대한수학교육학회지 수학교육학연구 제 26 권 제 3호
Journal of Educational Research in Mathematics
Vol. 26, No. 3, 371 ~ 402. Aug 2016

수학 교육과정 국제 비교 분석 연구
- 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교와 고등학교 교육과정을 중심으로 -[1)]

정 영 옥* · 장 경 윤** · 김 구 연*** · 권 나 영**** · 김 진 호***** · 서 동 엽******
강 현 영******* · 박 선 화******** · 고 호 경********* · 남 진 영********** · 탁 병 주***********

본 연구는 최근 개정된 교육과정과 관련하여 우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교와 고등학교 교육과정을 비교 분석함으로써 앞으로의 수학 교육과정 개발을 위한 기초를 제공하고자 하였다. 이를 위해 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 학교 체계와 교육과정, 대학입학시험의 특징과 중학교와 고등학교 내용 체계의 특징을 간단히 살펴보고, 우리나라와 외국 교육과정의 성취기준과 교과서 및 대학입학을 위한 평가 요목을 중심으로 중학교와 고등학교의 수학 내용 요소, 이수 계열, 나선형 구성 방식 여부를 비교 분석하였다. 이런 비교 분석 결과를 바탕으로 이후의 우리나라 교육과정 개발을 위한 시사점으로 해석, 기하, 통계와 확률 영역에서의 내용 요소에 대한 재고. 나선형 구성 방식에 대한 재고, 개인의 진로에 대한 다양한 선택권과 평가에의 반영을 제안하였다.

Ⅰ. 서 론

최근 2015 수학과 교육과정이 새롭게 개발되었다. 이 교육과정은 문 · 이과 교육과정의 통합, 핵심 역량의 적극적인 반영, 수학의 정의적 성취의 신장, 수학과 교육과정의 내용 경감의 필요성을 바탕으로 수학적 소양의 함양, 수학적 핵심 역량의 함양, 학습자의 정의적 측면의 강조, 학습 부담 경감을 기본 방향으로 개발되었다. 이런 기본 방향에 따른 교육과정에 의한 수학 학습을 통해 학생들이 수학의 규칙성과 구조의 아름다움을 음미하며, 수학의 지식과 기능을 활용하여 수학뿐만 아니라 실생활과 다른 교과의 문제들

* 경인교육대학교, yochong@gin.ac.kr (제1 저자, 교신저자)
** 건국대학교, kchang@konkuk.ac.kr
*** 서강대학교, gokim@sogang.ac.kr
**** 인하대학교, rykwon@inha.ac.kr
***** 대구교육대학교, jk478kim@dnue.ac.kr
****** 춘천교육대학교, dseo@cnue.ac.kr
******* 목원대학교, hygang@mokwon.ac.kr
******** 한국교육과정평가원, shpark@kice.re.kr
********* 아주대학교, kohoh@ajou.ac.kr
********** 경인교육대학교, jynam@ginue.ac.kr
*********** 서울대학교 대학원, tbj87@snu.ac.kr

1) 본 연구는 2015년도에 대한수학교육학회에서 수행한 '수학 교육과정 국제 비교 연구' 전반에 대한 내용을 요약하고 보완한 것임.

을 창의적으로 해결하고, 나아가 세계 공동체의 시민으로서 갖추어야 할 합리적인 의사 결정 능력과 민주적 소통 능력을 함양하는 것을 목적으로 수학의 지식을 이해하고 기능을 숙달하는 것과 더불어 문제해결, 추론, 창의·융합, 의사소통, 정보처리, 태도 및 실천이라는 수학 교과역량을 기를 수 있기를 기대한다(교육부, 2015).

이런 교육과정 개정 과정에서 많은 논의의 대상이 되어 왔던 것은 수학에 대한 학습자의 정의적 측면과 관련된 수학 내용의 감소와 진로에 관련된 선택 교과에 대한 것이었다(한국과학창의재단, 2015). 이와 관련해서 학생들의 진로에 따라 어떤 수학 내용 요소를 어느 정도 다루어야 하는지 결정하고 선택하는 일은 쉽지 않다. 따라서 이러한 문제를 염두에 두고 새로운 교육과정 개정을 위한 준비로 세계 여러 나라의 교육과정을 살펴보고, 다양한 측면들을 비교 분석함으로써 교육과정 개발을 위한 시사점 등을 제안하는 기초연구들이 지속되어 왔다(김선희·김부미·안윤경·장지현, 2014; 나귀수·황혜정·한경혜, 2001; 박경미 외, 2014; 임재훈·이대현·이양락·박순경·정영근, 2004).

수학 교육과정은 각 나라마다 다양한 교육 철학과 교육 목표, 학교 체제에 따라 상이한 구성 체제, 다양한 진로에 따른 내용과 이수계열로 구성되어 있다. 또한 각 나라의 교육과정 내용의 상세화 정도도 매우 다르고, 교육과정에 제시된 내용이 최저 수준인지 최고 수준인지도 다르며, 교육과정 내용이 학생들의 진로에 어떤 역할을 하는지도 매우 다르다. 또한 많은 여러 나라들이 모든 학생들을 위한 교육과정뿐만 아니라 대학 진학을 원하는 학생들을 위한 별도의 과정이나 평가 요목을 제공하고 있는 것을 고려할 때, 교육과정에 대한 논의에서 교육과정 자체에 있는 내용 요소도 중요하지만 전반적으로 개개의 학생들이 자신의 진로나 생각에 따라 배울 수 있는 내용이 어디까지인지를 고려하는 것도 매우 중요하다. 따라서 여러 나라의 교육과정을 논의할 때에는 개인의 진로나 선택에 따라 배우는 내용 요소가 다르기 때문에 교육과정뿐만 아니라 대학입학시험에서 요구하는 수학 내용 요소를 살펴보는 것도 필요하고, 교육과정에서 제시하는 수학 내용 요소와 관련된 성취기준의 상세화의 정도나 요구하는 수준이 다르기 때문에 필요한 경우에는 교과서를 참조하는 것도 필요한 일이라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 우선 최근 수학 교육과정이 개정된 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주를 중심으로 학교 체계, 교육과정의 특성과 이수계열 및 대학입학시험, 최근 교육과정에서 더 많은 논의의 대상이 되어 왔던 중학교와 고등학교에 초점을 맞추어 수학 내용 체계에 대해 간단한 특징을 알아본 후에, 우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교와 고등학교 교육과정의 수학 성취 기준과 교과서 및 대학입학시험을 위한 평가 요목을 기초로 여러 나라의 수학 내용 요소와 도입 시기, 교육과정 구성 방식 및 운영의 특징을 비교 분석함으로써 앞으로의 수학 교육과정 개발을 위한 기초를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 각 나라의 중학교와 고등학교 교육과정의 특징

이 장에서는 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 학교 체계와 교육과정 및 대학 입시, 중학교와 고등학교의 수학 내용 체계의 특징을 간단하게 살펴보고자 한다.

1. 미국

가. 학교 체계와 교육과정 및 대학 입시의 특성

미국은 우리가 잘 알고 있는 바와 같이 주마다 학교 체계에 차이가 있다. 즉 초등학교 기간을 유치원에서 4학년까지, 중학교 기간을 5학년에서 8학년까지로 정하는 주가 있고, 초등학교 기간을 5학년까지로 정하고, 중학교 기간을 6학년부터 8학년까지로 정하는 주도 있다. 그러나 많은 주에서 중학교 기간을 6학년부터 8학년까지로 정하고, 모든 주에서 고등학교 기간은 9학년에서 12학년까지로 정하고 있기 때문에 본고에서는 미국의 중학교를 6학년에서 8학년, 고등학교를 9학년에서 12학년까지로 보고 분석하고자 하였다.

한편, 미국은 최근까지 국가 교육과정이 존재하지 않았고 전미수학교사협의회(NCTM, 1989, 2000)에서 제안한 수학교육과정의 방향이 영향을 미쳐왔으나 2010년에 발표된 Common Core State Standards for Mathematics(CCSSI, 2010a: 이하 CCSSM)는 연방정부 차원에서 만들어진 것으로 국가 교육과정의 역할을 하고 있는데, 모든 주가 반영하지는 않으나 2015년에 42개의 주가 이 교육과정을 따르고 있다(CCSSI). 따라서 본고에서는 CCSSM에서 제시하고 있는 K-8학년 교육과정 중 6학년에서 8학년까지의 내용과 고등학교 교육과정을 분석 대상으로 하였다.

또한 CCSSM에서 제시하고 있는 교육과정은 모든 학생들을 위한 최소한의 수준을 의미하는 것인 반면, 고등학교에서는 이러한 최소 내용 외에 더 많은 수학을 배울 수 있도록 하고 있는데, 이런 내용들이 서로 일관성을 가질 수 있도록 CCSSM에서는 부록에 고등학교 과정을 설계하기 위한 안내로 미국 내의 전통 과정, 통합 과정, 전통 속진 과정, 통합 속진 과정의 네 가지의 모델을 제시하고, 이러한 과정을 밟은 후에 고등 수준의 수학 교과목으로 미적분학 입문, 미적분학, 고급 통계, 이산수학, 고급 양적 추론이나 기술 경력 프로그램 연구를 위한 교과 과정들을 배울 수 있도록 하고 있다(CCSSI, 2010b). 전통 과정은 지금까지 미국에서 전통적으로 고등학교 수학 내용을 대수Ⅰ, 기하, 대수Ⅱ로 구분했던 것을 기반으로 이 순서로 학습하도록 구성된 과정이며, 통합 과정은 이와는 달리 대수와 기하를 혼합하여 수학Ⅰ, 수학Ⅱ, 수학Ⅲ으로 구분하고 이 순서로 학습하도록 구성된 것이다. 반면 속진 과정은 AP-course 등을 통해 고등학교에서 미적분이나 통계와 같은 고등 수준의 수학을 배울 수 있는 시간을 확보하기 위해 중학교 7학년과 8학년에서 고등학교의 내용을 속진하도록 구성된 것으로 전통 속진 과정은 고등학교의 대수Ⅰ을, 통합 속진 과정은 고등학교의 수학Ⅰ을 미리 배울 수 있도록 되어 있다. 이를 위해서는 이미 중학교에서 자신의 진로에 대한 고려가 필요하다. 따라서 일반 학생들을 위한 교육과정에는 미적분이나 고급 통계 등의 내용이 제시되어 있지 않지만 실제적으로 대학 진학을 원하는 학생들은 장학금이나 대학입학시험 또는 대학 이후의 생활을 위해 속진 과정을 많이 채택하고 있다.

미국의 대학입학시험에는 SAT, SAT Subject, ACT 그리고 AP-course를 듣는 학생들을 위한 시험이 있다. 이 때 SAT는 다지선다형과 단답형으로 구성되어 있고 미국에서 가장 많이 응시하는 시험이며, SAT Subject는 다지선다형으로 구성되고 선택적으로 응시하지만 많은 대학들이 의무화하고 있는 시험인데, 이전까지는 적성검사 기반 검사로 교육과정에 제시된 내용을 중심으로 출제되어 왔으나, 2016년에 개정된 시험에서는 미적분학 입문과 삼각법을 포함하여 출제할 예정이다. ACT는 다지선다형으로 구성되어 있고, SAT보다는 좀 더 교육과정에 기반을 둔 검사로 교육과정 외에 삼각법을 포함하고 있다. 또한 AP-course와 관련된 평가는 미적분학 AB, 미적분학 BC, 통계학에 대한 것으로 서술형 문항으

로 구성되며 우리나라 고등학교에서 지도하는 미적분학과 통계의 내용을 포함하여 그 이상의 내용을 다루고 있다(College Board; ACT Inc).

나. 중학교와 고등학교의 학교급별 수학 내용 체계

미국의 중학교 교육과정에서는 대영역을 수 체계, 문자와 식, 비와 비례관계, 기하, 확률과 통계로 구분하고 있는데, 각 영역에 해당하는 내용 요소를 간략히 살펴보면 <표 II-1>과 같다(CCSSI, 2010a).

<표 II-1>을 기초로 미국의 중학교 교육과정을 살펴보면, 우리나라가 대영역을 수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계 영역으로 구분하는 것과는 다르게 우리나라의 함수 영역 대신 비와 비례 영역을 별도의 대영역으로 제시하여 비와 비례관계를 중학교 과정 내내 매우 강조하고 있음을 알 수 있다. 또한 미국에서는 분수의 연산을 중학교 과정에서 다루고 있다는 점이 큰 특징이다.

미국의 고등학교 교육과정의 경우는 대영역을 수와 양, 대수, 함수, 모델링, 기하, 확률과 통계로 구분하고 있으며, 각 영역에 해당하는 내용 요소를 간략히 살펴보면 <표 II-2>와 같다(CCSSI, 2010a).

<표 II-2>를 기초로 미국의 고등학교 교육과정을 살펴보면, 우리나라가 대영역을 대수, 해석, 기하, 확률과 통계 영역으로 구분한 것과 유사하지만 모델링이 대영역에 포함되어 있고, 이를 전 영역에 걸쳐 강조하고 있는 것은 우리나라의 경우 교수·학습 및 평가의 방향에서만 모델링을 강조하고 있는 것과는 대조적이라고 할 수 있다. 또한 일반학생들을 위한 교육과정에 행렬이 포함된 반면 미적분 등이 포함되어 있지 않은 것을 알 수 있다. 그러나 앞에서도 언급하였듯이 속진과정에서는 미적분과 고급 통계를 배우도록 되어 있고, 대학 진학을 위한 학생들에게는 더

<표 II-1> 미국의 중학교 교육과정의 수학 내용 체계

학년	수 체계	문자와 식	비와 비례	기하	확률과 통계
6학년	수의 성질과 소수 수 체계, 분수 연산, 정수와 유리수	식과 방정식	비와 퍼센트	좌표평면 기하와 측정	자료와 그래프(변이성과 분포)
7학년	정수와 유리수 정수와 유리수 사칙연산	문자와 식 계산 일차방정식과 일차 부등식	비와 비례 관계 퍼센트	기본도형, 각, 작도, 닮음, 평면도형, 입체도형	확률 개념과 성질 확률 모델 만들기 자료 수집, 자료 정리와 해석
8학년	무리수와 유리수 활용 근삿값 제곱근 지수	일차방정식 연립 일차방정식	비례관계와 직선과 일차 방정식 간의 연관성 함수(정의, 값, 계산)와 함수 활용	닮음과 합동 피타고라스 정리 입체 도형(원기둥, 원뿔, 구)의 부피	이변수 자료 패턴

<표 II-2> 미국의 고등학교 교육과정의 수학 내용 체계

수와 양	대수	함수	모델링	기하	확률과 통계
실수 체계 양에 대한 추론 복소수 체계 벡터의 크기와 행렬의 연산	식에서 구조 보기 다항식과 유리식의 연산 방정식 만들기 방정식과 부등식으로 추론하기	함수에 대한 이해 함수식 세우기 일차, 이차, 기하급수 모델 삼각 함수	전 영역에 걸쳐 있음	합동 닮음 직각 삼각형, 삼각함수, 원 방정식으로 기하적 성질 나타내기 기하적 측정 및 차원, 기하모델링	범주 데이터와 수량적 데이터 해석 추론과 결론의 정당화, 조건부 확률과 확률 법칙 의사 결정에 확률 사용

많은 것을 요구하고 있다. 이와 관련된 좀 더 상세한 내용에 대한 비교는 다음 장에서 다루고자 한다.

2. 싱가포르

가. 학교 체계와 교육과정 및 대학 입시의 특성

싱가포르는 학교 체계가 매우 다양하고 이동이 유연하다. 초등학교는 6년, 중학교는 4년, 고등학교는 2년제로 되어 있다. 중학교는 초등학교 6학년 졸업 무렵에 실시하는 학업 성취도 평가인 Primary School Learning Examination(이하 PSLE) 결과에 따라 세 가지의 중학교 과정인 Express(O-level), Normal Academic(N(A)-level), Normal Technic(N(T)-level)로 진학할 수도 있고, 별도의 시험을 통해 6년제 영재학교로 진학할 수도 있다. 이 중 가장 많은 학생들이 진학하는 과정은 O-level이고, O-level과 N(A)-level로 진학한 경우 학업 성취에 따라 중학교 3-4학년에 Additional Mathematics 교육과정을 배우고, 고등학교의 H2 수학으로 연결된다. 고등학교는 중학교 졸업 무렵의 성취도 평가에서 GCE O 수준에 도달하면 세 가지의 고등학교 수준인 Junior College(2년), Polytec(3년), Institute of technical education(1-2년) 등으로 진학할 수 있다(CPDD, 2012).

한편, 싱가포르는 중학교를 위한 국가 교육과정이 존재하고 현재는 2012년에 교육부에서 발표한 교육과정(CPDD, 2012)을 실행하고 있으며, 각 과정마다 다른 교육과정이 존재한다. 반면, 고등학교는 교육과정 문서는 존재하지 않고, 교육평가원에서 제시하는 평가 요목으로 문과 학생들을 위한 H1, 이과 학생들을 위한 H2, 수학에 대한 열정과 적성을 가진 학생들을 위한 H3가 교육과정을 대신한다(SEAB, 2013a, 2013b, 2013c). 중학교 과정 중 O-level에서 1-4학년 수학을 배우고 Additional Mathematics를 이수하면 H2로, N(A)-level에서 1-4학년 수학을 배우고 Additional Mathematics를 이수하면 다시 O-level의 Additional Mathematics를 배운 후에 H2를 듣게 된다. 이와 같이 싱가포르의 특징은 다양한 과정이 있고, 과정간의 이동의 가능성을 제공해 주고 있기 때문에 개인의 선택에 따라 배우는 내용이 다르다. 본고에서는 중학교의 경우는 O-level을 위한 교육과정을, 고등학교의 경우는 H1, H2, H3 수학 교육과정을 분석하였다.

싱가포르의 대학입학 시험은 본인의 희망과 진로에 따라 필요한 과목을 집중적으로 배우고 평가하는 General Certification of Education Advanced Level 시험으로, 본인의 선택에 따라 H1, H2, H3 중에서 선택하게 된다. 이 때 H3는 주제 1. 함수와 그래프, 수열과 급수, 미적분, 주제 2. 조합론, 주제 3. 수학적 모델로서의 미분방정식의 세 주제로 이루어진다. 또한 문항은 서술형이며, 여러 날에 걸쳐 시행된다(SEAB).

나. 중학교와 고등학교의 학교급별 수학 내용 체계

싱가포르의 중학교 교육과정에서는 대영역을 수와 대수, 기하와 측정, 통계와 확률로 구분하고 있는데, 각 영역에 해당하는 내용 요소를 간략히 살펴보면 <표 II-3>과 같다(CPDD, 2012).

<표 II-3>을 기초로 싱가포르의 중학교 교육과정을 살펴보면, 비와 비례에 관련된 내용을 중학교 1-2학년에서도 계속 지도하고 있고, 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 집합, 행렬, 벡터 등을 중학교에서 다루고 있음을 알 수 있다. 또한 이차함수, 합동과 닮음, 피타고라스 정리처럼 한 학년에 아닌 두 학년에 걸쳐 지도하고 있는 내용들도 있음을 알 수 있다.

<표 II-3> 싱가포르의 중학교 교육과정의 수학 내용 체계

학년	수와 대수	기하와 측정	통계와 확률
1	수와 연산(음수, 유리수, 실수) 비와 비례, 퍼센트, 비율과 속도 대수식과 공식(일차식) (일차)함수와 그래프 방정식과 부등식(일차식, 분수식) 실세계 맥락의 문제	각, 삼각형, 다각형 측량 실세계 맥락의 문제	자료 분석(표와 그래프)
2	비와 비례 대수식과 공식(이차식, 분수식) (이차)함수와 그래프 방정식과 부등식(이변수 일차식) 실세계 맥락의 문제	합동과 닮음 피타고라스의 정리와 삼각함수(활용 중심) 측정(각뿔, 원뿔, 구) 실세계 맥락의 문제	자료 분석(히스토그램, 줄기와 잎 그림, 평균, 중앙값, 최빈값) 확률(단순 사건)
3	수와 연산(유리수 범위의 지수) (이차)함수와 그래프 방정식과 부등식(이차식, 분수식) 집합 용어와 기호, 행렬 실세계 맥락의 문제	합동과 닮음, 원의 성질 피타고라스의 정리와 삼각함수(사인, 코사인법칙, 넓이) 측정(호, 부채꼴, 라디안), 좌표기하, 2차원 벡터 실세계 맥락의 문제	자료 분석(누적도수, 상자수염그림) 확률(확률의 합과 곱)

<표 II-4> 싱가포르의 고등학교 교육과정의 수학 내용 체계

학년	순수 수학	통계
H1	함수와 그래프, 미적분	확률, 이항분포와 정규분포, 표집과 가설 검증, 상관과 회귀
H2	함수와 그래프, 수열과 급수, 벡터, 복소수, 미적분	순열, 조합, 확률, 이항분포와 포아송분포, 정규분포, 표집과 가설 검증, 상관과 회귀
H3	함수와 그래프, 수열과 급수, 미적분, 수학적 모델로서 미분방정식	조합론

싱가포르의 고등학교 교육과정의 경우는 대영역을 순수수학, 통계 영역으로 구분하고 있으며, 각 영역에 해당하는 내용 체계를 간략히 살펴보면 <표 II-4>와 같다(SEAB, 2013a, 2013b, 2013c).

<표 II-4>를 기초로 싱가포르의 고등학교 교육과정을 살펴보면, H1, H2, H3가 적용되는 시기는 우리나라와 비교하면, 고등학교 2, 3학년 해당하는데, H1, H2에 회귀분석을 포함하며, H2에서는 포아송 분포, H3에서는 미분방정식 등을 포함하고 있어서, 우리나라의 일반 학생들을 위한 교육과정뿐만 아니라 전문교과보다도 더 높은 수준의 내용을 포함하고 있음을 알 수 있다.

3. 영국

가. 학교 체계와 교육과정 및 대학 입시의 특성

영국은 초등학교는 5-11세에 해당하는 1-6학년, 중등학교는 11-16세에 해당하는 7-11학년으로 이 기간을 의무교육으로 정하고 있고, 16세 의무교육과정이 끝나면 중등교육자격시험인 General Certificate of Secondary Education(이하 GCSE)을 보고, 그 결과는 후기 중등 진학이나 대학 진학 또는 취업에 자격으로 인정된다(Rayner, 2015).

한편, 영국은 1988년 국가교육과정이 제정된 이후로 계속 4년마다 개정이 이루어졌고, 현재 교육과정의 경우 중학교는 2013년, 고등학교는 2014년에 개정되었다(DfE, 2013, 2014). 영국의 교육과정은 학년별이 아닌 학생들의 수준차를

고려하여 융통성 있게 내용을 배열하기 위해 의무교육 기간을 key stage라는 개념을 사용하여 네 단계로 구분하고 있는데, key stage1은 5-7세의 1-2학년, key stage2는 7-11세의 3-6학년, key stage3는 11-14세의 7-9학년, key stage4는 14-16세의 10-11학년으로 구분하여 각 단계의 교육과정을 제시하고 있으며, 각 학년에서 다루는 내용은 학교가 결정하도록 되어 있다. 본 연구에서는 중학교의 경우는 key stage3의 교육과정을, 고등학교의 경우는 key stage4의 교육과정을 분석하였다.

영국의 대학입학시험은 정부의 자격시험 규정 기관인 The Office Qualifications and Examinations Regulation(이하 Ofqual)이 기준을 제시하고 별도의 기관에서 시행하는 General Certificate of Education Advanced Level(이하 GCE A-level)로 AS-level과 A2-level의 시험이 있다(Bostock, & Chandler, 2015; Ofqual). 이 시험은 후기 중등교육, 즉 대학입학 준비과정인 Six Form에 진학한 학생들만 보는 시험으로 12학년말에 AS-level, 13학년말에 A2-level 시험을 보며 2년 동안의 성적에 의해 최종 성적이 결정된다. 그러나 직업훈련 과정에서 이수한 과목도 대학진학을 희망할 경우 학점을 인정받을 수 있도록 하고 있다. 대학별고사는 일부 상위권대학에서 실시하고 있으나 대부분의 대학은 A-level 시험 성적을 요구하고 있다. A level 시험의 수학 과목은 핵심(Core: C) 1, 2, 3, 4, 심화순수수학(Further Pure Mathematics: FP) 1, 2, 3, 역학(M) 1, 2, 3, 4, 5, 통계학(S) 1, 2, 3, 4, 의사결정 수학(Decision Mathematics: D) 1, 2로 AS-level 과목은 C1, C2, FP1, M1, S1, D1이고 나머지는 A2-level이며, 다양한 선택권이 존재하고, 문항은 서술형이며 여러 날에 걸쳐 시행된다.

나. 중학교와 고등학교의 학교급별 수학 내용 체계

영국의 중학교 교육과정에서는 대영역을 수, 대수, 비, 비율과 변화율, 기하와 측정, 확률, 통계로 구분하고 있는데, 각 영역에 해당하는 내용요소를 간략히 살펴보면 <표 II-5>와 같다(DfE, 2013).

<표 II-5>를 기초로 영국의 중학교 교육과정을 살펴보면, 대영역에 비, 비례와 변화율을 별도로 구분하여 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 비와 분수, 백분율을 강조하고 금융수학 등을 지속적으로 다루고 있으며, 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 분수와 소수, 근삿값, 어림수, 평면도형의 둘레와 넓이 등을 다룰 뿐만 아니라 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 계단형, 지

<표 II-5> 영국의 중학교 교육과정의 수학 내용 체계

	수	대수	비, 비례와변화율	기하와 측정	확률	통계
key stage 3	여러 가지 수(정수, 유리수, 실수, 소수)의 연산과 변환 $A\times10^n$, $1\le A\le10$의 표현과 계산 분수, 소수, 백분율의 상호 해석 및 변환 근삿값, 어림수(자릿수, 유효숫자)	대수적 표기법의 해석과 사용 문자의 사용과 식의 계산 좌표평면과 그래프 $y=mx+c$인 함수의 그래프 해석 계단형, 지수형, 로그형 함수 그래프 일차방정식 등차수열, 등비수열의 일반화	단위들 간의 변환 비와 분수 백분율, 금융수학 정비례와 반비례 속도, 농도, 단위가격과 같은 혼합단위를 사용한 문제 해결	평면도형, 입체도형의 둘레, 넓이, 부피 계산 원의 넓이와 둘레 평면도형에서 선분의 길이와 각 측정 작도, 합동, 변환 피타고라스의 정리와 활용 닮음	단순한 확률 실험의 결과의 빈도로서 확률 확률의 일반적인 성질 집합으로 확률 표현과 계산	자료에 따른 분포의 표현, 해석, 비교 여러 가지 그래프 표현과 표를 만들고 해석 두 변량 사이의 수학적 관계 기술 산점도

<표 II-6> 영국의 고등학교 교육과정의 수학 내용 체계

단계	수	대수	비, 비례와 변화율	기하와 측정	확률	통계
key stage 4	인수분해 양수의 거듭제곱과 근 추정 정수의 거듭제곱, 실수의 근과 근의 표현 소수와 분수의 변환 백분율 분수와 백분율의 연산 소수로 표현되는 단위 어림수와 단위 근삿값 계산 정수, 실수, 유리수 집합의 무한특성	대수식의 단순화, 조작 방정식과 등식의 차이 역함수, 합성함수 일차함수의 평행과 수직 이차함수 그래프에서 근, 절편 일차, 이차, 단순한 3차함수 지수함수, 삼각함수 방정식 부등식 여러 가지 수열	배율, 비를 사용하여 길이, 넓이, 부피 비교, 닮음 합성단위 사이의 변환 정비례, 반비례의 관계를 이해하고 방정식을 세우고 해석 변화율로서 그래프의 기울기 순간변화율 복리, 성장 등과 관련된 문제 해결	양수, 음수 배율 해석, 사용 도형의 여러 가지 변환과 불변성 입체도형의 측면도과 평면도의 구성과 해석 원 닮은 도형 피타고라스 정리와 삼각비의 활용 $\sin\theta, \cos\theta, \tan\theta$의 값 사인법칙, 코사인법칙의 적용 평면 벡터	배반사건들의 합의 확률 확률 모델:이론적인 확률 분포의 이해 독립사건과 종속사건 조건부 확률	표집의 한계 모집단 분포 추정 시계열 그룹화된 이산적 자료와 연속적인 자료에 대한 다이어그램을 만들고 해석하기(상자수염 그림) 산점도와 상관관계

수형, 로그형 함수와 등차수열과 등비수열을 다루고 있음을 알 수 있다.

영국의 고등학교 교육과정의 경우도 대영역을 수, 대수, 비, 비율과 변화율, 기하와 측정, 확률, 통계 영역으로 구분하고 있으며, 각 영역에 해당하는 내용 체계를 간략히 살펴보면 <표 II-6>과 같다(DfE, 2014).

<표 II-6>을 기초로 영국의 고등학교 교육과정을 살펴보면, 중학교에서와 마찬가지로 대영역에 비, 비례와 변화율을 별도로 구분하여 비를 강조하고 금융수학 등을 지속적으로 다루고 있으며, 소수와 분수의 변환, 백분율, 분수와 백분율 연산, 어림수와 근삿값, 일차함수, 피타고라스 정리, 변환, 닮은 도형, 산점도 등 중학교에서 다룬 내용들을 고등학교에서 계속 다루면서 심화하고 있음을 알 수 있다.

한편, 대학입학시험인 A-level 시험은 정부의 자격시험 규정 기관인 Ofqual에서 필수 내용 영역과 평가 기준을 제시하지만 실제적인 시행이나 각 과목이 다루는 내용은 정부가 승인한 기관마다 다를 수 있다[2]. 이러한 기관 중 가장 많은 학생들이 선택하는 기관은 Edexcel이다. 이 기관이 제시하고 있는 내용 영역은 핵심수학에서는 대수와 함수, 평면 좌표, 수열과 급수, 미분, 적분, 삼각함수, 지수함수와 로그함수, 수치적 방법, 벡터 등을 포함하며, 심화순수수학에서는 복소수, 방정식의 수치적 해, 좌표체계, 행렬, 급수, 증명, 부등식, 심화 복소수, 일차미분방정식, 이차 미분방정식, 매크로린 급수와 테일러급수, 극좌표, 초월함수, 심화 좌표 체계, 미분, 적분, 벡터, 심화 행렬 대수 등을 포함한다. 역학 과목에서는 수학적 모델, 벡터, 일차원 직선 운동, 입자의 역학, 입자의 정역학, 모멘트 등을 다룬다. 통계학에서는 확률과 통계에서 수학적 모델, 자료의 표현과 요약, 확률, 상관관계와 회귀, 이산확률변수, 정규분포 등, 의사결정수학은 알고리즘, 그래프 알고리즘, 경로 탐색문제, 비판적 경로 분석, 선형 프로그래밍, 매칭 등이다 (Edexcel).

영국의 교육과정은 일반 학생들을 위한 교육과정은 기본적인 내용들을 계속 반복심화하면서 새로운 내용들을 첨가하면서 구성되어 있고 내

2) 영국, 웨일즈 등에는 AQA, CIE, CCEA, Edexcel, ICAAE, OCR, WJEC 등 현재 7개의 공인시험기관이 있다.

용 수준도 우리나라와 비교했을 때 많은 내용들을 다루고 있지 않지만, 대학입학시험에서 요구하는 내용은 개인의 선택에 따른 다양한 경로가 있고, 학생들의 선택하는 과목 중에는 매크로린 급수나 테일러급수, 극좌표, 미분방정식, 수치적 방법, 회귀와 같은 우리나라의 고등학교 교육과정의 수준을 넘는 내용들도 포함되어 있음을 알 수 있다.

4. 일본

가. 학교 체계와 교육과정 및 대학 입시의 특성

일본의 학교 체계는 우리나라와 유사한 소학교 6년, 중학교 3년, 고등학교 3년으로 구성되어 있다.

일본의 교육과정은 문부과학성에서 2008년에 중학교 교육과정, 2009년에 고등학교 교육과정을 개정해서 중학교는 2009년부터 고등학교는 2012년부터 시행하고 있다(文部科學省, 2008, 2009). 일본의 중학교 교육과정은 내용 체계는 별도로 제시하고 있지 않고, 대영역 아래에 문장으로 성취기준을 제시하고 각 성취기준을 구체화하는 내용을 제시하고 있으며, 고등학교는 대영역이 아닌 필수 과목인 수학Ⅰ, 선택 과목인 수학Ⅱ, 수학Ⅲ, 수학A, 수학B, 수학활용의 교과목별로 영역을 구분하고 성취기준을 제시하고 있는데, 본고에서는 이 성취기준의 요소들을 분석하고, 성취기준이 상세하지 않은 경우에는 일본 교과서의 중단원을 참고하여 내용 체계를 제시하였다. 이때 수학Ⅰ은 중학교 수학을, 수학Ⅱ는 수학Ⅰ을, 수학Ⅲ은 수학Ⅱ를 확장·심화하고 있으며, 수학Ⅲ은 이공계 학생들에게 적합한 내용으로 구성되어 있다고 할 수 있고, 수학A는 중학교 수학을 확장·심화하고 있고, 수학Ⅰ을 보완하고 있고, 수학B는 수학A를 확장·심화하고 수학Ⅲ 이전의 내용으로 구성되어 있다.

일본의 대학입학시험은 독립행정법인 국가대학입시센터에서 주관하는 대학입시 센터시험과 대학별 고사가 있다(大學入試センター). 센터시험만으로 선발하는 대학도 있고, 센터시험을 1차, 대학별 고사를 2차 시험으로 사용하는 대학도 있다. 센터시험은 ①수학Ⅰ, 수학Ⅰ·수학A 중 택 1, ②수학Ⅱ, 수학Ⅱ·수학B 중 택 1, ③ ①에서 택 1+②에서 택 1 중에서 하나를 선택하면 된다(大學入試センタ). 대학별 교사는 대학에서 주관하는데, 국공립대학인 동경대학, 교토대학, 동경공업대학, 사립대학인 와세다대학의 수

<표 II-7> 일본의 중학교 교육과정의 수학 내용 체계

학년	수와 식	도형	함수	자료의 활용
1	양수와 음수, 양수의 음수의 사칙연산 문자를 사용한 식, 문자식 계산 방정식 일원일차방정식의 활용	평면도형과 이동 작도 원과 부채꼴 입체와 공간도형 입체의 겉넓이와 부피	정비례와 반비례 함수 관계	자료 수집과 표나 그래프 표현 대푯값이나 자료의 경향 설명
2	문자를 사용한 식 문자식의 계산 연립이원일차방정식과 활용	평행선의 성질 평면도형의 성질, 증명 합동, 삼각형의 합동조건 삼각형, 사각형	일차함수 일차함수의 방정식과 그래프 일차함수의 활용	확률과 확률 계산
3	제곱근 근호를 포함한 식의 계산 다항식의 전개와 인수분해 이차방정식과 활용	도형과 닮음 평행선과 선분의 비 삼각형의 닮음조건 원주각과 중심각 피타고라스의 정리와 활용	함수 $y=ax^2$의 이해와 방정식과 그래프	표본과 모집단

학 시험 범위는 문과는 수학Ⅱ와 수학B, 이과는 수학Ⅲ과 수학B이며, 문과의 경우도 우리나라에서는 전문교과에서 다루는 공간벡터방정식, 삼각함수의 곱을 합으로 고치는 공식 등 상당한 수준을 요구하고 있으며, 문항은 서술형이고 여러 날에 걸쳐 시행된다.

나. 중학교와 고등학교의 학교급별 수학 내용 체계

일본의 중학교 교육과정에서는 대영역을 수와 식, 도형, 함수, 자료의 활용으로 구분하고 있는데, 각 영역에 해당하는 내용 요소를 간략히 살펴보면 <표 II-7>과 같다(文部科學省, 2008).

<표 II-7>을 기초로 일본의 중학교 교육과정을 살펴보면, 큰 차이는 없으나 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 증명, 표본과 모집단을 다루고 있음을 알 수 있다.

일본의 고등학교 교육과정의 내용 체계는 수학Ⅰ, 수학Ⅱ, 수학Ⅲ, 수학A, 수학B, 수학활용에 대한 영역별 구분과 그에 따른 성취기준과 교과서의 중단원을 중심으로 내용 요소를 추출하였는데, 이를 살펴보면 <표 II-8>과 같다(文部科學省, 2009).

<표 II-8>을 기초로 일본의 고등학교 교육과정을 살펴보면, 우리나라 교육과정의 대부분을 포함하고 있으며, 우리나라에서는 전문교과에서 다루는 극좌표, 공간벡터 등을 다루고 있다. 또한 앞에서도 살펴보았지만 대학입학시험에서는 많은 대학들이 문과의 경우도 수학Ⅱ와 수학B, 이과의 경우는 수학Ⅲ과 수학B를 시험 범위로 택하고 있다.

5. 호주

가. 학교 체계와 교육과정 및 대학 입시의 특성

호주의 학교 체계는 각 주나 특별한 구 사이의 약간의 차이점을 제외하면 대부분 유사한데, 초등학교는 6-7세를 시작으로 12세까지 7년 또는 8년 과정이고, 중학교는 12-15세의 7-10학년, 고등학교는 15-18세의 11-12학년이다.

<표 II-8> 일본의 고등학교 교육과정의 과목별 내용 체계

과목	수와 식	도형과 계량	이차함수	자료의 분석
수학Ⅰ	다항식, 실수, 집합과 명제 방정식과 부등식	삼각비, 사인법칙과 코사인법칙 도형의 측정	이차함수와 그래프 이차함수와 방정식·부등식	자료의 분포 자료의 상관 관계

과목	여러 가지 식	도형과 방정식	지수함수·로그함수	삼각함수	미분·적분
수학Ⅱ	다항식의 곱셈과 나눗셈, 식과 증명, 고차방정식	직선과 원 자취와 영역	지수함수 로그함수	각의 확장, 삼각함수 삼각함수의 덧셈 정리	미분계수와 도함수 적분

과목	평면위의 곡선과 복소수평면	극한	미분법	적분법
수학Ⅲ	평면상의 곡선, 매개변수와 극좌표, 복소평면	무한수열, 무한급수, 분수함수, 무리함수, 함수의 극한	미분과 도함수	부정적분과 정적분 적분의 응용

과목	경우의 수와 확률	자연수의 성질	도형의 성질
수학A	경우의 수, 순열·조합, 확률과 그 기본성질, 독립시행의 확률, 조건부 확률	약수와 배수, 유클리드 호제법 자연수의 성질(n진법)	상각형의 성질, 원의 성질, 작도 공간도형

과목	경우의 수와 확률	자연수의 성질	도형의 성질
수학B	확률분포, 정규분포 통계적 추정	등차수열, 등비수열, 여러 가지 수열 점화식과 수학적 귀납법	평면벡터와 그 연산, 벡터와 도형 공간좌표와 벡터

과목	수학	통계
수학 활용	수나 도형과 인간의 활동 놀이 속의 수학	사회생활과 수학, 수학적 표현에 대한 학습, 자료 분석

호주의 교육과정은 The Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority(이하 ACARA)에 의해 2012년에 확정되었고, 2014년에 대안적으로 시작해서 2015년부터 시행되었다. 중학교 교육과정은 대영역을 기준으로 내용 체계가 제시되어 있지만, 고등학교 교육과정은 대영역이 아닌 필수수학, 일반수학, 수학적 방법, 전문수학의 교과목별로 성취기준이 자세하게 제시되어 있으며, 각 교과목은 4개의 단원으로 구성되며, 주제중심으로 이루어져 있고, 단원1, 2는 11학년에, 단원3, 4는 12학년에 가르치도록 권장하고 있다. 또한 학교에 따라서는 심화수학을 다루기도 한다(ACARA, 2013a, 2013b). 본고에서는 교과목별로 제시된 각 단원별 주제를 추출하여 내용 체계를 대신하였다. 이때 필수수학은 실생활 관련 수학이고, 일반수학은 대부분의 학생이 이수하며, 수학적 방법과 전문수학은 수학과 관련된 진학을 위한 것이다. 이러한 교과목의 세부적인 내용은 학생 개인이나 학교에 따라 그 내용들을 선택할 수 있도록 되어 있다.

호주의 대학입학시험은 고등학교 졸업 자격을 취득해야 하는데, 주별로 시험의 명칭이나 과목 및 내용이 조금씩 다르며, 이 성적이 대학입학에 반영된다. 이 때 이 자격시험에서는 교육과정에서 제시하고 있는 각 교과목의 단원1, 단원2는 학교시험 성적을, 수학적 방법, 전문수학, 심화수학의 단원3, 단원4는 주에서 보는 시험과 학교시험 성적을 합산하여 몇 개의 등급으로 결과를 제시하며, 문항은 선다형과 서술형이며 여러 날에 걸쳐 시행된다(ACARA, 2013c).

<표 II-9> 호주의 중학교 교육과정의 수학 내용 체제

학년	수와 대수	기하	확률과 통계
7	암산전략(사칙연산), 지수, 제곱근, 어림 최대공약수와 최소공배수, 소인수분해 정수의 대소 관계, 정수의 덧셈과 뺄셈 분수와 소수의 사칙 계산 비와 비율,“최고의 구매” 조사 문자를 사용한 식, 식의 값 등식의 성질, 방정식의 해 일차방정식의 풀이, 일차방정식의 활용 규칙성과 대응, 순서쌍과 좌표평면 점, 선 그래프의 표현과 해석 정비례 관계의 이해, 정비례 관계의 표현	길이, 넓이, 부피의 단위* 평면도형의 둘레, 넓이 입체도형의 부피 다각형의 성질(볼록, 오목) 여러 가지 삼각형, 사각형 삼각, 사각형의 내각의 합 맞꼭지각, 엇각, 동위각 두 직선의 평행조건 삼각형의 작도 평면도형의 변환 입체도형의 겨냥도	자료의 수집과 정리 및 해석(공학) 도수분포표* 중앙값, 평균, 범위 줄기와 잎 그림, 점그래프 원 그래프, 띠그래프 사건, 경우의 수, 확률
8	정수의 사칙계산, 지수법칙의 이해 순환소수, 유한소수와 무한소수, 무리수 백분율, 비의 활용, 이익과 손해 비례식과 비례배분 다항식의 사칙연산, 인수분해 일차방정식의 풀이와 활용 일차함수의 의미와 그래프 및 성질	사각형의 성질 부채꼴 넓이와 호의 길이 입체도형의 부피 시간의 표현 각의 성질 합동, 삼각형의 합동 조건	인구조사, 표집, 관찰 등 자료조사 모집단과 표본, 신뢰도 중앙값, 최빈값, 평균 확률 계산(여사건, 합의 법칙)
9	지수법칙, 다항식의 곱셈, 인수분해 백분율, 이익과 손해, 이자, 세금 정비례와 반비례, 일차방정식 그래프 이차함수, 이차함수의 그래프와 성질 원의 방정식, 지수함수, 유리함수	도형의 둘레와 넓이 입체도형 겉넓이와 부피 도형의 실생활 활용 도형의 닮음 피타고라스 정리, 삼각비, 삼각비의 활용	실생활 자료의 수집 인구조사, 표집, 관찰 등 자료조사 중앙값, 평균 줄기와 잎 그림, 히스토그램 경우의 수, 확률의 계산
10 - 10A	이자 문제 무리수의 계산(지수법칙 포함) 로그의 뜻과 계산 다항식의 사칙연산, 곱셈공식, 인수분해, 나머지 정리 일차방정식의 활용, 일차부등식의 풀이 연립방정식의 풀이, 이차방정식의 풀이 이차방정식과 이차함수 지수방정식의 풀이, 다항함수 삼각함수와 그 그래프	복잡한 도형의 겉넓이와 부피 두 직선의 평행, 수직조건 삼각비, 올려본각, 내려본각, 방향을 통한 직각삼각형의 문제 풀이, 피타고라스의 정리와 삼각법, 사인, 코사인 법칙 합동과 닮음의 활용 합동인 삼각형에서 각의 성질 원의 현에 관한 성질 이차함수, 원, 지수함수의 그래프와 변환	분위수와 사분범위, 상자그림 이변수 자료에서 두 변수의 관계, 대푯값 상자그림, 히스토그램, 점그래프의 비교 산점도 시간 독립변수에 대한 이변수 자료의 비교, 미디어에 보고된 통계결과 평가 진로설계와 실현을 위해 각종매체에 있는 연구결과 조사 복원, 비복원 추출, 사건의 독립, 조건부확률

<표 II-10> 호주 교육과정 고등학교 수학 교과목별 내용 체계

과목	내용 요소
필수수학	백분율 계산, 이율과 비율, 측정, 대수, 그래프(해석과 그리기), 자료의 비교와 표현, 시간과 운동, 측정, 저울 모델링, 자료수집, 확률과 상대도수, 지구 기하학과 표준시간대, 대출과 복리
일반수학	소비자 산술, 대수와 행렬, 도형과 측정, 변량 자료 분석과 통계조사 과정, 삼각함수의 응용, 선형방정식과 그래프, 이변량 자료 분석, 수열의 증가와 감소, 그래프와 네트워크, 시간열 분석, 대출 투자 및 연금, 네트워크와 수학적 의사소통
수학적 방법	함수와 그래프, 삼각함수, 계산과 확률, 지수함수, 산술 및 기하수열과 급수, 미분학의 기초, 다양한 미분과 적용, 적분 이산확률변수, 로그함수, 연속확률변수와 정규분포, 신뢰구간의 추정(모비율 추정)
전문수학	조합, 공간벡터, 기하학, 삼각법, 행렬, 실수와 복소수, 복소수, 함수와 그래프 그리기, 3차원 벡터, 적분과 적분의 적용, 변화율과 미분방정식, 통계적 추론

나. 중학교와 고등학교의 학교급별 수학 내용 체계

호주의 중학교 교육과정에서는 대영역을 수와 대수, 측정 및 기하학, 통계와 확률로 구분하고, 수와 대수에는 수와 자릿값, 실수, 화폐와 금융수학, 패턴과 대수, 선형 및 비선형 관계, 측정 및 기하 영역에는 단위의 사용, 모양, 위치 및 변환, 기하학적 추론, 확률과 통계 영역에는 확률, 자료의 표현과 해석의 하위 영역을 두고 있는데, 각 대영역에 해당하는 내용 요소를 간략히 살펴보면 <표 II-9>와 같다(ACARA, 2013a).

<표 II-9>를 기초로 호주의 중학교 교육과정을 살펴보면, 우리나라의 중학교에서 다루는 내용을 거의 포함할 뿐만 아니라 우리나라 초등학교에서 다루는 암산 전략, 분수, 분수와 소수의 사칙계산, 비와 비율, 백분율, 비례식과 비례배분, 도형의 둘레와 넓이, 원그래프, 띠그래프 등을 다루고 있을 뿐만 아니라 정비례와 반비례, 합동과 닮음, 중앙값, 평균 등을 중학교에서 지속적으로 다루고 있으며, 함수도 일차함수와 이차함수 외에도 지수함수, 유리함수, 다항함수, 삼각함수 등 다양한 함수를 다루고 있음을 알 수 있고, 우리나라에서는 다루지 않는 점그림, 상자그림, 분위수와 사분 범위, 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 모집단과 표본 및 표집을 다루고 있음을 알 수 있다. 또한 전반적으로 어떤 내용을 한 번에 지도하는 것이 아니라 2년이나 3년에 걸쳐 지도하고 있음을 알 수 있다.

호주의 고등학교 교육과정의 내용 체계는 필수수학, 일반수학, 수학적 방법, 전문수학, 심화수학의 단원별 주제들을 추출하여 구성하였는데, 이를 살펴보면 <표 II-10>과 같다(ACARA, 2013b).

<표 II-10>을 기초로 호주의 고등학교 교육과정을 살펴보면, 필수수학은 중학교에서 다룬 백분율, 이율과 비율 등의 화폐와 금융수학을 비롯하여 일상생활에 필요한 각 영역의 내용들을 골고루 다루고, 일반수학은 화폐와 금융수학, 대수와 행렬, 도형과 측정, 함수, 수열, 이산수학, 자료 분석 등 대수, 함수, 기하, 통계의 기초적인 내용을 다루며, 수학적 방법은 함수와 미적분, 확률과 통계를 중점적으로 다루고, 전문수학에서는 각 영역의 심화된 내용들을 골고루 다루며, 우리나라에서는 전문교과나 그 이상에서 다루는 공간벡터나 미분방정식과 같은 좀 더 심화된 내용도 다룬다.

Ⅲ. 여러 나라의 중학교와 고등학교 수학 교육과정의 비교 분석

이 장에서는 앞에서 우리나라, 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주 교육과정에 대해 살펴본 것을

바탕으로 여러 나라의 수학 내용 요소와 도입 시기, 교육과정 구성 방식 및 운영의 특징에 대해 비교해보고자 한다.

1. 수학 내용 요소와 도입 시기

가. 중학교의 수학 내용 요소와 도입 시기

이 절에서는 우리나라의 성취 기준을 중심으로 우리나라와 차이가 나는 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 각 수학 교육과정의 수학 내용 요소와 도입 시기의 특징을 살펴본 후에, 우리나라와는 다른 외국 교육과정의 공통된 특징을 추출해 보고 우리나라 교육과정과 관련해서 그 시사점을 생각해 보고자 한다. 이 절에서는 우리나라의 중학교의 성취 기준에 해당하는 내용만을 표에 제시하고, 지면의 한계로 외국 교육과정에서 다루는 성취기준의 내용을 일일이 제시할 수 없기에 표에 제시되지 않는 외국 교육과정의 내용이나 특징은 표 아래 설명을 제시하였다. 또한 각 나라마다 성취기준의 상세화 정도가 매우 다르기 때문에, 성취기준이 상세하지 않은 국가인 미국과 일본 경우에는 교과서를 확인하여, 각 성취기준에 해당하는 내용들을 다시 확인하였다. 이 때 참고한 교과서는 미국의 경우는 전통적인 형식의 교과서 Mathematics(Charles, Illingworth, McNemar, Mills, Ramirez, & Reeves, 2013)와 개혁 기반 교과서 Connected Mathematics Project 3(Lappan, Phillips, Fey, & Friel, 2014)이며, 일본은 中學校 學習1, 中學校 學習2, 中學校 學習3(岡本和夫 외, 2015a, 2015b, 2015c)이다. 또한 각 나라마다 대영역의 구분이 다르지만, 본고에서는 우리나라 영역에 맞추어 재분류하여 분석하였다. 한편, 각 나라마다 중학교에 해당하는 학년이 다르기 때문에, 즉 미국의 중학교는 6~8학년, 싱가포르와 호주는 7~10학년, 영국, 일본은 7~9학년이기 때문에 중1, 중2, 중3이라는 구분이 아니라 학년으로 구분하여 제시하였고, 같은 학년에 같은 내용을 다루는 경우는 ○, 차이가 있는 부분은 학년을 제시하였다.

1) 수와 연산 영역

우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교 교육과정에서 수와 연산 영역의 성취기준을 살펴보면, <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 우리나라와 외국 중학교 교육과정의 수와 연산 영역 성취기준 비교

영역	학년	한국	미국	싱가포르	영국	일본	호주
수와 연산	7	소인수 분해	○	○	8	○	○
		최대공약수와 최소공배수(자연수)	6	○	8	고	○
		양수와 음수	6~7	○	○	○	○
		정수와 유리수	6~7	○	○	○	○
		정수와 유리수의 대소 관계	6	○	○	○	7~8
		정수와 유리수의 사칙 계산	6~7	○	7~8	○	7~8
	8	순환소수의 뜻	○	7	고	9	○
		유리수와 순환소수의 관계	○	7	고	9	○
		지수법칙의 이해(자연수)	○	9	7	○	8~9
	9	제곱근의 뜻과 성질	8	7	7~8	○	7
		무리수의 개념	8	7	7	○	8
		실수의 대소 관계	8	·	고	고	10A
		근호를 포함한 식의 사칙계산	8	7	고	○	10A

<표 III-1>과 외국 교육과정을 기초로 살펴보면, 수학 내용 요소와 도입 시기의 특징은 다음과 같다. 우선 각 국가별로 살펴보면, 미국은 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 미국의 경우는 중학교가 6학년에서 8학년인 관계로 정수와 유리수를 우리보다 조금 더 이른 6학년에 도입하고, 7학년에 계속해서 다루고 있고, 제곱근과 무리수, 실수 및 근호를 포함한 식의 사칙계산도 우리나라보다 좀 더 이른 8학년에 도입해서 집중적으로 다루고 있다. 한편 미국에서는 표에는 제시되지 않았지만 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 분수끼리의 곱셈과 나눗셈 확장을 6학년에, 유리수 계산을 위한 분수와 소수의 사칙연산의 이해와 확장, 소수의 어림을 7학년에 다루고 있다.

싱가포르는 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 8학년에 도입하는 자연수 범위에서의 지수법칙인데, 싱가포르의 경우는 9학년에 우리보다 늦게 도입하는 반면 양수, 음수, 0, 분수 지수까지 확장하고 있기 때문에 중학교 전체 내용을 보면 오히려 싱가포르가 더 많은 내용을 포함하고 있다. 또한 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 소수의 계산과 관련된 근사와 어림을 싱가포르는 7학년에 다루고 있다. 싱가포르가 먼저 도입하는 내용은 우리나라의 8학년과 9학년에서 다루는 순환소수, 유리수, 제곱근, 무리수, 실수, 근호를 포함한 사칙계산 등으로 모두 7학년에 도입하고 있다. 실수의 경우에는 우리나라는 9학년에 다루면서 대단원에서 다루고 있는 반면, 싱가포르는 7학년에 다루는 대신 아주 간단하게 몇 쪽에 걸쳐 다루고 있다. 또한 싱가포르는 실수의 대소 관계를 다루지 않는 반면, 7학년에서 집합과 행렬에 대해 간단하게 다루고 있다.

영국의 경우는 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 7학년에서 소인수 분해와 최대공약수와 최소공배수, 8학년에서 순환소수의 뜻과 유리수와의 관계, 9학년에서 근호를 포함한 식의 사칙계산이다. 반면 영국이 먼저 도입하는 내용은 8학년에서 지수법칙의 이해, 7~8학년에서 제곱근의 뜻과 성질, 7학년에서 실수의 대소 관계이다. 영국에서는 중학교에서는 유한소수만 다루고 무리수는 소개 정도만, 순환소수와 무리수의 개념은 고등학교에서 다루고 있다. 또한 정수와 유리수의 사칙계산에서는 주로 음수의 곱셈과 나눗셈, 정수와 분수, 정수와 소수의 혼합산을 위주로 다룬다. 또한 영국에서만 다루고 있는 내용은 큰 수와 작은 수를 10의 거듭제곱으로 표현하는 방법이다. 한편 영국에서는 표에 제시되지는 않았지만 우리나라의 초등학교에서 다루는 분수와 소수의 사칙연산을 7학년에도 고등학교에서도 다루고 있고, 소수와 관련된 근삿값의 계산을 9학년에 다루고 있다.

일본의 경우는 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 일본에서는 최대공약수와 최소공배수, 실수의 대소 관계는 고등학교에서 다룬다. 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 순환소수, 유리수와 순환소수이다.

호주의 경우는 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 최대공약수와 최소공배수, 지수법칙의 이해, 실수의 대소 관계, 근호를 포함한 식의 사칙 계산이다. 호주의 경우는 우리나라보다 늦게 지수법칙을 도입하지만, 우리나라는 지수가 자연수에 한정된 것에 비해 호주는 8학년에 지수가 양수와 0, 9학년에 변수로 확장하여 다루고 있다. 또한 호주가 일찍 도입하는 내용은 7학년에 제곱근의 뜻과 성질이다. 한편, 호주는 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 분수의 대소를 수직선에 나타내는 것, 이분모 분수의 덧셈과 뺄셈, 분수의 곱셈과 나눗셈, 소수의 어림, 분수·소수·

백분율의 변환, 백분율 계산하기 등을 중학교에서 다루고 있다.

지금까지 비교한 내용을 바탕으로 수와 연산 영역에서 우리나라와는 차별되는 외국의 교육과정의 공통점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 제곱근의 뜻과 성질은 우리나라보다 먼저 도입하면서 간단하게 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 둘째, 무리수의 개념은 우리나라보다 일찍 도입하면서 간단하게 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 셋째, 실수의 대소 관계를 우리나라보다 늦게 다루거나 다루지 않는다(싱가포르, 영국, 일본, 호주). 넷째, 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 분수와 소수의 사칙연산과 소수의 어림을 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주).

2) 문자와 식 영역

우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교 교육과정에서 문자와 식 영역의 성취기준을 살펴보면, <표 III-2>와 같다.

<표 III-2>와 외국 교육과정을 기초로 살펴보면, 수학 내용 요소와 도입 시기의 특징은 다음과 같다. 우선 각 국가별로 살펴보면, 미국은 다소 차이가 있는데 도입 시기와 관련해서 우리나라 먼저 도입하는 내용은 다항식의 곱셈, 인수분해, 이차방정식이다. 미국이 먼저 도입하는 내용은 문자와 식, 일차방정식, 일차부등식인데, 6학년에 도입한 후에 7학년 또는 8학년까지 계속 심화하면서 다루고 있다. 반면 다항식의 사칙연산과 인수분해 및 이차방정식은 고등학교 대수 1에서 다루고 있다.

싱가포르는 차이가 많은데 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 없는 반면 싱가포르가 먼저 도입하는 내용은 7학년에 부등식, 8학년에 다항식의 곱셈, 인수분해, 이차방정식이다. 특히 간단하기는 하지만 우리나라에서는 고등학교의 전문교과에서 다루는 일차식으로 변형되는 분수방정식을 7학년, 분수식의 곱셈과 나눗셈을 8학년, 이

<표 III-2> 우리나라와 외국 교육과정의 중학교 문자와 식 영역 성취기준 비교

영역	학년	한국	미국	싱가포르	영국	일본	호주
문자와 식	7	문자를 사용한 식	6~8	○	7~9	○	○
		식의 값	6~7	○	7~9	○	○
		일차식의 덧셈과 뺄셈	○	○	7~8	○	○
		방정식과 해의 의미	6~7	○	7~8	○	○
		등식의 성질	6~8	○	7~8	○	○
		일차방정식의 풀이	6~8	○	7~9	○	7~8
		일차방정식의 활용	6~8	○	·	○	7~8
	8	다항식의 덧셈과 뺄셈	9	○	7	○	○
		다항식의 곱셈과 나눗셈(단×다, 다÷단)	9	○	7	8~9	8~9
		부등식과 해의 의미	6~7	7	고	고	10
		부등식의 성질	7	7	고	고	10
		일차부등식의 풀이	6~7	7, 9	고	고	10
		일차부등식의 활용	6~7	7, 9	고	고	10
		연립일차방정식의 풀이(미지수 2개)	○	○	고	○	10
		연립일차방정식의 활용	○	○	고	○	10
	9	다항식의 곱셈(이차식 범위)	고	8	○	○	10A
		인수분해(이차식 범위)	고	8	고	○	8~9
		이차방정식의 풀이	고	8~9	○	○	10
		이차방정식의 활용	고	8~9	·	○	10

차식으로 변형되는 분수 방정식을 9학년에 다루고 있다.

영국은 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 부등식, 일차부등식, 연립일차방정식, 인수분해, 이차방정식이고, 영국이 먼저 도입하는 내용은 없다. 한편 영국은 일차방정식과 이차방정식의 활용은 다른 영역에서 다루는 특징을 보인다.

일본도 다소 차이가 있는데, 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 부등식, 일차 부등식으로, 일본에서는 이를 고등학교에서 다루며, 일본이 먼저 도입하는 내용은 없다.

호주도 다소 차이가 있는데 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 부등식, 연립일차방정식의 풀이와 활용, 이차방정식의 풀이와 활용인데 호주에서는 이를 대부분 10학년에 다루고 있다. 호주가 먼저 도입하는 내용은 인수분해이다.

지금까지 비교한 내용을 바탕으로 문자와 식 영역에서 우리나라와는 차별되는 외국의 교육과정의 공통점을 살펴보면 부등식, 일차부등식과 관련된 내용을 다소 늦게 고등학교에서 도입하고 있다(영국, 일본 호주).

3) 함수 영역

우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교 교육과정에서 함수 영역의 성취기준을 살펴보면, <표 III-3>과 같다.

<표 III-3>과 외국 교육과정을 기초로 살펴보면, 수학 내용 요소와 도입 시기의 특징은 다음과 같다. 우선 각 국가별로 살펴보면, 미국은 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라에서 먼저 도입하는 내용은 없고, 미국이 먼저 도입하는 내용은 8학년에 일차함수와 일차함수가 아닌 것을 구분하면서 일차함수가 아닌 것으로 이차함수, 삼차함수, 지수함수 등을 일찍 도입하고 있다. 이 때 정비례 관계와 반비례 관계는 일차함수의 한 부분으로만 다루며, 7학년에서 다루는 비례 관계는 함수의 의미라기보다는 비와 비율의 비례식의 내용과 관련된 정도로 다룬다. 한편, 미국은 우리나라에서는 초등학교에 다루는 비와 비율, 백분율, 동치비, 비례 배분을 6학년부터 7학년까지 더 심화시키면서 계속 다루고 있다.

싱가포르도 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 정

<표 III-3> 우리나라와 외국 교육과정의 중학교 함수 영역 성취기준 비교

영역	학년	한국	미국	싱가포르	영국	일본	호주
함수	1	순서쌍과 좌표	5~6	○	○	○	○
		다양한 상황의 그래프 표현과 해석	7~8	○	7~9	9	○
		정비례와 반비례 관계의 이해	7~8	8	8	○	7, 9
		정비례와 반비례 관계의 표현(변환)	7~8	8	8	○	7, 9
	2	함수의 개념 이해	8	7	7	7	7
		일차함수의 의미와 그래프	○	7	7~8	○	○
		일차함수의 그래프의 성질	○	7	7~8	○	○
		일차함수의 그래프의 활용	○	7	7~9	○	10
		일차함수와 일차방정식의 관계 이해	○	○	9	○	10A
		두 일차함수의 그래프와 연립일차방정식의 관계 이해	○	○	9	○	10
	3	이차함수의 의미	8	8	8	○	○
		이차함수의 그래프	8	8~9	8	○	○
		이차함수의 그래프의 성질	8	8	8	○	○

비례와 반비례 관계와 표현이다. 싱가포르가 먼저 도입하는 내용은 7학년에 함수개념, 일차함수이며, 8학년에 이차함수, $n=-2,-1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$인 경우에 $y=ax^n$ 및 3개 이하의 합의 그래프, a가 양의 정수인 경우에 지수함수 $y=ka^x$의 그래프, 삼각함수의 사인법칙과 코사인 법칙, 곡선의 접선 등이다. 한편, 싱가포르는 우리나라에서는 초등학교 5-6학년에 다루는 비, 비율, 퍼센트와 관련된 내용을 7~10학년에서 다루고 있으며, 특히 이자, 세금, 할부, 화폐 등과 관련된 내용은 7~10학년 내내 다루고 있다.

영국도 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 정비례와 반비례, 일차함수와 일차방정식의 관계, 두 일차함수의 그래프와 연립일차방정식의 관계이다. 영국이 먼저 도입하는 내용은 7학년에 함수기계로 제시되는 함수 개념, 일차함수, 이차함수이다. 또한 9학년에는 계단 모양의 불연속 함수, 지수 성장, 역함수 그래프를 통한 다양한 상황의 그래프 해석, 이차방정식과 이차함수의 관계, 7학년에 등차수열의 일반항, 9학년에 수열의 일반항, 등비수열과 여러 가지 수열을 다루고 있는데, 이는 우리나라에서는 대부분 고등학교에서 다룬다. 이 때 영국은 함수 개념을 다룬 후에 8학년에 정비례와 반비례를 다룬다. 한편, 영국은 우리나라의 초등학교에서 다루는 비와 비율, 백분율을 7~9학년 계속 다루고 있다.

일본은 거의 차이가 없는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 다양한 상황의 그래프 표현과 해석이고, 일본이 먼저 도입하는 내용은 함수의 개념이며, 함수 개념을 다룬 후에 정비례와 반비례 관계를 다루고 있다.

호주는 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 호주가 먼저 도입하는 내용은 없는 반면, 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 일차함수의 의미와 그래프 및 성질, 일차함수와 일차방정식의 관계, 두 일차함수의 그래프와 연립방정식의 관계이다. 또한 우리나라에서는 함수 개념의 이해를 다루지만 호주에서는 함수라는 용어 대신 관계라는 용어를 사용하며, 함수의 개념을 깊이 있게 다룬다기보다는 7학년에 관계라는 용어를 도입하면서 그 이후에 함수에 대한 내용을 다루고 있다. 한편 호주는 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 비, 비례식, 백분율을 7~8학년에, 화폐와 금융 수학에서 최적의 구매, 이윤과 손실, 이자 각각을 7~9학년에서 다루고 있다.

지금까지 비교한 내용을 바탕으로 함수 영역에서 우리나라와는 차별되는 외국의 교육과정의 공통점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 함수의 개념을 다룬 후에 우리나라보다 늦게 정비례와 반비례 관계를 다룬다(싱가포르, 영국, 일본, 호주). 둘째, 비, 비율, 백분율 내용을 중학교 과정에서 지속적으로 다루며 도형의 닮음과도 관련된 지도와 축척을 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 셋째, 일차함수와 이차함수를 8학년에 모두 다루고 학년과 내용의 차이는 있지만 일차함수나 이차함수가 아닌 지수함수, 삼각함수, 계단 모양의 불연속함수 등을 다룬다(미국, 싱가포르, 영국).

4) 기하 영역

우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교 교육과정에서 기하 영역의 성취기준을 살펴보면, <표 III-4>와 같다.

<표 III-4>와 외국 교육과정을 기초로 살펴보면, 수학 내용 요소와 도입 시기의 특징은 다음과 같다. 우선 각 국가별로 살펴보면, 미국은 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용 요소는 삼각형의 작도와 삼각형의 합동 조건과 판별, 입체도형의 겉넓이와 부피에서 각뿔, 원뿔, 구, 각뿔대, 원뿔대,

<표 III-4> 우리나라와 외국 교육과정의 중학교 기하 영역 성취기준 비교

영역	학년	한국	미국	싱가포르	영국	일본	호주
기하	1	점, 선, 면, 각의 이해	○	○	7~8	8	○
		점, 직선, 평면의 위치 관계	8	○	·	○	·
		(삼각형의) 작도	○	○*	8*	○*	○
		삼각형의 합동 조건과 판별	8	8~9	8	8	8
		다각형의 성질(볼록)	7~8	○	7, 9	8	7~8
		부채꼴의 중심각과 호의 관계	고	9	고	○	8
		부채꼴의 넓이와 호의 길이 계산	고	9	고	○	8
		다면체의 성질(볼록)	7	·	9	고	·
		회전체의 성질	7	·	·	○	·
		입체도형의 겉넓이와 부피	7~8	7~8	7~9*	○	7~9*
	2	이등변삼각형의 성질	·	·	·	○	7
		삼각형의 외심과 내심의 성질	·	·	·	○	·
		사각형의 성질	7	·	○	○	○
		도형의 닮음	○	○	○	9	9
		닮은 도형의 성질	○	8~9	○	9	9
		삼각형의 닮음 조건과 판별	○	9	○	9	9
		평행선 사이의 선분의 길이의 비	○	·	·	9	·
		피타고라스의 정리	○	○	9	9	9
	3	삼각비의 뜻과 값 구하기(90° 이내)	고	8	○	고	○
		삼각비의 활용	고	○	○	고	○
		원의 현에 관한 성질	고	○	고	○	10A
		원의 접선에 관한 성질	고	○	고	○	·
		원주각의 성질	고	○	고	○	10A

부채꼴, 삼각비, 원과 원주각에 대한 내용이다. 미국은 6학년에 각기둥의 부피, 7학년에 입체도형의 겉넓이, 8학년에 원기둥, 원뿔, 구, 삼각뿔의 부피와 관련된 실생활 문제를 다루고 뿔대에 대해서는 다루지 않으며, 다면체의 경우도 각, 넓이나 부피를 이용한 실생활 문제를 주로 다루고 있는 반면, 우리나라는 7학년과 8학년의 경우 우리나라는 다각형과 다면체의 성질을 주로 다룬다. 또한 부채꼴, 삼각비, 원과 원주각에 대한 내용은 미국에서는 고등학교에서 다루고 있다. 그리고 이등변삼각형의 성질이나 삼각형의 내분과 외분에 대한 내용은 미국에서는 다루지 않는다. 미국이 먼저 도입하는 내용은 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 평행이동, 대칭이동, 회전이동의 변환으로 8학년에 도입해서 고등학교까지 지속적으로 다루고 있다. 한편, 미국은 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 다각형의 둘레와 넓이를 7학년, 9학년에 계속 다루고 있다.

싱가포르도 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하고 있는 내용은 부채꼴과 호, 합동 결정 조건, 입체도형의 겉넓이와 부피, 닮은 도형의 넓이와 부피의 비이다. 싱가포르는 7학년에 각기둥과 원기둥, 8학년에 각뿔, 원뿔, 구의 겉넓이와 부피를 다루고 있고, 뿔대에 대해서는 다루지 않는다. 싱가포르가 먼저 도입하고 있는 내용은 8학년의 예각삼각형에서의 삼각비, 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 9/10학년의 둔각삼각형에서의 삼각비, 삼각형의 넓이 공식, 좌표기하에서 좌표가 주어진 선분의 길이, 2차원 벡터 등이다. 또한 우리나라에서만 다루고 있는 내용은 다면체와 회전체의 성질, 삼각형의 내심과 외심의 성질, 사각형의 성

질, 평행선 사이의 선분의 길이의 비이고, 싱가포르에서만 다루는 내용은 도형의 닮음에서 축척에 관한 것이다. 한편, 싱가포르의 경우는 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 직각, 예각, 둔각, 평면도형의 넓이와 둘레, 넓이 단위와 부피 단위의 변환 등을 7학년에 다루고 있다.

영국도 많은 차이가 있는데, 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 점, 선, 면, 각의 이해, 삼각형의 작도, 삼각형의 합동과 판별 조건, 부채꼴과 호, 다면체의 성질, 입체도형의 겉넓이와 부피, 피타고라스의 정리, 원과 현, 접선, 원주각이다. 작도의 경우 영국은 7학년에서는 각의 이등분선이나 선분의 수직이등분선을 간단하게 다루고 있다. 또한 영국은 7~9학년에서 정육면체, 직육면체, 각기둥, 원기둥의 겉넓이와 부피만을 다루는 반면, 우리나라의 경우는 7학년에서 각뿔, 원뿔, 구, 각뿔대, 원뿔대를 모두 다루고 있다. 영국이 먼저 도입하는 내용은 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 평행이동, 회전이동, 대칭이동의 변환을 중학교 7~8학년에 도입해서 고등학교에서도 다루고 있다. 또한 우리나라에서만 다루는 내용은 점, 직선, 평면의 위치 관계, 회전체의 성질, 이등변삼각형의 성질, 삼각형의 내심과 외심, 평행선 사이의 선분의 길이의 비이다. 한편, 영국에서는 우리나라 초등학교에서 다루는 삼각형, 평행사변형, 사다리꼴, 원의 평면도형의 둘레와 넓이를 중학교 1, 2학년인 7~8학년에 다루고 있다.

일본도 다소 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라에서 먼저 도입하는 내용은 점, 선, 면, 각의 이해, 삼각형의 작도, 삼각형의 합동 조건, 다각형의 성질, 도형의 닮음, 성질, 닮음 조건, 평행선 사이의 선분의 길이의 비, 피타고라스의 정리, 삼각비이다. 작도의 경우 일본에서는 각의 이등분선, 선분의 수직이등분선, 수직선 정도만 다룬다. 일본에서는 다면체의 성질과 삼각비는 고등학교에서 다룬다. 일본이 먼저 도입하는 내용은 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 7학년의 평행이동, 대칭이동, 회전이동의 변환, 8학년의 증명이다.

호주도 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라에서 먼저 도입하는 내용은 삼각형의 합동 조건과 판별, 부채꼴의 중심각과 호, 부채꼴의 넓이와 호의 길이, 입체도형의 겉넓이와 부피, 도형의 닮음과 성질, 삼각형의 닮음 조건과 판별, 피타고라스의 정리, 원의 현과 접선, 원주각이다. 호주의 경우는 입체도형의 겉넓이와 부피에서 7학년에 직육면체, 8학년에 사각기둥, 삼각기둥, 다각기둥, 9학년에 원기둥과 직각기둥을 다루고, 뿔이나 뿔대는 다루지 않는다. 호주가 먼저 도입하는 내용은 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 7학년의 평행이동, 대칭이동, 회전이동 및 대칭축과 회전축이다. 우리나라에서만 다루는 내용은 점, 직선, 평면의 위치 관계, 다면체의 성질, 회전체의 성질, 삼각형의 외심과 내심, 평행선 사이의 선분의 길이의 비, 원의 접선에 관한 성질이고, 호주에서만 다루는 내용은 함수 영역과도 관련된 9학년 비율과 축척이다. 한편, 호주의 경우 우리나라에서는 초등학교에서 배우는 직사각형, 삼각형, 평행사변형의 넓이를 7학년, 평행사변형, 사다리꼴, 마름모, 연모양(kite)의 넓이와 둘레를 8학년, 도형의 넓이를 9학년에 다루고, 원의 둘레와 넓이, 반지름, 지름을 8학년에 다룬다.

지금까지 비교한 내용을 바탕으로 기하 영역에서 우리나라와는 차별되는 외국의 교육과정의 공통점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 처음 작도를 다룰 때 각의 이등분선, 선분의 수직이등분선과 같은 간단한 작도만 다루고 삼각형의 합동 조건과 관련된 작도를 다루지 않는다(싱가포르, 영국, 일본, 호주). 둘째, 삼각형의 합동을 우리나라보다 늦게 8학년에 다룬다(미국, 싱가포르, 영

국, 일본, 호주). 셋째, 부채꼴의 중심각과 호의 관계 및 부채꼴의 넓이와 호의 길이 계산에 대한 내용은 8, 9학년 또는 고등학교와 같이 우리나라보다 늦게 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 넷째, 다면체의 성질과 회전체의 성질은 다소 늦게 또는 다루지 않는다(싱가포르, 영국, 일본, 호주). 다섯째, 입체도형의 겉넓이와 부피를 다소 늦게 8학년 이후나 각뿔대나 원뿔대를 제외한 좀 더 간단한 도형을 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주). 여섯째, 삼각형의 내심과 외심의 성질은 다루지 않는다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 일곱째, 평행선 사이의 선분의 길이의 비는 다소 늦게 또는 다루지 않는다(싱가포르, 영국, 일본, 호주). 여덟째, 점, 직선, 평면의 위치 관계는 다소 늦게 또는 다루지 않는다(미국, 영국, 호주). 아홉째, 이등변삼각형의 성질은 다루지 않는다(미국, 싱가포르, 영국). 열째, 삼각형의 닮음 조건과 판별은 다소 늦게 다룬다는 점(싱가포르, 일본, 호주). 열한째, 피타고라스의 정리는 우리나라보다 늦게 9학년에서 다룬다(영국, 일본, 호주). 열둘째, 원의 현과 접선, 원주각은 다소 늦게 또는 고등학교에서 다루거나 다루지 않는다(미국, 영국, 호주). 열셋째, 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 평행이동, 대칭이동, 회전이동의 변환을 중학교에서 다룬다(미국, 영국, 일본, 호주). 열넷째, 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 평면 도형의 둘레와 넓이를 중학교에서 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주).

5) 통계와 확률 영역

우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교 교육과정에서 통계와 확률 영역의 성취기준을 살펴보면, <표 III-5>와 같다.

<표 III-5>와 외국 교육과정을 기초로 살펴보면, 수학 내용 요소와 도입 시기의 특징은 다음과 같다. 우선 각 국가별로 살펴보면, 미국은 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 줄기와 잎그림, 도수분포다각형, 상대도수와 그래프 및 분포이다. 미국에서 먼저 도입하는 내용은 6학년과 7학년의 자료 해석과 비교에서 집중경향성을 나타내는 중앙값, 최빈값, 평균의 대푯값이며, 분산과 표준편차는 엄밀하게 다루지는 않지만 분포에 대해 다루면서 절대평균편차를 다룬다. 또한 8학년에서는 산점도를 바탕으로 자료를 직선으로 모델링하는 내용도 다룬다. 미국에서는 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 7학년의 무작위표집, 설

<표 III-5> 우리나라와 외국 교육과정의 중학교 통계와 확률 영역 성취기준 비교

영역	학년	한국	미국	싱가포르	영국	일본	호주
통계와 확률	1	줄기와 잎그림	고	8	고	·	7, 9
		도수분포표	6, 8	10	7~8	○	○
		히스토그램	6	8	8	○	9
		도수분포다각형	고	10	8	○	고
		상대도수와 그래프 및 분포	8	고	·	○	·
		자료의 수집과 정리 및 해석(공학)	6~7	7~9	○	○	○
	2	경우의 수	7	○	○	○	7, 9
		확률 개념과 성질(통계적 · 수학적 확률)	7	○	○	○	7
		확률 계산	7	8	○	○	7~9
	3	중앙값, 최빈값, 평균	6~7	8	7~8	7	7~9
		분산과 표준편차	6~7*	10	·	고	고
		자료의 산점도와 상관관계	8	고	○	고	10

문, 모집단 추측, 추정, 자료 정리와 시뮬레이션을 7학년에 다룬다. 확률과 관련해서도 7학년에 확률을 집중적으로 다루는데 기본적인 확률 개념뿐만 아니라 확률계산에서 독립사건과 종속사건, 복합사건 등을 다룬다. 미국에서만 다루는 내용은 6학년의 변이성과 분포를 강조하는 상자그림과 점그래프, 사분위수, 분포의 모양이다. 한편, 미국의 경우 우리나라의 초등학교에서 다루는 막대그래프, 원그래프, 띠그래프를 중학교 과정에 해당하는 6학년에서 다룬다.

싱가포르도 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 7학년의 줄기와 잎그림, 히스토그램, 도수분포다각형, 상대도수와 그래프 및 분포, 9학년의 산점도와 상관관계이다. 산점도와 상관관계는 싱가포르에서는 고등학교에서 다룬다. 싱가포르가 먼저 도입하는 내용은 8학년의 중앙값, 최빈값, 평균이고, 확률 계산에서 8학년에는 단순 사건만 다루지만 9학년 또는 10학년에는 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 복합사건, 독립사건, 종속사건도 다루며, 확률의 합과 곱에 대해서도 다룬다. 싱가포르에서만 다루는 내용은 8학년의 점그래프, 9학년 또는 10학년의 사분위수, 백분위수, 범위, 사분범위이다. 한편, 싱가포르는 7학년에 우리나라 초등학교에서 다루는 표, 막대그래프, 그림그래프, 띠그래프, 원그래프를 다룬다.

영국은 많은 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 히스토그램과 도수분포다각형이다. 영국이 먼저 도입하는 내용은 7~8학년에 집중경향성을 나타내는 중앙값, 최빈값, 평균이다. 우리나라에서만 다루는 내용은 상대도수와 그래프 및 분포, 분산과 표준편차이다. 영국의 경우는 분산과 표준편차를 직접 다루지는 않지만 자료집합의 분포를 직관적으로 다루기 위해 7학년에 범위와 특이점 등을 고려하면서 퍼짐(spread)에 대해 다루고 있다. 영국에서만 다루는 내용은 7학년에 임의성과 공정함, 8~9학년의 두 집단의 분포를 비교하는 것이다. 한편, 영국은 우리나라 초등학교에서 다루는 막대그래프, 원그래프, 그림그래프, 꺾은선그래프, 표 등을 7학년에 다루고 있다.

일본은 다소 차이가 있는데, 도입 시기와 관련해서 우리나라가 먼저 도입하는 내용은 일본에서는 고등학교에서 다루는 분산과 표준편차, 자료의 산점도와 상관관계이다. 일본이 먼저 도입하는 내용은 7학년의 중앙값, 최빈값, 평균이다. 우리나라에서만 다루는 내용은 줄기와 잎그림이다.

호주는 많은 차이가 있는데, 우리나라에서 먼저 도입하는 내용은 히스토그램, 도수분포다각형, 확률 개념과 성질, 분산과 표준편차, 산점도와 상관관계이다. 도수분포다각형과 분산과 표준편차의 경우 호주에서는 고등학교에서 다룬다. 호주의 경우 분산과 표준편차는 중학교에서 직접 다루지 않지만 7학년, 9학년에 범위와 자료의 모양, 8학년에 특이값 등을 다루면서 퍼짐에 관해 다루고 있다. 호주에서 먼저 도입하는 내용은 경우의 수, 확률 계산, 중앙값, 최빈값, 평균이다. 또한 호주에서는 8학년에 표집과 신뢰도, 모집단과 표본, 8학년과 9학년에 인구조사, 표집, 관찰 등 자료 조사, 확률에서 9학년 합의 법칙과 곱의 법칙, 복원 추출과 비복원추출과 관련된 내용을 다룸으로써 우리나라에서는 고등학교에서 다루는 내용을 일찍 도입하고 있다. 우리나라에서만 다루는 내용은 상대도수와 그래프 및 분포이고, 호주에서만 다루는 내용은 7학년 점그래프와 자료의 모양을 해석하는 분포에 관련된 것이다.

지금까지 비교한 내용을 바탕으로 통계와 확률 영역에서 우리나라와는 차별되는 외국의 교육과정의 공통점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 집중경향성을 나타내는 중앙값, 최빈값, 평균을 우리나라보다 일찍 6학년 또는 7학년에 도입한다(미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주). 둘째, 분산

과 표준편차는 우리나라보다 늦게 고등학교에서 도입하거나 엄밀하게 다루지 않고 사분위수, 범위, 사분범위나 특이점 등의 퍼짐이나 절대평균편차 정도로 간단하게 다룬다(미국, 영국, 일본, 호주). 셋째, 상대도수와 그래프 및 분포는 고등학교에서 다루거나 다루지 않는다(싱가포르, 영국, 호주). 넷째, 자료의 산점도와 상관관계는 우리나라보다 늦게 또는 고등학교에서 다룬다(싱가포르, 일본, 호주). 다섯째, 모집단과 표본을 우리나라보다 일찍 중학교에서 다룬다(미국, 일본, 호주). 여섯째, 그래프 중 줄기와 잎그림과 도수분포다각형보다는 점그래프를 다룬다(미국, 싱가포르, 호주). 일곱째, 우리나라에서는 초등학교에서 주로 다루는 막대그래프, 그림그래프, 원그래프, 띠그래프, 선그래프 등의 일부를 중학교에서도 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주).

지금까지 우리나라, 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교 수학 교육과정을 중심으로 수학 내용 요소와 도입 시기에 대해 살펴본 내용을 요약하면, 우리나라에서 일찍 도입하는 내용은 수와 연산 영역에서는 실수의 대소 관계, 문자와 식 영역에서는 부등식, 기하 영역에서는 삼각형의 합동, 부채꼴과 호, 입체도형의 겉넓이와 부피, 삼각형의 작도, 삼각형의 내심과 외심, 삼각형의 닮음, 원의 현과 접선 및 원주각, 점, 직선, 평면의 위치 관계, 확률과 통계 영역에서는 상대도수와 그래프 및 분포, 분산과 표준편차, 자료의 산점도와 상관관계이다. 반대로 외국에서 일찍 도입하는 내용은 수와 연산 영역에서는 제곱근과 무리수, 함수 영역에서는 함수 개념, 이차함수, 간단하기는 하나 지수함수, 삼각함수, 불연속 함수, 통계와 확률 영역에서는 집중경향성을 나타내는 중앙값, 최빈값, 평균, 모집단과 표본, 분포의 모양 등이다. 그 외의 특징으로는 외국 교육과정에서는 함수 영역에서 비, 비율, 백분율을 지속적으로 다루고, 함수 개념 이후에 정비례 관계와 반비례 관계를 다루며, 기하 영역에서 평면도형의 둘레와 넓이, 평행이동 등의 변환을 다루고, 통계와 확률 영역에서 분산과 표준편차보다는 분포와 관련해서 사분위, 사분범위, 특이점, 퍼짐을 다루거나 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 다양한 그래프를 중학교에서도 계속 다루는 것 등을 들 수 있다. 이때 특히 우리나라와 외국 교육과정에서 많은 차이를 보이는 영역은 기하 영역과 통계와 확률 영역인데, 기하 영역은 우리나라가 더 많은 내용들을 좀 더 엄밀하고 논리적으로 지도한다는 특징을 보이며, 통계와 확률 영역은 우리나라가 개념보다는 통계에 필요한 계산 기능 등에 초점을 맞추고 있다는 특징을 보인다는 점이다.

나. 고등학교의 수학 내용 요소

고등학교 수학 교육과정은 각 나라마다 이수 계열이 매우 다양하고, 미국과 같이 교육과정 외의 속진 과정이 있는 경우도 있으며, 싱가포르와 같이 교육과정이 없고 우리나라의 대학 수학 능력 시험에 해당하는 시험 범위를 안내하는 평가 요목만 존재하는 경우도 있고, 영국과 같이 고등학교 1, 2학년에 대한 교육과정은 있지만 대학 진학을 위한 학생들을 위한 평가 요목은 별도로 제시하는 경우도 있기 때문에, 중학교의 경우와 같이 학년별 비교와 상세한 비교는 매우 어려운 상황이다. 따라서 이 절에서는 우리나라, 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 고등학교 수학 교육과정과 대학 진학을 위한 평가 요목을 중심으로 우리나라 교육과정에는 있지만 외국 교육과정이나 평가요목에는 없는 내용 요소와 외국의 교육과정이나 평가요목에는 있지만 우리나라 교육과정에는 없는 내용 요소에 대해서만 살펴보고, 그 시사점에 대해 생각해 보고자 한다.

미국의 경우는 우리나라 교육과정에는 있지만

미국의 교육과정에 없는 내용 요소는 대수 영역에서는 집합과 명제, 해석 영역에서는 미적분, 기하 영역에서는 삼각법 등이다. 그러나 최근 2016년에 개정된 SAT와 SAT Subject 시험에서는 미적분학 입문과 삼각법을 포함할 예정이다(College Board). 미국의 교육과정(CCSSI, 2010a)이나 SAT, ACT, AP-course 시험평가 요목(College Board; ACT Inc.)에는 있지만 우리나라 교육과정에는 없는 내용 요소를 살펴보면, 우선 교육과정에 준하는 SAT Subject 시험과 ACT에 포함된 것으로 대수 영역의 행렬, 해석 영역에서는 삼각방정식, 복소수의 극좌표와 극형식, 통계와 확률 영역의 최소 제곱 회귀 직선, 이차 회귀, 지수 회귀를 들 수 있다. 이 때 대수 영역, 해석 영역의 경우는 우리나라에서는 전문 교과에서 다루고 있는 내용이며, 통계와 확률 영역의 내용은 우리나라에서는 고등학교 이후에 다루는 내용이다. 한편 교육과정에는 포함되어 있지 않지만 많은 고등학교 학생들이 자발적으로 신청하고 있는 AP-course에서는 해석 영역과 관련하여 우리나라에서 지도하고 있는 미적분의 내용을 모두 포함하면서 우리나라에서는 전문교과에서 다루고 있는 로피탈 정리, 이상적분, 테일러 수열, 멱급수, 매크로린 급수뿐만 아니라 우리나라에서는 고등학교 이후에 다루는 수치적 방법, 미분 방정식을 포함하고 있으며, 확률과 통계 영역에서는 범위, 사분 범위, 범주형 자료, 상자 그림, t 분포, 카이제곱 분포, 모수 추정과 오차의 한계, 비편향성과 점 추정, 단측 검정, 양측 검정, 1종 오류, 2종 오류, 검정력, t 검정, 카이제곱 검정 등과 같이 우리나라에서는 고등학교 이후에 다루는 내용 등을 포함하고 있다. 따라서 미국의 경우는 대학 진학을 하지 않는 학생들은 집합과 명제, 미적분은 지도하고 있지 않지만, 우리나라에서는 전문교과 이상에서 다루는 행렬, 복소수의 극형식, 삼각방정식, 회귀분석과 관련된 내용을 포함하고 있으며, 대학 진학을 원하는 학생들에게는 AP-course를 통해 우리나라에서 전문교과에서 다루는 미적분이나 확률과 통계 영역의 내용뿐만 아니라 수치해석, 미분방정식, 다양한 확률분포와 검정 등 우리나라 고등학교 교육과정 이후의 심화된 내용들을 배울 기회들을 제공하고 있음을 알 수 있다.

싱가포르의 경우는 우리나라 교육과정에는 있지만 싱가포르의 교육과정이나 평가 요목에 없는 내용 요소는 거의 없다. 싱가포르의 교육과정이나 평가요목에는 있지만 우리나라 교육과정에는 없는 내용 요소로는 대수 영역에서 행렬, 해석 영역에서 복소수의 극좌표와 극형식, 아르강 도표, 드 므와브르 정리, 기하 영역에서는 벡터의 외적, 통계 영역에서는 사분위수, 백분위수, 범위, 사분위수, 상자그림, 층화추출표본, 대응표본, 할당표본, 귀무가설과 대립가설, p값의 개념, 단측 검정과 양측 검정, 상관계수, 선형 회귀 개념, 적률상관계수, 최소제곱 회귀 직선, 포아송 분포, t 검정 등이 있다. 그리고 좀 더 수학에 관심을 가진 학생들을 위한 H3에서는 해석 영역에서 삼각부등식, 매크로린 급수, 미분방정식, 확률과 통계 영역의 일대일 대응의 원리, 포함 배제의 원리 등을 다룬다. 이 때 대수 영역, 해석 영역의 복소수와 극형식, 드 므와브르 정리, 삼각부등식, 매크로린 급수, 확률과 통계 영역의 일대일 대응의 원리, 포함 배제의 원리는 우리나라에서는 전문 교과에서 다루는 내용이고, 해석 영역의 아르강 도표, 미분방정식, 기하 영역의 벡터의 외적, 그 외의 통계와 확률 영역의 내용은 우리나라에서는 고등학교 이후에 다루는 내용이다. 이 때 행렬은 1학년, 벡터의 외적, 복소수의 극형식, 아르강 도표, 드 므와브르 정리, 벡터의 외적, 포아송분포는 H2, 삼각부등식, 매크로린 급수, 미분방정식은 H3, 나머지는 H1에 포함되어 있다(SEAB, 2013a, 2013b, 2013c). 따라서 싱

가포르의 경우 대학 진학을 원하는 학생들은 우리나라 교육과정과 비교했을 때 더 많은 내용들을 다루며 행렬, 복소수의 극형식, 드 브와브르, 삼각부등식, 매크로린 급수와 같이 우리나라의 전문교과에서 다루는 일부 내용이나 회귀분석이나 검정 등 그 이상의 것들을 포함하고 있다.

영국의 경우는 key stage 4에 제시된 고등학교 교육과정 내용은 많은 것을 요구하지는 않지만, 기초 수준에 해당하는 AS-level과 심화 수준에 해당하는 A2-level의 대학입학자격시험에서는 선택의 다양성이 존재하며 우리나라 고등학교 일반 학생들에게 요구되는 것보다 더 높은 수준의 내용을 포함하고 있다(DfE, 2014; Ofqual; Edexcel). 우리나라 교육과정에는 있지만 영국의 교육과정이나 평가 요목에 없는 내용 요소는 집합과 명제, 공간 도형에서 위치 관계와 삼수선 정리 등이다. 영국의 교육과정이나 평가요목에는 있지만 우리나라 교육과정에는 없는 내용 요소로는 대수 영역의 행렬대수, 이산수학과 관련된 알고리즘, 그래프 알고리즘, 경로, 선형 프로그래밍, 해석 영역의 삼각방정식, 극좌표, 일차 미분방정식, 이차 미분방정식, 극좌표, 테일러 급수, 매크로린 급수, 기하 영역의 공간 벡터, 확률과 통계 영역의 수치적 방법, 방정식의 수치적 해, 시계열 자료, 상관관계와 회귀 등이고, 그 외에 역학에 대한 내용도 포함되어 있다. 이 때 미분방정식, 시계열 자료, 상관관계와 회귀는 우리나라에서는 고등학교 이후에 다루어지는 내용이고, 나머지는 우리나라에서는 전문교과에서 다루는 내용이다. 따라서 영국의 경우는 고등학교 교육과정에서는 많은 것을 다루지 않으나 대학입학시험에서는 다양한 선택권이 주어질 뿐만 아니라 대학 진학을 원하는 학생들의 경우 선택에 따라서는 우리나라의 경우보다 더 높은 수준을 요구하는 경우도 많음을 알 수 있다.

일본의 경우는 우리나라 교육과정에는 있지만 일본의 교육과정이나 평가 요목에 없는 내용 요소는 거의 없다. 일본의 교육과정이나 평가요목에는 있지만 우리나라 교육과정에는 없는 내용 요소로는 대수 영역에서 잉여류와 n진법, 해석 영역에서 복소수, 극좌표, 극형식, 극방정식, 드 므와브르의 정리, 곡선의 길이, 구분구적법과 정적분, 기하 영역에서 공간 벡터, 통계와 확률 영역에서는 사분위수, 범위 등이다. 이 때 잉여류와 n진법, 사분위수, 범위를 제외하면 우리나라에서는 전문교과에서 다루는 내용이다. 또한 앞에서 살펴보았듯이 대학진학을 위한 대학입시센터시험과 대학별 고사에서 센터시험에서는 수학Ⅱ까지가 최고수준이지만, 대학별고사에서는 문과는 수학Ⅱ와 수학B, 이과는 수학Ⅲ과 수학B이며, 문과의 경우도 우리나라에서는 전문교과에서 다루는 공간벡터방정식, 삼각함수의 곱을 합으로 고치는 공식 등 상당한 수준을 요구하고 있다(大學入試センター). 따라서 일본의 경우도 우리나라의 교육과정보다는 일반적으로 높은 수준을 요구하고 있음을 알 수 있다.

호주의 경우는 우리나라 교육과정에는 있지만 호주의 교육과정에 없는 내용 요소로 기하 영역의 공간 도형에서 위치관계와 삼수선의 정리, 통계와 확률 영역에서 중복 순열과 중복 조합 등이다. 호주의 교육과정에는 있지만 우리나라 교육과정에는 없는 내용 요소로는 대수 영역에서 분수방정식, 행렬, 가우스소거법, 선형 변환, 이산수학과 관련해서 수형도, 그래프, 그래프의 인접 행렬, 차수, 경로, 평면 그래프, 오일러그래프, 해밀턴 그래프 등, 해석 영역에서는 역삼각함수의 미분, 고계도함수, 구분구적법과 정적분, 벡터함수의 미적분, 입자의 운동 방정식, 미분방정식, 로지스틱 방정식, 운동과 미적분, 공학도구를 이용한 수치적분법, 복소평면, 직교좌표와 극좌표, 극형식, 드 므와브르의 정리 등, 기하 영역에서는 공간 벡터, 벡터의 외적 등, 통계와 확률 영

역에서는 범위, 사분위 범위, 상자그림, 베르누이 분포, 기하분포, 다양한 임의 추출 방법, 상관계수와 회귀직선, 최소제곱 회귀 직선, 범주형 자료 분석, 시계열 자료 분석 등이다. 이 때 해석 영역의 미분방정식, 로지스틱 방정식, 운동과 미적분, 공학도구를 이용한 수치적분법, 기하 영역의 벡터의 외적, 통계와 확률 영역의 내용은 우리나라에서는 고등학교 이후에 다루는 내용이고, 나머지는 전문교과에서 다루는 내용이다(ACARA, 2013b, 2013c). 따라서 호주의 경우는 기하 영역이나 통계와 확률 영역의 일부를 제외하면 우리나라 교육과정의 거의 대부분을 포함하면서 더 높은 수준을 요구하고 있음을 알 수 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 우리나라 교육과정에는 없지만 외국의 교육과정이나 대학입학시험을 위한 평가 요목에 있는 내용을 요약하면 <표 III-6>과 같다.

우리나라에서 전문교과에서 다루고 있는 내용과 관련해서 외국 교육과정의 공통점은 다음과 같다. 첫째, 대수 영역에서 행렬을 대부분의 나라가 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 둘째, 해석 영역에서 복소수의 극좌표, 극형식을 포함하는 복소평면에 관한 내용을 모두 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주). 셋째, 해석 영역에서 드 므와브르의 정리를 여러 나라가 다룬다(싱가포르, 일본, 호주). 넷째, 해석 영역에서 매크로린 급수를 여러 나라가 다룬다(미국, 싱가포르, 영국). 다섯째, 기하 영역에서 공간벡터를 여러 나라가 다룬다(영국, 일본, 호주).

또한 우리나라에서는 고등학교 이후나 그 외에 다루는 내용과 관련해서 외국 교육과정의 공통점은 다음과 같다. 첫째, 해석 영역에서 미분방정식과 통계 영역에서 상관관계와 회귀 분석, 최소제곱 회귀 직선 등의 내용을 대부분의 나라가 다룬다(미국, 싱가포르, 영국, 호주). 둘째, 통계 영역에서 범위와 사분 범위 등의 내용을 대부분의 나라가 다룬다(미국, 싱가포르, 일본, 호주). 셋째, 통계 영역에서 그래프 중 상자그림을 많이 사용한다(미국, 싱가포르, 호주). 넷째, 통계에서 범주형 자료나 시계열 자료와 같은 다양한

<표 III-6> 우리나라 교육과정에는 없는 외국의 고등학교 교육과정이나 평가 요목 내용

	전문 교과에서 다루는 내용	고등학교 이후에 다루는 내용
미국	행렬, 삼각방정식, 복소수의 극좌표와 극형식(SAT Subject 또는 ACT), 로피탈 정리, 이상적분, 테일러급수, 멱급수, 매크로린 급수(AP-course) 등	범위, 사분범위, 범주형 자료, 상자 그림, 최소 제곱 회귀직선, 이차회귀, 지수회귀(SAT Subject 또는 ACT), 미분방정식, t 분포, 카이 제곱 분포, 모수 추정과 오차의 한계, 비편향성과 점 추정, 단측 검정, 양측 검정, 1종 오류, 2종 오류, 검정력, t 검정, 카이제곱 검정(AP-course) 등
싱가포르	행렬(고1), 복소수의 극좌표와 극형식, 드 므와브르 정리(H2), 삼각부등식, 매크로린 급수(H3) 등	사분위수, 백분위수, 범위, 사분위수, 상자그림, 층화추출표본, 대응표본, 할당표본, 귀무가설과 대립가설, p값의 개념, 단측 검정과 양측 검정, 상관계수, 선형 회귀 개념, 적률상관계수, 최소제곱 회귀 직선(H1), 아르강 도표, 벡터의 외적(H2), 미분방정식, 포아송 분포, t 검정(H3) 등
영국	삼각방정식, 알고리즘, 알고리즘 그래프, 경로, 복소수의 극형식, 행렬대수, 극좌표, 테일러급수, 매크로린 급수, 공간벡터 등	미분 방정식, 수치적 방법, 방정식의 수치적 해, 시계열 자료, 상관관계와 회귀 등
일본	복소수, 극좌표, 극형식, 극방정식, 드 므와브르의 정리, 곡선의 길이, 구분구적법과 정적분, 공간 벡터 등	잉여류와 n진법, 사분위수, 범위 등
호주	분수방정식, 행렬, 가우스소거법, 선형 변환, 수형도, 그래프, 그래프의 인접 행렬, 차수, 경로, 평면 그래프, 오일러그래프, 해밀턴 그래프, 역삼각함수의 미분, 고계도함수, 구분구적법과 정적분, 벡터함수의 미적분, 입자의 운동 방정식, 복소수, 직교좌표와 극좌표, 극형식, 드 므와브르의 정리, 공간 벡터 등	미분방정식, 로지스틱 방정식, 운동과 미적분, 공학 도구를 이용한 수치적분법, 벡터의 외적, 범위, 사분범위, 상자그림, 베르누이 분포, 기하분포, 다양한 임의 추출 방법, 상관계수와 회귀직선, 최소제곱 회귀 직선, 범주형 자료 분석, 시계열 자료 분석 등

유형의 자료를 활용한다(미국, 영국, 호주). 한편, 미국과 싱가포르는 통계 영역에서 검정과 관련해서 t 검정과 카이제곱 검정, 오류 등 깊이 있는 내용을 다루기도 한다.

지금까지 우리나라, 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 고등학교 수학 교육과정과 대학 진학을 위한 평가 요목을 중심으로 수학 내용 요소에 대해 살펴본 내용을 요약하면, 미국이나 영국과 같이 일반학생들을 위한 교육과정은 많은 내용을 다루지 않지만 대학입학시험까지를 고려하면 대부분의 나라가 행렬, 복소수의 극좌표와 극형식, 드 므와브르 정리, 매크로린 급수, 공간벡터처럼 우리나라에서 전문교과에서 다루는 내용이나 미분방정식이란 회귀분석 등과 같이 고등학교 이상의 수준을 다루고 있음을 알 수 있다. 또한 전반적으로 보았을 때, 해석 영역과 통계 영역에서 우리나라보다 더 많은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

2. 교육과정 구성 방식 및 운영

이 절에서는 교육과정 구성 방식과 관련하여 나선형과 직선형, 교육과정 운영과 관련하여 이수계열의 특징에 대해 우리나라, 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주를 비교하고자 한다.

가. 교육과정의 구성 방식

교육과정의 구성 방식은 하나의 개념과 원리가 한 학년에서 도입되고 그 다음의 여러 학년에서 심화되면서 반복되는 나선형 방식과 하나의 개념과 원리가 특정한 학년에서 집중적으로 다루어지고 그 다음 학년에서는 반복 없이 새로운 개념과 원리로 넘어가는 선형 방식으로 구분할 수 있다.

우리나라의 경우 교육과정 개정 시 매번 개정의 중점 사항으로 부각되는 것이 학습 내용의 경감으로, 이러한 요구에 대응하는 방법 중의 하나가 나선형 방식에서 선형 방식으로 내용을 정련하는 제7차 교육과정에서 나타난 단계형 교육과정이었다. 예를 들어 제6차 교육과정에서는 초등학교 5학년과 중학교 1학년, 고등학교 1학년에서 다루던 집합 개념이 제7차 교육과정에서는 7-가 단계와 10-가 단계에서만 다루고, 2009 개정 교육과정에서는 고등학교 <수학 II>에서만 다루는 것으로 바뀌었다(교육과학기술부, 2011). 즉 복수의 학교급과 학년과 과목에서 내용의 폭과 깊이가 심화되던 개념이 특정 학년에서만 다루어지는 것으로 변화되었고, 우리나라 교육과정이 나선형에서 선형으로 전환되어 온 중요한 동인은 학습 내용 감축의 요구였다. 물론 우리나라의 경우 교과서에서는 이전 학년의 방정식 관련 내용을 상기시키면서 설명하기 때문에 나선형이 나타나지만 교육과정만으로는 선형의 특성이 강하다고 볼 수 있다.

미국의 CCSSM의 경우 나선형의 특성이 강한데, 문자와 식 영역에서 6학년에서 변수를 도입하여 일차방정식과 일차부등식을 다루고, 7학년 역시 일차방정식과 일차부등식을 다루고, 8학년에서 일차방정식과 연립일차방정식을 다루거나, 6-8학년에서 비와 비례 영역을 별도로 두어 비와 백분율 비례 관계를 지속적으로 다루기도 하고, 함수 영역에서 8학년에 일차함수가 아닌 이차함수, 삼차함수, 지수함수가 도입되어 고등학교 때까지 지속적으로 다룬다. 싱가포르의 경우도 나선형의 특징을 많이 보이는데 수와 대수 영역에서 중학교 1학년에서 일차방정식과 일차부등식, 중학교 2학년에서 연립일차방정식과 간단한 이차방정식, 중학교 3학년에서 이차방정식과 일차부등식을 다루게 되어 있어, 일차부등식과 이차방정식이 2개 학년에서 다루어지며, 중학교 1-2학년에 비와 비례, 함수 영역에서 중학교 2-3학

년에 이차함수, 합동과 닮음, 피타고라스 정리를 다루고, 초등학교에서 다룬 통계 영역의 다양한 그래프를 중학교에서도 다룬다.

영국의 경우도 나선형의 특성이 강한데, 우리나라의 초등학교 고학년에서 다루는 내용을 영국에서는 key stage 3, key stage 4에서 발전적으로 지속적으로 다룬다. 예를 들어 수 영역의 경우, 우리나라에서는 소수, 분수와 관련된 내용이나 단위에 대한 내용을 초등학교에서 다루고 그 이후에 다루지 않지만, 영국에서는 의무교육과정인 key stage 4 단계까지 지속적으로 다루고 있으며, 그 내용을 심화해가고 있다. 기하와 측정 영역에서도 우리나라 초등학교에서 다루는 내용이 중등과정에서도 다루어지고 있으며, 단위, 10의 거듭제곱 표현, 근삿값 등의 내용과 연결하면서 지속적으로 다룬다. 통계 영역에서도 원그래프, 막대그래프 등 초등학교에서 다루는 그래프 표현들을 그대로 다루되 자료를 분석하고 해석하는 활동을 강조하며, 대푯값을 중학교 1학년에서부터 다루면서 학년이 올라가면서 여러 가지 표현이나 상황을 해석하는 데 사용하고 있다.

일본의 교육과정은 선형의 특성이 강하다. 수학Ⅰ은 중학교 수학 내용을 확장하거나 심화하고, 수학Ⅱ는 수학Ⅰ을, 수학Ⅲ은 수학Ⅱ를 확장하거나 심화하였으나 내용은 위계적으로 중복된 내용 없이 선형으로 구성되며, 수학A는 중학교 수학과 수학Ⅰ을 보완하는 내용으로, 수학B는 수학A를 토대로 이루어졌고, 수학Ⅲ을 이수하기 전에 다루는 내용으로 구성되어 있다.

호주의 교육과정은 나선형의 특성이 강하다. 동일한 내용이 학년을 걸쳐서 반복해서 다루어지고 있으며, 학년이 높아지면서 보다 확장되고 심화된 내용을 다루고 있다. 예를 들면 수와 대수 영역에서 분수와 분수 연산, 비, 비례식, 백분율 계산, 이율과 소비 등의 화폐와 금융수학, 일차방정식, 기하 영역에서 평면도형의 둘레와 넓이, 입체도형의 부피, 피타고라스의 정리, 확률 영역에서 평균, 중앙값, 표집, 다양한 그래프 등을 중학교에 해당하는 7학년에서 10학년까지의 여러 학년에 걸쳐 반복되면서 심화되는 방식으로 지속적으로 다루고 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 일본을 제외하면 다른 여러 나라 교육과정의 특징은 나선형의 구성 방식을 택하여 중학교에서 다루는 내용을 한 번에 가르치는 것이 아니라 중학교 내내 또는 고등학교까지 지속적으로 다루는 방식을 채택하고 있음을 알 수 있다.

나. 이수계열의 특징

교육과정 운영에서 대부분의 국가가 중학교까지는 단일 계열이고, 고등학교는 다양한 이수가 가능하도록 구성되어 있다.

우리나라의 경우 2015 개정 교육과정에서 고등학교 <수학> 다음에 <수학I>, <수학II>, <확률과 통계>, <기하>를 선택할 수 있으므로 이전에 비해 다양한 이수가 가능하게 되었다.

미국의 수학 교육과정은 중학교까지는 모두 필수이며, 고등학교는 9학년부터 12학년 사이에 배우는 내용 영역으로 6개 영역에 대한 규준을 문서상 제시하고 있으나 졸업에 필요한 내용과 목부터 학교별로 조금씩 차이가 있다. 일반적으로 대수, 기하 정도의 과목을 기본적으로 선택하여 듣지만 학생의 수준 및 대학 진학 여부에 따라 AP 코스로의 선택이 가능하고, 중학교때부터 진로를 고려하여 교육과정의 속진과정에서 고등학교 일부 내용을 배우고, 고등학교에서는 AP 코스를 이수할 수 있도록 되어 있다.

싱가포르의 경우 중학교부터 학생들의 트랙이 다양하며 이동이 유연하다. 초등학교 이후 중등학교나 영재학교로 진학할 수 있으며, 중등학교의 경우 초등학교 6학년에 실시하는 학업성취도

평가 결과에 따라 Express(또는 O-level), Normal (Academic), Normal(Technic)으로 수준을 나누어 트랙을 결정하고 차별된 교육과정과 이에 따른 교과서를 활용하고 있다. 고등학교 수준에서는 Junior College나 Polytechnic, Institute of Technical Education으로 진로를 정할 수 있다. 한편 어떤 트랙으로 가더라도 학생의 성취나 희망에 따라서 다른 트랙으로 이동이 유연하다. 또한 고등학교에서는 교육과정이 아닌 평가요목을 문과, 이과계열로 구분하여 제시하고 있음을 알 수 있다.

영국의 수학교육과정은 중학교까지는 단일 계열이고, 고등학교는 의무과정 이수 후 선택적으로 과목 이수가 가능하다. 대학 입시를 준비하는 경우, 각 대학에서 요구하는 과목을 준비하는데, 수학의 경우 핵심수학, 심화순수수학, 역학, 통계학 등이 있다. 또한 대학입학을 희망하지 않는 직업훈련과정에서 이수한 과목도 이후 진로를 바꾸어 대학진학을 희망할 경우 학점이 인정되도록 교차지원의 가능성을 열어 두고 있다.

일본의 경우 수학Ⅰ, 수학Ⅱ, 수학Ⅲ, 수학A, 수학B, 수학의 활용을 다양한 방식으로 개설할 수 있도록 되어 있다. 수학Ⅰ은 필수이고, 일반적으로 수학Ⅱ는 문과, 수학Ⅲ은 이과에 적합하며, 수학A, 수학B는 그 내용 중 적절한 것을 교사가 선택할 수도 있다. 수학의 활용은 교양의 성격을 띠고 있다. 대학 진학을 원하는 학생들은 센터시험은 수학Ⅰ, 수학Ⅱ, 수학A, 수학B의 범위 내에서 선택가능하고, 대학에 따라서는 대학별 고사를 위해 문과는 수학Ⅱ와 수학B, 이과는 수학Ⅲ과 수학B를 준비해야 한다.

호주의 경우 중학교까지는 단일 계열이고, 고등학교 2년간은 선택과목으로 구성되어 있는데, 실용적인 내용의 필수 수학, 대부분의 학생들이 이수하는 일반수학, 수학 관련된 진학을 위해 조금 심화된 수학인 수학적 방법과 전문수학으로 이루어져 있고, 정규 교육과정은 아니지만 학교 내에서 심화 수학을 다루기도 한다. 또한 주마다 내용은 조금씩 다르지만 대학입학을 위해서는 필수수학, 일반수학, 수학적 방법과 전문수학, 심화수학의 내용을 평가에 포함하고 있다.

지금까지 여러 나라의 이수계열을 살펴보면, 중학교부터 다양한 트랙을 운영하는 싱가포르를 제외하면, 대부분의 나라가 중학교까지는 단일계열이나 고등학교의 경우는 그 안에서 이과나 문과, 또는 학생들이 원하는 진로에 따라 선택의 가능성을 두고 있는 것을 알 수 있으며, 더욱이 고등학교에서 다루는 교육과정의 내용 뿐 아니라 대학 진학을 위한 별도의 내용 등을 제시하여 학생들 스스로 선택하여 이수하며 이를 대학진학을 위한 평가요소에 포함하고 있음을 알 수 있다.

Ⅳ. 결론

본고에서는 우리나라, 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 교육과정의 내용 요소와 도입 시기, 교육과정 구성 방식 및 운영과 관련된 특성들을 살펴보고, 이를 비교하여 앞으로의 교육과정 개발을 위한 시사점을 제안하고자 하였다. 이를 위해 우선 각 국가별 중학교와 고등학교 교육과정의 특성과 이수계열 및 대학입학시험에 대해 간단한 특징을 알아본 후에, 우리나라와 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 중학교와 고등학교 교육과정의 수학 성취 기준과 교과서 및 대학입학시험에서 요구하는 내용을 기초로 여러 나라의 수학 내용 요소와 도입 시기, 교육과정 구성 방식 및 운영의 특징을 비교함으로써 공통점과 차이점 등을 살펴보았다.

앞에서 살펴본 여러 나라의 공통점을 기초로 본 연구의 결론을 제시하면 다음과 같다. 수학 내용 요소와 도입 시기에 관련해서 첫째, 중학교

교육과정을 중심으로 생각해 보면 영역별로 우리나라와 외국의 중학교 교육과정을 비교한 결과를 참조하여 앞으로 학생들에게 필요한 교육과정의 내용을 선정하고 도입 시기를 조정하는데 참조할 필요가 있다. 영역별 차이를 살펴보면 수와 연산 영역의 특징은 큰 차이는 없으나 외국에서는 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 분수와 소수의 사칙 연산과 소수 어림 등을 중학교에서 다루면서 유리수와 연결하고 있다는 점이고, 문자와 식 영역에서는 많은 차이는 없으나 부등식을 다소 늦게 도입하거나 고등학교에서 도입하고 있다는 점이다. 함수 영역에서는 외국에서는 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 비, 비율, 백분율 내용을 중학교 과정에서도 지속적으로 다루면서 지도와 축척을 포함하며, 일차함수와 이차함수 외에 지수함수, 삼각함수, 불연속 함수 등 다양한 함수들을 직관적으로 다루면서 중학교와 고등학교의 내용을 연결하고 있다는 점이다. 또한 기하 영역에서는 아주 많은 차이점을 찾을 수 있었는데 전반적으로 우리나라의 경우 외국에서는 고등학교에서 다루거나 또는 다루지 않는 점, 직선, 평면의 위치 관계, 회전체의 성질, 삼각형의 외심과 내심, 평행선 사이의 선분의 길이의 비, 부채꼴과 호, 원의 현과 접선, 원주각 등의 매우 많고 높은 수준의 내용을 연역적 추론에 의해서 다루고 삼각형의 합동 조건이나 닮음 조건이나 피타고라스의 정리 등은 더 일찍 다루는 특징을 가진 반면, 외국 교육과정에서는 우리나라에서는 초등학교에서 다루는 평면도형의 둘레와 넓이, 평행 이동, 대칭이동, 회전 이동의 변환을 다루고 있다는 점이다. 마지막으로 통계와 확률 영역에서도 많은 차이점을 찾을 수 있었는데 우리나라의 경우는 도수분포표, 도수 분포 다각형, 상대도수와 그래프 및 분포, 분산과 표준편차 등 자료를 정리하고 계산하는 도구를 일찍 중점적으로 다루는 반면, 외국에서는 모집단과 표본의 의미, 점그래프, 범위나 특이점 등의 퍼짐, 중앙값, 최빈값, 평균 등 대푯값을 다루면서 집단의 분포와 통계의 기본 개념에 좀 더 초점을 맞추고 있으며, 우리나라에서는 초등학교에서 주로 다루는 막대그래프, 그림그래프, 원그래프, 띠그래프, 꺾은선그래프 등의 일부를 중학교에서도 계속 사용한다는 점이다. 이와 같은 점을 고려할 때 특히 함수 영역, 기하 영역 및 통계와 확률 영역의 수학 내용 요소 및 도입 시기에 대한 신중한 검토가 필요해 보인다. 또한 고등학교 교육과정과 관련해서 우리나라 교육과정에서는 다루지 않지만 외국 교육과정에서 다루는 내용을 추출해서 공통점을 탐색한 결과 대수 영역에서 행렬, 해석 영역에서 복소평면과 급수, 미분방정식, 기하 영역에서 공간벡터, 통계와 확률에서는 상관관계와 회귀 분석, 검정, 분포, 그래프. 자료 유형과 관련해서 좀 더 다양한 내용들을 좀 더 다각도로 논의할 필요가 있을 것으로 생각된다.

둘째, 고등학교 교육과정과 이수계열 및 대학 입학시험에 대해 생각해 보면, 외국의 경우는 고등학교에서 모든 학생들이 이수해야 할 내용은 우리나라와 비교해서 그다지 높은 수준을 요구하지 않지만, 대학 진학을 원하는 학생들에게는 별도의 대학 입학시험의 평가 요목을 제시하고 학생들에게 자신의 진로에 따른 다양한 선택권을 부여하며, 그 내용 수준도 우리나라 교육과정의 전문교과나 그 이상의 수학을 포함하고 있으며, 문항도 싱가포르, 영국, 일본은 서술형, 호주는 선다형과 서술형, 미국은 선다형이지만 AP-course에서는 서술형이고, 미국을 제외하면 여러 날에 걸쳐 시험이 시행됨을 알 수 있다. 따라서 우리가 고등학교 교육과정을 논할 때 놓치지 말아야 할 부분은 모든 학생들이 일반적으로 이수해야 할 내용에 대한 논의도 매우 중요하지만, 대학 진학을 원하는 학생들의 경우에는 자신

의 진로에 맞게 더 높은 수준의 내용들을 학습할 수 있는 다양한 기회와 선택권을 부여하고 이러한 것들이 평가에 반영될 수 있는 방안에 대한 논의도 매우 중요할 것으로 생각된다.

셋째, 교육과정 구성 방안과 관련해서 여러 나라의 교육과정과 비교한 결과를 바탕으로 나선형 구성 방식에 대한 좀 더 적극적인 논의가 필요하다. 교육과정 구성과 관련해서 대부분의 국가들이 나선형을 유지하고 있는 점을 생각할 때 학생들의 학습 내용 감축이라는 부분도 고려해야 하지만 나선형을 적용하여 같은 내용을 여러 학년에 걸쳐 반복하고 확장하고 심화하는 방식이 학생들의 인지적 부담을 줄이고 내용의 심화나 확장에 도움이 되는지에 대한 심도 있는 연구가 필요한 것으로 보인다.

참 고 문 헌

교육과학기술부(2011). **수학과 교육과정**. 교육과학부 고시 제2011-361호 [별책 8]. 교육과학기술부.

교육부(2015). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8]. 교육부.

김선희・김부미・안윤경・장지현(2014). **수학의 어려움에 관한 기초분석**. 한국과학창의재단.

나귀수・황혜정・한경혜(2001). **수학과 교육목표 및 내용체계 연구(Ⅱ)**. 연구보고 RRC 2001-9. 한국교육과정평가원.

박경미 외(2014). **문・이과 통합형 수학과 교육과정 재구조화 연구**. 교육부.

임재훈・이대현・이양락・박순경・정영근(2004). **수학과 교육내용 적정성 분석 및 평가.** 연구보고 RRC 2004-1-5. 한국교육과정평가원.

한국과학창의재단(2015). **2015 개정 수학과 교육과정 시안 개발 정책 연구 공개토론회**, 한국과학창의재단.

大學入試センター. http://www.dnc.ac.jp/

文部科學省(2008). **中學校學習指導要領解說 - 數學編**. 文部科學省.

文部科學省(2009). **高等學校學習指導要領 - 數學編**. 文部科學省.

岡本和夫 외 41명(2015a). 中學校 學習1. 啓林館.

岡本和夫 외 41명(2015b). 中學校 學習2. 啓林館.

岡本和夫 외 41명(2015c). 中學校 學習3. 啓林館.

ACT Inc. ACT. http://www.act.org/

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority(ACARA)(2013a). F-10 Curriculum. http://www.australiancurriculum.edu.au/

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority(ACARA)(2013b). Senior Secondary Curriculum. http://www.australiancurriculum.edu.au/

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority(ACARA)(2013c). Assessment. http://www.australiancurriculum.edu.au/

Bostock, L., & Chandler, S. (2015). *Core Maths Advanced Level*. Oxford University press.

Charles, R. L., Illingworth, M., McNemar, B. Mills, D., Ramirez, A. & Reeves, A. (2013). *Mathematics (course 1)*. Boston, MA: Pearson Education, Inc.

College Board. AP. https://www.collegeboard.org.

College Board. SAT. https://www.collegeboard.org.

Common Core State Standards Initiative. *Standards in Your State*. http://www.corestandards.org/standards-in-your-state.

Common Core State Standards Initiative(2010a). *Common Core Standards for Mathematics*. http://www.corestandards.org/wp-content/uploads/Math_Standards.pdf.

Common Core State Standards Initiative(2010b). *Common Core Standards for Mathematics*

Appendix A. http://www.corestandards.org/wp-content/uploads/Math_Appendix_A.pdf.

Curriculum Planning and Development Division(2012). *O- & N(A)-Level Mathematics Teaching and Learning Syllabus*. Ministry of Education, Singapore.

Department for Education(2013). *Mathematics Programmes of Study: Key Stage 3, National Curriculum in England*. https://www.gov.uk/government/publications/nationalcurriculum-in-england-mathematics-programmes-of-study.

Department for Education(2014). *Mathematics Programmes of Study: Key Stage 4, National Curriculum in England*. https://www.gov.uk/government/publications/nationalcurriculum-in-england-mathematics-programmes-of-study.

Edexcel. *Edexcel A level Mathematics*. http://qualifications.pearson.com/en/qualifications/edexcel-a- levels/mathematics-2008.html

Lappan, G., Phillips, E. D., Fey, J. T., & Friel, S. N. (2014). *Connected Mathematics 3: Grade 8*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.

National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

Office of Qualifications and Examinations Regulation [Ofqual]. https://www.gov.uk/government/organisations/ofqual.

Rayner, D. (2015). *GCSE mathematics 6th edition*. Oxford University Press.

Singapore Examination and Assessment Board[SEAB]. http://www.seab.gov.sg/

Singapore Examination and Assessment Board (2013a). Mathematics Higher 1 (Syllabus 8864). http://www.seab.gov.sg/

Singapore Examination and Assessment Board (2013b). Mathematics Higher 2 (Syllabus 9740). http://www.seab.gov.sg/

Singapore Examination and Assessment Board (2013c). Mathematics Higher 3 (Syllabus 9824). http://www.seab.gov.sg/

A Comparative Study of Mathematics Curriculum among the United States, Singapore, England, Japan, Australia and Korea

Chong, Yeong Ok (Gyeongin National University of Education)
Chang, Kyung-Yoon (Konkuk University)
Kim, Gooyeon (Sogang University)
Kwon, Na Young (Inha University)
Kim, Jin Ho (Daegu National University of Education)
Seo, Dong-Yeop (Chuncheon National University of Education)
Kang, Hyun-Young (Mokwon University)
Park, Sunhwa (Korea Institute for Curriculum and Evaluation)
Ko, Ho Kyoung (Ajou University)
Nam, Jin Young (Gyeongin National University of Education)
Tak, Byungjoo (Graduate School, Seoul National University)

The aim of this study is to compare mathematics curriculum among the United States, Singapore, England, Japan, Australia and Korea and offer suggestions to improve mathematics curriculum of Korea in the future. In order to attain these purposes, the analysis was conducted in many aspects including mathematics education system, mathematics courses, mathematics contents, assessment syllabus for university entrance examination and the construction principles of mathematics curriculum.

In the light of the results of this study, our suggestions for improving mathematics curriculum of Korea are as follows: revising the contents of analysis, geometry, probability and statistics strands; organizing curriculum based on spiral construction principle; providing various opportunities to select mathematics courses according to students'career; reflecting the contents of their courses in university entrance examination.

* Key Words : mathematics curriculum(수학 교육과정), mathematics courses(수학 이수계열), assessment syllabus(평가 요목), spiral curriculum(나선형 교육과정), mathematics curriculum of the United States(미국 수학 교육과정), mathematics curriculum of Singapore(싱가포르 수학 교육과정), mathematics curriculum of England(영국 수학 교육과정), mathematics curriculum of Japan(일본 수학 교육과정) mathematics curriculum of Australia(호주 수학 교육과정)

논문접수 : 2016. 7. 4
논문수정 : 2016. 8. 4
심사완료 : 2016. 8. 4