

경기도 일죽 지역 천부 지하수질의 연간 변화

김연태, 정성욱, 현승규, 신우식, 우남철

연세대학교 지구시스템과학과 (e-mail : yountaekim@hotmail.com)

<요약문>

This study is objected to identify the annual variation of shallow groundwater quality in the study area, Hwabong-Jangam, Iljuk-Meon, Kyunggi-Do. The previous study in 2002 shown a wide-spread contamination of shallow groundwater by nitrate mainly originated from wastes of livestock facilities. In the year 2003, groundwater quality of the area has worsened due to the agricultural activities including the application of organic fertilizer and agro-chemicals to improve soil quality. In addition, a leaking septic tank, identified in the previous study, is still expanding its influence on the nearby wells.

key word : agricultural area, shallow groundwater, annual variation, leaking septic tank

1. 서론

연구지역은 경기도 일죽 화봉리-장암리 일대로서 북쪽은 주라기 화강암, 남쪽은 선캄브리아기 편마암 기반이며, 화봉천을 따라 동-서측으로 4기 충적층이 발달한 지대이다¹⁾. 화봉천은 북쪽으로 흘러, 청미천을 거쳐 남한강으로 유입된다. 이 지역은 논과 밭, 과수재배 면적이 비슷한 농촌지역으로 다양한 규모의 축사가 밀집되어 있다. 이전의 연구²⁾에서 이 지역은, 천부지하수 시료의 32~42%가 질산성 질소 성분이 먹는물 수질기준인 10 mg/l를 초과하여 질산성 질소에 의한 천부 지하수 오염이 심각한 상태이며, 인위적 오염 물질 유입 가능성이 있는 것으로 해석되는 질산성 질소의 농도 5mg/l 이상인 시료³⁾는 모두 $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ 이 5% 이상의 값을 나타내어, 외부에서 유입된 질소는 $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ 이 낮은 화학 비료보다는 $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ 이 높은 동물 및 사람의 분뇨에서 기원하는 것으로 밝혀졌다. 이 지역 지하수질의 연변화를 알아보기 위해 1년이 지난 후 조사를 수행하였다.

2. 연구방법

2002년 4월의 연구결과와 비교하기 위하여 2003년 4월 같은 시기에 지하수 시료를 채취하였다. 시료 채취 지점은 이전의 연구와 같으며, 배경수질에 대한 연구를 위해 유역 상류에 두 지점을 추가하였다 (Fig. 1). 시료채취 시 현장에서 수온, pH, 전기전도도(EC), 산화환원전위(Eh)를 측정하였으며, 음이온(F, Cl, NO₂, Br, NO₃, PO₄, SO₄)과 양이온(Na, Ca, K, Mg, Si, Mn, Cd, Pb, Zn, NH₄-N) 농도, 알칼리도는 한국기초과학지원연구원과 연세대학교에서 IC, ICP-AES, UV, Titroprocessor를 이용하여 분석하였다.

3. 연구결과

1) 전체적 수질변화

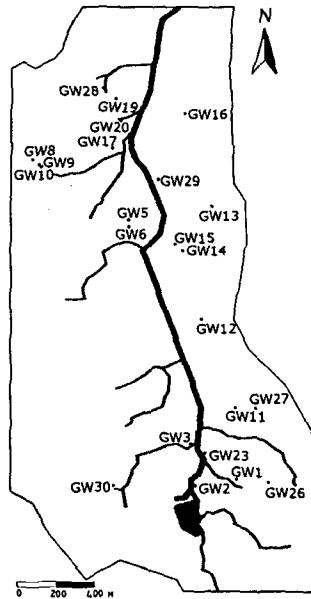


Fig. 1. Sampling position

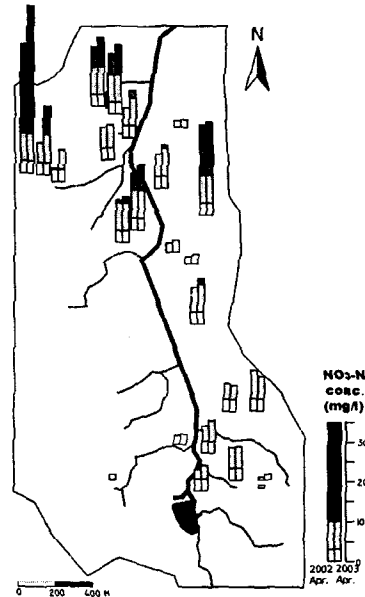


Fig. 2. Nitrate-nitrogen concentration

화학분석 결과, 질산성 질소 농도가 먹는물 수질기준을 초과한 지점이 2002년 4월에는 22지점 중 7지점 이었으나, 2003년 4월에는 24지점 중 10지점 이었다(Fig. 2). 새로 추가된 지점들은 배경수질에 해당하므로, 연구지역의 질산성 질소 오염은 더 심해졌다고 할 수 있다. 지하수 내 주 양이온과 음이온의 농도는 2002년에 비해 2003년에는 전반적으로 약간 증가한 것으로 나타났다. 2002년과는 달리, 2003년 시료채취 당시 경작지마다 유기질비료자루, 퇴비, 토질개선제 자루가 쌓여 있었으며, 시비가 이루어진 경작지도 상당부분 존재하였다. 이러한 농경활동이 지하수질에 반영되어 지하수에서 주이온 농도가 증가된 것으로 판단된다. 상관행렬(Table 1)에서, 2002년에는 Na, Ca, Cl, NO₃-N, SO₄ 성분이 높은 상관관계를 갖고 Ca, K, Mg 성분은 이에 포함되지 않았지만, 2003년에는 Ca, K, Mg 성분 역시 높은 상관관계를

Table 1. Correlation matrix of solutes in samples :

a) Samples in Apr. 2002

	Cl	NO ₃ -N	SO ₄	HCO ₃	Na	K	Mg	Ca	Si
Cl	1.000								
NO ₃ -N	.846	1.000							
SO ₄	.619	.580	1.000						
HCO ₃	.020	-.233	-.231	1.000					
Na	.873	.867	.820	-.225	1.000				
K	.027	-.163	-.141	.000	-.214	1.000			
Mg	.006	-.148	-.206	.386	-.269	.635	1.000		
Ca	.858	.797	.759	.163	.846	-.127	.082	1.000	
Si	.039	-.056	-.252	.322	-.025	-.160	.068	.009	1.000

(b) Samples in Apr. 2003

	Cl	NO ₃ -N	SO ₄	HCO ₃	Na	K	Mg	Ca	Si
Cl	1.000								
NO ₃ -N	.866	1.000							
SO ₄	.686	.711	1.000						
HCO ₃	.175	-.073	-.015	1.000					
Na	.889	.911	.854	.024	1.000				
K	.675	.527	.399	.077	.507	1.000			
Mg	.864	.775	.552	.370	.691	.716	1.000		
Ca	.898	.874	.840	.293	.931	.509	.798	1.000	
Si	.219	.091	-.120	.312	.137	.058	.225	.094	1.000

Table 2. Total variances explained and component matrixes by chemical data of groundwater

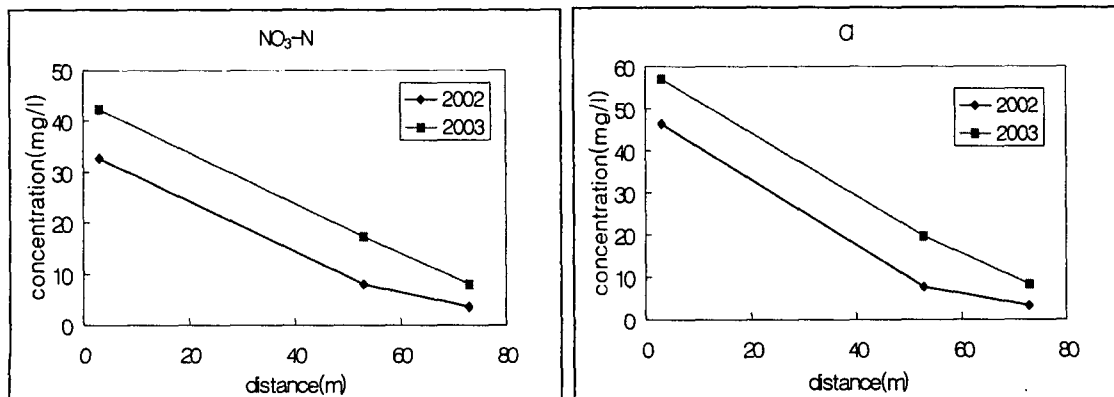
	Component			
	2002.4		2003.4	
	1	2	1	2
Cl	.897	.296	.959	.067
NO ₃ -N	.905	.024	.917	-.190
SO ₄	.837	-.092	.809	-.343
HCO ₃	-.176	.621	.182	.804
Na	.979	-.049	.941	-.159
K	-.213	.625	.680	.054
Mg	-.216	.878	.883	.264
Ca	.907	.320	.959	.005
Si	-.086	.244	.157	.738
Total	4.235	1.808	5.520	1.448
% of Variance	47.061	20.088	61.331	16.091
Cumulative %	47.061	67.148	61.331	77.422

*Matrixes were extracted by Principal Component Analysis.

갖는 것으로 나타났다. 이 성분들은 모두 비료 및 퇴비와 토질개선제의 주 성분이므로, 농경활동에 의한 영향이 지하수질에 반영되었음을 다시 한번 입증해준다. 이러한 특성은 주성분 분석 결과 (Table 2)에서도 동일하게 나타난다. 2002년에는 제1주성분이 축산분뇨에 의한 영향으로 해석되었으며, 그 설명력은 47.061%였다. 이는 오염지역과 오염원 분포의 비교, 질소동위원소 분석을 통해 유추된 결과와 일치하였다. 그러나, 2003년에는 제1주성분의 성분원소가 증가되어 축산분뇨뿐만 아니라 유기질비료 및 토질개선제의 사용이 중요한 요인으로 해석되며 그 설명력은 61.331%로 증가하였다.

2) 정화조 파손에 의한 오염의 범위 확장

이전 연구에서 주위에 축사나 농경지가 없는데도 질산성 질소의 농도가 매우 높게 나타난 GW8 지점에 대하여 문답조사를 포함하여 연구한 결과, 정화조 파손에 의한 오염으로 확인되었다. 현재 사용하지는 않지만 채래식 화장실이 개진 채로 방치되고 있으며, 오물이 약간 남아있고 여기에 지하수가 유입되어 정화조를 가득 채우고 있었다. 이 정화조에서 남쪽으로 3M 가량 떨어진 곳에 위치한 생활용 관정이 GW8 지점이며, 남쪽으로 50M 떨어진 GW9 지점(심도 15M)과 이 지점에서 남쪽으로 20M 떨어진 GW10 지점(심도 15M)에서 시료를 채취하였다. 이 지점들에 대한 화학분석 결과를 비교하면, 점오염원에 의한 영향력이 확산되었음을 알 수 있다(Fig. 3). 정화조에서 멀어질수록 용존 성분의 농도 감소가 뚜렷이 나타나고 있으며, 2002년에 비해 2003년에는 오염범위가 더욱 확산된 것을 알 수 있다. GW9 지점의 경우, 2002년 4월에는 질산성 질소 농도가 8.0 mg/l 로 먹는물 수질기준(10 mg/l)을 만족하였으나, 2003년 4월에는 17.3 mg/l 로 먹는물 수질기준을 크게 초과하였다. GW10 지점은 2003년 4월 조사에서 질산성 질소 농도가 먹는물 수질기준을 초과하지는 않았지만, 농도가 상당히 증가하였다. 이전의 연구에서 GW10 지점에서는 탈질작용이 일어나고 있는 것으로 해석되었으므로, 오염원의 외부에서는



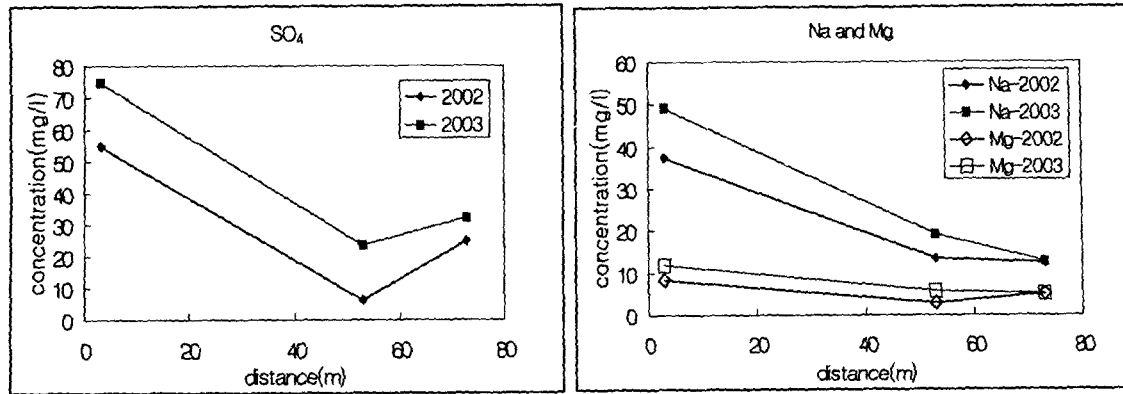


Fig. 3. Annual variation of solutes concentration in distance from leaking septic tank.

자연적 정화가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나, 측정 자료가 부족하여 자세한 기작은 밝히지 못하였다. GW8 지점은 연구지역 내에서 가장 규모가 큰 주거지역에서 가장 높은 곳에 위치하고 있으므로 오염에 의한 문제가 매우 심각하다고 할 수 있다.

4. 결론

경기도 안성시 일죽면 화봉리-장암리 일대의 천부지하수는 질산성 질소에 의한 오염이 심각한 상태이며, 오염지역과 오염원 분포의 비교, 질소동위원소 분석을 통해 가축 및 사람의 분뇨에서 유래되는 질소가 크게 영향을 미치고 있음이 밝혀졌다. 2002년과 2003년의 수질분석 결과를 비교해보면, 첫째로, 농업활동의 차이가 지하수질에 반영되고 있음이 밝혀졌다. 2003년에는 축산분뇨 뿐만 아니라 유기질비료와 토질개선펙제 사용이 연구지역의 수질에 큰 영향을 미치고 있음이 나타났다. 따라서, 이 지역 천부지하수의 주성분 농도는 약간 증가하였다. 둘째로, 주위에 축사나 농경지가 없는데도 질산성 질소의 농도가 매우 높게 나타난 GW8 지점이 정화조 파손에 의해 오염된 지역으로 밝혀졌고, 그 영향범위는 전년에 비해 크게 증가하였다.

5. 참고문헌

- 1) 이상만, 김형식, 송용선, 1:50,000 안성도폭 지질보고서, 한국동력자원연구소, 1989.
- 2) 김연태, 우남철, 축사가 밀집된 농촌지역 천부지하수의 질산염 오염특성, 지하수도양환경 8(1), 57-67, 2003.
- 3) Medison, R.J. and Brunett, J.O. Overview of the occurrence of nitrate in ground water of the United States, National Water Summary 1984 Hydrologic Events, Selected Water-Quality Trends, and Ground-water Resources, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2275, 93-105, 1985.