

새만금 갯벌의 입도조성과 유기물질 분포특성

유선재* · 김종구 · 조은일*
 군산대학교 토목환경공학부, *제주대학교 환경공학과

Characteristics of Particle Composition and Organic Matter Distribution for Tidal Flat Sediments in the Saemankeum Area

Sun-Jae YOU⁺, Jong-Gu KIM and Eun-Il CHO^{*}

School of Civil and Environmental Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea
^{*}Environmental Engineering, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

This study was conducted to evaluate characteristics of particle composition and organic matter distribution for tidal flat sediments in the Saemankeum area. The tidal flat sediments consist of predominantly sand and a little of silt, whereas the content of clay was very low. The analyzed values of particles of tidal flat sediments were in the range of 4.60~10.90 ϕ for mean size and -0.1~1.75 ϕ for sorting and -1.0~0.92 ϕ for skewness and 0.27~6.75 ϕ for kurtosis. The tidal flat sediments are interpreted as representing significant effect of the environmental change due to the construction of Saemankeum embankment. The ORP was in the range of -133~200 (mean 73) mV. But 24 stations of the total stations showed reduction condition. The concentration of CODs was in the range of 17.54~6,176.3 mg/kg. The ratio of C/S was 0.02~0.45 (mean 0.24). And the Saemankeum tidal flat sediment was a little effected by input organic pollutants from upper site area. Conclusively, conservation of the Saemankeum tidal flat sediment was requested because it is for the growing fishery and low organic matter.

Key words: Saemankeum area, Tidal flat sediment, Grain size, Organic matter

서 론

우리나라는 서·남해안을 중심으로 광활한 갯벌이 발달되어 있고 면적으로는 2,800 km²으로 전 국토 면적의 3%에 해당되고 있으며, 특히 갯벌의 83%가 서해안에 위치하고 있다. 최근 경제발전 전에 따른 공업용지의 수요증가와 국토확장, 식량확보라는 개발의 논리 및 국가정책에 따라 많은 갯벌이 간척·매립되어 왔으며, 2002년까지는 전체 갯벌의 46%를 소실될 것으로 예상된다.

새만금지역에서 연안 방조제 축조 공사로 인해 발생될 수 있는 가장 중요한 변화는 갯벌 환경 변화이다. 유속의 증감에 따른 갯벌의 운반 및 퇴적변화를 먼저 예상할 수 있다. 즉 해양환경 내에서 인위적 작업에 의한 자연적 평형관계가 변하는 경우, 갯벌 퇴적 및 침식의 Focal point가 수평적으로 치우치는 효과가 나타난다. 이와 동시에 상류에서 공급되는 퇴적물 양의 변화에 따른 갯벌 퇴적환경의 변화도 뚜렷이 나타날 것이다.

그러나 이와 같은 갯벌 환경변화는 매우 느리며, 장기적이고 지속적으로 나타내므로 그 변화의 정도 및 피해영향의 심각성이 쉽게 인식되지 않는다. 이러한 문제점으로 인하여 인위적인 대규모 공사에서 야기될 수 있는 갯벌의 환경변화를 예측하고, 대처 방안을 강구하기 위해서는 보다 광범위하고 체계적인 조사 및 연구가 필수적이다. 특히 갯벌의 물리적 특성을 나타내는 입도조성과 화학적특성을 나타내는 유기물질분포 특성이 갯벌에 서식하고 있는 패류 및 수산생물의 종과 성장에 영향을 미치게 되므로 이들의 환경변화를 정확히 파악할 필요가 있다 (Ryou, 1994).

새만금 갯벌에 관한 연구로는, 새만금 인근해역에 대한 퇴적물의 특성 및 분포 (Choi and Park, 1993; Shin et al., 1993; Choi, 1992; Kong and Kim, 1991) 등이 있지만, 이들 중 유기물 특성에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 새만금 방조제 축조 공사로 인하여 조간대 갯벌의 환경변화가 크게 일어날 것으로 예상되는 새만금 하구역내 91개 조사 정점을 대상으로 갯벌의 입도특성 및 유기물 분포 특성을 조사하였다. 이들 결과는 새만금 사업으로 인한 환경영향을 비교 평가함으로써 차후에 발생할 환경적 문제점을 지적하고 이를 방지하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

재료 및 방법

새만금 갯벌의 입도 특성과 유기물 오염특성을 파악하기 위해 1999년 8월과 9월 2회에 걸쳐 조사하였으며, Fig. 1에 나타낸 총 91개 지점에서 표층 갯벌을 선박과 차량을 이용해 채취하였다. 분석방법은 해양환경공정시험방법 (1998)과 그에 준하는 방법에 따랐다.

갯벌의 입도 분석은 HCl 및 H₂O₂로 탄산염 및 유기물 분해 후 표준체로 습식 체분석을 실시하고, 200 mesh (74 μ m) 이하의 입자시료는 미립도 측정기 (He-Ne laser, CILAS granulometer 715)를 이용하여 측정하였다.

갯벌 생물환경에 필요한 서식지로서의 화학환경적 오염특성을 파악하는데 중요 기준항목이 되는 산화환원전위는 ORP미터 (TOA Electronics Ltd. RM-12P)를 이용하여 현장에서 시료채취 즉시 측정하였으며, 수소이온 농도인 pH는 시료 일정량을 취하고

⁺Corresponding author: ysj469@kunsan.ac.kr

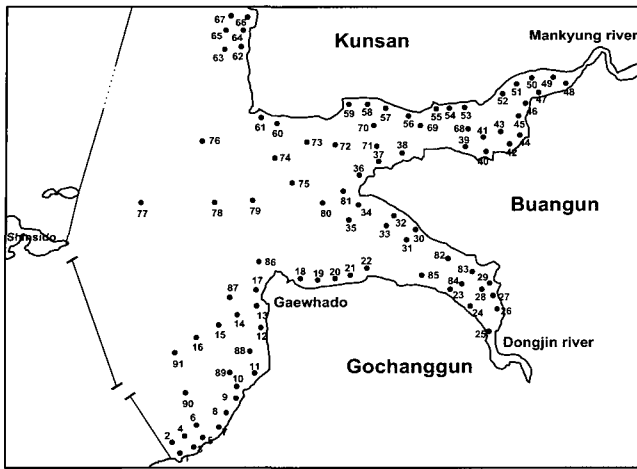


Fig. 1. Map of the sampling station in Saemankeum area.

1N KCl용액으로 1:1되게 혼합한 후 원심분리기로 3,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상정액을 pH미터 (METTLER 355)로 측정하였고, 황화물은 검지관법을 이용하여 정량하였다. 또한 갯벌의 유기오염물질의 특성을 파악하기 위하여 강열감량 (Ignition Loss)은 105~110°C에서 건조한 시료의 중량을 측정후 전기로에서 600 ± 25°C로 회화한 후 중량 감소분을 백분율로 나타내었고, 저질 COD는 0.1N 과망간산칼륨을 사용해 2시간 분해 후 소모된 과망간산 칼륨의 양으로부터 구하였으며, Carbon과 Sulfur는 시료 1g을 세라믹도가니에 넣어 고주파 유도장치로 연소시켜 발생되는 CO, CO₂, SO₂를 IR로 검출하는 탄소/유황분석기 (CS-300(LECO))로 분석하였다.

결과 및 고찰

새만금 갯벌의 입도 특성

새만금 갯벌의 입도분석 결과의 평균 및 범위값을 Table 1에 나타내었고, sand-silt-clay의 삼각도표를 이용한 입도분포를 Fig. 2에 나타내었다. 그리고 조직표준치인 평균입도, 왜도, 첨도, 분급도의 공간적 분포를 Fig. 3~6에 나타내었다.

Table 1. Range and mean values for grain size in study area

Constituent	Unit	Range		Average
		MIN	MAX	
Sand	%	7.77	98.44	
Silt	%	1.46	84.32	
Clay	%	0.07	20.32	
Meansize	φ	4.60	10.90	7.54
Sorting	φ	-0.10	1.75	0.63
Skewness	φ	-1.00	1.57	0.25
Kurtosis	φ	0.27	6.75	1.54

Sand-silt-clay의 삼각도표에 나타낸 것과 같이 새만금 갯벌은 사질이 우세하였고, 세립한 제 이차 혼합물인 실트질이 추가된 반

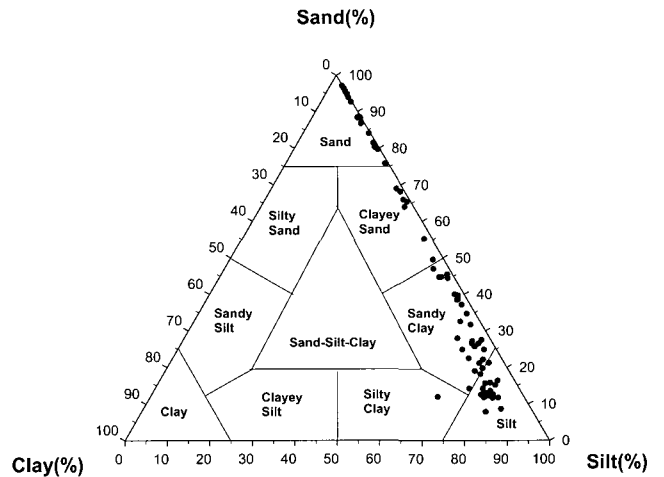


Fig. 2. Ternary diagram of surface sediments in tidal flat.

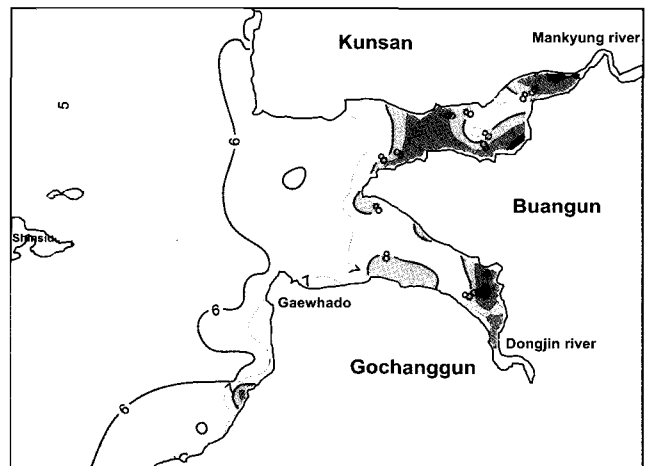


Fig. 3. Distribution of meansize for tidal flat sediment in study area.

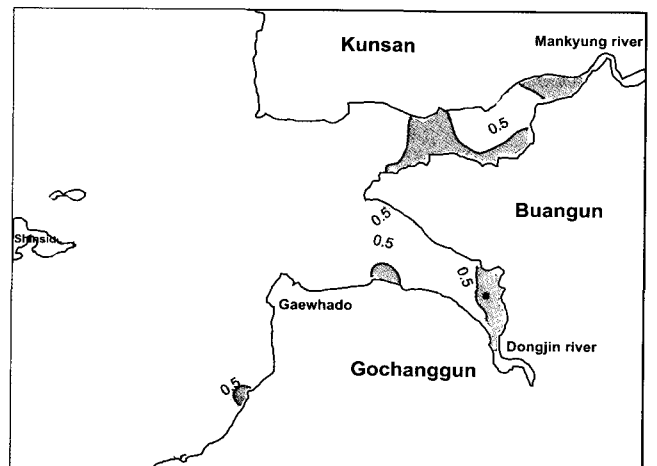


Fig. 4. Distribution of sorting for tidal flat sediment in study area.

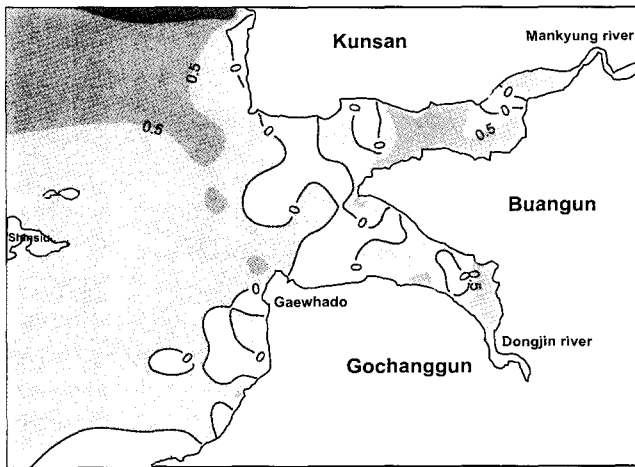


Fig. 5. Distribution of skewness for tidal flat sediment in study area.

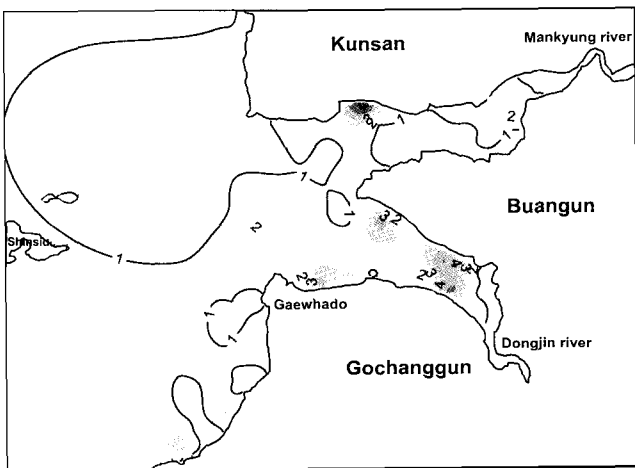


Fig. 6. Distribution of kurtosis for tidal flat sediment in study area.

면 Clay 함량은 매우 낮게 나타났다. 사질로 분류되는 곳은 방조제 남측 시작 부근인 지점 1과 군산 비행장 앞인 지점 65 및 지점 85 이었고, Clay는 동진강 하구인 지점 83에서만 나타났다. 이와 같은 결과는 새만금 방조제공사 양쪽 시작지점에서 공사초기에 갯벌 중 미세 입자가 씻겨 나가고 재공급이 이루어지지 않은 결과인 것으로 판단된다.

새만금 갯벌의 평균값 (Mean size)의 등분포도는 Fig. 3에 나타내었다. 평균값의 범위는 4.60~10.90 ϕ 를 보였으며 평균값은 7.54 ϕ 였다. 지점별로 보면 동진강 하류인 지점 27에서 10.90 ϕ 가 가장 높은 값을 보였으며 군산비행장 앞인 지점 65에서 4.60 ϕ 가 가장 낮은 값을 보였다. 이 결과를 Kim et al. (1985)이 해양 지질연구조사에서 보고한 퇴적물 분류상으로 볼 때 세립질 퇴적물 (4 ϕ 이상)에 해당되는 것을 알 수 있다.

새만금 갯벌의 분급도 (Sorting)의 등분포도는 Fig. 4에 나타내었으며 조사지역의 분급도 범위는 -0.1~1.75 ϕ 의 범위를 보였다. 분급도의 분류를 보면 0 ϕ 이하를 Well sorted, 0~1 ϕ 를 Moderately

sorted, 1~2 ϕ 를 Poorly sorted, 2~4 ϕ 를 Very poorly sorted, 4 ϕ 이상을 Extremely poorly sorted 퇴적물로 분류할 수 있다 (국립수산진흥원, 1988). 이 분류를 이용하여 분급도를 보면 지점 1에서 -0.1 ϕ 로 Well sorted 갯벌이었고 만경강과 동진강 하류지역에서는 1~2 ϕ 의 Poorly sorted 갯벌이었으며, 나머지 조사지점은 0~1 ϕ 의 Moderately sorted 갯벌이었다. Park and Song (1972)의 연구결과를 보면 Well 및 Moderately sorted 된 갯벌은 일반적으로 조류의 출입 영향을 받는 지역에 분포한다 하였으므로 본 연구를 통해 조사한 대부분의 지점은 대부분 조류의 영향으로 생긴 갯벌임을 알 수 있었다. 그러나 만경강과 동진강 하류지점은 Poorly sorted 갯벌로 조석에 의한 영향으로 퇴적된 것으로 사료된다.

왜도 (Skewness)의 등분포도는 Fig. 5에 나타내었으며, 왜도의 범위는 -1.0~0.92 ϕ 로 평균 0.25 ϕ 를 보였다. 왜도는 0 ϕ 이하의 값을 갖는 Negative skewed 지역과 0 ϕ 이상의 값을 갖는 Positive skewed 지역 (Park and Song, 1972)으로 나눌 수 있으며 새만금 방조제 부안 부근 지점과 군산비행장 부근 및 중앙지점에서 0 이하의 Negative Skewed 지역으로 나타났으며, 나머지 지점은 0 이상의 Positive skewed 지역이었다. 왜도는 퇴적환경에 매우 민감한 반응을 보이므로 퇴적환경을 규명하는데 편리한 자료로 활용될 수 있다. 즉 Negative skewed 지역은 침식을 받거나 비퇴적 지역이라 할 수 있고 Positive skewed 지역은 퇴적이 진행되는 지역이라 할 수 있다. 그러므로 새만금 조사지역의 갯벌은 방조제 양 끝단인 부안쪽과 군산비행장 부근 및 중앙부는 현재 유속변화에 의해 침식을 받고 있는 것으로 사료되었다.

침도 (Kurtosis)의 등분포도는 Fig. 6에 나타내었으며, 침도의 범위는 0.27~6.75 ϕ 로 평균 1.54 ϕ 였다. Park and Song (1972)의 침도의 분류를 보면 침도는 1 ϕ 이하의 값을 갖는 platykurtic 지역과 1 ϕ 이상의 값을 갖는 Leptokurtic 지역으로 나눌 수 있다. 침도가 1 ϕ 이하인 Platykurtic 해역은 퇴적이 진행되는 지역을 나타내는데 본 조사지점에서는 상당히 넓은 범위에 걸쳐 나타났으며, 동진강 하류 양안에서 1 이상의 Leptokurtic 지역으로 나타나 조류에 의한 침식이 일어나고 있음을 알 수 있었다.

평균입도와 분급도의 상관관계는 Fig. 7에 나타났다. 이들 상관관계는 Sand와 Silt가 혼합되는 조직 변화경향을 나타내는 것으로 평균입도가 증가함에 따라 분급도가 증가하는 경향을 나타내고 있어 세립한 입자가 첨가됨을 나타내고 있었다. 이 결과를 보면 우리 나라 주변해역이나 대륙붕에서 나타나는 경향과는 매우 다른 현상이 나타나는 것을 알 수 있다 (Park et al., 1999).

이상의 결과를 살펴볼 때 새만금 방조제 공사에 의해 갯벌은 변화 양상이 뚜렷하게 나타났다. 즉, 공사가 완료된 양쪽 끝단인 부안과 군산비행장 부근은 상류에서 부유물질의 재공급이 이루어지지 않고, 중앙부는 유속변화에 의해 침식을 받고 있는 것으로 판단된다. 따라서 이들의 해양유출에 따른 생태계에 미치는 영향 및 퇴적이 어느 곳에서 이루어지는지에 관한 지속적인 조사연구가 필요하다.

새만금 갯벌의 유기물질 분포 특성

Table 2는 새만금 갯벌의 유기물질 분포 특성을 파악하기 위해

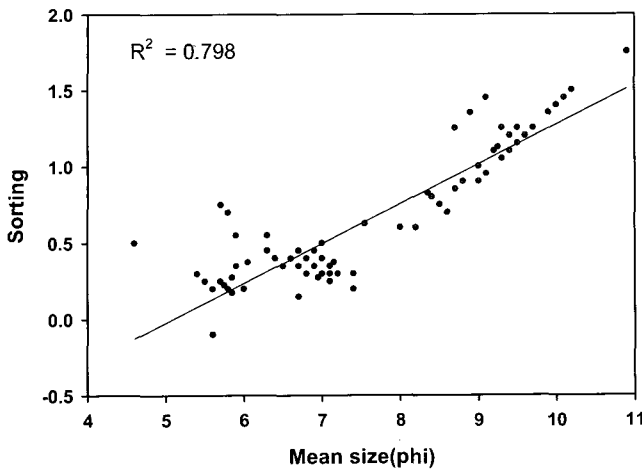


Fig. 7. Scatter plot of mean size vs. sorting.

Table 2. Range and mean values for sediment quality in study area

Constituent	Unit	Range		Average
		MIN	MAX	
Water content	%	13.99	48.53	28.11
pH		6.26	8.58	7.23
ORP	mV	-133	202	73
Ignition Loss	%	0.47	5.79	2.17
COD	mg/kg	175.37	6,176.25	2,183.68
H ₂ S	mg/kg	0.00	536.57	19.28
C	mg/kg	1,019	10,750	3,471
S	mg/kg	100.4	1,561.0	747.5

분석한 결과 (항목에 대한 농도범위 및 평균값)이다. 각 분석항목의 공간적 분포도를 Fig.8~13에 나타내었다.

갯벌에서 pH는 6.26~8.58의 범위를 보였으며, 평균값은 7.23이었다. 특히 만경강과 동진강 하류인 지점 23~28과 지점 37~50에서는 pH 7 이하의 값을 나타냈으며, 제일 바깥인 지점 77에서 pH 8.4로 가장 높은 값을 보였다. 이들 결과를 보면 Kim and Noh (1997)가 군산시 내초도 조간대에서 조사한 pH 8.5~9.2보다는 매우 낮은 값을 나타냈다. 이와 같은 결과는 공사가 진척됨에 따라 만경강과 동진강의 담수가 새만금 방조제 내에 체류하는 시간이 길어져 그 영향을 받은 것 때문으로 생각된다.

조사지역에서 갯벌의 산화 환원전위 (ORP)를 조사한 결과는 Fig. 8에 나타내었다. 갯벌에 존재하는 산소는 간조시 노출에 의한 대기접촉과 해수 및 생물교란에 의해 공급된다. 산소가 존재하는 경우는 호기적 세균에 의해 그리고 산소가 없는 경우는 혐기적 세균 활동에 의해 유기물이 분해되며 이때 산화환원 전위가 나타나는데, 유기물농도가 높을수록 ORP 값은 낮아지며, 유기물농도가 낮을수록 ORP 값은 커진다. 따라서 갯벌의 유기물 분해에 의한 영향으로 호기적 조건인지 아니면 혐기적 조건인지를 판단하는 데 ORP를 이용할 수 있다. 조사된 산화환원전위의 범위는 -133~200 mV를 보였으며 평균 73 mV로 산화 상태를 나타내었다. 그러나 전체 91개 지점 중 24개 지점에서 환원상태를 나타내고 있었

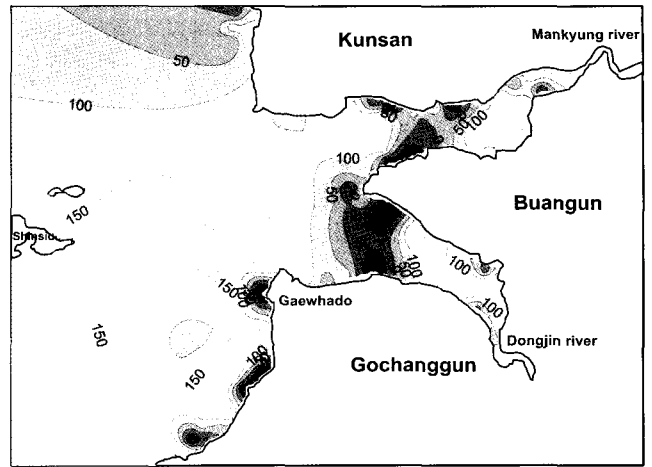


Fig. 8. Distribution of ORP (mV) for tidal flat sediment in study area.

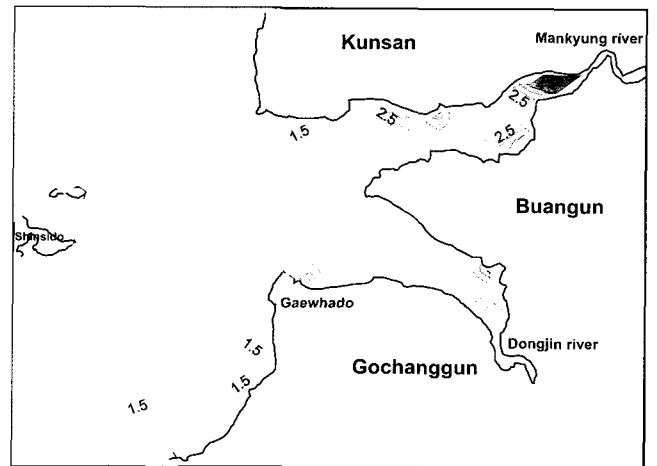


Fig. 9. Distribution of ignition loss (%) for tidal flat sediment in study area.

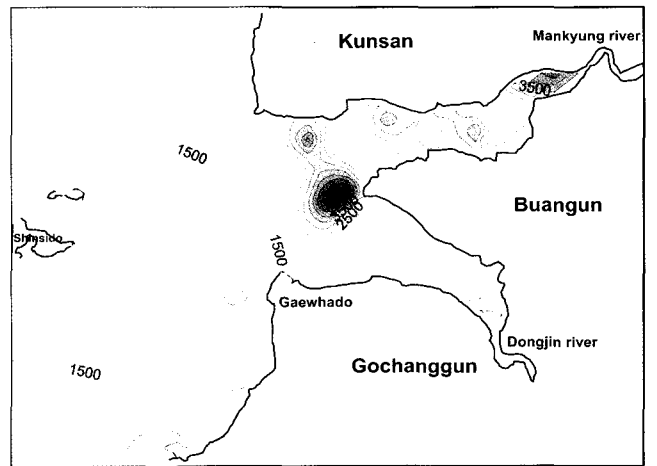


Fig. 10. Distribution of COD (mg/kg) for tidal flat sediment in study area.

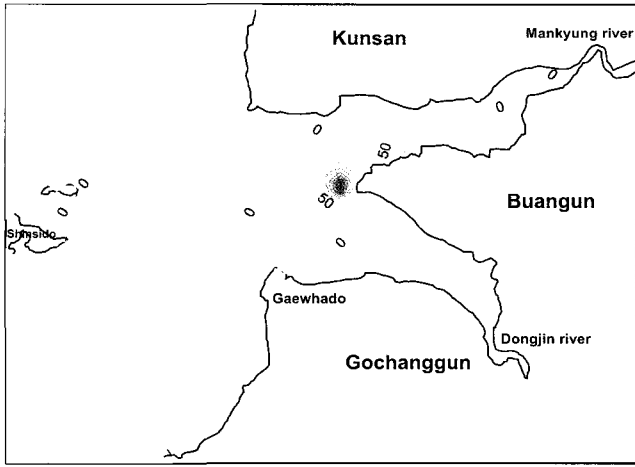


Fig. 11. Distribution of H₂S (mg/kg) for tidal flat sediment in study area.

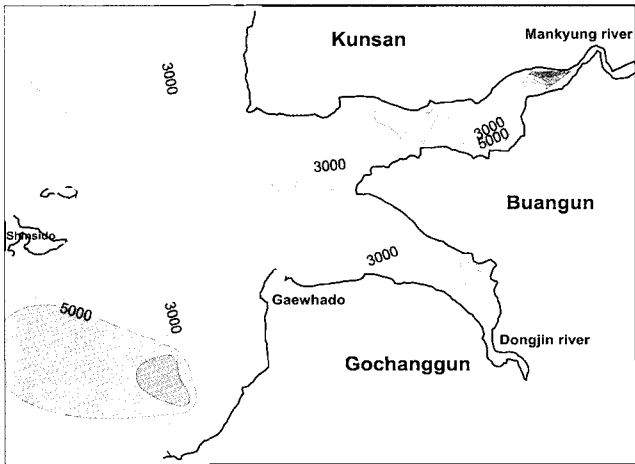


Fig. 12. Distribution of carbon (%) for tidal flat sediment in study area.

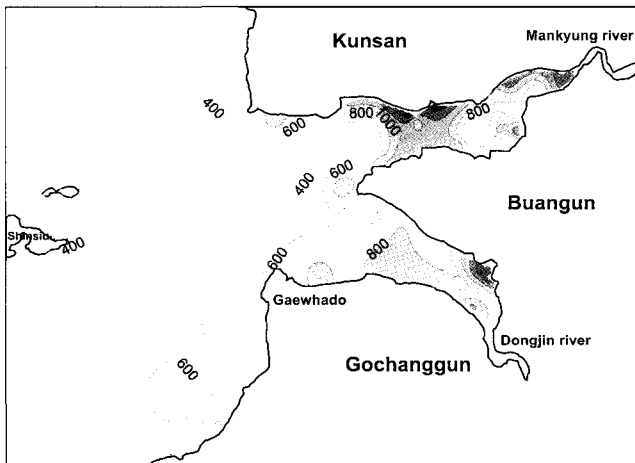


Fig. 13. Distribution of total sulphur (%) for tidal flat sediment in study area.

는데 특히 새만금 부안쪽 방조제 부근인 지점 4, 5, 9지점에서 환원상태가 심하게 나타났다. 이것은 초기에 방조제 공사가 완료되어 폐쇄지역으로 되면서 생물이나 해수에 의한 산소의 공급이 원활하지 못한 것과 이들 지역에 존재하고 있던 생물의 사멸 때문인 것으로 생각된다.

새만금 갯벌에서 유화물 (H₂S)은 유기물함량이 높을수록 세균분해에 의해 혐기적 조건으로 가면서 황화수소 농도가 증가하는 경향을 나타내고, 유기물 농도가 낮을수록 반대의 경향을 보인다. 본 조사에서 유화물 (H₂S)의 농도범위는 ND-536.6 mg/kg의 범위로 평균 19.3 mg/kg을 보였다. 지점별로는 CODs와 유사하게 지점 81에서 가장 높은 것을 알 수 있었다. 여기서 조사된 H₂S의 평균값은 광양만 (포항종합제철 주식회사, 1998)의 평균값 87 mg/kg보다 낮은 값을 보이는 것을 알 수 있었다. 유화물의 농도분포가 CODs와 비슷한 양상을 보인 것은 갯벌로 유입된 유기물질의 분해 때문인 것으로 판단된다.

갯벌에 함유되어있는 유기물의 총 함량을 의미하는 강열감량 (I.L.)의 등농도 분포도는 Fig. 9에 나타내었으며 전체 범위는 0.47~5.79%로 평균 2.17%였다. 분포양상을 보면, 강열감량이 1.5% 이상인 지역은 만경강과 동진강 하류까지이고 나머지 지역은 1.5% 이하의 양호한 상태를 나타냈다. 지점별로는 만경강 하구인 지점 49와 50에서 5% 이상의 값으로 동진강 하구인 지점 25~27의 3.12~3.83%보다 높았고 계화도 부근인 지점 16, 87~89에서 1% 이하의 낮은 값을 보였다. 조사된 값은 1992년 농림수산부와 전라북도 (1994)의 새만금 종합개발사업에서 보고한 1.085~2.852%보다 약간 높은 값이었으나 조사 위치와 비교해 보면 거의 비슷한 농도 수준임을 알 수 있다. 그러나 1996년 광양만 조사 (포항종합제철 주식회사, 1998)의 1.14~17.7% (평균 5.99%) 조사나 1997년 황해 (환경부, 1997)에서 조사된 4.56~8.20% 보다는 훨씬 낮은 값으로 새만금 조사지역의 갯벌은 상류에서 공급되는 유기물질의 영향이 적음을 알 수 있었다.

갯벌의 유기오염지표로 이용되는 화학적 산소요구량 (CODs)의 등농도 분포도는 Fig. 10에 나타내었다. CODs의 농도범위는 17.54~6,176.3 mg/kg으로 평균 2,183.68 mg/kg을 보였다. 지점별로 보면 제일 높은 농도를 보인 곳은 신창 부근인 지점 80과 81에서 6,000 mg/kg 이상 높은 값을 보였고 현재 방조제 공사에 의해 유속이 가장 빠른 지점 78과 79에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 이들 값은 1992년 새만금 조사에서 보고된 0.51~0.797 g/kg-wet의 분포와 비슷한 수준이었으나 1996년 광양만 (포항종합제철주식회사, 1998)의 3,470~29,510 mg/kg-dry (평균 13,910 mg/kg)의 1/6에 해당하는 낮은 값으로 본 조사 지역의 갯벌은 유기 오염이 심하지 않음을 알 수 있었다.

새만금 갯벌에서 총 탄소의 등농도분포도는 Fig. 12에 나타내었으며 총 탄소의 농도범위를 보면 1,019~10,750 mg/kg으로 평균 3,471 mg/kg을 보였다. 분포 특성으로는 새만금 부안 방조제 쪽과 만경강 하구에서 5,000 mg/kg 이상을 보였고 지점별로는 만경강 하류인 지점 49에서 10,750 mg/kg으로 가장 높은 값을 보였으며 계화도 부근이 낮은 농도를 보였다. 총황의 등농도 분포도는 Fig. 13에 나타내었으며 농도 범위는 100.4~1,561.0 mg/kg으로 평균

747.5 mg/kg의 값을 보였다. 지점별로 보면 만경강 하류인 지점 46에서 가장 높은 농도를 개화방조제 밑인 지점 12에서 가장 낮은 농도를 보이는 것을 알 수 있었다. 갯벌 중 황 축적은 무산소 상태에서 박테리아에 의한 황산염의 환원에 의해 생성된 황화수소가 철과 반응하여 황화철이 형성됨으로써 일어나며, 저층수에 산소가 존재하지 않을 경우에는 수층에서도 이러한 과정이 일어난다. 그러므로 축적된 황의 양은 저층수의 산소존재량, 황화물과 반응할 수 있는 철, 황산염의 농도, 산화될 수 있는 유기물의 양 등에 의해 결정된다. 따라서 만경강 하류인 지점 48~60에서 1,000 mg/kg 이상의 높은 값을 나타내는 것을 보면 만경강에서 유입되는 하천수의 높은 유기물 부하와 낮은 산소농도 영향 때문에 환원상태가 발생된다고 생각된다.

갯벌의 입도조성이 육상기원인지를 판단하기 위한 방법으로 총탄소와 총황의 비 (S/C)를 이용한다. 예를 들면 황산염이나 유기탄소가 풍부한 전형적인 해양 퇴적 물에서의 S/C의 비는 0.36으로 나타나며, 0.36보다 낮은 값은 생성된 황화물이나 철의 부족 때문인 것으로 알려져 있다. 본 조사에서 S/C비는 0.02~0.45의 범위로 평균 0.24를 보였으며 8개 지점을 제외하면 0.36 이하의 낮은 값을 나타내고 있다. 이들 값은 Shim et al. (1998)이 시화호에서 조사한 값인 0.26~0.31보다 낮은 것을 알 수 있었다. 따라서 새만금 갯벌은 만경강과 동진강을 통해 유입된 입자에 의해 생성된 것임을 알 수 있었다.

이상의 결과로 살펴볼 때 새만금 갯벌은 아직까지 다른 하구갯벌에 비하여 상대적 유기오염 정도가 낮아 보존의 가치가 높은 것으로 판단되며, 아직 뚜렷한 화학적 변화는 없으나 차후 공사종료후의 갯벌환경은 시화호와 같은 영향을 받을 개연성은 충분히 있으므로 이에 대한 지속적인 조사 연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

새만금 갯벌의 입도조성 및 유기물질 분포 특성을 조사하기 위해 1999년 갯벌 91개를 채취하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

입도의 특성을 보면 새만금 갯벌은 사질이 우세하였고, 세립한 제이차 혼합물인 실트질이 추가된 반면 Clay 함량은 매우 낮게 나타났다. 평균값의 범위는 4.60~10.90 ϕ 이었고 분급도 범위는 -0.1~1.75 ϕ 이었다. 그리고 왜도의 범위는 -1.0~0.92 ϕ 이었으며 첨도의 범위는 0.27~6.75 ϕ 를 보였다. 그러므로 새만금 방조제 공사에 의해 갯벌은 심한 변화 양상을 보이는 것을 알 수 있었다.

유기물질과 관련된 항목을 살펴보면, ORP의 범위는 -133~200 mV로 평균 73 mV의 산화 상태를 나타내었지만 전체 91개 지점 중 24개 지점에서 환원상태를 나타내고 있었다. CODs의 농도범위는 17.54~6,176.25 mg/kg을 보였고 총탄소와 총황의 비 (S/C)는 0.02~0.45 (평균0.24) 범위를 보였다. 그러므로 새만금 갯벌은 아직까지는 육상에서 유입되는 인위적인 유기 오염물의 영향을 비

교적 적게 받는 것으로 사료되었다.

이상의 결과를 보면 새만금 갯벌은 사질이며 육상에서 유입되는 유기물 오염이 낮아 수산생물 생육 장소로 적합하므로 계속 보존하는 것이 좋을 것으로 생각되며 앞으로도 지속적인 조사연구가 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- Choi, O.I. 1992. Sedimentation in the nearshore zones (intertidal and subtidal) of the Dongjin and Mangyung rivers, west coast of Korea. M.D. of Seoul Nat'l Univ. (in Korean).
- Choi, J.Y. and Y.A. Park. 1993. Distribution and Textural Characteristics of the Bottom Sediments on the Continental Shelves, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 28, 259~271.
- Kim, J.Y. and Y.T. Noh. 1997. Feeding habits of *Acanthobius elongatus* from the Kunsan coast intertidal zone, Neacho-do in the west coast of Korea. J. Korean Fish. Soc., 30, 413~422 (in Korean).
- Kong, Y.S. and S.W. Kim. 1991. Size characteristics of the Korean shelf sediments. J. Oceanol. Soc. Korea, 26, 38~46 (in Korean).
- Park, B.K. and M.Y. Song. 1972. A grain size analysis of bottom sediments of Yeongil bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 7, 74~85 (in Korean).
- Park, Y.A., J.Y. Choi, D.I. Lim and N.S. Hwang. 1999. Mineral Composition and Texture Characters of the Bottom Sandy Sediments off Taean Peninsula, West Sea of Korea. Korean J. Quaternary Res., 13, 99~106 (in Korean).
- Ryou, D.K. 1994. Ecological studies on the population of surf clam, *Macra veneriformis* REEVE. Ph.D. of Cheju National Univ., 1~2 (in Korean).
- Shim, M.J., E.S. Kim, K.T. Kim, G.B. Lee, H.S. Kang and K.W. Lee. 1998. Distribution of organic carbon, sulfur and heavy metals in Shihwa lake sediments. J. KSWQ, 14, 469~482 (in Korean).
- Shin, D.H., H.I. Yoon, S.J. Han and J.K. Oh. 1993. Distribution and Provenance of Clay Minerals in Tidal-flat Sediments of the West Coast of Korea. Ocean Res., 15, 123~136 (in Korean).
- 국립수산진흥원. 1988. 한국 동해남부 연안해역의 지질 및 해양환경조사. 국립수산진흥원 사업보고 73호.
- 국립수산진흥원. 1993. 진도 남부해역 해양지질조사 사업보고 제99호.
- 전라북도·농림수산부. 1994. 새만금 종합개발 사업 어업피해 보상조사 연구 제III편 화학해양학적 조사, pp. 33~70.
- 포항종합제철주식회사. 1998. 광양 자가LNG 터미널 건설사업 피해영향조사서. pp. 176~188.
- 환경부, 과학기술처. 1997. 황해의 해양오염 조사 및 대책 연구.
- 해양수산부. 1988. 해양환경 공정시험방법.

2002년 9월 25일 접수

2003년 2월 10일 수리