



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](#)

교육학 석사 학위논문

데이터 기반 과학 탐구 수업에서
탐구 도구에 따른 초등학생의
데이터 해석 능력과 인식 조사

2023년 8월

서울대학교 대학원

AI융합교육학과

서 유 나

데이터 기반 과학 탐구 수업에서
탐구 도구에 따른 초등학생의
데이터 해석 능력과 인식 조사

지도교수 유 준 희

이 논문을 교육학 석사 학위논문으로 제출함
2023년 8월

서울대학교 대학원

AI융합교육학과

서 유 나

교육학의 석사 학위논문을 인준함

2023년 8월

위 원 장 정 대 홍 (인)

부위원장 조 정 효 (인)

위 원 유 준 희 (인)

국문초록

본 연구에서는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 학생들이 사용하는 탐구 도구에 따라서 데이터 해석 능력과 탐구 도구에 대한 학생 인식에 어떠한 차이가 있는지를 조사·분석해보고자 하였다. 이를 위해 탐구 도구 사용 경험에 따라 집단을 두 개로 구분하고 열평형과 관련된 과학 탐구 수업을 두 차례에 걸쳐 진행하였다. 한 집단은 1차 탐구 때 아날로그 탐구 도구, 2차 탐구 때 디지털 탐구 도구를 사용하며, 다른 한 집단은 1, 2차 탐구 모두 디지털 탐구 도구를 반복하였다. 각 탐구 도구의 효과와 영향을 확인하기 위해 학생들이 탐구한 열평형 내용을 담고 있는 데이터를 해석하는 검사지를 개발하여 수업 전후로 세 차례에 걸쳐 투입하였으며, 함께 서면 설문을 진행하여 탐구 도구에 대한 학생의 인식을 함께 조사하였다.

연구 결과, 1차 탐구에서는 디지털 탐구 도구를 사용한 집단의 데이터 해석 능력이 더 우수하게 나타났으나, 2차 검사에서는 디지털 탐구 도구만 사용한 집단보다 이전에 아날로그 도구 경험이 있는 집단의 평균 점수가 더 높게 나타났다. 즉, 탐구 도구 사용 경험에 따른 집단별 데이터 해석 능력에 있어서 두 탐구 도구를 모두 경험한 집단의 향상도가 더 크게 나타났다. 사전 데이터 해석 수준에 따라 세분화해서 살펴보면, 상위, 중위, 하위 소집단 중에서도 상위 집단 간의 점수 차이가 가장 큰 폭으로 두드러졌으며, 다음으로 중위 집단, 하위 집단 순서로, 중위 집단에서는 가장 근소한 차이가 관찰되었다.

탐구 도구에 대한 학생 인식에 있어서, 대부분의 학생들은 디지털 탐구 도구가 데이터 해석에 더 도움이 되었다고 인식하면서도, 두 탐구 도구를 모두 사용해보는 경험이 필요하다고 응답하였다. 알코올 온도계에 대해서는 간편한 설치와 즉각적인 사용성을 긍정적으로 인식하면서도 동시에 눈높이를 맞춰 일일이 눈금을 읽어야 하는 데이터 수집 과정의 불편함과 부정확한 측정값을 언급하였다. 마이크로비트 온도 센서에 대해서

는 소수점 단위의 정확하고 세밀한 측정과 실시간 데이터를 그래프로 출력해주는 장점을 언급하면서도 도구 준비 과정의 복잡함을 가장 큰 어려움으로 꼽았다. 이러한 종합적 인식을 바탕으로 학생들은 두 탐구 도구를 모두 사용하되, 아날로그 도구에서 디지털 도구 순서로 사용하는 것이 바람직하다고 응답하였다.

주요어 : 데이터 기반 과학 탐구, 탐구 도구, 데이터 해석, 데이터 리터러시, 아날로그 탐구 도구, 디지털 탐구 도구, 학생 인식

학 번 : 2021-23171

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구의 필요성 및 목적	1
제 2 절 연구 문제	4
제 2 장 이론적 배경	5
제 1 절 데이터 기반 과학 탐구	5
1. 데이터 리터러시와 과학 탐구	5
2. 데이터 기반 과학 탐구 모형	7
제 2 절 데이터 해석	11
1. 과학 탐구에서의 데이터	11
2. 데이터 해석	12
제 3 절 탐구 도구	17
1. 탐구 도구의 어포던스	17
2. 온도 측정 도구	19
제 3 장 연구 방법	24
제 1 절 연구 절차	24
제 2 절 연구 참여자	25
제 3 절 연구 설계	25
1. 내용 선정	25
2. 집단 설정	27
3. 수업 설계	29
제 4 절 자료 수집 및 분석	34
1. 검사 도구	34
2. 설문지	42

3. 자료 분석	44
제 4 장 연구 결과	47
제 1 절 사전 데이터 해석 능력 검사 결과	47
1. 집단별 결과 분석	47
2. 데이터 해석의 영역별 응답 분석	52
제 2 절 탐구 도구에 따른 데이터 해석 능력 검사 결과 60	60
1. 탐구 도구에 따른 데이터 해석 능력 비교	60
2. 탐구 도구 사용 경험에 따른 데이터 해석 능력 비교 ·	76
3. 집단별 데이터 해석 능력의 향상도 분석	93
제 3 절 탐구 도구에 대한 학생의 인식	96
제 5 장 결론	109
제 1 절 결론 및 논의	109
제 2 절 제언 및 한계	112
참고문헌	115
부록	121

표 목 차

[표 2-1] 데이터 리터러시의 구성요소(배화순, 2019)	6
[표 2-2] 데이터를 활용한 과학 학습의 유형(차정호 외, 2017) 7	7
[표 2-3] 데이터 기반 과학 탐구의 단계(박찬술, 2021)	10
[표 2-4] TOGS의 그래프 능력 하위 요소(김태선, 2003)	13
[표 2-5] 그래프 이해 수준(France R. Curcio, 1987)	14
[표 2-6] 데이터 해석 능력의 구성요소	16
[표 3-1] 관련 교육과정 성취기준과 ‘온도와 열’ 단원 구성	26
[표 3-2] 집단 구분	27
[표 3-3] 집단 구분에 따른 연구 절차	28
[표 3-4] 데이터 기반 과학 탐구 수업 단계 및 활동	30
[표 3-5] 김태선(2003)의 선 그래프 유형에 따른 분류	35
[표 3-6] 문항 구성	40
[표 3-7] TIMSS 채점 기준(김경희 외, 2010)	41
[표 3-8] 설문 문항 구성	43
[표 4-1] 집단별 사전 검사 평균 점수 비교	47
[표 4-2] 두 집단의 동질성 검정 결과	48
[표 4-3] 사전 데이터 해석 수준에 따른 소집단 분류 결과 ·	49
[표 4-4] 사전 검사 문항별 정답률	50
[표 4-5] 사전 검사에 대한 수준별 소집단 채점 결과	51
[표 4-6] 집단별 사후 1차 검사 평균 점수 비교	60
[표 4-7] 사후 1차 검사에 대한 수준별 소집단의 평균 점수 비교	61
[표 4-8] 사후 1차 검사 문항별 정답률	62
[표 4-9] 사후 1차 검사에 대한 수준별 소집단 채점 결과	63
[표 4-10] 집단별 사후 2차 검사 평균 점수 비교	76
[표 4-11] 사후 2차 검사에 대한 수준별 소집단의 평균 점수 비교	77

[표 4-12] 사후 2차 검사 문항별 정답률	78
[표 4-13] 사후 2차 검사에 대한 수준별 소집단 채점 결과	79
[표 4-14] 집단별 사후 1차, 2차 검사 간 향상도 비교	93
[표 4-15] 집단별 가장 기억에 남는 수업 활동 응답 결과	97
[표 4-16] 집단별 탐구 도구 사용 기억과 관련된 응답 결과 ·	98
[표 4-17] 집단별 탐구 도구가 도움이 된 정도에 대한 응답 결과	99
[표 4-18] 집단별 탐구에 더 도움이 된 탐구 도구에 대한 응답 결과	100
[표 4-19] 집단별 도움이 된 부분에 대한 응답 결과	102
[표 4-20] 집단별 적절한 탐구 도구 활용 방법에 대한 응답 결과	103

그림 목 차

[그림 2-1] ESDA 탐구모형	8
[그림 2-2] 데이터를 활용하는 과학 탐구 수업 단계	9
[그림 2-3] 알코올(에탄올)과 수은의 부피 팽창 그래프	20
[그림 2-4] 마이크로비트의 앞, 뒤 모습과 구조	21
[그림 2-5] 온도센서 DS18B20	22
[그림 2-6] 마이크로비트 V2.21과 V1.5의 데이터 수집 장면 ..	23
[그림 2-7] 에러 발생 시 데이터 수집 결과	23
[그림 3-1] 연구 절차	24
[그림 3-2] ‘온도와 열’ 단원 중 열의 이동 학습 차시	29
[그림 3-3] A집단과 B집단의 실험장치	32
[그림 3-4] 마이크로비트에 입력한 코딩과 온도 센서 연결 ...	32
[그림 3-5] 실시간으로 온도 데이터 수집 장면	33
[그림 3-6] 수집된 온도 데이터 CSV파일과 변환된 그래프 ...	33
[그림 3-7] 사전 및 사후 검사지의 그래프	36
[그림 3-8] TIMSS 2007 및 2011 물리 영역 문항	37
[그림 3-9] 방전 실험 워크시트	38
[그림 4-1] 사전 검사 결과에 대한 계층적 군집분석 텐드로그램	49
[그림 4-2] 수학 교과의 그래프 해석 문항 예	58
[그림 4-3] 두 집단의 1차, 2차 검사 간 향상도 비교	94
[그림 4-4] 수준별 소집단의 1차, 2차 검사 간 향상도 비교 ...	95
[그림 4-5] 탐구 도구에 따른 데이터 수집 장면	98

제 1 장 서론

제 1 절 연구의 필요성 및 목적

최근 4차 산업혁명을 맞이하며 다양한 분야에서 사물인터넷, 인공지능을 포함한 첨단과학기술과 데이터가 활용됨에 따라 교육 현장에서도 이에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 사회적 요구에 따라 2022 개정 교육과정에서는 미래 세대 핵심 역량으로 디지털 기초 소양 강화 및 정보교육을 확대하고 있으며, 2015 개정 교육과정 이래로 지식정보처리역량을 강조하였다(교육부, 2016). 지식정보처리역량은 실생활이나 학습상황 속에서 직면하게 되는 문제를 해결하기 위하여 다양한 정보와 자료를 수집 분석 평가 선택하고 적절한 매체를 활용하여 이를 효과적으로 처리함으로써 합리적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 말한다(교육부, 2015).

미래사회를 대비하기 위한 교육에서 데이터는 빠질 수 없는 핵심 요소이다. 4차 산업혁명 시대는 데이터의 수집과 축적, 분석 기술을 통해 도래하였다(송유경 외, 2021). 일찍이 2012년에 디지털 데이터의 양이 아날로그 데이터의 양을 앞지른 것을 시작으로 나날이 수많은 데이터가 수집, 축적, 분석되고 활용된다(이은경, 2013; Louridas & Ebert, 2013). 이러한 상황 속에서 지식정보처리역량을 기르기 위한 일환으로 ‘데이터 리터러시’에 대한 관심이 커지고 있다. 데이터 리터러시(data literacy)는 ‘데이터’와 ‘리터러시’의 의미가 결합된 용어로, 데이터를 기반으로 문제를 해결하기 위해 수집, 관리, 이해, 활용, 분석하여 결론을 도출하고 의사소통 과정에서 활용할 수 있는 능력을 말한다. 지식 정보화 사회 속에 실시간으로 쏟아지는 방대한 양의 데이터를 선별하고 조직·활용하며, 해석할 수 있는 능력은 디지털 시대의 시민이라면 반드시 갖추어야 하는 핵심적인 역량으로 인식된다(배화순, 2019).

더 나아가 초연결사회로 특징지어지는 미래사회에 대응하기 위해 ‘초연결사회 대응과 평생학습 능력’을 함양하기 위한 다양한 시도가 이루어졌다. 초연결사회는 사물인터넷과 빅데이터 기술 등의 첨단 과학기술을

바탕으로 사람과 사람 사이뿐만 아니라 사람과 사물, 사물과 사물, 데이터와 데이터 등 모든 것이 연결된 사회로 미래사회의 대표적 특징으로 여겨진다(송진웅 외, 2019; 윤미영, 권정은, 2013). 이러한 초연결사회의 진입에 대응하기 위해 한국과학창의재단과 교육부의 지원 아래 5년여에 걸친 연구 끝에 ‘미래세대를 위한 과학교육표준’을 개발하였다(교육부, 2020). 이를 구현하기 위해 과학·수학·정보 관련 핵심역량이 배양될 수 있도록 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등 지능정보기술이 적용된 첨단과학기술을 활용할 수 있는 학습환경 조성에 대한 필요성이 대두되며, 과학·수학·정보 융합교육을 실현하기 위한 미래형 학습환경으로써 지능형 과학 교실(차정호 외, 2017)과 IoT(Internet of Things, 이하 IoT) 활용 과학 플랫폼에 대한 연구가 이루어졌다(임완철 외, 2019).

이와 같은 변화는 필연적으로 교육 현장에서 학습 양상의 변화를 동반하였다. 특히 전통적으로 도구 활용이 필수적으로 동반되는 과학 탐구에서는 첨단과학기술의 도입에 따른 변화가 예상되는 대표적인 분야이다. 도구는 과학 탐구의 핵심적 요소로(이재원 외, 2017) 탐구 맥락에서 문제 해결을 위해 적당한 도구를 선정하는 것은 과학자의 탐구와 본질적으로 유사하므로 단순한 실험 기구 이상의 의미를 갖는다(이재원 외, 2017). 그리하여 일찍부터 초자류의 기본적인 과학 실험 도구부터 MBL(Microcomputer-Based Laboratory, 이하 MBL) 및 IoT 기반의 디지털 탐구 도구에 이르기까지 과학 탐구에 있어서 다양한 수준의 탐구 도구가 활용되어 왔다(손미현, 정대홍, 조영환, 2018). 그 중에서도 최근 디지털 탐구 도구를 활용한 과학탐구 프로그램과 그 효과에 대한 연구가 다수 진행되었는데, 여기서 디지털 탐구도구란 IoT 기능, 센서 등을 활용하여 측정 데이터를 실시간으로 기록 및 저장할 수 있는 장치를 의미한다(차정호 외, 2017). 손미현, 정대홍, 조영환(2018)은 중학생이 디지털 탐구도구를 활용하여 교실의 공기 질을 개선하는 일련의 과정 속에서 디지털 탐구 도구가 탐구 목적에 도달하는데 있어 어떠한 행동이나 지각을 이끌어 내는지를 어포던스의 관점에서 분석하였다. 이와 유사하게 박찬솔, 손정우(2022)는 초등학생을 대상으로 기존의 전통적인 탐구도구와 비교하여 디지털 탐구도구가 학생의 탐구 활동에 미치는 영향을 교육적 어포던스 관점에서 분석하고 학생의 과학과 핵심역량에 대한 인식 변화

를 연구하였다.

미래 사회에 대비하기 위해 2022 개정 교육과정에서 전 교과목을 통한 디지털 소양 함양과 교과 간 융합이 강조됨에 따라(교육부, 2021) 과학 교과에서도 Iot 기술을 활용하고 빅데이터를 다루는 데이터 기반의 과학 탐구가 활발히 연구되고 있으나 주로 중·고등학생을 그 대상으로 하고 있다. 초등학생의 발달 수준에 적절한 소프트웨어와 교구를 선정하기 쉽지 않은 현실적인 이유와 함께 일반적으로 큰 규모의 데이터를 처리하거나 첨단 기술을 활용하기 위해 필요한 선수지식이 초등학생에게는 인지적 부담이 크게 작용하기 때문이다. 또한 유아기 이후 정규 교육으로써 과학 학습이 처음 도입되는 만큼 초등학교의 과학 교육과정에서는 기초적인 과학 탐구 방법과 과학 개념을 형성할 수 있도록 초자류의 전통적인 과학 실험 도구 사용법을 익히고 체험하는 활동이 중·고등학교에 비해 큰 비중을 차지한다. 하여 본 연구에서는 기존의 교과서에서 다루지는 전통적인 측정 도구인 아날로그 탐구 도구와 센서를 연결한 컴퓨팅 교구를 활용한 디지털 탐구 도구를 비교·활용해봄으로써 데이터 해석의 측면에서 초등학생에게 미치는 영향을 질적으로 탐색해보고자 한다. 이를 바탕으로 추후 초등학생을 대상으로 도입될 데이터 기반 과학 탐구에 있어 시사점을 제공하고자 한다.

제 2 절 연구 문제

본 연구에서는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 탐구 도구에 따른 경험의 차이가 데이터 해석에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 하여 학생들이 탐구 도구로 직접 물리량 측정 및 수집이 가능한 내용을 선정하여 데이터 기반 탐구 수업을 계획하고, 사용하게 되는 탐구 도구의 유형에 따라 학생들을 두 집단으로 분류하였다. 초등학교 고학년 학생들을 대상으로 열평형 개념을 학습하기 위한 과학 탐구 수업을 2회에 걸쳐 진행하여 처치하였다. 데이터 해석 능력에 미치는 영향을 확인하기 위해 개발한 사전, 사후 검사지를 수업 전후로 실시하여 학생들의 탐구 도구 사용 경험에 따른 데이터 해석 양상과 변화 과정을 문항 응답을 분석하여 질적으로 분석한다. 이를 통해 탐구 도구의 차이가 데이터 해석에 미치는 영향을 살펴보는 동시에 반복적인 탐구 상황에서 탐구 도구 사용 경험에 따라 데이터 해석에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. 초등학교 6학년 학생들의 데이터 해석 수준은 어떠한가?
2. 과학 탐구 수업에서 사용한 탐구 도구에 따른 초등학생의 데이터 해석 능력은 어떠한가?
 - 2-1. 아날로그 탐구 도구를 사용한 집단과 디지털 탐구 도구를 사용한 집단의 데이터 해석 능력은 어떠한가?
 - 2-2. 아날로그 및 디지털 탐구 도구를 모두 사용한 집단과 디지털 탐구 도구를 반복 사용한 집단의 데이터 해석 능력은 어떠한가?
 - 2-3. 탐구 도구 사용 경험에 따른 데이터 해석 능력의 향상도는 어떠한가?
3. 아날로그 및 디지털 탐구 도구에 대한 학생들의 인식은 어떠한가?

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 데이터 기반 과학 탐구

1. 데이터 리터러시와 과학 탐구

최근 우리 사회에서 데이터에 대한 중요성이 강조됨에 따라 데이터와 관련된 역량, 즉 데이터 리터러시가 미래사회에 필수적인 역량으로써 대두되었다. 데이터 리터러시는 ‘데이터’와 ‘리터러시’의 의미가 결합된 용어로서 데이터는 자료를, 리터러시는 일반적으로 읽고 쓰는 능력을 의미한다(배화순, 2019). 즉, 데이터로부터 의미 있는 정보를 추출해내고 실생활의 다양한 문제를 해결하기 위해 데이터를 활용하며 적절한 도구를 활용해 데이터를 분석하고 결론을 도출해 내는 능력뿐만 아니라, 더 나아가 데이터를 활용하여 타인과 효과적인 의사소통을 하는 능력을 포괄하는 능력을 의미한다(배화순, 2019; 송유경 외, 2021; Athanases et al., 2013; Borner et al., 2016; Vahey et al., 2012).

이러한 데이터 리터러시는 전통적으로 정보 교과와 데이터 과학 분야를 중심으로 시작되었다. 실질적으로 데이터를 가공 및 분석할 수 있는 통계적 활용 능력에 중점을 두어, 통계 처리를 위한 데이터 전처리나 가공 및 분석 능력에 초점을 맞춰왔다(Otto, 2012; Schiled, 2004; Stephenson & Caravello, 2007; 송유경 외, 2021).

그러나 데이터의 가치와 활용도가 나날이 증가함에 따라 데이터 과학자뿐 아니라 일반 시민에게도 기초적인 데이터 리터러시 역량이 필요함을 인식하게 되었다(임철일 외, 2022; Pangrazio & Selwyn, 2019). 현대 사회는 많은 양의 데이터가 발생하는 동시에 다량의 데이터를 쉽게 구할 수 있는 환경으로(이혜원, 한승희, 2020; 허경, 2020), 미래의 민주 시민은 데이터가 생성되고 분석되고 활용되는 방식에 대해 비판적인 질문을 제기할 수 있는 기본적인 소양을 갖추어야 하기 때문이다.

이러한 사회적 요구 속에서 비정보 교과에서 데이터에 대한 관심이 증가하며 데이터를 활용하는 교육적 연구가 활발히 시도되기 시작하였다.

사회과에서는 빅데이터를 활용한 사회과 교수·학습 모형에 대한 연구와 함께 활용방안이 논의되어 오며(황홍섭, 2016; 황홍섭, 2019), 시민 교육적 차원에서 사회과 데이터 리터러시 교육의 목적 및 방향 등이 제시되었다(배화순, 2019). 국어과에서는 기존의 데이터 과학 교육과 토론 교육을 융합하여 학생들이 자신이 직접 분석한 데이터를 기반으로 토론 활동에 참여하는 데이터 기반 토론 수업이 시도되었다(송유경 외, 2021). 이러한 과정 속에서 각 교과별로 데이터 리터러시에 대한 정의와 구성 요소가 체계화되었다[표 2-1].

[표 2-1] 데이터 리터러시의 구성요소(배화순, 2019)

데이터 리터러시의 범주	세부 요소
데이터 생성 및 조직	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 형식 및 데이터베이스 소개 • 데이터 수집 • 데이터 관리 및 조직 • 데이터 시각화
데이터 활용 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터에 기반한 질문 및 응답 • 데이터의 정보 추출 • 데이터 활용 • 데이터 분석 • 데이터에 기반한 추론 및 설명 • 데이터 판단 및 비판
데이터 기반 의사소통 및 데이터 윤리	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터를 활용한 의사소통 • 데이터 인용 및 활용 관련 윤리

이처럼 다양한 교과 중에서도 실험 및 탐구 활동과 함께 그 안에서 파생되는 측정 데이터를 다루는 과학 교과는 이미 데이터에 대한 교육적 시도가 이루어지고 있던 분야이다. 데이터를 바탕으로 문제를 해결하는 방법을 교육한다는 측면에서 과학 교육에서는 데이터 리터러시에 대한 교육이 이미 이루어지고 있다고 할 수 있다. 과학 교육에서 탐구는 과학적 방법으로서 관찰, 질문, 가설 설정, 실험을 통한 검증, 데이터의 수집 및 분석 등의 요소로 구성된다(AAAS, 1993; 손미현, 정대홍, 2020).

국내외에서 이루어지고 있는 데이터를 활용한 과학 학습의 사례들을 세 가지의 유형으로 정리하면 [표 1-2]와 같다. 각각의 유형은 데이터를 측정, 수집하고 해석과 분석 과정을 거쳐 정보와 지식을 창출하는 활동에 중점을 두는 유형에서부터, 전문기관의 공개 데이터를 활용하거나 모둠, 학급 단위를 초월한 데이터 공유 활동에 이르기까지 데이터를 과학 학습에 활용하는 다양한 형태를 포괄하고 있다(차정호 외, 2017). 본 연구에서는 학생들이 탐구 도구를 사용하여 직접 데이터를 측정 및 수집하는 데이터 생산 학습을 바탕으로 수업을 구체화하였다.

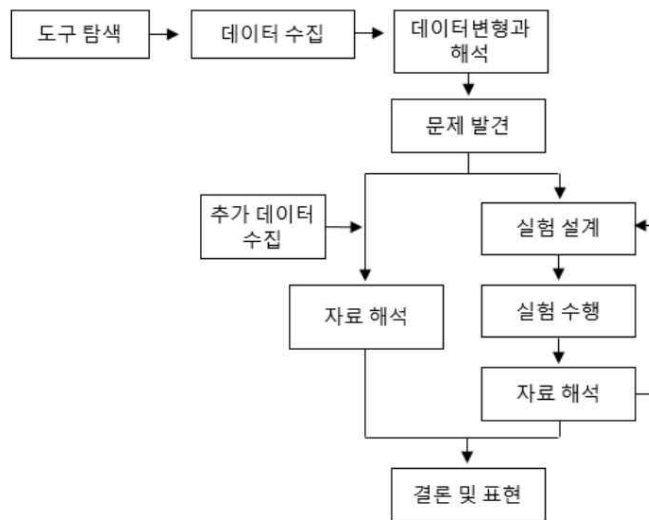
[표 2-2] 데이터를 활용한 과학 학습의 유형(차정호 외, 2017)

수업 유형	정의
데이터 생산 학습 (Data Producing Learning)	디지털 탐구 도구를 활용하여 탐구 문제 해결에 필요한 데이터를 측정 및 수집한 뒤 해석과 분석을 통해 정보를 생성하는 학습
데이터 연결 학습 (Data Connecting Learning)	국내외 전문 연구 기관이 공개한 데이터를 찾아 서로 연결하는 과정에서 정보를 생성하는 학습
데이터 공유 학습 (Data Sharing Learning)	모둠, 학급, 학교 간 공동 탐구 주제에 대해 서로 생성한 데이터를 공유하여 정보를 생성하고 지식을 구성하는 학습

2. 데이터 기반 과학 탐구 모형

손미현(2020)은 과학 탐구와 데이터 과학의 공통점을 토대로 과학 탐구의 과정에 데이터 과학의 단계를 도입하여 지식정보처리역량을 함양할 수 있는 탐색적 과학 데이터 분석 탐구모형(Exploratory Scientific Data Analysis Inquiry Model, ESDA)을 개발하였다[그림 2-1]. 이를 통해 학생들은 주변의 실생활 데이터를 수집하고 처리하는 과정 속에서 과학에

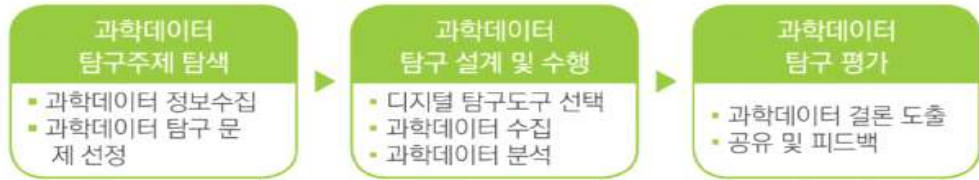
대한 흥미와 함께 과학적 맥락 속에서 지식정보처리역량을 효과적으로 함양하게 된다. IoT 센서와 같이 데이터의 누적 생산이 가능한 디지털 탐구도구를 활용하여 수집된 방대한 양의 데이터를 변형하여 탐구 결과를 과학적으로 추론하는 활동을 통해 지식정보처리역량의 세 가지 요소인 정보 수집, 정보 분석, 정보 활용 과정을 모두 경험하게 된다.



[그림 2-1] ESDA 탐구모형(손미현, 2020)

정은주, 손정우(2020)는 초등학생들을 대상으로 하는 데이터 기반 과학 탐구의 한 가지 방법으로 탐구 과정에서 지식정보처리역량을 기를 수 있도록 탐구 모형을 개발하였다. 과학 탐구 과정에서 측정하고자 하는 물리량을 디지털 탐구 도구로 측정한 데이터를 ‘과학데이터’로 정의하였으며, 3단계로 구성된 수업의 전 과정에서 활용하도록 설계하였다. 모형은 크게 탐색, 설계 및 수행, 평가의 3단계로 구성되어 있으며, 세부 학습 단계는 다음과 같다[그림 2-2].

박찬술(2021)은 정은주, 손정우(2020)의 데이터 기반 과학탐구 모형을 바탕으로 탐구적 과학 글쓰기 전략(SWH)을 적용시켜 발전시켰다[표 2-3]. 탐구 과정에서 생산된 데이터나 정보를 체계적으로 정리하고 공유할 때 과학 글쓰기 전략을 활용함으로써 생소한 디지털 탐구 도구를 능



[그림 2-2] 데이터를 활용하는 과학 탐구 수업 단계(정은주, 손정우, 2020)

숙하게 다룰 수 있도록 비계를 제공하도록 하였다. 즉, 초등학생의 발달 단계를 고려하여 학생 스스로 탐구 활동을 체계화시키는 데 도움이 될 수 있는 탐구적 과학 글쓰기 전략을 학습 프로그램에 적용하여 학생이 탐구 과정이 원활하게 이루어지도록 탐구 프로그램의 교수·학습 방법을 개발하였다.

위 두 모형은 초기 단계에서 데이터 수집 과정을 거치고 수집된 데이터를 탐색하여 학생들이 스스로 탐구할 문제를 발견하는 학생 주도의 과학 탐구이다. 그러나 본 연구에서는 학생들이 각기 다른 탐구 도구를 사용하여 데이터를 수집하고 수집된 데이터 해석에 도구의 차이가 미치는 영향을 비교하여 살펴보고자 하므로, 수업 초기 단계에서 교사가 탐구 상황과 문제를 명시적으로 제시한다는 측면에서 위 두 모형과 차이가 있다. 탐구 문제 발견 및 확인 이후의 단계는 두 모형 중에서도 초등학생을 대상으로 하는 박찬술(2021)의 데이터 기반 과학 탐구의 주요 단계와 세부 활동을 바탕으로 구체화하였다[표 2-3].

[표 2-3] 데이터 기반 과학 탐구의 단계(박찬술, 2021)

학습 단계 및 요소			학습 활동
데이터 기반 과학 탐구	탐구적 과학 글쓰기	세부 단계	
탐색	1. 의문 만들기	문제 설정	• 단원 도입부에서 제시된 상황과 관련된 탐구 문제 설정하기
		데이터 탐색	• 탐구하고 싶은 데이터(물리량) 찾기
실행	2. 실험의 계획과 수행	디지털 탐구도구 선정	• 문제해결에 적절한 탐구도구 정하기
		탐구 설계	• 탐구도구를 이용한 탐구 설계하기
평가	3. 관찰	데이터 수집	• 탐구를 통한 데이터 수집하기
		데이터 분석	• 수집된 데이터를 통해 정보 도출하기
	4 주장과 근거 5. 읽기 6. 반성	정보에서 지식 도출	<ul style="list-style-type: none"> • 도출된 정보에서 지식 주장하기 • 주장을 뒷받침할 근거 제시하기 • 주장을 정교화하기 • 생각의 변화 비교하기

제 2 절 데이터 해석

1. 과학 탐구에서의 데이터

일반적으로 데이터란 ‘넓은 의미에서 의미 있는 정보를 가진 모든 값’이란 뜻으로, 사람이나 자동 기기가 생성 또는 처리하는 형태로 표시된 것을 말한다. 어떠한 사실, 개념, 명령에서부터 과학적인 실험이나 관측 결과로 얻은 수치나 정상적인 값 등 실체의 속성을 숫자, 문자, 기호 등으로 표현한 것을 아우른다(네이버 두산백과).

데이터가 의미하는 범위가 광범위한 만큼 다양한 분류 체계와 특성을 제시하는 연구가 다수 존재하며, 각각의 학문 분야의 맥락에 따라 다양한 의미를 가진다(손미현, 정대홍, 2020). 과학 교육에서의 데이터가 어떠한 의미를 갖고있는지 살펴보면 다음과 같다. 과학 교육에서 과학 탐구와 관련한 연구의 데이터는 주로 설계한 실험을 수행하는 과정에서 얻게 되는 실험 결과나 시간의 흐름에 따라 측정되는 실시간 데이터와 같이 과학적 관찰, 조사, 측정을 통해 얻은 값을 의미하였다(Qin & D’Ignazio, 2010; Schultheis & Kjelvik, 2020; 박경애, 손유미, 2020, 최종근, 2022). 이러한 실제적 데이터는 측정 장치나 자동화된 센서를 포함한 다양한 방법으로 수집되거나 모형과 시뮬레이션 수행을 통해 생성될 수 있다. 또한, 과학자들뿐만 아니라 학생들, 시민 과학자들을 포함하여 누구든지 실제적 데이터를 수집할 수 있다는 특징이 있다(Kjelvik & Schultheis, 2020).

Hug와 McNeil(2008)은 데이터를 출처에 따라 1차 데이터와 2차 데이터로 구분하기도 하였다. 1차 데이터는 실험이나 조사를 통해 직접 수집한 데이터를 의미하고, 2차 데이터는 비용이나 위험성 등을 이유로 직접 수집하지는 않았지만 주어진 문제 해결에 도움이 되는 다양한 출처를 가진 데이터로, 다른 사람에 의해 정리된 결과를 의미한다.

임완철 외(2019)는 IoT 센서를 활용하여 수집된 데이터의 지역 범위에 따라 로컬(local) 데이터와 글로벌(global) 데이터로 구분하였다. 활용데이터의 지역 범위에 따라 교실 또는 센서를 설치한 지역의 데이터만 이용할 경우 로컬 데이터라고 하고, 다른 지역의 센서에서 수집한 데이터

를 공유하여 활용할 경우에는 글로벌 데이터라고 지칭하였다.

국내에서 이루어진 데이터를 기반으로 하는 과학 탐구 연구에서는 데이터의 의미를 ‘디지털 탐구 도구를 활용하여 측정된 값’이나 ‘실세계에서 얻을 수 있는 환경을 측정된 값’으로 한정하여 정의하기도 하였다(정은주, 손정우, 2019; 손미현, 2020). 한편 데이터의 디지털화(Digitization)가 반드시 디지털 탐구 도구를 통해서만 가능한 것이 아니며, 다른 형태의 도구를 사용하더라도 측정 결과를 디지털 데이터로 변환하는 과정을 통해 디지털 저장 및 공유가 가능한 점을 고려하여 데이터의 의미를 정의하기도 하였다. 물리량의 측정 시점에서 반드시 디지털화하는 것을 전제하지 않고 디지털로 변환이 가능한 형태로 데이터를 수집하는 활동까지 포함하여 용어의 범위를 확장하여 사용하였다(박찬술, 2021). 이에 본 연구에서 데이터란 과학 탐구 과정에서 탐구 도구를 사용하여 측정된 물리량으로, 학생들이 직접 수집한 1차 데이터로 정의하였다.

2. 데이터 해석

과학 탐구에서 생성되는 데이터는 다양한 형태로 가공되는 분석 과정을 거치게 된다. 탐구를 통해 생성 및 수집된 초기 데이터는 일반적으로 그 자체로 의미를 지니기보다는 표 변환, 그래프 시각화 및 통계적 분석 과정을 거쳐 주요 특징이나 의미를 도출하기 적절한 형태로 변환되고 해석되는 과정을 거친다(NRC, 2012).

그중에서도 그래프는 과학에서 중요한 상징체계로 자리 잡아 왔다. 글이나 말로 표현하는 것보다 작은 공간에 많은 정보를 압축하여 많은 측정치를 요약하여 시각적으로 그 경향을 알게 하기 쉽고(김태선, 김범기, 2002), 표로 기록된 과학 자료보다 전체적 경향을 쉽게 찾을 수 있기 때문이다. 뿐만아니라 그래프를 수학적으로 해석하고 변형하여 새로운 정보를 추론해 낼 수도 있어(Cleveland, 1983; Leinhardt et al., 1990; 김태선, 2003), 그래프는 과학 교육에서 정보를 전달하는 수단으로써 뿐만아니라 실험의 결과를 해석하는 수단으로 유용하게 활용되어 왔다(문충

식, 김범기, 1998).

이러한 이유로 그래프를 구성하거나 해석하는 기능은 과학 교육과 수학 교육에서 일상적인 주요한 기능으로 인정되어 왔다(Gallagher, 1979; McKenzie & Padilla, 1983; Brasell, 1990; 김태선, 2003). 수학 교육에서 그래프는 정규 교육과정 내용으로써 다뤄지며, 과학 교육에서는 과학적 개념이나 현상을 설명하는 부분에서도 그래프를 이용하여 제시함으로써 그래프의 해석을 통해서 개념을 습득할 수 있도록 되어 있기 때문이다(Roth & McGinn, 1997; Roth et al., 1999; 김태선, 2003).

Mckenzie와 Padillar(1986)는 그래프 능력을 크게 그래프 작성과 그래프 해석으로 구분하고, 7학년에서 12학년까지 학생들의 그래프 능력을 평가하기 위한 검사도구(TOGS, Test Of Graphing in Science)를 개발하였다. 이 TOGS에서는 [표 2-4]와 같이 그래프 능력을 그래프 작성 능력 하위 요소 5가지와 그래프 해석 능력의 하위요소 4가지로 구성하여 그래프 능력을 측정하였다.

[표 2-4] TOGS의 그래프 능력 하위 요소(김태선, 2003)

그래프 능력	하위 요소
그래프 작성 능력	<ul style="list-style-type: none"> • 축에 눈금 매기기 • 축에 변인 지정하기 • 점찍기/좌표값 찾기 • 적절한 하나의 선 그리기 • 자료 변환하기
그래프 해석 능력	<ul style="list-style-type: none"> • 변인의 대응값 찾기 • 내삽과 외삽 • 변인 간의 관계 진술 • 종속 변인 간 관련짓기

수학 교과에서는 Curcio(1987)가 그래프 이해에 있어서 맥락적 상황 속에서의 그래프 탐색 경험을 강조하였다. 즉, 그래프를 해석하는 구체적인 상황과 목적에서 괴리된 채 단순히 그래프 작성과 특정 값을 추출하는 수준에 머물러서는 안 된다고 주장하였다. 이처럼 그래프의 이해에는 그래프의 사용 목적, 과제의 특성, 학문적 특성, 학생의 특성 등이 영향을 미치며, 과제의 특성으로는 그래프의 종류, 질문의 유형, 표현된 상황 등이 존재한다(Friel, Curcio, & Bright, 2001).

이 중에서도 질문의 유형은 학습자의 그래프 이해의 수준을 파악하는 중요한 지표로 작용한다. 학습자가 제기하는 질문은 그 자체로 현재의 인식 수준을 보여주는 핵심적인 요소이며, 이해에 있어 중요한 역할을 수행한다(Graesser, Swamer, Baggett, & Sell, 1996; Friel, Curcio, & Bright, 2001). 이러한 맥락에서 그래프와 관련된 질문의 유형에 따라 학습자의 그래프 이해에 대한 수준을 파악할 수 있게 되며, 크게 세 가지 수준으로 [표 2-5]와 같이 분류된다.

[표 2-5] 그래프 이해 수준(France R. Curcio, 1987)

그래프 이해 수준	의미 및 예시 질문
자료 읽기 (Reading the data)	<ul style="list-style-type: none"> • 그래프에 분명히 제시된 질문에 응답하기 위해 그래프로부터 정보를 확인 및 추출하는 것 -예) 대한이의 키는 몇 인가요? -예) 건포도가 30개 들어있는 상자는 몇 개인가요?
자료 사이 읽기 (Reading between the data)	<ul style="list-style-type: none"> • 최소한 한 단계 이상의 논리적인 추론을 거쳐야 하는 질문에 응답하기 위해 정보에 대해 해석하고 종합하는 것 -예) 가장 키가 큰 사람은 누구인가요? -예) 34개 이상의 건포도가 들어있는 상자는 모두 몇 개인가요?
자료 너머 읽기 (Reading beyond)	<ul style="list-style-type: none"> • 질문에 응답하기 위해 관련된 배경지식을 활용하거나 명시적이지 않은 관계를 파악하기 위해 그래프에 대해 예상 및 추론하는 것

the data)	-예) 현재 키에서 대한이가 5cm, 민국이가 10cm 자란다면, 누구의 키가 더 큰가요? -예) 만약 새로운 건포도 상자를 열어보았을 때, 몇 개의 건포도가 들어있을 것으로 예상하나요?
-----------	---

자료 읽기 수준은 그래프에 표현된 자료를 그대로 확인하여 추출하는 것에 초점을 두는 단계로, 주로 시각적으로 그래프 요소를 인식하여 그래프 구문을 해석하는 단계이다. 자료 사이 읽기 수준은 그래프에서 자료들의 관계를 발견하는 단계로, 단순한 시각적 인식을 넘어서 그래프의 구조를 이해하는 과정이 필요하다. 즉, 점을 읽고 축에서 값을 확인하거나, 값에 대한 산술적 연산을 통해 정보를 얻어내거나, 경향을 확인하여 비교하는 것 등이 포함된다. 마지막으로 자료 너머 읽기 수준은 그래프에서 암묵적으로 드러나는 관계들을 예상 및 추론하는 단계로, 외삽이나 내삽과 같이 그래프를 해석하는 것 이상의 수준을 필요로 한다. 이 단계에서는 그래프의 정보를 일반화하고 추론 과정에서 개인적인 배경지식을 활용하는 수준으로, 그래프의 상황론적 내용을 이해하였다고 볼 수 있다 (이미현, 2007).

본 연구에서는 물의 온도와 관련된 과학 탐구를 학생들이 각기 다른 탐구 도구를 사용해 직접 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 바탕으로 변환한 그래프를 해석하게 된다. 즉, 물의 온도 변화라는 구체적인 과학 탐구 상황 속에서 작성된 그래프를 해석한다는 점에서 Curcio의 그래프 이해에 대한 견해와 유사점이 있다. 하여 ‘데이터 해석’을 앞서 학생들이 직접 수집한 측정값 그 자체 또는 이를 바탕으로 변환된 표나 그래프를 해석하는 것으로 정의하고, 데이터 해석 능력의 하위 영역 구성에 있어서는 Curcio의 세 가지 이해 수준을 참고하여 탐구 전후로 초등학생들의 데이터 해석 능력을 분석하였다. 추가적으로 구체적인 내용 요소의 명칭과 의미에 대해서는 Mckenzie와 Padillar(1986)의 TOGS를 번안 및 수정한 김선태(2003)과 오영재(2005)의 그래프 해석 능력의 하위 요소와 조작성 정의를 참고하여 [표 2-6]과 같이 정리하였다.

[표 2-6] 데이터 해석 능력의 구성요소

영역	내용	의미
자료 읽기 (Reading the data)	제목 읽기	제목을 바탕으로 전체 자료의 내용 파악하기
	축 읽기	그래프의 축과 관련된 정보(축의 변인 및 스케일) 파악하기
	대응값 찾기	제시된 좌표에 해당되는 값의 눈금 읽기
	대응하는 그래프 찾기	항목에 해당되는 자료(그래프) 찾기
자료 사이 읽기 (Reading between the data)	비교·계산하기	값의 크기를 정성적으로 비교하거나 정량적으로 계산하여 판단하기
	경향성·규칙성 파악하기	명시적으로 드러나 있는 값의 변화 추이나 변인 간의 규칙성(관계) 파악하기
자료 너머 읽기 (Reading beyond the data)	예상하기	자료상에 제시되지 않은 범위의 자료나 결과 예상하기
	추론하기	자료에 명시적으로 드러나 있지 않은 규칙성(관계) 파악하기
	확장하기	기존의 배경지식과 연결하여 자료의 정보 해석하기

제 3 절 탐구 도구

1. 과학 탐구에서 탐구 도구의 어포던스

어포던스(affordance)의 사전적 의미는 ‘유도하다’라는 의미로 Gibson(1979)에 의해 세상과 행위자 사이에서 일어나는 행동을 설명하기 위해 도입된 개념이다. 이후 1980년대부터는 제품디자인 분야에서 어포던스의 의미가 사용되면서 Norman(1990)에 의해 ‘인지(perceived)’에 중점을 두어 어포던스에 대한 개념이 확대되어왔다. 노먼은 어포던스를 물리적 어포던스와 인지적 어포던스로 나누며, 물리적인 특성으로 기인한 어포던스뿐 아니라 학습을 유발하는 잠재력 역시 어포던스에 포함시켰다. 이후 김슨과 노먼의 어포던스를 바탕으로 실질적인 어포던스의 개념을 상세화되며, 사용자가 도구의 어포던스를 지각하는 방식에 따라 같은 도구에서도 다른 행동이 유발될 수 있다고 논의되었다(송해덕, 박형주, 2009). 이처럼 어포던스의 개념이 확대됨에 따라 교육적 환경에서의 어포던스를 기술적 어포던스(technological affordance), 교육적 어포던스(educational affordance), 사회적 어포던스(social affordance)로 분류하였다(Kirschner et al., 2004; 손미현 외, 2018).

과학 교과에서는 과학관 전시물이 활동을 유발하는 학습 어포던스(신현정, 2011)와 과학관 전시물 안내 어플리케이션의 탐색적 어포던스(이동은 2013), 과학탐구에서 나타나는 도구의 의미에 대한 어포던스적 관점의 연구(이재원 외, 2017)가 있었다(손미현 외, 2018).

최근에는 수업 상황에서 다양한 첨단 기술과 스마트 기기 및 기자재가 자주 활용됨에 따라 과학 탐구에서 디지털 탐구 도구의 역할과 특징에 대한 연구가 실시되었다. 디지털 탐구도구란 IoT 기능, 센서 등을 활용하여 측정 데이터를 실시간으로 기록 및 저장할 수 있는 장치로 탐구 활동을 진행하며 탐구 과정 및 결과 또한 디지털로 저장하는 것을 의미한다(차정호 외, 2017). 디지털 탐구 도구는 단순히 과학 데이터의 측정에 그치지 않고 측정된 데이터를 연결 및 공유할 수 있어, 이를 중심으로

하는 다양한 과학 탐구 프로그램에 관한 연구가 현재 꾸준히 진행되어 왔다(박찬술, 손정우, 2020; 정은주, 손정우, 2020, 손미현, 정대홍, 2020). 디지털 탐구 도구를 어포던스 관점에서 살펴본 손미현 외(2018)의 연구에서는 일반적인 탐구도구와 차별화되는 디지털 탐구 도구의 물리적 특성에 대해 다음과 같이 분석하였다. 첫째 와이파이와 같은 인터넷과 기자의 전원 연결이라는 등 환경적인 제약이 존재한다. 둘째, 센서에 따라 변인을 선택하여 데이터의 수집 조건을 조절할 수 있으며, 탐구 설계를 연습하는 어포던스를 발생시킨다. 셋째, 복합센서로서 다양한 변인이 측정 가능하기 때문에 목표하고자 했던 데이터 이외의 값도 얻을 수 있다. 이 특징은 다른 물리적 특징과는 달리 다양한 어포던스를 발생시키는데, 흥미 부여, ICT 역량 강화, 데이터 분석 과정 경험 등 과학적 탐구력 함양에 있어 큰 교육적 잠재력을 시사하는 부분이다. 넷째는 디지털 탐구 도구에 나타나는 아이콘이나 인포그래피 등이 직관적인 형태로 표현되므로 탐구에 참여하는 학생들뿐 아니라 주변 학생들의 흥미를 이끌어냈다. 디지털 탐구 도구로 수집된 데이터와 관련된 특징으로는 실시간 측정으로 인해 양이 방대하고, 엑셀 파일의 형태로 1차 데이터를 제공된다는 점 등이 있었다.

유사하게 디지털 탐구 도구가 과학 탐구 활동에 미치는 영향을 초등학교를 대상으로 실시한 박찬술, 손정우(2022)의 연구에서는 다음과 같은 특징을 발견하였다. 첫째, 과학 데이터의 수집 측면에서는 질과 양적인 면에서 정확한 데이터를 빠르게 더 많이 수집한다. 둘째, 과학 데이터 변환 및 분석 측면에서는 무선 센서를 통해 수집된 데이터를 스마트 기기와 연동한 앱에 의해 그래프로 자동 변환하여 신속한 분석이 가능하다. 이를 통해 학생들은 수집한 데이터를 다양한 형태의 그래프로 손쉽게 시각화하고, 그래프를 분석하여 결론 및 지식을 도출해 내는 활동에 더 많이 집중할 수 있었다. 셋째, 데이터 공유 측면에서는 개별 탐구하여 측정된 결과를 실시간으로 다른 학생들과 공유할 수 있었다. 즉, 학생들의 과학 탐구 활동을 데이터 측정보다는 데이터 공유, 개별 분석보다는 의사소통에 집중하였다.

2. 온도 측정 도구

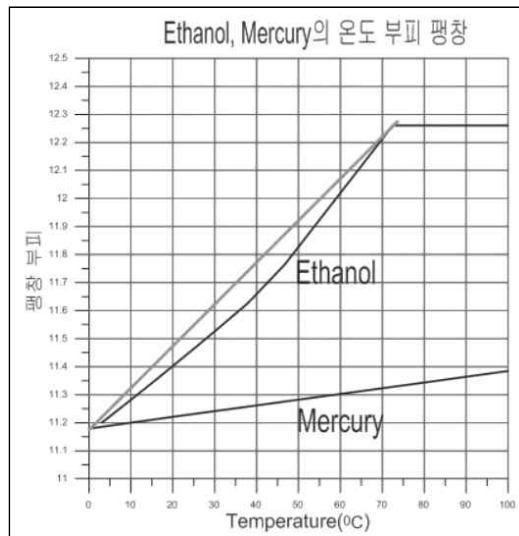
가. 알코올 온도계

오늘날 널리 사용되고 있는 온도계의 원형이라 할 수 있는 것은 피렌체의 학자들이 갈릴레이가 만든 공기 온도계를 개량하여 만든 알코올 온도계이다. 이전까지는 기체의 부피 변화를 온도계에 이용한 공기 온도계가 이용되었었는데, 기체의 부피는 온도의 변화뿐만 아니라 대기의 압력에 따라서도 변하는 단점이 있었다(물리학백과). 이러한 기압 변동의 영향을 제거하기 위하여 진공 상태의 가는 유리관에 액체를 넣어 만들어진 것이 바로 액체 온도계이다. 공기 온도계와 마찬가지로 액체 온도계 또한 열팽창 원리를 바탕으로 작동한다. 물질은 열을 얻으면 부피나 길이가 늘어나고 열을 잃으면 부피나 길이가 줄어들는데, 이러한 온도 변화에 따른 부피 변화를 이용한다.

유리관에 넣는 액체의 종류에 따라 액체 온도계의 종류가 나뉘는데, 알코올이나 수은을 넣어 만든 알코올 온도계와 수은 온도계가 가장 대표적이다. 두 온도계는 두 액체의 특징으로 말미암은 각기 다른 특성과 장단점을 지나고 있다. 일반적으로 알코올 온도계는 수은 온도계보다 부피 팽창률이 크기 때문에 적은 온도 변화에도 부피 변화가 커서 눈금을 읽기 편한 장점이 있다(강옥경, 2010). 그러나 알코올은 끓는점이 78℃로 80℃ 이상의 온도에서는 쉽게 기화하므로 물이 끓는 온도 근처나 그 이상의 온도를 측정할 수 없는 단점이 있다. 또한, [그림 2-3]의 알코올과 수은의 온도의존성을 비교해보면 알코올도 온도에 따라 비례하지 않은 온도 구간이 존재한다. 물에 비해서는 우수하지만, 50℃에서 약 5℃ 정도의 오차를 보인다. 반면 수은은 온도에 정비례하는 것을 볼 수 있다(김한정, 2014). 그러나 수은은 자연에서 정제하여 생산하는 데 어려움이 많고 독성이 있어 의료용이나 교육용으로는 쓰이지 않고 있다.

따라서 알코올 온도계는 예전부터 교육 현장에서 온도를 측정하는 가장 대표적인 도구로 활용되어 왔다. 비록 낮은 끓는점으로 인해 높은 온도를 재는 데에는 어려움이 있으나, 안전 문제로 인해 초등학교 과학 수업에서 80℃ 이상의 온도를 측정하는 상황이 드물기 때문이다. 또한, 일

부 부피와 정비례하지 않는 온도 구간이 있으나, 기본적으로 높은 부피 팽창률로 인해 실내 온도나 체온을 재는 수준의 활동 영역에서 학생들이 눈금을 읽기 편한 장점이 있다.

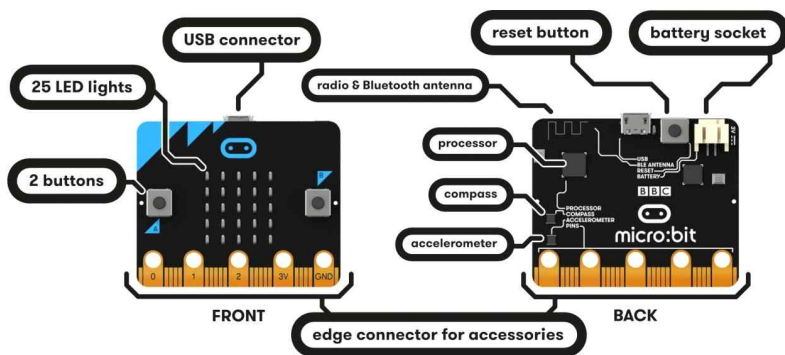


[그림 2-3] 알코올(에탄올)과 수은의 온도에 따른 부피 팽창 그래프

알코올 온도계가 도입되는 시기는 초등학교 5학년으로, 온도에 대한 개념과 함께 알코올 온도계를 사용법을 익힌다. 정확한 온도를 측정하기 위한 알코올 온도계를 사용할 때 유의할 점은 다음과 같다(박재원 외, 2007). 첫째, 온도계를 잡을 때 구부에서 먼 쪽(고리)을 잡는다. 둘째, 온도계의 끝 부분이 액체의 중심부에 오도록 위치시킨다. 셋째, 온도계의 눈금 변화가 없을 만큼 충분한 시간이 지난 후에 눈금을 읽는다. 넷째, 눈의 위치가 온도계의 눈금과 수평이 되도록 한다. 다섯째, 눈과 온도계의 거리는 입김의 영향이 없을 만큼 충분히 멀리 유지한다.

나. 마이크로비트와 온도 센서

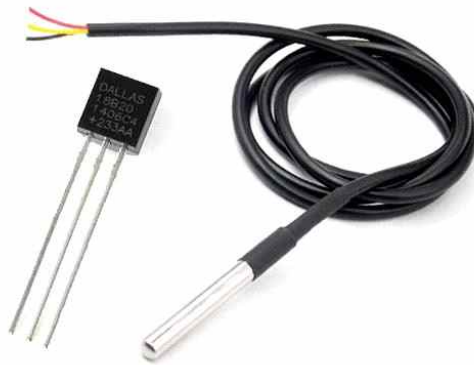
마이크로비트는 2015년에 초등학생을 대상으로 SW 교육을 위해 영국 BBC를 비롯한 여러 기업과 교육기관에서 협업하여 개발한 피지컬 컴퓨팅 도구이다. 전면부에 25개의 LED, 2개의 입력 버튼 장치가 있으며, 빛의 밝기를 측정하는 빛 센서, 온도를 측정하는 온도 센서, 움직임을 감지하거나 값을 측정하는 가속도 센서, 지구 자기장 감지를 통해 현재 방향을 측정할 수 있는 자기(나침반) 센서가 내장되어 있다[그림 2-4]. 또한 블루투스를 활용한 라디오 기능을 제공하고 있어 마이크로비트 기기끼리 데이터를 주고받을 수 있을 뿐만 아니라 기타 스마트 기기들과 통신할 수 있는 기능도 제공하고 있다. 컴퓨터와 USB 연결을 통해 시리얼 통신으로 데이터를 주고받을 수도 있다(구덕희, 우석준, 2018; 송옥지 외, 2020; 김봉철 외, 2021).



[그림 2-4] 마이크로비트의 앞, 뒤 모습과 구조

웹 사이트에서 블록 코딩을 할 수 있는 Make Code 편집기를 제공하고 있으며 시뮬레이터 기능을 제공하고 있어 프로그래밍한 내용을 즉시 확인할 수 있다는 장점이 있다. 초등학생들 또한 쉽게 배울 수 있으며 실제로 활용 가능성이 높다는 점에서 최근 SW 교육에서 활발하게 활용되고 있는 피지컬 컴퓨팅 도구 중 하나이다(권정민, 2018; 김봉철 외, 2021).

마이크로비트는 학생들이 다루기 쉽다는 장점이 있으며 다양한 센서를 내장하고 있어 비교적 대량의 데이터를 직접 수집할 수 있다는 장점이 있다. 또한 블루투스를 활용한 라디오 전송 기능을 이용해 동시에 여러 데이터를 수집할 수 있고, 수집된 데이터를 저장하여 처리하는 기능을 제공하고 있어 탐구 주제에 맞게 직접 프로그래밍이 용이한 특징이 있다 (김봉철 외, 2021).



[그림 2-5] 온도센서 DS18B20(좌)과
방수 처리된 형태의 모습(우)

본 연구에서는 물의 온도 변화를 탐구하기 위해 수온 측정에 적합한 방수 온도 센서를 마이크로비트에 연결하여 사용하였다. 마이크로비트는 본래 내장되어 있는 온도 센서가 있어 별도의 온도 센서를 자주 연결하여 활용하는 교구는 아니나, 수온 측정이 필요하여 방수 처리된 온도 센서로 DS18B20을 추가로 연결하였다[그림 2-5]. DS18B20은 마이크로컨트롤러 중 하나인 아두이노에 자주 활용되는 온도 센서로, 이를 에폭시 몰딩으로 방수 처리한 케이블 형태로 모습은 [그림 2-5]의 오른쪽과 같다. 측정 범위는 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로, $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 매우 정확한 온도 측정이 가능한 것으로 알려져 있으나(정혜림 외, 2014), 중국산 가품과 구별이 어려워 실제 구입 후 확인 필요하다. 특히 방수 처리된 센서는 가품 이슈가 더 심각한 편으로, 실제 본 연구 과정에서 사전 실험 결과 측정 오차 범위는 $\pm 2\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다.

마이크로비트 버전과 온도 센서 사이의 호환 문제도 존재한다. DS18B20 방수 온도 센서의 경우, 가장 최신 버전인 마이크로비트 V2.21에 연결 시 -Infinity 에러가 자주 발생하며 잘 작동되지 않는 모습을 보인다. 반면, 이전 버전인 마이크로비트 V1.5와는 대부분의 온도 데이터가 정상 수집되었다[그림 2-6]. 이처럼 마이크로비트에 추가적인 외장 센서를 연결하여 사용하는 경우에는 마이크로비트 버전에 따라서도 센서 작동 여부나 범위가 다른 경우가 관찰되었다. 또한, 두 개의 온도 센서를 동시 연결한 상태에서 하나의 온도 센서에서만 -Infinity 에러가 발생한 경우에는 정상 수집된 하나의 온도 센서 수치만 별도의 열로 분리되어 수집된 결과를 확인할 수 있었다[그림 2-7].

-Infinity,-Infinity	28.9,38.4
25.8,-Infinity	28.9,38.9
-Infinity,-Infinity	28.9,38.8
25.8,-Infinity	28.9,38.6
-Infinity,-Infinity	28.9,38.4

[그림 2-6] DS18B20를 마이크로비트 V2.21(좌)와 V1.5(우)에 연결했을 때의 데이터 수집 장면

	A	B	C	D	E	F	G
1	time (?뜻없)	data.0	data.1		time (?뜻없1)		30.9,34.4
2	0	10.1	49.4		0	11.5	30.9,34.4
3	5.031	9.3	49.4		260.829	18.4	30.9,34.4
4	10.052	8.8	54.9		305.842	30.9	30.9,-Infinity
5	15.062	8.4	56				30.9,34.3
6	20.1	8.2	56.5				30.9,34.3
7	25.084	8	56.7				30.9,34.3

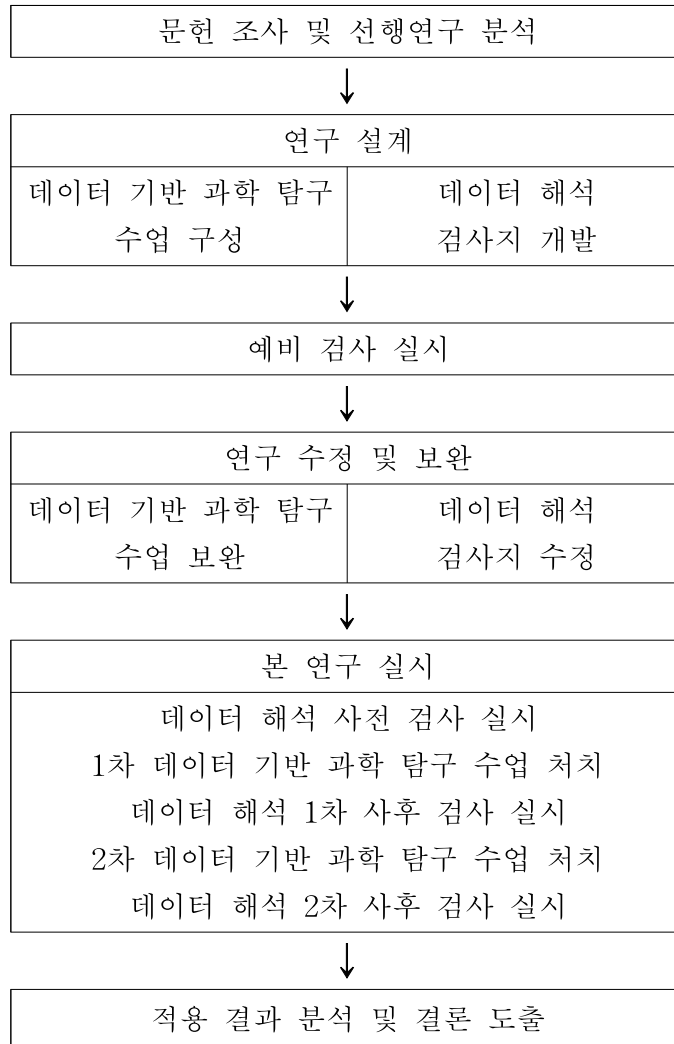
두 센서 모두 정상 수집

한 센서만 정상 수집

[그림 2-7] 에러 발생 시 데이터 수집 결과

제 3 장 연구 방법

제 1 절 연구 절차



[그림 3-1] 연구 절차

제 2 절 연구 참여자

본 연구는 S시 소재의 H 초등학교 6학년 2개 학급(42명)을 대상으로 창의적 체험활동 시간을 활용하여 진행할 계획이다. 수집된 데이터를 그래프로 시각화하는 과정에서 4학년 때 학습한 꺾은선 그래프를 기본적으로 이해하고 해석할 수 있어야 하며, 5학년 때 학습하는 온도의 개념 및 알코올 온도계 사용법을 숙지하고 있어야 한다. 이와 함께 마이크로비트의 온도 센서를 연결하고 코딩을 작성하기에 적절한 초등학교 6학년을 연구 대상으로 선정하였다.

제 3 절 연구 설계

1. 내용 선정

본 연구에서는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 탐구 도구에 따른 경험의 차이가 데이터 해석에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 하여 학생들이 탐구 도구로 직접 물리량 측정 및 수집이 가능한 내용 영역을 탐색하고자 2015 개정 교육과정의 초등학교 5~6학년 과학 내용 영역을 조사하였다. 그중에서도 정은주(2020)의 연구를 참고하여 ‘수집’과 ‘분석’에 해당하는 탐구 활동이 빈번하게 나타나는 ‘열과 에너지’ 영역을 탐구 내용으로 선정하였다.

해당 영역은 5학년 1학기 1단원 ‘온도와 열’에서 다루어진다. 주로 온도계 사용법을 익혀 직접 온도를 측정해보고, 물체 간 열의 이동을 측정을 통해 확인하고 비교해보는 활동이 주를 이룬다[표 3-1]. 교과서에서 제시하는 알코올 온도계와 적외선 전자식 온도계뿐만 아니라, 피지컬 컴퓨팅에서 자주 활용되는 다양한 종류의 온도 센서와 같이 온도라는 데이터의 경우, 측정 도구에 대한 선택의 폭이 넓고 그에 따른 다양한 측정 경험이 가능하기에 해당 내용을 선정하였다.

[표 3-1] 관련 교육과정 성취기준과 ‘온도와 열’ 단위 구성

영역	성취 기준	학습 요소	단원 구성
열과 에너지	[6과01-01] 일상생활에서 온도를 어렵하거나 측정하는 사례를 조사하고 정확한 온도 측정이 필요한 이유를 설명할 수 있다	온도	1. 온도 측정이 필요한 까닭을 알아볼까요 2. 여러 가지 물체나 여러 장소의 온도를 측정해 볼까
	[6과01-02] 온도가 다른 두 물체를 접촉하여 온도가 같아지는 현상을 관찰하고 물체의 온도 변화를 열의 이동으로 설명할 수 있다	열의 이동	3. 온도가 다른 두 물체를 접촉하면 온도는 각각 어떻게 변할까
	[6과01-03] 고체 물질의 종류에 따라 열이 전도되는 빠르기를 관찰을 통해 비교하고 일상생활에서 단열을 이용하는 예를 조사할 수 있다	전도, 단열	4. 고체에서 열은 어떻게 이동할까
	[6과01-04] 액체나 기체에서 대류 현상을 관찰하고 대류 현상에서 열의 이동을 설명할 수 있다	대류	5. 액체나 기체에서 열은 어떻게 이동할까

2. 집단 설정

본 연구에서는 학생들이 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 사용하게 되는 탐구 도구 사용 경험에 따라 집단을 두 개로 구분하였다. 각 집단은 총 2번에 걸쳐 과학 탐구 수업을 받게 되는데, 한 집단(A)은 각각 다른 탐구 도구를 사용하며, 다른 한 집단(B)은 동일한 탐구 도구를 반복하여 사용하게 된다[표 3-2].

[표 3-2] 집단 구분

집단 구분	사용하는 탐구 도구의 유형	
	A 집단	B 집단
1차 과학 탐구	아날로그 탐구 도구 (알코올 온도계)	디지털 탐구 도구 (마이크로비트 온도 센서)
2차 과학 탐구	디지털 탐구 도구 (마이크로비트 온도 센서)	디지털 탐구 도구 (마이크로비트 온도 센서)

먼저 전체 집단을 대상으로 사전 검사를 실시하여 처치(과학 탐구 수업) 전 학생들의 사전 데이터 해석 능력 수준을 진단한다. 사전 검사는 이후 사후 검사와의 직접적인 결과 비교를 위한 목적보다는 초기 학생들의 데이터 해석 능력 수준에 따라 소집단으로 분류하기 위함이다. 즉, 사용하는 탐구 도구에 따라 크게 A, B 집단으로 분류된 대집단 내에서 다시 사전 검사 결과를 바탕으로 초기 데이터 해석 수준이 유사한 학생들끼리 재분류된다. 과학 탐구 수업 후 실시되는 사후 데이터 해석 능력 검사 결과를 집단별로 비교할 때 초기 데이터 능력 수준이 비슷한 소집단의 학생끼리 비교하여 학생이 본래 지니고 있던 데이터 해석 능력이 사후 검사에 미치는 영향을 통제하고자 한다.

1차 과학 탐구 수업에서 A 집단은 전통적으로 온도 관련 교육과정에서 활용되어온 아날로그 탐구 도구(알코올 온도계)를 사용하게 되고, B

집단은 디지털 탐구 도구(마이크로비트 온도 센서)를 사용하여 탐구에 참여하게 된다. 이후 두 집단을 대상으로 탐구 상황과 관련된 사후 1차 데이터 해석 능력 검사를 실시하여 각기 다른 유형의 탐구 도구 사용이 데이터 해석에 미치는 영향을 비교 분석한다.

2차 과학 탐구 수업에서도 1차와 유사한 과학 탐구를 진행하는데, A, B 두 집단 모두 디지털 탐구 도구(마이크로비트 온도 센서)를 사용하게 된다. 즉, 두 집단 모두 디지털 탐구 도구를 사용하는 동일한 처치를 받게 된 후 사후 2차 데이터 능력 검사가 이루어진다. 동일한 처치에도 불구하고 사후 2차 검사가 실시되는 시점에서 아날로그 탐구 도구와 디지털 탐구 도구를 모두 경험한 A 집단과 디지털 탐구 도구만을 반복 사용한 B 집단 간에는 탐구 도구 사용 경험의 차이가 존재한다. 이를 통해 탐구 도구 사용 경험에 따라 집단별로 데이터 해석 능력에 어떠한 차이가 있는지를 살펴보고자 한다.

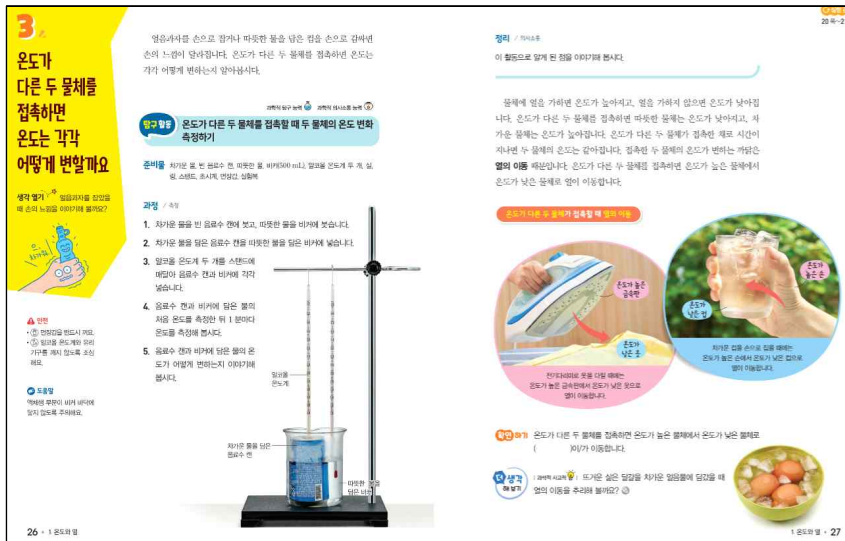
[표 3-3] 집단 구분에 따른 연구 절차

집단 설정	사전검사	1차 과학 탐구 수업	사후 1차 검사	2차 과학 탐구 수업	사후 2차 검사
R (A집단)	O ₁	X ₁ (아날로그)	O ₂	X ₂ (디지털)	O ₃
R (B집단)	O ₄	X ₃ (디지털)	O ₅	X ₄ (디지털)	O ₆

↓	↓	↓
사전 데이터 해석 수준 진단	탐구 도구 유형에 따른 데이터 해석 비교	탐구 도구 사용 경험에 따른 데이터 해석 비교

3. 수업 설계

본 연구에서 데이터 기반 과학 탐구 수업의 흐름은 박찬술(2021)의 데이터 기반 과학 탐구의 단계를 바탕으로 수정·적용하였으며, 내용은 5학년 1학기 1단원 ‘온도와 열’에서 다루지는 열의 이동 실험을 참고하여 2회차에 걸쳐 진행되는 탐구로 재구성하였다[표 3-3]. 5학년 과학 교과서에서는 물의 양을 통제하지 않고 뜨거운 물과 차가운 물의 온도를 1분 간격으로 측정하여 열평형을 확인하는 활동을 제시하고 있다[그림 3-2].



[그림 3-2] ‘온도와 열’단원 중 열의 이동 학습 차시 (비상 출판사)

1차 탐구에서는 이와 유사한 수준으로 활동을 진행하되, 뜨거운 물과 차가운 물의 양과 초기 온도를 정량적으로 제시하는 부분에서 차이가 있으며, 이를 선 그래프로 변환하여 해석하는 과정을 포함한다. 이를 통해 뜨거운 물과 차가운 물이 접촉하였을 때 시간이 지남에 따라 열평형 상태에 도달함을 확인하고, 차가운 물의 양에 변화가 생겼을 경우의 결과를 추가로 예상한다. 이후 2차 탐구에서는 1차 탐구와 비교하여 차가운 물의 양을 2배로 늘려 실제 온도 변화를 관찰하고 그 결과를 그래프로

변환하여 탐구 결론을 도출한다. 마지막으로 두 차례의 탐구 결과를 바탕으로 1차, 2차 탐구 결과를 그래프로 종합·분석하여 물량의 변화에 따른 열평형 현상의 공통점과 차이점을 발견하여 과학적 지식을 도출하게 된다.

[표 3-4] ‘열의 이동’ 관련 데이터 기반 과학 탐구 수업 단계 및 활동

구분	데이터 기반 과학 탐구		수업 활동	
			A집단	B집단
1차 탐구	탐색	문제 설정	-탐구 상황 소개 -활동 안내(뜨거운 물 100ml와 차가운 물 100ml 구성)	
		데이터 탐색	-측정해야 할 물리값 확인 -탐구 도구의 필요성 인식	
	실행	탐구 도구 탐색	-탐구 도구의 특징 및 사용법 안내 -탐구 도구 사용하며 사용법 숙지	
		탐구 계획	-측정 계획 수립 및 역할 분담 -탐구 도구 제작 및 측정 준비	
		데이터 수집	알코올 온도계로 온도 데이터 수집	마이크로비트 온도 센서로 온도 데이터 수집
	평가	데이터 분석	-수집된 데이터를 스프레드시트를 활용하여 그래프 변환	
정보에서 지식 도출		-1차 탐구 결과에 대한 그래프를 분석하여 탐구 결과(지식) 도출		
2차 탐구	탐색	문제 설정	-탐구 상황 소개 -활동 안내(뜨거운 물 100ml와 차가운 물 200ml 구성)	
		데이터 탐색	-측정해야 할 물리값 확인 -탐구 도구의 필요성 인식	

실 행	탐구도구 탐색	-탐구 도구의 특징 및 사용법 안내 -탐구 도구 사용하며 사용법 숙지
	탐구 계획	-측정 계획 수립 및 역할 분담 -탐구 도구 제작 및 측정 준비
	데이터 수집	-마이크로비트 온도 센서로 온도 데이터 수집
평 가	데이터 분석	-수집된 데이터를 스프레드시트를 활용하여 그래프 변환
	정보에서 지식 도출	-2차 탐구 결과에 대한 그래프를 분석하여 탐 구 결과(지식) 도출 -1차·2차 그래프를 종합·분석하여 탐구 결과 (지식) 도출

가. 탐색

탐색 단계에서는 실생활 사례 중에서 탐구와 관련된 문제 상황을 소개한다. 이를 통해 학생들은 온도가 다른 두 물체가 만났을 때 일어나는 온도 변화를 확인한다는 공통의 탐구 문제를 확인한다. 그 후 구체적으로 뜨거운 물과 차가운 물이라는 탐구 대상을 확인하고, 측정해야 할 물리값과 이를 측정하기 위해 필요한 측정 도구를 탐색하여 온도계라는 탐구 도구의 필요성을 인식한다.

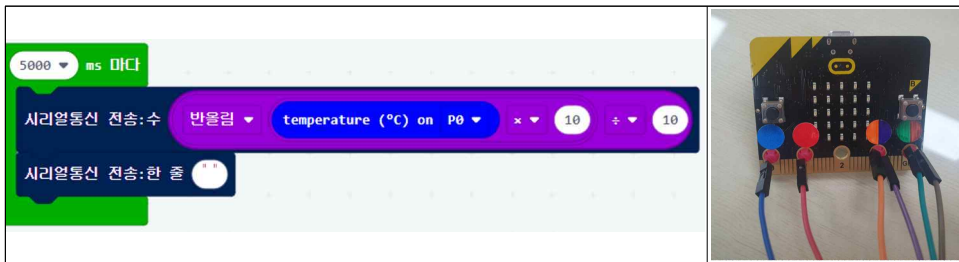
나. 실행

실행 단계에서는 먼저 탐구 도구에 대한 탐색 시간을 가진다. 직접 탐구 도구를 사용하여 주변 사물의 온도를 측정해보면서 온도를 읽는 방법과 사용 방법 및 주의점을 확인한다. 기구를 다루는 정확한 기능이 습득되어질 때 비로소 정확한 실험값을 얻을 수 있고(최행숙, 백성혜, 1999), 원활한 탐구 진행과 정확한 탐구 결과 도출이 가능하기 때문이다.

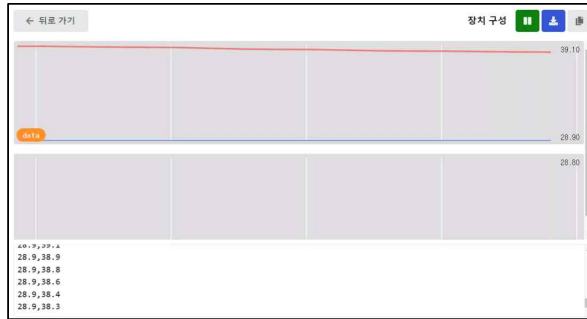


[그림 3-3] A집단(좌)과 B집단(우)의 실험장치

다음 탐구 계획 단계에서는 앞서 파악한 탐구 도구의 특징을 바탕으로 구체적인 탐구 절차 안내와 함께 그에 따른 역할을 분담한다. 예를 들어, 알코올 온도계를 사용하는 A 집단의 경우에는 시계 켜고 시각 확인하는 역할, 정해진 시각에 온도계의 온도를 읽는 역할, 온도를 기록하는 역할 등 실제 데이터 수집 과정에서 이루어지는 역할 분담이 특징적이다[그림 3-3]. 반면, 마이크로비트의 온도 센서를 활용하는 B 집단은 마이크로비트를 코딩하고 PC에 연결하는 역할과 마이크로비트와 온도 센서를 연결하여 조립하는 역할 등 데이터 수집 과정보다는 그 이전에 탐구 도구 제작과 관련된 역할 분담이 주를 이룬다[그림 3-4]. 이후 탐구에 필요한 준비물을 배부하고 실험 장치 구성이 완료되면 본격적인 데이터 수집이 이루어진다[그림 3-5].



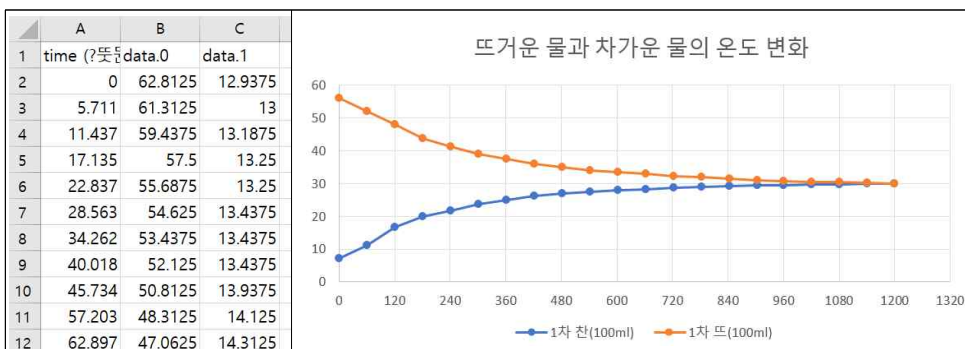
[그림 3-4] 마이크로비트에 입력한 코딩(좌)
방수 온도 센서 연결 모습(우)



[그림 3-5] 실시간으로 온도 데이터가 수집되어 출력되는 모습

다. 평가

데이터 분석 단계에서는 엑셀 프로그램을 활용해 수집된 데이터를 그래프로 변환한다. A 집단은 데이터 수집 과정에서 기록한 온도 데이터를 엑셀에 입력하는 과정을 추가적으로 거치며, B 집단은 PC에 연결된 마이크로비트로부터 CSV 파일을 다운받아 그래프로 시각화한다[그림 3-6]. 변환한 그래프를 보고 알아낼 수 있는 사실을 모둠원과 토의하며 분석하고, 마지막 정보에서 지식 도출 단계에서는 이를 통해 온도가 다른 두 물체가 접촉했을 때 온도가 어떻게 변하는지에 대한 결론에 도달하게 된다.



[그림 3-6] 디지털 탐구 도구로 수집된 온도 데이터 CSV 파일(좌)과 변환된 그래프(우)

제 4 절 자료 수집 및 분석

1. 검사 도구

본 연구에서는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 학생들이 사용하는 탐구 도구에 따른 데이터 해석 능력을 파악하고자 실제 수업 상황에서 탐구한 내용을 평가하는 검사지를 개발할 필요가 있었다. 학생들은 열의 이동에 대한 탐구를 통해 데이터를 수집하고 그래프로 변환·분석하여 열평형이라는 개념을 도출하게 되는데, 이 과정에서 온도 변화를 파악하는데 가장 적합한 선 그래프를 해석하게 된다. 이를 고려하여 선 그래프와 관련된 선행연구를 우선적으로 탐색하였으며, 그중에서도 수학과 과학과의 그래프 이해와 관련된 검사 도구를 집중적으로 검토하였다.

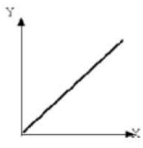


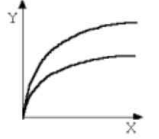
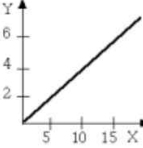
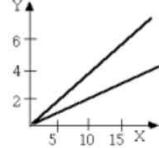
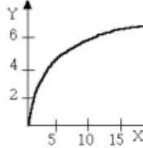
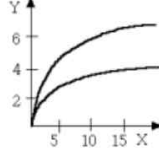
수학과에서는 Curcio, F. R.(1987)가 유치원에서 8학년 학생들을 대상으로 그래프 이해에 미치는 요인을 분석하고 효과적인 교수 방법을 탐색하는 과정에서 그래프 이해 검사 문항을 개발한 바 있었다. 과학과에서는 Mckenzie와 Padillar(1986)가 그래프 능력 검사를 위해 개발한 선다형 평가지 TOGS(Test Of Graphing in Science)가 국내 그래프 능력과 관련된 연구에서 초·중·고등학교급에서 다수 활용된 것을 확인하였다. 그중에서도 초등학생 수준에 적절하게 문항을 수정 및 개발한 오영재(2005)의 그래프 능력 검사 중 그래프 해석 능력 영역을 발췌하여 사전 및 사후 검사지 개발에 참고하였다.

문항의 구성과 유형 관련해서는 최근 10년간 실시된 TIMSS의 성취도 검사지 공개문항을 조사하여 ‘온도와 열’과 관련된 내용을 다루거나 그래프 해석과 관련된 문항을 중심으로 탐색하였다. 추가적으로 과학 교과에서 개념학습과 관련된 선행연구를 참고하여 과학 개념을 관련 실험 상황과 함께 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 개발된 단계별 문항 예제를 분석하여 개발하였다.

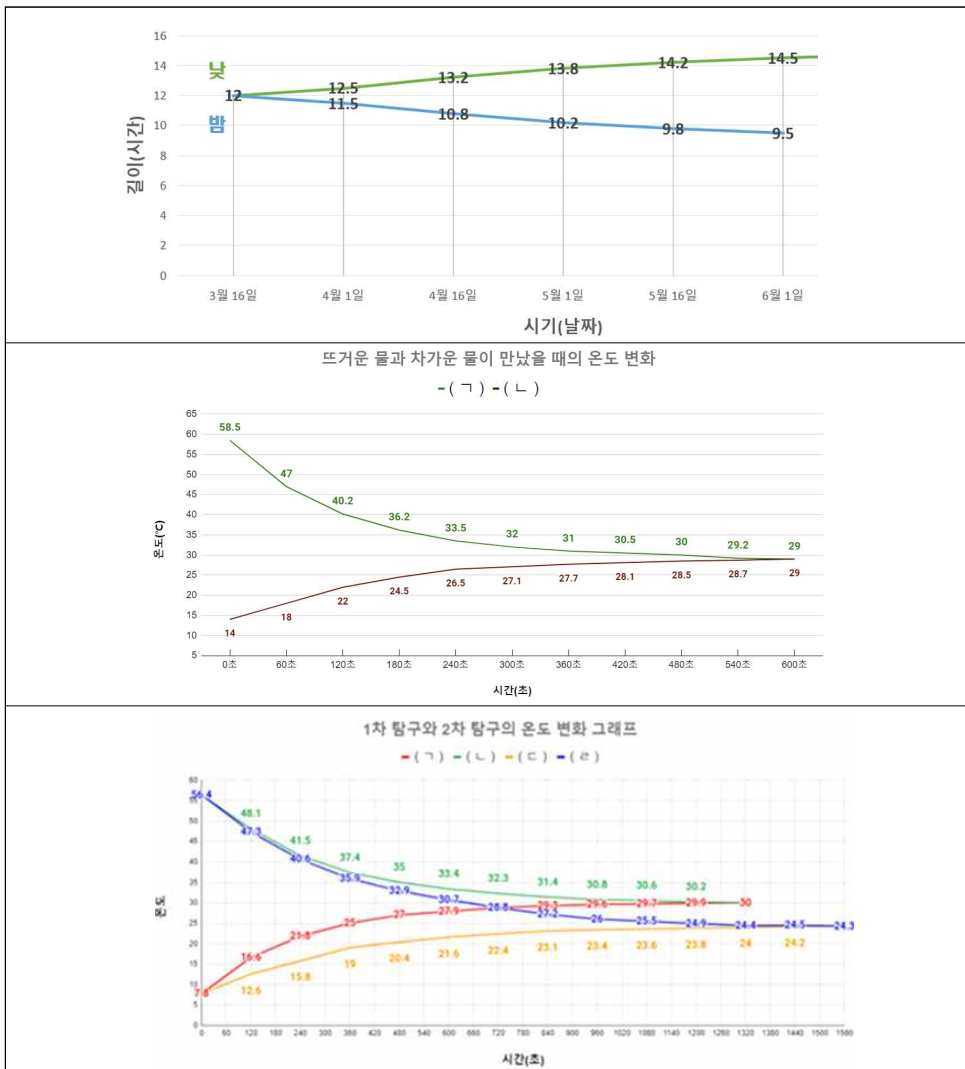
가. 문항의 내용

본 연구는 과학 탐구 수업 중 탐구 도구에 따른 경험의 차이가 데이터 해석에 미치는 영향을 알아보고자 하므로 사후 검사지의 내용은 학생들이 수행한 탐구 상황인 물의 온도 변화를 다룬다. 이때 온도가 다른 두 물체로 뜨거운 물과 차가운 물을 사용하므로 하나의 그래프 안에 뜨거운 물과 차가운 물에 해당되는 두 가지 선이 그려진 선 그래프로 구성하였다. 김태선(2003)가 제시한 선 그래프의 유형에 따르면 선의 개수가 둘 이상이면서 척도가 있는 곡선형의 그래프 유형(H)에 해당되며[표 3-5], 구체적으로 문항에서는 [그림 3-7]의 그래프를 사용하였다.

[표 3-5] 김태선(2003)의 선 그래프 유형에 따른 분류

척도 유무	선의 유형	선의 개수	
		하나	둘 이상
척도 없음	직선형	 (A)	 (B)
	곡선형	 (C)	 (D)
척도 있음	직선형	 (E)	 (F)
	곡선형	 (G)	 (H)

사후 검사지의 그래프는 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화를 보여주는데, 점점 온도 차이가 줄어들다가 최종적으로 온도가 같아지며 열평형에 도달함을 보여준다. 사전 검사지도 사후 검사지와 같은 그래프 유형(H)으로 구성하였는데, 오영재(2005)의 그래프 능력 검사 중 15~16번 문항에 나온 낮과 밤의 길이 변화 그래프를 참고하여 제작하였다.[그림 3-7]



[그림 3-7] 사전 및 사후 검사지의 그래프
(위부터 순서대로 사전, 사후 1차, 사후 2차)

나. 문항의 유형 및 순서

문항의 유형 관련하여서는 TIMSS의 성취도 검사지 문항 유형을 일차적으로 참고하였다. TIMSS의 문항 유형은 크게 선다형과 구성형으로 이루어져 있는데, 그래프 해석 및 온도와 열과 관련된 물리 영역의 문항 예시는 다음 [그림 3-8]과 같다.


<p>S022042</p> <p>헤미가 자전거를 타던 중 바퀴에 구멍이 났다. 곧바로 수리를 하고 나서 헤미는 다시 자전거를 탔다. 다음 그래프는 헤미가 자전거를 탄 시간과 이동한 거리 사이의 관계를 나타낸 것이다.</p> <p>헤미가 바퀴를 고치는 데 걸린 시간은 대략 얼마인가?</p> <p>① 20 분 ② 30 분 ③ 40 분 ④ 70 분</p>	<p>S042238A, S042238B, S042238C</p> <p>과학 실험실에서 전열기와 분젠 버너를 가열 기구로 사용한다. 전열기는 두 가열 기구 중 어떤 것이 더 빨리 물을 가열시키는지 알아보기 위해 실험을 하였다. 전열기는 두 개의 동일한 비커에 200mL의 물을 넣고 각 비커에 있는 물의 처음 온도를 기록하였다. 다음 그림과 같이 전열기는 한 비커는 전열기 위에, 다른 한 비커는 분젠 버너 위에 올려놓았다.</p> <p>전열기는 10분 동안 2분 간격으로 각 장치에 있는 물의 온도를 측정하여 기록하였다. 전열기는 실험 결과를 이용하여 다음과 같은 그래프를 그렸다.</p> <p>S042238C 그래프의 정보를 이용하여 어떤 가열 기구가 더 빨리 물을 가열시키는지 설명하시오.</p>
---	---


[그림 3-8] 그래프 해석과 관련된

TIMSS 2007 과학 물리(힘과 운동) 영역의 선다형 문항(좌)과
TIMSS 2011 과학 물리(에너지 전환, 열, 온도) 영역의 구성형 문항(우)


두 문항 유형 중에서도 데이터 해석에 대한 학생들의 다양한 응답 유형을 살펴보고자 선다형보다는 개방적인 응답이 가능한 구성형 문항을 집중적으로 탐색하였다. 다년간의 TIMSS 공개 문항을 분석한 결과, 구성형이라는 하나의 유형 내에도 다양한 형태의 문항 유형이 존재하였다. 첫 번째 유형은 일반적인 주관식 문항으로, 질문에 대한 단답이나 위 [그림 3-8]의 오른쪽 문항처럼 이유나 설명을 요구하는 형태이다. 두 번째는 몇 개의 하위 문항으로 구성된 세트 문항(multi-part question)으로,

하나의 공통된 문제 상황에서 먼저 제시된 선택지를 고른 뒤 그에 대한 이유를 서술하도록 요구한다. 세 번째는 미완성 상태의 표나 빈칸을 제시하고 이를 완성하는 유형으로, 주로 단답식 답변을 적도록 요구한다. 네 번째는 그림을 제시하고 그림에 예상되는 결과나 힘의 방향이나 순서를 표현하도록 요구하는 유형이다. 위와 같은 세부 유형을 참고하여 데이터 해석의 하위 내용 요소에 적절한 문항 유형을 선택하여 개발하였다.

1)  검전기 2개, 50cm 정도의 전선(양끝의 피복이 벗겨져 있고, 2개의 플라스틱 발대 안에 들어 있다), 털가죽, 예보나이트 막대로 다음과 같이 실험한다. 금속박의 움직임을 관찰하여 아래 그림에 그려라.



검전기A 검전기B



검전기A 검전기B

(가) 중성의 검전기 2개에 전선을 올려놓는다. 이 때 전선 피복 안의 구리선이 금속판에 각각 접촉해야 한다. 검전기 A의 금속판에 털가죽으로 문지른 예보나이트 막대를 가까이한다.

(나) (가)의 상태에서 먼저 전선을 치운 후 예보나이트 막대를 멀리 한다.

• 이 실험에 대한 다음 문제에 답하여라.


① (나)의 과정이 끝난 후 두 검전기는 전하를 띠는가? 띠지 않는가?
 검전기 A (), 검전기 B ()

② 전하를 띠면 두 검전기가 띠는 전하가 같은 종류의 전하인지, 다른 종류의 전하인지를 어떻게 확인할 수 있는가?

 실험으로 확인하고 두 검전기가 띠는 전하가 같은 종류의 전하인지, 다른 종류의 전하인지 써라. _____

③ 두 검전기가 각각 어떤 전하를 띠고 생각하는가? 그렇게 생각한 이유는?
 ▶ 검전기 A : ()전하. 검전기 B : ()전하
 ▶ 이유 : _____

• (가)와 (나)의 과정을 반복한다. 이번에는 두 검전기의 금속판에 각각 손가락을 **접속시킨 후 손가락을 치운다**. 금속박이 어떻게 되는지 결과를 정리하고, 그 이유를 써라.
 ▶ 검전기 A: 금속박이 _____ → 검전기는 전하를 (띠다. 띠지 않는다.)
 이유 _____
 ▶ 검전기 B: 금속박이 _____ → 검전기는 전하를 (띠다. 띠지 않는다.)
 이유 _____

 정리 : 손가락을 통한 방전

(+)로 대전된 도체에 손가락을 접촉하면 손가락을 통해서 _____, 그러므로 도체는 ()
 (-)로 대전된 도체에 손가락을 접촉하면 손가락을 통해서 _____, 그러므로 도체는 ()

[그림 3-9] 손가락을 통한 방전 실험 워크시트(홍명수 외, 2009)

또한, 개념학습을 바탕으로 개발된 교수학습자료 및 문항에 대한 선행 연구를 추가적으로 참고하였다. 홍명수 외(2009)는 중학생의 정전기 개념 정립을 위한 연구에서 예비검사를 통해 분석된 오개념을 바탕으로 이를 수정을 위한 사전검사-워크시트-사후검사로 구성된 튜토리얼을 개발한 바 있다. 이 중에서도 워크시트는 [그림 3-9]처럼 사전검사에서 제기된 문제에 대해 학생 스스로 답할 수 있도록 구성되었는데, 문제와 관련

된 실험 활동을 단계적으로 제시하고 그 과정에서 학생 수준에 적절한 질문을 배치하여 추리 과정을 따라 자연스럽게 문제를 해결할 수 있도록 제작되었다.

튜토리얼 개발 과정에서 도출된 형식 및 내용적인 측면의 고려 사항을 본 데이터 해석 문항 개발 과정에도 참고하여 적용하였다. 먼저 위 연구에서는 개방형 질문을 다루는 문항의 경우 학생들이 지나치게 확산적인 사고를 하거나 사고 자체를 보류하는 현상이 관찰되어 질문 내용에 따라 단답형이나 선다형으로 적절히 문항 형식을 수정하였다. 이를 참고하여 데이터 해석 영역 중에서도 자료 너머 읽기에 해당되는 문항은 하위 문항으로 단계를 나누어 자신의 생각이나 예상을 고르거나 그리고, 이에 대한 이유를 설명하도록 구성하였다. 또한 질문 내용에 따라 포괄적인 답변이 가능한 문항은 주어진 표나 문장의 빈칸을 채우거나 적절한 단어를 골라 완성하는 유형으로 제작하였다.

내용적인 측면에서는 추리를 요구하는 질문의 경우 학생들이 지나치게 추상적이거나 비약적인 답변을 응답하는 모습이 위 연구에서 관찰되었다. 이를 고려하여 문제를 제시된 순서에 따라 푸는 과정 자체가 곧 그래프를 해석하는 자연스러운 과정이 되도록 문항의 내용을 배치하였다. 구체적으로 학생들은 문제를 해결하는 과정에서 가장 먼저 축의 변수 정보를 파악하고, 눈금을 확인하게 된다. 주어진 눈금에 해당되는 값을 찾아 읽고 값의 변화 경향을 파악하여 그래프의 결론을 도출한다. 최종적으로 도출된 정보를 바탕으로 새로운 상황에 대해 예상하는 일련의 흐름을 담고 있다.

다. 문항 구성

데이터 해석과 관련된 선행연구를 바탕으로 검사지는 모두 데이터 해석의 세 가지 하위 영역을 바탕으로 구체화하였으며, 데이터 해석에 대한 응답 결과를 양적 및 질적으로 분석하기 위해 선다형 외에도 다양한 유형의 문항으로 개발하였다. 특히 사후 검사지는 탐구 수업의 주제인 열평형과 관련된 물의 온도 변화에 대한 선 그래프 해석을 주된 내용으

로 하며, 데이터 해석의 구성 요소에 따른 구체적인 문항 구성은 다음 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 문항 구성

검사	영역	내용(문항 수)	문항 번호	문항 유형
사전	자료 읽기	축 읽기	1, 2	단답형
		대응값 찾기	3	완성형
	자료 사이 읽기	비교·계산하기	4	선다형
			5	완성형
	자료 너머 읽기	경향성·규칙성 파악하기	6	서술형
			7	선다형
		예상하기	7-1	서술형
1차 사후	자료 읽기	축 읽기	1, 2	단답형
		대응값 찾기	5	단답형
		대응하는 그래프 찾기	3	연결형
	자료 사이 읽기	비교·계산하기	5-1	완성형
			4	완성형
		경향성·규칙성 파악하기	5-2	단답형
			6	서술형
	자료 너머 읽기	확장하기	7, 8	선다형
추론하기		9	선다형	
2차 사후	자료 읽기	축 읽기	1, 2	단답형
		대응하는 그래프 찾기	3	연결형
	자료 사이 읽기	비교·계산하기	4	완성형
			4-1, 4-2	단답형
	자료 사이 읽기	경향성·규칙성 파악하기	5-1, 5-2	서술형
	자료 너머 읽기	추론하기	6	연결형
			6-1	서술형
		확장하기	9	선다형
7, 8			선다형	

라. 채점 기준

선다형 문항은 정·오답이 분명하여 별도의 채점 기준이 필요하지 않으나, 그 외 구성형에 해당되는 문제 유형은 TIMSS의 채점 기준을 참고하였다[표 3-7]. 구성형 문항 중에는 몇 개의 하위 문항으로 구성된 세트 문항(multi-part question)의 경우에는 각 하위 문항은 개별적으로 채점하였다. 또한 응답 결과를 바탕으로 학생들의 데이터 해석 능력을 질적으로 분석하고자 TIMSS의 구성형 문항 채점 기준과 같이 부분 정답을 인정하였다. 완전하지는 않으나 일부 바르게 이해한 부분이 포함된 경우로, 오답을 포함하였지만 설명 과정에서 개념에 대한 이해가 드러나거나, 반대로 옳은 답을 포함하였지만 설명이 불충분한 경우를 모두 포함한다.

[표 3-7] TIMSS 채점 기준(김경희 외, 2010)

유형	채점 기준	
선다형	정답 (2점)	학생이 주어진 문항(과제)을 완벽하게 해결해 낸 것이다.
	오답 (0점)	완전히 오답이거나, 관련이 없거나, 모순된 응답이다.
구성형	정답 (2점)	주어진 과제에 포함된 개념이나 과정에 대해 완벽하게 이해했음을 보여준다. <ul style="list-style-type: none"> • 개념이나 과정을 바르게 적용하여 과제의 모든 측면을 완성했음을 보여준다. • 명확하고 완전한 설명, 증명 과정, 증거를 포함한다.
	부분 정답 (1점)	주어진 과제에 포함된 개념이나 과정에 대해 일부만 이해했음을 보여준다. <ul style="list-style-type: none"> • 과제의 일부 요소를 올바르게 다루고 있으나 불완전하다. • 옳은 답을 포함하지만 설명이 완전하지 않다. • 오답을 포함하지만 개념을 올바르게 이해했음을 알 수 있는 설명이나 증명 과정을 보여준다.

오답 (0점)	부정확하거나 불충분, 부적절, 모순된 응답이다.
------------	----------------------------

마. 전문가 검토 및 파일럿 테스트

초기에 문항 초안은 물리 교육 전문가 9명(교수 1명, 박사 과정 3명, 석사 과정 5명)의 검토 의견을 반영하여 1차 수정하였다. 검사지 투입 전후로 이루어지는 탐구 수업 활동에 대한 설명과 함께 데이터 해석 능력의 세 가지 수준에 따른 하위 요소와 해당 요소를 잘 평가하고 있는지에 대한 전문가 의견을 수렴하였다.

이후 1차 수정된 문항을 바탕으로 같은 지역 내의 6학년 한 학급을 선정하여 예비 검사를 실시하였다. 평가 요소에 대한 학생 응답 분석을 바탕으로 2차 문항 수정 과정을 거쳤다. 응답 범위가 지나치게 넓거나 표가 삽입되어 가독성이 떨어지는 문항의 구조를 개선하였으며, 의미 파악에 혼동을 줄 수 있거나 표현을 수정하고, 순서를 재배치하였다.

2. 설문지

데이터 기반 과학탐구에서 탐구 도구 사용 경험의 차이가 데이터 해석에 미치는 영향을 알아보기와 이와 관련된 설문을 연구 참여자를 대상으로 각 탐구 수업과 사후 검사 직후에 두 차례에 걸쳐 투입한다. 데이터 해석 능력의 실질적인 향상 정도의 경우 앞서 개발한 검사지를 통해 파악된다면, 본 설문을 통해서는 학생의 인식 차원에서 각 탐구 도구가 어떤 부분에서 도움이 되었는지를 추가 분석하는 보조 자료로써 활용하고자 한다.

양적연구를 통해 일반화하기에는 적은 인원을 대상으로 하였기에 설문은 대부분 개방형 질문으로 구성되어 있으며, 데이터 해석에 있어서 탐

구 도구가 도움이 된 정도에 대한 5점 척도 문항으로 구성하였다. 질문 제작에 있어서는 초등학생을 대상으로 하는 데이터 기반 과학 탐구와 관련된 선행연구(정은주, 손정우, 2019; 정은주, 2020; 박찬솔, 2021)를 참고하여 [표 3-8]과 같이 구성하였다. 질문 내용의 구성과 배치는 전체 수업에 대한 기억에서 탐구 도구 사용 순서로 배치하여 학생들이 자연스럽게 기억을 떠올리며 응답할 수 있도록 제작하였다.

[표 3-8] 설문 문항 구성

구분	유형	내용
1차 설문	폐쇄형	과학 탐구 수업에서 가장 기억에 남는 활동
	개방형	탐구 도구 사용 시 기억에 남는 장면
	폐쇄형 (5점 척도)	그래프 해석에 탐구 도구가 도움이 된 정도
	개방형	선택한 이유(도움이 된 부분)
2차 설문	폐쇄형	더 도움이 된 탐구 도구
	개방형	선택한 이유(도움이 된 부분)
	폐쇄형	초등학생에게 적합한 탐구 도구 활용 방법
	개방형	선택한 이유

3. 자료 분석

가. 검사 도구

본 연구에서는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 사용한 탐구 도구 사용 경험에 따라 데이터 해석에 어떤 차이가 있는지를 분석해보고자 한다. 이를 위해 학생들을 대상으로 두 집단으로 분류한 후, 사전 검사-1차 처치(집단별로 다른 탐구 도구를 사용하는 과학 탐구)-사후 1차 검사-2차 처치(두 집단 모두 동일한 탐구 도구를 사용하는 과학 탐구)-사후 2차 검사를 진행한다.

먼저 전체 집단을 대상으로 사전 검사를 실시하여 처치(과학 탐구 수업) 전 학생들의 사전 데이터 해석 능력 수준을 진단한다. 사전 검사의 목적은 사후 데이터 해석 능력 검사 결과를 집단별로 비교할 때 초기 데이터 능력 수준이 비슷한 학생끼리 비교하여 학생이 본래 지니고 있던 데이터 해석 능력이 미치는 영향을 통제하고자 함이다. 또한 무작위 배정된 두 집단의 초기 데이터 해석 능력 동질성 여부를 확인하기 위해 활용된다.

수집된 사전 검사 결과는 6학년 전체 학생 집단과 각 집단을 대상으로 기초적인 기술통계 분석을 진행하여 평균 점수와 표준편차 등을 확인한다. 이때 적은 표본 수를 고려하여 추가적으로 전체 검사 결과의 왜도와 첨도를 구하여 수집된 자료의 정규성을 검정한다. 정규분포 기준에 대한 적합 여부가 확인되면 사전 데이터 해석 능력과 관련한 두 집단의 동질성을 확인하기 위한 독립표본 t-검정을 실시한다. 이후 두 집단의 학생들을 다시 사전 데이터 해석 수준이 유사한 소집단으로 분류하기 위해서 전체 검사 결과를 바탕으로 군집분석을 실시한다. 계층적 군집 분석을 진행하여 적절한 수준별 집단 수를 파악하고, K-평균 군집 분석을 함께 실시하여 전체 학생들을 수준에 따라 3수준 또는 4수준으로 재분류한다. 이 결과를 탐구 도구에 따라 구분된 두 대집단에 반영하여 각각의 집단 내에서 유사한 초기 데이터 해석 수준에 따라 학생이 라벨링된다. 이때 데이터 해석 능력이 매우 뛰어나거나 부족한 것으로 파악되는 소수의 특

정적인 학생을 대상으로 이후 변화 양상과 향상도를 개인별로 추적하여 집중적으로 살펴본다.

사용하는 탐구 도구가 집단별로 다른 1차 과학 탐구 수업 후 진행되는 사후 1차 검사 결과를 통해서는 탐구 도구의 유형의 차이가 데이터 해석에 미치는 영향을 확인할 수 있다. 두 집단의 결과를 비교할 때 앞서 분류된 사전 데이터 해석 수준이 유사한 수준별 소집단끼리 평균 점수와 영역별 문항 정답률을 비교하여 어떠한 차이가 있는지를 양적인 측면에서 살펴본다. 또한 데이터 해석의 하위 영역별 문항에 대한 정답, 부분 정답, 오답 응답을 함께 살펴봄으로써 데이터 해석에서 있어서 발견되는 특징이나 유형을 범주화하여 질적인 측면에서 살펴본다.

두 집단 모두 동일한 디지털 탐구 도구를 사용하게 되는 2차 과학 탐구 수업 후 진행되는 사후 2차 검사 결과를 통해서는 탐구 도구의 사용 경험에서 차이가 나는 두 집단의 데이터 해석 능력을 살펴본다. 사후 2차 검사가 실시되는 시점에서 아날로그 탐구 도구와 디지털 탐구 도구를 모두 경험한 A 집단과 디지털 탐구 도구만을 반복 사용한 B 집단 간에는 탐구 도구 사용 경험의 차이가 존재하기 때문이다. 사후 1차 검사 결과 분석과 마찬가지로 평균 점수와 정답률을 비교하는 양적인 측면의 분석과 영역별 문항 응답 유형을 살펴보는 질적인 측면의 분석을 진행한다.

마지막으로는 1차 검사 결과와 2차 검사 결과를 비교하여 두 집단의 데이터 해석 능력의 향상도를 최종적으로 살펴본다. 두 차례의 사후 검사의 평균 점수 변화를 탐구 도구 사용 경험에 차이가 나는 두 대집단 측면에서 비교해본다. 대집단 내에서 다시 사전 데이터 해석 수준에 따른 소집단을 대상으로 추가 비교하여 초기의 데이터 해석 수준에 따라서는 어떠한 변화나 향상도가 있었는지를 살펴본다.

나. 설문지

설문 결과는 실질적인 데이터 해석 능력 검사 결과와 함께 탐구 도구에 대한 학생의 인식적 측면을 추가적으로 살펴보기 위한 보조 자료로써 활용된다. 설문의 질문 유형에 따라 분석 방법을 달리 하는데, 폐쇄형 질문의 경우 집단별 응답 비율을 중심으로 살펴본다. 개방형 질문의 경우에는 Creswell(2014)이 제안한 방법에 따라 개방 코딩(open coding)을 실시하여 응답을 범주화한다. 이를 통해 데이터 해석에 도움이 된 탐구 도구의 특징과 집단별로 탐구 도구에 대한 인식 유형을 확인하여 실제 데이터 해석 능력과 인식 사이의 상관성을 질적인 측면에서 분석한다.

제 4 장 연구 결과

제 1 절 사전 데이터 해석 능력 검사 결과

1. 집단별 결과 분석

전체 집단과 각 집단별 사전검사 결과에 대한 기술통계를 실시한 결과는 [표 4-1]과 같다. 사전검사 결과의 평균은 총 16점 만점에 13.4점이며, A집단은 12.5점, B집단은 14.0점으로 B집단이 좀 더 우수한 그래프 해석 능력을 갖추고 있는 것으로 나타났다. 표준편차를 살펴보면 B집단은 1.706으로 상대적으로 고른 분포를 보이는 반면, A집단은 3.538로 학생 간의 수준 차이가 두드러지는 편이다.

[표4-1] 집단별 사전 검사 평균 점수 비교

집단	학생수 (명)	평균 (점)	표준 편차	분산	최소값	최대값	왜도	첨도
전체	40	13.4	2.705	7.317	6	16	-1.091	.898
A집단	17	12.5	3.538	12.515	6	16	-.614	-.848
B집단	23	14.0	1.706	2.909	11	16	-.241	-1.142

추가적으로 전체 학생 수가 총 40명으로 적은 표본 수로 인해 수집된 데이터의 왜도와 첨도를 확인하여 정규성을 검증하였다. 일반적인 정규 분포 기준으로 제시되는 $|왜도| < 2$, $|첨도| < 4$ 에 비추어 보았을 때,

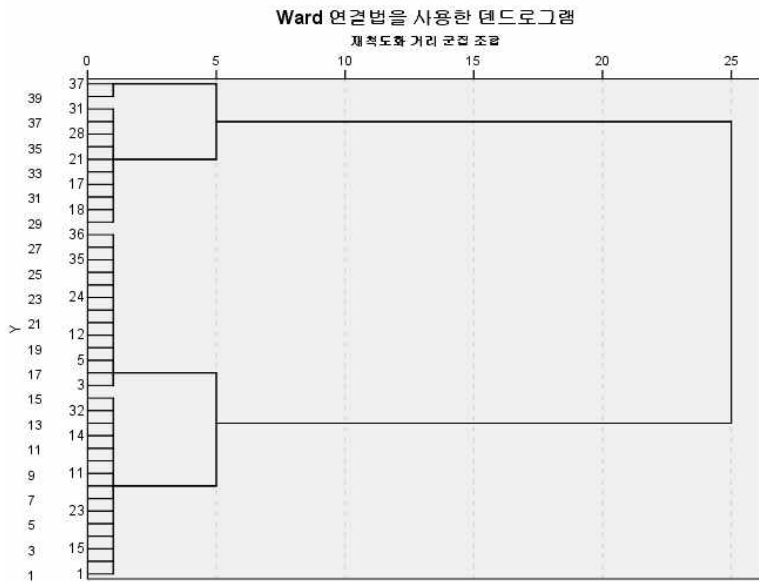
전체 집단의 왜도는 -1.091, 첨도는 0.898로 나타나 해당되어 정규분포를 이루는 것으로 판단하였다. 이를 바탕으로 두 집단의 동질성을 확인하기 위한 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 그 결과는 다음 [표 4-2]와 같다.

[표 4-2] 두 집단의 동질성 검정 결과

	Levene의 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 T 검정				
	F	유의 확률	t	자유도	유의 확률 (양측)	평균 차이	표준 오차 차이
등분산을 가정함	15.420	<.001	-1.744	38	.089	-1.471	.843
등분산을 가정하지 않음			-1.583	21.509	.128	-1.471	.929

Levene의 등분산 F 검정 결과, 유의확률이 0.05보다 적은 0.001 이하로 나타나 두 집단은 등분산을 가정하지 않으며, 이때의 t값과 유의확률은 각각 21.509와 0.128로 나타났다. 0.05보다 큰 유의확률로 두 집단은 그래프 해석 능력에 있어서 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

위의 A, B집단은 사용하게 되는 탐구 도구에 차이를 둔 집단 구분으로, 탐구 도구가 데이터 해석에 미치는 영향을 살펴보는 과정에서 학생의 사전 데이터 해석 능력이 사후검사에 미치는 영향을 통제할 필요가 있다. 이를 위해 사전검사 결과를 바탕으로 두 집단의 학생들을 다시 사전 데이터 해석 수준에 따라 세분화하였다. 유의미한 수준별 집단 수를 도출하기 위해 전체 집단의 사전검사 점수를 바탕으로 군집분석을 실시하였다.



[그림 4-1] 사전 검사 결과에 대한
계층적 군집분석 덴드로그램

계층적 군집분석의 결과로 출력된 [그림 4-1]의 덴드로그램을 살펴보면 전체 학생이 크게 4개의 수준으로 구분될 수 있음을 알 수 있다. 이를 통해 두 집단의 학생들을 사전 데이터 해석 수준에 따라 다음 [표 4-3]과 같이 4개의 소집단으로 세분화하였다.

[표 4-3] 사전 데이터 해석 수준에 따른 소집단 분류 결과

점수 구간	수준	A집단(17명)	B집단(23명)	전체(40명)
16점(만점)	상	6 (15%)	7 (17.5%)	13 (32.5%)
15~13점	중	4 (10%)	11 (27.5%)	15 (37.5%)
12~9점	하	5 (12.5%)	5 (12.5%)	10 (25%)
8점 이하	최하	2 (5%)	0	2 (5%)

이를 바탕으로 두 집단의 각 문항별 정답률을 살펴보면 다음 [표 4-4]와 같으며, 두 집단 내에서도 수준별 소집단의 채점 결과는 다음 [표 4-5]와 같이 나타났다.

[표 4-4] 사전 검사 문항별 정답률

영역	문항	채점 결과	응답 비율(%)		
			전체	집단별	
				A	B
자료 읽기	1	정답	72.5	58.8	82.6
		오답	27.5	41.2	17.4
	2	정답	72.5	58.8	82.6
		부분 오답	20 7.5	23.5 17.6	17.4
	3	정답	90	88.2	91.3
		부분 오답	7.5 2.5	5.9 5.9	8.7
자료 사이 읽기	4	정답	82.5	82.4	82.6
		오답	17.5	17.6	17.4
	5	정답	67.5	70.6	65.2
		부분 오답	25 7.5	17.6 11.8	30.4 4.3
	6	정답	57.5	52.9	60.9
		부분 오답	35 7.5	35.3 11.8	34.8 4.3
자료 너머 읽기	7	정답	92.5	88.2	95.7
		오답	7.5	11.8	4.3
	7-1	정답	85	76.5	91.3
		부분 오답	10 5	17.6 5.9	4.3 4.3

[표 4-5] 사전 검사에 대한 수준별 소집단 채점 결과

영역	문항	채점 결과	사전 데이터 해석 수준별 학생 수(명)							
			상 (13)		중 (15)		하 (10)		최하 (2)	전체 (40)
			A (6)	B (7)	A (4)	B (11)	A (5)	B (5)	A (2)	
자료 읽기	1	정답	6	7	3	8	1	4		29
		부분 오답			1	3	4	1	2	0 11
	2	정답	6	7	4	9	3	3		29
부분 오답					2	3	2	1	8 3	
3	정답	6	7	4	10	4	4	1	36	
	부분 오답				1	1	1		3 1	
자료 사이 읽기	4	정답	6	7	3	10	3	2	2	33
		오답			1	1	2	3		7
	5	정답	6	7	3	5	3	3		27
부분 오답				1	5	2	2		10 3	
6	정답	6	7	2	7	1			23	
	부분 오답			2	4	4	4	1	14 3	
자료 너머 읽기	7	정답	6	7	3	10	4	5	2	37
		오답			1	1	1			3
7-1	정답 부분 오답	정답	6	7	4	11	3	3		34
		부분 오답					2	1	1	4 2

2. 데이터 해석의 영역별 응답 분석

가. 자료 읽기 영역

1번 문항은 그래프 축의 변수가 무엇인지에 대해 묻는 문항으로, 가로축과 세로축의 정보를 찾아 읽을 것을 요구한다. 현재 겪은선 그래프를 다루는 수학과 교육과정에서는 ‘축’이라는 용어를 도입하지 않고, 가로와 세로에 나타난 것(정보) 수준으로 축에 대해 다룬다. 이를 고려하여 문항을 풀면서 그래프를 구성하는 독립변인과 종속변인에 대한 의미를 짐작할 수 있는 문구를 추가하여 문제 해결에 도움을 주도록 제작하였다.

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 1	단답형	가로축과 세로축에 나타난 정보 읽기		
		응답 유형	학생 수(명)	
			A (17)	B (23)
정답	-가로축: 시기(날짜), 세로축: 길이(시간)	10	19	29
오답	-가로축과 세로축을 바꿔 작성	2	3	5
	-두 가지 종속변인 요소를 작성(가로축: 낮의 시간(길이), 세로축: 밤의 시간(길이))	1	1	2
	-공란	4		4

전체 73%의 학생들이 정답을 맞춰 대부분의 학생들이 그래프를 볼 때 가로축과 세로축을 구성하는 변수 정보를 찾을 수 있었다. 그러나 약 30%의 학생들이 정답을 적지 못하였다. 아직 가로, 세로 방향과 같은 기본적인 어휘력에 대한 이해 부족으로 축의 변수를 뒤바꿔 적거나(13%), 그래프를 이루는 기본 구성 요소인 축에 대한 개념이 바르게 정립되지 못하여 그래프의 나타난 두 가지 종속변인 요소(낮의 길이, 밤의 길이)를 적거나 공란으로 제출하였다(15%).

2번 문항은 축의 스케일에 대해 묻는 문항으로, 가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 찾아 읽을 것을 요구한다. 구체적으로 날짜별 낮과 밤의 길이에 대한 그래프에서 가로축과 세로축의 눈금을 찾는 문항이다. 그래프의 날짜가 3월 16일부터 시작하여 약 15일 간격으로 매달 첫날(1일)과 중순(16일)에 해당하는 날짜가 번갈아 나타난다. 달에 따라서 30일과 31일인 날이 있는 것을 고려하여 가로축의 눈금 한 칸에 대한 정답은 15일과 16일 모두 해당된다.

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 2	단답형	가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기 읽기		
		응답 유형		학생 수(명)
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-가로축: 15일 또는 16일, 세로축: 2시간	10	19	29
부분 정답	-가로축은 맞았으나, 세로축을 틀린 경우	2	1	3
	-세로축은 맞았으나, 가로축을 틀린 경우	2	3	5
오답	-무관한 숫자 기입	1		1
	-공란	2		2

전체 73%의 학생들이 정답을 맞추었으나, B 집단의 정답률이 월등히 높으며, 상대적으로 A 집단 학생들의 정답률이 저조한 것으로 나타났다. 오답 분석 결과, 0부터 시작하여 2시간 간격으로 표현된 세로축보다는 3월 16일부터 시작한 가로축의 눈금 크기에 대한 오답률이 좀 더 큰 것으로 나타났다. 4학년 꺾은선 그래프에서 일반적으로 가장 기초적인 수준인 0이나 1에서 시작하는 그래프¹⁾를 주로 다루는데, 학생들에게 특정 시점 중간에서 시작하는 그래프의 경우 눈금 한 칸의 크기를 파악하는 데 어려움이 있음을 알 수 있었다.

1) 꺾은선 그래프에 대해 처음 학습하는 초등학교 4학년 수학 교과서에서는 대부분 가로축의 시간 단위가 1일, 1주, 1년 단위로 제시된 경우가 대부분이다.

3번 문항은 대응되는 값의 눈금을 읽는 문항으로, 문제에 제시된 시점(X값)에 해당되는 낮 또는 밤의 길이(Y값)을 찾아 읽을 것을 요구한다. 표의 빈 칸을 채워 완성하는 완성형 문항으로 수학 교과에서 그래프에 대한 평가 문항 유형으로 자주 출제되는 형태이다.

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 3	단답형	주어진 날짜의 낮 또는 밤의 길이 읽기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-두 개 모두 맞춤(3월 16일의 낮의 길이: 12, 5월 16일의 밤의 길이: 9.8)	15	21	36
부분 정답	-한 개만 맞춤(대부분 다른 날짜의 길이를 잘못 읽음)	1	2	3
오답	-공란	1		1

전체 90%의 학생들이 정답을 맞추었으며, 부분 정답 처리된 학생들의 응답 또한 다른 날짜의 시간을 실수로 적은 경우였다. 반면, 본 문항을 공란으로 제출한 학생(1명)의 경우에는 제시된 눈금을 찾아 값을 읽는 기초적인 그래프 이해 능력이 부족하거나, 표 형식으로 제시된 문항 정보를 이해하는 데 어려움이 있을 것으로 보인다.

나. 자료 사이 읽기 영역

4번 문항은 한 그래프 내에서 값의 크기를 비교하는 것으로, 밤의 길이가 가장 긴 때의 날짜를 고르는 문항이다. 문제를 해결하기 위해서는 밤의 길이에 해당되는 그래프를 식별할 수 있어야 하며, 그래프 선의 높낮이에 따라 종속변인인 시간이 길거나 짧음을 인식할 수 있어야 한다.

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 4	선다형	밤의 길이가 가장 긴 때의 날짜 찾기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-① 3월 16일	14	19	33
오답	-② 4월 1일	2	3	5
	-③ 4월 16일	1	1	2

전체 83%의 학생들이 정답을 맞추었으며, 두 집단 모두 비슷한 정답률을 보였다. 문항에서 다루는 그래프의 형태적 특성으로는 낮과 밤의 길이가 12시간으로 같은 3월 16일부터 그래프가 시작되어 마치 두 개의 그래프 선이 한 점에서 시작되는 것처럼 보이는 특징이 있다. 이로 인해 해당 시점의 가장 작은 값을 인식하지 못하고 그 다음 날짜인 4월 16일을 고른 소수의 학생들(13%, 5명)도 발견되었다.

5번 문항은 특정 시점에서 두 그래프 간의 값의 크기를 비교하여 계산하는 문항으로, 선 그래프를 제시된 시점에서 횡단면으로 바라보는 능력을 요구한다. 또한 추가적으로 수학 연산을 활용하여 두 값의 구체적인 수치를 비교해볼 것을 요구한다.

전체 70%의 학생들이 정답을 맞추었으며, 두 집단 모두 비슷한 정답률을 보였다. 주요 오답 유형은 연산 능력 부족 및 실수로 인해 값을 정량적으로 비교하지 못한 경우이다. 6월 1일의 낮의 길이는 14.5시간, 밤의 길이는 9.5시간으로 소수 첫째 자리 수의 뺄셈 계산이 요구된다. 문항 개발 시 데이터 해석 외 수학적 계산 능력의 영향을 최소화하고자 계산 결과가 자연수로 나오도록 난이도를 조절하여 제작하였음에도 25%의 학생들이 이를 해결하지 못했다. 그중 일부 학생(8%, 3명)은 문제를 제대로

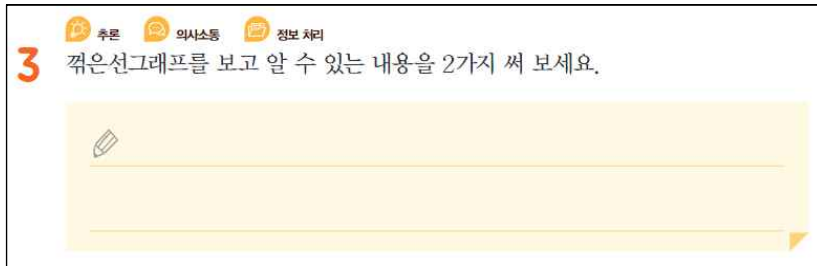
로 읽지 않아 그래프에 제시된 값을 그대로 작성하였고, 소수의 학생들(13%, 5명)은 문제를 바르게 읽고 계산을 시도하였음에도 해결하지 못하였다. 또한 공란으로 제출한 학생들(2명)은 자료 읽기 영역인 1~3번 문항부터 오답을 보인 학생들로, 기본적인 자료 읽기 수준의 이해가 어려운 경우 자료 사이 읽기 영역의 문제 해결에도 어려움이 있었다.

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 5	단답형	한 시점의 낮과 밤의 길이 차이 계산하기		
		응답 유형		학생 수(명)
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-계산: 5시간, 비교: 길다, 많다	12	16	28
부분 정답	-(계산)계산하지 않고 그래프의 값을 그대로 쓴 경우		2	2
	-(계산)계산을 시도하였으나 값이 틀린 경우	2	3	5
	-(비교)길이 비교를 잘못된 경우	1	1	2
오답	-그래프의 값을 그대로 쓰고, 길이를 잘못 비교함		1	1
	-공란	2		2

6번 문항은 그래프에 나타난 변인 간의 규칙성이나 관계를 진술하는 문항으로, 시기에 따른 낮과 밤의 길이 변화를 서술하여 그래프에 대한 결론을 도출하도록 요구한다. 이를 해결하기 위해서는 그래프를 통해 알 수 있는 여러 가지 정보들을 우선순위에 따라 인식하고, 최종적으로 가장 주요한 정보를 추출할 수 있어야 한다(Wood, 1968).

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 6	서술형	시간에 따른 낮과 밤의 길이 변화 진술하기		
응답 유형		학생 수(명)		
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-시간이 지남에 따라 낮의 길이는 점점 길어지고, 밤의 길이는 점점 짧아진다.	9	14	23
부분 정답	-낮과 밤 중 한 가지에 대해서만 진술	3	3	6
	-변화 경향이 아닌 전체 값의 크기 비교 진술(낮이 밤보다 길다)	2	3	5
	-특정 시점의 값의 크기 비교 진술(6월 1일에는 밤보다 낮이 길다)	1	1	2
	-그래프 상의 정보가 아닌 자신의 배경지식을 활용하여 진술(겨울과 봄엔 밤이 더 길고, 여름과 가을엔 낮이 더 길다)		1	1
오답	-그래프의 변수 내용 진술(낮과 밤의 길이를 알 수 있음)		1	1
	-공란	2		2

본 문항은 시간의 흐름이라는 독립변인에 따른 두 가지 종속변인, 즉 낮의 길이와 밤의 길이의 변화 모두를 진술해야 정답 처리되었는데, 전체 학생의 58%(23명)가 두 가지 요인을 모두 잘 진술한 것으로 조사되었다. 반면, 전체 학생의 33%(13명)가 부분 정답 처리되었는데, 대부분 그래프에 드러난 단편적인 정보를 진술한 경우였다. 시간에 따른 변화를 나타내는 선 그래프의 특성을 바탕으로 가장 핵심적인 정보를 추출하지 못한 경우로, 그 응답 유형은 다음과 같다. 첫째, 낮과 밤이라는 두 가지 요인 중 한 가지의 경향만 진술한 경우(15%, 6명)이다. 둘째, 시간에 따른 변화보다는 두 종속변인 간의 크기 비교에 집중하여 일부(18%, 7명)는 낮과 밤의 길이를 비교하여 진술하였다. 셋째, 그래프의 종속변인에 해당되는 변수 정보 자체를 언급한 경우로, 한 학생(3%)은 낮과 밤의 길이를 알 수 있다고 작성하였다.



[그림 4-2] 수학 교과서에서 자주 출제되는 그래프 해석 문항 예(아이스크림 출판사)

이러한 응답의 원인으로는 수학 교과에서 다루지는 유사한 유형의 문제 해결 경험을 들 수 있다. 그래프 해석과 관련되어 자주 출제되는 유형으로 ‘그래프를 보고 알 수 있는 내용’을 작성하는 문제이다[그림 4-2]. 이러한 문항은 대부분 그래프에 드러난 어떠한 정보를 작성하여도 정답 처리되는데, 과거 이러한 문제 풀이 경험이 본 문항의 다양한 응답이 나온 원인으로 추정된다.

다. 자료 너머 읽기 영역

7번과 7-1번 문항은 예상하기에 해당되는 문항으로, 그래프 내에 제시되어 있지 않은 부분(밤의 시간)을 예상할 것을 요구한다. 엄밀히 본 문항은 자료 너머 읽기 영역 중 예상하기와 추론하기에 모두 해당될 수 있는 문항으로, 두 가지 방식으로 모두 풀이가 가능하다. 초기 문항은 구체적인 시간을 계산하여 구하는 단답식 유형으로, 하루가 24시간이라는 점을 바탕으로 낮의 시간에서 밤의 시간을 추론하는 능력을 요하도록 계획하였다. 그러나 전문가 검토 과정에서 낮과 밤의 길이 변화라는 내용 제재가 6학년 2학기 과학 교과(계절의 변화)에서 태양의 남중고도와 함께 다루지는 점을 고려하여 난이도 조절 차원에서 선다형으로 문항을 수정하고, 낮과 밤의 길이 변화 경향을 바탕으로 예상할 수 있도록 문항을 수정하였다.

문항	문항 유형	문항 내용		
사전 7 7-1	선다형 서술형	그래프의 제시되지 않은 밤의 길이 예상하고 그 이유 설명하기		
응답 유형		학생 수(명)		
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-㉠ 6월 1일보다 짧을 것이다	14	21	35
	· 하루가 24시간인 점을 바탕으로 낮의 길이가 길어진 점을 근거로 들거나 직접 계산하여 밤의 길이를 구함		4	4
	· 밤의 길이가 점점 짧아지고 있는 경향 언급	14	17	31
부분 정답	-㉡ 6월 1일과 비슷할 것이다	2	1	3
	· 길이 변화폭이 점점 줄어들을 언급(낮의 길이가 차이가 작아지며 늘어나기 때문에 큰 차이가 나지 않을 것)	2	1	3
오답	-㉠ 6월 1일보다 짧을 것이다	1	1	2
	· 주관적 짐작		1	1
	· 공란	1		1

학생 응답 분석 결과, 88%(37명)로 높은 정답률을 보였으며 그중 대부분(78%, 31명)이 밤의 길이가 점점 짧아지고 있는 점을 근거로 6월 1일 밤의 길이를 예상하였다. 또한 소수의 학생(17%, 4명)은 하루가 24시간이라는 점을 근거로 구체적인 밤의 길이를 설명하였다. 그 외 답변 유형은 크게 두 가지 경우로, 먼저 예상에 대한 보기는 바르게 선택하였으나 그 이유를 설명하지 못하거나 주관적인 짐작을 작성한 소수의 학생(5%, 2명)이다. 또 다른 유형은 밤의 길이가 직전과 비슷할 것이라고 예상한 학생들(8%, 3명)로, 낮과 밤의 길이 변화폭이 점점 감소하고 있는 점을 근거로 들었다. 그래프의 기울기 변화를 분석한 점에서 전자의 경우와는 달리 일정 수준의 해석 능력을 갖추고 있으며, 앞선 영역의 문항 풀이에서도 높은 정답률을 보였다.

제 2 절 탐구 도구에 따른 데이터 해석 능력 검사 결과

1. 탐구 도구 유형에 따른 데이터 해석 능력 비교

가. 집단별 결과 분석

사용한 탐구 도구의 유형의 차이가 있는 두 집단별 사후 1차 검사 결과에 대해 기술통계를 실시한 결과는 [표 4-6]과 같다. 사후 1차 검사 결과, 전체 집단의 평균 점수는 총 100점 만점에 79.47점이며, 아날로그 탐구 도구를 사용한 A집단은 74.76점, 디지털 탐구 도구를 사용한 B집단은 82.96점이다. 표준편차를 살펴보면 사전 검사 결과와 유사하게 B집단은 13.099로 상대적으로 고른 분포를 보이는 반면, A집단은 18.900으로 학생 간의 수준 차이가 큰 것으로 나타났다. 초기 사전 데이터 해석 능력이 뛰어났던 만큼 사후 1차 검사의 집단별 평균 점수상으로도 B 집단의 평균이 8.2점 더 높게 나타났다.

[표 4-6] 집단별 사후 1차 검사 평균 점수 비교

집단	학생 수 (명)	평균	표준편차	최소값	최대값
A집단	17	74.76	18.900	32	100
B집단	23	82.96	13.099	50	100
전체	40	79.47	16.129	32	100

사전 데이터 해석 능력이 미치는 영향을 최소화하고 탐구 도구의 유형에 따른 차이를 명확히 확인하고자 두 집단 내에서도 사전 데이터 해석 수준이 유사한 집단끼리 비교한 평균 점수는 다음 [표 4-7]과 같다.

[표 4-7] 사후 1차 검사에 대한 수준별 소집단의 평균 점수 비교

사전 데이터 해석 수준	평균 점수(점)			평균 차이(점) (A-B)
	전체	A집단	B집단	
상	90 (13명)	87.7 (6명)	92.3 (7명)	-4.6
중	82 (15명)	81.8 (4명)	82.1 (11명)	-0.3
하	70 (10명)	68.2 (5명)	71.8 (5명)	-3.6
최하	38.5 (2명)	38.5 (2명)		
전체	79.5 (40명)	74.8 (17명)	83 (23명)	-8.2

사전 데이터 해석 능력이 가장 떨어지는 A 집단의 최하 수준의 소집단을 제외한 상, 중, 하, 세 가지 수준의 소집단에서 모두 B 집단의 평균 점수가 높은 것으로 확인되었다. 그중에서도 사전 데이터 해석 수준이 상 수준으로 높았던 소집단의 평균 점수 차이가 -4.6점으로 가장 두드러졌으며, 하 수준 소집단에서도 -3.6점의 차이를 보였다. 이에 반해 중 수준인 소집단 사이에서는 -0.3점으로 상대적으로 탐구 도구에 따른 데이터 해석 능력의 차이가 근소한 것으로 나타났다.

다음으로 두 집단의 각 문항별 정답률과 집단 내 수준별 소집단의 채점 결과를 살펴보면 다음 [표 4-8]과 [표 4-9]와 같이 나타났다.

[표 4-8] 사후 1차 검사 문항별 정답률

영역	문항	채점 결과	응답 비율(%)		
			전체	집단별	
				A	B
자료 읽기	1	정답	85	70.6	95.7
		오답	15	29.4	4.3
	2	정답	95	94.1	95.7
		오답	2.5	5.9	4.3
	3	정답	95	94.1	95.7
		오답	5	5.9	4.3
	5	정답	80	64.7	91.3
		오답	15	29.4	4.3
자료 사이 읽기	4	정답	100	100	100
		오답			
	5-1	정답	70	58.8	78.3
		오답	22.5	23.5	21.7
	5-2	정답	57.5	41.2	69.6
		오답	32.5	41.2	26.1
	6	정답	10	17.6	4.3
		오답	72.5	82.4	65.2
6	정답	22.5	11.8	30.4	
	오답	5	5.9	4.3	
자료 너머 읽기	7	정답	77.5	70.6	82.6
		오답	22.5	29.4	17.4
	8	정답	45	58.8	34.8
		오답	55	41.2	65.2
	9	정답	50	35.3	60.9
		오답	50	64.7	39.1

[표 4-9] 사후 1차 검사에 대한 수준별 소집단 채점 결과

영역	문항	채점 결과	사전 데이터 해석 수준별 학생 수(명)							
			상 (13)		중 (15)		하 (10)		최하 (2)	전체 (40)
			A (6)	B (7)	A (4)	B (11)	A (5)	B (5)	A (2)	
자료 읽기	1	정답 부분 오답	6 7	4 11	2 4	3 1	2 2	34 0 6		
	2	정답 부분 오답	6 7	4 11	4 4 1	4 1	2 2	38 1 1		
	3	정답 오답	6 7	4 11	4 1 1	4 1	2 2	38 2		
	5	정답 부분 오답	4 2	7 10 1	2 2	10 1	4 4 1	32 6 2		
자료 사이 읽기	4	정답 부분 오답	6 7	4 11	5 5	5 5	2 2	40 0 0		
	5-1	정답 부분 오답	5 1	7 3	2 2	8 3	3 3 1 2	28 9 3		
	5-2	정답 부분 오답	3 3	7 4	2 2	7 4	2 2 1 1	23 13 4		
	6	정답 부분 오답	6 7	4 4 6 1	4 4	4 4	1 1 1 1	29 9 2		
자료 너머 읽기	7	정답 오답	5 1	5 2	3 1	10 1	4 4 1 1	31 9		
	8	정답 오답	4 2	5 2	2 2	2 9	3 2	1 4	18 22	
	9	정답 오답	4 2	5 2	2 2	8 3	1 5	1 4	20 20	

나. 영역별 응답 분석

1) 자료 읽기 영역

1번 문항은 그래프 축의 변수가 무엇인지에 대해 묻는 문항으로, 가로축과 세로축의 정보를 찾아 읽을 것을 요구한다. 본 문항은 사전 검사에서도 동일하게 기출된 문항(1번)이며, 1차 과학 탐구 수업 중 두 집단의 학생들 모두 직접 수집한 온도 데이터를 구글 스프레드시트를 이용하여 그래프로 변환하고 각 축의 내용에 적절한 변수명을 작성한 바 있다.

본 문항에 대해 전체의 85%, A 집단의 70.6%, B 집단의 95.7%의 학생들이 정답을 작성하였다. 반면 전체의 15%의 학생들이 오답을 작성하였는데, 대부분(5명)은 사전 검사에서부터 축의 변수에 대한 1번 문항을 해결하지 못한 상태가 이어져 온 경우이다. 오답 유형1에 해당되는 2명의 학생 중 1명(A-16)은 사전 검사에서도 동일하게 가로와 세로의 개념을 헷갈려 했으며, 공란으로 응답한 3명의 학생(A-6, A-10, A-19)은 사전 검사에서도 공란으로 응답하였다. 그 외 특이점으로는 B 집단의 한 학생(B-21)의 경우, 사전 검사에서는 유사 문항을 잘 해결하였음에도 불구하고 본 검사에서는 오답(유형2)을 작성하였다. 본 문항을 틀린 학생들은 모두 사전 데이터 해석 수준이 하위 또는 최하위 집단인 것으로 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용			
1차 1	단답형	가로축과 세로축에 나타난 정보 읽기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-가로축과 세로축에 들어갈 내용을 모두 바르게 작성 · 가로축: 시간, 세로축: 온도	12	22	34	
오답	-유형1: 가로축과 세로축을 바꿔 작성	2		2	
	-유형2: 두 가지 항목(뜨거운 물, 차가운 물)의 경향을 작성 · 온도가 높아짐, 온도가 내려감		1	1	
	-공란	3		3	

2번 문항은 축의 스케일에 대해 묻는 문항으로, 가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 찾아 읽을 것을 요구한다. 본 문항은 사전 검사에서도 동일하게 기출된 문항(2번)이며, 1차 과학 탐구 수업 중 두 집단의 학생들 모두 그래프를 그리는 과정에서 적절한 눈금 한 칸의 크기를 지정하고 해석한 바 있다.

본 문항에 대해 전체의 95%, A 집단의 94.1%, B 집단의 95.7%의 학생들이 정답을 작성하였다. 부분 정답 및 오답 처리된 두 학생은 모두 사전 데이터 해석 수준이 하위인 학생들로 앞선 1번 문항 또한 해결하지 못하였다. 이 중 부분 정답으로 채점된 학생은 B-21로, 가로축 눈금 한 칸의 크기인 ‘1분’은 바르게 적었으나, 세로축의 눈금 한 칸의 크기로 1분 시점에 해당되는 뜨거운 물의 온도 수치를 적어 축의 스케일에 대한 개념이 부족한 것으로 보인다.

문항	문항 유형	문항 내용			
1차 2	단답형	가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기 읽기			
		응답 유형	학생 수(명)		
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 모두 바르게 작성 · 가로축: 1분(60초), 세로축: 5℃		16	22	38
부분 정답	-가로축 또는 세로축 중 한 가지만 바르게 작성			1	1
오답	-공란		1		1

3번 문항은 대응되는 그래프를 찾는 문항으로, 한 그래프 내에 두 개 이상의 항목을 나타내어 선의 개수가 여러 개일 때 각각을 적절한 항목과 바르게 짝지을 수 있는지를 물어보는 문항이다.

본 문항에 대해 전체의 95%, A 집단의 94.1%, B 집단의 95.7%의 학생들이 정답을 작성하였다. 오답 처리된 2명의 학생(A-10, B-18)은 모두 사전 데이터 해석 수준이 하위인 학생들이었으며, 이 중 학생 A-10은 앞선 1, 2번 문항을 모두 해결하지 못하였다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 3	연결형	뜨거운 물과 차가운 물에 대응되는 그래프 찾기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-두 선 그래프를 모두 적절하게 연결 · (ㄱ): 뜨거운 물, (ㄴ): 차가운 물	16	22	38
오답	-뜨거운 물과 차가운 물을 뒤바꿔 연결	1	1	2

5번 문항은 대응되는 값의 눈금을 읽는 문항으로 사전 검사에서도 유사한 형태로 기출되었으며(3번), 그래프의 눈금을 읽고 표의 빈칸을 채우도록 요구한다. 총 2개의 수치를 기입하는 사전 검사 문항에서는 전체의 90%, A 집단의 88.2%, B 집단의 91.3%의 학생들이 정답으로 채점된 바 있다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 5	단답형	주어진 시각에 해당되는 뜨거운 물 또는 차가운 물의 온도 읽기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-온도 수치 4가지를 모두 바르게 작성 · (왼쪽부터)22, 33.5, 28.5, 29	11	21	32
부분 정답	-온도 수치 2~3가지를 바르게 작성	5	1	6
오답	-온도 수치 1가지만 바르게 작성하거나 모두 틀린 경우		1	1
	-공란	1		1

이번 사후 1차 검사에서는 전체의 80%, A 집단의 64.7%, B 집단의 91.3%의 정답률을 보였는데, 큰 변화가 없는 B 집단에 비하여 A 집단의 정답률이 크게 떨어졌다. 비정답 처리된 학생(8명)의 사전 데이터 해석 수준을 분석한 결과, 상위(2명), 중위(3명), 하위(2명), 최하위(1명) 집단의 학생들이 모두 골고루 나타났다. 표에 주어진 시각이 아닌 다른 시각의 온도를 읽고 수치를 잘못 기록한 경우가 대부분이었으나(7명), 최하위 집단에 해당되는 한 학생(A-16)은 사전 검사의 3번 문항과 본 문항 모두 공란으로 제출하였다. 이를 통해 학생 A-16의 경우에는 주어진 좌표의 값을 읽는 기초적인 수준의 선 그래프 해석도 어려운 것으로 판단되었다.

2) 자료 사이 읽기 영역

4번 문항은 그래프에 나타난 경향성이나 규칙성을 파악하는 문항으로, 시간에 따른 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화로 적절한 표현을 골라 문장을 완성하도록 요구한다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 4	완성형	뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화 추이 파악하기		
		학생 수(명)		
		응답 유형		
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화를 모두 바르게 선택 · 뜨거운 물: 내려간다, 차가운 물: 올라간다	17	23	40

본 문항의 정답률은 100%로 모든 학생들이 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화를 바르게 선택한 것으로 나타났다. 이를 통해 앞선 자료 읽기 영역에서 어려움을 느꼈던 중위, 하위, 최하위 집단의 학생들도 전체적인 선 그래프의 높낮이 변화를 통해 종속변수(온도)의 변화 경향을 파악하는 데 큰 무리가 없었음을 알 수 있다. 즉, 사전 데이터 해석 수준이 낮

은 학생들의 경우 그래프에 제시된 변수나 축에 대한 정보를 읽는 것보다 시각적인 이미지 정보를 더 쉽게 해석함을 보여준다.

또는 문항 유형 측면에 있어서 단답식에 비해 주어진 세 가지 보기 중에서 적절한 정답을 선택하는 완성형 유형의 문항으로 상대적인 문제 해결난이도가 낮았을 가능성이 있다. 그 외에도 3번 문항에서 뜨거운 물과 차가운 물에 대응되는 선 그래프를 바르게 구별하지 못한 두 명의 학생들(A-10, B-18) 또한 정답을 맞춘 것으로 보아, 그래프에 기반한 해석보다는 과학 탐구 수업 때 기억을 바탕으로 문제를 해결했을 가능성이 존재한다.

5-1번 문항은 주어진 수치 데이터를 비교·계산하는 문항으로, 앞서 해결한 5번 문항의 표 데이터를 바탕으로 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차이를 계산하도록 요구한다. 정량적으로 뜨거운 물과 차가운 물 간의 온도를 비교하고 그 차이를 확인하는 문항으로, 문제 해결을 위해서는 4학년 때 학습한 소수점 한 자리 수의 뺄셈 능력을 필요로 한다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 5-1	단답형	주어진 시각에서의 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차이 계산하기		
응답 유형		학생 수(명)		
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-세 시점의 온도 차 계산을 모두 바르게 해결 · (왼쪽부터)44.5, 1.5, 0	10	18	28
부분 정답	-한, 두 시점의 온도 차 계산만 바르게 해결	4	5	9
오답	-공란	3		3

본 문항에 대해 전체의 70%, A 집단의 58.8%, B 집단의 78.3%의 학생들이 정답을 작성하였다. 오답 응답을 분석한 결과, 소수점 한 자리 수의 뺄셈 과정에서 받아내림 실수로 30-28.5에 대한 계산 결과로 1.5 대

신 2.5라고 쓴 학생이 5명 있었다. 다음으로 공란으로 제출한 3명은 모두 사전 데이터 해석 수준이 하위 또는 최하위인 학생들로, 주변에 계산을 시도한 흔적이 있으나 문항을 공란으로 제출한 경우(A-6, A-16)와 계산 시도 자체가 보이지 않는 경우(A-19)가 있었다. 이 3명의 학생들은 사전 검사 중 유사한 문항(5번)에서도 빨셈 계산을 잘못하거나(A-6), 공란으로 제출하였으며(A-16, A-19), 일관적으로 축의 변수 정보에 대해 작성하는 문항(1번)을 해결하지 못하였다.

5-2번 문항은 수치 데이터의 변화 경향을 진술하는 문항으로, 앞서 5-1번 문항을 통해 계산하여 구한 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차이 값이 어떻게 변화하고 있는지를 진술하도록 요구한다.

본 문항에 대해 전체의 57.5%, A 집단의 41.2%, B 집단의 69.6%의 학생들이 정답을 작성하였다. 전체적으로 정답률이 저조한 문항으로, 응답을 분석한 결과 대부분의 학생들이 온도 차이 값이 작아져 그 결과로써 뜨거운 물과 차가운 물의 온도가 같아짐(유형1)을 언급하여 부분 정답 처리된 경우(10명)였다. 그 외에는 문항의 의미를 잘 이해하지 못하여 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화 경향을 재진술한 경우(B-18)가 있었으며, 앞의 5-1번 문항을 공란으로 응답한 3명의 학생들(A-6, A-16, A-19)이 본 문항에서도 공란으로 제출하였다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 5-2	단답형	뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차의 크기 변화 진술하기		
		학생 수(명)		
		응답 유형		
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-두 물의 온도 차이 값이 점점 작아지고 있음을 진술	7	16	23
부분 정답	-유형1: 두 물의 온도가 같아진다는 결과적 측면만 언급	6	4	10
	-유형2: 줄어든거나 낮아짐을 표현하였으나 의미가 불분명한 경우	1	2	3
오답	-각각의 물의 온도 변화 경향을 언급 · 뜨거운 물은 올라가고 차가운 물은 내려간다		1	1
	-공란	3		3

6번 문항은 그래프에 나타난 주요 변수 간의 관계(규칙성)나 경향을 묻는 문항으로, 시간에 따른 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화에 대한 결론을 서술하도록 요구하는 문항이다. 4번 문항이 뜨거운 물과 차가운 물 각각의 온도 변화에 초점을 맞추었다면, 본 문항은 최종적으로 시간에 따른 온도 변화에 있어서 두 물 사이의 관계, 즉 두 물의 온도가 같아지는 열평형에 대한 결론을 묻는다.

본 문항에 대해 전체의 72.5%, A 집단의 82.4%, B 집단의 65.2%의 학생들이 정답을 작성하였다. 사후 1차 검사의 전체 평균 점수가 더 높은 B 집단의 정답률이 저조한 문항으로, 부분 정답 처리된 학생들의 응답을 분석한 결과 대부분의 학생들이 온도 변화에 있어서 두 물 사이의 관계 보다는 각각의 변화에 대해 진술한 경향을 보였다. 오답 처리된 응답 유형으로는 그래프의 내용을 일부 잘못 해석한 경우(B-10)와 공란으로 제출한 경우(A-19)가 있었다. 학생 B-10의 경우 4번 문항에서 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화 경향을 바르게 선택한 것으로 보아 부주의로 인한 오답 작성의 가능성이 있다. 학생 A-19는 본 검사의 1번과 5-1번, 5-2번을 공란으로 제출한 학생으로, 사전 검사에서도 그래프의 결론에 대해 서술하는 유사 문항(6번)에 공란으로 응답한 바 있다.

문항	문항 유형	문항 내용		
		학생 수(명)		
1차 6	서술형	시간에 따른 뜨거운 물과 차가운 물 사이의 온도 변화 관계 서술하기		
	응답 유형	A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-시간이 지남에 따라 두 물의 온도가 점점 같아짐 또는 두 물의 온도 차이가 줄어들음을 언급	14	15	29
부분 정답	-각각의 물의 온도 변화 경향만을 언급 · 뜨거운 물의 온도는 올라가고 차가운 물의 온도는 내려간다	2	7	9
오답	-그래프와 상응하지 않는 내용을 언급 · 뜨거운 물의 온도는 내려가고 차가운 물은 내려간다		1	1
	-공란	1		1

3) 자료 너머 읽기 영역

7~8번 문항은 자료 너머 읽기 영역 중에서도 확장하기에 해당되는 내용으로, 1차 과학 탐구 수업을 통해 도달한 결론을 바탕으로 새로운 상황에 적용하여 해석하는 능력을 요구한다. 구체적으로 1차 수업에서 학생들은 차가운 물 100ml와 뜨거운 물 100ml를 이용하여 탐구를 진행하였는데, 이 과정에서 두 물이 열평형을 이룬 시점의 온도와 소요된 시간 정보를 그래프를 통해 해석한 바 있다. 이를 바탕으로 다음 2차 수업에서 차가운 물의 양을 늘린 차가운 물 200ml와 뜨거운 물 100ml로 탐구를 진행하였을 때 예상되는 결과에 대해 묻는다. 문항 유형에 있어서 선다형과 서술형이 결합된 세트 문항으로, 자신의 예상을 보기에서 고르고 그에 대한 이유를 서술하도록 구성되어 있다. 두 하위 문항 중에서 선다형만 배점 처리를 하였으며, 서술형은 선다형 응답에 대한 근거를 분석하기 위한 용도로 활용된다. 검사지 개발 중 파일럿 테스트 과정에서 해당 문항에 대한 응답을 시험 분석해본 결과, 예상에 대한 근거가 대부분 두 탐구 상황의 차이점 기술이나 학생의 주관적인 추측 수준으로 객관적인 채점이 어려운 부분을 반영하였다.

7번 문항에서는 전체의 77.5%, A 집단의 70.6%, B 집단의 82.6%가 정답을 선택하였다. 대부분의 정답 응답으로는 문제 상황에서 제시된 차가운 물의 양이 더 증가한 부분을 언급하였으며(29명), 일상생활 속 경험을 바탕으로 온도가 낮아짐을 쉽게 예상한 것으로 보인다.

오답 응답으로는 더 다양한 유형이 나왔는데, 일부 응답(유형1)을 통해서 학생들이 열과 온도 개념의 혼동을 가지고 있음을 파악할 수 있었다(신미라, 1999). 그 외에도 실험 절차상의 유사성(A-6)이나 열평형 현상의 공통점(A-16, A-19)을 근거로 든 경우가 있었으며, 소수의 학생은 비논리적인 주관적 해석을 근거로 들거나 예상 결과로 더 높은 온도로 열평형에 이를 것이라 응답한 학생도 1명 있었다.

문항 1차 7	문항 유형 선다형	문항 내용 차가운 물의 양을 늘렸을 때 열평형을 이루는 온도 예상하기	학생 수(명)		
			A (17)	B (23)	전체 (40)
응답 유형					
정답	-③ 더 낮을 것이다		12	19	31
	-차가운 물의 양이 더 많아짐을 언급		11	18	29
	-물의 양이 달라짐을 언급		1	1	2
오답	-② 비슷할 것이다		5	3	8
	-유형1: 열과 온도에 대한 개념을 혼동한 경우 · 물의 양이 달라져도 온도는 같기 때문에		1	1	2
	-유형2: 열평형 현상의 유사성 언급 · 뜨거운 물과 차가운 물이 만나면 온도가 같아지는 게 비슷하기 때문		2		2
	-유형3: 실험 절차의 유사성 언급 · 실험을 비슷하게 진행하면 온도도 비슷할 것		1		1
	-문제 상황을 잘못 이해하여 긴 시간 후의 상태 예상 · 계속 시간이 흐르면 결국 비슷해짐		1		1
	-주관적 해석 · 큰 차이가 없을 것 같아서, 차가운 물의 양이 비슷해서			2	2
	-① 더 높을 것이다			1	1
	-차가운 물의 양이 더 많아짐을 언급			1	1

8번 문항은 전체의 45%, A 집단의 58.8%, B 집단의 34.8% 정답률을 보인 문항으로, 6번 문항과 함께 B 집단의 정답률이 A 집단보다 저조한 문항이다. 또한 사후 1차 검사에서 9번 문항과 함께 정답률이 50% 이하인 문항으로, 열평형을 이루는 온도를 예상하는 7번 문항과 비교하였을 때 소요 시간에 대한 예상을 학생들이 더 어려워한 점을 확인할 수 있다.

사전 데이터 해석 수준과 무관하게 열평형에 이르는 데 걸리는 시간에 대한 학생들 간의 예상과 그에 대한 근거가 매우 다양하게 나타났다. 더 오래 걸릴 것이라는 예상과 더 적게 걸릴 것이라는 예상이 크게 엇갈렸는데, 그 근거에 대한 유형은 크게 아래 표와 같다. 이 중에서도 차가운 물의 양이 늘어난 점을 온도 변화와 관련하여 해석하는 방식에 따라 학생들은 정답과 오답을 달리 선택하였다. 정답을 선택한 학생들은 차가운 물의 양이 늘어나며 뜨거운 물이 차가운 물의 온도를 올리는 데 더 오랜 시간이 걸릴 것이라고 예상하였다. 반면, 오답을 선택한 학생들은 차가운 물이 많아짐에 따라 차가운 물이 뜨거운 물의 온도를 더 빠르게 낮출 것이라고 설명하였다. 이를 통해 학생들의 온도와 열 개념에 대한 이해 수준을 확인할 수 있다.

열이란 개념은 에너지의 이동과정에서 정의되는 것으로, 온도가 다른 두 물체가 접촉하였을 때 높은 온도의 물체에서 낮은 온도의 물체로 이동하는 에너지의 이동으로 정의된다(신미라, 1999; 김성진, 1999). 이를 고려하였을 때, 오답을 선택한 학생들이 갖는 열과 관련된 오개념 유형은 다음과 같다. 먼저 더 적게 걸릴 것이라고 예상한 학생들은 ‘더 많은 양의 차가운 물이 뜨거운 물을 더 빨리 식힌다.’라는 표현을 많이 사용하였는데, 이를 통해 열을 뜨거운 열과 차가운 열로 구분하여 ‘냉기’를 열의 반대 개념을 생각하는 경향을 짐작해 볼 수 있다(Ericson, 1979; 권기태, 1993; 신미라, 1999, 김성진, 1999, 최행숙 외, 2001). 또한 열의 이동 방향에 있어서도 차가운 온도의 물체에서 냉기가 뜨거운 온도의 물체로 이동하거나 열과 냉기가 양방향으로 섞이는 듯한 인식을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 비슷하게 걸릴 것이라고 예상한 학생들의 경우에는 열량과 온도 개념을 혼동하거나 열평형에 있어서 물의 양(질량)을 고려하지 못하는 모습이 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 8	선다형	차가운 물의 양을 늘렸을 때 열평형을 이루는 데 걸린 시간 예상하기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-① 더 오래 걸릴 것이다	10	8	18
	-차가운 물이 더 많아짐에 따라 차가운 물의 온도가 올라가는 데 더 오랜 시간이 소요됨을 언급	2	1	3
	-(차가운) 물의 양이 더 많은 점만 언급	5	6	11
	-두 물의 양 차이가 커진 점 언급	2	1	3
	-열평형 현상의 유사성 언급	1		1
오답	-③ 더 적게 걸릴 것이다	5	11	16
	-차가운 물이 더 많아짐에 따라 뜨거운 물의 온도가 더 빠르게 떨어지게 됨을 언급	3	6	9
	-(차가운) 물의 양이 더 많은 점만 언급	2	5	7
	-② 비슷할 것이다	2	4	6
	-물의 양 변화와 무관하게 걸리는 시간이 비슷할 것이라고 언급	1	3	4
	-물의 온도가 같은 점 언급	1		1
	-실험 절차의 유사성 언급		1	1

9번 문항은 예상되는 결과에 적절한 그래프 형태를 추론하는 문항으로, 앞서 7~8번에서 한 예상을 바탕으로 1차 탐구 그래프와 비교하여 예상되는 2차 탐구 결과에 가장 적절한 그래프 형태를 고르도록 요구한다. 7~8번에서 2차 탐구 결과에 대해 틀린 예상을 하였더라도 학생이 예상한 온도와 시간 변화에 적절한 그래프 형태를 고를 경우에는 정답으로 처리하였다. 즉, 열평형과 관련된 과학적 지식이나 개념보다는 변수의 변화에 따른 그래프의 형태를 추론하는 데 초점을 맞춘 문항이다.

본 문항은 전체의 50%, A 집단의 35.3%, B 집단의 60.9% 정답률을 보이며, 사후 1차 검사에서 9번 문항과 함께 정답률이 50% 이하로 집계된 문항이다.

문항	문항 유형	문항 내용		
1차 9	선다형	예상한 결과에 대응되는 그래프 선택하기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-자신의 예상에 대응되는 그래프를 선택함	6	14	20
	-예상의 내용도 옳고 그에 대응되는 그래프를 선택한 경우	3	5	8
	-예상 내용은 틀렸으나 대응되는 그래프를 선택한 경우	3	9	12
오답	-자신의 예상에 대응되는 그래프를 선택하지 못함	11	9	20
	-예상 자체는 바르게 했으나 그래프만 잘못 선택한 경우	4	1	5
	-예상과 그래프 모두 잘못 선택한 경우	7	8	15

2. 탐구 도구 사용 경험에 따른 데이터 해석 능력 비교

가. 집단별 결과 분석

1차 및 2차 과학 탐구 수업을 거치며 탐구 도구 사용 경험에 차이가 있는 두 집단별 사후 2차 검사 결과에 대해 기술통계를 실시한 결과는 [표4-10]과 같다. 검사 결과, 전체 집단의 평균 점수는 총 100점 만점에 83.60점이며, 아날로그 탐구 도구와 디지털 탐구 도구를 모두 경험한 A 집단은 83.59점, 디지털 탐구 도구만을 경험한 B집단은 83.61점이다. 표준편차를 살펴보면 이전 검사와 일관되게 18.183인 B 집단보다 22.408로 나타나는 A 집단의 학생 간 수준 차이가 큰 것으로 나타났다. 그러나 지난 사후 1차 데이터 해석 검사 결과와 비교하여 집단 간 평균 점수 차이가 -8.2점에서 -0.02점으로 크게 줄어들었다.

[표 4-10] 집단별 사후 2차 검사 평균 점수 비교

집단	학생 수 (명)	평균	표준편차	최소값	최대값
A집단	17	83.59	22.408	19	100
B집단	23	83.61	18.183	31	100
전체	40	83.60	19.812	19	100

사전 데이터 해석 수준에 따른 소집단별 평균 점수를 비교·분석한 결과는 다음 [표 4-11]과 같다. 최하위 수준의 소집단을 제외한 상위, 중위, 하위, 세 가지 수준의 소집단에서 모두 A 집단의 평균 점수가 높은 것으로 확인되었다. 이는 지난 사후 1차 검사에서 상, 중, 하 수준의 세 집단에서 모두 B 집단의 평균 점수가 높았던 결과와 매우 대조적이다. 구체적으로 수준별 소집단 간의 평균 점수 차이를 살펴보면 1차 검사와 마찬가지로 사전 데이터 해석 수준이 높았던 학생 집단에서의 차이(8.7점)

가 가장 두드러졌다. 유사하게 하 수준으로 분류된 소집단에서 5.4점으로 그 뒤를 이었으며, 중 수준 소집단에서는 2.8점으로 가장 적은 차이가 나타났다.

[표 4-11] 사후 2차 검사에 대한 수준별 소집단의 평균 점수 비교

사전 데이터 해석 수준	평균 점수(점)			평균 차이(점) (A-B)
	전체	A집단	B집단	
상	90 (13명)	94.7 (6명)	86 (7명)	8.7
중	87.3 (15명)	89.3 (4명)	86.5 (11명)	2.8
하	76.5 (10명)	79.2 (5명)	73.8 (5명)	5.4
최하	50 (2명)	50 (2명)		
전체	83.60 (40명)	83.59 (17명)	83.61 (23명)	-0.02

다음으로 두 집단의 각 문항별 정답률과 집단 내 수준별 소집단의 채점 결과를 살펴보면 다음 [표 4-12]과 [표 4-13]과 같이 나타났다.

[표 4-12] 사후 2차 검사 문항별 정답률

영역	문항	채점 결과	응답 비율(%)		
			전체	집단별	
				A	B
자료 읽기	1	정답	97.5	100	95.7
		오답	2.5		4.3
	2	정답	97.5	100	95.7
		오답	2.5		4.3
	3	정답	92.5	82.4	100
		오답	7.5	17.6	0
	4	정답	92.5	88.2	95.7
		오답	7.5	11.8	4.3
자료 사이 읽기	4-1	정답	90	88.2	91.3
		오답	10	11.8	8.7
	4-2	정답	82.5	88.2	78.3
		부분 오답	5 12.5		8.7 13
	5-1	정답	75	70.6	78.3
		부분 오답	5 20	11.8 17.6	
5-2	정답	87.5	82.4	91.3	
	부분 오답	5 7.5	11.8 5.9		8.7
자료 너머 읽기	6	정답	85	88.2	82.6
		오답	15	11.8	17.4
	6-1	정답	55	41.2	65.2
		부분 오답	32.5 12.5	47.1 11.8	21.7 13
	7	정답	92.5	94.1	91.3
오답		7.5	5.9	8.7	
8	정답	52.5	52.9	52.2	
	오답	47.5	47.1	47.8	
9	정답	65	76.5	56.5	
	오답	35	23.5	43.5	

[표 4-13] 사후 2차 검사에 대한 수준별 소집단 채점 결과

영역	문항	채점 결과	사전 데이터 해석 수준별 학생 수(명)							전체 (40)
			상 (13)		중 (15)		하 (10)		최하 (2)	
			A (6)	B (7)	A (4)	B (11)	A (5)	B (5)	A (2)	
자료 읽기	1	정답 오답	6 7	4 11	5 4	4 1	2	39 1		
	2	정답 오답	6 7	4 11	5 4	4 1	2	39 1		
	3	정답 오답	6 7	3 11	4 5	1 1	1 1	37 3		
자료 사이 읽기	4	정답 오답	6 7	4 11	4 4	1 1	1 1	37 3		
	4-1	정답 오답	6 6	4 11	4 4	1 1	1 1	36 4		
	4-2	정답 부분 오답	6 6	4 9	4 3	1 2	1	33 2 5		
	5-1	정답 부분 오답	5 5	3 9	3 4	1 1	1 1	30 2 8		
	5-2	정답 부분 오답	6 7	3 10	4 4	1 1	1 1	35 2 3		
	6	정답 오답	6 6	4 9	4 4	1 1	1 1	34 6		
자료 너머 읽기	6-1	정답 부분 오답	4 3	3 7	3 5	2 1	1	22 13 5		
	7	정답 오답	6 7	4 10	5 4	1 1	1	37 3		
	8	정답 오답	4 5	3 6	2 1	1 4	2	21 19		
	9	정답 오답	6 4	4 7	3 2	2 3	2	26 14		

나. 영역별 결과 분석

1) 자료 읽기 영역

1번 문항은 그래프 축의 변수가 무엇인지에 대해 묻는 문항으로, 사전 및 사후 1차 검사에서도 동일하게 기출된 문항이다. 두 차례와 검사와 탐구 수업을 통해 대부분의 학생들이 정답을 맞춘 것으로 나타났다. 그러나 학생 B-21은 여전히 그래프의 축을 이루는 변수의 개념을 이해하지 못하였다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 1	단답형	가로축과 세로축에 나타난 정보 읽기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-가로축과 세로축에 들어갈 내용을 모두 바르게 작성 · 가로축: 시간, 세로축: 온도	17	22	39	
오답	-그래프에 그려지는 두 가지 항목(뜨거운 물, 차가운 물)을 작성		1	1	

2번 문항은 축의 스케일에 대해 묻는 문항으로, 사전 및 사후 1차 검사에서도 동일하게 기출된 문항이다. 과학 탐구 수업을 통해 대부분의 학생이 정답을 맞추게 된 반면, 1번 문항과 마찬가지로 학생 B-21은 그래프를 구성하는 축에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 2	단답형	가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기 읽기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 모두 바르게 작성 · 가로축: 60초, 세로축: 5℃	17	22	39	
오답	-무관한 숫자 작성 · 가로축: 120초, 세로축: 11℃		1	1	

3번 문항은 대응되는 그래프를 찾는 문항으로, 사후 1차 검사에서도 동일하게 기출된 바 있다. 1차 검사에서는 뜨거운 물, 차가운 물 각각 1개씩 총 2개의 선이 있었다면, 2차 검사에서는 각각 2개씩 총 4개의 선이라는 점에서 차이가 있다.

전체의 92.5%, A 집단의 82.4%, B 집단의 100% 정답률을 보였으며, A 집단의 3명의 학생들이 오답 처리되었다. 응답을 분석한 결과, 3명의 학생 모두 선 그래프의 색상을 바탕으로 뜨거운 물과 차가운 물을 대응시킨 경향이 나타났다. 이 중 2명의 학생은 1차 검사에서는 정답을 맞추었던 것으로 보아 선의 개수가 많은 상대적으로 복잡한 그래프에서는 색상과 같은 시각적 요소에 집중한 것으로 보인다. 반면 한 학생(A-10)은 1차 및 2차에서 모두 해당 내용의 문항을 맞추지 못한 것으로 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 3	연결형	뜨거운 물과 차가운 물에 대응되는 그래프 찾기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-네 선 그래프를 모두 적절하게 연결 · (ㄴ), (ㄷ): 뜨거운 물, (ㄱ), (ㄹ): 차가운 물		14	23	37
오답	-붉은 계열 색의 선을 뜨거운 물로, 푸른 계열 색의 선을 차가운 물로 뒤바꿔 연결		3		3

2) 자료 사이 읽기 영역

4번 문항은 그래프에 나타난 네 가지 항목의 온도 변화를 비교하여 열평형을 이루게 되는 두 쌍의 선 그래프를 구분하는 문항이다. 이를 해결하기 위해서는 데이터 간의 비교를 전체로 하는데, 온도가 같아지는 지점을 찾는 과정이란 기본적으로 두 물의 온도 데이터를 계속 반복 비교하여 추적하는 과정을 동반하기 때문이다. 또한 그래프가 자료를 상징적으로 표상하는 방식에 대한 이해가 필요한데 즉, ‘온도가 같아진다’라는 의미를 시간과 온도라는 두 변수로 그려진 그래프 속 두 선이 만나는 모습과 매치시킬 수 있어야 한다.

본 문항은 전체의 92.5%, A 집단의 88.2%, B 집단의 95.7% 정답률을 보여, 대부분의 학생이 그래프를 통해 시간에 따른 온도 변화를 양호하게 해석하고 있음을 알 수 있다. 반면 오답으로 처리된 학생 3명은 A-6, A-16, B-21로, 앞선 사후 1차 검사에서 일관적으로 축을 구성하는 변수에 대한 이해가 부족하여 기초적인 그래프 해석에 어려움이 있던 학생들로 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 4	완성형	열평형을 이루는 선 그래프끼리 짝짓기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-열평형을 이루는 두 쌍의 선 그래프를 모두 구분함 · (ㄱ), (ㄴ) / (ㄷ), (ㄹ)	15	22	37	
오답	-뜨거운 물끼리, 차가운 물끼리 구분함	2	1	3	

4-1번과 4-2번은 열평형을 이루는 두 쌍의 선 그래프를 보고 각각의 온도와 시간 데이터를 해석하는 문항으로, 4번의 하위 문항으로 구성되었다. 4번 문항에서 구분한 두 열평형 상황을 전제로 각각에 대한 데이터 해석이 이루어지기에 4번 문항이 틀릴 경우 연계하여 오답 처리된다.

4-1번 문항은 전체의 90%, A 집단의 88.2%, B 집단의 91.3% 정답률을 보여 대부분의 학생들이 열평형을 이루는 순간의 온도 눈금을 바르게 찾아 읽을 수 있었다. 간혹 실수로 두 수치를 바꿔쓰거나 올바른 수치를 적었음에도 4번과 연계하여 틀린 경우도 있었으나(B-21), 소수의 학생(A-6, A-16)은 4번에 이어 무관한 수치를 작성하여 오답 처리되었다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 4-1	단답형	두 쌍의 그래프가 각각 열평형을 이룬 때의 온도 읽기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-두 쌍의 선 그래프가 열평형을 이룬 때의 온도를 모두 바르게 적음 · (ㄱ), (ㄴ): 30℃ / (ㄷ), (ㄹ): 24.3℃		15	21	36
오답	-열평형일 때의 두 온도 자체는 다르나, 서로 바뀌씀			1	1
	-두 온도 자체는 다르나, 4번 문제에서 열평형을 이루는 그래프끼리 바르게 짝짓지 못함			1	1
	-온도와 4번 문제 모두 틀린 경우		2		2

4-2번 문항은 전체의 82.5%, A 집단의 88.2%, B 집단의 78.3% 정답률을 보였는데, 4-1번 문항과 큰 차이가 없는 A 집단과 달리 B 집단의 정답률은 소폭 하락하였다. 이에 대한 오답 응답을 분석한 결과, 그래프의 그림 상에서 두 선이 가깝게 맞닿은 듯 보이는 지점을 대신 잘못 읽은 경우가 있었으며(2명), 4-1번의 온도 데이터는 바르게 읽었으나 시간 데이터는 읽지 못한 학생(B-18)이 있었다.

문항	문항 유형	문항 내용		
2차 4-2	단답형	두 쌍의 그래프가 각각 열평형을 이룬 시각 읽기		
		응답 유형		학생 수(명)
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-두 쌍의 선 그래프가 열평형을 이룬 시각(초)을 모두 바르게 적음 · (ㄱ), (ㄴ): 1320 / (ㄷ), (ㄹ): 1560	15	18	33
오답	-그래프상에서 두 선이 가깝게 맞닿은 듯 보이는 지점을 대신 읽음		2	2
	-열평형일 때의 두 온도 자체는 다르나, 서로 바뀌씀		1	1
	-두 온도 자체는 다르나, 4번 문제에서 열평형을 이루는 그래프끼리 바르게 짝짓지 못함	1	1	2
	-무관한 시각 작성		1	1
	-공란	1		1

5번의 5-1번과 5-2번 문항은 열평형을 이루는 두 쌍의 그래프를 보고 공통점과 차이점을 파악하도록 요구하는 문항이다. 이때 응답의 범위를 고려하여 4-1번과 4-2번 문항의 답안을 바탕으로 작성하도록 제한하였다. 본 문항을 통해 학생들은 데이터 간의 패턴이나 규칙성을 언어적 표현으로 명료하게 정리하고, 두 열평형 상황을 온도와 시간 정보를 중심으로 분석해봄으로써 실제 탐구 상황과 연결지어 해석하는 6번과 6-1번 문항에 대한 단서를 얻는다.

5-1번 문항은 전체의 75%, A 집단의 70.6%, B 집단의 78.3% 정답률을 보였다. 부분 정답 처리된 응답으로는 주요 변수를 바탕으로 그래프의 포괄적인 내용을 서술한 경우가 있었으며(2명), 오답 응답으로는 실험 상황의 유사점에 대해 언급한 경우(4명)가 가장 많이 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용		
2차 5-1	서술형	열평형을 이룬 두 쌍의 그래프 간의 공통점 파악하기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-시간이 지남에 따라 뜨거운 물과 차가운 물의 온도가 같아 지거나 비슷해짐을 언급	12	18	30
부분 정답	-그래프의 변수를 공통점으로 언급 · 시간에 따른 온도 변화를 나타낸다	2		2
오답	-실험 상황의 공통점으로 언급 · 뜨거운 물과 차가운 물이 만난다/사용했다, 온도랑 시간을 측정한다	1	3	4
	-그래프의 외형적 특성을 언급 · 둘 다 선이다		1	1
	-부적절한 판단 · 시간이 같다	1		1
	-공란	1	1	2

5-2번 문항은 전체의 87.5%, A 집단의 82.4%, B 집단의 91.3% 정답률을 보였으며, 정답을 맞춘 대부분의 학생들은 크게 온도와 시간 측면에서 두 쌍의 그래프 간의 차이점을 바르게 서술하였다. 부분 정답 또는 오답 처리된 학생들은 모두 사전 데이터 해석 수준이 하위, 최하위인 학생들로 5-1번부터 그래프의 외형적인 특성을 언급하거나(B-10), 공란으로 응답하였다(B-21).

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 5-2	서술형	열평형을 이룬 두 쌍의 그래프 간의 차이점 파악하기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-열평형을 이루는 온도와 시간이 다름을 모두 언급	4	7	11	
	-열평형을 이룬 때의 온도가 다름을 언급	3	2	5	
	-열평형을 이루는 데 걸린 시간이 다름을 언급	7	12	19	
부분 정답	-그래프 좌표상의 위치로 차이점을 표현 · 같아지는 지점이 다르다	1		1	
	-온도가 다름을 언급하나 불분명한 표현	1		1	
오답	-그래프의 외형적 특성을 언급 · 색이 다르다		1	1	
	-4번 문제에서 그래프를 잘못 분류하여 무관한 답 작성 · (ㄴ), (ㄷ)은 차가운 물, (ㄱ), (ㄱ)은 뜨거운 물	1		1	
	-공란		1	1	

3) 자료 너머 읽기 영역

6번과 6-1번 문항은 추론을 통해 열평형을 이루는 두 쌍의 선 그래프를 1차 및 2차 탐구 상황과 연결하여 해석하도록 요구하는 문항이다. 앞선 문항을 해결하는 과정에서 학생들은 자연스럽게 두 쌍의 선 그래프 간의 공통점과 차이점을 온도와 시간의 측면에서 비교·대조하였으며, 본 문항에서는 최종적으로 지난 두 차례의 탐구 수업에 대한 결론을 도출하게 된다. 연결형과 서술형으로 구성된 세트 문항으로, 각각은 개별 채점 처리되어 합산되었다.

6번 문항의 정답률은 전체 85%, A 집단 88.2%, B 집단 82.6%로, 6-1번 문항의 정답률은 전체 55%, A 집단 41.2%, B 집단 65.2%로 나타났다. 연결형 문항에 대한 정·오답 여부에 따라 구분하여 서술형 문항에 대한 응답을 아래 표와 같이 분석하였다. 내용은 크게 시간과 온도 두 가지 측면으로 나누어 분류하였으며, 그래프상의 정보를 탐구 상황과 연결하는 과정에서 그 근거를 함께 설명한 경우에는 정답 처리하였고, 단순 그래프상의 정보만 언급한 경우에는 부분 정답 처리하였다.

연결형을 맞춘 학생 응답에 있어서 두 집단 모두 시간의 차이를 근거로 설명한 학생 비중이 높게 나타났으며, 그 경향은 B 집단에서 크게 두드러졌다. 사후 1차 검사 중 2차 탐구 예상 결과로 소요되는 시간에 대한 문항(8번)의 정답률이 매우 저조했던 점으로 고려하였을 때, 2차 검사에서 시간을 근거로 드는 학생이 많은 점은 뜻밖의 결과이다. 이에 대해서는 학생들이 실제 수업 시간 중 2차 탐구에서 열평형 현상을 관찰할 때 1차 탐구 때보다 더 긴 시간을 기다렸던 경험을 떠올렸을 가능성이 있다. 두 상황 간의 차이를 기억하는 데 있어서 탐구 도구를 통해 측정된 구체적인 온도 수치보다는 직접 기다린 시간적 차이가 학생들에게 더 쉽게 체감되기 때문이다. 탐구의 방법적 측면에 있어서도 초시계로 시간을 재며 일정한 시간 간격으로 온도 데이터를 반복적으로 측정하거나 관측했던 행위가 온도 정보보다 학생들에게 더 크게 기억되었을 것으로 추정된다.

두 집단 중에서도 B 집단에서 위와 같은 경향이 유독 두드러진 이유는 사용한 탐구 도구 사용 경험과 관련하여 해석 가능한 부분이 있다. 일관적으로 같은 도구를 사용한 B 집단의 경우, 각기 다른 도구를 사용한 A 집단에 비해 두 탐구 상황 간의 시간적 차이를 더 분명하게 인식할 가능성이 있기 때문이다. 실제 수업 상황에서도 물의 양이 달라짐에 따라 열평형에 도달하기까지 관찰 시간이 길어진 점 외에는 유사한 절차로 탐구가 진행된 바 있다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 6 6-1	연결형 서술형	1차 및 2차 탐구 상황에 적절한 그래프 연결하고, 그 이유 설명하기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-(㉠), (㉡): 1차 탐구/ (㉢), (㉣): 2차 탐구		15	19	34
6-1	정답	-온도와 시간 두 가지 측면에서 탐구 상황과 그래프상의 정보를 연결지어 설명	2	2	4
		-온도 측면에서 탐구 상황과 그래프상의 정보를 연결지어 설명	2	5	7
		-시간 측면에서 탐구 상황과 그래프상의 정보를 연결지어 설명	3	7	10
	부분 정답	-그래프상의 온도와 시간 차이만 설명	3		3
		-그래프상의 온도 차이만 설명	1		1
	-그래프상의 시간 차이만 설명	3	5	8	
오답	-공란	1		1	
오답	-탐구 상황에 적절한 그래프를 바르게 연결하지 못함		2	4	6
6-1	정답	-온도와 시간 두 가지 측면에서 탐구 상황과 그래프상의 정보를 연결지어 설명		1	1
	부분 정답	-그래프상의 온도와 시간 차이만 설명	1		1
	오답	-두 탐구 상황을 뒤바꿔 설명		1	1
		-주관적 추측		2	2
		-공란	1		1

7~8번 문항은 2차 탐구 수업에 대한 결론을 바탕으로 새로운 상황에 적용하여 해석하는 능력을 요구하는 문항으로, 사후 1차 검사에서도 동일하게 기출된 바 있다. 1차 검사에서는 차가운 물의 양을 늘린 상황에 대해 예상해보았다면 본 검사에서는 뜨거운 물의 양을 줄인 상황이라는 점에서 차이가 있으나 문항의 구성과 유형은 동일하다.

7번 문항의 정답률은 전체 92.5%, A 집단 94.1%, B 집단 91.3%로, 지난 1차 검사에서 전체 77.5%, A 집단 70.6%, B 집단 82.6%였던 점을 고려하면 대부분의 학생들이 두 차례의 탐구 수업으로 열평형 현상에 대한 온도 변화를 잘 예상하게 된 모습을 확인할 수 있었다. 반면 정답을 맞추지 못한 학생들(A-16, B-10, B-18)의 응답을 살펴보면, 2명의 학생(A-16, B-10)은 1차 검사 때부터 일관적으로 해당 내용에 대한 문항을 해결하지 못해 온도가 다른 두 물체가 접촉했을 때의 온도 변화를 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 학생 B-18의 경우 차가운 물의 양이 늘어난 상황에서는 적절한 예상을 선택할 수 있었으나, 뜨거운 물이 줄어드는 상황에 대해서는 정답을 선택하지 못하였다. 이는 생활 경험 속에서 물을 덜어내는 상황보다는 물을 섞거나 더하는 상황을 더 쉽게 접할 수 있는 영향이 있을 것으로 추정된다.

문항 2차 7	문항 유형 선다형	문항 내용 뜨거운 물의 양을 늘렸을 때 열평형을 이루는 온도 예상하기		
		학생 수(명)		
응답 유형		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-③ 더 낮을 것이다	16	21	37
	-뜨거운 물의 양이 줄어들	12	15	27
	-차가운 물과 뜨거운 물 간의 양 차이가 커짐	2	6	8
	-차가운 물의 양이 뜨거운 물보다 많음	1		1
	-부적절한 예상	1		1
오답	-① 더 높을 것이다	1	1	2
	-열과 온도에 대한 개념을 혼동하는 잘못된 진술 · 차가운 물의 온도가 더 많기 때문		1	1
	-문제 상황을 잘못 이해한 경우 · 전보다 온도가 높기 때문	1		1
	-② 비슷할 것이다		1	1
	-뜨거운 물의 양이 줄어듦을 언급		1	1

8번 문항의 정답률은 전체 52.5%, A 집단 52.9%, B 집단 52.2%로, 본 검사의 전체 문항 중에서 가장 낮은 정답률을 보였다. 1차 검사 때와 정답률(전체 45%, A 집단 58.8%, B 집단 34.8%)을 비교해보아도 많은 학생들이 여전히 해당 내용에 대해 어려움을 느끼는 것으로 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용			
2차 8	선다형	뜨거운 물의 양을 늘렸을 때 열평형을 이루는 데 걸린 시간 예상하기			
		응답 유형		학생 수(명)	
			A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-③ 더 적게 걸릴 것이다	9	12	21	
	-뜨거운 물(차가워질 물)의 양이 줄어들어서	5	6	11	
	-전체 물의 양이 줄어들어서	2	2	4	
	-차가운 물과 뜨거운 물 간의 양 차이가 커져서	2	1	3	
	-뜨거운 물이 빨리 식을 것 같아서		3	3	
오답	-① 더 오래 걸릴 것이다	7	8	15	
	-뜨거운 물의 양이 줄어들어서	4	1	5	
	-차가운 물과 뜨거운 물 간의 양 차이가 커져서	2	2	4	
	-차가운(뜨거운) 물의 온도가 올라가는(내려가는) 데 더 오래 걸릴 것 같아서		4	4	
	-부적절한 판단 · 두 물의 온도 차가 많이 나서 · 전보다 물의 양이 더 많아서	1	1	2	
	-② 비슷할 것이다	1	3	4	
	-물의 양과 무관함 · 양이 줄어들어도 온도가 같기 때문 · 양이 줄어도 같아지는 시간은 비슷할 것		2	2	
	-부적절한 판단 · 뜨거운 물이 잘 안 데워지기 때문	1	1	2	

9번 문항은 앞서 예상되는 결과에 적절한 그래프 형태를 추론하는 문항으로, 사후 1차 검사에서도 동일하게 기출된 바 있다.

본 문항의 정답률은 전체 65%, A 집단 76.5%, B 집단 56.5%로, 지난 1차 검사에서 각 집단의 정답률이 A 집단 35.3%, B 집단 60.9%였던 것을 고려하면 A 집단의 향상도가 큰 편으로 나타났다.

문항	문항 유형	문항 내용		
2차 9	선다형	예상한 결과에 대응되는 그래프 선택하기		
		응답 유형		학생 수(명)
		A (17)	B (23)	전체 (40)
정답	-자신의 예상에 대응되는 그래프를 선택함	10	16	26
	-예상의 내용도 옳고 그에 대응되는 그래프를 선택한 경우	8	8	16
	-예상 내용은 틀렸으나 대응되는 그래프를 선택한 경우	2	8	10
오답	-자신의 예상에 대응되는 그래프를 선택하지 못함	7	7	14
	-예상 자체는 바르게 했으나 그래프만 잘못 선택한 경우	1	4	5
	-예상과 그래프 모두 잘못 선택한 경우	6	3	9

3. 집단별 데이터 해석 능력의 향상도 분석

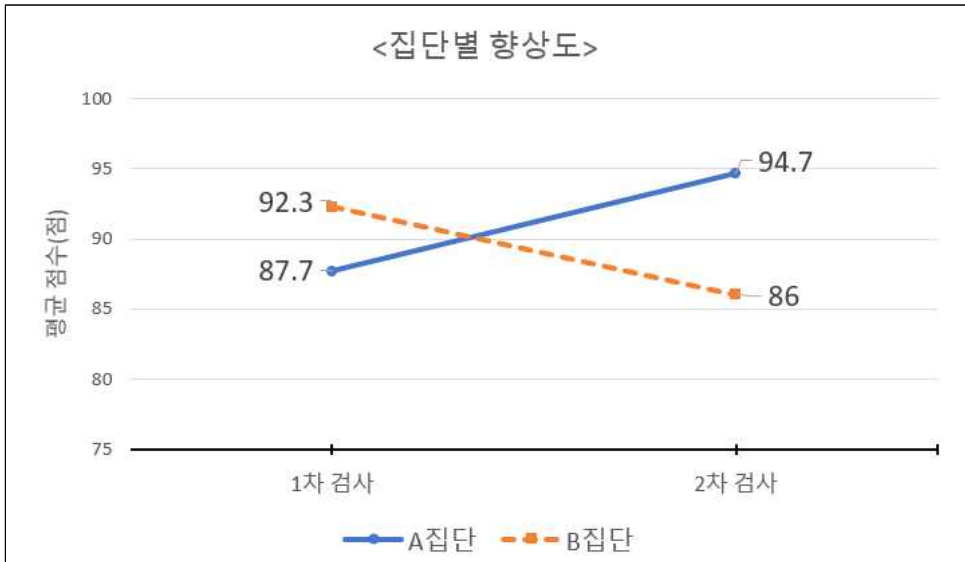
본 연구에서는 두 차례의 데이터 기반 과학 탐구 수업을 진행하고 각각의 수업 직후 두 차례의 사후 검사를 실시하였다. 이때 1차 과학 탐구에서 두 집단의 학생들은 서로 다른 유형의 탐구 도구를 사용하였으며, 2차 탐구에서는 같은 유형의 탐구 도구를 사용하는 동일한 처치를 받았다. 이후 두 집단의 사후 1차, 2차 데이터 해석 능력 검사 결과를 횡적인 측면에서 비교하여 탐구 도구 사용 경험에 따른 영향을 살펴보았다. 종적인 측면에서 두 집단의 1차 및 2차 검사 결과 사이의 점수 변화를 정리하면 다음 [표 4-14]와 같다.

[표 4-14] 집단별 사후 1차, 2차 검사 간 향상도 비교

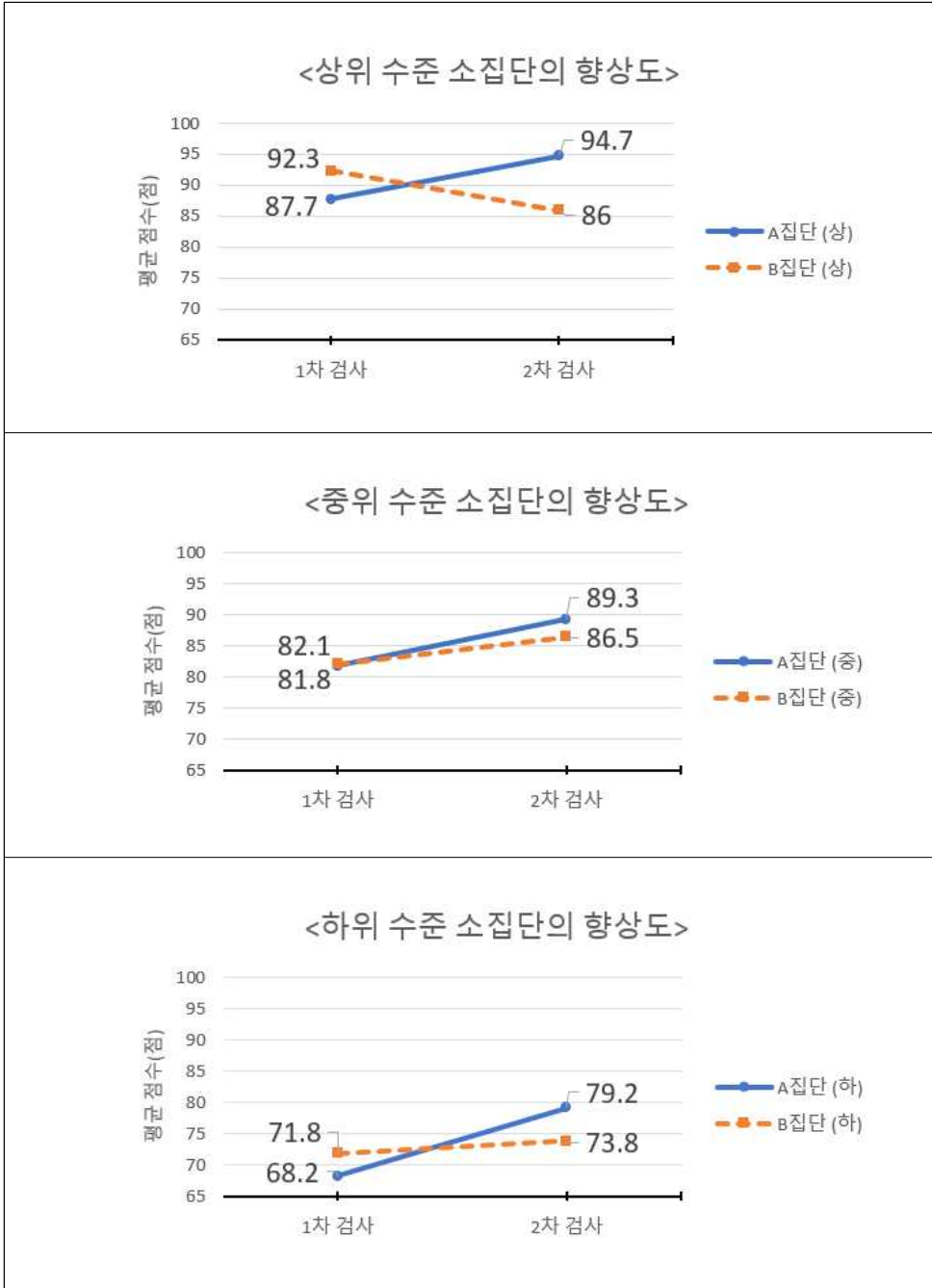
사전 데이터 해석 수준	개별 집단의 평균 점수 향상도(점) (사후 2차 - 사후 1차)		두 집단의 향상도 차이(점) (A집단-B집단)
	A 집단	B 집단	
전체	8.83	0.65	8.18
상	7	-6.3	13.3
중	7.5	4.4	3.1
하	11	2	9
최하	11.5		

두 집단 중에서 아날로그와 디지털 두 가지 유형의 탐구 도구를 모두 경험한 A 집단의 점수 향상 폭이 디지털 탐구 도구를 반복 사용한 B 집단보다 큰 것으로 나타났다. 사전 데이터 해석 수준에 따른 상, 중, 하 소집단의 결과에서 또한 모두 A 집단의 향상도가 더 높은 것으로 확인되었으며, 그중에서도 상위 집단의 향상도 차이가 가장 두드러지게 나타

났다. 다음 [그림 4-3]는 A, B 집단별 1차 및 2차 검사의 평균 점수 향상도를, [그림 4-4]은 수준별 소집단의 향상도를 그래프로 나타낸 것이다.



[그림 4-3] 두 집단의 1차, 2차 검사 간 향상도 비교



[그림 4-4] 수준별 소집단의 1차, 2차 검사 간 향상도 비교

제 3 절 탐구 도구에 대한 학생의 인식

본 연구에서 두 집단의 학생들은 두 차례의 과학 탐구 수업을 통해 탐구 도구 사용에 있어서 서로 상이한 경험을 하게 된다. 이 과정에서 탐구 도구와 도구 사용 경험에 대한 학생들의 인식을 조사하기 위해 데이터 해석 능력 검사 직후에 서면 설문을 실시하였다.

1차 과학 탐구 수업 이후 각기 다른 탐구 도구를 사용한 두 집단을 대상으로 사용한 탐구 도구에 대한 1차 설문 내용은 첫째, 과학 탐구 수업에서 가장 기억에 남는 활동, 둘째, 탐구 도구 사용 시 기억에 남는 장면, 셋째, 탐구 도구가 데이터 해석에 도움이 된 정도와 그 이유로 구성되었다.

먼저 첫 번째 질문을 통해서는 학생들로 하여금 전체적인 수업을 상기해봄으로써 탐구 도구에 따라 가장 기억에 남는 활동에 어떤 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 분석 결과, 알코올 온도계를 사용한 A 집단에서는 구글 스프레드시트를 이용해 온도 데이터를 그래프로 변환한 ‘데이터 변환’ 활동에 대한 응답이 가장 많았으며, B 집단에서는 마이크로비트 온도 센서를 이용해 두 물의 온도 데이터를 수집한 ‘데이터 수집’ 활동에 대한 응답이 가장 많았다[표-15]. 이러한 결과에 대한 원인으로서는 컴퓨터 프로그램을 활용한 데이터 변환 활동이 이미 친숙한 탐구 도구인 알코올 온도계를 사용한 데이터 수집 활동보다 학생들에게 상대적으로 더 새롭게 여겨졌을 것으로 파악된다. 반면, 마이크로비트를 포함한 온도 센서를 처음 사용해본 B 집단의 경우에는 활동에 있어서 도구 사용 비중이 큰 데이터 수집이나 도구 탐색에 대한 인상이 깊게 남았을 것으로 추정된다. 이러한 경향은 사전 데이터 해석 수준에 따른 소집단별 결과에 있어서 상위, 중위 집단에서도 유사하게 나타났다. 그 외 특징적인 부분으로는 A 집단의 최하위 집단 학생들의 경우 탐구 도구의 사용 방법과 주요 특징을 파악하는 도구 탐색 활동을 공통적으로 선택한 점이 있었다.

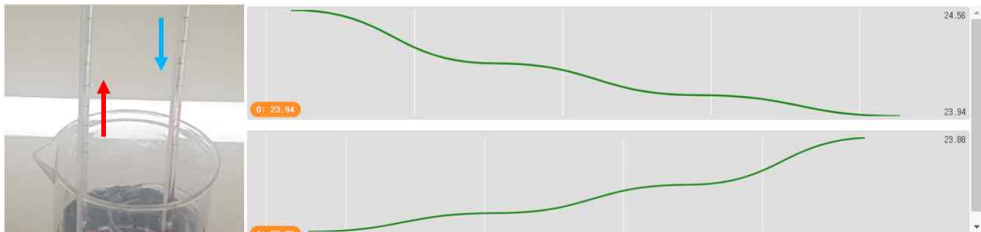
[표 4-15] 집단별 가장 기억에 남는 수업 활동 응답 결과

내용	과학 탐구 수업 중 가장 기억에 남는 활동							
	아날로그 탐구 도구를 사용한 A 집단(명)				디지털 탐구 도구를 사용한 B 집단(명)			
	탐구도구 탐색	데이터 수집	데이터 변환	데이터 해석	탐구도구 탐색	데이터 수집	데이터 변환	데이터 해석
상	1	1	3	1	2	3		2
중		1	3		3	6	2	1
하	1	2	1	1	1	2	1	
최하	2							
전체	4	4	7	2	6	11	3	3

두 번째로 탐구 도구를 사용할 때 기억에 남는 점이나 장면에 대한 응답은 다음 [표 4-16]와 같다. 두 집단 모두 탐구 도구로 수집한 데이터에 대한 기억을 가장 많이 언급하였다. 특히 탐구 결론에 해당되는 ‘두 물의 온도가 같아지거나 비슷해진다’고 응답한 학생 비중이 가장 높게 나타났다. 유사하게 ‘뜨거운 물의 온도는 내려가고, 차가운 물의 온도는 높아진다’라고 응답한 학생은 상대적으로 B 집단에서 많이 나타났는데, 이는 탐구 도구의 특성에서 기인한 부분이 있을 것으로 추정된다. [그림 4-5]를 보면 두 물의 온도 변화를 관찰할 때 알코올 온도계의 경우 두 붉은 알코올 기둥이 가운데에서 만나는 모습으로 관찰되고, 마이크로비트 온도 센서에서는 두 그래프의 선이 각각 올라가거나 내려가는 모습으로 출력되기 때문이다. 그 외에도 도구 탐색 과정에서 발견한 해당 도구의 특징을 기술한 학생들이 있었으며, 알코올 온도계를 사용한 한 학생의 경우 온도계를 이용했던 방법적 절차를 기억하기도 하였다. 기억나는 것이 없다고 응답한 두 학생(A-10, A-16)은 사전 데이터 해석 수준이 각각 하위, 최하위인 학생들로, 사후 1차 검사 결과에서도 A 집단 평균 74.8점에 못 미치는 50점, 32점으로 확인되었다.

[표 4-16] 집단별 탐구 도구 사용 기억과 관련된 응답 결과

내용	탐구 도구 사용 시 기억에 남는 점이나 장면	응답 수(명)		
		A (%)	B (%)	전체 (%)
데이터 관련	-뜨거운 물과 차가운 물의 온도가 점점 비슷해짐/같아짐	11 (64.7)	11 (47.8)	22 (55)
	-뜨거운 물은 점점 온도가 내려가고, 차가운 물은 점점 온도가 올라감	2 (11.8)	8 (34.8)	10 (25)
	-순간적인 장면이나 특정 모습 · 그래프 선이 크게 올라가는 모습 · 온도 수치 · 센서의 색깔		3 (13)	3 (7.5)
도구 특징 관련	-온도 변화를 쉽고 빠르게 알 수 있었던 점	1 (5.9)		1 (2.5)
	-처음에 나오는 온도는 정확한 온도가 아닌 점		1 (4.3)	1 (2.5)
탐구 방법 관련	-정해진 시간에 맞춰 물을 짓고 온도를 잰 것	1 (5.9)		1 (2.5)
기타	-기억 안 남	2 (11.8)		2 (5)



[그림 4-5] 탐구 도구에 따른 데이터 수집 장면

세 번째로 탐구 도구가 데이터 해석에 도움이 된 정도에 대한 응답 결과는 다음 [표 4-17]과 같다. 매우 그렇다(5점), 그렇다(4점), 보통이다(3점), 그렇지 않다(2점), 매우 그렇지 않다(1점)로 집단별 응답에 대한 평균 점수를 계산해보면 A 집단 3.76점, B 집단 3.96점으로 전반적으로 탐구 도구의 유용성을 인식하고 있는 것으로 나타났다. 구체적으로 도움이 된 부분을 묻는 개방형 질문에 대한 학생 답변으로는 탐구 도구를 측정할 경험과 기억이 그래프 해석에 도움이 되었다는 응답이 있었다.

[표 4-17] 집단별 탐구 도구가 도움이 된 정도에 대한 응답 결과

내용	데이터 해석에 탐구 도구가 도움이 된 정도									
	A 집단(명)					B 집단(명)				
집단 구분	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
상	3	2	1			1	4	2		
중	1	1	1		1	2	8		1	
하		4	1			2	1	2		
최하			2							
전체	4	7	5		1	5	13	4	1	
(%)	(23.5)	(41.2)	(29.4)		(5.9)	(21.7)	(56.5)	(17.4)	(4.3)	

그중에서도 A 집단의 경우, 상위 수준 집단의 학생들이 탐구 도구(알코올 온도계)의 유용성을 가장 크게 느꼈으며, 사전 데이터 해석 수준이 낮을수록 그렇지 않은 경향이 관찰되었다. 또한, 탐구 도구가 데이터 해석에 도움이 되지 않는다고 응답한 소수의 학생들은 그 이유로 관련 탐구 내용에 대해 이미 충분히 잘 알고 있다고 답하여, 도구 자체가 지닌 특성보다는 도구 사용의 필요성을 느끼지 못해 위와 같이 응답한 것으로 분석되었다.

다음으로 2차 과학 탐구 수업 이후 두 집단을 대상으로 탐구 목표를 이해하는 데 더 도움이 탐구 도구와 초등학교 고학년 학생에게 적합하다고 생각되는 탐구 도구 활용 방법에 대해 질문하였다. 비록 B 집단은 본 연구 과정에서 알코올 온도계를 사용하지 않았으나 5학년 때 유사한 탐구 경험이 있기에 두 집단에 동일한 설문을 실시하였다. 첫 번째 질문에 대한 집단별 학생 응답은 다음 [표 4-18]과 같이 조사되었다. 두 집단 모두 탐구 목표를 이해하는 데 더 도움이 된 탐구 도구로 ‘마이크로비트 온도 센서’를 선택하였는데, 두 차례의 탐구를 디지털 탐구 도구로 진행한 B 집단에서 73.9%의 특히 더 높은 응답률을 보였다.

[표 4-18] 집단별 탐구에 더 도움이 된 탐구 도구에 대한 응답 결과

내용	탐구 목표 이해에 더 도움이 된 탐구 도구					
	알코올 온도계		마이크로비트 온도 센서		비슷함	
	A	B	A	B	A	B
상	1		5	6		1
중		2	2	6	2	3
하	4		1	5		
최하					2	
합계(명)	5 (29.4%)	2 (8.7%)	8 (47.1%)	17 (73.9%)	4 (23.5%)	4 (17.4%)
전체(명)	7 (17.5%)		25 (62.5%)		8 (20%)	

사전 데이터 해석 수준에 따라 살펴보면, A 집단의 경우 상위 집단은 디지털 도구를, 중위 집단은 두 도구가 비슷하거나 디지털 도구를, 하위 집단은 아날로그 도구를, 최하위 집단은 두 도구가 비슷하다고 인식하였다. 하위 집단에서는 유독 아날로그 탐구 도구에 대한 응답률이 높게 나왔는데, 그 이유로 대부분 온도 센서의 사전 준비 과정의 번거로움과 함께 알코올 온도계의 즉각적인 사용 편리성을 언급하였다[표 4-19]. 대조적으로 디지털 탐구 도구를 선택한 상위 및 중위 집단 학생들은 선택의

근거로 알코올 온도계 사용 시 측정 과정에서 오는 불편함이나 부정확함을 들었으며, 일부 상위 집단 학생은 이전에 접해보지 못한 도구가 주는 흥미도나 새로움을 주된 이유로 언급하였다. 두 도구가 비슷하다고 응답한 중위 및 최하위 학생들은 각 도구가 지닌 장단점을 동등하게 고려하는 모습을 보였다.

B 집단의 경우에는 모든 수준별 소집단에서 디지털 탐구 도구가 더 도움이 된다고 응답하였다. 다만 중위 집단의 몇몇 학생은 알코올 온도계를 선택하거나 두 도구가 비슷하다고 응답하였는데, 위와 마찬가지로 디지털 도구의 복잡한 준비 과정과 대비되는 알코올 온도계의 간편함을 이유로 설명했다. 비슷하다고 응답한 학생들은 온도 측정이라는 도구의 목적 측면의 유사성이나 데이터로부터 도출되는 결론의 공통성을 언급하였다.

[표 4-19] 집단별 도움이 된 부분에 대한 응답 결과

도구 구분	응답 내용		빈도 수(회)		
			A	B	계
알코올 온도계	긍 정	-즉각적인 사용 편리성	4	1	5
		-직관적으로 누구나 쉽게 사용 가능함	2	2	4
	부 정	-측정값의 부정확함	2		2
		-수집을 위한 결과값 기록의 번거로움	2		2
		-수동 수집 및 도구 사용 방법의 불편함 · 위치를 조정하거나 눈높이를 맞춰 읽어야 · 계속 온도계를 바라와야	2	3	5
		-접하기 쉬운 평범함	1	2	3
온도 센서	긍 정	-정확하고 소수점 단위의 온도 측정	2	9	11
		-그래프 출력 기능	3	4	7
		-수집 과정의 편의성 · 별도의 조작이 불필요한 자동 수집 · 한번에 동시다발적인 데이터 수집	2	4	6
		-기타 디지털 기자재 활용 기회 제공	1	1	2
		-흔히 접하기 어려운 새로운 도구 사용 에 대한 흥미와 신기	2	3	5
		-충분히 활용 가능한 난이도		1	1
	부 정	-사전 준비 과정 및 도구의 복잡함과 번거로움	5	1	6
		-센서 오류로 인한 결측 및 기계적 결 함으로 인한 데이터 삭제 가능성	2		2
비슷함	- 두 도구의 장단점을 모두 고려하여 판단	1		1	
	- 수집된 데이터로부터 도출되는 결론의 공통성 언급		1	1	
	- 온도 측정 도구로써의 유사성 언급	1	3	4	

두 번째로 초등학교 고학년 학생에게 적합하다고 생각되는 탐구 도구 활용 방법에 대해 응답 결과는 다음 [표 4-20]과 같다. 두 집단 모두에서 아날로그 탐구 도구 사용 후 디지털 탐구 도구를 활용하는 지도하는 것이 적합하다는 응답이 가장 높게 나타났다. 특히 B 집단은 본 연구 과정에서 디지털 탐구 도구만 사용했음에도 불구하고 아날로그 탐구 도구 사용에 대한 필요성을 크게 인식하고 있었다.

[표 4-20] 집단별 적절한 탐구 도구 활용 방법에 대한 응답 결과

내용	탐구 도구 활용 방법							
	아날로그 →디지털 순서로 둘 다 활용		디지털 →아날로그 순서로 둘 다 활용		아날로그만 활용		디지털만 활용	
	A	B	A	B	A	B	A	B
상	5	5		2			1	
중	4	10		1				
하	4	4			1			1
최하							2	
합계(명)	13 (76.5%)	19 (82.6)		3 (13%)	1 (5.9%)		3 (17.6%)	1 (4.3%)
전체(명)	32 (80%)		3 (7.5%)		1 (2.5%)		4 (10%)	

선택 이유로는 빈도 순서대로 첫 번째, 지도 내용의 순서 측면(11명), 두 번째, 탐구 도구의 복잡성 및 난이도(9명), 세 번째, 사용상의 편의성(3명), 네 번째, 도구에 대한 익숙함(2명)이 언급되었으며, 그 외에도 다양한 경험 제공(4명)과 기존 교육과정에 대한 고려(2명) 등에 대한 의견이 있었다.

첫 번째, 지도 내용의 순서와 관련하여 크게 두 가지 측면에서 응답 내용이 범주화되었다. 먼저 알코올 온도계를 바탕으로 온도 개념과 온도 읽는 방법에 대한 지도가 우선되어야 한다는 의견과 측정값의 정확성을

고려하여 알코올 온도계를 활용한 대략적인 온도 어림 이후 온도 센서를 통해 정확한 온도를 구하여 비교해보는 활동이 후속되어야 한다는 의견이 있었다. 상위 수준 집단 학생의 비중이 가장 많은 응답 유형이었으며, 구체적으로 학생들은 다음과 같이 작성하였다.

“먼저 알코올 온도계로 온도를 재는 방법과 온도를 읽는 법을 배운 다음 조금 어려운 온도 센서를 사용하면 더 잘 사용할 수 있을 것 같기 때문(학생 B-4, 상위 집단).”

“먼저 알코올 온도계를 사용하여 대충 온도를 어림하고, 그 다음 온도 센서를 사용해서 온도를 거의 정확하게 재고 그래프로 나타낸다면 좋을 것 같다(학생 A-2, 상위 집단).”

두 번째, 탐구 도구의 복잡성 및 난이도에 대한 응답이 다음으로 많이 나타났는데, 이를 통해 학생들이 아날로그 도구는 상대적으로 간편하거나 다루기 쉬우며, 디지털 도구는 보다 더 복잡하고 어려운 것으로 인식하고 있음이 확인되었으며, 중하위 집단의 응답 수가 많은 편이었다.

“먼저 간단하고 편한 알코올 온도계를 써보고, 그 다음에는 과정이 좀 많은 온도 센서를 사용해 이해하기 쉽도록 한다(학생 B-17, 하위 집단).”

“알코올 온도계로 먼저 쉽게 이해할 수 있게 하고 나서 좀 더 어려운 온도 센서를 사용하면 좋을 것 같다(학생 A-3, 하위 집단).”

세 번째, 사용상의 편의성을 고려하여 아날로그에서 디지털 탐구 도구 순서로 활용해야 한다고 응답한 학생들이 있었다. 처음에 상대적으로 더 불편한 도구를 경험해본 후 편리한 도구를 도입하는 의견과 함께 그에 연장선상에서 반대의 상황을 가정하여 뒤늦게 불편한 도구를 사용하는 상황이 학생들에게는 적응하기 어려울 수 있음을 지적했다.

“좀 불편한 방법을 하다가 편한 방법, 더 심화된 방법을 이용하면 이해가 더 잘 될 수 있기 때문에(학생 B-11, 중위 집단)”

“온도 센서를 먼저 사용하면 나중에 알코올 온도계에 적응하기 어려울 것 같다(학생 B-23, 중위 집단).”

네 번째, 도구에 대한 익숙함 측면에서 아날로그 탐구 도구를 먼저 사용하는 것이 적절하다고 응답한 학생들이 있었다. 이는 현행 과학 교육 과정에서 알코올 온도계가 명시적으로 다루지는 것에 반해, 온도 센서의 경우 일상 생활 속에서 알코올 온도계보다 더 자주 활용되고 있음에도 학생들이 이를 인식하지 못하는 모습을 보여준다.

“알코올 온도계를 활용하면 익숙한 도구니까 이해가 쉽고, 그 다음 좀 더 복잡한 온도 센서를 새롭게 활용해서 배우면 더 좋을 것 같다(학생 A-14, 상위 집단)”

“우선 접하기 쉬운 알코올 온도계를 하고 온도 센서까지 해서 다양한 방법을 할 수 있도록 해야 한다(학생 A-11, 중위 집단).”

이와 유사한 맥락에서 교육과정에 대한 경험을 바탕으로 “교과서에서 실험할 때 많이 나오기 때문에 사용법을 미리 알아두면 좋을 것 같아서 (A-9, 중위 집단)”라는 이유로 알코올 온도계를 먼저 사용해야 한다고 생각한 학생 응답도 다음과 같이 일부 존재했다.

반면 두 탐구 도구를 모두 사용하되 디지털 도구를 먼저 도입하는 것이 적절하다고 응답한 학생들도 있었다. 이들은 모두 B 집단에서 중상위 수준의 사전 데이터 해석 능력을 지닌 학생들이었는데, 이유를 분석해보면 해당 학생들은 디지털 탐구 도구의 준비 과정보다는 데이터 수집 및 출력의 편리함 측면에 집중하는 경향이 관찰되었다. 수집된 데이터를 그래프로 변환하고 해석하는 수업 전체 흐름을 고려하였을 때, 실시간으로 측정값과 그에 대한 변화를 그래프로 그려주는 디지털 탐구 도구는 관찰 상황에 대해 다양한 형태의 정보를 제공해줌으로써 이후 학생들이 탐구 결과로 도출되는 그래프를 해석하는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 일정 시간 간격마다 눈높이를 맞춰 움직이는 눈금을 읽어야 하는 알코올 온도계에 비해 화면에 자동으로 데이터를 보여주는 디지털 탐구 도구는 별도의 노력 없이도 데이터를 읽을 수 있어 수집 과정의 난이도 측면에서는 아날로그 도구보다 더 쉽다고도 볼 수 있다. 이러한 관점에서는 먼저 디지털 탐구 도구를 사용하여 내용 이해에 집중하고, 이후 직접 알코올 온도계로 데이터를 수집하며 앞서 학습한 내용을 다시 확인해보는 활동도 가능한 수업 흐름일 것이다.

“일단 온도 센서를 이용해 그래프를 만들어 실험 결과를 이해하고, 그 다음 알코올 온도계를 사용해 직접 그래프를 그리는 작업을 하면 좋을 것 같다(학생 B-2, 중위 집단).”

“쉬운 것부터 어려운 것 이렇게 순서대로 하는 게 더 좋은 것 같아서(학생 B-,22, 상위 집단)”

“먼저 해보고 확인차로 다시 해보면 정확히 알 수 있을 것 같아서(학생 B-12, 상위 집단)”

이와 유사한 맥락으로 A 집단에서는 디지털 탐구 도구만 사용하는 것이 더 도움이 된다고 응답한 학생들이 있었다. 이들은 상위 수준 학생 1명과 최하위 수준 학생 2명으로, 데이터 수집 과정에서 돋보이는 디지털 탐구 도구의 편리함과 정확성을 다음과 같이 선택의 이유로 언급하였다.

“온도 센서를 사용하면 물의 온도가 그래프로 나오기 때문에 이해하기가 쉽다(학생 A-13, 상위 집단)”

“온도를 재기 편리한 것 같아서(학생 A-16, 최하위 집단)”

“온도 센서가 좀 더 정확한 것 같다(학생 A-,19, 최하위 집단.)”

반면 디지털 탐구 도구의 복잡성을 근거로 아날로그 탐구 도구만 사용하는 것이 학생들에게 더 도움이 된다고 한 소수 의견도 다음과 같이 존재했다.

“온도센서는 너무 어렵다. 숫자를 보기가 힘들었다. 알코올 온도계만 사용하면 저학년, 고학년 상관없이 더 도움이 될 것 같다(학생 A-6, 하위 집단).”

이처럼 학생들은 자신들의 사용 경험을 바탕으로 탐구 도구에 대한 판단을 내렸다. 사전 준비 과정부터 도구의 사용 방법이나 주의점, 도구가 데이터를 출력하는 방식 등 두 탐구 도구를 여러 가지 측면에서 분석한 다양한 범주의 응답 결과가 나왔다. 이때 어떤 부분에 집중하여 그 도구를 인식하느냐에 따라 도구에 대한 평가를 달리하였다. 도구의 사전 준

비 과정을 중점적으로 고려한 학생들은 사용이 간편한 알코올 온도계를 선호하였으며, 데이터 수집 과정에 집중한 학생들은 별도의 조작이나 주의가 불필요한 온도 센서를 선택하였다. 이러한 인식은 탐구 도구 사용의 난이도에 대한 인식에 있어서도 동일하게 나타났는데, 전반적인 도구 사용 절차를 고려한 학생들은 온도 센서를 알코올 온도계보다 더 다루기 어려운 도구로 인식하였다. 반면, 데이터 수집 과정에 초점을 맞춘 학생들은 눈높이를 맞춰 순간의 눈금을 읽는 알코올 온도계가 온도 센서보다 더 사용하기 어렵다고 인식하는 경향을 보였다.

제 5 장 결론

제 1 절 결론 및 논의

본 연구에서는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 학생들이 사용하는 탐구 도구에 따라서 데이터 해석 능력과 탐구 도구에 대한 학생 인식에 어떠한 차이가 있는지를 조사·분석해보고자 하였다. 이를 위해 탐구 도구 사용 경험에 따라 집단을 두 개로 구분하고 열평형과 관련된 과학 탐구 수업을 두 차례에 걸쳐 진행하였다. 한 집단은 각각 다른 탐구 도구를 사용하며, 다른 한 집단은 동일한 탐구 도구를 반복하여 사용하였다. 각 탐구 도구의 효과와 영향을 확인하기 위해 학생들이 탐구한 열평형 상황을 담고 있는 데이터를 해석하는 검사지를 개발하여 수업 전후로 세 차례에 걸쳐 투입하였으며, 함께 서면 설문을 진행하여 탐구 도구에 대한 학생의 인식을 함께 조사하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 초등학교 6학년 학생들의 데이터 해석 능력과 관련하여 대다수의 학생들이 기초적인 수준에서 선 그래프를 무리 없이 해석할 수 있었으나, 일부 학생들은 다음과 같은 어려움이 있었다. 먼저, 그래프를 구성하는 변인에 대한 이해 즉, 축에 제시된 정보가 확인하여 읽는 것에 어려움이 있었다. 이는 그래프와 관련된 선행연구 중 초등학생의 그래프 능력을 조사한 오영재(2005)의 연구에서 ‘축에 변수 지정하기’와 ‘축에 눈금 매기기’ 문항에서 낮은 정답률을 보였던 결과와 일치한다. 초등학생의 선 그래프 작성 및 해석 과정을 질적으로 분석한 양수진, 장명덕(2012)의 연구에서도 각각의 축에 알맞은 변인을 작성한 학생들도 독립변인과 종속변인에 대한 이해보다는 익숙함이나 편리함을 이유로 설명한 결과가 있었다. 본 연구에서도 탐구 수업 중 수집한 데이터를 그래프로 변환·작성하는 과정에서 명시적으로 이에 대해 지도하였음에도 소수의 학생은 사후 검사에서 여전히 그래프상의 변인 정보를 적지 못하였다.

두 번째로, 탐구 도구 사용 경험에 따른 집단별 데이터 해석 능력에 있어서 두 탐구 도구를 모두 경험한 집단의 향상도가 더 크게 나타났다. 수업 전 사전 검사를 통해 초기 데이터 해석 능력 수준이 유사한 학생끼리 두 집단을 비교·분석해본 결과, 1차 탐구에서는 디지털 탐구 도구를 사용한 집단의 데이터 해석 능력이 더 우수하게 나타났다. 그러나 사후 2차 검사에서는 디지털 탐구 도구만 사용한 집단보다 이전에 아날로그 도구 경험이 있는 집단의 평균 점수가 더 높게 나타났다. 사전 데이터 해석 수준에 따라 세분화해서 살펴보면, 상위, 중위, 하위 소집단 중에서도 상위 집단 간의 점수 차이가 가장 큰 폭으로 벌어졌는데, 이러한 결과는 두 차례의 탐구 수업을 받으며 대부분의 수준별 소집단에서 1차 검사에 이어 2차 검사에서 더 나은 결과를 보인 것에 반해, 디지털 탐구 도구를 반복 사용한 집단의 상위 소집단에서는 유일하게 점수가 감소한 점에서 기인하였다. 상위 소집단에 이어 다음으로 집단 간 향상도 차이가 두드러진 곳은 하위 집단이었으며, 중위 집단에서는 가장 근소한 차이가 관찰되었다.

세 번째로, 학생들은 디지털 탐구 도구가 데이터 해석에 더 도움이 되었다고 인식하면서도, 두 탐구 도구를 모두 사용해보는 경험이 필요하다고 응답하였다. 자신들의 도구 사용 경험을 바탕으로 각 도구의 장단점을 종합적으로 고려하여 판단하는 모습을 보였는데, 알코올 온도계에 대해서는 간편한 설치와 즉각적인 사용성을 긍정적으로 인식하면서도 동시에 눈높이를 맞춰 일일이 눈금을 읽어야 하는 데이터 수집 과정의 불편함과 부정확한 측정값을 언급하였다. 마이크로비트 온도 센서에 대해서는 소수점 단위의 정확하고 세밀한 측정과 실시간 데이터를 그래프로 출력해주는 장점을 언급하면서도 도구 준비 과정의 복잡함을 가장 큰 어려움으로 꼽았다. 이러한 종합적 인식을 바탕으로 학생들은 두 탐구 도구를 모두 사용하되, 아날로그 도구에서 디지털 도구 순서로 사용하는 것이 바람직하다고 응답하였다. 그 이유로 지도 내용의 순서를 고려하였을 때, 알코올 온도계를 이용해 대략적인 온도를 어렵해보고 이후 온도 센서를 도입해 정확한 온도를 측정하는 활동 흐름을 제시하거나 알코올 온도계를 바탕으로 온도 개념과 온도 읽는 방법에 대한 지도가 선행되어야 함을 언급하였다. 그 외에도 도구 자체의 기능과 복잡성을 고려하였을

때 온도 센서를 알코올 온도계보다 상위 수준의 도구로 인식하며 난이도 측면에서 쉬운 것에서 어려운 것으로 나아가는 것이 바람직하다고 설명하였다.

제 2 절 한계 및 제언

본 연구는 국내외의 미래 세대를 위한 과학 교육의 방향에서 과학 탐구 과정 중 데이터에 대한 분석과 해석이 주요 역량으로 대두됨에 따라 과학 탐구 수업에서 탐구 상황과 관련된 데이터 해석 능력을 검사하였다는 점에서 의의를 지니고 있다. 또한 2022 개정 교육과정을 통해서도 디지털 소양이 강조됨에 따라 과학 교육 현장에 디지털 탐구 도구의 적극적인 도입과 활용이 예고되고 있다. 이러한 상황 속에서 초등학생을 대상으로 기존의 전통적인 아날로그 탐구 도구와 디지털 탐구 도구의 영향을 분석하여 보다 효과적인 교수학습적 활용의 시사점을 제공하고자 하였다. 하여 본 절에서는 연구 결과를 바탕으로 주요 제한점과 함께 그에 대한 제언을 논하고자 한다.

첫째, 연구 설계 측면에서 탐구 도구에 따른 영향을 명확히 확인하기에 집단 설정에 모호함이 있다. 두 집단은 1차 탐구에서는 서로 다른 탐구 도구를 사용하지만, 2차 탐구에서는 같은 탐구 도구를 사용한다. 연구 설계 측면에서 두 탐구 도구의 효과나 차이를 정확히 구분하기 어려운 측면이 존재하므로 독립변인인 탐구 도구 사용 경험에 따른 집단 설정을 좀 더 세분화할 필요가 있다. 예를 들어, 아날로그-아날로그, 아날로그-디지털, 디지털-아날로그, 디지털-디지털과 같이 집단을 설정하면 도구 사용 경험에 따른 영향을 보다 명확히 확인할 수 있을 것으로 예상된다.

하여 후속 연구에서는 도구 사용 경우의 수를 명확히 구분하고 긴 시간 동안 반복 처치를 실시하여 그 결과를 추적함으로써 도구의 차이에서 비롯되는 경험의 차이가 역량 변화에 미치는 영향을 정확히 확인할 수 있을 것이라 기대한다.

둘째, 데이터 해석 능력 검사 도구의 신뢰도와 타당도 문제이다. 본 연구는 데이터 기반 과학 탐구 수업에서 학생들이 직접 경험한 탐구 상황에 대한 데이터 해석 능력을 평가하고자 하였다. 이로 인해 기존에 개발된 검사 도구 사용이 어려워 학생들이 탐구한 열평형 현상을 내용으로 하는 검사지를 개발하게 되었다. 또한 추후 수집된 자료를 바탕으로 데이터 해석 양상에 대한 질적 분석을 위해 문항의 유형도 선다형 보다는

개방적인 응답이 가능한 구성형 비중을 높게 제작하였다. 다양한 문항 유형으로 인해 평가하고자 하는 내용 요소가 아닌 유형 차이로 인한 난이도 차이가 발생했을 가능성을 배제할 수 없다. 이를 고려하여 개발 과정에서 전문가 집단 검토와 파일럿 테스트를 통해 문항의 신뢰도와 타당도 검증 과정을 거치기는 하였으나, 양적 분석을 위한 선다형 문항으로 일괄 구성된 검사 도구에 비해 검증에 제한이 있을 수 있다.

이와 관련하여 과학 탐구 상황이라는 맥락 속에서 이루어지는 데이터 해석 활동과 각 능력 수준 전반에 대한 후속 연구가 필요하다. 국내외에서 차세대 과학 교육을 위한 방향성과 프레임워크를 제시하고는 있으나, 개별 역량을 실제 교육 현장에서 구현하였을 때 구체화된 활동 단계나 진단 및 평가를 위한 명확한 기준이 부재한 상황이다. 하여 데이터 해석 역량과 관련하여 다양한 내용 영역에 범용성 있게 적용될 수 있는 일반화된 문항 개발의 지침이나 절차를 제시할 필요가 있다.

셋째, 온도를 측정하는 두 탐구 도구에 한정된 사례 연구로 다른 내용 영역의 탐구 도구로 일반화 적용이 어렵다. 본 연구에서는 온도를 측정하는 탐구 도구 중에서도 알코올 온도계와 마이크로비트의 온도 센서를 아날로그 및 디지털 탐구 도구로 설정하고 열평형 현상과 관련된 데이터 해석 능력에 미치는 영향을 살펴보았다. 그러나 마이크로비트 온도 센서 외에도 디지털 탐구 도구로 적외선 온도계를 사용하여 연구를 진행했을 시 다른 결과가 도출될 가능성이 있다. 유사한 맥락으로 같은 물리 영역 내의 운동 및 속력 관련 내용에 아날로그와 디지털 탐구 도구 간의 영향을 살펴보는 경우도 그렇다. 실제 이와 관련하여 ‘물체의 운동’ 단원에서 디지털 탐구 도구(거리측정기, 속도측정기 등)와 일반 탐구 도구(줄자, 초시계 등)를 사용한 두 집단의 활동 양상을 비교 분석하여 디지털 탐구 도구를 사용한 집단에서 데이터에 대한 의사소통이 활발히 일어남을 확인한 선행연구가 있었다(박찬솔, 손정우, 2022) 이처럼 물리 영역 외 화학이나 생물과학, 지구과학 영역에서 탐구 도구에 따른 결과가 사뭇 다를 가능성이 있다.

이와 관련해서는 각 내용 영역에 적절한 탐구 도구를 탐색하고 다변화하는 후속 연구가 이루어질 필요가 있다. 예를 들어, 본 연구에서는 열평형 현상에 있어서 알코올 온도계와 온도 센서를 사용했지만, 최근에는

열화상 카메라를 이용하여 온도나 물질의 상태 변화를 연구한 사례도 있다(옥준석, 강성주, 2014). 열화상 카메라는 본 연구에서 사용한 탐구 도구보다 시각적 정보에 특화된 도구로 초등학생에게 열의 이동과 온도 변화를 직관적으로 보여주기 좋은 특징을 지니고 있다. 이처럼 개별 내용 영역에 적절한 다양한 도구를 탐색하여 그 교육적 효과를 비교·분석하는 사례 연구가 후속되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 강옥경. (2010). 온도계의 원리. 네이버 지식백과(원리사전).
<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=3570801&cid=58885&categoryId=58885>
- 교육부 (2015). 2015 개정 교육과정 총론 주요사항. 교육부.
- 교육부 (2021). 2022 개정 교육과정 총론 주요사항. 교육부.
- 구덕희, 우석준. (2018). 마이크로비트 기반의 창의 컴퓨팅 교육 프로그램 개발. 정보교육학회논문지, 22(2), 231-238.
- 권정민. (2018). 마이크로비트를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육 프로그램의 개발 및 적용. 서울교육대학교 대학원 석사 학위 논문.
- 김경희, 김선희, 김지영, 박선용, 김수진, 김남희, 박효희, 정송. (2008). TIMSS 2007 공개문항 분석 자료집. 한국교육과정평가원 연구보고 ORM 2008-32.
- 김경희, 시기자, 김미영, 옥현진, 임해미, 김선희, 정지영, 정송, 박희재 (2010). 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(TIMSS 2011) 예비검사 시행 보고서. 연구보고 RRE 2010-4-1. 서울: 한국교육과정평가원.
- 김봉철, 김재준, 문우중, 서영호, 김정아, 오정철, 김용민, 김종훈. (2021). 데이터 과학 교육이 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 효과: 마이크로비트의 센서 기능을 중심으로. 정보교육학회논문지, 25(2), 337-346.
- 김봉철, 유혜진, 오승탁, 김종훈. (2021). 마이크로비트를 활용한 데이터 기반 문제해결 SW교육 프로그램 개발. 정보교육학회논문지, 25(5), 713-721.
- 김성진. (1999). 초등학교 학생의 온도와 열에 대한 개념 조사. 부산교육대학교 대학원 석사학위논문.
- 김수진, 박지현, 서지희. (2013). TIMSS 2011 공개문항 분석 자료집 : 과학. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2013-48-1.
- 김슬기, 김태영. (2021). 초·중등 AI 교육을 위한 데이터 리터러시 정의 및 구성 요소 연구. 정보교육학회논문지, 25(5), 691-704.
- 김영민. (2019). 고등학교 과학 논의 수업에서의 학생 상호작용 탐색: 담화 분석과 행위자 네트워크 이론의 활용. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.
- 김태선, 김범기. (2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. 한국과학교육학회지, 22(4), 768-778.
- 김한정. (2014). 온도, 온도계 그리고 극한과 그 너머 세계. 전기의 세계, 63(4), 40-52.
- 데이터. (n.d.). 네이버 지식백과(두산백과).

- <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1082441&cid=40942&categoryId=32840>
- 문충식, 김범기. (1999). 힘과 운동 관련 선 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 오류 유형 검사 도구의 개발. *청람과학교육연구논총*, 9(1), 275-285.
- 박경애, 손유미. (2020). 지구 대양의 극저 해수면 온도 공간 분포와 지구과학 교과서 데이터 시각화 분석. *한국지구과학회지*, 41(6), 599-616.
- 박재원, 윤상미, 원정애, 백성혜. (2007). 초등학생의 실험 기구 조작 능력에 대한 실태 조사. *초등과학교육*, 26(2), 161-170.
- 박진선, 권용주 (2021). 피지컬 컴퓨팅을 통한 생명과학 분야 빅데이터 기술의 교육적 활용. *Brain, Digital, & Learning*, 11(1), 49-60.
- 박찬술, 손정우. (2022). 초등학생의 데이터 기반 과학 탐구에서 나타나는 디지털 탐구도구 활용의 특징. *교육발전*, 42(2), 497-517.
- 박찬술. (2021). 초등학생을 위한 데이터 기반 과학 탐구의 교수·학습 방법과 과학과 핵심역량에 미치는 영향. *경상대학교 대학원 박사학위논문*.
- 박휴용. (2021). 포스트휴머니즘의 등장과 학습 패러다임의 변화. *Global Creative Leader: Education & Learning*, 11(1), 45-71.
- 배화순 (2019). 데이터 리터러시의 사회과 교육적 함의. *시민교육연구*, 51(1), 95-120.
- 손미현, 정대홍. (2020). 지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형 개발. *한국과학교육학회지*, 40(6), 657-670.
- 손미현, 조영환, 정대홍. (2018). 어포던스 관점에서 살펴본 디지털 탐구도구의 역할과 특징: 과학탐구 활동 사례를 중심으로. *현장과학교육*, 12(2), 274-286.
- 손미현. (2020). 지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형 개발. *서울대학교 대학원 박사학위 논문*.
- 송옥지, 박은경, 배종민. (2020). 마이크로비트를 활용한 소프트웨어 교육이 초등학생의 컴퓨팅사고력에 미치는 영향. *한국지식정보기술학회 논문지*, 15(1), 37-46.
- 송유경, 송석리, 김예지, 임철일 (2021). 데이터 리터러시 향상을 위한 데이터 기반 토론 수업 모형 및 교수전략 개발 연구. *교육공학연구*, 37(4), 943-982.
- 송진웅, 강석진, 광영순, 김동건, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병곤, 박성춘, 배성문, 손연아, 손정우, 오필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 정종훈, 김진희, 정용재. (2019). 미래세대를 위한 ‘과학교육표준’의 주요 내용과 특징. *한국과학교육학회지*, 39(3), 465-478.
- 송해덕, 박형주 (2009) 어포던스 관점에서 디지털 교과서 사용편의성에 영향을 미치는 요인분석 연구. *교육공학연구* 25(3): 135-155.
- 신미라. (1999). 중학생의 열이동에 관한 개념 조사. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
- 신현정. (2011). 과학관 전시물의 학습 어포던스와의 상호작용을 통한 과학

- 학습 양상 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 알코올 온도계. (n.d.). 네이버 지식백과(물리학백과).
<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=4389540&cid=60217&categoryId=60217>
- 양수진, 장명덕. (2012). 초등학생들의 과학 선 그래프 작성 및 해석 과정 분석. *초등과학교육*, 31(3), 321-333.
- 오영재. (2005). 초등학생들의 과학 그래프 작성과 해석 능력 조사. *대구교육대학교 대학원 석사학위논문*.
- 옥준석, 강성주. (2014). 열화상 카메라를 이용한 물의 상태 변화에서 온도 변화의 시각화. *현장과학교육*, 8(3), 216-221.
- 윤미영, 권정은. (2013). 창조적 가치연결, 초연결사회의 도래. *IT & Future Strategy*. 한국정보화진흥원. 10, 1-39.
- 이동은. (2013). 스마트폰 애플리케이션 인터페이스의 탐색적 어포던스 디자인 가이드라인 연구. *한양대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 이미현. (2007). 6학년 학생들의 인지 발달 단계와 자료 표현방법의 이해에 대한 실태 분석. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
- 이재원, 노태희, 이선경. (2017) 고등학생의 학교 과학 탐구 활동에서 나타나는 도구발생의 특징. *한국과학교육학회지* 37(6): 971-980.
- 이진숙, 김은주, 김대현. (2017). 2015 개정 과학과 공통 교육과정에서의 핵심역량-교과역량, 교과역량-성취기준의 관계 분석. *통합교육과정연구*, 11(2), 1-25.
- 이혜원, 한승희. (2020). 데이터 과학 교육과정에 대한 분석적 연구. *한국문헌정보학회지*, 54(1), 365-385.
- 임철일, 이종찬, 송유경, 이웅기, 이홍규, 임은선. (2022). 초등학생을 위한 데이터 과학 교육 프로그램 개발 및 적용. *교육정보미디어연구*, 28(2), 319-345.
- 정대홍, 손미현. (2020). 지식정보화 사회에서의 과학탐구 교육 방향성 탐색. *현장과학교육*, 14(3), 401-414.
- 정은주, 손정우. (2020). 디지털 탐구도구로 측정된 데이터를 활용하는 과학 탐구 수업이 초등학생의 역량에 미치는 영향. *과학교육연구지*, 44(2), 205-213.
- 정은주. (2020). 데이터 기반 과학 탐구 학습을 위해 개발한 SIDI 모형이 초등학생의 지식정보처리역량과 협력적 문제해결력에 미치는 영향. *경상대학교 대학원 박사학위논문*.
- 정혜림, 오명환, 김명관. (2014). DS18B20 온도센서를 이용한 어항 자동 온도제어 장치. *한국IT마케팅학회 학술대회*, 2014(1), 178-179.
- 차정호, 손정우, 임완철, 계보경, 강필원, 남일균, 김현석. (2017). 창의융합형 과학실 및 수업 플랫폼 모델 개발 연구 보고서. *한국과학창의재단*.
- 최유정. (2021). 실제적 데이터를 활용한 생명과학 수업이 고등학생의 데이터 리터러시와 그래프 능력에 미치는 영향. *이화여자대학교 대학원 석사학위 논문*.

- 최종근. (2022). 데이터 리터러시를 강화한 R&E 프로그램에 참여한 과학영재학교 학생들의 연구 문제 도출 과정과 과학적 실행 탐색. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 최행숙, 김은경, 백성혜, 이길재, 정완호. (2001). 초등학생들의 열과 온도에 대한 대안개념 조사. *초등과학교육*, 20(1), 123-137.
- 최행숙, 백성혜. (1999). 초등학교 과학실험 기구 조작 기능에 대한 관찰 평가 준거 개발. *청람과학교육연구논총*, 9(1), 154-162.
- 한미영, 김현정, 정대홍. (2022). 데이터 기반 과학 탐구 사례 연구. *현장과학교육*, 16(2), 165-178.
- 허경. (2020). 엔트리를 활용한 초등 데이터 과학 교육 사례 연구. *정보교육학회논문지*, 24(5), 473-481.
- 홍명숙, 이정숙, 김소연, 김중복. (2009). 중학생의 정전기 개념 정립을 위한 튜토리얼 개발. *현장과학교육*, 3(1), 13-29.
- 황홍섭. (2016). 사회과교육에 있어서 빅데이터의 활용방안. *사회과교육*, 55(3), 75-89.
- 황홍섭. (2019). 빅데이터를 활용한 사회과 교수·학습 모형의 탐색. *사회과교육*, 58(1), 63-98.
- AAAS(American Association for the Advancement of Science). (1990). Science for All Americans. AAAS Project 2061. Association of Scientific and Technological University Libraries 31stAnnualConference, 188-204.
- Athanases, S. Z., Bennett, L. H., & Wahleithner, J. M. (2013). Fostering Data Literacy Through Preservice Teacher Inquiry in English Language Arts. *The Teacher Educator*, 48(1), 8-28.
- Borner, K., Maltese, A., Balliet, R. N., & Heimlich, J. (2016). Investigating aspects of data visualization literacy using 20 information visualizations and 273 science museum visitors. *Information Visualization*, 15(3), 198-213.
- Brasell, H. M. (1990), Graphs, Graphing, and Graphers. In M. B. Rowe(Ed.), *What Research Says to the Science Teacher*, 6, 69-85. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Callon, M. (1984). Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *The sociological review*, 32(1), 196-233.
- Cleveland, W.S. (1983). Graphs in scientific publications. *Reports-Research/Technical*.
- Creswell, J. W. (2014). 연구방법: 질적·양적 및 혼합적 연구의 설계(정종진 외 역). 서울: 시그마프레스.
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18, 382-393.
- Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making sense of graph:

- critical factors influencing comprehension and instruction implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158. Knowledge.
- Gallagher J.J. (1979). Basic skills common to science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 555-565.
- Gibson, J.J. (1979). The theory of affordances. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Ch 8. Lawrence Erlbaum.
- Graesser, A. C., Swamer, S. S., Baggett, W. B., & Sell, M. A. (1996). New models of deep comprehension. In B. K. Britton & A. C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text* (pp. 1-32). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hug, B., & McNeill, K. L. (2008). Use of First-hand and Second-hand Data in Science: Does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education*, 30(13), 1725-1751.
- Leinhardt, G., Zaxlavsky, O., & Stein, M.K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (April 1983) The construction and validation of the Test of Graphing in Science(TOGS). Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.
- McKenzie, D.L., & Padilla, M.J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS), *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 571-580.
- NRC (National Research Council). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press, Washington D.C.
- Norman, D. (1990). *The Design of Everyday Things*(Revised and expanded edition). Constellation.
- Otto, J. L. (2012). Assessing and improving data literacy: A study with urban and regional planning students. *PNLA Quarterly*, 76(4), 5-23.
- Pangrazio, L., & Selwyn, N. (2019). ‘Personal data literacies’: A critical literacies approach to enhancing understandings of personal digital data. *New Media & Society*, 21, 419-437.
- Qin, J., & D'Ignazio, J. (2010). Lessons learned from a two-year experience in science data literacy education. *International*
- Roth, W-M., & McGinn, M.K. (1997). Graphing: Cognitive ability or practice?. *Science Education* 81(5), 91-106.
- Roth, W-M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in Graph-Related Practices between High School Biology Textbooks and Scientific Ecology Journals, *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 977-1019.
- Schild, M. (2004). Information literacy, statistical literacy and data literacy.

Iassist Quarterly 2004 (IQ).

- Schultheis, E. H., & Kjellvik, M. K. (2020). Using messy, authentic data to promote data literacy and reveal the nature of science. *The American Biology Teacher*, 82(7), 439-446.
- Stephenson, E., & Caravello, P. (2007). Incorporating Statistical Competencies into University-Level Information Literacy Programs in the Social Sciences. In IASSIST Conference.
- Vahey, P., Rafanan, K., Patton, C., Swan, K., van 't Hooft, M., Kratcoski, A., & Stanford, T. (2012). A cross-disciplinary approach to teaching data literacy and proportionality. *Educational Studies in Mathematics*, 81(2), 179-205.
- Wood, R. (1968). Objectives in the teaching of mathematics. *Educational Research*, 10, 83-98.

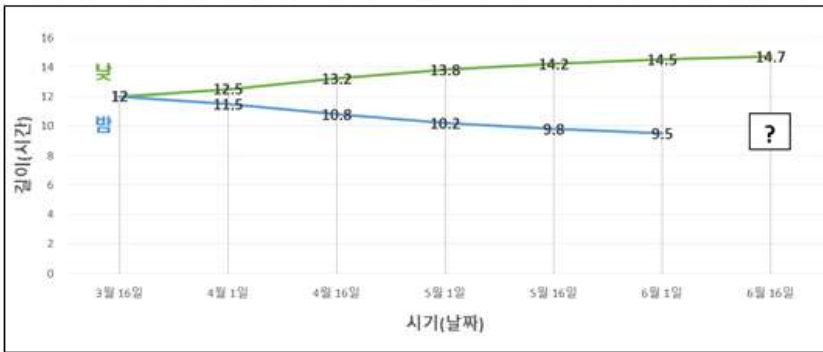
부 록

1. 데이터 해석 능력 검사지

가. 사전 검사지

사전 검사지 집단 () - ()번

※ 길동이는 별자리 관측을 위해 3월 중순부터 6월 중순까지 낮의 길이와 밤의 길이를 조사하였습니다. 약 15일 간격마다 낮과 밤의 길이를 조사하여 아래의 그래프와 같은 결과를 얻었습니다.



1. 위 그래프를 보고 가로축(㉠)과 세로축(㉡)에 각각 어떤 정보가 나타나 있는지 적어보세요.

가로축의 정보	세로축의 정보
(㉠ :)	(㉡ :)
⇒ 이 그래프는 (㉠ :)에 따른 (㉡ :) 변화를 보여줍니다.	

2. 위 그래프를 보고 가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 적어보세요.

가로축의 눈금 한 칸	세로축의 눈금 한 칸
(약 일)	(시간)

3. 위 그래프를 보고 주어진 시기(날짜)의 낮과 밤의 길이(시간)를 확인하여 아래 표를 완성하세요.

시기(날짜)	3월 16일	4월 1일	4월 16일	5월 1일	5월 16일
낮의 길이(시간)	12	12.5	13.2	13.8	()
밤의 길이(시간)	()	11.5	10.8	10.2	9.8

4. 위 그래프에서 밤의 길이가 가장 긴 때는 언제인가요? ()

- ① 3월 16일 ② 4월 1일 ③ 4월 16일 ④ 5월 1일

5. 6월 1일에는 낮과 밤의 길이가 몇 시간 차이 나는지 아래 문장을 완성해 봅시다.

6월 1일에는 낮의 길이가 밤의 길이보다 ()시간 더 ().

6. 위 그래프를 통해 알 수 있는 최종 결론을 적어보세요.

7. 길동이는 6월 16일에 가족 여행을 다녀오느라 밤의 길이를 측정할 수 없었습니다. 위 그래프에서 6월 16일의 밤의 길이(시간)을 예상해 봅시다.

㉠ 6월 1일보다 길 것이다.
㉡ 6월 1일보다 짧을 것이다.
㉢ 6월 1일과 비슷할 것이다.

()

7-1. 위와 같이 선택한 이유를 설명하세요.

나. 사후 1차 검사지

사후 검사지(1차) 집단 () - ()번

* 우리는 뜨거운 물(100mℓ)과 차가운 물(100mℓ)이 만났을 때 시간이 지남에 따라 온도가 어떻게 변하는지 탐구해 보았습니다. 아래는 각 각의 물의 온도 변화를 나타낸 그래프입니다.(1~6)



1. 위 그래프를 보고 가로축(㉔)과 세로축(㉕)에 각각 어떤 정보가 나타나 있는지 적어보세요.

가로축의 정보	세로축의 정보
(㉔ :)	(㉕ :)
⇒ 이 그래프는 (㉔ :)에 따른 (㉕ :) 변화를 보여줍니다.	

2. 위 그래프를 보고 가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 적어보세요.

가로축의 눈금 한 칸	세로축의 눈금 한 칸
(분)	(°C)

3. 위 그래프를 보고 (ㄱ), (ㄴ)에 적절한 것을 바르게 연결하세요.

(ㄱ)	·	·	뜨거운 물
(ㄴ)	·	·	차가운 물

4. 위 그래프를 보고 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 변화로 적절한 것에 ○표 하세요.

뜨거운 물의 온도는 (올라간다 / 변화가 없다 / 내려간다).
 차가운 물의 온도는 (올라간다 / 변화가 없다 / 내려간다).

5. 위 그래프를 보고 주어진 시각의 온도를 확인하여 아래 표를 완성하세요.

시각(분)	0	2	4	...	8	10
뜨거운 물의 온도(°C) (■)	58.5	40.2	()	...	30	()
차가운 물의 온도(°C) (▲)	14	()	26.5	...	()	29

5-1. 다음은 뜨거운 물과 차가운 물 사이의 온도 차이를 나타낸 표입니다. 아래 표를 완성하세요.

시각(분)	0	2	4	...	8	10
두 물의 온도 차이(°C) (■ - ▲)	()	18.2	7	...	()	()



5-2. 시간에 따라 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차이(■ - ▲)는 어떻게 변화하고 있나요?

⇒

6. 위 그래프를 통해 알 수 있는 탐구 결과를 적어보세요.

2차 탐구 예상하기

※ 우리는 1차 탐구에서 차가운 물 100ml와 뜨거운 물 100ml가 만났을 때의 온도 변화를 알아보았습니다. 2차 탐구 때에는 차가운 물의 양을 달리하여, 차가운 물 200ml와 뜨거운 물 100ml가 접촉했을 때의 온도 변화를 알아볼 것입니다.

이번 1차 탐구	다음 2차 탐구
 <p>차가운 물 100ml 뜨거운 물 100ml</p>	 <p>차가운 물 200ml 뜨거운 물 100ml</p>

7. 다음 2차 탐구에서 마지막에 두 물의 온도가 몇 도(°C)로 같아질지 예상하여 ○표 해봅시다.

2차 탐구에서 마지막에 뜨거운 물과 차가운 물이 같아지는 온도는
1차 탐구 때 보다(와)
(①더 높을 것이다 / ②비슷할 것이다 / ③더 낮을 것이다).

7-1. 이유 :

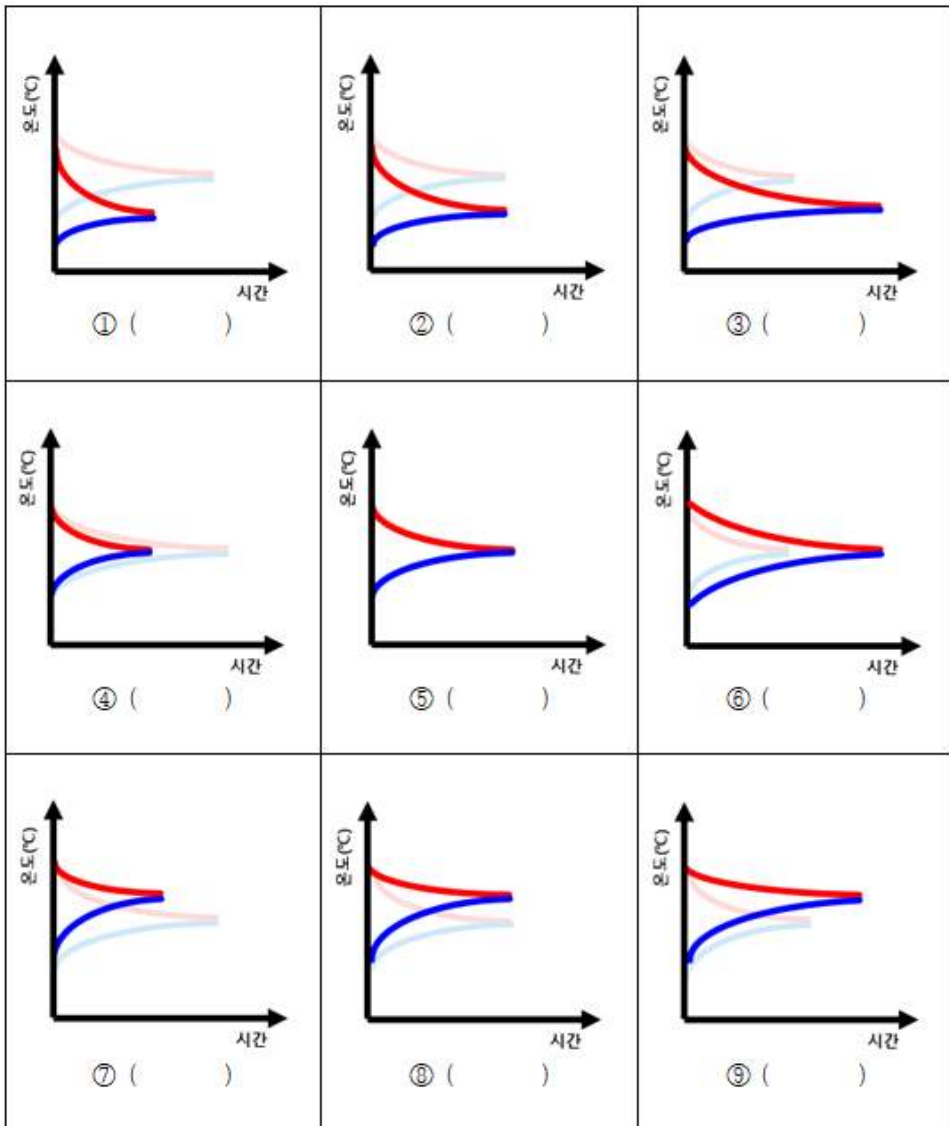
8. 다음 2차 탐구에서 두 물의 온도가 같아지는 데 걸리는 시간을 예상하여 ○표 해봅시다.

2차 탐구에서 뜨거운 물과 차가운 물의 온도가 같아지는 데 걸리는 시간은
1차 탐구 때 보다(와)
(①더 오래 걸릴 것이다 / ②비슷할 것이다 / ③더 적게 걸릴 것이다).

8-1. 이유 :

9. 앞서 고른 자신의 예상을 가장 잘 나타내는 그래프를 아래 중에서 골라봅시다.

1차 탐구 때 뜨거운 물의 온도 ■ 2차 탐구 때 뜨거운 물의 온도 ■
 차가운 물의 온도 ■ 차가운 물의 온도 ■



다. 사후 2차 검사지

사후 검사지(2차) 집단 () - () 번

※ 우리는 1차 탐구에서 차가운 물 100ml와 뜨거운 물 100ml가 만났을 때 시간이 지남에 따라 온도가 어떻게 변하는지 알아보았습니다. 2차 탐구에서는 차가운 물의 양을 2배 늘려, 차가운 물 200ml와 뜨거운 물 100ml가 접촉했을 때의 온도 변화를 탐구하였습니다.(1 ~ 6-1)
다음은 두 탐구 결과를 종합하여 나타낸 온도 변화 그래프입니다.



1. 위 그래프를 보고 가로축(㉞)과 세로축(㉟)에 각각 어떤 정보가 나타나 있는지 적어보세요.

가로축의 정보	세로축의 정보
(㉞ :)	(㉟ :)
⇒ 이 그래프는 (㉞ :)에 따른 (㉟ :) 변화를 보여줍니다.	

2. 위 그래프를 보고 가로축과 세로축의 눈금 한 칸의 크기를 적어보세요.

가로축의 눈금 한 칸	세로축의 눈금 한 칸
(초)	(℃)

3. 위 그래프를 보고 (ㄱ), (ㄴ), (ㄷ), (ㄹ)에 적절한 것을 바르게 연결하세요.

(ㄱ)	•	뜨거운 물	
(ㄴ)	•		
(ㄷ)	•		
(ㄹ)	•		
		•	차가운 물

4. 위 그래프를 보고 (가), (나), (다), (라)을 바르게 아래 네 빈칸에 적어보세요.

()과 ()끼리 온도가 같아지고,	()과 ()끼리 온도가 같아진다.
Ⓐ	Ⓑ

4-1. 위의 Ⓐ, Ⓑ가 각각 몇 도(°C)로 온도가 같아졌는지 그래프를 보고 적어보세요.

Ⓐ	Ⓑ
(°C)	(°C)

4-2. 위의 Ⓐ, Ⓑ의 온도가 각각 같아지는 데 걸린 시간을 그래프를 보고 적어보세요.

Ⓐ	Ⓑ
(초)	(초)

5. 위에서 작성한 답안을 바탕으로 Ⓐ와 Ⓑ의 같은 점과 다른 점을 설명해 보세요.

5-1. Ⓐ와 Ⓑ의 같은 점	5-2. Ⓐ와 Ⓑ의 다른 점

6. 탐구의 결과로 적절하게 생각되는 것끼리 바르게 연결하세요.



1차 탐구	2차 탐구
차가운 물 + 뜨거운 물 (100mℓ) (100mℓ)	차가운 물 + 뜨거운 물 (200mℓ) (100mℓ)

6-1. 위와 같이 생각한 이유를 쓰세요.

마지막 예상하기

* 우리는 2차 탐구에서 차가운 물 200ml와 뜨거운 물 100ml가 만났을 때의 온도 변화를 알아보았습니다. 이번에는 뜨거운 물의 양을 적게 하여, 차가운 물 200ml와 뜨거운 물 50ml가 접촉했을 때의 온도 변화를 예상해 봅시다.

지난 2차 탐구	이번 예상하기
 <p>차가운 물 200ml 뜨거운 물 100ml</p>	 <p>차가운 물 200ml 뜨거운 물 50ml</p>

7. 이번에는 마지막에 두 물의 온도가 몇 도(°C)로 같아질지 예상하여 ○표 해봅시다.

이번에는 마지막에 뜨거운 물과 차가운 물이 같아지는 온도가
2차 탐구 때 보다(와)
(①더 높을 것이다 / ②비슷할 것이다 / ③더 낮을 것이다).

7-1. 이유 :

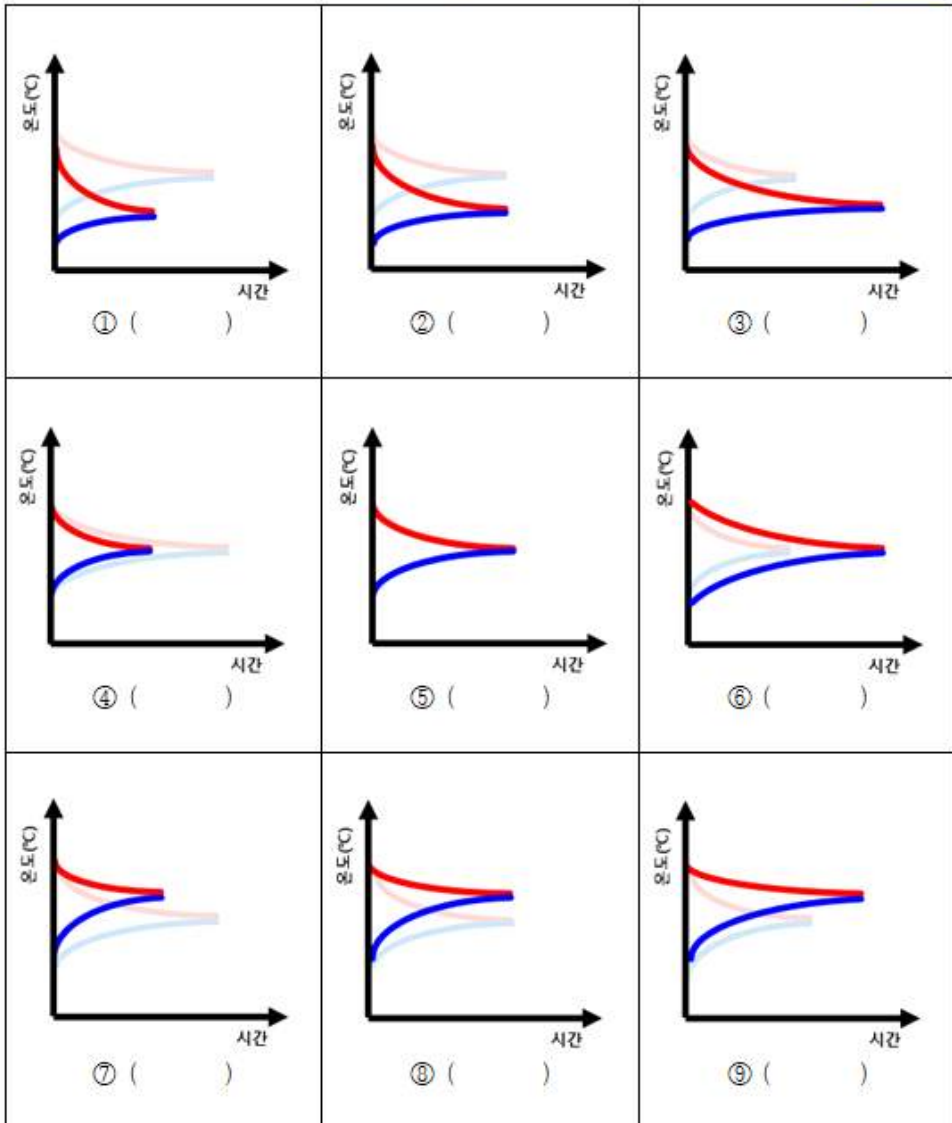
8. 이번에 두 물의 온도가 같아지는 데 걸리는 시간을 예상하여 ○표 해봅시다.

이번에 뜨거운 물과 차가운 물의 온도가 같아지는 데 걸리는 시간은
2차 탐구 때 보다(와)
(①더 오래 걸릴 것이다 / ②비슷할 것이다 / ③더 적게 걸릴 것이다).

8-1. 이유 :

9. 앞서 고른 자신의 예상을 가장 잘 나타내는 그래프를 아래 중에서 골라봅시다.

지난 2차 탐구 때 뜨거운 물의 온도 ▬ 이번에 예상되는 뜨거운 물의 온도 ▬
 차가운 물의 온도 ▬ 차가운 물의 온도 ▬



2. 설문지

가. 1차 설문

설문지

1. 수업 중 가장 기억에 남는 활동은 무엇인가요? ()

- ① 탐구 도구 탐색(탐구 도구로 온도를 측정해보며 사용법과 특징을 확인한 활동)
- ② 데이터 수집(탐구 도구로 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 데이터를 수집한 활동)
- ③ 데이터 변환(스프레드시트를 이용해 수집된 온도 데이터를 그래프로 변환한 활동)
- ④ 데이터 해석(온도 변화 그래프를 보고 모둠원들과 함께 해석한 활동)
- ⑤ 기타 : _____

2. 탐구 도구로 뜨거운 물과 차가운 물의 온도를 측정할 때 무엇이 기억나나요?

3. 탐구 도구로 온도를 측정할 때의 기억(경험)이 이후 그래프를 해석할 때 얼마나 도움이 되었나요? ()

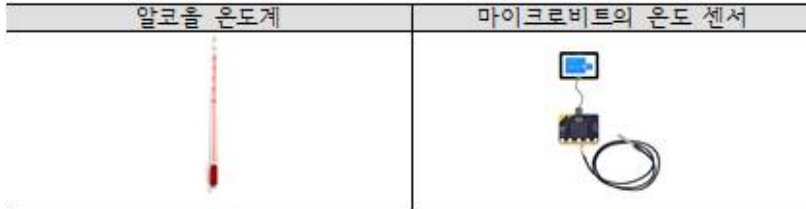
- | | | | | |
|---------|---------|------|--------|------------|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 매우 | 도움이 되었다 | 보통이다 | 도움이 되지 | 전혀 |
| 도움이 되었다 | | | 않았다 | 도움이 되지 않았다 |

4. 위 3번의 응답을 고른 이유는 무엇인가요?(어떤 부분이 도움이 되었나요/되지 않았나요?)

나. 2차 설문

설문지

※ 다음은 우리가 온도를 측정하기 위해 사용한 탐구 도구입니다. 탐구 도구를 사용했던 경험을 떠올리며 여러분의 생각을 적어 봅시다.



<탐구 목표>
 차가운 물 100ml와 뜨거운 물 100ml가 만났을 때의 온도 변화와
 차가운 물 200ml와 뜨거운 물 100ml가 만났을 때의 온도 변화를 비교해보자.

1. 여러분은 두 탐구 도구를 모두 사용해 보았습니다. 두 탐구 도구 중 어떤 도구가 여러분에게 <탐구 목표>를 이해하는 데 더 도움이 되었나요?
 ① 알코올 온도계 ② 마이크로비트의 온도 센서 ③ 두 도구가 비슷했다.

2. 위 1번의 응답을 선택한 이유는 무엇인가요?

3. 초등학교 고학년 학생이 위 <탐구 목표>를 이해하는 데 어떤 도구를 사용하는 것이 가장 도움이 될지 아래 <방법>에서 골라봅시다.

<방법>

㉠ 알코올 온도계만 사용한다.
 ㉡ 먼저 알코올 온도계를 사용하고 나서 온도 센서를 사용한다.
 ㉢ 먼저 온도 센서를 사용하고 나서 알코올 온도계를 사용한다.
 ㉣ 온도 센서만 사용한다.

■ 내가 고른 <방법> : ()

■ 이유 ;

3. 수업활동지 - 가. 알코올 온도계를 사용하는 수업 활동지

이날로그(A형)		1차 탐구	
1차 1회			

<도구와 친해지기>

- 온도계를 사용했던 경험이 있나요?

감기였을때 물을 재워온 체온계를 사용했다

• 알코올 온도계의 사용 방법을 알아보고, 우리 주변(사람과 사물)의 온도를 직접 측정해 봅시다.

유리관	측정한 것	온도(°C)	측정한 것	온도(°C)
	현재 공기 중 온도	23°C	내 손	34°C
	친구 ()의 손	33.5°C	책상	26°C
알코올	차가운 물	18.5°C	뜨거운 물	62°C
	장점	변화 0.5도 이하 (0.2도)		
내가 찾은 특징	단점	고열 환 불린다		

<역할 분담하기> 누가 어떤 역할을 맡을지 정하여 아래 빈칸에 이름을 적어 봅시다.

4명일 때	3명일 때
-------	-------

- 시계 담당: ()
- 시계가 커고 확인하는 역할
- 뜨거운 물 온도 읽기+물 붓기: ()
- 정해진 시각에 뜨거운 물의 온도 읽고, 막대로 물 붓기
- 차가운 물 온도 읽기+물 붓기: ()
- 정해진 시각에 차가운 물의 온도 읽고, 막대로 물 붓기
- 표에 기록하기: ()
- 읽어준 뜨거운 물과 차가운 물 온도 기록하기

<실험결과와 표에 기록하기>

시간	뜨거운 물의 온도	차가운 물의 온도
0분	60°C	20°C
1분	55°C	23°C
2분	53°C	25°C
3분	49°C	28°C
4분	49°C	30°C
5분	45°C	32°C
6분	45°C	33°C
7분	43°C	34°C
8분	41°C	34°C
9분	40°C	33°C
10분	39°C	34°C
11분	38°C	34°C
12분	37°C	33°C
13분	36°C	34°C
14분	36°C	33°C
15분	36°C	34°C

이날로그		1차 탐구	
A형 1차 1회(1장)			

<생각 열기 >

- 온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도는 각각 어떻게 변하는지 탐구해 봅시다.

<탐구 문제>

온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도는 어떻게 변할까?

<실험 설계하기>

위 <탐구문제>를 해결하기 위한 실험장치나 준비물을 그림으로 간단히 그리고, 그 옆에 실험과정을 메모해 봅시다.

스탠드에 알코올 온도계를 고정하고 비이커 안에 뜨거운 물은 100ml, 65°C로 띄어두고, 차가운 물은 100ml, 20°C로 띄어두고, 혼합을 한다.

이날로그		1차 탐구	
A형 1차 2회			

<그래프 해석하기> 모둠에서 빈칸한 그래프를 보고 아래 질문에 답해 봅시다.

1) 그래프의 가로축과 세로축에는 각각 어떤 정보가 적혀있나요?

그래프의 가로축에는 (㉠ 시간(분)), 세로축에는 (㉡ 온도)이라고 쓰여 있어서 (㉢ 시간)에 따른 (㉣ 온도)의 변화를 살펴볼 수 있습니다.

우리 모듬의 그래프에서 뜨거운 물 (100 ml)를 나타내는 그래프는 (㉤)색이고, 차가운 물 (100 ml)를 나타내는 그래프는 (㉥)색입니다.

2) 그래프를 해석하여 아래 빈칸을 완성해 봅시다.

뜨거운 물의 온도는 처음 (51 °C)에서 시작하여 점점 (낮아진다) . 차가운 물의 온도는 처음 (21 °C)에서 시작하여 점점 (높아진다) . 처음 온도를 측정할 때(0분)의 뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차이는 (30 °C)였는데, 15분이 흐른 후, 뜨거운 물과 차가운 물의 온도는 (1.5 °C) 차이가 남니다.

우리 모듬에서는 15분 이후의 온도 변화를 다음과 같이 예상하였습니다. 뜨거운 물의 온도는 (낮아지고) , 차가운 물의 온도는 (높아질) 것입니다.

우리는 이번 탐구 결과로 나온 그래프를 해석하여 다음과 같은 결론을 내었습니다.

온도가 다른 두 물체가 만나면 온도가 뜨거운 쪽은 점점 낮아지고 온도가 낮은 쪽은 점점 높아져서 시간이 지나면 두 온도가 거의 비슷해진다.

나. 마이크로비트 온도 센서를 사용하는 수업 활동지

아날로그 2차 1회	2차 탐구
---------------	-------

<생각 열기 1> '센서(Sensor)'라고 하였을 때 떠오르는 것을 적어봅시다.

<도구와 친해지기>

- 오늘 우리는 온도를 측정하는 도구로 '마이크로비트'의 온도 센서를 이용합니다.

마이크로비트 알아보기

- 교육용 싱글보드 마이크로컨트롤러: 하나의 보드로 구성된 초소형 (7.6 x 7.6 cm)
- 우리 주변 활용 사례: (온도, 습도) 공기청정기, 냉장고 등
- 피지컬 컴퓨팅 기능: 컴퓨터가 (온도, 습도)의 물질 정보(빛, 온도 등)를 입력받고, 입력된 정보에 따라 출력 장치를 작동하여 현실 세계와 실시간으로 연결되어 작동

눈, 코, 귀, 피부처럼 정보를 받아들여는 (입력) 장치	손, 발, 목소리처럼 밖으로 표현하는 (출력) 장치
 A, B (버튼) 미세먼지 센서 방수 (후드) 센서 빛 센서	 5x5 (LED) 스크린 스피커

<도구 사용해보기>

- 마이크로비트의 온도 센서를 이용해 두 가지 방법으로 주변 온도를 측정해 봅시다.

방법1) 바른 놀러 순간온도	측정한 것	처음 측정한 온도(°C)	10초 후 재측정한 온도(°C)	30초 후 재측정한 온도(°C)
	현재 공기 중 온도		24.3	24.3
손		29.1	29.0	32-3
따뜻한 물		43.3	48.1	44.1

Q. 위에서 측정한 것 중 시간에 따라 온도가 크게 변하는 것은 무엇이었나요?
(따뜻한 물)

Q. 왜 시간에 따라 온도가 변할까요?
온도센서가 물의 온도에 따라 온도를 재측정 할 때, 그 물의 온도가 변하기 때문에 온도가 변합니다.

Q. 그렇다면 정확한 온도를 측정하려면 어떻게 해야 할까요?
비슷한 방법입니다.

방법2) 실시간 온도	측정한 것	처음 측정한 온도(°C)	최종 온도(°C)
	손		26.6°C
따뜻한 물		37.3°C	42.9°C

Q. 직접 마이크로비트 온도 센서를 사용해보며 알게 된 특징을 모둠원들과 이야기 나누는 후 정리해 봅시다.
센서를 통하여 온도를 쉽게 알 수 있었다.
온도가 조금 올라가자 비정상 작동해서 원래 되던 온도를 측정해 주지 않는 것 같았다.

아날로그 2차 2회	2차 탐구
---------------	-------

<생각 열기 2>

- 온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도는 각각 어떻게 변하는지 탐구해 봅시다.

<탐구 문제>

차가운 물 (200) ml 뜨거운 물 (100) ml

온도가 다른 두 물체가 접촉하면 온도는 어떻게 변할까?

<역할 분담하기>

- 누가 어떤 역할을 맡을지 정하여 아래 빈칸에 이름을 적어봅시다.

4명일 때	3명일 때
<ul style="list-style-type: none"> 비커 담당: () - 비커와 뜨거운 물과 차가운 물 부어주기 물 잴기 담당: () - 정해진 시각에 물을 빨대로 저어주기 노트북1(온도 데이터) 담당: () - make code 사이트에서 온도 데이터 수집하기 노트북2(그래프 변환) 담당: () - 스프레드시트로 수집된 온도 데이터를 그래프로 바꾸기 	<ul style="list-style-type: none"> 비커 담당: () - 비커와 뜨거운 물과 차가운 물 부어주기 물 잴기 담당: () - 정해진 시각에 물을 빨대로 저어주기 노트북 담당: () - make code 사이트에서 온도 데이터 수집하기 - 스프레드시트로 수집된 온도 데이터를 그래프로 바꾸기

<그래프 해석하기> 모둠에서 변환한 그래프를 보고 아래 물음에 답해 봅시다.

1) 그래프의 가로축과 세로축에는 각각 어떤 정보가 적어있나요?

그래프의 가로축에는 (시간(초)), 세로축에는 (온도)이라고 쓰여 있어서 (시간(초))에 따른 (온도)의 변화를 살펴볼 수 있습니다.

그래프의 가로축 한 칸의 크기는 (60 초)이고,
세로축 한 칸의 크기는 (5 °C)입니다.

그래프에서 뜨거운 물 (100 ml)를 나타내는 그래프는 (빨간)색이고,
차가운 물 (200 ml)를 나타내는 그래프는 (파란)색입니다.

2) 그래프를 해석하며 아래 빈칸을 완성해 봅시다.

뜨거운 물의 온도가 가장 높을 때는 (46.9 °C)이고, 점점 온도가 (내려간다).
차가운 물의 온도가 가장 낮을 때는 (11 °C)이고, 점점 온도가 (올라간다).
뜨거운 물과 차가운 물의 온도 차이가 가장 클 때는 (35.9 °C)만큼 차이가 났었는데,
약 90초(15분)가 흐른 후, 뜨거운 물과 차가운 물의 온도는 (2.9 °C) 차이가 납니다.

우리 모둠에서는 90초(15분) 이후의 온도 변화를 다음과 같이 예상합니다.

뜨거운 물의 온도는 (점점 내려간다).
차가운 물의 온도는 (점점 올라간다) 것입니다.

우리는 이번 탐구 결과로 나온 그래프를 해석하여 다음과 같은 결론을 내렸습니다.

뜨거운 물의 온도는 내려가고, 차가운 물의 온도는 올라갑니다.
그래서 둘의 온도는 같아 갑니다.

Abstract

Survey of elementary school students' ability to interpret data and perceptions according to inquiry tools in data-based science exploration classes

Seo Yu Na

AI Department of Convergence Education

The Graduate School

Seoul National University

In this study, we tried to investigate and analyze the differences in data interpretation ability and student perception of inquiry tools according to the inquiry tools used by students in data-based science inquiry classes. To this end, the group was divided into two groups according to the experience of using inquiry tools, and science exploration classes related to thermal equilibrium were conducted twice. One group uses analog inquiry tools for primary exploration and digital inquiry tools for secondary exploration, and the other

group repeated digital inquiry tools for both primary and secondary exploration. In order to confirm the effectiveness and impact of each inquiry tool, a test paper was developed to interpret data containing the thermal evaluation content explored by students, and three times before and after class, and a written survey was conducted together to investigate students' perception of the inquiry tool.

Studies have shown that groups using digital exploration tools have better data interpretation skills in the first round of exploration, but the second round showed higher average scores in groups with previous analog tool experience than those using only digital exploration tools. In other words, the improvement of the group that experienced both inquiry tools was greater in the ability to interpret data for each group according to the experience of using inquiry tools. According to the level of pre-data interpretation, the score difference between the upper, middle, and lower groups was the most noticeable, followed by the middle, and the smallest difference in the middle group.

In terms of student perception of inquiry tools, most students recognized that digital inquiry tools were more helpful in data interpretation, but responded that they needed experience using both inquiry tools.

keywords : Data-driven scientific exploration, exploration tools, data interpretation, data literacy, analog exploration tools, digital exploration tools, student recognition

Student Number : 2021-23171