한국학교수학회논문집 제 24 권, 제 4 호
Journal of the Korean School Mathematics Society
Volume 24, Number 4, 407-428, December 2021
http://doi.org/10.30807/ksms.2021.24.4.005

한국과 일본의 국가수준 학업성취도 평가 문항 비교 분석[1)]

김부미[2)] · 조형미[3)]

본 연구의 목적은 우리나라와 일본의 최신 개정 교육과정에 따라 최초로 시행한 중학교 국가수준 학업성취도평가 수학 문항을 비교, 분석하고 이를 바탕으로 우리나라의 수학과 교육과정 및 교수·학습의 개선을 위해 국가수준 학업성취도평가에 적용가능한 시사점을 도출하는 것이다. 먼저 두 국가에서 시행되고 있는 국가수준 학업성취도평가를 개괄하였고, 두 국가의 중학교 수학 학업성취도평가의 문항을 내용영역, 맥락, 역량에 따른 분석틀에 따라 수와 식, 함수, 기하, 확률과 통계 영역에서 두 국가의 문항의 특성을 비교분석하였다. 이를 바탕으로 실생활 맥락을 강조하고 문제해결 과정과 결과를 반성할 수 있는 문항 개발, 교육과정 개정의 중점사항을 반영한 평가 문항 개발 등의 국가수준 학업성취도평가 개선방안과 2022 개정을 앞두고 '증명' 용어의 도입 필요성 및 방법 등 교육과정 및 교수·학습 개선방안을 제안하였다.

주요용어 : 국가수준 학업성취도평가, 일본 전국학력학습상황조사, 문항분석, 비교연구

Ⅰ. 서론

한국과 일본의 국가 교육과정은 양국 모두 법적 고시의 형태로 존재하고 각각 2015년과 2017년에 역량중심 교육과정으로 국가 교육과정을 개정하였다. 우리나라는 2021학년도에 처음으로 2015 개정 수학과 교육과정이 초, 중, 고 전 학년에 모두 적용하고 있다. 일본은 2017년 3월 31일에 '초등학교 학습지도요령 및 중학교 학습지도요령'을 개정 공시하고 2020년도에 초등학교, 2021년도에 중학교에 적용 중이다. 한국은 수학과 교육과정에서 문제해결, 추론, 의사소통, 창의·융합, 정보처리, 가치 및 태도의 6개 교과역량을 함양하고자 한다. 일본은 역량이라는 표현은 사용하지 않지만 2017 개정 교육과정에서 새로운 시대에 필요한 자질·능력의 육성, 즉 '살아가는 힘'을 길러 지속가능한 사회 실현을 위해 '주체적・대화적・깊은 배움'이라는 표현을 사용한다. 이는 역량기반 교육과정의 취지를 반영한 것으로서 학생이 스스로 대화와 협력을 통해 깊이 배울 수 있도록 '사고력·판단력·표현력'을 강조한다. 특히, 수학과 교육과정에서는 학력의 3요소(① 지식 · 기능, ② 지식 · 기능을 바탕으로 한 사고력 · 판단력 · 표현력, ③ 주체성을 가지고 다양한 사람들과 협동하여 배우는 태도)를 '수학 교과 목표', '수학적 활동'에서 강조하고 있으며, 수학적 활동을 충실히 하기 위해 평가 개선을 권고하고 있다(김부미·김윤민, 2019).

---

* MSC2010분류 : 97D10, 97D60

1) 이 논문은 2021학년도 원광대학교의 교비지원에 의해 수행됨

2) 원광대학교 교수 (bmkim@wku.ac.kr), 제1저자
3) 전주교육대학교 강사 (hyungmi41@gmail.com), 교신저자

한국과 일본은 비슷한 시기에 미래 사회에 대비하기 위한 역량 중심의 수학과 교육과정을 개정하였을 뿐만 아니라 의무 교육의 기회균등과 그 수준의 유지・향상의 관점에서 각각 '국가수준 학업성취도평가'와 '전국학력학습상황조사'를 시행하고 있다. 일본의 '전국학력학습상황조사'는 우리나라 국가수준 학업성취도평가에 해당하는 것으로서 중학교 3학년 학생을 대상으로 국어, 수학, 영어 과목을 전수검사로 시행하고 있다. 우리나라는 중학교 3학년 학생을 대상으로 국어, 수학, 영어, 사회, 과학을, 고등학교 2학년 학생을 대상으로 국어, 수학, 영어 과목을 표집 검사로 시행하고 있다. 이와 같이 두 국가 모두 국가수준의 대단위 성취도평가를 통해 전국적인 학생의 학력과 학습 상황을 파악ㆍ분석하여 교육 정책의 성과와 과제를 검증하고 그 개선을 도모하여 학교 수준의 교수ㆍ학습 상황을 개선하고 있다.

한국은 2015 개정 교육과정에 따른 국가수준 학업성취도평가를 2020년에 처음 시행하였고, 지능정보사회로의 진입 및 교육과정 개정 등의 국가·사회적 변화의 요구에 부응하여 2022 컴퓨터기반 국가수준 학업성취도평가(eNAEA) 전면 시행을 준비하고 있다(이재봉, 2022). 일본은 2019년에 2017 개정 교육과정에 따른 전국학력학습상황조사를 중학교에 시행하였다. 일본은 우리나라와 달리, 새로운 교육과정 개정 후 공포된 상태에서는 평가할 교육내용은 이전 교육과정을 따르더라도 학업성취도평가는 교육과정의 개정의 취지를 반영하여 출제, 시행한다. 2019년 4월 18일에 실시한 '전국학력학습상황조사'의 수학 과목 평가는 2008 중학교 학습지도요령에 명시된 수학 교과의 목표 및 내용에 근거해 출제했으나, 출제의 기본 방향은 2017 개정한 수학과 학습지도요령의 교육 방향, TIMSS와 PISA와 같은 국제 학업성취도평가의 평가 방향과 결과 및 개선방안을 고려하고 있음을 명확히 밝히고 있다(國立教育政策研究所, 2019; 2020). 이러한 '전국학력학습상황조사'의 출제 방향과 평가의 시행, 분석, 개선 체계는 일본이 PISA 2012, 2015와 TIMSS 2012, 2015, 2019 등 최근의 국제 학업 성취도 평가에서 수학 성적이 약진한 것과 무관하지 않다고 생각된다.

국가수준 학업성취도평가는 교육과정에 근거한 성취기준에 따라 문항을 출제하여 교육과정 목표의 도달 정도를 살펴보는 준거 참조 평가이므로 교육과정의 질 관리 자료뿐만 아니라 효과적인 교육 개선방안을 마련하는 데 기초 자료가 된다. 학업성취도평가 문항은 교육과정에서 의도한 바를 수업에서 실제로 가르친 후 학생이 실제로 학습한 것을 평가라는 의도된 교육과정의 성격이 강하다. 본 연구는 역량기반의 교육과정으로 개정한 두 국가의 최신 개정 교육과정에 따라 최초로 시행한 2020학년도 중학교 국가수준 학업성취도평가 수학 문항을 비교, 분석하여 우리나라 수학과 교육과정 및 교수·학습의 개선을 위해 국가수준 학업성취도평가 문항에 적용 능한 시사점을 도출하고자 한다. 구체적으로 한국과 일본의 2020학년도 국가수준 학업성취도평가 문항을 내용영역별로 출제의도, 문항 유형, 문항 특성과 차이점, 국가별 성취도평가 평가틀에 따른 역량 반영 여부 등을 비교, 분석하고자 한다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 한국의 수학과 국가수준 학업성취도평가 개관

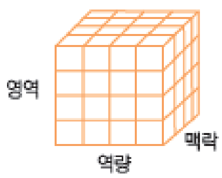
우리나라의 국가수준 학업성취도평가는 1998년 '국가수준 교육성취도 평가' 기본 계획 수립 이후 2000년 표집평가를 시작으로 현재까지 표집규모, 평가 시기, 평가 대상, 평가 방법 등을 변화시키며 지속적으로 시행하고 있다. 학업성취도평가는 2008년부터 2016년까지 전수 평가로 시행하였으나 2017년부터 3%를 표집하여 중학교 3학년을 대상으로 중 1~2학년 전 과정 및 3학년 1학기 과정 「수학」 교과목을, 고등학교 2학년을 대상으로 고등학교 1학년 과정인 「수학」 교과목을 각각 45분, 50분에 걸쳐 평가하고 있다.

1) 평가 목적과 평가틀

국가수준 학업성취도평가는 국가에서 정한 교육과정에 근거하여 교육목표 달성 정도를 평가하고 학생들의 학업성취 수준 및 추이 변화를 파악하여 학교 교육의 질을 체계적으로 관리하기 위해 매년 준거 참조 평가로 시행하고 있다. 국가수준 학업성취도평가 결과는 학생들의 학업성취와 배경 변인 간 관련성 분석, 문항 및 결과 분석 등을 통해 교육 정책의 수립, 교육과정 및 교수·학습 개선을 위한 기초 자료로 활용되며, 참신하고 타당한 평가 문항을 개발하여 공개함으로써 학교 현장의 평가 방법개선에 기여하고 있다(한국교육과정평가원, 2021).

학업성취도평가의 중학교 수학의 평가틀은 2015 개정 교육과정의 적용에 따라 '영역', '역량', '맥락'으로 <표 Ⅱ-1>과 같이 구성된다. '영역'은 2015 개정 수학과 교육과정의 교과 내용 영역의 구분 및 명칭을 준용하여 수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계의 5개 영역으로 구분한다. '역량'은 교과에서 중점적으로 기르고자 하는 능력을 평가하기 위해 2015 개정 교육과정의 6개 교과역량을 계산 · 이해, 추론, 문제해결, 정보처리 4개로 재구성한 것이다. '맥락'은 교과의 문제해결에 필요한 상황을 설정한 것으로 학생들이 문항에 제시된 문제를 해결하는 데 있어서 실제적으로 경험하게 되는 구체적 상황을 의미한다(한국교육과정평가원, 2021).

<표Ⅱ-1> 한국의 2020학년도 수학과 학업성취도평가의 평가틀(한국교육과정평가원, 2021, p.4)

<table>
<tr><th colspan="2">차원</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="7">
</td><td>영역</td><td colspan="2">수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계</td></tr>
<tr><td rowspan="4">역량</td><td>계산 · 이해</td><td>여러 가지 계산 방법 및 절차를 능숙하게 구사할 수 있고 수학의 기본 개념, 원리, 법칙 및 그 관련성을 파악하여 타당한 개념적 사고를 형성할 수 있는 능력</td></tr>
<tr><td>추론</td><td>수학적 사실을 추측하고 논리적으로 분석하고 정당화하는 능력</td></tr>
<tr><td>문제해결</td><td>여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하는 능력, 해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 수학의 지식과 기능을 활용하여 해결 전략을 탐색하고 최적의 해결 방안을 선택하여 주어진 문제를 해결하는 능력</td></tr>
<tr><td>정보처리</td><td>다양한 자료와 정보를 수집·정리·분석·활용하는 능력</td></tr>
<tr><td rowspan="2">맥락</td><td>실생활 중심</td><td>수학적 지식, 기능 등을 활용하여 실생활과 관련된 문제를 해결하는 상황</td></tr>
<tr><td>학문 중심</td><td>수학의 여러 가지 계산 방법이나 절차를 적용하거나 수학적 지식, 기능 등을 활용하여 수학 내적 문제를 해결하는 상황</td></tr>
</table>

컴퓨터기반 학업성취도평가(eNAEA)에서도 2015 개정 교육과정에 따른 학업성취도평가의 평가틀을 준용하되, '역량' 요소를 재점검하여 eNAEA의 평가틀을 확정하였다(이재봉 외, 2020). eNAEA의 수학과 평가틀의 가장 큰 특징은 '의사소통' 역량을 추가한 것이다. '의사소통' 역량은 수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제 해결 과정 등을 말이나 글, 그림, 기호로 표현하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력이다. 지필평가에서는 수학적 표현과 관련된 의사소통 역량을 측정하는 데 제한점이 있고 다른 행동 영역과 중복될 수 있지만, 컴퓨터 기반 평가에서는 다양한 기술공학적 기능을

활용하면 수학적 표현을 개발하고 활용하는 등의 의사소통하는 능력을 측정할 수 있다. 예를 들어, 성취기준 '[9수03-03] 정비례, 반비례 관계를 이해하고 그 관계를 표, 식, 그래프로 나타낼 수 있다'는 지필평가에서는 직접 그래프로 나타내도록 하기 어려워 간접적으로 측정하고 있으나 컴퓨터 기반 평가에서는 그래프/선그리기와 끌어놓기 기능을 사용하면 그래프 작성 및 이동을 수행할 수 있다.

eNAEA에서는 역량 평가를 위해 적절한 기술공학적 기능을 활용한 문항 유형을 개발하였는데, 자료 탐색 측면의 문항 유형은 기존 지필평가와 유사한 '단순 제시형'과 '정보 활용형', '미디어 활용형', '도구 조작 및 시뮬레이션형', '대화형'을 새롭게 설정하고 있다. 또한 학생 응답 측면의 문항 유형은 기술공학적 기능과 응답 방식의 특징을 중심으로 선택형 범주와 구성형 범주로 대별하였다. 선택형 범주로는 '선다형', '확장선택형', '자료 연결형', '순서 배열형'을, 구성형 범주로는 수식 입력이 가능한 '단답형'과 '서술형' 뿐만 아니라, '수정형', '그래프/그림 완성형'을 설정하고 있다(이재봉 외, 2020). 2022 컴퓨터 기반 평가의 안정적 시행을 통해 기술공학적 기능 활용 측면에서 다양한 상호작용성을 지향하며 학생의 수용가능성을 고려한 학생평가와 효과적인 학교 교육의 혁신을 기대하는 바이다.

2) 평가 결과

학업성취도평가는 교육과정을 근거로 국가 수준에서 이루어지는 대규모 평가이기 때문에 우리나라 학생들의 전반적인 학업성취 수준 및 특성을 파악하여 교육과정이 성공적으로 운영되고 있는지를 살펴볼 수 있다. 학생 개인의 강점과 약점을 파악할 수 있도록 각 교과의 평가 영역별 성취율 정보를 제공하고 표집 학교의 학업성취 결과는 개별 학교로 「우리학교 성취특성 알리미」를 통해 통보된다.

개별 학생의 학업성취 결과는 교과별로 교육과정 도달 정도에 따라 교육과정 성취기준의 거의 모든 부분을 이해하고 수행하면 '4수준', 상당 부분을 이해하고 수행하면 '3수준', 부분적으로 이해하고 수행하면 '2수준', 교육과정 성취기준을 이해하고 수행하기 위해서 많은 노력이 필요하면 '1수준'으로 구분한다(<표Ⅱ-2> 참조). 우리나라 중학교 3학년 학생들의 2020년 수학과 성취수준별 비율은 4수준은 17.7%, 3수준은 40.1%, 2수준은 28.9%, 1수준은 13.4%로 나타났다.

<표Ⅱ-2> 한국 학업성취도 평가의 성취수준별 학업성취 특성의 예시(한국교육과정평가원, 2021, p.5)

성취수준	설명
4수준	• 소인수분해의 뜻과 제곱근의 성질에 관한 다양한 문제를 해결할 수 있다. 정수, 유리수, 순환소수, 무리수의 관계를 구조화하고, 대소관계를 판단하며, 그 계산 원리를 설명할 수 있다. • 상황을 문자를 사용한 식으로 다양하게 나타내고, 다항식의 사칙계산과 인수분해를 능숙하게 할 수 있다. 방정식과 부등식의 성질을 이해하고, 복잡한 상황의 일차방정식과 일차부등식 문제를 해결할 수 있다. • 실생활에서 정비례, 반비례, 함수, 일차함수 관계를 찾고, 이를 표, 식, 그래프로 나타내며, 해석할 수 있다. 일차함수의 그래프의 성질, 일차함수와 일차방정식의 관계를 이용하여 다양한 문제를 해결할 수 있다. • 기본도형의 성질과 위치 관계를 설명하며, 삼각형의 작도와 합동에 관한 다양한 문제를 해결하고, 다각형, 다면체, 회전체의 성질을 설명할 수 있다. 삼각형과 사각형의 성질, 도형의 닮음, 피타고라스 정리를 정당화하고, 그에 관한 다양한 문제를 해결할 수 있다. • 자료를 정리·분석하고, 상황에 맞게 분포를 해석하며, 경우의 수와 확률을 구하고, 그 과정을 설명할 수 있다.

한국교육과정평가원에서는 2019년까지 iNAEA(학업성취도평가 정보 서비스) 사업을 통해 국어, 수

학, 영어 교과에 대해 학업성취도평가 문항 DB를 구축하여 이를 활용한 '맞춤형 학력진단검사 서비스'를 제공하였다. iNAEA의 진단 검사는 교사가 학업성취도평가 문항 DB를 통해 직접 검사지를 구성하여 학생의 학업성취 정도를 평가할 수 있게 지원하는 서비스로, 학업성취도평가의 기출 문항과 결과 정보를 활용하기 때문에 교사입장에서 문항 제작에 대한 부담 없이 신뢰도 높은 문항을 사용할 수 있다는 장점이 있다(김미경 외, 2019).

이러한 학업성취도평가 DB와 새로운 eNAEA 시스템을 통합하여 2015 역량중심 교육과정에 최적화된 문항 업데이트를 통해 학업성취도평가 상시 진단 서비스를 제공하고 그 평가 결과를 평가 종료와 함께 즉시 제공할 필요가 있다. 학생의 성취수준과 영역별 성취율 정보뿐만 아니라 교과역량 관련 성취 정보와 그 외 학교와 학생이 필요로 하는 정보를 맞춤형으로 제공한다면 학교와 학급, 개별 학생의 특성을 반영한 자율적이고 개별화된 학습 기회 제공이 가능할 것으로 생각된다.

2. 일본 국가수준 학업성취도평가 개관

일본의 국가수준 학업성취도평가인 전국학력학습상황조사는 유토리 교육(餘裕(ゆとり)敎育)으로 인한 전반적인 학업성취의 약화와 PISA2000, PISA2003에서 일본 학생들의 약세로 인해 1965년 폐지되었다가 2007년에 재도입되었다(CRET, 2007). 전국학력학습상황조사는 초등학교 6학년과 중학교 3학년 국공립학교 학생을 대상으로 시행한 후 2019년부터는 사립학교 학생을 포함한 전수조사로 학기가 시작되는 4월에 시행되고 있다. 초등학교 산수는 1~5학년까지, 중학교 수학은 1~2학년까지 학습한 내용으로서, 교육과정의 내용 영역인 수와 식, 도형, 함수, 자료의 활용에서 출제되며, 학생들은 50분 동안 문항에 답하게 된다. 문항지는 지식과 기술을 묻는 A형과 그 활용을 묻는 B형으로 구분하여 출제해 왔으나 2019년부터 A형과 B형을 통합해 지식과 활용을 평가하고 있다.

1) 평가 목적과 평가틀

전국학력학습상황조사는 학생의 학력과 학습 상황을 파악·분석하며 의무 교육의 기회를 학생들에게 균등하게 제공하고 그 수준을 유지 향상시키는데 기여하며, 교육 정책의 성과와 과제를 검증하고 개선하며 동시에 학습 지도 방법과 상황을 개선하는 것을 목적으로 한다(국립교육정책연구소, 2019). 2019년 이후 시행한 전국학력학습상황조사의 중학교 수학 평가는 2017 개정 신학습지도요령의 교육목표의 달성도를 평가하기 위해 평가틀을 새롭게 구성하였다. 2017 개정 신학습지도요령의 중학교 수학과 교육목표는 "수학적인 견해와 사고방식을 가지고 수학적 활동을 통하여 수학적으로 생각하는 자질·능력을 육성하는 것'이며 '수학적 활동'은 '현상을 수리적으로 파악하고 수학 문제를 발견하고 문제를 자립적, 협동적으로 해결하는 과정을 수행하는 것'을 의미한다(문부과학성, 2017).

전국학력학습상황조사의 평가틀을 '수학 내용 영역', '평가 관점', '문맥과 상황', '수학 문제 발견, 해결 상황', '수학적 과정'의 관점에서 <표 Ⅱ-3>과 같이 구성한다. 특히 '수학적 활동'을 구체적으로 평가하기 위해 학생 스스로가 사건을 수리적으로 파악하고, 수학의 문제를 도출하여 해결해 갈 것을 기대하며 '수학 문제 발견, 해결 상황'을 세 가지로 정리하고, 이를 각각 '수학적 과정'으로 세분화하여 제시하고 있다(국립교육정책연구소, 2019). 일본의 '수학적 과정'은 학생들이 문제를 해결하는 과정에서 나타나는 행동을 기술한 것으로 문제의 이해, 해결, 반성의 단계로 구분하여 제시한다.

<표 Ⅱ-3> 전국학력학습상황조사 평가틀(국립교육정책연구소, 2019, 2020)

<table>
<tr><td colspan="2">수학 내용 영역</td><td>수와 식, 도형, 함수, 자료의 활용</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가 관점</td><td>수학적 관점과 사고, 수학적 기능, 수량과 도형 등에 대한 지식과 이해</td></tr>
<tr><td colspan="2">문맥과 상황</td><td>일상생활과 사회의 사건에 대한 고찰, 수학적 사건에 대한 고찰</td></tr>
<tr><td colspan="2">수학 문제 발견, 해결 상황</td><td>수학적 과정</td></tr>
<tr><td>Ⅰ</td><td>사건과 관련된 문제를 수학적으로 파악하기</td><td>(1) 사건을 수, 양, 도형 등을 주의 깊게 관찰하기
(2) 사건의 특징을 정확하게 파악하기
(3) 일반화하거나 단순화하기
(4) 정보를 분류하거나 정리하기</td></tr>
<tr><td>Ⅱ</td><td>문제해결을 위한 구상, 예측으로부터 초점화된 수학 문제 해결하기</td><td>(1) 체계적으로 생각하기
(2) 해결 방침 세우기
(3) 방침에 따라 해결하기
(4) 사건 해석을 수학적으로 표현하기
(5) 수, 식, 도형, 표, 그래프 등을 활용하여 수학적으로 처리하기
(6) 수학적으로 표현한 것을 사건에 입각하여 해석하기
(7) 해결 결과를 수학적으로 표현하기</td></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td>문제해결 과정과 결과를 다시 돌아보며 고찰하기</td><td>(1) 수학적 결과를 사건에 입각하여 해석하기
(2) 필요한 정보를 선택하여 판단하기
(3) 해결 과정과 결과를 비판적으로 고찰하기
(4) 해결 과정과 결과를 되돌아보며 평가, 개선하기
(5) 통합적, 발전적으로 고찰하기
(6) 사건을 다면적으로 바라보기</td></tr>
</table>

두 국가의 학업성취도평가의 중학교 수학의 평가틀을 비교해 보면, '내용 영역'은 모두 교육과정의 내용 영역 구분을 그대로 따른다. 우리나라 평가틀 중 '맥락'은 학생이 문제를 해결할 때 활용하는 경험이라는 관점이라는 점에서 일본의 '문맥과 상황'과 그 의미가 비슷하다. 우리나라의 실생활 중심 맥락은 일본의 일상생활과 사회의 사건에 대한 고찰과 학문중심 맥락은 수학적 사건에 대한 고찰에 대응된다. 우리나라의 '역량'과 일치되는 부분을 일본의 전국학력학습상황조사 평가틀에서 찾아보기는 힘들지만, '평가의 관점'과 '수학적 과정'의 일부는 우리나라의 '역량'의 내용과 연계되는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, '계산 이해' 역량은 일본의 '평가의 관점'에서 '수량이나 도형 등에 대한 지식과 이해'와 대응하여 생각해 볼 수 있고, '정보처리' 역량은 일본의 '수학적 과정'에서 'Ⅰ-(4) 정보를 분류하거나 정리하기', 'Ⅲ-(2)필요한 정보를 선택하여 판단하기'와 관련된다. 그러나 우리나라 학업성취도평가에서 선언적 정의로 제시되는 문제해결 역량에 비해 일본은 '수학적 과정'을 통해 문제의 이해, 해결, 반성의 단계에서 학생이 성취하기를 기대하는 구체적인 행동을 제시하고 있다. 예를 들어, '수학적 과정'의 'Ⅲ-문제 해결 과정과 결과를 다시 돌아보며 고찰하기'는 6개의 구체적 행동을 제시함으로써 반성 단계의 교수·학습 및 평가에서 무엇을 강조할지를 명확하게 나타내고 있다.

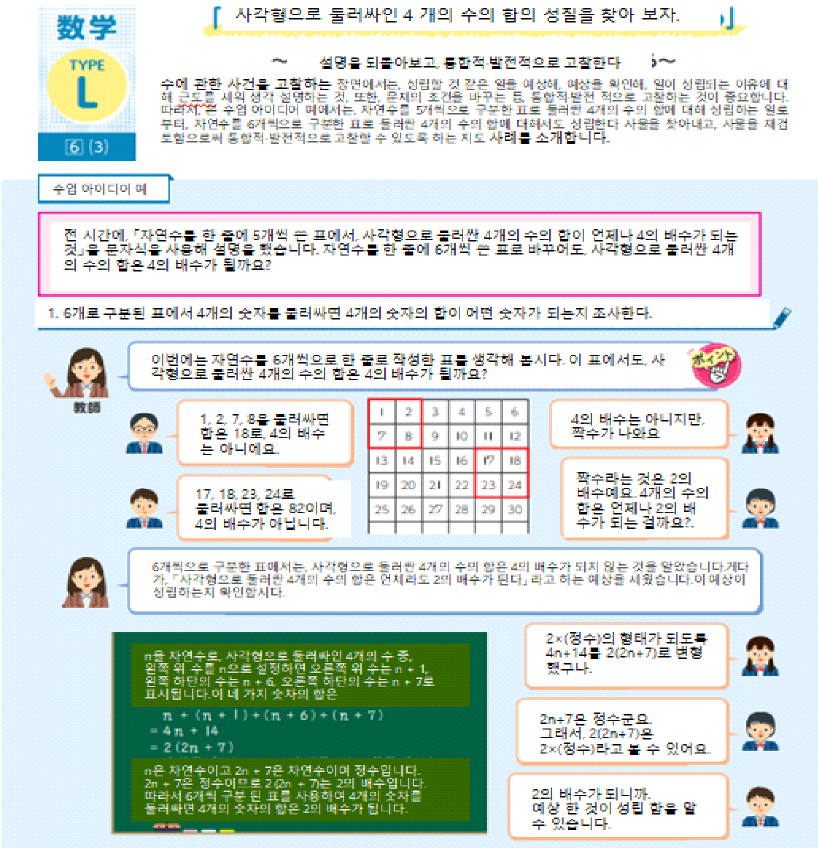
3) 평가 결과

전국학습상황조사 결과는 국가 전체, 각 도도부현·지정 도시, 지역의 규모에 따른 결과를 공표하며, 교육위원회 및 학교에 조사 결과 및 결과의 활용 자료를 제공하고, 학생에게도 성적표(개인결과표[4])

4) 개인결과표는 https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/zenkoku/__icsFiles/afieldfile/2019/08/

를 제공한다. 개인결과표는 학생의 정답 수, 전국 평균 정답 수, 전국 상황(정답수별 학생 비율), 학습지도요령의 영역에 따른 문제 수, 문항 유형과 그 결과 및 정답률을 제공한다.

전국학력학습상황조사 결과를 바탕으로 수학 수업의 개선을 위해 주관기관에서는 평가 결과와 함께 '수업 아이디어 예'와 누적된 조사결과를 바탕으로 '대처해야 하는 내용 정리' 등을 만들어 제공한다. 특히, '수업 아이디어 예'는 전국 학력학습상황조사의 조사 결과에 근거해, 수업 개선을 위해 참고가 되도록 수업의 아이디어의 일례를 작성한 것으로서 2009년도부터 학교나 교육위원회 등에 배포하고 있다. [그림Ⅱ-1][5]에 제시한 '수업 아이디어의 예'는 정답률이 낮았던 문항을 다루는 수업에서 할 수 있는 교사의 발문과 예상되는 학생들의 응답을 대화 형식으로 제공하고 있다.



[그림 Ⅱ-1] 수업 아이디어 예

02/1344101_01.pdf 에서 확인할 수 있음.
5) 수업아이디어는 https://www.nier.go.jp/jugyourei/r03/data/21m.pdf에서 확인할 수 있음.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 우리나라의 2020년 중학교 수학과 학업성취도평가[6] 20개 문항(선택형 15개, 서답형 5개)과 일본의 2019년과 2020년 전국학력학습상황조사[7]의 문항은 총 18개 문항(선택형 4개, 단답형 6개, 서술형 8개)을 분석한다. 최신 교육과정에 따라 2020년에 시행된 한국과 일본의 국가수준 학업성취도평가 수학 교과목의 문항 수가 각각 20개, 9개로 차이가 나타나, 일본의 경우 2008 수학과 교육과정의 내용에 따르지만 2017 개정 교육과정의 취지를 담아 출제한 2019학년도 문항이 2017 개정과 내용 변화가 없어 함께 분석하고자 한다.

우리나라의 서답형 문항은 서답형 4번을 제외하고, 4개의 서답형 문항은 하위 문항 2개로 구성된 복수문항으로 출제되어, 하위 문항을 포함하면 총 24개의 문항을 분석하고자 한다. 전국학력학습상황조사는 매년 총 9문항으로 출제되며, 문항 1~5는 단일문항으로 선택형 및 단답형 문항이고 문항 6~9는 복수문항으로 주로 서술형 문항이다. 일본의 서술형 문항은 2~3개의 하위 문항으로 구성되어 있어 본 연구의 분석 대상인 전국학력학습상황조사의 문항 수는 총 31개이다.

우리나라와 일본의 학업성취도평가 문항의 내용 영역별 문항 유형과 문항 수는 <표Ⅲ-1>과 같다. 우리나라의 경우 선택형 문항이 15개(63%), 단답형 문항이 7개(29%), 서술형 문항은 2개(8%)로 선택형 문항의 비율이 높았다. 일본의 경우 선택형 문항 10개(32%), 단답형 12개(39%), 서술형 문항 9개(29%)이었고, 서술형 문항의 비율이 우리나라보다 높았다.

<표Ⅲ-1> 우리나라와 일본의 평가 문항의 내용 영역 및 문항 유형 비교

국가	한국(2020)			일본(2019-2020)			비고
교육과정의 내용 영역	수와 연산, 문자와 식	선택형	6	수와 식	선택형	4	2020 학업성취도평가에서 한국 45분(1차시)에 24개 문항을, 일본은 50분(1차시)에 15개 문항을 평가함
		단답형	2		단답형	3	
		서술형	1		서술형	2	
	함수	선택형	2	함수	선택형	1	
		단답형	1		단답형	3	
		서술형	1		서술형	2	
	기하	선택형	5	기하	선택형	3	
		단답형	2		단답형	2	
		서술형	0		서술형	3	
	확률과 통계	선택형	2	자료의 활용	선택형	2	
		단답형	2		단답형	4	
		서술형	0		서술형	2	
	총 문항 수		24	총 문항 수		31	

6) 2020년 중학교 수학과 학업성취도평가 문항은 한국교육과정평가원(2021)에 함께 수록되어 있으며, https://www.kice.re.kr/resrchBoard/view.do?seq=773&s=kice&m=030103를 통해 다운로드 받을 수 있음.

7) https://www.nier.go.jp/kaihatsu/zenkokugakuryoku.html에서 다운로드 받을 수 있음.

2. 분석틀

분석틀은 우리나라 국가수준 학업성취도평가의 평가틀과 일본의 전국학력학습상황조사의 평가틀의 공통 요소인 ‘내용 영역’, ‘맥락’, ‘역량’을 중심으로 설정하였다. 내용 영역은 두 국가의 수학과 교육과정의 내용 영역의 개수가 달라 우리나라의 5개 내용 영역 중 수와 연산, 문자와 식을 통합하여 일본의 수와 식 영역에 대응시켜 총 4개 영역으로 구분하였다(<표 Ⅲ-1> 참조). ‘맥락’은 앞서 살펴본 바와 같이 학생이 문제를 해결할 때 활용하는 경험이라는 관점에서 우리나라와 일본의 평가틀의 의미가 유사하여 ‘실생활 중심’과 ‘학문 중심’으로 구분하였다. ‘역량’ 분석틀은 우리나라의 ‘역량’에 대한 기준과 일본의 ‘평가의 관점’, ‘수학 문제 발견, 해결 상황‘, ‘수학적 과정’을 통합하여 <표 Ⅲ-2>와 같이 설정하였다.

<표Ⅲ-2> 역량 분석틀

역량		설명
수량과 도형 등에 관한 지식과 이해		여러 가지 계산 방법 및 절차를 능숙하게 구사할 수 있는 능력
수학적 기능		수학의 기본 개념의 원리, 법칙 및 그 관련성을 파악하여 타당한 계산과 절차를 형성할 수 있는 능력
추론		수학적 사실을 추측하고 논리적으로 분석하고 정당화하는 능력
문제해결	사건과 관련된 문제를 수학적으로 파악하기	문제 상황을 수, 양, 도형 등으로 주의깊게 관찰하여, 문제 상황을 이상화하거나 단순화하여 수학적으로 파악하기
	문제해결을 위한 구상, 예측으로부터 초점화된 수학 문제 해결하기	해결 방법을 알고 있지 않은 문제 상황에서 수학의 지식과 기능을 활용하여 해결 전략을 탐색하고 최적의 해결 방안을 선택하여 주어진 문제를 해결하는 능력
	문제해결 과정과 결과를 다시 돌아보며 고찰하기	문제를 해결하고 얻는 수학적 결과를 사실에 입각하여 해석하거나 해결 과정과 결과를 비판적으로 고찰하는 능력
정보처리		다양한 자료와 정보를 수집·정리·분석·활용하는 능력

우리나라의 ‘역량’과 일본의 ‘평가의 관점을’ 비교하여 그 의미를 명시적으로 나타낼 수 있도록 우리나라의 ‘계산과 이해’ 역량은 일본의 ‘수량과 도형에 관한 지식과 이해’와 ‘수학적 기능’으로 구분하고, 일본의 ‘수학적 관점과 사고’는 해당 문항의 출제 의도를 살펴본 후 우리나라의 ‘추론’ 역량이나 ‘문제해결’ 역량으로 구분하였다. 특히 문제해결 역량은 일본의 ‘수학 문제 발견, 해결 상황’에 따른 ‘수학적 과정’을 문제해결 과정에서 일어나는 행동으로 재구성하였다.

Ⅳ. 연구 결과

우리나라의 2020년 중학교 수학과 학업성취도평가 24개 문항과 일본의 2019~2020년 전국학력학습상황조사 31개 문항을 분석틀에 따라 살펴본 결과는 <표 Ⅳ-1>과 같다. 우리나라의 경우 수와 연산, 문자와 식을 영역을 통합한 수와 식 영역에서 가장 많은 수의 문항(9개)이 출제되었고, 그다음으로 기하 영역에서 많이 출제되었다. 일본의 경우 2019년과 2020년 모두 영역별 문항 분포 비율이 비슷하였는데, 수와 식 영역에서 4~5개 문항, 함수에서 3개 문항, 기하, 확률과 통계 영역 각각에서 4개 문항씩 출제되었다. 맥락에 따른 문항 분포를 살펴보면, 우리나라에서는 총 10개 문항(42%)이 실생활 맥락

으로 출제되었고, 14개 문항(58%)이 학문적 맥락으로 출제되었다. 일본에서도 실생활 맥락의 문항이 총 14개(45%), 학문적 맥락의 문항이 17개(55%)로 맥락에 따른 문항 출제 비율은 양국이 비슷하였다.

역량 측면에서 살펴보면, 우리나라의 경우 추론 역량에 해당하는 문항이 7개(29%)로 가장 많이 출제되었고, 정보처리 역량 6개(25%), 문제해결 역량 5개(21%)의 순으로 출제되었다. 일본의 경우 추론 역량의 문항이 11개(35%)로 가장 많이 출제되었고, 수량과 도형 등에 관한 지식과 이해를 평가하는 문항이 9개(29%), 수학적 기능 4개(13%), 문제해결 역량 4개(13%), 정보처리 역량 3개(10%)의 순으로 출제되었다. '수학적 기능'과 '수량과 도형 등에 관한 지식과 이해'는 계산 방법 및 절차를 능숙하게 구사할 수 있는 능력을 평가하므로, 우리나라의 학업성취도평가 문항이 일본보다 역량을 평가하고자 하는 문항의 비율이 더 높은 것으로 판단된다. 특히, 문제해결 역량을 평가하는 문항은 우리나라와 일본이 서로 다른 양상을 보였다. 우리나라는 '문제해결을 위한 구상, 예측으로부터 초점화된 수학 문제 해결하기'를 평가하는 문항으로만 문제해결 역량을 평가하였다. 그러나 일본은 '문제해결을 위한 구상, 예측으로부터 초점화된 수학 문제 해결하기' 문항을 출제하지 않고, '문제 상황을 수학적으로 파악하기'와 '문제해결 과정과 결과를 다시 돌아보며 고찰하기' 문항을 각각 2개씩 출제하였다.

<표Ⅳ-1> 내용 영역별 맥락과 역량에 대한 문항 분포 결과

			한국					일본								
			2020년					2019년				2020년				합계
내용 영역			수와 식	함수	기하	확률통계	합계	수와 식	함수	기하	확률통계	수와 식	함수	기하	확률통계	
맥락	실생활 맥락		2	1	3	4	10	0	2	0	4	2	2	0	4	14
	학문적 맥락		7	3	4	0	14	5	1	4	0	2	1	4	0	17
역량	수량과 도형 등에 관한 지식과 이해		2	0	0	0	2	1	1	1	2	1	0	1	2	9
	수학적 기능		2	1	1	0	4	1	0	0	0	1	1	0	1	4
	추론		3	1	1	2	7	3	0	3	0	2	0	3	0	11
	문제해결	사건과 관련된 문제를 수학적으로 파악하기	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
		문제해결을 위한 구상, 예측으로부터 초점화된 수학 문제 해결하기	2	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		문제 해결 과정과 결과를 다시 돌아보며 고찰하기	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
	정보처리		0	2	2	2	6	0	0	0	2	0	0	0	1	3

내용 영역별로 차이를 보였던 맥락과 역량에 초점을 맞추어 구체적인 문항의 특성을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1. '수와 식' 영역의 문항 특성 분석

수와 식 영역에서 '수량과 도형 등에 관한 지식과 이해' 역량을 살펴보면, 우리나라는 대입을 통한 식의 값을 구하는 문항과 소인수분해를 옳게 한 경우를 선택하는 문항을 모두 선다형으로 출제하였다. 일본은 2019년에 사칙계산의 가능성을 고찰하는 문항을, 2020년에 절댓값의 크기를 찾는 문항을

출제하였다. 특히, 2019년 출제 문항은 선다형이지만 가능한 계산 결과를 모두 조사하여 답하는 문항으로, 정답은 ②번 하나임에도 불구하고 복수응답 가능성을 열어두고 있었다([그림 Ⅳ-1] 참조)..

1. a와 b가 양의 정수일 때, 계산 결과가 양의 정수가 되지 않는 경우를 모두 선택하시오. ① a+b　　② a−b　　③ a×b　　④ a÷b

[그림Ⅳ-1] 2019년 전국학력학습상황조사 문항 1번

<표Ⅳ-1> 한국과 일본의 '수와 식' 영역의 추론 역량 평가 문항

한국(2020)

12. 다음은 선재가 접시저울을 사용하여 등식의 성질에 대해 탐구한 내용이다.

평형을 이루는 접시저울의 양쪽 접시에 △을 올려놓아 같은 무게를 더해도 접시저울이 평형을 이룬다.

일차방정식 $-2x+5(x-1)=7$을 다음과 같이 풀 때, ㉠~㉤ 중 선재가 탐구한 등식의 성질이 사용된 과정은?

$-2x+5(x-1)=7$) ㉠
$-2x+5x-5=7$) ㉡
$3x-5=7$) ㉢
$3x-5+5=7+5$
$3x=12$) ㉣
$3x\div 3=12\div 3$) ㉤
$x=4$

① ㉠　② ㉡　③ ㉢　④ ㉣　⑤ ㉤

일본(2020)

9. 태이는 벽에 걸린 틀을 향해 공을 여러 번 던져 다음 *득점 설정 1*로 게임을 했습니다.

득점 설정 1 ○ 틀 안에 1회 맞을 때마다 득점을 3점으로 한다. ○ 틀의 바깥에 1회 맞을 때마다 득점을 2점으로 한다.

태이가 *득점 설정 1*로 게임을 한 결과, 던진 횟수는 18회, 총 득점은 47점이었습니다. 리나는 태이의 결과를 듣고 틀 안, 틀 바깥에 각각 얼마나 맞췄는지 궁금했습니다. 그래서 리나는 다음 연립방정식을 만들어 풀고, 틀 안과 틀 바깥에 각각 11회, 7회 맞췄다는 것을 알게 되었습니다.

리나가 만든 연립방정식 틀 안에 맞춘 횟수를 x, 틀 바깥에 맞춘 횟수를 y로 하면, $\begin{cases} x+y=18 \\ 3x+2y=47 \end{cases}$

리나는 틀 안에 맞춘 횟수와 던진 횟수와 합계 득점을 토대로 곧바로 구하는 방법을 요헤이로부터 들었습니다.

요헤이가 구하는 방법 순서 ① 던진 횟수에 틀 바깥쪽에 1회 맞을 때의 득점을 더한다. 순서 ② 합계 득점으로부터 순서 ①의 계산 결과를 얻는다.

리나는 위의 *요헤이가 구하는 방법*에 따라 틀 안에 맞춘 횟수를 찾아보았습니다.

던진 횟수의 18에 득점의 2를 곱한다.	$18\times 2=36$
총 득점의 47에서 36을 뺀다.	$47-36=11$

*요헤이가 구하는 방법*에 따라 틀 안에 맞춘 횟수를 얻은 결과는 11회였고, 연립방정식의 결과와 같았습니다. 리나는 게임을 여러 번 하고서, *요헤이가 구하는 방법*으로 구한 결과가 실제 게임의 결과와 같음을 알았습니다.
다음 (1), (2)에 대해 간단하게 답하십시오.

(1) 리나는, *요헤이가 구하는 방법*으로, 왜 틀 안에 맞춘 횟수를 같은 값을 구할 수 있을까를 생각했습니다. 그래서 던진 횟수를 15회로, 합계 득점이 40점이 되는 경우에 대해 연립방정식을 만들고 해결하는 과정과 *요헤이가 구하는 방법*을 비교하기로 했습니다.
다음의 연립방정식을 푸는 과정 1에는 순서 ①, ②에 각각 대응하는 계산이 있습니다.
순서①에 해당하는 계산이 있는 부분은 *연립방정식을 푸는 과정 1*의 밑줄 부분입니다.
절차②에 대응하는 계산이 있는 부분을 아래의 ア에서 エ 까지 중 하나 선택하십시오.

연립방정식으로 푸는 과정 1

枠の内側に当てた回数をx回，枠の外側に当てた回数をy回とすると，
$\begin{cases} x+y=15 & \cdots\cdots ① \\ 3x+2y=40 & \cdots\cdots ② \end{cases}$
①の両辺を2倍すると，　$2x+2y=30$ ……③
ア　②から③をひくと，　$3x+2y=40$
　　$-)\ 2x+2y=30$
　　$x=10$ ……④
イ　④を①に代入すると，　$10+y=15$
ウ　$y=15-10$
　　$y=5$ ……⑤
エ　④，⑤より，　$x=10$，$y=5$

(2) 세 명은 *득점 설정 1*을, 다음의 *득점 설정 2*로 바꾸어 게임을 실시했습니다.

득점 설정 2 ○ 틀 안쪽에 1회 맞을 때마다 득점을 5점으로 한다. ○ 틀의 외측에 1회 맞을 때마다 득점을 2점으로 한다.

태이가 *득점 설정 2*로 게임을 한 결과, 던진 횟수는 25회, 합계 득점은 92점이었습니다. 리나는 앞의 *요헤이가 구하는 방법*을 사용하면 던진 횟수와 합계 득점을 기초로 틀 안에 맞춘 횟수를 구할 수 있다고 생각해, *요헤이가 구하는 방법*으로 다음과 같이 계산했습니다.

던진 횟수의 25에 득점의 2를 곱한다.	$25\times 2=50$
총 득점의 92에서 50을 뺀다.	$92-50=42$

*요헤이가 구하는 방법*으로 구한 결과는 42이었습니다. 42는 던진 횟수의 25보다 크므로 틀 안에 맞은 횟수가 아닙니다. 리나는, *득점 설정2*에서도, *요헤이가 요구 방법*과 같이 틀 안에 맞춘 횟수를 곧바로 해를 구하는 방법이라고 생각했습니다. 그래서 연립방정식을 만들어 푸는 과정과 *요헤이가 구하는 방법*을 비교하여 그 방법을 생각했습니다.

연립방정식으로 푸는 과정 2

枠の内側に当てた回数をx回，枠の外側に当てた回数をy回とすると，
$\begin{cases} x+y=25 & \cdots\cdots ① \\ 5x+2y=92 & \cdots\cdots ② \end{cases}$
①の両辺を2倍すると，　$2x+2y=50$ ……③
②から③をひくと，　$5x+2y=92$
　　$-)\ 2x+2y=50$
　　$3x=42$
　　$x=14$ ……④
④を①に代入すると，　$14+y=25$
　　$y=25-14$
　　$y=11$ ……⑤
④，⑤より，　$x=14$，$y=11$

리나는 위의 *연립방정식을 푸는 과정 2*의 $\boxed{}$ 부분에서 이전 페이지 *요헤이가 구하는 방법*에 새로운 순서를 더함으로써. *점수 설정 2*에서도 던진 횟수와 총 점수를 기준으로 틀 안에 맞는 횟수를 구할 수 있음을 알았습니다.

리나가 구하는 방법 순서 ① 던진 횟수에 틀 외측에 1회 맞을 때의 득점을 더한다. 순서 ② 합계 득점으로부터 순서 ①의 계산 결과를 얻는다. 순서 ③ 순서 ②의 계산 결과를 3으로 나눈다.

위의 *리나가 구하는 방법*에 있어서, 새로운 순서 ③ 의 「순서 ②의 계산 결과를 3으로 나눈다.」가 되는 수인 3이 어떤 수인가를 생각합니다. 3이 어떤 수인지는 이전 페이지의 *득점 설정* 2의 조건을 토대로 설명할 수 있습니다. *리나가 구하는 방법*의 순서③에서 나오는 수의 3은 어떤 수인지 「~은, …이다.」라는 형태로 쓰시오.

2020년 시행된 학업성취도평가와 전국학력학습상황조사에서 두 국가 모두 연립방정식의 의미를 현상과 관련하여 읽어낼 수 있는지를 통해 '추론' 역량을 평가하였다(<표 Ⅳ-1> 참조). 우리나라 문항은 방정식과 해의 의미를 알고 등식의 성질을 이해할 수 있는지를 조사하기 위해, 평형을 이루는 접시저울에서 '등식의 양변에 같은 수를 더해도 등식은 성립한다.'는 성질을 파악하고, 제시된 일차방정식의 풀이 과정 중 그 등식의 성질이 적용된 부분을 추론하는 것을 평가한다. 일본은 공을 던져 득점하는 게임 상황에서 하위 문항 2개를 통해 연립방정식을 푸는 과정을 사건에 맞게 해석할 수 있는지를 평가한다. 하위 문항 (1)은 득점 현상을 연립방정식으로 표현한 상황을 고찰하고, 제시된 '연립방정식을 푸는 과정 1'을 주어진 상황에 맞게 해를 구하는 방법이라고 해석한 후 연립방정식을 푸는 과정과 관련된 연산을 묻는 문항이다. 하위 문항 (2)는 연립방정식을 이용해 해를 구하는 과정을 반성할 때, 득점 방식을 바꾼 게임 상황과 연립방정식을 푸는 과정을 관련지어 수학적 표현을 사용하여 설명할 수 있는지를 평가한다. 이 경우 우리나라 문항은 학문적인 맥락에서, 일본 문항은 실생활 맥락에서 출제되었으므로, 학생들이 평가 문항을 통해 얻는 학습 기회의 모습은 상이함을 알 수 있다. 우리나라 학생들은 접시저울의 평형이라는 은유적 표현을 등식의 성질로 포착하고 학문적 맥락에서 연립방정식 풀이 과정을 학습하지만, 일본 학생들은 실생활 맥락의 현상을 포착하고 제공된 수학적 해결 방법과 그 안에 제시된 일련의 연산 과정을 이해하면서 연립방정식과 해의 의미를 학습하였음을 알 수 있다.

2. '함수' 영역의 문항 특성 분석

함수 영역의 문항을 살펴보면, 우리나라는 수학적 기능과 추론 역량에서 각각 1개가, 정보처리 역량에서 2개가 출제되었고, 일본은 수량과 도형 등에 대한 지식과 이해와 수학적 기능 역량에서 각각 1개, 문제해결 역량에서 4개 문항이 출제되었다. 그러나 우리나라에서 정보처리 역량으로 분류된 문항이 일본에서는 2019년과 2020년 모두 문제해결 역량으로 분류되었다.

우리나라의 함수 영역의 서술형 문항은 2개의 하위 문항으로 구성되었고, 학문 중심 맥락에서 문제해결을 위해 필요 정보를 선택하고 그래프로 정리·해석할 수 있는지를 통해 정보처리역량을 평가하는 문항이다. 주어진 일차함수의 그래프에 대한 정보를 파악하고 이를 분석하여 x절편을 구할 수 있는지를 평가한다(<표 Ⅳ-2> 참조). 하위 문항 (1)에서 학생들은 주어진 그래프의 기울기를 구할 때 필요한 정보를 찾고 계산하고, 하위 문항(2)에서 평행이동을 통해 함수식이 어떻게 변화하는지 이해하고 그 일차함수의 x절편을 구할 수 있어야 한다. 그러나 2015 수학과 교육과정 문서에서 함수 영역의 교수·학습의 의의를 '다양한 변화 현상 속의 수학적 관계를 이해하고 표현함으로써 여러 가지 문제를 해결하는 데 도움이 된다'(교육부, 2020, p.32)고 명시하고 있는 점을 고려할 때, 이 문항이 비록 학문적 맥락에서 출제된 문항이나 문제해결 역량 중 '문제해결을 위한 구상, 예측으로부터 초점화된 수학 문제 해결하기' 역량을 평가한다고 볼 수 있다.

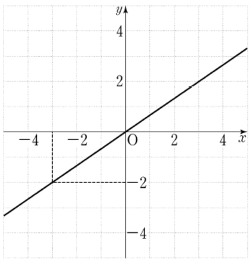
일본의 서술형 문항 역시 복수문항으로 구성된 실생활 중심 맥락의 문제해결 역량 문항이다. 종이팩의 매수를 세지 않고 구할 때 비례 관계를 바탕으로 종이팩의 두께를 조사하여 매수를 구한 다음, 종이팩 합계의 무게와 종이팩 1장의 무게에 따라 전체 종이팩의 수의 변화를 그래프를 사용하여 설명하는 것을 평가한다. 6-(1) 문항은 종이팩 전체의 두께와 매수라는 두 수량의 관계를 찾아내는 문항으로 '사건과 관련된 문제를 수학적으로 파악하기'에 해당하는 문제해결 역량을 평가하는 문항이라 볼 수 있다. 6-(2) 문항은 두 수량에 내재된 비례 관계에 대한 이해를 바탕으로 일차함수 관계를 찾아내 표현하는 능력을 평가한 다음, 비례를 이용하여 구체적인 사건을 파악하여 설명하고, 비례 관계를 그래프로 나타내고 그 특징을 이해할 수 있는지를 평가한다. 구체적으로, 6-(2)번에서 학생들은 종이팩 1장의 무게가 28g일 때와 32g일 때 요구되는 종이팩의 매수의 차이를 조사하기 위해서, 그래프를 이용하고 그 사용 방법을 수학적으로 설명해야 한다. 즉, 그래프를 해석하여 종이팩의 합계의 무게가

45000g이므로, x좌표가 45000인 그래프 위의 점에 주목한 다음 x좌표가 45000인 점들의 y값의 차이(거리)를 구해 설명할 수 있어야 한다. 이는 문제를 해결하고 얻는 수학적 결과를 다시 현상에 입각하여 해석하거나 해결 과정을 비판적으로 반성하는 것을 강조한 것이므로, '문제해결 과정과 결과를 다시 돌아보며 고찰하기' 역량을 평가한다고 볼 수 있다.

<표Ⅳ-2> 한국과 일본의 '함수' 영역의 서술형 문항

한국(2020)

【서답형 5】 그림은 원점을 지나는 일차함수의 그래프를 좌표평면 위에 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.



(1) 그림의 일차함수의 그래프는 점 $(-3,\ -2)$에서 x의 값이 6만큼 증가할 때, y의 값이 $\boxed{}$만큼 증가한 점을 지난다. $\boxed{}$ 안에 알맞은 수를 구하시오.

〈답〉 ____________

(2) 그림의 일차함수의 그래프를 y축의 방향으로 3만큼 평행이동한 그래프의 식은 $y=ax+b$이다. 일차함수 $y=ax+b$의 그래프의 x절편을 구하는 풀이 과정과 답을 쓰시오.

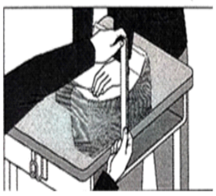
〈풀이 과정〉

일본(2020)

6. 제일중학교에서는 1000㎖ 용량의 종이팩을 리사이클 활동으로 모으고 있습니다. 학생회 임원인 다이키와 나츠키는 종이팩을 1개월 간격으로 모으고, 모인 종이팩의 매수를 전교 학생에게 보고하려고 합니다. 처음 4일동안 쌓은 종이팩의 매수가 생각했던 것보다 많았기 때문에, 두 사람은 한 달에 쌓인 종이팩의 매수를 모두 세는 것이 힘들다고 생각했습니다. 그래서 두 사람은 4일동안 모인 종이팩의 매수를 다음과 같이 구했습니다.

다이키가 구하는 방법

4일간 모인 종이팩의 총 두께는 16.2cm였다.



그 중에서 꺼낸 종이팩 10장의 두께는 0.8cm이었기 때문에 종이팩 1장의 두께를 모두 0.08cm로 생각하면

16.2÷0.08=202.5

따라서 4일간 모인 종이팩의 매수는 약 203장입니다.

나츠키가 구하는 방법

4일간 모인 종이팩의 총 무게는 5742g이었다.

그 중에서 꺼낸 종이 팩 1장의 무게는 30.0g이었으므로, 종이 팩 1장의 무게를 모두 30.0g이라고 생각하면

5742÷30=191.4

따라서 4일간 모인 종이팩의 매수는 약 191장입니다.

다음의 (1), (2)의 각 질문에 답하시오.

(1) 다이키의 요구 방법과 같이, 종이 팩 10장의 두께를 알고 있을 때, 종이 팩의 매수를 구하기 위해서, 다음과 같은 생각이 사용되고 있습니다.

종이팩의 매수를 전부 세지 않아도, 종이팩의 합계 ____를 조사하면, 종이 팩의 매수가 구해지므로, 매수를 _____로 바꾸어 생각한다

위의 ___에는 동일한 단어가 적용됩니다. 그 단어를 쓰세요.

(2) 나츠키가 구한 방법을 바탕으로 한 달 동안 모인 종이팩의 전체 무게가 몇g이더라도, 모인 종이팩의 매수를 구하고자 합니다. 그래서 나츠키가 구하는 방법으로, 모인 종이팩의 매수와 종이팩의 전체 무게의 사이 관계를, 다음의 식으로 나타냈습니다.

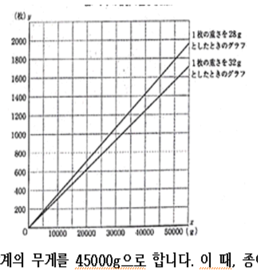
(종이팩의 매수) = (종이팩의 전체의 무게) ÷ (종이팩 1개의 무게)

두 사람은 종이팩 한 장의 무게에 차이가 있을 것이라고 생각했습니다. 모인 종이팩 중에서 몇 장을 꺼내 각각의 무게를 재어보니 종이팩에 따라 한 장의 무게가 다르다는 것을 알았습니다. 그 중 가장 가벼운 종이팩은 28g, 가장 무거운 종이팩은 32g이었습니다. 두 사람은 종이팩 1장의 무게를 28g로 했을 때와 32g로 했을 때의 종이팩의 매수에 대해 토론하고 있습니다.

다이키: 식을 사용하면, 종이팩 전체의 무게를 기준으로 종이팩의 매수를 구할수 있구나.
나츠키: 종이팩 1장의 무게를 28g으로 했을 때와, 32g으로 했을 때는, 구해지는 종이팩의 매수에 차이가 있는 것은 아닐까?

모인 종이팩의 총 무게를 x g로 하고, 종이팩의 매수를 y매로 합니다. 두 사람은 종이팩 1장의 무게를 28g으로 했을 때와 32g으로 했을 때의 x와 y의 관계를 각각 다음과 같은 비례 그래프에 나타냈습니다.

종이팩의 총 무게와 매수



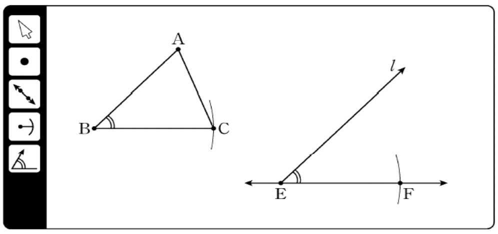
1개월간 모인 종이팩의 합계의 무게를 45000g으로 합니다. 이 때, 종이팩의 매수의 차이가 대략 몇 장이 되는지는 위의 그래프에서 구할 수 있습니다. 이 방법을 설명하십시오. (단, 실제로 매수의 차이를 구할 필요는 없음)

3. '기하' 영역의 문항 특성 분석

기하 영역에서는 우리나라 학업성취도평가에 출제된 7개 문항과 일본 전국학력학습상황의 8개 문항을 분석한 결과, 우리나라는 학문 중심 맥락 문항이 4개였으나, 일본은 모두 학문 중심 맥락에서 출제하였다. 그리고 우리나라는 수학적 기능 역량을 1개, 추론 역량을 1개, 문제해결 역량을 3개, 정보처리 역량을 2개 문항을 출제하여 기하 영역에서 비교적 다양한 역량을 평가하고 있음을 알 수 있다. 일본은 2019년과 2020년 모두 수량과 도형 등에 관한 지식 역량을 1개, 추론 역량을 3개 문항으로 평가하고 있어 기하 영역에서 추론 역량을 강조하고 있음을 알 수 있다.

두 국가 모두 출제된 삼각형의 합동조건과 관련한 추론 역량의 문항을 비교해 보면, 우리나라는 학생들에게 합동인 삼각형을 작도하는 과정에서 한 변과 한 각의 크기가 주어졌을 때, 제시한 두 삼각형이 합동이 되도록 필요한 조건을 추론할 수 있는지를 평가하고 있다(<표 Ⅳ-3> 참조). 일본은 2019년과 2020년 모두 삼각형의 합동 조건을 토대로 삼각형과 사각형의 성질을 논리적으로 확인하고 도형의 성질을 증명하는 것을 평가하고 있다(<표 Ⅳ-4> 참조). 2020년 문항은 제시된 글 '순서'를 읽고 ΔABC의 변 BC 위의 점 E의 위치 변화와 ΔABC가 어떤 삼각형인지에 따라 사각형 ABEF가 사다리꼴이나 평행사변형이 되는 것을 발견하고 그 근거가 무엇인지를 추론하는 문항이다.

<표Ⅳ-3> 한국의 '기하' 영역의 추론 역량 평가 문항

한국(2020)
7. 정우는 공학적 도구를 이용하여 △ABC와 합동인 삼각형을 그리는 중이다. 그림과 같이 변 BC와 길이가 같은 선분 EF를 그리고, ∠B와 ∠E의 크기가 같아지도록 반직선 l을 그었다. (단, △ABC는 예각삼각형이다.)  반직선 l 위에 점 D를 잡을 때, 항상 △ABC≡△DEF인 조건이 될 수 있는 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?   <보 기>   ㄱ. $\overline{AB}=\overline{DE}$ ㄴ. $\overline{AC}=\overline{DF}$ ㄷ. ∠ACB=∠DFE   ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

일본의 2019년과 2020년의 기하 영역 평가 문항의 구성 형식을 살펴보면, 추측이 등장하고 추측을 정당화하는 과정을 따라 학생들이 증명의 일부를 직접 구성하고 명제가 성립하거나 성립하지 않는 이유를 설명하도록 한다. 또한 결과가 성립하기 위한 조건을 추론하거나 조건을 만족하는 도형을 추론하는 문항으로 구성되어 있다. 구체적인 도형을 조사하고, 이에 근거해 도형의 성질이나 관계를 추측하는 개연적 추론을 한 후 국소적으로 연역적 증명을 하도록 전국학력학습상황조사의 문항을 출제함으로써, 2017 신학습지도요령(문부과학성, 2017, p.56)에 명시된 '증명의 필요성과 의미 및 그 방법에 대해 이해하는 것'을 지도하고 평가하는 방법을 제안하고 있음을 알 수 있다.

<표Ⅳ-4> 일본의 '기하' 영역 추론 역량 평가 문항

일본(2020)

7. 두꺼운 종이를 삼각형으로 자릅니다. 그 삼각형을 $\triangle ABC$로 할 때, 다음의 *순서*로 사각형을 만들 수 있습니다.

순서
1 변 AC의 중점에 점 D를 취한다.
2 변 BC 위에 점 E를 취한다. 그러나 점 E는 점 B, C와 겹치지 않는 것으로 한다.
3 점 D와 점 E를 연결하여 생긴 선분 DE를 따라 자른다.
4 $\triangle DEC$를 점 D를 회전의 중심으로 반시계 방향으로 180°회전 이동 시킨다.

점 D는 변 AC의 중점이고 AD와 CD의 길이는 같기 때문에 AD와 CD는 겹쳐집니다. $\triangle DEC$를, 점 D를 $\angle ADE$와 $\angle ADF$의 합은 180°이므로, 점 E, D, F는 일직선상에 있습니다. 이를 통해 위의 절차를 통해 사각형 ABEF를 만들 수 있습니다.
메이는 사각형 ABEF가 어떤 사각형이 될지 생각했습니다.

다음 (1)에서 (3)까지의 각 질문에 대답하십시오.
(1) 메이는, *순서* 2에서, 점 E를 변 BC 위에 여러 위치로 변화시키면서, $\triangle ABC$로부터 사각형 ABEF를 만들어, 사각형 ABEF가 어떤 사각형이 되는지를 조사했습니다. 메이는 그림 1을 그리고, $\triangle DEC$와 합동인 $\triangle DFA$를 덧붙인 그림 2를 그렸습니다.

그림1

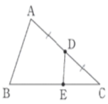
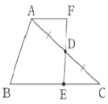


그림2



메이는 그림2에서 사각형 ABEF가 AF//BE인 사각형이라고 예상했습니다.
AF//BE가 되는 것은, 어느 두 각의 크기가 같다는 것으로부터 알 수 있습니다. 그 두 각을 적으시오.

(2) 메이는 그림3과 같이, 그림1의 $\triangle ABC$에서 점 E를 변 BC의 중점으로 취한 그림을 그리고, 그 그림을 바탕으로 $\triangle DEC$와 합동인 $\triangle DFA$를 덧붙인 그림4를 그렸습니다.

그림3

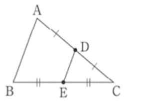
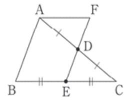


그림4



메이는 그림4의 사각형 ABEF에서 다음과 같이 추측했습니다.

추측
$\triangle ABC$에서 점 E가 변 BC의 중점이면 사각형 ABEF는 평행사변형이다.

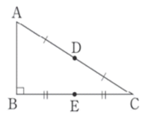
메이는 위의 추측이 성립된다는 것을 보여주기 위해 변AF와 변BE의 관계를 조사했습니다.

조사한 것
○ AF//BE인 것은 이미 알고 있다. ---①
○ 변 AF와 변 BE에 대해서,
$\triangle DEC \equiv \triangle DFA$ 이고, 합동 도형의 대응하는 변이 같기 때문에
CE=AF ---②
점 E는 변 BC의 중점이기 때문에,
BE=CE ---③
②,③에서,
AF=BE이다. ---④

조사한 ①~④를 바탕으로 무엇을 근거로 하면 추측이 성립될 수 있는가? ア~エ 중에서 옳은 것을 1개 선택하시오.
ア 두 쌍의 대변이 각각 같은 사각형은 평행사변형이다.
イ 두 쌍의 대각이 각각 같은 사각형은 평행사변형이다.
ウ 두 대각선이 서로 다른 것을 이등분하는 사각형은 평행사변형이다.
エ 한 쌍의 대변이 평행하고 그 길이가 같은 사각형은 평행사변형이다.

(3) 오른쪽 그림 5와 같이, 그림1의 $\triangle ABC$를 $\angle B$의 크기가 90°인 직각삼각형으로 바꾸고, 점 E를 변 BC의 중점으로 했을 때, $\triangle ABC$로부터 생기는 사각형 ABEF가 어떤 사각형이 되는지를 생각해 보자.

그림5

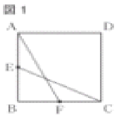


이 때 사각형 ABEF는 평행사변형의 특별한 형태가 됩니다. $\triangle ABC$에서 $\angle B$의 크기가 90°이고 점 E가 변 BC의 중점이라면 사각형 ABEF는 어떤 사각형이 됩니까? 「~이면, …이다.」 형식으로 기입하시오.

일본(2019)

⑦ 우측 그림과 같이, 정사각형 ABCD의 변 AB의 중점을 E, 변 BC의 중점을 F로 합니다. 마유(真由) 씨는 선분 AF와 선분 CE에 대하여 다음의 것을 예상하였습니다.

図 1



예상1
평행사변형 ABCD의 변 AR의 중점을 E, 변 BC의 중점을 F로 하면, AF = CE가 된다.

다음 (1)에서 (3)까지의 각 문항에 답하시오.

(1) **예상1**이 성립하는 것은 다음과 같이 증명할 수가 있습니다.

증명
△ABF와 △CBE에서
정사각형의 4변은 모두 같으므로,
AB = CB ......①
점E, F는 각각 변 AB, BC의 중점이므로, ①에 의해
BF = BE ......②
공통된 각이므로,
∠ABF = ∠CBE ......③
①, ②, ③에 의해, [　　　　]가 각각 같으므로,
△ABF ≡ △CBE
합동인 도형의 대응하는 변은 같으므로,
AF = CE

위 증명의 [　　　　]에 들어가는 말을 적으시오.

(2) 마유(真由) 씨는 전 페이지 예상1의 정사각형 ABCD를 평행사변형 ABCD로 바꾸는 것을 생각하여, 다음의 것을 예상하였습니다.

예상2
평행사변형 ABCD의 변 AB의 중점을 E, 변 BC의 중점을 F로 하면, AF = CE가 된다.

그러나, 우측 그림2와 같은 경우가 있기에, 위 예상2가 성립하지 않는다는 것을 알게 되었습니다.
그림2에는 아래의 특징이 있기에, 그림2를 사용하여 예상2가 성립하지 않음을 나타낼 수가 있습니다.

図 2

그림2는 예상2의 「평행사변형 ABCD의 변 AB의 중점을 E, 변 BC의 중점을 F로 한다」는 것을 ① [　　　　]
또한, 그림2는 예상2 「AF = CE가 된다」는 것을
② [　　　　]

위의 ① [　　　　]과 ② [　　　　]에 해당하는 말의 조합으로서 바른 것을 아래의 ㄱ~ㄹ까지에서 하나 고르시오.

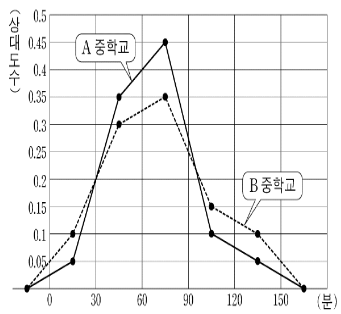
ㄱ ①: 충족한다 ②: 충족한다
ㄴ ①: 충족한다 ②: 충족하지 않는다
ㄷ ①: 충족하지 않는다 ②: 충족한다
ㄹ ①: 충족하지 않는다 ②: 충족하지 않는다

특히, 일본은 증명이라는 용어를 수학과 교육과정 문서에서 다루고 있으나 2019년과 2020년 전국학력학습상황조사 문항에서는 연역적 추론에 따라 설명한 근거를 ‘증명’이라는 용어로 표현할 뿐 학생들에게는 추측이 성립함을 나타내거나 성립하는 근거를 묻고 있다. 또한, 중학교 교육과정 문서에서 ‘명제’라는 용어는 다루지 않지만, 도형의 성질을 나타내는 문장을 ‘「~이면, …이다」 형식으로 기입하시오’라는 문항을 통해 가정과 결론은 지도하고 있다. 일본은 고등학교 <수학Ⅰ> 교과목에서 ‘명제’ 용어를 다루지만, 중학교에서 「~이면, …이다」 형식의 문장을 만들어 봄으로써 가정과 결론을 학습할 기회를 제공하고 있다. 또한 일본은 2017년 개정 수학과 교육과정에서 ‘반례’라는 용어를 새롭게 추가하였는데, 이를 2020년 학교 현장에 적용하기 전인 2019년 전국학력학습상황조사 문항 7-(2)에서 ‘반례’라는 용어는 사용하지 않지만 반례를 다루고 있었다. 우리나라가 교육과정을 개정 고시한 후 학교 현장에 적용하기 전까지 이전 교육과정을 따르는 것과 달리, 일본은 개정 교육과정이 고시되면 바로 개정의 중점사항과 새롭게 변화된 내용을 학교 현장에서 다루도록 하고 있음을 보여준다.

4. ‘확률과 통계’ 영역의 문항 특성 분석

우리나라의 확률과 통계 영역에서 출제된 문항은 실생활 맥락에서 경우의 수를 구하거나 표와 그래프에서 정보를 읽어내는 정보처리 역량의 선택형 문항이 2개, 상대도수 분포의 그래프를 바탕으로 상대도수와 학생 수를 추론하는 단답형 문항 2개가 출제되었다. 일본 역시 실생활 맥락에서 중앙값의 의미를 해석하거나 표로 정리한 자료의 범위를 구하는 수량과 도형 등에 관한 지식과 이해 역량을 평가하는 2개 문항, 히스토그램의 그래프를 읽는 수학적 기능 역량을 평가하는 1개 문항, 히스토그램에 나타난 분포의 특징을 상대도수를 활용하여 해석하고 그렇게 생각한 이유를 서술하는 정보처리역량 1개 문항을 출제하였다. 두 국가 모두 자료를 수집하여 컴퓨터를 이용하거나 하는 등 표나 그래프로 정리하여 상대도수나 대푯값의 수치로 구하고 자료의 분포를 경향을 해석하는 것을 강조하고 있음을 알 수 있다. 그러나 두 국가의 확률과 통계 영역 서답형 문항은 다루는 실생활 맥락 및 학생들이 그래프의 특징을 해석하고 그렇게 생각하는 이유를 수학적인 표현으로 설명하도록 요구하는 문항의 복잡도에서 차이가 나타났다(<표 Ⅳ-5>, <표 Ⅳ-6> 참조).

<표Ⅳ-5> 한국의 ‘확률과 통계’ 영역의 정보처리 역량 평가 문항

한국(2020)	
【서답형 3】 최근 청소년의 소음성 난청 발병률이 높아져 사회적 문제가 되고 있다. 이어폰 사용 시간을 줄이면 소음성 난청을 예방하는 데 도움이 된다고 한다. 다음은 A중학교 전체 학생 440명과 B중학교 전체 학생 280명의 하루 평균 이어폰 사용 시간을 조사하여 상대도수의 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 물음에 답하시오. 	(1) 하루 평균 이어폰 사용 시간이 60분 이상인 학생은 각 학교에서 전체 학생의 몇 %인지 각각 구하시오. 〈답〉 A중학교: ________%, B중학교: ________% (2) A중학교의 하루 평균 이어폰 사용 시간이 60분 이상인 학생 수와 B중학교의 하루 평균 이어폰 사용 시간이 60분 이상인 학생 수의 차를 구하시오. 〈답〉 ________

<표Ⅳ-6> 일본의 '확률과 통계' 영역의 정보처리 역량 평가 문항

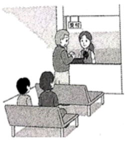
일본(2020)

8. 한 병원에서는 내원자에게 설문조사를 실시하고 있습니다. 설문조사의 결과로 오전에 혼잡하지 않은 시간대를 알고 싶다는 요구가 많았습니다.
병원 직원인 케이타씨와 하루카씨는 방문객에게 아침에 혼잡하지 않은 시간에 접수를 받을 수 있도록 제안을 하고 싶습니다. 두 사람은 한 주 월요일부터 금요일까지 오전 중 방문자 수를 다음 표에 요약했습니다.

요일별 방문자 수

요일	월	화	수	목	금
방문자 수(명)	134	98	110	102	150

위의 *요일별 방문자 수*를 보면, 조사한 주의 방문자 수는 금요일이 가장 많다는 것을 알 수 있습니다. 대기 시간을 방문자가 접수한 후 진찰이 시작될 때까지의 시간으로 금요일 방문자 150명의 대기 시간을 조사하기로 했습니다.



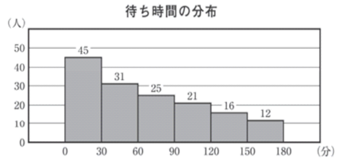
다음 (1)에서 (3)까지의 각 질문에 대답하십시오.
(1) 케이타씨는 대기 시간에 대해 조사한 내용을 다음과 같이 정리했습니다.

대기 시간에 대해 알아본 것

	평균	중앙값	최빈값	최대값	최소값
대기시간(분)	70.2	58	25	164	3

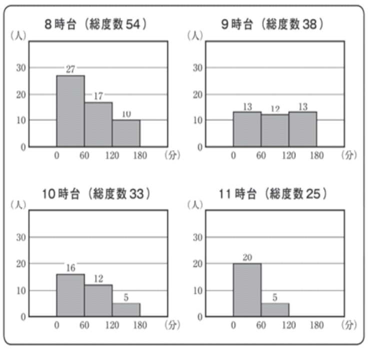
방문객에 따라 대기 시간이 다르기 때문에 대기 시간이 흩어져 있는 정도를 생각합니다. *대기 시간에 대해 조사한 것*을 바탕으로 대기 시간 범위를 구하시오.

(2) 하루카씨는 대기시간의 분포의 모습을 히스토그램으로 정리했다. 예를 들어, 대기시간이 150분 이상 180분 미만인 내원인은 12명임을 나타낸다.



대기 시간이 60분 미만인 내원인은 몇 명입니까? 그 사람의 수를 쓰시오.

(3) 두 사람은 시간이 짧았던 방문객은 어느 시간대에 접수를 했는지 궁금했습니다. 접수를 한 시간대 마다 대기 시간을 「60분 미만」, 「60분 이상 120분 미만」. 「120분 이상 180분 미만」으로 나누어, 내원인 수를 다음과 같이 정리했습니다.



위의 조사를 통해 예를 들어 9시대의 히스토그램에서는 대기 시간이 60분 이상 120분 미만인 내원자가 12명인 것을 알 수 있습니다.
두 사람은 조사를 바탕으로 대기 시간에 대해 토론하고 있습니다.

> 케이타: 히스토그램의 60분 미만의 계급의 도수를 보면, 8시대가 27명이고 11시대가 20명이네요. 그러니까 60분 미만의 내원자수는 8시대 쪽이 11시대보다 많다고 할 수 있습니다.
> 하루카: 하지만, 계급의 도수로 판단해도 좋은 것일까요. 8시대와 11시대의 총 도수를 보면 60분 미만의 내원자수는, 8시대가 11시대보다 많다고는 단언할 수 없습니다.

8시대와 11시대의 히스토그램을 보면, 하루카씨와 같이 "60분 미만의 내원자수는, 8시대가 11시대보다 많다고는 단언할 수 없습니다 "라고 주장할 수도 있습니다. 그 이유를 상대 빈도를 사용하여 설명하십시오.

일본(2019)

⑧ 도서 위원회는 학생의 독서 활동 상황을 조사하여 도서 소식지에 게재하려고 합니다. 도서 위원인 고헤이와 모모코는 전교생 270명을 대상으로 최근 한 달간 읽은 책의 권수와 하루 독서 시간이 몇 분인지를 답하는 설문조사를 했습니다.

> 설문 조사
> • 최근 한 달간 읽은 책은 몇 권인가요? (　　권)
> • 하루 독서 시간은 몇 분인가요? 　　(　　분)

다음 (1)~(3)의 각 문제에 답하시오.

(1) 두 사람은 설문조사를 토대로 최근 한 달간 읽은 책을 아래 표로 정리하였습니다. 아래 표에서 읽은 책의 최빈값을 구하시오.

최근 한 달간 읽은 책

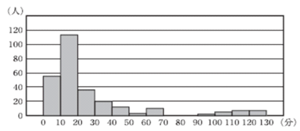
읽은 책 (권)	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	합계
사람 수 (명)	13 114 74 30 11 7 4 4 3 4 6	270

(2) 두 사람은 설문 조사를 토대로 하루 독서 시간을 다음과 같은 표와 히스토그램으로 정리했습니다. **모모코가 만든 히스토그램**을 보면, 하루 독서 시간이 30분 이상 40분 미만인 학생이 20명이라는 사실을 알 수 있습니다.

고헤이가 만든 표

	평균값	최댓값	최솟값
하루 독서 시간 (분)	26.0	120	0

모모코가 만든 히스토그램



두 사람은 **고헤이가 만든 표**와 **모모코가 만든 히스토그램**에 대해 이야기하고 있습니다.

> 고헤이 "하루 독서 시간 평균값이 26.0분이니까 하루에 26분 정도 독서를 하는 학생이 많다는 이야기네."
> 모모코 "그렇지만 히스토그램을 보면 26분 정도 독서를 하는 학생이 많다고 하긴 어렵지 않을까?"

모모코가 만든 히스토그램을 보면 "하루 독서 시간 평균값이 26.0분이니까 하루에 26분 정도 독서를 하는 학생이 많다는 이야기"라는 고헤이의 생각은 적절하지 않다는 것을 알 수 있습니다. 그 이유를 **모모코가 만든 히스토그램**의 특징에 따라 설명하시오.

(3) 두 사람은 월요일부터 금요일까지의 평일과, 토요일과 일요일의 휴일의 하루 독서 시간이 달라질 것이라고 생각했습니다. 그래서 전교생을 대상으로 평일 하루 독서 시간과 휴일 하루 독서 시간을 조사하는 설문 조사를 다시 실시하였고, 270명이 조사에 응했습니다. 집계 결과를 정리해 다음과 같은 도서 소식지 초안을 작성하였습니다.

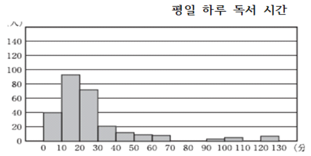
도서 소식지 초안

도서 소식지

연 월 일
제일 중학교 도서위원회

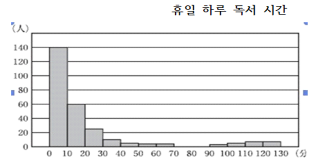
◎ 전교생 독서 시간 현황

평일 하루 독서 시간



평균값 27.0분
중앙값 22.5분
최빈값 15분
최댓값 120분
최솟값 0분

휴일 하루 독서 시간



평균값 17.0분
중앙값 0분
최빈값 0분
최댓값 125분
최솟값 0분

○ 평일은 270명 중 절반 이상의 독서 시간이 20분 이상입니다.
○ 휴일은 270명 중 절반 이상의 독서 시간이 0분입니다.

○ 평일은 270명 중 절반 이상의 독서 시간이 20분 이상입니다.
○ 휴일은 270명 중 절반 이상의 독서 시간이 0분입니다.

이전 페이지 도서 소식지 초안에는 아래와 같은 문구가 적혀있습니다.
이 내용은 도서 소식지 초안에 있는 평일 하루 독서 시간과 휴일 하루 독서 시간의 어떤 값을 통해 알아낼 수 있습니다. 이 값을 1번부터 5번 사이에서 1개 고르시오.
1. 평균값　　2. 중앙값　　3. 최빈값　　4. 최댓값　　5. 최솟값

우리나라의 2015 개정 교육과정과 일본의 2017 신학습지도요령의 확률과 통계 영역에서 다루는 내용을 살펴보면, 일본은 대푯값을 중학교 1학년에서 다루나 우리나라는 중학교 3학년에서 다룬다. 또한 일본은 분산과 도수분포표와 도수분포를 나타내는 그래프를 초등학교 6학년에서 다루지만 우리나라는 분산을 중학교 3학년에서, 도수분포표를 중학교 1학년에서 다룬다. 일본은 우리나라 중학교 수학과 교육과정에서 다루지 않는 '표본조사의 필요성과 의미를 이해하고 간단한 경우에 표본조사를 하고 모집단의 경향을 파악해 설명하는 것'을 중학교 3학년에서 다루고 있다(김부미, 김윤민, 2019). 두 국가의 교육과정 문서에서 다루는 시기의 차이로 일본은 중학교 전국학력학습상황조사에서 분산과 도수분포표를 평가하지 않고 중3에 학습한 내용은 전국학력학습상황조사의 출제범위가 아니므로 '표본조사'에 대한 내용도 다루지 않는다. 그러나 일본의 '자료의 활용' 영역의 서술형 문항을 살펴보면, 2019년 독서활동의 설문조사, 2020년에 병원의 대기 시간을 활용한 혼잡도에 대한 설문조사 문맥을 제공하여 학생들이 자연스럽게 표본을 조사하는 맥락을 다루고 있음을 알 수 있었다(<표 Ⅳ-6> 참조).

2020년 평가를 통해 두 국가에서 모두 다룬 '상대도수' 관련 서술형 문항을 비교하면, 우리나라는 실생활 문맥을 비교적 정돈하여 제시하고 상대도수 그래프에 대한 정보를 바로 제시한 후 문항(1)에서 그래프를 읽고 특정 조건에 따른 상대도수를 구하고 문항(2)에서는 구한 상대도수에 해당하는 학생 수를 전체 학생들의 수가 다른 두 집단에서 구함으로써 간접적으로 상대도수의 의미를 탐구하는 문항을 출제하고 있다. 즉, 학생이 주어진 문맥으로부터 문제해결에 필요한 수학적 지식(상대도수)을 비교적 회상하기 쉽도록 순차적으로 제시하고 있다. 반면, 일본은 병원에서 대기 시간을 조사한 자료를 먼저 제시하고 이를 대푯값으로 정리한 표를 제시한다. 그런 다음 문항 (1)에서 데이터의 경향(범위)을 읽도록 하고, 문항(2)에서 대기 시간의 분포를 정리한 히스토그램으로부터 도수를 읽게 한 후 문항 (3)에서 두 사람의 토론을 읽고 상대도수에 주목하여 그렇게 생각하는 이유를 해석하고 설명하게 함으로써 메타수준의 지식을 활용하도록 요구하고 있다. 메타수준은 수학적 대상들을 파악하고 조절하는 포괄적인 활동으로, 대상 수준의 학습을 반성하도록 촉진한다(Sfard, 2008). 또한 일본은 먼저 실생활 맥락의 상황을 표나 그래프 등으로부터 데이터의 경향을 읽도록 한 후, 곧바로 상대도수 분포 그래프를 제시하지 않고 상황을 정리한 히스토그램을 제시한 후, 두 사람의 대화를 읽고 학생 스스로 상대도수라는 수학적인 발상이나 사고방식을 통해 그래프의 경향을 해석하게 하고 있다. 우리나라는 상대도수 그래프를 수치적으로 해석하는 과정을 부분 문항을 통해 순차적으로 강조하고 있지만, 일본은 실생활에서 활용되는 수학적인 활동을 강조하고 다양한 사람들과의 의사소통에서 수학적 표현을 사용할 수 있는 맥락을 강조하고 있음을 알 수 있다.

Ⅴ. 결론

본 연구에서는 우리나라 2015 개정 교육과정과 일본의 2017 개정 교육과정이 학교 현장에 적용된 후 최초로 시행한 2020학년도 중학교 국가수준 학업성취도평가 수학 문항을 비교, 분석하였다. 우리나라 국가수준 학업성취도평가의 문항은 복수 문항을 포함하여 총 24개 문항을, 일본의 전국학력학습상황 조사의 문항은 전체 31문항을 분석하였다. 우리나라는 추론, 문제해결 역량에 대한 문항 수에 대한 비율이 일본보다 더 높았지만, 문제해결 역량 중에서 문제를 발견하고 반성하는 과정을 평가하는 문항은 출제되지 않고 있었다. 일본은 추론과 지식의 이해 측면의 문항들이 주로 출제되었으며, 문제해결 역량과 관련하여 실생활 상황을 수학적으로 파악하여 수학적인 문제로 발견하는 과정과 해결한 결과를 해석하는 과정의 문항을 주로 출제하고 있었다. 다만, 앞서 분석한 평가 문항의 비교·분석은 양 국가의 평가 시간에 따른 출제 방향의 차이를 고려하지 않았음을 연구의 제한점으로 밝힌다. 일본은 50분 동안 9개의 문항을 평가하나 한국은 45분이라는 제한적 시간 안에서 20문항을 평가하므로 그 출

제 방향의 차이가 있을 수 있다.

분석 결과를 바탕으로 수학과 교육과정 및 교수·학습의 개선, 우리나라 국가수준 학업성취도평가 문항에 적용가능한 시사점을 제안하고자 한다. 첫째, 학업성취도평가가 수학과 교육과정의 달성도를 평가하고 교수·학습의 개선을 유도한다는 측면에서 실생활 중심의 통계 교육이라는 개정의 중점사항이 좀 더 직접적으로 평가 문항에 연계되고 수업 개선을 유도할 수 있도록 문항 개발이 필요하다. 한국의 2020 국가수준 학업성취도평가 문항은 확률과 통계 영역에서 수학적 개념과 그래프를 직접 제시하고 수치를 읽고 해석하게 하고 있으나 일본은 학생이 자료를 수집하고 정리하는 수학적 활동 과정을 나타낸 문맥을 따라가면서 문제해결을 위한 적절한 수학적 개념이나 사고방식을 떠올려 그렇게 생각한 이유를 설명하는 문항을 다루고 있었다. 이를 통해 일본의 전국학력학습상황조사는 수학의 기본적인 개념과 원리 및 법칙을 바탕으로 다양한 상황을 수학화하고 수학적으로 해석하거나 표현하는 것이 충분히 이루어지지 않아 교육과정을 개정한다는 2017 개정의 취지를 평가에 보다 직접적으로 반영하고 있음을 알 수 있다. 우리나라 2015 수학과 교육과정의 개정의 중점 사항을 살펴보면, PISA와 TIMSS 주관 학업성취도 국제비교 연구 결과에서 나타난 '우리나라 학생들의 확률과 통계에 대한 소양이 우리나라와 비슷한 순위의 국가에 비해 상대적으로 낮은 것'(송미영 외, 2013)을 개선하고자 '실생활 중심의 통계 내용 재구성'을 추진하였다. 그러나 기존 교육과정의 통계 내용이 주어진 자료의 수동적인 처리에 머문다는 비판을 수용한 2015 개정 수학과 교육과정에서 개발된 교과서에서도 실생활에 연관된 본질적 과제가 여전히 부족하며, 학생들이 반성적 인지과정을 경험할 수 있는 학습 기회가 충분히 제공되고 있지 않음이 지적되었다(최희선, 2019). 또한 2015 교육과정에 대한 현장 적용 실태조사 결과(김동원 외, 2021), 실생활 중심 통계 교육의 의미를 살리지 못했다는 의견이 많았다. 따라서 한국의 학업성취도평가에서는 확률과 통계 영역에서 현실 세계의 자료를 대상으로 수집, 정리, 분석, 해석하는 일련의 과정을 평가에서 어떻게 다루는지를 교육과정과 연계하여 재검토할 필요가 있다. 이를 바탕으로 2022 eNAEA의 확률과 통계 영역 평가를 통해 실생활 맥락에서 2015 교육과정의 중점사항을 반영하고 기술공학적 도구를 적절하게 활용한 문항 예시를 학교 현장에 제안할 필요가 있다.

둘째, 우리나라는 선택형 문항의 비율이 높았고 일본은 서답형 문항의 비율이 높았지만, 실생활 중심과 학문 중심으로 구분한 맥락에 따른 문항 출제 비율은 두 국가가 비슷하였다. 다만, 우리나라에서 제공하는 실생활 맥락의 문항 대부분은 이미 수학적으로 정제된 형태가 많았으며, 일본의 경우 제공하는 맥락이 다양하고 풍부하며 실생활과 밀접한 특징을 보였다. 따라서 국가수준 학업성취도평가 문항의 실생활 맥락의 문항을 개발하는데 학생들에게 더 실제적이고 수학이 직접 활용되고 있음을 느낄 수 있는 맥락(authentic context)의 문항을 개발할 필요가 있다.

셋째, 일본은 전국학력학습상황조사에서 문항 수를 줄이는 대신 일상생활의 맥락에서 학생 스스로 문제를 해결할 수 있는 수학적 방법을 찾게 하고 두 학생의 대화를 통해 찾아낸 수학적 발상이나 개념을 표현하고 소통하는 서술형 문항을 출제하고 있었다. 특히, 수와 식 영역과 함수 영역에서 우리나라는 '문제해결을 위한 구상과 예측 후 초점화된 수학 문제 해결하기' 역량을 평가할 수 있도록 하여 출제였으나 일본은 문제해결 역량을 평가할 때 실생활 상황을 수학 문제로 발견하는 과정과 해결한 결과를 해석하는 과정을 평가할 수 있도록 출제하고 있었다. 따라서 우리나라도 학생 스스로 문제해결 방안을 구상하거나, 학생의 의사소통 과정을 통해 문제해결에 핵심적인 수학적 아이디어를 확인하고 문제를 해결하는 과정과 결과를 반성할 수 있는 eNAEA의 신유형 문항을 개발할 필요가 있다.

넷째, 현재 2022 중학교 수학과 교육과정 개정을 앞두고 '증명' 용어 도입의 필요성이 논의되는 시기에 일본의 전국학력학습상황조사의 기하 영역의 '증명' 문항을 다루는 방법은 증명을 학교 수업에서 학습 부담을 늘리지 않으면서 본연의 의미를 잘 살려 도입될 수 있는지에 대한 시사점을 제공하고 있다. 일본은 중학교 수학과 교육과정 문서에서 '증명' 용어를 다루지만, 명제라는 용어는 다루지 않으면서도 '삼각형의 합동조건', '삼각형과 사각형의 성질' 단원에서 개연적 추론과 함께 연역적 추론, 증명

을 통해 추론 역량을 평가하고 있다. 일본은 추측을 통한 개연적 추론을 한 후 그 근거를 설명하기 위해 증명 문항을 완성형 문항으로 출제한 후 학생들이 증명의 일부를 직접 작성할 수 있는지를 평가한다. 또한 주어진 도형의 성질을「～이면 …이다.」형식의 문장으로 변환하도록 하여 증명을 읽고 작성할 때 도움이 되는 가정과 결론을 비형식적으로 학습하고 증명의 필요성을 느끼도록 다루고 있다. 학교 수학에서 증명의 목적이 학생의 이해를 자극하고 설명하는 것이라는 점에서(Hersh, 1993) 설명력이 높은 경험적 증명이나 해석적 증명을 형식적 증명과 적절히 병행하여 활용할 수 있어야 할 것이다(박은조, 방정숙, 2005). 이경화 외(2021)의 연구에서도 논리적 사고와 추론의 중요성을 감안해 증명 교육의 필요성을 주장하면서 '증명' 용어의 사용을 제안하고 있다. 따라서 우리나라도 2022 개정을 앞두고 일본 교육과정과 교과서에서 증명을 다루는 방법을 참고하여 교육과정에서 여러 가지 정당화 방법을 지속적으로 강조하면서도 학생들이 증명의 의미와 필요성을 인식할 수 있도록 제시하는 방안을 심도있게 논의할 필요가 있다.

다섯째, 우리나라도 국가수준 학업성취도평가 결과를 분석하고 그 성적표를 구체적으로 학생들에게 제공하고 있으나, '학습을 위한 평가'를 강화하기 위해 성취도평가 결과를 학교 현장의 수학 수업 개선에 직접 반영할 수 있도록 환류 방안의 개선을 연구할 필요가 있다. 일본은 국가수준 학업성취도평가의 출제 방향과 관점 등을 교육과정과 국가수준 학업성취도평가틀과 출제 문항에 반영하고 그 분석 결과를 '수업 아이디어의 예'라는 문서를 통해 일선 학교 수학 수업 개선에까지 활용하고 있다. 수업의 아이디어의 예는 전국학력학습상황조사 결과 중 정답률이 낮은 문항이나 새로운 문항에 대해 교사와 학생들의 가상 대화 상황을 통해 수업의 방향과 지침이 될 수 있는 교수학습 전략을 제시한다. 우리나라도 학업성취도평가 결과를 반영하여 학교 수학 수업의 개선에 직접 환류할 수 있는 자료 보급 방안을 모색하거나 eNAEA 평가를 통해 실생활의 다양한 장면에서 수학적 지식과 기능을 통합하거나 활용하는 수학적 활동 맥락을 제시하여 일선 학교에 역량평가의 모범 사례를 제시할 필요가 있다.

참고 문헌

교육부 (2020). **수학과 교육과정(교육부 고시 제2020-236호) [별책8]**. 수정(2020.09.11.). 교육부.

김동원, 홍진곤, 김선희, 신보미, 김연, 박진형, 탁병주, 황지현, 왕효원, 송창근 (2021). **2015 개정 수학과 교육과정 현장 실태 분석**. 한국과학창의재단. BD21010009.

김미경, 송미영, 최인봉, 남민우, 백준기, 김종훈 (2019). **국가단위 평가의 수요자 중심정보 활용 서비스 시스템 구축 및 운영(Ⅶ): 웹기반 평가의 교실 적용 및 시스템 최적화**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2019-1.

김부미, 김윤민 (2019). 한국과 일본의 수학과 교육과정 비교-통계영역을 중심으로. **학습자중심교과교육연구, 19**(3), 495-523.

박은조, 방정숙 (2005). 수학 교사들의 증명에 대한 인식. **한국학교수학논문집, 8**(1), 101-116.

송미영, 임해미, 최혁준, 박혜영, 손수경 (2013). **OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2012 결과 보고서**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2013-6-1.

이경화, 김동원, 김선희, 김혜미, 김화경, 박진형, 이 호, 이화영, 임해미, 장정욱, 정종식, 조성민, 최인용, 송창근 (2021). **포스트코로나 대비 미래지향적 수학과 교육과정 구성 방안 연구 최종보고서**. 교육부.

이재봉, 김준식, 박지선, 성경희, 이광상, 이소라, 정혜윤, 최소영, 김감영, 안유민, 하민수 (2020). **컴퓨터 기반 국가수준 학업성취도 평가(eNAEA) 도입을 위한 출제 방안 연구**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE-2020-5.

최희선 (2019). '화귙과 통계' 교과서에서 제시된 맥락 기반 과제의 학습기회 분석. **한국학교수학회, 22**(3), 241-256.

한국교육과정평가원 (2021). **2020년 국가수준 학업성취도 평가 결과 분석: 중학교 수학**(연구자료 ORM 2021-51). 한국교육과정평가원.

Center for Research on Educational Test(CRET) (2007). **Comparison between PISA and Japan's National Achievement Test B-test.** Available from : http://www.cret.or.jp/files/fd6c0b98dbf92ff306028b80de9681c6.pdf

Hersh, R. (1993). Proving in convincing and explaining. **Educational Studies in Mathematics, 24**(4), 389-399.

Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating*. Cambridge University Press.

國立教育政策硏究所 (2019). **全國學力·學習狀況調查 報告書**. 國立教育政策硏究所.

國立教育政策硏究所 (2020). **全國學力·學習狀況調查 報告書**. 國立教育政策硏究所.

文部科學省 (2017). **中學校學習指導要領**. 文部科學省.

Comparative Analysis of the National Level Academic Achievement Assessment Items between Korea and Japan

Bumi Kim[2] · Hyungmi Cho[3]

Abstract

This study compares and analyzes the mathematics assessment items of the middle school's national-level academic achievement tests in Korea and Japan, recently revised as a competency-focused curriculum. By comparing and analyzing the assessment items in each country, the analytic framework is integrated into content areas, contexts, and competencies. The characteristics of each country's assessment items developed for each content area were analyzed using the framework. We suggested some implications on developing and improving national-level academic assessment items.

Key Words : Korean National Assessment of Educational Achievement, Japanese National Achievement Test, Item analysis, Comparative study

Received November 30, 2021
Revised December 20, 2021
Accepted December 23, 2021

---

* 2010 Mathematics Subject Classification : 97D10, 97D60
2) Wonkang University (bmkim@wku.ac.kr)
3) Jeonju National University of Education (hyugnmi41@gmail.com), Corresponding Author