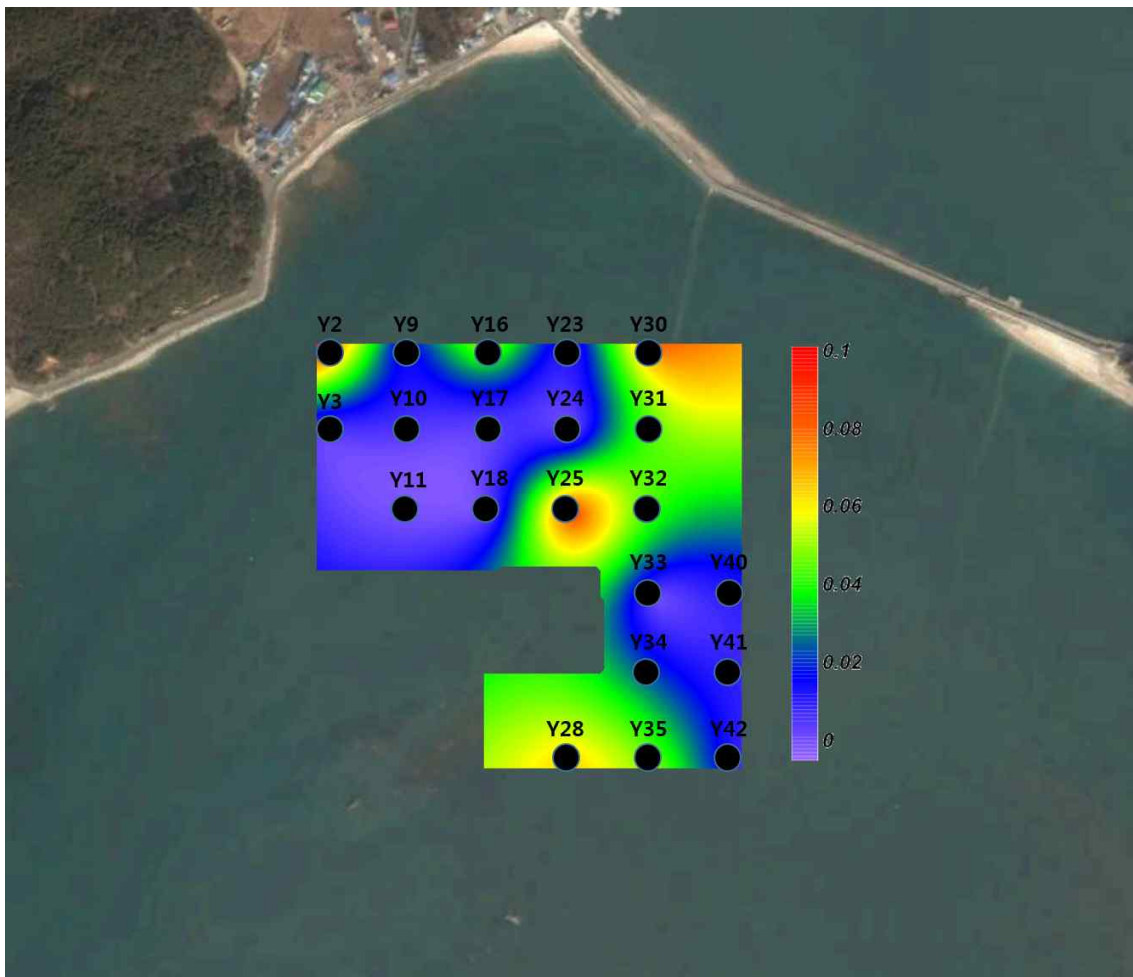


그림 8. 정점별 표층퇴적물 산취발성황화물(AVS)의 차이

(5) 클로로필-a

정점별 표층퇴적물 클로로필-a의 차이는 표 4, 그림 9에 나타내었다.

퇴적물에 존재하는 식물플랑크톤은 바지락 등 저서생물의 먹이로 중요한 역할을 한다. 식물플랑크톤의 광합성 색소는 chlorophyll a, b, c 및 보조색소가 있으나, 그 중 chlorophyll-a는 모든 식물플랑크톤에 포함되어 있으므로 식물플랑크톤 생체량을 평가할 수 있는데, 조사지역의 클로로필-a는 4.91~17.30 $\mu\text{g/g}$ 의 범위를 보였다. 봄철 식물플랑크톤 증식에 의해 다른 계절보다 높은 값을 보인 것으로 사료된다.

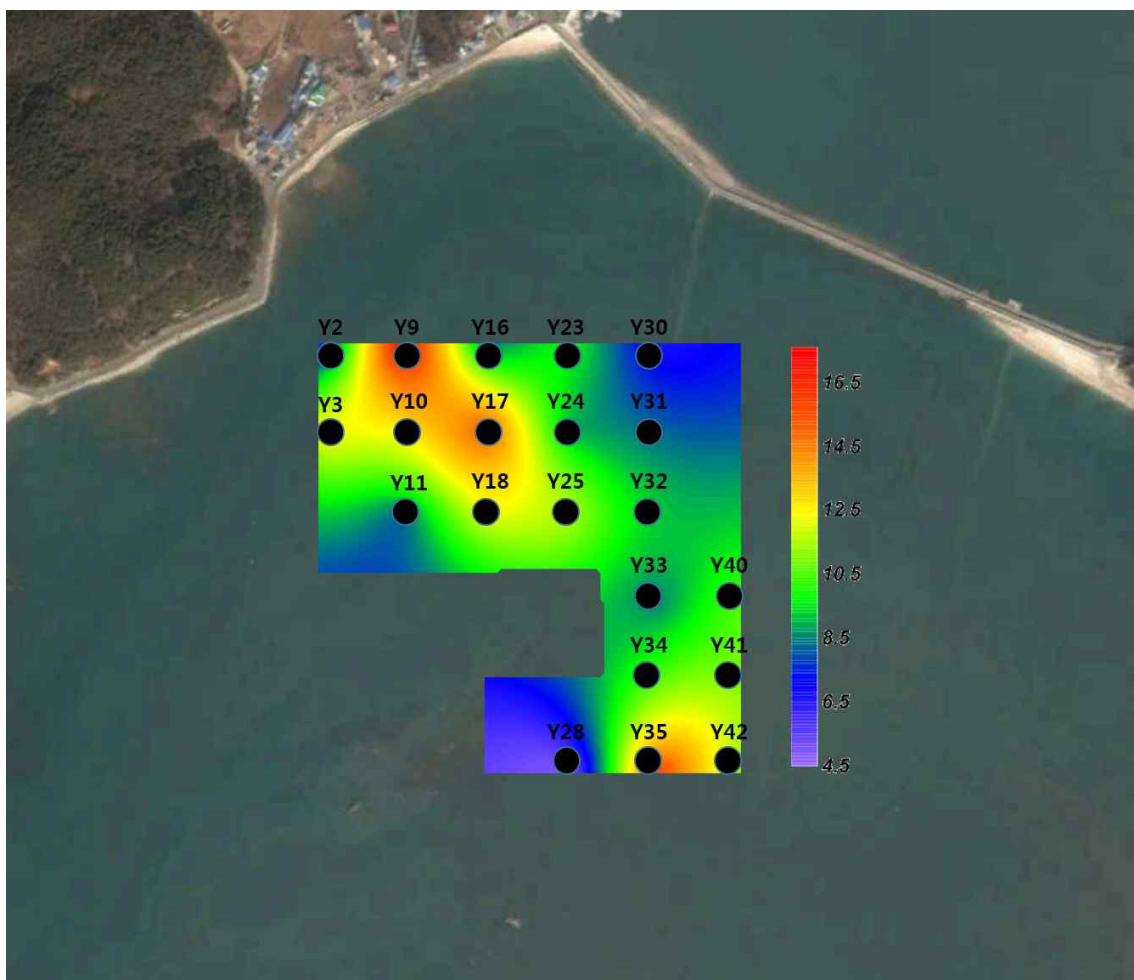


그림 9. 정점별 표층퇴적물 클로로필-a의 차이

표 4. 정점별 산취발성황화물, 강열감량, 화학적산소요구량, 클로로필-a의 차이

정점	강열감량(%)	COD(mg/g)	AVS(mg/g)	Chl-a(ug/g)
Y2	4.66	6.08	0.10	6.04
Y3	4.83	4.74	0.00	12.42
Y9	5.69	7.21	0.01	17.30
Y10	5.24	3.88	0.01	12.58
Y11	4.91	1.90	0.00	8.12
Y16	6.06	3.59	0.05	8.17
Y17	4.55	3.31	0.00	15.06
Y18	4.84	4.90	0.00	12.15
Y23	4.59	4.37	0.01	9.88
Y24	5.83	6.45	0.00	8.90
Y25	4.00	3.04	0.09	11.53
Y28	3.94	2.54	0.06	4.91
Y30	6.78	5.26	0.08	6.73
Y33	6.28	8.65	0.00	8.43
Y35	5.37	7.65	0.05	15.80
Y40	5.14	5.38	0.01	10.54
Y42	5.55	1.63	0.01	11.02

본 조사는 인천광역시 옹진군 연평면 대연평어촌계에 대한 바지락 치패 자원량이 많은데 이대로 방치할 경우 과밀로 인한 집단 폐사가 우려되어 이에 대한 해결 방안을 모색하고자 2015년 4월 22~23일에 실시되었다.

총 21개 조사정점에서 30×30 cm (0.09 m²) 방형구 조사를 통한 바지락 자원량을 분석하고 퇴적 환경 분석을 위해 입도, 강열감량, 화학적산소 요구량, 산취발성황화물, 클로로필-a 분석을 실시하였다.

바지락 자원량을 살펴보면, 21개 조사정점 중 11개 정점(11 ha)에서 약 96백만, 220 MT의 바지락 (각장 2.2~2.7 cm)이 서식하는 것으로 추정된다. 바지락 치패가 많이 발견된 해역은 주로 갯벌참굴 양식을 위한 가상식 시설 주변이었으며, 이 시설로 인해 유속이 저감되면서 바지락 서식에 적합한 입도의 퇴적물이 조성되었고, 바지락 치패가 착저된 것으로 사료된다.

바지락이 많이 발견되는 지역의 입도는 모래 비율이 50% 이상으로 우세한 퇴적 특성이 있었으며, 부영양화로 인한 퇴적물 오염은 발생하지 않았는데, 이는 해당 해역이 육지에서 많이 떨어져 있어 오염원 유입이 적기 때문인 것으로 사료된다.

몇몇 해역에 집중되어 있는 바지락 치패는 아직 이상이 없지만, 점점 성장해갈수록 과밀에 따른 스트레스 등의 이유로 성장이 저하되거나 집단으로 폐사될 가능성이 높으므로 다른 해역으로 분산해 주는 작업이 필요할 것으로 사료된다.