학교 환경교육을 위한 하천 수질 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 SimRiver의 활용

이정호[1] · 정철[1,†] · 권난주[2] · 김영주[1] · 박혜경[1] · Shigeki Mayama[3] · Kazuhiro Katoh[4] · Hiroshi Ohmori[3]

[1]대구대학교 · [2]경인교육대학교 · [3]Tokyo Gakugei University · [4]The University of Tokyo

Trial of Educational Computer Simulation Software 'SimRiver' for Assessment of River Water Quality for Environmental Education in Schools

Jung Ho Lee[1] · Cheol Cheong[1,†] · Nan Joo Kwon[2] · Young Ju Kim[1] · Hye Gyeong Park[1] · Shigeki Mayama[3] · Kazuhiro Katoh[4] · Hiroshi Ohmori[4]

[1]Daegu University · [2]Gyeongin National University of Education · [3]Tokyo Gakugei University · [4]The University of Tokyo

ABSTRACT

SimRiver, computer simulation software for assessment of river water quality is an educational simulation software created for studying the relationship between human activity and river environment using epilithic diatom communities. The SimRiver program was applied to total seventy eight teachers of elementary, middle and high schools in Korea, and the teachers' reactions were analyzed with the questionnaire survey. Total 79.2% of the teachers estimated the possibility of SimRiver to be applied as a educational material in lessons is high. Especially total 93.6% of the teachers answered that they will use SimRiver in their lessons. The results of the questionnaire survey indicate that SimRiver is an interesting and easy simulator of alternative field exercise for students to understand the relationship between human activity and quality of river water.

Key words **: SimRiver, computer simulation, river environment, environmental education, water quality**

Ⅰ. 서 론

학습자가 환경에 대해 통합적으로 사고하고 이해할 수 있도록 하기 위해서는, 환경 관련 주제의 학습을 통하여 다양한 환경 체험 학습 기회를 가지도록 해야 하며, 학생들의 환경 친화적 태도와 자기 주도적인 합리적 의사 결정력과 문제 해결력을 기를 수 있도록 강의, 조사, 토론, 의사 결정, 가치 탐구, 실험 실습, 인터넷 활용, 드라마, 역할놀이, 모의놀이, 사례 연구 등 다양한 교수 · 학습 방법을 활용하여야 한다(교육인적자원부, 2007). 최석진 등(2007)은 환

† Corresponding Author : e-mail : cheong@daegu.ac.kr, Tel : +82-53-850-6953, Fax : +82-53-850-6959

경에 대하여 총체적이고 통합적인 관점으로 교육 내용을 구성하고, 탐구적인 체험 학습 중심의 교수·학습 방법을 활용하는 것을 강조하였다. 최근 개정된 2009 개정 환경과 녹색성장 교육과정에서는 조사, 토의·토론, 쟁점 탐구, 실험·실습, 인터넷 활용, 역할극, 게임 등 학생들 사이의 협력과 상호작용을 촉진하는 교수학습 방법을 사용하여 환경 쟁점의 사회·경제적 맥락을 이해할 수 있는 통합적 사고력을 기를 수 있도록 제시하고 있다(교육과학기술부, 2010).

하천 환경 분야에서도 학습자들의 체험 학습 기회를 제공하기 위하여 야외 관찰이나 조사 등의 방법을 통하여 하천의 생물과 생태에 대한 관심을 가지게 하기 위한 노력들이 이루어지고 있는데(Mayama *et al*., 2008; 정만우, 2008; 조국연, 2010), 하천 환경에 대한 관심을 높이기 위해서는 학습자의 일상생활과 연계된 교육이 무엇보다도 중요하다. 교육과학기술부(2009)에서는 자기 지역의 환경 탐구와 자기주변의 환경문제를 인식하여 환경 문제 해결에 적극 참여하는 것을 강조하고 있다. 이러한 점에서 수생생물을 이용한 하천 수질 조사 방법은 학습자가 생활하는 지역과 직접적인 연관성이 있으므로 탐구적인 체험학습을 통한 통합적 사고력을 기르는데 효과를 기대할 수 있다. 또한 하천에서의 체계적인 체험환경교육은 학생들의 환경감수성 증진에 많은 영향을 줄 수 있다(정만우, 2008).

그러나 실제 하천에서 수생생물을 이용한 관찰과 조사의 경우에는 교과서나 관련 문헌의 내용과는 달리 너무 많은 종류의 생물이 출현하는 등 의외의 상황을 접하게 되는 경우가 많고, 교사가 생물 분류나 생태 관찰·조사법, 특히 조사 결과의 정리나 분석에 있어 전문 지식과 경험을 가지고 있지 않으면, 초기에 설정한 학습의 목적과는 다른 체험을 하게 되는 등 교육적으로 기대 이하의 결과가 초래되는 경우가 많다(Mayama *et al*., 2008). 또한 수업 시간 내 학교 밖에서 관찰 조사를 행하는 것은 실제로 어려우며, 결국 이 때문에 생물에 의한 하천 수질 조사는 정규 수업 시간 보다는 동아리 활동이나 수행 평가로 진행되는 경우가 더 많다. 그러나 이마저도 실제 행해지기에는 우리나라 교육 여건 상 매우 어려운 것이 사실이다. 더욱이 야외에서의 생물 관찰과 조사는 날씨나 그 밖의 여러 요인에 의하여 그 성공 여부가 크게 영향을 받게 되어 처음 의도했던 교육 목적을 달성하지 못 하는 경우 또한 문제이다.

하천 환경교육이 소기의 교육 목적을 달성하기 위해서는 교사의 교수 능력이 향상되어야 하지만, 정작 교사들이 활용할 수 있는 환경교육과 관련된 교수 학습 자료의 개발과 보급은 미흡한 실정이다(최돈형, 2006). 더욱이 하천에서의 환경교육을 실시하는 학교가 매년 증가하는 추세에 있으나 하천 환경에 단순히 접촉하는 기회만 제공하는데 그치고 있어 학생들이 하천 환경에 대해 체계적이고 통합적으로 경험할 수 있는 체험환경교육은 거의 이루어지지 않고 있으며(정만우, 2008), 또한 교사가 자기 지역의 환경을 소재로 하여 학생들을 탐구적으로 가르치는데 도움을 줄 수 있는 프로그램은 거의 개발되어 있지 않은 상황이다(김정화와 이두곤, 2007).

이러한 문제를 해결하고 학생들에게 환경에 대한 중요성을 일깨워 주기 위한 노력으로 새로운 교수학습 방법과 교재개발에 많은 관심이 집중되고 있다(차민정 등, 2010; Nakamura *et al*., 2008; Mayama *et al*., 2008, 2009). 특히 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 교재는 교실 수업 등 실물 관찰이 곤란한 상황에서도 가시화된 가상적 체험을 제공하기 때문에 학습자의 탐구적인 체험 학습이 가능할 뿐만 아니라 시·공간의 제약을 극복 할 수 있으며, 학습자의 개인별 요구에 기초한 정보 제공이 가능하여 환경문제에 대한 학습자 주도의 학습 효과를 기대할 수 있다(차정호, 2003; Mayama *et al*., 2008).

이에 따라 저자들은 하천에 사는 생물을 이용하여 인간 활동과 하천 수질의 상호 관계를 평가하기 위한 하천 환경 시뮬레이션 프로그램인 SimRiver 한국어판을 개발하였다. SimRiver는 돌말을 이용한 하천의 수질을 평가하기 위

한 교육용 시뮬레이션 소프트웨어로, 학생들이 쉽게 사용할 수 있도록 돌말에 대한 기초 지식과 프로그램 사용 방법 등을 제시하였으며, 궁극적으로 학생들에게 인간 활동, 하천의 수질, 하천에 사는 돌말의 상호 관계에 대한 이해를 증진시키는 데 그 목적이 있다. 이 연구에서는 저자들이 개발한 하천 환경 시뮬레이션 학습 교재인 SimRiver의 소개와 초·중·고등학교 교사를 대상으로 학교 환경교육에서의 활용 가능성을 알아보았다.

Ⅱ. SimRiver 프로그램에 대한 고찰

1. SimRiver 프로그램의 개요

하천은 환경교육장으로서 공공성, 접근성, 교육적 잠재성, 환경교육의 필요성 측면에서 환경교육장으로서 중요한 의미를 갖는다(금상곤과 이두곤, 2002). 이러한 관점에서 하천은 비교적 공공적인 성격도 가지고 있으며 자연 환경이 풍부하여 자연 관찰 학습이나 체험 학습을 통하여 교육적 효과를 높일 수 있어 교육적 잠재력이 높은 곳으로서(정만우, 2008), 환경교육을 위한 장소로서 중요한 의미를 가질 수 있다. 하천 환경 시뮬레이션 학습 교재인 SimRiver 프로그램은 돌말을 이용한 하천의 수질상태를 확인할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 소프트웨어로서, 프로그램을 통하여 인간의 활동과 하천의 수질관계, 하천에 사는 돌말의 상호관계에 대한 이해를 증진하고자 개발되었다. 구체적으로 이 프로그램은 학교 현장에서 학생들의 하천 수질 오염에 대한 현장감 있는 교육을 제공하기 위하여 제작되었다.

하천에 서식하는 생물은 수질오염 상태에 의해 그 종의 구성이 변화하는데, 그 중에서도 돌말의 종구성은 하천에서 수질오염 진행 상태에 따라 민감하게 영향을 받는다는 것이 많은 연구에서 확인된 바 있다(Lange-Bertalot, 1979; Kobayasi & Mayama, 1982, 1989; Mayama & Kobayasi, 1984; Watanabe & Asai, 1990). 돌말은 규산질로 된 단단한 껍질인 단세포의 생물로, 종의 다양성은 매우 높으며 지구상에서 이루어지는 광합성의 약 1/4을 담당하고 있는 것으로 알려져 있다. 생태계의 생산자로서 중요할 뿐만 아니라 수질 환경에 대한 지표 생물로도 중요한 생물이다. 그런 이유로 돌말의 종조성과 수질과의 관계는 환경과 생물상의 관계를 실제적으로 체험하는 데 있어 좋은 소재가 될 수 있다. 그러나 돌말을 관찰 가능한 상태로 변경하기 위해서는 어느 정도의 전문 기술이 요구되며, 더욱이 현미경을 통한 돌말의 관찰과 동정에는 분류학적 전문지식이 필요하기 때문에 학교현장에서 활용하기에는 어려움이 있다.

돌말을 이용한 하천의 수질 판정은 일본의 도쿄환경국 등에서 장기간에 걸쳐 사용되어 온 생물학적 수질 판정법으로(정철 등, 2010), 장기간에 걸쳐 수집한 수질과 돌말의 관계에 대한 데이터에 근거하여 인간 활동이 하천의 수질에 미치는 영향을 돌말군에 따라 판정할 수 있도록 고안한 방법이다.

SimRiver 프로그램은 실제 하천 수질 환경 조사를 대신하여 학습자들로 하여금 컴퓨터의 시뮬레이션에 의하여 가상 체험을 하고, 생물 지표에 의한 하천 수질 환경을 평가하는 ICT 활용 기반 학습이다. 학습자는 유역 환경의 설정에서부터 수질 결과 도출까지의 전 과정에 직접 참여하게 되므로, 학습자 스스로 환경에 대하여 탐구하고 경험하며 과학적 지식을 형성하게 된다. 또한 학습자가 생활하는 지역 하천의 환경을 적용해 봄으로써 실제 유역 환경 생태를 이해하는데 도움을 줄 수 있으며, 나아가 지역사회의 환경문제와 쟁점에 대하여 관심과 이해를 높일 수 있다.

SimRiver 프로그램은 현재 웹 페이지[1]에서 직접 실행하거나 다운 받아서 사용할 수 있으며, 수업 과정 중에 이용하는 웹사이트의 시청각 자료들은 학생들의 하천 환경 이슈에 대한 다양한 생각과 관점들을 비교할 수 있는 능력을 향상시킬 수 있다(정철 등, 2010).

1) http://www.u-gakugei.ac.jp/~diatom/

2. 가상 체험을 위한 SimRiver 프로그램 사용법

SimRiver 프로그램은 수질예측 모델과 종조성 모델, 모델 관찰표본, 디지털 돌말 도감, 수질평가용 계수표 등으로 구성하였다.

수질예측 모델은 화면에 표시된 기본 모델에 학습자가 직접 조건을 설정하여 입력하는데, 먼저 3단계로 나뉘어져 있는 난이도 중에서 한 가지를 선택한다(그림 1). 다음 단계로 하천 유역에 대한 환경을 설정하는데(그림 2), 하천의 토지 이용과 인구 분포, 하수처리장의 유무, 채집 장소와 계절 등을 인터페이스를 활용하여 임의적으로 설정한다(그림 3). 종조성 예측 모델은 실제 하천에서 조사된 데이터를 기초로 한 "부착 돌말 군집 종 조성 변동 모델"(Katoh, 1991)을 기반으로 만들어 졌으며, 학습자가 임의로 설정한 환경 조건에 의해 나타날 것으로 예상되는 군집 종에 대한 조성을 추정하여 돌말 개체수의 결과를 나타낸다.

설정된 환경 조건에 따라 나타나는 모델의 관찰 표본은 그림 4에서와 같이 실제 현미경 상으로 관찰되는 상황을 연출한 것으로, 돌말의 현미경 사진을 컴퓨터 화면에 나타낸다. 학습자는 화면에 나타난 돌말을 동정하고 어느 종이 몇 개체 있는지를 기록한다. 모델 관찰표본 상에 표시된 전체 돌말을 동정한 후에는 이를 기초로 수질평가 작업을 진행하게 된다.

설정된 값은 수질예측 모델에 입력되어 해당 조사 지점의 수질 상태와 물 속 생태계 등의 상황이 결정된다.

학습자 대부분은 실제 돌말을 관찰해 보거나 동정한 경험이 거의 없기 때문에 디지털 돌말 도감을 제공하였다. 모델 관찰표본 화면에서 학습자가 특정 돌말을 선택하면, 이 돌말이 포함된 돌말 도감 화면이 열리도록 하여 학습자의 종 동정을 도울 수 있도록 하였다. 이 단계는 동정한 돌말이 맞는지를 확인하는 기능으로 모델 관찰표본 화면에 임의의 돌말을 선택한 후 돌말 도감 화면에 그 돌말종이라고 생각되는 것을 선택하면 정답 유무가 표시된다. 모델 관찰표본 상에 표시된 전체 돌말을 동정한 후

그림 1. SimRiver의 수질예측 모델의 조사 조건 설정

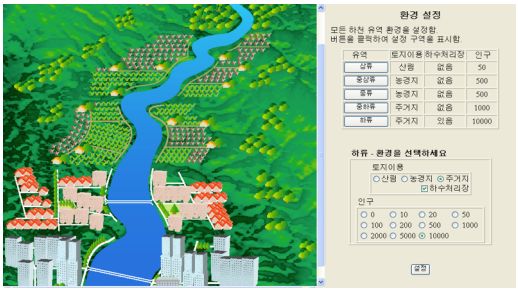

그림 2. 상류부터 하류까지의 유역 환경 설정(단계 3의 경우)

그림 3. 채집 장소와 계절의 설정

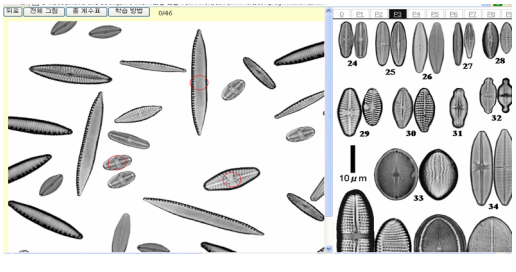

그림 4. 모델 표본의 가상 현미경 관찰 화면(왼쪽)과 디지털 돌말 도감(오른쪽)

에는 이를 기초로 수질평가 작업을 진행하게 된다.

3. 돌말 관찰표본을 사용하여 하천 환경을 평가하는 방법

SimRiver 프로그램을 이용한 하천 환경의 수질 평가 방법은 두 가지로 구분할 수 있는데 개체수에 따른 생태군 구분 방법과 오염지수 산출 방법이 있다. 개체수에 따른 생태군 구분 방법은 학습자가 임의로 유역 환경을 설정하고 나타난 결과인 돌말 군집의 개체수로부터 하천의 오염정도를 확인할 수 있으며, 3단계의 생태군으로 구분된다. A 생태군은 심한 오염에 잘 견디는 종의 그룹이고, B 생태군은 적당한 오염에 견디는 종의 그룹이며, C 생태군은 깨끗한 곳에만 사는 종의 그룹이다.

돌말의 개체수에 따라 생태군을 구분하는 기능은 단시간에 여러 곳의 결과를 비교할 수 있기 때문에 많은 지역의 수질 변화를 비교 평가하는데 유용하게 쓰일 수 있으며, 개별학습 뿐만 아니라 모둠 학습시에도 매우 편리하게 활용될 수 있다. 하천 환경의 오염지수 산출 방법은 모델 표본의 돌말을 전부 계수하고 동정하여 오염지수를 산출하는 방법으로 돌말의 개체수에 따라 오염도를 평가하는 방법보다는 시간이 걸리지만, 수질을 수치로 표시할 수 있기 때문에 훨씬 더 과학적인 자료라 할 수 있다.

하천의 수질을 평가하는 방법 중 가장 난이도가 높은 오염지수를 계산하는 방법은 모델 표본의 돌말을 전부 계수하고 동정하므로 다소 시간이 걸리지만, 수질을 수치로 표시할 수 있기 때문에 가장 과학적인 자료로써, 산출 방법은 표 1과 같다.

III. SimRiver 프로그램 활용에 대한 설문조사

1. 조사 방법

학교 환경교육에서 SimRiver 프로그램의 활용 가능성은 2010년 8월 D대학에서 개최된 환경교육 지도자과정연수에 참가한 초·중·고등학교 교사 78명을 대상으로 조사하였다. 교사들은 2시간 과정의 SimRiver 프로그램 교육을 직접 체험한 후 설문에 응답하였다. 설문지는 표 2와 같이 총 6문항의 객관식 질문으로 SimRiver 프로그램 수업의 난이도, 흥미도, 프로그램의 수업 도입 여부, 프로그램의 추천 여부, 프로그램 구성 내용의 유용성, 학교 교육의 활용 가능성 등으로 구성하였다.

2. 조사 대상

설문 대상자는 총 78명으로, 남성이 35명(44.9%)이었고 여성이 43명(55.1%)이었다. 연령은 20대부터 60대까지였으며, 교사 경력은 40년까지 다양하였다. 표 3과 같이 연령은 40대가 26명(34.2%)로 가장 많았고, 50대가 20명(26.3%), 30대가 17명(22.4%), 20대 11명(14.5%) 순이었다. 설문 대상자의 교사 경력은 11~20년까지가 24명(31.6%)으로 가장 많았으며, 21~30년이

표 1. 오염지수 산출 방법

가) 모델 표본에 출현하는 모든 돌말을 동정하여 그 각각의 종의 수를 돌말 계수표에 기입한다. 이때 돌말 계수표에 표시된 번호는 디지털 돌말 도감에 표시된 번호와 같기 때문에 돌말의 이름을 몰라도 작업이 가능하다.
나) 각각의 종에 대하여 프로그램 내에 설명되어 있는 오염 내성도 지수(s)를 계수한 해당 돌말 종의 수(n)와 곱한다.
다) 모든 종의 총 개체수인 n의 합을 계산함.
라) 모든 종의 s × n의 총합을 계산한다.
마) "오염 지수 = (s × n의 총합) / (n의 합)"을 계산한다.

표 2. SimRiver 프로그램의 활용에 대한 설문 내용

문항	질문 내용
1	SimRiver를 활용한 수업 과정은 쉬운 편인가, 어려운 편인가?
2	SimRiver를 사용한 시뮬레이션 수업의 흥미도는?
3	학교 현장에서 실제로 SimRiver를 사용하여 학생들과 수업을 해 볼 의향은?
4	다른 교사에게 SimRiver를 추천 또는 소개해 주고 싶은가?
5	웹 페이지에 있는 SimRiver 관련 보조 자료들(비디오, 사진, 여러 가지 설명 등)은 유용하다고 생각하는가?
6	SimRiver가 학교 환경교육에서 교육 자료로 널리 활용될 가능성은?

17명(22.4%), 5년 이하가 15명(19.7%)이였고, 6~10년까지와 31년 이상이 각각 10명(13.2%)이었다. 학교급별 분포는 고등학교 교사가 35명으로 전체의 46.1%로 가장 많았으며, 중학교 교사는 26명(34.2%), 초등학교 교사는 15명(19.7%)이었다.

3. 설문 결과

하천 환경 시뮬레이션 프로그램 SimRiver의 학교 수업의 활용 가능성에 대한 초·중·고등학교 교사들의 응답 결과는 표 4와 같다.

첫 번째 질문인 SimRiver 프로그램의 난이도에 대한 설문 결과는 '매우 쉽다'와 '쉽다'가 각각 17명 (22.1%)과 48명(62.3%)이었으며, '보통이다'는 10명(13%), '어렵다'는 응답은 2명에 불과 하였다. SimRiver 프로그램이 '매우 쉽다'와 '쉽다'로 응답한 교사는 65명(84.4%)으로 대부분의 교사들은 SimRiver 프로그램을 처음 접하더라도 쉽게 조작할 수 있고 이해하기 쉬운 프로그램으로 생각하고 있었다. 이 결과는 일상에서 접하기 어려운 돌말을 환경 수업 소재로 활용하고, 프로그램 조작이 용이하다는 점에서 프로그램을 처음 접하게 되는 초·중·고등학생들도 쉽게 이해하고 활용할 수 있는 것으로 판단할 수 있다. 이는 일본의 중·고등학생을 대상으로 SimRiver의 난이도를 설문한 결과(Mayama *et al*., 2008; Nakamura *et al*., 2008)와도 유사한 결과이다.

표 3. 조사 대상

연령별 구분			경력별 구분		
연령	인원(명)	백분율(%)	경력	인원(명)	백분율(%)
20대	11	14.5	0~5년	15	19.7
30대	17	22.4	6~10년	10	13.2
40대	26	34.2	11~20년	24	31.6
50대	20	26.3	21~30년	17	22.4
60대	2	2.6	31~40년	10	13.2
계	76	100	계	76	100

두 번째 질문인 SimRiver 프로그램의 흥미도에 관한 질문에서는 '매우 재미있다''와 '재미있다'로 응답한 교사는 각각 22명(28.6%)과 48명(62.3%)으로 전체의 90.9%가 흥미로운 프로그램이라고 응답하였다. '재미없다'와 '매우 재미없다'의 부정적 대답은 단 2명으로 전체의 2.6%에 불과하였다. 첫 번째와 두 번째 질문 결과는 대부분의 응답자가 SimRiver 프로그램을 재미있고 쉽게 활용할 수 있는 것으로 판단하였으며, 이는 SimRiver 프로그램이 학교 현장에서의 활발한 사용에 대한 기대를 높일 수 있는 결과로 판단된다.

세 번째 질문인 SimRiver 프로그램의 수업 활용 여부에 관해서는 '꼭 해보겠다'가 29명(37.2%), 그리고 '가급적 해 보겠다'가 44명(56.4%)으로, 전체의 93.6%가 실제 수업 시간에 SimRiver 프로그램을 적용할 의사가 있음을 나타내었다. 부정적으로 응답한 응답자들은 학교 현장에서 컴퓨터 활용에 대한 조건이 충분하지 않기 때문으로 나타났다.

네 번째 질문인 다른 교사에게 SimRiver 프로그램의 추천 의향에 대해서도 '매우 그렇다'와 '그렇다'의 긍정적 응답이 각각 29명(37.2%)

표 4. SimRiver 프로그램의 학교 수업의 활용성 조사 결과 (%)

질문	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
1. 프로그램의 사용 용이성	22.1	62.3	13.0	2.6	-
2. 프로그램의 흥미도	28.6	62.3	6.5	-	2.6
3. 프로그램의 수업 활용 의지	37.2	56.4	-	5.1	1.3
4. 프로그램 추천 의향	37.2	57.7	5.1	-	-
5. 자료의 수업 활용도	39.7	53.8	5.1	-	1.3
6. 수업시간 중 활용 가능성	20.8	58.4	20.8	-	-

과 45명(57.7%)으로 매우 높은 긍정적인 응답을 나타내었으며, '그렇지 않다'와 '관심 없다'의 부정적 응답을 한 교사는 없었다.

다섯 번째 질문인 SimRiver 프로그램의 웹 페이지에 부가적으로 탑재되어 있는 여러 종류의 멀티미디어 자료의 유용성에 대한 질문에 대해서도 '매우 그렇다'와 '그렇다'는 73명으로 전체의 93.5%를 차지하였다. 반면, '그렇지 않다'와 '관심 없다'의 부정적인 응답자는 단 1명에 불과하였다. 부정적으로 답한 응답자는 학교에서 컴퓨터를 활용하는 것 자체가 너무 힘들다고 응답하였다.

마지막으로 SimRiver 프로그램의 학교 환경교육의 활용 가능성을 묻는 질문에는 '매우 높다' 16명(20.8%), '높다' 45명(58.4%)의 응답 결과를 보였으며, '보통이다'는 16명(20.8%)이었으며, '낮다'와 '불가능하다'라는 부정적 응답은 없었다.

Ⅳ. 결론 및 논의

환경과 교육과정의 교수·학습에 제시된 인터넷 활용 학습은 ICT 활용 기반학습의 중요성과 더불어 환경교육에서도 중요하게 다루어지고 있으나, 학교 현장에서의 인터넷 활용 학습은 자료의 수집과 변환, 해석의 수준에 한정되어 있다. SimRiver 프로그램은 학생들이 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 하천 환경의 과거와 미래를 학습할 수 있는 새로운 프로그램으로서, SimRiver 프로그램을 이용한 인터넷 활용 학습은 학생들의 과학적 지식을 향상시킬 뿐만 아니라 환경 이슈에 대한 탐구와 환경적 관점으로의 사고 발전을 촉진할 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

SimRiver 프로그램의 학교 환경교육에서의 활용성은 연구 결과에서와 같이 79.2%로 매우 높게 나타났으며, 웹 페이지에 있는 수질 오염과 상수 및 하수의 수처리 과정 등의 다양한 참고 자료들 또한 매우 유용한 수업 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이는 일본에서 중·고등학생을 대상으로 SimRiver 프로그램의 난이도를 조사한 결과(Mayama *et al.*, 2008; Nakamura *et al.*, 2008)와 국내에서 예비교사들을 대상으로 조사한 결과(박혜경과 정철, 2010)와도 일치한다. 또한 학생들이 환경 문제에 직접 참여하고 실천 할 수 있는 여건이 조성되어 있지 않은 교육적 상황에서도, SimRiver 프로그램의 적용은 일상생활에서 일어날 수 있는 환경 문제에 대한 관심을 증대시킬 수 있는 좋은 교수·학습 방법이라 할 수 있다.

SimRiver 프로그램의 사용법과 실행 방법이 게임 형식으로 제공되어 간단하면서도 재미있고, 내용면에 있어서도 이해가 빠르며, 하천 환경의 오염도 조사에 대한 참여뿐만 아니라 가상 체험이 가능하기 때문에 학습자의 흥미를 유발하기에 충분히 매력 있는 프로그램이라 할 수 있다.

SimRiver 프로그램의 수업 시간 내 교육적 적용 가능성에 대한 결과, 환경 과목 뿐만 아니라 과학(특히 생물), 사회 등 다른 교과에도 활용될 수 있는 가능성을 나타내고 있고(박혜경과 정철, 2010), 고등학교나 대학교의 수학과 통계학, 생태학 수업에서의 다양성 지수와 균등도 지수 등 다양한 통계 분석의 자료로도 활

용할 수 있다는 Mayama 등(2009)의 연구 결과와도 일치한다. 초등학교 교육과정에서의 하천 환경과 관련한 교육은 2007 개정 과학교육과정의 4학년 '지표의 변화', 5학년 '작은 생물의 세계', 6학년 '생태계와 환경' 단원 등과 관련 있으며(교육인적자원부, 2007), 중학교에서는 2007 개정 환경교육과정의 '건강하고 쾌적한 환경' 영역의 '깨끗하고 풍부한 물' 단원과 각각 관련되어 있다(교육인적자원부, 2007). 고등학교에서는 2009 개정 환경과 녹색성장 교육과정의 '환경 문제와 대책' 영역 중 '물 환경' 단원에서 물 환경과 인간과의 관계, 물 환경 문제의 이해와 대책 등의 내용을 다루도록 하고 있다(교육과학기술부, 2010). 따라서 SimRiver 프로그램은 초등학생부터 중·고등학생에 이르기까지 다양한 학년에 적용 가능한 장점이 있다.

유역은 물 환경을 보는 기본 단위로서 자연환경과 인간 활동을 함께 고려할 수 있게 하고 환경에 대한 총체적이고 거시적인 이해를 하는데 도움을 주므로(이두곤, 2006), 하천의 환경과 인간의 활동에 따른 하천 수질의 변화에 대하여 쉽게 이해할 수 있는 SimRiver 프로그램은 하천 환경에 대한 의식 함양을 목적으로 충분히 활용 될 수 있다. 하천은 자신의 생활과 밀접하게 관련되어 있어 환경교육에서 추구하는 일상성의 원리 및 자기환경화 전략에도 도움을 줄 수 있으며(이선경과 장남기, 1993), 실제의 하천이나 하천 환경과 관련된 지식의 활용으로 환경에 대한 총체적이고 거시적인 안목을 길러줄 수 있다.

이 연구는 학습자의 일상생활과 밀접히 관련된 지역 환경을 소재로 한 탐구적이고 통합적인 환경 교수·학습 프로그램 개발이 절실한 상황에서 SimRiver 프로그램의 개발은 학생들에게 인간 활동과 하천 환경의 상호 관계에 대한 이해와 탐구의 기회를 제공할 수 있다는 점에서 큰 의미가 있다. 즉, 내가 살고 있는 지역의 하천 환경과 유사한 조건을 설정하여 웹 기반에서 학생 스스로 하천의 수질 상태를 확인해 볼 수 있는 자기주도적 학습이 가능한 프로그램이다(박혜경과 정철, 2010).

학습자들은 하천 수질 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램으로 개발된 SimRiver 학습을 통해 인간 활동과 하천 환경의 관계에 대한 이해를 증진하고, 궁극적으로 하천 환경 보전과 개선 활동에 적극적으로 참여할 수 있는 실천적 태도를 기를 수 있다. 또한 탐구적인 환경교육과 실천 중심의 교수·학습을 강조하고 있는 시점에서 SimRiver 프로그램은 학교 환경교육의 새로운 교수·학습 프로그램으로 활용 가능하다.

참고문헌

1. 김정화, 이두곤 (2007). 소하천 물 환경교육 프로그램 개발, **환경교육, 20(4)**, 12-26.
2. 교육인적자원부 (2007). 중학교 재량활동 [별책 16] - 환경, 대한교과서주식회사.
3. 교육과학기술부 (2009). 중학교 선택과목 교육과정, 대한교과서주식회사.
4. 교육과학기술부 (2010). 고등학교 환경과 녹색성장 교육과정해설서.
5. 금상곤, 이두곤 (2002). 학교 인근하천을 환경교육장으로 활용하기 위한 프로그램에 관한 연구, **한국환경교육학회 학술대회 자료집**, 131-136.
6. 박혜경, 정철 (2010). 웹 기반의 하천 환경 시뮬레이션 프로그램에 대한 대학생의 인식, **한국환경교육학회 상반기 학술발표대회 자료집**, 29-33.
7. 이두곤 (2006). 유역 개념을 중심으로 한 탐구기반의 물 환경교육 모형에 관한 연구, **환경교육, 19(3)**, 150-164.
8. 이선경, 장남기 (1993). 자기 환경화를 통한 환경교육 전략의 효과, **환경교육, 5**, 71-88.
9. 조국연 (2010). 대전의 3대 하천을 중심으로 한 환경교육프로그램 개발, **한국환경생태학회 학술대회논문집, 20(1)**, 98~101.
10. 정철, 이정호, Shigeki Mayama (2010). 웹기반의 하천 환경 시뮬레이션 프로그램 개발, **2010년 한국환경교육학회 상반기 학술발**

표대회 자료집, 25-28.
11. 차민정, 소금현, 심규철, 여성희 (2010). 웹 기반 멀티미디어 환경교육 교수·학습 자료의 내용 및 유형 분석, **과학교육연구지, 34(1)**, 84-92.
12. 차정호 (2003). 개별화 웹 에이전트를 탑재한 화학교육 홈페이지의 개발과 온라인 토론에서 상호작용 분석, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
13. 최돈형 (2006). 우리나라 학교 환경교육 10년의 회고와 전망, 한국환경교육학회 학술대회자료집, 3-23.
14. 최석진, 이두곤, 정철, 이동엽, 윤석희 (2007). "2007개정" 중·고등학교 '환경'과 교육과정 개발의 과정과 고시된 결과에 대한 고찰, **환경교육, 20(2)**, 108-122.
15. 정만우 (2008). 하천에서의 체험환경교육 프로그램 개발과 적용 및 환경감수성에 미치는 영향, 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
16. Katoh K. (1991). Spatial and temporal variation of diatom assemblages composition in a partly polluted river, *Japan Journal of Limnology*, *52*, 229-239.
17. Kobayasi H. & Mayama S. (1982). Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo, *Japan Journal of Phycology*, *30*, 188-196.
18. Kobayasi H. & Mayama S. (1989). Evaluation of river water quality by diatoms, *Korean Journal of Phycology*, *4*, 121-133.
19. Lange-Bertalot H. (1979). Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation, *Nova Hedwigia beihefte*, *64*, 285-304.
20. Mayama S. & Kobayasi H. (1984). The separated distribution of the two varieties of Achnanthes minutissima Kuetz. according to the degree of river water pollution, *Japan Journal of Limnology*, *45*, 304-312.
21. Mayama S., Katoh K., Ohmori H., Seino S., Kokubuda K. & Oshikata K. (2008). Trial and evaluation of "SimRiver": Educational simulation software for assessment of river water quality using diatoms, *Japan Journal of Biology Education*, *48*, 10-20.
22. Mayama S., Watanabe T., Katoh K. & Ohmori H. (2009). The application of SimRiver as a data resources for the study of biodiversity in higher education, *Environmental Education Research*, *18*, 29-37.
23. Nakamura M., Mayama S. & Katoh K. (2008). A program to promote students awareness to river environment at a junior high school: A case study of environmental education featuring a simulation-sofrware "SimRiver", *Environmental Research*, *17*, 61-78.
24. Watanabe T. and Asai K. (1990). Numerical simulation using diatom assemblage of organic pollution in stream and lakes, *Rev. Inquiry and Research (Kansai Univ. Foreign Studies)*, *52*, 99-139.

2011년 3월 5일 접 수
2011년 3월 15일 심사완료
2011년 3월 25일 게재확정