creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

**저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.**

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학석사 학위논문

# 고등학생의 국제교류 STEAM 수업에 대한 사례 연구: 과학학급창의성을 중심으로

A case study on intercultural STEAM program of high school students: Focusing on Science Classroom Creativity

2022년 2월

서울대학교 대학원

과학교육과(물리전공)

김 이 슬

# 고등학생의 국제교류 STEAM 수업에 대한 사례 연구: 과학학급창의성을 중심으로

A case study on intercultural STEAM program of high school students: Focusing on Science Classroom Creativity

지도교수 송 진 웅

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2021년 12월

서울대학교 대학원
과학교육과 물리전공
김 이 슬

김이슬의 석사학위논문을 인준함
2022년 1월

위 원 장 채 승 철 (인)

부위원장 이 경 호 (인)

위 원 송 진 웅 (인)

# 초 록

협업을 통해 새로운 과학적 발견을 하는 현대 과학의 특징을 고려할 때, 과학교육에서 초점을 두어야 할 창의성은 '개인 창의성'보다는 '집단 창의성'이어야 한다. 다양한 배경을 지닌 구성원들이 교류와 협업을 하는 국제교류 수업은 과학수업에서 집단 창의성 증진에 더욱 효과적일 것이나 이에 대한 과학교육 연구는 미흡한 실정이다.

국제교류 활동이 포함된 수업은 학생들의 타문화 이해 증진에 도움이 되고, 세계 시민으로 성장할 기회를 제공한다. 또한 지리적·문화적 배경이 다른 학생들간 교류를 통해 학생들의 집단 창의성이 신장될 수 있다. 이러한 교육적 효과를 가진 국제교류 수업은 시차나 기술의 문제로 주로 비실시간 수업으로 진행됐으며, 영어 교육이나 세계 시민 교육 분야에서 제한적으로 실행되었다.

하지만 최근 온라인 수업 기술이 비약적으로 발달하면서 과학교실에서도 국제교류 활동이 이루어질 수 있는 환경이 마련되었다. 특히 2020년 이후 COVID-19로 인해 원격 수업이 필수가 되면서 ICT 도구와 교사의 원격 수업 설계 및 수행 능력은 빠른 속도로 발전하였다. 또한 파파고 등 번역 플랫폼의 정확성도 상당히 발달하여 지금은 다른 언어를 사용하는 학생들이 온라인을 통해 함께 학습하고 프로젝트를 수행하는 것은 그렇게 어려운 일이 아니며, 과학교육과 STEAM 교육의 중요한 목표 중 하나인 '창의성'을 위한 새로운 교수학습이 가능하게 되었다.

본 연구는 과학수업의 일환으로 국제교류 STEAM 수업을 개발하고 이를 한국-호주 고등학생에게 적용하여 그 효과를 과학적 창의성을 중심으로 알아보고자 하였다. 창의성은 다양한 방식으로

정의할 수 있으나, 본 연구에서는 과학교실 맥락에서 학생 수준을 반영하고 교사와 학생의 상호작용까지 고려한 과학학급창의성 모델(Hong & Song, 2020)이 적절하다고 판단하여 이를 개념적 틀로 활용하였다. 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 국제교류 STEAM 수업은 한국 학생들의 과학학급창의성에 어떤 영향을 미치는가? 둘째, 국제교류 STEAM 수업에서 나타나는 한국 학생들의 과학학급창의성은 어떤 특징이 있는가?

이를 위해 연구자는 과학교사와 함께 '에너지 제로하우스 디자인'을 주제로 국제교류 STEAM 수업을 개발하였다. 이 수업은 ZOOM과 Google Classroom, Padlet 등의 온라인 플랫폼을 활용하여 실시간 쌍방향 형태와 비실시간 형태로 병행되었다. 수업에 참여한 학생은 경기도 S고등학교 1학년 학생 25명과 시드니 H고등학교 10학년 학생 25명이었으며, 연구대상자는 한국 학생에 한정하였다. 그리고 혼합연구방법(mixed method) 중 순차적 설명 설계(sequential explanatory design)를 사용하여 양적 데이터와 질적 데이터를 차례로 수집하고 분석하였다. 양적 데이터 분석은 홍옥수(2016)의 검사도구를 수정·보완한 Revised-Science Classroom Creativity(R-SCC)를 사용해 25명의 한국 학생들을 대상으로 사전·사후 검사를 실시하고 대응 표본 t-검정을 시행하였다. 질적 데이터 분석은 수업 관찰 내용과 수업 활동 결과물, 사후 심층 면담 자료를 대상으로 했고, 이를 전사한 자료를 코딩하여 반복적 비교 분석을 실시하였다. 분석틀로는 과학학급창의성을 10개의 요소와 24개의 하위요소로 제안한 Hong & Song(2020)의 모델을 활용하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

양적 데이터 분석을 통해 국제교류 STEAM 수업 적용 후 학생들의 과학학급창의성은 유의미하게 증가하였음을 확인하였다. 과학학급창의성의 10개 요소 모두 사전 검사의 평균에 비해 사후

검사의 평균이 증가하였다. 가장 큰 변화를 보인 요소는 ‘학생 정의적 특성’으로 학생들이 국제교류 STEAM 수업을 통해 흥미와 내적 동기가 증가하였음을 알 수 있었다. 다만, ‘창의적 행동’ 요소와 ‘과학수업의 외현적 참여’, ‘과학수업 사회문화적 환경’ 요소에서는 통계적으로 유의미한 증가가 보이지 않았다.

질적 데이터 분석을 통해 국제교류 STEAM 수업에서 나타나는 과학학급창의성의 특징으로 ‘과학지식의 재구성’, ‘협력’, ‘아이디어 생성’, ‘온라인 수업 환경’, ‘국제교류 수업 환경’, ‘교사의 지지’ 여섯 가지를 추출할 수 있었다. 양적 데이터에서 확인하지 못했던 ‘협력’과 ‘아이디어 생성’을 질적 데이터로부터 발견할 수 있었다. 한편, ‘과학교사의 지지’ 요소는 양적 결과에서 큰 폭의 유의미한 증가를 보였지만, 학생 심층 면담의 결과에서는 학생들에 대한 과학교사의 지지가 미흡한 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 사용한 SSCC 척도가 자기 보고형 척도이기 때문에 지닌 한계로 볼 수 있으며, 교사와 학생의 상호작용에 관한 연구가 추가로 필요하다는 것을 시사한다.

여섯 개의 특징들 사이에서 현저하게 나타난 관계는 다음과 같다. 첫째, ‘과학지식의 재구성’과 ‘아이디어 생성’은 서로 쌍방향으로 영향을 미쳤다. 학생들은 기존의 과학지식을 바탕으로 새로운 아이디어를 창출하였으며, 이 과학지식을 산출물에 적용하고 표현하는 과정에서 더욱 재구성되었다. 둘째, 국제교류 STEAM 수업 환경인, ‘온라인 수업 환경’과 ‘국제교류 수업 환경’은 ‘아이디어를 생성’에 긍정적으로 작용했다. 온라인 수업 환경은 아이디어의 기록과 공유가 편리하여 학생들의 협력을 강화하는 한편, 학생들이 아이디어를 구체화하기에 도움이 되었다. 국제교류 수업 환경은 학생들에게 새로운 관점을 제공해 과학지식을 재구성하고 아이디어를 생성하는 것을 촉진하였다. 이는 학생들의 과학지식과 아이

디어는 사회적 상호작용과 협력을 바탕으로 구성된다는 것을 의미한다. 따라서 상호작용과 협력을 위한 수업 환경이 창의성 촉진에 큰 요인임을 나타낸다고 볼 수 있겠다. 셋째, '과학교사의 지지'의 부족은 '협력적 참여'와 '아이디어 생성'을 저해하였다. 협력과 과학지식의 이해가 어려운 모둠의 경우, 교사가 모둠의 의사소통을 장려하고 적절한 질문이나 과학지식을 제공하였다면 학생들의 창의성이 더 두드러지게 나타났을 것이다.

요약하자면, 본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업은 과학학급창의성 발현에 긍정적으로 작용하였다. 국제교류 STEAM 수업은 학생들에게 온라인 국제교류 수업 환경을 제공해 학생들의 창의적 아이디어 생성을 더욱 촉진한다. 본 연구는 STEAM 교육의 주요 목적인 창의성 증진을 위한 새로운 교수 방법으로서 국제교류 STEAM 수업을 탐색했다는 점에서 의의가 있다.

**주요어 : 국제교류 STEAM 수업, 과학학급창의성, 온라인 수업 환경, 협력적 참여, 아이디어의 생성, 과학교사의 지지.**

**학 번 : 2020-24017**

# 목 차

제1장 서론 ····· 1

1.1. 연구의 필요성 ····· 1

1.2. 연구 문제 ····· 5

1.3. 연구의 제한점 ····· 6

1.4. 용어의 정의 ····· 8

제2장 이론적 배경 ····· 10

2.1. STEAM 교육 ····· 10

2.1.1. STEAM 교육의 의미 ····· 10

2.1.2. STEAM 교육과 창의성 ····· 12

2.2. 국제교류 학습 ····· 15

2.3. 과학교실 맥락에서의 창의성 ····· 19

2.3.1. 과학적 창의성 ····· 19

2.3.2. 과학학급창의성 ····· 22

제3장 연구 방법 ····· 25

3.1. 연구 절차 및 연구 대상 ····· 25

3.1.1. 연구 절차 ····· 25
3.1.2. 연구 참여자 ····· 29
3.1.3. 연구 시기 상황 ····· 31
**3.2. 국제교류 STEAM 수업 ····· 32**
3.2.1. 국제교류 STEAM 수업 개발 ····· 32
3.2.2. 국제교류 STEAM 수업 적용 ····· 43
**3.3. 창의성 검사도구: 수정된 과학학급창의성 (R-SCC) ····· 49**
**3.4. 연구 데이터 수집 방법 ····· 60**
3.4.1. R-SCC 사전, 사후 설문지 ····· 61
3.4.2. 수업 관찰 및 수업 활동 결과물 ····· 61
3.4.3. 인터뷰(사후 심층 면담) ····· 63
**3.5. 연구 데이터 분석 방법 ····· 65**
3.5.1. 양적 데이터의 분석 ····· 65
3.5.2. 질적 데이터의 분석 ····· 66

**제4장 연구 결과 및 토의 ····· 68**
**4.1. 창의성의 양적 변화 ····· 68**
**4.2. 창의성의 질적 변화 ····· 74**
4.2.1. ‘학생 특성’ 범주 ····· 76
4.2.2. ‘과학수업 참여’ 범주 ····· 85
4.2.3. ‘창의적 행동’ 범주 ····· 92

4.2.4. ‘과학수업 환경’ 범주 ·····111
4.2.5. ‘과학교사의 지지’ 범주 ·····128

제5장 결론 ·····133
5.1. 요약 ·····133
5.2. 결론 및 시사점 ·····136
5.3. 후속 연구 과제 ·····139

참고문헌 ·····141
부록 ·····151
Abstract ·····171

# 표 목 차

[표 2-1] 과학적 창의성의 구성 요인(임성만, 2009 연구자가 재구성) ·····21

[표 3-1] 창의성과 관련된 STEAM 교육 프로그램의 선행연구 ·····33

[표 3-2] 우리나라 2015 개정 교육과정에서의 '에너지 제로하우스 디자인하기' 관련 과목과 성취기준(교육부b, 2015) ·····37

[표 3-3] 호주 국가 교육과정(Version 8.4)에서 '에너지 제로하우스 디자인하기' 관련 과목과 성취기준(ACARA, 2015) ·····38

[표 3-4] '에너지 제로하우스 디자인하기'와 관련된 STEAM 요소 ·····41

[표 3-5] 5E 교수학습모형에 따른 '에너지 제로하우스 디자인하기' 수업 계획 ·····42

[표 3-6] 국제교류 STEAM 수업 적용 세부 일정 ·····43

[표 3-7] 과학학급창의성 검사도구의 수정 사항 ·····50

[표 3-8] R-SCC의 '과학수업 환경' 범주 문항 세부 내용 ····51

[표 3-9] R-SCC의 '학생 특성' 범주 문항 세부 내용 ·····52

[표 3-10] R-SCC의 '창의적 행동' 범주 문항 세부 내용 ····55

[표 3-11] R-SCC의 '과학수업 참여' 범주 문항 세부 내용 ····56

[표 3-12] R-SCC의 '과학교사의 지지' 범주 문항 세부 내용 56

[표 3-13] R-SCC의 서술형 문항의 세부 내용 ·····57
[표 3-14] R-SCC의 문항 구성과 범주별 Cronbach α ·····58
[표 3-15] R-SCC의 요소별 Cronbach α ·····59
[표 3-16] 연구 절차와 데이터 수집 방법 ·····60
[표 3-17] 반구조화 면담 질문 예시 ·····64
[표 3-18] 본 연구에서 수집한 데이터의 종류와 그에 따른 분석 방법 ·····65
[표 4-1] 범주별 R-SCC 응답에 대한 대응표본 t-검정 결과 (N=25) ·····69
[표 4-2] 요소별 R-SCC 응답에 대한 대응표본 t-검정 결과 (N=25) ·····71
[표 4-3] 모둠별 상호작용 형태와 그 특징 ·····86
[표 4-4] 모둠이 최종산출물에 표현한 아이디어 내용과 관련 과학 지식 ·····94

# 그 림 목 차

[그림 2-1] 창의적 설계의 융합과정(백윤수 등, 2011 p.59) ·····13

[그림 2-2] STEAM 교육의 교수학습준거(박현주 등, 2012, p.21) 14

[그림 2-3] 문화간 온라인 학습 모형(↔: 상호작용) (Chen, Hsu & Caropreso, 2006) ·····16

[그림 2-4] 5E 교수학습모형(Chu, Martin, & Park, 2019) ·····18

[그림 2-5] 과학적 창의성 모델 (박종원, 2011) ·····20

[그림 2-6] 과학적 구조 창의성 모형 (Hu & Adey, 2002) ·····20

[그림 2-7] 과학학급창의성 구성요소 모델(Hong & Song, 2020) 24

[그림 3-1] 연구 절차 ·····26

[그림 3-2] 본 연구의 혼합연구방법(순차적 설명 설계) ·····28

[그림 3-3] 국제교류 STEAM 수업 개발 과정 및 세부내용 ·····32

[그림 3-4] 통합과학 교과서에 제시된 '에너지 제로하우스 구상하기' 활동 예시(동아 출판사 p.268-269) ·····35

[그림 3-5] STEAM 교수학습 준거에 해당하는 수업 내용 ·····41

[그림 3-6] 1차시에서 활용한 한국 TV 예능 프로그램: 나의 판타집 ·····44

[그림 3-7] 실험탐구 활동 장면(위: 전도 관련 실험, 아래: 채광 관련 실험) ·····45

[그림 3-8] 자신의 나라 건축물을 서로 소개하는 4차시 수업 장면 ····· 46

[그림 3-9] 원하는 학교 건물 디자인 의뢰 주고받기 활동 결과물 예 (왼쪽: 한국 학생들이 원하는 학교, 오른쪽: 호주 학생들이 원하는 학교) ····· 46

[그림 3-10] Floor planner를 이용한 학교 디자인 산출물(한국 학생 2조의 디자인) ····· 47

[그림 3-11] Padlet에서 학생들이 산출물과 댓글을 공유하는 장면 ····· 48

[그림 3-12] 모둠 최종산출물 발표 장면(6조) ····· 48

[그림 3-13] K고등학교 SCC 척도 프로파일(위: 1학년, 아래: 2학년) ····· 54

[그림 3-14] 학생들의 수업 활동 결과물이 Google Classroom에 제출된 장면 ····· 62

[그림 3-15] 면담자료를 반복적 비교 분석법으로 분석한 예 ····· 68

[그림 4-1] R-SCC 사전·사후검사 결과 비교(5개 범주) ····· 70

[그림 4-2] R-SCC 사전·사후검사 결과 비교(10개 요소) ····· 70

[그림 4-3] 질적 데이터로부터 도출한 과학학급창의성 발현의 특징 ····· 75

[그림 4-4] 2-A 학생의 사전 개념도(좌), 사후 개념도(우) ····· 82

[그림 4-5] ‘학생 특성’ 범주에서 나타난 과학학급창의성의 특징 ····· 84

[그림 4-6] 5조의 최종 산출물 ·····90

[그림 4-7] 6-B 학생이 면담 과정에서 보여준 그림을 연구자가 다시 재구성함 ·····96

[그림 4-8] 6조의 최종 산출물 ·····97

[그림 4-9] 4조의 최종 산출물 ·····98

[그림 4-10] 1조 최종 산출물 (밑줄은 연구자가 표시) ·····100

[그림 4-11] ‘창의적 행동’ 범주에서 나타난 과학학급창의성의 특징 ·····110

[그림 4-12] 1-B 학생이 Google Slide에 작성한 글(좌), Padlet에 작성한 댓글(우) ·····117

[그림 4-13] 온라인 수업 환경이 과학학급창의성에 미친 긍정적 영향 ·····121

[그림 4-14] 국제교류 수업 환경이 과학학급창의성에 미친 긍정적 영향 ·····127

[그림 4-15] 과학교사의 지지가 과학학급창의성에 미칠 수 있는 영향 ·····132

[그림 5-1] 국제교류 STEAM 수업에 참여한 학생들의 과학학급창의성 특징의 주요 관계 ·····136

# 부 록 목 차

[부록 1] IRB 승인문서 ·····151
[부록 2] 연구 참여자용 설명서 및 동의서 (학생용) ·····152
[부록 3] R-SCC 설문지 ·····156
[부록 4] 한국-호주 교육과정 분석 ·····160
[부록 5] 국제교류 STEAM 수업 지도안(Unit schedule) ·····166
[부록 6] 국제교류 STEAM 수업 활동지(worksheet) 일부 ·····169

# 제1장 서론

## 1.1. 연구의 필요성

국제교류 활동이 포함된 수업은 지리적·문화적 배경이 다른 학생들과 교류를 하므로 문화간 이해의 폭을 넓히고, 세계 시민으로의 성장을 돕는다(Wang, 2011; 양나리 등, 2018). 또한 다양한 배경의 학생들 사이의 의사소통과 협력을 하기 때문에 학생들의 창의성이 더욱 신장 될 수 있다(Diehl & Stroebe, 1991; Dunne, 2017; 송윤숙과 이경화, 2015). 이러한 교육적 효과를 가진 국제교류 수업은 국내에서도 꾸준히 시도되어왔다. 대표적인 사례가 2013년 하반기에 교육부에서 진행한 국제교류 협력학습 프로젝트이다. 문화교류 맥락 차원에서 실시된 해당 프로젝트는 10개의 시범학교를 통해 추진되어 학교 현장에 국제교류 수업이 정착되는 방안을 도모하였다(이종연 등, 2014). 그러나 국제교류 수업은 시차나 기술의 문제로 주로 비실시간 수업으로 이루어지거나, 영어교육이나 세계 시민 교육 분야에서 제한적으로 실행되었다(이종연 등, 2014). 특히 과학 교육에서는 거의 연구되지 못하고 있다.

하지만 최근 온라인 수업 기술이 비약적으로 발달하면서 과학교실에서도 국제교류 활동이 이루어질 수 있는 환경이 마련되었다. 특히 2020년 이후 COVID-19로 인해 원격 수업이 필수가 되면서 ICT 도구와 교사의 원격 수업 설계 및 수행 능력은 빠른 속도로 발전하였다(권성연, 2020; 이지연 등, 2020). 또한 파파고 등 번역 플랫폼의 정확성도 상당히 발달하여(윤여범, 2020), 이제 다양한 배경을 가진 학생들이 온라인을 통해 함께 학습하고 프로젝트를 수행하는 것이 그렇게 어려운 일이 아니며, 과학교육의 중요한 목표 중 하나인 '창의성'을 위한 새로운 교수학습이 가능한 시점이 되었다.

그렇다면 창의성을 위한 국제교류 과학 수업은 어떤 관점에서 접근해야 할까? 본 연구는 국제교류 STEAM 수업(intercultural STEAM classes)에 주목하였다. 이는 기존의 STEAM 수업에 국제교류 활동

(intercultural activities)이 융합된 형태의 수업으로, 사회적 구성주의(social constructivism)를 기반으로 한다(Chu, Martin, & Park, 2019). 국제교류 STEAM 수업은 다른 문화권의 학생들과 상호작용을 강조하며, 이를 통해 과학 개념을 구성하고 문화적 이해를 신장하는 것을 목표로 둔다. 또한 STEAM 교육의 주된 목표인 '창의성'에 초점을 둔 수업 형태이다.

우리나라의 STEAM 교육은 '융합인재교육'이라 불리며(예: 백윤수 등, 2011), 과학기술 및 인문사회 그리고 예술 분야까지 통합적인 교수학습활동을 강조한다(송진웅과 나지연, 2014). 미국에서의 STEM 교육과 달리 STEM에 Arts를 포함하여 창의성과 혁신을 특히 강조한다(심재호 등, 2015). 여기서 Arts는 단지 예술만을 의미하는 것이 아니라 인문 교양(Liberal Arts)을 포함하는 훨씬 넓은 의미의 영역이다(임유나, 2012). 국제교류 활동은 사회문화적 이해에 초점을 맞춰 Arts에 해당한다고 볼 수도 있다. 그러나 본 연구에서는 국제교류 활동을 Arts에 국한되지 않고 STEAM의 각 요소에 융합된다고 판단하였다. 예를 들어 국제교류 활동을 통해 학생들이 수학·과학 등의 개념을 구성하는 수업이나 창의적 산출물을 제작하는 것이 있다. 따라서 본 연구는 국제교류 활동이 포함된 STEAM 수업을 기존의 STEAM 수업과 차별점이 있다고 보았다.

또한, 창의성 증진의 측면에서 국제교류 과학 수업의 형태로는'국제교류 STEAM 수업'이 적절하다고 판단하였다. 현대 과학의 발견은 주로 협력집단에서 이루어지므로 집단에서 발생하는 창의성을 이해해야 하며(Simonton, 2004), 따라서 우리나라 과학교육 분야에서도 개인 창의성 이외의 '참여형 융합인재(김왕동, 2012)'와 같은 집단창의성을 기르기 위한 노력이 필요하다(송진웅과 나지연, 2014). 국제교류 활동은 특히, 서로 다른 배경을 지닌 집단 구성원들의 상호작용을 강조하므로 아이디어를 공유하고 소통하는 창의적 과정을 더욱 풍부하게 만들어낼 수 있다(UNESCO, 2001). 따라서 본 연구는 국제교류 STEAM 수업이 집단 창의성을 신장하는 데에 더욱 효과적일 것이라고 판단하였다.

한편, 과학교육에서 관심을 두어야 할 창의성은 과학적 창의성이며, 과학 수업이라는 맥락 속에서 전개되고 개발해야 한다(송진웅과 나지연, 2014). 창의성은 영역 보편적이기보다는 영역 특수적이라는 견해가 지배적이며(예: Ambile, 1989; Csikszentmihalyi, 1999), 특히 과학적 창의성은 다른 영역과 구별되는 특징이 있음을 보이는 연구들이 많다(예: Hu & Adey, 2002; Simonton, 2004; 강정하 & 최인수, 2008; 박종원, 2011). 임성만 등(2009)은 과학적 창의성의 구성요소 중 정의적 요소는 일반적 창의성과 별다른 차이는 보이지 않으나, 인지적 요소에서는 '과학적 지식, 과학 탐구 과정 요소, 문제 발견력, 문제 해결력'이 일반적 창의성과 구별된다고 주장하였다. 따라서 과학 교실 맥락에서의 창의성은 과학 영역의 특수성을 반영할 필요가 있다.

또한 과학교실에서 학생에게 발현되는 창의성은 학생 수준을 고려해야 한다. 즉, 전문가 수준의 창의성이 아니라, 교사, 가족, 친구 등에게 인정받는 일상수준의 little-c(작은 창의성)이나, 개인이 스스로 판단하여 인정하는 mini-c(미니 창의성)과 같은 수준을 반영해야 한다(Kaufman & Beghetto, 2009). 또한 이를 교육이나 훈련을 통해 계발할 수 있도록 해야 한다(조연순, 2012; 홍옥수, 2016).

그리고 과학교실 안에서 학생들이 발현하는 창의성을 사회문화적 접근으로 바라볼 필요가 있다. 이 접근은 창의성이 출현하는 맥락적(contextual)인 관점을 강조하며, 개인이 집단이나 사회와의 상호작용을 하는 과정에서 출현하는 새롭고 가치가 있는 아이디어나 행위에 주목한다 (Csikszentmihalyi, 1999; Sawyer, 2006). 과학교실 안에서 발현되는 창의성은 학생 사이의 상호작용, 학생과 교사 사이의 상호작용, 과학교실 환경 등이 하나의 요인으로 작용할 수 있기에 이러한 접근으로 고려할 필요가 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 국제교류 STEAM 수업 맥락에서 학생들에게 발현되는 창의성을 Hong & Song(2020)의 '과학학급창의성(Science Classroom Creativity)' 모델을 개념적 틀로 삼았다. 과학학급창의성은 과학교실 맥락에서 학생 수준의 창의성을 과학교사와 학생

의 상호작용, 과학교실 환경 요소까지 고려하여 사회문화적 접근으로 창의성을 개념화한 것으로, 이를 구성하는 요소는 크게 5개의 범주로, 10개의 요소와 24개의 하위요소가 있다.

본 연구에서는 과학수업의 일환으로 국제교류 STEAM 수업을 개발하고 한국-호주 고등학생에게 적용한 뒤, 수업을 통해 나타난 효과를 과학학급창의성을 중심으로 알아보았다. 한국과 호주는 시차가 1-2시간으로 적은 편에 속해 두 국가의 학생들이 동시에 온라인으로 수업을 진행할 수 있어 국제교류 STEAM 수업을 적용하기가 매우 적합하다. 또한 한국의 2015 개정 교육과정은 핵심역량[1] 중 하나로 '창의적 사고 역량'을 제시하며 이를"다. 폭넓은 기초 지식을 바탕으로 다양한 전문 분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는" 역량으로 정의하였다(교육부, 2015a). 호주의 국가교육과정에서는 일반 역량(general capability) 중 하나로 비판적 및 창의적 사고(critical and creativity thinking)을 제시하고 있다(ACARA, 2015). 두 국가 모두 국가 수준 교육과정에서 창의성을 강조하고 있어, 과학교육에서 창의성 증진을 위한 국제교류 STEAM 수업을 과학수업 맥락에 적용하기가 적절다고 판단하였다. 이와 같은 배경에서 한국-호주 학생들을 대상으로 국제교류 STEAM 수업을 수행하고 연구를 추진하였지만 COVID-19 상황으로 인해 한국 학생만을 대상으로 연구 데이터를 수집하였다.

이를 바탕으로 한국-호주 고등학생들의 국제교류 STEAM 수업이 한국 학생들의 과학학급창의성에 어떠한 영향을 미치고, 창의성이 나타나는 구체적인 사례를 찾아 그 특징을 분석하였다.

---

1) 2015 개정 교육과정에서 제시한 핵심역량은 총 6개로, '자기관리 역량, 지식정보처리 역량, 창의적 사고 역량, 심미적 감성 역량, 의사소통 역량, 공동체 역량' 이다.

## 1.2. 연구 문제

본 연구의 목적은 과학학급창의성 함양을 목표로 국제교류 STEAM 수업을 개발하고 적용하여, 이 수업이 학생들의 과학학급창의성에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하는 데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

(1) 국제교류 STEAM 수업은 학생의 과학학급창의성에 어떤 영향을 미치는가?

(2) 국제교류 STEAM 수업에서 나타나는 학생의 과학학급창의성은 어떤 특징이 있는가?

## 1.3. 연구의 제한점

이 연구는 국제교류 활동이 포함된 STEAM 수업을 받은, 경기도에 위치한 고등학교의 한 학급의 학생들을 대상으로 설문지 투여와 수업 관찰 및 개별 면담한 것을 바탕으로 한다.

이 연구는 다음과 같은 측면에서 제한점을 지닌다.

첫째, 이 연구는 사례연구로, 경기도 지역의 1개 고등학교 학생 25명만을 대상으로 진행하였다. 소수의 학생을 대상으로 관찰하였다는 점에서 모든 고등학교 학생들에게 연구에서 도출한 결론을 적용하기 어려울 수 있다. 따라서 일반화하는 데에는 한계가 있을 수 있다. 그러나 영재학급이나 과학동아리 등의 학생들을 대상으로 한 것이 아니라, 일반 인문계 고등학교의 한 학급 전체 학생을 대상으로 하여 그러한 한계점을 줄이고자 하였다.

본 연구는 한 학급의 학생들만을 대상으로 하였지만, 관찰과 면담을 통해서 연구참여자의 경험과 생각을 보다 심층적으로 이해할 수 있었다. 이 연구는 혼합연구방법(mixed method)을 사용하여, 양적 데이터가 반영하지 못하는 연구참여자의 개인적 특징과 경험 등을 파악하여 연구 결과의 의미를 한층 더 심도 있게 분석하였다.

둘째, 이 연구는 에너지 제로하우스 디자인이라는 특정 주제를 적용한 연구이다. 본 연구의 연구 결과를 다른 주제의 STEAM 수업까지로 일반화는 어려울 수 있다. 그러나 연구에서 개발 및 적용한 교육프로그램은 고등학교 1학년이면 모두가 배우는 통합과학 교과의 탐구 활동을 수정 및 보완한 것이며, STEAM의 교수학습 준거에 따라 개발된 것이다. 따라서 해당 연구를 위한 수업 개발을 참고하면 유사한 교수학습 전략이 현장에 충분히 적용할 수 있을 것으로 예상한다. 즉, 학교 현장에서 일어날 수 없는 특수 사례라고 볼 수 없다.

셋째, 연구의 특성상 통제집단을 설정하기 어려워 비교집단 없이 실험집단 학생들의 변화 양상만을 비교하였다. 그래서 연구 결과에

History나 Maturation과 같은 타당도를 위협하는 다른 요소들이 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 그러나 5주의 비교적 짧은 처치 기간이므로 이러한 영향은 매우 적을 것으로 예상한다.

넷째, 수업 적용은 5주에 걸쳐 8차시 동안 진행되어 수업 처치의 기간이 비교적 짧았다. 그리하여 교육의 효과인 과학학급창의성을 관찰하기에는 처치의 시간이 부족했을 수 있다. 그러나 수업 전후 설문지와 같은 양적 데이터만 수집한 것이 아니라, 수업 관찰과 사후 심층 면담 등의 질적 데이터도 수집해 풍부한 데이터를 바탕으로 결론을 도출하였으므로 교육의 효과를 충분히 관찰할 수 있었다.

다섯째, 교육프로그램의 효과는 STEAM 교육과 창의성에 대한 교사의 이해 정도에 따라 달라질 수 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 현장 교사, 과학교육 전문가와 함께 교육프로그램을 개발하였으며 연구의 목적과 관점에 대해 충분한 논의를 거쳤다. 이를 통해 연구자와 수업을 실시하는 교사가 이해하는 창의성에 대한 관점의 차이를 최대한 좁히려고 하였다.

## 1.4. 용어의 정의

(1)STEAM 교육

2011년 교육부는 교육과 과학기술의 융합 시너지를 활용한 과학기술 인재 양성을 목표로 초·중등 수준에서 'STEAM 교육 강화'정책을 발표하면서 도입된 것으로 융합인재교육 또는 STEAM 교육이라고 한다. STEAM은 Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics의 각 첫 글자를 딴 것으로서, 미국에서 시작된 STEM 교육에 예술을 의미하는 Arts를 추가한 용어이다. 여기서 Arts는 단지 예술만을 의미하는 것이 아니라 인문교양(Liberal Arts)을 포함하는 훨씬 넓은 의미의 영역이다(임유나, 2012). 즉, STEAM 교육은 STEAM 교육에서 더 나아가 창의성과 혁신 그리고 예술 또는 디자인을 강조한다(심재호 등, 2015).

이 논문에서는 STEAM 교육의 유래와 의미에 기반하여 '과학기술과 관련된 다양한 분야에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이기 위해 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 등을 융합한 내용을 통해 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 역량을 기르는 교육'으로 정의한다.

(2) 국제교류 수업

국제교류 수업은 cross-cultural learning(Chen, Hsu & Caropreso, 2006; Yamazaki & Kayes, 2004) intercultural learning(Bennett, 2009), Collaborative Online International Learning(COIL)(Rubin & Guth, 2015)이나 국제교류 협력학습(이종연 등, 2014), 온라인 국제교류 순환학습(양나리 등, 2018), 온라인 국제교류 협력학습(박상훈, 2018), 원격화상협력학습(송윤숙, 이경화, 2015)등 여러 가지 용어로 불린다. 본 연구에서는 국제교류 활동에 중점을 두고 온라인 수업과는 구분짓기 위해 '국제교류 수업(intercultural classes)'으로 일컫고자 한다.

국제교류 수업의 정의는 이종연 등(2014)의 연구를 참고하여 'ICT

를 기반으로 언어적, 문화적으로 이질적인 학습자와 교사가 공동의 과제에 능동적으로 참여함으로써 지식과 정보를 교환하고, 상호이해를 도모하며, 협력적으로 지식을 탐구하고 구성하는 과정'으로 정의하고자 한다.

### (3) 국제교류 STEAM 수업

기존의 STEAM 수업에 국제교류 활동(intercultural activities)이 융합된 형태의 수업를 국제교류 STEAM 수업(intercultral STEAM program)이라고 일컫는다(Chu, Martin, & Park, 2019). 협동 학습 및 학생 상호작용을 강조하는 사회적 구성주의(social constructivism)와 상황 학습(situated learning)이 이론적 프레임워크를 가지고 있으며 다른 문화권의 학생들과 상호작용을 통해 과학 개념을 구성하고 문화적 이해를 신장하는 것이 목표이다.

### (4) 과학학급창의성

과학 교실 맥락에서 발현되는 학생들의 창의성, 과학 교실에서 개별적으로 또는 집단적으로 학습하는 학생들이 표현하는 창의성을 과학학급창의성(Science Classroom Creativity)이라고 일컫는다(Hong & Song, 2020). 이는 과학교실 맥락에서 학생 수준의 창의성을 과학교사와 학생의 상호작용, 과학교실 환경 요소까지 고려한 통합적 접근으로 창의성을 바라본다. Hong & Song(2020)은 과학학급창의성의 요소는 크게 5개의 범주로, 10개의 요소와 24개의 하위요소를 제안하였다. 이를 참조하여 본 연구에서는 과학학급창의성을'과학 교실에서 개별적으로 또는 집단적으로 학습하는 학생들이 과학교사와 과학수업 환경의 영향을 받아 과학수업 참여를 통해 창의적 행동을 하는 것과 관련된 속성'으로 정의하고자 한다.

# 제2장 이론적 배경

## 2.1. STEAM 교육

### 2.1.1. STEAM 교육의 의미

현재 우리나라의 교육에는 2022 개정 교육과정, 2025년 고교학점제 전면 도입, 2028 대입 개편, 인공지능과 관련된 교과목 도입, 교원양성 체제 개편 등 교육 분야에서 새로운 이슈들이 매일같이 쏟아지고 있다. 우리 교육은 '지식기반에서 역량기반으로'의 구조적 패러다임 전환을 맞이하고 있기 때문이다. 그리고 그 배경에는 인공지능(AI), Big Data 등 정보기술의 비약적인 발전과 기후 변화나 COVID-19와 같은 초국가적 위기 상황이 만들어 낸 미래의 불확실성 등이 자리 잡고 있다. 이러한 시대적 환경 속에서 급속한 사회 변화에 대해 유연하고 효과적으로 대응할 줄 알며 창의적이고 도전적인 태도를 지닌 인재 양성은 시급한 교육적 과제이다(송진웅 외, 2019; 교육부, 2021. 04).

이에 대해 교육부는 2022 개정 교육과정의 추진 과제 중 하나로 '역량 및 주제 통합적 관점'에서의 교수학습을 제안하고 있다(교육부, 2021. 04). 예컨대 실생활 맥락과 소재를 활용하여 체험과 응용을 제공하는 주제 중심 융합수업인 융합선택과목과 창의적 체험활동(예: 진로탐구 활동(가칭))등이 있다. 하지만, 역량 중심 교육을 위해 융합수업을 장려하는 현상은 최근에서야 일어난 것이 아니다. 우리나라 과학교육은 2011년 교육부가 'STEAM 교육 강화' 정책을 발표한 이후 과학 교실 내에서의 융합인재교육(STEAM 교육)을 강조해왔다. 또한 다양한 교육 지원 사업이 한국과학창의재단을 중심으로 하여 수행되어 왔으며(문공주 외, 2017), 관련 STEAM 교육 연구 역시 활발하게 진행되어왔다.

1990년대 미국에서 과학 및 기술 분야의 인재를 확보하기 위해 관련 학문의 융합과 실천을 강조하면서 등장한 STEM 교육은 과학

(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics)의 약칭이다. 우리나라의 STEAM 교육은 미국에서의 STEM 교육과 달리 STEM에 Arts를 포함하여 창의성과 혁신을 강조해 학생들의 수학 및 과학에 대한 태도 증진에 중점을 두고 있다(심재호 등, 2015). 여기서 Arts는 단지 예술만을 의미하는 것이 아니라 인문교양(Liberal Arts)을 포함하는 훨씬 넓은 의미의 영역이다(임유나, 2012). 우리나라에서의 융합인재교육에 Arts 요소가 포함된 이유는 다음과 같은 배경에 기인한 것이다. 우리나라의 학생들은 PISA와 TIMSS와 같은 국제학업성취도 결과에서 세계적으로 상위 수준을 지속해서 유지하는 반면, 하위 성취수준의 비율이 꾸준히 증가하고 있으며 정의적 요인(자신감, 흥미, 즐거움 등)은 국제 평균에 크게 미치지 못하는 극히 낮은 수준으로 나타났다(구자옥 등, 2017; 조성민 등, 2019; 교육부 보도자료, 2020.12.08.). 이에 대한 하나의 해결 방안으로 감성적 체험, 소통, 배려의 개념이 강조된 STEAM 교육이 적극적으로 과학교육에 도입된 것이다(박현주 등, 2016). 다시 말해, STEAM 교육이란 STEM 교육에서 더 나아가 인문ㆍ예술(Arts)까지 융합된 교육 방안으로 인문학적 소양과 예술적 감성을 중시하는 형태로, 학생들의 창의성과 혁신을 강조한 것이다(심재호 등, 2015). 한국과학창의재단에서는 STEAM 교육은 “과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 과학기술 기반의 융합적 사고력과 실생활 문제해결력을 함양하기 위한 교육”으로 정의하고 있다.

한편, 2015 개정 교육과정에서 ‘추구하는 인간상’중 하나로 ‘나. 기초 능력의 바탕 위에 다양한 발상과 도전으로 새로운 것을 창출하는 창의적인 사람’를 제시하였다(교육부, 2015a). 또한, 초ㆍ중학교에는 ‘통합단원’이, 고등학교에는 ‘통합과학’이 도입되어 좀 더 구체화된 STEAM 교육 방향을 제시하였다(송진웅과 나지연, 2015). 특히, 통합과학은 역량 교육 측면에서 적절한 성격의 교과로 평가받고 있으며, 학생들이 참여하는 수업 형태로 바꾸어 나가는 데에 도움이 되는 것으로 나타났다(곽영순과 신영준, 2021). 또한 통합과학 교과서는 STEAM을

구성하는 교과 요소가 반영된 별도의 '창의·융합활동'자료를 명시적으로 제시하고 있어 STEAM 교수학습을 촉진하는 역할을 하고 있다(김현섭과 정수, 2019). 정리하면, 2015 개정 교육과정에서 추구하는 역량 중심 교육과정은 2011년부터 교육부와 창의재단에서 장려해온 STEAM 교육과 그 목적과 방법에서 일맥상통하다고 할 수 있다. 또한 2022 개정 교육과정에서 도입하고자 하는 융합선택과목과도 그 결이 같다.

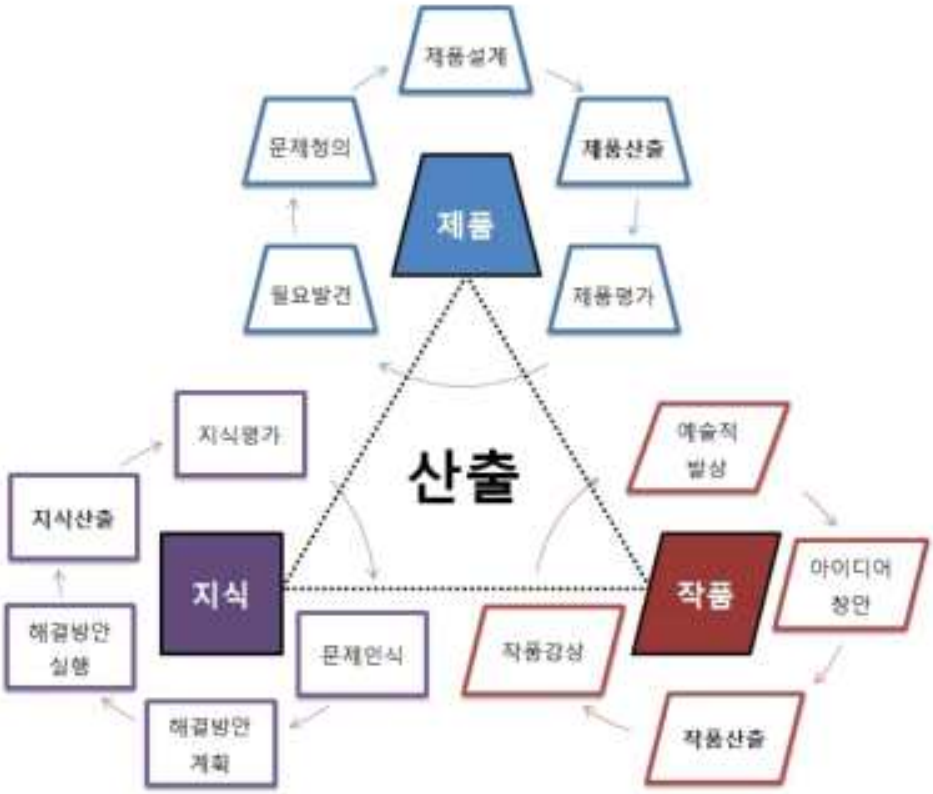
이 논문에서는 STEAM 교육의 유래와 의미에 기반하여 "과학기술과 관련된 다양한 분야에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이기 위해 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 등을 융합한 내용을 통해 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 역량을 기르는 교육'으로 정의한다.

### 2.1.2. STEAM 교육과 창의성

STEAM 교육은 학생들의 과학기술에 대한 흥미와 이해를 과학기술 기반의 융합적 사고력과 실생활 문제해결력 함양을 목적으로 하고 있다. 급변하는 사회에 대응하기 위해서는 지식 기반이 아닌 역량 기반의 교육이 필요하며, 융합적이고 창의적인 사고를 하는 인재 육성이 필요하다. 이에 대한 방안으로 STEAM 교육이 대두되고 있으며 이는 기존의 지식 중심 교육과는 다른 방식이다. 본 연구는 창의성 증진을 위한 STEAM 교육에 대한 사례연구로서, 창의성과 관련된 STEAM 교육에 관한 선행연구를 검토하고 정리하고자 한다.

박현주 등(2012)과 백윤수 등(2011)는 STEAM 수업의 준거틀로 '창의적 설계(Creative Design)', '감성적 체험(Emotional Touch)', '내용 융·통합'을 제안하였다. 여기서 창의적 설계란 학습자들이 주어진 상황에서 지식(knowledge), 제품(products), 작품(artworks) 등과 같은 산출물을 구성하기 위해 창의성, 효율성, 경제성, 심미성 등을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정이다. 지식 산출과 제품 산출, 작품 산출의 과정은 서로 배타적인 개별적 과정이 아니며 [그림 2-1]과 같이 상보적이며 융합적인 과정이다. 창의적 설계는 창의적 사고과정이 필요하며 최종산물을 만드는 과정과

같은 보다 실질적인 체험을 수반한다. 또한 학습자에게 창의적이며 독창적인 접근을 장려하고 반성적 과정을 통해 학습하는 것을 강조한다.




[그림 2-1] 창의적 설계의 융합과정(백윤수 등, 2011 p.59)

‘감성적 체험’은 학습과정에서 학생들이 느끼는 흥미와 몰입, 성취의 기쁨과 실패의 가치를 경험하는 것을 의미한다. ‘내용 융·통합’은 두 개 이상의 교과 내용이 유기적으로 통합되는 것을 의미하는 것으로 간학문적 접근 방식이 가장 효율적인 통합 방법이 될 수 있다(박현주 등, 2012).

이러한 연구의 결과를 바탕으로 한국과학창의재단은 STEAM 교육의 교수학습 준거로 ‘상황 제시’, ‘창의적 설계’, ‘감성적 체험’ 3가지를 제안하고 있다([그림 2-2][2] 참고). 따라서 우리나라에서 추구하는 STEAM 교육은 학습자가 창의적 사고를 하고 창의적 산출물을 설계

2) 출처: kofac.re.kr

하는 것을 중점으로 두고 있다고 할 수 있다.

[그림 2-2] STEAM 교육의 교수학습준거(박현주 등, 2012, p.21)

백윤수 등(2011)은 한국형 융합인재교육의 유형으로 4C-STEAM 교육을 제안하였다. 4C는 STEAM 교육에서 추구하는 핵심역량으로 융합적 지식 및 개념 형성(Convergence), 창의성(Creativity)을 가지고 다른 사람과의 소통(Communication)과 배려(Caring)를 일컫는다. '융합적 지식 및 개념 형성'은 여러 학문 분야의 영역을 넘나들며 지식과 개념을 융합적으로 형성하는 것을 말한다. 즉, 미래 사회를 대비하기 위해서는 기존의 수직적 깊이를 추구하는 교육보다는 수평적 융합을 도모해야 함을 뜻한다(심재호 등, 2015). '소통'과 '배려'는 STEAM 교육을 통해 학생들의 정서적 성장을 도모한다는 취지가 깔려있다. 한편, 백윤수 등(2011)은'창의성'을 STEAM 교육에서 강조해야하는 역량으로 주장하며, 창의력, 문제해결력, 문제확인능력, 정보수집능력, 정보분석능력, 의사결정능력, 평가능력 등의 요소를 포함한다고 밝혔다. 이공계 학문과 인문학 및 예술을 융합하여 교육한다면 혁신적이고 아이디어를 자극할 수 있을 것이라고 제언하였다.

국내 STEAM 교육에 관한 연구들은 백윤수 등(2011)이 제안한 네 개의 역량 중 '창의성' 효과에 가장 높은 관심이 있는 것으로 나타났다(김영홍과 김진수, 2017). STEAM 교육이 창의성 향상에 긍정적인 효과를 보인다는 몇 가지 연구 결과를 제시하면 다음과 같다. 김권숙과 최선영(2012)은 STEAM 프로그램을 이용한 영재수업이 창의적 문제해결력 요소 중 '다양한 문제 제안하기'와 '해결책 생각하기'영역에 긍정적인 효과가 있음을 밝힌 바 있다. 이시예와 이형철(2013)도 STEAM을 적용한 과학수업이 초등학생의 창의성 향상에 유의미한 효과가 있었다고 주장한다. 이석진 등(2017)은 STEAM 교육과 관련된 논문을 메타분석하여 융합인재교육(STEAM)이 창의력 향상에 효과가 있음을 밝혀냈다.

## 2.2. 국제교류 학습

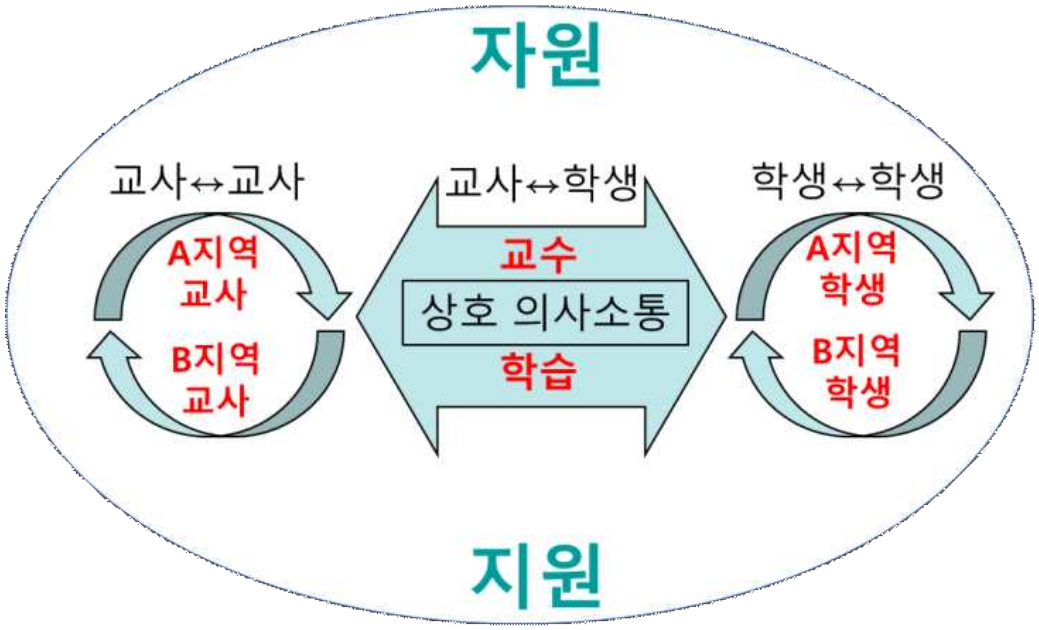
구성주의자들은 학습이 사회적 상호작용의 맥락에서 이루어진다고 생각한다. 개인이 지식을 구성하는 것은 개인의 사전 경험과 유능한 사람들과의 언어적 대화 및 사회·문화적 상호작용이 조합을 이뤄지므로(Jonassen, et al., 2003; Vygostsky & Cole, 1978), 학습이 발생하는 맥락(context)과 학습 환경(learning environment)은 매우 중요하다고 할 수 있다. 최근 학습 환경은 4차 산업혁명과 인공지능 등 기술의 발전으로 인해 급격한 변화가 일어났다. 대표적인 예로 온라인 공간을 배경으로 하는 칸아카데미(Khan Academy), MOOC(Massive Open Online Course), 미네르바스쿨(Minerva school) 등을 들 수 있다. 이는 기존의 학습 환경을 시공간 제약으로부터 초월하게 하였을 뿐만이 아니라, 세계를 한 문화권으로 연결해준다는 점에 특징이 있다(박상훈, 2018).

이 뿐만이 아니라, 첨단 ICT 기술을 활용하면 인종, 역사, 종교 등의 사회문화적 배경과 언어적 배경이 서로 다른 학생들이 자유롭게 상호작용을 토대로 하는 협력 수업이 가능해졌다. 이러한 형태의 수업은

cross-cultural learning(Chen, Hsu & Caropreso, 2006; Yamazaki & Kayes, 2004) intercultural learning(Bennett, 2009), Collaborative Online International Learning(Rubin & Guth, 2015)이나 국제교류 협력학습(이종연 등, 2014), 온라인 국제교류 순환학습(양나리 등, 2018), 온라인 국제교류 협력학습(박상훈, 2018), 원격화상협력학습(송윤숙과

이경화, 2015)등 여러 가지 용어로 불린다. 이종연 등(2014)은 '온라인 국제교류 협력학습'으로 일컫으며 "첨단 ICT를 기반으로 언어적, 문화적으로 이질적인 학습자, 교사, 전문가와 공동의 과제에 능동적으로 참여함으로써 지식과 정보를 교환하고, 상호이해를 도모하며, 협력적으로 지식을 탐구하고 구성하는 과정"이라고 정의하였다.

Chen, Hsu & Caropreso(2006)은 이러한 형태의 수업을 'cross-cultural online learning(문화간 온라인 학습)'이라고 부르며 교사의 역할과 환경, 상호작용하는 활동을 강조한 교수학습모형을 제안하였다([그림 2-3] 참고).




[그림 2-3] 문화간 온라인 학습 모형(↔: 상호작용) (Chen, Hsu & Caropreso, 2006)

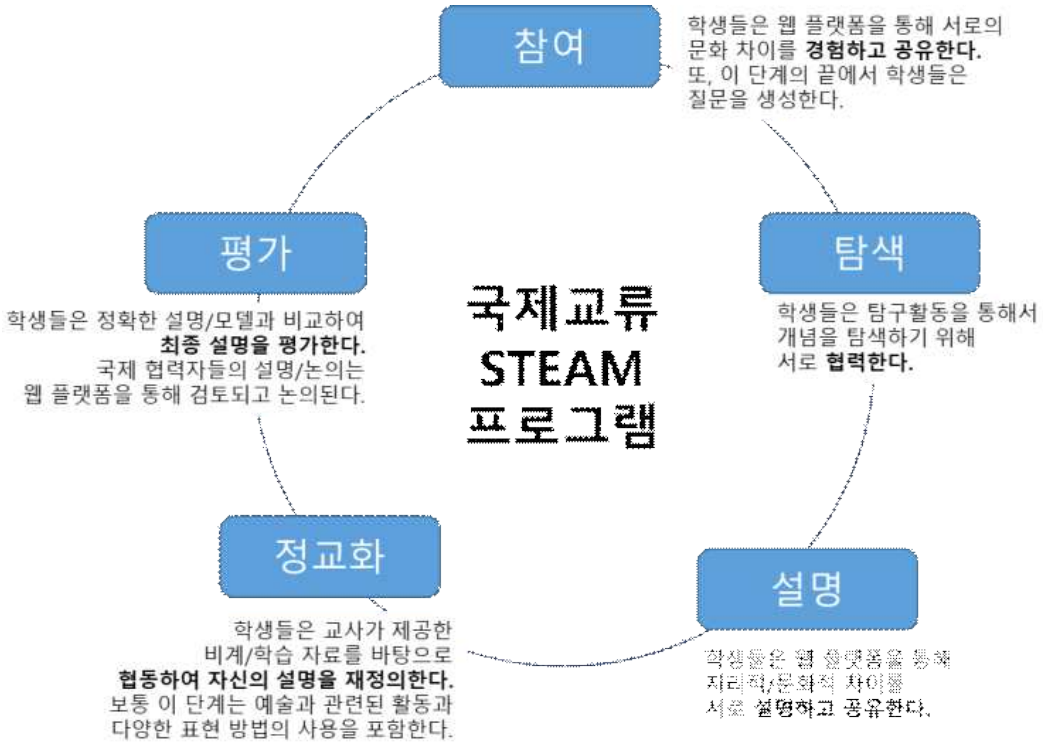
Chen, Hsu & Caropreso(2006)은 문화간 협력 수업을 위한 온라인 수업 환경에서는 기술, 학습, 사회적 세 가지 지원 시스템(support systems)을 구축해야 한다고 제안하였다. 기술 지원 시스템(technical support system)은 기술 교육 워크샵 등을 제공하거나, 학습자, 교사들이 도움을 요청하고 주고 받을 수 'Technical S.O.S' 등을 제공하는 것을 뜻한다. 학습 지원 시스템(Learning support system)은 적절한 학습 자료, 교사의 지도 및 지원, 문화적 맥락에서 학습 과제나 내용을 이해하는 것을 도와줄 수 있는 전문가나 동료 등을 포함한다. 사회 지원 시스템(social support system)은 학습자가 지식, 감정, 경험, 가치 및 목표를 공유하는 것을 편안하도록 느끼도록 오리엔테이션, 워크숍 등을 제공하는 것을 말한다. 그룹의 규범, 협업을 중요하게 여기도록 하고 그룹 구성원 간의 상호작용을 장려하여 여러 관점과 해결책을 얻도록 한다. 이를 위해 온라인 소셜 포럼이나 게시판, 커뮤니티 달력 등을 만들어 사회적 상호작용을 위한 기회를 제공한다.

이 연구자들은 자원(resource) 역시 적절히 제공되어야 한다고 주장하였다. 언어/의사소통 자원, 문화/맥락 자원, 학습내용 자원이 필요함을 제안하였으며, 이로부터 학습자는 다른 학습자의 문화에 대한 지식을 습득하기 용이하며, 도구를 사용하여 의사소통과 협업을 수월하게 할 수 있다고 하였다. 언어/의사소통 자원은 매일 의사소통에 영어를 사용하지 않는 학습자에게는 문화간 온라인 학습에서 언어가 장애물이 될 수 있다(Chen et al., 2005). 이러한 언어적 문제를 해결해야 쌍방향 의사소통과 사회적 상호작용을 촉진하고 협업과 지식의 공동 구축이 가능해진다. 유용한 도구로는 온라인 사전, 번역기, 동의어 사전 등이 있다. 문화/맥락 자원은 일반적으로 사용되는 문화 관련 지식 자료로, 온라인 백과사전이나 가상 문화 박물관, 법이나 정책, 자주 묻는 질문(FAQ), 일반적으로 사용되는 약어나 관용구 표현등이 포함될 수 있다. 학습 내용 자원: 학생들이 공부를 하고 계획하는 데 도움이 되는 주제, 지식, 학습맵, 온라인 자습서, 응용 소프트웨어 등과 같은 자원을 말한다.

박상훈(2018)은 온라인 국제교류 협력학습 형태를 실시간과 비실시

간 형태로 나누고 구성주의 기반으로 PPIE(Plan-Preparation-Interaction-Evaluation) 수업 설계모형을 제시하였다. 온라인 국제교류 협력학습의 특징으로, '학생, 교사, 전문가 간의 상호작용'과 '교과와 비교과 지식을 습득하고 교환'하며 '첨단 ICT와 인터넷 활용'으로 꼽았다.

Chu, Martin, & Park(2019)은 문화간 STEAM 수업(Intercultural STEAM Program)에 대해 학습자가 자신이 가지고 있던 기존 개념 위에 새로운 개념을 구축하거나 구성한다는 공동 구성주의적 접근법에 기초한 교수학습모형 5E 모형을 제시하였다. 여기서 교사의 역할은 새로운 사고 패턴을 촉진하기 위해 문제를 설정하고 학생들의 탐구를 안내한다. 그 과정에서 학습자가 지식을 구성하고 집단 창의력을 길러낸다.




[그림 2-4] 5E 교수학습모형(Chu, Martin, & Park, 2019)

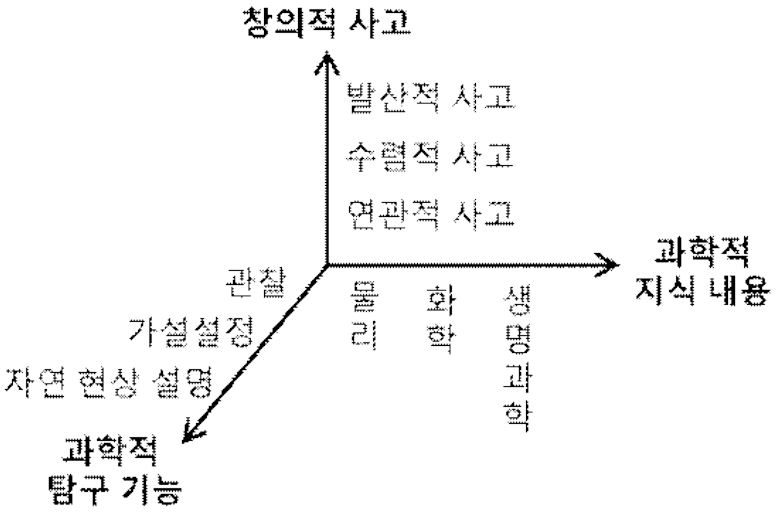
## 2.3. 과학교실 맥락에서의 창의성

### 2.3.1. 과학적 창의성

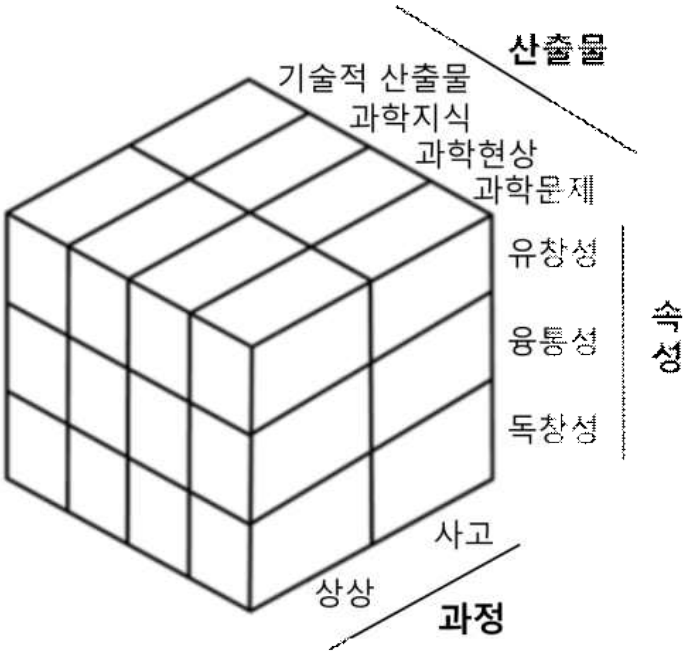
Renzulli(1984)와 Torrance(1965) 등을 비롯한 많은 학자들이 창의성 요소를 유창성, 유연성, 독창성, 그리고 정교성 등으로 주장하였다. 그러나 과학 창의성은 이러한 요소만으로 설명하기 부족한 면이 있다. 즉, 창의성은 영역 의존적이며(Ambile & Gryskiewicz, 1989; Csikszentmihalyi, 1999), 특히 과학적 창의성만이 가지는 구별되는 특징이 있다(Hu & Adey, 2002; Simonton, 2004; 강정하 & 최인수, 2008; 박종원, 2011).

임성만 등(2009)는 과학적 창의성을 주목한 연구들을 분석하여 과학적 창의성의 구성요소를 정의적 요소, 인지적 요소, 환경적 요소로 구분하였다. 정의적 요소는 과학적 태도, 자율성, 동기부여 등을 말하며 환경적 요소는 학습 환경 등에 해당하며, 이는 일반적 창의성의 구성 요소와 별다른 차이는 보이지 않는다. 그러나 인지적 요소는 일반적 창의성과 구별되는 요소로 과학적 지식, 과학 탐구 과정 요소, 문제 발견력, 문제 해결력이 있다고 임성만 등(2009)은 주장하였다. 박종원(2004, 2011)은 창의적 사고, 과학지식, 과학적 탐구기능으로 구성된 과학적 창의성 모델을 제안하고 수업 활동자료를 개발하였다([그림 2-5] 참고). Hu & Adey(2002)는 특성, 과정 및 산출물로 구성된 과학적 창의성 구조 모델(A Scientific Creativity Structure Model, SCSM)을 제안하고 이를 기반으로 평가 문항을 개발하였다. 산출물에 과학지식이 포함되어 있으며, 과정은 사고력과 상상력으로 구성되어 있다([그림 2-7] 참고).

[표 2-1]에 나타낸 바와 같이 여러 선행연구에서 밝힌 과학창의성의 구성요인는 명확히 합의된 바가 없다. 그러나 공통적으로 과학적 창의성에는 인지적 요인가 유의한 특징인 것으로 나타났다(윤희정 등, 2015; 임성만 등, 2009). Amabile & & Gryskiewicz(1989)이 제안한 창의성의 한 요인인 영역관련 기능은 특정 영역에 대한 특성, 지식




[그림 2-5] 과학적 창의성 모델 (박종원, 2011)




[그림 2-6] 과학적 구조 창의성 모형 (Hu & Adey, 2002)

등을 의미하며, 여기에는 전공분야에 대한 지식이 포함된다. 특정 분야에 대해 확고한 지식이 전제되지 않은 상태에서 새로운 아이디어를 생성하는 것이 불가능하기 때문이다(Sternberg & Lubart, 1991). 창의성 발현 과정에서 지식의 역할은 정보와 관련된 복합적인 반응이 요구되는 문제를 해결할 때 더욱 중요해진다(Feldhusen, 1995). 즉 과학지식이나 논리적 사고력 등과 같은 인지적 요인가 과학적 창의성에서 두드러진 요인으로 볼 수 있겠다.

| 연구자 | 과학적 창의성의 구성 요인 |
|---|---|
| Hu & Adey (2002) | 산출물(기술적 산출물 과학지식, 과학현상, 과학문제), 속성(유창성, 융통성, 독창성), 과정(사고력, 상상력) |
| Mohamed (2006) | 유창성, 융통성, 독창성, 문제발견, 문제해결 |
| 박종석과 김민정 (2003) | 융통성, 유창성, 독창성, 정교성, 과학 문제 해결력과 과학 상상력 |
| 박종원 (2004, 2011) | 창의적 사고, 과학지식, 과학적 탐구기능<br>창의적 사고의 구성요소: 발산적 사고(유창성, 융통성, 비관습적 사고), 수렴적 사고(통합성, 정합성, 단순성), 연관적 사고와 독창성, 정교성, 가치 |
| 임성만 등 (2009) | 정의적 요소, 인지적 요소, 환경적 요소 |
| 조연순과 최경희 (2000) | 과학의 내용지식, 과정지식, 창의적 사고 기능 |
| Adolf (1982) | 가설설정, 실험설계, 관찰 및 자료수집 기술, 결과해석, 결론도출 |
| 홍옥수(2016), Hong & Song(2020) | 학생 특성(인지적 특성, 정의적 특성), 과학수업 참여(내현적 참여, 외현적 참여), 창의적 행동(개인의 행동, 집단의 행동), 과학교사의 지지(인지적 지지, 정서적 지지), 과하구업 환경(물리적 환경, 사회문화적 환경) |

[표 2-1] 과학적 창의성의 구성 요인(임성만, 2009 연구자가 재구성)

과학적 창의성에서 창의적 사고가 과학지식과 상호작용하는 것이 중

요하지만, 이때 과학지식만이 강조되선 안된다. 지나친 전문적 배경 지식이 오히려 사고의 범위를 좁히고 사고를 관습적으로 제한할 수 있기 때문이다. 박종원(2004)은 과학적 창의성은 창의적 사고만으로 발현될 수 없으며, 과학지식 내용과 과학적 탐구기능이 함께 사용되기 때문에 과학지식과 과학적 창의성의 관계에 대해 고찰하였다. 이에 바탕으로 박종원(2011)은 과학적 창의성을 위한 사고, 과학지식 내용, 과학적 탐구기능의 3요소 구성된 인지적 측면에서의 과학적 창의성 모델을 제안하였으며 11개의 과학적 창의성의 하위 요소를 제안하였다.

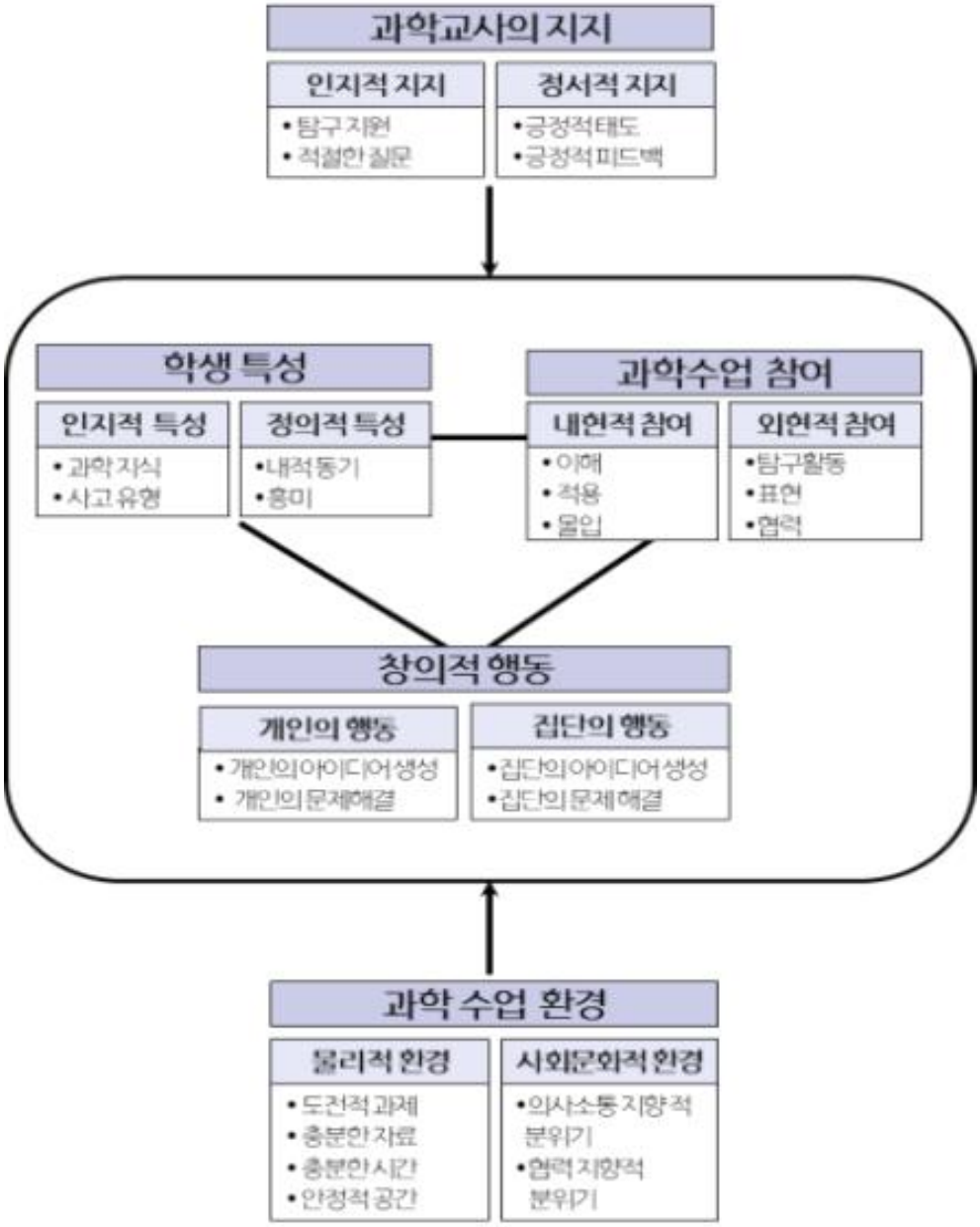
### 2.3.2. 과학학급창의성

현대의 과학적 발견은 과거와 달리, 소수의 위대한 개인에 의한 통찰력이 아니라 실험실과 대학에서 사회적 상호작용을 통해 주로 발생한다(Simoton, 2004). 즉, 과학적 창의성은 개인이 아니라 그룹에서 발생한다. 오늘날의 과학은 여러 사람의 긴밀한 협력 활동에서부터 비롯되며 이를 통해 나오는 창의적인 통찰력에서 완성된다. 즉, 과학적 창의성은 심리적 · 사회적 과정이며, 이를 설명하기 위해서는 학제 간 접근이 필요하다(Sawyer, 2011). 따라서 과학적 창의성은 더 개인적 특성이나 능력의 산물이 아닌 사회, 문화적 맥락 속에서 생성되고 산출되는 결과물로 인식(이선영, 2014)해야 하며, '개인주의적' 관점을 넘어 '사회문화적 관점 ' 에서 창의성이 발현되는 다양한 맥락의 특성(context)을 반영하여 창의성을 이해하고 평가해야 한다(홍옥수, 2016). 즉, 그리고 과학교실 안에서 학생들의 창의성이 출현하는 맥락적(contextual)인 관점을 강조하며, 개인이 집단이나 사회와의 상호작용을 하는 과정에서 출현하는 새롭고 가치가 있는 아이디어나 행위에 주목할 필요가 있다(Plucker & Beghetto, 2004; Csikszentmihalyi, 1996; Sawyer, 2011). 과학교실 안에서 발현되는 창의성은 학생 사이의 상호작용, 학생과 교사 사이의 상호작용, 과학교실 환경 등이 하나의 요인으로 작용할 수 있기에 이러한 접근으로 해석해야 한다.

또한 Kaufman & Beghetto(2009)는 창의성의 수준은 네 가지 구분

하여 4C 모델을 주장하였다. big-c(큰 창의성)은 특정 분야에 위대한 업적을 남긴 인물들과 관련된 전문적 창의성을, pro-c(전문적 창의성)은 특정 분야에서 전문가로 인정받을 수 있는 창의성을, little-c(작은 창의성)은 교사, 가족, 친구 등에게 인정받는 일상수준의 창의성을, mini-c(미니 창의성)은 개인적·잠재적인 창의성을 뜻한다. mini-c는 개인 내적 판단에 의한 것으로 다른 사람으로부터 인정이나 평가에 의존하지 않는다. 또한 mini-c는 little-c나 big-c의 기원이 되며 더 나아가 pro-c까지 도달할 수 있다. 따라서 교실에서 고려해야 하는 학생들의 창의성 수준은 일상적인 수준의 little-c나 mini-c이며, 이를 교육이나 훈련을 통해 계발될 수 있도록 해야한다(조연순, 2012; 홍옥수, 2016).

이와 같은 배경에서 홍옥수(2016)과 Hong & Song(2020)은 과학교육 맥락에서 '학급'을 하나의 집단으로 보고 학급 수준의 집단 창의성, '과학학급창의성(Sceince Classroom Creativity)'구성 요소 모델을 제안하였다. 과학학급창의성은 [그림 2-7]와 같이 5개의 범주와 10개의 요소(학생집단의 인지적 특성, 학생집단의 정의적 특성, 과학수업 내현적 참여, 과학수업 외현적 참여, 과학수업 물리적 환경, 과학수업 사회문화적 환경, 과학교사의 인지적 지지, 과학교사의 정서적 지지, 개인의 창의적 행동, 집단의 창의적 경험), 24개의 하위요소로 구성되어 있다.




[그림 2-7] 과학학급창의성 구성요소 모델(Hong & Song, 2020)

# 제3장 연구 방법

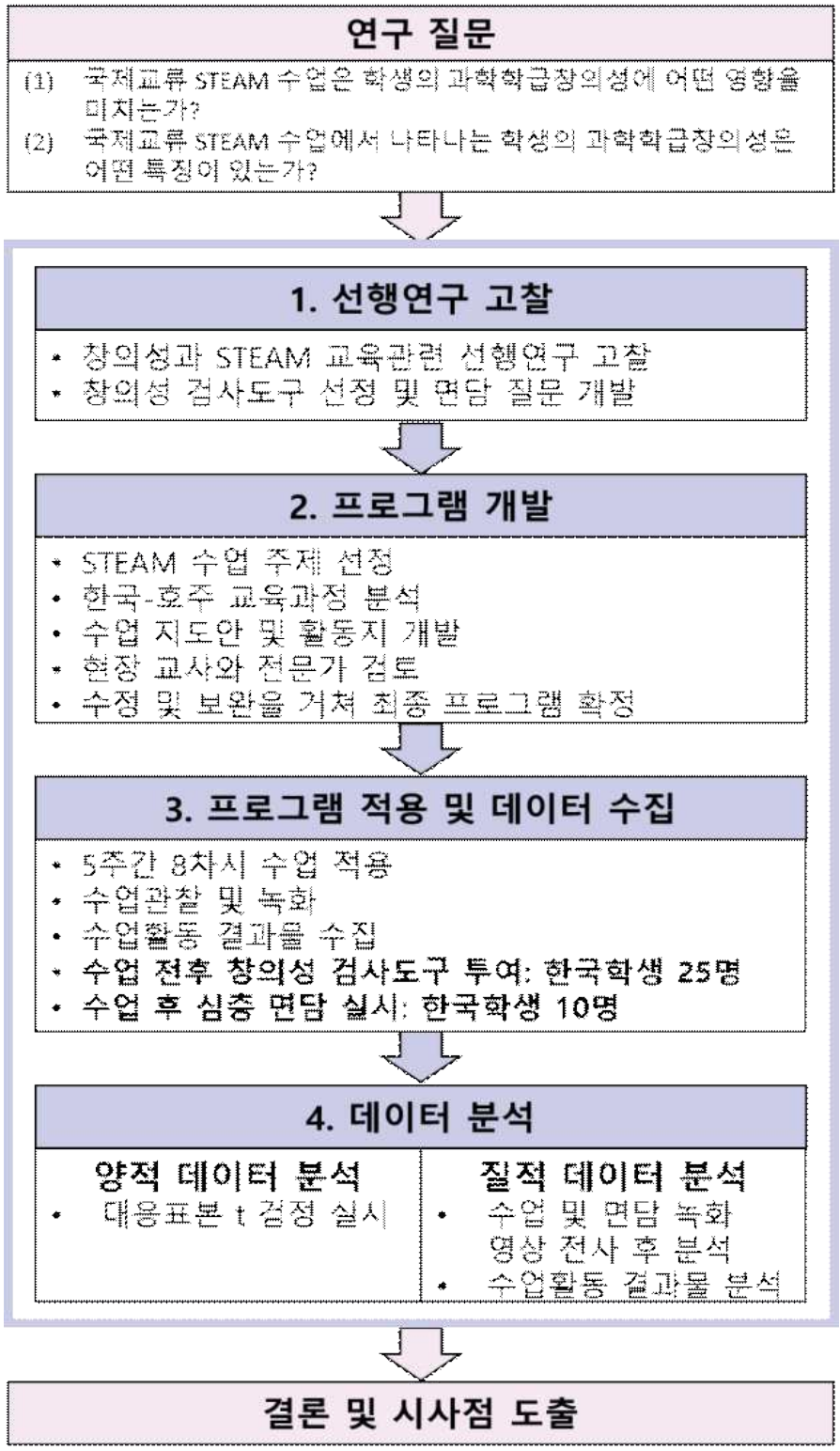
## 3.1. 연구 절차 및 연구 대상

### 3.1.1. 연구 절차

본 연구에서는 과학 수업 맥락에서 국제교류 STEAM 수업을 개발하고 고등학교 학생에 적용하여, 이 수업 적용 후 학생들의 창의성이 어떻게 나타나며 어떠한 특징이 나타났는지를 알아보기 위하여 [그림 3-1]과 같은 절차에 따라 연구를 진행하였다.

첫째, 선행연구를 고찰하였다. 과학 수업의 일환으로 국제교류 STEAM을 학교 교실에서 진행할 때 어떤 주제가 적합할지, 어떤 요소가 포함되어야 하는지에 대해 선행연구를 분석하였다. 또한 국제교류 STEAM 수업 전과 후 학생 집단의 과학창의성 변화의 특성을 알아보기 위한 창의성 검사지를 탐색하였다. 학생의 창의성을 검사하는 도구로 여러 가지가 있으나, 그 중 홍옥수(2016)가 개발한 과학학급창의성 설문지(Science Classroom Creativity Questionnaire: SCC)는 학생의 수준과 학급을 고려하고 과학 교육 맥락을 반영한 것이기에 본 연구에 적합하다고 판단하였다. 이 검사지는 9개의 요소로 구분되는 5점 리커트 척도의 49개의 문항으로 구성되어 있으며, 요소별 내적합치도는 .874에서 .936 범위의 값으로 내적 일관성 신뢰도가 높았다(홍옥수, 2016). 이 설문의 문항을 본 연구에 적합하도록 수정 및 보완을 하여 이를 R-SCC(Revised Science Classroom Creativity Questionnaire)로 이름을 붙여 사용하였다. 또한 이 검사도구를 보완할 수 있는 면담 질문을 개발하였다.

둘째, 국제교류 STEAM 수업 프로그램을 개발하였다. 본 연구의 연구 참여자인 한국 고등학교 과학교사 1명 그리고 과학전문가 1인과 함께 총 8차시의 국제교류 STEAM 수업 프로그램을 개발하였다.


연구 질문
(1) 국제교류 STEAM 수업은 학생의 과학학급창의성에 어떤 영향을 미치는가?
(2) 국제교류 STEAM 수업에서 나타나는 학생의 과학학급창의성은 어떤 특징이 있는가?
1. 선행연구 고찰
• 창의성과 STEAM 교육관련 선행연구 고찰
• 창의성 검사도구 선정 및 면담 질문 개발
2. 프로그램 개발
• STEAM 수업 주제 선정
• 한국-호주 교육과정 분석
• 수업 지도안 및 활동지 개발
• 현장 교사와 전문가 검토
• 수정 및 보완을 거쳐 최종 프로그램 확정
3. 프로그램 적용 및 데이터 수집
• 5주간 8차시 수업 적용
• 수업관찰 및 녹화
• 수업활동 결과물 수집
• 수업 전후 창의성 검사도구 투여: 한국학생 25명
• 수업 후 심층 면담 실시: 한국학생 10명
4. 데이터 분석
양적 데이터 분석
• 대응표본 t 검정 실시
질적 데이터 분석
• 수업 및 면담 녹화 영상 전사 후 분석
• 수업활동 결과물 분석
결론 및 시사점 도출

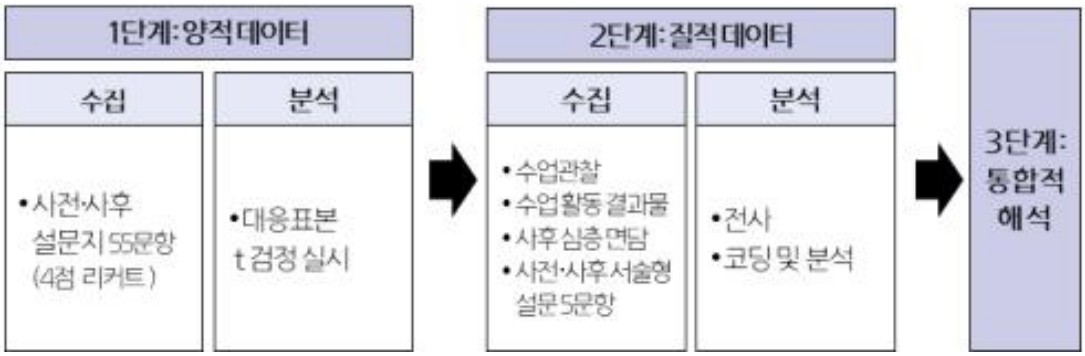
[그림 3-1] 연구 절차

수업의 주제는 국제사회의 이슈인 '에너지'로 결정하였으며 구체적으로 '에너지 제로하우스 디자인하기'로 설정하였다. 그 다음, 이 주제에 대해 한국과 호주의 교육과정을 분석하여 1학년 고등학생에게 적절한 수준으로 설계하였다. 그리고 한국과학창의재단(2019)에서 STEAM 교수학습 준거로 제시한, '상황 제시(Context), 창의적 설계(Creative Design), 감성적 체험(Emotional Touch)'에 따라 수업지도안(unit schedule) 및 학생 활동지(worksheet)를 개발하였다. 1차 개발된 수업지도안 등은 과학교육 전공 박사과정 4인과 석사과정 1인과 세미나를 하여 검토를 받아 2차안을 개발하였다. 마지막으로 함께 수업을 진행하게 될 호주의 고등학교 과학교사 2인이 내용의 타당도와 구성, 수업 내용 등을 검토하였다. 이러한 세 차례의 피드백 과정과 수정·보완을 거쳐 최종 수업 프로그램을 완성하였다.

셋째, 국제교류 STEAM 프로그램을 한국-호주 학생들에게 적용하였다. 연구 참여자로 안양시에 있는 S 고등학교와 시드니에 있는 H 고등학교에서 한 학급씩 모집하였다. 2020년 11~12월, 수업 적용 계획에 따라 8차시 수업을 적용하였다. COVID-19 상황으로 인하여 호주의 참여 학급(25명)은 수업 전체에 참여하기 어려워 4차시만 참여하였으나, 나머지 차시에서는 Padlet(온라인 게시판)에 수업결과 활동물이나 댓글을 업로드하여 비실시간으로 참여하였다. 이에 따라 호주 학생들은 관찰 대상에서 제외하였다. 수업 적용 전, 후에 한국의 연구 참여자 25명을 대상으로 R-SCC 검사지를 투여하여 양적 데이터를 수집하였고, 수업을 진행하는 중에는 수업 장면 녹화, 학생들의 수업 활동 결과물 등의 질적 데이터를 수집하였다. 수업이 모두 종료된 후에는 사전에 검사한 창의성 검사 결과와 수업 활동 결과물을 토대로 10명의 한국 학생을 대상으로 심층 면담을 진행하여 질적 자료를 수집하였다. 이처럼 다양한 유형의 데이터를 수집하고 분석해 데이터의 신뢰도와 타당도를 확보하고자 하였다(Creswell, 2014).

넷째, 양적 데이터를 수집·분석한 후, 질적 데이터를 수집하고 분석하여 이를 통합하여 결과를 해석하였다. 본 연구는 데이터의 수집 및 분

석, 결론 도출 과정에 Creswell et al.(2003)이 제안한 혼합연구방법(mixed methods research) 중 순차적 설명 설계(sequential explanatory design)를 사용하였다. 순차적 설명 설계는 [그림 3-2]와 같이 1단계에서 양적 데이터를 수집 및 분석하고, 2단계에서 1단계 수집 자료의 결과 분석을 조금 더 정교하게 만들거나 설명하기 위해 질적 데이터를 수집하여 활용해 마지막 3단계에서 통합적인 해석을 한다(Creswell & Creswell, 2017; 김미숙, 2006; 이현철 등, 2013). 이러한 연구 방법은 연구 문제에 대한 양적 이해와 질적 이해를 모두 가능하게 하는데, 대체로 양적 결과는 일반적인 추세와 관계를 제시하는 반면, 질적 결과는 개인들의 관점을 상세하게 제공하여 자료의 두 가지 형식이 서로 다른 통찰을 제공하기 때문에 연구 문제를 다양한 각도와 다양한 관점에서 보는 것에 도움을 준다(Creswell, 2014; 이현철 등, 2013). 본 연구는 연구참여자의 숫자가 25명으로 비교적 적은 편에 속하기 때문에 양적 결과의 유의미성 해석에 주의를 기울여야 한다. 따라서 질적 데이터를 추가로 수집하고 활용하여 양적 자료의 통계적 결과를 연구참여자의 시각에서 연구참여자의 구체적인 생각과 경험을 토대로 더욱 심도 있게 탐색하였다. 즉, 양적 데이터로부터 국제교류 STEAM 수업을 통한 창의성 발현 여부를 분석한 후, 유의미한 결유의미하지 않더라도 질적 데이터로부터 특성을 확인 이에 대한 구체적인 발현 사례를 질적 데이터로부터 확인하여 그 특징을 도출하였다.




[그림 3-2] 본 연구의 혼합연구방법(순차적 설명 설계)

양적 데이터는 R-SCC의 55문항(4점 리커트 척도)을 이용하여 수업 전과 수업 후에 수집하였다. 질적 데이터는 수업 전과 수업 후에 실시한 서술형 문항 5개의 설문지, 수업 관찰 녹화 영상, 수업 활동 결과물, 사후 심층 면담 녹화 영상이다. 양적 데이터는 SPSS(ver. 24)를 이용하여 대응 표본 t 검정을 실행하여 분석하였고, 질적 데이터 중 녹화 영상은 모두 전사하여 코딩 과정을 거쳐 분석하였다. 이후 양적 데이터와 질적 데이터의 통합적인 해석을 통해 데이터의 신뢰도를 확보하였다.

연구의 전 과정에서 과학교육과 교수 1인과 과학교육과 박사과정생 1인이 함께 참여하여 결과 해석의 타당도와 신뢰도를 확보하였다.

### 3.1.2. 연구 참여자

본 연구는 안양시 소재 S 고등학교 1학년 한 학급의 학생 25명을 대상으로 진행되었다. S 고등학교는 남자고등학교로 경기도에서 서울대를 비롯한 유명 대학교에 진학율이 높을 정도로 학생 대부분이 학업 수준이 높은 편이었다. 이공계 진학율은 2021년 기준 전체 학생에서 약 85%에 해당할 정도로 학생들은 과학에 관심이 많은 편이었다. 그리하여 S고등학교의 학생들은 학교 내 학생평가(중간고사, 기말고사 등)에 몰두하는 경향이 있었으며, 과학교사들은 강의식 수업을 선호하며 실험탐구 활동이나 프로젝트 활동을 잘 수행하지 않는 편이었다.

연구를 위한 수업을 맡은 L교사는 물리교육을 전공한 6년차 과학교사로 연구 참여 학생들의 담임 교사이다. 석사 학위 소지자이며 다양한 교수학습방법에 관심이 많은 편이다. COVID-19 상황으로 온라인 수업이 장기화되자, 연구에 참여한 교사와 학생들은 ZOOM을 사용하는 실시간 쌍방향 수업을 오랫동안 하고 있었다. 또한 Google Classroom을 이용하여 교사가 배부한 과제를 학생들이 수행하고, 다시 피드백을 받는 등 비동시적 상호작용도 활발히 하는 상태였다. L교사는 COVID-19 상황으로 비롯한 온라인 수업환경을 적극적으로 활용하기 위해 구글 에듀케이터(Google for Education Certified Educator) Level 1을 취득하

기도 하였다. 새로운 수업을 구상하고 수행하는 데에 열정이 있으며 본 연구에 호의적으로 참여하였다. L교사는 고등학교 2~3학년 대상인 물리학 I 또는 물리학 II가 아닌, 1학년 과목인 통합과학 과목에서 STEAM 수업을 진행하는 것에 대해 매우 긍정적으로 생각하였다. 통합과학은 진로과목인 물리학 I이나 물리학 II와 달리, 실생활 맥락과 과학을 연결하는 내용이며 융합적 접근을 띠고 있으므로 STEAM 수업을 적용하기가 용이하고, 그 목적에 부합한다고 생각하였다.

L교사는 직접 수업 주제와 내용, 방법을 개발하였으며 연구자와 사전에 논의하였다. 이후 호주의 과학교사와 과학교육 전문가 2인의 검토를 받아 수업지도안을 최종적으로 확정하였다.

본 연구는 수집한 개인 정보는 식별을 위해 코드화한 후 그 즉시 삭제하였다. 보통의 질적 연구에서는 학생들에게 가명을 사용하여 익명성을 보장하지만, 가명을 사용하는 대신 학생들에게 모둠 번호와 알파벳을 부여하였다. 각 모둠의 조장 학생은 알파벳 A를 부여하였으며, 나머지 학생들은 B~E에서 차례대로 임의의 알파벳을 부여하였다. 예를 들어 1 모둠의 조장 학생은 '1-A'을, 나머지 학생들은 '1-B', '1-C' 등의 코드를 부여하였다.

이 연구에 대해 서울대 연구윤리위원심의위원회(IRB)에 승인을 받았으며([부록 1] 참고), 연구에 참여한 교사가 담임으로 있는 학급이 연구 대상이었으며, 연구에 앞서 학교 기관장(교장)의 허락을 구했다. 또한 국제교류 STEAM 수업을 진행하기 전 학부모와 학생들에게 연구 내용과 진행에 대해 자세한 정보를 제공하고 수업 녹화, 설문지 작성, 심층 면담 및 녹화 등에 대한 동의를 구했다. 해당 학급의 학생 수는 27명이었으며 전원이 연구 참여에 동의하여 수업을 진행하고 관찰하였다. 그러나 2명의 학생은 사후 설문에 참여하지 않았다. 따라서 본 연구의 전 과정에 참여한 학생 수는 25명이었다. 사후 면담에 동의한 학생들 중 수업 참여도가 높거나, 사전·사후 설문에서의 특이사항이 두드러지게 나타난 학생 10명이 수업 후 심층 면담에 참여하였다. 연구 결과 중 양적 데이터에 25명의 데이터를 모두 사용하여 분석하였으며, 질적 데이터는

양적 데이터 분석 결과를 바탕으로 심층 면담에 참여한 10명의 학생을 중심으로 분석을 진행하였다.

### 3.1.3. 연구 시기 상황

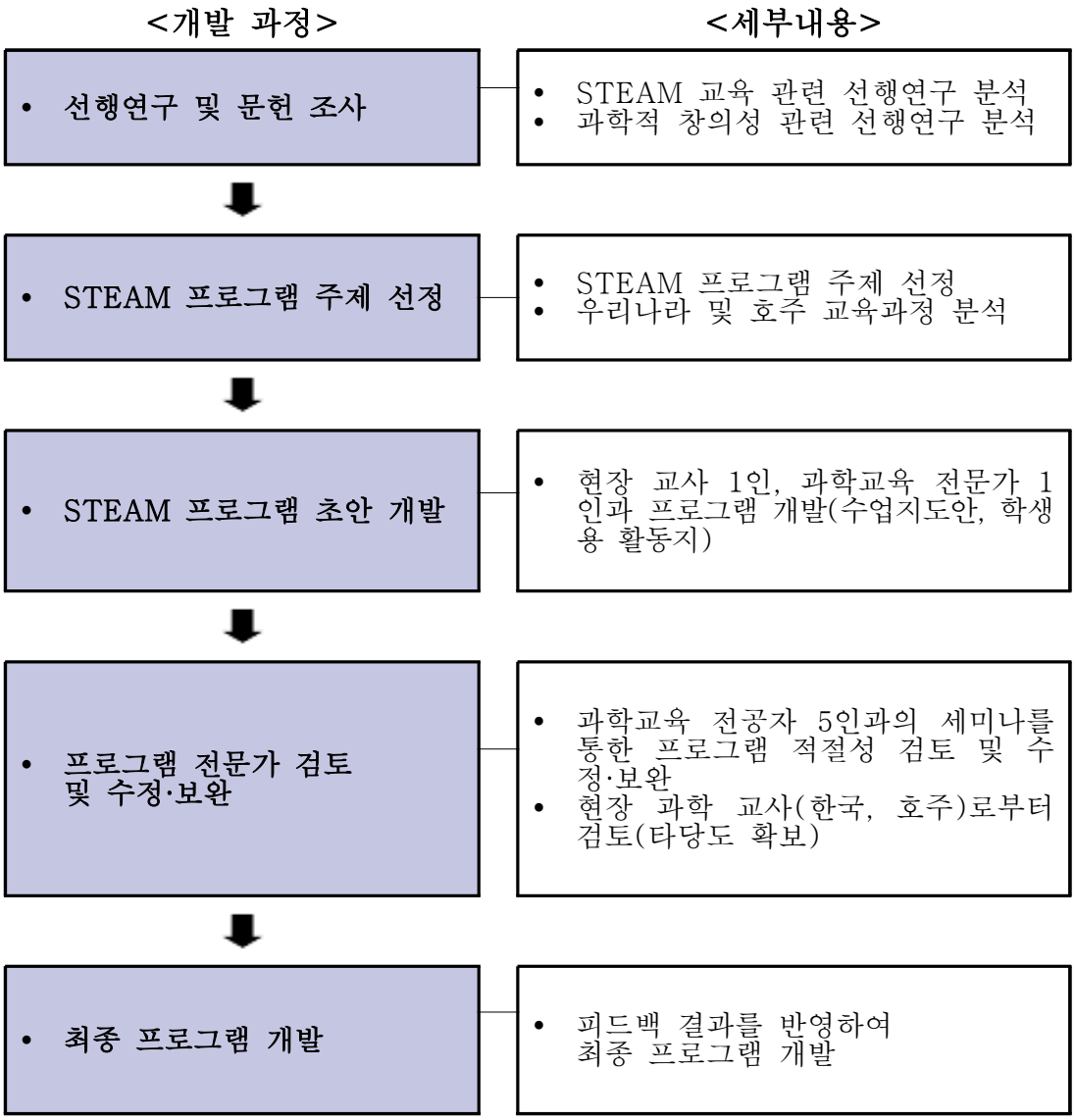
수업을 진행했던 시기는 S 고등학교의 2학기 기말고사를 고려하여 11월과 12월에 걸쳐서 실시되었다. 총 8차시를 실시하였으며 기말고사 이전인 11월에 4차시, 이후인 12월에 4차시를 실시했다. 기말고사가 실시되기 이전인 11월은 COVID-19 상황에서 온라인 수업과 오프라인 수업을 격주로 교차하여 진행했던 시기였다. 1학기의 대부분이 온라인 수업으로 진행되어 학생들은 친구들을 많이 만나지 못했기 때문에 학년 말이 다가온 시기였지만 친구들끼리 아직 친해지지 못한 서먹한 상태였다. 학생들은 조별 활동 역시 충분히 경험하지 못한 상황이었다. 더군다나 11월은 학생들이 기말고사를 준비해야 하는 기간이어서 학생들이 STEAM 프로그램에 완전히 집중하기 어려운 상황이었다. 한편, 12월은 COVID-19 상황이 더욱 악화되어 격주로 진행되었던 대면수업이 전격 중단되고 모든 수업이 온라인 수업으로 전환되었다. 시험이 모두 마무리된 상태에서 집에서 각자 수업을 온라인으로 참여해야 하는 상황이 되자 학생들의 집중도는 매우 낮았다.

이러한 상황에서 학생들이 중도 포기하지 않게 하려고 수업을 맡은 교사와 연구자는 수업의 흥미도를 가장 우선하여 고려했다. 예를 들어 해외 학생들을 만나는 흥미로운 상황을 먼저 제시하여 학생들이 수업을 참여하는 것을 격려하였다. 한국 학생들과 호주 학생들이 ZOOM에서 만나 서로 조별 토의하는 국제교류 활동은 11월에 실시하였으며, 한국 학생들끼리의 조별 활동은 12월에 실시하도록 배치하였다. 또한 Google Classroom과 Padlet을 활용하여 12월에도 연속적으로 비실시간 국제교류 활동이 이어지도록 격려하였다. 학생들의 안전을 위해 사후 설문은 온라인 설문으로 진행하였으며, 사후 면담은 ZOOM을 이용하여 진행하였다.

## 3.2. 국제교류 STEAM 수업

### 3.2.1. 국제교류 STEAM 수업 개발

본 연구에서는 고등학교 1학년을 대상으로 국제교류 STEAM 수업을 개발하였다. 수업 개발 절차는 [그림 3-3]과 같다.




[그림 3-3] 국제교류 STEAM 수업 개발 과정 및 세부내용

먼저 창의성과 관련된 STEAM 교육 관련 프로그램에 대한 국내 선행연구를 분석하였다. [표 3-1]은 국내 STEAM 교육 연구 중 창의성 증진을 목적으로 한 STEAM 프로그램/수업자료 개발에 관한 연구를 조사하여 정리한 것이다. 창의성과 관련된 STEAM 프로그램의 주제는 '설계하기', '만들기'와 같은 창의적 설계에 초점이 맞춰져 있었다. 또한 주제를 주로 '환경 보호(멸종생물 보호 방안, 태양열 자동차 만들기, 에너지제로하우스 만들기 등)'와 '자연 재해(지진, 자연 재해 등)'로 삼고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 선행연구에서 개발한 창의성과 관련된 STEAM 프로그램의 주제는 '미래사회의 이슈'에 대해 집중되어 있으며 학생들에게'산출물을 제작'하는 과정을 경험하게 할 수 있는 주제임을 파악할 수 있었다.

[표 3-1] 창의성과 관련된 STEAM 교육 프로그램의 선행연구

| 연구자 | 논문명 | 연구대상 | 프로그램 주제 |
|---|---|---|---|
| 서현정, 한화정, 심규철. (2021) | STEAM 기반 교육 프로그램이 과학 영재들의 창의적 사고와 STEAM 수업에 대한 인식에 미치는 효과 | 중학교 1학년 (영재학급) | • 생체 인식보안 시스템설계하기<br>• 편광선글라스만들기<br>• 비타민 C 음료 만들기 |
| 고동국, 홍승호. (2021) | 문제중심학습 기반 STEAM 현장체험학습 프로그램이 초등과학 영재의 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 영향 | 초등학교 6학년 (영재교육원) | • 멸종위기생물 기수갈고둥 보호 방안 |
| 정경욱, 임채성. (2021) | 뇌기반 진화적 STEAM 교육이 초등학생의 과학 흥미와 과학 창의성에 미치는 영향 | 초등학교 4학년 | • 식물의 특징을 활용한 생활용품 설계하기<br>• 물의 상태변화를 이용해 가습기 만들기<br>• 거울로 재미있는 장난감 만들기<br>• 지진에 안전한 건물 모형 만들기 |
| 한신, 김용기, | 자연재해 주제를 활용한 창의융합 | 고등학교 2학년 | • 자연재해와 안전(자연 재해 가상 시나리오 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 김형범, (2019) | HTE-STEAM (융합인재교육) 프로그램 개발 및 효과 | | 작성 및 인명 구조를 위한 드론 코딩 설계) |
| 김맹범, 홍승호. (2019) | 내진설계를 주제로 한 STEAM 프로그램이 초등학생들의 창의적 문제해결력 및 STEAM 태도에 미치는 효과 | 초등학교 4학년 | • 내진설계를 위한 구조물 제작 활동 |
| 반자연, 이윤희, 한혜련, 백혜영. (2017) | 친환경 단열설계를 위한 STEAM 창의교육 프로그램 개발연구: 고등학생 대상의 업사이클링 벽체모듈디자인 중심으로 | 고등학생 | • 업사이클링 벽체 모듈디자인 |
| 전재돈, 이효녕. (2015) | 고등학생을 위한 시스템 사고 기반의 융합인재교육 프로그램 개발 및 적용 효과. | 고등학교 1, 2학년 | • 물레방아(물레방아 자동차 설계 및 제작) |
| 강호감, 김태훈. (2014) | 초등과학영재의 창의적 문제해결력 향상을 위한 융합인재교육 (STEAM) 프로그램 개발 | 초등학생 5,6학년 (영재교육원) | • 태양열 자동차 만들기<br>• 탄성 자동차 만들기 |
| 김우석, 민병미, 김동렬, 손연아. (2013) | 창의·인성 및 STEAM 교육을 위한 제로에너지 하우스 만들기 프로그램 개발 | 중학교 1~3학년 (과학동아리) | • 제로에너지하우스 만들기 |

이러한 문헌 연구를 바탕으로 본 연구에서는 국제교류 STEAM 프로그램의 주제로 '에너지 제로하우스 디자인하기'를 선택하였다. '에너지 제로하우스'는 건축물의 에너지 소비가 제로에 가깝도록 다양한 기술을 동원하여 설계한 건축물을 뜻한다(김정수 외, 2009; 이충국 외 2012). 에너지 제로하우스는 개념 및 추구하는 목표에 따라서 Passive House, Self-sufficient House, Zero Energy House 등의 여러 용어로 불린다(김정수 외, 2009). 한편, 2015 개정 과학과 교육과정에서는 '에너지 제로하우스'라는 용어를 사용하고 있어서, 본 연구도 이 표현을 따랐다(교육부, 2015b. p. 107). 이처럼'에너지 제로하우스 디자인

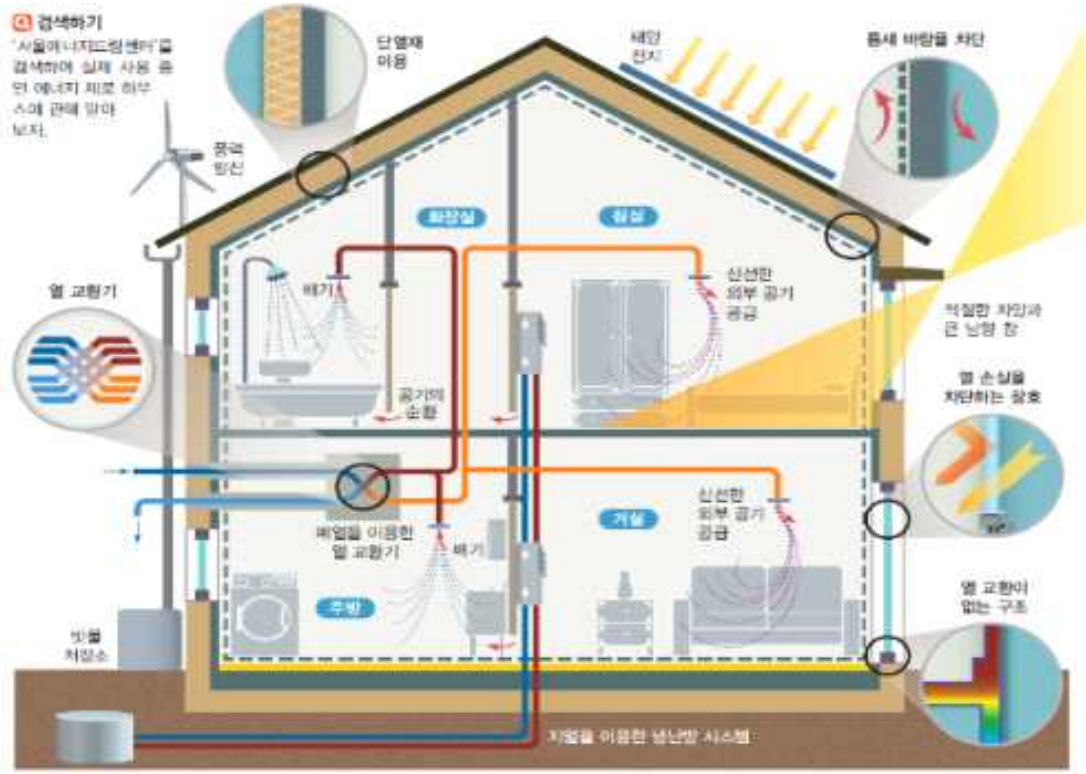
하기'는 우리나라 고등학교 1학년 통합과학 교육과정과 연계성이 높아([그림 3-2] 참조), 학생 수준에 적합하여 STEAM 수업으로 활용하기에는 용이한 주제이며 이에 대한 수업 개발 연구도 존재한다(예: 김우석 외, 2013; 이윤희 외, 2017).

이 주제가 호주의 학생들에게도 적합한지 확인하였다. 호주의 국가 교육과정 사이트[3]와 뉴사우스웨일즈 교육과정 사이트[4]의 Resources 메뉴에서 STEM을 주제로 한 교수학습자료(sample work)들을 제공하고 있었다. 이를 검토한 결과, 9학년 대상으로 한'놀이터 설계 프로젝트(Design project: The top playground)', 9-10학년 대상으로 한 작은 집 설계하기(Architectural Drawing-Tiny house)의 자료를 찾아볼 수 있었다. 따라서 호주의 10학년 학생에게 '에너지 제로하우스 디자인하기'주제로 STEAM 수업을 적용하는 것은 무리가 없을 것으로 판단하였다.

특히, 에너지 제로하우스와 관련된 지구 환경과 에너지 문제는 인류가 당면한 문제로서 글로벌 이슈이다. 따라서 문화와 언어가 다른 학생들 사이에서도 의견을 나눌 수 있는 흥미로운 소재라고 판단하였다. 게다가 한국과 호주의 문화적·지리적 차이는 서로 다른 에너지 제로하우스 디자인으로 나타날 것이며 이는 학생들로 하여금 창의적 아이디어를 떠오르게 하는 자극제이자 개념 형성과 적용에 도움이 될 수 있는 매개체가 될 것으로 판단하였다.

이를 구체적으로 확인하기 위해 우리나라의 2015 개정 교육과정과 호주의 교육과정을 분석하여 '에너지 제로하우스 디자인하기'를 주제와 관련 성취기준을 추출하였다. 초등학교 6학년부터 고등학교 1학년(10학년)까지의 교육과정을 검토해 이 주제와 연계 가능한 과목과 성취기준을 추출해 그 결과를 [표 3-2]과 [표 3-3]에 나타내었다. 한국과 호주 과학과 교육과정(6-10학년) 내용 체계표에서의 '에너지' 개념과, '에너지' 관련 성취기준에 대한 분석 결과는 [부록 4]에 첨부하였다. 그 결과, 한국과 호주 학생들의 문화교류 활동이 포함된 STEAM 수업의

3) https://www.australiancurriculum.edu.au
4) https://educationstandards.nsw.edu.au




구상하기

1. 모둠을 구성하여 에너지 제로 하우스의 일부분을 분담하여 구상한다.
2. 각 모둠원이 구상한 결과물을 모아 토의한 후 정리한다.

| 침실과 거실 | 주방과 화장실 | 지붕, 벽, 창 |
|---|---|---|
| 난방에 필요한 열에너지 공급 방법 | 전기 에너지 공급 방법 | 주변의 설비와 기타 |

3. 구상하기 2에서 정리한 내용을 바탕으로 에너지 제로 하우스를 그린다.
4. 에너지 제로 하우스에 사용된 기술을 중심으로 에너지 제로 하우스를 홍보하는 발표를 한다.

[그림 3-4] 통합과학 교과서에 제시된 ‘에너지 제로하우스 구상하기’ 활동 예시 (동아 출판사 p.268-269)

주제로 '에너지 제로하우스 디자인하기'는 과학 학습의 측면을 뛰어넘어 수학, 인문, 예술의 다양한 영역을 아우를 수 있는 좋은 주제임을 확인할 수 있었다. 또한, '에너지 제로하우스 디자인하기'를 주제가 한국의 고등학교 1학년, 호주의 10학년 학생에게 적용하기에는 적절한 수준임을 확인할 수 있었다.

[표 3-2] 우리나라 2015 개정 교육과정에서의 '에너지 제로하우스 디자인하기' 관련 과목과 성취기준(교육부b, 2015)

| 과목 | 학년 | 성취기준 |
|---|---|---|
| 영어 | 10 | [10영01-01]친숙한 일반적 주제에 관한 말이나 대화를 듣고 세부 정보를 파악할 수 있다. |
| | | [10영02-04]일상생활이나 친숙한 일반적 주제에 관한 정보를 묻고 답할 수 있다. |
| | | [10영03-01]친숙한 일반적 주제에 관한 글을 읽고 세부 정보를 파악할 수 있다. |
| | | [10영04-06]일상생활이나 친숙한 일반적 주제에 관한 그림, 도표 등을 설명하는 글을 쓸 수 있다. |
| 수학 | 6 | [6수03-09]직육면체와 정육면체의 겉넓이를 구하는 방법을 이해하고, 이를 구할 수 있다. |
| | | [6수03-10]부피를 이해하고, $1cm^3$, $1m^3$의 단위를 알며, 그 관계를 이해한다. |
| | | [6수03-11]직육면체와 정육면체의 부피를 구하는 방법을 이해하고, 이를 구할 수 있다. |
| | 9 | [9수04-02]평행선에서 동위각과 엇각의 성질을 이해한다. |
| | | [9수04-03]삼각형을 작도할 수 있다. |
| | | [9수04-17]삼각비의 뜻을 알고, 간단한 삼각비의 값을 구할 수 있다. |
| | | [9수04-18]삼각비를 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다. |
| 기술가정 | 9 | [9기가02-06]효율적인 주거 공간 구성 방안을 탐색하여, 가족생활에 적합한 주거 공간 구성에 활용한다. |
| | | [9기가02-12]쾌적한 주거 환경 조성을 위한 조건을 분석하고, 주생활과 관련된 안전사고의 예방 및 대처 방안을 탐색하여 실생활에 적용한다. |
| 과학 | 6 | [6과01-01] 일상생활에서 온도를 어림하거나 측정하는 사례를 조사하고 정확한 온도 측정이 필요한 이유를 설명할 수 있다. |
| | | [6과01-02] 온도가 다른 두 물체를 접촉하여 온도가 같아지는 현상을 관찰하고 물체의 온도 변화를 열의 이동으로 설명할 수 있다. |
| | | [6과01-03] 고체 물질의 종류에 따라 열이 전도되는 빠르기를 관찰을 통해 비교하고 일상생활에서 단열을 이용하는 예를 조사할 수 있다. |

| | | |
|---|---|---|
| | | [6과01-04] 액체나 기체에서 대류 현상을 관찰하고 대류 현상에서 열의 이동을 설명할 수 있다. |
| | | [6과14-01]하루 동안 태양의 고도, 그림자 길이, 기온을 측정하여 이들 사이의 관계를 찾을 수 있다. |
| | | [6과14-02]계절에 따른 태양의 남중 고도, 낮과 밤의 길이, 기온 변화를 설명할 수 있다. |
| | | [6과14-03]계절 변화의 원인은 지구 자전축이 기울어진 채 공전하기 때문임을 모형실험을 통해 설명할 수 있다. |
| | | [6과17-02]자연 현상이나 일상생활의 예를 통해 에너지의 형태가 전환됨을 알고, 에너지를 효율적으로 사용하는 방법을 토의할 수 있다. |
| | 9 | [9과15-01] 물체의 온도 차이를 구성 입자의 운동 모형으로 이해하고, 열의 이동 방법과 냉난방 기구의 효율적 사용에 대하여 조사하고 토의할 수 있다. |
| | | [9과15-02] 온도가 다른 두 물체가 열평형에 도달하는 과정을 시간-온도 그래프를 이용하여 설명할 수 있다. |
| | | [9과15-03] 물질에 따라 비열과 열팽창 정도가 다름을 탐구를 통해 알고, 이를 활용한 예를 설명할 수 있다. |
| | 10 | [10통과08-04] 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열에너지로 인해 열에너지 이용의 효율이 낮아진다는 것을 알고, 이 효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다. |

[표 3-3] 호주 국가 교육과정(Version 8.4)에서
'에너지 제로하우스 디자인하기' 관련 과목과 성취기준(ACARA, 2015)

| 과목 | 학년 | 성취기준 |
|---|---|---|
| Science | 9-10 | People use scientific knowledge to evaluate whether they accept claims, explanations or predictions, and advances in science can affect people's lives, including generating new career opportunities (ACSHE194) |
| | | Energy conservation in a system can be explained by describing energy transfers and transformations (ACSSU190). |
| | | Values and needs of contemporary society can influence the focus of scientific research(ACSHE228, ACSHE230) |
| | | The universe contains features including galaxies, stars and solar systems, and the Big Bang theory can be used to explain the origin of the universe (ACSSU188) |

| | | |
|---|---|---|
| | | Scientific understanding, including models and theories, are contestable and are refined over time through a process of review by the scientific community(ACSHE157, ACSHE191) |
| Mathe-matics | 9 | Calculate the areas of composite shapes (ACMMG216) |
| | | Solve problems using ratio and scale factors in similar figures (ACMMG221) |
| | | Find the midpoint and gradient of a line segment (interval) on the Cartesian plane using a range of strategies, including graphing software (ACMNA294) |
| | | Identify everyday questions and issues involving at least one numerical and at least one categorical variable, and collect data directly from secondary sources (ACMSP228) |
| | 10 | Evaluate statistical reports in the media and other places by linking claims to displays, statistics and representative data (ACMSP253) |
| Visual Arts | 9-10 | Manipulate materials, techniques,technologies and processes to develop and represent their own artistic intentions (ACAVAM126) |
| | | Plan and design artworks that represent artistic intention(ACAVAM128) |
| Design and Techno-logies | 9-10 | Critically analyse factors, including social, ethical and sustainability considerations, that impact on designed solutions for global preferred futures and the complex design and production processes involved (ACTDEK040)<br>Explain how products, services and environments evolve with consideration of preferred futures and the impact of emerging technologies on design decisions (ACTDEK041) |

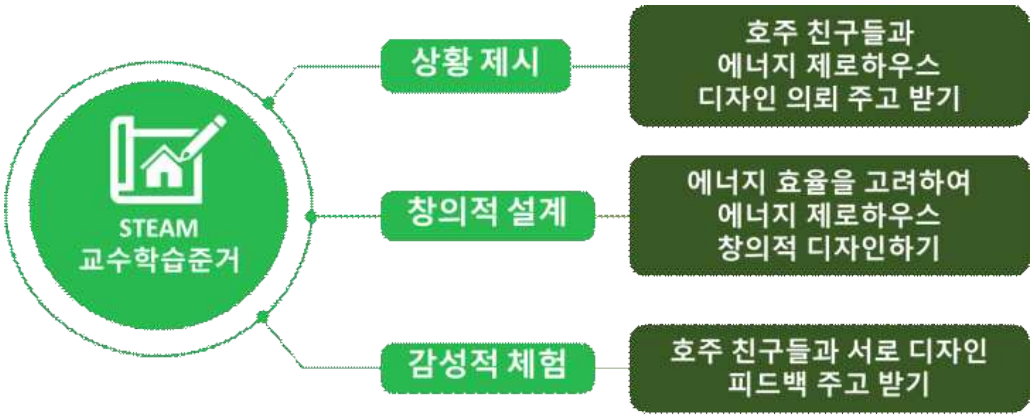
수업 개발에는 연구자와 수업을 진행할 현장 교사(L교사) 그리고 과학교육 전문가 1인이 10회의 세미나를 거쳐 개발하였다. 수업 개발 시 가장 중점을 둔 부분은 첫째, 국제교류 활동이다. 국제교류 STEAM 수업인 만큼 학생들이 자국의 문화를 소개하고, 타국의 문화를 이해하는 자세를 갖출 수 있도록 국제교류 활동으로 구상하였다. 둘째, 온라인 수업 환경이다. 본 연구에서 관찰한 수업의 국제 문화교류 활동은 온라인을 통해 이루어지는 활동이다. 그리하여 온라인 도구의 특징을 파악해 이를 최대로 활용하여 학생들 간의 상호작용이 원활하게 이뤄질수 있도

록 하였다. 셋째, 산출물을 제작하는 모둠 활동이다. 창의성 신장을 위한 STEAM 수업 개발과 관련된 선행연구를 분석한 결과 창의적 설계에 중점을 두고 개발한 것을 알 수 있었다. 본 연구에서도 모둠원들이 협업하여 산출물을 제작할 수 있도록 활동을 구상하였다. 특히, 모든 수업 차시는 학생들이 주도적으로 참여하도록 기획하였다.

교수학습모형으로는 5E 모델(Chu et al., 2019)을 적용하여 국제교류 STEAM 프로그램을 총 8차시로 구성하였다([그림 2-4], [표 3-5] 참고). 박현주 등(2012)과 백윤수 등(2011)이 제안한 STEAM 교수학습준거(상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험)에 해당하는 수업 내용을 추출하였다([그림 3-5] 참고). 먼저 1차시에는 영상물을 통해 에너지 제로하우스에 대한 호기심을 불러일으키고 국제교류 STEAM 프로그램에 대한 전반적인 소개를 통해 문제 '상황을 제시'하였다. 또 국제 교류활동을 위해 필요한 온라인 플랫폼(구글 클래스룸, 구글 문서 등)을 사용법을 익히는 활동을 하였다. 전체적으로 학생들이 수업을 준비와 참여 할 수 있도록 하는 단계였다. 그 다음 2-3차시에서는 관련 과학 개념과 연계된 탐구실험을 실시하였다. 이후 4차시에서는 국제교류 활동을 통해 서로의 주거 문화를 공유하는 시간을 갖도록 하였다. 5차시에서는 한국 학생들이 건축가 역할을 하고, 호주 학생들이 의뢰인 역할을 하여 자신들이 생활하고 싶은 학교건물 설계에 대해 의뢰를 하는 활동으로 하였다. 서로 역할을 교체해 학교건물 설계 의뢰를 주고받았다. 이어지는 6-7차시에서는 조원들끼리 자신들의 아이디어를 표현하고 이를 반영한 산출물을'창의적으로 설계'할 수 있는 활동으로 구성하여 집단 창의성이 발현될 수 있는 기회를 제공하였다. 마지막으로 8차시는 최종 산출물을 발표하고 다른 조들의 발표를 듣고 서로 피드백을 주고 받는 시간으로 구성하여 '감성적 체험'을 할 수 있도록 하였다.

또한 개발한 STEAM 프로그램의 검증을 위해 STEAM 요소를 추출하고 이를 [표 3-4]에 나타내었다. 이를 바탕으로 구체적인 수업 실행안으로 교사용 수업지도안과 학생용 활동지를 개발하였다([부록 5], [부록 6] 참고). 이렇게 개발된 지도안 등은 호주의 현장 교사로부터 검토

를 받아 타당도를 확인하였다.




[그림 3-5] STEAM 교수학습 준거에 해당하는 수업 내용

[표 3-4] '에너지 제로하우스 디자인하기'와 관련된 STEAM 요소

| STEAM | 세부 요소 |
|---|---|
| S<br>과학 | · 열역학 법칙을 학습한다.<br>· 에너지 보존 법칙을 학습한다.<br>· 지구로 전달되는 태양 에너지를 알고, 이를 활용한 사례를 조사한다.<br>· 계절별로 달라지는 태양의 남중고도를 학습한다.<br>· 위도에 따른 기후의 차이를 학습한다. |
| T E<br>기술/공학 | · 열의 이동을 최소화하거나 최대화할 수 있는 주택 모형을 설계·제작한다.<br>· 공기의 순환을 고려한 주택 모형을 설계·제작한다.<br>· 지역의 기후에 맞는 주택 모형을 설계·제작한다. |
| A<br>예술 &<br>인문사회 | · 사람의 이동 동선과 아름다움을 고려한 실내 공간을 디자인할 수 있다.<br>· 주택의 외부 디자인을 지역 환경과 문화적 특성을 고려해 디자인할 수 있다.<br>· 국내 주거 문화와 주거 형태의 과학적 원리를 외국 친구들에게 소개할 수 있다.<br>· 다른 지역의 주거 문화를 탐구하고, 이를 주택 설계에 반영할 수 있다. |
| M<br>수학 | · 주택의 지붕 설계에 수학적 원리를 적용해 효율적으로 태양 에너지를 차단하거나 이용할 수 있다.<br>· 입체 모형의 특징을 배우고, 이를 바탕으로 가장 단열 효과가 좋은 입체 모형을 찾아낼 수 있다. |

[표 3-5] 5E 교수학습모형에 따른 '에너지 제로하우스 디자인하기' 수업 계획

| 5E stage | | STEAM | 내용 | 수업 형태 |
|---|---|---|---|---|
| 참여<br>Engage | 1<br>차시 | S T E | ▸ 조 편성<br>▸ 프로그램(에너지 제로하우스 디자인)에 흥미를 갖고 참여하기<br>▸ 온라인 플랫폼 도구 익히기: Google Classroom, Google Presentation, Google docs 등 | Zoom<br>혹은<br>대면 수업 |
| 탐색<br>Explore | 2<br>차시 | S E M | ▸ 실험1: 가장 효율적인 단열 조건 찾기<br>– 공기와의 접촉면적에 따른 열 전도<br>– 단열재의 유무에 따른 열 전도 | 대면 수업<br>실험탐구활동 |
| | 3<br>차시 | S E M | ▸ 실험2. 가장 효율적인 창문 방향 찾기<br>– 창문의 위치에 따른 실내의 조도 측정 | |
| 설명<br>Explain | 4<br>차시 | S T E<br>A | ▸ 호주와 한국의 주거 형태 비교하기<br>– 한국의 주거 형태 소개<br>(온돌과 낮은 천장, 대청마루 등)<br>– 호주의 주거 형태 소개<br>(벽난로, 높은 천장 등)<br>– 두 집의 형태가 다른 이유 탐구하기 | Zoom<br>Padlet<br>***국제교류 활동** |
| 정교화<br>Elaborate | 5<br>차시 | S T E<br>A | ▸ 한국-호주 간 학교건물 설계 의뢰하기<br>-한국 학생들이 건축가 역할을 하고 호주 학생들은 의뢰인의 역할 하기<br>-호주 학생들은 원하는 학교건물 디자인의 조건과 그 이유 설명하기<br>-한국-호주 학생들의 역할을 바꿔서 위의 활동을 반복 | Zoom<br>Padlet<br>***국제교류 활동** |
| | 6-7<br>차시 | S T E<br>A M | ▸ 에너지 제로학교 디자인하기<br>-의뢰받은 학교건물을 디자인하기<br>-3D 설계 프로그램(혹은 도면)을 활용한 주택 설계도 만들기 | Zoom<br>혹은<br>대면 수업 |
| 평가<br>Evaluate | 8<br>차시 | S T E<br>A M | ▸ 최종산출물 발표하기<br>– 각 조에서 만든 학교를 발표<br>– 피드백을 서로 주고 받기 | Zoom<br>***국제교류 활동** |

### 3.2.2. 국제교류 STEAM 수업 적용

국제교류 STEAM 수업 적용 기간은 2020년 11월 20일부터 12월 29일까지였으며 하루에 1차시에서 최대 2차시까지 진행하였다. 수업 세부 일정은 [표 3-6]과 같이 학교의 학사 일정과 COVID-19 상황을 고려하여 정하였다. 한국 학생들과 호주 학생들의 기말고사 일정과 방학 일정이 달라서 일정을 조율하기가 어려웠다. 11월은 호주 학생들은 이미 기말고사를 치르고 방학이 되기 전 다소 여유로운 상황인 반면, 한국 학생들은 기말고사를 치르기 전이며 시험공부를 해야 하는 상황이었다. 국제교류 활동이 포함된 수업이 진행된 11월 27일에는 COVID-19 상황이 급격히 악화되어 한국 학생들은 전면 온라인 등교를 한 상황이었다. 한국 학생들은 집에서 각자 수업을 참여하였으나, 호주 학생들은 학교에 등교하여 참여하였다. 하지만 호주 학교도 갑자기 더워진 날씨와 COVID-19 상황으로 인해 방학이 앞당겨졌다. 호주 학생들이 6-8차시 수업을 수행하는 동안에는 한국 학생들은 기말고사를 치르고 있었다. 그리하여 불가피하게 8차시에 계획하고 있었던 실시간 국제교류 활동을 진행할 수가 없었다. 대신 Padlet을 활용하여 비실시간 국제교류 활동을 이어나갔다.

[표 3-6] 국제교류 STEAM 수업 적용 세부 일정

| 차시 | 날짜 | 학생 | 활동 내용 | 수업 형태 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 11/20 | 한국 | Google Classroom, Google docs, Padlet 등 온라인 플랫폼 익히기 | Zoom |
| 2-3 | 11/23 | 한국 | 실험 탐구 활동 1, 2(단열/채광) | 대면 수업 |
| 4 | 11/27 | 한국-호주 | 자기 소개하기<br>자신의 나라 기후, 주거문화 소개하기 | Zoom |
| 5 | | | 살고 싶은 학교 의뢰받고/ 의뢰하기 | Zoom |
| 6-7 | 12/3 | 호주 | 의뢰받은 학교 디자인하기 | Zoom<br>Padlet |
| 8 | 12/8 | 한국-호주 | 최종 산출물 발표 및 공유하기 | Zoom<br>Padlet |
| 6-7 | 12/23 | 한국 | 의뢰 받은 집 디자인하기 | Zoom |
| 8 | 12/29 | 한국 | 최종 산출물 발표 및 공유하기 | Zoom<br>Padlet |

▪ **1차시: 국제교류 STEAM 수업 소개 및 준비하기**

1차시에서는 교사가 학생들에게 국제교류 STEAM 수업에 대해 자세한 안내를 하였으며, 연구자는 연구에 대한 설명을 한 후 동의서를 배부하였다. 에너지 제로하우스에 대한 호기심을 불러일으키기 위해 TV 예능 프로그램(나의 판타집)의 동영상을 학생들에게 보여주었다([그림 3-6] 참고). 그리고 교사는 Google docs와 Google slides 등을 이용하는 법을 설명하였다.

[그림 3-6] 1차시에서 활용한 한국 TV 예능 프로그램: 나의 판타집

▪ **2-3차시: 실험 탐구 활동**

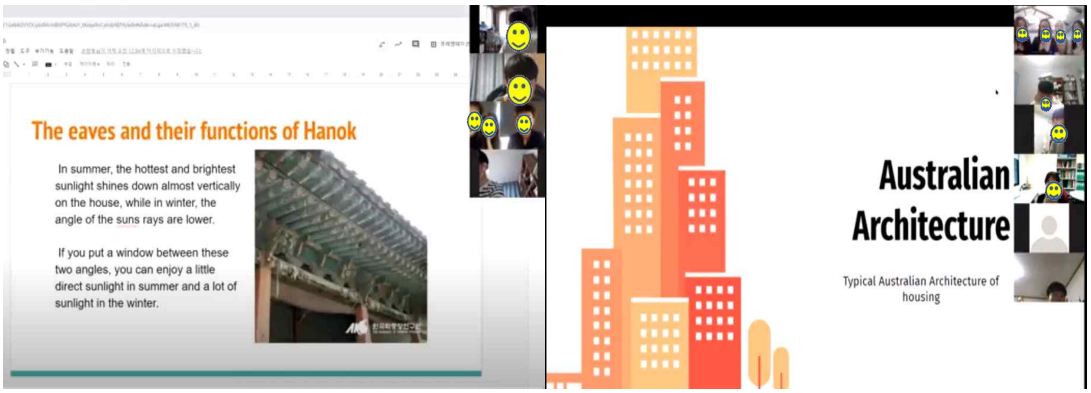
2-3차시는 에너지 제로하우스와 관련된 과학 개념인 '열'과 '빛'에 관련된 실험탐구 활동 두 개를 실시하였다. 첫 번째 실험은 '전도'와 관련된 실험으로 비커와 우드락, 뜨거운 물, 온도계를 이용해 물의 온도가 가장 느리게 변하는 조건을 찾았다[그림 3-7, 위]. 두 번째 실험은 상자와 핸드폰의 플래쉬, 조도계 어플을 이용하여 '채광'의 조건을 알아보는 실험이었다. 상자는 집, 플래쉬가 태양이 되어 창문의 방향과 태양의 고도에 따른 집안의 밝기를 살펴보는 실험이었다.

[그림 3-7] 실험탐구 활동 장면(위: 전도 관련 실험, 아래: 채광 관련 실험)

▪ **4차시: 자신의 나라 기후, 주거 문화 소개**

4차시 수업을 위해 한국 학생들은 미리 Google Slide를 이용해 영어로 된 자기소개를 간단히 준비했다. 그리고 우리나라의 건축물 소개를 영어로 준비하였다. 4차시 수업이 진행되기 이전에 S 고등학교의 영어 교사 2명이 한국 학생들이 과제로 준비한 발표자료를 첨삭해주었다.

4차시 수업에서 한국 학생들은 호주 학생들과 ZOOM을 통해서 실시간 교류 활동을 하였다. 소그룹으로 각각 모인 후 자기 소개를 하고 서로 질문을 하는 등 자유롭게 대화할 수 있는 시간을 가졌다. 한국 학생들은 한옥'이나 '석빙고'와 같은 전통 건축물에 숨겨진 과학원리에 대해 조사하여 발표하였다. 호주 학생들은 현재 호주의 전형적인 건물 유형에 대해 조사하여 발표하였다([그림 3-8] 참조).




[그림 3-8] 자신의 나라 건축물을 서로 소개하는 4차시 수업 장면

- **5차시: 학교건물 디자인 의뢰하기/의뢰받기**

5차시에서는 한국 학생들이 건축가 역할을 하고, 호주 학생들이 의뢰인 역할을 하여 자신들이 생활하고 싶은 학교건물 설계에 대해 의뢰를 하는 활동으로 하였다. 한국 학생 또한 의뢰인 역할을 하고 호주 학생들이 건축가 역할을 하여 학교건물 설계 의뢰를 서로 주고받았다.

[그림 3-9] 원하는 학교 건물 디자인 의뢰 주고받기 활동 결과물 예 (왼쪽: 한국 학생들이 원하는 학교, 오른쪽: 호주 학생들이 원하는 학교)

- **6-7차시: 디자인하기**

한국 학생들은 ZOOM에서 만나 토의를 통해 호주 학생들로부터 의뢰받은 학교건물을 디자인하였다. Floor planner라는 무료 3D 설계 프로

그램을 사용하거나, 종이와 펜을 이용하여 디자인하는 조도 있었다. [그림 3-10]은 한국의 2조 학생들이 Floor planner를 사용하여 호주 학생들의 의뢰를 충족하고, 에너지 효율을 생각하여 디자인한 에너지 제로 하우스 산출물이다.

[그림 3-10] Floor planner를 이용한 학교 디자인 산출물(한국 학생 2조의 디자인)

- **8차시 발표 및 공유, 피드백 주고 받기**

마지막 수업인 8차시에서는 한국 학생들이 조별로 만든 최종 산출물에 대해 발표하고 다른 친구들로부터 질문과 피드백을 받는 시간이었는데, 학생들은 자기 조의 최종 산출물 역시 Google Classroom에 업로드하였다. 또한 Padlet에서 댓글을 통해 한국-호주 학생들 사이에서 피드백을 주고 받았다.

[그림 3-11] Padlet에서 학생들이 산출물과 댓글을 공유하는 장면

[그림 3-12] 모둠 최종산출물 발표 장면(6조)

## 3.3. 창의성 검사도구: 수정된 과학학급창의성 (R-SCC)

본 연구에서 국제교류 STEAM 수업을 통해 나타난 학생들의 집단 창의성을 측정하기 위해 홍옥수(2016)의 연구의 검사도구 SCC의 문항 일부를 수정 및 보완하였다. 또한 고등학교 1학년 수준을 고려하여 문맥을 수정하고 리커트 척도 4단계로 수정하였다. 이를 R-SCC(Revised Science Classroom Creativity)라고 이름을 붙여 사용하였다.

SCC 검사지는 9개의 요소(학생집단의 인지적 특성, 학생집단의 정의적 특성, 과학수업 내현적 참여, 과학수업 외현적 참여, 과학수업 환경, 과학교사의 인지적 지지, 과학교사의 정서적 지지, 개인의 창의적 경험, 집단의 창의적 경험)을 척도로 삼고 5점 리커트 척도의 49개 문항으로 구성되어 있다. 선행연구에서 보고된 요소별 내적합치도는 .874에서 .936 범위의 값으로 내적 일관성 신뢰도가 높았다(홍옥수, 2016). 이 검사지는 과학교실의 맥락에서 발현되는 학생들의 창의성을 통합적 관점에서 개발한 것으로, 학생을 둘러싼 사회적 환경과의 상호작용, 교사와의 상호작용을 고려한 것으로 사회문화적 관점에서 창의성을 파악한 것이다. 이와 같은 관점은 본 연구에서 개발한 국제교류 STEAM 수업의 목적과 같은 맥락이기에 적절하다고 판단하였다.

한편, 이 검사지의 일부 문항은 본 연구에 더욱 적합하도록, Hong & Song(2020)의 연구와 지은림과 주언희(2012), 유선아 외(2019), 박현주 외(2019), 구형규(2017)의 연구를 참고하여 수정 및 보완하였다. 특히, Hong & Song(2020)의 선행연구를 참조하여 과학학급창의성의 요소를 크게 5개의 범주(학생 특성, 과학수업 참여, 창의적 행동, 과학수업 환경, 과학교사의 지지), 10개의 요소(학생의 인지적 특성, 학생의 정의적 특성, 학생의 과학경험 특성, 과학수업 내현적 참여, 과학수업 외현적 참여, 개인의 창의적 행동, 과학수업의 물리적 환경, 과학수업의 사회문화적 환경, 과학교사의 인지적 지지, 과학교사의 정서적 지지)로 정의하였다. 이렇게 기존 홍옥수(2016)의 SCC에서 수정·보완한 사항은

[표 3-7]에 정리하여 나타내었다.

[표 3-7] 과학학급창의성 검사도구의 수정 사항

| 범주 | SCC의 요소 (홍옥수, 2016) | | R-SCC의 요소 | 문항 번호 |
|---|---|---|---|---|
| 학생 특성 | 학생집단의 인지적 특성 | | 학생의 인지적 특성 | 1-9 |
| | | | 학생의 정의적 특성 | 16-20 |
| | 학생집단의 정의적 특성 | | 학생의 과학경험 특성 | 31-37 |
| 과학수업 참여 | 과학수업 내현적 참여 | | 과학수업 내현적 참여 | 21-25 |
| | 과학수업 외현적 참여 | | 과학수업 외현적 참여 | 26-30 |
| 창의적 행동 | 개인의 창의적 경험 | ⇨ | 개인의 창의적 행동 | 10-15 |
| | 집단의 창의적 경험 | | | |
| 과학수업 환경 | 과학수업 환경 | | 과학수업의 물리적 환경 | 38-41 |
| | | | 과학수업의 사회문화적 환경 | 42-46 |
| 과학교사의 지지 | 과학교사의 인지적 지지 | | 과학교사의 인지적 지지 | 47-51 |
| | 과학교사의 정서적 지지 | | 과학교사의 정서적 지지 | 52-55 |
| 비고 | 5점 리커트 척도 | | 4점 리커트 척도 | 1~55 |
| | 서술형 문항 없음 | | 서술형 문항 5문항 | - |

이렇게 재구성한 과학학급창의성 검사도구 R-SCC를 수업 적용 전에 15명의 고등학교 2학년 학생들에게 시범 적용해보았다. 해당 학생들은 본 연구의 국제교류 STEAM 수업에 참여하는 학생들은 아니다. 이때 사용한 리커트 척도는 5점으로 '전혀 그렇지 않다, 그렇지 않다, 보통이다, 그렇다, 매우 그렇다'로 보기가 구성되었다. 그 결과, 대체로 3점에 집중되는 경향이 있어 '보통이다'를 학생들이 주로 선택하는 경향이 있음을 확인하였다. 따라서 여러 선행연구(Brown, 2000; Lozano et al., 2008)를 참고하여 4점 리커트 척도(전혀 그렇지 않다, 그렇지 않다, 그렇다, 매우 그렇다)로 설문지를 수정하여 학생들의 응답 경향성을 명확히 확인하고자 하였다.

본 연구에서 수행한 국제교류 STEAM 수업은 온라인을 통해 문화교류를 하는 활동이 포함된 수업이기에 기존의 과학수업과 달리 '수업 환경'범주가 두드러진다. 따라서 이를 '물리적 환경'과 '사회문화적 환경'요소로 세분화해서 관찰할 필요가 있다고 판단하여 총 9문항으로 [표3-8]와 같이 구분하였다.

[표 3-8] R-SCC의 '과학수업 환경' 범주 문항 세부 내용

| 범주 | 요소 | 문항 번호 | 문항 내용 |
|---|---|---|---|
| 과학 수업 환경 | 물리적 환경 | 38 | 과학수업에서 과제를 해결하기 위한 시간은 충분히 주어진다 |
| | | 39 | 과학수업에서는 최선을 다해야 완성할 수 있는 과제가 주어진다. |
| | | 40 | 과학수업 장소에는 탐구에 필요한 재료가 충분히 있다. |
| | | 41 | 과학수업 장소는 정서적인 안정감을 준다. |
| | 사회 문화적 환경 | 42 | 과학수업에서 내가 실수를 하더라도 친구들이 이해해준다. |
| | | 43 | 과학수업에서 새로운 아이디어를 제시하면 인정받는다. |
| | | 44 | 과학수업에서 궁금한 내용을 질문하는 것이 자유롭다. |
| | | 45 | 과학수업에서 친구들의 다양한 장점이 발휘된다. |
| | | 46 | 과학수업에서 친구들과 의사소통이 자유롭다. |

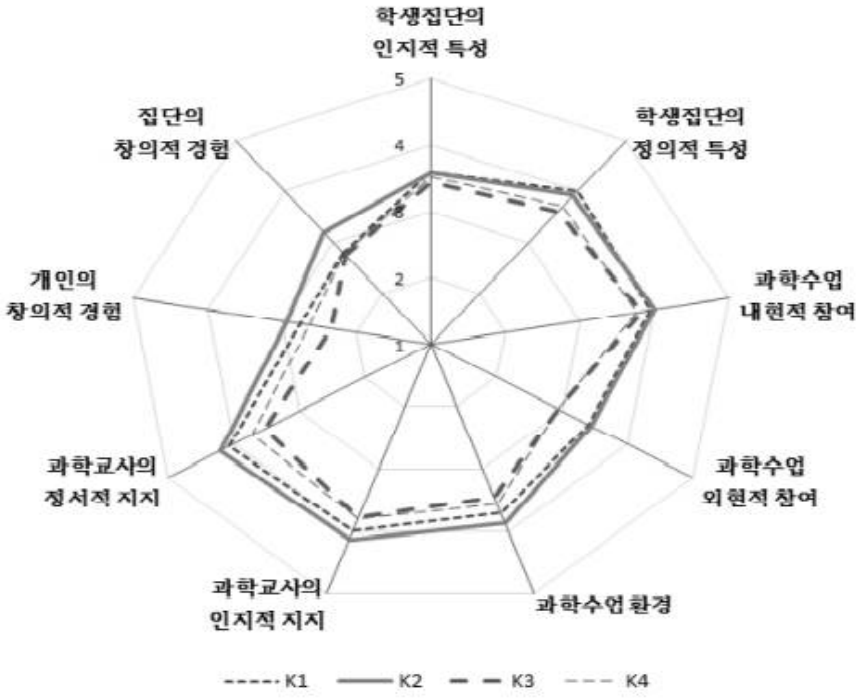
한편, ‘학생 특성’을 구성하는 요소로 ‘학생의 인지적 특성’, ‘학생의 정의적 특성’ 이외에 ‘학생의 과학경험 특성’을 추가하였다. 이는 본 연구는 본래 한국-호주 두 국가 간에 국제교류 STEAM 수업을 진행하고 수업 전, 후 연구에 참여한 모든 학생에게 R-SCC 검사도구를 투여할 계획이었다. 두 나라의 학생들은 교육과정과 교실문화, 인종 등이 다르기 때문에 과학경험이 다를 수 있을 것이라는 추측을 하여, 구형규(2019)의 연구를 참고하여 ‘학생의 과학경험 특성’ 문항을 추가하였다. 이를 통해 한국과 호주 학생들의 특성을 조금 더 면밀히 살펴볼 수 있을 것으로 기대하였다. 그러나 COVID-19 상황의 장기화로 인해 호주 학생의 데이터를 모을 수 없어 국가 간의 비교는 어려웠다. 인지적 특성은 9문항으로, 정의적 특성은 5문항, 과학경험 특성은 7문항으로 [표 3-9]와 같이 구성하였다.

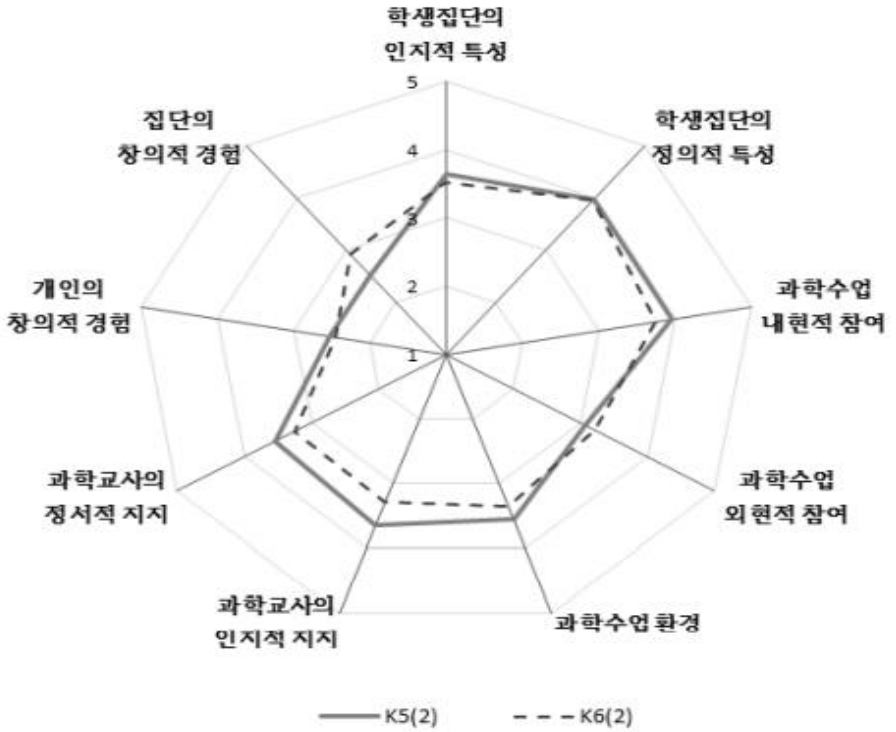
[표 3-9] R-SCC의 ‘학생 특성’ 범주 문항 세부 내용

| 범주 | 요소 | 문항 번호 | 문항 내용 |
|---|---|---|---|
| 학생 특성 | 학생의 인지적 특성 | 1 | 나는 짧은 시간에 많은 아이디어를 내는 편이다. |
| | | 2 | 나는 떠오른 생각을 잘 다듬어서 좋은 아이디어로 발전시킨다. |
| | | 3 | 나는 다른 사람이 생각하지 못하는 아이디어를 생각한다. |
| | | 4 | 나는 과학 수업시간에 문제가 주어졌을 때 친구들보다 많은 해결방법을 제시한다. |
| | | 5 | 나는 과학 수업시간에 주어진 문제를 해결하기 위해 새로운 아이디어나 접근법을 시도 한다. |
| | | 6 | 나는 과학 문제를 해결할 때 여러 과목의 내용을 활용한다. |
| | | 7 | 나는 과학수업에 학습한 내용을 충분히 이해하여 다른 영역에 응용한다. |
| | | 8 | 나는 복잡한 현상을 논리적으로 분석한 후 전체적으로 파악한다. |
| | | 9 | 나는 여러 가지 정보를 맥락(상황)에 맞게 종합한다. |
| | 학생의 정의적 | 16 | 나는 과학수업 시간이 즐겁다. |
| | | 17 | 나는 과학을 배울 가치가 있다고 생각한다. |
| | | 18 | 나는 과학수업 시간에 적극적으로 참여하는 것을 좋 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 특성 | | 아한다. |
| | | 19 | 나는 어려운 문제를 해결하기 위해 노력하는 것을 좋아한다. |
| | | 20 | 나는 과학수업 시간에 새로운 경험을 하는 것을 좋아한다. |
| | 학생의 과학 경험 특성 | 31 | 나는 과학에 관련된 책이나 잡지를 자주 읽는다. |
| | | 32 | 나는 과학에 관련된 TV 프로그램(다큐멘터리 등)을 자주 본다. |
| | | 33 | 나는 과학과 관련된 영화나 드라마를 자주 본다. |
| | | 34 | 나는 인터넷(유튜브 등)을 통하여 과학정보를 자주 찾아본다. |
| | | 35 | 나는 컴퓨터나 스마트폰 앱을 이용해 과학 관련 활동을 한다. |
| | | 36 | 나는 과학관이나 천문대에 간다. |
| | | 37 | 나는 물건을 고치거나 만들기 활동을 한다(목공, 레고 장난감, 블록, 뜨개질, 자수, 과학상자, 전자키트, 아두이노, 3D 프린터 등) |

홍옥수(2016)는 SCC의 척도를 개발하고 이 검사도구의 신뢰도와 타당도를 재검증하기 위해 중·고등학생 730명을 대상으로 검사를 실시하였다. 그 결과 [그림 3-13]와 같이 모든 학급에서 '창의적 경험(개인의 창의적 경험, 집단의 창의적 경험)'요소가 낮은 점수로 나타났다. 이에 홍옥수(2016)은 학생들이 응답한 '창의적 경험'과 실제 과학수업에서 나타나는 '창의적 경험' 사이에는 간극이 존재할 수 있으며 자기보고식 척도만으로 '창의적 경험' 요소를 측정하는 데 무리가 있을 수 있음을 언급하였다. 이러한 선행연구 결과를 토대로 볼 때, 본 연구에서 나타난 '집단의 창의적 행동' 요소를 단순히 자기 보고식 척도를 통해 해석하기에는 불완전하다고 판단하였다. 검사도구에 응답하는 것은 '집단'이 아니라 '개인'이며, 개인이 문항에 응답하기 위해 자기 자신에 대해 직관적으로 판단한다. 그리하여 본 연구는 '집단의 창의적 행동'요소는 수업 관찰과 심층 면담 등의 질적 자료 해석을 통해 심층적으로 해석할 필요가 있다고 보았다. 따라서 R-SCC는 [표 3-10]와 같이'개인의 창의적 행동' 요소만을 6문항으로 구성하였다.




[그림 3-13] K고등학교 SCC 척도 프로파일(위: 1학년, 아래: 2학년)
(홍옥수, 2016)

[표 3-10] R-SCC의 '창의적 행동' 범주 문항 세부 내용

| 범주 | 요소 | 번호 | 문항 내용 |
|---|---|---|---|
| 창의적 행동 | 개인의 창의적 행동 | 10 | 나는 과학 문제를 해결하기 위하여 다양한 방법(예: 신문, 잡지, 인터넷, 서적, 타인의 조언 등)으로 정보를 수집한다. |
| | | 11 | 나는 과학 문제를 해결하는 방안을 여러 가지 대안으로 생각해본다. |
| | | 12 | 나는 과학 문제와 관련된 정보를 모아서 타당한 결론으로 끌어낸다. |
| | | 13 | 나는 과학 문제와 관련한 여러 가지 아이디어 중에서 가장 좋은 해결방법을 고를 수 있다. |
| | | 14 | 나는 과학 문제에 대한 해결책이 가져오는 결과에 대해 여러 측면에서 예상할 수 있다. |
| | | 15 | 나는 과학 문제를 해결하고 난 후에 문제를 어떻게 풀었는지 다시 생각하여 보고 고칠 점을 찾는다. |

'과학수업 참여' 범주는 요소가 '과학 내현적 참여'와 '과학 외현적 참여'이다. '과학 내현적 참여'는 학습의 내면화 측면으로 몰입, 이해, 적용 등을 뜻하며, '과학 외현적 참여'는 학습의 외현화 측면으로 탐구활동, 표현, 협력 등을 뜻한다(조연순, 2013; 박병기와 박상범, 2009; 홍옥수, 2016). '과학 내현적 참여'는 5문항, '과학 외현적 참여'는 5문항으로 구성하였으며 문항의 세부내용은 [표 3-11]과 같다.

'과학교사 지지' 범주는 요소가 '과학교사의 인지적 지지'와 '과학 교사의 정서적 지지'이다. 과학학급창의성은 과학교실 맥락에서 집단창의성을 바라보는 관점으로, 교실에서 일어나는 교사의 피드백과 교사와 학생의 상호작용은 학생들의 창의성에 매우 중요한 역할을 한다(Beghetto, 2006; 조연순 외, 2011). '과학교사의 인지적 지지'는 5문항, '과학교사의 정서적 지지'는 4문항으로 구성하였으며 문항의 세부내용은 [표 3-12]와 같다.

[표 3-11] R-SCC의 '과학수업 참여' 범주 문항 세부 내용

| 범주 | 요소 | 번호 | 문항 내용 |
|---|---|---|---|
| 과학 수업 참여 | 내현적 참여 | 21 | 나는 과학수업에서 배운 내용을 이해하려고 노력한다. |
| | | 22 | 나는 과학수업에서 배운 내용을 적용하려고 노력한다. |
| | | 23 | 나는 과학수업에 집중한다. |
| | | 24 | 나는 과학수업의 목표를 달성하기 위해 노력한다. |
| | | 25 | 나는 과학수업에서 학습하는 내용만큼 방법과 과정에 관심을 둔다. |
| | 외현적 참여 | 26 | 나는 과학 탐구활동에서 주도적인 역할을 담당한다. |
| | | 27 | 나는 과학수업 시간에 문제를 해결하기 위해 탐구활동을 수행한다. |
| | | 28 | 나는 과학수업 시간에 선생님과 자주 토론한다. |
| | | 29 | 나는 과학수업 시간에 느낀 생각을 자유롭게 표현한다. |
| | | 30 | 나는 과학수업 시간에 문제를 해결하기 위해 친구와 협력한다. |

[표 3-12] R-SCC의 '과학교사의 지지' 범주 문항 세부 내용

| 범주 | 요소 | 번호 | 문항 내용 |
|---|---|---|---|
| 과학 교사의 지지 | 인지적 지지 | 47 | 과학 선생님의 설명과 질문은 나의 호기심을 자극한다. |
| | | 48 | 과학 선생님의 설명과 질문은 나의 이해를 돕는다. |
| | | 49 | 과학 선생님은 독특한 생각이나 반응을 칭찬해주신다. |
| | | 50 | 과학 선생님은 활동 결과에 대한 적절한 피드백을 주신다. |
| | | 51 | 과학 선생님은 많은 아이디어를 제시할 수 있는 분위기를 만들어주신다. |
| | 정서적 지지 | 52 | 과학 선생님은 나를 긍정적으로 생각하신다. |
| | | 53 | 과학 선생님은 나의 의견을 존중해주신다. |
| | | 54 | 과학 선생님은 어려운 문제를 끝까지 해결하도록 격려해주신다. |
| | | 55 | 과학 선생님은 내가 어떤 일에 실패했을 때 위로해주신다. |

한편, 과학수업에서 학생들이 보여주는 집단 창의성에 관한 구체적 사례를 얻기 위하여 서술형 문항을 추가하였다. 서술형 문항 내용은 [표 3-13]에 제시하였다.

이렇게 수정·보완을 거친 설문지는 3차례에 걸쳐 과학교육 전문가 3인과 함께 문항의 문장 구성과 수준 및 적절성, 내용의 타당성을 검토하였다. 최종적으로 본 연구에서 확정한 과학학급창의성 검사도구 R-SCC의 설문 문항은 4점 리커트 척도로 구성된 55개의 문항과 5개의 서술형 문항으로 구성되어 총 60문항이다.

[표 3-13] R-SCC의 서술형 문항의 세부 내용

| 구분 | 문항 내용 |
|---|---|
| 발산적 사고 | 여러분이 남과 다르게 독창적으로 생각한 아이디어가 있었다면 무엇이 있었는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요. |
| 연관적 사고 | 여러분이 과학 수업에서 학습한 내용을 다른 영역과 연결한 적이 있었다면 무엇이 있었는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요. |
| 창의적 행동 | 여러분이 어떤 과학 문제를 해결하는 과정에서 어려움을 겪었다면 그 어려움은 무엇이었는지, 어떻게 해결했는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요. |
| 과학경험 | 여러분의 과학 경험(예: 수행평가, 동아리, 과학대회 등)에 대해서 구체적으로 적어주세요. |
| 타문화 이해 경험 | 여러분이 어떤 과학문제를 해결할 때 다른 문화권 사람들의 입장을 고려해 본 적이 있다면 어떻게 고려하였는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요. |

국제교류 STEAM 수업에 참여한 한국학생 25명을 대상으로 과학학급창의성 5개의 범주별로 신뢰도(Cronbach α)를 살펴보면 '학생 특성' 요소에서 0.93(사전), 0.90(사후), '과학수업 참여' 요소에서 .87(사전), .87(사후), '창의적 행동' 요소에서 .74(사전), .72(사후), '과학수업 환경' 요소에서 0.90(사전), 0.93(사후), '과학교사 지지'요소에서 .93(사전), .95(사후)로 산출되었다([표 3-14] 참조). '창의적 행동'을 제외한 모든 요소에서 사전, 사후 검사의 신뢰도가 0.7 이상으로 나타났다.

[표 3-14] R-SCC의 문항 구성과 범주별 Cronbach α

| 문항 | 범주(문항 수) | 문항 번호 | Cronbach α | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 사전 | 사후 |
| 4 Likert -scale questions (N=25) | 학생 특성(21) | 1-9, 16-20, 31-37 | .93 | .90 |
| | 과학수업 참여(10) | 21-30 | .87 | .87 |
| | **창의적 행동(6)** | **10-15** | **.74** | **.72** |
| | 과학교실 환경(9) | 38-46 | .90 | .93 |
| | 과학교사의지지(9) | 47-55 | .93 | .95 |

α≧ 0.90: excellent >α≧0.80: good, 0.80 >α≧0.70: acceptable

과학학급창의성의 10개 요소별 Cronbach α도 산출하였다([표 3-15] 참조). 그 결과 8개의 요소(학생 인지적특성, 학생 정의적 특성, 학생 과학경험 특성, 과학수업 외현적 참여, 과학수업 물리적 환경, 과학수업 사회문화적 환경, 과학교사의 인지적 지지, 과학교사의 정서적 지지)는 모두 0.8 이상의 Cronbach α값을 나타내었다. 이를 통해 본 연구에서 사용한 과학학급창의성 설문지의 신뢰도가 높다고 볼 수 있다. 다만,'과학수업 내현적 참여'의 사전, '창의적 행동'요소의 사전, 사후 검사의 Cronbach α값은 모두 0.7대의 값으로 산출되어 다른 범주에

비해다소 낮지만 설문지 연구에서 수용 가능한(acceptable) 신뢰도이다. (Nunnally & Bernstein, 1994).

[표 3-15] R-SCC의 요소별 Cronbach α

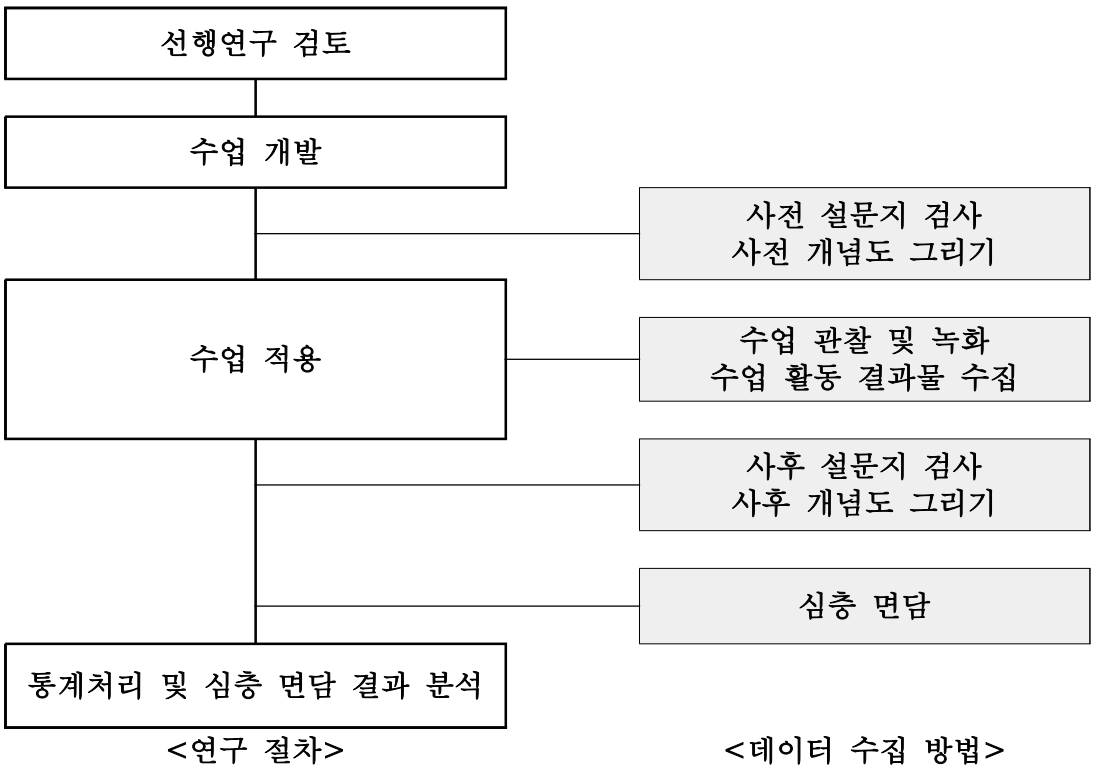
| 범주 | 요소 | 문항 수 | Cronbach α | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 사전 | 사후 |
| 학생 특성 | 학생 인지적 특성 | 9 | 0.88 | 0.81 |
| | 학생 정의적 특성 | 5 | 0.82 | 0.87 |
| | 학생 과학경험 특성 | 7 | 0.81 | 0.85 |
| 과학수업 참여 | **과학수업 내현적 참여** | **5** | **0.76** | 0.81 |
| | 과학수업 외현적 참여 | 5 | 0.86 | 0.84 |
| 창의적 행동 | **개인의 창의적 행동** | **6** | **0.74** | **0.72** |
| 과학수업 환경 | 과학수업 물리적 환경 | 4 | 0.83 | 0.81 |
| | 과학수업 사회문화적 환경 | 5 | 0.83 | 0.89 |
| 과학교사의 지지 | 과학교사 인지적 지지 | 5 | 0.85 | 0.91 |
| | 과학교사 정서적 지지 | 4 | 0.94 | 0.94 |

α≧ 0.90: excellent >α≧0.80: good, 0.80 >α≧0.70: acceptable

## 3.4. 연구 데이터 수집 방법

본 연구는 국제교류 STEAM 프로그램으로 '에너지 제로하우스 디자인'을 주제로 8차시 수업을 개발하였으며, 개발한 프로그램의 효과로서 과학학급창의성의 발현을 알아보기 위해 실제 고등학교 수업에 적용하고, 양적 데이터와 질적 데이터를 모두 수집하고, 그 결과를 분석하였다. 먼저, 프로그램 투입 전과 후 학생 25명을 대상으로 R-SCC 검사를 실시하여 양적 데이터를 수집하였다. 질적 데이터는 수업 녹화 영상, 수업 활동 결과물(사전-사후 개념도 포함), 심층면담 녹화 영상를 수집하였다. 8차시 수업 동안 본 연구자는 수업 장면을 관찰하고 녹화하였다. 학생들의 최종 산출물도 수집하였다. 그리고 수업이 다 끝난 후 10명의 학생을 대상으로 심층면담을 실시하였다.

[표 3-16] 연구 절차와 데이터 수집 방법



### 3.4.1. R-SCC 사전, 사후 설문지

국제교류 STEAM 수업을 통해 학생들의 과학학급창의성이 어떻게 변화하고 발현되었는지를 측정하기 위해 3.3절에서 서술한 바와 같이 설문지 R-SCC를 수업 전과 후에 투입하였다. 본 연구에서 사용한 R-SCC의 전체 설문 문항의 내용은 [부록 3]에 첨부하였다. 설문지는 4점 리커트 척도 55문항과 서술형 5문항으로 총 60문항으로 구성되어 있다. 자료 수집은 수업이 시작되기 전 그리고 수업이 종료된 직후에 각각 20~30분간 진행되었다. 사전 설문지는 연구자가 직접 학생들을 교실에서 만나 배포하고 수합하였다. 교사가 함께 순회하여 학생들이 진지하게 설문에 임할수 있도록 지도하였다. COVID-19 상황으로 인해 사후 설문지는 온라인으로 수합하였다. 사전 사후 설문에 모두 응답한 학생은 모든 수업에 참여하고 연구에 동의한 27명 학생 중 25명 학생이었다. 따라서 25명의 학생이 응답한 사전, 사후 설문지를 본 연구의 데이터로 분석하였다.

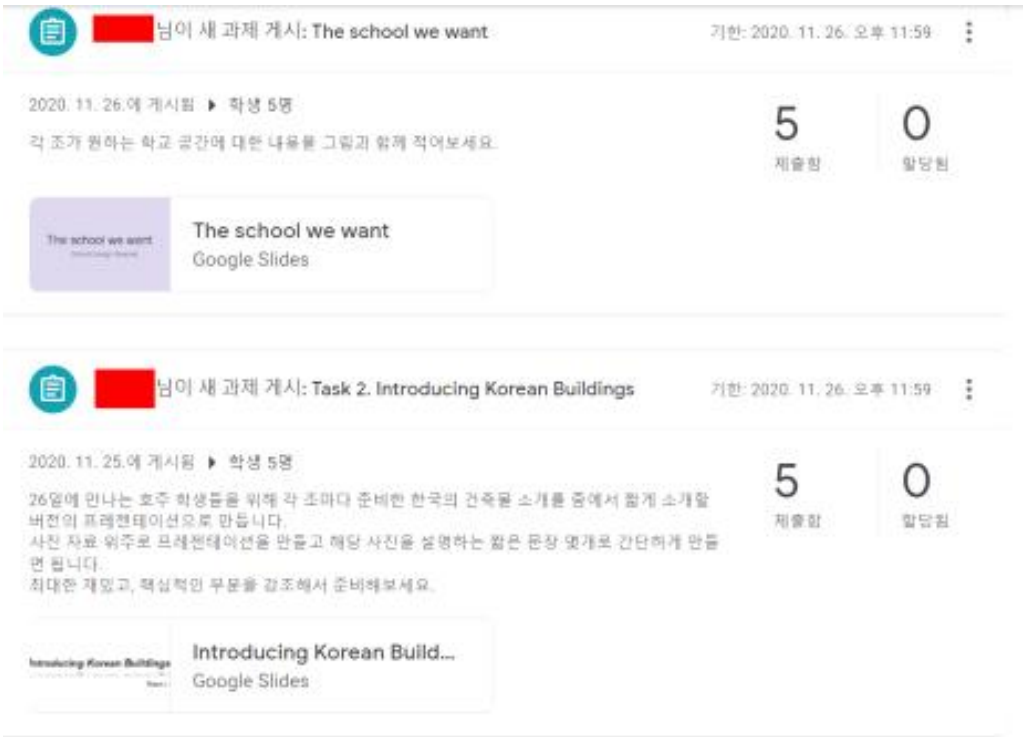
### 3.4.2. 수업 관찰 및 수업 활동 결과물

연구참여자는 S 고등학교에 6년간 근무하며 2020학년 2학기 '통합과학' 수업을 담당하면서 본 연구에 참여를 동의한 교사 1명과 해당 교사가 담당하는 한 학급의 학생 25명이다. 본 연구자는 해당 교사와 학생들에게 구두로 본 연구의 목적과 방법에 대해 설명하였으며, 서면으로 학생과 학생의 보호자들에게 연구 참여에 대한 동의를 받았다([부록 2] 참고).

학생들은 총 8차시의 수업을 하였으며 2-3차시를 제외한 모든 수업은 온라인 화상회의 플랫폼인 ZOOM을 통해 진행되었다. 온라인으로 진행된 수업은 연구 참여자들의 동의를 얻어 ZOOM의 녹화기능을 사용하여 수업 장면을 녹화하였다. ZOOM에서의 소그룹 활동의 경우에는 조장이 소그룹 활동을 녹화하였다. 연구자는 교사로부터 ZOOM의 공동호스트 권한을 부여받아 수업과 소그룹 활동을 관찰하였으며, 수업을 관찰하는 동안 연구자는 관찰일지를 작성하였다.

수업에서 필요한 학습자료는 교사가 Google Classroom 게시판에 업로드하여 학생들에게 공유하였으며, 학생들도 수업 활동 결과물을 모두 Google Classroom에 업로드하였다([그림3-14] 참조). 또한, 교사는 수업 활동의 일환으로 수업 전후 '에너지 제로하우스'를 중심 개념으로 하여 개념도를 그리도록 하였는데 이는 구글 설문지를 통해 학생이 교사에게 제출하였다.

또, 한국 학생들과 호주 학생들은 온라인 게시판 플랫폼인 Padlet을 이용하여 교류하였다. 서로의 활동 결과물을 업로드하여 공유하였고 댓글 기능을 통해 의견을 주고 받았다([그림 3-11] 참조). 연구자는 연구 참여자들의 동의를 바탕으로 Google Classroom과 Padlet의 접근 권한을 얻어 조별 최종 산출물을 포함한 학생들의 학습 결과물를 수집하여 이를 분석하였다.




[그림 3-14] 학생들의 수업 활동 결과물이 Google Classroom에 제출된 장면

### 3.4.3. 인터뷰(사후 심층 면담)

국제교류 STEAM 수업이 모두 종료 된 이후, 수업 참여도가 높거나 사전-사후 설문의 1차 분석 결과와 수업 활동 결과물을 토대로 과학학급창의성 발현이 두드러진 학생 중 사후 면담에 동의한 학생 10명을 대상으로 심층 면담을 실시하였다. 모든 면담은 연구참여자의 동의를 받아 연구자 외 과학교육 전문가 1명이 참관한 상태에서 이루어졌다. 면담에 참여한 학생은 1-A, 2-A, 3-A, 3-B, 4-A, 4-B, 5-A, 5-B, 6-A, 6-B 학생이다.

면담을 표적집단면담(FGI; Focus Group Interview)가 아닌 개별 심층 면담(In-depth interviewing)으로 실시한 이유는 다음과 같다. 먼저, 표적집단면담을 실시할 경우 그룹 내 리더 역할을 하는 학생에 의해 면담이 주도되어 다른 학생들의 생각을 듣기 어려울 수 있다. 또한 부정적인 이야기나 불편한 이야기를 듣기 어려울 수 있다. 그리하여 조원들과 어떻게 의견을 나누고, 조원의 아이디어에 대해 어떻게 생각했는지 등에 대한 학생들의 생각이 보다 편안하게 표현되기 위해서는 그룹 면담인 FGI보다는 개별 심층 면담이 적절하다고 판단하였다.

면담은 ZOOM을 이용한 비대면 면담으로 이루어졌다. 본 연구자는 경력 10년차의 고등학교 교사 경험이 있었기 때문에 연구참여자인 학생들과 자연스럽게 래포를 형성할 수 있었다. 또한 보다 구체적인 답변을 얻기 위해 학생에게 ZOOM의 화면 공유 기능을 통해 학생들의 수업 활동 결과물이나, 설문지 응답 결과, 조별 최종 산출물 등을 보여주면서 면담을 진행하였다. 또 ZOOM의 녹화기능을 이용하여 면담 장면을 녹화하였다. 면담 소요시간은 학생 개인별로 50분 내외였다.

면담 질문은 과학학급창의성 발현의 구체적인 사례를 듣기 위한 것으로 구성하였으며, 특히 설문만으로 관찰하기 어렵다고 생각한 '창의적 행동'에 대한 질문을 중심으로 구성하였다. 국제교류 STEAM의 특징인 온라인 수업 환경과 국제교류 활동에 관해서도 질문하였다. 면담은 반구조화된 면담으로 학생들이 자신의 생각을 개방적으로 답할 수 있도록 하였다. 면담 질문의 예시는 다음과 같다.

- 국제교류 STEAM 프로젝트에서 주어진 과제를 해결하기 위해 해야 할 일이 무엇이었는지요?
- 국제교류 STEAM 프로젝트를 해결하기 위해 어떤 과학 지식이 필요했나요? 또, 새롭게 알게 된 과학 지식은 어떠한 것들이 있나요?
- 본인이 제안한 아이디어를 무엇인가요?
- 친구들의 독창적인 아이디어를 무엇인가요?
- 과제를 해결하는 과정이 점차 개선 혹은 변경되었다면, 그 과정은 어떠하였나요?
- 그룹에서 최종적으로 결정한 아이디어는 무엇인가요? 그 결정 과정은 어떠하였나요?
- 이 프로젝트를 통해 다른 문화권 학생들을 만난 경험은 어땠나요?
- 이 프로젝트에서 선생님의 지원은 충분했나요?
- 온라인 그룹 활동은 오프라인에 비해 어땠나요?

[표 3-17] 반구조화 면담 질문 예시

심층 면담을 실시 후 해당 영상은 모두 전사하였다. ‘Happyscribe’의 자동 전사 서비스를 이용하여 1차 전사한 후, 본 연구자가 다시 영상을 재생시켜 음성을 들으면서 2차 전사를 실시하였다.

## 3.5. 연구 데이터 분석 방법

본 연구는 혼합연구방법의 순차적 설명 설계를 사용하였으며([그림 3-2] 참조), 양적 데이터와 질적 데이터를 차례로 수집하고 분석한 후 이를 종합하여 결론을 내리고자 하였다. 본 연구에서 수집한 데이터의 종류와 그에 따른 분석 방법은 [표 3-18]에 정리하여 나타내었다.

[표 3-18] 본 연구에서 수집한 데이터의 종류와 그에 따른 분석 방법

| 데이터 유형 | 데이터의 종류 | 연구 대상 | 분석 방법 |
|---|---|---|---|
| 양적 데이터 | 설문지<br>(55문항, 4점 리커트 척도) | 25명<br>한국 학생 | • SPSS ver. 24를 이용하여 대응 표본 t-검정 실시 |
| 질적 데이터 | 서술형 질문<br>(5문항) | 25명<br>한국 학생 | • Happyscribe.com를 이용하여 전사<br>• NVivo 12 Plus를 이용해 코딩<br>• 반복적 비교 분석 실시 |
| | 사후 심층 면담 | 10명<br>한국 학생 | |
| | 수업 관찰<br>수업 활동 결과물 | 27명<br>한국 학생 | |

### 3.5.1. 양적 데이터의 분석

본 연구에서 수집한 양적 데이터는 과학학급창의성 설문지 중 4점 리커트 척도인 55문항이다. 사전, 사후검사의 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해 SPSS(version 24)를 이용하여 대응표본 t-검정(Paired sample t-test)을 실시하였다. 수업에 참여하고 사전, 사후 검사에 모두 참여한 25명의 학생의 응답를 사용하여 통계 분석을 실시하였다.

먼저 응답 결과를 엑셀 파일에 입력하였다. 4점 리커트 척도의 문항들은 '매우 그렇다'는 4점, '그렇다'는 3점, '그렇지 않다'는 2점, '매우 그렇지 않다'는 1점을 부여하였다. 평균과 표준편차는 소수

점 이하 둘째 자리까지 나타내었고, $p<.05$ 수준에서 사전-사후 검사 차이의 유의성을 검증하여 판정하였다. 본 연구의 수업을 통한 과학학급창의성의 변화의 특징을 구체적으로 살펴보고자 과학학급창의성 요소의 5개 범주와 10개 요소 그리고 문항별 유의도를 각각 검증하였다. 통계적으로 산출한 결과 값을 전체적인 경향과 특이점을 찾기 위해 표와 그래프로 변환하는 과정을 실시하였다.

본 연구는 학생들의 개인별 창의성보다는 학급 내 집단의 창의성 변화와 발현을 분석하는 데 초점을 두고 연구를 진행하였다. 따라서 양적 자료인 설문지 통계적 분석과 함께 질적 자료의 통합적 분석을 실시하였다. 이 과정에서 양적 자료의 결과를 검증하거나, 양적 자료에서 나타나지 않았던 특징을 도출해 보완하였다.

### 3.5.2. 질적 데이터의 분석

설문지의 서술형 문항, 인터뷰 및 수업관찰, 학생 수업 활동 결과물은 모두 언어적 형태로 수집된 자료이기에 질적 자료로 분류하고 이 자료들이 관통하고 있는 내포된 의미를 해석하고자 하였다.

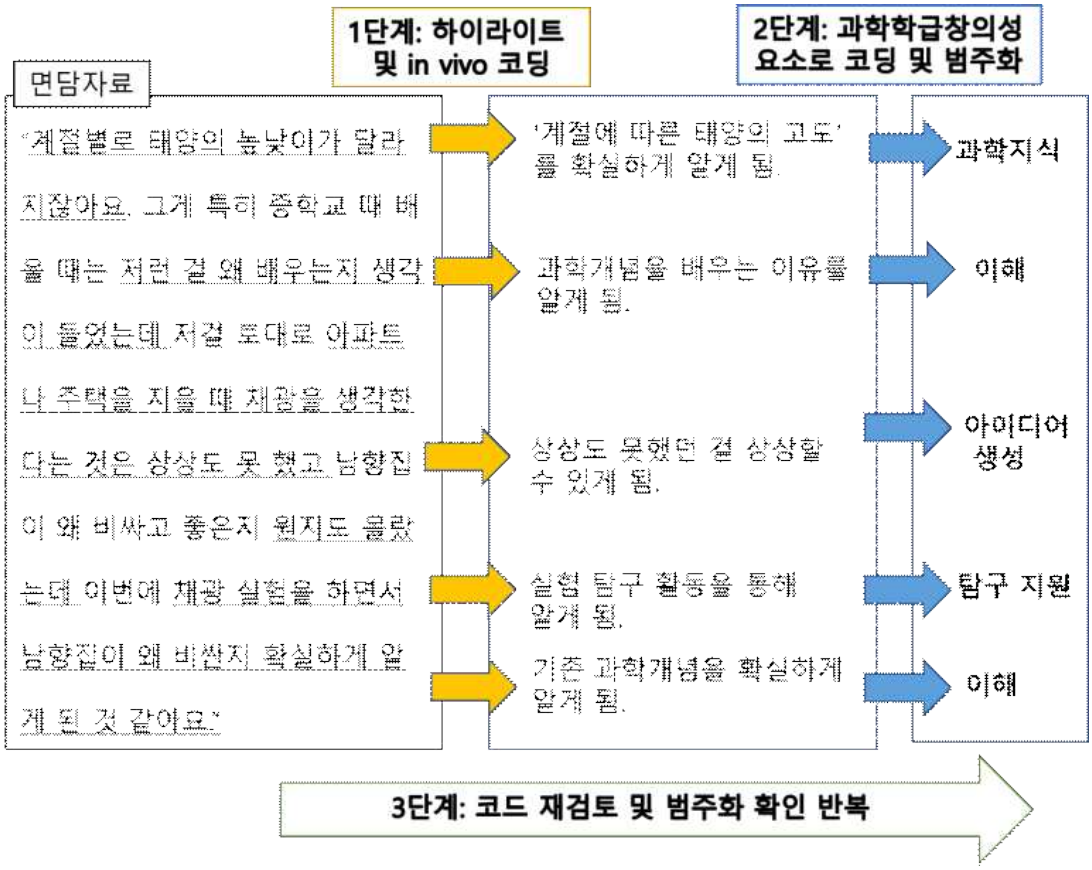
질적 자료는 NVivo 12 Plus 소프트웨어를 이용하여 반복적 비교 분석법을 실시하였다. 이 소프트웨어는 코드를 편리하게 기록해주고 코드의 위계화를 손쉽게 해주며, 수작업으로 하는 것보다 검색을 더 쉽게 해주고 코드의 수정을 편리하게 해준다. 또한 코드화된 자료는 엑셀파일 형태로 저장이 가능해 다른 연구자와 쉽게 공유할 수 있어 분석의 타당화 작업을 용이하게 만들어준다((Merriam & Tisdell, 2015; Yin, 2015).

연구자는 3단계에 거친 코딩 작업을 통해 질적 데이터를 분석하였다([그림 3-15] 참조). 1단계에서는 1차 코딩을 실시하였다. 연구자가 모든 질적 자료들을 주의 깊게 읽으면서 중요하다고 생각되는 부분을 하이라이트하고, 동시에 이 자료가 포함하고 있는 주제를 가장 잘 표현할 수 있는 단어 혹은 어구를 붙였다(Strauss & Corbin, 1990). 또는 학생이 실제 사용한 단어나 어구를 그대로 재이용하여 코드를 부여하였다.

이러한 코드화 방식을 'in vivo 코드'라고 부르는데, 연구참여자의 생각을 생동감 있게 드러낼 수 있는 장점이 있다(유기웅 외, 2018).

2단계는 1차 코딩에서의 코드들을 분석하여 비슷한 개념과 수준을 갖는 것끼리 묶었다. 그리고 상위 수준 코드로 지칭할 수 있는 2수준 코드를 부여하는 범주화 작업을 하였다. 2수준 코드 이름에는 과학학급창의성의 범주와 요소를 참고하였다([그림 2-7] 참고). 범주화의 과정은 반복적인 비교와 대조를 통해 이루어졌다.

3단계는 2단계를 반복하는 것이었다. 2단계 과정이 끝난 후 한 달 정도 시간이 지난 후 연구자가 원자료와 1차 코드를 바탕으로 다시 한 번 2수준 코드를 부여하는 작업(범주화 작업)을 반복하였다. 그리고 한 달 전 코드와 비교하여 범주를 수정하였다. 이를 과학교육 전공자 1인으로부터 검토를 받고 최종적으로 구성된 범주를 확정지었다.




[그림 3-15] 면담자료를 반복적 비교 분석법으로 분석한 예

# 제4장 연구 결과 및 토의

## 4.1. 창의성의 양적 변화

국제교류 STEAM 수업을 통해 과학학급창의성은 얼마나 변화하였을까? 이에 대한 구체적인 답을 찾기 위해 홍옥수(2016)의 SCC 설문지를 수정 및 보완한 R-SCC를 학생들에게 국제교류 STEAM 수업 전과 후에 투여하였다. 수집한 데이터에 대해 Cronbach α값을 산출하고 대응 표본 t-검정을 시행하였다.

본 연구에서 사용한 R-SCC의 신뢰도는 Cronbach α로 산출하였으며 이를 [표 3-14]에 제시하였다. 먼저 과학학급창의성 5개의 범주별로 살펴보면 '학생의 특성' 범주에서 0.93(사전), 0.90(사후), '과학수업 참여' 범주에서 0.87(사전), 0.87(사후), '창의적 행동' 범주에서 0.88(사전), 0.85(사후), '과학수업 환경' 범주에서 0.85(사전), 0.91(사후), '과학교사 지지'범주에서 0.93(사전), 0.95(사후)로 모든 범주에서 사전, 사후 검사의 신뢰도가 0.8 이상으로 나타났다.

한편, [표 3-15]에 나타낸 것과 같이 과학학급창의성 10개의 요소별 신뢰도(Cronbach α)를 산출한 결과에서도 신뢰도가 높게 나타났다. 다만, '과학수업 내현적 참여' 요소는 0.76(사전), 0.81(사후)이고 '개인의 창의적 행동' 요소는 0.74(사전), 0.72(사후)로 산출되었다. 이 두 요소를 제외하고 나머지 8개의 요소에 대해서는 사전, 사후 모두 Cronbach α값이 0.8 이상이 나왔다. 본 연구에서 25명의 한국 학생 대상으로 사용한 R-SCC의 신뢰도(Cronbach α)는 범주 5개에서 산출한 값과, 10개의 요소에서 산출한 값 모두 0.7 이상이다. 따라서 본 연구에서 사용한 R-SCC는 신뢰로운 검사도구라고 볼 수 있겠다.

학생들의 설문지 응답을 대응표본 t-검정을 통해 분석한 결과는 [표 4-2], [그림 4-1]과 같다. '학생 특성'과 '과학교사의 지지'범주

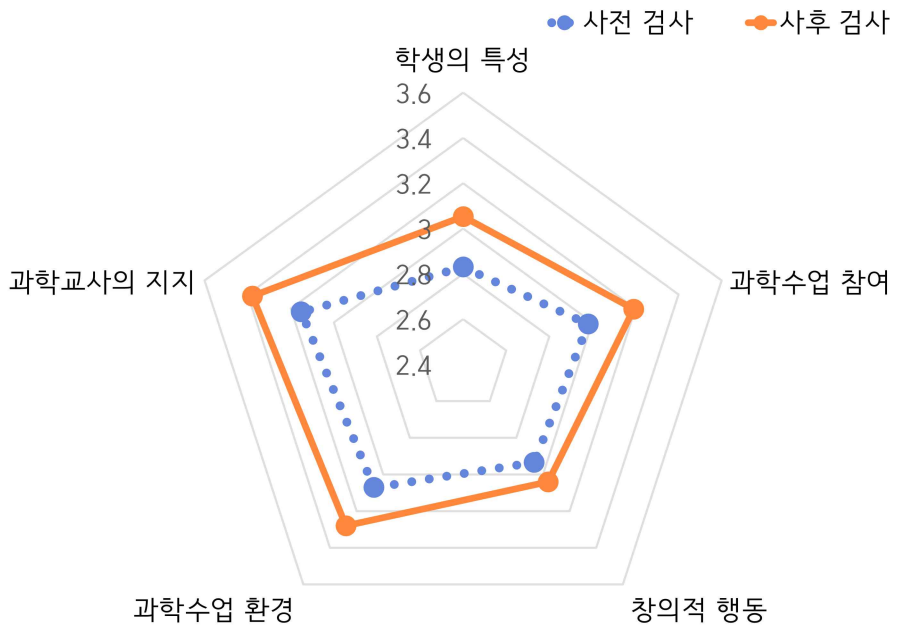
는 유의수준 .01을 기준으로 통계적으로 유의하게 증가하였다. ‘과학수업 참여’와 ‘과학수업 환경’범주는 유의 수준 .05를 기준으로 유의한 증가를 나타내었다. 다만,‘창의적 행동’범주는 p=.111로 유의미하지 않지만, 사후 점수가 사전 점수에 비해 증가하였다. 이 범주에 대해서는 질적 데이터의 분석으로 결과 해석을 보완할 필요가 있겠다. 창의정 행동’범주를 제외한 4개의 범주 중 ‘과학교사의 지지’범주가 가장 큰 폭으로 증가하였으며, ‘학생 특성’,‘과학수업 참여’그리고 ‘과학수업 환경’순으로 증가하였다. 그러나 그 증가의 폭은 [그림 4-2]에서 볼 수 있듯이 거의 비슷하다. 결과를 종합하면, 대응 표본 t-검정 결과, 4개의 범주에서 유의미한 증가를 나타내고 있으므로 국제교류 STEAM 수업을 통해 학생의 과학학급창의성이 증가하였다고 말할 수 있다.

[표 4-1] 범주별 R-SCC 응답에 대한 대응표본 t-검정 결과 (N=25)

| 범주 | 구분 | 평균 (M) | 표준편차 (SD) | t | p |
|---|---|---|---|---|---|
| 학생 특성 | 사전 | 2.831 | 0.451 | −3.924 | .001** |
| | 사후 | 3.053 | 0.409 | | |
| 과학수업 참여 | 사전 | 2.980 | 0.479 | −2.789 | .010* |
| | 사후 | 3.192 | 0.459 | | |
| 창의적 행동 | 사전 | 2.933 | 0.414 | −1.66 | .111 |
| | 사후 | 3.040 | 0.467 | | |
| 과학수업 환경 | 사전 | 3.071 | 0.486 | −2.749 | .011* |
| | 사후 | 3.280 | 0.519 | | |
| 과학교사의 지지 | 사전 | 3.151 | 0.479 | −2.910 | .008** |
| | 사후 | 3.378 | 0.578 | | |

*p< .05, **p< .01

국제교류 STEAM 수업은 학생의 과학학급창의성의 어느 요소에 얼마나 영향을 미치는 지를 구체적으로 살펴보기 위해, 과학급창의성의 요소 10개에 대해 대응표본 t-검정을 시행하였다. 이에 대한 결과를 [표 4-2], [그림 4-2]로 나타내었다.




[그림 4-1] R-SCC 사전·사후검사 결과 비교(5개 범주)

[그림 4-2] R-SCC 사전·사후검사 결과 비교(10개 요소)

[표 4-2] 요소별 R-SCC 응답에 대한 대응표본 t-검정 결과 (N=25)

| 요소 | 구분 | 평균 (M) | 표준편차 (SD) | t | p |
|---|---|---|---|---|---|
| 학생 인지적 특성 | 사전 | 2.782 | 0.456 | −3.32 | .003** |
| | 사후 | 2.973 | 0.400 | | |
| 학생 정의적 특성 | 사전 | 3.216 | 0.483 | −3.04 | .006** |
| | 사후 | 3.528 | 0.469 | | |
| 학생 과학경험 특성 | 사전 | 2.617 | 0.560 | −2.38 | .026* |
| | 사후 | 2.817 | 0.634 | | |
| 과학수업 내현적 참여 | 사전 | 3.184 | 0.412 | −2.53 | .018* |
| | 사후 | 3.448 | 0.421 | | |
| 과학수업 외현적 참여 | 사전 | 2.776 | 0.659 | −1.85 | .076 |
| | 사후 | 2.936 | 0.605 | | |
| 개인의 창의적 행동 | 사전 | 2.933 | 0.414 | −1.66 | .111 |
| | 사후 | 3.040 | 0.467 | | |
| 과학수업 물리적 환경 | 사전 | 2.970 | 0.561 | −3.17 | .004** |
| | 사후 | 3.270 | 0.489 | | |
| 과학수업 사회문화적 환경 | 사전 | 3.144 | 0.485 | −1.83 | .080 |
| | 사후 | 3.288 | 0.578 | | |
| 과학교사의 인지적 지지 | 사전 | 3.168 | 0.482 | −2.73 | .012* |
| | 사후 | 3.408 | 0.596 | | |
| 과학교사의 정서적 지지 | 사전 | 3.130 | 0.516 | −2.40 | .024* |
| | 사후 | 3.340 | 0.612 | | |

*p< .05, **p< .01

10개의 요소 모두 사전 검사 점수에 비해 사후 검사 점수가 증가하였다.'과학수업 외현적 참여' 와 '개인의 창의적 행동', '과학수업 사회문화적 환경' 요소를 제외한 나머지 7개의 요소는 모두 유의미하게 증가하였다. 10개의 요소 중 가장 큰 변화를 보인 요소는 '학생 정의적 특성'요소였다(사후 검사 평균 - 사전 검사 평균: +0.312). 이를 통해 학생들의 흥미와 내적 동기가 증가하였음을 알 수 있었다. 그 다음 큰 변화를 나타낸 요소는 '과학 수업 물리적 환경'이었으며(사후 검사 평균 - 사전 검사 평균: 0.300) 이 연구에서 관찰한 과학 수업은 '국제교류 STEAM 수업'으로 기존의 과학 수업 환경과는 다른 환경에서 실행되었기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 파악된다..

'과학수업 외현적 참여' 요소는 학생이 과학수업을 참여하는 과정 중 학생간 교사의 상호작용과 학생 간 학생의 상호작용이 일어나는 과정인 탐구, 표현, 협력 등을 나타내는 요소이다. 본 연구에서 진행된 수업은 COVID-19 상황에서 진행되었기 때문에 직접적인 상호작용이 일어나는 대면 수업이 아니라 온라인 수업 환경에서 진행된 비대면 수업이었다. 따라서 학습자는 그동안 해온 교사와의 상호작용과 친구들과의 상호작용이 다른 형태였기 때문에 '과학수업 외현적 참여'를 잘 하지 못했다고 스스로 판단했을 것으로 추측된다. 이는 SCC가 자기보고식 척도이기 때문에 나타나는 반응으로 해석된다.

또한, '개인의 창의적 행동' 요소가 유의미하게 증가를 보이지 않았는데 이는 연구자의 예상과 크게 달랐다. 본 연구에서 기획한 국제교류 STEAM 수업은 소집단이 창의적 설계를 하는 활동(에너지제로하우스 디자인하기)가 주된 활동으로 아이디어 생성, 문제 해결 등 '창의적 행동'을 많이 하도록 계획된 수업 프로그램이었다. 또한 본 연구자는 수업을 참관하는 동안 학생들의 창의적 행동을 관찰할 수 있었다.

홍옥수(2016)는 SCC 검사도구를 개발하고 이 검사도구의 신뢰도와 타당도를 재검증하기 위해 중·고등학생 730명을 대상으로 검사를 실시하였다. 그 결과 모든 학급에서 '창의적 경험(개인의 창의적 경험, 집단의 창의적 경험)' 요소가 낮은 점수로 나타났다([그림 3-13] 참조].

이에 홍옥수(2016)은 학생들이 응답한 '창의적 경험'과 실제 과학수업에서 나타나는 '창의적 경험' 사이에는 간극이 존재할 수 있으며 자기보고식 척도만으로 '창의적 경험' 요소를 측정하는 데 무리가 있을 수 있음을 언급하였다. 이러한 선행연구 결과를 토대로 볼 때, 본 연구에서 나타난 '개인의 창의적 행동' 요소에 대한 유의미하지 않은 결과는 단순히 양적 자료만으로 해석하기에는 불완전하다고 판단하였다. 따라서 본 연구는 수업 관찰과 심층 면담의 질적 자료 해석을 병행하여 '창의적 행동'요소를 다각적으로 해석할 필요가 있다고 보았다.

그러나, 나머지 SCC 7개의 요소에서 모두 유의미한 증가를 나타낸 것을 보아 국제교류 STEAM 수업에 참여한 모든 학생들은 과학학급창의성이 증진(forster)되었다고 볼 수 있다. 즉, 본 연구에서 계획하고 실시한 국제교류 STEAM 수업은 과학학급창의성 증진에 긍정적인 효과가 있다고 볼 수 있겠다.

한편, 이는 자기보고식 척도이기 때문에 측정 결과를 해석할 때 주의가 필요하다. 본 연구에서는 응답자의 성실하고 솔직한 반응을 유도하기 위해 교사 주도로 이루어진 설문조사이였기 때문에 '과학학급창의성'에 대한 학생들의 응답이 긍정적으로 편향되었을 가능성도 있다(홍옥수, 2016). 따라서 질적 데이터의 수집과 분석을 추가로 실시하여 양적 결과에 대한 해석과 이해를 심도깊게 하고자 하였다. 또한, 과학학급창의성의 어느 요소가 얼마나 변화하였느냐에 대한 결과에 더 나아가, 실질적인 발현 사례에 대해 탐색해보고자 하였다.

## 4.2. 창의성의 질적 변화

본 절에서는 국제교류 STEAM 수업을 통해 과학학급창의성이 나타난 구체적인 사례를 추출하여 그 특징을 논의하고자 한다. 즉, 이를 위해 양적 자료 이외에 여러 형태의 질적 데이터(심층 면담, 수업 활동 산출물, 설문지 문항 중 서술형 문항)를 수집하고 분석하였다. 분석틀로 Hong & Song(2020)의 과학학급창의성 모델을 활용하였다.

과학학급창의성의 다섯 가지 범주(학생 특성, 과학수업 참여, 창의적 행동, 과학수업 환경, 과학교사의 지지)별로 분석한 결과는 다음과 같다.

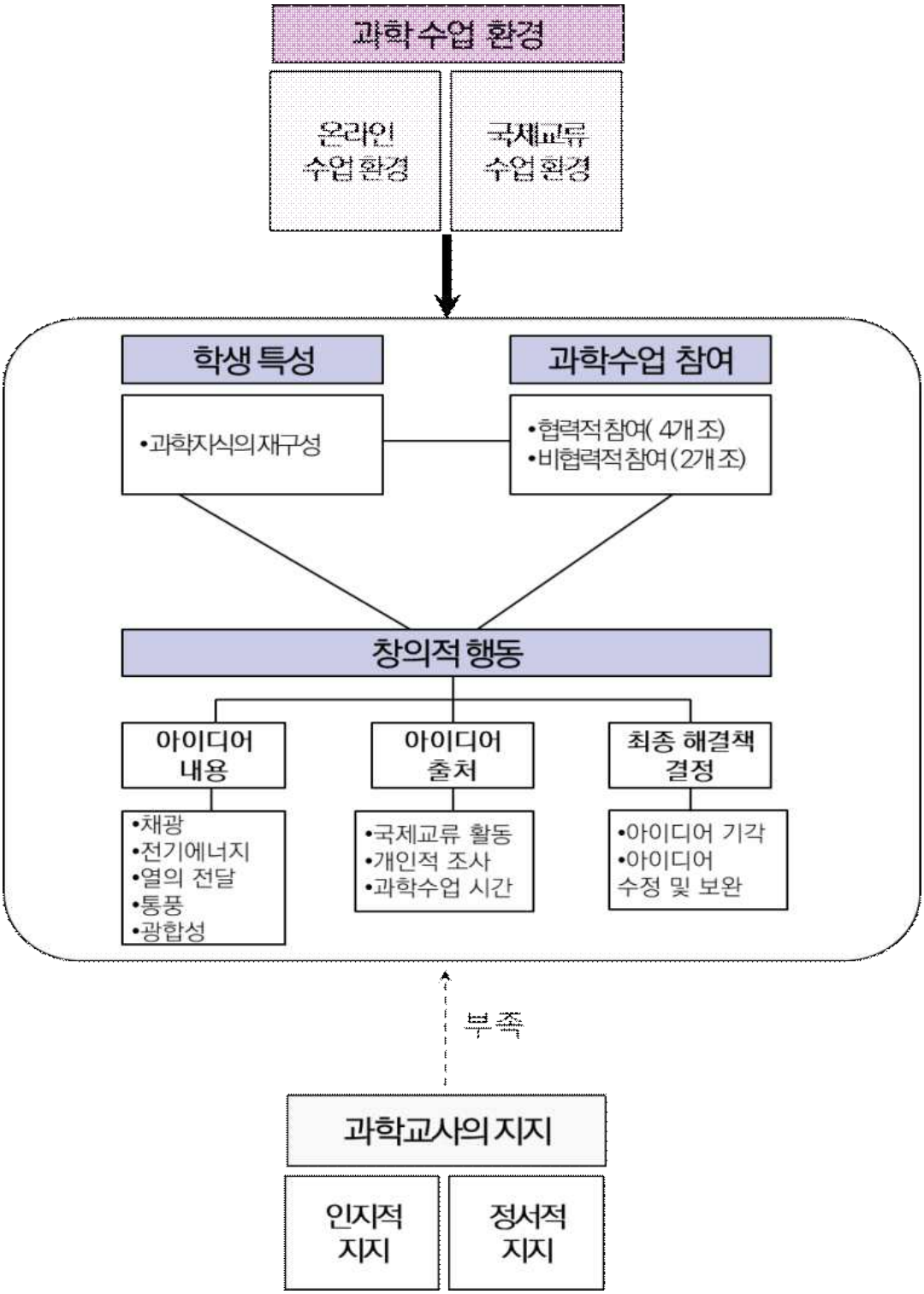
첫째, '학생 특성'의 인지적 요소 중 '과학지식'이 의미 있게 변화하였음을 알 수 있었다. 학생들이 기존의 지식을 확장하여 새로운 지식으로 재구성함을 포착할 수 있었다.

둘째, '과학수업 참여'의 외현적 참여 요소에서 '협력적 참여'가 두드러지게 나타났다. 협력하지 않으며 수업에 참여하는 양상인 '비협력적 참여'도 나타났으나 전반적으로 학생들은 협력적 참여를 하는 것을 포착할 수 있었다.

셋째, '창의적 행동' 의 집단의 창의적 행동 요소에서 '아이디어 생성'과 '문제 해결'의 사례들을 추출하였다. 이 요소는 양적 자료에서 유의미한 결과를 얻지 못했던 요소였기에 질적 분석을 통해서 모둠이 최종 산출물에 표현한 아이디어의 내용들은 무엇인지, 모둠이 무엇으로부터 영감을 받아 아이디어를 구상해 냈는지를, 모둠이 여러 아이디어를 어떻게 검토하여 최종적인 결정을 도출하였는지를 추출하였다.

넷째,'과학수업 환경'에서는 물리적 환경에 해당하는 온라인 수업 환경과 사회문화적 환경에 해당하는 국제교류 수업 환경이 두드러지게 나타났다.

다섯째, '과학교사의 지지'에서는 인지적 지지 요소와 정서적 지지 요소 모두 부족한 것으로 확인되었다. 양적 데이터에서는 이 요소가 유의미하게 증가함을 확인하였으나, 질적 분석에서는 학생들이 과학교사의 지지가 더 필요하다고 생각함을 확인하였다.




[그림 4-3] 질적 데이터로부터 도출한 과학학급창의성 발현의 특징

### 4.2.1. ‘학생 특성’ 범주

창의성의 요소로 ‘지식’은 중요한 위치에 있다. Sternberg & Lubard(1993)는 창의성의 구성 요소 중 하나로 ‘지식’을 강조했으며, Siau(1995)는 ‘집단창의성 모델’에서 ‘개인의 특성’의 하위요소로 ‘지식’을 제시하였다. 박종원(2004)은 ‘과학적 창의성의 인지적 모델’을 제안하면서 ‘과학지식내용’을 하나의 요소로 제시하였으며, 정현철 등(2002)은 과학 창의성의 요소로서 ‘과학지식’과 ‘과정지식’을 제시하였다. 유선아 등(2019)은 STEAM 창의역량의 구성요소로 ‘배경지식(학업성취, 상식 등)’을 제시하였으며, 홍옥수(2016)는 과학학급창의성의 요소 중 ‘학생집단의 특성’의 하위요소로 ‘과학지식’을 제시하며 중요하게 다뤄야 함을 강조하였다. 이처럼 많은 연구에서는 창의성의 한 요소로 ‘지식’을 강조하고 있다. 즉, 창의성이 발현되려면 관련 지식이 전제되어야 하며, 지식이 부족하면 창의성에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다. 융합창의인재 양성을 목표로 하는 STEAM 수업 역시 ‘지식’을 소홀히 다뤄서는 안 될 것이다.

그러나 우리나라의 STEAM 수업에서 ‘교과지식의 약화’는 해결해야할 과제 중 하나로 지적되고 있다(심재호 등, 2015). 이정민과 신영준(2014)은 초등학생 대상 STEAM 수업이 흥미와 집단활동 중심으로 주로 구성되어 있어 학생들이 학습활동이라는 점을 잊은 채 집단놀이 활동으로 인식하여 지나치게 소란스러운 경우가 발생함을 지적하였다. 또 다른 연구들에서는 STEAM 수업이 과학 개념 형성에 유의미한 영향을 미치지 못한다는 결과를 얻었다(박지혜와 신영준, 2015; 서주희와 신영준, 2012). 고영욱(2014)과 김맹범과 홍승호(2019)에서도 STEAM 수업이 학생의 학업성취도 향상에 영향을 미치지 못한다는 연구결과를 보고하였다. 이러한 선행연구 결과는 우리나라의 STEAM 수업에서 ‘지식’이 중요하게 다뤄지지 않음을 시사한다. 학생들이 STEAM 수업을 통해 수학과 과학 등의 교과지식과 기능을 익히지 못한다면, 이러한 수업은 “자칫 손과 몸만 바쁜 활동중심의 전학문적 수업”에 그칠 수 있다(이경진과 김경자, 2012).

STEAM 수업이 교과지식 학습에 도움이 된다는 연구 결과도 있으나(예: 강주희 등, 2013; 고현지, 2013; 배진호 등, 2013; 구형규, 2017; Choi et al., 2021), STEAM 수업을 통한 학생들의 학습경험을 구체적으로 분석한 연구는 여전히 부족하다. 이러한 배경에서, 본 연구는 여러 연구에서 조명하지 못한 STEAM 수업에서의 학습자의 학습경험, 즉, 과학 지식의 이해와 습득에 초점을 두고 질적 분석을 통해 자세히 서술하고자 하였다. 또 이를 통해 과학학급창의성 중 '학생특성'의 한 요소인 '과학지식'의 변화가 어떠한 특징을 나타내는지 도출하고자 하였다.

'에너지제로하우스 디자인하기' 프로그램에서의 과학 내용요소인 '단열', '기후에 따른 주거 환경' 등은 대부분 중학교때 이미 배운 것으로 학생들은 관련 선행지식을 가지고 있는 상태였다([표 3-2] 참조). 다만 '에너지제로하우스' 용어 자체는 학생들에게 생소한 개념이었다. 그럼에도 학생들은 국제교류 STEAM 수업 참여 과정에서 에너지제로하우스와 관련된 과학지식을 수동적으로 전달받는 것이 아니라, 기존의 지식을 학생들이 주체적으로 연결하고 활용하면서 능동적으로 지식을 재구성하였다. 이는 6-B, 3-A, 1-A, 6-A, 2-A학생들의 심층 면담 사례에서 확인할 수 있었다.

- **기존 과학 지식을 구체화 및 새로운 지식으로 전환**

6-B 학생은 수업에 참여하기 전에 한옥과 관련된 유체역학을 소개한 책(『이렇게 흘러가는 세상: 영화부터 스포츠까지 유체역학으로 바라본 세계』, 저자 손현수, 출판사 MID)을 읽은 경험이 있어 한옥에서의 냉난방 원리에 관한 선행지식을 가지고 있었다. 이를 에너지 제로하우스 디자인에 활용하였다. 예를 들어 맞바람이 들도록 창문을 일직선으로 배치하여 에어컨이 아닌 자연 바람으로 냉방효과를 얻을 수 있도록 디자인하였다.

6-B: **원래 한번 읽어본 적이 있었던 책이에요. 여기에 있는 거를 활용하**

**면 좋지 않을까 생각은 했던 것 같아요.** (중략) 한옥의 여름과 겨울, 온돌 얘기도 나오고 대청마루 해가지고, 바람 통로 등 이런 이야기 나와 있어요. 우리 조상들이 자연에 나온 에어컨을 썼다는 이야기도 나오고 그래요, 풍혈이라고.(중략)

R: **전에 읽었던 책 내용을** 이번 수업 때 떠올려서 **다시 가져와서** 디자인할 때 **녹여낸** 거구나?

6-B: 많이 전문적으로 녹여내지 못했는데, 그런 방향으로 가려고 생각을 한번 해 본 것 같아요. (중략) 이렇게 한국은 바람길을 열어놓는구나, 이런 걸 **이용**해서, 건물을 아까 말씀드렸지만 건물을 통으로 (창문을) 만들면 어떨까 생각해보았습니다.

[6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

3-A 학생은 중학교 지리 수업시간에 배웠던 '기후에 따른 가옥의 형태'를 다시 생각하고 이를 바탕으로 호주의 기후를 "추측"하였다. 열대기후인 지역에서 지열을 피하기 위해 바닥을 띄워 집을 짓는다는 것을 중학교 때 배워서 이미 알고 있었다. 국제교류 STEAM 수업에서 호주 학생들이 자신의 주거 문화를 소개해주었을 때, 호주(시드니)의 집 역시 바닥을 땅 위로 띄워 짓는 것을 보고 호주의 기후도 열대기후처럼 덥다는 것을 추측하였다. 다시 말해, 기존 지식을 활용해 새롭게 적용해 보는 경험을 하였다.

3-A: **저희가 예전에 배웠던 고산 가옥,** 그리 높지는 않지만 바닥을 띄운 집의 형태를 보이거나 여러 가지 집의 형태를 만드는, 그런 지역의 기후를 배우고 왔잖아요. 이를 통해서 호주에서 집들의 형태가 여러 가지가 존재하는 걸로 봐서는 **호주의 기후는** 이런 집이 있는 곳은 어떻고, 저런 집이 있는 곳은 어떻고 이런 거를 약간 **추측해보는** 그럴 수 있었던 것 같아요.

R: 그렇구나. 고산가옥 그런 것은 어디서 배웠지? 무슨 시간에 배웠지?

3-A: **중학교 때요, 사회였어요. 지리 시간에** [중략]

3-A: 제가 예상한 바로는 바닥에 지열이랑 바닥이 기어 다니는 벌게 같은 것들을 피하기 위해서 집을 띄워서 만들었다고 알고 있어요.

[3-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

6-B 학생은 수업을 듣기 전 호주가 우리나라와 달리 남반구에 위치하여 태양의 남중고도 방향이 반대임을 이미 알고 있었다. 그러나 “어떻게 반대인지” 알지 못했다고 말하면서 “뭉뚱그려” 알고 있었다고 응답하였다. 그러나 본 수업을 들은 후 추상적으로만 알고 있었던 위도에 따른 햇빛의 방향을 “새롭게 계산”할 수 있다고 응답하였고 이로부터 추상적이었던 개념이 구체화되었음을 확인할 수 있었다.

> 6-B: 호주가 방향이 반대인데 일단은 어떻게 반대인지... **반대라는 걸 알고 있었는데** ...어떻게 반대인지 그걸 알 수 있었고.. **대체로 그냥 전부 그냥 뭉뚱그려 알고 있었던 것을 더 깊게 할 수 있었던 같아요.** (중략) **호주에 집을 짓는다고 했을때...햇빛의 방향부터 다르기 때문에 그 부분에서 새롭게 계산하거나** 우리나라와 반대 방향으로, 방향을 반대로 생각하는 부분이 있어서, 오히려 지구과학적인 부분에서 **새롭게 알게 된 것도 많고** ..(중략)
>
> [6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

6-B 학생과 같은 6조인 6-A 학생도 기존에 “대충” 알고 있었던 과학 지식을 “어떻게 적용”해야 하는지 알게 되었다고 응답하였다. 이미 알고 있던 기존 지식을 적용하는 경험을 하면서 이것을 “새롭게 알게되었다”고 표현하였다.

> 6-A: **아무래도 몰랐던 것까지 생각을 하게 되었어요.** 아까 말했듯이 해가 어디서 뜨고 지는지 이런 것도 알게 되었고 솔직히, 솔직히 과학적 대부분을 그냥 과학적 지식 그런 거 적용시키지 않는, 그냥 뭐 열이 위로 올라가고 뭐 이런 걸 대충만 알고, 열이 보존된다 이런 것만 **대충 알고 있었지 어떻게 적용되는지 솔직히 몰랐거든요.** 이렇게 수업을 하면 어떻게 적용이 되는지 그런 것도 많이 알게 되었어요. **새롭게 알게 되어서 재미있게 다가왔던 것 같아요.**
>
> [6-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

1-A 학생은 중학교 때 ‘계절별로 태양의 고도가 달라짐’을 배웠

으나, 이러한 내용을 왜 배우는지 잘 이해하지 못했다. 그러나 이번 에너지 제로하우스 디자인하기 활동을 하면서 해당 지식을 적용하는 경험을 하고, “상상도 못 했”던 것이라고 표현하였다. 또한 해당 지식의 적용에 대해 “확실하게 알게” 되었다고 응답하였다.

> 1-A: 계절별로 태양의 높낮이가 달라지잖아요. 그게 특히 **중학교 때 배울 때는 저런 걸 왜 배우는지 생각이 들었는데** 저걸 토대로 아파트나 주택을 지을 때 저걸로 채광을 생각한다는 것은 **상상도 못 했고** 남향집이 왜 비싸고 좋은지 뭔지도 몰랐는데 이번에 채광 실험을 하면서 남향집이 왜 비싼지 **확실하게 알게 된 것 같아요.**
>
> [1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

6-A, 3-A, 6-B, 1-A 학생 심층 면담 사례로부터 학생들은 에너지 제로하우스를 디자인하는 경험을 통해 자신이 이미 가지고 있던 선행 지식을 다시 한번 생각해보고 적용해 보면서 이 과정을 ‘지식들을 새롭게 알게 되었다’고 느끼는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 학생들의 경험은 구성주의 관점에서 ‘학습’에 해당한다. 구성주의에서 학습은 지식이 학습자가 물리적·사회적 환경과의 능동적·적극적 상호작용을 통해 구성되는 과정으로 본다(조희형과 최경희, 2002). 즉, 구성주의에서 학습자는 지식을 수동적으로 받아들이기보다는 그들이 이미 가지고 있는 개념적 구조와 관련하여 지식을 적극적으로 구성한다(Taylor, 1993). 이를 바탕으로 해석할 때 학생들은 STEAM 수업을 통해 대충 알고 있던 기존 지식을 재구조화하여 새로운 지식으로 전환시킨 ‘학습’을 경험하였다고 볼 수 있겠다.

- 기존 과학 지식의 연결성 강화

2-A 학생은 국제교류 STEAM 수업 전에 에너지를 절약하는 방법들을 알고 있었으나 그에 대한 명확한 이해는 없었다. 그러나 국제교류 STEAM 수업을 통해 에너지 제로하우스를 디자인하는 과정에서 기존에 알고 있던 여러 과학 개념들을 연결하는 것을 2-A 학생의 심층 면담

사례에서 확인할 수 있었다.

R: 이거 수업하고 개념도 그리는 거 어땠어? 전에 수업 전에 그릴 때랑?

2-A: **수업 전에는 에너지 제로하우스가 사실 잘 뭔지도 모르고** 어떻게 하면 에너지를 절약해야 할지 **구체적인 생각은 하나도 안 났는데** 하고 나서 보니까 **수업 중간에 들었던 생각들을 정리하면서 나가다 보니까** 굉장히 많은 에너지 절약 방법을 생각할 수 있었던 것 같아요.

R: 이 방법들이 원래 몰랐던 방법들이었던 거야? 아니면 알고 있었던 것인데?

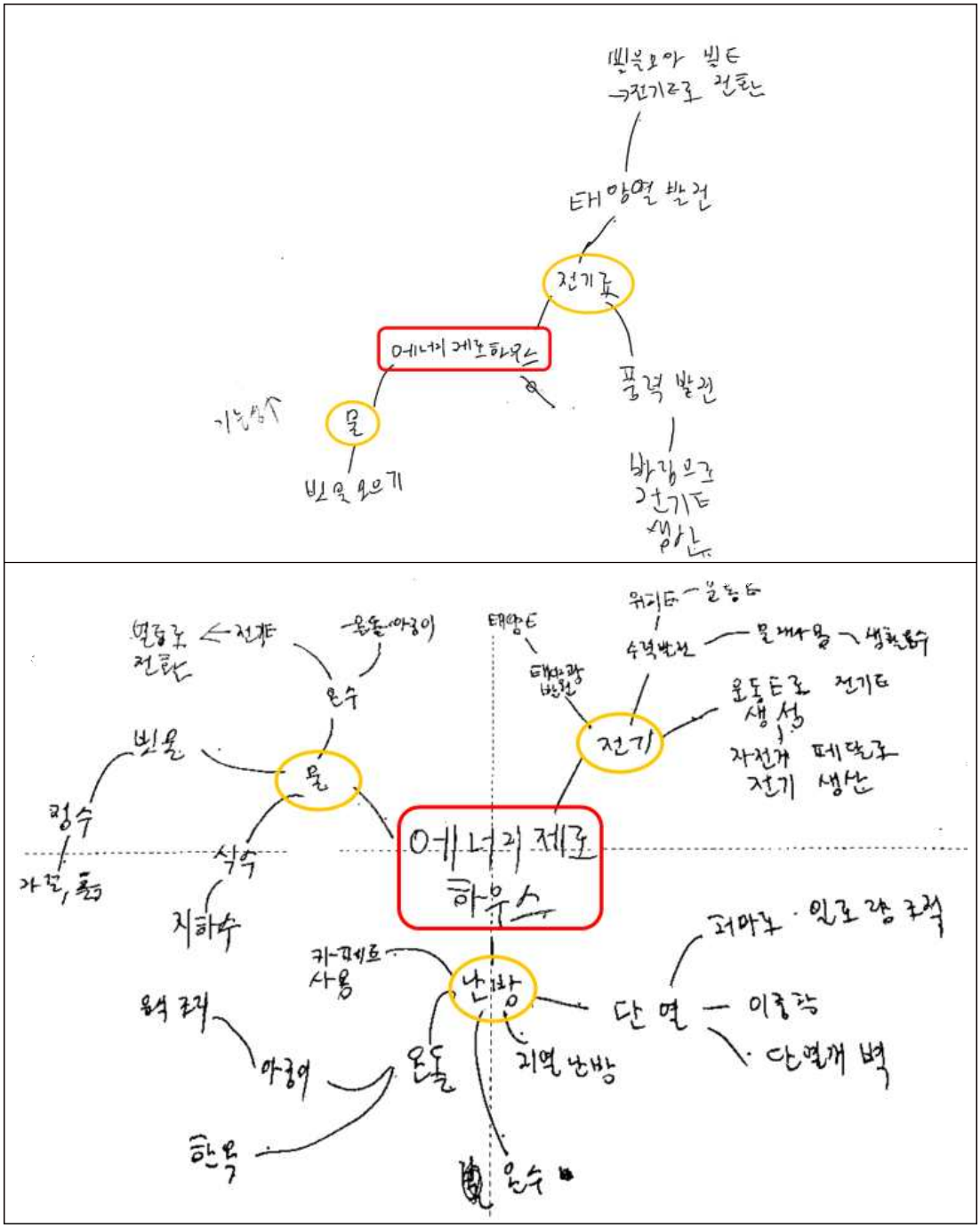
2-A: 아는 방법도 있었고 모르는 방법도 있었는데 에너지 절약 방법이라고 제시했을 때 **수업 전에는 생각이 잘 안 났는데 수업 후에는 좀 유기적으로 정리되는 느낌이었어요.**

[2-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

2-A 학생이 그린 사전 개념도와 사후 개념도를 비교한 결과에서도 개념의 유기적 연결이 증가함을 확인할 수 있었다([그림 4-4] 참고). '에너지 제로하우스'를 '중심개념'으로 한 개념도의 노드(nodes) 개수는 7개에서 30개로 늘어났으며 위계(hierarchy)도 3수준에서 4수준으로 늘어났다. 한편 노드와 노드를 연결하고 그 관련성을 나타내는 링크(links)에 이름을 붙이는 것과 다른 가지에 있는 두 개념들 사이의 횡적 교차(cross links)나 개념에 대한 구체적인 예(examples)는 사전 개념도와 사후 개념도 둘 다 찾아보기 힘들었다. 이는 2-A 학생만이 아니라 대부분의 학생에게 나타난 특징으로, 개념도를 그리는 방법에 대한 숙지가 충분하지 않았던 것으로 추론된다. 연구자가 학생들에게 개념도를 그리는 방법에 대한 안내를 충분히 했다고 생각했으나, 학생들이 개념도 그리는 것에 대한 질문이 많았다. 따라서 학습자가 그린 개념도에 대한 평가는 양적으로 계산하는 것에서는 한계가 있으나 개념도의 노드와 위계를 질적으로 평가해 볼 수 있었다.

사전 개념도에는 '에너지 제로하우스'를 중심개념으로 하고 그 하위 일반개념으로 '물'과 '전기료'를 가지를 쳐 그렸다. 사후 개념도에는 '난방'이 추가되었는데, 이로부터 '열'과 관련된 개념이 구체

화되었음을 확인할 수 있다. ‘단열’ 개념과 연결된 ‘이중창’, ‘단열재 벽’은 단열에 대한 구체적인 예로 서술한 것으로 ‘전도’ 개념에 대한 이해가 특히 증가함을 확인할 수 있었다.




[그림 4-4] 2-A 학생의 사전 개념도(좌), 사후 개념도(우)

한편, 2-A 학생에게 수업 참여 전에 비해 개념이 잘 정리된 이유를 물었을 때 친구들과 “의견 교류”를 하고 “개인적 조사”를 한 것이 바탕이 되었다고 답하였다.

R: 뭐가 너를 그렇게 만들었을까? 수업 중에서?

2-A: 일단 **애들하고 의견 교류하면서** 어떻게 하면 효율적으로 집을 만들 수 있을까 이런 것에 대해 **의논한 게 가장 큰 부분을 차지했던 것** 같고 그 외에도 **개인적으로 자료 조사**나 이런 것들을 하면서 얻게 된 것을 집을 지을 때 계속 활용을 하려고 노력하다 보니까 그게 가장 개념을 정리하는 데 도움이 됐던 것 같네요.

[2-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

6-B 학생도 선생님과 호주 친구들, 한국 친구들과 이야기한 것이 개념도를 그리는 데에 가장 큰 도움을 주었다고 응답하였다. “개인적 조사”활동도 개념의 “세세한 부분을 채우는”것을 도와주었다고 하였다.

R: 처음에는 그리라고 했을 때 이렇게 복잡하고 잘 위계가 있는 이런 컨셉맵, 마인드맵을 그리지 못했는데 왜 수업 후에는 도대체 어떤 이유 때문에 이러한 것들을 이렇게 체계적으로 그릴 수 있었지?

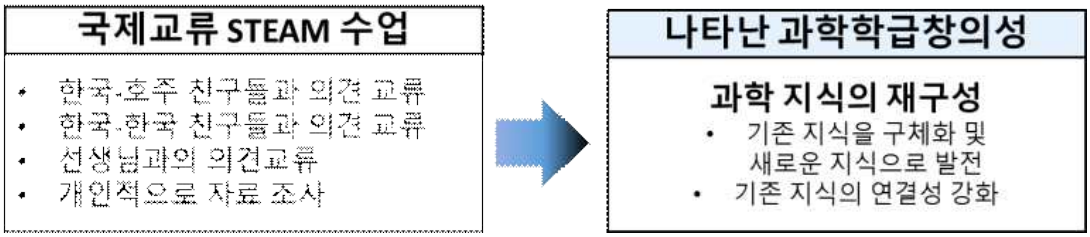
6-B: 일단은 여기에 다 녹아든 게 일단은…. 마지막 세세한 부분까지 들어가는 부분에서는 제가 또 제가 쓴거만 **큰 뼈대 부분에서는 선생님들이나 호주 친구들, 조원들과 얘기한 게 영향을 많이 받았던 것 같아요.** 예를 들어서 액티브하우스랑 패시브하우스로 나눠지고, 액티브하우스는 어떻게 더 나눠지는지 크게 큰 분야에서는 나눠지는지, 패시브하우스에서는 어떤 게 있는지, 이런 걸 얘기를 하면서 알게 돼서 그 부분에서도 수월했던 것 같습니다. **세세한 부분을 채우는 거는 따로 개인들을 조사하는 것이기 때문에** 그렇게 채웠습니다.

[6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

2-A, 6-B 학생의 면담 사례를 통해 학생들은 친구들과 상호작용을 함으로써 자신이 지닌 기존 개념들을 더욱 견고하게 연결한다는 것을 포

찰할 수 있었다. 또, 교사와의 상호작용과 개인이 스스로 조사하는 과정 역시 과학 지식 간의 연결성을 강화하는 데에 중요한 역할을 함을 확인할 수 있었다.

본 절의 내용을 요약하면, 국제교류 STEAM 수업을 통해 학생들의 '과학지식은 재구성'되었다. 즉, 학생들은 대충 알고 있었던 기존 지식을 구체적인 지식으로 발전시켰으며 새로운 지식으로 전환하였고 또, 학생들이 기존에 지니고 있던 과학 개념의 연결성이 강화되었다. 한편, 호주와 한국 친구들과 의견을 교류하는 과정과 개인적 조사 활동을 한 것으로부터 과학지식을 재구성하였음을 확인하였다. 이를 요약한 것을 [그림 4-5]에 나타내었다.




[그림 4-5] '학생 특성' 범주에서 나타난 과학학급창의성의 특징

### 4.2.2. ‘과학수업 참여’ 범주

국제교류 STEAM 수업에서 나타난 학생들의 과학학급창의성의 ‘과학수업 참여’범주에서 두드러지게 나타나는 특징은 ‘협력’이었다. 이를 구체적으로 설명하기 위해 조연순 등(2011)이 밝힌 ‘학생들의 창의성이 발현되는 수업 맥락에서의 상호작용’을 참고하여 모둠별 상호작용의 형태와 특징을 [표 4-3]에 나타내었다.

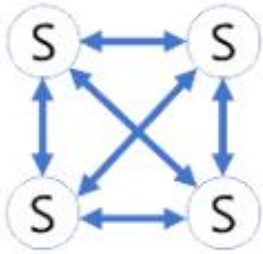
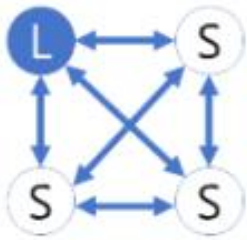
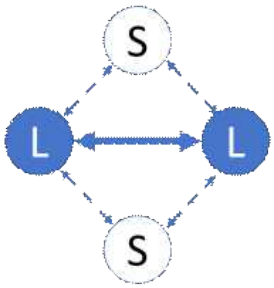
6개의 조 모두 친구들과 협력을 원활히 한 것은 아니었지만 나름의 상호작용을 하는 모습을 관찰할 수 있었다. 조원들끼리 활발한 상호작용이 나타났던 조는 1조, 3조, 4조, 6조였으며 2조, 5조는 그에 비해 다소 상호작용이 두드러지지 않았다. 본 연구자는 2명 이상이 상호작용을 통해 아이디어를 생성하고 문제 해결책을 도출하는 경험을 하는 경우를 ‘협력’을 통해 수업을 ‘참여’한다고 보았다. 따라서 6개 모둠 중에서 4개의 모둠이 ‘협력적 참여’를 하고, 2개의 모둠이 ‘비협력적 참여’를 하였다고 판단하였다. 본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업은 모든 차시에 모둠 활동가 있을 정도로 모둠원들의 상호작용을 강조한 수업이었기에 학생들의 대부분이 ‘협력적 참여’을 통한 수업 참여를 한 것으로 판단된다.

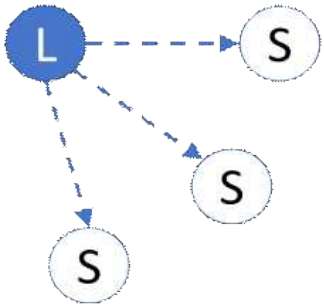
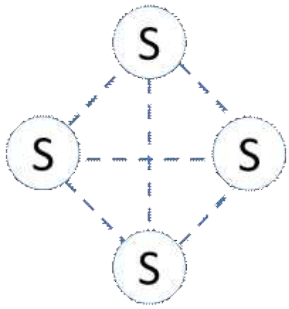
#### 4.2.2.1. 협력적 참여

연구에 참여하겠다고 의사를 밝힌 학생들 중 1조가 가장 열의를 보였다. 1-A 학생은 중국(시안성)과 일본(오사카) 여행을 하면서 두 국가의 문화적 차이가 인상적으로 남아 호주와의 문화교류가 포함된 본 연구의 프로그램에 흥미를 보였다. 1-B 학생은 호주를 방문한 경험이 있었으며 그리하여 본 연구에 적극적으로 참여할 의사를 밝혔다. 이렇듯 1조의 조원들은 이 수업에 관심과 흥미가 많았으며 조별 활동에서 의사소통이 매우 활발했다.

다만 1-B 학생은 목소리가 작고 내성적이었다. 그러나 1-B 학생도 구글 문서 등을 통해 자신의 의견을 활발하게 제시하는 모습을 관찰할 수 있었다. 가장 의견을 다양하게 제시한 학생은 1-A 학생이었

[표 4-3] 모둠별 상호작용 형태와 그 특징

| 구분 | 협력적 참여 | | |
|---|---|---|---|
| | 1조 | 6조 | 3조, 4조 |
| 상호작용 형태 |  |  |  |
| 특징 | • 리더 부존재<br>• 활발한 의사소통<br>• 왕성한 아이디어 생성을 보였으나 산출물 생성은 어려웠음. | • 리더 존재<br>• 활발한 의사소통<br>• 적절한 업무분담<br>• 아이디어 제시, 문제 제기가 자유롭고, 해결책이 통해 협력하여 결정됨. | • 리더 존재<br>• 리더와 1명의 조원 사이에서는 원활한 의사소통을 함.<br>• 2명의 협력을 통해 문제해결을 함. |

| 구분 | 비협력적 참여 | |
|---|---|---|
| | 2조 | 5조 |
| 상호작용 형태 |  |  |
| 특징 | • 리더 존재<br>• 조원들끼리 의사소통이 부재<br>• 리더가 조원들에게 일방적으로 의사 전달<br>• 리더 혼자 문제 해결 | • 리더가 존재하지 않음<br>• 의사소통이 원활하지 않음.<br>• 과제에 관한 역할을 나눈 후 단순히 합쳐서 문제를 해결함.<br>• 조원 각자가 자기 역할만 함.<br>• 협력하여 문제를 해결하지 않음. |

S: 학생, L: 리더 역할을 한 학생

화살표: 상호작용의 방향

점선의 조밀도: 의사소통 정도 (두꺼운 선: 활발함, 점선; 약함)

지만 뚜렷하게 최종 산출물 생성에는 소극적인 모습을 보이며 리더 역할을 하지 않았다. 조장은 1-B 학생이었으나 의사결정 하는 데에 주도적으로 나서지 못해 역시, 리더 역할을 하지 않았다. 그 결과, 활발했던 의사소통을 보여주었던 조별 활동과 달리 최종 산출물(에너지 제로하우스 디자인)을 생성하는 데에서는 어려움을 겪었다. 협력적 참여는 돋보였으나 리더의 부재가 아쉬운 조였다.

6-A 학생은 6조에서 리더 역할을 맡아 주도적으로 조별활동(에너지 제로하우스 디자인하기)을 이끌었다. 6-A 학생은 호주에 장기간동안 여행을 가본 경험이 있었으며, 건축에 관심이 많은 학생이었다. 또한 이 STEAM 수업 주제에 대해 매우 호의적인 태도를 보였다. 활발한 편이며 도전을 주저하지 않은 성격으로 조원들끼리 편안하게 이야기 하도록 분위기를 만들었다. 그리고 여러 아이디어를 각각 나누어 그에 대한 조사를 하도록 하는 등 조원들에게 적절한 '업무 분배'를 해주었다. 이를 바탕으로 다시 아이디어를 수합하고 최종 해결책을 찾았다. 6-A 학생은 면담에서 조원들은 자신의 "아이디어를 막 쏟아내고", "아이디어를 툭툭 던지고" 하는 등 끊임없이 아이디어를 생성하였다고 응답하였다. 이를 다음 심층 면담 사례에서 확인할 수 있었다.

R: 질문! 이렇게 너희 **조원들끼리 같이 막 아이디어를 쏟아내고 서로 역할 분담하고 잘 할 수 있었던 이유** 한 3가지 정도만 말해줄래? 뭐 친하다 이런 걸 떠나서.

6-A: 솔직히 이걸 좀 말하기 그런데.. **제가 좀 딱 정해줬어요. 애들한테 뭘 해라. 왜냐면 이렇게 우왕좌왕할까봐** 그냥 딱 정해서 하는 게 편할 것 같고. 그리고 **6-B랑 제가 이렇게 아이디어하고 나머지는(다른 친구들은) 막 찾고** 막 그랬어요. 막 찾고 그래서 호주 어떤 집인지 그런 집도 보고 그랬었어요. 그리고 어떤 도면이 있는지도 봤어요. 그래서 여러 개 찾아보면서 어떤 집 내부 구조가 어떤지도 보고, 그리고 일단, 진짜 애들 좀 편했어요. 생각보다 편해서 솔직히 학교에서 그냥 이렇게 딱딱한 분위기에서 하면 더 의견이 안 나오고 그래서 그럴 것 같은데 **저희는 편해가지고 의견도 잘 나왔요. 대충 툭툭 던져보니까 던지다 보니까 어? 좋은데! 이러다 이렇게 해서 나**

**왔던 것 같아요.** 그리고 또 뭐있지? 자료조사 같은 것도 많이 (했어요). **애들이 기본 지식도 많고 저희도 자료도 많이 조사해서 아이디어나 의견이 많이 나왔어요.**

[6-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

조장이자 리더 역할을 맡은 6-A 학생은 온라인 화상회의 플랫폼인 ZOOM이 제공하는 '화면 공유' 기능을 이용하여 조원들의 의견을 자유롭게 듣고 이를 수합하였다. 조원들은 "뭘 했으면 좋겠다"라는 식으로 자신만의 아이디어를 자유롭게 풀어냈다. 즉, 활발하고 원활한 의사소통으로 아이디어를 모았으며, 이를 6-A 학생은 "친구들이랑 얘기하면서", "같이 찾아냈다", "같이 만들었다"라고 표현하였다. 이를 통해 6조의 사례가 '협력적 과학수업 참여'를 한 사례라고 판단하였다.

6-A: [중략] 일단 제가 (초안을) 만들고 애들은 줌을 켜고 제 컴퓨터 화면을 공유한 다음에 그러면 제가 어떻게 지금 진행을 하고 있는지 애들이 다 볼 거 아니에요. 거기서 **애들이 뭐 어떻게 뭘 했으면 좋겠다 막 이런 거 다 의견을 반영해서 같이 만들었어요.**

6-B: 아무래도 호주라는 그 전혀 안 해본 프로젝트니까 애들이 더 긴장해서 열심히 참여한 것 같고요. **한국에서(한국 친구들끼리만 수업할 때는) 잘한 친구가 있으니깐 그 친구만 믿고가면 된다 뭐 이런게 있는데, 호주니까 다 모르는 거다 이렇게 해서 열심히 참여했던 거 같습니다**.

[6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

한편 3조와 4조는 리더와 한 명의 조원, 즉, 두명 만이 모둠 활동을 적극적으로 참여하였으며 나머지 조원은 소극적인 태도를 보였다. 이에 대해 4-A 학생이 최종 해결책으로 결정되는 과정에서 "의견 충돌"을 겪지 않아 좋았으나, 더 많은 아이디어를 의논하지 못해 아쉬움이 있음을 밝혔다. 그러나 4-B 학생과 함께 주도적으로 디자인에 참여한 것에 대해 만족감을 드러냈다.

4-A: **조금 더 조원들이 많았으면 조금 더 많은 정보를 가지고 같이 상의해서 더 좋은 디자인을 했을 것 같은데** 그래도 혼자 디자인을 하다 보니까 **의견 충돌도 없고** 제가 조금 더 패시브하우스나 패시브솔라 시스템 그런 것에 대해서 소화하는 부분이 조금 더 많이 생겨서 제가 얻어가는 이 점들은 더 많다고 생각해요.

[4-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

연구자는 개인이 혼자 문제를 해결하는 과정을 경험한 것이 아니라, 내가 아닌 다른 사람과의 의사소통을 통해 문제 해결 과정을 경험한 경우 '개인 창의성'이 아닌 '집단 창의성'이 발현될 수 있는 경우라고 생각하였다. 즉, 2명 이상의 학생이 서로 의사소통을 하면서 아이디어를 생성하고 문제의 해결책을 결정하는 모둠활동을 한 경우를 주목하였으며, 이를 '협력'을 통해 수업에 참여한 경우라고 판단하였다. 따라서 1조, 6조, 3조, 4조는 '협력적 참여'를 하는 사례로 보았다. 한편, 가장 이상적인 '협력적 참여'를 한 경우는 '6조'로 판단하였다,

#### 4.2.2.2. 비협력적 참여

본 절은 국제교류 STEAM 수업에서 학생들이 수업 참여에 어려움을 겪었던 '비협력적 참여'사례를 추출하여 분석하였다. 그 결과 2조와 5조가 수업에 소극적으로 참여하는 것임을 알 수 있었다.

2조는 1명의 리더가 조별 활동을 혼자 하다시피 하였다. 즉, 최종 산출물(에너지 제로하우스 디자인)을 조장이자 리더인 2-A 학생이 혼자 도맡아 했다. 리더와 조원들 사이에서는 의사소통이 존재하였으나 조원들끼리의 의사소통은 없었다. 연구자는 2조의 소그룹활동을 관찰하면서 '학생들이 말이 너무 없다'라고 연구 노트에 기록하기도 하였다.

5조는 리더가 존재하지 않았으며 조원들이 "의욕이 떨어져" 있었다. 호주 학생들과 실시간으로 만나는 국제교류 활동에서는 적극적으로 임하였으나, 기말고사가 지난 이후 진행된 6차시 수업에서부터는 "대충대충" 임하였으며 "선생님들께 죄송"하다고 응답하였다. 5조는 과제

에 대한 역할을 단순히 나눈 뒤, 각자 해온 과제를 한 페이지에 합쳐서 제출하였다. 이에 대해 5-A 학생은 “그냥 분배해서 대화 없이” 수행하였다고 응답하였다.

R: 그러면 그 전에 온돌 이런 건(온돌 소개 영상을) 찍을 때는 되게 적극적으로 했었던 것 같은데, 그거랑 달리 **뒤로 갈수록 좀 애들이 잘 참여를 안 하게 된 이유가** 무엇인 것 같아?

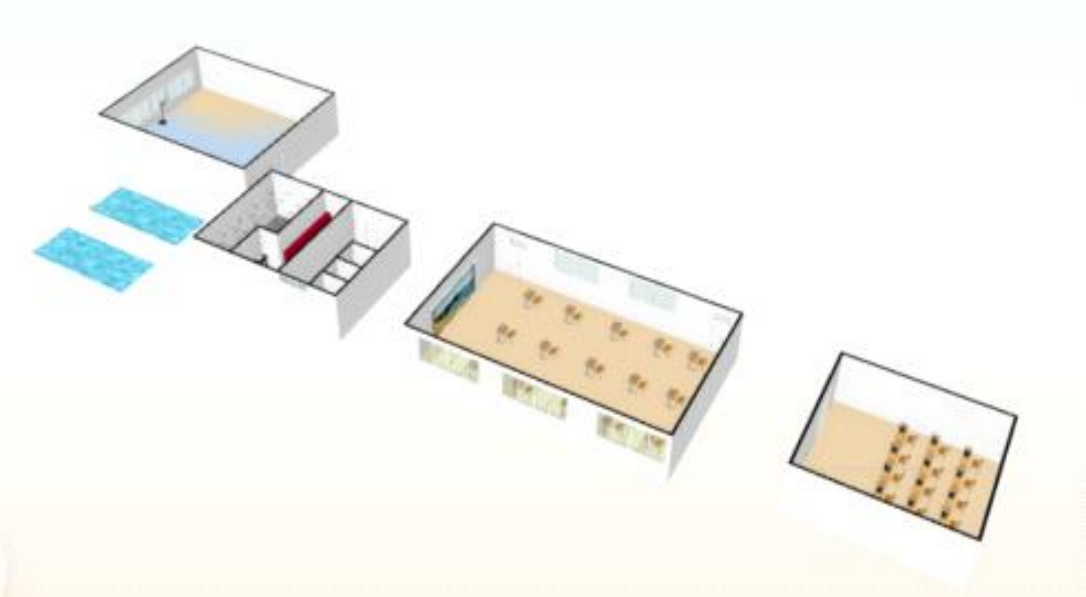
5-A: **서로 약간 의욕이 떨어졌던 것 같아요. 방학이기도 하고.**

[중략]

5-A: 어...그냥 그... 저희 조원들 다 이제 **그냥 빨리빨리 만들고 끝내자.** 이렇게 해 가지고, 그런 개념들에 대한 그 **토의도 안 했고.**

[5-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

[그림 4-6]는 5조의 에너지 제로하우스 디자인 최종 산출물이다. 조원이 각각 교실 한칸 한칸 만든 후에 합쳤다. 이렇게 업무분담을 하는 과정에서 어느 정도의 의사소통은 있었으나 교실을 디자인하는 과정에서 어떠한 협력도 나타나지 않았다.



[그림 4-6] 5조의 최종 산출물

본 연구에서는 2조와 5조는 비협력적으로 참여한 사례로 판단하였다. 2조의 경우 리더가 조원들에게 일방적으로 의사를 전달하였기에 상호작용이 없다고 판단하였으며, 아이디어 생성이나 문제해결 등은 리더가 혼자 했기 때문에 비협력적 참여로 보았다. 이 경우는 무임승차 사례로 볼 수 있겠다. 5조의 경우 여러 명이 함께 과제를 했으나 단순히 분업하고 더한 것으로 의사소통이 부재했기 때문에 비협력적 참여로 판단하였다.

이와 같이 6개의 모둠 중 4개의 모둠은 협력적 참여를 한 반면, 2개의 조는 비협력적 참여를 하였다. 협력적 참여를 하는 경우에도 상호작용의 양상은 모둠마다 달랐다. 본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업은 모둠 활동이 매 차시마다 포함되어 있었기 때문에 학생들의 협력적 참여 여부가 두드러지게 관찰될 수 있었다.

### 4.2.3. ‘창의적 행동’범주

국제교류 STEAM 수업 전과 후 R-SCC의 ‘창의적 행동’ 범주에서는 유의미한 양적 변화를 얻지 못했다. 따라서 질적 자료로부터 학생들이 조원들과 함께 ‘창의적 행동’을 하는 것을 확인하였다.

집단 창의성이 효과적으로 발현되기 위해서는 집단의 구성원들 사이에 의미 있는 상호작용이 필요하다(Chen & Kanfer, 2006; 이상수와 이유나, 2009; 우영진 등, 2016). 홍옥수(2016)도 집단의 창의성이 발현되는 사례로 모둠의 구성원 모두가 활발하게 의사소통에 참여하며 협력을 통해 문제를 해결하고자 하는 모둠의 경우를 꼽았다. 즉, 문제를 개인이 혼자서 해결할 경우는 ‘개인의 창의적 경험’으로, 집단의 구성원이 협력하여 해결하는 경우는 ‘집단의 창의적 경험’으로 구별하였다. 이를 기반으로 ‘집단의 창의적 행동’이 발현되는 사례를 추출하기 위해 모둠별 상호작용을 살펴보았다([표4-4] 참조).

본 연구자는 2명 이상의 학생들이 함께 ‘협력’하여 문제를 해결한 경우가 ‘집단의 창의적 행동’을 보여주는 사례라고 생각하였다. 즉, 각자가 구상한 아이디어를 공유하고, 이를 검토하여 최적의 아이디어를 선별하고, 이를 활용해 문제 해결하는 모습을 보여준 1조, 3조, 4조, 6조를 ‘집단의 창의적 행동’을 포함하는 ‘과학학급창의성’의 사례로 평가하였다. 그 중 모든 모둠원들이 활발하게 의사소통에 참여한 6조의 경우가 ‘집단의 창의적 행동’이 가장 잘 발현된 사례로 판단하였다. 이로부터 양적 자료에서 확인하지 못했던 ‘집단의 창의적 행동’ 요소의 특징을 확인하였다.

구체적으로 말하면 먼저, (1) 모둠이 최종 산출물에 표현한 아이디어의 내용은 무엇인지 그 내용을 분석하였다. 그다음으로, 그러한 아이디어들의 출처를 찾았다. 즉, (2) 모둠이 어디서 혹은 무엇으로부터 영감을 받아 아이디어를 고안하고 구상해 냈는지를 분석하고자 하였다. 마지막으로 (3) 모둠이 여러 아이디어를 어떻게 검토하여 최종적인 결정을 도출하였는지를 살펴보았다.

#### 4.2.3.1. 모둠이 최종산출물에 표현한 아이디어의 내용은 무엇인가?

학생들은 에너지 제로하우스 디자인을 위해 어떤 내용의 아이디어를 생각해냈을까? 본 연구에서 주목한 아이디어는 과학과 관련된 아이디어이다. 즉, 본 연구에서 질적 자료에서 추출하고자 하는 창의성은 '과학적 창의성'이다. 과학적 창의성은 다른 영역에 관한 창의성에 달리 '과학지식'이 중요한 요소이다. 그리하여 본 연구에서 관찰한 집단이 생성한 '아이디어의 내용'이 무엇인지를 살핌과 동시에 그와 관련된 '과학지식'은 무엇인지 분석하였다. 이를 위해 집단의 최종산출물([그림4-4]~[그림4-8] 참조)과 최종 산출물에 대한 발표와 질의응답으로 구성된 마지막 8차시 수업 녹화 영상을 전사한 자료, 학생들의 심층 면담을 분석하였다. 학생들은 호주 학생들을 위한 에너지 제로하우스를 디자인하기 위해 여러 과학지식을 적용하여 아이디어를 구상함을 확인할 수 있었으며 이를 [표 4-4]에 정리하여 제시하였다. 집단이 생성한 아이디어의 내용은 총 12가지로 범주화가 가능했고, 이는 다시 5가지로 범주화할 수 있었다.

1조부터 6조까지 모든 모둠이 최종 산출물에 표현한 아이디어는 호주에서의 에너지 제로하우스의 창문은 '북향'을 향하도록 디자인한 것이었다. 여기에서 이용한 과학지식은 바로 '남반구의 태양고도'이며 이를 고려해 채광이 좋도록 창문의 방향을 북쪽으로 하는 아이디어를 디자인에 반영하였다. 북위 37°인 우리나라는 여름에는 태양의 남중고도가 높은 반면, 겨울에는 낮다. 따라서 추운 겨울에 햇빛이 집안 내부로 깊숙이 들어오기 위해서는 태양의 오래 머무는 방향이 남쪽으로 창을 내야 한다. 그래야 햇빛이 하루 종일 집 안으로 잘 들어오기 때문이다. 충분한 채광은 난방비를 적게 들게 하고 이는 에너지를 아낄 수 있게 하는 좋은 방법이다. 이와 같은 이유로 우리나라는 '남향'으로 거실의 창문이 위치한 집을 선호한다. 한국 학생들은 이 과학지식을 남반구에 위치한 호주에 뒤집어서 적용해'북향'의 집으로 설계한 것이다.

[표 4-4] 모둠이 최종산출물에 표현한 아이디어 내용과 관련 과학 지식

| 과학지식 | | 아이디어 내용 예시 | 해당 조 |
|---|---|---|---|
| 채광 | 남반구의 태양고도 | • 호주의 위도는 대개 넓은 데, 남위 한 10도에서 남위 한 30도 정도라고 합니다. 그래서 호주의 해는 북쪽에 오래 머무는데요. [중략] 그래서 건물 왼쪽에 그 직사각형의 넓은 공간 즉, 만남의 광장의 창문이 있는 쪽이 북향입니다. | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| | 빛의 투과 | • 체육관인데 천장이 반투명유리로 해서 빛이 잘 들어오게 하게금 빛이 잘 들어오게 해서 들어오는 빛을 이용해서 전등 대신에 사용할 수 있습니다. | 6 |
| | 낙엽성 나무 | • 낙엽성 나무를 이용하여 여름에 나뭇잎으로 도서관에 들어오는 빛을 막고 겨울에는 나뭇가지만 있어서 빛이 들어올 수 있게 합니다. | 4 |
| | 색에 따른 빛의 반사 | • 학교의 외벽은 지중해 산토리니 집처럼 흰색이라서 햇빛을 막도록 했어요. | 6 |
| 전기 에너지 | 친환경 에너지 | • 여기 자전거나 러닝머신을 통해서도 자가발전을 할 수 있도록 해 에너지를 친환경적으로 사용하려고 많이 노력했습니다.<br>• 운동장에 설치되어 있는데 이 태양광 패널을 사용하여 전기를 만들어서 교실 안에 있는 에어컨이나 히터 등을 돌리 수 있는 전기를 생산할 수 있습니다.<br>• 바닥에서 나오는 지열을 활용하여 지열 발전기를 설치해서 전기를 생산할 수 있다. | 1, 2, 3, 6 |
| | 소비전력 | • 교실은 소비전력이 비교적 낮아 에너지 절감이 가능한 LED 전구를 이용하고 [중략] | 3, 4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 열의 전달 | 대류 | • 체육관도 뜨거운 열기가 위로 올라간다고 그러셨잖아요. 그래서 체육관 위에도 창문이 있었으면 좋겠다라는 생각도 하게 되었어요.<br>• 저희도 건물을 최대한 산 쪽으로 지을려고 노력했습니다 | 1, 6 |
| | 전도 | • 단열을 위해서 창문은 이중창을 설치하여 창문 사이에 공기층을 형성하여 따뜻하게 유지할 수 있도록 설계했습니다. | 1, 3, 4, 6 |
| | 잠열 | • 건축물을 나무로 둘러쌌습니다. 나무가 잎을 통해 물을 증산하는 과정에서 주위 열을 빼앗아 감으로써 온도가 조절되어 여름철에 비교적 시원하게 유지할 수 있습니다.<br>• 운동장은 천연잔디를 이용합니다. [중략] 공기정화가 되고, 증산작용을 통해 대기의 온도를 낮춰 열섬현상을 경감할 수 있습니다. | 4 |
| | 축열 | • 여기 학교에 3층 정원을 꾸며서 휴식공간으로 활용하고 좀 미비하지만, 흙이 단열, 축열 기능을 해서 냉난방 절감 효과가 있습니다.<br>• 마지막으로 통풍구가 없는 트롬브 벽(축열 벽)으로 지었는데요. 이게 패시브 솔라 디자인인데 전면을 유리로 덮은 석조 외벽으로, 흡수된 태양열을 야외 도서관 내부로 방출합니다. | 4 |
| 통풍 | 공기의 순환 | • 여기서 사용된 과학적 원리는 일단 그 운동하는 곳 같은 경우에는 맞바람을 들게 해 운동할 때 더운데 조금이라도 더 시원하게 운동할 수 있도록 하게 했고 [중략]<br>• 학교 구조는 L자라서 학교가 쭉 길게 뻗어서 햇빛과 바람이 잘 통하게 했습니다. | 2, 3, 5, 6 |
| 광합성 | 동화작용 | • 평소 동화작용을 통해 온실가스의 주범인 이산화탄소를 흡수하여 대기 중 온실가스가 나무로 옮겨 저장됩니다. | 4 |

2-A: **태양 남중고도라든지 태양에 관련된 과학 개념들을 가장 많이 이용한 것 같고** 태양이 어느 고도에 떠서 어느 쪽으로 지고 언제 가장 남중고도가 높은지 그게 가장 (잘) 이용된 개념이었던 것 같아요.

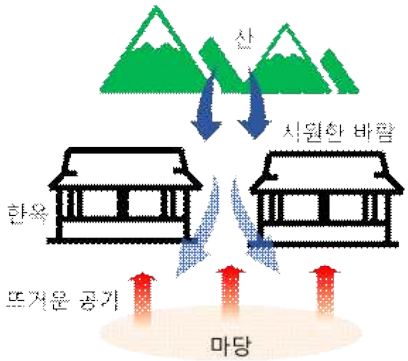
[2-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

또 학생들이 아이디어로 많이 사용한 과학지식은 '열 전달'과 관련된 것들이었다. '대류'와 '전도' 개념을 적용한 아이디어를 낸 조는 1조, 3조, 4조, 6조가 있었다. 4조는 공기에 비해 비열이 큰 '흙'을 이용하거나, 트롬브 벽(tromb wall, 축열벽)을 이용하여 축열을 하는 아이디어를 냈다.

6조는 선조들이 한옥 뒤에 산을 위치하도록 산에서 바람이 내려와 마당에 있는 뜨거운 공기를 밀어내도록 하여 자연 에어컨 효과를 얻었다는 것에서 아이디어를 얻어, '대류'개념을 적용해 산 아래에 건물을 위치하도록 설계하였다.

6-B: 전통가옥은 특히 **공기의 흐름**을 중요시하잖아요. 그래서 조사를 해 봤는데 전통가옥에서는 건물배치를 한국에서는 건물배치를 되게 선조들이 과학적으로 했더라고요. 예를 들어서 **바람이 이렇게(산에서) 내려오면 이 쪽으로(마당 쪽으로) 바람이 불면은 건물과 건물, 두 건물이 있을 때 바람이 이렇게(건물과 건물 사이로) 내려오도록 건물을 이렇게 짓는대요.** 그러면 그 바람이 밑으로 내려올수록 빨라져서 냉방 효과가 있다는 거예요. 그게 되게 신기했던 것 같아요.

[6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]



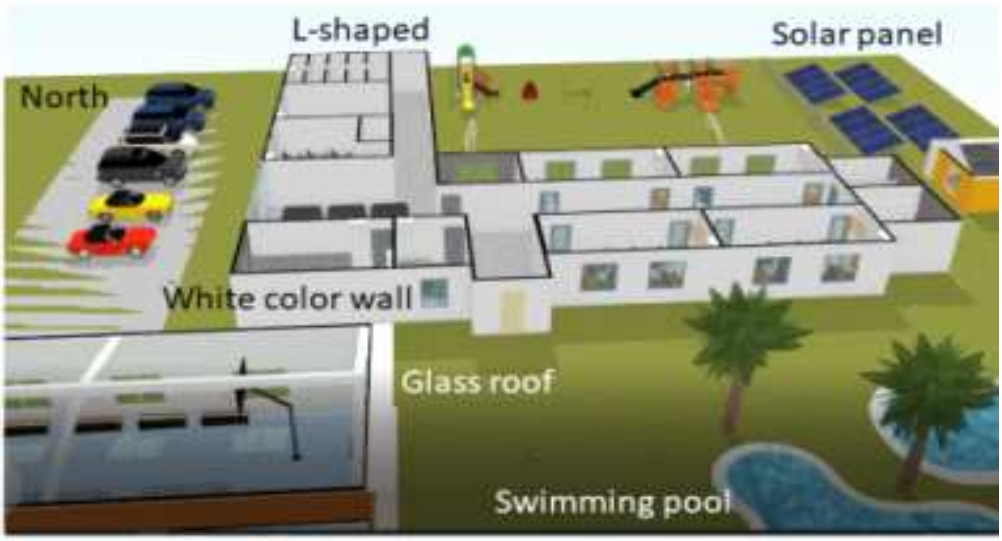

[그림 4-7] 6-B 학생이 면담 과정에서 보여준 그림을 연구자가 다시 재구성함

'공기의 순환'과 관련된 아이디어도 최종 산출물에 많이 표현하였다. 맞바람이 들도록 창문의 위치를 마주보는 두 벽면에 각각 설치하는

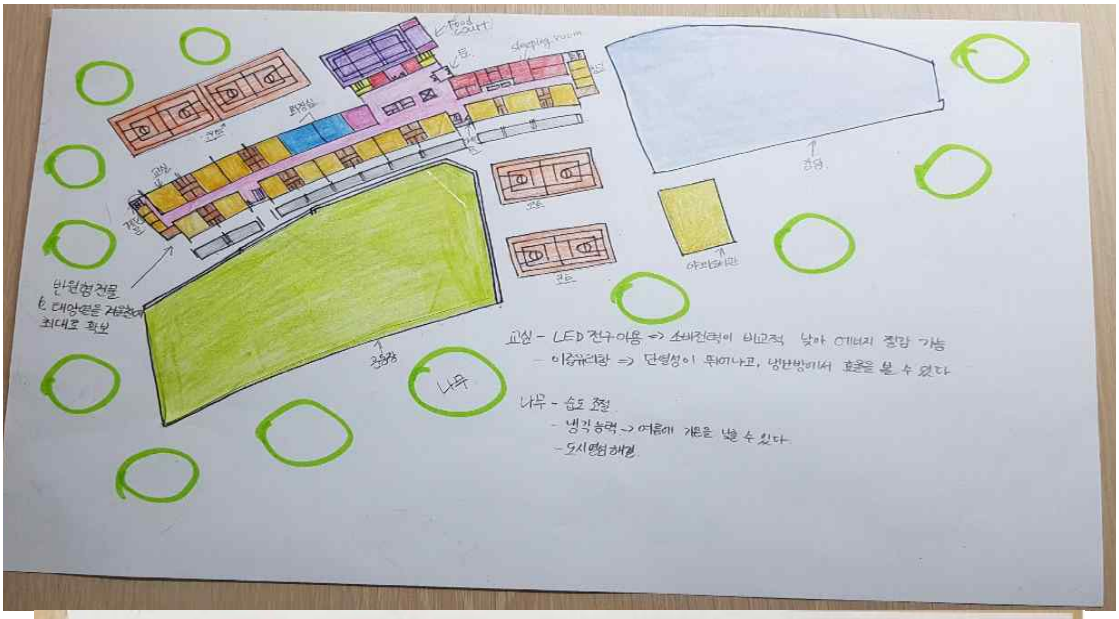
아이디어를 2조, 3조, 5조, 6조가 최종 산출물에 표현하였다. 6조는 L자 구조의 건축물을 만들어 일직선보다는 덜 단조롭지만 공기의 순환이 잘 되도록 만들었다고 발표하였다([그림 4-8] 참조).

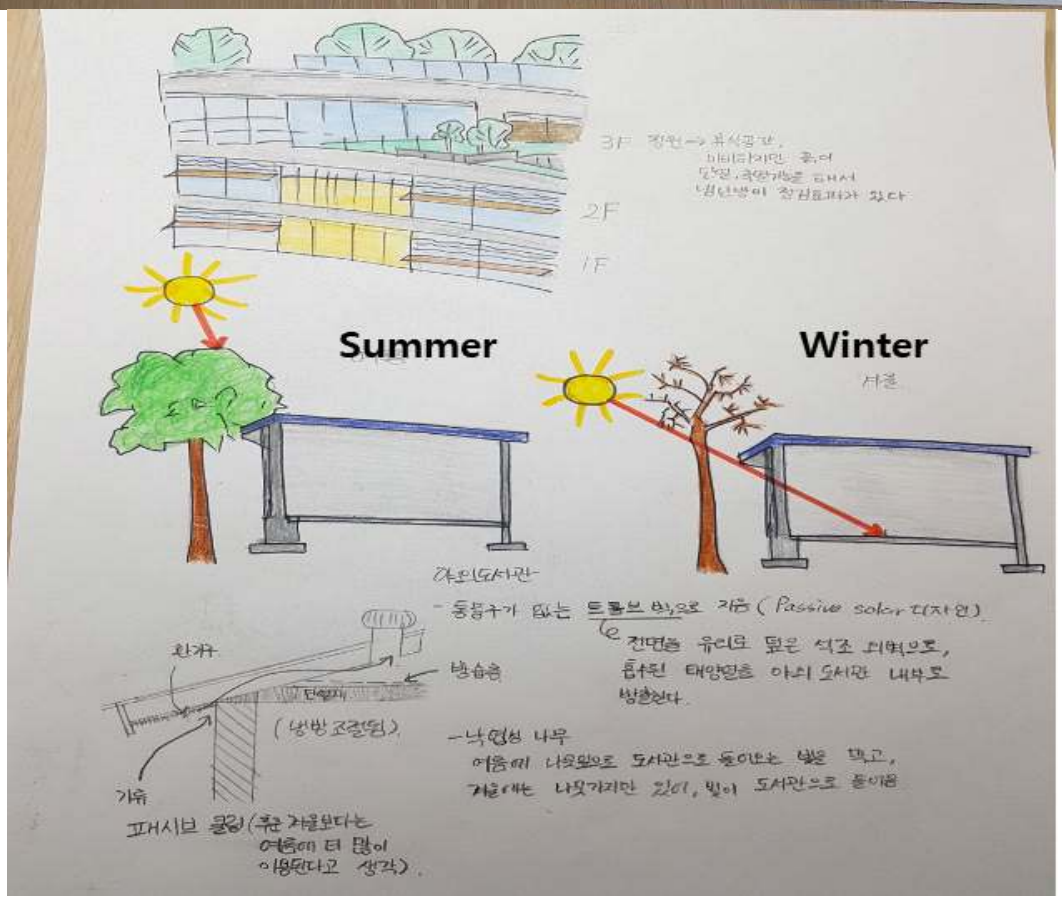
4조의 경우, 다른 조가 생각하지 못한 독창적인 아이디어를 반영한 산출물을 만들어냈다([그림 4-9] 참조). 4조는 건축물 주변에 나무를 많이 심고 운동장에는 잔디도 심었다. 4조가 이 아이디어에 활용한 과학 지식은 바로 '식물의 특징'이다. 나뭇잎의 증산작용을 통해 주위 열을 뺏어가 여름철에 비교적 시원하고, 식물은 광합성이라는 동화작용을 하기 때문에 온실가스의 주범인 이산화탄소를 흡수한다. 또한 여름에 나뭇잎이 만드는 그늘은 빛을 차단하고, 겨울에 나뭇잎이 떨어지면 빛이 들어올 수 있다. 이러한 아이디어를 산출물에 표현한 조는 4조뿐이었다.

상기한 바와 같이 4조는 4-A, 4-B 학생 두 명만이 서로 적극적으로 상호작용하며 에너지 제로하우스를 디자인하였다([표 4-3] 참고). 모든 조원이 함께 적극적으로 참여하지 않았지만, 두 학생은 의견 충돌 없이 자유롭게 자신의 생각을 최종 산출물에 표현하였기 때문에 그 결과 독창적인 아이디어를 반영한 최종 산출물이 나올 수 있었던 것으로 판단된다.




[그림 4-8] 6조의 최종 산출물




[그림 4-9] 4조의 최종 산출물

#### 4.2.3.2. 모둠은 아이디어를 어디에서 얻었는가?

본 절에서는 모둠이 최종 산출물에 표현한 아이디어들이 어디에서, 무엇으로부터 영감을 받아 아이디어를 고안하였는지 살펴보고자 하였다. 즉, '아이디어의 출처'를 추출하고자 하였다. 이를 위해 학생들로부터 수집한 질적 자료 중 마지막 수업(8차시) 녹화 전사 자료와 심층 면담 전사 자료를 중심으로 분석하였다. 그 결과, **'국제교류 활동', '개인적 조사 활동','과학수업 시간에 배운 지식'**, 총 세 가지로 범주화할 수 있었다.

(가) 호주 학생들과 **'국제교류 활동'**을 통해

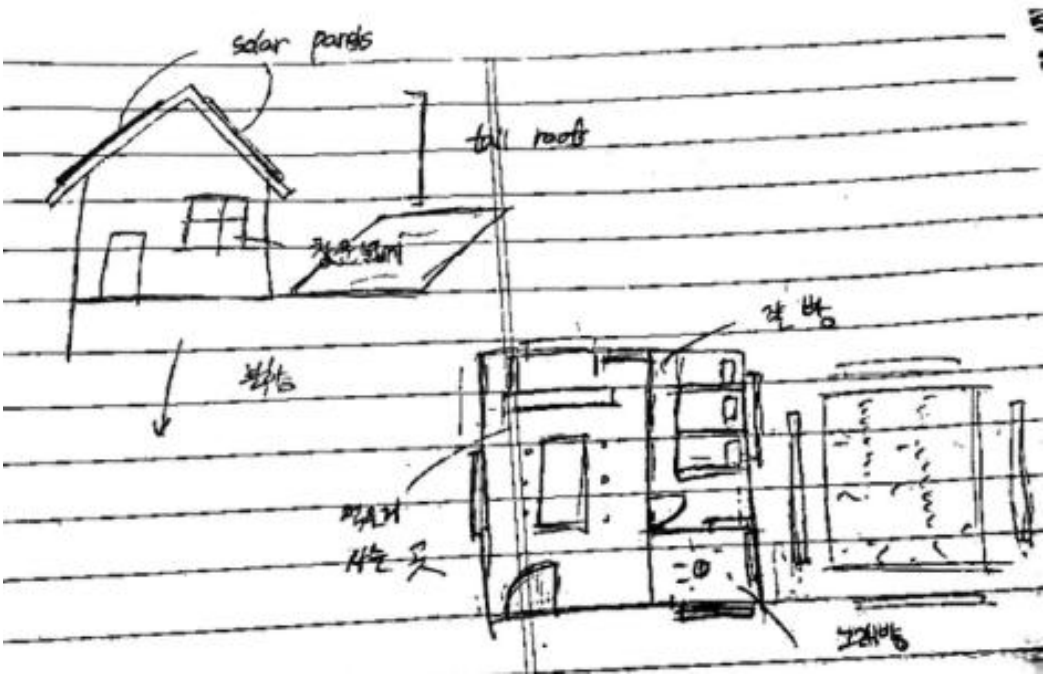
1조는 호주 학생들이 보여준 호주 집들의 사진을 보고 '높은 층고(tall roof)'가 특징임을 알았다. 이로부터 에어컨을 집 안에서 천장 가까이 위쪽에 설치하는 이유를 상기시키며 '대류'의 원리를 이해하였다. 1조는 여기에 영감을 받아 에너지 제로하우스 디자인에서 "온도 유지를 위해 층고를 높게 한다"고 발표하였다([그림 4-10] 참조).

1-A: 디자인 쪽으로 추가하고 싶은 거는 아무래도 평면도이다 보니까 **층고가 높다**는 표현이 제대로 안 나온 것 같아요. 그거를 좀 추가하고 싶고요

R: 층고를 왜 높이고 싶은데 ?

1-A: **호주 친구들이 보여준 호주 집을 보니까 집들 특징 중에 층고가 높은, 높은 층을 쓴다고 했거든요.** [중략] 보통 Tall roof(높은 층고) 면은…. 에어컨을 위에서 트는 게 대류 때문에 찬 공기는 아래로 가고 뜨거운 공기는 위로 계속 순환하게 하거든요. 그래서 에어컨을 위에 두는 건데, **그 친구들(호주 친구들)의 말한 것을 토대로 하면** 지붕 층고 자체가 높으면 (뜨거운) 공기가 빨리 빨리 나갈 수 있고 그래서 그 안에는 공간이 시원해진다라고 [중략]

[1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]




학교의 외벽 같은 경우에는 우선 효과적인 단열을 위해서 진공형 단열재를 사용한다. 진공형 단열재는 알루미늄 호일 등의 외피재 속에 쭈그러들지 않게 글라스울이나 흄드실리카 등의 심재를 넣고 공기를 뺀 다음 필요하면 메탈이나 합성수지 시트로 보강한 판형태의 단열재이다.

그리고 나서는 온도 유지를 위해서 층고를 높게 하고, 낮에는 전기를 생산할 수 있도록 지붕에는 태양광 패널을 설치한다. 또한 바닥에서 나오는 지열을 활용하여 지열 발전기를 설치해서 전기를 생산할 수 있도록 한다. 그리고 단열을 위해서 창문은 이중창을 설치하여 창문 사이에 공기층을 형성하여 따뜻하게 유지할 수 있게 한다. 더욱 완벽한 단열을 위해서 기밀 공법을 사용하여 외부와 내부의 공기를 완벽히 차단하여, 내부에 공기가 최대한으로 돌도록 한다. 다만, 이 공법은 내부에서 외부로도 공기가 빠져나가지 않기 때문에 충분히 공기가 순환할 수 있도록 공기 순환 장치를 설치해 주어야 한다. 채광을 위해서는 창문은 호주라면 북향으로 짓고, 한국이라면 남향으로 지을 수 있도록 한다.

내부에는 호주 친구들이 날씨가 상당히 덥다고 말을 해서 내부에는 에어컨이 많이 있었으면 좋겠다는 말을 했고, 우리 조는 쾌적한 인터넷 공간에서의 생활을 위해 학교에 와이퍼와 라우터가 있었으면 좋겠다는 의견을 나눴다. 그리고 쉴 수 있는 공간이 필요하다고 말해서 침대 및 라운지, 그리고 간단한 음식을 살 수 있는 매점을 같은 공간을 두었다. 그리고 학생들이 스트레스를 충분히 풀 수 있도록 노래방도 배치하였다.

[그림 4-10] 1조 최종 산출물 (밑줄은 연구자가 표시)

4조는 호주 학생들이 보여준 호주 학교의 야외 모습에서 넓은 잔디를 보고 인상적으로 기억에 남아 따로 천연잔디의 효과를 조사하였다. 4-A 학생은 처음에는 축구장에 잔디를 쓰는 이유가 넘어졌을 때 모래보다는 부상이 덜 하는 등 정도라고 생각했다고 한다. 그러나 호주 학교의 모습에서 잔디의 친환경적 측면을 더 조사하였다. 그 결과 운동장에 천연잔디를 깔면 공기 정화 작용뿐만이 아니라 증산작용을 통해 대기의 온도를 낮출 수 있다는 것을 알게 되고 이를 에너지 제로하우스 디자인에 반영하였다([그림 4-9] 참조).

R: 학교 건물이 인상 깊었던 것들이 있었어? 우리 학교랑, S고등학교랑 많이 다르잖아.

4-A: S고도 나름 좋은 시설이 많다고 생각했는데, **호주 친구들이 보여준 걸 보니까 교실 자체가 굉장히 넓고 야외에 야외 잔디같은 걸로 넓게 배치가 되어 있는데** 그 구조 자체가 굉장히 한국에 있는 학교에 비해서 훨씬 좋다고 생각이 들었어요. [중략] **더 찾아보니까 천연잔디의 효율성에 대해 좋다는 정보들이 많이 있어서 (저희 디자인에) 넣게 되었어요.**

[4-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

6조는 호주 학생들과의 문화교류 활동을 위해 우리나라의 한옥을 조사하여 발표하였고, 이 과정에서 아이디어를 얻었다고 하였다. 한옥에 숨겨져 있는 여러 과학적 원리를 조사하여 호주 학생들에게 소개하였는데, 추운 북부 지방의 한옥은 ㅁ자 구조, 남부지방은 ㄱ자나 직선 구조임을 알게 되었다고 하였다. 따라서 호주는 우리나라보다 더 더운 기후이기에 ㄱ자 구조의 건축물 구조를 적용하였다고 응답하였다([그림 4-8] 참조).

6-A: [중략] 저번에 저희 **호주 활동(호주와의 국제교류 활동) 중에서 한옥 구조를 찾아서 발표**하는 그런 게 있었는데 남부지방에선 더우니까 바람이 잘 통하게 하려고 이렇게 니은(ㄴ)자나 기역(ㄱ)자 모양으로 이렇게 집을 짓는다고 해요. 그래서 그것을 바탕으로 **한옥에**

**진짜 꽂혀서 친구들이랑 이야기하면서 그걸 바탕으로** 니은(ㄴ)자, 기역(ㄱ)자 모양으로하려고 했던 것 같아요. [중략]

[6-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

(나) '개인적 조사 활동'을 통해

4-A 학생은 에너지 제로하우스에 대해서 한국어로 검색하였을 때는 자료가 많이 없어서 힘들어 에너지 제로하우스를 'energy zero house'라고 영어로 검색하여 조사하였다고 하였다. 특히, 에너지 제로하우스와 관련된 패시브 하우스(passive house)를 영어로 검색을 하면 영어나 독일어로 된 자료가 많았으며 특히 유명 디자이너들이 직접 자신의 디자인을 소개하는 것들을 많았다고 하였다. 패시브 하우스는 최소한의 냉난방으로 실내온도를 적절하게 유지할 수 있도록 설계된 건축물을 뜻한다. 4-A 학생은 이러한 조사과정을 통해 디자인들을 이해하고 이를 본인의 디자인에 적용해 보는 것이 유익한 경험이었다고 응답하였다. 4-A 학생은 원어민 선생님이 있는 학원을 다닌 경험이 있어 영어로 자료를 검색하거나 외국인과의 대화를 하는 것에 지장이 없었다.

4-A: 일단 이런 기술 자체가 사실 한국어로 서칭(searching)했을 때는 잘 안나오는 정보였는데 그거를 호주 수업을 하면서 영어로 또 말을 해야 되니까 **영어로 된 자료들을 많이 찾다 보니까** 좀 더 자료가 자세하게 쓰여지여 있던 부분들이 많았던 것 같고 [중략] **패시브 기술에 대해서 찾아보니까** 솔라 디자인 말고도 쿨링이라는 디자인이 있어서 그 기술을 접목을 시키면 좋다고 생각을 해서 **이걸 비교적으로 여름에 많이 쓸 것 같은 야외도서관에 기술을 넣어서 디자인을 해봤어요.**

[4-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

1-A 학생은 호주의 지형과 그에 따른 주택의 외관 등을 알아보기 위해 구글 지도의 로드뷰 기능을 이용하였다. 단순히 글(text)로만 된 자료를 검색하지 않고 사진 자료, 유튜브 동영상이나 로드뷰와 같은 생생한 미디어 자료까지 검색하였다. 이를 통해 집의 배치나 모양 등에 대

한 아이디어를 생각해낼 수 있었다고 하였다.

1-A: 예전에는 자료 수집 자체를 그냥 글만으로 했는데 이번에는 **유튜브나 이런 데에 영상자료가 많더라고요**. 그래서 그런 것도 있었고, 글 말고도 생각보다 자료가 많고, 구글 지도만 봐도 **구글맵에 지역만 치면 거기가 로드뷰로 뜨니깐 그런 걸로 직접 찾아서** 쓸 수도 있다는 게, 글 자료 말고도 사진 자료나 영상자료와 도움이 많이 된다는 걸 알았어요.

R: 이번 프로젝트하면서 알게 된거구나. 이번에는 글 말고도 다른 이런 걸 막 찾게 된 거야?

1-A: 일단은 과학적으로 학교 패시브하우스를 만드는 거니까 살짝 외관이 어떻게 생겼는지 아니면 어느 지역에 위치하고 있는지 아니면 남향인지 북향인지를 확인하기 위해서는 **글만으로는 부족하다고 생각해서 영상이나 사진을 찾아보게 됐어요.**

[중략]

R: 이렇게까지 하는 게 어땠어?

1-A: 그 **집의 배치나 이제 집에 생긴 모양을 확실히 좀 더 자연스럽게 할 수 있었고 특히 배치 같은 것을 잘 알 수 있었던 것 같아요.**

[1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

(다) '과학수업 시간에 배운 지식'을 통해

3-A 학생은 국제교류 STEAM 수업의 2-3차시에 진행했던 실험탐구활동에서 아이디어를 얻었다고 하였다. 단순히 책을 통해서 얻을 수 없었던 과학지식을 실험을 통해서 정확하고 세세히 알게 되었다고 응답하였다.

R : **남동쪽이란 아이디어가 어디서 나왔는지?** 방향을 이렇게 해야겠다?

3-A: **저번에 과학실에서 실험했던 (태양의) 방향(에 따른 조도에 관한 탐구를) 했었잖아요.** 그거 생각해서 남동쪽으로 했는데 그거 생각해서 했어요. [중략] 그 실험 좋았어요. 솔직히 **그냥 책으로만 봤을 때는.** 책으로 봤을 때는 어딘가 햇빛이 제일 잘 들어오고 어디가 잘 안 들어오는지 이런 것을 **책으로 적혀 있지 않잖아요.** 정확히 어떤

식으로 그 어떤 어느 정도 차이가 나는지 그런 거를 좀 더 세세하게 알 수 있어서 좋았어요.

[3-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

1-A 학생은 과학탐구실험 수업시간에 다른 조가 발표했던 “보온병의 원리”를 적용하여 “진공형 단열재”라는 아이디어를 생각해냈다. 과학탐구실험 수업은 본 연구를 위해 실시된 국제교류 STEAM 수업이 아닌 다른 과학수업이다. 이로부터 과학수업에서 학급 내 다른 모둠의 발표를 통해서도 과학지식을 배웠으며 이를 바탕으로 아이디어를 생성한다는 것을 확인할 수 있었다.

1-A: 학교의 외벽 같은 경우에는 우선 효과적인 단열을 위해서 진공형 단열재를 사용했어요. [중략] 아무래도 열을 차단하려면은 공기를 막는 게, 공기의 대류를 막는 게 가장 좋을 것 같고 **보온병 자체도 뜨거운 물을 넣어두면은 몇 시간 있어도 물의 온도가 많이 떨어지지 않으니깐 같은 원리를 사용하면은** 가장 단열이 잘 될 거로 생각했어요.

T: 지금 여기 3-B 학생의 질문이 진공형 단열재의 원리에 대해서 자세히 설명해달라고 하거든요?

1-A: 진공형 단열재는 **과탐실(과학탐구실험 과목 수업) 시간에 누가(다른 모둠이) 보온병에 대해 발표한 적 있었잖아요.** 그거랑 원리가 똑같아요. 진공형 단열재는 그냥 보온병이에요(보온병과 원리가 같아요).

[1조 최종 산출물 발표(8차시 수업) 전사 자료 발췌]

#### 4.2.3.3. 모둠은 최종 해결책을 어떻게 결정하였는가?

앞서 [표 4-3]에서 제시하였던 것과 같이 본 연구에서 관찰한 6개의 조는 다양한 상호작용의 모습을 보여주었다. 상호작용의 형태에 따라 최종 해결책을 결정하는 방식도 다양한 양상을 보였다. 그러나 협력적 참여 형태의 상호작용을 보였던 모둠들은 공통적인 과정을 거치는 것을 관찰할 수 있었는데, 바로 ‘기각’과 ‘수정·보완’이었다. 이에 대해서 6조, 1조, 3조, 5조의 면담 사례를 통해 자세하게 서술하고자 한다.

먼저, 6조의 경우 모둠원 모두가 활발하게 의사소통한 조이다. 모둠원들이 생성한 아이디어 중 “지하에 땅굴을 파서 집을 짓자”라는 의견도 있었다. 이 의견은 호주 학생들과의 교류 활동에서 얻은 것으로, 호주 학생들이 자신의 전통 가옥 중 햇빛을 피하기 위해 절벽 아래 동굴을 파서 만든 집이 있다는 것을 한국 학생들에게 소개해주었다. 6조는 해당 아이디어가 매우 “신기”하다고 생각하며 독창적인 아이디어로 간주하였으나 반대 의견도 이내 곧 나왔다. 동굴을 파서 만든 집은 빛이 차단되어 여름에 시원하더라도 “쾌적하지 않기” 때문이라는 의견이 나왔다. 지하 동굴의 습도라는 해결할 수 없는 단점이 드러난 것이다. 6조는 이러한 문제 제기를 수용하여 지하 동굴에 집을 짓는 의견을 ‘기각’하였다. 그리고 “햇빛 차단”이 아닌 “바람이 잘 통해야 한다.”라는 아이디어가 채택되어 창문을 많이 설치하는 것으로 결정되었다. 창문이 많으면 햇빛이 많이 들어와 호주에서는 더울 수도 있다는 문제가 또다시 제기되자 ‘블라인드 설치’라는 추가적인 아이디어를 제시해 문제를 해결하였다. 이를 통해 계속 생성되는 조원들의 아이디어를 기각하는 과정을 거쳐 최선의 아이디어를 선택하고, 이 아이디어를 ‘수정·보완’하는 방향으로 문제를 해결함을 확인할 수 있었다.

6-B: 제일 기억에 남는 게, 호주에서는 지하에 땅굴을 파서 집을 짓는다고 그러더라고요. **그런데, 그걸 이용했으면 좋았을 텐데….**

[6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

6-A: 그게 인상 깊었던 내용 중에 호주 애들이 너무 더워서 학교가 아닌데 집인데요. 집 구조인데, 집을 절벽 안에다가 파서 짓는다고 해요. 그게 좀 신기해서 이렇게 빛을 차단하고 한다는 게 **좀 많이 신기했어요.** (하지만) **그거를 솔직히 학교에 적용하기 힘들었어요. 그렇게 하면 또 쾌적하지도 않고 좀 그럴 것 같아서 조금 그건 힘들었고, 그래도 창문을 최대한 많이 달아서 바람 잘 통하게 하고, 이렇게 햇빛이 많이 들어와서 더울 수도 있는데, 이건 블라인드 설치를 해** 햇빛을 차단하는 역할도 해주고, 학생들이 자율적으로 (햇빛을) 조절할 수 있는 시스템을 만들려고 했어요.

[중략]

6-A: 제가 저번에 **피드백을 좀 받아서** 체육관도 **조금 고쳤었는데 친구들 얘기하면서,** 체육관도 뜨거운 열기가 위로 올라간다고 그러셨잖아요. 그래서 체육관 위에도 창문이 있었으면 좋겠다라는 생각도 하게 되었어요.

[6-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

1-A 학생은 중학교 때 과학동아리에서 다양한 프로젝트(예. 과학축전 부스 운영: 단풍나무 헬리콥터, 고무줄 비행기, 과학관련 대회 참가: 튼튼한 구조물 만들기)를 한 경험이 있었다. 또한 직접 라즈베리 파이를 이용해 게임기를 구상할 만큼 과학과 공학에 관심이 많았다. 1-A 학생은 에너지 제로하우스 디자인을 위해 유튜브나 구글맵을 이용해 다양한 자료를 조사하였으며 이를 바탕으로 아이디어를 풍부하게 제시했다. 1조 모둠원들 모두와 친밀한 관계였으며 의사소통이 활발한 편이었다. 1-A 학생이 1조에서 가장 적극적으로 수업에 참여한 학생이었기에 모둠의 최종 산출물 결정 과정에 대해 심층 면담을 실시하였다.

1-A 학생은 호주 학생들의 아이디어와, 한국 모둠원들의 아이디어까지 고려하다 보니 의견끼리 "부딪치는 게 많았다"라고 하였다. 단열을 위해 집안의 공기가 바깥으로 빠져나가면 안된다는 의견과 통풍이 잘 되야 하므로 집안의 공기가 바깥으로 잘 빠져나가야 된다는 의견이 충돌하였다.

1-A: [중략] 한 조에 호주 쪽이랑 우리나라 쪽이랑 합쳐서. 그러니까 아무래도 의견을 조율하는 공간에서 되게 많은 의견이 나온 거니깐. **열 명에서 한 명씩만 해도 조율해야 할 게 10가지인데 그게 여러 번에 나오다 보니까 겹치는 것도 생기고 겹치다 보니까 부딪치는 게 많았어요.** 생각보다 서로 간에 의견이. 통풍이 잘 되어야 한다, 당연히 단열이 잘 되어야 된다, **계속 부딪혔는데 어느 쪽이 열효율이 더 잘날 거라 생각을 하다 보니까** [중략]

1조는 '단열'을 완벽히 하는 방식으로 디자인하기로 최종적으로 결

론을 내렸다. 동시에 집 안에 에어컨와 공기순환장치를 많이 설치하는 방향으로 문제해결책을 마련하였다. 이때, 에어컨과 공기순환장치는 전기에너지를 많이 사용하는 단점이 있다. 반면, 단열이 좋지 않은 건물은 열에너지가 밖으로 다 빠져나가 버리므로 따뜻하게 하기 위해 열 에너지를 많이 공급해야 단점이 있다. 1조는 에어컨과 공기순환 장치를 많이 사용하더라도 흡드 실리카와 같은 매우 효과가 좋은 단열재를 사용하여 열에너지의 낭비되지 않도록 하는 것이 더 에너지를 절약하는 방법이라고 생각하였다. 이렇게 상반된 의견이 나왔을 때 어느 의견이 더 좋은 의견인지 나름의 논리적인 판단을 하고 하나의 의견을 '기각'하였다. 이러한 과정을 1-A 학생은 "역발상"이라고 표현하였다.

R: [중략] 프로그램 활동 중에 네가 생각했을 때 이건 창의적이야'라고 하는 거 있어?

1-A: **저희가 맨 처음에는 통풍을 하려고 했는데 중간에 말을 하다보니까** 그냥 완전히 틀어 막아버리면 열도 안 나가고 좋지 않겠냐 하는 데서 거기서 차이를 느꼈던 것 같아요. 바람이 잘 통하는 것보다 그냥 틀어막고, 나가는 공기의 열에너지를 손실을 최소화함으로써 그 전기에너지를 공기 순환장치에 쓴다는 게 그런 데서 **역발상으로 생각해 좀 더 좋은 결과를 낳을 수 있지 않았나 생각이 들었어요.**

[1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

3조의 경우, 조장은 3-B 학생이었으며 이 학생은 과학을 좋아하고 외국인 친구들과 대화하는 것을 즐거워했다. 한편 3-A 학생도 3-B 학생 못지않게 적극적으로 조별 활동에 임했는데, 3-B 학생과 비교하면 영어 실력이 낮은 편이라서 호주 친구들과의 교류 활동에서는 다소 소극적이었다. 그러나 3-A 학생은 자신의 의견을 말하는 데에 적극적인 편이었으며 최종 산출물을 생성하는 데에 주도적이었다. 그러나 나머지 조원들은 두 학생과 적극적인 의사소통을 하지 않았다. 3-A 학생과 3-B 학생은 둘이서만 의견을 공유하면서 서로의 아이디어를 구체화하였다. 특히, 3-B가 자신의 아이디어를 설명하기 어려워하자 3-A 학생은 이 아이디어는 '기각'하였던 사례를 면담을 통해 추출할 수 있었다. 즉,

두 명의 학생은 활발한 의사소통을 통해 독창적인 아이디어를 생성하였으며 그중 서로 이해 가능했던 아이디어만 채택되었다.

3-A: 네. **서로 의견 의견을 공유하면서 저는 생각, 한 번도 생각해 본 적 없는 아이디어들이 나왔거든요. 그 글로 설명하기가 힘들어지고 기각됐는데**…. 그런 것들이….

R: 그거 무슨 아이디어였어?

3-A: 3-B가 수영장에서 태양열 에너지를 이용해서. 물탱크 어쩌고저쩌고 했었는데…. 뭔가 **저도 이해하기 어려워서.**

[3-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

3-B 학생은 자신의 아이디어를 그림으로 잘 표현하지 못해 최종 산출물에 반영되지 못한 것을 아쉬워하며, 8차시 수업 발표에서 언어로라도 자신의 아이디어를 표현하려고 애를 썼다.

3-B: 아이고, **그림을 좀 더 그려야 하는데,** 이게 그게 일단은 휴…. (한숨). **그림이 없어서 좀 애매하긴 한데 제가 하려고 했던 게** 일단은 수영장은 수영장에 물을 따로 저장하는 물탱크 같은 게 있고 거기에다가 대충 큰 거울 같은 것을 달아서 햇빛으로 이제 물을 데우기도 하고 살균작용도 조금 하면서 친환경적으로 운영할 수 있다고 설계를 했고요.

[3조 최종 산출물 발표(8차시 수업) 전사 자료 발췌]

단 둘이서만 소통한 3조의 경우, 3-B가 3-A를 설득하고 이해시키는 데 실패한 것이 아이디어 기각의 주된 이유였다. 1조와 6조의 사례와 다른 이유로 아이디어가 기각되었다고 볼 수 있다. 3-B의 아이디어가 어떠한 과학적 논리의 부족함이나 해결할 수 없는 단점이 있어서 기각된 것이 아니기 때문이다. 만약, 3-A, 3-B 학생뿐만이 아니라 다른 모둠원들도 적극적으로 의사소통에 참여했더라면 3-B 학생의 아이디어가 기각되지 않았을 수도 있다. 이해가능하고 표현가능한 아이디어 형태로 수정 및 보완되었을 여지가 충분히 있다.

한편, 5조의 경우에도 “토의 없이” 역할을 분담하여 단순히 합쳐서 산출물을 만들어냈다. 이에 대해 5-A 학생은 더 많은 조원들과 소통을 통해 더 나은 디자인을 산출할 수 있지 않았을까 하는 아쉬움을 표현하였다.

5-A: 일단..그냥...**분배해서 대화 없이.** 이게 그냥....금방 했던 거 같은데 **여러 토의를 거쳐서 했다면 이제, 처음에 어떠한 것부터 (고려할지) 생각을 하고 어떤 환경 요소를 고려할지부터 정했을 것 같아요.** 그 후에 이제 하나씩 이제 말하면서 설계를 했을 것 같아요.

[5-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

단 둘끼리라도 의사소통을 하며 서로의 아이디어를 이해하려는 노력을 포착할 수 있었던 3조의 사례와 달리, 5조는 그러지 못했다. 이와 같이 해결책을 결정하는 과정을 고려하여 3조는 2명의 협력만이 드러났더라도 협력적 참여 사례로, 5조는 비협력적 참여 사례로 구분하였다([표 4-3] 참고).

면담 사례를 분석한 결과, 모둠들은 아이디어를 ‘기각’하고, 또 다른 아이디어들을 ‘수정 및 보완’하는 과정을 거쳐 최종 문제 해결책을 결정하는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 많은 수의 모듬원들 사이에서 의사소통이 활발해야 나름대로의 합리적인 판단을 내리는 것을 확인할 수 있었다. 6조의 경우에는 지하 동굴 아이디어가 기발하다고 평가되었지만 극복할 수 없는 단점 때문에 ‘기각’되었다. 1조의 경우에는 효율을 따져 통풍 아이디어를 ‘기각’하고 단열을 택하는 의사결정 과정을 보여주었다. 3조의 경우 독창적인 아이디어라고 생각하더라도 산출물로 표현이 어려우면 ‘기각’하는 모습을 보였다. 기각되지 않는 아이디어들은 새로운 아이디어를 더 더해 ‘수정 및 보완’ 과정을 거쳐 최종 산출물에 반영되었다. 한편, 의사소통이 활발하지 않았던 5조의 경우 문제 해결책 도출 과정이 드러나지 않았다.

지금까지 학생 심층 면담 사례를 통해 모둠에서 어떻게 아이디어를 생성하고 문제를 해결하는지 분석하여, 과학학급창의성 요소 중 '창의적 행동' 요소의 발현과정을 살펴보았다. 이를 요약한 것을 [그림 4-11]에 나타내었다.

[그림 4-11] '창의적 행동' 범주에서 나타난 과학학급창의성의 특징

### 4.2.4. ‘과학수업 환경’범주

국제교류 STEAM 수업에서 나타난 과학학급창의성의 과학수업 환경 범주의 특징으로는 ‘온라인 수업 환경’과 ‘국제교류 수업 환경’이 추출되었다. ZOOM과 Google Classroom, Padlet과 같은 여러 가지 온라인 플랫폼은 지리적으로 멀리 떨어져 있는 두 나라가 직접적인 이동과 접촉을 하지 않더라도 서로 교류할 수 있도록 해주었다.[5] 특히, 이 연구를 실시한 시기는 COVID-19 상황이 1년 가까이 지속된 시기로, 한국의 수업 환경이 오프라인에서 온라인으로 급격히 전환된 시점이었다. 이 때문에 한국의 학생과 교사는 온라인 환경에서 수업을 진행하는 것에 대해 어느 정도 익숙해진 상태였다. 반면 당시 호주는 확진자 수가 많지 않아 여전히 대면 수업을 실시하고 있었다. 이러한 연구 맥락이기 때문에‘온라인 수업 환경’과 ‘국제교류 수업 환경’이 학생들의 과학학급창의성이 나타나는 데에 주요한 영향을 미쳤던 것으로 판단된다. 본 절에서는 이에 대한 구체적인 사례를 논하고자 한다.

#### 4.2.4.1. 온라인 수업 환경

본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업은 온라인 수업환경으로 학생들은 각자 자신의 집에서 개인 PC나 태블릿, 핸드폰 등을 이용하여 수업에 참여하였다. 소그룹 활동도 모두 온라인에서 이루어졌다. 학생들에게 온라인 수업환경에 대해 어떻게 생각하는지 질문하자 주로 온라인 수업환경에서 ‘조별 활동’하는 것에 대한 의견을 주로 표현하였다. 학생들은 ZOOM 등의 수업환경이 낯선 상황이 아니었지만, 온라인 수업에서 조별 활동을 하는 것은 익숙하지 않은 상황이었다. 이 당시 교사들은 ZOOM 등을 이용한 교수학습전략을 충분히 알고 있지 못하는 상태였기 때문에 온라인에서 조별 활동을 시도하지 않았던 것에 기인한 것이었다.

대부분의 학생들은 온라인 수업 환경을 긍정적으로 인식하고 있었으

5) 이용한 온라인 플랫폼은 실시간 화상회의 플랫폼인 ZOOM과 온라인 게시판 Padlet, 온라인 가상 교실 Google Classroom, 온라인 공동 문서 작성 도구인 Google Docs, Google Slide 등이었다.

며 창의성 발현에 도움이 되는 것으로 나타났다. 그러나 학생들이 온라인 환경을 불편하게 느낀 사례도 있었으며 창의성 발현의 걸림돌이 되는 것을 심층 면담에서 확인할 수 있었다.

학생들은 온라인 수업 환경에서 친구들과 아이디어를 '공유'하고 이러한 공유 과정을 '기록'하는 데에 편리함을 느끼는 것을 알 수 있었다. 또한 자신의 의견을 표현하는 것이 온라인이 더 편하다고 생각하여 학생들 사이의 '상호작용이 증가함'을 확인할 수 있었다. 이러한 온라인 수업 환경의 특징은 과학학급창의성 발현에 긍정적으로 기여하는 장면을 포착할 수 있었다. 이에 대한 구체적인 사례로 3-A, 3-B, 1-A, 4-B 학생들의 심층 면담를 들어 논하고자 한다.

(가) 정보 공유의 편리성

3조의 3-A, 3-B 학생은 온라인 수업 환경의 장점으로 시공간의 제약을 받지 않으며 정보를 공유할 수 있어 조별 활동이 수월할 수 있는 것이라고 말했다. ZOOM은 '화면 공유'기능이 있어 오프라인 환경과 마찬가지로 동시(同時)적으로 의견을 교환할 수 있는 장소를 제공할 수 있다. 게다가 시공간의 제약도 완화하니 온라인 수업 환경이 오히려 대면 수업 환경보다 더 편리하다고 생각한 것이다. 즉, 온라인 수업 환경은 학생들의 동시적 상호작용을 촉진하여 정보를 공유하는 것과 같은 협업을 수월하게 한다.

3-A: : **온라인으로 하니깐 시간 제약이 없고** 애들끼리 한국 애들끼리 토론을 할 때도 온라인으로만 하면 되니까 **굳이 번거롭게 만나서 할 필요도 없고** **정보공유가 원활했고** 그런 점이 좋았던 것 같아요.

[3-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

3-B: 일단 줌 같은 게 일단 굉장히 도움이 많이 되가지고 애들이랑 모여서 발표 준비, 피피티 만들 때 **그냥 줌 켜서 화면 공유해서 같이 할 수 있다는 게 편리했고 오히려 그런 점이 오프라인보다 더 나은 것 나은 것 같다고 생각했어요.** [중략] **종이 그런 거 준비하고 그러는**

**<u>것보다</u>** 화면 공유해서 바로바로 보는 게 더 편한 것 같아요.

[3-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

(나) 아이디어 기록의 편리성

학생들은 온라인 조별 활동에서 나왔던 내용들을 Padlet에 기록을 남길 수 있다는 것에 긍정적인 반응을 보였다. 1-A 학생은 3-B 학생과 마찬가지로 종이와 펜을 이용해 글을 쓰는 것이 아니라 컴퓨터로 타이핑해 기록하는 것이 더 편하다고 생각하였다.

1-A: [중략] **<u>그 애들끼리 말하는 걸 들으면서 자료 정리를 오른쪽에다가 바로바로 할 수 있으니까 그런 게 편했어요</u>** 되게. 오프라인이면 글로 써야 하는데 이제 (온라인이라서) **<u>컴퓨터로</u>** 바로바로 쓸 수 있으니까.

[1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

흥미로운 점은 Padlet과 같은 비(非)동시적 온라인 도구가 단순히 '기록'이 편리해서 만족한 것이 아니라, 친구들과 협력하는 과정, 아이디어를 공유하는 상호작용을 동영상과 문서로 기록할 수 있어서 편리하다고 응답한 점이다. 아래 1-A 학생과 4-B 학생의 면담 사례에서도 나타나듯이, 아이디어들을 기록으로 남겨 두면 이를 바탕으로 아이디어를 정리하고 수집하기 편하며, 아이디어를 짜내고 구체화하기가 쉽다고 학생들은 밝혔다. 이렇게 학습자들이 다양하고 독특한 가능성을 생각하고 이를 정교화하고 확대하는 것을 '발산적 사고(divergent thinking)'를 사용한다고 한다(Guilford, 1950; Hadzigeorgiou et al., 2012; Hu & Adey, 2002). 한편, 효과적인 판단이나 결정을 내리기 위해 대안들을 한데 모아 비교·대비하며, 분석하고, 평가하거나 다듬을 때는 '수렴적 사고(convergent thinking)'을 사용한다(Cropley, 2006; Runco, 1999; 박종원, 2004). 발산적 사고와 수렴적 사고를 균형 있게 사용해야 문제를 생산적으로 해결할 수 있다(김영채, 2011). 다시 말해, 온라인 수업 환경에서 보다 수월하게 아이디어를 기록으로

남길 수 있으며, 이는 발산적 사고와 수렴적 사고를 촉진하여 새로운 아이디어를 생성하고 이를 다듬는 '창의적 행동'의 발현에 긍정적인 기여를 한다.

1-A: 이제 **정리가 잘 되니까 나중에 아이디어 짜내기 더 편하고 구체화시키는 게 더 편했죠**. [중략] **패들렛**에 시스템 자체를 만들어 주신 것과 되게 편했어요. **자료 찾기도 편하고 수집하기도 편하고 조합하기에도 편하니까** 될 것을 그런 거는 확실히 편했던 것 같아요. **자료가 어딘가에 남는다는 게 되게 좋았어요.**

[1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

4-B: 그냥 **아이디어가 생각날 때 바로 거기에(패들렛과 구글 문서) 적으면서 공유할 수 있잖아요.** 편하게, 그것도 좀 편했고, **제 꺼 아이디어 보면서 좀 더 막 보완할 점을 찾는다거나 하는 게** 좋았던 것 같아요.

[4-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

위와 같은 사례는 정혜윤과 서호성(2021)이 밝힌 온라인 수학 수업에서 나타난 학생 수업 참여의 특징 중 '서면 상호작용(written interaction)을 통한 폭넓은 아이디어 탐색'에 해당한다고 볼 수 있다. 여기서 서면 상호작용이란 채팅, 게시글과 댓글, 이메일과 같이 문어(written language)로 이루어지는 상호작용을 말한다. 이 연구자들은 온라인 수업이 대면 수업과 차별화된 점으로 학생들 사이의 상호작용으로 탄생한 여러 아이디어가 '문서'로 남는 것임을 발견했다. 온라인에서의 조별활동을 하는 것은 모든 상호작용이 온라인 상에 기록할 수 있어 전체 상호작용의 흐름을 파악하고 성찰할 수 있는 자료를 제공해(이상수, 2004) 모둠의 아이디어를 탐색하고 수합과 정리, 그리고 다듬는 것이 수월하다. Paulus(2000), Paulus & Yang(2000)도 그룹이 공동으로 글쓰기(group-writing)를 해 아이디어를 공유하여 새로운 아이디어를 생성하는 것이 개인이 혼자 아이디어를 생성하는 것보다 더 효과적임을 밝혔다. 본 연구에서 관찰한 사례에서도 온라인 환경에서는 서면

상호작용이 손쉬워 아이디어 생성과 구체화에 효과적임을 확인할 수 있었다.

한편, 이러한 정보 공유와 아이디어 기록의 편리성은 ZOOM과 같은 실시간(동시적) 화상회의 시스템만 갖는 것은 아니다. Google Docs나 Padlet 등과 같은 온라인 협업 도구도 그 장점을 충분히 지니고 있으며, 이는 대면 수업에서도 이를 활용한 소집단 협업 수업은 가능하다(윤정현 외, 2016). 따라서 비대면 수업에서도 온라인 수업 환경을 적재적소에 활용하면 학생들의 창의성 발현에 도움이 될 수 있을 것이다.

이는 다음 심층 면담 사례에서도 확인할 수 있다. 3-B 학생은 학교에서 수업을 들을 때는 핸드폰과 노트북을 자유롭게 쓸 수 없지만, 온라인 수업에서는 인터넷을 마음껏 사용할 수 있어 조사를 더 잘 할 수 있었다고 하였다.

> 3-B: **학교에서 만약에 자유롭게 핸드폰이나 노트북 그런 거를 쓸 수 있다면 온라인이랑 다를 게 없을 것 같긴 한데,** 이제 온라인은 이제 집에서 마음대로 인터넷도 마음대로 쓸 수 있고 그래서 마음대로 조사도 할 수 있고 줌도 맘대로 할 수 있어 온라인이 더 나왔던 것 같아요.
>
> [3-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

COVID-19 상황 이전의 대면 수업에서 학생들은 이러한 핸드폰과 노트북 등을 자유롭게 사용하지 못했다. 그러한 교실 환경이 구축되어 있지 못했으며, 설사 그러하더라도 과학 교실 내에서 학생들이 핸드폰과 노트북 등을 사용하는 것을 금기하는 교실문화였기 때문이다. 이러한 배경에서 학생들은 온라인 수업 환경에서만 스마트 기기 등을 자유롭게 활용할 수 있다고 생각한 것으로 판단된다. COVID-19 상황으로 한국의 교육현장에 각종 스마트 기기가 갖춰 있으며 무선네트워크도 충분히 구축되었다. 이제 이러한 온라인 환경과 장비를 적극적으로 활용한 소집단 협업학습(예: 윤정현 등, 2016), 국제교류 수업과 같은 교수·학습 전략을 과학 수업에 적용하는 등 교실 문화가 달라질 필요가 있겠다.

(다) 학생 간 상호작용 증가

온라인 수업 환경의 또 다른 효과로 관찰된 특수 사례로, 내성적인 성격의 학생들이 조별 활동에 적극적으로 참여하는 모습을 볼 수 있었다. 대면 수업의 조별 활동에서 적극적이거나 활달한 성격의 학생에 의해 대화가 주도되는 경우가 많다(이은철, 2019). 이 경우 학습활동에 적극적으로 참여하지 않는 학생들에게 교수자가 직접 다가가 말을 건네거나 눈 마주침(eye contact) 등으로 참여를 유도할 수 있다(도재우, 2020). 하지만 온라인 수업에서의 소그룹 활동은 교수자가 일일이 관리하고 통제하기가 어려우며, 수업 참여에 소극적인 학생들을 효과적으로 끌어 들이기가 어려울 수 있다(도재우, 2020; 이은철, 2019).

그러나 본 연구에서는 온라인 수업 환경에서 학습자가 소극적인 성격이더라도 충분히 조원들과 상호작용에 참여할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 다음 4-B, 1-B, 5-B 학생의 심층 면담 사례는 내성적인 성격의 학생들이 온라인 수업에서 적극적으로 친구들과 상호작용하는 모습을 보여준다.

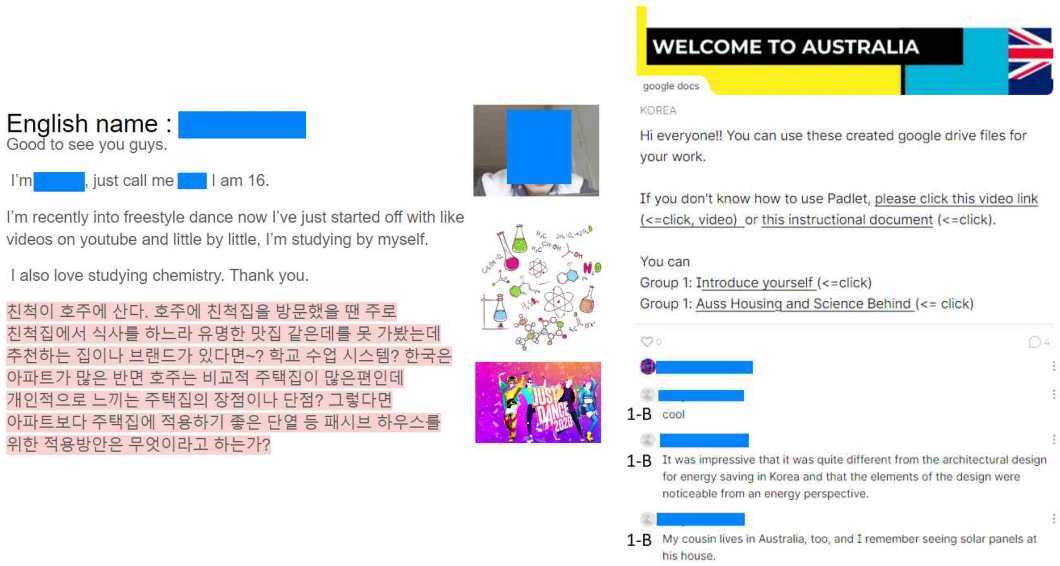
4-B 학생은 조용한 성격으로 대면 수업에서는 거의 말을 하지 않는 편이다. 그러나 본 연구의 국제교류 STEAM 수업에서는 모둠원과 지속적으로 대화하고 산출물 생성에도 적극적으로 참여하는 모습을 보여주었다. 이에 대해 4-B 학생은 ZOOM을 통한 온라인 수업은 발표를 대신에 실시간'채팅'을 할 수 있어 자신의 의사를 표현할 수 있는 것이 좋았다고 하였다.

4-B: **제가 말 잘 안하는 성격이라고 해도 온라인이면 채팅이라도 할 수 있거든요?** 그래서 저는 온라인 더 나온 것 같아요.

[4-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

1-B 학생은 목소리가 매우 작았으며 조별 활동에서 친구들과 상호작용하는 것을 관찰하기가 어려웠다. 1-B 학생은 조장이었으나 조원들의 의견을 하나로 모아 최종적인 결론을 내는 데에 어려움을 겪었다. 학습 의지가 강한 편이지만 친구들과 의사소통하는 과정에서 발언권이 적

고 조별 활동을 이끄는 것에는 어려움이 있었다. 그러나 Google Docs나 Google Slide에서 자신의 의견을 표현하는 것에 주저함이 없었으며 Padlet에서도 활발하게 댓글을 작성하여 적극적으로 한국과 호주 학생들과 상호작용을 하는 모습을 보여주었다. [그림 4-11]의 왼쪽은 1-B 학생이 Google Slide를 이용하여 자기소개를 작성하는 수업 활동에서 호주 학생들에게 물어보고 싶은 질문들을 함께 작성한 것이며, 오른쪽은 호주 학생들이 업로드한 글에 1-B 학생이 여러 개의 댓글을 달아놓은 것이다.




[그림 4-12] 1-B 학생이 Google Slide에 작성한 글(좌), Padlet에 작성한 댓글(우)

5-B 학생은 에너지 제로하우스 디자인을 대부분 본인이 도맡아 했음에도 불구하고 다른 친구(5-C)에게 발표를 대신에 해달라고 하였다. 발표하는 것이 떨리고"발표를 잘 못 하는 편"이기 때문이다. 본인 대신하여"애들이 잘 발표"해서 좋았다고 말하였다. 그러나 Padlet에서 호주 학생들과 상호작용을 할 때는 5-B 학생이 댓글을 많이 다는 편이었다. 또한 이렇게 댓글로 상호작용하는 것이 "재밌다"라고 응답하였다.

5-B: **패들렛으로 올려서 그 밑에 댓글을 달고, 댓글을 보고 이렇게 하는 게 이렇게 하면서 좀 더 재밌었던 것 같고** 그리고 (온라인) 도구 이용하면서 더 발표 준비를 (다른 친구들이) 잘 할 수 있었던 것 같고 애들이랑 다 같이 보면서 그래서 (다른 친구들이) 발표도 잘하고 조사도 조금 더 할 수 있었던 것 같아요.

[5-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

살펴본 것처럼 대면 수업과 달리, 온라인 수업에서는 '채팅'이나 '댓글' 또는 'Google Docs' 등을 이용한 서면 상호작용이 가능하며, 이는 내성적이거나 친구들 앞에 나서서 발표하는 것이 두려운 학생들로 하여금 다른 친구들과 상호작용을 할 수 있게 하고 수업에 적극적으로 참여할 수 있도록 한다. 이러한 결과는 전통적인 강의식 대면 수업보다 온라인 수업 환경이 상호작용 측면에서 참여자의 상호작용을 확대시키고 증진시킬 수 있다는 여러 연구 결과(예: Reilly & Shen, 2011; 이상수, 2004; 이지은과 김유경, 2020)과 그 궤를 같이 한다.

본 연구에서 주목하고자 하는 것은 1-B 학생과 5-B 학생의 사례이다. 호주 학생들과의 상호작용은 '영어'까지 사용해야 하므로 내성적인 학생들에게는 더욱 어려운 일일 수 있다. 이러한 비동시적 온라인 도구의 장점이 내성적인 학생들에게 상호작용의 어려움을 완화해 주었으며, 호주 학생들과의 상호작용과 같은 국제교류도 적극적으로 참여할 수 있도록 하였다. 이러한 결과는 ZOOM과 같은 동시적 상호작용은 즉각적인 상호작용을 요구하는 것과 달리, Padlet에 댓글을 쓰는 비동시적 상호작용은 학습자에게 충분한 시간을 가지고 성찰을 한 후에 정리된 생각으로 자신의 의견을 표현할 수 있도록 한다(이상수, 2004)는 주장을 뒷받침한다.

그러나, 모든 학생이 상호작용을 활발히 한 것은 아니었다. 일부 학생들은 같은 조 학생들 사이에서의 상호작용과 협력이 원활하게 이뤄지지 않았다고 생각하는 것을 확인할 수 있었다. 4.2.2절에서 언급한 바와 같이, 3조와 4조는 2명의 모둠원 사이에서만 의사소통하였으며, 5조는 모든 모둠원 사이에서 의사소통이 거의 이뤄지지 않았다. 심층 면담 결과, 학생들은 온라인 수업보다 대면 수업에서의 조별 활동(학생-학생 간 상

호작용)이 훨씬 효과적이라고 생각하는 것을 확인하였다.

4조의 경우, 온라인 조별 활동에서 조원들이 캠을 켜 놓지 않거나 캠을 켜더라도 얼굴을 보이지 않는 경우가 있었다. 결국 4조의 모든 학생이 연구 참여에 동의하였지만, 2명은 적극적으로 참여하지 않았으며 4-A 학생과 4-B 학생 두 명만이 수업 끝까지 적극적으로 참여하였다. 4-A 학생은 온라인 환경이었기 때문에 조원들과 "상호작용이 원만하게 이루어지지 않았다"고 생각하였다.

4-A: 보통 그렇게 **상호작용이 원만하게 유연하게 되지는 않았다**고 생각해요.

R: 왜 그런 것 같아? 왜 잘 안된 것 같아?

4-A: 일단 그걸 하려면 조원들끼리도 서로 이야기, 상의를 하고 해야 되는데 조원들..**비대면이다 보니 안 만나는 조원도 생기고,** 작업을 하고 계획을 세우고 그 이후에 비대면으로 만나 서로 **커뮤니케이션**을 하면 더 소통이 잘 될 거라고 생각해요.

[4-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

5-A 학생도 온라인 환경에서의 수업을 학생들이 "그렇게 중요하게 생각하지 않기 때문에" 대면 수업에서의 상호작용이 더 잘 이루어진다고 평가했다. 본인 역시 그렇게 중요하기 여기지 않고 열심히 참여하지 않아 "선생님께 죄송하다"고 말하였다.

5-A: 약간..**온라인이라서 다들 그렇게 중요하게 생각 안하고, 대충 한 감이 있긴 해요.** 연락도 이제 서로 드문드문 하니깐…. 오프라인이었으면 한 곳에 모여서 서로 **커넥션** 하고 그러면서 그래도 이것보다 낫지 않을까…

[5-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

이처럼 학생들은 대면 수업이었다면 더 상호작용이 잘 되었을 거라고 의견을 제시했다. 4-A 학생은 대면 수업이 더 "커뮤니케이션(communication)"이 잘 된다고 답했으며 5-A 학생은 대면 수업이 더 "커넥션(connection)"이 잘 이루어진다고 답하였다. 이와 같은 학생

들의 응답은 일반적으로 대면과 접촉이 있는 상호작용을 질적으로 높다고 인식하는 경향이 있다는 주장(이승현과 곽덕주, 2020)을 지지한다. 온라인에서의 상호작용은 인간 대 인간의 상호작용이 아닌 '변형된 상호작용'을 요구해 참여자에게 상당한 인지적 노력을 유발하여 'ZOOM fatigue'라고 불리는 피곤과 집중도 저하를 불러일으킨다(Nadler, 2020, Peper et al., 2021). 나아가 학습자 간의 상호작용을 저해할 가능성이 있다는 것을 4조와 5조의 사례에서 확인하였다.

2-A 학생도 온라인 수업 환경에서의 조별 활동이 의견을 수합하고 다시 상기시키는 데 효과적이라고 생각하였다. 그러나, 협력하는 데에는 온라인 조별 활동의 효율성이 떨어진다고 말하였다. 2조는 모둠원들의 상호작용이 많이 없었던 조이며, 다른 조원들이 의견을 활발하게 주지 않아 2-A 학생이 혼자 산출물을 만들었다. 이러한 점을 고려하였을 때 2-A 학생은 친구들과 의사소통을 하는 것에 답답함을 느끼며 함께 과제를 진행하는 것은 느리고 비효율적이라고 생각하였다.

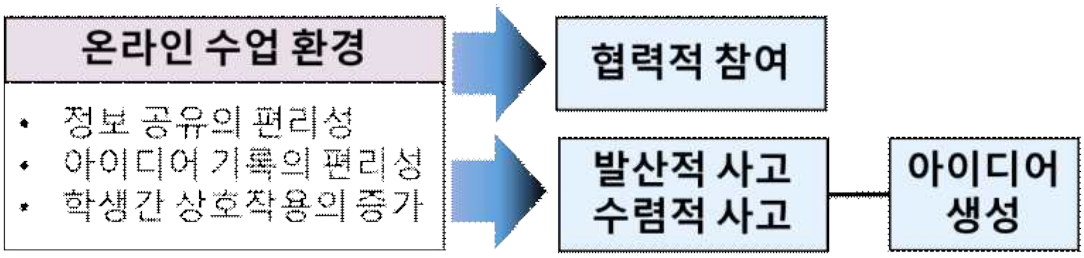
2-A: 일단 온라인 조별 활동을 하다 보니까 의견을 취합하거나 지나갔던 의견들을 다시 꺼내 오는 데 되게 효과적이었던 것 같은데, **과제가 진행되는 속도나, 서로 유기적으로 협력해서 하는 부분에서는 아무래도 오프라인보다는 조금 더 효율성이 온라인이 떨어졌던 것 같아요.**

[2-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

2조의 사례는 조별 활동 자체가 '무임 승차 효과(free rider effect)'와 같은 단점이 있다(Kerr & Bruun, 1983; McArdle et al., 2005)는 것을 시사한다. 온라인 조별 활동이라고 해서 무임 승차를 하는 학생이 없어지는 것은 아니다. 이와 같이 온라인 수업 자체가 학습자 간 상호작용이 촉진하는 것이 아니며 온라인 수업이라고 해서 창의성 발현에 도움되는 것은 아니다. 따라서 온라인 수업을 위한 새로운 교수학습전략이 필요하며(Strijbos et atl., 2004; 도재우, 2020; 이은철, 2019; 이지연 등, 2020; 이혜정과 김인수, 2011), 온라인 수업과 대면

수업이 적절한 조화를 이루는 '블렌디드 러닝(blended learning)'과 같은 교수학습전략에 대한 논의가 필요하겠다.

본 절을 요약하면 다음과 같다. 온라인 수업 환경은 동시적 상호작용과 서면 상호작용을 지원하며 이는 과학학급창의성 발현에 긍정적인 영향을 끼친다. 즉, 온라인 수업 환경은 학습자 간의 정보 공유와 아이디어 기록을 수월하게 만든다(예: Lin et al., 2016; Makitalo-Siegl et al, 2011). 이는 학생들이 협력적 참여를 할 수 있도록 도왔다. 또한 발산적 사고와 수렴적 사고를 촉진하여 학생들이 아이디어를 생성하고, 이를 보완하여 구체화하는 것에 도움 준다. 한편, 온라인 수업 환경이 항상 학습자 간 상호작용을 촉진하는 것은 아니지만, 내성적인 학생들에게 자신의 의견을 표현할 수 있는 통로를 마련해 줘 학생들 사이의 상호작용을 촉진해 협력적 참여와 아이디어를 생성 할 수 있도록 한다. 종합하면, 온라인 수업 환경은 과학학급창의성 발현에 긍정적으로 기여할 수 있으며, 이를 도식화하여 나타낸 것이 [그림 4-13]이다.




[그림 4-13] 온라인 수업 환경이 과학학급창의성에 미친 긍정적 영향

#### 4.2.4.2. 국제교류 수업 환경

본 연구는 국제교류 STEAM 수업을 개발 및 적용하고 그 효과성으로 과학학급창의성으로 살펴본 연구이다. 국제교류 STEAM 수업은 기존의 STEAM 수업과의 차별점으로 국제교류 활동을 통한 타문화권 학생들과의 상호작용과, 온라인 수업 환경에서 이뤄지는 학생 간 상호작용이 강조된 점이라고 말할 수 있다. 본 연구의 국제교류 활동 역시 온라인 수업 환경에서 이뤄진 활동이나, 세부적으로 물리적 수업 환경은 온라인 수업 환경, 사회문화적 환경은 국제교류 수업환경에 해당한다고 구분 지을 수 있다. Hong & Song(2020)은 학교교육 맥락에서 학생들의 창의성을 촉진시키는 과학수업 환경을 '물리적 환경'과 '사회문화적 환경'으로 구별하여 제시하였다. 물리적 수업 환경은 개인을 둘러싼 유형적 환경인 교실과 학교 공간 등을 뜻하는 것으로 온라인 수업 환경은 가상의 교실이라는 물리적 환경으로 판단되었다. 사회문화적 환경은 개인의 상호작용을 바탕으로 형성되는 무형적 환경으로 의사소통과 협력을 지향하는 학급 분위기 등이 해당한다. 따라서 국제교류 수업환경은 사회문화적 환경에 해당한다고 판단하였다. 본 절에서는 국제교류 수업 환경에 관해 인터넷과 첨단 ICT를 이용한다는 특성을 배제하고 다른 문화권 학생인 호주 학생들과의 언어적, 사회문화적 상호작용을 강조한 수업 분위기인 '사회문화적 환경으로서의 국제교류 수업환경'으로 한정하여 논하고자 한다.

4.2.1절에서 논의한 바와 같이([그림 4-5] 참조) 한국-호주 학생들의 의견 교류는 학생들에게 과학 지식을 재구성하는 데에 긍정적인 기여를 하는 요소 중 하나였다. 또한, 4.2.3절에서 논의한 바와 같이([그림 4-11] 참조) 국제교류 활동은 학생 모둠이 아이디어를 생성하는 데에 중요한 출처가 되었다.

국제교류 수업은 첨단 ICT를 토대로 국가 간 협력을 통해 공동의 과제를 수행함으로써 사회문화적 맥락을 이해하고 지식을 구성해가는 구성주의 학습 원리를 기반으로 한다(Chen et al., 2006; Wang, 2011; 박상훈, 2018). 본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업에서도 학생들

의 과학 지식 발달과 창의성 발현에 사회문화적 경험이 중요한 역할을 하는 것을 확인할 수 있었다. 2-A 학생의 사례처럼, 다른 문화권의 학생들과의 교류는 새로운 관점에서 아이디어를 생성하는 것을 촉진함(Dunne, 2017)을 확인할 수 있었다.

2-A: 일단, 사고의 틀이라고 해야 되나? **되게 획일화된 사고만 했었던 것 같은데 그걸 깨고  다양한 관점, 다양한 시각에서 바라보면서 다양한 대안들을 생각해 볼 수 있게 한 것 같아서** 호주의 장점이나, 한국의 장점이나 이런 것들을 생각해볼 수 있게 되어 좋았던 것 같아요.

본 절에서는 4.2.1절과 4.2.3절에서 논했던 국제교류 수업의 사회문화적 상호작용 이외에 국제교류 수업의 언어적 상호작용 특징에 대해 논하고자 한다. 본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업은 한국 학생들과 호주 학생들이 '영어'로 대화를 하며 국제교류를 하는 활동이 강조된 수업이다. 그러나 한국 학생들은 모국어(모어)가 영어가 아니므로 호주 학생들만큼 영어를 능숙하게 말하기가 어려웠다. 따라서 국제교류 수업에서는 언어가 장애물이 될 수 있다(Chen et al., 2005). 본 연구자는 영어로 언어적 의사소통하는 것이 학생들의 학습과 창의성 발현에 어떠한 영향을 미쳤는지 알아보기 위해, 사후 심층 면담에서 '영어 교사'의 언어적 지지가 이 수업에서 필요했는지를 질문하였다. 이에 대해 학생들이 전반적으로 반드시 필요하지 않다고 의견을 제시하였다.

스스로 자신의 영어실력이 다소 부족하다고 평가했던 3-A 학생과 5-B 학생은 다른 모둠원의 도움과 번역기의 도움으로 호주 학생들과 대화할 수 있었다고 응답하였다.

3-A: 재미있었는데, 솔직히 **저는 영어를 잘하는 편이 아니어서 3-B가 다 (영어 대화를) 해줘서,** 대화 할 거리가 없었는데 그래도 좀 색다른 경험이라고 생각했어요. [중략] 영어를 못하더라도 솔직히 저희 학교 학생들 정도라면 그냥 듣기는 될 거고 말하는 게 문제인데, 저처

럼 **번역기 돌려가면서 하면은 어느 정도 대화는 되니깐** 괜찮은 것 같아요.

[3-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

5-B: 조금 못 알아듣는 부분도 있었는데 그래도 알아듣는 부분은 **모둠원 얘들이랑 회의해서 좀 대답했던 것 같애요.**

[5-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

다른 모둠원이라는 동료의 적절한 사회적 지원(support)과 번역기라는 적절한 언어·의사소통 자원(resource)이 있었기 때문에(Chen et al.,, 2005) 학생들의 언어적 문제는 비교적 완화된 것으로 볼 수 있다.

한편, 4-A 학생은 영어를 잘 하는 편이었지만, 호주 학생들과 언어적 소통에 부족함을 느꼈다. 4-A 학생은 언어적 지원이 충분히 있었더라면 "아이디어도 쉽게 떠올렸을 것"이라고 아쉬움을 표현하였다. 즉, 언어의 장벽이 창의성 발현에 부정적으로 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

4-A: 소회의실(에서 모둠활동) 할 때 호주 애들이랑 말 많이 못 한 것. 거기서 좀 대화했으면, **조금 더 아이디어도 쉽게 떠올렸을 것 같아서 아쉬워요.**

R: 그때 선생님이 같이 있었으면 좋았을 것 같아?

4-A: 네.

R: 과학선생님? 영어선생님?

4-A: **영어요. 번역이 안돼서..**

[4-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

국제교류 STEAM 수업은 영어로 단순한 의사소통을 하는 것을 넘어서 창의적인 생각을 할 수 있도록 서로의 문화를 교류하는 것을 목적으로 둔다. 따라서 영어교사와 과학교사의 언어적 지원이 더욱 필요했다고 판단된다.

한편, 국제교류 수업에서는 학습 내용 자원(learning content resoucre)도 적절히 필요하다. 학습자가 다른 학습자의 문화에 대한 지식을 습득하기 용이한 학습 내용으로 교수학습을 설계할 필요가 있다

Chen et al., 2006). 본 연구자는'에너지 제로하우스 디자인하기'가 국제교류 수업으로 적합한 학습 내용 자원이었음을 학생 심층면담 사례로부터 판단하였다. 학생들에게 '에너지 제로하우스'와 관련된 여러 과학 용어들은 영어로 의사소통하기에 심리적 부담감이 적은 용어들이었기 때문이다. 1-A 학생은 그 예로 보일러, 에어컨, 이중창 등을 들었다.

1-A: **과학 관련 개념은 아무래도 과학 자체 시작이 우리나라보다는 서구권에서 먼저 시작됐다 보니까 단어 자체에서는 큰 차이가 없었던 것 같아요.** [중략] 과학단어가 확실히 편하기는 해요. **우리나라에서도 과학 단어는 여전히 영어로 쓰는 것도 많고,** 그리고 문장이 완벽하게 일대일로 떨어지니까 다른 의미로 쓰이는 것 없이…. 그니깐 그런 건 생각을 안 해도 돼서 좀 편했어요.

R : 한번 예를 들어볼까? 한번 생각해 보자. 어떤 것 과학 개념이? 이번 수업에서?

1-A: 우리나라에서 **보일러**(boiler)는 그냥 그쪽에서도 난방장치나 아니면 에어컨과 거의 똑같은 **에어컨**(air conditioner)이고 그리고 외벽 같은 것도 유리는 그쪽도 이중창 똑같이 **이중창**(double window)이었고 영어로 해석을 해도.. 그런 면에서는 확실히 사전 찾기도 편해서 말하기도 편했던 것 같아요.

[1-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

6-B 학생도 "과학은 공용어"라고 생각해서 과학을 소재로 다른 언어를 사용하는 호주 학생들과 의사소통을 할 수 있었다는 것에 놀랍고, 재미를 느꼈다고 하였다. 또한, 에너지 제로하우스에 적용된 과학적 원리(에너지를 만드는 방식이나 햇빛 등을 막는 방법 등)이 똑같기 때문에 대화가 통했다고 응답하였다.

6-B: 일단은 재미있었고, 영어를 잘 못하는데, 말하기를 잘 못하는데, 말하기를 실제로 해봐다는것이 경험인 것 같고... **일단 다른 나라 친구들하고 이런 과학이라는, 과학은 사실 공용어이잖아요. 그래서 이런 걸로 말이 통할 수 있다는 데 놀랐습니다.** [중략] 걔네도 **에너지**

**를 만드는 방식이나 그런 방식이 우리랑 거의 똑같잖아요.** 그래서 에너지를 막는 방식이나, 햇빛, 아니면은 땅에 있는 것을 이용하거나 그러한 것에서 서로 똑같으니까, 그러면서 말이 통했던 것 같습니다. 공기도, 공기가 통하는, 공기에 관한 것도 비슷하고.

[6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

살펴본 것처럼 국제교류 수업의 학습 내용으로 다른 개념에 비해 과학 개념이 학생들에게 훨씬 친숙할 수 있다. 1-A 학생의 설명처럼 한국에서 사용하는 많은 과학 개념은 영어를 그대로 사용하는 것이 많기 때문이다(예: 에너지, energy). 또한 6-B 학생의 설명처럼 과학적 원리는 한국이나 호주나 모두 동일하므로 과학을 소재로 의사소통하는 것은 다른 소재에 비해 훨씬 수월할 수 있다. 이처럼 국제교류 수업에서 장애물로 여겨지는 '언어'문제를 어느 정도 완화시킬 수 있는 해결책으로 대화 소재를 과학으로 선정하는 것이 방법이 될 수 있겠다.

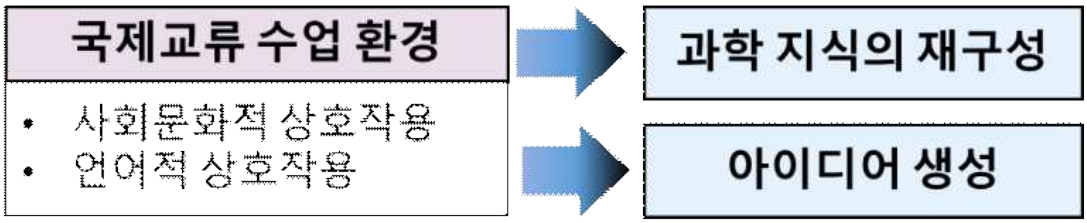
한편, 영어로 의사소통을 하는 것을 준비하는 과정에서 학생들의 과학개념 이해가 증가한 사례도 관찰되었다. 3-B 학생은 국제교류 활동에서 우리나라의 전통 가옥인 한옥를 소개를 준비하였다. 이를 위해 모둠원들과 영어로 '대본'을 미리 썼다. 영어로 설명하는 글을 쓰는 과정에서 전문용어 등을 "풀어서" 설명하다 보니 본인들도 잘 이해할 수 있었으며, 호주 학생들도 잘 이해시킬 수 있었다고 설명하였다.

3-B: 처음 대본 만들 때부터 일단 이거는 난 호주 애들한테 알려줘야 된다라고 생각을 하면서 만나니까 뭔가 개념 같은 거 또 우리끼리 말하는 거면 그냥 좀 전문용어 같은 것도 몇 개 쓰면서 할 수 있는데 **호주 애들은 한국어를 못 쓰니까 약간 전문용어 같은 걸 좀 풀어서 쓰고 하니깐 한 것 같아요.** [중략] **풀어서 발표하니까 저희도 대본을 보면서 좀 이해할 수 있었던 것 같고** 그리고 호주 얘들도 잘 이해해 준 것 같아요.

[3-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

살펴본 것처럼, 본 연구에서 관찰한 국제교류 수업 환경은 사회문화

적 상호작용을 지원하고, 영어를 사용하고 과학을 소재로 하는 언어적 상호작용을 지원하였다. 이로부터 학생들은 과학 개념의 이해가 증진되었으며 아이디어 생성을 촉진하는 데에 도움이 되었다. 이를 종합하면 국제교류 수업환경은 과학학급창의성 발현에 긍정적인 영향을 미쳤다고 판단할 수 있으며 이를 도식화하여 나타낸 것이 [그림 4-10]이다.




[그림 4-14] 국제교류 수업 환경이 과학학급창의성에 미친 긍정적 영향

### 4.2.5. ‘과학교사의 지지’ 범주

최근 집단 창의성에 관한 연구들은 집단 내 협력을 만들어내는 맥락적(context) 영향을 발휘하는 ‘리더십’을 강조하고 있다(Amabile et al., 2004; Isaksen, 2007; Woodman et al., 1993). 홍옥수(2016)가 제안한 과학학급창의성 모델도 이러한 선행 연구를 바탕으로 과학 교실 내에서 발현되는 학생들의 창의성을 맥락적 관점으로 접근하였으며, 과학 교실 내 리더십을 발휘하는 대상을 ‘과학교사’로 제안하였다. 또 이를 ‘정서적 지지’와 ‘인지적 지지’로 구분하여 제시하였다. 학교에서 학생들의 창의성 교육을 위해서는 교사의 역할이 매우 중요하다. 교사가 지니는 창의성에 관한 인식, 신념 등은 학생들의 창의성 증진에 영향을 미치며(Beghetto, 2006; Liu & Lin, 2014) 교사의 긍정적인 피드백, 교사의 학습지원, 교사와 학생 사이의 활발한 상호작용 등은 학생들의 창의성 발현에 영향을 미치는 중요한 요소이다(박병기와 박상범, 2009; 조연순, 2013). 따라서 연구자는 사후 심층 면담에서 학생들이 국제교류 STEAM 수업에서 ‘교사의 지지’가 어떠하다고 느꼈는지를 물어 그 응답을 분석하였다.

#### 4.2.5.1. 과학교사의 정서적 지지

2조의 경우, 리더인 2-A 학생이 거의 혼자 과제를 해결하였으며 나머지 모둠원들은 무임승차를 하다시피 하였다. 소그룹 활동시 모둠원들은 소극적으로 의사소통을 하였으며 2-A 학생은 답답함을 느꼈다. 활발하지 못했던 모둠원 사이의 의사소통에 대한 의견을 물었을 때, 2-A 학생은 소그룹 활동 할 때에 선생님이 개입하여 적절히 질문을 해줘야 한다고 생각하였다. “강압적으로 시켜야 한다”는 응답을 통해 교사의 권위를 이용하여 학생 간 학생의 의사소통을 억지로라도 촉진시켜야한다고 생각함을 알수 있었다.

R: 그래서 2-A는 어떻게 하면 좀 더 우리 조 애들이 많이 얘기했었을 것 같아?

2-A: **<u>일단 담임선생님이 들어와서 한 명씩 시키면 되게 말을 잘하지 않을</u>**

**까요**? 뭔가 시켜야 할 것 같고 안 시키려 애들이 말을 안 하더라고요. **그래서 뭔가 강압적으로 시켜야 한다고 생각해요.**

[2-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

5조의 경우, 리더가 딱히 없었으며 철저한 분업 하에 모둠 활동이 이뤄졌다. 그리하여 소그룹 활동 시간에 학생들의 대화가 거의 없었다. 이에 대해 교사의 도움이 필요했는지에 대해 면담에서 질문하였다. 5-A 학생은 좀 조용한 조는 교사의 도움이 필요하다고 말하였으나, 본인의 조는 조용했지만 "교사가 함께 소그룹 활동을 하는 것은 부담스럽다"는 모순적인 답변을 하였다.

R: 소그룹 활동할 때 선생님이 들어와 있는 것보다는 없는 게 더 나? 자유롭게 이야기를 나누고 아이디어를 내는 데에는?

5-A: 네. 그런데 이게 조마다 다를 것 같아요. **활발한 조나 아니면 이제 좀 조용한 조나 조마다 특성이 다르니까.**

R: 너희 조는 어땠어? 너희 조는 어땠으면 좋았을 것 같애?

5-A: 저희 조는.. 일단... 딱 할 일이 있으면 그것에 대해서만 말하고 그게 끝나면 그냥 조용했던 것 같아요.

R: 그러면 너희 조에는 선생님 같이 들어와 있는 게 나았을 것 같아?

5-A: 어....(망설임).

R: 아, 그건 또 아니야? **소그룹 활동할 때 선생님이 있다는 게 좀 부담스럽긴 하지**?

5-A: 어..**조금은 (부담이) 있는 것 같아요.**

[5-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

모둠원들 사이에서 협력적 의사소통이 잘 이뤄지지 않았던 2조와 5조는 교사가 의사소통을 적극적으로 격려하는 '정서적 지지'가 필요했던 것으로 판단된다. 교사가 의사소통의 중심에서 서서 모둠원들의 의사소통을 이끌어 나가거나, 학생들의 의사소통을 곁에서 격려하는 역할을 수행했다면 학생들의 창의성이 발현되는 데에 긍정적인 효과가 있었을 것으로 예상된다(조연순 등, 2011).

#### 4.2.5.2. 과학교사의 인지적 지지

모든 모둠원 학생이 활발하게 의사소통을 하였던 6조도 적절한 교사의 개입이 필요하다고 응답하였다. 6-B 학생은 과학교사가 과학적 근거를 제기해주는 등 '인지적 지지'가 필요했다고 응답하였다.

> 6-B: 선생님들은 일단은... 아이들이 생각을 할 때 보통 산으로 갈 때도 있거든요. **그래서 그냥 가끔씩 방향만 맞춰주는 방향으로. 아니면 아이들이 뭔가 더 깊은 과학적인 근거들이 필요할 때 그거를 제시해 주시던가, 자료를 이용해 주시면** 뭔가 아이들한테 도움이 되지 않을까 생각해봤습니다.
>
> [6-B 학생 면담 전사 자료 발췌]

다른 조가 생각하지 못한 독창적인 아이디어를 디자인에 많이 표현한 4조 역시, 교사가 조금 더 에너지 제로하우스 디자인에 관한 설명을 많이 해주었으면 더 나은 산출물을 생성할 수 있었을 것이라고 응답하였다. 즉, 과학교사의 '인지적 지지'가 더 필요했다는 것을 확인할 수 있었다.

> 4-A: 과학적 개념들을 사전에 설명을 해주신 부분들이 많은데, **사실 디자인이나 좀 더 고려해야 할 점 그리고 패시브하우스의 기준 그런 것들을 사전에 설명을 해주셨으면 디자인하는데 생각할 점 그리고 좀 더 완성도 있는 작품이 나오지 않았을까 생각이 들어요**.
>
> [4-A 학생 면담 전사 자료 발췌]

전반적으로 국제교류 STEAM 수업에서 학생들은 과학교사의 지원과 개입이 더 필요하였다고 대답했다. 협력적 의사소통이 이루어지지 않았던 2조와 5조는 학생들 간의 의사소통을 활발히 하게 하는 방편으로 교사의 정서적 지지가 필요하였다. 협력적 의사소통이 이루어졌던 6조와 4조는 교사가 적절한 과학적 설명을 해 주어 더 나은 아이디어를 고안할 수 있도록 하는 교사의 인지적 지지가 필요하였다. 따라서 과학학급

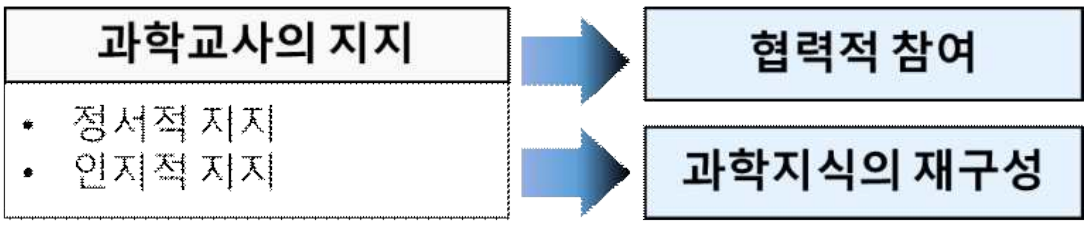
창의성 요소 중 '과학교사의 지지' 요소는 '부족'하였다고 볼 수 있다.

본 연구에서 관찰한 국제교류 STEAM 수업은 전반적으로 교사 중심 수업보다는 학생 중심 수업이었다. 특히, 모둠 활동이 모든 차시에 있을 만큼 학생 간 학생의 의사소통이 중요했던 수업이었다. 하지만, 우리나라의 일반적인 과학 수업에서는 담화 대부분을 교사가 하는 편이며 학생들은 참여적 침묵(participatory silence)의 형태로 수업을 참여한다(최준영, 2015). 또한 한국을 비롯한 동아시아권 문화에서는 교실에서의 의사소통 및 상호작용에 관해 학생과 학생 사이보다는 교사와 학생 사이에 이루어지는 것을 중요시한다(Leung, 2005; 장진아와 송진웅, 2015). 웹 기반 학습에서 서양 학생들은 학생들 사이의 더 많은 상호작용이 장려될 필요가 있다고 생각하는 반면, 한국을 포함한 아시아 학생들은 교수자로부터 피드백을 받는 것을 더욱 중요하게 생각한다고 한다는 연구 결과도 있다(Liang & McQueen, 1999). 그리하여 학생들은 기존에 생각해 왔던 교사 중심의 수업이 아닌 학생 중심의 국제교류 STEAM 수업이 어색하고 어려웠을 수 있다. 또한 학생들은 과학교사가 자신들에게 충분한 학습 정보나 피드백을 제공하지 않았다고 생각할 수 있다. 따라서 대부분의 학생들이 국제교류 STEAM 수업에서 교사의 정서적 지지, 인지적 지지를 더 필요하다고 인식한 것으로 판단된다. 즉, 학생들은 과학교사의 지지가 충분하지 않았던 것으로 느끼는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 연구 결과로부터 학생들이 전통적인 교사 중심 교육에서 학생 중심 학습으로의 변화를 받아들이고 창의성을 발현하기 위해서는 교사의 지지가 중요하다는 것을 확인할 수 있었다. 예를 들어 1조와 같이 모둠원끼리 활발한 의사소통을 하였지만, 리더가 존재하지 않아 최종 산출물 생성에 다소 어려움을 겪는 경우, 교사가 '중재자 역할'을 수행하여 창의성이 발현될 수 있도록 모둠 활동을 이끌 수 있다(조연순 등, 2011).

종합해보면, 만약 과학교사의 정서적·인지적 지지가 충분했다면 과

학학급창의성 발현 중 특히 '협력적 참여'와 '과학지식의 재구성'에 긍정적인 영향을 미쳤을 것이다. 이를 모식도로 나타낸 것이 [그림 4-15]이다. 학생들의 창의성이 발현되는 수업 맥락에서 교사의 역할과 교사와 학생의 상호작용에 대한 연구는 지속적으로 수행될 필요가 있겠다.




[그림 4-15] 과학교사의 지지가 과학학급창의성에 미칠 수 있는 영향

# 제5장 결론

## 5.1. 요약

본 연구는 고교 과학수업의 일환으로 국제교류 STEAM 수업을 개발하고 이를 한국-호주 고등학생에게 적용하여 이 수업이 한국 학생집단의 과학적 창의성에 어떤 영향을 미치고, 이때 나타난 창의성에는 어떤 특징이 있는지 알아보고자 하였다. 이를 위해 혼합연구방법 중 순차적 설명 설계를 사용하였다. 양적 데이터 분석은 홍옥수(2016)의 SCC 검사도구를 수정 및 보완한 R-SCC를 사용하여, 25명의 한국 학생들을 대상으로 사전·사후 검사를 실시하고 대응 표본 t-검정을 시행하였다. 질적 데이터 분석은 수업 관찰 내용과 수업 활동 결과물, 사후 심층 면담 자료를 대상으로 했고, 이를 전사한 자료를 코딩하여 반복적 비교 분석을 실시하였다. 코딩에 활용한 분석틀은 Hong & Song(2020)의 연구에서 제안한 과학학급창의성 모델을 활용하였다. 이는 과학수업 맥락에서 나타나는 학생 창의성을 10개의 요소와 24개의 하위요소로 제안한 것이다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫 번째 연구 문제인 국제교류 STEAM 수업은 학생의 과학학급창의성에에 어떤 영향을 미치는가에 대한 결과는 다음과 같다. 국제교류 STEAM 수업 적용 후 학생들의 과학학급창의성에 정량적인 증가가 유의미하게 나타났다. 본 연구에서는 과학학급창의성을 범주 5개와 요소 10개로 구분하여 측정하였다. 10개의 요소 모두 사전 검사의 평균에 비해 사후 검사의 평균이 증가하였다. 다만, ‘창의적 행동’ 요소와 ‘과학수업의 외현적 참여’ 요소에는 유의미한 증가가 보이지 않았으며, 나머지 7개의 요소는 유의미한 증가를 나타내었다. 가장 큰 변화를 보인 요소는 ‘학생 정의적 특성’으로 학생들이 국제교류 STEAM 수업을 통해 흥미와 내적 동기가 증가하였음을 알 수 있었다. 또한 ‘과학교사

의 정서적 지지'와 '과학교사의 인지적 지지' 요소도 유의미한 증가를 보였는데, 이는 학생 심층 면담의 결과와 상반된 결과였다.

두 번째 연구 문제인 국제교류 STEAM 수업에서 나타나는 학생의 과학학급창의성은 어떤 특징이 있는가에 대한 답을 얻기 위해 질적 데이터로부터 학생들의 과학학급창의성의 범주별 특징을 살펴보았다.

첫째, '학생의 특성' 범주에서 나타난 특징으로는 '과학 지식의 재구성'이 있다. 학생들은 대충 알고 있었던 기존 지식을 구체적인 지식으로 발전시켰으며, 새로운 지식으로 전환하였다. 또한 기존 지식 간의 연결성이 증가하였다. 과학 지식의 재구성을 촉진한 주된 요인은 호주 친구들과의 의견 교류, 한국 친구들과의 의견 교류 그리고 개인적 조사 활동이었다.

둘째, '과학수업 참여' 범주에서 나타난 특징은 '협력적 참여'였다. 양적 결과에서 유의미한 증가를 보이지 않았던 '과학수업 외현적 참여' 요소에 해당하는 '협력' 양상은 수업 관찰 및 면담 자료에서 추출해 낼 수 있었다. 그 결과 '협력적 참여'와 '비협력적 참여'를 하는 경우로 분류할 수 있었으며, 6개 조 중 4개 조가 협력적 참여를, 2개 조가 비협력적 참여를 한 것으로 나타났다.

셋째, '창의적 행동' 범주에서 관찰한 특징은 다음과 같다. 모둠이 최종 산출물에 표현한 아이디어의 내용과 관련된 과학지식은 '채광, 전기에너지, 열의 전달, 통풍, 광합성' 5가지로 범주화할 수 있었다. 모둠은 이러한 아이디어를 '국제교류 활동, 개인적 조사, 과학수업 시간'에서 얻었다. 모둠은 최종 해결책을 결정하기 위해 아이디어를 논리적으로 판단하여 기각하고, 부족한 아이디어는 다른 아이디어를 더해 수정·보완하는 과정을 거쳤다. 이러한 결정 과정은 협력적 참여를 하는 모둠에서만 확인할 수 있었다.

넷째, '과학수업 환경' 범주에서의 특징은 물리적 수업 환경인 '온라인 수업 환경'과 사회문화적 환경인 '국제교류 수업 환경'이었다. 온라인 수업 환경은 학생들에의 창의성 발현에 긍정적으로 작용했다. 이는 아이디어의 기록과 공유를 편리하게 하여 학생들이 아이디어

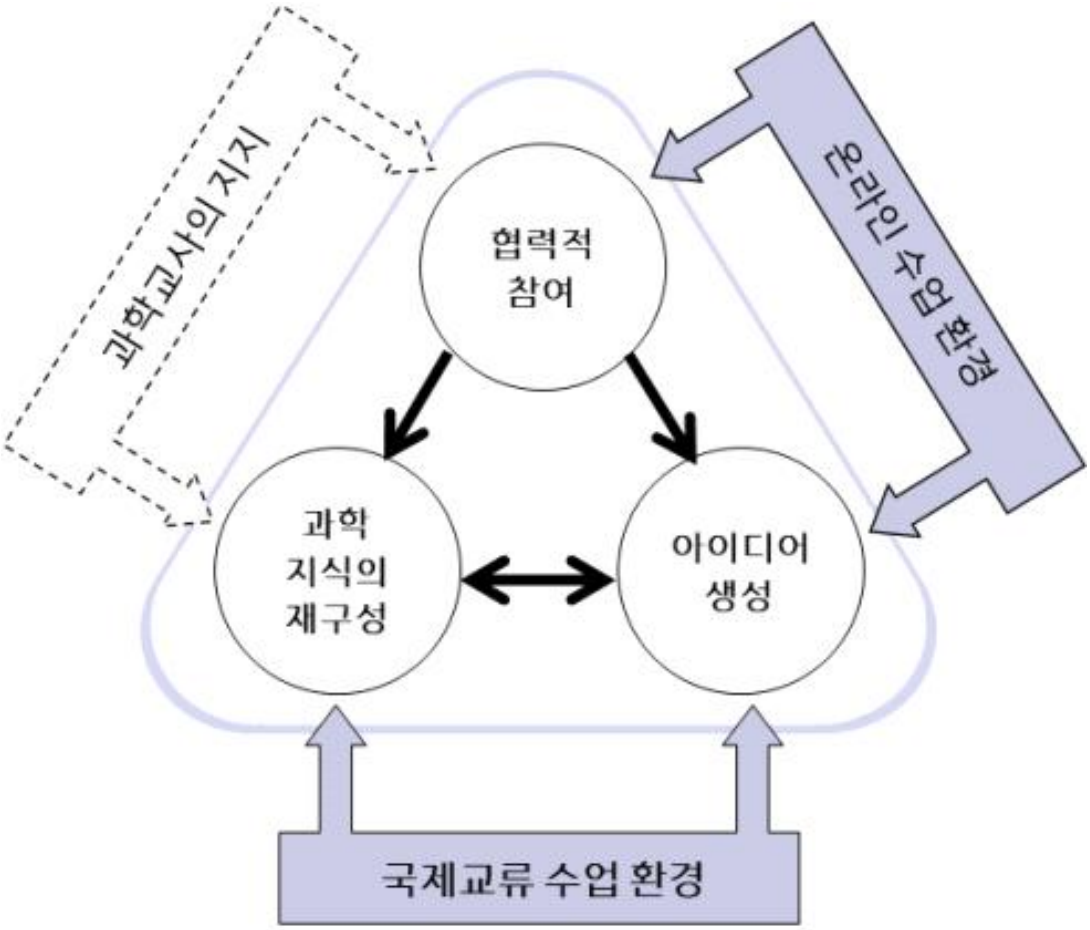
수집 및 정리가 수월했기 때문이다. 이러한 특징은 학생들의 발산적 사고와 수렴적 사고를 촉진하였으며 아이디어 구체화에 도움이 되었다. 한편, ‘국제교류 수업 환경’은 다른 문화권인 학생들과 교류하는 사회문화적 상호작용을 지원해 학생들에게 새로운 관점에서 아이디어를 생성하는 것을 촉진하였다. 또한 과학을 소재로 영어를 사용하는 언어적 상호작용을 지원하여 학생들이 과학 용어와 정의에 대해 자세히 학습하도록 하여 과학지식의 재구성을 용이하게 하였다.

다섯째, ‘과학교사의 지지’ 범주는 잘 나타나지 않았다. 양적 결과에서는 유의미한 증가를 나타내 과학교사의 지지가 충분한 것으로 판단하였다. 그러나 면담 결과 학생들은 과학교사가 조별 활동에 많은 개입을 하지 않은 것에 아쉬움을 느꼈다. 일부 학생들은 과학교사가 과학 지식이나 과학적 근거를 더 많이 제시해줘야 한다고 생각하였으며, 의사소통이 원활히 되지 않는 경우는 교사가 개입하여 활발하게 상호작용할 수 있도록 도와줘야 한다는 의견을 제시했다.

이를 바탕으로 국제교류 STEAM 수업에서 나타난 과학학급창의성의 주된 특징으로 ‘과학지식의 재구성’, ‘아이디어 생성’, ‘협력적 참여’,‘온라인 수업 환경’, ‘국제교류 수업 환경’, ‘교사의지지’, 여섯 가지로 추출하였다.

## 5.2. 결론 및 시사점

연구의 결과들을 종합한 결론은 다음과 같다.




[그림 5-1] 국제교류 STEAM 수업에 참여한 학생들의 과학학급창의성 특징의 주요 관계

국제교류 STEAM 수업에서 나타난 과학학급창의성의 주된 특징으로 '과학지식의 재구성', '아이디어 생성', '협력적 참여','온라인 수업 환경', '국제교류 수업 환경', '교사의지지', 여섯 개를 추출

하였으며, 이러한 특징들 사이의 주요 관계를 파악하였다. [그림 5-1]는 이를 도식화하여 나타낸 것이다. 이에 대한 설명은 다음과 같다.

첫째, 다른 문화권 학생들과 문화를 교류하는 '국제교류 수업 환경'은 '과학지식의 재구성'과 '아이디어 생성'에 긍정적인 영향을 미쳤다. 학생들이 지닌 기존의 과학 지식을 새롭게 재구성하도록 하였으며, '에너지 제로하우스 디자인'을 하기 위한 창의적 아이디어를 생성하는 데에 긍정적인 영향을 미쳤다.

둘째, '온라인 수업 환경'은 '협력적 참여'와 '아이디어 생성'에 기여하였다. 국제교류 STEAM 수업에서 국제교류 활동을 비롯한 조별 활동들은 온라인 수업 환경에서 실행되었다. 온라인 수업 환경은 대면 수업처럼 '동시적 상호작용'을 가능하게 할 뿐만이 아니라, 대면 수업에서 이루어지기 어려운 '서면 상호작용'을 가능하게 한다. 이러한 상호작용은 과학학급창의성 발현에 효과적이었다. 기록과 공유의 편리성으로 학습자 간의 협력을 촉진하였으며 아이디어를 찾고 구체화하는 데에 도움이 되었다. 특히 내성적인 학생들도 서면 상호작용 등을 통해 수업 참여를 적극적으로 하고 창의성을 발현하였다.

셋째, '교사의 지지'는 '협력적 참여'와 '과학지식의 재구성'에 기여할 수 있었다. 그러나 본 연구에서 관찰한 수업에서는 과학교사의 지지가 부족하여 과학학급창의성의 발현이 저해된 사례가 관찰되었다. 특히, 협력적 참여를 하지 않은 2개 조의 경우, 교사가 적절한 정서적 지지를 주었다면 학생 간 상호작용이 활발해져 집단 창의성을 발현할 가능성이 있었다. 또한 교사가 충분한 인지적 지지를 학생들에게 하였다면 과학지식에 대한 이해를 높이고, 더 많은 수의 독창적인 아이디어를 생성했을 수도 있었다.

넷째, '협력적 참여'는 과학학급창의성 발현의 중요한 요인으로서 '과학지식의 재구성'과 '아이디어 생성'에 긍정적인 영향을 미쳤다. 학생들 사이의 활발한 상호작용을 토대로 한 협력은 학생들의 과학지식을 발달시킬 뿐만 아니라 아이디어 생성을 촉진하였다.

다섯째, '과학지식의 재구성'은 '아이디어 생성'과 매우 밀접한

연관성이 있었다. 이 둘은 과학학급창의성이 발현되는 데에 중요한 요인이었다. 학생들은 과학 지식을 적용하여 아이디어를 생성하고 이를 산출물로 표현하였다. 또한 아이디어를 적용하는 과정에서 과학 지식을 재구성하였다. 즉, 과학지식의 재구성과 아이디어 생성은 쌍방향으로 서로 영향을 미쳤다.

이 연구의 목적은 국제교류 STEAM 수업 사례를 통해 과학교실 내에서 발현되는 학생 창의성의 특징을 탐색하는 것이었다. 이로부터 과학교실 내의 창의성을 신장시키는 방안을 탐색하였다. 본 연구는 STEAM 교육의 목적 중 하나인 창의성 증진을 위한 새로운 교수 방법으로서의 가능성을 탐색했다는 점에서 그 의의를 갖는다.

## 5.3. 후속 연구 과제

본 연구의 한계를 보완하고 향후 국제교류 STEAM 수업과 과학학급 창의성에 대한 논의를 확장하기 위해 다음과 같이 후속연구를 제안하고자 한다.

첫째, 국제교류 STEAM 수업을 위한 구체적인 수업 주제와 교수학습 전략 그리고 그 효과성에 관한 연구가 필요하다. MOOC, 미네르바 대학처럼 인터넷 등 IT 기술의 발달로 국가간 경계 없이 학습이 이뤄지고 있는 추세이다. 다양한 배경을 가진 학생들이 온라인을 통해 함께 학습하고 프로젝트도 수행할 수 있다. 또한 이러한 수업은 학생들의 창의성을 증진시킬 수 있다. 과학교육 분야에서도 국제 교류활동이 포함된 다양한 수업 주제 개발과 그 효과성에 관한 연구가 요구된다. 본 연구에서 개발한 국제교류 STEAM 수업이 이에 대한 하나의 사례가 될 수 있겠다.

둘째, 학습자의 과학지식의 재구성과 창의성 발현의 매커니즘의 연계성에 관한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 학생들이 아이디어를 생성하는 과정은 학생들의 과학지식의 재구성 과정과 유사하였다. 학생들은 다른 사람과의 사회적 상호작용을 통해 얻은 지식을 내적으로 재구성함으로써 학습을 한다(Vygotsky, 1978). 이와 같은 방식으로 학생들은 다른 사람과의 사회적 상호작용을 통해 아이디어를 얻고 또 상호작용을 통해 문제 해결책을 도출하는 것을 본 연구에서 포착할 수 있었다. 이는 창의성 향상과 개념 발달이 동시에 이뤄지는 수업이 가능함을 시사한다. 이러한 가능성은 STEAM 수업의 고질적인 문제로 지적되어 온'교과지식의 약화'에 대한 하나의 해결 실마리가 될 수 있겠다.

셋째, 과학교실 내에서 학생들의 창의성을 신장할 수 있는 방안의 탐색이 더욱 필요하다. 예컨대, 대면 수업에서도 학생들의 창의성에 긍정적인 영향을 미치는 ICT 협업 도구가 활용될 필요가 있겠다. 본 연구의 사례에서 온라인 수업 환경이 학생들의 창의성에 도움을 주는 것을 확인

하였다. 그동안 ICT 기술이 발달하였음에도 불구하고, 과학 교실 내에서 학생들이 인터넷을 활용하는 것은 흔치 않은 일이었다. 수업 시간에 핸드폰과 노트북 등을 사용하는 것은 금기하는 교실 문화였기 때문이다. 그러나 본 연구의 결과를 토대로 이러한 교실 문화에 대한 전향적인 변화를 요구해 볼 필요가 있다.

넷째, 국제교류 수업이었던 만큼, 상대편 국가의 학생 데이터도 함께 수집하여 비교 · 대조해 볼 필요가 있다. 지리적 · 문화적 배경이 다르므로 과학 교실내에서 나타나는 창의성의 양상에는 분명 차이점이 존재할 것이다. 또한 공통점 또한 추출할 수 있을 것이다. 향후 국가별 학생 데이터를 수집하여 실질적인 국제교류 STEAM 수업의 효과를 분석해볼 필요가 있다.

다섯째, 교사와 학생 사이의 상호작용에 관한 추가 연구가 필요하다. 본 연구에서는 양적 데이터와 질적 데이터에서 상반된 결과가 나왔던 '교사의 지지'범주에 관한 심도있는 해석을 위해서는 후속 연구가 이어져야 한다.

# 참 고 문 헌


강정하, 최인수. (2008). 과학적 창의성과 시각예술적 창의성. 영재교육연구, 18(2), 201-237.

강주희, 주은정, 장신호. (2013). 포트폴리오를 활용한 과학 기반 STEAM 수업이 초등학생들의 과학 개념 형성에 미치는 영향.초등과학교육,32(4),593-606.

강호감, 김태훈. (2014). 초등과학영재의 창의적 문제해결력 향상을 위한융합인재교육 (STEAM) 프로그램 개발. 영재교육연구, 24(6).

고동국, 홍승호. (2021). 문제중심학습 기반 STEAM 현장체험학습 프로그램이 초등과학 영재의 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 40(1), 113-125.

고영욱. (2014). 수학기반 융합인재교육(STEAM) 프로그램 구안 및 적용, 경인교육대학교 교육대학원 석사학위논문.

고현지. (2013). 과학· 수학 융합 프로그램 개발 및 적용을 통한 초등학생들의 수학적/과학적 개념 발달과정과 상호작용 유형 분석 (Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).

곽영순, 신영준. (2021). 고등학교 공통과목인 통합과학과 과학탐구실험의 적절성 평가 및 과학과 고등학교 공통과목 교육과정 개선 방안 도출. 생물교육(구 생물교육학회지), 49(2), 205-215.

교육부. (2015a). 초중등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 1]

교육부. (2015b). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9]

교육부. (2020.12.08). 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(TIMSS) 2019 결과 발표(보도자료). 세종: 교육부.

교육부. (2021.04). 국민과 함께하는 미래형 교육과정 추진 계획(안).

구자옥, 상경아, 곽영순, 구남욱, 박상욱, 박혜영 등. (2017). 국제학업성취도(연구자료 ORM 2017-31-6). 충북: 한국교육과정평가원.

구형규. (2017). STEAM 을 활용한 과학적 모형의 사회적 구성 수업에서 학생의 과학자본이 모형구성과정과 개념이해에 미치는 영향 (Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).

권성연. (2020). 코로나19에 따른 초중등 교사들의 온라인 수업 경험과 인식에 대한 탐색. 교육공학연구, 36(스페셜), 745-774.

김권숙, 최선영. (2012). 과학 기반 STEAM 프로그램이 초등과학 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 31(2), 216-226.

김동일, 임정은, 우예영, 한다솜, 이진우, 연준모. (2021). 비대면 온라인 수업 효과에 영향을 미치는 온라인 수업 구성요소: 대학교 이론 수업 수강생을 중심으로. 교육연구논총, 42(2), 35-60.
김맹범, 홍승호. (2019).내진설계를 주제로 한 STEAM 프로그램이 초등학생들의 창의적 문제해결력 및 STEAM 태도에 미치는 효과. 에너지기후변화교육, 9(2), 125-135.
김미숙. (2006). 양적 방법과 질적 방법의 통합에 대하여. 교육사회학연구, 16(3), 43-64.
김영채. (2011). 창의적 문제해결: 창의력의 이론, 개발과 수업. 서울: 교육과학사.
김영홍, 김진수. (2017). 국내 STEAM 교육 연구 논문의 현황 분석. 대한공업교육학회지, 42(1), 140-159.
김왕동. (2012). 창의적 융합인재에 관한 개념 틀 정립: 과학기술과 예술 융합 관점. 영재와 영재교육, 11(1), 97-119.
김우석, 민병미, 김동렬, 손연아. (2013). 창의 · 인성 및 STEAM 교육을 위한 제로에너지하우스 만들기 프로그램 개발. 환경교육, 26(3), 298-314.
김정수, 최경석, 강재식, 양관섭, 이승언 (2009). 제로에너지 건축물 구현을 위한 구성 요소 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집 - 계획계, 29(1), 669-672
김현섭, 정수. (2019). 고등학교 통합과학 교과서에 제시된 창의 · 융합 활동에 대한 STEAM 비교 분석. 현장과학교육, 13(2), 133-146.
도재우. (2020). 면대면 수업의 온라인 수업 전환과정에서 발생하는 설계 장애물에 대한 탐색. 교육문화연구, 26(2), 153-173.
문공주, 문지영, 황요한, 김성원. (2017). STEAM R&E 를 통한 고등학생의 창의적 인재 역량 변화.
박병기, 박상범. (2009). 통합창의성이 내재된 다차원 창의적 환경 척도 (ICEMCEs) 의 개발 및 타당화. 교육심리연구, 23(4), 839-862.
박상훈. (2018). 온라인 국제교류 협력학습 설계모형 탐구. 디지털융복합연구, 16(10), 1-9.
박종석, 김민정. (2003). 과학 창의성 프로그램 분석을 통한 과학 창의성 요소 추출. 중등교육연구, 51(2), 269-286.
박종원. (2004). 과학적 창의성 모델의 제안 -인지적 측면을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
박종원. (2011). 과학적 창의성의 이해와 지도. 새물리, 61(10), 947-961.
박지혜, 신영준. (2015). 과학 중심 융합인재교육 (STEAM) 수업이 아동의 열전달 개념 형성에 미치는 효과. 한국초등교육, 26(2), 1-23.
박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현 등. (2012). STEAM 교육의 구성요소와 수업설계를 위한 준거 틀의 개발. 학습자중심교과교육연구, 12(4),

533-557
박현주, 변수용, 심재호, 백윤수, 정진수. (2016). 우리나라 초・중・고등학교의 STEAM 교육 운영 현황 실태조사. 한국과학교육학회지, 36(4), 669-679.
반자연, 이윤희, 한혜련, & 백혜영. (2017). 친환경 단열설계를 위한 STEAM 창의교육 프로그램 개발연구: 고등학생 대상의 업사이클링 벽체모듈디자인 중심으로. 한국실내디자인학회 논문집, 26(6), 97-105.
배진호, 윤봉희, 김진수. (2013).융합인재교육(STEAM)을 적용한 초등과학수업이 과학 학습 동기와 학업 성취도에 미치는 영향.초등과학교육,32(4),557-566.
백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종윤, 이주연 등. (2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육연구, 11(4), 149-171.
서주희, 신영준. (2012). 초등학교 저학년을 대상으로 한 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용 효과, 과학교육논총, 25(1), 1-14
서현정, 한화정, 심규철. (2021). STEAM 기반 교육 프로그램이 과학 영재들의 창의적 사고와 STEAM 수업에 대한 인식에 미치는 효과. 생물교육(구 생물교육학회지), 49(2), 275-286.
송윤숙, 이경화. (2015). 원격화상협력학습이 한국, 호주 초등학생의 창의성에 미치는 효과. Global Creative Leader, 5(1): 85-103
송진웅, 강석진, 곽영순, 김동건, 김수환, 나지연 등. (2019). 미래세대를 위한 '과학교육표준'의 주요 내용과 특징. 한국과학교육학회지, 39(3), 465-478.
송진웅, 나지연. (2014). 창의융합의 과학교육적 의미와 과학 교실문화의 방향. 교과교육학연구, 18(3), 827-845.
송진웅, 나지연. (2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화. 현장과학교육, 9(2), 72-84.
신영준, 곽영순. (2019). 2015 개정 교육과정의 통합과학 과목 편성・ 운영 실태 분석. 과학교육연구지, 43(1), 64-78.
심재호, 이양락, 김현경. (2015). STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제. 한국과학교육학회지, 35(4), 709-723.
양나리, 이제영, 김정렬. (2018).문화간 의사소통능력 신장을 위한 초등영어과 온라인 국제교류 순환학습 모형의 개발.교원교육,34(4),107-124.
우영진, 윤지현, 강성주. (2016). 초등 과학영재의 집단 창의성 발현을 돕는 전략으로써 디자인적 사고의 가능성 탐색. 학습자중심교과교육연구, 16(7), 433-460.
유기웅, 정종원, 김영석, 김한별. (2018). 질적 연구방법의 이해 (2nd. ed.). 서울: 박영story.
유선아, 양성호, 곽영순, 김미숙, 김태희, 이상미. (2019). 융합인재교육(STEAM) 활성화 위한 평가 방안 연구. 서울: 한국과학창의재단.
윤여범. (2020). 알파고와 파파고: 인공지능과 영어교육의 관계. 한국초등교육,

31(4), 213-224.
윤정현, 강석진, 노태희. (2016). 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 36(4), 519-526.
윤회정, 박은미, 김지영, 이윤하, 방담이. (2015). 중학생들의 과학적 창의성 관련 변인 간 관계 분석 연구. 교과교육학연구, 19(4), 1005-1025.
이경진, 김경자. (2012). 통합교육과정 접근으로서의 ‘‘융합인재교육(STEAM)‘의 의미와 실천 가능성 탐색. 초등교육연구, 25(3), 55-81.
이상수, 이유나. (2007). 창의적 문제해결을 위한 블렌디드 수업모형 개발. 교육공학연구, 23(2), 135-159.
이상수. (2004). 면대면 학습 환경과 온라인 실시간/비실시간 학습 환경에서의 상호작용 패턴 분석. 교육공학연구, 20(1), 63-88.
이석진, 김남숙, 이윤진, 이승진. (2017). 융합인재교육 (STEAM) 의 창의성과 문제해결력 효과에 관한 메타분석-연구방법 및 연구자를 중심으로. 한국과학교육학회지, 37(1), 87-101.
이선영. (2014). 창의성 계발과 교육을 위한 이론적 모형 탐색. 교육심리연구, 28(2), 353-369.
이승현, 곽덕주. (2020). 비대면 수업은 왜 불편한가?: 원격성 개념에 대한 교육철학적 검토. 교육철학연구, 42(3), 109-132.
이시예, 이형철. (2013). 융합 인재 교육 (STEAM) 을 적용한 과학수업이 초등학생의 창의성과 과학 관련 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 32(1), 60-70.
이윤희, 이명아, 한혜련, 이재경. (2017). 중학생을 위한 제로에너지 주택디자인 STEAM 교육프로그램 개발 연구. 한국실내디자인학회 논문집, 26(6), 24-32.
이은철 (2019). 온라인 협력학습에서 무임승차 학습자의 특성 분석. 한국콘텐츠학회논문지, 19(10), 385-396.
이정민, 신영준. (2014). 융합인재교육(STEAM) 수업에서 초등교사들이 겪는 어려움 분석. 초등과학교육, 33(3), 588-596.
이종연, 구양미, 채민정, 박상훈. (2014) 온라인 국제교류 협력학습 성과 및 운영방안에 대한 탐색적 연구. 한국교육, 14(4) ,149-175.
이지연, 성은모, 이지은, 임규연, 한승연. (2020). 코로나19 시대 온라인 수업의 도전과 과제. 교육공학연구, 36(스페셜), 671-692.
이지은, 김유경. (2020). Google 문서를 활용한 대학 논술 수업의 온라인 소집단 동료피드백 양상 및 학습자 인식. 교육문화연구, 26(4), 427-451.
이충국, 이정철, 김상수, 서승직. (2012). 에너지제로하우스 인식분석 및 정책 추진방향 제안에 관한 연구. 한국지열에너지학회논문집, 8(2), 16-26.
이현철, 김영천, 김경식. (2013). 통합연구방법론: 질적연구+ 양적연구. 서울: 아카데미프레스.
이혜정, 김인수 (2011). 온라인 조별학습 상호작용 분석을 위한 메시지 분석틀

개발. 평생학습사회, 7(3), 109-127
임성만, 양일호, 임재근. (2009). 영역 특수적인 입장에서의 과학적 창의성에 대한 정의, 구성요인에 대한 탐색.과학교육연구지,33(1), 31-43.
임유나. (2012). 통합 교육과정에 근거한 융합인재교육 (STEAM) 의 문제점과 개선 방향. 초등교육연구, 25(4), 53-80.
장진아, 송진웅 (2015). 초등학교 과학수업의 탐구활동에서 형성되는 교실 규범의 특징에 대한 사례 연구. 한국과학교육학회지, 35(2), 303-312.
전재돈, 이효녕. (2015). 고등학생을 위한 시스템 사고 기반의 융합인재교육 프로그램 개발 및 적용 효과. 한국과학교육학회지, 35(6), 1007-1018.
정경욱, 임채성. (2021). 뇌기반 진화적 STEAM 교육이 초등학생의 과학 흥미와 과학 창의성에 미치는 영향. 초등과학교육 40(2), 239-252.
정현철, 한기순, 김병노, 최승언. (2002). 과학 창의성 계발을 위한 프로그램 개발 - 이론과 예시를 중심으로 -.한국지구과학회지,23(4),334-348.
정혜윤, 서호성. (2021). 중학교 3 학년 일반 학급 대상 온라인 수학 수업에서 나타난 학생 수업 참여의 특징 분석. 학교수학, 23(3), 433-456.
조성민, 구남욱, 김현정, 이소연, 이인화(2019). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2018 결과 보고서(연구보고 RRE 2019-11). 충북: 한국교육과정평가원.
조연순, 정혜영, 최규리, 백은주, 정지은. (2011). 학생들의 창의성이 발현되는 수업 맥락에서의 상호작용 특성. 초등교육연구, 24(4), 185-210.
조연순. (2012). “학생 창의성“의 개념 탐색. 초등교육연구, 25(3), 1-26.
조연순. (2013). 학생 창의성 발현을 돕기 위한 교수-학습 모형 탐색. 사고개발, 9(2), 1-22.
조희형, 최경희. (2002). 구성주의와 과학교육. 한국과학교육학회지, 22(4), 820-836.
지은림, 주언희. (2012). 창의적 인재 역량 측정을 위한 구인 탐색 및 척도 개발. 교육평가연구, 25, 69-94.
최준영 (2015). 과학수업에서 나타나는 중학생 행동의 정량적 분석: 참여와 침묵을 중심으로. 미출판 석사학위논문. 서울대학교 대학원, 서울.
한국과학창의재단. (2019). STEAM 교육으로 채우는 즐거운 수업(가이드북, 고등학교).
한신, 김용기, 김형범. (2019).자연재해 주제를 활용한 창의융합 HTE-STEAM(융합인재교육) 프로그램 개발 및 효과.대한지구과학교육학회지,12(3),291-301.
홍옥수. (2016). 과학 학급 창의성의 개념화 및 척도 개발 (Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).
Adolf, J. W. (1982). Creative Thinking through Science.
Amabile, T. M., & Gryskiewicz, N. D. (1989). The creative environment scales:

Work environment inventory. Creativity research journal, 2(4), 231-253.
Amabile, T. M., Schatzel, E. A., Moneta, G. B., & Kramer, S. J. (2004). Leader behaviors and the work environment for creativity: Perceived leader support. The Leadership Quarterly, 15(1), 5-32.
Assessment and Reporting Authority [ACARA]. (2015). Australian Curriculum: Science. Assessment and Reporting Authority. Retrieved from https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/science/
Beghetto, R. A. (2006). Creative justice? The relationship between prospective teachers' prior schooling experiences and perceived importance of promoting student creativity. The Journal of Creative Behavior, 40(3), 149-162.
Bennett, M. J. (2009). Defining, measuring, and facilitating intercultural learning: a conceptual introduction to the Intercultural Education double supplement.
Brown, J. D. (2000). What issues affect Likert-scale questionnaire formats. Shiken: JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter, 4(1).
Chen, G., & Kanfer, R. (2006). Toward a systems theory of motivated behavior in work teams. Research in organizational behavior, 27, 223-267.
Chen, S. J., Hsu, C., & Caropreso, E. (2005, October). Cross-cultural collaborative online learning: When the west meets the east. In E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (pp. 1931-1941). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
Chen, S. J., Hsu, C.L., & Caropreso, E. J. (2006). Cross-cultural collaborative online learning:When the west meets the east. International Journal of Technology in Teaching and Learning,2(1), 17-35.
Choi, S. Y., Won, A. R., Chu, H. E., Cha, H. J., Shin, H., & Kim, C. J. (2021). The impacts of a climate change SSI-STEAM program on junior high school students' climate literacy. Asia-Pacific Science Education, 7(1), 96-133.
Chu, H-E., Martin, S., & Park, J. (2019). Theoretical Framework for Developing an Intercultural STEAM Program for Australian and Korean Students to Enhance Science Teaching and Learning. International Journal of Science and Mathematics Education, 17, 1251-1266.
Creswell, J. W. (2003). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches,≤ nd edition. C. Thousand Oaks, ed.
Creswell, J. W. (2014). Qualitative, quantitative and mixed methods approaches. Sage.
Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). Research design: Qualitative,

quantitative, and mixed methods approaches. Sage publications.
Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Gutmann, M., & Hanson, W.(2003). Advanced mixed methods research designs. In: A. Tashakkori& C. Teddlie (Eds.), Handbook of mixed methods in social andbehavioral research (pp. 209-240). Thousand Oaks, CA: Sage.
Cropley, A. (2006). In praise of convergent thinking. Creativity research journal, 18(3), 391-404.
Csikszentmihalyi, M. (1999). implications of a systems perspective for the study of creativity. Handbook of creativity, 313.
Diakidoy, I. A. N., & Kendeou, P. (2001). Facilitating conceptual change in astronomy: A comparison of the effectiveness of two instructional approaches. Learning and Instruction, 11(1), 1-20.
Diehl, M., & Stroebe, W. (1991). Productivity loss in idea-generating groups: Tracking down the blocking effect. Journal of Personality and Social Psychology, 61(3), 392–403.
Dunne, C. (2017). Can Intercultural experiences foster creativity? The relevance, theory and evidence. Journal of Intercultural Studies, 38(2), 189-212.
Feldhusen, J. F. (1995). Creativity: A knowledge base, metacognitive skills, and personality factors. The Journal of creative behavior, 29(4), 255-268.
Guilford, J. (1950). Creativity. The American Psychologist, 5(9), 444-454.
Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about creativity in science education. Creative Education, 3(05), 603.
Hong, O., & Song, J. (2020). A componential model of Science Classroom Creativity (SCC) for understanding collective creativity in the science classroom. Thinking Skills and Creativity, 37, 100698.
Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. International Journal of Science Education, 24(4), 389-403.
Isaksen, S. G. (2007). The climate for transformation: Lessons for leaders. Creativity and Innovation Management, 16(1), 3-15.
Jonassen, D., Mayes, T., & McAleese, R. (1993). A manifesto for a constructivist approach to uses of technology in higher education. In Designing environments for constructive learning (pp. 231-247). Springer, Berlin, Heidelberg.
Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. Review of General Psychology, 13(1), 1.
Kerr, N. L., & Bruun, S. E. (1983). Dispensability of member effort and group

motivation losses: Free-rider effects. Journal of Personality and social Psychology, 44(1), 78.
Leung, F. K. S. (2005). Some characteristics of East Asian mathematics classrooms based on data from the TIMSS 1999 Video Study. Educational Studies in Mathematics, 60, 199-215.
Liang, A., & McQueen, R. J. (1999). Computer assisted adult interactive learning in a multi-cultural environment. Adult Learning, 11(1), 26-29.
Lin, Y. T., Chang, C. H., Hou, H. T., & Wu, K. C. (2016). Exploring the effects of employing Google Docs in collaborative concept mapping on achievement, concept representation, and attitudes. Interactive Learning Environments, 24(7), 1552-1573.
Liu, S. C., & Lin, H. S. (2014). Primary teachers' beliefs about scientific creativity in the classroom context. International Journal of Science Education, 36(10), 1551-1567.
Lozano, L. M., García-Cueto, E., & Muñiz, J. (2008). Effect of the Number of Response Categories on the Reliability and Validity of Rating Scales. Methodology, 4(2), 73-79. doi:10.1027/1614-2241.4.2.73
Mäkitalo-Siegl, K., Kohnle, C., & Fischer, F. (2011). Computer-supported collaborative inquiry learning and classroom scripts: Effects on help-seeking processes and learning outcomes. Learning and Instruction, 21(2), 257-266.
McArdle, G., Clements, K. D., & Hutchinson-Lendi, K. (2005). The Free Rider and Cooperative Learning Groups: Perspectives from Faculty Members. Online Submission.
Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). Qualitative research: A guide to design and implementation. John Wiley & Sons.
Mohamed, A. (2006). Investigating the scientific creativity of fifth-grade students. The University of Arizona.
Nadler, R. (2020). Understanding "Zoom fatigue": Theorizing spatial dynamics as third skins in computer-mediated communication. Computers and Composition, 58, 102613.
Nunnally, J.C. & Bernstein, I.H. (1994) The Assessment of Reliability. Psychometric Theory, 3, 248-292.
Paulus, P. (2000). Groups, teams, and creativity: The creative potential of idea-generating groups. Applied psychology, 49(2), 237-262.
Paulus, P. B., & Yang, H. C. (2000). Idea generation in groups: A basis for creativity in organizations. Organizational behavior and human decision processes, 82(1), 76-87.

Peper, E., Wilson, V., Martin, M., Rosegard, E., & Harvey, R. (2021). Avoid Zoom fatigue, be present and learn. NeuroRegulation, 8(1), 47-47.

Plucker, J. A., & Beghetto, R. A. (2004). Why creativity is domain general, why it looks domain specific, and why the distinction does not matter.

Reilly, M., & Shen, H. (2011, January). Shared note-taking: a smartphone-based approach to increased student engagement in lectures. In The 11th International Workshop on Collaborative Editing Systems in Conjunction with ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work.

Renzulli, J. S. (1984). The Three Ring Conception of Giftedness: A Developmental Model for Creative Productivity.

Rubin, J., & Guth, S. (2015). Collaborative online international learning: An emerging format for internationalizing curricula. In Globally networked teaching in the humanities (pp. 27-39). Routledge.

Runco. M. A. (1999). Critical thinking. In M. A. Runco & S. R. Pritzker (Eds.) Encyclopedia of Creativity (pp. 449-452). London: Academic Press.

Sawyer, R. K. (2011). Explaining creativity: The science of human innovation. Oxford university press.

Siau, K. L. (1995). Group creativity and technology. The Journal of Creative Behavior, 29(3), 201-216.

Simonton, D. K. (2004). Creativity in science: Chance, logic, genius, and zeitgeist. Cambridge University Press.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1991). An investment theory of creativity and its development. Human Development, 34(1), 1-31.

Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Open coding. In J. Corbin & A. Strauss (Eds.), Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques (pp. 101-121). CA: Sage.

Strijbos, J. W., Martens, R. L., & Jochems, W. M. (2004). Designing for interaction: Six steps to designing computer-supported group-based learning. Computers & Education, 42(4), 403-424.

Taylor, P. C. (1993). Collaborating to reconstruct teaching: The influence of researcher beliefs. The practice of constructivism in science education, 267-297.

Torrance, E. P. (1965). Scientific views of creativity and factors affecting its growth. Daedalus, 663-681.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2001). Universal Declaration on Cultural Diversity(UDCD).

Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). Mind in society: Development of higher

psychological processes. Harvard university press.
Wang, C. M. (2011). Instructional design for cross-cultural online collaboration: Grouping strategies and assignment design. Australasian Journal of Educational Technology, 27(2).
Wang, M. (2007). Designing online courses that effectively engage learners from diverse cultural backgrounds. British Journal of Educational Technology, 38(2), 294-311.
Woodman, R. W., Sawyer, J. E., & Griffin, R. W. (1993). Toward a theory of organizational creativity. Academy of Management Review, 18(2), 293-321
Yamazaki, Y., & Kayes, D. C. (2004). An experiential approach to cross-cultural learning: A review and integration of competencies for successful expatriate adaptation. Academy of Management Learning & Education, 3(4), 362-379.
Yin, R. K. (2015). Qualitative research from start to finish (2nd.ed.). (pp.187-201) Guilford publications.

# 부록

## [부록 1] IRB 승인 문서

### 심의결과 통보서

**수신**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 연구책임자 | 이름: 김이슬 | 소속: 사범대학 과학교육과 | 직위: 석사과정 |
| 지원기관 | 해당없음 | | |

**과제정보**

| | | |
|---|---|---|
| 승인번호 | | IRB No. E2111/002-001 |
| 연구과제명 | | 국제교류 STEAM 수업이 과학학급창의성에 미치는 영향 |
| 연구종류 | | 기수집 자료 분석 연구 |
| 면제일자 | | 2021-11-03 |
| 심의결과 | | 면제승인 |
| 검토의견 | 면제 검토의견 | 본 연구는 지도교수인 송진웅 교수가 연구책임자이고 본 연구의 연구책임자인 김이슬 연구자가 연구담당자로 수행한 서울대학교 생명윤리위원회에서 승인받은 연구(IRB No. 2011/003-012) 자료를 지도교수로부터 제공받아 본 연구책임자의 학위논문 연구목적에 맞게 분석 하는 연구로서 「생명윤리 및 안전에 관한 법률 시행규칙」 제13조 제1항 제3호에 근거하여 심의를 면제합니다. |

상기 연구과제에 대하여 본 위원회에서는 심의면제대상임을 확인합니다.

2021년 11월 03일

서울대학교 생명윤리위원회 위원장

**본 위원회가 승인한 연구를 수행하는 연구자들은 다음의 사항을 준수해야 합니다.**

1. 모든 연구자들은 아래의 사항을 준수하여야 합니다.
2. 연구자께서는 제출하신 계획서에 따라 연구를 수행하여야 하며, 이와 다르게 연구를 진행하실 경우 다시 심의를 진행하셔야 함을 유의하시기 바랍니다.
3. 위원회의 요구가 있을 때에는 연구의 진행과 관련된 보고를 위원회에 제출하여야 합니다.
4. 연구윤리를 위하여 관련부처가 필요시 조사 및 감독 차원에서 현장점검을 실시할 수 있습니다.
5. 연구와 관련된 기록은 연구가 종료된 시점을 기준으로 최소 3년간 보관하여야 합니다.

[부록 2] 연구 참여자용 설명서 및 동의서 (학생용)

IRB No. 2011/003-012 유효기간: 2021년 11월 18일

## 연구 참여자용 설명서 및 동의서 (학생용)

**연구 과제명 : 온라인 국제교류 STEAM 수업에서 과학 학급 창의성 증진 가능성 탐색**
**연구 책임자명 : 송진웅 (서울대학교 사범대학 물리교육과, 교수)**

이 연구는 고등학교 STEAM(융합인재교육) 수업의 교육적 효과에 대한 연구입니다. 귀하는 STEAM 관련 수업을 받는 학생로서 이 연구에 참여하도록 권유받았습니다. 이 연구를 수행하는 서울대학교 소속의 연구원(김이슬, [redacted]이 귀하에게 이 연구에 대해 설명해 줄 것입니다. 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 분에 한하여 수행 될 것이며, 귀하께서는 참여 의사를 결정하기 전에 본 연구가 왜 수행되는지 그리고 연구의 내용이 무엇과 관련 있는지 이해하는 것이 중요합니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀 주시길 바랍니다. 만일 어떠한 질문이 있다면 담당 연구원이 자세하게 설명해 줄 것입니다.

**1. 이 연구는 왜 실시합니까?**
한국과 호주의 고등학교에서 온라인 국제교류 STEAM 수업을 하였을 때 그 교육적 효과로 과학 학급 창의성이 어떻게 변화하는지 살펴보고자 합니다.

**2. 얼마나 많은 사람이 참여합니까?**
이 연구는 STEAM 수업을 하는 교사 2명과 학생 120명이 참여합니다.

**3. 만일 연구에 참여하면 어떤 과정이 진행됩니까?**
만일 귀하가 참여 의사를 밝혀 주시면 다음과 같은 과정이 진행될 것입니다.

1) 총 8차시의 STEAM 수업을 수강하여 에너지 제로 하우스 디자인 프로그램에 참여하게 됩니다.
2) 본 과정 전에 사전 설문지를 작성하도록 요청받을 것입니다. 평소 가지고 있는 생각을 토대로 설문 조사를 하게 될 것이며, 설문 조사에는 총 30분 정도 소요될 것입니다. 문항은 객관식 55문항과 서술식 5문항입니다. 온라인 설문 형태로도 제공하여 응답자가 자유로운 시간에 실시할 수 있습니다. 온라인 설문은 구글 설문지를 통해 제공하고, 답변은 연구 담당자의 계정을 통해 비공개적으로 수집될 것입니다.
3) 8차시의 STEAM 수업에서 귀하의 활동이 촬영될 것입니다. 또한, 오프라인 온라인 소그룹 활동이 녹화됩니다. 귀하의 수업 활동지나 과제, 온라인 플랫폼(구글 클래스 등)에 게시한 과제물과 댓글 등은 수집되며 이러한 자료는 개인정보가 드러나지 않도록 다른 기호로 바꾸어 사용하며 연구의 목적으로만 활용됩니다.
4) 과정이 끝난 후에는 사전 설문지와 같은 설문지를 평소 가지고 있는 생각을 토

Version 1.1(2020.11.19.)

대로 설문 조사를 하게 될 것이며, 설문 조사에는 총 30분 정도 소요될 것입니다. 문항은 객관식 60문항과 서술식 5문항입니다. 온라인 설문 형태로도 제공하여 응답자가 자유로운 시간에 실시할 수 있습니다. 온라인 설문은 구글 설문지를 통해 제공하고, 답변은 연구 담당자의 계정을 통해 비공개적으로 수집될 것입니다.

또, 면담이 진행될 수 있습니다. 면담은 제출 자료에 대한 보완 및 추가 설명이 필요한 경우 실시되며, 귀하가 희망할 경우에만 실시됩니다. 면담은 개인별 면담의 형태로 1회 60분 이내로 귀하가 원하는 시간과 장소에서 실시되며, 면담의 내용은 녹음되어 전사됩니다. 이 경우에도 귀하의 개인정보들(학교, 학급, 이름)은 다른 기호로 바꾸어 사용하므로 개인 정보는 알려지지 않을 것입니다.

**4. 연구 참여 기간은 얼마나 됩니까?**

STEAM 수업 8차시에 참여하며 학교 상황에 따라 2주에서 8주로 유동적입니다. 면담은 과정이 끝난 후, 1회 60분 이내로 실시됩니다. 귀하는 면담의 대상자로 요청받을 수 있으며, 희망할 경우에만 면담에 참여하게 됩니다.

**5. 참여 도중 그만두어도 됩니까?**

예, 귀하는 언제든지 어떠한 불이익 없이 참여 도중에 그만 둘 수 있습니다. 만일 귀하가 연구에 참여하는 것을 그만두고 싶다면 담당 연구원에게 즉시 말씀해 주십시오. 그만두는 경우 모아진 자료는 즉시 폐기되고 분석 대상에서 제외됩니다.

**6. 부작용이나 위험요소는 없습니까?**

부작용이나 위험요소는 발생하지 않을 것으로 보여집니다. 연구 참여 도중 발생할 수 있는 위험 요소에 대한 질문이 있으면 담당 연구원에게 바로 문의해 주십시오.

**7. 이 연구에 참여시 참여자에게 이득이 있습니까?**

이 연구는 참여자에게 직접적인 도움이 되지 않을 수도 있습니다. 그러나 귀하가 제공하는 정보는 과학교육에 시사점을 제공하는 데에 도움이 될 것입니다.

**8. 만일 이 연구에 참여하지 않는다면 불이익이 있습니까?**

귀하께서는 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있습니다. 또한, 본 연구에 참여하지 않아도 어떠한 불이익도 없음을 말씀드립니다. 연구 참여 여부나 설문, 면담 내용이 성적 부여 기준에 전혀 영향을 미치지 않음을 밝힙니다.

**9. 연구에서 얻은 모든 개인 정보의 비밀은 보장됩니까?**

개인정보관리책임자는 서울대학교 교수 송진웅입니다. 본 연구에서 수집되는 개인정보는 '학교', '학번', '이메일' 입니다. 이 개인정보는 연구책임자(송진웅)와 공동연구자(주혜은), 연구담당자(김이슬, 이형문)에게만 접근이 허락됩니다. '학

Version 1.1(2020.11.19.)

교' 와 '학번' 은 개인식별코드로 암호화하여 익명화된 코드(ID)로 대체한 뒤 즉시 파기되므로 개인정보가 드러나지 않습니다. '이메일' 은 온라인 서류 송부 및 비대면 면담 등의 경우에 연락의 수단으로 사용되고, 해당 목적이 완료된 후에는 즉시 파기될 것입니다. 동의서는 관련 법령에 따라 3년을 보관한 후 폐기할 예정이며, 연구 자료 중 인쇄물의 경우, 개인정보는 익명화 코드로 대체하여, 서울대학교 13동 315호의 시건장치가 있는 캐비넷에 보관할 예정입니다. 온라인을 통해 수집된 자료와 녹음 파일 및 전사 자료 또한, 개인정보는 익명화 코드로 대체하여 연구 담당자 외장하드의 암호화된 폴더에 별도 보관될 것입니다. 수집된 자료는 서울대학교 연구윤리 지침에 따라 가능한 한 영구 보관할 예정입니다. 수집된 자료는 학술적인 목적(논문작성, 학회발표) 외에는 사용하지 않으며, 연구의 타당성과 신뢰도 검증을 위해 익명화된 형태의 자료로 검토받을 수 있습니다. 저희는 이 연구를 통해 얻은 모든 개인 정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 이 연구에서 얻어진 개인 정보가 학회지나 학회에 공개 될 때 귀하의 학번 및 기타 개인 정보는 사용되지 않을 것입니다. 그러나 만일 법이 요구하면 귀하의 개인정보는 제공될 수도 있습니다. 또한 모니터 요원, 점검 요원, 생명윤리위원회는 연구 참여자의 개인 정보에 대한 비밀 보장을 침해하지 않고 관련규정이 정하는 범위 안에서 본 연구의 실시 절차와 자료의 신뢰성을 검증하기 위해 연구 결과를 직접 열람할 수 있습니다. 귀하가 본 동의서에 서명하는 것은, 이러한 사항에 대하여 사전에 알고 있었으며 이를 허용한다는 동의로 간주될 것입니다.

**10. 이 연구에 참가하면 댓가가 지급됩니까?**

죄송합니다만 본 연구에 참가하는데 있어서 연구 참여자에게 어떠한 금전적 보상도 없습니다.

**11. 연구에 대한 문의는 어떻게 해야 됩니까?**

본 연구에 대해 질문이 있거나 연구 중간에 문제가 생길 시 다음 연구 담당자에게 연락하십시오.

[redacted]

만일 어느 때라도 연구 참여자로서 귀하의 권리에 대한 질문이 있다면 다음의 서울대학교 생명윤리위원회에 연락하십시오.

서울대학교 생명윤리위원회 (SNUIRB) 전화번호: 02-880-5153
이메일: irb@snu.ac.kr

Version 1.1(2020.11.19.)

IRB No. 2011/003-012 유효기간: 2021년 11월 18일

# 동 의 서(학생) (연구참여자 보관용)

**연구 과제명 : 온라인 국제교류 STEAM 수업에서 과학 학급 창의성 증진 가능성 탐색**
**연구 책임자명 : 송진웅 (서울대학교 사범대학 물리교육과, 교수)**

1. 나는 이 설명서를 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
4. 나는 이 연구에서 얻어진 나에 대한 정보를 현행 법률과 생명윤리위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는 데 동의합니다.
5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 법률이 규정한 국가 기관 및 서울대학교 생명윤리위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 확인하는 것에 동의합니다.
6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
7. 나의 서명은 이 동의서의 사본을 받았다는 것을 뜻하며 나와 동의받는 연구원의 서명이 포함된 사본을 연구 참여가 끝날 때까지 보관하겠습니다.
8. 나는 연구를 수행하는 중에 녹음/녹화가 진행되는 것에 동의합니다.
   동의함 ☐ 동의하지 않음 ☐
9. 나는 나의 학교, 학번, 이메일이 수집되는 것을 알고 있으며, 연구에 사용되는 것을 허락합니다.
   동의함 ☐ 동의하지 않음 ☐

| | | |
|---|---|---|
| 연구참여자 성명 | 서 명 | 날짜 (년/월/일) |
| 법정 대리인 성명 / 참여자와의 관계 | 서 명 | 날짜 (년/월/일) |
| 동의받는 연구원 성명 | 서 명 | 날짜 (년/월/일) |
| 연구책임자 성명 | 서 명 | 날짜 (년/월/일) |

Version 1.1(2020.11.19.)

## [부록 3] R-SCC 설문지

IRB No. 2011/003-012 유효기간: 2021년 11월 18일

### 과학 학급 창의성 분석을 위한 설문지

안녕하세요?
여러분의 소중한 시간을 내어주셔서 감사합니다.
이 설문지는 여러분의 과학 학급 창의성에 대해 알아보기 위한 것입니다.
이 설문지는 정답이 없으며, 여러분의 성적과는 전혀 상관이 없습니다.
조사 결과는 연구 외의 목적으로는 사용되지 않으며, 여러분이 설문지에 답한 내용은 비밀이 보장됩니다.
또한, 설문에 참여하고 싶지 않다면 답하지 않아도 됩니다.

○ 각 문항을 읽고 자기 생각과 가장 가까운 것을 골라 ○ 또는 √ 로 표시해 주시기 바랍니다.

| | 질문 | 전혀 그렇지 않다 | 그렇지 않다 | 그렇다 | 매우 그렇다 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 나는 짧은 시간에 많은 아이디어를 내는 편이다. | | | | |
| 2 | 나는 떠오른 생각을 잘 다듬어서 좋은 아이디어로 발전시킨다. | | | | |
| 3 | 나는 다른 사람이 생각하지 못하는 아이디어를 생각한다. | | | | |
| 4 | 나는 과학 수업시간에 문제가 주어졌을 때 친구들보다 많은 해결방법을 제시한다. | | | | |
| 5 | 나는 과학 수업시간에 주어진 문제를 해결하기 위해 새로운 아이디어나 접근법을 시도 한다. | | | | |

○ 여러분이 남과 다르게 독창적으로 생각한 아이디어가 있었다면 무엇이 있었는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요.

| | 질문 | 전혀 그렇지 않다 | 그렇지 않다 | 그렇다 | 매우 그렇다 |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 나는 과학 문제를 해결할 때 여러 과목의 내용을 활용한다. | | | | |
| 7 | 나는 과학수업에 학습한 내용을 충분히 이해하여 다른 영역에 응용한다. | | | | |
| 8 | 나는 복잡한 현상을 논리적으로 분석한 후 전체적으로 파악한다. | | | | |
| 9 | 나는 여러 가지 정보를 맥락(상황)에 맞게 종합한다. | | | | |

Version 1.1(2020.11.19.)

○ 여러분이 과학 수업에서 학습한 내용을 다른 영역과 연결한 적이 있었다면 무엇이 있었는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요.

| | 질문 | 전혀 그렇지 않다 | 그렇지 않다 | 그렇다 | 매우 그렇다 |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 나는 과학 문제를 해결하기 위하여 다양한 방법(예:신문, 잡지, 인터넷, 서적, 타인의 조언 등)으로 정보를 수집한다. | | | | |
| 11 | 나는 과학 문제를 해결하는 방안을 여러 가지 대안으로 생각해본다. | | | | |
| 12 | 나는 과학 문제와 관련된 정보를 모아서 타당한 결론으로 끌어낸다. | | | | |
| 13 | 나는 과학 문제와 관련한 여러 가지 아이디어 중에서 가장 좋은 해결방법을 고를 수 있다. | | | | |
| 14 | 나는 과학 문제에 대한 해결책이 가져오는 결과에 대해 여러 측면에서 예상할 수 있다. | | | | |
| 15 | 나는 과학 문제를 해결하고 난 후에 문제를 어떻게 풀었는지 다시 생각하여 보고 고칠 점을 찾는다. | | | | |

○ 여러분이 어떤 과학 문제를 해결하는 과정에서 어려움을 겪었다면 그 어려움은 무엇이었는지, 어떻게 해결했는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요.

| | 질문 | 전혀 그렇지 않다 | 그렇지 않다 | 그렇다 | 매우 그렇다 |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 나는 과학수업 시간이 즐겁다. | | | | |
| 17 | 나는 과학을 배울 가치가 있다고 생각한다. | | | | |
| 18 | 나는 과학수업 시간에 적극적으로 참여하는 것을 좋아한다. | | | | |
| 19 | 나는 어려운 문제를 해결하기 위해 노력하는 것을 좋아한다. | | | | |
| 20 | 나는 과학수업 시간에 새로운 경험을 하는 것을 좋아한다. | | | | |
| 21 | 나는 과학수업에서 배운 내용을 이해하려고 노력한다. | | | | |
| 22 | 나는 과학수업에서 배운 내용을 적용하려고 노력한다. | | | | |
| 23 | 나는 과학수업에 집중한다. | | | | |
| 24 | 나는 과학수업의 목표를 달성하기 위해 노력한다. | | | | |
| 25 | 나는 과학수업에서 학습하는 내용만큼 방법과 과정에 관심을 둔다. | | | | |
| 26 | 나는 과학 탐구활동에서 주도적인 역할을 담당한다. | | | | |
| 27 | 나는 과학수업 시간에 문제를 해결하기 위해 탐구활동을 수행한다. | | | | |
| 28 | 나는 과학수업 시간에 선생님과 자주 토론한다. | | | | |
| 29 | 나는 과학수업 시간에 느낀 생각을 자유롭게 표현한다. | | | | |
| 30 | 나는 과학수업 시간에 문제를 해결하기 위해 친구와 협력한다. | | | | |
| 31 | 나는 과학에 관련된 책이나 잡지를 자주 읽는다. | | | | |
| 32 | 나는 과학에 관련된 TV 프로그램(다큐멘터리 등)을 자주 본다. | | | | |
| 33 | 나는 과학과 관련된 영화나 드라마를 자주 본다. | | | | |
| 34 | 나는 인터넷(유튜브 등)을 통하여 과학정보를 자주 찾아본다. | | | | |
| 35 | 나는 컴퓨터나 스마트폰 앱을 이용해 과학 관련 활동을 한다. | | | | |
| 36 | 나는 과학관이나 천문대에 간다. | | | | |
| 37 | 나는 물건을 고치거나 만들기 활동을 한다(목공, 레고 장난감, 블록, 뜨개질, 자수, 과학상자, 전자키트, 아두이노, 3D 프린터 등) | | | | |

○ 여러분의 과학 경험(예: 수행평가, 동아리, 과학대회 등)에 대해서 구체적으로 적어주세요.

| |
|---|
| |

| 질문 | | 전혀 그렇지 않다 | 그렇지 않다 | 그렇다 | 매우 그렇다 |
|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 과학수업에서 과제를 해결하기 위한 시간은 충분히 주어진다 | | | | |
| 39 | 과학수업에서는 최선을 다해야 완성할 수 있는 과제가 주어진다. | | | | |
| 40 | 과학수업 장소에는 탐구에 필요한 재료가 충분히 있다. | | | | |
| 41 | 과학수업 장소는 정서적인 안정감을 준다. | | | | |
| 42 | 과학수업에서 내가 실수를 하더라도 친구들이 이해해준다. | | | | |
| 43 | 과학수업에서 새로운 아이디어를 제시하면 인정받는다. | | | | |
| 44 | 과학수업에서 궁금한 내용을 질문하는 것이 자유롭다. | | | | |
| 45 | 과학수업에서 친구들의 다양한 장점이 발휘된다. | | | | |
| 46 | 과학수업에서 친구들과 의사소통이 자유롭다. | | | | |
| 47 | 과학 선생님의 설명과 질문은 나의 호기심을 자극한다. | | | | |
| 48 | 과학 선생님의 설명과 질문은 나의 이해를 돕는다. | | | | |
| 49 | 과학 선생님은 독특한 생각이나 반응을 칭찬해주신다. | | | | |
| 50 | 과학 선생님은 활동 결과에 대한 적절한 피드백을 주신다. | | | | |
| 51 | 과학 선생님은 많은 아이디어를 제시할 수 있는 분위기를 만들어 주신다. | | | | |
| 52 | 과학 선생님은 나를 긍정적으로 생각하신다. | | | | |
| 53 | 과학 선생님은 나의 의견을 존중해주신다. | | | | |
| 54 | 과학 선생님은 어려운 문제를 끝까지 해결하도록 격려해주신다. | | | | |
| 55 | 과학 선생님은 내가 어떤 일에 실패했을 때 위로해주신다. | | | | |

○ 여러분이 어떤 과학문제를 해결할 때 다른 문화권 사람들의 입장을 고려해 본 적이 있다면 어떻게 고려하였는지 생각나는 대로 구체적으로 적어주세요.

| |
|---|
| |

# [부록 4] 한국-호주 교육과정 분석

[표 1] 한국과 호주 과학과 교육과정 내용체계표에서의 '에너지' (6~10학년)

| | 영역 | 핵심 개념 | 일반화된 지식 | 내용 요소 | | | 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 초등학교 | 중학교 | 고등학교 | |
| | | | | 5~6학년 | 1~3학년 | 통합과학 | |
| 한국 | 힘과 운동 | 역학적 에너지 | 마찰이 없는 계에서 역학적 에너지는 보존된다. | | • 중력에 의한 위치 에너지<br>• 운동 에너지<br>• 역학적 에너지 보존 | | • 문제 인식<br>• 탐구 설계와 수행<br>• 자료의 수집·분석 및 해석<br>• 수학적 사고와 컴퓨터 활용<br>• 모형의 개발과 사용<br>• 증거에 기초한 토론과 논증<br>• 결론 도출 및 평가<br>• 의사소통 |
| | 열과 에너지 | 열역학 법칙 | 에너지는 전환되는 과정에서 소모되거나 생성되지 않는다. | | • 소비 전력 | | |
| | | | 열이 모두 일로 전환되지는 않는다. | | | | |
| | | 에너지 전환 | 에너지는 다양한 형태로 존재하며, 다른 형태로 전환될 수 있다. | | • 에너지 전환 | | |
| | 환경과 에너지 | 생태계와 환경 | 환경문제를 해결하기 위해 에너지의 효율적 활용이 필요하다. | | | • 에너지 전환과 보존<br>• 열효율 | |
| | | 발전과 신재생 에너지 | 발전기를 이용하여 생산된 전기 에너지가 가정에 공급된다. | | | • 발전기<br>• 전기 에너지<br>• 전력 수송 | |
| | | | 화석 연료를 대체하기 위하여 다양한 신재생 에너지를 개발하고 있다. | | | • 태양 에너지<br>• 핵발전<br>• 태양광 발전<br>• 신재생 에너지 | |
| | 물질의 변화 | 물질의 상태 변화 | 물질은 상태 변화 시 에너지 출입이 있다. | | •상태 변화와 열 에너지 출입 | | |
| | | 에너지 출입 | 물질의 변화에는 에너지 출입이 수 | | • 화학 반응에서의 에너지 출 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 반된다. | | 입 |
| 생물의 구조와 에너지 | 광합성과 호흡 | 광합성을 통해 빛 에너지가 화학 에너지로 전환된다. | • 광합성 | • 광합성에 필요한 물질<br>• 광합성 산물<br>• 광합성에 영향을 미치는 요인 |
| | | 호흡을 통해 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는다. | | • 식물의 호흡과 광합성의 관계 |

호주

**Science Understanding**

| Sub-Strand | Year 6 | Year 8 | Year 9 | Year 10 |
|---|---|---|---|---|
| **Physical sciences** | Electrical energy can be transferred and transformed in electrical circuits and can be generated from a range of sources (ACSSU097) | Energy appears in different forms, including movement (kinetic energy), heat and potential energy, and energy transformations and transfers cause change within systems (ACSSU155) | Energy transfer through different mediums can be explained using wave and particle models (ACSSU182) | Energy conservation in a system can be explained by describing energy transfers and transformations (ACSSU190) |
| **Biological sciences** | | | Ecosystems consist of communities of interdependent organisms and abiotic components of the environment; matter and energy flow through these systems (ACSSU176) | |
| **Chemical sciences** | | | Chemical reactions, including combustion and the reactions of acids, are important in both non-living and living systems and involve energy transfer (ACSSU179) | |

**Science as a human endeavour**

| Sub-Strand | Year 6 | Year 8 | Year 9 | Year 10 |
|---|---|---|---|---|
| **Nature and development of science** | Science involves testing predictions by gathering data and using | Scientific knowledge has changed peoples' understanding of the | Scientific understanding, including models and theories, is contestable and is refined over time through a process of review by the scientific community | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | evidence to develop explanations of events and phenomena and reflects historical and cultural contributions (ACSHE081) & (ACSHE098) | world and is refined as new evidence becomes available (ACSHE119) & (ACSHE134)<br>Science knowledge can develop through collaboration across the disciplines of science and the contributions of people from a range of cultures (ACSHE223) & (ACSHE226) | (ACSHE157) & (ACSHE191)<br>Advances in scientific understanding often rely on technological advances and are often linked to scientific discoveries (ACSHE158) & (ACSHE192) |
| **Use and influence of science** | Scientific knowledge is used to solve problems and inform personal and community decisions (ACSHE083) & (ACSHE100) | Solutions to contemporary issues that are found using science and technology, may impact on other areas of society and may involve ethical considerations (ACSHE120) & (ACSHE135)<br>People use science understanding and skills in their occupations and these have influenced the development of practices in areas of human activity (ACSHE121) & (ACSHE136) | People use scientific knowledge to evaluate whether they accept claims, explanations or predictions, and advances in science can affect people's lives, including generating new career opportunities (ACSHE160) & (ACSHE194) and (ACSHE161) & (ACSHE195)<br>Values and needs of contemporary society can influence the focus of scientific research (ACSHE228) & (ACSHE230) |

**Science inquiry skills**

| Sub-Strand | Year 6 | Year 8 | Year 9 | Year 10 |
|---|---|---|---|---|
| **Questioning and predicting** | With guidance, pose clarifying questions and make predictions about scientific investigations (ACSIS231) & (ACSIS232) | Identify questions and problems that can be investigated scientifically and make predictions based on scientific knowledge (ACSIS124) & (ACSIS139) | Formulate questions or hypotheses that can be investigated scientifically (ACSIS164) & (ACSIS198) | |
| **Planning** | of scientific | Collaboratively and | Plan, select and use appropriate investigation | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **and conducting** | investigations to answer questions and solve problems using equipment and materials safely and identifying potential risks (ACSIS086) &(ACSIS103)<br>Decide variables to be changed and measured in fair tests, and observe measure and record data with accuracy using digital technologies as appropriate (ACSIS087) & (ACSIS104) | individually plan and conduct a range of investigation types, including fieldwork and experiments, ensuring safety and ethical guidelines are followed (ACSIS125)&(ACSIS140)<br>Measure and control variables, select equipment appropriate to the task and collect data with accuracy (ACSIS126)&(ACSIS141) | types, including field work and laboratory experimentation, to collect reliable data; assess risk and address ethical issues associated with these methods (ACSIS165) & (ACSIS199)<br>Select and use appropriate equipment, including digital technologies, to collect and record data systematically and accurately (ACSIS166) & (ACSIS200) |
| **Processing and analysing data and information** | Construct and use a range of representations, including tables and graphs, to represent and describe observations, patterns or relationships in data using digital technologies as appropriate (ACSIS090) & (ACSIS107)<br>Compare data with predictions and use as evidence in developing explanations (ACSIS218) & (ACSIS221) | Construct and use a range of representations, including graphs, keys and models to represent and analyse patterns or relationships in data using digital technologies as appropriate (ACSIS129) & (ACSIS144)<br>Summarise data, from students' own investigations and secondary sources, and use scientific understanding to identify relationships and draw conclusions based on evidence (ACSIS130) & (ACSIS145) | Analyse patterns and trends in data, including describing relationships between variables and identifying inconsistencies (ACSIS169) & (ACSIS203)<br>Use knowledge of scientific concepts to draw conclusions that are consistent with evidence (ACSIS170) & (ACSIS204) |
| **Evaluating** | Reflect on and suggest | Reflect on scientific investigations | Evaluate conclusions, including identifying sources of uncertainty and possible alternative |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | improvements to scientific investigations (ACSIS091)& (ACSIS108) | including evaluating the quality of the data collected, and identifying improvements (ACSIS131)& (ACSIS146)<br>Use scientific knowledge and findings from investigations to evaluate claims based on evidence (ACSIS132)& (ACSIS234) | explanations, and describe specific ways to improve the quality of the data (ACSIS171) & (ACSIS205)<br>Critically analyse the validity of information in primary and secondary sources and evaluate the approaches used to solve problems (ACSIS172) & (ACSIS206) |
| **Communicating** | Communicate ideas, explanations and processes using scientific representations in a variety of ways, including multi-modal texts (ACSIS093)& (ACSIS110) | Communicate ideas, findings and evidence based solutions to problems using scientific language, and representations, using digital technologies as appropriate (ACSIS133)& (ACSIS148) | Communicate scientific ideas and information for a particular purpose, including constructing evidence-based arguments and using appropriate scientific language, conventions and representations (ACSIS174) & (ACSIS208) |

[표 2] 한국과 호주 과학과 교육과정에서 에너지 관련 성취기준(6~10학년)

| | |
|---|---|
| 한국 | [6과02-01] 태양이 지구의 에너지원임을 이해하고 태양계를 구성하는 태양과 행성을 조사할 수 있다.<br>[6과17-01] 생물이 살아가거나 기계를 움직이는 데 에너지가 필요함을 알고, 이때 이용하는 에너지의 형태를 조사할 수 있다.<br>[6과17-02] 자연 현상이나 일상생활의 예를 통해 에너지의 형태가 전환됨을 알고, 에너지를 효율적으로 사용하는 방법을 토의할 수 있다.<br>[9과05-04] 상태 변화와 열에너지의 관계를 이해하고, 상태 변화 과정에서 출입하는 열에너지가 생활에 이용되는 사례를 찾고 설명할 수 있다.<br>[9과11-01] 식물이 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 양분을 만드는 광합성 과정을 이해하고, 광합성에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.<br>[9과12-06] 동물이 세포 호흡을 통해 에너지를 얻는 과정을 소화, 순환, 호흡, 배설과 관련지어 설명할 수 있다.<br>[9과17-06] 화학 반응에서 에너지의 출입을 이해하고, 이를 활용한 장치를 설계할 수 있다.<br>[9과19-03] 일의 의미를 알고, 자유 낙하하는 물체의 운동에서 중력이 한 일을 위치 에너지와 운동 에너지로 표현할 수 있다.<br>[9과22-01] 위로 던져 올린 물체와 자유 낙하 물체의 운동에서 위치 에너지와 운동 에너지의 |

| | |
|---|---|
| | 변화를 역학적 에너지 전환과 역학적 에너지 보존으로 예측할 수 있다.<br>[9과22-02] 자석의 운동에 의해 전류가 발생하는 현상을 관찰하고, 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환됨을 설명할 수 있다.<br>[9과22-03] 가정에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환되는 예를 들고, 이를 소비 전력과 관련지어 설명할 수 있다.<br>[10통과04-02] 다양한 자연 현상이 지구 시스템 내부의 물질의 순환과 에너지의 흐름의 결과임을 기권과 수권의 상호 작용을 사례로 논증할 수 있다.<br>[10통과04-03] 지권의 변화를 판구조론적 관점에서 해석하고, 에너지 흐름의 결과로 발생하는 지권의 변화가 지구 시스템에 미치는 영향을 추론할 수 있다.<br>[10통과08-04] 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열에너지로 인해 열에너지 이용의 효율이 낮아진다는 것을 알고, 이 효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다.<br>[10통과09-01] 화석 연료, 핵에너지 등을 가정이나 산업에서 사용하는 전기 에너지로 전환하는 과정을 분석할 수 있다.<br>[10통과09-03] 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다.<br>[10통과09-05] 인류 문명의 지속가능한 발전을 위한 신재생 에너지 기술 개발의 필요성과 파력 발전, 조력 발전, 연료 전지 등을 정성적으로 이해하고, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다. |
| 호주 | Year 6 They analyse requirements for the transfer of electricity and describe how energy can be transformed from one form to another when generating electricity.<br>Year 8 They identify different forms of energy and describe how energy transfers and transformations cause change in simple systems.<br>Year 9 By the end of Year 9, students explain chemical processes and natural radioactivity in terms of atoms and energy transfers and describe examples of important chemical reactions. They describe models of energy transfer and apply these to explain phenomena. They analyse how biological systems function and respond to external changes with reference to interdependencies, energy transfers and flows of matter.<br>Year 10 They explain the concept of energy conservation and represent energy transfer and transformation within systems. |

[부록 5] 국제교류 STEAM 수업 지도안(Unit schedule)

Intercultural STEAM Project | MACQUARIE University | Australian Government | Australia-Korea Foundation | 서울대학교

**STEAM Project: Designing Energy-Efficient House (Designing Energy Zero-house)**

**Summary**

This project requires students to research and investigate passive solar building design with a focus solely on heating. They learn how insulation, window placement, thermal mass, surface colors, and site orientation play important roles in passive solar heating. There is scope for innovative and flexible design solutions using a range of alternative materials and sustainable technologies. Learn compare designs and make suggestions for improvements. This project allows for creative design solutions as well as developing skills in Architectural presentation drawing, scientific enquiry, and mathematical application.

**Resources (References)**

https://educationstandards.nsw.edu.au/wps/portal/nesa/k-10/resources/sample-work/sample-work-detail/technologies/sample-work-graphics-tech-s5-australian-architectural-styles
https://educationstandards.nsw.edu.au/wps/portal/nesa/resource-finder/sample-work/science/sample-work-science-k-6-st2-designing-and-making-a-model-of-a-shelter
https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_housing_lesson03_activity1
https://www.nrel.gov/docs/fy00osti/27835.pdf
https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/energy-efficiency-homes/what-energy-efficient-home/20548
https://www.sustainability.vic.gov.au/You-and-your-home/Building-and-renovating/Planning-and-design/Build-for-energy-efficiency
https://[illegible].com/6-most-sustainable-and-energy-efficient-designs-for-the-future-of-urban-housing/

| **Outcomes** | **Syllabus contents** |
|---|---|
| Science 7–10<br>› SC5-7WS processes, analyses and evaluates data from first-hand investigations and secondary sources to develop evidence-based arguments and conclusions<br>› SC5-10PW explains how scientific understanding about energy conservation, transfers and transformations is applied in systems<br>› SC5-13ES explains how scientific knowledge about global patterns of geological activity and interactions involving global systems can be used to inform decisions related to contemporary issues<br><br>Mathematics 7–10<br>MA5.1-1WM uses appropriate terminology, diagrams and symbols in mathematical contexts<br>MA5.1-6NA determines the midpoint, gradient and length of an interval, and graphs linear relationships<br>MA5.1-8MG calculates the areas of composite shapes, and the surface areas of rectangular and triangular prisms<br>MA5.1-11MG describes and applies the properties of similar figures and scale drawings<br>MA5.1-12SP uses statistical displays to compare sets of data, and evaluates statistical claims made in the media<br><br>Graphics Technology: Option Module, Architectural Drawing<br>› 5.1.1 communicates ideas graphically using freehand sketching and accurate drafting techniques<br>› 5.2.1 designs and produces a range of graphical presentations<br>› 5.3.1 identifies, interprets, selects and applies graphics conventions, standards and procedures in graphical communications<br>› 5.3.2 manages the development of graphical presentations to meet project briefs and specifications<br>› 5.4.1 manipulates and produces images using computer-based drafting and presentation technologies<br>› 5.6.1 demonstrates the application of graphics to a range of industrial, commercial and personal settings<br>› 5.6.2 evaluates the impact of graphics on society, industry and the environment<br><br>Industrial Technology Engineering<br>› 5.5.1 applies and transfers acquired knowledge and skills to subsequent learning experiences in a variety of contexts and projects<br>› 5.7.1 describes, analyses and uses a range of current, new and emerging technologies and their various applications<br>› 5.7.2 describes, analyses and evaluates the impact of technology on society, the environment and cultural issues locally and globally | Science 7–10<br>PW4 Energy conservation in a system can be explained by describing energy transfers and transformations (ACSSU190)<br>Students:<br>**a.** apply the law of conservation of energy to account for the total energy involved in energy transfers and transformations<br>**b.** describe how, in energy transfers and transformations, a variety of processes can occur so that usable energy is reduced and the system is not 100% efficient<br>**c.** discuss, using examples, how the values and needs of contemporary society can influence the focus of scientific research in the area of increasing efficiency of the use of electricity by individuals and society (ACSHE228, ACSHE230)<br>**d.** discuss viewpoints and choices that need to be considered in making decisions about the use of non-renewable energy resources<br><br>**Additional content**<br>investigate the energy efficiency of appliances and relate this to a household energy account<br>research how engineers and architects employ scientific concepts and principles in designing energy-efficient devices and buildings<br><br>ES1 Scientific understanding, including models and theories, are contestable and are refined over time through a process of review by the scientific community (ACSHE157, ACSHE191)<br>Students:<br>**a.** outline some of the major features contained in the universe, including galaxies, stars, solar systems and nebulae (ACSSU188)<br>**b.** describe, using examples, some technological developments that have advanced scientific understanding about the universe<br><br>**Mathematics**<br>5.1 – Area and Surface Area<br>Students:<br>Calculate the areas of composite shapes (ACMMG216)<br>• solve a variety of practical problems involving the areas of quadrilaterals and composite shapes<br>5.1 – Properties of Geometrical Figures<br>Solve problems using ratio and scale factors in similar figures (ACMMG221)<br>• construct scale drawings<br>• interpret and use scales in photographs, plans and drawings found in the media and in other key learning areas |

| Date and Module | Content |
| --- | --- |
| **Module 1**<br><br>**Online (Nov 20)**<br><br>**Zoom workshop(50mins)**<br><br>**Engage** | **Module 1: Introduction to Energy Efficient House**<br><br>**Whole class explanation: STEAM Project**<br>• Introduce the STEAM Project: This project is for the students who work in groups to design Energy Efficient Housing. And students in Korea and in Australia interact and exchange their culture through the online platform.<br>• Introduce Energy-Efficient housing overseas case and explain passive house and active house. [YouTube]<br><br>**Whole class explanation: ICT tools**- Google classroom, Google docs, Flipgrid<br>• Explain how to use the Google classroom.<br>• Explain how to create and format documents, and how to work with others through Google docs<br>• Explain how to make a simple video using Flipgrid, and how to make discussions on Flipgrid.<br><br>***Assignment**: Make a group introduction video and upload it on Flipgrid. |
| **Module 2-3**<br><br>**Offline (Nov 23)**<br><br>**hands-on activity(100mins)**<br><br>**Explore** | **Module 2-3: Developing the science conceptual understanding**<br><br>**Hands-on Activity (1)** Daylighting Design: Solar geometry (Worksheet)<br>• Have students discuss various daylighting techniques used in architecture, such as windows, solar tubes, light shelves, angle of roof, clerestory windows and skylights.<br>• Explain the importance of solar geometry in designing the daylighting system of a house.<br>Reference: https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_housing_lesson03_activity1<br><br>**Hands-on Activity (2)** Water Storage Container Design: Energy transfer (Insulation and Conduction) (Worksheet)<br>• Direct student teams to design their water heater using only the provided materials.<br>• Ask students to explain how their devices work.<br>Reference: https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_housing_lesson01_activity1 |

| | |
| --- | --- |
| **Module 4**<br><br>**Offline (Nov24- 25)**<br><br>**Group Activity (50mins)**<br><br>**Explain** | **Module 4: Investigation and presenting Architecture for energy efficiency**<br><br>**Group Activity**: Create a video introducing Korean architecture<br>• Direct student teams to search for energy efficiency systems in Korean architecture.<br>• Have students note-take and organize their task on Google Classroom.<br>*** Teacher should provide feedback.**<br>• Have student groups create a video introducing Korean architecture and upload the videos on Flipgrid.<br>*** Assignment (Australian Students can do this assignment together)**<br>**: Watch videos from other groups and leave two or more comments on Flipgrid** |
| **Module 5**<br><br>**Online (Nov 26)**<br><br>**Zoom (50mins)**<br><br>**Elaborate (1)** | **Module 5: Architectural drawings (1)**<br><br>**Korea international Activity** Whole class<br>• Ice breaking & Group discussion<br>• Question and answer each other about:<br>(1) architecture in Korea and Australia.<br>(2) climate in Korea and Australia<br>(3) What design I want to live in is…etc<br><br>**Australian Activity**<br>• Activity: Design a four-room & one-bathroom model school utilizing passive solar heating techniques that can warm up the school as much as possible and sustain the temperature as long as possible.<br>• Korean students will be either engineers or architects, and Australian students will be clients asking Korean students to design school buildings.<br>• Switch roles.<br>• Brainstorm ideas of the requested design in groups. |

| | |
|---|---|
| | *Teachers should encourage students to design unique houses. (e.g. They do not necessarily have to have the traditional four walls. + photo examples)<br>*Teachers should double-check the designs to make sure they meet the requirements (e.g. Insulation).<br>* Assignment (Australian Students can do this assignment together)<br>Create request form of Designing energy efficient school building on google classroom |
| **Module 6-7**<br>**Online (Nov 30)**<br>**Zoom (100 min.)**<br>**Elaborate (2)** | **Module 6-7: Architectural drawings (2)**<br><br>**Group Activity:** Design a requested school building<br>• students identify the requests they received from another group.<br>• Introduce students to the designing program (eg. Floorplanner, Google Drawing, etc.).<br>• students reflect on the energy saving methods in their designs.<br>1) 1st Group Meeting<br>- Students make a draft on Google classroom.<br>- Teachers give feedback in groups on Google classroom.<br>- Group discussion. Students decide one idea based on feedback.<br><br>Online intercultural Activity (8 group)<br>• Feedback each other<br>• double-check the designs to make sure they meet the requirements<br>•<br><br>2) 2nd Group Meeting<br>- Students add more details to the design.<br>- Students make presentation materials (scripts and PPTs) in English for their designs.<br>- Completed designs are posted onto Google Classroom.<br>*Teachers encourage students to note their ideas on Google classroom. |

| | |
|---|---|
| | • The presentation should include:<br>• An introduction explaining the positive impact of Energy efficiency house development on communities.<br>• Explanation of the scientific knowledge related to their design.<br>• Explanation of how creative their design is.<br><br>*Assignments<br>(1) The English teacher revises the script until ##. / Students complete the final version taking note of the teacher's comments.<br>(2) Students post a design description video with script on Flipgrid until ##. |
| **Online (##, Dec)**<br>**Module 8 Zoom (50 min.)**<br>**Evaluate** | **Module 8: Final presentation**<br>• Students exchange feedback on their design presentation videos posted on Flipgrid.<br>• More feedback should be given on the video of the group that made the design based on their request.<br>• After all activities are finished, the teacher leaves feedback on the entire activity.<br><br>*Assignments: Draw concept map and write a reflection paper on their impressions on this project. |

[부록 6] 국제교류 STEAM 수업 활동지(Worksheet) 일부

| **Unit 1 Worksheet** | **Class number** | **Group name** | **Name** |
|---|---|---|---|
| **Intro: How can we group activity via online environment?** | | | |
| **Objectives** | 1. Introduction the STEAM Project<br>2. Learning Google platform for Online classroom | | |
| **Intro duction** | This project is for the students who work in groups to design Energy Efficient Housing. And students in Korea and in Australia interact and exchange their culture through the online platform.<br>VOD https://youtu.be/OJhg85ELi0M<br>https://youtu.be/mpGKz86d8Ug | | |
| **Group activity 1** | **[Google Presentation]**<br>This group activity is to practice the collaboration via Google presentation.<br>You can write a brief introduction of yourself and another student at the same time through Google presentation. Fill in the given Google slides in groups!<br> <br><br> <br> | | |

<table>
<tr>
<td>Group activity 2</td>
<td>
[Google docs]<br>
This group activity is to practice sharing function via Google doc.<br>
You can fill the table (I wish there were a space like this in my school) with your friends via Google doc.<br>
I wish there were a space like this in my school.
<table>
<tr><th>Name</th><th>The space</th><th>Why I want</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Assignment</td>
<td>
1. Using Google docs, make a Video Script Introducing Korean Climate and Traditional Buildings.<br>
2. Using Google presentation, make a ppt introduce Korea buildings to Australia students.<br>
3. Using Google presentation, make a ppt ‘The school we want’ to Australia students.<br><br>
※ For Australian students who meet on November 26th, each group will make a short introduction version PPT. You can make a presentation based on the photo materials and make it simple with a few short sentences that describe the photo.<br>
Prepare with as much fun and key emphasis as possible.
</td>
</tr>
</table>

## Abstract

# A case study on intercultural STEAM program of high school students: Focusing on Science Classroom Creativity



Ei Seul Kim

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University



Scientists generate theories and discover natural phenomena in collaboration with others who hail from diverse cultural and scholarly backgrounds. This collaborative acquisition of new scientific knowledge is the essence of scientific creativity. This explains why creativity in science education should focus on ‘group creativity’ rather than ‘individual creativity’. Science classes, where participants come from various cultural backgrounds to exchange ideas and collaborate, promote group creativity more effectively. However, there has been insufficient research on this topic in the field of science education.

Classes that include intercultural activities can help students broaden their cross-cultural understanding and grow as global citizens. Through communication and cooperation with students from different geographical and cultural backgrounds, students' group creativity can also be enhanced. However, these intercultural classes mainly occur non-simultaneously due to time zone differentials and technical issues and they have been limited mostly to the fields of English education and global civic education.

Fortunately, the recent rapid development of online teaching technology has supported the establishment of science classroom environments suited to intercultural activities. Furthermore, since 2020, remote classes have become mandatory due to COVID-19, and this has led to a sharp improvement in the ICT tools for remote classes as well as in teachers' remote class design and performance skills. The accuracy of translation platforms such as Papago has also improved significantly and thus it is no longer difficult for students from various backgrounds to learn together online. Hence, now is the time for new teaching and learning models focusing on 'Creativity'.

This study developed intercultural STEAM program targeted to high school students in Korea and Australia, to examine their effect on scientific creativity. Among many other definitions of creativity, this study selected 'Science Classroom Creativity' since it focuses on students' creativity level in the context of science classes and pays particular attention to teacher-student interaction. The research questions in this study are as follows: First, how do intercultural STEAM classes affect the science classroom creativity of Korean students? Second, what are the characteristics of Korean students' science classroom creativity in intercultural STEAM classes?

The intercultural STEAM program under the theme 'Energy Zero

House Design' was developed. Classes were conducted in simultaneous and non-simultaneous interactive forms, using online platforms such as ZOOM, Google Classroom, and Padlet. These classes were delivered to 25 first-year students of 'S High School' in Gyeonggi-do, Korea, and to 25 10th-grade students of 'H High School' in Sydney, Australia. However, the study limited its research participants to the Korean students only.

Using sequential explanatory design of mixed research methods, the study collected and analyzed both quantitative and qualitative data. For quantitative data, a modified and newly organized questionnaire, Revised Science Classroom Creativity (R-SCC) was conducted on 25 Korean students pre- and post-class. A paired sample t-test was also performed. For qualitative data, class observations, class activity results, and post-in-depth interview data were collected. Repeated comparative analysis was conducted by coding the transcribed data. The study used the Science Classroom Creativity model developed by Hong & Song (2020) as its analysis framework, a model which proposes student creativity in the context of science classes as having 10 components and 24 sub-components. It was used for both the quantitative and the qualitative data analysis.

The findings were as follows: Through quantitative data analysis, it was confirmed that students' creativity in science classes significantly increased after the intercultural STEAM program. In all 10 components of Science Classroom Creativity, the average of post-test results increased compared to the average of pre-tests. 'Affective characteristics of student' showed the largest increase, thus indicating improved students' interest and intrinsic motivation in science. However, there was no statistically-significant increase in the

components of ‘Creative behavior’, ‘External engagement in science classes’ and ‘Socio-cultural science classroom environment’.

Through qualitative data analysis, six new characteristics of science classroom creativity in intercultural STEAM program were extracted: ‘Reconstruction of science knowledge’; ‘Cooperative participation’; ‘Idea generation’; ‘Online class environment’; and ‘Science teacher support’. There were frequent reports from the interviews pointing out the occurrence of ‘Cooperative participation’ and ‘Idea generation’ in the program. Despite quantitative data showing significant increase in ‘Science teacher support’, in-depth interviews of students reported that the support was actually insufficient. This contradiction reveals the limitation of self-report scale such as the R-SCC questionnaire used in the study. This also indicates that further research is needed on the interaction between teachers and students.

The six new characteristics further demonstrated several unique relationships. Firstly, the study found that the two characteristics of ‘Reconstruction of scientific knowledge’ and ‘Idea generation’ were closely tied. The two exhibited a mutual relationship where students generated ideas based on existing scientific knowledge and this scientific knowledge was further reconstructed in the process of expressing their ideas. Secondly, the two characteristics related to the environment of intercultural STEAM program (i.e., ‘Online class environment’ and ‘Intercultural class environment’) fostered greater ‘Idea generation’. The ‘Online class environment’ simplified documentation and sharing of ideas, and this enhanced student cooperation to make ideas more concrete. The ‘Intercultural class environment’ opened up new perspectives, promoting idea generation which in turn propelled the reconstruction of scientific knowledge.

Hence, this denotes that both knowledge and ideas in science classroom are constructed based on student interaction and cooperation. Thus, an environment for interaction and cooperation is crucial to creativity. Thirdly, the lack of 'Science teacher support' hindered 'Cooperative participation' and 'Idea generation'. There were groups experiencing difficulty in cooperation and in understanding the scientific knowledge. If the teacher had encouraged cooperation and provided support on the scientific knowledge, the groups could have come up with greater ideas.

In summary, the intercultural STEAM program had a positive impact on fostering Science Classroom Creativity. Intercultural STEAM program surpasses conventional STEAM classes to promote the process of idea generation through an online, intercultural environment. This study is meaningful in that it explored intercultural STEAM program as a new teaching method for promoting creativity, a major purpose of STEAM education.

**keywords : intercultural STEAM program, Science Classroom Creativity, online class environment, cooperative participation, idea generation, science teacher support.**
***Student Number*** : 2020-24017