

경안천유역내 축산단지 인근 시설원예지역의  
천층지하수 수질특성

김진호·문광현·안승구\*

농업과학기술원 환경생태과 · \*서울시립대학교 환경공학부

Groundwater Quality in the Shallow Aquifer at the Plastic Film Houses  
Area near Livestock Area in Kyongan River Basin

Jin-Ho Kim · Kwang-Hyun Moon · Seung-Gu Ahn\*

*Dept. of Environment & Ecology, National Institute of Agricultural Science & Technology*

*\*Dept. of Environmental Engineering, the University of Seoul*

ABSTRACT

This study was carried out to show the groundwater quality in the shallow aquifer at the plastic film houses area near livestock areas in Kyong-an river. The study was conducted at 31 sites in Pogok Myon, Yongin City, Kyonggi Province on March, June and August in 1998. Medium value of  $COD_{Cr}$  by survey months was as follows : June(8.0mg/L) > April(4.4mg/L) > August(3.2mg/L). And the value of  $NH_3-N$  showed same tendency : June (0.21mg/L) > April(0.08mg/L) > August (0.04mg/L). In case of nitrate-nitrogen, the changes by survey months were shown similar. But 28% of survey sites exceeded to agricultural groundwater quality reference level(20mg/L). And sulfur concentrations at some survey sites exceeded the reference level(50mg/L). But the other items of water quality were shown to suitable level for agriculture. The result showed that groundwater quality management should be taken for agricultural using at the livestock and plastic film house areas.

**Key words :** Kyongan river, groundwater, agriculture, irrigation water, non-point source

## 요 약 문

본 연구는 수도권내 팔당특별대책지역에 위치해서 비점오염원인 양돈축산단지과 시설원예단지가 집중적으로 분포된 경기도 용인시 포곡면에서 제 1 대수층 지하수의 수질과 오염특성, 그리고 이들의 시기별 변동특성을 규명하고자 98년 4월, 6월, 8월 등 총 3회에 걸쳐 31개의 시설원예지에서 관개용수로 사용하고 있는 관정을 대상으로 수행하였다. 조사대상지역의 수질특성 중  $COD_{Cr}$  중간치는 6월(8.0mg/L) > 4월(4.4mg/L) > 8월(3.2mg/L) 순이었으며,  $NH_3-N$  중간치도 6월(0.21mg/L) > 4월(0.08mg/L) > 8월(0.04mg/L) 순으로  $COD_{Cr}$ 과 동일한 경향을 보였다.  $NO_3-N$ 의 경우 조사시기별 중간치 농도의 변화는 거의 없었으며, 조사대상지점의 평균 28%가 농업용수 수질기준(20mg/L)을 초과하였다. 또한 황산염의 경우는 조사대상지점의 일부가 농작물피해한계를 초과하였으나, 그 외 수질성분들은 농업용수로 사용하기에는 적합한 수준이었다. 축산 및 시설원예지역내 지하수를 농업용수로 사용시 수질기준과 농작물 피해기준을 고려한 적절한 수질관리가 필요할 것이다.

**주제어 :** 경안천, 지하수, 농업, 관개용수, 비점오염원

## 1. 서 론

최근 우리나라가 OECD회원국으로 가입함에 따라 OECD에서 개발추진중인 13개의 농업환경지표 설정에 참여하게 되었다. 특히 이들 지표중 농업용수 수질지표는 선도국가인 캐나다와 미국에서는 각각 수질지표로서 수질오염 위험지표(Indication of Risk of Water Contamination, IROWC)와 지하수 취약지수(Ground Water Vulnerability Indexes, GWVI)를 제안하는 등 적극적으로 대응하고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 지표설정을 위해서는 각 OECD회원국가들의 체계적인 수질 모니터링 사업의 자료를 제시하여야 하는데, 우리나라에서는 1996년부터 농업환경변동조사사업에 의거 농업과학기술원을 비롯한 각 도농업기술원에서 농업용수에 관한 체계적인 조사 및 연구를 수행하였고<sup>2)</sup>, 2000년도부터는 전국 500여 개의 측정망을 통해

농업용 지하수의 수질을 주기적으로 조사할 예정이다.

본 연구는 수도권에 위치하는 팔당특별대책지역 중 경안천유역내 축산단지와 시설원예농이 집중되어 있는 경기도 용인시 포곡면의 제 1 대수층 지하수의 수질과 오염특성, 그리고 이들의 시기별 변화와 농업용수로서의 적합성 및 OECD에서 요구하는 자료중 하나인 농업생산활동이 환경에 미치는 영향을 규명하고자 수행되었다.

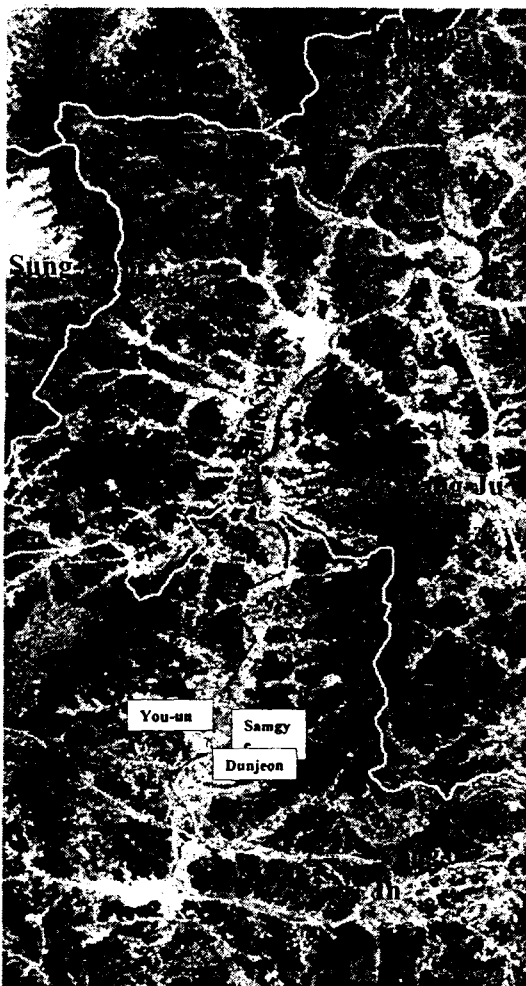
## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구대상지역

본 연구대상지역은 경기도 용인시 포곡면 일대로 환경정책기본법 제 22조(환경부고시 제90-15호)에 의한 팔당특별대책지역의 II권역에 포함되는

**Table 1. Administrative district and Number of Sampling Sites**

Administrative district				Number of Sites
Province	City	Myon	Ri	
Kyonggi	Yongin	Pogok	Yuwon	6
			Samgye	15
			Dunjeon	10



**Fig 1. Location of sampling site in Kyongan river basin**

지역이며<sup>3)</sup>, 한강의 주요수계중 하나인 경안천이 조사대상지역의 유역하천이며, 연구지역의 기반암은 선캠브리아기의 변성암체가 주를 이루고 있다<sup>4)</sup>. 경안천유역내 양돈의 64%가 조사대상지역인 1개면에 집중되어 위치해있어<sup>5-6)</sup>, 집단축산단지로 인한 경안천의 오염부하량을 크게 증가시키고 있으며, 또한 시설영농이 집약적으로 이루어지고 있어 농업활동으로 인한 지하수오염의 위험인자가 높은 곳이다<sup>7)</sup>. 조사대상 지역내의 시설원예지역에서의 주 재배 시설작물은 오이, 호박, 상추였다.

Table 1은 조사대상지역 및 시료채취 지점수를 나타낸 것이다. 조사는 한강특별대책지역으로 선정되어 있는 경기도 용인시 포곡면의 유우리, 삼계리, 둔전리에서 총 31지점을 대상으로 하였다. Fig 1은 연구대상지점의 위치를 항공사진을 통해 나타낸 것이다.

**2.2 시료채취 및 분석**

본 지역의 지하수 수질특성과 오염도의 시기별 변동을 파악하기 위해 갈수기(4월), 중간기(6월) 및 홍수기(8월)의 3차에 걸쳐 현장조사를 실시하였으며, 총 31개 지점의 시설원예지에 설치된 관정으로부터 제1 대수층 지하수의시료를 채취하였다. 시료채수시 약 10분 이상 양수하여 수온이 일정해진 후 시료를 채취하였으며, 채취한 시료는 현장에서 pH를 측정된 후 폴리에틸렌 용기(2L)에 담아 밀봉한 후 Ice Box에 넣어 실험실로 운반, 즉시 분석

Table 2. Variation of pH, EC<sub>w</sub>, COD<sub>Cr</sub>, and Nitrogen Concentrations by Survey Months

Month	pH	EC <sub>w</sub> (dS/m)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L/l)
Apr.	6.3*	0.38	8.6	0.16	14.4
	6.3**	0.38	4.4	0.08	13.9
	(5.9~6.8)***	(0.24~0.51)	(1.6~24.5)	(0~1.33)	(2.2~26.3)
Jun.	6.8	0.40	12.3	0.28	16.3
	7.1	0.37	8.0	0.21	14.4
	(5.8~7.6)	(0.29~0.63)	(1.6~32.8)	(0.06~0.79)	(6.1~36.0)
Aug.	6.0	0.40	3.9	0.12	16.0
	6.0	0.40	3.2	0.04	16.2
	(5.3~6.7)	(0.26~0.62)	(1.0~9.6)	(0~1.33)	(1.6~41.6)

\*Ave. concentration, \*\*Med. concentration, \*\*\*Min.~Max. concentration

하였다. 이때 시료는 수질오염공정시험법<sup>8)</sup>과 Standard Methods<sup>9)</sup>에 준하여 Electric Conductivity는 EC meter법(Y.S.I. model-30), COD<sub>Cr</sub>은 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>산화법으로 분석하였고, NH<sub>3</sub>-N은 Indophenol-Blue법을 이용하여 분석하였다. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 및 Cl<sup>-</sup>은 6번 여지로 여과후 IC(Dionex-300)를 이용하여 분석하였으며, 양이온(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>)은 6번여지로 여과후, 미량성분(Fe, Zn)은 질산으로 전처리분해하여 6번여지로 여과후 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, GBC INTEGRA XMP)를 이용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

축산단지 인근 시설원예단지에서 사용하고 있는 천층 지하수의 수질특성 및 오염도의 시기별 변동 조사중 pH, EC, COD<sub>Cr</sub>와 질소농도를 조사한 결과는 표 2와 같다.

pH는 물의 산성 또는 알칼리성의 정도를 나타내는 지표로서, pH의 직접적인 영향보다는 산성관

개수에 의한 토양양분의 손실과 토양중 알루미늄의 활성화 및 알칼리성 관개수에 의한 토양양분의 불용화 등을 통해 작물에 간접적으로 영향을 미친다. 시설원예의 대표작물중의 하나인 오이의 최적 pH는 5.5~7.0이며<sup>10)</sup>, 조사대상 지하수의 pH는 5.8~7.6으로, pH에 의한 영향은 없는 것으로 보인다. 4월과 8월의 pH는 비슷한 수준이었으나, 6월에 다소 높아지는 경향을 보였다.

일반적으로 지하수 시료중 EC는 물 속 전도성 성분의 지표로서 지하수의 유동 경로상에서 물과 지질매체와의 지화학적 반응에 의해 용존이온의 증가와 유관하다. FAO에서의 관개용수 수질해석을 위한 Guidelines 중 EC<sub>w</sub>(25℃의 물의 염농도)가 0.7dS/m이하에선 작물에 피해가 없고, 3.0dS/m 이내에선 조금 있고, 3.0dS/m이상에선 심할 것이라고 했다<sup>11)</sup>. 이 기준에 의한 조사대상 지하수의 EC농도는 최대 0.63dS/m로 작물의 생육에는 전혀 지장이 없는 안전한 수준인 것으로 조사되었다.

COD<sub>Cr</sub>는 유기물의 지표로서 유기물이 직접 식물에 영향을 미치기보다는 물 속의 분해되기 쉬운 유기물이 토양중에 분해될 때 토양 중의 산소를 소비하여 토양을 환원하여 황화수소, 유기산, 2가철

**Table 3. Variation of Cations Concentrations and SAR by Survey Months**

Month	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	SAR (mg/L)
Apr.	21.7	3.02	30.2	6.4	1.15
	17.5	2.56	29.2	6.1	1.04
	(7.5~106)	(0~8.4)	(15.6~48.5)	(2.1~14.7)	(0.52~2.28)
Jun.	22.0	3.36	38.1	8.6	1.24
	21.3	2.84	31.2	8.1	1.20
	(15.4~29.1)	(0.64~7.34)	(17.3~181)	(4.9~14.7)	(0.65~1.88)
Aug.	19.6	4.23	32.2	6.6	1.17
	18.6	2.83	31.5	6.1	1.08
	(7.5~37.1)	(0.09~15.5)	(18.6~48.5)	(2.1~18.6)	(0.52~2.28)

\*Ave. concentration, \*\*Med. concentration, \*\*\*Min.~Max. concentration

등의 유해물을 생성될때 미치는 간접적인 영향이 더 크다<sup>12)</sup>. COD<sub>Cr</sub>에 의한 농작물의 한계농도는 50mg/L<sup>13)</sup>로 제시하고 있는데, 이번 수질조사 결과는 이에 미치지 못하는 것으로 조사되었다. 시기별 COD<sub>Cr</sub>의 중간치는 4월(4.4mg/L)과 8월(3.2mg/L)에 비해 6월(8.0mg/L)에 크게 증가, 시기적으로 큰 편차를 나타내고 있었다. 6월에 COD의 농도가 크게 증가한 것은 지하수 사용량이 증가하여 기존에 유입된 오염물질이 배출되어 잔류 오염물질이 감소하였거나, 더 이상 오염물질의 지하수로의 유입이 감소 또는 정지하였거나 또는 강수량의 감소로 인해 대수층을 통하여 다른 지역에서 유동되어 온 오염되지 않은 지하수에 의하여 오염원 주변지역에서 유입된 부분이 희석되었거나 이러한 현상들이 복합적으로 발생하였을 가능성이 있다.

결과적으로 6월은 주로 관정 주변의 지표면으로부터 지하로 수직적인 침투와 충전현상이 관정에서 공급되는 지하수질에 영향을 미쳤으나, 4월과 8월은 상대적으로 대수층을 따라서 횡적인 지하수의 유동이 주로 취수정의 지하수질에 영향을 미치고 있음을 의미한다.

이러한 수질변화 경향은 NH<sub>3</sub>-N경우에서도 6월(0.21mg/L)>4월(0.08mg/L)> 8월(0.04mg/L) 동일한 경향을 보이고 있다. NH<sub>3</sub>-N는 유기성 질소화합물의 질산화과정의 첫 번째 단계로서 일반적으로 지하수에서는 다량 검출되는 경우가 드물며, 제 1 대수층 지하수에서 검출된 경우 하수, 분뇨에 의한 오염원이 가깝다고 보며, 세균오염을 의심해 볼 필요가 있다<sup>14)</sup>. 관개수중의 NH<sub>3</sub>-N에 대한 농작물 피해한계 기준을 5.0mg/L<sup>15)</sup>로 설정하였는데, 조사대상 지하수의 암모니아성 질소의 농도는 이에 미치지 못하는 안전한 수준인 것으로 조사되었다.

질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N)의 경우 지하수에 존재하는 질소의 주된 형태로서 질산성질소의 중간치는 4월(13.9mg/L), 6월(14.4mg/L), 8월(16.2mg/L)로 조사시기별 차이는 적은 것으로 나타났다. 이는 비료 등에 의한 질산염이온이 토양에서 가장 쉽게 용탈되어 지하수로 유입되므로, 다른 오염물질에 비하여 조사시기별 차이는 적은 것으로 판단된다. 질산성 질소의 농업용수로서의 수질기준은 20mg/L<sup>16)</sup>인데 조사시기별 최고치는 이 수준을 상회하나, 중간치 및 평균치는 이 수준에 미치지 않

Table 4. Variation of anions and metal ions concentrations by survey months

Month	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Cl (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)
Apr.	0.18*	34.6*	47.8	0.27	0.26
	0.18**	37.0**	46.0	0.04	0.02
	(0~0.74)***	(10.0~64.0)***	(29.1~92.0)	(0~3.88)	(0~4.25)
Jun.	0.11	35.8	39.8	0.24	0.06
	0.03	37.3	40.4	0.09	0.01
	(0~0.54)	(12.0~61.0)	(23.4~55.0)	(0.01~1.15)	(0~0.58)
Aug.	0.15	33.0	37.1	0.22	0.13
	0.18	33.2	44.0	0.04	0.02
	(0~0.74)	(10.0~64.0)	(9.0~92.0)	(0~0.83)	(0~1.91)

\*Ave. concentration, \*\*Med. concentration, \*\*\*Min.-Max. concentration

는 것으로 조사되었다.

Madison이 제시한 인위적인 오염물질의 유입가능성을 의미하는 NO<sub>3</sub>-N농도인 3mg/L<sup>17)</sup>로, 대부분의 조사대상지점에서 초과하는 것으로 조사되어, 이들 지역에서는 지표로부터 인위적인 질산성 질소의 전구물질들이 지속적으로 지하로 유입되고 있는 것으로 나타났다.

표 3은 양이온과 SAR의 조사시기별 변화를 나타낸 것이다. 양이온의 경우 6월이 다른 조사시기에 비해 다소 높은 편이나, 조사시기별 변동은 크게 없는 편이었다. 농업용수내에 Na<sup>+</sup>이온의 양이 Mg<sup>2+</sup>와 Ca<sup>2+</sup>의 양과 비교하여 상대적으로 과다한 경우 Na<sup>+</sup>이온이 Ca<sup>2+</sup>이온과 치환하여 배수가 불량한 토양을 형성하게 되어 경작을 어렵게 한다. 토양은 Na<sup>+</sup>이온에 의해서 일시적으로 알칼리성이 되지만 물 속의 수소이온에 의해 치환되어 산성이 된다. 따라서 농업용수에서는 양이온에 의한 영향을 SAR(Sodium Absorption Ratio)를 이용하여 척도로 사용, 이를 비교함으로써 토양에 미치는 영향을 알 수 있다. 미국에서도 농업용수의 수질을 SAR지수의 수치로 표시하는데, 일반적으로 0~10에서는 작물 및 토양에 영향이 없고, 10~18에서

는 중간정도의 영향을 미치며, 18~26에서는 영향이 많으며, 26이상에서는 영향이 매우 크다고 본다<sup>18)</sup>. 이 기준에 의하면 조사대상지점들의 SAR의 최대치가 2.28로서 양이온에 의한 토양 및 작물에 미치는 영향은 무시해도 될 것으로 판단된다.

표 4는 음이온과 금속이온의 농도를 나타낸 것이다. PO<sub>4</sub>-P는 FAO에서 설정한 일반 관개용수의 수질 문제에 대한 분석기준에서는 관개용수의 일반범위를 0~2mg/L로 정해놓고 있다<sup>11)</sup>. 이번 연구에서의 지하수 중의 PO<sub>4</sub>-P농도는 0~0.74mg/L로서 농업용수 목적으로는 안전한 수준인 것으로 조사되었다. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 최저 10mg/L에서 최고 64.0mg/L까지의 수준으로 검출되었는데, 이는 농작물피해기준인 54.6mg/L<sup>13)</sup>에는 대다수의 관정이 기준을 초과하지 않는 것으로 조사되었으나, 일부 관정에서는 황산염에 의한 농작물의 피해가 우려되는 곳이 있음을 보여준다. 이러한 제 1대수층의 황산염의 축적은 장기간동안 연작에 의한 지하수오염으로 판단된다<sup>19)</sup>. Cl-의 경우 8월에 그 최저와 최고치의 차이가 가장 큰 경향을 나타내었다. 그러나 최고치인 92.0mg/L는 우리나라 지하수법에서 규정하고 있는 농업용수의 수질기준인

250mg/L에는 미치지 못하는 것으로 조사되었다. Zn의 경우 식물체의 미량원소이나 과다하게 존재하면 세포내 원형질의 화백질과 결합하여 세포의 물질대사를 저해하여 고사시킬수 있다. 미국의 관개수에 대한 수질기준에서는 2mg/L를 관개지침한계로 정하고 있다<sup>17)</sup>. 조사대상지점의 수질의 대부분 이 수준에 만족하나, 4월에 조사된 일부지점에서만 이 수준을 초과하였다.

Table 5는 경안천유역내 축산 및 시설원예단지의 제 1대수층 지하수의 지하수중의 각 이온간의 상관계수를 나타낸 것이다. 특히 지하수 중의 이온의 양과 영양염류의 양을 간접적으로 표시하는 전기전도도인 EC는 양이온의 경우  $Mg^{2+} > Na^+ > Ca^{2+} > K^+$  순으로 정의 상관을 보였고, 음이온의 경우는  $NO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$  순으로 정의 상관을 보였으며,  $NH_3-N$ 을 비롯한 여타 이온과는 상관이 없었다. 이는 시설재배지의 지하수중의 EC는 음이온인  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ 와 고도의 정의 상관을 보인

다는 기존의 연구결과(김진호, 1999)와 일치하였다. 또한 주요한 오염지표중의 하나인 암모니아성 질소의 경우는  $Na > PO_4 > SO_4 > Cl$  순으로 나타났다. 이는 경안천의 암모니아성 질소의 변화에 따라 동일한 추이로  $Na$ ,  $PO_4$ ,  $SO_4$ ,  $Cl$ 성분이 변화했으므로<sup>17)</sup>, 경안천의 하천수가 천층지하수의 수질에 다소 영향을 미침을 나타낸다. 그러나 유기물의 지표인 화학적산소요구량과 무기질소들과는 상관이 없음이 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구는 수도권내 팔당특별대책지역에 위치하면서 비점오염원인 양돈축산단지와 시설원예단지가 집중적으로 분포된 경기도 용인시 포곡면에서 제 1 대수층 지하수의 수질과 오염특성, 그리고 이들의 시기별 변동특성을 규명하고자 98년 4월, 6월, 8월 등 총 3회에 걸쳐 31개의 시설원예지에서

**Table 5. Correlation coefficients between the ions of ground water in the first aquifer at the plastic film houses and livestock area in Kyongan river basin**

EC	COD	$NO_3-N$	$NH_3-N$	$PO_4$	$SO_4$	Cl	Na	K	Ca	Mg	Zn	Fe
COD	0.083											
$NO_3-N$	0.6809**	-0.061										
$NH_3-N$	0.1171	0.1397	-0.162									
$PO_4$	0.0711	-0.257*	-0.109	0.3834**								
$SO_4$	0.3631**	0.2052*	-0.038	0.287**	-0.02							
Cl	0.2251*	-0.083	-0.025	0.3405**	0.5985**	0.1821						
$Na^+$	0.4492**	0.2131*	0.1417	0.4096**	-0.105	0.4989	0.028					
$K^+$	0.2285*	-0.01	-0.041	-0.018	-0.153	0.2617	-0.299	0.0173				
$Ca^{2+}$	0.3221**	0.0021	0.2189*	0.1167	0.057	0.0098	0.0366	0.0992	0.0628			
$Mg^{2+}$	0.7323**	0.3358**	0.6449**	0.0648	-0.281**	0.2841	-0.182	0.571	0.0549	0.3061		
Zn	-0.2800**	0.1449	-0.2600	-0.045	-0.117	-0.07	-0.339	-0.083	-0.074	-0.157	-0.079	
Fe	-0.174	0.2929**	-0.201	0.1231	-0.151	0.0594	-0.111	0.1281	-0.084	-0.14	-0.042	0.0516

\*, \*\* : significant at 5% and 1% level, respectively

사용하고 있는 관정을 대상으로 수행되었다. 조사 대상지역의 수질특성 중 COD<sub>Cr</sub> 중간치는 6월(8.0mg/L) > 4월(4.4mg/L) > 8월(3.2mg/L) 순이었으며, NH<sub>3</sub>-N 중간치도 6월(0.21mg/L) > 4월(0.08mg/L) > 8월(0.04mg/L) 순으로 동일한 경향을 나타내었다. NO<sub>3</sub>-N의 경우 조사시기별 조사대상지점의 평균 28%가 농업용수 수질기준을 초과하는 것으로 조사되었으며, 황산염의 경우는 조사대상지점의 일부가 농작물피해한계를 초과하였으나, 그 외 수질성분들은 농업용수로 사용하기에는 적합한 수준으로 조사되었다. 축산 및 시설원예지역내 지하수를 농업용수로 사용시 수질기준과 농작물 피해기준을 고려한 적절한 수질관리가 요구되었다. 수도권 인근지역에서는 각종 공장과 골프장 등이 밀집되어 있어 지하수의 잠재오염원으로 작용하고 있으며, 주변의 생활하수와 인근 축산단지에서 유출되는 축산폐수 등은 지하수내의 질산성질소의 농도를 증가시켜, 유아들에게 청색증을 유발할 수도 있다. 이러한 농업지역내에서의 지하수중의 질산성질소는 일반적으로 축산폐수, 농가의 생활하폐수, 질소비료 등으로부터 생성되어 지하로 충전되는 지표수를 따라 지하수 환경에 유입되며, 이 과정에서 비반응성 용질로 토양매질에 흡착되지 않아 그 이동성이 크다. 그러므로 일단 질산성질소에 의하여 오염된 지하수는 지하수 자체의 유동에 따라서 이 오염물질의 확산이 우려된다. 이러한 지하수는 지표수와는 달리 일단 오염되면 오염물질이 지하수맥을 따라 이동하며, 지하 대수층 내에서 장기간 잔존하므로 지하수 오염의 정도를 추정하거나 인위적으로 정화가 어려우므로 농업지역내에서의 지하수 오염방지를 위해서는 축사에서는 축산분뇨의 철저한 관리로 오염물의 외부유출을 차단하고, 농경지에서는 토양검정 등을 통하여 작물별 최적의 시용량에 따라 영농을 한다면 지하수계 오염방지의 첩경이 될 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 임정남, "농업환경기준-OECD 환경지표를 중심으로", 한국환경농학회 심포지움 자료집, pp. 5~30(1997)
2. 김진호, 농업환경변동대책연구-농업용수 수질조사, 농업과학기술원 시험연구사업보고서 농업환경분야, pp. 77~81(1998)
3. 경기도, 경기환경백서, pp.170~173 (1998)
4. 우남철, 최미정, 이승구, 경기도 용인시 일대 천부 지하수의 수질특성연구, 6(2), p. 53~58 (1999)
5. 용인시, 용인시통계연보(1997)
6. 광주군, 광주군통계연보(1997)
7. 김진호, 농촌중소하천 수환경관리방안에 관한 연구-경안천을 중심으로-, 서울시립대학교 석사학위논문(1997)
8. 환경부, 수질오염공정시험법, 동화기술 (1995)
9. APHA-AWWA-WPCF, Standard Methods for the examination of water and waste water, 18th, Washington D.C(1992)
10. 권순국, 김복영, 김진수, 김태철, 윤춘경, 정재춘, 홍성구, 지역환경공학, 향문사, pp.55~80 (1998)
11. FAO, Water Quality for Agriculture, FAO/UN29 Rev. 1 : 174(1977) Chandra A. Madramootoo, William R. Johnston and Lyman S. Willardson, Management of Agricultural Drainage Water Quality, FAO/UN, Water Reports 13.(1997)
12. 戶田光晴, 질소과잉과 농작물피해, 농업과 공해, 농업용수의 수질보전, 지구출판주식회사, p. 173~214 (1969)
13. 김복영, 수질오염과 농업, 한국환경농학회지, 7(2), pp.153~169(1998)
14. 日本地下水問題研究會編, 1992, 地下水汚染



- 論, 公立出版株式會社 (1992)
15. 김복영. 수질오염과 농업, 한국토양비료학회, pp.68~97(1993)
16. 건설교통부, “지하수법 제13조, 수질기준령 제5조” (1995)
17. 정용. 지하수 환경기준 및 지하수오염 판단기준 설정에 관한 연구환경과학협의회, p. 69~72 (1993)
18. 박후원. 상하수도기술사해설, 예문사, (1998)
19. 김진호. 경기지방 농업용 지하수질 특성요인 분석, 한국물환경학회지(1999)
17. 정용. 지하수 환경기준 및 지하수오염 판단기