

CoRe에 기반한 과학 수업이 초등학생들의 과학 개념 형성과 학업 성취도에 미치는 영향

박성미 · 이형철[†]

(임호초등학교) · (부산교육대학교)[†]

The Effects of CoRe-based Science Lesson on the Scientific Conceptual Formation and Academic Achievement of Elementary School Students

Park, Sung Mi · Lee[†], Hyeong Cheol

(Imho Elementary School) · (Busan National University of Education)[†]

ABSTRACT

This study aimed to investigate the changes in learner's scientific conceptual formation and academic achievement after a CoRe-based science lesson. For this study, two classes of the 6th grade of elementary school were divided into an experimental class and a comparison one. The students of the experimental class received CoRe-based science lesson and those of the comparison one received general science lesson. Both of the classes studied 'unit 1. A change in the weather', which is a part of content of 6th grade science text book. The results of this study were as follows. First, in the questions of invisible and abstract phenomena, students had misconceptions based on their experience in real life, or did not understand the fundamental causes of that phenomena. But after receiving lessons respectively, experimental class generally showed at a higher rate of understanding the causes of the phenomena than comparison class. Second, CoRe-based science lesson was more effective to improve students' scientific conceptual formation than the general science lesson. Moreover, when two classes were respectively divided into two groups as high and low-level groups according to their pre-test achievement records, the CoRe-based science lesson was more effective to learners of the high-level groups. Third, CoRe-based science lesson was more effective to enhance students' academic achievements than the general science lesson, especially to learners of the low-level groups.

Key words : CoRe-based science lesson, scientific conceptual formation, academic achievement

I. 서 론

어떤 주제에 대해 이론적으로 알고 있는 것과 그 내용을 다른 사람이 이해할 수 있도록 전달하는 것은 큰 차이가 있다. 주어진 주제와 내용을 학생에게 전달하기 위해 어떠한 내용을, 어떠한 방법으로, 어느 정도의 범위까지 가르칠 것인지를 계획하여 전달하는 것은 고도로 복잡한 인지 활동으로, 이것

은 교사를 그 분야의 학자와 구분지어줄 수 있는 기준이 된다(Shulman, 1987). 이와 같은 가르치는데 필요한 교사의 전문적인 지식을 Shulman은 Pedagogical Content Knowledge(교수 내용 지식, 이하 PCK)이라 하였고, 이후 Shulman의 정의를 기본으로 하여 하위 구성요소의 구체적인 특성에 따라서 PCK에 대한 정의는 국내외에서 다양하게 서술되었다(Cochran *et al.*, 1993; NRC, 1996; Van Driel *et al.*, 1998; Magnusson

et al., 1999; De Jong et al., 2005; 조희형과 고영자, 2008).

교사의 수업 전문성은 공교육이 위기를 맞고 교육의 질적 향상을 요하는 현 시점에서 이를 해결하기 위한 열쇠라 할 수 있으며, 교사 수업 전문성의 핵심은 교과 내용을 지도하는데 적절한 방법적 지식인 PCK라 할 수 있다. PCK 개발을 위한 연구(이화진 등, 2006)와 이를 수업에 적용시키기 위한 컨설팅 연구에 의하면 PCK 중심 수업은 교사가 수업 내용을 보다 충실히 연구하여 학생이 가지기 쉬운 난개념과 오개념을 바로 잡고, 학생의 이해를 돕기 위한 다양한 교수 방법과 전략을 모색함으로써 학생들의 인지 구조에 변화를 가져오는 학습을 지향한다고 한다. 그러나 교사가 지닌 PCK는 암묵적으로 행해지는 경우가 많기 때문에 이것의 실체를 알아보는 것은 쉽지 않고, 또 그것을 관찰하여 문서화하는 것은 매우 어려운 작업이다.

이에 Loughran 등(2004, 2006)은 교사의 PCK를 포착하여 기술하고 문서화하기 위한 방편으로 CoRe (Content Representation)를 개발하였다. CoRe는 교사들의 PCK를 문서화하고 표현하는 도구의 하나로 제안된 것으로, 특정 주제에 대해 학생들에게 가르칠 때 그 준비 과정에 관련된 8개 문항에 대한 답변을 기록하도록 구성되어 있다. 즉, CoRe는 특정 영역이나 주제에 대해 답변 형식으로 기술하도록 해서 과학교사들이 특정 교과 영역이나 주제의 내용을 개념화하는 방식을 제공한다. 그리고 CoRe의 질문 항목들은 PCK 구성요소로 받아들여지는 것들이므로 CoRe를 작성하는 과정에서 교사들의 PCK가 발현되도록 하고 있다. 그러므로 특정 주제에 대하여 CoRe에 기반하여 교육과정 지식, 학습자의 특성, 수업 전략 등과 관련한 PCK를 기술해 보고, 그 효과를 알아보는 것은 매우 의미 있는 일이 될 수 있다.

날씨와 관련된 여러 가지 기상 개념은 우리 생활과 밀접한 관심 사항으로서 초등의 교육과정에서도 다루지고 있다. 그러나 조현희(2001)의 연구 결과에 의하면 학생들은 날씨에 대한 잘못된 관념을 많이 가지고 있고, 초등에서 중등 및 고등으로 가더라도 그 내용과 개념을 완전하게 이해하지는 못한다고 한다. 2007 개정 교육과정 과학 6학년 2학기 ‘날씨의 변화’ 단원에서는 이슬, 안개, 구름, 비, 기압과 바람, 일기예보 등의 개념을 학습하게 되는

데, 이러한 개념을 모의실험으로만 의존하여 학습하다 보면 이를 일상에서의 날씨 현상과 관련짓는 과정에서 오개념이 생기기도 한다. 학생들의 선개념이나 오개념으로 인해 교사들의 ‘날씨의 변화’ 단원의 학습 지도에 있어 많은 어려움이 있으므로, 이를 개선하려는 연구가 필요할 것으로 보인다.

김은영(2010)은 중학생들이 어려워하고 선입 개념을 많이 가지고 있는 밀도 단원 지도를 위해, CoRe에 기반한 학습 프로그램을 적용해 본 결과, 개념 형성 정도가 유의하게 높게 나타났을 뿐만이 개념을 지속해서 기억하는 데도 효과적이었다고 하였다.

이에 본 연구는 ‘날씨의 변화’ 단원의 학습 지도에 CoRe에 기반한 과학 수업 프로그램을 구안하여 적용해 보고자하며, 이를 통해서 학생들의 과학 개념 형성과 과학 학업 성취도에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, CoRe에 기반한 과학 수업이 학생들의 과학 개념 형성과 학업 성취도에 미치는 효과는 어떠한가? 둘째, CoRe에 기반한 과학 수업을 적용했을 때 학생들의 학업 성취 수준에 따라서 과학 개념 형성과 학업 성취도 변화가 어떻게 다른가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 경상남도 K시 소재 I 초등학교 6학년 두 학급을 대상으로 하여 한 학급은 연구반, 다른 학급은 비교반으로 하였다. 2012학년도 1학기 중간 및 기말 평가의 과학 점수를 이용하여 평균 점수 초과이면 상위, 그 이하면 하위 집단으로 나누어 표 1과 같이 인원을 구성하였다.

수업 처치 일주일 전, 연구 및 비교반 모두에게 과학 개념 형성 검사를 실시하였다. 그리고 6학년 2학기 과학 교과서 ‘날씨의 변화’ 단원을 중심으로 연구반은 약 5주간 10차시로 CoRe에 기반한 수업

표 1. 연구 대상

구분	학생 수 (명)	학업성취수준	
		상위집단	하위집단
연구반	30	18	12
비교반	30	19	11
계	60	37	23

을 설계하여 처치하였고, 비교반은 같은 단원에 대해 지도서 중심의 일반적 수업을 실시하였다. 수업 처치 후 두 반에 대해 과학 개념 형성 정도와 학업 성취도에 대한 사후 검사를 하였다.

2. 검사도구

연구 대상의 학업 성취도 사전 평가는 2012학년도 1학기 중간 및 기말 고사의 과학 시험지를, 해당 학년 교사 5인으로부터 내용 타당도를 검증받아 활용하였다. 총점을 100점 만점으로 환산하여 연구반과 비교반의 동질성 여부를 검사하였고, 학업 성취도의 평균 점수를 기준으로 각 반 내에 학생들을 다시 상위, 하위 집단으로 나누었다.

수업 처치 후 학생들의 학업 성취도 수준을 알아보기 위하여 B 광역시 교육청에서 실시한 2011학년도 10월 학업 성취도 평가에서 ‘1. 날씨의 변화’ 단원에 해당하는 문제를 추출하였다. 여기에 지도서를 참고로 하여 보충 문항을 추가로 투입하였고, 5지 선다형 객관식과 주관식 문항으로 총 20문항을 구성하여 문항 당 5점으로 배점, 총 100점 만점으로 하였다. 검사 도구 문항은 초등 과학 교육 전공 대학원생 2인 및 해당 학년 교사 3인으로부터 내용 타당도를 검증받았다.

‘날씨의 변화’ 단원과 관련된 연구 대상의 과학 개념 형성 정도를 측정하기 위한 검사지는 정정환(2000)이 개발한 문항을 바탕으로 하였다. 기존 검사 도구의 12문항 중 개정 7차 교육과정의 과학 교과서 내용과 관련 없는 5개의 문항은 제외하고, 7개의 문항을 추출하였다. 나머지 3개 문항은 교과용 지도서와 과학과 에듀넷을 참고하여 제작하였다. 이렇게 제작된 과학 개념 형성 평가 문항은 초등 과학 교육 전공 대학원생 2인 및 현장 교사 3명에 내용 타당도 검증을 거치면서 보완하고, 문구를 수정하였다. 최종적으로 결정된 10개의 문항은 습도, 이슬, 안개, 구름, 비, 지면과 수면의 온도 변화, 바람, 기압, 일기도를 핵심 개념으로 한 것이다.

선다형 및 서술형과 이유를 진술하는 문항으로 구성되어 있는 검사지에 응답한 반응을 평정하기 위한 척도로 Marek(1986)의 평정 척도를 재해석한 성태기(2003)의 과학 개념 검사 평정 척도를 활용하여 완전한 이해 3, 불완전한 이해 2, 틀린 이해 1, 무응답은 0점으로 처리하였으므로 모든 개념에 있어 완전한 이해를 하는 경우 30점을 받게 된다. 개

념 검사 결과, 분석의 채점자간 신뢰도를 위해 검사지 문항 검증에 참가한 교사 5인이 상호 토의를 하며 채점하였다.

3. 자료의 처리 및 분석

수업 처치 전과 후에 실시한 과학 개념 검사 자료와 학업 성취도 평가 결과, 자료를 SPSS 20 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. CoRe에 기반한 수업의 설계

1. 수업 내용에 대한 내용 표상(CoRe)

일반적 수업을 위한 학습 지도안은 별도로 개발하지 않았으며, 교과서와 지도서를 중심으로 하는 보편적인 수업 방법을 따랐다.

CoRe에 기반한 수업은 주어진 주제를 학생들이 이해하도록 하기 위해 어떤 내용을, 어떠한 방법으로, 어느 정도의 수준으로, 어떻게 가르칠 것인지에 대한 선행 질문(Loughran *et al.*, 2004, 2006)을 바탕으로 수업을 설계하는데 역점을 두었다. 교과서와 지도서를 분석하여 총 10차시의 수업 내용을 표상하였다. 표 2는 총 10차시 중의 7차시의 것에 해당하는 수업 내용 표상의 예시이다.

2. CoRe에 기반한 수업 지도안의 개발

표 2와 같이 CoRe를 상세화하여 서술한 뒤, PCK와 관련한 선행 연구(곽영순, 2008; 박용철 등, 2008; Park & Oliver, 2008; Barnet & Hodson, 2001)를 토대로 기존의 과학과 수업 모형에 표 3과 같은 PCK 구성 요소와의 연결 과정을 거쳐 10차시의 교수 학습 지도안을 구안하였다. 표 4는 총 10차시의 수업 지도안 중 7차시에 해당하는 예시이다.

CoRe에 기반한 교수 학습 지도안을 구안하는데 있어 교사는 다음과 같은 과정을 거친다. 첫째, 지도안 작성에 앞서 교사는 PCK를 표현하는 도구인 CoRe를 표 2와 같이 상세화 하여 서술한다. 둘째, CoRe 질문 항목에 따라 기술한 PCK를 표 3과 같이 학습 단계에 연결하여 단위 시간 내 교수-학습의 초안을 계획한다. 이러한 단계를 거쳐 파악된 학생 이해 지식과 교수 처방 계획은 표 4와 같이 ‘CoRe에 기반한 PCK 수업 설계 요소’에 명시하여 단위 시

표 2. 수업 내용에 대한 내용 표상(CoRe)

1. 날씨의 변화 (7/10) 우리나라 계절별 날씨의 특징 설명하기	
CoRe 문항	주요 과학 개념
1. 이 개념에 대해 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라의 계절별 날씨 · 각 계절의 일기도에 나타난 기압을 통해 바람의 방향 파악 · 대륙/해양, 위도에 따른 공기덩어리의 특징 · 우리나라로 불어오는 공기덩어리의 성질 · 다른 지역, 나라에 머물러 있는 공기덩어리와 우리나라의 날씨는 밀접한 관련이 있음. → 기후변화 방지를 위한 노력은 어느 한 나라만의 문제가 아님. (환경 교육과 연계)
2. 학생들이 이것을 아는 것이 왜 중요합니까?	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라의 날씨가 계절별로 다른 이유를 이해 가능함. · 계절별 날씨의 변화에 대한 호기심과 흥미를 가지게 됨. · 일기도의 기호를 해석하고, 날씨를 예측 가능함.
3. 이 개념에 대해 선생님이 알고 있는 것은 무엇입니까? (아직 학생들이 학습해야 될 내용은 아니지만)	<ul style="list-style-type: none"> · 우리나라에 영향을 미치는 기단 (공기덩어리) - 시베리아 기단, 양쯔 강 기단, 오호츠크 해 기단, 북태평양 기단
4. 이 개념을 가르칠 때 어려운 점들/한계점들은 무엇인가요?	<ul style="list-style-type: none"> · 일기도의 풍향 기호를 반대로 인식하는 경우가 있다. · 봄과 가을의 일기도를 구분하기 어렵다. · 공기덩어리의 성질을 온도 및 습도와 관련지어 이해하기 어려워한다. · 교과서에 제시된 일기도는 계절별 대표 일기도이다.
5. 이 개념을 가르치는 것에 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇인가요?	<ul style="list-style-type: none"> · 계절별 날씨에 따른 생활 모습을 경험을 통해 알고 있다. · 일기도와 여러 가지 날씨 기호를 알고 있다. · 바람이 부는 방향을 알고 있으나, 일기도에 잘못 나타낼 수 있다. · 우리나라의 계절별 일기도는 항상 똑같을 것이다.
6. 이 개념을 가르치는 것에 영향을 주는 다른 요인들은 무엇인가요?	<ul style="list-style-type: none"> · 이야기를 꾸며 쓰는 활동을 좋아한다. · 알고 있는 내용도 발표하기를 꺼려한다.
7. 교수 전략 (사용한 특별한 이유들)	<ul style="list-style-type: none"> → 풍향이 그 지점으로 들어오는 방향을 나타냄을 알게 한다. → 봄, 가을은 모두 같은 공기 덩어리의 영향을 받으나, 일기도에서 가을의 고기압 위치가 더 북쪽에 위치하여 찬 성질을 지님을 언급한다. → 대륙/해양, 위도에 따른 공기 덩어리의 성질을 쉬운 예시 자료와 발문(물이 많은 해양-습함, 대륙-건조/ 평양-춥고, 제주도-따뜻)을 통해 자연 법칙을 개념화한다. → 발문과 단서를 제공, 확대 지도와 일기도를 통한 설명으로 이해를 돕는다.
8. 이 개념에 대한 학생들의 이해나 혼동을 확인하는 특별한 방법들은 무엇인가요?	<ul style="list-style-type: none"> → 교과서에 제시된 각 계절별 일기도는 각 계절의 전형적인 특징을 드러내는 것임을 알게 한다. → 그림을 통한 설명, 일기도 자료를 칠판 앞에 계속 부착하여 기억하기 쉽도록 한다. → 바람의 방향은 고기압에서 저기압으로 분다는 사실을 인식시키고, 고기압과 저기압 중심에 가상의 선을 그어 풍향을 예측해 보게 한다. → 각 계절에 따른 생활 모습을 이야기로 꾸며 발표한다. → 허용적인 분위기로 발표에 자신감을 갖도록 격려한다.

표 3. 단위 시간 내 PCK 구성요소 연결을 위한 계획 수립

단계	PCK 구성 요소	세부 내용	관련된 CoRe 문항
도입	교과내용에 관한 지식	학생들이 무엇을 학습하기를 바라는가? 학생들이 이것을 아는 것이 왜 중요한가?	문항 1 문항 2
	학생 이해에 관한 지식	학생들이 가지고 있는 선개념은 무엇인가? 학생들의 학습 의욕을 높이기 위한 방법은 무엇인가?	문항 4, 5 문항 6
전개	교육과정에 관한 지식	교사가 알아야 할 내용은 무엇인가?	문항 3
	학생 이해에 관한 지식	어려운 점, 한계점은 무엇인가? 학습 과정에서 예상되는 선개념, 오개념, 난개념 등은 무엇인가?	문항 4, 5
	교수 전략 지식	어떻게 가르칠 것인가? 수업매체, 자료의 활용 방법은 무엇인가?	문항 7
	표상 방법에 관한 지식	내용 이해를 돕기 위한 방법은 무엇인가?	문항 8
정리	평가 지식	개념 이해 정도의 확인을 위한 교사의 특별한 평가 방법은 무엇인가?	문항 1, 2, 7

표 4. CoRe에 기반한 교수 학습 지도안

단원(차시)	1. 날씨의 변화 (7/10)				
본시주제	우리나라 계절별 날씨의 특징 설명하기	교과서	과학 40~43쪽 실관 18~19쪽		
학습목표	우리나라 계절별 날씨의 특징을 이동해 오는 공기 덩어리의 성질로 설명할 수 있다.				
수업모형	경험 학습 모형				
CoRe에 기반한 PCK 수업 설계 요소	학생 이해 지식	<p>선개념</p> <ul style="list-style-type: none"> · 일기도와 여러 가지 기호, 구름의 양 등을 대강 알고 있다. 	<p>예상 오개념</p> <ul style="list-style-type: none"> · 일기도 풍향 기호를 반대로 인식하는 경우가 많다. 	<p>예상 난개념</p> <ul style="list-style-type: none"> · 봄과 가을의 일기도를 구분하기 어렵다. · 공기덩어리의 성질을 온도 및 습도와 관련지어 이해하기 어려워한다. 	<p>학생 선호도 · 태도</p> <ul style="list-style-type: none"> · 이야기를 꾸며 쓰는 활동을 좋아한다. · 알고 있는 내용도 발표하기를 꺼려한다.
	교수 처방 계획	<ul style="list-style-type: none"> · 마중물 발문을 통한 배경지식 일깨우기 · 그림을 통한 설명 · 일기도 자료를 칠판 옆에 계속 부착하여 기억하기 쉽도록 함. 	<ul style="list-style-type: none"> · 만청부리기 전략을 사용하여 명확하게 알게 함. · 설명, 예시, 시범 등을 통해 풍향이 들어오는 방향을 나타냄을 이해하게 함. 	<ul style="list-style-type: none"> · 발문과 단서를 제공, 확대 지도와 일기도를 통한 설명으로 이해를 도움. · 추가 질문, 피드백. 	<ul style="list-style-type: none"> · 각 계절에 따른 생활 모습을 이야기로 꾸며 발표함. · 허용적인 분위기로 발표에 자신감을 갖도록 격려함.
학습 자료	활동 안내판, PPT자료, 계절 상자, 확대 일기도, 일기도 기호 자료, 확대 지도				

단계 (시량)	학습 과정	교수 · 학습 활동	PCK 수업전략	자료 및 유의점
마음 열기 선수 학습 진단 도입 (6')	마음 열기	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 학습 분위기 조성 · 즐겁고 허용적인 학습 분위기를 유도하여 공부할 준비를 하게 한다. 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 선개념, 오개념 확인처방 </div> <ul style="list-style-type: none"> -자료제시 -마중물 발문 -만청부리기 -설명, 시범 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 확대 일기도, 일기도 기호 자료 ■ 선수학습 진단을 통해 부족한 부분을 파악하여 본차시 수업의 이해를 돕는다.
	선수 학습 진단	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 전시 학습 상기 · 지난 시간 학습한 내용, 알게 된 것을 점검해 보고 되새긴다. · 일기도에 나타난 기호와 날씨를 알아보기 <ul style="list-style-type: none"> - 풍향: 바람이 불어오는 방향 - 바람: 고기압→저기압 		
	도입 (6')	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 학습 동기 유발하기 · 동기 유발 자료를 보며, 학습에 대한 흥미를 갖는다. · 여름에 감기에 걸려 놀림을 당한 친구의 '왜 그럴까?' 이야기를 들으며 여름과 겨울의 날씨, 계절별로 왜 다른 바람이 불까? 호기심을 갖는다. 		
	공부할 문제	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 공부할 문제 · 우리나라 계절별 날씨의 특징을 이동해오는 공기덩어리의 성질로 설명해 봅시다. 		
학습 활동 안내	학습 활동 안내	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 학습 활동 안내 · 학습활동 순서와 방법을 안내한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -기다리기 -마중물 발문-판서 -학습목표 명료화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 발문을 통해 동기유발자료와 본시 학습내용을 관련지어 공부할 문제를 찾도록 한다.
	탐색 결과 발표 (10')	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 학습 활동 전개 ◎ 계절별 날씨 알아보기 · 모둠별로 모여 우리나라 계절별 날씨의 특징을 자유롭게 탐색하고 발표하게 한다. · 지난 ○○계절에 한 일이라는 주제로 간단한 그림을 그리고, 이야기를 꾸며 보고 발표하게 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -배경지식 일깨우기 -예시자료 -시범보이기 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 뒤쳐지는 학생이 없도록 이질적으로 4인 1모둠 구성하여 상호협력하게 한다.
교사의 인도에 따른 탐색 (8')	활동2	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 계절별 공기덩어리 성질 알아보기 · 각 계절별 일기도에 바람의 방향을 선으로 그어 표시해 보게 한다. · 공기덩어리가 발생한 위치에 초점을 두고, 그 곳의 위치를 대륙/해양, 위도에 따라 북쪽/남쪽으로 구분해 보게 한다. · 지역의 온도 및 습도를 생각하여 공기덩어리의 성질을 이해하게 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -선개념 확인 -마랍방향 -고기압→저기압 -오개념 처방 -그림을 통한 설명 -난개념 처방 -쉬운 예로 단서를 제공 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 각 계절생활이 드러난 그림자료 PPT ■ 확대일기도

표 4. 계속

활동3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계절별 날씨의 특징을 공기덩어리 성질과 관련지어 정리하기 <ul style="list-style-type: none"> · 공기덩어리의 성질과 관련지어 계절별 날씨의 특징을 정리하게 한다. · 공기덩어리의 성질과 관련지어 계절별 날씨의 특징을 발표하게 한다. · 일기도를 보고 어느 계절인지 예상하게 한다. · 환경과 관련된 자료를 보며 기후변화에 대하여 생각해 보게 한다. (환경교육) 	<ul style="list-style-type: none"> -추가질문 -피드백 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 바람의 성질을 습도와 기온을 기준으로 생각하고 발표해보게 한다. ■ 동영상 	
탐색 결과 정리 (12')	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수준별 학습 실시 		<ul style="list-style-type: none"> -확장하기 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 학습지
학습 내용 정리 (4')	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학습내용 정리하기 <ul style="list-style-type: none"> · 배운 내용을 PPT를 보고 정리한다. · 공부하면서 재미있었던 점, 알게된 점, 더 알고 싶은 점을 발표하게 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -학습목표 명료화 -칭찬과 격려 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 난개념이 생기지 않도록 기본개념을 확실히 지도한다. 	
차시 예고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차시 예고 <ul style="list-style-type: none"> · 다음 차시 공부할 내용에 대해 관심을 가지고 살펴보게 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> -다음차시 단서제공 		

간 내 학생의 인지 구조에 변화를 가져오기 위한 핵심 교수-학습 내용이 되도록 설계되었다.

표 4의 ‘PCK 수업전략’은 CoRe 작성 단계에서 확인된 교사의 PCK를 교수 학습 과정 속에 발견되게 하여 학생의 개념 형성과 변화에 긍정적인 효과를 줄 수 있도록 계획된 것으로 일반적인 교수 학습 지도안과 다른 CoRe에 기반한 교수 학습 지도안의 특징이라 할 수 있다.

과, 표 5와 같이 연구반의 사전 평균 점수는 84.42점, 비교반은 85.72점으로 비교반이 약간 높지만, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타나, 두 반은 동질한 것으로 볼 수 있었다.

또한 학업 성취 수준별 상위집단과 하위집단 각각에 있어서도 연구반과 비교반의 차이가 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 학업 성취 수준별로도 두 집단은 동질 집단이라고 할 수 있었다.

IV. 연구 결과 및 논의

1. 사전 검사 결과

학업 성취도 사전 평가를 통해 연구반과 비교반 간 그리고 두 반의 각 상위집단 간, 그리고 각 하위집단 간의 차이에 대한 검정을 실시하였다. 그 결

표 5. 학업 성취도 평가를 통한 두 집단의 사전 검사 결과

	집단유형	N	평균	표준편차	t	p
전체	연구반	30	84.42	13.38	.465	.644
	비교반	30	85.72	7.47		
상위수준	연구반	18	91.00	2.68	.927	.360
	비교반	19	90.21	2.50		
하위수준	연구반	12	74.54	16.84	.627	.538
	비교반	11	77.95	6.76		

2. CoRe에 기반한 수업이 과학 개념 형성에 미치는 효과 비교

1) 과학 개념 검사지 문항별 학생들의 응답 유형 결과의 예시

‘날씨의 변화’ 단원과 관련한 과학 개념 형성 검사지의 각 문항에 따른 선다형 응답과 그 이유 진술을 근거로 하여, CoRe에 기반한 학습을 수행한 연구반과 일반적 학습을 한 비교반의 수업 처치 전과 후의 과학 개념 형성 변화를 분석하였다. 총 10 문항 중 3문항만 예시로 분석 결과를 서술한다.

(1) 이슬 개념에 대한 응답 유형 결과

이 문항은 “두 유리컵 속에 물을 넣은 후, 한쪽 컵의 물속에만 얼음을 넣어 컵의 표면에서 일어나는 현상을 비교해 보고, 그 이유를 진술”하는 것이다.

표 6. 이슬 개념에 대한 응답 유형 결과

N(백분율)

범주	응답 유형	연구반		비교반	
		사전	사후	사전	사후
완전한 이해	공기 중의 수증기가 차가워진 컵의 겉면에 닿아 작은 물방울이 만들어졌다. 공기 중의 수증기가 온도 차이 때문에 응결된 것이다. 등	5 (16.7)	19 (63.3)	6 (20.0)	11 (36.7)
불완전한 이해	차가워진 컵의 겉면에 물방울이 맺히는 현상은 알고 있으나, 이유 설명이 확실하지 못함 : 얼음이 물로 녹으며, 물이 증발해 물방울이 맺힘, 얼음이 물에 녹아 차가워지기 때문에, 컵이 차가울 때는 항상 물방울이 맺힌 것을 보았기 때문에. 등	16 (53.3)	8 (26.7)	14 (46.7)	5 (16.7)
틀린 이해	얼음이 컵을 더 차갑게 만들기 때문에, 컵 속의 찬 얼음이 컵 밖으로 나오기 때문에. 등	9 (30.0)	3 (10.0)	10 (33.3)	14 (46.7)
무응답		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
평균		1.87	2.53	1.87	1.90
계		30 (100)	30 (100)	30 (100)	30 (100)

* 평균은 3점 만점

표 6에서, 과학 개념 검사 사전 점수를 보면 연구반과 비교반 모두 1.87로 개념 이해에 대한 평균 점수가 같았다. 그러나 사후 점수에서는 연구반이 2.53, 비교반이 1.90으로 수업 후 연구반의 향상 정도가 눈에 띈다.

CoRe에 기반한 연구반의 수업에서는 학생들의 개념 이해를 돕기 위해 질문, 비유, 논증과 같은 표상 방법에 관한 전략과 간단한 추가 실험을 투입한 교수 전략을 통해 학생들의 호기심을 불러일으키고

오개념을 수정하였다. 생활 속 경험과 관련된 질문과 함께 추가 시범 실험을 재구성한 수업 전략을 사용하여, 과학 개념 검사 사후 점수에 있어 연구반은 비교반에 비해 개념 이해 정도가 더 크게 향상하였다.

(2) 고기압과 저기압의 개념에 대한 응답 유형 결과

이 문항은 “고기압과 저기압의 개념을 묻고, 일

표 7. 고기압과 저기압의 개념에 대한 응답 유형 결과

범주	응답 유형	연구반		비교반	
		사전	사후	사전	사후
완전한 이해	주위보다 기압이 높은 곳을 고기압, 낮은 곳을 저기압이라고 한다. 일기도에서 위치를 바르게 찾아 표시했다.	0 (0)	11 (36.7)	0 (0)	6 (20.0)
불완전한 이해	고기압과 저기압의 개념 또는 위치 모두 완전히 이해하고 있지는 못함 : 고기압은 높은 곳에 있는 공기의 압력이고, 저기압은 낮은 곳에 있는 공기의 압력이다. 고기압은 공기가 많아 짙은 곳이고, 저기압은 공기가 적어 공간이 많은 곳이다. 등	3 (10.0)	14 (46.7)	4 (13.3)	16 (53.3)
틀린 이해	고기압은 날씨가 따뜻하고 바람이 약하게 부는 곳이고, 저기압은 온도가 낮아 춥고 흐리거나 바람이 강하게 불고 비가 오는 날씨가 나타난다, 바람은 변동이 심해 어디로 불지 알 수 없다. 등	25 (83.3)	5 (16.7)	23 (76.7)	8 (26.7)
무응답		2 (6.7)	0 (0)	3 (10.0)	0 (0)
평균		1.03	2.20	1.03	1.93
계		30 (100)	30 (100)	30 (100)	30 (100)

기도에 나타난 등압선을 보고, 고기압과 저기압의 위치를 찾아 표시“해 보는 것이다.

표 7에서, 과학 개념 검사 사전 점수는 연구반과 비교반 모두 1.03으로 두 집단 모두 대부분의 학생들이 완전한 이해의 개념을 갖고 있지 못한 것으로 나타났다.

사후 점수에서는 연구반이 2.20, 비교반이 1.93으로 수업 후 연구반의 개념 형성 정도가 큰 것으로 나타났다. ‘불완전한 이해’나 ‘틀린 이해’의 응답 유형을 살펴보면 학습 후에도 여전히 고기압과 저기압이 위치한 주변의 날씨 특징과 관련 지어 고기압은 따뜻하고, 바람이 불지 않는 곳, 저기압은 춥고, 바람이 부는 곳 등으로 이해하거나 온도, 위치의 높고 낮음과 관련지어 이해하고 있는 학생들이 많아, 기압의 개념이 6학년 학생 수준에서 이해하기 쉽지 않은 개념임을 판단할 수 있었다.

(3) 기압에 따른 바람의 이동 방향 개념에 대한 응답 유형 결과

이 문항은 “일기도에서 고기압과 저기압을 보고 바람이 부는 방향을 생각해 보고 그에 대한 이유를 진술하는 문항”으로 기압에 따른 바람의 움직임을 알아보는 문항이다.

표 8에서, 과학 개념 검사 사전 점수는 두 반 모두 1.40으로 대부분의 학생들이 기압에 따른 바람

의 이동 방향에 대한 완전한 이해 개념을 갖고 있지 못한 것으로 나타났다. 사후 점수에서는 연구반이 2.67, 비교반이 2.43으로 두 반 모두 개념 이해의 향상 정도가 큰 편으로 특히, CoRe에 기반한 수업을 한 연구반의 경우 공기가 고기압에서 저기압으로 이동하는 것을 주사기를 이용한 실험과 연계한 학습 전략 지식을 적용함으로써 기압에 따른 바람의 이동 방향의 이해 정도를 높이게 한 것으로 보인다.

2) 집단별 과학 개념 형성에 미치는 효과의 비교

연구반과 비교반에 대하여, 과학 개념 형성 검사를 통하여 사전과 사후의 ‘날씨의 변화’ 단원과 관련한 과학 개념 형성을 조사한 결과는 표 9와 같다.

과학 개념 검사 사전 점수의 평균을 비교해 보

표 9. 집단별 과학 개념 형성 검사 점수 사전 사후 비교

검사 유형	집단유형	N	평균	표준편차	t	p
사전	연구반	30	16.90	2.58	.766	.447
	비교반	30	17.43	2.81		
사후	연구반	30	24.67	4.29	2.099	.040
	비교반	30	22.33	4.32		

표 8. 기압에 따른 바람의 이동 방향 개념에 대한 응답 유형 결과

범주	응답 유형	연구반		비교반	
		사전	사후	사전	사후
완전한 이해	기압 차이 때문에 공기가 이동하고, 바람은 주위보다 기압이 높은 고기압에서 기압이 낮은 저기압으로 분다. 등	1 (3.3)	22 (73.3)	0 (0)	16 (53.3)
불완전한 이해	바람의 이동 방향은 바르게 표시했으나 설명이 틀림 : 바람은 높은 곳에서 낮은 곳으로 불기 때문에, 적도에 더 가까운 쪽에 고기압이 있어 따뜻한 공기가 위로 올라간다, 지난번 태풍이 제주도에서 서울 쪽으로 불었기 때문에, 높은 기온에서 낮은 기온으로 공기가 이동한다, 기압의 세기가 ‘저’보다 ‘고’가 더 크기 때문에. 등	11 (36.7)	6 (20.0)	12 (40.0)	11 (36.7)
틀린 이해	추운 북쪽 지방의 저기압에서 따뜻한 남쪽 지방의 고기압으로 바람이 분다. 고기압이 힘이 약한 저기압을 끌어당긴다. 등	17 (56.7)	2 (6.7)	18 (60.0)	3 (10.0)
무응답		1 (3.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
평균		1.40	2.67	1.40	2.43
계		30 (100)	30 (100)	30 (100)	30 (100)

면, 연구반에 비해 비교반의 평균 점수가 0.53점 높았으나, 통계 분석 결과, 사전 검사의 평균 차이는 의미 없는 것으로 나타났다. 따라서 두 집단은 동질하다고 볼 수 있었다.

집단별 사전과 사후 과학 개념 검사 평균 점수의 차이를 비교해 보면, 연구반은 16.90점에서 24.67점으로 7.77점 향상된 반면, 비교반은 17.43점에서 22.33점으로 4.90점의 향상을 보여 연구반이 비교반보다 더 높은 개념 향상 정도를 보였다. 또한 사후 검사에서 연구반의 평균 점수가 비교반에 비해 2.34점 높았으며, 통계 분석 결과 $p < .05$ 수준에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

김은영(2010)도 CoRe에 기반하여 중학생의 밀도 단원 수업을 설계하여 실시한 결과, 밀도 개념 형성 정도에 대한 사후 검사와 파지 검사에서 모두 유의미한 결과를 얻었다고 하였다. 이는 CoRe에 기반한 본 연구자의 과학 수업의 효과와 부합하는 연구 결과라고 볼 수 있다. 이는 CoRe 기반 수업이 학습자가 가지고 있는 선개념의 유형과 관련된 다양한 변인을 해소하고자 하는 수업 전략을 중심으로 계획되기 때문이라 생각된다.

3) 학업 수준에 따른 집단별 과학 개념 형성 효과 비교

학업 수준에 따라 연구반과 비교반 각각을 상위, 하위집단으로 나누어서 과학 개념 형성 효과를 비교 분석한 결과는 표 10과 같다.

표 10을 보면 상위, 하위 수준 학생 모두 CoRe에 기반한 수업을 한 연구반이 일반적 수업을 실시한 비교 집단에 비해 과학 개념 형성 점수가 더 향상된 것을 알 수 있다.

학업 수준이 상위인 학생 집단 간의 통계적인 검증 분석 결과, 연구반이 비교반에 비해 평균 점수가

2.43점 높았고, 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 하위 수준 학생들의 경우에는 사후 검사에서 연구반의 평균 점수가 비교반에 비해 2.49점 높았으나, 통계적으로는 유의미하지 않은 것으로 나왔다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, CoRe에 기반한 수업은 학업 수준이 상위 수준인 학생들의 과학 개념 형성 및 교정에 있어 유의미한 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 사전 개념 이해 검사에서 상위 수준 학생들의 경우 선다형 문제의 정답은 어느 정도 예상하나, 자신의 선개념으로 인하여 그 이유를 목적 개념에 맞게 바르게 진술하지 못하는 불완전한 이해를 많이 하고 있었다. 그러나 CoRe에 기반한 수업을 받으면서 오개념, 난개념이 단서 주기, 마중물 발문, 학습장 정리, 추가 실험과 설명, 피드백 등 다양한 교수 처방 전략을 통해 바른 개념으로 완전한 이해에 가까워질 수 있었기 때문인 것으로 보인다. 하위 수준인 학생들의 경우, 수업 후 선다형 문제의 답은 어느 정도 예상할 수 있게 되어 평균 점수의 향상이 눈에 띄었다. 그러나 여전히 날씨, 기압과 관련된 추상적인 현상들에 대해 그 근본적인 원인을 과학적 견해와 구체적인 용어를 사용하여 설명하는 것에 대해 어려움을 많이 느낀 것으로 보인다.

3. CoRe에 기반한 수업이 학업 성취도에 미치는 효과 비교

1) 연구반과 비교반의 과학 학업 성취도에 사후 평가 비교

CoRe에 기반한 수업이 학생들의 학업 성취도 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수업 처치가 있는 일주일 후 ‘날씨의 변화’ 단원과 관련한 학업 성취도 평가를 이용하여 사후 검사를 하였고, 그

표 10. 학업 수준에 따른 과학 개념 검사 점수 사전 사후 검사 비교

학업 수준	집단 유형	N	사전				사후			
			평균	표준편차	t	p	평균	표준편차	t	p
상위 수준	연구반	18	17.39	2.87	.311	.758	26.06	2.96	2.171	.037
	비교반	19	17.68	2.91			23.63	3.76		
하위 수준	연구반	12	16.17	1.95	.851	.405	22.58	4.93	1.268	.219
	비교반	11	17.00	2.72			20.09	4.46		

표 11. 연구반과 비교반의 과학 학업 성취도 사후 검사 비교

집단유형	N	사후			
		평균	표준편차	t	p
연구반	30	87.90	14.14	2.087	.041
비교반	30	81.30	9.99		

결과는 표 11과 같다.

수업 처치를 한 후, 두 반의 사후 검사 결과는 연구반의 평균 점수는 87.90점, 비교반의 평균 점수는 81.30점으로 연구반의 평균이 6.60점 높게 나타났으며, 이러한 차이는 $p < .05$ 수준에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 따라서 CoRe에 기반한 수업이 과학 학업 성취도 향상에 효과가 있다고 할 수 있었다.

2) 학업 성취도 수준에 따른 과학 학업 성취도 사후 검사 비교

CoRe에 기반한 수업의 효과가 학업 성취도 수준에 따른 연구반과 비교반 간에 어떤 차이가 있는가를 알아본 결과는 표 12와 같다.

사후 검사 결과, 상위 수준 집단의 경우 연구반의 평균 점수가 비교반보다 4.05점 더 높게 나왔으나, 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다. 하지만 CoRe에 기반한 과학 수업이 과학 학업 성취도 향상에 있어 긍정적 효과는 있는 것은 확인할 수 있었다.

하위수준 집단의 경우, 사후 검사에서 연구반의 평균 점수가 비교 집단에 비해 11.69점 높았고, 이러한 점수 차이는 $p < .05$ 수준에서 유의미한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 하위수준 집단에 있어 CoRe에 기반한 과학 수업이 과학 학업 성취도 향상에 있어 의미있는 효과가 있음을 말해 준다. 이는 교

표 12. 학업 성취도 수준에 따른 집단의 과학 학업 성취도 사후 평가 비교

검사 유형	집단 유형	N	사후			
			평균	표준편차	t	p
상위 수준	연구반	18	90.94	8.45	1.196	.240
	비교반	19	86.89	11.77		
하위 수준	연구반	12	83.33	10.72	2.364	.028*
	비교반	11	71.64	12.99		

육과학기술부의 주요 정책 중의 하나인 뒤처지는 학생 없는 학교 만들기에 부응하는 연구 결과로 CoRe에 기반한 과학 수업이 과학 학업 성취도 하위 집단 학생들의 과학 성적을 향상시킬 수 있는 방안이 될 수도 있음을 의미한다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 CoRe에 기반한 과학 학습 프로그램을 구안하여 적용해 본 후, 학습자의 과학 개념 형성 정도와 집단별 특성에 따른 과학 학업 성취도의 변화를 알아보고자 하였다. 이를 위해 초등학교 6학년 2개 반을 연구반과 비교반으로 구성하고, 과학 교과서 6-2학기 ‘날씨의 변화’ 단원을 선정하여 연구반은 CoRe에 기반한 과학수업을 진행하고, 비교반은 일반적인 과학수업을 하였다.

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 날씨의 변화와 관련한 여러 개념에 대해 수업 처치 후, 연구반이 비교반에 비해 완전한 이해이거나 불완전하더라도 이해의 범주 내에 속하는 학생들의 비율이 높게 나왔다. 그러나 많은 학생들이 수업이 끝난 후에도 이슬과 비의 생성, 고기압과 저기압의 차이 등 눈에 보이지 않는 추상적인 현상에 관한 질문에 있어서, 그 근본적인 원인을 제대로 파악하지 못한 채 실생활에서 경험한 것을 바탕으로 오개념을 가지고 있거나, 비과학적인 개념을 근거로 원리를 이해하고 있는 것으로 나타났다.

둘째, 과학 개념 형성 정도를 사전 사후 평균 점수로 비교해 본 결과, 연구반이 비교반에 비해 더 많이 올바른 과학 개념 형성을 한 것으로 나타났고, 그 결과는 $p < .05$ 수준에서 유의미하였다. 특히 학업 성취도 수준 상위집단 학생들에게서 유의미한 효과가 나타났다. 상위 수준 아동의 경우, 자신의 선 개념을 이용하여 선다형 문제의 정답은 어느 정도 예상했으나, 그 이유를 완전한 목적 개념에 맞게 진술하지는 못했다. 그러나 CoRe에 기반한 과학 수업을 통해 단서 주기, 마중물 발문, 학습장 정리, 추가 실험과 설명 등의 교수 처방을 통해 과학적 용어를 사용한 바른 개념으로 완전히 이해할 수 있었던 것으로 판단된다.

셋째, 사후 과학 학업 성취도 평가에서, 연구반 학생들이 비교반 학생들에 비해 더 높은 학업 성취도를 보였고, 그 결과는 $p < .05$ 수준에서 유의미하였

다. 특히 학업 성취도 수준 하위 집단 학생들에게서 유의미한 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 CoRe에 기반한 과학 수업이 학생의 학습 정도를 개관 순시, 형성 평가를 통해 수시 확인한 후, 이해가 부족한 학생들에게는 적절한 설명, 예시, 시범, 발문 등과 같은 교수 처방 전략을 사용했기 때문인 것으로 사료된다.

이와 같은 결과를 바탕으로 CoRe에 기반한 과학 수업이 일반적인 과학수업에 비하여 학생들의 과학 개념 형성 정도와 과학 학업 성취도의 향상에 효과적임을 알 수 있었다.

위와 같은 연구의 결론을 바탕으로 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 ‘날씨의 변화’ 단원에만 한정하여 이루어졌으며, 주로 양적인 분석에 편중하였다. 따라서 앞으로는 보다 다양한 학년과 단원에서 그리고 학습자 중심에서 수업 관찰 분석과 면담 등을 통해 아동들의 개념 이해 수준을 연구하는 질적 접근 연구 방식도 병행되어야 할 것이다.

둘째, CoRe에 기반한 수업이, 학습 부진 학생이나 과학 영재 학생과 같은 학습자의 다양한 특성과 수준에 따라 어떠한 효과가 있으며, 개념 형성이나 학업 성취도 이외에 다른 요소에 미치는 효과에 대해 알아보는 후속 연구도 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

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

김은영(2010). CoRe에 기반한 밀도 단원 수업이 개념형성과 수업만족도에 미치는 영향. *한국교원대학교 석사학위논문*.

박철용, 민희정, 백성혜(2008). 교육실습을 통한 예비과학교사의 교수 내용 지식 분석. *한국과학교육학회지*, 28(6), 641-648.

성태기(2003). 초등학교 4학년 지층·화석 단원의 현장 학습이 과학개념 형성 및 과학적 태도에 미치는 영향. *한국교원대학교 석사학위논문*.

이화진, 오은순, 송현정, 전효선, 강대현, 권점례, 곽영순, 진의남, 유정애, 이경언, 양윤정, 이병천, 이미숙, 김명화, 오상철, 홍선주(2006). 수업 컨설팅 지원 프로그램 및 교과별 내용 교수법(PCK) 개발 연구: 2006 KICE 교수학습개발센터 운영을 중심으로. *한국교육과정평가원 연구보고 RRI 2006-1*.

정정환(2000). 초등학교 과학수업에서 순환학습이 날씨의 변화 개념형성과 탐구능력 신장에 미치는 효과. *한국교원대학교 석사학위논문*.

조현희(2001). 대기현상에 대한 초등학생의 개념과 그 변화에 관한 연구. *춘천교육대학교 석사학위논문*.

조희형, 고영자(2008). 과학교사 교수내용지식(PCK)의 구성과 적용방법. *한국과학교육학회지*, 28(6), 618-632.

Barnet, J. & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.

Cochran, K., De Ruiter, J. & King, R. (1993). Pedagogical content knowing-an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.

De Jong, O., van Driel, J. H. & Verloop, N. (2005). Pre-service teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.

Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teacher's pedagogical content knowledge*. Clayton: Sense Publishers.

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.

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*, Boston: Kluwer Academic Publishers.

Marek, E. A. (1986a). Understandings and misunderstandings of biology concepts. *The American Biology Teacher*, 48(1), 37-40.

National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academic Press.

Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge(PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.

Van Driel, J., Verloop, N. & de Vos W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.