

명사화의 관점에서 수와 연산 영역의 교과서 문장제 분석

장혜원(서울교육대학교, 교수)

강윤지(서울홍연초등학교, 교사)[†]

명사화는 문법적 은유 중 하나로, 동적 표현을 명사 상 당 어구를 통해 표현하는 것이다. 수학 문장제에서 명사화를 사용한 문장 표현은 수학적 단계에서 주목해야 할 대상을 분명하게 한다는 장점과 일상적 표현과 달리 문장의 이해를 어렵게 하고 온전한 수학적 모델링 단계의 경험을 저해한다는 단점을 모두 지닌다. 본 연구의 목적은 수학 학습시 학생들의 어려움을 야기하는 문장제 해결과 관련하여, 언어학적 요소인 명사화의 관점에서 교과서 문장제를 분석하고 시사점을 도출하는 것이다. 이를 위해 2015 개정 교육과정에 따른 초등학교 수학 교과서의 수와 연산 영역에 포함된 연산 관련 문장제 341개의 명사화 유형을 학년군별, 차시 활동과 단원 평가, 특화 차시별, 수식화에 대한 명시적인 요구 문장제의 네 가지 관점에서 분석하였다. 분석 결과에 기초하여 수학 문장제의 언어적 표현과 관련한 교수학적 시사점을 도출하였다.

I. 서론

문장제는 ‘문장 형식으로 표현된 시험문제(국립국어원, 2022)’나 ‘교육 도구로 사용되는 완전히 말로 표현된 수학 문제(Merriam-Webster, 2022)’라는 사전적 의미에도 나타나 있듯이, 수학 고유의 기호적 표현이 아닌 일상 문장 형식으로 표현된 수학 문제를 지칭하기 위해 사용되는 용어이다. 수학 학습에서 문장제의 이해, 즉 문장으로 주어진 문제에서 주어진 조건과 구해야 할 것이 무엇인지 파악하는 것은 성공적인 문제 해결을 위한 필수적인 출발점이라고 할 수 있다. 주어진 문제의 문장을 이해하여 주어진 정보와 구해야 할 것을 파악하는 것은 Polya(1973)의 문제해결 과정에서 첫 단계에 해당하며 이후 과정이 이 첫 단계에 좌우된

다는 의미에서 중요하다. Egan & Greeno(1973) 역시 마찬가지로 이유에서 문제 이해가 문제를 해결하기 위한 계획이나 전략을 구상하고 수행하는 과정만큼 중요하다고 하였다. 실제로 학생들이 범하는 문제해결 오류의 대부분은 문제를 바르게 이해한 다음 이후 해결 과정에서 범하는 오류보다 문제해결 초기의 문제 이해 단계에서 문제 자체에 대한 이해가 잘못되어 발생하는 오류로 나타났다(Carpenter & Moser, 1984). 따라서 문장제의 문장이 어떠한 방식으로 구조화되어 있는지는 해당 텍스트의 이해와 관련된 중요한 문제이다(조진수, 2018).

언어학적 발달의 관점에 의하면 수학 문장제는 일반적으로 논리·수학적 지식만이 아닌 언어적 지식이 함께 구성된 텍스트로 여겨진다(강화나, 백석윤, 2009). 수학 문장제의 텍스트는 읽는 독자에게 문장 자체의 의미에 대한 일반적인 이해와 수학적 이해를 동시에 요구한다는 점에서 다른 텍스트와 차이가 있다. 문장제의 텍스트는 언어로 기술되어 있더라도 궁극적으로 수리적 해결을 요구하기 때문이다. 즉, 문장제의 텍스트는 수리 언어로 표상되기에 적절한 정보를 파악해야 하는 텍스트(주세형, 2015)이며 수학적으로 표현하는 과정이 필요하다.

이와 같은 문장제의 텍스트를 이해하고 이를 수학적 처리가 가능한 표현으로 변환하는 단계는 문장제 해결의 핵심 요소이다. 교수학적 의도에 따라 문장제의 텍스트를 어떠한 방식으로 제시하는 것이 바람직한지에 대하여 언어학적 관점에서 접근하는 것은 교육적으로 의미 있는 일일 것이다. 수학적 언어의 본성과 수학 학습의 언어적 어려움에 대한 연구는 1970년대부터 이루어져 왔다(O'Halloran, 2010). 수학 학습에 대한 언어학적 접근 중 본 연구의 관심은 명사화(nominalization)이다. 명사화는 체계기능 언어학(systemic functional linguistics)을 기반으로 논의되는 문법적 은유(grammatical metaphor)의 한 유형이다.

* 접수일(2022년 9월 26일), 심사(수정)일(2022년 10월 15일), 게재확정일(2022년 10월 24일)

* MSC2000분류 : 97U20

* 주제어 : 문장제, 문법적 은유, 명사화, 수와 연산

† 교신저자 : angie0718@sen.go.kr

문법적 은유는 주어진 의미에 대한 문법적 형태에서 발생하는 표현상의 변화(O'Halloran, 2005)로 현실에서 동적으로 존재하는 현상이 언어 층위에서 명사적으로 표현되는 방식이다(조진수, 2018). 즉, 동일한 의미를 표현하는 데에 문법적 표현의 실현 방식을 달리하여 나타내는 언어적 현상으로서, 명사화는 문법적 은유의 핵심이고 그것을 실현하는 언어적 장치이다(정려란, 2018). 특정한 언어 표현을 명사 상단어구로 나타내면 개념의 재구조화가 가능하며 더 객관적이고 명확하게 표현하여 핵심적인 의미가 무엇인지 더 분명하게 나타낼 수 있다. 이러한 특성을 학교 수학에 적용하면 수와 연산 영역의 문장제에 포함된 명사화는 산술적이거나 대수적인 처리와 관련된다. 산술 또는 대수 문장제가 주어질 때 문제 이해 단계에서 구해야 할 것이 무엇인지를 파악하는 과정에서 대상화가 요구되기 때문이다. 예를 들어, 산술 문장제에서 명사화가 나타나지 않은 일상적 표현으로서 '초콜릿이 몇 개 남았을까요?' 또는 명사화가 이루어진 표현으로서 '남은 초콜릿의 수는 얼마일까요?'라는 발문이 주어지고 이로부터 학생은 구해야 할 것인 '남은 초콜릿의 수'를 파악해야 한다. 후자의 발문이라면 구해야 할 것이 발문에 이미 명사화된 표현으로 포함되어 있지만, 전자의 발문인 일상적 표현으로부터 구해야 할 것을 답하기 위해서는 대상화하는 단계가 요구되기 때문에 인지적 처리에 있어 차이가 있다. 특히 대수에서 명사화는 방정식의 활용 문제에서 흔히 발생하는 현상이다. 문장제 속에서 미지수를 잡기 위해 특정 개체를 대상화해야 하므로 구해야 할 것을 미지수로 대상화하는 단계가 필수이다. 다만 문장제로부터 모델링 결과로 얻는 식 표현에서 대수 방정식은 대상화한 개체가 주로 등식의 좌변에 위치하는 반면, 산술에서는 연산의 결과로서 등식의 우변에 놓인다는 차이가 있다. 방정식을 다루지 않는 초등학교 수학 교과서에 제시된 수와 연산 단원의 문장제는 대부분 사칙연산 식을 세워 푸는 산술적 처리에 해당한다.

명사화는 형태와 내용, 의미 모두를 강조할 수 있는 교육 제재로서 언어의 형식적 측면뿐 아니라 내용적 측면에도 초점을 맞출 수 있는 지점이 될 수 있다(소지영, 2016). 이러한 명사화의 특징을 고려할 때, 교과서는 명사화된 표현을 의도적으로 이용하여 학생의 식 세우기 과정을 도울 수 있다. 일상어로 진술된 문제

상황을 수학적 표현으로 모델링하는 과정에서 수학적 대상화가 요구되는 개체를 언어적으로 명사화하여 제공함으로써 학생들의 인지적 과정을 도울 수 있기 때문이다. 다시 말하면, 문장을 수학적 식으로 수월하게 변환하는 것을 돕기 위하여 명사화를 언어적 전략으로 활용할 수 있다. 반면, 현실 맥락에서 출발하는 수학적 모델링의 관점에서는 명사화 없이 일상적 표현으로 문제를 제시하여 학생이 일상의 언어적 표현을 수학적 도구로 모델링하는 절차를 수행하도록 의도하는 것이 진정한 모델링의 경험을 독려한다는 의미에서 더 바람직하다. 문제의 의미를 이해하는 데는 일상의 언어적 표현이 친숙하지만, 문제를 풀기 위해 수학적 식을 세우는 데는 명사화가 실현된 표현이 도움이 된다는 딜레마가 나타나는 것이다.

2015 개정 교육과정에 따른 수학 국정 교과서 집필 당시 문장제 구성을 위하여 언어적 관점의 명사화에 대한 특정 관점을 취한 것은 아니기 때문에, 명사화의 관점에서 교과서의 문장제를 분석함으로써 수학 교육자들이 통상적으로 지닌 문장제의 언어적 특성을 발견할 수 있을 것이 기대된다. 본 연구에서는 문장제가 주로 이용되는 영역인 수와 연산 영역에 제시된 교과서 문장제를 학년군별, 차시 활동과 단원 평가, 특화 차시별, 수식화 요구 문장제의 관점에서 명사화의 실현 정도를 기준으로 분석, 비교할 것이다. 분석 결과에 기초하여 앞서 언급한 문장제의 이해를 위한 일상의 언어적 표현과 수학적 식으로의 변환을 돕는 명사화가 적용된 언어적 표현이 갖는 미묘한 딜레마를 수학 문장제 교수학습 상황에서 어떻게 대처할 것인지에 대한 논의를 이끌고자 한다. 명사화의 관점에서 문장제를 분석하는 것은 실생활 문제를 수학적 표현으로 변환하는 수학적 모델링 과정에서 학생들이 당면하는 어려움을 가능하고 어떤 방식으로 문장제를 제공하는 것이 적절한지에 대한 논의를 가능하게 할 것이다.

II. 이론적 배경

1. 명사화의 유형

언어학에서 은유는 일종의 비유법으로, 개념적 은유와 대비하여 문법적 은유를 이해하기 위해서는 언어적

표현의 의미와 형식을 구별해야 한다. 원관념과 보조 관념 간의 대응을 전제로 하는 개념적 은유는 의미상의 은유로서 형식이 동일하지만, 의미상 차이가 있다. 반대로, 문법적 은유는 의미는 동일하지만, 다른 표현 방식을 사용하여 형식상 차이를 야기한다. 여러 문법적 은유 중 동적으로 표현되는 언어 형식이 명사 상당 어구를 통해 실현되는 것을 명사화라 한다(이관희, 장혜원, 2021). 따라서 명사화는 동사 구/절/문장이 명사의 자격을 갖게 되는 절차라 할 수 있고 외형적으로 명사의 속성을 띠지만 부사어의 수식을 받는다는 시제 변환 등이 가능하다는 점에서 동사의 문법적 구조를 띤다(소지영, 2016). 의미상 변화가 없지만 문법적 범주가 동사에서 명사로 전환된다는 특성으로 인해 수학교육에서는 문장제의 언어로 기술된 문장에서 수학적 대상화를 위한 개체를 더욱 쉽게 파악할 수 있도록 도울 수 있다. 따라서 문장제 교수·학습 상황에서 의도적으로 명사화된 표현을 사용하면 일상적 언어로 서술된 표현을 수산화하기 위한 매개로 기능할 수 있을 것이 함의된다.

조진수(2018)는 수학과에서 학습자가 접하는 문항을 [표 1]과 같이 4가지 유형으로 구분하여 명사화 유형의 사례를 제시하였다. 여기서 유형 1은 문법적 은유가 사용되지 않고 일상적 언어로 표현된 유형이고, 유형 2는 수학적 기호로 변환되어야 하는 개체에 문법적 은유가 사용되어 명사적으로 표현된 유형이다. 유형 1

과 유형 2의 차이를 문법적 은유인 명사화의 사용 여부로 구분한 것이다. 유형 3이나 유형 4는 수식이 포함된다는 점에서 이미 모델링되었거나 모델링을 위해 단순화의 단계를 거친 것이므로, 이는 교사의 교수 사태나 학생의 해결 과정에서 출현할 것이 예상된다. 교과서의 문장제는 유형 1이나 유형 2에 해당하며, 곧 유형 1은 명사화 없는 일상적인 언어 표현이고, 유형 2는 수학적 대상화가 용이하도록 명사화가 사용된 언어 표현이다.

한편 이관희, 장혜원(2021)에서는 [표 1]의 유형 구분을 따르되, 비와 비율 단원에서 다루는 개념의 특정 문형을 그대로 빌어서 명사화하는 경우를 별도의 유형으로 간주하여 유형 2'으로 지칭하여 분류하였다. 이때 유형 2와 유형 2'는 명사화된 정도의 차이가 아니라 일반적 명사화와 내용 특수 명사화로 구별된다. 이관희, 장혜원(2021)의 연구에서 명사화의 실현 여부에 따라 구분한 유형별로 예시를 추가하여 표로 나타내면 [표 2]와 같다.

본 연구에서 분석틀로 삼고자 하는 것은 이와 달리 명사화의 실현 정도에서 나타나는 차이에 주목한다. 문법적 은유의 사용에서 그 정도가 동일하지 않고 차이가 있음은 Halliday(1998)의 사례를 통해 예시된 바 있다. 다음 다섯 문장은 동일한 의미의 내용을 문장 구조를 다르게 하여 다른 형태로 표현한 것이다.

[표 1] 수학과에서 사용되는 명사화 유형 (조진수, 2018)

유형	설명	예시
1	문법적 은유가 사용되지 않고 일상적 언어로 표현된 유형	A기계는 한 시간당 10개를 생산하고
2	문법적 은유가 사용되어 수학적 기호로 변환되어야 하는 개체가 명사적으로 표현된 유형	A기계의 생산량은 한 시간당 10개이다.
3	수식과 언어가 혼재된 유형	x 시간 동안의 A기계의 생산량은 $10x$ 이므로
4	수식으로만 이루어진 유형	$10x$

[표 2] 수학과에서 사용되는 명사화의 실현 정도(이관희, 장혜원, 2021)

유형	명사화의 실현 정도	예시*
1	문법적 은유가 사용되지 않고 일상어로 표현된 유형	누가 만든 소금물이 더 진한지 비교
2	문법적 은유가 사용되어 수학적 기호로 변환되어야 하는 개체가 명사적으로 표현된 유형	소금물 양과 소금 양의 비교
2'	개념에 따른 특정 문형을 취하면서 수학적 기호로 변환되어야 하는 개체가 명사적으로 표현된 유형	소금물 양에 대한 소금 양의 비율

1. Glass cracks more quickly the harder you press on it.
2. Cracks in glass grow faster the more pressure is put on.
3. Glass crack growth is faster if greater stress is applied.
4. The rate of glass crack growth depends on the magnitude of the applied stress.
5. Glass crack growth rate is associated with applied stress magnitude.

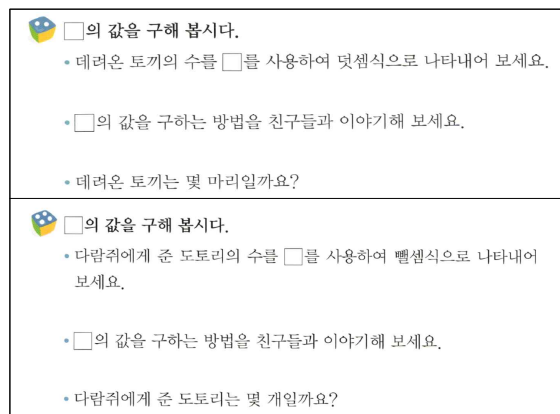
이 다섯 문장은 모두 동일한 의미를 내포하지만 문장에 적용된 명사화의 실현 정도에 따라 아래로 갈수록 문법적 은유의 밀집된 사용을 보여준다. 문장 1은 동사 crack과 press를 사용하여 표현하였지만, 문장 2에서는 명사 crack과 pressure를 사용하여 문장 1에 포함된 동사의 문법적 역할을 대체한다. 문장 3에서는 문장 2의 동사 grow를 명사 growth로 변형하였다. 문장 4는 문장 3의 if절을 명사구로 전환하여 하나의 문장으로 구성하였고, 문장 5는 문장 4에서 of가 포함된 명사구를 명사 배열로 압축하여 나타냄으로써 문법적 은유의 강화를 보여준다. 이처럼 각 문장의 의미는 동일하지만 형태상 문법적 역할을 달리함으로써 문법적 은유의 실현 정도에 차이가 나타난다.

2. 산술/대수적 문장제와 명사화

문법적 은유는 전통적 의미의 개념적 은유와 구별된다. 양자는 둘 다 동일성과 차이점의 대비로 설명되는 은유지만, 동일한 표현 형식에 의미의 차이가 있는 개념적 은유와 반대로 문법적 은유는 동일한 의미에 표현 형식의 차이가 있다.

중학교 대수 영역에서 다루는 방정식의 활용 문제는 문장제에서 미지수로 표현할 대상을 찾아 방정식을 세운 다음, 방정식을 풀게 된다. 이때 명사화는 학습자가 방정식 세우는 것을 돕기 위한 비계가 될 수 있다. 명사화에 의한 표현은 방정식의 활용 문장제에서 미지수로 잡을 대상을 명시적으로 드러내기 때문이다. 이는 수학 교수·학습에서의 명사화를 연구한 조진수(2018) 등에서 주로 방정식 문장제를 다루는 이유이기도 하다.

Radford(2012)는 방정식의 대수적 풀이와 산술적 풀이를 설명하는 과정에서 두 문제의 최종 발문인 ‘한 봉투에 들어 있는 카드는 몇 개인가?’와 ‘각각의 봉투에 몇 개의 카드가 들어 있는가?’를 제시한다. 후자의 일상적 표현에 비해 전자는 명사화를 통하여 ‘들어 있다’는 동적 의미를 명사구에 압축함으로써 미지수로 치환될 대상을 파악하기 용이하게 한다. 대수 이전의 산술만을 다루는 우리나라의 초등학교 수학에서는 방정식을 다루지 않지만, 2학년 1학기 3단원의 □가 있는 식에서 □를 주목할 필요가 있다. 조작 대상인 방정식의 미지수와 구별되는 자리지기(place holder)의 역할이지만 이 역시 대상화가 요구되므로 명사화가 비계로 사용될 수 있다. [그림 1] 활동의 원 문제인 ‘데려온 토끼는 몇 마리인지 알아보시다.’나 ‘다람쥐에게 준 도토리’는 몇 개인지 알아보시다.’는 Radford(2012)의 의미로 동적 의미가 명사구에 포함되는 명사화된 표현이지만, □에 해당하는 ‘데려온 토끼의 수’나 ‘다람쥐에게 준 도토리’의 수처럼 더 압축된 형태로 명사화함으로써 문제 상황에 대한 식을 세우는 것을 용이하게 한다. 이에 교과서 활동의 하위 발문으로 ‘데려온 토끼의 수를 □를 사용하여 덧셈식으로 나타내어 보세요’와 같이 구체적이고 명시적인 비계를 제공하였고, 이때 명사화의 활용은 식을 세우기 위한 대상화를 돕기 위한 것이다.



[그림 1] □가 있는 식 세우기(교육부, 2020b, pp.80~81)

이 문제는 명사화의 실현 정도에 따라 다음과 같은 세 가지 유형으로 표현될 수 있고, 본 연구에서 각각

유형 1, 유형 1.5, 유형 2로 명명하여 사용할 것이다.

- 유형 1: 토끼를 몇 마리 데려왔을까요?
- 유형 1.5: 데려온 토끼는 몇 마리일까요?
- 유형 2: 데려온 토끼의 수는 얼마일까요?

3. 선행 연구 분석

과학 텍스트는 실제 현실의 현상을 개체화할 것이 요구된다는 점에서(이관희, 장혜원, 2021) 문장의 구조와 관련된 많은 연구가 과학 교과와 관련지어 이루어져 왔다(예: 맹승호, 이관희, 2022; 소지영, 주세형, 2017, 2021; Mueller, 2015 등). 또한 과학과는 수학과에 비해 교과서의 많은 내용이 실험이나 원리에 대한 설명으로 구성되기 때문에 명사화의 관점에서 텍스트를 분석하기에 적절한 교과라고 할 수 있다. 그러나 문장제 해결시 일상어로 표현된 문장을 수식과 같은 수학적 표현으로 변환하는 과정에서 수학적 대상화가 요구되는 수학과 역시 명사화의 관점에서 조망하는 것이 의미 있다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 접근한 연구로 이관희, 장혜원(2021), 전수경, 조정수(2015), 조진수(2018), Daroczy et al.(2020), Scheller et al.(2020)을 들 수 있다.

Scheller et al.(2020)은 수학 교사의 수학적 모델링 연수 과정에서 나타나는 언어를 개념적 유용성, 어휘, 명사화 및 텍스트 배열 등의 측면에서 분석하였다. 명사화는 문장의 구조와 관련되어 과정의 수와 복잡성의 수준을 증가시켰다. 분석 결과, 교사들이 사용한 명사화는 모두 동사에서 유래하였으며 제한적으로 사용되었다. 명사화는 교과 전문 용어를 만들고 정보를 통합 및 체계화하는 것 외에도 여러 개의 과정 또는 현상을 연관시킬 수 있으나, 이러한 언어적 자원에 숙달되지 않을 경우 오히려 지식의 구축과 효과적인 의사소통에 어려움을 야기할 수 있다고 하였다.

Daroczy et al.(2020)은 문장제의 수행 과정에서 언어적 요인과 산술적 요인을 탐색하였다. 그중 하나인 명사화는 문제해결에 필요한 산술적 복잡성을 유지하면서 언어의 복잡성을 증가시키기 때문에 문장제 해결 과정에 영향을 미칠 것이라고 기대되었다. 분석 결과, 산술적 측면인 받아올림과 연산, 언어적 측면인 명사화는 모두 반응 시간에 주요한 영향을 미쳤다. 이를

통하여 언어적 요인과 산술적 요인이 문장제의 난이도에 상호작용하며, 명사화와 같은 언어적 측면은 초기 문제 이해 단계에 영향을 미치는 반면, 받아올림과 같은 산술적 측면은 계산 및 실행 단계에 영향을 미친다고 하였다.

국내 연구 중 전수경, 조정수(2015)는 수학 교과서의 설명 텍스트와 수학 수업의 설명 담화를 체계기능 언어학을 이용하여 담화 의미 층위와 어휘 문법 층위로 나누어 분석하였다. 분석 결과, 교과서의 설명 텍스트에서 명사화를 통한 수학적 대상화가 실현된 양상이 포착되었다. 교과서 텍스트에서 사용된 명사화는 담화 의미 층위에서 수학적 대상화를 형성하는 어휘 문법 자원의 역할을 할 수 있다. 즉, 동사적 표현을 후속 문장에서 명사화된 표현으로 압축하여 지시함으로써 학습자의 수학적 대상화를 도울 수 있다.

조진수(2018)는 문법적 은유의 관점에서 수학 문장제의 텍스트 이해 과정을 살펴보았다. 문법적 은유의 사용 여부와 변환 방식을 기준으로 하여 수학 문장제 텍스트의 이해 과정을 유형화하였으며, 문법적 은유가 사용된 문장제 텍스트는 현상을 개체 간의 관계로 표현하고 있어 텍스트를 수식으로 전환하기 용이하다고 하였다. 이를 바탕으로 문법적 은유를 사용하여 특정 현상을 명사적 표현으로 변환하는 것은 단순히 언어 형식의 변화에 국한된 문제가 아니라 텍스트의 수학적 이해를 매개하는 사유 방식과 관련된 중요한 문제임을 강조하였다.

이관희, 장혜원(2021)은 명사화를 활용한 표현이 학습자의 수학적 사고를 유도하는 과정에서 일종의 비계를 제공할 수 있다는 점에 주목하였다. 초등학교 6학년 ‘비와 비율’ 단원에 제시된 문장제를 명사화의 실현 여부와 명사화의 문법적 실현 방식(절, 구, 어휘)을 기준으로 각각 세 가지 유형으로 분석한 결과, 명사화의 각 유형 간 계열성이 확보되지 못함을 확인하였다. 이를 바탕으로 초등 수학 교과서에서 문장제의 긴밀한 계열성을 확보하는 것의 중요성과 그 방안에 대해 논의하였다.

여러 선행연구를 통하여 문장제의 언어적 요인이 학습자의 문제해결 과정에 영향을 미칠 것이며 명사화를 이용한 표현이 학습자의 수학적 대상화를 용이하게 할 수 있으리라 예상할 수 있다. 따라서 초등학교 수학 교과서의 문장제를 명사화의 관점에서 분석하는 것

은 학생들의 문장제 해결을 위한 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

III. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구의 분석 대상은 2015 개정 교육과정에 따른 초등 수학 교과서의 수와 연산 영역에서 상황과 질문이 문장으로 구성된 문제로서, 식을 세운 다음 연산을 통해 수량을 구할 것이 기대되는 문장제이다.

본 연구에서는 명사화의 실현 정도에 차이가 있어 그것이 학생들의 문제해결 역량과 어떻게 관련되는지에 대한 논의를 위한 토대를 마련하고자 한다. 그러므로 학생들에게 제공되는 문장제가 가장 빈번한 영역이고 기본 연산에 따라 제공되는 문장제의 다양성도 확보할 수 있다는 점에서 자연수, 분수 및 소수의 사칙연산과 관련된 단원을 선택하였다. 수와 연산 영역의 문장제가 수학적 모델링 과제의 조건인 실생활 맥락을 이용한다는 점은 이와 같은 선택의 타당성을 더욱 높여준다. 본 연구에서 분석한 학년 및 학기, 단원은 [표 3]과 같다.

분석 대상은 초등 수학 교과서의 해당 단원 내 문장제 중 독립적 문제로 존재 가능한 발문으로 국한시켜 명료화하였다. 교수·학습 상황에서 전개되는 활동의 하위 문장제 중 중복되는 문제나 비계 설정을 위한 단순한 보조발문은 포함되지 않는다. 또한, 연산을 요구하지 않고 수를 세거나 길이를 재어 답을 구하는 문제, 모형으로 나타내거나 특정한 식 또는 특정한 수의 형태로 나타내는 것을 목적으로 하는 문제, 학습자에게 특정 활동을 지시하는 문제 등은 분석 대상에서 제외하였다.

외하였다.

이와 같은 기준에서 분석 대상으로 선정한 학년별 문장제의 개수는 [표 4]와 같다.

[표 4] 학년별 분석 대상 문장제의 개수

학년	1	2	3	4	5	6
문장제 수	64	60	89	34	48	46

2. 분석 방법 및 분석틀

본 연구에서는 문장제 텍스트의 명사화 여부 및 정도에 따라 명사화 유형을 유형 1, 유형 1.5, 유형 2의 세 가지로 설정하였다. 유형 1과 유형 2는 조진수(2018)와 이관희, 장혜원(2021)의 연구를 기반으로 하여 명사화의 여부에 따른 것이며, 명사화의 실현 정도를 기준으로 유형 1.5를 추가하였다. 유형 1은 문법적 은유가 사용되지 않고 일상어로 표현된 문장으로, 문장의 술어로 일반 동사를 사용하는 경우를 말한다. 유형 2는 문법적 은유가 사용되어 수학적 기호로 변환되어야 하는 개체가 명사적으로 표현된 유형으로, 문장 내에서 ‘~의 양’, ‘~의 수’ 등의 명사화된 단어를 활용하는 형태로 나타나는 경우가 많았다. 본 연구에서는 유형 1과 2 사이에 유형 1.5가 추가된다는 점에서 선행연구의 유형 구분과 차별화된다. 유형 1.5는 유형 1과 유형 2의 중간으로 유형 1의 동적 표현이 명사구에 포함되는 형태로 나타나며, 동적 표현의 명사적 표현의 압축 정도에 있어 유형 2와 구별된다.

예를 들어, [표 5]는 1학년 2학기 2단원의 문제 ‘조콜릿은 몇 개 남을지(교육부, 2020a, p.53)’를 택하여 변환한 것이다. 이때, 명사화가 발생하지 않았으므로 유형 1로 분류되는 예시 문장을 각각 유형 1.5, 유형 2

[표 3] 본 연구의 분석 대상이 속한 학년-학기별 단원명

1학년	2학년	3학년	4학년	5학년	6학년
1-1-3 덧셈과 뺄셈	2-1-3 덧셈과 뺄셈 2-1-6 곱셈	3-1-1 덧셈과 뺄셈 3-1-3 나눗셈 3-1-4 곱셈	4-1-3 곱셈과 나눗셈	5-1-1 자연수의 혼합계산 5-1-5 분수의 덧셈과 뺄셈	6-1-1 분수의 나눗셈 6-1-3 소수의 나눗셈
1-2-2 덧셈과 뺄셈(1) 1-2-4 덧셈과 뺄셈(2) 1-2-6 덧셈과 뺄셈(3)	2-2-2 곱셈구구	3-2-1 곱셈 3-2-2 나눗셈	4-2-1 분수의 덧셈과 뺄셈 4-2-3 소수의 덧셈과 뺄셈	5-2-2 분수의 곱셈 5-2-4 소수의 곱셈	6-2-1 분수의 나눗셈 6-2-2 소수의 나눗셈

로 변형하면 각각 ‘남은 초콜릿은 몇 개인지 구하시오.’, ‘남은 초콜릿의 수를 구하시오.’이다. 유형 1의 ‘남는다’는 동적 표현을 유형 1.5의 ‘남은’이라는 명사를 수식하는 형태로 변환하여 ‘남은 초콜릿’이라는 명사구를 형성하는 형태로 문장을 변환시켰다. 이때 유형 1.5는 동적 표현이 명사구를 구성하는 요인으로 포섭되는 방식으로 명사화가 발생하여 유형 1 및 ‘~의 수’라는 형태로 구해야 할 것의 대상화가 완료된 유형 2와는 분명히 구별된다. 이와 같은 구별은 앞서 예시한 Radford(2012)의 발문 구성에서도 확인된다.

분석 대상의 선정 및 문장제의 명사화 유형 분류의 신뢰도 제고를 위해 연구자 2인의 교차 검토를 4회 진행하였다. 분석 대상으로 선정된 문장제를 [표 5]를 기준으로 분류하여 빈도를 확인하였다. II장에서 살펴본 바와 같이, 초등 수학의 수와 연산 영역의 문장제는 산술적 처리를 기대하므로, 구해야 할 것을 대상화하도록 의도된 문장제의 마지막 발문에 초점을 두고 분석하였다. 대부분의 문장제가 하나의 유형으로 분류되었지만, 하나의 발문에 두 개의 답이 요구되는데 서로 다른 유형을 취하는 경우 각각 중복하여 세었다. 예를 들어, 4학년 1학기 3단원에서 문장제 ‘책을 몇 묶음까지 만들 수 있고 남는 책은 몇 권인지 알아봅시다(교육부, 2020c, p.74).’의 경우 ‘책을 몇 묶음까지 만들 수 있고’는 유형 1, ‘남는 책은 몇 권인지 알아봅시다.’는 유형 1.5에 해당하므로 양쪽 각각의 경우로 중복처리하였다.

분석은 학년군별, 차시 활동과 단원 평가의 구분, 특화 차시별, 수식화에 대한 명시적인 요구 문장제의 네 가지 관점에서 이루어졌다. 첫째, 학년군별로 학생의 연령 및 발달 수준에 따라 문장제 이해 능력 및 그에 따른 교수학적 전략에 차이가 예상되므로 1~2학년군, 3~4학년군, 5~6학년군으로 나누어 학년군에 따른 문장제의 명사화 경향성을 알아보았다.

둘째, 차시 활동과 단원 평가의 구별은 교사의 도움 여부에 있어 차이가 있으므로 이것이 문장제 구성에도

영향을 미치는 요인일 것으로 기대되기 때문이다. 비계로서 명사화의 효과를 고려한다면 수업 중 교사의 안내에 따라 수업 활동으로 문제해결이 이루어질 것이 기대되는 차시 활동 문장제와 그 후 학생 스스로 해결할 것이 기대되는 단원 평가 문장제는 충분히 다른 양상을 띠 가능성이 있을 것으로 예상된다.

셋째, 생각/도전 수학 및 탐구 수학은 학생들의 깊이 있는 생각과 문제해결 역량을 의도한 차시이므로 문장제의 표현상 특성이 있을 것으로 기대되기 때문이다. 2015 개정 교육과정에 따른 수학 국정 교과서는 매 단원의 본 차시 학습 종료 후 학습자의 문제해결을 위한 차시를 제공한다. 본 연구에서는 이를 특화 차시라고 부를 것이며, 특화 차시는 해당 단원의 학습 요소를 적용하는 경험을 위주로 구성된다. 3, 4학년 교과서는 생각 수학과 탐구 수학, 5, 6학년 교과서는 도전 수학과 탐구 수학 차시가 이에 해당한다. 1, 2학년 교과서에도 놀이 수학과 탐구 수학이 특화 차시로 제공되지만, 문장 읽기를 어려워하는 학생의 인지적 특성상 문장제는 제시되지 않는다. 특화 차시는 해당 단원에서 학습한 내용을 바탕으로 학습자의 문제해결 역량을 향상시킬 기회를 제공하는 차시이다. 교과서의 구성에서 생각/도전 수학 차시는 차시 활동과 단원 평가 차시 사이에, 탐구 수학은 단원 평가에 이어 해당 단원의 마지막 차시에 위치한다. 탐구 수학은 평가에서도 배제될 만큼 좀 더 심도 있는 역량 중심의 사고 과제를 다룰 것을 의도한 것이다. 실제로, 교육부(2020h, 2020i)는 각 차시의 특성에 대해 생각/도전 수학은 ‘단원에서 배운 지식을 적용하여 학생의 문제해결 능력을 키우는 차시’로, 탐구 수학은 ‘단원의 주제와 관련된 탐구 활동을 제시하여 학생이 학습한 내용을 다양하고 깊이 있게 생각해 보도록 구성하였다.’고 설명한다. 이관희, 장혜원(2021)에서 주장된 바와 같이 특화 차시에서 의도하는 활동 목표를 감안한다면, 유형 1을 전면적으로 도입함으로써 모델링을 요구하는 문장 속에서

[표 5] 초등 수학 문장제에서 명사화의 실현 정도

유형	명사화의 실현 정도	예시
1	문법적 은유가 사용되지 않고 일상어로 표현됨.	초콜릿은 몇 개 남을지 구하시오.
1.5	문법적 은유가 부분적으로 사용되어 동적 표현이 명사를 수식하는 형태로 명사구를 이룸.	남은 초콜릿은 몇 개인지 구하시오.
2	문법적 은유가 사용되어 구해야 할 대상이 명사적으로 표현됨.	남은 초콜릿의 수를 구하시오.

대상화해야 하는 개체를 파악하는 능력을 신장시킬 필요가 있다.

넷째, 문장제에서 문제해결을 위한 수식화를 명시적으로 요구하는 문제를 구별해봄으로써 이러한 조건이 포함되는 경우 특정한 명사화의 경향성이 나타나는지 살펴보고자 한다. 발문에서 수식화가 반드시 필요한 ‘하나의 식으로’ 또는 ‘덧셈식’이나 ‘뺄셈식’ 등으로 식을 세울 것을 요구함으로써 수식화가 필수인 문장제는 구해야 할 것을 대상화하는 사고 과정이 보다 명료하게 이루어질 것이 기대되기 때문이다.

이와 같은 분석을 통하여 학년군별 또는 차시별 특성에 따른 명사화의 실현 정도에 차이가 있는지 그렇다면 어떤 형태로 나타나는지 파악할 것이 기대된다.

IV. 연구 결과 및 논의

1. 학년군별 명사화 유형 분석

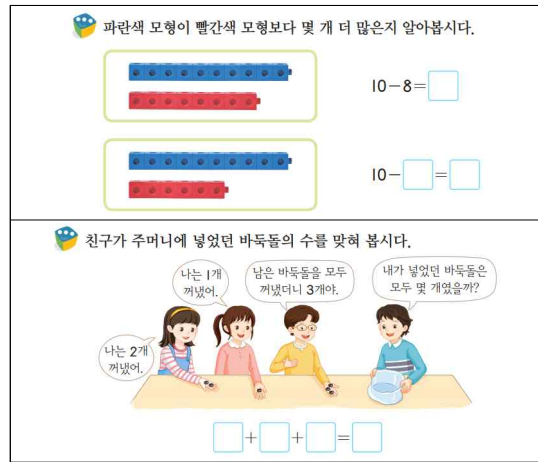
수와 연산 영역의 교과서 문장제를 학년군별로 명사화 유형을 분석한 결과는 [표 6]과 같다. 백분율은 반올림하여 소수 둘째 자리까지 나타내었다.

분석 결과, 1~2학년군에서는 유형 1.5가 65개(52.42%)로 가장 높은 비율을 차지하였으며 유형 1이 35개(28.23%), 유형 2가 24개(19.35%)로 나타났다. 3~4학년군에서는 유형 1이 68개(55.28%), 유형 1.5가 37개(30.08%), 유형 2가 18개(14.63%)의 순이다. 5~6학년군에서는 유형 2가 54개(57.45%)로 가장 많고 유형 1.5가 26개(27.66%), 유형 1이 14개(14.89%)이다. 전체적으로 살펴보면 유형 1.5가 128개(37.54%), 유형 1이 117개(34.31%), 유형 2가 96개(28.15%)의 순이다.

학년군별로 가장 빈도가 높은 유형은 1~2학년군의 유형 1.5, 3~4학년군의 유형 1, 5~6학년군의 유형 2로, 각각 과반수 이상에 해당한다. 5~6학년군과 비교하여 상대적으로 1~2학년군, 3~4학년군에서 명사화의 활용 빈도 및 정도가 낮게 나타났다. 또한 1~2학

년군과 3~4학년군 양쪽의 유형 1과 1.5의 비율은 정반대였으며, 문장 이해가 쉬운 일상적 표현의 이점을 고려하면 1~2학년군에서 유형 1이 더 큰 비중일 것이라는 예상과 달리 오히려 3~4학년군에서 유형 1의 비율이 높게 나타났다.

이러한 분석 결과는 각각 개별 문제의 특성이 전체적인 경향을 형성한 것으로, 특정 단위이나 학년이 영향을 미친 것은 아니었다. 동일 학년이나 동일 단원의 문장제라도 각 문장에 따라 명사화 유형이 다르게 나타남을 확인할 수 있기 때문이다. 예를 들어 [그림 2]의 두 문장제는 1학년 2학기 4단원에서 추출한 것이다. 동일 학년, 동일 단원에서 제시된 두 문장제 모두 한 문장으로 구성되어 있고 문장의 길이 또한 각각 24자, 21자로 비슷하며 차시 활동 순서도 세 번째로 동일하다. 그러나 위 문장제 ‘파란색 모형이 빨간색 모형보다 몇 개 더 많은지’는 명사화 없이 자연스러운 일상어 표현인 반면, 아래 문장제에서 ‘친구가 주머니에 넣었던 바둑돌의 수’는 유형 2의 형태를 띠고 있다. ‘친구가 주머니에 넣었던 바둑돌이 몇 개인지 알아보시다.’



[그림 2] 1학년 2학기 4단원의 차시 활동 문장제(교육부, 2020a, p.75 & p.85)

[표 6] 학년군별 명사화 유형 분석 결과: 개(%)

	1~2학년군	3~4학년군	5~6학년군	계
유형 1	35(28.23)	68(55.28)	14(14.89)	117(34.31)
유형 1.5	65(52.42)	37(30.08)	26(27.66)	128(37.54)
유형 2	24(19.35)	18(14.63)	54(57.45)	96(28.15)

의 유형 1.5나 ‘친구가 주머니에 바둑돌을 몇 개 넣었습니까?’의 유형 1과 같은 표현 역시 가능하지만, 집필진이 유형 2를 선택하여 표현했다는 점을 주목할 필요가 있다.

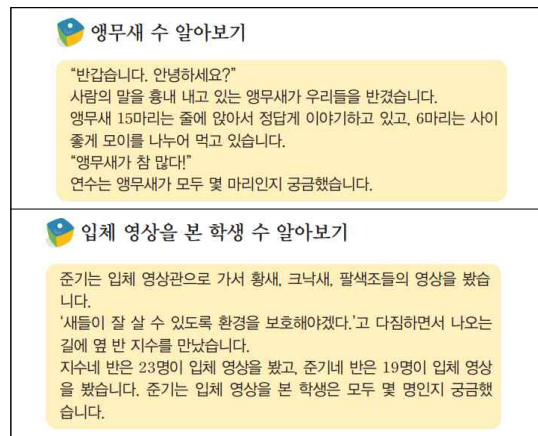
한편, 5~6학년군에서는 1~2학년군, 3~4학년군과 달리 유형 2의 형태로 나타나는 문장제의 비율이 과반수로 높게 나타났다. 이는 Mueller(2015)의 과학 교과서 문장의 명사화 사용 빈도 조사에서 저학년군에 비해 고학년군의 비중이 훨씬 높았던 것과 일치한다. 구체적으로, 5~6학년군에는 유형 2의 형태가 유사한 구조로 반복되는 문장이 나타났으며, 명사화된 표현으로 ‘~의 양’, ‘~의 수’ 등을 사용하는 경우가 많았다. 다른 학년군에 비해 고학년에서 유형 2의 비율이 높게 나타난 것은 학년이 높아질수록 학습자의 문장 이해 능력이 향상되며 그로 인하여 문장제의 구조가 복잡해지는 것 과도 관련이 있다. 다시 말해, 나이 어린 저학년 학생들에게 일상어의 친숙함이 문제 이해를 돕는 반면, 문장 구조의 복잡성은 문장의 이해를 어렵게 할 수 있다 (강윤지, 백석윤, 2020). 그러므로 저학년 교과서의 문장이 명사화가 실현되지 않은 형태로 쓰인 경우가 많은 반면, 고학년 교과서의 문장에서는 명사화된 표현이 문장의 구조를 복잡하게 하여도 학습자가 이러한 형태의 문장을 이해할 수 있을 것으로 예상된다. 교과서 집필시 문장제를 서술하는 과정에서 명사화에 대한 특정 관점을 보이지 않았음에도 불구하고 이러한 경향이 나타난 것을 주목할 필요가 있다.

예를 들어, 6학년 2학기 1단원(교육부, 2020f, p. 14)의 문장제 ‘갯벌 체험에서 연수는 조개 $\frac{3}{4}kg$ 을, 슬기는 조개 $\frac{3}{8}kg$ 을 갖습니다. 연수가 갯 조개 양은 슬기가 갯 조개 양의 몇 배인지 알아보시다.’는 ‘연수는 슬기의 몇 배를 갖습니까?’와 같은 유형 1의 일상적 표현에 비해 비교해야 할 두 양이 명시적으로 드러나는 유형 2의 문장이므로, 이때 학생들은 자신이 비교해야 하는 대상이 무엇인지 쉽게 파악할 수 있을 것이 기대된다. 따라서 교사는 일상적 표현인 유형 1의 문장을 다룰 때 학생들의 수학을 돕기 위하여 의도적으로 명사화가 실현된 문장으로 재서술함으로써 유용한 교수학적 전략으로 활용할 수 있다. 이 문장제와 같은 단원에 제시된 유형 1의 문장제 ‘냉장고에 오렌지주스 2L가 있습니다. 오렌지주스를 하루에 $\frac{2}{5}L$ 씩 마신다면

며칠 동안 마실 수 있는지 구해보세요(p. 24).’를 유형 2에 해당하는 ‘마실 수 있는 날 수’로 변환하여 수학적 대상을 더 용이하게 돕는 것은 교사의 비계 제공 사례가 될 수 있다.

참조할 사항으로, 전체적으로 유형 2가 96개(28.15%)로 가장 적은 데 비해 교사용 지도서에서는 유형 2의 함축적인 표현이 빈번하게 나타난다. 예를 들어 초등학교 수학 지도서 2학년 1학기 3단원 ‘덧셈과 뺄셈’은 본 연구의 대상으로 선정된 차시 활동 문장제의 내용에 대응하는 활동 제목을 제시할 때, [그림 3]에 나타난 것처럼 유형 2의 표현을 이용하고 있다. 교과서의 1차시 활동인 ‘앵무새는 모두 몇 마리인지 알아보시다.’에 대해 교사용 지도서의 제목은 ‘앵무새 수 알아보기’로, 2차시의 ‘입체 영상을 본 학생은 모두 몇 명인지 알아보시다.’에 대해서는 ‘입체 영상을 본 학생 수 알아보기’로 표현되어 있다. ‘나이’로 표현하지 않고 ‘코끼리는 기린보다 몇 살 더 많은지 알아보기’의 유형 1을 택한 8차시를 제외하면 모든 차시의 활동 제목에 유형 2가 반복되어 있음을 볼 수 있다.

교사용 지도서는 학생들을 대상으로 쓰인 교과서와 달리 연령이 높고 복잡한 구조의 문장에 대한 이해 능력을 갖추고 있으며 학습 내용에 대한 전문적인 지식을 지닌 교사를 대상으로 한다. 또한, 지도서는 교과서에 삽입된 내용보다 더 많고 복잡한 내용을 한정된 지면 안에 실어야 하는 제약이 있으며 그로 인하여 압축적인 표현이 요구된다. 교사용 지도서에서 명사화가



[그림 3] 교사용 지도서 2학년 1학기 3단원의 차시 활동 안내(교육부, 2020g, p.192 & p.194)

실현된 유형 2의 표현은 각 활동의 제목을 단축하여 한정된 지면 안에 압축적으로 표현하려는 의도가 반영된 것으로 볼 수 있다.

명사화가 명시적으로 나타나는 유형 2와 비교하였을 때 유형 1과 유형 1.5의 차이는 상대적으로 크지 않으며 유형 1.5는 동적 표현이 명사구에 포함되는 방식의 교수학적 변환을 거친 것으로, 맥락 이해를 돕는 일상이 표현의 유형 1과 모델링의 수식화를 돕는 유형 2의 중간 형태로 설명할 수 있다. 그러나 앞서 Radford(2012)의 사례에서도 확인했듯이 양자에 대한 학생의 이해에 차이가 있을 것이 예상된다. 이러한 점을 고려하면 문장제 문장의 유형 1과 유형 1.5의 차이는 문장제를 구성하는 수학 내용 및 교과서 집필자의 선호가 영향을 미친다고 할 수 있다. 또한, 두 양의 비교가 요구되는 연산 상황이나 문제가 제시되는 방식 등 부수적인 요인에 따라 선호되는 유형이 있음을 주의할 필요가 있다. 또한, 언어 표현 층위에서 큰 어려움 없이 변환이 가능한 유형이 있고 그렇지 않은 유형이 있음(조진수, 2018)을 고려할 필요가 있다.

2. 차시 활동 문장제와 단원 평가 문장제 비교 분석

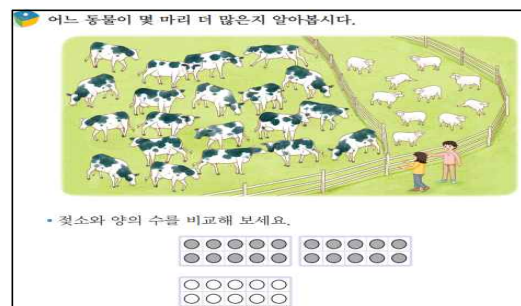
초등 수학 교과서에 제시된 문장제 중 특화 차시를 제외한 차시 활동 문장제와 단원 평가 문장제를 구분하여 분석한 결과는 [표 7]과 같다.

차시 활동 문장제에서는 유형 1.5가 99개(38.37%)로 가장 많았으며 유형 1이 90개(34.88%), 유형 2가 69개(26.74%)로 나타났다. 단원 평가 문장제 역시 유형 1.5가 24개(43.64%), 유형 1이 20개(36.36%), 유형 2가 11개(20%)의 동일한 순서를 보였다.

차시 활동 문장제는 학교 수업 중 교사의 설명을 들으며 안내에 따라 문제를 해결하며 교과서 내 보조 발문, 도식, 삽화, 표 등 문제해결을 돕는 비계가 비교적 여러 개 설정되어 있다. 그 결과, 학습자가 이해하기 어렵거나 복잡하게 구성된 문장이 제시되더라도 학

습자의 문제해결 과정 중 문장 이해로 인한 인지적 부담이 상대적으로 적다. 이처럼 수업 중 문제해결 활동 시에는 수식화를 도와줄 수 있는 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하기 때문에 학습자가 문제해결 과정에서 인지적 부담을 느끼더라도 필요에 따라 여러 가지 도움을 받으며 문제를 해결할 수 있다.

예를 들어 [그림 4]의 문제는 유형 1에 해당하는 ‘어느 동물이 몇 마리 더 많은지 알아보시다.’이다. 반면, 문제의 해결을 돕기 위한 하위 보조발문에서는 유형 2인 ‘젓소와 양의 수’를 포함하는 발문 ‘젓소와 양의 수를 비교해 보세요.’를 이용하여 대상을 명료히 하고 있으며 이와 유사한 문제 구성 패턴이 같은 단원에서 다수 발견된다. 예를 들어 ‘달걀이 모두 몇 개인지 알아보시다.’라는 문제를 해결하기 위해 ‘갈색 달걀의 수만큼’이 포함된 보조발문을, ‘비빔밥이 모두 몇 그릇인지 알아보시다.’에 이어 ‘체험 학습장 직원이 더 가져오는 비빔밥의 수만큼’이 포함된 발문을 제시한 것은 처음에 유형 1의 문장제로 문제 맥락을 쉽게 이해하도록 돕고 나서, 이어 대상의 수식화가 용이하도록 돕는 보조발문을 유형 2로 제시하는 방식의 활동 구성을 보여준다. 명사화를 고려하지 않은 관점에서 교과서가 쓰였음에도 불구하고 명사화의 활용 여부 및 유형이 다른 발문을 함께 배치함으로써 학습자의 문제해결에 적절한 비계 역할이 가능했음을 확인할 수 있다.*



[그림 4] 명사화 유형이 다른 원문제와 보조발문의 활용(교육부, 2020a, p.48)

[표 7] 차시 활동 문장제 및 단원 평가 문장제의 명사화 유형 비교 분석 결과

	차시 활동 문장제	단원 평가 문장제	계
유형 1	90(34.88)	20(36.36)	110(35.14)
유형 1.5	99(38.37)	24(43.64)	123(39.30)
유형 2	69(26.74)	11(20)	80(25.56)

반면, 단원 평가 차시의 경우 하위 보조발문이 함께 제시 가능한 차시 활동 문장제와 달리 문장제가 독립적으로 제시되는 경우가 대부분이며 학습자가 학습한 내용을 이해했는지 확인하기 위하여 학습자가 혼자 해결할 것이 기대된다. 따라서 단원 평가 차시의 문장제는 실현된 명사화의 유형에 관계 없이 학습자의 문제 해결을 돕고자 하는 공통의 의도를 지닐 것이다. 명사화된 유형의 문장 제시는 개체의 대상화를 도와 대상화가 필요한 정보에 대한 인식을 용이하게 하기 때문이다. 그러나 [표 7]의 분석 결과는 각 차시에서 유의미한 유형별 차이를 보이지 않고 전체적으로 유형 2의 비중이 낮은 것으로 확인된다. 이와 관련하여 두 가지 측면에서 논의해볼 수 있다. 우선 유형 2의 문장 표현이 갖는 양면성이다. 전술했듯이, 유형 2의 명사화 표현은 문장제에서 수학적 모델링을 위한 대상화를 용이하게 하는 반면, 일상적 표현이 아닐 뿐만 아니라 문장 구조의 복잡성 때문에 문장 이해를 어렵게 할 수도 있다. 학생 스스로 해결해야 할 단원 평가의 문장제 구성시 이 두 가지 측면 중 집필자의 선택이 요구되며, [표 7]은 차시 문장제뿐만 아니라 단원 평가에서도 문제 이해를 위한 일상적 표현의 선호를 보여준다.

다른 하나는, 산술적 문장제와 대수적 문장제의 차이에서 비롯되는 특정 유형의 적절성 문제이다. 방정식과 같은 대수적 문장제에서는 구해야 할 대상이 등식의 좌변에 위치하는 경우 그 대상은 이항과 같은 수학적 조작의 대상이 된다. 반면 산술적 문장제에서는 구해야 할 대상이 주로 연산의 결과로서 등식의 우변에 위치하는, 해결 과정 중에 수학적 활동의 대상이 아닌 결과의 위상을 갖는다. 물론 구해야 할 연산 결과도 명사화가 적용된 표현이 가능하고 실제로 교과서의 많은 문장제가 그러한 방법을 이용했지만 대수적 문장제와 비교하면 그 역할이 강력하지 못하다. 따라서 산술적 문장제는 대수적 문장제보다 유형 2에 대한

요구도가 낮다고 할 수 있다.

3. 특화 차시에 포함된 문장제의 명사화 유형 분석

현행 초등 수학 교과서의 특화차시 중 탐구 수학의 문제 10개, 생각 수학의 문제 11개, 도전 수학의 문제 7개가 본 연구의 목적에 알맞은 산술 처리를 기대하는 맥락 있는 문장제에 해당하며 명사화 유형에 따른 구분이 가능하였다. 특화 차시에 제공된 문장제는 차시의 문장제보다 복잡한 내용 요소를 지니며 더 깊은 사고를 요구할 것으로 기대되는 문장제이다. 특화 차시의 문장제를 명사화의 유형별로 비교 분석한 결과는 [표 8]과 같다.

탐구 수학의 문장제에서는 유형 1이 3개(30%), 유형 1.5가 1개(10%), 유형 2가 6개(60%)로 유형 2가 가장 많이 나타났다. 생각/도전 수학의 문장제에서는 유형 1이 4개(22.22%), 유형 1.5가 4개(22.22%), 유형 2가 10개(55.56%)로 나타났다. 전체적으로는 총 28문제 중 유형 2가 16문제(57.14%)로 과반수 이상이며 유형 1이 7문제(25%), 유형 1.5가 5문제(17.86%)이다. 이러한 결과는 전체 문장제를 대상으로 하는 경우([표 6]) 유형 1.5, 유형 1, 유형 2의 순서로 높은 비율을 나타내는 것과 대조적이다.

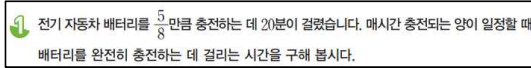
구체적으로, [그림 5]와 같이 6학년 2학기 1단원 도전 수학에 제시된 문제 ‘배터리를 완전히 충전하는 데 걸리는 시간을 구해 봅시다.’는 유형 2에 해당한다. 이 문장을 유형 1에 해당하는 ‘얼마나 걸릴까요?’ 또는 ‘얼마나 걸리는지 구해 봅시다.’로 변형한다면 문장에서 구해야 할 대상은 동일하지만, 문장제의 구조를 변화함으로써 대상을 파악하는 것이 어려워진 반면, 문장의 복잡성이 다소 완화되어 학습자가 문제의 맥락을 파악하기 용이하며 수학적 모델링을 위한 실생활에 더욱 가까운 맥락 제공이라는 점에서 의미 있다. 또 다

[표 8] 특화 차시 문장제의 유형별 분석 결과: 개(%)

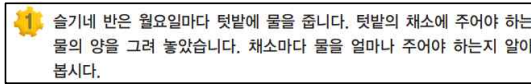
	탐구 수학 문장제	생각/도전 수학 문장제	계
유형 1	3(30)	4(22.22)	7(25)
유형 1.5	1(10)	4(22.22)	5(17.86)
유형 2	6(60)	10(55.56)	16(57.14)

* 해당 문장제의 보조발문은 본 연구의 분석 대상에는 포함되지 않지만, 비계 역할을 예시하기 위하여 제시하였음.

른 예로 [그림 6]과 같이 4학년 2학기 1단원 탐구 수학에 제시된 ‘채소마다 물을 얼마나 주어야 하는지 알아 봅시다.’는 유형 1에 해당하는 문장으로 명사화를 사용하지 않았다. 이 문장을 유형 2에 해당하는 ‘채소마다 주어야 하는 물의 양을 구해 봅시다.’ 또는 유형 1.5에 해당하는 ‘채소마다 주어야 하는 물은 얼마인지 구해 봅시다.’ 등으로 변환할 수 있다. 이처럼 명사화를 활용하는 경우 문장의 복잡성이 증가하지만, 학습자가 구해야 하는 대상이 더 가시적으로 드러나 대상의 수확화가 용이하다.



[그림 5] 6학년 2학기 1단원의 도전 수학 문장제(교육부, 2020f, p.22)



[그림 6] 4학년 2학기 1단원의 탐구 수학 문장제(교육부, 2020d, p.26)

명사화를 의도적으로 활용하여 학습자가 수학적 대상화의 개체를 더 쉽게 포착할 수 있도록 유도할 수 있다는 점을 고려하면 분석 결과와 같이 학습자에게 상대적으로 난이도가 높은 특화 차시의 문장제에 명사화를 전략적으로 활용하여 학습자의 인지적 부담을 줄여줄 가능성이 있다. 그러나 교과서의 특화 차시가 대부분 학습자가 해당 단원을 학습하면서 습득한 내용을 실생활에 적용하여 문제를 해결하도록 의도하고 있다는 점을 고려하면 이관희, 장혜원(2021)에서 주장한 것처럼, 학습자에게 명사화된 표현보다 오히려 동적 표현을 제시하는 것이 문제의 목적에 더욱 부합한다고 할 수 있다. 학습자가 일상적 표현으로 구성된 문제를 읽고 이해하여 나름의 방법으로 문제를 해결하는 과정에서 수학적 모델링의 단계를 의미 있게 경험하고 고차원의 수학적 사고를 함양할 수 있기 때문이다.

4. 수식화를 명시적으로 요구하는 문장제 분석

교과서에 제시된 문장제 중 수식화를 명시적으로

요구하는 문장제를 명사화 유형별로 분석한 결과는 [표 9]와 같다.

[표 9] 수식화를 명시적으로 요구하는 문장제의 명사화 유형 분석 결과

	수식화 요구 문장제
유형 1	9(24.32)
유형 1.5	21(56.76)
유형 2	7(18.92)

전체 341개의 문장제 중 수식화를 명시적으로 요구하는 문장제는 37개로 나타났으며 이는 전체의 약 10.85%에 해당한다. 37개의 문장제 중 유형 1.5가 차지하는 비율이 21개(56.76%)로 가장 높았으며 유형 1이 9개(24.32%), 유형 2가 7개(18.92%)로 뒤를 이었다. 이는 전체 문장제의 순서([표 6])와 일치한다. 유형 1.5와 2의 수가 많다는 점에서 명사화의 경향을 파악할 수 있지만 전체 문장제에서의 순서와 일치한다는 사실은 수식화에 대한 요구가 문장 표현의 명사화 여부에 큰 영향을 미치지 못했음을 보여준다. 문장제에서 수식화를 명시적으로 요구하는 경우에도 유형 1.5의 명사화 표현을 다수 활용한 것이다.

수식화를 명시적으로 요구하는 문장제의 경우 대부분 ‘하나의 식으로 나타내어’, ‘식을 만들어’, ‘식을 써 보세요.’ 등의 구를 포함하여 문장을 구성하며, 문장 안에 동일한 구가 포함되어 있더라도 문장제 각각의 구조에 따라 해당하는 유형이 다르게 나타났다. 예를 들어 ‘남은 사과를 몇 개인지 하나의 식으로 나타내어 구해 봅시다(교육부, 2020e, p.15).’와 ‘연수가 점심에 먹은 간식의 열량은 몇 킬로칼로리인지 하나의 식으로 나타내어 구해 보세요(교육부, 2020e, p.23).’는 동일한 단원에 포함된 문장제로 둘 다 ‘하나의 식으로 나타내어’라는 동일한 구를 포함하여 수식화를 요구하고 있다. 그러나 전자는 유형 1.5에, 후자는 유형 2에 해당하여 명사화의 유형에 차이가 있다. 만약 학습자의 수확화를 돕기 위하여 전자의 유형 1.5의 문장을 유형 2 ‘남은 사과의 수는 얼마인지’ 등으로 변환하여 제시한다면 문제에서 요구하는 바를 더욱 명확하게 전달할 수 있다.

이처럼 명사화가 문장제의 수식화를 도울 수 있을 것이라는 점을 고려하면 수식화 조건을 명시적으로 요

구하는 문장제에 의도적으로 명사화가 실현된 표현을 활용하여 비계를 설정함으로써 학습자의 문제해결을 도울 수 있다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 수학 학습시 학생들의 어려움을 야기하는 문장제 해결과 관련하여, 언어학적 요소인 명사화의 관점에서 교과서 문장제를 분석하고 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다. 명사화는 수학적 대상화를 용이하게 하여 수확화의 전략 중 하나로 활용될 수 있으나, 명사화가 실현된 문장은 일상적 표현보다 익숙하지 않고 복잡한 구조로 구성되어 문제 이해를 어렵게 만들기도 한다. 이러한 갈등적 맥락에서 명사화를 고려하지 않고 집필된 초등 수학 교과서의 문장제를 명사화의 관점에서 분석한 결과에 근거하여 수학 교수·학습 및 교과서 집필을 위한 시사점을 다음과 같이 도출하였다.

첫째, 교과서 문장제의 문장을 구성하는 과정에서 학년군 또는 차시 목적에 따라 명사화 정도를 전략적으로 선택할 수 있다. 명사화는 문장 이해 및 수확화 활동과 관련하여 그 장단점이 비교적 뚜렷하다. 따라서 학습자의 언어적 수준이나 수확화를 위한 교수학적 의도에 따라 명사화의 유형을 신중하게 선택하고 정당화할 수 있어야 한다. 문장제를 명사화의 관점으로 분석한 결과 저학년 교과서와 비교하였을 때 고학년 교과서에서 유형 2에 해당하는 명사화 표현의 비율이 높았다. 이는 명사화로 사용된 문장의 구조가 더 복잡하여 문장 이해의 난이도가 상승한다는 점이 자연스럽게 반영된 것으로 보인다. 반면, 교사용 지도서에서 교과서의 명사화되지 않은 동일 문장제를 안내하면서 유형 2를 사용하여 명사화된 압축적인 표현을 사용한 것 또한 독자의 수준을 고려한 선택으로 보인다. 실제로 문법적 은유의 관점에서는 ‘일상어-명사화-수학적 기호’의 단계에 따라 명사화된 표현이 제공되면 수학적 기호로의 단계를 단축할 수 있기 때문에 일상어로 표현된 문장보다 수확화 과정이 쉽다. 한편, 문장제의 문장 구조에서 명사화가 사용되지 않는다면 실생활 맥락의 일상어 사용으로 인한 문장 이해가 용이한 반면 수확화를 위한 여러 단계를 거쳐야 하는 어려움이 있다.

즉 유형 1의 일상어 표현이 제공하는 문제 이해의 이점과 유형 2가 제공하는 대상화의 이점이 있으므로, 이러한 특징으로 인해 후자가 전자에 비해 진정한 수확화를 경험하는 데 한계가 있다는 문제를 고려해야 하는 것이다. 선행연구 및 본 연구의 분석 결과, 대체로 저학년에 비해 고학년에 유형 2의 명사화가 사용될 것이 제안된다. 수확화를 위해서는 우선 문제 자체에 대한 이해가 전제되어야 하므로 특히 저학년에게는 일상어 표현과 복잡하지 않은 문장 구조가 문제 이해를 도울 수 있기 때문이다. 다만 동일 학년일지라도 문장제에 포함된 연산 상황 및 맥락, 문제 제시 방법, 문제 의도에 따라 명사화의 실현 정도를 조정하는 것이 어렵거나 부자연스러운 경우가 있음에 주의하여야 할 것이다.

둘째, 교수·학습 상황 및 학습 대상에 따라 각 명사화의 유형을 유연하게 변환하여 사용할 수 있어야 한다. 분석 결과, 초등 수학 교과서에서 유형 1과 2에 비해 유형 1.5의 빈도가 가장 높음을 확인하였다. 동적 표현과 명사화 표현 간 타협의 관점에서 유형 1과 2의 중간인 유형 1.5가 나타나고 있으며, 수업을 이끌어야 하는 교사에게 이러한 경향성은 시사하는 바가 있다. 유형 2의 명사화가 나타난 경우 문장의 구조가 복잡하여 학습자가 문장을 이해하기 어렵다면, 학습자의 인지 수준을 고려하여 수업 중 해당 문장의 구조를 변형함으로써 더 유연한 문제해결을 유도할 수 있다. 예를 들어, 명사화가 사용된 기존 문장제가 학습자가 파악하기 어려운 복잡한 구조의 문장이라는 것을 고려한다면 교사가 명사화를 사용하지 않은 동일한 의미의 유형 1의 문장으로 바꿔주거나 보조발문을 제공하는 것만으로도 학습자의 문제 이해에 도움을 줄 수 있기 때문이다. 반대로 유형 1의 문장제에 유형 1.5나 유형 2의 비계를 제공하는 방식 또한 수확화를 돕기 위한 교사의 전략으로 활용할 수 있다. 특히 분석 결과에서 가장 높은 빈도를 보인 유형 1.5의 사용은 명사화의 실현 정도에 있어 유형 1과 유형 2의 타협점이 될 수 있다. 명사화의 관점에서 특정 문장제를 다른 유형으로 변환하는 경우 언어적 구조의 측면에서 차이가 있는 문장이지만, 동일한 수학적 활동을 요구하는 것이 가능하기 때문이다. 따라서 교수학습 상황 및 학습자의 수준에 따라 의도적으로 명사화된 표현을 사용하거나 명사화된 표현을 동적 표현으로 바꾸어 주는 교수

학적 전략을 이용하여 학습자의 문제 이해 과정을 돕고 수식화로 나아가는 과정을 안내할 수 있다.

셋째, 교과서의 특화 차시에서 적극적으로 유형 1에 해당하는 동적 표현을 활용할 것을 제안한다. 본 연구의 특화 차시 분석 결과에서 유형 2의 비중이 높은 것에 대해 논의의 여지가 있다. 특화 차시에서는 대부분 실생활 맥락의 문제를 다루고 있으며 차시 활동 문장제나 단원 평가의 문장제와 비교할 때보다 복잡한 수학 외적 맥락을 설정한다. 이러한 경우 학생들의 수학을 돕기 위하여 명사화가 요긴하게 활용될 수 있으나 실생활에 수학을 적용하여 학생들의 수학적 능력을 향상시키고 실생활 맥락에서 수학의 유용성을 깨닫게 하려는 해당 차시의 목적과는 부합하지 않는다. 이는 이관희, 장혜원(2021)에서도 주장된 바 있다. 더욱이 탐구 수학, 생각/도전 수학 등 교과서의 특화 차시의 문장제는 학습자가 해당 단원의 차시를 학습한 뒤 접하게 된다는 것을 고려하면 명사화가 나타나지 않은 일상적인 표현이 학습자에게 더 의미 있는 문제해결을 경험하게 해 줄 것이라는 기대도 가능하다. 다만 학습자의 문제해결 수준을 고려하여 앞서 언급한 다른 유형의 문장을 보조발문으로 활용하는 등의 전략이 함께 고려되어야 할 것이다.

넷째, 수식화를 명시적으로 요구하는 문장제에서 명사화된 표현을 의도적으로 사용할 수 있다. 본 연구의 분석 결과, 수식화를 요구하는 문장제에서 명사화의 유형 비율 순서는 전체 문장제에서와 동일하다는 점에서 수식화에 대한 요구가 문장제 구성에 영향을 미치지 못하였을 함의한다. 그러나 ‘덧셈식’, ‘뺄셈식’, ‘하나의 식’ 등 수식화 조건을 명시적으로 요구하는 문장제에서는 명사화의 적극적인 활용을 고려하는 것이 효과적인 경우가 다수 있다. 예를 들어, 저학년 활동임에도 불구하고 □가 있는 식 세우기 활동에서는 명사화 유형 2의 표현이 불가피하다. 실제로 [그림 1]과 같이 원 문제는 유형 1.5로 표현하여 저학년의 문장제의 텍스트 이해를 돕는 반면, 식 세우기를 위해 □로 대상화해야 할 개체를 파악할 수 있도록 보조발문에서 유형 2를 사용한 것은 이와 같은 교수학적 맥락을 이해하기 위한 바람직한 사례가 될 수 있다. 어떤 의미가 명시적 범주로 변환되면 그 내용이 의미 체계를 바탕으로 보다 명확하게 이해될 수 있기 때문이다(소지영, 2016). 따라서 수식화 요구가 있는 문장제의 경우 명사화가

문장제에서 요구하는 대상의 수학을 도울 수 있는 비계 역할을 할 수 있다는 점을 고려하여 문제를 구성하는 것은 중요한 전략이 될 것이다. 이처럼 학습자의 수식화를 돕기 위하여 명사화된 표현을 활용할 수 있으며 그러한 표현을 통하여 학습자가 해결해야 하는 문장제의 난이도를 조절하거나 학습자의 비계 설정을 단계별로 조정할 수 있고, 단순히 문장제의 복잡성을 조정하는 것을 넘어 보다 학습자의 인지 수준에 적합한 형태의 문장제를 설계할 수 있다.

수와 연산 영역에서 명사화는 문장제에 포함된 실생활 맥락이나 정보, 산술적인 과정의 복잡성 등 문제 해결 과정에 필수적인 요소에 대한 의미적인 변화 없이 구해야 할 것의 대상화를 용이하게 할 수 있다는 특성으로 인하여 초등 수학 문장제 해결 과정에서 다양한 활용이 기대된다. 명사화의 특성을 명확하게 인지하고 적극적으로 활용한다면 문장을 활용한 표현이 필수적인 문장제를 설계하는 과정에서 구체적이고 문제의 의도를 명확히 반영한 문제를 제시할 수 있을 것이다. 현재로서는 이러한 명사화를 활용한 문제해결 과정에 대한 실증적 연구가 미흡하여 추후 관련한 후속 연구가 요구된다.

참고 문헌

- 강윤지, 백석운(2020). 초등 수학 교과서의 수학 용어 정의 및 문장제에 사용된 표현의 문장 복잡성 비교 분석. 한국초등수학교육학회지, 24(2), 231-257.
- 강화나, 백석운(2009). 수학 문장제의 문장 구조에 따른 초등학생의 문제해결 반응 비교 분석. 수학교육학연구, 19(1), 63-80.
- 교육부(2020a). 수학 1-2. (주)비상.
- 교육부(2020b). 수학 2-1. (주)비상.
- 교육부(2020c). 수학 4-1. (주)비상.
- 교육부(2020d). 수학 4-2. (주)비상.
- 교육부(2020e). 수학 5-1. (주)비상.
- 교육부(2020f). 수학 6-2. (주)비상.
- 교육부(2020g). 수학 2-1 교사용 지도서. (주)비상.
- 교육부(2020h). 수학 4-1 교사용 지도서. (주)비상.
- 교육부(2020i). 수학 6-1 교사용 지도서. (주)비상.

- 국립국어원(2022). 우리말샘. <https://opendic.korean.go.kr/main>.
- 맹승호, 이관희(2022). 과학 학습 언어의 문법적 특성을 고려한 초등학교의 과학적 의사소통 능력 고찰. 초등과학교육, 41(1), 30-43.
- 소지영(2016). 명사화 의미 기능 교육 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 소지영, 주세형(2017). 과학 교과서의 '문법적 은유'를 중심으로 본 국어과의 도구 교과적 본질 탐색. 국어교육연구, 39, 119-158.
- 소지영, 주세형(2021). 중등 과학 교과서에서의 정의 문 기능 연구: 국어과 설명하기 성취기준의 언어적 교육 내용 탐색을 위하여. 국어교육, 172, 43-75.
- 이관희, 장혜원(2021). '명사화'에 기반한 초등학교 수학 교과서 문장제의 계열성 분석: '비와 비율' 단원을 대상으로. 수학교육학연구, 31(1), 17-34.
- 전수경, 조정수(2015). 고등학교 수학교과서의 설명텍스트와 교사 설명담화에 대한 체계기능언어학적 비교 분석: '이차함수와 이차방정식의 관계'를 중심으로. 수학교육학연구, 25(4), 525-547.
- 정려란(2018). 국어 문법적 은유에 대한 체계기능언어학적 접근. 한국어문교육, 26, 97-126.
- 조진수(2018). 문법적 은유를 활용한 수학 문장제 텍스트의 이해 과정 연구. 텍스트언어학, 45, 279-306.
- 주세형(2015). 주제발표 1: 융복합 시대 국어 문법교육학의 역할-내용 전문가와의 소통을 중심으로. 한국교육학회 학술발표논문집, 2015(1), 21-41.
- Carpenter, T. P., & Moser, J. M. (1984). The acquisition of addition and subtraction concepts in grades one through three. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15(3), 179-202.
- Daroczy, G., Meurers, D., Heller, J., Wolska, M., & Nürk, H. C. (2020). The interaction of linguistic and arithmetic factors affects adult performance on arithmetic word problems. *Cognitive Processing*, 21(1), 105-125.
- Egan, D. E., & Greeno, J. G. (1973). Acquiring cognitive structure by discovery and rule learning. *Journal of Educational Psychology*, 64(1), 85-97.
- Halliday, M. A. (1998). Language and knowledge: the 'Unpacking' of text. In D. Allison, L. Wee, B. Zhiming, & S. A. Abraham (Eds.), *Text in Education and Society* (pp. 157 - 178). World Scientific.
- Merriam-Webster (2022). Dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/word%20problem>
- Mueller, B. M. (2015). *Analysis of nominalization in elementary and middle school science textbooks* [Thesis of Master, Hamline University].
- O'Halloran, K. L. (2005). *Mathematical discourse - Language, symbolism and visual images*. Continuum.
- O'Halloran, K. L. (2010). The semantic hyperspace: accumulating mathematical knowledge across semiotic resources and modalities. In Christie, F. & Maton, K. (Eds). *Disciplinary: Functional linguistic and sociological perspectives* (pp. 217 - 236). Continuum.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton University Press.
- Radford, L. (2012). *Mathematics teaching and learning from a cultural semiotic perspective: The theory of objectification*. 권오남, 박정숙, 박지현, 박재희, 조경희, 조형미, 오국환, 광문영 공역 (2016). 사회기호학적 관점의 수학 교수 학습: 대상화 이론. 경문사.
- Scheller, M., de Lara Bonotto, D., de Freitas Madruga, Z. E., & Chamoso-Sánchez, J. M. (2020). The scientific language of mathematics teachers in teacher education activity. *Zetetike*, 28, 1-22.

Analysis of Word Problems in the Domain of ‘Numbers and Operations’ of Textbooks from the Perspective of ‘Nominalization’

Chang, Hyewon

Seoul National University of Education

E-mail : hwchang@snue.ac.kr

Kang, Yunji[†]

Seoul Hongyeon Elementary School

E-mail : angie0718@sen.go.kr

Nominalization is one of the grammatical metaphors, and it is the representation of verbal meaning through noun equivalent phrases. In mathematical word problems, texts using nominalization have both the advantage of clarifying the object to be noted in the mathematization stage, and the disadvantage of complicating sentence structure, making it difficult to understand the sentences and hindering the experience of the full steps in mathematical modelling. The purpose of this study is to analyze word problems in the textbooks from the perspective of nominalization, a linguistic element, and to derive implications in relation to students' difficulties during solving the word problems. To this end, the types of nominalization of 341 word problems from the content domain of ‘Numbers and Operations’ of elementary math textbooks according to the 2015 revised national curriculum were analyzed in four aspects: grade-band group, main class and unit assessment, specialized class, and mathematical expression required word problems. Based on the analysis results, didactical implications related to the linguistic expression of the mathematical word problems were derived.

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U20

* Key Words : word problems, grammatical metaphor, nominalization, numbers and operations

† Corresponding Author