

## 부산광역시 공업지역의 지하수 오염 특성

함세영<sup>1</sup> · 김광성<sup>2\*</sup> · 이병대<sup>3</sup> · 정재열<sup>2</sup> · 류상민<sup>2</sup>  
(부산대학교 자연과학대학 지질환경과학전공<sup>1</sup> · 부산대학교 대학원 지질학과<sup>2</sup> ·  
한국지질자원연구원 환경지질연구부<sup>3</sup>)

부산광역시의 공업지역인 사상구 학장동 및 감전동지역의 심도 10~200m의 19개의 지하수공(SS1, SS3, SS20, SS21, SS23, SS24, SS25, SS27, SS28, SS29, SS30, SS31, SS34, SS35, SS41, SS43, SS45, SS46, SS51)에 대하여 현장 수질을 측정하고 시료를 채취하여 실내 수질분석을 실시하였다. 지하수 조사기간은 2001년 9월 26일부터 2001년 10월 18일까지이다.

현장 수질 측정항목은 수온, pH, EC(전기전도도), TDS(총고용물질), 염분농도, Eh(산화-환원전위), DO(용존산소), 알칼리도였다. 그리고 양이온( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Si^{2+}$ ), 음이온( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ), TCE, PCE, 1.1.1-TCA는 실험실에서 분석하였다. 양이온과 음이온은 기초과학연구소 부산분소에서 그리고 TCE, PCE, 1.1.1-TCA는 부산광역시 보건환경연구원에 의뢰하여 분석하였다.

실내 수질분석 결과, SS45와 SS46은 전기적인 중성도 10%를 벗어나므로 제외하고 나머지 17개 시료를 이용하여 통계분석을 실시하였다. pH는 6.06~7.71이며 평균값은 6.81로서 약 산성을 나타내고 있다. 따라서, 모든 시료가 먹는 물 수질기준 (pH 5.8~8.5)에 속한다. EC는 225~19800 $\mu$ S/cm 이며, 평균값은 1869  $\mu$ S/cm로서 일반적인 지하수보다 높은 값을 보인다. 이는 이 지역이 낙동강 하구에 인접하여 있어서 해수의 영향을 간접적으로 받고 있기 때문으로 판단된다. 지하수의 온도는 17.0 $^{\circ}$ C~21.4 $^{\circ}$ C의 범위(평균 18.1 $^{\circ}$ C)로서 기온의 영향을 일부 받고 있는 것으로 보인다.

$Ca^{2+}$ 이온의 농도는 26.07~479.9mg/l(평균 184.3mg/l)로서 인위적인 오염의 가능성을 암시한다.  $Mg^{2+}$ 이온의 함량은 6.31~293.9mg/l(평균 54.65mg/l)로서, 높은 농도를 보이는 SS1, SS51과 같은 일부 시료는 해수 또는 염수와 관련성을 가지는 것으로 추정된다.  $Na^+$ 이온의 농도는 13.39~2866mg/l(평균 452.8mg/l)로서 역시  $Mg^{2+}$ 이온과 마찬가지로 SS1, SS51과 같은 일부 시료는 해수 또는 염수와 관련성을 가지는 것으로 추정된다.  $K^+$ 이온의 농도는 1.34~76.73mg/l(평균 17.15mg/l)로서 높은 농도를 나타내는 SS1, SS51은 해수 또는 염수와 관련성을 가지는 것으로 추정된다.

$HCO_3^-$ 는 탄산염 광물의 용해 또는 천부지층에 풍부하게 들어있는  $CO_2$ 에 의해서 생성된다.  $HCO_3^-$ 함량은 81.46~652.91mg/l(평균 278.3mg/l)로서 다른 지역(농업지역, 주거·상업지역, 녹지지역)에 비해서 높다.  $Cl^-$ 이온의 함량은 15.3~6654mg/l(평균 1050.7mg/l)의 범위로서 지점에 따라서는 높은 값을 보인다. 이는 이 지역이 현재 바다와 인접하고 있으며 과거 바다였던 지역을 매립한 지역이기 때문으로 판단된다.  $SO_4^{2-}$ 이

온은 황화광물(황철석, 황동석)의 산화작용 및 용해에 의해서나 대기중의  $\text{SO}_4^{2-}$ 로부터도 유래한다.  $\text{SO}_4^{2-}$ 이온 함량은 16.0~354.0mg/l(평균 106.1mg/l)이며, SS1에서만 먹는물 기준치(200mg/l이하)를 초과하고 있다.  $\text{F}^-$ 는 화강암, 편암, 편마암 지대의 심부지하수에서 높은 함량을 보이는 이온으로 알려져 있다. 본 지역에서  $\text{F}^-$ 의 농도는 0~1.2mg/l(평균값 0.19mg/l)로서 모든 시료가 먹는물 기준치(1.5mg/l이하)이내에 있다.

인위적인 오염의 지시자로 널리 쓰이는  $\text{NO}_3^-$ 의 농도 범위는 0.1~58.3mg/l(평균 5.15mg/l)로서 대부분의 지점에서는 1mg/l로 낮게 나왔으나, SS28 한 지점에서만 먹는물 기준치(44.26mg/l이하, 질산성 질소로 환산하면 10mg/l이하)를 초과하는 58.3mg/l가 검출되었다. 일반적으로  $\text{NO}_3^-$ 는 공장배출수, 생활하수, 동물 배설물, 축산 폐수, 비료 등에서 유래된다. 이 지역은 농촌지역이 아니므로 주변의 생활하수 또는 공장배출수로부터 유래하는 것으로 판단된다.

$\text{Fe}^{2+}$ 의 농도 범위는 0~5.127mg/l(평균 0.45mg/l)로서 대부분이 먹는물 기준치인 0.3mg/l이하로 나타나지만, SS35와 SS51에서 먹는물 기준치를 10배 정도 초과하고 있다.  $\text{Zn}^{2+}$ 의 경우에는 0.01~1.45mg/l(평균 0.21mg/l)로서 SS28의 1.45mg/l를 제외하고는 먹는물 기준치(1mg/l이하)이내에 있다. 한편,  $\text{Cu}^{2+}$ 의 농도범위는 0~0.013mg/l(평균 0.006mg/l)로서 모든 시료가 먹는물 기준치(1mg/l이하)이내에 있다.

TCE는 대부분의 시료에서 검출되었으며, PCE와 1.1.1-TCA는 일부 시료에서 검출되었다. 1.1.1-TCA의 경우는 먹는물 기준치인 0.1mg/l를 초과하는 시료가 없었다. 그러나, TCE의 경우에는 검출된 대부분의 시료에서 먹는물 기준치인 0.03mg/l를 초과하고 있다. 따라서, 이 지역은 TCE에 의해서 비교적 오염되어 있으며, 세심한 감시가 필요하다고 판단된다.

## 사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R02-2001-00249)지원으로 수행되었으며, 연구를 지원해주신 한국과학재단에 감사드린다.