

부산지역의 하천수와 인근 지하수의 중금속 오염에 관한 상관관계

황인철, 옥치상, 권재언^{1*}
고신대학교 보건학과, ¹고신대학교 화학과

1. 서론

오염물질들 중에서 중금속은 매우 중요한 유해물질이다. 특히 유해한 중금속들은 대부분 주기율표의 오른쪽 하단에 위치하고 있는데 대표적인 것들이 철, 납, 카드뮴, 구리 등이다. 이들은 황과의 결합력이 강하고, 선택적이어서 효소에 있는 황에 공격하여 효소의 활동을 방해하며, 또한 이들은 단백질 카르복실산(-CO₂H)과 아미노기(-NH₂)와도 결합을 잘한다. 세포막에 결합하여 세포막에서 진행되는 여러 가지 공정들을 방해하는 중금속들로는 카드뮴, 수은, 구리, 납 이온들로 알려지고 있다.

지하수의 수질오염을 일으키는 요인으로서는 여러 가지가 있는데, 공장폐수¹⁾, 관개²⁾, 지진³⁾, 화산활동⁴⁾ 등이 있는데 이에 의한 오염이 상당한 것으로 알려졌다. 또한 토양의 성질에 의해서 오염정도가 달라질수도 있다⁵⁾.

지하수내의 오염물질은 대수층내 지하수의 유동방향과 일치하여 움직인다⁶⁾. 또한 지하수 대수층에 중금속이 상당히 침적되는 것으로 보인다⁷⁾.

본 연구에서는 부산광역시내 5개 하천과 인근 지하수를 선택하여 10종 중금속을 Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy로 측정한 후 이의 상관관계를 조사하여, 하천수의 오염이 지하수에 영향을 미쳤는가를 알아보고자 한다.

2. 재료 및 실험방법

하천수의 오염이 지하수에 유입되었는가를 연구하기 위해 부산지역 5개 하천수와 그로부터 200m 이내에 위치하는 인근 지하수를 선정하였다. 대상 지점은 Fig. 1과 같으며, Table 1에서 하천수의 이름과 그로부터 지하수까지의 거리, 지하수 깊이 및 일일 채수량을 나타내었다.

채수 기간은 1997년 7월 21일, 8월 4일, 8월 18일, 9월 1일로 7월과 8월, 9월에 걸쳐 총 4회 걸쳐 매 2주마다 행하였으며, 8월초에 폭우로 인해 하천수의 유량에 약간의 변동이 있었으나, 무시할 수 있을 정도의 변화였다.

시료 채수를 위해 플라스틱용기를 증류수로 여러번 세척하여 건조시킨 후, 시료채수지역에서 채수량을 매번 500ml씩 각각 채수하였고, 채수 즉시 실험실로 운반하여 약 4℃의 온도에서 냉장 보관하였다.

분석은 환경오염 공정 시험방법과 Perkin Elmer사의 ICP Operating Manual참고로 행하였다. 온도계는 유리제 온도계(극동초자계량기공업사)로 측정하였고, pH는 Metrohm사의 유리전극 pH meter(Model 632, U.S.A)로 측정하였다. ICP는 Perkin Elmer사의 Optima 3100XL모델로 중금속을 측정하였다. 실험에 사용된 시약은 특급 시약을 사용하였고, 증류수는 millipore여과기를 통한 3차 증류수를 사용하였다. 그리고, 중금속 표준용액은 Mallinckrodt사의 1000ppm 표준용액을 희석하여 사용하였다.

수온은 채수 현장에서 시료 채수 즉시 측정하였고, pH는 완충용액으로 pH조정후 실험실에서 냉장 보관 전에 측정하였다. 통계처리 프로그램인 Statistica를 이용하여 각 시료분석에서 얻은 중금속농도의 결과를 입력하여 평균, 표준편차, 범위 및 하천수와 인근 지하수 수질간의 중금속에 대한 상관관계를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

1997년 7월 21일부터 9월 1일까지 기간중 부산지역내의 5개 하천 및 인근 지하수에서 채수한 지하수의 시료 분석 결과는 다음과 같다.

동천의 온도는 하천에서 28.6℃로 지하수의 평균 23.0℃보다 높고, pH는 동천에서 7.06, 인근 지하수에서는 7.93으로 약 알칼리성을 나타내고 있다. 두 번째 취수한 시료의 오염물질의 농도가 갑자기 높아지는 이유는 갑작스런 강우에 의해 하천 바닥에 쌓여 있던 침적된 오염물질들이 upwelling하여 높아진 것 같고, 또한 근처 공장폐수의 무단방류에 의한 것으로 볼 수 있다. 온천천의 온도는 하천에서 28.3℃, 지하수에서 20.4℃로 나타났으며, pH는 각각 6.98, 7.97로 나타나고 있다. 수영천의 온도는 하천에서 28.0℃, 지하수에서 20.3℃이며, pH는 각각 6.89, 7.98이다. 석대천의 온도는 석대천에서 28.1℃이며, 인근 지하수에서는 20.8℃이고, pH는 약 알칼리성 수질로 7.36, 7.89로 각각 측정되었다.

대부분 시료에서 크롬, 수은, 니켈은 검출되지 않았고, 납만 거의 모든 시료에서 나타나 상관 관계를 조사할 수 있었다. 하천의 있는 중금속 대부분이 하천에 유입된다고 사료된다. 납에 의한 지하수와 인근 하천과의 상관계수는 각각 0.947, -0.968, -0.510, -0.589, 0.577로 나타났으며, 유의성은 없었다. 동천과 인근 지하수에서는 아연만 상관계수 0.976으로 유의함($p < 0.05$)을 보여주었다.

4. 요약

지하수가 인근 하천수에 의해 오염되었는지를 알아보기 위해 부산지역의 다섯 개 강과 그 인근 지하수 사이의 중금속 농도를 측정했다. 측정된 금속은 10가지로, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn, Ni이고, Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy로 측정되었다. 결과는 아래와 같다.

1. 크롬, 수은, 니켈은 모든 시료에서 검출되지 않았으며, 납만 거의 모든 시료에서 나타나 상관관계를 조사하는 표로 사용될 수 있다. 하천에 있는 중금속이 대부분 그 인근 지하수에서 검출된 것은 하천 오염이 지하수에 유입되었다고 보여진다.

2. 납에 의한 지하수와 인근 하천과의 상관계수는 각각 0.947, -0.968, -0.510, -0.589, 0.577로 나타났으며, 유의성은 없었다.

3. 동천과 인근 지하수에서는 아연만 상관계수 0.976으로 유의함($p < 0.05$)을 보여주었다.

4. 기후 및 지하수 사용량 등의 혼란변수로 인하여 하천의 오염이 지하수에 유입되었는가를 정확히 파악하는데는 표본수가 더 많이 필요하리라 사료된다.

Ali, A., 1990, Heavy metal contamination of groundwater in industrial estate of Aligach city, India, Proceedings & Information - committee for Hydrological Research TNO, v44, pp331-334.

Holzbecher, E. ; Handke, H. ; Nutzman, G. ; Ginzel, G., 1995, Numerical modelling of transport in a near surface aquifer due to artificial groundwater recharge, Water pollution III : modeling, measuring and prediction, pp97-104.

Tsunogai, U. ; Wakita, H., 1996, Anomalous change in groundwater chemistry: possible precursors of the 1995 Hyogo-Ken Nanbu earthquake, Japan, Journal of Physics of the Earth, v44/4, 381-390.

Allard, P. ; Jean-Baptiste, P. ; D' Alessandro, W. ; Parello, F. ; Parisi, B. ; Flehoc, C., 1997, Mantle-derived helium and carbon in groundwaters and gases of Mount Etna, Italy, Earth and Planetary Science Letters, v148/3-4, 501-516.

Freeman, Y.E. ; Magaritz, M. ; Long, G. L. ; Ronen, D., 1994, Interaction of metals with mineral surfaces in a natural groundwater environment, Chemical Geology, v116 n1-2, pp111-121.

정형재, 김은진, 1996, 지하수내 오염물질의 거동에 관한 연구, 농어촌진흥공사

농어촌연구원 논문집.

Dean Hesterberg, Dale E. Sayers, Weiqing Zhou, Grant M. Plummer,
Wayne P. Robarge, 1997, X-ray Absorption Spectroscopy of Lead
and Zinc Speciation in a Contaminated Groundwater Aquifer, Environmental
Sciences and Technology, v31,pp2840-2846.