

수학교과서 소리내어 반복읽기 효과에 대한 사례 분석¹⁾

김민아²⁾ · 이봉주³⁾

이 연구에서는 반복읽기와 소리내어 읽기를 결합한 소리내어 반복읽기를 수학과 교수·학습 방법으로 제안하고, 소리내어 반복읽기가 학생의 학업성취도와 인지부하에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 또한 수학과 교수·학습 방법으로서 소리내어 반복읽기에 대한 시사점을 탐색해 보고자 하였다. 이를 위하여 중학교 3학년 학생 4명과 고등학교 1학년 학생 4명을 대상으로 ‘함수의 극한’ 단원과 ‘경우의 수/순열’ 단원에 대해 소리내어 반복읽기를 실시하고 학업성취도와 인지부하가 어떻게 변하는지 분석하는 사례 연구를 진행하였다. 그 결과, 연구에 참여한 모든 학생들은 소리내어 반복읽기가 누적됨에 따라 학업성취도와 인지부하에서 긍정적인 변화를 보였다. 단원별로 비교했을 때, 경우의 수/순열 단원에 비해 함수의 극한 단원의 학업성취도가 낮았으며 인지부하 측면에서도 함수의 극한 단원에서 학생들이 더 높은 인지부하를 드러냈다. 학년별로 비교했을 때, 인지부하에서는 큰 차이가 없었으나 두 단원 모두 고등학교 1학년 학생 4명의 학업성취도가 중학교 3학년 학생 4명에 비해 높았다. 학년별 학업성취도는 특히 함수의 극한 단원에서 큰 차이가 있었지만 그 격차는 소리내어 반복읽기를 진행할수록 줄어들었다.

주요용어: 수학교과서, 소리내어 반복읽기, 사례 연구, 학업성취도, 인지부하, 중학교 3학년, 고등학교 1학년, 함수의 극한, 경우의 수

I. 서론

수학적 개념 형성은 수학 학습의 기본으로 누구도 학습자에게 강요하거나 대신해 줄 수 없으며 학습자 자신의 마음속에서 일어나야 하는 것이다(Skemp, 1987). 그런데 대부분의 수학 수업에서 학생은 처음 보는 수학 개념과 용어에 대한 교사의 설명을 별다른 의문 없이 받아들이고 이를 문제에 적용하는 과정에 집중한다. 이러한 전통적인 형태의 수업은 학생 수 또는 배워야 할 내용이 많은 상황에서 학습 내용을 체계적이고 빠르게 전달하기에는 적합하지만, 학생이 스스로 구성하지 않고 받아들인 개념에 대해서 얼마나 이해했는지 파악하기에는 적합하지 않다. 물론 전통적인 수업 방법 외에도 학생이 스스로 의미를 구성하도록 하는 많은 교수·학습 방법이 있다. 그렇지만 다수의 학생이 있는 수업 현장에서 모든 학생의 특성과 능력에 적합한 수업 방법을 발견하여 진행하기는 어려운 일이다. 또한 학생 중심의 발견·탐구 수업은 학생의 자율성이 커지는 만큼 학생의 역할과 부담도 커진다. 따라서 학

* MSC2010분류 : 97C90, 97D40

1) 이 논문은 제1저자의 2022년 석사학위 논문 일부를 보완하여 재구성한 것임.
2) 경원고등학교 교사, 경북대학교 대학원생 (kimma@knu.ac.kr), 제1저자
3) 경북대학교 교수 (leebj@knu.ac.kr), 교신저자

습 과정, 특히 처음 배우는 개념을 이해하고 적용하는 과정에서 학생의 참여를 유도하면서 학생의 부담을 낮추는 수학 학습법이 필요하다.

NCTM(미국수학교사협회, 1989)에서는 수학적 의사소통을 하나의 기준으로 제시하여, 수학적 의사소통 능력을 수학을 학습하고 수학을 이해하는 데 있어서 핵심적인 부분으로 보고 있다. 수학적 의사소통은 말하기, 듣기, 쓰기, 읽기의 4가지 유형으로 구성된다. 대부분의 수학 학습은 듣기와 쓰기 중심으로 이루어진다. 그러나 수학적 의사소통 능력을 기르기 위해서는 듣기와 쓰기 유형만 연습하는 것으로 충분하지 않다. 특히 수학에서 읽기는 다른 종류의 의사소통 방식인 말하기, 듣기, 쓰기에서 할 수 없는 이해와 해석의 차원을 제공한다(조현자, 2012).

Tobias(1989)에 따르면 수학교과서는 독특한 문법에 따른 고유한 규칙을 사용하기 때문에 수학교과서를 읽는 것은 다른 분야의 읽기와는 다르다고 한다(이종희, 2002에서 재인용). 수학 텍스트를 읽는다는 것은 학습자가 단순히 자료에서 정보를 얻는 것이 아니다. 수학 텍스트를 읽으며 수학 텍스트에 대한 자신의 생각과 감정을 말하고, 이해되지 않는 부분을 반복하며 끊임없이 의사소통을 하는 것이다. 구성주의의 관점에서 학생이 수학 텍스트를 읽는 과정은 상당히 생산적이며 동적인 학습 활동이다. 따라서 수학적 의사소통 가운데 읽기의 의미와 중요성을 재조명하고 수학적 의사소통 능력을 기르기 위한 읽기 활동을 고안할 필요가 있다.

반복은 일시적인 기억 습득으로서의 학습이 아니라 장기적인 보유가 가능한 학습을 목표로 한다면 반드시 해야 한다. 학습 전략으로서 반복에 대한 연구는 대부분 언어 과목에서 진행되었다. 반복 읽기의 효과를 살펴본 연구에 따르면, 학습 내용을 처음 읽을 때에는 단어 해독에 집중하여 글 전체에 주의를 덜 기울이지만 반복해서 읽을수록 전체를 이해하는 데에 집중하게 된다(Baker & Brown, 1984; O'Shea & O'Shea, 1988; Sindelar, Monda & O'Shea, 1990). 그런데 수학에서의 읽기는 일반적인 텍스트와 다른 수학 텍스트의 특성을 고려해야 한다(Adams, 2003; Kenney, Hancewicz, Heuer, Metsisto, & Tuttle, 2005; Yang & Yu, 2015; Lee, 2021; 이봉주, 이세형, 2021). 이에 학생이 수학 텍스트를 반복해서 읽는 동안 스스로 의미를 구성해 나가면서 어떤 변화가 일어나는지에 대해 확인해 볼 필요가 있다.

한편, 텍스트를 읽는 것에도 다양한 방식이 있다. 눈으로 읽을 수도 있고, 소리내어 읽을 수도 있고, 쓰면서 읽을 수도 있다. 눈으로 읽는 것은 시간적으로 가장 효율적이고 보편적인 방식이다. 하지만 수학 텍스트는 일상 언어와 수학적 표현이 혼재되어 있으므로 일상 언어로만 기술된 텍스트를 읽을 때보다 더 많은 집중력이 요구된다. 따라서 수학 텍스트를 읽을 때에는 눈으로 읽는 방식보다 더 집중력을 유지할 수 있는 읽기 방식이 요구된다. 텍스트를 쓰면서 읽는 것은 텍스트에 극단적으로 몰입할 수 있는 방식이지만 시간 효율성이 다른 방식에 비해 현저히 떨어진다. 텍스트를 소리내어 읽는 방식은 눈으로 읽을 때 놓치기 쉬운 집중력을 유지하고, 쓰면서 읽을 때 떨어지는 시간 효율성을 높이는 절충적 방식이다. 이에 수학 텍스트를 읽는 방식으로서 소리내어 읽기에 대한 효과도 살펴볼 필요가 있다.

수학 읽기에 대한 선행연구를 살펴보면 대부분 수학 읽기의 중요성에 따른 수학 읽기 전략에 대한 주제를 다루고 있다(예, Adams, 2003; Kenney et al., 2005). 또한 수학 읽기의 효과에 대한 연구는 주로 대학생들을 대상으로 진행되었으며(예, Weber et al., 2008; Shepherd et al., 2012; Lee, 2021), 중·고등학생을 대상으로 한 연구는 거의 찾아볼 수 없다.

이에 이 연구에서는 ‘수학교과서 소리내어 반복읽기’를 교과서에 제시된 수학 내용을 이해하기 위해 반복해서 읽고, 이해한 개념을 바탕으로 교과서 과제를 해결하는 전 과정으로 정의하고, 중·고등학생을 대상으로 수학교과서 소리내어 반복읽기의 효과를 살펴보고자 한다. 이를 토대로 수학 학습 방법으로 수학교과서 소리내어 반복읽기를 제안하고 학생이 수학교과서를 다시 인식하는 계기를 마련하고자 한다. 이를 위해 8명의 중·고등학생을 대상으로 두 단원(함수의 극한, 경우의 수/순열)을 선정하여 수학교과서 소리내어 반복읽기의 효과를 학업성취도 측면과 인지부하 측면에서 살펴본다.

II. 이론적 배경

1. 수학읽기와 소리내어 반복읽기

수학에서 읽기는 학습자가 스스로 의미를 구성하도록 하는 학습 수단이 될 뿐만 아니라, 수학적 탐구의 수단이 될 수 있다. 탐구 학습이란 지식의 획득 과정에 학습자가 주체적으로 참여함으로써 사회나 자연을 조사하는 데 필요한 탐구 능력을 체득하고, 인식의 기초가 되는 개념을 형성하고, 새로운 것을 발견하려는 적극적인 태도를 기르는 것을 목표로 하는 학습 활동이다(변영계, 1999).

이종희와 김선희(2002)가 정리한 수학 수업에서 읽기의 가치는 다음과 같다.

첫째, 읽기는 텍스트로부터 학습을 할 수 있게 한다. 수학 텍스트를 읽는 것은 전문적인 수학적 내용에서 정보나 기술을 추출하는 것뿐만 아니라 그 의미를 발굴하는 것을 포함한다. 이러한 텍스트 읽기를 통해 탐구해야 할 주제에 대한 배경지식을 얻고 도전하여 수학적 과정이나 문제 해결 경험을 가지며 성취한 결과를 정교화하기 위한 모델을 텍스트를 읽음으로써 형성하게 된다.

둘째, 읽기는 학생의 수학적 탐구를 뒷받침하고 증진시키는 수단이 될 수 있다. 읽기는 주제나 문제에서 학생의 흥미를 자극하고, 아이디어와 탐구를 위한 방향을 제시하고, 성취되어야 할 과제와 그 목표를 명확하게 하고, 추측을 검토 및 수정하게 하고, 학생의 반성을 유도하고, 탐구 사회 내에서 의사소통을 증진시킨다.

셋째, 읽기는 학습 공동체에서 학습자 간에 학습 내용에 대해 협상하도록 하는 역할을 한다. 읽기는 수학적 탐구에 참여하는 학생과 탐구의 기준, 가치, 실행을 협상할 구체적인 방법을 제공한다(이종희, 김선희, 2002, pp. 32-33).

반복읽기는 일정 기간이 지난 후에 읽었던 내용을 다시 읽는 활동이다. 텍스트를 처음 읽을 때는 문장들이 무의미한 단어의 나열처럼 보이지만 반복해서 읽을수록 낱개의 단어들이 연결 지어지면서 유기성을 갖추고 문장 구조와 의미가 선명하게 된다. Kuhn(2004)은 자동적 단어 인식이 읽기 이해력에 영향을 준다고 지적하면서 자동적으로 낱말을 읽지 못하는 아동은 각각의 낱말을 인식하는 데 집중하여 텍스트의 의미를 이해하는 데에 상대적으로 덜 집중하게 된다고 하였다. 반복읽기는 이러한 자동적 단어 인식에 영향을 미쳐 학습자가 온전히 텍스트의 의미를 이해하는 데에 집중하는 것을 돕는다. 반복읽기의 효과에 대해서 확인한 연구는 주로 언어 영역에서 진행되었으며, 반복읽기를 통한 학습자의 이해력과 학습 효과의 향상에 초점을 두었다(Lass, & Luts, 1975; Samuels, 1979; Baker, & Brown, 1984; Han, & Chen, 2010).

읽기 활동은 보통 소리의 유무에 따라 눈으로 읽는 묵독과 소리내어 읽는 음독으로 구분된다. 음독은 글자를 음성화하여 인식하는 과정을 거치고 묵독은 음성화의 단계가 생략되어 곧바로 인지 과정으로 연결된다. 즉, 음독은 시각뿐만 아니라 청각까지 다양한 감각을 자극하기 때문에 시각만 이용하는 묵독에 비해 기억 효과가 증대된다(원매희, 2008). 이처럼 음독은 묵독과 단순히 소리의 유무로 구분되는 것이 아니다. 음독은 묵독과 달리 읽기, 말하기, 듣기를 동시에 경험할 수 있는 능동적인 방법이다. 허선영(2015)에 의하면 소리내어 읽기 활동은 읽기 능력뿐만 아니라 듣기 능력의 향상에도 긍정적인 효과가 있다. 학습자가 스스로 소리내어 읽는 활동에 대한 연구는 대부분 학습자의 언어 능력과 정의적 측면에서 효과를 살펴보았다. Kimmel, & Segel(1988)은 소리내어 읽기를 가장 기초적인 교육적 실행 중 하나라고 말하고, Amer(1997)는 적합한 소리내어 읽기 연습을 통해서 개별 어휘 단어보다 큰 의미 단위들을 읽고 더 높은 이해 수준을 성취할 수 있다는 것을 깨닫게 된다고 하였다. 소리내어 읽기는 문자를 읽고 이해하는 것에서 나아가 의미를 재구성하면서 음성을 인출하는 활동이기 때문에

간접적인 말하기 연습이 될 수 있다. 한편, Thornbury(2005)에 의하면 제대로 이해하지도 못하는 텍스트를 소리내어 읽어야 하는 것은 학생들에게 힘든 경험일 수 있기 때문에 한 번만 읽는 것은 효과가 없다고 주장하였다. 이러한 연구는 반복하여 읽는 것의 중요성을 드러낸다.

수학 읽기의 효과에 대한 연구는 주로 대학생을 대상으로 이루어졌으며(Weber et al., 2008; Shepherd et al., 2012; Lee, 2021), 수학과 교수·학습에 소리내어 읽기와 반복읽기를 동시에 적용한 국내의 연구는 찾아보기 어려웠다.

2. 인지부하

인지부하란 특정 과제를 수행하는 동안 학습자의 인지체계에 부과되는 부하를 의미한다. 인지부하 이론에서는 사고 과정에서 이루어지는 작업 기억에서의 부하를 줄이는 것을 목표로 불필요한 인지부하를 일으키는 교수 변인을 제거하는 데 중점을 둔다. 작동기억 이론에 의하면 인간은 제한된 용량을 갖고 있기 때문에 인지적 자원을 효율적으로 이용하기 위해서는 적절하게 인지적 할당을 하는 것이 필요하다. 인지부하 이론은 작동기억 이론에 근거하며 제한된 처리용량을 최적화시켜서 인지처리를 촉진시키는 것에 관심을 두고, 인지 과부하가 학습 저해를 일으킨다고 가정한다.

인지부하는 과제 자체의 난이도에 따른 내재적 인지부하(intrinsic cognitive load)와 불필요하게 투입된 인지적 노력을 의미하는 외재적 인지부하(extraneous cognitive load)로 구성되며, 스키마 확장을 위한 학습자의 자발적 노력에 따른 본원적 인지부하(germane cognitive load)가 존재한다(Paas, Renkl, & Sweller, 2003; Plass, Moreno, & Brünken, 2012). 본원적 인지부하는 학습 촉진의 역할을 하며, 높을수록 학습에 긍정적인 영향을 주게 된다. 학습과정에서 발생하는 인지부하의 총량은 세 종류의 인지부하의 총합이다(Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003; Paas, Renkl, & Sweller, 2003). 인지과정에서는 세 종류의 인지부하가 지속적으로 나타날 수 있으므로 학습자의 효율적인 인지과정을 위하여 인지부하의 총량이 최고점을 넘어서는 인지 과부하 현상이 발생하지 않도록 노력해야 한다(Paas, Renk, & Sweller, 2004).

류지현, 임지현(2009)이 개발한 인지부하 측정 설문지에 따르면 인지부하 측정의 5가지 하위영역은 신체적 노력, 정신적 노력, 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계로 구분된다. 신체적 노력은 학습 과제의 수행을 위하여 인지과정에 수반된 신체적 피로나 활동을 의미한다. 신체적 노력의 측정값이 높을수록 학습 내용의 이해 과정에서 발생하는 스트레스 및 학습에 필요한 신체적 활동으로 인한 피로감과 체력소모가 높았다는 것을 의미한다. 정신적 노력은 문제를 이해하고 해결하기 위해 학습자가 투입했다고 지각하는 정신적 활동의 양을 의미한다. 정신적 노력은 인지부하 이론의 구성요소 중 본원적 인지부하와 일치되는 부분이 많다. 정신적 노력의 측정값이 높을수록 학습 내용의 이해를 위한 학습자의 자발적 노력이 크다는 것을 의미하며, 긍정적인 학습이 이루어졌다고 판단한다.

과제 난이도는 학습 내용에 대한 이해 수준을 의미하는 것으로 내재적 부하와 관련이 많다. 과제 난이도의 측정값이 높을수록 과제를 어렵게 인식하고 있는 것이며, 학습 활동에 개입된 요소의 상호작용이 많다는 것을 의미한다. 자기 평가는 학습자가 문제 해결 후에 느끼는 성취감의 정도를 의미하는 것으로, 측정값이 높을수록 학습자가 성공적이고 효율적인 학습을 했다고 인식한다는 것을 의미한다. 자료 설계는 학습 자료의 설계가 학습자의 이해에 미치는 영향의 정도를 의미하며, 외재적 부하와 관련이 깊다. 자료 설계의 측정값이 높을수록 학습자가 학습 자료의 내용 구성과 배치가 편리했다고 판단한다는 것을 의미한다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 설계

이 연구는 질적 사례 연구 방법을 통하여 소리내어 반복읽기의 효과를 학업성취도와 인지부하 측면에서 분석하는 것을 목적으로 한다. 이에 연구는 이론 연구, 예비 실험, 본 실험, 결과 분석 순서로 설계되었으며 구체적인 연구 설계 및 절차는 <표 Ⅲ-1>과 같다.

<표 Ⅲ-1> 연구 설계 및 절차

절차	연구 추진 내용	추진 일정
문헌 분석	선행연구 분석, 자료 수집, 이론 탐색, 읽기 자료 개발	1월~10월
연구 대상 선정	공개 모집, 참여 희망 학생과 면담	4월
예비실험	읽기 자료 점검, 활동 방법 점검, 면담 질문 점검	5월
사전 검사	사전 면담, 학업성취도 검사	6월
사전 교육	소리내어 반복읽기 훈련(총 2차시)	
실험 처치	소리내어 반복읽기 진행(총 6차시)	7월
사후 검사	학업성취도/인지부하 검사(매 읽기 완료 후 총 6회), 면담	8월
결과 분석	수집 자료 정리 및 연구 결과 분석	7월~10월

2. 연구 대상

이 연구는 연구의 목적에 적합하도록 다음의 과정을 거쳐 연구 대상을 선정하였다. 먼저, 이 연구는 학생이 처음 보는 내용을 소리내어 반복읽기를 통해 이해하는 과정에서 나타나는 변화를 관찰하는 것이므로 실험 단원을 선행하지 않은 중학교 3학년과 고등학교 1학년 학생을 대상으로 하였다. 다음으로, 이 연구는 학생이 소리내어 반복읽기를 통해 스스로 학습 내용을 이해해야 하므로 무엇보다 학생의 참여 의지가 가장 중요하다. 이에 동의 및 협조를 구한 학교에 연구 참여자 모집 공고문을 게시하여 연구 대상을 공개 모집하였다. 마지막으로 참여 의사를 밝힌 학생 본인과의 면담을 통해 연구 일정과 목적에 대해 전달하고 학교 및 개인적 문제로 연구 일정과 맞지 않는 학생은 제외하여 최종적으로 8명을 선정하였다. 이러한 과정으로 선정된 8명의 학생과 학부모님에게 연구의 목적과 절차를 알려주고 연구 참가 동의서를 받았다.

이와 같은 과정을 통해 선정된 학생은 경남 거제시 소재의 D중학교 3학년 학생 4명과 경북 청송시 소재의 일반계 J고등학교 1학년 학생 4명이다. 실험 전 사전 면담을 통하여 각 학생에 대한 정보를 파악하였다. 학생 A는 중학교 3학년 여학생으로 연구의 목적을 알려주었을 때 적극적으로 참여 의지를 보였으며, 연구를 통해 수학에 대한 흥미를 느끼게 될 것에 대한 기대를 드러내었다. 학생 B는 중학교 3학년 여학생으로 연구에 참여하는 것에 대해 긍정적이었으며, 특히 소리내어 반복읽기에 대해 흥미로워했다. 학생 C는 중학교 3학년 여학생으로 수학을 좋아하고 잘하고 싶은 의지가 강해서 이번 연구에 적극적으로 참여하기를 희망하였다. 학생 D는 중학교 3학년 여학생으로 혼자서 공부를 한 지 얼마 되지 않았고 친구들의 추천으로 연구에 참여하게 되었다.

학생 E는 고등학교 1학년 여학생으로 연구에 참여하려는 의지가 강했고 이번 활동이 자신에게 좋

은 기회가 될 것으로 기대하였다. 학생 F는 고등학교 1학년 여학생으로 수학에 어느 정도 자신감을 가지고 있고 방학 동안 수학을 새로운 방식으로 공부할 좋은 기회라고 생각하여 연구에 참여하게 되었다. 학생 G는 고등학교 1학년 남학생으로 수학을 잘하고 좋아하지만, 고등학교 진학 후 중학교에 비해 높아진 수학 난이도로 인해 수학 학습 방법에 대한 고민을 하고 있기 때문에 연구에 참여를 결정했다. 학생 H는 고등학교 1학년 남학생으로 수학을 별로 좋아하지는 않지만, 연구에 참여하는 것에 흥미를 느껴 지원한 학생이다.

3. 읽기 자료

이 연구는 학생들이 처음 학습하는 수학 개념을 설명하는 수학교과서를 소리내어 반복읽기를 통해 이해하는 과정의 효과를 살펴보는 것을 목적으로 한다. 그러나 소리내어 반복읽기를 수학에서 적용한 연구가 거의 없으므로 활동의 효과를 살펴보기에 적합한 단원을 선정해야 한다. ‘함수의 극한’ 단원은 새로운 기호와 용어가 많고 수학Ⅱ 과목의 미분 단원에서 핵심적인 학습 내용이다. 이에 극한의 개념을 학생들이 최초로 받아들이는 과정을 살펴보는 것이 의미 있다고 판단하였다. ‘경우의 수/순열’ 단원은 ‘함수의 극한’ 단원과 달리 일상 언어가 많고 실생활과 연결된 내용이나 문제가 많다. 또한 순열과 조합은 수학Ⅰ 과목의 단원 중에서 가장 가르치기 어렵다고 느끼는 단원 중 하나이므로 수학불안 요인을 고려한 적절한 교수·학습법이 필요하다(김미정, 김용구, 정인철, 2009). 이러한 판단과 선행연구를 토대로 ‘함수의 극한’ 단원과 ‘경우의 수/순열’ 단원을 선정하였다.

소리내어 반복읽기에 사용된 읽기 자료는 B 출판사의 교과서를 그대로 사용하되, 교과서에 등장하는 ‘이야깃거리’와 ‘수학자 소개’는 생략하고 연구 대상에게 지나치게 어려운 문제는 수정하였다. 수정된 예를 들면, 참여한 학생들 모두 고등수학 과목의 ‘유리함수와 무리함수’ 단원을 학습하지 않았기 때문에 유리함수와 무리함수의 그래프를 그려서 극한을 파악해야 하는 문제에서 그래프를 제시함으로써 학생이 그래프를 이용하여 극한값을 파악하도록 수정하였다.

최종적으로 이 연구에 적용한 단위별 읽기 자료에 대한 정보를 요약하면 <표 III-2>와 같다. 소리내어 반복읽기는 함수의 극한 단원과 경우의 수/순열 단원에 대해 차례로 읽고, 단위마다 3회씩 반복하여 총 6회 읽기를 하였다.

<표 III-2> 단위별 읽기 자료

교과서	대단원	중단원	학습 요소
수학Ⅱ	함수의 극한과 연속	함수의 극한	수렴, 극한, 발산, 무한대, $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$, $\lim_{x \rightarrow \pm \infty} f(x)$
고등수학	경우의 수	경우의 수/순열	합의 법칙, 곱의 법칙, 순열, nP_r , $n!$

4. 검사 도구

1) 학업성취도 검사지

수학교과서 소리내어 반복읽기가 학생의 수학 내용 이해에 미치는 영향을 알아보기 위하여 학생에게 사전 검사와 사후 검사를 동일한 검사지로 실시하였다. 수학 학업성취도 검사지는 학생이 소리내어 반복읽기에 이용한 수학교과서 읽기 자료와 동일한 출판사 교과서의 ‘중단원 마무리’ 문제를 그대로

로 사용하되, 학습 내용 범위를 벗어나는 문제를 제외하였다. 학업성취도 검사지는 핵심 개념에 대한 이해를 확인하기 위한 기본 문제, 교과서 예제와 유사한 난이도의 문제, 조금 더 복잡한 사고와 계산을 필요로 하는 문제로 구성하였다. 각 문항의 측정 기준은 정답 여부로 하였으며, 정답률을 점수로 사용하였다.

2) 인지부하 검사지

인지부하 검사지는 류지현, 임지현(2009)과 이세형(2016)의 인지부하 검사지를 연구에 적합도록 수정하여 사용하였다. 인지부하 검사지는 ‘신체적 노력’, ‘정신적 노력’, ‘과제 난이도’, ‘자기 평가’, ‘자료 설계’의 5개 하위영역으로 구성되고, 하위영역마다 4문항을 포함하여 총 20개의 문항으로 구성되었다. 같은 하위영역에 포함된 4문항의 의미가 비슷하기 때문에 학생의 무성의한 답변을 방지하기 위한 목적으로 문항의 순서는 하위영역을 번갈아가며 배치하였다. 구체적인 하위영역별 문항 번호, 문항 수, 문항 예시는 <표 III-3>과 같다.

<표 III-3> 인지부하 하위영역별 문항 및 문항 수

하위영역	문항 번호	문항 수	문항 예시
신체적 노력	1, 6, 11, 16	4	나는 교과서를 학습하면서 몸이 피곤함을 느꼈다.
정신적 노력	2, 7, 12, 17	4	나는 교과서를 읽는 동안 집중하려고 노력했다.
과제 난이도	3, 8, 13, 18	4	문제를 해결하는 과정이 수월하지 않았다.
자기 평가	4, 9, 14, 19	4	나는 교과서를 효과적으로 공부했다고 생각한다.
자료 설계	5, 10, 15, 20	4	교과서 자료는 핵심을 이해하기 쉽도록 만들어졌다.

5. 실험 절차

1) 예비 실험

이 연구에서는 소리내어 반복읽기의 주기와 시간, 구체적인 방법, 그리고 읽기 자료의 적합성 등을 파악하기 위하여 중학교 3학년 학생 1명을 대상으로 예비실험을 진행하였다. 예비 실험을 진행하는 학생은 대구광역시 G중학교 3학년으로 수학에 자신감과 흥미를 가지고 있으며 선행은 전혀 하지 않았다. 실험은 함수의 극한과 경우의 수/순열 두 단원에 대해 진행하였다. 3일을 주기로 3차에 걸쳐 함수의 극한 단원에 대하여 소리내어 반복읽기를 진행한 다음, 연달아 같은 주기로 3차에 걸쳐 경우의 수/순열 단원에 대하여 소리내어 반복읽기를 진행하도록 계획하였다. 학생이 처음 함수의 극한 학습하는 데에는 ‘51분’이 소요되었고, 처음 경우의 수/순열 학습하는 데에는 ‘43분’이 소요되었다. 따라서 학습 분량을 줄이기 위해 읽기 자료를 수정하였다.

예비 실험 결과, 가장 먼저 진행한 함수의 극한 1차 소리내어 읽기에서 학생이 학습 자료를 이해하면서 반복해서 읽기보다 단순히 한 번 읽고 지나가는 모습이 보였다. 활동이 끝난 후, 진행한 면담에서 처음 보는 기호가 많고 무한이나 극한에 대한 개념이 어려워서 이해하기 어려웠다고 반응하였다. 이에 소리내어 반복읽기의 학습 효과를 높이기 위하여 반복 주기를 연구 전에 계획하였던 3일에서 이틀로 수정하고, 남은 회차의 소리내어 반복읽기를 이틀마다 반복하여 읽는 것으로 진행하였다. 소리내어 반복읽기가 모두 끝난 후에는 학생에게 개방형 질문을 하면서 실험을 위한 면담 질문을 보충하고 수정하였다.

2) 본 실험

(1) 사전 검사

본 실험에 들어가기 전, 연구에 참여한 학생들을 대상으로 사전 검사를 실시하였다. 함수의 극한 단원과 경우의 수/순열 단원에 대하여 순차적으로 학습이 진행되므로 학업성취도 검사는 각 단원의 학습을 시작하기 직전에 실시하였다. 선정된 단원을 선행하지 않은 학생이 연구 대상이므로 사전 학업성취도 검사를 통해 학생의 선행 학습 여부를 파악하고 사후 학업성취도 검사와 비교하여 학생의 이해에 미치는 영향을 파악하였다. 또한 소리내어 반복읽기가 학생에게 비교적 익숙하지 않은 학습 방법이기 때문에 소리내어 반복읽기에 대한 전반적인 인식을 파악하고 평소 학생의 수학 학습 습관, 수학과 수학교과서에 대한 생각 등 개별 학생에 대한 구체적인 정보를 알아보기 위해 사전 면담을 실시하였다. 사전 면담 질문지는 연구자의 필요에 의해 개발하고 예비 실험을 통해 수정하여 사용하였다.

(2) 사전 교육

본 실험이 성공적으로 수행되기 위해서는 소리내어 반복읽기에 대한 사전 교육이 반드시 필요하다. 연구자가 연구에 참여하는 학생에게 2차시에 걸쳐 소리내어 반복읽기에 대한 사전 교육을 실시하였다. 1차시에는 소리내어 반복읽기에 대한 전반적인 설명과 유의할 점에 대한 내용을 학생에게 안내하였다. 2차시에는 본 실험의 학습 내용과 무관한 중학교 3학년 ‘실수와 그 연산’ 단원에 대하여 연구자가 소리내어 반복읽기를 시연한 다음, 소리내어 반복읽기 진행 과정에 대한 학생의 이해를 점검하였다.

(3) 소리내어 반복읽기

2021년 7월 18일부터 2021년 7월 31일까지 온라인 화상 채팅 사이트인 ‘구글 미트’를 이용하여 8명의 학생이 개별적으로 학습을 실시하였다. 함수의 극한 단원과 경우의 수/순열 단원에 대해 차례대로 이틀에 한 번씩 총 3차에 걸쳐 소리내어 읽기를 진행하여, 실험 기간 동안 학생마다 총 6회의 학습을 진행하였다. 학습은 매번 약 40분 정도 진행되었으며 반복 횟수나 학생의 특성에 따라 학습이 빨리 끝나거나 오래 걸리기도 했다. 학습 시간은 별도로 제한하지 않았으며 학생이 스스로 학습 마무리를 결정하도록 하였다.

소리내어 반복읽기 직전, 한 번 더 학생에게 유의할 점을 안내하였다. 또한 편안한 학습 환경을 마련하여 학생이 학습 자료를 읽으며 떠오르는 감상을 자유롭게 소리내어 표현할 수 있도록 안내하였다. 학습 자료 내에서 학습하는 순서에는 제약을 두지 않았으며 학생이 자유롭게 학습하도록 하였다. 학생이 배우지 않은 수학 기호와 용어를 읽는 방법에 대해서는 학생이 질문을 하면 연구자가 즉시 알려주었고, 이외의 다른 질문은 받지 않고 학생의 자율적인 판단에 맡겼다. 학습 자료에 포함된 과제를 해결할 때는 풀이과정을 설명하면서 풀도록 사전에 안내하였다. 학습 자료에 포함된 과제는 학생에게 미리 정답지를 제공하여 참고하면서 학습하도록 하였다. 소리내어 반복읽기를 하는 동안 학생의 변화를 더 심층적으로 파악하기 위해 반복읽기 횟수에 따라 다른 색깔의 필기구를 사용하여 학습 중 필기와 과제 해결을 위한 풀이를 적도록 했다. 학생이 스스로 학습이 끝났다고 판단하면 연구자에게 알리고 학습을 마치도록 하였다. 소리내어 반복읽기 과정은 모두 녹화하였으며, 학생이 활동 과정에서 자율적인 학습에 몰두하기보다 연구자의 존재를 의식하여 정확하고 유창한 읽기를 보여주는 것에 몰두할 위험을 방지하기 위하여 연구자의 화상 채팅 화면은 학생에게 보이지 않도록 꺼두었다.

(4) 사후 검사

수학교과서 소리내어 반복읽기가 학생들에게 미치는 영향을 알아보기 위해 사후 검사를 실시하였다. 반복 횟수 누적에 따른 학생의 변화를 순차적으로 확인하기 위해 매번 소리내어 읽기가 끝날 때마다 학업성취도 검사와 인지부하 검사를 실시하였다. 학업성취도 검사는 사전 학업성취도 검사지와 사후 학업성취도 검사지를 동일하게 사용하여 비교하였다. 학업성취도 검사는 학습 자료를 참고하지 않고 풀도록 하였으며 시험이 마무리될 때까지 정답은 공개하지 않았다. 또한 교과서에 대한 생각 변화와 수학교과서 소리내어 반복읽기에 대한 전반적인 소감을 알아보고 반복이 누적되는 동안 느낀 변화에 대해 심층적으로 살펴보기 위해 사후 면담을 실시하였다.

6. 자료 수집

이 연구에서 가장 주요하게 수집한 자료는 학생의 개별적인 소리내어 반복읽기 과정을 녹화한 영상 자료이다. 연구자는 학생이 소리내어 반복읽기를 시작할 때부터 학생이 활동을 끝낼 때까지 화상 채팅 화면을 녹화하여 자료를 수집하였다. 문서 자료는 학생의 학습 자료와 각종 검사지로 이루어진다. 활동이 모두 끝난 후, 함수의 극한과 경우의 수/순열 학습 자료를 수집하여 반복 횟수에 따른 학생의 필기와 과제 해결 과정에 대한 정보를 수집하였다. 사전 면담은 1:1 화상 채팅으로 수집하였으며 개방적인 질문을 통해 소리내어 반복읽기에 대한 태도를 파악한 자료이다. 반구조화된 면담을 진행하였으며 원활하게 분석하기 위해 사전 면담을 하는 동안 녹음을 하고, 이는 다시 전사하여 문서 자료로 수집하고 두 형태의 자료를 필요에 따라 사용하였다. 한편, 사전 면담 당시에 학생이 하고 싶은 말을 제대로 정리하지 못해서 단답형으로 대답하는 경우가 많았던 것을 고려하여, 사후면담은 구조화된 면담을 진행하고 학생에게 답변할 시간을 충분히 제공하였다. 추가 면담은 필요한 상황이 생겼을 때 학생과의 채팅을 통해 실시하고 문서 자료로 수집하였다.

7. 자료 분석

1차적으로 이루어진 자료 분석은 자료 수집과 동시에 분석이 이루어지는 ‘연구 현장에서의 분석’이다. 연구 목적을 염두에 두면서 구체적으로 학생의 소리내어 반복읽기 과정을 관찰하였고 학생의 학습 특징과 이해 정도, 반복하면서 공통적으로 나타나는 특징을 파악하였다.

2차적으로는 소리내어 반복읽기 녹화 영상, 학생의 학습 자료 등을 소리내어 반복읽기 횟수에 따라 정리하면서 학생의 생각과 이해 수준을 파악할만한 근거를 즉각적으로 기록하였다. 이후 학생의 소리내어 반복읽기 영상을 반복해서 보면서 일정한 특징을 가진 발화들을 포괄할 수 있는 기준을 찾아내려고 하였다. 대부분의 발화가 학습 자료를 그대로 소리내어 읽는 것이기 때문에 학습 과정을 크게 ‘개념 이해’와 ‘문제 해결’로 구분하여, ‘개념 이해’ 과정에 대해서 학생의 발화를 분류하는 작업을 했다. 8명의 학생에 대한 전사 자료를 A~H로 구분하고, 발화를 크게 학습 자료에 있는 발화와 학습 자료에 없는 발화로 구분하였다.

학습 자료에 있는 발화는 소리내어 반복읽기 과정에서 학습 자료를 읽는 것을 의미한다. 학습 자료에 있는 발화는 학습 자료를 그대로 읽기, 반복해서 읽기, 변형해서 읽기, 생략하기, 오류적 읽기로 분류하였으며 ‘그대로 읽기’는 학생이 학습 자료를 처음 보았을 때 학습 자료의 문장을 이해하기 위해 그대로 따라 읽는 것으로 정의하였다. ‘반복해서 읽기’는 학생이 학습 자료의 문장을 거듭 읽으면서

이해하기 위해 노력하는 상황에서 발생하며 2회 이상 읽은 것으로 정의하였다. 반복해서 읽기는 몇 번째 반복인지 추가적으로 표시하였다. ‘변형해서 읽기’는 학생이 학습 자료에 없거나 학습 자료와 다른 자신의 표현을 사용하여 학습 자료를 읽는 것으로 정의하고, ‘오류적 읽기’는 학생이 문장을 변형하여 본래의 의미에서 많이 벗어나거나 잘못된 의미가 된 것으로 정의하였다. 학습 자료에 없는 발화는 학생이 자신의 생각이나 감정을 표현한 것으로 학습과 관련 없는 발화, 긍정적인 감정표현, 부정적인 감정표현, 포기하는 표현으로 분류하였다.

다음 <표 III-4>는 소리내어 반복읽기를 분석하는 데 사용된 범주와 코드이다. 학생들의 비공식적이고 자율적인 학습 과정을 전사한 것이므로 ‘왜? 이게 왜 그러지? 뭐야?’처럼 같은 의미의 발화를 연달아 반복하는 경우가 빈번하게 나타났다. 이처럼 하나의 상황에서 같은 의미를 가지는 발화를 단순히 여러 번 반복한 것은 하나의 발화 단위로 묶어서 생각하였다. ‘문제 해결’ 과정은 문제를 푸는 과정 전체에 대한 의미를 해석하는 것이 중요하기 때문에 발화를 분류하지 않고 전사하여 분석하였다.

<표 III-4> 소리내어 반복읽기 과정 분석 범주와 코드

범주	코드	코드에 대한 설명	예시	해석
학습 자료에 있는 발화	그대로 읽기	학습 자료에 있는 문장을 그대로 읽는 상황	함수의 극한의 뜻을 안다.	학습 자료에 있는 해당 내용을 읽음
	반복해서 읽기 (n번째 반복)	학습 자료에 있는 문장을 여러 번 읽는 상황	함수의 극한의 뜻을 안다.	학습 자료에 있는 해당 내용을 2번 반복해서 읽음
	변형해서 읽기	학습 자료를 자신의 표현으로 변형해서 읽는 상황	x 의 값이 1에 한없이 가까워질 때 +1이니까 2구나.	학습 자료의 내용을 자신의 표현으로 이해하기 위해 노력하는 상황
	생략하기	학습 자료에 있는 문장을 생략하는 상황	학습 목표. 함수의 극한의 뜻을 안다.	학습 자료에 있는 해당 문장 전체를 읽지 않음
	오류적 읽기	학습 자료에 있는 문장을 변형하여 의미가 달라지거나 잘못된 상황	$g(x)$ 의 절댓값이 한없이 커진다. 음수라는 말이 중요한 건가?	‘ $g(x)$ 의 값은 음수이면서 그 절댓값이 한없이 커진다.’에서 음수를 생략해서 의미가 잘못된 상황
학습 자료에 없는 발화	학습과 관련 없는 발화	학습과 관련 없는 무의미한 발화를 하는 상황	그냥 하염없이 눈물이 나. 자꾸 하염없이 서글피져.	학습을 하는 도중에 노래를 흥얼거림
	긍정적인 감정표현	학습 과정에서 긍정적인 감정을 표현하는 상황	아 있구나! 2가 맞았다. 나는 너무 똑똑해.	학습 내용을 이해하면서 감정을 표현함
	부정적인 감정표현	학습 과정에서 부정적인 감정을 표현하는 상황	뭔 소린지 전혀 이해가 안 가는데?	학습 내용을 이해하지 못하면서 감정을 표현함
	포기하는 표현	학습 자료의 이해나 과제 해결을 포기하는 상황	왜 여기서 0이 나왔지? 모르겠어. 일단 넘어가자.	학습 내용을 이해하지 못하고 포기함

사례 연구는 결과를 그대로 받아들이지 않고 연구자도 연구 자료로 활용하여 심층적인 분석을 통해 결과를 재조정하여 분석할 수 있다. 연구자는 연구 목적을 달성하기 위하여 다양한 맥락에서 자료를 분석해야 하며 연구 목적에 오류를 일으키는 자료를 선별하고 조정해야 한다. 학업성취도 검사에서 학생이 우연히 맞힌 문제가 있거나 단순 계산 실수로 틀린 문제가 있다면 연구자의 연구 목적에 부합하지 않는 데이터가 된다. 따라서 개별 학생의 학업성취도 검사 결과를 분석하고 조정이 필요한 답안을 파악하였다. 조정이 필요한 문항은 학생의 교과 담당 선생님에게 학생의 학업성취도 검사지와 해당 문제의 전사 자료, 학습 자료, 면담 등의 근거를 제공하여 의견 일치가 이루어졌을 때 조정하였다.

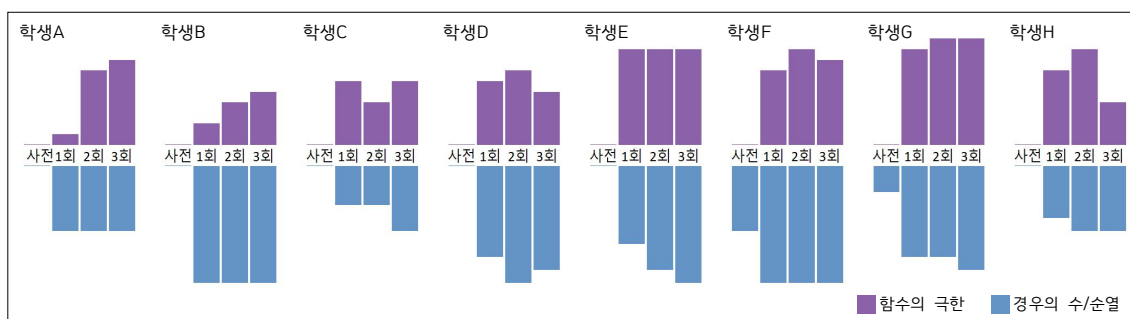
인지부하 검사결과는 각 단원마다 소리내어 반복읽기 직후에 실시하였으므로, 1차, 2차, 3차 인지부하로 구분하여 소리내어 반복읽기에 따른 변화를 파악하였다. 인지부하 검사 결과는 SPSS 프로그램을 이용하여 기초 통계분석을 실시하고 평균과 표준편차를 이용하여 자료 간 의미와 변화를 파악하였다. 또한 자료들 간의 유의미한 차이를 밝히고자 자료를 단원별, 학생별로 나누어 엑셀로 수치화하였다. 수치화한 자료는 다시 인지부하 5개 하위영역에 대해 비모수 검정을 실시하였다.

IV. 연구 결과

1. 수학 학업성취도

1) 반복에 따른 학업성취도

[그림 IV-1]은 개별 학생의 학업성취도 변화를 나타낸 그래프이다. 함수의 극한 단원에서 사전 학업성취도 점수에 비해 3차 학업성취도 점수가 가장 많이 상승한 학생은 학생 G로 90.91 점 상승했다. 경우의 수/순열 단원에서 사전 학업성취도 점수에 비해 3차 학업성취도에 점수가 가장 많이 상승한 학생은 학생 B, E로 두 학생 모두 사전 학업성취도 검사에서는 한 문제도 맞히지 못했지만, 3차 학업성취도 검사에서는 모든 문제를 맞혔다.



[그림 IV-1] 개별 학생의 학업성취도

모든 학생의 함수의 극한의 사전 학업성취도 점수는 0.00 점이다. 경우의 수/순열 사전 학업성취도 점수는 학생 F가 55.56 점, 학생 G가 22.22 점이고 나머지 학생은 모두 0.00 점이다. 학생 F와 학생 G는 중학교 2학년 2학기에서 배운 경우의 수 개념을 적용하여 문제를 해결했다고 답했다. 다만 두 학생 역시 처음 등장하는 개념인 ‘순열’ 문제는 거의 맞히지 못하였다.

다음은 반복 횟수가 누적됨에 따른 학생들의 변화를 분석한 것이다. 대부분의 학생은 소리내어 반복읽기를 하면서 학습 자료에 있는 문제를 해결할 때, 처음에는 말을 하면서 푸는 것을 어색해하였고, 풀이과정 역시 숫자와 단어의 나열에 그쳤다. 그러나 소리내어 반복읽기를 진행할수록 풀이를 논리적인 근거에 의하여 문장으로 설명하는 경우가 많았고 긍정적인 표현의 사용도 증가했다. 다음 장면은 학생 D의 함수의 극한 1차, 2차, 3차 소리내어 반복읽기의 일부로 ‘문제 2-(2)’를 해결하는 과정이다.

‘문제 2-(2)’는 함수의 그래프를 이용하여 $\lim_{x \rightarrow -1} \frac{1}{(x+1)^2}$ 을 구하는 문제이다.

<장면 1. 학생 D의 함수의 극한 1, 2, 3차 소리내어 반복읽기 과정>

에도 무한대일 것 같아. 무한대겠지? 무한대야. 수렴 안 했잖아. (함수의 극한 1차 소리내어 반복읽기)
 양의 무한대로 발산하고 있으니까 그냥 무한대라고 써야지? (함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기)
 다음 x 값이 -1 이 아니면서 -1 에 한없이 가까워질 때, 얘는 지금 양의 무한대로 발산하고 있으니까. 아 그래 그래프 보면 되지? 양의 무한대로 발산하고 있으니까 그냥 무한대. (함수의 극한 3차 소리내어 반복읽기)

학생 D는 1차 소리내어 반복읽기에서 함수의 그래프를 보고 단순히 함수의 극한값을 무한대로 추측하였고, 2차 소리내어 반복읽기에서 ‘양의 무한대로 발산하고 있으니까 무한대’라면서 자신이 소리내어 읽은 내용을 활용하여 풀이를 설명하였다. 3차 소리내어 반복읽기에서는 더욱 완벽한 논리를 갖추어 함수의 극한값을 구하는 과정을 설명하였다.

학생 H도 함수의 극한 단원의 1차, 2차 소리내어 반복읽기에서는 문제 풀이를 말하는 것을 어색해 하면서 답만 말하고 넘어갔다. 그런데 3차 소리내어 반복읽기에서는 자신이 이해한 바탕으로 자신의 풀이를 설명하는 변화가 나타났다. 다음 장면은 학생 H의 함수의 극한 1차, 2차, 3차 소리내어 반복읽기의 일부로 ‘문제 3-(2)’를 해결하는 과정이다. ‘문제 3-(2)’는 함수의 그래프를 이용하여 $\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{1}{|x+1|}$ 을 구하는 문제이다. 학생 H는 1차, 2차 소리내어 반복읽기에서 답만 0이라고 말한 반면, 3차 소리내어 반복읽기에서는 다른 문제와 비교도 하고 그래프도 확인하면서 답이 0이라고 생각하는 이유를 논리적으로 설명하였다.

<장면 2. 학생 H의 함수의 극한 1, 2, 3차 소리내어 반복읽기 과정>

극한값은 0. (함수의 극한 1차 소리내어 반복읽기)
 답은 0. (함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기)
 이게 0인 이유가 방금 전이랑 같은 것 같은데. $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{x} + 2\right)$ 는 뭐 더하기 뭘니까 각각 따로인데, 얘는 그냥 하나니까 $\frac{1}{x}$ 과 같은 형태로 나타낼 수 있다고 생각을 하고 여기 보니까 이렇게 해서 0이 나왔네. 그러니까 0. (함수의 극한 3차 소리내어 반복읽기)

대부분의 학생이 반복 횟수 누적에 따라 점수가 향상되었지만 반복 횟수가 누적되었는데 오히려 점수가 하락한 경우도 있었다. 함수의 극한 학업성취도 검사에서 학생 A, B, E, G는 반복 횟수에 따라 점수가 향상되거나 유지되었지만, 학생 C, D, F, H는 반복 횟수가 늘어났음에도 점수가 하락했다. 경우의 수/순열 학업성취도 검사에서 학생 A, B, C, E, F, G, H는 반복 횟수에 따라 점수가 향상되거나 유지되었지만, 학생 D는 반복 횟수가 늘어났음에도 점수가 하락하였다. 그 원인을 찾기 위해 점수가 하락한 학생의 소리내어 반복읽기 과정을 분석해 보았다. 다음 장면은 학생 D의 함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기의 일부로 ‘문제 4’를 해결하는 과정이다. ‘문제 4’는 함수의 그래프를 이용하여 $\lim_{x \rightarrow \infty} (1-x)$ 를 구하는 문제이다.

<장면 3. 학생 D의 함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기 과정>

뭘지? 이거 내가 어떻게 구했지? 얘는 함수 그래프가 없는데. 그냥 값 보고 구했나? 함수의 그래프를 이용하여. 일단 보자.
 x 값이 한없이 커질 때, $\lim(1-x)$ 는. 뭘지? 함수의 그래프를 이용하여. 아, 내가 그려야 하는 거

야? 음. 답지. 답지에는 그래프가 없는데? 어떻게 답을 썼지? 뭘까? 함수의 그래프가 없네? 나 어떻게 맞혔었지? '1-x'이니까 그래프가 어떻게 생겼지? 으음. 모르겠다.

학생 D는 함수의 극한 1차 소리내어 반복읽기에서 '문제 4'를 맞혔다. 그러나 이틀 후인 함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기에서 자신이 어떻게 문제를 이해하고 풀었는지 기억하지 못하고 있다. 반복읽기는 학습을 하는 간격이 있기 때문에 이전 학습에서 자신이 이해했던 내용을 망각할 가능성이 있다. 특히 1차 소리내어 반복읽기는 학생이 처음 보는 개념을 생소한 학습 방법으로 학습한 것이기 때문에 학생 D와 같이 1차 소리내어 반복읽기에서 이해했다라도 2차 소리내어 반복읽기를 할 때 기억하지 못하는 경우가 있었다.

또한 일부 학생은 소리내어 반복읽기를 하는 동안 지난 학습 과정에서의 기억을 떠올리는 데 집중했다. 혹은 지난 학습 과정에서 이해한 내용과 현재 이해한 내용 간 충돌이 일어나 학생이 혼란에 빠지거나 잘못 이해하고 넘어가기도 했다. 다음 장면은 학생 B의 함수의 극한 2차, 3차 소리내어 반복읽기 과정의 일부분으로 '함께하기' 문제를 해결하는 상황이다. '함께하기'는 x 의 값이 0에 한없이 가까워질 때, $f(x) = \frac{1}{x^2}$ 의 값은 어떻게 변하는지 구하는 문제이다.

<장면 4 학생 B의 함수의 극한 2, 3차 소리내어 반복읽기 과정>

$f(x)$ 의 값은 증가했을 거야. 내 기억으로는. 한없이 커지는구나. 그거랑 그거랑 똑같은 거 아닌가? 일정한 값으로 증가한다는 말인가? (함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기)

0에 한없이 가까워지는데? y 값이 증가하는데? 한없이 커지는 건가? 왜 까먹어 이걸. (함수의 극한 3차 소리내어 반복읽기)

함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기의 " $f(x)$ 의 값은 증가했을 거야. 내 기억으로는."과 함수의 극한 3차 소리내어 반복읽기의 "왜 까먹어 이걸."이라는 발화를 보면, 학생 B는 2차, 3차 소리내어 반복읽기에서 계속 1차 소리내어 반복읽기에서 이해했던 기억을 떠올리는 것에 집중하고 있다. 따라서 반복읽기가 누적됨에 따라 이해와 문제 해결 방법을 정교화해가는 것이 아니라 이미 구했던 답을 기억하고 합리화하는 것에 그쳤다. 더욱이 함수의 극한 2차 소리내어 반복읽기에서 "그거랑 그거랑 똑같은 거 아닌가?"는 학생이 기억하고 있는 ' $f(x)$ 의 값은 증가한다.'와 ' $f(x)$ 의 값이 한없이 커진다.'의 의미가 똑같은지 고민한 것이고, 그다음 발화인 "일정한 값으로 증가한다는 말인가?"를 보면 학생 B가 함수의 극한이 발산하는 경우에 대해 잘못 이해하고 넘어갔다는 것을 알 수 있다. 이러한 이유로 반복읽기가 누적되었음에도 불구하고 학업성취도 점수가 향상되지 않고 유지되거나 감소하였다.

2) 단원별 학업성취도

다음 <표 IV-1>은 단원별 학업성취도 결과를 나타낸 표이다. 학생의 사전 학업성취도 평균 점수는 4.86점이고 3차 학업성취도 평균 점수는 71.53점으로 소리내어 반복읽기를 끝낸 후 학생의 평균 점수는 66.67점 상승했다. 이 연구는 선행을 하지 않은 학생을 모집했기 때문에 사전 학업성취도 평균 점수는 상당히 낮았다. 함수의 극한 사전 학업성취도 평균 점수는 0.00점, 3차 학업성취도 평균 점수는 62.50점이다. 경우의 수/순열 사전 학업성취도 평균 점수는 9.72점, 경우의 수/순열 3차 학업성취도 점수의 평균 점수는 80.56점이다.

<표 IV-1> 단원별 학업성취도

단원	사전	사후		
		1차	2차	3차
함수의 극한	0.00 ± 0.00	53.41 ± 25.08	67.05 ± 19.78	62.50 ± 18.43
경우의 수/순열	9.72 ± 18.79	69.44 ± 22.74	76.39 ± 23.85	80.56 ± 19.84
평균	4.86 ± 14.15	61.43 ± 25.24	71.72 ± 22.41	71.53 ± 21.17

* 학업성취도 결과는 (평균)±(표준편차)로 제시하였다.

소리내어 반복읽기 누적에 따른 단원별 점수를 보면 함수의 극한 학업성취도 점수가 경우의 수/순열 학업성취도 점수에 비해 전체적으로 낮고 반복 누적에 따른 점수 증가도 크지 않다는 것을 알 수 있다. 학습 시간 역시 함수의 극한 단원이 경우의 수/순열 단원에 비해 길었다.

실제로 단원에 따라 학생의 학업성취도에 차이가 있는지 확인하기 위해 학생의 소리내어 반복읽기 과정과 면담을 분석해 보았다. 학생 C와 학생 G를 제외한 모든 학생이 사후 면담에서 경우의 수/순열 보다 함수의 극한이 어렵다고 했으며, 그 이유에 대해 대부분 함수와 그래프에 대해 평소 가지고 있던 두려움이라고 답변하였다. 다음은 ‘함수의 극한 단원과 경우의 수/순열 단원 중 어느 내용이 더 어렵게 느껴졌나요?’라는 질문에 대한 학생의 실제 응답이다.

함수의 극한이 더 어렵게 느껴졌다. 수학을 공부하면서 어려워했던 부분 중 하나가 함수이기도 하였고, 새로운 기호인 \lim 와 ∞ 등이 나타나서 이해하는 데 약간 힘들었다. (학생 H의 응답)

함수의 극한이 더 어렵게 느껴졌습니다. 그냥 숫자만 나오는 경우의 수와는 다르게 함수의 극한에서는 어떻게 읽는지 알려주지 않으면 소리내어 읽기 힘든 용어나 기호 같은 것도 많이 나오고, 개념들이 다 비슷한 듯 달라서 정확하게 두 개념의 차이를 이해하는 데 좀 더 많은 시간이 필요했고, 문제를 풀 때도 조금씩 헛갈리는 게 없잖아 있었습니다. 또 평소에 그래프나 분수, 소수점을 많이 어려워했어서 함수의 극한이 더 어렵게 다가온 것 같습니다. (학생 D의 응답)

학생 H는 함수에서 새로운 기호가 나타나서 함수의 극한을 이해하는 것이 더 힘들었다는 답변을 했다. 그런데 순열에서도 ${}_nP_r$, $n!$ 와 같은 새로운 기호가 나오기 때문에, 학생 H가 말한 새로운 기호에 대한 어려움에 대하여 다른 학생의 답변을 참고하여 해석해 보았다. 학생 D의 답변을 보면 ‘개념들이 비슷한 듯 달라서 정확하게 두 개념의 차이를 이해하는 데 좀 더 많은 시간이 필요했고, 문제를 풀 때도 조금씩 헛갈리는 게 있었다.’라고 했다.

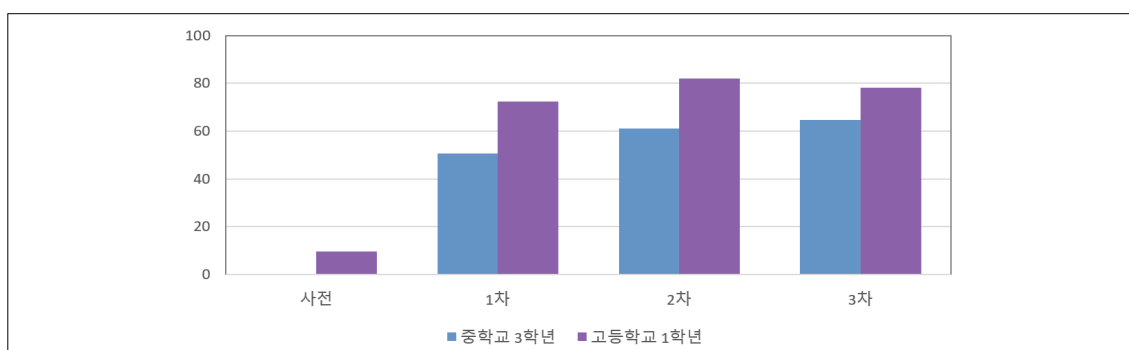
학생들의 소리내어 반복읽기 과정을 보면 경우의 수/순열 단원보다 함수의 극한 단원에서 오류적 읽기(의미가 훼손될 정도로 잘 못 읽은 문장)가 많았다. 대부분의 오류는 $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$ 에서 $x \rightarrow a$ 를 생략하고 ‘리미트 $f(x)$ 는 L ’이라고 읽으면서 발생했다. 이처럼 학생이 $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$ 와 $\lim_{x \rightarrow \pm \infty} f(x)$ 를 구분하지 않고 $\lim f(x)$ 만 읽었기 때문에 ‘개념들이 다 비슷한 듯 달랐다’고 느꼈을 가능성이 있다. 소리내어 반복읽기가 모두 끝난 후에 진행한 추가 면담에서 그 부분이 중요한지 몰랐고 생략해도 되는 줄 알았다는 학생의 답변이 있었다.

함수의 극한 단원에서 등장하는 새로운 기호는 \lim 로 $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$, $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \pm \infty$, $\lim_{x \rightarrow \pm \infty} f(x) = L$, $\lim_{x \rightarrow \pm \infty} f(x) = \pm \infty$ 와 같이 동일한 기호가 다양한 상황을 표현한다. 함수의 극한을 처음 접하는 학생의 입장에서는 비슷해 보이는 기호가 전혀 다른 극한값이 되기 때문에 어렵게 느꼈을 수 있다.

면담에 이어 소리내어 반복읽기 과정에서도 학생이 경우의 수/순열 단원에 비해 함수의 극한 단원이 더 어렵다고 느꼈다는 근거를 발견할 수 있었다. 학생 B는 경우의 수/순열 1차 소리내어 반복읽기 중에 “으 뭐야 이거 그래프. 무서워. 함수 극한. 이게 뭐야. 이 꿀렁꿀렁 거리는 거 뭐지. 내가 환각을 보고 있나.”라는 표현을 하면서 함수와 그래프에 대한 두려움을 드러냈다.

3) 학년별 학업성취도

다음 [그림 IV-2]는 중학교 3학년 학생 4명과 고등학교 1학년 학생 4명의 학업성취도 평균 점수를 나타낸 것이다. 반복 횟수에 관계없이 중학교 3학년 학생의 학업성취도 평균 점수는 고등학교 1학년 학생의 학업성취도에 비해 낮았다. 그러나 학년 간 학업성취도 평균 점수 차이는 1차 검사에서 22.096 점, 2차 검사에서 21.212 점, 13.510 점으로 반복이 누적될수록 격차가 줄어들었다.



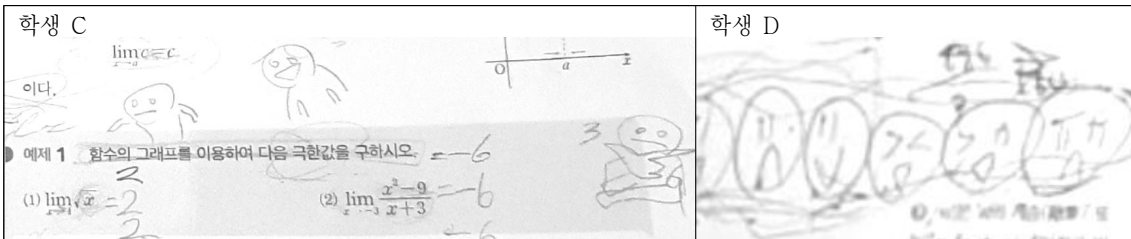
[그림 IV-2] 학년별 학업성취도

연구에 참여한 중학교 3학년 학생과 고등학교 1학년 학생의 학업성취도 점수 차이에 대한 근거를 찾기 위해 학생의 소리내어 반복읽기 과정과 학습 자료, 면담을 분석해 보았다. 중학교 3학년과 고등학교 1학년의 소리내어 반복읽기 과정을 비교했을 때, 학년에 따라 일관적으로 드러난 차이점은 다음과 같다. 고등학교 1학년의 소리내어 반복읽기 과정에서는 학습과 관련 없는 발화가 한 번도 없었다. 반면, 중학교 3학년의 소리내어 반복읽기 과정에서는 단원과 무관하게 학습과 관련 없는 발화가 빈번히 나타났다. 학생 B는 중학교 3학년 학생으로 함수의 극한 1차 소리내어 반복읽기에서 ‘수렴이 뭐였지? What is 수렴. Let’s find out what is 수렴. I don’t know 수렴. 나의 국어능력 떨어진다.’와 같이 학습과 관련 없는 발화를 했다. 다른 중학교 3학년 학생도 노래를 흥얼거리거나 말장난을 하는 등 학습과 관련 없는 발화가 많이 등장했다.

중학교 3학년의 학습 자료에도 비슷한 특징을 찾을 수 있었다. [그림 IV-3]은 학생 C, D의 학습 자료이다. 학생 C, D는 중학교 3학년 학생으로 학습 자료에 학습과 관계없는 필기가 있었다. 반면 고등학교 1학년의 학습 자료에는 학습과 관련 없는 필기가 전혀 없었다.

중학교 3학년 학생은 사전 면담에서도 공통적으로 수학을 혼자 공부하는 것이 어려울 것 같다는 답변을 했다. 또한 교과서보다 문제집의 문제를 푸는 것이 좋다고 생각하며 평소 교과서를 거의 사용하지 않는 편이라고 답했다. 앞서 제시한 중학교 3학년의 소리내어 반복읽기 과정과 학습 자료의 필기는 대부분 1차 소리내어 반복읽기에서 일어난 일이고 소리내어 반복읽기가 누적될수록 중학교 3학년의 학습태도가 발전되었지만, 이와 같은 학년의 차이가 소리내어 반복읽기를 통해 교과서를 재구성한

학습 자료를 스스로 이해하는 과정에 영향을 미친 것으로 보인다.



[그림 IV-3] 학생 C, D의 학습 자료

(1) 학년별 함수의 극한 학업성취도

다음 <표 IV-2>는 학년별 함수의 극한 학업성취도 결과를 나타낸 표이다. 중학교 3학년 학생과 고등학교 1학년 학생의 함수의 극한 사전 학업성취도 점수는 각각 평균 0.00점으로 동일하다. 함수의 극한 3차 학업성취도 점수는 중학교 3학년이 평균 54.55점, 고등학교 1학년이 70.46점으로 고등학교 1학년의 평균 점수가 중학교 3학년의 평균 점수에 비해 15.91점 높다. 고등학교 1학년 학생의 3차 학업성취도 점수가 2차에 비해 크게 하락했다. 학생들의 점수를 분석해보면 학생 H가 1차에서 63.636점, 2차에서 81.818점이었던 것에 비해 3차에서 36.364점이다. 학생 H와의 면담 결과, 3차 검사에서 몸이 안 좋아서 집중을 유지하기 어려웠다고 답했다. 학생 H의 결과를 제외하면 고등학교 1학년 학생의 3차 학업성취도 점수는 81.818점이다. 학생 H의 점수를 그대로 사용하더라도 소리내어 반복읽기를 시작한 후, 고등학교 1학년 학생의 학업성취도 점수는 70 ~ 80 점이고 중학교 3학년 학생의 학업성취도 점수는 30 ~ 50 점이다.

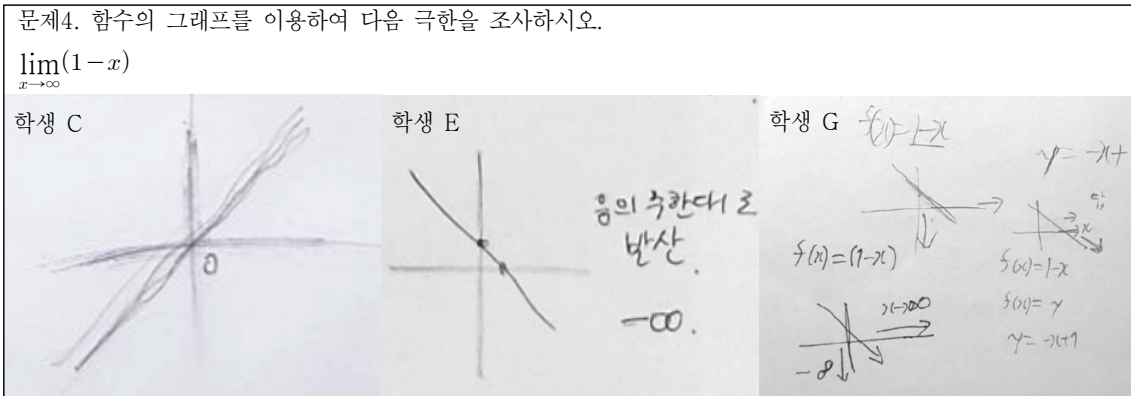
<표 IV-2> 학년별 함수의 극한 학업성취도 결과

함수의 극한	사전	사후		
		1차	2차	3차
중학교 3학년	0.00 ± 0.00	34.09 ± 20.71	50.00 ± 13.64	54.55 ± 11.13
고등학교 1학년	0.00 ± 0.00	72.73 ± 9.09	84.09 ± 3.94	70.45 ± 20.71

* 학업성취도 결과는 (평균)±(표준편차)로 제시하였다.

학년 차이가 함수의 극한 학업성취도 결과에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 학생의 소리내어 반복읽기 과정과 면담을 분석하였다. 그 결과, 함수의 극한 단원에서 중학교 3학년이 고등학교 1학년에 비해 함수 개념이 부족하다는 것이 발견되었다. 다음의 [그림 IV-4]는 학생 C, E, G의 함수의 극한 ‘문제 4’이다. 학생 C는 중학교 3학년 학생이고 학생 E, G는 고등학교 1학년 학생이다. 학생 E, G는 일차함수의 그래프를 올바르게 그려 문제를 해결했지만, 학생 C는 일차함수 그래프를 잘못 그려서 문제를 해결하지 못했다.

또한 소리내어 반복읽기 과정에서 중학교 3학년 학생은 대부분 함수라는 단어가 등장하자마자 부정적인 반응을 보였다. 예를 들어, 학생 D는 함수의 극한 1차 소리내어 반복읽기에서 ‘함수의 극한을 알아보자’는 학습목표를 읽자마자 ‘어우. 벌써 머리아파.’라는 표현을 했다. 따라서 함수에 대한 이해와 태도가 함수의 극한 학업성취도 검사에 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있다.



[그림 IV-4] 학생 C, E, G의 함수의 극한 학습 자료 ‘문제 4’

(2) 학년별 경우의 수/순열 학업성취도

다음 <표 IV-3>은 학년별 경우의 수/순열 학업성취도 결과를 나타낸 표이다. 경우의 수/순열의 사전 학업성취도 점수를 비교해 보면, 중학교 3학년의 평균 점수는 0.00점이고 고등학교 1학년의 평균 점수는 19.44점으로 고등학교 1학년 학생이 중학교 3학년 학생에 비해 경우의 수/순열에 대한 선행 지식을 더 많이 갖추고 있다는 것을 알 수 있다. 경우의 수/순열 3차 학업성취도 점수는 중학교 3학년이 평균 75.00점, 고등학교 1학년이 평균 86.11점으로 고등학교 1학년이 중학교 3학년에 비해 11.11점 더 높다. 그런데 경우의 수/순열 사전 학업성취도 점수와 3차 학업성취도 점수를 비교하면, 중학교 3학년은 75.00점 상승했고, 고등학교 1학년의 점수는 66.67점 상승해서 점수 향상은 오히려 중학교 3학년이 고등학교 1학년에 비해 큰 폭으로 이루어졌다는 것을 알 수 있다.

<표 IV-3> 학년별 경우의 수/순열 학업성취도 결과

경우의 수/순열	사전	사후		
		1차	2차	3차
중학교 3학년	0.00 ± 0.00	66.67 ± 24.85	72.22 ± 28.87	75.00 ± 19.84
고등학교 1학년	19.44 ± 22.74	72.22 ± 20.03	80.56 ± 16.43	86.11 ± 18.22

* 학업성취도 결과는 (평균)±(표준편차)로 제시하였다.

학년 차이가 경우의 수/순열 학업성취도 결과에 영향을 미치는지 분석해 보았다. 고등학교 1학년 학생이 중학교 3학년 학생에 비해 더 많이 배운 단위 중에서 경우의 수/순열에 영향을 미치는 단위는 없으며, 오히려 중학교 2학년 2학기에 배우는 ‘경우의 수’ 단위가 ‘경우의 수/순열’ 단위와 직접적으로 관련되어 있다. 중학교 3학년이 고등학교 1학년에 비해 ‘경우의 수’ 단위를 최근에 학습했음을 고려하면 중학교 3학년 학생이 ‘경우의 수/순열’ 단위 학습에 유리하다고 할 수 있다. 그런데 학생 B는 경우의 수/순열 1차 소리내어 반복읽기에서 ‘와 작년에 배웠을 텐데 이걸 기억을 못하네.’라고 표현하였으며, 학생 C는 사전 질문에서 ‘배웠던 수학 내용 중에서 특별히 어려웠던 내용이 있나요?’라는 질문에 ‘도형이랑 확률, 경우의 수’라고 답변하였다. 따라서 경우의 수/순열 단위의 학업성취도 점수는 학생의 개인차로 인한 결과이고 학년이 영향을 미쳤다고 볼 수 없다.

2. 인지부하

1) 인지부하 하위영역별 신뢰도 분석

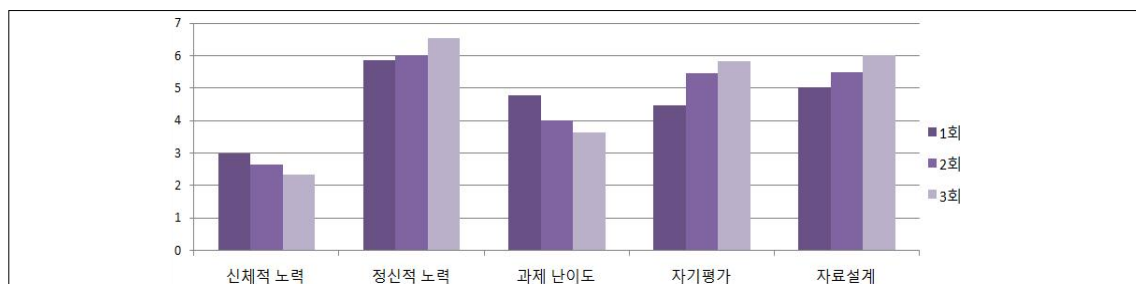
인지부하 측정을 구성하는 신체적 노력, 정신적 노력, 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계의 신뢰도를 검증하기 위하여 각 하위영역에 대한 Cronbach α 계수를 확인하였으며 그 결과는 <표 IV-4>와 같다. 신체적 노력에 대한 Cronbach α 계수는 0.933, 정신적 노력에 대한 Cronbach α 계수는 0.736, 과제 난이도에 대한 Cronbach α 계수는 0.912, 자기 평가에 대한 Cronbach α 계수는 0.808, 자료 설계에 대한 Cronbach α 계수는 0.716으로 모두 0.7 이상의 Cronbach α 계수가 나타났다.

<표 IV-4> 인지부하 하위영역별 cronbach α 값

하위영역	문항 수	Cronbach α
신체적 노력	4	0.933
정신적 노력	4	0.736
과제 난이도	4	0.912
자기 평가	4	0.808
자료 설계	4	0.716

2) 반복에 따른 인지부하

[그림 IV-5]는 소리내어 반복읽기 누적에 따른 학생의 인지부하 결과를 하위영역별로 나타낸 것이다. 학습 과정에서 발생하는 피로감과 체력소모를 의미하는 신체적 노력은 소리내어 반복읽기가 진행될수록 낮아졌다. 정신적 노력은 학습 내용의 이해를 위해 학습자가 자발적으로 노력한 정도를 의미하며, 소리내어 반복읽기가 진행될수록 높아졌다. 과제 난이도는 학습과제를 어렵게 인식하는 정도로 소리내어 반복읽기가 진행될수록 낮아졌다. 자기 평가는 학습자가 문제 해결 후에 느끼는 성취감의 정도를 의미하며 소리내어 반복읽기가 진행될수록 높아졌다. 자료 설계는 학습 자료의 구조와 구성이 학습 수행에 도움이 되었다고 판단하는 정도이며, 소리내어 반복읽기가 진행될수록 높아졌다.



[그림 IV-5] 소리내어 반복읽기 누적에 따른 인지부하

3) 단원별 인지부하

소리내어 반복읽기 후, 단원별 인지부하의 차이 검정을 Mann-Whitney 검정으로 수행한 결과는 <표 IV-5>와 같다. 1차 인지부하의 하위영역별 측정값을 비교해 보면, 신체적 노력, 정신적 노력, 과

제 난이도의 세 영역에서 경우의 수/순열 단원보다 함수의 극한 단원의 평균이 높았으며, 자기 평가, 자료 설계 영역에서는 경우의 수/순열 단원보다 함수의 극한 단원의 평균이 낮았다. 그러나 검정 결과, 과제 난이도에서만 통계적으로 유의미한 차이가 나타났고($p = 0.003$), 그 외의 하위영역에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 1차 인지부하에서는 학생이 경우의 수/순열 단원에 비해 함수의 극한 단원을 더 이해하기 어려워했다고 해석할 수 있다.

2차 인지부하의 하위영역별 측정값을 비교해 보면, 신체적 노력, 과제 난이도의 두 영역에서는 함수의 극한 단원의 평균이 경우의 수/순열 단원보다 높았고, 자기 평가와 자료 설계의 두 영역에서는 함수의 극한 단원의 평균이 경우의 수/순열 단원보다 낮았으며, 정신적 노력에서는 두 단원의 측정값이 동일했다. 검정 결과, 과제 난이도($p = 0.001$)와 자기 평가($p = 0.011$), 그리고 자료 설계($p = 0.001$)의 세 하위영역에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 2차 인지부하에서는 학생이 함수의 극한 단원의 학습을 경우의 수/순열 단원의 학습보다 어렵게 느꼈다고 해석할 수 있다. 또한 함수의 극한 단원보다 경우의 수/순열 단원에서 학습에 대한 성취 만족도와 학습 자료 구성에 대한 만족도가 크다고 해석할 수 있다.

3차 인지부하의 하위영역별 측정값을 비교해 보면, 신체적 노력과 과제 난이도의 두 하위영역에서는 함수의 극한 단원의 평균이 경우의 수/순열 단원보다 높았고, 정신적 노력, 자기 평가, 자료 설계의 세 하위영역에서는 함수의 극한 단원의 평균이 경우의 수/순열 단원보다 낮았다. 검정 결과, 신체적 노력의 하위영역을 제외한 모든 하위영역(정신적 노력, $p = 0.005$, 과제난이도, $p = 0.029$, 자기평가, $p = 0.001$, 자료설계, $p = 0.010$)에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 3차 인지부하에서 학생은 경우의 수/순열 단원에 비해 상대적으로 함수의 극한 단원에서 정신적 노력을 많이 기울였으며 학습 내용 이해에 대해 어려움을 느꼈다고 해석할 수 있다. 또한 학습에 대한 성취 만족도와 학습 자료에 대한 만족도는 함수의 극한 단원보다 경우의 수/순열 단원에서 크다고 해석할 수 있다.

<표 IV-5> 단원별 인지부하

하위영역	단원	1차	2차	3차
신체적 노력	함수의 극한	3.09 ± 2.01	3.00 ± 1.90	2.41 ± 1.62
	경우의 수/순열	2.87 ± 0.85	2.31 ± 1.73	2.25 ± 1.85
정신적 노력	함수의 극한	6.09 ± 0.96	6.03 ± 1.12	6.31 ± 0.78**
	경우의 수/순열	5.62 ± 1.74	6.03 ± 1.12	6.78 ± 0.42**
과제 난이도	함수의 극한	5.41 ± 1.01**	4.59 ± 1.13**	4.06 ± 1.24*
	경우의 수/순열	4.16 ± 1.89**	3.41 ± 1.83**	3.19 ± 2.18*
자기 평가	함수의 극한	4.47 ± 1.44	5.06 ± 1.29*	5.22 ± 0.98***
	경우의 수/순열	4.75 ± 1.63	5.84 ± 1.17*	6.28 ± 0.92***
자료 설계	함수의 극한	4.88 ± 1.46	5.13 ± 1.13**	5.75 ± 1.02**
	경우의 수/순열	5.16 ± 1.61	5.88 ± 1.04**	6.31 ± 0.90**

※ Mann-Whitney 검정 * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

4) 학년별 인지부하

소리내어 반복읽기 후의 학년별 인지부하 차이 검정을 Mann-Whitney 검정으로 수행한 결과는 <표 IV-6>과 같다. 학년별 1차 인지부하의 하위영역별 측정값을 비교해 보면, 자기 평가 영역을 제외한 네 개의 하위영역(신체적 노력, 정신적 노력, 과제 난이도, 자료 설계)에서 고등학교 1학년에 비해 중학교 3학년의 측정값이 높았다. 그러나 검정 결과, 과제 난이도 영역에서만 통계적으로 유의미한 차

이($p = 0.003$)가 나타났으며 다른 영역(신체적 노력, 정신적 노력, 자기 평가, 자료 설계)에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이를 통해 1차 인지부하에서는 중학교 3학년 학생이 고등학교 1학년 학생이 비해 과제 난이도를 어렵게 느꼈다고 해석할 수 있다.

학년별 2차 인지부하의 하위영역별 측정값을 비교해 보면, 1차 인지부하의 결과와 마찬가지로 자기 평가 영역을 제외한 네 개의 하위영역에서 고등학교 1학년에 비해 중학교 3학년의 측정값이 높았다. 그러나 감정 결과, 다른 영역(신체적 노력, 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계)에서는 유의미한 차이가 없었으며 정신적 노력 영역에서만 통계적으로 유의미한 차이($p = 0.040$)가 나타났다. 이를 통해 2차 인지부하에서 중학교 3학년 학생이 고등학교 1학년 학생에 비해 학습 과정에서 정신적 노력을 많이 기울인 것으로 해석할 수 있다.

학년별 3차 인지부하의 하위영역별 측정값을 비교해 보면, 정신적 노력, 과제 난이도, 자기 평가의 세 영역에서는 고등학교 1학년의 평균이 중학교 3학년보다 높았고, 신체적 노력에서는 고등학교 1학년의 평균이 중학교 3학년보다 낮았으며, 자료 설계에서는 두 단원의 측정값이 동일했다. 그러나 감정 결과, 모든 영역(신체적 노력, 정신적 노력, 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계)에서 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다.

<표 IV-6> 학년별 인지부하

하위영역	학년	1차	2차	3차
신체적 노력	중학교 3학년	3.19 ± 2.07	2.94 ± 1.93	2.59 ± 2.01
	고등학교 1학년	2.78 ± 1.76	2.37 ± 1.72	2.06 ± 1.37
정신적 노력	중학교 3학년	6.25 ± 1.08	6.31 ± 0.97*	6.44 ± 0.80
	고등학교 1학년	5.69 ± 1.42	5.75 ± 1.19*	6.66 ± 0.48
과제 난이도	중학교 3학년	5.34 ± 1.56**	4.28 ± 1.76	3.47 ± 1.83
	고등학교 1학년	4.25 ± 1.59**	3.72 ± 1.44	3.78 ± 1.81
자기 평가	중학교 3학년	4.47 ± 1.61	5.25 ± 1.37	5.69 ± 1.09
	고등학교 1학년	4.75 ± 1.46	5.66 ± 1.18	5.81 ± 1.09
자료 설계	중학교 3학년	5.16 ± 1.63	5.56 ± 1.16	6.03 ± 1.00
	고등학교 1학년	4.88 ± 1.43	5.44 ± 1.13	6.03 ± 1.00

※ Mann-Whitney 검정 * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

V. 결론 및 시사점

이 연구는 반복읽기와 소리내어 읽기를 결합한 소리내어 반복읽기가 학생에게 미치는 영향을 살펴 보고, 수학 학습 방법으로서 소리내어 반복읽기가 가지는 시사점을 탐색해 보고자 하였다. 이를 위해 중학교 3학년 학생 4명과 고등학교 1학년 학생 4명이 ‘함수의 극한’과 ‘경우의 수/순열’의 두 단원에 대하여 이들을 주기로 3회씩 소리내어 반복읽기를 실시하였다. 소리내어 반복읽기를 하기 전에 사전 학업성취도 검사를 실시하였고 매번 소리내어 반복읽기를 한 직후에 학업성취도 검사와 인지부하 검사를 실시하였다. 그 결과, 대부분의 학생들은 소리내어 반복읽기가 누적됨에 따라 학업성취도와 인지부하에서 긍정적인 변화를 보였다. 수학교과서 소리내어 반복읽기 과정과 결과에 대해 좀 더 세밀하게 살펴볼 때 주목할 점과 그에 따른 시사점은 다음과 같다.

첫째, 학생들의 소리내어 반복읽기 과정을 반복 누적에 따라 비교해 보면 학업성취도 결과와 인지

부하 결과로는 드러나지 않았지만 반복이 누적될수록 중요한 부분을 임의로 생략하는 모습이 줄어들었고 교과서의 설명을 자신의 것으로 받아들이는 모습이 드러났다. 또한 대부분의 학생들이 처음에는 학습 과제를 해결할 때 단순히 답을 말하는 것에 그쳤지만 소리내어 반복읽기를 반복할수록 자신이 읽은 내용과 논리적인 근거를 토대로 풀이과정을 설명하였다. 이러한 결과는 소리내어 반복읽기가 특히 학생들의 의사소통 역량을 기르는 데 도움이 된다는 것을 보여준다.

둘째, 반복이 누적되었음에도 학업성취도 점수가 하락한 학생들도 나타났다. 이러한 학생들의 소리내어 반복읽기 과정을 분석해 보면 첫 번째 학습 이후에 반복적으로 진행되는 학습에서 학습 자료를 이해하는 것이 아니라 지난 학습에서의 기억을 떠올리는데 노력을 기울이는 경우 혹은 지난 학습에서 이해한 내용과 지금 이해하는 내용이 상충되는 경우가 있었다. 이러한 경우에 학습 내용을 올바르게 이해하지 못하게 되고 학업성취도도 하락하는 결과로 이어졌다. 또한 학생이 스스로 학습하면서 피드백을 받지 못 하였으므로 지난 학습에서 이해했던 내용도 다시 학습하는 과정에서 잘못 이해하는 경우가 있었다. 이러한 결과는 학생들이 처음 보는 개념을 소리내어 반복읽기가 진행될수록 점차 학습 내용을 이해하지만 그 과정에서 시행착오를 겪을 수 있으며 이러한 경우에 교사나 조력자의 도움이 있다면 더 많은 발전이 있을 것을 시사한다.

셋째, 단원별로 비교했을 때 함수의 극한 단원의 학업성취도가 경우의 수/순열에 비해 낮았다. 활동 과정을 분석해보면 함수의 극한 단원을 학습할 때 학생들의 부정적 표현이 더 많았으며 함수에 대한 어려움을 특히 많이 표현했다. 1차 인지부하 검사에서는 인지부하의 5개 하위영역 중에서 함수의 극한 단원 과제 난이도를 경우의 수/순열보다 어렵게 느끼는 것으로 나타났으며 2차 인지부하 검사에서는 인지부하의 5개 하위영역 중에서 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계에서 함수의 극한 단원이 경우의 수/순열에 비해 부정적인 결과가 나타났다. 3차 인지부하 검사에서는 신체적 노력 제외한 모든 영역(정신적 노력, 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계)에서 함수의 극한 단원이 경우의 수/순열에 비해 부정적인 결과가 나타났다. 반복이 누적될수록 단원별 차이가 나타나는 하위영역이 많아진 것으로 보아 소리내어 반복읽기가 함수의 극한 단원에 비해 경우의 수/순열 단원에서 더 효과적이었음을 시사한다.

넷째, 학년별로 학업성취도를 비교했을 때 중학교 3학년 4명이 고등학교 1학년 4명에 비해 낮았다. 그 차이는 특히 함수의 극한 단원에서 크게 나타났다. 소리내어 반복읽기 과정과 사후 면담을 살펴보면, 함수의 극한 단원에서 중학교 3학년이 함수에 대한 어려움을 많이 드러냈다. 그러나 반복 횟수 누적에 따른 함수의 극한 학업성취도 점수의 향상을 비교해보면 중학교 3학년 학생이 고등학교 1학년에 비해 오히려 더 좋았다. 경우의 수/순열 단원은 함수의 극한 단원에 비해 고등학교 1학년 학생과 큰 차이가 나타나지 않았다. 반복 횟수 누적에 따른 경우의 수/순열 학업성취도 점수의 향상을 역시 중학교 3학년 학생이 고등학교 1학년에 비해 오히려 더 좋았다. 이러한 결과를 통해 중학교 3학년이 고등학교 1학년에 비해 함수의 극한과 경우의 수/순열 두 단원 모두 학업성취도가 낮았지만 그 차이는 함수의 극한에서 더 컸으며, 반복이 누적될수록 학업성취도가 크게 향상되어 고등학교 1학년과의 격차가 줄어들었다는 것을 알 수 있다. 이는 학년과 단원에 따라 소리내어 반복읽기의 효과는 다르게 나타나지만 학년 차이는 소리내어 반복읽기가 누적될수록 줄어든다는 것을 보여준다.

다섯째, 학년별로 인지부하를 비교했을 때, 중학교 3학년 4명이 고등학교 1학년 4명에 비해 1차 인지부하 검사에서는 과제 난이도를 어렵게 느꼈다. 그러나 2차 인지부하 검사에서는 오히려 긍정적 요소인 정신적 노력 점수가 높았으며, 3차 인지부하에서는 모든 하위영역(신체적 노력, 정신적 노력, 과제 난이도, 자기 평가, 자료 설계)에서 학년 간에 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 이와 같은 결과는 학년 간 학업성취도에 차이가 있었던 것과는 달리 학생들이 소리내어 반복읽기를 통해 느끼는 인지부하에는 학년이 큰 영향을 미치지 않았음을 보여준다. 이에 학년에 무관하게 소리내어 반복읽기를 다양한 학습 내용에 적용할 수 있다는 것을 시사한다.

마지막으로 이 연구는 8명의 중·고등학생을 대상으로 두 단원(함수의 극한, 경우의 수/순열)을 선정하여 수학교과서 소리내어 반복읽기의 효과를 학업성취도 측면과 인지부하 측면에서 살펴보았다는 데에 의의가 있다. 그 결과, 수학교과서 소리내어 반복읽기를 통해 학생이 학습에 주도적으로 참여하고 스스로 수학 개념을 이해하면서 성취감을 느끼고 학습 효과와 만족도가 증대하기를 기대한다. 또한 앞으로 학생들의 수학 학습을 돕기 위한 읽기 방법으로서 학생들의 수준과 요구에 적합한 소리내어 반복읽기에 대한 연구가 지속되기를 기대한다.

참고 문헌

- 김미정, 김용구, 정인철(2009). 고등학교 순열과 조합 단원의 불안요인 연구. **한국학교수학회논문집**, 12(2), 261-279.
- 김민아(2022). **수학교과서 소리내어 반복읽기 활동에 대한 사례연구**. 석사학위논문, 경북대학교.
- 류지현, 임지현(2009). 인지부하 측정을 위한 구인의 탐색 및 타당화. **교육정보미디어연구**, 15(2), 1-27.
- 변영계(1999). **교수·학습 이론의 이해**. 서울: 지학사.
- 원매희(2008). **음독·목독에 대한 인식과 활용 실태 분석**. 석사학위논문, 가톨릭대학교.
- 이봉주, 이세형(2021). Exploring the process of learning mathematics by repeated reading: eye tracking and heart rate measurement. **한국학교수학회논문집**, 24(1), 59-81.
- 이세형(2016). **스토리텔링 기반(모델) 수학 교과서에 대한 학생들의 인지부하 분석**. 석사학위논문, 경북대학교.
- 이종희(2002). 수학 학습-지도에서 읽기 활용 방안. **수학교육**, 12(3), 425-442.
- 이종희, 김선희(2002). **수학적 의사소통**. 서울: 교우사.
- 조현자(2012). **쓰기와 읽기 중심의 수학적 의사소통을 강조한 수업이 수학 학습에 미치는 영향**. 석사학위논문, 서울교육대학교.
- 허선영(2015). 소리내어 읽기 활동이 듣기 능력과 읽기 능력에 미친 효과. **21세기영어영문학회 학술대회**, 2015(3), 134-139.
- Adams, T. L. (2003). Reading mathematics: more than words can say. *The Reading Teacher*, 56(8), 786-795.
- Amer, A. (1997). The effect of the teacher's reading aloud on the reading comprehension of EFL students. *ELT Journal*, 51(1), 43-47.
- Baker, L., & Brown, A. L. (1984). Metacognitive skills and reading. In P. D. Person (Ed.), *Handbook of reading research*, (pp. 353-394). New York: Longman.
- Han, Z., & Chen, C. L. (2010). Repeated-reading-based instructional strategy and vocabulary acquisition: A case study of a heritage speaker of Chinese. *Reading in a Foreign Language*, 22(2), 242-262.
- Kenney, J. M., Hancewicz, E., Heuer, L., Metsisto, D., & Tuttle, C. L. (2005). *Literacy strategies for improving mathematics instruction*. Association for Supervision & Curriculum Deve.
- Kimmel, M. M., & Segel, E. (1988). *For reading out loud! A guide to sharing books with children*. New York: Delacorte.

- Kuhn, M. (2004). Helping students become accurate, expressive readers: fluency instruction for small groups. *The Reading Teacher*, 58(4), 338-344.
- Lass, N. J., & Luts, D. R. (1975). The consistency of temporal speech characteristics in a repetitive oral reading task. *Language and Speech*, 18(3), 227-235.
- Lee, B. (2021). A case study on the effect of repeated reading in learning number theory. *Proceedings of the Jangjeon Mathematical Society*, 24(2), 249-262.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for mathematics*, Reston, VA: NCTM.
- O'Shea, L. J., & O'Shea, D. J. (1988). Using repeated reading. *Teaching Exceptional Children*, 20(2), 26-29.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 1-8.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63-71.
- Plass, L. J., Moreno, R., & Brünken, R. (2012). 인지부하이론. 이현정, 장상필, 심현애, 권숙진, (번역). 서울: 아카데미프레스. (원저 2010에 출판)
- Samuels, S. J. (1979). The method of repeated readings. *The Reading Teacher*, 32(4), 403-408.
- Shepherd, M. D., Selden, A., & Selden, J. (2012). University students' reading of their first-year mathematics textbooks. *Mathematical Thinking and Learning*, 14, 226-256.
- Sindelar, P. T., Monda, L. E., & O'Shea, L. J. (1990). Effects of repeated readings on instructional- and mastery-level readers. *The Journal of Educational Research*, 83(4), 220-226.
- Skemp, R. R. (1979). Goals of learning and qualities of understanding. *Mathematics Teaching*, 1979(88), 44-49.
- Thornbury, S. (2005). *How to teach speaking*. England: Longman.
- Tobias, S. (1989). Writing to learning science and mathematics. In P. Connolly, & T. Vilardi (Eds.), *Writing to learn mathematics and science* (pp. 48-55). New York: Teacher College Press.
- Weber, K., Brophy, A., & Lin, K. (2008). Learning advanced mathematical concepts by reading text. Retrieved March 2, 2017, from sigma.maa.org/rume/crume2008/Proceedings/Weber%20LONG.pdf.
- Yang, H. & Yu, P. (2015). The study about the influence of mathematics language on mathematics reading. *Research in Mathematics Education*, 19(4), 267-278.

A case study on the effect of repeated reading aloud for mathematics textbooks

Kim Mina²⁾, Lee Bongju³⁾

Abstract

This study aimed to proposed repeated reading aloud, which combines repetitive reading and reading aloud, as a method for teaching and learning mathematics. We investigated the effect of repeated reading aloud on students' academic achievement and cognitive load, and explored the implications of repeated reading aloud as a method for teaching and learning mathematics. To this end, we conducted a case study involving repeated reading aloud for two units: the limit of a function and the number of cases. The study targeted four 9th-grade students and four 10th-grade students, analyzing how their academic achievement and cognitive load changed. As a result, the eight students showed positive changes in academic achievement and cognitive load as the repeated reading aloud accumulated. When comparing the units, the academic achievement was lower for the limit of function than the number of cases. In terms of cognitive load, students exhibited higher cognitive load in the unit on the limit of function. When compared cognitive load by grade, there was no significant difference after 3rd repeated reading. However, in both units, the academic achievement of four 10th-grade students was higher than that of four 9th-grade students. Nonetheless, the gap narrowed as the reading aloud was repeated.

Key Words : mathematics textbook, repeated reading aloud, case study, academic achievement, cognitive load, 9th-grade, 10th-grade, the limit of a function, the number of cases

Received March 1, 2023

Revised June 23, 2023

Accepted June 24, 2023

* 2010 Mathematics Subject Classification : 97C90, 97D40

2) Kyungwon High School, Graduate School of KNU (kimma@knu.ac.kr), First Author

3) Kyungpook National University (leebj@knu.ac.kr), Corresponding Author