

창원지역 지하수의 수질특성

김무진·함세영·황한석**·성익환***

*부산대학교 지질학과

** (주)삼중엔지니어링

*** 한국지질자원연구원

ABSTRACT

This paper presents the result of groundwater analysis in Changwon area and the characteristics of the groundwater properties. Changwon city conducted groundwater analysis at 551 sites in 1996 and 1997. The water quality is suitable as groundwater use at 466 sites (84.6 %) and exceeds maximum contaminant levels (MCLs) at 85 sites (15.4 %). Major contaminants are total bacteria, coliform and nitrate-N. DNAPLs, e.g. TCE and PCE are detected in the areas of industrial complex and residence. The detection of TCE and PCE is due to organic solvents from manufacturing companies. They are also derived from laundries, photographer's studios, septic tanks, etc. In addition, fifty groundwater samples were analyzed. Iron, manganese, zinc, copper, lead, aluminum and fluorine are detected in nearly all the groundwater samples. The groundwaters shown on the Piper diagram mostly belong to Ca-HCO₃ type.

key words: Changwon, groundwater contamination, DNAPLs, MCLs, heavy metals

1. 서론

우리나라에서는 대도시는 물론 중소도시지역에서도 지하수 오염의 정도가 날로 심각해지고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 국내에서는 기술 축적 미비와 처리 비용에 대한 사회적인 합의가 이루어져 있지 않으므로 현실적으로 문제해결 사례는 많지 않다. 그러나 지하수 오염을 해결하기 위해서는 지하수 오염정화 기술 발전과 정화비용에 선행하여 수질특성에 대한 고찰이 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 대상지역은 창원지역이다. 창원시는 경상남도의 도청 소재지로 과거보다 시 경계가 확장되어 현재 낙동강과 접한 읍·면 지역이 포함되어 있으나, 본 연구에서는 기존 시가지역(이하 창원지역이라 칭함)을 대상으로 하였다. 본 연구에서는 창원지역 지하수의 수질특성을 파악하여 오염물질의 종류, 분포특성에 따른 오염원을 추정하고, 오염물질의 농도비교를 통하여 지하수 오염 문제해결을 위한 우선 순위 결정을 위한 기본자료를 도출하고자 한다.

2. 지형 및 지질

창원지역은 1970년대 호주 캔버라를 모델로 만들어진 근대적 계획도시이다. 도시는 북동-남서의 중심도로를 기준으로 남측은 공업지역, 북측은 주거·상업 지역으로 토지용도가 엄격하게 구분되어 있다. 장축 약 20km의 장방형으로 127.77 km²의 면적에 454,315명(창원시 통계연감, 1997)이 거주하고 있다.

창원지역은 해발고도 801.7m인 불모산을 최고봉으로 하여 춘산(297.8m)-천주산(638.8m)-정병산(566.7m)-비음산(408.8m)-대암산(408.8m)-불모산(801.7m)-태산(706.0m)-장복산(582.2m)-산성산(400.4m)을 잇는 산계의 주능선이 광역분수령을 형성하고 있다. 수계는 주변 산계에서 발달한 소지류들이 창원지역 중앙을 가로지르는 북서-남동 방향의 남천과 북동-남서 방향의 창원천에 합류하여 마산만으로 유입된다.

창원지역의 지질은 중생대 백악기 경상누층군의 하양층군에 속하는 퇴적암류(진동층, 정병산층)를 최하위층으로 하고, 이를 부정합으로 피복하고 있는 유천층군의 화산암류(팔용산 응회암, 주산안산암질암) 그리고 이들을 관입하고 있는 불국사관입암군, 그리고 이들 제지층을 부정합으로 피복하고 있는 제4기층으로 구성되어 있다.

3. 지하수 수질특성

창원시에서 1996년~1997년(대부분 1996년 11월, 12월)에 실시한 551개소에 대한 수질분석 결과 개별 용도에 대하여 466개소(84.6%)에서 '적합', 85개소(15.4%)에서 '부적합'한 것으로 나타났다. 주된 오염물질은 일반세균, 대장균, 질산성질소로 나타났다. 주요 중금속 물질 중 구리, 아연, 알루미늄, 망간, 철이 두드러진다. 특히, 철, 망간, 아연은 대수층의 주 구성암석인 화강암과 관련 있는 것으로 해석되지만, 우물자재인 철재 강관 및 아연도금 철강관의 영향도 있을 것으로 판단된다.

휘발성 유기염소계 화합물인 TCE, PCE의 검출 빈도가 높게 나타나는 특성을 보인다. 휘발성 유기염소계 화합물인 TCE, PCE의 검출 빈도가 높게 나타나는 특성을 보이며, 이는 기계공업 중심의 산업단지에서 유기용제 사용에 기인한 것으로 분석된다. 주거·상업 지역에서도 지하수 이용량이 많은 지점에서 TCE와 PCE가 검출되었으며, 이는 주거·상업지역에서 점오염원(세탁소, 사진관, 정화조 등)에서 기인한 것으로 판단된다. 또한, TCE의 검출 빈도 및 검출 농도가 PCE 보다 높게 나타나며, 이것은 TCE의 이용량이 상대적으로 많기 때문이며, PCE가 생분해 과정에서 TCE로 변하기 때문이다.

연구지역의 지하수 50개소, 지표수 3개소에 대해서는 또한 마그네슘, 칼륨, 칼슘, 나트륨, 알칼리도, 염소, 황산염, 질산성 질소, 철, 망간, 아연, 구리, 납, 알루미늄, 불소, 비소, 6가크롬, 카드뮴, 수은, 브롬, 인산염에 대한 정량분석을 실시하였다(Table 1). 그 결과, 철, 망간, 아연, 구리, 납, 알루미늄, 불소는 거의 또는 모든 지점에서 검출되었고, 비소, 6가크롬, 카드뮴, 수은, 브롬, 인산염은 검출지점수가 많지 않은 것으로 나타났다. 음용수 수질 기준과 비교하면, 카드뮴과 수은을 제외한 나머지 성분은 평균 농도가 음용수 수질 기준보다 낮은 것으로 나타났다.

주요 이온인 Mg, K, Ca, Na, HCO₃, Cl, NO₃, SO₄에 의한 수질형을 Piper 다이어그램에 도시하면, Ca-HCO₃형이 우세하게 나타난다. 이는 대부분의 시료(시료채취 지점의 95%)가 화강암지역이기 때문으로 판단된다.

Table 1. Concentration of ions.

Components	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Al	F
Detection sites for groundwater	48 (96%)	50 (100%)	50 (100%)	50 (100%)	48 (96%)	50 (100%)	50 (100%)
Groundwater (mg/l)	0.125	0.106	0.642	0.003	0.007	0.108	0.420
Surface water (mg/l)	0.279	0.339	0.476	0.003	0.004	0.205	0.183
Potable water standard (mg/l)	0.3	0.3	1.0	1.0	0.05	0.2	1.5
Components	As	Cr ⁶⁺	Cd	Hg	PO ₄	Br	
Detection sites for groundwater	9 (18%)	5 (10%)	4 (8%)	1 (2%)	1 (2%)	16 (32%)	
Groundwater (mg/l)	0.021	0.005	0.014	0.011	0.615	0.015	
Surface water (mg/l)	0.002	0.003	0.000	0.000	0.581	0.010	
Potable water standard (mg/l)	0.05	0.05	0.01	0.001	None	None	

4. 결론

- 1) 1996~1997년 창원지역 지하수 시설 중 551개소에 대해서 지하수 이용 목적에 따른 수질 검사 결과 466개소 (84.6%)에서 적합, 85개소(15.4%)에서 부적합한 것으로 나타났다.
- 2) 주된 오염물질은 일반세균, 대장균, 질산성질소로 나타났다.
- 3) 휘발성 유기염소계 화합물인 TCE, PCE 의 검출 빈도가 높게 나타나는 특성을 보이며, 이는 기계공업 중심의 산업단지에서 유기용제 사용에 기인한 것으로 분석된다. 주거·상업 지역에서도 지하수 이용량이 많은 지점에서 TCE와 PCE가 검출되었으며, 이는 주거·상업지역에서 점오염원(세탁소, 사진관, 정화조 등)에 기인한 것으로 해석된다.
- 4) 철, 망간, 아연, 구리, 납, 알루미늄, 불소는 거의 또는 모든 지점에서 검출되었고, 비소, 6가크롬, 카드뮴, 수은, 브롬, 인산염은 검출지점수가 많지 않았다. 특히 철, 망간, 아연은 기반암인 화강암과 관련이 있는 것으로 해석되지만, 우물자체인 철재강관 및 아연도금 철강관의 영향도 있는 것으로 판단된다.
- 5) Piper 다이어그램에 의한 지하수 유형을 보면, Ca-HCO₃형이 우세하게 나타난다. 이는 대부분의 시료(시료채취 지점의 95%)가 화강암지역이기 때문으로 판단된다.
- 6) 향후 지속적으로 지하수 수질을 분석하여, 시간적 경과에 따른 수질 변화의 추이가 연구되어야 할 것이다.

5. 참고문헌

- 1) 창원시 통계연보, 1997.