

소하천 물 환경교육 프로그램을 위한 백천에 대한 환경학적 탐구

김정화 · 이두곤[†]

한국교원대학교

Inquiry about the 'Baig Cheon' Stream with the Perspective of Environmental Studies for Water Environmental Education Program using Streams

Jeong Hwa Kim · Du Gon Lee[†]

Korea National University of Education

ABSTRACT

The Water Environmental Education Program Using Streams(WEES) is developed to help the teachers increase their professionalism of incorporating a local environment into their inquiry teaching. The purpose of this study is inquiry about the 'Baig Cheon' stream with the perspective of environmental studies for WEES. Through these studies, we tried to get the background information in 'Baig Cheon' and profound insights into application of WEES. The 'Baig Cheon' was examined from the perspective of environmental studies through literature study, field study, and water quality monitoring. The results revealed the characteristics of the 'Baig Cheon' that ran across a rural area in terms of the watershed boundaries, water systems, and water usage. The changes to the water quality items were observed according to the spatial distribution at the measuring points across the watershed for six months from March to August, 2007. The results indicate that the water quality of the 'Baig Cheon' could well be affected not only by the natural and environmental conditions such as the geological features, but also by the human activities including the land uses in the surrounding roads, rice fields and farms and the water supply and usage. The inquiry of the 'Baig Cheon' from the perspective of environmental studies will hopefully make the education and inquiry process of WEES more meaningful and in-depth and contribute to providing better environmental education that properly reflects the nature of inquiry from the perspective of environmental studies.

Key words : Baig Cheon, ENVISION, inquiry with environmental studies perspective, Water Environmental Education Program Using Streams(WEES), water quality monitoring

I. 서론

환경교육에서 일상성 및 통합성의 원리는 교과 내용 구성의 원칙으로 중요하게 강조되고

있다(남상준, 1995). 2007년 개정 중·고등학교 '환경'과 교육 과정에서는 환경 과목은 환경과 인간의 관계와 상호 작용 및 환경 문제에 대하여 과학, 기술, 사회, 환경의 통합적인 접근을

[†] Corresponding Author : e-mail : dglee@knue.ac.kr, Tel : +82-43-230-3760, Fax : +82-43-232-7176

통해 이해하고, 건강하고 쾌적한 환경의 소중함을 깨달으며, 환경보전과 지속가능한 삶을 위한 지식과 기능 및 환경 친화적 사고와 태도의 함양을 추구한다고 하였다. 그리고 이를 위해 환경 문제 해결과 관련된 지식과 이해 및 기능 습득은 물론 생활 주변의 다양한 사례를 통하여 보다 체계적이고 깊이 있는 학습이 되도록 하며, 지역 사회의 환경적 특성을 반영한 환경 관련 주제 및 쟁점 중심의 학습을 통합적으로 실시하는 교수·학습 방법을 강조하였다(교육과학기술부, 2007a, 2007b). 즉, 환경에 대한 총체적이고 통합적인 관점으로 교육 내용을 구성하고, 탐구적인 환경교육을 강화해야 하며, 환경교육의 실천과 체험 학습 중심의 교수 학습 방법을 활용하고(강창동 외, 2006; 최석진 외, 2007), 특히, 생활 주변과 지역의 환경에 대한 탐구를 강조하였다. 2009 개정 ‘환경과 녹색성장’에서는 환경·경제·사회를 통합적으로 이해하고, 변화하는 사회에 책임 있게 행동하는데 필요한 지식, 기능, 태도를 함양하여, 지속가능한 녹색 사회를 만들어 가는데 선도적으로 참여하는 인간을 기르는 것을 목표로 한다. 이를 위해 지구와 인류의 지속가능한 미래에 관심을 갖게 하고, 환경과 녹색 성장에 관한 지역 사회의 활동에 참여하는 경험을 중요시하며, 토론, 체험 학습, 사례 연구, 통합적 접근 방법 등을 강조하고, 학교 밖의 환경 교육 자원이나 기관과 연계하여 활동을 하도록 한다. 그리고 이전의 교육 과정과 마찬가지로 자기 지역의 환경 탐구와 자기 주변의 환경 문제를 인식하여 환경 문제 해결에 적극 참여하는 것을 강조한다(교육과학기술부, 2009). 이러한 환경교육의 요구에 부응하여 교육의 질을 향상시키기 위해서는 교사의 질이 향상되어야 하지만(최돈형, 2006) 교사들이 활용할 수 있는 환경교육과 관련된 교수·학습 자료의 개발과 보급은 미흡한 실정이다. 그리고 교사가 자기 지역의 환경을 소재로 하여 학생을 탐구적으로 가르치는데 도움을 줄 수 있는 프로그램은 거의 개발되어 있지 않은 상황이다(김정화·이두곤, 2007).

ENVISION(Shepardson *et al.*, 2002; Shepardson *et al.*, 2003; Shepardson & Harbor, 2005; www.eas.purdue.edu/geomorph/Envision)은 미국 국립과학재단(National Science Foundation)의 기금을 받아 4년간 실시되었던 교사 연수 프로그램으로 구성주의(Piaget, 1970)와 사회적 구성주의(Vygotsky, 1986) 학습 이론에 기초하여 만들어졌다. 미국국립연구회의(National Research Council)의 국가과학교육기준(National Science Education Standard)에서는 중등학교 과학교사들의 전문성 개발에서 현상과 쟁점에 대한 탐구 조사를 통해 효과적으로 과학을 학습할 수 있어야 하고, 그들의 과학적 이해를 높이기 위해서 기술과 과학적 조사를 이용해야함을 강조하였다(NRC, 1996). ENVISION에서는 교사(학생)에게 자신의 교육적 경험을 계획하고 조절하는 기회를 제공하는데, 이 과정에서 교사(학생)가 스스로 조사 질문을 형성하고, 증거 수집을 위한 절차를 고안하고, 설명을 위한 기초로서 데이터를 사용하도록 한다(NRC, 2000). 교사들이 직접 환경 조사를 설계하고 구성함으로써 교사들은 의미 있는 맥락 속에서 과학을 학습하고, 자기 지역 문제와 쟁점에 과학 지식을 적용하고, 문제 해결 기능과 능력을 개발하고, 학교 주변과 학교안의 자원을 이용하고, 학교에서 배우는 과학을 현실 세계의 쟁점과 문제에 연결하게 된다(Stapp *et al.*, 1996). ENVISION은 미국의 국가과학교육 기준에 근거하여 교사가 탐구와 환경과학 연구를 학생들을 가르치는데 통합할 수 있도록 돕는 것을 목적으로 한다. 즉, 교사의 환경 과학적 개념과 문제, 탐구 기능에 대한 이해를 높임으로써 궁극적으로 그들이 가르치는 학생들이 환경 과학적 탐구 활동을 하는 것을 잘 지원할 수 있도록 전문성을 개발하는데 초점을 두었다(Shepardson *et al.*, 2003). ENVISION은 물과 유역, 도시와 인공 환경, 시골 환경에 초점을 두고 과학 개념과 탐구 기능을 개발하는데 다학문적으로 접근한다는 특징을 가진다(Shepardson & Harbor, 2005). 이두곤(2006b)은 유역은 인간과 물 환경의 상호 작

용을 보여주는 최소한의 계로써 자연과 인공 환경을 함께 고려할 수 있게 하고, 환경에 대한 미시적 이해에서 거시적 이해를 하는데 도움이 되는데, ENVISION의 탐구 방향과 과정에서 이러한 유역의 개념이 갖는 중요한 환경교육적 의미가 잘 구현되고 있다고 하였다. 그리고 ENVISION이 환경과 환경 문제에 대한 과학적 탐구를 목적으로 하는 탐구 중심의 환경교육이며, 이는 '탐구 중심 환경교육'의 이론 체계(이두곤, 2006a)에서 볼 때 학습자로 하여금 환경적 관점에서 세상을 볼 수 있게 한다는 교육의 내재적 가치를 가진다고 ENVISION의 환경교육적 의미를 평가하였다.

이에 선행 연구(김정화·이두곤, 2007)에서 연구자는 프로그램 참여자(교사와 학생)가 물 환경에 대해 환경적 관점에서 탐구 활동을 하는 환경교육 프로그램이면서, 교사가 자기 지역의 환경을 소재로 학생들이 탐구 활동을 잘 할 수 있게끔 가르치는 것을 돕기 위한 교사 전문성 개발 프로그램으로서 소하천 물 환경교육 프로그램(WEES, Water Environmental Education Program Using Streams)을 개발 제시한 바 있다. WEES는 유역 개념과 환경과학적 탐구를 특징으로 하는 ENVISION을 중심으로 우리나라의 환경교육적 상황을 고려하여 개발한 프로그램이다. 선행 연구(김정화·이두곤, 2007)에서는 WEES 모형의 핵심 구현 요소와 내용적 구성의 절차와 특징을 제시하였다. WEES의 구현 요소는 첫째, 프로그램 참여자들이 탐구 과정을 경험, 둘째, 지역 환경을 소재로 탐구, 셋째, 자기 주도적 학습과 동료와의 상호 작용을 강조, 넷째, 실증적인 자료 수집과 해석, 다섯째, ICT를 적극적으로 활용, 여섯째, 환경교육을 위한 환경학의 관점에서 탐구, 일곱째, 유역을 중심 개념으로 하여 탐구, 여덟째, 환경에 대한 통합적, 총체적 관점, 아홉째, 환경에 대한 거시적 이해 추구, 열번째, 환경 개념과 이론을 구체적인 현상과 연관 짓도록 하는 것이다. 이러한 열 가지 구현 요소는 반성적 사고를 통해 프로그램 참여 과정에서 지속적으로 구현되도록 하였다.

WEES은 '준비 단계 및 육안 평가', '탐구계획서 작성', '환경 현장 자료 수집 및 탐구 수행', '탐구 결과 발표'의 네 단계로 구성하였고, 각 단계별로 열 가지 구현 요소가 잘 구현되도록 그 특징을 제시하였다.

본 연구에서는 WEES를 실제로 참여자에게 적용하기에 앞서 WEES의 적용 장소가 되는 백천에 대한 환경학적 탐구를 수행함으로써 프로그램을 진행할 교사로서 대상 하천에 대한 배경지식을 얻고, 연구자 스스로 프로그램 참여자의 입장에서 백천에 대한 탐구 질문 형성, 탐구 방법 및 절차 계획 수립, 자료 수집, 결과 해석을 직접 경험하면서 WEES를 백천에 적용하는 과정에 대한 통찰과 깨달음을 얻고자 한다. 이는 개발된 WEES를 실제 하천에 대해 구체화하고 질적으로 향상시키기 위한 시사점을 줄 것이며, 이러한 연구방법과 결과는 WEES를 백천이 아닌 다른 하천에 대해 적용할 때에 활용할 수 있는 한 가지 모형이 될 수 있다. 과학적 탐구는 일반적으로 문제 제기, 가설 설정, 자료 수집, 가설 검증 및 일반화 등의 과정으로 진행되며, 실증적인 자료에 근거하여 결론을 도출하여 일반화된 법칙과 이론적 모형을 구성하고자 하는 탐구이다(이두곤, 2006a). 반면에 통찰적 탐구는 철학적, 윤리적, 형이상학적, 논리적, 법적, 개념적, 많은 영역을 아우르는 큰 생각이나 이론 체계 등에 대한 탐구로서 개념적이고 논리적인 탐구, 철학적 탐구, 개념 또는 이론 사이의 관련성, 어떤 대상의 깊은 가치, 혹은 거시적인 이론 체계를 구성하고자 하는 탐구이다(이두곤, 2006a). 이 연구에서 '환경학적 탐구'는 '환경교육을 위한 환경학(이두곤, 2006a)'에 바탕을 둔 탐구로 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 포함하는 탐구를 의미한다.

따라서 본 연구에서는 WEES가 환경학적 탐구의 성격이 잘 반영된 좋은 환경교육 프로그램으로 창출되는 것을 목적으로 유역의 경계와 수계, 산업 구조, 물 이용 등 백천 유역 개관에 관한 문헌 연구를 실시하였다. 그리고 백천에 대한 현장 조사와 함께 실험 연구를 실시하였다.

특히, WEES의 탐사 지점인 백천교와 백천교 상류 지점에 대해 수질 모니터링을 중심으로 실증적인 자료를 수집하고 이를 분석 및 해석하였다.

II. 백천 유역 개관

WEES에서는 유역 개념에 초점을 맞추어 하천을 탐구한다. 유역 개념은 하천의 형성과 지형에 대한 전체적인 모습과 함께 자연과 인간의 상호관계에 대해 이해할 수 있도록 도와준다. 따라서 WEES에서 프로그램 참여자들의 현장 탐사지점은 백천교 지점이지만, 백천 유역 수계 전체를 살펴봄으로써 백천에 대한 보다 총체적인 관점을 가질 수 있다. WEES를 다른 하천에 적용하더라도 탐사지점뿐만 아니라 해당 유역 전체에 대한 탐구는 매우 유용한 과정이 될 것이다.

백천은 충청북도 청원군 남이면 사동 담 70번지에서 발원하여 충남 연기군 동면과 충북 청원군 부용면을 지나 금강 상류로 유입되는 지방 2급 하천으로 유로연장은 약 8.0km이며, 유역면적은 약 35.68km²이다(충청북도 보건환경연구원, 2007). 백천 유역은 팔봉산(八峰産), 은적산(恩積山), 마봉산(馬峰山), 망덕산(望德山), 출동산(出東山), 황우산(黃牛山), 노고봉(老姑峰) 등에 의해 유역의 경계가 형성되고, 수계는 그림 1과 같이 백천 본류와 팔봉천, 상발천, 산막천, 갈산천, 저산천, 문곡천의 6개 소하천 지류들로 이루어져 있다(충청북도 청원군청, 2007¹⁾).

하천은 인간 활동을 위한 목적으로 사용되며, 그 과정에서 인간 활동의 영향을 많이 받기도 한다. 따라서 하천의 용도와 하천 주변 토지 이용에 대한 탐구는 하천 수질과 인간의 영향에 대한 이해를 높이는데 도움이 된다. 백천 유역의 물은 주로 농업용수로 사용되고 있다. 1989년에 대청호 용수 및 오창 저수지를 개발하여 용수 개발과 경지 정리 등 농업 생산 기반을 정

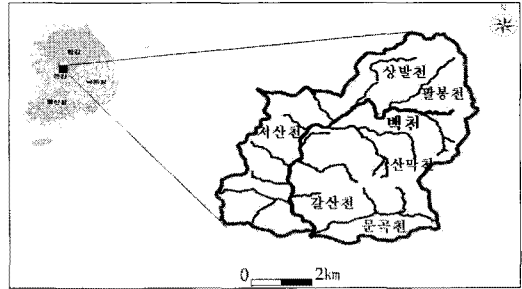


그림 1. 백천 유역(김정화 · 이두근, 2007)

비하는 ‘미호천Ⅱ지구’ 대단위 농업 개발 사업을 시행하면서 2001년부터 백천 유역으로 대청호 용수가 공급되기 시작하였다(한국농촌공사 충북본부, 2007²⁾). 따라서 백천에 흐르는 물은 백천 유역내의 강수에서 유래한 지표수 이외에도 백천 유역 밖에 존재하는 대청호의 물도 일부 유입되고 있다는 유역 특징을 가지고 있다. 백천 유역으로 대청호 용수가 공급되는 시기는 농업용수의 수요가 높은 4월부터 9월 사이이며, 10월부터 다음해 3월까지의 공급이 중단된다. 대청호에서 백천 유역으로 공급되는 용수의 양은 월별로 달라지며 용수 공급 경로는 다음과 같다. 대전시 동구에 있는 대청댐 취수탑에서 취수된 물은 서지 탱크(surge tank)에 저장되었다가 청원도수터널을 통해 남계양수장을 지나 청원양수장으로 이동한다. 청원양수장에서 동부간선과 서부간선으로 나뉘어 용수가 공급되는데, 백천 유역으로 공급되는 물은 서부간선을 통해 공급된다. 서부 간선은 강내간선, 강서간선, 부용간선의 세 개의 간선으로 나뉘게 된다. 서부간선과 강내간선, 부용간선으로 보내진 용수가 백천 유역으로 유입된다(한국농촌공사 충북본부, 2007).

III. 백천에 대한 환경학적 탐구

유역 내에서 자연환경과 인간 활동의 영향은 수질에 반영이 된다(선혜진, 2010). 그러므로

1) 충청북도 청원군청에 방문하여 열람한 내부 자료임.
2) 한국농촌공사 충북본부에 방문하여 열람한 내부 자료임.

하천의 수질은 지역의 환경을 이해하고 지역내 인간 활동의 영향을 추론할 수 있는 근거가 된다. 따라서 물 환경 탐구에서 수질 모니터링은 단순히 수질 정보를 얻는 것 이외에 대상 지역의 수질에 영향을 주는 자연환경과 인간 활동을 살펴볼 수 있다는 점에서 환경교육적 의미와 가치가 있다. 이 연구에서는 수질모니터링 자료로 과학적 수질 분석이나 과학적인 논의만 한 것이 아니라, 이러한 수질모니터링을 통해 WEES에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 그리고 과학적 자료를 이용하지만, 이를 통해 환경적 '의미'를 찾고자 하였다. 즉, 수질 자료와 함께 지역의 인간 활동을 조사하여 환경과 인간 활동의 관계를 깊은 의미로서 이해하고자 하였다. 이러한 환경학적 탐구는 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 함께 추구하는 '환경교육을 위한 환경학'의 본질을 구현하고자 한 것이다. 백천 유역에 대한 환경학적 탐구는 수질 모니터링을 중심으로 세 가지로 나누어 수행되었다. 먼저 충북 청원군 부용면 산수리 백천교 지점에 대해 수질 모니터링을 수행하였다. 이 지점에서는 2007년 3월부터 8월까지 월 2회씩 총 12회에 걸쳐 수온, 수소이온농도지수(pH), 용존산소(DO), 전기전도도(EC), 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 총질소(TN), 인산염인($PO_4\text{-P}$), 탁도의 수질 항목을 모니터링하였다. 둘째, 백천교 지점에서 2007년 4월 1일과 8월 26일 오전 7시부터 오후 6시까지 한 시간 간격으로 하루 중 DO와 EC의 시간별 변화를 모니터링하였다. 셋째, 백천 유역의 수질 특성과 인간 활동의 영향 등 유역적 특성을 탐구하기 위해서 2007년 4월부터 8월까지 두 달 간격으로 총 3회에 걸쳐 백천교(P6)와 함께 백천교 상류의 5개 지점(등등이(P1), 안심(P2), 산막(P3), 갈원교(P4), 행산교(P5))에 대해 현장 조사와 수질 모니터링을 수행하였다(그림 2).

수온, DO, EC는 현장에서 측정하고, 나머지 수질 항목들은 채수한 시료를 실험실로 운반하여 1시간 이내에 분석하였다. 특히, 측정과 실

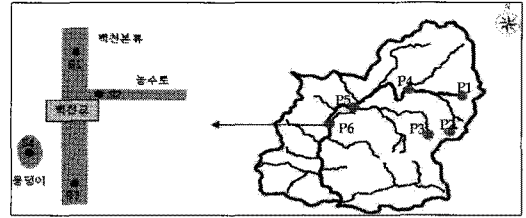


그림 2. 백천 유역 수질 모니터링 지점

험 시각에 따른 오차를 없애기 위하여 수질 측정과 실험은 매번 동일한 시각에 실시하였다. 수온과 DO는 YSI 55, pH는 HANNA HI 9023, EC는 YSI 30 기기를 사용하여 측정하였다. BOD는 수질공정시험법에 준하여 BOD₅를 격막 전극법으로, COD는 수질공정시험법에 준하여 COD_{Mn}법으로 측정하였다. TOC는 SHIMADZU TOC-V_{CPN}, TN은 SHIMADZU TNM-1, 탁도는 Turb 550 기기를 사용하여 측정하였다. $PO_4\text{-P}$ 는 수질공정시험법에 준하여 아스코르빈 산환원법으로 OPTIZEN 2120UV 기기를 사용하여 측정하였다(최규철 외, 2001; APHA *et al.*, 1995).

1. 백천교 지점에 대한 수질 모니터링

산수리 백천은 507 지방도에 인접해 있으며, 백천교는 이 도로에서 산수리 마을로 들어가는 교량이다. 비점오염물질의 유출은 토지 이용 특성 및 유역의 특성에 따라 다양한 특성을 보인다(김이형·이선하, 2005; 진영훈·박성천, 2006; 여중현·김건하, 2005). 백천교는 프로그램 참여자들이 점오염원 이외에도 도로나 다리 로 인한 비점오염원의 영향을 파악하는데 도움이 될 것이다. 그리고 백천교 주변에는 본류, 농수로, 웅덩이 등 다양한 수생태계가 형성되어 있어 좋은 환경교육 장소가 될 것으로 생각되어 백천교를 프로그램의 탐구 장소로 선정하였다. 백천교 지점에서는 백천 본류의 상류(S1), 농수로(S2), 하류(S3), 웅덩이(S4)의 4개 지점에 대해 수질 모니터링을 실시하였고, 그 결과는 그림 3과 같다.

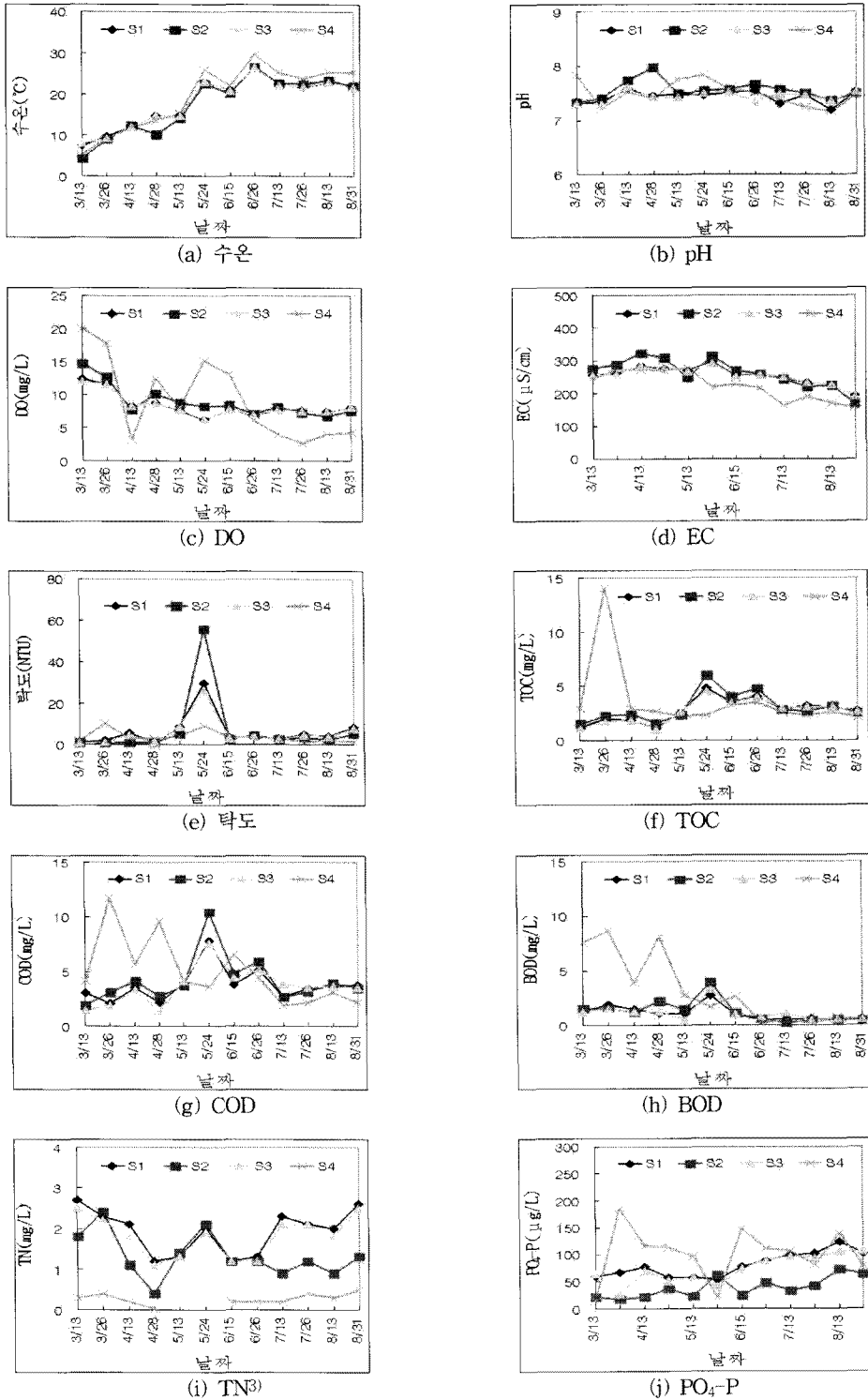


그림 3. 백천교 4개 지점 수질 모니터링

3) 제4지점(S4)은 5/13, 5/24에 측정기기의 작동 오류로 측정 못함.

수온은 계절에 따른 변화가 뚜렷이 나타나 봄철에서 여름으로 지나면서 상승한다. pH는 4개 지점 모두 일반적으로 생물이 서식하기에 적합한 환경이다. DO는 계절적으로 봄철에는 높았으나, 여름이 되면서 점차 낮아지는 경향이 나타난다. 백천 본류의 상류와 하류의 DO는 각각 평균 8.4mg/L, 8.3mg/L이며, 농수로는 이보다 높아 평균 8.9mg/L를 나타낸다. 웅덩이의 DO는 평균 9.2mg/L로 4개 지점 가운데 가장 높고, 값의 변동의 폭이 가장 크다. 웅덩이는 물의 흐름이 정체되어 있어 수질 변화 양상에서 하천과 차이가 나는 것으로 사료된다.

EC는 공간적으로 안정한 수질 항목이면서도 환경에 부정적인 영향을 미치는 인간 활동에 민감하게 반응하며, 인간 활동의 영향뿐만 아니라 자연환경의 변화도 함께 고려할 수 있도록 해주어 물 환경의 환경교육적 탐구를 위해 중요한 항목이다(심정은·이두곤, 2008). 백천에서 EC는 4월과 5월에는 높았다가 7월부터는 서서히 낮아져서 8월에는 약 190 μ S/cm로 최저치를 나타내는데, 이는 빗물로 인한 유량 증가에 의해 나타난 희석 효과와 백천 주변의 논농사로 인한 영향을 받기 때문인 것으로 보인다. 탁도는 본류의 상류와 하류가 각각 평균 6.1 NTU, 5.6 NTU, 농수로는 이보다 약간 높은 평균 6.9 NTU를 나타내며, 강우나 주변 논에서 배출되는 농경 배수의 영향을 많이 받고 있다.

TOC는 본류 상류와 하류 모두 평균 2.7mg/L이고, 농수로는 이보다 높은 3.0mg/L이다. COD는 본류 상류가 평균 3.8mg/L, 하류는 3.7mg/L로 유사하게 나타나고, 농수로는 4.2mg/L로 약간 높다. 그리고 웅덩이는 TOC와 COD값이 4개 지점 가운데 가장 높다. 백천교 4개 지점에 대한 TOC와 COD 지표간의 상관 관계를 보면, 상관계수가 0.8로 상관 관계가 매우 높다. BOD는 본류의 경우 수질 환경 기준으로 볼 때 봄철에는 좋음(Ib)~보통(III)의 수질을 보이나, 강우량이 많은 6월 중순 이후부터는 1mg/L 이하로 매우 좋음(Ia)의 수질을 나타낸다. 백천에서 계절 변화에 따른 BOD값의 변화는 TOC나

COD와는 다른 양상을 보인다. 즉, 6월 중순 이후에 COD나 TOC에 비하여 BOD는 급격히 낮아진다. 그리고 6월 첫 번째 모니터링까지는 TOC와 BOD의 상관계수가 0.60이지만, 6월 두 번째부터 8월 두 번째 모니터링 기간 동안의 상관계수는 0.18로 상관 관계가 거의 없다. 이러한 결과로부터 홍수기 백천 유역에서 강우에 의해 유량이 증가하면서 오염물질이 희석되는 효과가 나타나며, 이 시기에 백천 유역으로 유입되는 오염물질의 성분에는 생분해성 물질의 양에 비해 난분해성 유기물의 양이 많을 것이라는 가능성을 추론할 수 있다.

TN은 본류 상류와 하류가 각각 평균 1.8 mg/L, 1.9mg/L이고, 농수로는 이들보다 낮은 평균 1.3mg/L이다. 웅덩이는 평균 0.3mg/L로 가장 낮다. TN은 다른 지표들에 비해 모니터링 기간 동안 시간에 따른 값의 변동이 크다. PO₄-P은 4월과 5월초 사이에는 낮다가 점차 높아지는 경향을 보이며, 본류 상류는 평균 80 μ g/L, 하류는 평균 72.8 μ g/L이고 농수로는 그보다 낮아서 38.5 μ g/L이다. 웅덩이는 평균은 100.6 μ g/L이나 최저 14 μ g/L~최고 185.6 μ g/L로 값의 변동 폭이 매우 크다.

종합하면 백천교 지점에서 계절 변화에 따라 수질 항목들의 값의 변화가 나타난다. 전반적으로 백천교 본류의 상류와 하류 지점은 수질 항목들이 거의 유사한 경향으로 변화한다. 그러나 백천으로 유입되는 농수로는 pH, EC, 탁도, 유기물 지표, 영양염류 등에서 백천 본류와는 다른 양상을 보인다. 웅덩이는 다른 3개 지점과 수질에서 차이가 많이 나고, 웅덩이 자체의 수질 변동 폭도 크다. 하천은 유역 내 토지 이용 및 산업 구조 등에 따라 오염의 경향이 다른데, 백천은 농촌 지역의 소하천으로 근처 환경조건을 고려해볼 때 생활하수보다는 인근에서 발생하는 비료와 농약, 그리고 축산폐수 등에서 배출되는 오염물질의 영향을 받고 있는 것으로 사료된다. 보다 정확한 해석을 위해서는 백천교 상류 지점에 대한 수질 모니터링이 필요하다.

WEES에서는 해당 지역의 지도나 인터넷 정보 자료를 활용하도록 한다. WEES를 적용할 때 위에서 실시한 수질 모니터링을 모두 그대로 실시하기보다는 대상 하천의 특성, 교사와 학생들의 관심과 능력, 수질 측정 여건 등을 고려하여 측정 항목과 지점, 횡수 등을 응용하는 것이 좋을 것이다. 교사나 학생들이 직접 수질을 측정하기 어려운 여건이라면 환경부에서 운영하는 물환경정보시스템(water.nier.go.kr)과 국가수자원종합정보시스템(www.wamis.go.kr) 등에서 제공하는 수질 자료를 활용하여 탐구할 수도 있다.

2. 하루 중 시간 변화에 따른 DO와 EC의 변화
백천교에서 하루 중 시간 변화에 따른 DO와

EC의 변화는 그림 4 및 그림 5와 같다. 먼저 4월에 실시한 모니터링 결과, 수온은 서서히 높아져 오후 2시경 가장 높고, 그 이후 다시 낮아진다. 각 측정 지점별로 수온의 변화 양상이 거의 일정하다. DO는 S1 지점과 S3 지점에서는 하루 중 큰 변화가 없으나 S2 지점은 12시까지 DO가 서서히 증가하다가 그 이후 서서히 낮아져서 최저 9.9mg/L, 최고 14.4mg/L로 변동 폭이 다른 지점에 비해 크다. EC 또한 S1 지점과 S3 지점에서는 하루 중 큰 변화가 없으나, S2 지점은 오후 2시까지 서서히 낮아지다가 그 이후에 증가하여 최저 235.7 $\mu\text{S/cm}$, 최고 246.3 $\mu\text{S/cm}$ 로 변동폭이 다른 지점에 비하여 크다. 이처럼 본류와 농수로에서 DO와 EC 값이 하루 중 변

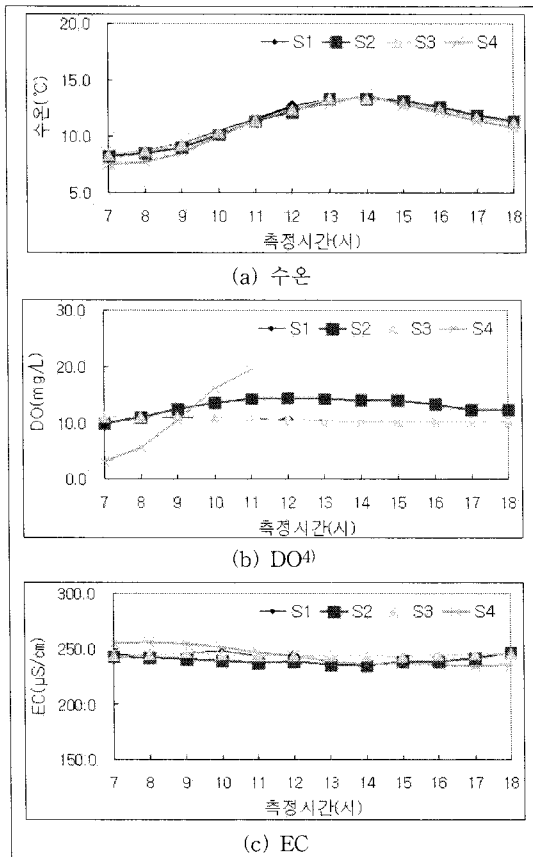


그림 4. DO와 EC 변화(2007. 4. 1)

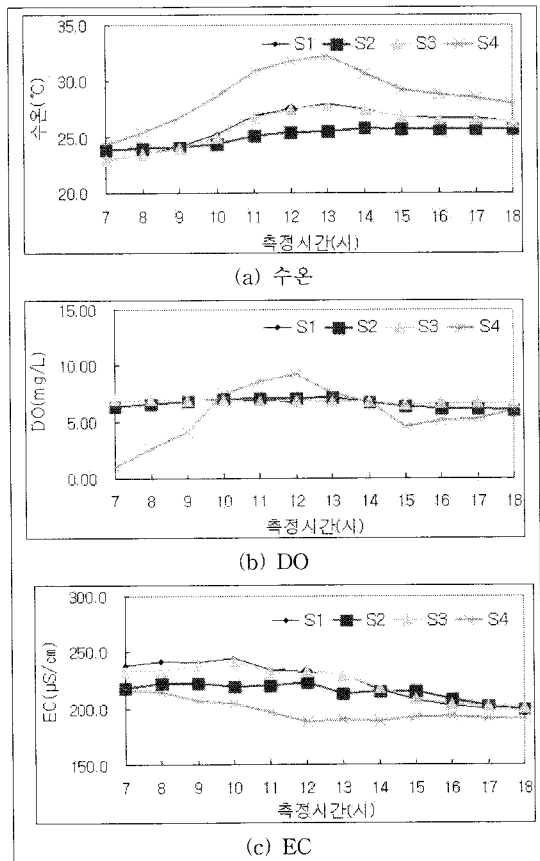


그림 5. DO와 EC 변화(2007. 8. 26)

4) 제4지점(S4)은 12시부터는 기기의 측정한계인 20mg/L을 초과하여 측정하지 못함.

화 양상에서 차이가 난다. 한 가지 주목할 것은 S4 지점 웅덩이에서 DO가 오전에 급격히 증가하여 12시부터는 YSI 55 DO meter의 측정 한계치인 20mg/L보다 높아지고, EC는 오전 7시부터 서서히 계속해서 감소하는 경향을 보인다는 점이다. 이처럼 웅덩이에서 DO가 높아지고 EC가 낮아지는 것은 웅덩이 속 조류로 인해 물속 이온성 물질의 양이 감소하고 광합성 결과 산소가 방출되었기 때문인 것으로 보인다.

8월에 실시한 모니터링 결과, S1~S3 지점은 하루 중 DO의 변동이 거의 없다. 그러나 S4 지점에서는 4월과 마찬가지로 용존산소가 12시까지 급격히 높아졌다가 그 이후 서서히 감소하는 경향을 보인다. 유량이 증가하는 오전 10시 이후부터 EC 값이 낮아지는데, 이는 대청호에서 방류된 물이 백천에 공급되면서 EC에 영향을 주었기 때문인 것으로 보인다. 현장 답사 및 한국농촌공사 충북본부 담당자와의 면담⁵⁾에 의하면 4월 1일에는 대청호 용수가 백천에 공급되지 않았고, 8월 26일에는 공급되었다. 백천에 흐르는 물의 근원과 유량은 계절별, 시간별로 달라지는데, 대청호 물을 공급하는 시기에는 백천교 지점에서 오전 10시경부터 오후 8시경까지는 대청호의 물이 흐르지만, 오후 8시경부터 다음날 오전 9시경까지는 대청호 물이 공급되지 않고 있는 상태이다(한국농촌공사 충북본부, 2007).

종합하면 본류, 농수로, 웅덩이는 지리적으로 인접해 있으나, 하루 중 수질 변화 양상에서 많은 차이를 보인다. 특히, 본류는 하루 중 DO 변동이 거의 없으나 웅덩이는 DO의 변동폭이 더 크다. 웅덩이에서는 DO가 4월과 8월 모두 오전에 급격히 증가하고, 8월에는 오후에는 다시 낮아지는 경향을 보인다. 그리고 대청호에서 물이 유입되지 않는 4월에는 하루 중 EC의 변화가 적었으나, 본류와 농수로 모두 대청호 물이 백천 유역으로 공급되는 8월에는 시간이 지나면서 EC가 점점 낮아지는 경향을 보인다. 외부에서의 인위적인 물 공급과 같은 인간 활

동에 의해 물 순환 과정에 변화가 나타나고, 해당 하천의 수질에도 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다.

흔히 수질 모니터링에서는 계절에 따른 수질 변화를 주로 다루지만, 하루 중에 일어나는 수질 변화에 대한 탐구는 비교적 짧은 시간 동안 일어나는 수질 변화와 그에 영향을 주는 요인에 대한 탐구 기회를 제공한다. 류재홍과 이두곤(2006)은 DO 미터를 이용해서 시간 경과에 따른 수돗물의 DO 농도 변화를 측정하는 물 환경 탐구모형을 제시한 바 있다. 본 연구에서의 DO와 EC의 하루 중 수질 모니터링 결과는 WEES에서 참여자에게 백천에 대한 배경 정보와 지식뿐만 아니라, 물 환경에 대한 다양한 문제의식과 탐구의 소재를 제공하여 물 환경 탐구의 새로운 방법을 모색하게 한다. 이 방법을 다양한 형태로 변형하여 모의실험 등 학교 안에서 활용하는 것도 가능하다.

3. 백천 유역 6개 지점에 대한 수질 모니터링

WEES는 소하천을 대상으로 하므로 큰 하천에 비하여 접근성이 좋고 규모면에서 프로그램 참여자가 유역의 전체적인 모습을 그리는 것이 용이하고, 유역 내에서의 관련 변인을 보다 쉽게 파악할 수 있는 장점이 있다(김정화·이두곤, 2007). 그리고 작은 규모의 하천도 많은 지류로 구성되어 있으며, 그 지류마다 다양한 특성을 지니고 있기 때문에 소하천은 물 환경에 대한 폭넓은 이해를 위한 환경교육의 소재와 장소로 충분하다. 따라서 이 연구에서는 WEES를 적용하기 위해 백천 본류뿐만 아니라 지류까지 탐구의 대상으로 하였다. 백천 유역 6개 지점에 대한 모니터링 결과는 그림 6과 같다.

백천 유역 6개 지점(등등이(P1), 안심(P2), 산막(P3), 갈원교(P4), 행산교(P5), 백천교(P6))에 대한 측정은 오전 9시경부터 오후 1시경까지 P1 지점부터 P6 지점으로 이동하며 진행되었는데 시간이 흐르면서 기온이 상승하고, 그에 따라

5) 2007년 7월과 8월 사이에 3차례에 걸쳐 한국농촌공사 충북본부 담당자와 면담하였음.

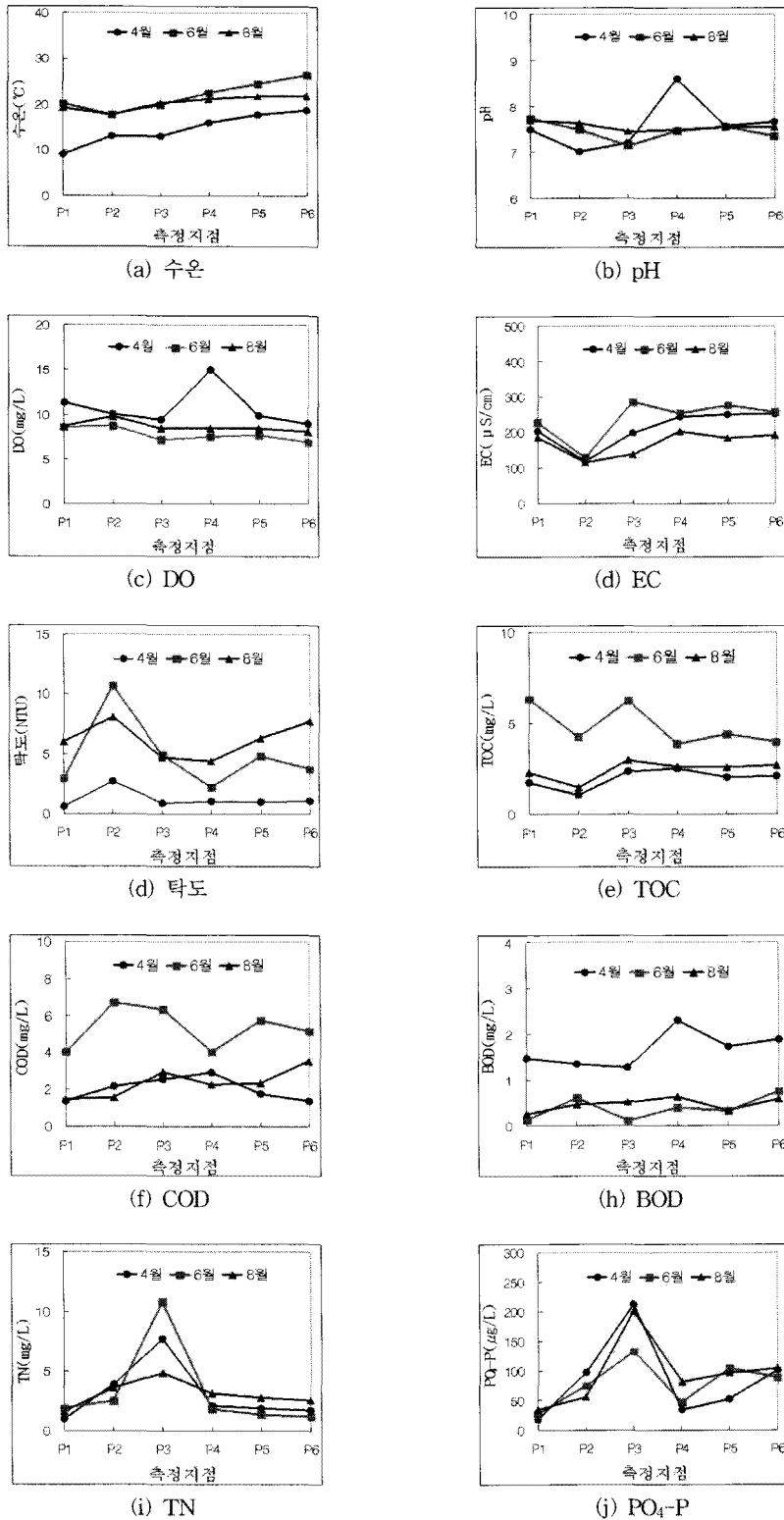


그림 6. 백천 유역 6개 지점 수질 모니터링

수온도 상승한 것으로 보인다. pH는 최저 7.0에서 최고 8.6을 나타내고, P4 지점의 pH가 다른 지역보다 높다. 모든 측정지점에서 DO는 수온과 반비례하는 경향을 보인다. 수온이 가장 낮은 4월에 DO는 가장 높으며, 수온이 가장 높은 6월에 DO가 가장 낮다.

백천 유역 6개 지점의 EC는 $115.0 \sim 276.6 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 오염되지 않은 깨끗한 자연 상태라기보다는 인간 활동의 영향을 어느 정도 받고 있는 것으로 나타났다. 발원지에 인접한 P1~P3 지점과 비교할 때 백천 중하류에 해당하는 P4~P6 지점의 EC가 높으며, 상류에서 하류로 갈수록 EC값이 높아지는 경향을 보인다. 이처럼 EC는 인간 활동에 민감한 수질 지표(심정은·이두곤, 2008)로 특정 지점에서의 물 환경 탐구뿐만 아니라 상류에서 하류로 이동하면서 수질 변화를 측정하며, 인간 활동의 축적된 영향을 추론할 수 있어서 환경교육적으로 활용 가치가 높은 수질 지표이다. 그리고 EC를 통해 물에 포함된 이온성 물질의 정도를 파악할 수 있는데, 백천에서도 두 물줄기가 합류될 때, 합류 후의 EC가 합류 전 두 물의 EC의 가중 평균 값을 보이는 경향(심정은·이두곤, 2008)이 잘 나타난다. EC가 평균 $120.2 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 매우 낮은 P2 지점이 탁도는 다른 지점보다 높아서 평균 7.2 NTU를 나타낸다. 그 이유는 P2 지점 채수 위치가 바닥이 매우 고운 진흙으로 되어 있는 지질 특성을 가진 곳이어서 채수할 때 바닥의 침전물이 쉽게 부유할 수 있기 때문인 것으로 보인다.

P3 지점은 $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 평균 $201.4 \mu\text{g}/\text{L}$ 로 다른 지점들보다 영양염류의 농도가 높으며, TN이 역시 평균 $7.8\text{mg}/\text{L}$ 로 또한 다른 지점보다 높다. 이는 주변의 토지 이용과 관련성이 깊을 것으로 사료된다. P3 지점 주변에는 인삼밭과 고추밭 등이 인접해 있는데, 현장 답사할 때 하천에 버려진 농약병과 비료 봉투가 관찰되었고, 6월 현장 답사 때는 하천 바로 옆 논에 농약을 치는 모습도 관찰할 수 있었다. P3 지점에서는 지하수를 퍼 올려서 농업용수로 사용하며, 논에

서 방류된 물을 하천으로 보내고 있었다. P3 지점에 흐르는 유량은 적는데, 주변 논과 밭에서 방류된 물이 상대적으로 많이 유입되어 있어서 농사로 인한 인간 활동의 영향을 많이 받고 있는 것으로 보인다. 반면, P1 지점은 $\text{PO}_4\text{-P}$ 와 TN이 다른 지점과 비교하여 가장 낮는데, 이는 주변에 논이나 밭 등이 없고 도로와 비교적 멀리 떨어져 있어서 인위적인 오염물질의 유입이 적기 때문일 것이다. 백천 중하류에 해당하는 P4~P6 지점으로 내려가면 TN은 감소하고, $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 증가하는 경향을 보인다.

이처럼 하나의 유역을 형성하는 지류들도 그 주변의 지질 특성과 같은 자연환경과 토지이용과 같은 인간 활동의 영향으로 서로 다른 수질 특성을 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

WEES는 프로그램 참여자(교사와 학생)가 물 환경에 대해 환경적 관점에서 탐구 활동을 하는 환경교육 프로그램이면서, 교사가 학생들이 자기 지역의 환경을 소재로 탐구 활동을 잘 할 수 있게끔 가르치는 것을 돕기 위한 교사 전문성 개발 프로그램이다. 선행 연구(김정화·이두곤, 2007)에서 WEES의 구조적 틀을 마련하였고, 본 연구에서는 WEES가 환경학적 탐구의 성격이 잘 반영된 좋은 환경교육 프로그램으로 창출되는 것을 목적으로 사례 소하천인 백천에 대하여 환경학적 탐구를 수행하였다.

먼저 지도와 관공서, 물 환경 관련 홈페이지에서 제공하는 환경 정보를 수집하여 유역의 경계와 수계, 산업 구조, 물 이용 등에 관한 백천 유역의 특징을 파악하였다. 그리고 WEES의 현장 탐사 지점인 백천교와 함께, 백천에 대한 보다 총체적인 이해를 위해 백천교 상류 지점에 대해 현장 조사와 실험 연구를 실시하였다. WEES는 유역 개념에 초점을 맞추어 하천을 탐구하는데 유역 내에서 자연환경과 인간 활동의 영향은 수질에 반영이 되므로, 하천의 수질은 유역의 환경을 이해하고 유역 안의 인간 활동

의 영향을 추론할 수 있는 근거가 된다. 따라서 물 환경 탐구에서 수질 모니터링은 단순히 수질 정보를 얻는 것뿐만 아니라 대상 유역의 수질에 영향을 주는 자연환경과 인간 활동을 살펴볼 수 있다는 점에서 환경교육적 의미와 가치가 있다. 이 연구에서 수질 모니터링은 크게 세 가지로 나뉘어 수행되었다. 첫째, 충북 청원군 부용면 산수리 백천교 지점에서 2007년 3월부터 8월까지 월 2회씩 총 12회에 걸쳐 수온, pH, DO, EC, BOD, COD, TOC, TN, PO₄-P, 탁도 항목을 모니터링하였다. 둘째, 백천교 지점에서 2007년 4월 1일과 8월 26일 오전 7시부터 오후 6시까지 한 시간 간격으로 하루 중 DO와 EC의 변화를 모니터링하였다. 셋째, 백천 유역의 수질 특성과 인간 활동의 영향 등 유역적 특성을 이해하기 위해서 2007년 4월부터 8월까지 두 달 간격으로 총 3회에 걸쳐 백천교와 함께 백천교 상류의 5개 지점에 대해 모니터링하였다.

연구 결과, 백천은 공간적으로 비교적 좁은 범위내에서도 다양한 수생태계와 수질 특성을 탐구하는 것이 가능하였다. 백천은 농촌지역을 흐르는 소하천으로 계절 변화와 지질 특성과 같은 자연환경, 그리고 주변의 토지 이용과 같은 인간 활동의 영향을 받아 수질 특성이 다르게 나타났다.

첫째, 백천교 지점에서는 백천 본류의 상류, 농수로, 하류, 웅덩이의 4개 측정지점별로 6개월간 시간 변화에 따라 수질 항목의 변화 양상을 파악할 수 있었다. 백천교 본류의 상류와 하류 지점은 수질 항목 값이 거의 유사하였으나, 백천으로 유입되는 농수로는 pH, EC, 유기물 지표, 영양염류 등에서 백천 본류와는 다른 양상을 보였다. 웅덩이는 다른 3개 지점과 수질에서 차이가 많이 나고, 수질 변동의 폭도 컸다. 하천은 유역 내 토지이용 및 산업 구조 등에 따라 오염의 경향이 다른데, 백천은 농촌 지역의 소하천으로 근처 환경조건을 고려해볼 때 생활하수보다는 하천 인근에서 발생하는 비료와 농약, 그리고 축산폐수 등에서 배출되는 오

염물질의 영향을 받고 있는 것으로 사료된다.

둘째, 본류, 농수로, 웅덩이는 지리적으로 인접해 있으나 하루 중 수질 변화 양상에서 많은 차이를 보인다. 특히, 본류는 하루 중 DO 변동이 거의 없으나 웅덩이는 DO의 변동 폭이 매우 크다. 그리고 대청호에서 물이 유입되지 않는 4월에는 하루 중 EC의 변화가 적었으나, 본류와 농수로 모두 대청호 물이 백천 유역으로 공급되는 8월에는 시간이 지나면서 EC가 점점 낮아지는 경향을 보여 외부에서의 인위적인 물 공급과 같은 인간 활동에 의해 물 순환 과정에 변화가 나타나고, 해당 하천의 수질에도 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. DO와 EC의 하루 중 수질 변화 모니터링은 비교적 짧은 시간동안 일어나는 수질 변화와 그에 영향을 주는 요인에 대한 탐구 기회를 제공한다. 그리고 WEES 참여자에게 백천에 대한 배경 정보와 지식뿐만 아니라, 물 환경에 대한 다양한 문제의식과 탐구의 소재를 제공하여 물 환경 탐구의 새로운 방법을 모색하는데 도움을 줄 것이다. WEES를 적용할 때 다양한 형태의 물 환경 탐구 방법을 활용할 수 있다.

셋째, 백천 발원지부터 백천교 지점까지의 6개 지점에 대한 탐구 결과, 백천에서 공간 변화에 따라서 지질 특성과 같은 자연환경과 함께 하천 주변의 도로, 논과 밭 등의 토지이용, 용수공급 등의 인간 활동이 백천의 수질에 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. P1 지점은 영양염류가 가장 낮았는데, 이는 주변에 논과 밭이 없고 도로와 비교적 멀리 떨어져 있어서 인위적인 오염물질의 유입이 적었기 때문인 것으로 보인다. 반면, P3 지점은 영양염류의 농도가 다른 지점보다 높았는데, 농지와 인접해 있고 하천에 흐르는 유량은 적은데, 주변 논과 밭에서 방류된 물이 상대적으로 많이 유입되어서 농사로 인한 인간 활동의 영향을 많이 받고 있었다. P2 지점은 EC는 가장 낮았으나, 하천이 진흙 바닥으로 되어 있는 지질 특성상 탁도는 다른 지점보다 높았다. 백천 유역 6개 지점에서 EC는 두 물질기가 합류될 때 합류 전 두 물

의 가장 평균 값이 잘 나타났고, 상류에서 하류로 가면서 EC값이 높아지는 경향을 보였다. 작은 규모의 하천도 많은 지류로 구성되어 있으며, 그 지류마다 다양한 특성을 지니고 있기 때문에 소하천이 물 환경에 대한 폭넓은 이해를 위한 환경교육의 소재와 장소로 가치가 있음을 보여주었다.

본 연구는 WEES가 구현되고 적용되는 장소에 이해를 넓히는 것뿐만 아니라, WEES가 실제 하천을 대상으로 구현, 적용하는 과정을 구체화하고 질적으로 향상시키기 위한 시사점을 얻는 것에 더 큰 의미를 가진다. 이러한 연구 방법과 결과는 WEES를 백천이 아닌 다른 하천에 대해 적용할 때에 활용할 수 있는 한 가지 모형이 될 수 있다. 그리고 본 연구에서처럼 탐구적인 환경교육 프로그램의 개발과 적용에 있어서 프로그램 적용에 앞서 교사(또는 연구자)가 환경학적 탐구를 깊이 있게 수행하는 것은 환경교육 프로그램 개발 연구에서 의미 있는 연구 방법이 될 수 있다고 사료된다. 백천에 대한 이러한 탐구는 WEES의 교육과 그 탐구 과정을 보다 의미 있고 심도 있게 하며, 환경학적 탐구의 성격이 잘 반영된 좋은 환경교육을 창출하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

이 연구에서는 수질 모니터링 자료를 분석하여 과학적인 논의만 한 것이 아니라, 이러한 자료를 바탕으로 환경과 인간 활동의 관계를 깊은 의미로서 이해하고 환경교육 프로그램에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 이러한 접근은 과학적 탐구와 통찰적 탐구를 함께 추구하는 ‘환경교육을 위한 환경학’의 본질을 이 연구에서 추구하고 어느 정도 구현했다는 점에서 학술적 의미가 있다. 그러나 이러한 접근의 통찰적 연구는 이제 모색 단계이며, ‘탐구 중심 환경교육’ 이론과 ‘환경교육을 위한 환경학(이두곤, 2006a)’에 토대를 둔 환경학적 탐구를 이용한 연구는 환경교육의 정체성 추구와 질적 발전을 위해 모색할 만한 중요한 과제로 생각되므로 이와 관련한 후속 연구가 더 많이 수행되기를 제언한다.

참고문헌

1. 강창동, 최석진, 이두곤, 정철, 이동엽, 윤석희 (2006). 중·고등학교 환경 선택과목 교육 과정 개정 시안 연구 개발, 한국교육과정평가원.
2. 교육과학기술부 (2007a). **한문, 교양 선택 과목 교육 과정**, 대한교과서주식회사.
3. 교육과학기술부 (2007b). **중학교 교육 과정**, 대한교과서주식회사.
4. 교육과학기술부 (2009). **중학교 선택과목 교육 과정**, 대한교과서주식회사.
5. 김이형, 이선하 (2005). 주자창 및 교량지역의 강우유출수내 비점오염물질의 특성 비교 및 동적 EMCs, **한국물환경학회지**, **21(3)**, 248-255.
6. 김정화, 이두곤 (2007). 소하천 물환경교육 프로그램 개발 -ENVISION을 중심으로-, **환경교육**, **20(4)**, 12-26.
7. 남상준 (1995). **환경교육론**, 대학사.
8. 류재홍, 이두곤 (2006). DO 미터를 활용한 탐구중심 물 환경교육 프로그램 개발 -용존 산소 측정 활동-, **환경교육**, **19(2)**, 96-107.
9. 선혜진 (2010). 물 환경 탐구의 기본 단위로써 유역개념의 의미와 유역 특성을 반영하는 수계 유기물 지표에 관한 연구, 한국고원대학교 석사학위논문.
10. 심정은, 이두곤 (2008). 탐구중심 환경교육을 위한 전기전도도의 환경교육적 가치, **2008년 한국환경교육학회 하반기 학술대회 발표논문집지**, 42-51.
11. 여중현, 김건하 (2005). 도시, 농촌 및 임야 유역으로부터 배출되는 비점원 오염부하의 특성비교, **한국물환경학회지**, **21(2)**, 184-189.
12. 이두곤 (2006a). 탐구 중심 환경교육의 개념과 의미, **환경교육**, **19(1)**, 80-89.
13. 이두곤 (2006b). 유역 개념을 중심으로 한 탐구 기반의 물 환경교육 모형에 관한 연구 -ENVISION 프로그램을 중심으로-, **환경교육**, **19(3)**, 150-164.

14. 진영훈, 박성천 (2006). 영산강 유역 도시지역의 비점오염원 배출 특성에 관한 연구, **한국물환경학회지**, 22(4), 605-613.
15. 최규철, 권오익, 김용대, 김용환, 이우식, 이징연, 전세진, 정수경 (2001). 수질오염공정시험방법주해, 동화기술.
16. 최돈형 (2006). 우리나라 학교 환경교육 10년의 회고와 전망, 2006년 한국환경교육학회 하반기 학술대회 발표논문집, 3-23.
17. 최석진, 이두곤, 정철, 이동엽, 윤석희 (2007). '2007 개정' 중·고등학교 '환경'과 교육과정 개발의 과정과 고시된 결과에 대한 고찰, **환경교육**, 20(2), 108-122.
18. APHA, AWWA, & WEF (1995). *Standard Methods for the Examination on Water and Wastewater*, 19th ed, APHA.
19. National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, Washington, DC: National Academy Press.
20. National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for Teaching and Learning*, Washington, DC: National Academy Press.
21. Piaget, J. (1970). *Genetic Epistemology*, New York: Columbia Press.
22. Shepardson, D. P., Harbor, J., Bell, C., Meyer, J., Leuenberger, T., Klagges, H. & Burgess, W. (2002). Envision: Inquiry-based environmental science, *Science Scope*, 26(2), 28-31.
23. Shepardson, D. P., Harbor, J., Bell, C., Meyer, J., Leuenberger, T., Klagges, H. & Burgess, W. (2003). ENVISION : Teachers as environmental scientists, *Journal of Environmental Education*, 34(2), 8-11.
24. Shepardson, D. P. & Harbor, J. (2005). *ENVISION : an Environmental Science Institute for Teachers*, Purdue University.
25. Stapp, W. B., Wals, A. & Staukoub, S. L. (1996). *Environmental Education for Empowerment: Action Research and Community Problem Solving*, Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Co.
26. Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language*, A. Kozulin (Ed), Cambridge, MA: MIT Press.
27. 충청북도 보건환경연구원 (2007). <http://here.cb21.net>
28. 충청북도 청원군청 (2007). <http://old.puru.net>
29. 한국농촌공사 충북본부 (2007). <http://chungbuk.ekr.or.kr>
30. ENVISION (2007). <http://www.eas.purdue.edu/geomorph/Envision>
31. 국가수자원종합정보시스템 (2010). <http://www.wamis.go.kr>
32. 물환경정보시스템 (2010). <http://water.nier.go.kr>

2010년 12월 7일 접수
 2010년 12월 27일 심사완료
 2010년 12월 29일 게재확정