

ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술수업이 예비 과학교사의 테크놀로지 교수내용지식(TPACK)에 미치는 영향

이상철 (제주대학교 교수)*

강경희 (제주대학교 교수)**

요약

이 연구는 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 이를 위해 21명의 예비 과학교사들을 대상으로 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업을 실시하였고, TPACK 사전 사후검사를 실시하였다. 테크놀로지 내용교수지식 사전 사후검사 간 비모수검정인 Wilcoxon 부호순위검정을 실시한 결과 사후검사 결과가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한 교수내용지식, 테크놀로지 기반 내용지식, 테크놀로지 기반 교육학 지식 영역 모두에서도 유의한 차이를 나타냈다. 개방형 문항에 대한 응답 분석 결과 사후검사에서 예비 과학교사들은 에듀테크를 활용한 교수 활동에 대한 인식이 높아진 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK에 긍정적인 영향을 미쳤음을 시사하고 있다.

주제어: 테크놀로지 교수내용지식, ChatGPT, 통합과학논리 및 논술, 예비 과학교사, 테크놀로지 기반 내용지식

* 제1저자, chills@jejunu.ac.kr

** 교신저자, kkh6554@jejunu.ac.kr

I. 서 론

21세기 들어 정보통신 기술을 중심으로 한 과학기술 분야의 급속한 변화는 학교 교육의 방향에 대한 근본적인 논의의 필요성을 대두시켰다. 이에 따라 온라인교육 등 다양한 교육 형태가 급속도로 확산되었고, 교육용 테크놀로지 자료의 개발 또한 활발하게 이루어졌다.

2022년 11월 생성형 인공지능 ChatGPT가 공개되면서 전 세계적인 관심이 집중되었고, 교육 분야에서의 활용에 대한 연구들이 이루어졌다(홍선주 외, 2020). 특히 ‘질문과 답변의 방식으로 사용자와 대화하는 인공지능’(OpenAI, 2022)이라는 점에서 텍스트를 활용하는 교육에서의 활용 가능성에 주목하게 되었다. Rudolph et al.(2023)는 ChatGPT의 장점을 최적으로 활용한다면 향후 고등교육에서 학습과 평가의 비전을 제시할 수 있다고 강조하였다. 최근 다양한 테크놀로지를 활용해 교육 현장의 온·오프라인 자원 및 학습 정보를 통합 관리하고 학습 환경을 디지털로 전환하고자 하는 시도가 증가하고 있다(이지은, 2020). 교육에서의 테크놀로지 활용에 관한 국내 연구는 테크놀로지 활용에 따른 효과 분석(김경리, 정영식, 2022)를 비롯해 활용 방안에 대한 인식 조사(김진옥, 2022), 테크놀로지를 활용한 프로그램 개발(이재호, 이승훈, 2023) 등이 이루어졌다. 이와 함께 학교에서 실질적이고 효과적으로 테크놀로지를 활용할 수 있는 방안을 제시하기 위해서 활용 사례와 적용 방안 연구, 교사와 기업의 인식 연구가 이루어졌다(한국교육학술정보원, 2021). 그러나 아직까지 교육 현장에 ChatGPT를 활용하는 시도는 초기 단계이므로 구체적인 활용 전략 등에 대한 연구는 극히 제한적이다.

특히 최근 공포된 2022 개정 교육과정에서는 ‘인공지능 기술 발전에 따른 디지털 전환, 감염병 대응 및 기후·생태환경 변화, 인구 구조 변화 등에 의해 사회의 불확실성이 증가’하고 있음에 주목하면서 ‘모든 학생이 학습의 기초인 언어·수리·디지털 기초소양’을 갖추도록 강조하고 있다(교육부, 2022). 그러므로 학교 교육 현장에서 ChatGPT 등 인공지능의 도입은 앞으로 필수적인 교수-학습 전략으로 자리매김할 것으로 예상된다. 교육용 테크놀로지 도입의 확대는 교사들에게 새로운 영역의 교수 역량 함양의 필요성을 대두시키고 있다. 즉 교사는 테크놀로지에 기반한 새로운 형태의 교수-학습 과정을 전개해야 함과 동시에, 테크놀로지가 도입된 상황에서 학생의 비판적 사고, 창의성, 반성적 사고를 이끌어내야 하는 도전에 직면하였다(이영란, 류정민, 한기순, 2020). 실제 각급 학교에서 구글클래스룸, 패들렛 등을 활용한 수업이 이루어지고 있고, 이는 교육 현장의 변화에 대응할 수 있는 교수역량의 중요성을 더욱 부각시키게 되었다. 이러한 학교 현장의 상황을 고려할 때 예비 교사를 위한 교육 프로그램에서 테크놀로지를 활용해 교수역량을 향상시키기 위한 노력이 요구되고 있다(최경식, 백성혜, 2021).

최근에 사회적인 관심이 집중되고 있는 생성형 AI의 경우 텍스트뿐만 아니라 이미지, 오디오 등의 기존 콘텐츠를 토대로 새로운 콘텐츠를 만들어내는 인공지능 기술이므로(변정호, 권용주, 2023), 다양한 콘텐츠가 도입되는 학교 수업에서의 활용 가능성에 대한 검토가 이루어지고 있다(강동훈, 2023). 즉 생성된 질문에 대한 정보를 제공하는 형식으로 운영되는 생성형 AI를 교수-학습 과정에 도입하기 위해서는 다양한 형태의 콘텐츠에 대한 학습자들의 이해가 필요하다고 볼 수 있다. 그러므로

ChatGPT 등의 생성형 AI를 활용한 수업이 학습자들의 테크놀로지에 대한 이해에 영향을 미치는지 알아보는 것은 향후 교육 현장에서 생성형 AI 활용을 위한 기초자료로서 의미가 있다.

교육 분야에서 테크놀로지 도구의 활용에 대한 연구는 교수학적 내용지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)과 관련된다. Mishra와 Koehler(2006)은 앞서 Shulman(1987)이 제시한 PCK에 테크놀로지를 포함시켜 테크놀로지 교수내용지식(Technological Pedagogical and Content Knowledge, 이하 TPACK)을 도입하였다. TPACK은 교사들이 테크놀로지 지식(Technological Knowledge, 이하 TK), 내용지식(Content Knowledge, 이하 CK), 교육학적 지식(Pedagogical Knowledge, 이하 PK), 교수내용지식(Pedagogical Contents Knowledge, 이하 PCK)의 상호작용을 이해하고, 이를 바탕으로 교육 활동에 적용할 수 있는 역량을 의미한다(Koehler et al., 2004; Mishra & Koehler, 2006). TPACK의 구성 요소인 CK는 교사가 지도할 교과 내용에 대한 학문적 지식과 교과로서의 지식을 의미하고, PK는 교과의 특정 주제를 가르치는 데 필요한 교수-학습이론, 교수-학습 방법, 평가 등에 대한 지식이다. 또한 TK는 ICT를 비롯해 소프트웨어 등 테크놀로지 사용법에 대한 지식이고, PCK는 학습자에게 내용 지식을 효과적으로 가르치기 위한 교육적 전략들에 대한 지식을 의미한다(Mishra & Koehler, 2006).

특히 TPACK과 관련해 교사가 테크놀로지를 사용하여 학생들의 사고와 학습을 안내하고 교육과정을 설계 및 구현하는데 필요한 지식이라고 해석하기도 한다(Niess, 2011). 교사의 TPACK에 대한 분석은 테크놀로지를 교육 현장에 어떻게 적용해야 하는지에 대한 체계적인 이해를 제공하므로 다양한 선행 연구들(최은선, 이영준, 백성혜, 2017; Abbitt, 2011; Scherer et al., 2018)이 이루어졌다. 또한 TPACK과 관련해 전통적인 수업이 아닌 테크놀로지를 활용하는 비대면 수업에서의 교수자 역량 모델링 연구(한승연, 임규연, 2012)와 정보통신기술 활용을 위한 교사 역량 연구(이성흠, 이광우, 2003), 미래 학교 교사의 교수학습 역량 모델링 연구(홍선주, 안유민, 최영인, 2019) 등이 이루어졌다. 특히 선행 연구(홍선주, 안유민, 최영인, 2019)에서는 미래 학교 교사의 교수학습 역량으로 교수학습 기반 역량군, 교수학습 설계 역량군, 교수학습 실행 역량군, 교수학습 평가 역량군으로 나누어 각 역량별 행동 지표를 제시하였다. 또한 다른 연구(홍순정, 장은정, 서윤경, 2004)에서는 비대면 수업 교수자의 역할을 내용 전문가, 상호작용 촉진 및 관리자, 정보관리 및 활용자, 강의로자 개발자 등으로 제시하면서 지식, 기술, 태도의 측면에서 교수역량을 모델링하였다. 하지만 아직까지 테크놀로지 활용과 관련한 예비 과학교사의 TPACK에 대한 연구는 매우 제한적으로 이루어졌고, 전통적인 관점에서의 교수역량과 차별점을 확실하게 제시하지 못하고 있다.

특히 ChatGPT 등의 인공지능을 활용한 수업이 예비 교사들의 TPACK에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 대다수의 예비 교사들에게 생성형 인공지능은 생소한 테크놀로지이므로 처음 활용할 때는 잘 다룰 수 있는 기능 숙달 측면에 그칠 가능성이 있다. 그러므로 인공지능 활용 교육에서 교사의 TPACK은 매우 중요한 의미가 있다. 선행 연구(박찬술 외, 2023)에서는 예비 교사들을 대상으로 한 인공지능과 TPACK 기반 교육 프로그램이 예비 교사들의 교수 역량에 긍정적인 영향을 미쳤음을 제시하였다.

예비 과학교사들이 TPACK에 대한 이해를 바탕으로 TPACK을 함양하는 것은 향후 중등교육현장에서 테크놀로지 활용 수업을 운영할 수 있는 교수 역량을 강화한다는 측면에서 의미가 크다. 그러므

로 인공지능을 활용한 수업이 예비 과학교사의 TPACK에 어떤 영향을 미치는지 살펴보는 것은 매우 중요하다고 판단된다. 이에 이 연구에서는 생성형 AI 중 하나인 ChatGPT를 활용한 ‘통합과학논리 및 논술’ 수업을 설계하여 적용하고, 이 수업이 예비 과학교사의 TPACK에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

II. 선행 연구 검토

1. 교육에서의 ChatGPT 활용

ChatGPT는 대규모의 텍스트 데이터 구조 학습을 통해 패턴을 파악하고 이에 기초해 질문에 대한 적절한 언어를 생성한다(Brown et al., 2020). 인간과 대화를 통해 상호작용할 수 있다는 점에서 교육적 맥락에서 학습을 촉진할 수 있는 수단으로의 가능성에 대한 모색이 이뤄지고 있다. 교수-학습 과정에서 교사를 보조하고 보완할 수 있는 도구로서의 측면을 강조하고(Jeon & Lee, 2023), 학습자의 이해 수준에 기초한 개인 맞춤형 학습을 제공할 수 있다는 점도 주목받고 있다(Baidoo-Anu & Owusu, 2023).

최근 교육 분야에서 ChatGPT 활용에 대한 연구는 크게 세 영역으로 분류되고 있다(홍수민, 한형중, 2023). 첫째는 여러 교과 영역에서 생성형 인공지능의 활용 가능성을 탐색하는 것이고, 둘째는 ChatGPT의 교육적 활용에서 고려해야 할 윤리적 문제, 데이터 편향 등의 한계에 대한 연구이다. 셋째는 교육 분야에서 ChatGPT의 역할에 대한 검토이다. 실제 다양한 교과에서 이와 같은 측면에서 ChatGPT 관련 연구가 이루어지고 있다. 선행 연구(손태권, 구종서, 안도연, 2023)은 학습자의 수학적 지식과 문제해결 방법에 대한 평가를 ChatGPT로 실시해 평가 도구로서의 가능성을 제시하였고, 영어교육에서 평가 문항 개발에 활용한 연구(Hong, 2023)도 있다. 초등학교 과학 탐구활동에서 ChatGPT를 활용해 실험설계 등에 도움을 제공하는 연구(변정호, 권용주, 2023)도 실시되었다. 또한 지리교육 분야에서는 학습자와 ChatGPT가 질문과 응답 과정을 통해 심화학습과 오개념 수정이 가능함을 제시하였다(유재진, 2023).

특히 작문 활동 중 학습자가 작성한 내용에서 ChatGPT가 오류를 찾고, 수정할 수 있다는 연구(신동광, 정혜경, 이용상, 2023)는 글쓰기 수업에서 ChatGPT의 활용 가능성을 보여주고 있다. 여러 선행 연구들을 통해 ChatGPT의 활용은 수업 시간 등의 제약 조건을 넘어 다양한 학습을 제공할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다. 반면에 부정확한 정보, 데이터 편향성, 표절 등의 윤리적 문제 등 생성형 AI로 인해 야기될 수 있는 문제들은 교육 현장 도입에 앞서 필수적으로 논의될 필요가 있다. 특히 학습자들이 생성형 AI의 기술적 특성을 이해하고, 이를 토대로 ChatGPT가 제공하는 정보를 비판적으로 판단할 수 있는 능력을 기르는 것도 중요하다(김선영, 심주보, 심재창, 2023).

2. ChatGPT 활용과 TPACK의 관계

ChatGPT는 교육 현장에서 활용해왔던 기존의 테크놀로지와는 달리 인공지능 자체에 대한 이해가 어려워 접근이 어렵고 활동하기 쉽지 않은 측면이 있다(최정원 외, 2022). ChatGPT 자체에 대한 이해가 제한적일 수 있다는 것은 교수자가 교과내용학과 교과교육학, 교육학적 요소들에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 활용해야 함을 의미한다. 이와 같은 맥락에서 ChatGPT의 활용은 교사의 TPACK과 밀접한 관계가 있다고 볼 수 있다. 선행 연구(김방희, 2022)에서는 중등 예비교사의 인공지능 관련 교육 경험은 인공지능에 대한 인식과 인공지능 교수 효능감에 긍정적인 영향을 미친다고 주장하였다. 이는 예비 교사들이 학습 과정에서 생성형 인공지능 등의 테크놀로지를 직접 접해보는 것이 교수 역량에도 영향을 미칠 수 있음을 시사하고 있다.

특히 박찬술 외(2023)의 연구에서는 교사 자신이 테크놀로지를 선택하고 활용하려는 태도가 중요하므로 예비 교사들을 대상으로 한 인공지능 수업을 통해 TPACK의 향상이 가능함을 제시하였다. 또한 다른 선행 연구(손태권, 구종서, 안도연, 2023)에서는 초등 수학수업에서 교사가 인공지능 활용의도를 이해하는 것과 TPACK 간에 관련성이 있는 것으로 나타났다.

교사의 TPACK은 새로운 테크놀로지를 수업에 도입할 때 중요한 토대를 제공한다(Joo, Park, & Lim, 2018). 특히 생성형 인공지능 등의 새로운 테크놀로지를 도입할 때 교사의 TPACK은 매우 중요하다. 예비 교사의 경우 다양한 테크놀로지를 활용한 교수-학습 경험이 매우 제한적이기 때문에 실제 수업과 유사한 경험을 제공하는 것이 TPACK 향상에 큰 영향을 미칠 수 있다(이옥화, 장순선, 2018). 그러므로 본 연구에서 ChatGPT를 활용한 교수-학습 과정을 예비 과학교사들이 직접 경험함으로써 TPACK에 변화가 있는지를 살펴보는 것은 의미가 있다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 J대학교 사범대학 예비 과학교사 21명을 대상으로 이루어졌다. 이 예비 교사들은 과학교육학부 4학년생으로, 물리교육 전공 8명과 생물교육 전공 13명이다. 이 중 남학생은 12명, 여학생은 9명으로, 이 예비 교사들은 모두 이전 학기까지 다수의 교과교육학 교과목과 교과내용학 과목들을 수강하였다. 첫 주차 수업에서 교과목 운영 계획에 대한 상세한 안내를 제공하였고, TPACK 검사 관련 사항도 사전에 제시하였다. 이에 대해 모든 수강생들이 연구 참여에 동의하였다.

2. 검사도구

이 연구에서는 예비 과학교사의 TPACK을 알아보기 위해 선행 연구(최경식, 백성혜, 2021)에서 개발한 검사지를 토대로 Likert 5점 척도 문항과 개방형 문항으로 재구성하였다. Likert 문항은 총 23개 문항으로 구성되었는데, 그 중 교수내용지식(Pedagogical Contents Knowledge, PCK) 7개 문항, 테크놀로지 기반 내용지식(Technological Contents Knowledge, TCK) 6개 문항, 테크놀로지 기반 교육학지식(Technological Pedagogical Knowledge, TPK) 5개 문항, 테크놀로지 교수내용지식(Technological Pedagogical Contents Knowledge, TPACK) 5개 문항으로 이루어졌다. 또한 Likert 척도 문항 외에 PCK, TCK, TPK, TPACK 영역별로 개방형 문항을 추가함으로써 TPACK에 대한 예비 과학교사들의 인식을 좀 더 구체적으로 살펴보았다. 검사지에 대한 타당도는 글쓰기 교육 관련 다수의 연구 경험이 있는 과학교육학 박사 2인과 현직 과학교사 1인이 검토하였다. 특히 타당도 검토 과정에서 검사지 문항 중 ‘논리 및 논술’로 표현된 부분이 예비 과학교사가 중등학교 현장에서 수행할 수 있는 수업 상황과 맞지 않는다는 지적에 따라 ‘과학 글쓰기’로 수정하였다. 검사지에 대한 신뢰도 분석 결과 사전 검사지의 Chronbach α 계수는 .925, 사후 검사지는 .964로 매우 높게 나타났다. 검사지에 대한 신뢰도 분석 결과와 일부 문항 내용, 문항 유형 등에 대한 구체적인 내용은 <표 1>에 제시하였고, 개방형 검사 문항의 내용은 <표 2>에 제시하였다.

<표 1> 검사지 구성

영역	문항 내용 예시	사전검사 Chronbach's α	사후검사 Chronbach's α	유형
교수내용 지식	나는 과학글쓰기에 대해 학생들이 능동적으로 활동하는 수업의 운영 방법을 알고 있다.	.888	.916	Likert 척도
	나는 과학글쓰기 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하도록 교실 환경에 적합한 교수 방법을 사용할 수 있다			
	나는 과학글쓰기에 대해 학생들이 능동적으로 활동하는 결과로부터 학생들이 이해하는 것과 이해하지 못하는 것에 대해 파악할 수 있다.			
...				
테크놀로지 내용지식	나는 테크놀로지를 활용하여 과학글쓰기를 비판적으로 읽고 문제 제시, 주장, 논리적 구조 등에 대해서 분석적 요약할 수 있다.	.864	.919	
	나는 테크놀로지를 활용하여 과학글쓰기에서의 논증에 대한 근거와 추론을 찾을 수 있다.			
	나는 테크놀로지를 활용하여 과학 글쓰기에 대한 고쳐쓰기를 할 수 있다.			
...				

영역	문항 내용 예시	사전검사 Chronbach's α	사후검사 Chronbach's α	유형
테크놀로지 교수지식	나는 테크놀로지를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 수업 운영 방법을 알고 있다.	.855	.899	
	나는 테크놀로지를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 수업에서 학생들의 역량을 평가하는 방법을 안다.			
	나는 테크놀로지를 활용하여 다양한 방법으로 학생들의 학습 성과를 평가할 수 있다.			
...				
테크놀로지 교수내용 지식	나는 테크놀로지를 활용하여 과학글쓰기에 대한 학생들의 활동 결과로부터 이해하는 것과 이해하지 못하는 것에 대해 파악할 수 있다.	.738	.881	
	나는 테크놀로지를 활용하여 학생들이 능동적으로 활동하는 과학글쓰기 수업을 구성할 수 있다.			
	나는 테크놀로지를 활용하여 과학글쓰기 수업에서 학생들이 능동적으로 활동하는 교실 환경을 통해 다양한 방법으로 학생들의 학습 성과를 평가할 수 있다.			
...				
전체		.925	.964	

〈표 2〉 개방형 검사 문항 내용

영역	문항 내용 예시
교수내용지식	과학글쓰기에 대해 가르친다면 학생들의 능동적 참여를 이끌기 위한 교수 방법과 환경 조성, 성과 평가 등에 대한 자신의 수준이 어떻다고 생각합니까?
테크놀로지내용지식	인공지능 등 다양한 테크놀로지를 활용하여 과학글쓰기를 작성한다면 글쓰기에 대한 자신의 수준이 어떻다고 생각합니까?
테크놀로지교수지식	테크놀로지를 활용한 과학글쓰기 수업을 실시할 때 교수 방법, 학생 이해, 성과 평가 등에 대한 자신의 수준이 어떻다고 생각합니까?
테크놀로지교수내용지식	테크놀로지를 활용하여 과학글쓰기를 가르친다면 학생들의 능동적 참여를 이끌기 위한 교수 방법과 환경 조성, 성과 평가 등에 대한 자신의 수준이 어떻다고 생각합니까?

3. 수업설계

본 연구에서는 ChatGPT를 ‘통합과학논리 및 논술’ 수업에서 활용하였다. 학기 초 오리엔테이션을 통해 이 교과목의 목표는 통합과학의 교과논리에 대한 이해를 바탕으로 예비 과학교사의 글쓰기 역량 함양과 동시에 중등학교 과학글쓰기 교수 역량 강화임을 제시하였다. 수업 과정에서도 이 목표를 지속적으로 강조하여 예비 과학교사들이 과학글쓰기 지도에 대한 이해를 높이도록 했다. 교육과학기술부(2009)는 ‘교과논리 및 논술’ 과목을 ‘각 교과별 특성에 부합되는 논리적 사고의 근본 법칙 및 논술에 관한 교육’으로 규정하고 있다. 따라서 통합과학논리 및 논술에서는 논리적 사고와 그에 따른 과학 추론, 탐구계획서, 연구노트, 보고서 쓰기 등 과학글쓰기의 실제에 대해 다루었다. 특히 예비 과학교사로서 통합과학 교과목의 논리성을 학습하는 것은 중등학교 글쓰기 지도력을 기르는 것과 밀접한 관련이 있다.

‘통합과학논리 및 논술’ 수업은 ChatGPT를 활용한 질문과 토론, 에세이 작성, 첨삭 활동 등 다양한 형태로 진행되었다. 예비 과학교사들은 교수자가 미리 탑재한 동영상 수업자료를 학습하였다. 교수자는 각 주차별 수업 내용에 대한 이론적 설명을 동영상으로 제작해 제시하였고, 예비 과학교사들은 수업 전 동영상을 시청하면서 질문을 작성하였다. 오프라인 수업 시간에는 사전에 작성한 목록을 토대로 ChatGPT에 질문하면서 학습을 진행하였다. 또한 ChatGPT의 응답 내용을 검토하고, 예비 과학교사들이 추가 질문을 제시하였다. 예비 과학교사들이 제시한 글에 대해 ChatGPT가 질문을 생성하도록 해 상호 토의가 이루어졌다. [그림 1]에 나타난 바와 같이 ChatGPT를 활용해 학습한 후 예비 과학교사들은 학습 내용을 요약하고, 학습 과정에 대한 성찰을 기록하였다. 특히 일레로 논증글쓰기 활동에서 예비 과학교사들은 논증글을 작성하고, 주장과 근거, 보강 등 논증 요소들을 분석하였다. 그리고 예비 과학교사들은 ChatGPT에 자신의 논증글을 제시해 주장과 근거 등을 분석하게 하고 스스로 분석한 논증 구조와 비교하는 활동을 전개하였다. 이와 같은 ChatGPT와의 상호작용을 토대로 하여 제시된 주제에 대한 에세이를 작성하였고, 그에 대한 교수자 피드백이 진행되었다. 또한 에세이 작성 중 의사소통과 관련해 그래프 그리기 등은 구글코랩에서 파이썬을 활용한 코딩을 활용하였다. 학습 과정 전반에 걸쳐 모든 교수-학습자료들은 구글클래스룸을 통해 공유되었다. 업로드된 글쓰기 결과물에 대해서는 예비 과학교사들이 서로 첨삭을 하였고, 그에 따른 고쳐쓰기가 이루어졌다. 특히 과학탐구계획서와 보고서 쓰기에서의 첨삭 활동을 비롯해 전체적인 고쳐쓰기 활동은 예비 교사로서 향후 중등학교 학생들에 대한 과학 글쓰기 지도라는 차원에서 이루어졌다. 특히 예비 과학교사들과 ChatGPT 간 질문과 응답, 첨삭 등 다양한 상호작용에 대한 기록은 모두 파일로 작성해 제출하였다. 예비 과학교사 개개인이 작성한 이 포트폴리오를 통해 교수자는 ChatGPT를 활용한 학습 과정 전반을 파악하였고, 추가의 첨삭과 피드백을 제공하였다. 이 수업 설계는 통합과학논리 및 논술 수업을 대상으로 구성된 것이므로 다른 교과목 수업 설계에 일반화하기에는 한계가 있다. 이 수업 운영의 구체적인 내용은 <표 2>에 제시하였다.

〈표 3〉 통합과학논리 및 논술 수업 개요

주차	내용	수업 형태
1	1) 글쓰기의 기초 2) 단위, 표, 그림, 그래프 쓰기	동영상 수업 자료, ChatGPT를 활용한 질문, ChatGPT를 이용한 토의, 구글클래스룸 활용, 구글코랩 활용
2	1) 연구노트 쓰는 방법 2) 연구보고서 쓰는 방법	
3	1) 연구보고서 쓰기 예시 2) 연구논문 쓰는 방법	
4	1) 과학 글쓰기와 표현 2) 과학용어 표기법	
5	1) 과학적 사고력과 탐구 활동(1) 2) 탐구 과정과 보고서 쓰기	
6	1) 과학적 사고력과 탐구 활동(2) 2) 보고서 쓰기의 실제	
7	1) 논문 리뷰 2) 가설적 추론 방법과 IMRAD를 이용한 교수모형	
8	1) 논문 리뷰 2) 과학기술글쓰기: 실험보고서	
9	1) 과학논술의 이해 2) 과학논술과 반증주의	
10	1) 귀납추론과 그 한계 2) 연역추론과 그 한계	
11	1) 포퍼의 가설연역법 2) 톨민의 논증 모형	
12	1) 논리적 사고와 비판적 사고 2) 논증의 이해	
13	1) 논증의 유형 2) 논증과 명제 논리	
14	1) 정언명제, 선언명제, 가언명제 2) 논증 형식과 딜레마	
15	기말고사	

<p>APA, MLA, Chicago 방식으로 나누어 작성하는 것은 각각의 방식이 장단점이 있을 것이라하고 생각하는데 각각의 방식의 장단점이 어떻게 다를까?</p> <p>각각의 방식은 장단점이 있습니다.</p> <p>APA 방식의 장점으로는, 다양한 학문 분야에서 사용되고 있어서 범용성이 높으며, 출판사 이름을 축약해서 작성하기 때문에 글자 수가 적어지고 참고문헌 목록을 한눈에 파악하기 쉽습니다. 또한, 인용한 저작물의 출처를 정확하게 표기하여 연구자의 연구 노력과 인용한 자료의 원고 가치를 보장할 수 있습니다.</p> <p>하지만, APA 방식의 단점으로는 저자명의 표기가 복잡하다는 점이 있습니다. 또한, 출판사 이름을 축약하는 방식은 출판사를 알아보기 어렵게 만들기도 합니다.</p> <p>MLA 방식의 장점으로는, 출판사 이름을 축약하지 않고 기술하는 방식으로 인해 출판사 정보를 정확하게 확인할 수 있다는 점이 있습니다. 또한, 인용한 저작물의 출처를 정확하게 표기하여 연구자의 연구 노력과 인용한 자료의 원고 가치를 보장할 수 있습니다.</p> <p>하지만, MLA 방식의 단점으로는, 출판사 이름이 길어져서 참고문헌 목록을 파악하기 어려울 수 있으며, 출판사 이름과 출판년도를 필요로 구분하기 때문에 기록하는 데 있어서 혼란의 여지가 있습니다.</p> <p>Chicago 방식의 장점으로는, 저자명과 출판사 이름을 축약하지 않고 기술하는 방식으로 인해 출판사 정보를 정확하게 확인할 수 있다는 점이 있습니다. 또한, 인용한 저작물의 출처를 정확하게 표기하여 연구자의 연구 노력과 인용한 자료의 원고 가치를 보장할 수 있습니다.</p> <p>하지만, Chicago 방식의 단점으로는, 출판년도와 책 제목을 역으로 작성하는 것이 특징인데, 이러한 방식은 다른 방식에서 사용하는 순서와 다르기 때문에 혼동과 여지가 있을 수 있습니다. 또한, 저자명을 생략하고 인용으로 구분하지 않고 일괄적으로 기술하기 때문에, 저자의 신원을 파악하기 어려울 수 있습니다.</p> <p>따라서, 각 방식마다 장단점이 있으며, 작성하는</p> <p>이어서 말해줘</p> <p>또한, 논문 작성 분야나 인용하는 자료의 종류, 학문 분야 등에 따라 사용되는 방식이 달라질 수 있습니다.</p> <p>예를 들어, APA는 사회과학 분야에서 자주 사용되며, MLA는 인문학 분야에서 주로 사용됩니다. Chicago 방식은 다양한 학문 분야에서 사용되며, 인용하는 자료의 종류에 따라 여러 가지 하위 방식이 존재합니다.</p> <p>따라서 각각의 방식의 장단점을 미리 파악하고, 작성하고자 하는 논문이나 보고서의 성격에 맞는 방식을 선택하는 것이 중요합니다.</p>	<p>요약</p> <p>참고문헌 작성 시에는 저자, 책이름, 출판사, 출판지, 출판년도를 작성해야 하며, 인용문 작성 시에는 직접인용과 간접인용, 파라프레이징의 차이점을 이야기했습니다. 각각의 방식에는 APA, MLA, Chicago 방식이 있으며, 각 방식마다 장단점이 존재합니다. 또한 대한민국과 국제 과학계에서 사용하는 참고문헌 작성 방식은 서로 다릅니다. 마지막으로, 참고문헌과 인용문 작성은 학술적 글쓰기에서 매우 중요한 요소입니다.</p> <p>성찰</p> <p>참고문헌 작성 방법과 인용문 작성 방법을 구분해서 더욱 자세히 알게 되었다. 또한 대한민국과 국제 과학계에서 주로 사용하는 참고문헌 작성 방식이 다를 수 있다는 것을 알게 되었다. 이러한 지식은 학술적인 글쓰기를 할 때 매우 중요한 기초적인 요소이기 때문에, 앞으로 공부를 하거나 일선학교에서 더욱 유용하게 활용할 수 있을 것 같다.</p>
---	---

[그림 1] 예비 과학교사 D의 학습지 일부

4. 자료 수집 및 분석

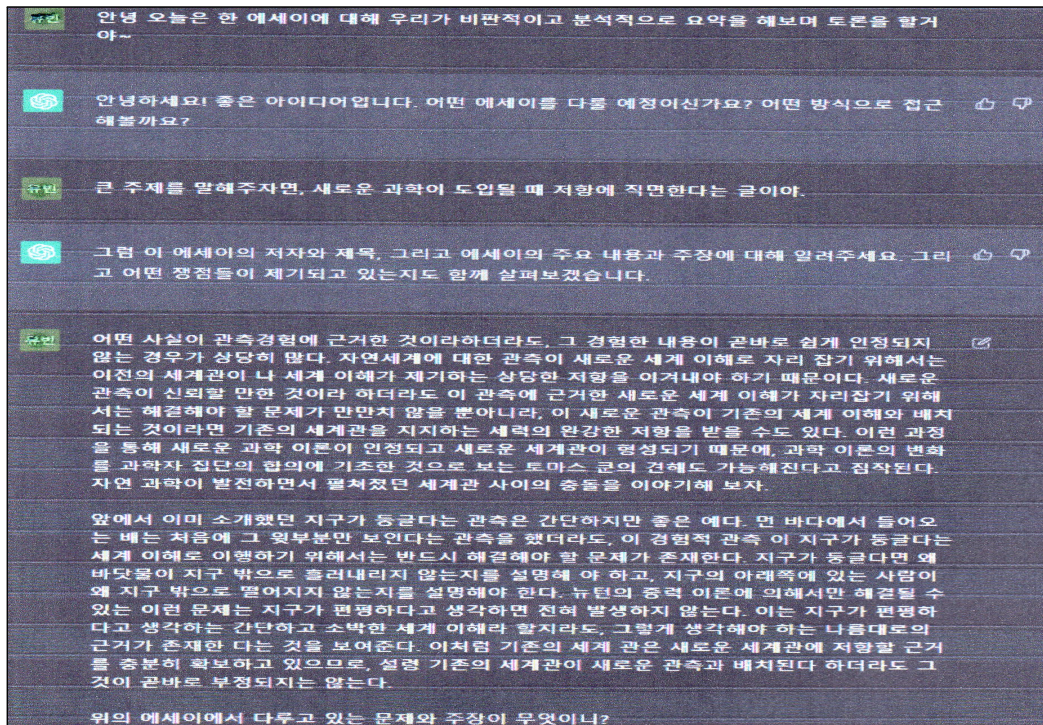
첫째 주 수업에서 ChatGPT 활용 방법 등 교과목 운영에 대한 전반적인 내용을 안내하였다. 또한 이 연구의 내용을 소개하고, 모든 예비 과학교사들의 동의를 얻은 후 TPACK 사전검사를 실시하였다. 사후검사는 14주차 수업 후 실시되었다. 예비 과학교사들의 TPACK에 대한 사전 사후검사 간 차이는 Wilcoxon 부호순위검정 중 대응표본을 이용해 분석하였다. 본 연구의 대상은 예비 과학교사 21명으로 30명 이하이고, 정규분포를 가정하기 어려운 집단으로 판단되어 비모수검정을 적용하였다. 또한 TPACK 구성 요소들 간 관련성을 알아보기 위해 상관관계 분석을 실시하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 24.0을 활용하였다.

또한 사전 사후검사에서 개방형 문항에 대한 응답 내용은 귀납적 방법(Miles & Huberman, 1994)을 활용해 분석하였다. 우선 응답 내용을 세밀하게 읽고 문장 단위로 나눈 후 핵심어를 추출하여 정리하였다. 이를 토대로 핵심요소를 범주화하는 방법을 통해 분석하였다. 개방형 문항에 대한 분석은 과학교육학 박사 1인과 이학박사 1인에 의해 실시되었다. 분석자들은 각각 분석을 실시하였고, 이후 분석 결과를 서로 비교 검토하였다. 분석 결과가 일치하지 않는 내용에 대해서는 반복적으로 자료를 다시 검토하였고, 이를 토대로 논의를 거쳐 최종 결과를 도출하였다.

IV. 연구 결과 및 논의

1. 예비 과학교사의 TPACK 사전 사후검사 분석 결과

생성형 AI를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK에 영향을 미쳤는지 알아보기 위해 사전 사후검사 간 Wilcoxon 부호순위검정을 실시하였다. 분석 결과 사후 검사 결과가 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .001$). 또한 하위 영역인 PCK, TCK, TPK 모두에서도 유의한 차이를 나타냈다(〈표 3〉 참조). 이와 같은 결과를 토대로 볼 때 생성형 AI를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK에 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 실제 학교 수업에서 교사들의 지식은 맥락의 영향을 받는다(Doering et al., 2009). 본 연구에서는 예비 과학교사들이 생성형 AI를 수업 중 직접 활용하였고, 그 과정에서 얻어진 정보들을 정리해 에세이를 작성하였다. 특히 선행 연구(신주은, 박판우, 배영권, 2023)에서 제시한 바와 같이 예비 과학교사들이 학습 내용과 관련해 질문과 응답을 통해 ChatGPT와 상호작용한 것이 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. [그림 2]에 나타난 바와 같이 예비 과학교사들은 자신이 쓴 글을 ChatGPT에 제시하고 비판적 분석을 하는 등의 상호작용을 전개하였다. 또한 이 수업에서는 생성형 AI를 활용한 첨삭 활동도 실시하였고, 일련의 교수-학습 과정에서의 산출물들은 모두 구글클래스룸 등 다양한 학습 애플리케이션을 활용해 공유되었다. 생성형 AI를 비롯해 구글클래스룸, 구글코랩 등을 직접 사용하였으므로 TCK의 향상에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 예비 교사를 대상으로 TPACK수업을 실시한 결과 CK와 TK에서 유의미한 향상이 있었음을 제시한 선행 연구(신원석, 한인숙, 엄미리, 2012)의 결과와 유사한 양상을 나타내는 것이다. 특히 본 연구에서는 실험보고서 쓰기와 그에 대한 첨삭 등 실제 중등학교 수업에서 활용할 수 있는 교수-학습의 맥락을 제공하였으므로 예비 과학교사의 TPACK에서 유의미한 차이가 나타난 것으로 추정된다. 즉 생성형 AI 활용뿐만 아니라 구글클래스룸, 구글코랩 등 다양한 에듀테크를 교수-학습 과정과 관련지어 활용한 경험이 예비 과학교사들의 TPACK에 긍정적으로 작용한 것으로 볼 수 있다. 특히 예비 과학교사들의 글쓰기 활동과 관련해 교수자는 ChatGPT를 활용한 방법과 그 과정에서 학습한 내용을 중등학교 수업에 도입할 수 있는 방안을 고려하도록 피드백을 제공하였다. 이러한 교수자의 피드백이 예비 과학교사들의 TPACK에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 교수자는 예비 과학교사들이 매주 제출한 파일을 모두 읽고 수정이 필요한 내용은 다시 확인하도록 피드백을 제공했다. 교수자가 수정한 내용을 직접 제시하지 않고, 특정 부분에 대한 자료 조사를 추가하도록 하는 형태로 피드백을 제시했다. 이를 통해 예비과학교사들이 ChatGPT를 통해 얻은 자료를 비판적으로 읽고 취사선택하는 기회를 제공했다.



[그림 2] 에세이 분석에서 예비 과학교사 F의 토의 중 일부

선행 연구들(김성원, 이영준, 2020; 최영미, 홍승호, 2019)에서는 테크놀로지를 활용한 프로그램의 적용이 예비 교사들의 TPACK 향상에 효과적임을 제시하였다. 본 연구에서도 생성형 인공지능을 비롯해 구글클래스룸, 구글코랩 등 다양한 테크놀로지를 활용한 수업을 예비 과학교사들에게 제공함으로써 TPACK에 대한 긍정적인 인식이 형성된 것으로 볼 수 있다. 특히 교육부(2020)는 ‘과학·수학·정보융합교육종합계획(2020~2024)’를 통해 예비 교사들이 인공지능 활용 등 융합교육 역량을 갖추도록 하는 교육과정 운영을 강조하였다. 본 연구에서 생성형 인공지능을 활용한 통합과학논리 및 논술 수업을 운영한 것은 예비 과학교사들이 실제 인공지능을 활용하는 방법을 학습할 수 있는 기회를 제공했다는 점에서 TPACK에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 선행 연구(최정원 외, 2022)에서 강조한 바와 같이 예비 교사의 TPACK 함양을 위해서는 직접적인 실천 활동이 필수적이다. 선행 연구(문수진, 이지원, 김중복, 2022)에서도 온라인 기반 학습 프로그램이 예비 과학교사의 TPACK 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 특히 장봉석(2021)은 TPACK에 대한 예비 교사의 인식을 분석한 연구에서 TPACK 실습 기회의 확대와 함께 실행 매뉴얼 개발 등에 대한 논의가 필요함을 주장하였다. 본 연구에서 다양한 과학 글쓰기 활동과 연계해 생성형 인공지능, 구글클래스룸, 구글코랩 등을 직접 다뤄보고, 보고서 첨삭, 그래프 그리기 등 실제 중등학교 과학수업에서 활용할 수 있는 교육적 맥락을 제공한 점이 예비 과학교사의 TPACK에 긍정적으로 작용한 것으로 추정된다. 예비 수학교사의 수업설계를 분석한 선행 연구(이유진, 2023)에서는 예비 교사들이 동기유발 등 일부 과정에 ChatGPT를 주로 활용

용한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 글쓰기수업과 관련해 논증과 그에 대한 반박, 표와 그래프의 활용 등 다양한 영역에서 ChatGPT를 활용한 점이 예비 과학교사의 TPACK에 긍정적 영향을 미친 것으로 판단된다.

선행 연구(신원석, 한인숙, 엄미리, 2012)에서 나타난 바와 같이 예비 교사의 CK가 향상되었음에도 불구하고 PK 측면에서는 유의미한 차이가 나타나지 않을 수 있다. 본 연구에서도 예비 과학교사들이 실제 교수 활동을 수행하는 상황에서 TPACK을 조사한 것은 아니므로 PK 측면에서의 향상을 직접적으로 확인할 수 없다는 한계가 있다. 그러나 사후검사에서 PCK와 TCK가 유의미한 차이를 나타낸 것은 과학 글쓰기 지도와 관련해 생성형 AI 등을 활용한 토의와 첨삭 등을 진행한 점이 효과적임을 시사하고 있다. 특히 [그림 3]에 제시된 바와 같이 ChatGPT를 활용한 학습 내용을 토대로 중등학교 수업계획을 작성하는 활동을 실시하였다. 이 과정에서 예비 과학교사들은 ChatGPT를 이용한 수업설계를 반복적으로 실시하였다. ChatGPT가 작성한 수업계획에 대해 예비 과학교사들은 수정이 필요한 부분을 제시하였다. 교수자도 수업설계에 대해 보완 내용을 제공하였다. 이와 같은 과정은 예비 과학교사들이 테크놀로지를 활용한 교수 활동에 대한 이해를 높이는 데 효과적인 것으로 추정된다. 또한 예비 과학교사들이 테크놀로지를 활용해 정보 검색과 그에 따른 취사 선택의 과정을 반복적으로 경험함으로써 교과 내용에 대한 이해를 높인 것으로 볼 수 있다. 그러므로 교사양성 교육과정에서 예비 과학교사들의 TPACK을 향상시키기 위해서는 테크놀로지의 활용과 함께 테크놀로지를 활용한 교육적 맥락의 활동 경험을 확대하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 이와 같은 측면에서 볼 때 본 연구에서 수업계획 작성과 그에 대한 피드백을 지속적으로 제공한 것이 예비 과학교사의 TPACK에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

〈표 4〉 Wilcoxon 부호순위검정 결과

	검사	평균	표준편차	z	p
교수내용지식(PCK)	사전	3.05	.56	-3.603	.000***
	사후	3.82	.55		
테크놀로지내용지식(TCK)	사전	3.12	.66	-3.608	.001**
	사후	3.99	.66		
테크놀로지교수지식(TPK)	사전	2.90	.61	-3.756	.000***
	사후	3.91	.63		
테크놀로지교수내용지식(TPACK)	사전	2.97	.55	-3.405	.000***
	사후	3.86	.64		
전체	사전	3.02	.48	-3.806	.000***
	사후	3.90	.56		

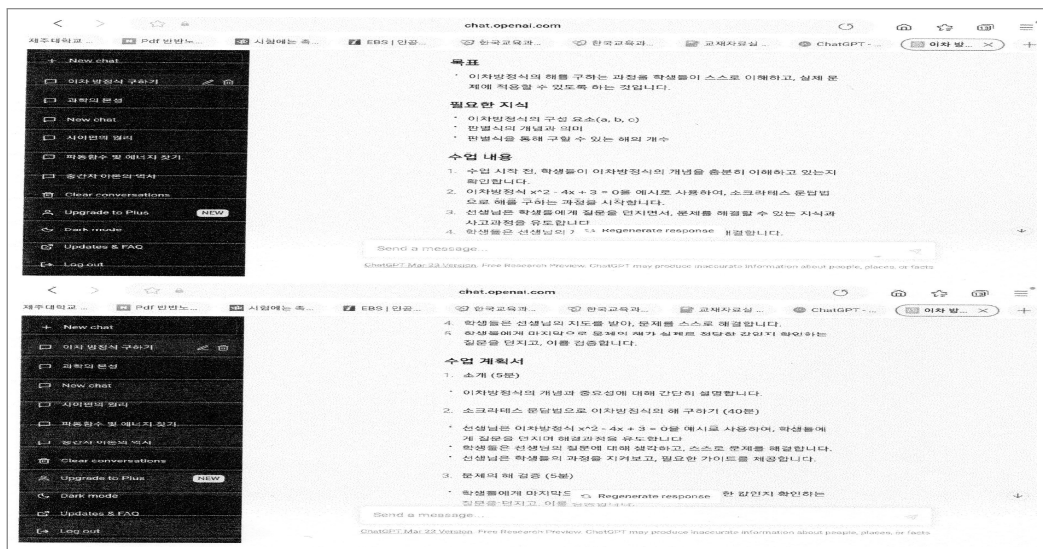
p: **.01, ***<.001

본 연구에서는 PCK, TCK, TPK, TPACK 간 관련성을 알아보기 위해 상관관계를 분석하였다. 분석 결과 TPACK과 가장 높은 상관관계를 나타낸 것은 TCK였다. 또한 PCK, TCK, TPK, TPACK 간 상관관계가 모두 높은 것으로 나타났다. 특히 TPK, TCK와 TPACK의 높은 상관관계는 테크놀로지를 기반으로 내용 지식과 교육학적 지식에 대한 이해를 높이는 것이 예비 과학교사의 TPACK 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사하고 있다. Al-Fudail & Mellar(2008)은 학교 교육에서 교사의 테크놀로지에 대한 이해 부족으로 인해 PCK가 제대로 구현되지 못함을 지적하였다. 또한 Niess(2011)은 예비 교사교육에서 TK와 PCK를 분리해 교육하기 때문에 교육 맥락에 적합한 테크놀로지를 활용이 제한적으로 이루어지고 있음을 주장하였다. 그러므로 TPACK의 각 요소 간 관련성을 파악하여 TPACK 수업을 구성하려는 노력이 요구된다. 즉 교사양성 교육과정에서 예비 과학교사의 TPACK 향상을 위한 프로그램을 개발할 때 이 상관관계 분석 결과를 토대로 TPACK 구성 요소 간 관계를 명확히 분석하고, 그를 토대로 TPACK 프로그램의 개발 방향에 대한 논의를 전개할 필요가 있다고 판단된다. 본 연구에서 예비 과학교사들이 ChatGPT를 활용한 방법과 그 과정에서 학습한 내용을 토대로 중등 학교 수업계획을 설계한 경험은 TCK와 PCK를 종합적으로 나타낼 수 있다는 점에서 TPACK 요소 간 관련성을 효과적으로 활용한 것으로 볼 수 있다. TPACK 요소들 간 구체적인 상관관계 분석 결과는 <표 4>에 제시하였다.

<표 5> 상관관계 분석 결과

	PCK	TCK	TPK	TPACK
PCK		.646**	.652**	.634**
TCK			.782**	.897**
TPK				.905**

p: **<.01



[그림 3] 예비 과학교사 L의 수업계획 작성 예시

2. 개방형 문항 응답 분석 결과

본 연구에서는 TPACK 사전 사후검사와 함께 개방형 문항에 대한 응답을 조사하였다. 교수내용지식, 테크놀로지내용지식 등 각 영역별로 사전 사후 검사에서의 응답을 검토하였다. 예비 과학교사들의 응답을 문장별로 나누고, 각 문장에서 핵심어를 추출해 정리하였다.

예비 과학교사들의 응답 내용을 분석한 결과 PCK 영역의 사전검사에서는 과학글쓰기에 대한 이해가 부족하다는 의견과 논리적인 글쓰기를 해 본 경험이 거의 없다는 내용이 주를 이루었다. 이에 비해 사후검사에서는 보고서 쓰기 등 과학글쓰기에 대한 내용을 새롭게 알게 되었고, 과학추론 등을 이해하게 되었다는 내용이 대부분을 차지했다. PCK 영역에서 예비 과학교사들의 응답 내용 예시는 아래에 제시하였다.

(사전) 과학글쓰기를 해 본 경험이 없어서 글쓰기에 대한 지식이 거의 없는 것 같다. 그래서 나중에 학생들에게 글쓰기를 가르치는 것은 힘들 것 같다.

(사후) 과학추론 등 과학글쓰기에 필요한 내용들을 구체적으로 알게 되었다. 학생들이 과학글쓰기를 잘 하도록 여러 가지 방법들을 쓸 수 있을 것이다. (예비 과학교사 H)

TCK 영역의 사전검사에서는 교육 분야에서 활용하고 있는 다양한 테크놀로지 자체에 대한 이해가 부족해 학생들을 가르칠 때 활용하기 어려울 것 같다는 의견이 주를 이루었다. 사후검사에서는 ChatGPT를 사용해보았으므로 다른 테크놀로지도 잘 활용할 수 있을 것 같다는 의견과 ChatGPT를 활용해 과학글쓰기 수업을 운영할 수 있을 것이라는 생각을 제시하였다.

(사전) 여러 테크놀로지를 사용해 본 경험이 많지 않아서 나중에 글쓰기를 가르칠 때 이용할 생각이 잘 나지 않을 것 같다.

(사후) ChatGPT와 어떤 주제에 대해 비판적 토론을 한 게 흥미로웠다. 글쓰기 루브릭을 만들어 본 것도 재미 있어서 나중에 실제 수업에서 AI를 이용할 수 있을 것이다. (예비 과학교사 K)

TPK 영역에서는 인공지능 등 다양한 테크놀로지에 대해 궁금하긴 하지만 수업에서 활용하는 것까지는 생각해본 적이 없다는 내용이 사전검사에서 많이 나타났다. 또한 직접 이용하지 않았던 테크놀로지를 실제 수업에서 활용한다는 데 대해 부정적인 의견을 표현했다. 반면에 사후검사에서는 ChatGPT를 과학 글쓰기 수업을 진행하는 것을 직접 해보았기 때문에 생성형 인공지능을 수업에서 활용하는 것에 대해 부담이 적어졌고, 수업을 어떻게 이끌어야 할 지 알게 되었다는 의견이 대부분이었다. 특히 일부 예비 과학교사들은 ChatGPT에 낙하하는 물체의 다중섬광사진을 제시했을 때, 시간-거리 그래프를 그려내는 것을 보고 과학글쓰기에서 표와 그래프 작성에 ChatGPT를 활용할 수 있을 것이라는 기대감을 나타내기도 했다.

(사전) ChatGPT 등 최근에 알려진 테크놀로지에 대해 궁금하고 알고 싶긴 한데 잘 이해하지는 못하는 것 같다.

아마도 직접 써보면 좀 다르게 느낄 수 있겠지만 아직까지는 내가 가르치는 수업에서 활용하기는 어렵다.

(사후) 자유낙하하는 물체 그림을 보고 ChatGPT가 그래프를 그려내고, 분석하는 것을 보고 놀랐다. 더 다양한 것들을 시도해보는 것도 좋을 것 같다. 과학글쓰기에서 도표나 그래프는 매우 중요하다고 배웠는데 이런 부분에 ChatGPT를 활용하면 학생들이 재미있어할 것 같다, (예비 과학교사 B)

TPACK 영역의 사전검사에서 가르칠 내용과 테크놀로지에 대한 이해를 매우 잘하는 것은 아니어서 실제 수업에서 ChatGPT 등의 테크놀로지를 활용하는 것은 어려울 것 같다는 의견이 많았다. 이에 비해 사후검사에서는 ChatGPT를 무조건 금지시킬 것이 아니라 학생 스스로 활용하고 객관적으로 정보를 판단할 수 있는 수업을 할 수 있을 것 같다는 의견과 중등학교 과학수업에서 과학글쓰기를 실시할 때 학생들이 느끼는 어려움 또는 부담감을 생성형 AI 등 에듀테크를 활용해 완화시킬 수 있을 것 같다는 의견을 제시하기도 했다.

(사전) ChatGPT에 대해 잘 알게 된다면 실제 수업에서 활용할 수도 있을 것이다. 자료 조사 같은 것에 쓰는 것은 할 수 있을 것 같지만 창의적 사고를 촉진하는 것이라든지 이런 건 하기 어려울 것 같다.

(사후) ChatGPT 등 테크놀로지는 학생들이 흥미로울 수 있으니까 학생들이 글쓰기 수업에 적극적으로 참여하도록 할 수 있을 것이다. 학생들 스스로 정보를 찾고 판단하게 하는 활동을 한다면 글쓰기에 큰 도움을 줄 수 있을 것 같다. 내가 ChatGPT를 이용하면서 재미있었던 활동들을 수업에서 학생들과 함께 하면 좋을 것 같다. (예비 과학교사 M)

앞서 살펴본 바와 같이 예비 과학교사들은 중등학교 과학 글쓰기수업에서 생성형 AI를 활용하면 학습자들이 과학 글쓰기에 대해서 갖는 부담감과 어려움을 완화시킬 수 있을 것이라는 인식을 나타냈다. 즉 과학 글쓰기 수업에서 생성형 AI 등의 에듀테크를 활용하는 것이 효과적인 교수-학습 전략이 될 수 있다는 인식을 보였다. 이와 같은 응답은 예비 과학교사들이 직접 생성형 AI 등의 에듀테크를 활용해봄으로써 과학 글쓰기 수업에서 교수-학습 전략의 하나로 활용할 수 있다는 인식을 나타내는 것이다. 또한 예비 과학교사들의 사후검사 응답 내용을 살펴보면 자신의 교수내용지식, 테크놀로지내용지식, 테크놀로지 교육학지식 등에서 긍정적인 변화가 있었다고 인식하는 것으로 나타났다. 이는 ChatGPT를 활용해 자료 찾기, 토의하기, 비평하기 등의 다양한 활동을 수행하면서 ChatGPT를 활용할 수 있는 여러 교수 전략들을 직접 경험한 것이 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 특히 예비 과학교사들이 생성형 AI를 처음 접할 때는 어려움이 겪었으나 다양한 학습 활동에 직접 사용해보는 과정에서 실제 수업에서의 활용가능성에 대해 생각해보게 된 점이 주목할 만하다. 그러므로 생성형 AI 등을 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK을 향상시키는 데 효과적인 교수-학습 전략이 될 수 있음을 시사하고 있다.

V. 결론 및 시사점

이 연구는 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 이를 위해 21명의 예비 과학교사들을 대상으로 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업을 실시하였고, TPACK 사전 사후검사를 실시하였다. TPACK 사전 사후검사 간 대응표본 t-test를 실시한 결과 사후검사 결과가 유의하게 높은 것으로 나타났다($p < .001$). 또한 교수 내용지식, 테크놀로지 기반 내용지식, 테크놀로지 기반 교육학 지식 영역 모두에서도 유의한 차이를 나타냈다. 이와 같은 결과는 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업이 예비 과학교사들의 TPACK에 긍정적인 영향을 미쳤음을 시사하고 있다. 본 연구의 결과를 토대로 한 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 생성형 AI인 ChatGPT를 활용한 학습 경험은 예비 과학교사들이 다양한 테크놀로지를 활용한 과학 교수 활동에 대한 인식을 높이는 데 긍정적인 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. AI를 활용하는 과정에서 질문을 생성하고, 질문에 대한 응답을 비판적으로 읽는 일련의 학습 활동들이 AI를 비롯한 에듀테크를 어떻게 활용해야 하는지에 대한 예비 과학교사의 이해를 높인 것으로 판단된다. 특히 다양한 테크놀로지의 활용과 함께 첨삭, 토의 등 교수적 맥락을 활용하는 것이 예비 과학교사들의 TPACK 향상에 효과적인 것으로 볼 수 있다.

둘째, 본 연구에서 예비 과학교사들은 PCK, TCK, TPK와 TPACK 모두에서 유의미한 향상을 보였다. 이는 ChatGPT의 활용이 단순히 에듀테크에 대한 이해만을 향상시킨 것이 아니라 테크놀로지를 기반으로 한 내용 지식 등의 이해에도 긍정적인 영향을 주었음을 시사하고 있다. 특히 본 연구에서는 ChatGPT를 다양한 상황에서 활용하도록 수업을 설계하였다. 일차적인 자료 조사 뿐만 아니라 예비 과학교사와의 상호 질의,와 응답하기, 하나의 글에 대한 비평하기, 자료를 표와 그래프로 나타내기 등 실제 중등학교 수업에서 적용가능한 교수-학습 상황을 제시하였다. 그러므로 이와 같은 맥락적 구성이 예비 과학교사들의 TPACK 향상에 도움을 준 것으로 볼 수 있다. 생성형 인공지능을 활용한 글쓰기 교육이 단순히 기능적 측면에 그치지 않고 사고 과정과 연결되어야 한다는 지적(조별, 2023)과 같이 교육적 맥락에서 교수-학습 내용을 토대로 ChatGPT를 활용할 수 있는 경험을 제공하는 것이 예비 과학교사의 TPACK에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

셋째, TPACK 관련 개방형 문항에 대한 응답 분석 결과에서도 예비 과학교사들은 스스로의 수준에 대해 긍정적인 인식이 높아진 것으로 나타났다. 사전 검사에서 응답자들 대부분이 자신의 PCK, TCK, TPK, TPACK에 대해 긍정적인 응답이 낮은 데 비해 사후 검사에서는 높아진 것으로 나타났다. 이는 예비 과학교사들이 직접 ChatGPT를 활용하여 글쓰기 학습을 경험하였으므로 테크놀로지 기반 내용 지식과 교육학 지식에 대한 이해가 향상된 것으로 볼 수 있다.

넷째, 본 연구에서 나타난 바와 같이 ChatGPT를 활용한 통합과학논리 및 논술 수업은 예비 과학교사들의 TPACK 향상에 효과적이었다. 이유진(2023)에서 제시한 바와 같이 ChatGPT의 방대한 정보 제공 기능은 교육의 전 분야에 활용할 수 있고, 교사 전문성 신장에 도움을 줄 수 있다. 특히 본 연구에

서 예비 과학교사들은 학습자의 측면에서 ChatGPT를 활용했을 뿐만 아니라 교수자의 측면에서 수업 계획 등에도 적용해보았으므로 TPACK에 영향을 미친 것으로 판단된다. 그러므로 교사양성 교육과정에서 생성형 AI 활용 수업을 도입할 때 어떤 지향점을 설정하고, 구체적으로 어떤 교수 전략을 활용할 것인가에 대한 논의가 선행되어야 할 것이다. 본 연구의 결과를 교과논리 및 논술 과목에 한해 도출된 것이므로 그 이외 교과에도 일반화하여 적용하기에는 한계가 있다. 이에 다양한 교과교육학과 교과내용학 수업에서 ChatGPT 활용의 효과를 알아보는 후속 연구들이 필요하다고 본다.

본 연구에서 TPACK 요소들 간 상관관계 분석에서 나타난 바와 같이 TPACK 구성 요소들 간 상호작용이 예비 과학교사-TPACK에 영향을 미칠 가능성이 있다. 그러므로 테크놀로지 활용 수업을 설계할 때 TPACK 구성 요소 간 관련성을 검토하는 것이 필요할 것이다. 즉 특정 테크놀로지 활용 자체에만 주목할 것이 아니라 테크놀로지 활용을 통해 예비 교사의 TPACK을 신장시키기 위해서는 어떤 교육적 경험이 각 요소들에 영향을 미치는지 살펴볼 필요가 있다.

또한 ChatGPT 등 생성형 인공지능 활용에서 정보의 편향성, 부정확성 등의 문제가 야기될 수 있고, 과제 수행을 대신하게 되면 학습 효과의 감소도 우려되는 상황이다(김선영, 심주보, 심재창, 2023). 본 연구에서는 이러한 문제들을 예방하기 위해 ChatGPT가 제공하는 정보를 예비 과학교사가 다시 검토하도록 했고, 수식의 경우 구글코랩에서 검토하고 수정하는 과정을 거쳤다. 또한 예비 과학교사와 ChatGPT 간 대화는 교수자가 모두 살펴보고 수정 보완이 필요한 부분을 제시해 예비 과학교사가 다시 자료를 수집해 수정하도록 했다. 이와 같은 과정들을 통해 앞서 제시한 생성형 인공지능 활용 과정에서 나타날 수 있는 문제들을 어느 정도 보완했다고 볼 수 있다. 그러므로 향후 예비교사 교육 과정에서 생성형 인공지능을 활용한다면 ChatGPT 도입에 따른 문제점들을 충분히 검토하고 이를 최소화하기 위한 방안이 논의되어야 할 것이다. 특히 예비 교사 간 아이디어 공유가 TPACK에 긍정적인 영향을 주었다는 연구(류기혁, 이영주, 2017)와 반성적 성찰 경험이 에듀테크 활용에 대한 교사의 인식을 높인다는 연구(김영인, 최병순, 2013)와 비교하면 예비 과학교사들에게 모둠활동을 통한 ChatGPT 활용 기회를 제공하는 등의 교수 설계가 필요하다고 판단된다. 그러므로 후속 연구를 통해 모둠 활동을 강화한 ChatGPT 활용 수업을 기반으로 학습 활동에 대한 자기 성찰의 기회를 제공하는 프로그램 개발이 필요할 것이다.

참고문헌

- 강동훈(2023). 챗지피티(ChatGPT)의 등장과 국어교육의 대응. **국어문학**, 82(82), 469-496.
- 교육과학기술부(2009). **교원자격검정 실무편람**. 서울: 교육과학기술부.
- 교육부(2020). **과학·수학·정보융합교육 종합계획**. 세종: 교육부.
- 교육부(2022). **2022 개정 교육과정**. 세종: 교육부.
- 김경리, 정영식(2022). 에듀테크 활용 교육의 효과성 분석: 취약계층 학생들을 대상으로. **교육문제 연구**, 35(4), 169-186.
- 김방희(2022). 중등 예비교사의 AI 교육에 대한 인식, 요구 및 AI 교수효능감 분석. **학습자중심교과 교육연구**, 22(22), 1001-1016.
- 김선영, 심주보, 심재창(2023). A Study on the Utilization of OpenAI ChatGPT as a Second Language Learning Tool. **Journal of Multimedia Information System**, 10(1), 79-88.
- 김성원(2020). 예비 교사의 TPACK 향상을 위한 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램 적용. **한국컴퓨터정보학회논문지**, 25(7), 225-237.
- 김성원, 이영준(2020). 프로그래밍 기반 TPACK 교육 프로그램이 예비 교사의 TPACK에 미치는 효과. **컴퓨터교육학회 논문지**, 23(4), 79-89.
- 김영인, 최병순(2013). 중학교 과학 수업에서 교사들의 반성적 활동 경험이 디지털 기술 활용에 대한 인식에 미치는 영향. **교사교육연구**, 52(3), 606-620.
- 김진옥(2022). 에듀테크 활용에 대한 초등교사의 인식 조사. **실과교육연구**, 28(1), 37-55.
- 류기혁, 이영주(2017). 초등예비교사의 테크놀로지 내용교수지식(TPACK) 증진을 위한 교육실습과 연계된 온라인 교사학습공동체 활동의 효과. **한국교원교육연구**, 34(2), 417-437.
- 문수진, 이지원, 김중복(2022). 온라인 기반 순환적 학습조력 프로그램을 통한 예비과학교사의 TPACK 향상 분석. **현장과학교육**, 16(5), 619-635.
- 박찬술, 김성애, 김성원, 홍지연, 박정호(2023). 인공지능(AI) 교과 융합 수업 설계를 위한 AI-TPACK 모델 기반 초등 예비교사 교육 프로그램 개발. **컴퓨터교육학회 논문지**, 26(3), 15-29.
- 변정호, 권용주(2023). 생성적 인공지능의 교육적 활용 방안 탐색: 생물학을 위한 ChatGPT 활용을 중심으로. **Brain, Digital, & Learning**, 13(1), 1-17.
- 손태권, 구종서, 안도연(2023). TPACK과 기술수용모델을 활용한 초등교사의 수학 수업에서 인공지능 사용 의도 이해. **초등수학교육**, 26(3), 163-180.
- 신동광, 정혜경, 이용상(2023). 내용중심 영어 교수 학습의 도구로서 ChatGPT의 활용 가능성 탐색. **영어교과교육**, 22(1), 171-192.
- 신원석, 한인숙, 엄미리(2012). 예비교사들의 테크놀로지 내용교수지식 변화에 관한 연구: 테크놀

- 로지 활용 교과목을 중심으로. **정보교육학회논문지**, 16(1), 71-80.
- 신주은, 박판우, 배영권(2023). 생성형 인공지능의 교육적 도입에 대한 내러티브 검토. **정보교육학회 논문지**, 27(6), 665-681.
- 유재진(2023). 인공지능을 활용한 지리교육 연구 -ChatGPT 기반 질의·응답을 중심으로-. **경관과 지리**, 33(1), 162-173.
- 이성흙, 이광우(2003). 지식기반사회에서 정보·통신기술 활용을 위한 교사의 핵심역량 개발. **한국 교원교육연구**, 20(3), 203-223.
- 이영란, 류정민, 한기순(2020). 언론 기사를 통해 본 포스트 코로나 시대 교육의 방향성: 위기 속 '창의성 교육'의 역할. **창의력교육연구**, 20(4), 65-85.
- 이옥화, 장순선 (2018). 교사 경력에 따른 수업전문성 발달 분석. **교육정보미디어연구**, 24(4), 755-777.
- 이유진(2023). ChatGPT를 활용한 예비교사의 수학수업설계 분석. **수학교육 논문집**, 37(3), 497-516.
- 이재호, 이승훈(2023). 에듀테크 활용 초등 융합 교육 프로그램 개발 및 적용. **창의정보문화연구**, 9(3), 163-171.
- 이지은(2020). 에듀테크로 촉발되는 고등교육의 위기와 기회. **Korea Business Review**, 24, 151-171.
- 장봉석(2021). TPACK에 대한 예비 교사의 인식 분석. **실천공학교육논문지**, 13(2), 293-300.
- 조별(2023). 생성형 인공지능 시대의 대학 글쓰기 교육과 평가의 방향. **돈암어문학**, 44, 7-34.
- 최경식, 백성혜(2021). 예비교사의 TPACK 평가를 개발과 TPACK 발달 저해 요인 분석. **한국과학 교육학회지**, 41(4), 325-338.
- 최영미, 홍승호(2019). 예비 초등교사의 테크놀로지 교수학적 내용지식을 향상하기 위한 프로그램의 개발 및 적용. **초등과학교육**, 38(2), 287-304.
- 최은선, 이영준, 백성혜(2017). 프로그래밍 기반 수업이 과학교사의 TPACK에 대한 인식에 미치는 영향. **한국과학교육학회지**, 37(4), 693-703.
- 최정원, 전수진, 김성애, 박정호(2022). 예비 교사의 인공지능 융합 수업 전문성 함양을 위한 AI-TPACK 모델 설계. **컴퓨터교육학회논문지**, 25(2), 79-89.
- 한국교육학술정보원(2021). **에듀테크 활용에 대한 학교와 기업의 인식 차이 분석**. 대구: 한국교육 학술정보원.
- 한승연, 임규연(2012). 사이버대학 교수자의 교수역량 모델링. **교육방법연구**, 24(4), 837-862.
- 홍선주, 안유민, 최영인(2019). 미래 학교 교사의 교수학습 역량 모델링. **교육문화연구**, 25(3), 365-388.

- 홍선주·조보경·최인선·박경진(2020). 학교 교육에서 인공지능(AI)의 개념 및 활용. 진천: 한국교육과정평가원.
- 홍수민, 한형중(2023). ChatGPT의 교육적 활용에 대한 초등교사 인식 및 교육 요구도 분석. **컴퓨터 교육학회 논문지**, 26(4), 51-63.
- 홍순정, 장은정, 서윤경(2004). 원격교육 교수자의 역량모델 규명. **교육정보미디어연구**, 10(2), 81-112.
- Abbitt, J. T.(2011). Measuring technological pedagogical content knowledge in preservice teacher education. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(4), 281-300.
- Al-Fudail, M., & Mellar, H. (2008). Investigating teacher stress when using technology. *Computers & Education*, 51(3), 1103-1110.
- Baidoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L.(2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=4337484>
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P. Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A. Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., & Amodei, D.(2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877-1901.
- Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009). Using the technological, pedagogical, and content knowledge framework to design online learning environments and professional development. *Journal of Educational Computing Research*, 41(3), 319-346.
- Hong, W. C. H.(2023). The impact of ChatGPT on foreign language teaching and learning: Opportunities in education and research. *Journal of Educational Technology and Innovation*, 5(1), 37-45.
- Jeon, J., & Lee, S.(2023). Large language models in education: A focus on the complementary relationship between human teachers and ChatGPT. *Education and Information Technologies*, 1-20.
- Joo, Y. J., Park, S. & Lim, E. (2018). Factors influencing preservice teachers' intention to use technology: TPACK, teacher self-efficacy, and technology acceptance

- model. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(3), 48-59.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Hershey, K., & Peruski, L.(2004). With a little help from your students: A new model for faculty development and online course design. *Journal of Technology and Teacher Education*, 12(1), 25-55.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M.(1994). *Qualitative Data Analysis*, London: SAGE Publication.
- Mishra, P., & Koehler, M. J.(2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teacher College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Niess, M. L.(2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of Educational Computing Research*, 44(3), 299-317.
- OpenAI(2022). ChatGPT: Optimizing language models for dialogue. Retrieved from <https://openai.com/blog/chatgpt/>
- Rudolph, J., Tan, S., and Tan, S., 2023, ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education?. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(1), 342-363.
- Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., & Baran, E.(2018). The importance of attitudes toward technology for pre-service teachers' technological, pedagogical, and content knowledge: Comparing structural equation modeling approaches. *Computers in Human Behavior*, 80, 67-80.
- Shulman, L. S.(1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

· 논문접수 : 2024.1.5. / 수정본접수 : 2024.1.31. / 게재승인 : 2024.2.7.

ABSTRACT

The Effect of ‘Integrated Science Logic & Essay’ Class Using Generative AI on Technological Pedagogical and Content Knowledge(TPACK) of Pre-service Science Teachers

Sang Chil, Lee

Professor, Jeju National University

Kyunghee Kang

Professor, Jeju National University

This study examined the effects of ‘Integrated science logic and essay’ classes using ChatGPT on TPACK of pre-service science teachers. To this end, 21 pre-service science teachers were given ‘Integrated science logic and essay’ classes using ChatGPT, and a TPACK pre-post test was conducted. As a result of conducting a paired sample t-test between technology content teaching knowledge pre-post tests, the results of the post-test were found to be significantly high. In addition, there were significant differences in pedagogical content knowledge, technological content knowledge, and technological pedagogical knowledge. As a result of the analysis of responses to open-ended questions, it was found that in the post-test, pre-service science teachers were more aware of teaching activities using EduTech. These results suggest that ‘Integrated science logic and essay’ classes using ChatGPT had a positive effect on the TPACK of pre-service science teachers.

Key Words: *TPACK, ChatGPT, Integrated science logic & essay, pre-service science teacher, TCK*

