

중학교 수학과 교육과정 수와 연산 영역의 재구조화 연구

서보억(충남대학교, 교수)

A study on restructuring of 'Number and operations area' in middle school mathematics curriculum

Suh, Boeuk(Chungnam National University, eukeuk@cnu.ac.kr)

초록

본 연구는 중학교 수학과 교육과정의 수와 연산 영역의 시대적 변천 과정을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 수와 연산 영역에서 수학 학습내용의 재구조화 방향 제시를 위한 문헌 연구이다. 이를 위해 1차 중학교 수학과 교육과정부터 2015개정 중학교 수학과 교육과정까지 제시된 수와 연산 영역의 내용을 고찰하였고, 이를 바탕으로 수와 연산 영역의 수학 학습내용에 대한 분석을 실시하였다. 먼저 비교 분석의 기준을 3차 중학교 수학과 교육과정으로 설정하였고, 분석을 위한 수학 학습내용으로 내용요소와 학습요소로 세분화하여 기본 분석틀을 개발하였다. 최종적으로는 이러한 기본 분석틀을 기초로 수와 연산 영역의 핵심 이슈가 되는 수학 학습내용을 추출하여, 추출된 수학 학습내용에 대해 세계 여러 나라 교육과정에서 다루고 있는 현황을 비교 분석하였다. 최종적으로 본 연구를 통해 중학교 수와 연산 영역에 대한 새로운 교육과정 개발에 유의미한 재구조화 방향을 제시하였다. 본 연구의 결과가 새로운 교육과정 개발의 토대가 될 것으로 기대된다.

Abstract

This study is an analysis study on the number and operation area of middle school mathematics curriculum. This study is a literature analysis study that analyzes the historical transition process of number and operation area, and suggests the restructuring direction of mathematics learning contents for numbers and operation areas based on the results. In order to achieve this research purpose, the contents of the number and operation areas suggested from the 1st middle school mathematics curriculum to the 2015 revised middle school mathematics curriculum were considered. In addition, in this study, analysis of the mathematical learning contents of number and operation area was conducted. The details of the study are as follows.

First, it was decided as a tertiary mathematics curriculum as a criterion for analysis. Second, a basic analysis framework was developed by subdividing the content of mathematics learning into content elements and terminology elements. Third, on the basis of the developed analysis framework, mathematics learning contents that are the core issues of number and operation area were extracted. Fourth, the extracted mathematics learning contents were compared with foreign curriculum. Finally, based on the analysis results, the direction of restructuring for the number and operation area of middle school was suggested.

The results of this study are expected to be the basis for the development of a new curriculum.

* 주요어: 중학교 수학과 교육과정, 수와 연산 영역, 교육과정 변천 과정, 수학과 교육과정의 재구조화

* **Key words** : middle school mathematics curriculum, number and operation area, curriculum change process, restructuring of mathematics curriculum

* 이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

* This work was supported by research fund of Chungnam National University

* **Address**: Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

* **ZDM Classification**: F14

* **2000 Mathematics Subject Classification**: 97U20

* **Received**: May 1, 2020 **Revised**: May 26, 2020 **Accepted**: May 27, 2020

I. 서론

1차 수학과 교육과정(이후 1차) 이래 최근까지 모두 열 번의 교육과정 개정이 있었다. 각 교육과정은 나름의 개정 배경과 방향이 있었으며, 문화·사회적 요구와 급변하는 사회현상에 발맞추기 위한 노력의 산실이었다(Suh et al, 2018). 수학교과는 내용교과이므로 교육과정의 변화는 곧 가르치는 내용요소 및 성취기준의 변화와 더불어 내용요소들의 학습 순서의 변화를 의미한다. 수학과 교육과정 문서에서는 학습의 순서를 재구성하여 가르칠 수 있다고 명시하고 있지만, 계통성이 중요한 수학교과에서는 교육과정의 제시 순서가 곧 학습의 순서와 일치하는 것이 보편적이다.

최근의 수학과 교육과정의 변화를 살펴보면, 이러한 경향은 두드러진다. 2009개정 수학과 교육과정(이하 2009개정 또는 2009)에서 ‘집합’이 그 대표적 예이다. 2009개정에서는 중학교에서 학습하던 ‘집합’ 관련 내용을 고등학교 1학년으로 이동하여 다루도록 하였는데, 이 영향으로 중학교에서 함수를 학습할 때, 정의역, 공역과 같은 용어를 사용할 수 없게 되었다(Ministry of Education, Science, and Technology, 2011). 또 다른 예로, 2007개정 수학과 교육과정(이하 2007개정 또는 2007)에서는 중학교 3학년에서 학습하던 ‘곱셈공식’ 관련 내용을 중학교 2학년으로 이동하였고, 이에 따라 곱셈공식과 인수분해를 통합하여 학습할 수 없게 되었다(Ministry Of Education & Human Resources Development, 2006). 이처럼 수학과 교육과정의 변화는 수학 내용요소의 전개 방법과 순서에 결정적인 영향을 끼치고 있다. 특히 변화된 학습내용이 매우 복잡적이고 핵심적인 개념이라면 그 변화의 영향은 학교수학 전체에 지대한 영향을 미치게 될 것이다. 따라서 최근 교육부가 밝힌 바와 같이 새로운 수학과 교육과정 개발을 준비하기 위해서는 지금까지 총 10차례에 걸친 교육과정 변천에 대한 분석이 필요하다. 특히 복잡적이고 핵심 개념에 대한 변천 과정에 대한 분석은 반드시 이루어져야 할 것이다(Suh et al, 2018).

2015개정 중학교 수학과 교육과정(이하 2015개정 또는 2015)에서는 수학교과 내용영역을 수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계로 구분하고, 내용영역별 내용체계 및 성취기준을 제시하였다(Ministry of Education,

2015). 이러한 내용영역의 체계는 3차 수학과 교육과정(이하 3차)에서 유래한다. 3차에서는 수학을 집합, 수와 연산, 방정식과 부등식, 함수 관계, 통계, 도형으로 구분하였고, 이후 4차 수학과 교육과정(이하 4차)에서는 수와 연산, 방정식과 부등식, 함수, 통계, 도형 5개로 변화하였는데(Ministry of Education, 1981), 이러한 구분은 6차 수학과 교육과정(이하 6차)까지 이어졌다(Ministry of Education, 1994). 7차 수학과 교육과정(이하 7차)에서는 수와 연산, 문자와 식, 규칙성과 함수, 확률과 통계, 도형, 측정 6개로 구분하였다(Ministry of Education, 1997), 2007개정부터는 현재와 같은 수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계로 구분하였다(Ministry Of Education & Human Resources Development, 2006). 이러한 내용영역의 구분은 학문수학에서 대수, 해석, 기하, 위상, 확률과 통계를 구분하는 것과 같이 학교수학에서 내용을 분류하는 중요한 기준으로 자리 잡고 있다. 따라서 교육과정을 분석하고 탐색할 때, 이러한 내용영역별 고찰은 정확한 정보를 수집하고, 정리, 분석하여 결론을 도출하는 출발점이 될 수 있다(Suh, 2013; 2019).

이에 본 연구는 지금까지 10차례 고시된 교육과정을 고찰하고, 이를 통해 새로운 교육과정의 개편 방향에 유의미한 시사점을 제공하기 위한 필요성에서 출발하였다. 특히 초·중등학교 수학에서 가장 기본이 되는 수와 연산 영역에서의 변천 과정에 대한 체계적 분석을 통해 새로운 교육과정 개정에 유의미한 시사점을 제공하는 것을 연구의 목적으로 한다. 이러한 연구목적의 달성을 위해 다음 세 가지 연구내용을 설정하였다. 첫째, 수와 연산 영역에서 중학교 수학과 교육과정의 변천 과정을 분석할 기준이 되는 내용요소를 설정한다. 둘째, 1차부터 2015개정까지 수와 연산 영역에서의 내용 및 용어와 기호의 변화 과정을 고찰한다. 셋째, 내용 및 용어와 기호의 변천을 바탕으로 수와 연산 영역의 추이를 분석하고, 수와 연산 영역의 재구조화를 위한 시사점을 도출한다.

본 연구를 통해 중학교 수와 연산 영역의 내용요소 및 학습요소(용어와 기호)의 현재 상황을 정확하게 인식할 것으로 기대된다. 또한 잦은 교육과정 개정으로 인해 발생할 수 있는 수학적 관점에서의 문제점과 더불어 수학교육적 관점에서의 문제점을 정확하게 진단할 것으로 기대된다. 이를 통해 향후 중학교 수학과 교육과정 수와 연

산 영역의 개정에서 바람직한 방향을 제시할 것으로 기대된다.

II. 이론적 배경

1. 학교수학에서 수와 연산

학교수학에서 수(number)와 연산(operation)은 어떤 의미를 가지는가? 수는 수량을 표시하기 위해 사용하는 기호 및 규칙을 의미한다. 또한 수는 언어로부터 비롯되었고, 추상적인 사고의 결과이며(Gullberg, 1997), 연산은 이에 대한 구체적인 활용이다. Gullberg(1997)와 Zeitz(1999)는 '수의 탄생'으로 부터의 수학이라는 표현을 통해 수학의 출발이자 기본적인 언어로서 수와 연산을 언급하고 있다.

역사적으로 보면 수를 표시하는 가장 기본은 단위 수 또는 단위 체계이다. 처음에는 한자의 '一, 二, 三', 로마 숫자의 'I, II, III' 등과 같이 세는 물건과 일대일 대응하는 단일 '획'들로 이루어졌는데, 후에는 우리말의 '죽', 한자의 '十', 로마 숫자의 'X' 등과 같이 '다섯' 또는 그 이상의 묶음을 나타내는 기호가 사용되었다. 이것은 곧 현재 우리가 사용하는 10진법 체계의 기원이다.

또한 수는 여러 방법으로 분류될 수 있다. 가장 단순한 분류는 자연수, 즉 양의 정수(1, 2, 3, …)이다. 사실 자연수는 많은 사람들에게 회자되는 것처럼 신이 내린 선물일 수 있을 것 같고, 어쩌면 인간의 자연스러운 인식의 결과로 보인다.

자연수와 그에 대응하는 음수, 그리고 0은 정수를 이룬다. 그런데 음수의 발견과 별도로 음수를 수로 인정하는 것은 매우 오랜 시간이 걸렸다. 19세기까지도 수 개념을 크기, 길이, 넓이 등의 양적인 개념과 떼어서 생각할 수 없었기 때문이다. 그리스 수학자 Diophantus는 방정식 $4x + 20 = 4$ 을 해결하면서도 음수의 해를 부정하였다. 인도의 수학자 Brahmagupta도 이차방정의 풀이에서는 음수를 해로 인정하지 않았다. 하지만 19세기 $ax + b = 0$ 의 일반해를 형식적으로 완성하고자 하는 요구는 결국 음수를 도입하게 된다. 결국, 음수는 방정식의 풀이의 일반성을 확보하려는 필요성에 의해 발생하게 된 것이다(Boyer & Merzbach, 1991; Eves, 1990).

유리수(분수)는 가장 일찍이 형성된 수체계로 거슬러

올라가 정수들의 비로 표현되는 수 또는 유한하거나 반복되는 소수로 정의한다. 음수와 유사하게 유리수 개념의 이해에도 큰 어려움이 있다. 중학교에서 유리수란 분모와 분자가 정수이면서 분모가 0이 아닌 수인데, 학생들은 기약분수로 나타낼 수 있는 수 정도로 인식하고 있다. 유리수의 어려움의 근원은 분수 개념이 매우 다양한 구체적 맥락을 가지고 있기 때문이고, 본질적으로 유리수는 '구조적인 동치관계'를 지니고 있기 때문이다. 그리고 무리수는 정수들의 비 또는 유한하거나 반복하는 소수로 표현할 수 없다. 유리수와 무리수를 함께 실수라 한다. 마지막으로 음수의 짝수근은 실수가 아니다. 이와 같은 수를 허수라 한다. 실수와 허수 성분을 갖는 수는 복소수가 된다. 이러한 복소수는 $a + bi$ 로 표현한다(Korea Britannica Corporation, 2007).

이러한 수의 분류에 따라 학교수학에서는 초등학교에서 자연수, 분수, 소수의 개념을 학습하고, 중학교에서는 정수(음수)와 무리수, 실수의 개념을 학습하며, 고등학교에서는 복소수의 개념을 학습하면서 정리되고 있다. 결론적으로 수는 방정식의 해의 존재를 보장하기 위해 정수, 유리수, 실수, 복소수 등으로 확장되어왔음을 알 수 있다.

수 집합이 존재하면 필연적으로 연산이 따라 오는 것이 우리의 상식이다. 연산(operations)은 일정한 방식의 계산으로 답을 구하는 일로 해석할 수 있다(National Institute of the Korean Language, 2001). Piaget에 따르면, 자연수의 발생은 군성체에 의한 조작이다. 여기서 군성체(groupement)에 의한 조작의 체계가 대수학에서 말하는 군(group)의 구조와 유사성이 있다. 군이라 함은 집합 G 와 연산 \circ 이 결합인 (G, \circ) 로 표현된다. 즉, 수 집합과 연산이 결합된 형태인데, 이 군이 자연수 발생의 근원이라고 판단한 것은 곧 수와 연산은 함께 다룬다는 것을 의미한다. 결론적으로 연산은 각각의 수체계에서 사칙계산이 정의되고 연산의 성질이 일관되게 성립하게 된다. 이러한 일관성을 형식불역의 원리로 설명된다.

이러한 수와 연산의 속성으로 인해 2015개정에서는 도입글을 통해 '방정식의 해의 존재를 보장하기 위해 정수, 유리수, 실수 등으로 확장되고, 각각의 수체계에서 사칙계산이 정의되고 연산의 성질이 일관되게 성립한다. 수는 수학에서 다루는 가장 기본적인 개념으로, 실생활뿐 아니라 타 교과나 수학의 다른 영역을 학습하는 데 필수적인

다. 또한 수의 연산은 수학 학습에서 습득해야 할 가장 기본적인 기능 중 하나로, 이후 학습의 기초가 된다 (Ministry of Education, 2015).’라고 선언하였다. 이는 학교에서 다루는 수와 연산 영역의 본질을 설명한 것이다.

2. 수학과 교육과정의 변천 개관 및 2015개정 체제

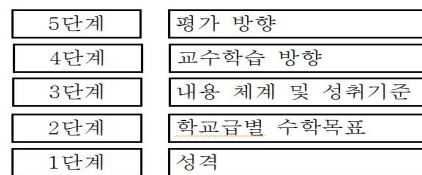
우리나라의 근대교육은 조선 말기부터 시작이지만 본격적인 교육은 1945년 8월 15일 광복 이후다. 미국의 군정청 학무국은 일본제국주의 교육의 낡은 체제에서 탈피하고 민주주의에 입각한 우리나라의 교육이념과 제도 및 방향을 협의 결정하기 위해 조선교육심의회를 구성하였다. 조선교육심의회는 교육이념, 교육제도, 교육행정, 초등교육, 중등교육, 직업교육, 사범교육, 고등교육, 교과서, 의학교육 등을 논의할 수 있도록 각 주제별로 분과위원회를 두었고 1946년 ‘교수요목’을 발표하였다(Park, 1991).

교수요목은 1948년 정부 수립 후에는 사실상 그 의미를 상실하게 되지만, 전쟁으로 인해 새 교육과정이 나오지 못했기 때문에 1차가 나오는 1955년까지 그대로 사용되었다. 그 이후 2015년까지 수학과 교육과정의 고시 시기와 주요 특징은 [Table 1]과 같다.

[Table 1] Characteristics by change process

Order	Major Characteristics
1st	Life-oriented math education, Use Korean terms
2nd	Emphasis on systemicity
3rd	Early adoption of mathematics, Reflection of New math movement, Emphasis on the structure of mathematics
4th	Reflection of the new mathematics movement, Reduced learning content, Consideration of ‘Back to basic’
5th	Reduced learning content, Emphasis on problem solving ability
6th	Preparation for information society, Various evaluation methods
7th	Leamer-centered curriculum, Curriculum for each stage/level, Extension of ‘mathematical power’
2007	Class by level that can be realized, Emphasis on increasing communication skills, Emphasis on emotion
2009	Emphasis on heightening mathematical creativity, Intensive completion through the introduction of grade groups, Emphasis on nurturing personality
2015	Implementation of mathematics curriculum competency, Emphasis on the use of engineering tools, Statistical education centered on real life

2015개정의 구성 체제는 2009개정과 비교하면, 오히려 2007개정과 더 유사하다. 수학과와 ‘성격’이라는 항목을 부활하였고, 그 대신 총론에서 제시하는 추구하는 인간상을 삭제하였다. 수학과와 목표는 해당 학교급별 목표로 제시하였고, 내용체계 및 성취기준에서는 ‘내용체계’와 더불어 ‘성취기준’을 제시하고 있다(Ministry of Education, 2015). 이 성취기준의 하위요소로 ‘도입글’, ‘학습요소’, ‘교수·학습방법 및 유의사항’, ‘평가방법 및 유의사항’을 다루고 있다. 교수·학습의 경우, 교수학습의 방향과 교수학습 방법을 함께 다루고 있고, 평가의 방향에서도 평가방향과 평가방법을 함께 다루고 있다. 2015개정의 체제는 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] 2015Revised Math Curriculum System

3. 수와 연산 영역의 내용 구성

1차부터 2015개정까지 수와 연산 영역에 해당하는 내용을 정리하면 [Table 2]와 같다. 1차, 2차 학습내용은 체계성은 부족하지만 분석의 연속성을 위해 포함시켰고, 표에 제시된 내용은 각 교육과정에 제시된 형식에 따라 핵심주제 중심으로 제시하였다. 교육과정마다 내용요소나 학습요소를 제시하는 방식이 서로 상이하여 일관된 표현이 어려워 교육과정 문서를 기준으로 내용을 정리하였다.

III. 연구방법

본 연구는 중학교 수학과 교육과정의 수와 연산 영역의 시대적 변천 과정을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 수와 연산 영역의 학습내용(내용요소와 학습요소)을 재구조화하기 위한 이론적 근거를 제공하기 위한 문헌 연구이다. 이를 위해 1차부터 2015개정까지 제시된 수와 연산 영역의 내용을 고찰하였고, 이를 바탕으로 수와 연산 영역의 내용에 대한 체계적인 분석을 실시하였다. 본 연구의 대상과 방법은 다음과 같다.

[Table 2] Learning content in number and operations

Order	Learning content(1st/2nd/3rd Grade)
1st	Numbers & large numbers, Arithmetic of natural numbers, Fraction & prime arithmetic, Measurement & calculation
	Review of arithmetic, Understanding the approximation, Positive & negative numbers, Positive/negative arithmetic
2nd	Review of arithmetic, Training in calculation, understanding & use of economic matters, Square number, Square root
	Number of singles, Divisor & multiple, Positive/negative, Ratio, Continuous ratio, Compound ratio, Proportionality, Direct proportion, Inverse proportion, Proportional relation
3rd	The use of parentheses, Arithmetic calculations, Nature of numbers & the laws of operation
	Rational & irrational numbers, Square Root, Calculation of equations including square root
4th	Set, Inclusion of sets, Operation of set, Notation & calculation, Factorization/divisor & multiple, Integer & law of operation, Rational number & arithmetic, Approximation & operation
	Proposition & inverse, deductive reasoning & proof, square root & irrational number, & decimal representation of real numbers
5th	Real numbers & arithmetic, the nature of real numbers, sets & binary operations
	Set & representation, Operation of set, Quinary & binary system, Divisor & multiple, Factorization, Integer & arithmetic, Rational number & arithmetic, Approximation & operation
6th	Finite decimal / infinite decimal, square root & calculation
	Real number & arithmetic, Real number & number line, Nature of real number
7th	Set, Inclusion of sets, Operation of set, Divisor & multiple, Factorization, Notation, Integer & arithmetic, Rational number & arithmetic, Approximation & application
	Decimal representation of rational numbers
2007	Square roots & irrational numbers, Real number & number line
	Set, Inclusion of sets, Operation of set, Divisor & multiple, Factorization, 진법, Integer/rational number & arithmetic
2009	Decimal representation of rational numbers, Express & use approximate values
	Square roots & irrational numbers, Real number & number line
2015	Set & inclusion of sets, Nature of numbers, Binary system, Integer & rational number
	Rational numbers & recurring decimals, Approximation & error, Addition & subtraction of approximations
2015	Square roots & real numbers, Calculation of equations including square root
	Set, Nature of numbers, Integer, Rational number
2015	Rational numbers & recurring decimals, Approximation
	Square roots & real numbers, Calculation of equations including square root
2015	Prime factorization, Integers & rational numbers
	Rational numbers & recurring decimals
2015	Square roots & real numbers, Calculation of equations including square root
	Prime factorization, Integers & rational numbers
2015	Rational numbers & recurring decimals
	Square roots & real numbers

1. 연구대상

본 연구의 대상은 우리나라의 수학과 교육과정의 문서와 이와 관련된 학술논문이다. 먼저 수학과 교육과정 문서는 1차부터 2015개정 문서이다. 이 문서에서 수와 연산 영역 및 이와 관련된 내용을 분석하였다. 둘째, 수학과 교육과정의 수와 연산 영역과 관련이 있는 학술논문이다. 수와 연산 영역의 내용에 대한 재구조화, 내용 변화에 대한 영향, 변천에 따른 비교 분석 연구 문헌을 분석하였다.

또한 본 연구는 교육과정에 제시된 학습내용을 분석하는데, 연구의 편의를 위해 학습내용은 내용요소와 학습요소로 구분하였다. 내용요소는 성취기준에서 다루는 수학 학습주제를 의미하고, 학습요소는 2015개정에 제시된 명칭이며 과거의 교육과정에서는 ‘용어와 기호’라고 불렀던 것을 의미한다.

2. 연구방법 및 절차

가. 비교 분석의 기준 설정

1차와 2차의 경우, 수학의 체계적인 계통성을 찾아보기 어려운 점이 있다(Suh, 2013). 1차의 경우, 교육과정 문서에 드러난 학습의 대주제를 보면, ‘수에 대한 이해와 큰 수의 활용’, ‘비와 수량관계의 이해 및 실무’, ‘이율, 할인, 요금 등의 계산’, ‘산수적인 실제문제의 복습’, ‘주식, 배당, 채권에 대한 사항’, ‘산수의 실제문제 해결’, ‘경제적 사항의 이해와 활용’ 등에서 볼 수 있듯이 실생활 문제 및 실용중심으로 내용이 제시되어 있다(Ministry of Education, 1955; 1963). 이러한 내용 제시는 수학이 가지는 계통성과 구조적 연결성을 찾을 수 없다. 또한 ‘점맞춤’, ‘선맞춤’ 등 일본의 잔재에서 벗어나 수학 용어를 한글화하려는 시도가 있고, 지도상의 유의점을 12가지로 제시하였지만 구체적이지 않아서 실제적인 도움을 받기 어려웠다. 또한 2차의 경우, 1차의 단점을 해소하기 위하여 수학의 계통성을 중시하는 방향으로 전환되었지만, 현재의 교육과정과 같은 체계성을 찾기 어려웠다. 예를 들어, 내용영역의 명칭이 대단원의 제목으로 제시하고 있고, 용어와 기호(학습요소)와 같은 기본적인 학습내용에 대한 제시도 없다.

하지만, 3차부터는 수학과 학습내용을 지금과 비슷한 6개의 분야 즉, 집합, 수와 연산, 방정식과 부등식, 함수 관계, 통계, 도형 영역으로 구분하였고, 수학 학습내용 및 학습방법의 구조화가 가능하도록 수학적 구조를 강조하

었다. 또한, 수학적 합리적 사고력의 배양을 위하여 이론적 전개과정을 매우 중시하였고, 정확한 개념 형성, 구조 규명, 수학적 사고 등을 위하여 수학의 강력한 도구인 집합을 강조하였다(Ministry of Education, 1974a). 또한 교육과정에서 처음으로 수학 ‘용어와 기호’에 대해 제시하고 있다. 결과적으로 3차는 1차 및 2차와 달리 지금의 교육과정과 매우 유사하게 이루어져 있다.

이러한 이유로 본 연구에서 교육과정 분석을 위한 기준으로 3차로 설정하였다. 이러한 관점은 Suh(2013)가 제시한 중학교 수학과 교육과정의 수와 연산 영역 변천과정 분석을 위한 출발점(기준)으로 3차 교육과정을 설정한 것과 맥락을 같이 한다.

나. 분석을 위한 수학 학습내용에 대한 체계 설정

수와 연산 영역에 대한 변천과정을 효율적으로 분석하기 위해 교육과정에 제시된 수학 학습내용을 분석하기 위한 체계는 다음과 같다.

첫째, 하위내용영역을 설정하였다. 1차부터 2015개정까지의 수와 연산 영역에 다루어졌던 모든 내용을 추출하고, 추출된 내용을 대주제별로 분류하였다. 이렇게 분류된 대주제를 자연수의 성질 영역, 실수의 성질 영역, 집합 영역 하위내용영역으로 세분화하였다. 하지만, 집합 영역은 고등학교로 완전히 상향 이동하였으므로 분석에서는 제외하고, 시사점에서만 다루기로 하였다.

둘째, 각 하위내용영역에서 구체적인 변화과정을 분석하기 위한 최소의 단위를 설정하였다. 분석을 위한 최소 단위는 교육과정에 제시된 학습내용으로 본 연구에서는 수학 학습주제에 해당하는 것은 ‘내용요소’로 명명하였고, 다루어질 수 있는 수학 용어나 기호는 ‘학습요소’로 명명하였다. 이를 바탕으로 각 하위내용영역별로 내용요소와 학습요소를 추출하였다.

다. 변화 과정 분석을 위한 자료 정리

내용요소와 학습요소의 변화과정을 효과적으로 분석하기 위해 각 교육과정별로 다루고 있는지 없는지, 언제 도입되었는지 어느 학교급에서 다루고 있는지를 [Table 3]과 같이 정리하였다. 아래와 같은 표의 작성은 연구의 일관성을 위해 교육과정 문서를 기반으로 작성하였다.

[Table 3] Framework for analyzing content & term

Area	3rd	4th	5th	6th	7th	2007	2009	2015
○○	-	①, E	2, E	3, E	3	3, H	×, H	×

첫째, ‘구분(Area)’은 내용요소인지, 학습요소인지를 구분하는 부분이다. ‘3차(3rd)’~‘2015개정(2015)’을 각 시기별 교육과정을 의미한다. 3차가 기준이므로 분석에서 1차와 2차는 제외하였다.

둘째, ‘-’는 다루지 않는다는 것을 의미하고, 동시에 학교수학에서 그 이전에는 다루지 않는 것을 의미한다.

셋째, ‘①’, ‘2’, ‘3’은 해당 요소를 다루고 있는 중학교의 학년을 의미한다. 그런데, 원문자를 붙인 경우에서 학교수학에서 처음 도입하였다는 것을 의미한다. 만약에 원문자가 없다면, 1차 혹은 2차에서 다루어졌다는 것을 의미한다.

넷째, ‘초등(E)’, ‘고등(H)’은 중학교뿐 아니라, 해당 요소를 초등학교 혹은 고등학교에서도 동시에 다루고 있다는 것을 의미한다.

다섯째, ‘×’는 삭제되어 중학교에서는 다루지 않는다는 것을 의미한다. 또한 ‘×, H’는 중학교에서는 삭제되었지만, 고등학교에서는 여전히 다루고 있다는 것을 의미한다.

마지막으로, 이 기본틀에서 주의할 점은 교육과정 문서에 제시된 내용을 기준으로 한다는 점이다. 예를 들어, 학습요소에서 ‘순환하지 않는 무한소수’를 보자. 본 연구에서는 ‘순환하지 않는 무한소수’는 중학교뿐 아니라 고등학교에서 삭제된 것으로 정리하였는데, 그 이유는 교육과정의 학습요소에 나오지 않기 때문이다. 구체적으로 말하면, 교육과정 문서에서 ‘순환하지 않는 무한소수’라는 용어는 삭제되었지만 교과서에서는 그대로 남아있을 수 있다는 점이다.

라. 시사점 도출

변화과정에 대한 분석 결과를 바탕으로 하고, 다양한 선행연구를 바탕으로 하여 핵심 이슈가 되는 수학 학습 내용을 추출하였다. 추출된 학습내용에 대해 세계 여러 나라의 교육과정에서 다루고 있는 현황을 비교 분석하였다. 이를 바탕으로 새로운 교육과정 개발을 위한 중학교 수와 연산 영역에 대한 시사점을 도출하였다.

IV. 결과 분석 및 논의

1. 변천 과정 분석을 위한 체계 설정

수와 연산 영역에 대한 변천 과정을 고찰하기 위한 주제를 선정하기 위해 1차부터 2015개정까지 수학과 교육과정 문서에 등장하는 모든 수학 학습내용을 [Table 2]에 제시된 주제를 기반으로 하위내용영역을 추출하였다. 수와 연산 영역에서 추출한 하위내용영역은 ‘자연수의 성질’, ‘정수, 유리수, 실수의 성질’이다.

가. 자연수의 성질 영역

주로 중학교 1학년에서 다루어지는 자연수의 성질 영역이다. 자연수의 성질과 관련된 수학 학습내용은 3차에서 도입된 이래로 자연수의 여러 가지 진법 표현, 자연수의 소인수분해, 약수와 배수라는 구조적인 틀을 유지하였다. 진법의 경우 십진법, 오진법, 이진법 및 진법 사이의 관계, 진법의 연산을 주요 수학 학습내용으로 하였지만, 교육과정이 개정되면서 조금씩 약화되어져 갔고, 2009개정부터는 진법 부분이 완전히 삭제되었다. 이는 집합과 유사하게 진법이 수를 표현하는 수단에 불구함에도 불구하고 그 자체가 목적으로 간주되면서 학습내용의 적정화 과정에서 삭제되었다. 진법의 경우, 이후의 학습내용과 관련성이 없기 때문에 가장 손쉽게 없앨 수 있는 소재였기 때문이다. 그 외 자연수의 성질 하위내용영역의 경우, 3차 이후 지금까지 기본적인 틀의 변화 없이 그대로 유지되고 있다. 우리나라 교육과정 변천과정을 통해 볼 때, 자연수의 성질 단원의 수학 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 자연수의 표현과 진법이다. 이 부분에서는 십진법, 오진법, 이진법의 개념이 있고, 진법 사이의 관계, 진법의 연산이 있다.

둘째, 자연수의 성질이다. 여기에는 거듭제곱의 의미, 소인수분해, 약수, 배수, 최대공약수, 최소공배수 및 활용이 있다.

나. 실수의 성질 영역

중학교 1학년부터 중학교 3학년까지 다루어진다. 실수의 성질 영역은 정수, 유리수, 실수의 성질과 관련된 학습내용으로 3차 이후 상당히 많은 변화가 있었다. 3차에서의 학습 순서는 정수와 정수의 성질, 유리수와 유리수의

성질, 근삿값과 오차, 제곱근과 무리수, 실수의 소수표현과 순환소수, 실수와 실수의 성질, 이항연산과 잉여류의 순이었다. 변화는 크게 다음 세 가지로 요약된다.

첫째, 실수의 소수표현과 순환소수가 5차부터는 유리수의 소수표현과 순환소수로 바뀌었다(Ministry of Education, 1987). 제곱근과 무리수를 학습한 다음 순환소수를 학습하는 것이 아니라 유리수를 학습한 다음에 순환소수를 학습하게 된다.

둘째, 2007개정까지 유지되었던 근삿값과 오차, 유효숫자, 근삿값의 표현 방법이 완전히 삭제되었다. 3차 이후 내용이 점차적으로 약화되어오다가 2009개정 및 2015개정에서 학습내용 전체가 사라지게 되었다.

셋째, 유리수의 조밀성, 실수의 연속성, 잉여류, 이항연산, 항등원 등과 같은 수의 구조를 다루는 개념이 거의 사라지고, 기본적인 개념과 사칙연산과 같은 간단한 내용만 학습내용으로 다루어진다.

우리나라 교육과정 변천과정을 통해 볼 때, 정수, 유리수, 실수의 성질 영역의 수학 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 정수와 유리수 및 그 성질이다. 이 부분에서는 정수와 유리수, 대소 관계, 정수와 유리수의 사칙계산이 있다.

둘째, 유리수와 순환소수이다. 여기에는 유리수의 소수표현, 유한소수와 순환소수, 순환하지 않는 무한소수가 있다.

셋째, 근삿값이다. 이 부분에서는 참값, 근삿값, 측정값의 의미, 오차와 오차의 한계, 유효숫자와 근삿값의 표현, 그리고 근삿값 사칙연산이 있다.

넷째, 제곱근과 실수의 뜻이다. 여기에는 제곱근과 그 성질, 무리수, 제곱근표와 제곱근의 근삿값, 실수의 대소관계와 수직선, 그리고 제곱근을 포함한 간단한 식의 사칙계산이 있다.

다섯째, 실수의 성질이다. 이 부분에는 실수의 분류, 실수의 성질에 해당하는 항등원, 역원, 닫힘성, 그리고 이항연산이 있다.

2. 변화 과정 분석을 위한 기본틀

수학 학습내용에 대한 변화 과정은 하위영역별로 고찰하였다. 또한 각 하위영역은 수학 ‘내용요소’, ‘학습요소’별

로 그 변화과정을 분석하였다.

가. 자연수의 성질 영역

중학교에서 자연수의 성질과 관련된 내용요소의 변화 과정은 [Table 4]와 같다. 자연수의 성질과 관련된 내용요소는 크게 세 가지 유형으로 분류된다. 하나는 진법과 관련된 내용으로 지금은 완전히 사라진 내용요소이고, 다른 하나는 1차부터 꾸준히 중학교에서 다루어지고 내용요소이며, 마지막은 꾸준히 다루어지는데 초등학교에서도 동시에 다루어지고 있는 내용요소이다. 구체적으로 ‘십진법/진법’, ‘오진법’, ‘이진법’, ‘진법 사이의 관계’는 1차 혹은 3차에서 도입되었다가 2009개정 이후 모두 삭제되었다. 이들은 고등학교에서도 다루지 않아, 학교수학에서는 전혀 다루지 않는다. ‘거듭제곱의 뜻’, ‘소인수분해’는 꾸준히 중학교에서 다루어지고 있으며, 약수와 배수, 최대공약수, 최소공배수의 경우 1차에서 도입된 이후, 현재까지 초등학교와 중학교에서 동시에 다루어지고 있다.

[Table 4] Changes in content elements related to the ‘The nature of natural number’

Area	3rd	4th	5th	6th	7th	2007	2009	2015
decimal system	1, E	1	1	1	1	1	×	×
quinary system	①, E	1	1	1	×	×	×	×
binary system	①, E	1	1	1	1	1	×	×
powers	①, E	1	1	1, E	1	1	1	1
factorization	1	1	1	1	1	1	1	1
Factors and multiples	1	1	1	1	1, E	1, E	1, E	1, E
GCD, LCM	1, E	1, E	1, E	1, E	1, E	1, E	1, E	1, E

다음으로 자연수의 성질 영역에서 다루어지는 학습요소의 변화 과정은 [Table 5]와 같다. 자연수의 성질과 관련된 학습요소인 ‘십진법, 이진법, 진법의 밑, 정수, 제곱, 세제곱, 인수, 진법의 전개식’은 3차에서 처음으로 도입되었으나 현재는 삭제되었다. 학습요소 ‘거듭제곱, 지수, 소인수, 합성수, 밑’은 3차에서 도입되어 지금까지 꾸준히 다루어지고 있다. 마지막으로 학습요소 ‘약수, 배수, 공약수, 최대공약수, 최소공배수, 공배수’는 1차에서 처음 도입되어 현재는 초등학교와 중학교에서 동시에 다루어지고 있다.

[Table 5] Changes in terminology related to the ‘The nature of natural number’

Area	3rd	4th	5th	6th	7th	2007	2009	2015
decimal & binary system	①, E	1	1	1	1	1	×	×
quinary system	①, E	1	1	1	×	×	×	×
base of decimal system, integer, square, cube, factor	①	×	×	×	×	×	×	×
powers, exponent	①, E	×	1	1, E	1	1	1	1
prime factor, composite number	①	1	1	1	×	1	1	1
factor, multiples, common divisors, common multiple GCM, LCD	①, E	×	1, E	1, E	×	×	×	×
relative prime	-	①	1	1	1	1	1	1
expansion of decimal system	-	-	①	1	1	1	×	×
base	-	-	①	1	1	1	1	1

나. 실수의 성질 영역

중학교에서 실수의 성질과 관련된 내용요소의 변화 과정은 [Table 6]과 같다. 실수의 성질과 관련된 내용요소는 크게 4가지로 분류할 수 있다. 첫째, 지금도 중요하게 다루는 내용요소, 둘째, 문서에서는 내용요소가 삭제되었지만, 실제로는 다른 내용요소와 함께 다루어지는 내용요소, 셋째, 중학교에서 고등학교로 이동한 다음, 완전히 삭제된 내용요소, 넷째, 중학교에서 삭제된 내용요소이다. 구체적으로 내용요소 ‘정수와 유리수, 정수와 유리수의 대소관계, 정수와 유리수의 사칙연산, 유리수의 소수표현, 유한소수, 순환소수, 제곱근과 그 성질, 무리수, 실수의 대소관계, 실수와 수직선, 제곱근을 포함한 식의 사칙계산’은 1차 혹은 3차 이후 지금까지 중요하게 다루는 내용요소이고, 내용요소 ‘순환하지 않는 무한소수’는 문서에는 삭제되었지만 실제적으로 교과서에서 다루고 있는 학습요소이고, 내용요소 ‘실수의 분류, 실수의 성질, 항등원, 역원, 닫힘성, 이항연산’은 학습부담 감소로 인해 중학교에서 고등학교로 이동하였다가 삭제된 내용요소이며, ‘참값, 근삿값, 측정값, 오차와 오차의 한계, 유효숫자, 근삿값의 표현, 근삿값의 사칙연산, 제곱근의 근삿값’은 중학교에서 완전히 삭제된 내용요소이다.

[Table 6] Changes in content elements related to the 'The nature of real number'

Area	3rd	4th	5th	6th	7th	2007	2009	2015		
integers and rational numbers, compare two integers, arithmetic	1,E	1,E	1	1	1	1	1	1		
decimal representation of Q	2	2	2	2	2	2	2	2		
finite decimal, recurring decimal	②	2	2	2	2	2	2	2		
non-circulating infinite decimal	②	2	2	×	×	×	×	×		
true value, approximation, measures	1	1	1	2	2	2	×	×		
error & margin of error, significant digit	1	1	1	2	2	2	×	×		
representation of approximation	①	1	1	2	2	2	×	×		
arithmetic of approximation	①	1	1	2	2	×	×	×		
square root and its characteristics	2	2	3	3	3	3	3	3		
irrational number	2	2	3	3	3	3	3	3		
Square root table and approximation	2	2	×	×	×	×	×	×		
compare two real numbers, number line	③	3	3	3	3	3	3	3		
Calculation of equations including square root	2, 3	2,3	3	3	3	3	3	3		
Classification of real numbers, characteristics of real number, binary operation	③	3	×	H	×	H	×	H	×	×

지금까지 제시한 정수, 유리수, 실수의 성질과 관련된 학습요소의 변천 내용을 정리하여 제시하면 [Table 7]과 같다. 실수의 성질과 관련된 학습요소는 모두 3차 이후 도입된 것으로 학습요소 '항등원, 역원, 닫혀있다'는 5차 이후 고등학교로 이동 후 2009개정에서 삭제되었다. 학습요소 '조밀하다, 이항연산, 잉여류, 근삿값, 참값, 오차, 오차의 한계, 유효숫자, 측정값, $a \times 10^n$, 완전제곱수, $a \times \frac{1}{10^n}$ ' 4차 이후 점진적으로 삭제되어 현재 다루지 않고 있다. 학습요소 ' \leq 또는 \geq , $|a|$ 또는 $|b|$, 순환소수, 순환마디, $0.\dot{a}b\dot{c}$, 유리수, 역수, 실수, 유리화, 양의 정수, 음의 정수, 양의 유리수, 음의 유리수, 수직선'은 현재까지 다루고 있다.

[Table 7] Changes in terminology related to the 'The nature of real number'

Area	3rd	4th	5th	6th	7th	2007	2009	2015		
identity, inverse, closed	①	3	×	H	×	H	×	H	×	×
compact	①	×	×	×	×	×	×	×		
binary operation, coset	③	×	×	×	×	×	×	×		
approximation value	①	×	1	2	2	2	×	×		
true value, error, margin of error, significant digit	①	1	1	2	2	2	×	×		
\leq or \geq , \geq	①	×	×	×	×	1	1	1		
$ a $ or $ b $	①	1	1	1	×	1	1	1		
recurring decimal, repeating digits, $0.\dot{a}b\dot{c}$	②	×	2	2	2	2	2	2		
rational number, inverse	-	①	1	1	1	1	1	1		
real number, rationalization	-	②	3	3	3	3	3	3		
positive numbers(rational), negative numbers	-	-	①	1	×	1	×	1		
$+$, $-$, $(+a, -a)$	-	-	①	1	1	1	1	1		
measures, $a \times 10^n$	-	-	①	2	2	2	×	×		
perfect square number	-	-	③	×	×	×	×	×		
$a \times \frac{1}{10^n}$	-	-	-	-	②	2	×	×		
number line	-	-	-	-	-	①	×	1		

3. 변화 과정에 대한 추이 분석

지금까지 내용요소와 학습요소로 구분하여 이들 수학 학습내용에 대한 변화 과정을 역사적 시점을 중심으로 고찰하였다. 이러한 고찰을 바탕으로 수와 연산 영역의 변화 추이를 분석하고, 수와 연산 영역의 개선 방향이 무엇인지 분석한다. 특히, 과거 수와 연산 영역에 포함되었다가 지금은 고등학교로 이동한 '집합'에 대한 부분도 포함하여 추이를 분석하였다.

가. 자연수의 성질 내용에 대한 분석

자연수의 성질과 관련된 내용은 서로 다른 상황에 처한 두 부분으로 나눌 수 있다. 하나는 지금은 다루지 않지만, 현대 과학에서 중요한 가치를 지니는 진법과 관련된 내용이고, 다른 하나는 초등학교와 공통으로 다루어지

는 약수와 배수, 최대공약수와 최소공배수와 관련된 내용이다. 이 중에서 진법과 관련된 내용은 2009개정 이후 완전히 학교수학에서 삭제되었고, 약수와 배수와 관련된 내용은 1차 이후 지속적으로 다루어지고 있다.

자연수와 성질과 관련된 이 두 부분이 이렇게 상반된 결과를 보인 이유가 무엇인지 살펴보면 그 답은 간단하다. 해당 학습내용이 중학교 1학년 이후에 학습하게 될 다른 수학 학습내용과 얼마나 밀접한 관계가 있고 활용되어지느냐이다. 진법과 관련된 내용의 경우, 향후 학습에서 거의 활용되지 않는 반면, 약수와 배수와 관련된 내용은 고등학교 더 나아가 대학교에서도 지속적으로 사용되고 있다.

그런데, 진법과 관련된 내용에 대해 조금만 더 깊이 고찰하면 이러한 상반된 결과가 적절한지에 대한 의문이 생긴다. 3차에서 진법을 학교수학에 도입한 것은 초등학교에서 직관적으로 학습한 수에 대한 관점을 확장하여 수의 자리잡기 원리를 정확하게 이해하기 위함이다. 즉, 기수법의 전개식을 익혀 자리잡기 원리를 터득하여 위치수 표기법에 대한 수학적 이해를 명확하게 할 수 있는 것이다. 그런데 진법에 관련된 내용요소의 삭제는 위치수 표기법에 대한 구조적 이해를 포기한 입을 시사한다. 게다가 2009개정 연구에서는 십진법과 이진법의 삭제에 대해 다음과 같이 제시하고 있다.

십진법은 수체계의 구조를 보다 정확히 알게 하고 이진법은 컴퓨터 교과와 관련하여 필요한 내용으로 알려져 있다. 그러나 이진법을 취급한 이유가 만약 컴퓨터 때문이라면 심화과정에서 4진법, 8진법, 16진법 등을 취급해야 옳을 것이다. 따라서 현재의 진법 교육은 그 의미를 잃은 채 형식적으로 가르쳐지고 있는 실정이다. 어렵고 복잡한 대수적 조작 능력의 요구는 학생들이 수학에 대한 흥미를 잃고 수학으로부터 멀어진 원인이 되고 있으므로, 학습량 감축을 위하여 학교 수학에서 학생들의 학습 부담이 큰 '십진법과 이진법의 원리를 이해하고, 자연수를 십진법과 이진법의 전개식으로 나타내는 것'과 '십진법과 이진법 사이의 관계'를 삭제한다(Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity, 2011, p. 143).

이를 통해 볼 때, 진법이 삭제된 이유는 첫째, 컴퓨터

와 관련된 내용이라는 점, 둘째, 진법의 지도가 형식적으로 다루어지고 있다는 점으로 제시하고 있다.

다음으로는 과거부터 현재까지 지속적으로 다루어지고, 초등학교와 공통으로 다루는 약수와 배수, 최대공약수와 최소공배수와 관련된 내용이다. 이 부분은 거듭제곱, 소인수분해, 약수와 배수 등이 포함되는데 1차부터 거의 변화 없이 지속적으로 다루어지고 있다. 심지어 이 부분의 상당 부분은 초등학교 내용과 중복되어 다루어지고 있다(Suh, 2020). 그 이유는 거듭제곱, 소인수분해, 약수와 배수는 향후의 학습에서 절대적으로 필요한 내용이라는 특성을 지니고 있기 때문이다. 단지, 교수·학습 방법 및 유의사항에 '최대공약수와 최소공배수를 활용하는 복잡한 문제는 다루지 않는다(Ministry of Education, 2015).'라고 명시하여 형식적으로 복잡한 문제를 다루기보다는 개념이나 원리에서 가르치기를 유도하고 있는 것이 큰 변화 중의 하나이다.

결과적으로 볼 때, 진법 관련 내용이 삭제된 이유와 약수와 배수 관련 내용을 지속시키기 위해 교수·학습 방법 및 유의사항을 제시한 이유는 거의 동일하다. 진법은 형식적으로 가르치고 있기 때문에 삭제하고, 약수와 배수는 형식적으로 가르칠 수 있는 경향을 축소하고 개념 중심으로 다루기를 권장하고 있다. 또한, 컴퓨터와 관련되어 있다는 이유로 진법에 대한 학습내용을 삭제한다는 것은 새로운 4차 산업혁명(4th industrial revolution) 시대와 AI(artificial intelligence) 시대에 역행하는 수학교육 정책으로 보일 수 있다.

나. 실수의 성질 영역

실수의 성질과 관련된 내용은 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 첫째 부분은 실수의 연산과 관련된 부분으로 정수와 유리수의 연산, 제곱근과 무리수 등이다. 둘째 부분은 수의 표현과 관련된 부분으로 유리수의 소수표현, 근삿값 등이다. 셋째 부분은 수의 구조와 관련된 부분으로 실수의 분류, 실수의 성질, 이항연산 등이다. 이 중 연산과 관련된 부분은 1차부터 지금까지 지속적으로 강조되어 거의 변화가 없고, 수의 표현과 관련된 부분에서 유리수의 소수표현과 같은 부분은 계속 다루어지지만, 근삿값과 관련된 부분은 모두 삭제되었다. 또한 수의 구조와 관련된 부분은 삭제되거나 고등학교로 이동하였다.

과거 교육과정에서 근삿값의 학습목표는 눈금으로 읽거나 반올림하여 구한 값은 참값이 아니라는 것과 참값이 아닌 근삿값이 참값과 얼마나 가까운지, 근삿값의 숫자 중 믿을 수 있는 숫자는 무엇인지를 수학적으로 아는 능력을 기르는 것이었다. 그런데, 근삿값은 일상생활에서 쓰인다는 인식의 부족, 학생들이 근삿값을 형식으로 계산하는 것에 치중하는 학습 경향, 어렵해야 하는 상황에서 수학적 판단에 대한 이해력의 부족으로 기계적인 지필 계산에 치우쳐 있는 학습의 왜곡, 근삿값이 미래 학습에서 거의 사용되지 않는다는 인식 등으로 학교수학에서 삭제되었다. 이러한 삭제 이유는 진법 관련 내용의 삭제 이유와 일맥상통하다고 볼 수 있다.

실수의 분류, 실수의 성질, 이항연산은 수의 대수적 구조와 깊은 관련이 있는 내용이다. 이러한 경향으로 인해 5차 이후 삭제되거나 고등학교로 이동하였다가 모두 삭제되었다.

결과적으로 볼 때, 정수, 유리수, 실수의 성질과 관련된 내용은 수학 학습내용에 따른 큰 편차를 보이고 있다. 연산과 관련된 필수적인 내용은 지속적으로 다루어졌지만, 구조와 관련된 내용은 삭제되었고, 표현과 관련된 내용은 연계성의 부족으로 많은 부분이 삭제되었다. 그런데 여기서 근삿값과 관련된 부분은 재고의 필요성이 있다. 왜냐하면 근삿값과 관련된 일부 내용은 유용성과 연계성 차원에서 삭제되는 것이 적절해 보이지만, 근삿값 개념 그 자체는 많은 활용 가치가 있기 때문이다. 따라서 근삿값의 개념은 직관적으로 다루고, 근삿값의 표현도 중학교 수준에서 간단히 다룬다면, 다른 수학 혹은 과학 및 다른 교과와 학습에서 유용성이 높다고 판단된다. 초등학교의 원주율을 3, 3.1 혹은 3.14로 다루는 것은 원주율이 근삿값이라는 인식을 전제로 하고 있음에도 불구하고, 근삿값의 개념을 다루지 않는 것은 논리적 모순이다. 그 외에도 $\sqrt{2}$ 의 근삿값 및 과학교과에서도 유효숫자와 측정값에 대한 내용을 유용하게 사용할 수 있다.

다. 집합 영역

집합의 경우, 많은 논란으로 중학교에서 완전히 삭제되었다. 하지만, 집합이 중학교 수와 연산 영역에서 다루어진 것은 짧지 않았고, 집합과 관련된 내용을 다른 내용 영역에 포함시킬 수 없는 현실적인 이유로 본 연구의 추이

분석 부분에 포함시켰다.

집합 영역에서 가장 중요한 논점은 중학교에서 다룰 수 있는지의 문제이다. 3차에서 집합을 도입하면서 그 이전까지의 수학과 교육과정에 대해 다음과 같은 비판을 제기하였다.

‘중학교 수학에서의 구조면에 관한 교육은 수체계의 대수적 구조를 규명하는 것이다. 대수적 구조의 규명이란 어떤 집합에 몇 개의 연산을 도입하여, 그 연산의 특징 밑에서 집합을 체계화하는 것이며, 수 또는 식의 모든 계산 법칙은 이들 구조를 기반으로 유도하는 것이다. 이런 관점에서, 지금까지의 수학교육은 구조면의 중요성을 인식하지 못하고, 수식의 말단 취급과 공식의 기계적 사용 등에만 치중하여 수학이라는 거대한 건축물이 어떤 원리, 원칙 밑에서 구성되어 가는가를 전체적으로 파악시켜 주지 못했다. 이런 잘못을 시정하기 위해서 집합을 토대로 수학의 원리, 법칙을 이해시킬 수 있도록 교재를 재구성해야 한다(Suh et al, 2018, p.212).’

위와 같은 주장에 따라 집합 개념이 중학교 교육과정에 도입되었고, 이를 기반으로 수학을 구성하려고 시도하였다. 이러한 시대정신에 따라 3차부터 집합이 중학교 1학년 맨 앞부분에 배치하였다. 이로 인해, 집합을 기초로 하여 수와 연산 단위에서는 ‘수 집합’, ‘실수 집합’과 같은 용어를 사용하였고, 방정식 단위에서는 ‘해집합’이라는 용어를 사용하였으며, 함수 단위에서는 ‘곱집합’이라는 용어를 사용하였다. 집합을 기초로 하는 내용의 전개는 4차 이후 큰 틀의 변화를 보이지는 않았지만, 점진적으로 감소되는 경향을 나타내었는데, 대표적인 예로 집합을 수와 연산 영역에 포함시킨 것이다. 결국 2009개정에서 집합과 관련된 모든 내용이 고등학교로 이동하게 된다.

집합은 초등학교와 중학교, 고등학교에서 공통적으로 가르쳐온 가장 대표적인 내용요소 중의 하나이다. 3차 중학교 수학과 교육과정 해설(Ministry Of Education, 1974b)을 보면, ‘중학교에서 다루는 집합은 초등학교에서 학습되어 온 집합의 기본 개념을 확장한다.’라고 제시된 것을 볼 때, 초등학교에서 학습한 집합을 보다 정교하게 중학교에서 다루도록 하였음을 파악할 수 있다. 실제로 3차에서부터 6차까지는 초등학교와 중학교에서 집합의 개

념, 합집합과 교집합 개념을 동시에 학습한 것으로 나타났다. 물론 고등학교에서는 3차 이후 2015개정까지 일관되게 집합을 폭넓게 다루고 있다.

이러한 집합 개념이 삭제된 것은 매우 중요한 이슈가 아닐 수 없다. 2009개정에서 집합의 삭제와 관련하여 ‘수와 연산 영역에서는 현행 교육과정의 집합 내용을 삭제함으로써 엄밀성을 지양하고 학습 부담을 줄이도록 하였다.’라고 제시하면서 집합 단위 삭제의 당위성을 제기하였다(Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity, 2011). 또한, 2007개정까지 중학교에서 다루는 집합 내용과 고등학교에서 다루는 집합 내용이 대부분 중복되어 있어서 연계성이 부족하다는 측면도 부각되었다. 이러한 점을 고려하여, 중학교에서 집합 개념을 삭제하고, 고등학교로 통합하여 이동하였다.

이러한 집합 개념의 삭제는 다양한 내용영역에도 영향을 미칠 수밖에 없다. 대표적으로 영향을 받은 영역이 함수 영역이다. 중학교 수와 연산 영역에서 집합이 삭제됨으로 인해, 함수 영역에서도 정의역, 공역, 치역이라는 용어를 사용할 수 없게 되었다. 중학교 수학에서 다루어지는 함수는 정의역이 실수 전체의 집합인 경우가 대부분이어서 독립변수 x 나 종속변수 y 가 어떤 집합의 원소인지 알아보는 활동이 불필요할 수 있다.

결과적으로 볼 때, 집합과 관련된 내용의 삭제를 통해 고등학교에서 집합의 개념과 집합의 연산 개념을 체계적으로 학습할 수 있는 계기가 마련된 것은 분명해 보인다. 다만, 중학교 수준에서 집합의 개념을 직관적인 수준에서 가볍게 다룰 수 있다는 점도 무시할 수 없다. 그 대표적인 사례가 고등학교에서 ‘복소수의 개념’이다. 복소수를 형식적으로 다루는 것이 아니라, 이차방정식의 해의 존재성을 보장하기 위한 수단으로만 다루고 있다. 집합의 개념도 합집합, 교집합, 공집합 등과 같이 형식적이고 구조적인 것은 중학교에서 다루지 않으면서, 직관적이고 실용적 측면에서 집합을 다룰 수 있을 것이다.

4. 수와 연산 영역의 재구조화에 대한 시사점
가. 외국의 수와 연산 영역 구성

지금까지 우리나라 수학과 교육과정 수와 연산 영역의 변화 추이 분석을 기초로 핵심 이슈가 되는 수학 학습내용을 추출하였다. 추출된 내용을 중심으로 세계 여러 국

가와 우리나라 수학과 교육과정 수와 연산 영역을 비교한다.

첫 번째 이슈는 진법과 관련된 내용(A)이고, 둘째는 약수와 배수를 초등학교와 중학교에서 중복되어 다루어야 하는 것(B)과 관련 있고, 셋째는 근삿값과 관련된 내용(C)의 구성이고, 넷째는 음수를 초등학교에서 중복되어 다루는 내용(D)과 관련 있고, 다섯째는 실수의 구조적 성질과 관련된 내용(E)의 구성이며, 마지막은 집합과 관련된 내용(F)의 구성이다.

추출된 핵심 이슈를 기준으로 세계 여러 나라와 비교하기 위한 국가는 2015개정 기초연구에서 중심으로 다룬 국가로 한정하였다(Park et al, 2014). 본 연구에서 기준이 된 교과서 및 교육과정은 다음과 같다. 미국은 Common Core State Standards for Mathematics(CCSSM)을 반영한 교과서와 교육과정(Common Core State Standards Initiative, 2014)이고, 중국은 ‘의무교육 수학과정표준’을 반영한 교과서와 교육과정(The Ministry Of Education of the China, 2011)이고, 일본은 2008년에 학습지도요령을 반영한 교과서와 교육과정(The Ministry Of Education of the Japan, 2008; 2009)이고, 영국은 국가 수준 교육과정인 key stage 1~4를 기준으로 하였고(Department of Education UK, 2013), 핀란드는 6~9학년군 교육과정을 기준으로 하였다(Finnish National Board of Education, 2016). 우리나라를 포함한 6개 국가의 핵심 이슈에 대한 분석 결과는 [Table 8]과 같다.

[Table 8] Status of ‘Number and operations’ by country

country	6 Major issue					
	A	B	C	D	E	F
Korea	-	E/M	-	M	-	H
U.S.A	-	E/M	M	M	-	H
China	-	E/M	M	E/M	-	H
Japan	H	E/M	-	M	-	M/H
U.K	-	E/M	E/M	E/M	H	M/H
Finland	E	E/M	M	E/M	-	M/H

먼저 미국은 진법은 다루지 않고, 약수와 배수는 초·중학교에서 공통으로 다루고, 무리수의 존재성을 다루면서 근삿값을 다루고 있었고, 초등학교에서 음수를 다루지 않고 중학교에서 처음 다루고, 대수적 구조는 다루지 않으며, 고등학교에서만 집합을 다루고 있다.

중국은 진법은 다루지 않고, 약수와 배수는 초·중학교에서 공통으로 다루고, 2학년(중학교)에서 계산기를 사용한 근삿값, 세제곱근, 계산기를 사용한 근삿값 등을 자세히 다루고 있었고, 1학년(초등학교)에서 음수의 의미를 다루고 있었고, 대수적 구조는 다루지 않으며, 고등학교에서만 집합을 다루고 있다.

일본은 고등학교에서 ‘이진법’을 독립적으로 다루고, 약수와 배수는 초·중학교에서 공통으로 다루고, 근삿값은 다루지 않고, 초등학교에서 음수를 다루고 않고, 대수적 구조는 다루지 않으며, 중학교에서도 ‘정수, 실수, 유리수 집합의 무한 성질’ 인식하기를 통해 집합을 다루고 있다.

영국은 진법은 다루지 않고, 약수와 배수는 초·중학교에서 공통으로 다루고, 근삿값은 다양하게 다루고 있다. 구체적으로 Key stage 2(초등학교)에서 미터법 단위와 인치, 파운드 등과 같은 영국 일상생활 단위 사이의 근삿값을 이해하고 사용하기, Key stage 3(중학교)에서 $A \times 10^n$ ($1 \leq A < 10$)의 수를 해석하고 비교하기, 정수 거듭제곱(제곱, 세제곱, 그 이상) 및 연계된 거듭제곱근 사용하기, 2, 3, 4, 5의 거듭제곱을 인식하고 정확한 근호 표현과 그것들의 소수 근삿값을 구분하기, 답을 추정하기 위해 반올림을 통한 근삿값 사용하기, $a < x \leq b$ 부등식 기호를 사용하여 오차 범위를 계산하기를 다루고 있었다. 또한 Key stage 2에서 음수를 포함하도록 ‘0을 지나 거꾸로 세기’, ‘맥락 속에서 음수를 해석하기’, ‘0을 통과하는 것을 포함하여 양의 정수와 음의 정수를 앞으로 세기와 거꾸로 세기’를 다루고 있고, Key stage 3에서도 음수를 다루고 있다. 대수적 구조에 대해서는 Key stage 4(고등학교)에서 ‘수의 곱셈 구조에 의해 대수적 논증을 이해하고 사용하기’를 통해 다루고 있으며, Key stage 3에서도 집합, 집합의 합집합/교집합의 원소를 체계적으로 열거하기 등을 다루고 있었다.

핀란드는 초등학교 고학년인 3~5학년에서 ‘십진기수법 개념 강화, 시계를 이용하여 60진법 도입하기 등을 다루고 있었고, 약수와 배수는 초·중학교에서 공통으로 다루고, 근삿값은 중학교에서 어렵, 계산기 사용을 통해 구체적으로 다루고 있고, 음의 정수 개념을 초등학교에서 도입하고 있고, 대수적 구조는 다루지 않으며, 집합의 경우 중학교에서부터 ‘정의역, 해집합’, ‘함수의 개념 좌표 체계에서 좌표의 집합 나타내기’ 등을 통해 다루고 있었다.

특히 중학교에서부터 집합을 이용하여 그래프로 나타내기를 충분히 다룬 후 함수를 도입하고 있는 것이 특징이다(Laurinolli et al., 2014).

그 외 특이한 것은 근삿값과 관련해서는 다양한 사례가 관찰되고 있다. 홍콩이 중학교에서 근사와 오차, 어렵과 측정을 다루고, 북한도 중학교에서 근삿값, 오차, 근삿값의 사칙계산을 다루며(Jung & Lee, 2016), 대만도 중학교에서 제곱근과 근삿값을 지도하고 있다(Park et al., 2014).

수와 연산 영역에서 이슈가 되고 있는 6개의 수학 학습내용별로 미국, 중국, 일본, 영국, 핀란드 등에 대한 사례를 살펴보았다. 이 6가지 주제에 대한 고찰을 통해 다음 세 가지 관점에서의 시사점을 도출할 수 있다.

첫째, 여러 국가에서 대체로 다루지 않는 학습주제를 통해 얻을 수 있는 시사점이다. 먼저 대수적 구조의 경우는 다루지 않는 것이 타당해 보이지만, 진법의 경우는 그렇지 않을 수 있다는 부분의 인식이다. 왜냐하면, 고등학교에서 다루는 국가가 있는가 하면, 초등학교에서부터 다루는 국가도 있기 때문이다.

둘째, 여러 국가에서 모두 다루고 있는 학습주제를 통해 얻을 수 있는 시사점이다. 약수와 배수는 6개 국가 모두 초등학교와 중학교에서 다루고 있는데, 그렇다면 초등학교와 중학교가 어떤 차이가 있는지에 대한 부분이다. 실제로 우리나라의 경우, 초·중학교가 거의 차이가 없고 단지 중학교에서 소인수분해만 추가했을 뿐이다. 하지만 이러한 부분은 교육과정을 통해서 그 차이를 정확하게 구현되기 어려운 부분이므로 구체적으로 재구조화 방향을 도출하는 것은 쉽지 않다. 다음으로 음수 개념의 도입을 초등학교에서부터 고려할 수 있느냐의 부분과 집합 개념을 중학교에서 도입할 수 있느냐의 부분이다.

셋째, 근삿값의 도입에 대한 부분이다. 6개 국가 중에서 중학교에서 다루는 국가가 4개국이고, 초등학교에서 다루는 국가가 1개국이라는 것은 전혀 다루지 않는 우리에게 중요한 시사점이 될 수 있다.

나. 수와 연산 영역의 재구조화에 대한 논의

앞에서의 시사점을 바탕으로 중학교 수와 연산 영역의 재구조화를 위해 논의의 방향을 설정하였다. 주된 논점을 진법을 다룰 것인지에 논의, 중학교 이전에 간단하게 초

등학교에서 음수를 도입할 것인가에 대한 논의, 집합의 개념을 중학교에서 다룰 것인가에 대한 논의, 근삿값을 중학교에서 다룰 것인가에 대한 논의이다.

첫째, 학교수학에서 진법에 대해 살펴보자. 진법은 밑에 따라 수를 표기하는 방법이 달라진다는 점이 핵심이다. 지금 이 시대는 십진법을 기반으로 하고 있지만, 역사적으로는 이진법, 오진법, 십이진법, 육십진법 등이 사용되었음을 쉽게 찾아 볼 수 있다. 학교수학의 계통성 측면에서 보면, 이진법은 불필요한 내용요소로 비칠 수 있다. 하지만 수학 이외의 분야에서 진행되어지는 연구는 수학 분야와 역행하는 부분이 적지 않다. Bang(2018)은 주역과 인공지능 사이에 존재하는 유사성과 차이점을 밝히는 연구를 수행하였는데, 이 연구에서 이진법을 기본적인 수단으로 삼았다. 특히 기호를 매개로 진행되어 온 현대 문명이 새로운 단계로 진입하고 있는데 인공지능을 이해하기 위해 이진법 체계는 중요한 위치에 있다고 평가하고 있다. 또한 Han(2009)은 우주간의 모든 사태를 음양의 이진법으로 해명하고 있는데, 사물과 생명들은 음양 양의의 이진법, 그 복합 연산의 결과로 정리되었다고 평가하면서, 이진법 체계는 라이프니츠로부터 극찬을 받은 현대 학문의 중요한 요소라고 평가한다. Kim과 Cho(2017)는 문자의 이미지화에 대한 연구에서 청소년들이 자주 사용하는 문자이미지의 출발도 이진법이라고 제안하면서 논문을 시작하고 있다. 또한, 정보교육학회의 Jang과 Kim(2015)는 초등학교에서 이진법에 대한 사전학습이 이루어져 있지 않은 학생들을 대상으로 자연수를 이진체계로 표현하는 교육자료 개발하였다.

둘째, 초등학교에서 음수 도입에 대해 살펴보자. 지금은 초등학교에서 음수를 다루지 않지만, 음수가 초등학교에서 다루어진 것은 매우 오래된 일이다. 실제로 3차에서는 초등학교 5학년에서 ‘수직선상에서 음수를 일대일 대응시키기’, ‘음의 정수까지 확장한 간단한 덧셈, 뺄셈을 한다.’를 제시하였고(Ministry Of Education, 1974a), 4차에서는 초등학교 6학년에서 ‘양의 정수의 상대적인 관계에서 음의 정수를 이해하게 한다.’를 제시하였고(Ministry Of Education, 1981), 5차에서는 초등학교 6학년에서 ‘양의 정수의 상대적인 관계에서 음의 정수를 이해하게 한다.’, ‘정수의 덧셈을 이해한다.’를 제시하였으며(Ministry Of Education, 1987), 6차에서는 6학년에서 ‘양의 정수와

그 상대적인 관계인 음의 정수를 이해하게 하여 정수를 알게 한다.’, ‘정수, 대소 비교하게 한다.’를 교육과정에서 제시하고 있다(Ministry Of Education, 1994). 3차 이후 점차 음수 관련 내용이 초등학교에서는 점진적으로 약화되기는 하였지만 ‘부호가 있는 수’라는 관점에서 6차 교육과정까지는 지속적으로 다루어졌다. 게다가 Choi(2003)는 7차 초등학교 교육과정에서 음수를 삭제한 직후에 수행한 연구에서 중학교 1학년에서 음수의 개념을 처음 접하게 됨으로 인해 학생들이 많은 혼란과 더불어 단순한 알고리즘만을 암기하는 문제점을 지적하고 있다. 또한 Suh(2015)는 중국과 한국의 초등학교 교육과정 비교연구에서 중국이 초등학교에서 ‘정수, 음수 실생활 속에서 찾기’ 활동이 매우 자연스럽게 이루어질 수 있음을 제기하고 있다.

셋째, 중학교에서 근삿값, 집합의 개념에 대해 살펴보자. 먼저 Park(2010)은 근삿값에 관한 고찰이라는 연구에서 생활 속에서 접하게 되는 많은 값들은 대략적인 값이 더욱 의미 있고 중요하게 쓰이고, 특히 계산기와 컴퓨터의 사용이 일반화되면서 정확하고 신속한 계산력보다는 기계의 답이 타당한지, 주어진 답이 합리적인지를 평가하고 해석하는 능력이 학생들에게 요구되고 있음을 지적하고 있다. 즉, 현대사회에 적응하기 위한 기본적인 역량으로 다양한 수학적 상황에서 융통성 있는 계산 및 어림을 제기한 것이다. 하지만, 지금까지의 교육과정에서는 기계적인 지필계산에 치중하여, 실생활에서의 근삿값의 필요성을 이해시키고 적절히 사용하는 감각을 개발하려는 노력이 부족하다는 점을 결론으로 제기하였다. 또한, Yim(2003)은 중학교 근삿값 단원 학습 지도 방향 탐색 연구에서 중학교 현장에서 근삿값 단원의 지도가 주입식 지도로 이루어지고 있음을 지적하였는데, 이러한 잘못된 지도 현상이 근삿값 개념의 삭제로 귀결되었다고 보인다. 교육과정을 개정할 때, 내용의 삭제가 아니라 지도방법의 변화를 안내하지 못한 것은 큰 아쉬움이 아닐 수 없다. 이러한 근삿값에 대한 삭제에도 불구하고 여전히 학교수학 내용으로 π 의 근삿값, $\sqrt{2}$ 의 근삿값, 삼각비의 근삿값이 암묵적으로 다루어지고 있는 것은 모순된 상황임에 분명하다. 다음으로 집합의 개념과 관련하여, Lee, Park, Lim(2002)은 교육 내용으로서의 집합 개념에 대한 비판적 고찰에서 일상적인 의미와 부합되게 ‘집합=모임’과 같

이 광의로 집합을 다룰 것을 제안하면서, 고등학교 1학년에서는 모임에 한 가지 조건을 추가하여 집합을 ‘조건이 분명한 모임’으로 제한시키는 점진적인 접근을 제안하였다. 또한 Lee(2001)은 집합교육의 개선에 대한 몇 가지 제언에서 학교수학에서 집합은 모임정도의 의미 이외의 다른 용도는 발견되지 않으므로, 주로 집합이 사용되는 곳은 모임으로 자연스럽게 대체할 것을 제안하였다. 이처럼 중학교에서 집합이라는 개념을 삭제하는 것이 아니라, 집합과 동의어인 ‘모임’과 같은 용어로 대체하고, 점진적으로 형식화하여 집합 개념에 도달할 것으로 제안하고 있다. 실제로 초등학교에서는 확률과 동의어인 ‘가능성’을 통해 확률에 대한 기초 관념을 형성시키고 있는 것은 좋은 대안적 사례일 수 있다.

지금까지의 논의를 근거로 하여 다음과 같은 재구조화 방향을 제시하고자 한다.

첫째, 중학교를 준비하는 초등학교 수와 연산 영역에서의 재구조화 방향이다. 2015개정에서 중학교와 관련이 있는 초등학교 수와 연산 영역의 내용은 약수, 배수, 공약수, 공배수, 최대공약수, 최소공배수이었는데, 새로운 교육과정에서는 ‘약수와 배수’ 주제에서는 약수, 배수, 공약수, 공배수, 최대공약수, 최소공배수를 학습하고, ‘소인수분해’ 주제에서는 소인수, 소인수분해를 현재 중학교 내용까지 통합하여 학습하며, ‘부호가 있는 수’ 주제에서는 실생활 속 음수의 학습을 제안한다.

둘째, 중학교 1학년 수와 연산 영역에서의 재구조화 방향이다. 2015개정에서 중학교 1학년은 소인수, 소인수분해, 최대공약수, 최소공배수, 양수, 음수, 정수, 유리수의 대소 관계, 사칙계산을 학습하였는데, 새로운 교육과정에서는 ‘정수와 유리수’ 주제에서는 정수와 유리수의 대소 관계, 사칙계산을 학습하고, ‘수 체계’ 주제에서는 진법, 십진법, 오진법, 이진법의 개념을 학습하며, ‘집합’ 주제에서는 모임, 모임의 표기, 유한/무한 모임의 학습을 제안한다.

셋째, 중학교 2학년 수와 연산 영역에서의 재구조화 방향이다. 2015개정에서 중학교 2학년은 순환소수, 유리수와 순환소수의 관계를 학습하였는데, 새로운 교육과정에서는 ‘유리수와 순환소수’ 주제에서는 순환소수, 유리수와 순환소수의 관계를 학습하고, ‘근호가 있는 수’ 주제에서는 제곱과 제곱근, 근삿값, 오차를 학습한다. 제곱과 제곱근은

피타고라스 정리가 중학교 2학년으로 이동함에 따라 이를 효과적으로 지도하기 위한 Suh(2018)의 연구결과에 따른 재구조화 방향 제시이다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 중학교 수학과 교육과정의 수와 연산 영역의 시대적 변천 과정을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 수와 연산 영역에서의 수학 학습내용을 재구조화를 위한 방향 제시 및 시사점을 제공하기 위한 문헌 연구이다. 이를 위해 1차 중학교 수학과 교육과정부터 2015개정 중학교 수학과 교육과정까지 제시된 수와 연산 영역의 학습내용을 고찰하였고, 이를 바탕으로 수와 연산 영역의 수학 학습내용에 대한 분석을 실시하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 변천 과정 분석을 위한 체계를 설정하기 위해 1차부터 2015개정까지 수학과 교육과정 문서에 등장하는 모든 수학 학습내용을 추출하였다. 추출된 학습내용을 주제별로 구분하여 하위 내용영역으로 ‘자연수의 성질’, ‘정수, 유리수, 실수의 성질’을 설정하였다. 다만 집합의 경우, 하위 내용영역으로 추출하지 않았지만 시사점 도출을 위한 대상으로는 삼았다.

둘째, 변화 과정 분석을 위한 기본틀을 개발하였다. 기본틀은 수학 ‘내용요소’, ‘학습요소’별로 그 변화과정을 정리하였는데, 이 표를 통해 역사적 흐름에 따라 내용요소 및 학습요소의 초·중학교간 학습내용의 이동, 중·고등학교간 학습내용의 이동 등을 쉽게 파악할 수 있었다.

셋째, 변화 과정에 대한 추이 분석 결과를 도출하였다. 수와 연산 영역의 학습내용은 현대 사회의 중요성과 관계없이 추후 학습내용과의 관련성 유무에 의해 추가, 삭제, 이동 등의 변화가 이루어졌다. 특히, 진법에 대한 삭제 이유로 컴퓨터와 관련된 내용이라는 점과 진법의 지도가 형식적으로 다루어지고 있다는 점으로 제시하고 있는데, 이는 미래사회 학교수학이 나아가야 할 방향과 역행하는 것이다. 왜냐하면, 정보화시대 코딩교육의 기초는 수학인데 이것을 도외시하였고, 학습지도가 문제라면 학습내용을 삭제할 것이 아니라 교육방법을 개선하려는 노력을 기울여야 하기 때문이다.

넷째, 중학교 수와 연산 영역의 재구조화를 위한 방향

을 제시하였다. 초등학교에서는 약수, 배수, 최대공약수, 최소공배수 등을 중학교 내용까지 통합하여 소인수분해를 학습하도록 하고, 부호가 있는 수를 형식적인 기호가 아닌 실생활 속 음수 차기 학습을 통해 음수와 점진적으로 친숙할 수 있는 학습의 기회를 제공하는 것이다. 중학교 1학년에서는 소인수, 소인수분해는 초등학교로 이동하고, 진법을 코딩교육의 관점에서 다루도록 하고, 집합이 아닌 모임이라는 용어를 통해 집합에 대한 개념을 학습할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 중학교 2학년에서는 현대사회에서 필수적이고 유용한 근삿값에 대한 개념과 표현 방법을 학습할 기회를 제공한다. 피타고라스 정리가 중학교 2학년으로 이동함에 따라 학습의 효과를 극대화하기 위해 제공과 제공근을 학습할 수 있는 기회를 제공하는데, 단, 무리수는 중학교 3학년에서 현대대로 지도할 수 있도록 한다.

마지막으로 본 연구를 통해 몇 가지 제언을 하고자 한다. 교육과정의 개정에서 아쉬운 점은 내용의 삭제만이 형식적 지도를 해결할 수 있는 유일한 방법은 아니라는 점이다. 삭제의 근거가 형식적 지도 때문이라면, 형식적인 지도가 되기 않기 위한 방안에 대한 연구가 먼저 수행할 것을 제언한다. 사실 기수법은 위치 수 체계의 핵심이다. 따라서 간단한 원리를 학습한 다음, 위치 수 체계의 본질을 깨달을 수 있는 방식의 지도를 통해 학교수학에서 다룰 수 있도록 배려하는 것이 필요하다. 물론 최대공약수 및 최소공배수와 관련된 불필요한 형식적 지도나 지나치게 어려운 문제는 지속적으로 삭제되어야 하겠지만, 수학적 본질이나 핵심적인 개념이 포함된 진법의 지도와 관련된 부분은 재고의 여지가 있는 것으로 판단되고 이에 대한 연구가 충실히 이루어질 필요가 있다. 이와 유사한 관점에서 근삿값의 지도에 대한 연구도 진행될 필요가 있을 것이다. 물론 과거 그대로의 회귀를 의미하는 것은 아니다. 중학교에서 다룰 수 있는 수준, 그리고 현실에서의 실용성, 타 교과에서의 유용성 등을 종합적으로 고려하여 실용적인 측면에서의 접근을 의미하는 것임을 밝힌다. 본 연구의 결과가 향후 교육과정 개정에 의미 있는 논의의 기초가 되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- Bang, I. (2018). The Zhouyi and artificial intelligence, *Journal of Korean Philosophical Society* 145, 91-117
- Boyer, C. B. & Merzbach, U. C. (1991). *A history of mathematics*, John Wiley & Sons, Inc.
- Choi, S. L. (2003). A study on the analysis of negative interger concepts, *Communications of Mathematics Education* 15, 175-180.
- Common Core State Standards Initiative (2014). *Common core state standards for mathematics*. <http://www.corestandards.org/math>(Date: 2020.1.10.).
- Department of Education U.K. (2013). *Mathematics programme of study for key stage 1,2,3,4*. Department of Education United Kingdom.
- Eves, H. (1990). *An introduction to the history of mathematics*, Saunders College Publications.
- Finnish National Board of Education (2016). *National core curriculum for upper secondary school 2016*.
- Gullberg, J. (1997). *Mathematics from the birth of numbers*, New York: W. W. Norton & Company.
- Han, H. J. (2009). Yin-Yang and spirits in the teaching of Zhu Xi, *Korean Studies* 14, 551-585.
- Jang, J. H., & Kim, J. W. (2015). The study on the development of the educational contents for the natural number binary system, *Journal of The Korean Association of Information Education* 19(4), 525-532
- Jung, H. Y., Lee, K. H. (2016). Analysis of mathematics textbooks before and after the curriculum revision in 2012 of the North Korea: Focused on the 1st grade of middle school, *School Mathematics* 18(1), 143-157.
- Kim, J. H., & Cho, J. K. (2017). A study on the phenomena of using initial sounds based on deconstruction and imaging of letters, *Journal of the Korean Society Design Culture* 23(4), 235-245
- Korea Britannica Corporation (2007). *Britannica encyclopædia CD IX*, Encyclopædia Britannica, Inc.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (2011). *A study on the curriculum of mathematics according to the 2009 revised curriculum*, Seoul: KFASC
- Laurinolli, T, Lindroos-Heinänen, R., Luoma-aho, E., Timo sankilampi, Selenius, R., Talvitie, K., & Vähä-Vahe, O. (2014). *Finnish middle school mathematics textbook Laskutaito 7*, Seoul: Solbich gil.
- Lee, K. H., Park, K. M., & Lim, J. H. (2002). A critical review on the concept of set as a school mathematics

- topic, *The Journal of Educational Research in Mathematics* 12(1), 125-143,
- Lee, M. K. (2001). Proposals on teaching the set theory in secondary school, *The Journal of Educational Research in Mathematics* 11(1), 103-111,
- Ministry Of Education & Human Resources Development (2006). *2007 Reformed mathematics curriculum*, Seoul: MEHRD.
- Ministry of Education (2015). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1955). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1963). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1974a). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1974b). *Explanation of mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1981). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1987). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1994). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry Of Education (1997). *Mathematics curriculum*. Seoul: ME.
- Ministry of Education, Science, and Technology (2011). *Mathematics curriculum*, Seoul: MEST.
- National Institute of the Korean Language (2001). *Standard Korean dictionary*, Seoul: Doosan Donga.
- Park, K. M., Kwon, O. N., Park, S. H., Park, M. G., Phen, H. H., Kang, E. J., ..., Kim, S. H. (2014). *A research on humanities and nature integrated mathematics curriculum restructuring*, Seoul: ME.
- Park, M. J. (2010). *The Study of Approximate value in mathematics*, Graduate School of Education Yeungnam University.
- Park, H. S. (1991). *Korea mathematical education history*, Chungbuk: Korea Textbook Corporation.
- Suh, B. E. (2013). *Investigation on middle school mathematics and curriculum for teachers*, Seoul: KyoWooSa.
- Suh, B. E. (2015). A Comparative study on 2011 reformed elementary school mathematics curriculum between Korea and China, *Education of Primary School Mathematics* 18(1), 1-16.
- Suh, B. E. (2018). A study on reorganization of 'Pythagorean theorem' in school mathematics, *The Mathematical Education* 57(2), 93-110.
- Suh, B. E. (2019). The study on the movement of mathematics contents among school Levels, *East Asian mathematical journal* 35(4), 365-386.
- Suh, B. E. (2020). A comparative study on the similar learning contents between elementary and middle schools in geometry, *Education of Primary School Mathematics* 23(1), 27-44.
- Suh, B. E., Kim, N. K., Do, J. H., Park, Y. B., Kim, K. T., Park, Y. K., & Choi, I. Y. (2018). *A study on the transition of mathematics curriculum*. Korea Science and Engineering Foundation Research Report.
- The Ministry Of Education of the China (2011). *Compulsory education mathematics standard: 2011 edition*, Beijing: The Ministry of Education of the People's Republic of China.
- The Ministry Of Education of the Japan (2008). *Middle school learning guidance*, Tokyo: The Ministry of Education of the Japan.
- The Ministry Of Education of the Japan (2009). *High school learning guidance*, Tokyo: The Ministry of Education of the Japan.
- Yim, J. H. (2003). A study on the teaching 'Approximate value' in secondary school, *Journal of Educational Research in Mathematics* 13(1), 77-94.
- Zeitz, P. (1999). *The art and craft of problem solving*, New York: John wiley & Sons, Inc.