

## 창원시 대산면 취수 부지의 지하수와 낙동강의 수리화학적 특성 비교

함세영<sup>1</sup> · 정재열<sup>1</sup> · 이정환<sup>1</sup> · 김형수<sup>2</sup> · 류상<sup>1</sup> · 김태원<sup>1</sup> · 김문수<sup>3</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 지질학과

<sup>2</sup>한국수자원공사 수자원연구원

<sup>3</sup>국립환경과학원 낙동강물환경연구소

hsy@pusan.ac.kr

### 요 약 문

Chemical analyses were conducted for Nakdong River water and riverbank filtrate in Daesan-Myeon area, Changwon City in 2005. Chemical components show different trends in wet season (June, July, August and September) and dry season (the other months). The patterns of chemical variation are classified into four types. Chemical components belonging Type I, as Na and HCO<sub>3</sub>, show decrease in concentration during wet season and increase in concentration during dry season for both Nakdong River water and the riverbank filtrate. Chemical components belonging Type II, as Mg and SO<sub>4</sub>, show decrease in concentration during wet season and increase in concentration during dry season for Nakdong River water while show the opposite trend for the riverbank filtrate. Chemical components belonging Type III, as Cl and NO<sub>3</sub>, show increase in concentration from the start of wet season and high concentration during dry season for both Nakdong River water and the riverbank filtrate. Chemical components belonging Type IV, as Fe, show increase in concentration during wet season and decrease in concentration during dry season for both Nakdong River water and the riverbank filtrate.

**key word** : Nakdong River; riverbank filtrate; fluvial deposit; hydrochemistry; seasonal variation.

### 1. 서론

우리나라에서는 대부분의 수돗물 원수를 하천수에서 취하고 있으나, 인구증가와 산업의 발전으로 인하여 수돗물 원수의 수질이 점점 악화될 위험에 처하고 있다. 더구나, 강의 하류지역에서는 상류로부터 유입되는 오염물질의 증가로 인하여 수돗물 원수의 수질이 더욱더 저하되고 있다. 따라서, 하류지역에서는 고도정수처리를 요하게 되고, 수돗물 정수 비용도 상류지역보다 더 높아지게 된다. 낙동강 하류지역에 위치하고 있는 창원시에서는 대산면 갈전리와 북면 신촌리 지역에 수질 향상과 정수비용 절약 방안으로 강변여과수 취수방식에 의하여 수돗물을 생산하고 있다.

강변여과수의 수질은 하천수 원수의 수질보다는 양호하지만 계절적인 변화과 급작스런 하천수 오염으로 하천수 수질이 저하되면 그 영향을 받을 수도 있다. 본 연구에서는 창원시대산면

갈전리 강변여과수 취수장 지역의 하성퇴적층 지하수와 낙동강의 화학성분을 계절적으로 비교, 분석하여 하천수의 계절적인 수질 변화에 따른 강변여과수 수질 변화를 파악하고자 하였다. 이를 위하여 2005년 1월부터 12월까지 1~2개월 간격으로 강변여과수 취수정 지하수와 낙동강의 물시료를 채취하여 실내 및 현장수질분석을 실시하였다. 분석항목 중 수온, pH, EC, TDS, 염분농도, Eh, DO,  $\text{HCO}_3^-$ 는 현장에서 측정하였다. 그리고 양이온( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ )은 원자방출분광분석기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, 미국 Thermo Jarrell Ash사 모델 IPC-IRIS)로, 음이온( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )은 이온 크로마토그래피(미국 Dionex사 DX-500)로 분석하였다. 또한, 강변여과수와 낙동강물의 수질을 비교하기 위하여 3일에 간격으로 낙동강물과 취수정 PW3호정 지하수의 pH, DO, EC, 탁도, 온도를 측정하였다.

## 2. 수질분석 결과 분석

낙동강의 온도는 0.5 ~ 27.2°C이고, 변동폭은 26.7°C이다. 한편 취수정 원수의 온도는 9.1 ~ 22.6°C로서 변동폭이 13.5°C이다. 따라서, 낙동강 원수의 수온은 계절의 영향을 받고 있으나 강변여과수는 계절에 관계없이 비교적 안정적인 수온을 유지하고 있음을 보여준다.

낙동강의 pH는 7.38 ~ 8.80, 강변여과수 원수는 6.90 ~ 8.85을 나타낸다. 따라서, 낙동강 원수와 강변여과수 원수의 pH는 서로 비슷한 경향을 나타낸다.

전기전도도(EC)는 낙동강의 경우는 155.2 ~ 443.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (평균 329.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ )이고 변화폭은 287.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이다. 우기에 EC값이 낮게 나타나고 특히 7월에 가장 낮다. 그리고 건기에는 높은 값을 보여준다. 강변여과수 원수의 경우는 315 ~ 456 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (평균값은 381.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ )이며 변화폭은 141 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이다. 강변여과수 원수의 EC는 낙동강 원수와는 반대로 우기에 높고 건기에 낮은 EC값을 보여준다. 이는 우기에 낙동강물이 대수층을 통과하면서 대수층내의 화학성분이 강변여과수에 용존되거나 공극이 열려져 흡착된 점토광물이나 산화물들이 용출되기 때문으로 판단된다.

낙동강 원수의 산화-환원전위(Eh)는 -68.10 ~ 135mV(평균 45.06mV)를 보이고, 변화폭은 203.10mV이다. 강변여과수 원수의 Eh는 -92.4 ~ 158.5mV(평균 34.25mV)의 범위이고 변화폭은 250.9mV이다. 따라서 강변여과수의 평균값이 더 낮다. 이는 낙동강물이 대수층을 통과하면서 산화환경에서 환원환경으로 전환되면서 Eh값이 낮아지기 때문으로 판단된다.

TDS는 낙동강 원수의 경우에는 73 ~ 211.0mg/l(평균값 152.4mg/l)이고 변화폭은 138.0이다. 강변여과수 원수는 150 ~ 219mg/l(평균값 182.8mg/l)의 범위이고 변화폭은 69mg/l이다. TDS는 EC와 비례하며, 앞에서 보았듯이 강변여과수 원수의 EC가 낙동강물보다 약간 높은 것과 비슷한 결과이다.

DO는 낙동강 원수는 3.5 ~ 13.67mg/l 이고 변화폭은 10.17mg/l 이며 평균값은 9.126mg/l 이다. 강변여과수 원수는 1.86 ~ 9.28mg/l 이고 변화폭은 7.42mg/l 이며 평균값은 3.674mg/l 이다. 계절별 하천 및 호소 수질 환경기준 중 상수원수 1급수의 수질기준인 7.5mg/l 이상에 적합함을 보여준다.

$\text{Al}^{3+}$  농도는 낙동강물의 경우에는 0~0.227mg/l(평균 0.034mg/l)이고 변화폭은 0.227mg/l 이다. 강변여과수는 0~0.076mg/l(평균 0.017mg/l)이고 변화폭은 0.076mg/l 이다.

$\text{Ca}^{2+}$  농도는 낙동강에서 13.88~29.76mg/l(평균 22.61mg/l)이고 변화폭은 15.88mg/l 이다. 강변여과수는 33.23~53.77mg/l(평균 41.10mg/l)이고 변화폭은 20.54mg/l 이다. 낙동강물의  $\text{Ca}^{2+}$  농도는 우기에 감소하고 건기에 증가하는데 반해서, 강변여과수에서는 우기가 시작되기 직전에 농도가 증가한다.

$\text{Mg}^{2+}$ 은 낙동강물에서는 2.69 ~ 7.29mg/l(평균값 5.42mg/l), 강변여과수에서는 7.08 ~

8.96 mg/l (평균값 8.09mg/l)를 보인다. 변화폭은 각각 4.603mg/l, 1.883mg/l이다. 낙동강물에서는 우기에 감소하고 건기에는 증가하는 경향을 보이나, 강변여과수에서는 우기가 시작되기 직전에 가장 높은 농도를 보인다.

Na<sup>+</sup>의 농도는 낙동강물에서는 5.48~58.16mg/l (평균 34.396mg/l), 강변여과수에서는 19.07~43.34mg/l (평균 30.292mg/l)의 범위를 보인다. Na<sup>+</sup> 농도는 강변여과수와 낙동강물에서 둘 다 우기에는 감소하고 건기에는 증가하는 추세를 보인다(Fig. 1).

K<sup>+</sup>의 농도는 낙동강물에서는 1.506~7.736mg/l (평균값 4.454mg/l), 강변여과수에서는 3.405~6.257mg/l (평균 5.056mg/l)를 보인다. K<sup>+</sup>의 농도는 낙동강물에서는 우기보다 건기에 높게 나타나며, 강변여과수에서는 우기에 농도가 상승하여 건기에도 비슷한 농도를 보인다.

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 낙동강물에서 24.00~82.38mg/l (평균값 53.17mg/l), 강변여과수 원수에서 30.51 ~ 112.89mg/l (평균 67.12mg/l)를 보인다. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 낙동강물과 강변여과수 모두 우기에 감소하고 건기에는 증가하는 경향성을 보인다.

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도는 낙동강물과 강변여과수에서 각각 12.01~56.57mg/l, 30.84 ~ 44.62mg/l를 보인다. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 강변여과수에서는 우기에 증가하고, 건기에는 감소하나, 반대로 낙동강물에서는 우기에 감소하고 건기에 증가한다(Fig. 1)

Cl<sup>-</sup>의 농도는 낙동강물과 강변여과수에서 각각 6.80~125.34mg/l, 31.72~134.96mg/l를 보인다. Cl<sup>-</sup>은 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 비슷하게 낙동강물과 강변여과수 모두 우기에는 감소하고 우기이후에는 증가하는 추세를 보인다(Fig. 1).

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>농도는 낙동강 원수와 강변여과수 원수에서 각각 6.310 ~ 51.860mg/l, 0.120 ~ 23.365mg/l를 보인다. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 낙동강물과 강변여과수 모두 우기 직전에 가장 낮은 농도를 보이고, 우기가 시작되면서 점점 증가하는 추세를 보인다.

SiO<sub>2</sub> 농도는 낙동강 원수와 강변여과수 원수에서 각각 1.039 ~ 2.948mg/l, 4.132 ~ 9.463mg/l의 범위를 보인다. F<sup>-</sup>의 농도는 낙동강 원수와 강변여과수 원수에서 각각 0.090 ~ 0.515mg/l, 0.050 ~ 0.229mg/l의 범위를 보인다.

Fe<sup>2+</sup> 농도는 낙동강에서는 0~0.109mg/l (평균값 0.0415mg/l, 변화폭 0.109mg/l), 강변여과수에서는 0~0.093mg/l (평균값 0.019mg/l, 변화폭 0.093mg/l)를 보인다. Fe<sup>2+</sup>는 낙동강물과 강변여과수에서 둘 다 우기에는 증가하고 건기에는 감소하는 경향성을 보인다(Fig. 1).

Mn<sup>2+</sup> 농도는 낙동강에서는 0~0.006mg/l (평균값 0.001mg/l, 변화폭 0.006mg/l), 강변여과수에서는 0~1.778mg/l (평균값 0.725mg/l, 변화폭 1.778mg/l)를 보인다. 낙동강물에서는 우기와 건기에 관계없이 큰 차이를 보이지 않으나, 강변여과수에서는 우기 이후에 증가하는 경향성을 보인다.

Cu<sup>2+</sup>은 낙동강물과 강변여과수에서 각각 0~0.031mg/l, 0~0.031mg/l의 범위를 보인다. Zn<sup>2+</sup>은 낙동강물과 강변여과수에서 각각 0~0.087mg/l, 0~0.093mg/l를 보인다.

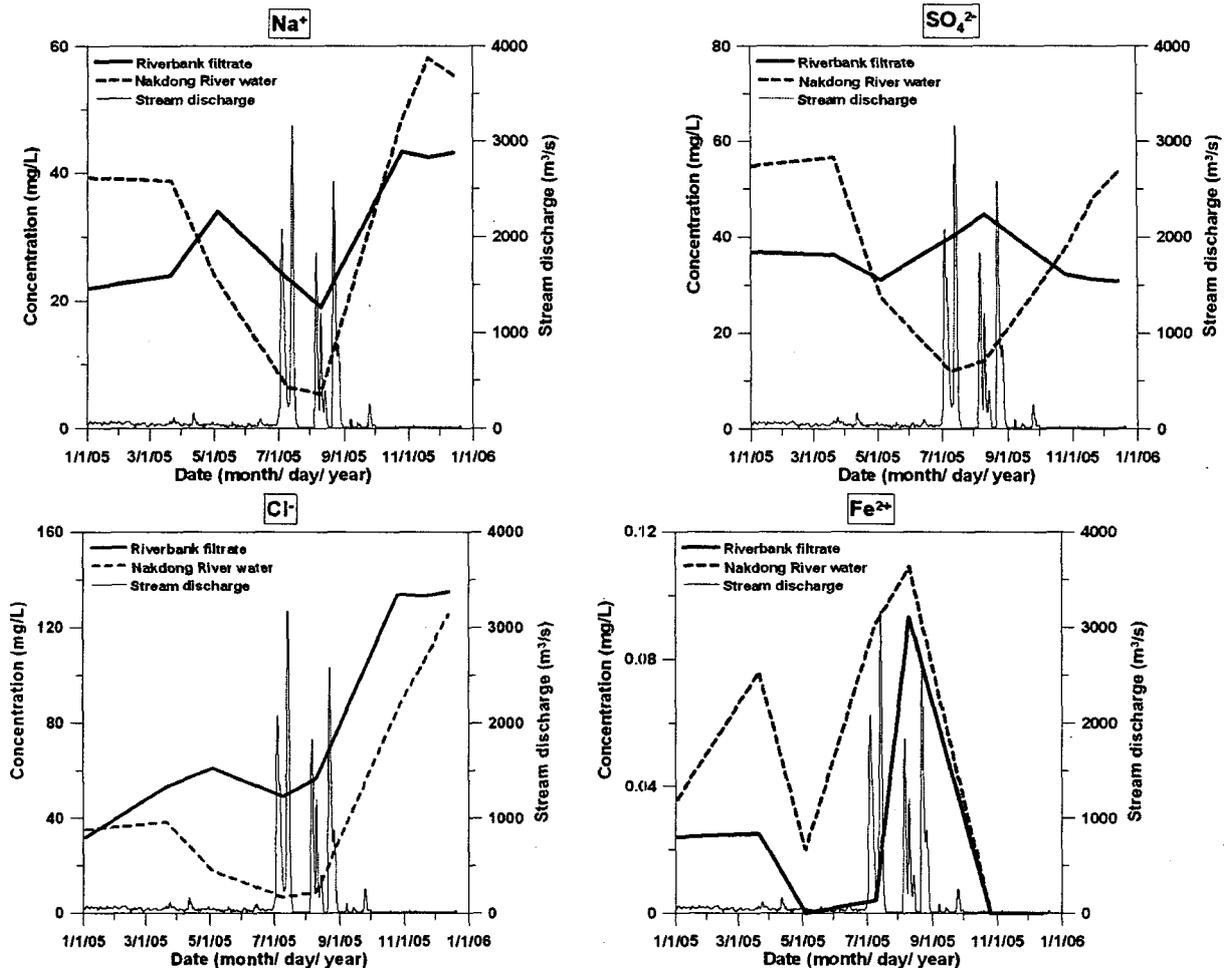


Fig. 1. Seasonal variation of chemical components in Nakdong River water and riverbank filtrate in Deasan-Myeon area.

### 3. 결론

창원시 대산면 강변여과수 취수장 부지 지하수와 낙동강물의 계절적인 수질변화를 분석하였다. 화학성분에 따라 우기(7, 8, 9월)와 건기(7, 8, 9월을 제외한 계절)에 서로 다른 경향성을 보인다. 계절적인 수질변화의 유형은 4가지(Type I~Type IV)로 분류된다. Type I은 Na, HCO<sub>3</sub>와 같이 낙동강물과 강변여과수의 농도가 둘다 우기에 감소하고 건기에는 증가하는 유형이다. Type I에 속하는 성분은 토양과 광물로부터 유래하는 성분으로서 우기에는 물이 토양 및 광물과 반응할 시간이 짧아서 성분의 농도가 감소하고, 건기에는 물이 토양 및 광물과 반응할 시간이 길기 때문에 성분의 농도가 증가하는 것으로 판단된다. Type II는 낙동강물은 우기에 농도가 감소하고 건기에는 증가하지만, 강변여과수는 반대의 경향성을 보이는 유형으로서 Mg, SO<sub>4</sub>가 이에 속한다. Type II에 속하는 성분은 우기에는 하천수위의 상승으로 인해서 하천수가 하성퇴적층으로 유입되고, 건기에는 하천수위의 하강으로 인해서 지하수가 하천으로 유출되기 때문이다. 따라서 Type II에 속하는 성분들은 주로 하천으로부터 유래하는 것으로 해석된다. Type III는, Cl, NO<sub>3</sub>와 같이, 낙동강물과 강변여과수 둘다 우기가 시작되면서 농도가 증가하기 시작하여 건기에도 높은 농도를 보이는 유형이다. 이는 오염에 의해서 하천수에서 유래하는 것으로서 우기에 하성퇴적층으로 유입된 성분이 건기에도 지속적으로 지하수에 영향을 미치기 때문으로 판단된다. Type IV는, Fe와 같이, 낙동강물과 강변여과수 둘다 우기에 증가하고 건기에 감소하는 유형이다. 이 유형은

우기에 용해도 증가로 인하여 농도가 높아지고, 건기에는 용해도가 감소하므로 농도가 감소하는 것으로 판단된다..

#### 4. 사사

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.