creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

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

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

Disclaimer

dCollection

교육학석사 학위논문

중학교 과학 교사와 교과서의 비유 사용

-전기회로를 가르칠 때 겪는 어려움을 중심으로-

The Use of Analogies by Middle School Science Teachers and Textbooks
- Focusing on the Difficulty in Teaching Electric Circuit -

2020 년 2 월

서울대학교 대학원

과학교육과 물리전공

권 오 담

중학교 과학 교사와 교과서의 비유 사용

-전기회로를 가르칠 때 겪는 어려움을 중심으로-

The Use of Analogies by Middle School Science Teachers and Textbooks
- Focusing on the Difficulty in Teaching Electric Circuit -

지도 교수 송 진 웅

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2019 년 12 월

서울대학교 대학원
과학교육과 물리전공
권 오 담

권오담의 교육학석사 학위논문을 인준함
2020 년 1 월

위 원 장 _____ 이 경 호 _____ (인)

부위원장 _____ 채 승 철 _____ (인)

위 원 _____ 송 진 웅 _____ (인)

초 록

중학교 과학 교과서에서 전기회로는 보통 비유와 함께 제시된다. 전기회로는 교사가 가르치기 어려운 개념일 뿐만 아니라, 전기회로에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도는 낮다고 보고되고 있다. 전기회로와 같이 추상적인 개념을 교수할 때 비유는 효과적인 교수 전략이 될 수 있으나, 교사가 비유 사용 방식에 주의를 기울이지 않는다면 예상하지 못한 어려움을 겪을 수 있다. 이에 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 교사가 겪는 어려움과 그 원인에 대한 연구가 필요하다. 교사가 비유를 사용할 때 겪는 어려움과 교사, 교과서의 비유 사용 방식 간의 관련성을 파악한다면, 교사가 비유를 사용할 때 겪는 어려움을 더 깊이 이해할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 중학교 과학 교사 면담을 통해 비유 사용 방식과 어려움을 조사하여 어려움의 원인을 도출하고 교사의 비유 사용 방식과 비유 사용에서 겪는 어려움의 관련성을 분석하였다. 또한, 중학교 과학 교과서에서 전기회로 개념 설명을 위해 제시하는 비유를 조사하여 교사가 겪는 어려움과의 관련성을 분석하였다. 즉, 연구1에서는 전기회로 수업에서 비유를 사용한 중학교 과학 교사를 면담하였으며, 연구2에서는 중학교 과학 교과서에 나오는 전기회로 비유를 분석하였다.

연구1은 비유를 사용한 전기회로 수업 경험이 있는 수도권 소재 중학교 과학 교사 8명을 대상으로 한 연구이다. 자료 수집을 위해 일대일 면담을 수행하였다. 전기회로 수업에서 교사의 비유 사용 방식을 묻는 구조화된 질문지와 해당 수업에서 비유 사용과 관련하여 교사가 겪은 어려움을 묻는 반 구조화된 질문지가 사용되었다. 자료 분석은 면담 자료를 반복적으로 비교 분석하여 코딩한 후, 면담기록지와 수업 지도 자료를 참고한

삼각검증으로 진행되었다. 코딩한 자료로부터 교사가 전기회로 수업에서 사용한 비유물과 비유물의 출처, 교사의 비유 사용 방식을 정리하였다. 그 후 교사가 비유 사용에서 겪은 어려움을 분석하기 위해 코딩 자료에서 비유 사용 어려움과 유관한 요소들을 추출하였으며, 추출된 요소들 중 공통된 원인에 기반한 요소들을 묶어 중범주를 도출하였다. 마지막으로 도출된 중범주 중 같은 원인을 기반으로 한 범주를 묶어 전기회로를 가르치는 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인을 파악할 수 있는 대범주를 도출하였다.

연구 결과, 전기회로 수업에서 교사들에게 공통적으로 나타나는 비유 사용 방식을 찾을 수 있었다. 또한 교사들은 전기회로 교수를 위한 비유 사용에서 교사의 경력과 전공에 따라 여러 가지 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 대부분의 교사는 전기회로 설명을 위해 물 회로 비유를 사용하였다. 물 회로 비유의 출처는 모두 교과서였는데, 이는 교사가 전기회로 교수를 위한 비유물을 선택할 때 교과서에 많이 의지한다는 것을 보여준다. 교사는 학생들의 이해를 돕기 위해 비유물을 그림과 구두로 설명하였으나, 학생이 비유물에 친숙할 것이라는 판단 하에 비유물에 대한 학생의 친숙도 여부를 잘 묻지 않는 것으로 나타났다. 또한 대부분의 교사는 비유물과 목표개념의 차이점은 설명하지 않았고, 목표개념을 비유물보다 먼저 설명하였다. 비유 사용에서 겪는 교사의 어려움을 분석한 결과 '매끄러운 개념 설명이 어렵다', '학생이 오개념을 가진다', '비유 선택이 어렵다' 등 13가지의 하위 요소를 추출할 수 있었다. 13가지 하위 요소들을 바탕으로 도출한 중범주는 8가지로 '비유물과 목표개념의 차이점', '목표개념의 난이도와 추상성', '학습자가 비유물에 친숙하지 않음', '전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음', '교과서가 물 회로 비유로 구성됨', '비유물과 목표개념을 설명하는 문장이 대응되지 않음', '교사의 수업 경험

부족', '교사의 전공이 물리학이 아님' 등이었다. 이를 통해 전기회로 수업에서 비유를 사용한 교사의 어려움의 원인은 크게 '비유물과 목표개념 요인', '비유물과 학습자 요인', '교육과정과 교과서 요인', '교사 요인'인 것으로 나타났다. 도출된 범주들을 바탕으로 교사들의 비유 사용 어려움을 다음과 같이 파악할 수 있었다. 교사 요인(대범주)에 의하여 수업 경험이 부족한 초임 교사들(중범주)은 대개 매끄러운 개념 설명을 어려워하는 것(하위 요소)으로, 물리학을 전공하지 않은 교사(중범주)는 비유 선택에 있어서 어려움(하위 요소)을 겪는 것으로 분석되었다. 교사의 비유 사용 방식과 어려움을 관련지어 볼 때, 교사의 판단만으로 학생이 비유물에 친숙한지 확인하지 않거나, 비유물을 설명하지 않는 교사는 학생이 오개념을 가지거나, 비유물에 대한 추가 설명을 해야 하는 어려움 등을 겪었다. 또한 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인 중 '비유물과 목표개념의 차이점'과 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음' 등 두 가지는 각각 교사의 비유 사용 방식 중 '비유물과 목표개념의 차이점 설명'과 '비유물에 대한 학생의 친숙도 확인 여부'에 해당하였다. 한편, 목표개념을 비유물보다 먼저 설명하는 교사가 비유물을 목표개념보다 먼저 설명하는 교사보다 겪는 어려움이 많았다.

연구2는 교과서의 전기회로 단원에 나타난 비유 사용 방식이 교사의 비유 사용 어려움과 관련이 있는지 분석한 연구이다. 2009 교육과정 중학교 과학3 교과서 4종, 2015 교육과정 중학교 과학2 교과서 4종을 분석 대상으로 하였다. 연구1을 통해 교사들은 교과서의 비유를 주로 사용하고, 교사가 겪는 어려움의 원인 중 하나가 교과서 요인이라는 것을 알 수 있었다. 따라서 교사의 비유 사용 어려움이 교과서의 비유 사용 방식에 영향을 받았을 것이라는 가정 아래 교과서에 나타난 비유 사용 방식을 분석하였다. 분석은 교사 면담에서 사용된 비유 사용 방식 질문과 동일한

관점을 적용하여 이루어졌다. 즉, 교과서에 사용된 비유물의 종류, 비유물로 설명하고자 하는 목표개념, '비유'라는 표현의 언급 여부, 비유물 자체에 대한 설명 여부 등이다. 자료 분석의 신뢰성 확보를 위해 연구자와 과학교육 전공 박사과정생 2명이 함께 분석하였으며 분석 과정에서 검토자 간 반복적인 논의를 통해 내적 일관성을 확보하였다.

분석 결과 동아출판, 미래엔, 비상교육, 천재교과서에서 2009 개정 교육과정 및 2015 개정 교육과정에 따라 출판한 교과서들은 전기회로 개념을 설명하기 위해 주로 물 회로 비유를 제시하였다. 도선을 수로에, 전지를 펌프에, 전류를 물의 흐름에, 전압을 물의 높이 차에, 저항(전구)을 물레방아에 비유하였다. 교과서들의 비유 사용 방식은 하나의 비유에서 여러 가지 비유물을 제시하고 있으며, 글과 그림으로 비유를 표현하며, 비유라는 단어를 잘 언급하지 않고, 비유물 자체에 대한 설명을 하지 않는 경향을 보였다. 2009 개정 교육과정 교과서의 비유 사용 방식에서 교사에게 어려움을 초래할 만한 요소들은 2015 개정 교육과정 교과서의 비유 사용 방식에서도 비슷하게 나타났다.

이상의 연구 결과들을 종합한 결론은 다음과 같다. 첫째, 교사와 교과서의 비유 사용 방식과 비유 사용에서 겪는 어려움은 서로 관련이 있으므로 전기회로 단원의 교수에서 교사와 교과서의 비유 사용 방식에 따라 비유 사용에서 교사가 겪는 어려움은 달라질 것이다. 둘째, 전기회로 교수에서 비유를 원활하게 사용하기 위해 교사는 비유물에 대한 학생의 친숙도 확인, 비유물 자체에 대한 설명, 비유물과 목표개념의 차이점에 대한 설명을 해야하고 교과서에는 비유라는 단어가 언급되어야 하고, 비유물에 대한 설명을 수록하는 등 교사와 교과서의 비유 사용 방식에 보완이 필요하다. 셋째, 목표개념과 비유물의 제시 순서와 관련하여 전기회로 교수에서 비유물을 목표개념보다 먼저 제시하고 설명하는 것이 교사의 비유 사용

어려움을 줄일 수 있는 방법이다.

본 연구의 시사점 및 제언은 다음과 같다. 첫째, 전기회로 교수에서 비유를 사용하는 교사가 겪을 수 있는 어려움에 대해 교사의 경력과 전공에 따른 안내가 필요하다. 둘째, 효과적인 비유 사용 방식, 좋은 비유의 조건, 비유 사용 전략 등에 대한 교사 연수를 통해 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움을 줄여야 한다. 마지막으로, 전기회로 교수에서 비유물과 목표개념을 제시하는 순서에 따른 비유 사용 효과에 대한 후속 연구가 필요하다.

주요어 : 비유, 중학교 과학, 전기회로, 어려움, 비유 사용 방식, 과학 교사, 교과서

학 번 : 2018-22161

목 차

초 록 i
목 차 vi
표 목차 viii
그림 목차 ix
부록 목차 x

제 1 장. 서론 1
1.1. 연구의 필요성 1
1.2. 연구 과정의 개요 및 연구 문제 3
1.3. 용어의 정의 4
1.4. 연구의 한계 6

제 2 장. 선행 연구와 이론적 배경 7
2.1. 과학교육에서 비유 7
2.1.1. 과학교육에서 비유의 뜻 7
2.1.2. 과학교육에서 비유의 역할 8
2.1.3. 비유의 제한점 9
2.1.4. 비유의 조건 11
2.1.5. 교과서에 사용된 비유에 관한 연구 11
2.1.6. 교사가 사용하는 비유에 대한 연구 13
2.2. 교수·학습에서 교사가 겪는 어려움 16
2.2.1. 교사전문성과 교과교육학지식 그리고 어려움 16
2.2.2. 과학과 교수 어려움에 대한 선행 연구 분석 17

제 3 장. 전기회로 교수에서 교사의 비유 사용 방식과 어려움 19
3.1. 연구 방법 19
3.1.1. 연구 대상 19
3.1.2. 자료 수집 및 분석 20
3.2. 연구 결과 24
3.2.1. 비유물과 비유물의 출처 24
3.2.2. 비유 사용 방식 27

3.2.3. 비유 사용 어려움 33
3.2.4. 비유 사용 방식과 어려움 37
3.2.5. 어려움의 원인과 비유 사용 방식 42
3.3. 결론 및 제언 44

제 4 장. 중학교 과학 교과서 전기회로 단원의 비유 사용 47
4.1. 연구 방법 47
4.1.1. 연구 대상 47
4.1.2. 분석 방법 49
4.2. 연구 결과 50
4.2.1. 2009 개정 교육과정 교과서의 비유 50
4.2.2. 2015 개정 교육과정 교과서의 비유 57
4.3. 결론 및 제언 65

제 5 장. 결론 및 제언 67
5.1. 요약 67
5.2. 결론 및 제언 70
5.3. 후속 연구 과제 72

참고문헌 73
부록 79
Abstract 112

표 목차

[표 3-1] (연구1) 연구참여자 정보 20

[표 3-2] (연구1) 비유 사용 방식에 대한 질문과 각 질문의 출처..... 21

[표 3-3] (연구1) 교사가 사용한 비유물과 비유물의 출처..... 25

[표 3-4] (연구1) 교사의 비유 사용 방식..... 28

[표 3-5] (연구1) 비유 사용 어려움과 그 원인 34

[표 3-6] (연구1) 교사 별 비유 사용 어려움과 그 원인 35

[표 3-7] (연구1) 비유 사용 방식과 어려움 38

[표 4-1] (연구2) 분석 대상..... 48

[표 4-2] (연구2) 교과서에서 제시하는 비유의 역할 별 개수..... 48

[표 4-3] (연구2) 2009 개정 교육과정 교과서에서
개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식 1..... 51

[표 4-4] (연구2) 2009 개정 교육과정 교과서에서
개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식 2..... 51

[표 4-5] (연구2) 2015 개정 교육과정 교과서에서
개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식..... 57

그림 목차

[그림 4-1] 2009 동아출판 개념 설명 비유A 52
[그림 4-2] 2009 미래엔 개념 설명 비유A 54
[그림 4-3] 2009 천재교과서 개념 설명 비유A 56
[그림 4-4] 2015 동아출판 개념 설명 비유A 58
[그림 4-5] 2015 미래엔 개념 설명 비유A 59
[그림 4-6] 2015 미래엔 개념 설명 비유A와 학생 활동 비유 60
[그림 4-7] 2015 비상교육 개념 설명 비유A 61
[그림 4-8] 2015 천재교과서 개념 설명 비유A 63
[그림 4-9] 2015 천재교과서 개념 설명 비유B 64

부록 목차

[부록1] 연구1의 IRB 문건 79
[부록2] 연구1의 교사 면담 전사본 (일부) 89
[부록3] 연구1의 면담기록지 (일부) 90
[부록4] 연구1의 연구참여자 수업자료 (일부) 91
[부록5] (연구1) 연구참여자의 비유 사용 방식 93
[부록6] 2009 개정 교육과정 중학교 과학3 교과서 전기회로 비유 94
[부록7] 2015 개정 교육과정 중학교 과학2 교과서 전기회로 비유 104

제 1 장. 서 론

1.1. 연구의 필요성

과학교육에서 비유는 추상적인 개념을 구체적이고 상상 가능한 형태로 시각화할 수 있는 도구이며, 교사는 비유를 사용함으로써 학생들의 개념 이해와 파지를 돕는다(Duit, 1991). 때문에 비유는 추상적인 개념을 많이 다루는 과학의 교수·학습 과정에서 자주 사용된다(Dagher, 1995; 권혁순 & 노태희, 1999). 물리학 교수·학습에서 비유가 특히 많이 사용되는 개념은 전기회로이며(Curtis & Reigeluth, 1984), 중학교 과학 교과서에서 전기회로는 보통 흐르는 물에 비유하거나 트랙을 달리는 사람들 또는 빗면을 따라 구르는 구슬이나 공 등에 비유하여 설명된다(Jho, 2014; 김영민, 2012).

그런데 전기회로는 교사가 설명하기 어려운 개념일 뿐만 아니라(Harrison & Coll, 2008; 임아름 & 전영석, 2014), 전기회로에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도는 낮다(김영민, 1991a; 김영민 & 박희숙, 2000). 또한, 학습자가 비유물 자체를 이해하지 못하거나(Rule & Furletti, 2004; 권혁순, 최은규, & 노태희, 2004; 김영민 & 박희숙, 2000), 비유물을 학습의 수단이 아닌 목표로 받아들이는 현상이 나타나기도 한다(Harrison & Treagust, 1993; Treagust, Duit, Joslin, & Lindaier, 1992). 이처럼 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 교사에게는 다양한 어려움이

있을 수 있다.

따라서 전기회로 수업에서 비유를 사용하는 교사가 겪는 어려움을 탐색하고 그 원인을 규명하는 연구가 필요하다. 이러한 연구를 통해 교사가 비유를 사용할 때 겪는 어려움과 교사, 교과서의 비유 사용 방식과의 관련성을 파악한다면, 교사가 비유를 사용할 때 겪는 어려움을 더 깊이 이해할 수 있을 것이다. 이를 기반으로 비유 사용에서 발생하는 어려움에 대한 사전 안내가 가능할 것이며, 해결책을 마련하여 비유를 사용하는 교사가 겪는 어려움을 줄일 수 있을 것이다.

1.2. 연구 과정의 개요 및 연구 문제

본 연구를 위해 교사의 비유 사용 방식과 어려움 분석(연구1)과 교과서에 제시된 비유 사용 방식 분석(연구2)을 시행하였다. 연구1은 중학교 과학 교사 면담을 통해 전기회로 단원 교수에서 비유 사용 방식과 어려움을 조사하여, 어려움의 원인을 도출하고 비유 사용 방식과 어려움의 관련성을 분석하였다. 연구2는 2009, 2015 개정 교육과정의 중학교 과학 교과서에서 전기회로 개념 설명을 위해 비유가 사용된 방식을 조사하여, 교과서의 비유 사용 방식과 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움과의 관련성을 분석하였다.

연구1의 연구문제는 다음과 같다.

1. 교사가 전기회로를 가르칠 때 비유를 사용하는 방식은 어떠하며, 그렇게 사용한 이유는 무엇인가?

2. 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 교사가 겪는 어려움과 그 원인은 무엇인가?

3. 교사가 전기회로를 가르칠 때 비유를 사용하는 방식과 비유 사용에서 교사가 겪는 어려움은 어떤 관계가 있는가?

연구2의 연구문제는 다음과 같다.

1. 2009, 2015 개정 교육과정의 중학교 과학 교과서에서 전기회로 개념 설명을 위해 비유가 사용된 방식은 어떠한가?

2. 중학교 과학 교과서의 비유 사용 방식과 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움은 어떤 관계가 있는가?

1.3. 용어의 정의

• **전기회로** Electric Circuit

본 연구에서 전기회로는 중학교 과학교육과정에 따라 전류, 전압, 저항을 포함한 전기 도선을 말한다.

• **비유** Analogy

과학교육에서 비유는 두 영역의 구조 간 유사점을 비교하는 것으로서, 친숙한 영역과 친숙하지 않은 영역의 유사점을 바탕으로 친숙하지 않은 영역을 이해하는 것이다. 이 때, 친숙한 영역을 비유물(analog, analogue)이라고 하며, 친숙하지 않은 영역을 목표물(target)이라고 부른다(Duit, 1991; 김영민, 2012).

• **비유 사용 방식** Method of Analogy Usage

비유를 사용하는 방식은 비유를 표현하는 방법이 무엇인지, 비유의 출처가 무엇인지, 비유물과 목표개념의 차이점을 지적하는지, 비유가 학생들에게 친숙한것인지 확인하는지 등의 기준에 따라 분류 되고 있다(권혁순 & 노태희, 1999; 최경희, 류수경, & 이기순, 2006).

본 연구에서 교사의 비유 사용 방식이란 '교사가 제시하는 비유물과 목표개념이 무엇인지', '교사가 사용하는 비유의 출처가 무엇인지(노태희, 김창민, & 권혁순, 1999)', '교사가 비유를 표현하는 방법이 무엇인지(Curtis & Reigeluth, 1984; 김영민 & 박희숙, 2000)', '비유가 학생들에게

친숙한것인지 확인하는지(Harrison & Treagust, 1993)', '비유 사용시 비유라는 단어 자체를 언급하는지(최경희, 이영애, & 류수경, 2003)', '비유물 자체에 대한 설명을 하는지(권혁순 & 노태희, 1999)', '비유물과 목표개념의 차이점을 설명하는지(Harrison & Treagust, 1993)', '비유물과 목표개념 중 무엇을 먼저 설명하는지(Cruz-Hastenreiter, 2015; 권혁순 & 노태희, 1999)' 등 여덟 가지 사용 방식을 말한다.

다음으로, 교과서의 비유 사용 방식은 전기회로와 관련한 특정 개념 설명을 위해 '교과서 본문 내에 사용한 비유물과 목표개념은 무엇인지', '비유물의 표현방법은 무엇인지(김영민, 2012)', '비유라는 단어 언급했는지(최경희, 이영애, & 류수경, 2003)', '비유물 자체에 대한 설명을 했는지 여부(Curtis & Reigeluth, 1984)' 등 네 가지 사용 방식을 말한다.

• **물 회로 비유** Water Circuit Analogy

전기회로 개념을 설명하기 위해 전류를 물의 흐름에, 전압을 펌프에, 저항을 물레방아에 대응시켜 설명하는 비유이다.

1.4. 연구의 한계

연구1에서 전기회로 교수 시 교사가 겪은 어려움에 대한 내용은 서울 소재 중학교 과학 교사 8명을 대상으로 면담을 실시하여 얻은 결과이다. 면담 대상자의 수가 적고 지역적인 제한을 가지기 때문에 중학교 교사의 일반적인 어려움이라고 확대 해석하기에 무리가 있다. 또한 면담의 내용은 교사의 경험을 기반으로 하므로, 연구 참여자인 교사 개개인의 성향이 영향을 미쳤을 가능성이 크다. 동일하거나 비슷한 상황에 대한 인식은 개인의 경험, 신념, 지식, 성격 등에 기반하므로 교사가 느낀 어려움은 개인적일 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서 도출된 어려움의 내용과 원인을 모든 교사에게 적용할 수는 없을 것이다.

연구2에서 분석한 교과서는 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정 모두에서 공통적으로 검인정을 받은 네 출판사의 교과서를 사용하였다. 또한 전기회로 단원에 국한된 비유 사용 방식에 대한 분석이었으므로 본 연구는 특정 목표개념을 설명하기 위한 비유 사용 방식일 뿐 교과서 전체의 비유 사용 방식으로 확대 해석하기에는 무리가 있다.

제 2 장. 선행 연구와 이론적 배경

2. 1. 과학교육에서 비유

2.1.1. 과학교육에서 비유의 뜻

과학교육에서 비유는 두 영역의 구조 간 유사점을 비교하는 것이다(Duit, 1991). 김영민(2012)은 과학에서의 비유를 다음과 같이 설명한다.

> 젠트너(Gentner, 1983)는 구조들에 대한 두 영역 사이의 비교로 비유를 정의하고 있다. 그러므로 과학에서의 비유는 설명하고자 하는 영역과 설명을 위해 비교하고자 하는 영역 이렇게 두 영역 사이의 유사성을 찾아냄으로써 이끌어진다. 즉, 어떤 과학 개념을 비교를 통해 설명하고자 한다면 비교를 위한 대상물이 있게 된다. 여기서 설명하고자 하는 어떤 개념은 설명되거나 학습되는 영역이고, 비교를 위해 가져오는 영역은 기저나 근원에 해당된다. 일반적으로 친숙한 영역에서 친숙하지 않은 영역으로 생각이 전이될 수 있다. 이 경우에 친숙한 영역을 비유물(analogue, analog), 친숙하지 않은 영역을 목표물(target)이라고 부른다. 비유물은 기저(base), 근원(source)이라는 용어를 사용하기도 한다. 비유물과 목표물은 둘 다 각각의 속성을 가진다. 비유물과 목표물이 공통의 또는 유사한 속성을 공유한다면, 이 둘 사이에서 비유가 이끌어질 수 있다. 여기서 비유물(analogue)과 목표물(target)은 어떤 종류의 논리적 위계를 가리키지는 않으며, 단지 비유 사용의 구조를 가리키는 용어들이다. (김영민, 2012, p. 14)

비유의 원리를 설명하기 위해 Gentner(1983)는 “구조-대응 이론(Structure Mapping Theory)”을 제안하였다. 이 이론의 기본

아이디어는 비유물과 목표물이 함께 가지고 있는 구조적 유사성을 비유물 영역에서부터 목표물 영역으로 전이하는 것이다(김영민, 2012).

2.1.2. 과학교육에서 비유의 역할

Duit(1991)는 구성주의적 학습 관점에서 비유의 역할을 다섯 가지로 제안하였다. 첫째, 비유는 개념 변화 학습에서 새로운 관점을 열어주는 유용한 도구이다. 둘째, 비유는 실제 세계에서 유사성을 지적함으로써 추상적인 것을 이해하도록 촉진한다. 셋째, 비유는 추상적인 것을 눈으로 볼 수 있도록 한다. 넷째, 비유는 학생들의 관심을 불러일으키고 학생들의 동기를 유발한다. 다섯째, 학생들이 오개념을 갖고 있었다면, 그것을 발견할 수 있다.

김영민(2012) 또한 비유의 역할을 다섯 가지로 제안하였다. 첫째, 비유는 친숙한 것을 이용하여 친숙하지 않은 것을 이해하도록 도와준다. 둘째, 비유는 새로운 개념 구조의 생성을 돕는다. 셋째, 비유는 개념의 재구조화를 돕는다. 넷째, 비유는 개념을 가시화할 수 있다. 다섯째, 비유는 발견의 도구로 사용될 수 있다.

즉, 과학교육에서 비유는 학습자에게 친숙하지 않거나 추상적인 개념을 가시화하여 학습자의 이해를 돕고, 새로운 개념과 관점을 열어주는 도구로서 사용되고 있다.

2.1.3. 비유의 제한점

비유가 가진 장점이 많지만, 비유를 사용하는 것이 꼭 긍정적인 효과만 가져오는 것은 아니다(권혁순, 2000). 이런 이유로 비유를 양날의 칼로 비유하기도 한다(Glynn, 1991). 비유 사용이 제한되는 원인으로는 비유물 속성의 잘못된 전이, 학습자의 인지 발달 단계, 학생에게 친숙하지 않은 비유물, 교사 중심의 비유 사용 등이 지적되고 있다(Thiele & Treagust, 1991).

비유물과 목표물의 속성 사이에는 유사점(공통점)과 차이점이 있다. 비유는 비유물과 목표물의 유사점(공통점) 대응을 통한 전이가 이루어져야 하는데, 학습자들이 차이점을 목표물로 전이한다면, 목표물에 대한 잘못된 이해를 낳게 된다. 특히 사전 지식이나 경험이 제한되어 있는 어린 학습자들을 대상으로 하는 수업에서 비유를 사용할 때에는 잘못된 대응으로 인한 오개념이 유발될 가능성을 고려하여 대응 과정에 대한 안내가 필요하다(Thiele & Treagust, 1991). 비유물과 목표물 사이에는 항상 차이점이 존재하므로 교수 학습 과정에서 교사와 학생은 유사점(공통점)과 차이점을 구분할 필요가 있다(Glynn, 1991).

학생들의 인지 발달 수준이 낮다면 비유의 효과가 떨어진다. 보통 비유가 인지 발달 수준이 낮은 학생들에게 도움이 되지만, 학생들의 시각적 상상력이나, 비유적 추론 능력, 상관적 사고력이 부족하다면 비유의 사용은 제한적이다(Gabel & Sherwood, 1980).

학습자에게 친숙하지 않은 비유물은 그 자체로 비유 사용 수업의

효과를 제한한다. 학습자에게 친숙하지 않은 비유를 사용하는 경우, 학습자는 비유물을 이해하지 못하거나, 비유 자체를 자신들이 학습해야 하는 것으로 오인하기도 한다(Harrison & Treagust, 1993; Treagust, Duit, Joslin, & Lindauer, 1992). 또한, 비유물과 목표개념 속성 간의 대응 과정에서 잘못된 대응을 하게 될 수 있으므로, 학습자에게 친숙하지 않은 비유에서는 비유 사용의 효과를 기대할 수 없다.

비유의 제한점은 교사 중심의 비유 사용에서도 나타난다. 대부분의 교사들은 학생들이 수업에서 활용되는 비유물에 친숙하여 비유물과 목표물 간의 비유 관계를 잘 이해할 것으로 생각하고 있으나, 학생들이 비유물 자체를 이해하지 못해 개념 이해에 어려움을 갖거나 오개념을 가지는 경우도 있다(Else, Clement, & Ramirez, 2003; Gabel & Sherwood, 1980; Venville & Treagust, 1997). Thiele, & Treagust(1994)는 학생이 목표개념을 이해하지 못하고 있다는 판단을 하는 교사는 계획에 없는 비유를 사용하는 경우가 많음을 밝혔고, 강훈식(2011)은 교사들이 학생들에게 일방적으로 비유를 제시하는 경향이 있음을 밝혔다. 이때, 교사는 자신의 경험이나 전문적인 독서에서 끌어낸 비유물을 학생들에게 설명하는 방식으로 수업을 진행하며, 학생들은 비유를 전달받는 수용자 입장에 서게 된다. 이러한 비유의 사용은 비유의 구성주의 관점에 맞지 않을 뿐 아니라, 학생들이 비유물에 친숙하지 않아 비유를 이해하지 못하거나 교사의 의도와는 다르게 비유를 이해하여 오개념이 유발되는 등 비유의 사용이 효과적이지 않은 경우를 만든다(Harrison & Treagust, 1993; 권혁순, 최은규, & 노태희, 2004). 따라서 교사는 학생들에게 친숙하고 가시적이며, 학생들의 이해

수준에 맞는 비유물을 선정해야 한다(권혁순, 최은규, & 노태희, 2004). 비유 사용이 효과를 거두지 못하는 경우, 학생들에게 친숙한 비유물을 사용하였는지를 먼저 점검해볼 필요가 있다(Gabel & Sherwood, 1980; Thiele & Treagust, 1994).

2.1.4. 비유의 조건

김영민(1991)은 물 회로 비유에 대한 학생들의 이해도를 조사하여, 비유물의 조건을 제안했다. 비유물은 목표개념과 유사한 대응 관계를 가져야 하며, 학생의 사전 개념이 고려된 것이어야 한다. 또한 목표개념보다 학생들에게 친숙해야 하며, 학생들이 이해하기 쉬운 것이어야 한다. 비유물을 제시할 때는 언어로 표현된 비유보다는 그림이나 모형 비유가 도움이 된다.

2.1.5. 교과서에 사용된 비유에 관한 연구

국내에서 과학 교과서 물리학 영역의 비유를 분석한 연구는 다음과 같다. 박희숙(2000)의 6차 교육과정 중학교 교과서 비유 연구, 이봉희(2003)의 6차·7차 교육과정 중·고등학교 교과서의 물리학 영역 비유 연구, 최경희, 이영애, & 류수경(2003)의 7차 교육과정의 고등학교 과학교과서의 비유 연구, 안명환, & 김경완(2003)의 7차 교육과정 중학교 교과서 물리학 영역 비유 연구, 류수경(2005)의 7차 교육과정 고등학교

교과서 물리학 영역 비유 연구, 김효순(2014)의 2009 개정 교육과정 고등학교 물리학Ⅰ 교과서의 고무판 위의 볼링공 비유 연구, 조헌국(2014)의 2009 개정 교육과정 중학교 교과서에서 제시한 전기회로 관련 비유의 분석 연구가 수행되었다.

7차 교육과정의 중학교 교과서에서 사용된 비유는 전기와 관련된 것이 많았고 물 회로 비유가 가장 많이 사용되었다(김영민, 2012). 그러나 교과서에서 제시하는 비유에 대한 학생의 이해도가 높지 않다는 연구 결과도 있다. 김영민(1991)은 물 회로 비유에 대한 학생들의 이해도를 조사하여, 물 회로 비유로 전류 개념을 설명할 때 학생들의 잘못된 직관이 전류에 대한 오개념으로 이어질 수 있음을 보였다. 김영민, & 박희숙(2000)은 중학생들의 절반 정도만이 교과서의 비유를 이해하고 있으며, 그림 없이 비유를 사용하는 경우 이해도가 더 낮음을 확인하였다. 또한 권혁순, 최은규, & 노태희(2004)는 7차 교육과정의 중학교 과학 1학년 화학 단원의 비유를 이해하지 못하는 학생들이 약 50%에 달하고, 학생들이 비유에서 가정하고 있는 사항들을 간과하고 비유 상황을 본인의 일상 경험에 비추어 생각하여 교과서의 의도와는 다른 방향으로 이해함을 보였다.

이에 따라 조헌국(2014)은 교과서에 제시된 비유에 대한 학생들의 이해를 돕기 위한 방안을 마련하고자 2009 개정 교육과정 중학교 3학년 과학 교과서 5종을 선택하여 비유를 통한 전기회로 설명이 무엇이 있는지 조사하고, 그 설명이 가지는 장단점을 분석했다. 그 결과로, 2009 개정 교과서의 전기회로 비유는 저항에 따른 전류나 전자의 이동 변화를 설명하는 데 한계가 있고, 전류와 전자의 방향에 따라 실제 현상이 어떻게

나타나는지 충분히 설명되지 않으며, 전압과 전류의 관계를 표현함에 있어서 전지의 역할이 분명하게 나타나 있지 않음을 밝혔다.

Curtis, & Reigeluth(1984)는 과학 교과서에 있는 비유의 유형을 구조적, 기능적, 구조기능적으로, 비유의 표현 형태를 문자, 그림과 문자로 나눴다. Thile, & Treagust(1995)는 교과서에 사용된 비유 유형을 표현 방식(글 비유, 그림 비유), 대응관계 설명 정도(단순 비유, 부연 비유, 확장 비유), 비유물 설명 여부와 비유 한계 언급 여부에 따라 분류하였다. 최경희, 이영애, & 류수경(2003)은 이를 수정 보완하여 비유물과 목표물 간의 공유속성(유사점, 공통점), 비유물의 제시형태, 비유물과 목표물의 추상도, 한 가지 목표물에 대응하는 비유의 수, 비유 언급 여부, 비유 설명 방식에서의 인과관계 포함 여부에 따라 교과서 비유를 여섯 가지로 분류하였다. 위 세가지 연구들은 교과서에서 비유를 제시할 때, 비유를 글과 그림으로 표현하고, 비유물을 미리 설명하고, 비유라는 단어를 사용하여 비유 사용의 효과를 높일 것을 제안하였다.

2.1.6. 교사가 사용하는 비유에 대한 연구

과학교과서에 사용된 비유 연구뿐만 아니라, 비유를 사용하는 교사에 대한 연구도 다수 수행됐다. Thiele, & Treagust(1994)는 과학 교사들이 왜 비유를 사용하는가, 비유를 계획적이며 자발적으로 사용하는가, 그리고 교사마다 사용하는 비유의 특성이 어떻게 달라지는가를 조사하기 위하여, 호주 고등학교 화학 교사 4명의 12학년 수업 43차시를 정성적으로 분석하였다.

연구 결과 총 45개의 비유가 사용되는 과정에서 다음과 같은 비유 사용상의 특징을 찾아냈다. 첫째, 화학 교사들은 학생들이 처음 설명을 이해하지 못했다고 생각될 때 비유를 사용했다. 둘째, 이들은 수업 전에 비유 사용을 계획하지 않았으며, 자신의 경험이나 전문적인 독서로부터 비유물을 끌어냈다. 셋째, 그림 비유가 자주 사용되었으며, 상황에 따라 대응 정도가 달랐고, 비유물의 설명은 주로 교사에 의해 이루어졌다. 이러한 결과를 바탕으로 교사가 개인적으로 유용한 비유를 개발해야 하며, 학생 경험과 관련된 비유를 선정하고 비유의 속성을 분명히 대응시키고 제한점을 명시해야 한다고 제언하였다.

권혁순, & 노태희(1999)는 서울 시내 22개 중학교에서 131명의 과학 교사를 대상으로 비유 사용 시기와 비유 사용에 대한 인식을 조사하였다. 대부분의 과학 교사들은 수업에서 비유를 자주 사용하였고, 비유의 효과에 대해서 매우 긍정적으로 인식하였다. 과학 교사들은 비유를 사용할 때 관련된 그림을 함께 제시하고, 비유 자체에 대하여 설명하고, 잘못 알기 쉬운 것도 언급해야 한다는 데 동의하였으며, 비유물의 출처로 교사의 경험을 가장 많이 언급하였다. 최경희, 류수경, & 이기순(2006)의 연구 역시 교사가 사용하는 비유물의 출처가 대부분 교사의 경험임을 확인하였다.

Dagher(1995)는 비유 사용에 있어 학생들에게 친숙한 비유물 사용의 중요성에 대해 언급하며 교사들의 경험은 학생들의 경험과 다를 수 있음을 시사하였다. 하지만 위의 연구들과 같이, 교사들은 학생들이 비유에 익숙하다는 것을 전제하고, 비유 해석에 대한 가이드를 제공하지 않고, 교과서에 있는 비유를 정교한 방법으로 사용하지 않는 실정이다(Tierney,

1988; Treagust, Duit, Joslin, & Lindauer, 1990).

따라서 교사는 비유 사용의 효과를 높이기 위해 학생들에게 친숙한 영역에서 학생들의 이해 수준을 고려한 비유물을 선정해야 하며(Duit, 1991; Treagust, Duit, Joslin & Lindauer, 1992; Glynn, 1994), 비유를 사용하기 전에 비유물이 학생들에게 친숙한 것인지 확인해야 한다(Harrison & Treagust, 1993). 또한 교사는 비유물 자체에 대한 설명을 해야 하며, 비유물과 목표개념의 차이점을 명시해야 한다(Curtis & Reigeluth, 1984; Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 1993). 그리고 비유는 그림과 언어가 함께 표현되는 것이 학생의 개념 이해에 도움이 되며(Curtis & Reigeluth, 1984; 노태희, 최용남 & 권혁순, 1998; 김영민 & 박희숙, 2000), 목표개념과 구분하기 위해 비유라는 용어를 언급하는 것이 좋다(최경희, 이영애, & 류수경, 2003). 다수의 선행 연구에서 비유 사용의 효과를 높이는 교사의 비유 사용 방식을 제안 하였으므로, 비유 사용에서 나타나는 문제를 연구할 때는 교사의 비유 사용 방식을 중점적으로 볼 필요가 있다.

2.2. 교수·학습에서 교사가 겪는 어려움

2.2.1. 교사전문성과 교과교육학지식 그리고 어려움

내실 있는 교실 수업의 핵심은 교사의 수업 전문성이며, 수업 전문성을 개발하고 이해하는 데 핵심은 교사의 교과교육학지식이다(Shulman, 1986; 1987; 곽영순, 2008, 박성혜, 2003). 교과교육학지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)은 교과 내용지식이나 교육학 지식과는 구별되는 지식으로(Shulman, 1987), 교수하고자 하는 내용, 학생, 교육과정, 교수법, 교수 곤란 등 가르치고자 하는 상황 안에서의 교수·학습에 관계하는 모든 지식을 포함한다(Shulman, 1987; 임아름 & 전영석, 2014). 교사들이 교과교육학지식을 개발하고 쌓아간다는 것은 학생들에게 교수 내용을 제시하는 능력 혹은 교수할 수 있는 능력을 갖춰가는 것이다. 또한 교과교육학지식이 어떻게 형성되는가에 따라 교사의 자질이 좌우되므로 이는 교사가 가지는 전문성을 구분할 수 있는 중요한 기준이 된다(박성혜, 2006).

초임교사들은 전문성 발달이 필요하며, 경력이 오래된 교사라도 교과교육학지식을 더욱 개발할 수 있는 기회와 재교육이 필요하다(박성혜, 2006). 따라서 교직의 전문성 제고를 위해서 교사가 교과교육학지식을 개발할 수 있도록 지원해야 한다(박성혜, 2003). 그 일환으로 교사들에게 다양한 교과교육학지식 사례를 제공하는 방법이 있다. 한 교사의 교과교육학지식은 다른 교사의 사례를 통해서도 개발될 수 있기 때문에, 이

방법은 교사의 전문성 향상에 도움이 될 것이다(Van Driel, Verloop, & De Vos, 1998; 곽영순, 2008).

그런데 교과교육학지식은 주제 혹은 내용 특이적인 성격을 갖기 때문에(Loughran, Mulhall, & Berry, 2004; Van Driel et al., 1998), 교과별, 주제별 연구를 통해 교과교육학지식을 개발해야 한다(곽영순, 2008). 한편, 곽영순(2006)은 교과교육학지식을 탐색할 주제 선정에 있어서 학생들이 이해하기 어려워하거나 교사가 지도하기 어려운 내용을 중심으로 접근해야 한다고 하였다. 또한 De Jong & Van Driel(2004)은 가르치는 전략에 대한 지식을 얻기 위해서는 교사가 수업에서 겪는 어려움을 직접 살펴보아야 한다고 하였다. 즉, 어려운 주제를 교수할 때 교사가 겪는 어려움을 조사하여 교과교육학지식을 개발하고 교사들에게 제공해야 한다는 것이다(곽영순, 2006; 박준형 & 전영석, 2014). 이는 교사가 겪을 수 있는 어려움에 대한 사전 안내의 역할을 하며, 해결책 마련을 위한 토대가 될 수 있을 것이다.

2.2.2. 과학과 교수 어려움에 대한 선행 연구 분석

다수의 연구에서 전기회로 개념은 가르치기 어렵다고 한다(Gunstone, Mulhall, & McKittrick, 2009; Harrison & Coll, 2008; 임아름 & 전영석, 2014; 정효해 & 김재영, 2005). 그런데 중학교 과학 전기회로 단원은 보통 비유가 사용되므로, 비유를 사용하여 전기회로를 가르칠 때 교사는 어려움을 겪을 수 있다. 하지만 교사가 비유를 사용할 때 겪는 어려움에

대한 연구는 미비한 상황이다. 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움의 분석을 위해서는 교사의 교수 어려움을 분석한 선행 연구들의 분석 방법을 참고할 수 있다.

국내에서 수행된 과학과 교수 관련 어려움 연구는 초중등 예비교사, 초임교사, 현직교사 등 다양한 대상을 상대로 수행되었다. 연구 방법은 Likert 척도, 면담, 일화 기록법 등이 사용되었다. 과학과 교수 과정에서 교사들의 겪는 어려움은 몇 가지 요인에 따라 분석되고 범주화 되었는데 박준형, & 전영석(2014)은 무게 단원 수업에서 겪는 초등교사와 초등학생의 어려움을 내용지식, 교육과정, 교실환경, 학생으로 구분하였다. 이세연, & 이봉우(2018a,b)는 고등학교 물리학교사와 중학교 과학교사가 탐구지도에서 겪는 어려움을 교과서, 환경, 학생, 교사 요인으로 분석하였다. 이봉우(2013)는 탐구 멘토링에서 예비 과학교사들의 어려움을 예비교사, 학생, 상호작용, 환경 요인으로 분석했고, 이봉우 등(2008)은 영재교육 담당 교사들이 겪는 어려움을 환경, 학생, 교사 요인으로 분석했다. 임아름, & 전영석(2014)은 초등학교 5학년 '전기회로' 단원 수업에서 교사와 학생이 겪는 교수, 학습 곤란에 대한 조사를 수행하여 얻은 데이터를 학습자 요인, 교사 요인, 교육과정 교과서 요인, 환경 요인으로 나누어 분석하였다. 위 연구들을 통해 교사가 과학과 교수 과정에서 겪는 어려움은 대개 학생 요인, 교사 요인, 교육과정과 교과서 요인, 환경 요인으로 분류된다는 것을 알 수 있다.

제 3 장.
전기회로 교수에서 교사의 비유 사용 방식과 어려움

많은 선행 연구들이 교수·학습에 효과적인 비유 사용 방식을 제안하였다. 비유 사용에서 어려움을 겪는 교사들의 비유 사용 방식과 선행 연구에서 제안한 비유 사용 방식을 비교하는 것은 과학 수업에서 교사가 비유 사용 시 겪는 어려움을 교사의 비유 사용 방식과 관련하여 이해하는 데 도움이 될 것이다.

3. 1. 연구 방법[1]

3.1.1. 연구 대상

본 연구는 중학교 전기회로 수업에서 비유를 사용해 본 수도권 소재 과학 교사 8명을 대상으로 하였다. 물리학 개념을 가르칠 때 과학 교사의 경력과 물리학 전공 여부가 교사의 비유 사용 방식과 어려움에 영향을 미칠 것으로 판단하여 경력과 전공에 따라 연구참여자를 선정하였다. 따라서 연구 참여자는 초임 물리학 전공 교사 2명, 초임 비물리학 전공 교사 2명, 경력 물리학 전공 교사 2명, 경력 비물리학 전공 교사 2명이다. 이 때 경력 5년 이하의 교사를 초임, 6년 이상의 교사를 전공 교사로 보았으며 대학에서

[1] 본 연구를 위해 승인 받은 IRB와 연구참여자 관련 문건은 [부록1~4]에 첨부하였다.

물리학(물리교육)을 전공한 교사를 물리학 전공, 물리학(물리교육)을 전공하지 않은 교사를 물리학 비전공 교사로 구분하였다.

본 연구는 교사의 비유 사용 방식과 어려움에 대해 일반화하는 것이 목적이 아니라 소수의 교사를 대상으로 한 면담을 통해 교사의 비유 사용 방식과 비유 사용에 있어서의 어려움과의 관계를 심층적으로 이해하는 데 목적이 있다. 연구참여자 정보는 [표 3-1]과 같다.

[표 3-1] (연구1) 연구참여자 정보

교사	경력 (년)	전공
BP-H	초임 (1)	물리학
BP-W	초임 (2)	물리학
BN-J	초임 (1)	지구과학
BN-S	초임 (4)	생명과학
EP-M	경력 (7)	물리학
EP-C	경력 (13)	물리학
EN-K	경력 (11)	화학, 공통과학
EN-O	경력 (26)	화학

B - 초임 교사(Beginning): 경력 5년 이하의 교사
E - 경력 교사(Experienced): 경력 6년 이상의 교사
P - 물리학 전공(Physics): 대학에서 물리학(물리교육)을 전공한 교사
N - 물리학 비전공(Non-Physics): 대학에서 물리학(물리교육)을 전공하지 않은 교사
마지막 문자는 교사의 이름이다.

3.1.2. 자료 수집 및 분석

본 연구의 자료는 일대일 교사 면담을 통해 수집되었다. 교사가 전기회로를 가르칠 때 비유를 사용하는 방식과 비유를 사용할 때 겪은 어려움에 대해 묻는 질문을 면담 질문지로 구성하여 연구 참여자에게 미리 제공하였으며 이를 통해 참여자가 수업 중 비유 사용 방식과 어려움의

경험에 대해 생각할 시간을 충분히 제공하였다. 교사 면담은 일대일로 진행되었으며 회 당 약 1시간 정도 최대 3회까지 수행되었다. 면담 자료를 분석한 결과는 과학교육 전공 연구자들과의 지속적 논의를 통해서 정리되었으며 연구의 맥락을 이해하고 있는 과학교육 전문가의 검토를 받았다.

1) 면담질문지

전류, 전압, 저항 개념의 교수를 위한 교사의 비유 사용 방식은 선행 연구를 바탕으로 제작된 면담질문지를 사용하였다. 면담질문은 모두 여덟 가지였으며 그 내용은 [표 3-2]와 같다. 1번부터 3번까지의 질문은 개방형으로 4번부터 8번까지는 선택형으로 구성하였다. 선택형 질문의 경우 연구 참여자가 본인의 비유 사용 방식을 선택하면 그 이유를 추가로 질문하여 답변을 수집하였다.

[표 3-2] (연구1) 비유 사용 방식에 대한 질문과 각 질문의 출처

비유 사용 방식 질문 (질문 출처)	선택지
1. 교사가 제시하는 비유물과 목표개념이 무엇인지	-
2. 교사가 사용하는 비유의 출처가 무엇인지 (노태희, 김창민, & 권혁순, 1999)	-
3. 교사가 비유를 표현하는 방법이 무엇인지 (Curtis & Reigeluth, 1984; 김영민 & 박희숙, 2000)	-
4. 비유가 학생들에게 친숙한것인지 확인하는지 (Harrison & Treagust, 1993)	예 or 아니오
5. 비유 사용시 비유라는 단어 자체를 언급하는지 (최경희, 이영애, & 류수경, 2003)	예 or 아니오
6. 비유물 자체에 대한 설명을 하는지 (권혁순 & 노태희, 1999)	예 or 아니오
7. 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하는지 (Harrison & Treagust, 1993)	예 or 아니오
8. 비유물과 목표개념 중 무엇을 먼저 설명하는지 (Cruz-Hastenreiter, 2015; 권혁순 & 노태희, 1999)	비유물 or 목표개념

교사가 비유를 사용할 때 겪은 어려움에 대해서는 반구조화된 면담을 통해 자료를 수집하였다. 면담 질문은 비유 사용 수업에서 겪은 어려움에 대한 경험과 구체적 사례, 교사가 생각하는 어려움의 원인이나 이유, 교사가 겪은 어려움의 경험이 수업 개선에 영향을 주었는지 여부 등이었다.

2) 분석 방법

면담 내용은 녹음기를 사용하여 녹음하였으며 모두 전사하여 분석하였다. 교사의 비유 사용 방식을 파악하기 위해 전사한 면담 자료를 반복적으로 읽고 교사가 전기회로 수업에서 사용한 비유물과 비유물의 출처, 교사의 비유 사용 방식을 정리하였다. 비유 사용 방식은 교사가 제시한 수업의 맥락과 이유를 고려하며 정리하였다. 그 후 분석한 자료에 대한 타당도를 높이기 위해 면담기록지와 수업 지도 자료를 참고한 삼각검증을 진행하였다. 면담기록지는 면담에서 기록한 연구참여자와 연구자의 필기자료이다. 비유 사용 어려움을 분석하기 위해 응답 내용을 반복적으로 비교 분석하여 교수 어려움과 유관한 요소들을 추출하였으며 추출된 요소들 중 공통된 원인에 기반한 요소들을 묶어 중범주를 도출하였다. 마지막으로 도출된 중범주 중 같은 원인을 기반으로 한 범주를 묶어 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인을 파악할 수 있는 대범주를 도출하였다. 비유 사용 어려움의 원인을 묶은 범주 도출 자료는 타당성 확보를 위해 면담기록지와 수업 지도 자료를 통한 삼각검증을 하였으며 도출된 중범주와 대범주의 신뢰성 검증을 위해 과학과 교수 과정에서 교사가 겪는 어려움을

분석한 선행 연구들에서 도출된 범주를 참고하여 이를 검토하였다.

선행 연구에서 교사가 겪는 어려움의 원인에 대한 범주는 다음과 같다. 임아름, & 전영석(2014)은 초등학교 과학 전기회로 단원 수업에서 겪는 교사와 학생의 어려움에 대해 그 원인을 학습자 요인, 교수자 요인, 교육과정 및 교과서 요인, 환경 요인으로 나눴고, 박준형, & 전영석(2014)는 초등학교 교사가 무게 단원 수업에서 겪는 어려움을 내용지식, 교육과정, 교실환경, 학생 요인으로 분석하였고, 이봉우(2013)는 탐구 멘토링에서 예비 과학교사들이 겪은 어려움을 예비 교사, 학생, 상호작용, 환경 요인으로 분석했고, 이세연, & 이봉우(2018a,b)는 고등학교 물리학 교사와 중학교 과학 교사가 물리학 탐구지도에서 겪는 어려움을 교과서, 환경, 학생, 교사 요인으로 분석하였다. 위 연구들을 통해 교사가 교수·학습 과정에서 겪는 어려움의 원인은 크게 학생, 교사, 교육과정과 교과서, 환경 요인으로 분류된다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 교사가 비유를 사용할 때 겪는 어려움의 원인을 비유물과 목표개념, 비유물과 학습자, 교육과정·교과서, 교사 요인 등 네 범주로 구분되었는데 선행 연구의 범주 중 하나인 환경요인은 본 연구의 초점인 비유 사용 방식에는 주요하게 영향을 미치지 않으므로 교사 면담을 통해 도출되지 않았다고 판단하였다. 대신 본 연구에서는 비유를 사용한 전기회로 교수에 비유물과 목표개념의 관계가 교사의 비유 사용 어려움에 영향을 줄 수 있는 요인으로 도출되었다. 도출된 네 가지 대범주에 대해서는 과학교육 전문가를 중심으로 집단 세미나를 여러 차례 실시하여 타당성을 확보하였다.

3. 2. 연구 결과

연구 결과는 크게 교사의 비유 사용 방식에 대한 분석, 교사가 비유 사용 시 겪는 어려움과 그 원인 그리고 비유 사용 방식과 어려움의 관계로 나뉜다. 교사가 사용한 비유물과 비유물의 출처, 비유 사용 방식에 대한 분석 결과는 표로 정리하여 [부록5]에 첨부하였다.

3.2.1. 비유물과 비유물의 출처

교사가 사용한 비유물과 비유물의 출처는 [표 3-3]과 같다. 전류 개념과 전압 개념을 설명하기 위해 교사들이 가장 많이 사용하는 비유는 물 회로 비유였다. 물리학이 전공이 아닌 교사는 모두 물 회로 비유를 사용하였는데, 이는 교과서가 물리학 전공이 아닌 교사의 비유물 선정에 중요한 역할을 하고 있음을 뜻한다. 물 회로 비유의 사용과 그 이유에 대해 교사들은 다음과 같이 말했다.

[교과서 출처의 물 회로 비유를 사용한 이유]

[BP-W] 비상 교과서를 쓰는데, 교과서의 전기 단원 자체가 물 회로 비유로 설명이 되어 있어요

[BN-J] (전류와 전압을 설명하기 위해) 뭐가 비유하기 좋을까 생각하다가, 교과서를 봤는데 물 회로 비유가 적절한 것 같아서 썼어요

[EN-K] 교과서 흐름을 따라야 하니까 물 회로를 썼어요

[EN-O] 교과서에 물 회로 비유가 있었구요, 비바샘(교수지원 온라인 사이트) 같은 사이트에서 (다양한 그림을) 추가로 찾았어요

[표 3-3] (연구1) 교사가 사용한 비유물과 비유물의 출처

연구참여자의 정보			목표개념		
교사	경력(년)	전공	전류	전압	저항
BP-H	초임(1)	물리학	• 물 회로 (교과서, 교사 경험)	• 물 회로 (교과서) • 엘리베이터 (인터넷)	• 슬로프 (인터넷)
BP-W	초임(2)	물리학	• 물 회로 (교과서)	• 물 회로 (교과서)	• 장애물이 박힌 미끄럼판을 내려오는 구슬 (교과서) • 원통의 크기 비교 (교사 경험) • 복도에 서있는 학생 (인터넷)
BN-J	초임(1)	지구과학	• 물 회로 (교과서)	• 물 회로 (교과서, 인터넷)	• 터널을 통과하는 쥐 (갑자기 떠오름)
BN-S	초임(4)	생명과학	• 물 회로 (교과서)	• 물 회로 (교과서)	• 학생 역할놀이 (교사 경험)
EP-M	경력(7)	물리학	• 게임 유닛 (도서)	• 게임 유닛 (도서)	• 게임 저항군 (도서)
EP-C	경력(13)	물리학	• 진주목걸이 (교사 경험)	• 물 회로 (교과서)	-
EN-K	경력(11)	화학, 공통과학	• 물 회로 (교과서)	• 물 회로 (교과서)	• 장애물이 박힌 미끄럼판을 내려오는 구슬 (교과서) • 도로의 너비 (교사 경험) • 핀볼 (교사 경험)
EN-O	경력(26)	화학	• 물 회로 (교과서)	• 물 회로 (교과서, 인터넷)	• 파이프 속 자갈 (인터넷)

괄호 안은 비유물의 출처이다.

경력 물리학 교사 2명[EP-C, EP-M]은 전류 개념을 설명하기 위해 물 회로 비유가 아닌 게임 유닛, 진주목걸이 비유를 사용했다. 이 비유물의 출처는 각각 도서와 교사의 경험이었다. 경력 물리학 교사가 물 회로 비유를 사용하지 않고 다른 비유를 사용한 이유는 '전기회로의 특정 성질을 강조하기 위해서'와 '물 회로 비유가 전기회로 개념과 안 맞아서'였다. 이들은 물 회로 비유에 대해 비판적인 태도를 취하고 있었다. 다음은 물 회로 비유를 사용하지 않은 교사들과의 면담 내용이다.

[물 회로 비유를 사용하지 않은 이유: 전기회로의 특정 성질을 강조하기 위해]

[EP-C] 전류가 모든 곳에서 동일하게 흘러간다는 것을 얘기할 때, 목걸이처럼 얘기한 적이 있다. 진주 목걸이처럼 얘네들이 같이 엮여 있어 가지고 동시에 같이 움직여야 한다는 것을 설명하기 위해서 썼어요. 전자가 진주알 같은 개념인거죠? 전류에 대해선 그런 비유를 썼던 것 같구요.

[EP-M] 친숙할거라고 생각해서 유닛을 썼고, 입자라서 유닛을 썼어요. 연속하는 물의 흐름은 아니니까.. 입자를 강조하고 싶은 마음에 이걸 좀 더 썼어요

[물 회로 비유를 사용하지 않은 이유: 물 회로 비유가 전기회로 개념과 안 맞기 때문에]

[EP-C] 물 회로에 대한 비유를 안 쓰게 된건 오개념 때문이었어요. 정확한 개념을 설명하는 게 차라리 낫지 않을까 하는 생각을 했죠. 그리고 (전기회로가) 비유에 안 맞는 부분을 추가로 설명해야 하는게 더 설명을 방해하거든요.

[EP-M] 일단 물 회로는 대놓고 입자로 설명이 안되고.. 펌프라고 하는 것도 조금.. (중략) 물레방아가 저항? 뭔가 이상하지 않아요? 딱 안 맞아요 이것도. 무엇보다 입자가 아닌게 커요.

이처럼 물리학을 전공한 교사는 전기회로 개념을 교과서에 제시되어 있는 물 회로가 아니라 자신이 가지고 있는 물리학 내용 지식을 바탕으로 더 적절하다고 판단되는 비유물을 찾아 활용하고 있었다. 전기회로 같이 학생들이 어려워하고 개념의 추상성 때문에 설명이 어려운 경우, 교사의 물리학 내용 지식이 학생들의 오개념 형성을 줄여 줄 수 있는 비유물 선택에 중요한 요소임을 알 수 있다.

전압 개념을 설명하기 위한 비유에서 물리학을 전공한 초임 교사가 엘리베이터 비유를, 물리학을 전공한 경력 교사가 게임 유닛 비유를 사용하였다. 각각 도서와 인터넷이 비유물의 출처였다. 교사가 교과서에 제시된 비유물 외에 또 다른 비유물을 적절히 사용할 수 있는 능력은 가르치고자 하는 개념에 대한 교사 스스로의 노력과 학습이 뒷받침 되어야함을 알 수 있다.

저항 개념을 설명하기 위해 사용한 비유는 슬로프, 장애물이 박힌

미끄럼판을 따라 내려오는 구슬, 원통 속 장애물, 복도에 있는 학생, 터널 안의 쥐, 역할놀이에서의 학생, 게임의 저항군, 도로, 핀볼, 파이프 속 자갈이 있었다. 이 비유물들의 출처는 교과서, 교사의 경험, 인터넷, 도서, 교사의 갑작스러운 떠오름이었다. 저항 개념은 생활 속에서 다양한 비유물을 통해 설명할 수 있는 개념이라는 것과 이 때문에 교사들의 비유물에 대한 교과서 의존도가 낮은 개념이라는 것을 알 수 있었다. [EN-K]와 [BP-H]는 비유에 대한 학생들의 친숙도를 고려하는 모습을 보였다. 아래는 저항 비유 선정에 대한 교사 응답 내용이다.

[저항 비유의 출처는 교사의 경험]

[BP-W] 이 비유물(원통 장애물 통과)은 제가 그렇게 배웠어요. 중학교 때나 문제를 풀면서요. 임용이나 학생 때 시험 칠 때. 예전부터 저항의 굵기라 하면 장애물 통과. 이렇게 생각했어요.

[저항 비유의 선정에서 학생들의 친숙도 고려]

[EN-K] 게임기를 선택하는 이유는 학생들이 친할 것 같다고 생각했고, 한번쯤 봤을 거라고 생각을 했기 때문이에요. 학생들이 작동을 해봤을 거기 때문에 원리도 알 거고요. 이걸 하는 모습을 영상으로 떠올릴 수 있을 것 같아요. 머릿 속으로 그릴 수 있으니까요. 게임기 비유물을 갖고 온 이유는 저의 경험과 학생들의 경험이 맞을 것 같아서 였어요.

[BP-H] 학생들이 스키장 슬로프를 잘 알 것 같아서 했어요

3.2.2. 비유 사용 방식

교사들의 비유 사용 방식과 관련한 비유물의 표현 방법, 비유물에 대한 학생의 친숙도 확인 여부, 비유물 설명 여부, 차이점 설명 여부, 비유물과 목표개념의 설명 순서는 [표 3-4]와 같다.

[표 3-4] (연구1) 교사의 비유 사용 방식

교사	친숙함 확인			비유물 설명			차이점 설명			설명 순서		
	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항
BP-H	X	X	X	X	X/O	O	O	X	X	목	목	목
BP-W	X	X	X	X	X	O	O	X	O	목	목	목
BN-J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	목	목	목
BN-S	O	X	X	O	O	O	X	X	X	비	비	목
EP-M	X	X	X	O	O	O	O	O	X	목	목	목
EP-C	X	X	—	O	O	—	X	O	—	목	동	-
EN-K	O	O	O	O	O	O	O	O	O	비	비	비
EN-O	X	X	X	O	O	X	O	X	X	비	비	동

친숙함 확인: 비유물에 대한 학생의 친숙도 확인 여부,
비유물 설명: 비유물에 대한 설명 여부,
차이점 설명: 비유물과 목표개념 사이의 차이점 설명 여부,
설명 순서: 비유물과 목표개념 설명 순서,
X: 설명하지 않음,
O: 설명함;
- : 비유를 사용하지 않음,
목: 목표개념 먼저 설명함,
비: 비유물 먼저 설명함,
동: 목표개념과 비유물을 동시에 설명함,

1) 표현 방법

비유물을 표현하는 방법은 그림으로 보여주기, 구두로 설명하기, 활동지를 통해 비유물 만들어보기, 학습지를 통해 맞춰보기, 영상, 역할놀이가 있었다. 특히 그림으로 비유를 표현하는 방식이 많았다. 학습에 도움이 되는 비유물의 표현 방법은 언어로만 나타내기보다는 그림과 같은 시각적 설명이 수반되는 비유다(Duit, 1991; 김영민, 1991). 교사들은 선행 연구의 제언과 일치하는 방식으로 비유물을 나타내고 있었는데 표현 방법으로 인한 어려움에 대해 언급한 교사 역시 없었다. 추상적인 목표개념을 비유물을 이용해 설명하는 만큼 구두뿐 아니라 다양한 표현 방법이 사용된 것으로 보이며 따라서 다양한 비유물 표현 방법의 사용은 교사에게 큰 어려움을 주지 않는 것으로 보인다.

2) 친숙도 확인, 비유물 설명, 차이점 설명 여부

8명 중 6명의 교사가 학생이 비유물에 친숙한지 확인하지 않았다. 그 이유는 교사들이 '학생들이 비유물에 친숙하다'고 판단하기 때문이었다. 반면 나머지 2명의 교사[EN-K, BN-S]는 '학생의 경험을 끌어내기 위해' 친숙함을 확인했다. 아래는 교사의 응답 내용이다.

[친숙함을 확인하지 않는 이유]

[BP-H] 엘리베이터와 스키장은 학생들과 친숙하다고 생각해서 사용했어요

[BN-J] 펌프로 전압을 설명한 이유는 애들이 경험상 익숙한 지는 모르겠지만 알만하고 적절한 것 같아서에요

[EP-M] 학생들이 게임에 친숙할거라고 생각해서 유닛을 썼어요

[EN-O] 물레방아가 학생들에게 쉬울 거라고 생각했는데 애들은 친숙하지 않고…자갈은 학생들에게 친숙할거라고 생각해서 묻진 않았어요.

[BP-W] 원통 장애물 통과 비유랑 복도 비유는 학생들이 친근할거라고 생각하고 썼어요.

[친숙함을 확인하는 이유]

[EN-K] 수족관 같은 데서 물 퍼올리는 거 본적 있냐고 질문 먼저 해요. 논이나 수로에서 농사 지을 때 물을 퍼올릴 때 사용하는 양수기를 펌프라고 하기도 하고, 미니어항의 펌프 물을 올리는 거 본적 있냐고 다양한 방식으로 아래쪽의 물을 끌어올리는 작업을 할 수 있다는 걸 설명해서 비유물이 무엇인지 끌어내려고 해요.

[BN-S] 학생이 아는 걸 먼저 얘기해주고 그거랑 크게 차이가 있지 않고 비슷한 부분이 많다는 걸 말해 줘요

학생이 비유물에 이미 친숙할 것이라는 판단은 초임, 경력, 물리학 전공, 물리학 비전공 교사 모두에게서 고루 나타나는 비유 사용 방식이었다. 학생의 선경험은 과학 개념 학습에 있어서 교사가 알아야 할 교과교육학지식 중 하나이다. 교사는 자신이 가르치는 학생에 대한 이해를 바탕으로 한 비유 사용을 해야 할 것이다.

그런데 학생에게 친숙한 비유물을 사용한다 하더라도 학생들은 비유물이 표현하는 상황을 이해하지 못하거나 비유 사용자의 의도와는 다른

방향으로 비유를 해석할 수 있기 때문에 교사는 비유물 자체를 설명해야 한다(김영민, 1991; 김영민 & 박희숙, 2000; 권혁순 등, 2004). 하지만 일부 교사는 '학생들이 비유물을 알 것 같다'는 판단으로 비유물을 설명하지 않았다. 아래는 응답 내용이다.

[비유물을 설명하지 않는 이유 - 교사의 판단]

[BP-H] 그냥 안다고 치고 물 회로 비유 사용했어요.
[BN-J] 물 회로 자체에 대한 설명은 안했어요. 애들이 충분히 알 것 같아서요.
[BP-W] 처음 구상엔 학생들이 당연히 비유물(물회로)을 알 거라고 생각했어요. 근데 그게 안돼서 중간 중간 추가 설명을 했어요.

학생이 비유물에 친숙할 것이라는 판단 하에 친숙함 확인을 하지 않는 비유 사용 방식과는 다르게 비유물 자체에 대한 설명은 초임 교사들이 하지 않는 것을 나타났다. 이 또한 학생들이 비유물을 잘 알 것이라는 교사의 개인적 판단이 영향을 미친 것으로 드러났다. 교사 경력이 짧은 초임 교사들의 경우 학생에 대한 이해가 부족하여 교사 중심의 과학 수업을 할 수 있음을 시사하는 부분으로 초임 교사 재교육 시 학생에 대한 지식이 강조되어야 할 것이다.

모든 비유는 목표개념과 분명히 다른 부분이 있기 때문에(Harrison & Treagust, 2006), 비유를 사용할 때 비유물과 목표개념의 차이점을 명시해야 한다. 하지만 차이점에 대해 설명하지 않는 교사가 다수 있었다. 그 이유는 '비유물과 목표개념의 공통점, 유사점에 중점을 두기 위해', '비유물과 목표개념 사이에 차이점이 없다는 교사의 판단', '학생의 수준이 낮다는 판단' 때문이었다. 다음은 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않는 이유에 대한 면담 자료이다.

[비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않는 이유]

① 비유물과 목표개념의 공통점, 유사점에 중점을 두기 위해

[BN-S] 비슷한 부분에 초점을 맞춰 설명한 거라서, 어쨌든 제가 설명하려던 건 물레방아보다 전기회로니까 전기회로 쪽에 치우쳐서 얘기했어요.

② 비유물과 목표개념 사이에 차이점이 없다는 교사의 판단

연구자: 엘리베이터, 스키장과 전압의 차이에 대해 설명하셨나요?

[BP-H] 차이가 없다고 생각해서 말하지 않았어요. 스키장 비유에서 애매한 부분은 저항을 설명할 때 였어요. 그래서 어떤 것이 저항의 역할을 하는지 찾아보라고 했어요.

③ 학생의 수준이 낮다는 교사의 판단

[BN-J] 짚어줘도 이해하기 힘들 거라 생각해서, 딱 저항 단면적에 대한 이해 정도만 했으면 좋겠어서 더 얘기 안했어요.

비유물과 목표개념 사이의 차이점을 설명하지 않는 교사는 경력교사보다 초임교사가 더 많았다. 위에서 언급했던 비유 사용 방식과 마찬가지로 초임교사들이 학생의 입장보다 교사의 판단을 바탕으로 비유 사용을 하고 있다는 것을 알 수 있다. 학생에 대한 이해는 수업 경험을 통해 자연스럽게 향상될 수 있는 교사 지식이나 초임교사의 경우 학생 중심 비유 사용에 대한 재교육이 강화되어야 할 것이다.

3) 비유물과 목표개념의 설명(제시) 순서

과학 교과서나 교사들의 비유 사용 전략 분석에 기초한 GMAT(General Model of Analogy Teaching; Zeitoun, 1984) 모형, TWA(Teaching With Analogy; Glynn, 1989) 모형이나 기타 연구자들의 비유 수업 모형에서는 목표개념을 먼저 설명하고 후에 비유를 제시하는 것을 추천한다(노태희, 김창민 & 권혁순, 1999). 하지만 목표개념에 앞서 제시되는 비유는 학생들에게 친숙하지 않은 과학 개념을 친숙하게 하기 위한 배경

정보로 활용되어 학습자의 사전 지식에 대한 선행 조직자의 역할을 할 수 있다(Thiele & Treagust, 1994). 즉, 비유물과 목표개념의 설명 순서에 대해서는 일치된 견해가 존재하지 않는다(김민환, 김혜리 & 노태희, 2018).

실제 교사가 사용하는 비유의 설명 순서도 나뉘었다. 8명 중 5명의 교사는 비유보다 목표개념을 먼저 설명했다. 그 이유는 '비유를 설명의 보조 도구로 사용하기 위해'였다. 비유물을 먼저 제시하고 목표개념을 설명하는 교사 3명은 '학생의 사전 지식을 이용하기 위해' 비유를 먼저 제시했다. 아래는 응답 내용이다.

[목표개념 설명 후 비유물 - 비유를 설명의 보조 도구로 사용]

[EP-M] 같이 책 읽으면서 수업을 하는데 먼저 전류 개념을 읽게 되니까. "이거 어렵지" 하면서 비유를 말한거에요. 책은 바로 (개념 설명이) 나오잖아요. 이거는 뭐다 저거는 뭐다 이렇게 그래서 어렵잖아요. 교과서를 먼저 읽고 비유를 설명의 보조 도구로 사용하는 거에요.

[BN-J] 전류, 전압을 설명하고 부연 설명하듯이 비유를 사용했어요.

[비유물 설명 후 목표개념 - 학생의 사전지식을 이용]

[EN-K] 개념 먼저 제시해버리면 비유물과 개념을 동떨어진 걸로 인식해요. 그래서 비유물을 아는지 본적 있는지 질문한 후에 비유물을 먼저 설명해요. 그리고 나서 목표개념을 도입해요. 학생들이 먼저 알고 있는 비유물을 쓰는거죠.

[BN-S] 학생들의 주의를 끌 수 있거든요. 그래서 익숙할 수 있는 물 회로를 먼저 말했어요. 왜냐면, 과학적인 용어를 사용하거나 그랬을 때 학생들이 거부감을 느끼기도 하더라구요. 그래서 학생이 아는 걸 먼저 얘기해주고 그거랑 크게 차이가 있지 않고 비슷한 부분이 많은거다. 라는 걸 얘기해줬어요.

비유물을 목표개념보다 먼저 설명하는 교사의 비유 사용 방식 이유는 선행 연구의 결과와 일치하였다. 하지만 비유물과 목표개념의 제시 순서에 대한 선행 연구의 일치된 결과가 없는 것과 마찬가지로 교사들의 비유 사용 방식에 있어서의 제시 순서에 영향을 미치는 특정한 요인은 찾을 수 없었다.

3.2.3. 비유 사용 어려움

[표 3-5]은 비유 사용 어려움과 관련된 응답을 정리한 결과이다. 전기회로 수업에서 비유를 사용하는 교사가 겪는 어려움은 '매끄러운 개념 설명이 어렵다', '목표개념에 대해 추가 설명이 필요하다', '목표개념을 정확히 설명하지 못한다', '교육과정에서 벗어난 설명이 필요하다', '학생이 오개념을 가진다', '비유물에 대한 추가 설명이 필요하다', '비유 선택이 어렵다', '다른 비유를 찾아야 한다', '학생이 비유를 이해하지 못한다', '학생의 질문을 예상하기 어렵다', '학생이 놓치는 부분 파악하기 어렵다', '교사에게 비유가 낯설다', '교사에게 목표개념이 어렵다'와 같이 13가지로 나타났다. 비유를 사용하여 전기회로 수업을 할 때 겪는 어려움의 원인은 비유물과 목표개념 요인으로 '비유물과 목표개념의 차이점', '목표개념의 난이도와 추상성'이, 비유물과 학습자 요인으로 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음'이, 교육과정과 교과서 요인으로 '전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음', '교과서가 물 회로 비유로 구성됨', '비유물과 목표개념을 설명하는 문장이 대응되지 않음'이, 교사 요인으로 '교사의 수업 경험 부족', '교사의 전공이 물리학이 아님'이 도출되었다.

[표 3-6]는 어려움에 대한 교사들의 응답을 어려움의 원인과 어려움 횟수로 나타낸 것이다. 초임 교사(28회)가 경력 교사(8회)보다 많은 어려움을 겪었으며, 그 어려움의 이유 또한 다양함을 알 수 있다. [EN-K] 교사는 어려움이 없다고 응답했다. 이 교사는 선행 연구에서 제언한 비유 사용 방식대로 비유를 사용하고 있었다.

[표 3-5] (연구1) 비유 사용 어려움과 그 원인

어려움	어려움의 원인	
	중범주	대범주
① 매끄러운 개념 설명이 어렵다.	비유물과 목표개념의 차이점	비유물 - 목표개념 요인
② 목표개념에 대해 추가 설명이 필요하다.		
③ 교육과정에서 벗어난 설명이 필요하다.		
④ 학생이 오개념을 가진다.		
⑤ 비유물에 대한 추가 설명이 필요하다.		
① 매끄러운 개념 설명이 어렵다.	목표개념의 난이도와 추상성	
⑥ 비유 선택이 어렵다.		
⑤ 비유물에 대한 추가 설명이 필요하다.	학습자가 비유물에 친숙하지 않음	비유물 - 학습자 요인
⑦ 다른 비유를 찾아야 한다.		
① 매끄러운 개념 설명이 어렵다.	전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음	교과서, 교육과정 요인
③ 교육과정에서 벗어난 설명이 필요하다.		
⑧ 목표개념을 정확히 설명하지 못한다.		
⑥ 비유 선택이 어렵다.	교과서가 물 회로 비유로 구성됨	
⑨ 학생이 비유를 이해하지 못한다.	비유물과 목표개념을 설명하는 문장이 대응되지 않음	
⑩ 학생의 질문을 예상하기 어렵다.	교사의 수업 경험 부족	교사 요인
⑪ 학생이 놓치는 부분 파악하기 어렵다.		
⑥ 비유 선택이 어렵다.	교사의 전공이 물리학이 아님	
⑧ 목표개념을 정확히 설명하지 못한다.		
⑫ 교사에게 비유가 낯설다.		
⑬ 교사에게 목표개념이 어렵다.		

[표 3-6] (연구1) 교사 별 비유 사용 어려움과 그 원인

어려움 (횟수)	초임 물리		초임 비물리		경력 물리		경력 비물리	
	BP-H	BP-W	BN-J	BN-S	EP-M	EP-C	EN-K	EN-O
① 매끄러운 개념 설명이 어렵다. (7회)	원인 2종 차이점/난이도 (어려움 각 1회)	원인 1종 차이점 (어려움 2회)	원인 2종 차이점/에너지 (어려움 각 1회)	원인 1종 난이도 (어려움 1회)				
② 목표개념에 대해 추가 설명이 필요하다. (1회)						원인 1종 차이점 (어려움 1회)		
③ 교육과정에서 벗어난 설명이 필요하다. (2회)		원인 1종 차이점 (어려움 1회)	원인 1종 에너지 (어려움 1회)					
④ 학생이 오개념을 가진다. (5회)	원인 1종 차이점 (어려움 1회)	원인 1종 차이점 (어려움 1회)	원인 1종 차이점 (어려움 2회)			원인 1종 차이점 (어려움 1회)		
⑤ 비유물에 대한 추가 설명이 필요하다. (3회)		원인 1종 학생이 비유물 모름 (어려움 1회)			원인 1종 학생이 비유물 모름 (어려움 1회)	원인 1종 차이점 (어려움 1회)		
⑥ 비유 선택이 어렵다. (5회)		원인 1종 물 회로 비유로 구성됨 (어려움 1회)	원인 1종 물 회로 비유로 구성됨 (어려움 1회)	원인 1종 전공 (어려움 1회)				원인 2종 난이도/전공 (어려움 각 1회)
⑦ 다른 비유를 찾아야 한다. (2회)	원인 1종 학생이 비유물 모름 (어려움 1회)							원인 1종 학생이 비유물 모름 (어려움 1회)
⑧ 목표개념을 정확히 설명하지 못한다. (4회)		원인 1종 에너지 (어려움 1회)	원인 2종 에너지/전공 (어려움 각 1회)	원인 1종 전공 (어려움 1회)				
⑨ 학생이 비유를 이해하지 못한다. (1회)			원인 1종 대구가 맞지 않음 (어려움 1회)					
⑩ 학생의 질문을 예상하기 어렵다. (2회)		원인 1종 교사 경험 적음 (어려움 1회)	원인 1종 교사 경험 적음 (어려움 1회)					
⑪ 학생이 놓치는 부분 파악하기 어렵다. (1회)		원인 1종 교사 경험 적음 (어려움 1회)						
⑫ 교사에게 비유가 낯설다. (1회)			원인 1종 전공 (어려움 1회)					
⑬ 교사에게 목표개념이 어렵다. (2회)				원인 1종 전공 (어려움 1회)				원인 1종 전공 (어려움 1회)

교사들이 가장 많이 겪는 어려움은 “①매끄러운 개념 설명이 어렵다.”(7회)였다. 그 이유는 비유물과 목표개념 간 차이점이 있고, 목표개념의 난이도와 추상성이 높고, 전압을 에너지 개념으로 설명하지 않기 때문이었다. 그 다음으로 많이 겪는 어려움은 “④학생이 오개념을 가진다.”, “⑥비유 선택이 어렵다.”(각각 5회)였다. 학생이 오개념을 가져서 교사가 어려움을 겪는 것에 대한 원인은 “비유물과 목표개념 간 차이점” 하나였다. 이에 대해 비유 사용 방식과 연관지어 뒷 절에서 다루도록 하겠다. 비유 선택에 어려움을 겪는 이유는 “교과서가 물 회로 비유로 구성됨, 목표개념의 난이도, 교사의 전공이 물리학이 아님” 3가지 원인 때문이다. 그런데 비유 선택이 어렵다고 응답한 교사는 전류, 전압 설명에서 모두 물 회로 비유를 사용하고 있다. 이를 통해 전류, 전압 설명에서 교과서 출처의 물 회로 비유가 많이 사용되는 이유를 파악할 수 있다. 교과서가 물 회로 비유로 구성되어 있기 때문에 혹은 교사 본인에게도 전기회로 개념이 추상적이고 어렵기 때문에 물 회로 비유를 사용하는 것이다. 아래는 비유 선택이 어려운 이유에 대한 교사의 응답 내용이다.

[비유 선택이 어려운 이유 - 교과서가 물 회로 비유로 구성됨]

[BP-W] 교과서 자체가 비유로만 이루어져 있어요. 시작부터 수도관인데 설명 끝까지 수도관이에요. 마지막에 개념이 등장해요. 건전지는 펌프, 전류는 물이 흐르는 거, 물레방아가 전구 식으로 교과서가 되어있으니까 쓸 수 밖에 없었어요. 전기 단원이 다 비유로 도입되고, 문제로 나와요.

[BN-J] 교과서 마다 물 회로 비유가 있어서, 학생들이 더 이해하기 쉬운 다른 비유를 찾는게 어려워요.

[비유 선택이 어려운 이유 - 전기회로 난이도와 추상성]

[EN-O] 기본적으로 개념이 너무 추상적인데 그것에 맞는 구체적인 비유를 찾는 거 자체가 어려운 거죠.

[비유 선택이 어려운 이유 - 교사의 전공이 물리학이 아님]

[BN-S] 제 전공을 설명할 때는 아는 내용이 조금 더 다양하게 많다 보니까 여기저기서 끌어오거나 그런게 많았거든요. 제 전공이 아니다 보니까 혹시나 제가 사용하는 비유가 틀릴 수도 있고 혹시 애들한테 오개념을 심어줄까봐 교과서에 있는 정도로 했던 것 같아요.

[EN-O] 제가 화학이잖아요. 저도 전위차라는 개념이 되게 어려워요. 그래서 그 전위차라는 개념을 가장 적절한 비유든, 다른 방법으로라던가 쉽게 설명하는 방법이 있으면 좋겠다. 적절한 수업 자료 찾기가 어려워요.

위 응답을 통해 교사들도 다양한 비유를 사용하고 싶어하지만, 한계가 있다는 것을 알 수 있다. 다시 말해, 비유 선택의 어려움이 전류와 전압 설명에서 비유를 사용하는 방식에 영향을 준다는 사실을 알 수 있다. 따라서 비유 사용 방식과 어려움은 관련이 있다고 할 수 있다.

3.2.4. 비유 사용 방식과 어려움

[표 3-7]은 비유 사용 어려움(표 3-5)에서 교사들이 가장 많이 겪은 어려움(매끄러운 개념 설명이 어렵다), 여러 교사가 겪었지만 그 원인은 하나인 어려움(학생이 오개념을 가진다), 물리학 전공 교사만이 겪은 어려움(비유물에 대한 추가 설명이 필요하다)을 골라 그 교사들의 비유 사용 방식(표 3-4)과 비교한 것이다.

1) 매끄러운 개념 설명이 어렵다.

아래는 매끄러운 개념 설명에 어려움을 보이는 교사들의 면담 자료이다.

[BP-H] [BN-J] [BP-W] 전압은 전기적 위치 에너지 차인데, 물의 높이 차인 수압으로 비유하면 안된다고 생각해 막혔었어요.

[BP-W] 불 켰을 때, 형광등이 바로 켜지는 이유가 물 회로로는 설명이 잘 안돼요.

[BN-J] 펌프는 물의 높이 차를 만들어서 물을 이동 시킨다고 돼있는데, 회로에

도입하면, 전지는 전기 위치에너지 차이를 만드는 건데, 교과서엔 위치에너지 개념이 안 나오잖아요. 성취 기준도 아닐 뿐 더러, 전기에너지를 도입해서 설명하면 교육과정을 벗어나니까.. 그래서 여기서 막혔어요. 전지가 만드는 차이를 뭐라고 해야할까 고민했어요.

이 교사들은 모두 초임교사이며, 물 회로 비유를 사용했다. [BP-H] [BN-J] [BP-W] 교사는 학생들이 비유와 친숙한지 확인하지 않았으며, 비유물에 대한 설명을 하지 않았다. 또한 이 세 교사는 목표개념을 비유물보다 먼저 설명했다. 목표개념과 비유물 간의 차이점을 설명한 교사는 물리학 전공 교사 2명이었다.

[표 3-7] (연구1) 비유 사용 방식과 어려움

어려움	교사	비유물	공통된 비유 사용 방식
매끄러운 개념 설명이 어렵다.	BP-H, BP-W, BN-J, BN-S	물 회로	• 매끄러운 개념 설명이 어려운 교사는 모두 초임교사이다. • 전류와 전압 설명에서 물 회로 비유를 사용했다. • 물 회로 비유의 출처는 교과서다. • BN-S 를 제외한 나머지 교사는 친숙함 확인을 하지 않았다. • BN-S 를 제외한 나머지 교사는 비유물 설명을 하지 않았다. • 차이점을 설명한 교사는 물리학 전공 교사 2 명이었다. • BN-S 를 제외한 나머지 교사는 목표개념을 비유물보다 먼저 설명했다.
학생이 오개념을 가진다.	BP-H, BP-W, BN-J, EP-C	물 회로	• 친숙함 확인을 하지 않았다. • BP-H, BP-W, BN-J 는 비유물을 설명하지 않았다. • BP-H 는 전압에서, BN-J 는 전류, 전압, 저항에서 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않았다. • 목표개념을 먼저 설명했다.
비유물에 대한 추가 설명이 필요하다.	BP-W, EP-M, EP-C	물 회로, 게임유닛	• 친숙함 확인을 하지 않았다. • EP-M, EP-C 는 비유물에 대한 설명을 했지만 추가 설명이 필요했다. • 목표개념을 먼저 설명했다.

1) 매끄러운 개념 설명이 어렵다.

아래는 매끄러운 개념 설명에 어려움을 보이는 교사들의 면담 자료이다.

[BP-H] [BN-J] [BP-W] 전압은 전기적 위치 에너지 차인데, 물의 높이 차인 수압으로 비유하면 안된다고 생각해 막혔었어요.

[BP-W] 불 켰을 때, 형광등이 바로 켜지는 이유가 물 회로로는 설명이 잘 안돼요.

[BN-J] 펌프는 물의 높이 차를 만들어서 물을 이동 시킨다고 돼있는데, 회로에 도입하면, 전지는 전기 위치에너지 차이를 만드는 건데, 교과서엔 위치에너지 개념이 안 나오잖아요. 성취 기준도 아닐 뿐 더러, 전기에너지를 도입해서 설명하면 교육과정을 벗어나니까.. 그래서 여기서 막혔어요. 전지가 만드는 차이를 뭐라고 해야할까 고민했어요.

이 교사들은 모두 초임교사이며, 물 회로 비유를 사용했다. [BP-H] [BN-J] [BP-W] 교사는 학생들이 비유와 친숙한지 확인하지 않았으며, 비유물에 대한 설명을 하지 않았다. 또한 이 세 교사는 목표개념을 비유물보다 먼저 설명했다. 목표개념과 비유물 간의 차이점을 설명한 교사는 물리학 전공 교사 2명이었다.

2) 학생이 오개념을 가진다.

아래는 학생이 오개념을 가지는 어려움이 있다고 응답한 교사의 면담 자료이다.

[EP-C] 물 회로에 대한 비유를 점점 안 쓰게 된건 오개념 때문이에요. 정확한 개념을 설명하는 게 차라리 낫지 않을까 하는 생각을 했어요. 그리고 비유를 얘기했을 때 비유에 안맞는 부분을 추가로 설명해야 하는게 더 설명을 방해하더라구요.

[BN-J] 전압이 뭐지라고 물었을 때, "수면의 높이 차요"라고 대답하는 학생이 있었고, 수압으로 전압을 설명할 때, "전압도 전기의 압력 차인거에요?"라고 질문하는 학생도 있었어요.

[BP-H] 전압은 전기적 위치 에너지 차인데, 학생들이 물의 높이 차를 보고 전자도 높이 차이가 있는 걸로 오해할까봐 걱정했어요.

[BP-H] [BN-J] [BP-W] [EP-C] 네 교사 모두 학생이 비유물에

친숙한지 확인하지 않았으며, 목표개념을 먼저 설명했다. [BP-H], [BP-W], [BN-J]는 비유물을 설명하지 않았다. [BP-H]는 전압에서, [BN-J]는 전류, 전압, 저항에서 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않았다. [BP-H] 교사를 통해 물 회로와 전기회로 간 차이점이 학생에게 오개념을 만들 수 있다는 것을 알지만, 차이점을 설명하지 않는 교사가 있음을 알 수 있었다.

3) 비유물에 대한 추가 설명이 필요하다.

아래는 비유물에 대한 추가 설명을 해야 하는 어려움을 겪은 교사들의 면담 내용이다.

[EP-M] - 게임 유닛
여학생들은 게임 비유를 썼을 때 잘 이해를 못해요. 이게 어려운 점이라고 생각해요. 그래서 유닛이라는 거에 대해 더 설명했죠.

[BP-W] - 물 회로
학생들이 당연히 펌프, 물레방아를 알 줄 알았는데, 그게 아니어서 중간 중간 추가 설명을 해야했어요.

[BP-W] [EP-M] [EP-C] 교사 모두 학생이 비유물에 친숙한지 확인을 하지 않았으며, 목표개념을 먼저 설명했다. [EP-M] [EP-C]는 각각 게임 유닛, 물 회로 비유를 사용했다. 이 비유물에 대한 설명을 했지만 추가 설명이 필요했다. [EP-M] 교사를 통해 '교과서에 없는 비유를 사용할 때는 학생들이 친숙한 비유를 선정하여 자세히 설명해야 한다'는 것을 알 수 있다.

위 결과를 통해 교사가 비유 사용에서 공통적으로 겪는 어려움에는 비슷한 비유 사용 방식이 있음을 확인하였다. 이 교사들은 선행 연구에서 효과적인 비유 사용을 위해 제안한 비유 사용 방식을 대부분 지키지 않았다.

‘학생들이 비유에 친숙하다’는 교사의 판단 때문에 학생이 비유물에 친숙한지 묻지 않았고, ‘학생이 비유물을 알 것 같다’ 교사의 판단 때문에 비유물을 설명하지 않았다. 그리고 ‘학생들에게 낮은 수준을 요구함’ 때문에 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않았다. 한편, 목표개념을 비유물보다 먼저 설명하는 교사는 어려움을 겪는 경향이 있었고, 비유라는 단어를 사용하지 않아도 어려움을 겪지는 않았다.

공통된 어려움을 겪는 교사들의 비유 사용 방식으로부터 다음을 도출할 수 있다. 교사의 판단만으로 친숙함 확인을 하지 않는 경우, 교사는 매끄러운 개념 설명이 어렵거나, 학생이 오개념을 가지거나, 비유물에 대해 추가 설명을 해야 하는 어려움을 겪을 수 있다. 또한 교사의 판단만으로 비유물에 대한 설명을 하지 않을 경우, 매끄러운 개념 설명이 어렵거나, 비유로 인해 학생이 오개념을 가질 수 있다. 따라서 교사의 판단만으로 비유를 사용하는 것은 교사에게 어려움을 초래한다고 할 수 있다.

하지만 목표개념과 비유물의 제시 순서의 경우 비유 사용 방식에 대한 분석에서는 교사의 제시 순서에 영향을 미치는 특별한 요인을 발견할 수 없었는데, 비유 사용 어려움에 대한 면담 분석을 통해 목표개념을 비유물보다 먼저 설명하는 교사가 어려움을 겪는 경향이 있다는 것을 알았다. 이는 효과적인 비유 수업을 위한 목표개념과 비유물의 제시 순서에 대해서 일치된 결과가 없던 것과는 대조적으로 전기회로 수업에서는 비유물을 먼저 제시하는 것이 효과가 있을 수 있음을 뜻한다.

3.2.5. 어려움의 원인과 비유 사용 방식

어려움의 원인(표 3-5)에서 '비유물과 목표개념의 차이점'과 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음' 요인은 교사의 비유 사용 방식(표 3-4)의 '차이점 설명'과 '친숙함 확인'에 관련된 것이다. '비유물과 목표개념의 차이점' 요인은 교사가 겪는 어려움의 원인 중 가장 많은 부분을 차지함에도 불구하고, 비유 사용에서 차이점을 설명하지 않는 교사는 절반이나 된다. 비유물과 목표개념 사이의 차이점을 설명하지 않으면 학습자가 목표개념에 대해 잘못 이해하거나 오개념을 가질 수 있다(Treagust, Harrison & Venville, 1998). 아래는 비유물과 목표개념의 차이점으로 인해 교사가 겪은 어려움에 대한 면담 자료이다.

[어려움 ② 비유물과 목표개념의 차이점 때문에, 목표개념에 대한 추가 설명이 필요하다.]

[EP-C] 물 회로에 대한 비유를 점점 안 쓴 이유는 전기회로랑 물 회로가 달라서에요. 비유를 얘기했을 때 서로 맞지 않는 부분을 추가로 설명해야 했어요. 이게 더 설명에 방해가 됐어요.

[어려움 ③ 비유물과 목표개념의 차이점 때문에, 교육과정에서 벗어난 설명이 필요하다.]

[BP-W] 학생들이 수압 때문에 계속 속도 이야기를 했다. 수압이 세면 물이 빠르게 치고 나간다고 생각해서 속도에 대한 질문을 계속 받았는데, 이 속도가 그렇지 않다라는 걸 설명하기 위해 원래 개념을 설명할 수 밖에 없었어요.

효과적인 과학 개념 학습을 위해서는 학생들에게 친숙한 비유물을 사용해야 한다. 친숙한 비유는 학습자의 배경지식을 이용해 학습에 도움을 주고, 학생의 흥미를 이끌 수 있기 때문이다(Duit, 1991). 그런데 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음'이 어려움의 원인 중 하나라는 것은 교사가 사용한 비유가 학생에게 친숙하지 않거나, 친숙함을 확인하지 않은 것으로 해석할

수 있다. 즉, 비유물을 교체하거나 비유 사용 방식이 수정되어야 할 필요가 있음을 뜻한다. 아래는 학생들이 비유에 친숙하지 않아 어려움을 겪은 교사들의 면담 자료이다.

[어려움 ⑤ 학생들이 비유에 친숙하지 않아서, 비유물에 대한 추가 설명이 필요하다.]

[BP-W] 학생들이 당연히 펌프, 물레방아를 알 줄 알았는데, 그게 아니어서 중간 중간 추가 설명을 해야했어요.

[EP-M] 게임 유닛 비유 같은 경우엔 여학생들이 이해를 잘 못해요. 그래서 유닛이라는 것에 대해 더 설명했죠.

[어려움 ⑦ 학생들이 물 회로 비유에 친숙하지 않아서, 다른 비유를 찾아야 한다]

[BP-H] 물 회로는 학생들이 잘 몰라서, 엘리베이터와 스키장 비유를 사용했어요.

[EN-O] 기본적으로 펌프가 뭔지 잘 몰라요. 물레방아도 어떤 일을 하는 지 잘 몰라요. 그리고 펌프의 압력도 펌프를 모르니까 와닿지 않는거고. 그래서 요즘 학생들에게 맞는 비유가 필요한 것 같아요.

[EP-M] 애들이 잘 펌프 잘 모를걸요? 물 떨어지는 거 물레방아? 물레방아도 잘 몰라요. 물레방아가 저항? 뭔가 이상하지 않아요? 그래서 다른 비유를 사용했죠.

이를 통해, 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인과 비유 사용 방식은 관련이 있다고 생각할 수 있다. 따라서 교사는 비유를 사용할 때 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하고, 학생이 비유물에 친숙한지 확인하는 과정을 통하여 비유 사용의 효과를 높이고, 교사가 겪는 어려움을 줄일 수 있도록 해야 한다.

3. 3. 결론 및 제언

본 연구는 교사의 비유 사용 방식과 어려움 조사를 통해 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 데 겪는 어려움을 규명하고, 그 원인을 도출하며, 비유 사용 방식과 어려움의 관련성을 파악하고자 하였다.

비유를 사용하여 전기회로 개념을 가르치는 교사들은 전류와 전압을 가르칠 때 물 회로 비유를 많이 사용했고, 그 출처는 교과서가 많았다. 저항을 가르칠 때는 교과서에 있는 비유뿐만 아니라, 교사의 경험에서 나온 비유물이 많고 다양했다. 교사가 제시하는 대부분의 비유는 눈으로 확인할 수 있는 그림 형태가 많았다. 대부분의 교사들이 학생이 비유물에 친숙한지 확인하지 않았고, 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않았다. 그리고 목표개념을 비유물보다 먼저 설명했다. 비유를 통해 전기회로 개념을 가르치는 교사가 겪는 어려움은 13가지였다. 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인은 비유물과 목표개념 요인으로 '비유물과 목표개념의 차이점', '목표개념의 난이도와 추상성'이, 비유물과 학습자 요인으로 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음'이, 교육과정과 교과서 요인으로 '전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음', '교과서가 물 회로 비유로 구성됨', '비유물과 목표개념을 설명하는 문장이 대응되지 않음'이, 교사 요인으로 '교사의 수업 경험 부족', '교사의 전공이 물리학이 아님' 8가지로 도출하였다. 연구 결과 도출된 범주들을 바탕으로 교사들의 비유 사용 어려움을 다음과 같이 파악할 수 있었다. 교사 요인(대범주)에 의하여 수업 경험이 부족한 초임 교사들(중범주)은 대개 매끄러운 개념 설명을

어려워하는 것(하위 요소)으로, 물리학을 전공하지 않은 교사(중범주)는 비유 선택에 있어서 어려움(하위 요소)을 겪는 것으로 분석되었다. 교사의 비유 사용 방식과 어려움을 관련지어 볼 때, 교사의 판단만으로 학생이 비유물에 친숙한지 확인하지 않거나, 비유물을 설명하지 않는 교사는 학생이 오개념을 가지거나, 비유물에 대한 추가 설명을 해야 하는 어려움 등을 겪었다. 또한 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인 중 '비유물과 목표개념의 차이점'과 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음' 등 두 가지는 각각 교사의 비유 사용 방식 중 '비유물과 목표개념의 차이점 설명'과 '비유물에 대한 학생의 친숙도 확인 여부'에 해당하였다. 한편, 목표개념을 비유물보다 먼저 설명하는 교사가 비유물을 목표개념보다 먼저 설명하는 교사보다 겪는 어려움이 많았다.

이 결과를 종합한 결론은 다음과 같다. 첫째, 교사의 비유 사용 방식과 비유 사용에서 겪는 어려움은 서로 관련이 있으므로 전기회로 단원의 교수에서 교사의 비유 사용 방식에 따라 비유 사용에서 교사가 겪는 어려움은 달라질 것이다. 둘째, 전기회로 교수에서 비유를 원활하게 사용하기 위해 교사는 비유물 친숙도 확인, 비유물 자체에 대한 설명, 비유물과 목표개념의 차이점에 대한 설명을 해야하는 등 교사의 비유 사용 방식에 보완이 필요하다. 셋째, 목표개념과 비유물의 제시 순서와 관련하여 전기회로 교수에서 비유물을 목표개념보다 먼저 제시하고 설명하는 것이 교사의 비유 사용 어려움을 줄일 수 있는 방법이다. 넷째, 초임교사의 비유 사용 어려움은 대부분 학생에 대한 이해 부족에 따른 것이므로 초임교사를 위한 연수에서는 비유 사용 방식과 관련하여 학생 이해 지식을 향상시킬 수

있는 프로그램이 강화되어야 할 것이다.

본 연구의 시사점 및 제언은 다음과 같다. 첫째, 전기회로 교수에서 비유를 사용하는 교사가 겪을 수 있는 어려움에 대해 교사의 경력과 전공에 따른 안내가 필요하다. 둘째, 효과적인 비유 사용 방식, 좋은 비유의 조건, 비유 사용 전략 등에 대한 교사 연수를 통해 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움을 줄여야 한다. 마지막으로, 현재 중학생들이 물 회로 비유를 어떻게 이해하고 있는지에 대한 후속 연구와 전기회로 교수에서 비유물과 목표개념을 제시하는 순서에 따른 비유 사용 효과에 대한 후속 연구가 필요하다.

제 4 장.
중학교 과학 교과서 전기회로 단원의 비유 사용

연구1을 통해 교사들은 교과서의 비유를 주로 사용하고, 교사가 겪는 어려움의 원인 중 하나가 교과서 요인이라는 것을 알 수 있었다. 연구2는 교과서의 비유 사용 방식을 조사하여, 교사가 교과서 출처의 비유를 사용할 때 겪을 수 있는 어려움을 분석하였다.

4. 1. 연구 방법

4.1.1. 연구 대상

본 연구는 2009 개정 교육과정의 중학교 과학3[2] 및 2015 개정 교육과정의 중학교 과학2를 출판한 출판사의 교과서를 연구 대상으로 삼았다. 이는 한 출판사에서 비유를 사용한 방식을 교육과정 개정에 따라 비교하고, 2009 개정 교육과정 교과서의 비유를 사용할 때 나타나는 어려움이 2015 개정 교육과정 교과서에서도 나타날 수 있는지를 파악하기 위함이다. 본 연구에서 조사한 교과서의 출판사는 동아출판, 미래엔, 비상교육, 천재교과서이며, 각 교과서에서 조사한 전기회로 단원의 페이지는 [표 4-1]에 정리하였다.

[2] 중학교 과학의 전기회로 단원은 2009 개정 교육과정에선 중학교 3학년 1단원에, 2015 개정 교육과정에서는 중학교 2학년 2단원에 배치되어 있다.

[표 4-1] (연구2) 분석 대상

	2009 개정 교육과정 중학교 3학년 과학 1단원	2015 개정 교육과정 중학교 2학년 과학 2단원
출판사	동아출판 (이진승 외 13인, p. 24~43, 68~71) 미래엔 (이규석 외 19인, p. 28~41, 71~73) 비상교육 (임태훈 외 10인, p. 26~43, 51, 72~75) 천재교과서 (신영준 외 11인, p. 24~41, 64~67)	동아출판 (김호련 외 12인, p. 55~65, 79~81) 미래엔 (김성진 외 15인, p. 56~65, 78~81) 비상교육 (임태훈 외 11인, p. 60~73, 84~85) 천재교과서 (노태희 외 12인, p. 52~63, 74~77)

교사들은 보통 목표개념을 설명하기 위해 비유를 사용하였다(연구1 [표 3-2]). 따라서 교과서에서 제시한 비유의 역할을 '개념 설명', '동기 유발', '학생 활동[3]'으로 나누고 '개념 설명'의 역할을 하는 비유가 사용된 방식을 분석하였다. 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정의 교과서에서 제시한 비유의 수는 역할 별로 [표 4-2]와 같이 집계되었다. 교과서에서 제시한 비유들은 교육과정, 출판사, 분류된 역할에 따라 정리하여 [부록6, 7]에 첨부하였다. 각 교과서 마다 개념 설명의 역할 하는 비유는 교과서에서 제시된 순서대로 영대문자 번호를 붙였다.

[표 4-2] (연구2) 교과서에서 제시하는 비유의 역할 별 개수

비유 역할	2009 개정 교육과정				2015 개정 교육과정				소계
	동아	미래엔	비상	천재	동아	미래엔	비상	천재	
개념 설명	1	3	3	4	2	1	1	2	17
동기 유발	0	3	2	0	0	1	0	0	6
학생 활동	0	1	2	1	2	5	4	3	18
소계	1	7	7	5	4	7	5	5	

(단위: 개)

[3] 학생 활동: 탐구 활동과 문제풀이 활동 등 학생이 수행하는 활동을 뜻한다.

4.1.2. 분석 방법

교과서에서 도선, 전지, 전류, 전압, 저항, 전구 등 전기회로 개념을 설명하기 위해 비유를 사용한 단락을 분석하였다. 교과서의 비유 사용 방식을 분석하기 위해 한 단락에서 나타난 비유물과 목표개념을 모두 찾고, 비유의 표현 방법, 비유라는 단어를 언급했는지 여부, 비유물 자체를 설명했는지 여부를 조사하였다. 비유의 표현 방법은 비유의 제시 형태를 뜻하는 것으로, 비유가 글로만 나타났는지, 그림으로만 나타났는지, 글과 그림으로 나타났는지를 구분하는 것이다(김영민, 2012). 이 때 '글로 나타났다'의 기준은 교과서 본문에 설명 글이 있는 것이며, 그림에서 제목이나 그림에 대한 짧은 설명을 하는 경우는 글이 나타나지 않은 것으로 처리하였다. 비유라는 단어를 언급했는지 여부는 말 그대로 단락 내에서 "비유"라는 단어 언급 여부에 대한 내용이다(최경희, 이영애, & 류수경, 2003). 비유물 자체에 대한 설명은 예를 들어 펌프가 무엇인지, 펌프의 역할이 무엇인지, 물레방아가 무엇인지 등에 대한 설명이다. 비유물에서 일어나는 현상을 설명한 것은 비유물 자체에 대한 설명으로 간주하고 처리하지 않았다.

교과서의 비유 사용 방식에 대한 위의 분석틀은 과학교육을 전공하고 있는 분석자 간 회의를 통해 선정되었다. 분석틀을 기준으로 비유 사용 방식을 분류한 후, 분석자 간 분석 결과가 일치할 때까지 회의를 진행하였다. 그 후, 연구 맥락을 이해하고 있는 과학교육 전문가가 결과를 검토하였다.

4. 2. 연구 결과

본 연구의 연구 결과는 “2009 개정 교육과정 교과서의 비유”, “2015 개정 교육과정 교과서의 비유”로 구성되어있다. 각각의 절에서는 교과서의 비유 사용 방식과 이로 인해 교사가 겪을 수 있는 어려움 및 연구1의 교사가 겪은 어려움과 연관지어 서술하였다.

4.2.1. 2009 개정 교육과정 교과서의 비유

[표 4-3]과 [표 4-4]는 2009 개정 교육과정 교과서에서 개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식을 정리한 표이다. 대부분의 비유가 하나의 그림에서 다수의 비유를 사용하였다. 이는 비유를 사용하여 설명해야 할 개념이 많음을 뜻하며, 비유를 사용하는 교사에게 비유물과 목표개념 간의 관계를 자세하게 들여다 볼 것을 의미한다.

대부분의 비유는 글과 그림으로 표현되었으며, 비유라는 단어를 언급하지 않았다. 그리고 비유물 자체를 설명한 교과서는 없었다. 교과서에서 사용한 비유가 학생에게 친숙한 비유물인지 아닌지를 떠나, 비유물 자체를 설명하지 않은 것은 학생이 비유물에 대한 오개념을 가질 우려가 있다.

[표 4-3] (연구2) 2009 개정 교육과정 교과서에서 개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식 1

	동아 A	미래엔 A	B	C
비유물과 목표개념	• 수로 – 도선 • 물의 흐름 – 전류 • 수면의 높이 차 – 전압 • 물레방아 – 전구(저항) • 펌프 – 전지	• 물의 양 – 전류의 세기 • 물의 양이 같다 – 전류의 세기가 같다	• 펌프 – 전지 • 펌프의 압력 – 전압 • 물의 흐름 – 전류	• 여러 개의 탁구공이 박혀 있는 – 원자 • 구슬 – 전자 • 탁구공과 충돌하여 운동에 방해 – 저항
표현 방법	글과 그림	글과 그림	글과 그림	글과 그림
“비유” 단어 언급 여부	X	X	X	O
비유물 자체의 설명 여부	X	X	X	X

[표 4-4] (연구2) 2009 개정 교육과정 교과서에서 개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식 2

	비상 A	B	C	천재 A	B	C	D
비유물과 목표개념	• 물의 흐름 – 전류 • 수도관 – 도선 • 물의 높이 차 – 전압 • 물레방아 – 전구(저항) • 펌프 – 전지	• 펌프 – 전지 • 물의 높이 차 – 전압	• 여러 개의 못 – 원자 • 구슬 – 전자 • 빗면을 굴러가는 구슬 – 전류가 흐름 • 구슬은 못과 충돌하여 운동을 방해받음 – 저항	• 물레방아 – 전구(저항) • 흐르는 물의 양 – 전류의 세기 • 수로 – 도선 • 흐른 물의 양 – 전하량 • 변하지 않음 – 전하량 보존 • 물의 흐름 – 전류	• 수압 – 전압 • 흐르는 물 – 전류 • 물레방아 – 전구(저항) • 펌프 – 전지 • 수도관 – 도선	• 펌프 – 전지 • 물을 끌어올리는 높이 – 전압의 크기 • 수압 – 전압 • 물레방아 – 전구(저항) • 물레방아가 빨리 돔 – 전구가 더 밝음	• 사람 – 전자 • 개찰구 – 저항
표현 방법	글과 그림	그림	글과 그림	글과 그림	글과 그림	글과 그림	그림
“비유” 단어 언급 여부	O	X	X	X	O	X	X
비유물 자체의 설명 여부	X	X	X	X	X	X	X

다음은 2009 개정 교육과정 중학교 과학3 교과서에서 제시한 비유 중 교사에게 어려움을 초래할 만한 비유를 선정한 것이다.

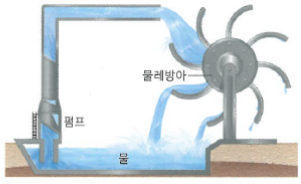
1) 동아출판

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 동아출판 교과서에는 1개의 비유(그림 4-1)가 개념을 설명하기 위해 사용되었다.

전구에 계속해서 불을 켜기 위해서는 전기 회로가 필요하다.

도선을 따라 전자가 이동할 때와 같이 전하를 띤 입자가 흐르는 것을 **전류**라고 한다. 두 지점 사이에 물이 흐르기 위해서는 수면의 높이 차이가 있어야 하는 것처럼 두 지점 사이에 전류가 흐르기 위해서도 이러한 차이가 있어야 하는데, 이와 같이 두 지점 사이의 전기적인 위치 에너지 차를 **전압**이라고 한다.

그러면 전구에 전류가 계속해서 흐르며 불을 밝히려면 무엇이 필요할까? 그림과 같은 수로에서 흐르는 물로 물레방아를 계속해서 돌리려면 물을 높은 곳으로 퍼 올리는 펌프가 있어야 하고, 물이 계속해서 흐를 수 있는 연결된 수로가 필요하다. 마찬가지로 전구에 전류가 계속 흐르며 불을 밝히려면 전구의 양 끝에 전압을 유지하는 역할을 하는 전지가 필요하고, 또 전자가 계속해서 이동할 수 있는 닫힌 경로의 도선이 필요하다. 이처럼 전류가 계속 흐르게 하는 통로를 **전기 회로**라고 하며, 전지와 도선, 전구 등으로 이루어진다.



[그림 1-15] 전기 회로의 비유

[그림 4-1] 2009 동아출판 개념 설명 비유A

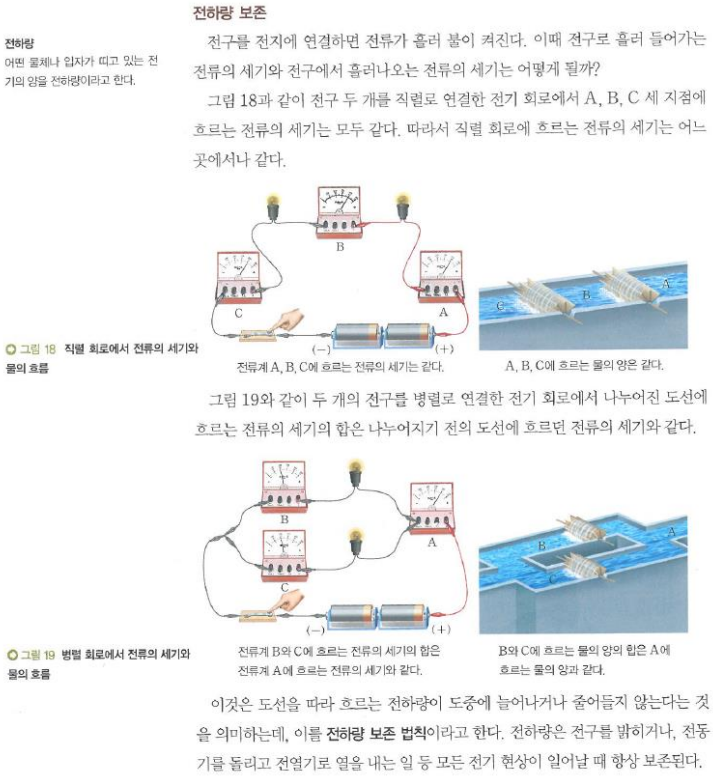
비유가 사용된 문단에서 비유물과 목표개념의 대응 관계를 비교하였다. 도선을 수로로, 전류를 물의 흐름으로, 전압을 수면의 높이 차로, 전구(저항)을 물레방아로, 전지를 펌프로 비유하였다. 이 비유의 표현 방법은 본문 글의 설명과 그림이 제시되었으므로, 글과 그림으로 표현되었다고 할 수 있다. 하지만 비유라는 단어의 언급이 없고, 물레방아나 펌프 등 비유물 자체를 설명하지 않았다.

이 교과서의 특징은 두 가지이다. 첫째는 에너지 개념을 도입하여

전압을 설명한 것이고, 둘째는 비유의 수가 적다는 것이다. “전기적인 위치 에너지 차를 전압이라고 한다.”라고 서술하는 부분([그림 4-1]의 빨간색 밑줄)에서 첫번째 특징을 확인할 수 있다. 본 교과서를 사용한 연구1의 초임 물리학 전공 교사 [BP-H]는 에너지 개념의 부재로 인한 어려움을 겪지 않았다. 해당 교과서를 사용하지 않은 초임교사 [BP-W] [BN-J]가 에너지 개념을 설명할 수 없어 어려움을 겪은 것과는 대조적인 결과인데, 이는 교과서에서 에너지 개념을 사용해 전압을 설명하고 있기 때문으로 보인다. 즉, 교과서에서 전압 설명을 위해 에너지 개념을 도입하는 것은 전기회로를 가르치는 교사가 비유사용에서 겪는 어려움의 원인 중 “전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음”을 해소할 수 있는 것이다. 하지만 본 교과서는 위의 비유 1개 이외에 다른 비유는 제시하지 않고 있다. 이는 비유를 통해 전기회로 개념을 설명하려는 비물리학 전공 교사들에게 어려움을 초래할 것으로 보인다. 만약 물리학을 전공하지 않은 교사들이 본 교과서를 사용한다면, 교과서에서 제시하는 비유가 적으므로 다양한 비유 선택에 어려움을 겪을 것이다. 물리학 전공이 아닌 교사들은 물리학에서 사용되는 비유와 목표개념이 낯설고, 어렵다고 응답하였기 때문이다.

2) 미래엔

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 미래엔 교과서에는 3개의 비유가 개념 설명을 위해 사용되었다. 그 중 교사에게 어려움을 초래할 수 있을만한 비유(그림4-2)는 다음과 같다.



전하량 보존

전하량
어떤 물체나 입자가 띠고 있는 전기의 양을 전하량이라고 한다.

전구를 전지에 연결하면 전류가 흘러 불이 켜진다. 이때 전구로 흘러 들어가는 전류의 세기와 전구에서 흘러나오는 전류의 세기는 어떻게 될까?

그림 18과 같이 전구 두 개를 직렬로 연결한 전기 회로에서 A, B, C 세 지점에 흐르는 전류의 세기는 모두 같다. 따라서 직렬 회로에 흐르는 전류의 세기는 어느 곳에서나 같다.

그림 18 직렬 회로에서 전류의 세기와 물의 흐름

전류계 A, B, C에 흐르는 전류의 세기는 같다.

A, B, C에 흐르는 물의 양은 같다.

그림 19와 같이 두 개의 전구를 병렬로 연결한 전기 회로에서 나누어진 도선에 흐르는 전류의 세기의 합은 나누어지기 전의 도선에 흐르던 전류의 세기와 같다.

그림 19 병렬 회로에서 전류의 세기와 물의 흐름

전류계 B와 C에 흐르는 전류의 세기의 합은 전류계 A에 흐르는 전류의 세기와 같다.

B와 C에 흐르는 물의 양의 합은 A에 흐르는 물의 양과 같다.

이것은 도선을 따라 흐르는 전하량이 도중에 늘어나거나 줄어들지 않는다는 것을 의미하는데, 이를 **전하량 보존 법칙**이라고 한다. 전하량은 전구를 밝히거나, 전동기를 돌리고 전열기로 열을 내는 일 등 모든 전기 현상이 일어날 때 항상 보존된다.

[그림 4-2] 2009 미래엔 개념 설명 비유A

이 비유는 글과 그림으로 나타나 있지만, 본문 내에서 비유물과 목표개념을 같이 설명하지 않고 있다. 따라서 비유물과 목표개념을 설명하는 문장의 대응을 통해, 비유에 대한 이해가 편하도록 만들어야 할 것이다.

3) 비상교육

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 비상교육 교과서는 개념 설명 비유 3개, 동기 유발 비유 2개, 학생 활동 비유 2개를 제시하고 있다. 이는 8권의 교과서에서 제시하는 비유 중 가장 많은 수치이다. 또한, 개념 설명 비유 1개를 제외하고 나머지 비유 6개가 물 회로 비유로 제시되고 있다.

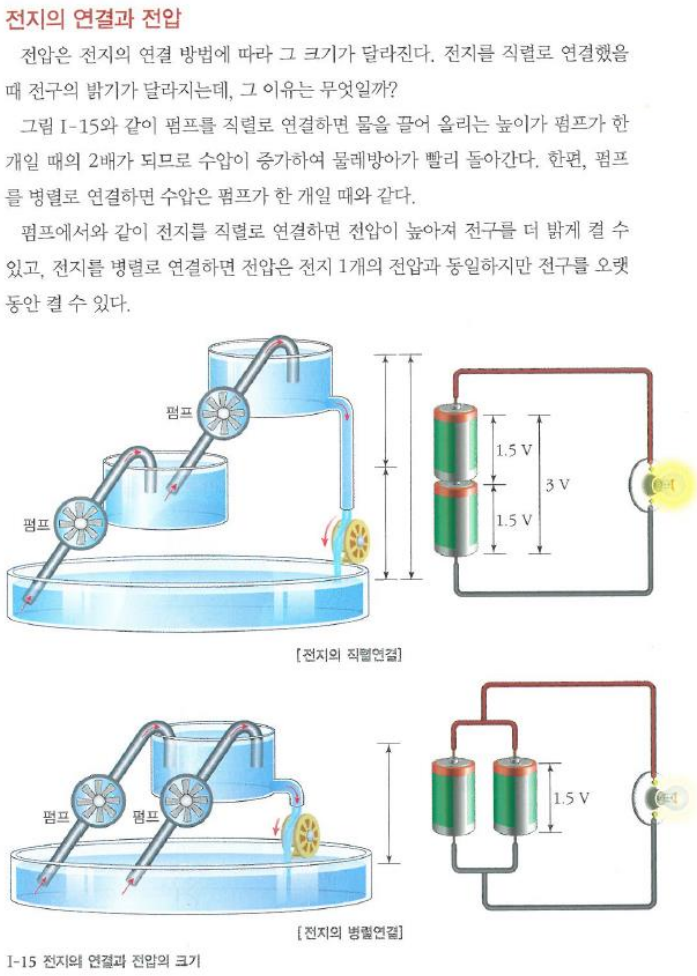
연구1의 [BP-W]교사는 본 교과서를 사용하였다. [BP-W]교사는 교과서가 물 회로 비유로 구성되어 있어서, 비유 선택이 어렵다고 하였다. 이를 통해, 교과서가 한 가지 비유만을 제시할 경우 교사는 비유물 선택에 제약을 받을 수 있다는 것을 알 수 있다. 교과서는 주요 수업 자료로 활용되며 대부분의 교사는 교과서에 의지하여 수업을 진행한다. 연구1에서 교사들은 학생들이 비유물에 친숙하지 않아 다른 비유를 찾거나 비유물에 대한 추가 설명이 필요하다는 어려움 호소하였다. 물 회로에 비유물로 사용된 펌프나 물레방아가 학생들과 친숙하지 않은 경우 물 회로 비유로만 구성된 교과서를 사용하는 교사는 어려움을 겪을 수밖에 없다. 따라서 교과서에 전기회로 개념 설명을 위한 다양한 비유물이 제시되어야 할 것이다.

4) 천재교과서

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 천재교과서의 교과서는 4개의 개념 설명 비유를 제시하고 있다. 그 중 3개의 비유가 물 회로 비유이며, 이 비유들에서 비유물에 대한 설명은 나타나지 않았다. 본 교과서를 사용한 연구1의 [EN-O]교사는 학생들이 펌프와 물레방아를 모르기 때문에 다른 비유를 찾아야 하는 어려움을 겪었다. 이를 통해, 물 회로 비유를 제시하는 교과서는 물 회로의 구성 요소를 설명해야 할 필요가 있음을 알 수 있다. 또는 학생들에게 친숙한 비유물을 선정하여 전기회로 개념을 설명해야 할 것이다.

[그림 4-3]은 전지를 펌프로, 전압의 크기를 물을 끌어 올리는 높이로, 전압을 수압으로, 전구(저항)을 물레방아로, 전구의 밝기를

물레방아의 회전 속도로 비유하고 있다. 하지만 전지의 병렬 연결에서 전구를 오랫동안 켜는 것에 대한 비유물과 설명이 나타나지 않았다. 직렬과 병렬 연결을 설명하기 위한 문장이 대응되지 않으므로, 물레방아가 오랫동안 돌아간다는 내용을 첨부하여 비유에 대한 이해를 높여야 할 것으로 보인다.



전지의 연결과 전압

전압은 전지의 연결 방법에 따라 그 크기가 달라진다. 전지를 직렬로 연결했을 때 전구의 밝기가 달라지는데, 그 이유는 무엇일까?

그림 I-15와 같이 펌프를 직렬로 연결하면 물을 끌어 올리는 높이가 펌프가 한 개일 때의 2배가 되므로 수압이 증가하여 물레방아가 빨리 돌아간다. 한편, 펌프를 병렬로 연결하면 수압은 펌프가 한 개일 때와 같다.

펌프에서와 같이 전지를 직렬로 연결하면 전압이 높아져 전구를 더 밝게 켤 수 있고, 전지를 병렬로 연결하면 전압은 전지 1개의 전압과 동일하지만 전구를 오랫동안 켤 수 있다.

I-15 전지의 연결과 전압의 크기

[그림 4-3] 2009 천재교과서 개념 설명 비유C

4.2.2. 2015 개정 교육과정 교과서의 비유

[표 4-5] (연구2)

2015 개정 교육과정 교과서에서 개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식

	동아		미래엔	비상	천재	
	A	B	A	A	A	B
비유물과 목표개념	• 물의 높이 차 – 전압 • 물의 흐름 – 전류 • 물통 – 전지	• 연달아 연결된 – 직렬 • 물레방아 – 전구(저항) • 물의 흐름 – 전류 • 물의 흐름이 동일 – 전류의 세기가 같음 • 나란하게 연결된 – 병렬 • 물이 떨어지는 높이가 같음 – 전압이 같음	• 펌프 – 전지 • 수압 차이 – 전압 • 물의 흐름 – 전류	• 물의 흐름 – 전류 • 높은 곳에 있는 물이 떨어짐 – 전압 • 물레방아 – 전구(저항) • 펌프 – 전지	• 펌프 – 전지 • 수로 – 도선 • 물의 흐름 – 전류 • 수면의 높이 차 – 전압	• 사람 – 전자 • 개표구 – 저항
표현 방법	글과 그림	글과 그림	글	글과 그림	글과 그림	그림
“비유” 단어 언급 여부	O	X	X	O	X	O
비유물 자체의 설명 여부	X	X	X	X	O	X

[표 4-5]는 2015 개정 교육과정 교과서에서 개념 설명을 위해 제시한 비유의 사용 방식을 정리한 표이다. 2009 개정 교육과정 교과서에서 비유를 사용한 방식과 유사하게, 대부분의 비유가 하나의 그림에서 다수의 비유를 사용하였다. 또한, 대부분의 비유는 글과 그림으로 표현되었으며, 비유라는 단어를 언급하지 않았다. 하지만 2009 개정 교육과정 교과서에서 비유물 자체를 설명한 비유가 없었던 것과는 달리, 2015 개정 교육과정 교과서에서는 1개의 비유가 비유물 자체를 설명하였다. 두 교육과정 교과서

간 큰 차이는 개념 설명을 위해 제시한 비유의 수이다. 2009 개정 교육과정에서는 11개를 제시했지만, 2015 개정 교육과정에서는 5개만을 제시하였다(표 4-2). 2015 교육과정에서 설정한 개정 방향 중 하나는 “교육 내용의 실질적 감축(송진웅, & 나지연, 2015)”이다. 교과서를 집필할 때 개정 방향이 반영되어 비유적 설명이 절반 가량 감소한 것으로 보인다.

다음은 2015 개정 교육과정 중학교 과학2 교과서에서 제시한 비유 중 교사에게 어려움을 초래할 만한 비유를 선정한 것이다.

1) 동아출판

2015 개정 교육과정 중학교 과학2 동아출판 교과서에는 2개의 비유가 개념을 설명하기 위해 사용되었다. [그림 4-4]는 그 중 하나이다.

전압에 의해 전류가 흐르는 것은 그림 Ⅱ-10에서 밸브를 열면 물의 높이차에 의해 물이 흐르는 것으로 비유할 수 있다. 두 물통 사이에 물의 높이차가 유지된다면 물이 계속 흐를 수 있듯이, 전기 회로에서 전압이 유지된다면 전류는 지속적으로 흐를 수 있다. 즉, 전지는 전기 회로에서 전압을 계속 유지하는 역할을 한다. 그러면 다음 활동을 통해 전기 회로에서 전구에 불이 켜지는 과정을 모형으로 설명해 보자.

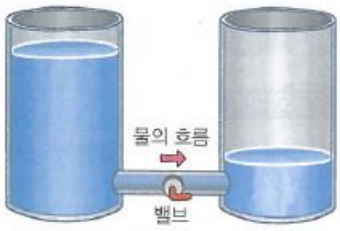


그림 Ⅱ-10 물의 높이차에 의한 물의 흐름

[그림 4-4] 2015 동아출판 개념 설명 비유A

[그림 4-4]는 전압을 물의 높이 차로, 전류를 물의 흐름으로, 전지를 물통으로 비유하였다. 글과 그림으로 표현되었고 비유라는 단어를 언급하였지만, 비유물 자체에 대한 설명은 나타나지 않았다. 이 비유에서

눈여겨볼 점은 목표개념의 역할을 설명하는 비유물이 없다는 것이다. [그림 4-4]의 본문 중 밑에서 세번째 줄 “전지는 전기회로에서 전압을 계속 유지하는 역할을 한다.” 라고 서술되어 있는 부분은 전지의 역할을 설명하고 있다. 하지만 이를 비유하고 있는 물통에서는 물의 높이 차를 유지시키는 역할을 하는 비유물이 없다. 따라서 교사는 전지의 역할을 하는 비유물을 찾아 학생들에게 제시해야 할 것이다.

2) 미래엔

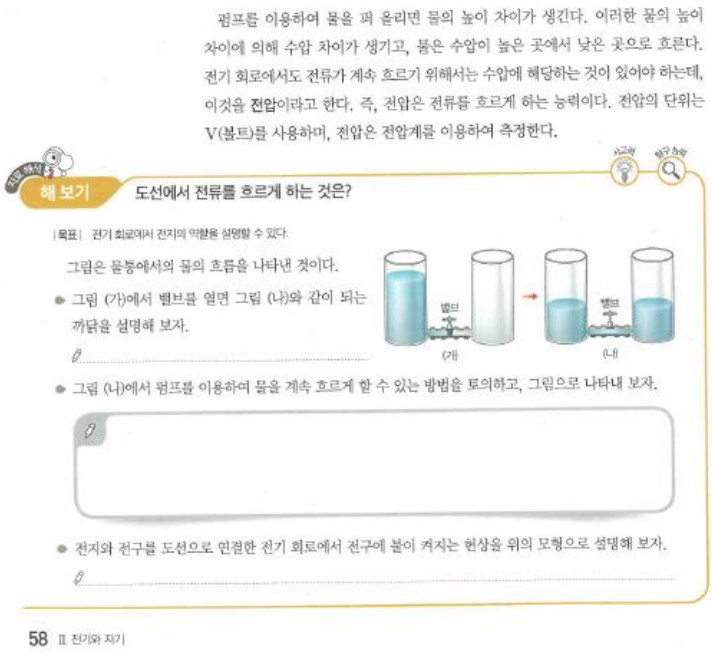
2015 개정 교육과정 중학교 과학2 미래엔 교과서에는 7개의 비유가 사용되었다. 그 중 1개씩의 비유가 개념 설명과 동기 유발의 역할을 하고 있고, 5개의 비유가 학생 활동의 역할을 하고 있다(표 4-2). 학생 활동 비유가 많다는 것은 비유에 대해서 학생들이 충분히 이해하고 있다는 것을 전제하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 본 교과서에서 학생 활동 비유를 사용하려는 교사들은 비유에 대한 상세한 설명을 해야할 것이다.

펌프를 이용하여 물을 퍼 올리면 물의 높이 차이가 생긴다. 이러한 물의 높이 차이에 의해 수압 차이가 생기고, 물은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다. 전기 회로에서도 전류가 계속 흐르기 위해서는 수압에 해당하는 것이 있어야 하는데, 이것을 **전압**이라고 한다. 즉, 전압은 전류를 흐르게 하는 능력이다. 전압의 단위는 V(볼트)를 사용하며, 전압은 전압계를 이용하여 측정한다.

[그림 4-5] 2015 미래엔 개념 설명 비유A

[그림 4-5]는 전압을 설명하기 위해 제시한 비유이다. 전지를 펌프로, 전압을 수압 차이로, 전류를 물의 흐름으로 비유하고 있다. 이

비유는 그림 없이 글만 제시하고 있다. 시각적인 비유 자료가 학생의 이해에 도움이 되므로, 교사는 시각 자료와 함께 아래 비유를 사용해야 할 것이다.


펌프를 이용하여 물을 퍼 올리면 물의 높이 차이가 생긴다. 이러한 물의 높이 차이에 의해 수압 차이가 생기고, 물은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다. 전기 회로에서도 전류가 계속 흐르기 위해서는 수압에 해당하는 것이 있어야 하는데, 이것을 **전압**이라고 한다. 즉, 전압은 전류를 흐르게 하는 능력이다. 전압의 단위는 V(볼트)를 사용하며, 전압은 전압계를 이용하여 측정한다.

해 보기 도선에서 전류를 흐르게 하는 것은?

| 목표 | 전기 회로에서 전지의 역할을 설명할 수 있다.

그림은 물통에서의 물의 흐름을 나타낸 것이다.

- 그림 (가)에서 밸브를 열면 그림 (나)와 같이 되는 까닭을 설명해 보자.

- 그림 (나)에서 펌프를 이용하여 물을 계속 흐르게 할 수 있는 방법을 토의하고, 그림으로 나타내 보자.

- 전지와 전구를 도선으로 연결한 전기 회로에서 전구에 불이 켜지는 현상을 위의 모형으로 설명해 보자.

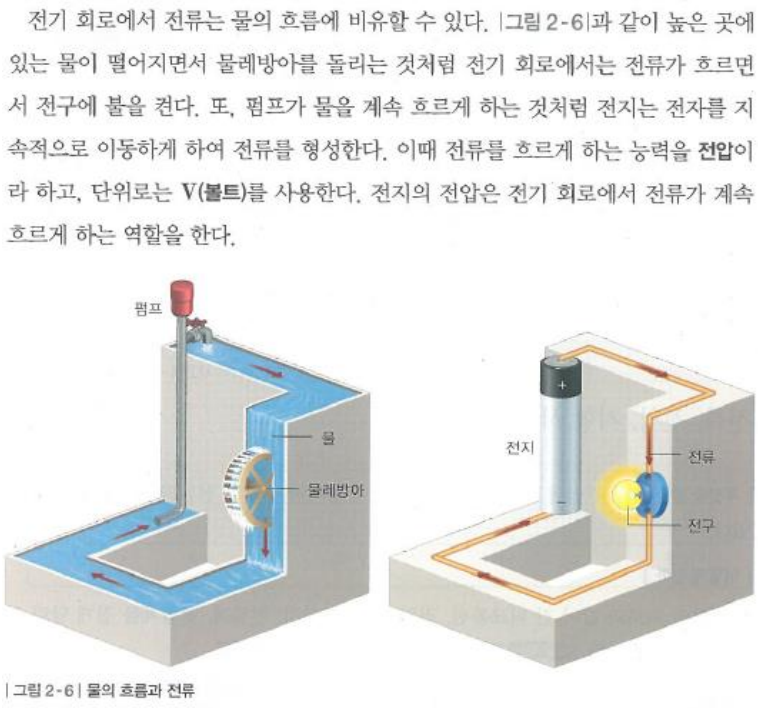
58 Ⅱ 전기와 자기

[그림 4-6] 2015 미래엔 개념 설명 비유A와 학생 활동 비유

본 교과서의 본문에는 [그림 4-5] 비유 바로 밑에 학생 활동 비유를 제시하고 있다(그림 4-6). [그림 4-6]의 학생 활동 비유는 [그림 4-4]와 동일한 내용의 비유이다. [그림 4-4] 비유에서 전지의 역할을 하는 비유물을 찾을 수 없었는데, [그림 4-6]의 비유에서도 동일한 문제점을 발견할 수 있다. 따라서 [그림 4-6]의 내용을 가르칠 때도 전지의 역할을 하는 비유를 찾아서 제시해야 할 것이다.

3) 비상교육

2015 개정 교육과정 중학교 과학2 비상교육 교과서에는 1개의 개념 설명 비유와 4개의 학생 활동 비유가 나타난다. 이 구성 또한 2015 미래엔 교과서의 비유 구성처럼, 학생의 비유물에 대한 이해를 전제하고 있다고 볼 수 있다.


전기 회로에서 전류는 물의 흐름에 비유할 수 있다. |그림 2-6|과 같이 높은 곳에 있는 물이 떨어지면서 물레방아를 돌리는 것처럼 전기 회로에서는 전류가 흐르면서 전구에 불을 켠다. 또, 펌프가 물을 계속 흐르게 하는 것처럼 전지는 전자를 지속적으로 이동하게 하여 전류를 형성한다. 이때 전류를 흐르게 하는 능력을 **전압**이라 하고, 단위로는 **V(볼트)**를 사용한다. 전지의 전압은 전기 회로에서 전류가 계속 흐르게 하는 역할을 한다.

| 그림 2-6 | 물의 흐름과 전류

[그림 4-7] 2015 비상교육 개념 설명 비유A

[그림 4-7]은 전류를 물의 흐름에, 전압을 높은 곳에 있는 물의 낙하로, 전구(저항)을 물레방아에, 전지를 펌프에 비유하고 있다. 본 교과서는 [그림4-7]의 물 회로 비유를 학생 활동 비유로도 사용하고 있다. 즉, 물 회로 비유 하나만으로 교과서의 비유가 구성된 것이다. 본 교과서를 사용한 연구1의 초임 비물리학 전공 교사 [BN-S]는 본인의 전공이

물리학이 아니기 때문에, 전기회로 단원의 비유 선택에 자신감이 없다고 하였다. 그래서 교과서에 있는 비유만을 사용한다고 응답하였다. 다시 말해 물리학이 전공이 아닌 교사는 교과서에서 제시하는 비유에 의존할 수 있는데, 이때 교과서에서 다양한 비유를 제시하지 않는다면 교사도 다양한 비유를 사용할 수 없는 것이다. 하지만 개념 교수에서 두 개 이상의 비유를 사용하는 다중 비유가 도움이 될 때가 있으므로(Harrison & Treagust, 2006), 교과서에서는 학생뿐만 아니라, 교사를 위해서 다양한 비유를 탑재해야 할 필요가 있다.

4) 천재교과서

2015 개정 교육과정 중학교 과학3 천재교과서는 2개의 비유가 개념 설명에 사용되고 있다. [그림 4-8]은 전지를 펌프에, 도선을 수로에, 전류를 물의 흐름에, 전압을 수면의 높이 차로 비유하고 있다. 본 연구에서 조사한 교과서의 비유 중 [그림 4-8]만이 비유물 자체에 대한 설명을 하였다. 펌프에 대해서 “수로의 펌프는 낮은 곳에서 높은 곳으로 물을 끌어올려 수면의 높이 차를 만들어 물이 흐르도록 한다.”고 하며 펌프에 대한 설명을 하였고, “펌프의 성능이 좋을수록 물을 더 높이 끌어올려 수로의 물이 더 세게 흐르는 것처럼”이라고 하며 펌프의 기능을 설명하였다. [그림 4-8] 비유는 본문에서 비유물 자체에 대한 설명을 하며, 같은 문장 구조로 목표개념에 대한 설명을 하고 있다. 또한, 그림에서 색깔의 대칭과 굵은 글씨를 이용해 비유물과 목표개념에 대해 설명하고 있다. 이는 목표개념에 대한 학생의 이해를 더 쉽게 이끌 수 있을 것으로 보인다.

그림 II-8과 같이 전기 회로를 물이 흐르는 수로와 비교해 보자. 펌프와 전지가 없을 때와 있을 때, 수로와 전기 회로에는 어떤 차이가 있을까?

| 그림 II-8 | 전기 회로와 수로 모형 수로에 펌프를 설치하여 물을 위로 끌어올리면 수로에 물이 흐른다. 마찬가지로 전기 회로에 전지를 연결하면 전류가 흐르는데, 전지는 수로의 펌프와 같은 역할을 한다.

수로의 펌프는 낮은 곳의 물을 높은 곳으로 끌어올려 수면의 높이차를 만들어 물이 흐르도록 한다. 전류가 흐르기 위해서도 이런 차이가 있어야 하는데, 이를 **전압**이라고 한다. 전지의 전압은 수면의 높이차와 같은 역할을 하여 전선 내의 전자를 계속 이동시켜 전류가 흐르게 한다.

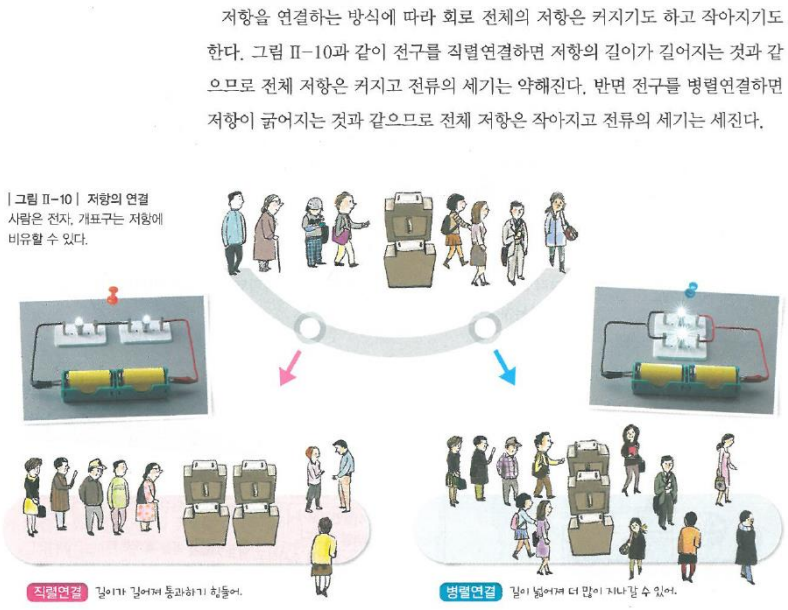
전압의 단위는 **V(볼트)**를 사용한다. 전지와 콘센트 등에 표시된 1.5 V, 9 V, 220 V 등은 모두 전압을 나타낸다. 펌프의 성능이 좋을수록 물을 더 높이 끌어올려 수로의 물이 더 세게 흐르는 것처럼, 전지의 전압이 클수록 더 센 전류를 흐르게 할 수 있다.

[그림 4-8] 2015 천재교과서 개념 설명 비유A

하지만 본 교과서를 사용한 연구1의 초임 비물리학 전공 교사[BN-J]는 [그림 4-8]에서 “수면의 높이 차”와 “전지의 전압”이 대응을 이루지 않아, 학생들이 비유를 이해하지 못한다고 하며, 전압도 무엇 무엇의 차이로 표현되어 있으면 좋겠다고 응답하였다. 이 응답과 연구1의 어려움의 원인 중 하나였던, 교과서에서 “전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음”을 통해, 교과서에서 전압을 ‘전기적인 에너지의 차’로 설명해야 할 필요가 있음을 확인하였다.

[그림 4-9]는 전자를 사람으로, 저항을 개표구로 비유하고 있다. 본문에 비유를 설명하지 않을 뿐만 아니라, 그림에서도 비유에 대한 설명이 부족하다. [그림 4-9] 비유는 2009 천재교과서에서 저항을 설명하기 위해

사용한 동일한 비유인데, 두 비유 모두 본문에서 비유에 대한 설명을 하지 않고 있다. 이에 대한 문제점이 연구1의 [BN-J]교사의 면담에서 드러났다. [BN-J]교사가 가르치는 학생이 개찰구가 직렬로 연결되어 있을 때, 요금을 두 번 내야 하는 것이냐고 질문하여, 학생이 오개념을 가질 수 있음을 확인하였다. 이 때, 교사는 매끄러운 설명이 되지 않았다고 응답했다. 또한 [그림 4-9]의 비유에서 개찰구를 통과한 사람들의 방향을 주목할 필요가 있다. 서로 마주보는 사람, 밑으로 걷는 사람, 위로 걷는 사람 등 여러 방향으로 향하는 사람들을 제시하고 있다. 전자를 사람에 비유했으므로, 사람들의 방향과 전자의 이동 방향에 대한 설명이 필요해 보인다. 따라서 교과서는 비유에 대한 설명과 비유물과 목표개념에 대한 설명을 통해, 학생의 오개념을 예방해야 할 것이다.



[그림 4-9] 2015 천재교과서 개념 설명 비유B

4. 3 결론 및 제언

본 연구는 교과서의 비유 사용 방식 조사를 통해 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 교사가 겪는 어려움과의 관련성을 파악하고자 하였다.

동아출판, 미래엔, 비상교육, 천재교과서에서 2009 개정 교육과정 및 2015 개정 교육과정에 맞춰 출판한 교과서들은 전기회로 개념을 설명하기 위해 주로 물 회로 비유를 사용하였다. 도선을 수로에, 전지를 펌프에, 전류를 물의 흐름에, 전압을 물의 높이 차에, 저항(전구)을 물레방아에 비유하였다. 교과서들의 비유 사용 방식은 하나의 비유에서 여러 가지 비유물을 사용하고 있으며, 글과 그림으로 비유를 표현하며, 비유라는 단어를 잘 언급하지 않고, 비유물 자체에 대한 설명을 하지 않는 경향을 보였다. 2009 개정 교육과정 교과서의 비유 사용 방식에서 교사에게 어려움을 초래할 만한 요소들은 2015 개정 교육과정 교과서의 비유 사용 방식에서도 비슷하게 나타났다.

이 결과를 종합한 결론은 다음과 같다. 첫째, 교과서의 비유 사용 방식과 비유를 사용하는 교사가 겪는 어려움은 서로 관련이 있으므로 전기회로 단원의 교수에서 교과서의 비유 사용 방식에 따라 교사가 겪는 어려움은 달라질 것이다. 둘째, 교과서의 비유 사용 방식은 원활한 교수·학습을 하기에는 부족한 부분이 있다. 비유를 사용할 때 비유 단어를 언급하는 것과 비유물 자체에 대한 설명이 되지 않는 실정이므로 수정이 필요하다. 또한, 한 비유에서 다양한 비유물이 사용되므로 비유가 직관적이지 않으며, 자세하게 들여다봐야 이해할 수 있는 비유가

제시되기도 한다(그림 4-2, 4-6). 이런 비유들은 교사의 재량에 따라 비유에 둘 수 있는 초점이 다를 것이다.

따라서 교과서의 비유 사용 방식에 변화가 필요하다. 교과서에서 비유를 제시할 때는 비유라는 단어를 언급하고, 비유물 자체에 대한 설명과 비유물에서 일어나는 현상에 대한 설명을 해야 할 것이다. 이때, 비유물에 대한 설명과 목표개념에 대한 설명문이 대응되도록 하여, 교사가 비유를 쉽게 사용할 수 있도록 해야 한다.

제 5 장. 결론 및 제언

5. 1. 요약

본 연구에서는 중학교 과학 교사 면담을 통해 비유 사용 방식과 어려움을 조사하여 어려움의 원인을 도출하고 교사의 비유 사용 방식과 비유 사용에서 겪는 어려움의 관련성을 분석하였다. 또한, 중학교 과학 교과서에서 전기회로 개념 설명을 위해 제시하는 비유를 조사하여 교사가 겪는 어려움과의 관련성을 분석하였다.

연구1의 결과는 다음과 같다. 비유를 사용하여 전기회로 개념을 가르치는 교사들은 전류와 전압을 가르칠 때 물 회로 비유를 많이 사용했고, 그 출처는 교과서가 많았다. 저항을 가르칠 때는 교과서에 있는 비유뿐만 아니라, 교사의 경험에서 나온 비유물이 많고 다양했다. 교사가 제시하는 대부분의 비유는 눈으로 확인할 수 있는 그림 형태가 많았다. 대부분의 교사들이 학생이 비유물에 친숙한지 확인하지 않았고, 비유물과 목표개념의 차이점을 설명하지 않았다. 그리고 목표개념을 비유물보다 먼저 설명했다. 비유를 통해 전기회로 개념을 가르치는 교사가 겪는 어려움은 13가지였다. 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인은 비유물과 목표개념 요인으로 '비유물과 목표개념의 차이점', '목표개념의 난이도와 추상성'이, 비유물과 학습자 요인으로 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음'이, 교육과정과 교과서 요인으로 '전압을 에너지 개념으로 설명하지 않음', '교과서가 물 회로

비유로 구성됨', '비유물과 목표개념을 설명하는 문장이 대응되지 않음'이, 교사 요인으로 '교사의 수업 경험 부족', '교사의 전공이 물리학이 아님' 8가지로 도출하였다. 연구 결과 도출된 범주들을 바탕으로 교사들의 비유 사용 어려움을 다음과 같이 파악할 수 있었다. 교사 요인(대범주)에 의하여 수업 경험이 부족한 초임 교사들(중범주)은 대개 매끄러운 개념 설명을 어려워하는 것(하위 요소)으로, 물리학을 전공하지 않은 교사(중범주)는 비유 선택에 있어서 어려움(하위 요소)을 겪는 것으로 분석되었다. 교사의 비유 사용 방식과 어려움을 관련지어 볼 때, 교사의 판단만으로 학생이 비유물에 친숙한지 확인하지 않거나, 비유물을 설명하지 않는 교사는 학생이 오개념을 가지거나, 비유물에 대한 추가 설명을 해야 하는 어려움 등을 겪었다. 또한 비유 사용에서 겪는 어려움의 원인 중 '비유물과 목표개념의 차이점'과 '학습자가 비유물에 친숙하지 않음' 등 두 가지는 각각 교사의 비유 사용 방식 중 '비유물과 목표개념의 차이점 설명'과 '비유물에 대한 학생의 친숙도 확인 여부'에 해당하였다. 한편, 목표개념을 비유물보다 먼저 설명하는 교사가 비유물을 목표개념보다 먼저 설명하는 교사보다 겪는 어려움이 많았다.

연구2의 결과는 다음과 같다. 동아출판, 미래엔, 비상교육, 천재교과서에서 2009 개정 교육과정 및 2015 개정 교육과정에 맞춰 출판한 교과서들은 전기회로 개념을 설명하기 위해 주로 물 회로 비유를 사용하였다. 도선을 수로에, 전지를 펌프에, 전류를 물의 흐름에, 전압을 물의 높이 차에, 저항(전구)을 물레방아에 비유하였다. 교과서들의 비유 사용 방식은 하나의 비유에서 여러 가지 비유물을 사용하고 있으며, 글과

그림으로 비유를 표현하며, 비유라는 단어를 잘 언급하지 않고, 비유물 자체에 대한 설명을 하지 않는 경향을 보였다. 2009 개정 교육과정 교과서의 비유 사용 방식에서 교사에게 어려움을 초래할 만한 요소들은 2015 개정 교육과정 교과서의 비유 사용 방식에서도 비슷하게 나타났다.

5. 2. 결론 및 제언

본 연구는 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 교사가 겪는 어려움과 어려움의 원인을 파악하고, 교사와 교과서의 비유 사용 방식과 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움과의 관련성을 분석하고자 하였다. 연구의 결과들을 종합하여 결론 및 제언을 다음과 같이 제안한다.

첫째, 교사와 교과서의 비유 사용 방식과 비유 사용에서 겪는 어려움은 서로 관련이 있으므로 전기회로 단원의 교수에서 교사와 교과서의 비유 사용 방식에 따라 비유 사용에서 교사가 겪는 어려움은 달라질 것이다. 둘째, 전기회로 교수에서 비유를 원활하게 사용하기 위해 교사는 비유물 친숙도 확인, 비유물 자체에 대한 설명, 비유물과 목표개념의 차이점에 대한 설명을 해야하고 교과서에는 비유라는 단어가 언급되어야 하고, 비유물에 대한 설명을 수록하는 등 교사와 교과서의 비유 사용 방식에 보완이 필요하다. 셋째, 목표개념과 비유물의 제시 순서와 관련하여 전기회로 교수에서 비유물을 목표개념보다 먼저 제시하고 설명하는 것이 교사의 비유 사용 어려움을 줄일 수 있는 방법이다.

본 연구의 시사점 및 제언은 다음과 같다. 첫째, 전기회로 교수에서 비유를 사용하는 교사가 겪을 수 있는 어려움에 대해 교사의 경력과 전공에 따른 안내가 필요하다. 초임교사에게는 교육과정 재구성에 대한 안내를 하고, 비유를 효과적으로 사용하는 교사들의 노하우를 교사용 지도서에 나타내거나 교사 연수에서 전수해주어야 한다. 또한, 목표개념 자체를 교사가 어려워하지 않도록 물리학이 전공이 아닌 교사에게는 교사용

지도서에 고등 수준의 전기회로 개념을 제공하여, 개념에 대한 깊은 이해를 도모할 수 있도록 해야 할 것이다. 경력과 전공을 떠나, 전기회로 단원에서 학생이 할 수 있는 질문과 목표개념 요소에 따른 다양한 비유물, 교과서에서 제시한 비유물의 성질, 역사적 배경 등을 교사가 알 수 있도록 해야 할 것이다. 둘째, 효과적인 비유 사용 방식, 좋은 비유의 조건, 비유 사용 전략 등에 대한 교사 연수를 통해 교사가 비유 사용에서 겪는 어려움을 줄여야 한다. 셋째, 교과서에 비유에 대한 설명이 많아져야 한다. 교과서에서 비유를 제시할 때는 비유라는 단어를 언급하고, 비유물 자체에 대한 설명과 비유물에서 일어나는 현상에 대한 설명을 해야 할 것이다. 이때, 비유물에 대한 설명과 목표개념에 대한 설명문이 대응되도록 하여, 교사가 비유를 쉽게 사용할 수 있도록 해야 한다. 마지막으로, 교과서는 물 회로 비유를 주로 제시하고 있기에, 교사들은 학생들이 물 회로 비유를 잘 이해할 수 있도록 디지털교과서나 VR, 물 회로 키트 등을 활용할 필요가 있겠다.

5. 3. 후속 연구 과제

현재 중학생들이 물 회로 비유를 어떻게 이해하고 있는지에 대한 후속 연구가 필요하다. 비유물은 선행 연구의 비유 사용 제언에 따라 학생에게 친숙한 것이어야 한다. 하지만 전기회로 설명을 위해 주로 사용되는 물 회로 비유를 학생들이 모를 것이라는 교사의 의견이 있기 때문에 이를 확인하는 연구가 필요하다.

전기회로 개념 교수에서 비유물과 목표개념의 효과적인 설명 순서에 대한 명확한 이해를 위해 후속 연구가 필요하다. 본 연구에서 비유를 사용하여 전기회로를 가르칠 때, 비유물을 먼저 제시하는 것이 교사에게 어려움이 적었다. 이를 일반화시키기엔 무리가 있으므로, 실험군 비교를 통해 특정 단원에서의 제시 순서에 대한 연구가 필요하다.

이 후속 연구들과 본 연구를 통해, 비유를 사용하여 전기회로를 가르치는 교사가 겪는 어려움을 줄일 수 있기를 기대해본다.

참고 문헌

An, M. H., & Kim, A. K. W. (2003). Analysis of the Analogies at the Physics as Found in Middle School Science Textbooks. *New Physics: Sae Mulli, 47*(2), 67-74.

Choi, K., Ryu, S., & Lee, K. (2006). Physics Teachers' Perception of Using Analogies in Physics Teaching and Their Use in Teaching 「modern physics」 Lesson. *New Physics: Sae Mulli, 53*(6), 443-451.

Cruz-Hastenreiter, R. (2015). Analogies in high school classes on quantum physics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 167*, 38-43.

Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science, 13*(2), 99-117.

Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(3), 259-270.

De Jong, O., & Van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*(4), 477.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education, 75*(6), 649-672.

Else, M. J., Clement, J., & Ramirez, M. A. (2003). *Should different types of analogies be treated differently in instruction? Observations from a middle-school life science curriculum.* Paper presented at the Proceedings of the National Association for Research in Science teaching.

Gabel, D. L., & Sherwood, R. D. (1980). Effect of Using Analogies on Chemistry Achievement According to Piagetian Level. *Science Education, 64*(5), 709-716.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science, 7*(2), 155-170.

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. *The psychology of learning science*, 219-240.

Glynn, S. M. (1994). Teaching Science with Analogies: A Strategy for Teachers and Textbook Authors. Reading Research Report No. 15.

Gunstone, R., Mulhall, P., & McKittrick, B. (2009). Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity. *Research in Science Education, 39*(4),

515-538.

Harrison, A. G., & Coll, R. K. (2008). *Using analogies in middle and secondary science classrooms: The far guide-an interesting way to teach with analogies*: Corwin Press.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(10), 1291-1307.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. In *Metaphor and analogy in science education* (pp. 11-24): Springer.

Jho, H. (2014). Textbook Analysis of Visual Explanations about Science Concepts Related to Electric Circuits. *New Physics: Sae Mulli, 64*(12), 1162-1171. doi:10.3938/NPSM.64.1162

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(4), 370-391.

Rule, A. C., & Furletti, C. (2004). Using form and function analogy object boxes to teach human body systems. *School Science and Mathematics, 104*(4), 155-169.

Seyeon, L. E. E., & Bongwoo, L. E. E. (2018). Analysis of Middle School Science Teachers' Difficulties in Teaching Physics Inquiry in Textbooks. *The origin of New Physics: Sae Mulli, 68*(4), 411-421. doi:10.3938/NPSM.68.411

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review, 57*(1), 1-23.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher, 15*(2), 4-14.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using Analogies in Secondary Chemistry Teaching.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(3), 227-242.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education, 17*(6), 783-795.

Tierney, D. (1988). *How teachers explain things: Metaphoric representation of social studies concepts.* Paper presented at the Annual Meeting of the

American Educational Research Association.

Treagust, D., Duit, R., Josl ı n, P., & L ı ndauer, I. (1990). *A naturalistic study of science teachers' use of analogies as part of their regular teaching.* Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston.

Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education, 14*(4), 413-422.

Treagust, D. F., Harrison, A. G., & Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education, 9*(2), 85-101.

Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 35*(6), 673-695.

Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1997). Analogies in biology education: A contentious issue. *The American Biology Teacher, 59*(5), 282-287.

Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science & Technological Education, 2*(2), 107-125.

강훈식. (2011). 포화 용액 개념에 대해 초등학교 교사와 일반 학생 및 과학영재 학생들이 만든 비유의 특성 비교. [Comparison of Characteristics of Analogies on Saturated Solution Generated by Elementary School Teachers, General and Science-Gifted Students]. *초등과학교육, 30*(3), 305-314. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?g=kissmeta&m=exp&enc=2434F087FE113039B109E4238D7EBFD1

곽영순. (2006). 중등 과학교사들이 말하는 교과교육학지식의 의미와 교직 전문성 제고 방안. *한국과학교육학회지, 26*(4), 527-536.

곽영순. (2008). 과학과 교과교육학 지식 유형별 교사 전문성의 특징 연구. *한국과학교육학회지, 28*(6), 592-602.

권혁순. (2000). *화학 교육에서 비유의 사용 현황과 비유를 사용할 때 개념 이해에 영향을 미치는 요인.* 서울 : 서울大學校 大學院, 서울. Retrieved from http://snu-primo.hosted.exlibrisgroup.com/82SNU:82SNU_INST21451680830002591

권혁순, & 노태희. (1999). 과학 교사들의 비유 사용 실태 및 인식 조사. [A Study on Science Teachers' Practices and Perceptions of Using Analogies]. *한국과*

학교육학회지, 19(4), 665-673. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=1557490

권혁순, 최은규, & 노태희. (2004). 화학 교육에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도 및 비유 사용의 제한점. [Research Article : Students` Understanding of the Analogies Used in Chemistry Education and the Limitations of Using Analogies]. *한국과학교육학회지, 24*(2), 287-297. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=2363127

김민환, 김혜리, & 노태희. (2018). 예비과학교사가 수업을 위한 비유를 생성하는 과정에서 나타나는 특징. [The Characteristics in the Processes of Generating Analogy for Lessons by Pre-Service Science Teachers]. *한국과학교육학회지, 38*(3), 369-378. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3615949

김영민. (1991). 전류 개념 설명을 위해 사용되는 물희로 비유에 대한 중학생들의 이해조사. *한국과학교육학회지, 11*(2), 1-12. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=1557140

김영민. (2012). *(과학교육에서) 비유와 은유 그리고 창의성*. 서울: 서울 : 북스힐.

김영민, & 박희숙. (2000). 중학교 과학 교과서의 물리 개념 설명에 사용된 비유에 대한 학생들의 이해도 조사. [Reserch Article : Students` Understanding about the Analogies for Physics Concepts Used in Korean Middle School Science Textbooks]. *한국과학교육학회지, 20*(3), 411-420. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=1726549

김효순. (2014). *일반 상대성이론의 공간 개념에 대한 교재 분석 및 고등학생들의 이해*. 서울 : 서울대학교 대학원, 서울. Retrieved from http://snu-primo.hosted.exlibrisgroup.com/82SNU:82SNU_INST21443252920002591

노태희, 김창민, & 권혁순. (1999). 비유물의 개수 , 출처 및 순서가 중학생들의 회상 및 응용에 미치는 효과. [The Effects of Nurnber , Source , and Sequence of Analogs on Middle School Students' Concept Recall and Application]. *한국과학교육학회지, 19*(4), 645-652. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=1557488

노태희, 최용남, & 권혁순. (1998). 비유물 체계성과 표현 방식이 개념 회상 및 응용에 미치는 효과. *한국과학교육학회지, 18*(1), 83-92.

류수경. (2005). *과학 교수-학습에서 사용되는 비유 분석과 비유를 활용한 수업의 효과*. 이화여자대학교 대학원, 서울 :.

박성혜. (2003). 교사들의 과학 교과교육학지식과 예측변인. *한국과학교육학회지, 23*(6), 671-683.

박성혜. (2006). 중등과학교사들의 교수법 및 자기효능감과 태도에 따른 교과교육학

지식. *한국과학교육학회지, 26*(1), 122-131.

박준형, & 전영석. (2014). 무게 단원 수업에서 겪는 교사와 학생의 어려움 분석. [An Analysis of Difficulties of Teachers and Students in Class on Weight]. *한국과학교육학회지, 34*(3), 295-301. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?g=kissmeta&m=exp&enc=B848634E0E3073E1C9EFF33844F71B77

박희숙. (2000). 중학교 과학 교과서의 물리 개념 설명에 사용된 비유의 분석 및 학생의 이해도 조사 연구 =Analysis of the analogies for explaning physics concepts in middle school science textbooks and investigation of student's understanding about analogies. Retrieved from http://lib.pusan.ac.kr/resource/catalog/?app=solars&mod=detail&record_id=429447

송진웅, & 나지연. (2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화. [Directions and Issues of 2015 National Science Curriculum and their Implications to Science Classroom Culture]. *현장과학교육, 9*(2), 72-84. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3648548

이봉우. (2013). 탐구 멘토링 프로그램에서 예비 과학교사들이 겪은 어려움. [Pre-service Science Teachers` Difficulties in the "Inquiry Mentoring" Program]. *한국과학교육학회지, 33*(7), 1300-1311. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3196166

이봉우, 손정우, 최원호, 이인호, 전영석, & 최정훈. (2008). 과학영재교육에서 교사들이 겪는 어려움. [Difficulties Experienced by Teachers in Science Gifted Education]. *초등과학교육, 27*(3), 252-260. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=2710498

이봉희. (2003). 한국의 제6차와 제7차 교육과정에 따라 개발된 중·고등학교 과학 교과서에 사용된 비유의 비교 분석= Comparison and analysis of analogies used in science textbooks developed based on 6th and 7th Korean science curricula. Retrieved from http://lib.pusan.ac.kr/resource/catalog/?app=solars&mod=detail&record_id=579738

이세연, & 이봉우. (2018). 고등학교 물리 교사들이 교과서 탐구 지도에서 겪는 어려움. [High-School Physics Teachers' Difficulties in Teaching Textbook Physics Inquiries]. *한국과학교육학회지, 38*(4), 519-526. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3625796

임아름, & 전영석. (2014). 초등학교 과학과 "전기회로" 단원 수업에서 겪는 교사와 학생의 어려움 분석. [An Analysis of Teachers and Students` Difficulties in the Classes on "Electric Circuit" Unit of Elementary School Science Curriculum]. *초등과학교육, 33*(3), 597-606. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3280269

정효해, & 김재영. (2005). 초등교사와 학생의 과학과 교수학습에 대한 곤란도 연구. *초등과학교육학회지, 24*(5), 531-538.

최경희, 이영애, & 류수경. (2003). 고등학교 과학 교과서에 제시된 비유 분석 및 비교. [Reserch Article : The Analysis and Comparison of Analogies in High School Science Textbooks]. *한국과학교육학회지, 23*(2), 165-175. Retrieved from http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=2055525

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 교과서

이진승 외 13인. (2013). 중학교 과학3. 서울: 동아출판㈜

이규석 외 19인. (2013). 중학교 과학3. 서울. ㈜미래엔

임태훈 외 10인. (2013). 중학교 과학3. 서울. ㈜비상교육

신영준 외 11인. (2013). 중학교 과학3. 서울. ㈜천재교과서

2015 개정 교육과정 중학교 과학2 교과서

김호련 외 12인. (2019). 중학교 과학2. 서울. 동아출판㈜

김성진 외 15인. (2019). 중학교 과학2. 서울. ㈜미래엔

임태훈 외 11인. (2019). 중학교 과학2. 서울. ㈜비상교육

노태희 외 12인. (2019). 중학교 과학2. 서울. ㈜천재교과서

부록

[부록1] 연구1의 IRB 문건†

IRB 심의 승인 통보서

심의결과 통보서

수신

책임연구자	이름: 권오담	소속: 사범대학 물리교육과 EPIC	직위: 석사과정
지원기관	해당없음		

과제정보

승인번호	IRB No. 1905/001-003		
연구과제명	경력과 전공에 따른 과학교사의 비유 사용 방식과 어려움 조사 -중등 과학 전기 단원을 중심으로-		
연구종류	학술 연구, 학위 논문 연구, 면담(FGI 포함)		
심의종류	초기심의		
심의일자	2019-04-26		
심의대상	연구계획서(신규), 연구참여자용 동의서 또는 동의서 면제 사유서, 연구책임자 경력 사항, 연구결과정리양식, 연구참여자 모집 광고, 지도교수 서약서 또는 소속기관장확인서, 생명윤리 준수서약서		
심의결과	승인		
승인일자	2019-04-26	승인유효기간	2020-04-25
정기보고주기	12개월		
심의의견	1. 심의결과 제출하신 연구계획에 대해 승인합니다. 2. 연구자께서는 승인된 문서를 사용하여 연구를 진행하시기 바라며, 만일 연구진행 과정에서 계획상에 변경사항 (연구자 변경, 연구내용 변경 등)이 발생할 경우 본 위원회에 변경 신청을 하여 승인 받은 후 연구를 진행하여 주십시오. 3. 유효기간 내 연구가 끝났을 경우 종료 보고서를 제출하여야 하며, 승인유효기간 이후에도 연구를 계속하고자 할 경우, 2020-03-26까지 지속심의를 받도록 하여 주십시오.		
검토의견	계획서 검토 의견 동의서 검토 의견 기타 검토 의견		

2019년 04월 26일

서울대학교 생명윤리위원회 위원장

† IRB 승인 이후 연구 제목과 연구 대상을 수정하였습니다.

연구참여자 모집 문건

IRB No. 1905/001-003 유효기간: 2020년 4월 25일

연구참여자 모집 문건

다음과 같은 연구에 참여하실 분을 모집합니다.

연구 과제명

경력과 전공에 따른 과학교사의 비유 사용 방식과 어려움 조사
-중등 과학 전기 단원을 중심으로-

연구 책임자명

권오담 (서울대학교 과학교육과 물리전공)

연구 목적 : 본 연구는 중학교 과학에서 교사가 전기 단원을 가르칠 때 비유를 사용하는 방식과 어려움에 대한 분석을 하기 위한 연구입니다. 교사 면담을 통해 비유의 사용 방식과 어려움이 무엇인지 파악할 것입니다.

참여자 선정조건 : 중학교 과학 '전기와 자기' 단원 수업을 했던 경험이 있는 과학 교사 중 연구에 참여하길 희망하는 교사가 연구 참여자로 선정될 것입니다.

참여 내용 : 연구 참여에 동의하실 경우, 연구 참여자는 비유 사용 방식과 그 이유, 비유 사용에서 겪는 어려움에 대해 질문, 토의하는 개별 면담에 최대 3회 (1회 /1시간 이내) 참여하게 됩니다. 면담 내용은 녹음되며 이후 연구 자료로 활용됩니다. 연구자가 수집할 개인정보는 소속 학교, 교사 경력이오니 연구 참여자께서는 편하게 본인의 생각을 이야기 해주시면 됩니다.

참여기간 및 장소

1) 기간 : 2019년 4월 ~ 2019년 11월

2) 장소 : 연구 참여자의 소속 학교 및 연구 참여자가 희망하는 장소를 중심으로 협의하여 선정합니다.

참여 시 사례 : 본 연구 참여시 감사의 뜻으로 20,000원 정도 되는 작은 기념품이 증정될 것입니다.

Version 1.1.(2019.4.26.)

참여 방법 : 연구 참여를 희망하시는 분은 아래의 연구 담당자에게 문의해 주시기 바랍니다. 연락 주신 분께는 연구 설명서 배부와 함께 연구 절차와 내용에 대한 구두 안내를 진행합니다. 그 후 연구 참여 동의서에 서명을 하시면, 본 연구에 참여하실 수 있습니다.

본 연구의 내용에 관한 문의는 다음 연구 담당자에게 하십시오.

이름: 권오담 연락처: 010-[illegible], [illegible]@snu.ac.kr

연구참여자용 설명문

IRB No. 1905/001-003 유효기간: 2020년 4월 25일

연구참여자용 설명문(교사용)

연구 과제명 : 경력과 전공에 따른 과학교사의 비유 사용 방식과 어려움 조사
-중등 과학 전기 단원을 중심으로-
연구 책임자명 : 권오담 (서울대학교 과학교육과 물리전공, 석사과정)

이 연구는 중학교 교사가 중학교 과학의 전기 단원을 가르칠 때 비유를 사용하는 방식과 비유 사용에서 겪는 어려움을 교사 면담을 통해 분석하는 연구입니다. 귀하는 중학교 과학의 교수자이기 때문에 이 연구에 참여하도록 권유받았습니다. 이 연구를 수행하는 서울대학교 소속의 권오담 연구원(0[illegible]Kr)이 귀하에게 이 연구에 대해 설명해 줄 것입니다. 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 분에 한하여 수행 될 것이며, 귀하께서는 참여 의사를 결정하기 전에 본 연구가 왜 수행되는지 그리고 연구의 내용이 무엇과 관련 있는지 이해하는 것이 중요합니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀 주시길 바라며, 필요하다면 가족이나 친구들과 의논해 보십시오. 만일 어떠한 질문이 있다면 담당 연구원이 자세하게 설명해 줄 것입니다.

1. 이 연구는 왜 실시합니까?

이 연구의 목적은 추상성이 높아 학생들이 다소 어려워 하는 개념인 전기를 교사가 가르칠 때 비유를 사용하는 방식과 어려움을 조사하는 것입니다.

2. 얼마나 많은 사람이 참여합니까?

12(초임교사(~5년), 중간 경력 교사(6~15년) , 고경력 교사(16년~)/물리학 전공자, 물리학 비전공)명의 사람이 참여 할 것입니다.

3. 만일 연구에 참여하면 어떤 과정이 진행됩니까?

만일 귀하가 참여 의사를 밝혀 주시면 다음과 같은 과정이 진행될 것입니다.
1) 연구자는 귀하에게 면담에서 질문할 내용을 사전 제공 합니다.
2) 이후 귀하는 연구자와 함께 사용한 비유의 방식과 어려움을 파악하기 위한 개별 면담에 참여하게 됩니다. 면담은 차후 연구자와 참여자의 협의 하에 시간과 장소를 결정하여 최대 3회 진행되며, 각 면담은 1시간을 넘지 않습니다. 모든 면담 내용은 연구자의 개인 휴대폰으로 녹음됩니다.

4. 연구 참여 기간은 얼마나 됩니까?

1회 60분 이내, 최대 3회의 면담시간이 소요될 것입니다.

5. 참여 도중 그만두어도 됩니까?

Version 1.1.(2019.4.26.)

예, 귀하는 언제든지 어떠한 불이익 없이 참여 도중에 그만 둘 수 있습니다. 만일 귀하가 연구에 참여하는 것을 그만두고 싶다면 담당 연구원이나 연구 책임자에게 즉시 말씀해 주십시오. 그만두는 경우 연구자가 수집한 자료에 대해서 사용 가능 여부를 물은 후, 사용이 가능하다 하시면 사용하고, 원치 않으시면 수집한 자료는 즉시 폐기됩니다.

6. 부작용이나 위험요소는 없습니까?

귀하에게 제공되는 질문으로부터 부작용이나 위험요소는 없을 것으로 예상합니다.
면담 과정에서 별다른 생물학적·심리적 부담을 야기하는 상황이 발생하지 않을 것으로 생각됩니다만, 언급하고 싶지 않은 질문이나 소재에 대해서는 즉시 의사를 밝혀주시면 더 이상 질문하지 않을 것을 약속드립니다.
또한 교사의 개인 정보와 응답에 대한 공개 등은 **일절 없습니다.** 권오담 연구자 본인과 동료 연구자 그리고 수업을 진행하신 교사만이 데이터를 열람합니다. 이 연구는 단지 교사가 전기 단원을 수업할 때 사용하는 교수법에 대한 분석을 하는 것이 목적입니다.

7. 이 연구에 참여시 참여자에게 이득이 있습니까?

귀하가 이 연구에 참여하는데 있어서 직접적인 이득은 없습니다. 그러나 귀하가 제공하는 정보는 전기 단원 수업에서 비유를 사용하는 방식에 대한 이해를 증진하는 데 도움이 될 것입니다.

8. 만일 이 연구에 참여하지 않는다면 불이익이 있습니까?

귀하는 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있습니다. 또한, 귀하가 본 연구에 참여하지 않아도 귀하에게는 어떠한 불이익도 없습니다.

9. 연구에서 얻은 모든 개인 정보의 비밀은 보장됩니까?

개인정보관리책임자는 서울대학교의 권오담(010-[illegible]-1956, [illegible]1@snu.ac.kr)입니다. 본 연구에서 수집되는 개인정보는 '교사 경력' 과 '전공 과목' 입니다. 이러한 개인정보는 연구자 본인(책임연구자)과 지도 교수에게만 접근이 허락되며, 수집된 자료(면담 전사본)는 연구 전용 컴퓨터에 암호화하는 방법으로 보관이 될 것입니다. 동의서는 관련 법령에 따라 3년을 보관한 후 폐기할 예정이며, 연구자료의 경우는 서울대학교 연구윤리 지침에 따라 가능한 영구 보관할 예정입니다. 저희는 이 연구를 통해 얻은 모든 개인 정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 이 연구에서 얻어진 개인 정보가 학회지나 학회에 공개 될 때 귀하의 이름 및 기타 개인 정보는 사용되지 않을 것입니다. 그러나 만일 법이 요구하면 귀하의 개인정보는 제공될 수도 있습니다. 또한 모니터 요원, 점검 요원, 생명윤리위원회는 연구참여자의 개인 정보에 대한 비밀 보장을 침해하지 않고 관련규정이 정하는 범위 안에서 본 연구의 실시 절차와 자료의 신뢰성을 검증하기 위해 연구 결과를 직접 열람할 수 있습니다. 귀하가 본 동의서에 서명하는 것은, 이러한 사항에 대하여 사전에 알고 있었으며 이를 허용한다는 동의로 간주될 것입니다.

10. 이 연구에 참가하면 사례가 지급됩니까?

귀하의 연구 참여시 감사의 뜻으로 20,000원 정도 되는 작은 기념품이 증정될 것입니다.

11. 연구에 대한 문의는 어떻게 해야 됩니까?

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

이름: 권오담 전화번호: 010[illegible] 1@snu.ac.kr

만일 어느 때라도 연구참여자로서 귀하의 권리에 대한 질문이 있다면 다음의 서울대학교 생명윤리위원회에 연락하십시오.
서울대학교 생명윤리위원회 (SNUIRB) 전화번호: 02-880-5153

연구참여자용 동의서

IRB No. 1905/001-003 유효기간: 2020년 4월 25일

동 의 서 (연구참여자 보관용)

연구 과제명 : 경력과 전공에 따른 과학교사의 비유 사용 방식과 어려움 조사
- 중등 과학 전기 단원을 중심으로 -
연구 책임자명 : 권오담 (서울대학교 과학교육과 물리전공, 석사과정)

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

연구참여자 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
동의받는 연구원 성명	서 명	날짜 (년/월/일)

Version 1.1.(2019.4.26.)

비유 사용 방식 질문지

IRB No. 1905/001-003 **유효기간: 2020년 4월 25일**

교사의 비유 사용 방식 분석 기준(분석틀)

연구 참여자 T1 정보	교사명(가명)	
	교사 경력(기간제 포함)	
	전공 과목	
	가르치는 학년	

설문 일시: 2019년 월 일

선생님의 수업지도안과 교과서, 교과 지도서 등을 참고하여 평소에 진행하는 수업을 떠올려주십시오.

1. <전류> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까? 네 or 아니오

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-1-1. <전류> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물은 무엇입니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-1-2. 위에 답변하신 비유물의 출처는 무엇입니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-2. <전류> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 표현 방법은 무엇입니까? 말, 그림, 말과 그림

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-3. <전류> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 제시 시기는 언제입니까? 예시 답안: 개념 설명 전, 개념 설명 중, 개념 설명 후

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-4. <전류> 개념을 설명하실 때 "비유" 라는 단어 자체를 사용하십니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-5. <전류> 개념을 설명하실 때 비유물 자체에 대한 설명을 하십니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-6. 비유물과 목표 개념<전류>와의 차이점을 설명하십니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-7. 비유물을 사전에 계획하십니까? 레파토리가 있습니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-8. 비유물이 학생들에게 친숙한 것인지 확인하십니까?

(1번에서 '네'에 응답하신 분만) 1-9. 목표 개념<전류>에 몇 개의 비유를 사용하십니까? 2개 이상이라면 1번에 대해 한번 더 응답 부탁드립니다.

Version 1.1.(2019.4.26.)

2. <전압> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까? 네 or 아니오

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-1-1. <전압> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물은 무엇입니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-1-2. 위에 답변하신 비유물의 출처는 무엇입니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-2. <전압> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 표현 방법은 무엇입니까? 말, 그림, 말과 그림

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-3. <전압> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 제시 시기는 언제입니까? 예시 답안: 개념 설명 전, 개념 설명 중, 개념 설명 후

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-4. <전압> 개념을 설명하실 때 "비유" 라는 단어 자체를 사용하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-5. <전압> 개념을 설명하실 때 비유물 자체에 대한 설명을 하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-6. 비유물과 목표 개념<전압>와의 차이점을 설명하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-7. 비유물을 사전에 계획하십니까? 레파토리가 있습니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-8. 비유물이 학생들에게 친숙한 것인지 확인하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-9. 목표 개념<전압>에 몇 개의 비유를 사용하십니까? 2개 이상이라면 2번에 대해 한번 더 응답 부탁드립니다.

3. <저항> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까? 네 or 아니오

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-1-1. <저항> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물은 무엇입니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-1-2. 위에 답변하신 비유물의 출처는 어디입니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-2. <저항> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 표현 방법은 무엇입니까? 말, 그림, 말과 그림

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-3. <저항> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 제시 시기는 언제입니까? 예시 답안: 개념 설명 전, 개념 설명 중, 개념 설명 후

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-4. <저항> 개념을 설명하실 때 "비유" 라는 단어 자체를 사용하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-5. <저항> 개념을 설명하실 때 비유물 자체에 대한 설명을 하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-6. 비유물과 목표 개념<저항>와의 차이점을 설명하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-7. 비유물을 사전에 계획하십니까? 레파토리가 있습니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-8. 비유물이 학생들에게 친숙한 것인지 확인하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-9. 목표 개념<저항>에 몇 개의 비유를 사용하십니까? 2개 이상이라면 3번에 대해 한번 더 응답 부탁드립니다.

4. <기타> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까?

사용하셨다면 면담 때 말씀 부탁드립니다.

Version 1.1.(2019.4.26.)

†

2. 위의 "1. 기본 문항"에 응답한 내용들에 대한 이유가 무엇입니까?

3. 학생들의 학업 성취도가 선생님이 비유를 사용할 때 영향을 줍니까? 영향을 준다면 어떻게 영향을 줍니까? 학업 성취도에 따라 비유 사용을 다르게 하십니까?

4. 개념 설명에서 비유를 쓰지 않았다면, 그 이유는 무엇입니까?

5. "해당" 목표 개념을 가르칠 때, 사용하지 않아야 한다고 생각하는 비유가 있다면 어떤 것이고 그 이유는 무엇입니까?

6. 비유 사용 수업에서 어려운 점이 있다면 어떤 것입니까? 그 사례가 기억난다면 말씀해주십시오.

7. 어려운 점이 생겼던 원인이나 이유가 무엇이라고 생각하십니까?

8. 이 어려운 점으로 앞으로의 수업을 위한 개선점(셀프피드백)이 있으셨나요?

본 연구는 교사의 비유 사용방식과 어려움에 대해 일반화하는 것이 목적이 아니라, 소수의 교사를 면담함으로써 비유 사용 방식에 대한 심층적인 이유와 비유 사용에서 어떤 어려움이 있는지를 도출하는데 목적이 있습니다. 따라서 위 질문들에 대해 너무 어렵게 생각하지 않으셔도 됩니다. 평소 선생님의 수업을 떠올려보시고 그에 맞게 답변해주시면 됩니다. 선생님이 사용하시는 교과서, 교과지도서, 참고서, 수업지도안 등을 토대로 답변하셔도 됩니다!

‡ 교사의 비유 사용 어려움을 조사하기 위한 질문입니다.
서울대학교 IRB 규정을 준수하였습니다.

[부록2] 연구1의 교사 면담 전사본 (일부)

연구자: 전압 설명할 때 비유라는 단어 썼나요?

연구참여자: 네 썼어요. 그 말을 하고 설명을 이어가면서 똑같이 물레방아는 전구이고 이 경우랑 이 경우 중에선 직렬 병렬 얘기를 했다. 아마 순서를 바꿨나? 시작할 때 칠판 앞에다가 실제 회로를 붙여 놨어요. 그 다음 건전지 두개를 직렬, 병렬로 연결했을 때 학생들이 직접 눈으로 전구의 밝기를 확인하게 했죠. 그 다음에 "어떤 그림이 직렬을 뜻하고 병렬을 뜻할까 했다." 로 이어갔어요. 그 다음에 그림이 이해가 되면, "병렬과 직렬이 좋은 점이 무엇일까" 라고하면서 넘어가서 직렬일 때는 돌리는 힘이 세고, 병렬일 때는 양이 많아진다라고 말했어요

연구자: 비유를 자체에 대한 설명을 이 물회로에 대한 설명을 같이 했겠네요?

연구참여자: 그 때도 알고 있다는 전제하에 했죠. 설명하다 모르는 것 같으면 추가 설명했어요.

연구자: 전압과의 차이점은 설명했나요?

연구참여자: 아니요. 정확한 과학개념으론 안했어요. 교과서에도 전압이 전기적 위치 에너지의 차이라고 안 나와있어요. 그냥 전류가 흐르게 해주는 힘으로 나와 있어서, 이것도 물을 흐르게 해주는 힘 정도로 설명했어요. 사실 둘 다 개념적으로 틀린 거잖아요. 그런 식으로 넘어갔던 것 같아요.

연구자: 물 회로 말고 다른 비유 사용하셨나요? 물통은 쓰셨다가 빼셨고. 또 있나요?

연구참여자: 아뇨 교과서에 있는 거만 썼어요.

연구자: 저항 비유 사용하셨나요?

연구참여자: 네 했구요. 도입 부분에 못 박아 놓고 구슬 떨어뜨리는 그림이 제일 처음 들어가서 그걸로 설명했어요.

연구자: 교과서에서 나와서?

연구참여자: 교과서에서 나온건 일단 다했어요. 저항의 단면적과 길이에 따른 저항비 부분이 문제를 낼 때 이 부분을 할 때 비유를 많이 썼어요다. 교과서엔 나와있지 않았지만요. 이 비유가 그래서 제가 생각한대로 했어요.

연구참여자: 제일 먼저 썼던 게 사람이 장애물 달리기 할 때 원통을 통과할 때, 길이가 긴거랑 짧은 거에 대한 이야기를 했어요. (연구자가 그림을 제시하며) 네네 이거에요. 저희 교과서엔 없지만 이거에 대해 설명했어요. 굵은 것과 가는 것 할 때도 이걸 썼는데, 설명하면서 굵으면 굵었을 때 더 넓을 때 지나갈 때 잘 통과할 수 있다는 이 비유로 바로 와닿는데, 그게 개념과 많이 다르다고 생각했어요. 왜냐면 굵으면 굵을수록 안에 저항체가 적어진다는 느낌을 받을 수 있는데, 실제로 금속이 굵어진다고 해서 안에 있는 원자핵의 밀도나 이런게 줄어드는게 아니잖아요. 그래서 이런건 잘못 됐다고 설명했어요. 그래서 문제 풀 때 이렇게 풀면 직감적으로 이해는 쉽지만. 정의는 이미 배운 상태였어요. 전류 전압 저항에 대한 정의가 돼 있는 상태여서, 그러면 틀린 이유를

[부록3] 연구1의 면담기록지 (일부)

IRB No. 1905/001-003 유효기간: 2020년 4월 25일

2. <전압> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까? 네 or 아니오

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-1-1. <전압> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물은 무엇입니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-1-2. 위에 답변하신 비유물의 출처는 무엇입니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-2. <전압> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 표현 방법은 무엇입니까? 말, 그림, 말과 그림

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-3. <전압> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 제시 시기는 언제입니까? 예시 답안: 개념 설명 전, 개념 설명 중, 개념 설명 후

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-4. <전압> 개념을 설명하실 때 "비유" 라는 단어 자체를 사용하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-5. <전압> 개념을 설명하실 때 비유물 자체에 대한 설명을 하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-6. 비유물과 목표 개념<전압>와의 차이점을 설명하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-7. 비유물을 사전에 계획하십니까? 레파토리가 있습니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-8. 비유물이 학생들에게 친숙한 것인지 확인하십니까?

(2번에서 '네'에 응답하신 분만) 2-9. 목표 개념<전압>에 몇 개의 비유를 사용하십니까? 2개 이상이라면 2번에 대해 한번 더 응답 부탁드립니다.

3. <저항> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까? 네 or 아니오

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-1-1. <저항> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물은 무엇입니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-1-2. 위에 답변하신 비유물의 출처는 어디입니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-2. <저항> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 표현 방법은 무엇입니까? 말, 그림, 말과 그림

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-3. <저항> 개념을 설명하실 때 사용한 비유물의 제시 시기는 언제입니까? 예시 답안: 개념 설명 전, 개념 설명 중, 개념 설명 후

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-4. <저항> 개념을 설명하실 때 "비유" 라는 단어 자체를 사용하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-5. <저항> 개념을 설명하실 때 비유물 자체에 대한 설명을 하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-6. 비유물과 목표 개념<저항>와의 차이점을 설명하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-7. 비유물을 사전에 계획하십니까? 레파토리가 있습니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-8. 비유물이 학생들에게 친숙한 것인지 확인하십니까?

(3번에서 '네'에 응답하신 분만) 3-9. 목표 개념<저항>에 몇 개의 비유를 사용하십니까? 2개 이상이라면 3번에 대해 한번 더 응답 부탁드립니다.

4. <기타> 개념을 설명하실 때 비유를 사용하십니까?

사용하셨다면 면담 때 말씀 부탁드립니다.

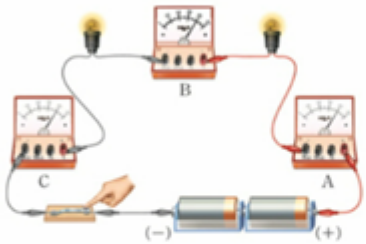
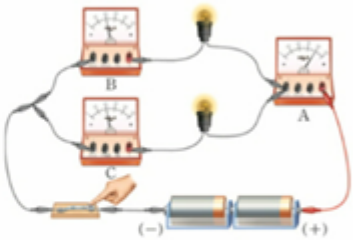
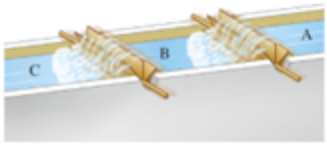
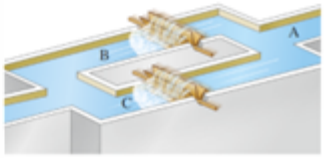
- 2 -

Version 1.1.(2019.4.26.)

[부록4] 연구1의 연구참여자 수업자료 (일부)

함께 소통하며 꿈을 찾는 ㅜ. . 중학교 3학년 ( )반 ( )번 ( )모둠 이름:

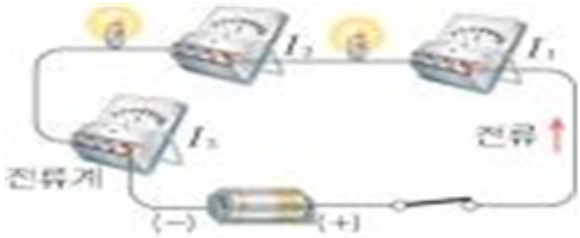
5. ( ) 법칙 : 도선을 따라 전하가 이동하는 동안 전하는 없어지거나 새로 생겨나지 않고 항상 일정하게 보존된다.

구분	직렬 연결 회로	병렬 연결 회로
	 전류의 세기 : A ( ) B ( ) C	 전류의 세기 : A ( ) B ( ) C
전류의 세기	전구에 흘러들어 간 전류의 세기와 흘러나온 전류의 세기는 ( ).	두 전구에 흐르는 전류의 ( )은 전체 회로에 흐르는 전류와 같다.
전하량 보존	전구에 흘러들어 간 전하량과 전구에 불을 켜고 흘러나온 전하량은 ( ).	각 회로에 흘러들어 간 전하량의 ( )은 나누어지기 전 회로에 흐르는 전하량과 같다.
비유적으로 생각하기	 ➡ 물이 수레를 따라 흐르면서 물레방아를 돌려도 A, B, C 지점을 흐르는 물의 양은 모두 ( ).	 ➡ 수로가 갈라지더라도 물이 새로 생겨나거나 없어지지 않으므로 B와 C 지점에 흐르는 물의 양의 ( )은 A 지점에서 흐르는 물의 양과 같다.

6. 오른쪽 회로와 같이 2개의 전구를 직렬로 연결하여 전구를 통과하기 전과 후의 전류의 세기를 측정하였다. I_1이 3 A라면 I_2와 I_3은 각각 얼마인지 쓰시오.

➡ I_2 I_1

I_3



3학년 과학1 -7-

저항의 병렬연결

$V = V_1 = V_2 =$ 일정

$I = I_1 + I_2$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

학번(　　) 이름(　　)

옴의 법칙

전압(V) ➡ 단위(V: 볼트)

전류(I) ➡ 단위(A: 암페어)

저항(R) ➡ 단위(Ω: 옴)

$I = \frac{V}{R}$

$V = IR$

$R = \frac{V}{I}$

저항의 직렬연결

$I = I_1 = I_2 =$ 일정

$V = V_1 + V_2$

$R = R_1 + R_2$

건전지 모양의 열전페이퍼를 타고 눈썰매를 타기에해 6명이 12m를 출각 왔다니 눈썰매를 타는 곳이 2곳으로 나뉘어 있다. 각각의 눈썰매장 높이는 12m 로 같을 것이고, 왼쪽으로 4명이 타고 내려왔다면 오른쪽으로는 2명이 타고 내려 올 것이다.

12V
(12m)

건전지 모양의 열전페이퍼를 타고 눈썰매를 타기에해 2명이 12m를 출각 왔다면 한줄로 눈썰매를 타야 하기 때문에 위, 아래 썰매장을 지나갈 때 방상 2명이 지나갈 것이다. 그리고 썰매장이 같은 줄에 놓여 있으므로 위쪽 썰매장 높이가 8m 라면 아래쪽 썰매장 높이는 4m가 될 것이다.

저항 직렬연결 값을 각각 구해서 적어 보자		
V= 12V	I=	R=
V_1=	I_1=	R_1= 4Ω
V_2=	I_2=	R_2= 2Ω

저항 병렬연결 값을 각각 구해서 적어 보자		
V= 12V	I=	R=
V_1=	I_1=	R_1= 3Ω
V_2=	I_2=	R_2= 6Ω

[부록5] (연구1) 연구참여자의 비유 사용 방식

교사	경력	전공	비유물			출처			표현 방법			친숙함 확인			비유 단어 사용			비유물 설명			차이점 설명			설명 순서		
			전류	전압	저항(개수)	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항	전류	전압	저항
BP-H	초임 1	물리	물 회로	물 회로, 엘리베이터	슬로프 (1)	교사 경험, 교과서	교과서, 인터넷	인터넷	그림, 구두	활동지	활동지	X	X	X	X	X	X	X	X/O	O	O	X	X	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저
BP-W	초임 2	물리	물 회로	물 회로	구슬-미끄럼판/ 원통-장애물/ 복도-학생 (3)	교과서	교과서	교과서/ 교사 경험/ 인터넷	그림, 구두	그림, 구두	그림, 구두	X	X	X	O	O	O	X	X	O	O	X	O	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저
BN-J	초임 1	지구 과학	물 회로	물 회로	터널-쥐 (1)	교과서	교과서, 인터넷	갑자기, 교사 경험	학습지, 구두	학습지, 구두	구두, 종이	X	X	X	O	O	O	X	X	X	X	X	X	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저
BN-S	초임 4	생명 과학	물 회로	물 회로	역할놀이 학생-저항 (1)	교과서	교과서	교사 경험	그림, 구두	그림, 구두	역할 놀이	O	X	X	X	X	X	O	O	O	X	X	X	비유 먼저	비유 먼저	목표 개념 먼저
EP-M	경력 7	물리	게임 유닛	게임 유닛	게임-저항군 (1)	도서	도서	도서	칠판 그림, 구두	그림, 구두	그림, 구두	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	X	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저	목표 개념 먼저
EP-C	경력 13	물리	진주 목걸이	물 회로	—	교사 경험	교과서	—	구두	영상, 그림, 구두	—	X	X	—	X	X	—	O	O	—	X	O	—	목표 개념 먼저	동시	—
EN-K	경력 11	화학, 공통	물 회로	물 회로	구슬-미끄럼판/ 도로/핀볼(3)	교과서	교과서	교과서/ 교사 경험	그림, 구두	그림, 구두	그림, 구두	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	비유 먼저	비유 먼저	비유 먼저
EN-O	경력 26	화학	물 회로	물 회로	파이프 속 자갈 (1)	교과서	인터넷, 교과서	인터넷	학습지, 구두	학습지, 구두	학습지, 구두	X	X	X	X	X	X	O	O	X	O	X	X	비유 먼저	비유 먼저	동시

[부록6] 2009 개정 교육과정 중학교 과학3 교과서 전기회로 비유

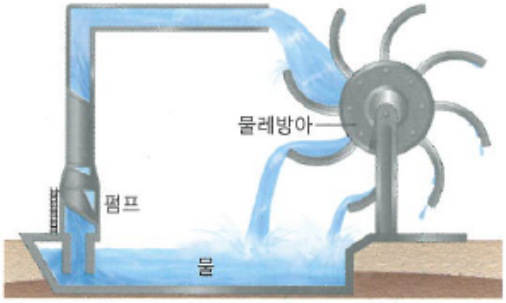
2009 개정 교육과정 중학교 과학3 동아출판 전기회로 비유

- 2009 개정 교육과정 동아출판 비유 (p. 25) – 개념 설명 A

전구에 계속해서 불을 켜기 위해서는 전기 회로가 필요하다.

도선을 따라 전자가 이동할 때와 같이 전하를 띤 입자가 흐르는 것을 **전류**라고 한다. 두 지점 사이에 물이 흐르기 위해서는 수면의 높이 차이가 있어야 하는 것처럼 두 지점 사이에 전류가 흐르기 위해서도 이러한 차이가 있어야 하는데, 이와 같이 두 지점 사이의 전기적인 위치 에너지 차를 **전압**이라고 한다.

그러면 전구에 전류가 계속해서 흐르며 불을 밝히려면 무엇이 필요할까? 그림과 같은 수로에서 흐르는 물로 물레방아를 계속해서 돌리려면 물을 높은 곳으로 퍼 올리는 펌프가 있어야 하고, 물이 계속해서 흐를 수 있는 연결된 수로가 필요하다. 마찬가지로 전구에 전류가 계속 흐르며 불을 밝히려면 전구의 양 끝에 전압을 유지하는 역할을 하는 전지가 필요하고, 또 전자가 계속해서 이동할 수 있는 닫힌 경로의 도선이 필요하다. 이처럼 전류가 계속 흐르게 하는 통로를 **전기 회로**라고 하며, 전지와 도선, 전구 등으로 이루어진다.



[그림 1-15] 전기 회로의 비유

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 미래엔 전기회로 비유

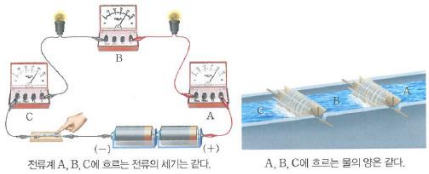
• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 30) – 개념 설명 A

전하량
어떤 물체나 입자가 띠고 있는 전기의 양을 전하량이라고 한다.

전하량 보존

전구를 전지에 연결하면 전류가 흘러 불이 켜진다. 이때 전구로 흘러 들어가는 전류의 세기와 전구에서 흘러나오는 전류의 세기는 어떻게 될까?

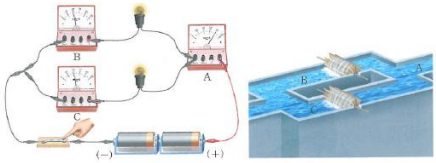
그림 18과 같이 전구 두 개를 직렬로 연결한 전기 회로에서 A, B, C 세 지점에 흐르는 전류의 세기는 모두 같다. 따라서 직렬 회로에 흐르는 전류의 세기는 어느 곳에서나 같다.



전류계 A, B, C에 흐르는 전류의 세기는 같다. A, B, C에 흐르는 물의 양은 같다.

그림 18 직렬 회로에서 전류의 세기와 물의 흐름

그림 19와 같이 두 개의 전구를 병렬로 연결한 전기 회로에서 나누어진 도선에 흐르는 전류의 세기의 합은 나누어지기 전의 도선에 흐르던 전류의 세기와 같다.



전류계 B와 C에 흐르는 전류의 세기의 합은 전류계 A에 흐르는 전류의 세기와 같다. B와 C에 흐르는 물의 양의 합은 A에 흐르는 물의 양과 같다.

그림 19 병렬 회로에서 전류의 세기와 물의 흐름

이것은 도선을 따라 흐르는 전하량이 도중에 늘어나거나 줄어들지 않는다는 것을 의미하는데, 이를 **전하량 보존 법칙**이라고 한다. 전하량은 전구를 밝히거나, 전동기를 돌리고 전열기로 열을 내는 일 등 모든 전기 현상이 일어날 때 항상 보존된다.

• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 32) – 개념 설명 B

전류를 흐르게 하는 능력

펌프를 이용하여 물을 높은 곳으로 퍼 올리면 물이 아래로 떨어지면서 물레방아를 돌릴 수 있다. 이때 펌프가 계속 작동하면 펌프의 압력에 의해 물이 계속 아래로 흐른다. 이와 마찬가지로 전기 회로에서도 전류가 흐르기 위해서는 펌프의 압력에 해당하는 것이 있어야 하는데, 이것을 **전압**이라고 한다. 전압은 전기 회로에서 전류를 흐르게 하는 능력을 말한다. 전압의 단위로는 V(볼트)를 사용하고, 전압계를 이용하여 전압을 측정할 수 있다.

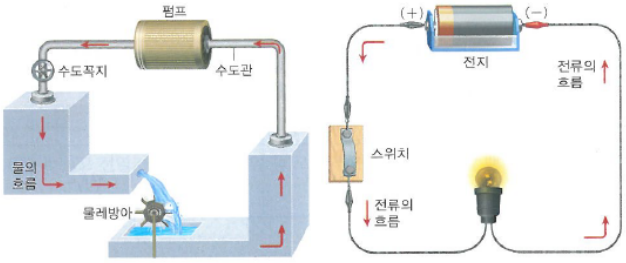


그림 21 펌프와 전지 펌프는 물을 계속 흐르게 하고, 전지는 전류를 계속 흐르게 하는 역할을 한다.

• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 36) – 개념 설명 C

물질의 종류에 따라 전기 저항이 다른 까닭은 무엇일까?

여러 개의 탁구공이 박혀 있는 경사면을 따라 구슬이 굴러 내려갈 때 구슬은 탁구공과 충돌하여 운동에 방해를 받는다. 이와 마찬가지로 전자들이 도선을 따라 이동할 때 원자들과 충돌하게 되는데, 이와 같은 충돌 때문에 전기 저항이 생긴다.

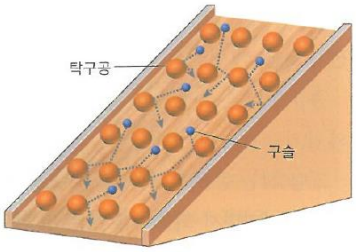


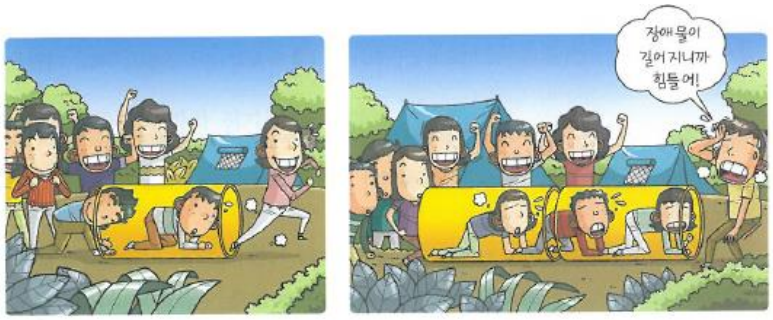
그림 26 **전기 저항의 비유** 경사면을 따라 굴러 내려가는 구슬은 탁구공에 의해 흐름에 방해를 받는다.

전기 저항이 물질에 따라 다른 것은 물질에 따라 자유 전자의 수가 다르고, 원자의 배열이 달라 원자와 전자가 충돌하는 정도가 다르기 때문이다.

• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 34) – 동기 유발

물이 뿜어져 나오는 세기는 수압과 관의 굵기에 의해 결정된다. 전기 회로에서 전류의 세기를 결정하는 것은 무엇일까?

• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 38) – 동기 유발



장애물을 통과하는 경기처럼 전자들은 저항을 통과한다. 두 개의 저항을 직렬로 연결한 회로에서 전압과 저항, 전류는 어떻게 될까?

• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 40) – 동기 유발

장애물을 한 줄로 통과하는 것보다 두 줄로 통과하는 것이 더 빠르다. 두 개의 저항을 병렬로 연결한 회로에서 전압과 저항, 전류는 어떻게 될까?

• 2009 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 32) – 학생 활동

물음 1. 그림 21을 보고 물레방아를 돌리는 장치와 역할이 비슷한 것을 전기 회로에서 찾아보자.

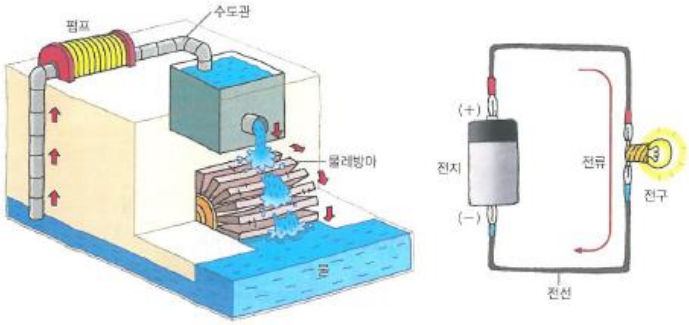
물의 흐름	펌프	물레방아	수도관	물의 흐름	펌프의 압력
전기 회로					

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 비상교육 전기회로 비유

- 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 32) – 개념 설명 A

물은 높이 차가 있으면 항상 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르게 된다. 이러한 물의 흐름을 전류에 비유해 보자. |그림 1-7|과 같이 펌프를 이용하여 낮은 곳의 물을 수도관을 통해 높은 곳으로 퍼 올리면 물은 높이 차에 의해 아래로 떨어지면서 물레방아를 돌린다. 이와 같이 전구가 연결된 전기 회로에 전지를 연결하면 전류가 흘러 전구의 불이 켜진다. 전지는 펌프와 같이 전선을 따라 전류가 계속 흐를 수 있게 해 준다. 이때 물의 높이 차와 같이 전기 회로에서 전류를 흐르게 하는 능력을 **전압**이라고 하며, 단위로는 **V(볼트)**를 사용한다.

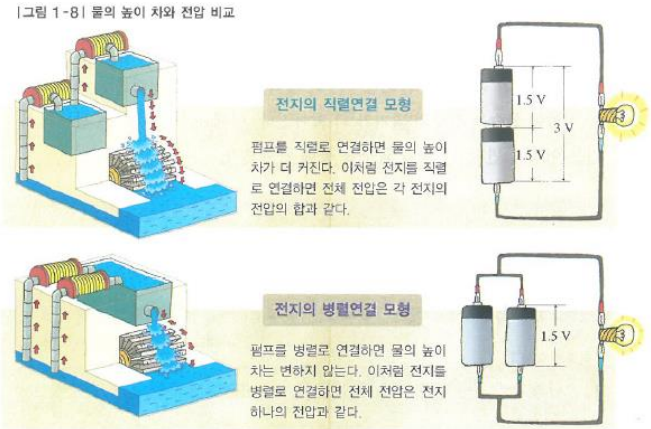
|그림 1-7| 물의 흐름과 전류 비교



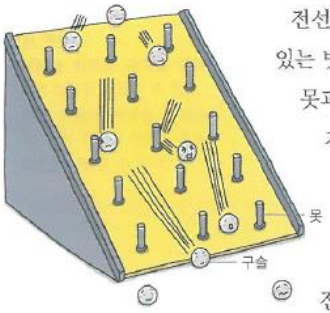
- 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 35) – 개념 설명 B

|그림 1-8|과 같이 전지를 직렬로 연결하면 큰 전압을 얻을 수 있어 전구의 밝기는 전지 하나일 때보다 밝지만 전지의 사용 시간은 전지 하나일 때와 같다. 전지를 병렬로 연결하면 전구의 밝기는 전지 하나일 때와 같지만 전지의 사용 시간은 전지 하나일 때보다 길다.

|그림 1-8| 물의 높이 차와 전압 비교



• 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 38) – 개념 설명 C

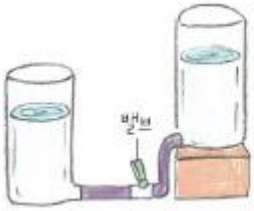


|그림 1-10| 전기 저항 모형

전선에 전기 저항은 왜 생길까? |그림 1-10|과 같이 여러 개의 못이 박혀 있는 빗면에 구슬이 굴러가는 모습을 생각해 보자. 구슬은 빗면을 굴러갈 때 못과 충돌하여 운동을 방해받는다. 이와 같이 전류가 흐를 때 전선 속을 자유롭게 이동할 수 있는 전자는 원자와 충돌하여 운동을 방해받는다. 따라서 전자와 원자의 충돌에 의해 전기 저항이 생기며, 전기 저항이 클수록 전류가 잘 흐르지 않는다.

전기 저항은 물질의 종류에 따라 다르다. 은과 구리 등의 도체는 전기 저항이 작아서 전류가 잘 흐르고, 유리와 고무 등의 절연체는 전기 저항이 커서 전류가 잘 흐르지 않는다. 그런데 같은 물질이라도 길이와 굵기에 따라 전기 저항이 달라진다. 다음 활동을 통해 알아보자.

• 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 32) – 동기 유발



같은 양의 물이 든 두 물통을 고무관으로 서로 연결하여 오른쪽 물통을 왼쪽 물통보다 높은 곳에 올려 놓았다.

◆ 밸브를 열면 물은 어느 쪽으로 이동할까?

• 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 36) – 동기 유발

슬비가 물레방아를 돌리려고 고무관을 잡고 물을 떨어뜨리고 있다.

◆ 더 높은 곳에서 물을 떨어뜨리면 물레방아는 어떻게 돌까?

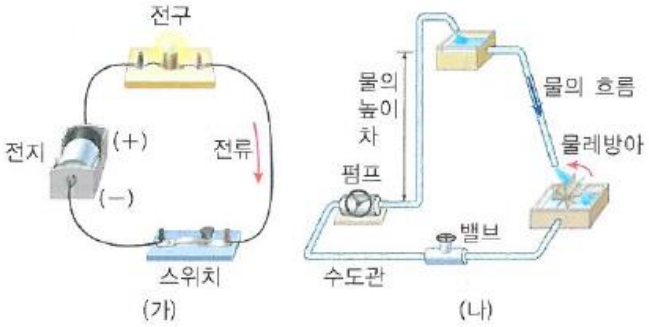
• 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 32) – 학생 활동

Q 위 그림을 보고 전기 회로에서 물레방아를 돌리기 위한 장치와 역할이 비슷한 것을 써 보자.

물의 흐름	물레방아	흐르는 물	펌프	수도관
전기 회로				

• 2009 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 73) – 학생 활동

5. 그림 (가), (나)는 전기 회로를 물의 흐름에 비유하여 나타낸 것이다. 비유가 옳지 않은 것은?

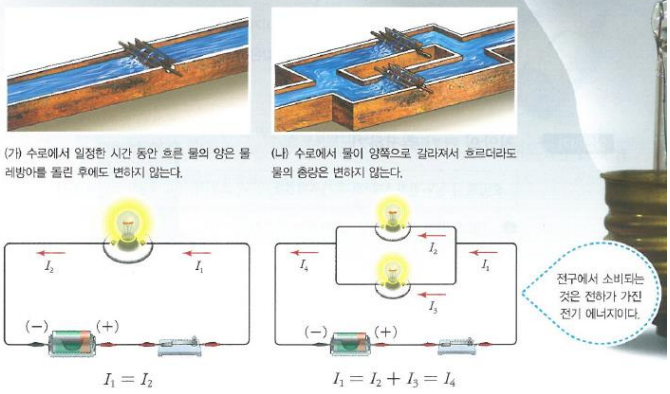


① 밸브 – 스위치　　② 물레방아 – 전구
③ 펌프 – 전지　　④ 물의 흐름 – 전류
⑤ 수도관 – 전압

2009 개정 교육과정 중학교 과학3 천재교과서 전기회로 비유

- 2009 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 29) – 개념 설명 A

전기 기구에 전류가 흘러 여러 가지 일을 할 때, 도선 속을 이동하는 전하량은 어떻게 변할까? 그림 I-12와 같이 흐르는 물이 물레방아를 돌리거나 여러 갈래로 나뉘어 흘러도 그 양이 변하지 않는다. 마찬가지로 전구를 통과하기 전후의 전류의 세기는 같고, 나뉜 도선에 흐르는 전류의 합은 나뉘기 전의 전류의 세기와 같다. 이것은 도선을 흐르는 전하량이 일정하게 보존된다는 것을 의미하며, 이를 **전하량 보존 법칙**이라고 한다.



(가) 수로에서 일정한 시간 동안 흐른 물의 양은 물레방아를 돌린 후에도 변하지 않는다.

(나) 수로에서 물이 양쪽으로 갈라져서 흐르더라도 물의 총량은 변하지 않는다.

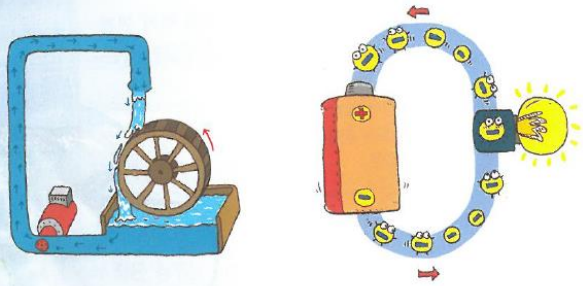
(다) 전구로 흘러들어 가는 전류의 세기와 전구에 불을 켜고 흘러나오는 전류의 세기는 같다.

(라) 여러 갈래로 나뉘어 흐르는 전류의 세기를 모두 합하면 나뉘기 전의 전류의 세기와 같다.

I-12 전하량 보존 법칙

- 2009 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 32) – 개념 설명 B

회로에서 전류의 흐름은 물의 흐름에 비유해 볼 수 있다. 수압에 따라 물줄기의 세기가 달라지는 것처럼 전지의 능력에 따라 도선에 흐르는 전류의 세기가 달라진다. 물의 높이차에 의한 압력인 수압에 해당하는 것을 전기 회로에서는 **전압**이라고 하며, 전압의 단위는 V(볼트)를 사용한다.



물의 흐름	수압	흐르는 물	물레방아	펌프	수도관
전기 회로	전압	전류	전구	전지	도선

I-13 물의 흐름과 전류의 흐름 비교

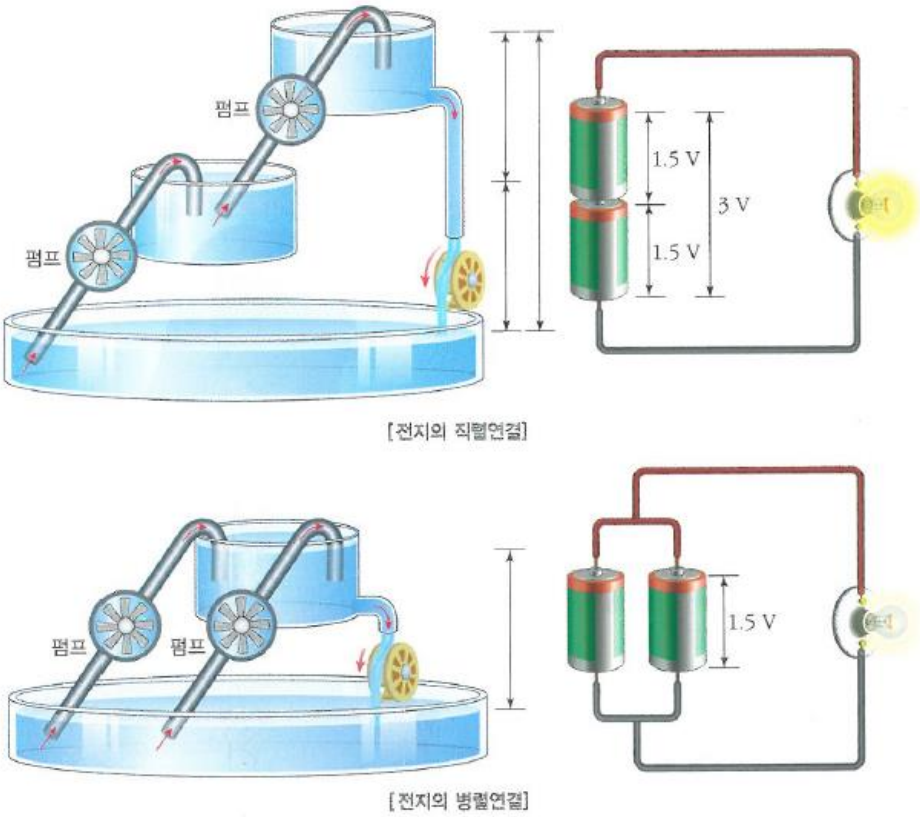
• 2009 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 33) – 개념 설명 C

전지의 연결과 전압

전압은 전지의 연결 방법에 따라 그 크기가 달라진다. 전지를 직렬로 연결했을 때 전구의 밝기가 달라지는데, 그 이유는 무엇일까?

그림 I-15와 같이 펌프를 직렬로 연결하면 물을 끌어 올리는 높이가 펌프가 한 개일 때의 2배가 되므로 수압이 증가하여 물레방아가 빨리 돌아간다. 한편, 펌프를 병렬로 연결하면 수압은 펌프가 한 개일 때와 같다.

펌프에서와 같이 전지를 직렬로 연결하면 전압이 높아져 전구를 더 밝게 켤 수 있고, 전지를 병렬로 연결하면 전압은 전지 1개의 전압과 동일하지만 전구를 오랫동안 켤 수 있다.



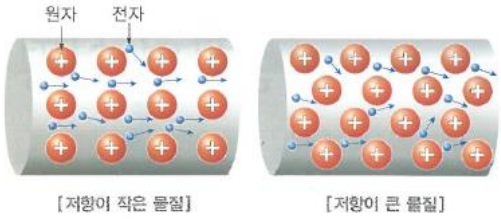
I-15 전지의 연결과 전압의 크기

• 2009 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 37) – 개념 설명 D

전류를 방해하는 전기 저항

도선의 전기 저항은 어떻게 생기며, 그 크기는 무엇에 따라 달라질까?

전기 저항은 전류가 흐를 때 도선 내부에서 자유 전자들이 원자들과 충돌하면서 움직임에 방해를 받기 때문에 생긴다. 물질에 따라 원자의 배열이 다르기 때문에 전기 저항의 크기는 물질의 종류에 따라 다르다.



I-17 금속 내에서 전자의 운동 | 저항이 큰 물질일수록 원자들과 자유 전자들의 충돌이 더 잘 일어난다.

한편, 같은 종류의 물질이라도 도선의 길이나 굵기가 달라지면 저항의 크기도 달라진다. 도선의 길이가 길면 전자가 지나가야 할 길이 길어지므로 저항이 크고, 굵기가 굵으면 단면을 통하여 지나가는 전자의 수가 많으므로 저항이 작다. 즉, 전기 저항은 도선의 길이에 비례하고 굵기에 반비례한다. 따라서 전기 저항은 물질의 종류, 길이, 굵기에 따라 달라진다.

I-18 물체의 길이와 굵기에 따른 저항의 크기

• 2009 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 33) – 학생 활동

되 짚/어/보/기

1 물의 높이차에 의한 수압에 해당하는 것을 전기 회로에서는 (　　)이라고 하며, 단위는 (　　)를 사용한다.

[부록7] 2015 개정 교육과정 중학교 과학2 교과서 전기회로 비유

2015 개정 교육과정 중학교 과학2 동아출판 전기회로 비유

- 2015 개정 교육과정 동아출판 비유 (p. 56) – 개념 설명 A

전압에 의해 전류가 흐르는 것은 그림 Ⅱ-10에서 밸브를 열면 물의 높이차에 의해 물이 흐르는 것으로 비유할 수 있다. 두 물통 사이에 물의 높이차가 유지된다면 물이 계속 흐를 수 있듯이, 전기 회로에서 전압이 유지된다면 전류는 지속적으로 흐를 수 있다. 즉, 전지는 전기 회로에서 전압을 계속 유지하는 역할을 한다. 그러면 다음 활동을 통해 전기 회로에서 전구에 불이 켜지는 과정을 모형으로 설명해 보자.

그림 Ⅱ-10 물의 높이차에 의한 물의 흐름

- 2015 개정 교육과정 동아출판 비유 (p. 63) – 개념 설명 B

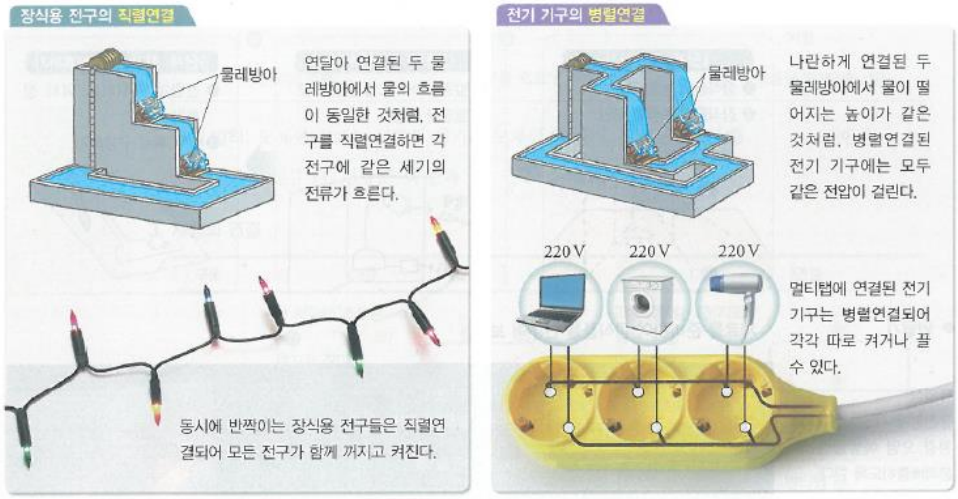
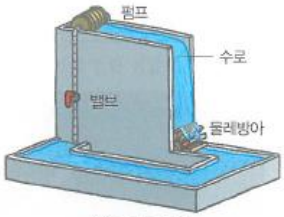


그림 Ⅱ-14 저항의 직렬연결과 병렬연결

• 2015 개정 교육과정 동아출판 비유 (p. 57) – 학생 활동

바울활동 전기 회로를 모형으로 설명하기 — 모형의 개발과 사용 · 의사소통

그림 (가)는 펌프를 이용하여 물레방아를 계속해서 돌리는 물 흐름 모형을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 전지를 연결하여 전구에 불을 켜는 전기 회로를 나타낸 것이다.



(가) 물 흐름 모형

(나) 전기 회로

목표
전기 회로에서 전지의 전압이 전류를 지속적으로 흐르게 하여 전류를 형성함을 모형으로 설명할 수 있다.

설명하기

1. (가)의 물레방아를 돌리기 위한 장치와 (나)의 전기 회로에서 서로 역할이 비슷한 것을 찾아 표에 써 보자.

물 흐름 모형	물의 흐름	물의 높이차	펌프	밸브	물레방아	수로
전기 회로						

2. (나)의 전기 회로에서 전구에 불이 켜지는 과정을 물 흐름 모형으로 설명해 보자.

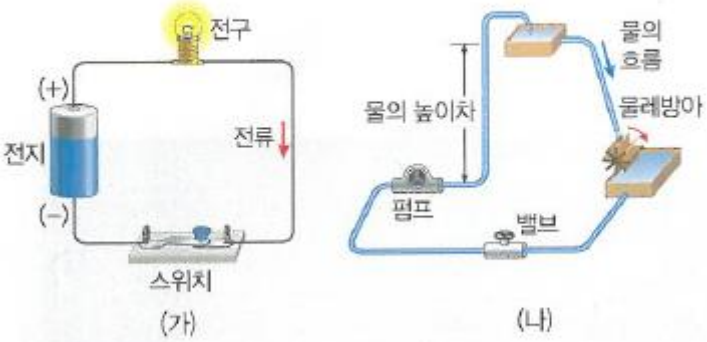
3. 전류의 흐름을 나타내는 다른 모형을 조사하여 발표해 보자.

조사 길잡이
전류의 흐름을 나타내는 다른 모형을 조사할 때는 다음 사항을 포함한다.

- 모형을 나타내는 그림
- 모형의 특징
- 모형의 한계

• 2015 개정 교육과정 동아출판 비유 (p. 80) – 학생 활동

03 그림 (가), (나)는 각각 전기 회로와 물레방아를 돌리기 위한 장치를 나타낸 것이다.



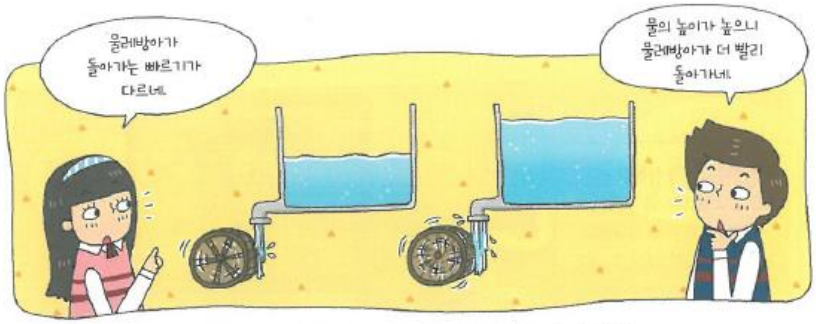
(가)에서 전지의 역할을 (나)의 장치에 비유하여 설명해 보자.

2015 개정 교육과정 중학교 과학2 미래엔 전기회로 비유

- 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 58) – 개념 설명 A

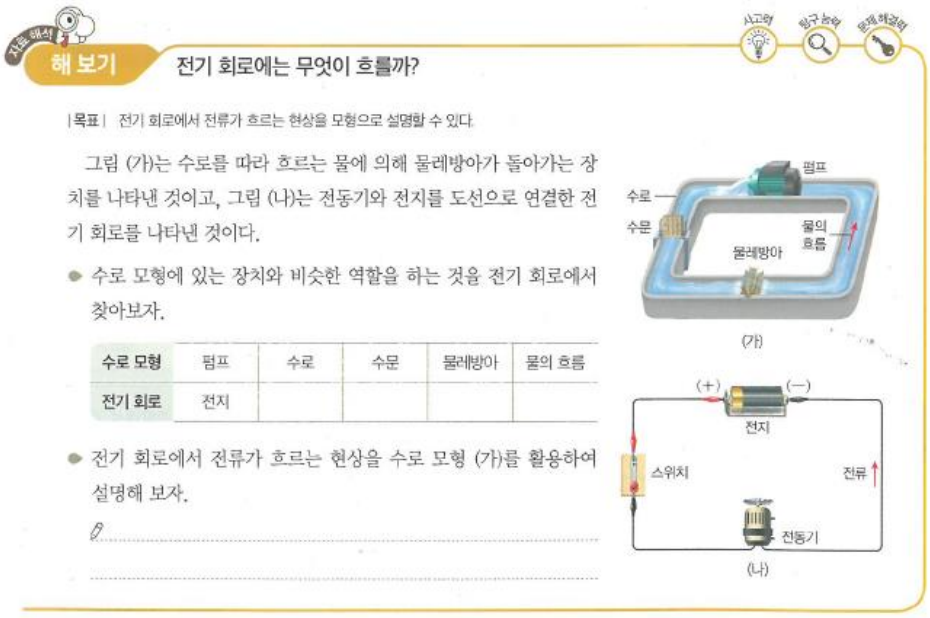
펌프를 이용하여 물을 퍼 올리면 물의 높이 차이가 생긴다. 이러한 물의 높이 차이에 의해 수압 차이가 생기고, 물은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다. 전기 회로에서도 전류가 계속 흐르기 위해서는 수압에 해당하는 것이 있어야 하는데, 이것을 **전압**이라고 한다. 즉, 전압은 전류를 흐르게 하는 능력이다. 전압의 단위는 V(볼트)를 사용하며, 전압은 전압계를 이용하여 측정한다.

- 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 60) – 동기 유발



> ? 물의 높이가 높은 수조의 물레방아가 더 빨리 돌아가는 까닭은 무엇일까?

- 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 56) – 학생 활동



자료 해석 **해 보기** 전기 회로에는 무엇이 흐를까?

사고력 탐구 능력 문제 해결력

|목표| 전기 회로에서 전류가 흐르는 현상을 모형으로 설명할 수 있다.

그림 (가)는 수로를 따라 흐르는 물에 의해 물레방아가 돌아가는 장치를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 전동기와 전지를 도선으로 연결한 전기 회로를 나타낸 것이다.

- 수로 모형에 있는 장치와 비슷한 역할을 하는 것을 전기 회로에서 찾아보자.

수로 모형	펌프	수로	수문	물레방아	물의 흐름
전기 회로	전지				

- 전기 회로에서 전류가 흐르는 현상을 수로 모형 (가)를 활용하여 설명해 보자.

펌프 수로 수문 물레방아 물의 흐름 (가)

(+) (−) 전지 스위치 전류 전동기 (나)

• 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 57) – 학생 활동

❸ 사고력 전기 회로의 스위치를 닫자마자 전구에 불이 켜지는 현상을 수도관 속의 물에 비유하여 설명해 보자.

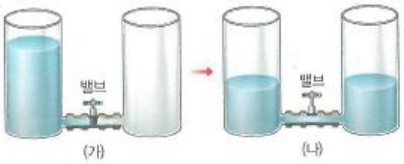
• 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 58) – 학생 활동

자료 해석 사고력 탐구 능력

해 보기 도선에서 전류를 흐르게 하는 것은?

| 목표 | 전기 회로에서 전지의 역할을 설명할 수 있다.

그림은 물통에서의 물의 흐름을 나타낸 것이다.



- 그림 (가)에서 밸브를 열면 그림 (나)와 같이 되는 까닭을 설명해 보자.

- 그림 (나)에서 펌프를 이용하여 물을 계속 흐르게 할 수 있는 방법을 토의하고, 그림으로 나타내 보자.

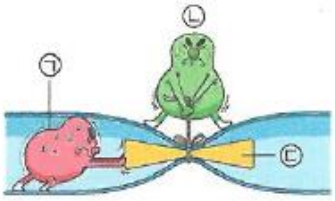
- 전지와 전구를 도선으로 연결한 전기 회로에서 전구에 불이 켜지는 현상을 위의 모형으로 설명해 보자.

• 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 59) – 학생 활동

❷ 전기 회로에서 _____은/는 수로에서 물을 계속 흐르게 하는 펌프와 같은 역할을 한다.

• 2015 개정 교육과정 미래엔 비유 (p. 63) – 학생 활동

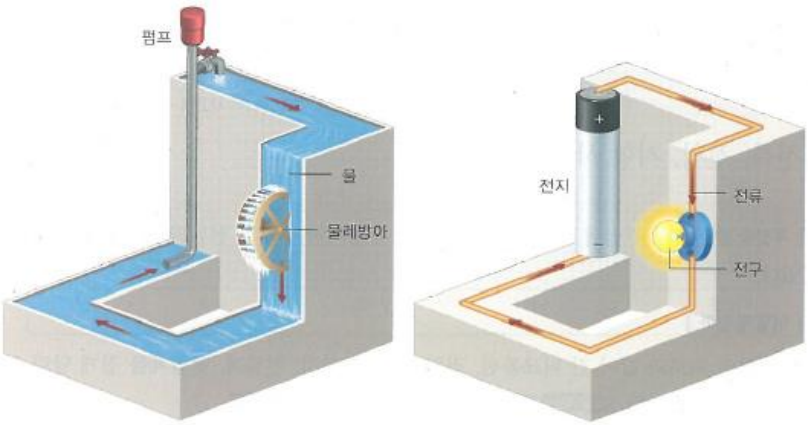
❷ 사고력 그림은 좁은 관 속에서 물체를 밀 때 물체의 이동을 방해하는 상황을 나타낸 것이다. 이 그림을 전기 회로에 비유할 때 전압, 전류, 저항에 해당하는 요소를 각각 찾아 써 보자.



2015 개정 교육과정 중학교 과학2 비상교육 전기회로 비유

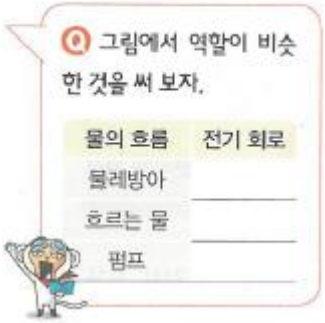
- 2015 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 63) – 개념 설명 A

전기 회로에서 전류는 물의 흐름에 비유할 수 있다. |그림 2-6|과 같이 높은 곳에 있는 물이 떨어지면서 물레방아를 돌리는 것처럼 전기 회로에서는 전류가 흐르면서 전구에 불을 켠다. 또, 펌프가 물을 계속 흐르게 하는 것처럼 전지는 전자를 지속적으로 이동하게 하여 전류를 형성한다. 이때 전류를 흐르게 하는 능력을 **전압**이라 하고, 단위로는 **V(볼트)**를 사용한다. 전지의 전압은 전기 회로에서 전류가 계속 흐르게 하는 역할을 한다.



| 그림 2-6 | 물의 흐름과 전류

- 2015 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 63) – 학생 활동

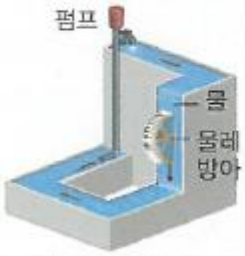
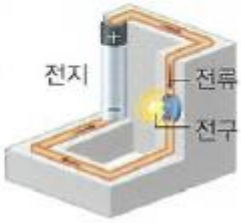


- 2015 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 63) – 학생 활동

3. 〈 과학적 사고력 〉 전지 2 개를 직렬로 연결한 회로는 전지 1 개를 연결할 때에 비해 전류가 더 세게 흐른다. 이를 물의 흐름에 비유하여 설명해 보자.

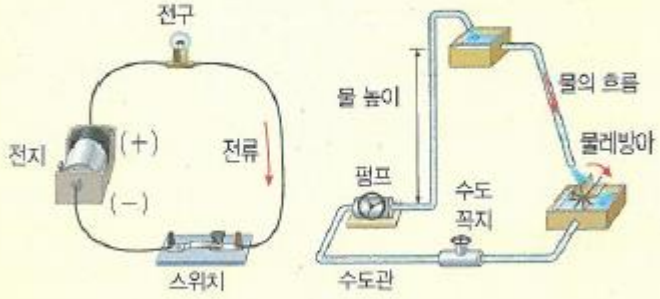
• 2015 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 73) – 학생 활동

(2) 물의 흐름과 전류

물의 흐름		전기 회로	
	물레방아	❹	
	흐르는 물	❺	
	펌프	❻	

• 2015 개정 교육과정 비상교육 비유 (p. 85) – 학생 활동

06. 《 과학적 사고력 》 그림과 같이 전류의 흐름을 물의 흐름에 비유할 때 실제 전기 현상과 일치하지 않는 점을 설명하시오.



2015 개정 교육과정 중학교 과학2 천재교과서 전기회로 비유

- 2015 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 54) – 개념 설명 A

그림 Ⅱ-8과 같이 전기 회로를 물이 흐르는 수로와 비교해 보자. 펌프와 전지가 없을 때와 있을 때, 수로와 전기 회로에는 어떤 차이가 있을까?

| 그림 Ⅱ-8 | 전기 회로와 수로 모형 수로에 펌프를 설치하여 물을 위로 끌어올리면 수로에 물이 흐른다. 마찬가지로 전기 회로에 전지를 연결하면 전류가 흐르는데, 전지는 수로의 펌프와 같은 역할을 한다.

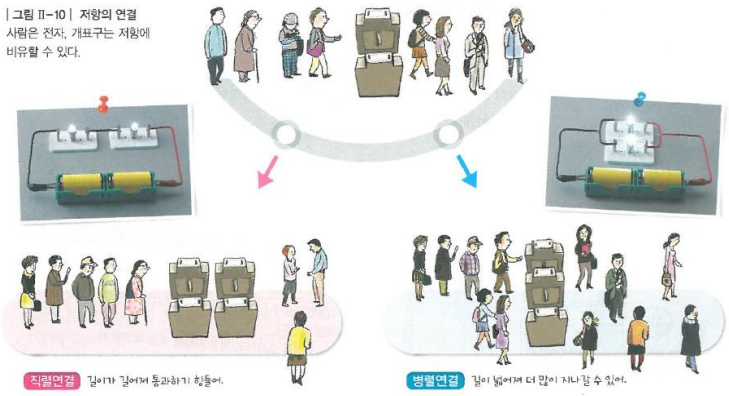
수로의 펌프는 낮은 곳의 물을 높은 곳으로 끌어올려 수면의 높이차를 만들어 물이 흐르도록 한다. 전류가 흐르기 위해서도 이런 차이가 있어야 하는데, 이를 **전압**이라고 한다. 전지의 전압은 수면의 높이차와 같은 역할을 하여 전선 내의 전자를 계속 이동시켜 전류가 흐르게 한다.

전압의 단위는 **V(볼트)**를 사용한다. 전지와 콘센트 등에 표시된 1.5 V, 9 V, 220 V 등은 모두 전압을 나타낸다. 펌프의 성능이 좋을수록 물을 더 높이 끌어올려 수로의 물이 더 세게 흐르는 것처럼, 전지의 전압이 클수록 더 센 전류를 흐르게 할 수 있다.

- 2015 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 59) – 개념 설명 B

저항을 연결하는 방식에 따라 회로 전체의 저항은 커지기도 하고 작아지기도 한다. 그림 Ⅱ-10과 같이 전구를 직렬연결하면 저항의 길이가 길어지는 것과 같으므로 전체 저항은 커지고 전류의 세기는 약해진다. 반면 전구를 병렬연결하면 저항이 굵어지는 것과 같으므로 전체 저항은 작아지고 전류의 세기는 세진다.

| 그림 Ⅱ-10 | 저항의 연결 사람은 전자, 개표구는 저항에 비유할 수 있다.



• 2015 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 54) – 학생 활동

자기 점검 그림 II-8의 수로 모형에서 수면의 높이차, 물의 흐름, 펌프는 전기 회로에서 각각 무엇에 해당하는가?

• 2015 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 55) – 학생 활동

활동 해 보기

사고력 의사소통

전압과 전류를 모형으로 표현하기

목표 전기 회로에서 전압과 전류를 모형으로 표현할 수 있다.

준비물 종이, 사탕, 매직펜, 접착 테이프 또는 끈

| 과정 |

❶ 모둠에서 전지와 스위치 역할을 할 사람을 정한다.

❷ 전지 역할을 맡은 학생은 '전지'라고 종이에 써서 몸에 붙이고, 양팔에 '(+)'와 '(−)'라고 쓴 종이를 각각 붙인다. 또 스위치 역할을 맡은 학생은 '스위치'라고 종이에 써서 몸에 붙인다.

❸ 나머지 모둠원은 전자를 나타내는 사탕을 하나씩 들고 전선 역할을 맡는다.

❹ [모형으로 나타내기] 모둠원들과 의논하여 전기 회로를 나타내고 다음 내용을 모형으로 표현해 보자.

- 스위치를 닫았을 때 전류가 흐르는 과정
- 전지의 방향을 바꾸었을 때 전류의 흐름
- 전압이 높을 때와 낮을 때 전류의 흐름

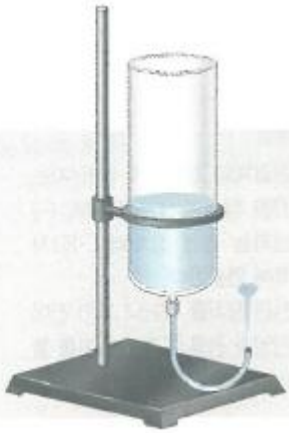
| 정리 |

- [의사소통하기] 전기 회로를 가장 과학적으로 표현한 모둠을 정하고, 그렇게 생각한 까닭을 말해 보자.

평가 기준	☺	☹	☹
여러 가지 전기 회로를 과학적으로 잘 표현하였다.	□	□	□
다른 모둠의 모형을 올바르게 평가하였다.	□	□	□
모둠 활동에 적극적으로 참여하였다.	□	□	□

• 2015 개정 교육과정 천재교과서 비유 (p. 55) – 학생 활동

❸ 창의적 사고력 전압은 물의 높이차에 비유하여 설명할 수 있다. 오른쪽 그림을 전압의 크기가 2배인 상태로 바꾸어 나타내려면 장치를 어떻게 꾸며야 할까?



Abstract

The Use of Analogies by Middle School Science Teachers and Textbooks

-Focusing on the Difficulty in Teaching Electric Circuit-

Ohdam Kwon
Physics Major
Department of Science Education
Graduate School of Education
Seoul National University

In middle school science textbooks, electric circuits are usually presented with an analogy. The electrical circuit is not only a difficult concept for teachers to teach, but the students' understanding of the analogy used in the electric circuit is reported to be low. In teaching abstract concepts, such as electric circuit, an analogy can be an effective teaching strategy, but it can be an unexpected difficulty if teachers do not pay attention to the use of analogies. It is necessary to study the difficulties and causes of teachers who use analogies to teach electric circuit. Understanding the relationship between the difficulty encountered by teachers using analogy and the use of analogies by teachers and textbooks can provide a deeper understanding of teacher's difficulty in the use of analogy.

The purpose of this study was to derive the cause of teacher's difficulty in the use of analogy and to analyze the relationship between the

use of analogy and teacher's difficulty in the use of analogy through interviews with middle school science teachers. In addition, the analogy presented by middle school science textbooks for explaining the concept of electric circuit was investigated to analyze the relationship with the teacher's difficulty in the use of analogy. In other words, Research 1 interviewed a middle school science teacher who used analogies to teach electric circuit, and Research 2 analyzed the analogies of electric circuit in middle school science textbooks.

Research 1 is a study of eight middle school science teachers in the Seoul metropolitan area who have experience in using analogies to teach electric circuit. The study collected data through one-on-one interviews. A structured questionnaire was asked about how the teacher used analogies in the electric circuit class, and a semi-structured questionnaire was asked about the difficulty experienced by the teacher in using analogies in the class. The process of coding interview data was repeatedly compared and coded. Data analysis was conducted by analyzing interview data, and then using triangulation method with reference to interview records and instructional materials. From the interview data, we summarized the analogue used by the teacher in the electric circuit class, the sources of the analogue, and the method of analogy usage. Then, in order to analyze teacher's difficulty in the use of analogy, factors related to difficulty were extracted from coding data. Among the extracted factors, the factors based on common causes were grouped to derive the medium category of difficulty. The major category of difficulty was derived by grouping the same causes among the medium categories.

As a result, we found a common use of analogy among teachers in electric circuit classes. It also showed that teachers have various difficulties of using analogy depending on their experience and major. Most teachers used a water circuit analogy to explain electric circuit. The sources of water circuit analogy were all textbooks. This shows that the teacher relies heavily on textbooks when choosing analogies for teaching electric circuit. The teacher explained the analogy in pictorially and verbally to help the students understand, but they did not ask the student's familiarity with the analogue because they thought students would be familiar with it. Most teachers did not explain the difference between the analogue and the target concept, and they explained the target concept before the analogue.

As a result of analyzing teacher's difficulties in the use of analogy, 13 sub-factors were extracted such as 'difficulty in explaining concepts smoothly', 'misconception of students by analogy', 'difficulty in choosing analogy'. Based on 13 sub-factors, 8 medium categories are 'differences between analogue and target concept', 'abstraction of target concept', 'unfamiliarity with analogue', 'not describing voltage as energy concept', 'textbook is composed of water circuit analogy', 'sentences explaining analogy and target concept do not correspond', 'lack of teacher experience in teaching', 'major of teacher is not physics'. Through this, it was found that the causes of difficulties for teachers using analogy to teach electric circuit were largely 'analogue and target concept factors', 'analogue and learner factors', 'curriculum and textbook factors', and 'teacher factors'. Based on the categories, teacher's difficulties in the use of analogy were identified as follows: In teacher factors (major category), Beginner teachers

who lack teacher experience in teaching (medium category) often have difficulty in explaining concepts smoothly (sub-factors) and teachers who did not major physics (medium category) have difficulty in choosing analogy (sub-factors). Relating to the method of analogy usage and teacher's difficulty in the use of analogy, teachers who do not check whether a student is familiar with an analogue or who does not explain an analogue by their judgement experienced difficulties in which the student had misconception or had to give an additional explanation of the analogue. In addition, two medium categories of teachers` difficulty in the use of analogy [differences between analogue and target concept, unfamiliarity with analogue] correspond to two methods of analogy usage [explain the difference between analogue and target concept, check students` familiarity with analogue] respectively. On the other hand, teachers who explained the target concept before the analogue had more difficulties than the teacher who explained the analogue before the target concept.

Research 2 analyzes the relationship between the analogies of electric circuit in middle school science textbooks and teacher's difficulty in the use of analogy. The analysis was conducted on four textbooks of middle school science 3 in 2009 revised curriculum and four textbooks of middle school science 2 in 2015 revised curriculum. Research 1 showed that teachers mainly use the analogy of textbooks and that one major category of teacher's difficulty in the use of analogy is the textbook factor. Therefore, we analyzed the method of analogy usage in textbooks on the assumption that the teacher's difficulty in the use of analogy was affected by the use of analogy by textbooks. The analysis was conducted using the same

perspective as the question of teacher interviews. That is, the analogue used in textbooks, the target concept to be described as an analogy, whether the word 'analogy' is mentioned, whether the analogy itself is explained. In order to secure the reliability of data analysis, researchers and two PhD students majoring in science education analyzed together, and internal consistency was secured through repeated discussions among reviewers during the analysis process.

As a result, textbooks published in Bookdonga(동아출판), Mirae-n(미래엔), Visang(비상교육), and Chunjae(천재교과서) under the 2009 Revision Curriculum and 2015 Revised Curriculum mainly presented water circuit analogy to explain the concept of electric circuit. The wires are compared to the water channel, the battery to the pump, the current to the flow of water, the voltage to the height difference of the water, and the resistance (light bulb) to the waterwheel. The use of analogies in textbooks has shown a tendency to present a variety of analogue in one analogy, to express analogy in texts and pictures, to make little mention of the word 'analogy', and not to explain about the analogy itself. The factors that might cause difficulties for teachers in the 2009 revised curriculum textbooks were similar in 2015 revised curriculum textbooks.

The conclusions of the above findings are as follows. First, the method of analogy usage by teachers and textbooks interrelates with teacher's difficulty in the use of analogy. So the teacher's difficulty in the use of analogy will vary depending on the method of analogy usage by teachers and textbooks. Second, in order to use analogy effectively in the teaching of electric circuit, the teacher should check the students' familiarity with

analogue, explain an analogue itself, explain the difference between analogue and target concept. And an analogy in the textbooks should be mentioned with word 'analogy' and be with explanation itself. Third, to present and explain an analogy before the target concept in teaching electric circuit is the way to reduce teacher's difficulty in the use of analogy.

The implications and suggestions of this study are as follows. First, it is necessary to provide guidance according to the teacher's career and major about teacher's difficulty in the use of analogy to teach electric circuit. Second, the teacher's difficulty in the use of analogy should be reduced through teacher training on an effective method of analogy usage, conditions of good analogies, and strategies for using analogies. Lastly, follow-up studies are needed on the effects of explanation order between analogue and target concept in teaching electric circuit.

Keywords: analogy, middle school science, electric circuit, difficulty, method of analogy usage, science teacher, textbook

Student Number : 2018-22161

중학교 과학 교사와 교과서의 비유 사용

-전기회로를 가르칠 때 겪는 어려움을 중심으로-

The Use of Analogies by Middle School Science Teachers and Textbooks
- Focusing on the Difficulty in Teaching Electric Circuit -

지도 교수 송 진 웅

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2019 년 12 월

서울대학교 대학원
과학교육과 물리전공
권 오 담

권오담의 교육학석사 학위논문을 인준함
2020 년 1 월

위 원 장 _____ 이 경 호 _____ (인)

부위원장 _____ 채 승 철 _____ (인)

위 원 _____ 송 진 웅 _____ (인)