

태화강 주변지역 지하수의 수질특성 및 계절별 수질변화 양상

이종성, 김도순, 윤혜정, 최영아, 최영선, 임종선, 윤한직, 이진열, 정수근, 함유식

울산광역시보건환경연구원 수질연구과
(e-mail : gaschro@hanmail.net)

요 약 문

태화강 주변지역 지하수의 계절적 수질 변화를 보고자 현장측정 항목(수온, pH, 알칼리도, 전기전도도), 일반 항목(중발잔류물, 총경도, 과망간산칼륨소비량), 음이온물질(F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), 양이온물질(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)등으로 구분하여 분석하였으며, 총 70개 지점을 대상으로 2004년 5월, 10월 2회에 걸쳐 실시하였다. 지역별 수질특성을 살펴보면 남구지역은 Ca-Mg-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃-Cl, Ca-Mg-Na-Cl-HCO₃, Na-Cl-HCO₃의 4가지 유형이 전체 시료의 74%를 차지하였으며, Ca-Mg-HCO₃형이 가장 우세하게 나타났고, 중구지역 지하수에서는 Ca-Mg-HCO₃-Cl, Ca-Mg-Na-HCO₃-Cl, Ca-Mg-HCO₃의 3가지 유형이 전체 시료의 60%를 차지하는 것으로 나타났으며, 이 중에서 Ca-Mg-HCO₃-Cl형이 가장 우세하게 나타났다. 두 지역의 수질 변화를 살펴보면, 전기전도도는 남구는 731.5 μ s/m³에서 529.8 μ s/m³, 중구는 752.6 μ s/m³에서 621.6 μ s/m³로 201.7, 131.0 μ s/m³만큼 작아져 두 지역 모두 같은 양상을 보였으나, Hardness 및 TDS의 경우 남구지역은 5월보다 10월에 평균, 최대값이 모두 낮게 나타났다. 또한 Cl⁻의 경우 지역적, 계절적으로 큰 차이를 보이고 있으며 남구는 5월 68.2mg/l, 10월에는 61.7mg/l로 다소 감소하였으나 중구의 경우 5월 75.5mg/l, 10월 122.1mg/l로 다소 증가한 것으로 나타났다. 양이온 분포 비율 및 농도는 비슷하게 나타났으며, 계절적으로 5월보다 10월에 모두 높게 나타났다. 두 지역 모두 양이온물질 중 나트륨의 분포비율 및 농도가 5월보다 10월에 다소 높게 나타났다. 연구 지역 지하수의 계절적 수질변화를 살펴보면 두 지역간의 지하수질 및 분포특성에 있어 다소 차이를 보이고 있으며, 특히 중구 지역에서 5월보다 10월에 나트륨과 염소이온의 증가가 다소 나타나는 것으로 관찰되었다.

또한 연구지역 중 특이지점(Cl⁻:1,000mg/l이상)은 남구는 5월에 2개에서 10월에는 3개 지점으로 증가하였으며, 중구는 5월, 10월 모두 4개 지점으로 나타났다.

Key words : Piper diagram, 계절별, 태화강, 특이지점

1. 서 론

울산광역시의 지리학적 특성을 보면 해안에 위치하고 있으며 타 대도시에 비하여 공단지역의 면적이 넓어서 지하수의 오염 가능성이 높고, 또한 해수의 침입에 우려가 제기되고 있으며, 해수와 지하수의 혼합(mixing)을 예상할 수 있다. 또한 연구지역은 서에서 동으로 흐르고 있는 태화강을 중심으로 남-북 방향으로 행정구역이 나뉘어져 있다. 또한 태화강은 바닷물의 유입이 자유로운 감조하천(Tidal river)으로 지하수의 수질특성에 영향을 줄 것으로 보여진다. 따라서 이들 지역의 물-암석 반응에 의한 지하수의 수질특성을 살펴보고, 계절적으로 지하수 수질의 변화양상을 파악하고자 한다.

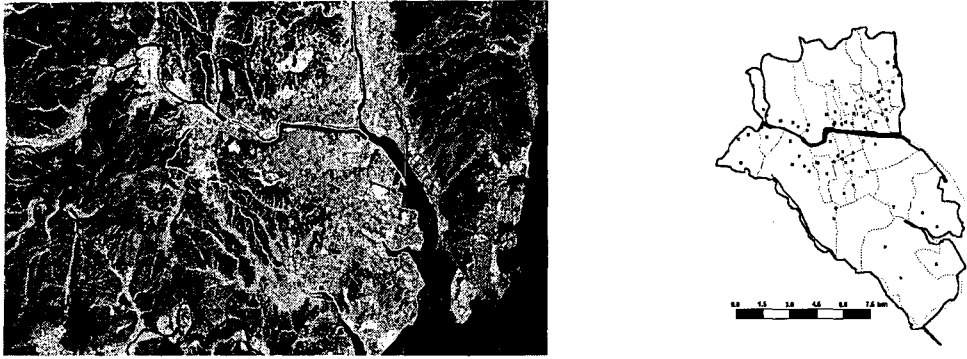


Fig. 1. Satellite image of research area and spot

2. 본 론

2.1 지하수 수질특성

연구 지역의 지하수 수질특성을 파악하고자 지하수의 무기성물질 중 8개의 주요 양이온과 음이온 성분들을 이용하여 분류하는 Piper diagram을 통하여 살펴보았다. 남구 지역 35개 지하수에서는 Ca-Mg-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃-Cl, Ca-Mg-Na-Cl-HCO₃, Na-Cl-HCO₃의 4가지 유형이 전체 시료의 74%를 차지하는 것으로 나타났다. 이 중에서 Ca-Mg-HCO₃이 가장 우세하게 나타났으며, 태화강에 인접한 일부 지점에서는 Na-Cl형을 띄는 경우도 있었다. 계절별 수질 변화를 살펴보면 5월과 10월의 수질 변화가 크지 않은 것으로 나타났다.

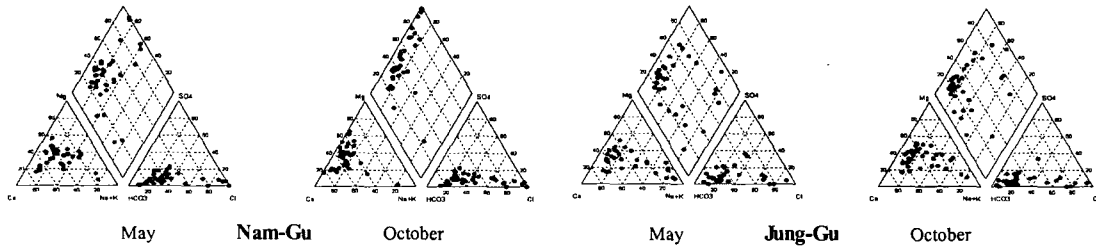


Fig. 2. Piper diagram of groundwater in nam-gu and jung-gu

중구 지역 지하수에서는 Ca-Mg-HCO₃-Cl, Ca-Mg-Na-HCO₃-Cl, Ca-Mg-HCO₃의 3가지 유형이 전체 시료의 60%를 차지하는 것으로 나타났으며, 이 중에서 Ca-Mg-HCO₃-Cl형이 가장 우세하게 나타났다. 또한 일부 지점에서는 Ca-Cl형이 나타났다. 그리고 중구 지역은 남구 지역과 다르게 계절별 수질 변화를 살펴보면 5월과 10월의 수질변화가 뚜렷하게 나타나고 있으며 특히 5월보다 10월에 염소 이온의 함량이 높게 나타나고 있다. 이는 생활수, 해양성퇴적물, 잔류해수 또는 해수의 혼입 등의 영향인 것으로 보여진다.

2.2 계절별 지하수 특성

지하수의 계절적 변화양상을 보기 위해서는 5월과 10월로 나누어 년 2회 시료를 채취하였다. 전기전도도의 경우 남구는 731.5 μ s/m³에서 529.8 μ s/m³, 중구는 752.6 μ s/m³에서 621.6 μ s/m³로 201.7, 131.0 μ s/m³만큼 작아져 두 지역 모두 같은 양상을 보이며 농도 분포는 5월보다 10월에 변화폭이 작은 것으로 나타났다.

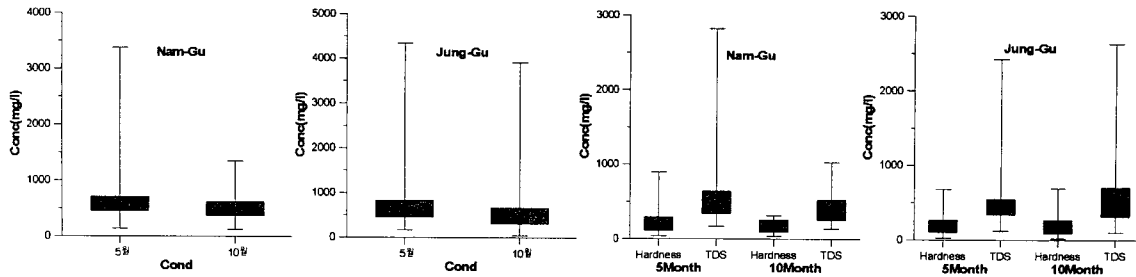


Fig. 3. Seasonal change of Cond. and Hardness, TDS in research area

Hardness, TDS의 경우 두 지역에서 약간의 차이를 보이고 있다. 남구 지역의 경우 5월보다 10월에 평균, 최대값이 모두 낮게 나타났으나, 중구 지역의 경우 남구와는 반대로 5월보다 10월에 높게 나타났다. 이는 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^{-} 등과 상관계수가 지역적으로 큰 차이를 보이지 않기 때문이며, 이는 연구 지역의 지화학적인 반응이 서로 다른 것으로 보여진다.

음이온 성분중 불소(F^{-})의 경우 지역적, 계절적으로 큰 변화를 보이지 않으나, 최대농도를 살펴보면 남구보다는 중구 지역에서 불소의 최대농도(5.1mg/l)가 높게 나타났다. 이 지역이 백악기 말 내지 제3기초의 불국사화강암류대에 위치하고 있어 물-암석반응에 의한 자연기원임으로 나타났다.

질산성 질소($NO_3^{-}-N$)의 평균농도가 남구는 5월에 2.1mg/l, 10월에는 4.0mg/l로 증가 되었으나, 중구 지역의 경우 5월 2.9mg/l에서 10월 3.0mg/l로 거의 변화가 없는 것으로 나타나 지역적으로 다른 양상을 보여주고 있다. 5월 최고농도를 보인 지점이 S-33지점이었고 10월 경우 S-26 지점에서 최고농도를 보이고 있어 국지적인 오염의 영향으로 연구 지역 전역에서 골고루 분포하고 있다.

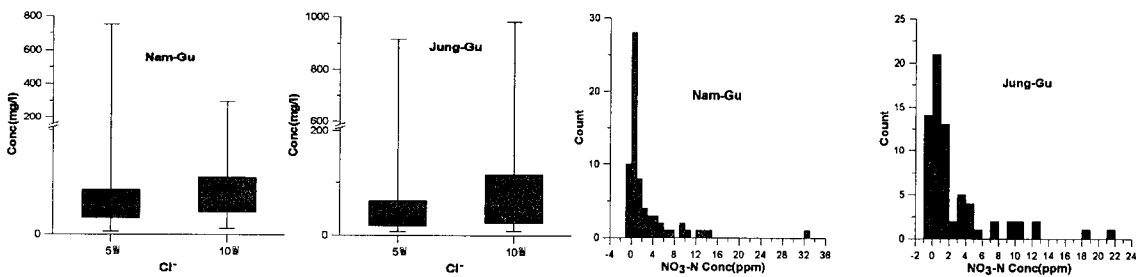


Fig. 4. Seasonal change of Cl^{-} and frequency of distribution of NO_3^{-} in research area

남구는 계절적 변화에 따른 지화학적 반응이 안정한 것으로 나타났으며, 중구는 계절적 변화에 따른 지하수질이 차이를 보이고 있으며, 특히 염소이온의 변화폭이 크게 나타나 잔류해수, 해양성퇴적물, 해수의 침입이 이루어지고 있는 것으로 보여진다.

또한 양이온 분포를 살펴보면 모든 지역에서 $Ca > Na > Mg > K$ 순으로 나타났으며, 계절별로도 $Ca > Na > Mg > K$ 순으로 나타나 지역적, 계절별로 같은 양상을 보이고 있다.

함량비로 표시하면 5월보다 10월에 모두 높게 나타났다. 두 지역 모두 양이온물질 중 나트륨의 분포 비율 및 농도가 5월보다 10월에 다소 높게 나타났다.

연구 지역 지하수의 계절적 수질변화를 살펴보면 두 지역간의 지하수질 및 분포특성에 있어 다소 차이를 보이고 있으며, 특히 5월보다는 10월에 나트륨과 염소이온의 증가가 중구지역에서 뚜렷하게 관찰되었다.

2.3 특이지점의 수질특성

연구지역의 계절적 변화(5월, 10월)에 따른 특이지점들을 나타내었으며 남구지역은 이온성 물질중 Na^+ , Cl^- 이 약간 증가하였으며, 다른항목은 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 중구 지역의 계절적 변화에 따른 지하수질을 나타낸 것으로 남구 지역과는 차이를 보이고 있으며 이온성 물질의 분포가 5월보다 10월에 증가하고 있으며, 특히 S-43, -59 지점은 현격한 차이를 보여주고 있다. 이온성 물질중 Na^+ , Cl^- 이 가장 많이 증가한 것으로 나타났다.

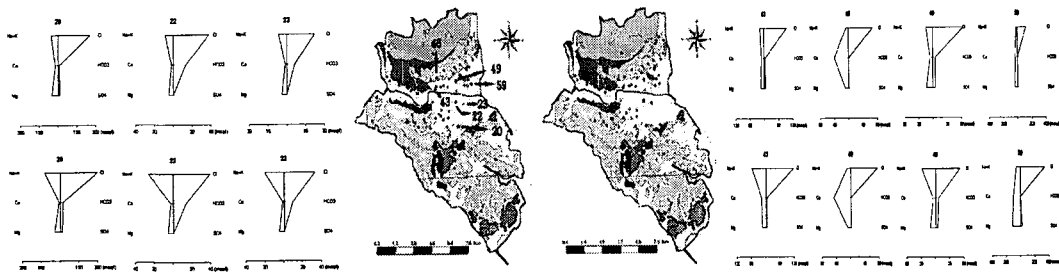


Fig. 5. Seasonal stiff daigram of the unique spot in nam-gu and jung-gu

또한 인위적 오염물질의 추적자로 사용되는 과망간산칼륨소비량과 암모니아성질소의 경우 지역별로 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 남구 지역은 모든 지점에서 5월보다 10월에 증가하는 것으로 나타났으며, 중구 지역은 반대로 모든 지점에서 감소하는 것으로 나타났다. 남구의 특이 지점은 인위적 오염 즉 생활하수 및 정화조 등의 누수에 따른 국지적 오염의 영향인 것으로 보여진다. 그러나 중구 지역의 경우 인위적 오염물질은 줄어드는 반면 이온성물질 중 Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- 는 S-43, -59 지점에서 증가하고 있어 이들의 또 다른 공급원 즉 잔류해수, 해양성퇴적물의 영향, 또는 해수의 직접 침입이 이루어지고 있는 것으로 보여진다.

3. 결론

태화강을 중심으로 형성되어 있는 도심 지역 지하수의 수질특성 및 계절별 수질변화 양상을 등을 살펴본 결과 남구는 Ca-Mg-HCO₃형이 가장 우세하게 나타났으며, 중구는 Ca-Mg-HCO₃-Cl형이 가장 우세하게 나타났고 일부 지점에서는 Ca-Cl형도 나타나고 있어 염소이온의 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 계절별 지하수질을 항목별로 살펴보면 Hardness, TDS는 남구지역에서 5월보다 10월에 평균, 최대값이 모두 낮게 나타났으나, 중구지역은 남구와는 반대로 5월보다 10월에 높게 나타났고, 음이온 성분중 불소(F⁻)의 경우 지역적, 계절적으로 큰 변화를 보이지 않았으며, 질산성 질소(NO₃⁻-N)는 연구 지역 대부분에서 높게 나타나고 있어 국지적인 오염이 일어나고 있는 것으로 보여진다. 양이온 성분을 살펴보면 지역별, 계절별로 Ca>Na>Mg>K 순으로 나타나 같은 양상을 보이고 있다. 남구는 계절적 변화에 따른 지화학적 반응이 안정한 것으로 나타났으며, 중구는 계절적 변화에 따른 지하수질이 차이를 보이고 있으며, 특히 염소이온의 변화폭이 크게 나타나 잔류해수, 해양성퇴적물에 의한 영향으로 보여지며, 또한 해수 침입의 가능성도 염두에 두어야 할 것으로 보여진다.

4. 참고문헌

1. 박양대, 윤형대, 1968a, 한국지질도(1:50,000), 울산도폭 및 설명서, 한국지질자원연구원
2. 박양대, 윤형대, 1968b, 한국지질도(1:50,000), 방어진도폭 및 설명서, 한국지질자원연구원
3. 전효택, 안홍일, 1998, 지리정보시스템을 이용한 지하수 오염 평가
4. 우남철, 최미정, 정성욱, 이승구, 1999, 경기도 용인시 일대 천부지하수의 수질특성,
5. 양해근, 김인수, 최희철, 김정우, 2001, 광주, 본촌지역 지하수의 수화학적 특성과 오염
6. 이인호, 조병욱, 이병대, 성익환, 2002, 광주광역시 지하수의 수리지화학적 특성 연구
7. 성익환, 2003, 도시지역 지하수오염 저감기술 연구