

수질 장기관측자료를 활용한 우리나라의 지하수 수질변동 특성

김규범, 이장근*

한국수자원공사 조사기획처

*서울대학교 지구환경과학부

gbkim@kowaco.or.kr

요 약 문

Since 1995, MOCT(Ministry of Construction and Transportation) and KOWACO(Korea Water Resources Corporation) have established the National Groundwater Monitoring Network in South Korea and also MOE(Ministry of Environment) has operated Groundwater Quality Monitoring network. Until 2001, 202 monitoring stations by MOCT and 780 monitoring wells by MOE have been constructed, measured groundwater level and analyzed water samples. Groundwater quality analysis has been conducted two times a year during last 6 years for all monitoring wells. The quality data has about 15 components including pH, COD, Count of Coliform group, and etc.. Trend analysis has been performed for 6 components(Coliform, pH, COD, NO₃-N, Cl and EC) of water quality which are analyzed more than 7 times for total monitoring wells. Two test methods have been used ; Sen's test and Mann-Kendall test. These trend tests have been done at the 0.05 significance level.

By the result of Sen's test, Count of Coliform group has either upward or downward trends at 4.3 percent of the monitoring points. pH does at 5.6 percent, COD does at 8.6 percent, Nitrate-Nitrogen does at 13.2 percent, Chloride does at 13.4 percent, and EC does at 11.6 percent of the monitoring points.

The exact causes of the groundwater quality trends are difficult to specify. Notable downward trends in nitrate at many monitoring points may be the result of reduction on some contamination sources. Potential causes include diminished agricultural areas, improvements in sewage treatment and a decrease in atmospheric deposition. Increase in chloride at many monitoring points may be the result of increased non-point source pollution such as road salting and runoff from sprawling paved developments and suburbs.

key word : groundwater quality, trend, Sen's test, Mann-Kendall test

1. 서론

지하수 수질은 다양한 인자들의 복합적인 작용에 의하여 나타나는 결과이다. 일반적으로 이와 같은 인자들은 자연적인 것과 인위적인 것으로서 2개의 부류로 구분된다. 광역적인 지하수 수질에 있어서 자연적인 변화는 기후, 강우, 토양, 지층 분포, 지하수 유동 방향 등에 의하여 나타나게 되며, 인간의 활동에 의한 수질의 변화는 토지이용, 폐기물 처리, 자원 개발, 농업 활동, 산업 활동, 도시 개발, 지하 저장고 등에 의하여 영향을 받는다.

국가 지하수 관측정 및 수질측정망에서의 지하수 시료 샘플링은 일년에 두 번 봄과 가을에 수행되었다. 수질 분석 대상 항목은 pH, COD, 대장균군수, 염소, 질산성질소 및 전기전도도

등 6개 항목이다. 국가 지하수 관측정의 163개의 관측정과 수질측정망의 780개소의 지하수 수질을 대상으로 추세 분석을 실시하였다.

<표-1> 지하수 수질의 추세 분석에 사용된 지하수 관측정 현황

Item	Sampling periods	Amount of data
pH	95 ~ 2001	7 ~ 12 sampling times
COD	95 ~ 2001	7 ~ 12 sampling times
Coliform	96 ~ 2001	7 and 9 sampling times
Cl	95 ~ 2001	7 ~ 10 sampling times
NO ₃ -N	95 ~ 2001	7 ~ 12 sampling times
EC	95 ~ 2001	7 ~ 10 sampling times

2. 본론

각종 환경 및 지하수 인자에 대한 추세 분석 및 추세 판단에 사용되는 방법으로서 첫번째 유용한 방법은 변동 데이터를 그래프로 표현하는 것으로서 이와 같은 그래픽 표현은 일반적인 추세 경향성과 주기성을 포괄적으로 파악하는데 유용하게 사용된다. 이 그래픽 방법은 통계적인 분석들을 수행하기 이전에 전반적인 경향을 파악하는데 주로 사용된다.

관측자료가 이상치를 보유하고 있는 경우, 누락된 자료가 있는 경우 또는 값이 감지되지 않는 경우 등에는 시계열 분석 방법을 적용하는데 다소 문제점을 갖고 있다. 따라서, 지하수 수질자료와 같이 비정기적이면서 이상치들이 자주 나타나는 자료에 대해서는 비모수적 방법을 적용하는 것이 추세판단에 바람직하다. 이와 같은 비모수적 방법중에서 환경인자에 대하여 주로 적용하는 기법은 Sen's test 또는 Mann-Kendall test 등이 있다.

Sen's test는 Sen's trend estimator를 계산하고 이 추정치를 신뢰구간의 상하한선내에 존재하는지에 대한 검증을 통하여 추세를 평가하는 방법이며, Mann-Kendall test는 이전 값과 이후 값의 차이를 부호로 표시하여 부호의 갯수의 합의 분포를 파악하여 추세를 평가하는 방법이다.

3. 결론

국가 지하수 관측망 및 오염우심지역에 설치된 수질측정망의 연 2회 수질 분석 자료를 대상으로 Sen's test와 Mann-Kendall test를 수행하였다.

Sen's test에 의한 추세 분석 결과, pH는 5.6%, COD는 8.6%, 대장균균수는 4.3%, 염소는 13.4%, 질산성질소는 13.2% 및 전기전도도는 11.6% 정도가 추세가 증가하거나 감소하는 것으로 나타났으며, Mann-Kendall test에 의한 추세 분석 결과는 pH는 15.3%, COD는 17.5%, 대장균균수는 15.3%, 염소는 21.3%, 질산성질소는 21.0% 및 전기전도도는 16.7% 정도가 추세가 증가하거나 감소하는 것으로 나타났다. Sen's test에 의한 결과를 보면, COD, 염소 및 질산성 질소는 수질 측정치가 점차 증가하는 경우가 감소하는 경우보다 약간 높으며, pH, 대장균균수 및 전기전도도 등은 감소하는 경우가 증가하는 경우보다 높은 것으로 나타났다. 특히 하계도, 대장균균수의 경우에는 수질 측정치가 증가하는 것은 나타나지 않았다. 한편, Mann-Kendall method에 의한 추세 분석 결과는 Sen's method에 의한 추세 분석 결과보다 추세성을 더 많이 보이는 특징을 보이고 있다. 이상과 같이 수질 측정치의 감소 또는 증가 추세 현상이 비교적 높게 나타난 것은 대부분의 수질측정망이 공단, 매립지 등과 같은 오염우심지역에 주로 위치하고 있기 때문이며, 이상과 같은 수질의 추세 분석 결과는 토지 이용별로 그 특성이 분류된다면 지하수 관측정의

설치 대상 지역 선정시 토지이용을 고려할 수 있는 기준이 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 관측정 운영 기간이 짧은 관계로 사용된 관측 횟수가 7회 이상으로서 분석에 필요한 최소한의 관측량 자료를 활용한 것이며, 향후 수년 후에 더 많은 관측 자료가 활용된다면 보다 신뢰도가 높은 추세성 분석이 이루어 질 수 있을 것으로 추정할 수 있다.

4. 참고문헌

건설교통부 · 한국수자원공사, 2002, 지하수조사연보

건설교통부 · 한국수자원공사, 2002, 지하수관측연보

Gibbons, R.D., 1994, Statistical Methods for Groundwater Monitoring, John Wiley & Sons, Inc.