



과학교과 웹 기반 탐구학습의 효과성 연구 동향

이정민*, 박현경, 정연화, 노지예
이화여자대학교

Research Trends of Web-Based Inquiry Learning Effectiveness in Science Education: A Review of Publications in Selected Journals from 2000 to 2014

Jeongmin Lee*, Hyunkyung Park, Yeonhwa Jung, Jiyaeh Noh
Ewha Womans University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 May 2015
Received in revised form
16 June 2015
24 June 2015
3 July 2015
Accepted 29 July 2015

Keywords:

Web-based inquiry learning,
science education,
research trends

ABSTRACT

The purpose of this paper is to offer an analysis on the research trends of web-based inquiry learning effectiveness in science education, and to present suggestions for future studies. This study compiled data on 43 articles in Korea and international journals. The content analysis of articles published were from academic journals related to science education and educational technology from 2000 to 2014. The results are as follows: Among domestic articles, the participants ranged from school children to high school students. On the contrary, among foreign articles, the participants are centralized on secondary school students; most used experimental studies; most of the studies resulted with web-based inquiry learning in science education showing effectiveness on science learning performance or science inquiry ability; all web-based inquiry learning were designed using different models of teaching and learning, with the result in the case of domestic research, the utilized models refer to the STS learning model, Internet utilization problem-center inquiry learning model, Procedural model, while in the case of overseas research, the utilized models are SCY, IBLE, and TESI model. Implications of the findings are then discussed, which implies considerations for further research related to web-based inquiry learning.

1. 서론

오늘날 학교교육에서 학습자들은 지식과 정보를 탐색 및 활용하여 주어진 문제를 해결하는 탐구능력을 필요로 한다(Sung & Choi, 2006). 이에 과학교과에서는 학습자들의 과학적 탐구능력과 정보화 능력을 향상시키기 위해 다양한 교수·학습 방법이 강화되는 경향을 보이고 있으며(Choi & Sung, 2004), 과학교과의 핵심적인 교수·학습 방법 중의 하나로 탐구학습이 강조되고 있다(Kang *et al.*, 2011). 탐구학습은 학습자로 하여금 실제적인 문제 해결을 위해 의문을 제기하여 가설을 설정하고, 실험 설계 및 수행을 통해 합리적인 결론을 내리는 일련의 과정들을 모두 포함한다. 이 과정을 통해 학습자는 자연스럽게 과학 지식을 스스로 구성하게 되므로 탐구력 향상에 효과적이며(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Bae, Kim, & Yun, 2005; Baek & Lee, 2003), 과학에 대한 태도에도 긍정적인 영향을 미친다는 연구결과들이 보고되고 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). 이처럼 과학교과에서 탐구활동의 효과성이 입증됨에 따라 탐구의 중요성에 대한 다양한 논의가 이루어졌으며(NRC: National Research Council, 2000), 교육과학기술부에서는 학교교육에서의 탐구활동의 역할을 강조하며 이를 통해 학습자들의 과학적 소양이 배양되어야 한다고 하였다(Ministry of Education and Science Technology, 2008).

그러나 실제 면대면 학습에서는 시간과 자원의 부족으로 탐구활동

의 적용에 어려움을 겪고 있다(Jang & Lee, 2012). 이에 대한 대안으로 인터넷이 학습자에게 간접경험을 제공하는 최적의 학습 환경으로 주목받으며(Choi & Sung, 2004) 국내·외에서 웹 기반 탐구학습에 대한 연구가 지속되고 있다. Jang & Lee (2012)는 웹 기반 탐구학습이 기존 면대면 수업의 현실적인 한계점을 보완하며 탐구학습의 영역을 확장시켰음을 규명하였고, Lee, Son, & Jeong (2006)은 학습자가 능동적으로 학습에 참여함으로써 웹 기반 탐구학습이 과학탐구학습의 교육적 가능성을 높이고 있다는 연구결과를 보고하였다. 600명의 고등학생을 대상으로 visualization technology에 대해 연구한 Levy (2013)는 웹 기반 탐구학습 프로그램인 TELS (Technology Embedded Learning in Science) 모듈이 학습자들의 학습 성과에 긍정적인 영향을 미쳤음을 확인하였다. 또한 Varma & Linn (2012)은 중학생을 WISE(Web-based Inquiry Science Environment)를 활용한 수업에서 학습자들이 학습개념에 대한 이해도가 향상되었음을 보고하였다.

이처럼 다양한 연구들이 활발하게 진행되고 있음에도 불구하고 현재까지 웹 기반 탐구학습에 관한 국내, 외의 연구들은 주로 웹기반 학습 자료의 개발과 이를 토대로 웹 기반 탐구학습의 학습 성과, 탐구능력의 향상을 확인하는 분야에만 치중되어 있으며(Bodzin & Fu, 2014; DeBoer *et al.*, 2014; Kang *et al.*, 2011; Kim & Moon, 2006; Sun & Looi, 2013; Sung & Choi, 2006), 개별 연구결과에만 의존하여 웹 기반 탐구학습의 효과성에 관하여 전체적인 방향과 틀을 분석한

* 교신저자 : 이정민 (jeongmin@ewha.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.4.0565>

연구가 부족하다. 국내의 경우 웹 기반 교육(Web-based instruction: WBI) 효과성에 대한 과학교육연구 동향을 분석한 Suh (2005)의 연구가 1편 있으나, 웹 기반 탐구학습이라는 특정한 교수학습 방법에 대한 효과성을 정리한 것이 아닌 웹 기반 교육의 전반적인 흐름을 분석하여 시사점을 제언하는 데 그쳤다. 아직 국내·외에서 웹 기반 탐구학습의 효과성에 관하여 본격적으로 정리하고 검토한 연구가 미비한 실정이다. 한편, Kim, Oh, & Heo (2014)는 연구동향을 분석함으로써 해당 주제에 대한 연구자들의 관심 영역을 파악할 수 있으며, 연구주제나 연구방법 등의 실제적 변화를 확인할 수 있음을 제언하였다. 또한 Park & Kim (2008)은 과학교육 연구의 동향을 살펴보는 것은 과거의 과학교육이 현재 과학교육에 미친 영향과 미래에 미칠 영향을 파악할 수 있는 기회를 제공한다고 주장하였다. 이와 같은 맥락에서, 본 연구는 웹 기반 탐구학습 효과성 연구의 동향을 살펴봄으로써 해당분야의 변화방향을 확인하고 미래 방향을 예측할 수 있다는 점에서 의의가 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 과학교과의 웹 기반 탐구학습의 효과성에 관한 연구자들의 관심영역과 관련 연구의 실제적인 변화를 확인하기 위해 국내·외에서 진행된 웹 기반 탐구학습에 관한 연구 중 효과성 검증 목적을 목적으로 진행한 연구들의 최근 동향을 분석하고 시사점을 도출하는 데 그 연구의 목적이 있다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 과학교과의 웹 기반 탐구학습의 연구대상 경향은 어떠한가?
- 둘째, 과학교과의 웹 기반 탐구학습의 연구방법 경향은 어떠한가?
- 셋째, 과학교과의 웹 기반 탐구학습의 효과성 측정 및 변인들은 어떠한가?
- 넷째, 과학교과의 웹 기반 탐구학습의 교수학습모형 및 웹 기반 탐구학습 프로그램의 경향은 어떠한가?

II. 과학교과에서의 웹 기반 탐구학습

웹 기반 교육(WBI)이란 교육적인 목적으로 학습을 촉진하고 수행을 향상시키고자 인터넷을 활용하는 교수·학습 환경으로, 학습자가 자기 주도적으로 학습을 수행하기 때문에, 학습자 중심적인 학습을 지원해준다는 측면에서 구성주의적 교수·학습의 유형으로 볼 수 있다(Ryoo & Bae, 2007). 웹 기반 교육은 학습자가 자기 주도적으로 제한적인 정보에서 벗어나 다양한 자료를 활용하며, 학습동기 유발에 효과적이나(Ye *et al.*, 2002), 웹상에서는 학습자들이 무한정한 정보를 관리하는 것을 어려워할 수 있으며(Kang *et al.*, 2011) 면대면 학습과 달리 암묵적 접촉이 제한된다는 단점이 있다(Bonk & Dennen, 1999; Lim, 2001).

한편, 탐구학습은 학습자가 문제해결을 위한 의문 제기 및 가설 설정, 합리적인 결론도출의 일련의 과정을 포함하는 과학교과의 핵심적인 교수·학습 방법 중의 하나이다(Kang *et al.*, 2011). 탐구학습은 지적 탐구 영역에서의 사고력을 키우는 데 도움을 주며(Ryoo & Bae, 2007) 학습자들의 동기 부여, 흥미도, 학습, 성장을 향상시키고(Collins, 1997; DeBoer, 1991; Singer *et al.*, 2005), 학습자들이 다양한 관점으로 문제를 고려하게끔 하고 학습자들의 생각을 통합시키는 데 도움을 준다(Clark & Linn, 2003; Linn & Hsi, 2000). 그러나 현장교사

들은 탐구학습에 필요한 자원을 조직하고 활용하는 데 어려움을 겪고 있으며(Park & Cho, 2003) 탐구학습의 원리와 과정의 현실적인 실현이 어렵다는 단점이 있다(Gwak, 2015).

위와 같은 웹 기반 교육과 탐구학습의 현실적인 문제를 해결하기 위한 대안으로, 풍부한 자원을 바탕으로 간접경험을 제공하는 인터넷 환경에서 학습자들의 탐구학습이 수행되도록 구현된 웹 기반 탐구학습(Web-based Inquiry Learning)이 제안되었다. 면대면 학습에서의 탐구학습은 시간과 자원의 부족으로 현실적인 적용이 어려웠지만(Jang & Lee, 2012), 웹 기반 탐구학습은 학습자들이 원하는 시간에 인터넷상의 풍부하고 다양한 학습 자료를 바탕으로 학습을 수행할 수 있는 학습 환경을 제공해 준다. 또한 웹 기반 탐구학습은 과학에 대한 이해를 향상시키며(Jung & Ahn, 2009) 학습내용을 서로 공유할 수 있다는 장점이 있다(Kang *et al.*, 2011).

Gwak(2015)은 대표적인 웹 기반 탐구학습 환경으로 샌디에고 주립대학교(San Diego State University)의 버니 더지(Bernie Dodge)의 웹 퀘스트(WebQuest), U. C. 버클리 대학교(University of California, Berkeley)의 WISE(Web-based Inquiry Science Environment), 인디애나 대학교(Indiana University Bloomington) CRLT(Center for Research on Learning with Technology)의 LTTS(Learning to Teach with Technology studio)를 제시하였다. 첫째, 웹퀘스트는 학습자들이 문제나 프로젝트를 기반으로 웹을 통해 얻은 자료로 문제를 해결하고 결론을 도출하는 탐구학습 과정을 포함한다(Gwak, 2015). 둘째, WISE는 학습자가 문제를 해결하기 위해 해결방안을 설계하고, 과학적 증거들을 이용하여 결론을 얻는 웹 기반 탐구학습 환경이다(Kim, Hannafin & Bryan, 2007). 셋째, LTTS는 교사들이 실제적인 문제를 해결하기 위해 웹상의 자료를 활용하여 일련의 탐구활동 과정을 수행하는 환경이다(Malopinsky *et al.*, 2000).

III. 연구 방법

1. 분석 대상

웹 기반 탐구학습에 관하여 알아보기 위하여 2000년부터 2014년까지 발행된 국내·외의 학술지 논문을 분석 대상으로 하였다. 자료를 수집하기 위해 국내 학술지 중 교육공학연구, 교육정보미디어연구, 교과교육연구, 교육방법연구, 정보교육학회논문지, 과학교육연구, 한국과학교육학회지, 초등과학교육을 선정하였고, 국외 학술지 중 British Journal of Educational Technology, Computers & Education, Educational Technology Research and Development, International Journal of Science and Mathematics Education, International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Journal of Science Education and Technology를 선택하여 과학 교과의 웹 기반 탐구학습에 관련된 논문 목록을 추출하였다. 해당 학술지들은 과학교육과 교육공학을 대표하는 국내·외 학술지로, 웹 기반 탐구학습이 과학교육과 교육공학이 융합된 교수·학습 환경이라는 측면에서 위와 같은 학술지들을 선정하였다.

논문 목록을 추출하기 위해 사용된 검색 키워드는 ‘웹 기반 탐구학습’, ‘웹 기반 교육’, ‘웹 기반’, ‘탐구학습’, ‘WBI’, ‘Web-based inquiry learning’, ‘Web-based learning’, ‘Inquiry learning’, ‘WISE’ 이었으며

검색결과 중 과학 분야와 관련된 연구들을 1차적으로 선정하였다. 위의 과정을 거쳐 검색된 논문 중에서 학교교육환경에서의 웹 기반 탐구 학습의 효과성을 살펴보고자 초, 중, 고교생을 대상으로 한 양적 연구와 혼합연구 논문을 최종 분석 대상으로 선정하였다. 키워드를 통해 검색된 논문은 총 154건이며, 이 중 최종 분석 대상으로 선정된 논문은 43건으로 웹 기반 탐구학습 논문 중 28%를 차지하였다.

2. 데이터 코딩 및 분석

최종 분석대상 논문은 4가지 기준 즉, 연구대상, 연구방법, 웹 기반 탐구학습의 효과성 및 측정변인, 교수학습모형 및 웹 기반 탐구학습 프로그램으로 분류하였다. 구체적인 기준으로는 첫째, 연구대상은 초, 중학생, 고등학생, 혼합으로 구분하였다. 둘째, 연구방법은 실험 연구와 조사연구, 개발 연구, 혼합 연구로 나누었고 셋째, 웹 기반 탐구학습에 대한 효과성은 학습 성과 측면, 학습자특성 측면, 기타로 분류하였으며 연구 시 측정된 독립변인과 종속변인도 함께 고려하였다. 마지막으로 수업에서 활용한 교수학습모형을 종류에 따라 분류하였으며, 웹 기반 탐구학습 환경에 관한 프로그램도 함께 고려하였다. 완성된 데이터는 빈도분석을 실시하였으며 5년 단위로 3개의 기간으로 나누어 경향성을 분석하였다.

IV. 연구 결과

1. 연구 대상

Table 1에 따르면, 2000년부터 2004년까지 초, 중, 고등학생을 대상으로 양적 연구와 혼합 연구를 실시한 연구는 국내에서 연구된 4편에 불과하였다. 그러나 2005년부터 그 수가 증가하여 2010년부터 2014년까지 국내·외에서 25편의 연구가 진행되었다. 특히 국내보다 국외에서 웹 기반 탐구학습과 관련된 연구가 많이 증가하였으며, 이를 통해 웹 기반 탐구학습에 관한 연구자들의 관심이 증대했음을 알 수 있다.

또한 국내의 경우 초등학생, 중학생, 고등학생을 대상으로 고루 퍼져있었지만, 국외의 경우 중학생과 고등학생을 대상으로 한 연구가 많았다. 중, 고등학생을 대상을 혼합하여 진행한 개발연구는 총 1편으로 확인되었다.

2. 연구 방법

연구방법은 실험연구, 조사연구, 개발연구, 혼합연구로 분류하여 분석하였다. 실험연구는 변인들 간의 관계를 발견하기 위해 통제된 상황에서 독립변인을 조작 및 처치하여 종속변인에 미치는 영향을 측정하고 분석하는 연구방법이다. 조사연구는 응답자로부터 조사나 면담 등을 통해 자료를 수집하는 방법이며 개발연구는 웹 기반 탐구학습의 학습과정이나 시스템을 설계하여 학습자를 대상으로 효과성 검증을 실시한 연구를 의미한다. 혼합연구는 양적 연구방법과 질적 연구방법을 혼합하여 진행한 연구이다. 본 연구에서는 양적 연구를 대상으로 최종논문을 선정하였으나, 양적 연구 중심으로 survey, interview를 보완하는 형태의 혼합연구는 포함하였다. 그러나 질적 연구방법 단독으로 진행된 논문은 포함하지 않았다.

Table 1. The classification of research participants

| | 2000~2004 | | 2005~2009 | | 2010~2014 | | 전체 | |
|------|-----------|----|-----------|----|-----------|----|----|----|
| | 국내 | 국외 | 국내 | 국외 | 국내 | 국외 | 국내 | 국외 |
| 초등학생 | 1 | - | 3 | 2 | 3 | 2 | 7 | 4 |
| 중학생 | 2 | - | 1 | 2 | 1 | 9 | 4 | 11 |
| 고등학생 | 1 | - | 3 | 3 | 1 | 8 | 5 | 11 |
| 혼합 | - | - | - | - | - | 1 | 0 | 1 |
| 전체 | 4 | 0 | 7 | 7 | 5 | 20 | 16 | 27 |

Table 2. The classification of research methods

| | 2000~2004 | | 2005~2009 | | 2010~2014 | | 전체 | |
|------|-----------|----|-----------|----|-----------|----|----|----|
| | 국내 | 국외 | 국내 | 국외 | 국내 | 국외 | 국내 | 국외 |
| 실험연구 | 1 | - | - | 4 | 2 | 9 | 3 | 13 |
| 개발연구 | 3 | - | 3 | 1 | - | 5 | 6 | 6 |
| 조사연구 | - | - | 2 | - | 3 | 3 | 5 | 3 |
| 혼합연구 | - | - | 2 | 2 | - | 3 | 2 | 5 |
| 전체 | 4 | 0 | 7 | 7 | 5 | 17 | 14 | 22 |

Table 2에 따르면, 3가지 연구방법 중 국내·외에서 가장 많이 시행된 연구방법은 실험연구로 총 16편이었다. 또한 시스템 설계 및 효과성 검증을 하는 개발연구가 총 12편으로 뒤를 이으며 국내·외에서 웹 기반 탐구학습을 설계하고 효과성 검증을 한 연구도 많이 이루어졌음을 나타냈다. 학습자특성 변인간의 관계분석을 위해 실시된 조사연구도 총 8편이었으며 혼합연구의 수도 총 7편이었다. 혼합연구의 경우, 웹 기반 탐구학습 시 학습자의 정서적 측면도 중요한 요소이기 때문에 인터뷰나 관찰을 통해 보다 심층적인 분석이 이루어졌으며 학습자의 여러 측면을 살펴볼 수 있다는 점이 의의가 있다.

3. 웹 기반 탐구학습의 효과

가. 웹 기반 탐구학습의 효과성

웹 기반 탐구학습에 관하여 학습 성과, 학습자특성 측면에서 프로그램의 분명한 효과성을 보인 연구들이 많았다. 학습 성과 측면에서는 과학 성취도가 향상된 연구결과가 27건, 과학탐구능력의 향상을 보인 연구가 4건이었다. 웹 자원 기반 탐구학습 시스템 모형의 효과성을 검증한 Jang & Suh (2004)의 연구에서는 실험집단과 비교집단의 성취도 평균에 유의한 차이가 있음을 밝혔으며, Verma & Lim (2012)은 WISE 프로그램을 통해 학습자들의 개념 이해도가 향상되었음을 확인하였다. Kim & Moon (2006)은 웹 기반 탐구학습 시스템의 효과성을 규명하고자 학습자의 학업성취도와 과학 탐구능력에 대해 연구한 결과, 실험집단의 학업성취도가 통제집단보다 높게 나타났으며, 과학 탐구능력 검사 결과 두 집단에 유의한 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 학습자특성 측면에서는 과학적 태도를 향상시킨 연구결과 6건, 과학교과에 대한 긍정적인 태도를 함양시킨 연구가 3건으로 확인되었다. Kim & Moon (2006)은 웹 기반 탐구학습 시스템의 효과성을 알아보기 위해 학습 성과뿐만 아니라 과학교과에 대한 학습자들의 태도도 함께 살펴보았는데, 실험집단의 학생들이 통제집단의 학생들보다 과학교과에 대한 탐구학습 태도가 전체적으로 더 긍정적인 것으로 나타났다. 또한 실험집단과 통제집단간의 유의한 차이를 규명하여 프로그램 자체의 효과성을 입증한 연구가 13건이었으며 학습자특성 변인간의 인과효과를 도출한 연구결과도 2건이었다. Kang *et al.* (2012)의 연구에

서는 WISE 환경에서 자기 주도 학습능력은 인지실재감을 매개로 학습 성과에 간접적인 효과를 미치며, 인지실재감은 과학탐구능력에 직접적인 효과가 있음을 규명하였다.

그러나 이와 반대로 통제집단과 실험집단(웹 기반 탐구학습)간의 유의한 차이를 규명하지 못한 연구결과가 6건이었으며 과학탐구능력의 향상을 보이지 못한 연구가 2건이었다. Kang *et al.* (2009)은 WISE 환경에서의 스캐폴딩 유형에 따른 학업성취도와 과학탐구능력의 차이를 검증한 결과, 설명제공형 스캐폴딩을 제공받은 집단과 단서제공형 스캐폴딩을 제공받은 집단의 학업성취도가 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과에 대해, 해당 연구에서는 과학성취도가 고차원적인 문제해결능력을 측정하는 것이 아닌 수업내용의 이해도를 확인하는 비교적 낮은 수준의 지적능력을 측정한 것과 연관이 있을 것으로 예측되기 때문에, 성취도 검사를 제고하여 다양한 연구대상에게 스캐폴딩의 효과를 재검증 할 필요가 있음을 제안하였다(Kang *et al.*, 2009). 또한 Kang *et al.* (2012)의 연구에서는 WISE 환경에서 실험집단과 통제집단의 과학성취도에는 유의한 차이가 있었으나, 과학탐구능력에는 통계적으로 유의한 차이가 없었음을 확인하였다. 이러한 결과에 대해, 해당 연구에서는 여러 차시의 학습내용을 복합적으로 제공하다보니 과학탐구능력을 향상시킬 수 있는 충분한 학습기회를 제공하지 못해 기인한 결과로 예측하였다(Kang *et al.*, 2012). Zacharia, Xenofontos, & Manoli (2011)의 연구에서는 웹 기반 탐구학습의 효과를 측정하고자 38명의 학생들을 대상으로 2가지 협동학습 접근법인 JCA(Jigsaw Cooperative Approach), TCA(Traditional Cooperative Approach)로 구분하여 연구를 한 결과, JCA와 TCA간의 유의한 차이가 없는 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과가 도출된 이유로, JCA 그룹이 연구 도중 과제방식의 변화로 인해 TCA 그룹과 같은 과제를 수행하게 되며 동일한 패턴으로 과제를 수행하게 되었음을 지적하였다. 또한 프로그램 자체에 대해 학습자들의 부정적인 의견을 보인 연구가 2건이었다. Zacharia, Xenofontos, & Manoli (2011)의 연구에서 TCA 그룹을 대상으로 인터뷰를 진행한 결과, WebQuest의 웹사이트에서 정보를 검색하기가 어려웠으며, 그래프나 차트에 대한 설명이 부족했다는 의견을 보였다. 또한 JCA 그룹에서는 WebQuest 상에서 다른 사람들과의 커뮤니케이션이 어려웠으며 설명이나 노트가 충분치 않았음을 지적하였다(Zacharia, Xenofontos, & Manoli, 2011). 이러한 연구결과는 과학교과의 웹기반탐구학습의 효과성을 증진시키기 위해서는 체계적인 설계가 필요함을 시사한다.

한편, 효과성에 대한 연구들 중 통계표를 제시하지 않았거나, 실험 집단(웹기반 탐구학습집단)과 통제집단의 구분이 불분명한 논문들을 제외한 효과크기를 계산할 수 있는 논문 15편을 대상으로 메타분석을 시행하여 웹기반 탐구학습의 효과크기를 분석하였다(Glass, McGaw, & Smith, 1984). 그 결과, 효과크기는 약 0.6으로 Cohen(1977)의 분석 기준에 따라 웹기반탐구학습은 중간 정도의 효과가 있다고 볼 수 있다.

나. 측정 변인

웹 기반 탐구학습 관련 연구에서는 측정변인으로 웹 기반 탐구학습 프로그램, 스캐폴딩유형, 인지적 실재감, 과학성취도, 과학탐구능력, 과학적 태도 등 여러 가지 변인들이 사용되고 있었다. 웹 기반 탐구학습 연구를 위해 연구자들이 선택한 변인에 대한 분석결과는 Table 3과

Table 3. Research variables

| | 분석 항목 | 빈도(국내/국외) |
|------|----------------|-----------|
| 독립변인 | 웹 기반 탐구학습 프로그램 | 29(10/19) |
| | 스캐폴딩 유형 | 4(1/3) |
| | 인지적 실재감 | 2(2/0) |
| | 사전지식 | 2(1/1) |
| | 자기조절학습 | 1(1/0) |
| | 자기 주도 학습능력 | 1(1/0) |
| | 학습 몰입 | 1(1/0) |
| | 성찰일지 작성 능력 | 1(1/0) |
| | 질문 유형 | 1(1/0) |
| | 프로그램 투입 시기 | 1(1/0) |
| | 훈련 및 연습 | 1(0/1) |
| | 지원 | 1(0/1) |
| 종속변인 | 과학 성취도 | 37(13/24) |
| | 과학탐구능력 | 15(9/6) |
| | 과학적 태도 | 5(3/2) |
| | 학습자 활동 | 4(1/3) |
| | 과학에 대한 인식 | 3(2/1) |
| | 그래프 활용 능력 | 2(1/1) |
| | 추론 능력 | 2(0/2) |
| | 지식공유과정 | 1(1/0) |
| | 공유정신모형 | 1(1/0) |
| | 파지 | 1(1/0) |
| | 인지적 실재감 | 1(1/0) |
| | 협동 능력 | 1(0/1) |
| 메타인지 | 1(0/1) | |

같다.

독립변인의 경우, 웹 기반 탐구학습 프로그램 자체를 변인으로 선정한 연구가 총 29편으로 가장 많았다. 웹 기반 탐구학습 프로그램 자체를 독립변인으로 선정한 연구가 가장 많은 것은 본 연구에서 선정한 웹 기반 탐구학습 관련 논문의 연구자들이 웹 기반 탐구학습이라는 새로운 교수법에 대한 효과 검증에 많은 관심을 가지고 있음을 의미한다. 그 외에도 스캐폴딩 유형, 사전지식, 자기조절학습, 자기 주도 학습능력, 학습몰입, 훈련 및 연습 등에 대한 연구가 있었다.

종속변인의 경우 많은 연구자들이 2가지 이상의 변인을 선택한 경우가 많았는데, 과학 성취도가 37편, 과학 탐구능력에 대한 연구가 15편으로 가장 많았다. 이러한 변인들은 기존의 면대면 탐구학습에서도 가장 많이 측정 되는 변인으로, 웹 기반 탐구학습에서도 교수·학습 방법에 따른 학습자의 변화를 측정하기에 과학성취도와 과학탐구능력, 과학적 태도가 가장 적합한 변인이었음을 나타낸다. 특히 국내의 경우 지식공유과정이나 공유정신모형을 통해 학습자간의 지식이 어떠한 형태로 공유되는지 살펴본 연구들이 있었으며, 국외의 경우 이와 비슷한 변인으로 학습자간의 협동능력을 측정하기도 하였다. 또한 학습자 활동을 종속변인으로 측정한 연구가 국내·외에서 총 4건이었는데, 학습자 활동은 학습자의 연구나 탐구 활동에 대한 적극적인 참여를 나타내는 변인으로 과학적 태도와는 다른 변인으로 보았다. 이는 과학적 태도가 학습자의 정의적 영역에 관한 것이고, 학습자 활동은 학습자의 행동적 영역에 관한 것이라는 차이점으로 인해 분류한 것이다.

4. 교수학습모형 및 웹 기반 탐구학습 프로그램

가. 교수학습모형

웹 기반 탐구학습에서 활용된 교수학습모형은 총 12개 모형으로

국내 5개, 국외 7개로 확인되었다. 국내에서는 STS(Science-Technology-Society) 학습모형, 인터넷 활용 문제 중심 탐구학습 모형, 절차적 모형, 웹 기반 탐구학습모형, 웹 자원기반 탐구학습 시스템 모형이며 각각 1개씩 사용되었다. 이 교수학습모형들에 대해 구체적으로 살펴보자면, STS 학습모형은 인간의 경험적 상황에 근거한 과학 학습을 중요시하는 모델로 문제로의 초대 단계, 탐색단계, 설명 및 해결방안의 제시단계, 실행단계로 진행된다(Jang & Lee, 2012). 인터넷 활용 문제 중심 탐구학습 모형은 Choi & Sung (2004)이 개발한 모델로, 이 수업모형은 전체 절차를 '설계 및 개발'과 '실행 및 평가'로 구분하여 15단계로 세분화하고, 각 단계에서의 교수학습활동과 이론적 배경을 구체적으로 제시한다. 절차적 모형은 체제적 절차 모형 중의 하나로 분석, 설계, 제작, 적용, 평가의 5단계로 구분되어 있다(Ye *et al.*, 2002). 또한 웹 기반 탐구학습모형은 Kim & Moon (2006)이 설계한 모델로 수업을 실험 전, 실험 활동 중, 실험 활동 후로 세분화하여 모둠 구성원들 간의 상호작용에 초점을 두었다. 마지막으로 웹 자원기반 탐구학습 시스템 모형은 웹 자원에서 자료를 탐색하고 재구성하는 능력을 향상할 수 있는 전략에 초점을 두고 탐구학습의 단계를 탐구문제 제시, 문제의 구조화, 과제에 필요한 정보 확인 등의 10단계로 세분화한 모델이다(Jang & Suh, 2004).

국외에서는 SCY(Science Created by You), IBLE(Inquiry-based learning with e-mentoring), Cognitive apprenticeship model, TESI (Technology Embedded Scientific Inquiry), IPS-I model(Information Problem Solving using Internet model), ADDIE모형, WiMVT(Web-based inquirer with Modeling and Visualization Technology)이 사용되었다. 국내와 마찬가지로, 국외도 서로 다른 교수학습모형을 활용하여 웹 기반 탐구학습을 설계하였다. SCY란 컴퓨터 기반 환경에서 학생들이 과학적인 주제를 사회과학적인 맥락에서 학습하도록 설계, 탐구, 협력에 관한 미션을 수행하는 모형이며(Jong *et al.*, 2012), IBLE 모델은 CII(Community Informatics Initiative) 탐구 모델을 기반으로 한 것으로, 중요한 주제 확인, 브레인스토밍 프로젝트 아이디어, 구조 설계, 실행, 평가의 5단계로 구성되어 있다(Li, Moorman, & Dyjur, 2010). Cognitive apprenticeship model은 인지적 도제학습 모델로 학습자가 교수자를 따라 학습의 과정에 적극적으로 참여하는 모델이며(Tsai *et al.*, 2012) TESI 모델은 과학탐구활동을 통해 과학적 개념화, 과학적 조사, 과학적 커뮤니케이션을 바탕으로 학습자들의 학습을 촉진하기 위해 설계된 모델이다(Ebenezer, Kaya, & Ebenezer, 2011). 또한 IPS-I 모델은 학습자들이 문제를 해결하기 위해 웹상의 정보를 활용하도록 설계된 모델로, 학습자들은 이를 통해 문제 정의, 문제 찾기, 정보 스캔, 정보 처리, 정보 조직 및 제시의 능력을 함양하게 된다(Raes *et al.*, 2012). 싱가포르에서 진행되고 있는 WiMVT 모델 역시 과학탐구능력 과 모델링능력, 비판적 사고능력, 추론 능력과 같은 과학교육이 제시하는 중요한 목표 성취를 위한 웹기반 설계 모형과 과정을 상세히 제시하고 있는 모델이다(Sun & Looi, 2013).

이를 바탕으로 국내·외에서 공통적으로 사용한 교수학습모형은 자기 주도적 학습을 강조한 모형임을 알 수 있었다. STS 모형은 학습자가 스스로 질문하고 그에 대한 해답을 찾는 학습모형이며(Jang & Lee, 2012), 인터넷 활용 문제 중심 탐구학습도 구성주의 학습이론에 근거하여 학습자가 자기 주도적으로 학습할 수 있도록 설계된 교수·학습 모형이다(Choi & Sung, 2004). 웹 기반 탐구학습 모형도 각 단계에서

개별적·협동적 학습을 통해 학습 보고서를 제시하는 등 자기주도적인 학습이 이루어지도록 설계하였다. 그 외에도 웹 자원 탐구학습 시스템 모형, SCY, IBLE, Cognitive apprenticeship model, TESI, IPS-I model, WiMVT 모형 모두 학습자의 자기 주도적 학습을 강조하여 설계된 교수·학습 모형이었다. 이를 통해 각각의 연구에서 학습자의 자기 주도적 학습에 초점을 두고 교수·학습 과정을 설계하였음을 파악할 수 있었으며, 탐구학습과 관련된 교수설계에 적합한 교수학습 모형들이 활용되었음을 알 수 있었다.

나. 웹 기반 탐구학습 프로그램

국내·외의 웹 기반 탐구학습에 관한 연구에서 공통적으로 활용된 학습 환경 프로그램은 WISE(Web-based Inquiry Science Environment)인 것으로 확인되었다. WISE는 웹 기반 탐구학습의 한 가지 유형으로, 학습자에게 탐구 문제가 주어지면 학습자는 이 문제의 해결방안을 설계하고, 실험을 진행하면서 결과를 예측하고, 과학적 증거를 기반으로 가설을 검증하거나 결론을 내도록 지원하는 웹 기반 탐구학습 환경이다(Kim, Hannafin & Bryan, 2007). 더 나아가, 교사는 WISE에서 제공하는 이미지, 문제, 탐구학습 예시 프로그램, 스캐폴딩 자료 등을 활용하여 학습자료 개발에 쏟는 시간과 노력을 절약하고 각 학교의 수업상황에 맞는 구체적인 교수설계와 처치에 집중할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 WISE 프로그램은 미국의 상황에 맞게 설계된 학습 내용이므로, 국내에서는 한국의 상황에 맞게 재설계하거나, 번안하여 연구를 진행하였으며, 이들 연구를 통해 WISE가 학습자의 과학적 태도, 과학성취도, 과학탐구능력 향상 등에 미치는 영향을 확인하였다(Kang *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2011; Kang *et al.*, 2012). 국외에서는 온실효과와 지구온난화에 대한 중학생들의 이해도를 향상 시켜주기 위해서 WISE환경을 활용하여 수업 모듈을 설계한 연구가 있었으며(Varma & Linn, 2012), WISE환경에서의 교사와 테크놀로지를 이용한 스캐폴딩이 학습자의 내용적 지식과 메타인지에 미치는 영향들에 대한 연구도 있다(Wu & Pedersen, 2011). 또한 WISE환경에서의 스캐폴딩 전략에 관하여 교사 지원 스캐폴딩, 컴퓨터 지원 스캐폴딩, 두 가지를 혼합한 스캐폴딩의 효과성을 확인한 연구도 있다(Raes *et al.*, 2012).

이외에도 국내·외별로 웹 기반 탐구학습에 활용한 프로그램을 나누어 살펴보면, 국내의 경우 가상의 학습공간인 웹 사이트를 구축한 연구들이 많았다. 중학생을 대상으로 웹기반 프로그램의 효과성을 검증하고자 한 Shim, Kim, & Chung (2005)은 에듀넷에 프로젝트 학습방을 개설하여 과제 제출 및 상호작용의 장으로 활용하였다. 또한 다른 연구들에서는 웹사이트를 학습자들이 정보를 탐색할 수 있는 자료 검색실, 탐색한 자료와 정보를 올려놓을 수 있는 자료실, 교수자와 학습자 간의 의사소통을 위한 Q&A, 게시판 등으로 구성하기도 하였다(Park, Kang, & Kim, 2001; Ryoo & Bae, 2007; Sung & Choi, 2006). 한편, Jang & Lee (2012)는 웹사이트 설계 시, STS(Science-Technology_Society)수업 모형의 설계를 따라 (1) 문제로의 초대, (2) 탐색, (3) 설명 및 해결 방안 제시, (4)실행의 순으로 웹사이트를 설계하였다.

웹 기반 탐구학습에 관한 국외 연구들은 기존의 웹기반 환경에서 제작된 프로그램들을 활용하여 이를 적용해보는 연구들이 대부분이었

다. Zacharia *et al.* (2011)의 연구에서는 웹 기반 탐구학습 프로그램으로 많이 알려진 WebQuest를 활용하여 2가지 협동학습방법에 대한 효과성을 규명하였다. 또한 Jong *et al.* (2012)의 연구에서는 중학생들이 과학적인 주제를 사회과학적인 맥락에서 학습하도록 설계되어진 학습 환경인 SCY를 활용하여 CO2 friendly house와 같이 실생활 맥락에서 해결할 수 있는 SCY mission 설계를 제안하고, 이를 해결하는 과정에서 이루어지는 탐구학습에 주안점을 두었다. Eslinger *et al.* (2008)의 연구에서는 웹 기반 탐구학습에 사용되는 오픈소스 소프트웨어 프로그램 중 하나인 Inquiry Island 프로그램을 활용하였다. Inquiry Island 프로그램은 학습자가 탐구과제를 스스로 창출하고, 평가해볼 수 있도록 하는 시스템으로 학습자, 교수자, 소프트웨어가 긴밀하게 상호작용적으로 반응하여 일련의 탐구 과정이 학습과 연결될 수 있도록 한다. Eslinger *et al.* (2008)은 중학생을 대상으로 10주간 Inquiry Island 프로그램을 이용한 결과 학습자의 탐구학습능력이 증가했음을 확인하였다. 이 외에도 웹 기반 탐구학습에서 에너지 개념에 대한 중학생들의 이해를 촉진시켜 줄 톨로써 GIS와 Google Earth를 활용한 연구도 있었다(Kulo & Bodzin, 2013).

국내·외 웹 기반 탐구학습 프로그램을 바탕으로 설계상의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 국내·외 모두 탐구학습의 기본 4단계의 문제제기, 가설설정, 실험설계 및 수행, 결론도출의 과정에 따라 프로그램 및 웹 사이트를 설계하였다. 먼저 웹 사이트를 활용한 웹 기반 탐구학습의 경우, 학습자들은 학습 내용에 대한 의문점을 제시하고 가설을 설정한 다음, 웹 사이트를 통해 학습 자료를 얻었다. 그 후 가설을 검증하기 위해 탐구의 과정을 거쳐 결과지를 사이트에 제출하여 교수자, 학습자와 공유하며 자신의 탐구를 수정 및 보완하는 형식으로 이루어졌다. 프로그램을 활용한 웹 기반 탐구학습은 학습자가 학습 내용에 대한 의문을 제시 및 가설을 설정하고 프로그램을 통해 가상실험을 하는 경우가 많았다. 학습자들은 실험을 통해 얻은 값을 바탕으로 탐구 결과지를 제출하는 형식으로 수업이 이루어졌다. 이를 통해 다양한 웹 기반 탐구학습이 일련의 탐구학습의 과정을 바탕으로 설계되었음을 알 수 있었다. 둘째, 교사가 수시로 학생들의 탐구과정에 대해 피드백을 줄 수 있도록 설계하였다. 학습자가 웹 사이트나 프로그램을 통해 학습을 하게 되면, 교사는 저장된 데이터를 바탕으로 학습자들의 탐구과정을 살펴보고 피드백을 줄 수 있었다. 셋째, 동료평가와 자기평가 시스템을 구축함으로써 학습자 스스로 자신의 학습을 성찰할 수 있는 기회를 제공하도록 설계되어 있었다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 국내, 외에서 진행된 웹 기반 탐구학습에 관한 연구의 최근 동향을 분석하고 시사점을 제공하고자 하였다. 이를 위해 국내·외 15개 학술지에서 총 43개의 논문을 분석하였으며 웹 기반 탐구학습과 관련된 선행 연구들은 크게 네 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 국내·외 모두 2000년대 초반에는 웹 기반 탐구학습 관련 연구가 많지 않았지만, 시간이 지남에 따라 관련 연구의 수가 증가하였다. 또한 국내의 경우에는 특정대상에 집중된 연구는 없었지만, 국외의 경우 중·고등학생을 대상으로 하는 연구가 상대적으로 많았다.

둘째, 많은 연구에서 웹 기반 탐구학습 프로그램을 독립변인으로 선정하여 여러 종속변인들의 변화를 측정된 실험연구와 개발연구가

시행되었다. 이러한 연구를 통해 많은 연구에서 과학교과에서 웹 기반 탐구학습은 과학 성취도와 과학 탐구능력의 향상에 효과적임을 확인하였다. 이 중 실험집단과 통제집단의 효과크기를 분석한 메타분석 결과, 중간 정도의 효과로 보고되었다. 또한, 다수의 연구들이 2개 이상의 변인들을 살펴보고 있었다. 국외의 연구들은 학습자에게 주어지는 다양한 종류의 스캐폴딩, 추론능력 함양에 대한 연구들이 심도 있게 진행되고 있었고, 국내의 연구들은 과학적 탐구능력에서의 인지적 실재감, 메타인지적인 부분, 공유된 지식 모형 역시 중요한 변인으로 다루고 있었다.

셋째, 국내·외 웹 기반 탐구학습에 관련한 연구들은 학습 환경 설계 시, 모두 상이한 학습모형을 활용하는 것이 밝혀졌다. 또한 국내·외에서 공통적으로 수업에 활용하는 프로그램은 WISE로 확인되었다. 이외에 국내 연구의 경우 웹 기반 탐구학습을 위해 웹사이트를 새로 설계하고 효과성을 검증한 경우가 많았지만, 국외에서는 다양한 테크놀로지 환경(WISE, SCY 등)을 활용한 연구들이 활발하게 진행되고 있었다.

이처럼 웹 기반 탐구학습 관련 논문의 수가 점차 증가한 것은 과학교과의 웹 기반 탐구학습에 관한 연구자들의 관심이 증대되었음을 시사한다. 그러나 국내의 경우 초등, 중등, 고등학교에서 연구들이 이루어졌지만, 국외연구의 경우 주로 중, 고등학생을 중심으로 이루어졌고, 초등학생을 대상으로 한 연구는 상대적으로 적었다. 연구대상은 연구 결과에 영향을 미치는 중요한 요소이기 때문에, 다양한 학습대상을 고려한 연구가 필요함이 확인되었다.

또한 초기의 연구는 프로그램의 효과성을 검증하는 연구가 대다수였지만, 시간이 흐름에 따라 시스템 설계와 학습자 변인을 분석하는 연구도 증가하여 2000년대 초반에 비해 다양한 목적을 가진 연구가 진행됨을 알 수 있었다. 여전히 프로그램의 효과성을 검증하고자 시행되는 연구가 많이 있지만, 연구의 목적이 다양해졌다는 것은 웹 기반 탐구학습의 발전에 영향을 미칠 것으로 예상되기 때문에 매우 긍정적인 변화로 볼 수 있다. 웹 기반 탐구학습과 관련한 연구에서 다양한 종류의 측정변인들이 사용되고 있지만, 여전히 과학성취도와 과학 탐구능력, 과학에 대한 태도를 많이 측정하고 있다. 스캐폴딩이나 추론능력, 메타인지, 인지적 실재감 등의 변인을 살펴보기도 하지만 그 수가 매우 적음을 알 수 있었다. 따라서 기존의 면대면 탐구학습에서 많이 측정되고 있는 변인(예: 과학 성취도, 과학 탐구능력, 과학에 대한 태도 등)과 차별화하여, 웹 기반 탐구학습에서만 측정 할 수 있는 변인들(예: 디지털 리터러시 등)을 선정하여 심도 있는 연구가 요구된다.

마지막으로 국내·외에서 사용되는 웹 기반 탐구학습에서 매우 중요한 요소 중 하나는 학습자가 자신에게 주어진 학습 자료를 이해하는 것이다. 대부분의 웹 기반 탐구학습이 자기 주도적 학습으로 이루어지는 만큼, 학습자 개개인에게 맞춤형 학습 자료를 제공하는 것이 필요하다. 이를 위해 웹 사이트나 프로그램을 활용한 웹 기반 탐구학습을 진행할 시에는 학습자에 대한 심층적인 이해를 바탕으로 개별 학습자의 특성을 충분히 고려한 교수설계가 요구된다.

본 연구는 학교교육환경에서의 웹 기반 탐구학습의 효과성을 살펴보고자 초, 중, 고등학생을 대상으로 한 양적연구와 혼합연구만을 최종 논문으로 선정하였다. 이에 따라 키워드를 통해 검색한 웹 기반 탐구학습 논문 중 약 28%의 논문을 최종논문으로 선정하여 웹 기반 탐구학습의 효과성을 살펴보았다. 그러나 전체적으로 웹 기반 탐구학습의 연구

동향을 살펴보기 위해서는 초, 중, 고등학생뿐만 아니라 성인들을 대상으로 한 논문도 함께 포함하여 연구대상별 차이도 확인할 필요가 있다. 또한 학습자의 정의적 측면도 함께 측정할 수 있는 질적 연구와 기존의 문헌 자료를 검토하는 문헌연구도 포함하여 연구 동향을 살펴보는 것도 의미가 있을 것이다.

국문요약

본 연구의 목적은 국내·외에서 진행된 과학교과 웹 기반 탐구학습 효과성연구에 관한 최근 동향을 분석하고 연구 및 설계 시사점을 도출하는 데 있다. 분석 대상 논문은 국내·외의 과학교과, 교육공학 관련 저명 저널 15개 학술지에 게재된 웹 기반 탐구학습 효과성 연구로 국내 16편, 국외 27편으로 총 43편이다. 논문 목록을 추출하기 위하여 ‘웹 기반 탐구학습’, ‘탐구학습’, ‘WBI’, ‘Web-based inquiry learning’, ‘WISE’ 등의 검색 키워드를 사용하였으며 과학 분야와 관련된 연구들 중 초, 중, 고교생을 대상으로 양적연구와 혼합연구로 진행된 논문을 최종 분석 대상으로 선정하였다. 주제별 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 국내·외 모두 2000년대 초반에는 웹 기반 탐구학습 관련 연구가 많지 않았지만, 시간이 지남에 따라 관련 연구의 수가 증가하였다. 또한 국내의 경우에는 특정대상에 집중된 연구는 없었지만, 국외의 경우 중·고등학생을 대상으로 하는 연구가 상대적으로 많았다. 둘째, 많은 연구에서 웹 기반 탐구학습 프로그램을 독립변인으로 선정하여 여러 종속변인들의 변화를 측정된 실험연구와 개발연구가 시행되었다. 이러한 연구를 통해 많은 연구에서 과학교과에서 웹 기반 탐구학습은 과학 성취도와 과학 탐구능력의 향상에 효과적임을 확인하였다. 이 중 실험집단과 통제집단의 효과크기를 분석한 메타분석 결과, 중간 정도의 효과로 보고되었다. 셋째, 국내·외 웹 기반 탐구학습에 관련한 연구들은 학습 환경 설계 시, 상이한 학습모형을 활용하는 것이 밝혀졌다. 국내 연구의 경우 웹 기반 탐구학습을 위해 웹사이트를 새로 설계하고 효과성을 검증한 경우가 많았지만, 국외에서는 다양한 테크놀로지 환경(WISE, SCY 등)을 활용한 연구들이 활발하게 진행되고 있었다. 본 연구결과를 토대로 앞으로 웹 기반 탐구학습 관련 연구에서 고려해야 할 요소들을 제안하였다.

주제어: 웹 기반 탐구학습, 과학교육, 연구동향

References

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.

Bae, J. H., Kim, J. S., & Yun, B. H. (2005). The effects of that inquiry activity through plants influences scientific process skills, science attitude and observation skills for elementary students. *Journal of Research in Science Education*, 30, 37-68.

Baek, N. Y., & Lee, H. S. (2003). Design and application of a web-based instruction to enhance science process skill. *The Bulletin of Science Education*, 15(2), 157-188.

Bodzin, A. M., & Fu, Q. (2014). The effectiveness of the geospatial curriculum approach on urban middle-level students' climate change understandings. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 575-590.

Bonk, C. J., & Dennen, V. (1999). Teaching on the web: with a little help from my pedagogical friends. *Journal of Computing in Higher Education*, 11(1), 3-28.

Choi, W., & Sung, E. M. (2004). An instructional model of problem-based inquiry learning with internet. *The Journal of Korea Society for Educational Technology*, 20(4), 147-183.

Clark, D. B., & Linn, M. C. (2003). Scaffolding knowledge integration through curricular depth. *Journal of Learning Sciences*, 12(4), 451-494.

Collins, A. (1997). National science education standards: looking backward and forward. *The Elementary School Journal*, 97(4), 299-313.

DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education*. New York: Teachers College Press.

DeBoer, G. E., Quellmalz, E. S., Davenport, J. L., Timms, M. J., Herrmann-Abell, C. F., Buckley, B. C., Jordan, K. A., Huang, C. W., & Flanagan, J. C. (2014). Comparing three online testing modalities: using static, active, and interactive online testing modalities to assess middle school students' understanding of fundamental ideas and use of inquiry skills related to ecosystems. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(4), 523-554.

Ebenezer, J., Kaya, O. N., & Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 94-116.

Glass, G. V., McGaw, B., Smith, & M. L. (1981). *Meta-analysis in social research*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.

Gwak, H. J. (2015). The effect of learner's learning style and scaffolding types on academic achievement and science process skills in web-based inquiry learning environment. (Master's thesis, Korea National University of Education, Chung-Buk, Rep. of Korea).

Jang, S. M., & Suh, S. S. (2004). The effects of scholastic achievement and inquiry ability enhancement of web resources based inquiry learning. *Journal of research in science education*, 27, 31-54.

Jang, S. Y., & Lee, S. B. (2012). The effects of self-regulated learning level and reflection journal type on academic achievement in online science inquiry. *Journal of Korea Society for Educational Technology*, 28(3), 531-557.

Jong, T. D., Weinberger, A., Gorault, I., Kluge, A., Lazonder, A. W., & Pedaste, M. (2012). Using scenarios to design complex technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 60(5), 883-901.

Jung, E. S., & Ahn, D. H. (2009). Effects of web-based science program and self-regulated learning on upper elementary students' scientific self-efficacy and science performance. *The Journal of Elementary Education*, 22(2), 281-305.

Kang, M. H., Kim, J. Y., Yoo, E. J., & Park, Y. (2012). Investigating the wise(web-based inquiry science environment) effects in elementary science classes using multi-group structural analysis. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 24(1), 185-207.

Kang, M. H., Kim, J. Y., Yoo, E. J., Park, Y., & Cho, S. K. (2012). Investigating the structural relationship of self-regulated learning skills, cognitive presence, science process skills, and science learning achievement when using wise. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 16(2), 481-498.

Kang, M. H., Lim, Y. J., Kim, M. J., & Kim, J. Y. (2009). The difference between two scaffolding types in academic achievement and science inquiry skills for wise-based science education. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 21(1), 1-19.

Kang, M. H., Park, H. S., Yoo, E. J., & Cho, S. K. (2011). Analyzing the effectiveness of wise(web-based inquiry science environment) for elementary science classes. *The Journal of Educational Information and Media*, 17(4), 531-552.

Kim, H. H., Oh, D. I., & Heo, G. (2014). A Study on the research trends of smart learning. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 26(1), 156-165.

Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: an emerging pedagogical framework

- for classroom practice. *Science Education*, 91(6), 1010-1030.
- Kim, S. J., & Moon, G. S. (2006). Development of a web community-based inquiry learning system for elementary science education utilizing blended-learning strategy. *Journal of Korea Association of Information Education*, 10(2), 171-182.
- Kulo, V., & Bodzin, A. (2013). The impact of a geospatial technology-supported energy curriculum on middle school students' science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 24-36.
- Lee, B. W., Son, J. W., & Jeong, H. C. (2006). The development of an online scientific inquiry learning system. *The Korean Society of Elementary Science Education*, 25(3), 271-280.
- Levy, D. (2013). How dynamic visualization technology can support molecular reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 702-717.
- Li, Q., Moorman, L., & Dyjur, P. (2010). Inquiry-based learning and e-mentoring via video conference a study of mathematics and science learning of Canadian rural students. *Educational Technology Research and Development*, 58, 729-753.
- Lim, B. (2001). Guidelines for designing inquiry-based learning on the web: online professional development of educators. Unpublished discussion, The Indiana State University, Indiana.
- Linn, M. C., & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers: science learning partners*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Malopinsky, L., Kirkley, J., Stein, R., & Duffy, T. (2000). An instructional design model for online problem based learning (pbl) environments : the learning to teach with technology studio. Document Resume, 244. Ministry of Education and Science Technology (2008). 2007 commentary on revised curriculum of the elementary school education IV. Seoul: MiraeN.
- National Research Council (2000). *National science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Park, H. S., & Cho, H. H. (2003). Analyses of scientific inquiry in science 8. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(3), 239-245.
- Park, J. Y., & Kim, H. B. (2007). Research trend in science education from 1973 to 2006 : an analysis of publication in two kinds of korean journals. *Journal of Korean Biology Education*, 34(5), 551-565.
- Park, S. Y., Kang, M. J., & Kim, S. D. (2001). The development of web based instruction program on oceanography unit and the analysis of its effects in earth science class. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 21(2), 264-278.
- Raes, A., Schellens, T., Wever, B. D., & Vanderhoven, E. (2012). Scaffolding information problem solving in web-based collaborative inquiry learning. *Computers & Education*, 59, 82-94.
- Ryoo, W. Y., & Bae, M. E. (2007). The effects of type of questions on knowledge sharing process and shared mental model in the web-based inquiry learning. *The Journal of Educational Information and Media*, 13(1), 249-278.
- Shim, K. C., Kim, H. S., & Chung, J. I. (2005). The effect of web-based learning by studying the motion of the moon. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(4), 450-464.
- Singer, S., Hilton, M., & Schweingruber, H. (2005). *America's lab report: investigations in high school science*. Washington, D.C: The National Academies Press.
- Suh, J. K. (2005). An analysis on recent trends to analyze the effectiveness of web-based instruction(wbi) in the domain of science. (Master's thesis, Ewha Womans University, Seoul, Rep. of Korea).
- Sun, D., & Looi, C. K. (2013). Designing a web-based science learning environment for model-based collaborative inquiry. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 73-89.
- Sung, E. M., & Choi, W. (2006). The effects of an instructional model of problem-based inquiry learning with internet on inquiry capability, academic achievements, and retention of elementary school student. *The Journal of educational Information and Media*, 12(2), 129-159.
- Tsai, C. Y., Jack, B. M., Huang, T. C., & Yang, J. T. (2012). Using the cognitive apprenticeship web-based argumentation system to improve argumentation instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 476-486.
- Varma, K., & Linn, M. C. (2012). Using interactive technology to support students' understanding of the greenhouse effect and global warming. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 453-464.
- Wu, H. L., & Pedersen, S. (2011). Integrating computer-and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57, 2352-2363.
- Ye, J. H., Park, C. B., Seo, H. A., & Song, B. H. (2002). Development and application of web-based instruction program for the enriched course of school biology. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(2), 299-313.
- Zacharia, Z. C., Xenofontos, N. A., & Manoli, C. C. (2011). The effect of two different cooperative approaches on students' learning and practices within the context of a webquest science investigation. *Education Technology Research Development*, 59, 399-424.