

The Effect of the Flipped Science Class using the Digital Textbooks on the Change of Learner's Competence

Nam-Sil Park¹⁾ · Kwang-Su Ryu^{*1)}
Korea National University of Education

디지털교과서를 활용한 거꾸로 과학수업이 학습자 역량 변화에 미치는 효과

박남실¹⁾·류광수¹⁾
한국교원대학교

<ABSTRACT>

This paper is to study the effect of the science class using the digital textbook as the pre-learning materials on the change of learner's competence. For this study, the first graders of middle school students were classified into the research group that selected the digital textbooks as the pre-learning materials and the comparative group that selected the book-type textbooks as the pre-learning materials in the class. Interestingly enough, both the groups showed significant improvement in all learner competencies, and the improvement in the learner competencies for the research group was larger than that for the comparative group. Also, according to the post-test t-test of the research group and the comparative group, it was found that the improvements of the information literacy and the self-directed learning ability were larger than these of the comparative group. This suggests that the use of multimedia learning materials and learning support functions provided by digital textbooks leads to improvement of self-directed learning ability and information literacy.

Keywords : Flipped science classroom, digital textbook

I. Introduction

최근 지식기반사회의 도래와 정보의 글로벌화로
인하여 사회전반이 빠르게 변화하고 있고 교육도

그 변화의 물결에 합류하고 있다. 또한, 과학기술의
고도화로 인해 인터넷이 보편화되고 모든 지식 및
자료들이 디지털화됨에 따라 21세기형 미래 인재상
에서 문제해결능력과 창의력, 의사소통능력, 협동능

* Corresponding Author : Kwang-Su Ryu, ksryu@knue.ac.kr

이 논문은 박남실의 석사학위 논문을 요약 정리한 것임

Received November 30, 2019; Reviewed December 21, 2019, Corrected December 24, 2019; Accepted December 26, 2019

© 2019. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

력, 정보활용능력 등과 같은 6가지의 핵심역량이 강조되고 있다(Ministry of Education, 2014). 이러한 급격한 시대적 변화에 맞추어 교육에서도 새로운 시도들이 이뤄지고 있는데, 그중에서도 학생들의 사전학습을 기반으로 하는 거꾸로 수업 교실이 큰 관심을 받고 있다(Lee, 2013; Park, 2017). 거꾸로 수업 교실은 학생들로 하여금 수업 전에 온라인을 통해 수업 자료 동영상이나 학습 자료들을 미리 학습하게 한 후, 본 수업에서는 토론, 프로젝트 및 협력 학습 등의 적극적인 학생활동중심의 교수법을 수행하는 것을 말한다(Lee, 2015). 일반적으로, 거꾸로 수업에서는 교사가 수업 중에 지식전달자료써의 역할 뿐 아니라, 적극적인 학생활동중심의 교수법을 통하여 학습자 개개인에게도 즉각적인 피드백이 제공됨으로써 학습자의 완전학습을 도울 수 있다(Lee, 2015). 또한, 거꾸로 수업은 학습자간의 협력과 의사소통을 통하여 학습자의 창의력과 비판적 사고력이 증대되기에 학습자의 핵심역량을 길러주기 위한 적합한 수업방식이다(Kim, 2015).

한편, 최근 학교 수업에서 풍부한 학습 자료와 여러 편리한 학습지원기능을 가지고 있는 디지털교과서가 많이 사용되고 있다. 교육과학기술부에 의하면 디지털교과서는 다양한 상호작용 기능과 학습자의 특성과 능력 수준에 맞추어 학습할 수 있도록 구현된 주된 교재로 정의된다(Ministry of Education, Science and Technology, 2007). 또한, 디지털교과서에서는 학생들이 어느 장소에서든지 쉽게 볼 수 있는 풍부한 멀티미디어 학습 자료를 지원하고 있다. 그러므로, 학교에서는 학생들의 보충·심화 학습을 위한 자료로서 활용될 수도 있고, 가정에서는 학생들의 개별 학습교재로써도 부족함이 없다(Yeo et al., 2000). 그리고, 디지털교과서는 교사에게 교수학습 지도안과 이와 관련된 편리한 기능 및 매뉴얼을 제공하는 등 다양한 장점과 기능들을 가지고 있다(Kim et al., 2012). 특히, 초등학교 과학에서 디지털교과서가 서책형교과서에 비해 학업성취도와 문제해결력을 높이는 데에 더 효과적인 것으로 나타났고, 이에 따라 학생의 만족도와 자기주도적 학습능력도 향상시킴을 알 수 있었다(Kim et al., 2014).

고로 본 연구에서는 거꾸로 과학수업에서 풍부한 학습 자료와 여러 편리한 학습지원기능을 가지고 있

는 디지털교과서를 사전학습교재로 사용했을 때 나타나는 학습자의 역량 변화를 알아보고자 한다. 이를 위해 서책형교과서를 사전학습교재로 활용한 거꾸로 수업과 비교연구를 진행하였다. 구체적으로 중학교 1학년 학생들을 사전학습교재로 디지털교과서를 선택한 연구집단과 서책형교과서를 선택한 비교집단으로 나누어 연구를 진행하였다. 1차시에서 5차시까지의 거꾸로 수업은 두 집단 모두 서책형교과서를 활용하여 진행하였고, 그 후 학습자 역량 검사를 실시하였고 이는 본 비교연구를 위한 사전 검사에 해당한다. 그리고, 비교연구를 위하여 6차시부터 15차시까지는 두 집단으로 나누어 거꾸로 수업을 실시하였고, 그 후 학습자 역량 검사를 실시하였고 이는 본 비교연구의 사후 검사에 해당한다. 또한, 연구집단의 경우 거꾸로 수업 후에 학생들의 반응을 묻는 설문 조사를 실시하였고, 모든 수업을 마치고 두 집단 모두 소감문을 작성하는 시간을 가지도록 했다.

II. Theoretical Backgrounds

현대 사회는 테크놀로지의 활용으로 인한 인간 경험의 다양화, 그리고 상호의존적인 글로벌 사회화의 시대로 특징지을 수 있는데 21세기 학습자 역량은 21세기 현대사회의 구성원으로서 필수적으로 갖추어야 하는 역량을 말한다(Heo et al., 2011). 미국에서는 미국의 대학교, 정부기관, 비영리단체, 교육실천가 등이 컨소시엄을 형성하여 2004년부터 21세기 필수 역량에 대한 다양한 연구와 논의로 21세기 역량을 규명하는 동시에, 이를 육성하기 위한 학교 교육 시스템의 변화 방향을 제시하고 있고 이것들이 여러 나라로 퍼져나가고 있다. 여기서 제시하는 21세기 필수 역량은 학습자가 갖추어야 할 4개의 핵심역량과 그 역량을 지원하는 5개 시스템으로 구성하고 있다. 구체적으로, 학습자 역량은 핵심교과 및 21세기 테마, 학습 및 혁신 능력, 정보·미디어·테크놀로지 능력, 생애 및 경력 개발 능력 등 크게 네 가지로 구성된다. 그리고 지원 시스템은 21세기 표준, 21세기 역량 평가, 21세기 교육과정 및 교수, 21세기 교원역량개발, 21세기 학습 환경의 5개 세부

영역으로 구성된다.

한편, 국내에서는 2011년 국가정보화전략위원회와 교육과학기술부가 발표한 21세기 학습자 역량은 앞에 제시한 4개 역량 중에 핵심교과 및 21세기 테마를 뺀 나머지 세 개의 역량을 인용한 것으로, 세부적으로는 11개 영역으로 구성하였다(National Informatization Strategy Committee & Ministry of Education, Science and Technology, 2011). 첫 번째로는 학습 및 혁신능력으로써 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통 및 협업, 창의성과 혁신성 등을 포함하고, 두 번째로는 정보·미디어·테크놀로지 능력으로써 정보 리터러시, 미디어 리터러시, ICT 리터러시 등을 포함한다. 마지막 세 번째로는 생애 및 경력 개발 능력으로써 융통성과 적응성, 자기주도성, 사회 및 문화상호성, 생산과 책무성, 리더쉽과 책임감 등으로 세분화된다.

특히, 디지털교과서의 효과성에 대한 검증도구에 서 고려해야 할 21세기 학습자 역량은 창의성과 혁신 능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력, 협업능력, 정보활용능력, 자기주도학습력, 유연성 등 7개로 추려진다(Kim et al., 2014). 또한, 21세기 학습자 역량에 대해 과학교육에서 강조하는 내용을 정리하면 다음과 같다. 먼저, 창의력과 혁신능력은 새로운 과학현상을 발견하고 이 현상이 생기는 이유에 대해 가설을 세워보고 새로운 아이디어를 제시하는 능력이다(Park et al., 2007). 비판적 사고력 및 문제해결력은 과학적 문제를 찾아내어 이를 해결하기 위한 주요 변인을 찾고, 이를 바탕으로 실험을 수행하여 타당한 방법으로 얻은 결론 다양한 각도에서 분석하는 능력을 말한다(Park, 2013). 의사소통능력에서는 근거에 기반을 둔 논리적 사고 및 주장과 상대방의 주장의 논리성과 타당성을 평가할 수 있는 능력이 강조된다(Jang et al., 2012). 협업 능력은 조별 과제 수행시 문제 해결, 새로운 산출물 창출, 학습 및 숙련을 위하여 다른 조원들과 효과적으로 상호작용하는 능력을 말한다(Park et al., 2001). 정보활용 능력은 필요한 과작 정보를 수집하고, 해석, 활용, 창조를 위해 다양한 테크놀로지를 선택 및 활용하는 능력을 말한다. 자기주도 학습력은 본인에게 가장 효과적인 학습방법을 파악한 후 학습계획을 세워 학습을 진행하는 능력을 말한다(Beeth, 1998; Blank,

2000). 마지막으로, 유연성은 다변화라는 사회에서 다양성을 적극적으로 수용하고 이를 공동의 이익을 위한 실현가능성으로 만들어가는 능력을 말한다. 본 연구에서는 디지털 교과서 사전학습 교재로 활용한 거꾸로 수업의 효과를 조사하기 위해 7개의 21세기 학습자 역량에 근거하여 학습자 역량 변화를 조사하기 위한 검증도구를 제작하였다.

III. Materials and Methods

본 연구는 경기도 소재 한 중학교 1학년 학생들 40명을 대상으로 진행하였고, 비교연구를 위해 학생들 중 20명은 사전학습교재로 디지털교과서를 선택하게 하였고, 나머지 20명은 사전학습 교재로 서책형교과서를 선택하게 하였다. 디지털교과서를 선택한 집단을 연구집단으로 정하였고, 서책형교과서를 선택한 집단을 비교집단으로 정하였다. 거꾸로 수업 후 두 집단에서 보여지는 학습자의 역량변화를 조사하는 것이 연구목표이므로 두 집단 모두 1차시에서 5차시까지는 서책형교과서를 활용한 거꾸로 수업을 진행하였고 그 후 학습자 역량 검사를 실시하였다. 그리고, 비교연구를 위해 6차시부터 15차시까지는 연구집단과 비교집단을 대상으로 각각 디지털교과서와 서책형교과서를 활용한 거꾸로 수업을 진행하였고 그 후 학습자 역량 검사를 실시하였다. 또한, 두 집단 모두 거꾸로 수업이 마친 후에 소감문을 작성하도록 하였고, 연구집단의 경우에는 거꾸로 수업 후에 학생들의 반응을 묻는 설문 조사도 실시하였다. 본격적인 수업에 들어가기 전에 교과내용을 분석하여 거꾸로 과학수업에 맞게 수업을 설계하였고 학생들에게는 디지털교과서 사용법과 사전학습에 대해 설명하였다. 구체적인 연구 방법 및 절차는 다음과 같다.

1. Preparation before Lesson

1) Course Content Analysis and Class Design

거꾸로 과학수업에서 다룰 단원과 성취기준들을 점검하고 [Figure 1]과 같이 수업할 내용의 교육과

정을 재구성하였고, 구체적인 수업 모델과 방식을 설계하였다. 1차시에서 6차시까지의 열과 우리 생활의 내용을 구성하였고, 7차시에서 12차시에서는 분자운동과 상태변화의 내용을 마지막 13, 14차시에서는 각각 수권의 역할과 구성, 해수의 특징과 해양자원의 내용으로 구성하였다. 차시별 수업활동내용은 성취기준에 근거하여 정하였고, 이론수업, 탐구 및 실험활동, 프로젝트 수업 및 발표 등이 포함되어 있다. 그리고 각 차시별 수업활동에 필요한 활동지도 작성하였다.

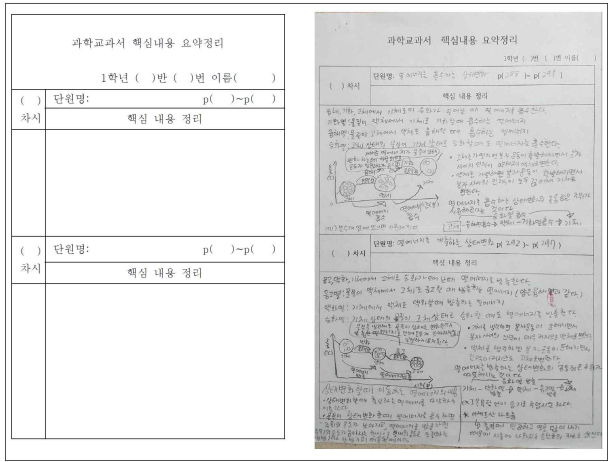
차시	대단원	단원	수업활동내용
1	열과 우리 생활	분자운동으로 나타내는 온도	물질의 세가지 상태 기체, 액체, 고체를 분자 운동으로 설명하고 물체의 온도차이가 물질을 이루는 분자 운동의 차이에 의해 나타남을 설명하기
2		열의 이동방법	대류, 전도, 복사의 특징을 알고 그 예를 찾아 설명하기
3		열용량과 비열	비열과 열용량의 차이를 알고 관련된 현상을 설명하기
4		온도에 따라 변하는 물체의 부피	우리 생활속의 열팽창을 활용한 예를 찾아 설명하기
5		도구와 공간에서의 열 이동	효율적인 냉난방을 위해서 에너지 손실을 막을 수 있는 방안 찾기
6		도구와 공간에서의 열 이동	우리 일상생활 속의 열에너지와 관련된 사례를 찾아 대류, 전도, 복사와 관련지어 글로 정리하기
7	분자의 운동과 상태변화	끊임없이 운동하는 분자	증발과 확산의 예와 기체의 압력을 이용한 예를 우리 생활 속에서 찾아 분자운동과 관련하여 설명하기
8		압력에 따라 달라지는 기체의 부피	탐구: 기체의 압력과 부피 관계
9		온도에 따라 달라지는 기체의 부피	샤를법칙에 대한 포스터 제작 후 발표하기
10		물질의 변신, 상태변화	우리 주변에서 볼 수 있는 상태변화현상을 찾고 포스터로 제작하기
11		열에너지를 흡수, 방출하는 상태변화	상태변화 과정에서 출입하는 열에너지가 생활에 이용되는 사례를 찾아 포스터 제작 후 발표하기
12			실험: 손난로 만들기 <프로젝트 수업> 각 조별 주제 선정 후 협동학습으로 내용분석 후 발표 자료 만들기 (포스터나 ppt, 디지털교과서활용)
13, 14	수권의 구성과 순환	1. 수권의 역할과 구성 2. 해수의 특징과 해양자원	1. 수권의 구성과 이용 2. 빙하의 형성과 분포 및 지구계의 각 권과의 상호작용 3. 염분비 일정의 범칙 4. 해수의 깊이에 따른 수온 분포 5. 해수의 순환 원리와 기능 6. 해양자원과 인간 활동이 해양에 미치는 영향
15			조별 발표하기

[Figure 1] Class compositions

2) How to Use Digital Textbooks

거꾸로 수업 전에 학생들에게 pc, 노트북, 아이패드와 같은 디지털기기에서 디지털교과서를 보기위한 뷰어/앱을 설치하고 활용하는 법에 대해 설명하였다. 그리고, 디지털교과서 사용법에 대해 설명하였고, 디지털 교과서 사용으로 인한 부작용을 방지

하기 위해 신체건강지키기와 정보통신 윤리교육도 같이 실시하였다.



[Figure 2] Summary note and example in the pre-learning

3) Pre-Learning Summary Note

본 연구에서는 거꾸로 수업 전에 학생들에게 따로 작성한 수업자료를 제공하지 않고 수업할 내용의 페이지를 지정하고 주요 용어들을 제시해주었다. 학생들이 선택한 사전학습교재를 이용하여 수업할 내용과 주요 용어들을 미리 학습하고 학습한 내용 용들을 노트에 자유 형식으로 [Figure 2]과 같이 작성하게 하였다.

2. Flipped Learning Activities

본 연구의 대상인 중학교 1학년 학생들의 능동적인 참여를 이끌어내도록 수업을 설계하였다. 구체적인 거꾸로 수업의 진행 과정은 [Figure 3]과 같다. 단계별 구체적인 수업활동을 소개하면 다음과 같다.

1) Introduction Stage of Class

교사는 본시 학습목표를 제시하고 수업내용 및 활동을 소개하였으며 수업활동 중 모듈별로 순회하면서 사전학습 점검으로 핵심내용요약노트에 도장을 찍어주고 점검결과는 모듈 점수에 반영하였다. 점수 방식은 다음과 같다. 모듈별로 학생수가 5명~6명의

교사	학생
수업 전	
수업디자인 활동지제작	실험 집단 비교 집단
수업 중	
도입	• 사전학습 확인 • 모둠별로 핵심내용 요약정리 노트 확인 후 결과를 모둠 종합점수에 기록 • 활동지 분배
전개	• 모둠별 협동학습 후 퀴즈게임 점수와 발표점수는 모둠 점수에 반영 • 실험 탐구 활동 • 활동지 작성 및 발표 • 포스터 제작 및 발표
정리	• 학습내용정리 및 종합점수발표 • 자식 학습 안내 (다음 수업의 사전 학습 내용 소개 및 용어제시) • 상호평가 및 의견 교환
점심시간이나 방과후 과학실의 컴퓨터를 이용하여 디지털교과서를 활용한 사전학습이 가능한 환경을 조성 교사에게 궁금한 점을 자유롭게 질문함	

[Figure 3] Flipped learning class procedure

로 다르기 때문에 모둠별로 기본 점수로 6점을 주고 사전학습을 하지 않은 학생이 있는 경우에는 1점씩 감점을 하였다. 사전학습 점검점수는 칠판의 종합점수현황표에 조장이 기록하였다. 이 과정에서 사전학습을 하지 않은 학생들은 모둠별 종합점수에 마이너스를 주기 때문에 스스로 다음 시간에 사전학습 해 오도록 하는데 자극이 될 수 있었다. 이러한 모둠별 공동 평가는 성적이 공동으로 부여되기 때문에 모둠원들끼리 서로 도와주도록 동기를 유발하고 유대감을 높여 모둠원들 간의 협업 능력을 향상시키고 적극적인 참여(Lee et al., 2015)를 유도하였다,

2) Development Stage of Class

수업활동은 주로 모둠별 협동학습으로 진행하였는데 원활한 모둠별 협동학습이 이루어질 수 있게 팀별 공동 평가에 대한 원칙과 방법 등을 공지하여 학생들의 사전 동의를 얻고 공감하는 시간을 가졌다. 학습내용에 따라 퀴즈대항전과 포스터 제작 및 발표를 하였다. 모둠 편성은 학습 수준이 이질적인 집단으로 구성하되 학생들의 요구를 최대한 반영하여 편성하였다. 모둠별 퀴즈 대항전을 할 때에는 주사위를 이용하여 발표자를 정하였는데 무작위로 선택되기 때문에 모둠별 협동학습이 적극적이고 능동적으로 이루어졌다. 무작위 선발을 위해서 모둠원들끼리 1번에서 6번까지 번호를 정하고 퀴즈발표자를 선수라 호칭하여 퀴즈게임의 흥미와 적극적인 참여를 유도하였다.

5명이 한 모듬인 경우에는 조장이 6번의 역할을 하기로 규칙을 정하였다. 퀴즈에 대한 조별 발표자는 주사위를 던져서 나온 번호의 학생이 문제에 대한 답을 말하기로 하고 대답을 할 때 퀴즈 게임의 공정성과 모듬점수에 대한 시비를 없애기 위해 발표자가 물음에 답할 때는 옆에서 가르쳐 주거나 힌트를 주면 감점을 주기로 게임의 룰을 정하였다. 활동지나 포스터를 제작하여 발표할 때는 내용의 전달에 초점을 맞추어 제일 잘 설명한 모듬을 투표용지에 적어 제출하고 그 결과를 전체 학생들 앞에서 개표식으로 보여주고 제일 득표가 많은 두 모듬에게는 6점, 그 다음 두 모듬에게는 5점, 나머지 두 모듬에게는 4점을 부여하여 결과가 경쟁을 유도하지만 모두 열심히 한 결과이기 때문에 점수 차이를 크게 두지 않았다. 또한 모듬별 발표를 할 때에는 한 두 명만 발표자가 되는 것이 아니라 [Figure 4]과 같이 모듬원 모두가 나와 자기가 맡은 부분에 대해서 친구들 앞에 발표하도록 하였다. 발표를 준비할 때에는 모듬원끼리 서로 마주 보고 앉게 하고 발표할 때는 발표자를 볼 수 있게 자리를 재배치하여 발표자에게 집중할 수 있는 환경을 만들어 주었다. 이러한 발표의 기회는 친구들과 눈을 맞추면서 서로 상호작용하는 과정으로 학습자의 발표력을 길러주고 자신감과 성취감을 높여주는 시간이 되기 때문이다.



[Figure 4] Presentation

3) Summary Stage of Class and Others

학습내용을 정리하고 본시 수업활동에 대한 종합점수를 발표하여 우수 모듬에게는 칭찬과 사탕을 주고 종합점수가 낮은 모듬에게는 다음 시간에 좀 더 잘 할 수 있도록 격려해 주었다. 다음 수업에 대한 소개와 사전학습 할 범위, 용어를 제시하였다. 디지털교과서를 사전학습교재로 선택한 학생 중에

디지털기기 사용이 어려운 학생들을 위해 점심시간이나 방과후 일정시간 동안 과학실을 개방하여 컴퓨터를 사용할 수 있게 환경을 조성하였으며 이 때 학생들의 사전학습 중에 궁금한 점에 대해 질문을 받거나 수업에 대한 의견을 나누기도 하였다.

3. Inspection Tool and Analysis

본 연구를 위해 학습자의 역량을 측정할 수 있는 검사 도구를 사용하였다. 검사 도구에 사용된 학습자 역량 평가를 위한 문항은 21세기 학습자 역량의 정의 및 지표에 근거하여 제작되었다[Figure 4]. 총 23개의 문항으로 이루어진 검사를 위한 설문지의 세부적인 문항구성은 다음과 같다. 창의력과 혁신능력은 4문항, 비판적 사고력과 문제해결력은 4문항, 의사소통능력은 3문항, 협업능력은 3문항, 정보활용능력은 3문항, 자기주도학습력은 3문항, 마지막으로 유연성은 3문항으로 이루어져있다. 설문에 대한 분석을 위해 Likert 5단계 척도를 사용하였다. 즉, 전혀 그렇지 않다(1점), 그렇지 않다(2점), 보통이다(3점), 그렇다(4점), 아주 그렇다(5점) 등으로 구분하고 계산하였다. 또한, 사전 사후 실시한 학습자 역량 검사 결과에 대한 자료 처리는 E-STAT 2.0을 이용하여 독립표본 t검정과 대응표본 t검정을 실시하였으며 유의값은 $p<.05$ 로 설정하였다. 마지막으로, 연구집단의 거꾸로 수업에 대한 학생들의 수업에 대한 반응을 알아보기 위해 <Table 5>와 같이 7개의 문항으로 이루어진 설문지를 작성하여 측정하였고, 마찬가지로 전혀 그렇지 않다(1점), 그렇지 않다(2점), 보통이다(3점), 그렇다(4점), 아주 그렇다(5점)와 같은 5단계 Likert 척도로 검사하였다.

IV. Results and Discussions

사전학습교재로 디지털교과서를 선택한 연구집단과 서책형교과서를 선택한 비교집단의 비교연구를 위해 5차시 수업을 진행한 후에 두 집단 모든 학생들의 학습자 역량에 대한 검사를 실시하였다. 이는 사전 검사에 해당한다. <Table 1>에서와 같이 두 집단의 사전

검사의 독립표본 t검정을 실시한 결과, 21세기 학습자 역량의 7가지 역량 중에서 유연성을 제외한 6개의 영역에서 두 집단이 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그러므로 두 집단의 비교 연구는 집단의 동질성이 확보된 6개의 영역인 창의력과 혁신능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력, 협업능력, 정보활용능력, 자기주도 학습력 등에 대하여서만 진행하였다.

연구집단과 비교집단에서 거꾸로 수업이 학습자의 역량 변화에 미치는 영향을 조사하기위해서 동질성이 확보된 6개의 학습자 역량에 대해서 사전 사후 검사 결과를 비교하였다. 먼저, 연구집단의 경우 <Table 2>에서와 같이 사전 사후검사 대응표본 t검정 결과 6개 전 영역에서 학습자의 역량이 유의미한 차이($p<.05$)를 가지고 향상됨을 알 수 있었다.

<Table 1> Pretest independent sample t-test results from research and comparison groups

Learner Competency	Group Classification	N	Average	t	p
Creativity & innovation capacity (total score 20)	research	20	13.55	1.368	0.179
	comparison	20	12.50		
Critical thinking & Problem-solving power (total score 20)	research	20	11.90	-0.116	0.908
	comparison	20	12.00		
Communicative ability (total score 15)	research	20	9.65	0.231	0.818
	comparison	20	9.50		
Collaborative ability (total score 15)	research	20	11.30	0.315	0.754
	comparison	20	11.05		
Information utilization ability (total score 15)	research	20	10.25	1.047	0.302
	comparison	20	9.40		
Self-directed learning ability (total score 15)	research	20	9.30	0.200	0.843
	comparison	20	9.15		
Flexibility (total score 15)	research	20	11.40	2.085	0.044
	comparison	20	9.90		

<Table 2> Results of paired t-test of pre-post test of the research group

Learner Competency	Group Classification	N	Average	Gap	t	p
Creativity & innovation capacity (total score 20)	research	20	13.55			
	comparison	20	15.65	2.10	-4.472	0.000
Critical thinking & Problem-solving power (total score 20)	research	20	11.90			
	comparison	20	15.00	3.10	-7.566	0.000
Communicative ability (total score 15)	research	20	9.65			
	comparison	20	11.30	1.65	-4.616	0.000
Collaborative ability (total score 15)	research	20	11.30			
	comparison	20	12.80	1.50	-4.016	0.001
Information utilization ability (total score 15)	research	20	10.25			
	comparison	20	12.15	1.90	-4.711	0.000
Self-directed learning ability (total score 20)	research	20	9.30			
	comparison	20	11.95	2.65	-4.913	0.000

특히, 연구집단의 영역별 사전 사후 총점 차이를 비교하면 비판적 사고력과 문제해결력이 3.10으로 가장 많이 향상되었고, 그 다음으로 자기주도학습력(2.65), 창의력과 혁신능력(2.10), 정보활용능력(1.90), 의사소통능력(1.65), 협업능력(1.50) 등 순이었다. 결론적으로, 사전학습교재로 디지털교과서를 선택한 거꾸로 수업의 경우 6개의 모든 영역에서 학습자의 역량이 증가함을 알 수 있었고, 그중에서도 비판적 사고력과 문제해결력, 자기주도학습력, 창의력과 혁신능력, 정보활용능력 등 4개의 영역에서 눈에 띄게

증가함을 알 수 있었다. 마찬가지로, 비교집단의 경우 사전 사후검사 대응표본 t검정 결과 6개 전 영역에서 학습자의 역량이 유의미한 차이($p < .05$)를 가지고 향상됨을 알 수 있었다<Table 3>. 흥미롭게도, 비교집단의 영역별 사전 사후 검사결과는 연구집단과 유사하게 비판적 사고력과 문제해결력이 2.41으로 가장 많이 향상되었다. 그 다음으로는 창의력과 혁신능력(1.55), 정보활용능력(1.40), 자기주도학습력(1.35) 등이 두드러지게 향상되었다. 종합하면, 사전 학습교재의 선택과 관계없이 거꾸로 수업활동이 학습자의 6개의 역량을 증가시켰고, 그 중에서도 비판적 사고력과 문제해결력, 자기주도학습력, 창의력과 혁신능력, 정보활용능력 등 4개의 영역에서 두드러진 향상을 일으켰다.

<Table 3> Results of paired t-test of pre-post test of the comparison group

Learner Competency	Group Classification	N	Average	Gap	t	p
Creativity & innovation capacity (total score 20)	research	20	12.50			
	comparison	20	14.05	1.55	-2.049	0.008
Critical thinking & Problem-solving power (total score 20)	research	20	12.00			
	comparison	20	14.40	2.40	-6.000	0.000
Communicative ability (total score 15)	research	20	9.50			
	comparison	20	10.60	1.10	-3.399	0.003
Collaborative ability (total score 15)	research	20	11.05			
	comparison	20	11.95	0.90	-2.651	0.016
Information utilization ability (total score 15)	research	20	9.40			
	comparison	20	10.80	1.40	-4.626	0.000
Self-directed learning ability (total score 20)	research	20	9.15			
	comparison	20	10.50	1.35	-3.090	0.006

거꾸로 수업에서 사전학습교재로 디지털교과서를 사용한 것이 학습자 역량 변화에 얼마나 영향을 주었는지 조사하기 위해 사전학습교재로 디지털교과서를 사용한 연구 집단과 사전학습교재로 서책형교과서를 사용한 비교 집단의 사후검사를 실시하였다 <Table 4>.

<Table 4> Post test independent test t-test results of research and comparison groups

Learner Competency	Group Classification	N	Average	t	p
Creativity & innovation capacity (total score 20)	research	20	15.65	1.983	0.055
	comparison	20	14.05		
Critical thinking & Problem-solving power (total score 20)	research	20	15.00	0.784	0.438
	comparison	20	14.40		
Communicative ability (total score 15)	research	20	11.30	1.026	0.312
	comparison	20	10.60		
Collaborative ability (total score 15)	research	20	12.80	1.309	0.198
	comparison	20	11.95		
Information utilization ability (total score 15)	research	20	12.15	2.095	0.043
	comparison	20	10.80		
Self-directed learning ability (total score 15)	research	20	11.95	2.340	0.025
	comparison	20	10.50		

연구집단과 비교집단의 사후 응답에 대한 독립표본 t검정 결과, 95% 신뢰수준에서 창의력과 혁신능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력, 협업능력 등 4가지 역량에서는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 흥미롭게도, 정보활용능력과 자기주도학습력의 두 가지 역량에서는 연구집단과 비교집단이 유의미한 차이를 보임을 알 수 있었다. 다시 말해서, 거꾸로 수업에서 사전학습교재로 디지털교과

과서를 선택한 연구집단이 서책형 교과서를 사전학습교재로 사용한 집단 보다 학생들의 정보활용능력과 자기주도학습력 등이 향상됨을 알 수 있었다. 이는 디지털교과서에서 제공하는 많은 멀티미디어 학습자료와 학습지원기능의 활용이 정보활용능력과 자기주도학습력의 향상을 가져온 것으로 추측한다. 한편, 창의력과 혁신능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력, 협업능력의 4개 역량에서는 디지털교과서과 서책형교과서가 차이가 있다고 말하기는 힘들고 이는 거꾸로 수업활동의 효과로 볼 수 있다.

추가적으로, 사전학습교재로 디지털교과서를 선택한 연구집단의 학생들을 대상으로 거꾸로 과학 수업에 대한 학생들의 반응을 알아보기 위해 설문 조사를 실시하였다<Table 5>. 흥미롭게도, 상호작용을 제외한 이해도, 흥미도, 집중도, 과제 수행력, 학습성취력, 효용성 등 6개 항목에서 디지털 교과서를 활용한 거꾸로 수업이 75%이상의 학생들에게 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있었다. 즉, 제한된 그림이나 사진으로 구성되어 있는 서책형의 교과서와 달리 디지털교과서는 학생 눈높이에 맞춘 애니메이션자료, 실험동영상 등이 있고 용어 해설과 검색기능이 있어 학생들의 학습에 큰 도움을 줄 수 있다. 반대로, 상호작용을 묻는 4번 문항에 대해서는 50%의 학생들은 친구나 교사에게 내 생각을 더 잘 표현할 수 있게 되었다고 답했지만, 50%의 학생들은 보통이라고 답했다. 인터뷰 결과, 표현력의 향상은 디지털교과서를 사전학습 교재로 선택한 것 보다는 거꾸로 수업 활동 때문이라고 생각하는 학생들이 많았다. 또한, 디지털교과서를 선택한 학생들의 소감문에 대한 분석에 의하면, 대부분의 학생들은 언제 어디서나 시간과 장소에 구애 받지 않고 학습할 수 있어서 좋았다고 응답하였다. 또한, 디지털교과서에 포함된 자세한 내용과 많은 동영상 자료 등으로 인해 학습 내용을 이해하는데 큰 도움이 되었다고 응답하였다. 또한, 디지털교과서가 공부하기도 편하고 수업 내용을 이해하기에 더 편하기 때문에 사교육을 받지 않는 학생들에게 큰 도움이 될 것이라고 응답하는 학생도 있었다. 반대의 의견으로는 디지털교과서는 스마트폰이나 pc를 사용하기 때문에 통제력이 약한 학생은 학습이 아닌 게임이나 다른 곳으로 빠지는 경우가 있어 주의가 필요하다는 의견들도 있었다.

<Table 5> Results of the research group's reaction to the flipped learning science class (N=20)

	Classification	Survey item	← Disagree ~ Agree →					average
			1*	2	3	4	5	
1	Degree of understanding	Pre-learning with digital textbook makes it easy to understand the class contents.	0	0	2	12	6	4.20
2	Degree of Interesting	Pre-learning with digital textbooks makes studying more curious and fun.	1	0	3	14	2	3.80
3	Degree of concentration	Pre-learning with digital textbooks will focus more on class.	0	0	5	8	7	4.10
4	Interaction	Pre-learning with digital textbooks helped me express my thoughts to my friends and teachers.	0	0	10	7	3	3.65
5	Ability to perform tasks	Pre-learning with digital textbooks solved the task with various multimedia materials.	0	1	0	8	11	4.40
6	Academic attainment ability	Digital textbooks helped me to study by myself.	0	0	5	7	8	4.15
7	Degree of utility	Digital textbooks helped me to organize how to study and learn.	0	1	2	6	11	4.35

V. Conclusions

본 연구에서는 거꾸로 과학수업에서 디지털교과서를 사전학습교재로 활용하는 것이 학습자 역량에 미치는 효과를 알아보았다. 사전학습교재로 디지털교과서를 선택한 학생 20명의 연구집단과 서책형 교과서를 선택한 학생 20명의 비교집단을 연구대상으로 거꾸로 수업을 실시하였고, 사전 사후 학습자 역량검사와 연구집단의 수업에 대한 반응을 묻는 설문 조사를 실시하였다. 흥미롭게도, 연구집단과 비교집단의 사전 사후 대응표본 t검정 결과 두 집단 모두 정보활용능력, 자기주도학습력, 창의력과 혁신능력, 비판적 사고력과 문제 해결력, 의사소통능력, 협업능력 등의 6개 영역에서 유의미한 향상을 보였다. 또한, 연구집단이 비교 집단 보다 학습자 역량의 향상값이 다소 높게 나옴을 알 수 있었다. 이를 더 자세히 살펴보기 위해 두 집단의 사후검사 독립표본 t검정 결과, 6개 역량 중 정보활용능력과 자기주도학습력에서 두 집단이 유의미한 차이를 보이고 창의력과 혁신능력, 비판적 사고력과 문제 해결력, 의사소통능력, 협업능력 등에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 즉, 거꾸로 과학수업에서 사전학습교재로 디지털교과서를

선택한 연구집단이 서책형교과서를 선택한 비교집단에 비해 정보활용능력과 자기주도학습력의 향상에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 학생들의 소감문을 분석한 결과, 대부분의 학생들이 디지털교과서를 사용할 경우 학생들이 시간과 장소에 구애 받지 않고 학습이 가능하고 학습자의 눈높이에 맞춘 다양한 멀티미디어 자료와 학습지원기능을 잘 활용할 수 있다고 답했고, 이러한 이유로 정보활용능력과 자기주도적 학습능력이 향상된 것으로 추측된다. 반대로, 유의미한 차이를 보이지 않은 창의력과 혁신능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력, 협업능력의 4개 역량은 사전학습교재의 선택과는 관계없고 거꾸로 수업에 대한 영향으로 생각된다.

References

- Ministry of Education, Korea Education and Research Information Service (2014). *Digital Textbook Application Guide for Middle School Teachers: Educational Materials GM 2014-4. 2017 Revision*. Seoul: Ministry of Education.

* <https://zapiet.com/learn/forms-surveys/writing-effective-survey/>

- Lee, Dong-Yeop. (2013). Exploring the flipped learning teaching design model. *Digital Policy Research*, 11(12), 83-92.
- Park, Kwang-Pil. (2017). *The Effect of Science Classes Applied Upside Down on Middle School Students' Attitudes toward Science and Science Interests*. Graduate School of Education. Unpublished master's thesis, Kongju National University.
- Lee, Hee-Sook. (2015). *Structural relationship analysis between factors related to the effects of flip learning*. Unpublished doctoral dissertation, Kongju National University Graduate School.
- Lee, Min-Kyung. (2015). *The Class Upside Down, The Secrets of Lessons to Wake Sleeping Children*. Korea: Salimter.
- Kim, Min-Kyung. (2015). *Conversely, the effect of classroom instruction on academic achievement and affective domain of middle school English learners*. Unpublished master's thesis, Cheju National University Graduate School of Education.
- Ministry of Education, Science and Technology. (2007). *Commercialization Plan of Digital Textbooks*. Seoul: Ministry of Education, Science and Technology.
- Yeo, Woon-Bang et al. (2000). *A Study on Digital Textbook Design Guidelines and Model Development: Focusing on Korean Language, Social Studies, Mathematics, and Science*. Korea Textbook Research Foundation Research Report.
- Kim, Hoe-Soo et al. (2012). *Study on the Effectiveness of Digital Textbooks: Research Report CR 2012-2*. Korea Education & Research Information Service.
- Kim, Jung-Rang et al. (2014). *Development of Effectiveness Verification Tool for Smart Education and Digital Textbooks: Research Report KR 2014-2*. Korea Education & Research Information Service.
- Heo, Hee-Ok et al. (2011). *21st Century Learner and Instructor Competency Modeling: 21st Century Teaching and Learning Activity Development Series 1 to Support Future Schools: Research Report KR 2011-2*. Korea Education & Research Information Service.
- National Informatization Strategy Committee & Ministry of Education, Science and Technology. (2011). *Road to talented countries Smart education strategy*. National Informatization Strategy Committee & Ministry of Education, Science and Technology.
- Park, Eun-Mi et al. (2007). The Effect of Hypothesis-Deductive Class Program on Creative Thinking, Critical Thinking, and Scientific Attitude. *Korean Journal of Science Education*, 27(3), 225-234.
- Park, Je-Yoon. (2013). Critical Thinking of Philosophy as a Creative Scientific Method: A Neurophilosophical Elucidation. *Korean Journal of School Education*, 33(1), 144-160.
- Jang, Kyung-hwa et al. (2012). An analysis of the effects of inquiry science writing activities on the discussion structure of students' writings. *Korean Journal of Science Education*, 32(7), 1099-1108.
- Park, Jong-Yoon et al. (2001). Effects of Jigsaw Cooperative Learning in Middle School Science Classes. *Korean Journal of Science Education*, 21(3), 635-647.
- Beeth, M. E. (1998). Teaching for conceptual changes: Using status as a metacognitive tool. *Science Education*, 82(3), 343-356.
- Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better Warranty for student understanding? *Science Education*, 84(4), 486-506.

[저자의 소속과 직위]

박남실 : 한국대학교, 물리교육과 석사과정, 제1저자

류광수 : 한국대학교, 물리교육과 교수, 교신저자