온라인 과학 탐구 학습체제의 개발

이봉우 · 손정우† · 정현철‡
(단국대학교) · (경상대학교 과학영재센터)† · (한국교육개발원)‡

The Development of an Online Scientific Inquiry Learning System

Lee, Bong-Woo · Son, Jeong-Woo† · Jeong, Hyun-Chul‡
(Dankook University) · (Gyeongsang Institute of the Gifted Education in Science)† ·
(Korean Educational Development Institute)‡

ABSTRACT

In this paper, an Online Scientific Inquiry Learning System was developed with the aim of improving student's scientific literacy and scientific inquiry ability. It was determined that there should be 4 distinct principles applicable to the design of the Learning system. First, it should enrich learner's motivation. Second, it should provide students with the chance for reflecting on the inquiry process. Third, it should emphasize multi-dimensional forms of interaction. Fourth, students should be able to create new information through it. The server system including the database, equation editor, reporting tool, search engine were all utilized for developing the learning system. In addition, the authors produced 24 web-based projects which were guided inquiry activities in which various inquiry abilities (reasoning, prediction, experiment design) could be developed. An Online Scientific Inquiry Learning System is not the only program which could be utilized in improving scientific inquiry abilities, but at the very least, such a system can serve as the prototype for developing an online learning system.

Key words : scientific inquiry, online learning system

I. 서 론

과학 학습에서 탐구는 다른 과목과 구분되는 특징적인 것이며, 학생들은 탐구를 통하여 과학의 본성을 이해하고 과학에 대한 긍정적인 태도를 갖출 수 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). 우리나라의 과학과 교육과정(교육부, 1997)에서도 탐구의 중요성을 강조하고 있으며, 미국의 과학 교육 개혁(AAAS, 1994; NRC, 1996, 2000)이나 영국의 과학 교육 과정(DfEE, 1999)에서도 탐구를 과학의 내용의 일부로 그 중요성을 인식하고 있다.

학교 과학에서는 실험 활동을 통하여 학생들의 탐구 능력을 신장시키려고 하지만, 여러 연구 결과들(Bell *et al.*, 2003; Germann *et al.*, 1996; Hodson, 1998)에 의하면 교사들은 탐구 활동을 단순히 교과서의 내용을 확인하는 과정으로 인식하고 있고, 교과서의 요리책식 탐구 활동 구성으로 인하여 학생들은 탐구를 통하여 실험의 결과와 이론적인 내용을 결합하여 자연 현상을 설명하는 과정을 배우지 못하고 있다(Penner & Klahr, 1996). 우리나라에서도 학교 과학에서 학생들에게 탐구의 기회가 충분히 제공되고 있지 못하다는 연구 결과(김희경과 송진웅, 2003; 김희경 등, 2003; 이양락 등, 2004)가 있다. Gilbert(2000)는 현재 학교에서 이루어지고 있는 활동이 짧은 시간에 단순하게 이루어져 있고, 탐구에 관련된 주제들은 과거에 수행되었던 활동에만 치중하여 이러한 활동이 미래에 어떻게 발전할 지에 대한 기대를 나타내지 못하고 있다고 지적한다.

학생들의 탐구 능력을 증진시킬 수 있는 교육프로그램의 개발은 오래 전부터 계속되고 있는데 최

2006.5.26(접수), 2006.7.12(1심통과), 2006.7.25(최종통과)
E-mail: peaklee@dreamwiz.com(이봉우)

근에는 온라인을 통한 학습 방법에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 과학의 교수 학습에서 인터넷의 사용은 분명히 과학 교육의 미래에 중요한 주제가 될 것이라고 기대한다(Gilbert, 2000). 미국의 버클리 대학에서 개발된 '지식 통합 환경(Knowledge Integration Environment; KIE)'은 온라인에서 과학 탐구 학습을 지원하는 프로그램의 한 가지 모델을 제시하고 있다. KIE의 교수 구조는 '비계된 지식 통합(Scaffolded Knowledge Integration)'에 바탕을 두고 있다. 지식 통합(knowledge integration)은 과학적인 현상의 여러 모델들을 연결하고, 구별하며, 조직하고, 구성하는 동적인 과정으로 학생들이 교실에서 얻는 모델과 삶 속에서 발견하는 모델들 사이의 관계를 만드는 과정을 강조한다. 이처럼 KIE는 학생들이 과학적 현상들을 풍요롭고 통합적으로 이해할 수 있도록 한다. 학생들은 이러한 것을 바탕으로 주변의 과학 현상들을 이해하고 나아가 새로운 과학 지식을 성공적으로 평가할 수 있게 된다(Linn, 2000). 과학 지식의 변화는 매우 빠르기 때문에 학생들은 새로운 지식들을 즉시 이해할 수 있어야 하는데, 이러한 평생 과학을 위해서는 학생들에게 지식을 전달하고 학생들이 받아들이는 방식의 교수 모형으로는 이루어지기 어렵다. KIE의 모델이 웹의 자원을 이용하는데 가장 잘 적용된 형태가 '웹기반 과학 탐구 환경(Web based Inquiry Science Environment; WISE)'이다. WISE는 학습이 일어나는 다양한 상황에서 탐구 학습을 지속적으로 유지할 수 있게 만들기 위하여 최신 과학 기술을 결합하여 만들어진 온라인 과학 탐구 학습 프로그램이다(Linn *et al.*, 2003).

우리나라에서도 온라인을 이용한 과학 학습 프로그램들이 많이 연구되고 있다. 우리나라는 전 세계 어느 나라보다 초고속 통신의 인프라가 잘 갖추어져 있다. 이러한 기술적인 인프라뿐만 아니라, 우리나라 학생들은 웹을 통한 생활에 익숙해져 있기 때문에 온라인을 통한 교육적 가능성은 상당히 높다. 웹을 통한 교육은 자기 주도적인 학습을 가능하게 하며, 사회적 상호 작용을 통하여 경험적인 지식 구성을 촉진시킬 수 있다(Relan & Gillani, 1997; Romiszowski, 1997). 웹 기반 교육이 갖는 가장 큰 장점은 학생들이 다양한 상호 작용을 경험할 수 있다는 점이다(Harasim, 1989; Romiszowski & Mason, 1996). 온라인 교육의 상호작용 측면은 최근 과학 교육에서 높은 관심을 받고 있는 '탐구에서의 과학적 의사소통'에 깊게 관련되어 있다. 즉, 탐구에 대한 기존의 관점이 학생들의 '실험하기'에 초점을 두었다면, 최근에는 학생들이 탐구를 통하여 공동으로 의미를 구성해 가는 '과학하기' 및 '과학 말하기' 측면에 많은 강조를 두고 있다(NRC, 1996). 이러한 관심의 증대는 학생들의 과학적 의사소통 및 논변 활동에 대한 연구로 이어지고 있다 (Duschl *et al.*, 1999; Kelly & Takao, 2002).

우리나라에서도 온라인에서 탐구 학습을 증진시킬 수 있는 연구가 진행되고 있다. 이봉우 등(2003)은 '온라인 물리 탐구 토론 학습 체제'를 통하여 학생들의 종합적인 탐구 능력을 향상시키고 의사 결정 과정과 사회적 합의 과정을 배울 수 있도록 하였다. 온라인 탐구 토론의 상호 비판적인 논쟁 활동이 학생들의 탐구 과정에 피드백으로 작용하여 가설의 변화, 실험의 재설계 등을 통하여 탐구 과정에서 나타나는 논리적 불일치를 해소하여 보다 완결된 형태로 발전하는 모습도 나타났다(Lee *et al.*, 2005). 그러나 이러한 연구는 과학적 탐구 과정을 학습하도록 의도된 프로그램이 아니기 때문에 직접적인 도움을 줄 수 없는 한계를 가지고 있다. 따라서 학생들의 탐구 과정을 증진시킬 수 있고, 과학적 상호 작용을 증진시킬 수 있는 프로그램의 개발이 필요하다.

그러나 이러한 체제들의 통합은 기술적으로만 이루어질 수는 없다. 그동안 인터넷을 통한 교육 프로그램의 개발이 많이 이루어지고 있었지만, 교육에 대한 논의 없이 단지 온라인으로 교육의 내용만 제공하려고 하였기 때문에 효과를 거두지 못했다. 이는 교육에 있어서 새로운 기술적인 방법이 더해질 때, 단순한 덧셈이 아닌 융합을 하는 방법을 배워야 한다는 White(2000)의 말에서 그 원인을 찾을 수 있다. 따라서 탐구와 상호 작용을 인터넷으로 수행하는 프로그램의 개발을 위해서는 탐구와 상호 작용에 대한 심층 있는 논의가 필요하고, 아울러 이런 논의들이 온라인으로 구현될 때 요구되는 사항이나 문제점들을 정확하게 파악한 후 설계가 이루어져야 원하는 목표를 달성할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 탐구와 상호 작용에 대한 이론적 고찰로부터 학생들의 탐구 능력을 신장시키기 위하여 갖추어야 할 여러 가지 설계 원칙을 도출하고, 이를 바탕으로 '온라인 과학 탐구 학습 체제'를 개발하였다.

II. 연구 방법 및 절차

본 연구에서는 '온라인 과학 탐구 학습 체제'를 개발하기 위하여 그림 1과 같이 '온라인 과학 탐구 학습 체제' 개발의 목표 설정 - 온라인 교육과 탐구 교육에 대한 이론적 리뷰 - '온라인 과학 탐구 학습 체제'의 설계 원칙 설정 - 시스템 솔루션 개발 / 내용 설계 - 웹 콘텐츠 제작 - 파일럿 테스트의 단계를 수행하였다.

'온라인 과학 탐구 학습 체제'를 통하여 학생들이 추구하고자 하는 목표를 설정하고 이를 온라인으로 지원할 수 있는 시스템을 만들기 위해서 기존에 개발된 온라인 학습 모형들에 대한 분석을 하고, 이를 바탕으로 '온라인 과학 탐구 학습 체제'가 갖추어야 할 설계의 원칙을 설정하였다. 이 설계 원칙은 컴퓨터 시스템이 갖추어야 할 기본적인 시스템 솔루션에 대한 원칙과 함께 실제 학생들의 활동을 수행하는 과학적 내용에 바탕을 둔 내용 설계의 원칙을 포함한다. 설계 원칙이 추구하는 목표를 달성하기 위한 컴퓨터 시스템 개발과 그 속에 담겨질 컨텐츠의 개발을 병행하여 수행하였고, 이를 웹에서 동작할 수 있도록 이식 과정을 거쳐 '온라인 과학 탐구 학습 체제'를 개발하였다.

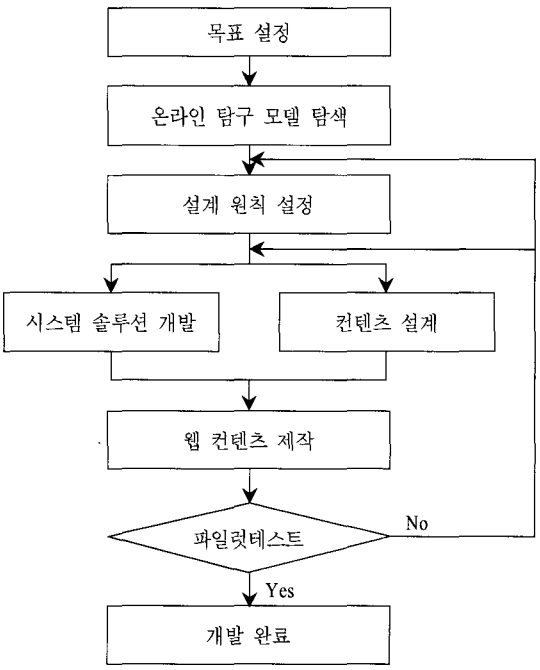

그림 1. '온라인 과학탐구 학습체제'의 개발 과정

III. '온라인 과학 탐구 학습 체제'의 설계 원칙

과학적 탐구 활동과 온라인 학습 체제에 대한 이론적 고찰을 통하여 '온라인 과학 탐구 학습 체제'의 개발을 위한 다음과 같은 세 가지 목표를 설정하였다.

첫째, 학생들의 과학적 탐구 능력을 신장시킬 수 있는 학습 체제를 개발한다.

둘째, 학생들의 상호 작용을 증진시킬 수 있는 학습 체제를 개발한다.

셋째, 온라인이 학생들의 활동이 활발하게 이루어질 수 있도록 지원할 수 있는 체제를 개발한다.

이러한 목표를 달성하기 위하여 '온라인 과학 탐구 학습 체제' 개발을 위한 설계 원칙을 결정하기 위하여 여러 온라인 탐구 학습 프로그램에 대한 분석을 수행하였다. 연구의 목적에 가장 부합한 시스템은 미국 버클리 대학에서 개발한 '지식 통합 환경(Knowledge Integration Environment; KIE)'과 '웹 기반 과학 탐구 환경(Web based Inquiry Science Environment; WISE)'이다.

KIE와 WISE는 4가지 원칙을 제시하였는데(Linn, 2000), 첫 번째는 '과학을 접근하기 쉽게 만들기(Making science accessible)'로 학생들이 과학적인 사실들을 조직화할 수 있도록 학생들이 알고 있는 것이 무엇인지 구성하는 것이다. 이를 위하여 인터넷 증거를 학생들의 생각에 맞추고 학생들이 흥미로워하는 과정을 선택한다. 두 번째는 '사고가 보이도록 만들기(Making thinking visible)'로 다양한 첨단 기술이 이것을 가능하게 만들어 주는데, 센스메이커(SenseMaker)를 통하여 학생들이 자신의 주장들을 조직화할 수 있게 하는 것이 그 예이다. 세 번째는 '학생들이 다른 사람으로부터 배우는 것을 돕기(Helping students learn from each other)'로 교실 내에서의 토론과 온라인 토론을 지원한다. 비동기화된 온라인 토론은 모든 학생들이 참여하여 과학 학습을 증진시킬 수 있게 하고, 학생들은 다른 사람들의 의견을 바탕으로 자신의 생각을 반성하고 재구성할 수 있게 된다(Hoadley & Linn, 2000). 네 번째는 '평생 과학 학습을 촉진하기(Promoting lifelong science learning)'으로 학생들이 과학 수업이나 일상생활에서의 다양한 문제에 적용할 수 있는 풍요로운 탐구 과정을 수립하는 것으로, 학생들이 지속적으로 탐구 활동에 참여할 수 있도록 지원한다.

이를 바탕으로 '온라인 과학 탐구 학습 체제'가 갖추어야 할 설계의 원칙을 다음과 같이 결정하였다.

첫째, 학습자의 학습 동기를 강화하고 접근이 용이하도록 설계되어야 한다. 온라인 학습에서 학습자가 최종적으로 접하는 화면의 설계에 그 체제의 특징이 잘 드러나지 않으면 학습자의 학습 동기는 현저하게 떨어지게 된다. 온라인 교육에서 시각적인 설계가 반드시 필요하다는 Clark 등(1997)의 주장과 같이 학습자 중심으로 설계가 이루어져야 한다. 또한 학습자가 쉽게 경험할 수 있는 상황을 통한 학습이 이루어질 수 있도록 내용 설계가 이루어져야 하는데 이는 WISE의 첫 번째 원칙과 같이 학생들이 과학을 쉽게 접근할 수 있게 할 수 있어야 한다.

둘째, 학생들은 자신의 탐구 과정을 되돌아보고 반추할 수 있는 기회를 가질 수 있어야 한다. 일반적으로 탐구 과정이 시간에 따라서 순차적으로 진행이 이루어지지만 계속되는 학습 과정에 피드백을 받아 자신의 탐구 과정을 수정하여 보다 완결된 형태의 탐구 학습이 이루어질 수 있어야 한다.

셋째, 학습자간의 상호 작용을 지원해 줄 수 있어야 한다. 학습자간의 상호 작용은 실제 과학자들이 수행하는 과학 활동에서 나타나는 것과 유사한 것으로 학생들의 상호작용 측면은 최근 과학교육에서 높은 관심을 받고 있는 '탐구에서의 과학적 의사 소통'에 깊게 관련되어 있다. 과학적 의사 소통이 온라인에서 가장 잘 구현되는 것이 온라인 토론으로 시공간을 초월하여 이루어지고, 텍스트를 기반으로 수행되기 때문에 반성적 사고가 가능하고, 학생들 간의 다대다 상호 작용이 가능한 장점을 가지고 있다(Harasim, 1989; Hoadley & Linn, 2000). 또한 웹을 통한 학습 프로그램에서의 상호 작용은 학습자와 교사, 학습자와 학습자간의 상호 작용뿐만 아니라 학습자와 학습 매체와의 상호 작용도 강조되어야 한다. 이는 WISE의 세 번째 원칙과 같이 다양한 상호작용이 강조됨을 의미한다.

넷째, 학생들이 탐구 과정을 따라 가면서 과학이 이루어지는 직간접적인 경험을 통하여 정보의 생산자 역할을 할 수 있도록 해야 한다. 온라인으로 수행되는 많은 교육 프로그램들에서는 학습자들은 정보를 제공받는 수동적인 상태에 있는 경우가 많다. 이것이 학습자들이 능동적으로 학습에 참여하지 못하게 하는 가장 큰 요인이 된다. '온라인 과학 탐구 학습 체제'에서는 학생들이 능동적으로 활동에 참여하여 스스로 정보를 생성할 수 있도록 해야 한다.

IV. '온라인 과학 탐구 학습 체제'의 환경 개발

학생들이 자신의 관심, 필요에 의해서 다양한 학습 자료를 필요에 맞게 수집, 분석, 탐구, 표현하는 프로젝트 학습 모형에 따라서 온라인 학습 체제와 웹기반 학습 프로그램의 학습 방안을 모색하여 그림 2와 같이 학습 모형을 개발하였다.

교사는 제공된 학습과제 중에서 실행할 학습 과제를 선택하여 이를 수정 또는 재구성하여 학생들에게 제시하고, 학생들은 이 학습 과제에 대한 정보를 탐색하고 관련된 지식과 기술을 익히고 탐구 과정을 통해서 최종 보고서를 제출하게 된다. 이 과정 동안 온라인을 통하여 학생들간, 교사-학생간 그리고 학생-학습 자료 사이의 온라인 상호 작용이 이루어지고 교사는 전체의 학습 과정을 관리하게 된다.

따라서 온라인으로 이루어지는 학습 환경은 사용자(교사, 학생, 운영자)에 따라서 필요한 요소를 시스템이 제공해 줄 수 있어야 하며, 학생들이 자

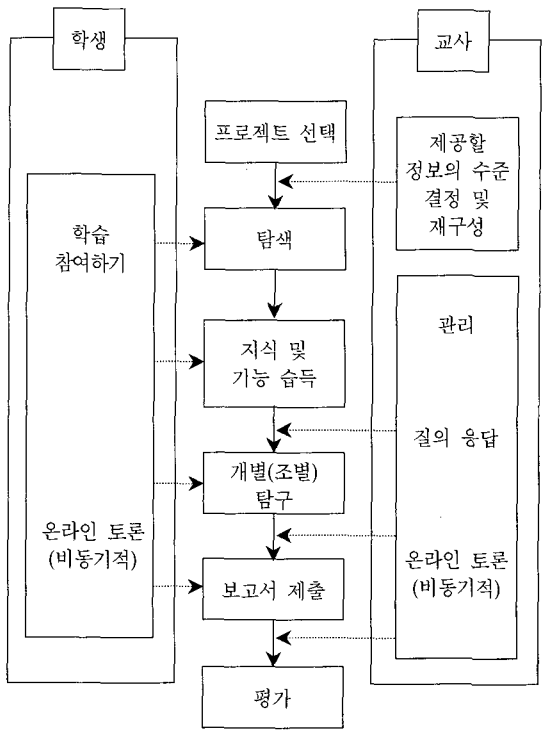

그림 2. '온라인 과학탐구 학습체제'의 학습 모형

율적으로 학습할 수 있도록 설계가 이루어져야 한다. 이를 위하여 '온라인 과학 탐구 학습 체제'에서는 표 1과 같이 웹 시스템, 관리 시스템, 교사 시스템, 학생 시스템 별로 구성을 달리하여 개발하였다.

웹 시스템은 전체 시스템의 초기 화면에 해당하는 부분이고, 관리 시스템은 회원 관리, 자료실 관리, 사용 현황 관리, 학생 활동 현황 관리, 평가 관리, 교사 활동 현황 관리 등 전체 시스템에서 이루어지는 활동의 현황을 파악하고 관리하는 부분이다. 교사용 시스템은 실제 학생들의 학습 과정을직접 관리하는 부분으로 학습 과제(프로젝트)를 생성해서 진행 프로젝트로 수정, 등록하여 학생들을 진행 사항을 관리할 수 있는 부분이다. 개별적인 학생들의 진행 과정을 살펴보고 질의 응답을 통한 개별적인 피드백을 제시해줄 수 있다(그림 3). 또한 전체 프로젝트, 관심 프로젝트, 진행 프로젝트, 완료 프로젝트로 프로젝트의 관리 구조를 제시하여 현재 진행하고 있는 것뿐만 아니라 완료된 프로젝트에 담겨진 정보를 활용할 수 있도록 구성하였다. 학생용 시스템은 학생이 자신이 등록된 프로젝트에서 현재 어느 단계에 위치해 있는지 파악할 수 있고, 학생용 커뮤니티, 반별 커뮤니티를 통해서 다른 학생들과 동료 상호 작용을 진행할 수 있다.

표 1. '온라인 과학탐구 학습체제'의 구성

시스템	구성
웹 시스템	회원 식별, 공지 사항, 홈페이지 소개
관리 시스템	회원관리, 자료실, 사용 현황 관리, 학생 활동 현황 관리, 개인별 평가 관리, 교사 활동 현황 관리, 프로젝트 관리
교사 시스템	프로젝트, 진행 프로젝트, 프로젝트(코스웨어) 관리, 프로젝트 수정, 커뮤니티(교사/학생), 학생관리, 교육통계
학생 시스템	프로젝트, 게시판, 공지사항, 커뮤니티(학생, 조)

이러한 구조는 홈페이지, 웹 문서 파일 및 데이터베이스 연계 관리와 학습 단계 관리를 위한 서버 시스템, 프로젝트 계층 및 단계 정의와 프로젝트 컨텐츠 관리를 하는 프로젝트 관리 시스템, 사용자와 관리자를 위한 관리 시스템의 세 영역으로 구성된다. 온라인 과학 탐구 학습 체제에서는 소프트웨어 개발 환경에서 관계형 데이터베이스(RDBMS)로 Oracle 10g 2CPU용을 사용하였고, 웹 애플리케이션 서버와 검색 엔진, 보고서 작성 도구, 수식 편집 도구를 탑재하여 원활한 시스템 개발이 이뤄지도록 하였다. '온라인 과학 탐구 학습 체제'의 소프트웨어 환경은 표 2와 같다.

'온라인 과학 탐구 학습 체제'의 환경을 통해서는 설계 원칙의 첫 번째, 두 번째, 세 번째를 지원하도록 구성이 되었다. 학생용, 교사용, 관리자용 환

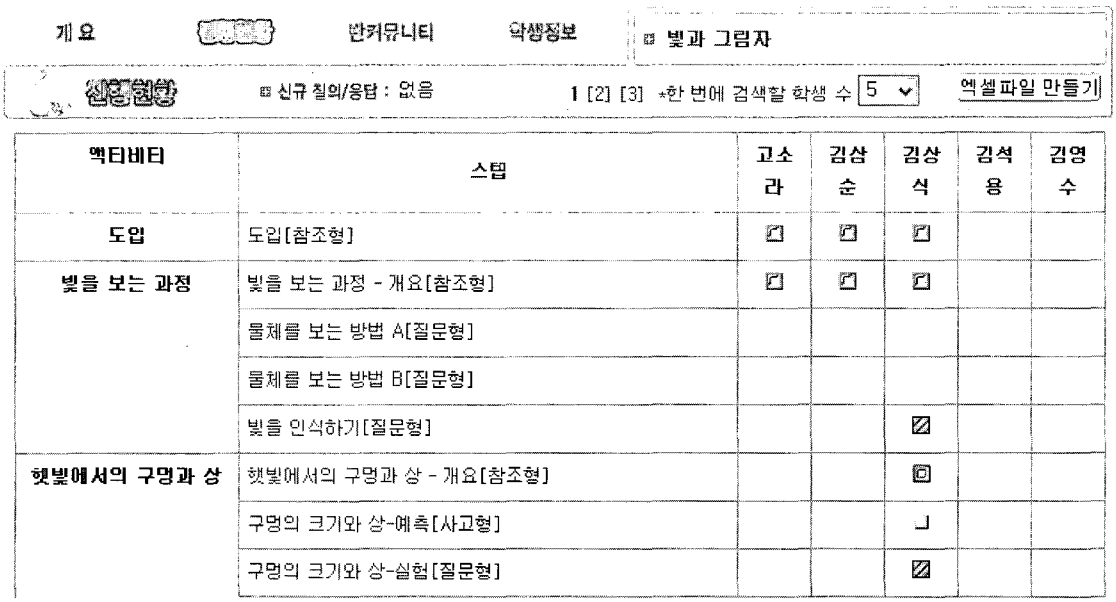

그림 3. 교사 시스템의 예 (프로젝트 진행관리)

표 2. '온라인 과학탐구 학습체제'의 소프트웨어 환경

소프트웨어	구성
RDBMS	Oracle 10g (2CPU)
웹 애플리케이션 서버	WebLogic 8.1 (2CPU)
검색 엔진	N-SearchPlus v1.3
보고서 작성 도구	ReportDesigner v4.0
수식 편집도구	iMathPad v4.16

경을 달리하여 각 사용자의 목적에 맞는 메뉴들을 배치하여 학습자의 접근을 용이하게 구성하였고, 프로젝트 전체 과정에서 일어나는 학생들의 활동 결과가 자동 생성되도록 하였고, 단계별로 전체의 진행 과정을 한 눈에 볼 수 있도록 구성하여 학생들은 자신이 수행한 탐구 과정을 되돌아보고 반추할 수 있는 기회를 갖게 된다. 또한 각 단계별로 '질문하기'를 통하여 교사와의 상호 작용을 가능하게 하였고, '커뮤니티'를 통하여 비동기적 상호 작용이 가능하게 하였다.

온라인 과학탐구 학습체제에서는 프로젝트의 운영자인 교사가 제시되어 있는 과제의 액티비티와 스텝 중에서 원하는 것을 취사선택하여 재구성하고 각 스텝도 수정할 수 있도록 하였다. 따라서 하나의 프로젝트도 교사의 역량에 따라서 다양한 형태로 운영될 수 있어 다양한 수준의 학습자에 따른 맞춤형 교육도 가능하다.

V. '온라인 과학탐구 학습체제'의 컨텐츠 개발

'온라인 과학탐구 학습체제'의 학습 과제(프로젝트)는 단계적으로 활동이 진행되도록 구성되어 있다. 각 프로젝트는 5~10개의 작은 단계(스텝)로 이루어진 활동(액티비티) 4~6개로 구성되어 있다. 각 단계는 학생들에게 관련된 자료를 제시해 주는 참조형, 학생들이 예측하고 추리한 것을 기록하는 사고형, 제시된 질문에 대한 답을 기록하는 질문형의 세 가지 형태로 구성되어 전체 학습 과제는 최소 1주일 내지 2주일 동안 학습이 이루어질 수 있도록 구성된 프로젝트형 학습 체제이다. 또한 모든 학습 과정이 끝난 이후에는 학생들에게 '도전 과제'가 제시되어 학습한 내용과 탐구 능력을 바탕으로 심화된 과제를 수행하도록 되어 있다.

4학년부터 9학년 학생들에게 적용하기 위하여 개발된 학습 과제는 총 24개로 수학 과제가 12개, 과학 과제가 12개이다. 이 중에서 예를 들면 '빛과 그림자'는 모두 6개의 액티비티와 38개의 스텝으로 구성되어 있으며, 각 액티비티와 스텝의 일부를 표 3에 제시하였다.

온라인으로 진행되는 학습 활동은 애니메이션, 동영상, 시뮬레이션 등과 같은 멀티미디어 자료를 활용하여 학생들의 학습 효과를 높일 수 있다. '온라인 과학 탐구 학습 체제'에서는 텍스트를 기반으로 하는 기본적인 정보의 제공 이외에 애니메이션을 이용하여 학생들의 동기를 유발시키고, 실제 실험 장면을 동영상으로 촬영된 자료와 사진을 제공하여 이해를 돕게 구성을 하였으며, 학생들이 변수를 조절하여 이상적인 결과를 확인하는 시뮬레이션 자료를 포함하였다[2].(그림 4~그림 6)

학생들은 정해진 단계를 따라서 탐구 과정을 수행하는데, 자신이 수행한 결과를 서버에 등록하여 교사 또는 다른 학습자로부터 피드백을 받게 된다. 이때 자신의 생각을 정확하게 전달하는 것을 지원하는 것이 필요한데, '온라인 과학 탐구 학습 체제'에서는 수식 입력 모듈을 통해서 일반적인 텍스트로

표 3. '빛과 그림자' 프로젝트의 내용 구조[1)]

액티비티	스텝
빛의 인식 과정	…
햇빛에서의 구멍과 상	…
손전등에서의 구멍과 상	…
구멍과 상의 관계 A	…
구멍과 상의 관계 B	구멍과 상의 관계 - 소개
	직선광원과 꼬마 전구에 의한 상 - 예상하기, 실험하기
	직선광원과 움직이는 꼬마 전구에 의한 상 - 추리하기
	직선광원 2개에 의한 상 - 예측하기
	직선광원 2개와 삼각구멍에 의한 상 - 예측하기
	복잡한 전구, 구멍에 의한 상 - 예상하기, 설명하기
그림자의 색	…

1) 38개의 스텝 중에서 한 개의 액티비티의 스텝만 예로 제시함.

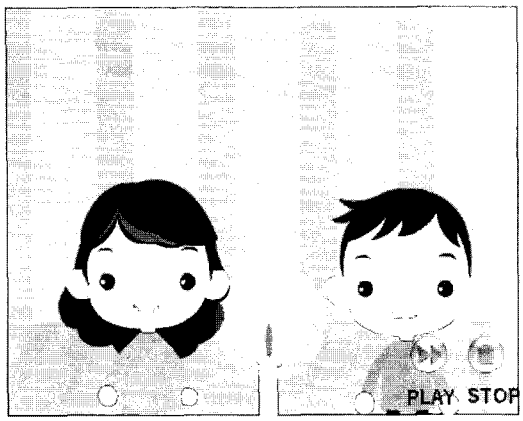

그림 4. 애니메이션의 예시

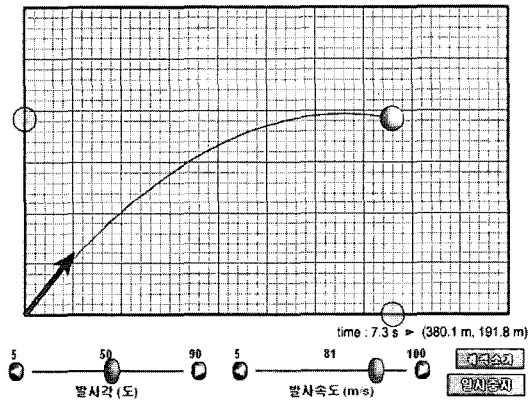

그림 5. 시뮬레이션의 예시

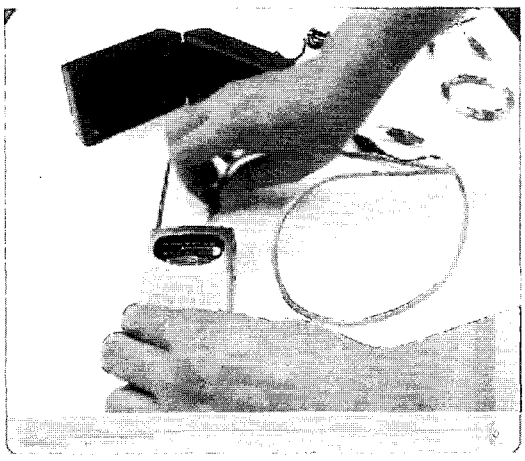

그림 6. 동영상의 예시

표현이 어려운 수식을 입력할 수 있고(그림 7), 학생들이 실험한 데이터를 입력하여 자동으로 그래프를 생성해 주는 그래프 작성 모듈(그림 8)과 웹상에서 그림을 통하여 표현을 하는 그림 작성 모듈(그림 9~10)을 제공하여 학생들의 사고 과정이 밖으로 보일 수 있도록 지원하고 있다.

웹으로 진행되는 학습 활동은 교사의 지원이 부족한 상태에서 학생들의 학습 활동이 이루어지기

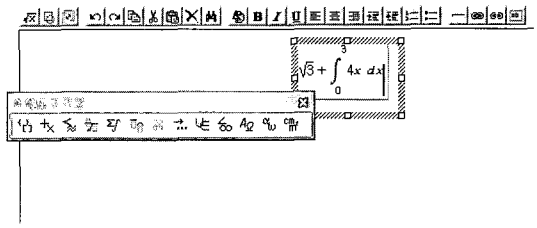

그림 7. 수식 편집 모듈의 예시

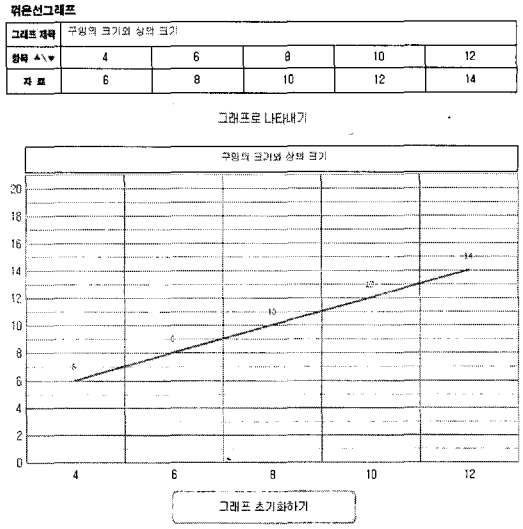

그림 8. 그래프 작성 모듈의 예시

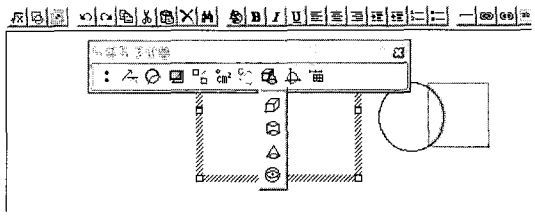

그림 9. 그림 작성 모듈의 예시 1

2) 과학 과제 중 물리영역 프로젝트(6개) 속에는 애니메이션 29개, 동영상 20개, 시뮬레이션 49개가 포함되어 있다.

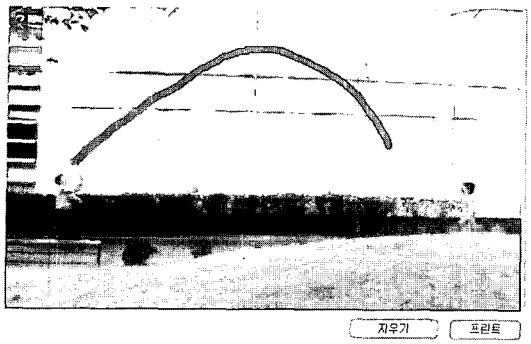

그림 10. 그림 작성 모듈의 예시 2

때문에 웹에서 제공되는 컨텐츠가 학생들이 스스로 학습하는데 도움을 주는 내용 설계가 필수적이다. 특히 '온라인 과학 탐구 학습 체제'는 학생들에게 지식을 제공하는 것이 목적이 아니고 탐구 능력을 신장시키는 것이 목적이기 때문에 학생들이 정해진 단계를 실패하지 않고 수행해 나가도록 하는 것이 가장 중요하다. 내용 설계에서 이를 고려한 설계가 이루어지도록 노력하였다. 'Physics By Inquiry (McDermott, 1996)'에서 제시한 방법을 이용하여 학생들에게 적절한 질문을 던져 학생들 스스로 활동의 결과로부터 이해할 수 있도록 구성하여 안내된 탐구 활동이 이루어질 수 있도록 고려하였다. '빛과 그림자'에서 꼬마 전구 하나로부터 시작한 광원을 꼬마 전구의 이동을 이용하여 직선 필라멘트 전구로 확장하게 되고, 다시 직선 필라멘트 전구 2개를 붙여서 선 광원에서 면 광원으로 확장되어 나가는 방식으로 학생들에게 그 결과를 알려주지 않아도 스스로 과정을 따라가면서 최종적인 목표(복잡한 광원-예: 우윳빛 전구)로 나아갈 수 있도록 한 것이 하나의 예이다.

많은 웹 기반 학습 프로그램들은 학습자들에게 내용을 전달하는 방식의 일방향성을 가지고 있는 것에 의해 많은 비판을 받고 있다. 이에 반하여 '온라인 과학 탐구 학습 체제'에서는 학생들이 스스로의 활동 결과를 웹에 올림으로써 자신만의 보고서가 만들어지고 최종적으로는 하나의 지식이 형성되는 과정으로 이어지게 되도록 구성하였다. 학생들은 주어진 문제를 해결하기 위한 실험 방법을 설계하여 웹에 등록하고, 웹을 통하여 제시된 실험 방법을 개선하는 과정까지 다루게 된다. 또한 실제 학생들이 수행한 과정을 사진을 찍어 그 과정과 결과를 웹에 올려 교사 또는 다른 학습자들이 이에 대한 평가가 이루어질 수 있도록 내용을 구성하였다. 이를 통하여 학생들은 관찰과 측정과 같은 기초 탐구 능력뿐만 아니라 실험 설계, 자료 해석, 결론 도출에 이르는 복합 탐구 능력 요소까지 신장시킬 수 있는 기회를 갖게 된다. 또한 교사와의 상호작용, 다른 학생들과의 상호 작용까지 고려하게 됨으로써 자기 자신의 결과를 다른 사람을 설득하는 목적을 가진 보고서로 작성하면서 의사 소통의 능력을 배양할 수 있다.

VI. 결론 및 제언

본 연구에서는 학생들의 과학적 탐구 능력을 신장시키기 위한 웹 기반 프로그램으로서 '온라인 과학 탐구 학습 체제'를 개발하였다. 이를 위하여 개발의 목표를 정하고, 설계 원칙을 설정하여, 이를 바탕으로 시스템 설계와 내용 설계를 하였다.

'온라인 과학 탐구 학습 체제'는 학습자의 학습 동기를 강화하고, 스스로 탐구 과정을 되돌아볼 수 있는 기회를 제공하며, 학생들 간의 상호 작용을 강조하고, 탐구 과정을 따라가면서 정보의 생산자 역할을 할 수 있도록 구성할 수 있도록 해야 하는 4가지 설계 원칙을 설정하였다. 이 설계 원칙을 달성하기 위하여 시스템 환경으로서 사용자마다 다른 접근 체제를 갖추어 사용자의 활동을 용이하도록 구성하였고, 학생들이 활동하는 결과가 자동으로 데이터베이스에 축적되어 자동으로 보고서가 만들어져 필요한 부분을 되돌아볼 수 있도록 구성하였다. 또한 질문하기, 커뮤니티 등을 이용하여 학생들의 활동이 일어나는 모든 단계에서 교사와 학생, 학생과 학생간의 상호 작용이 활발히 일어날 수 있도록 구성하였다.

실제 학생들의 활동이 이루어지는 웹에서는 애니메이션, 동영상, 시뮬레이션 등을 이용하여 학생들의 학습 동기를 향상시키고 정확한 내용을 전달할 수 있으며, 학생 스스로 변인을 통제하면서 결과를 확인해 보는 과정이 가능하도록 구성하였다. 또한 학생들이 생각한 결과를 수식, 그림, 그래프 등으로 쉽게 표현할 수 있도록 구성함으로써 학생들이 가지고 있는 생각들이 밖으로 쉽게 표현될 수 있으며 이는 또한 다른 사람과의 상호 작용을 증진시키는 역할까지 수행할 수 있도록 구성하였다. 이를 통하여 학생들은 자신이 활동한 모든 결과들을

자신의 데이터베이스에 축적시킴으로써 학습의 결과로서 탐구 능력의 향상뿐만 아니라 지식의 생성자의 역할까지 할 수 있도록 구성하였다.

위와 같은 환경을 바탕으로 모두 24개의 수학 과학 프로젝트를 개발하였다. 프로젝트 속에서 학생들은 안내된 탐구 활동을 진행하면서 추리와 예측한 결과를 입력하고, 올바른 결과를 얻기 위한 실험 설계와 함께 실제 실험 활동의 결과를 웹에 올려 교사 또는 다른 학습자와의 상호 작용을 갖는 등 복합적인 탐구 능력을 신장시킬 수 있는 기회를 갖게 된다.

학습 프로그램의 개발 과정에서 가장 선행되어야 하는 부분은 '요구 조사'로 학습의 직접적인 사용자인 학생과 교수 과정을 운영하는 교사의 요구 사항과 현황에 대한 파악이 선행되어야 한다. 본 연구에서도 일부 요구 조사가 이루어지기는 하였지만, 모든 학습자를 대상으로 하는 대규모의 요구 조사가 진행되지 않은 것은 본 학습 체제의 가장 큰 약점이라고 할 수 있다. 파일럿 테스트 과정에서 살펴본 결과, 온라인 과학 탐구 학습 체제는 일반적인 학생들보다는 영재 학생들에게 적합한 학습 프로그램으로 보인다. 이것은 개발한 콘텐츠가 학생들의 현 수준보다 높은 내용까지 포함하고 있기 때문이기도 하지만, 근본적인 것은 온라인 학습에서는 교육의 효과가 학습자들의 자발적인 참여를 전제로 하기 때문이다. 영재의 경우에는 일반 학생들보다 과제 집착력이 높기 때문에 스스로 전 과정을 수행해 나갈 수 있었다. 따라서 본 학습 체제를 일반 학생들에게 적용하기 위해서는 학생들이 실패 없이 과정을 따라갈 수 있도록 교사가 적절히 안내하고 이끌어 나가는 지원이 상당히 중요하며, 필요에 따라서는 온라인으로만이 아닌 오프라인 학습과 연계하여 진행하는 것이 바람직하다.

본 연구에서 개발된 '온라인 과학 탐구 학습 체제'의 개발 과정은 최근 과학 학습을 위한 다양한 온라인 환경의 프로그램의 개발이 이루어지고 있는 현실에서 올바른 온라인 학습 프로그램의 개발을 위한 과정의 지표가 될 수 있을 것이며, 학생들의 탐구 능력 신장을 위한 프로그램으로서의 역할도 기대할 수 있다. 특히 우리나라의 경우에는 초고속 통신의 기술적 인프라뿐만 아니라 학습자들의 문화적 인프라도 잘 갖추어져 있어 온라인 교육의 가능성은 어느 나라보다 높다고 볼 수 있다. 다만 한국 학생들에게 적합한 온라인 학습 체제는 과연 어떤 형태가 되어야 하는지에 대해서는 좀 더 많은 연구가 필요할 것이고, 본 연구에서 개발된 '온라인 과학 탐구 학습 체제'도 학생들에 적용된 결과에 대한 분석을 바탕으로 계속 수정 보완하여 한국형 온라인 학습 체제의 전형을 이루기 위한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

교육부 (1997). 제7차 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서 주식회사.

김희경, 송진웅 (2003). 과학 실험의 목적에 대한 중학생의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 23(3), 254-264.

김희경, 강태욱, 송진웅 (2003). 7차 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서 물리단원 실험의 특징. 새물리, 47(6), 387-394.

이봉우, 손정우, 이성묵(2003). 과학 영재를 위한 물리탐구토론 학습체제 개발과 상호작용지도를 통한 분석. 새물리, 47(5), 279-286.

이양락, 박재근, 이봉우 (2004). 과학과 교육 내용 적정성 분석 및 평가. RRC 2004-1-6, 한국교육과정평가원.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education, 82*, 417-436.

American Association for the Advancement of Science (AAAS), Project 2061. (1994). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.

Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching, 40(5)*, 487-509.

Clark, B. I., Knupfer, N. N., Mahoney, J. E., Kramer, K. M., Gbazali, H. & Al-Ani, N. (1997). *Creating Web Pages: Is Anyone Considering Visual Literacy?* ERIC Document Reproduction Service, ED 408 990.

Department for Education and Employment (DfEE) (1999). *The National Curriculum for England: Science.*

Duschl, R. A., Ellenbogen, K. & Erduran, S. (1999). Promoting argumentation in middle school science students. *Paper to be presented at the annual meeting of NARST.*

Germann, P. J., Haskins, S. & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching, 33*, 475-499.

Gilbert, J. K. (2000). The knowledge integration environ-

ment: a preface. *International Journal of Science Education, 22(8)*, 779.

Harasim, L. (1989). On-line education: A new domain. In R. Mason & A. Kaye (Eds.), *Mindweave: Communications, computers, and distance education*. NY: Pergamon, pp. 50-62.

Hoadley, C. M. & Linn, M. C. (2000). Teaching science through online, peer discussions: SpeakEasy in the Knowledge Integration Environment. *International Journal of Science Education, 22(8),* 839-857.

Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science*(pp. 93-108). NY: Routledge.

Kelly, G. J. & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education, 86,* 314-342.

Lee, B. W., Son, J. W. & Lee, S. M. (2005). Science-gifted students' scientific inquiry change in online argumentative discussion. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 25(6),* 642-649.

Linn, M. C. (2000). Designing the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education, 22(8)*. 781-796.

Linn, M. C., Clark, D. & Slotta, J. D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education, 87*. 517-538.

McDermott, L. C. (1996). *Physics by inquiry*. NY: John Wiley & Sons.

National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Penner, D. E. & Klahr, D. (1996). The interaction of domain-specific knowledge and domain general discovery strategies: A study with sinking objects. *Child Development*, 67.

Relan, A. & Gillani, B. B. (1997). Web-based information and the traditional classroom: Similarities and Differences. In B. H. Khan, (Ed.), *Web-Based Instruction* (pp. 41-58). Englewood Cliffs, N.J.: Educational Technology Publication.

Romiszowski, A. J. (1997). Web-Based Distance Learning and Teaching. In B. H. Khan, (Ed.), *Web-based instruction*(pp. 41-58) Englewood Cliffs, N.J.: Educational Technology Publication.

Romiszowski, A. J. & Mason, R. (1996). Computer-mediated communication. In D.H. Jonassen(Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology*(pp. 438-456) NY: Prentice Hall International.

White, R. T. (2000). The knowledge integration environment: commentary on research. *International Journal of Science Education, 22(8)*, 873-880.