

IC를 이용한 지하수의
지역적 음이온 분포도 조사연구

김도순 · 박정옥

수 질 보 전 과

부산광역시 보건환경연구원보 제7집, Page(260 ~ 275), 1997.
Rep. Pusan Inst. Health & Environ. Vol.7, Page(260 ~ 275), 1997.

IC를 利用한 地下水의
地域的 陰이온 分布度 調査研究

水質保全科

金道順·朴貞玉

The Study on regional negative ion distribution
in groundwater by IC

Water Preservation Division

Do-Soon Kim, Jeong-Ok Park

Abstract

The object was negative ion($\text{NO}_3^- \cdot \text{N}$, Cl^- , SO_4^{2-}) in ground water on Pusan and sampling site included 10 Ku and 1 Kun.

As compared $\text{NO}_3^- \cdot \text{N}$, Dong-Rae Ku and Young-Do Ku Was relatively high (7.0,

7.2mg/ℓ) and HaeUnDae-Ku was low. (2.0mg/ℓ) In case of Cl^- , Young-Do Ku was more higher than any other site. It means effected by sea, but HaeUn-Dae Ku, Ki-jang Kun was low. (20, 25mg/ℓ) As SO_4^{2-} , Gin-Ku and Dong-Rae Ku was high (41, 35mg/ℓ) and that means effected the nature of soil. On the contrary, Ki-jang Kun was low. (14mg/ℓ)

Between Cl^- and SO_4^{2-} , correlation coefficient was 0.41, so it was relatively high but in case of NO_3^- , revealed not correlation to other ions

Compared three Negative ions, over ratio of drinking water Guideline were 4.3% (NO_3^- -N), 0.7% (Cl^-) and 0.1% (SO_4^{2-}) respectively. It means NO_3^- pollution was relatively high.

The pollution of underground water is complex problem and it related to near soil and ground water. So we solve the problem, we need to study synthetically and continous.

I. 緒 論

인구의 증가와 산업의 발달로 인하여 우리가 식수로 마시는 수돗물이 수자원의 오염과 처리과정에서의 각종 약품투여 등으로 인해 식수의 수질이 오염되고 있는 실정이다. 이러한 이유로 많은 사람들은 지하수를 식수로 이용하게 되었으며 지하수에 대한 관심이 날로 높아지고 있다.

지하수 오염은 오염물질 또는 오염수가 지층 중의 간격수에 용해 또는 혼입되어 대부분 발생하지만, 특수한 경우에는 오염물질과 오염수가 지층을 구성하는 유해 물질을 용출시켜 간격수를 오염시키기도 한다. 오염된 지하수는 인간의 건강과 생활에 악영향을 미칠 뿐만아니라, 그 오염이 장기적으로 이어진다는 점에서 지표수와 대기 등의 환경오염과는 다른 성질을 가지고 있기 때문에 오염의 미연 방지와 함께 오염된 후의 적극적인 회복대책도 중요하다. 그러기 위해서 우선, 오염의 실태를 파악하기 위한 조사·분석기술을 개발하고 지하수 오염원인을 규명해야 한다. 일본

에서는 지하수오염에 대한 심각성을 인식하고 1993년도부터 지하수질의 평가기준과 토양환경기준의 대상물질을 늘리고 토양·지하수오염 회복대책을 확립하는 등의 노력을 계속하고 있다.

그러나, 우리나라에서는 아직 지하수 오염에 대한 연구가 별로 수행되지 않고 있는 실정이며, 지하수 사용인구의 증가와 날로 오염이 더해가는 지하수질을 감안해 볼 때 이에 관한 연구는 시급하다고 하겠다. 따라서 본 연구에서는 분석시간이 빠르고, 측정감도가 높으며, 한 번의 시료 주입으로 여러개의 성분을 동시분석할 수 있는 등의 장점이 있고, 음이온 성분만을 선택적으로 분리하는 Ion Chromatograph(IC)를 이용, 부산 시내 지하수들 대상으로 음이온 성질(질산성질소, 염소이온, 황산이온)을 분석하였다. 이러한 음이온 성분의 오염정도와 지역적 특성에 따른 분포도를 조사하고 지질학적 연관성을 파악하여 부산시내 지하수 오염저감의 기초자료로 활용하고 나아가 부산시내 보건 향상에 기여하는데 목적이 있다.

II. 審査地點 및 實驗方法

2.1 조사 지점

본 실험에 사용된 시료는 우리원에 접수된 제출용 지하수(채수장소가 명확한 시료) 987건 중 지역간의 특성을 고려하여 접수 빈도가 높은 지역을 중심으로 부산 지역 15구, 1군 중에서 강서구, 동구, 북구, 사상구, 중구를 제외한 총 10구 1군의 638개소로 하였다. 이를 지역적 인접성과 특성 등을 고려하여 6개 지역(지역 1-기장군 기장읍, 해운대구, 지역 2-금정구, 지역 3-남구, 수영구, 지역 4-영도구, 지역 5-사하구, 서구, 지역 6-부산진구, 동래구, 연제구)으로 구분하였는데, 각 지점은 Figure 2.1과 같다.

2.2 실험방법 및 기구

본 실험에서 사용된 기구는 Waters 600E Ion Chromatograph (430 Conductivity Detector)이며, Standard Methods에 준하여 실험하였다. 시료는 0.45 μ m Membrane Filter로 여과하여 분석하였다.

IC의 조건은 Table 2.1과 같다.

Table 2.1 Analytical conditions of IC

구 분	조 건
Eluent	Borate/Gluconate
Pump	590 Solvent Delivery Module
Column	IC-PAK A
Flow Rate	1.2ml/min
Sample Volume	100 μ l
Range	500 μ s

III. 결과 및 고찰

3.1 질산성질소 농도 (NO_3^- -N)

부산 시내 주요 지점별 질산성질소 농도를 Figure 3.1~3.6에 나타내었다.

지역 1(기장군 기장읍, 해운대구)의 경우 0~10 mg/l 범위로 먹는물 수질기준 10 mg/l를 초과한 지역은 없었으며, 특히 해운대구 중동은 0~2.2 mg/l로 타지점에 비해 질산성 질소의 농도가 낮게 나타났다. 지역 3(남구, 수영구)은 남구 용호동을 제외한 대부분의 지점이 0~10 mg/l 정도의 범위에서 고른 분포를 보이고 있는데, 광안동과 맘미동 각각 1개 지점에서 18.5 mg/l, 15.7 mg/l로 부적합한 것으로 나타났다. 용호동은 Figure 4.3에서와 같이 0~20.5 mg/l의 분포를 보이는데 전체 의뢰건수 중 33.3%가 부적합한 것으로 나타나 주위 오염원에 의한 오염으로 추정된다. 지역 4(영도구)의 경우, 동삼동이 전체 의뢰 건수 중 17.9%가 부적합한 것으로 나타났는데 그 최대치는 21.4 mg/l이었다.

지역 6(부산진구, 동래구, 연제구)은 0~24.6 mg/l로 나타났는데, 특히 사직동과 온천동은 26% 정도의 부적합율을 보여 오염이 다소 심한 것으로 나타났다. 이 지역 최대치인 연제구 거제동은 33.9 mg/l로 외부로부터 오염된 것으로 추정된다. 부산진구 일대는 오염이 심하지 않는 것으로 나타났다.

3.2 염소 이온 농도 (Cl^-)

부산지역 주요 지점별 염소이온의 분포도는 Figure 3.7~3.12로 나타내었다.

지역 1(해운대구, 기장군 기장읍)은 해안과 밀접한 지역으로 염소이온이 다른 지역에 비해 높을 것으로 생각되었으나, 다른 지역과 비슷한 결과치를 보였다. 지역 1의 염소이온의 범위는 0~117 mg/l이며, 기장군 기장읍 등부리의 1지점만 257 mg/l로 높은 값을 보였는데, 이는 태수의 유입이거나 오염에 의한 것으로 추정된다.

지역 4(영도구)는 사방이 바다로 둘러싸인 섬지역으로 염소이온이 전체적으로

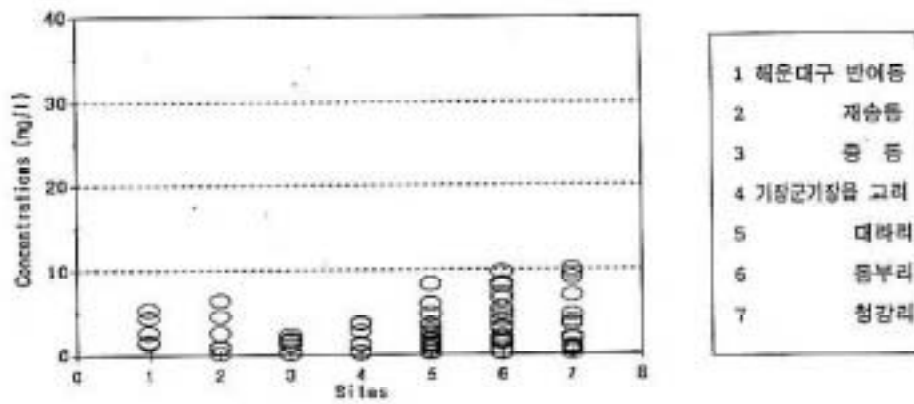


Figure 3.1 Concentration distribution of NO_3^- -N (Haeundae-Ku, Kijang-Ku)

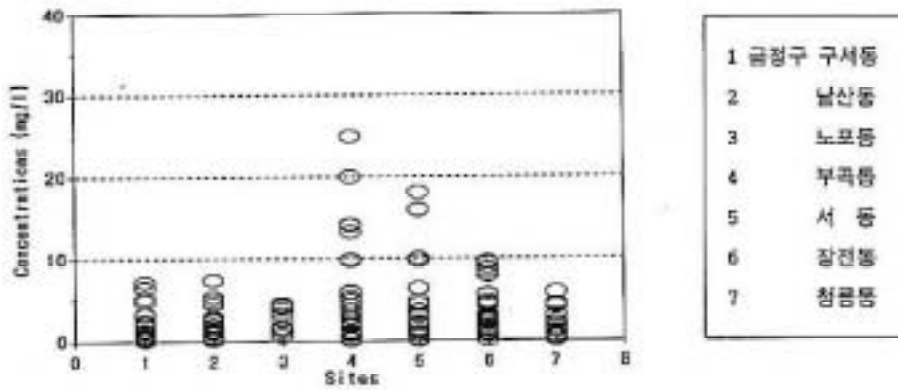


Figure 3.2 Concentration distribution of NO_3^- -N (Kumjeung-Ku)

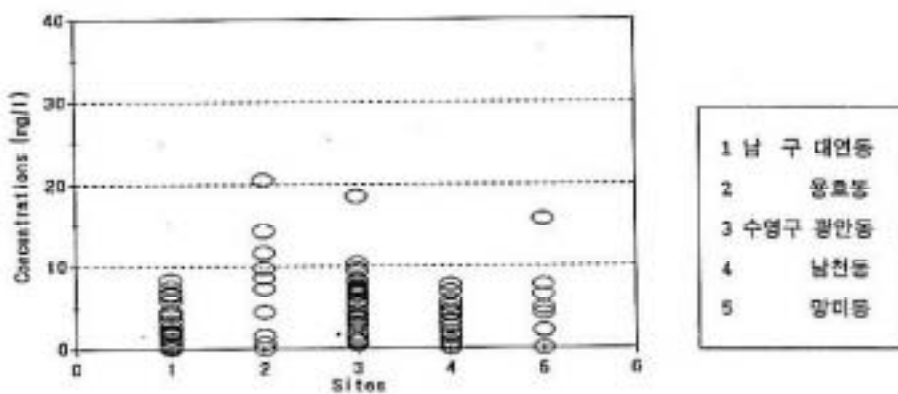


Figure 3.3 Concentration distribution of NO_3^- -N (Nam-Ku, Suyoung-Ku)

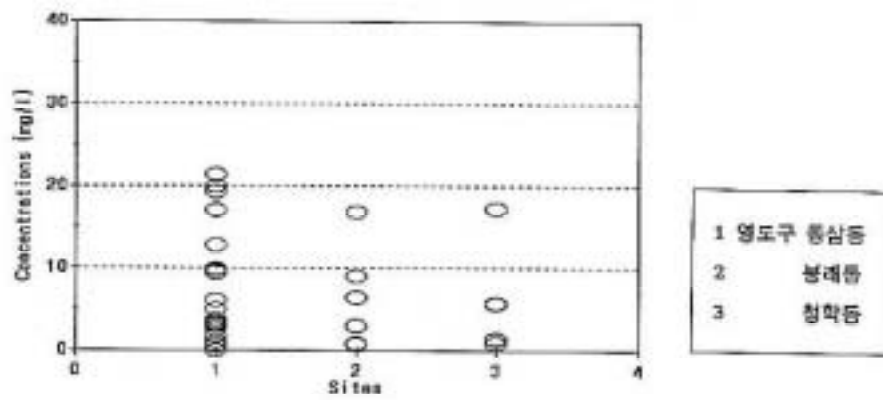


Figure 3.4 Concentration distribution of NO_3^- -N (Youngdo-Ku)

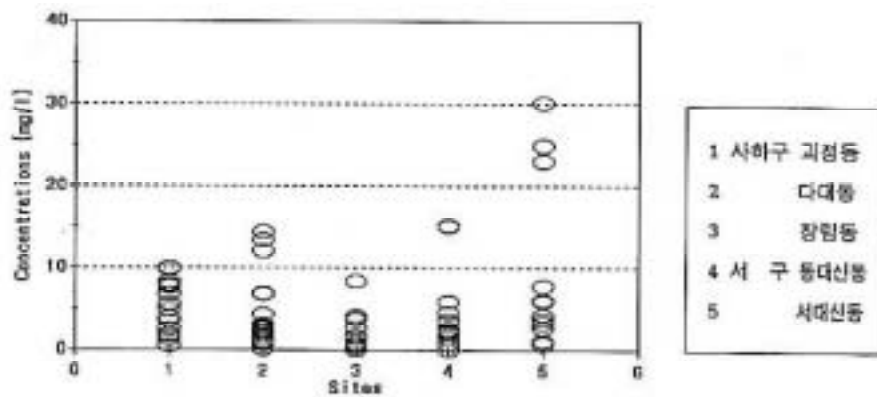


Figure 3.5 Concentration distribution of NO_3^- -N (Saha-Ku, Seo-Ku)

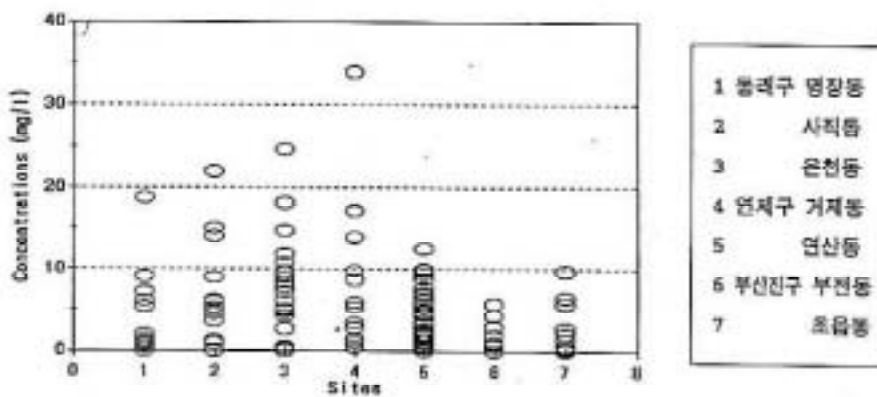


Figure 3.6 Concentration distribution of NO_3^- -N (Dongrae-Ku, Yunje-Ku, Pusanjin-Ku)

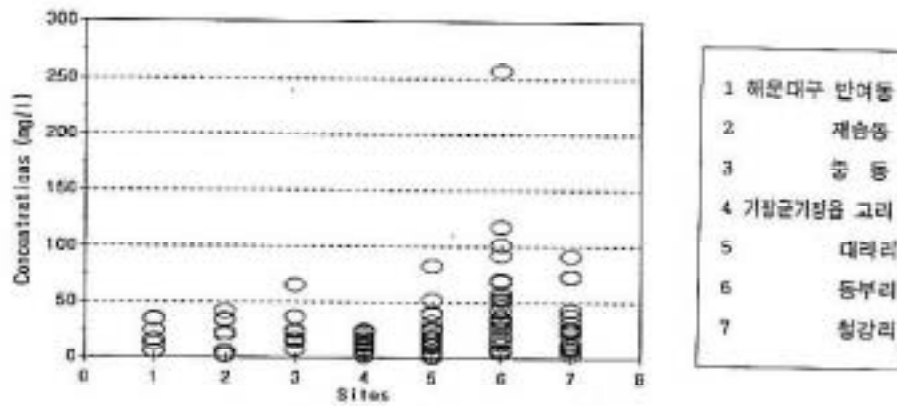


Figure 3.7 Concentration distribution of Chloride (Haeundae-Ku, Kijang-Ku)

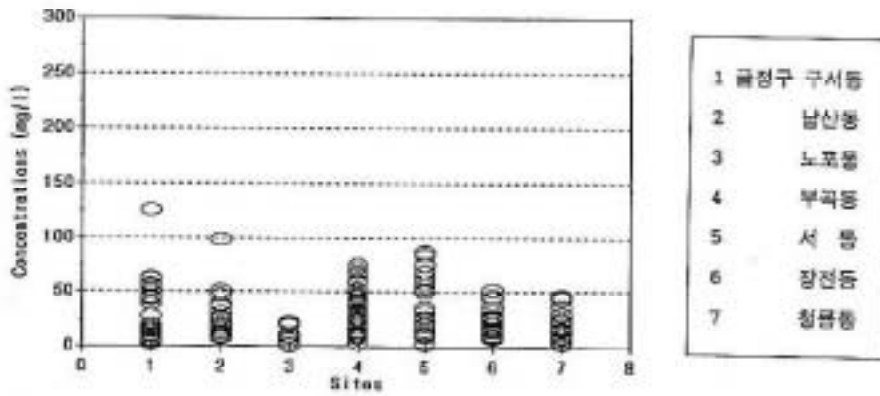


Figure 3.8 Concentration distribution of Chloride (Kumjeung-Ku)

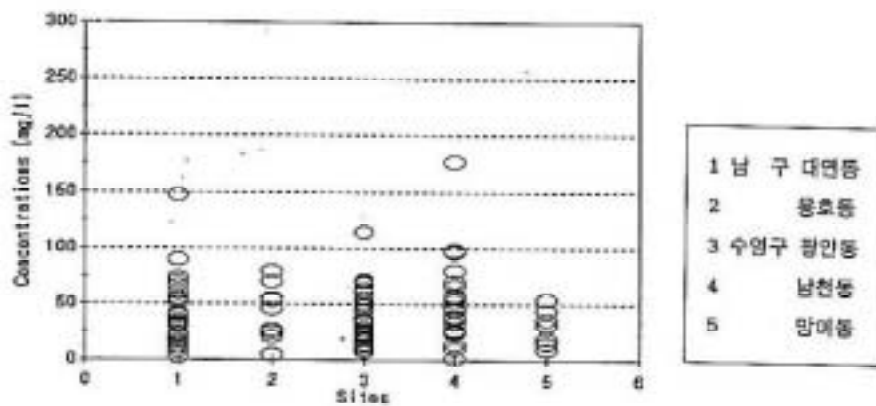


Figure 3.9 Concentration distribution of Chloride (Nam-Ku, Suyoung-Ku)

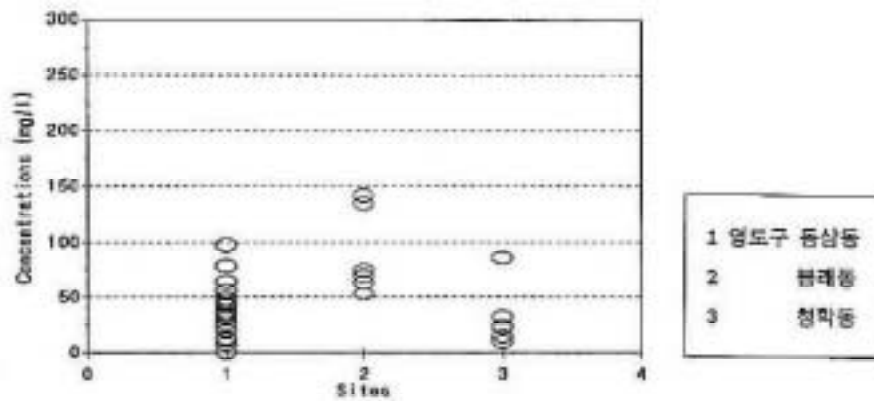


Figure 3.10 Concentration distribution of Chloride (Youngdo-Ku)

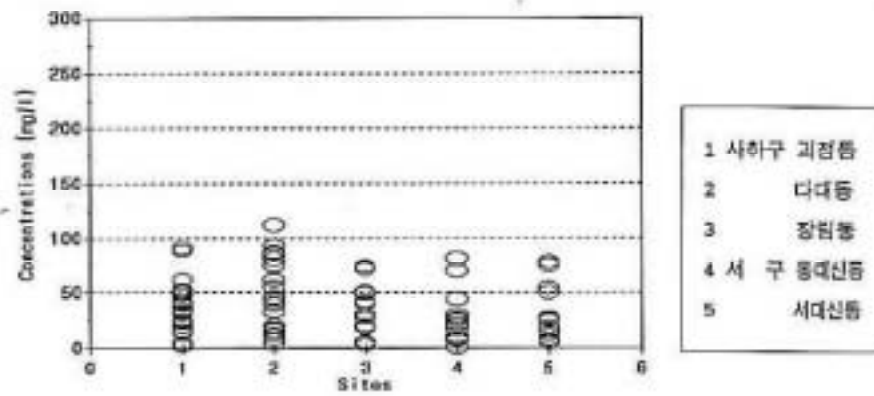


Figure 3.11 Concentration distribution of Chloride (Saha-Ku, Seo-Ku)

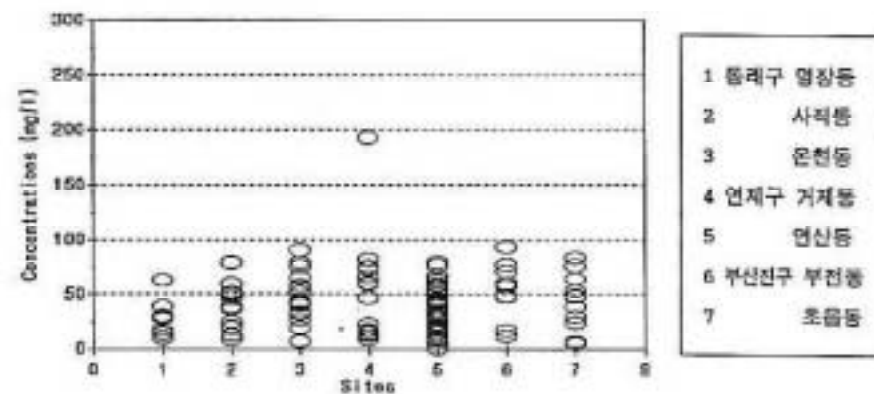


Figure 3.12 Concentration distribution of Chlorid (Dongrae-Ku, Yunje-Ku, Pusanjin-Ku)

높을 것으로 기대하였으나, 지역 1에서와 마찬가지로 그렇지 못한 결과를 나타냈다. 지역 4의 염소이온의 범위는 0~141 mg/l이었다. 유문석영안산암질 화산각력암은 영도지역에 비교적 넓게 분포되어 있는 암질로 청학동과 동삼동이 이 지질로 되어 있으며, 봉래동의 경우 안산암류로 되어있지만 이 지질들 자체로 기인한 영도지역의 염소이온 농도 특성으로 보기가 힘들었다. 지역 6(부산진구, 동래구, 연제구)의 실제적인 염소이온 농도 범위는 0~93 mg/l였다. 연제구 거제동의 경우, 최대치인 257 mg/l을 보였는데 이는 해수의 유입이나 지질로 인하기 보다는 오염으로 인한 것으로 판단된다.

3.3 황산 이온 농도 (SO_4^{2-})

Figure 3.13~3.18은 부산시내 주요 지역별 황산이온 농도를 나타낸 그래프이다.

먼저 Figure 3.13~3.15를 보면, 금정구 부곡동과 수영구 남천동, 남구 대연동을 제외한 대부분의 지역들이 0~50 mg/l 정도의 값을 보였고, 위 3 지점은 지질학적 특성상 황산이온이 많이 함유되어 있는 것으로 판단된다. 그러나 해운대구 반여동, 제송동과 금정구 부곡동의 100 mg/l 이상의 것은 오염으로 인한 것으로 추정된다.

Figure 4.16~4.18을 보면 동래구 사직동과 부산진구 일대를 제외한 지역은 0~60 mg/l 정도의 분포를 나타내었지만, 위의 세 지역은 10~120 mg/l의 분포를 나타내었다. 이 지역의 인접성을 고려하여 볼 때, 이 일대의 지질학적인 구조상 황산이온이 다량 검출되는 것으로 판단된다. 이 지역의 지질은 암회색응회질 퇴적암으로 대부분 구성되어 있다.

3.4 각 구별 음이온 분포도 특성

부산시내 각 구별 음이온 분포 특성은 Figure 3.19와 Table 2에 나타내었다.

구 별 질산성질소 평균농도를 보면 금정구, 기장군, 해운대구는 각각 3.0, 2.6, 2.0 mg/l로 대체로 낮게 나타났으며, 동래구, 서구, 영도구의 경우는 8.0, 7.5, 7.3 mg/l로 다른 구에 비해 높았으나 기준치 이내였다.

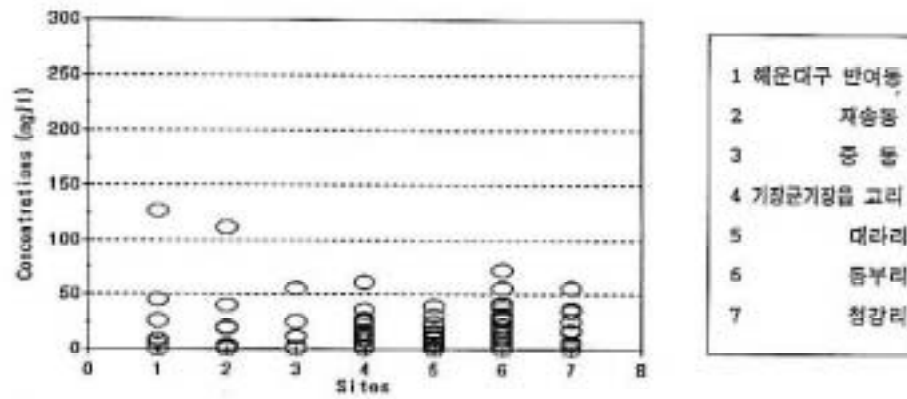


Figure 3.13 Concentration distribution of Sulfate (Haeundae-Ku, Kijang-Ku)

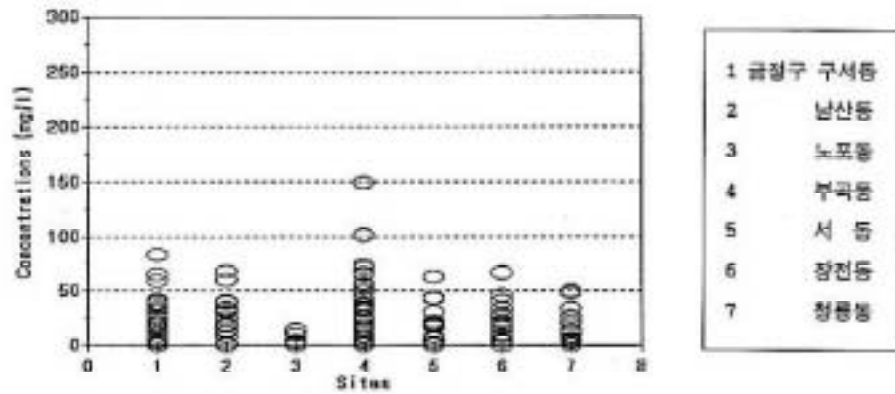


Figure 3.14 Concentration distribution of Sulfate (Kumjeung-Ku)

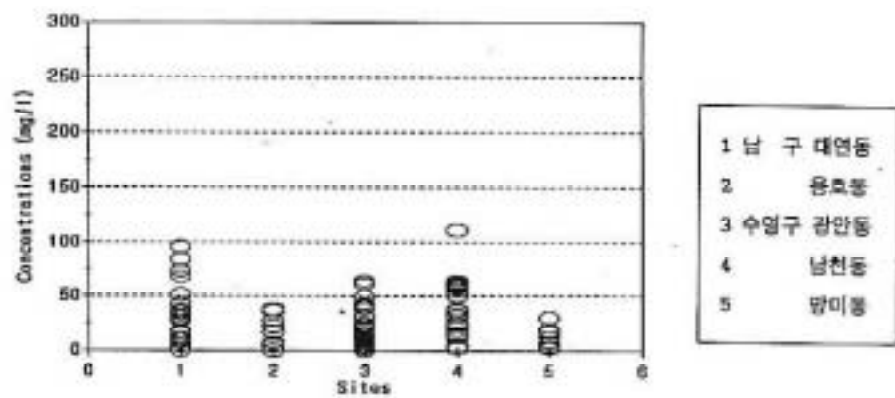


Figure 3.15 Concentration distribution of Sulfate (Nam-Ku, Suyoung-Ku)

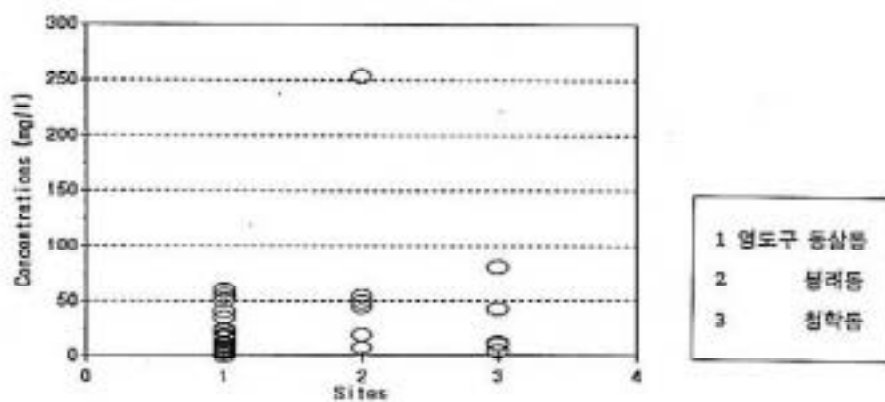


Figure 3.16 Concentration distribution of Sulfate (Youngdo-Ku)

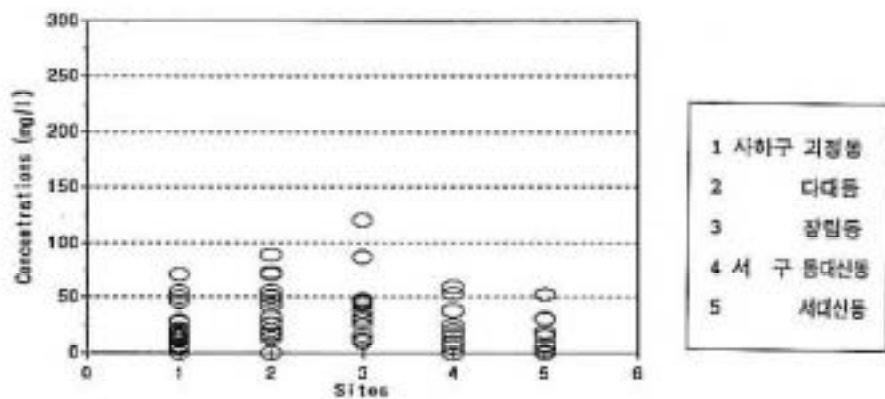


Figure 3.17 Concentration distribution of Sulfate (Saha-Ku, Seo-Ku)

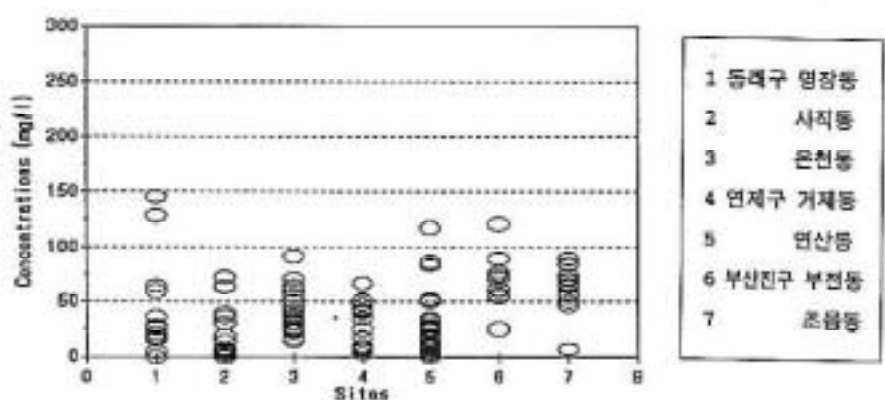


Figure 3.18 Concentration distribution of Sulfate (Dongrae-Ku, Yunje-Ku, Pusanjin-Ku)

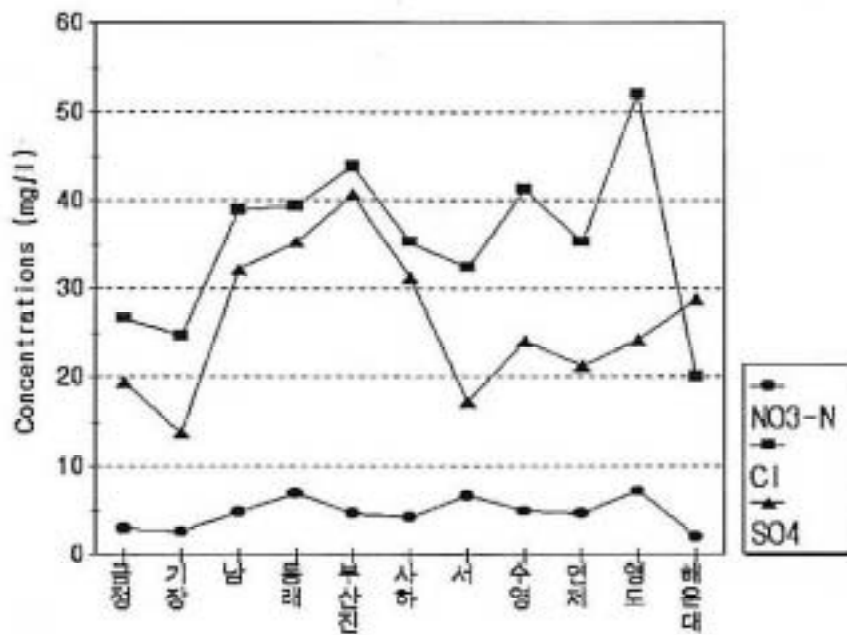


Figure 3.19 Average negative ion concentration of each Ku

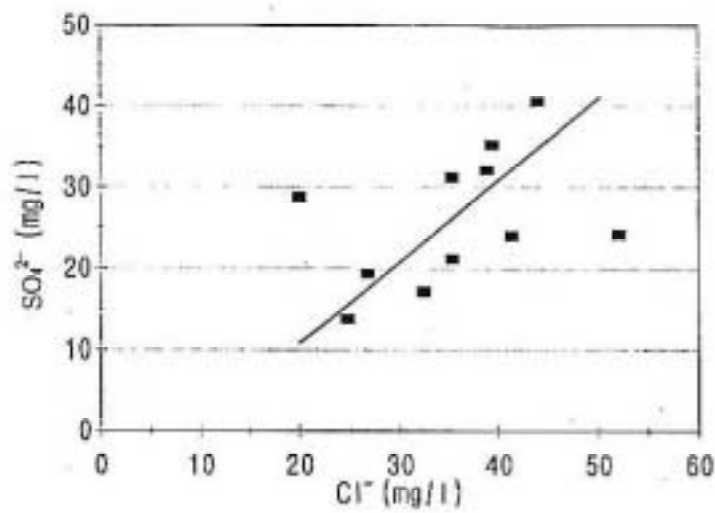


Figure 3.20 Correlation plot between Cl⁻ and SO₄²⁻

Figure 3.20에서 보는 바와 같이 각 구별로 염소이온과 황산이온은 상관계수가 0.41로 대체로 염소이온이 높은 지점에서는 황산이온도 높은 것으로 나타났다. 한편, 기장군과 해운대구는 해안과 밀접한 지역임에도 염소이온이 다른 구와 비교하여 볼 때 낮은 결과치를 보였다. 이는 기장군과 해운대구의 지하수가 해수의 영향을 받지 않았음을 알 수 있었다.

황산이온은 해수의 유입이나, 폐수 등의 오염으로 인해 농도가 높는데, 황산이온과 구별 특성을 관찰하여 보면, 진구가 41mg/ℓ로 최대 결과치를 나타내었는데 이는 진구 지질 자체에 기인하기 보다는 주변 오염으로 인해 황산이온이 높은 것으로 추정된다.

위에서 본 바와 같이, 염소이온과 황산이온은 구별 상관성을 나타내는데 반해 질산성질소는 지질 특성과 무관하고, 일정지역의 질소 화합물 등의 오염과 관련된 것으로 염소이온과 황산이온으로 질산성질소 농도 분포를 추정하기는 어려웠다.

IV. 결 론

IC를 이용한 부산시내 주요지역 지하수의 지역적 음이온 분포를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 질산성질소의 구별 평균치는 동래구, 영도구의 평균농도는 7.0, 7.2 mg/ℓ로 비교적 높게 나타났고, 해운대구는 평균 2.0 mg/ℓ로 가장 낮은 결과치를 보였다.
2. 염소이온의 경우, 영도구가 평균 52 mg/ℓ로 가장 높게 나타나 해수의 영향을 받은 것으로 보였으나, 해운대구와 기장군은 20, 25 mg/ℓ은 오히려 결과치가 낮아 이 지역은 해수의 영향을 받지 않은 것으로 판단된다.
3. 황산이온의 경우, 부산진구, 동래구가 각각 41, 35 mg/ℓ로 나타나 이 지역의 지질과 인접성을 고려해 볼 때 이는 지질에 기인한 것으로 판단된다. 기장군은 14 mg/ℓ로 다른구에 비해 낮았다.
4. 염소이온과 황산이온의 상관계수는 0.41로 대체로 염소이온이 높은 지점에서는

황산이 온도 높음을 보였으나, 질산성질소의 경우는 다른 이온과 상관성을 보이지 않았다.

5. 부산시내 질산성질소, 염소이온, 황산이온의 오염도를 비교해 볼 때 염소와 황산이온의 먹는물 수질기준 부적합율은 각각 0.7, 0.1%였으나, 질산성질소는 4.1%로 나타나 질산성질소에 의한 오염이 다소 높은 것으로 나타났다.
6. 지하수의 오염은 토양 오염, 지표수 오염 등과 밀접한 관련이 있으므로 이와 병행되어 연구하여야 할 것으로 판단되며, 그 외 기타 여러 항목에 대해서도 지하수 수질의 계절적 변화와 경년변화 등에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 參考文獻

1. 김형석, 정세영, 최중명, 지하수중 음이온, 양이온 및 금속의 함량, 대한위생학회지 1992
2. 김성홍, 신승중 외, 제주도 지하수의 염분변화에 대한 고찰, 대한위생학회지, 1993
3. 김형석, 신현덕, 이기태, 식수의 수질중 미네랄성분과 음이온을 이용한 지수에 관한연구, 대한위생학회지, 1993
4. 보건사회부, 음용수 수질관리지침서, 1989
5. 환경부, 먹는물관리법, 1996
6. 환경화학, 동화기술, 1989
7. 자원개발연구소, 한국지질도(동래, 율령도폭), 1978
8. 자원개발연구소, 한국지질도(부산, 가덕도폭), 1983
9. 資源環境對策 1994. 8
10. 衛生試驗法註解, 日本藥學會, 1990
11. 上水試驗方法, 日本水道協會, 1985
12. Standard Methods, AWWA, 16th