

온-오프라인 혼합 학습환경에서 중등과학교사의 학습환경 특이적인 PCK 요소 및 하위요소

김지수 · 최애란*

이화여자대학교 과학교육과
(접수 2022. 8. 3; 게재확정 2022. 10. 18)

Secondary Science Teachers' PCK Components and Subcomponents Specific to the Learning Environment in an Online-offline Mixed Learning Environment

Jisu Kim and Aeran Choi*

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea.

*E-mail: achoi@ewha.ac.kr

(Received August 3, 2022; Accepted October 18, 2022)

요 약. 본 연구는 온-오프라인 혼합 학습환경에서 중등과학교사의 학습환경 특이적인 PCK 요소 및 하위요소 탐색을 목적으로 하였다. 중등과학교사 12명을 대상으로 설문, 개별 면담, 수업 관찰 자료를 수집하여 PCK 이론적 틀을 기반으로 연역적으로 분석하고 다시 귀납적 분석을 통해 그 범주를 정교화하였다. 온-오프라인 혼합 학습환경에서 본 연구 교사들의 PCK는 요소별로 학습환경 특이성이 다르고 학습환경 특이성에 따라 PCK 요소별 하위요소가 다른 것으로 나타났다. 온라인 학습환경 특이적인 과학 교수 지향으로 '과학 개념 학습' 목표 지향과 '강의식 수업'의 과학 교수-학습 지향이 있었다. 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 교육과정 관련 지식에는 '교육과정 재구성'이 있었으며, 온라인 학습환경 특이적인 교육과정 관련 지식에는 '학습 목표 선정', '교육과정 자료'가 있었다. 온라인 학습환경 특이적인 과학 교수전략에 관한 지식에는 '과학 주제 특이적 전략', '과학 교과 특이적 전략', '상호작용 전략'이 있었다. 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 과학 교수전략에 관한 지식에는 '과학 주제 특이적 전략', '상호작용 전략'이 있었다. 온라인 학습환경 특이적인 학생의 과학 학습에 관한 지식에는 '학습을 위한 선지식', '학습 어려움', '학습 동기 및 흥미', '학습 다양성'이 있었으며, 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 학생의 과학 학습에 관한 지식에는 '학습 어려움'만 있었다. 과학 학습 평가에 관한 지식은 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 지식과 온라인 학습환경 특이적인 지식이 있었으며, 각각 '평가 내용'과 '평가 방법'이 있었다.

주제어: PCK, 온-오프라인 혼합 학습환경, 중등과학교사

ABSTRACT. The purpose of this study was to investigate secondary science teachers' PCK components and subcomponents that are specific to online and offline learning environment. Data collection consisted of survey, class observation, and individual interviews of twelve science teachers. This study used a theoretical framework of PCK for deductive data analysis and articulated codes and themes through the following inductive analysis. Data analysis revealed that each of PCK components showed different specificity to the online and offline learning environment. And subcomponents of each PCK component were different according to the specificity of the online and offline learning environment. Teaching orientation toward science had a specific orientation for the online learning environment, i.e., 'learning science concept' and 'lecture centered instruction.' Knowledge of the science curriculum had online-offline mixed learning environment specific knowledge, i.e., 'reorganization of curriculum' and online learning environment specific knowledge, i.e., 'development of learning goal' and 'science curricular materials.' Knowledge of science teaching strategies had online learning environment specific knowledge, i.e., 'topic-specific strategy', 'subject-specific strategy', and 'interaction strategy' and COVID-19 offline learning environment specific knowledge, i.e., 'topic-specific strategy' and 'interaction strategy'. Knowledge of student science understanding had online learning environment specific knowledge, i.e., 'student preconception', 'student learning difficulty', 'student motivation and interest', and 'student diversity' and COVID-19 offline learning environment specific knowledge, i.e., 'student learning difficulty'. Knowledge of science assessment had online-offline mixed learning environment specific knowledge and online learning environment specific knowledge, i.e., assessment contents and assessment methods for each.

Key words: PCK, Online and offline learning environment, Secondary science teacher

서 론

2020년 코로나바이러스 감염증-19(COVID-19)가 세계적으로 유행하고 대면 수업이 어려워지면서 교육부는 2020년 4월 전국 모든 학교의 온라인 개학을 시행하였다.¹ COVID-19가 장기화되면서 같은 해 7월 교육부는 2학기에도 사회적 거리 두기 단계별로 온라인 수업과 오프라인 수업을 병행한다고 발표하였다.² 즉, 사회적 거리 두기 단계별 등교 여부에 따라 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경이 반복되는 온-오프라인 혼합 학습환경이 조성되었다. COVID-19 팬데믹 상황에서 온-오프라인 혼합 학습환경은 교사가 수업 주제 및 활동의 특징에 따라 온라인 또는 오프라인 학습환경 중 최적의 학습환경을 선택하여 계획하고 실행할 수 있는 것이 아니라, 사회적 거리 두기 단계에 따라 긴급하게 변화하는 학습환경에 맞추어 즉각적으로 온라인 수업 또는 오프라인 수업을 계획하고 수행해야 한다는 어려움이 따른다. 교육부는 COVID-19 팬데믹 상황에서 학교 및 지역 실정에 맞는 교육과정 운영을 지원하고, 온-오프라인 혼합수업을 위한 다양한 수업 사례를 제시하였다.³⁻⁵ 강원도교육청(2020)은 과목별 온-오프라인 혼합수업 사례를 제시하며 온라인 개별 탐구 활동, 온라인 모듈별 탐구 활동, 오프라인 모듈별 탐구 활동 등을 포함한 수업지도안, 학습지 등 수업 자료를 제공하였다.⁴ 충청북도교육청(2021)과 경기도교육청(2020)도 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교육과정 재구성, 학생 참여형 수업, 과정 중심 평가를 강조하며 수업 사례를 제시하였다.^{3,5}

온-오프라인 혼합수업에 관한 다양한 사례가 제공되었음에도 현장교사들은 여전히 온-오프라인 혼합수업을 수행하는 데에 여러 가지 어려움을 겪고 있다고 보고되었다.⁶⁻⁹ 한국교육학술정보원(2020)에 따르면 교사들이 온-오프라인 혼합수업을 한 학기 동안 실시한 후 원격수업에서 학생 학습동기 부여 및 참여 유도(24.17%), 수업 자료 제작 등 수업 준비(20.76%), 학생과의 소통 및 피드백 제공(14.99%), 학생 출결, 평가 등 학사관리 운영(14.19%)에 어려움이 있다고 응답하였다.⁷ 경미선 외(2021)는 온라인 수업에서 교사-학생 간 상호작용이 어렵고 학생들의 집중력이 감소하여 학습결손이 증가했다고 보고하였으며, 권성연(2020)은 온라인 수업에서 학생에게 즉각적인 피드백이 불가능하고, 학습자의 흥미를 유발하는 데 어려움이 있다고 보고하였다.^{8,9} 정숙진과 신영준(2020)도 초등교사들이 온라인 과학 수업에서 피드백 제공에 어려움이 있음을 보고하며, 온라인 뿐 아니라 오프라인 수업에서도 실험, 협동학습, 조사학습 등 학생 활동에 제약이 있다고 하였다.⁶ 이와 같은 선행연구는 코로나 19 이후 온-오프라인 혼합 학습환경에서 적용 가능한 수업 사례를 단순히 제공

하는 것만으로는 교사의 온-오프라인 수업 설계 및 수행 역량 함양을 기대하기 어려울 수 있음을 시사한다.^{8,10-11}

온-오프라인 혼합 학습환경에서 학생의 성공적인 학습과 수업 만족을 위한 교사 역할의 중요성 및 온라인 학습환경에서 요구되는 교사의 역할이 무엇인지 보고한 연구가 다수 있었다.¹²⁻¹⁶ 이쌍철과 김정아(2018)는 학생의 온라인 수업 만족에 영향을 주는 요인을 분석한 연구에서 교사가 학생의 성공적인 학습을 위한 교수자 역할, 사회적 역할, 관리적 역할 등 다양한 역할을 원활하게 수행할 수 있는 전문성을 갖추는 것이 중요하다고 하였다.¹⁵ Coppola et al.(2002)은 대학교수의 인지적, 정서적, 관리적 역할이 온라인 학습환경에서 달라진다고 주장하였는데, 온라인 수업에서는 즉각적인 문답이나 반응이 줄어들고 면대면 접촉이 없으므로 교수자가 학생과의 친밀도를 쌓는 방법, 수업에서 에너지를 보여주는 방법 등을 찾아야 하며 교수자는 온라인 학습환경에 적절한 수업을 계획하고 조직할 수 있어야 한다고 하였다.¹⁷ 오영범(2020)은 원격수업 사례 분석을 통하여 원활한 원격수업 수행을 위해서는 교사의 원격수업 환경 구축 역량, 원격수업 설계 역량, 원격수업 실행 역량, 원격수업 성찰 역량 등이 필요하다고 보고하였다. 이러한 선행연구들은 온라인 또는 오프라인 학습환경에 따라 달라지는 교수자의 역할을 성공적으로 수행하기 위해서는 학습환경 특이적인 교사의 전문성이 중요함을 시사한다.¹¹

온-오프라인 혼합 학습환경에서 교사 전문성이 성공적인 수업 수행에 핵심적인 요소임이 보고되어왔으나, 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교사의 전문성을 탐색한 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 양엄인(2021)은 교사 경력, 온라인 수업 기간, 경험한 온라인 수업 유형 등 여러 가지 변인과 TPACK(테크놀로지 교수내용지식), 교사효능감의 상관관계를 분석하였으나, 교사가 온-오프라인 혼합 학습환경에서 어떠한 TPACK을 가지는지 구체적으로 밝히지는 않았다.¹⁸ 오영범(2020)은 실시간 쌍방향 수업에서 교사는 학습자에 대한 정보를 바탕으로 수업을 설계하고 활발한 상호작용을 유도하는 수업을 수행하며 자신의 수업을 스스로 성찰할 수 있는 역량이 필요하다고 보고하였으나 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교과 특이적, 주제 특이적 교사 전문성에 대해서 밝히지는 않았다. 특히, 과학 교과는 COVID-19 상황의 온-오프라인 혼합수업에서 실험과 모듈 활동이 제한되어 교사가 수업을 설계하고 수행하는데 여러 가지 과학 교과 특이적인 어려움을 겪을 것으로 사료된다.⁶ 이러한 관점에서 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교사의 성공적인 과학 교수 활동 지원을 위해서는 학습환경 특이적인 과학교사 전문성에 관한 연구의 필요성이 제기된다.

많은 선행연구에서 과학교사의 수업 전문성을 판단하는 도구로서 교과 교육학 지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)을 사용해왔다.¹⁹⁻²¹ PCK는 학생들의 효과적인 학습을 돕기 위해 교과 내용을 어떻게 가르칠 것인가에 대해 교사가 가지는 전문적인 지식으로 교과 지식과 교육학 지식이 통합된 지식이다. Shulman(1986)이 PCK를 제안한 이후 Magnusson et al.(1999)은 Tamir(1988)과 Grossman(1990)의 연구를 바탕으로 과학교사의 전문성을 탐색하기 위한 5가지 PCK 요소로 과학 교수 지향, 과학 교수전략에 관한 지식, 과학 교육과정에 관한 지식, 학생들의 과학 학습에 관한 지식, 과학 학습 평가에 관한 지식을 제시하였다.^{19,21-23} 과학 교수 지향은 과학을 가르치는 목적과 목표에 대한 믿음으로 과학 교수 목표, 과학 교수-학습, 과학의 본성에 대한 지식과 믿음의 하위요소를 포함하며, 교사가 과학 교수와 관련된 결정을 하는 데에 중요한 역할을 한다.^{19-20,23} 과학 교육과정에 관한 지식은 수평적 교육과정, 수직적 교육과정, 교육과정 자료에 관한 지식의 하위요소를 포함한다. 과학 교수전략에 관한 지식의 하위요소로 과학 교과 특이적 전략은 과학 교과를 가르치기 위한 교수전략에 대한 지식이고, 주제 특이적 전략은 특정 주제의 학습을 효과적으로 돕는 전략에 관한 지식으로 표상에 관한 지식과 활동에 관한 지식을 포함한다.¹⁹⁻²⁰ 학생들의 과학 학습에 관한 지식은 특정 주제에 관한 학생의 선지식, 학습 어려움, 학습 동기, 학생의 다양성에 관한 지식이다.^{19,21-22} 과학 학습 평가에 관한 지식은 평가 영역 및 내용, 평가 방법에 관한 지식을 포함한다.¹⁹⁻²⁰

여러 선행연구에서 맥락적 지식이 PCK와 상호작용한다고 주장하였는데,^{19,23} Grossman(1990)은 교사의 지식을 교과 지식, 교육학 지식, 맥락적 지식, PCK로 나누고, 다른 요소들이 PCK와 상호작용하는 모형을 제시하였다.²³ Magnusson et al.(1999)은 과학교사의 전문성을 탐색할 수 있는 PCK의 5가지 하위요소를 정의하고, Grossman(1990)의 연구를 바탕으로 맥락적 지식과 PCK 요소 간에 상호작용하는 모델을 제시하였다.^{19,23} Shulman(2015)은 초기에 제안된 PCK가 사회적, 문화적 맥락을 고려하지 않았다고 비판하면서, 교수-학습에 영향을 미치는 많은 요인이 맥락에 의해 결정된다고 하였고, Gess-Newsome(2015)도 특정 주제를 특정 방법으로 가르치는 것과 관련된 PCK가 맥락 특이적이라고 하면서, 수업은 교사가 무엇을 알고 무엇을 믿는지를 넘어서 특정 맥락에 의해 형성된다고 하였다.²⁴⁻²⁵ Carlson et al.(2019)은 ePCK(Enacted PCK), pPCK(Personal PCK), cPCK(Collective PCK)를 동심원 모형으로 나타내고, 교사의 PCK가 과학 교수 관련 결정을 하고 교수 활동을 수행할 때 학습 맥락과 상호작용이 일어난다고 하였다.²⁶ 화학 교사의 실천적 지식을 탐색한 Wei & Liu(2018)는 교실 크기,

시간 제약 등 교실 맥락이 학습자의 학습에 대한 지식, 교수전략에 대한 지식 등 PCK 구성에 영향을 미친다고 주장하며, PCK가 맥락 특이적이라는 선행연구를 뒷받침하였다.²⁷ 이러한 선행연구들은 COVID-19 팬데믹 상황의 온-오프라인 혼합 학습환경이라는 새로운 맥락에서 교사의 온라인 또는 오프라인 학습환경 특이적인 PCK가 형성될 수 있음을 시사하며 온-오프라인 혼합 학습환경에서 과학교사의 학습환경 특이적인 PCK 탐색 연구의 필요성이 제기된다.

이에 본 연구에서는 온-오프라인 혼합 학습환경에서 중등과학교사의 온라인 또는 오프라인 학습환경 특이적인 PCK 요소 및 하위요소 탐색을 목적으로 하며, 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교사의 학습환경 특이적 전문성에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

연구 방법

연구 참여자

본 연구에서는 온-오프라인 혼합수업을 하는 중등과학 교사 12명을 연구 참여자로 선정하였다. 본 연구의 제1저자의 동료 대학원생들이면서 현장교사이거나 제1저자와 같은 대학에서 공부했던 현장교사들에게 본 연구에 관해 안내하고 참여 의사를 확인하여 10명의 교사를 연구 참여자로 섭외하였다. 10명의 연구 참여자 중 2명의 교사가 지인을 소개하는 스노우볼 표집 방식으로 12명의 연구 참여자를 최종 모집하였다.²⁸ 연구 참여 의사가 있는 교사에게는 본 연구의 제1저자가 연구에 관해 자세히 설명하여 최종 연구 참여자를 선정하였다. 본 연구 참여 교사들의 학교급, 전공과목, 경력 등 구체적인 정보는 Table 1에 제시된 바와 같다.

자료 수집

본 연구에서는 설문, 설문 후 면담, 수업 관찰 후 면담을 주 자료로 수집하였고, 수업 관찰 및 현장노트도 부 자료로 수집하였다. 설문은 개방형 8문항으로 구성되었고, 면담과 수업 관찰을 수행하기 전에 실시되었다. 설문 문항은 교사가 중요하게 생각하는 과학교육 목표 및 교수-학습 전략, 코로나-19 상황 이전 사용한 교수-학습 전략 및 이유, 코로나-19 혼합 학습환경에서 사용한 교수-학습 전략 및 이유, 사용한 온라인 수업 플랫폼과 이유, 코로나-19 이전과 이후 수업계획 및 실행에서의 차이 등에 관한 것이었다. 연구 참여자의 요청에 따라 설문지를 전자메일로 발송 및 수신하였고, 연구 참여자별로 A4 용지 기준 4-5페이지, 총 50페이지 응답지가 수집되었다. 설문 후에는 반구조화된 면담을 수업 관찰 전에 교사별로 1회씩 30분 ~ 1시간

Table 1. Background information of participant teachers

Teacher	Affiliation	Major	Teaching Years	Education
A	High School	Chemistry	35 years	PhD
B	Middle School	Physics	15 years	PhD
C	Middle School	Chemistry	24 years	Master
D	Middle School	Chemistry	9 months	Master
E	Middle School	Chemistry	4 years	Bachelor
F	Middle School	Chemistry	4 years	Bachelor
G	High School	Chemistry	9 years	Bachelor
H	Middle School	Chemistry	1 year	Bachelor
I	Middle School	Chemistry	1 year	Bachelor
J	Middle School	Physics	3 years	Master
K	High School	Earth Science	9 months	Bachelor
L	High School	Physics	3 years	Bachelor

50분 동안 실시하였다. 면담 문항은 각 교사의 설문 응답에서 추가적인 설명이 필요한 부분과 Park et al.(2011)의 수업 관찰 전 면담 문항을 참고하여 개발하였다.²⁹ 온-오프라인 혼합 학습환경에서 학생과 교사 간의 상호작용을 관찰하기 위해 본 연구의 제1저자가 교사별 1회~3회 비참여 관찰하였다. 본 연구의 수업 관찰은 2020년 10월 29일부터 2021년 4월 7일까지 이루어졌으며, 이 시기에는 교육부(2020)가 2020년 7월에 발표한 2020-2학기 등교·원격 수업 기준 방안에 의거 사회적 거리 두기 단계 변동에 따라 온라인 또는 오프라인 수업이 진행되었다. 본 연구에서 관찰한 수업은 실시간 온라인 수업 5차시, 녹화 수업 영상 19차시, 오프라인 수업 2차시이다. 실시간 온라인 수업 5차시 중 연구 참여 교사의 동의를 받은 수업 3차시 그리고 오프라인 수업 2차시는 본 연구의 제1저자가 녹화하였다. 연구 참여 교사가 제공한 녹화 수업 영상과 본 연구의 제1저자가 녹화한 수업 영상은 모두 전사하였으며, 녹화를 하지 못한 수업 2차시는 수업을 관찰하며 궁금한 점과 교사의 설명이 필요하다고 생각되는 부분에 초점을 두고 현장 노트를 작성하였다. 수업 관찰 후 교사별로 1회씩 10분 ~ 1시간 10분 동안 반구조화 문항으로 면담을 실시하였으며, 면담 문항은 현장 노트와 녹화 수업 영상 전사 자료, 박성혜(2003)가 개발한 PCK 측정 질문, Park et al.(2011)의 면담 문항을 참고하여 개발하였다.²⁹⁻³⁰ 면담은 연구 참여자가 원하는 장소에서 실시하였고, 직접 만나 면담이 어려운 연구 참여자는 화상회의 플랫폼 ZOOM을 활용하였으며, 면담 내용은 녹취한 후 모두 전사하였다. 수집된 설문 후 면담 자료는 A4 용지 기준 총 169페이지이고, 수업 관찰 후 면담 자료는 A4 용지 기준 총 105페이지이다.

자료 분석

본 연구의 자료 분석은 연역적 접근과 귀납적 접근을 모두 적용하였다.³¹⁻³² Magnusson et al.(1999)이 제시한 과학 교수 지향, 과학 교육과정에 관한 지식, 과학 교수전략에 관한 지식, 학생의 과학 학습에 관한 지식, 과학 학습 평가에 관한 지식의 5가지 상위 범주를 연역적으로 구성하고, 설문, 설문 후 면담, 수업 관찰, 수업 관찰 후 면담 자료를 읽고 온라인 또는 오프라인 학습환경 특이적인 PCK가 드러난다고 판단되는 부분을 추출하여 연역적으로 구성된 다섯 가지 범주 중 어떤 것에 포함되는지 기술하였다.¹⁹ 귀납적 분석은 개방 코딩, 범주화, 범주 확인의 과정으로 수행하였으며, 각 과정은 반복적 비교 분석 방법으로 수행되어 범주를 정교화하고 수정하였다.³³ 각 PCK 요소별로 개방 코딩된 자료를 반복하여 읽고 지속적으로 비교하여 자료들의 비슷한 점을 하나로 묶을 수 있는 하위 범주를 귀납적으로 구성하였으며, 그 범주를 잘 표현할 수 있도록 범주의 이름을 선정하였다. 원자료를 여러 번 읽으며 구성된 범주가 수집된 자료를 잘 설명하고 있다고 판단되면 범주를 확정하였고, 수정되어야 할 내용이 발견되면 범주를 수정하였다. 또한, 확정된 하위 범주의 학습환경 특이성에 따라 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적, 온라인 학습환경 특이적, 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적 3가지 범주 중 하나로 분류하였다. 온라인 학습환경 특이적 범주에 포함되는 것은 교사가 온라인 학습환경의 수업을 계획하고 실행할 때 온라인 학습환경의 특이성을 고려한다고 판단되는 것이다. 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적 범주에 포함되는 것은 교사가 온라인과 오프라인 ‘혼합’ 학습환경의 특이성 즉, 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경의 특징을 모두 고려한다고 판단되는 것이다. 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특

이적 범주에 포함되는 것은 교사가 코로나 19 상황의 오프라인 학습환경 즉, 마스크를 쓰고, 가림막을 세우는 등 코로나 19 발생 이후 변화한 오프라인 학습환경 특징을 고려한다고 판단되는 것이다. 본 연구에서는 자료 분석의 신뢰도 및 타당도를 높이기 위해 설문지, 면담 전사 자료, 수업 관찰, 연구자의 현장 노트 등 다양한 자료를 수집하여 분석하는 삼각 검증 방법을 사용하였다. 또한, 본 연구의 저자 2명이 논의를 통해 만든 코드와 범주 초안을 바탕으로 본 연구의 저자 2명과 과학교육학 석사과정생 2인이 본 연구 자료의 1/4에 해당하는 자료를 각자 분석한 후 합의에 이를 때까지 논의하여 범주 초안을 수정함으로써 내용 타당도를 확보하였다. 수정 보완된 범주로 본 연구의 제1 저자가 원자료 전체를 분석하였으며, 저자 2명이 분석 결과를 함께 검토하여 신뢰도를 확보하였다.

연구 결과

본 연구 참여 교사들의 PCK는 요소별로 학습환경 특이성이 다르고, 학습환경 특이성에 따라 PCK 요소별 하위 요소가 다르게 나타났다.

과학 교수 지향

본 연구 교사들의 과학 교수 지향은 온라인 학습환경 특이적인 지향만 드러났고, ‘과학 교육 목표’와 ‘과학 교수-학습 지향’의 2가지가 나타났다(Table 2).^{19-20,23}

가. 온라인 학습환경 특이적

(1) 과학 교육 목표

본 연구에 참여한 교사는 온라인 학습환경 특이적인 과학 교육 목표, 즉 온라인 학습환경에서는 과학 개념을 학습하는 것이 과학 교육의 중요한 목표라는 믿음을 가지고 있었다(Table 2). G교사는 일상 생활에서 접할 수 있는 과학 관련 정보를 분석하고 타당성, 정확성, 신뢰성 등을 판단할 수 있는 능력을 함양하는 것이 중요한 과학 교육의 목표라는 믿음 즉, 온라인 또는 오프라인 학습환경 특이적이지 않은 믿음을 가지고 있었으나, 온라인 학습환경에서는 과학 개념 학습에 중점을 둔다고 하였다.

아이들이 얼마만큼 그 개념을 잘 이해할 수 있는지 개념 전달에 중점을 두고 수업을 하는 편이고요.

(G교사, 설문 후 면담)

(2) 과학 교수-학습 지향

본 연구에 참여한 교사들은 온라인 학습환경 특이적인 과학 교수-학습 지향, 즉 온라인 학습환경에서는 교사의 강의식 수업이 학생의 과학 학습 증진에 효과적인 방법이라는 믿음을 가지고 있었다. G교사는 온라인 또는 오프라인 비특이적인 과학 교수-학습 지향 즉, 학생이 탐구 활동에 스스로 참여하는 교수-학습 전략이 필요하다는 지향을 가지고 있었으나, 온라인 학습환경에서는 개념 전달을 하는 강의식 수업이 효율적인 방법이라고 믿는 것으로 나타났다. K교사는 온라인 학습환경에서는 학생들의 과학 개념 이해를 위해 녹화 강의 수업을 한다고 하였으며, L교사도 온라인 학습환경에서는 교사가 개념을 설명하는 강의식 수업을 실시간 쌍방향으로 수행한다고 하였다.

제가 한 번 제작해 놓으면 아이들이 여러 번 볼 수도 있고, 이해가 안 된 친구들은 돌려볼 수도 있고, 온라인 포맷에선 그래도 강의식으로 전달하는 수업이 가장 효율적인 것 같다고 생각한 것 같아요.

(G교사, 설문 후 면담)

학습 맥락과 교사의 PCK를 탐색한 여러 선행연구에서 학습 맥락이 교육과정에 관한 지식, 교수전략에 관한 지식, 학생의 학습에 관한 지식, 평가에 관한 지식 등 다른 PCK 요소를 구성하는 데 영향을 미친다고 보고하였으나 교수 지향에 영향을 미친다는 연구 결과는 찾아보기 어려웠다.^{24,26-27} 그러나 본 연구에서 교사들의 교수 지향이 온라인 학습환경에서 다르게 나타난 것은 온라인 학습 환경이 교사의 교수 지향에 영향을 줄 수 있음을 시사한다.

과학 교육과정에 관한 지식

본 연구 교사들의 과학 교육과정에 관한 지식에는 온-

Table 2. Subcomponents of orientation toward teaching science according to the specificity of learning environment

Component	Specificity of learning environment	Subcomponent I	Subcomponent II	Explanation
Orientation toward Teaching Science	Specificity of online learning environment	Goal for science education	Learning science concept	Teacher believes that the purpose and goals of science education in online learning environment are to help students understand scientific concepts.
		Orientation toward teaching and learning	Lecture centered instruction	Teacher believes that teacher lecture centered instruction in online learning environment results in students' science learning.

Table 3. Subcomponents of science curriculum knowledge according to the specificity of learning environment

Component	Specificity of learning environment	Subcomponent I	Subcomponent II	Explanation
Knowledge of science curriculum	Specificity of on-offline mixed learning environment	Knowledge of reorganization of science curriculum	Reorganization of curriculum for all students' learning science in an equal learning environment	Knowledge of reorganizing horizontal curricular for all students' learning subject matters in an equal learning environment within a context of the on-offline mixed learning environment.
			Reorganization of science curriculum considering characteristics of each of online and offline learning environment	Knowledge of reorganizing horizontal curricular for implementing a particular activity that is appropriate for each of online and offline learning environment in the on-offline mixed learning environment.
			Reorganization of science curriculum considering learning efficiency	Knowledge of organizing horizontal and vertical curricular considering learning efficacy for particular science concepts in the on-offline mixed learning environment.
	Specificity of online learning environment	Knowledge of development of learning goal	Platform for online class	Knowledge of developing cognitive, inquiry, attitudinal student learning goals in the online learning environment
				Knowledge of platforms for teaching particular topics and knowledge of identifying difference in characteristics, strengths, and weakness among platforms and selecting the best one in the online learning environment.
				Knowledge of science curricular materials for teaching particular topics and knowledge of identifying difference in characteristics, strengths, and weakness among curricular materials and selecting the best one in the online learning environment.
		Science curricular materials for online class		

오프라인 혼합 학습환경 특이적인 지식과 온라인 학습환경 특이적인 지식이 있는 것으로 드러났다(Table 3).

가. 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적

온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 과학 교육과정에 관한 지식인 ‘교육과정 재구성’은 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경을 모두 고려하여 수평적 교육과정 혹은 수직적 교육과정을 구조화하는 지식이며, 3가지 하위요소가 나타났다.

(1) 학급 간 학습환경 차이를 배제하기 위한 교육과정 재구성

‘학급 간 학습환경 차이를 배제하기 위한 교육과정 재구성’은 특정 주제를 학습할 때 학급 간에 생길 수 있는 학습환경 차이를 배제하기 위해 교육과정을 재구성하는 지식이다. E교사, F교사, K교사는 특정 주제에 관해 A학급은 온라인 학습환경에서 B학급은 오프라인 학습환경에서 학습하게 되면 공정성에 문제가 되므로 학급 간 학습환경 차이를 배제하기 위해 활동의 순서를 바꾸거나 내용을 추가하여 교육과정을 재구조화 한다고 하였다.

어떤 반은 온라인으로 해야되고 어떤 반은 오프라인이 해야 되고. (중략) 그러면 나중에 수행평가 봐야되는데 형평성에 안 맞고 그래서 어쩔 수 없이 만화경 만들기를 당기고 중간에 온라인 오프라인 섞이는 차시는 관련된 다른 활동...

(E교사, 설문 후 면담)

(2) 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경의 특성을 고려한 교육과정 재구성

‘온라인 학습환경과 오프라인 학습환경의 특성을 고려한 교육과정 재구성’은 온라인, 오프라인 각 학습환경의 특성에 맞는 활동을 하기 위해 수평적 교육과정을 재구성하는 지식이다. I교사와 G교사를 포함한 6명의 교사는 오프라인 학습환경에서 실험 등 탐구 활동을 수행하기 위해 온라인 학습환경에서 이론 중심의 수업을 하고자 교육과정을 재구조화 하였다. 예를 들어 I교사는 탐구 활동이 포함되지 않은 주제는 EBS 온라인 강의로 수업하고, 오프라인 학습환경에서는 학생이 활동하는 수업을 하도록 교육과정을 재구조화 하였다. G교사도 실험 활동을 오프라인 학습환경에서 수행하기 위해 온라인 학습환경에서 개념을 먼저 교수하도록 교육과정을 재구조화 하였다.

아예 수업하는 순서를 바꿔서 이론 수업만 할 수 있는 개념을 먼저 수업을 하고

(G교사, 설문 후 면담)

D교사와 H교사를 포함한 5명의 교사는 온라인, 오프라인 각 학습환경에 효과적인 활동을 수행하기 위해 교육과정을 재구조화 하였다. D교사는 온라인 학습환경에서는 인터넷에서 자료를 수집 및 분석하는 조사 활동을 하고,

오프라인 학습환경에서는 토의 및 발표하는 활동을 할 수 있도록 교육과정을 재구조화 하였다. H교사는 온라인 학습환경에서는 학생들이 개별적으로 수행할 수 있는 과학적 글쓰기 활동을 하고, 오프라인 학습환경에서는 친구들과 생각을 나누는 활동을 할 수 있도록 교육과정을 재구조화 하였다.

온라인에서 했을 때 조금 더 효과를 극대화시킬 수 있다고 생각해서 그런 활동들은 온라인에 배치를 하고... 근데 만나서 보고서 쓰면서 토의하고 앞에 나와서 발표하는 거는 실제 만나서 하는게 더 효과가 크게 나올 것 같아서 (중략) 환경에 적합한 그런 활동 배치를 했습니다.

(D교사, 설문 후 면담)

경기도교육청(2020)과 충청북도교육청(2021)은 온-오프라인 혼합 학습환경에서 온라인과 오프라인 각 학습환경에 최적화된 학습을 구현하기 위해 교육과정 성취기준에 근거하여 내용을 통합하고 순서를 조정하는 등 교육과정 재구성이 필요하다고 하였고,^{3,5} 경미선 외(2021)도 코로나 19 이후 온-오프라인 혼합 학습환경에서 초등교사들의 온라인 수업 경험을 탐색한 연구에서 온라인 수업 특성에 맞는 교육과정 재구성이 이루어질 필요가 있다고 보고하였다.⁹ 따라서 본 연구의 교사들의 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교육과정 재구성에 관한 지식은 코로나 19 이후 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경을 모두 고려한 교육과정에 관한 지식이라는 점에서 의미가 있으며, 학생들에게 온라인과 오프라인 각 학습환경에 최적화된 학습 경험을 제공하고자 교육과정을 재구조화하는 노력을 했다는 점에서 고무적이다.

(3) 학습 효율성을 고려한 교육과정 재구성

‘학습 효율성을 고려한 교육과정 재구성’은 학생이 과학 개념을 효율적으로 학습하도록 수평적 교육과정 혹은 수직적 교육과정을 구조화하는 지식이다. 학습 효율성을 고려하여 수평적 교육과정을 재구성한 교사는 F교사, H교사, K교사가 있었는데, 예를 들어 K교사는 온라인 학습환경에서 학습하였을 때 오히려 오개념이 생길 수 있는 내용을 다음 학년에서 학습할 수 있도록 수직적 교육과정을 재구조화 하였다.

금속의 반응성 되게 중요하잖아요. 되게 어렵고. 근데 이게 화1 부분에 나온대요. 근데 이 부분을 온라인으로 가르치면 오히려 더 오개념이 많이 생길 것 같다고 그래서 지웠어요.

(K교사, 수업 관찰 후 면담)

나. 온라인 학습환경 특이적

(1) 학습 목표 선정

‘학습 목표 선정’에 관한 지식은 온라인 학습환경에서 학생들이 학습해야 할 인지적, 기술적, 정의적 목표를 선정하는 지식이다. J교사와 K교사는 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경의 학습 목표를 다르게 선정하였는데, J교사는 온라인 학습환경에서 학생들의 학습 격차가 크기 때문에 학습 목표의 수준을 낮추어 선정하거나 학습 목표의 수준은 유지하되 학습 목표의 양을 줄였고, K교사는 온라인 학습환경에서는 정의적인 목표를 설정하지 않고 ‘~을 설명할 수 있다’와 같은 인지적 목표만을 선정하였다.

인지적 목표를 세웠어요. 왜냐하면 정의적인 것도. 좀 아이들이 만나기 힘들 것 같고. 탐구적인 건 더더욱 안 되고 그래서.

(K교사, 수업 관찰 후 면담)

(2) 교육과정 자료

(가) 온라인 수업 플랫폼

본 연구의 모든 교사가 가지고 있는 ‘온라인 수업 플랫폼’ 지식은 온라인 학습환경에서 특정 주제 교수를 위해 사용 가능한 수업 플랫폼에 관한 지식으로 수업 플랫폼의 종류 및 특징을 파악하고 적절성을 판단하는 지식을 포함한다.

본 연구에 참여한 교사들은 구글 클래스룸(Google Classroom), EBS 온라인 클래스, 네이버 밴드(Naver Band), MS TEAMS 등이 공지를 올릴 수 있고 학생들이 과제를 제출할 수 있어 학습관리 플랫폼으로 적절하다고 판단하는 것으로 나타났다. D교사, E교사, J교사를 포함한 9명의 교사는 구글 클래스룸이 다양한 플랫폼과 연동할 수 있고 댓글로 실시간 피드백이 가능하며 구글 미트(Google Meet)와 연계하여 실시간 수업이 가능하다는 등 특징을 파악하고, 온라인 수업에 적절한 수업 플랫폼이라고 판단하였다.

구글 클래스룸을 선택했던 가장 큰 이유는 학생들과 상호 작용이 원활하게 일어날 수 있다라는 것이었고요. 제가 피드백을 실시간으로 달아주면 알람이 가서 학생들도 실시간으로 바로 볼 수 있어서 교사와 상호 작용하면서.

(D교사, 설문 후 면담)

구글 클래스룸은 구글 문서, 구글 설문지, 스프레드시트, 프레젠테이션, 구글 미트 등을 활용하여 온라인 수업하기에 최적화되어 있습니다. 또한, 구글 클래스룸에서 구글 미트로 바로 연동되기 때문에 미트로 실시간 수업을 할 때 접근성이 좋습니다.

(E교사, 설문)

F교사는 네이버 밴드가 구글 클래스룸과 연동이 되지 않는 한계점이 있지만, 녹화형, 과제형, 실시간 라이브 등

다양한 종류의 수업을 하나의 학습관리 플랫폼에서 수행할 수 있으며 접근성이 좋다는 특징을 파악하여 학습관리 플랫폼으로 적절하다고 판단하였다. H교사는 MS Teams를 통해 실시간 쌍방향 수업은 가능하지만 소회의실 구성이 어렵고, 원노트(OneNote)에서 학생들이 자유롭게 글을 쓰고 보관할 수 있으며, 그림과 음성으로 피드백이 가능하다는 특징이 있어 과학적 글쓰기 수업에 적절한 수업 플랫폼이라고 판단하였다. K교사는 EBS 온라인 클래스는 실시간 수업이 불가능하고 자료가 하나만 업로드된다는 단점이 있지만, 학습 활동을 관리할 수 있다는 점에서 온라인 학습환경에 적절한 수업 플랫폼이라고 판단하였다.

비실시간 온라인 수업을 위해 Edpuzzle과 구글 설문 플랫폼으로 사용할 수 있다는 것을 D교사, E교사, J교사가 언급하였는데, D교사는 Edpuzzle에서는 학생의 진도율 확인이 실시간으로 가능하며 영상 중간에 퀴즈를 통해 교사와 학생이 상호작용할 수 있다는 장점을 파악하여 비실시간 수업에 적절한 플랫폼이라고 판단하였다. E교사는 구글 설문을 통해 학생들이 영상 시청과 과제 제출을 한 번에 할 수 있다고 하였으며, J교사는 구글 설문에서 학생들이 교사의 질문에 대답하고 다음 학습 내용으로 넘어가도록 구조화할 수 있다는 특징을 파악하였다.

Edpuzzle 같은 경우에는 실험하기 전에 한번 예상해보자. 어떻게 될까? 라고 제 발문이 화면에 퀴즈로 뜨는 거죠. 그런 식으로라도 상호 작용하는 느낌을 주고 싶어서 그거를 주안점을 두고 이 플랫폼을 선택했어요.

(D교사, 설문 후 면담)

설문지애다가 영상을 넣으면 설문지를 제출하면 바로 영상 바로 제출이 되거든요. 구글 클래스룸 기능상에서. 설문지 안에 제가 유튜브 링크를 열면 설문지 안에서 영상도 보고 과제도 할 수 있는 거예요.

(E교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 실시간 쌍방향 수업에 줌(ZOOM)이 가장 적절하다고 B교사, C교사, I교사를 포함한 7명의 교사가 언급하였는데, 줌에서는 공유 기능이 원활하고 실시간 쌍방향 의사소통이 가능하고 교사가 각 소회의실에 따로따로 들어가야 하는 단점이 있으나 소회의실을 통한 모둠 토의 활동을 수행하기가 수월하다고 하였다.

줌을 사용하는 게 소회의실이 제일 활성화가 잘 돼 있어서 쉽게. (중략) 소회의실이 하나씩 일일이 들어가야 되니까 시간이 많이 걸려요.

(C교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학생 간의 활동 공유를 위해 구글 프레젠테이션 및 구글 독스와 패들렛이 가장 적절한 플랫폼이라고 C교사와 D교사를 포함한 5명이 언급하였는데, 예를 들어 C교사는 구글 프레젠테이션 및 구글 독스에서 다수의 학생들이 하나의 문서를 동시에 작성할 수 있다고 하였고, D교사는 구글 프레젠테이션에서는 누가 무엇을 작성하였는지 표시되어 학생들의 기여도를 확인할 수 있다고 하였다. B교사와 F교사는 패들렛이 과제 수행 정도 파악에 용이하며 다양한 형태의 활동 결과물을 한 화면에 공유하고 상호피드백을 할 수 있다고 하였다.

구글 슬라이드에 같이 참여를 해서 이렇게 쓰다 보면은 어떤 학생이 뭘 썼는지 이렇게 다 보이거든요. 어떤 학생이 어디서 작업을 하고 있는지. 그런 기여도 같은 게 좀 확실하게 보여서.

(D교사, 설문 후 면담)

사진 같은 거 모을 때 패들렛이 좋더라고요. 다른 사람 것들을 볼 수 있고 내가 애랑 비슷하면 애 거에 이렇게 타레 글처럼 이어서 쓸 수도 있으니까

(F교사, 설문 후 면담)

본 연구에서 B교사, F교사를 포함한 9명은 하나의 플랫폼이 아닌 다양한 수업 플랫폼의 종류와 특징에 관한 지식을 바탕으로 여러가지 활동 및 주제에 적절한 수업 플랫폼을 판단하는 것으로 나타났다. 예를 들어 B교사는 모둠별 활동을 수행하고 공유할 때는 줌(ZOOM), PPT 강의나 시범 실험 영상을 활용한 수업은 유튜브 라이브, 학생들의 의견이나 수행 결과를 공유하는 데에는 패들렛이 적절한 수업 플랫폼이라고 하였다. F교사는 실시간으로 피드백이 필요한 수업은 줌, 결과물을 공유하는 수업은 패들렛, 그 외의 수업은 네이버 밴드가 적절한 수업 플랫폼이라고 하였다.

Zoom의 경우는 소집단 회의실을 활용하여 모둠별 활동을 수행한 후, 수행 결과를 전체 학생들에게 공유할 수 있다는 장점을 갖고 있습니다. 유튜브 라이브를 활용한 실시간 수업의 장점이라고 하면 학생들의 학습 활동 관련 실시간 채팅이 매우 활발하게 이루어진다는 점이며, 채팅으로는 활발한 상호작용이 가능하나, 학생들의 발표과정을 직접 듣거나 공유할 수 있는 기회를 갖는 데는 어려움이 있습니다. 또한, PPT 강의와 시범 실험 영상을 활용한 수업이 주로 이루어질 수 있다는 한계점이 있다고 생각합니다. 패들렛은 학생들의 의견이나 수행 결과를 글, 사진, 영상 등 다양한 방식으로 업로드 할 수 있고, 그 결과를 실시간으로 송

출해서 학생들에게 전체 공유 가능한 플랫폼이지만, 수업 활동의 보조 도구로서 활용 가능한 플랫폼입니다.

(B교사, 설문 후 면담)

(나) 온라인 수업 자료

‘온라인 수업 자료’는 온라인 학습환경에서 특정 주제 교수를 위해 사용 가능한 프로그램 및 자료에 관한 지식으로 자료의 종류와 특징을 파악하고 적절성을 판단하는 지식을 포함한다.

교과서와 함께 제공되는 실험 영상 또는 교사가 직접 제작한 실험 영상의 특징을 파악한 교사는 B교사, D교사, L교사를 포함한 7명이 있었다. 예를 들면 L교사는 교과서와 함께 제공되는 실험 영상이 실험 과정, 실험 내용, 실험 결과가 잘 정리되어 있고, 적당한 길이라고 판단하였다. B교사와 H교사는 교과서 실험 영상은 실험 결과가 한정적이어서 학생들이 토의하는 데 한계가 있다고 하였다. D교사는 교사가 실험하는 과정을 녹화한 영상은 학생이 직접 실험을 하는 듯한 느낌을 줄 수 있다고 하였다. 또한, I교사는 온라인 학습에서 영상을 공유하였을 때 소리가 지연될 수도 있기 때문에 시각적 전달력이 높은 영상을 선정한다고 하였다.

교과서에 연계된 동영상을 보면 실험 과정이랑 실험 내용 결과 및 정리까지 잘 되어있으니까 (중략) 5분 이내로 영상을 시청할 수 있다는 게 가장 큰 것 같아요.

(L교사, 수업 관찰 후 면담)

실험을 제가 하는 중간과정도 보여주면서.. 몰입할 수 있는 그런 느낌을 주기 위해서 각 실험, 촬영하는 각도도 제 시야에서 보는 것처럼 각도도 그에 맞춰서 촬영을 하고, 제가 계속 설명을 하면서 도구도 하나하나 자세하게 설명을 하고 실험이나 탐구를 진행하는 편이에요. 정말 애들의 시야에서 하듯이.

(D교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 가상 실험 및 관찰을 위한 시뮬레이션 프로그램의 종류와 특징을 파악하여 적절성을 판단한 교사는 B교사와 D교사를 포함한 6명이 있었다. B교사는 온라인 학습환경에서 습도를 학습할 때 기체의 입자 모형을 활용하는 이** 실험실의 시뮬레이션 프로그램이 적절하다고 하였으며, 공기저항을 학습할 때는 영상을 추적하여 그래프를 그려주는 트래커(Tracker)가 적절한 수업 자료라고 하였다. D교사는 광물을 관찰할 때는 학생들이 직접 광물을 돌려가며 볼 수 있는 3D 모형이, 기체의 압력과 부피 및 온도와 부피의 관계를 학습할 때에는 실험

시뮬레이션 프로그램이 적절하다고 하였다.

학습 자료 중에 3D 모형은 컴퓨터로 접속해서 학생들이 직접 돌려 가면서 볼 수 있는 그런 자료들도 잘 돼 있더라고요. (중략) 시뮬레이션 같은 게 또 되게 잘 되어 있거든요. 기체 압력과 부피, 온도와 부피 관계 내용인데 주사기를 이용해서 실험을 해요. 근데 주사기도 사실 사람이 억지로 힘을 줘서 막 2기압 3기압까지 만드는 거 되게 안 되거든요. 근데 인터넷에 그런 시뮬레이션 자료들이 있어요.

(D교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학생들이 특정 주제 학습에 활용할 수 있는 애플리케이션과 웹사이트의 종류와 특징을 알고 애플리케이션의 적절성을 판단한 교사는 B교사와 J교사가 있었는데, B교사는 학생들이 실제 소비 전력량을 조사할 수 있는 스마트 한전 애플리케이션이 소비전력 학습에 적절하다고 판단하였으며, J교사는 태양계와 별 자리를 관찰할 수 있는 애플리케이션과 산사태 위험 등급을 조사하기 위한 웹사이트의 유용성을 언급하였다.

실시간 수업에서 채팅창에 올려주면 애들이 그 링크 타고 들어가서 찾는 거죠. (중략) 그럼 애들은 계속 그거를 기반으로 해서 자기들이 또 링크 타고 들어가서 찾고 찾고.

(B교사, 설문 후 면담)

여러 선행연구에서 교사의 과학 교육과정에 관한 지식이 부족하거나 수업 계획 및 실행 과정에서 교육과정을 고려하지 않아 과학 교육과정에 관한 지식이 드러나지 않는다고 보고하였으며,³⁴⁻³⁶ 언급된 교사의 과학 교육과정에 관한 지식은 핵심 개념과 교과목의 목표에 대한 이해, 고시된 교육과정에 대한 이해 뿐이었다.³⁷⁻³⁹ 그러나 온-오프라인 혼합 학습환경에서 본 연구 교사들이 온라인과 오프라인 각 학습환경에 적절한 수업을 할 수 있도록 교육과정을 재구성하고, 온라인 학습환경에서 사용하기에 적절한 수업 플랫폼과 수업 자료를 판단하는 지식을 가지고 있는 것으로 드러난 점은 매우 고무적이다.

과학 교수전략에 관한 지식

본 연구에 참여한 교사들의 과학 교수전략에 관한 지식의 하위요소로는 Table 4에 제시된 바와 같이 온라인 학습 환경 특이적인 지식, 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 지식이 있었다.

가. 온라인 학습환경 특이적

(1) 과학 주제 특이적 전략

(가) 학습과제 정교화 전략

Table 4. Subcomponents of knowledge of instructional strategy according to the specificity of learning environment

Component	Specificity of learning environment	Subcomponent I	Subcomponent II	Explanation
Knowledge of instructional strategy	Specificity of online learning environment	Knowledge of topic-specific strategy	Learning task elaboration strategy	Knowledge of ways how to reorganize, elaborate, and implement learning task so that it is presented from simple to difficult aiming for efficient learning in the online learning environment.
			Activity selection and implementation strategy	Knowledge of ways how to select, organize, and implement specific activity that is appropriate for a particular topic in the online learning environment.
			Teacher lecture strategy	Knowledge of ways how to provide lecture for student learning concepts on a particular topic in the online learning environment
		Knowledge of subject-specific strategy	Knowledge of activities that is specific to science in the online learning environment and knowledge of organizing and implementing the activity.	
		Knowledge of interaction strategy	Teacher-student interaction strategy	Knowledge of ways how teacher interacts with students and knowledge of designing and implementing lesson including teacher-student interactions in the online learning environment
			Student-student interaction strategy	Knowledge of ways how to promote student-student interaction and knowledge of designing and implementing lesson including student-student interactions in the online learning environment.
	Student-learning content interaction strategy		Knowledge of ways how to promote student-learning content interaction and knowledge of designing and implementing lesson including student-learning content interactions in the online learning environment.	
	Specificity of offline learning environment in the covid 19 era	Knowledge of topic-specific strategy	Activity selection and implementation strategy	Knowledge of ways how to select, organize, and implement specific activity that is appropriate for a particular topic in the covid 19 era offline learning environment.
			Teacher-student interaction strategy	Knowledge of ways how teacher interacts with students and knowledge of designing and implementing lesson including teacher-student interactions in the covid 19 era offline learning environment.
			Student-student interaction strategy	Knowledge of ways how to promote student-student interaction and knowledge of designing and implementing lesson including student-student interactions in the covid 19 era offline learning environment.
		Knowledge of interaction strategy		

‘학습과제 정교화 전략’은 특정 과학 주제 학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 학습과제를 단순한 내용에서 복잡한 내용으로 단계를 나누어 정교화하고 실행하는 지식이다.⁴⁰ 온라인 학습환경에서 학생들의 오개념을 과학적 개념으로 변화시킬 수 있도록 인지적 갈등 유발을 포함하여 학습과제를 정교화하여 실행한 교사는 D교사, H교사, J교사를 포함한 5명이 있었다. 예를 들어 H교사는 상태 변화와 열에너지 수업에서 상태 변화가 일어날 때 주변의 온도가 어떻게 변할지 학생들이 예상한 후 관찰하여 인지 갈등이 유발되도록 과학 글쓰기 과제를 정교화 하였다. J교사는 학생이 산사태의 원인을 묻는 교사의 질문에 대답하고, 강의 영상을 시청한 후에 질문에 답하면서 인지 갈등을 느낄 수 있도록 학습과제를 정교화하였다.

과학 글쓰기와 POE 학습법을 연결을 시킨 부분이에요. 학생들이 예상을 해보고 관찰을 해보고, 어 내 예상과 좀 다르네 했을 때 인지적 갈등이 있으면 지적 호기심이 생기고, 왜 그럴까. 같은 친구들 또 다른 친구들도 내가 생각했던 거와 뭐가 다른지, 뭐가 일치하는지 비교할 수 있게 하려고 (H교사, 수업 관찰 후 면담)

(나) 활동 선정 및 실행 전략

본 연구에 참여한 모든 교사는 온라인 학습환경에서 특정 주제 학습을 위해 적합한 활동을 선정하고 구조화하여 실행하는 지식 즉, ‘활동 선정 및 실행 전략’에 관한 지식을 가지고 있었다. 온라인 학습환경에서 시간, 공간 제약 없이 같은 학급 학생들을 포함한 다른 학급생

들과 협력 학습이 가능하다는 특징을 고려하여 특정 주제에 적절한 활동을 선정하고 구조화하여 실행한 교사는 B교사, J교사를 포함한 9명이 있었다.⁴¹ 예를 들어 B교사는 화학반응에서 에너지 출입하는 사례를 찾아 웹보드에 공유하고 온라인 학습환경에서 다른 학급의 친구들과도 상호작용을 할 수 있는 활동을 선정 및 실행하였다.

반별 대항을 하겠다. 이렇게 해 가지고. 저희가 6개 반인데, 여섯 개 웹보드 만들어서 실시간 상황을 보여주면서.

(B교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학교 밖 자원을 활용할 수 있다는 점을 고려하여 특정 주제에 적절한 활동을 선정하고 구조화하여 실행한 교사는 A교사와 B교사이다. 예를 들어 A교사는 탄소화합물 단원에서 학생들이 가정에서 개별적으로 플라스틱 배출표시를 찾아 사진을 찍어 온라인 학습환경에서 협업 문서를 이용하여 결과 보고서를 함께 작성하고 토론하는 활동을 구조화하여 수행하였다. 또한, B교사는 재생에너지 주제에서 학생들이 선풍기와 간단한 풍속계를 이용하여 풍력을 분석하여 풍속계 설치 최적 장소 탐색 미션을 수행하고 발표하는 활동을 구조화하였다.

풍력과 관련해서 도구가 집에 있는 선풍기 필요했었고, 프로펠러랑 전류 연결할 수 있는 거 이용해서 간단하게 만들어 가지고 바람 돌아가는 거 확인하고. (중략) 집안에서 선풍기 돌렸을 때 풍속 측정하고 바깥에 바람 부는 곳 찾아가고 최적의 풍속계를 놓을 수 있는 장소 찾게 하는 미션 수행해서 발표하고.

(B교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학생 학습이 개별적으로 이루어지는 점을 고려하여 특정 주제에 적절한 활동을 선정하고 구조화하여 실행한 교사는 F교사와 G교사를 포함한 5명이 있었다. 예를 들어 F교사는 물질의 특성 주제에서 녹는점이 물질의 특성이 되는 근거와 이유에 관해 오프라인 학습환경에서 모듈별로 토론하던 활동을 온라인 학습환경에서는 과학적 글쓰기 하는 활동으로 구조화하여 실행하였다.

녹는점도 물질의 특성이 될 수 있는지 분석한 자료를 바탕으로 주장과 근거를 써주세요. 지금부터 일시정지 하겠습니다. 다 쓰신 분들만 넘어주세요.

(F교사, 물질의 특성 1차시 수업 전사록)

도재우(2020)는 온라인 학습환경에서 일방적인 강의식 수업만 이루어지고 다양한 활동을 수행하는 데 제약이 있다고 하였으며, 오프라인 학습환경에서 수행하던 교수 전략을 온라인 학습환경에서 그대로 수행하는 데 어려움이 있다고 하였다. 본 연구의 교사들이 오프라인 학습환경에서 특정 주제 학습을 위해 수행되던 활동들을 온라인 학습환경에서 그대로 사용하는 것이 아니라 온라인 학습환경에서 학생들이 수행하기에 적합한 활동으로 대체하여 선정하고 구조화하여 실행한 점은 매우 고무적이다.¹⁰

(다) 교사 강의 전략

‘교사 강의 전략’은 특정 주제의 학생 과학 개념 학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 교사가 강의하는 방법에 관한 지식이다. 본 연구에서 D교사와 G교사를 포함한 6명의 교사는 온라인 학습환경에서 반복해서 강의하는 전략, 학습 목표를 수업 도입에 제시하는 전략, 학생이 강의 내용을 이해하였는지 스스로 점검할 수 있도록 질문하는 전략, 학생의 집중도를 높이기 위해 목소리의 크기 차이와 높낮이 차이를 크게 하고, 그림 형태의 문자인 이모지(Emoji)를 활용하는 전략을 활용하는 것으로 나타났다. 예를 들어 L교사는 학생들이 지난 시간에 학습한 개념을 교사가 말로 설명하고 PPT를 이용하여 반복하여 강의하는 전략을 활용하였다. D교사, K교사, L교사는 학생들이 무엇을 배워야 하는지 인지하고 강의 영상을 볼 수 있도록 학습 목표를 수업 도입에서 제시하는 전략을 활용하였다. G교사와 K교사는 온라인 학습환경에서 학생들이 과학 개념을 학습하였는지 스스로 점검하고 다음 내용으로 넘어갈 수 있도록 수업 중간에 ‘이해가 되시나요?’ ‘할 수 있겠죠?’ ‘여러분 괜찮죠?’ 등의 질문하는 전략을 활용하였다. K교사는 목소리의 크기 차이와 높낮이 차이를 크게 하여 집중도를 높이고자 하였고, J교사는 강의 영상에 교사를 닮은 말하는 얼굴 이모지(Emoji, 그림 형태의 문자)를 삽입하여 집중하도록 하거나, 녹음 후에도 말의 속도를 조절하는 전략을 활용하였다.

말로도 먼저 하고 그 다음에 PPT로 두 번 정도 복습을 해주면

(L교사, 수업 관찰 후 면담)

훨씬 더 목소리를 크게 하거나 (중략) 목소리 높을 때 엄청 높게 하고 낮을 때 엄청 낮게 하면서. 그래서 좀 이렇게 많이 오바스럽게 수업을 좀 해요.

(K교사, 설문 후 면담)

(2) 과학 교과 특이적 전략

‘과학 교과 특이적 전략’은 다른 교과와 달리 과학 교과의

교수를 위해 적용될 수 있는 활동에 관한 지식과 활동을 구조화하여 실행하는 지식이다.¹⁹⁻²⁰ 본 연구에서 온라인 학습환경 특이적인 ‘과학 교과 특이적 전략’에 관한 지식을 가진 A교사, B교사를 포함한 7명은 온라인 학습환경에서 과학적 글쓰기, 관찰 및 가상 실험, 시범 실험 관찰 후 토의, 개별 실험과 같이 과학 교과의 교수를 위해 적용될 수 있는 활동을 구조화 및 실행하였다. F교사와 H교사는 기존의 오프라인 학습환경이라면 PBL, 실험, 탐구, 모둠 토의 등의 활동을 수행하였겠지만, 온라인 학습환경에서는 과학적 의사소통 역량 함양을 위해 과학적 글쓰기를 선정하였다고 하였다. D교사, E교사, J교사를 포함한 4명은 3D 모형을 통한 관찰, 가상 실험 사이트 및 태양계 애플리케이션을 활용한 가상 실험 활동을 구조화하여 실행하였다. B교사는 온라인 학습환경에서 유튜브 라이브로 교사 시범 실험을 하고 학생들은 시범 실험을 실시간으로 관찰하며 댓글로 토의를 하는 활동을 구조화 및 실행하였다. 또한, A교사와 B교사는 코로나 19 이전 오프라인 학습환경에서 하던 실험을 온라인 학습환경에서 학생들이 가정에서 개별적으로 수행할 수 있도록 실험 키트를 배부하였고, 위험한 실험 준비물은 다른 것으로 대체하였다.

가상 실험을 모아 놓은 사이트가 있는데 거기에 있는 실험을 애들이 간접적으로나마 해 볼 수 있도록 했고요. 전기 자기 할 때 그걸 많이 했었어요. (중략) 태양계 관련 어플 되게 많거든요. 또는 별자리 돌려가면서 볼 수 있는 그런 어플 깔고 한 사진을 캡처 해서 과제 제출하고.

(J교사, 설문 후 면담)

사전에 미리 소분 작업을 해가지고 가정으로 보냈거든요. 그런데 염산을 보낼 수가 없는 거예요. 그래서 염산 대신 식초를 대신 사용했어요. (중략) 직접 무순 새싹을 키우고, 키운 것을 사진 자료로 클래스룸에 올리고 결과 보고서를 작성하고.

(A교사, 설문 후 면담)

(3) 상호작용 전략

(가) 교사-학생 간 상호작용 전략

본 연구의 모든 교사가 가지고 있는 ‘교사-학생 간 상호작용 전략’에 관한 지식은 학생의 학습을 가이드하는 교사의 발문 및 피드백 제공을 포함한 교사-학생 간 상호작용하는 방법에 관한 지식과 교사-학생 간 상호작용이 포함된 수업을 구조화 및 실행하는 지식이다.⁴² 본 연구의 교사들이 사용한 교사-학생간 상호작용 전략은 온라인 학습환경에서 줌 등의 실시간 화상 프로그램에서 상호작용하는 방법, 학생의 활동 및 답변을 예측하여 발문하는 방법, 영

상 중간에 삽입한 퀴즈, 설문, 학습지 등으로 발문하는 방법, 학생들의 활동 결과물 혹은 활동 과정에 대해 댓글, 오픈 카카오톡 채팅방, 전화를 이용하여 학생과 1대1로 상호작용하는 방법 등의 네 가지이다.

B교사, C교사, L교사를 포함한 7명의 교사는 실시간 화상 수업 프로그램을 활용하여 학생들의 질문, 모둠 활동, 활동 결과물 등에 대해 채팅 또는 말로 피드백 제공 및 발문을 하여 학생과 실시간으로 상호작용하였다. C교사는 학생들이 줌 채팅창에 글로 쓰거나 말로 질문을 하면 실시간으로 답을 해주었고, L교사는 학생들이 줌에서 글을 쓸 수 있는 주석 기능을 이용할 수 있도록 하여 학생들과 상호작용하였고, B교사는 각 소회의실에 들어가서 학생들의 질문을 받고 대답을 해주었다.

주석을 자유롭게 풀어놨거든요. 학생들이 칠판처럼 자유롭게 활용할 수가 있는 거예요. 이런 건 이런 거 아닌가요? 이런 식으로..

(L교사, 설문 후 면담)

소회의실 열어가지고 (중략) 어떤 거하고 무슨 얘기를 하고 있는지 듣고 질문도 받고 대답해주고... 소회의실을 다 들어가서 순회지도 하듯이

(B교사, 설문 후 면담)

D교사와 K교사를 포함한 6명의 교사는 온라인 학습환경에서 학생의 활동 및 답변을 예측하여 발문하거나 코멘트하였다. 예를 들어, D교사는 온라인 학습환경에서 학생들이 볼록렌즈와 오목렌즈에 관해 집중적으로 관찰해야 할 부분에 대해 명확하게 안내하였다. K교사는 학생의 활동 과정을 볼 수 없고 답변을 들을 수 없는 온라인 단방향 수업에서 ‘자 이게 뭘까요?’, ‘그렇지?’와 같이 학생들의 답변을 예측하여 발문하였다.

“멀리 있는 물체를 볼록렌즈와 오목렌즈로 관찰해보겠습니다. 먼저 볼록렌즈로 상을 관찰했을 때 어떤 특징이 있는지 기록해주세요. 그리고 렌즈와 관찰자와의 거리를 더 멀게 할수록 상이 어떻게 보이시지도 함께 관찰해 주세요. 지금 렌즈에서 점점 더 멀어집니다. 점점 더 멀어질수록 상의 크기가 어떻게 되죠? 실제 물체보다 더 어떻게 되고 있죠? 이것도 함께 관찰해주세요. 다시 렌즈와 관찰자와의 거리가 가까워지면은 또 어떻게 되고 있죠?”

(D교사, 수업 전사록)

온라인에서는 질문을 던질 때 애들이 이런 이런 답변을 하겠지 라고 미리 생각을 하고 말을 하는 경우가 있잖아요.

“어 맞았어!” 그냥 진짜 완전 원맨쇼처럼? “자 이게 뭘
 까요? 그렇지 그렇지.....맞았다!”

(K교사, 설문 후 면담)

D교사, E교사, J교사, H교사는 온라인 학습환경에서 학생이 교사의 발문에 대해 답을 하고 다음 활동을 수행할 수 있도록 영상 중간에 퀴즈를 삽입하거나 설문을 포함하여 교사-학생 간 상호작용하는 방법을 활용하였다. 예를 들어, D교사는 온라인 학습환경에서 Edpuzzle을 활용하여 영상 중간에 퀴즈를 삽입하여 발문하였고, E교사는 말로 하던 질문을 구글 설문 문항으로 제시하고 학생이 답을 한 후에 넘어가도록 하였다.

Edpuzzle 같은 경우에는 ‘실험하기 전에 한번 예상해보자 어떻게 될까’ 라고 제가 중간에 발문하는 것처럼 화면에 퀴즈로 뜨는 거죠.

(D교사, 설문 후 면담)

구글 설문은 설문에서 강의 영상, 유튜브 영상 링크를 넣을 수가 있고 그 밑에 질문을 넣고 섹션을 나눌 수 있어요. 이 질문이 필수 과제니까 밑에 이걸 안 채우면 다음으로 안 넘어가요.

(E교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학생들의 활동 결과물 혹은 활동 과정에 대해 댓글, 오픈 카카오톡 채팅방, 전화를 이용하여 학생과 1대1로 상호작용을 하는 방법은 D교사, E교사, F교사를 포함한 10명이 활용하였다. D교사는 학생이 공유한 활동 결과물에 대해 카카오톡 문자를 보내거나 구글 클래스룸에 댓글을 다는 방법 등으로 1대1 피드백을 실시간으로 제공하였다. F교사는 학생의 과학 글쓰기와 같은 활동 결과물에 네이버 밴드 댓글로 피드백을 제공하였다.

온라인 환경에서는 일대일로 바로바로 피드백을 줄 수 있어서... (중략) 등교 수업에서는 학생들이 많으니까 대답을 하는 애들만 하고 소극적인 애들은 답을 안하기도 하고 그러는데, 온라인 수업에서는 그런 애들까지도 상호작용을 할 수 있습니다.

(D교사, 설문 후 면담)

여러 선행연구에서 온라인 학습환경에서 교사-학생 간 상호작용은 학생의 만족도, 몰입, 학업성취도에 영향을 미치는 중요한 요인이라고 보고하였고,^{11,15,43} 특히 이소영과 김형준(2021)은 온라인 학습환경에서 몰입과 만족도에

미치는 요인을 탐색하여 교사의 구체적인 피드백이 학생의 몰입과 만족도에 영향을 미친다고 하였다.⁴⁴ 본 연구에서 드러난 온라인 학습환경 특이적 교사-학생 간 상호작용 전략 즉, 학생들에게 1대1 피드백을 제공하는 전략은 학생 참여도와 학습 만족도를 높이고, 학습 효과를 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

(나) 학생-학생 간 상호작용 전략

‘학생-학생 간 상호작용 전략’은 학생이 친구들과 의사 소통하면서 의견과 정보를 공유하고 의미를 창출하도록 학생-학생 간 상호작용하는 방법에 관한 지식과 학생-학생 간 상호작용이 포함된 수업을 구조화 및 실행하는 지식이다.^{42,45-46} A교사, B교사, C교사를 포함한 9명의 교사는 온라인 학습환경에서 줌이나 구글 미트 등 실시간 화상 플랫폼에서 말 혹은 채팅으로 학생 간 실시간 토의 활동을 하는 수업과 협업 문서나 패들렛 등에서 활동 과정 및 결과물을 공유하여 학생 간에 상호피드백하는 수업을 구조화 및 실행하였다.

줌이나 구글 미트 등 실시간 화상 플랫폼에서 말 혹은 채팅으로 학생들 간 실시간 토의 활동을 하는 수업을 한 교사는 A교사, B교사, C교사, J교사를 포함한 6명이 있었다. 예를 들면, C교사는 온라인 학습환경에서 소회의실을 개설하여 모둠 토의 활동을 가이드 하였으며, 학생들이 다양한 모둠에서 다양한 역할을 하도록 유도하였다. A교사와 B교사는 유튜브 라이브를 통해 시범 실험을 관찰하고 실시간 채팅을 통해 토의하는 수업을 구조화 및 실행하였다.

얘기하고 자기 의사 표현하고 이거는 비대면에서 훨씬 활성화 돼요. (중략) 진짜 열심히 다 달고 애들이 능수능란해요. (중략) 누가 얘기하면 관심 있는 애들은 거기 덧붙여서 줄들이 채팅창에 쓰거나 줌으로 얘기하거나 이렇게 해요.

(B교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 협업 문서나 패들렛에서 활동 과정 및 결과물을 공유하여 학생 간에 상호피드백 하도록 한 교사는 D교사, E교사, J교사를 포함한 6명의 교사이다. 예를 들어 E교사는 다른 학생의 활동을 보며 자신의 부족한 부분을 수정할 수 있도록 구글 프레젠테이션에 공유하도록 하였고, D교사도 학생들이 공유된 다른 모둠의 활동 결과물과 자기 모둠 활동 결과물을 비교하면서 상호 피드백할 수 있도록 하였다.

구글 파워포인트 앱에서 슬라이드를 하나씩 만들어 줬어요. 각자 자기 슬라이드에 찾아가서 과제를 해결하는 방식으로 (중략) 실시간으로 다른 친구들 PPT도 보면서 고치는

(E교사, 설문 후 면담)

다른 조 거를 보면서 우리 조 거와 비교해 볼 수도 있고, 비판적으로 사고할 수 있게끔 그런 의도로 다른 모둠 것도 한번씩 보는 활동을 넣었습니다.

(D교사, 수업 관찰 후 면담)

원격 실재감이 온라인 학습환경에서 학습 몰입과 만족도에 영향을 미치며,⁴⁴ 학생-학생 간 상호작용을 통해 온라인 수업의 실재감이 높아진다는 선행연구 결과와 같은 맥락에서,⁴⁷ 본 연구의 교사들이 온라인 학습환경에서 사용한 실시간 토의, 활동 공유 및 상호피드백 등의 학생-학생 간 상호작용 전략은 수업 실재감을 높여 학생의 학습 몰입, 학습 만족도, 학업성취도 향상에 도움이 될 것으로 사료된다.

(다) 학생-학습 내용 간 상호작용 전략

‘학생-학습 내용 간 상호작용 전략’은 온라인 학습환경에서 학생과 학습 내용 간 상호작용하는 방법에 관한 지식과 학생-학습 내용 간 상호작용이 포함된 수업을 구조화 및 실행하는 지식이다. B교사와 D교사를 포함한 4명의 교사는 시뮬레이션 프로그램이나 애플리케이션을 이용하여 학생들이 직접 변인을 조작하는 가상 실험 혹은 관찰 등 학생-학습 내용 간 상호작용을 포함한 수업을 구조화 및 실행하였다. 예를 들면, B교사는 가상 실험실에서 학생들이 직접 온도 변인을 조절하여 수증기량을 관찰하면서 학생-학습 내용 간 상호작용을 통해 온도에 따른 수증기량을 모형으로 성공적으로 그릴 수 있었다고 하였다. D교사와 E교사는 온라인 학습환경에서 기체의 압력과 부피 관계 학습을 위해 학생들이 직접 압력과 부피를 조절하며 관찰하는 학생-학습 내용 간 상호작용하도록 하였고, J교사는 별자리를 볼 수 있는 애플리케이션을 활용하여 학생들이 위치를 바꿔가며 별자리를 관찰하는 학생-학습 내용 간 상호작용을 포함한 수업을 실행하였다.

시뮬레이션으로 만들어놓은 게 있어요. 공기 중에 수증기량이 온도에 따라서 달라지는 모습을 공기방울을 이렇게 그 변화를 볼 수 있게... 드래깅하면은 그게 다 보여요.

(B교사, 설문 후 면담)

학생들도 조작해 보면서 진짜로 압력이 높아질수록 부피가 작아지네. 그때 안에 있는 입자의 움직임도 시뮬레이션에서 볼 수 있거든요. 입자들이 좁아지면 더 많이 부딪히는 거.

(D교사, 설문 후 면담)

최은진과 최명숙(2016)은 학생-학습 내용 간 상호작용은 온라인 학습환경에서 이루어지는 상호작용 중 몰입, 학습 동기, 자기조절 학습능력, 학업성취도 등에 가장 큰 영향

을 미치는 상호작용 유형이라고 하였다.⁴⁵ 이러한 관점에서 본 연구 교사들의 학생-학습 내용 간 상호작용 전략에 관한 지식은 온라인 학습환경에서 학생들이 어려워하는 과학 개념 학습 효과를 높이기 위해 중요한 요소로 보인다.

나. 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적

(1) 과학 주제 특이적 전략

본 연구 교사들의 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 과학 주제 특이적 전략에는 ‘활동 선정 및 실행 전략’이 있었는데, D교사와 H교사를 포함한 6명은 특정 주제에 대하여 코로나 19 이후 오프라인 학습환경에서 학습하기 적절한 활동을 선정하고 구조화하여 실행하였다. 예를 들면 D교사는 코로나 19 이후 오프라인 학습환경에서는 마스크를 착용하고 있어 학생들이 직접 수행하지 못하는 실험인 경우 영상 제시로 대체하였다. H교사는 온라인 학습환경에서는 고체, 액체, 기체 상태의 입자 모형을 그리고, 오프라인 학습환경에서는 그에 대하여 토의하도록 하였다.

상태 변화와 열에너지 단원 수업에서 온도계에다가 에탄올 소독제를 뿌렸을 때 관찰해보자 했더니 온도가 내려갔고, 이번에는 온도계에 입김을 불었을 때는...물론 마스크를 쓰고 있어서 학생들이 입김을 불지 못하고, 제가 입김을 부는 영상을 찍어서 온도 변화가 어떻게 일어나는지를 보여줬어요.

(D교사, 설문 후 면담)

상태 입자모형 수업인데, (중략) 개별적으로 집에서 온라인 학습 때 써 오고, 오프라인에서 다 같이 이야기를 하면서 난 이렇게 그림 그렸어? 난 이렇게 그렸어. 왜 이렇게 그렸어? 이런 식으로 토의를 했습니다.

(H교사, 설문 후 면담)

(2) 상호작용 전략

(가) 교사-학생 간 상호작용 전략

C교사와 H교사를 포함한 4명의 교사는 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경에서 화이트보드 또는 온라인 수업 플랫폼을 활용하는 방법으로 교사-학생 간 상호작용을 하였다. 예를 들면 C교사는 패들렛, 구글 클래스룸, 오픈 카카오톡 채팅방 등 온라인 플랫폼을 통한 활동 결과물 공유의 편의성을 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경에서도 활용하였다.

스마트폰 이제는 수업시간에 다 나눠주면서 바로바로 해서 구글 클래스룸에도 올리고..

(C교사, 설문 후 면담)

(나) 학생-학생 간 상호작용 전략

C교사, E교사, F교사는 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경에서 상호작용 참여 인원수를 줄이는 방법, 구글 클래스룸 활용하여 상호작용하는 방법 등의 학생-학생 간 상호작용 전략을 활용하였다. 예를 들면, E교사는 기존에는 4명 이상의 모둠 토의를 수행하였으나 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경에서 물리적 거리 유지를 위해 앞뒤 학생간 토론을 하는 수업을 구조화 및 실행하였다. C교사는 말로 하는 토의가 원활하게 진행되지 않기 때문에 접착식 메모지나 구글 클래스룸을 이용하여 학생-학생 간 상호작용을 유도하였다.

일단 코로나 19 상황 이후는 모둠으로 앉을 수 없어요. 일직선으로 다섯 줄로 이렇게 앉아 있거든요. (중략) 이제 앞 뒤 토의를 시작했어요.

(E교사, 설문 후 면담)

거리가 있다 보니까 말로 전달이 잘 안 되잖아요. 말수를 줄이고 포스트잇으로 전달한다든지 아니면 구글 클래스룸에 들어가서 논의된 거 나누고 중요한 것만 얘기를 한다든지.

(C교사, 설문 후 면담)

학생의 과학 학습에 관한 지식

본 연구에 참여한 교사들의 학생의 과학 학습에 관한 지식은 Table 5에 제시된 바와 같이 온라인 학습환경 특이적인 지식, 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 지식이 있었다.

가. 온라인 학습환경 특이적

(1) 학습을 위한 선지식

본 연구의 A교사, C교사, J교사는 온라인 학습환경에서 활동을 수행하는 데 온라인 수업 플랫폼에 관한 선지식이

필요하다는 것과 이러한 지식을 학생이 얼마나 가지고 있는지(온라인 학습환경 특이적인 ‘학습을 위한 선지식’) 알고 있었다. 예를 들면 C교사는 온라인 학습환경에서 학생들이 스마트폰으로 문서와 프레젠테이션을 작성하면서 온라인 수업 플랫폼에 관한 선지식을 가지게 되었다고 하였다. J교사는 학생들이 온라인 학습환경에서 활동을 수행하기 위해서는 플랫폼에 관한 지식이 필요하며, 교사는 학생들이 이러한 선지식을 갖출 수 있도록 플랫폼에 관해 사전 교육을 해야 한다고 하였다.

검색도 잘 못하는 아이가 문서 작성도 하고 프레젠테이션도 작성하면서 미디어 리터러시가 향상됐죠. 공유하는 것도 훨씬 풍요롭고. 실시간으로 서로 소통을 하는 게 훨씬 더 좋아졌어요.

(C교사, 수업 관찰 후 면담)

(2) 학습 어려움

A교사와 D교사를 포함한 9명의 교사는 온라인 학습환경에서 실험, 관찰, 모둠 활동 등을 수행하지 못함에 따라 겪는 어려움, 온라인 학습환경에서 상호피드백 활동과 모둠 활동을 수행하며 겪는 어려움, 온라인 학습환경에서 새로운 플랫폼을 활용하며 겪는 어려움, 온라인 학습환경에서 학생들이 학습에 몰입하지 못하기 때문에 겪는 어려움 등을 알고 있어 온라인 학습환경 특이적인 ‘학습 어려움’에 관한 지식을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다.

온라인 학습환경에서 학생들이 실험 및 관찰 활동을 수행하지 못함에 따라 겪는 학습 어려움은 D교사, E교사, I교사가 언급하였는데, 예를 들면 E교사는 직접 관찰하면 쉽게 구분할 수 있는 여러 가지 종류의 렌즈와 거울을 온라인 학습환경에서는 구분하는데 어려움을 겪는다고 하였다. D교사도 온라인 학습환경에서 실험을 직접 수행하

Table 5. Subcomponents of knowledge of students' understanding of science according to the specificity of learning environment

Component	Specificity of learning environment	Subcomponent I	Explanation
Knowledge of student understanding	Specificity of online learning environment	Knowledge of student preconception	Knowledge of student preconceptions and what concepts students have prior to the lesson in the online learning environment.
		Knowledge of student learning difficulty	Knowledge of what topics or concepts students have difficulty to learn, and knowledge of what activity students have difficulty to enact in the online learning environment.
		Knowledge of student motivation and interest	Knowledge of what approach students be motivated and interested to in the online learning environment.
		Knowledge of student diversity	Knowledge of student social, cultural, and cognitive diversity that results in student learning performance in the online learning environment.
	Specificity of offline learning environment in the covid 19 era	Knowledge of student learning difficulty	Knowledge of student preconceptions and what concepts students have prior to the lesson in the covid 19 era offline learning environment.

지 못하고 실험 영상만 관찰하기 때문에 학생이 영상의 내용과 실험의 결론을 연결하지 못하는 어려움을 겪는다고 하였다.

거울이나 렌즈를 보면 실제로 보면 볼록은 볼록하고 오목은 오목한 게 보이거든요. 영상 속에서는 볼록하고 그런 게 잘 안 보여요.

(E교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학생들이 모둠 활동을 수행하지 못함에 따라 경험하는 학습 어려움은 D교사와 E교사가 언급하였다. 예를 들면 D교사와 E교사는 온라인 학습환경에서 모둠 활동을 수행하지 못함에 따라 또래 교수가 이루어지지 않고 도움을 받지 못해 학생들이 활동 수행과 학습에 어려움을 겪는다고 하였다.

만약에 이거를 모둠별로 했으면 같이 토론해서 모둠별 보고서 같이 채워 나가면서 옆에 있는 친구가 도움을 주고 이런 과정이 있을 텐데.. 온라인에서 혼자서 영상만 보고 듣다 보니까 그걸 힘들어하더라고요.

(D교사, 수업 관찰 후 면담)

그래프 그리거나 이런 경우는 잘하는 애들이 좀 못하는 애들을 도와줄 수 있는 부분인데 그런 것도 못하니까...

(E교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 모둠 활동을 수행하며 겪는 어려움은 A교사와 F교사가 언급하였는데, 온라인 학습환경에서 학생 간 래포가 형성되지 않아 상호피드백, 모둠 활동 등 학생 간 상호작용에 어려움을 겪는다고 하였다.

피드백 참여하는 애들은 소수인 거예요. 애들끼리도 서로 친하지가 않으니깐, 계속 온라인 많이 하면서 애들끼리 되게 서먹서먹하거든요. 내가 애한테 피드백을 했다가 애가 나 싫어하면 어떡하지 이런.

(F교사, 수업 관찰 후 면담)

J교사는 온라인 학습환경에서 다양한 수업 플랫폼이 활용되는데 학생들이 새로운 수업 플랫폼을 사용할 때 활동 수행에 어려움을 겪는다고 하였다.

패드렛도 그렇고 구글 프레젠테이션이라든지 새롭게 하는 틀에 대해서 애들이 일시정지가 많이 돼요.

(J교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 학생들이 학습에 몰입하지 못하기 때문에 겪는 어려움은 D교사와 K교사를 포함한 6명의 교사가 언급하였다. 예를 들어, D교사는 온라인 학습환경의 개별 학습에 학생들이 몰입을 잘하지 못한다고 하였으며, K교사는 학생들이 온라인 수업에 집중하지 못하기 때문에 과학 개념을 이해하는 데 어려움을 겪는다고 하였다.

오프라인 수업에서는 몰입하고 다른 학생들과 상호작용하면서 발표하는데, 온라인에서는 집에서 혼자 수업을 하고, 학생들 간의 소통이 자유롭게 않고, 텍스트 위주로 소통을 하다 보니 몰입이 잘 되지 않아요.

(D교사, 설문)

집중이 잘 안되나 봐요. (중략) 그래서 잘 이해를, 확실히 이해력이 떨어지고 받아들이는 게 좀 더딘 것 같아요.

(K교사, 수업 관찰 후 면담)

한국교육학술정보원(2020)은 중·고등학생이 온라인 학습환경에서 집중 저하, 디지털 기기 활용한 학습의 피로도 증가, 과제 수행 어려움, 선생님 또는 친구들과 소통 부족 등의 순으로 어려움을 겪는다고 보고하였는데, 이와 같은 온라인 학습환경에서의 학생 학습 어려움에 관한 교사의 지식이 본 연구에서도 드러났다.⁷

(3) 학습 동기 및 흥미

본 연구의 B교사와 F교사는 온라인 학습환경에서 어떻게 하면 학생의 학습 동기 부여를 할 수 있는지 알고 있어 온라인 학습환경 특이적인 ‘학습 동기 및 흥미’에 관한 지식을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다. 예를 들면 B교사는 온라인 학습환경에서 학습 활동에 지속적으로 참여하도록 노력할 때 학생들이 학습 동기를 가진다고 하였으며, F교사는 과제에 대한 피드백을 제공할 때 학생들이 학습 동기를 가진다고 하였다.

이야기를 했는데 아무 반응이 없으면 다음번엔 이야기하고 싶지 않을 것 같거든요. (중략) 온라인 환경에서는 댓글이 달리지 않으면 피드백이 없다고 생각하니까.

(F교사, 설문 후 면담)

(4) 학습 다양성

A교사, C교사, J교사를 포함한 8명의 교사는 온라인 학습환경에서 학생들의 자기 주도성, 온라인 학습에 필요한 기기 준비도 차이로 인한 학습 수행 차이를 알고 있어 온라인 학습환경 특이적인 ‘학습 다양성’에 관한 지식을 가지는 것으로 볼 수 있다. 예를 들면 A교사는 온라인 학습환경에서는 학생들이 가정에서 개별적으로 활동을 수행

하기 때문에 관심도에 따라 학생 간 실험 활동 수행에 차이가 있다고 하였고, C교사도 온라인 학습환경의 단방향 수업에서 자기 주도성에 따라 학업성취도 차이가 크다고 하였다. J교사는 인터넷이나 기기 준비도의 차이 등 각 가정의 온라인 학습환경이 다양하여 학생들의 학습 수행에 차이가 나타난다고 하였다.

학교에서 무순을 키울 때에는 어떤 학생이 물 한번 뿌리고 주면 경쟁심이라는 게 발동하니까 다 같이 하는데...이건 각자 집에서 키워야 하니까 관심도 높은 학생과 관심도 낮은 학생이 차이가 있겠죠.

(A교사, 수업 관찰 후 면담)

일방향 수업은 자기 주도성이 있는 애들은 우수한 성적을 가질 수 있고, 그렇지 않은 애들은 그냥 방치되고. 그에 비하면 실시간 수업은 반대로 스쳐지나가니까 한번 들으면 끝나는 거니까. 좀 힘겨워하는, 이해력이 떨어지는 애들은.

(C교사, 수업 관찰 후 면담)

나. 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적

본 연구에서 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경 특이적인 학생의 과학 학습에 관한 지식에는 ‘학습 어려움’이 있었다. 예를 들면, E교사는 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경에서는 교실에서 학생 간 거리가 멀어 모둠 활동을 수행하는 것이 어렵다고 하였다. H교사는 모둠 토의에서 가림판으로 인해 의사소통이 원활하게 이루어지지 않아 어려움을 겪는다고 하였다. F교사는 코로나 19 이후 변화한 오프라인 학습환경에서 모둠원 수를 줄이는데, 2명 토의로는 알아내지 못하거나 학습에 어려움을 겪는다고 하였다.

모둠 수업을 하는데 가림판 있고 그러니까 뭐라고 말하는 지도 잘 안 들리고 토의 시간도 상대적으로 더 길어지고.

(H교사, 설문 후 면담)

과학 학습 평가에 관한 지식

본 연구에 참여한 교사들의 과학 학습 평가에 관한 지식은 Table 6에 제시된 바와 같이 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 지식과 온라인 학습환경 특이적인 지식이 있다.

가. 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적

온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 과학 학습 평가에 관한 지식은 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경을 모두 고려한 평가에 관한 지식이다.

(1) 평가 내용

본 연구의 E교사는 코로나 19 이후 평가 문항의 난이도를 낮추어 평가한다고 하였고, G교사도 온-오프라인 혼합 학습환경에서 학생들이 자료 해석, 모둠 토의 등 탐구 활동 수행 경험이 적어 쉬운 내용 확인 문항을 구성한다고 하였다.

지필평가 같은 경우도 예전 같은 경우면 자료를 해석하는 능력을 평가할 수 있는 문제를 내려고 노력을 했다면 (중략) 이제 애들이 아무것도 모르는데... 난이도도 좀 쉽게 그냥 내용 확인 위주의 문제가 많아지는 것 같아요.

(G교사, 설문 후 면담)

(2) 평가 방법

E교사와 F교사는 코로나 19 이후 온-오프라인 혼합 학습환경에서 모둠 활동이 제한됨에 따라 학생이 개별적으로 수행할 수 있는 활동을 통한 평가 방법을 활용하였다. 예를 들면, F교사는 학생들이 행성을 특징에 따라 분류하는 활동은 2인 모둠으로 수행하고, 하나의 행성을 찾아 탐사 계획을 세우는 활동을 개별적으로 수행한 것을 평가하였다.

과학 실험은 대부분 모뎀이거든요. 모뎀 실험이라서 일단 할 수가 없으니까.. 수행평가도 거의 다 바꿨고 거울, 렌즈는 개별 실험이니까 (평가로) 할 수 있겠구나 해서.

(E교사, 수업 관찰 후 면담)

Table 6. Subcomponents of knowledge of assessment in science according to the specificity of learning environment

Component	Specificity of learning environment	Subcomponent I	Explanation
Knowledge of assessment	Specificity of on-offline mixed learning environment	Knowledge of assessment contents	Knowledge of the contents for which learning can be assessed. Specific to on-offline mixed learning environment
		Knowledge of assessment methods	Knowledge of the methods (instruments, approaches, or activities) by which learning can be assessed. Specific to on-offline mixed learning environment.
	Specificity of online learning environment	Knowledge of assessment contents	Knowledge of the contents for which learning can be assessed in the online learning environment
		Knowledge of assessment methods	Knowledge of the methods (instruments, approaches, or activities) by which learning can be assessed in the online learning environment.

수행평가 같은 걸 할 때 조별 활동을 할 수가 없고, 실험 평가는 이번에 전체 다 없어졌거든요. (중략) 두 명에서 하는 것으로 줄이고, 행성을 찾아서 탐사 계획을 세울 때도 원래는 같이 할 수도 있는 활동이지만 그냥 혼자 개인적으로 시킨 다든지.

(F교사, 설문 후 면담)

선행연구에서는 온-오프라인 혼합 학습환경에서 모둠 활동이 제한되고 수업과 평가가 연계되지 않고 분리된다고 보고하였으나,⁴⁸ 본 연구에서 소수 교사이나 개별적으로 혹은 2인 모둠으로 수행한 학생 활동과 연계된 수행평가를 실행한 것은 온-오프라인 혼합 학습환경에서 수업과 평가를 연계하고자 노력했다는 점에서 고무적이다.

나. 온라인 학습환경 특이적

(1) 평가 내용

온라인 학습환경 특이적 ‘평가 내용’에 관한 지식을 가진 B교사는 온라인 학습환경에서 학생에게 개별적으로 수행한 탐구 활동의 내용과 이를 통해 학습한 개념으로 형성평가 문항을 구성하였다. J교사도 온라인 학습환경에서 자료 조사 및 의견을 발표하는 활동을 수행할 때 수집한 미디어 기사 내용이나 발표의 수준에 따라 평가하여 학생 활동과 평가를 연계하였다.

(2) 평가 방법

본 연구에 참여한 모든 교사는 온라인 학습환경 특이적인 ‘평가 방법’에 관한 지식을 가지고 있었는데, 온라인 학습환경에서 학습 내용 확인 위주의 형성평가, 과제물을 통한 수행평가, 과정 중심 평가의 3가지 평가 방법을 활용하였다.

온라인 학습환경에서 발문, 간단한 퀴즈, 쪽지시험을 활용한 학습 내용 확인 위주의 형성평가는 C교사, G교사, K교사를 포함한 11명의 교사가 활용하였다. 예를 들면 C교사는 수업 끝에 교사의 질문에 채팅으로 답을 하도록 하여 학생들이 학습 내용을 이해하였는지 평가하였다. J교사는 수업 영상을 본 후에 간단한 퀴즈에 답을 하고 다음 학습 내용으로 넘어가도록 구성하여 학생들이 학습 내용을 이해하였는지 평가하였다. G교사는 학생들이 온라인 수업 내용을 이해하였는지 확인하기 위해 온라인 학습환경에서 간단한 내용 확인 정도의 형성평가를 하였다. K교사는 학생들이 일상생활에 과학 개념을 적용한 보고서를 작성하는 활동을 통해 평가하고 싶었으나, 온라인 학습환경에서는 쪽지시험 위주의 간단한 학습 내용 평가만 하였다.

아이들한테 마지막에 한 명 두 명 질문도 하고 채팅창에 쓰게 하고, 모르겠으면 ‘모르겠습니다’로 채팅창에 쓰게 하거

든요. 모두 정답이 아니더라도. 오늘은 어느 정도 이해가 되었구나.

(C교사, 수업 관찰 후 면담)

실제로 수업을 들었는지 안 들었는지를 확인하기 위해서 간단한 형성평가 문제를 푼다든지 간단한 내용 확인하는 정도로 문제를 내서 제출해야 출석 체크 이런 식으로.

(G교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 노트필기, 과학 글쓰기 등의 과제물을 통한 수행 평가는 H교사, F교사, J교사를 포함한 9명의 교사가 활용하였다. 교육부(2021)는 온라인 학습환경에서 교사가 직접 관찰 및 확인한 수행 과정과 결과물을 통해 평가해야 한다고 하였다.⁴⁹ J교사는 이러한 교육부(2021)가 제시한 평가 지침에 따라 온라인 학습환경에서 학생 본인이 직접 수행하였다는 것을 확인할 수 있는 노트필기를 수행평가 방법으로 선택하였고, H교사는 학생들이 제출한 과학 글쓰기와 학습지를 활용하여 수행평가를 하였다.⁴⁹

수행평가가 필요했고, 본인이 했다는 걸 증명할 수 있는 것이어야 했고 (중략) 꾸준히 뭔가를 하는 게 중요하다고 생각했어요.

(J교사, 설문 후 면담)

온라인 학습환경에서 D교사는 줌(ZOOM)이나 구글 프레젠테이션 등 학생들의 활동을 실시간으로 관찰할 수 있는 플랫폼을 활용하여 과정 중심 평가를 실시하였고, 자기평가와 동료평가를 통해 학생들의 참여도를 평가하였다.

구글 슬라이드에는 어떤 학생이 뭘 썼는지 다 보이거든요. (중략) 학생의 개별 참여도를 볼 수 있는, 모둠 활동도 모둠 안에서 개별 참여도도 볼 수 있는 평가를 새롭게 할 수 있을 것 같아요.

(D교사, 설문 후 면담)

자기평가는 자신의 학습 과정을 되돌아보면서 내가 정말 여기서 배움의 즐거움을 진짜 느꼈는지 아니면 내가 얼마나 알고 있는지 메타인지를 발휘해서 스스로 돌아볼 수 있게, 동료평가 같은 경우에는 동료평가 하면서 자신을 되돌아볼 수 있는 측면도 있고 참여도까지 함께 보려는 의도로 넣었습니다.

(D교사, 수업 관찰 후 면담)

교육부(2021)는 온라인 학습환경에서 학생의 수행 과정 및 결과를 교사가 직접 관찰 또는 확인 가능한 내용, 온라인 학습환경에서 학생 활동을 오프라인 학습환경에서 활동과 연계하여 교사가 직접 관찰 또는 확인한 내용만을 평가 및 학생부에 기재 가능하다고 하였다.⁴⁹ 이러한 맥락에서 학생 수행 과정 및 결과를 확인 가능한 줌과 협업 문서를 이용한 평가, 온라인 학습환경에서 활동을 오프라인 학습환경과 연계한 노트필기, 과학적 글쓰기 등의 온라인 학습환경에서 평가 방법에 관한 교사의 지식이 드러난 것으로 보인다.

결론 및 제언

본 연구 참여 교사들의 온-오프라인 혼합 학습환경에서 PCK는 요소별로 학습환경 특이성이 다르고, 학습환경 특이성에 따라 PCK 요소별 하위요소가 다르게 나타났다.

본 연구에서 밝힌 온라인 학습환경 특이적인 ‘과학 개념 학습’ 목표 지향과 ‘강의식 수업’ 지향은 온라인 학습환경이 교사의 교수 지향에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. Schneider & Plasman(2011)이 주장한 바와 같이 교수 경험에 따라 과학 교사의 교수 지향이 변할 수 있으므로 본 연구에서 밝힌 온라인 학습환경 특이적 교수 지향이 온라인 학습환경에서 어떠한 교수 경험과 성찰 과정을 통해 형성된 것인지 구체적으로 탐색하는 후속 연구가 의미 있을 것으로 사료된다.⁵⁰

본 연구 교사들의 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 교육과정에 관한 지식인 ‘교육과정 재구성’은 온라인과 오프라인 학습환경이 반복되는 온-오프라인 혼합 학습환경이 과학 교육과정에 관한 지식에 영향을 미쳤기 때문으로 볼 수 있다. 여러 선행연구에서 온라인 학습환경에서 효과적인 교수-학습이 이루어지기 위해서는 테크놀로지에 관한 지식, 온라인 수업 플랫폼에 관한 지식이 필요하다고 보고하였는데,⁵¹⁻⁵³ 본 연구 교사들의 온라인 학습환경 특이적 ‘교육과정 자료’에 관한 지식에도 ‘온라인 수업 플랫폼’과 ‘온라인 수업 자료’의 2가지가 있었다. 또한, 선행 연구에서는 온라인 학습환경에서 원활한 수업이 진행되기 위해서는 교수자가 교육콘텐츠를 전달하고 다양한 형태의 상호작용을 촉진하는 소프트웨어를 활용할 수 있는 역량이 필요하며,¹¹ 온라인 학습환경에서 수업 자료가 체계적으로 구조화가 되어있을 때 학생의 학습 만족도가 높아진다고 하였다.⁵⁴ 본 연구에서 밝힌 특정 주제 교수를 위해 사용 가능한 온라인 수업 플랫폼과 온라인 수업 자료에 관한 지식도 온라인 학습환경에서 학생들의 효과적인 과학 학습을 도모하고 학습 만족도를 높이는데 필수적인 것으로 보인다.⁵⁴

본 연구 교사들의 과학 교수전략에 관한 지식 중에 온라인 학습환경 특이적 하위요소와 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 하위요소로 ‘활동 선정 및 실행 전략’에 관한 지식이 공통으로 나타났는데, 이는 온-오프라인 혼합 학습환경에서 각 학습환경의 특징을 고려하여 활동을 선정하고 구조화하여 실행하는 지식이라는 점에서 고무적이다. 또한, 본 연구 교사들의 과학 교수전략에 관한 지식의 온라인 학습환경 특이적 하위요소와 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 하위요소로 ‘교사-학생 간 상호작용 전략’과 ‘학생-학생 간 상호작용 전략’이 공통으로 있었으나 각 학습환경에서 상호작용하는 방법에는 차이가 있었다. 즉, 온라인 학습환경과 코로나 19 이후 오프라인 학습환경에서 각 학습환경에 적합한 상호작용 전략을 활용하여 학생 학습을 가이드 할 수 있었을 것으로 사료된다.⁵⁵⁻⁵⁶

본 연구 참여 교사들의 온라인 학습환경 특이적인 학생의 과학 학습에 관한 지식에는 ‘학습을 위한 선지식’, ‘학습 어려움’, ‘학습 동기 및 흥미’, ‘학습 다양성’의 4가지가 있었고, 코로나 19 이후 오프라인 학습환경 특이적인 학생의 과학 학습에 관한 지식에는 ‘학습 어려움’의 1가지만 있었다. 코로나 19 이후 오프라인 학습환경에 비해 온라인 학습환경에서 학생의 과학 학습 특성 및 학습 과정에 대해 좀 더 다양한 측면에서 교사 이해가 요구되었던 것으로 보인다. 본 연구에서도 선행연구에서 언급된 온라인 학습환경에서 학생 학습 어려움에 관한 교사의 지식이 나타났다는 점에서 이를 과학 교수전략에 연계할 수 있도록 적절한 교사 교육의 필요성이 제기된다.⁷ 또한, 본 연구에서 소수 교사이지만 이소영과 김형준(2021)이 보고한 바와 같이 온라인 학습환경에서 교사가 학생 학습을 독려하고 학습 활동 과정에서 구체적인 피드백을 제공할 때 학습 동기가 부여된다는 학생의 과학 학습에 관한 지식을 가지고 있다는 점에서 긍정적이며, 이와 같은 교수 활동의 효과를 현장 교사들에게 안내할 필요가 있다.⁴⁴ 김성운 외(2020)는 온라인 학습환경에서 학생의 자기 주도 학습 능력 차이가 학업성취도에 영향을 미친다고 하였으며,⁵⁷ Roblyer & Marshall(2002)은 온라인 학습환경에서 학생의 학습 기기와 미디어 활용 능력이 학습 성공 여부에 영향을 미친다고 하였다.⁵⁸ 본 연구에서도 온라인 학습환경 특이적인 학습 다양성 즉, 학생 자기 주도성의 차이, 온라인 학습을 위한 기기 준비도의 차이로 인해 학생의 활동 수행 능력 및 학업성취도가 다양하다는 지식을 교사가 가지고 있었는데, 이러한 학생의 학습 다양성에 따른 지원과 교사 지도 능력 향상을 위한 교육이 요구된다.

코로나 19 이후 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교육부(2021)는 평가의 공정성 보장을 위해 온라인 학습환경

에서 실행할 수 있는 평가 방법을 제한하였고, 안전상의 문제로 교사들이 오프라인 학습환경에서 실행할 수 있는 평가 방법이 제한되었다.⁴⁶ 이러한 맥락에서 볼 때 본 연구에서 밝힌 온-오프라인 혼합 학습환경 특이적인 과학 학습 평가에 관한 지식은 온라인 학습환경과 오프라인 학습환경을 모두 고려하였고, 각 학습환경에서 실행할 수 있는 평가 방법이 무엇인지 파악하여 평가를 계획하고 실행하였으며 교육부(2021)가 제시한 평가 기준과 교사의 코로나 19 이후 온라인과 오프라인 학습환경 적응적이라는 점에서 의미가 있다.⁴⁹ 김현섭 외(2021)는 온라인 학습환경에서 활용할 수 있는 온라인 퀴즈 및 시험, 과제물과 프로젝트 평가, 동료평가, 자기평가의 4가지 평가 방법을 제시하였는데,⁴¹ 본 연구에서도 소수의 교사가 선행연구에서 제안된 온라인 학습환경에서 활용할 수 있는 여러 가지 평가 방법에 관한 지식을 가지는 것으로 드러났으나 온라인 학습환경에서 적용 가능한 다양한 평가 방법 실행을 위한 현장 지원과 교사 교육의 필요성은 여전히 제기된다.

본 연구에서 밝힌 온-오프라인 혼합 학습환경에서 중등과학교사의 학습환경 특이적인 PCK 하위요소들은 온-오프라인 혼합 학습환경에서 교사들이 맥락 특이적인 PCK를 가지며 구체적인 온라인 또는 오프라인 학습환경 특이적인 지식에 관한 정보를 제공한다는 점에서 의의가 있다. 그러나 본 연구에서는 온-오프라인 혼합 학습환경에서 어떠한 과정을 통해서 중등과학교사들의 학습환경 특이적인 PCK가 구성되었는지 체계적인 분석은 이루어지지 않았다. 이에 온-오프라인 혼합 학습환경에서 이루어지는 교사의 수업 계획, 수행, 성찰 과정을 탐색하여 교사의 PCK가 구성되는 과정을 탐색하는 후속 연구도 의미가 있을 것이다. 본 연구는 12명의 중등과학교사를 대상으로 PCK를 분석하였다는 점과 코로나 19로 인해 학교 방문이 제한되어 수업 관찰이 주로 온라인 학습환경에서 이루어졌다는 한계가 있다. 또한, 본 연구는 참여 교사의 개별적 요인이 PCK에 미치는 영향을 분석하지 않았다는 한계점이 있어 교사의 학력, 경력, 학교급 등 개별적 요인에 따른 온-오프라인 혼합 학습환경에서 중등과학교사의 PCK를 탐색하는 후속 연구도 의미가 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. Ministry of Education. *Standard Operating Procedure for Systematic Online Classes*; Press release (2020. 03. 27) 2020a.
2. Ministry of Education. *Announcement of Implementing Measures of School Concentration Including Standards for on-offline Classes Related to 2020-2 Academic Management*; Press release (2020.07.31.), 2020b.
3. Chungcheongbuk-do Office of Education. *A Collection of Cases for Blended Learning-based Process Assessment 2021*.
4. Gangwon-do Office of Education. *On-offline Blended Instruction Materials 2020*.
5. Gyeonggi-do Office of Education. *Understanding of Gyeonggi Blended Learning 2020*.
6. Jung, S.; Shin, Y. *The Journal of Education* **2020**, *40*, 93.
7. KERIS, <https://www.keris.or.kr/main/ad/pblcte/selectPblcteETCInfo.do?mi=1142&pblcteSeq=13356>, 2020.
8. Kwon, S. *Journal of Educational Technology* **2020**, *36*, 745.
9. Kyung, M.; Jin, Y.; Kim, K. *Korean Journal of Teacher Education* **2021**, *37*, 221.
10. Do, J. *Education Research Institute* **2020**, *26*, 153.
11. Oh, Y. *Journal of Educational Technology* **2020**, *36*, 715.
12. Kang, M. H.; Lee, J. J.; Han, J. S.; Lee, J. M. *Journal of the Korea Lifelong Education and HRD* **2010**, *6*, 159.
13. LaBarbera, R. *Quarterly Review of Distance Education* **2013**, *14*, 209.
14. Ladyshevsky, R. K. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning* **2013**, *7*, 1.
15. Lee, S. C.; Kim, J. A. *The Journal of Educational Administration* **2018**, *36*, 115.
16. Sheridan, K.; Kelly, M. A. *Journal of Online Learning and Teaching* **2010**, *6*, 767.
17. Coppola, N. W.; Hiltz, S. R.; Rotter, N. G. *Journal of Management Information Systems* **2002**, *18*, 169.
18. Yang, U. Master's dissertation; Seoul: Ewha Womans University, 2021.
19. Magnusson, S.; Krajcik, J.; Borko, H. In *Examining Pedagogical Content Knowledge*; Springer, Dordrecht: 1999; pp. 95-132
20. Park, S.; Oliver, J. S. *Research in Science Education* **2008**, *38*, 261.
21. Shulman, L. S. *Educational Researcher* **1986**, *15*, 4.
22. Tamir, P. *Teaching and Teacher Education* **1988**, *4*, 99.
23. Grossman, P. L. *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*; Teachers College Press: New York, 1990.
24. Gess-Newsome, J., In A. Berry, P. Friedrichsen; J. Loughran (Eds.) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*; Routledge Press: London, 2015.
25. Shulman, L. S., In A. Berry, P. Friedrichsen; J. Loughran (Eds.) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*; Routledge Press: London, 2015.
26. Carlson, J.; Daehler, K. R.; Alonzo, A. C.; Barendsen, E.; Berry, A.; Borowski, A.; Wilson, C. D. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski, Eds.; *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*; Singapore: Springer Singapore, 2019.
27. Wei, B.; Liu, H. *Chemistry Education Research and Prac-*

- tice* **2018**, *19*, 452.
28. Kim, Y. *Qualitative Research Methodology*; Academy Press: Paju, 2012.
 29. Park, S.; Jang, J. Y.; Chen, Y. C.; Jung, J. *Research in Science Education* **2011**, *41*, 245.
 30. Park, S. *The Journal of Korean Teacher Education* **2003**, *20*, 105.
 31. Elo, S.; Kyngäs, H. *Journal of Advanced Nursing* **2008**, *62*, 107.
 32. Patton, M. Q. *Qualitative Research and Evaluation Methods, 3rd ed.*; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, 2002.
 33. Strauss, A. L.; Corbin, J. M. *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*; Sage Publications: Newbury Park, CA, 1990.
 34. Noh, T.; Kim, Y.; Yang, C.; Kang, H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2011**, *31*, 1214.
 35. Bang, E.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2012**, *56*, 274.
 36. Noh, T.; Lim, H.; Yoon, J.; Kim, J. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2010**, *29*, 350.
 37. Song, N.; Hong, J.; Noh, T.; Han, J. Y. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 405.
 38. Maeng, T. J.; Son, Y. A. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2011**, *30*, 601.
 39. Kim, Y. J.; Hong, H. G. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2017**, *37*, 347.
 40. Reigeluth, C.; Stein, R. *Instructional-design Theories and Models: An Overview of Their Current Status* **1983**, 335.
 41. Kim, H.; Kim, D.; Lee, S. *Online and Offline Instruction Opening the Future*; Instruction Design Institute: Gunpo, 2021.
 42. Moore, M. G. *The American Journal of Distance Education* **1989**, *3*, 1.
 43. Moon, C. W.; Kim, J. H. *The Journal of Korean Association of Computer Education* **2011**, *14*, 63.
 44. Lee, S. Y.; Kim, H. J. *Journal of Management and Economics* **2021**, *43*, 115.
 45. Choi, E. J.; Choi, M. S. *Journal of Educational Technology* **2016**, *32*, 139.
 46. Suh, H. J.; Kang, M. H. *Journal of Educational Technology* **2005**, *21*, 1.
 47. Lee, S.; Han, S. *Online Teaching Strategy: Teaching Method in the Untact Era*; Jong-i and Namu: Paju, 2020.
 48. Kim, B.; Back, S. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2021**, *21*, 225.
 49. Ministry of Education. *Guidelines for Attendance, Assessment, and Recording of Online and Offline Classes Responding to COVID-19*. Press release (2021.09.06.), 2021.
 50. Schneider, R. M.; Plasman, K. *Review of Educational Research* **2011**, *81*, 530.
 51. Chang, J.; Joung, Y. J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2017**, *37*, 359.
 52. Lee, S.; Oh, Y. *The Journal of Elementary Education* **2010**, *23*, 21.
 53. Nam, H.; Kang, H.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2017**, *37*, 787.
 54. Paechter, M.; Maier, B.; Macher, D. *Computers & Education* **2010**, *54*, 222.
 55. Kim, J. Y.; Seong, S. K.; Park, J. Y.; Choi, B. S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, *22*, 757.
 56. Lee, K. *Korean Journal of Early Childhood Education* **2001**, *21*, 261.
 57. Kim, S. U.; Yang, I. H.; Lim, S. M. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education* **2020**, *13*, 317.
 58. Roblyer, M. D.; Marshall, J. C. *Journal of Research on Computing in Education* **2002**, *35*, 241.
-