

전남 광양만과 순천만 표층퇴적물의 중금속 함유량에 관한 연구

윤정한 · 오근창¹⁾

1. 서 론

공단주변이나 도시가 발달된 지역을 중심으로 오염의 징후가 가속화되는 현상에 주목하여 이 지역의 대표적 공업지대인 광양만과 인근 순천만의 표층퇴적물을 대상으로 유해 중금속의 분포형태와 오염의 정도를 지구화학적 측면에서 규명하고자 하였다. 표층퇴적물을 대상으로 중금속 오염에 관한 연구로는 이동수와 한상준(1978)이 남해동부 연안퇴적물의 중금속함량에 관해서 연구한 바 있고, 이광우등(1986)이 한국 연안퇴적물의 중금속오염에 대하여 연구한 바 있으며, 최근에도 많은 관련 논문과 보고서가 제출되고 있다. 본 연구에서는 연구지역내의 표층퇴적물에 대한 중금속 흡착에 대하여 확인하고 그 존재양태와 오염의 진행유무, 그리고 주변환경과의 연관성을 확인하는데 연구의 목적을 두고 있다.

2. 시료채취 및 실험방법

분석시료는 1차로 1993년 12월 11일부터 1994년 1월 11일까지 바닷물이 빠져나간 시간을 이용하여 시료채취기로 퇴적환경을 대표할 수 있는 표층퇴적물(0~15cm)과 하부퇴적물(30~40cm)로 구분하여 임의로 1m간격의 격자망의 곳고 9군데 시료를 취합하는 방식으로 각각 3kg정도를 채취하였으며, 2차 시료는 97년 7월 31일부터 97년 8월 2일까지, 3차 시료는 98년 8월 10일부터 8월 12일까지 각각 채취하였다. 1차 채취시료에 대하여 상부퇴적물과 하부퇴적물간의 오염의 양태를 비교하였으며, 상부퇴적물만을 채취한 2차이후의 채취시료는 1차 채취시료와 비교하여 오염의 진행을 관찰하였다.

퇴적물에 대한 작열감량(L.O.I.; Loss on Ignition)분석을 실시하였으며, 조선대학교 공동기기분석실의 XRD(X-ray Diffraction) 분석기(Rigaku 社)로 상부퇴적물과 하부퇴적물에서 추출한 각각의 상등액에 대하여 광물감정을 실시하였다. 전처리 과정을 거친 시료를 20g 취하여 0.5 l 플라스틱에 담은 뒤 증류수를 500ml 표선까지 채운 후 20분 정도 잘 저은 다음 10분 후에 상등액을 다른 비이커에 취하여 이를 전기로에서 110°C로 24시간 건조한 후 1g정도를 분석시료로 하였다. 입도분석은 전남대학교 공과대학 부속공장의 MALVERN instruments의 MASTER SIZER-20 기기를 이용하였으며, 화학분석을 위하여 tungsten carbide(WC+CO)재질의 disc mill을 700rpm으로 10분간 작동시켜 150mesh이하로 분쇄한 10g정도의 시료를 제조하였다. 영국 런던대학에서 X-ray fluorescence(XRF)로 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, K₂O 및 Na₂O 등과 같은 주성분 원소함량을 분석하였으며, 미량성분원소함량은 캐나다 ACTALABS에서 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)로 분석하였다.

주요어 : 광양만, 표층퇴적물, 상부퇴적물, 하부퇴적물, 중금속

1) 전남대학교 공과대학 자원공학과

3. 결과 및 고찰

유기물함량분석결과 순천만과 광양만 시료 공통으로 최근들어 유기물함량이 감소하는 경향을 보였으며, 또한 상대적으로 광양만 시료중의 유기물함량이 순천만의 경우보다 더 적은 것으로 나타났다. 이는 두 곳 모두에서 저서생물의 생육환경이 악화되었음을 의미하며, 매립에 의한 공단조성이 주요인인 것으로 사료된다.

Folk(1954)의 삼각도표법에 의하면 순천만 표층퇴적물은 대부분 sandy silt의 영역에 도시되고 있으나, 광양만 해안퇴적물의 경우는 silty sand의 상대적으로 굵은 입경분포를 보임을 알 수 있다. 이는 광양만 표층퇴적물은 퇴적물의 공급원이 연안과 접하고 있는 반면에 순천만의 경우는 공급원이 연안으로부터 멀기 때문인 것으로 사료된다.

XRD분석결과, 확인된 광물의 종류는 비교적 단순하며 양적으로는 석영, 사장석, 백운모류가 대부분이고, kaolinite 및 illite와 같은 점토광물들은 소량이다. 이는 순천 및 광양지역의 지질이 편마암류, 편암류, 화산암류 및 퇴적암류로 구성되어 있고, 주조성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모, 백운모 및 견운모등이고, 부조성광물은 녹니석, 녹염석, 인회석 및 자철석(박희인등, 1989 ; 이민성등, 1989)등이라고 밝힌 내용과 비교할 때 확인된 광물 또한 연구지역에 분포된 암석을 조성하는 광물과 유사하였다.

주성분 및 부성분원소를 ICP로 분석한 결과, SiO_2 와 Al_2O_3 의 함량이 85%이상으로 대부분을 차지하고 있다. 또한, Fe_2O_3 함량은 순천만 퇴적물에서 평균함량 4.35%로 가장 높게 나타났으며 광양만 퇴적물에서는 3.37%로 순천만 퇴적물에 비하여 약간 낮다. 이는 이동수와 한상준(1978)의 진해, 가덕도 및 부산 앞바다 퇴적물중 Fe함량과 유사하거나 약간 낮은 경향을 보여준다. 두 지역의 상부퇴적물과 하부퇴적물중 Fe함량을 비교하면 대체로 하부퇴적물중에서 약간 높은 경향을 보여주는데, 이는 하부퇴적물의 입도가 상부퇴적물의 입도보다 작아 표면적이 크게 되어 흡착능이 큰데도 기인하지만 Fe의 비중이 비교적 크기때문에 표면보다도 하부에 침전된 것에도 기인한 것으로 보인다. 그 밖의 MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 및 MnO등의 주성분 및 부성분 함량은 일반 퇴적물과 유사한 경향을 나타내었다.

중금속원소에 대하여는 순천만에서 Pb와 Zn함량이, 광양만에서는 As, Cd 및 Mo함량이 비교적 높게 나타났다. P.I.로 본 년도별 오염지수 자료로는 뚜렷한 오염의 진행을 단정할 수 없으며, sampling site별로 P.I.가 부화된 지점인 SC7지점과 KY6, KY7지점의 오염지수는 오염의 진행을 나타내고 있다. KY6, KY7지점의 경우에는 내륙으로부터 약 1km정도의 거리에 위치한 초남광산의 광산유출수의 영향에 기인한 것으로 사료되며, SC7지점의 경우는 달천교 안쪽과 바깥쪽의 P.I.차이가 큰 것으로 보아 폐쇄적 지형의 특징에 의하여 오염물의 흡착이 상대적으로 높게 나타난 것으로 사료된다.

As, Cd, Cu, Pb, Zn, L.O.I.등에 대한 상관관계 분석결과, 광양만과 순천만 두 지역 모두에서 상관관계특성이 시간의 흐름에 따라서 더욱 뚜렷해지는 것으로 나타났으며, 이는 이들 원소에 의한 표층퇴적물의 오염이 최근에 더욱 활발하기 때문인 것으로 사료된다. 순천만 시료에서는 Cd, Cu, Pb 및 Zn등이 양호한 양의 상관관계특성을 보이고 있으며, 이들은 유기물함량(L.O.I.)과도 비교적 양호한 양의 상관관계특성을 보이고 있다. 이는 이동수와 한상준(1978)이 진해-가덕도-부산 앞바다 퇴적물중 Cu와 Pb사이에 밀접한 정의 직선관계가 있다고 보고한 내용과도 일치한다. 이에 반하여 광양만의 경우는 중금속을 흡착할 수 있는 표층퇴적물의 형성이 미약하고 다양한 경로의 오염원을 갖기 때문에 상대적으로 상관관계특성이 교란되어 나타나고 있다.

분석된 상관계수에 대하여 완전연결방식(complete linkage method)을 사용하여 유의한 양의 상관관계를 갖는 집단과 음의 상관관계를 갖는 집단으로 분류시키는 군집분석을 수행하였다. 광양만의 상부퇴적물과 하부퇴적물에 대한 군집분석결과 각각 (Cd-Pb)-(Cu)-(As-Zn)과 (Pb)-(Cd-Cu)-(As-Zn)으로 나타나 상부퇴적물과 하부퇴적물간의 군집유형이 유사함을 보여주고 있으며, 광양만과 순천만의 전체 시료를 대상으로 한 군집분석 역시 (Cd-Zn)-(Pb)-(As-Cu-L.O.I.)와 (Cd-Zn)-(Cu-Pb)-(As-L.O.I.)로 서로 상당히 유사한 군집유형을 갖는 것으로 분석되었다.

4. 결론

1) 유기물함량 분석결과 순천만과 광양만시료 공통으로 최근들어 유기물함량이 감소하는 경향을 보였으며, 광양만 시료중의 유기물함량이 상대적으로 적게 나타났다. 이는 두 곳 모두에서 저서생물의 생육환경이 악화되었음을 의미하며, 매립에 의한 공단조성이 주요인인 것으로 사료된다.

2) 순천만 해안퇴적물은 대부분 sandy silt의 영역에 도시되고 있으나, 광양만 해안퇴적물의 경우는 silty sand의 상대적으로 굵은 입경분포를 보임을 알 수 있다. 이는 광양만 해안퇴적물은 퇴적물의 공급원이 연안과 접하고 있는 반면에 순천만의 경우는 공급원이 연안으로 부터 멀리 떨어진 것으로 사료된다.

3) 연구지역의 퇴적물 중에는 비교적 다양한 광물이 존재하지만 양적으로 석영, 장석류, 백운모가 가장 우세하며, kaolinite 및 illite와 같은 점토광물등이 확인되는데 광양만 퇴적물중 점토광물의 발달은 미약하였다.

4) 연구지역내의 As, Cu, Pb함량은 하부퇴적물에서 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 이들 원소의 비중에 의한 요인과 더불어 표층퇴적물의 입도차에 의한 표면적의 차이에도 기인한 것으로 사료된다.

5) 순천만의 경우에는 Pb와 Zn함량이, 광양만에서는 As, Cd 및 Mo함량이 비교적 높은 함량분포를 보이고 있다.

6) 폐쇄적 지형의 특징에 의한 오염의 진행을 보이는 SC7부근은 조류의 흐름을 막는 인공건조물의 영향때문인 것으로 사료되며, 초남광산의 영향권에 있는 KY6, KY7부근의 경우에는 광산유출수에 대한 체계적 관리가 요구되어진다.

7) 순천만에서는 Cd, Cu, Pb 및 Zn등이 양호한 양의 상관관계특성을 보이고 있으며, 이들은 유기물함량(L.O.I.)과도 비교적 양호한 양의 상관관계특성을 보이고 있다. 이에 비하여 광양만의 경우는 중금속을 흡착할 수 있는 표층퇴적물의 형성이 미약하고 다양한 경로의 오염원을 갖기 때문에 상대적으로 상관관계특성이 교란되어 나타나고 있다.

8) 상부퇴적물과 하부퇴적물간의 군집유형이 유사하였으며, 광양만과 순천만 시료의 경우에도 서로 상당히 유사한 군집유형을 갖는 것으로 분석되었다.