



## 초등 예비교사의 VR/AR 활용 과학 수업 계획 과정에서 나타나는 TPACK 특징 -인식적 네트워크 분석을 중심으로-

차현정<sup>1</sup>, 가석현<sup>2</sup>, 윤혜경<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>춘천교육대학교, <sup>2</sup>국립대만사범대학

### Characteristics of Pre-service Elementary Teachers' TPACK in Science Lesson Planning Using VR/AR Contents: Focusing on Epistemic Network Analysis

Hyun-Jung Cha<sup>1</sup>, Seok-Hyun Ga<sup>2</sup>, Hye-Gyoung Yoon<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Chuncheon National University of Education, <sup>2</sup>National Taiwan Normal University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 3 April 2023  
Received in revised form  
4 April 2023  
Accepted 1 May 2023

##### Keywords:

pre-service elementary teacher,  
VR/AR, TPACK, Epistemic  
Network Analysis

#### ABSTRACT

This study investigated the characteristics of pre-service elementary teachers' TPACK in science lesson planning using VR/AR content based on epistemic network analysis (ENA). Seven TPACK coding elements were derived inductively based on the existing TPACK framework. Then, the pre-service elementary teachers' discourse in science lesson planning was coded according to the seven TPACK coding elements and analyzed using the ENA Web Tool. The discourses of the two groups were analyzed and compared, and the differences between the two groups, which the researchers analyzed qualitatively, were clearly shown on the ENA graph. Based on these findings, the researchers argued that the ENA method is a useful research tool for analyzing the complex interactions of technology knowledge (TK), content knowledge (CK), and pedagogical knowledge (PK), which is different from previous TPACK research. Also, the researchers discussed the implications for the TPACK competency development of pre-service teachers by comparing the characteristics of the two groups' discourse.

## 1. 서론

인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 가상현실(VR), 증강현실(AR) 등의 첨단 정보통신기술이 융합되어 나타나는 4차 산업혁명이 도래하면서 다양한 테크놀로지를 과학 교수·학습에 접목하려는 시도가 이루어지고 있다(Durukan, Artun, & Temur, 2020). 특히, VR과 AR은 대표적인 혁신적 테크놀로지로서 인식되고 있으며(Gartner, Inc., 2017), 다양한 교육 환경에서 널리 활용되고 있다(Akçayır & Akçayır, 2017; Alfalah, 2018). VR은 학습자에게 몰입(immersion), 상호작용(interaction), 참여(engagement)로 구성되는 환경을 제공함으로써(Durukan, Artun, & Temur, 2020) 경험하기 어려운 환경에서의 경험을 가능하게 하며(Kozhevnikov, Gurlitt, & Kozhevnikov, 2013), 높은 실재감을 제공하여 학습에 몰입할 수 있게 해 준다(Lähteenväoja, et al. 2021). AR은 현실 세계에 가상 객체를 실시간으로 결합하여 제공함으로써 학습자에게 몰입감과 현실감을 제공하며(Azuma, 1997), 학습자가 실제로 속한 공간에 가상 객체가 공존하므로(Chang, Morreale, & Medicherla, 2010) 직접 객체를 조작할 수 있어 깊은 몰입감과 현존감을 느낄 수 있게 해 준다(Chiang, Yang, & Hwang, 2014; Liu & Tsai, 2013). 이러한 VR과 AR의 특징으로 인해 학생들은 직접 관찰하기 어려운 내용을 볼 수 있고, 위험하거나 비용이 많이 들어 현실적으로 하기 어려운 실험을 수행할 수 있다(Lee, Wong,

& Fung, 2010; Wu et al., 2013). 또한, VR/AR 콘텐츠를 활용하는 경우 학생들의 학습 동기가 증가하며(Zhang et al., 2014), 학생들이 과학적 현상을 이해하는 데 도움이 되고(Kozhevnikov, Gurlitt, & Kozhevnikov, 2013; Lu & Liu, 2015), 과학적 탐구 능력과 과학적 사고력과 같은 역량을 함양하는 데도 도움이 된다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009). 이러한 맥락에서 국내에서도 다양한 VR/AR 콘텐츠를 개발되어 교육 현장에 보급되고 있다. 2018년부터 디지털교과서를 통해 VR/AR 콘텐츠를 제공하기 시작하여 현재 초등학교 3~6학년, 중학교 1~3학년 사회와 과학 교과 디지털교과서에서 이용할 수 있으며, 한국과학창의재단에서도 2016년부터 사이언스레벨업 사이트를 통해 다양한 실감형 콘텐츠를 제공하고 있다.

다양한 VR/AR 콘텐츠가 개발되고 보급되는 것과 별개로 실제 학교 현장에 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 과학 수업이 제대로 실행되기 위해서는 이와 관련된 교사 전문성 향상을 위한 지원과 연구가 필수적이다. 교수·학습 상황에서 테크놀로지의 활용과 관련된 교사 전문성에 관한 연구는 Shulman의 교수내용지식(Pedagogical Content Knowledge: PCK)에 테크놀로지를 접목한 테크놀로지 교수내용지식(Technological Pedagogical and Content Knowledge: TPACK) 프레임워크(Mishra & Koehler, 2006)에 기반하여 이루어져 왔다. TPACK 프레임워크의 핵심은 교사 전문성과 관련된 지식의 세 요소 즉, 테크놀로지 지식(Technological Knowledge: TK), 내용 지식(Content

\* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cnu.ac.kr)

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R111A3A040733).  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.3.225>

Knowledge: CK), 교수 지식(Pedagogical Knowledge: PK)이 복합적으로 상호작용한다는 점이다(Koehler, Mishra, & Yahya, 2007; Mishra & Koehler, 2006). TPACK 프레임워크는 테크놀로지를 활용하는 교사의 교수 계획과 실행을 이해하고 수업 역량을 평가할 수 있는 렌즈를 제공하기도 하지만(Niess, 2011), 요소 간의 복잡한 관계 때문에 TPACK 발달과정을 포착하거나 TPACK 수준을 평가하는 것을 어렵게 만들기도 한다(Koehler, Shin, & Mishra, 2012). 또한, TPACK은 상황-특정적인(context-specific) 전략 및 표상(Koehler, Mishra, & Yahya, 2007)과 관련되며 교사가 특정 주제에 대한 교수·학습의 계획과 실행을 위해 특정 테크놀로지를 적절하게 활용하는 것과 관련된 지식(Jang & Chen, 2010)을 의미한다. 따라서 모든 테크놀로지에 적용되는 일반적인 교사의 전문성이라기보다는 특정 테크놀로지를 활용하는 맥락에서의 교사 전문성을 포착할 수 있는 프레임워크로 접근해야 한다.

그동안 교사의 TPACK에 대한 연구는 다양한 측면에서 이루어졌으나, 교사의 TPACK 수준을 측정하거나 교사의 TPACK을 평가하는 연구가 많이 이루어졌다. 교사의 TPACK을 측정하거나 평가하기 위해 활용된 연구 방법을 분석한 Koehler, Shin, & Mishra (2012)에 의하면 자기 보고 측정(self-report measures), 개방 설문 조사(open-ended questionnaires), 수행 평가(performance assessments), 면담(interviews), 관찰(observation)의 다섯 가지 방식이 주로 사용되었다. TPACK을 정성적으로 평가한 선행 연구를 분석한 Archambault (2016)의 연구에 의하면 주로 수행 평가(performance measures), 면담(interviews), 관찰 도구(observation tools) 세 종류의 정성적인 평가 방식이 활용되었다. 수업 계획 활동, 수업 사례 분석 등을 포함하는 수행 평가의 경우 루브릭을 이용해 평가하거나 개방 코딩을 하는 방식이었으며, 면담 역시 면담 내용을 코딩하거나 요소를 추출하는 식으로 질적 분석이 이루어졌다. 교사의 TPACK 수준이나 TPACK을 평가한 국내 선행 연구를 살펴보면 Koehler, Shin, & Mishra (2012) 연구 결과와 다르지 않았다. 온라인매체 활용 교육과 VR/AR 활용 교육에 대한 교사의 TPACK 수준을 비교하기 위해 온라인 설문을 실시하였고(Ko & Shin, 2020), 교사의 테크놀로지 통합 전문성을 탐색하기 위하여 설문 조사 방식을 선택하였다(Kang & Jang, 2016). 또 테크놀로지 활용 관련 교과목을 수강한 예비교사들의 TPACK 향상 정도를 보기 위해 설문지를 통한 사전-사후 검사를 실시하기도 하였다(Shin, Ham, & Eom, 2012). 이렇게 자기 보고 측정이나 개방형 설문지를 사용하는 것은 교사의 테크놀로지 관련 지식을 스스로가 평가하는 것이어서 제대로 된 TPACK 역량을 측정하기 어려우며(Lee & Whang, 2017), 실제 실행 역량을 측정하는 것이 아니라 자기효능감을 측정한다는 한계점이 있다(Kang & Jang, 2016). 이러한 접근 방식의 한계점을 극복하기 위한 노력으로 지식으로서의 TPACK이 아닌 실천적 역량으로서의 TPACK 관점에서 접근하려는 시도가 있었으며, 교사의 TPACK 실천적 역량을 평가하기 위한 평가 틀을 제안하는 연구가 이루어졌다(Choi & Baik, 2020; Choi & Baik, 2021). 하지만 이러한 연구에서도 TPACK을 TPACK 구성요소 간의 상호작용이나 역동적인 관계로 보기보다는 분리된 구성요소로 접근했다는 측면에서 여전히 한계점은 존재하였다(Oner, 2020a).

최근 담화 분석을 기반으로 하는 연구 분야에서 대안적인 연구 방법으로 인식적 네트워크 분석(Epistemic Network Analysis: ENA)

이 주목받고 있다. 인식론적 네트워크 분석(ENA)은 데이터에서 나타나는 연결 구조 모델링을 위한 양적 민속지학적 기법(quantitative ethnographic technique)이며, 코드(codes), 대화(conversation), 대화 내에서 코드가 연결되는 방식 세 가지를 가정한다(Shaffer, 2017; Shaffer, Collier, & Ruis, 2016). 예를 들어, 공학 강의에 참여한 학생들의 공학 설계 사고(engineering design thinking)를 인식론적 네트워크 분석(ENA) 관점으로 살펴볼 수 있다. 학생들은 모듈별로 설계 프로젝트를 진행할 때 논의 과정에서 생산 프로세스, 설계 사양, 예산 등과 같은 중요한 ‘코드’에 대해 이야기한다. 즉 학생들은 설계를 위한 회의에서 ‘대화’를 나눈다. 그리고 학생들의 설계 과정을 이해하는데 있어서 핵심적인 부분은 학생들이 생산 프로세스, 설계 사양, 예산 등의 주요 부분 간의 관계에 대해 어떻게 생각했는지를 모델링하는 것이다(Arastour et al., 2016). 즉, 인식론적 네트워크 분석(ENA)은 데이터에서 나타나는 관계를 노드(node)와 링크(link)로써 모델링하고 그것의 구조나 확산 및 발전 과정을 계량적으로 분석하는 네트워크 분석 방법(network analysis)의 일종이다. 따라서 많은 양의 질적 데이터를 코딩된 데이터로 변환시키고 데이터 간의 연관성을 정량화하여 그것들 간의 상호작용을 이해할 수 있게 해주고, 역동적인 관계를 시각적 표상으로 표현할 수 있게 해준다(Shaffer, 2017; Shaffer, Collier, & Ruis, 2016). 데이터에서 추출되는 요소 간의 관계와 상호작용을 포착하며 시각화시켜준다는 장점이 있어 담화 분석을 기반으로 하는 교육 연구 분야에서의 새로운 방법론으로 제안될 수 있다. Csanadi et al. (2018)은 컴퓨터 기반 협력 학습(CSCL) 맥락에서 이루어지는 학생들의 인지적 활동에 관한 연구가 일반적으로 담화의 정량적 분석에 기반하고 있음을 주목하였다. 인식론적 네트워크 분석(ENA)을 통한 담화 분석과 기존의 정량적 담화 분석 방법을 비교 및 대조하기 위해 같은 담화 데이터에 두 방법을 모두 적용하여 분석하였고 그 결과 인식론적 네트워크 분석(ENA)이 더 많은 통찰력을 제공한다는 것을 확인하였다. 따라서 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK)의 복잡한 상호작용으로 나타나는 TPACK의 특징이나 발달 과정을 포착하기 위한 방법으로 인식적 네트워크 분석(ENA)은 새롭고 대안적인 연구 방법이 될 수 있을 것이다. 이에 비교적 최근, 온라인 교사 교육 프로그램에 참여한 예비교사의 담화(Oner, 2020b)와 초등교사의 담화(Zhang, Liu, & Cai, 2019)에 인식적 네트워크 분석(ENA)을 적용하여 TPACK의 발달과정을 탐색한 연구가 수행되었으며 기존 연구에서 다루지 못한 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK)의 상호 연관을 다루고 있다.

2022 개정 과학과 교육과정에서 디지털 소양 교육과 관련하여 실감형 자료를 활용한 화석 관찰, 컴퓨터 시뮬레이션, VR/AR 등을 이용한 빛의 직진, 반사, 굴절 현상의 관찰, 실감형 자료를 활용한 계절별 별자리 관측 및 조사 등으로 학생들의 탐구 활동에서 다양한 실감형 콘텐츠가 활용될 수 있음을 언급되고 있는 현실에서(Ministry of Education, 2022) VR/AR 콘텐츠를 활용하는 과학 교사의 수업 전문성 향상을 위한 연구가 이루어져야 한다. 테크놀로지를 활용하는 교사의 전문성은 교사가 특정 테크놀로지를 교육 환경에서 어떻게 활용하였는지와 관련된 것이므로(Ertmer et al., 2015), 이는 실천적 역량으로서의 TPACK 관점으로 접근해야 한다. 따라서 교사의 수업 실행과 연관되는 과정(수업 실행 전 계획 과정, 수업 실행 과정, 수업 이후의 성찰 과정)을 기반으로 TPACK의 특징을 분석할 필요가 있으며

그 방법으로는 구성요소 간의 관계와 상호작용을 포착할 수 있는 인식적 네트워크 분석(ENA)이 활용될 수 있을 것이다.

이 연구에서는 새롭게 제안되고 있는 인식적 네트워크 분석(ENA)이 TPACK 유형이나 특성을 파악하는 데 유용한지를 알아보려 하였으며, TPACK 연구에서의 인식적 네트워크 분석(ENA) 적용 가능성을 알아보는 측면에서 초등 예비교사가 과학 수업을 계획하는 과정의 담화를 분석하였다. 즉, 수업 계획 과정에서 논의되는 TPACK 요소는 어떠한지, 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK) 간의 연결로 나타나는 초등 예비교사의 VR/AR 콘텐츠 활용 TPACK 특징은 어떠한지를 탐색하고자 하였다. 이를 통해, 예비교사의 실천적 역량으로서의 TPACK 함양과 증진을 위한 방안과 더 나아가 VR/AR 활용 TPACK 수준을 높이기 위한 교사 교육에 대한 시사점을 도출하고자 하였으며, 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) 초등 예비교사의 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 계획 과정에서 주로 논의되는 TPACK 요소는 무엇인가?
- (2) 초등 예비교사의 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 계획 과정에서 나타나는 TPACK의 특징은 어떠한가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

#### 가. 연구 참여자

이 연구는 교육대학에서 연구자 중 1인이 담당하는 초등과학교육 관련 강좌에서 이루어졌다. 강좌에서는 예비교사들에게 VR/AR 콘텐츠를 활용한 과학 수업을 계획하고, 계획한 수업 지도안에 기반하여 모의 수업을 해 보며, 모의 수업이 마무리된 후에 수업 계획과 실행에 대해 성찰해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 해당 강좌를 수강하는 초등 예비교사는 교육학 심화 전공 3학년에 재학 중인 27명(6개 모듈로 활동)의 학생이었으며, 전년도에 초등과학탐구 관련 강좌를 수강하였다. 이들은 고등학교 재학 당시 모두 통합과학을 학습하였고, 27명 중 13명이 지구과학 I 과목을 학습한 경험이 있었다. 연구를 시작하기 전 예비교사에게 연구 목적과 내용을 설명하고, 연구 참여에 동의하는 예비교사의 자료만을 수집하였다. 자료 수집 완료 후, 모듈별로 성실하게 논의하지 않거나 실질적인 논의가 5분도 안 되어 예비교사의 TPACK 특징을 포착하기가 어려울 것으로 판단되는 모듈의 자료는 분석 대상에서 제외하고 최종적으로 두 개의 초점 그룹을 선정하여 이 모듈과 관련된 데이터를 분석하였다.

#### 나. 연구 맥락

테크놀로지 활용과 관련된 교사의 수업 전문성은 직접 수업을 계획하고 실행하며 반성하는 과정을 통해 발전할 수 있으므로(Koh & Chai, 2017; Koh, Chai, & Lim, 2017), 초등과학교육 관련 강좌에서 예비교사들에게 VR/AR 콘텐츠를 활용하여 과학 수업을 계획하고 모의 수업을 실행하며 수업 계획 및 실행에 관한 성찰을 할 수 있는 기회를 제공하였다(Table 1).

강좌의 1~7주차에는 과학 교수·학습에 대한 전반적인 이해와

다양한 탐구를 기반으로 하는 초등 과학 수업의 계획과 실행에 대한 이론적 기반을 다질 기회를 제공하였다. 초등과학교육의 목표와 과학의 발전 및 과학적 방법, 다양한 탐구 활동 유형 및 지도법을 안내하였으며 과학 수업 계획과 실행은 교육과정을 기반으로 이루어져야 하므로 함께 교육과정을 살펴보고 과학 교과서 중 지구와 우주 영역에서 제시된 다양한 탐구 활동을 살펴보았다. 그리고 7주차 수업이 끝난 후 8주차 수업의 준비로 각자의 스마트폰이나 태블릿PC에 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠 사용을 위한 실감형콘텐츠앱과 사이언스올에서 제공하는 다양한 실감형 콘텐츠 앱을 미리 내려받아 올 것을 안내하였다. 8주차에는 제4차 과학교육 종합계획과 2022 개정 과학과 교육과정을 중심으로 미래형 과학교육과 에듀테크(EduTech)의 맥락을 안내하였다. VR과 AR 각각의 정의와 특징을 알아보고 각 테크놀로지가 적용된 교육 콘텐츠(예: zSpace의 가상 과학 실험, 국내 기업에서 개발한 AR 적용 학습형 게임 콘텐츠)를 youtube 동영상으로 살펴 보았다. VR/AR 콘텐츠를 초등 과학 수업에 적용했을 때의 장단점에 대한 각자의 생각을 공유하였으며, VR/AR 콘텐츠를 직접 체험해 보았다. VR 콘텐츠의 체험을 위한 구글 카드보드를 직접 만들어보았으며 각자의 스마트폰을 활용하여 디지털교과서에서 제공하는 지구와 우주 영역의 VR 콘텐츠와 사이언스올에서 제공하는 ‘태양계로 떠나는 여행’과 같은 VR 콘텐츠를 체험하게 하였다. AR 콘텐츠는 마커(marker)형과 마커리스(markerless)형으로 나누어지는데 마커형 AR 콘텐츠를 체험할 때는 직접 마커를 인식시켜보는 과정을 거쳤다. 그리고 (주)비상에서 제공하는 ‘생생하게 체험하는 VR 지질답사 (<https://v.vivasam.com/themeplace/vrtrip/main.do>)’를 살펴보고 체험하도록 하였다. 마지막으로 개별 과제를 안내하였는데, 4학년 1학기 ‘지층의 화석’ 단원과 6학년 1학기 ‘지구와 달의 운동’ 단원에서 어떤 주제와 어떤 콘텐츠로 수업을 해 볼 수 있을지, VR/AR 활용 과학 수업에 대한 자기의 생각, VR/AR 활용 수업을 계획하고 실행할 때 교사로서 고려할 점에 대한 자기의 생각을 적어보게 하였다. 9주차에는 예비교사들이 가지고 있는 VR/AR 콘텐츠에 대한 지식(TK), 지구 과학 내용 지식(CK), 교육학과 관련된 지식(PK)을 어떻게 연결 지어 실제 수업으로 구현할 수 있는지에 대한 이해를 높이기 위해(Jang & Chen, 2010; Lee & Kim, 2014), 현직 초등교사가 계획하고 실행한 VR/AR 활용한 과학 수업 사례를 소개하였다. 다음으로 모듈별로 각자가 해온 과제를 공유하고 어떤 주제와 어떤 콘텐츠로 과학 수업을 계획해 볼 것인지에 대해서 논의하였다. 그리고 토론 내용을 기반으로 수업 지도안과 보고서를 모듈별로 작성하여 제출하도록 하였다. 13-14주에는 모듈별로 수업 지도안에 기초한 모의 수업을 실시하였다. 초점 그룹 중 모듈 A는 6학년 ‘지구의 자전 알아보기’ 차시를 선택하고 순환학습모형을 적용하여 수업을 계획하고 실시하였다. 전체 수업은 탐색 단계에 ‘메타버스로 만나는 지구와 달의 운동’ VR 콘텐츠를 활용하여 하루 동안 지구의 움직임을 관찰하는 활동, 개념 도입 단계에서 지구 자전 개념을 설명, 개념 적용 단계에서 별의 움직임을 지구의 자전을 적용하여 설명해보는 활동으로 구성되었다. 모듈 B는 6학년 ‘계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭 알아보기’ 차시를 선택하고 디지털교과서에서 제공하는 ‘계절별 별자리 관찰’ VR 콘텐츠를 활용하여 수업을 계획하였다. 전체 수업은 ‘계절별 별자리 관찰’ VR 콘텐츠를 활용하여 별자리를 관찰한 후 모듈별로 계절별 대표적 별자리를 야광 펜으로 활동지에 그리는 활동, 야광 펜으로

Table 1. Lesson process

	수업 내용	예비교사의 활동 및 과제
1-2주	· 초등 과학 교육의 목표, 과학적 소양, 과학의 본성 소개	
3-4주	· 과학 탐구 등장 배경 소개 · 과학 탐구와 과학적 방법: 연역법 귀납법, 반증법, 귀납법 · 과학과 교육과정 문서 탐색 · 과학 탐구 과정 기능 소개 · 과학 탐구 수준 및 유형 소개	· [모둠별 과제] 과학 ‘지구와 우주’ 영역에 제시된 탐구 활동 탐색해보기 · 내용 1: 과학적 방법(연역법, 귀납법, 반증법, 귀추법)이 반영된 탐구 활동 1개씩 찾아보고 그렇게 판단한 이유를 설명해보기 · 내용 2: 해당 탐구 활동에 어떠한 기초 탐구 과정 기능과 통합 탐구 과정 기능이 반영되어 있는지 분석해 보기
5주	· 모둠별 과제 발표 및 논의	
6-7주	· 다양한 교수· 학습 이론과 과학 교수· 학습 모형 소개	· [8주 수업 준비 안내] 개별 기기(스마트폰, 태블릿PC)에 디지털교과서 제공 ‘실감형콘텐츠’ 앱과 실감형콘텐츠 앱 내의 개별 콘텐츠 그리고 사이언스올에서 제공하는 지구와 우주 관련 실감형 콘텐츠 앱 설치하기
8주	· 테크놀로지를 활용한 과학 수업 소개 · VR/AR에 대한 기본적인 내용 소개 · 다양한 실감형 콘텐츠 소개 · 개별 과제 안내	· 다양한 실감형 콘텐츠 탐색 및 구글 카드보드와 AR 마커 기반으로 직접 체험 · [개별 과제] 특정 단원의 내용을 어떤 콘텐츠로 수업을 할 수 있을 것인지, VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업에 대한 자기의 생각, VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업의 계획과 실행에서 고려해야 할 점을 적어보기
9주	· VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 사례 소개 · VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업에 관한 학생들의 생각 공유 · 모둠별로 수업 계획 논의	· 모둠별 토론을 통해 어떤 주제와 어떤 콘텐츠를 가지고 어떻게 수업할지 계획 · [모둠별 과제] 모둠별로 수업 지도안과 VR/AR 활용 과학 수업에 대한 보고서를 작성하는 과제 수행
13-14주	· 모둠별로 약 20분씩 모의 수업 실시 · 각 모둠의 모의 수업 후 교수자와 학생으로 참여한 예비교사가 간단한 피드백 제공 · 모든 모둠의 모의 수업이 끝난 후 조별로 수업 성찰 논의	· 모둠별로 계획한 수업과 수업 실행에 대해서 성찰

그린 모둠별 별자리를 활용하여 교실에서 한 사람씩 시계 반대 방향으로 이동하면서 위치별로 볼 수 있는 별자리를 관찰하는 활동으로 구성되었다. 모둠 A와 모둠 B 모두 낮 수업 시간에 실제로 관찰하는 것이 불가능한 하루 동안 지구의 움직임과 계절에 따라 다르게 보이는 별자리라는 수업 주제를 선정하였고, VR 콘텐츠를 활용하여 초등 학생들이 지구과학적 현상을 관찰하고 탐색해 볼 수 있는 기회를 제공하는 수업을 계획하였다. 한편 모둠 B는 수업에서 활용한 VR 콘텐츠의 한계점을 인식하여 VR 콘텐츠 기반 활동 이외에 추가 활동을 계획했다는 점에서 차이가 있었다. 모둠별 모의 수업 후에는 교수자와 학생으로 참여한 예비교사들이 모의 수업을 진행한 모둠원에게 간단하게 수업 계획과 실행에 대해 피드백하였다. 모든 모둠의 모의 수업이 마무리된 후, 모둠별로 자신들이 계획하고 실행한 수업을 성찰하는 시간을 가졌다.

2. 자료 수집 및 분석 방법

가. 자료 수집

이 연구에서는 초등 예비교사의 VR/AR 콘텐츠 활용 TPACK 특징은 어떠한지를 탐색하고자 수업 과정(Table 1)에서 개별 과제 보고서, 모둠별 수업 계획 담화 자료, 모둠별로 작성한 수업 지도안과 보고서, 모둠별 수업 성찰 담화 자료를 수집하였다. 한편, 이 연구는 TPACK 특징을 탐색하기 위해 인식적 네트워크 분석(ENA)을 새롭게 적용해 보는 연구이므로 처음부터 수집된 연구 자료를 모두 분석하는 데에는 무리가 있다고 판단하였다. 따라서 수집된 연구 자료 중 모둠별 성찰 담화 자료는 제외하고 모둠별 수업 계획 담화 자료를 주 연구 자료로, 개별 과제 보고서, 수업 지도안과 보고서는 보조 연구 자료로 사용하게 되었다.

주 연구 자료인 VR/AR 활용 과학 수업 계획을 위한 모둠별 담화는 모두 전사하여 엑셀 파일로 정리하였다. 이 과정에서 논의를 성실하게 하지 않거나 실질적인 수업 계획 논의가 5분도 안 되어 예비교사의 TPACK 특징을 포착하기가 어려울 것으로 판단되는 모둠의 수업 계획 담화 자료는 분석 대상에서 제외하였다. 최종적으로 두 개의 초점 그룹을 선정하여 이 모둠과 관련된 데이터를 분석하였다.

나. 분석 방법

VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업의 계획 과정에서 나타나는 TPACK 요소와 TPACK의 특징을 탐색하기 위해 인식적 네트워크 분석(ENA)을 활용하여 예비교사들의 담화를 분석하였다. 인식적 네트워크 분석(ENA)은 세 단계를 거쳐 이루어졌다.

첫 번째 단계에서는 예비교사들이 모둠별로 논의한 수업 계획 담화를 모두 전사하여 엑셀로 정리한 후, 각 연구자가 이를 질적으로 분석하여 담화에서 토론된 내용 혹은 주제를 기준으로 예비교사들의 수업 계획 담화의 단계를 나누었다. 모둠별로 토론 내용이 다양했기 때문에 동일 기준으로 담화의 단계를 구분할 수는 없었고 토론 내용의 단계 구분 작업을 지속적으로 반복하여(Corbin, & Strauss, 2015) 단계를 나누었다. 연구자별로 단계 구분에 차이가 있는 경우 논의를 거쳐 합의하는 과정을 거쳤다. 모둠별 담화의 단계를 구분한 후, 각 연구자가 선행 연구(Oner, 2020b; Zhang, Liu, & Cai, 2019)의 TPACK 코딩 분석 틀을 참고하면서 이 연구에서 사용할 TPACK 코딩 요소를 귀납적으로 추출하였다. 이 과정에서 개별 연구자가 도출한 코딩 요소에 차이가 있는 경우 논의와 합의를 거쳤다. 최종적으로 추출된 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK)별 하위 요소는 Table 2와 같다.

두 번째 단계에서는 세 명의 연구자가 개별적으로 모둠별 담화

Table 2. Descriptions and examples of the coding scheme of TPACK

코드	설명	예시
TK	T1 기기 활용	사용할 기기의 종류, 연결 방식, 앱 제공 방식(각자 기기에 설치 또는 사전 설치 후 제공), 문제 발생에 대한 대처 등에 그걸 텔레비전이랑 연결을 해서
	T2 VR/AR 콘텐츠	VR/AR 콘텐츠의 내용 구성, 콘텐츠의 활용 방안, 장점과 한계 점과 관련된 내용
CK	C1 과학적 사실/개념	특정 주제의 과학적 현상이나 과학적 개념과 관련된 내용 과학적 사실/개념 확인 등에 관련된 내용
	C2 과정적 지식	과학 탐구 과정이나 실험 과정, 도구 사용과 관련된 내용
PK	P1 교육과정/교과서	교육과정/교과서/교육자료와 관련된 내용
	P2 학습자	학습자의 선행 지식, 행동 특성, 이해 수준 등에 관련된 내용
	P3 수업 운영	시간 배분, 모듈 구성, 활동 순서 등 수업 운영과 관련된 내용

내용을 TPACK 코딩 요소(Table 2)에 기반하여 분석하였다. 분석의 기본 단위는 어터런스(utterance)이며, 발화자가 바뀌는 시점을 기준으로 나누었다. 즉, 같은 발화자가 계속해서 말을 한 경우 이는 모두 한 어터런스로 취급되며, 발화자가 바뀌는 경우 새로운 어터런스가 시작되는 것으로 보았다. 분석을 본격적으로 시작하기 전, “누가 모의 수업 실연할래?” “실습 나가는 건 절대평가니까 좀 후하게 주지 않을까?” 같은 발화, “응”, “어, 그래”와 같이 한 학생이 낸 의견에 대한 단순 호응 등과 같은 발화들은 VR/AR 활용 과학 수업 계획과 관련 없는 것으로 판단하고 코딩에서 제외하였다. 각 연구자의 모듈별 계획 담화에 대한 코딩 분석이 끝난 후, 코딩 결과에 차이가 있는 부분에 관해 연구자 간 논의 과정을 거쳐 합의를 이루어 분석의 타당도를 확보하고자 하였다. 최종 코딩이 끝난 후, TPACK의 코딩 요소에 해당하는 발화에는 1, 해당하지 않는 발화에는 0을 부여하여 코딩 분석 결과를 수치화하여 정리하였다(Table 3).

마지막 단계에서, Table 3과 같은 양식으로 정리된 엑셀 데이터를 ENA Web Tool (version 0.1.0) (Marquart et al., 2018; Shaffer, Collier, & Ruis, 2016)에 입력하여 TPACK 요소 간의 관계를 파악하고 가시화하였다(Figure 1). 이 단계에서 실제적인 ENA 분석이 이루어

어지는데 그 과정은 다음과 같다. 우선, 데이터 분석 과정에서 인접한 4개의 어터런스가 1개의 스타anza(stanza)로 묶여 분석된다. 스타anza(stanza)란 대화에 관련된 어터런스 여러 개가 묶인 하나의 그룹을 의미한다(Gee, 2015). 여러 개의 어터런스를 하나의 스타anza로 묶어서 분석하는 이유는 대화에서 한 사람의 발화가 독립되어 존재하는 것이 아니라 앞뒤 맥락과 연결되어 전개되기 때문이다(Siebert-Evenstone et al., 2017). ENA 분석에서 몇 개의 발화를 묶는 것이 가장 적당한지에 대해서는 명확한 기준은 없으나, 선행 연구를 보면 발화 간 관련이 적은 경우는 분석 단위를 작게(Karumbaiah & Baker, 2021), 상호작용이 일어나는 속도가 빠른 경우는 분석 단위를 크게 잡았다(Sciana, Gagnon, & Knowles, 2021). 이 연구에서는 ENA를 개발한 Siebert-Evenstone et al. (2017)의 연구에서 4개 단위가 적절하다고 제안한 것에 기초하여, 각 코드 간의 연결을 가장 명시적(explicit)으로 드러낼 수 있는 적절한 단위를 4개 어터런스로 결정하였다. 단일 어터런스 단위로 분석하는 경우 발화자가 바뀌면서 전개되는 맥락적인 내용을 포착할 수 없다고 판단하였기 때문이었다. Figure 1은 어터런스가 각 스타anza로 어떻게 묶이는지를 보여준다. 같은 스타anza에 있는 코드들은 서로 상관관계가 있는 것으로 본다. Figure 1을 보면 T1과

Table 3. Examples of the coding discourse

어터런스	발화자	발화 내용	T1	T2	C1	C2	P1	P2	P3
1	남1	VR이 너무 빈약한데. VR로도 딱 우리가 고개만 돌리면 계절이 바뀌었으면 참 좋을 것 같은데.	0	1	0	0	0	0	0
2	남2	맨 처음에 선택해야.	0	1	0	0	0	0	0
3	남1	맨 처음에 선택을 해야지 보이니까 이게.	0	1	0	0	0	0	0
4	여1	그런 것도 있어야 되지 않아? 교사가 미러링?	1	0	0	0	0	0	0
5	여2	미러링?	1	0	0	0	0	0	0
6	여1	교사 시범?	0	0	0	0	0	0	1
7	여2	VR하는 거 시범하는 거? 그냥 이려고 있는 거 보여주면 되는 거 아니야?	0	0	0	0	0	0	1
8	여1	그걸 텔레비전이랑 연결을 해서	1	0	0	0	0	0	0
9	여2	아 화면이랑	1	0	0	0	0	0	0
10	여1	보여주는 걸 앞에 놓아야 한다는 느낌을 받았는데.	1	0	0	0	0	0	1
11	여2	그냥 놓고나면은 봄에 저거 보인다 이걸 알게 되니까	0	0	0	0	0	1	0
12	여1	그러니까 작동 방법을 알아야.	1	0	0	0	0	0	0
13	여2	(타이핑을 하는 내용을 말할 함) VR 착용 전에 교사가 설명을 해준다.	1	0	0	0	0	0	1

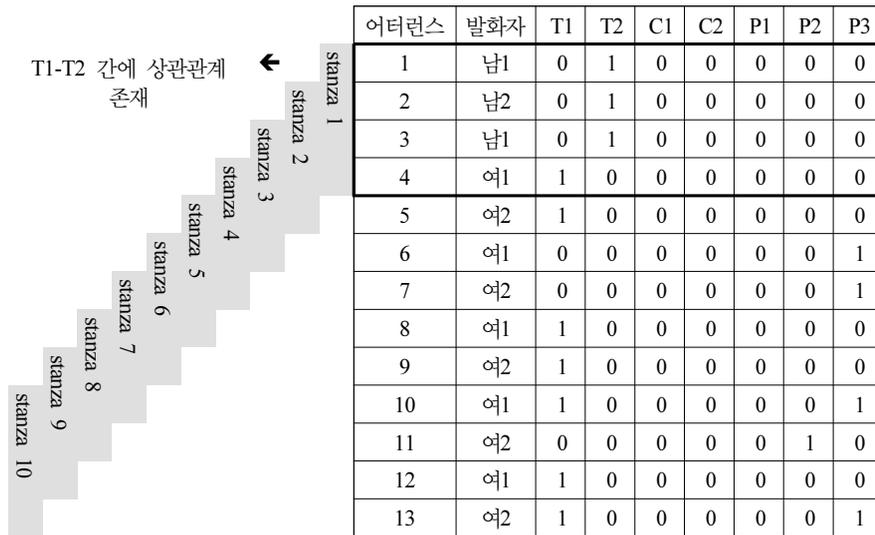


Figure 1. Example of grouping stanzas

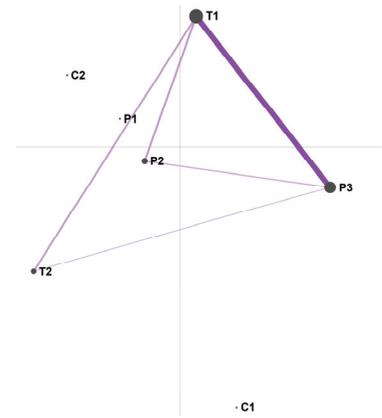


Figure 2. Example of ENA network graph

T2가 같은 스타자 안에 나타나므로, T1과 T2 간에는 상관관계가 존재한다. 이러한 분석 방법에 따라 얻어진 코드 간의 상관관계를 기반으로 인접 행렬(adjacency matrix)을 만들 수 있고, 이를 Figure 2와 같이 그래프로 가시화할 수 있으며 이는 Table 3에 제시된 예시 담화 자료를 ENA로 분석한 결과를 보여주는 ENA 네트워크 그래프이다.

Figure 2를 보면 ENA 네트워크 그래프상에서 각각의 TPACK 요소는 점으로 표현되며, 각 점은 서로 선으로 연결되어 있음을 볼 수 있다. ENA 네트워크 그래프에서 점의 크기는 요소가 어터런스에 등장한 빈도가 클수록 크게 표시되며, 선의 굵기는 언급된 요소 간의 동시 등장 빈도가 높을수록 굵게 표현된다. 그래프에서 각 코드의 위치는 특이값 분해(Singular Value Decomposition, SVD)에 의한 차원 축소(Dimension Reduction)로 결정된다. 이 그래프는 7개의 코드로 구성되어 약 21개( $\frac{n(n-1)}{2}$ )의 기저 벡터(basis vector)가 존재한다. 따라서 21차원의 데이터를 2차원 평면상에 가시화하기 위해서는 차원 축소가 필요하다(Shaffer, Collier, & Ruis, 2016). 이렇게 2차원 평면상에 가시화된 그래프에서 두 코드 간의 거리는 해당 코드 간의 유사성과 관련되므로, 인접한 코드는 유사한 속성을 지닌다고 해석할 수 있다. 따라서 점의 크기와 선의 굵기를 통하여 표현된 ENA 네트워크 그래프를 통해 TPACK 요소 간의 관계 즉, TPACK의 특징을 파악할 수 있게 된다. 따라서 Figure 2를 통해 예시 담화에서는 T1과 P3가 가장 많이 언급되었고, 이 두 요소가 가장 많은 연관이 있음을 알 수 있다. 또한 다른 요소(T2, P2)와의 연결은 약하며, C1, C2, P1은 다른 요소와 전혀 연결되지 않았음을 보여준다.

### III. 연구 결과 및 논의

이 연구에서는 초등 예비교사가 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업을 계획하는 과정에서 나타나는 TPACK 특징을 ENA를 통하여 탐색하고자 하였다. 이를 위해, 6학년 ‘지구와 달의 운동’ 단원을 선택한 초점 그룹(모둠 A와 모둠 B)을 선정하였고, 두 모듬의 수업 계획 담화에 대한 ENA 분석을 통해 예비교사의 TPACK 특징을 알아보았다.

#### 1. 모듬 A의 사례

##### 가. 모듬 A의 수업 계획 담화와 TPACK 요소

모듬 A는 수업 계획 과정에서 6학년 1학기 ‘지구와 달의 운동’ 단원 중 ‘지구의 자전 알아보기’ 차시를 선택하고 실감형 콘텐츠를 탐색하는 시간을 가졌다. 하지만 시간 부족으로 실제 수업에서 활용할 콘텐츠를 결정하지 못한 채 수업 계획 논의를 마무리하였다. 따라서 모듬 A가 최종적으로 활용한 콘텐츠는 모의 수업과 수업 지도안을 통해 확인하였으며, 모듬 A는 ‘메타버스로 만나는 지구와 달의 운동’ VR 콘텐츠를 선택하여 모의 수업을 하였다. 모듬 A의 담화는 단원 선택을 위한 자료 탐색(1단계), 차시 선택을 위한 자료 탐색(2단계), 디지털교과서 내 실감형 콘텐츠 탐색(3단계)으로 구분되었으며, 수업 단계별 TPACK 요소의 빈도 분석 결과는 Table 4와 같다.

1단계에서 모듬 A 예비교사들은 단원 선택을 위해 과학 교과서, 과학 교육과정, 해당 단원의 차시 내용을 살펴보고, 차시 내용과 관련된 수업 지도안을 인터넷에서 검색하고 검색한 자료를 공유하는데 많은 시간을 할애하였다. 그리고 공유한 자료들을 살펴보면 6학년

Table 4. TPACK coding of group A lesson planning discourse

수업 계획 단계		TPACK 요소						
		T1	T2	C1	C2	P1	P2	P3
1단계 (12분)	적절한 단원 선택을 위한 자료 탐색	9	8	1	2	14	1	2
2단계 (13분)	단원 내 차시 선택을 위한 자료 탐색	0	3	0	0	30	0	4
3단계 (12분)	디지털교과서 내 실감형 콘텐츠 탐색	2	42	2	2	9	4	10
	전체	11	53	3	4	53	5	16

1학기 ‘지구와 달의 운동’ 단원을 선택하였다. 1단계의 담화는 7개 요소의 TPACK 요소 모두 나타나긴 했지만, 주로 나타난 TPACK 요소는 교육과정/교과서(P1), 기기 활용(T1), VR/AR 콘텐츠(T2)였다.

2단계에서 예비교사들은 ‘지구의 달’ 단원 내의 적절한 차시를 선택하기 위해 제일 먼저 교육과정을 살펴보고, 검색을 통해 얻을 수 있는 기존의 수업 지도안과 교사용 지도서를 살펴 보면서 논의하였다. TPACK 요소 측면에서 살펴보았을 때, 이 단계는 1단계보다 훨씬 더 교육과정/교과서(P1) 요소 중심으로 구성되었으며, 수업 운영(P3)과 VR/AR 콘텐츠(T2)는 적게 언급되었고, 나머지 4개의 요소는 전혀 논의되지 못한 것을 알 수 있었다.

마지막 3단계에서는 각자 실감형 콘텐츠 앱을 실행시켜 실감형 콘텐츠를 체험해 보며 적절한 차시 선정을 위한 논의가 이루어졌다. 실감형 콘텐츠 앱의 ‘지구와 달의 공전과 자전’ VR 콘텐츠를 살펴본 예비교사들은 ‘지구의 자전’ 차시를 선택하였다. 하지만 선택한 VR 콘텐츠는 지구 자체가 자전하여 나타나는 과학적 현상을 보여주는 것이 아닌, 지구는 고정된 채로 달이 공전하는 모습을 보여주는 점을 깨닫고 지구 자전 차시에 적합한 다른 콘텐츠를 알아보는 것으로 담화를 마무리를 지었다. 마지막 단계의 담화는 7개의 TPACK 요소로 구성된 담화임을 알 수 있었으며, 빈번하게 언급된 요소 세 가지는 VR/AR 콘텐츠(T2), 수업 운영(P3), 교육과정/교과서(P1)이었다.

종합적으로 살펴보았을 때, 모둠 A의 예비교사들은 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업을 계획하는 과정에서 주로 교육과정/교과서(P1), VR/AR 콘텐츠(T2), 수업 운영(P3), 기기 활용(T1)에 대한 요소를 논의했음을 알 수 있었다.

나. 인식적 네트워크 분석(ENA)을 통해 살펴본 TPACK 특징

모둠 A의 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 계획 담화를 나타내는 ENA 그래프는 Figure 3이며, 이를 통해 알 수 있는 모둠 A 예비교사들의 TPACK 특징은 다음과 같다. 예비교사들은 전체 수업 계획 과정에서 교육과정/교과서(P1), VR/AR 콘텐츠(T2), 수업 운영(P3)을 중점적으로 논의하였다. 각 요소 간의 연결을 살펴보면, 주로 교육과정/교과서(P1)와 VR/AR 콘텐츠(T2)를 함께 고려하여 논의하였고, 교육과정/교과서(P1)와 수업 운영(P3)을 함께 논의하였다. 다소 약한 연결을 보이긴 하지만 VR/AR 콘텐츠(T2)와 수업 운영(P3)을 함께 고려하여 논의했음을 알 수 있었다. 즉, 모둠 A의 예비교사들은 수업을 계획할 때 다양한 TPACK 요소보다는 교육과정/교과서(P1), VR/AR 콘텐츠(T2), 수업 운영(P3) 세 요소를 주로 고려하였으며 그 결과, 기기 활용(T1), 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 학습자(P2) 요소는 많이 고려하지 못한 것을 알 수 있었다. 특히, 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 학습자(P2) 요소의 언급은 매우 적었으며 다른 요소들과 함께 논의되지 못하였음을 알 수 있었다.

수업 계획 과정의 단계별 ENA 그래프는 Figure 4이며, (a)는 단원 선택을 위한 자료 탐색(1단계), (b)는 차시 선택을 위한 자료 탐색(2단계), (c)는 디지털교과서 내 실감형 콘텐츠 탐색(3단계) 단계의 그래프를 나타낸다. 1단계의 그래프를 보면, 주로 교육과정/교과서(P1)와 VR/AR 콘텐츠(T2)가 강하게 연결되어 함께 논의되었음을 알 수 있었다. 또한, 각 요소 간의 연결이 약하긴 하지만 모든 요소가 함께 논의되었음을 알 수 있다. 수업 계획 1단계의 TPACK 요소 빈도 분석에서는 교육과정/교과서(P1), 기기 활용(T1), VR/AR 콘텐츠(T2) 세 TPACK 요소가 많이 언급되었다는 사실만을 알 수 있었지만, 수업 계획 단계별 ENA 그래프(a)를 통해 수업 계획 1단계에서 교육과정/교과서(P1)와 VR/AR 콘텐츠(T2)가 주로 연결되어 논의되었음을 확인할 수 있었다. 수업 계획 2단계에서는 주로 교육과정/교과서(P1)와 수업 운영(P3)이 함께 논의되었고, 그 정도가 약하지만 교육과정/교과

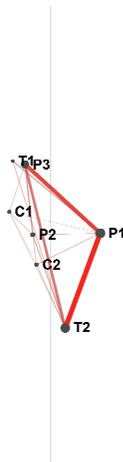


Figure 3. ENA network graph of group A lesson planning discourse

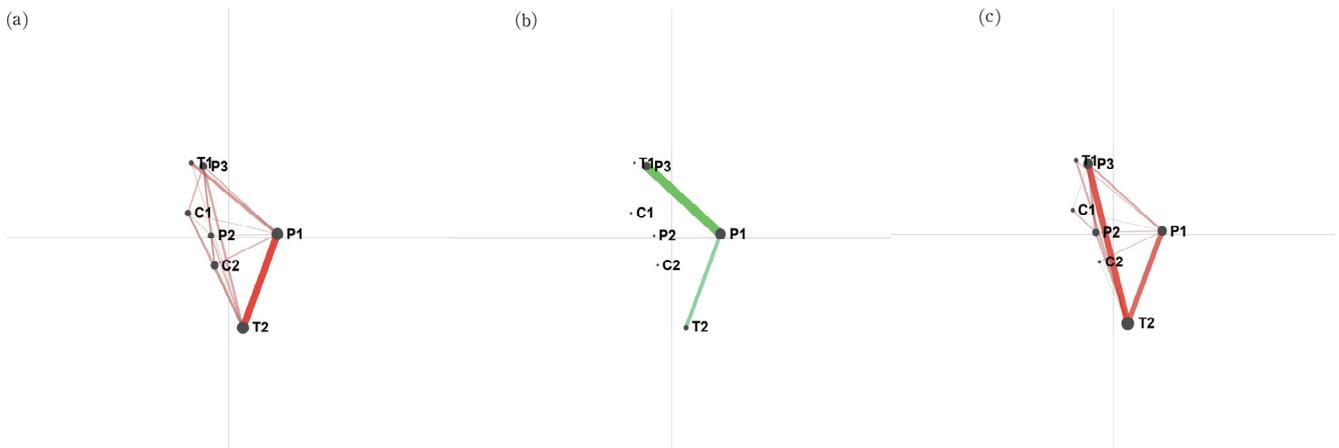


Figure 4. ENA network graphs according to group A lesson planning stages: (a) first step, (b) second step, (c) third step

서(P1)와 콘텐츠(T2)가 함께 논의되었다. TPACK 요소 빈도 분석에서도 확인되었지만, 다른 TPACK 요소는 전혀 언급되지 않았기 때문에 다른 요소와의 연결은 그래프에서 확인되지 않았다. 마지막 수업 계획 3단계에서는 VR/AR 콘텐츠(T2)를 중심으로 교육과정/교과서(P1)와 수업 운영(P3)이 강하게 연결되어 함께 논의되었다.

## 2. 모듈 B의 사례

### 가. 모듈 A의 수업 계획 과정 담화와 TPACK 요소

모듈 B는 6학년 1학기 ‘지구와 달의 운동’ 단원 중 ‘계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭 알아보기’ 차시를 선택하고 디지털교과서에서 제공하는 ‘계절별 별자리 관찰’ VR 콘텐츠를 선택하여 수업을 계획하였다. 모듈 B의 담화는 도입 및 차시 선택(1단계), 전체적인 수업 구성 및 조직(2단계), 구체적인 VR 콘텐츠 활용 및 활동 방법(3단계)으로 구분되었으며, 수업 단계별 TPACK 요소 빈도 분석 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. TPACK coding of group B lesson planning discourse

TPACK 요소		T1	T2	C1	C2	P1	P2	P3
수업 계획 단계								
1단계 (9분)	도입 및 차시 선택	0	6	5	2	29	1	2
2단계 (15분)	전체적인 수업 구성 및 조직	0	16	7	9	2	1	28
3단계 (21분)	구체적인 VR 콘텐츠 활용 및 활동 방법	7	41	34	6	12	8	31
	전체	7	63	46	17	43	10	61

1단계에서 예비교사들은 우선 각자 작성한 개인 과제 내용을 공유하고 6학년 1학기 ‘지구와 달의 운동’ 단원 중 ‘계절별 별자리’와 ‘달의 모양 변화’ 차시 중 어떤 차시를 선택하는 것이 좋을지 논의하였다. 이 과정에서 학생들이 주로 고려한 것은 교육과정, 교과서, 학생들의 탐구와 흥미였으며, 해당 주제에 활용할 수 있는 실감형 콘텐츠 내용과 방식을 고려하기도 하였다. 그 결과, 예비교사들은 모의 수업 주제로 ‘계절별 별자리’를 선택하였다. TPACK 요소의 빈도 분석에 의하면, 이러한 1단계의 담화는 TPACK 7가지 요소 중 6가지 VR/AR 콘텐츠(T2), 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 교육과정/교과서(P1), 학습자(P2), 수업 운영(P3) 요소로 구성된 것을 알 수 있었다. 이 중에서도 빈번하게 언급된 요소 세 가지는 교육과정/교과서(P1), VR/AR 콘텐츠(T2), 과학 사실/개념(C1) 순으로 나타났다.

2단계에서 예비교사들은 ‘계절별 별자리’ 수업의 구체적인 구성과 조직에 대한 논의를 거쳤다. 논의 내용은 VR 콘텐츠에 맞는 활동지의 구상, 수업 과정에서 학생들이 계절별로 별자리가 다른 이유에 관해 탐구하는 방식(예: 귀납, 연역, 귀추), VR 콘텐츠 활용 활동만으로 학생들이 지구 공전 개념을 이끌어 낼 수 있는지 등이었다. TPACK 요소 빈도 측면에서 봤을 때, 이 단계 역시 1단계에서와 같은 VR/AR 콘텐츠(T2), 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 교육과정/교과서(P1), 학습자(P2), 수업 운영(P3) 요소로 구성된 담화였음을 알 수 있었다. 하지만 빈번하게 언급된 요소 세 가지는 수업 운영(P3), VR/AR

콘텐츠(T2), 과정적 지식(C2) 순으로 1단계와는 다른 양상을 보였다.

마지막 3단계에서 예비교사들은 수업에서 구체적으로 VR 콘텐츠를 어떻게 활용할 것인가 그리고 관련된 활동은 어떠한지 하는지에 관해 논의하였다. 구체적인 논의 내용은 VR 콘텐츠 활용에 대한 시범 활동의 필요성, 수업 목표 달성을 위해 선택한 VR 콘텐츠의 적절성, 추가 탐구 활동의 내용과 방식, VR 활용 활동과 추가 탐구 활동의 순서, 선택한 VR 콘텐츠의 한계점, 학생들에게 할 질문, 동기 유발 전략 등이었다. 이러한 3단계의 담화는 TPACK 요소 빈도 관점에서, 7개의 TPACK 요소 모두로 구성되었으며, 가장 빈번하게 언급된 세 가지는 VR/AR 콘텐츠(T2), 과학 사실/개념(C1), 수업 운영(P3)이었다.

종합적으로, 모듈 B의 예비교사들은 VR/AR 활용 과학 수업을 계획하는 과정에서 주로 VR/AR 콘텐츠(T2), 수업 운영(P3), 과학 사실/개념(C1), 교육과정/교과서(P1) 요소를 논의했음을 알 수 있었다.

### 나. 인식적 네트워크 분석(ENA)을 통해 살펴본 TPACK 특징

모듈 B의 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 계획 담화를 나타내는 ENA 그래프는 Figure 5이며, 이를 통해 알 수 있는 모듈 B의 예비교사들의 TPACK 특징은 다음과 같다. 예비교사들은 수업을 계획할 때 다양한 TPACK 요소들, 교육과정/교과서(P1), 수업 운영(P3), 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), VR/AR 콘텐츠(T2)를 서로 관련지어 가며 논의함을 알 수 있었다. 다만, 학습자(P2)와 기기 활용(T1)을 많이 고려하지 못했는데 특히, 기기 활용(T1) 요소의 언급은 매우 적었으며 다른 요소들과 함께 논의되지 못하였음을 알 수 있었다.

수업 계획 과정의 단계별 ENA 그래프는 Figure 6이며, (a)는 도입 및 차시 선택 단계(1단계), (b)는 전체 수업 구성 및 조직 단계(2단계), (c)는 콘텐츠 활용 탐색 단계(3단계)의 그래프를 나타낸다. 1단계의 그래프를 보면, 교육과정/교과서(P1)를 중심으로 콘텐츠(T2), 과학 사실/개념(C1)이 함께 논의되었으며, 그 외에도 각 요소 간의 연결이 약하긴 하지만 기기 활용(T1)을 제외한 모든 요소가 함께 논의되었음을 알 수 있었다. 2단계에서는 수업 운영(P3)을 중심으로 과학 사실/개념(C1), VR/AR 콘텐츠(T2), 과정적 지식(C2)이 각각 강하게 연결되면서 함께 논의되었음을 알 수 있었다. 마지막 3단계에서는 과학 사실/개념(C1)을 중심으로 수업 운영(P3), VR/AR 콘텐츠(T2)가 각각 강하게 연결되면서 함께 논의되었고, 수업 운영(P3)과 VR/AR 콘텐츠

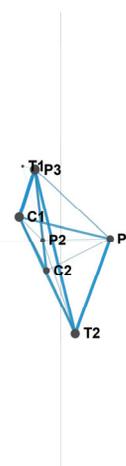


Figure 5. ENA network graph of group B lesson planning discourse

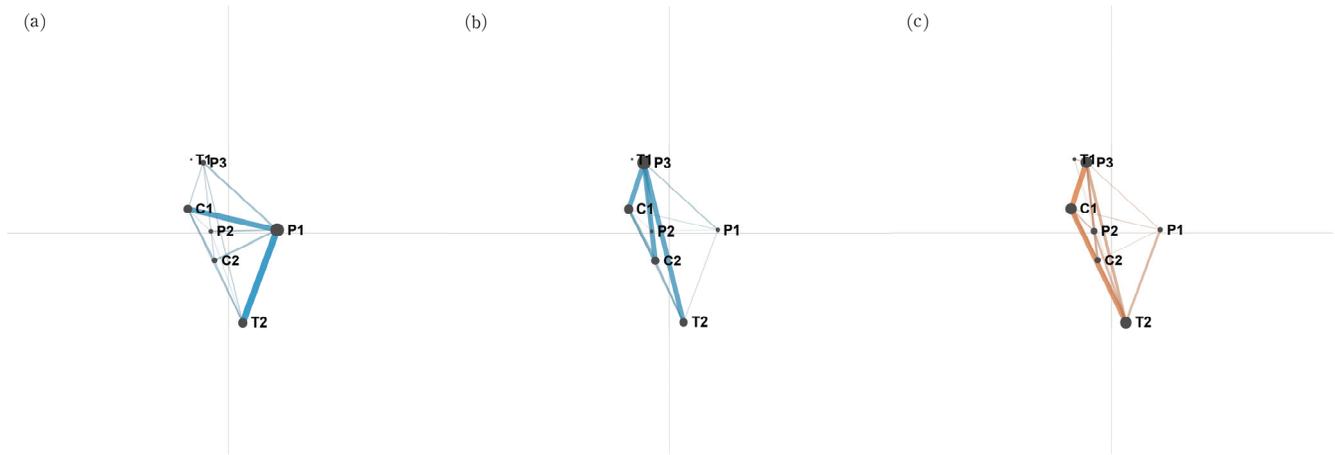


Figure 6. ENA network graphs according to group A lesson planning stages: (a) first step, (b) second step, (c) third step

(T2) 두 요소 역시 함께 논의되었음을 알 수 있었다. 다른 네 개 요소 간에서도 비록 약한 정도이긴 하나 연결이 나타났으며 마지막 3단계에서는 모든 요소를 함께 고려하면서 논의가 이루어졌음을 알 수 있었다.

### 3. 모둠 A와 모둠 B의 사례 비교

수업 계획 담화 내용의 측면에서 모둠 A와 모둠 B의 사례를 비교하면, 모둠 A의 담화는 자료 탐색 후 단원과 차시를 선택하고 실감형 콘텐츠 앱을 통한 VR/AR 콘텐츠를 탐색하는 내용으로 구성되어 있었다. 즉, 모둠 A의 예비교사들은 구체적인 콘텐츠를 선정하고 그에 따른 구체적인 수업 계획을 세우지 못하였다. 반면에, 모둠 B의 담화는 모의 수업을 위한 단원과 차시를 선택한 후, 전체 수업을 어떻게 구성하고 조직할 것인지를 논의하고, 해당 수업에서 활용할 VR 콘텐츠를 정하고 콘텐츠의 활용 방법까지 구체적으로 논의하는 것으로 구성되어 있었다. 따라서 모둠 A는 모둠 B의 수업 계획 단계 중 2단계와 3단계에 해당하는 내용의 논의를 하지 못한 것으로 판단할 수 있었다.

TPACK 요소 간의 연결을 보여주는 ENA 그래프의 측면에서 모둠 A와 모둠 B의 사례를 비교하면, 전술한 바와 같이 수업 계획 담화 내용에서 차이가 있었기 때문에 ENA 그래프에서도 차이가 나타남을

알 수 있었다. Figure 7에는 두 그룹 담화의 중심점(사각형 모양의 점)과 두 그룹 각 단계의 중심점(원형점)이 ENA 그래프상에 나타나 있다. 점선의 사각형은 모둠별 신뢰구간을 나타낸다. 다양한 자료를 탐색하여 단원과 차시를 선택하고 VR/AR 콘텐츠를 탐색한 것이 모둠 A의 ENA 그래프 Figure 7(a)에서는 교육과정/교과서(P1)를 중심으로 수업 운영(P3)과 VR/AR 콘텐츠(T2)가 연결되는 양상으로 나타났다. 다른 요소들의 연결이 존재하긴 하지만 연결의 정도는 약했으며 각 요소의 점 크기도 작은 편이었다. 반면, 모둠 B는 구체적인 VR 콘텐츠에 기반하여 수업을 세세하게 계획하였기 때문에 모둠 A에 비해서 TPACK 요소 간의 연결이 다양하게 나타났다. 모둠 B의 ENA 그래프 Figure 7(b)를 보면, TPACK 요소 간의 연결이 매우 다양하게 나타났으며, 특정 요소에 치우친 연결이 아닌 수업 운영(P3), VR/AR 콘텐츠(T2), 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 교육과정/교과서(P1) 요소 간에 고른 연결이 나타남을 확인할 수 있었다. TPACK 프레임워크의 핵심은 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK)의 상호작용이며(Koehler, Mishra, & Yahya, 2007; Mishra & Koehler, 2006), TPACK 역량을 소유한 교사들은 세 요소 간의 복잡한 상호작용을 인식하고 자신의 실행에 반영하게 된다(Baran, Chuang, & Thompson, 2011). 따라서 테크놀로지를 활용하는 교사의 전문성 측면에 모둠 B의 예비교사들이 모둠 A의 예비교사들

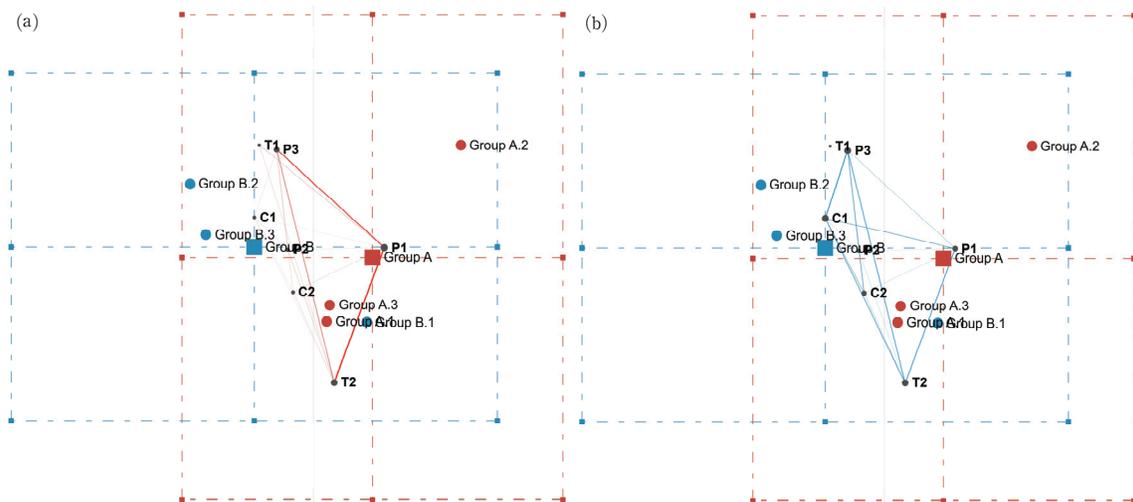


Figure 7. ENA network graphs of (a) Group A (red) and (b) Group B (blue) with centroids (squares) and confidence intervals (dotted line rectangles)

보다 더 나은 TPACK 특징을 보였다고 판단할 수 있었다.

한편, 두 모듈의 담화를 ENA로 분석한 결과 수업 계획 과정에서의 공통점을 확인할 수 있었다. 두 모듈의 수업 계획 담화 내용에는 차이가 있었지만 공통적으로 단원과 차시를 선택하기 위한 논의가 있었는데 그 단계에서 초등 예비교사들은 교육과정/교과서(P1)와 VR/AR 콘텐츠(T2)를 함께 고려함을 알 수 있었다. 또한, 두 모듈 모두 기기 활용(T1), 과학 사실/개념(C1), 학습자(P2) 요소를 고려하는 빈도가 낮았고, 함께 논의하지 못하는 경향이 있었다. 특히, 구체적인 수업 계획을 세우지 못했던 모듈 A는 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 학습자(P2) 요소를 거의 논의하지 못하였다. 즉, 예비교사들은 VR/AR 콘텐츠 활용을 위한 수업을 계획할 때 테크놀로지 지식(TK)을 고려하긴 하지만 VR/AR 콘텐츠의 내용 구성, 콘텐츠의 활용 방안, 장점과 한계점과 관련된 내용에 집중하여 논의하며, VR/AR 콘텐츠를 사용하는데 필요한 기기 활용 측면은 많이 고려하지 못하는 특징을 보였다. 또한 내용 지식(CK) 특히, 과학 탐구 과정이나 실험 과정과 같은 과정적 지식을 잘 고려하지 못하였으며, 교수 지식(PK)을 고려하긴 하지만 교육과정, 교과서 등의 자료를 주로 고려하고 학습자 측면은 거의 고려하지 못함을 알 수 있었다. 이렇게 예비교사들이 수업 계획 단계에서 학습자를 고려하지 못하는 점은 과학 수업을 계획하는 과정에서 중등 예비교사들이 고려하는 교수내용지식(PCK) 요소를 탐색한 연구 결과(Kim et al., 2011)와 일치하였다. 또한 예비교사들이 실제 수업에 대한 경험이 적으며 수업 실행이 아닌 수업 계획 과정에서 나타나는 특성을 파악한 것이므로 이러한 결과가 나타났다고 보았다. 동시에, 예비교사들이 수업을 계획할 때 VR/AR 콘텐츠를 사용하는데 필요한 기기 활용 측면을 거의 고려하지 못하는 이유도 같은 것으로 추측할 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

최근 과학교육에서는 첨단 테크놀로지를 교수·학습에 도입하고 활용하고자 하는 시도가 활발히 이어지고 있으며 국내에서도 다수의 VR/AR 콘텐츠가 개발되어 교육 현장에 보급되고 있다. 이에 따라 VR/AR 테크놀로지 활용과 관련된 교사 전문성 향상을 위한 지원과 연구가 필요하다.

이 연구에서는 인식적 네트워크 분석(ENA)을 통해 초등 예비교사의 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 계획 과정에서 나타나는 TPACK의 특징을 알아보고자 했다. 이는 기존의 TPACK 연구와 달리 소집단 담화 분석을 통하여 테크놀로지 지식(Technological Knowledge: TK), 내용 지식(Content Knowledge: CK), 교수 지식(Pedagogical Knowledge: PK)의 복합적 상호작용을 분석했다는 측면에서 의의가 있다. 연구자들은 기존의 TPACK 프레임워크를 참고하여 7개의 TPACK 코딩 요소를 귀납적으로 추출하였다. 이후 초등 예비교사들이 모듈별로 과학 수업을 계획하는 담화를 TPACK 요소에 따라 코딩하고 ENA Web Tool(Marquart et al., 2018; Shaffer, Collier, & Ruis, 2016)을 이용해서 TPACK 요소 간의 관계를 파악하고 가시화하였다. 6학년 ‘지구와 달의 운동’ 단원을 선택한 두 초점 그룹의 수업 계획 담화를 분석하였는데 인식적 네트워크 분석(ENA) 결과는 각 모듈의 담화에서 TPACK 요소가 어떻게 다른 양상으로 연결되는지를 보여 주었다.

모듈 A는 자료를 탐색하여 단원을 선택하고 차시를 선택한 후, 실감형콘텐츠 앱을 통해 VR/AR 콘텐츠를 탐색하는 내용으로 수업 계획 담화를 나누었다. 즉, 모듈 A의 예비교사들은 교육과정과 교과서, 실감형 콘텐츠 내용을 탐색하는 정도에 그쳤고 구체적인 VR/AR 콘텐츠를 선정하거나 구체적인 수업 계획을 세우지 못하였다. 반면에, 모듈 B는 모의 수업을 위한 단원과 차시(지구와 달의 운동 단원의 계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭 알아보기)를 선택한 후, 전체 수업을 어떻게 구성하고 조직할 것인지를 논의하였고, 해당 수업에서 활용할 VR 콘텐츠를 정하고 콘텐츠의 활용 방법까지 구체적으로 논의하였다. 이러한 두 모듈의 수업 계획 담화의 차이는 ENA 그래프에서 명확하게 드러났다.

모듈 A는 주로 교육과정/교과서(P1)와 VR/AR 콘텐츠(T2), 교육과정/교과서(P1)와 수업 운영(P3)을 연결해서 논의하였다. 즉 교육과정/교과서(P1)를 중심으로 하여 수업 운영(P3), VR/AR 콘텐츠(T2)가 연결되는 특징이 있었다. VR/AR 콘텐츠(T2)와 수업 운영(P3)을 함께 고려하는 것은 약하게 나타났다. 이 세 가지 요소 이외의 요소는 다른 것들과 연결이 매우 약했고 특히, 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), 학습자(P2) 요소는 전혀 연결되지 못했다. 모듈 B의 담화에서는 모듈 A에 비해 여러 TPACK 요소 간의 연결이 활발하게 일어났다. 교육과정/교과서(P1), 수업 운영(P3), 과학 사실/개념(C1), 과정적 지식(C2), VR/AR 콘텐츠(T2) 등의 요소가 함께 연결되면서 논의가 이루어졌으며 연결의 정도도 특정 요소에 치우쳐 나타나기보다는 많은 요소가 고르게 연결되었다. 즉, 모듈 B의 예비교사들은 수업을 계획할 때 다양한 TPACK 요소를 서로 관련지어가며 논의했다는 점을 알 수 있었다. 그러나 학습자(P2)와 기기 활용(T1) 요소는 많이 언급되지 않았고 다른 요소들과 함께 연결되지 못하였다.

결론적으로 이 연구에서 연구자들이 질적으로 살펴본 두 모듈의 담화 내용의 차이는 ENA 그래프를 통해서도 명확하게 드러났으며 단순히 TPACK 요소의 빈도를 분석하는 것에 비해 더 유용한 정보를 제공하는 것으로 나타났다.

사례 수가 적어 일반화에는 한계가 따르지만, 이 연구에서 드러난 두 모듈의 사례를 통해 초등 예비교사의 TPACK과 관련해서 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 초등 예비교사는 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 과학 수업을 계획할 때 주로 교육과정/교과서(P1)와 VR/AR 콘텐츠(T2)를 함께 고려하였다. 이는 교과서 내용을 가르치는 데 적합한 콘텐츠를 찾는 과정에서 자연스럽게 나타나는 TPACK 요소의 연결이라 볼 수 있다. 교육과정이나 교과서에서 제시하고 있는 교육 내용에 적합한 VR/AR 콘텐츠 찾기에 중점이 두는 것이 잘못된 것은 아니지만, VR/AR 콘텐츠를 활용하는 과정에서 교육과정이나 교과서의 내용에 완전히 일치하는 것이 아니더라도 콘텐츠의 질이나 교육적 어포던스를 먼저 판단해 보고 이에 적합한 창의적 수업을 계획해 보는 것도 교사의 전문성 함양에서 중요할 수 있다.

둘째, 초등 예비교사들은 수업 계획에서 교수 지식 중 학습자(P2) 요소, 테크놀로지 지식 중 기기 활용(T1) 요소를 잘 연관시키지 못하였다. 즉 학습자의 흥미나 수준을 고려하여 VR/AR 콘텐츠를 탐색하거나 실제 VR/AR 콘텐츠를 활용하는 과정에서 사용해야 할 기기나 기기 사용의 문제에 대해서 잘 고려하지 못했다. 이것은 아직 수업 경험이 적은 예비교사의 특성에 기인하는 것이라 해석할 수 있다.

초등학생들이 수업에서 보이는 구체적인 행동 특성이나 수업 주제와 관련된 초등학생의 사전 지식, 경험 등에 대한 지식이 부족하므로 이를 수업 계획에 반영하기 힘들 것이다. 또 실제 수업을 운영하자면 여러 기기나 자료의 준비 및 운영이 매우 구체적으로 계획되어야 하는데 이 부분 또한 수업 경험의 부족으로 수업 계획 단계에서 충분히 고려하기 어려울 수 있다. 교사 교육자는 이러한 점에 유의해서 예비 교사가 VR/AR 콘텐츠를 활용하고자 할 때 학생의 인지적, 정의적 측면에 적합한 것인지, 실제 학교 현장에서 기기 준비나 활용에 문제가 없는지 등을 점검하도록 독려할 필요가 있다.

셋째, 초등 예비교사들은 수업 계획 시 과학 내용 지식(C1), 과학 탐구 과정이나 실험 과정과 같은 과정적 지식(C2)을 잘 연결하지 못하였다. VR/AR 콘텐츠를 활용할 때는 이를 통해 학생들이 알 수 있는 과학 개념이나 지식은 무엇인지, VR/AR 콘텐츠를 학생들이 탐구적으로 활용하도록 하기 위해서는 어떤 방식으로 도입하는 것이 좋은지 등은 과학 수업 계획에서 핵심적이고 필수적이다. 따라서 예비교사들의 수업 계획을 수정하도록 하거나 피드백을 제공하는 경우 이러한 측면을 중요하게 재고할 수 있도록 해야 할 것이다.

테크놀로지 활용을 위한 교사의 TPACK 향상을 위해서는 TPACK의 세 범주인 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK)이 기본적으로 갖추어져야 할 것이다. 이 중 어느 하나가 매우 부족하다면 교사의 TPACK 전문성은 형성되기 어렵다. 예를 들어 VR/AR 테크놀로지 자체에 대한 기초 지식이 부족하여 마커를 제대로 인식시키지 못한다거나 필요한 기기를 작동시키지 못한다면 수업을 성공적으로 계획하거나 운영하는 것이 아예 불가능할 것이다. 그러나 이러한 테크놀로지 지식이 충분하다고 하더라도 다른 영역의 지식과 잘 연계되지 않는다면 TPACK 역량이 높다고 할 수 없다. VR/AR 콘텐츠가 과학 개념이나 내용을 적절하게 표상하고 있는지, 학생들의 수준에 적절한 것인지 고려하는 것과 같이 다른 영역의 지식 요소와 연계가 필요하다.

이 연구에서 새롭게 시도한 ENA 분석은 TPACK과 관련된 지식의 요소들이 어떻게 연결되었는지 가시화하여 제시하므로 과학교육 연구자, 교사 교육자에게 유용한 TPACK 분석 도구가 될 수 있다. 그러나 TPACK을 분석하는 새로운 연구 방법으로서 그 타당성과 유용성을 살펴보기 위해서는 좀 더 많은 경험적 연구가 필요하다. 예를 들면 실제로 테크놀로지 사용 경험이 많은 숙련 교사와 테크놀로지 사용 경험이 적은 신입 교사의 경우 TPACK 차이가 ENA 분석을 통해 잘 드러나고 기존 연구에서 제공하지 못하던 유용한 정보를 제공하는지 살펴보는 연구가 가능할 것이다. 또 이 연구에서는 담화 분석에 ENA를 적용하였지만 다른 형태의 데이터, 예를 들면 교사의 성찰 일지 등을 분석하는 데도 이 방법이 유효한지 등에 관한 연구도 가능할 것이다.

## 국문요약

이 연구에서는 인식적 네트워크 분석(ENA)을 통해 초등 예비교사의 VR/AR 콘텐츠 활용 과학 수업 계획 과정에서 나타나는 TPACK의 특징을 알아보고자 했다. 연구자들은 기존의 TPACK 프레임워크에 기초하여 7개의 TPACK 코딩 요소를 귀납적으로 추출하였다. 그리고 초등 예비교사들이 과학 수업을 계획하며 나누는 담화를 TPACK 요

소에 따라 코딩하고 이를 ENA Web Tool로 분석하였다. 두 모듈의 담화를 분석하고 비교하였는데 연구자들이 질적으로 분석한 두 모듈의 담화의 차이는 ENA 그래프를 통해 명확하게 드러났다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 연구자들은 ENA 방법이 기존 TPACK 연구와 달리 테크놀로지 지식(TK), 내용 지식(CK), 교수 지식(PK)의 복합적 상호작용을 분석할 수 있는 유용한 연구 방법임을 주장하였다. 그리고 두 모듈의 담화에서 나타나는 특징을 통해 예비교사의 TPACK 역량 함양을 위한 시사점을 논의하였다.

**주제어** : 초등 예비교사, VR/AR, TPACK, 인식적 네트워크 분석

## References

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
- Alfalah, S. F. M. (2018). Perceptions toward adopting virtual reality as a teaching aid in information technology. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2633-2653.
- Arastoopour, G., Shaffer, D. W., Swiecki, Z., Ruis, A. R., & Chesler, N. C. (2016). Teaching and assessing engineering design thinking with virtual internships and epistemic network analysis. *International Journal of Engineering Education*, 32(3B), 1492-1501.
- Archambault, L. (2016). Exploring the use of qualitative methods to examine TPACK. In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators* (pp. 65-86). New York, NY: Routledge.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Baran, E., Chuang, H. H., & Thompson, A. (2011). TPACK: An emerging research and development tool for teacher educators. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 370-377.
- Chang, G., Morreale, P., & Medicherla, P. (2010). Applications of augmented reality systems in education. Paper proceeding at the 32nd annual conference of the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, San Diego, CA, USA.
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G.-J. (2014). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*, 78, 97-108.
- Choi, K., & Paik, S.-H. (2020). The difference of measurement results between the questionnaire and performance assessment of pre-service teacher's TPACK competency. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(4), 437-449.
- Choi, K., & Paik, S.-H. (2021). Development of pre-service teachers' TPACK evaluation framework and analysis of hindrance factors of TPACK development. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 41(4), 325-338.
- Corbin, J., & Strauss, A. (2015). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Los Angeles: SAGE.
- Csanadi, A., Eagan, B., Kollar, I., Shaffer, D. W., & Fischer, F. (2018). When coding-and-counting is not enough: Using epistemic network analysis (ENA) to analyze verbal data in CSDL research. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(4), 419-438.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Durukan, A., Artun, H., & Temur, A. (2020). Virtual reality in science education: A descriptive review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132-142.
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., & Tondeur, J. (2015). Teachers' beliefs and uses of technology to support 21st-century teaching and learning. In H. Fives & M. G. Gill (Eds.), *International handbook of research on teachers' beliefs* (pp. 403-418). New York: Routledge.
- Gartner, Inc. (2017) Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. Retrieved from <https://www.gartner.com/ngw/globalassets/en/information-technology/documents/top-10-strategic-technology-trends-for-2018.pdf>
- Gee, J. P. (2015). *Social linguistics and literacies: Ideology in discourses*. London; New York: Routledge.
- Jang, S. J., & Chen, K. C. (2010). From PCK to TPACK: Developing a

- transformative model for pre-service science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 19(6), 553-564.
- Kang, S., & Jang, M. (2016) On secondary mathematics teachers' technology integration self-efficacy. *Journal of the Korean Society of Mathematical Education Series A: The Mathematical Education*, 55(4), 523-538.
- Karumbaiah, S., & Baker, R. S. (2021). Studying Affect Dynamics Using Epistemic Networks. In A. R. Ruis & S. B. Lee (Eds.), *Advances in quantitative ethnography. ICQE 2021. Communications in Computer and Information Science*, Vol. 1312 (pp. 362-374). Springer International Publishing.
- Kim, K., Yoon, J., Park, J., Hoh, T. (2011). The components of pedagogical content knowledge considered by secondary science pre-service teachers in planning and implementing teaching demonstrations. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(1), 99-114.
- Ko, Y., & Shin, W. S. (2020). Examining TPACK for teaching and learning with technologies: Online vs. AR/VR based learning. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 32(2), 233-254.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy, and technology. *Computers & Education*, 49(3), 740-762.
- Koehler, M. J., Shin, T. S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 16-31). Hershey, PA: Information Science Reference.
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2017). Seven design frames that teachers use when considering technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computer & Education*, 102, 244-257.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017). Teacher professional development for TPACK-21CL: Effects on teacher ICT integration and student outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 55(2), 172-196.
- Kozhevnikov, M., Gurlitt, J. & Kozhevnikov, M. (2013). Learning relative motion concepts in immersive and non-immersive virtual environments. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 952-962.
- Lähteenvänoja, A., Holopainen, J., Vesisenaho, M., & Häkkinen, P. (2021). Developing design knowledge and a conceptual model for virtual reality learning environments. In G. Akcayir & C. Demmans Epp (Eds.), *Designing, deploying, and evaluating virtual and augmented reality in education* (pp. 100-123). Hershey, PA: IGI Global.
- Lee, C.-J., & Kim, C. (2014) An implementation study of a TPACK-based instructional design model in a technology integration course. *Educational Technology Research and Development*, 62(4), 437-460.
- Lee, D.-H., & Whang, W.-H. (2017). Development and validation of TPACK measurement tool for mathematics teachers. *Journal Korean Society Math Education Series A: The Mathematical Education*, 56(4), 407-434.
- Lee, E. A. L., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442.
- Liu, P.-H. E., & Tsai, M.-K. (2013). Using augmented-reality-based mobile learning material in EFL English composition: An exploratory case study. *British Journal of Educational Technology*, 44(1), E1-E4.
- Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541.
- Marquart, C. L., Hinojosa, C., Swiecki, Z., & Shaffer, D. W. (2018). *Epistemic Network Analysis (Version 0.1.0) [Software]*. Available from <http://app.epistemicnetwork.org>.
- Ministry of Education (2022). *Science curriculum*. Sejong: Ministry of Education.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers 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.
- Oner, D. (2020a). An epistemic network analysis approach for assessing technological pedagogical content knowledge. Working Paper (BAP 17D02P1). Bogazici University.
- Oner, D. (2020b). A virtual internship for developing technological pedagogical content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 36(2), 27-42.
- Scianna, J., Gagnon, D., Knowles, B. (2021). Counting the game: Visualizing changes in play by incorporating game events. In A. R. Ruis & S. B. Lee (Eds.), *Advances in quantitative ethnography. ICQE 2021. Communications in Computer and Information Science*, Vol. 1312 (pp. 218-231). Springer International Publishing.
- Shaffer, D. W. (2017). *Quantitative ethnography*. Madison, WI: Cathcart Press.
- Shaffer, D. W., Collier, W., & Ruis, A. R. (2016). A tutorial on epistemic network analysis: Analyzing the structure of connections in cognitive, social, and interaction data. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 9-45.
- Shin, W.-S., Han, I.-S., & Eom, M.-R. (2012). Influence of technology integration course on preservice teachers' technological pedagogical and content knowledge (TPACK). *Journal of The Korean Association of information Education*, 16(1), 71-80.
- Siebert-Evenstone, A. L., Arastoopour Irgens, G., Collier, W., Swiecki, Z., Ruis, A. R., & Shaffer, D. W. (2017). In search of conversational grain size: Modeling semantic structure using moving stanza windows. *Journal of Learning Analytics*, 4(3), 123-139.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T., & Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188.
- Zhang, S., Liu, Q., & Cai, Z. (2019). Exploring primary school teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) in online collaborative discourse: An epistemic network analysis. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3437-3455.

## 저자정보

차현정(춘천교육대학교 박사후연구원)  
 가석현(국립대만사범대학 객원조교수)  
 윤혜경(춘천교육대학교 교수)