

경기도 일죽지역 천부지하수의 질산성 질소 오염특성

김연태, 신우식, 우남철, 이상모*

연세대학교 지구시스템학과

*서울대학교 농업생명과학대학부속 농업과학공동기기센터

e-mail : yountaekim@hotmail.com

요 약 문

전형적인 농촌지역 지하수의 질산성 질소 오염현상에 대하여 오염원 규명, 지하수 오염범위와 오염도 파악을 위하여 이 연구를 수행하였다. 연구지역은 대규모 축사가 곳곳에 위치한 축산단지 인근지역이며, 벼농사와 포도재배가 이루어지고 있다. 이 지역의 수리화학적 특성을 밝히기 위하여 지하수와 지표수 시료를 채취하여 화학분석을 수행한 결과, 1차 17지점, 2차 22지점에서 채취한 지하수 시료 중 32~42%에서 질산성 질소 성분이 음용수질 기준(10 mg/L)을 초과하였으며, 77%에 해당하는 지점이 인위적 오염물질의 유입가능성이 있는 것(3 mg/L 초과)으로 나타났다. 질소 동위원소($\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3$) 분석 결과에 의하면, 질산성 질소 성분은 대부분 축산폐수 기원임이 밝혀졌다. 현재 축사가 운영되고 있는 지역 뿐 만이 아니라 폐축사가 위치한 지역에서도 질산성 질소 오염이 나타나 축사가 천부지하수질에 오랜 기간동안 영향을 미칠 수 있음이 밝혀졌다.

The purposes of this research are to identify the source and the extent of contamination of nitrate in groundwater in a typical agricultural area. The study area has many livestock raising facilities, rice paddies and grape farms. In order to identify the hydrogeological character, we sampled groundwater and surface water in 27 locations and performed chemical analyses. Nitrate-nitrogen is the major contaminant in this area. Approximately 32~42% of groundwater samples are over the drinking water limit(10 mg/L), and 77% estimated to be entered from artificial sources. The nitrogen isotope analysis indicates animal waste being the major source of nitrate in water samples. Not only presently operating livestock facilities but also abandoned ones influence groundwater quality for a long time.

key word : nitrate, nitrogen isotope, animal waste, groundwater contamination

1. 서론

우리나라의 용수 총 이용량을 살펴보면 지하수의 사용량은 작다. 그러나, 농촌지역의 경우 광역상수도가 공급되지 않으므로 지하수에 대한 의존 정도가 크다. 특히, 각 가구마다 대부분 비용부담이 적은 천부관정을 설치하므로, 농촌지역에서 주로 사용하는 지하수는 충적층 지하수로 볼 수 있다. 충적층 지하수는 지표수 함양 등에 의해 지하수가 잘 보충되지만, 수질오염에 민감한 특성을 갖는다. 농촌지역의 지하수 오염은 농업활동과 크게 연관되어 있다. 농약과 화학비료의 과다사용, 축산폐기물의 유출 내지 과다살포 등이 지하수질의 악화를 초래하며, 농촌지역의 각종 시설미비에 의해 정화조 유출, 생활하수 유입, 생활폐기물 매립지 침출수에 의해서도 수질이 영향을 받는다. 이와 같이 농촌지역의 지하수는 농민들의 주요한 식수이자 생활용수 이지만, 다양한 오염원에 노출되어 있고 오염에 취약하다는 문제점을 안고 있다. 본 연구는 축산단지와 벼농사 및 과

수재배가 어우러진 농촌특성을 갖고 있는 경기도 일죽지역의 소유역에 대하여 천부지하수의 화학적 분석을 통해 오염특성을 밝히고, 주 오염 성분의 배출원을 밝히고자 하였다.

2. 본론

연구지역은 남쪽 농업용 저수지에서 북쪽의 남한강 지류인 청미천으로 향하는 약 4km의 소하천을 중심으로 주위가 낮은 구릉으로 둘러싸인 마을이다. 이 지역 내에는 7개의 부락이 존재하며, 마을 주민들은 대부분 논농사, 밭농사, 과수재배(포도, 배), 가축사육(한우, 젓소, 돼지, 닭, 개)으로 수익을 올린다. 대규모 축사는 연구지역 주위의 낮은 구릉에 위치하고 있으며, 소는 수십 두, 돼지는 수천 두 규모로 사육하고 있다. 뿐만 아니라, 주택에도 소규모의 축사를 운영하여 10두 이내의 소를 사육하고 있거나, 과거에 사육했던 폐축사가 위치하고 있다. 화학분석을 위한 시료채취는 2월과 4월 두 차례에 걸쳐 이루어 졌으며, 연구지역의 마을을 중심으로 전체적으로 고른 분포로 지하수와 지표수를 채취하였다(1차-지하수 17지점, 지표수 3지점, 오염원 2지점, 2차-지하수 22지점, 지표수 5지점). 시료채취 지점과 축사 위치는 **Figure 1**과 같다.

2차에 걸친 기초수질 조사 결과 연구지역 지하수의 주 오염 성분은 질산성 질소로 밝혀졌다. 2월에 채취한 지하수 17지점 중 질산성 질소가 먹는물 수질기준 10mg/L를 초과한 지점은 42% 이었다. 이 중에는 생활용수 수질기준인 20mg/L를 초과하여 심각하게 오염된 2지점이 포함되어 있다. 인위적 오염물질의 유입가능성이 있다고 판단되는 농도인 3mg/L를 초과하는 지점(Madison et al., 1985)은 전체의 76.5%에 해당한다. 4월에 채취한 지하수 22지점 중에는 먹는물 수질기준을 초과한 지점이 32%, 그 중 생활용수 수질기준까지 초과한 지점이 2지점, 인위적 오염물질의 유입가능성이 있다고 판단되는 지점은 77.3% 이었다(**Figure 2**).

주 오염물질로 밝혀진 질산성 질소의 배출원을 밝히기 위해 질소 동위원소 분석을 수행하였다. 지금까지의 발표에 의하면, $\delta^{15}\text{N}$ 이 -2 ~ +4‰인 경우는 화학비료에서 유래, +3 ~ +8‰인 경우는 토양 유기질소에서 유래, +10 ~ +20‰인 경우는 사람이나 동물의 분뇨에서 유래된 것으로 본다(Karr et al., 2002). 4월에 채취한 시료의 질소 동위원소 분석 결과를 Surfer 7.0 프로그램을 이용해 등치선도를 그리면 **Figure 3**과 같다. 채취한 지하수 시료의 33%가 +10‰ 이상의 $\delta^{15}\text{N}$ 값을 나타내었고, 26%가 +8 ~ +10‰사이의 $\delta^{15}\text{N}$ 값을 나타내었다(**Figure 4**). 이와 같이 연구지역 대부분이 동물 및 사람의 분뇨에서 유래된 질소 성분이 주 오염원인 것으로 나타났다. 축사들이 몰려있는 연구지역의 북쪽이 전체적으로 축산폐수의 영향을 심하게 받고 있으며, 남쪽의 A지점은 대부분의 가구마다 소규모 폐축사를 갖고 있는 부락으로 축사는 대개 98년까지 운영되었다고 한다.

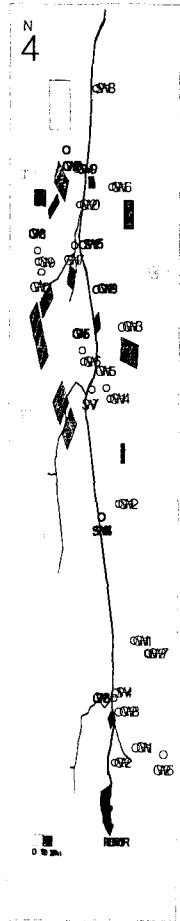


Figure 1. Study area with locations of livestock facility and sampling for groundwater and surface water.

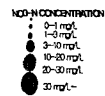
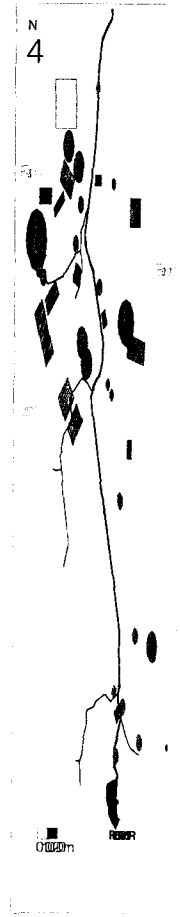


Figure 2. Map for $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in April.

3. 결론

경기도 일죽지역 천부지하수의 화학적 특성 연구 결과, 지하수 채취 시료의 77%가 인위적 오염물질의 유입에 의한 오염 가능성이 있다고 판단되었으며, 32~42%가 먹는물 수질기준 이상의 질산성 질소 농도를 나타내었다. 따라서 연구지역의 주 오염물질은 질산성 질소 성분이라 할 수 있다. 질소동위원소 분석결과, 59%에 해당하는 시료가 동물 및 가축의 분뇨에서 질소가 유래된 것으로 밝혀졌다. 또한 질산성 질소 농도가 먹는물 수질기준을 초과하는 지점이 현 측사가

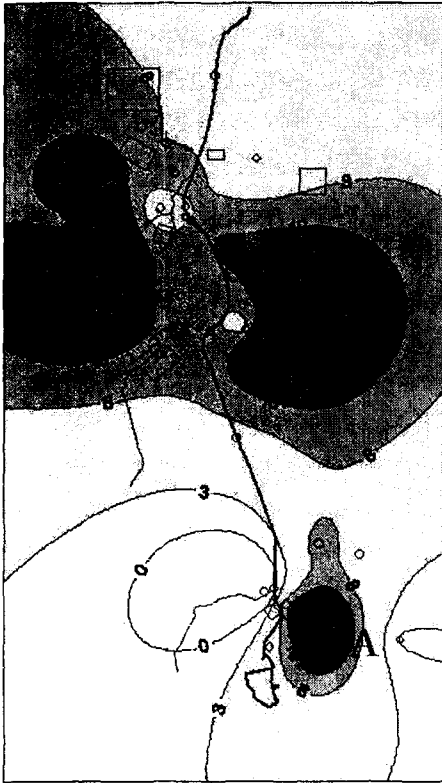


Figure 3. Contours of $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ (Unit:‰)

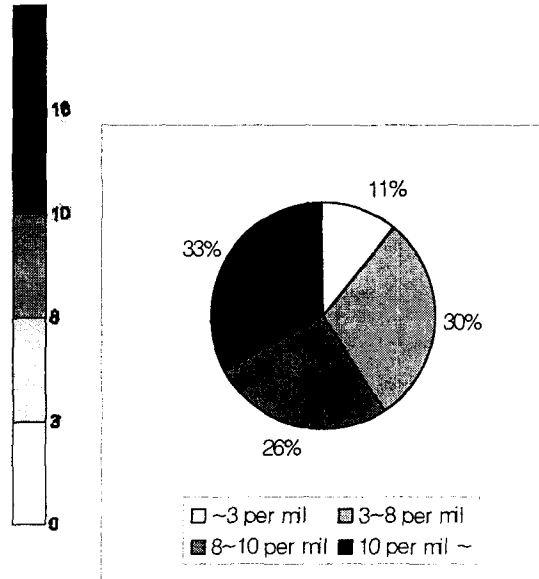


Figure 4. Population of samples by $\delta^{15}\text{N-NO}_3$.

존재하는 지점, 폐축사가 존재하는 지점과 매우 잘 일치하는 것을 발견할 수 있으며, $\delta^{15}\text{N}$ 값이 +8‰을 초과하는 지점과도 상당히 일치하는 것을 발견할 수 있다. 즉, 천부지하수를 주로 이용하는 농촌지역에 축사가 존재하는 경우 이는 질산성 질소에 의한 천부지하수 오염을 유발하며, 축사 운영을 중단하더라도 수년간 잠재적 오염원으로서 작용하는 것으로 나타났다. 따라서 농촌 지하수의 수질보존을 위해서 장기적인 대책이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발단의 연구비 지원(과제번호 3-5-1)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

4. 참고문헌

- Madison, R. J., and Brunett, J. O. (1985) Overview of the Occurrences of Nitrate in Groundwater of the United States. U. S. Geological Survey Water Supply Paper 2275. pp. 93-105
- Jonathan D. Karr, William J. Showers, and Thomas H. Hinson (2002) Nitrate Source Identification Using $\delta^{15}\text{N}$ in a Ground Water Plume Near an Intensive Swine Operation. GWMR, SPRING, pp. 68-75