

수학과 중등학교 교사 임용후보자 선정경쟁시험에서 요구되는 지식의 영역과 수준 분석

이소연(이화여자대학교 대학원, 학생) · 김래영(이화여자대학교, 부교수)[†]

†교신저자

Examining the breadth and depth of knowledge required in the teacher employment test for secondary mathematics

Lee, So Yeon(Graduate School of Ewha Womans University, stella1124@ewhain.net)

Kim, Rae Young(Ewha Womans University, kimrae@ewha.ac.kr)[†]

†Corresponding Author

초록

본 연구는 수학과 중등학교 교사 임용후보자 선정경쟁시험이 예비 교사의 지식을 어떻게 평가하고 있는지 최근 8년간 시행된 임용시험 1차 180개의 문항을 지식의 영역과 수준의 차원에서 분석한 결과, 분야에 따라 특정 영역과 수준의 편중성과 평가 외적 내용 요소의 출현 등이 나타나 이로부터 임용시험의 질 개선에의 시사점을 논하였다.

Abstract

This study examines the breadth and depth of knowledge of the teacher employment test for secondary mathematics. For the breadth of knowledge, we attempted to figure out the range of knowledge in terms of the content areas using the standards from the Korea Society Educational Studies in Mathematics[KSESJM](2008). For the depth of knowledge, we chose Anderson & Krathwohl(2001) framework to analyze levels of each item in the test. The results from the analysis of 180 items in the teacher employment test between 2014 and 2021 show that while items in mathematics education have considerable variation in terms of range and levels of knowledge, those in some subjects of mathematics can be found only certain level of knowledge. i.e., merely certain topics or levels of knowledge have been heavily evaluated. Thus, considering the breadth and depth of knowledge teachers should have, the current exam needs to be improved in terms of teacher knowledge. It does not mean that every topic and every level of knowledge should be evaluated. However, it is a meaningful opportunity to think about what kinds of knowledge teachers should have in relation to K-12 mathematics curriculum and how we can evaluate the knowledge. More collaborative effort is inevitable for the improvement of teacher knowledge and teacher employment test.

* 주요어 : 수학과 중등학교 교사 임용후보자 선정경쟁시험, 지식의 영역, 지식의 수준

* **Key words** : teachers employment test, depth of teacher knowledge, breadth of teacher knowledge

* 본 논문은 이소연(2021)의 석사학위논문 일부 수정, 보완하여 작성함.

* **Address**: 52 Ewhayeodae gil, Department of Mathematics Education, Ewha Womans University, Seoul, Korea

* **2000 Mathematics Subject Classification** : 97B50, 97C40

* **Received**: July 12, 2021 **Revised**: July 27, 2021 **Accepted**: August 10, 2021

I. 서론

4차 산업혁명과 코로나-19로 인하여 경제, 사회, 문화, 기술 등에 관한 세상의 변화가 더욱 가속화되고 있다. 이에 따라 교육현장은 오프라인에서 온라인으로의 전환이 이루어졌고 교사들은 학생들에게 무엇을, 어떻게 가르칠 것인가에 대해 검토해야 하는 시기를 겪고 있다. 특히 코로나-19에 의해 발생한 학생들의 학업능력의 격차를 극복하는 것은 전 세계의 교사들에게 중요한 과제로 남아 있다(Park, 2020; Wang, 2020).

이렇게 변화하는 교육 패러다임 속에서 폭넓은 지식과 역량을 갖춘 초임교사를 육성하고 선발하는 과정은 무엇보다 중요하며 신중하게 이루어질 필요가 있다. 우리나라에서는 우수한 교사 인재의 선발을 위하여 상대평가 형식의 시험이 중요한 역할을 하고 있다. 대표적으로 중등학교 교사 임용후보자 선정경쟁시험(이하 임용시험) 제도가 있으며 경쟁을 기반으로 채용하고자 하는 인원만큼 성적순으로 채용하고 있다. 최근까지도 우리나라에서 교사의 직업에 관한 전망과 인기는 이어지고 있으며, 임용시험은 매년 매우 높은 경쟁률을 보이는 고부담시험으로 Mathematics Teaching in the 21st Century [MT21] (Schmidt et al., 2007)의 연구에서 다른 나라와 비교했을 때에도 우리나라 임용시험의 경쟁률은 매우 높은 편이다.

임용시험은 교사로서의 지식과 능력을 변별하는 첫 관문으로서 매년 한 회의 시험으로 당락이 결정된다. 현행 임용시험은 1, 2차 시험으로 구성되어 있다. 1차 시험은 전국 공통으로 한국교육과정평가원이 출제한 필기시험이며 교육학을 제외한 전공과목에서 기입형 또는 서술형의 문항이 출제된다. 1차 시험에서 통과한 대상자에게만 2차 시험의 기회가 주어지며, 2차 시험은 각 지방 교육청에 따라 시험 제도가 약간씩 다르지만 공통적으로 수업실연과 심층면접으로 구성되어 있다.

임용시험은 이러한 현행 제도까지 여러 번의 개정을 거쳐왔으며, 개편 과정은 궁극적으로 학교 교육의 질적인 개선을 위한 고민의 흔적이라고 볼 수 있다. 2014학년도부터 시행된 현행 제도에서는 객관식 문항의 삭제로 출제 문항 수가 감소하였기에 측정하고자 하는 교사 지식의 기준을 더욱 명확하게 설정되는 것이 중요하며, 타당도 높은 평가로 구성하기 위한 노력이 요구되고 있다

(Jeon, 2014). 따라서 본 연구는 임용시험이 적절한 기준에 근거하여 타당하게 측정되고 있는가에 대한 재검토의 한 방법으로서 예비 교사들이 알아야 하는 중요한 지식의 영역이 무엇이며, 얼마나 깊이 알아야 하는지를 탐구하고자 한다.

그동안 교사가 알아야 할 지식의 영역에 대해 수학 교사가 어떠한 종류의 지식을 갖춰야 하는지(Ball, Thames, & Phelps, 2008; Shulman, 1986), 예비 교사와 교사가 각각 어떠한 수준의 지식을 갖추어야 하는지(Association of Mathematics Teacher Educators [AMTE], 2017)에 대한 연구들이 국내외에서 활발히 이루어져 왔다(Sunwoo, & Pang, 2019). 현재 수학 교사가 되기 위해 필요한 세부적인 이수 과목과 내용에 대한 기준은 Korea Society Educational Studies in Mathematics[KSESMS](2008)의 ‘평가 내용 및 평가 내용 요소’에서 제시하고 있다.

교사가 되기 위해 얼마나 깊이 알아야 하는지는 시험 출제를 담당하는 한국교육과정평가원에서 난이도와 정답률을 공개하지 않고 있으므로 정보를 체계적으로 파악하기는 어렵다. 따라서 임용시험에서 요구하는 지식의 수준을 분석하기 위해 연구에 적합한 선행연구의 틀을 기준으로 삼아, 직접 문항의 수준을 분석하는 것이 필요하다고 보았다. 지식의 수준을 분류하는 기준은 학자들마다 다양한 의견이 존재한다(Anderson & Krathwohl, 2001; Bloom, 1956; Porter, 2002; Webb, 2002). 이 중 본 연구에서는 임용시험의 분석에 적합한 기준이라고 판단된 Anderson & Krathwohl(2001)의 6단계 수준을 토대로 임용시험에서 요구하는 지식의 수준을 파악하고자 한다.

그러므로 본 연구에서는 수학 신규교사로 임용될 자질이 있는가를 평가하는 임용시험에서 중등학교 수학 교사에게 필요한 지식을 어떻게 평가하고 있는지 알아보기 위해, 시험에서 요구하는 지식의 범위와 수준을 분석하는 것을 연구문제로 삼았다. 2014학년도부터 2021학년도까지 현행 제도에서 이루어진 임용시험의 180개의 문항 분석을 토대로 분석한 연구의 결과를 향후 임용시험의 질 개선 방향을 모색하는데 기초 자료를 제공하고 시사점을 논의하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 수학 중등교사 임용시험 선행연구

수학 교사 임용시험의 문항을 분석 연구는 다양한 연구가 있었다. Byun & Choi(2012)는 2009학년도부터 4년간 출제된 1차 시험의 수학교육학 문항은 제외하고, 수학교육학 9개 과목에 관련한 문항에서 평가 영역 및 평가내용 요소를 기준으로 출제 비율을 분석하였다. 연구 결과 출제 비중에서 9개 과목 간 현저한 차이가 나타났으며, 절반 이상의 평가 내용 요소가 4년 동안 출제되지 않았다는 분석 결과를 토대로 수학과 교과내용학의 출제 과목 간 비중이나 평가 영역 및 평가 내용 요소의 제조정이 필요함을 강조하였다.

Lee(2011)의 연구에서는 임용시험의 현행 제도보다 앞서 시행된 2009학년도부터 2011학년도까지의 필기시험으로서 1, 2차 시험을 분석하여 해석학, 현대대수학, 위상수학이 다른 과목에 비하여 높은 비율로 출제되었음을 확인하였다. 그 당시에 시행된 2차 시험은 서술형 평가였는데 해석학, 현대대수학, 위상수학, 복소해석학, 미분기하학 분야에서 주로 출제되었다. 이와 같이 Byun & Choi(2012)와 Lee(2011)의 연구는 필기 시험에서 어떤 내용 영역이 나타나는지를 비율을 점검해보는 연구가 진행되었다.

한편, 수학교과교육학에만 초점을 둔 연구도 있었는데 Ko(2012)의 연구는 2002학년도부터 2011학년도까지 10년간 출제된 문항을 수학교육학기초론, 수학교육과정, 교직수학, 수학문제해결, 수학교수학습론, 수학교육평가, 수학교육공학, 통합형등으로 분류하여 출제경향을 분석하면서, 중등교사임용시험과 중등학교 교육과정과의 연계성을 고찰하였다.

이러한 선행연구의 공통점은 임용시험을 교과과목, 평가영역 등으로 문항을 구분하고, 기준에 맞게 출제 빈도를 분석했다는 점이다. 그리고 이것을 교육과정의 중요도 근거로 제시하였다. 하지만 외형적인 문항 분석과 더불어 예비 수학교사가 갖추어야 할 능력이 무엇인지 알아보는 것 역시 중요함을 강조하면서 구체적으로 이루어지지 않았다. 이런 점에서 임용시험의 기출 문항을 새로운 방법을 통해 분석하여 교사에게 필요한 능력이 무엇인지를 확인할 수 있는 연구가 필요하다.

또한, 교사 임용시험의 문항과 교원양성과정을 연관지어 임용시험을 분석한 연구도 있었다. Kim & Kim(2017)은 국내 21개 사범대학 수학교육과의 교육과정과 12개년 임용시험의 문항을 분석한 결과 모두 교과교육학이 교과내용학에 비해 낮았음을 확인하였다. 자격증 취득을 위한 기본이수교과목 역시 10개 교과내용학과 1개 교과교육학으로 구성되어 있어 교과교육학의 비중이 상대적으로 매우 낮다는 것을 알 수 있었다.

수학 교사 임용시험 문항의 분석에 관한 연구는 여러 가지가 있었지만, 대부분 임용시험에 등장하는 내용의 비중에 관한 탐구였다. 공통적으로 평가 영역에서 어떠한 영역에 치중되어 있는지를 확인하는 연구 결과를 나타냈다. 그러나 본 연구에서는 이러한 임용시험의 내용 영역에 관한 연구에서 더 나아가, 요구되는 지식의 수준에 관한 분석을 함께 진행하여 교사 지식의 범위와 깊이, 두 차원을 모두 고려하여 분석했다는 점에서 차별성이 있다.

2. 지식의 영역

수학과 중등학교 교원양성과정은 ‘수학교육론, 정수론, 복소해석학, 해석학, 선형대수, 현대대수학, 미분기하학, 기하학일반, 위상수학, 확률및통계, 조합및그래프이론’ 등 총 11과목의 필수 기본이수교과목을 제공하고 있다 (Ministry of Education, 2020). 임용시험에 출제되는 교과목과 평가 영역은 ‘표시과목 「수학」의 교사 자격 기준과 평가 영역 및 평가내용요소’에 표시되어 있으며 한국교육과정평가원 홈페이지(<https://www.kice.re.kr>)에서 공개하고 있다. 이 문서는 KSESM(2008)에서 실시한 ‘표시과목 「수학」의 교사 자격 기준 개발과 평가 영역 상세화 및 수업 능력 평가 연구: 2009학년도 개편 중등교사임용후보자선정경쟁시험’ 연구의 일부 공개된 자료이다. 임용시험 범위에 포함된 교과목은 ‘기본 이수 과목 및 분야’로서 ‘수학교육론, 현대대수학, 선형대수학, 정수론, 해석학, 복소해석학, 위상수학, 미분기하학, 확률과정계학, 이산수학’으로 10개이다. ‘조합 및 그래프 이론’이 ‘이산수학’의 영역에 해당하여 같은 과목이라 볼 수 있으므로, KSESM(2008)의 ‘기본 이수 과목 및 분야’는 Ministry of Education(2020)의 기본이수교과목 11개 중 ‘기하학 일반’을 제외한 것과 일치한다. 그러므로 교육과정과 평가의 일치도를 높이도록 평가의 교과목 범위가 설정되었음을 알 수 있었다. 한국교육과정평가원에서 KSESM(2008)의

연구를 평가의 기준으로 삼아 평가 영역과 내용 요소를 출제한다고 밝히고 있으므로 본 연구에서는 이를 지식의 영역을 위한 분석틀로 삼았다.

[Table 1] Content standards for secondary mathematics

Ministry of Education(2020)	KSESM(2008)
1. Mathematics Education	1. Mathematics Education
2. Number Theory	2. Abstract Algebra
3. Complex Analysis	3. Linear Algebra
4. Real Analysis	4. Number Theory
5. Linear Algebra	5. Real Analysis
6. Abstract Algebra	6. Complex Analysis
7. Differential Geometry	7. Topology
8. General Geometry	8. Differential Geometry
9. Topology	9. Probability and Statistics
10. Probability and Statistics	10. Discrete Mathematics
11. Combination and Graph Theory	

3. 지식의 수준

지식의 인지적인 수준을 분석하기 위한 연구들이 활발히 이루어져 왔다(Anderson & Krathwohl, 2001; Bloom, 1956; Porter, 2002; Webb, 2002). [Table 2]에 제시된 대표적인 연구들을 살펴보면, 가장 먼저 시작된 Bloom(1956)의 연구는 지식을 6가지 수준으로 구분하여 ‘교육목표분류학’을 창시하였다. ‘지식’은 이전에 학습된 자료를 기억하는 능력이고 ‘이해’는 문제의 의미를 파악하거나 이해하는 능력이며, ‘적용’은 새로운 구체적 상황에 이전에 학습한 정보를 사용하는 능력을 말한다. ‘분석’은 새로운 의미나 숨겨진 의미를 찾기 위해 문항을 부분으로 분해하는 능력이고 ‘종합’은 새로운 것을 창조하기 위해 부분을 합하는 능력이며 ‘평가’는 주어진 목적을 정확히 판단하고 가치를 파악하는 능력이다(Bloom, 1956).

Bloom이 제시한 지식의 수준 중에 5수준과 6수준을 시대에 맞게 바꾸고 서술어의 형태로 수준을 명명할 필요성에 기인하여 Anderson & Krathwohl(2001)은 장기기억에서 관련된 정보를 꺼내는 ‘기억하다(remember)’, 말, 글, 그림으로 표현된 것으로부터 의미를 구성하는 ‘이해하다(understand)’, 특정 절차를 실행하거나 개념을 활용하는 ‘적용하다(apply)’, 구성요소로 나누고, 그 사이 또는 전체 구조와의 관계를 결정하는 ‘분석하다(analyze)’, 특정한 기준에 근거하여 판단하는 ‘평가하다(evaluate)’, 하위

요소들이 일관성이 있거나, 전체적으로 결합하거나, 새로운 패턴 혹은 구조로 재조직하는 ‘창안하다(create)’로 재배치하여 수정하였다. Anderson & Krathwohl(2001)은 Bloom(1956)의 교육목표분류학을 보완하였을 뿐만 아니라, 지식 차원의 유형을 4가지로 분류하여 지식의 이차원 분류표를 제작하고 여러 가지 과목에 대한 사용 예시를 정리하였다.

지식의 수준 연구는 평가 적합성의 측면에서 이루어지면서 더욱 발전하였다. 지식의 깊이(Depth of Knowledge 이하 DOK)는 1997년 Webb이 교육과정과 평가의 일관성과 합치성을 판단하기 위해 도입한 개념이다. Webb(2002)의 DOK 1수준은 ‘회상’으로 단순한 알고리즘을 수행하거나 공식을 적용하는 것이며 DOK 2수준은 ‘기능/개념’으로 습관적인 반응을 넘어 약간의 정신적인 작용을 보이는 것이다. DOK 3수준은 ‘전략적 사고’로서 학습자들에게 자신의 사고를 설명하도록 하거나 추측을 하도록 요구하는 것이고, DOK 4수준은 ‘확장된 사고’로 복잡한 추론, 계획, 개발, 사고를 요구하는 단계이다(Webb, 2002).

Porter(2002)는 Webb(2002)에 이어서 교과 내용에 관한 평가 적합성(alignment), 그리고 평가 규준에 대한 인지적 요구 정도를 분류하는 것에 관심을 가졌다. A수준, 기억; B수준, 과정 수행하기; C수준, 이해한 것을 의사소통하기; D수준, 비정형 문제를 해결하기; E수준, 추측하기/일반화하기/증명하기의 5단계로 분류하였다. Holmes(2012)에 의하면 Porter(2002)와 Webb(2002)의 지식의 수준에 대한 분석틀이 다루는 인지 행동은 유사하다.

[Table 2] Conceptual framework for depth of knowledge

Bloom (1956)	Anderson & Krathwohl (2001)	Webb (2002)	Porter (2002)
Evaluation	Create	Extended Thinking	Prove
Synthesis	Evaluate	Strategic Thinking	Solve Non-routine problems
Analysis	Analyze		Communicate understanding
Application	Apply	Skill/Concept	Perform procedures
Comprehension	Understand	Recall	Memorization
Knowledge	Remember		

[Table 2]에 나타난 지식의 수준에 관한 선행 연구 모두 지식의 위계성을 가정하고 있다는 공통점이 있으며, 표의 하위로부터 상위로 갈수록 복잡한 인지적 수준을 요구했다. 이 중 본 연구에 가장 적합한 분석틀을 선정하기 위해서는 몇 가지 고려할 점이 있었다. 우선 평가 유형과 성질이 다른 수학내용학과 수학교육학의 문항의 수준을 판별하는데 공통으로 적용될 수 있어야 하며, 교사의 지식의 수준을 세밀히 분류하기 위해서는 수준을 판별하는 근거가 분명하고 세분화되어 있어야 했다. 따라서 수준의 위계가 적은 Webb(2002)의 분류는 부적합하다고 판단하였고, 증명 수준 이상의 창의적 사고를 요구하는 출제 경향에 비추어 Porter(2002)와 Bloom(1956)의 연구는 이러한 사고를 측정하기 위한 수준이 부재하므로 문항을 적절하게 분별하기 어려웠다. 그러나 Anderson & Krathwohl(2001)의 연구는 교육일반은 물론 수학, 과학, 작문 등 여러 과목에 폭넓게 적용될 수 있을 뿐만 아니라 평가 문항 분류 예시까지 제시하고 있어 근거가 분명하였으며, 관련 서술어를 함께 제시하여 설명함으로써 지식의 수준을 판별하는 데 유용하다고 판단되어 본 연구의 분석틀로 선정하였다.

III. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 임용시험에서 요구하는 지식의 영역과 수준을 파악하기 위해 2014학년도부터 2021학년도까지 총 8개년의 중등 수학과 임용시험의 1차 필기시험 문항 180개를 연구 대상으로 선정하였다. 본래 이 기간의 임용시험은 1차와 2차로 구성되어 있으나 2차 시험은 응시 지역별로 형식의 차이가 있고 기출 문항이 공개되어 있지 않아 연구 대상에서 제외하였다. 1차 필기시험 문항의 자료는 한국교육과정평가원 홈페이지(<https://www.kice.re.kr>)의 중등교사 임용시험 기출문제 자료실에서 수집하였으며 교육학을 제외한 전공시험 문항 형태는 기입형, 서술형으로 구성되어 있었다.

2. 분석틀

연구에서 사용한 분석 틀은 영역과 수준의 2가지 차원으로 이루어진다. ‘지식의 영역’에 관한 분석 틀은 [Table

1]에서 제시한 KESM(2008)의 ‘평가 영역 및 평가 내용 요소’를 사용하였다. 각 평가 영역에는 최소 1개부터 최대 15개의 하위 평가 내용 요소로 구성되어 있었다. 예를 들면, 현대대수학의 경우 평가 영역이 ‘군, 환, 체’로 이루어져 있고, 평가 영역 ‘군’의 평가 내용 요소로서 ‘군의 개념과 기본성질, 부분군, 치환군, 순환군, 잉여류와 라그랑주의 정리, 준동형과 인자군, 대칭군과 교대군, 직적과 직합, 유한 아벨군, 실로우 정리 및 유한군의 구조’ 10개의 하위 요소들이 존재한다. 평가 영역 ‘환’과 ‘체’도 각각의 평가 내용 요소를 15개, 8개가 구성되어 있다.

‘지식의 수준’에 관한 분석틀은 [Table 3]에서 제시한 바와 같이 Anderson & Krathwohl(2001)의 인지 과정 차원 6단계를 이용하였다. 이론적 배경에서 고려했던 지식의 수준에 관한 다양한 개념들 가운데, Anderson & Krathwohl(2001)의 연구는 모든 단계의 제목이 서술어로 표현되어 있어서 문항을 보고 코드화할 때 사고과정 어떤 수준을 거쳤는지 확인하기가 적합했고, ‘6. 창안하다’ 과정이 있었기 때문에 새로운 것을 창조하는 과정을 코드화할 수 있었다. 1~3수준을 하위수준, 4~6수준을 상위수준으로 볼 수 있다(Anderson & Krathwohl, 2001).

[Table 3] The framework for depth of knowledge

Depth of Knowledge	Description
1. Remember	Bring out relevant information from long-term memory.
2. Understand	Construct meaning from what is expressed in words, writings, and pictures.
3. Apply	Execute a particular procedure or to utilize a concept.
4. Analyze	Divide into components and determine the relationship between them or with the entire structure.
5. Evaluate	Judge based on a particular standard.
6. Create	Combine sub-elements as a whole, or reorganized into new patterns or structures.

3. 자료 분석

코딩은 총 2회 이루어졌으며, 연구자를 포함한 3명의 코더가 수행하였다. 1차 코딩은 2014학년도부터 2021학년도까지 시행된 최근 8개년 수학 임용시험 180개 문항을 분석틀에 기반하여 개별 코딩하였다. 코더들은 영역과 수준의 분석틀의 각각의 하위요소를 참고하여 각 문항의 영역과 수준을 결정하였다. 2차 코딩은 일치도가 낮은 경우와 3명의 코더가 모두 불일치 하는 문항을 재정리하여 실시하였다. 영역 코드는 어느 영역에서 출제되었는지 지식의 범위를 보기 위한 것이므로 여러 영역에서 출제된 경우 중복 코드를 허용한 반면, 수준 코드는 평가되는 지식의 깊이를 보기 위한 것이므로 해당 문항의 최상위 수준을 단일 코드로 코딩하였다. 결과적으로 영역과 수준 코드는 총 184개의 코드가 추출되었으며, ‘기본 이수 과목 및 분야’로 구분하면 수학교육론 46개, 현대대수학 22개, 선형대수학 9개, 정수론 9개, 해석학 32개, 복소해석학 13개, 위상수학 13개, 미분기하학 16개, 확률과통계학 16개, 이산수학 8개였다.

[Table 4] An example of coding for depth of knowledge

<p>7. 연속함수 $f: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$은 $(0, 1)$에서 미분가능하다. 모든 $x \in (0, 1)$에 대하여 $f'(x) \neq 1$일 때, $f(a) = a$ ($0 \leq a \leq 1$)을 만족하는 a가 유일하게 존재함을 증명하시오. [4점] (해석학- 2021년 B형 7번)</p>

지식의 수준 코딩의 예시를 살펴보면, [Table 4]는 5수준 ‘평가하다’로 코딩된 해석학 문항이다. 증명을 요구하는 문항으로서 해석학에서 중요하게 다루어지는 유형이다. 이 문항은 연속성과 미분가능성을 토대로 중간값정리, 평균값정리를 떠올려서 문제를 종합적으로 해결하는 과정을 요구한다. 이 과정에서 연속함수에서부터 중간값 정리를, 미분가능성으로부터 평균값정리를 이끌어 내는 과정의 내적 일관성 여부를 결정해야 한다. 따라서 이 문항에 대하여 5수준의 ‘평가하다’의 하위요소인 ‘점검하기’가 사용되었다. 그러나 주어진 문항은 새로운 패턴을 창조하거나 증명 과정을 새롭게 생각하도록 요구하는 문항이라기보다, 적절한 정리를 종합하는 것으로 ‘6. 장안하다’까지 높은 수준을 요구하지는 않아 ‘5. 평가하다’로 코딩되었다.

수준 코드의 신뢰도로서 코더 간 일치도는 Fleiss' kappa 계수 0.683으로 좋은 일치도를 보였다. 영역코드는

수준코드와 다르게 중복코드를 허용하였기 때문에, 전체 문항 중에 중복코드까지 모두 동일했던 문항의 개수를 세는 방법을 이용하여 백분율을 구하는 것으로 일치도를 알아보았고, 그 결과 184개 문항 중에 134개가 일치하여 0.72의 우수한 코더 간 일치도를 보였다.

IV. 연구 결과

1. 수학교육학과 수학교육학의 수준 분석

10개의 기본 이수 과목 및 분야를 수학교육학과 수학교육학으로 구분하여 임용시험에서 요구하는 지식의 수준을 탐색했다. [Table 5]는 수학교육학과 KSESM(2008)의 구분에 따라 수학교육론을 제외한 9개의 기본 이수 과목 및 분야인 ‘현대대수학, 선형대수학, 정수론, 해석학, 복소해석학, 위상수학, 미분기하학, 확률과 통계학, 이산수학’을 수학교육학으로 묶어 지식의 수준을 비교한 표이다. 세로축은 영역을, 가로축은 수준을 기준으로 하였고, 각 셀 안에는 빈도수와 백분율을 표기하였다.

[Table 5] Depth of knowledge by area

Area	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Math	6	9	5	8	11	7	46
Education	(3.3)	(4.9)	(2.7)	(4.3)	(6.0)	(3.8)	(25.0)
Math	0	4	54	36	29	15	138
	(0.0)	(2.2)	(29.3)	(19.6)	(15.8)	(8.2)	(75.0)
Total(%)	6	13	59	44	40	22	184
	(3.3)	(7.1)	(32.1)	(23.9)	(21.7)	(12.0)	(100.0)

수학교육학은 비교적 모든 수준에서 골고루 출제된 경향을 보였다. 3수준 ‘적용하다’가 가장 적게, 5수준 ‘평가하다’가 가장 많은 빈도로 나타났으며 하위의 1~3수준은 10.9%, 상위의 4~6수준은 14.1%였다. 반면 수학교육학은 1수준 ‘기억하다’에 해당하는 문항은 전혀 출제되지 않았고, 3수준 ‘적용하다’가 가장 많이 나타났다. 하위의 1~3수준은 31.5%, 상위의 4~6수준은 43.6%였다. 수학교육학과 수학교육학 모두에서 상위수준이 하위수준보다 더 많이 출제되었고, 그 패턴은 유사하게 나타났으나 상대적으로 수학교육학보다 수학교육학에서 편중성이 더 컸다.

2. 과목별 임용시험의 영역과 수준 분석

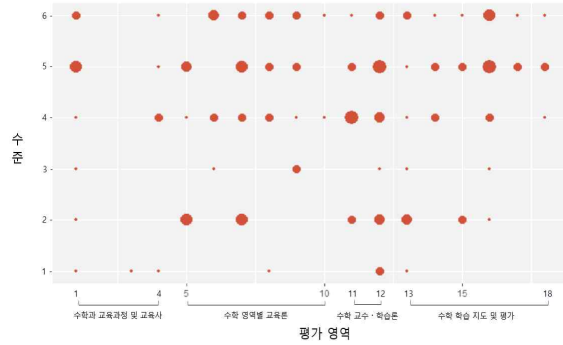
1) 수학교육론

KSESM(2008)의 ‘평가 영역 및 평가 내용 요소’에 의하면 수학교육론의 평가 영역은 크게 ‘수학과 교육과정 및 교육사’, ‘수학 영역별 교육론’, ‘수학 교수·학습론’, ‘수학 학습 지도 및 평가’ 4가지로 이루어져 있다. 그 중 ‘수학 영역별 교육론’과 ‘수학 학습 지도 및 평가’가 전체의 65.8%를 차지하였으며 ‘수학과 교육과정 및 교육사’가 13%로 가장 적게 출제되었다.

18개의 평가 내용 요소에서 지난 8년간 한 회도 출제되지 않은 요소는 ‘수학과 교육과정의 국제적 동향’이었는데 이것은 수학교사들이 꼭 파악하고 있어야 하는 중요한 요소이다. 임용시험에서 우리나라 수학과 교육과정에 관한 문항은 다수 출제되었지만, 우리나라의 교육과정이 국제적으로는 어떤 의미를 갖는지, 혹은 국제적으로 비교했을 때 어떤 차이가 있는지와 같은 주제는 임용시험에서 다루지 않았다. 그러나 2015 개정 교육과정에서 ‘상관관계’에 관한 부분을 추가한 이유와 ‘피타고라스 정리’를 중학교 2학년 과정으로 변경한 것이 세계적인 추세의 반영임을 고려할 때 교사가 국제적 동향을 파악하고 교육과정에 어떻게 반영되었는지 아는 것은 중요하게 다루어져야 하는 영역이다(Hwang, Na, Choi, Park, Lim, & Seo 2019; Ministry of Education, 2017).

수준의 관점에서, 수학교육론은 인지적으로 요구하는 수준이 높다는 것을 알 수 있다. 가장 많이 임용시험에 나타난 수준은 ‘6. 평가하다’, 가장 적은 것은 ‘3. 적용하다’로 전체적으로 상위수준이 72.3%로 많이 출제되었다.

영역과 수준을 함께 살펴보면, [Fig. 1]에서 보듯이 수학교육론은 대체로 다양한 영역과 수준이 고르게 분포되어 있었다. 산점도에서 나타내는 점의 크기는 빈도를 의미하며 크기가 클수록 많이 출제되었다는 의미를 지니는데 수학교육학의 산점도는 상위 수준의 문항은 거의 모든 영역에서 고루 출제되었지만, 하위 수준은 ‘수학 영역별 교육론’과 ‘수학 교수 학습론’의 영역에 편중되었다.



[Fig. 1] The scatter plot of mathematics education

2) 현대대수학

현대대수학의 영역은 크게 군(group), 환(ring), 체(field)로 나뉜다(Fraleigh, 2003). 세 가지 영역이 각각 28.7%, 36.6%, 34.8%의 비중을 차지한 것으로 보아, 3가지 평가 영역이 비교적 고루 출제되었다.

그러나 KSESM(2008)에서 제시한 현대대수학 분야의 ‘평가 내용 요소’와 실제로 출제되는 영역은 달랐다. 현대

[Table 6] Breadth and depth of mathematics education

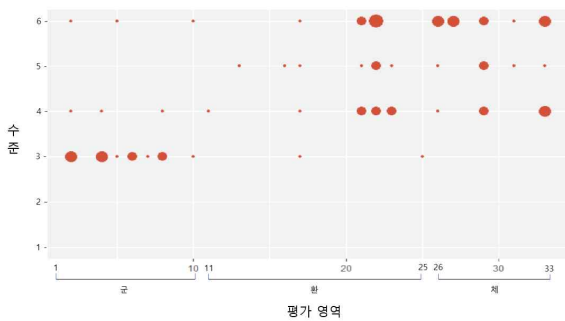
Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total(%)
	1	2	3	4	5	6	
Mathematics Curriculum and Educational History	3 (2.4)	1 (0.8)	1 (0.8)	3 (2.4)	5 (4.1)	3 (2.4)	16 (13.0)
Teaching Theory by Mathematics Area	1 (0.8)	8 (6.5)	4 (3.2)	8 (6.5)	11 (8.9)	10 (8.1)	42 (34.1)
Mathematics Learning Theory	2 (1.6)	5 (4.1)	1 (0.8)	8 (6.5)	7 (5.7)	3 (2.4)	26 (21.1)
Mathematics Learning Instruction and Evaluation	1 (0.8)	6 (4.8)	2 (1.6)	6 (4.8)	14 (11.4)	10 (8.1)	39 (31.7)
Total(%)	7 (5.7)	20 (16.3)	7 (5.7)	26 (21.1)	37 (30.1)	26 (21.1)	123 (100.0)

대수학의 평가 내용 요소는 33개로 그 개수가 많은 편이었지만 8년간 출제되지 않은 영역은 그 중 13개였으며, ‘환 준동형사상’과 ‘원분화대체’와 같이 평가 내용 요소 밖에서 출제된 요소도 있었다. 이는 각각 2020년 A형 10번 문제, 2020년 B형 11번 문제에 각각 해당되며, 세 코더들 모두 ‘평가 내용 요소’에 추가되어야 함을 명시하였다.

[Table 7] Breadth and depth of knowledge for abstract algebra

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Group	0 (0.0)	0 (0.0)	13 (19.7)	3 (4.5)	0 (0.0)	2 (3.0)	19 (28.7)
Ring	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (3.0)	8 (12.1)	6 (9.1)	7 (10.6)	24 (36.3)
Field	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (9.1)	5 (7.6)	12 (18.2)	23 (34.8)
Total(%)	0 (0.0)	0 (0.0)	15 (22.7)	17 (25.8)	12 (18.2)	22 (33.3)	66 (100)

수준의 관점에서 현대대수학 분야에서 예비 교사들에게 고차원적인 지식의 수준을 요구하였다. 가장 많이 임용시험에 출제된 수준은 22회(33.3%) 출제된 6수준의 ‘6. 창안하다’였다. ‘1. 기억하다’와 ‘2. 이해하다’에 해당하는 수준은 한 회도 출제되지 않았다. 하위수준은 22.7%였고, 상위수준은 77.3%로 상위 수준이 하위 수준보다 약 3.4배 출제되었다. 이로써 현대대수학은 높은 수준의 인지 과정을 요구하는 문항에 편중되어 있음을 확인할 수 있었다.



[Fig. 2] The scatter plot of abstract algebra

영역과 수준을 동시에 보았을 때 군론은 하위 수준을 요구하는 정도의 문항이, 체론은 상위 수준을 요구하는 정도의 문항이 빈번하게 출제되었다. [Fig. 2]의 현대대수학의 산점도에서 군은 3수준에 중복된 빈도가 많고, 환은

‘다항식 환, 기약다항식, 아이젠슈타인 판정법’ 쪽에 상위수준이, 체는 대체로 상위수준의 빈도가 많이 나타남을 확인하였다.

3) 선형대수학

선형대수학은 출제된 평가 영역이 특정한 영역에 편중된 경향을 보였다. 평가 영역의 경우, ‘벡터공간’이 60.6%, ‘선형변환’이 34.7%, ‘행렬’이 4.3%인 것으로 보아, 출제 빈도에서 평가 영역 간 편차가 심했다.

[Table 8] Breadth and depth of knowledge for linear algebra

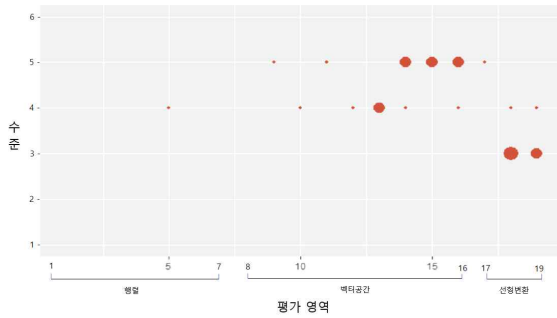
Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Matrix	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (4.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (4.3)
Vector Space	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (31)	8 (38)	0 (0.0)	14 (69)
Linear Transformation	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (21.7)	2 (8.6)	1 (4.3)	0 (0.0)	8 (34.8)
Total(%)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (21.7)	9 (39.1)	9 (39.1)	0 (0.0)	23 (100)

선형대수학 역시 현대대수학과 마찬가지로, KSESM (2008)에서 제시한 선형대수학 분야의 평가 내용 요소와 임용시험에 출제되는 영역은 서로 달랐다. 예를 들어, 선형대수학 문항 중에서 2014학년도 A형 기입형 13번 문항은 ‘이차형식’에 관한 문항으로, ‘평가 영역과 평가 내용 요소’에 포함되지 않았다. 평가 내용 요소로 제시되어 있었지만 출제되지 않은 요소는 ‘연립1차방정식, 가우스-요르단 소거법, 행렬의 기본 성질 및 법칙, 역행렬과 가역성, 행렬식, 행렬식의 계산법, 여인수 전개’로 19개 중 7개였다. 따라서 평가 기준으로 제시된 것과 실제로 평가되고 있는 교사에게 요구되는 지식이 서로 일치하지 않았다.

수준의 경우, ‘3.적용하다’, ‘4.분석하다’, ‘5.평가하다’에만 출제 문항이 분포된 것을 보아, 최하위, 최상위 수준의 지식은 요구하지 않았다. 즉 선형대수학에서는 어느 정도의 상위 수준의 문제를 해결할 수 있어야 한다는 암시가 내포되어 있었다.

영역과 수준을 함께 살펴보면 [Fig. 3]의 산점도에서 각 평가 영역별로 조금씩 다른 수준을 나타내는 경향을 보였다. 평가 영역 ‘행렬’에서는 임용시험에서 ‘행렬식’요

소가 '4. 분석하다'의 수준으로 단 한 번 출제되었다. 두 번째 평가 영역 '벡터공간'에서는 '4. 분석하다'와 '5. 평가하다'에서 각각 6회, 8회 출제되었다. 세 번째 평가 영역 '선형변환'에서는 가장 빈도가 높은 평가 내용 요소 '행렬과 선형변환의 고윳값·고유벡터·고유다항식·최소다항식'을 포함했다. 하지만 이 영역에서는 총 4회(17.4%)의 빈도 중에 '3. 적용하다'가 3회 출제된 것으로 보아, 고차원적인 지식보다 문제에 주어진 상황에 맞게 고윳값·고유벡터·고유다항식·최소다항식을 구할 수 있도록 적용하는 문항이 주로 출제되었음을 알 수 있었다.



[Fig. 3] The scatter plot of linear algebra

4) 정수론

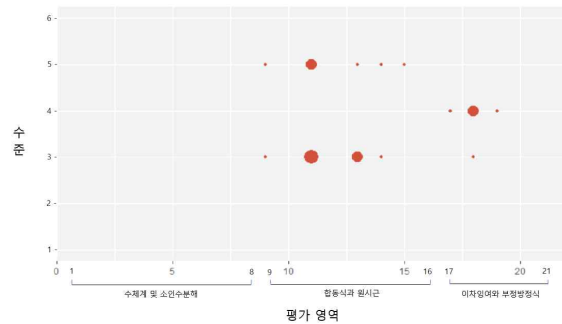
정수론의 평가 영역은 3개 중에 2개 영역에서 출제되었으며, 특히 '합동식과 원시근'이 72.3%로 출제 영역이 편향되어 있었다. 평가 영역 '수체계 및 소인수분해'는 지난 8년간 출제되지 않았다. 또한, 2018학년도 A형 13번 문항은 '윌슨정리'가 사용되는 문항으로서 주요 내용임에도 불구하고 '평가 영역 및 평가 내용 요소'에는 나타나 있지 않았다. '윌슨정리'와 같은 주요 내용이 빠져있었다.

수준의 경우, '3. 적용하다', '4. 분석하다' '5. 평가하다'의 특정 수준에서만 출제되었다. '1. 기억하다'와 '6. 창안하다'가 출제되지 않았으므로 정수론에서는 가장 높거나 가장 낮은 수준의 문항은 출제하지 않는 것으로 나타났다. 이는 정수론이 현행 시험에서 1개의 문제만 출제되므로 가장 높거나 낮은 수준보다는 그 사이의 수준에서 출제되는 것으로 보였다.

[Table 9] Breadth and depth of knowledge for number theory

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Number System & Factorization	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Congruence, Primitive Root	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (38.9)	0 (0.0)	6 (33.3)	0 (0.0)	13 (72.3)
Quadratic Residue and Indeterminate Equation	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.6)	4 (22.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (23.9)
Total(%)	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (44.4)	4 (22.2)	6 (33.3)	0 (0.0)	18 (100.0)

영역과 수준을 함께 살펴보면 [Fig. 4]의 산점도와 같이 평가 영역과 수준에서 특정 부분만 나타나는 경향을 보였다. 정수론에서 핵심적으로 평가 내용 요소의 '1차 합동식과 다항합동식'을 풀기 위해서 적절한 정리와 개념을 '적용'하는 것을 요구하고 있었다. 평가 영역은 '수체계 및 소인수분해'가 0%, '합동식과 원시근'이 72.3%, '이차잉여와 부정방정식'이 27.9%인 출제된 것으로 보아, 평가 영역 간에 빈도의 편차가 나타났다. 수준은 '3. 적용하다', '4. 분석하다' '5. 평가하다'에 치중되어 있었다.



[Fig. 4] The scatter plot of number theory

5) 해석학

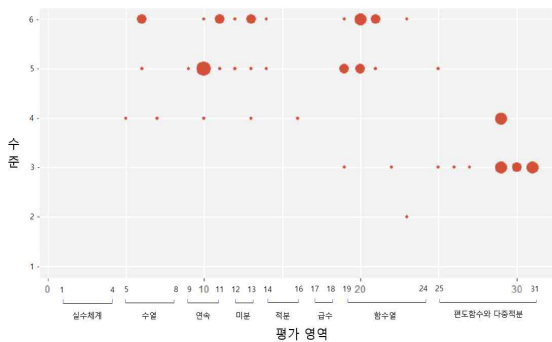
해석학의 영역은 '함수열'과 '편도함수와 다중적분'의 평가 영역이 중요하게 출제되었다. 각각 15번(27.9%)으로 해석학의 평가 영역 중에 가장 많이 나타났기 때문이다. 평가 내용 요소로서는 '고른(균등)수렴'과 '반복적분'이 각

각의 평가 영역에서 가장 많이 출제되어 중요하게 다루어졌으며, ‘초등초월함수’와 ‘다중적분’을 제외하고 모두 고르게 적어도 한 번씩 출제되었다.

[Table 10] Breadth and depth of knowledge for real analysis

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Real Number System	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Sequence	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (3.8)	1 (1.9)	2 (3.8)	5 (9.4)
Continuity	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.9)	6 (11.1)	3 (5.6)	10 (18.6)
Derivative	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.9)	2 (3.8)	3 (5.6)	6 (11.1)
Integral	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.9)	1 (1.9)	1 (1.9)	3 (5.6)
Series	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Sequence of Function	0 (0.0)	1 (1.9)	2 (3.8)	0 (0.0)	5 (9.4)	7 (13.0)	15 (27.9)
Partial Derivative & Repeated Integral	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (20.0)	3 (5.6)	1 (1.9)	0 (0.0)	15 (27.9)
Total(%)	0 (0.0)	1 (1.9)	13 (24.1)	8 (14.8)	16 (29.6)	16 (29.6)	54 (100.0)

‘5. 평가하다’와 ‘6. 창안하다’가 각각 16회(29.6%)씩 가장 많이 등장한 수준이었음을 통해, 해석학 과목은 선형 대수학과 정수론과 달리, 고차원적 지식을 요구하고 있었다. 특히 상위수준은 총 40회(74%), 하위수준은 총 14회(26%)로 상위 수준이 하위 수준보다 2.9배 많이 나왔다. 이러한 수준의 경향은 현대대수학과 비슷했다.



[Fig. 5] The scatter plot of real analysis

영역과 수준을 함께 살펴보면, 해석학에서 핵심적으로 ‘연속함수와 그 성질’을 풀기 위해서 적절한 정리와 개념을 ‘평가’하는 것을 요구하고 있었다. 특정 영역과 수준을 제외하고는, 비교적 고르게 평가 영역과 수준이 나타났다. 평가 영역은 ‘실수체계’를 제외한 모든 영역에, 수준은 1수준을 제외한 모든 수준에서 분포했다. [Fig. 5]에서 ‘수열·연속·미분’의 영역의 경우에는 4수준부터 6수준까지, ‘함수열’은 2수준부터 6수준에, ‘편도함수와 다중적분’은 3수준부터 5수준에서 출제되었음을 확인하였다.

6) 복소해석학

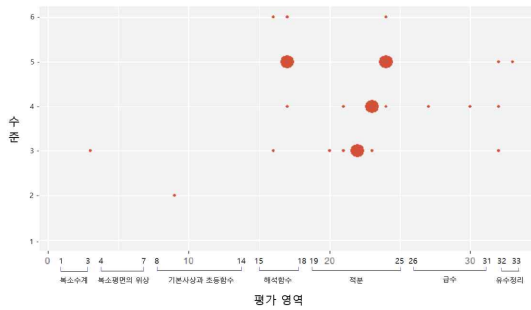
복소해석학의 평가 영역은 KESM(2008)에서 제시한 복소해석학 분야의 ‘평가 내용 요소’보다 임용시험에 출제되는 영역이 훨씬 적었다. 총 33개의 영역 중에 실제로 출제된 것은 13개였다. 평가 영역으로 제시되어 있었지만 출제되지 않은 영역이 20개로 절반보다 많았다.

[Table 11] Breadth and depth of knowledge for complex analysis

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Complex Number System	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.8)
Complex Plane Topology	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Basic Image & Function	0 (0.0)	1 (3.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.8)
Analytic Function	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.8)	1 (3.8)	2 (7.6)	1 (3.8)	6 (23.1)
Integral	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (19.2)	4 (15.2)	2 (7.6)	1 (3.8)	12 (46.2)
Series	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (7.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (7.6)
Residue Theorem	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.8)	1 (3.8)	2 (7.6)	0 (0.0)	4 (15.2)
Total(%)	0 (0.0)	1 (3.8)	8 (30.8)	8 (30.8)	6 (23.1)	3 (11.5)	26 (100.0)

수준의 경우, 2~6수준에서 출제 문항이 분포된 것을 보아, 그나마 수학내용학 중에 골고루 문항이 출제되었음을 알 수 있었다. 1~3수준의 하위 수준은 65.4%, 4~6수준의 상위 수준은 34.6%였으므로 하위 수준에 해당하는

영역이 더 많이 출제되었다. 즉, 복소해석학 과목에서는 어느 정도의 중·하위 수준의 문제를 해결할 수 있어야 하며, 상위 수준의 문항도 간간이 등장했다.



[Fig. 6] The scatter plot of complex analysis

복소해석학은 [Fig. 6]의 산점도에서 평가 영역과 수준에서 모두 특정 부분에 편중된 경향을 보였다. 평가 영역은 ‘해석함수’, ‘적분’, ‘유수정리’가 3~5 수준에 많이 분포되어 있었다. 영역의 경우, ‘해석함수’와 ‘적분’과 ‘유수정리’에 총 69.2, 25.3, 84.5%로 편중되어 출제되었으며, 그 외의 영역에서의 빈도는 현저히 낮았다. 수준의 경우에는 ‘1. 기억하다’는 등장하지 않았고, ‘2. 이해하다’와 ‘6. 평가하다’가 나타나기는 했지만 3~5수준에 다수 분포했다.

7) 위상수학

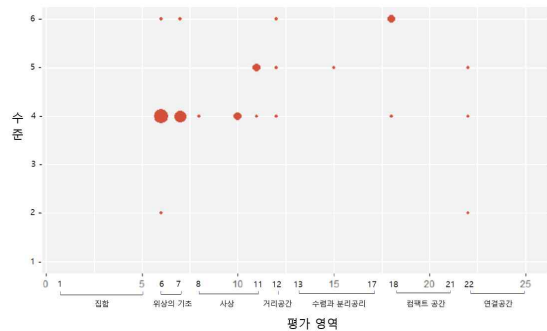
위상수학에서 출제된 영역은 특정 평가 영역에 편중되어 있었다. 위상수학에서 평가되는 평가 영역은 ‘집합, 위상의 기초, 사상, 거리공간, 수렴과 분리공리, 콤팩트 공간, 연결공간’으로 7개인데, 이 중에서 ‘위상의 기초’영역이 44.8%로 거의 절반 출제되었다. ‘위상의 기초’에는 ‘위상의 개념’과 ‘기저’의 평가 내용 요소가 포함되어 있는데, ‘위상의 개념’이 27.6%, ‘기저’가 17.2% 빈도로 출제되었다. ‘위상의 개념’요소가 평가 내용 요소 중에서는 가장 많이 출제되었는데, ‘내부, 폐포, 경계, 외부, 도집합을 구하시오’와 같은 문항이 많이 출제 되었기 때문이다.

위상수학은 2, 4, 5, 6수준이 출제되었고 가장 많이 출제된 것은 ‘4. 분석하다’였다. 많은 문항에서 주어진 위상을 파악하고 그것을 분석하는 과정이 포함되기 때문이었다. 1~3수준은 2번(6.9%), 4~6수준은 27번(93.1%) 출제 되었으므로 상위수준의 지식을 요구한 문항이 많았다.

[Table 12] Breadth and Depth of Knowledge for Topology

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total
	1	2	3	4	5	6	
Set	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Basic of Topology	0 (0.0)	1 (3.4)	0 (0.0)	10 (38.4)	0 (0.0)	2 (6.9)	13 (44.8)
Map	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (19.2)	2 (6.9)	0 (0.0)	6 (20.7)
Metric Space	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.4)	1 (3.4)	1 (3.4)	3 (11.5)
Convergence and Separation Axiom	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.4)	0 (0.0)	1 (3.4)
Compact Space	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.4)	0 (0.0)	2 (6.9)	3 (11.5)
Connected Space	0 (0.0)	1 (3.4)	0 (0.0)	1 (3.4)	1 (3.4)	0 (0.0)	3 (11.5)
Total	0 (0.0)	2 (6.9)	0 (0.0)	17 (58.6)	5 (19.2)	5 (19.2)	29 (100.0)

평가 영역과 수준을 함께 살펴보면, [Fig. 7]에 나타난 산점도를 확인하면 가장 많이 출제된 것은 평가 내용 요소의 ‘위상의 개념’의 ‘5. 분석하다’ 수준이었다. 평가 영역은 ‘위상의 기초’에 가장 빈도가 많이 출제되었다.



[Fig. 7] The scatter plot of topology

8) 미분기하학

미분기하학은 크게 곡선에 관한 영역과 곡면에 관한 영역으로 나눌 수 있다. 미분기하학을 곡선과 곡면의 영역으로 나누었을 때, 임용시험에는 거의 같은 비율로 출제되었다. 곡선에 관한 평가 영역은 ‘벡터, 곡선의 개념,

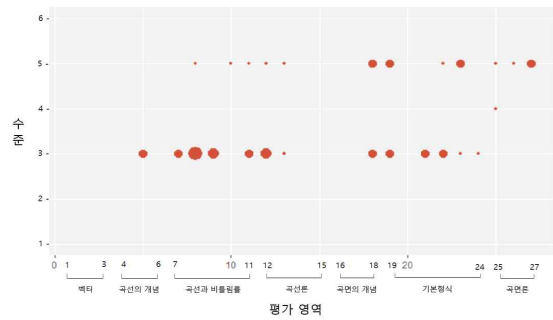
곡률과 비틀림률, 곡선론'이고, 곡면에 관한 평가 영역은 '곡면의 개념, 기본형식, 곡면론'이었다. 이 중에 곡선에 관한 평가 영역은 총 51%였고 곡면에 관한 평가 영역은 48.8% 이므로 거의 비슷한 비중으로 출제되었다.

[Table 13] Breadth and depth of knowledge for differential geometry

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total (%)
	1	2	3	4	5	6	
Vector	0	0	0	0	0	0	0
Concept of Curve	0	1	0	10	0	2	13
Kappa, Torsion	0	0	0	5	2	0	6
Curve Theory	0	0	0	1	1	1	3
Concept of Surface	0	0	0	0	1	0	1
Surface Theory	0	0	0	1	0	2	3
Connected Space	0	1	0	1	1	0	3
Total(%)	0	2	0	17	5	5	29
	(0.0)	(6.9)	(0.0)	(58.6)	(19.2)	(19.2)	(100)

미분기하학의 수준은 '3. 적용하다'와 '5. 평가하다'에서 주로 나타났다. '4. 적용하다' 수준은 단 한 번 나타났고 그 외의 문항은 전부 3수준과 5수준에 분포하였다. 3수준은 28개(62.2%), 5수준은 16개(35.6%)로 전체의 97.8%를 차지했다. 3수준의 '적용하다'가 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 보아, 미분기하학은 특정한 공식을 문제 상황에 적용하는 것이 많이 나타났다.

영역과 수준을 함께 살펴보면, [Fig. 8]의 산점도에서도 '3. 적용하다'와 '5. 평가하다' 수준에 대해 평가 영역이 고루 출제되고 있음을 확인하였다. 곡선에 관한 영역은 1번부터 15번까지 해당하는데, 주로 '3. 적용하다'에 해당하는 점의 크기가 더 큰 것으로 보아 3수준에서 많이 출제되었음을 알 수 있었다. 가장 빈도가 높은 것은 '곡률' 영역의 '적용하다' 수준이었다. 곡면에 관한 영역은 16번부터 27번까지 해당하며, '3. 적용하다'와 '5. 평가하다' 많이 출제되었고, '4. 적용하다'에 해당하는 것도 나타났다.



[Fig. 8] The scatter plot of differential geometry

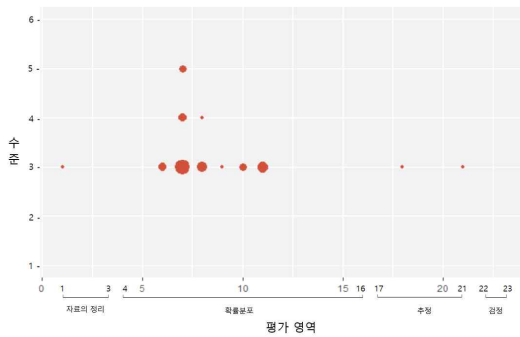
9) 확률과 통계

확률과 통계학의 영역은 확률론과 통계학으로 구분할 수 있으며, 확률론이 통계학보다 훨씬 많이 출제되었다. 확률론에 해당하는 평가 영역은 '자료의 정리'와 '확률분포'였으며, 통계학에 해당하는 평가 영역은 '추정'과 '검정'이었다. 확률론이 총 94%, 통계학은 총 5.9%가 출제되었으므로 임용시험에서는 확률론이 통계학보다 훨씬 많은 비중으로 다루어지는 영역임을 알 수 있었다. 특히 평가 영역에서는 '확률분포'가 91.1%를 차지하여 가장 많은 빈도를 차지하였다.

[Table 14] Breadth and depth of knowledge for statistics and probability

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total
	1	2	3	4	5	6	
Organization of Data	0	0	1	0	0	0	1
Probability Distribution	0	0	25	4	2	0	31
Estimation	0	0	2	0	0	0	2
Testing Hypothesis	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	28	4	2	0	34
	(0.0)	(0.0)	(82.4)	(11.8)	(5.9)	(0.0)	(100)

지식의 수준은 3수준부터 5수준까지 나타났으며, 3수준에 편중되어 나타났다. '3. 적용하다'가 28회(82.4%)로 가장 많이 등장했으며, 기존의 다른 기본 이수 과목과는 다른 경향이였다. 하위의 1~3수준은 82.4%, 상위의 4~6수준은 17.7% 나타났으므로 하위 수준을 요구하는 문항이 훨씬 많이 출제되었다.



[Fig. 9] The scatter plot of probability and statistics

영역과 수준을 함께 살펴보면, [Fig. 9]의 산점도에서 다양한 영역에서 3수준이, ‘확률변수와 확률분포’영역이 3~5수준에서 많이 출제되었음을 확인했다. 가장 많은 빈도로 인해 점의 크기가 크게 나타난 것은 ‘확률변수와 확률분포’ 영역의 ‘3. 적용하다’ 수준이었다.

10) 이산수학

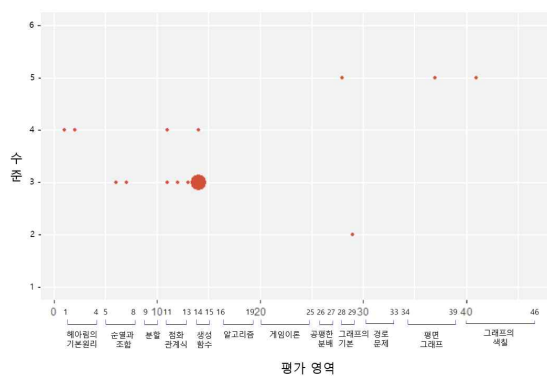
이산수학에서 출제된 평가 영역은 Park, Suh, Lee, & Lee(2016)의 구분에 따라 크게 세기의 방법, 점화관계와 생성함수, 그래프 이론으로 구분할 수 있었으며, 세기의 방법에는 ‘헤아림의 기본원리, 순열과 조합, 분할’, 점화관계와 생성함수는 ‘점화관계식, 생성함수’가, 그래프 이론은 ‘그래프의 기본, 경로문제, 평면그래프’의 평가 영역이 해당하였고 각각 26.8%, 46.7%, 26.8%가 출제되었다.

수준의 관점에서 가장 많이 출제된 것은 ‘3. 적용하다’이므로 이산수학에서 측정하고자 하는 인지 과정 수준은 3수준에 가까웠다. 1~3수준의 하위 수준은 8회(53.4%), 4~6수준의 상위 수준은 7회(46.7%)였으므로 상위수준과 하위수준의 출제 빈도가 비슷했다.

영역과 수준을 함께 고려하면 [Fig. 10]의 산점도에서 비교적 점들이 들쭉날쭉한 형태였고, 왼쪽 중앙에 몰려 있으며 오른쪽에는 분산되어 나타났다. 이는 세기의 방법과 점화 관계와 생성함수에 해당하는 평가 영역은 3~4수준에 집중적으로 분포되어 있고, 그래프 이론에 해당하는 영역은 2수준과 5수준으로 분산되어 있었기 때문이었다. 또한 크기가 커서 눈에 띄는 점은 ‘생성함수’ 평가 내용 요소의 ‘3. 적용하다’ 수준에 해당하는 것으로 특정 영역과 수준에만 한정되어 출제되었음을 의미한다.

[Table 15] Breadth and depth of knowledge for statistics and probability

Breadth of Knowledge	Depth of Knowledge						Total
	1	2	3	4	5	6	
Fundamental Principal of Count	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (13.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (13.4)
Permutation and Combination	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (13.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (13.4)
Division	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Ignition Relation	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (20.0)	1 (6.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (26.8)
Generating Function	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (13.4)	1 (6.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (20.0)
Algorithm	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Game Theory	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Fair Distribution	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Basic of Graph	0 (0.0)	1 (6.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (6.7)	0 (0.0)	2 (13.4)
Route Problem	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Plane Graph	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (6.7)	0 (0.0)	1 (6.7)
Coloring of Graph	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (6.7)	0 (0.0)	1 (6.7)
	0 (0.0)	1 (6.7)	7 (43.7)	4 (23.7)	3 (20.0)	0 (0.0)	15 (100.0)



[Fig. 10] The scatter plot of discrete number theory

V. 결론 및 제언

본 연구는 지식의 영역, 수준, 영역과 수준의 관점에서 요약할 수 있다. 먼저 영역의 관점에서, 임용시험에서 평가된 지식의 영역은 출제 범위로 제시된 KSESM(2008)의 '평가 영역 및 평가 내용 요소'와 차이가 있었다. 전체적으로 임용시험의 출제 범위보다 적은 수의 내용 요소가 평가되었으며, 정수론의 '윌슨정리'와 같이 기준에는 제시되지 않은 요소도 평가되었다. 특정 요소에 편중되어 출제된 과목들도 있었는데 복소해석학에서 '적분'이, 위상수학에서 '위상의 기초' 등이 있었다.

수준의 관점에서, 전체적으로 수학 임용시험에서 높은 수준을 요구하는 문항이 다수 출제됨을 알 수 있었다. 상위수준의 문항이 하위수준보다 조금 더 많이 출제되었다. 교사가 되기 위해서 고차원적이고 복잡한 지식의 수준을 요구하는 과목으로서 수학교육학은 '5. 평가하다', 현대대수학은 '6. 창안하다'가 가장 많이 출제되었다.

영역과 수준의 관점을 동시에 고려했을 때, 수학교육학은 상위 수준의 문항은 거의 모든 영역에서 고루 출제되었지만, 하위수준은 '수학 영역별 교육론'과 '수학 교수 학습론'의 영역에 편중되어 나타났다. 수학내용학에서 현대대수학의 경우, '군'은 3수준인 '적용하다'가 많이 출제되었고, '체'는 대체로 4~6수준인 상위 수준을 요구하는 등한 과목 내에서도 다양하게 영역과 수준이 나타났다.

기존 선행연구들이 임용시험에서 평가하고 있는 영역에 초점을 두어 연구를 진행한 것과 달리, 수평적 차원의 '지식의 영역'과 수직적 차원의 '지식의 수준'이라는 두 가지 차원을 동시에 고려하여 종합적으로 분석했다는 점에서 의의가 있다. 1차 필기시험만으로 임용시험에서 요구하는 교사 지식의 전체를 분석하였다고 보기는 어렵지만 1차 시험을 통과해야 2차 시험에 응시할 수 있는 자격이 주어지는 점을 감안할 때 신규 교사 임용에서 중요하게 평가되는 교사 지식을 분석했다고 볼 수 있다.

분석의 결과를 통해 현행 임용시험은 예비교사들에게 상당히 높은 수준의 지식을 요구하고 있어 그만큼 우리나라 중등 수학 교사에게 갖는 지식의 수준에 대한 기대역시 매우 높으며 우수한 교사를 선발하고자 하는 의지와 목표가 투영되어 있음을 알 수 있었다.

영역과 수준을 종합적으로 분석하였을 때 몇 가지 시사점을 얻을 수 있었다. 우선, 분야에 따라 출제된 영역과 수준의 편차가 매우 컸다는 점이다. 특히 수학교육학과 수학내용학으로 분류했을 때, 수학교육학은 영역과 수준의 차원에서 골고루 출제된 반면, 수학내용학의 경우는 영역과 수준의 편중성이 심하게 나타났다. 이처럼 특정 지식에 치중하여 평가하는 것은 중등 수학 교사로서의 지식을 충분히 평가하고 있는지에 대한 의문을 불러일으킬 수 있다. 지식을 고르게 평가한다는 것이 반드시 동일한 빈도로 모든 영역과 수준을 출제해야 함을 의미하는 것은 아니다. 그러나 중등 수학 교사를 선발하는 시험에서 교사라면 반드시 알아야 할 지식임에도 아예 출제되지 않거나 특정 수준에만 해당하는 지식만 집중적으로 출제하는 것은 재검토와 개선이 필요한 부분이다.

또한, 제시된 평가 영역에서 벗어난 내용 요소를 평가하는 경우도 다수 발견되었는데 중등 수학 교사가 반드시 갖추어야 할 지식이라면 임용시험 평가 영역에 반영하는 등 재정비가 필요할 것이다. 임용시험이 경쟁을 기반으로 하는 상대평가임을 감안하기는 하여도, 특정 평가 영역과 수준에 편중되어 출제되거나 평가 영역으로 제시된 영역을 벗어난 지식을 출제한다든가 8년간 단 한 번만 출제되는 상황에서는 이를 준비하는 예비교사들에게도 혼란을 줄 수 있으며 평가의 일관성을 저해할 수 있는 가능성이 있다. 따라서 실제로 임용시험에 나오는 것보다 더 많이 책정된 평가 영역과 평가 내용 요소, 그리고 실제로 임용시험에는 나오나 평가 요소에는 없는 것이 있었다는 점은 현 임용시험의 평가 기준을 개선하는데 시사점을 제공한다.

그동안 임용시험은 그 목적인 선발에 초점을 두고 있어 평가의 질과 타당성을 종합적으로 고려한 연구가 미비했으나, 교육 패러다임의 변화 속에서 요구되는 교사 지식에 대한 재고와 임용시험에 대한 논의가 필요한 시점이다. 교수를 위한 수학적 지식과 수업의 질 사이의 유의미한 양적 상관관계를 고려할 때(Kim, 2020), 궁극적으로 교사에게 필요한 지식의 영역과 수준을 어떻게 설정하고 이를 어떻게 평가하는 것이 우수한 교사 양성과 교사의 자질 향상에 기여할 수 있는지에 대한 생산적인 논의와 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning teaching and assessment: A revision of bloom's taxonomy of education objectives*. Longman.
- Association of Mathematics Teacher Educators [AMTE] (2017). *Standards for preparing teachers of mathematics*. <http://amte.net/standards>.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special. *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain*. McKay.
- Byun, J. S. & Choi, B. O. (2012). Trend analysis of secondary school mathematics teacher certification examination. *Journal for History of Mathematics*, 25(3), 119-140.
- Feiman-Nemser, S. (2001). From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Records*, 103(6), 1013-1055.
- Fraleigh, J. B. (2003). *A first course in abstract algebra*. Pearson Education.
- Holmes, V. L. (2012). Depth of teachers' knowledge: Frameworks for teachers' knowledge of mathematics. *Journal of STEM education: Innovations and research*, 13(1), 55-81.
- Hwang, H. J., Na, G. S., Choi, S. H., Park, K. M., Lim, J. H. Seo, D. Y. (2019). *Mathematics Education 1*. Moonumsa.
- Jeon, Y. J. (2014). An Analysis of the Discipline of Mathematics Education in Secondary School Mathematics Teacher Certificate Examination. *Journal for History of Mathematics*, 27(5), 347-364.
- Kim, R. Y. & Kim, E. H. (2017). An analysis of the expected content knowledge for teaching in teacher education programs and teacher employment tests for secondary mathematics. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 21(5), 610-623.
- Kim, Y. (2020). Relationship of mathematical knowledge for teaching and mathematical quality in instruction: Focus on high schools. *Journal of The Korean Society of Mathematical Education Series A: The Mathematical Education*, 59(3), 237-254.
- Ko, E. A. (2011). *An analysis of the part of mathematics education in the selection examination for secondary school teachers*. (Master's thesis). Ulsan University.
- Korea Institute for Curriculum and Evaluation[KICE]. (2021, April. 5th). "Secondary School Teacher Qualifying Exam", <https://www.kice.re.kr>
- Korea Society Educational Studies in Mathematics [KSESM](2008). Development of teacher qualification standards for the marking subject 「Mathematics」 and detailed evaluation of the area of evaluation and evaluation of teaching ability (Report CRE No.2008-6-2). Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Lee, S. J. (2011). *An analysis of the secondary school mathematics teacher selection test* (Master's thesis). Ulsan University.
- Ministry of Education. (2017). Mathematics Curriculum. 2015-74. Author. Seoul, Korea.
- Ministry of Education. (2020). *2020 practical guide to teacher qualifications*. Author. Seoul, Korea.
- Park, M. H. (2020). A study on the current situation and challenges of the educational gap in the Context of COVID-19: A Case Study of Gyeonggi Province. *The Korean Society for Sociology of Education*, 30(4), 113-145.
- Porter, A. C. (2002). Measuring the content of instruction: Uses in research and practice. *Educational Researcher*, 31(7), 3-14.
- Schmidt, W. H., Tatto, M. T., Bankov, K., Blömeke, S., Cedillo, T., Cogan, L., et al. (2007). *The preparation gap: Teacher education for middle school mathematics in six countries*(MT21 report). Center for Research in Mathematics and Science Education. Michigan State University.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Sunwoo, J., & Pang, J. S. (2019). Domestic research trends of mathematics teacher education: Focused on the journals published since 2000 by the Korean Society of Mathematics Education, *Journal of The Korean Society of Mathematical Education Series A: The Mathematical Education*, 58(1), 121-138.
- Wang, S. A. (2020). Analysis of the education crisis in sub-Saharan Africa caused by the spread of Covid-19: Focusing on the right to learn. *Journal of the Korean Association of African Studies*, 61, 143-175
- Webb, N. L., (2002). *Alignment study in language arts, mathematics, science, and social studies of state standards and assessments for four states*. Council of Chief State School Officers.