

농촌지하수중 암모니아성질소 및 질산성질소의 오염에 관한 연구

김형석 · 이기태
(경희대학교 유해물질연구소)

A Study on the Groundwater Contamination by Ammonia Nitrogen and Nitrate Nitrogen

Hyung-Suk Kim, Kie-Tae Rhie
Institute of Hazardous Substances, Kyung Hee University

적 요

고농도의 질산염이 함유된 물이나 음식을 6세 이하의 어린이들이 섭취하면 청색증을 유발한다. 어린이에게 질산성질소와 암모니아성질소의 함량에 대한 지식은 질산염이 아질산염으로 바뀌므로 대단히 중요한 내용이다.

질산성질소에 의한 지하수오염은 농촌에서 상당량의 비료를 사용하므로써 비교적 자주 일어나는 문제이다. 오염에 의한 건강장해는 위장에서 질산염이 아질산염으로 그리고 위에서 아질산염이 니트로자민으로 변화되기 때문이다. 어린이에게 청색증의 위험은 식사용으로 주는 우유를 오염된 물로 타기 때문이다.

산업의 발달과 인구의 증가로 인하여 우리들의 식수의 수질은 차츰 악화되고 있는데 이유로는 식수원의 오염, 송수관의 노후, 저장 탱크의 오염으로 인한 THM생성, 하로겐화 탄화수소등이다. 많은 사람들이 수도물 대신에 지하수를 마시고 있으나 때때로 지하수가 하수, 폐수, 정화조물에 의하여 오염되어 있다는 보고를 접하고 있다. 미국에서 20% 이상의 인구는 지하수를 식수로 사용하고 있으나 미국환경보호국에서는 이들 지하수가 살충제, 제초제, 항균제, 비료, 기타 여러 가지 화공약품에 의하여 오염되었다고 발표하였다.

Craun등은 정화조의 관리가 소홀하므로써 지하수가 세균에 오염되었다고 발표하였고 Johnson과 Kross는 사람이나 동물의 분변, 유기화합물, 비료등에 의하여 질산성질소에 오염된다고 하였으며 이러한 결과로 어린이에게 청색증이 발생한다고 하였다. 어느 과학자들은 지하수중에 고농도의 금속, 음이온, 양이온, 및 휘발성 유기화합물이 들어있다고 발표하였다.

저자들은 서울 근교에 있는 농촌을 대상으로 암모니아성질소, 질산성질소, 및 기타의 소질항목을 조사연구하여 다음과 같은 사실을 알게 되었다. 즉 암모니아성질소의 농도는 0.001~8.98ppm이었고 질산성질소의 농도는 0.4~123.50ppm이었으며 20%에 해당되는 지하수는 암모니아성질소의 기준을 초과하였고 50%는 질산성질소의 기준을 초과하였다. 암모니아 및 질산성질소의 농도는 전기전도도와 관련이 있으므로 현장에서 전기전도도만을 검사하여 위의 2가지 성분을 알아낼 수 있다.

이상의 연구결과를 미루어보아 식수를 위하여 모든 지하수를 검사하여야 하며 청색증과 같은 질병을 예방하기 위하여 적절한 대안을 세워야 하겠다.

I. 서 론

인간의 증가와 산업의 발달로 인하여 우리가 식수로 마시는 수도물이 수질원의 오염, 理過程에서의 약

품 및 THM생성, 송수시 送水管의 老朽, 저장탱크에서 이물질의 용출등에 의하여 식수의 수질을 오염시키고 있으므로 국민이 안심하고 수도물을 이용하지 못하고있는 실정이다. 이러한 이유로 많은사람들은 지하수를 식수로 이용하고 있으며 특히 농촌지역에서

는 축산폐수, 가정하수, 쓰레기, 산성비 등에 의하여 지하수가 심하게 오염되어 있다는 보고가 발표되고 있다. 미국에서는 주민의 약 20%는 지하수를 식수로 사용하고있으며 특별한 처리없이 음료수로 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 산업 활동과 농업활동에 의하여 유기물의 오염이 크게 문제시되고 있다. 미국에서 지하수라고 하는 것은 25명 이상의 사람들이 마시는 물을 지하수라고하며 약 45,000곳의 지하수 공급처가 있으며 이 지하수를 이용하는 사람수는 1억이나 된다고 알려지고있다.

미국의 환경처의 한 조사보고에 의하면 466개소의 지하수 수질을 검사한 결과 약 22%는揮發性有機化合物(volatile organic compound)이 검출되었다는 충격적인 발표를 하였고 Suffolk는 지하수중에 농업과 관련된 성분과 이들의 분해산물이 다량 검출되었으며 California 주의 농업식량국에서는 계곡에 있는 지하수에 dibromo-chloropropane, ethylene dibromide, simazine등이 검출되었다고 보고하였으며 어느 보고에 의하면 2,000 곳의 지하수에서 dibromochloropropane이 검출되었다고 하였다.

Bauder¹⁾등은 지하수중 질산성질소의 농도가 10 ppm을 능가하는 경우가 많다고 발표하였으며 이같은 현상은 관개와 비료의 사용이 원인이라고 발표하고 있다. 미국 Montana주에서 3400 우물물 가운데 질산성질소의 농도가 10 ppm을 초과하는 곳은 6%에 달한다고 하였고 O'Neill등²⁾에 의하면 대서양 지역 캐나다에서 4년간 시민에게 공급되는 지표수와 지하수를 검사한 결과 98%는 캐나다의 수질기준치 이내이었으나 질산성질소가 10 ppm을 초과하는 지하수가 있었는데 이들은 토양이나 비료에 의한 오염이라고 지적하였다. Goodich³⁾등은 농촌에서 비료와 살충제의 사용으로 지하수가 오염되어 있는데 이들 오염물질중 질산염을 제거하기 위하여 역삼투막법, 비휘발성 합성유기물질을 제거하기 위하여 입상활성탄, 휘발성 합성유기물질을 제거하기 위하여는 폭기법(stripping)을 권하고 있다. 또한 제거방법에는 단일법이 없으므로 문제점을 고려하여 경제적으로 효과가 있는 몇가지방법을 조합하여 처리함이 좋다고 하였다.

지하수내 질산염의 농도는 토양의 침투로 인하여 높아진다. 심층 지하수의 경우 질산염의 농도는 경우에 따라 다르나 무기 질소비료가 사용되는 장소에서는 1,000 ppm 이상으로 된사례가 있으며⁶⁾ 캐나다에서는 조사된 123곳의 음용수중에서 85%가 질산염과

아질산염의 농도가 1 ppm이하였다고 보고되어 있다⁷⁾. 빗물에는 질산염이 통상 0.2 ppm정도 함유되었다고 하며 빗물이나 눈중에 함유된 총질소중 30-35%는 질산성질소 및 아질산성질소라고 알려져 있다^{4, 8)}.

인구의 증가와 산업의 발달로 인하여 우리가 食수로 마시는 수돗물, 지하수, 먹는 샘물이 오염되어 질산염이 음용수 수질기준치 이상으로 존재하는 경우가 많다.

수돗물에는 상수원의 오염, 처리과정에서의 약품주입 및 THM, 생성, 送水管의 老朽, 저장탱크에서 이물질의 溶出등에 의하여 수질이 저하되고 있는 실정이다. 이러한 이유로 많은 사람들은 지하수를 식수로 이용하고 있으나 최근 산업폐기물, 쓰레기, 공장폐수, 농약, 산성비 등에 의하여 지하수가 심하게 오염되어 있다는 보고가 발표되고 있다^{9~12)}. 미국에서는 주민의 약 20%가 지하수를 식수로 사용하고있으며 특별한 처리없이 음료수로 사용되어왔다. 그러나 최근에는 산업활동과 농업활동에 의하여 유기물의 오염이 크게 문제시되고 있다. Craun등¹³⁾은 지하수가 병원성 세균에 의하여 오염되는 현상은 인근에 위치한 열악한 부패조 설비때문이라고 하였고 하수에 포함된 세균, 바이러스, 원생동물, 기생충등은 토양을 통하여 지나갈때 대부분 흡착된다고 하였으나, 오염된 지하수중에는 염소이온, 황산이온, 나트륨이온등이 많다고 하였고 질산염의농도가 50-100mg/L의 범위에 있는 지하수도 있었다고 하였으며^{14~16)}, Johnson과 Kross¹⁷⁾는 축산폐수와 사람의 분뇨, 유기물질의 폐수, 비료등에 의하여 지하수가 오염되어 NO₃-N에 의한 methemoglobinemia로 유아 사망이 발생하게 된다고 하는등 지하수오염에 대한 관심이 발표되었다^{18~20)}.

地下水 汚染을 연구하는 많은 연구가들에 의하면 토양오염이 지하수를 오염시키는 주된 원인이라는 것이 차츰 인식되어지고 있다. 미국에서는 지하수를 오염시키는 성분가운데 農藥에 의한 오염이 국민보건에 미치는 영향이 대단히 중요함을 감안하여 이에 대한 연구를 집중적으로 수행하고 있다.

우리나라에서는 수질에 대한 연구가 주로 지표수, 수돗물, 가정하수, 및 공장폐수에 대한 연구가 집중되고 있는 실정이여서 지하수 특히 농촌 지하수에 대한 깊이 있는 연구는 아직 수행되지 못하고있는 실정이다.

수질중 질산성질소의 과량함량으로 인하여 영아에게 청색증(methemoglobinemia)이 발생하여 사망자가

많았으며 우리 나라에서도 청색증환자가 발생한 사건도 있었다. 특히 농촌에는 人糞, 家畜糞尿, 肥料 등이 토양에 노출되어 부분적으로 지하로 침투되므로 지하수에 질산아성질소 농도가 높아진다.

우리나라 農村地域에서는 식수원으로 지하수를 이용하고 있으나 농약 및 암모니아성 질소, 세균 등에 오염되어 있으리라고 예측하여 이에 대한 실태를 파악하고 적절한 대책을 마련하여 농민의 보건관리를 도모하기 위하여 본 연구를 수행하려 한다.

II. 재료 및 방법

1. 採水

서울을 중심으로 승용차로 2시간 이내의 거리에 있는 농촌(경기도 철원, 인천 백석, 경기도 광능, 경기도 태능, 인천 강화, 신갈) 6곳을 대상으로 삼아 주로 간이 수도시설이 준비된 지하수를 시료로 삼았다. 멸균된 500ml 플라스틱병에 시료를 채취하고 현장에서는 전기전도도 및 pH를 측정하였다.

2. 수질분석

분석방법은 음용수수질분석법을 이용하였고 중금속은 미국 Instrumentation Laboratory사의 Atomic Absorption Spectrophotometer (model 551)을 사용하였다.

3. 실험기구 및 분석

Ion Chromatograph는 Varian사의 HPLC에 Milton Roy사의 Conductivity Detector를 연결하여 사용

가. 음이온(anion) 표준액 조제법

나. 음이온 표준원액 : 1,000ppm(mg/L) stock solution을 만들기 위하여 다음 표에서 제시된 성분을 평량하여 18 megohm 물로 용해시켜 1 L로 만든다.

음이온성분	화합물	평량할 무게(g)
F	NaF	2.2101
Cl	NaCl	1.6485
NO ₂	NaNO ₂	1.4997
Br	NaBr	1.2877
NO ₃	NaNO ₃	1.3708
HPO ₄	KH ₂ PO ₄	1.4179
SO ₄	Na ₂ SO ₄	1.4787

계산량예 : 1g C-/L×58.44g NaCl/35.45g Cl×1L
=1.6485g NaCl

다. 표준액 : 표준액을 만들기 위하여 100 ml flask에 다음과 같이 모든 stock solution을 각각 넣고 물로 100 ml까지 채운다.

Anion Stock Solution	취할 용량(μl)	표준액중 농도(ppm)
F	100	1
Cl	200	2
NO ₂	400	4
Br	400	4
NO ₃	400	4
PO ₄	600	6
SO ₄	400	4

라. 양이온(cation) 표준액 조제법

마. 양이온 표준원액 : 다음 표에서 각 성분의 필요량을 평량하여 18 megohm 물을 이용하여 1L로 조제한다. 이때 농도는 1,000ppm이다.

양이온	화합물	무게(g)
Li	LiOH.H ₂ O	6.0476
Na	NaCl	2.5421
NH ₄	NH ₄ Cl	2.9640
K	KCl	1.9064
Mg	Mg(NO ₃) ₃ . 6H ₂ O	10.5466
Ca	Ca(NO ₃) ₃ . 4H ₃ O	5.8919
Sr	Sr(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	3.2377
Ba	BaCl ₂ . 2H ₂ O	1.7786

계산량예 : 1g K/L×74.553g KCl/39.100g K×1 L
=1.9067g KCl

바. 陰이온 분석

Column : IC-Pak A(Waters, Co.) 4.6×50mm, 10μm

Eluent : Sodium borate/gluconate

Detector : Conductivity (Milton-Roy, U.S.A.)

Range—3.0 us

Response time—0.05

Flow Rate : 1.2 ml/min

Injection Volume : 100 ul

사. 陽이온 분석

Column : IC-Pak C M/D(Waters, CO.) 3.9×150 mm, 5 μm

Eluent : 0.1 mM EDTA/3.0 mM HNO₃

Detector : Conductivity(Milton-Roy, U.S.A.)

Range—3.0 us

Response time—0.05

Flow Rate : 1.0 ml/min

Injection Volumn : 100 ul

아. 陰이온 移動相 조제

자. Sodium borate/ gluconate concentrate(농축액)

1) 1 liter flask에

16 g sodium gluconate

18 g boric acid

25 g sodium tetraborate decahydrate을 넣는다.

2) 약 500ml의 HPLC 물을 넣고 혼화하여 용해시킨후 glycerin 250ml를 넣는다.

3) 눈금까지 HPLC용 물을 넣은후 잘 섞는다. 이 농축액은 6개월까지 사용한다.

차. Sodium borate/ gluconate eluent(이동상)

1) 1 liter flask에 HPLC용 물을 약 500ml를 넣은후 20ml sodium borate/gluconate concentrate 20ml n-butanol 120 ml acetonitrile 을 넣는다.

2) 눈금까지 HPLC용 물로 채운후 잘섞은후 Millipore로 여과한다.

카. 陽이온 移動相 조제

1) 1 liter volumetric flask에 800ml의 HPLC용 물을 넣고

2) EDTA 0.0292g을 넣은후 녹인후 ultrasonic bath에서 15분간 용해시키고

3) HNO₃ 189ml를 넣은후 1 liter까지 물로 채운후

4) 여과후 degas 시킨다.

Ⅲ. 실험결과

농촌의 지하수 수질을 조사하기 위하여 수돗물공급이 않되는 서울 근교 철원지역의 지하수 수질을 검사한 결과 표 1과 같은 결과를 얻었다.

Table 1. 철원지역 지하수 수질

시료명	pH	KMnO ₄ 소비량	총경도 (Hard)	일반세균 (G.B.)	철 (Fe)	구리 (Cu)	아연 (Zn)	납 (Pb)	망강 (Mn)	카드미움 (Cd)
1	7.1	4.74	62	100마리 이상	0.017	0.014	0.024	0.027	0.015	0.003
2	7.1	4.74	57	"	0.034	0.013	0.010	0.015	0.010	0.001
3	7.3	4.42	42	"	0.086	0.011	0.544	0.010	0.013	(—)
4	6.9	11.38	33	"	0.015	0.009	0.012	0.011	0.009	(—)
5	7.3	6.64	39	"	0.030	0.015	0.015	0.010	0.010	(—)
6	6.9	3.48	38	"	0.052	0.020	0.020	0.008	0.010	(—)
7	7.1	3.48	43	"	0.048	0.012	0.012	0.010	0.011	(—)
8	6.9	5.31	18	15	0.011	0.019	0.019	0.013	0.010	0.004
9	6.5	8.85	23	(—)	0.045	0.020	0.020	0.010	0.015	(—)
10	7.4	7.58	36	100마리 이상	0.029	0.010	0.010	0.009	0.017	0.002

(—) : 불검출

철원지역 지하수 10곳의 pH의 범위는 최저 6.5에서 최대 7.4 범위내에 분포되어있었고 KMnO_4 소비량은 10곳의 시료중 9곳의 시료는 기준치인 10 ppm 이하이었으나 한곳에서는 기준치 이상인 11.38 ppm 으로 나타났다. 일반세균수는 한곳에서 검출이 안되었고 다른 한곳에서는 15 마리로 기준치 이내였으나 기타 8곳에서는 모두 기준 치인 100 마리 이상으로 나타나 지하수가 세균에 의해 오염되었음을 알려주고 있다. 철의 함량은 0.011~0.086 ppm 사이로 검출되어

기준치인 0.3 ppm보다 훨씬 낮은 농도이었고 구리는 0.009~0.020 ppm 사이 이었다. 한편 아연은 0.010~0.544 ppm 사이로 분포되었고 납은 0.008~0.027 ppm 사이이었으며 망강은 0.009~0.017 ppm 사이로 분포되었고 카드미움은 6곳의 시료에서 검출되지 않았고 검출된 4곳에서의 농도는 0.001~0.004 ppm으로 극미량만이 검출되었다.

인천백석 지역에 식수로 사용하는 지하수를 조사한 결과 표 2와 같은 결과를 얻었다.

Table 2. 인천백석 지역 지하수의 수질결과

시료	전기 전도도 (us/cm)	암모니아 성질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$)	칼륨 (K)	마그네슘 (Mg)	칼슘 (Ca)	염소이온 (Cl)	질산성 질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	인산염 (PO_4)	황산염 (SO_4)
1	510	3.76	2.30	45.72	26.51	95.43	24.77	(-)	50.08
2	340	0.24	0.86	26.83	25.19	44.74	3.76	(-)	18.49
3	230	0.51	1.43	8.75	10.59	23.44	4.87	(-)	26.22
4	78	0.31	0.57	1.59	4.52	6.89	1.15	(-)	(-)
5	240	0.45	0.84	7.36	16.98	18.95	90.50	(-)	16.60
6	560	1.60	1.43	12.69	37.31	84.11	123.50	(-)	62.48
7	400	0.43	11.09	8.01	29.88	46.32	116.49	(-)	9.96
8	1130	6.46	2.74	63.95	45.26	356.51	46.61	(-)	40.36

(-) : 불검출

인천백석과 김포 사이에 산재하고 있는 8곳의 주위환경은 논밭이 많았으며 7, 8번의 시료는 해변가의 식당으로 해수의 혼입이 있는것으로 추정되었다. 전기전도도는 78-1130 us/cm 로서 8번의 시료는 본연구에서 실시한 시료가운데 높은 전기전도도를 보였다. 암모니아성질소의 농도는 최저가 0.24 ppm이었고 최고치는 6.46 ppm으로 기준치인 0.5 ppm보다 상당히 높은 수치를 보였다. 칼륨의 농도는 최저 0.57 ppm 에서 11.09 ppm 사이였고 마그네슘은 1.59 ppm~63.95 ppm 이었고 칼슘은 4.52 ppm~45.26 ppm 이었다. 음이온인 염소이온은 최저 6.89 ppm 이었고 6곳의 시료는 모두 기준치인 150 ppm을 초과하지는 않았으나 8번 시료에서는 356.51 ppm으로 최고치를 나타내었다. 질산성질소는 기준치인 10 ppm을 초과하지 않는 시료는 3곳 뿐이었고 5곳의 시료는 모두 초과하였고 인산염은 모든 시료에서 검출되지 않았고 황산염은 검출되지 않은 곳이 1개소 이었고 농도의 분포는 9.96 ppm~62.48 ppm 이었다.

경기도 광능내 지역의 지하수를 검사한 결과 표 3과 같은 결과를 얻었다.

경기도 광능지역 지하수의 전기전도도는 최저치가 126 us/cm 이고 최고치는 400 us/cm 이었다. 암모니아성질소의 최저치는 0.36 ppm이었고 음용수기준인 0.5 ppm을 초과하는 지하수는 7개소나 되었다. 칼륨의 농도는 0.69 ppm~7.24 ppm 이었고 마그네슘의 농도는 1.07 ppm~6.16 ppm 이었으며 칼슘의 농도는 5.26-19.88 이었다. 염소이온의 최저치는 0.94 ppm 이었고 최고치는 48.43 ppm 으로 기준치보다 낮은 농도 이었고 질산나성질소는 음용수 기준치인 10 ppm을 초과하는 지하수가 7개소가 있었는데 최고치는 122.31 ppm 이었고 황산염은 5.02~37.34 ppm 이었다.

태능지역 지하수의 전기전도도는 143 us/cm~600 us/cm 사이이었으며 암모니아성질소의 농도는 0.01 ppm~0.31 ppm 으로 모두 음용수 기준내에 들어 있었다. 칼륨의 농도는 0.01 ppm~1.67ppm 이었고

Table 3. 경기도 광능지역 지하수 수질결과

시료	전기 전도도 (us/cm)	암모니아 성질소 (NH ₃ -N)	카리움 (K)	마그네슘 (Mg)	칼슘 (Ca)	염소이온 (Cl)	질산성 질소 (NO ₃ -N)	황산이온 (SO ₄)
1	185	3.37	2.21	4.20	11.63	18.30	0.33	20.69
2	380	3.46	7.24	6.16	15.93	48.43	7.31	28.53
3	350	0.36	2.33	1.07	9.41	3.33	6.36	10.19
4	126	0.48	2.08	1.79	5.26	14.88	2.85	11.16
5	260	9.44	4.18	4.15	11.71	39.09	44.09	37.34
6	169	2.84	2.55	3.23	8.64	20.34	39.31	15.33
7	350	8.98	1.74	5.15	13.50	40.68	40.85	18.23
8	179	6.21	1.60	2.38	9.35	0.94	19.50	17.74
9	400	7.40	2.30	8.07	19.88	38.19	122.31	10.36
10	195	0.50	4.23	2.06	12.08	5.54	1.15	17.53
11	170	0.46	2.58	3.54	14.77	19.34	19.93	5.02
12	148	0.42	0.69	2.87	12.22	18.60	13.86	11.19

Table 4. 태능지역 지하수중 수질검사 결과

시료	전기 전도도 (us/cm)	암모니아 성질소 (NH ₃ -N)	질산성 질소 (NO ₃ -N)	카리움 (K)	마그네슘 (Mg)	칼슘 (Ca)	경도 (Hard ness)	염소 이온 (Cl)	과망간산 카리 소비량 (KMnO ₄)	황산이온 (SO ₄)
1	500	0.04	2.16	0.01	20.85	59.91	142.0	30.69	4.11	174.21
2	143	0.02	1.06	0.10	4.92	12.20	41.3	58.66	3.16	15.52
3	510	0.31	18.44	0.18	23.03	50.66	156.3	42.76	3.79	4.65
4	510	0.30	17.21	0.32	22.71	51.30	151.5	37.86	3.48	12.28
5	270	0.10	7.03	0.21	13.00	29.33	86.9	15.33	3.48	59.74
6	320	0.24	13.48	0.15	12.30	33.48	95.5	13.60	3.16	49.38
7	270	0.11	8.41	0.42	15.98	27.88	89.8	15.60	2.84	155.47
8	600	0.10	7.42	1.67	41.36	64.13	194.3	28.89	3.48	40.71
9	173	0.07	3.64	0.35	11.05	18.89	67.0	11.12	3.48	8.89
10	210	0.17	10.49	0.12	9.02	21.29	69.8	12.56	2.84	16.04
11	210	0.01	1.43	0.46	10.78	23.41	70.8	9.81	3.16	21.62
12	490	0.04	2.53	0.16	27.59	50.79	136.3	35.77	2.84	177.31

마그네슘의 농도는 4.92 ppm~41.36 ppm 이었으며 칼슘의 농도는 12.20 ppm~64.13 ppm이었다. 경도는 최저치가 41.3 ppm 이었고 최고치는 194.3 ppm 이었다. 염소이온의 농도는 9.81~58.66 이어서 음용수 기준내에 들었으며 과망간산카리움 소비량도 모든 시료가 10 ppm 이내이었으며 황산이온의 농도는 4.65

ppm~177.31 ppm 이었다.

이 지역 수질중 중금속 함량을 알아보기 위하여 Cd(카드뮴), Cu(구리), Fe(철), Mn(망간), Pb(납), Zn(아연) 등을 검사한 결과 표 5 와같은 결과를 얻었다.

Table 5. 태능지역 지하수의 금속함량

시료	금속 (Cd)	구리 (Cu)	철 (Fe)	망간 (Mn)	납 (Pb)	아연 (Zn)
1	0.008	0.006	0.013	0.001	0.002	0.002
2	0.005	0.004	0.020	0.005	0.005	(-)
3	0.005	0.014	0.011	0.002	0.006	0.077
4	0.008	0.004	0.018	0.007	(-)	0.051
5	0.007	0.008	0.004	0.003	(-)	0.004
6	0.006	0.005	0.004	0.014	0.011	(-)
7	0.006	0.007	0.005	(-)	0.012	0.003
8	0.007	0.006	0.002	0.647	0.008	0.328
9	0.006	0.010	0.027	0.004	0.009	0.009
10	0.009	0.007	(-)	0.009	0.003	(-)
11	0.007	0.006	(-)	0.039	0.005	(-)
12	0.009	0.005	0.010	0.395	0.007	0.013
기준	0.010	1.000	0.300	0.300	0.050	1.000

(-) : 불검출

카드뮴의 농도는 0.005 ppm~0.009 ppm 으로 음용수기준인 0.010 ppm보다 적은 양으로 나타났으며 구리는 0.004 ppm~0.014 ppm 로서 적은 양이 검출되었고 철의 검출량은 0.002 ppm~0.020 ppm 으로 음용수 기준치인 0.300 ppm보다 훨씬 소량이 검출되었으며 망간은 0.001 ppm~0.395 ppm로서 12번 시료에

서만 기준치인 0.300 ppm보다 높게 나왔다. 납의 검출범위는 0.002 ppm~0.012 ppm 로 기준치인 0.050 ppm보다 낮은 함량이었으며 아연은 0.002 ppm~0.328 ppm 로서 기준치보다 적은량이 검출되었다.

Table 6. 강화지역 지하수검사 결과

번호	전기전도도 (μ S/cm)	일반세균 (C.B.)	pH	암모니아성질소 ($\text{NH}_3\text{-N}$)	질산성질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	염소이온 (Cl^-)	마그네슘 (Mg)	칼슘 (Ca)	경도 (Hard)	황산이온 (SO_4)	과망간산칼리 소비량	철 (Fe)	납 (Pb)
1	150	20	6.4	0.15	45.55	28.30	8.00	7.21	51.42	(-)	5.25	0.063	0.010
2	180	10	5.9	0.02	28.19	35.40	3.95	9.33	39.83	1.008	2.46	0.045	0.264
3	230	100이상	6.3	0.09	36.38	31.38	6.26	25.90	90.85	(-)	3.39	0.037	0.199
4	270	"	5.9	0.16	46.64	46.41	2.64	16.42	52.05	(-)	1.85	0.048	0.296
5	100	20	6.2	0.01	4.89	326.48	0.67	5.24	15.97	0.350	2.46	0.055	0.158
6	40	5	6.1	0.01	0.48	339.32	0.40	1.26	4.85	5.875	2.16	0.066	0.026
7	430	100이상	6.0	0.27	60.18	55.30	10.90	39.75	144.85	16.701	3.08	0.037	0.593
8	1260	60	5.9	3.06	112.09	416.19	60.38	114.22	537.23	6.023	4.63	0.050	6.136
9	120	100이상	6.1	0.01	4.44	267.89	1.44	7.19	24.64	(-)	1.85	0.053	0.184
10	360	"	6.3	0.22	33.50	75.76	3.45	39.43	113.36	16.766	2.46	0.045	0.359
11	50	20	6.3	0.03	8.36	6.87	0.70	2.03	8.05	5.325	6.18	0.037	0.022
12	110	10	6.3	0.09	9.42	6.32	1.72	6.63	23.83	(-)	3.39	0.068	0.183

(-) : 불검출

Table 7. 신갈지역 지하수의 수질

시료	전기전도도(us/cm)	pH	암모니아성질소(NH ₃)	질산성질소(NO ₃)	염소이온(Cl)	마그네슘(Mg)	칼슘(Ca)	경도(Hard)	황산이온(SO ₄)	과망간산칼리소비량(KMnO ₄)	철(Fe)	납(Pb)
1	60	6.2	0.01	3.48	5.87	0.89	2.35	9.61	0.69	1.54	0.07	0.12
2	70	5.9	0.01	4.22	5.59	1.14	1.34	8.14	0.67	0.92	0.09	0.10
3	100	7.3	0.03	5.42	3.39	4.64	7.78	38.84	0.60	1.23	0.05	0.08
4	180	6.7	0.06	7.98	22.89	3.45	10.03	39.52	0.60	1.54	0.03	0.06
5	190	6.9	0.11	8.46	10.29	3.75	11.91	45.43	(-)	0.30	0.06	0.06
6	190	6.9	0.11	7.96	7.96	3.47	10.60	41.01	(-)	0.61	0.06	0.06
7	190	6.9	0.02	9.81	16.12	4.14	12.49	48.50	0.27	1.85	0.08	0.08
8	500	7.1	0.47	22.36	70.45	13.94	26.22	123.68	(-)	3.08	0.14	0.06
9	340	6.5	0.31	14.47	45.03	10.13	16.59	83.71	16.04	3.39	0.08	0.06
10	430	7.7	0.36	20.02	22.28	0.21	1.43	4.46	(-)	12.00	0.01	0.16
11	270	7.6	0.19	12.01	16.42	0.15	1.62	4.68	5.46	4.10	0.05	0.14
12	240	6.6	0.13	11.34	12.86	0.39	1.00	4.18	30.55	1.58	0.05	0.16
13	440	7.7	0.39	20.36	47.13	0.35	2.35	7.35	13.47	2.21	0.16	0.18
14	50	6.6	0.01	0.63	1.80	0.62	1.99	7.58	(-)	2.52	0.10	0.21
15	870	6.3	0.70	27.21	0.16	37.06	78.36	307.60	48.21	2.21	0.16	0.23

(-) : 불검출

강화지역 12개 지하수를 대상으로 수질검사를 실시한 결과 전기전도도의 분포가 40-1260 us/cm 으로 넓은 범위의 스펙트럼을 보였다. 일반세균검사결과 음용수 기준치인 1ml당 100마리 이하인 시료는 7곳이었고 기준이상 인곳이 7곳이어서 50%가 기준치 이상이었다. pH의 분포는 5.9~6.4로서 기준치이내 이었으며 암모니아성질소는 기준치인 0.5 ppm을 초과하는곳이 1개소로서 농도는 3.064 ppm이었다. 질산성질소의 기준치인 10 ppm을 초과하는곳은 5곳으로서 최고농도는 60.18 ppm이었다. 염소이온은 기준치인 150 ppm을 초과하는곳이 4곳으로 이들의 농도는 326.48, 339.32, 416.19, 267.89 ppm으로 기준치를 2배 이상 초과하고 있다. 경도의 기준인 300 ppm을 초과하는 지하수는 1개소로서 농도는 537.23 ppm 이었다. 납의 기준인 0.05 ppm을 초과하는 시료는 12개 지하수중 9개가 기준이상이었으며 이 가운데 최고의 농도는 6.136 ppm 이었다.

본 실험결과 전기전도도가 높은 8번 시료는 전도도가 1260 us/cm인데 암모니아성질소가 3.064 ppm, 염소이온이 416.19ppm, 경도가 537.23 ppm으로 12곳의 시료중 가장 높은 농도를 보여주므로 전기전도도

와 이온들의 농도사이에는 서로 상관관계가 있다고 추정된다.

Table 8. 신갈지역 지하수중 전기전도도, 암모니아성질소, 및 질산성질소와의 관계

시료	전기전도도(us/cm)	암모니아성질소(NH ₃ -N)	질산성질소(NO ₃ -N)
1	50	0.01	0.63
2	60	0.01	3.48
3	70	0.01	4.22
4	100	0.03	5.42
5	180	0.06	7.98
6	190	0.11	8.46
9	240	0.13	11.34
10	270	0.19	12.01
11	340	0.31	14.47
12	430	0.36	20.02
13	440	0.39	20.36
14	500	0.47	22.36
15	870	0.70	27.21

신갈지역 16개소의 농촌 지하수중 일반세균수는 음용수 기준치인 100 마리를 넘는곳이 8곳이었고 암모니아성질소는 1곳만 0.5 ppm 이었으며 과망간산칼리움 소비량은 1곳에서 12.00 ppm으로 기준치 이상이었다.전기전도도는 50~870 us/cm 이었으며 철성분은 0.01~0.16 ppm으로서 기준치 이내에 해당되나 납성분은 0.06~0.23 ppm 사이의 범위에 해당되었다.

한편 신갈지역 지하수중 질산염과 암모니아성 질소의 농도가 전기전도도와와의 관계를 알아보기 위하여 관찰한 결과 다음과 같은 경향을 알 수 있었다.

즉 전기전도도가 50~70 us/cm 일경우에 암모니아성질소의 농도는 0.01 ppm 이었고 이에 따른 질산성질소의 농도는 0.63~4.22 ppm 이었다.전기전도도가 100 us/cm 일경우 암모니아성질소의 농도는 0.03 ppm 이었으며 이때 질산성질소의 농도도 5.42 ppm 으로 증가 하였다. 즉 전기전도도가 상승하면 암모니아성질소와 질산성질소의 농도가 함께 상승함을 알 수 있었다. 이와같은 관계를 회기방정식으로 표현하면 다음과 같다.

- (1) 전기전도도와 암모니아성질소와의 방정식

$$Y = 0.0000922X - 0.051539 \quad (r = 0.0109, p < 0.0001)$$
- (2) 전기전도도와 질산성질소와의 방정식

$$Y = 0.034078X + 0.034078 \quad (r = 0.0556, p < 0.0001)$$

Table 9. 강화지역의 지하수중 전기전도도, 암모니아성질소, 및 질산성질소와의 관계

번호	전기전도도 (us/cm)	암모니아 성질소 (NH ₃ -N)	질산성질소 (NO ₃ -N)
1	40	0.01	0.48
2	50	0.03	8.36
3	100	0.01	4.89
4	110	0.09	9.42
5	120	0.01	4.44
6	150	0.15	45.55
7	180	0.02	28.19
8	230	0.09	36.38
9	270	0.16	46.64
10	360	0.22	33.50
11	430	0.27	60.18
12	1260	3.06	112.09

강화지역에서도 전기전도도의 증가에 따라서 암모니아성질소의 농도와 질산성질소의 농도가 증가함을 알 수 있었다. 여기에서도 상관관계를 알아보기 위하여 회기방정식을 구해보니 다음과 같았다.

- (1) 전기전도도와 암모니아성질소와의 방정식

$$Y = 0.002485X - 0.34013 \quad (r = 0.0051, p < 0.0001)$$
- (2) 전기전도도와 질산성질소와의 관계

$$Y = 0.0088207X + 8.231339 \quad (r = 0.1318, p < 0.0001)$$

Table 10. 암모니아성질소와 질산성질소의 기준치를 초과하는 지하수

수지항목	지하수 수	최소치 (ppm)	최대치 (ppm)	기준초과 지하수 수
암모니아성질소	60	0.01	8.98	12 (20%)
질산성질소	60	0.48	123.50	30 (50%)

본 연구대상 지하수중 60곳의 시료 가운데 에서 암모니아성질소의 최소치는 0.01 ppm, 최대치는 8.98 ppm 이었고 질산성질소의 최소치는 0.48 ppm, 최대치는 123.50 ppm 이었으며 암모니아성질소의 기준치를 초과하는 지하수는 12개소, 질산성질소의 기준치를 초과하는 지하수는 30개소 이었다.

IV. 고 찰

산업의 발달과 인구의 증가로 인하여 우리 주위의 환경은 계속 악화되어가고 있으며 특히 농촌지역에서 비료의 사용, 공업지역에서 폐기물처리, 도시에서의 하수 등으로 인하여 상수원수 및 지하수는 계속 오염되어가고 있다.

미국 캘리포니아주에서 지하수중 농약성분인 DBCP가 검출되었고 Long Island에서는 역시 우물물에서 aldicarb라는 농약이 잔존함을 알아낸 이후에 농약이 토양을 지나서 지하수에 침투된다는것이 밝혀졌다^{21~24)}.이 검사가 있기 이전에는 농업용 화학약품이 지하수에 존재하리라고는 예측하지 못하였으며 이에 대한 연구가 수행되지 않았었다. 이를 계기로하여 여러지역의 지하수에 대한 감시체계, 실험실적 조사, 현장조사연구, 컴퓨터 모델링등이 수행되어졌다.

지하수중 농업용 화학약품에 대한 오염원을 다음과 같이 2가지로 분류한다. 첫째는 간접오염원

(non-point source, 非點汚染)으로서 이것은 농경지에 농업용 화학약품을 정상적으로 살포하였을때 잔류량이 토양을 통하여 지하수로 침투하는 것이고 직접오염원(point source, 點汚染)은 농업용 화학약품을 부적절한 저장, 취급, 혼합, 기구세척, 및 직접 우물물에 침투등이다. 대부분의 경우 지하수중 농업용 화학약품의 존재는 간접오염에 의하지만 때때로 고농도인 경우에는 직접오염에 의하는 경우가 많다.

Kozlovski²⁵⁾는 직접오염의 원인은 우물근처에서 흘리는 경우로서 이를 방지하기 위하여는 혼합시 농경지에서 실시할 것과 우물 근처에서 시행할 경우에는 콩크리트된 장소에서 혼합하고 흘린 약품은 곧 제거될 수 있도록 하여야 한다고 하였다. 분무에 사용된 기구들은 3회 세척한후 농경지에 뿌릴 것을 강조하였다. Jones는 지하수 오염을 방지하기 위하여 농업용 화학약품의 분해를 예측에 대한 연구와 토양중 틈, 벌레구멍, 거칠은 모래등에 대한 조사와 흡착과 용출에 대한 연구가 진행되어야 한다고 밝혔다.

스웨덴의 Hans Falk는 지하수의 산성화에 대한 심각성을 발표한 가운데 pH 4.3이하의 산성비가 지하수를 산성화 시킨다고 하였다. 이같은 산성비가 토양과 바위를 통과하는 과정에서 중화하기 위하여는 석회(lime)질이나 중화제가 있어야 되는데 유럽중부에 limestone, chalk등이 많으나 스칸디나비아에는 얇은 흙이 덮혀있고 바위가 깔려 있어서 중부유럽에 비해 1/10정도만 중화작용이 일어난다고 하였다²¹⁾. 그러나 본 연구에서는 pH의 범위가 최저 5.6에서 최대 8.1로, pH 4.3인 스웨덴의 경우와는 달리 산성화 현상은 없는 것으로 나타났다.

지하수를 오염시키는 근원과 노출된 근원은 하수처리장에서 하수저장조, 부패조, 축산지, 오물구덩이 등이 문제이고 지상 폐기물 처리장에서는 매립, 부엌쓰레기, 일반쓰레기 방치소, 지하 폐기물 처리장소등이며, 폐수로는 자동차 세척, 실험실 폐수, 하수 및 폐수처리장등이고, 광업에서는 산성액 유출, 가스 누출, 광물질 매립등이라고 발표되었다^{26~27)}.

地下水の 間接汚染源(非點汚染源)은 농업분야에서는 농토, 산림, 축산지등이고 임업분야에서는 생산품저장, 목재, 도로건설 등이고 건설업에서는 농촌개발, 고속도로 건설등이다.

직접오염원에서 방출된 오염물질은 토양과 지질학적인 여러 인자 및 비와 눈등에 의하여 지하수에 도달한다. 예를들면 매립된 폐기물이나 음식 찌꺼기는

토양중에서 생물학적 분해를일으킨다. 그 결과 생성된 침출액은 지하수로 흘러 들어간다. 동물의 분뇨나 폐수도 분해 침출되어 지표수와 지하수를 오염시킨다. 여러 개발도상국에서 산업폐수와 가정하수가 무분별하게 강, 호수, 하천, 계곡으로 버려진다. 이와같은 현상으로 지표수가 먼저 오염되고 계속하여 지하수가 오염되게 되며 광산폐수도 환경을 황폐화시킨다^{30, 31)}.

간접오염원에서 배출되는 오염물질은 상당히 넓은 지역으로 확산되는데 바람, 강우, 강설등에 의하여 촉진되며 비료, 축산폐수, 농업배수등은 간접오염을 더욱 증가시킨다. 酸性비는 선진국가에서 크게 문제시 되는데 미국, 캐나다, 독일, 스칸디나비아등지에서는 산성비로 인하여 지하수의 오염이 문제시되고 있다.

소련 Volga지역의 지하수면은 2~10m로서 염도는 0.2~15g/L로서 황산염과 염화물, 그리고 나트륨화합물은 이 지역의 지하수에 전형적으로 포함되어 있다³²⁾. 지하수는 깊이에 따라 이온의 농도가 증가되는데 5~7m 깊이에서 염소이온의농도는 8g/L인데 비하여 10~14m의 깊이에서 염소이온의 농도는 9g/L이었다. 한편 나트륨의 농도는 3~5m에서는 1.6g/L이었으나 5~7m의 깊이에서는 3.0~3.5g/L로서 지하수의 깊이에 비례하여 농도가 증가함을 알 수 있었는데 이같은 현상은 Ca, Mg 과같은 이온들에 대해서도 비슷한 경향을 보였다. 한편 지하수의 염도는 바다와의 거리와 관련이 있다고 발표되었다³³⁾.

미국환경청(USEPA)의 보고에 의하면 현재 사용되고 있는 지하수의 1%는 오염되었다고하며 Lehr(34)는 2% 이상이 오염되었다고 발표하고 있다. 우리가 지하수오염 상태를 잘 모르고 있는 것은 지하수의 움직임이 대단히 느리고 복잡하기 때문이다.

Patrick³⁵⁾은 지하수 오염물질을 2가지로 분류하는데 그중 하나는 病을 일으키는 세균, 바이러스, 원생동물, 벌레, 곰팡이등과 같은 生物體이고 다른 한가지는 화학물질이다. 이들 가운데 흔히 발표되는 오염물질은 유기물질, 생물체, 그리고 질산염이다.

Gibson과 Sufli타는³⁶⁾ 혐기성 환경에서 haloaromatic chemical과 같은 화합물들이 분해되어 메탄과 같은 저급 탄화수소가 된다고 하였다. Savannah라고 하는 강에서는 210 m 깊이에 2,000여종의 생리적으로 서로 다른 미생물들이 있다고 하는데 이들은 여러 종류의 화학물질을 분해하는 역할을 하고 있다는 것을 암시

한다.

지하수오염에 따른 영향은 사람에게 미치는 영향과 환경에 미치는 영향을 들 수 있다. 미래를 생각해 볼 때 인구는 계속 증가되므로 地下水를 이용하는 사람의 숫자는 차츰 더 많아지고 이에대한 대책이 마련되어야 되겠다.

축산배수, 사람의 분노, 화학비료, 기타 유기물질에서 유래되는 질산염에 의한 지하수의 오염은 계속적인 환경오염의 문제점이가고 Johnson등³⁶⁾은 발표하였다. 질산염의 독성은 통계적으로 유아사망율을 높이는 데 미국 미네소타에서 30개월중에 144건의 methemoglobinemia환자 가운데 14명이 사망하였고³⁷⁾ 많은 경우에 이 질병이 단순한 협심증이나 갑작스러운 유아사망군으로 발표된다고 하였다³⁸⁾. 질산염에 의한 식수의 오염은 3가지 수질문제중에 한가지로서 세균, 독성화학물질등이 이에 속한다. 누구든지 충분한 아질산염을 섭취한 사람은 피부가 푸르게 변화되거나 cyanotic하게 된다. 이같은 현상은 hemoglobin분자의 10%만 ferric state에서 ferrous state로 변화하면 산소를 조직에 보내지 못하게 된다⁴⁰⁾. methemoglobin은 보통 혈액중에 약 1%만큼 존재한다. 영아에게 Methemoglobinemia가 발생hl는 원인으로는 질산염이 다량 함유된 물로 식품이나 약을 만들어 먹일때 일어난다. 질산염은 직접 hemoglobin을 methemoglobin으로 변화시키지는 않으나 腸內미생물에 의하여 아질산염으로 변화된다⁴¹⁾. Comly³⁸⁾가 최초로 우물물에 질산염에 의한 영아의 methemoglobinemia에 대한 보고하였으며 비슷한 보고가 Canada, Belgium^{42~45)}에서 발표되었으며 전세계적으로 축산지근처, 부패조 부근, 비료살포지 부근의 우물물이 영아의 methemoglobinemia에 의한 사망의 원인이 된다고 하며 경우에 따라서는 질산성 질소의 농도가 100~150 mg/L로 고농도인 경우도 있다고 하였다. Craun등⁴⁶⁾에 의하면 질산성질소의 함량이 23~204 mg/L범위로 소련에서 검출되었다고 하여 이같이 고농도의 질산염으로부터 methemoglobinemia를 예방하기 위하여는 ascorbic acid(Vitamin C)가 치료에 효과가 있는것으로 알려지고 있으므로⁴⁷⁾ 식사와 함께 복용함이 좋겠다. 질산염의 오염은 우물의 구조가 허술하거나 적당치 않은 위치에 설치되어 있어서 질산염으로 오염된 지표수와 화학약품 및 세균이 침투하게 된다. 1981년에 미국 Big Sioux River Basin지역 내 1,000개의 우물중 27%는 10ppm이상의 질산염을 함유하고 있었고⁴⁸⁾ 30% 이상은 대장균에 의하여 오염

되었다고 하였다.

본 연구에서 질산성 질소의 최저농도는 0.48g ppm 이었고 최고농도는 123.50 ppm 으로 기준치의 12배 이상 검출되었고 암모니아성질소의 최저농도는 0.01 ppm 이었고 최고농도는 8.98 ppm 이 검출되었다. 이와같은 현상은 외국과 비슷한 수치로서 농촌에서 사용하는 농약, 각종 하수, 토양오염 등이 원인이라고 생각된다.

청색증은 1902년 처음으로 알려졌다 그 이후에 NaNO₂와같은 약품에 의하여 발생된다고 발표되었다. Hemoglobin분자의 약 10%가 3가의 철에서 2가의 철로 변화되면 methemoglobin이 발생된다고 하는데 이때 산소가 각 조직으로 운반되지 않는다. 사람들은 어느 연령층에서나 methemoglobin에 걸릴 수 있으나 생후4개월이내인 아는 특히 예민하다.

신생아는 methemoglobin 효소(erythrocyte cytochrome 5 beta-reductase)의 농도가 낮으나 분유나 기타 식품을 nitrite나 nitrate가 많은 식수로 만들어 먹일때 이 병에 잘 걸린다. 물을 끓이면 Nitrate의 농도만 농축되게 된다. nitrate는 직접 hemoglobin을 methemoglobin으로 변화시키지는 않으나 위장관에있는 미생물에 의하여 nitrite로 환원된 후 methemoglobin이 된다. 가축사육장, 부패조, 비료살포지역의 지하수중 질산염의 농도가 높은 물을 음용하는 경우 유아사망율이 높아지리라고 예측된다^{51~54)}.

한편 질산염의 근원은 사람및 가축의 분노, 유기물질 폐기물, 화학비료, 하수방류 등에 의한다고 알려지고 있으며 청색증이 발생된 경우는 1950년 미국 Minnesota주에서 30개월동안 유아의 청색증 144 사건중에서 14명이 사망하였다. 질산염에 의한 오염은 우물의 건설에 문제점이있다는 보고도 있다.

Garcia등⁵⁵⁾은 질산염이 아질산염으로 환원하므로 청색증과 관련성, 아질산염이 전구물질인 N-nitroso 화합물의 발암성등에 대한 중요성을 인식하여 1~6살되는 어린이들을 대상으로 매일 대하여 질산염과 아질산염의 섭취량을 조사한 결과 1-3살 어린이는 NaNO₃로서 25.6mg, NaNO₂로서 1.04 mg을 섭취하고 4-6살 어린이는 NaNO₃로서 36.1 mg, NaNO₂로서 1.46 mg을 섭취한다고 발표하였다. 이 양은 WHO에서 설정한 기준량보다는 적은 양이라고 보고되었다. Askew등⁵⁶⁾은 점심시간 동안 국민학생의 입술과 손에 청색을 띄우고, 구토, 두통을 일으키는 경우를 관찰하였다. 검사한 49명 가운데 14명이 입원하였는데 많

Table 11. 지하수의 수질기준

이용목적별		생활용수	농업용수	공업용수
항 목				
일반 오염물질 (5개)	수소이온농도(pH)	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0
	화학적산소요구량(COD)	6	8	10
	대장균군수	5,000이하 (MPN/100ml)	—	—
	질산성질소	20	20	40
	염소이온	250	250	500
특정 유해물질 (10개)	카드뮴	0.01	0.01	0.02
	비소	0.05	0.05	0.10
	시안	불검출	불검출	0.2
	수은	불검출	불검출	불검출
	유기인	불검출	불검출	0.2
	페놀	0.005	0.005	0.01
	납	0.01	0.1	0.2
	6가크롬	0.05	0.05	0.1
	트리클로로에틸렌	0.03	0.03	0.06
	테트라클로로에틸렌	0.01	0.01	0.02

전국 지하수 기본조사 (한국수자원공사 1993)

은 학생이 청색증에 해당 되었다. 공급된 수프가 원인이 있으며 질산염 459 ppm과 sodium metaborate가 검출되었다. 우리나라에서도 국민학생들의 학교급식에 대하여 질산염 및 아질산염의 농도를 조사할 필요성이 있다. Levallois등⁵⁷⁾은 농업에서 비료를 사용하므로써 지하수오염이 문제가된다고 하였고 문제점은 장내에서 질산염이 아질산염으로 변하는 것과 이들이 함유된 물로 액체 우유를 만들때 청색증의 원인이 된다고 발표하는 등 청색증에 대한 연구발표가 많이 있다^{58~59)}.

한국지하수자원공사에서 발표된 자료에 의하면 지하수의 수질기준으로 생활용수, 농업용수, 공업용수에 대한 기준을 마련하고 있으나 음용수에 대한 기준이 없으므로 일반 음용수와는 달리 농촌에 적합한 새로운 기준이 마련되면 좋겠다고 생각한다.

V. 결 론

농촌지하수중 암모니아성질소와 질산성질소의 오염도를 알아보기 위하여 서울 근교의 지하수 70개소

를 대상으로 실험 연구한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 암모니아성질소의 최소치는 0.01 ppm 이었고 최대치는 8.98 ppm 이었으며 질산성질소의 최소치는 0.48 ppm, 최대치는 123.50 ppm 이었다.
2. 암모니아성질소의 음용수기준치를 초과하는 지하수는 총 60곳중 12곳(20%)이었고 질산성질소의 기준치를 초과하는곳은 30곳(50%) 이었다.
3. 일반세균이 기준치를 초과하는 지하수는 조사대상인 38개소중 21개소(55.2) 이었다.
4. 전기전도도를 이용하면 간단하게 암모니아성질소와 질산성질소의 농도를 개측할 수 있다.
5. 질산성질소의 고농도로 인한 청색증을 예방하기 위하여는 수질검사 및 탈질산 처리가 필요하다고 생각한다.
6. 세균에 의한 감염을 예방하기 위하여 끓인후에 사용할것을 권장한다.

인용 및 참고문헌

1. Bauder, J.W., Sinclair, K.N., Lund, R.E.: Physiographic and land use characteristics associated with nitrate-nitrogen in Montana groundwater. *J. Environmental Quality* **22**(2), 255-262, 1993.
2. O'Neill, H.J., Pollock, T.L., Brun, G.L., Doull, J.A., Leger, D.A., Bailey, H.S.: Toxic chemical survey of municipal drinking water sources in Atlantic Canada 1985-1988. *Water Pollution Research J. Canada*, **27**(4), 715-732, 1992.
3. Goodrich, J.A., Lykins, B.W., Clark, R.M.: Drinking water from agriculturally contaminated groundwater. *J. Envir. Quality* **20**(4), 707-717, 1991.
4. Johnson, C.J. and Kross, B.C.: Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas. *Am. J. Ind. Med.*, **18**(4), 449-56, 1990.
5. NAS: Nitrates: An environmental assessment. National Academy of Sciences, U.S. National Research Council, Washington, D.C. 723, 1978.
6. Robertson, H.E. and Riddell, W.A.: Cyanosis of infants produced by high nitrate concentration in rural waters of Saskatchewan. *Can. J. Public Health* **40**, 72-77, 1949.
7. NAQUADAT: National Water Quality Data Bank. Water quality branch, INland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, 1976.
8. Fassett, D.W.: Nitrate and nitrites. In *Toxicants occurring naturally in foods*. 2nd edition. Committee on food protection, National Academy of Sciences, U.S. National Research Council, Washington, D.C. 1973.
9. Saint-Fort, R.: Ground water contamination by anthropogenic organic compounds from waste disposal sites: Transformations and behaviour. *J. Environ. Sci. Health*, **A26**(1), 13-62, 1991.
10. Zelibor, J.L., M.W. Coughten, and R.R. Colwell.: Testing for bacterial resistance to arsenic in monitoring well water by the direct viable counting method. *App. Environ. Microbiol.*, **53**(12), p 2929-34, 1987.
11. Mose, J.R., G. Wilfinger, and R. Zeichem: Pollution of drinking water by tetrachloroethylene. *Zentral. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg.* 181(1-2), p 111-20, 1985.
12. Lichtenberg, E. and D. Zilberman, D.: Efficient regulation of environmental health risks: the case of groundwater contamination in California. *Sci. Total Environ*: **15**, Nov. p 111-9, 1986.
13. Craun, G.F., McCabe, L.J., and Hughes, J.M. Water-borne disease outbreaks in the U.S. 1971-1974. *J. Am. Water Works Assoc.* **68**:420-424, 1976.
14. Csaki, F. and Endredi, J. Nitrate contamination of underground waters in Hungary. In: W. van Duijvenbooden, P. Glasbergen, and H. van Lelyveld (Eds.), *Quality of Groundwater*. Elsevier, Amsterdam, pp. 89-94, 1981.
15. Zoeteman, B.C.J., de Greef, E., and Brinkman, F.J.J. Persistency of organic contaminants in groundwater, lessons from soil pollution incidents in The Netherlands. In: W. van Duijvenbooden, P. Glasbergen, and H. van Lelyveld (Eds.), *Quality of Groundwater*. Elsevier, Amsterdam, pp. 465-476, 1981.
16. Kooper, W.F., van Duijvenbooden, W., and Peeters, A.A.: Internal Report of the National Institute for Water Supply, The Netherlands, No. HyH, 81-13:11, 1981.
17. Johnson, C.J. and Kross, B.C.: Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas. *Am. J. Ind. Med.*, **18**, 449-56, 1990.
18. Cohen, D.B.: In evaluation of pesticides in groundwater, Barner, W.Y., Honeycutt, T.C., Nigg, H.N., Eds.; ACS Symp. Ser. 315; American Chemical Society: Washington, DC, pp 499-529, 1986.
19. Zaki, M.H., Moran, D., Harris, D.: *Am. J. Public Health*, 72, 1391-1395, 1982.
20. Jones, R.L., Norris, F.A., Kirkland, S.D., and Marquardt, T.E.: Techniques for collecting soil samples in field research studies. *Groundwater Residue Sampling Design*, ACS, pp 349, 1991.
21. Falk, H.: Acidified groundwater a serious problem. *Acid Magazine*, No. 6 Mar., 1988.
22. Cherry, J.A.: Occurrence and migration of contaminants in groundwater at municipal landfills on sand aquifers. In: *Environment and Solid Wastes*, Butterworths, Boston, 1983, p 127-147, 1983.

23. Canter, L.W., and Know, R.C. : Septic tank system effects on groundwater quality. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 1985.
24. Faibishenko, B.A. : Water and salinity region of soils in irrigation [in Russian]. Moscow, 1986.
25. Kozlovski, E.A. : Hydrogeological phase of Gground-water protection [in Russian]. Moscow, 1984.
26. Patrick, R. : What should be done to mitigate groundwater contamination. Environ. Health Perspect., **86**,239-243, 1990.
27. Khublarian, M.G. : Chemical substance transport in soils and its effect on goundwater quality. Eniron. Health Perspect., **83**, Nov p 31-7, 1989.
28. Gilson, S.A. and Suflika, J.M. : Extrapolation of biodegradation results to groundwater aquifers : reductive dehalogenation of aromatic compounds. Appl. Environ. Microbiol. **52**,681-688, 1986.
29. Johnson, C.J., et al : Fatal outcome of methemoglobinemia in an infant. JAMA 257, 2796-2797, 1987.
30. Rosenfield, A.B., Huston, R. : Infant methemoglobinemia in Minnesota due to nitrates in well water. Bull. Univ. Minn. Med. Found., **21**, 315-338, 1950.
31. Goodrich, J.A., Lykins, B.W., Clark, R.W. : Drinking water from agriculturally contaminated groundwater. J. Envir. Quality, **20**(4), 707-717, 1991.
32. Charache, S. : Methemoglobinemia: Something for a new cause. N. Engl. J. Med., **20**, 776-778, 1986.
33. Cecil, R. : In Wyngaarden, J.B. , Smith, L.H. Jr(eds): "Testbook of Medicine," ed. 16. Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1982.
34. Comly, H.H. : Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. JAMA, 129-112, 1945.
35. Donahoe, W.E. : Cyanosis in infants with nitrates and drinking water as cause. Pediatrics **3**,308-311, 1949.
36. Medovy, H., Guest, W.C., Victor, M. : Cyanosis in infants in rural areas. Can. Med. Assoc. J., **56**, 505-508, 1949.
37. Faucett, R.L., Miller, H.C. : Methemoglobinemia occurring in infants fed milk diluted with well water of high nitrate content. J. Pediatr., **29**,593, 1946.
38. Ferrant, M. : Methemoglobinemia : Two cases in newborn infants caused by nitrates in well water. J. Pediatr., **29**,585-592, 1946.
39. Craun, G.F., Greathouse, D.G., Gunderson, D.H. : Methemoglobin levels in young children consuming high nitrate well water in the U.S. Int. J. Epidemiol. **10**,309-17, 1981.
40. Blanco, O., Meade, T. : Effect of dietary ascorbic acid on the susceptibility of steelhead trout to ntrate toxicity. Rev. Biol. Trop., **28**,91-107,1980.
41. Cocco, P., Tvrdá, B. : Normal values of methemoglobinemia in a smaple of Sardinian workers. G. Ital Med. Lav. **5**(3), 123-7,1983.
42. Fernicola, N. A. : Infantile methemoglobinemia caused by nitrates. Bol Oficina Sanit Panam. **106**, 32-40, 1989.
43. Swiatkowska, A., Kaleta, A. : Methemoglobin level and morphology of the blood in children from the state children's home in Gdańsk-Oliwa. Pediatr Pol. **64**,88-92,1989.
44. Swiatkowska, A., Gurzynski, R. : Pathogenic effects of environmental nitrates and nitrites on young child's body. Pediatr Pol. **58**,667-71,1983.
45. Pohanka, P., Tvrdá, B. : Methemoglobinemia and the use of chemicals in agriculture. Cesk Pediatr. **38**, 419-20,1983.
46. Garcia, M.O., Becquer, A., Arcia, J. : Estimation of the daily intake of nitrates and nitrites which children one to six years old, who attend State Nurseries in the city of Havana, may consume. Nahrung, **27**(6), 583-8,1983.
47. Askew, G.L., Finelli, L. : An ourbreak of methemoglobinemia inNew Jersey in 1992. Pediatrics. **94**(3), 381-4,1994.
48. Levallois, P., Phaneuf, D. : Contamination of drinking water by nitrates. Can J Public Health. **85**(3), 192-6, 1994.
49. Vitoria M.I., Brines, S.J., Morales, S.M. : Nitrates in drinking water in the Valencia community. Indirect risk of methemoglobinemia in infants. An Esp Pediatr. **34**(1),43-50,1991.
50. Schweinsberg, F. : Threshold values for chemicals to prevent disease. Zentralbl Hyg Umweltmed., **190**(1-2), 207-16, 1990.
51. 농어촌진흥공사 : 지하수개발과 농어촌용수, 농어촌진흥공사, p 83, 1994. 9.