

스토리텔링 기반 수학 교과서에 대한 초등학교 4학년 학생들의 인지부하 분석

- '수와 연산' 영역의 한 주제를 중심으로 -

이 세 형 (경북대학교 대학원)[†]

유 윤 재 (경북대학교)

I. 서론

교육과학기술부(2012)는 '수학교육 선진화 방안'을 통해서 기존 교과서에 수학적 의미와 역사맥락, 실생활 소재 등을 유기적으로 연계하는 스토리텔링 방식의 새로운 교과서를 활용하여 학생들의 수학에 대한 이해와 흥미를 높이겠다고 발표하였다. 이 정책에 따라 2009 개정 교육과정의 적용과 더불어 2013년부터 점차적으로 스토리텔링 기반 수학 교과서가 초등학교 수업현장에 도입되었으며, 2015년을 기점으로 초등학교 5·6학년 교과서가 도입됨에 따라 교육과정의 적용이 완료되었다.

스토리텔링 기반 초등학교 수학 교과서는 기존의 저자 어록체 수학 교과서¹⁾에서 '활동 1'과 '활동 2'로 구분

하던 각 차시의 구성을 이야기라는 매개체를 통하여 '생각열기'의 도입부, '활동'의 전개부, '마무리'의 정리부로 구성하여 형식의 변화를 꾀했다. 특히 교과서 차시 도입부인 '생각열기'의 단계에서 이야기를 교사의 음성을 통하여 학습자에게 청각적으로 전달하도록 구성한 점이 특징이다. 또한 교과서 내 글의 양을 줄이기 위하여, '생각열기' 단계에서 제시하는 도입부 이야기와 수업 전반에서 교사-학생의 상호작용을 위하여 사용하는 발문 및 예상답변이 포함된 각본을 교사용 지도서에 수록하고 있다.

수학교과에서 스토리텔링 기반 교과서를 토대로 한 스토리텔링 교수·학습의 도입은 학생의 정의적 측면을 고려하고 학생들과 소통하며 수업하는 새로운 대안이라 할 수 있다(권오남·주미경·박정숙·박지현·오혜미·조형미, 2013). 그러나 도입에 따른 긍정적 효과만 기대할 것이 아니라, 스토리텔링 기반 교과서에 대한 올바른 이해와 연구가 선행되어야 할 것이다. 기존의 스토리텔링 기반 교과서에 관한 선행연구는 대부분 교사 혹은 저자의 관점에서 접근하여 다루고 있다.

권오남 외(2013)는 스토리텔링 수학 모델 교과서의 개발 원리와 현장적용 가능성에 대한 연구를 진행하여 교과서 개발에 대한 시사점을 제공하였으며, 권중겸·이영혜·이봉주(2013)는 초등학교 스토리텔링 기반 교과서의 수업적용에 따른 교사의 인식 변화를 분석하여 스토리텔링 수학 교수·학습을 지원하기 위한 시사점을 도출하였다. 또한 백대현(2015)은 초등학교 스토리텔링 기반 교과서의 '비교하기' 단원에 대한 교육적 고찰을 통하여 스토리텔링 수학 교수·학습에 나타날 수 있는 문제점을 논의하였다. 수학교육에서 처음으로 시도된 스토리텔링 기반 수학 교과서의 도입은 이러한 선행연구에서와 같이

* 접수일(2016년 7월 19일), 수정일(1차: 2016년 11월 17일, 2차: 2017년 2월 8일), 게재확정일(2017년 2월 24일)

* ZDM분류: U22

* MSC2000분류: 97U20

* 주제어: 스토리텔링 기반 수학 교과서, 초등학교 4학년 학생, 인지부하

† 교신저자

1) 이 연구에서는 스토리텔링 기반 수학 교과서와 구별하기 위하여 스토리텔링 방식을 도입하기 전의 교과서, 즉 2007 개정 수학과 교육과정에 따른 수학 교과서를 저자 어록체 교과서로 칭하기로 한다. 한국문학평론가협회(2006)에 따르면 저자 어록체는 특정 내용에 대하여 저자가 요약하여 설명하거나 소개하여 기록하는 형태를 의미한다. 저자 어록체 교과서를 수업에서 활용할 때, 교사는 요약된 내용을 바탕으로 상세한 설명을 더하여 학생에게 전달하므로 수업에서 교사의 설명식 교수 방식에 의존할 가능성이 높아지는 측면이 있다. 이와 같이 기존 교과서는 저자 어록체의 정의와 다소 거리가 있지만 스토리텔링 기반 교과서가 학생의 관심과 흥미를 고려하고 교사와 학생이 함께 상호작용할 수 있도록 개발되었다는 관점과 대비시키기 위하여 이렇게 칭하여 비교하고자 한다.

대개 교사의 이해를 통한 현장적용에 중점을 두어, 기존의 전통적인 저자 어록체 형식의 수학 교과서 연구에 비하여 학습자 관점에서의 고찰이 부족한 상태이다.

또한 수학교과에서 스토리텔링 교수·학습 및 교과서를 도입하여 학습자의 학습효율을 높일 수 있는가에 대해서는 도입 초기부터 일부 우려와 비판적인 시각이 존재해 왔다(서보익, 2013). 타 교과목과는 달리 수학은 기호체계를 사용하는 특성으로 인하여, 이를 일상적 언어로 표현하고 추론과정을 이야기 내에 담을 수 있는가의 문제가 제기되었기 때문이다(서보익, 2013; 최혜실, 2011) 기존의 교과서가 담고 있는 수학적 내용에 스토리텔링 요소가 추가된다면, 설계방식과 그 효율성에 따라 문장체 문제로 전락할 수도 있으며 학생들에게 학습 부담을 가중시키는 결과를 낳을 가능성도 존재한다(Zazkis & Liljedahl, 2013). 이로 인해 스토리텔링 기법의 도입이 수학 교과에서 흥미와 상상력을 키우는 것을 넘어 개념 이해를 돕고, 기억을 용이하게 한다는 인지 심리학적 주장에 대한 검증이 요구되어 왔다(김연미, 2013).

따라서 교과서의 내용을 구성하고 설계하는 저자나 교수자의 관점이 아니라, 실제 학습자의 관점에서 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습할 때 느끼는 인지부하 정도를 확인해 볼 필요가 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 교사의 수업활동 없이 스토리텔링 기반 수학 교과서와 저자 어록체 수학 교과서의 '수와 연산' 영역의 한 주제를 중심으로 초등학교 4학년 학생들의 인지부하를 측정하고 비교·분석하여 스토리텔링 기반 교과서의 개발 방향에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 인지부하의 유형

인지부하 이론의 핵심은 작업기억에서의 부하를 줄이는 것이다. 인지부하는 특정 과제를 수행하는 데 있어 학습자의 인지체계에 부과되는 부하(load)를 의미한다. 인지부하 이론에서는 인지 과부하가 학습을 저해하는 주된 원인이라 가정하고, 불필요한 인지부하를 일으키는 변인을 찾아내어 효과적인 교수설계 전략을 개발하는 것이 주된 목적이다(정현주, 2004; Paas & Merriënboer, 1994).

Plass, Moreno & Brünken(2012)에 의하면, 인지부하는 먼저 인지부하의 총량을 결정짓는 내재적 인지부하(intrinsic cognitive load)와 외재적 인지부하(extraneous cognitive load)로 구성되며, 내재적 인지부하와 관련되어 달라지는 본원적 인지부하(germane cognitive load)가 존재한다.

내재적 인지부하는 교수·학습 활동 시에 학습정보의 내재적인 특성 때문에 일어나는 것으로 교수활동 절차와 독립적인 관계에 있다. 교수방법과는 관계없이 학습자료의 내용 요소에 의해 학습자가 어려움을 겪는 경우가 있는데, 이는 내재적 인지부하 범주에서 작업기억의 부하가 높아진 것이라 볼 수 있다. 내재적 인지부하는 학습자료의 내용요소들 사이의 상호작용으로 설명할 수 있다. 요소 간의 상호작용성이 낮은 내용에서는 독립적으로 작용하여 쉽게 학습이 이루어질 수 있지만, 요소 상호작용성이 높은 학습에는 모든 요소를 고려하고 통합해야 하는 과정이 필요하게 되어 인지부하를 가져오게 된다. 즉, 학습자료의 난이도와 수준에 따라 인지부하의 정도가 결정된다(정현주, 2004; Sweller, Ayres & Kalyuga, 2013)

외재적 인지부하는 학습정보가 학습자에게 전달되는 방식과 학습 참여활동 때문에 생기는 인지부하 범주이다. 즉, 학습이 이루어질 때 교수설계 방식에 의해 학습 성취에 불필요하게 발생하는 인지부하라 할 수 있다. 이러한 외재적 인지부하는 교수방법을 활용하여 학습자료 내에서 상호작용하는 요소들을 통제하게 되는데, 학습자의 외재적 인지부하를 줄이는 문제는 곧 '교수설계 방식을 어떻게 구성해야 하는가'의 문제로 귀결된다. 본원적 인지부하는 외재적 인지부하와 같이 정보를 제시하는 전략에 의해서 만들어진다는 점에서는 유사하지만, 학습 촉진의 역할을 한다는 점에서 차이가 있다(정현주, 2004; Plass, Moreno & Brünken, 2012; Sweller et al., 2013).

본원적 인지부하는 내재적 인지부하와는 다르게 학습자료 내 구성요소의 상호작용에 관여 받지 않는 범주이다. 본원적 인지부하는 학습 성취와 관련된 정보를 이해하기 위한 학습자의 자발적 노력에 따른 인지부하라고 할 수 있다. 이를 적절한 인지부하라고 칭하기도 하며 본원적 인지부하가 높을수록 학습에 긍정적인 영향을 주게 된다. Sweller et al.(2013)에 의하면 인지부하의 유형

들은 서로 상호관계를 갖는데 학습자료를 구성하는 요소들의 상호작용 수준에 의해서 내재적 인지부하와 외재적 인지부하의 수준이 결정된다. 하나의 요소(an element)란 작업기억에서 처리되어야 하는 개별 대상을 의미하며, 요소들(element)은 스키마(schemas)를 의미한다. 스키마를 구성하는 각각의 하위요소들은 작업기억에서 우선적으로 처리되고 개별적으로 먼저 처리된 하위 요소들이 하나의 스키마로 통합되면 그 스키마는 다시 하나의 요소(a single element)가 되어 작업기억에서 처리된다.

강명희·김미영·김민정·박효진·구진아(2009)에 의하면 학습자의 사전지식은 스키마와 통합을 이루어 인지부하를 낮추어 준다. 또한 장기기억에 저장되어 있는 적절히 잘 조직된 사전지식들은 차후 학습 성취에도 긍정적인 영향을 미친다. 수업상황에서는 이런 스키마 구조를 구성할 수 있도록 학습자료를 제시하는 것이 중요하다. Sweller et al.(2013)는 스키마 획득을 촉진하기 위해서는 과도한 외재적 인지부하를 초래하는 인지적 활동에 학습자 참여를 최소화해야 한다고 설명했다. 인지부하, 스키마, 작업기억은 서로 유기적으로 연결되어 영향을 주기 때문에 교과서 내의 학습자료 개발 및 설계 시 이를 충분히 고려해야 한다.

수업 내에서 학습효과를 높이기 위해서는 내재적 인지부하와 외재적 인지부하의 합이 제한된 작업기억의 용량을 넘어서는 안 된다. 따라서 이를 고려하여 교과서를 설계하고 알맞은 교수법을 채택하여 불필요한 인지부하를 감소 혹은 제거시키는 것이 무엇보다 중요하게 된다(Plass, Moreno & Brúnken, 2012). 또한 본원적 인지부하의 측면에서도 학습자료에 대한 과제 지속력을 유지시키는 것이 필요하다. 그러므로 적절한 인지부하를 제공할 수 있도록 학습자료를 제시하는 방식에 주의를 기울여야 한다.

2. 스토리텔링 기반 수학 교과서

초등학교 스토리텔링 기반 수학 교과서는 대단원별로 하나의 완성된 이야기를 가지고 있다. 단원별로 전체를 개관하는 큰 이야기를 세부적인 에피소드로 분절하여, 본문 차시의 작은 이야기들의 구성이 대단원의 큰 이야기를 이루게 하는 구조를 가진다. 모든 대단원의 1차시 수업은 해당 단원의 수업이 끝날 때까지의 전체 이야기

를 개관하는 방식으로 시작되며 교사가 들려주는 이야기 글은 지도서에 수록되어 있다.

반면 교과서에는 삽화와 사진의 형식으로만 이야기를 보여주며(story-showing), 대단원별 각 6쪽 분량으로 동일하게 구성되어 있다. 이후 각 차시는 ‘생각열기’의 도입부와 ‘활동 1’, ‘활동 2’의 전개부, ‘마무리’의 정리부로 총 2쪽으로 구성된다. 본문 차시의 ‘생각열기’에서는 짧은 글과 함께 대단원 1차시와 유사하게 삽화나 시각자료를 제시하고 있다. 이는 교사의 이야기로 수업을 시작하는 데에 있어 중요한 요소이다. 이야기 글을 교과서의 ‘생각열기’에 넣으면 지면을 많이 차지하게 되어, 학생들이 수학적 상황보다는 읽기에 치중할 수가 있다. 이를 방지하기 위하여 교사용 지도서에는 스토리텔링의 내용을 별도로 수록하고 있다(교육부, 2014b).

스토리텔링 기법을 교수·학습에 적용하기 위해서는 기본적인 구성요소가 갖추어져야 한다. 박소화(2012)는 페르소나, 감정어입, 비유, 플롯, 수학적 경험, 시간성 등의 6가지 스토리텔링 요소와 그에 따른 교수 설계 원리를 도출하여 기준을 제시하였다. 신준식(2015)은 위의 6가지 요소를 맥락적 요소로 분류하고, 메시지, 갈등, 등장인물, 플롯 등의 4가지를 형식적 요소로 분류하였다. 본 연구에서는 위와 같은 스토리텔링 기법 내의 요소로 한정하지 않고 초등학교 스토리텔링 기반 수학 교과서에서 사용하고 있는 인지부하와 관련된 필수적인 요소를 도출하여 살펴보고자 하였다. 이에 따라 초등학교 스토리텔링 기반 수학 교과서를 분석한 결과, ‘이야기 구조’, ‘은유와 서사적 언어’, ‘시각자료’ 등의 3가지 요소를 도출하였다. 3가지 요소를 기준으로 초등학교 4학년 스토리텔링 기반 수학 교과서의 특징을 살펴보고 인지부하 이론의 측면에서 어떠한 의미를 가지는지 알아보고자 한다.

1) 이야기 구조

스토리텔링 기반 수학 교과서와 저자 어록체 수학 교과서의 가장 확연한 차이 중 하나는 스토리텔링이라는 명칭 그대로 이야기에 기초하여 설계되어 있다는 점이다. 스토리텔링 기반 수학 교과서는 기본적으로 학습 내용 속에 들어가는 이야기 그 자체뿐만 아니라 이야기가 가지는 맥락과 인과관계를 가지고 있어야 한다.

기존의 교과서는 일반적으로 저자의 어록체 형식으로

수학적 사실만을 발문하고 서술하지만, 스토리텔링 기반 수학 교과서는 이야기의 구조와 맥락에 따라 발문하고 서술한다. 스토리텔링 기반 수학 교과서 역시 저자 어록체 수학 교과서와 유사하게 발문으로 수업의 진행방향을 조정하지만 그 이전에 장면, 주제, 플롯 및 종결이라는 이야기 요소에 기초하여 서술하고 있다. 저자 어록체 수학 교과서에서 도입부에 이야기 요소를 사용하는 것이 문제 상황을 부여하며 단순히 저자의 발문을 위해 도입한 장치라면, 스토리텔링 기반 수학 교과서의 ‘생각열기’에서 도입한 이야기 요소들은 이를 활용하여 수업의 끝까지 이야기를 전개해 나갈 수 있게 한다.

Trabasso & van den Broek(1985)에 의하면 목표가 이야기 속에 진술되어 있을 때는, 이야기 속의 행위를 조직하는 데에 이 목표를 이용하게 된다. 이야기 속의 진술은 목표를 달성하고자 하는 등장인물의 노력으로 인해 서로 간에 인과관계를 맺게 된다. 학습자는 이 인과관계를 이용하여 글 속에서 중요한 것이 무엇인지 판단하고 문제를 해결하게 된다. 따라서 교과서 내에서 이야기를 구성할 때는 이야기의 최종 목표를 명확히 제시하고 이야기의 구조, 단계별 인과관계 요소 하나하나를 고려하여 설계할 필요성이 있다. 이야기를 도입하여 수업 초반에 학생들의 흥미를 끄는 것은 어렵지 않으며 스토리텔링 수업이 도입되기 전에도 수없이 사용하던 방식이다. 따라서 스토리텔링 수업의 목표는 학생들의 초기 흥미와 관심을 이야기가 끝날 때까지 유지하는 것이 되어야 하며 수업 내에서 이야기는 중간에 끝나지 않아야 한다(Zazkis & Liljedahl, 2013).

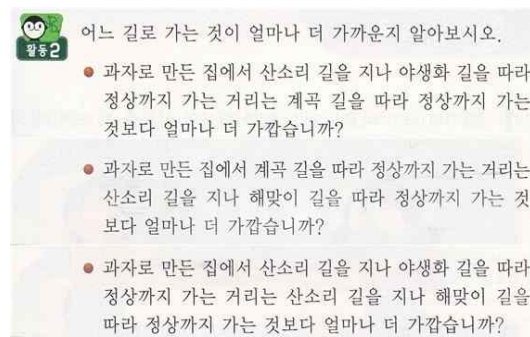
따라서 스토리텔링 기반 수학 교과서에서는 ‘학생들의 문제해결’이라는 결말로 향하는 이야기 구성 내에서 내용이해, 추론과정 하나하나에 대하여 미리 준비된 장치가 있어야 한다. 처음에 도입한 이야기를 수업의 목표를 달성할 때까지 유지하며 그 사이사이에 세부적인 플롯을 적절히 배치하는 것이 스토리텔링 기반 수학 교과서의 효율을 살리며 학습자의 본원적 인지부하를 높이는 중요한 요소가 될 것이다.

2) 은유와 서사적 언어

스토리텔링 기반 수학 교과서는 수학적 언어를 서사적 언어로 표현하는 은유의 방식을 이야기 속에서 사용한다. 학습자가 A를 은유적으로 이해한다는 것은 B의

속성을 A의 속성으로 대입하여 보는 것이다. 스토리텔링 기반 수학 교과서에서는 은유의 표현을 사용하여 이를 서사 혹은 일상적 언어로 표현한다(유윤재, 2013). 결국 ‘수식과 기호와 같은 수학적 언어를 어떻게 학생들이 쉽게 받아들일 수 있는 서사 언어로 바꿀 수 있는가’와 ‘서사 언어를 어떻게 효율적으로 잘 구성하여 제시할 수 있는가’ 등이 중요한 문제가 된다. 이를 해결하기 위해서는 구체적으로 정보처리 이론과 인지부하 이론의 관점으로 바라볼 필요가 있다.

작업기억은 여러 단계의 지시를 따라야 하는 학습이나 두세 단계 이상의 논리적 추론, 연관성이 없는 사실들의 나열이 계속되면 쉽게 인지부하상태에 이르게 된다. 또한 복잡한 관계를 설명할 때, 상대적으로 더 간단한 언어가 사용될수록 학습자들은 개념을 빠르게 잘 이해하게 된다. 예를 들어, “□□□ 프로그램을 실행한 뒤, 아이디 ‘△△△’, 비밀번호 ‘○○○’로 로그인하고 ‘◇◇◇’ 메뉴에서 ‘☆☆☆’를 찾아 클릭한 후, 검색창에서 ‘<△<△<△’을 검색하여 ‘☆☆☆’자료를 다운로드 받으시오.”와 같은 지시문장은 문장 내 각 요소의 상호관계가 많아 작업기억의 부하를 가져온다(김연미, 2013; 박창호·안서원·김문수·이태연·최광일·조광수·김미라, 2011). 따라서 기호와 수식을 서사 언어로 변환할 때에는 은유의 방식을 차용하되 최대한 간결하게 제시해야 한다. ‘소수의 덧셈과 뺄셈’ 단원의 소수의 계산 활용을 학습하는 본문 차시에서는 [그림 1]과 같은 글을 제시한다(교육부, 2014a, pp. 35).



[그림 1] 은유표현의 예

[Fig. 1] Examples of metaphors

주인공의 현재위치(시작점)인 ‘과자로 만든 집’에서 목적지(도착점)인 ‘정상’까지 갈 때, 길이가 소수인 여러 가지 길을 선택하여 ‘정상’으로 갈 수 있는 경로를 확인하는 방식으로 구성되어 있다. [그림 1]의 제시된 은유표현과 각 은유표현들의 연결성이 많은 문장은 자칫하면 학습에 부정적 영향을 줄 수 있다. 학습을 수행하면서 생겨나는 인지부하가 이용 가능한 작업기억 처리단위의 허용범위를 넘게 되면 요소들을 연계하여 사고할 수 없기 때문이다(Sweller et al., 2013). 은유의 방식은 설명을 더 자연스럽고 당위성을 가질 수 있게 이야기를 구성하기에 유용하나, 수단과 목적이 전도되는 ‘메타 인지적 이동’의 측면을 고려하지 않을 수 없다. 그러므로 스토리텔링 방식의 교과서는 은유 사용의 긍정적 효과를 살리면서도 메타 인지적 이동과 같은 부정적인 효과를 최소화할 수 있도록 설계해야 한다(이지현 · 이기돈, 2013).

3) 시각자료

스토리텔링 기반 수학 교과서에서는 이야기 요소와 부합하는 시각자료의 활용도가 높아졌다. 학교 수학의 장면을 스토리텔링 장면으로 변환하여 진술할 때는 최대한 간결하고 명확하게 제시하며, 의미 있는 문장과 이야기로 제시하되 불필요한 서술로 학생들에게 혼란을 주어서는 안 된다. 그러나 과제의 난도가 높거나 복잡한 문제 해결과정, 개념설명이 포함된 이야기는 간결한 설명으로 표현하기에 무리가 있다. 이로 인해 발생하는 인지부하를 감소시킬 방법으로써 이야기가 의미하는 바, 즉 핵심을 보여줄 수 있는 그림과 도식(diagram)의 도입이 필요하게 된다. 강이철(2009)에 의하면 은유는 구체적인 내용을 포함하고 있을 때, 더욱 쉽게 이해되며 은유의 내용을 포함하는 심상정보(imagery)를 함께 제시할 때 더 효율적으로 전달된다. 따라서 적절한 심상정보를 실제 시각자료로 미리 조직하여 학습자에게 제시하는 것은 상당한 교육적 의의가 있다.

스토리텔링 기반 수학 교과서에서 이야기와 함께 제공되는 그림이나 도식은 수학적인 언어를 최대한 자연스럽게 나타내어 전래동화 속 삽화가 하는 역할 이상의 의미를 지닌다. 또한 문장으로 모두 나타내지 못하는 바를 조금 더 쉽고 빠르게 보여줌으로써 불필요한 서술을 줄여준다. 이러한 시각자료 제공의 적절성은 자료제시 및 설계의 관점에서 외재적 인지부하를 낮추어 줄 수 있다.

이는 단순히 시각적인 전달의 역할에만 그치는 것이 아니라, 이해를 도울 수 있는 다이어그램을 가시화한 정신모델, 즉 시각적 정신모델의 역할을 할 수 있다. 글로 제공되는 이야기의 상황과 관련지어 생각한다면 이를 상황모델이라고도 부를 수 있다(Stephen K. Reed, 2006). 앞서 [그림 1]에서 제시한 ‘소수의 덧셈과 뺄셈’ 단원의 ‘소수의 계산의 활용’ 차시에서는 [그림 2]와 같은 시각자료가 함께 제공된다(교육부, 2014a, pp. 34).



[그림 2] 시각자료의 예
[Fig. 2] Example of visual material

이 시각자료는 상황모델의 역할을 하여 [그림 1]에서와 같이 요소의 상호관계가 많은 글로 인하여 유발되는 인지부하를 낮추어 주게 된다. 시각자료가 흥미유발의 역할을 넘어 수학적 사실을 좀 더 쉽게 이해하도록 도움을 준다면, 본원적 인지부하를 높일 수 있을 뿐만 아니라 외재적 인지부하를 줄이는 역할을 하게 되므로 이를 교과서 설계 시에 적극적으로 활용할 필요성이 있다.

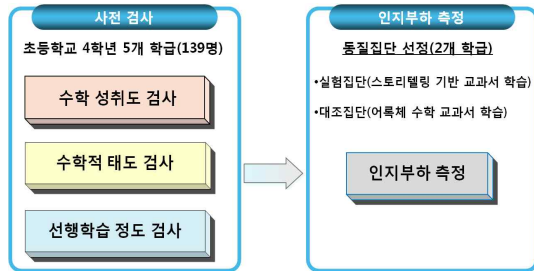
III. 연구 방법

1. 연구 설계

본 연구에서는 초등학교 4학년 스토리텔링 기반 수학 교과서와 저자 어록체 수학 교과서의 ‘수와 연산 영역’의 한 주제를 학습하는 학생의 인지부하 정도를 비교·분석하고자 하였다. 학습하게 될 교과 내용은 스토리텔링 기반 수학 교과서와 저자 어록체 수학 교과서의 모든 본문 차시를 사전에 분석한 뒤, 수학적 내용구성 방식과 예제,

문제 등이 가장 유사한 교과서 차시로 선정하였고, 수업 및 교사의 노력 등의 외부요소를 제외하고 스토리텔링 기반 수학 교과서와 저자 어록체 수학 교과서의 서술 및 설계 방식간의 차이를 고려하고자 하였다. 또한 학습자의 특성에 따른 차이를 통제하기 위하여 [그림 3]과 같이 ‘수학 성취도’, ‘수학적 태도’, ‘선행학습 정도’를 동질 집단 요소로 선정하였다. ‘선행학습 정도’는 인지부하 측정 시 사용할 교과 내용이 사전에 학습되어 미치는 영향을 최소화하기 위한 요소이다. ‘선행학습 정도’ 검사에서는 인지부하 측정 시점(2015년 7월, 1학기)을 고려하여 같은 학년 교육과정 2학기의 교과 내용으로 선정하고 해당 차시의 교과 내용을 간단히 확인할 수 있는 문항으로 구성하였다.

초등학교 4학년 5개 학급을 대상으로 3가지 사전요소를 통계적으로 분석하고 추가적으로 성비와 성향을 고려하여 2개 학급의 동질집단을 선정 한 후, 인지부하 측정을 실시하였다. 구체적으로 선정된 2개 학급의 학생을 대상으로 1개 학급은 스토리텔링 기반 수학 교과서를, 1개 학급은 저자 어록체 수학 교과서를 이용하여 교사의 노력이나 수업활동 없이 학습하게 하였다. 이때 교사의 교수활동이 배제된 상황이므로 실제 초등학교 수업시간에서 이에 해당하는 소요시간을 제외하고 해당 교과서 차시의 난이도와 분량을 고려하여 개인적으로 20분간 학습하게 한 후 설문을 통하여 인지부하 측정을 실시하였다.



[그림 3] 연구 설계
[Fig. 3] Study design

1) 교과서 본문 차시 비교

초등학교 4학년 2학기의 ‘소수의 덧셈과 뺄셈’ 단원의 ‘소수의 덧셈을 할 수 있어요’를 두 동질집단이 학습하게

될 학습주제로 선정하였다. 이는 스토리텔링 기반 수학 교과서에서의 2단원 1차시, 저자 어록체 수학 교과서에서의 1단원 7차시에 해당하는 내용이다. 각 차시의 분량은 각 2쪽으로 동일하다.

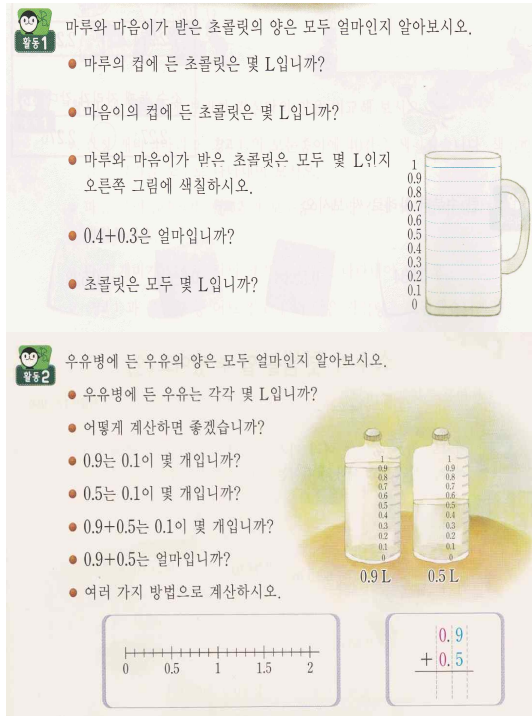
(1) 스토리텔링 기반 수학 교과서

‘생각열기’에서는 [그림 4]와 같이 이전 차시의 이야기와 연계하여 두 주인공의 이야기를 도입하고 있으며 주인공들이 받은 초콜릿과 우유의 양(소수)을 눈금이 있는 컵을 통하여 확인할 수 있게 시각자료를 제시하고 있다(교육부, 2014a, pp. 22).



[그림 4] 도입부(스토리텔링 기반 수학 교과서)
[Fig. 4] Introduction (A textbook based on storytelling)

[그림 5]에서의 활동과 같이 전개부는 ‘활동 1’과 ‘활동 2’의 두 가지의 하위목표를 구성하고 초콜릿과 우유를 이용하여 소수의 덧셈을 학습하도록 구성되어 있다(교육부, 2014a, pp. 22-23). ‘생각열기’에서와 동일하게 초콜릿을 담은 병과 우유가 담겨있는 병을 시각적으로 제시하여 학습자가 이를 눈금으로 확인하도록 한다. ‘활동 1’에서는 두 소수의 합이 1의 값을 넘지 않는 경우, ‘활동 2’에서는 두 소수의 합이 1의 값을 넘는 경우를 기본수준 원리에 따라 단계적으로 제시한다. 이어, ‘마무리’ 단계에서는 [그림 6]과 같이 ‘활동 1’과 ‘활동 2’에서 덧셈의 대상으로 사용한 초콜릿과 우유를 혼합하여 초콜릿 맛 우유를 만들어보는 활동을 소개한다(교육부, 2014a, pp. 23). 또한 ‘생각열기’에서 도입한 이야기 소재를 정리 부까지 유지하면서 다시 한 번 소수의 덧셈 활동을 복습하고 다양한 방법으로 계산하도록 유도하고 있다.



[그림 5] 전개부(스토리텔링 기반 수학 교과서)
[Fig. 5] Development (A textbook based on storytelling)

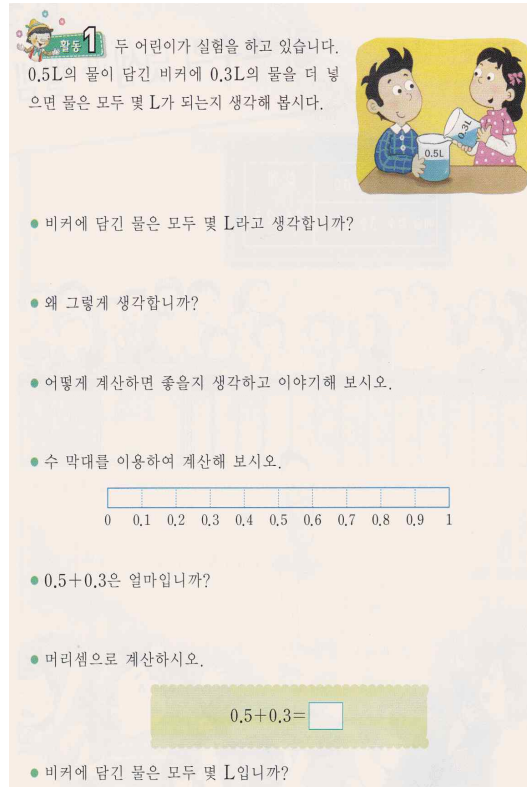


[그림 6] 정리부(스토리텔링 기반 교과서)
[Fig. 6] Closing (A textbook based on storytelling)

(2) 저자 어록체 수학 교과서

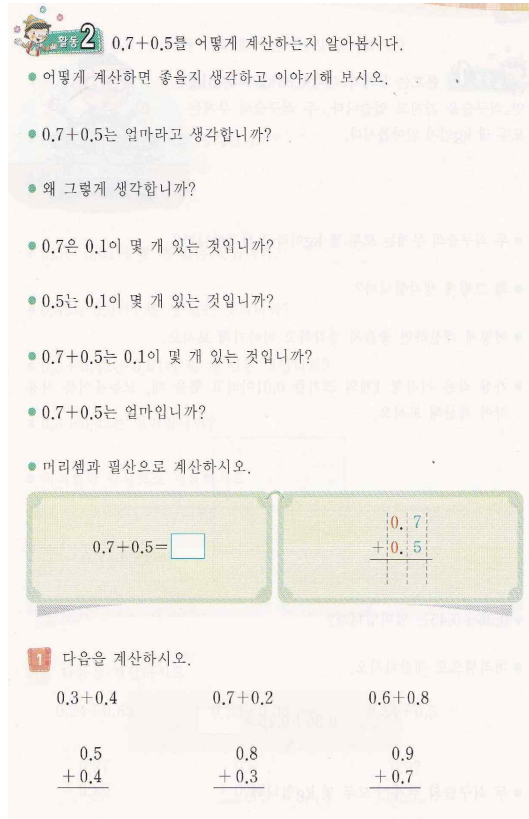
저자 어록체 수학 교과서는 스토리텔링 기반 수학 교과서의 ‘도입, 전개, 정리’ 구성과는 달리 [그림 7]의 ‘활

동 1’과 [그림 8]의 ‘활동 2’와 같이 두 가지 학습활동으로 나누어진다(교육부, 2013a, 20-21). ‘활동 1’에서는 계산하고자 하는 두 소수의 합이 1을 넘지 않는 소수 한 자릿수끼리의 덧셈식을 제시하고 있다. 이어서 학생들이 비커에 담긴 전체 물의 양을 예측하고 서로의 생각을 이야기하는 활동을 제공한다.



[그림 7] 활동 1(저자 어록체 수학 교과서)
[Fig. 7] Activity 1 (A traditional textbook)

‘활동 2’에서는 0.7과 0.5의 크기를 단위 소수의 개수로 확인한 후, 두 소수의 합이 1을 넘는 ‘0.7+0.5’의 덧셈식을 어떻게 계산하면 좋을지 생각해보게 한다. 전체적으로 스토리텔링 기반 수학 교과서에 비하여 소수의 계산 문항이 조금 더 구성되어 있으며, ‘수 막대를 이용한 계산’, ‘머리셈’, ‘세로셈’ 등의 계산전략을 이용하여 소수의 덧셈 활동을 소개하고 계산 문제를 다수 제공하여 활동을 마무리하고 있다.



[그림 8] 활동 2(저자 어록체 수학 교과서)
[Fig. 8] Activity 2 (A traditional textbook)

2) 동질집단 선정 검사 도구

초등학교 4학년 5개 학급 139명을 대상으로 총 3가지 요소에 대한 사전검사를 실시하였다.

첫째, 수학 학습성취도는 학습자의 인지적 측면에 따른 학습성취 및 인지부하의 차이를 최소화하기 위하여 선정하였다. 학습성취도 검사는 2015년 1학기 기말고사 수학적성취를 이용하였으며, 학습성취도 검사의 문항은 24 문항으로 구성된다.

둘째, 수학적 태도는 학습자의 정의적 측면에 따른 학습성취 및 인지부하의 차이를 최소화하기 위하여 선정하였다. 스토리텔링 방식은 수학적 내용이 포함된 이야기를 제시함에 있어, 학습자의 감정을 이입하게 하는 인물의 등장과 목표 성취를 위한 이야기 구조를 도입하는

특성을 가지므로 학습자의 정의적 영역과의 관련성이 있다. 따라서 수학적 태도를 학습성취도와 함께 기본적인 사전 검사요소로 선정하였다. 이를 확인하기 위하여 정혜영·이경화(2006)가 개발한 초등학교 수학 태도측정 설문지를 사용하였다. 태도 검사는 총 31개의 설문문항으로 구성되며, 문항은 4점 리커트 척도를 사용하였다.

마지막으로, 선행학습 정도는 학습자의 학습 성취도와 수학적 태도에 차이가 없다고 하더라도 본 측정에 사용할 학습내용이 이미 학습되어 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 동질집단 요소로 포함하였다. 선행학습 정도 검사는 연구 집단의 학생들이 교과과정상 배우지 않은 내용을 다루므로 4학년 교과서(2010년, 2013년 초판 발행 2종)에서 비교적 쉬운 예제와 문제를 발췌하여 동형문제로 제작하였다. 문항은 두 소수의 합이 1을 넘지 않는 경우(4문항)와 두 소수의 합이 1을 넘는 경우(6문항)로 구성하였다.

2. 인지부하 측정 도구

인지부하 측정은 류지현·임지현(2009)이 개발한 측정 설문지를 사용하였다. 인지부하 측정 설문 문항은 ‘신체적 노력’, ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기평가’, ‘자료설계’로 총 5개의 범주로 나누어지며, 각 범주별 4개 문항을 포함하여 총 20개 문항으로 구성되어 있다.

범주의 의미와 측정영역은 다음과 같다(류지현·임지현, 2009).

첫째, 신체적 노력(physical effort)은 학습과제를 수행할 때 인지 과정에 수반된 신체적 피로나 활동을 의미한다. ‘신체적 노력’의 점수값이 높다는 것은 학습 내용의 이해과정에서 발생하는 심리적 스트레스나 학습 과정에 사용되는 신체적 활동으로 인하여 느끼는 피로감 및 체력적 소모가 크다는 의미이다. 류지현(2011)에 의하면 위의 구인을 학습수행 시 유발되는 정신적인 부담인 과제 부담(task demand)의 범주로도 해석하고 있다.

둘째, 정신적 노력(mental effort)은 제시된 문제를 이해하고 해결하기 위해 학습자가 투입했다고 지각하는 정신활동의 양을 의미한다. 정신적 노력을 투입하는 학습 상황에서 학습자는 작업기억의 제한된 용량으로 인해 효율적인 정보처리를 하려고 노력하게 된다. 따라서 ‘정신적 노력’의 측정값이 높게 나타난다면 학습목표를 성취

하기 위해 학습자가 활용하게 되는 학습전략이나 노력을 기울이기 위해 수반되는 주의집중 등의 요소들을 많이 사용하게 됨을 뜻한다. 이처럼 ‘정신적 노력’은 본원적 인지부하와 관련성이 높다고 볼 수 있다.

셋째, 과제 난이도(task difficulty)는 학습 내용에 대한 이해수준의 정도를 의미한다. 과제의 난이도는 주어진 과제에 의해서 발생하는 인지부하라는 측면에서 내재적 인지부하와 관련이 많은 요소이다. 이 측정값이 높을수록 과제를 어렵게 인식하고 있는 것이며, 학습활동에 개입된 요소 상호작용이 많음을 의미하는 것이다(류지현, 2011).

넷째, 자기평가(self evaluation)는 학습자가 문제해결 후에 느끼는 성취감의 정도를 의미한다. 이 요소는 학습자 스스로가 자신의 인지 과정에 대하여 평가를 하는 것으로, 본인의 인지활동에 대한 숙고 과정을 포함하는 의미이다. ‘자기평가’ 점수가 높다는 것은 학습자가 효율적이고 성공적으로 학습하였다고 지각하는 것을 의미한다.

다섯째, 자료설계(material design)는 제시된 학습자료의 설계가 학습자의 이해에 미치는 영향을 의미한다. ‘자료설계’는 학습자료의 내용구조와 관계되는 구인으로 외재적 인지부하와 관련이 많다. 가령 ‘자료설계’의 점수값이 높다면, 학습자가 제시된 학습 자료의 내용 구조와 배치 및 구성이 학습수행에 편리했다고 판단한 것이다.

기존에 개발된 검사지가 성인을 대상으로 타당도 검증과 문항분석을 한 것을 고려하여 7점 리커트 척도를 5점 리커트 척도로 수정하고(1점=“전혀 아니다”, 2점=“아니다”, 3점=“보통이다”, 4점=“그렇다”, 5점=“매우 그렇다”) 문항 내 단어와 문장을 초등학교 4학년의 어휘 수준과 측정 목적에 맞게 일부 수정하였다. 이후에 연구자와 초등학교 현직교사 각 1명이 교차 검증하여 교정하였다. 수정한 설문문항은 [표 1]과 같다.

[표 1] 인지부하 측정 문항

[Table 1] The cognitive load measurement items

범 주	문 항
신체적 노력	1. 교과서를 공부하고 난 후 지치는 느낌을 받았다.
	2. 내용을 이해하는 과정에서 몸에 힘이 빠진다고 느꼈다.

정신적 노력	3. 교과서를 공부하는 동안 몸이 피곤하다고 느꼈다.
	4. (이야기)글을 읽으면서 몸이 피곤하다고 느꼈다.
	5. 교과서 내용을 이해하기 위해 노력하였다.
	6. 제시된 내용을 학습하기 위해 열심히 공부했다.
과제 난이도	7. 문제를 해결하는 동안 열심히 공부하지 않았다.*
	8. 교과서를 이해하기 위하여 최선을 다했다.
	9. 학습문제(주제)에 따라 내용을 이해하는 것이 어려웠다.
	10. 문제의 내용이 어려웠다.
자기 평가	11. (이야기)글의 내용들을 이해하기 어렵다고 느꼈다.
	12. 문제를 해결하는 과정이 쉬웠다.*
	13. 교과서의 내용을 잘 이해했다고 생각한다.
	14. 공부한 지식을 잘 적용할 수 있을 것 같다.
자료 설계	15. 학습을 마치고 난 후 만족감을 느꼈다.
	16. 교과서를 효과적으로 공부했다고 생각한다.
	17. 교과서의 그림과 글은 보기에 편했다.
	18. 교과서는 공부하기 쉽도록 만들어졌다.
	19. 교과서는 내용의 중요한 점을 이해하기 쉽게 만들어졌다.
	20. 교과서 내용의 틀을 쉽게 알 수 있었다.

* 역채점 문항

3. 연구 대상

연구 대상은 G지역 O초등학교 4학년 139명(5개 학급)으로 3가지 동질집단 요소 검사결과를 통계적으로 분석하고 추가로 성비와 성향을 고려하여 2개 학급의 동질집단을 선정하였다. 2개 학급에서 A반을 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습하는 실험집단으로, B반을 저자 어록체 수학 교과서를 학습하는 대조집단으로 선정하였다.

선정된 연구 대상의 인원과 성비는 [표 2]와 같다. 실

험집단인 A반은 전체 29명 중 남학생 16명(55.2%), 여학생 13명(44.8%)이며, 대조집단인 B반은 역시 전체 29명으로 남학생 14명(48.3%), 여학생 15명(51.7%)으로 구성되어 있으며 인지부하 측정 시에 미 측정 인원은 발생하지 않았다.

[표 2] 연구 대상

[Table 2] Objects of study

집 단		대상자 수(%)
실험집단 (스토리텔링, A반)	남	16(55.2)
	여	13(44.8)
	계	29(100.0)
대조집단 (저자 어록체, B반)	남	14(48.3)
	여	15(51.7)
	계	29(100.0)

4. 자료 분석

본 연구에서는 수집된 자료를 통하여 변수들의 신뢰도를 검증하고 연구문제를 해결하기 위해서 IBM SPSS Statistics 21.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 구체적인 분석방법은 다음과 같다.

첫째, 해당 학년의 학업 성취도, 수학적 태도 및 선행학습 정도 검사결과를 일원배치 분산분석법(ANOVA)을 이용하여 분석하고, 사후검정인 Scheffe 검정으로 동질 집단 여부를 구체적으로 확인하였다.

둘째, 측정문항의 범주이자 주요변수인 ‘신체적 노력’, ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기평가’, ‘자료설계’의 신뢰도를 검증하기 위하여 Cronbach’s Alpha 계수를 확인하였다.

셋째, 실험집단과 대조집단의 인지부하 정도를 확인하기 위하여 기술통계량을 분석하고 집단의 정규성 검정을 실시하였다. 설문지 측정 시 발생한 결측값의 해석은 해당 분석집단 내의 계열평균 대체법을 사용하였다.

넷째, 실험집단과 대조집단의 인지부하 차이를 검증하기 위해 정규분포를 따르는 경우 독립 t-검정을 실시하였으며, 정규분포를 따르지 않을 때에는 비모수 검정인 Mann-Whitney 검정을 실시하였다.

다섯째, 인지부하 측정 문항 및 범주별로 실험집단과 대조집단의 차이를 검증하였으며, 문항 및 범주별 응답에서 남녀집단으로 구분하여 성별에 따른 차이를 추가적으로 확인하였다.

IV. 결과 분석 및 논의

1. 검사 신뢰도

본 측정의 범주이자 주요 변수인 ‘신체적 노력’, ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기평가’, ‘자료설계’의 신뢰도를 검증하기 위하여 Cronbach’s Alpha 계수를 확인하였으며 결과는 [표 3]과 같다. ‘신체적 노력’ 범주는 0.880, ‘정신적 노력’ 범주는 0.876, ‘과제 난이도’ 범주는 0.877, ‘자기평가’ 범주는 0.862, ‘자료설계’ 범주는 0.824로 모두 Cronbach’s α 값이 0.8 이상으로 나타났다.

[표 3] 주요 변수에 대한 신뢰도(N=58)

[Table 3] Reliability of the main variables (N=58)

범 주	문항 수	Cronbach’ α
신체적 노력	4	.880
정신적 노력	4	.876
과제 난이도	4	.877
자기평가	4	.862
자료설계	4	.824

2. 인지부하 차이 분석

1) 인지부하 범주별 차이

인지부하 범주별 차이를 검증하기 위해 [표 4]와 같이 차이 검정을 실시하였다. 정규성을 만족하는 ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기평가’ 범주는 독립표본 t-검정을 실시하였고, 정규성을 만족하지 않는 ‘신체적 노력’, ‘자료설계’ 범주는 비모수 검정 방법의 하나인 Mann-Whitney 검정을 실시하였다.

범주별 응답 평균값에서, 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 실험집단(A반)이 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 대조집단(B반)보다 ‘신체적 노력’과 ‘과제 난이도’에서는 낮은 측정값을 나타내었고, ‘정신적 노력’,

‘자기평가’, ‘자료설계’ 범주에서는 상대적으로 높은 측정값을 나타내었다. 각 범주에서 실험집단과 대조집단의 응답 차이는 통계적으로 유의하지 않았으나 ‘정신적 노력’과 ‘자기평가’ 범주에서 유의수준에 가까운 값을 가진 것으로 볼 때, 범주의 각 문항별 차이를 검증할 필요성이 있음을 확인하였다.

[표 4] 범주별 차이 검증

[Table 4] Difference test of categories

범 주	구분	N	평균± (표준편차)	p
신체적 노력 ⁺⁺	A	29	1.97±0.65	.637
	B	29	2.12±0.94	
정신적 노력 ⁺	A	29	3.94±0.65	.063
	B	29	3.54±0.92	
과제 난이도 ⁺	A	29	2.28±0.79	.421
	B	29	2.47±1.03	
자기평가 ⁺	A	29	3.66±0.83	.059
	B	29	3.25±0.81	
자료설계 ⁺⁺	A	92	3.72±0.72	.112
	B	29	3.47±0.81	

⁺독립표본 t-검정, ⁺⁺Mann-Whitney 검정

이어, 성별에 따른 인지부하 범주별 차이를 알아보기 위해 차이 검정을 [표 5]와 같이 실시하였다. 정규성을 만족하는 남학생 집단의 ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기평가’, ‘자료설계’ 범주와 여학생 집단의 ‘신체적 노력’, ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기평가’ 범주는 독립표본 t-검정을 실시하였고, 정규성을 만족하지 않는 남학생 집단의 ‘신체적 노력’ 범주와 여학생 집단의 ‘자료설계’ 범주는 비모수 검정 방법인 Mann-Whitney 검정을 실시하였다. 그 결과, 각 범주에서 실험집단(A반)과 대조집단(B반)의 차이는 통계적으로 유의하지 않았으나 남녀집단으로 구분하지 않았던 범주별 평균의 순위와 같은 경향이 나타났다.

[표 5] 성별에 따른 범주별 차이 검증

[Table 5] Difference test of categories according to gender

범 주	집단	N	평균± (표준편차)	p	
신체적 노력 ⁺⁺	남	A	16	2±0.71	.950
		B	14	2.18±1.04	
	여	A	13	1.94±0.6	.659
		B	15	2.07±0.87	
정신적 노력 ⁺	남	A	16	3.98±0.72	.134
		B	14	3.46±1.11	
	여	A	13	3.88±0.59	.296
		B	15	3.62±0.72	
과제 난이도 ⁺	남	A	16	2.39±0.91	.466
		B	14	2.68±1.22	
	여	A	13	2.13±0.61	.608
		B	15	2.28±0.81	
자기평가 ⁺	남	A	16	3.56±0.96	.291
		B	14	3.19±0.9	
	여	A	13	3.8±0.64	.073
		B	15	3.31±0.74	
자료설계 ⁺⁺	남	A	16	3.67±0.89	.460
		B	14	3.43±0.88	
	여	A	13	3.77±0.47	.163
		B	15	3.52±0.76	

⁺독립표본 t-검정, ⁺⁺Mann-Whitney 검정

2) 인지부하 문항별 차이

‘신체적 노력’ 범주에 대한 문항별 차이는 다음의 [표 6]과 같다. ‘신체적 노력’ 범주에 해당하는 각 문항의 평균 순위 역시 범주별 평균의 순위와 유사하게 나타났다. 3번 문항인 ‘교과서를 공부하는 동안 몸이 피곤하다고 느꼈다’에서는 평균값이 동일하게 나타났다. 그 외의 모든 문항에서는 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 실험집단(A반)의 평균이 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 대조집단(B반)의 평균보다 낮게 나타났으나 각 문항별 차이검정 결과 유의미한 차이를 가지는 문항은 나타나지 않았다.

결과적으로 학생들이 느끼는 신체적 피로의 정도의 차이는 나타나지 않았다고 해석할 수 있다. ‘신체적 노력’ 범주의 측정값은 점수가 높게 나올수록 이해과정에서 발생하는 심리적 스트레스 및 피로도가 높다는 것을

의미한다. 이는 내재적 인지부하의 측면에서 학습소재 및 과제가 동일한 두 차시를 선정함에 따라 나타난 결과라고 볼 수 있다. 또한 외재적 인지부하와 관련이 높은 ‘자료설계’ 범주에서도 차이가 나타나지 않았으므로, 스토리텔링 기반 교과서와 어록체 교과서 내의 자료와 설계 방식의 우위가 없었다고 해석할 수 있다.

[표 6] 문항별 차이 검정(신체적 노력)

[Table 6] Difference test of Items (Physical effort)

문항	집단	N	평균± (표준편차)	p
1. 교과서를 공부하고 난 후 지치는 느낌을 받았다.	A	29	2.07±0.88	.678
	B	29	2.28±1.16	
2. 내용을 이해하는 과정에서 몸에 힘이 빠진다고 느꼈다.	A	29	1.86±0.69	.343
	B	29	2.14±1.03	
3. 교과서를 공부하는 동안 몸이 피곤하다고 느꼈다.	A	29	2.17±0.76	.667
	B	29	2.17±1.1	
4. 이야기 글을 읽으면서 몸이 피곤하다고 느꼈다.	A	29	1.79±0.82	.828
	B	29	1.90±0.98	

Mann-Whitney 검정

‘정신적 노력’ 범주에 대한 문항별 차이는 다음의 [표 7]과 같다. 범주별 평균의 순위와 유사하게 모든 문항에서 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 실험집단(A반)의 응답평균이 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 대조집단(B반)보다 상대적으로 높게 나타났다. ‘정신적 노력’ 범주의 측정값은 점수가 높게 나올수록 문제를 이해하고 해결하기 위하여 투입한 노력이 많음을 의미한다. 따라서 상대적으로 실험집단의 정신적 노력이 대조집단보다 다소 높다고 볼 수 있으나 각 문항별 차이검정 결과 유의미한 차이를 가지는 문항은 나타나지 않았기 때문에 모든 문항에 대하여 긍정적으로 해석하기에는 한계가 있다. 그러나 5번 문항인 ‘교과서 내용을 이해하기 위해 노력하였다’와 7번 문항인 ‘문제를 해결하는 동안 열

심히 공부하지 않았다’의 차이 검정 결과, 유의수준에 근접하게 나타났으므로 남녀 집단으로 분리하여 추가적으로 분석이 필요함을 확인하였다.

[표 7] 문항별 차이 검정(정신적 노력)

[Table 7] Difference test of Items (Mental effort)

문항	집단	N	평균± (표준편차)	p
5. 교과서 내용을 이해하기 위해 노력하였다.	A	29	3.97±0.82	.056
	B	29	3.38±1.12	
6. 제시된 내용을 학습하기 위해 열심히 공부했다.	A	29	3.66±0.77	.786
	B	29	3.52±1.12	
7. 문제를 해결하는 동안 열심히 공부하지 않았다.	A	29	4.34±0.72	.069
	B	29	3.90±0.98	
8. 교과서를 이해하기 위하여 최선을 다했다.	A	29	3.79±0.86	.132
	B	29	3.38±1.01	

Mann-Whitney 검정

‘과제 난이도’ 범주에 대한 문항별 차이는 다음의 [표 8]과 같다. 범주별 평균의 순위와 유사하게 모든 문항에서 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 실험집단(A반)의 응답평균이 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 대조집단(B반)보다 상대적으로 낮게 측정되었다. 그러나 각 문항별 차이검정 결과, 유의미한 차이를 가지는 문항은 나타나지 않았다. 이를 통해 스토리텔링 기반 교과서를 학습하는 학생들과 어록체 교과서를 학습하는 학생들이 느끼는 과제난이도의 차이는 나타나지 않았다고 해석할 수 있다. 인지부하 이론에서 동등한 수준의 난이도를 가진 학습소재를 제공할 때, 내재적 인지부하의 변화가 나타나지 않는다. 이는 사전에 학습소재 및 과제가 동일한 두 차시를 선정했기 때문이므로 학생들이 문제를 해결할 때 느끼는 어려움의 차이가 나타나지 않았다고 볼 수 있다.

[표 8] 문항별 차이 검정(과제 난이도)
[Table 8] Difference test of Item (Task difficulty)

문항	집단	N	평균± (표준편차)	p
9. 학습문제(주제)에 따라 내용을 이해하는 것이 어려웠다.	A	29	2.38±1.05	.423
	B	29	2.66±1.29	
10. 문제의 내용이 어려웠다.	A	29	2.07±0.96	.411
	B	29	2.31±1.11	
11. 이야기 글의 내용들을 이해하기 어렵다고 느꼈다.	A	29	2.1±1.05	.871
	B	29	2.21±1.21	
12. 문제를 해결하는 과정이 쉬웠다.	A	29	2.55±0.87	.846
	B	29	2.71±1	

Mann-Whitney 검정

‘자기평가’ 범주에 대한 문항별 차이는 다음의 [표 9]와 같다. 범주별 평균의 우위와 유사하게 모든 문항에서 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 실험집단(A반)의 응답평균이 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 대조 집단(B반)보다 상대적으로 높게 측정되었다. ‘자기평가’의 점수값이 높다는 의미는 특히 13번 문항인 ‘교과서의 내용을 잘 이해했다고 생각한다’와 14번 문항인 ‘공부한 지식을 잘 적용할 수 있을 것 같다’가 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 이러한 결과를 통하여 학생 스스로 학습내용을 잘 이해했으며 지식을 적용할 수 있다고 판단함을 알 수 있다. 이는 학생들이 이야기 구조가 가져다주는 인과성과 목표의 기능으로 인하여, 이야기 내 주인공의 목표달성을 본인의 성취경험으로 의미 있게 받아들이는 것으로 볼 수 있다.

[표 9] 문항별 차이 검정(자기평가)
[Table 9] Difference test of Items (Self evaluation)

문항	집단	N	평균± (표준편차)	p
13. 교과서의 내용을 잘 이해했다고 생각한다.	A	29	3.62±1.12	.043*
	B	29	3.07±0.92	

14. 공부한 지식을 잘 적용할 수 있을 것 같다.	A	29	3.69±0.85	.047*
	B	29	3.17±0.93	
15. 학습을 마치고 난 후 만족감을 느꼈다.	A	29	3.69±0.97	.235
	B	29	3.34±1.14	
16. 교과서를 효과적으로 공부했다고 생각한다.	A	29	3.66±0.89	.323
	B	29	3.42±0.97	

Mann-Whitney 검정 *p<0.05

‘자료설계’ 범주에 대한 문항별 차이는 다음의 [표 10]과 같다. 범주별 평균의 우위와 유사하게 모든 문항에서 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 실험집단(A반)의 응답평균이 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 대조 집단(B반)보다 상대적으로 높게 측정되었다. 점수값이 높을수록 학생들이 교과서의 설계 및 구성을 더 편리하게 인식한다고 해석할 수 있다. 그러나 각 문항별 차이 검정 결과, 18번 문항에서 유의수준에 근접한 측정값이 나타났지만 4개 문항 모두에서 유의미한 차이를 가지는 문항은 나타나지 않았다.

이를 통하여 스토리텔링 기반 교과서를 학습하는 학생들과 어록체 교과서를 학습하는 학생들이 느끼는 교과서 교수·학습안의 내용 구조 및 자료 배치구성의 차이는 나타나지 않았다고 해석할 수 있다. 위의 결과는 스토리텔링 기반 교과서의 서사적 언어표현과 시각자료의 효율성이 어록체 교과서와 차이가 나지 않는다는 의미이므로 이에 대하여 ‘자료설계’ 측면의 보완이 필요하다.

[표 10] 문항별 차이 검정(자료설계)
[Table 10] Difference test of Items (Material design)

문항	집단	N	평균± (표준편차)	p
17. 교과서의 그림과 글은 보기에 편했다.	A	29	3.76±0.87	.661
	B	29	3.72±0.88	
18. 교과서는 공부하기 쉽도록 만들어졌다.	A	29	3.93±0.84	.062
	B	29	3.41±1.12	

19. 교과서는 내용의 중요한 점을 이해하기 쉽게 만들어졌다.	A	29	3.69±0.97	.314
	B	29	3.34±1.14	
20. 교과서 내용들을 쉽게 알 수 있었다.	A	29	3.48±0.91	.316
	B	29	3.31±0.93	

Mann-Whitney 검정

남녀 집단으로 분리하여 차이를 비교한 결과와 기존의 통계적으로 유의한 결과를 가진 문항을 종합하면 다음의 [표 11]과 같다. 남녀 집단으로 분리하여 비교한 결과, ‘자기평가’ 범주의 13번 문항과 ‘정신적 노력’ 범주에 해당하는 5번과 7번 문항에서 차이가 나타났으며 14번 문항의 경우에는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 13번 문항인 ‘교과서의 내용을 잘 이해했다고 생각한다.’와 7번 문항인 ‘문제를 해결하는 동안 열심히 공부하지 않았다.’에서는 여학생 집단이 문항에 대한 응답차이를 나타냈고 5번 문항인 ‘교과서 내용을 이해하기 위해 노력하였다.’에서는 남학생 집단이 문항에 대한 응답차이를 나타내었다.

문항 차이가 나타난 4개의 문항 모두 스토리텔링 기반 수학 교과서 학습 집단의 평균이 저자 어록체 수학 교과서 학습 집단의 평균보다 높게 나타났다. 이를 통하여 범주별 평균 분석결과와 동일하게 스토리텔링 기반 수학 교과서로 학습한 집단이 정신적 노력을 더 기울였으며 학습에 대한 성취만족도가 높았음을 확인할 수 있다.

[표 11] 문항별, 성별에 따른 차이 검정

[Table 11] Difference test according to gender and items

문항	집단	N	평균±(표준편차)	P	
5. 교과서 내용을 이해하기 위해 노력하였다. ⁺⁺	A	29	3.97±0.82	.056	
		29	3.38±1.12		
	남 ⁺⁺	A	16	4.13±0.81	.045*
		B	14	3.36±1.08	
여 ⁺⁺	A	13	3.77±0.83	.546	
	B	15	3.40±1.18		

7. 문제를 해결하는 동안 열심히 공부하지 않았다. ⁺⁺	A	29	4.34±0.72	.069	
		B	29		3.90±0.98
13. 교과서의 내용을 잘 이해했다고 생각한다. ⁺⁺	남 ⁺⁺	A	16	4.19±0.75	.611
		B	14	3.86±1.23	
	여 ⁺⁺	A	13	4.54±0.66	.027*
		B	15	3.93±0.70	
14. 공부한 지식을 잘 적용할 수 있을 것 같다. ⁺⁺	A	29	3.62±1.12	.043*	
		B	29		3.07±0.92
	남 ⁺	A	16	3.44±1.31	.415
		B	14	3.07±1.07	
여 ⁺	A	13	3.85±0.80	.016*	
	B	15	3.07±0.80		
14. 공부한 지식을 잘 적용할 수 있을 것 같다. ⁺⁺	A	29	3.69±0.85	.047*	
		B	29		3.17±0.93
	남 ⁺⁺	A	16	3.69±0.87	.349
		B	14	3.36±1.01	
여 ⁺⁺	A	13	3.69±0.85	.073	
	B	15	3.00±0.85		

⁺독립표본 t-검정, ⁺⁺Mann-Whitney 검정 *p<0.05

V. 결론 및 제언

이 연구에서는 교사의 수업활동 없이 스토리텔링 기반 수학 교과서와 저자 어록체 수학 교과서의 ‘수와 연산’ 영역의 한 주제를 중심으로 초등학교 4학년 학생들의 인지부하를 측정하여 비교·분석하고, 나아가 교과서 개발에 대한 시사점을 도출하고자 하였다. 인지부하 이론의 측면에서 비교·분석한 결론은 다음과 같다.

스토리텔링 기반 수학 교과서는 본원적 인지부하와 관련성이 높은 ‘정신적 노력’ 범주와 학습 성취감의 정도를 나타내는 ‘자기평가’ 범주에서 학습수행에 대한 효율성을 일부 나타내었다. 스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습한 학생들은 ‘교과서의 내용을 이해하고 문제를 해결하기 위해 노력을 기울인다.’, ‘내용을 잘 이해하고 공부한 지식을 적용할 수 있다.’와 같은 내용을 담은 문항들에 대하여 저자 어록체 수학 교과서를 학습한 학생들보다 더 긍정적으로 응답하였으며, 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다. 이는 스토리텔링 기반 교과서가 어록체 교과서에 비하여 본원적(적절한) 인지부하를 더 제공하여 학습에 상대적으로 노력을 더 기울이게 하며, 학습에 대한 성취만족도에도 효과를 나타낸다고 볼 수 있다.

스토리텔링 기반 수학 교과서를 학습하는 학생들의 인지부하 측정된 결과, 스토리텔링 기반 수학 교과서가 가지는 장점을 일부 확인할 수 있었다. 그러나 문항별 차이검정 결과에서 ‘신체적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자료설계’ 범주의 경우, 응답 차이가 나타나지 않는다는 점이 드러났다. 이러한 결과는 스토리텔링 기반 수학 교과서의 설계 및 구성이 기존의 저자 어록체 수학 교과서에 비하여 인지부하 이론의 측면에서 학습효율을 내지 못하고 있음을 의미한다. 이는 스토리텔링 방식의 효과를 증대시키기 위해서는 교과서의 설계 및 구성 측면에서 다음과 같이 보완할 점이 있음을 시사한다.

첫째, 교과서가 전달하는 외재적 인지부하를 줄이고, 학습과제에 쉽게 접근할 수 있도록 글과 시각자료를 제시하여 ‘자료설계’의 측면을 고려하여야 한다. 이때 글은 이야기의 맥락을 고려하고 작업기억의 부하를 줄일 수 있도록 효율적인 은유표현을 사용하여 서술해야 한다. 시각자료 또한 시각적 상황모델로서의 활용이 가능하도록 설계하여 제시한다면 인지부하의 측면에서 효율성을 높일 수 있을 것이다.

둘째, ‘과제 난이도’와 ‘신체적 노력(과제부담)’ 범주에서 학습자의 인지부하를 줄일 수 있는 교과서 설계가 요구된다. 두 교과서 내 수학과제의 난이도는 동일하므로 교과서의 설계방식의 변화로 내재적 인지부하를 줄이는 것은 상당히 어려운 일이다. 그러나 저자 어록체 교과서와 같은 교과내용을 담고 있다 하더라도 이야기 구조를 이용하여 학습과제 수행의 당위성을 부여하고 흥미를 유발하여 학습 부담을 경감시킬 수 있다. 교과서 설계 시에 도입부부터 학습을 마칠 때까지 흥미를 유지할 수 있도록 개연성 있는 이야기 구조를 포함시킨다면 본원적 인지부하의 측면에서 학습수행의 효율을 높일 수 있을 것이다.

한편, 이 연구는 교사의 개입으로 인하여 달라지는 변인을 배제하고 교과서의 구성과 설계가 가져오는 인지부하를 확인하여 스토리텔링 기반 교과서의 효과와 어록체 교과서와의 차이를 분석함에 의미가 있다. 그럼에도 불구하고 ‘스토리텔링 기반 교과서를 활용하는 성공적인 교수 학습’이라는 목표를 이루기 위해서는 이 연구를 기반으로 하여 실제 수업현장에서 외재적 인지부하를 확인하는 후속연구가 필요하다. 교사와 학생이 수업 내에서

수학적 스토리를 구성하며 각본에 의한 상호작용 효과를 확인하고, 인지부하 측정을 통해 스토리텔링 수학수업의 효율성을 검증한다면 스토리텔링 수학수업의 성공적인 현장적용에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- 강명희, 김미영, 김민정, 박효진, 구진아 (2009). 학습자의 사전지식, 인지부하, 몰입, 학업성취도 간의 관계 규명, *교과교육학연구* 13(2), 369-391.
- Kang, M., Kim, M., Kim, M., Park, H., & Koo, J. (1994). Investigating the relationships among prior knowledge, cognitive load, flow, and achievement. *Journal of the Research Institute of Curriculum Institution* 13(2), 369-391.
- 강이철 (2009). *교육방법 및 공학의 이론과 적용*, 서울: 학지사.
- Kang, I. (2009). *Theory and application of instructional method and technology*, Seoul: Hakjisa.
- 교육과학기술부 (2012). *수학교육 선진화 방안*, 교육과학기술부.
- Ministry of Education and Science Technology(2012). *Plans for advancing mathematics education*, Ministry of Education and Science Technology.
- 교육부 (2013a). *수학 4-2*, 서울: 천재교육.
- Ministry of Education (2013a). *Mathematics 4-2*, Seoul: Chunjae education.
- 교육부 (2014a). *수학 4-2*, 서울: 천재교육.
- Ministry of Education(2014a). *Mathematics 4-2*, Seoul: Chunjae education.
- 교육부 (2014b). *교사용 지도서 수학 4-2*, 서울: 천재교육.
- Ministry of Education (2014b). *Mathematics teacher's guide book*, Seoul: Chunjae Education.
- 권오남, 주미경, 박정숙, 박지현, 오혜미, 조형미 (2013). 스토리텔링 수학 모델 교과서의 개발 원리와 현장적용 가능성에 대한 연구, *수학교육논문집* 27(3), 249-266.
- Kwon, O., Ju, M. Park, J., Park, J, Oh, H., & Jo, H. (2013). The study on the development principles for the mathematics textbook based on storytelling and the possibility of implementation, *Communications of Mathematical education* 27(3), 249-266.

- 권종겸, 이영혜, 이봉주 (2013). 초등학교 1·2학년 스토리텔링 기반 수학교과서 적용을 통한 교사의 인식 변화, 학교수학 15(4), 683-699.
- Kwon, J., Lee, Y., & Lee, B. (2013). Changes in the in-service teachers' perception after applying mathematics textbook based on storytelling for elementary first and second grades, *School Mathematics* 15(4), 683-699.
- 김연미 (2013). 스토리텔링 수학수업의 예상되는 문제점과 해결방법의 모색, 수학교육 52(4), 497-516.
- Kim, Y. (2013). Expected problems for storytelling mathematics education and some suggestions, *Mathematics Education in Korea* 52(4), 497-516.
- 류지현 (2011). 멀티미디어 학습자료 설계를 위한 인지부하 설문지의 민감도 분석 및 학습 성취에 대한 예언변수 분석, 교육정보미디어 연구 17(3), 309-332.
- Ryu, J. (2011). Sensitivity of cognitive load factors and prediction for learning achievement upon the levels of task in multimedia learning, *The Journal of Education Information and Media* 17(3), 309-332.
- 류지현, 임지현 (2009). 인지부하 측정을 위한 구인의 탐색 및 타당화, 교육정보미디어 연구 15(2), 1-27.
- Ryu, J. & Yim, J. (2009). An exploratory validation for the constructs of cognitive load, *The Journal of Education Information and Media* 15(2), 1-27.
- 박소화 (2012). 스토리텔링 기반 교수설계원리 및 모형 탐색. 박사학위논문. 서울대학교.
- Park, S. (2012) *The research of teaching planning theory and model based on storytelling*, Doctoral dissertation, Seoul National University.
- 박창호, 안서원, 김문수, 이태연, 최광일, 조광수, 김미라 (2011). 인지학습심리학, 서울: 시그마프레스.
- Park, C., An, S., Kim, M., Lee, T., Choi, K., & Kim, M. (2011). *Cognitive learning psychology*, Seoul: Sigmapres.
- 백대현 (2015). 초등학교 수학 교과서에 제시된 스토리텔링 방식의 '비교하기' 단원에 대한 교육적 고찰, 초등수학교육학회지 19(4), 527-544.
- Paek, D. (2015). A note on the 'comparing objects' unit as storytelling in the elementary school mathematics textbooks, *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea* 19(4), 527-544.
- 서보억 (2013). 수학교육에서 스토리텔링에 대한 문헌 분석 연구, 수학교육 52(3), 65-82.
- Suh, B. (2013). A literature research on storytelling in mathematics education, *Mathematical education* 52(3), 65-82.
- 신준식 (2015). 초등학교 수학교과서 스토리텔링 분석: 3학년을 중심으로, 초등수학교육 18(2), 141-154
- Shin, J. (2015). An analysis of storytelling in elementary mathematics textbooks - Focusing on grade three, *Education of primary school mathematics* 18(2), 141-154.
- 유윤재 (2013). 수학교육으로의 초대. 서울: 10101
- Yoo, Y. (2013). *Invitation to mathematics education*, Seoul: 10101
- 이지현, 이기돈 (2006). 수학교수학습에서 스토리텔링의 의미에 대한 탐색, 수학교육 52(2), 203-215
- Lee, J. & Lee, K. (2006). Search for the meaning of storytelling in mathematics teaching and learning, *Mathematics Education in Korea* 52(4), 203-215.
- 정혜영, 이경화 (2006). 초등학생용 수학에 대한 태도척도의 개발과 타당화, 아동학회지 27(5), 49-65.
- Jung, H. & Lee, K. (2006). Validation of a scale for elementary school students' attitudes toward mathematics, *Child Studies in Diverse Contexts* 27(5), 49-65.
- 최혜실 (2011). 스토리텔링 그 매혹의 과학, 서울: 한울.
- Choi, H. (2011). *Storytelling the attractive science*, Seoul: Hanul.
- 한국문학평론가협회 (2006). 문학비평용어사전, 서울: 국학자료원.
- The Korean Association of Literary Critics (2006). *Literary criticism glossary*, Seoul: Kookhak
- 정현주 (2004). 창의적 문제해결을 위한 인지부하이론의 이해, 창의력개발연구 (7), 49-67.
- Jeung, H. (2004). Understanding of cognitive load theory for creative problem solving, *School of Liberal Studies* (7), 49-67.
- Paas, F. & van Merriënboer, J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review* 6(4), 351-371.
- Plass, L.J., Moreno, R., & Brünken, R (2012). 인지부하이론 (이현정, 장상필, 심현애, 권숙진 역), 서울: 아카데미프레스. (원저 2010년 출판)
- Stephen K. Reed. (2006). 인지심리학 이론과 적용 (박권생 역), 서울: 시그마프레스. (원저 2006년 출판).

- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2013). Sweller의 인지부하이론 (이현정, 장상필, 심현애, 권숙진, 권선아 역), 서울: 아카데미프레스. (원저 2011년 출판)
- Trabasso, T. & van den Broek, P. (1985). Casual thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language* 24, 612-630.
- Zazkis, R. & Liljedahl, P. (2013). 스토리텔링으로 수학 가르치기 (박경은, 조호운 역), 서울: 경문사. (원저 2008년 출판)

The 4th Grade Elementary Students' Cognitive Load of Mathematics Textbooks based on Storytelling - Focused on one Theme in 'Number and Operations' -

Se Hyung Lee[†]

Graduate School of Kyungpook National University

E-mail : beama@knu.ac.kr

Yoon Jae Yoo

Department of Mathematics Education, Kyungpook National University

E-mail : yjyoo@knu.ac.kr

The purpose of this study is to analyze the differences between the cognitive load of mathematics textbooks based on storytelling and traditional mathematics textbooks that are presented to students. In order to verify this, we have selected two 4th grade classes in elementary school that were identified as a homogeneous group through prior testing, and thus were separated into experimental group and comparative group. Then, without the teacher's lessons, the experimental group learned from mathematics textbooks based on storytelling and the comparative group learned from traditional mathematics textbooks. Afterwards, the two groups' cognitive load was measured through a questionnaire, and the following results were obtained: In the 'mental effort' and 'self evaluation' categories, the students that learned from the mathematics textbook based on storytelling showed higher scores than the students that learned from the traditional mathematics textbook. also there was statistically significant difference in some items. However, no statistically significant difference was found in the remaining categories 'task difficulty', 'self evaluation', and 'material design'.

* ZDM Classification : U22

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U20

* Key words : mathematics textbook based on storytelling,
4th grade elementary students, cognitive load

† Corresponding author