

사방공작물이 계류수질에 미치는 영향 분석

박재현* · 김춘식

경남과학기술대학교 산림자원학과

Analysis of Influence on Stream Water Quality by Soil Erosion Control Structures

Jae-Hyeon Park* and Choonsig Kim

Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju 660-758, Korea

요약: 이 연구는 계류에 설치되어 있는 사방공작물이 계류수질에 미치는 영향을 구명함으로써 계류복원을 위한 사방공작물의 설치방향을 정립하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다. 북한산 우이동 계곡에서 사방공작물이 설치되어 있지 않은 상류지역의 평균pH는 6.32(5.73~6.90)로 사방공작물을 통과한 계류인 하류지역의 평균 pH[6.53(6.25~6.82)]와 유사하였으며, 상류지역에서의 평균용존산소량은 10.3(9.6~10.6) mg/L로 사방공작물을 통과한 하류지역에서의 평균용존산소량 10.2(9.9~10.4) mg/L와 유사하였다. 평균전기전도도는 상류지역에서는 62.2(40.3~89.5) μ S/cm, 하류지역에서는 63.9(32.6~120.4) μ S/cm로 유사하였고, 평균음이온총량은 상류지역에서 4.51(2.56~4.29) mg/L, 하류지역에서 5.94(3.43~7.98) mg/L로 유사하였다. 산청군 홍계계곡에서 평균pH는 상류지점에서 6.89(6.61~7.12), 하류지점에서 6.86(6.50~7.10)으로 유사한 값을 나타내었고, 평균용존산소량은 상류지점에서 12.2(11.6~12.6) mg/L, 하류지점에서 11.9(11.5~12.3) mg/L로 유사하였다. 평균전기전도도는 상류지점에서 32.7(31.4~34.3) μ S/cm, 하류지점에서 33.4(31.6~34.6) μ S/cm로 유사하였고, 평균음이온총량은 상류와 하류지점에서 1.0(0.1~2.2) mg/L로 매우 유사한 값을 나타내었다. 북한산 우이동계곡과 산청군 홍계계곡을 대상으로 사방공작물이 설치되어 있지 않은 자연계류와 사방공작물이 설치된 하류지역에서의 계류수질을 분석한 결과 상하류간의 수질은 큰 차이가 나타나지 않았다. 사방공작물은 시공과정에서 계류수질에 영향을 미치므로 계류복원을 위하여는 각 개별 사방공작물에 대하여 시공 전후의 계류수질변화과정을 시계열적으로 심도 있게 연구할 필요가 있다.

Abstract: This study was carried out to establish the construction guidelines of soil erosion control structures for a restoration of mountain stream with analysis of water quality around constructed soil erosion control structures in mountain streams. Water pH of the Uidong valleys in Bukhansan (Mt.) was similar between the constructed soil erosion control structures of lower stream areas [pH 6.53(6.25~6.82)] and the non-constructed areas of upper stream areas [pH 6.32(5.73~6.90)]. Mean concentration of dissolved oxygen was also similar between the constructed soil erosion control structures of lower stream areas [10.2 mg/L(9.9~10.4 mg/L)] and the non-constructed areas of upper stream areas [10.3 mg/L (9.6~10.6 mg/L)]. Mean electric conductivity was similar between the lower [63.9 μ S/cm (32.6~120.4 μ S/cm)] and the upper stream areas [62.2 μ S/cm (40.3~89.5 μ S/cm)]. Mean concentration of anions was also similar between the lower [4.51 mg/L (2.56~4.29 mg/L)] and the upper stream areas [5.94 mg/L (3.43~7.98 mg/L)]. Water pH of the Honggei valleys in Sancheong-gun was similar between the lower [pH 6.86(6.50~7.10)] and the upper stream areas [pH 6.89(6.61~7.12)]. Mean concentration of dissolved oxygen was also similar between the lower [11.9 mg/L(11.5~12.3 mg/L)] and the upper stream areas [12.2 mg/L (11.6~12.6 mg/L)]. Mean electric conductivity was similar between the lower [33.4 μ S/cm (31.6~34.6 μ S/cm)] and the upper stream areas [32.7 μ S/cm (31.4~34.3 μ S/cm)]. Mean concentration of anion was also similar to both stream areas [1.0 mg/L (0.1~2.2 mg/L)]. Water quality in the Uidong and the Honggei valleys was not significantly different between the constructed soil erosion control structures of lower stream areas and the non-constructed areas of upper stream areas. It will be needed to study the time-series analysis of water quality before and after the construction of soil erosion control structure the restoration of mountain streams because the water quality in mountain streams could be affected during the construction processes of structures.

Key words : the construction guidelines of soil erosion control structures for a restoration, mean electric conductivity, dissolved oxygen, the water quality

본 연구는 2013년 산림청 사업단의 연구비에 의하여 수행되었음.

*Corresponding author

E-mail: pjh@gntech.ac.kr

서 론

계곡을 포함한 계류 및 야계의 복원은 계류 및 야계시스템의 물리적 동역학 특성을 반드시 고려해야 한다. 자연 상태에서 물리적 변화는 예외 없이 정상적이고 일반적이기 때문이다. 계류는 물리적, 화학적, 생물학적 과정이 서로 연관되며, 다양한 생물들이 서식하고, 자연적인 교란을 받는데 적응이 된 시스템으로써 이러한 생태학적 속성은 계류에 설치되어 있는 사방공작물 등의 복원사업에서 필요로 하는 매우 중요한 특성이다. 계류는 지형학적인 영향을 받게 되고 이것은 물리적인 형상과 계류의 형태를 말한다. 이렇게 형성된 계류에는 산사태 및 산사태 등으로 인한 토석류 등을 억제하기 위하여 사방공작물을 시설하게 되고, 이러한 사방공작물은 계류를 차단하거나 물리적 구조를 변화시키고, 각종 공사 등으로 인해 계류수질에 영향을 미치게 된다(Park, 2003). 즉, 이러한 계류에 설치되는 사방댐, 바닥막이 등 각종 사방공작물은 황폐한 계상을 안정시키고, 침식물질을 억제하여 사방공작물 내에 퇴적시킴으로써 계류의 동적이동을 차단 억제하는 등 물리적, 생물적으로 계류의 원 상태의 모습을 변형시키는 요인이 되고 있다.

계류시스템의 동적거동은 폭 넓은 규모로 발생된다. 호우와 홍수 혹은 용설에 의한 홍수는 동적거동의 가장 흔한 원인들이다. 유역 내 산사태는 또 다른 중요한 원인이 된다. 일상적으로 일어나는 계류 내 침식과 퇴적은 일반적으로 영향이 작고 동적거동의 장기적 원인이 되는데 이는 수로의 위치와 변화과정에 누적적인 영향을 미치기 때문이다. 사행되는 계류에서 극단적인 상황의 경우 침식과 퇴적은 양상이 바뀌게 되어 새로운 형태의 유수운동이 형성된다. 보다 긴 계류 구간의 관점에서 보면 사행과 직선 수로의 형성은 계류 전 구간 중 사행구간 내에서 발생되며, 수십 년의 시간이 지나면 동수역학적 관점에서 재조정이 이루어진다. 그러므로 계류의 동적거동은 장시간, 장구간의 관점에서 보면 안정적이다. 따라서 계류복원을 포함한 여러 형태의 계류복원사업에서 유로의 안정성은 중요한데 이는 계상에 설치되는 각종 사방공작물이 영향하기 때문이다. 특히 계류 경계에 대한 엄격한 제약조건이 가해지는 자연적인 계류의 경우에서처럼 유로의 안정성은 중요한 설계인자가 되고 있다. 즉, 교란되지 않은 자연 상태에서 계류는 다양한 범위의 안정조건을 나타내고, 이러한 조건들의 범위는 안정성, 평형성 그리고 균형성과 같은 용어로 고려될 수 있기 때문이다.

일반적으로 계곡 내에 설치되었거나 설치 될 사방공작물이라 하면 기슭막이, 바닥막이, 사방댐, 낙차공 등이다(Nakamura et al., 1995). 따라서 유역에서 각종 영향을 받는 계류는 유출형태와 유출량에 있어 큰 변화를 나타내고, 그

결과 수로의 침식, 피복되어 있는 계류 주변 식생의 손실 그리고 계상절개 등의 변화가 있어 왔다. 이러한 요소는 수로의 안정성에 영향을 미치는 요소들이며, 이러한 변화의 결과로 수로여건의 변화와 안정조건 등이 없어짐으로 인해 수로는 불안정할 수 있고, 이러한 계곡 내에 설치되는 각종 사방공작물은 계곡의 생태계를 변화시키는 영향요인으로 작용하고 있다. 즉, 계곡 내에 설치된 사방공작물은 계곡 내 수량·수질에 영향을 미칠 수 있고, 궁극적으로는 계곡의 생태계에 영향을 미치게 된다. 따라서 장기적인 측면에서 볼 때 계곡 내에 설치되는 사방공작물의 적정 관리 및 복원은 최근 심각하게 고려되고 있는 계곡 그리고 계천복원과 연결하여 매우 시급한 문제라 할 수 있다. 따라서 이 연구는 계류에 설치되어 있는 각종 사방공작물이 계류수질에 미치는 영향을 구명함으로써 계류복원을 위한 사방공작물의 설치방향을 정립하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상 유역의 개황

이 연구를 위하여 기왕에 계류에 시설한 사방댐, 바닥막이, 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물 등 각종 사방공작물이 설치되어 있는 서울시에 위치한 북한산 우이동 계곡과 경상남도 산청군 홍계리에 위치한 홍계계곡을 대상으로 2012년부터 2013년까지 사방공작물이 설치되어 있지 않는 상류 계류와 사방공작물을 통과한 하류 계류의 수질을 조사 분석하였다. 북한산 우이동 계곡은 콘크리트수로 및 바닥막이, 낙차공 등이 연속적으로 설치되어 있어 어느 한 공작물을 기준으로 사방공작물이 계류수질에 영향하는가를 명확하게 밝혀내기 어려운 문제가 있는 등 개별 사방공작물이 위치한 상류와 하류를 분리할 수 없으므로 사방공작물이 없는 자연계류와 이들 사방공작물을 통과하는 계류수질을 Figure 1에서와 같이 조사구 1과 2

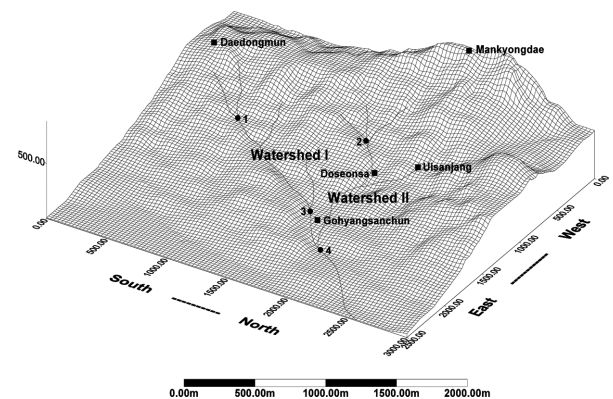


Figure 1. Map of study sites at Uidong stream valley (● means stream water sampling site).



Figure 2. Map of study sites at Hongei stream valley (Note; An arrow means dam using of tetrapods in right map).

는 상류유역(자연계류), 조사구 3과 4는 사방공작물을 통과한 계류로 구분하여 계류수질을 분석하였다. 또한 2010년에 준공한 경상남도 산청군 홍계계곡에 설치되어 있는 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물(Figure 2)은 단일 사방공작물로 구분이 가능하므로 상류 자연계류와 하류에서 상시 계류수가 유출되는 지점에서 계류수질을 분석하였다.

선행연구결과 계류수질 평가인자라 판단되는 pH(HI 8314 Membrane pH meter), 용존산소량(DO 11P), 전기전도도(Conductivity meter)는 현장에서 측정하였으며, 양이온(Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) 4개 항목, 음이온(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) 3개 항목 등 총 7개 항목에 대하여는 시료를 Ice Box에 보관한 후 실험실에 가져와 0.45 μm 의 필터에 각각 2회 통과시킨 후 Ion Chromatography로 분석하였다. 수질분석은 2012년부터 2013년까지 2개 조사지역 모두 계절(4, 7, 10월)별로 실시하였다.

2. 연구대상지의 입지특성

북한산 우이동 계곡의 수질조사지점의 입지적 특성은 조사 유역의 대부분이 신갈나무 등 활엽수가 우점하고, 소나무가 혼재하며, 화강암을 모재로 한 갈색산림토양으로 구성되어 있다. 수질조사지점과 인접한 계류변의 입지특성은 Table 1과 같다.

계류변 비탈면의 평균경사도는 21~30° 이었다. 계류변 식생의 상층식생유효도는 봄철에는 23~45%로 낮는데, 이는 겨울에 따른 활엽수의 낙엽에 따른 영향이며, 여름철

상층식생유효도는 65~70%로 식생이 왕성하게 성장하기 때문이었다. 계류변의 폭은 좌측이 5.0/(4.0~6.0 m)~6.5/(6.0~7.0 m)이었고, 우측이 4.3/(3.5~5.2 m)~7.5/(7.2~8.3 m)이었다.

조사대상지역인 경상남도 산청군 홍계계곡은 산 정상부의 표고가 925 m인 응석남능선을 따라 마근담봉을 중심으로 계곡이 연결되어 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물은 표고 280 m 위치에 시설되어 있다. 계상의 평균경사도는 약 12/6~18.0° 이었다. 계류변 식생의 평균상층식생유효도는 61/65~80%이었으며, 계류의 평균폭은 3.5/2.4~4.6m이었다. 이 유역의 하천차수는 2차하천으로 구성되어 있고, 계류형상은 수지형이었다. 합리식(Ramser's rational formula)에 의한 조사유역의 홍수량을 산정한 결과, 유역면적은 2.70 km^2 , 유출계수는 0.80, 도달시간은 4.373 min., 적용빈도는 100년, 강우강도는 140.4 mm/hr, 홍수량은 86.11 m^3/sec 로 계산되었다.

결과 및 고찰

1. 사방공작물이 계류 수질에 미치는 영향 분석

1) 북한산 우이동 계곡

북한산 우이동 계곡에서 사방공작물이 계류수질에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 각 사방공작물의 위치에 따른 상하류의 영향을 분석하여야 하는데 우이동계곡의 상류유역(수질조사지점 1과 2)과 하류유역(수질조사지점 3과 4)으로 구분하여 2012년부터 2013년까지 계절별(4, 7,

Table 1. Characteristics of sites to survey stream water quality in Uidong stream valley.

Site no.	Slope(°)		Stand	Crown-Cover Rates(%)	Average of Width of riparian(m)		
	Left	Right			Left	Right	
Upstream	1	21	21	Mixed	35-65	6.5/6.0~7.0	7.3/6.5~8.0
	2	28	24	Mixed	45-65	5.0/4.0~6.0	4.3/3.5~5.0
Downstream	3	30	30	Mixed	40-70	6.3/5.5~7.0	7.5/7.0~8.0
	4	22	22	Mixed	23-70	6.5/6.0~7.0	7.3/6.5~8.0

Table 2. Characteristics of sites to survey stream water quality in Hongei stream valley.

Distribution	Stream bed average of slope(°)	Stand	Average of Crown-Cover Rates(%)	Degree of stream	A quantity of flood (m ³ /sec)	Area of watershed (ha)	Length of stream (km)
	12/6~18	Mixed	61/65~80	2	86.11	270	0.3

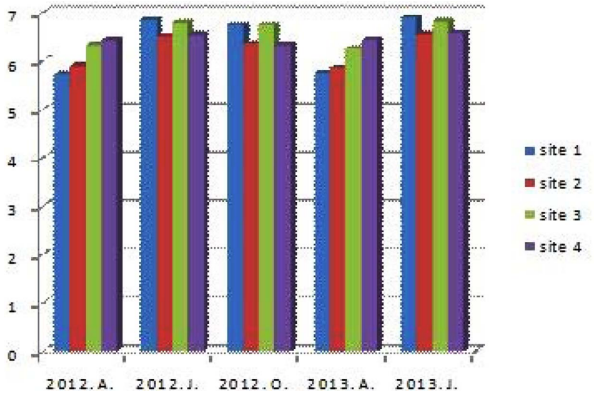


Figure 3. Change of pH of Uidong valley stream water from 2012 to 2013.

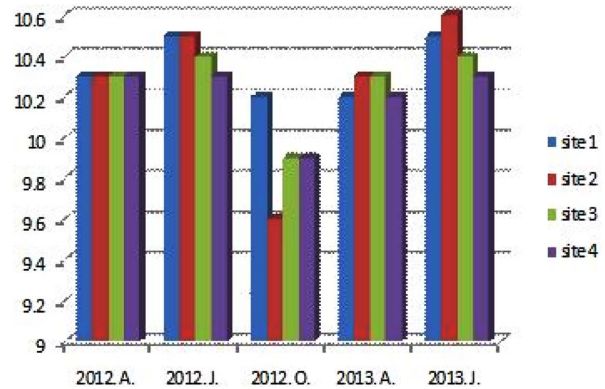


Figure 4. Change of Dissolved Oxygen of Uidong valley stream water from 2012 to 2013.

10월)로 수질 분석한 결과를 평균한 값을 분석해 본 결과 (Table 3), 사방공작물이 설치되어 있지 않은 상류계곡의 평균pH는 6.32(5.73~6.90)로 하천수질환경기준에 의한 상수원수 1급수의 범위에 약간 미치지 못하였으나, 하류유역의 평균pH는 6.53(6.25~6.82)으로 하천수질환경기준에 의한 상수원수 1급수의 범위 내인 것으로 나타났다. 즉, 조사 전체 기간을 평균한 상류유역에서의 평균pH는 하류유역의 평균pH보다 약 0.20 낮은 값을 나타내었는데, 이는 계절에 따른 영향과 유량이 적고 인위적 오염이 없는 상류유역 계류수의 pH는 유량이 많고 인위적 오염이 발생하는 하류유역에서의 pH와 다른 양상을 나타내는 것으로 분석되었다. 즉, 상류유역에서는 이러한 결과가 선행연구결과(Johannessen et al., 1980; Peters and Leavesley, 1995; Soulsby et al., 1998)와 같이 지하수의 유출 및 동결융해침식 토사와 접촉하여 Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ 등 음이온이 계류로 유출되어 계류수의 pH를 낮추는데 기인한 것으로 생각되나, 하류유역에서는 이러한 작용을 억제하는 Ca²⁺, Na⁺ 등 양이온이 인근 음식점에서 배출하는 오폐수 등에 다량 포함되는 등 그에 따른 영향으로 계류수의 pH가 상승된 것(Oh and Sin, 1991; Kang et al., 1996)으로 생각된다.

자연계류인 상류지역에서의 평균용존산소량은 10.3 (9.6~10.6) mg/L로 사방공작물을 통과한 하류지역에서의 평균용존산소량 10.2(9.9~10.4)mg/L와 유사한 값을 나타내어 사방공작물의 영향은 없는 것으로 나타났다. 즉, 용존산소량은 수온 및 계상경사에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는데(Kim, 1995), 이 연구에서는 상류유역이 하류유역과 계상경사 및 수온의 차이가 크지 않아 이들 영

향도 크지 않았을 뿐만 아니라 사방공작물의 영향도 크지 않은 것으로 사료된다.

계류수질을 평가할 수 있는 평균전기전도도(Kim, 1995)는 상류지역에서는 62.2(40.3~89.5) μS/cm이었으며, 하류지역에서는 63.9(32.6~120.4) μS/cm로 자연계류인 상류지역보다 사방공작물을 통과한 하류지역의 평균전기전도도가 1.7 μS/cm 높아진 것으로 나타났는데, 이는 비교적 매우 낮은 차이라고 판단되며, 사방공작물의 영향이라고 판단하기는 어려울 것으로 사료된다. 즉, Park(2003)은 북한산 우이동 계곡에서는 상류지역보다 하류지역에서는 각종 위락시설 등에서 배출하는 오염원에 의해 계류수질이 영향 받는다고 하였는데, 이 연구에서도 그러한 영향에 기인한 결과라고 사료된다. 그러나 북한산은 국립공원관리공단에서 위락시설의 계도 및 계곡휴식년제 등의 실시로 계류수질은 좋아지고 있는 것으로 파악되며, 특히 기왕에 설치되어 있는 사방공작물은 설치 후 최소 10년 이상이 경과된 상태이므로 이들 사방공작물 등에서 시멘트 성분의 유출 등이 발생하여 계류수질에 영향을 미치는 것은 아닌 것으로 판단된다. 그러나 조사구 4에서는 2012년부터 2013년까지 계류수의 평균전기전도도는 90.1 μS/cm로 상류유역에서보다 1.5배 높은 것으로 나타났는데, 이는 음식점, 사찰, 위락시설 등 오염원을 통과하는 계류수가 합류하는 지점에 위치한다에 따른 결과로 사료된다. 특히 상류 및 하류유역에서의 평균전기전도도는 일반적인 청정 산림내 계류수의 범위(Whitehead et al., 1988; Jeong et al., 1997; Park and Woo, 1997)에 포함되는 것이었다. 따라서 계곡 내에 설치되어 있는 사방공작물이 계류수질에 영향을 수 있다고 판단되는 부분은 대부분 시멘트콘크

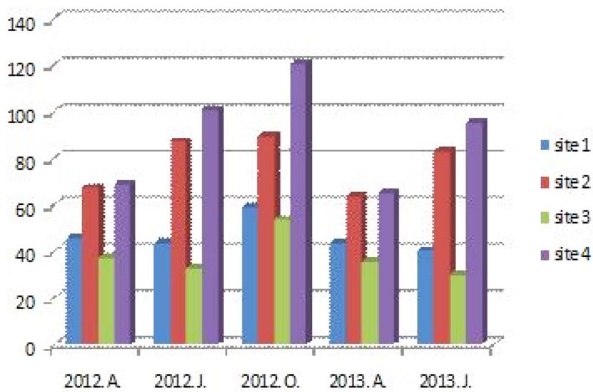


Figure 5. Change of electrical conductivity of Uidong valley stream water from 2012 to 2013.

리트구조물이며, 이들 시멘트콘크리트구조물은 시공후 약 3년이 경과하면 그 영향은 극히 미미하게 되고, 또한 북한 산국립공원의 계곡 내에 설치되어 있는 사방공작물 중 시멘트콘크리트구조물은 시공 한 지 3년이 이미 경과한 구조물들이기 때문에(Park, 2003) 이들 사방공작물이 계류수질에 영향을 미친 것은 아니라고 판단된다.

한편, 계류수질에 영향을 미치는 음이온(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) 등을 총합한 평균음이온총량을 분석한 결과, 상류지역에서는 4.51(2.56~4.29) mg/L이었으며, 하류지역에서는 5.94(3.43~7.98) mg/L로 하류지역이 상류지역에서보다 평균음이온총량은 1.43 mg/L가 높게 나타났는데, 이는 위탁시설 등 오염원의 유입에 의해 하류지역에서 음이온량이 증가한 것으로 사방공작물이 음이온을 유출한 것은 아닌 것으로 판단된다. 즉, 사방공작물은 산지재해적 측면에서 긍정적 역할을 하지만 그것이 계류수의 유속을 낮추거나 계상을 차단하여 오염된 물이 머무르는 등 마이너스적 영향도 나타내는 것으로 그러한 영향을 미소하게 미친 것으로 판단되지만 그것은 오염원을 근원적으로 증가시킨 것은 아니라고 판단된다. 따라서 사방공작물이 계류수에서 음이온총량을 증가시키는 부분에 대한 연구는 외부오염원이 없는 산지계류에서 사방공작물 설치 전 후의 계류수질을 지속적으로 모니터링 할 뿐만 아니라 토양침식이 계류에 유입되는 부분에 대한 음이온성분분석도 상류와 하류 그리고 사방공작물의 설치지와 비설치지 등 다양한 부분에 대한 연구분석을 통하여 평가할 필요가 있을 것으로 사료된다. 즉, Park(2003)은 우이동 계류에서 상류지역과 하류지역의 음이온총량은 하류지역에 인접한 위탁시설, 사찰, 음식점 등의 오염원 유출 등에 기인한 결과로 발표하여 이 연구에서도 그러한 영향이 사방공작물의 영향보다는 크게 영향을 미친 것으로 판단된다. 특히 음이온총량은 상류유역보다 하류유역에서 높게 나타났으며, 4월보다는 7월과 10월 탐방객이 많고 이용량이 증가하는 시기에 다량 증가하는 것으로 나타나 이러한 위탁시설 및 이용에

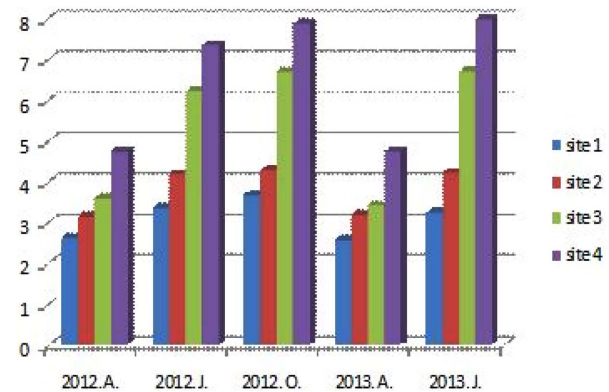


Figure 6. Change of average of total quantity anion of Uidong valley stream water from 2012 to 2013.

따른 계류수에 오염원의 유입이 더 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

2) 산청군 홍계계곡

산청군 홍계계곡에서에서는 2009년 12월 준공된 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물이 시설되어 있는 상류지점과 하류지점으로 구분하여 2012년부터 2013년까지 계절별(4, 7, 10월)로 수질분석한 결과를 평균한 값을 분석하였다. 사방공작물 설치 후 3년 이상이 경과된 현재 평균pH는 상류지점에서 6.89(6.61~7.12)이었으며, 하류지점에서는 6.86(6.50~7.10)으로 유사한 값을 나타내었으며, 이는 하천수질 상수원수 1급에 해당하는 값이었다. 즉, 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물을 시공한 후 3년이 경과한 시점에서 상류지점과 하류지점의 계류수질을 분석한 결과 계류수질에 미치는 사방공작물의 영향은 나타나지 않은 것으로 분석되었는데, 평균 pH는 홍계계곡에 설치한 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물을 시공하기 전의 값과 유사하였으며, 맞춤형 테트라블록을 이용한 사방공작물을 시공한 후에도 계류수의 pH는 거의 변화하지 않은 값과 동일한 결과를 나타내었다.

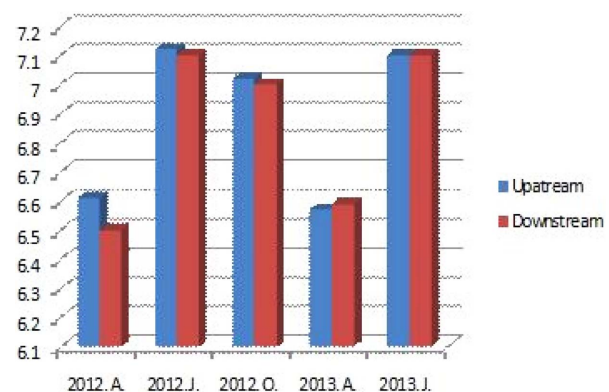


Figure 7. Change of pH of Hongei valley stream water from 2012 to 2013.

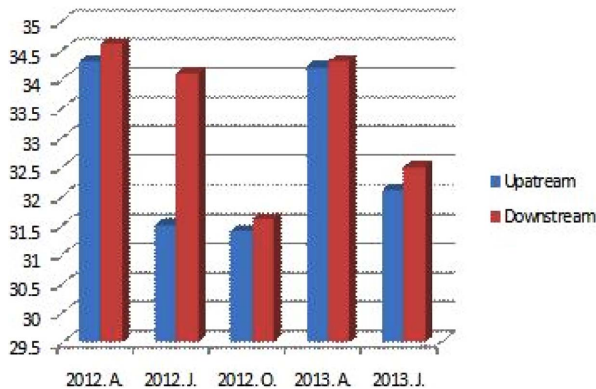


Figure 8. Change of electric conductivity of Hongei valley stream water from 2012 to 2013.

평균용존산소량은 상류지점에서 12.2(11.6~12.6) mg/L로 나타났으며, 하류지점에서는 11.9(11.5~12.3) mg/L로 상류와 하류가 유사한 용존산소량의 값을 나타내었다. 이 값은 청정한 산림내 계류수의 값인 것으로 고찰되었다.

평균전기전도도는 상류지점에서 32.7(31.4~34.3) μS/cm이었으며, 하류지점에서는 33.4(31.6~34.6) μS/cm으로 유사한 값이었다. 즉, 홍계계곡의 평균전기전도도는 청정한 산림내 계류수에서의 전기전도도값(Park, 2003)을 만족하는 것으로 나타났으며, 이는 계류수질 오염원이 없다고 판단되는 북한산 우이동계곡 상류지역에서의 평균전기전도도(62.2) μS/cm 보다 약 1.9배 낮은 값으로 두 값 모두 청정한 계류수질의 범위에 포함되지만 북한산 우이동의 계류수질이 홍계계류수질보다 평균전기전도도값은 높은 것으로 분석되었다. 이는 도심지역과 산림지역, 탐방객 이용이 빈번한 지역의 계류와 탐방객이 유입되지 않는 계류, 지질적인 요인 등 다양한 요인에 의한 결과로 사료된다. 따라서 청정계류라 할지라도 다양한 영향인자를 고려하여 지속적으로 모니터링 한다면 보다 명확한 원인을 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

평균음이온총량은 상류지점에서 1.0(0.1~2.2) mg/L이었

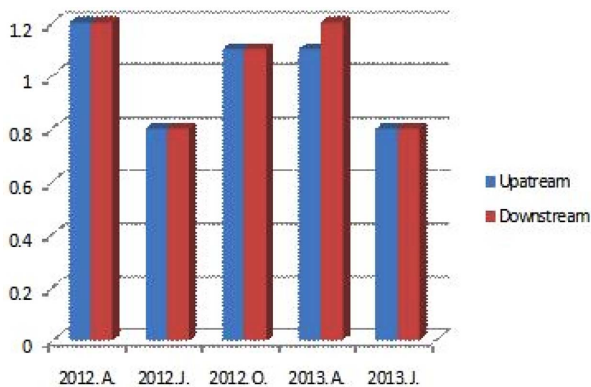


Figure 9. Change of average of total quantity anion of Hongei valley stream water from 2012 to 2013.

으며, 하류지점에서는 1.0(0.1~2.2) mg/L로 상류지점과 매우 유사한 값을 나타내었다. 그러나 이 값은 북한산 우이동계곡의 평균음이온총량(상류; 4.51, 하류; 5.94) 보다 약 1/4.5~1/5.9의 낮은 값으로 이는 앞서 언급한 사찰, 음식점, 탐방객의 이용, 대기오염, 지하수, 지질적 요인 등 다양한 원인에 의한 차이로 발생되는 결과라고 판단된다.

결론

이 연구는 계류에 설치되어 있는 사방공작물이 계류수질에 미치는 영향을 구명함으로써 계류복원을 위한 사방공작물의 설치방향을 정립하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

1. 북한산 우이동 계곡에서 사방공작물이 설치되어 있지 않은 상류지역의 평균 pH는 6.32(5.73~6.90)로 사방공작물을 통과한 계류인 하류지역의 평균 pH[6.53(6.25~6.82)]와 유사하였으며, 상류지역에서의 평균용존산소량은 10.3(9.6~10.6) mg/L로 사방공작물을 통과한 하류지역에서의 평균용존산소량 10.2(9.9~10.4) mg/L과 유사하였다. 평균전기전도도는 상류지역에서는 62.2(40.3~89.5) μS/cm, 하류지역에서는 63.9(32.6~120.4) μS/cm로 유사하였고, 평균음이온총량은 상류지역에서 4.51(2.56~4.29) mg/L, 하류지역에서 5.94(3.43~7.98) mg/L로 유사하였다.

2. 산청군 홍계계곡에서 평균pH는 상류지점에서 6.89(6.61~7.12), 하류지점에서 6.86(6.50~7.10)으로 유사한 값을 나타내었고, 평균용존산소량은 상류지점에서 12.2(11.6~12.6) mg/L, 하류지점에서 11.9(11.5~12.3) mg/L로 유사하였다. 평균전기전도도는 상류지점에서 32.7(31.4~34.3) μS/cm, 하류지점에서 33.4(31.6~34.6) μS/cm로 유사하였고, 평균음이온총량은 상류와 하류지점에서 1.0(0.1~2.2) mg/L로 매우 유사한 값을 나타내었다

3. 북한산 우이동계곡과 산청군 홍계계곡을 대상으로 사방공작물이 설치되어 있지 않은 자연계류와 사방공작물이 설치된 하류지역에서의 계류수질을 분석한 결과 상하류간의 수질은 큰 차이가 나타나지 않았다.

4. 사방공작물은 시공과정에서 계류수질에 영향을 미치므로 계류복원을 위하여는 각 개별 사방공작물에 대하여 시공 전후의 계류수질변화과정을 시계열적으로 심도 있게 연구할 필요가 있다.

인용문헌

Johannessen, M., Skartveit, A., and Wright, R.F. 1980. Stream-water chemistry before, during and after snowmelt. Proceeding of the International Conference on Ecology and the Impact on Acid Precipitation, Norway SNSF project.
Kang, B.-W., Lee, H.-S., and Kim, H.-K. 1996. A Compari-

- son of Acid Air Pollutants in Chongju during Summer and Winter. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers* 18(9): 1-8.
- Kim, Joa Goan. 1995. *Principle of Water Pollution*. DongHwa Technical. pp. 353.
- Nakamura, F., Maita, H., and Araya, T. 1995. Sediment routing analysis based on chronological changes in hillslope and rivered morphologies. *Earth Surface Process and Landforms* 20: 333-346.
- Oh, Y.-M. and Shin, S.-B. 1991. *Water Quality Management*. Singwang.
- Park, J.-H. and Woo, B.-M. 1997. Analysis of Influential Factors from Rainfall to Stream Water Quality in Small Forested Watershed. *Journal of Korean Forest Society* 86(4): 489-501.
- Park, J.-H. 2003. Analysis of Influences of the Soilfluction Soil and Stream flow on the Stream Water Quality of Bukhansan National Park. *Journal of Korean Environmental Research and Revegitation Technology* 6(2): 11-20.
- Park, J.-H., Ma, H.-S., Kim, K. H., and Youn, H.-J. 2011. Influences of the Construction of the Torrent Control Structure using Customized Tetrapods on the Stream Water Quality at Valley. *Journal of Korean Forest Society* 100(1): 105-111.
- Peters, N. and Leavesley, G.H. 1995. Biotic and abiotic processes controlling water chemistry during snowmelt at Rabbit Ears Pass, Rocky Mountains, USA. *Water Air Soil Pollut* 79: 171-190.
- Soulsby, C., Chen, M., Ferrier, R.C., Helliwell, R.C., Jenkins, A., and Harriman, R. 1998. Hydrogeochemistry of shallow groundwater in an upland Scottish catchment. *Hydrology Proc.*, in press.
- Whitehead, P.G., Bird, S., Hornung, M., Cosby, J., Neal, C., and Paricos, P. 1988. Stream acidification trends in the welsh uplands a modelling study of the Llyn Brianne catchments. *Journal of Hydrology* 101: 191-212.
- Yong H.J., Won, H.K., Kim, K.H., Park, J.H., Ryu, J.H. 1997. Influences of Electrical Conductivity on Stream and Soil Water Quality in Small Forested Watershed. *FRI. Journal of Forest Science* 55: 125-137.

(2013년 8월 21일 접수; 2013년 9월 11일 채택)