

장흥지역 하상퇴적물에 대한 원소의 분산특성

박영석¹⁾ · 한민수²⁾ · 신성천³⁾ · 김종균¹⁾ · 장우석¹⁾

1. 서 론

인간의 삶은 자연 환경에서 발생하는 유해 원소의 과다 농집이나 필수원소의 이상 결핍과 같은 지화학적 재해(geochemical hazard)에 노출되어 있으며, 이러한 지화학적 재해는 지표 환경에서 계속적으로 이동·확산됨으로써 인간과 동식물에 매우 심각한 영향을 주는 경우가 많아 이들에 대한 지속적이고 체계적인 연구가 필요하며, 이를 통해 지화학적 재해에 대한 정확한 정보를 얻고, 더 이상의 확산을 방지하는 것이 중요하다.

본 연구는 장흥지역(탐진강 주변수계) 하상퇴적물에 대해 주성분원소, 미량성분원소 등의 분산특성을 알아봄으로써, 이 지역의 지화학적 재해에 대한 기초조사를 하고자 한다. 이를 위해 1차 수계(일부 2차 수계)를 따라 하상퇴적물을 채취하였고, 지질도상의 암종에 따라 세 지역(화강암류지역; Gr area, 화강암질편마암류지역; Ggn area, 응회암류지역; Tf area)으로 분류하고, 그 특성을 조사하였다.

연구지역은 한반도의 지체구조구(김옥준과 박봉순, 1980)에서 영동-광주 함몰대에 속하고, 육천지향사대의 화성암의 분류에서 동남대(김용준 등, 1993, 1994)에 속하는 곳이며, 수계는 탐진강을 중심으로 1·2차 수계가 방사상으로 발달하였다. 표사시료는 1·2차 수계의 하상퇴적물로서 암석과 토양으로부터 유래된 입자들로 이루어졌으며, 원소별 특성을 가장 잘 나타낼 수 있는 것으로 알려져 있어 이들 시료를 현장에서 체질하여 150 μ m(표준망 100mesh) 이하의 입자를 채취한 후 자연건조 시켜 200mesh(62 μ m) 이하로 분쇄하여 주성분원소(SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ 등 10종)와 미량원소(As, Ba, Be, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Hf, Li, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sr, Th, V, Yb, Zn, Zr 등 26종) 분석을 실시하였다

2. 결과 및 고찰

하상퇴적물은 하천수에 비해 시료채취, 운반, 보관 및 분석이 용이하고, 시간적 변화가 적으며 함량도 높아 오염원이 존재하는 지역에서 환경 영향을 평가하는 적절한 지구화학적 매개체가 되고(Thornton, 1983), 그 화학 조성은 근원암의 기원을 결정하는 중요한 정보를 제공하며(Cullers, 1988; Cullers et al., 1988), 지구화학적, 광물학적 특성과 각 원소들의 이동상을 통하여 잠재적 오염 정도와 원소들의 분포특성 및 상호관계, 오염원의 종류, 유입속도 등의 정보를 얻을 수 있어 하천 수계의 잠재적 오염과 이동, 부하 등에 관하여 보다 체

주요어: 지화학적 재해, 분산, 상관성, 부화지수, 부화계수, 이동도, EPA

1) 조선대학교 자원공학과(yspark@chosun.ac.kr)

2) 국립문화재 연구소

3) 한국지질자원연구원 환경지질연구부

계적이고 정확하게 알 수 있다. 그러므로 각각의 지역에 대해 주성분원소, 희토류원소, 독성원소와 그 밖의 일부미량원소로 세분하여 그 결과를 고찰하였다.

가. 주성분원소

주성분원소의 함량에 대한 일반 통계분석을 실시하여 평균값을 비교해 본 결과 화강암 질편마암류지역(Ggn area)에서 Fe_2O_3 의 함량이 약간 높게 나타났을 뿐, 다른 주성분원소(SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, K_2O , Na_2O , TiO_2 , MnO, P_2O_5)의 함량은 지역이나 암종이 상이함에도 불구하고 그 함량이 거의 비슷한 값을 나타냈으며, Al_2O_3 와 SiO_2 가 암석에서와 마찬가지로 총함량비의 80%를 차지하는 유사성을 보였다. 또한 주성분원소들의 상호 변화 경향을 알아보기 위하여 주성분원소 가운데 풍화, 속성 및 변성 작용에 안정한 비유동 원소인 Al_2O_3 의 (Hendricks and Whitting, 1968) 함량 변화에 따른 다이어그램을 그려본 결과 Al_2O_3 의 함량이 증가함에 따라 SiO_2 는 다소 부(-)의 상관관계를 보여줬으며, Fe_2O_3 , MgO, K_2O 와 TiO_2 는 정(+)의 상관관계를 보였고, CaO, Na_2O , MgO와 P_2O_5 는 특별한 관계를 보이지 않았다. 이들의 분산형태를 보다 자세히 알아보기 위해 counter diagram을 도시해 본 결과 SiO_2 는 수인산과 화방산 사이, 괴바위산 주위에서 높게 나타났을 뿐 지역적인 함량차이는 크게 없었으며, CaO는 장흥군 영전면 일대에서 조금 높게 나타날 뿐 나머지 지역에서는 거의 비슷한 분산 형태를 보였고, K_2O 는 강진군 사좌리 부근에서만 높고, 다른 지역은 거의 비슷한 함량 분포를 보였으며, Na_2O , MnO와 P_2O_5 는 지역에 관계없이 불규칙한 분산 양상을 보였다.

나. 희토류원소

희토류원소의 함량은 주로 Gr지역이나 Tf지역이 Ggn지역 보다 약간 높은 함량치를 나타냈을 뿐 전반적으로 세 지역에서 모두 유사한 값을 가졌으며, 희토류원소의 함량 변화량도 미량성분에서의 원소 변화와 같이 최소치(minimum value)와 최대치(maximum value)가 3~5배 정도로 변화가 적었다. 또한 모암과 같은 종류의 암석에서 얻은 분석치와 서로 비교한 결과 전체적인 함량비는 거의 유사한 형태를 보이며, Gr지역의 경우 암석 함량치는 Ggn이나 Tf지역보다 적음에도 불구하고 하상퇴적물 시료에서 그 함량은 더 높게 나타나는 특이한 분산 양상을 보이고 있는데, 이는 암석의 풍화시 희토류원소의 이동성에 대한 유체의 화학적 성질과 암층 등의 질리를 따라 유입된 물에 의해 풍화가 일어나고, 희토류원소의 변질 정도가 심한 암석에서 점진적으로 증가(Nesbitt, 1979)하는 원인 등이 복합적으로 작용했을 것으로 추정된다.

다. 독성원소

독성원소는 각 원소들의 함량 평균치가 As와 Cd는 지역과 시료의 채취 지점에 관계없이 검출한계 미만이었으며, Zn원소를 제외한 모든 원소는 Ggn지역이 Gr지역이나 Tf지역에 비해 높게 나타났고, Gr지역과 Tf지역의 원소들은 거의 비슷한 함량치를 나타냈다. 이는 연구 지역의 미량성분에서 나타난 분산 특성과 동일한 특성이다. 또한 독성원소의 함량치는 다른 주성분원소나 미량, 희토류원소와는 달리 함량치의 변화량이 6~7배 정도의 큰 차이를 갖는 특징을 보이며, 그 중 Cr과 Sb, Zn의 경우 10배가 넘는 높은 함량치를 보이는 시료도 존재했다. 하지만 이러한 함량치를 보이는 지점의 시료는 암석의 기존 함량이 높은 것 이라기 보다는 광산 등의 존재로 인하여 야기된 것으로 보여지며, 실례로 Cu와 Zn이 높은 지역

의 시료를 조사해 본 결과 원기연광산(장기홍 등, 1967)이 있었던 지역의 시료(JH-132, JH-133, JH-134)와 금사리 금광산(장기홍 등, 1967)이 있었던 지역의 시료(JH-82, JH-85, JH-86, JH-87, JH-88, JH-89)인 것으로 판명되었다.

라. 일부미량원소

지역별 미량원소에 대한 함량의 차이는 10%내외로 미소한 차이를 보이고, 대부분의 원소는 Ggn지역>Tf지역>Gr지역 순으로 함유량이 많고, 원소에 대한 변화 양상도 거의 모든 원소에서 유사하게 나타났다. Contour diagram에서는 Ba, Be, Nb, V, Cs, Rb, Sc와 Pa원소는 제암산 일대의 편마암류지역과 천관산 주변부의 화강암류지역에서 높은 함량 분포를 나타내었는데, 이들은 몇몇 주성분원소에서 높은 함량 분포 양상을 보인 지역과 동일한 지역이다.

마. 원소들의 거동 및 부화

미량원소중 중금속원소(As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn)들은 강한 잠재적 독성이 있어 이들 원소들이 분산, 거동하면서 암석과 퇴적물, 토양 및 순환수를 따라 이동하며, 이동 거리도 길고 오염의 확산효과도 탁월하다. 하상퇴적물의 오염 정도를 보다 효과적으로 파악하기 위해서 부화(Enrichment)라는 개념을 도입하였고, 이러한 부화는 단일 원소에 의한 현상이라기 보다는 여러 원소들에 의해 복합적으로 일어나는 것이며, 부화계수(Enrichment Factor; EF)와 부화지수(Enrichment Index; EI)를 구하였다. 그 결과 주성분원소의 부화 특성은 주로 세 지역에서 모두 Fe_2O_3 , MgO, TiO_2 와 MnO가 많이 부화되는 특성을 보이고 있으며, 미량원소에서는 Ba, Nb, V, Li, 및 Rb는 거의 부화 정도가 보이지 않는데, 이는 Ba와 Rb가 풍화작용에 의한 조성 변화가 거의 없다(이현구 등, 1999)는 내용과 같다. 희토류원소는 암석에 비해 퇴적물에 높게 부화되어 나타나나 여기에선 Ggn지역에서 Eu와 Yb원소의 부화가 높게 나타났을 뿐, 다른 두 지역에서 뚜렷한 원소들의 부화는 없었다. 독성원소는 Co, Cr와 Zn의 부화가 크게 나타났으나 이는 EPA의 기준치를 넘지는 않았다.

3. 결론

가. 화강암류지역(Gr area), 화강암질편마암류지역(Ggn area) 및 응회암류지역(Tf area)으로 분류하여 고찰해 본 결과 주성분원소의 함량은 세 지역의 구성 암석이 상이함에도 불구하고 지역에 관계없이 거의 비슷한 함량비를 나타내었고, 희토류원소에서는 화강암질편마암류지역(Ggn area)이 약간 낮은 함량(ppm)을 나타냈었으며, 독성원소 중에서 Zn와 Cr의 경우 비교된 암석에서의 함량치보다 매우 높은 값을 나타냈으나 이는 그 지역에 광상의 존재로 인한 영향으로 판단된다.

나. 원소들의 분산양상은 주성분 및 미량원소중에서 원소간 상관성이 높았던 원소들에서 동일한 분산형태를 나타냈다. 특히 독성원소의 경우 주로 하류 수계에 높은 함량분포를 보이고 있으며, 이러한 특이 양상은 독성원소의 이동도(mobility)와 깊은 관련이 있는 것으로 추정된다.

다. 원소들의 부화특성 중 독성원소의 경우 일부 높은 부화를 보이나 이는 세계기준치와 비교해 볼 때 우려할 수준이 아니며, 부화지수는 EPA의 기준치를 초과하지 않아 우려할 수준은 아닌 것으로 나타났다.