

제주도 연안 어장의 저질환경 특성

- 한림항 주변 연안 해역의 퇴적환경 -

윤정수* · 정덕상** · 윤석훈*

*제주대학교 해양과학대학 해양학과, **제주대학교 자연과학대학 화학과

Characteristics of Submarine Environment of Coastal Fishing Grounds around the Cheju Island

- The Sedimentary Environment of Coastal Region Adjacent to Hallim Harbor -

Jeung-Su Youn*, Duk-Sang Jung** and Suk-Hoon Yoon*

*Department of Oceanography, Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

**Department of Chemistry, Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

The distribution patterns of surface sediments, geochemical characteristics and the seasonal variations of suspended particulate matters in water around the Hallim harbor were investigated in order to define the coastal sedimentary environment. In the studied area, there are three types of surface sedimentary facies. The sandy mud sediments are distributed in the offshore of northwestern part, the mixed sedimentary facies are distributed in the central and area of the Hallim port, and the gravelly shell sand facies which is the zonal distribution patterns are distributed in the northwest and southwest regions.

The content of organic carbon which ranges from 2.37 to 8.14% in the sediments increases with the decrease of grain size, but the sediment grain size are not exerted an strong influence on the organic carbon content in the Hallim harbor area. The total concentration of Al, Fe, Ni, Zn and Cu is high in the northwestern offshore region and area in the Hallim port which is covered mainly with fine graine sediments or mixed sediments. This distribution pattern coincides with grain size. However, the patterns of Pb, Mn, Co and Cr content do not follow such an overall distribution pattern, they are decreasing gradually with an increase of distance from the coastal zone.

The concentration of total suspended matters shows a great seasonal variation with high contents during summer and winter season, and a low concentration during autumn season. These phenomena probably result from high discharge of riverine suspended matters during the summer season and the sediments resuspension when strong northwest winds predominate winter. The annul mean value of VSS/TSS ratio is 31.69%, which is not high compared with those of Cheju harbor, Sogwipo port and the other polluted sea areas. This ratio is high in summer and autumn, low in winter, and maximum in the enclosed environment of Hallim harbor. More than 5.20×10^{-6} emu/g high concentration of magnetic susceptibility in the sediments are found in the Hallim port area rather than those of other regions. This may be caused by the fact that Hallim harbor

is an almost enclosed environment and the established more port and many industrial works are established recently.

Key words : Hallim harbor, suspended particulate matters, geochemical characteristics, enclosed environment, magnetic susceptibilities.

서론

제주도 북서사면에 위치하는 한림항 주변지역은 수려한 자연경관을 이루는 협재 용암 동굴지대와 서기 1002년에 화산분출에 의해 형성된 해발 114.1m인 비양도와 함께, 흑조에서 분기된 고온 고염의 대만 난류수, 연안지역으로부터 흘러오는 여러 담수와 기상의 영향을 받아 형성된 양자강 연안수, 남해안 연안수 등의 영향을 받는 복잡한 양상을 보이는 해역이다(원, 1975; 김과 노, 1994; 김 등, 1991).

비양도와 한림항 주변해역은 화산활동으로 생성된 기공이 많은 현무암류의 용암대와 통기성이 좋고 심한 굴곡의 암석돌출부가 완만한 경사로 넓게 분포하고 있고, 흑조의 영향으로 해류 유동이 원활하여 해조류의 번식이 용이함에 힘입어 부착패류 및 어류의 좋은 서식처를 제공함으로써 친해의 어장으로 불리어지고 있다(정 등, 1987). 그러나 제주도 서부해역은 여름철에는 염분농도가 32.0‰ 이하인 저염분수인 중국대륙 연안수가 양자강 하구로부터 북동쪽으로 이동하여 제주도 서쪽해안을 거쳐 제주해협으로 들어와 우리나라 남해 및 동해쪽으로 이동해 간다는 것이 밝혀지기도 하였다(노, 1985; 김과 노 1994). 이 저염분수는 고염분수의 생활환경에 적용되어 있는 제주도 서부연안의 전복, 소라 등과 같은 여러 유용수산 생물에 피해를 주는 것으로 알려지기도 하였다. 또한 최근 한림항은 본도 서부지역의 주요 산업항구로 부각되면서 항만물동량 증가와 이용선박의 대형화 추세에 따른 해운·항만시설의 확장과 연안역 부근에 각종 위락시설과 공장들이 배치되는등 해안선 주변 이용이 증가하기 시작했고 이로인해 산업폐수, 생활하수의 대량방출로 연안환경이 변해 갈 것으로 예상된다. 특히 연구지역에는 한림천과 용포천

이 위치하고 있고 하천역의 도시화로 생활하수가 계속 유입되므로써 주변연안역의 오염화가 우려된다.

이렇게 해양의 이용형태가 다양화되고 연안개발이 급속히 진행되는 것은 산업발달과 인구증가에 따른 피할수 없는 현상인 것이다. 그러나 연안해역은 육지와 바다가 교차하는 특수한 자연환경과 육지와는 다른 여러 특성을 지니고 있으며 연안역의 수질은 필연적으로 상류의 오염원에 기인된다. 특히, 해안매립과 같은 어떤 요인에 의해 수중에 부유물질 양이 많아지면 광투과율이 떨어지고 그에따라 광합성률도 떨어져서 해저생태계가 심각하게 영향을 받게 될 것이다.

특히 소라나 전복과 같은 저서 동물들은 여과성 섭식자이므로 부유물질들이 수중에 다량으로 존재할 경우, 이들 동물의 여과기능 및 호흡기능에 장애를 초래하게 할 뿐만 아니라 다량의 부유물질들이 갑자기 해저면에 침전·퇴적되는 경우에는 매물에 따른 대량 폐사도 발생하게 된다(조와 서, 1998). 연구해역 및 주변해역에 대한 연구를 보면, 강 등(1996)의 제주도 남서부 연안해역의 해수화학적 특성과 용승현상, 김과 노(1994)의 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙 연안수에 관한 연구, 김 등(1994)의 하계 제주도 주변 해역의 수계 및 해수순환, 이 등(1989)의 제주도 해안선 주변 식물플랑크톤의 기초생산 연구, 고 등(1989)의 제주도 해안선 주변 부유성 갑각류의 현존량과 생산량 연구 등 연안 생태계 및 해수의 물리·화학적분야는 많은 연구결과로 비교적 잘 알려져 있으나, 해저 퇴적물에 대한 퇴적학적 연구는 빈약한 편이다.

따라서 본 연구는 한림항 연안해역에서 해저퇴적물을 조직적으로 채취하여 입도분석, 화학분석, 유기물분석을 통하여 이 지역 해저퇴적물의 분포특성과 오염현황을 파악하고 퇴적물 시료에 대한 대자

을 연구와 해수중의 부유퇴적물의 함량과 그 분포 양상의 계절적 변화를 연구하였다.

연구지역 개관

해안 지역의 지질은 제4기 플라이스토세에 속하는 장석감람석 현무암, 비현정질 현무암으로 구성되어 있으나, 장석감람석 현무암이 해안 저지대까

지 넓게 분포하고 있다(Fig. 1). 본 암은 침상의 장석과 감람석 반정을 갖고 매우 다공질인 데다 절리 구조가 발달되어 있어 단조로운 파식대지 해안을 형성하고 있다. 한림항 내로는 유로 연장이 약 9.5km, 유역면적 23.42km²인 한림천이 있으나 강우기를 제외하고는 대부분 건천(乾川)이지만 하천변 지역의 도시화로 주변 생활하수가 연중 유입되고 있다. 그리고 연구지역 남동측에는 서부지역의 주 식수원인 유로 연장이 9.3km, 유역면적 21.10

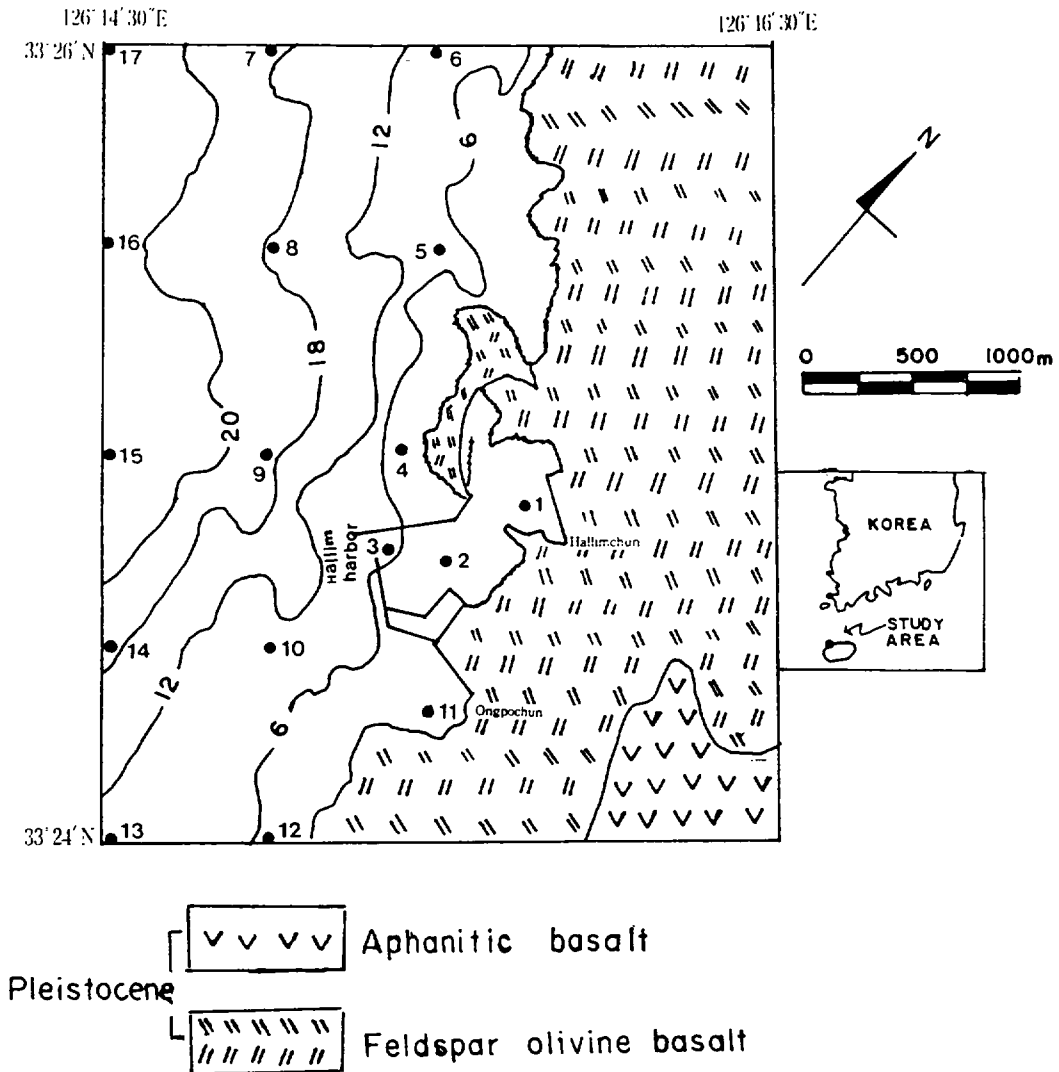


Fig. 1. Sampling site, geology and bathymetric map of the study area (water depth in meters).

km², 유출량이 39650m³/D인 용포천이 위치하고 있다(농진공, 1989).

본 조사지역의 해저지형은 서북쪽 외해를 향해 점진적으로 깊어지는 경향을 보이며 한림리와 비양도 사이에는 북동~남서 방향의 비양수로가 형성되어 있는데 한림리 포구와 비양도를 연결하는 중앙부 지역이 주변지역보다 다소 높은 블록형 해저지형을 이룬다. 그리고 한림항 내측은 수심이 5m 정도이고, 방파제 외측부근은 10m 정도이고 항구 외해의 북서쪽은 수심이 20m 정도로 조사해역 중 가장 깊었고 서방파제 외측부근은 10~12m 정도의 수심을 보이며 공동어장 안쪽 부근은 4~12m 정도로 수심경사가 비교적 급하다(Fig. 1). 한림항 주변 해역은 반일주조가 우세한 조석으로서 항내에서는 들물때 서방파제를 따라 평행하게 흐르던 해수가 동 방파제를 따라 항내로 유입하여 내항으로 해수를 공급해 주고, 그 일부가 외항에서 우회전하여 시계방향의 환류를 형성하며, 썰물때는 내항에서 서방파제를 향하여 남서방향의 흐름이 주류를 이루면서 전 항내의 물이 항 입구를 통하여 항외로 유출된다. 항류는 소조기때 최저 3.9m/sec, 대조기때 최대 11.9m/sec로써 연안역에서 평행하게 흐르는 북동 내지 북항류가 있다(노, 1990). 한편 제주도 서북방 해역은 여름철 중국대륙 연안수가 제주도 서쪽을 우회하여 우리나라 남해안까지 그 세력이 확장하고 있다고 보고되고 있다(김과 노, 1994).

재료 및 방법

본 연구를 위한 시료 채취는 1997년 12월부터 1998년 11월까지 제주대학교 아라 2호와 소형선박을 이용하여 17개 정점에서 행하였다(Fig. 1). 해저 퇴적물은 Van Veen Grab Sampler를 사용하여 시료를 채취하였고, 총 부유물질 분석용 해수시료는 매일 1회 표층수를 채수하였으며, 시료 채취와 병행하여 음향측심기에 의해 수심측정도 실시하였다.

퇴적물은 Carver(1971)의 표준 분석방법에 따라 처리한 후, 사질부는 체질을 통해, 니질부는 피펫방법으로 입도분석을 실시하였고, 조직표준치는 Folk

and Ward(1957)의 방법으로 구하였다. 퇴적물에 포함된 유기탄소의 함량은 건조, 분말된 시료를 sulfo-chromic mixture로 산화시킨 후 남은 산화제를 정량하는 back titration method로 측정하였다(Jackson, 1967). 퇴적물 중의 미량원소 분석은 왕수처리에 의한 방법(Johansson, 1975)에 따라 처리한 후 Pye Unicam SP 9 Atomic Absorption Spectrometer로 분석하였다. 총고형물질(Total Solid)은 시료수를 105°C로 항온 건조시켜 Direct Reading Analytical Balance(Oertling R41)로 측정하였으며, 총부유물질(Total Suspended Solid)은 GF/C 여과지로 시료수를 여과하여 105°C에서 건조후 함량을 구했다. 휘발성 부유물질(Volatile Suspended Solid)은 총부유물질을 측정된 여과지를 550°C에서 회화(灰火)한 후 그 차를 구했고, 총부유물질 중 잔류물질(Fixed Suspended Solid)은 총부유물질과 휘발성 부유물질의 차로써, 또한 용존성 잔류물질(Total Dissolved Solid)은 총고형물질과 총부유물질의 차로써 구하였다(조와 서, 1988). 표층퇴적물의 대차율측정은 M.S. 2B와 M.S.2K sensor가 부착된 Bartington M.S. 2 susceptibility meter를 사용하여 낮은 자장내에서 측정하였다(Molyneux and Tompson, 1973).

결과 및 고찰

표층퇴적물의 분포특성

연구지역내에 분포하는 표층퇴적물의 유형과 그 입도특성은 Table 1과 Fig. 2에 도시되었다. 연구지역 표층퇴적물의 유형은 니사질역(muddy sandy gravel), 소량자갈함유모래(slightly gravelly sand), 자갈함유니질사(gravelly muddy sand), 사질니(sandy mud)등 6개의 유형으로 나누어지나 크게 보아 니사질역 분포지역, 자갈함유 패각편모래 분포지역, 자갈함유니질사 분포역, 사질니토 분포역으로 분류된다(Fig. 2). 니사질역 퇴적물은 니토질을 소량 함유하는 퇴적상으로서 한림항 북서쪽과 남서쪽 연안역에 작은 범위로 분포하며 평균조성은 니토가

제주도 연안 어장의 저질환경 특성

Table 1. Sediment type, textural parameters and C.H.N. content.

Station	Sediment composition				Classification	Textural parameters				Organic matter		
	granule (%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)		Mean (Mz)	Sorting (σ)	Skewness (SK_1)	Kurtosis (K_G)	C (%)	H (%)	N (%)
1	4.05	87.87	3.59	4.49	(g)mS	1.50	1.48	0.61	0.84	4.466	0.307	0.128
2	4.91	79.28	6.43	9.37	(g)mS	1.61	1.52	0.64	0.96	4.592	0.243	0.110
3	23.51	75.18	0.04	0.88	gS	0.36	0.98	-0.19	1.07	2.371	0.128	0.082
4					R-B							
5					R-B							
6	3.43	94.28	1.35	0.94	(g)S	1.67	0.91	-0.18	1.39	2.552	0.133	0.031
7	4.52	91.97	2.34	1.17	(g)S	1.85	0.94	-0.16	1.15	3.140	0.135	0.029
8	28.57	39.46	13.92	18.16	gmS	2.34	3.26	0.54	0.82	6.070	0.241	0.086
9	46.34	41.27	5.33	7.05	msG	-0.83	2.96	0.31	2.71	4.089	0.205	0.037
10	9.37	85.62	4.22	0.78	gS	-0.02	0.87	0.03	0.98	3.643	0.136	0.052
11					R-B							
12					R-B							
13	64.28	29.66	1.87	4.20	msG	-1.53	2.24	0.25	2.48	3.361	0.145	0.075
14	1.03	95.76	2.08	1.13	(g)S	1.87	0.69	0.01	1.07	2.887	0.129	0.048
15	30.74	35.39	12.03	21.84	gmS	2.53	4.87	0.63	0.68	6.175	0.225	0.130
16	0.52	40.51	26.53	32.43	SM	5.87	3.09	0.42	0.43	6.723	0.472	0.157
17		18.65	33.36	47.98	SM	7.17	2.99	0.33	0.58	8.414	0.364	0.173
Range	0.52~ 64.28	1865~ 95.76	2.08~ 33.36	0.78~ 47.98		-1.53~ 7.17	0.69~ 4.87	-0.19~ 0.64	0.43~ 2.71	2.371~ 8.414	0.129~ 0.472	0.029~ 0.173
Average	18.44	62.69	8.70	11.57		1.88	2.06	0.25	1.17	4.499	0.266	0.087

Note : R-B : Rocky-Bottom. msG : muddy sandy gravel, (g)S : slightly gravelly sand, gS : gravelly sand, mS : gravelly muddy sand, (g)mS : slightly gravelly muddy sand, sM : sandy mud, C : organic carbon, H : organic hydrogen, N : organic nitrogen

4.83%. 모래 37.18%, 자갈 57.98%이고, 평균입도는 -1.18 ϕ 로 세립질역에 해당하며, 분급도는 2.60 ϕ 로 매우 불량한 편이다. 소량자갈함유 니질사와 자갈함유니질사 퇴적물은 자갈과 모래, 니트를 함유하는 혼합퇴적상으로서 항내와 연구지역 중앙에 분포한다. 이 혼합퇴적상의 평균조성은 자갈이 17.11%, 모래 60.38%, 실트9.01%, 점토 13.50%이고 평균입도는 1.99 ϕ 로 중립사에 해당하며 분급도는 2.78 ϕ 로 불량한 편이다.

사질니토 퇴적물은 연구지역 북서쪽 끝 외해지역에 소량분포하며 평균조성은 모래 29.58%, 실트 29.96%, 점토 40.21%이고 평균입도는 6.52 ϕ 로 세립질 실트이고 분급도는 3.04 ϕ 로 매우 불량한 편이다. 자갈함유모래 퇴적상은 본역 북서쪽과 남서

쪽에 대상분포를 보이며 평균조성은 자갈이 8.38%, 모래 88.63%, 니토 2.99%이며 평균입도는 1.15 ϕ 로 중립사에 해당하며 분급도는 0.88 ϕ 로 다소 양호한 편이다. 이처럼 연안역에 분포하는 소량 자갈만을 함유하는 사질형 퇴적물이 니트를 함유한 혼합퇴적상 보다 분급도 값이 더 좋은 것은 연안지역에서의 강한 쇄파와 조류의 에너지가 작용하는 사실을 고려할때 파랑과 조류에 의한 세립질 퇴적물의 재동에 의한 것으로 판단된다(윤과 정, 1997).

퇴적물의 유기탄소 함량과 분포

연구지역 표층퇴적물에서 유기탄소의 함량은 2.37~8.41%(평균 4.50%)로 다양한 값을 나타내나

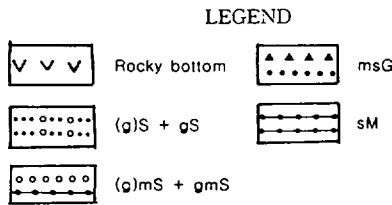
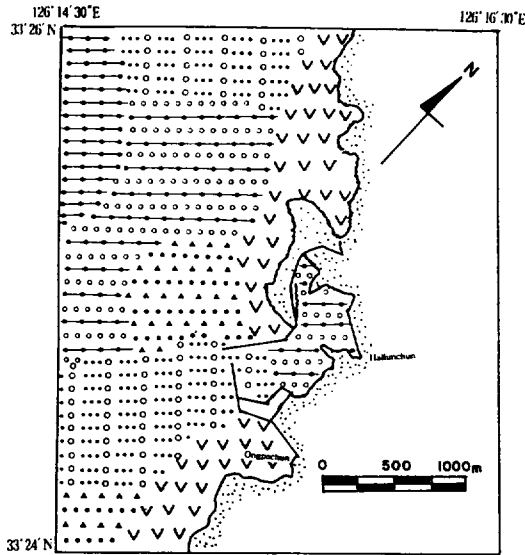


Fig. 2. Distribution of surface sediment type classification after Folk et al.(1968).

Keys ; msG : muddy sandy gravel, (g)S : sightly gravelly sand, gS : gravelly sand, (g)mS : slightly gravelly muddy sand, gmS : gravelly muddy sand, sM : sandy mud.

계주항과 서귀포항 주변해역의 평균 7.18%와 5.87% 보다 낮은 함량치를 보였다(윤과 정, 1997). 퇴적물내 유기탄소 함량은 항내지역을 제외하고는 퇴적물의 입도가 세립화 해지면서 유기탄소 함량이 증가하는 경향을 보였다(Table 1).

본 연구에서 분석된 시료들 중에서 모래함량이 76% 이상인 자갈함유 모래와 소량자갈함유 니질사와 같은 사질형 퇴적물에서는 유기탄소 함량이 평균 3.38%인 반면, 모래함량이 40% 이하인 니질형 퇴적물에서는 평균 함량이 7.57%로 증가한다. 즉 유기탄소 함량을 퇴적물의 평균입도가 감소함에 따라 그리고 퇴적물내 점토함량이 증가함에 따라 전

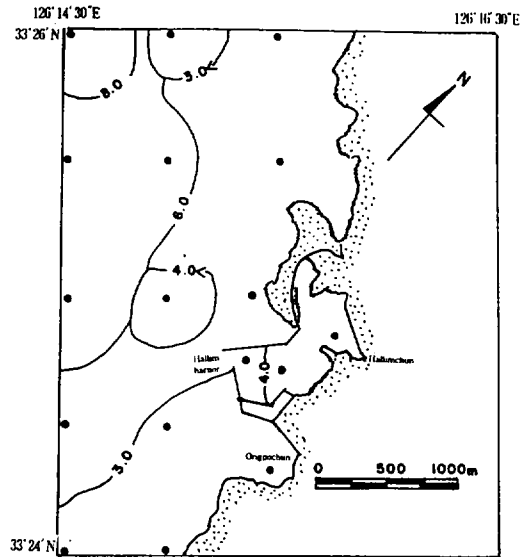


Fig. 3. Distribution of organic carbon content in surface sediment(unit : %).

반적으로 증가하는 경향을 보며 이는 이 등(1989)의 연구결과 와도 잘 일치하고 있다. 유기탄소 함량의 지역적 분포는 Fig. 2와 3에서 보는 바와 같이 퇴적물의 입도에 영향을 받아 퇴적물의 입도가 세립해지고 염분농도가 증가하는 북서쪽 외해지역으로 향함에 따라 유기탄소 함량이 증가하는 경향을 보이는데, 이는 본 해역에서는 퇴적물이 세립질 유형이 조립질 유형의 퇴적물 보다 유기물 흡착율이 높음을 의미한다. 그러나 한림항내 지역과 본역 남동쪽 옹포천이 유입되고 있는 연안해역은 퇴적물 입도에 별로 관계없이 하천유입이 없는 북동쪽의 연안역 보다 유기탄소 함량이 높은 값을 보였다. 이처럼 폐쇄된 항내지역과 하천유입이 있는 연안해역의 높은 유기탄소 함량은 근래에 한림항은 서부지역의 주요 산업항구로 부각되면서 해운·항만시설의 확장과 연안역 부근에 각종 공장과 도시화의 확대에 따른 생활하수가 다량 방출되기 때문으로 해석된다.

금속원소의 함량과 공간분포

연구지역의 17개 표층퇴적물에서 측정된 금속원소의 함량범위와 평균값은 알루미늄 63~354ppm(평균

제주도 연안 어장의 저질환경 특성

116.9ppm), 철 336~1375ppm(평균 716.1ppm), 망간 5.35~7.48ppm(평균 6.55ppm), 크롬 1.15~1.67ppm(1.39ppm), 코발트 0.58~1.87ppm(1.44ppm), 니켈 1.04~2.64ppm(1.80ppm), 구리 0.54~1.42ppm(0.81ppm), 아연 1.06~4.18ppm(평균 2.35ppm) 그리고 납이 0.52~2.37ppm(평균 1.14ppm)이었다. 이는 황해 남동해역의 타 환경에서 보고된 값과 비교할 때 매우 낮았으며(이 등, 1992), 제주항 및 서귀포항 주변 해역 퇴적물의 금속함량과 비교할 때 코발트와 니켈원소를 제외하고는 전반적으로 낮은 함유량을 보여(윤과 정, 1997) 아직까지 한림항 주변해역은 오염이 심하지 않았음을 의미한다.

퇴적물 입도에 따른 금속원소의 함량변화를 살펴 보기 위하여 입도와와의 관계를 Fig. 4에 나타내었다. 인위적인 영향에 비교적 민감한 원소로 알려진 납, 망간, 코발트 원소는 입도와와의 관계가 뚜렷하지 않고 ($R=0.19\sim0.34$) 항내지역이 기타 지역보다 약 1.22~2.02배 다소 높은 함유량을 보였고, 나머지 알루미늄, 철, 니켈, 아연, 크롬, 구리의 금속원소들은 퇴적물의 평균 입도와 비교적 양호한 상관관계($R=0.46\sim0.85$)를 보이며 일반적으로 입도가 세립화함에 따라 점차 함량이 증가하는 관련성을 보여준다.

퇴적물내의 금속원소 함량은 일반적으로 퇴적물의 입도에 따라 크게 변화하는 것으로 알려져 있

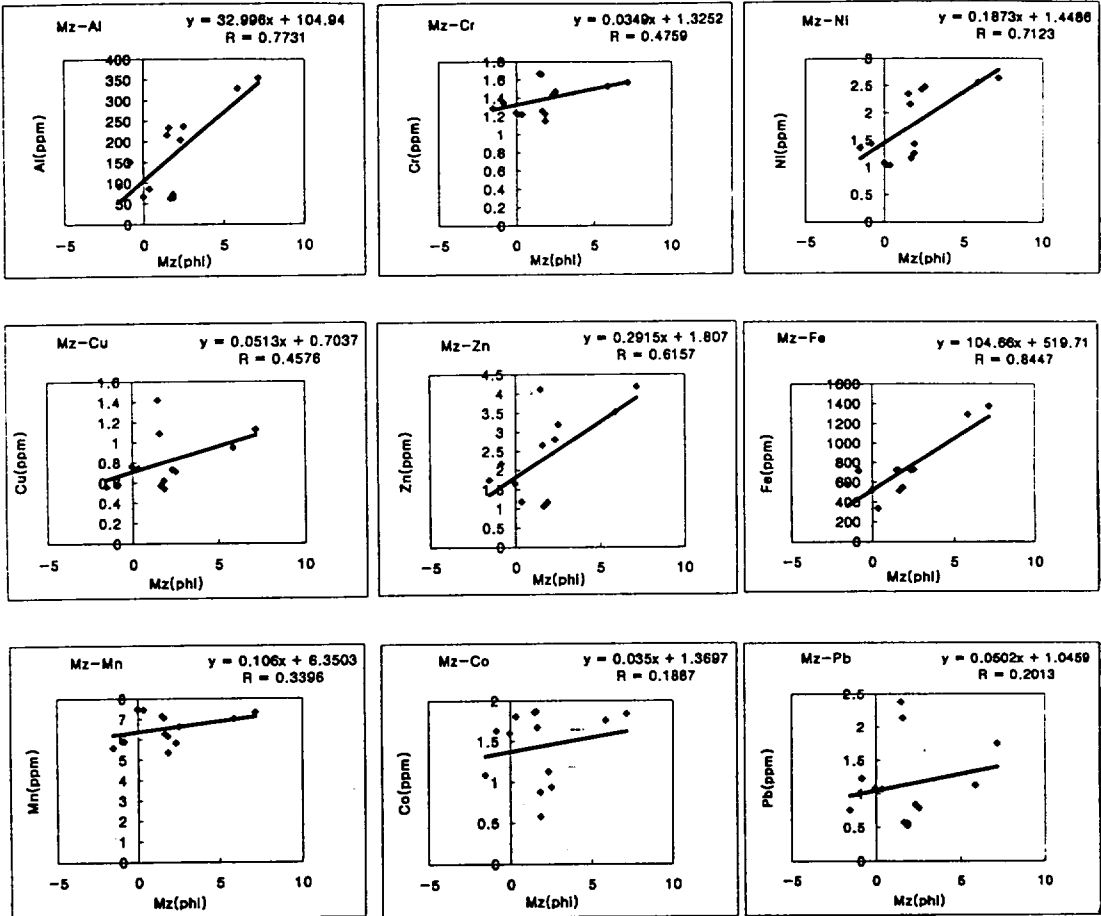


Fig. 4. Pair diagrams between Al, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, Cr, Co, Pb, content and mean grain size(Mz). Lines in figures are best fit regression lines.

며(Förstner and Salomons, 1981 ; Horowitz and Elrick, 1987; 이 등, 1992 ; 조 등, 1994), 연구지역 퇴적물에서 나타난 입도의존적 함량변화 역시 퇴적물의 입도가 일부 금속원소의 함량을 조절하는 주요 요인으로 작용함을 지시한다(Fig. 4). 그러나 입도에 따른 금속함량의 변화는 금속원소에 따라 달리 나타나는 바, 평균입도 4 ϕ 를 기준으로 철과 알루미늄의 함량은 각각 2.21배와 2.53배의 차이를 보이고, 그 외 납, 망간, 코발트, 구리, 니켈, 크롬과 아연은 1.11~1.85배 이하의 다소 미약한 차이를 보여 입도 이외에 퇴적물의 금속함량을 조절하는 다른 요인이 중요하게 작용하고 있음을 시사한다.

금속원소의 공간적인 분포는 알루미늄, 철, 니켈, 아연과 구리의 원소성분들은 한림항내 지역과 북서쪽 사질니토 퇴적물이 분포하는 북서쪽 외해 지역에서 높은 함량치를 보였고, 특히 인위적인 영향에 비교적 민감한 원소로 알려진 납, 망간, 코발트와 크롬 원소는 육지의 영향을 직접 받고 있는 한림항과 연안지역에서 높은 함유량을 보였다. 이처럼 납, 망간, 코발트 함량이 입도에 별 관계없이 연안역에서 높고 외해역으로 갈수록 점차 감소하는 경향은 유입원소의 기원되는 집수역의 지질, 운반물질의 구성성분, 배수구역에서 발생하는 오염원의 증가 등에 기인되는 것으로 사료된다(Zhang et al., 1988).

알루미늄은 사질형 퇴적물이 분포하는 연안지역(st.1~10)에서 63~233ppm(평균 136.6ppm)으로 니질형 퇴적물이 분포하는 북서쪽 외해지역(st.16~17)의 329~354ppm(평균 341.5ppm)보다 평균 2.5배 낮은 함량분포를 보였다(Fig. 5). 이러한 형태의 분포는 연안에서 멀어질수록 세립해지는 본역 퇴적물의 입도변화 경향과 일치하며, 알루미늄 이외에 철, 니켈, 아연 등의 원소에서도 이와 유사한 경향을 보이는데, 이러한 요인은 세립질 퇴적물에서가 중금속 원소들의 흡착률이 크고, 아울러 본 연구지역은 연안환경이라 주변 육지의 하천으로부터 공급된 유입물질과 유입해류에 의해 운반된 물질의 영향을 복합적으로 반영된 결과로 해석된다(Windom et al., 1984 ; Wells and Huh, 1984).

한편, 납, 망간, 코발트와 크롬 원소는 타 금속원

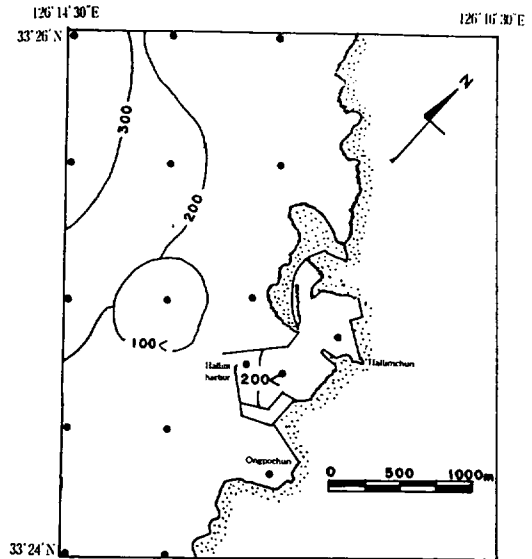


Fig. 5. Distribution of Al content in surface sediment(unit : %).

소와는 달리 퇴적물의 입도와와의 관계가 미약할 뿐만 아니라 이들 원소의 공간적인 분포는 전반적으로 연안역에서 함량이 높고 외해로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보인다. 이는 하천과 접한 연안지역은 부유물질 농도가 높아 중금속의 부유입자상에 흡착되거나 해수순환에 의해 많은 양이 바깥쪽으로 수송되어 진다고 알려져 있는 것과도 잘 일치한다(Gao et al, 1996). 납은 남동쪽 연안지역(st. 1~3, 9, 10)에서 1.07~2.38ppm으로 외해지역(st. 7, 8, 15~17)의 0.52~1.75ppm 보다 약 1.6배 정도의 높은 함량을 보였다(Fig. 6). 납의 함량은 동일 입도의 퇴적물 중 그 함유량이 특히 높게 나타난 퇴적물은 모두 하천과 인접한 항구내 시료들이라, 이는 근원지로부터 거리나 혹은 주변 오염물질의 유입 등으로 인한 공간적 변화가 입도의 조절에 의한 영향보다 크게 작용한 결과라고 해석된다. 납은 휘발성 첨가제로 쓰여 인접하천과 대기를 통해 주변 연안 환경으로 유입되는 원소로서(Nriagu, 1978 ; 이 등, 1992), 본 역 퇴적물 입도와와의 약한 관련성과 항내와 하천이 유입되고 있는 남동쪽 연안시료에서 높은 함유량 등은 납의 분포에 주변 오염물질의 영향을 가장 많이 받고 있음을 의미한다.

제주도 연안 어장의 저질환경 특성

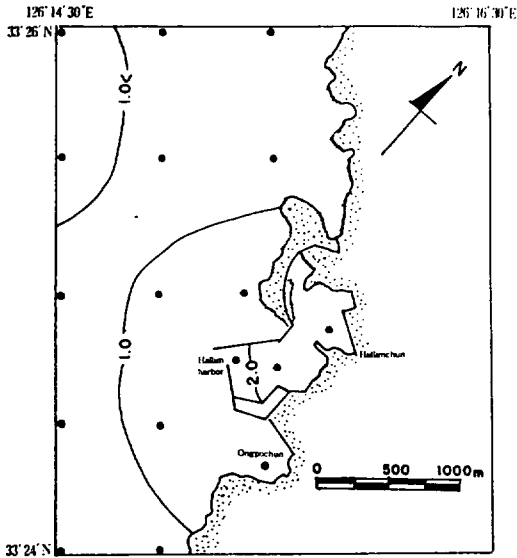


Fig. 6. Distribution of Pb content in surface sediment (unit : %).

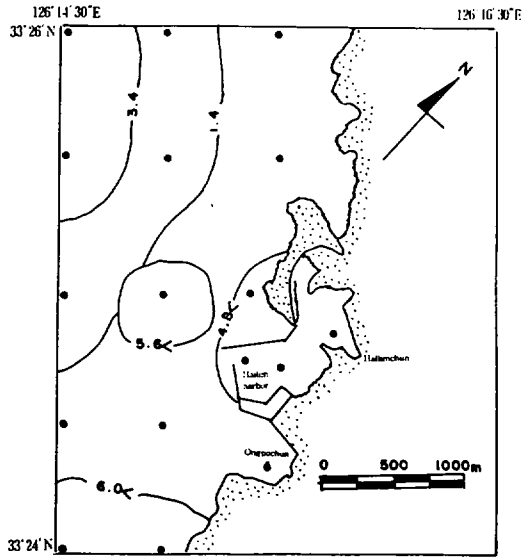


Fig. 7. Aral distribution of the magnetic susceptibility for the study area (unit : $0 \sim 10^6 \text{ emu g}^{-1}$).

해수 중 잔류물과 고형물의 특성

1997년 12월부터 1998년 11월까지 12개월간 매일 17개 정점에서 시료수를 채수하여 수온, 염분, 잔류물과 고형물 등을 조사하였고 각 항목별로 계절별 평균치는 Table 2와 같다.

조사기간 중 한림항 주변 해역에서 수온범위는 13.8~22.3°C이며 연평균 18.1°C였다. 수온의 계절별 평균치는 여름철이 22.3°C로 가장 높고, 가을철 20.4°C, 봄철 15.6°C, 겨울철이 13.8°C 순으로 나타났다 (Table 2). 염분도의 연 평균치는 32.68‰이며, 관측지점 별로는 한림천과 인접한 항내지역과 일일 약 39,650m³이 유입되고 있는 옹포천 주변 연안지역보다 북서쪽 외해지역이 항상 높게 나타났다. 염분의 계절별 변화양상은 하천수 유입이 상대적으로 증가하는 여름철이 평균 30.80‰로 가장 낮고, 가장 높은 겨울철에 비해 2.92%나 낮게 나타났고, 그 다음은 봄, 가을철 순이었다.

관측지역에서 총고형물질(TS)의 연 평균치는 35902.2mg/l 이고, 겨울철이 38438.8mg/l 로 그 농도가 가장 높고, 봄철은 37806.5mg/l, 가을 36371.2mg/l, 여름이 30991.2mg/l 로 가장 낮았다.

이러한 계절적 차이는 총고형물질에는 부유물질 뿐만 아니라 용존물질도 함께 포함하고 있기 때문에 염분이 크게 낮은 여름철 보다 겨울과 봄철에 그 농도가 높아지기 때문으로 해석된다. 관측지점 별로는 북서쪽 외해지역(st. 7~8, 15~17)에서 평균 37887.2mg/l 인데 비하여 한림항주변(st. 1~5, 10~13)은 평균 34588.7mg/l 로 훨씬 낮았다(Table 3). 이는 북서쪽 외해지역은 외해수의 영향으로 염분이 높는데 반해 항구주변 연안지역은 주변 담수의 유입으로 혼합에 의한 염분이 낮기 때문이다.

총고형물질(TS)에서 부유성 고형물질을 제외한 것이 용존성 고형물질(TDS)이다. 해수에는 많은 종류의 물질들이 용존되어 있으며, 그 중에서도 흔히 NaCl, MgCl₂, MgSO₄ 등과 같은 염류가 많이 녹아 있기 때문에 용존성 고형물질의 농도는 이들 염류의 농도에 따라 좌우된다(Allen et al., 1974; 조와서, 1988). 총부유성 고형물질의 농도는 총고형물질에 비해 대단히 적기 때문에 전체적으로 총용존성 고형물질의 계절적 변화 양상은 총고형물질의 농도와 비슷한 특성을 보인다. 총용존성 고형물질의 농도는 역시 겨울철이 38431.9mg/l 로 가장 높

Table 2. Seasonal mean values of various parameters of water samples obtained from coastal region near Hallim Harbor ; water temperature(WT), salinity(SAL), total dissolved solids(TDS), volatile suspended solids(VSS) and fixed suspended solids(FSS).

Spring								
St.	WT(°C)	SAL(‰)	TS(mg/l)	TSS(mg/l)	TDS(mg/l)	VSS(mg/l)	FSS(mg/l)	VSS/TSS(%)
1	14.9	32.62	36080	11.03	36069	3.42	7.61	31.01
2	15.3	33.03	36230	10.17	36220	2.87	7.30	28.22
3	15.5	33.54	36180	9.83	36170	2.13	7.70	21.67
4	15.6	33.56	36150	7.19	36143	2.36	4.83	32.82
5	15.6	33.57	37070	6.63	37063	2.27	4.36	34.24
6	15.7	33.76	38790	6.08	38784	1.86	4.22	30.59
7	16.2	33.80	40690	4.50	40686	1.63	2.87	36.22
8	15.9	33.72	39110	5.17	39105	1.55	3.62	29.98
9	15.9	33.68	38370	5.36	38365	1.78	3.58	33.21
10	15.6	33.53	36950	6.34	36944	2.20	4.14	34.70
11	14.8	32.36	35280	7.06	35273	2.68	4.38	37.96
12	15.3	33.44	36190	7.64	36182	2.25	5.39	29.45
13	15.6	33.62	37880	5.12	37875	2.07	3.05	40.43
14	15.7	33.61	38430	5.17	38425	1.83	3.34	35.40
15	15.8	33.74	38940	4.28	38936	1.48	2.80	34.58
16	16.2	33.75	39590	4.32	39586	1.43	2.89	33.10
17	16.3	33.83	40780	4.56	40775	1.47	3.09	32.24
Range	14.9~	32.62~	36080~	4.28~	35273~	1.43~	2.80~	21.67~
	16.3	33.83	40780	11.03	40775	3.42	7.70	40.43
Mean	15.6	33.48	37806.5	6.50	37800.1	2.08	4.42	32.70

Summer								
St.	WT(°C)	SAL(‰)	TS(mg/l)	TSS(mg/l)	TDS(mg/l)	VSS(mg/l)	FSS(mg/l)	VSS/TSS(%)
1	21.6	29.87	27560	14.37	27546	4.03	10.34	28.05
2	21.9	30.34	28220	12.53	28208	3.71	8.82	29.61
3	22.1	30.71	30580	10.18	30570	2.60	7.58	25.54
4	22.2	30.75	30710	7.82	30702	2.83	4.99	36.19
5	22.3	30.78	30770	7.57	30762	2.58	4.99	34.08
6	22.6	30.86	31950	6.13	31944	2.39	3.74	38.99
7	22.6	31.18	32750	5.20	32745	1.63	3.57	31.35
8	22.5	30.92	32910	5.51	32905	1.56	3.95	28.31
9	22.4	30.83	31890	6.23	31884	1.79	4.44	28.73
10	22.3	30.74	30890	7.30	30883	2.21	5.09	30.27
11	21.8	29.32	26340	8.44	26332	3.14	5.30	37.20
12	22.5	30.54	28480	8.36	28472	3.07	5.29	36.72
13	22.4	30.77	30870	6.35	30864	2.54	3.81	39.84
14	22.5	30.90	32280	6.26	32274	2.36	3.90	37.70
15	22.7	31.20	33470	5.07	33465	2.18	2.89	42.99
16	22.6	32.05	33650	4.87	33645	2.16	2.71	44.35
17	22.8	31.80	33530	5.06	33525	2.13	2.93	42.10
Range	21.6~	29.32~	26340~	4.87~	26332~	1.56~	2.71~	25.54~
	22.8	32.05	33650	14.37	34645	4.03	10.34	44.35
Mean	22.3	30.80	30991.2	7.49	30983.9	2.52	4.96	34.83

제주도 연안 어장의 저질환경 특성

Table 2. (Continued).

Autumn

St.	WT(°C)	SAL(‰)	TS(mg/l)	TSS(mg/l)	TDS(mg/l)	VSS(mg/l)	FSS(mg/l)	VSS/TSS(%)
1	19.8	32.50	34690	8.13	34682	2.68	5.45	32.96
2	20.0	32.52	35230	8.10	35222	2.17	5.93	26.79
3	20.1	32.56	35370	6.37	35364	1.82	4.55	28.57
4	20.2	32.64	35760	6.07	35754	1.86	4.21	30.64
5	20.5	32.76	36020	5.30	36015	1.74	3.56	32.83
6	20.6	32.73	36300	4.66	36295	1.69	2.97	36.27
7	20.5	33.14	38690	2.98	38687	1.38	1.60	46.31
8	20.7	32.93	37830	3.67	37826	1.46	2.21	39.78
9	20.3	32.69	36230	4.64	36225	1.54	3.10	33.19
10	20.4	32.64	35750	5.17	35745	1.73	3.44	33.46
11	19.9	32.54	34840	5.26	34835	1.83	3.43	34.79
12	20.2	32.58	35070	5.28	35065	1.86	3.42	35.23
13	20.4	32.68	36610	4.53	36606	1.65	2.88	36.43
14	20.5	32.75	36680	4.32	36676	1.67	2.65	38.66
15	20.9	32.72	37570	3.77	37566	1.44	2.33	38.20
16	21.1	32.81	37460	3.46	37457	1.36	2.10	39.31
17	20.8	33.02	38210	2.84	38207	1.35	1.49	48.24
Range	19.8~ 21.1	32.50~ 33.14	34690~ 38210	2.84~ 8.13	34682~ 38687	1.35~ 2.68	1.49~ 5.93	26.79~ 48.24
Mean	20.4	32.72	36371.2	4.97	36366.3	1.72	3.25	35.98

Winter

St.	WT(°C)	SAL(‰)	TS(mg/l)	TSS(mg/l)	TDS(mg/l)	VSS(mg/l)	FSS(mg/l)	VSS/TSS(%)
1	13.2	32.87	36120	12.37	36108	2.51	9.86	20.29
2	13.7	33.54	36910	11.40	36899	2.16	9.23	18.95
3	13.6	33.56	37140	10.22	37130	1.74	8.48	17.03
4	13.8	33.68	36850	8.26	36842	1.66	6.60	20.10
5	13.8	33.66	37550	8.08	37542	1.58	6.50	19.56
6	13.9	33.74	39070	6.14	39064	1.54	4.60	25.08
7	14.1	34.05	40160	4.89	40155	1.26	3.63	25.77
8	14.0	33.75	39210	5.35	39205	1.37	3.98	25.61
9	13.9	33.76	39180	6.08	39174	1.36	4.72	22.37
10	13.8	33.63	37630	6.82	37623	1.63	5.19	23.90
11	13.5	33.54	36080	7.67	36072	1.57	6.10	20.47
12	13.6	33.65	36760	8.07	36752	1.65	6.42	20.45
13	13.7	33.74	38370	5.49	38365	1.63	3.86	29.69
14	13.6	33.75	39240	5.46	39235	1.41	4.05	25.82
15	14.1	33.86	40920	4.47	40916	1.25	3.22	27.96
16	13.9	34.15	41140	4.43	41136	1.14	3.29	25.73
17	14.2	34.28	41130	4.77	41125	1.23	3.54	25.79
Range	13.2~ 14.2	32.87~ 34.28	36080~ 41140	4.43~ 12.37	36108~ 41136	1.14~ 2.51	3.22~ 9.86	17.03~ 29.69
Mean	13.8	33.72	38438.8	7.06	38431.9	1.57	5.49	23.21

고 그 다음으로 붓철이 37800.1mg/l, 가을철 36366.3mg/l, 여름철 30983.9mg/l로 가장 낮았다.

Table 3. Annual mean values of each parameter in the Hallim harbor.

St.	WT(°C)	SAL(‰)	TS(mg/l)	TSS(mg/l)	TDS(mg/l)	VSS(mg/l)	FSS(mg/l)	VSS/TSS(%)
1	17.4	31.97	33613	11.48	33601	3.16	8.32	28.08
2	17.7	32.36	34148	10.55	34137	2.73	7.82	25.89
3	17.8	32.59	34818	9.15	34809	2.07	7.08	23.20
4	18.0	32.77	34868	7.34	34860	2.18	5.16	29.94
5	18.1	32.69	35353	6.90	35346	2.04	4.85	30.186
6	18.2	32.77	36528	5.75	36522	1.87	3.88	32.73
7	18.4	33.04	38073	4.39	38068	1.48	2.92	34.91
8	18.3	32.83	37265	4.93	37260	1.49	3.44	30.97
9	18.1	32.74	36418	5.58	36412	1.62	3.96	29.42
10	18.0	32.64	35305	6.41	35299	1.94	4.46	30.62
11	17.5	31.94	33135	7.11	33128	2.31	4.80	32.61
12	17.9	32.55	34125	7.34	34143	2.21	5.13	30.46
13	18.0	32.70	35933	5.37	35928	1.97	3.40	36.60
14	18.1	32.75	36658	5.30	36653	1.82	3.49	34.40
15	18.4	32.88	37725	4.40	37721	1.59	2.81	35.93
16	18.5	33.19	37960	4.27	37956	1.52	2.75	35.62
17	18.5	33.23	38413	4.31	38408	1.55	2.76	37.09
Range	17.4~	31.94~	33135~	4.27~	33128~	1.48~	2.75~	23.20~
	18.5	33.23	38413	11.48	38408	3.16	8.32	37.09
Mean	18.1	32.69	35902.2	6.51	35897.1	1.97	4.53	31.69

Keys : WT : water temperature, SAL : salinity, TS : total solid, TSS : total suspended solid,

TDS : total dissolved solid, VSS : volatile suspended solid, FSS : fixed suspended solid.

관측 지점별로는 한림항 연안지역(st. 1~5, 10~13)이 평균 34584.4mg/l로서 북서쪽 외해지역(st. 7~8, 15~17)의 평균 37882.6mg/l에 비해 약 1.1배 낮게 나타났다(Table 3). 이러한 계절별, 관측 지역별 총용존성 고형물질의 농도변화 경향은 총고형물질에서 설명한 바와 같이 항구주변 지역에는 용천수와 옹포천 등 상시하천이 있어 계절에 따른 주변하천수 유입량의 차이와 외해수의 영향 등으로 인한 염분변동에 기인하는 것으로 판단된다.

연구지역에서 총부유물질(TSS)의 계절별 함량변화와 평균값은 여름철이 4.87~14.37mg/l (7.49mg/l)로 가장 높고, 그 다음이 겨울철 4.43~12.37mg/l (7.06mg/l), 봄철 4.28~11.03mg/l (6.50mg/l), 가을철 2.84~8.13mg/l (4.97mg/l)의 순으로 나타났다(Table 2). 강수량이 많은 여름철에 총부유물질의 농도가 높은 원인은 하천 담수의 공급이 크게 증가한 풍수기 동안 육성기원 부유물질이 하천담수의 운반에 따른 단순 확산작용에 의하여 인근 해

역으로 공급되는 것으로 판단된다. 또한, 강수량이 적고 바람이 강한 겨울철에 총부유물질의 농도가 높은 것은 본 연구지역은 파랑에너지가 강한 수심이 20m 내외의 얕은 연안역이라 동계의 강한 북서계절풍의 표면 마찰력은 직접 해저에 전달되어 해저마찰력은 크게 증가되고 해저퇴적물이 재부유된다(Kang and Choi, 1984 ; 최, 1993). 이와 같이 재부유된 부유물질은 쉽게 상부수괴로 확산되어 표층수의 부유물 함량을 증가시키는 것으로 해석된다.

관측지점별 총부유물질의 평균 농도는 한림항부근(st. 1~5, 10~12)에서 6.40~11.48mg/l로 높고 북서쪽 외해지역(st. 7~8, 15~17)으로 향함에 따라 평균 4.46mg/l 이하로 부유물 함량이 연안역으로 부터 바다쪽으로 감소하는 현상(Table 3)은 일차적으로 혼탁한 유입 하천수가 외해의 해수와 혼합되는 단순 확산작용에 의한 희석작용으로 해석된다. 본역에서의 연평균 총부유물질의 농도는 6.51mg/l로서, 온산만의 20.5mg/l(한, 1983), 금

강하구의 199.8mg/l(조와 서, 1988), 광양만의 21.61mg/l(Kim et al. 1985), 천수만의 33.4~125.4mg/l(장, 1985), 제주항의 7.13mg/l(윤과 정, 1997), 서귀포항의 6.78mg/l(윤 등, 1998)에 비해 훨씬 낮은 값을 나타내어 전반적으로 생물서식에 좋은 상태임을 암시해 주고 있다. 일반적으로 부유물질은 수중탁도를 증가시키고 빛의 투과 및 수중식물의 광합성을 억제하며, 해조류의 표면에 부착하여 성장에 영향을 줄 뿐만 아니라 어패류의 아가미에 축적되어 호흡기능을 마비시키는 등 제반 수중생물의 생리에 나쁜 영향을 미친다. 해안매립 및 한림항 확장공사 기간을 제외하고는 현재까지 한림항 연안역에서의 높은 고형물질로 인해 소라, 전복 등 유용생물의 서식환경에 직접적으로 바람직스럽지 못한 영향을 미친 것으로 생각하긴 어려우나 한림항 시가지 밀집지역 부근해역(st. 1~5, 10~12)의 부유물질 농도가 연평균 6.41mg/l 이상으로 외해지역 보다 높은 점을 고려하고(Table 3), 앞으로 한림항이 서부지역의 주요 산업항구로 활용되면서 해운·항만시설의 확장과 연안역 부근에 각종 공장시설들이 입주하면 인근해역까지 부유물질 농도가 증가하게 되어 주변 제1종 공동어장에 악영향을 미칠 것으로 예측된다.

총부유물질은 그 구성성분에 따라 휘발성 부유물질(VSS)과 무기성 부유물질(FSS)로 나누어진다. 이 중에서 휘발성 부유물질의 농도가 높다는 것은 부유물질 중 유기성 성분이 많이 포함되어 있다는 것을 뜻하며, 이러한 유기질이 부유물질에 많다는 것은 부패가능 성분이 많다는 것을 뜻하기 때문에 그만큼 수질악화가 일어나기 쉽게 된다. 한림항부근 해역에서의 휘발성 부유물질의 계절적 함량변동과 평균값은 수온이 높고 생물활동이 활발한 여름철이 1.56~4.03mg/l(2.52mg/l)로 가장 높고, 다음이 봄철 1.43~3.42mg/l(2.08mg/l), 가을철 1.35~2.68mg/l(1.72mg/l), 겨울철 1.14~2.51mg/l(1.57mg/l)으로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 관측지점별로는 총부유물질의 농도변화와 마찬가지로 북서쪽 외해지역(st. 7~8, 15~17)이 1.48~1.59mg/l(1.53mg/l)인데 비해 한림항주변(st. 1~5, 10~13)은 1.94~3.16mg/l(2.29mg/l)로 평균 1.5배 높

았다(Table 3). 이는 옹포천 하류역의 주정공장과 한림항의 확장에 따른 항구주변의 급격한 도시화의 집중에 따른 정화되지 않은 생활하수 등이 항내 및 주변 해역으로 유입에 따른 유기물질 유입이 증가하는 현상일 것으로 해석된다. 휘발성 부유물질의 연평균 농도는 1.97mg/l로서 금강하구의 22.0mg/l(조와 서, 1988), 낙동강하구 6.1mg/l(박 등, 1985), 온산만의 3.4mg/l(양 등, 1983), 제주항의 2.40mg/l(윤과 정, 1997), 서귀포항의 2.33mg/l(윤 등, 1998)보다 낮게 나타났다.

보통 수질분석에 있어서는 휘발성 부유물질 자체의 농도만으로 평가하기 보다는 TSS에 대한 VSS의 비로 나타내어 평가하는 것이 일반적이다. 한림항 부근 해역에서 VSS/TSS비의 계절적 변동과 평균값은 가을철이 26.79~48.24%(35.98%)로 가장 높고, 여름철 25.54~44.35%(34.83%), 봄철 21.67~40.43%(32.70%), 겨울철 17.03~29.69%(23.31%)의 순으로 나타났다. 가을철이 VSS/TSS의 비가 여름철보다 높은 원인은 1998년 제주서부 지역의 강수량은 여름철의 307.9mm인데 비해 가을철(9~10월)이 254.3mm로 하천 담수의 공급이 크게 증가하였고 가을철 이상고온으로 플랑크톤과 같은 부유생물이 많이 번식하였기 때문으로 여겨진다. 한림항 부근 해역에서의 이러한 계절적 변동은 금강하구에서의 조와 서(1988) 및 낙동강 하구에서의 박 등(1985)의 연구결과와 유사한 경향을 보이며, 박 등(1985)은 여름철 VSS/TSS비가 높은 원인으로 여름철 일사량의 증가로 인한 생물활동과 관련이 있는 것으로 해석하고 있다. 조사지역에서 VSS/TSS의 연 평균치는 23.20~37.09%(31.69%)로 나타났는데(Table 3), 이는 낙동강하구의 40%이상(박 등 1985), 금강하구 비인만의 39%(김, 1987), 제주항의 33.58%(윤과 정, 1997), 서귀포항의 34.43%(윤 등, 1998)에 비해 낮은 값을 보여, 이는 본 조사지역이 아직 유기물에 의한 수질오염은 심한 편이 아니라는 것을 뜻한다. 그러나 한림항 지역은 제주 서부지역의 주요 산업항구로 이용선박과 항만 물동량의 증가에 따른 항만시설이 확장과 항구주변 지역에 각종 공장시설들이 많이 증가하고 있기 때문에 VSS/TSS의 비도 점차 증가할 것으로 예상된다.

퇴적물내 대자율값의 공간분포

대부분의 암석이나 퇴적물에는 소량의 자성광물을 함유하고 있다. 이러한 광물들은 세립질 형태로 기질 전체에 분산되어 있으며 약한 자장 H내에서 자장의 강도에 비례하여 자화(induced magnetization) J를 일으킨다. 그 비는 $K=J/H$ 이고 이를 대자율이라 한다(Nagata 1961).

조사지역 13개 표층퇴적물시료에 대한 대자율 측정은 Bastington M.S.2 Susceptibility Meter를 이용하여 측정하였다. 대자율값은 일반적으로 암석이나 퇴적물 내에서 자성광물의 농집정도와 입도 등에 좌우된다(Jahren, 1963; Shandley and Bacon, 1986).

한편, 퇴적물내의 대자율값은 자성광물의 함량 정도를 평가할 수 있음이 확인된 이래 호수나 해양 퇴적물에 대한 대자율 연구를 통하여 퇴적층의 층서대비, 쇄설성 물질의 근원지 추정, 연안도시 및 공업밀집지역의 오염 모니터링, 대륙붕지역의 표사광상 부존 평가 등에 많이 이용되고 있다(Tompson et al., 1980; Tompson and Morton, 1979; Vonderhaar and Johnson, 1973; Radhakrishnamurty et al., 1968; Bloemend et al., 1979). 최근에는 하구 주변 지역의 도시 및 공업지역의 확대, 댐 건설, 산림개간 등으로 인한 오염물질 배출량과 토양층 침식의 증가에 따른 육상쇄설물질이 근원지로부터 이동·확산되는 범위와 오염실태 등을 추정하는데도 대자율 연구가 이용되고 있다(Tompson and Oldfield, 1987).

조사지역 표층퇴적물의 대자율값의 평균값은 $3.21 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ 을 보이며 이들의 수평적분포는 Fig. 7과 같이 지역적인 차이를 보인다. 즉 한림항 내지역(st. 1~3)과 북서쪽 외해역(st. 16~17)의 니질형 퇴적물이 분포하는 지역에서는 각각 $5.20 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ 과 $3.54 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ 이상의 높은 대자율 값을 보이고, st. 9와 13을 제외한 나머지 지역은 $1.21 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ 이하의 낮은 값을 보인다. 이는 제주항 주변해역의 $18.6 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ (윤과 정, 1997)과, 서귀포항 주변해역의 $14.09 \times 10^{-6} \text{emu/g}$ (윤 등, 1998)에 비해 훨씬 낮아 한림항 주변해역은 아직 인위적인 오염이 가장 심하지 않았음을 의미한다.

그러나 사실형 퇴적물이 분포하는 한림항내 지역의 니질형 퇴적물이 분포하는 북서쪽 외해역(st. 16~17)보다 대자율 평균값이 약 1.5배 높게 나타나는 것은 항구내는 폐쇄된 환경이라 한림천을 통해 고농도의 부유물질을 함유한 주변의 각종 생활하수가 다량으로 집적되고 있으며 이들의 외해역으로 직접 이동되는 것은 크게 제한되는 것으로 해석된다.

결론

한림항 주변해역에서 해저퇴적물과 부유퇴적물 함량의 계절적 변화를 분석한 결과 다음과 같은 특징을 보였다.

1. 연구지역 퇴적물의 분포는 혼합퇴적상, 니질퇴적상 및 자갈함유 사질퇴적상의 세 가지로 구분된다. 혼합형 퇴적상은 항내와 중앙역에 분포하며, 평균입도는 $-1.18 \sim 1.99 \phi$ 로 세립질역과 중립사에 해당하며 분급도는 $2.60 \sim 2.78 \phi$ 로 불량하다. 니질퇴적상은 북서쪽 끝 외해지역에 소량 분포하며, 평균입도는 6.52ϕ 로 세립실트이고 분급도는 3.04ϕ 로 매우 불량하다. 자갈함유 사질퇴적상은 북서 및 남서쪽에 대상분포를 보이며, 평균입도는 1.15ϕ 로 중립사이며, 분급도는 0.88ϕ 로 보통 정도이다.
2. 퇴적물내 유기탄소 함량은 $2.37 \sim 8.41\%$ 로 다양한 값을 나타내나, 제주항과 서귀포항 주변해역 보다 낮은 함량치를 보였다. 유기탄소 함량의 공간적인 분포는 입도에 영향을 받아 북서쪽 외해지역에서 높은 함유량을 보였으나, 한림항 연안지역에서는 퇴적물 입도에 관계없이 항내역에서 높은 함유량을 보였고 바다쪽으로 향함에 따라 감소하였다.
3. 퇴적물내 중금속 원소의 함량은 제주항과 서귀포항보다 낮은 값을 보였고, 퇴적물 입도에 따른 중금속 원소의 함량변화는 알루미늄, 철, 니켈, 아연, 크롬, 구리원소는 입도가 세립질 유형에서 높은 함유량을 보이나, 납, 망간, 코발트 원소는 입도와의 관계가 뚜렷하지 않고 항내지역에서 높았다. 중금속 원소의 공간적인 분포는 알루미늄, 철, 니켈, 아연, 구리의 원소성분들은 니질퇴적물이 분포하는 북서

쪽 외해지역과 한림항에서 높은 함유량을 보였고, 남, 망간, 코발트 및 크롬 원소는 외해역보다 연안역과 한림항에서 높았다. 이는 근원지로 부터의 거리나 또는 주변 육상 오염물질의 유입으로 인한 공간적인 변화가 퇴적물 입도의 조절에 의한 영향보다 크게 작용하고 있음을 나타냈다.

4. 총고형물질과 용존성 고형물질은 염분의 영향을 크게 받아 겨울철에 그 농도가 가장 높고 여름철에 가장 낮았다. 총부유물의 농도는 6.51mg/l로 제주항과 서귀포항에 비해 낮은 값을 보여 전반적으로 생물서식에 좋은 환경임을 나타냈으며, 총부유물질 함량의 계절적 변화는 여름철과 겨울에 높고 가을철에 낮게 나타났다. 이와 같은 계절적 변화양상은 풍수기인 하계에 많은 양의 육상기원 부유물질이 주변하천을 통해 공급되고 있으며, 겨울철에는 주변하천을 통한 부유물질의 공급량은 적지만 수심이 얕은 연안해역이라 강한 북서계절풍의 영향으로 해저퇴적물이 활발하게 재부유되고 재이동되는 것으로 여겨진다. VSS/TSS비의 연 평균치는 31.69%(23.20~37.09%)로 제주항 및 서귀포항 보다 낮은 값을 보였고, 여름과 가을에 각각 34.83%, 35.98%로 높고 겨울철이 23.21%로 가장 낮았으며 폐쇄된 환경인 한림항에서 높은 값을 보였다.

5. 본 역 퇴적물내의 대자울값은 한림항에서 5.20×10^{-6} emu/g로 제주항과 서귀포항 연안역에서의 각각 18.6×10^{-6} emu/g, 14.09×10^{-6} emu/g 보다 훨씬 낮은 값을 보여 한림항 주변해역은 아직 인위적인 오염이 심하지 않았음을 의미한다.

사 사

이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 대학부설 연구소 연구과제 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

강태연, 최영찬, 고유봉, 1996. 제주도 남서부 연안 해역의 해수화학적 특성과 용승현상. 한국수

산학회지, 29(5), 603~613.
 고유봉, 이준백, 최영찬, 1989. 제주도 해안선주변 부유성 갑각류의 현존량과 생산량(1987년 6월~1988년). 한국지구과학회지, 10(1), 68~75.
 김구, 노홍길, 이상호, 1991. 하계 제주도 주변해역의 수계 및 해수순환. 한국해양학회지, 26(3), 262~277.
 김인옥, 노홍길, 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 한국수산학회지, 27(5), 515~528
 노홍길, 1985. 제주도 주변해역의 어장환경에 관한 연구. 박사학위 논문, 동경대학, p. 1~215
 노홍길, 1990. 한림항, 성산포항 어업권 피해영향 조사보고서. 제주대 해양연구소, p. 175~210
 농어촌진흥공사, 1989. 제주도 지하수 장기개발계획 조사보고서, p. 25~228
 김영길, 1987. 비인간 해태작용 불량원인 조사보고서. 군산수산전문대학 수산과학 연구소, p. 90~91.
 박영만, 오윤근, 박청길, 1985. 낙동강 하구역에 출현하는 황록색 청색대의 특성에 관한연구. 한국해양학회지, 20(3), 30~36.
 양병수, 임재명, 김인수, 1983. 온산만 해역의 수질 조사(II). 한국 어업기술학회지, 19(2), 30~135.
 이준백, 최영찬, 고유봉, 1989. 제주도 해안선주변 플랑크톤의 기초생산. 한국지구과학회지, 10(1), 62~67
 이창복, 박용안, 최진용, 김기범, 1989. 한국동남해역 대륙붕과 대륙사면 표면퇴적물의 분포와 특성. 한국해양학회지, 24(1), 39~51.
 이창복, 정희수, 정갑식, 1992. 황해 남동해역 표층 퇴적물중 수중 금속원소의 분포특성에 관한 연구. 한국해양학회지, 24(1), 55~65.
 원종관, 1975. 제주도 화산암류에 대한 암석화학적 연구. 지질학회지, 12(4), 207~226.
 윤정수, 정덕상, 1997. 제주도 연안어장의 저질환경 특성(1). 제주항 주변연안 해역의 퇴적환경. 한국지구과학회지, 18(5), 387~400.
 윤정수, 정덕상, 윤석훈, 1988. 제주도 연안어장의

- 저질환경특성. 서귀포항 주변연안의 퇴적환경. 한국지구과학회 투고중
- 장선덕, 1985. 천수만 방조제 건설에 따른 해양 및 어업영향 조사보고. p. 1~141.
- 정상철, 이기완, 조재현, 김대환, 1987. 소라증산에 관한 학술보고서. 제주대학교 해양연구소, p. 7~20.
- 조영길, 이창복, 최만식, 1994. 남해 대륙붕 표층퇴적물 중 중금속원소의 분포특성. 한국해양학회지, 29(4), 338~356.
- 조주환, 서만석, 1988. 금강하구역의 부유물질 연변동에 관한연구. 한국지구과학회지, 9(2), 143~162.
- 최진용, 1993. 금강하구 및 인근해역에서 부유퇴적물의 계절적 변동에 관한연구. 한국해양학회지, 28(4), 272~280.
- 한영호, 1983. 울주군 온산면 이진, 월산, 당월, 우봉리 연안해역 어장에 미치는 해양환경연구. 부산수산대학 해양과학연구소, 15, 49~58.
- Allen, G.P., P. Castaing and A. Klingebiel, 1974. Suspended sediment transport and deposition in the Gironde Estuary and adjacent shelf. Mem. Inst. Geol. Bassin Aquitaine 7, 27~36.
- Bloemendal, J., F. Oldfield and R. Thomson, 1979. Magnetic measurements used to assess sediment influx at Llyn Goddiondvon. Nature, 28, 50~53.
- Carver, R. E., 1971. Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience, p. 15~28.
- Folk, R. L. and W. C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sedi. Pet., 27, 3~26.
- Förstner, U. and W. Salomons, 1981. Trace metal analysis on polluted sediments. Environ. Sci. Technol. Lett., 1, 494~517.
- Gao, S., Y.A. Park, Y. Zhao and Y. Qin, 1996. Transport and resuspension of fine-grained sediments over the southeastern Yellow Sea. 83-98. Proceedings of the Korea-China International Seminar on Holocene and Pleistocene Environments in-the Yellow Sea Basin. Nov 20~22, 1996, Seoul, Korea.
- Horowitz, A. J. and K.A. Elrick, 1987. The reaction of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. Appl. Geochem. 2, 437~451.
- Jahren, C. E., 1963. Magnetic susceptibility of bedded iron formation, Geophysics, 28, 756~766.
- Jackson, M. L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Johansson, C. G., 1975. Manual of methods in aquatic environment research, FAO Technical paper No. 137.
- Kang, S. W. and J. K. Choi, 1984. Surface waves and bottom shear stresses in the Yellow sea. J. Oceanol. Soc. Korea, 19(3), 118~124.
- Kim, Y. S. and S. K. Hong, 1985. Water quality and diffusion characteristics on Kwangyang Bay. Bull. Fish. Sci. Inst. Kunsan Fish. Jr. Coll, 1, 11~20.
- Molyneux, L. and R. Tomson, 1973. Rapid measurement of the magnetic susceptibility of long cores of sediment. Geophys. Jour. Astr. Soc., 32, 479~481.
- Nagata, T., 1961. Rock magnetism, Maruzen, Tokyo, p. 320~351.
- Nriagu, J. O., 1978. The biogeochemistry of lead in the environment. Elsevier, Amsterdam.
- Radhakrishnamurty, C., S. D. Liktite, B. S. Amin and B. K. K. Simayajolu, 1968. Magnetic susceptibility stratigraphy in ocean sediment cores, Earth Planet. Sic. Lett., 4, 464~468.
- Shandley, P. D. and L. O. Bacon, 1986. Analysis for magnetite utilizing magnetic susceptibility. Geophysics, 31, 398~409.
- Tompson, R. and D. J. Morton, 1979. Magnetic susceptibility and particle-size distribution in recent sediments of the Loch Lomond

제주도 연안 어장의 저질환경 특성

- drainag basic, Scotland. J. Sediment. Petro., 49, 801~812.
- Tompson, R., J. Bloemondal, J. A. Dearing, F. Oldfield, T. A. Rummery, J. C. Stober and G. M. Turner, 1980. Environmental applications of magnetic measurements. Science, 207, 481~486.
- Tompson, R. and F. Oldfield, 1987. Environmental Magnetism. ALLEN & UNWIN, London, p. 124~152.
- Vonder Haar, S. P. and W. H. Johnson, 1973. Mean magnetic susceptibility: A useful parameter for stratigraphic studies of glacial till. Jour. Sediment. Petrol., 43, 1148~1151.
- Well, J. T. and O. K. Huh, 1984. Fall-season patterns of turbidity and sediment transport in the Koera Strait and Southeastern Yellow Sea. In, T. Ichiye(Editor), Ocean Hydrodynamics of the Japan East China Sea. Elsevier, Amsterdam., p. 387~397.
- Windom, H. L., R. G. Smith and Jr. Manuwadi, 1984. Trace metal composition and accumulation rates of sediments in the upper Gulf of Thailand. Estuarine Coastal and Shelf Science., 19, 133~142.
- Zhang, J., W. W. Huang and J. M. Martin, 1988. Trace metals distribution in Huanghe (Yellow River) estuarine sediment. Estuar. Cost. and Shelf Sci., 26, 499~516.