

빠른 부피 팽창 변화를 통해 쉽게 이해 하는 물의 상태변화

서울잠전초등학교 교사 이복영

1. 연구의 필요성 및 목적

1. 연구의 필요성

과학실을 자주 사용하지 못하는 4학년 학생들은 교실에서의 수업보다 과학실에서 여러 가지 실험기구를 이용해 직접실험을 하면 훨씬 적극적인 태도를 보이며 신기한 표정으로 실험에 집중을 한다. 하지만 정해진 시간 안에 물은 얼음으로 변해가는 모습을 쉽게 보여주지 않고, 학생들은 이미 알고 있는 자신들의 지식을 기반으로 그냥 넘어가고자 조바심을 내며 떠들고 집중을 못하는 경우가 발생한다. 이런 경우 교사들은 이런 애매한 상황에서 탈출하고 싶어“물이 얼면 어떻게 되죠?” 하면서 상상 속의 수업을 이끌기 시작한다. 하지만 그런 수업을 이끌어가는 순간 교사 스스로 학생들에게서 과학의 신비나 흥미를 빼앗아 가는 꼴이 되는 것이다.

4학년 1학기 과학과 교과서 마지막 단원은 『모습을 바꾸는 물』이다. 물질의 상태변화를 쉽게 이해시키기 위하여 너무나 쉽고 흔한 물이란 재료를 잘 선택하였지만 여름철 상온에서 5~6분 안에 시험관 속의 물이 퐁퐁 얼어서 그 부피가 상당히 부풀어 올라오기는 매우 어려웠다. 특히 이 단원에서는 물이 얼 때의 무게와 부피의 변화를 실험하고 관찰하여 물질의 상태변화를 스스로 깨우치게 하는 과정인데 우리의 실험 환경은 연속된 실패만을 안겨주었다.

초등학생들이 가지고 있는 대표적인 오개념의 하나는 ‘물이 얼어 부피가 늘어나면 그 무게도 늘어날 것이다’이다. 교육현장에서의 실험 실패는 이런 오개념을 더욱 확고하게 해주는 역할을 한 것이다.

일선 학교의 담임교사들은 실험이 잘 되지 않아 멀티자료로만 수업을 진행하여 실험을 통한 개념형성보다는 대부분 주입식 학습이 이루어졌음을 알 수 있다. 따라서 본 연구자는 탐구학습 및 개념형성 능력이 미흡한 4학년 학생들에게 간단하면서 쉽게 결과를 얻어 낼 수 있는 방법을 찾아 교사와 학생들 모두 실패하지 않고, 흥미롭고 즐거운 실험관찰 수업을 만들어 가고자 본 연구를 시작하게 되었다.

2. 연구의 목적

본 연구는 4학년 1학기 『모습을 바꾸는 물』단원 중 ‘물의 삼태현상 중 물이 고체인 얼음으로 변하는 과정’을 직접 실험하는 주제로 실제 실험과정에서 시간이 많이 소모되어 수업이 미완성으로 끝나는 경우가 많다. 그래서 본 연구자는 물을 빨리 어는 냉각제 개발사용으로 40분 수업이 완성되도록 하는데 목적을 두었다.

구체적 목표는 다음과 같다.

첫째, 냉각시간을 단축 할 수 있는 다양한 냉각제를 개발하여

둘째, 수업에 적용하여 흥미롭고 즐거운 탐구수업의 정상화로

셋째, 물의 부피와 무게변화를 실험시간 내에 확인함으로써 물의 상태변화에 대한 개념형성의 학습 효과를 높인다.

3. 연구의 문제

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구의 문제를 설정하였다.

첫째, 물이 빠르게 얼게 하는 최적의 실험도구를 어떻게 개발할 것 인가?

둘째, 물이 빠르게 얼게 하는 새로운 다양한 냉각제를 어떻게 개발할 것인가?

셋째, 물의 삼태현상의 개념형성을 위해 학습효과를 높이는 방법은 무엇일까?

4. 용어의 정의

가. 변형실험도구

현행교과서 및 지도서에서 제시한 250ml 비커 및 시험관 대신 재질의 변화, 크기의 변화, 뚜껑의 유, 무를 변화시켜서 찾아, 실험시간을 가장 단축 할 수 있는 실험도구를 뜻하는 것이다.

나. 새로운 냉각제

현행 교과서 및 지도서에서 제시한 얼음과 굵은 소금 대신 물의 냉각을 촉진하여 빠르게 실험 결과를 얻어낼 수 있는 냉각촉진제를 뜻하는 것이다.

5. 실태분석

가. 5학년 학생들의 '물이 얼 때의 부피변화 관찰' 실험에 대한 경험 조사

- 1) 설문 대상 : 서울잠전초등학교 5학년 5반 학생(26명)
- 2) 설문 내용 : 별도 제작 내용(부록 참조)
- 3) 조사 시기 : 2013. 4. 10.

<표 I-2> 물이 얼 때의 부피변화 실험에 대한 5학년 학생들의 경험조사

(N=26)

설문	응답	내용	결과	
			N	%
1. '물이 얼 때의 부피와 무게 변화' 단원의 실험은 어땠는가?	① 재미있고 쉬었다		5	19.2
	② 어려웠다		17	65.4
	③ 보통이다		4	15.4
2. 물의 상태변화는 쉽게 확인 할 수 있었는가?	① 그렇다		8	30.8
	② 잘 이해하지 못했다		16	61.5
	③ 보통이다		2	7.7
3. 5~6분 사이에 시험관 속의 물은 잘 얼었는가?	① 그렇다		8	30.8
	② 성공하지 못했다		16	61.5
	③ 실험하지 않았다		2	7.7
4. '물이 상태변화하면 부피가 변한다.'는 개념을 이해하였는가?	① 이해되었다		20	76.9
	② 이해되지 않았다.		6	23.1
5. 시험관 속의 물 상태와 얼음 상태의 무게는 변함이 없었는가?	① 그렇다		3	11.5
	② 아니다		19	70.1
	③ 실험하지 않았다		4	15.4
6. '물질의 상태가 변하더라도 그 무게는 변함이 없다'는 개념은 어떻게 이해하였는가?	① 실험결과를 보고 알았다		8	30.8
	② 참고서를 보고 알았다		2	7.7
	③ 선생님의 설명으로 알았다		16	61.5
7. 개념이해가 어려웠다면 어떻게 해야 쉽게 이해가 될 수 있을까?	① 선생님의 자세한 설명으로		6	23.1
	② 더 쉽고 간단한 실험으로		16	61.5
	③ 참고서와 온라인 학습으로		4	15.4

4) 분석 결과

본 단원을 학습했던 5학년 학생의 3분의 2이상이 실험 결과를 보고 개념을 형성하는 데는 실패하였다고 답하였다. 개념형성 방법으로 대부분 선생님의 설명(16명 61.5%)이나, 참고서를 보고 알게 되었다(4명 15.4%), 시험관 속의 물이 5~6분 사이에 신속하게 얼어서 부피가 확연히 늘어나는 모습을 보고, 또 늘어난 부피가 무게에는 변함이 없다는 개념을 실험에 성공하여 스스로 얻어낸 학생들은 불과 3명(11.5%)과 8명(30.8%)정도에 불과했다.

시사점

단원의 학습 목표가 잘 달성되지 않았음을 확인 할 수 있으며 이 단원의 올바른 개념 형성을 위해서 학생들에게 **얼음이 빨리 얼게 할 수 있는 실험환경 조성**이 필요함을 알 수 있었다.

나. ‘물이 얼 때의 부피와 무게변화 관찰’ 실험에 대한 교사들의 경험 조사

1) 설문 대상 : 서울잡전초등학교 교사(42명)

2) 설문 내용 : 별도 제작 내용

3) 조사 시기 : 2013. 3. 27

<표 I -3> 물이 얼 때의 부피변화 실험에 대한 교사들의 경험조사

(N=42)

설문	응답	내용	결과	
			N	%
1. 본 차시에 대한 수업에 어려움을 느끼고 계신가요?	① 그렇다		40	95.2
	② 그렇지 않다.		2	4.8
2. 수업의 실패나 어려움을 느끼는 원인은 무엇이라고 생각하십니까?	① 실험시간이 오래 걸린다.		5	11.9
	② 냉각제 역할이 부족하다.		30	71.4
	③ 학생들이 집중을 안 한다.		7	16.7
3. 물의 부피변화 관찰을 위한 얼음만들기 실험은 성공하였는가?	① 성공했다		7	16.7
	② 성공하지 못했다		25	59.5
	③ 하지 않았다		10	23.8
4. 냉각제는 얼음과 소금 외에 다른 재료를 사용해 보신 적이 있으십니까?	① 사용해 본 적이 있다		7	16.7
	② 교과서에서 제시한 것만 사용했다.		35	83.3
5. 다른 냉각제는 본 차시의 수업에 도움이 된다고 생각하십니까?	① 그렇다		5	71.4
	② 그렇지 않았다.		2	28.6
6. 본 차시의 수업목표 도달을 위해 새로운 자료 개발이 필요하다고 생각하십니까?	① 그렇다		40	95.2
	② 그렇지 않았다		2	4.8
7. 교과서의 실험이 성공하지 못하였을 때 학습목표 달성을 위해 어떤 방법으로 지도하였습니까?	① 멀티학습자료 이용		35	83.3
	② 교사 위주의 이론수업		5	11.9
	③ 과제학습으로 제시		2	4.8

4) 분석 결과

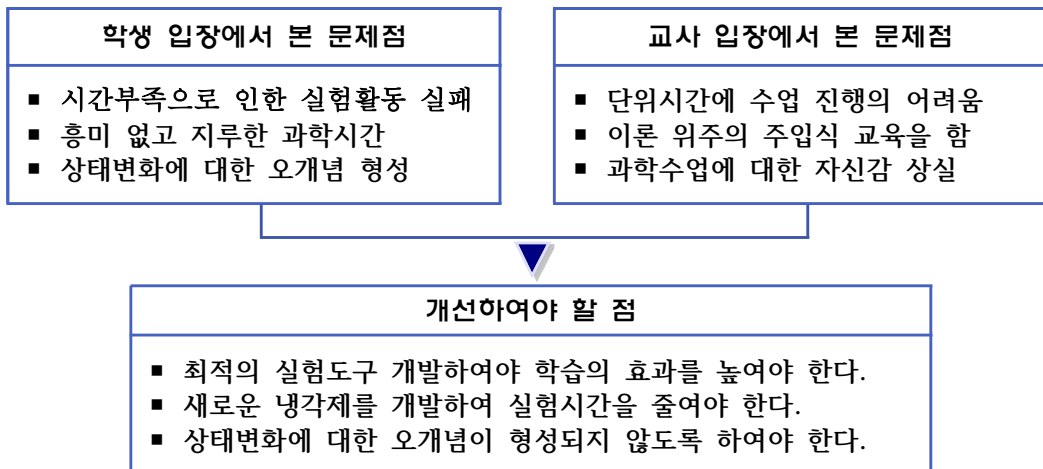
4학년을 가르쳐본 경험이 있는 대부분의 교사들은 4학년 1학기 ‘물이 얼 때의 무게와 부피변화’에 대한 실험학습의 어려움을 호소하였다.(40명, 95.2%) 수업의 실패나, 어려움의 원인으로 냉각제가 제 역할을 못하여 실험 결과를 얻기까지 시간이 너무 걸린다(35명, 83.3%)라고 답을 하였다. 그러나 이러한 수업의 어려움을 극복하기 위해서 새로운 냉각제를 사용해 본 교사들은 (7명, 16.7%)정도에 그쳤다. 하지만 놀랍게도 새로운 냉각제로 실험학습을 도입한 교사들은 71.4%(5명)의 성공 확률을 보여주었다. 실험학습에 실패한 교사들은 본 차시의 학습목표 도달을 위해서 멀티학습자료를 사용하여 개념을 이해시키는 경우가(35명, 83.3%) 대부분이었다.

시사점

본 단원의 학습지도에 효과를 높이는 방법으로 대부분의 교사들은 실험을 손쉽게 이끌 수 있는 새로운 실험 자료의 개발이 필요함을 호소하였으며, 가장 도움이 되는 학습 방법으로 '빠른 냉각을 가져올 수 있는 냉각제의 개발'의 필요성에 대하여 크게 공감하고 있었다.

II. 연구의 실행과제

1. 현행 교과서의 실험상의 문제에 따른 개선점



2. 실행과제 선정

실행과제 1 물을 빠르게 얼게 하는 새로운 실험도구 개발

- 가. 직경 16mm 시험관을 12mm 시험관으로, 바꾸어 실험한다.
- 나. 실험과정의 흥미를 복돋는 정량적인 실험도구를 도입한다.
- 다. 즐겁게 참여할 수 있는 새로운 간이실험도구를 사용한다.

실행과제 2 물을 빠르게 얼게 하는 새로운 냉각제 개발

- 가. 잘게 부순 얼음에 소금물을 넣어 실험시간을 단축시킨다.
- 나. 드라이아이스와 완화제를 조합, 안전한 최적의 냉각제를 찾는다.

실행과제 3 교수·학습 적용으로 상태 변화에 대한 개념 형성

가. 개발된 실험도구와 냉각제로 새로운 교수·학습에 적용한다.

나. 연구반과 비교 반을 구분하여 학습의 효과를 분석한다.

III. 연구의 설계

1. 연구 대상

서울잠전초등학교 4학년 6반 26명(남 13명, 여13명)

2. 연구 기간

2013년 3월 ~ 12월

3. 연구 절차

[illegible]

4. 연구 방법

- 가. 효과분석을 정확하게 하기위하여 연구반과 비교반을 구분하여 실험을 하고 그 결과를 분석한다.
- 나. 두 반의 평가는 4학년 과학담당교사가 출제하여 같은 시간, 동시에 평가한다.
- 다. 드라이아이스를 냉각제로 활용할 때 일어날 수 있는 안전문제를 고려하여 다양한 냉각완화제를 찾는다.
- 라. 학생 수준을 고려하여 학습의 흥미를 유발하여 과학에 관심을 가질 수 있는 대체 실험 내용을 구안한다.

IV. 연구의 실제

1. '실행과제1' 의 실천

실행과제 1 물을 빠르게 얼게 하는 새로운 실험도구 개발

가. 현행교과서 내용의 분석

현행 교과서의 실험도구	새롭게 개선한 실험도구
• 직경16mm 눈금캡시험관 • 250ml 비커 • 얼음 • 굵은 소금 • 약수저	[방법1] 냉각시간 단축 • 직경12mm 유리시험관 • 250ml 혹은 500ml 비커 • 잘게 부순 얼음조각 • 1회용 수저 [방법2] 정량적 측정 • [방법1] 자료 • 온도계 • 유토(기름찰흙) [방법3] 흥미있는 간이 실험 • 지퍼백 대1, 소1 • 홍초물
실험상의 문제점	얻을 수 있는 효과
• 어는 시간이 오래 걸림(11~12분) • 현재 가장 가늘고 긴 유리시험관은 눈금과 뚜껑이 없음 • 250ml 비커에 얼음과 소금을 넣고 섞기는 매우 좁고 불편함 • 얼음통에서 얼린 작은얼음을 그대로 사용함 • 약수저로 굵은 소금을 넣는데 크기가 작아 불편함	• 적당한 시간에 물이 냉각한다.(4~7분) • 40분 수업시간 안에 부피변화를 관찰할 수 있다. • 실험에 대한 관심과 집중도를 높였다. • 오개념 없이 정확한 개념 이해가 이뤄졌다. • 과학의 즐거움과 관심을 가질 수 있었다.

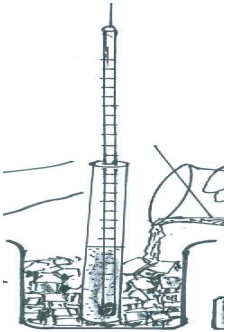
나. 최적의 실험도구 및 실험방법 구안

[방법1] 직경16mm시험관을 12mm 시험관 이용 냉각시간 단축

구 분	내 용
실 험 자 료	• 직경 12mm 유리시험관 • 250ml 혹은 500ml 비커 • 잘게 부순 얼음조각 • 1회용 수저 • 소금물 (소금과 물의 비율 1:1) • 유토 
실 험 방 법	• 얼음을 직경 10mm 이하로 잘게 부순다. • 소금과 물의 양을 1:1의 비율로 하여 소금물을 만든다. • 직경 12mm 시험관에 물 5ml 붓는다. • 물을 부은 시험관에 유성펜으로 물의 높이를 표시한다. • 유토(굳지 않는 찰흙)로 시험관의 입구를 막는다. • 250ml(500ml)비커에 얼음을 넣고 소금물을 붓는다. • 비커에 시험관을 꽂고 변화를 관찰한다.
실 험 결 과	• 실험을 시작하면서 시험관의 물이 얼기 시작하였다 • 물이 얼기 시작하여 4~7분이 지나자 부피변화가 되었다.
실 험 효 과	• 시험관이 가늘어 물이 어는 속도가 매우 빨라 단위시간에 실험결과를 확인할 수 있었다. • 부피변화에 대한 개념이 명확하게 형성되었다. • 학생과 교사 모두 학습에 대한 만족도가 높았다.



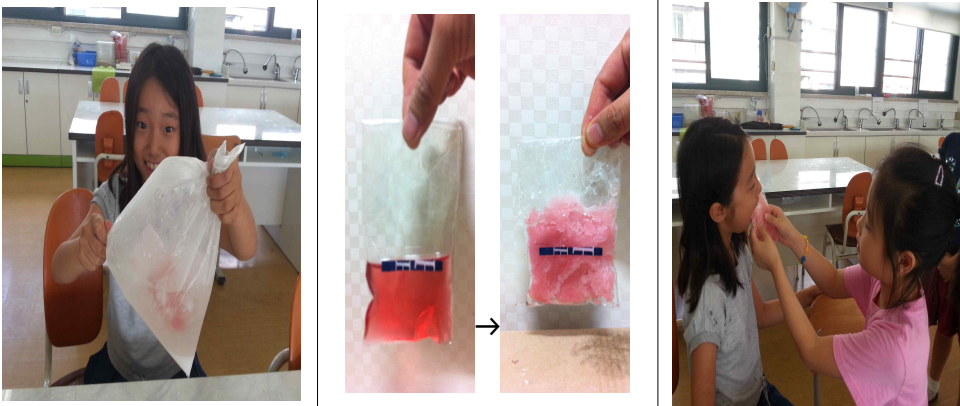
[방법2] 온도계를 부착한 정량적 측정을 할 수 있는 실험기구

구 분	내 용		
실 험 자 료	[교과서 제시되지 않은 온도 측정 실험도구]		
	• 직경 12mm 유리시험관 • 250ml 혹은 500ml 비커 • 잘게 부순 얼음조각 • 소금물 • 유토	• 막대온도계 • 투명 스트로우 • 초시계	
실 험 방 법	• 얼음을 직경 10mm 이하로 잘게 부순다. • 소금과 물의 양을 1:1의 비율로 하여 소금물을 만든다. • 온도계 아래에 스트로우를 1.5cm잘라 끼우고 넣는다. • 직경 12mm시험관에 물 5ml 붓고 시험관의 입구를 막는다. • 물을 부은 시험관에 유성펜으로 물의 높이를 표시한다. • 250ml(500ml)비커에 얼음을 넣고 소금물을 붓는다. • 비커에 시험관을 꽂고 변화를 관찰한다.		
실 험 결 과	• 온도계의 눈금이 영하로 내려갔다. • 물이 얼기 시작하여 4~7분이 지나자 얼었다.		
실 험 효 과	• 부피변화에 대한 개념이 명확하게 형성되었다. • 부피 변화가 학생의 발달 수준에 맞게 이루어졌다. • 온도가 영하로 내려가면서 물이 얼어가는 사실을 실험을 통해 정확하게 이해 할 수 있었다.		





[방법3] 과학학습에 **흥미·관심·의욕을 줄 수 홍초물을 이용한 실험기구**

구 분	내 용
실 험 자 료	[현행교과서나 제시되지 않은 온도 측정 실험도구]
	• 잘게 부순 얼음조각 300g • 굵은 소금 100g • 지퍼백 대 1장, 지퍼백 소 1장 • 홍초물
실 험 방 법	• 얼음을 직경 10mm 이하로 잘게 부순다. • 큰 지퍼백에 얼음조각과 굵은 소금을 넣는다. • 작은 지퍼백에 홍초물을 넣고 테이프로 잘 막는다. • 큰 지퍼백에 작은 지퍼백을 넣는다. • 지퍼백을 그네 태우듯 양손으로 잡고 흔든다. • 4분 후에 꺼내어 부피와 무게를 측정한다. • 친구들과 사이좋게 홍초물로 만든 슬러시를 나눠 먹는다.
실 험 결 과	• 4분 경과 후 홍초물이 얼었다. • 홍초물이 얼어 아이스크림과 같은 슬러시가 되었다.
실 험 효 과	• 4분정도에 얼음이 얼면서 실험시간을 8분정도 단축시켰다. • 홍초물이 변해 부피변화를 직관적으로 쉽게 이해하였다. • 놀이학습을 적용함으로써 STEAM교육을 적용한 수업으로 이끌 수 있었다.
	

2. '실험과제2'의 실천

실험과제 2 물을 빠르게 얼게 하는 새로운 냉각제 개발

가. 현행교과서 내용의 분석

현행 교과서의 실험도구	새롭게 개선한 실험도구
• 직경16mm 눈금캡시험관 • 250ml 비커 • 얼음 • 굵은 소금 • 약수저	[방법1] 소금→소금물 이용 • 직경12mm 유리시험관 • 250ml 혹은 500ml 비커 • 잘게 부순 얼음조각 • 1회용 수저 • 소금물 (소금과 물의 비율 1:1) [방법2] 드라이아이스 이용 • [방법1] 자료 • 드라이아이스 • 냉각완화제 : 가는 모래
실험상의 문제점	얻을 수 있는 효과
• 30℃ 가까운 상온에서 얼음과 소금으로는 냉각 속도가 매우 느림 (11~12분) • 250ml 비커에 얼음과 소금을 넣고 섞기는 매우 좁고 불편함 • 간단하고 재미있는 실험의 실패로 학생들이 좌절감을 느끼고 흥미 상실함 • 개념형성이 잘 되지 않음	• 적당한 시간에 물이 냉각한다. (4~7분) • 40분 수업시간 안에 부피변화를 관찰할 수 있다. • 실험에 대한 관심과 집중도를 높였다. • 오개념 없이 정확한 개념 이해가 이뤄졌다. • 실험의 성취감으로 과학에 흥미를 가질 수 있었다.

나. 다양한 냉각속진제 찾기

[방법1] 소금 대신 **소금물**을 이용한 실험

구 분	내 용
실 험 자 료	• 직경10mm 이하로 잘게 부순 얼음(300g), • 소금물(소금의 양과 물의 양 비율 1:1) 
실 험 방 법	• 얼음을 직경 10mm 이하로 잘게 부순다. • 소금과 물의 양을 1:1의 비율로 하여 소금물을 만든다. • 직경 12mm 시험관에 물 5ml 붓고 시험관의 입구를 막는다. • 물을 부은 시험관에 유성펜으로 물의 높이를 표시한다. • 250ml(500ml) 비커에 얼음을 넣고 소금물을 붓는다. • 비커에 시험관을 꽂고 변화를 관찰한다.
실 험 결 과	• 물이 얼기 시작하여 4~7분이 지나자 얼었다. • 비이커의 처음 눈금이 약 2mm 올라갔다.
실 험 효 과	• 빠른 시간에 부피 변화와 무게변화 측정이 가능하였다. • 소금물을 이용하면 얼음과 소금을 손쉽게 잘 섞을 수 있다. • 단위시간 안에 시험결과를 볼 수 있어 수업 목표를 달성할 수 있다.
  	

[방법2] 드라이아이스를 이용한 새로운 냉각제

가. 드라이아이스를 냉각제로 사용할 경우

장 점	• 변화 속도가 빨라 학습의 효과가 매우 높다.
단 점	• 화상 등 안전상의 위험이 있다.

단 점 의 보완방법	• 안전사고 예방으로 냉각완화제를 혼합하여 사용 [1단계] 가장 최적의 냉각완화제 찾기 [2단계] 냉각완화제와 드라이아이스의 최적 비율 찾기
---------------	--

나. 드라이아이스와 냉각완화제 찾기

[1단계] 가장 최적의 냉각완화제 찾기 - 드라이아이스 : 냉각완화제 = 3 : 1

<표Ⅲ-1> 다양한 냉각제 조합 실험 결과표

구 분	소요시간(1회)	소요시간(2회)	소요시간(3회)	비고
D	2분 30초	2분 40초	2분 37초	
D + 가는모래	3분	3분 10초	3분 5초	최적임
D + 굵은모래	3분 20초	3분 30초	3분 28초	
D + 마사토	3분 30초	3분 20초	3분 29초	
D + 클레이볼	3분 30초	3분 22초	3분 32초	
D + 난석	4분 30초	4분 40초	4분 36초	
D + 검정콩	3분 50초	4분	4분 5초	
D + 흰후추열매	4분 20초	4분 10초	4분 17초	
D + 만낭금열매	4분 22초	4분 30초	4분 28초	

범례 : D=Dry ice

[2단계] 드라이아이스와 가는 모래의 최적 조합 비율 찾기

<표Ⅲ-2> 드라이아이스와 세사의 실험 결과표

구 분	소요시간(1회)	소요시간(2회)	소요시간(3회)	비고
D + 세사(3:1)	3분	3분 10초	3분 5초	
D+세사(2:1)	4분 20초	4분 15초	4분 10초	최적임
D + 세사(1:1)	5분 10초	5분 20초	5분 15초	

범례 : D=Dry ice

다. 드라이아이스를 냉각제로 사용할 경우의 학습 효과

구 분	내 용
실 험 자 료	• 드라이아이스 조각 + 가는모래 (비율 2:1)
실 험 방 법	• 드라이아이스를 직경 10mm 이하로 잘게 부순다. • 가는모래와 2:1로 섞는다. • 모종삽으로 잘 섞어서 시험관을 들어있는 비커에 담는다. • 4분~5분 후 시험관을 꺼내어 부피변화를 관찰한다. • 비커속의 냉각제는 수조에 부어서 보관한다.
실 험 효 과	• 평균 4분 15초 정도로 수업에 적용하기 가장 적합하였다. • 가는모래는 구하기도 쉽고 드라이아이스와 공극율의 차이가 커서 작은 양의 드라이아이스를 사용해도 가능하다. • 심화·보충 및 STEAM학습도 가능하다. • 드라이아이스는 승화하고 모래만 남아 뒷정리가 편리하다.

3. ‘실행과제3’ 의 실천

실행과제 3 교수·학습 적용으로 상태 변화에 대한 개념 형성

가. 단원 : 4. 모습을 바꾸는 물(4학년 1학기)

나. 단원의 안내

우리 주변에 다양하게 이용하고 있는 물의 상태변화를 직접 관찰, 실험해 보면서 학생들이 자연의 변화에 흥미와 호기심을 갖도록 하며, 탐구기능을 향상시키고자 직관적으로 이해하기 쉬운 물과 얼음의 상태를 흥미롭게 도입한 것이다.

다. 단원의 학습 목표

- 1) 물이 얼 때의 무게와 부피 변화를 관찰할 수 있다.
- 2) 우리 주변에서 물이 얼 때의 변화에 대한 예를 찾을 수 있다.

라. 개발 된 실험도구를 이용한 체험 중심의 교수.학습과정안

단원	모습을 바꾸는 물	대상	4학년 6반 26명	장소	과학실	차시	4 / 11
학습목표	물이 얼 때의 무게와 부피 변화를 관찰하고 주변에서 그 변화의 예를 찾을 수 있다.						
본시주제	물이 얼 때의 무게와 부피 변화 관찰하기						
학습자료	가늘고 긴 시험관(12mm), 500ml비커, 드라이아이스 펠렛, 가는모래, 수조, 모종삽, 장갑, 유토, 홍초, 전자저울(1g 단위), 네임펜, 셀로판테이프, 얼음, 굵은소금, 지퍼백 (대,소), 1회용수저, 막대온도계						
학습단계	교수-학습 활동 내용					시간	자료 및 유의점
문제파악	◇물이 가득 든 유리병이 얼어서 깨진 것, 겨울날 깨진 장독, 겨울철 잘 터지는 수도관 등의 사진을 보기					5'	. PPT . 관찰학습지
문제탐색	◆학습 문제 확인					2'	
탐구학습	◆학습 활동 전개					5'	
활동	<활동1> 물이 얼 때의 무게와 부피 변화 예상하기					15'	
	<활동2> 물이 얼 때의 무게와 부피 변화 관찰하기						
구안개발	◇실험1-시험관의 물 얼리기					7'	
적용	◇STEAM적용수업 - 얼음과자(슬러시) 만들기						
	<활동3> 물이 얼 때의 무게와 부피 변화 설명하기						
정리	◆정리학습					3'	지퍼백을 너무 세게 흔들지 않도록한다.
	◇ 우리 주변에서 물이 얼 때 부피가 변한 예를 찾아보기					2'	

V. 연구의 결과 및 교육적 효과

1. 연구의 결과

본 연구는 4학년 학생들이 실험관찰 학습을 통해 물이 얼 때의 부피와 무게의 변화를 쉽게 확인 하는 방법에 대한 연구로 이 실험관찰 학습이 실패하지 않고, 신속하게 얼음으로 변화되도록 실험기구와 실험 조건을 개발, 학습에 적용함으로써 다음과 같은 교육적 효과를 얻을 수 있었다.

가. 물을 얼음으로 신속하게 얼게 함으로써 학습목표의 도달을 높였다.

<표 IV-1> 본 단원 학습 후 ‘물의 상태변화 후 무게와 부피 변화’에 대한 학습목표도달 비교

구분	문항 인원	평가 문항별 성취율					평균
		1	2	3	4	5	
		물의 부피 변화 이해	물의 무게 변화 이해	물의 상태 변화 이해	물의 특징	우리생활과 의 관계	
연구반(4-6)	26	25(96.15%)	24(92.30%)	25(96.15%)	26(100.0%)	24(92.30%)	95.38%
비교반(4-5)	25	21(80.77%)	17(65.38%)	18(69.23%)	21(80.77%)	20(76.92%)	74.62%

※ ① 비교반은 실험활동을 하지 않고 멀티학습자료로 활용하여 수업함

② 평가는 4학년 과학담당교사가 출제하여 같은 시간에 동시에 평가하였음

나. 흥미로운 실험방법을 제시함으로써 과학의 흥미와 수업집중도를 높였다.

<표 IV-2> ‘물이 얼 때의 부피와 무게변화’에 대한 학업 흥미도 비교

구분	매우 재미있다	재미있다	보통이다	흥미를 느끼지 못했다	합 계
연구반(4-6)	21(80.77)	3(11.53)	2(7.40)	0(0.0%)	26명
비교반(4-5)	5(19.23%)	4(15.38%)	6(23.08%)	11(42.31%)	26명

다. 교과서의 자료만으로는 이해를 잘 못하던 학생들도 구안 개발된 실험도구 및 새로운 냉각제 도입으로 학습에 대한 이해를 쉽게 하였다.

<표 IV-3 > < ‘물이 얼 때 무게와 부피변화’에 대한 학습 이해도 >

구분	잘 이해했다	보통이다	이해하지 못했다	합 계
물의 부피변화	26(100.0%)	0(0.00%)	0(0.00%)	26명
물의 무게변화	24(92.30%)	1(3.85%)	1(3.85%)	26명
물의 상태변화	25(96.15%)	1(3.85%)	0(0.00%)	26명
물의 부피와 무게의 관계	23(84.21%)	2(7.7%)	1(3.85%)	26명

2. 교육적 효과

초등학생들이 가지고 있는 주요 오개념 중 대표적인 것이 ‘물이 얼어 부피가 늘어나면 그 무게도 늘어날 것이다’이다. 이런 오개념을 바로 잡아주기 위해서 신속하고 정확한 실험학습이 필요하였다. 학생들은 짧은 시간에 성공한 상태변화 실험을 통해 실

험 관찰의 즐거움과 정확한 과학 개념을 스스로 이해하고 정립해갔다. 특히 학생들의 오감을 자극하는 흥미로운 실험과 성공적인 측정 환경을 제공하고, **개선된 냉각제(드라이아이스 펠렛+냉각완화제)**와 새로 고안된 실험도구의 이용은 과학수업에 대한 학생들의 지속적인 관심을 이끌 수 있었고 과학에 대한 흥미와 집중을 복돋아 자주적인 수업을 이룰 수 있었다.

가. 학생들의 흥미를 유발할 수 있는 다양한 자료가 제시되어 과학 수업에 대한 관심과 집중도를 높여 학습목표의 성취도를 높일 수 있다.

나. 빠르고 정확한 실험 결과를 지켜보면서 학생들의 실험학습에 대한 흥미를 높였으며 과학에 대한 탐구심과 호기심이 높아졌다.

다. 재미있는 체험 중심의 학습으로 실험함으로써 학습에 대한 자신감과 능동적이고 적극적인 참여태도가 이루어졌다.

라. 새로운 냉각제와 최적의 실험기구 도입으로 빠른 부피팽창을 확인할 수 있었으며 학생들 스스로 물이 상태변화 할 때의 부피와 무게변화에 대한 개념을 분명하게 형성하게 되었다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

‘4학년 1학기, 4. 모습을 바꾸는 물’ 단원 중 물이 얼 때의 과정을 학생들이 쉽게 관찰하는데 초점을 두고 다양한 실험도구 및 새로운 냉각제의 구안 적용에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째 개발한 다양한 냉각제를 실험에서 사용할 때 **어는 시간이 5분 정도 단축되었다.**

둘째 개발자료 적용에서 물이 어는 과정을 짧은 시간에 확인 할 수 있고 **물이 온도에 따라 모습을 변한다는 개념도 바르게 정착 되었다.**

셋째 학생들이 개발자료를 활용하여 실험함으로써 흥미롭고 즐거운 탐구수업을 실패없이 진행하여 **실험 수업의 시간을 정상화 할 수 있었다.**

2. 제언

‘과학’ 교과목을 따로 떼어서 공부한지 얼마 되지 않은 3,4학년의 과학학습은 지루하지 않으면서, 쉽고 재미있는 체험 중심의 학습이 이루어져야 과학에 대한 흥미와 자신감을 불러 넣을 수 있다고 사료된다.

학생들의 과학의 흥미와 수업집중도를 높이기 위해서는 다양하고 정확한 자료가 제시되어 간단한 실험 일지라도 실패하지 않도록 해야 한다. 이를 위해서 교사들은 과학 수업에서 발생할 수 있는 오류 연구가 지속적으로 필요하다고 본다.

특히 과학보조사에게 실험준비를 맡기지 말고 내 수업이 왜 실패하였는지 항상 되돌아보고 실패를 성공으로 이끌어가려는 연구의 자세가 필요하다.

< 참고문헌 >

1. 교육과학기술부, 2007개정초등학교 교육과정 해설(IV), 대한교과서, 2008
2. 교육인적자원부, 초등학교 과학과 교사용 지도서, 2010
3. 서울특별시과학교육연구원, 과학과 실험지도 자료, 2011
4. 서울특별시교육청, steam교육성과 및 교수.학습 평가모형, 2013
5. 김상우외, 과학탐구 실험관찰 중1, 동화사, 2004
6. 신학수외, 상위 5%로 가는 화학교실, 스콜라, 2005
7. 신현석, 물박사가 들려주는 재미있는 지구촌 물 이야기, 기린원, 2010
8. 윤여형, 콕! 찝어 알려주는 실험이야기2, 과학기술교육센터, 2013
9. 최원호, 지움과 모음, 아보가도르가 들려주는 물질의 상태변화 이야기, 2010
10. 이성범, 꿈과 희망, 청소년 과학에세이, 2005