

비판적 수학교육의 원리와 방법 탐색 : 프로그램 개발을 위한 기초연구로서¹⁾

송 룬 진* · 주 미 경**

세계화, 다원화, 정보화, 과학기술의 발달에 따라 현대사회는 사회, 경제, 문화 등 광범위한 영역에서 급격한 변화를 겪고 있다. 이러한 사회적 변화에 따라 보다 민주적이고 평등한 미래사회로의 발전에 기여하는 수학교육방안의 탐색이 요구된다. 본 연구는 비판이론으로부터 발달한 비판적 교육이론 및 비판적 수학교육이론에 대한 문헌분석을 통해 비판적 수학교육의 목표, 교수·학습 내용 및 방법을 도출하여 비판적 수학교육 프로그램 개발에 적용할 수 있는 모델을 구성하였다. 또한 문헌분석에 기초하여 개발한 프로그램 모델을 비판적 수학교육 사례에 적용하여 모델의 타당성을 확인하였다. 마지막으로 비판적 수학교육 프로그램 모델 개발에 기초한 시사점을 논의하였다.

1. 서론

최근 들어, 세계화, 다원화, 정보화 및 과학기술의 발달에 따라 현대 사회는 사회, 경제, 문화 등 광범위한 영역에서 급격한 변화를 경험하고 있다. 세계화에 따라 국가 간의 경계가 허물어지고 초국가적 세계 사회가 형성되면서 다양한 문화, 지식, 자원에 대한 평등한 접근이 가능해지는 반면, 이러한 세계화가 결국은 강대국의 문화와 경제를 중심으로 한 세계로의 재편성이라는 비판이 제기되고 있다(한용진, 2010; 홍은영, 최치원, 2014). 이러한 맥락에서 세계화 시대의 글로벌 경제 체제가 요구하는 지식과 기능, 역량을 함양하는 기회를 모든 사회구성원들에게 평등하게 제공하고 세계사회의 구성원으로서의 권한과 책무를 수행할 수 있는 역량과 자질을 함양하는

교육에 대한 사회적 기대가 높아지고 있다(한용진, 2010). 또한 세계화에 따라 인종적, 민족적으로 다양성이 증가하면서 집단 간 갈등이 심화되고 있다. 이에 따라 인권, 정의, 평등과 같은 세계 사회 차원의 보편적 원리 실현은 문화적 획일화에 의한 문화적 종속 상태와 차별화되고 궁극적으로 공생 공영하는 초국가적 사회를 실현하는데 핵심적인 과제로 제기되고 있다.

지식·정보화란 20세기 후반 교통·통신기술의 비약적인 발전에 따라 지식과 정보를 근간으로 하는 새로운 경제 산업 구조로 변형되어가는 현상을 가리킨다. 지식·정보화는 지식 생산과 확산 과정에 개인의 참여 기회를 확대함으로써 근대적 표준화, 중앙집권화, 대형화, 위계화에서 탈피하여, 다원화, 분권화, 소규모화, 연계화를 촉진하여 민주적이고 평등한 사회 구조를 형성하는데 기여하였다. 반면, 혁신적인 교통·통신

* 한양대학교, rsong7979@gmail.com (제1 저자)

** 한양대학교, mkju11@hanyang.ac.kr (교신저자)

1) 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2014S1A5B5A07040122)

기술에 의해 지식 생산 및 확산이 일상화되면서 무용지식이 증가하고 있다. 또한 특정 집단이 지식 플랫폼을 독점함에 따라 집단 간의 학력, 정보, 기술의 격차가 심화되어 계층 간 이동이 어려워지는 등의 문제를 초래하였다. 뿐만 아니라 과학기술의 발달은 인간소외, 인간과 기계의 공존 등과 관련된 다양한 윤리적 문제를 제기하고 있다(Skovsmose, 2012; Schwab, 2014).

이러한 사회적 변화의 맥락 속에서 미래 사회가 요구하는 인재는 백과사전적 지식과 기술을 갖추는 것만으로는 충분하지 않다. 즉, 앞서 논의한 사회 변화의 상반된 측면을 고려할 때, 미래 사회 구성원은 기존의 지식을 기반으로 한 창의융합적 사고를 통해 능동적인 지식 생산에 참여하는 주체로서 역량을 갖추어야 하며 나아가 이러한 지식을 인류 사회의 공영을 위해 활용할 수 있는 능력과 태도를 갖추어야 한다. 따라서 기존의 지식을 활용하여 지역의 문화와 맥락, 필요에 적절히 대응할 수 있는 창의적 문제해결력과 민주적 인성과 태도, 미래에 대한 비전을 현실 속에서 구체화하고 실천할 수 있는 역량의 함양은 미래의 학교교육이 수행해야 할 책무로 제기되고 있다(UNESCO, 2015; WEF, 2015).

이상의 사회적 변화에 그에 따른 필요를 반영하는 교육 내용과 방법을 중심으로 학교교육을 재편성하는 것은 미래 사회의 민주적 통합과 평화 유지에 핵심적이다. 학교교육과정을 구성하는 교과와 하나로서 수학 역시 이러한 사회적 변화에 따른 요구를 반영하여 현대 사회의 법제도, 사회현상, 일상생활의 문제 등에 대하여 비판적으로 분석할 수 있는 기본적인 역량을 함양하는데 기여해야 한다. 이를 위해 모든 사회구성원들이 수학을 통해 사회의 불평등과 부조리를 비판적으로 성찰하고 개혁에 민주적으로 참여할 수 있는 권한을 행사하는 역량을 함양할 수 있는 목적과 내용, 방법을 중심으로 학교수학을 재구

성하기 위한 방안의 모색이 요구된다(Davis, 1993; Skovsmose, 1985).

전통적으로 수학은 이성적 사유에 기초한 추상화를 통해 도출된 보편적이고 초월적인 지식 체계로 생각되어 왔고 그 결과 인간의 삶과는 유리된 지식으로 교육되어 왔다. 최근 들어 실세계 맥락을 바탕으로 한 교수·학습 방법을 강조하고 있지만 수학의 개념과 원리에 대한 학습을 지원하는 수단에 국한되어 있으며 수학을 통해 세상을 비판적으로 이해하고 분석하며 개선할 수 있는 역량의 함양으로는 이어지지 않고 있다. 그러나 수학사를 살펴보면 수학은 한 사회가 직면한 경제, 정치, 문화와 관련된 문제를 해결하며 기성의 방식을 해체하고 보다 합리적인 삶의 양식을 찾아가는 과정에서 발달하였다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 측면에서 사회개선에 대한 수학교과와 책무를 학교수학 교육과정에 반영하는 것은 수학이 가지고 있는 학문적 정체성에 충실한 교육으로의 변화 방안이 될 수 있을 것이다.

실제로 18세기 이후 국민국가의 형성과 산업화를 거치며 지식에 대한 도구주의적 담론이 현대사회의 교육을 지배하면서 학교수학에서는 표준화된 수학적 지식과 기능의 숙달이 강조되어 왔다. 이러한 도구주의적 담론의 팽배는 기성 사회에 대한 비판적 성찰을 바탕으로 새로운 삶의 방식을 탐색하며 보다 민주적이고 평등한 미래 사회를 구현하는데 기여해온 수학의 역할을 간과하는 결과를 초래하였다. 이러한 맥락에서 수학의 도구적 효용성을 넘어 사회구성원의 비판적 역량을 함양함으로써 보다 민주적이고 평등한 미래사회 구현에 기여하는 학교수학으로의 재구조화 방안 탐색이 요구된다(Apple, 1992; Davis, 1993; Gutstein, 2006; Skovsmose, 1985). 이를 위해 본 연구에서는 비판이론으로부터 발단한 비판적 교육 이론과 비판적 수학교육 이론을

분석하여 비판적 수학교육의 목표, 교수-학습 내용 및 방법을 도출하여 비판적 수학교육의 실천적 모델을 제안하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 비판이론과 비판적 교육학

비판이론은 1920년대에서 1960년대 사이 Frankfurt 학파의 Horkheimer, Adorno, Marcuse, Fromm, Habermas 등의 학자들에 의하여 제기되었다. 당시 비판이론 학자들은 2차 세계대전을 경험하며 인간의 이성애 의해 공고하게 건설된 사회 제도가 인간성을 훼손하고 있으며, 이러한 사회적 제도로부터 기인하는 억압과 구속이 자유롭지 못한 존재가 되어버린 인간의 이성애 대하여 비판적으로 조망할 필요가 있음을 주장하였다. 전통적으로 사회과학 이론들은 사회를 이해하기 위한 목적으로 이론을 ‘서술’하거나 혹은 ‘설명’하여 왔지만 비판이론은 그것을 넘어 사회적 ‘변화’를 그 목적으로 한다. 따라서 비판이론에서는 사회 자체를 연구의 대상으로 삼고 사회구성원인 인간은 역사적인 삶의 형태를 생산하는 생산자들로 간주하며 ‘자유로운 개인들의 사회’를 위한 ‘인간의 해방’에 주된 관심을 둔다(윤응진, 1997; 이시용, 1997).

비판주의자들은 자본주의에서 개인은 사회에서 주어지는 의무를 묵묵히 수행하는 역할을 하며 자본주의라는 제도의 틀 안에 억압되어 있다고 지적한다. 이 때 최상의 효율성을 추구하는 사회는 개인으로 하여금 주어진 의무를 해결하기 위해 인간의 이성을 단순한 도구로 사용하도록 요구한다. 그런데 인간에게 ‘도구적 이성’만 남겨졌을 때에는 자신이 무엇을 잘못하고 있는지, 자신이 만든 제도에 어떠한 문제가 있는지

성찰할 능력 즉, ‘비판적 이성’이 사라지게 된다는 문제점이 있다. 이러한 상황에서 인간은 사회 제도로부터 기인하는 다양한 억압과 모순의 문제들을 운명으로 받아들이기도 하는데, 이 때 인간은 사회의 부속품과 같은 수동적인 도구적 존재로 전락하게 되며 더 이상 자신을 지배하는 주체가 될 수 없다. 즉, 인간을 위해 제도가 존재하는 것이 아니라 제도를 위해 인간이 존재하는 상황으로 치닫게 된다는 것이다(Horkheimer & Adorno, 1944).

이와 같은 비판이론의 관점을 근간으로 비판적 교육학이 등장하게 되었다. 그러나 비판적 교육학은 비판이론을 선택적으로 고려하고, 본질적으로는 이전의 전통적인 교육학에 대한 철저한 자기비판으로 시작되었다. Blankertz(1966: 윤응진, 1997에서 재인용)에 따르면 전통적인 인문과학적 교육학에 대한 자기비판은 먼저 사회과학의 객관적 연구방법에 대한 비판적인 탐색으로부터 시작되었으며 또한 인문과학적 교육학의 근간이 되는 철학적 전통에 대한 비판을 통하여 이루어졌다. 비판이론과 마찬가지로 비판적 교육학의 핵심 주제는 ‘해방에 대한 관심’이라고 할 수 있다. Lampert(1971: 윤응진, 1997에서 재인용)는 비판적 교육학은 ‘해방’을 교육의 목적으로 하고 교육이 ‘스스로에 대한 처분권 보존’, ‘비합리적 지배의 지양 및 방지’, ‘모든 유형의 억압으로부터의 해방’에 기여해야 한다고 주장한다. Klafki(1976: 윤응진, 1997에서 재인용) 역시 교육에서 ‘해방’, ‘자기결정’, ‘자유’, ‘개인의 행복을 추구할 권리’ 등이 중요하게 다루어져야 함을 강조한다. 비판적 교육의 관점에서 문해교육을 실천한 Freire 역시 교육의 목적을 인간의 해방으로 설명하였다. 여기에서 인간해방이란 자신의 주변에 존재해온 여러 상황들을 관습적 혹은 운명적인 것으로 받아들이기보다는 문제점을 인식하고 이에 문제제기를 하며 이를 개혁하기 위해

주체로서 역할을 담당하는 것을 의미한다(Freire, 1994). 이들의 의견을 종합해 보면, 기존의 사회적 지배체제로 학습자를 편입시키기 위해 이루어지는 교육에 대한 비판을 통해 비판적 교육학은 학습자를 모든 억압으로부터의 해방시키고 그에 따라 학습자의 자유와 행복 그리고 인간성 회복을 추구하는 교육이라고 할 수 있다.

또한 앞서 논의한 바와 같이 비판적 교육학은 사회 정의와 관련하여 전통적 교육의 정당성에 대한 문제제기를 통해 시작되었기 때문에 효과적인 교수법에 대한 연구보다는 기존의 교육에 대한 비판을 강조한다. 따라서 비판적 교육학은 기존 관행이나 실천과의 단절, 전통과 미래사이의 비연속성을 의미하며 늘 부정적이라는 특징을 갖는다. 뿐만 아니라 비판적 교육에서 추구하는 실천은 비판 없는 실용주의 즉, 이미 주어져 있는 구조 안에서의 효율성과 체제유지를 위한 실용주의를 부정한다. 따라서 때로는 비판이론은 ‘부정적’이며 ‘실천이 없는 비판’만을 강조한다고 문제점으로 지적되기도 한다.

이에 대하여 Klafki(1971: 윤응진, 1997에서 재인용)는 비판적 교육학은 비판이론으로부터 기인한 ‘부정’ 안에만 머무르면 안되고 해석적 방식과 경험적 방식을 활용하여 구성적으로 교육 실천에 개입함으로써 비판적인 실천이 이루어질 수 있도록 해야 한다고 주장하며 ‘비판적-구성적 교육학’의 개념을 설명하였다. 즉, 비판적 교육학은 사회의 이데올로기 및 다양한 억압적 체제에 대하여 비판하는 것과 동시에 교육적 조건들을 개선하기 위한 비판적 교육의 목표설정 및 구성적인 규범적 표상을 제시해야 한다고 주장한다. 이에 대하여 Wulf(1977: 윤응진, 1997에서 재인용)는 비판적 교육학의 구성적 표상으로 ‘계몽’, ‘해방’, ‘물화로부터의 해방’, ‘쓸데없는 지배로부터의 해방’, ‘정의’, ‘평화’, ‘자유’, ‘연대성’, ‘자기결정’ 등을 제시하였다. 이와 같은 구성적

표상들로부터 알 수 있듯이 비판적 교육학은 이전의 교육학에서 가정하고 있는 철학적 전통에 대한 철저한 자기비판과 무비판적인 실용주의적 교육실천에 대한 비판 그리고 더 나은 실천적 변혁을 추구한다는 의미에서 기존의 교육학을 능가한다고 할 수 있다.

2. 비판적 수학교육

비판적 수학교육은 비판적 교육학의 관점을 수학교육에 접목하여 수학교육이 사회적 현상을 비판적으로 분석하고 사회적 변화 및 개혁의 중추적 역할을 해야 한다는 내용을 주된 담론으로 제시한다. 이러한 교육은 ‘비판적 수학교육’, ‘사회정의를 위한 수학교육’, ‘비판적인 수학적 소양교육’, ‘다문화수학교육’ 등의 용어로 불리며 여러 사회, 문화, 정치적 현상을 고려하여 다양한 의미와 수준으로 교육 현장에 적용되고 있다 (권오남, 박정숙, 오국환, 2013; 송륜진, 주미경, 2011; Frankenstein, 2012; Gutstein, 2003; Skovsmose, 2012). 특히 비판적 수학교육은 다문화수학교육과 개념적으로 밀접하게 관련되어 있음을 알 수 있다. 다문화수학교육은 동화주의적, 자유주의적, 비판적 관점으로 개념화 될 수 있는데, 동화주의적 다문화수학교육은 다양한 집단의 학생이 지닌 고유한 수학적 지식 및 문화적 배경은 배제한 채 유럽중심의 학교수학 교육과정으로 빠르게 편입되고 동화될 수 있는 효과적인 교수-학습 방안에 대한 연구가 주된 관심이다. 또한 자유주의적 다문화수학교육은 학생들이 가지고 있는 문화적 특성과 학교 및 학교수학 사이의 문화적 특성 사이에 존재하는 ‘차이’가 학업적 성취를 방해하는 주된 요인 중 하나라고 생각하고 학생의 다양한 문화적 특성을 고려한 ‘문화적으로 적절한 교수법’을 제안한다. 마지막으로 비판적 다문화수학교육은 수학적 지식 안

에 내재되어 있는 불평등한 권력구조에 대하여 비판적으로 분석하여 다양한 집단의 민속수학의 성과를 인정하는 것으로부터 출발하여 우리 세계에 존재하는 다양한 불평등, 부조리, 모순, 억압 등의 문제에 대하여 문제를 제기하며 이를 개혁할 수 있는 비판적인 역량을 함양하는 것으로 개념화하고 있다. 이와 같이 다문화수학교육은 동화주의적, 자유주의적, 비판적 관점 모두를 포괄하는 큰 개념적 틀이라면 비판적 수학교육은 비판적 관점의 다문화수학교육과 유사한 개념으로 이해될 수 있다(송륜진, 주미경, 2011).

비판적 수학교육의 개념을 좀 더 구체적으로 살펴보면, Powell(2012)은 수학자, 수학교육자, 민주사회시민의 세 관점으로 설명함으로써 비판적 수학교육의 다양한 개념적 스펙트럼을 소개하였다. 먼저 수학자의 관점에서 비판적 수학교육은 세계를 이해하고 학습하는 방법의 하나로 여겨진다. 역사적으로 수학적 지식의 정체성에 절대적인 영향을 끼친 유럽중심의 수학적 지식 모델은 수학적 지식을 순수 이성적 사유에 의한 절대적, 보편적, 가치중립적인 완성된 지식으로 설명한다. 그러나 수학적 지식을 포함하여 모든 지식은 과정과 결론, 이론과 실천, 처방과 분석, 실제와 추상 사이가 서로 연결되어 있으며 다양한 사회적, 경제적, 정치적, 문화적 맥락 안에서 지식으로 작용한다. 또한 유럽중심의 수학적 지식 모델은 유럽이 아닌 다양한 집단에서 이루어 온 수학적 유산들을 소외하고 왜곡해 왔다. 그러나 수학자의 관점에서 비판적 수학교육은 ‘무엇이 수학적 아이디어가 될 수 있는가?’, ‘누가 수학적 아이디어에 대한 소유권을 가지고 있는가?’와 같은 문제를 제기하며 유럽중심의 수학적 지식 모델이 내포하고 있는 편협함과 그로 인한 왜곡을 근절하기 위한 방법의 하나로 비판적 수학교육을 개념화 한다(정수용, 주미경, 송륜진, 2014; D’Ambrosio, 1997; Zaslavsky, 1996).

다음으로 수학교육자의 관점에서 비판적 수학교육은 학생들이 그들 고유의 지적 활동을 할 수 있으며, 이러한 인지적 활동을 존중하고 인정함으로써 그들이 지식 생산의 주체로서 힘을 가질 수 있도록 도와주고, 학습 과정에서 ‘공동의 질문자’로서 활발하게 참여하도록 독려하는 교육으로 설명한다. 이때 교사는 ‘우연한 존재’가 아닌 수학적 대화를 위한 ‘활발한 참여자’가 되어야 한다. 또한 수학교육자의 관점에서 비판적 수학교육은 학생들의 학업 부진에 대하여 ‘학습 태도의 부족’ 혹은 ‘인지적 결함’에서 그 원인을 찾지 보다는 개인의 심리적 측면과 사회적 원인 모두를 고려해야 하는 문제라고 생각한다(Alro & Skovsmose, 2002; Powell, 2012; Youngman, 1986).

마지막으로 민주시민교육으로서 비판적 수학교육은 타자를 고립시키는 모든 차별과 억압 그리고 전체주의적인 제도 및 사회적 구조에 대하여 문제를 제기하며 이를 해결하기 위해 그들의 수학교실, 동료들과 함께 실천적 노력을 하는 것으로 설명한다. 이러한 관점은 실천이 없는 ‘좋은 의도’만으로는 비판적 수학교육이 될 수 없음을 시사한다. 또한 모든 교육의 주된 목표는 사회가 어떻게 구조화되었는지에 대한 사회적 신화를 타파하고, 사회적으로 소외된 집단을 고립시키는 구조를 개혁하고 재건하기 위한 방안을 고안해 내며, 개인 혹은 집단에게 이러한 과업을 실천할 수 있는 힘을 부여하는 것이라고 생각된다. 또한 교육과정, 성취목표 등에 대하여 토론하는데 개방적이며, 인간성을 말살하는 교육, 정책, 제도 등은 주어진 운명이 아닌 불공정함의 결과라고 생각하고 정의와 자유를 열망하며 변화와 개혁을 지향한다(Frankensteen, 2012; Freire, 1973).

Powell(2012)이 비판적 수학교육의 개념을 수학자, 수학교육자, 민주시민의 세 관점으로 다양

하게 설명하였다면 Skovsmose(2012)는 자신이 처한 사회적 상황과 구체적인 연구 경험으로부터 ‘Fachkritik’²⁾, ‘문제기반교육(problem-based education)’, ‘프로젝트 활동(project organization)’을 통해 비판적 수학교육의 개념 및 실천방안을 설명하였다. ‘Fachkritik’은 우리 사회에서 암묵적으로 가정하고 있는 논리적, 사회적, 정치적 가정에 의문을 제기하며 어떤 교과와 내용의 학습할 때 교육과정의 범위를 초월하여 비판적인 사고를 통한 교육을 의미한다. 이때, ‘Fachkritik’은 자연스럽게 교과 간 구분 없이 교육과정의 범위를 확대하여 여러 주제들을 통합적으로 학습하는 형태를 보이게 된다. ‘문제기반교육’은 사회 정치적 이슈들에 대하여 개방적인 태도를 보이며 ‘어떤 종류의 문제가 사회정치적으로 중요성을 가지는가?’, ‘비판적 의식이란 수학적 맥락에서 무엇을 의미하는가?’ 등에 대하여 고민하며 도출된 문제 의식을 기반으로 학습하는 것을 의미한다. 마지막으로 ‘프로젝트 활동’은 학생들이 자신이 원하는 학습 내용과 방법을 선택하여 자발적인 연구를 통한 학습을 의미한다. 이때, ‘프로젝트 활동’을 실천하기 위해서는 새로운 교육적 아이디어를 용인하고 지지해 줄 수 있는 가정, 학교, 사회 내의 인식적, 제도적 변화가 요구된다.

이와 같이 다양한 의미를 갖는 비판적 수학교육에 대한 개념을 구체적으로 이해하기 위해서는 비판적 수학교육을 교육 현장에 적용한 실천 사례를 고찰해 보는 것 또한 도움이 될 것이다. 먼저 Frankenstein(1983)은 Freire의 비판적 교육이론을 바탕으로 미국 성인 대상의 비판적 수학교육을 실천하였다. 그녀는 성인들이 민주시민으로서 살아가는데 필요한 다양한 수학적 힘을 향상시키기 위하여 성인들에게 밀접한 실생활 소재들을 활용하였고 특히, 실업률, 소득 격차, 국가

예산, 세금 등과 같은 다양한 사회적 이슈들을 활용하여 수학수업을 실시하였다. 성인 학습자들은 이와 같은 수학수업을 통해 수학적 지식을 습득할 뿐만 아니라 사회정치적 다양한 이슈들에 대하여 비판적으로 사고하고 문제를 제기할 수 있는 역량을 함양하여 적극적이고 비판적인 민주시민으로서의 힘을 키울 수 있었다.

Gutstein(2003) 또한 비판적 수학교육에 관한 이전 연구들을 바탕으로 비판적 수학교육의 목표를 제시하고 비판적 수학교육 관점의 내용 및 방법에 대한 사례연구를 통해 구체화하는 노력을 하였다. 그는 우리의 삶이 ‘수학’과 ‘불평등’으로 가득 차 있다고 설명한다. 따라서 학생들이 불평등의 근원에 대하여 깊이 이해하고 실제 변화를 추구할 수 있도록 돕기 원한다면 수학을 가르치는 교육자 역시 이 세상을 다르게 바라봐야 한다고 주장하였다. 또한 Gutstein(2012)은 점차 시간이 지나면서 교사가 아닌 학생 스스로 불평등한 사회적 이슈에 대하여 비판적 의식을 갖고 주제를 선택하는 것이 필요하다고 강조하였다. 이와 같은 주장은 Freire(1970, 1998)가 학생 스스로 세상의 불평등과 모순을 인식하고 이로부터 학습을 위한 주제가 선택되어야 한다고 설명한 ‘생성적 주제’와 유사한 것이다. 이것은 학생 스스로 문제를 인식하고 해결할 수 있는 비판적 역량 함양을 위해 학습자의 학습 자율성을 보장하고 인정하는 교육적 노력이 비판적 수학교육에서 중요한 요소로 다루어져야 함을 의미한다.

또한 Skovsmose(2011)는 수학교육을 실천할 때 생각할 수 있는 교수-학습 환경을 두 범주의 조합에 따른 6가지 유형으로 소개하였다. 첫 번째 범주는 실생활이 반영되는 정도에 따라 순수수학 맥락, 반(半)실제 맥락, 실제 맥락으로 구분하였고, 나머지 다른 한 범주는 수학적 개념이나

2) Skovsmose(1985)는 Fachkritik를 ‘학습하고자 하는 교과 뿐 아니라 다른 여러 교과에 대한 비판적 사고’로 번역하였으나 본 연구에서는 독일어 원어를 그대로 사용하였다.

<표 II-1> 다양한 수학 교수-학습 유형 (Skovsmose, 2011, p. 39-41)

맥락 \ 환경	수학연습환경(Sequences of exercise)	수학탐구환경(Landscapes of investigation)
순수수학 맥락 (References to pure mathematics)	유형 (1)	유형 (2)
반(半)실제 맥락 (References to a semi-reality)	유형 (3)	유형 (4)
실제 맥락 (Real life reference)	유형 (5)	유형 (6)

방법을 숙달하는 연습환경과 수학을 깊이 있게 조사하고 연구하는 탐구환경으로 구분하였다. 따라서 이 두 범주를 조합하면 <표 II-1>과 같이 6가지 유형이 등장하게 된다.

유형(1)은 순수수학 맥락에서 수학을 연습하는 환경으로, 식을 정리하거나, 방정식을 풀거나 여러 가지 계산을 하도록 하는 환경이 이것에 해당하며 교과서에 이와 같은 형태의 연습문제들이 많이 포함되어 있다고 하였다. 유형(2)는 순수수학의 맥락에서 탐구하는 환경으로 수론이나 유클리드 기하와 같이 수와 도형에 대한 탐구가에 이에 해당할 수 있다. 유형(3)은 반실제 맥락에서 수학을 연습하는 환경으로 교과서에 제시되는 구조화된 실세계 맥락의 문제들이 이에 해당한다. 반실제 맥락에서 수학을 연습하는 것은 학생들에게 수학적 계산을 맥락화하여 이해하도록 하는데 도움을 줄 수 있으나 주어진 반실제 맥락과 실제맥락사이에 차이가 존재하는 인위적인 특징이 있다. 즉 인위적으로 구성된 반실제 맥락은 실제 상황에서 고려해야하는 다양한 변수들을 배제하여 주어진 정보로만 상황을 이해하고 해석하며 해결하도록 한다. 유형(4)는 반실제 맥락에서 수학을 탐구하는 환경으로, 예를 들면 컴퓨터 게임 프로그램 'Simcity4'를 활용한 프로젝트 '도시계획'이 해당될 수 있다. 컴퓨터 게임 'Simcity4'는 반실제 맥락에서 게임에 참가하는 사람이 도시의 시장이 되어 보건, 교육, 오염, 부

동산가격, 교통, 법, 전기, 상하수도, 위생 등의 다양한 도시 설계를 진행하게 된다. 이 때 학생들은 도시를 계획하기 위한 아이디어를 제안하고 수학적 계산 및 의사결정과정에 참여하게 되며 다양한 정보를 탐색하고 조사하도록 한다. 유형(5)는 실제 맥락에서 수학을 연습하는 환경으로 실제 생활을 바탕으로 하는 프로젝트 수업에서 수행하는 수학적 연습이 해당될 수 있다. 예를 들면, IV장 비판적 수학교육 사례 분석에서 소개할 '에너지 프로젝트'를 수행함에 있어서 에너지 투입과 산출량을 수학적으로 계산하는 것과 같은 프로젝트 수행 시 마주하게 되는 여러 연습문제가 이것에 해당한다. 마지막 유형(6)은 실생활에서 나타나는 실제 사실, 문제 상황을 맥락으로 탐구가 이루어지는 실제 맥락 수학 탐구 환경이다. 예를 들면 '에너지 프로젝트'에서 사람이 사용하는 에너지량을 계산하기 위해 정면 면적 계산 시 고려해야 하는 다양한 변수들을 찾아내거나 농산물의 에너지 투입을 알아보기 위해 사용된 농기계의 종류와 횟수에 따른 페트를 사용의 양을 조사하는 등 실제 문제해결을 위해 시행되는 여러 가지 수학적 탐구활동이 이것에 해당한다.

Skovsmose(2011)는 이와 같은 6가지의 교수-학습 유형은 실제 그 구분이 뚜렷하지 않고 서로 겹쳐지거나 경계가 불분명한 경우가 많다고 설명하였다. 예를 들어, 학교수학의 전통은 주로

유형(1)과 유형(3)에서 주로 이루어지고 비판적 수학교육이 추구하는 교육은 주로 유형(5) 혹은 유형(6)에서 이루어진다. 그러나 수학 교수-학습을 위해 유형(1) 혹은 유형(3)만 고집하는 것도 문제가 되지만 모든 수학수업을 유형(5)와 유형(6)으로만 구성해야하는 것도 아니다. 실제 수학 교수-학습이 이루어지는 환경은 여러 교육환경 사이를 여행하는 것으로 생각할 수 있기 때문이다. 때때로 전통적으로 수업을 진행해 온 교사에게 유형(5)나 유형(6)의 수업환경으로 이동하는 것은 안전구역에서 불확실성이 증가한 위험지역으로 이동하는 것과 같고 불확실성을 다룬다는 것은 새로운 가능성을 창조한다는 것을 뜻한다. 즉, 다양한 유형의 교수-학습 환경으로 자유롭게 이동하고 이전에 시도하지 않았던 새로운 위험 지역으로 이동하는 것은 변화와 창조의 가능성으로의 이동을 의미하는 것이라고 할 수 있다. 또한 Skovsmose(2012)가 주장한 것과 같이 모든 교육적 주체들이 개방적인 태도를 바탕으로 지속적인 대화와 소통을 하는 것은 비판적 수학교육이 현실에 대한 문제 제기과 비판적 해체 수준을 넘어 현실을 보다 민주적인 체제로 재구성하기 위해 계획하고 실행하는 수준으로 확장되어야 함을 의미한다. 이와 같은 맥락에서 비판적 수학교육의 관점에서 실천적 교육 모델을 제시하는 것은 수학교육을 통한 사회적 변화를 추구하는 다양한 담론을 형성하고 실천하기 위한 노력 중 하나가 될 수 있을 것이다.

III. 비판적 수학교육의 모델

1. 비판적 수학교육의 목표

앞서 논의한 바와 같이 비판적 수학교육은 개방적 태도를 갖추고 대화와 소통을 통해 현실의

부조리와 불평등을 해소하고 보다 민주적인 체제로의 변혁을 계획하고 실천할 수 있는 주체로의 성장을 촉진하는 수학교육을 지향한다. 이러한 관점에서 비판적 수학교육이 추구하는 인제상은 ‘수학학습 과정을 통해 삶의 맥락에서 등장하는 불평등의 문제를 비판적으로 성찰하고 이를 해결하기 위해 지식을 능동적으로 생산하고 민주적으로 소통하는 역량을 갖추어 사회의 발전에 대한 비전과 계획을 실행할 수 있는 사람’으로 제안할 수 있을 것이다. 그렇다면 이를 구현하기 위한 교육 목표는 어떠한가? Gutstein(2006)은 사회적 정의를 위한 수학교육의 목표를 ‘사회적 정의를 위한 교육 목표’와 ‘수학교육을 위한 목표’를 구분하여 제안하였다. 구체적으로, ‘사회적 정의를 위한 교육 목표’는 ‘수학을 통해 세상을 이해하기’, ‘수학을 통해 세상을 표현하기’, ‘궁정적인 문화적, 사회적 정체성을 형성하기’ 등 세 가지로 제시하였고, ‘수학 교육의 목표’로는 ‘수학적 용어를 이해하기’, ‘전통적 교육의 관점에서 학문적으로 성취하기’, ‘수학에 대한 관점을 변화시키기’의 세 가지로 제시하였다. 그는 사회적 정의를 위한 수학교육에서 ‘사회적 정의를 위한 교육 목표’와 ‘수학 교육을 위한 목표’ 둘 다 필요하다고 설명하면서도 이를 구분하여 제시함으로써 ‘사회적 정의’와 ‘수학교육’을 하나의 통합된 관점으로 조망하기 보다는 이분법적으로 구분하는 입장을 보였다.

비판적 수학교육에서 사회적 정의 실현을 위해 행동할 수 있는 역량은 수학 교과 내적 역량과 긴밀히 연결되어 있다. 즉, 사회적 정의 실현을 위해 행동하는 수학적 힘의 근원은 수학적 개념 및 원리에 대한 이해와 문제해결 능력이며 동시에 사회적 정의 실현을 위한 다양한 활동이 수학 내적 역량의 함양으로 이어지게 된다. 이러한 측면에서 Gutstein이 제시한 ‘사회적 정의를 위한 교육목표’와 ‘수학 교육을 위한 목표’를 포

<표 III-1> 비판적 수학교육의 목표

인지적 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 수학적 개념, 원리, 기능을 숙달하고 이를 활용하여 다양한 현상을 비판적으로 탐구, 분석할 수 있는 역량을 함양한다. • 다양한 현상에 대한 비판적 탐구를 바탕으로 지식을 능동적으로 생산하고 소통할 수 있는 역량을 함양한다.
정의적 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 사회 체제, 학교, 수학에 내재한 체계모니를 비판적으로 조망하고 다양한 불평등의 문제를 인식한다. • 사회의 불평등 구조 해소를 위한 자신의 역할을 이해하고 공정한 관점에서 사회를 민주적 체제로 재구성하고자 하는 인식과 태도를 함양한다.
실천적 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 지역사회와 세계사회 맥락에서 발견되는 다양한 불평등의 문제를 해결하기 위하여 극복방안을 계획하고 협력적 소통과정을 통해 반성적으로 실행할 수 있는 역량을 함양한다.

괄하도록 비판적 수학교육 목표가 설정되어야 할 것이다. 뿐만 아니라, 비판적 수학교육이 사회적 정의 실현을 주도하는 민주시민으로서의 전인적 성장에 기여할 수 있도록 인지적, 정의적, 실천적 차원에서의 교육목표로 상세화되어야 한다. 이러한 관점에서 본 연구는 비판적 수학교육의 목표를 <표 III-1>과 같이 제시하였다.

비판적 수학교육이 추구하는 목표들을 실현하기 위해 교수-학습의 내용 및 방법, 평가는 어떠한 해야 하는지 다음에서 구체적으로 논의하도록 하겠다.

2. 비판적 수학교육의 교수-학습 내용

비판적 수학교육의 실천을 위해 교수-학습의 내용은 어떻게 구성되어야 하는가는 매우 중요한 요소이다. 비판적 수학교육과 관련한 선행연구들 중 다수는 ‘통계’나 ‘연산’ 단원을 대상으로 사회적 이슈들을 맥락이나 소재로 활용하고 있어 이는 비판적 수학교육이 갖는 한계점으로 지적되곤 한다(권오남, 박정숙, 오국환, 2013). ‘통계’나 ‘연산’은 다양한 사회적 이슈들에 대하여 수학적으로 조사하고 분석하는데 중요한 수학적 도구로 역할을 하기 때문에 비판적 수학교육을 실천하기에 용이하다. 그러나 이와 같은 비판적 수학교육의 연구 편향성을 극복하기 위해서는 모든 수학 내용영역에서 비판적 수학교육을 실

천할 수 있는 교수-학습 내용 구성 원리가 제시될 필요가 있을 것이다.

이를 위해 본 연구에서는 비판적 수학교육의 교수-학습 내용을 빅 아이디어(big idea)를 중심으로 논의할 것이다. 빅 아이디어란, 수학 학습에서 중심이 되는 아이디어에 대한 서술로, 여러 수학적 이해들이 일관성 있는 전체로 연결되도록 하는 것이다. 빅 아이디어의 특징을 살펴보면 첫 번째로, 빅 아이디어는 수학 학습에서 핵심적인 아이디어에 대하여 명제형태로 서술되어야 한다는 점이다. 예를 들어, 수학을 배우는데 중심이 되는 아이디어 중 하나인 ‘동치(equivalence)’에 대하여 생각해 볼 수 있는데 ‘동치’는 빅 아이디어를 위한 하나의 용어이지 그 자체가 빅 아이디어는 아니다. 왜냐하면 ‘동치’라는 용어에 대하여 서술하는 것은 ‘동치’에 대한 핵심적인 수학적 의미(essential mathematical meaning)를 파악하여 명시하도록 하기 때문이다. 둘째, 빅 아이디어는 수학 학습에 대한 중심아이디어(central idea)를 내포해야 한다. 예를 들어, 수, 등식, 명수법 등과 같은 많은 수학적 개념과 등식의 성질과 역연산을 이용하여 일차방정식을 푸는 수학적 과정에서 수, 식, 그리고 방정식이 그 값이나 해에 변화 없이 다양한 방식으로 표현될 수 있다는 수학적 사실 즉, ‘동치’라는 중심아이디어에 대하여 아는 것은 수학적 이해의 근간이 된다. 또한 수학적 표현에서의 다양성에 대하여

아는 것 즉, ‘동치’와 같은 중심아이디어를 아는 것은 강력한 문제해결 도구를 갖게 되는 것이기 때문에 빅 아이디어는 수학학습에서의 중심아이디어를 내포하고 있어야 한다. 마지막으로, 빅 아이디어는 다양한 수학적 이해들을 하나의 일관성 있는 전체로 연결해주어야 한다. 예를 들어, 저학년 학생들에게 $5+6$ 을 계산할 때 $5+5$ 를 한 다음 1을 더하게 하거나 6×7 의 계산에서 5×7 을 한 다음 7을 한 번 더 더하게 하는 연산 전략은 ‘동치’라는 수학적 중심 아이디어를 통해 여러 학년에 걸쳐 연결될 수 있다. 좋은 교수란 이와 같은 수학 내적 연결성을 명확하게 제시하는 것이라고 할 수 있으며, 빅 아이디어는 다양한 수학적 이해들을 연결해주는 역할을 담당해야 한다(Charles, 2005).

빅 아이디어가 중요한 이유는 수학 학습에서 중심이 되는 아이디어를 학습함으로써 관련된 여러 수학적 개념을 연결해 주기 때문에 학생들이 세부적인 내용을 잊어버린 후에도 그 중심개념을 기억할 있도록 한다는 것이다. 또한 여러 수학적 개념들을 잘 연결하는 것은 깊이 있는 수학적 이해를 결정하는 중요한 요소이다. 이해의 정도는 연결성의 강도와 수에 의해서 결정된다. 따라서 빅 아이디어 중심의 수학 학습은 수학을 연결되지 않은 단편적 지식으로 학습하는 것을 방지하고 빅 아이디어 중심으로 다양한 아이디어들의 연결성을 파악하면서 수학에 대해 깊이 있는 이해를 발전시킬 수 있도록 한다(Hiebert & Carpenter, 1992).

이와 같은 관점에서 Charles(2005)는 초등학교, 중학교 수학교과에서의 빅 아이디어를 제시하기 위해 수, 십진기수법, 동치, 비교, 연산의 의미와 관계, 성질, 기초 구구와 알고리즘, 어림, 규칙성, 변수, 관계와 함수, 방정식과 부등식, 평면도형과 입체도형, 방향과 위치, 변환, 측정, 자료수집, 자료의 표현, 자료의 분산, 확률을 중심 아이디어

로 선정하였다. 예를 들면, ‘어떠한 수, 측정, 숫자표현, 대수식, 방정식은 동일한 의미나 값을 다양한 방법으로 표현할 수 있다.’라는 설명을 명시적으로 제시하며 ‘동치’를 빅 아이디어 중 하나로 제시하고 있다. 그가 제시한 21개의 빅 아이디어는 초등학교, 중학교 수학에서 활용할 수 있는 중심아이디어를 구체적인 수준에서 명시적으로 제시하고 있다는 장점이 있다. 그러나 몇몇의 아이디어들은 함께 통합함으로써 좀 더 핵심적인 수학적 개념으로 다룰 수 있을 것이다. 또한 제시된 빅 아이디어들은 초등학교, 중학교에 국한되어 있으므로 초·중·고등학교 그리고 더 나아가 성인의 수학교육을 포괄할 수 있는 빅 아이디어를 제시할 필요가 있다.

비판적 수학교육의 교수-학습 내용 구성에서 빅 아이디어의 또 다른 중요성은 교수-학습 과정에서 등장하는 다양한 수학적 아이디어를 수용할 수 있는 유연성을 가진다는 것에서 찾아볼 수 있다. 비판적 수학교육은 지식 생산의 주체로서 학습자의 권한을 존중한다는 점을 고려할 때 비판적 수학교육의 교수-학습 맥락에서는 필연적으로 과정과 결과의 다양성이 등장하게 될 것이다. 따라서 비판적 수학교육에서는 다양성을 보다 효과적으로 수용할 수 있는 유연한 내용 체계의 운영이 가능해야 한다. 이러한 관점에서 교과 내적·외적 연결성과 함께 다양성에 대한 수용도를 높이기 위하여 빅 아이디어 중심의 내용 구성을 고려할 수 있다. 이와 같은 교수-학습 내용 구성에서 다양성에 대한 고려는 비판적 수학교육이 다양한 집단의 수학을 평등하게 수용할 수 있는 체계로 구성하는 것으로 확장할 수 있다. 지금의 학교수학은 유럽의 학문중심 수학을 기반으로 교육과정을 구성하고 있는데 다양한 인종, 민족, 성, 역사적 시기 등의 민속수학에 등장하는 다양한 수학적 핵심개념들을 포괄적으로 범주화할 수 있는 빅 아이디어를 제안함으로

써 비판적 수학교육의 목표에 보다 적합한 교수-학습 내용을 제안할 수 있다.

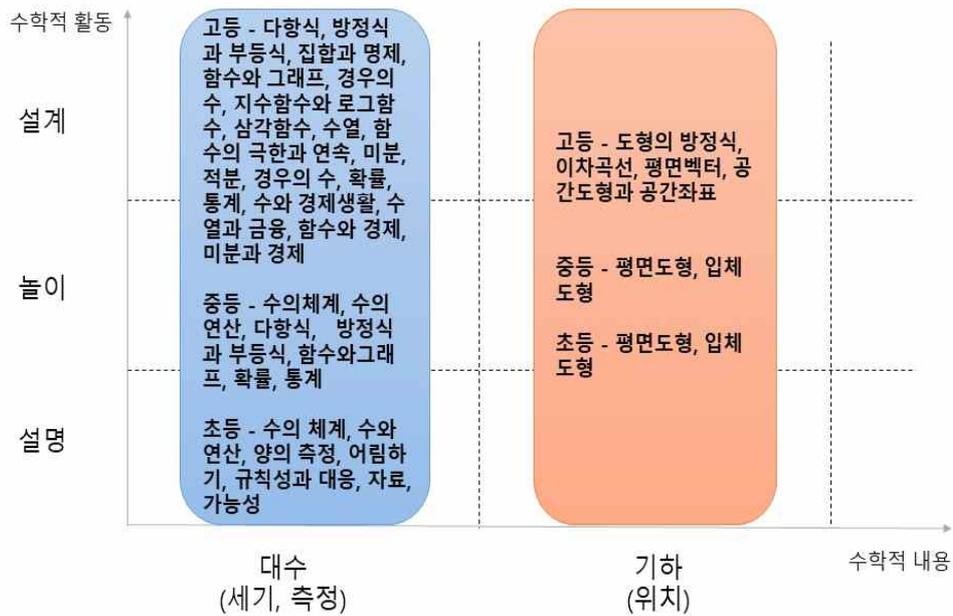
이를 위해 본 연구에서는 다양한 민속수학을 망라할 수 있는 빅 아이디어 체계를 개발하기 위하여 Bishop이 제시한 ‘보편적 수학내용 및 활동 영역’을 근거로 하였다. Bishop(1988)에 따르면 수학은 다양한 활동들의 결과로써 발달해온 문화적 산물로 이해되어야 한다고 주장하며, 모든 민속수학에서 ‘세기(counting)’, ‘측정(measuring)’, ‘위치(locating)’, ‘설계(designing)’, ‘놀이(playing)’, ‘설명(explaining)’ 등 6가지의 기본적인 수학적 활동이 공통적으로 발견되는데 이는 수학적 지식의 발달을 위한 필수적이면서도 충분한 요건이라고 주장하였다.

‘세기’, ‘측정’, ‘위치’는 수학의 내용영역에 해당하는 것인데 구체적으로, ‘세기’는 어떤 이산적인 상황에 대하여 순서를 매기거나 비교하는 체계적인 방법을 의미한다. 구체적으로, 수를 계산하거나 이를 기록할 때 매듭이나 구체물 혹은 특정한 수나 이름을 사용하는 것 등을 의미한다. ‘세기’와 관련된 수학적 개념들은 수, 수패턴, 수 관계, 수체계 발달, 대수적 표현, 무한히 큰 양, 무한히 작은 양, 사건, 확률, 빈도, 수치계산법, 반복, 조합, 극한 등이다. ‘측정’은 비교하고 순서를 매기는 경우, 특정 구체물이나 토큰을 측정을 위한 기본단위로 사용하여 어떤 양을 수량화하는 것을 의미한다. 이와 관련된 수학적 개념들로는 비교, 순서, 길이, 면적, 부피, 시간, 온도, 무게, 관례적 혹은 표준적 미터법으로써의 단위의 개발, 측정도구, 추측, 어림, 오류 등이다. ‘위치’는 공간적 환경을 탐색하고 모델, 도표, 그림, 언어 혹은 다른 다양한 방법을 활용하여 공간적 환경을 개념화, 상징화하는 것을 의미한다. 이와 관련된 수학적 개념들로는 위치, 방향, 평면좌표, 극좌표, 공간좌표 등의 좌표의 발달, 위도와 경도, 방위, 각, 선분, 위치의 변화, 원, 타원, 다면

체 등의 중심, 방향의 변화, 회전, 대칭 등이 해당한다(Bishop, 1988).

또한 ‘설계’, ‘놀이’, ‘설명’은 수학적 활동 영역에 해당하는 것으로 분류될 수 있는데, ‘설계’는 어떤 물체 혹은 공간적 환경의 한 부분을 위해 모양을 만들고 설계하는 것을 의미한다. 이것은 하나의 ‘지적 틀(mental template)’으로써 어떤 물체를 만들거나 관습적인 방식으로 상징화하는 것과 관련된다. 이와 관련한 수학적 활동들은 평면 혹은 입체 도형과 같은 물체의 특징을 찾거나 도형의 닮음, 합동, 내적·외적 비율 등을 활용하여 수학적 활동을 하는 것 등이 해당한다. ‘놀이’는 다소간 형식화된 규칙이 있는 게임을 만들고 참여하는 것을 의미한다. 이와 관련한 수학적 활동은 퍼즐을 만들거나 해결하기, 역설, 모델구성, 게임만들기 및 분석하기, 규칙, 절차, 전략, 예측, 추측, 가설적 추론 등의 활동이 해당한다. 마지막으로 ‘설명’은 종교적, 물활론적, 과학적 현상들의 존재에 대하여 설명하는 방법을 찾는 것을 의미한다. 이와 관련한 수학적 활동으로는 분류, 수학적 관습, 일반화, 논쟁, 논리적 연관성, 증명, 방정식·식·알고리즘·함수 등과 같은 상징적인 수학적 표현, 도표·그래프·그림·행렬 등과 같은 시각적 표현, 공준·정리·분석·일관성 등과 같은 수학적 구조, 가정·유추·일반화·예측과 같은 수학적 모델 등의 활동이 해당된다(Bishop, 1988).

앞서 Powell(2012)이 설명한 바와 같이 수학자의 관점에서 비판적 수학교육은 유럽중심 수학적 지식 모델에 국한되지 않고 다양한 사회적, 경제적, 정치적, 문화적 맥락 안에서 지식으로 작용해온 여러 집단의 수학적 유산들을 포용함으로써 기존의 유럽중심 수학적 지식 모델의 편협함과 왜곡을 개혁할 수 있는 방안이 될 수 있다고 주장하였다. 이와 같은 관점에서, Bishop(1988)이 제안한 6가지의 ‘보편적 수학내용 및



[그림 III-1] 비판적 수학교육에서 교수-학습 내용요소 구성을 위한 빅 아이디어 구성틀

활동 영역'은 인종, 민족, 국가, 시대, 성별 등 어떠한 집단의 민속수학에서도 공통적으로 발견되는 것으로, 비판적 수학교육에서 내용체계 구성을 위한 빅 아이디어는 이를 기반으로 구성될 수 있다. 특별히 본 연구에서는 수학적 내용 영역에서 '세기'와 '측정'을 크게 '수'로, '위치'를 '기하'로 설정하고, 수학적 활동 영역은 '설계', '놀이', '설명'으로 하여 이들의 조합을 통해 비판적 수학교육에서 교수-학습의 내용요소 구성을 위한 빅 아이디어 구성틀을 [그림 III-1]과 같이 제안하고자 한다.

예를 들어, 수학적 내용영역에서 고등학교의 경우의 수, 수학적 활동영역에서 놀이를 선택한다면, 이때 빅 아이디어는 '경우의 수. 다양한 상황에서 나열하거나 선택하는 경우의 수를 알아보기 위한 놀이를 고안하고 놀이를 통해 그 관계를 수식으로 표현하거나 일반화 할 수 있다.'가 될 수 있을 것이다. 또 다른 예로, 수학적 내용영역에서 중학교의 평면도형, 수학적 활

동영역에서 설계를 선택한다면, 빅 아이디어는 '평면도형. 평면도형이 갖는 특징에 따라 그려지고, 분류되고, 분석될 수 있다.'가 될 수 있을 것이다. 이와 같이 위의 도표를 활용하여 수학적 내용영역과 활동영역의 조합으로 초·중·고등학교에서 다루어지는 핵심내용에 대한 빅 아이디어는 비판적 수학교육을 위한 교수-학습 내용 구성에 활용가능하다.

3. 비판적 수학교육의 교수-학습 방법

본 절에서는 비판적 수학교육은 어떠한 방법으로 이루어져야 하는지 탐색할 것이다. 앞에서 고찰한 바와 같이 비판적 수학교육의 이론 및 사례들은 첫째, 불평등과 관련된 상황과 경험 가운데 학습자 스스로 비판적 분석과 성찰을 필요로 하는 맥락을 선택하여 이를 학습의 출발점으로 삼는다는 특징을 가지고 있다. 이와 같은 상황과 경험은 학생의 일상생활, 사회 제도, 수학

지식 체계, 수학학습 과정 등과 같이 다양한 층위에서 불평등과 관련된 상황일 수 있으며 이들 모두가 비판적 수학 교수-학습 방법으로 활용될 수 있다.

둘째, 학습자 주변의 다양한 불평등, 억압, 모순 등에 대한 비판적인 분석을 통해 문제점을 인식하는 것이 비판적 수학교육의 출발점이라면 이것의 실천을 위해서는 문제기반교육을 중심으로 이를 실천할 수 있다. 사회의 제도나 문화, 지식, 생활방식 등에서 암묵적으로 가정하고 있는 논리적, 사회적, 정치적 가정에 대해 교사가 아닌 학생이 스스로 의문을 제기하며 사회정치적 중요성을 갖는 문제를 스스로 탐색하며 비판적 수학교육을 실천할 수 있다. 문제기반 교육에서 불평등과 관련한 맥락은 비판적 수학교육의 실천에서 단순히 소재로 활용되는 것으로 부터 좀 더 근원적으로 불평등한 사회적 상황을 개선하고 개혁하는 것으로 확장될 수 있으며 이는 교수-학습의 목표가 되고 수학은 목표를 달성하기 위한 유용한 수단으로 기능할 수 있다.

셋째, 이와 같은 사회적 문제들은 단순히 수학 교수-학습을 위한 소재로 활용하는 것이 아니라 학생들의 수학학습과 문제해결, 즉 자신이 처한 문제상황으로 부터의 해방을 위해 학습자의 능동적인 참여가 요구되는 프로젝트 활동을 통해 이루어질 수 있다. 프로젝트 활동은 학생이 스스로 학습 내용과 방법을 선택하고 자발적 탐구에 기초한 문제해결 과정을 통해 자신에게 의미 있는 수학적 지식을 생산하거나 현실세계의 문제에 대한 합당한 해결 방안을 탐색하도록 한다.

넷째, 비판적 수학교육은 학생 주변의 일상생활, 사회 제도, 수학 지식 체계, 수학학습과정 등에서 발생하는 불평등, 모순, 억압의 문제는 자연스럽게 교과 통합적, 융합적인 특징을 갖는다. 따라서 비판적 수학교육은 교과 간 구분을 넘어 교과 간 통합을 통해 학습자가 교과 융합적인

맥락에서 실세계를 비판적인 관점으로 조망하여 문제점을 발견하고 이를 해결해나가는 특징을 갖게 된다.

다섯째, 비판적 수학교육은 공동체적 접근을 통해 이루어진다. 공동체적 접근은 학습자가 속한 공동체, 사회, 더 나아가 전지구적으로 발생하는 다양한 사회적 문제들을 해결하기 위해 여러 집단과 협력하여 학습을 진행해 나가는 방식이다. 집단 협력학습은 교실 내에서 소집단을 구성하여 진행할 수도 있으나 교실의 한계를 뛰어넘어 다른 학교, 산업현장, 여러 지역 공동체, 다른 국가 등에서 활동하고 있는 다양한 사람들과 집단 협력학습을 할 수 있다. 특히 최근과 같은 웹기반의 사회에서는 물리적 거리의 한계를 초월하여 여러 집단과의 협력학습을 진행하는 것이 용이하다. 예를 들어, 지구온난화 문제에 대한 학습을 생각해 볼 수 있을 것이다. 학습자는 웹을 기반으로 다양한 국가, 도시에 살고 있는 학습자들과 자신이 살고 있는 지역의 문제들 즉, 지구온난화의 결과로 초래되고 있는 문제들에 대하여 공유하면서 문제의 심각성을 깨달을 수 있을 것이다. 또한 각 학습자가 속한 지역에서는 이러한 문제들을 해결하기 위해 어떠한 노력을 하고 있는지 정보를 공유할 수 있다. 즉 학습자가 속한 로컬리티를 반영한 탐구의 결과들을 여러 국가, 도시의 학습자들과 공유하며 이전에 생각하지 못한 새로운 지식을 역동적으로 구성하게 된다. 이렇게 구성된 집단지성은 전 지구적인 문제들을 해결하기 위한 아래로부터의 자발적이며 실제적인 노력의 일환이 될 수 있다.

지금까지 비판적 수학교육 실천을 위한 교수-학습 방법의 다섯가지 특징을 살펴보았다. 이와 같은 특징을 기반으로 구체적인 교수-학습 방법을 유형화하면 ‘비판적 사회개혁 유형’, ‘비판적 탐구유형’, ‘비판적 지식생산자 유형’으로 분류될 수 있다.

가. 비판적 사회개혁 유형

Gutstein(2006)은 ‘실세계에서 무엇이 사람들을 기능하도록 하는가?’라는 질문과 관련하여 수학의 실용적인 도구적 역할에 주목하며 비판적 수학교육을 개념을 설명하였다. 그는 우리 사회에 존재하는 다양한 불평등, 모순, 부조리, 비리 등에 대하여 이해하고 질문하며 분석하기 위한 도구로서 수학이 중요한 기능을 한다고 설명하며 이때 수학은 우리가 속한 환경을 증재하고 개입하는 강력한 힘을 지니고 있다고 주장하였다. 따라서 만약 학교에서 학생들이 좀 더 정의로운 사회를 위한 세계 민주 시민으로서 역할을 할 수 있도록 준비시키고자 한다면 우리 주변에 실제 일어나고 있는 다양한 사회적 문제들에 대하여 고민하고 비판적으로 분석하며 해결방안을 생각해 볼 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다. 본 연구에서는 이와 같이 다양한 사회적 문제들에 대하여 수학적으로 이해하고 해석하며 해결방안을 마련하고자 하는 교육을 비판적 수학교육의 ‘비판적 사회개혁 유형’이라고 분류하였다.

‘비판적 사회개혁 유형’은 어떤 수학적 주제에 대하여도 사회적 문제를 연결함으로써 비판적 수학교육의 교수·학습 내용을 구성할 수 있기 때문에 교육 실천에서 가장 넓게 수용될 수 있다. 이 유형은 사회적 문제를 수학교과 안에서 다루는 것이 용이한 ‘통계’나 ‘연산’ 단원에 국한되지 않고 모든 수학 학습 단원에서 사회적 문제를 연결하여 제시할 수 있다는 점에서 교육현장에서 접근성이 높다는 특징을 가지고 있다. 사회개혁 유형에서는 특정 수학 내용에 대한 인지적 학습과 사회적 문제에 대한 비판적 역량 함양 둘 모두가 교육의 목표로 설정될 수 있다. 그러나 교사나 교육과정 개발자의 교육목표와 의도에 따라 ‘수학 내용에 대한 학습’과 ‘사회 비판적 역량’ 사이의 우선순위나 비중을 다르게

하여 실천할 수 있다.

우리나라 수학과 교육과정은 구성주의적 접근의 영향으로 다양한 실생활 맥락을 활용하여 수학적 개념, 원리, 문제 등을 제시하고 있다. 그러나 다양한 실생활 맥락이 학생들이 처한 현실과 차이가 있는 가공적인 현실인 경우가 있어 문제점으로 지적되기도 하고, 주류 집단의 경험과 가치를 대변하는 맥락이나 사회 비판적인 관점이 배제된 가치중립적인 맥락이 제시되는 경우가 많다(권오남, 박정숙, 오국환, 2013). 그러나 수학교과에서 실생활 맥락을 다룰 때, 이 세상을 ‘불평등’, ‘부조리’ 등의 관점으로 조망한다면 다양한 가치중립적 소재들이 사회비판적 맥락으로 변화할 수 있다. 즉, 많은 수학교사들이 우리의 실생활, 예를 들면 건물 바닥에 타일 붙인다거나 운전하기, 지도를 따라 이동하기, 바구니 만들기, 집 설계하기, 카드게임하기, 환전하기, 음식 준비하기 등에서 수학을 발견한다. 그러나 사회적 정의를 위해 교육을 하는 수학교사들은 비판적인 관점으로 우리의 실생활을 바라봄으로써 수많은 불평등, 모순, 부조리 등을 인식하게 된다. 구체적으로, 인종차별, 인종을 기반으로 용의자를 추적하는 수사기법인 인종 프로파일링, 에이즈 문제, 이민법, 지도투영법, 국외추방, 성차별, 불법선거, 학자금 대출, 전쟁비용, 재해, 학군, 불평등한 담보대출, 감세, 노동력 착취, 실업, 자유무역정책 등과 같은 다양한 사회정치적 문제들에서 불평등, 모순, 부조리와 수학을 동시에 바라보게 된다(Gutstein, 2012).

비판적 수학교육의 실천을 위해 다양한 사회비판적 소재들을 선택할 때 학생들의 관심과 필요를 기반으로 하는 것은 중요하다. 왜냐하면 학생들의 관심이나 요구를 기반으로 구성된 교수·학습은 학생들의 자발적이고 적극적인 참여가 이루어지고 학습자가 당면하고 있는 문제들을 해결하고 개선하도록 한다. 반면 학생들의 관심

이나 요구를 기반으로 하지 않은 사회적 문제들은 때로 이상적인 구호에 머무를 수 있다는 문제가 있다(권오남, 박정숙, 오국환, 2013). 그러나 빈곤, 질병, 환경오염, 인권, 평등, 정의 등과 같이 학습자와 직접적이 관련이 없는 문제라 할지라도 전지구적 문제들에 대하여 학습과제로 삼는 것 또한 중요한 의미를 지닌다. 왜냐하면 우리의 삶의 범위를 전지구적인 관점으로 확장한다면, 현재 직접적으로 관련이 없어 보이는 문제라 할지라도 학습자가 미처 직접적으로 경험해보지 못한 많은 사회적 문제들이 우리 세상에 존재한다는 것을 깨닫고 이러한 현상을 심층적으로 탐구하며 세계사회 구성원의 삶이 서로 복잡하게 얽혀있음을 이해하며 미래 시민으로서 이와 같은 문제를 해결하기 위한 협력의 필요성을 인식하는 것은 중요하기 때문이다. 따라서 교사는 학생의 관심이나 필요, 문제상황 등을 기반으로 하는 이슈들뿐만 아니라 전지구적으로 존

재하는 여러 문제들 또한 적절하게 제시함으로써 세계시민으로서 지녀야 하는 비판적 역량을 갖출 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다. 또한 학습과정에서 도출된 결과물이 사회, 세계의 발전에 즉각적, 직접적인 기여를 할 수 없다 하더라도 세계시민으로서의 비판적 역량을 함양하게 될 수 있다는 측면에서 유의미하다고 할 수 있다.

지금까지 고찰한 내용을 종합하여 ‘비판적 사회개혁 유형’에서 다룰 수 있는 주제들에 대한 예를 살펴보면 <표 III-2>과 같다(미래창조과학부, 2015; Gutstein, 2006; Osler, 2007).

비판적 수학교육에서 다양한 사회적 문제들을 함께 제시하는 것은 수학적 힘과 사회비판적 역량을 함께 함양할 수 있다는 강점이 있으나 수학과 관련이 없는 다양한 요소들로 인하여 수학교수-학습의 효율성이 떨어지게 된다는 비판을 받을 수 있다. 그러나 교육과정 개발자들이 수학과 관련이 없는 다양한 요소들을 제거하여 제시

<표 III-2> 비판적 사회개혁 유형에서 다룰 수 있는 주제의 예시

분야	주 제
정치	부정, 부패, 비리, 불합리한 정치제도, 정경유착, 불법선거, 식량안보, 안보 · 통일문제
경제	고령화 사회, 불평등, 다문화, 가족개념 변화, 젠더이슈
사회	빈곤, 임금제, 도시개발, 신용카드, 채무, 금융상품, 대출, 보험, 세금, 재벌개혁, 무역, 학자금 대출, 대학 등록금, 실업, 취업, 주식, 환율, 저성장과 성장전략 전환, 디지털 경제, 고용불안, 제조업의 혁명, 산업구조의 양극화
범세계	자유, 평등, 평화, 인종차별, 난민
복지	건강보험, 저소득층 지원, 소외계층 지원
교육	집단 간 학력차, 성취도 평가, 표준화 시험, 대입시험, 사교육, 학교 기반시설, 급식, 학생복지, 평생교육, 학군, 문맹률
보건	비만, 영양실조, AIDS, 전염병, 의료시스템, 건강검진, 출생률, 사망률, 난치병
군사	전쟁, 국방비, 징병, 무기, 총기소지
법	인권, 사형제도, 범죄, 노동력 착취
환경	환경오염, 환경보존, 신생 에너지, 예코산업, 쓰레기, 재활용, 자원개발 및 이용, 재해, 물부족, 황사, 재난위험, 에너지 및 자원고갈, 기후변화 및 자연재해, 국가 간 환경영향 증대, 원자력 안전문제, 생물다양성의 위기, 식품안전성
테크놀로지	테크놀로지의 보급, 테크놀로지 교육, 사이버 범죄

하는 것은 학생들로 하여금 수학은 실제적이지 않으며 수학이 우리 사회에 어떠한 영향력을 발휘할 수 있는지 이해하는데 오히려 방해가 된다. 실제 우리의 삶은 여러 가지 불필요한 요소들이 복합적으로 얽혀 있다. 그런데 교육과정에서 이러한 요소들을 제거한 채 정제된 교육내용만을 제시하는 것은 학생들이 복잡한 의사결정 과정을 경험할 수 있는 기회를 빼앗는 것이 된다. 즉, 사회의 다양한 문제들에 대하여 수학적 힘과 사회비판적 역량을 발휘할 수 있는 민주시민을 양성하고자 한다면, 실세계의 복잡성을 분석하며 관련된 다양한 요소들을 선별하며 문제를 해결하고 의사결정을 내리는 과정으로 학생들을 안내해야 할 것이다(Bohl, 1998).

나. 비판적 탐구 유형

학교는 전통적으로 유럽중심의 이데올로기에 따라 그 역할과 기능을 담당해 왔다. 이것은 유럽이 아닌 다른 집단의 관점 즉, 역사에서 승리하지 못한 사람들의 관점을 배제해왔다는 것을 의미하며 따라서 학교 교육은 지배계급의 이데올로기를 공고히 하고 재생산하기 위한 장소가 되어왔다(Zimm, 1995). 그러나 앞서 이론적 고찰을 통해 논의한 바와 같이 비판이론을 주장하는 사람들은 지배계급의 헤게모니를 비판하고 이를 해체하기 위해서는 철저한 비판의식이 요구되며 이와 같은 비판의식은 학교에서의 교육을 통해 이루어질 수 있다고 하였다. 즉, 학교는 지배계급의 이데올로기를 재생산하는 기능을 담당할 수도 있지만 동시에 지배계급의 헤게모니에 저항할 수 있는 비판적 역량을 함양할 수 있는 공간이 될 수도 있는 이중적인 의미를 지니고 있다(권오남, 박정숙, 오국환, 2013).

수학적 지식은 절대 보편적인 특징을 가지고 있을 뿐만 아니라 여러 문화, 인종, 시대에 따라

다양한 방식으로 구성되어 왔고 각 집단의 고유성이 녹아 있는 상대적, 문화적인 지식이기도 하다. 다양한 인종, 민족, 시대 등에 따라 수학적 지식은 다양성과 문화성을 내포하는 문화적인 지식이라고도 할 수 있을 것이다. 그러나 학교수학에서는 유럽의 학문중심 수학을 바탕으로 그 내용을 발달시켜 왔고 따라서 구체성보다는 추상성, 비형식보다는 형식성, 주관성보다는 객관성, 직관보다는 이성, 특이정보보다는 일반성, 실재보다는 이론, 신체적 활동보다는 지적인 활동을 가치 있는 것으로 여기도록 요구해 왔다. 왜냐하면 유럽의 남성 수학자들과 같이 막강한 권력을 지닌 집단은 그들의 헤게모니를 유지, 발전시키기 위해 그들에게 유리한 방식으로 지식을 기록하도록 영향력을 행사하기 때문이다. 따라서 권력이 없는 집단의 사람들이 무비판적으로 그러한 지식의 기록을 인정하고 수용할 때 그들은 자신들도 모르는 사이에 억압을 받게 되는 것이다(Apple, 1995; D'Ambrosio, 1997; Ernest, 2010; Zaslavsky, 1996).

그동안 학교가 지배계급의 이데올로기를 재생산하는 기능을 담당해 왔다면 이제 그러한 억압에서 벗어나 지배계급의 헤게모니에 저항할 수 있는 비판적 역량을 함양하는 것에 주목하고자 한다. 이와 같이 기존의 유럽의 학문중심 교육과정에 존재하는 유럽 수학에 대한 헤게모니를 인식하고 이를 해체하기 위해 다양한 관점의 민속수학에 대하여 공정한 관점에서 탐구하는 비판적 수학교육을 ‘비판적 탐구 유형’으로 분류하였다.

비판적 탐구 유형에서 다룰 수 있는 내용은 첫째, 수학을 비판적으로 탐구하는 것이다. 우리나라 수학과 교육과정에서는 수학을 활발하게 사용하고 있는 것으로 조사되고 있으나 주로 유럽지역 남성들이 이루어 온 수학을 제시하고 있다(정수용, 주미경, 송륜진, 2014). 그러나 역사적으로 중요한 수학사적 성과를 이루기 위

해 다양한 집단의 사람들이 노력해온 공헌과 성과들에 대하여 탐구하는 것은 유럽중심의 체계 모니를 해체하는 것을 통해 수학적 지식에 대한 균형 잡힌 이해를 할 수 있으며, 그 동안 유럽의 학문중심 교육과정에서 제외되어 온 다양한 집단의 성과를 이해하고 인정하는 과정이 될 수 있을 것이다. 두 번째로, 다양한 인종, 민족, 직업 등의 집단에서 이루어 온 민속수학을 탐구하는 것이다. 다양한 집단은 그들 고유의 수학을 발전시켜 왔지만 이것은 학문수학과 다르다는 이유로 소외되어 왔다. 그러나 여러 집단의 경험, 지식이 종합되어 있는 다양한 민속수학을 탐구하는 과정은 수학적 지식의 다양성을 경험함으로써 수학적 소양을 풍부하게 할 수 있다 (D'Ambrosio, 1997; Ju, Moon, & Song, 2016).

앞서 ‘비판적 사회개혁 유형’에서 논의한 바와 마찬가지로 ‘비판적 탐구 유형’ 또한 수학을 비판적으로 탐구하고 다양한 민속수학에 대하여 학습하는 과정은 수학 교수-학습의 효율성이 떨어질 수 있다는 측면에서 비판을 받을 수 있다. 그러나 수학을 학습한다는 것의 의미에 대하여 재음미 한다면 학습의 ‘효율성’ 이외의 다른 교육적 의미를 발견할 수 있을 것이다. 즉, 수학 학습이란 학습자가 이 세상을 ‘수학적 힘’을 가지고 살아가기 위해 다양한 관점으로 탐구하고 이해하는 것이라는 측면에서 고찰해 보자면, 다양한 관점을 지닌 수학을 탐구하는 것의 교육적 함의를 발견할 수 있을 것이다.

다. 비판적 지식생산자 유형

앞서 논의한바와 같이 학교수학은 오랜 기간 절대주의적 철학을 기반으로, 유럽의 수학을 중심으로 발달해 왔다. 절대주의적 철학에서 수학은 고정되고 가치중립적이며 오류가 없는 지식으로 간주된다. 왜냐하면 수학적 지식은 참된 가

정으로부터 출발하여 논리적인 연역의 과정을 거쳐 전개되었으므로 그 결과 또한 오류가 없는 참된 진실이기 때문이다. 이와 같은 관점에서 수학적 지식은 진실의 집합체이며 문화, 경험, 인종, 시대를 뛰어 넘어 언제, 어디서나 보편적으로 공유할 수 있는 것으로 여겨진다(Restivo, 1993; Romberg, 1992).

이와 같은 절대주의적 관점은 점차 수학적 지식이 추상화, 탈맥락화 되게 하였고 수학적 지식과 수학적 주체로서 인간을 유리함으로써 인간이 생산한 지식이 거꾸로 인간을 지배하는 인간 소외의 현상을 초래하였다. 예를 들어, 수학 교실에서 학습자는 인간의 산물로서 수학을 습득하지만 실제로 그 지식이 자신과 인류의 삶과 미래에 어떠한 영향을 미치는지, 어떠한 힘을 가지고 있는지 알지 못한 채 유리된 지식으로 학습하고 그러한 지식에 의해 평가받는다. 따라서 수학적 지식이 완성된 형태의 절대 보편적 지식이라는 관점을 취할 때, 수학 교수-학습의 방향은 ‘어떻게 완성된 형태의 수학적 지식을 효과적으로 전달할 것인가?’에 초점을 맞추게 된다. 즉, 학생들은 기존의 수학적 지식을 습득하고 축적하는 것이 학습의 목표가 되는 것이다. 이와 같이 지식을 완성되고 고정된 형태라고 생각하는 관점은 인간의 정신세계가 기존의 고정된 지식 안에 갇히도록 하는 문제점을 갖는다. 즉, 대다수 사람들 중 몇몇 승리한 사람들만이 수학을 해결함으로써 얻게 되는 전리품 즉, 수학적 성과 안에 머물도록 하여 더 이상 수학적 발전이 불가능하도록 한다(Dewey, 2007; Ernest, 2010; Restivo, 1993; Romberg, 1992).

절대주의적 관점에 대한 비판을 바탕으로, 완성되고 고정된 형태의 수학적 지식을 무비판적으로 습득하는 것이 아니라 기존의 수학적 지식을 비판적으로 분석함으로써 새로운 지식을 생산해 내는 것을 비판적 수학교육의 ‘비판적 지

식생산자 유형'으로 분류할 수 있다. 예를 들어, 교사가 지식을 고정되고 완성된 보편적 지식으로 생각한다면 교사는 지식을 일방적으로 전달하고자 할 것이고, 학생은 그 지식을 무비판적으로 수용하여 적당하고자 하는 '은행 저축식 교육'이 이루어지게 될 것이다. 그러나 교사와 학생이 지식의 '전달자'와 '수용자'로 이분화 되는 것에서 벗어나 '공동의 탐구자'가 되어 지식에 대한 지속적인 성찰과 대화를 통한 '문제제기식 교육'으로 변화한다면 지식을 생산해내는 생산자로서의 기능을 할 수 있게 될 것이다(Freire, 1970).

이와 같은 교육과정은 Freire(1973)가 설명한 '생성적 교육과정'으로 설명될 수 있는데, '생성적 교육과정'이란 교사와 학습자가 함께 만들어 가는 진화적인 교육과정으로 학습자가 대면하는 사회적 억압 및 부조리를 의식하고 이를 극복해 나가기 위한 힘을 기르는 교육을 의미한다. 이러한 수학교육은 학생중심으로 교육과정이 운영되므로 학습자의 자율권을 존중하게 되고 자연스럽게 실생활 맥락을 단순히 '활용'하는 교육이 아닌 실생활 수학을 비판적으로 '실천'하는 교육을 지향하게 된다. Romberg(1992)가 수학을 안다는 것은 주어진 내용을 알아가는 것을 줄여가고 수학적 과정에 대하여 이해하고 반성하는 것을 늘려하는 것이라고 주장한 것은 '비판적 지식생산자 유형'을 이해하는 데 도움이 된다. 수학적 지식에 대한 비판적인 성찰을 통해 지식을 알아가는 과정에 교사 뿐 아니라 학생도 적극적으로 참여할 때 수학적 지식이 대상화됨으로써 겪게 되는 인간소외의 현상을 해소할 수 있으며 나아가 학습자는 '수학적 힘'을 가진 주체로 성장해 갈 수 있을 것이다.

'비판적 지식생산자 유형'에서 다룰 수 있는 내용은 모든 수학적 주제에서 활용이 가능하다. 즉, 기존의 공식이나 문제풀이 위주의 교육과정

이나 수업을 비판적으로 탐구하고 반성적으로 학습하는 과정으로 변화시키면, 학생들의 다양한 수학적 관점이 드러나게 되면서 학생들은 '지식 수용자'에서 '지식 생산자'로 성장하게 된다. 모든 수학적 주제에 대하여 '비판적 지식생산자 유형'으로 구성할 때에는 앞서 논의한 Skovsmose (2011)의 6가지 수학 교수-학습 유형 중 수학탐구 환경인 유형(2)-순수수학의 맥락에서 수학을 탐구하는 것, 유형(4)-반실제 맥락에서 수학을 탐구하는 것, 유형(6)-실제 맥락에서 수학을 탐구하는 것을 고려할 수 있을 것이다. 예를 들어, 순수수학의 맥락에서 수학을 탐구하는 유형(2)에는 'Moore의 방법'이 해당할 수 있을 것이다. Moore의 방법은 수동적으로 수학적 지식을 학습하는 것에서 벗어나 수학을 '하는'경험을 하도록 안내하였다. 예를 들어 학생들에게 수학적 정리를 스스로 증명하도록 하면 깊이 있는 이해가 가능하고 더불어 수학적 능력과 흥미가 강화되었다. 또한 스스로 발견하는 연구의 과정을 통해 창의적으로 수학적 지식을 생산해내는 결과를 확인할 수 있었다. 이와 같이 '비판적인 지식생산자 유형'에서는 기존의 방식을 무비판적으로 따르는 것이 아니라 수학적 과정과 그리고 더 나아가 제시된 다양한 사회적 문제들에 대하여 비판적으로 탐구하는 과정을 통해 지식을 만들어가는 힘을 키워나갈 수 있도록 한다(우정호, 2010).

지식정보화에 따라 지식은 기하급수적으로 증가하고 있으며 인공지능과 같은 과학기술의 발달로 기존의 지식을 저장하는 것은 컴퓨터와 같은 도구가 담당할 수 있게 되었다. 또한 세계화와 다원화에 따라 다양한 관점과 이해관계가 교차하며 복잡한 갈등 관계가 형성되고 있다. 이러한 상황에서 백과사전적인 지식의 단순 암기보다는 직면한 문제 해결에 적합한 지식을 검색하고 선별하여 창의적으로 문제 상황에 유용한 지식을 생산할 수 있는 역량이 강조되고 있다. 이

처럼 현대 사회의 변화에 따라 미래의 민주시민에게 요구되는 수학적 역량 또한 달라지고 있다. 즉, 기존의 수학적 지식을 암기하고 그것을 활용하는 것에서 벗어나 수학을 비판적으로 분석하고 반성적인 탐구의 과정을 통해 새로운 지식을 생성해 내고 이를 다양한 분야에 응용할 수 있는 창의력, 생각하는 힘, 창조력이 요구된다. 이러한 측면에서 비판적 지식생산 역량은 미래 사회가 요구하는 핵심역량에 해당하며 그 중요성이 강조되어야 함을 확인할 수 있다.

지금까지 비판적 수학교육의 교수-학습 방법을 첫째, ‘비판적 사회개혁 유형’ 둘째, ‘비판적 탐구 유형’ 셋째, ‘비판적 지식생산자 유형’으로 구분하여 살펴보았다. 다음 절에서는 비판적 수학교육의 관점에서는 어떻게 평가가 이루어져야 하는지 알아보도록 하겠다.

4. 비판적 수학교육의 평가

비판적 수학교육의 실천에서 중요한 역할을 차지하는 것 중 하나는 평가방법일 것이다. 비판적 수학교육을 위한 다양한 내용과 방법의 교수-학습이 이루어진다고 하더라도 평가 방법이 기존의 방식과 같이 표준화된 성취기준에 따라 학습결과 중심으로 이루어진다면 교수-학습 방법이 제한을 받을 수밖에 없다. 기존의 학습 결과

에 대한 평가는 주로 학기말, 학년말에 이루어지며 학습목표 달성 여부를 판별하기 위해 주로 교사에 의해 지필평가 방식으로 이루어져왔다. 또한 그 결과는 학생들을 등급화, 서열화하는 자료로 활용되었다. 그러나 Peterson & Neill(2012)에 따르면, 기존의 지필평가 방식으로는 비판적 수학교육의 실천 후 학생들의 인지적, 정의적, 실천적 목표가 잘 달성되었는지 평가하기 어렵다. 따라서 비판적 수학교육의 관점에서 학생들의 다양한 학습 과정을 적절하게 평가하기 위해서는 과정중심의 대안적인 평가가 요구된다.

뿐만 아니라, 앞서 제시한 비판적 수학교육의 인지적, 정의적, 실천적 목표와 일관된 평가가 이루어져야 할 것이다. 예를 들어, 비판적 수학교육의 인지적 목표 즉, 수학적 개념, 원리, 기능을 숙달하고 이를 활용하여 다양한 현상을 비판적으로 탐구, 분석할 수 있는 역량, 그리고 다양한 현상에 대한 비판적 탐구를 바탕으로 하여 지식을 능동적으로 생산하고 소통할 수 있는 역량을 함양하였는지 평가할 경우 학생들의 인지적 성취 정도, 답안의 정·오답의 판별에만 목표를 두는 것이 아니라 학생들이 수학을 어떠한 관점으로 탐색하고 비판적으로 분석하였는지, 활발한 의사소통 과정을 통해 학생 스스로 얼마나 탐구영역의 문제를 비판적으로 분석하고 해결하는데 유용한 지식을 생산하고 구성하였는지 등

<표 III-3> 비판적 수학교육의 평가 지표

인지적 영역의 지표	수학적 개념, 원리, 기능을 숙달하고 이를 활용하여 다양한 현상을 비판적으로 탐구, 분석할 수 있는 역량을 보였는가? 다양한 현상에 대한 비판적 탐구를 바탕으로 하여 지식을 능동적으로 생산하고 소통할 수 있는 역량을 보였는가?
정의적 영역의 지표	사회 체제, 학교 수학에 내재한 헤게모니를 비판적으로 조망하고 다양한 불평등의 문제를 인식할 수 있는가? 사회의 불평등 구조 해소를 위한 자신의 역할을 이해하고 공정한 관점에서 사회를 민주적 체제로 재구성하고자 하는 인식과 태도를 갖추었는가?
실천적 영역의 지표	지역사회와 세계사회 맥락에서 발견되는 다양한 불평등의 문제를 해결하기 위하여 극복 방안을 계획하고 협력적 소통과정을 통해 반성적으로 실행할 수 있는 역량을 보였는가?

을 과정적 관점에서 평가해야 할 것이다. 이러한 관점에서 비판적 수학교육의 인지적, 정의적, 실천적 영역의 목표를 바탕으로 평가 지표는 어떠해야 하는지 <표 III-3>에 제시하였다.

이를 위한 구체적인 평가 방법으로는 포트폴리오평가, 수행평가, 전시평가, 대화적 평가 등을 활용할 수 있다. 먼저 포트폴리오평가는 한 학기 혹은 한 학년 동안 학생이 이룬 성취도와 성장을 보여줄 수 있도록 모든 학업적 기록들을 수집하여 평가하는 것이다. 학생은 스스로 자신의 학업적 기록들을 되돌아보면서 그동안 무엇을 배워왔고 자신만의 학습 과정은 어떠한지에 대하여 반성할 수 있는 기회를 갖게 되며 결국 이는 학습 향상에 도움을 준다. 포트폴리오평가는 교사 뿐 아니라 자기평가, 동료평가의 방법이 사용될 수 있는데 결국 교사는 모든 평가를 종합하여 점수를 기록하고 이에 대한 증거자료들을 첨부해야 한다. 또한 포트폴리오평가에서는 학습자와 교사가 어떻게 그 학습 결과물들을 수집하였고 학생의 학습을 평가하였는지에 대한 ‘학습 기록(Learning Record)’과 같은 체계가 요구된다. 이와 같은 포트폴리오평가를 성공적으로 진행하기 위해서는 교사가 이를 잘 알고 수행할 수 있는 역량을 가지고 있어야 하며 결국 포트폴리오평가는 양질의 교육에서 핵심적인 역할을 한다고 볼 수 있다. 포트폴리오 평가는 교사들 간의 협력을 장려하고 학생들이 양질의 학습을 수행하도록 이끌며 학교가 얼마나 잘 교육을 실천하고 있는지에 대한 자료를 지역사회에 제공할 수 있는 대안적인 평가 방법 중 하나로 여겨진다 (Keesing-Styles, 2003; Peterson & Neill, 2012).

두 번째로 수행평가이다. 수행평가는 학생들이 글쓰기나 실험하기, 혹은 발표하기 등과 같은 특정한 과제에 대하여 수행하는 것을 평가하는 것이다. 수행평가는 표준화된 지필평가와 비교하여 좀 더 발전적인 방향으로 교육과정을 구성하도

록 촉진한다는 측면에서 장점이 있다. 예를 들어, 수행평가는 국어시간에 학생들이 빈 칸 채우기 활동지를 하도록 하기 보다는 실제 글쓰기 활동을 하도록 수업을 구성하거나, 과학시간에 단원의 마지막에서 몇몇 문제에 답하는 활동을 하도록 하기 보다는 실제 구체적인 조작을 해야 하는 실험을 하도록 수업을 구성하게 된다. 이와 같은 수행평가는 종종 프로젝트나 실험활동 등의 형태로 이루어지며 결국 이것은 높은 수준의 수업과 깊이 있는 학습이 이루어지도록 한다. 수행평가는 교사가 교육과정을 구성하고 학생의 수행에 대한 전 과정을 평가하기 까지 많은 시간과 노력이 요구된다는 단점이 있다. 그리고 기존의 평가와 마찬가지로 수행평가도 역시 평가를 잘 받기 위한 수업으로 변질될 수 있다는 점을 유의해야 한다. 예를 들어, 국어시간에 주어진 문단에 대한 객관식 형태의 문제들로 지필평가를 하는 것 보다 실제 글쓰기를 통해 학생의 수행을 평가하는 것은 훨씬 양질의 평가라고 할 수 있지만 이것 역시 좋은 글쓰기를 위한 전략이나 흉내 내는 방법을 가르치는 것으로 그 목적이 바뀌어서는 안된다는 점을 유념해야 한다 (Peterson & Neill, 2012).

전시평가는 학생의 학업 성취를 평가하기 위한 또 다른 유용한 방법 중 하나이다. 전시평가와 관련한 사례를 살펴보면, 미국 밀워키 지역의 La Escuela Fratney 초등학교에서 5학년 학생들이 중학교로 진학하기 전에 한 학년 동안 자신들이 해온 다양한 업적 중 몇몇을 선택하여 전시회를 개최하고 가족 및 지역 공동체 사람들을 초대하였다. 몇몇 학생들은 자신들이 초등학교 과정을 통해 무엇을 배웠는지 그리고 자신들이 이룩해 온 활동들을 소개하는 책을 만들어 이를 전시하였다. 이와 같은 전시평가는 1년 동안 자신이 학습한 내용과 학교에서의 활동을 반성적으로 생각하도록 하며 이와 같은 반성적 사고활동을 통

해 재구성되어 탄생한 전시물들은 하나의 결과물로써 평가대상이 될 수 있을 뿐만 아니라 전시물을 만드는 과정 자체가 학습의 과정이 될 수 있다는 강점이 있다.

마지막으로, 비판적 수학교육을 실천하기 위한 또 다른 평가방법은 대화적 상호작용을 통한 토론, 발표, 구술 평가이다. 이와 같은 대화를 통한 평가는 학생과 교사가 동등한 위치에서 각자의 목소리를 자유롭게 표현할 수 있는 관계가 보장되어야 하며 이러한 측면에서 비판적 수학교육의 이론과 실천을 잘 통합할 수 있는 평가 방법 중 하나이다. 이와 같은 대화적 상호작용에서 유념해야 할 점은 대화적 상황이나 맥락이 학생의 경험과 필요에 기반을 두어야 한다는 점이다. 만약 학생의 경험이나 필요에 기반을 두지 않는 대화적 상황은 결국 교사가 이를 주도하게 되어 공정한 대화적 상호작용이 발생하기 어려우며 이는 비판적 수학교육의 관점에서 적절한 교육과정 구성 및 평가가 이루어질 수 없게 한다 (Peterson & Neill, 2012).

지금까지 비판적 수학교육의 관점에서 수행할 수 있는 대안적인 평가 방법을 포트폴리오평가, 수행평가, 전시평가, 대화적 평가로 나누어 살펴 보았다. 이들은 모두 수학교육 과정을 통해 삶의 맥락에서 등장하는 불평등의 문제를 비판적으로 성찰하고 이를 해결하기 위해 지식을 능동적으로 생산하고 민주적으로 소통하는 역량을 갖추어 사회의 발전 및 개혁에 이바지 할 것을 추구하는 비판적 수학교육에 적합한 평가 방법들이다. 따라서 이들 평가 방법을 적용할 때 다음 두 가지 사항에 대한 고려가 함께 이루어져야 할 것이다. 첫째, 교사와 학생 모두 평가의 주체가 되어야 한다. 이때, 앞서 강조했던 바와 같이 비판적 수학교육에서는 학생의 경험과 필요가 기반이 되어 교육과정 구성 및 평가가 이루어져야 한다. 특히 평가의 과제를 개발하거나 평가 준거

를 구성할 때 교사뿐만 아니라 학생 역시 주도적인 역할을 할 수 있도록 해야 한다. 이때, 학생은 평가 과제나 평가 준거를 개발할 때 어려움을 겪을 수 있으므로 교사의 체계적인 도움이 요구된다(Keesing-Styles, 2000, 2003).

둘째, 평가의 목표가 성취지향에서 성장지향으로 바뀌어야 한다는 점이다. 기존의 표준화된 평가들은 학생들이 목표지점에 도달하였는지 수치적 분석을 통해 그 성취를 평가하고 성공과 실패를 구분하였다면 비판적 수학교육에서 추구하는 평가는 학생의 결과 지향적 성취보다는 과정적 성장을 평가해야 한다. 따라서 포트폴리오나 전시 등의 평가에서도 결과만을 평가하는 것이 아니라 그것을 준비하고 실행하는 과정이 어떠한지 그 과정을 교사 및 학생 스스로 관찰 및 기록하여 과정적 평가가 이루어질 수 있도록 해야 한다(Keesing-Styles, 2000, 2003).

IV. 비판적 수학교육의 사례 분석

지금까지 비판적 수학교육이 추구하는 인재상, 교육 목표, 교수-학습 내용 및 방법, 평가방법에 대하여 살펴보았다. 이 장에서는 국내외의 비판적 수학교육 사례를 검토함으로써 제안한 모델의 타당도를 검토할 것이다.

1. 사례1: 평균, 분산, 표준편차 학습 (임승리, 2014)

사례1은 고등학교 1학년 학생을 대상으로 평균, 분산, 표준편차의 개념을 학습하는 수업으로, 학생들은 스스로 여러 자료들을 수집하고 이를 대상으로 평균, 분산, 표준편차를 구해보며 통계적 개념을 학습하도록 하였다. 특히 교사는 학생들이 하루 동안 섭취한 칼로리를 계산하고 다른

여러 나라의 칼로리 섭취량과 비교하는 활동을 하도록 고안하였고 이를 통해 세계 곳곳에서 발생하는 기아의 문제에 대하여 생각해 보는 기회를 제공하였다. 수업의 주된 목표는 평균, 분산, 표준편차의 개념을 이해하고 이를 구하는 것이며 그에 따른 또 다른 목표는 각 나라의 칼로리 섭취량을 비교하며 기아 문제에 대하여 함께 고민하고 논의하는 것이었다.

교사는 수업의 도입부에서 ‘사탕나누기 게임’을 통해 평균과 대푯값의 의미를 이해할 수 있는 활동을 제시하였다. ‘사탕나누기 게임’은 몇 개의 사탕을 학생들에게 똑같이 나누어 준 후 ‘가위, 바위, 보’ 게임을 통해 이기는 사람이 상대의 사탕을 하나씩 가져가도록 하였다. 반복적으로 게임을 진행하면 학생들이 가진 사탕의 개수 사이의 편차가 커지기 시작하였다. 어느 정도 게임을 실행한 이후 학생들에게 사탕의 평균을 구해보도록 하였다. 총 사탕의 개수에는 변화가 없기 때문에 평균은 변하지 않았지만, 학생들이 가지고 있는 사탕의 개수에는 변화가 생겼음을 확인하면서 게임을 통해 대푯값의 개념을 이해하도록 하였다.

또한 평균, 표준편차의 개념을 좀 더 학습하기 위해 학생들은 ‘신장’과 같이 자신들에게 흥미 있는 여러 자료들을 실생활에서 찾아보고 그 자료들을 통해 평균, 표준편차를 구하는 조별학습을 좀 더 진행하였다. 이와 같은 활동을 통해 평균, 표준편차의 개념을 충분히 숙지하고 그것의 계산에 익숙해진 이후, 자신이 하루 동안 섭취한 음식물에 대한 칼로리를 ‘네이버 칼로리 계산기’를 통해 구해보도록 하였다. 자신의 칼로리 섭취량에 대한 계산을 끝마친 이후, 여러 나라의 하루 평균 칼로리 섭취량과 비교를 해보도록 하였다. 학생들은 심각한 기아로 문제를 겪고 있는 나라들의 칼로리 섭취량을 비교하는 활동을 통해 ‘기아’와 관련한 다양한 사회적 문제들에 대

하여 탐구하였다. 이때 교사는 세계 기아와 관련한 영상을 준비하여 함께 시청하며 기아로 고통을 겪고 있는 국가들을 위해 전세계적 차원에서 그리고 우리 국가적 차원에서 더 나아가 자신들이 구체적으로 어떤 역할을 할 수 있는지 함께 고민하고 논의하는 시간을 갖도록 하였다. 또한 반대로 음식을 과다 섭취하는 나라들과도 비교하면서 건강한 식습관에 대하여 논의하는 시간도 갖도록 하였다.

이 수업은 통계적 개념을 학습하기 위해 ‘기아’라는 범세계적 차원의 문제를 맥락으로 하여 수업을 진행한 사례로 ‘인지적 역량’ 함양을 비판적 수학교육의 목표로 삼은 경우에 해당한다. 그리고 통계 단원의 평균, 분산, 표준편차에 대한 내용을 다루고 있으므로 수학내용에서는 ‘수’의 범주에 해당하고, 이와 같은 통계 개념을 학습하기 위해 여러 게임활동을 진행하고 있으므로 수학활동에서는 ‘놀이’ 범주에 속한다. 즉, 교수-학습 내용은 ‘수-놀이’ 범주에 해당한다고 할 수 있을 것이다. 또한 사회비판적 이슈를 맥락으로 활용하여 통계적 개념을 학습하는 수업 방법을 택하고 있어 교수-학습 방법은 ‘비판적 사회개혁 유형’에 해당함을 알 수 있다.

2. 사례2: 원의 지름과 둘레 사이의 관계 탐구하기 (A초등학교 6학년 수업사례)

사례2는 우리나라 초등학교 2007 개정 교육과정 6학년 1학기에 등장하는 ‘원주율과 원의 넓이’ 단원에 대하여 비판적 수학교육의 정의적 역량 즉, 수학적 지식 혹은 학교수학 안에 내재하고 있는 헤게모니를 비판적으로 조망하고 다양한 민속수학을 공정한 관점에서 이해하고 인정하는 태도 함양을 목표로 수업을 구성한 사례이다. 이 단원의 목표는 원주율과 원의 넓이에 관한 개념, 원리, 법칙을 이해하는 것으로 수학

적 개념의 위계에 따라 내용을 제시하고 있다. 구체적으로, 이 단원은 ‘원주와 원주율 이해’, ‘원의 넓이 어림’, ‘원의 넓이 구하는 방법 이해하기’, ‘원의 넓이 구하기’, ‘단원평가’, ‘문제해결, ‘놀이마당’으로 구성되어 있다. 각 차시는 원과 원주율을 이해하고 이를 이용하여 원의 넓이를 구할 수 있도록 수직적으로 제시하고 있어 수학적 개념의 계열성을 파악하고 개념을 이해할 수 있도록 구성되어 있다. 그러나 교사는 단원 전개 과정에서 제시된 활동들은 원주율의 발견과 원의 넓이에 관한 다양한 역사적 발견은 배제된 채 수학적 개념 탐구만 다루고 있으며, 대체로 용어와 공식을 익히고, 이를 활용하여 문제의 답을 찾는데까지만 그치고 있어 학생들의 반성적, 비판적 사고를 자극하기에는 부족함이 있다고 분석하였다. 수학적 개념 중심의 문제 제시는 계통성을 바탕으로 학습 위계에 따라 점진적으로 심화되기 때문에 수학의 체계를 파악하는데 도움이 되지만 학생들이 수학적 지식을 의미 있게 받아들이고 실생활과 연관시키기에는 한계가 있기 때문이다. 또한 교과서에서 맥락을 바탕으로 문제를 제시하고 있다 하더라도 풍부한 수학적 탐구를 위한 맥락이라기보다는 단순히 문제 제시를 위한 상황이라고 분석하였다.

따라서 교사는 원과 원주율에 관한 1차시 분량의 수업을 2개 차시로 분리하여 학생들이 원주율에 대하여 다양한 역사적, 문화적 맥락을 탐구하고 이해할 수 있는 수업을 구성하였다. 먼저, 1차시의 목표는 지름의 길이에 대한 원주의 비율을 발견하는 수업이다. 교사는 학생들의 학습동기를 유발하기 위하여 역사적으로 모든 문화권에서 왜 원에 대한 탐구가 이루어졌는지 문제를 제기하고 관련 동영상과 함께 시청하면서 서로의 이야기를 나눌 수 있는 기회를 제공하였다. 학생들은 원이 있으므로 편리해지는 상황 예를 들면 바퀴가 굴러가기 때문에 힘들이지 않고

이동할 수 있다는 점, 뽀족한 모서리가 없기 때문에 동전과 같은 생활 용품에 많이 활용된다는 점 등을 이야기 하였다. 이후 학생들은 3가지 활동을 하였는데, 첫 번째 활동은 이집트인들이 원둘레를 측정한 방법과 지름에 대한 원둘레의 비를 발견한 방법에 대하여 알아보는 것이었다. 학생들은 실제 원의 지름만큼 끈을 자르고 그것과 같은 길이의 끈을 여러 개 준비하여 몇 개의 끈으로 원의 둘레를 감쌀 수 있는지 실험하였다. 그 결과 학생들은 3개의 끈과 약간 더 (약 1/7개만큼) 끈이 더 필요하다는 것을 알 수 있었다. 이 때 학생들에게 지름에 대한 원둘레의 비율이 얼마인지 먼저 제시하기 보다는 스스로 발견하는 활동을 통해 원의 크기와 관계없이 원주율이 일정하다는 것을 경험적으로 깨달을 수 있도록 하였고 학생들은 이것이 항상 원의 지름에 3배하고 약간 더 만큼의 배차이가 난다는 것을 발견하였다.

두 번째 활동은 좀 더 정확한 수치적 활동을 위해 자와 줄자를 이용하여 원통모양의 물건에서 원주와 지름의 길이를 재어보는 활동을 진행하였다. 이 때 교사는 Cindy Neuschwander의 ‘Sir Cumference and the Dragon of Pi’ 라는 동화를 우리나라 학생들이 이해하기 쉽도록 번역하여 이야기를 제공하였다. 이 이야기는 원둘레와 반지름을 ‘원둘레경’, 그리고 그의 아들 ‘반지름’으로 의인화하였다. 이야기 속에서 ‘원둘레경’은 아들 ‘반지름’과 소풍을 갔다가 배가 아파 ‘Fire belly’라는 약을 먹었는데 오히려 ‘원둘레경’은 불을 뿜는 용으로 변하게 되었고 아들 ‘반지름’은 아빠를 다시 되돌리기 위해 해독제를 찾아왔지만 투여해야 하는 정확한 양은 알려지지 않고 단지 약병의 지름과 둘레 사이의 비율만큼 투여하라는 수수께끼를 풀어야 하는 상황이다. 학생들은 이야기를 들은 후 다양한 크기의 약병의 지름과 둘레를 실제 줄자를 이용하여 재보고 이

를 표에 기재하도록 하여 지름과 원둘레의 비가 일정하게 나타나는 것을 확인하였다. 이때 학생들은 계산기를 사용하여 그 비율을 구함으로써 활동1에서 발견한 비율, 즉 원둘레는 지름길이의 3개의 끈과 약간 만큼의 끈이 더 필요하다는 것을 발견하여 3배 보다 조금 더 만큼의 비율이 있다는 것을 발견하였는데 이것을 좀 더 구체적인 수치 3.141592...에 가까운 수라는 것을 발견하게 되었고 이를 근삿값으로 나타낼 수 있었다.

마지막 세 번째 활동은 아르키메데스의 원주율을 구하는 방법을 이해하는 것이었다. 지름이 1인 원을 하나 그리고 원의 바깥쪽에 접하는 육각형과 원의 안쪽에 접하는 육각형을 그려 그것의 둘레가 각각 얼마인지 확인하는 활동을 한다. 이후 바깥 육각형과 안쪽 육각형 사이에 존재하는 원의 둘레는 얼마인지 그 근삿값을 추정해보는 활동을 한다. 이후 정 12각형, 정 24각형, 정 48각형, 정 96각형...과 같이 변의 개수를 2배씩 계속 늘린다면 바깥쪽 정다각형과 안쪽 정다각형의 길이 차이가 어떻게 변화할 것이며 그 값은 어떤 값에 점차 가까워지는지 확인하는 활동을 통해 원주율의 근삿값을 구해보는 활동을 하는 것이었다.

교사는 또한 참고자료로서 고대 중국에서 원주율에 대하여 기록하고 있는 B. C. 200년경 쓰인 구장산술에 원주율의 값을 3으로 기록하고 있으며, 3세기경 중국의 수학자 유헤는 아르키메데스보다 더욱 정확한 원주율 값을 구하였고, 이후 5세기 후반 송나라의 조충지와 그의 아들 조항지는 아르키메데스의 다각형법으로 3.1415926이라는 원주율의 값을 구하여 1천년 동안 가장 정확한 원주율 값을 구한 셈이 되었다는 역사를 소개하며 원주율이 다양한 인종, 민족, 세대를 거쳐 협업적으로 발달해 온 성과라는 것을 소개하였다.

활동1에서는 이집트인의 원주율 구하는 방법

을 활용하여 학생들은 다양한 크기의 원과 끈을 가지고 활동하는 것을 통해 원의 지름과 둘레 사이의 비율, 즉 원의 크기에 관계없이 원주율이 일정함을 스스로 발견할 수 있었다. 이 활동은 수학 성취도가 낮은 학생이라 할지라도 쉽게 수학적 활동에 참여할 수 있었으며, 원의 크기에 상관없이 그 비율은 일정하다는 것을 스스로 깨닫는 기회가 되었다. 활동2에서는 자와 줄자 그리고 계산기를 이용하여 다양한 원통모양 물건의 지름, 원주, 그리고 원주율을 구하는 활동을 통해 활동1보다 좀 더 정확한 원주율의 값을 구하고 그 관계를 확인할 수 있었다. 또한 계산기를 통해 원주율 값이 무한소수의 값으로 표현되기 때문에 계산 시 3.14라는 근삿값을 사용하게 된다는 것을 자연스럽게 이해하게 되었다. 활동1과 활동2에서 조작활동을 통한 원주율의 발견이 이루어졌다면, 활동3에서 학생들은 수학적으로 원주율을 구하는 경험을 할 수 있었다. 두 가지 활동을 통해 학생들은 원의 지름과 둘레 사이의 관계에 대하여 충분한 이해를 하였다면 이러한 활동을 수학적으로 어떻게 그 관계를 유도하고 설명할 수 있을지 아르키메데스의 발견법을 통해 탐구하며 수학적 발견의 기쁨을 맛볼 수 있도록 하였다.

또한 마지막 참고자료를 통해 이와 같은 원주율에 대한 탐구가 여러 인종, 민족, 시대에 걸쳐 다양한 방법으로 이루어져 왔다는 자료를 함께 읽고 생각하면서 하나의 수학적 지식, 발견이 단순히 한 수학자의 천재적 영감, 능력으로부터 기인하는 것이 아니라 다양한 집단들과의 의사소통 및 협업을 통해 구성되는 문화적, 사회적 지식이라는 것을 경험할 수 있도록 하였다.

이 사례는 기존의 교육과정에서 ‘원주율’이 무엇인지에 대한 탐구 없이 간단한 정의만 제공하고 있어 원주율이 발달해온 다양한 역사적 과정을 알기 어렵다는 비판적 의식에 따라 ‘정의적

역량' 함양을 비판적 수학교육의 목표로 삼은 경우에 해당한다. 그리고 원주율에 관한 내용을 다루고 있으므로 수학내용에서는 '기하'의 범주에 해당하고, 다양한 시대, 민족에 따라 행해진 여러 방법들을 탐색해 보기 위한 활동을 구성하고 있으므로 '설계' 범주에 속한다. 즉, 교수-학습 내용은 '기하-설계' 범주에 해당한다는 것을 알 수 있다. 또한 수학적 지식에 대한 단편적 사실을 제공하는 기존의 교육과정에 대한 비판으로부터 다양한 수학과사와 민속수학을 활용하는 수업방법을 택하고 있어 교수-학습 방법은 '비판적 탐구 유형'에 해당함을 알 수 있다.

3. 사례3: 덴마크의 에너지 프로젝트 (Skovsmose, 2011)

사례3은 Henning Bodtkjer 선생님이 구성한 '에너지 프로젝트'로 학교교육에서 '수학적인 힘의 부여(empowering)'가 무엇인지를 잘 설명해 주는 사례이다. 이 프로젝트에 참여한 14-15세 학생들은 사회경제적 이슈들에 대하여 비판적으로 통찰하고 동시에 수학을 통해서 사회적 문제들을 좀 더 전문적으로 탐구할 수 있는 기회가 주어졌다.

이 프로젝트는 에너지의 투입-산출 모델과 관련한 것으로 먼저, 에너지 투입을 계산하기 위해 학생들은 학교에서 아침식사를 하면서 자신들이 먹고 마신 모든 것을 측정하였고 아침식사로 얼마나 많은 에너지를 먹었는지 계산하였다. 에너지의 산출은 자전거 타기 활동을 통해 얻어졌는데 각 학생들은 특정한 트랙을 이동하는데 얼마나 많은 에너지를 사용하였는지 계산하는 것을 통해 산출하였다. 에너지 산출 공식은 스피드, 트랙의 길이, 자전거의 유형 그리고 자전거 타는 사람의 정면 면적(frontal area)과 같은 매개변수들의 함수 나타난다. 이때, 자전거를 타는 사람

의 정면 면적은 다루기가 어려운 변수였는데 학생들 스스로 그것을 측정하는 방법을 발견하였고, 에너지 소비량에 대한 계산을 완성할 수 있었다. 이와 같은 활동을 통해 학생들은 에너지와 관련한 투입-산출 계산이 무엇을 의미하는 지에 대한 첫 경험을 얻을 수 있었다.

이후 학생들은 식량 생산과 관련한 농작물의 투입-산출 계산에 대하여 탐구하기 위해 학교와 멀지 않은 곳에 위치한 농장으로 이동하였다. 투입계산의 첫 단계는 페트롤과 같은 에너지가 한 해 동안 특정 면적의 농지를 경작하기 위해 얼마나 많이 사용되었는지 계산하는 것이다. 사실 한 해 농사를 위해서는 경운기, 농작물 수확기, 분무기 등과 같은 서로 다른 농기계를 사용하여 여러 번 경작되어야만 한다. 학생들은 농사의 모든 절차에 대하여 노트를 작성하고 각기 다른 기계들의 폭에 대하여 측정하였다. 또한 학생들은 농지의 크기를 재고, 농사를 준비하기 위해 농부들이 한 해 동안 얼마나 많은 킬로미터를 트랙터로 운전해야하는지 계산하고 킬로미터 당 트랙터가 사용하는 페트롤의 양도 알아보았다. 그리고 이것을 기반으로 에너지 투입의 일부분을 추산하였다. 학생들이 탐구한 농지는 보리를 경작하기 위한 곳이었는데 씨를 뿌리기 위해 사용된 씨앗상태에서의 보리의 에너지 함량 또한 추산하였다.

다음 단계는 그 농지로부터 산출되는 에너지를 추정하는 것이다. 이때, 학생들은 얼마나 많은 보리가 그 농지에서 생산될 수 있는지 알아보고, 보리에 얼마나 많은 에너지가 함유되어있는지에 대한 통계자료를 검색하였다. 이러한 계산들을 통해 첫 번째 투입-산출이 추산되었다. 학생들의 계산에 따르면 수확된 보리는 들판에 들어간 에너지의 6배의 에너지를 함유하고 있어 긍정적인 '에너지 증가'가 있는 것으로 나타났다. 그러나 학생들은 에너지란 아무것도 없는 것

으로부터 시작될 수 없고 결국 태양이 가장 중요한 에너지 공급원임을 알게 되었다. 그리고 학생들은 계산을 통해 6배의 에너지 증가가 있다고 밝혔는데 ‘에너지 증가’는 약 3배라고 공지한 국가(덴마크)의 공식적인 통계치와 비교하면서 왜 이러한 오차가 발생하였는지 논의하였고 농작을 완성하기 위해 필요했던 모든 수송수단과 같은 다른 변수들을 고려해야 했는데 이를 생각하지 못하였다는 것을 깨닫게 되었다.

투입-산출 계산의 다음 단계는 고기 생산에서 무슨 일이 일어나는지에 대한 조사였다. 보리는 돼지를 사육하는데 사용된다. 따라서 학생들은 돼지 사육과정을 직접적으로 관찰하였는데, 창고에 쌓여있는 보리더미에서 적당한 양의 보리가 적정 시간에 각각의 돼지 먹이 통으로 옮겨지도록 작동하는 자동화된 시스템으로 돼지가 사육되고 있었다. 이때 적당량의 보리의 이동은 돼지의 숫자와 크기를 고려한 알고리즘에 따르도록 만들어졌고 따라서 학생들은 보리에서 고기로 음식의 변환을 표현하고 이 변환을 일종의 투입-산출 계산 알고리즘으로 만들었다. 학생들은 돼지들이 먹은 보리의 에너지함유량을 계산하였고 도축된 돼지고기로부터 얻을 수 있는 에너지함유량과 비교하였다. 또한 학생들은 한 마리의 돼지가 무게에 따라 얼마나 많은 보리를 먹었는지 그리고 그 돼지가 베이컨 공장에 보내질 때 무게가 얼마인지에 대한 정보를 수집하였다. 돼지의 무게와 돼지가 도축되어 얻게 되는 고기의 양 사이의 비 그리고 고기의 에너지함유량은 명확하게 확인되었다. 이러한 기초에서 학생들은 고기 생산은 매우 나쁜 ‘에너지 증가’를 보인다는 것을 밝히게 되었고 이 결과는 덴마크의 공식적인 농업 연구에서 제공한 통계와 비슷하다는 것을 알게 되었다.

이 프로젝트를 진행하는 동안 학생들은 투입-산출 계산에 익숙해 졌다. 프로젝트 전체는 특정

농장을 사례로 연구하였지만 일반적인 농장에서 도 비슷한 경향을 보일 것이다. 이러한 관점에서 이 프로젝트는 하나의 ‘모범적인 사례’였으며 이와 같은 특정 사례에 대한 연구를 통해 학생들은 일반적인 문제들에 대한 통찰을 가질 수 있었다. 또한 학생들은 농작과 관련한 투입-산출 계산의 주된 아이디어를 탐구할 수 있었으며 이때 수학은 계산을 수행하기 위해서 뿐만 아니라 투입-산출 추산에 대한 전체 아이디어를 구성하기 위해 중요한 역할을 하였다.

에너지 프로젝트는 농작물과 에너지 사용 사이의 중요한 논의를 위한 기반을 제공하였으며 다른 나라 그리고 다른 생산물에 대하여 투입-산출 계산을 비교할 수 있는 프로젝트로 확장될 수 있다는 가능성을 제공하였다. 이 프로젝트는 어떻게 수학교육을 통해 학생들에게 ‘수학적 힘’을 부여하는지 그리고 그것이 어떻게 비판적인 시민의식을 개발하는데 공헌할 수 있는지에 대하여 보여주었다.

이 수업은 학생들이 살고 있는 주변 농장에서 에너지의 투입과 산출이 어떻게 이루어지고 있는지 알아보는 프로젝트를 진행한 사례로 ‘실천적 역량’ 함양을 비판적 수학교육의 목표로 삼은 경우에 해당한다. 그리고 교육과정 상 특정 교과나 단원에 한정되지 않는 융합적인 교육이 이루어지도록 하고 있어서 교수-학습 내용은 ‘수’와 ‘기하’ 범주 모두에 해당하고, 이 프로젝트를 진행하기 위해 다양한 자연적, 사회적, 과학적 현상을 수학적으로 분석, 해석하고 있으므로 수학활동에서는 ‘설명’ 범주에 속한다. 즉, 교수-학습 내용은 ‘수, 기하-설명’ 범주에 해당한다는 것을 알 수 있다. 또한 다양한 사회적 이슈를 학습의 출발점으로 삼고 있으며 학생의 관심과 필요 등에 의해 역동적, 생성적으로 교육과정을 구성하는 수업방법을 택하고 있어 교수-학습 방법은 ‘비판적 사회개혁 유형’과 ‘비판적 지식

<표 IV-1> 비판적 수학교육의 실천 사례에 대한 목표, 교수·학습 내용 및 방법에 따른 분류

범주	하위범주	조작적 정의	사례1	사례2	사례3	
비판적 수학교육 목표	인지적 역량	수학적 지식을 습득하는 것을 통해 다양한 사회적 현상을 수학적으로 이해하고 해석·분석할 수 있는 주체가 될 수 있도록 수학적 힘을 함양	<input checked="" type="checkbox"/>			
	정의적 역량	수학적 지식 혹은 학교수학 안에 내재하고 있는 체계모니를 비판적으로 조망하고 다양한 민속수학을 긍정적인 관점에서 이해하고 인정하는 태도를 함양		<input checked="" type="checkbox"/>		
	실천적 역량	학생 자신 혹은 자신이 속한 공동체 그리고 범세계적으로 존재하는 다양한 문제들을 극복하기 위해 끊임없는 실천과 반성의 상호작용을 통한 성장, 개선, 개혁의 실천적 역량 함양			<input checked="" type="checkbox"/>	
비판적 수학교육 교수·학습 내용	수학내용	수	어떤 이산적인 상황에 대하여 순서를 매기거나 비교하는 체계적인 방법 / 어떤 양을 수량하는 체계적인 방법	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
		기하	공간적 환경을 탐색하고 이를 개념화, 상징화		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	수학활동	설계	물체 혹은 공간적 환경의 한 부분을 위해 모양을 만들고 디자인하는 것		<input checked="" type="checkbox"/>	
		놀이	형식화된 규칙이 있는 게임을 만들고 참여하는 것	<input checked="" type="checkbox"/>		
		설명	종교적, 문화론적, 과학적 현상들의 존재에 대하여 설명하는 방법을 찾는 것			<input checked="" type="checkbox"/>
	비판적 수학교육 교수·학습 방법	비판적 사회개혁 유형	다양한 사회적 이슈	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
비판적 탐구 유형		수학사		<input checked="" type="checkbox"/>		
		민속수학		<input checked="" type="checkbox"/>		
	비판적 지식생산자 유형	학생의 관심, 필요 등에 근거한 생성적 교육과정			<input checked="" type="checkbox"/>	

생산자 유형'에 해당함을 알 수 있다.

지금까지 국내외에서 실천한 비판적 수학교육의 사례를 통해 실제 비판적 수학교육이 어떻게 구성되고 실천 될 수 있는지 알아보았다. 또한 이들 사례들을 본 연구에서 '비판적 수학교육의 프로그램 개발을 위한 모델'로써 제시한 비판적 수학교육의 목표, 교수·학습 내용, 교수·학습 방법에 따라 분석하면 <표 IV-1>과 같이 분류될 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

지난 몇 세기 간 세계 사회는 과학기술발달을 바탕으로 하여 물적인 안정과 풍요를 누려왔으며 세계시민사회의 형성과 함께 인권, 정의, 평등과 같은 보편적 원리에 대한 인식이 고양되었다. 반면에 물질적 성장은 지구 환경을 파괴화하였고 인간 소외 현상을 낳았다. 세계화, 다문화, 지식정보화, 과학기술의 발달에 따라 집단 간 격차와 그에 따른 갈등과 마찰이 심화되고

있다. 이처럼 인류사회는 세계시민사회로 도약하며 궁극적인 행위의 주체로서 개인의 인권에 대한 의식을 고양해 가고 있는 반면 인간 소외와 집단 간 갈등에 따른 파국의 위험이 공존하는 갈림길에 놓여 있다. 그 갈림길에서의 선택은 인류의 미래를 결정하는데 핵심적인 요소이며 교육은 인류가 지혜로운 선택을 통해 지속발전가능한 미래 사회로 이르게 하는데 중요한 영향력을 갖는다.

세계사회의 상황과 마찬가지로 우리나라 역시 내부적으로 도약과 파국의 갈림길에 놓여있다. 우리나라는 지난 반세기 동안 전란의 폐허 속에서 세계사적으로 유례가 없는 비약적인 성장을 이룩하였으나 그러한 성장의 뒀안길에서는 성과 중심의 무한 경쟁으로 인한 일탈적 행동, 사회구성원 사이의 신뢰와 사회적 책무성 붕괴와 같은 사회의 어두운 일면들을 찾아볼 수 있다. 세계 반부패운동을 주도하는 국제투명성기구(TI)에 따르면 ‘2016년 기준 국가별 부패지수(CPI·국가청렴도)’에서 한국은 100점 만점에 53점으로 지난해보다 3점이 하락하였고 국가 순위도 176개 전체 조사 대상국 가운데 52위, 경제협력개발기구(OECD) 35개 회원국 중에서도 29위를 기록하였다. 이 때, 척도가 되는 부패지수는 70점을 넘어야 전반적으로 투명한 사회로 분류되는데 우리나라가 속한 50점대는 ‘절대부패’로부터 벗어난 상태를 의미한다고 한다.³⁾

이러한 우리 사회의 현실은 사회적 부정, 부패와 관련한 문제들이 단지 이상 사회로 향하기 위해 부차적으로 필요한 요소가 아니라 시급히 개선되어야 하는 과제임을 시사한다. 이러한 사회적 맥락에서 학교수학은 진학과 취업, 사회적 계층 상승을 위한 수단으로서 삶과 유리된 지식과 기능을 전수하는 것에서 탈피하여 민주시민으로서 갖추어야 하는 비판적 역량과 통합된 수

학적 힘을 함양하여야 할 것이다. 그리고 모든 개인이 수학을 통해 민주시민으로서의 권한을 인식하고 행사하며 공생·공영하는 평등정의사회를 구현하는데 필요한 지성과 인성, 실천력을 함양하는데 기여할 수 있도록 재구조화되어야 할 것이다.

이러한 우리나라의 사회적 상황과 문제의식을 반영하여 ‘2015 개정 수학과 교육과정’은 수학교과와 성격에서 “수학 학습을 통해 학생들은 수학의 규칙성과 구조의 아름다움을 음미할 수 있고, 수학의 지식과 기능을 활용하여 수학 문제뿐만 아니라 실생활과 다른 교과와 문제를 창의적으로 해결할 수 있으며, 나아가 세계 공동체의 시민으로서 갖추어야 할 합리적 의사 결정 능력과 민주적 소통 능력을 함양할 수 있다”(교육부, 2015, p. 3)고 진술함으로써 민주시민으로서의 역량 함양을 학교수학의 가장 핵심적인 과제로 천명하였다. 이러한 수학교과와 성격 규정은 우리나라 교육과정이 총론 차원에서 지향하는 교육적 가치인 홍익인간의 철학을 수학교과와 관점에서 구체화한 것이라고 할 수 있다.

비판적 수학교육이론은 인류의 지속가능한 발전을 지향하는 세계교육개혁과 우리나라 교육과정 개정의 흐름 속에서 유용한 실천원리와 방법을 제공하는 이론이다. 이러한 관점에서 본 연구는 비판적 교육 이론과 비판적 수학교육이론에 대한 문헌 분석을 바탕으로 비판적 역량을 갖춘 미래 세대 교육에 기여할 수 있는 비판적 수학 교육 프로그램 개발을 위한 모델을 구성하였다. 본 연구가 제안한 비판적 수학교육 프로그램 모델은 2015 개정 수학과 교육과정이 제시하는 학교수학의 비전을 공유하며 나아가 지속발전 가능한 미래사회 실현에 기여하는 학교수학으로의 재구조화에 적용 가능한 원리와 방법을 제공할 것이다. 그러나 본 연구에서 제시한 비판적 수학

3) http://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/780172.html#csidxa4351ae10c7e5759e0b501c37897a68

교육 모델은 이론적 문헌 분석을 바탕으로 도출된 목표, 내용, 방법이라는 점에서 학교 현장에서의 설계 연구를 통해 보다 높은 수준의 현장 적합성을 갖춘 모델로 보완되어 가야할 것이다.

참고문헌

- 교육부(2015). 수학과 교육과정 교육부 고시 제 2015-74호. 서울: 교육부.
- 권오남, 박정숙, 오국환(2013). 비판적 수학교육에 대한 문헌 분석 연구. 한국수학교육학회지 시리즈A 수학교육, 52(3), 319-334.
- 미래창조과학부(2015). 미래이슈 분석 보고서. 경기: 미래창조과학부.
- 송륜진, 주미경(2011). 다문화수학교육의 원리와 방법, 교육과정평가연구, 14(2), 101-128.
- 우정호 (2010). 수학 학습-지도 원리와 방법. 서울: 서울대학교출판문화원
- 윤응진(1997). 비판적 교육학에 관한 연구. 신학연구, 38, 279-318.
- 이시용(1997). 비판이론에 관한 고찰. 교육논총, 14, 137-156.
- 임승리(2014). 다문화 수학수업의 적용에 따른 학생들의 인식의 변화. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 정수용, 주미경, 송륜진(2014). 수학교과서 속 수학자들에 대한 비판적 분석-융합적 협업으로서 다문화교육 관점에서. 교과교육학연구, 18(2), 441-470.
- 한용진 (2010). 세계화 3.0 시대의 교육론. 교육정치학 연구, 17(4), 203-216.
- 홍은영, 최치원 (2014). 세계화교육 - 비판적 성찰과 새로운 가능성 탐구를 향한 시론적 연구. 담론 201, 17(4), 85-106.
- Alro, H., & Skovsmose, O. (2002). Dialogue and learning in mathematics education: intention, reflection, critique. Dordrecht: Kluwer.
- Apple, M. W. (1992). Do the standards go far enough? power, policy, and practice in mathematics education, *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(5), 412-431.
- Apple, M. W. (1995). Taking power seriously: new direction in equity in mathematics education and beyond. In W. G. Secada, E. Fennema & L. B. Adajian (Eds.), *New direction for equity in mathematics education* (pp. 329-348). NY: Cambridge University Press.
- Bishop, A. J. (1988). Mathematics education in its cultural context. *Educational Studies in Mathematics*, 19(2), 179-191.
- Bohl, J. V. (1998). *Critical mathematics education: An exploration of existing curricular materials*. Unpublished Master dissertation, University of Wisconsin, Madison, WI.
- Charles, R. (2005). Big ideas and understandings as the foundation for elementary and middle school mathematics. *Journal of Mathematics Education Leadership*, 7(3), 9-21.
- D'Ambrosio, U. (1997). Ethnomathematics and its place in history and pedagogy of mathematics. In Powell, A. B. & Frankenstein, M. (Eds.), *Ethnomathematics: challenging Eurocentrism in mathematics education* (pp. 13-24). NY: SUNY Press.
- Davis, P. J.(1993). Applied mathematics as social contract. In S. Restivo, J. P. Van Bendegem, & R. Fischer (Eds.), *Math worlds: philosophical and social studies of mathematics and mathematics education* (pp. 183-194). New York, NY: Free Press.
- Dewey, J. (2007). *민주주의와 교육* (이홍우 역),

- 서울: 교육과학사. (영어 원작은 1916년 출판)
- Ernest, P. (2010). 수학교육철학 (강문봉, 백석윤, 이중권, 장혜원 역), 서울: 경문사. (영어 원작은 1991년 출판)
- Hiebert, J. & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In: D.W. Grouws (Ed.), Handbook of research in teaching and learning of mathematics. (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- Horkheimer, M. & Adorno, T. (2001). 계몽의 변증법. (김유동 역), 서울: 문학과 지성사. (독어 원작은 1944년 출판)
- Frankenstein, M. (1983). Critical mathematics education: an application of Paulo Freire's epistemology. Journal of Education, 165(4), 315-339.
- Frankenstein, M. (2012). Beyond math content and process: proposals for underlying aspects of social justice education. In A. A. Wager & D. W. Stinson (Eds.), Teaching mathematics for social justice: conversation with educators (pp. 49-62). Reston, VA: NCTM.
- Freire, P. (2002). 페다고지. (남경태 역), 서울: 그린비. (영어 원작은 1970년 출판).
- Freire, P. (2002). 희망의 교육학. (교육문화연구회 역), 서울: 아침이슬. (영어 원작은 1994년 출판).
- Freire, P. (2002). 프레이리의 교사론. (교육문화연구회 역), 서울: 아침이슬. (영어 원작은 1998년 출판).
- Freire, P. (2010). 교육과 의식화. (채광석 역), 서울: 증원문화. (영어 원작은 1973년 출판).
- Gutstein, E. (2003). Teaching and learning mathematics for social justice in an urban, latino school, Journal for Research in Mathematics Education, 34(1), 37-73.
- Gutstein, E. (2006). Reading and writing the world with mathematics: toward a pedagogy for social justice. New York, NY: Routledge.
- Gutstein, E. (2012). Reflections on teaching and learning mathematics for social justice in urban school. In A. A. Wager & D. W. Stinson (Eds.), Teaching mathematics for social justice: conversations with educators (pp. 63-78). Reston, VA: NCTM.
- Ju, M. K., Moon, J. E., & Song, R. J. (2016). History of mathematics in Korean mathematics textbooks: Implication for using ethnomathematics in culturally diverse school. International Journal of Science and Mathematics Education, 14(7), 1321-1338.
- Keesing-Styles, L. (2000). An ecological approach to practicum assessment. International Journal of Early Childhood Education, 5, 71-81.
- Keesing-Styles, L. (2003). The relationship between critical pedagogy and assessment in teacher education. Retrieved from http://www.radicalpedagogy.org/radicalpedagogy/The_Relationship_between_Critical_Pedagogy_and_Assessment_in_Teacher_Education.html
- Osler, J. (2007). A guide for integrating issues of social and economic justice into mathematics curriculum. Retrieved from <http://www.radicalmath.org/docs/SJMathGuide.pdf>.
- Peterson, B. & Neill, M (2012). Alternatives to standardized test. In W. Au & B. Temple (Eds.), Pencil down: rethinking high-stakes testing and accountability in public schools (pp. 218-230). Milwaukee, WI: A rethinking schools publication.
- Powell, A. B. (2012). The historical development of critical mathematics education. In A. A. Wager & D. W. Stinson (Eds.), Teaching

- mathematics for social justice: conversations with educators (pp. 21-34). Reston, VA: NCTM.
- Restivo, S. (1993). The social life of mathematics. In S. Restivo, J. P. Van Bendegem, & R. Fischer (Eds). *Math worlds: philosophical and social studies of mathematics and mathematics education* (pp. 247-278). New York: SUNY.
- Romberg, T. A. (1992). Further thoughts on the standards: a reaction to Apple. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(5), 432-437.
- Schowab, K. (2014). *The fourth industrial revolution*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- Skovsmose, O. (1985). *Toward a philosophy of critical mathematical education*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Skovsmose, O. (2011). *An invitation to critical mathematics education*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Skovsmose, O. (2012). Critical mathematics education: a dialogical journey. In A. A. Wager & D. W. Stinson (Eds.), *Teaching mathematics for social justice: conversations with educators* (pp. 35-47). Reston, VA: NCTM.
- UNESCO. (2015). *Position paper on education Post-2015*. UNESCO.
- World Economic Forum (2015). *New vision for education: Unlocking the potential of technology*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf
- Youngman, F. (1986). *Adult education and socialist pedagogy*. London: Croom Helm.
- Zaslavsky, C. (1996). *The multicultural math classroom: bringing in the world*. NH: Heinemann.
- Zinn, H. (1995). Why students should study history. In B. Bigelow, L. Christensen, S. Karp, B. Miner, & B. Peterson (Eds.), *Rethinking our classroom: teaching for equity and justice*. Milwaukee: Rethinking Schools.

Principles and Methods for Critical Mathematics Education: An Explorative Study of a Program

Song, Ryoan-Jin (Hanyang University)

Ju, Mi-Kyung (Hanyang University)

Due to globalization, diversification, and informatization, modern society confronts change and crisis in a variety of areas such as economy, politics, and culture. In that context, mathematics educators seek for how to reform school mathematics for democratic and just society. This research proposes critical mathematics education as an alternative model of school mathematics for democratic society. In particular, this research is an explorative study to construct a model of critical mathematics education program. For the purpose, we conducted a comprehensive literature review to identify goals, contents, and methods of teaching and learning, and method of assessment for critical mathematics education. We checked the validity of the model by using the cases of critical mathematics education. Since this research is explorative in the regard that the model is based on theoretical literatures, further research is necessary to extend the model through design research in school context.

* Key Words : critical mathematics education(비판적 수학교육), program model(프로그램 모델), educational goals (교육 목표), educational contents (교육 내용), big idea(빅 아이디어), methods of teaching and learning(교수-학습 모델), methods of assessment(평가 방법)

논문접수 : 2017. 10. 16

논문수정 : 2017. 11. 1

심사완료 : 2017. 11. 18