

## 창원지역 지하수 수질과 DRASTIC에 의한 지하수 오염취약성 평가

김무진, 함세영, 정재열, 장성, 차용훈

부산대학교 지질학과 (e-mail : hsy@pusan.ac.kr)

### <요약문>

This study assesses groundwater vulnerability to contaminants in 12 administrative districts of the city of Changwon, using DRASTIC technique. DRASTIC was originally applied to situations in which the contamination sources are at the ground surface, and the contaminants flow into the groundwater with infiltration of rainfall. However, groundwater contamination in urban areas can also be related to excessive pumping resulting in a lowering of the water level. The correlation coefficient between minimum DRASTIC indices and the degree of poor water quality for 10 districts is low as 0.40. The correlation coefficients between minimum DRASTIC indices and the groundwater discharge rate, and between minimum DRASTIC indices and well density per unit area are 0.70 and 0.87, respectively. Thus, to evaluate the potential of groundwater contamination in urban areas, it is necessary to consider other factors such as groundwater withdrawal rate and well density per unit area with ratings and weights as well as the existing six DRASTIC factors.

**key word** : DRATIC, urban area, groundwater vulnerability, Changwon City

### 1. 서론

우리나라 대부분의 도시지역에서는 지표수원의 물을 정수하여 생활과 산업활동에 필요한 용수를 공급하고 있다. 지표수원의 용수는 수질오염에 취약한 단점을 가지고 있으며, 많은 용량을 확보하기가 용이하나 갈수기에는 양적으로 부족한 경우가 있다. 이에 대하여 지하수는 지표수원 중심의 용수공급 단점을 보완할 수 있는 대체수원이며 수질도 상대적으로 우수한 수자원이다. 그러나 그동안 무분별한 지하수 개발로 인하여 지반침하, 수질악화 등의 지하수장애도 발생하고 있다.

지하수 오염 취약성을 간접적, 경험적으로 평가하는 기법 중 대표적인 것으로는 1987년 미국 환경보전청(EPA)과 미국지하수학회(NGWA)가 개발한 DRASTIC 평가가 있다. DRASTIC 평가는 외국에서 뿐만 아니라(AI-Adamat 외, 2003; Kalinski 외, 1994; Melloul과 Collin, 1998; Rosen, 1994; Secunda 외, 1998), 국내에서도 활용도가 비교적 높은 평가방법 중 하나이다(Kim과 Hamm, 1999; 민경덕 외, 1996). 민경덕 외(1996)는 기존 DRASTIC에 선구조의 분포밀도를 더하여서 DRASTIC 지수를 구하였다. 이는 우리나라에서 많이 개발되고 있는 암반지하수가 단층, 균열 등의 구조대에서 산출하는 점에 착안한 것이다.

본 연구는 국내 대도시 중 창원시 지역을 대상으로 인구밀도가 높고, 지하수 이용시설이 밀집한 지하수 환경에서의 DRASTIC 평가를 검토하고 실제의 지하수 오염정도와 DRASTIC 평가를 비교하여 도시 지역에 보다 적절한 평가방법을 모색하고자 하였다.

## 2. 수질특성

연구지역은 읍면지역 제외한 창원시 일원이다. 연구지역은 북서-남동 방향의 일직선의 창원대로를 중심으로 북동쪽은 주거상업 중심의 신도시, 남서쪽은 공업지역으로 나누어진다. 지하수오염가능성을 평가하기 위하여 연구지역을 12개 동으로 나누고(Fig. 1) 각 구역에 대하여 DRASTIC 평가를 실시하였다. 그리고 DRASTIC 평가 결과와 1996년 창원 전역에서 수집된 551개의 수질검사 결과를 비교하고 상관성을 분석하였다.

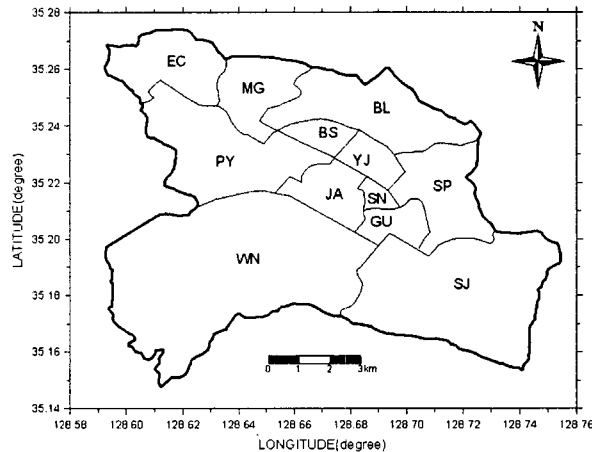


Fig. 1. Administrative districts of the study area. EC: Euichang-dong; MG: Myeongog-dong; BL: Bonglim-dong; BS: Bansong-dong; YJ: Yongji-dong; PY: Palyong-dong; JA: Jungang-dong; SN: Sangnam-dong; GU: Gaeumjeong-dong; WN: Wungnam-dong; SJ: Seongju-dong.

1996년 연구지역의 551개 수질분석 자료를 각 동별로 최대, 최소, 평균값을 구하였다. 수질분석 자료는 음용수 281개, 생활용수 225개, 공업용수 44개, 기타 1개이다. 수질분석항목 중 수은, 시안, 페놀, 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온, 카바릴, 에틸벤젠과 미량 존재하는 성분인 납, 세레늄, 음이온계면활성제는 검출되지 않았다. 동별 먹는물 수질 적합, 부적합율을 보면, 551개 자료 중 466개가 수질기준에 적합하며, 85개가 부적합한 것(전체 부적합율 15.4%)으로 나타났다. 주요 부적합요인을 보면, 일반세균, 대장균군 등 미생물에 의한 요인이 가장 우세하며, 질산성질소, 트리클로로에틸렌, 염소이온, 금속류, 중금속류가 일부 부적합 요인으로 나타났다. 특히, 창원대로의 남쪽에 위치하는 공단지역에서는 트리클로로에틸렌이 검출되는 지점들이 있었다.

## 3. DRASTIC 평가

DRASTIC 평가 결과, 창원대로를 중심으로 남서쪽의 공단지역 및 인접한 지역인 가음정동(GU), 중앙동(JA), 팔용동(PY) 구역에서 지수 161이상으로 높게 나오며, 공단지역인 웅남동(WN), 성주동(SJ) 구역은 141-160 범위를 보인다. 대부분의 주거, 상업지역인 신도시 지역에서는 141-160으로 중간정도의 오

염취약성을 보이며, 반송동(BS), 상남동(SN) 구역은 상대적으로 낮은 지수를 보인다. 그리고 상업시설이 밀집되고 지하수위가 낮은 용지동(YJ) 구역에서는 DRASTIC 지수가 가장 낮다(Fig. 2). 이는 용지동(YJ) 구역의 오염취약성이 가장 낮다는 것을 지시한다. 그러나, 실제로는 지하수 사용량이 상대적으로 많은 YJ 구역의 지하수 오염정도가 상대적으로 높으므로 오염취약성과 실제 오염도 사이에 상반된 결과가 나타나게 된다.

551개 수질분석자료의 부적합율과 DRASTIC 평가지수의 상관계수는 0.40로서 낮게 나타났다. 이는 연구지역의 경우에 DRASTIC 평가지수가 실제의 지하수 오염상태를 잘 반영하지 못하고 있음을 나타낸다. 먹는물 수질의 부적합율과 단위면적당 지하수 사용량간의 상관계수는 0.70로서 DRASTIC 평가지수와 상관계수보다 훨씬 높게 나타났다(Fig. 3). 이는 지하수 사용량이 수질 부적합율에 미치는 영향이 DRASTIC 평가지수가 수질 부적합율에 미치는 영향보다 훨씬 크다는 것을 의미한다. 먹는물 수질의 부적합율과 단위면적당 지하수 공 수간의 상관계수도 0.87로서 높게 나타났다(Fig. 4). 지하수공수는 지하수 사용량과도 연관되며, 이는 어떤 지역의 지하수 사용량과 이에 따른 지하수위 하강이 수질 저하에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다.

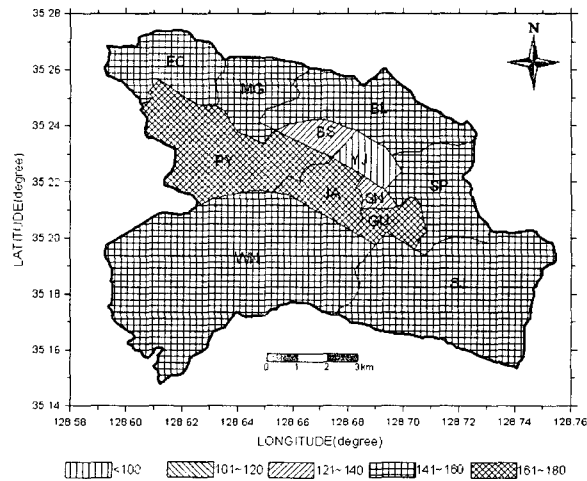


Fig. 2. DRASTIC map.

#### 4. 결론 및 토의

먹는물 수질의 부적합율과 단위면적당 지하수 사용량간의 상관계수는 0.70이며 먹는물 수질의 부적합율과 단위면적당 지하수 공 수간의 상관계수는 0.87로서, 먹는물 수질의 부적합율과 DRASTIC 평가지수의 최소값간의 상관계수(0.40)보다 훨씬 높게 나타났다. 이는 지하수 사용량이 수질 부적합율에 미치는 영향이 DRASTIC 평가지수가 수질 부적합율에 미치는 영향보다 훨씬 크다는 것을 의미한다. 따라서 기존 DRASTIC 평가에서는 지하수위가 낮을수록 오염의 가능성이 낮은 점수로 평가되지만 도시지역과 같이 지하수 사용량이 많고 지하수위가 낮은 지역에 DRASTIC 평가지수를 그대로 사용하면 정확한 지하수 오염취약성 평가가 이루어질 수 없다. 이는 지하수의 사용량이 상대적으로 과다하여 수위강하가 큰 지역에서는 지하수 오염원으로부터 유래하는 오염물질이 대수층으로 유입할 가능성이 높기 때문이다. 또한 도시지역에서는 지하 유류 탱크, 지하 매설 하수도관 등 지하 오염원에 의해서 지하수가 직접 오염되는 경우도 많으므로 도시지역에 DRASTIC을 적용할 때는 많은 주의를 요한다. 따라서 현재 국내에서 지하수 오염가능성 평가에 적용되는 DRASTIC 평가 방법을 지하수사용량이 많은 도시지역에 적용하기 위해서는 적용인자, 등급, 가중치 등을 국내 실정에 적합하도록 조정하는 연구가 필요하다.

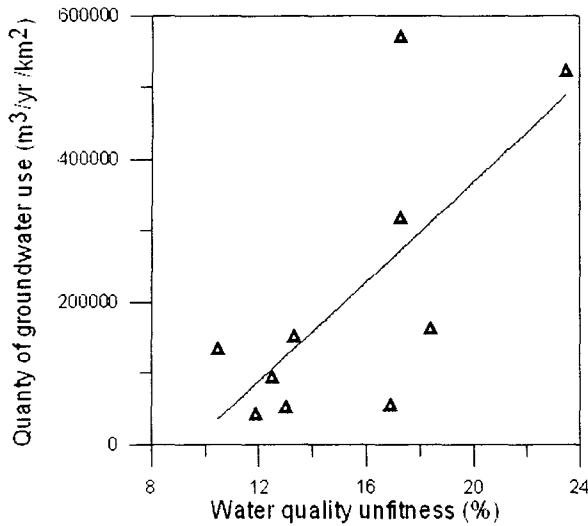


Fig. 3. Correlation between water quality unfitness and groundwater abstraction rate.

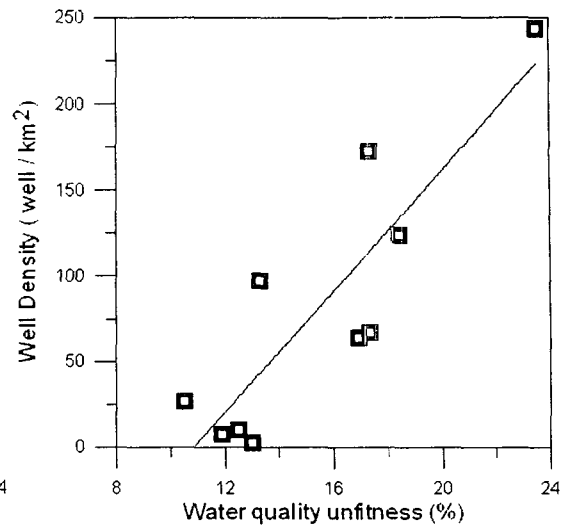


Fig. 4. Correlation between water quality unfitness and well distribution density.

## 참고문헌

- 민경덕, 이영훈, 이사로, 김운종, 한정상, 1996, DRASTIC을 이용한 지하수 오염 가능성 분석 및 그래픽 사용자 인터페이스 개발연구, 지하수환경, 3(2), 101-109.
- Al-Adamat, R. A. N., Foster, I. D. L., and Baban, S. M. J., 2003, Groundwater vulnerability and risk mapping for the basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, remote sensing and DRASTIC, Applied Geography, v. 23, 303-324.
- Kalinski, R. J., Kelly, W. E., Bogardi, I., Ehrman, R. L., and Yamamoto, P. D., 1994. Correlation between DRASTIC of VOC contamination of municipal wells in Nebraska, Ground Water, v. 32, n. 1, 31-34.
- Kim. Y. J., Hamm. S.-Y., 1999, Assessment of potential for groundwater contamination using the DRASTIC/EGIS technique, Cheongju area, South Korea, Hydrogeology Journal, v. 7, 227-235.
- Melloul, A. J. and Collin, M., 1998, A proposed index of water quality assessment: the case of Israel's Sharon region, Journal of Environmental Management, v. 54, 131-142.
- Rosen, L., 1994, A study of the DRASTIC methodology with emphasis on Swedish conditions, Ground Water, v. 32, n. 2, 278-285.
- Secunda, S., Collin, M. L., and Melloul, A. J., 1998, Groundwater vulnerability assessment using a composite model combining DRASTIC with extensive agricultural land use in Israel's Sharon region, Journal of Environmental Management, v. 54, 39-57.