

중학교 2학년 수학 교과서의 수학 과제 분석 - 스토리텔링 유형을 고려하여 -

김 동 중 (고려대학교)[†]
배 성 철 (고려대학교 대학원)
김 원 (고려대학교 대학원)
이 다 희 (고려대학교 대학원)
최 상 호 (고려대학교 대학원)

본 연구의 목적은 스토리텔링 수학 교과서 개발과 학교 현장에서 스토리텔링 교과서 활용의 방향성을 제시하기 위해, 2009 개정 교육과정에 따른 중학교 2학년 수학 교과서 5종을 연구 대상으로 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형을 분석하였다. 연구 결과, 첫째, 수학 과제의 인지적 노력 수준은 공통적으로 모든 교과 내용 영역에서 PNC(Procedures without Connections) 과제가 가장 많은 비중을 차지하였고, 수학적 내용 과제에서는 인지적 노력이 낮은 수준의 과제(Low-Level)가 많았고, 수학적 활동 과제에서는 인지적 노력이 높은 수준의 과제(High-Level)가 더 많았다. 둘째, 학생들에게 요구하는 답안 유형은 모든 영역에서 단답형이 가장 많았고, 수학적 내용 과제의 대부분은 단답형, 수학적 활동 과제는 단답형과 설명형이 많았다. 마지막으로 스토리텔링의 유형은 실생활 연계형이 가장 많은 비중을 차지하고 있었고, 수학적 활동 과제의 수가 수학적 내용 과제의 수보다 훨씬 적었다. 그러나 스토리텔링 유형이 반영된 과제에서는 수학적 활동 과제의 비율이 수학적 내용 과제의 비율보다 더 높았다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 향후 다른 학년의 스토리텔링 수학 교과서를 개발하고 학교 현장에 적용할 때, 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 대해서 균형성과 다양성을 고려해야 할 필요성을 제시할 수 있다.

I. 서론

TIMSS 2011에 따르면 우리나라 초·중등 학생들의 수학에 대한 성취도는 최상위권인 반면에, 학습에 대한 흥미는 가장 낮은 것으로 조사되고 있다(김성숙, 김수진, 박지현, 2013). 따라서 교육부는 학생들이 수학에 대한 긍정적인 태도를 함양하도록 '수학교육 선진화 방안'을 발표하였다(교육부, 2012a). 이에 학생들의 지식의 습득에 초점을 둔 수학 수업을 개선하고 학생들의 능동적 참여와 흥미를 높일 수 있는 방안으로써 2013년 3월부터 수학 교과서에 스토리텔링을 반영하도록 권고하였다. 스토리텔링은 학생들에게 유의미한 맥락을 바탕으로 수학 과제를 제시함으로써 학생들이 능동적으로 수학적 활동에 참여하고 과제에 몰입하여 수학적 사고의 발달 뿐 아니라 학습 동기를 향상시킬 수 있는 기회를 제공한다는 장점이 있기 때문이다.

이미 학교 현장에서는 스토리텔링을 반영하도록 권고한 수학 교과서를 사용하고 있지만 더욱 발전된 스토리

* 접수일(2015년 4월 21일), 심사(수정)일(1차: 2015년 6월 3일, 2차: 2015년 6월 20일), 게재확정일(2015년 6월 22일)

* ZDM 분류 : A13

* MSC2000 분류 : 97U20

* 주제어 : 스토리텔링, 수학 교과서, 수학적 활동 과제, 수학적 내용 과제

* 이 연구는 2015학년도 고려대학교 사범대학 특별연구비 지원을 받아 수행되었음

† 교신저자 : dongjoongkim@korea.ac.kr

텔링 교과서를 개발하기 위한 지속적인 연구가 이루어지고 있다. 이와 관련된 선행 연구들을 살펴보면 스토리텔링 교과서에 대한 이해 및 분석에 대한 연구(고상숙, 2013; 권오남 외, 2012; 김민경, 박은정, 허지연, 2012; 민미홍, 허난, 2013), 스토리텔링 모델 교과서의 개발 및 적용에 대한 연구(권오남 외, 2013a; 권오남 외, 2013b; 권오남 외, 2013c; 이재학 외, 2013)와 같이 개발된 스토리텔링 수학 교과서에 대한 교사와 학생의 인식적인 측면을 확인한 연구가 대부분이고, 수학 교수학습 과정과 결과에 영향을 미칠 수 있는 수학 과제에 중점을 두고 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 스토리텔링 교과서의 수학 과제를 중심으로, 현재 교과서가 스토리텔링 개발 원리를 적절성과 균형성 측면에서 반영하고 있는지 살펴볼 필요가 있다.

본 연구의 목적을 위하여, 수학 과제에 대한 분석은 수학 과제 유형에 따라 인지적 노력수준(Smith & Stein, 1998), 학생에게 요구하는 답안 유형, 스토리텔링 유형을 바탕으로 하였다. 먼저, 수학 과제 유형을 수학적 내용 과제와 수학적 활동 과제로 나누어 분석하였다. 수학적 내용 과제는 이전 연구에서 교과서 분석 대상이었던 과제들로 다양한 맥락보다는 학습한 수학적 개념을 단순 적용하는 측면이 강한 과제를 기반으로 하는데, 이를 테면 예제, 유제, 형성평가 문제 등을 들 수 있다. 이에 반해 수학적 활동 과제는 단순 적용보다는 맥락을 중시하고 수학적 활동적인 측면이 상대적으로 강조된 과제를 포함(Watson & Mason, 2007)시켰는데, 예를 들어 ‘이야기 열기’, ‘수학으로 보는 세상’, ‘창의 논술’ 등을 교과서에서 찾아볼 수 있었다(강옥기 외, 2014, 김원경 외, 2014, 류희찬 외, 2014, 우정호 외, 2014, 황선욱 외, 2014). 이러한 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형의 정당성은 스토리텔링 교과서 개발 준거의 틀(권오남 외, 2013c)과의 연결성을 통해서 찾아 볼 수 있다. 이를 살펴보면, 다양성의 원리는 수학교과서가 학생들의 다양한 수준을 고려하자는 원리로써 이는 인지적 노력 수준과 관련성이 있고, 과정 지향성의 원리는 단순히 답만을 요구하는 과제보다는 답을 구성하는 수학적 원리 탐구가 수반된 과제를 고려하자는 원리로써 이는 학생에게 요구하는 답안 유형과 관련성이 있다고 볼 수 있다. 맥락성의 원리는 수학적 개념과 다양한 맥락을 연결하여 수학적인 유의미성을 학생들에게 전달하자는 원리로써 스토리텔링 유형과 관련성이 있다고 볼 수 있다. 또한, 수학 과제 유형에 따라 이러한 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형이 얼마나 다양하고 균형 있게 분포되어있는지 살펴볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 2014년 학교 현장에 도입된 중학교 2학년 수학 교과서 5종을 선정하여 교과서를 구성하는 수학 과제에 대하여, 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형을 내용 영역별(수와 연산, 문자와 식, 함수, 확률과 통계, 기하)로 나누어 어떠한 특징을 보이는지 살펴보고자 한다. 이와 더불어, 각 영역간의 수학 과제를 비교 분석함으로써 향후 스토리텔링 교과서 개발에 시사점을 제시하고자 한다.

II. 문헌 검토 및 분석틀

수학 과제(Mathematical Tasks)는 ‘수학이 무엇인지, 그리고 수학을 하는 과정에서 함께 발생하는 것이 무엇인지에 대한 메시지를 전달(NCTM, 1991, p.24)’하기 때문에 학생들의 학습에 중심이 되고(Henningsen & Stein, 1997) 수학 교수·학습 과정에서 사용하는 기본적인 자료로서 수업 현장에 존재하는 다른 요인들과 함께 학생들의 학습 결과에 영향을 준다(김정호 외, 1998; Henningsen & Stein, 1997; Stein, Grover, & Henningsen, 1996). 구체적으로 수학 과제는 학생들이 학습 과정에서 인지적으로 높은 수준을 유지하고, 학생들의 사고과정에 집중하며, 수학적 추론을 할 수 있도록 하는데 중요한 요인이 되고, 교사가 교육과정을 실행하는 방법에도 영향을 끼친다(Stein & Kaufman, 2010). 이러한 중요성 때문에 수학 과제 분석에 관한 많은 연구들이 진행되었고, 이에 본 연구에서는 선행연구 검토를 통해 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형, 수학 과제 유형을 기준으로 수학 과제를 분석하였다. 각 교과서별로 교과서의 구성 형태가 다르고 수학 과제가 가지고 있는 특성들이 다양하기 때문에, 이러한 수학 과제를 분류할 때 일관성과 신뢰도를 확보하고자 다음과 같은 기준에 따라 분석을

적용하였다.

1. 인지적 노력 수준

인지적 노력 수준은 수학 과제를 결정하는 주요한 요소로서 학생들이 과제를 해결 할 때 필요한 사고 과정의 종류로 볼 수 있다. 따라서 연구자들은 과제를 인지적 노력 수준에 따라 크게 Low-Level 과제와 High-Level 과제로 분류하였다. 그리고 다시 Low-Level 과제는 Memorization[M] 과제, Procedures without Connections[PNC] 과제로 구분하였고, High-Level 과제는 Procedures with Connections[PWC] 과제, Doing mathematics[DM] 과제로 세분화 하였다(Smith & Stein, 1998; Stein, Smith, Henningsen & Silver, 2000, p.13-16).

첫째, Memorization[M] 과제는 인지적으로 가장 낮은 수준을 요구하는 과제로써 이미 학습한 정의나 공식을 기억하는 것이다. 특히, 과제를 해결하는 과정보다는 암기했던 지식에 의존하기 때문에 단시간에 과제 해결이 가능하다(Smith & Stein, 1998; Stein, Smith, Henningsen & Silver, 2000).

본 연구에서는 빈칸 채우기, 확인하기 등과 같이 단순하게 암기하는 과제, 절차가 존재하지 않고 배운 개념을 단순하게 바로 적용하여 답이 구해지는 과제를 포함시켰다. 예를 들어, M 과제는 [그림 II-1]과 같은 과제가 해당된다.

다음 안에 알맞은 것을 써넣어라.

(1) 여러 번 반복할 수 있는 실험이나 관찰에 의하여 나타나는 결과를 이라 하고, 이것이 일어날 수 있는 가짓수를 라고 한다.

(2) 사건 A와 사건 B가 동시에 일어나지 않을 때, 사건 A와 사건 B가 일어나는 경우의 수가 각각 m , n 이면 사건 A 또는 사건 B가 일어나는 경우의 수는 이다.

[그림 II-1] Memorization[M] 과제(강욱기 외, 2014, p. 202)

둘째, Procedures without Connections[PNC] 과제는 풀이 과정에서 특정 절차를 사용할 필요성이 있거나 그 절차를 활용한 이전 학습의 설명에 기초하지만 개념과 의미의 관련성은 없다. 특히, 정답을 산출하는데 중점을 두기 때문에 부연 설명이 필요 없거나 설명이 필요하더라도 과정에서 활용된 절차만 설명한다(Smith & Stein, 1998; Stein, Smith, Henningsen & Silver, 2000).

본 연구에서는 이 과제를 알고리즘을 사용하여 문제를 해결하는 경우로 분류하였고, ‘~을 풀어라’, ‘나타내어라’, ‘계산하여라’와 같이 절차가 존재하지는 않지만 바로 전 단계에서 배운 풀이를 따라하는 과제를 포함시켰다. 예를 들어, PNC 과제는 [그림 II-2]와 같은 과제가 해당된다.

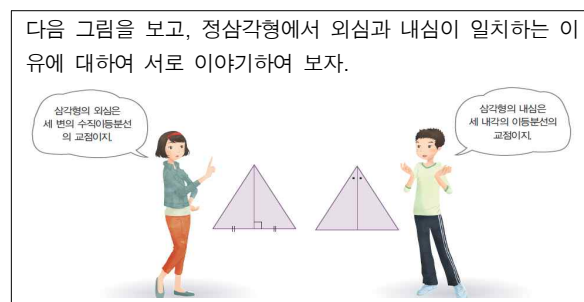
다음 연립방정식을 풀어라.

(1) $\begin{cases} 2x + y = 7 \\ x - 3y = -7 \end{cases}$ (2) $\begin{cases} 3x - 7y = -11 \\ -8x + 5y = 2 \end{cases}$

[그림 II-2] Procedures without Connections[PNC] 과제(황선욱 외, 2014, p. 76)

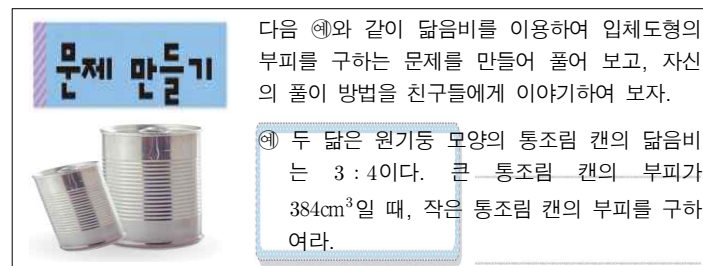
셋째, Procedures with Connections[PWC] 과제는 일정 수준 이상의 인지적 노력이 필요한 과제로 수학적 개념에 대한 깊이 있는 이해에 도움을 주기 위해 결과보다는 절차의 활용에 중점을 두게 된다. 이를 위해서는 수학적 개념과 해결 방법 사이에 연계성이 필요하기 때문에 학생들은 과정에 기초한 개념적 사고가 필요하다고 볼 수 있다(Smith & Stein, 1998; Stein, Smith, Henningsen & Silver, 2000).

본 연구에서는 ‘~설명하여라’, ‘~토론하여라’, ‘~활동하여라’, ‘서로 이야기하여 보자’와 같이 표현된 과제가 많이 포함되어 있고, 2009 개정 교육과정에서 강조하고 있는 수학적 과정(문제해결력, 의사소통, 추론 능력)과 관련된 과제들도 많이 포함되어 있으며, 여러 가지 표상간의 연결성 측면이 드러나는 과제가 포함된다. 예를 들어 [그림 II-3]과 같은 과제가 PWC 과제에 해당된다.



[그림 II-3] Procedures with Connections[PWC] 과제(우정호 외, 2014, p. 249)

넷째, Doing mathematics[DM] 과제는 인지적으로 가장 높은 수준을 요구하는 과제로, 익숙하지 않은 풀이방법을 포함하고 복잡하면서도 비알고리즘적인 사고를 요구한다. 학생 스스로 필요한 정보를 찾고 가설을 세우면서 문제를 해결해야 하기 때문에 높은 수준의 인지적 노력이 필요하다. 특히, 다양한 풀이 방법이 존재하여 깊이 있는 수학적 이해에 도움을 줄 수 있는 한편 과정과 결과를 예측하기 어렵기 때문에 불안감을 유발할 수도 있다(Smith & Stein, 1998; Stein, Smith, Henningsen & Silver, 2000).



[그림 II-4] Doing mathematics[DM] 과제(우정호 외, 2014, p. 317)

본 연구에서는 이 수준을 다양한 해결 전략과 풀이 방법이 가능하고, 수학 개념을 스스로 탐구할 수 있는 기회를 제공하는 과제로 분류하였다. 또한 자기 자신의 인지 과정을 점검해보고 조절하는 메타인지가 요구되는 과제가 많고, 문제를 스스로 만들어서 해결해보는 과제나 활동을 포함한다. 예를 들어, [그림 II-4]와 같은 과제가 DM 과제에 해당된다.

2. 학생들에게 요구하는 답안 유형

다음으로 수학 과제가 학생들에게 요구하는 답안 유형은 단답형, 설명, 정당화로 분류할 수 있는데 ‘단답형’은 답을 숫자 또는 간단한 수식으로만 요구하는 경우, ‘설명’은 학생들에게 과제의 답 또는 그 답을 구하는 과정을 묘사하도록 요구하는 경우, ‘정당화’는 학생들이 문제를 해결할 때 추구하는 접근 방식에 대한 타당성 또는 답에 대한 합리성을 정당화하도록 요구하는 것으로 볼 수 있다(Charalambous et al., 2010). 본 연구에서는 선행연구와의 연계성을 고려하여 답안 유형을 단답형, 설명, 정당화로 분류하였고, 각 유형에 대한 대표적인 예시는 [그림 II-5]와 같다. 과제의 형태가 선다형인 경우 대부분 단답형으로 분류하였다.

답안 유형	대표 예시
단답형	다음을 계산하여라(류희찬 외, 2014, p. 45). (1) $4a \times 7b$ (2) $3a \times 5a^3$
설명	어떤 식을 $\frac{2a}{b}$ 로 나누어야 할 것을 잘못하여 곱하였더니 $12a^4b^2$ 이 되었다. 이때 바르게 계산한 답을 구하여라(류희찬 외, 2014, p. 50).
정당화	오른쪽 각 식을 계산한 값은 항상 2가 된다. 이때 주어진 식에서 규칙을 찾고, 계산한 값이 항상 2가 되는 이유를 말하여라(류희찬 외, 2014, p. 60). <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $(3 \times 4) - (2 \times 5) = 2$ $(4 \times 5) - (3 \times 6) = 2$ $(5 \times 6) - (4 \times 7) = 2$ \vdots </div>

[그림 II-5] 답안 유형의 예시

3. 스토리텔링 유형

권오남 외(2013b)는 5가지 스토리텔링 유형을 제안하였다. 첫째, 역사 발생적 원리를 바탕으로 수학사를 통해 수학적 내용지식들이 발생하고 만들어지는 과정을 학생들에게 보여주는 수학적 탐구형, 둘째, 다양한 사회 경제적인 상황 속에서 수학적 모델링 활동을 통해 최적의 의사결정을 결정하는 의사결정형, 셋째, 우리의 일상생활의 상황과 문제들을 소재로 하여 수학적 개념과 원리를 탐구하고 수학적 지식을 만들어가는 맥락을 제공하는 실생활 연계형, 넷째, 수학과 자연과학, 공학, 인문학 등을 통합하여 학생들이 다양한 분야의 학문과 수학의 연계성을 인식하여 통합적인 사고를 할 수 있도록 도와주는 학문 융합형, 다섯째, 대수막대와 같은 교구, GSP와 Cabri 같은 소프트웨어, 계산기 등을 활용하여 추상적인 수학적 개념을 구체적인 조작과 시각화를 통해 학생들의 수학적 사고에 대한 유의미성을 확장시킬 수 있는 도구 활용형으로 분류하고 있다. 본 연구에서는 선행 연구를 바탕으로 스토리텔링 유형을 5가지로 분류하였고, 각 유형에 대한 대표적인 예는 [그림 II-6]과 같다.

스토리텔링 유형	대표 예시
수학사 탐구형	17세기 중엽 드 메레가 파스칼에게 문의한 득점 문제는 다음과 같다. (생략) 먼저 3번 이긴 사람이 정해질 때까지 게임을 계속한다고 하면 A가 상금을 기질 확률은 얼마일까? (류희찬 외, 2014, p. 232)
의사 결정형	(생략) 할인 매장에 다녀오려면 왕복 교통비가 1800원이 들 때, 음료수를 몇 캔 이상 살 경우 할인 매장에서 사는 것이 더 유리한가? (강욱기 외, 2014, p. 138)
실생활 연계형	A회사의 사골 라면과 B회사의 하얀 짬뽕 라면의 총 판매량이 같아지는 때는 몇 개월 후인지 구하고 그때의 총 판매량을 구하여라(김원경 외, 2014, p. 157).
학문 융합형	오른쪽 그림은 네덜란드의 화가 몬드리안(Mondrian, P. C. ; 1872~1944)의 작품 '구성 A'의 일부이다. (생략) 다음 물음에 답하여라. (1) 전체 직사각형의 가로와 세로의 길이를 각각 구하고, 이를 이용하여 전체 넓이를 식으로 나타내어라. (류희찬 외, 2014, p. 59)
도구 활용형	컴퓨터 프로그램을 이용하여 다음 연립방정식의 해를 각각 구하여라(류희찬 외, 2014, p. 195).

[그림 II-6] 스토리텔링 유형의 예시

4. 수학 과제 유형

수학 과제에 관한 선행연구들은 대부분 교과서에 포함된 예제, 문제 또는 형성 평가 문제들을 연구 대상으로 하였다. 그러나 본 연구의 목적은 스토리텔링 교과서에 포함된 수학 과제를 분석하는 것이므로 다른 수학 과제들과 비교하여 스토리텔링의 요소가 두드러진 읽기 및 활동을 포함한 수학 과제를 추가적으로 연구대상에 포함시켰다. 그리고 선행 연구와의 연계성 측면에서 수학 과제 유형을 <표 II-1>과 같이 2가지로 분류하였다.

<표 II-1> 수학 과제 유형

	수학 과제 유형
수학적 내용 과제	선수 학습 확인 문제, 예제, 문제, 형성 평가 문제, 종합 평가 문제 등
수학적 활동 과제	'소수의 탐험', '뿌리가 되는 수학', '이야기 열기', '수학으로 보는 세상', '창의 논술', '컴퓨터로 수학하기', '활동 과제' 등

수학적 내용 과제와 수학적 활동 과제 모두 학습자의 수학적 사고에 도움을 주는 과제들로 명확하게 서로 상반되는 유형으로 보기는 어렵다. 하지만 스토리텔링 교과서의 개발 방향에 대한 시사점 제공을 위한 연구의 목적을 위해 문항별로 내용과 활동 중에 상대적으로 가까운 것으로 분류하였다. 예를 들어, 수학 과제가 선수 학습 확인 문제, 예제, 문제, 형성 평가 및 종합 평가 문제 등과 같이 수학적 활동 보다는 내용적인 측면을 강조한 과제는 수학적 내용 과제로 포함시켰고, '소수의 탐험', '뿌리가 되는 수학', '이야기 열기', '수학으로 보는 세상' 등의 읽기 자료 또는 '창의 논술', '컴퓨터로 수학하기', '활동 과제'처럼 내용적인 측면보다 활동적인 측면을 강조하는 과제들은 수학적 활동 과제로 포함시켰다.

이러한 문헌검토와 분석틀을 바탕으로 본 연구에서는 올해 학교 현장에서 사용되고 있는 중학교 2학년 스토리텔링 수학교과서가 어떠한 특징이 있는지 분석하여 향후 스토리텔링 수학교과서 개발의 방향성을 제시하기 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

- 1) 중학교 2학년 스토리텔링 수학 교과서의 내용 영역별로 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형의

특징은 어떠한가?

- 2) 중학교 2학년 스토리텔링 수학 교과서의 수학 과제 유형(수학적 내용 과제, 수학적 활동 과제)에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형의 내용 영역간의 특징은 어떠한가?

III. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 2009 개정 교육과정에 따라 출판된 중학교 2학년 수학교과서 중에서, 현장에서 상대적으로 많은 학교들이 선정하여 사용하고 있는 4종의 교과서(강욱기 외, 2014; 김원경 외, 2014; 우정호 외, 2014; 황선욱 외, 2014)와 하나의 스토리를 소단원의 도입, 전개, 정리로 이어지는 흐름에 따라 연결성 있게 적용한 1종의 교과서(류희찬 외, 2014)를 선정하였다. 본 연구에서는 선정된 5종 교과서의 과제를 수학 영역별로 나누어 교과서 분석을 실시하였다. 5종 교과서에 포함된 모든 수학 과제를 내용 영역별로 분류 한 결과 각 영역별 과제의 수는 수와 연산이 228개, 문자와 식은 1331개, 함수 563개, 확률과 통계 437개, 기하 1018개로 나타났다. 이때 수학 과제의 수가 영역 별로 차이가 나는 이유는 교육과정 상 각 영역에 할당된 분량의 차이 때문이다.

2. 연구 절차

우선 본 연구에서는 국내외 문헌 검토를 통해 연구의 목적에 맞도록 분석틀 초안을 만들었다. 그리고 이 분석틀을 가지고 예비 연구를 실시하였다. 예비 연구에서는 수학교육 전문가 1인과 수학교육 전공 박사과정을 수료한 연구자 4인이 각 영역의 한 단원씩을 무작위로 뽑아 분석틀 초안을 바탕으로 분석하였다. 그 결과 분석틀 초안에 포함된 분석 요소와 기준, 그리고 분석 방법의 일부가 수정되었다.

수정된 분석틀을 적용하여 본 연구를 실시하였다. 본 연구에서는 구성방식이 각각 다른 5종의 교과서에 포함된 모든 수학 내용 영역에 대한 수학 과제들을 대상으로 분석을 실시하였다. 모든 영역별 수학 과제의 수준과 유형 분류에 대한 타당성을 보완하기 위하여, 1차적으로 5명의 연구자가 5종 교과서의 수학 내용 영역을 한 부분씩 전담하여 분석하였고, 2차적으로 한 연구자가 한 교과서를 전담하여 다시 분석하였다. 이렇게 연구자 상호 교차 분석을 실시하면서 각 영역 별, 각 교과서 별로 인지적 노력 수준이 같은 문항들을 추출하여 비교 대조하면서 분석 기준을 지속적으로 수정하고 세분화시켰다. 또한 2014년 4월부터 약 1년 동안 매주 정기적인 세미나를 통해 분석한 내용을 검토하고 수정하면서 연구의 신뢰도를 높이고자 하였다.



[그림 III-1] 연구 절차

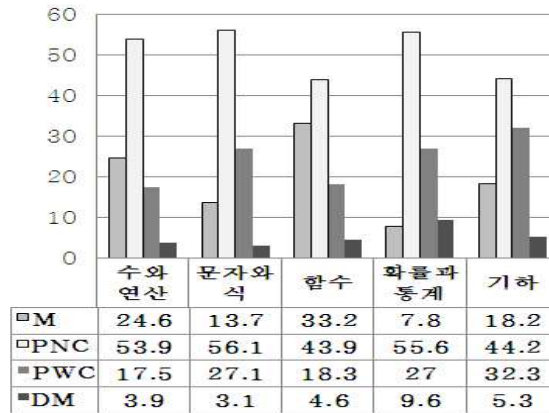
IV. 결과 분석 및 논의

1. 수학 과제에 대한 인지적 노력수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 따른 영역 간 특징

1) 인지적 노력수준에 따른 영역 간 특징

영역 간 수학 과제에 대한 인지적 노력수준은 [그림 III-2]와 같다. 크게 두 가지 경향으로 나누어볼 수 있는데, 수와 연산, 함수 영역이 전반적으로 서로 비슷한 경향을 보였으며, 또한 문자와 식, 확률과 통계, 기하 영역 간에도 서로 유사한 경향을 나타내었다.

각 인지적 노력 수준에 따른 영역 간 특징은 M 과제는 함수 영역이 33.2%로 가장 많고 확률과 통계 영역이 7.8%로 가장 적었고, 다른 유형의 과제들 보다 영역 간 편차가 컸다. PNC 과제는 모든 영역에서 40%~50% 정도의 높은 비율을 보였고, 문자와 식 영역이 56.1%로 가장 많았으며 함수 영역은 43.9%로 가장 적었다. PWC 과제는 기하 영역에서 32.3%로 가장 많았고, 수와 연산 영역에서 17.5%로 가장 적었다. DM 과제는 모든 영역에서 10% 미만의 낮은 비율이 나타났으며 그 중 확률과 통계 영역의 비율이 9.6%로 가장 높고, 다른 영역들의 과제에서는 약 5% 이하였다. 확률과 통계 영역은 '경우의 수', '확률의 성질과 계산'과 같은 내용을 포함하므로 단순 암기형 과제 또는 알고리즘을 통해 답을 구해야 하는 과제들 보다 실생활 맥락에서 활동을 통해 과제를 해결해야 하는 DM 과제의 비율이 높음을 알 수 있다.



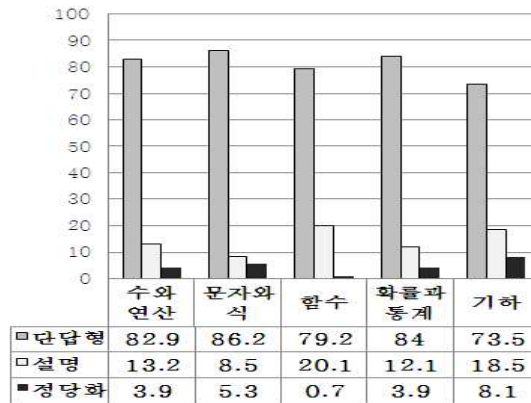
[그림 III-2] 영역 간 수학 과제에 대한 인지적 노력 수준

2) 답안 유형에 따른 영역 간 특징

영역 간 수학 과제에 대한 답안 유형은 [그림 III-3]과 같다. 대부분의 답안 유형이 단답형 유형으로 편중된 경향을 보였다.

각 답안 유형에 따른 영역 간 특징은 단답형 답안을 요구하는 수학 과제로 문자의 식이 86.2%로 가장 높은 비율을 나타내었다. 문자와 식 영역은 단항식과 다항식의 계산, 일차방정식, 연립방정식, 일차부등식, 연립부등식을 포함하므로 계산을 정확하게 하여 답을 구하는 것이 이 영역의 주된 목표이기 때문에 다른 영역보다 상대적으로 단답형이 많았다. 설명을 요구하는 수학 과제로 함수 영역이 20.1%로 가장 높은 비율을 나타내었고, 문자와 식이 8.5%로 가장 낮은 비율을 나타내었다. 정당화를 요구하는 수학 과제로 기하 영역이 8.1%로 가장 높은

비율을 나타내었고, 함수 영역이 0.7%로 가장 낮았다. 2009 개정 교육과정은 창의성에 바탕이 되는 추론 능력을 계발하기 위해, 기하 영역에서의 추론 활동을 강화하고자 정당화에 의한 기하 교육을 목표로 하였다(교육부, 2012b, p55-56). 따라서 기하 영역이 다른 영역보다 정당화를 요구하는 수학 과제가 많이 포함되었다고 볼 수 있다. 함수 영역은 일차함수와 그래프, 일차함수와 일차방정식의 관계를 다루고 있다. 이 영역에서는 함수를 처음 도입할 때 함수를 실제 상황을 이해하는 도구로서 인식하는 데 초점을 두고 있으므로, 정당화를 요구하는 수학 과제가 상대적으로 낮은 비율을 나타낸다고 볼 수 있다.



[그림 III-3] 영역 간 수학 과제에 대한 답안 유형

3) 스토리텔링 유형에 따른 영역 간 특징

수학 과제에 대한 스토리텔링 유형의 비율은 [표 III-1]과 같다. 전체 수학 과제의 80.5%가 스토리텔링 유형이 아닌 것으로 나타났고, 스토리텔링 유형의 과제 중에서는 실생활 연계형이 가장 높은 비율을 보였다.

각 스토리텔링 유형에 따른 영역 간 특징은 스토리를 반영하지 않은 '스토리텔링 유형 없음'은 수와 연산 영역의 과제 중 84.6%가 이에 해당하였고, 확률과 통계 영역은 내용의 특성상 실생활 맥락을 도입한 과제가 상대적으로 많았기 때문에 '스토리텔링 유형 없음'의 비율이 가장 낮았다.

스토리텔링이 반영된 유형의 과제 중에서는 모든 영역에서 실생활 연계형이 가장 높은 비율을 나타내었다. 실생활 연계형 과제의 분포는 확률과 통계 영역이 55.1%로 가장 높은 비율을 나타냈으며 이 영역과 다른 영역 간의 편차가 크다. 의사 결정형 과제는 수와 연산, 함수, 확률과 통계 영역에서 가장 낮은 비율을 나타내었다. 의사 결정형 자료는 학생들이 실제 상황에서 수학적 모델링 활동을 통해 최적의 의사결정을 하도록 하기 때문에, 2009 개정 교육과정에서 강조하고 있는 '수학적 과정'의 요소인 문제해결, 추론, 의사소통이 모두 반영될 수 있는 유형이다. 그러나 본 연구 결과를 보면 이런 유형의 자료는 수와 연산, 함수 영역에서는 없었고 다른 영역에서도 매우 적었다. 도구 활용형 과제는 기하 영역이 다른 영역에 비해 2배 이상 많았고, 특히 도형의 성질을 이해하기 위해 GSP, Cabri, GeoGebra와 같은 공학 도구를 활용한 과제들이 많았다. 학문 융합형 과제는 함수와 확률과 통계 영역에서 약 3%의 비율을 보였고 다른 영역에서는 1% 정도의 낮은 비율을 보였다. 마지막으로 수학사 탐구형 과제는 모든 영역에서 1% 미만의 낮은 비율을 보였다.

<표 III-1> 영역 간 수학 과제에 대한 스토리텔링 유형

영역 유형	수와 연산	문자와 식	함수	확률과 통계	기하
수학사 탐구형	1 (0.4%)	4 (0.3%)	1 (0.2%)	4 (0.9%)	2 (0.2%)
실생활 연계형	26 (11.4%)	308 (23.1%)	88 (15.6%)	241 (55.1%)	140 (13.8%)
학문 융합형	3 (1.3%)	15 (1.1%)	16 (2.8%)	13 (3.0%)	6 (0.6%)
의사 결정형	0 (0%)	7 (0.5%)	0 (0%)	1 (0.2%)	7 (0.7%)
도구 활용형	5 (2.2%)	4 (0.3%)	13 (2.3%)	4 (0.9%)	49 (4.8%)
스토리텔링 유형 없음	193 (84.6%)	993 (74.6%)	445 (79.0%)	437 (39.8%)	814 (80.0%)
총계	228 (100%)	1331 (100%)	563 (100%)	437 (100%)	1018 (100%)

2. 내용 영역 별 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형의 특징 분석

1) 수와 연산

수와 연산 영역에 포함된 수학 과제 228개에 대하여 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 대한 결과는 <표 III-2>와 같다. 이에 따른 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 III-2> 수와 연산 영역의 수학 과제 분석표

			수학 과제 유형		총계
			수학적 내용 과제	수학적 활동 과제	
인지적 노력 수준	Low- Level	M	53 (23.2%)	3 (1.3%)	56 (24.6%)
		PNC	104 (45.6%)	19 (8.3%)	123 (53.9%)
	High- Level	PWC	25 (11.0%)	15 (6.6%)	40 (17.5%)
		DM	1 (0.4%)	8 (3.5%)	9 (3.9%)
	총계		183 (80.3%)	45 (19.7%)	228 (100%)
답안 유형	단답형		171 (75.0%)	18 (7.9%)	189 (82.9%)
	설명		10 (4.4%)	20 (8.8%)	30 (13.2%)
	정당화		2 (0.9%)	7 (3.1%)	9 (3.9%)
총계		183 (80.3%)	45 (19.7%)	228 (100%)	
스토리텔링 유형	수학사 탐구형		0 (0%)	1 (0.4%)	1 (0.4%)
	실생활 연계형		8 (3.5%)	18 (7.9%)	26 (11.4%)
	학문 융합형		0 (0%)	3 (1.3%)	3 (1.3%)
	의사 결정형		0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	도구 활용형		1 (0.4%)	4 (1.8%)	5 (2.2%)
	스토리텔링 유형 없음		174 (76.3%)	19 (8.3%)	193 (84.6%)
총계		183 (80.3%)	45 (19.7%)	228 (100%)	

첫째, 인지적 노력 수준을 살펴보면, 전체 수학 과제 228개 중에서 약 80%가 Low-Level(M, PNC)의 과제였다. 특히, 수학적 내용 과제의 45.6%는 PNC 과제였으며 이를 통해 과제 해결 과정에서 상당한 인지적 노력을 요구하거나 다양한 문제해결 과정을 경험하는 과제들이 상대적으로 부족하다는 점을 확인해 볼 수 있었다. 위

결과는 고등학교 교과서의 수학 과제를 분석한 김미희와 김구연(2013)의 연구와도 유사함을 보였다. 또 다른 특징으로 M, PNC, PWC 과제는 수학적 내용 과제 위치에 더 많은 반면에, DM 과제는 수학적 활동 과제에서 더 많은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

둘째, 답안 유형을 살펴보면, 단답형이 약 83%로 가장 많았고, 설명 13%, 정당화 4% 순으로 나타났다. 이는 수와 연산에 대한 수학 과제가 교과서에서 배운 내용을 바탕으로 절차적 과정에 따라 답을 찾아내는 과제들이 많음을 보여준다. 또한 수학 과제 유형 간 차이를 보면, 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다도 단답형 과제가 더 많은 비중을 차지하고 있었다. 반면, 설명, 정당화는 수학적 활동 과제에서 더 많은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 스토리텔링 유형을 살펴보면, 전체 228개의 과제 중에서 35개가 스토리텔링 유형을 지닌 과제로 나타났다. 이는 전체 과제의 약 15%에 해당한다. 그 중, 실생활 연계형이 11.4%로 가장 많았고, 도구 활용형이 2.2%, 학문 융합형은 1.3%, 수학사 탐구형이 0.4% 순으로 나타났으며, 의사 결정형 유형은 없었다. 특히, 실생활 유형에 이어 도구 활용형 비중이 높았는데, 이는 교육과정에서 계산기를 비롯한 테크놀로지 도입을 강조하면서 나타난 결과로 보인다. 수학 과제 유형 간의 특징으로, 수학적 활동 과제가 모든 스토리텔링 유형에서 수학적 내용 과제보다 더 많은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

2) 문자와 식

문자와 식 영역에 포함된 수학 과제 1331개에 대하여 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 대한 결과는 <표 III-3>과 같다. 이에 따른 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 III-3> 문자와 식 영역의 수학 과제 분석표

			수학 과제 유형		총계
			수학적 내용 과제	수학적 활동 과제	
인지적 노력 수준	Low- Level	M	170 (12.8%)	12 (0.9%)	182 (13.7%)
		PNC	689 (51.8%)	58 (4.4%)	747 (56.1%)
	High- Level	PWC	253 (19.0%)	108 (8.1%)	361 (27.1%)
		DM	9 (0.7%)	32 (2.4%)	41 (3.1%)
총계			1121 (84.2%)	210 (15.8%)	1331 (100%)
답안 유형	단답형		1025 (77.0%)	122 (9.2%)	1147 (86.2%)
	설명		63 (4.7%)	50 (3.8%)	113 (8.5%)
	정당화		33 (2.5%)	38 (2.9%)	71 (5.3%)
총계			1121 (84.2%)	210 (15.8%)	1331 (100%)
스토리텔링 유형	수학사 탐구형		0 (0%)	4 (0.3%)	4 (0.3%)
	실생활 연계형		164 (12.3%)	144 (10.8%)	308 (23.1%)
	학문 융합형		7 (0.5%)	8 (0.6%)	15 (1.1%)
	의사 결정형		4 (0.3%)	3 (0.2%)	7 (0.5%)
	도구 활용형		2 (0.2%)	2 (0.2%)	4 (0.3%)
	스토리텔링 유형 없음		994 (70.9%)	49 (3.7%)	993 (74.6%)
총계			1121 (84.2%)	210 (15.8%)	1331 (100%)

첫째, 인지적 노력 수준을 살펴보면, Low-Level(M, PNC)이 전체 수학 과제 1331개 중에서 70%정도로 높은 비중을 차지하고 있었다. 이는 한국과 미국의 중3 교과서 이차방정식 단원을 비교 분석한 Hong과 Choi(2014)의

연구에서 Low-Level의 비중이 90% 이상이 나타난 결과와는 큰 차이를 보였다. 그 배경으로는 올해 우리나라 중학교 2학년 교과서가 스토리텔링형 교과서로 바뀌면서 문장제 문제, 응용 문제 등의 비율이 전보다 높아졌기 때문으로 보인다. 수학 과제 유형 간의 특징으로, 수학적 내용 과제는 수학적 활동 과제보다 M, PNC, PWC 과제가 더 많이 있는 반면에 DM 과제는 수학적 활동 과제에서 더 많은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

둘째, 답안 유형을 살펴보면, 단답형이 약 86%로 가장 많았고, 설명 9%, 정당화 5% 순으로 나타났다. 이러한 결과는 Hong과 Choi(2014)의 연구결과와도 일치하며, 스토리텔링 교과서로 바뀌었지만 단답형을 묻는 답안 유형이 여전히 많은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 또한 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다 단답형, 설명은 더 많은 비중을 차지하고 있었지만, 정당화는 더 적은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 스토리텔링 유형을 살펴보면, 전체 1331개의 과제 중에서 338개가 스토리텔링 유형을 지닌 과제로 나타났다. 이는 전체 과제의 25%정도가 스토리텔링 소재의 과제임을 알 수 있었다. 스토리텔링 유형별로 살펴보면, 실생활 연계형이 23%로 가장 큰 비중을 차지하고 있었다. 반면에 다른 유형의 비율은 상대적으로 적었는데, 향후 스토리텔링 교과서를 개발할 때 다양한 맥락에서의 스토리텔링 유형의 접근이 필요하다고 볼 수 있다.

3) 함수

함수 영역에 포함된 수학 과제 563개에 대하여 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 대한 결과는 <표 III-4>와 같다. 이에 따른 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 III-4> 함수 영역의 수학 과제 분석표

			수학 과제 유형		총계
			수학적 내용 과제	수학적 활동 과제	
인지적 노력 수준	Low- Level	M	160 (28.4%)	27 (4.8%)	187 (33.2%)
		PNC	221 (39.3%)	26 (4.6%)	247 (43.9%)
	High- Level	PWC	78 (13.9%)	25 (4.4%)	103 (18.3%)
		DM	2 (0.4%)	24 (4.3%)	26 (4.6%)
	총계			461 (81.9%)	102 (18.1%)
답안 유형	단답형		391 (69.4%)	55 (9.8%)	446 (79.2%)
	설명		69 (12.3%)	44 (7.8%)	113 (20.1%)
	정당화		1 (0.2%)	3 (0.5%)	4 (0.7%)
총계			461 (81.9%)	102 (18.1%)	563 (100%)
스토리텔링 유형	수학사 탐구형		1 (0.2%)	0 (0%)	1 (0.2%)
	실생활 연계형		42 (7.5%)	46 (8.2%)	88 (15.6%)
	학문 융합형		14 (2.5%)	2 (0.4%)	16 (2.8%)
	의사 결정형		0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	도구 활용형		2 (0.4%)	11 (2.0%)	13 (2.3%)
	스토리텔링 유형 없음		402 (71.4%)	43 (7.6%)	445 (79.0%)
총계			461 (81.9%)	102 (18.1%)	563 (100%)

첫째, 인지적 노력 수준을 살펴보면, 전체 수학 과제 563개 중에서 약 77%가 Low-Level(M, PNC)로 높은 비중을 차지하고 있었다. 수학 과제 유형간의 특징으로는 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다 M, PNC, PWC 과제는 더 많은 비중을 차지하고 있었지만, DM 과제는 수학적 활동 과제에 더 많이 포함되어 있었다. 특히, 수학적 내용 과제에서 DM 과제는 0.4%로써 학습자 스스로 탐구할 수 있는 과제 유형이 거의 없음을 알 수

있었다.

둘째, 답안 유형을 살펴보면, 단답형이 약 79%로 가장 많았고, 설명 20%, 정당화 0.7% 순으로 나타났다. 특히, 정당화 유형이 매우 낮은 수치를 보이는데, 이는 DM 과제의 유형의 부족함과도 무관하지 않다. 또한 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다 단답형, 설명은 더 많은 비중을 차지하고 있었지만, 정당화는 더 적은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 스토리텔링 유형을 살펴보면, 전체 563개의 과제 중에서 118개가 스토리텔링 유형을 지닌 과제로 나타났다. 특히 실생활 연계형이 15.6%로 높은 비율을 보였고, 다음으로 학문 융합형이 2.8%로 나타났다. 이는 표, 식, 그래프 등 다양한 표상을 바탕으로 기하, 대수를 연결 지을 수 있는 함수 단원의 특성으로 인해, 타 영역이나 다른 학문과 융합한 유형이 타 유형보다는 많이 다루어진 것으로 보인다. 반면에 상대적으로 의사결정 유형은 찾아볼 수 없었다. 또한 수학 과제 유형 간의 특징으로, 특히 학문 융합형은 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다도 더 많은 비중을 차지하고 있었고, 도구 활용형은 이와 반대로 수학적 활동 과제가 더 많은 비중을 차지하고 있다.

4) 확률과 통계

확률과 통계 영역에 포함된 수학 과제 437개에 대하여 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 대한 결과는 <표 III-5>와 같다. 이에 따른 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 III-5> 확률과 통계 영역의 수학 과제 분석표

			수학 과제 유형		총계
			수학적 내용 과제	수학적 활동 과제	
인지적 노력 수준	Low- Level	M	27 (6.2%)	7 (1.6%)	34 (7.8%)
		PNC	221 (50.6%)	22 (5.0%)	243 (55.6%)
	High- Level	PWC	104 (23.8%)	14 (3.2%)	118 (27.0%)
		DM	8 (1.8%)	34 (7.8%)	42 (9.6%)
	총계			360 (82.4%)	77 (17.6%)
답안 유형	단답형		327 (74.8%)	40 (9.2%)	367 (84.0%)
	설명		27 (6.2%)	26 (5.9%)	53 (12.1%)
	정당화		6 (1.4%)	11 (2.5%)	17 (3.9%)
	총계			360 (82.4%)	77 (17.6%)
스토리텔링 유형	수학사 탐구형		0 (0%)	4 (0.9%)	4 (0.9%)
	실생활 연계형		199 (45.5%)	42 (9.6%)	241 (55.1%)
	학문 융합형		8 (1.8%)	5 (1.1%)	13 (3.0%)
	의사 결정형		0 (0%)	1 (0.2%)	1 (0.2%)
	도구 활용형		0 (0%)	4 (0.9%)	4 (0.9%)
	스토리텔링 유형 없음		153 (35.0%)	21 (4.8%)	437 (39.8%)
총계			360 (82.4%)	77 (17.6%)	437 (100%)

첫째, 인지적 노력 수준을 살펴보면, PNC 과제가 55.6%로 가장 높은 비중을 차지하고 있었고, PWC 과제가 27%, DM 과제가 9.6%, M 과제가 7.8%를 차지하고 있었다. 이는 이전 연구 결과나 다른 영역과는 달리, 확률과 통계 영역은 High-Level(PWC, DM)의 과제 비율이 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 또한 수학 과제 유형 간의 특징으로, 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다 M, PNC, PWC 과제가 더 많은 비중을 차지하고 있었

다. 반면, DM 과제는 수학적 활동 과제에서 오히려 더 많은 비중을 차지하고 있었다.

둘째, 답안 유형은 단답형이 약 84%로 가장 많았고, 설명 12%, 정당화 4% 순으로 나타났다. High-Level의 과제 유형이 높아졌음에도 설명, 정당화 유형 비율의 차이는 드러나지 않았음을 알 수 있었다. 또한 수학적 내용 과제의 단답형, 설명은 수학적 활동 과제보다 더 많은 비중을 차지하고 있었지만, 정당화는 더 적은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 스토리텔링 유형을 살펴보면 전체 437개의 과제 중에서 263개가 스토리텔링 유형을 지닌 과제로서 총 과제 수에 대한 비율이 60%로 다른 영역에 비해 매우 높게 나타났다. 이런 현상의 이유는 확률과 통계 단원의 개념과 주사위, 양궁 문제, 당첨 제비 뽑는 문제 등 실생활 소재와의 연결성을 토대로 과제 구성을 하기에 용이하기 때문으로 보인다. 유형별 분포를 살펴보면, 실생활 연계형이 55.1%로 절대적으로 높은 비중을 보였고, 학문 융합형이 3.0%, 수학사 탐구형과 도구 활용형이 0.9% 순으로 나타났다. 또한 수학 과제 유형 간의 특징으로, 수학사 탐구형, 학문 융합형, 의사 결정형, 도구 활용형 과제는 수학적 활동 과제에서만 제시되었음을 알 수 있었다.

5) 기하

기하 영역에 포함된 수학 과제 1021개에 대하여 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형에 대한 결과는 <표 III-6>과 같다. 이에 따른 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 III-6> 기하 영역의 수학 과제 분석표

			수학 과제 유형		총계
			수학적 내용 과제	수학적 활동 과제	
인지적 노력 수준	Low- Level	M	168 (16.5%)	18 (1.8%)	186 (18.2%)
		PNC	394 (38.6%)	57 (5.6%)	451 (44.2%)
	High- Level	PWC	258 (25.3%)	72 (7.1%)	330 (32.3%)
		DM	17 (1.7%)	37 (3.6%)	54 (5.3%)
총계			837 (82.0%)	184 (18.0%)	1021 (100%)
답안 유형	단답형		680 (66.8%)	68 (6.7%)	748 (73.5%)
	설명		99 (9.7%)	89 (8.7%)	188 (18.5%)
	정당화		56 (5.5%)	26 (2.6%)	82 (8.1%)
총계			835 (82.0%)	183 (18.0%)	1018 (100%)
스토리텔링 유형	수학사 탐구형		1 (0.1%)	1 (0.1%)	2 (0.2%)
	실생활 연계형		67 (6.6%)	73 (7.2%)	140 (13.8%)
	학문 융합형		2 (0.2%)	4 (0.4%)	6 (0.6%)
	의사 결정형		2 (0.2%)	5 (0.5%)	7 (0.7%)
	도구 활용형		4 (0.4%)	45 (4.4%)	49 (4.8%)
	스토리텔링 유형 없음		759 (74.6%)	55 (5.4%)	814 (80.0%)
총계			835 (82.0%)	183 (18.0%)	1018 (100%)

첫째, 인지적 노력 수준을 살펴보면, PNC 과제가 44%, PWC 과제가 32%, M 과제가 18%, DM 과제가 5% 순으로 나타났다. Low-Level과 High-Level의 비율이 6:4 정도라서 다양한 기하적 사고 수준을 고려하였음을 알 수 있었다. 또한 수학 과제 유형 간의 특징으로, 수학적 내용 과제의 M, PNC, PWC 과제는 수학적 활동 과제보다 더 많은 비중을 차지하고 있었지만, DM 과제는 수학적 활동 과제가 오히려 더 많은 비중을 차지하고 있었

다.

둘째, 답안 유형을 살펴보면, 단답형이 약 73.5%로 가장 많았고, 설명 18.5%, 정당화 8.1% 순으로 나타났다. 단답형 유형의 비중이 가장 높음을 알 수 있었고, 기하 영역의 특성상 정당화하는 과제의 필요성에 의해서 설명 유형 또한 적지 않은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 또한, 수학 과제 유형에 대한 특징으로는 수학적 내용 과제가 수학적 활동 과제보다 단답형, 설명, 정당화 모두 더 많은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 스토리텔링 유형을 살펴보면, 전체 1018개의 과제 중에서 204개가 스토리텔링 유형을 지닌 과제로 나타났다. 특히 실생활 연계형이 13.8%로 가장 높은 비중을, 그 다음으로 도구 활용형이 4.8%를 차지하지 않았다. 특히, 기하 영역에서는 GSP, LOGO 등 다양한 테크놀로지를 활용한 교수 학습이 가능해짐에 따라 도구 활용형 유형의 과제가 적지 않은 비중을 보였음을 알 수 있었다. 또한 수학 과제 유형에 대한 특징으로는 특히 도구 활용형이 수학적 내용 과제보다 수학적 활동 과제에서 더 많은 비중을 보였다.

V. 결론 및 제언

본 연구의 결과로부터 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 인지적 노력 수준에서는 Low-Level과 High-Level의 균형성이 필요하다고 볼 수 있다. 연구결과를 보면, 모든 영역에서 인지적 노력 수준은 Low-Level의 과제가 대부분이었고, 특히, 수학 과제 유형에 따른 인지적 노력 수준은 수학적 내용 과제에서 Low-Level이 High-Level보다 압도적으로 많은 분포를 차지하였다. 하지만 모든 영역에서 인지적 노력 수준은 수학적 활동 과제가 수학적 내용 과제보다 High-Level의 DM 과제의 비중이 더 높았음을 알 수 있었다. 이렇게 수학 과제 유형에 따라 인지적 노력 수준이 다르게 분포하는 이유를 살펴보면, 수학적 내용 과제는 예제와 연습 문제가 포함된 루틴한 알고리즘문제가 많아 Low-Level 과제가 많이 분포한 반면에, 수학적 활동 과제는 읽기와 활동 자료가 포함되어 상대적으로 학생들이 스스로 생각해볼 수 있는 탐구문제가 상당수 포함되어 있었기 때문에 High-Level 과제가 많은 것으로 보인다. 하지만 수학적 내용 과제에 Low-Level 과제가 많은 것은 Sfard(2003)가 지적했듯이 수학의 개념적 이해와 학생들의 학습 만족감을 위해 효과적일 수 있으므로 적정수준의 기본 기술 습득을 위한 Low-Level 과제가 수학적 지식 구성의 필수요소로 적절할 수 있지만 수학적 사고의 한 차원 높은 발전을 위해서는 수학적 내용 과제에도 적정 비율의 High-Level이 필요하다고 볼 수 있다. 또한 수학적 활동 과제에도 Low-Level 과제가 균형적으로 배치되어 Low-Level의 읽기 및 활동과제를 포함할 수 있도록 하여 스토리텔링의 목적인 흥미와 동기 유발 측면에 실질적인 도움을 줄 수 있어야 할 것이다. 따라서 수학 과제의 유형에 따라 Low-Level과 High-Level이 적절하게 균형을 이룰 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 답안 유형에서는 다양성이 고려되어야 할 필요가 있다. 연구 결과를 보면 모든 영역에서 단답형이 가장 많은 분포를 차지하고 있으며, 수학 과제 유형에 따른 답안 유형은 수학적 내용 과제에서 단답형이 절대적인 비율을 차지하고 있는데 반하여, 수학적 활동 과제는 단답형과 설명형이 높은 비율을 나타내었다. 특히, 수와 연산과 기하 영역은 설명형이 단답형보다 더 많았는데, 이런 현상은 수학적 활동 과제의 특성상 학생들의 수행 측면이 강조되었고 이에 따라 학생들에게 요구하는 답안 유형도 다양화 되었다고 볼 수 있다. 2009 개정 교육과정에서는 ‘수학적 과정’을 강조하면서 의사소통과 수학적 추론의 필요성을 함께 제시하였다. 또한 교육부(2015)는 제2차 수학교육 종합계획을 발표하면서 과정중심의 수업 및 평가를 추진 과제로 선정하였다. 이런 정책들을 수학 교실에서 실행하기 위해서 수학 과제의 답안 유형은 단답형 보다는 학생들의 의사소통과 추론 과정을 통해 학습 과정과 성취도에 대한 구체적인 정보를 얻을 수 있도록 설명형과 정당화와 개방형 유형 등 다양성을 추구할 필요가 있다.

셋째, 스토리텔링 교과서의 수학 과제와 스토리텔링 유형의 다양성을 추구할 필요가 있다고 볼 수 있다. 연구 결과의 주요한 특징으로, 영역별 수학 과제 유형에 따른 스토리텔링 유형은 전체적으로 수학적 내용 과제, 수학적 활동 과제에서 모두 실생활 연계형이 가장 많은 비중을 보였다. 다만, 수학적 활동 과제가 수학적 내용 과제의 과제보다 훨씬 더 적은 과제를 가지고 있음에도 불구하고, 스토리텔링 유형이 반영된 과제에서는 수학적 활동 과제의 비율이 수학적 내용 과제보다 더 높았다. 하지만 학생들에게 스토리텔링을 통한 수학적 개념 이해를 위해서는 수학적 내용 과제의 과제에도 실생활 연계형 뿐만 아니라 각 수학 영역을 고려한 다양한 맥락이 반영된 수학 과제가 필요하다고 볼 수 있다. 특히, 스토리텔링이 반영되지 않은 유형의 수학 과제가 전체의 80% 정도를 차지하고 있었다. 진정한 스토리텔링 수학 교과서가 되기 위해서는 수학 과제와 스토리텔링 유형과의 연계성을 높임으로써, 다양하고 통합적인 사고를 하는데 도움을 주어야 할 것이다.

이러한 결론을 바탕으로 다음과 같은 논의를 할 수 있다.

첫째, Dewey(1964)가 제시한 이론적 측면과 실제적 측면에 대한 통합의 필요성을 제시하였다고 볼 수 있다. 기존의 교과서 분석에 대한 연구에서는 수학적 내용 과제를 중심으로 분석했지만 본 연구의 과정에서는 수학 과제의 실행의 측면이 상대적으로 강한 수학적 활동 과제를 의도된 교육과정측면에서 함께 고려하여 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형을 분석함으로써 수학교육에서 이론적 측면과 실제적 측면의 통합 가능성을 제시할 수 있었다.

둘째, 본 연구의 결론을 통해 향후 스토리텔링 교과서 개발에 대한 방향성과 지향점을 제시하였다고 볼 수 있다. 스토리텔링 교과서를 내용 영역별로 수학 과제 유형에 따라 인지적 노력 수준, 답안 유형, 스토리텔링 유형을 분석함으로써 개발된 스토리텔링 교과서가 앞으로 고려해야 할 다양성에 대해 제시할 수 있었고, 본 연구에서 제시한 자료들을 바탕으로 적절성과 균형성을 맞추기 위한 노력의 필요성을 제시하였다고 볼 수 있다. 또한 수학적 활동 과제를 추가적으로 고려하여 분석함으로써 최근 교육부(2015)에서 제시한 과정적 평가와의 연계성을 통해 학교 현장에서의 활용성을 높일 수 있는 방안을 고려해 볼 수 있을 것이다.

이러한 결론을 바탕으로 다음과 같은 제언을 할 수 있다.

첫째, 교수측면에서 교사는 스토리텔링 교과서를 통해 수학의 중요성과 학습자의 요구에 대한 균형을 유지하기 위한 노력이 필요하다고 볼 수 있다. 교사는 수학적 개념에 대해 이해해야 하는 수학의 중요성과 다양한 맥락과 연결시켜 학습 동기를 유발하고 흥미를 향상시키고자 하는 학습자의 요구 중 어느 한 쪽에 치우치지 않고 적절한 균형성을 유지하여 스토리텔링 교과서를 실제 수업에 구조화하는 것이 필요하다고 볼 수 있다. 현재의 스토리텔링 교과서는 어느 특정 유형에 스토리텔링 자료가 치중됨으로써 실질적인 스토리텔링의 장점을 살리기에 제한될 수 있으므로 교사가 스토리텔링 과제를 수업의 각 과정에서 학생중심으로 맥락의 유의미성을 고려하여 유동적으로 조절하여 제시할 필요가 있다(Sfard, 2003).

둘째, 교육과정 구성에서 교육 주체 간의 유기적인 통합성과 연결성을 고려하는 교육과정 개발이 필요하다고 볼 수 있다. 현재의 스토리텔링 교과서는 스토리가 강조되어야 하는 교과서지만 스토리 간의 유기적인 연결성이 부족한 한편 교사가 학생에게 일방적으로 제시하는 하향식 교재구성 방식이라고 볼 수 있다. 특히 스토리 유형 중에서 의사소통 유형이 가장 적은 비율을 차지하였는데 미국의 Core-Plus 교과서와 Connected Mathematics에서 스토리가 반영된 의사소통 유형은 개방형 과제가 주어짐으로써 학생들 간의 토론을 이끌어내는데 도움을 줄 수 있고 수학적 개념 설명과 수학 과제에 대하여 스토리 맥락이 유의미하게 연결되어 제시되어 있으며 Neel(2005)이 제안한 'SCAMP 프로젝트'처럼 학생 중심 학습을 도입하여 상향식과 하향식 교육과정이 모두 고려된 교사-학생 간, 학생-학생 간의 직접적인 의사소통을 이끌어 내는 교육과정의 구성이 필요하다고 볼 수 있다.

셋째, 교육 정책 측면에서 스토리텔링이 적용된 교육 과정 개발에서 실행, 평가까지 정책적 일관성이 필요하고, 실행의 주체가 되는 교사들을 위한 교사교육 측면에 대한 논의가 필요하다. 초등학교, 중학교, 고등학교의 수학적 내용의 성격과 학생들의 발달 과정의 차이가 있기 때문에 교육과정에 스토리텔링을 어떻게 적용하여 개발

할 것인지에 대한 논의가 필요하다. 또한 수학 교실에서의 실행 측면에서도 학생들의 수학적 내용 학습의 중요성과 수학적 활동의 중요성에 대한 균형이 필요하고 이런 학습과정이 과정 중심의 평가와 연결 될 수 있는 구체적인 방법에 대한 논의도 필요하다. 이때, 구체적인 실행 방법을 익히고 수행해야 하는 교사의 역할이 중요하기 때문에 실제적 측면의 교사 연구 프로그램의 운영이 필요하다. 또한 예비 교사들도 교육과정과 스토리텔링을 연결할 수 있도록 이론적 측면과 실제적 측면의 접근을 할 수 있도록 교사 양성 프로그램에 대한 개발이 필요하다.

넷째, 연구 측면에서 스토리텔링 교과서에 포함된 스토리텔링 유형의 자료들을 질적으로 깊이 있게 분석할 필요가 있다. 현재 스토리텔링 유형의 문제들은 단순하게 실생활이나 타학문의 소재만을 가지고 스토리를 구성하는 것이 많을 수 있기 때문에 수학적 내용과 스토리 간의 연계성이 떨어질 가능성이 크다고 볼 수 있다. 이는 스토리텔링을 반영한 수학적 자료의 목적을 퇴색시킬 가능성이 있기 때문에 단순 소재활용보다는 융합의 관점에서 수학적 내용과 수학적 과정을 통합적으로 고려하여 스토리를 연결시킬 수 있도록 스토리텔링 유형의 자료들을 질적으로 깊이 있게 분석하여 시사점을 도출해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 강옥기 외 (2014). 중학교 수학 2, 두산동아.
- Kang, O. et al. (2014). *Middle school Mathematics 2*, Doosan Dong-A.
- 고상숙 (2013). 중학교 1학년 수학교과서에 나타난 스토리텔링 특성에 대한 분석, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **52(2)**, 149-161.
- Ko, S. (2014). An analysis on "storytelling" shown on the first grader's mathematics textbooks of the middle school, *The Mathematical Education*, **52(2)**, 149-161.
- 교육부 (2012a). 수학교육 선진화 방안, 교육부 보도자료.
- Ministers of Education Science and Technology (2012a). *Strategies for Mathematics Education Advancement*, Press Release: Author.
- 교육부 (2012b). 수학과 교육과정, 교육부 고시 제2011-361호 [별책 8호].
- Ministers of Education Science and Technology (2012b). *Mathematics curriculum: MEST announcement 2011-361 [Separate Volume 8]*, Seoul: MEST.
- 교육부 (2015). 제2차 수학교육 종합 계획(2015~2019), 교육부.
- Ministry of Education (2015). The second mathematics education master plan, Ministry of Education.
- 권오남 · 주미경 · 박지현 · 오혜미 (2012). 고등학교 학생과 수학교사의 스토리텔링 수학 교과서에 대한 이해, 한국수학교육학회 수학교육 학술지 프로시딩, **(2-3)**, 111-115.
- Kwon, O., Ju, M., Park, J., & Oh, H. (2012). Understanding about storytelling Mathematics textbook on high school students and mathematics teacher, *The Korean Soc. Math. Ed. Proceedings*, **(2-3)**, 111-115.
- 권오남 외 (2013a). 고등학교 수학 스토리텔링 모델 교과서 개발과 적용, 한국수학교육학회 수학교육 학술지 프로시딩, **(5-6)**, 545-550.
- Kwon, O. et al. (2013a). Development and application of a Model for Textbook. based on storytelling, *The Korean Soc. Math. Ed. Proceedings*, **(5-6)**, 545-550.
- 권오남 외 (2013b). 수학사탐구형 고등학교 스토리텔링 모델 교과서 개발 사례, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **27(3)**, 221-248.

- Kwon, O. et al. (2013b). Development of a Model for Textbook, based on storytelling : the case of 'Inquiry into History of Mathematics' type, *Communications of Mathematical Education*, **27(3)**, 221-248.
- 권오남 · 주미경 · 박정숙 · 박지현 · 오혜미 · 조형미 (2013c). 스토리텔링 수학 모델 교과서의 개발 원리와 현장 적용 가능성에 대한 연구, *한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>*, **27(3)**, 249-266.
- Kwon, O., Ju, M., Park, J., Park, J., Oh, H., & Jo, H. (2013c). 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.
- 김미희 · 김구연 (2013). 고등학교 교과서의 수학 과제 분석, *학교수학*, **15(1)**, 37-59.
- Kim, M., & Kim, G. (2013). The Analysis of Mathematical Tasks in the High School Mathematics, *School Mathematics*, **15(1)**, 37-59.
- 김민경 · 박은정 · 허지연 (2012). '맥락성' 관점에서 본 수학교과서의 문제 분석, *한국학교수학회*, **15(1)**, 1-25.
- Kim, M., Park, E., & Heo, J. (2012). An Analysis on Mathematics Textbook Problems Focusing on 'Contextualization', *Journal of the Korean School Mathematics Society*, **15(1)**, 1-25.
- 김성숙 · 김수진 · 박지현 (2013). TIMSS 2011 결과분석에 근거한 수학 과학 학습 흥미 향상을 위한 제언, 한국교육과정평가원 연구 보고 ORM 2013-22-2.
- Kim, S., Kim, S., & Park, J. (2013). *Suggestions for improving science and mathematics learning interesting based on the analysis of TIMSS 2011 results*, Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Report ORM 2013-22-2.
- 김원경 외 (2014). *중학교 수학 2*, 비상교육.
- Kim, W. et al. (2014). *Middle school mathematics 2*, Visang education.
- 김정호 · 윤현진 · 황혜정 · 이선경 · 박소영 (1998). *교과서 모형 개발 연구*, 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 98-8.
- Kim, J., Yoon, H., Whang, H., Lee, S., & Park, S. (1998). *A Study on the Development of a Model for Textbook*, Korea Institute for Curriculum and Evaluation Research Report RRE 98-8.
- 류희찬 외 (2014). *중학교 수학 2*, 천재교육.
- Lew, H. et al. (2014). *Middle school mathematics 2*, Chunjae Education.
- 민미홍 · 허난 (2013). 중학교 1학년 수학 교과서에 반영된 스토리텔링 구성요소 분석, *한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>*, **27(4)**, 547-566.
- Min, M., & Huh, N. (2013). A study on Component of Storytelling on the middle school 1 Mathematics Textbooks, *Communications of Mathematical Education*, **27(4)**, 547-566.
- 우정호 외 (2014). *중학교 수학 2*, 두산동아.
- Woo, J. et al. (2014). *Middle school Mathematics 2*, Doosan Dong-A.
- 이재학 외 (2013). 중학교 수학 ① 스토리텔링 모델교과서 개발 및 적용 연구, *한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>*, **27(3)**, 301-319.
- Lee, J. H. et al. (2013). Developing and Applying a Model Textbook based on Storytelling for the Middle School Mathematics Course ①, *Communications of Mathematical Education*, **27(3)**, 301-319.
- 황선욱 외 (2014). *중학교 수학 2*, 신사고.
- Hwang, S. et al. (2014). *Middle school mathematics 2*, Sinsago.
- Charalambous, C., Delaney, S., Hui-Yu, H., & Mesa, V. (2010). A comparative analysis of the addition and subtraction of fractions in textbooks from three countries. *Mathematical Thinking and Learning*, **12**, 117-151.

- Dewey, J. (1964). The need for a philosophy of education. In R. D. Archambault(Ed.), *John Dewey on education: Selected writings* (pp. 3-14). New York: The Modern Library.
- Henningsen, M., & Stein, M. K. (1997). Mathematical tasks and student cognition: Classroom-based factors that support and inhibit high-level mathematical thinking and reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(5), 524-549.
- Hong, D. S., & Choi, K. M. (2014). A comparison of Korean and American secondary school textbooks: the case of quadratic equations. *Educational Studies in Mathematics*, 85, 241-263.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional standards for teaching mathematics*. Reston, VA: Author.
- Neel, K.S. (2005). Addressing diversity in the mathematics classroom with cultural artifacts. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 11(2), 54-61.
- Sfard, A. (2003). Balancing Unbalanceable: The NCTM Standards in Light of Theories of Learning Mathematics. In J. Kilpatrick, W. G. Martin & D. Schifter(Eds.), *A Research Companion to principles for school mathematics*(pp. 353-392). Reston, VA: NCTM.
- Smith, M. S., & Stein. M. K. (1998). Selecting and creating mathematical tasks: from research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3, 344-350.
- Stein, M. K., Grover, B. W., & Henningsen, M. (1996). Building student capacity for mathematical thinking and reasoning. An analysis of mathematical used in reform classrooms. *American Educational Research Journal*, 33, 455-488.
- Stein, M. K., & Kaufman, J. H. (2010). Selecting and supporting the use of mathematics curricula at scale. *America Educational Research Journal*, 47(3), 663-693.
- Stein, M. K., Smith, M S., Henningsen, M. A., & Silver, E. A. (2000). *Implementing standards-based mathematics instruction: A casebook for professional development*. New York: Teachers College Press.
- Watson, A., & Mason, J. (2007). Taken-as-shared: a review of common assumptions about mathematical tasks in teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10, 205-215.

Analysis of mathematical tasks provided by storytelling mathematics textbooks

Dong-Joong Kim[†]

Dept. of Mathematics Education, Korea University 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 136-701 Korea
E-mail : dongjoongkim@korea.ac.kr

Sung-Chul Bae

Dept. of Mathematics Education, Korea University 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 136-701 Korea
E-mail : niceday707@hanmail.net

Won Kim

Dept. of Mathematics Education, Korea University 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 136-701 Korea
E-mail : wonny00901@hanmail.net

Da-Hee Lee

Dept. of Mathematics Education, Korea University 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 136-701 Korea
E-mail : dahui0311@hanmail.net

Sang-Ho Choi

Dept. of Mathematics Education, Korea University 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, 136-701 Korea
E-mail : shchoi83@hanmail.net

The purpose of this research is to analyze cognitive demands, answer types, and storytelling types on the basis of mathematical tasks in five different mathematics textbooks based on 2009 revised curriculum in order to suggest directions for the development and use of storytelling mathematics textbooks in school. Results show that first, PNC (Procedures without Connections) task was the largest category in cognitive demands of all mathematical tasks, Low-Level task was larger than others in cognitive demands of mathematical content tasks, and High-Level task was larger than others in cognitive demands of mathematical activity tasks. Second, a short-answer type was the largest category in answer types of all mathematical tasks, the majority of mathematical content tasks were a short-answer type, and the majority of mathematical activity tasks were both short-answer and explanation-answer types. Finally, storytelling connected to real-life was the largest category in storytelling types, and the number of mathematical activity tasks was less than that of mathematical content tasks. However, in the tasks reflected on storytelling, the percentage of mathematical activity tasks was higher than that of mathematical content tasks. Based on the results, while developing storytelling mathematics textbooks and using storytelling textbooks in school, it suggests to consider the need for balance and diversity in cognitive demands, answer types, and storytelling types according to mathematical tasks.

* ZDM Classification : A13

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97U20

* Key Words : Storytelling, Mathematics textbook, mathematical activity task mathematical content task

† corresponding author