

초등과학 수업에서 절차적 사고과정을 활용한 학습 전략이 컴퓨팅 사고력과 창의적 문제해결력에 미치는 효과

김현석 · 최선영^{1*}

김포신곡초등학교 · ¹경인교육대학교

The Effects of Instructional Strategies Using the Process of Procedural Thinking on Computational Thinking and Creative Problem-Solving Ability in Elementary Science Classes

HyunSeok Kim · Sun-Young Choi^{1*}

Gimpo Singok Elementary School · ¹Gyeongin National University of Education

Abstract : The purpose of this study is to investigate the effects of instructional strategies using the process of procedural thinking in elementary science classes on students' computational thinking and creative problem solving ability. For this purpose, instructional strategies using the process of procedural thinking for science class were developed and applied. The objects of this study were 6th graders from an experimental class (29 students) and a comparative class (29 students) at S elementary school in Gimpo City. The results of the study are as follows: First, as a result of examining the difference in the computational thinking ability between experimental group and comparative group, the experimental group scored higher than the comparative group, but there was no statistically significant difference. Second, the creative problem solving ability of the experimental group after applying this program was higher, and statistically significant differences were observed ($p < .05$).

keywords : procedural thinking, elementary, science class, computational thinking, creative problem solving

I. 서론

우리나라는 21세기 지식정보화 사회의 인재로 창의융합형 인재상을 제시하면서 과학기술소양 교육을 위한 방법으로 소프트웨어 교육을 통한 컴퓨팅적 사고력을 기반으로 한 문제해결을 강조하고 있다(MOE, 2015a, c).

컴퓨팅 사고력에 대하여 Wing(2008), Csizmadia *et al.* (2016) 등의 정의를 종합하면

컴퓨터가 문제를 해결할 수 있도록 준비하는 과정으로 문제를 찾아 정의하고, 컴퓨터가 해결할 수 있는 문제인지 판단한 후, 컴퓨터가 문제를 해결하도록 절차를 만드는 것을 의미하고 아울러 컴퓨터가 처리하는 방식대로 문제를 해결하는 과정이다. 이러한 컴퓨팅 사고력의 구성 요소는 크게 문제 해결을 위한 준비 단계, 해결 단계, 적용 단계 등의 3단계로 세부 단계로는 문제 정의, 자료 분석, 추상화, 자동화, 일반화의 5가지로 구

*교신저자 : 최선영 (sychoi@ginue.ac.kr)

**2019년 12월 2일 접수, 2019년 12월 12일 수정원고 접수, 2019년 12월 30일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2019.43.3.329>

분할 수 있다(Hwang, 2018). 이때 컴퓨팅 사고력의 핵심인 추상화 단계에서 문제 해결을 위한 일련의 단계를 알고리즘으로 표현하는 것에 바로 절차적 사고가 요구되는 과정이기 때문에 절차적 사고의 향상을 위해 순서도를 활용한 알고리즘 표현 활동이 요구된다(Hwang, 2018). 즉, 컴퓨팅 사고력의 핵심이라고 할 수 있는 절차적 사고는 주어진 문제를 작은 단위로 나누고, 나누어진 각각의 문제를 단계별로 처리하는 사고 과정을 통해 문제를 효율적으로 해결하기 위한 중요한 능력이다(Hwang, 2018).

이러한 절차적 사고에 대하여 Wing(2008)과 Moursund(2006)는 문제를 분석하고 효율적으로 문제를 해결하기 위한 순서를 기술하는 것이라고 주장하였고, Park(2012)은 주어진 일의 순서를 생각하고 이를 순차적으로 문제 해결에 활용할 수 있는 능력이라고 설명하였으며, Moon(2013)은 알고리즘과 컴퓨팅 사고력의 핵심 개념이 대부분 중첩됨을 주장하며 절차적 사고를 통한 알고리즘 학습으로 컴퓨팅 사고력을 향상시킬 수 있다고 하였다. 따라서 소프트웨어 교육에 있어서 기본이 되는 절차적 사고를 어릴 때부터 경험하고, 그 능력을 향상시켜 나가는 것이 매우 중요하다. 그리고 학생들은 일상생활의 문제에서 절차적 사고 과정을 적용하여 해결하는 활동을 통해 미래 사회에서 요구되는 컴퓨팅 사고력을 갖춘 인재로 성장하는 것이 중요하다(Hwang, 2018).

한편, 2015개정 초등과학과 교육과정에서도 자연 현상과 사물에 대하여 흥미를 가지고, 과학의 핵심 개념을 이해하고 탐구 능력을 함양하여, 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기르는 것으로 목표하고 있다(MOE, 2015b). 이를 달성하기 위해서는 학생 스스로 탐구 문제를 발상하고 설정하여 탐구 활동을 수행하도록 함으로 학생들의 창의적, 비판적 사고와 탐구에의 능동적 참여를 촉진시킬 수 있다(Jones *et al.*, 1992; Gott & Duggan, 1995; Roychoudhury & Roth, 1996). 또한 학습자 스스로 과학 지식을 발견하

고, 이 과정에서 새로운 지식을 생성할 수 있는 능력을 습득하는 구성주의적 과학 교육의 관점(Kwon *et al.*, 2003)에서 보았을 때에도 이러한 과학 탐구는 중요하다. 따라서 초등과학에서 과학탐구는 어떤 새로운 자연 현상에서 문제를 발견하고 이를 해결하여 나가는 과정으로 이때 해결할 문제는 대체로 학습한 내용을 기계적으로 적용하는 것이 아니라 문제의 특성을 이해하고, 해결 방안을 모색하는 과정을 필요로 한다(MOE, 2015d). 이러한 문제해결 과정을 일련의 절차로 생각할 때 컴퓨팅적 사고능력에 중요한 절차적 사고과정을 과학탐구 활동에 적용할 수 있는 방안의 모색과 이를 통해 학생들의 변화를 알아볼 필요가 있다.

이는 교육과정의 교수학습방법 및 유의사항에서도 컴퓨터를 활용한 활동 이외에도 컴퓨터 없이 문제를 해결할 수 있는 방법과 절차를 이해할 수 있도록 지도하고, 절차적 사고를 적용할 수 있는 다양한 활동을 통해 절차적인 문제해결과정을 이해할 수 있도록 지도하게 되어 있다(MOE, 2015c). 이렇듯 절차적 사고는 강화된 초등 SW 기초교육의 핵심에 자리하고 있으며 컴퓨터 없이(Unplugged) 다양한 방법으로 지도되기를 권장되고 있으나 SW를 과학수업에 활용하는 연구(Lee & Kwon, 2018)외에는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 초등과학 교육에서 탐구 문제를 찾고 해결하는 과정 속에서 절차적 사고 전략을 활용할 수 있는 방안을 모색해 보고 이를 적용한 후 학생들의 컴퓨팅적 사고능력과 창의적 문제해결 능력에 대한 효과를 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 김포에 위치한 S초등학교 6학년 2개 학급을 각각 실험반(29명)과 비교반(29명)으로 선정하였다(Table 1).

Table 1. Subject of this study

구분	M(%)		계
	남자	여자	
실험반	14 (48.3)	15 (51.7)	29 (100)
비교반	14 (48.3)	15 (51.7)	29 (100)

2. 절차적 사고과정 수업 전략의 개발과 적용

1) 절차적 사고과정을 활용한 수업 전략개발

초등과학 수업에서 절차적 사고과정을 활용한 수업의 전략을 개발하기 위하여 절차적 사고에 대한 여러 학자들의 정의(Wing, 2008; Moursund, 2006)에 대하여 이해하였다. 이런 절차적 사고를 컴퓨터 교육 관련하여 Hwang(2018)은 순서도의 수업과정을 도입하였고 Lee(2009)는 7단계의 로봇 문제해결전략으로서 수업에 절차적 사고 활용을 제안하였다. 이들의 절차적 과정을 초등과학에서 창의적 문제해결 수업 적용 방안(Choi & Kim, 2011)을 참고하여 Table 2와 같이 초등과학 수업에 활용할 수 있도록 고안하였다.

(1) 문제이해 단계

전시학습을 상기, 동기유발 및 해당 차시의 탐구 문제를 제시한다. 이때, 탐구 문제를 확실히 인지할 수 있도록 탐구 문제를 칠판 등에 게시하여 학생들이 학습목표를 확인하게 한다.

(2) 문제해결절차 정하기 단계

이제 학생들은 교사가 제시한 탐구 문제를 확인한 후 해결하기 위한 문제해결절차를 정하게 된다. 먼저 교사가 제시한 탐구할 자료를 확인하고 문제를 해결하기 위해 필요한 여러 가지 할 일들을 정한다. 이후 일을 수행하는 순서를 정하여 문제해결절차를 노트나 학습지에 정리한다. 개별적으로 정한 문제해결절차는 모둠원과 공유하여 상호 점검한다. 이때 다른 사람의 것을 참

Table 2. The stages of this instructional strategies using the process of procedural thinking

단 계	활동 특징
문제이해	<ul style="list-style-type: none"> · 전시 학습 상기 및 동기유발 · 탐구문제 제시 · 학습목표 확인하기
문제해결절차 정하기	<ul style="list-style-type: none"> · 탐구할 자료 확인하기 · 문제를 해결 가능한 작은 단위로 분해하기 · 문제 해결 순서 정하기 · 문제 해결 절차 시각화하기 · 문제 해결 절차 점검하기
문제해결절차 실행	<ul style="list-style-type: none"> · 문제 해결 절차 발표하기 · 문제 해결 절차 실행하기
평가	<ul style="list-style-type: none"> · 학습목표 도달 여부 확인하기 · 문제해결절차 수정하기 · 작성한 문제해결절차를 보며 자기 평가하기

고하여 수정할 수 있으며 서로에게 피드백을 준다. 불필요한 절차가 있거나 순서가 잘못되었거나 문제해결에 도달 여부 등에 대하여도 모둠원들과 서로 확인한다. 나만의 문제해결절차가 정해졌다면 다음 문제해결실행 절차로 넘어간다.

(3) 문제해결절차 실행 단계

정해진 문제해결절차를 실행하는데, 개인별 또는 모둠별로 과제에 따라 문제해결 절차를 수행한다. 이때 모둠별일 경우 모둠원이 만든 문제해결절차 중 가장 가능성 높은 것을 협의하여 선택한 후 실행한다. 시간적 여유가 있다면 모든 문제해결절차를 실행하여 개별 문제해결절차가 주어진 문제를 해결할 수 있는지 비교할 수도 있다.

(4) 평가 단계

교사와 학생들은 함께 문제해결절차를 실행한 결과가 문제해결에 도달했는지 확인한다. 실행한 문제해결절차가 적절한지 토론하여 보고 필요한 경우 수정하여 다시 실행하여 볼 수 있다. 학생들은 일련의 문제해결절차 사고과정 및 수행결과를 놓고 자기평가를 한다.

2) 절차적 사고과정 수업의 적용

절차적 사고를 기초한 수업전략을 초등과학 수업에 적용하기 위하여 선행연구, 관련 도서, 전문가 협의 등을 거쳐 6학년 1학기 5단원 ‘빛과 렌즈’ 단원의 총 11차시에 해당하는 수업을 재구성하였다(Table 3). 절차적 사고과정 수업전략을

Table 3. The contents of unit for teaching in the experimental group

단계	차시	차시명	절차적 사고과정 활동과제	
재미 있는 과학	1/11	빛과 렌즈로 놀이하기	· 사전검사 · 목표지점에 빛을 비추기 위한 주어진 문제해결절차 배열하기	
	2/11	햇빛이 프리즘을 통과하면 어떻게 될까요?	· 종이에 빛을 분산시키기 위한 절차 만들기 · 빛을 보다 더 길게 분산시키기 위한 절차 찾기	
	3/11	빛은 공기와 물의 경계에서 어떻게 나아갈까요?	· 주어진 절차를 적절히 배열하여 레이저 지시기의 빛이 공기와 물의 경계에서 굴절하는 현상 사진 찍기	
	4/11	물속에 있는 물체는 어떻게 보일까요?	· 컵과 동전을 이용한 실험으로 빛의 굴절을 설명하는 절차를 나타낸 설명서 만들기	
	과학 탐구	5/11	볼록 렌즈에는 어떤 특징이 있을까요?	· 볼록렌즈의 특징을 설명하기 위한 절차를 나타낸 설명서 만들기
		6/11	볼록 렌즈를 통과한 햇빛은 어떻게 될까요?	· 절차에 맞추어 햇빛의 그늘림으로 만드는 그림 만들기 · 절차 정리하여 실행하기
		7/11	간이 사진기로 물체를 보면 어떻게 보일까요?	· 간이 사진기 제작 절차를 기술한 설명서 만들기
		8/11	우리 생활에서 볼록 렌즈는 어디에 이용될까요?	· 볼록렌즈 구별방법을 설명하는 절차를 정리한 설명서를 만들어 친구들에게 설명하는 영상 만들기
과학과 생활	9~10/11	우리가 찾은 볼록 렌즈로 세상 보기	· 주어진 볼록렌즈 사진을 재현하기 위한 방법을 연구하여 볼록렌즈 사진 제작 절차를 나타낸 설명서 만들기	
단원 마무리	11/11	빛과 렌즈를 정리해 볼까요?	· 배운 내용을 주어진 절차에 따라 정리하기 · 사후검사	

활용하려면 수업목표에 도달할 수 있는 적절한 과제가 주어져야 하고, 난이도를 고려하여 과제의 특성에 따라 개인이나 모둠별로 과제를 해결하도록 하였다. 절차적 사고과정 수업전략을 활용한 수업 적용을 위해 지도안과 활동지를 작성하여 적용하였다(Appendix 1). 실험반에는 이 연구에서 고안한 절차적 사고과정의 수업을 적용하였고, 비교반에는 초등과학과 교사용 지도서에 안내된 과학수업으로 실시하였다.

3. 검사 도구

1) 컴퓨팅 사고력 검사 도구

컴퓨팅 사고력을 측정하기 위한 도구로 비버 챌린지(Bebras Challenges)의 문항을 사용하였는데, 비버챌린지는 정보학의 기본 개념을 이해하고 컴퓨팅적 사고력을 촉진하는 과제로 특별한 사전 지식 없이도 도전이 가능한 과제로 구성되며 컴퓨팅 사고력을 평가하기 위한 목적으로 개발되었다(Jung & Lee, 2017).

비버 챌린지는 학년군별로 난이도가 다양하게 구성되어 있는데 이 연구에서는 Park(2018)이

수정하여 사용한 2015년 문항 중 5-6학년용(10-12세용)에 해당하는 Benjamin 검사지를 사용하였다. 본 연구에서는 온라인에 등재된 6문항을 출력하여 사용하였고, 1문제당 풀이시간을 2분으로 총 12분을 주었다. 본 연구에서 사용한 컴퓨팅 사고력 검사 문항은 상, 중, 하 수준에 따라 각각 2문항씩이고 세부 구성 요소 및 난이도는 Table 4와 같다(Park, 2018). 이때 선행연구에 따라 난이도별로 상, 중, 하 수준에 따라 각각 2문항씩이고 맞으면 각각 12점, 9점, 6점을, 틀리면 0점 처리하였다.

2) 창의적 문제 해결력 검사

창의적 문제 해결력은 Choi & Kang(2006)이 과학 창의적 문제 해결력 검사를 위해 고안한 방법을 활용하였다. 주어진 문제 상황에 대하여 다양한 문제 제안하기, 적절한 탐구문제 선택하기, 해결책 생각하기, 실험계획 세우기 및 해결방법 생각하기의 5단계로 구성되었으며 평가방식은 각 영역별 상, 중, 하로 0-2점까지 부여하여 채점하였다(Choi & Kang, 2006).

Table 4. The test tool to measure computational thinking

문항 번호	사전검사 문항 내용	사후검사 문항 내용	컴퓨팅 사고력 세부 요소	난이도
1	Trams	Setting the table	알고리즘, 평가	하
2	Mushrooms	Bracelet	추상화, 알고리즘	하
3	Cross Country	Geocaching	문제분해, 알고리즘, 평가	중
4	Dream Dress	Animation	추상화, 문제분해, 평가	중
5	Animal Competition	Walnut Animals	추상화, 알고리즘, 일반화	상
6	Chakhokhbili	You Won't Find it	알고리즘, 문제분해, 평가	상

4. 자료 처리 및 분석

본 연구에서 수집된 자료들은 두 집단의 차이를 알아보기 위해 SPSS Statistics 21.0 프로그램을 활용하여 분석하였는데, 이 연구에서의 집단에 대한 정규분포 검사에서 정규분포를 이루지 못하고 있으므로 Mann-Whitney test를 실시하여 비교하였다.

컴퓨팅 사고력의 하위영역별 점수는 알고리즘 영역은 1, 2, 3, 5, 6번 문항, 추상화는 2, 4, 5번 문항, 문제분해는 3, 4, 6번 문항, 일반화는 5번 문항, 평가는 1, 3, 4, 6번 문항의 점수를 더해서 산출하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 절차적 사고과정 수업전략을 활용한 과학수업이 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향

절차적 사고과정 수업전략을 활용한 과학수업이 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향을

알아보기 위하여 Mann-Whitney test한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다.

컴퓨팅 사고력에 대한 사전 검사 결과 실험반이 비교반에 비해 평균이 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 사후 검사에서도 실험반의 평균이 비교반의 평균보다 높았으나 통계적으로도 유의한 차이가 없었다. 이를 하위영역별 영역에서도 추상화, 알고리즘적 사고, 문제 분석, 평가 및 일반화 영역에서도 사전검사에서 평균이 실험반이 비교반보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 이는 사후 검사에서도 같은 양상을 띄고 있었다. 그러나 전체적으로 볼 때 컴퓨팅적 사고력의 점수는 향상되었으나 통계적으로 유의한 차이가 없었음을 알 수 있고 이것으로 볼 때, 초등학교 수업에서 절차적 사고과정 수업전략을 활용한 과학 수업은 학생들의 컴퓨팅 사고력 향상에는 효과가 없음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 절차적 사고를 통한 알고리즘 학습으로 컴퓨팅 사고력을 향상시킬 수 있었다는 Moon(2013)의 연구결과와는 일치하지 않았다. 이는 학습의 주요 내용이 알고리즘 학습이 주를 이루었기에 컴퓨팅적 사고에 효과가 있었다면, 이 연구에서는 과학 수업에서의 교과

Table 5. The results of Mann-Whitney test on computational thinking after applying this program

구분	전후	M(SD)				Mann-Whitney	
		실험반		비교반		z	p
추상화	사전	14.38	7.143	12.21	6.800	-1.170	.242
	사후	17.48	8.563	14.07	9.524	-1.515	.130
알고리즘적 사고	사전	17.59	7.069	16.97	7.867	-.008	.994
	사후	28.24	10.592	23.07	10.488	-1.701	.089
문제 분석	사전	7.14	5.403	7.45	6.086	-.133	.895
	사후	18.00	9.487	13.34	8.278	-1.909	.088
평가	사전	12.62	6.774	12.62	7.233	-.056	.995
	사후	23.07	10.579	18.10	9.836	-1.706	.088
일반화	사전	2.90	5.226	1.66	4.211	-.996	.319
	사후	7.03	6.015	4.14	5.805	-1.827	.068
전체	사전	19.66	8.239	18.62	9.930	-.484	.628
	사후	35.28	13.575	27.21	14.251	-1.946	.052

서 내용의 학습목표 도달을 위한 내용이었고, 아울러 검사 도구에서도 교과 내용 보다는 알고리즘 사고와 같은 컴퓨팅 사고 문항으로 구성된 것에서 원인을 생각해 볼 수 있다.

이 연구에서 절차적 사고과정 수업전략을 적용한 수업의 과제 중 예를 살펴보면, 주어진 조건에 대해 고민하고 절차를 배열하는 과정이 들어 있다(Figure 1). 학생들은 절차에 대해 고민하여 다양한 문제해결절차를 적었다 지웠다한 풀이 흔적이 있었고, 매 차시 절차적 사고과정 과제를 해결하면서 학생들은 절차적 사고 과정을 수행하려고 노력하는 것을 엿볼 수 있었다.

2. 절차적 사고과정 수업전략을 활용한 과학수업이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향

절차적 사고과정 수업전략을 활용한 과학수업이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 변화를 알아보기 위하여 Mann-Whitney test 한 결과는 Table 6과 같다. 창의적 문제해결력에 대한 사전 검사 결과 비교반이 실험반보다 평균이 높

게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 사후 검사에서 실험반의 평균이 비교반의 평균보다 높았으며 이는 통계적으로도 유의한 차이가 있었다($p < .01$). 이를 하위 영역별로 살펴보면 다음과 같다.

‘다양한 문제 제안하기’에서는 사전검사에서 비교반이 실험반보다 평균이 높았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 사후검사에서는 실험반의 평균이 높았으나 이 또한 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 본 연구의 절차적 사고과정 수업전략이 문제를 제안하는 발산형 사고에는 별다른 효과를 미치지 못했다는 것을 볼 수 있다.

그러나 ‘적절한 문제 선택하기’, ‘해결책 생각하기’, ‘실험계획 세우기’, ‘해결방법 확인하기’에서는 사전검사에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 사후검사에서 실험반의 평균이 비교반의 평균보다 높았으며 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과는 절차적 사고과정 수업전략을 활용한 수업이 주어진 문제를 분석하고 문제해결 순서를 스스로 확립, 실행 및 점검 등 일련의 문

Table 6. The results of Mann-Whitney test on the ability of creative problem solving after applying this program

구분	전후	M(SD)				Mann-Whitney	
		비교반		실험반		z	p
다양한 문제 제안하기	사전	1.24	.739	1.38	.622	-.641	.522
	사후	1.38	1.189	1.34	.614	-.150	.881
적절한 문제 선택하기	사전	.93	.458	.93	.458	-.000	1.000
	사후	1.34	.553	1.07	.458	-2.056*	.040
해결책 생각하기	사전	.90	.618	1.03	.626	-.846	.398
	사후	1.55	.686	.97	.731	-3.043**	.002
실험계획 세우기	사전	.66	.614	.79	.620	-.861	.390
	사후	1.21	.675	.79	.774	-2.103*	.035
해결방법 확인하기	사전	.55	.572	.45	.632	-.860	.390
	사후	1.24	.689	.59	.682	-3.316**	.001
전체	사전	4.28	2.218	4.59	2.113	-.709	.478
	사후	6.72	2.419	4.72	2.313	-3.047**	.002

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

햇빛이 프리즘을 통과하면 어떻게 될까요?

초등학교 6학년 4번 번호 () 이름 ()

1. 다음은 교과서의 프리즘 활동의 절차를 섞어놓은 것이다.
 바르게 배열하여 봅시다. ex)가다나라마바.
 가. 프리즘을 통과한 햇빛이 닿는 곳에 하얀색 도화지를 놓습니다.
 나. 검은색 도화지의 긴 구멍을 통과한 햇빛이 프리즘을 통과할 수 있도록 프리즘의 위치를 조절합니다.
 다. 햇빛을 프리즘에 통과시키면 햇빛이 하얀색 도화지에 어떤 모습으로 나타나는지 관찰해 봅시다.
 라. 운동장에 나가 햇빛의 방향을 생각하여 프리즘을 스탠드에 고정합니다.
 마. 빛의 여러 가지 색깔을 확인합니다.
 바. 검은색 도화지에 긴 구멍을 뚫습니다.

라, 바, 나, 가, 마, 다

2. 검은색 도화지의 긴 구멍이 가로 몇cm, 세로 몇cm가 적당할지 알아보는 절차를 만들어보시오.
 ex) 가. 빛의 여러색이 잘 안보이면 구멍을 칼과 가위로 넓힌다.
 나. 빛을 검은 종이 구멍으로 통과시킨다.
 다. ...
 라. ...

3. 손잡이의 각도를 조절할 때 어떻게 달라지는지 적어봅시다.

위로 안쪽으로 움직이면
길어진다.

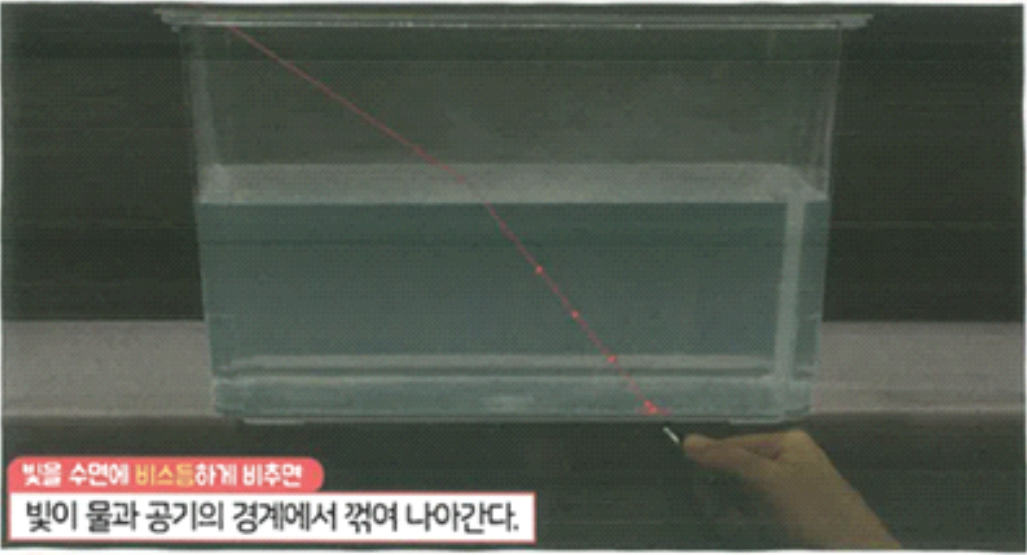
4. 동생들에게 소개할 다른 프리즘 활동을 만들어 절차를 안내하여 봅시다.
 가. 운동장에 나간다
 나. 햇빛이 잘 닿는 곳에 프리즘을 설치한다.
 다. 검정색 종이로 흰색 종이를 준비한다.
 라. 프리즘을 투사시키고 검정색에 각각 쓴다.
 마. 사진을 찍어 두가지의 선명도를 비교한다.

X
X

Figure 1. The example of learning task that requires an array of procedures and verification

빛은 공기와 물의 경계에서 어떻게 나아갈까요?

신곡초등학교 6학년 4반 번호 (10) 이름 (. .)



빛을 수면에 비스듬하게 비추면

빛이 물과 공기의 경계에서 꺾여 나아간다.

실험준비물 : 투명한 사각수조, 물, 우유, 스포이트, 유리 막대, 투명한 아크릴판, 레이저

- 위에 나열된 실험준비물을 모두 활용하여 빛의 굴절 실험에서 필요한 절차들을 추론하여 순서대로 나열하여 봅시다.
 ex) 레이저를 아래에서 위로 비스듬히 비춘다. 물을 수조에 반 정도 채운다.
 실험준비를 준비한다. 투명한 사각수에 물을 반쯤 채운다. 스포이트로 우유 조금 넣는다.
 물을 채운 수조 위에 투명한 아크릴판을 올린다. 수 위에서 레이저를 비추면, 빛의 굴절 실험한다. 아래에서 위로 비스듬히
- 실험절차를 5~6단계 정도로 요약하여 정리하여 봅시다.
 가. 준비물을 준비한다. 물에
 나. 수에 물을 반 정도 채운 뒤, 스포이트로 우유 조금 넣는다.
 다. 수 위에 투명 아크릴판 을 올린다.
 라. 수조 아래에 레이저를 비추어 레이저의 굴절을 파악한다.
 마.

Figure 2. The example of a learning task that arranges a solution to a problem

제해결 과정을 수행할 수 있도록 학습이 진행되기 때문에 이러한 하위영역에 긍정적인 효과를 주었다고 생각할 수 있다(Figure 2). 특히, 절차적 사고과정 수업전략 단계 중 ‘문제해결순서 정하기’와 ‘문제해결절차 점검하기’의 활동이 ‘해결책 생각하기’와 ‘해결방법 확인하기’ 영역에 긍정적인 효과를 준 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 알고리즘을 배열하고 수정하고 검증하는 SW를 활용한 초등과학 수업에서 아이들의 창의적 문제해결력을 향상시킨다는 Lee & Kwon (2018)의 연구결과와 Kwon & Kim(2018)의 SW 프로그래밍 교육과 창의적 문제 해결력과의 상관관계가 있다는 보고와 맥을 같이한다 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 초등학교 6학년을 대상으로 절차적 사고과정 수업전략을 활용한 과학수업을 개발하여 적용 한 후 학생들의 컴퓨팅 사고력과 창의적 문제해결력의 변화를 알아보고자 하였다. 결과를 요약하자면 다음과 같다.

첫째, 초등과학 수업에서 절차적 사고과정의 수업전략을 활용한 실험반 학생들의 컴퓨팅 사고력은 비교반 학생들에 비해 높아졌으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 이 연구에서는 절차적 사고가 수업의 목적이 컴퓨팅적 사고력 향상을 위한 알고리즘 학습이 아니라 과학수업의 학습목표에 도달하기 위한 전략으로 활용하는데서 그 한계가 있음을 알 수 있었다. 그리고 절차적 사고력의 향상만으로는 종합적인 컴퓨팅 사고력을 향상시키기 어려웠다. 그러나 과학교과에서 활용한 다양한 문제해결상황과 실험 설계 및 수행과정에 절차적 사고 활동 요소가 있음을 확인할 수 있었다.

둘째, 실험반 학생들의 창의적 문제 해결력에 있어서도 비교반 학생보다 높게 향상되었고 이는 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다. 이로써 절차적 사고과정 수업전략은 전체적으로

주어진 문제를 분해하고 문제해결절차를 스스로 계획, 실행 및 점검하는 등 문제해결에 초점을 맞추어 학습이 진행되기 때문에 창의적 문제해결력 전반에 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있었다.

위와 같은 결과로 볼 때 이 연구에서 고안한 절차적 사고과정을 활용한 수업전략은 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 효과가 있음을 알 수 있었으나, 컴퓨팅 사고력의 향상에 직접적인 영향을 주지 못함을 알았다.

이 연구와 직접적으로 관련있는 선행연구는 Park(2014)의 알고리즘 학습이 절차적 발달과 Hwang(2018)의 절차적 사고를 위한 순서도 학습활동의 적용 외에 찾아보기 힘들다. Kang (2019)과 Kim & Kim(2015)의 앱 인벤터를 활용한 SW교육이 컴퓨팅 사고력에 미치는 효과가 있고, Kim(2016)의 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 EPL 및 피지컬 컴퓨팅 교육과정의 개발과 적용, 허경의 IoT 장치 개발과제를 통한 컴퓨팅적 사고 등에 대한 연구 등에서 볼 때 컴퓨팅적 사고력 향상을 위한 앱, 프로그램 등연구가 최근에 수행되고 있음을 알 수 있는데, 특정 앱이나 프로그램 이외에 언플러그드 학습을 통한 컴퓨팅적 사고를 향상시킬 수 있는 교과학습 프로그램 개발에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

참고 문헌

- Choi, S. Y., & Kim, J. (2011). The effects on students' leaning types through the creative problem solving teaching model in elementary science class. *Journal of Korean Elementary Science Education, 30*(4), 615-623.
- Choi, S. Y., & Kang, H. K. (2006). Development of the scientific creative problem solving test for the selection of gifted science students in elementary school. *Journal of Korean Elementary Science Education, 25*(1),

- 27-38.
- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Hur, K. (2018). An educational application of an IoT device development task for visualization of computational thinking processes. *The Journal of Education*, 38(3), 255-267.
- Hwang, A. R. (2018). *Teaching & learning method and application of flow chart for procedural thinking* (Unpublished master's thesis). Seoul National University of Education, Seoul, Korea.
- Jones, A. T., Simon, S. A., Black, P. J., Fairbrother, R. W., & Watson, J. R. (1992). *Open work in science: Development of investigations in schools*. Hatfield, AL: Association for Science Education.
- Jung, U., & Lee, Y. (2017). The applicability and related issues of Bebras Challenge in informatics education. *The Journal of Korean association of computer education*, 20(5), 1-14.
- Kang, E. H. (2019). *Effects of software education using app inventory on computing thinking and creative problem solving ability* (Unpublished Master's thesis). Hanbat National University, Daejeon, Korea.
- Kim, J. (2016). *Development and application of EPL and physical computing curriculum in elementary schools for computational thinking* (Unpublished Master's thesis). Cheongju National University of Education, Cheongju, Korea.
- Kim, Y., & Kim, J. (2015). Development and application of software education program of App inventor utilization for improvement of elementary school girls' computational thinking. *Journal of The Korean Association of information Education*, 19(4), 385-398.
- Kwon, J., & Kim, J. (2018). A study on the relationship between SW programming education and creative problem solving. *Journal of the Society of E-learning*, 3(1), 1-9.
- Kwon, Y.-J., Jeong, J.-S., Park, Y.-B., & Kang, M.-J. (2003). A philosophical study on the generating process of declarative scientific knowledge-focused on inductive, abductive, and deductive processes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(3), 215-228.
- Lee, E. (2009). *A robot programming teaching and learning model to enhance computational thinking ability* (Unpublished doctoral dissertation). Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea.
- Lee, S., & Kwon, N. (2018). The effects of elementary science class using SW on students' problem solving skills and scientific attitude. *The Journal of Education*, 38(2), 289-304.
- Ministry of Education [MOE]. (2015a). *General guideline draft for the 2015 National Curriculum*. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education [MOE]. (2015b). *2015 Science education Curriculum*. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education [MOE]. (2015c). *2015 Software education operating guide*. Sejong, Korea: Author.

- Ministry of Education [MOE]. (2015d). *2015 6th grade elementary science teacher's guide*. Sejong, Korea: Author.
- Moon G. S. (2013). On learning algorithms for introducing computational thinking. *Journal of The Korean Association of information Education*, 4(1), 295-300.
- Moursund, D. G. (2006). *Computational thinking and math maturity: improving math education in K-8 School*. Eugene, OR: University of Oregon Press.
- Park, H. (2018). *The effects of project-based robot programming education on interests in robots and computational thinking of elementary school students* (Unpublished Master's thesis). Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea.
- Park, J. (2012). *Analysis of the relationship between computational thinking ability and infant play* (Unpublished Master's thesis). Korea University, Seoul, Korea.
- Park, Y. J. (2014). *A study on the effects of conceptual algorithms to algorithm interest and algorithmic thinking development with graph coloring* (Unpublished Master's thesis). Daegu National University of Education, Daegu, Korea.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking: A guide for teacher*. Retrieved from <http://computingatschool.org.uk/computationalthinking>
- Roychoudhury, A., & Roth, W. M. (1996). Interaction in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), 423-445.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 366(1881), 3717-3725.

국 문 요 약

이 연구의 목적은 초등 과학 수업에서 절차적 사고 과정을 사용하여 학생들의 컴퓨팅적 사고와 창의적 문제해결 능력에 대한 교수 전략의 효과를 알아보는 것이다. 이를 위해 과학 수업에서 활용할 수 있는 절차적 사고 과정을 이용한 수업 전략이 개발하여 적용하였다. 이 연구의 대상은 김포시에 있는 S 초등학교의 실험반(29 명)과 비교반(29 명)의 6학년 학생이었다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 초등 과학 수업에서 절차적 사고과정의 수업전략을 활용한 실험반 학생들의 컴퓨팅 사고력은 비교반 학생들에 비해 높아졌으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 둘째, 실험반 학생들의 창의적 문제 해결력에 있어서도 비교반 학생보다 높게 향상되었고 이는 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다($p < .05$).

주제어: 절차적사고, 초등, 과학수업, 컴퓨팅적 사고, 창의적 문제해결력

Appendix 1. The example of a teaching guide for this study

단원	5. 빛과 렌즈	차시	2/11
차시명	햇빛이 프리즘을 통과하면 어떻게 될까요?	수업모형	절차적 사고과정 수업전략
성취기준	[6과11-01] 햇빛이 프리즘에서 다양한 색으로 나타나는 현상을 관찰하여, 햇빛이 여러 가지 색의 빛으로 되어 있음을 설명할 수 있다.		
학습목표	<ul style="list-style-type: none"> · 종이에 빛을 분산시키기 위한 절차 만들기 · 빛을 보다 더 길게 분산시키기 위한 절차 찾기 		

단계(시간)	교수-학습 활동	자료(◆) 및 유의점(※)
문제이해하기 (5')	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전시 학습 상기 및 동기유발 · 문제해결절차 배열하는 방법 상기하기 · 예쁜 무지개 확인하기 ○ 탐구문제 제시 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 종이에 빛을 분산시키기 위한 절차를 만들어 정리하여 봅시다. </div>	
문제해결절차 정하기 (10')	<활동1> 종이에 빛을 분산시키는 절차 만들기 <ul style="list-style-type: none"> ○ 탐구할 자료 확인하기 · 프리즘, 검정색 도화지, 흰색 도화지, 가위, 칼, 스펀지, 절차적사고과정 활동지(문제가 해결 가능한 작은 단위로 분해되어 있음) ○ 문제해결순서 정하기 ○ 문제해결절차 시각화하기 ○ 문제해결절차 점검하기 	※ 칼과 가위를 사용할 때 주의하도록 안내한다.
문제해결절차 실행하기 (20')	<활동2> 절차에 따라 프리즘에 햇빛을 통과시켜보기 <ul style="list-style-type: none"> ○ 문제 해결 절차 실행하기 -모둠1번은 햇빛의 방향에 맞게 프리즘을 스펀지에 고정한다. -모둠2번은 검은색 도화지에 긴 구멍을 뚫는다. -모둠3번은 통과한 햇빛이 닿는 곳에 도화지를 놓는다. -모둠4번은 검은색 도화지를 방향에 맞게 들고 있다. -모둠1번은 검은색 도화지의 긴 구멍을 통과한 햇빛이 프리즘을 통과할 수 있도록 프리즘의 위치를 조절한다. -모둠2번은 빛의 여러 가지 색깔이 나왔는지 확인한다. -모둠3번은 분산된 빛이 어떤 모습인지 기록한다. 	※ 모둠원이 한 단계씩 문제해결절차를 수행한다.
평가하기 (5')	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학습목표 도달 여부 확인하기 및 문제해결절차 평가하기 · 절차에 따라 문제를 잘 해결하였는지 확인하기 · 다른 모둠과 문제해결절차 비교하여 점검하고 수정하기 	