

융복합 수학수업의 실행 방안 탐색: 미적분학의 기본정리를 중심으로*

문중은(한양대학교)**

주미경(한양대학교)**

<국문초록>

본 연구는 융복합교육이 학교수학 개선을 위한 대안적 접근을 제공할 수 있다는 관점에서 융복합 수학수업의 실행 방안을 탐색하였다. 이를 위하여 융복합교육의 ABCD 원리를 적용하여 우리나라 수학과 교육과정과 융복합 수학수업 사례를 분석하였고, 융복합 프로그램 구성틀의 맥락 차원을 적용하여 국내외 미적분 교과서에 제시된 실생활 기반 과제를 분석하였다. 분석결과를 종합하여 융복합 수학수업 실행 방안을 도출하였다. 그리고 이를 적용하여 구성한 미적분학의 기본정리 지도 자료를 예시로 제공하였다. 구체적으로 예시 자료에서는 사막화를 주제로 하여 학생들이 문제 제기부터 문제해결 결과에 대한 반성까지 자율적으로 수행하고 협력적으로 결과물을 공유하는 과정을 통해 세계사회적 맥락의 과제를 구성하며 이에 대한 다양한 결과를 수용할 수 있는 교실환경을 제안하였다. 마지막으로 본 연구에서는 이상의 실행 방안과 예시 자료에 대한 논의를 바탕으로 하여 융복합 수학수업이 학교수학 개선에 제공하는 시사점을 논의하였다.

★ **주제어:** 융복합 수학수업, 미적분학의 기본정리, 융복합교육의 ABCD 원리, 융복합교육

1. 서론

세계 사회가 다문화, 세계화, 지식정보화 사회로 변화해 가면서 창의융합적 문제해결력과 타인과 소통하면서 협력할 수 있는 역량이 미래사회의 핵심역량으로 제기되고 있다(김광웅, 2009; 이광우 외, 2009; 이인식, 2008; 차윤경 외, 2016; OECD, 2005;

World Economic Forum, 2015). 우리나라는 이러한 사회적 변화에 대응하여 2015년 개정된 교육과정 총론에서 인문학, 사회현상, 과학기술에 대해 균형 잡힌 소양을 갖추고 창의·융합적으로 사고할 수 있으며, 공동체를 고려하여 결정하고 행동할 수 있는 올바른 인성을 가진 창의융합적 인재 양성을 강조하였다(교육부, 2015a). 이러한 맥락에서 2015 개정 수학과 교육과정은 핵심개념 중심으로 교과 내용을 구성하고 문제해결력, 추론, 의사소통, 창의·융합, 정보처리, 태도 및 실천의 6가지 수학교과역량을 반영하여 학습성취기준을 제시하였다(교육부, 2015b).

수학교과역량에 대한 강조는 학교수학이 기존의 분과적 접근에서 벗어나 학습자가 경험하는 다양한 영역의 실세계 맥락에 대한 융복합적 접근으로 확장되어야 할 필요성을 보여준다. 실제로 제2차 수학교육 종합계획은 패러다임 차원에서의 학교수학개혁이 이루어져야 함을 강조하였고 융복합적 접근은 미래 학교수학의 주요한 패러다임적 변화의 방향 가운데 하나로 제기되고 있다(교육부, 2015c). 학교수학의 융복합적 재구조화 필요성에 대한 인식은 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 폭넓게 등장하고 있다. 예를 들어, 미국의 Partnership for 21st Century Skills(2015, 이하 P21)는 학생들에게 요구되는 범교과적인 핵심역량과 이를 함양하기 위해 필요한 기본적인 교과 지식 이외에 세계사회의 문제를 인식하거나, 경영, 경제, 시민성, 환경 등과 같은 간학문적인 주제들을 제시하여 학생들의 관점과 시각을 확장할 수 있는 기회를 제공할 것을 권고하고 있다.

초기의 융복합교육은 주로 교육과정의 재구성이나 주제 중심의 다학문적 형태로 여러 교과들이 통합하는 수준에서 개념화되었다. 이와 같이 학제 간 통합을 기반으로 한 교수학적 전략으로서 융복합교육 개념은 모든 학습자가 지식 생산의 주체로서 진정한 학습을 경험하는 과정을 통해 전인적 성장을 이루어낼 수 있는 교육생태계로의 전환을 지향하는 교육개혁의 패러다임으로 확장되고 있다(차윤경 외, 2016). 차윤경 외(2016)는 확장적 재개념화 논의에서 학교교육에 대한 융복합적 접근을 자율성(autonomy), 가교성(bridgeability), 맥락성(contextuality), 다양성(diversity)을 핵심으로 하는 교육생태계 차원에서 설명하였다.

첫째, 자율성(A) 측면에서 학습자는 학습의 능동적인 주체로 이해되어야 하고 자신의 학습과 관련된 중요한 선택을 스스로 할 수 있도록 기회가 제공되어야 한다. 융복합교육은 교실상황의 역동성을 중시하기 때문에 학습자의 참여를 이끌어내기 위해서는 복잡성과 불확실성이 수업에서 나타날 수 있다. 따라서 자율성과 관련해서는 학습자의 자율성 뿐 아니라 교사의 자율성도 중요하기에(안성호, 2014) 교사는 현장의 실천가로서 자율성을 발휘할 수 있어야 한다. 둘째, 가교성(B)과 관련하여 학습자는 다양한 측면에서 학생과 학생, 학생과 교사 사이에 상호 대화적이고 유기적인 관계 안에서 학습할 수 있어야 한다. 이러한 관계는 학습자와 교육내용 사이에도 형성될 수 있으므로 여러 학문분야의 개념이나 맥락이 유기적으로 통합되어 학습자의 새로

* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5B5A01014657).

** 제1저자: 한양대학교 수학교육과 강사

*** 교신저자: 한양대학교 수학교육과 교수(mkju11@hanyang.ac.kr)

운 통찰이 이루어질 수 있도록 지원해야 함을 의미한다. 셋째, 맥락성(C)은 학습자에게 의미 충실한 실세계 맥락을 제공함으로써 참 학습의 기회와 탐구학습 기반의 교육을 실행하는 것과 관련된다. 즉, 학습자가 다양한 사회적 맥락에서 의미를 발견하고 다양한 방식으로 재구성할 수 있는 기회가 제공되어야 한다. 넷째, 다양성(D)은 모든 학습과정의 학습자의 개별성과 다양성을 인정하고 존중하는 방식으로 진행되어야 함을 의미한다. 학습자는 자신만의 방식으로 학습 과정을 경험하게 되며 그 과정에서 학습자의 일정한 지식, 태도, 역량, 문화 등 다양한 요소들이 영향을 주게 된다. 따라서 현재 학생이 교실로 가지고 들어오는 흥미, 관심, 관점의 범위를 인정하고 그것을 점진적으로 확대할 수 있도록 풍부한 기회를 제공해야 한다(차윤경 외, 2016).

이와 같은 융복합교육의 확장적 재개념화는 수학교과에서의 융복합적 접근이 수학 중심의 다학문적 통합 수준을 넘어 교과와 학습자, 교사와 실세계 등 수업의 주체를 포함한 교수-학습 환경이 대화적이고 유기적으로 통합되어야 할 필요성을 제기한다. 이러한 관점에서 본 연구는 융복합교육의 확장적 재개념화 논의를 바탕으로 하여 수학교과에서 실천 가능한 융복합 수업 방안을 탐색하고 융복합교육의 관점에서 미적분학 교육 개선방안을 제안하고자 한다.

미분과 적분은 계속적으로 변화하는 현상을 탐구하고 해석하는 중요한 개념이자 도구로서 초등학교의 규칙성 영역, 중학교의 함수 영역, 고등학교의 함수의 극한과 연속 영역을 통합하여 발전시키고 심화시킨 내용으로(이현주, 류중현, 조완영, 2015) 수학 뿐 아니라 자연과학과 공학, 경영과 경제, 사회학 등 다양한 분야에서 계속적으로 변화하고 있는 자연현상이나 사회현상을 탐구하는데 응용 가능한 수학의 핵심 주제에 해당한다. 특히 미적분학의 기본정리는 미분과 적분을 연결하는 중요한 정리로서 변화율(미분)과 변화량(적분) 사이의 수학적 연결성에 대한 이해를 제공한다는 측면에서 미적분학의 핵심 주제에 해당한다.

그러나 미적분학의 기본 정리에 대한 수업은 절차적 측면에 한정되어 누적에 대한 개념이나 미적분의 역사적 발달 과정에서 본질이었던 변화율의 의미, 그 변화율이 함의하고 있는 현실적인 의미, 그리고 변화율과 변화량 사이의 관계 등에 관한 학습자의 이해를 함양하지 못하고 있다(박선화, 2000; 정연준, 이경화, 2009; Ubus, 2007). 또한 수업이 단순한 기호 조작이나 계산에 치중한 결과 학습자의 고차원적인 사고력 함양과 극한의 이해에 기여하지 못하고 있음을 보여주는 연구들도 있다(Davis, 1986; Tucker, 1987). 이상의 문제점을 해소하기 위하여 미적분학의 기본정리에 대한 교수학적 분석 및 새로운 접근법, 학습자의 이해를 도울 수 있는 학습자 중심의 미적분 교육과정으로의 개선이 요구되는 상황이다(권오남 외, 2015; 김성욱, 정수영, 권오남, 2010; 정연준, 2010; Thompson, 1994).

실제로 2009와 2015 개정 수학과 교육과정에는 미적분 교과의 목표로 '수학적 개념, 원리, 법칙을 이해하고 수학적으로 사고하고 의사소통하는 능력을 길러 여러 가지 현

상(생활주변, 사회 및 자연현상)과 문제를 수학적으로 고찰함으로써 합리적이고 창의적으로 해결하는 수학 학습자로서 바람직한 인성과 태도, 실천능력을 기른다.'고 폭넓게 제시되어 있어서 미적분학 수업 개선을 위한 방안 탐색이 요구되는 상황이다.

2015 개정 수학과 교육과정에서 제시하고 있는 미적분학의 교육 목표를 달성하기 위해서 실생활 맥락에서 다양한 내용이 통합된 수학적 지식이 제공되고 학생들의 능동적인 참여, 창의적이고 다양한 사고의 전개, 의사소통을 통한 협력을 촉진하는 융복합적 접근이 적용가능하다. 이러한 관점에서 본 연구는 학교수학에 적용 가능한 융복합적 수업 방안을 도출하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 차윤경 외(2016)이 제시한 융복합교육의 ABCD 원리를 바탕으로 우리나라 수학과 교육과정과 국내외 융복합 수학수업 및 교과서 미적분 단원을 분석한 결과를 종합하여 융복합 수학수업의 실행 방안을 교수-학습 방법과 내용 측면에서 구체화하였다. 그리고 이를 미적분학의 기본정리 지도에 적용하여 구성된 예시 자료를 제시하고 융복합 수학수업이 학교수학 개선에 제공하는 시사점을 논의하였다.

II. 연구방법

본 연구에서는 미적분학의 기본정리 지도와 관련된 융복합 수학수업의 실행방안 탐색을 위하여 우리나라의 수학과 교육과정과 국내외 미적분 교과서, 그리고 국내외 융복합 수학수업의 사례를 ABCD 원리와 맥락의 측면에서 살펴보고자 하였다.

1. 분석대상

제1차 교육과정이 1955년에 고시된 이래로 수학과 교육과정은 융복합교육과 무관하게 개발되어 왔으나 STEAM(융합인재교육)에 대한 관심이 높아지고 수학교육 개선의 대안으로 융복합교육에 대한 관심이 시작되었던 시기에 개발된 2009와 2015 개정 수학과 교육과정에서는 융복합적 관점을 찾아볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 2009 개정 수학과 교육과정과 2015 개정 수학과 교육과정에서 제시하고 있는 <미적분> 교과에 대한 '교수·학습 방법'과 '지도상의 유의점'을 분석하였다. 또한 타 교과와 통합하여 실행된 수학수업도 융복합적인 수업의 형태로 간주하고 수업의 목표, 교수법, 통합교과, 수업에 영향을 준 요소들을 분석하였다. 이와 같이 교육과정과 수업의 사례를 분석하는 것은 융복합교육에 보다 근접한 수업의 실행 방안을 찾을 수 있다는 점에서 의미가 있다.

또한 본 연구에 적합한 실생활 맥락을 구성하기 위하여 '구성된 교육과정'인 우리나라 <미적분> 교과서에 나타나 있는 맥락을 분석하였다. 이는 생활주변현상, 사회

현상, 자연현상 등 여러 가지 현상을 학습 소재로 사용할 것을 권장하고 있는 우리나라 교육과정의 방향성과 의도가 잘 나타나 있으리라 생각하였기 때문이다. 따라서 9종의 <미적분 I> 교과서의 ‘다항함수의 미분법’과 ‘다항함수의 적분법’ 단원에서 대단원과 관련된 이야기와 상황 제시문, 중단원과 소단원의 도입과 흥미유발을 위해 제시된 설명과 문제(예, ‘생각열기’, ‘탐구활동’ 등), 소단원별 예제와 문제, 중단원과 대단원의 정리를 위한 단원문제, 대단원 마지막 부분의 진로탐색이나 창의·인성, 수학과 타 학문의 융합을 위해 추가적으로 제시된 설명문과 과제에 사용된 맥락을 분석하였다. 그리고 다른 나라의 미적분 교재는 현실적인 상황과 맥락 기반의 과제를 많이 포함하고 있는 Callahan 외(1995)와 Coxford(2001)을 중심으로 실세계의 과제가 기반으로 하고 있는 맥락을 분석하였다.

2. 분석방법

본 연구에서는 두 가지 방법으로 분석을 진행하였다. 첫째, 교육과정과 수업의 사례는 차운경 외(2016)이 제안한 융복합교육의 ABCD 원리에 따라 분석하여 각 원리를 실천할 수 있는 사례를 찾자 하였다. 자율성에는 학습자가 ‘스스로’ 할 수 있는 자율성의 의미를 내포하고 있는 교수법과 평가방법 등을 포함하였다. 또한 가교성에는 수학 내적·외적으로 연결하여 구성할 수 있는 교육내용과 학생과 교사 등 교육의 주체 사이의 협력적 관계를 지향하는 교수법 등을 가교성을 실천할 수 있는 방안으로 분류하였다. 그리고 맥락성에는 실세계 맥락과 관련된 교육 내용을 분류하였고 다양성에는 문제를 해결하고 결과를 산출하는 모든 과정에서 나타나는 다양성을 수용하는 교수법, 평가방법을 중심으로 분류하였다. <표 1>은 본 연구에서 재구성한 ABCD 원리에 따른 분석틀이다.

<표 1> ABCD 원리에 따른 분석틀

원리	내용	분석사례
자율성 (A)	<ul style="list-style-type: none"> 학습자의 자율성을 함양할 수 있는 교수법이나 평가방법을 제시한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> 스스로 수학적 개념을 발견하고 정당화할 수 있는 교수법
가교성 (B)	<ul style="list-style-type: none"> 타 교과 내용이나 영역이 연계된 경우 학생과 학생, 학생과 교사 사이의 협력이나 대화적 관계를 지향하는 교수법이나 평가방법을 제시한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결할 수 있는 내용 구성 협력학습법 활용
맥락성 (C)	<ul style="list-style-type: none"> 학습자에게 의미 충실한 실세계 맥락에서 과제를 제공한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> 생활 주변 현상, 사회 현상, 자연 현상 등의 여러 가지 현상을 학습 소재로 구성
다양성 (D)	<ul style="list-style-type: none"> 학습자의 개별성과 다양성을 강조하는 교수법이나 평가방법을 제시한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> 아이디어를 다양하게 산출할 수 있는 수학적 과제 제공

둘째, 교과서의 분석과 관련하여 우리나라 교과서는 교수·학습 방법이나 평가 방법과 관련해서는 교육과정의 방향과 목표를 충분히 반영하여 서술되어 있기 때문에 본 연구에서는 ABCD 원리 중 자율성, 가교성, 다양성은 교육과정과 일관되게 개발되었다고 간주하였다. 또한 교육과정에서 권장하고 있는 교수법이나 평가 방법은 현장 교사의 교육철학, 교과관, 교직관 등에 따라 영향을 받으므로 ABCD 원리 중 자율성과 다양성, 그리고 대화적 관계를 중시하는 가교성의 실현은 교사의 역량이나 교사가 학습자에게 부여하는 권한의 정도에 따라 실행 여부가 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 교과서에 있는 실세계 기반의 과제들이 어떠한 맥락에서 제공되는지를 분석하여 학생에게 보다 의미 충실한 맥락의 과제를 찾자 하였다.

융복합 프로그램 구성틀의 맥락 차원은 제기되는 쟁점의 유형에 따라 ‘개인적 맥락’, ‘지역사회 맥락’, ‘세계사회 맥락’으로 분류할 수 있다(이선경 외, 2013). 이를 수학교과와의 관점에서 살펴보면 개인적 맥락은 개별 문제풀이 상황이나 개인의 실생활 문제 상황, 학생 자신의 흥미나 필요의 충족을 위해 형성된 동료 집단을 중심으로 형성되는 과제를 포함한다. 또한 지역사회 맥락은 학급이나 학교 단위의 쟁점, 우리나라 자연환경이나 통계자료를 활용하는 맥락을 생각할 수 있다. 그리고 세계사회 맥락은 세계의 문화나 다양한 민속수학의 역사 소개, 국제적 수준에서의 삶과 관련된 과제의 맥락을 포함한다(문종은 외 2015).

본 연구에서는 P21에서 제시하고 있는 간학문적 주제나 세계사회가 함께 해결해야 할 다양한 쟁점들이 학생을 중심으로 어느 맥락에서 제시되고 해결되는지를 중심으로 맥락을 분석하였다. <표 2>는 본 연구에서 재구성한 맥락 차원의 분석틀이다.

<표 2> 맥락 차원의 분석틀

맥락	내용	분석사례
개인적 맥락	<ul style="list-style-type: none"> 학습자 자신, 동료 집단을 중심으로 형성되는 맥락 	<ul style="list-style-type: none"> 간학문적 주제, 타 교과의 공통 개념이 과제제시를 위해 단순 소재로 사용된 경우(개별 문제풀이를 위한 상황으로 해석)
지역사회 맥락	<ul style="list-style-type: none"> 지역사회, 국가를 중심으로 형성되는 맥락 	<ul style="list-style-type: none"> 우리나라의 환경문제 우리나라의 현황을 알 수 있는 통계자료 활용
세계사회 맥락	<ul style="list-style-type: none"> 세계사회, 국제적 삶과 관련된 맥락 	<ul style="list-style-type: none"> 세계사회의 환경문제 전쟁, 인권, 노동, 평화 등과 같이 세계사회가 공존하기 위하여 해결해야 할 문제

III. 분석결과

1. 우리나라 수학과 교육과정 분석

2009 개정 교육과정에는 ‘수학이 개인차가 많이 나는 교과이기에 학생의 인지 발달 단계, 학습 수준, 학습 특성 등을 고려하여 적절한 교수·학습 방법을 적용해야 한다’는 목표를 통해 다양한 학습자의 배경과 환경을 고려함으로써 다양성의 원리를 함의하고 있다. 그리고 2015 개정 초·중등학교 교육과정 총론에서 교수-학습과 관련하여 신설된 항목들을 살펴보면, ‘학생이 능동적으로 수업에 참여하고 자신의 생각을 표현하는 기회를 가질 수 있도록 토의·토론 학습을 활성화한다’, ‘학생이 스스로 자신의 학습 과정과 학습 전략을 점검하고 개선하며 자기주도적으로 학습할 수 있도록 지도한다.’와 같이 자율성과 관련된 내용들을 찾아볼 수 있다. 또한 ‘학생의 융합적 사고를 기를 수 있도록 교과 내, 교과 간 내용 연계성을 고려하여 지도한다’, ‘교사와 학생 간, 학생과 학생 간 상호 신뢰와 협력이 가능한 교수·학습 환경을 제공한다’와 같이 가교성과 관련된 내용도 강조되고 있음을 알 수 있다.

또한 <미적분 I>과 <미적분 II>로 나뉘어 교과가 개설되었던 2009 개정 교육과정과 <미적분>으로 통합되어 2018년에 고등학교 현장에서 시행되기 시작한 2015 개정 교육과정에 제시된 교과의 목표를 살펴보면 모두 ‘생활 주변과 사회 및 자연 현상’ 맥락을 강조함으로써 학생들에게 의미 충실한 실생활 맥락 기반의 과제 제공을 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다. 특히 단원별 교수-학습 방법과 평가방법 및 각 유의사항에서는 다양성을 강조하는 내용들을 찾아볼 수 있다. 여러 가지 방법으로 문제를 해결하고 설명하게 하거나 다양한 교수-학습 방법을 소개함으로써 학생들의 개별성과 특성을 고려하여 효율적인 교수법을 선택할 수 있는 정보를 제공하고 있는데 이를 통해 다양성이 강조되고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 2009와 2015 개정 교육과정의 총론, 미적분 관련 부분의 내용을 ABCD원리에 따라 분류하면 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> ABCD 원리에 따른 우리나라 수학과 교육과정 내용

ABCD원리	수학과 교육과정 내용
자율성(A)	<ul style="list-style-type: none"> 구체적 조작 활동과 탐구 활동을 통하여 학생 스스로 개념, 원리, 법칙을 발견하고 이를 정당화하게 한다. 학생 스스로 문제 상황을 탐색하고 수학적 지식과 사고 방법을 토대로 해결 방법을 적절히 활용하여 문제를 해결하게 한다. 수학 학습 시 학생 스스로 학습 목표를 설정하고 학습을 수행하며 학습 결과를 스스로 평가하는 자기 주도적 학습 능력을 신장시킨다.

가교성(B)	<ul style="list-style-type: none"> 여러 수학적 지식, 기능, 경험을 연결하거나 수학과 타 교과나 실생활의 지식, 기능, 경험을 연결·융합하여 새로운 지식, 기능, 경험을 생성하고 문제를 해결하게 한다. 협력적 문제 해결 과제에서는 균형 있는 책임 분담과 상호작용을 통해 동료들과 협력하여 문제를 해결하게 한다.
맥락성(C)	<ul style="list-style-type: none"> 사회 및 자연의 수학적 현상에서 파악된 문제를 합리적이고 창의적으로 해결하는 능력을 기른다. 생활 주변 현상, 사회 현상, 자연 현상 등의 여러 가지 현상을 학습 소재로 하여 수학의 개념, 원리, 법칙을 도입한다.
다양성(D)	<ul style="list-style-type: none"> 수학과 수업에서는 교육 내용과 학생의 특성을 고려하여 발견 학습, 탐구 학습, 협동 학습, 개별 학습, 설명식 교수 등 다양한 교수·학습 방법을 활용할 수 있다. 발문을 할 때는 학생의 인지 발달과 경험을 고려하며, 발문에 대한 학생들의 반응을 의미 있게 처리한다. 학생의 사고를 촉진시키기 위해 가능하면 열린 형태의 발문을 통해 하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하게 하고 다양한 방법을 비교하여 설명해 보게 한다. 새롭고 의미 있는 아이디어를 다양하고 풍부하게 산출할 수 있는 수학적 과제를 제공하여 학생의 창의적 사고를 촉진시킨다. 하나의 문제를 여러 가지 방법으로 해결하게 하고, 해결 방법을 비교하여 더 효율적인 방법을 찾거나 정교화하게 한다.

이상의 결과를 종합하면 자율성과 관련해서는 ‘학생 스스로’가 매우 강조되고 있음을 알 수 있다. 이는 학생 스스로 학습 목표를 설정하고 문제 상황을 탐색하며 스스로 발견하는 과정을 통해 학생들의 자율성이 함양될 수 있음을 시사한다. 또한 가교성과 관련해서는 교육 내용의 통합이 다양하게 이루어질 수 있음을 보여주고 있다. 특히 수학과 타 교과나 실생활의 연결뿐 아니라 수학교과 내에서의 다양한 형태의 연결도 융복합교육의 방법이 될 수 있음을 보여준다. 그리고 협력을 할 때에도 상호작용과 균형 있는 책임 분담을 강조함으로써 대화적인 관계를 중시하고 있음을 알 수 있다. 맥락성과 관련해서는 수학과와의 관계를 뚜렷하게 알 수 있는 소재 뿐 아니라 수학과 관련이 없어 보이는 다양한 현상들도 소재로 활용할 것을 권유하고 있다. 이를 통해 학생들은 수학의 유용성을 알 수 있고 여러 가지 현상에서 수학을 발견할 수 있음을 경험할 수 있다. 다양성과 관련해서는 교사가 활용하는 교수법, 교사의 발문, 교사가 제공하는 수학적 과제의 다양성을 강조함으로써 다른 원리에 비하여 교사의 역할이 더 중요함을 강조하고 있다. 문제를 해결할 때에도 다양한 해결 방법을 비교하여 설명하게 하거나 더 효율적인 방법을 결정하게 하여 학생들의 다양한 사고를 촉진할 것을 권장하고 있다. 이는 학생들의 다양성을 함양하기 위해서는 교사의 역할이 매우 중요함을 보여준다. 교사가 다름과 차이를 인정하고 수용하는 교실 분위기, 개방적이고 포용하는 교실 환경이 다양성과 관계가 있음을 알 수 있다.

2. 융복합 수학수업 관련 문헌분석

본 연구에서는 융복합 수학수업에 적용할 수 있는 실천방안을 탐색하기 위하여 ‘융복합’을 평의의 개념으로 해석하고 수학교과와 공통 개념을 많이 가지고 있는 과학교과와의 통합 수업, 과학 이외의 다양한 타 교과의 내용, 개념, 주제가 통합된 수업, 전통적인 수업 방식에서 벗어나 학생들의 능동적인 참여와 의사소통의 과정이 드러나는 수업 등 교육내용이나 교수법에서 융복합적 접근을 하고 있는 수업 사례를 ABCD 원리의 측면에서 분석하였다. <표 4>는 ‘융합’, ‘통합’, ‘STEAM’ 수업을 중심으로 연계교과의 종류, 자율성 실천을 위한 교수법, 가교성과 관련된 연계 개념이나 교실 환경, 맥락성과 관련된 맥락의 차원, 다양성 실천을 위한 방안의 분석 결과이다.

<표 4> 융복합 수학수업 사례에 나타난 ABCD 원리

연계 교과	ABCD 원리
Leonard (2004) 수학 사회 국어 건축학 예술	(A) 프로젝트 교수법을 통하여 학생들의 자율성 제고 : 자신이 생각하는 고대도시와 미래도시를 건설하는 프로젝트 수업을 진행함
	(B) 교과와 학문의 개념 연계 : 수학-수와 연산, 기하와 측정하기, 비와 비례식 사회-고대의 인류, 역사, 문화 다양성, 환경, 지리, 인구
	(C) 학생 자신이 생각하는 도시의 모습과 관련된 개인적 맥락
	(D) 다양한 생각 도출 : 문화와 역사에 대한 자료를 읽고 자신의 생각을 도출, 정리
Horton 의 (2006) 수학 사회 언어 과학	(A) 지진에 대한 학습에 실험과 프로젝트 학습법으로 접근하여 학생들의 자율적인 참여를 제고함
	(B) ① 지역사회의 지질학적 특징을 탐구하기 위한 교과개념 연계 : 라디오의 소리 버튼 조절에 따른 변화를 통해 합수개념 학습, 광물 자료의 통계 분석을 위하여 원그래프 활용, 대푯값 조사 ② 협력적인 학습공동체 지향: 지역 내의 5개 학교들이 지원하여 함께 수업을 진행함. 교사를 위한 교수·학습 자료를 제시한 연구임.
	(C) 학생들이 거주하고 있는 지역의 지질학적 특징을 탐구하는 지역 사회 맥락 수준에서의 실세계 맥락 사용
	(D) 학생들의 다양한 학습 결과물이 산출됨.
이혜숙 외 (2010) 수학 과학	(A) 도구를 활용하여 학생들의 능동적인 참여의 기회 제공 : CBR, 그래픽계산기를 사용한 실험 과제를 제공함으로써 학생들이 자발적이고 능동적으로 참여할 수 있는 수업을 진행
	(B) 교과 개념 연계 및 수학과 연계 : 속도, 가속도의 수학적 해석과 수학사에서의 위치 학습자 간 연계

Vahey 외 (2012) 수학 사회 과학	수학 사회 과학	: 학생들 사이의 협력을 위한 모듈 중심 학습 진행
		(C) 학생들의 움직임과 관련된 개인적 맥락 수준에서의 실세계 맥락 사용
		(D) 모듈별로 다양한 해결방법을 발표하고 이를 기반으로 결과를 수렴하는 과정의 수업을 진행함.
		(A) 학생들의 자율성을 제고할 수 있는 교수법 사용 : 모의 정상회담, 자신의 주장에 대한 정당성 논증
한혜숙 외 (2016) 수학 과학 공학기술 정보 예술	수학 과학 공학기술 정보 예술	(B) 공정한 물 분배와 관련된 각 교과의 개념 연계 : 상대적인 분배 결정, 비례, 백분율의 의미(수학) 물의 중요성, 지역 간의 갈등과 긴장, 유엔의 노력(사회) 수자원의 가용성, 수질, 강수량, 물의 순환(과학)
		(C) 세계사회 맥락에서 시작한 과제가 지역사회 맥락에서도 탐구됨으로써 학생들에게 더욱 의미 충실한 과제를 제공함
		(D) 개별적으로 분포도를 작성함으로써 다양한 결과물 산출
		(A) 학생이 주도적으로 참여할 수 있도록 프로그램을 구성함
		(B) 이슈 중심: 재난 상황 및 안전관리 함수의 극한과 연속, 수열의 극한, 다항함수의 적분법, 통계(수학) 시간, 공간, 운동, 물질과 전자기장(물리I), 정보(정보) 인류의 건강과 과학기술(과학) 창의, 공학설계 체험하기(공학기술) 음악적 표현과 소통(음악과 생활), 발상과 표현(미술창작)
		(C) 지역사회 맥락에서 교내 생물학적 재난이나 우리나라의 대기 또는 건축학적 재난을 주제로 학생들에게 의미 충실한 과제를 제공함. 학생이 학습주제를 자신의 문제로 인식하도록 과제를 구성함.
		(D) 결과물이 모듈이나 개인별로 다르게 산출되도록 구성함

이상의 결과를 종합하면 자율성과 관련해서는 프로젝트 교수법, 공학도구 사용, 학생들이 자신의 의견이나 생각을 적극적으로 발표할 수 있고 정당화할 수 있으며 학생이 주도적으로 참여할 수 있는 프로그램의 구성을 실천 방안으로 생각해볼 수 있다. 그리고 가교성의 측면에서는 먼저 교육 내용과 관련하여 수학과 과학 이외에도 다양한 교과의 개념을 연결하고 있고, 수학을 활용함으로써 수학교과 내에서의 지식과 경험을 연결하고 있음을 알 수 있다. 이는 우리나라 교육과정 분석에서 여러 수학적 지식, 기능, 경험 등을 연결한다고 명시한 항목과 부합되는 내용이다. 따라서 다양한 교과나 영역의 지식이나 개념의 연결도 좋지만 수학 내적인 연결성의 활용도 실천 방안으로 생각할 수 있다. 또한 가교성의 원리를 구현하기 위한 교수법으로는 학생들 사이의 협력을 위한 모듈 중심의 수업 형태를 활용할 수 있다. 맥락성과 관련해서는 실세계의 도시, 학생들이 살고 있는 지역이나 학생들이 많은 시간을 보내고 있는 학교, 움직임, 물의 분배 등을 사용하였고 맥락의 차원은 개인, 지역사회, 세계 사회의 수준에서 다양하게 활용되고 있음을 볼 수 있다. 이는 수업의 대상, 목표, 수

학의 주제, 소재 등에 따라 실세계 맥락을 다양한 차원으로 사용할 수 있음을 보여준다. 그리고 다양성과 관련해서는 학생들이 문제의 해결방안을 다양하게 생각하고 의견을 수렴하는 기회를 제공하고 이를 통해 생산되는 학생들의 다양한 결과물을 존중하고 인정하는 교수-학습 환경 조성을 실천방안으로 생각할 수 있다.

3. 국내의 <미적분> 교과서 분석

먼저 우리나라의 <미적분 I> 교과서를 분석한 결과 대부분의 과제들이 학습자의 개별 문제풀이를 위한 개인적 맥락이 대부분이었는데 이를 세분화하면 문제해결에 직접적으로 사용되지 않으나 문제의 정보를 제공하기 위해 타 교과와 제재가 제시된 과제나 한계비용이나 혈액의 속도와 같은 타 교과와 제재를 설명문 형식으로 제시하고 이 정보를 사용하여 수학문제를 해결하는 과제의 유형이 많았다. 이러한 경우는 타 교과와 주제나 제재에 대한 탐구가 병행되기보다는 두 교과와 내용이나 주제가 순차적으로 제시된 형태라고 생각할 수 있다.

또한 방정식 실근의 어림값을 구하는 뉴턴의 방법, 케플러의 포도주통을 통한 적분의 아이디어, 카발리에리의 원리 등과 같이 세계의 수학자와 관련된 일화나 역사를 소개하는 과제들이 있었는데 일부 교과서에서는 ‘수학과 과학’, ‘수학과 역사’ 등으로 명명함으로써 교과 통합의 아이디어를 함의하고 있었다. 그러나 과제가 쟁점을 탐구하거나 토론하는 형식이 아니라 개인적인 문제풀이를 위해 제시되는 형태였기 때문에 이 과제들도 개인적인 맥락으로 코딩하였다. 따라서 현 교과서의 거의 모든 과제들은 개인적 맥락에서 사용된 것으로 분석되었다.

한편 동일한 제재를 사용하였음에도 과제의 제시 형식에 따라 개인적 맥락과 세계 사회 맥락으로 다르게 코딩된 경우도 있는데 예를 들어 빙하를 제재로 한 과제에서 아무런 맥락 없이 빙하의 부피를 구하는 문제는 개인적 맥락으로 코딩하였고, 지구 온난화 때문에 빙하가 녹아서 발생하게 될 문제들로 인해 지구의 미래를 걱정하는 내용과 함께 해결할 문제가 제시된 과제는 세계사회 맥락으로 코딩하였다. 하지만 이것도 융복합교육에서 의미하는 세계사회 맥락이 되기 위해서는 지구의 미래를 걱정하는 것에서 그치지 않고 문제 해결을 위한 대안 제시의 과정까지 포함해야 할 필요가 있다.

다른 나라 교과서에서 사용된 과제들은 실생활 맥락을 기반으로 하면서 다양한 수준의 맥락 차원을 가지고 있었다. 또한 과제 제시에 있어 상황을 설명하면서 그 상황 자체를 문제로 연결하는 구성 방식을 보였는데 여기에서는 가교성의 원리를 찾아볼 수 있었다. 다음 <표 5>는 국내외 교과서에서 사용한 실세계 맥락 기반의 소재를 맥락의 범주에 따라 분류하여 정리한 내용이다. 이를 통해 본 연구에서 활용할 수 있는 제재를 탐색하고자 하였다.

<표 5> 맥락에 따른 제재의 내용

맥락의 범주	제재	상황으로 제시된 실생활 소재
	도로/교통수단	<ul style="list-style-type: none"> • 도로의 구간단속, 열차의 제동 속도 • 항공기의 이착륙, 항공기의 비행계획 • 안전한 도로, 자동차 급제동 • 각종 교통수단의 네비게이션
	여가활동	<ul style="list-style-type: none"> • 번지점프, 롤러코스터, 물 로켓 • 스키장의 슬로프 • 건강 달리기
개인적 맥락	사회(경제/지리)	<ul style="list-style-type: none"> • 국민의 소득 분배, 우리나라의 소득 점유율 • 한계비용, 연간 사회적 비용 • 인플레이션 비율 • 강화도의 넓이, 울릉도의 넓이, 독도의 넓이 • 이집트의 토지 측량, • 소양강 댐의 방류량 • 인구성장 또는 개체성장모델 • 기온, 일출시간의 변화
	과학(의학, 생물, 우주)/공학	<ul style="list-style-type: none"> • 인터넷 회선의 데이터 전송량 • PID 제어 시스템, 트립 컴퓨터 • 전파 탐지기와 수중 음파 탐지기 • 도목공학 • 물의 부피(토리첼리의 법칙), 해수면의 높이 • 댐이 받는 수압 • 심박출량, 혈액의 속도, 뇌파, X선 흡수량 • 질병의 확산, 회복률과 전이를 • 나로호, 맥노트 혜성의 경로 • 전하와 전류, 힘의 크기와 일의 양, 전력과 에너지 • 물체의 자유 낙하 운동
	예술	<ul style="list-style-type: none"> • 스트링아트
지역사회 맥락	환경	<ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 오존의 농도 • 지구 온난화의 주원인: 화석 연료 사용량
세계사회 맥락	지리	<ul style="list-style-type: none"> • 텍사스의 에드워즈 고원의 강우로 인해 소실되는 땅의 넓이 • 러시아의 아랄 해, 콜로라도 강의 위기

위의 <표 5>에서 볼 수 있는 것처럼 사용된 소재들은 주로 사회교과 및 과학/공학 분야와 관련이 있었다. 평균속도, 순간속도, 미분계수를 설명하는 부분에서는 다양한 교통수단이나 속도감을 느낄 수 있는 여가활동을 중심으로 거리, 속도, 시간과 관련된 예제나 과제가 등장하였다. 우리나라 교과서 과제에 사용된 소재들은 문제를 구성하기 위해 일회적으로 등장하는 경우가 대부분이었으나 외국 교과서에서는 하나의 소재를 가지고 이야기를 이끌어가면서 수학적 개념을 점진적으로 발전시키는 형태의

전개를 보이고 있는 점에서 차이가 있었다.

이상의 논의를 종합하면 교과서에 제시된 과제들은 실생활 상황을 제공하고 있으나 맥락 차원에서 대부분의 과제들이 개인적 맥락 수준에 머물러 있어 간학문적인 주제와 세계사회에서 대두되고 있는 쟁점, 지속가능한 교육 등 세계의 교육과정이지향하고 있는 방향성에 대응하는 과제 개발이 필요함을 알 수 있다. 또한 우리나라 교육과정에서도 <미적분>과 관련하여 자연과학, 공학, 의학뿐 아니라 경제·경영학을 포함한 사회과학 분야를 학습하는데 기초가 되고 창의적 역량을 갖춘 융합 인재로 성장할 수 있는 기반을 제공해야 한다고 제시하고 있어 좀 더 학생들에게 의미 충실한 과제가 필요함을 시사하고 있다. 따라서 지역사회나 세계사회에서 직면할 수 있는 쟁점이나 주제를 일반적으로 탐구하는 과정으로 시작하여 이를 수학적으로 해석하고 수학적 개념을 점진적으로 발전시키면서 수학적 역량을 함양할 수 있는 과제 개발이 필요하다.

IV. 융복합 수학수업의 실행 방안

본 연구는 융복합 수학수업의 실행 방안을 ABCD 원리를 기반으로 구체화하고 이를 적용한 예시 자료를 제공하고자 하였다. 먼저 우리나라 수학과 교육과정과 융복합 수학수업의 예시를 융복합교육의 ABCD 원리에 따라 분석한 실행 방안과 국내외 미적분 교과서를 융복합 프로그램 구성들의 맥락 차원에서 분석한 실행 방안을 반영하여 융복합 수학수업의 교수-학습 방법과 교수-학습 내용을 구성하였다. 우선 자율성, 다양성과 가교성 중 교육의 주제들 사이의 관계를 나타내는 부분은 교수-학습 방법을 통해 실천할 수 있다.

첫째, 자율성과 관련하여서는 학습자의 자율성을 제고하기 위하여 자기 주도적인 학습을 권장하고 학습자가 발견하고 알게 된 것들을 정당화하는 기회 제공과 스스로 시작하고 실행할 수 있는 기회를 제공하는 것이 중요하다. 이러한 맥락에서 프로젝트 교수법은 학생들이 관심 있는 주제를 선정하고 연구 과정을 계획하여 스스로 실행하며 그 결과도 스스로 평가하고 반성할 수 있는 기회를 제공할 수 있기에 융복합 교육을 실행하기에 가장 적절한 교수법이라 할 수 있다. 또한 다양한 테크놀로지를 활용하는 것은 학생들의 능동적인 참여를 도울 수 있다.

둘째, 가교성과 관련하여서는 학생과 학생의 대화적이고 유기적인 관계를 위해 모둠별 협력학습을 하는 것이 좋으나 반드시 적절한 역할 분담을 통해 책임감의 중요성을 인식하도록 해야 한다. 또한 학생들이 모둠활동을 하고 있을 때는 교사가 모둠을 순회하며 지원이 필요한 모둠은 적절한 안내를 해 주어 학생들의 탐구가 지속될 수 있도록 돕는 교실 환경이 필요하다.

셋째, 다양성과 관련하여서는 먼저 학생들이 차이를 인정하고 다름을 존중할 수

있는 교실 분위기를 조성해야 할 것이다. 학생들이 친구들과 다른 자신의 의견을 자유롭게 발표할 수 있고 다른 관점에서 접근한 해결방안을 제시할 수 있으며 다양한 결과물을 자신감 있게 표현할 수 있는 개방된 교실 환경이 필요하다. 이상의 세 가지의 원리에서 도출한 실천 방안을 적용한 교수-학습 방법은 다음 <표 6>과 같다.

<표 6> 융복합 수학수업에서 실천 가능한 교수-학습 방법

ABCD원리	실천 방안
자율성(A)	<ul style="list-style-type: none"> • 자기 주도적 학습의 환경 조성하기 • 자신의 생각이나 의견에 대한 정당화 기회 제공하기 • 프로젝트 교수-학습 방법 활용하기 • 도구(그래픽 계산기, 다양한 소프트웨어) 활용하기
가교성(B)	<ul style="list-style-type: none"> • 역할이 있는 협동학습 • 학생과의 대화를 통한 교사의 지원
다양성(D)	<ul style="list-style-type: none"> • 서로의 다름을 존중하고 차이를 인정하는 교실환경 조성 • 다양한 의견이나 생각의 표현이 자유로운 교실환경 조성 • 다양한 해결방법 모색과 비교를 통한 합리적 의사결정 • 다양한 결과물 산출을 격려하는 교실환경 조성

또한 교수-학습 내용의 구성을 위해서는 가교성과 맥락성의 원리를 실천할 필요가 있다. 첫째, 가교성은 교과나 실생활의 연계를 포함하고 있는데 고희경 외(2013)는 지구온난화, 환경보호를 위한 재활용품 이용이나 과대 포장 줄이기 등 세계가 함께 고민해야 할 문제들을 수학과 연계하였고 문학, 과학의 마찰력 개념, 디자인이나 테셀레이션, 음악 등을 포함하는 예술 영역과 연계된 과제를 개발하였다. 미적분학의 기본정리 지도를 위해서는 전력과 에너지, 속도와 넓이 등 변화율과 변화량을 함께 탐구하면서 다양한 지식과 개념이 연계될 수 있는 과제를 구성할 수 있다.

둘째, 맥락성과 관련하여서는 지역사회나 세계사회의 맥락차원이 등장할 수 있는 과제를 구성하여 문제 해결 과정을 통해 세계시민사회 구성원으로서의 역량을 함양하는 기회를 제공할 수 있어야 한다. 그러나 앞에서 언급하였듯이 소재가 세계사회의 관심을 받는 이슈라고 하여 세계사회적인 맥락이 될 수 있는 것은 아니다. 과제를 제시하는 방식이 매우 중요한데 타 교과와 개념이나 이슈를 정보 제공의 차원에서 형식적으로 제시하는 데에 그친다면 학생들에게는 의미 없이 문제풀이를 하는 개인적 맥락의 과제가 될 수밖에 없다. 따라서 환경, 인권, 평화, 시민성, 노동 등과 같이 세계사회가 공존하기 위해 해결해야 할 문제의 맥락을 제공하되 학생들이 현 실태를 파악하고 문제의 배경과 원인을 조사하며 수학적으로 분석하여 해결방안을 제시할 수 있는 형식으로 구성하여 학생들에게 의미충실한 과제가 될 수 있도록 해야 한다. 가교성과 맥락성의 원리에서 도출한 실천방안을 정리하면 다음 <표 7>과 같다.

<표 7> 융복합 수학수업에서 적용 가능한 교수-학습 내용

ABCD원리	실천 방안
가교성(B)	<ul style="list-style-type: none"> 교과 개념 연계 실생활의 지식 연결역할이 있는 협동학습
맥락성(C)	<ul style="list-style-type: none"> 개인적 맥락 지역사회 맥락 세계사회 맥락: 공정한 분배, 환경보호, 노동과 인권, 전쟁과 평화, 시민성 등

본 연구에서는 이러한 실천방안을 적용하여 미적분학의 기본정리를 직관적으로 이해할 수 있고, 환경과 관련된 이슈 중심의 탐구과정을 통해 인간과 자연의 호혜적인 관계 회복이 상생하는 길이며 세계사회의 '생명'과 '평화'를 유지하는 길임을 이해하는 것을 목표로 하는 융복합 수학수업을 계획하였다. 본 수업은 세계 4대 호수 중의 하나인 아랄해가 인간의 탐욕으로 생명체가 더 이상 생존할 수 없게 되었는데 이는 단순히 우즈베키스탄이라는 지역의 문제만이 아니라 우리 자신의 문제이며 전 지구의 문제가 되었다는 위기의식을 가지고 준비되었다. 또한 '바다 사막화'라는 용어가 등장하면서 우리나라도 더 이상 사막화로부터 자유로울 수 없다는 현실 상황을 바탕으로 본 수업은 사막화와 관련된 주제를 다양한 관점으로 탐구하되 사막화로 인하여 시간에 따라 계속 변하고 있는 호수의 넓이, 물의 증발량, 남아 있는 물의 양 등을 미적분의 개념과 연결하여 분석해보는 기회를 제공하고자 하였다.

교수-학습 방법과 관련하여서는 첫째, 학생들이 사막화와 관련하여 자유롭게 탐구 주제를 정하고 계획하며 직접 실행하고 연구 결과를 발표하도록 함으로써 학생들에게 최대한의 결정권을 줄 수 있는 탐구기반의 프로젝트 수업을 계획하였다. 그리고 자신의 프로세스폴리오를 창의적이고 자율적으로 계획하도록 하였다. 또한 학생들이 적극적으로 참여할 수 있도록 그래픽 계산기와 CBR을 활용하였고 발표할 기회를 최대한 많이 제공함으로써 학생들의 참여 기회를 제공하고자 하였다.

둘째, 학생과 학생 사이의 소통을 위하여 소그룹별로 과제탐구를 진행하도록 하였고 교사와 학생 사이에도 양방향의 소통이 가능할 수 있도록 교사가 전체 수업을 안내하는 동시에 소그룹별로 과제가 진행되는 동안은 교실을 순회하며 지원하도록 하였다.

셋째, 연구 중간 단계와 마무리 단계에서의 결과 공유를 통해 사막화와 연결될 수 있는 다양한 주제, 소그룹별로 특징 있는 접근방법, 다양한 연구 결과 등을 학생들이 자유롭게 이야기하고 경청하는 수업이 되도록 하였다.

교수-학습 내용과 관련하여서는 첫째, 학생들이 알고 있는 미분과 적분의 관계, 변화율 등과 같은 지식을 연결할 수 있는 마인드 맵 작성 기회를 통해 자신이 타 교과에서 배웠던 교과지식도 연계할 수 있도록 하였다. 또한 사막화와 관련된 시를 감상

하고 사막화가 진행되고 있는 정보를 제공하는 세계지도를 통해 수학과 함께 국어, 사회 교과와 내용을 통합하고자 하였으며 거리, 속도, 위치, 가속도 등 움직임과 관련된 과학 교과의 개념을 통합하였다.

둘째, 세계 4대 호수 중의 하나인 아랄 해가 말라가고 있어서 전 지구인에게 위기 의식을 일으키고 있다는 정보를 제공함으로써 실세계에서 심각한 이슈인 사막화를 세계사회의 문제로 바라보도록 하였다. 아랄 해의 사막화는 자연재해라기보다는 구소련이 벌목사업을 벌이고 목화농장을 만들기 위해 아랄 해로 통하는 물길의 방향을 바꾸며 댐을 건설하여 관개 농지를 만드는 등 개발을 향한 인간의 탐욕으로 발생한 문제이기 때문에 학생들이 해결을 위한 대안을 함께 생각해 보기를 기대하였다. 또한 우리나라는 사막화와 관련이 없는 듯 생각되지만 사막화의 일종인 '바다의 사막화' 현상에서는 자유롭지 않기 때문에 이는 지역사회 맥락의 수준에서도 학생들에게 의미 충실한 맥락을 제공할 수 있다고 생각하였다.

또한 수학적 지식의 습득을 위하여 수학과 과학의 공통 개념인 시간, 속도, 거리의 관계를 그래픽 계산기 활동을 통해 이해하고 수학사를 따라 속도와 넓이의 관계를 탐구하는 내용도 추가하여 수학 내적 연결성을 통해 수학적 주제 탐구도 이루어지도록 하였다. 이와 같은 실천 방안을 적용한 수업의 개요는 다음 <표 8>과 같다.

<표 8> 미적분학의 기본정리 중심의 융복합 수학수업 개요

차시	단계	학습개념	내용	적용원리
1-2	오리엔이션	변화율	<ul style="list-style-type: none"> 학생들이 자신의 프로세스폴리오를 자율적, 창의적으로 계획한다. 미분과 적분의 관계, 변화율에 대한 마인드 맵을 그리고 발표한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성 다양성
3-4	도입	운동상태의 변화율	<ul style="list-style-type: none"> 주어진 그래프를 예측하고 토론한다. 그래픽계산기와 CBR로 활동하며 예측 결과를 확인한다. 속도와 위치, 가속도와 속도의 관계를 변화율의 관점에서 인식한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성 맥락성 다양성
5-6	문제제기	사막화	<ul style="list-style-type: none"> 동영상을 보고 관련된 쟁점을 찾아 발표한다. 국어의 시 감상, 지리의 환경지도를 보며 문제를 인식한다. 모둠별로 탐구주제를 결정한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성 맥락성
7-8	문제인식	시간에 따른 넓이의 변화율	<ul style="list-style-type: none"> 연도에 따른 넓이 변화의 자료를 조사하고 시간에 따른 넓이의 변화율을 계산한다. 이와 같은 속도라면 아랄해가 언제 없어질지 추정해본다. 	<ul style="list-style-type: none"> 자율성 맥락성
9-10	문제탐구	부정적분 구분구적법	<ul style="list-style-type: none"> 시간-속도, 시간-가속도, 시간-위치의 그래프를 보고 그 관계에 대해 토론한다(부정적 	<ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성

			분과 미적분학의 기본정리를 추론하는 기회 제공). <ul style="list-style-type: none"> 남아있는 호수의 넓이를 보다 정확하게 구할 수 있는 방법에 따라 질적으로 접근한다.
11-12	문제 탐구	미적분학의 기본정리	<ul style="list-style-type: none"> 모듈별로 Galilei, Oresme, Newton, Leibniz 중 한 사람을 선택하여 시간-속도 그래프의 넓이와 거리의 관계를 탐구한다. 학생들이 코티칭의 방식으로 설명한다. 미적분학의 기본정리의 의미를 정리하여 발표한다. <ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성 맥락성 다양성
13-14	문제 해결	• 사막화	<ul style="list-style-type: none"> 사막화를 해결하기 위한 대안을 모듈에서 토론한다(교사는 구체적이고 실천 가능한 대안이 나올 수 있도록 안내한다). “문제 해결을 위해 어떤 행동을 할 수 있을까?” <ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성 맥락성 다양성
15-16	정리	• 평가	<ul style="list-style-type: none"> 프로세스폴리오를 발표한다. 동료평가를 실시한다. 교육전문가의 논평중심의 평가를 실시한다. <ul style="list-style-type: none"> 자율성 가교성 맥락성 다양성

V. 결론 및 제언

학생들의 창의·융합 능력을 함양하기 위해서는 학생의 자율성, 수업 주체들의 관계를 통해 협력과 갈등해결능력을 신장할 수 있는 가교성, 세계사회나 지역사회 맥락의 문제를 해결하고 대안을 제시하면서 미래 사회 구성원으로서 시민성을 키울 수 있는 맥락성, 다양한 생각을 통해 자신감과 창의성을 발휘할 수 있는 다양성의 원리들이 균형 있게 구현될 수 있는 수업의 구성이 필요하다. 따라서 본 연구는 우리나라 수학과 교육과정, 융복합 수학수업 관련 국내외 수업을 융복합교육의 ABCD 원리를 적용하여 분석함으로써 교수-학습 방법과 관련된 실행방안을 구체화하였고 국내외 미적분 교과서에 제시된 실생활 맥락 과제를 융복합교육 구성들의 맥락 차원에서 분석하여 교수-학습 내용과 관련된 실행방안을 구체화하였다. 그리고 융복합 수학수업의 사례로 세계적인 이슈인 사막화를 주제로 미적분학의 기본정리 지도에 적용하는 방안을 소개하였다. 본 연구 결과를 통한 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 우리나라 2015 개정 수학과 교육과정에는 “생활 주변 현상, 사회 현상, 자연 현상 등의 여러 가지 현상을 학습 소재로 하여 수학의 개념, 원리, 법칙을 도입한다.”고 제시되어 있고 미국의 P21은 학생들이 미래사회에서 필요한 핵심역량을 제시하면서 교과지식과 함께 간학문적 주제를 제시하고 있다. 이는 간학문적인 주제를 학습

소재로 사용하는 데서 그치는 것이 아니라 자신의 문제로 인식하고 이를 해결하는 역량의 함양까지 기대하는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 학습 자료는 사막화를 통하여 미적분학의 기본정리와 관련된 수학적 지식과 함께 환경 문제를 해결하고 대안을 제시하는 과정에서 보장될 수 있는 학생의 자율성과 다양성, 교육 주체간의 가교성과 학생에게 의미 충실한 맥락을 제공하려고 했다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

둘째, 위에서 언급하였던 것처럼 학생들에게 의미 있는 학습을 제공하는 것은 중요하다. 이를 위하여 세계사회 맥락의 문제를 해결하면서 이를 지역사회의 관점과 개인의 실천 맥락에서 해석하는 과정은 더 의미 충실하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 사막화를 주제로 시작하였지만 우리나라도 안전할 수 없는 바다의 사막화를 주제로 함께 제공하였고 이를 해결할 수 있는 대안을 개인의 관점에서 제안할 수 있도록 자료를 구성함으로써 학생들이 자신의 문제로 생각할 수 있고 자신의 실천적 행동이 필요함을 알 수 있도록 하였다.

셋째, 지금까지 대부분의 미적분 수업은 교사의 강의식 설명과 문제풀이 중심의 전통적인 방식으로 이루어졌다. 그러나 융복합교육적 접근을 미적분 수업에 접목하고자 할 때에는 사회적 요구로 대두되기 시작한 융복합교육을 수학교과에서도 실천하기 위해서는 프로젝트 기반이나 탐구형태의 수업 방법을 활용하고 토론 중심의 수업을 진행할 필요가 있다. 2015 개정 수학과 교육과정에 ‘과제탐구’가 추가된 것을 볼 때에 본 연구결과는 수학교과에서 활용가능한 융복합적 탐구 과제가 될 수 있을 것이다.

넷째, 융복합 수학수업은 융복합교육의 ABCD 원리와 관련된 실천방안을 균형 있게 반영하여 구성해야 한다. 이와 관련하여 모듈별 토론 수업은 학생의 자율적인 참여, 학습자의 지식의 연계, 동료와의 의사소통, 다양한 생각의 표현이 가능한 교수-학습 방법이다. 따라서 이를 적극 활용하면 역동적인 수학교실 조성이 가능할 것으로 생각된다. 다만 모듈을 구성할 때에는 적절한 역할 분담을 통하여 모든 구성원이 책임감과 자기 역할에 대한 자부심을 가지고 참여할 수 있도록 해야 한다.

다섯째, 본 연구에서 제시한 자료는 실제 수업을 실행할 경우에는 수업 참여 학생과 수업을 실행하는 교사에 따라 그 효과가 달라질 수 있다. 또한 학생들의 자율적인 참여를 제고하고자 그래픽 계산기를 사용하게 되어 있으나 교사가 소프트웨어 사용에 익숙하지 않으면 오히려 부담스러운 수업이 될 수 있다. 따라서 교사가 융복합적인 관점을 공유하고 함께 수업을 준비하고 수학과 교육과정에서 지속적으로 강조하고 있는 공학적 도구를 사용한 수업이 가능할 수 있도록 자기계발을 위한 시간 확보와 지원이 필요하다.

사회적으로 융복합교육의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있는 반면 융복합교육은 몇몇 교과에 한정되어 이루어지고 있다. 특히 수학의 발달과정을 살펴볼 때 융복합적

성격이 강한 학문임에도 불구하고 수학 교과에서 융복합교육은 활성화되지 못하고 초등학교에서 제한적으로 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 맥락에서 본 연구는 융복합교육의 확장적 개념화에 기초하여 교과 간 내용 통합 수준을 넘어 교과 지식과 학습자, 실세계 사이의 총체적 융합을 지향하는 융복합 수학 수업을 위한 교수-학습 내용 및 방법과 함께 사회적 이슈를 바탕으로 한 융복합 수업 사례를 개발함으로써 학교 현장에서 융복합 수학수업 실천과 연구 확산에 기여하고자 하였다.

참고문헌

- 고효경, 최수영, 유미현, 오우상, 김정현, 이경령 (2013). **중학교 수학과 타 교과 융합형 교육내용, 방법, 평가체제 개선 모델 개발**(RR 2013-32-2). 서울: 한국교육개발원
- 권오남, 박재희, 조경희, 박정숙, 박지현 (2015). 학습자 중심의 미적분 교육과정과 교실 문화. **학습자중심교과교육연구**, 15(6), 617-642.
- 교육부 (2015a). **2015 개정 교육과정에 따른 초·중등학교 교육과정 총론**. 교육부 고시 제 2015-74호[별책 1]. 교육부.
- 교육부 (2015b). **2015 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-361호[별책 8]. 교육부.
- 교육부 (2015c). 제2차 수학교육 종합 계획(2015~2019). 교육부
- 김광웅 (2009). **우리는 미래에 무엇을 공부할 것인가: 창조사회의 학문과 대학**. 서울: 생각의 나무.
- 김성옥, 정수영, 권오남 (2010). 미적분학의 기본정리의 교수학적 분석에 기반을 둔 지도방안의 탐색. **수학교육논문집**, 24(4), 891-907.
- 문종은, 박미영, 주미경, 정수용 (2015). 중학교 1학년 수학교과서의 실세계 기반 과제 분석: 융복합교육의 맥락과 방식을 중심으로. **학교수학**, 17(3), 493-513.
- 박선화 (2000). 수열의 극한 개념에 대한 인지적 장애의 극복 방안 연구. **수학교육학연구**, 10(2), 247-262.
- 안성호 (2014). '융복합교육'을 위한 영어교사 전문성 및 교육여건: 초·중등 영어교사들의 초점 집단인터뷰 결과를 중심으로. **교사교육연구**, 53(2), 362-379.
- 이광우, 전제철, 허경철, 홍원표, 김문숙 (2009). **미래 한국인의 핵심 역량 증진을 위한 초·중등학교 교육과정 설계 방안 연구**(연구보고 RRC 2009-10-1). 서울: 한국교육과정평가원.
- 이선경, 구하라, 김선아, 김시정, 문종은, 박영석, 신혜원, 안성호, 유병규, 이삼형, 이승희, 이은연, 주미경, 차윤경, 함승환, 황세영 (2013). 융복합교육 프로그램 구성을 위한 기초 연구: 현장 사례 분석을 통한 구성틀 적용 가능성 탐색. **학습자중심교과교육연구**, 13(3), 483-513.
- 이인식 (2008). **지식의 대응합**. 서울: 고즈윈.
- 이현주, 류중현, 조완영 (2015). 통합적 이해의 관점에서 본 고등학교 학생들의 미분계수 개념 이해 분석. **수학교육논문집**, 29(1), 131-155.
- 이혜숙, 임해미, 문종은 (2010). 수학과학통합교육의 설계 및 실행에 대한 연구. **수학교육**, 49(2), 175-198.
- 정연준 (2010). 미분계수의 역사적 발달 과정에 대한 고찰. **학교수학**, 12(2), 239-257.

정연준, 이경화 (2009). 미적분의 기본정리에 대한 고찰: 속도 그래프 아래의 넓이와 거리의 관계를 중심으로. *수학교육학연구*, 19(1), 123-142.

차윤경, 안성호, 주미경, 함승환 (2016). 융복합교육의 확장적 재개념화 가능성 탐색. *다문화교육연구*, 9(1), 153-183.

Callanhan, J., & Hoffman, K. (1995). *Calculus in context: The five college calculus project*. 강현배, 강성수, 고석구, 김도상, 김영록, 변홍식, 유병훈, 장진, 조성진, 최대호 공역 (2004). **상황 속의 미적분학**. 서울: 경문사.

Coxford, A. F., Fey, J. T., Hirsch, C. R., Schoen, H. L., Hart, E. W., Keller, B. A. et al. (2001). *Contemporary mathematics in context: A Unified approach*. OH: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Davis, R. B. (1986). Calculus at university high school. In R. G. Douglas (ed.). *Toward a Lean and Lively Calculus*. Mathematical Association of America.

Horton, R. M., Hedetniemi, T., Wiegert, E., & Wagner, J. R. (2006). Integrating curricula: The SC studies model. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 11(8), 408-415.

Leonard, J. (2004). Integrating mathematics, social studies, and language arts with "A Tale of Two Cities." *Middle School Journal*, 35(3), 35-40.

OECD (2005). *The definition and selection of key competencies: Executive summary*. Paris, France: OECD.

Partnership for 21st Century Learning. (2015). P21 framework definitions. Retrieved from P21 website: http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf.

Thompson, P. W. (1994). Images of rate and operational understanding of the fundamental theorem of calculus. *Educational Studies in Mathematics*, 26(2), 229-274.

Tucker, T. W. (1987). Calculus tomorrow. In L. A. Steen (Ed.). *Calculus for a new century: A pump, not a filter*. Mathematical Association of America.

Ubuz, B. (2007). Interpreting a graph and constructing its derivative graph: stability and change in students' conceptions. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 38(5), 609-637.

Vahey, P., Rafanan, K., Patton, C., Swan, K., van't Hooft, M., Kratoski, A., & Stanford, T. (2012). A cross-disciplinary approach to teaching data literacy and proportionality. *Educational Studies in Mathematics*, 81, 179-205.

World Economic Forum. (2015). *New vision for education: Unlocking the potential of technology*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum. Retrieved from

http://www.weforum.org/docs/wefus_newvisionforeducation_Report2015.pdf

논문 접수: 2018년 5월 15일

논문 심사: 2018년 5월 23일

게재 승인: 2018년 5월 28일

<ABSTRACT>

**Inquiry into Practice Yungbokhap Education in mathematics:
Based on “the Fundamental Theorem of Calculus”**

Jong-Eun Moon(Hanyang University)

Mi-Kyung Ju(Hanyang University)

This study explored the action plan for Yungbokhap education approach to school mathematics and developed a material for “the Fundamental Theorem of Calculus” as a way to reform mathematics education in Korea. For this purpose, this study analyzed Korean national mathematics curricula, case studies of mathematics instruction. In addition, mathematics textbooks were analyzed in order to identify contexts used in the textbook task. Based on the analysis, the study proposed the action plan to implement integrated mathematics instruction and designed a class material based the context of desertification. The material allowed students to examine ‘desertification’ through posing problems, reflecting on problem-solving process and sharing their outputs. Finally, this study provides discussion concerning the importance of Yungbokhap approach to mathematic instruction for the improvement of school mathematics.

★ **Key words:** Yungbokhap approach to mathematics instruction, Fundamental Theorem of Calculus, ABCD Principles of Yungbokhap education, Yungbokhap education