

原水의 窒素 汚染에 따른 淨水 對策

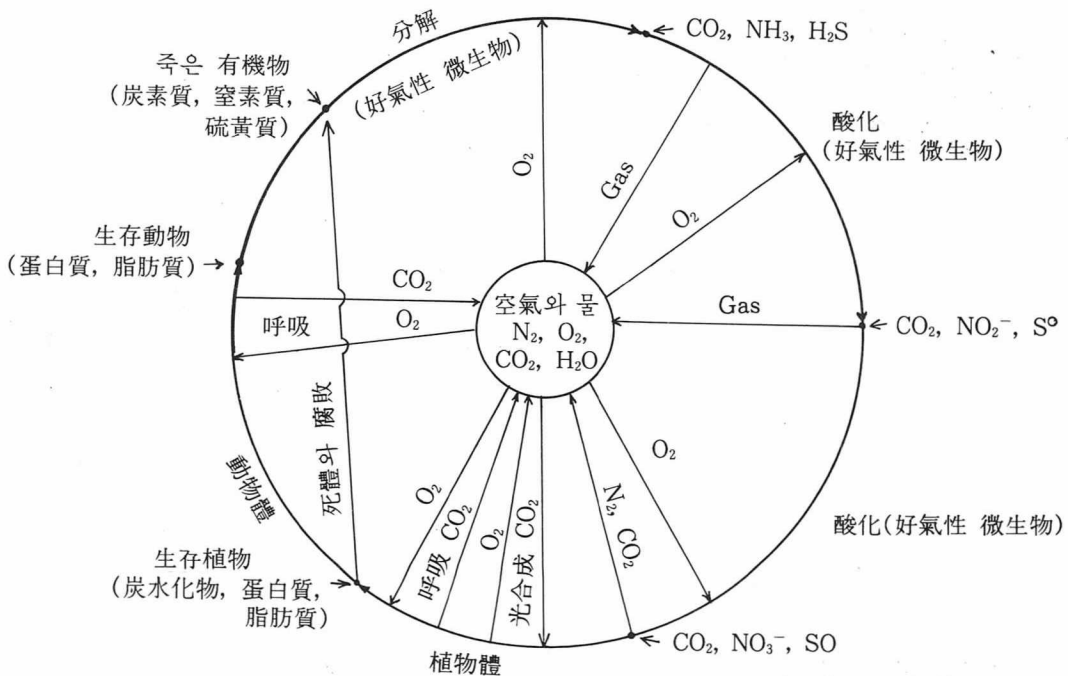
建國大學校 教授
南 相 虎

1. 오염원

질소는 우리가 호흡하고 있는 공기중의 약 78%를 점하고 있으며 토양, 자연수, 및 동·식물의 세포중에 미량 존재하는 일반적인 물질이다. 비금속 원소인 질소의 전자 구조는 $1S^2, 2S^2, 2P^3$ 로 화학원소 주기율표에서 VA쪽에 속하고 주된 산화도는 III^-, O, III^+, V^+ 이

다.

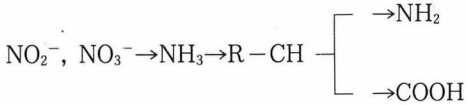
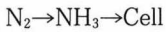
자연수계에 존재하는 질소 형태는 주로 유기성 질소인 단백질, 아미노산 및 뇨산과 무기성인 $NH_4^+, NO_2^-,$ 및 NO_3^- 이다. 특히 무기성 질소는 조류, 수초 등의 영양이 되고 분변성 세균 오염의 지표가 된다. 참고로 질소의 순환을 도시하면 다음과 같다.



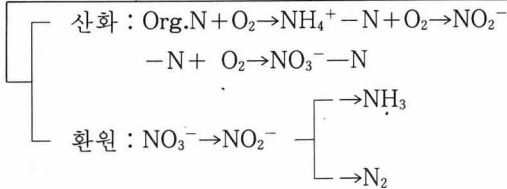
인간 활동에 의한 질소의 주된 수질 오염원은 대기오염, 토사의 침식, 도시·농촌지역의 표면 유출수, 조류 및 수초의 번식 및 사멸, 분뇨 및 생활하수, 비료 및 농약의 과남용, 축산분뇨, 비료공장, 펄프제지공장, 화학공장, 제철공장, 제련소, 피혁공장, 섬유공장, 식품제조공장 등의 산업폐수이다.

2. 현 황

질소의 순환이 자연계 내에서 세포합성이 다음과 같이 이루어 지거나,



또는 산화·환원



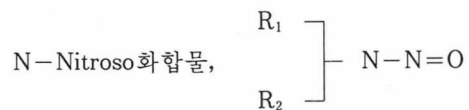
에 의하여 지속적으로 이루어지고 있으므로 우리의 자연 지표수에서 통상 0.1mg/L 이하의 $NH_4^+ - N$, 0.1mg/L 이하의 $NO_2^- - N$ 및 2mg/L 이하의 $NO_3^- - N$ 이 함유되어 있다. 그러나 인구가 밀집되어 생산활동이 활발한 중·하류지역 하천수는 갈수기와 농번기에 상당히 높은 농도를 보이는 곳도 있다. 특히 지하수의 경우 우리나라는 현재까지 질소성분에 대한 전국적인 수질조사가 행해진 바 없어 정확히 언급할 수는 없으나 질산성질소의 용해도가 커 지질적 특성을 감안할 때 국지적으로 음용수의 기준치 이상으로 상당히 오염되어 있는 지역이 있는 것으로 알고 있다. 농업지역 또는 하천 하류지역에서 토질이 석회암 지대이거나 사질토인 경우 흔히 500mg NO_3^- / L 이상 검출되고 있는 것으로 서양 문헌에서 보고되고 있다. 암모니아성 질소($NH_4^+ - N$)는 표토에 의하여 여과되는 동안 토양에 의한 흡착,

치환 및 생물학적인 산화가 일어나 거의 존재하지 않거나 표토의 구성이 빈약하고 암반에 큰 공극을 가진 틈이 있을 때 직접 스며들어 암모니아성 질소가 검출될 수 있고, 대수층에 있는 지하수가 무산소 상태일 때 NO_2^- 또는 NO_3^- 가 환원되어 미량이지만 하나 $NH_4^+ - N$ 형태로 존재하는 경우가 있다.

3. 건강 관련 기준

암모니아 가스는 20°C, 1기압하에서 100,000mg/L까지 용해되어 수산화 암모늄(NH_4OH)를 형성하고 25°C에서의 해리상수는 1.8×10^{-5} 이다. 수질관계 문헌에 의하면 자연수중 암모니아 성분은 대부분 식물성이며 0.1mg/L를 넘지 않으므로 그 이상은 최근 오염에 의한 농도로 보는 것이 타당한 것으로 언급되어 있다. 암모니아 독성에 의한 치사량은 28~29% 암모니아수를 마셨을 때의 량이다. 그러므로 자연수중의 암모니아 농도 또는 일반적으로 희석된 오염농도는 인체에 해가 없는 것으로 알려져 있다. 다만 암모니아는 분변성 병원 미생물의 오염여부를 알아보는 지표중의 하나로 채택되고 있으며, 맛과 냄새의 원인이 될 수도 있고 산화되었을 때 독성이 큰 NO_2^- 또는 NO_3^- 의 농도를 증가 시키고 배수계통내 미생물의 성장을 돕는 영양물질이기 때문에 관리를 소홀히 할 수 없다.

아질산성 질소(NO_2^-)는 지표수의 경우 대부분 호기성에서 암모니아성 질소가 안정된 질산성 질소로 산화되어 가는 중간 생성물로 산화가 빨라 실제 수중 농도는 미량이나 독성이 강하고 6개월 미만의 젖먹이 특히 3개월 미만의 유아들에게 질식사(Methemoglobinemia; blue baby)를 일으키거나 성인을 포함하여 위 내에서 발암물질인 N-Nitroso화합물



을 생성하는 원인 물질로 주목받고 있어 질산

성 질소($\text{NO}_3^- - \text{N}$)와 더불어 철저한 관리가 요구되고 있다.

질산성 질소($\text{NO}_3^- - \text{N}$)는 주로 유기물의 호기성 분해 과정에서 안정화된 최종 질소 산화물이다. 지표수중의 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 은 농도가 낮은 경우 희석 또는 식물의 광합성에 의하여 감소하나 지하수의 경우는 수질을 악화시킬 정도로 그 농도가 높은 지역이 있을 수 있다. NO_3^- 기준 50mg/L내에서도 간혹 유아의 질식 현상을 일으키기도 하지만 일반적으로 안전한 것으로 알려져 있다. NO_3^- 가 500mg/L이상인 경

우 위장 및 신장의 점막 부위를 손상시키고 설사 및 배뇨 과다증 등을 일으킬 수 있다.

세계 보건기구에서 출간한 기준 자료(Criteria)에 의하여 젖먹이에게 질산성 질소가 다량 함유된 식수로 우유를 타서 수유시키는 경우 유아의 위에서 위산의 분비가 적으므로 위내에 E.coli, P.Fluorescens, B.subtilis, Staphylococcus albus 등이 성장하여 NO_3^- 가 NO_2^- 로 환원될 수 있으며 유아의 경우 거의 100%, 성인은 10% 내외의 환원율을 보이는 것으로 보고되고 있다.

현재 국내외의 무기 질소에 관한 음용수 수질기준은 다음 표와 같다.

(단위 : mg/L)

지역구분 항목	한 국	WHO	EC	U.S.A	일 본	비 고
NH_4^+ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	0.5	N.P	0.5(0.05)	N.P	N.P	N.P:항목이 설정되어 있지 않음
NO_2^- $\text{NO}_2^- - \text{N}$	N.P	N.V.S	0.1	1	$\text{NO}_2^- - \text{N}$ $+\text{NO}_3^- - \text{N}$ ≤ 10	N.V.S:기준치가 설정되어 있지 않음 ()는 권장치임
NO_3^- $\text{NO}_3^- - \text{N}$	10	10	50(25)	10		

표내의 기준치는 NH_4^+ 의 경우 맛과 냄새의 TLV를 기준으로, NO_2^- 및 NO_3^- 은 methemoglobinemia 발생과 관련된 AADI와 안전성을 고려하여 설정 되었으며, N-Nitroso 화합물이 생성에 의한 발암성은 고려되지 않았다.

4. 대책방안

1989년도 말 우리나라의 756개 정수장에서 사용하고 있는 수원의 종류는 하천 표류수 953만 m^3 /일(59%), 저수지수 468만 m^3 /일(30%), 복류수 147만 m^3 /일(9%) 등의 지표수와 지하수 및 용천수 22만 m^3 /일(2%)가 있다. 여

기서 지하수가 차지하는 비중은 불과 2%로 나타나 있으나 실제 전국 수도 보급율중 11%를 점하는 농어촌 지역의 간이 급수시설과 비상 급수우물 그리고 파악이 되어 있지 않은 관정까지 감안한다면 무시할 수 없는 량의 지하수를 상수로 이용하고 있다는 점을 감안하지 않을 수 없다.

원수중의 질소 성분은 앞에서 언급한 바와 같이 음용수의 이취미, 유아 및 산모에게 많이 나타날 수 있는 methemoglobinemia, 위장 및 신장의 점막 부위 손상, 설사 또는 배뇨 과다증, N-nitroso화합물 생성에 의한 암의 발생 등의 원인이 될 수 있으며 정수처리 과정에 있어서 그 농도가 높을 경우 염소 요구량이

높아 질 수 있고 미처리 질소 성분은 배수지, 수조, 배급수 관망 등에서 미생물의 성장을 가져다 줄 수 있으므로 관리의 철저가 요망된다.

현재 전국적으로 시설되어 있는 정수장의 처리공정으로는 제거가 잘 되지 않는 물질이므로 세계 선진 외국들이 음용수원으로 이용하고 있는 수자원의 질소오염 관리에 국가 정책적 차원에서 노력을 기울이고 있는 것 처럼 우리도 우선적으로 질소 오염원 및 원수(지표수, 지하수)의 수질관리가 선행되어야 하겠고, 원수의 수질이 상당 수준 오염되어 있는 지역은 차선택으로 새로운 수원을 발굴 할 수만 있다면 기준치 이하로 희석하여 이용할 수 있을 것이다. 그러나 제반 여건이 허락하지 않을 경우, 기술적 평가에 의한 적절한 정수처리 공정을 선택하여 목표수질을 달성할 수 있을 것이다. 처리공정에 관한 장단점과 기술적인 내

용에 관하여는 지면 관계상 모두 언급할 수는 없으나 공정선택은 실재에 있어서 질소 성분의 제거 효율만을 고려할 것이 아니라 주어진 기존 처리공정, 처리해야 할 기타 물질, 시설 및 유지관리의 용이성, 전문인력의 확보 가능성, 2차적인 유해물질 또는 오염물질의 발생 및 처리, 경제성 등과의 제 관계를 고려하여야 한다.

암모니아성 질소의 처리 방법은 클로리민화, 암모니아 가스 축출법, 화학적 산화법(O_3 , Cl_2 등), 생물학적 질산화법, 이온 교환법, 막분리법 등이 있고 아질산성 질소 및 질산성 질소의 처리는 화학적 산화법, 생물학적 탈질화법, 이온 교환법, 막분리법 등이 있다. 어느 공정이나 특유의 장단점을 지니고 있으므로 제약요건을 면밀히 검토한 후 선택하는 것이 현명할 것이다.