Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

프로그래밍 기반 수업이 과학교사의 TPACK에 대한 인식에 미치는 영향

최은선, 이영준, 백성혜*
한국교원대학교

The Effects of Programming-Based Lessons on Science Teachers' Perceptions Related to TPACK

Eun-Sun Choi, Youngjun Lee, Seoung-Hey Paik*
Korea National University of Education

ARTICLEINFO

Article history:
Received 25 May 2017
Received in revised form
5 June 2017
20 July 2017
Accepted 20 July 2017
Keywords:
science teacher, programming, instructional materials, TPACK

ABSTRACT

In this study, 37 elementary, middle, and high school science teachers attending graduate schools of education were surveyed about their thoughts about the difficulty of teaching science units and teaching methods to teach these units to students. After experiencing the activity of making new teaching tools using scratch, we tried to confirm the development of TPACK among the teachers. Through the questionnaire survey for elementary, secondary, and high school science teachers, we selected the unit of Planetary Movement of the Solar System as a unit that is difficult for teachers to teach. We gave them the experience of instruction on tool making process for implementing a planetary operation model using scratch. Then, based on the questionnaires and class presentations, we analyzed the change of awareness about technology introduction and the development of their TPACK. As a result, most of the teachers showed changes of perceptions related to TK, TCK, TPK; the use of programming for creating teaching materials enhances teachers' understanding of the teaching contents; the teachers were convinced that students would develop the ability to construct models that fit observational phenomena; they thought that there would be a positive educational effect in the positive domain.

Ⅰ. 서론

미국의 수학 및 과학 표준에서는 테크놀로지가 학습 환경에 상당히 많은 잠재력을 가지고 있는 수업 도구라고 제안하였다(National Research Council, 1996). 테크놀로지의 잠재력은 그것을 학습자의 학습에 큰 영향을 미칠 수 있다. Murphy(1997)는 테크놀로지가 구성주의적 학습을 통해 학생들의 능동적인 학습이 일어나기에 최적의 매체라고 하였으며, Stronge(2010)은 테크놀로지를 이용한 학습과 전통적인 교수방식의 융합은 학생들의 인지적 능력을 강화시켜줄 수 있다고 언급했다. 또한 Osborne and Hennessy(2003)은 과학 수업에서 테크놀로지를 사용하는 것은 학생들의 반성적 사고능력, 데이터 취급 및 수집 능력뿐만 아니라 동기부여와 참여를 이끄는데 도움을 준다고 말했으며, Wang(2009)는 I테크놀로지를 통해 학생들이 활동적이고 독립적인 학습자로 변할 수 있는 새로운 지식 창출 활동이 가능하다고 언급했다. 이렇듯 많은 선행 연구를 통해서 현대사회의 테크놀로지가 학생들의 학습에 긍정적인 영향을 미친다고 말하고 있다.

Bransford *et al.*(2000)는 그의 연구에서 테크놀로지를 수업에 도입하는 것은 학생들의 학습과 연관되어있을 뿐만 아니라 이러한 학습의 기회를 지원해주는 교사의 교수법과도 많은 연관이 되어있음을 강조하면서, 테크놀로지를 활용한 교사의 수업전문성을 획득하는 것에 대한 중요성을 언급하였다. 또한 Valanides & Angeli(2008a; 2008b)는 학생들이 과학 개념을 올바르게 이해하도록 돕는다는 과학교육 목표를 이루기 위한 방법론적인 측면에서 테크놀로지를 통한 특정한 행동의 유도가 어떻게 교육에 사용될 수 있을지를 교사들에게 가르치는 것이 필요하다고 언급했다.

따라서 교사들이 수업에 테크놀로지를 활용할 수 있는 역량을 갖추는 것은 매우 중요하다. 교사의 수업전문성에 대한 연구를 처음 제안한 Shulman(1986)은 교수 지식(Pedagogical Knowlege, PK), 교과 내용에 대한 지식(Content Knowledge, CK), 그리고 이들 둘의 결합체인 교수 내용 지식(Pedagogical Content Knowlege, PCK)에 대해서 교사들이 갖추었을 때 비로소 교사의 수업전문성이 갖춰졌다고 보았다. 그 후 수업에서도 다양한 기술의 도입이 시작되면서 교사는 여러 가지 수업에 사용될 수 있는 도구들을 수업에 적절히 사용하여 수업의 질을 향상시키기 위한 새로운 지식 틀을 갖춰야 한다는 제안이 일어나기 시작했다. 이에 Mishra & Koehler(2006)은 Shulman이 제안한 PCK 틀에 테크놀로지에 대한 지식을 결합시킨 새로운 지식으로서 미래의 교사가 지녀야 할 새로운 수업전문성인 TPACK (Technological Pedagogical And Content Knowledge, 이하 TPACK)을 제안하였고, TPACK의 세부 구성 요소로서 TK(Technology Knowledge, 이하 TK), TCK(Technological Content Knowledge, 이하 TCK), TPK(Technological

* 교신저자 : 백성혜 (shpaik@knue.ac.kr)
** 본 논문은 최은선의 2016년도 석사 학위논문에서 발췌 정리하였음
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.4.693

Pedagogical Knowledge, 이하 TPK)을 제안하였다(Figure 1).

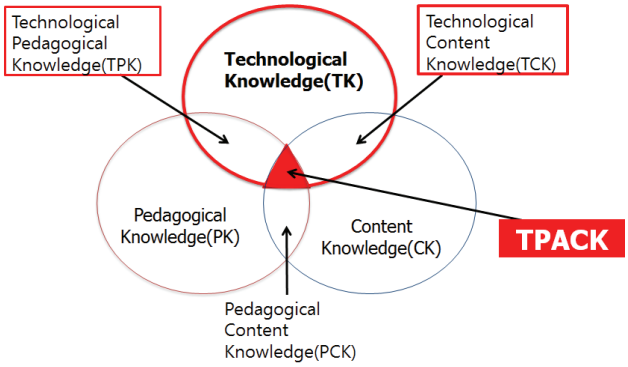


Figure 1. Technological Pedagogical Content Knowledge(Mishra & Koehler, 2006)

이때, TK는 수업에서 활용될 수 있는 모든 수업도구로서의 테크놀로지에 대한 지식을 의미하며, 테크놀로지는 연필에서부터 최신 첨단 기술까지 다양하다. 그러나 대부분의 경우에는 좁은 의미로 학교에 많이 설치되어 있는 컴퓨터를 수업 도구로 활용하는 능력을 말한다. 학교에서 여러 가지 용도로 컴퓨터가 활발히 사용되고 있기 때문에 많은 교사들은 기본적으로 컴퓨터를 사용하는 능력들을 가지고 있다. 컴퓨터를 이용해 문서를 작성하거나 인터넷 검색을 하는 등 컴퓨터를 사용할 줄 아는 이러한 지식들은 모두 TK로 간주된다.

TPK는 테크놀로지를 수업에 도입할 때 필요한 교수 활동 전반에 관한 지식들을 의미한다. 교수 활동 전반에 대한 지식은 교수학습 이론에 대한 지식, 교육과정에 대한 지식, 학습자에 대한 이해 등이 포함될 수 있는데 이러한 교수적 지식에 어떠한 테크놀로지를 결합시켰을 때 효과적인지를 판단할 수 있는 능력은 TPK를 통해 얻어진다고 본다. TCK는 테크놀로지와 특정한 교과 내용의 연계에 대한 지식을 의미한다. TCK를 가진 교사들은 특정 내용 영역에서 학생들에게 개념을 이해시키기 위해 적당한 테크놀로지를 선택하여 사용할 줄 안다. TK, TCK, TPK의 교집합에 속하는 TPACK은 학습 내용에 적절한 테크놀로지를 선택하여 수업을 조직하고 수행할 수 있는 융합적인 지식을 의미한다. 교사들의 기존 CK, PK에 TK가 더해지면 새로운 TCK, TPK을 획득할 수 있게 되고, 계속적인 연구와 도전을 통해 궁극적으로 교사는 TPACK을 획득하여야 한다.

Mishra & Koehler(2006)는 앞으로 테크놀로지적 지식을 교사들이 수용하는 것은 교사전문성을 높이는 기반이 된다고 주장하였다. 여러 연구들(Hannum & McCombs, 2008; Harper, 2003; Harper & Martinez, 2008; McCombs & Vakili, 2005)에서도 교사는 전통적인 지식 전달의 주체가 아닌 테크놀로지의 도입을 통한 새로운 교육 패러다임의 촉진자임을 언급하고 있다. 따라서 교사들이 테크놀로지를 활용하여 수업할 역량을 가져야 한다고 주장하는 연구들이 꾸준히 제시되고 있다 (Angeli & Valanides, 2005, 2009; Flick & Bell, 2000; Guerrero, 2005; Higgins & Spitulnik, 2008; Hu *et al*., 2015; Kim *et al*., 2007; Lee *et al*.,. 2010; Margerum-Leys & Marx, 2003; Mistler & Songer, 2000; Niess, 2005; Pierson, 2001; Sandholtz *et al*., 1997; Varma *et al*., 2008).

특히 요즘 학교 교실에는 컴퓨터와 프로젝터 장비가 기본적으로 설치되어 있어 교사는 이를 활용하여 PPT나 동영상, 인터넷 검색 등을 통하여 교수 자료를 개발하거나 사용하며, 멀티미디어실도 잘 갖추어져 있어서 이를 활용한 다양한 학습이 진행된다. 그러나 한국의 경우, 학교의 대부분 교실에 컴퓨터와 인터넷의 구축은 잘 되어 있지만(Han *et al*. 2013), 과학 교사들의 테크놀로지 사용은 주로 워드프로세서 또는 프레젠테이션 사용이 대부분이었다(Lee, 2015). Lee(2015)의 연구에 따르면, 그래픽 또는 그림 소프트웨어의 사용 비중도 높은 반면 마인드 맵 프로그램, 모의실험 및 모델링 프로그램, 상호 작용적 디지털 학습 자원 등의 사용은 낮은 편이었다. Llorens *et al*.(2002)은 연구를 통해 컴퓨터와 인터넷의 구축 외에 교사들이 특정 테크놀로지 학습을 바탕으로 한 적절한 지원들은 제공받지 못하고 있다고 주장하였다. 이를 통해 대부분의 교사들은 이미 개발된 프로그램을 교육에 활용하는 수준의 교수능력을 가지고 있으며, 스스로 프로그래밍을 통해 보다 능동적으로 테크놀로지를 수업에 활용하는 역량은 부족함을 알 수 있다.

TPACK의 중요성과 함께 교사들의 TPACK 발달을 위한 교사 교육에 대해서도 점점 강조되고 있는 추세이다(Lawless & Pellegrion, 2007). 따라서 이 연구에서는 현재 우리나라 교사들이 과학교육에서 테크놀로지를 활용하는 수업 실태를 파악하고, 교사가 스스로 프로그래밍을 통해 수업 도구를 개발하는 역량을 길러주는 수업이 교사의 TPACK에 대한 인식에 어떤 영향을 미치는지 알아봄으로써 교사의 TPACK 발달을 위한 교사 교육에 주는 함의를 찾아보고자 하였다. 연구문제를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

첫째. 과학 수업에서 가르치기 어려운 단원과 수업방식은 무엇이며, 가르치기 어려운 이유는 무엇인가?

둘째. 프로그래밍 기반 수업을 통해서 교사들은 TPACK의 각 요소에 대해 어떠한 인식을 하게 되었는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 전국에서 근무하는 37명의 현직 과학 교사들이었으며, 한국의 중부에 위치한 교육대학원을 다니고 있었다. 이들은 대학원 전공 강좌 중 하나로 이 연구에 참여하였고, 석사 1학기부터 박사 5학기까지 고르게 분포하였다. 전공도 초등과학교육, 공통과학교육, 물리교육, 화학교육, 생물교육 등 다양하였으나 과학교육전공이라는 점에서는 공통점이 있었다. 구체적인 연구 대상의 정보는 Table 1에 제시하였다. 수업 중에 스크래치 실습 및 수업 발표를 위해 3~4인의 교사들이 한 조를 구성하여 총 11개의 조가 편성되었다.

2. 프로그래밍 기반 수업

프로그래밍을 학습하는 수업 과정은 3주 동안 이루어졌는데, 주중에 매일 4시간씩 12차시 동안 총 48시간으로 진행되었다. 프로그래밍을 교사들에게 가르치기 위해 스크래치라는 특정한 대상을 선택한 이유는 다른 프로그래밍에 비해 사용 방법이 직관적이고, 비교적 단순하여 이 분야의 전문가가 아니더라도 쉽게 학습할 수 있다는 장점

Table 1. Participants

분류	학교급			교육경력			
	초	중	고	0~5년	6~10년	11~15년	16년 이상
교사수(명)	5	10	22	16	13	4	4

이 있기 때문이다. 또한 웹기반 프로그램이기 때문에 별도의 프로그램 설치가 필요하지 않아서 학습 후에 학교로 돌아가 활용하는데 어려움이 없기 때문이다. 프로그래밍을 전혀 모르는 과학교사들이 짧은 시간에 프로그래밍을 이해할 수 있는 가장 적합한 도구라는 공학교육 전문가의 추천을 받아 스크래치를 선택하였다.

프로그래밍 수업을 위해 컴퓨터교육과 조교들과 협력하였으며, 수업은 컴퓨터실습실에서 진행하였다. 구체적인 수업 내용은 Table 2에 제시하였다.

1차시 수업 때는 오리엔테이션과 함께 개인정보 수집동의서, 모바일 설문지와 TPACK 지필 사전설문지를 연구 대상에게 실시하였다. 설문 결과, 초, 중, 고등학교의 많은 교사들이 쉽게 관찰하거나 측정하기 어렵다는 이유로 천체의 운동을 가르치기 어려운 단원으로 제시하였다. 2차시 수업에서는 과학교육전공 교수가 고대부터 현대까지 과학의 변천에 대해 소개하면서 과학의 본성에 관련된 내용을 제시하였다. 이 수업에서는 교사들의 1-2차시 모바일 설문 자료를 토대로 '천동설과 지동설'을 소재로 과학의 본성에 대한 내용을 제시하였다. 즉, 천동설의 입장에서 천체를 관측했던 때의 인식과, 그 이후에 천동설에 위배되는 관찰 자료들을 토대로 지동설로 다시 천체를 관찰했을 때 인식의 변화를 통해 과학 이론이 어떻게 발전해 나가는지 살펴보았다. 수업을 진행하면서 천동설과 지동설 중 어떤 모델이 관측 사실을 더 잘 설명하는가에 대해 질문을 던지고, 과학 모델이 어떻게 작동되고 구현되는 가를 이해하는 것이 중요함을 연구 대상자들에게 설명하였다. 3~4차시 수업에서는 교과서 분석을 통해 '천동설과 지동설' 내용을 어떻게 서술하고 있는지 파악하고, 태양계 단원의 '천동설과 지동설' 학습 내용을 학생들에게 효과적으로 전달하기 위한 교수법에 대해 토의하였다.

5차시에서 연구진은 수업도구로 프로그래밍을 제작하는 방법에 대해 소개하였으며, 교사들에게 요구되는 새로운 수업전문성인 TPACK에 대해서도 설명하였다. 6~7차시 수업에서는 컴퓨터교육과 조교들이 '스크래치 기법 이론과 실습'을 진행하였으며, 교사들은 연습문제를 풀면서 스크래치 언어를 구현하는 연습을 했다. 8~9차시 수업에서는 6~7차시에 배운 기술을 토대로 '천동설로 설명한 금성의 위상변화', '천동설로 설명한 화성의 역행운동', '지동설로 설명한 금성의 위상변화', '지동설로 설명한 화성의 역행운동' 중 한 가지 주제를 선택하여 조별로 스스로 원하는 수업 자료를 프로그래밍하는 경험을 하였다. 이 때, 연구자들은 요청한 조에 한해서 각 주제에 대한 예시 스크립트를 제공하였다.

10~11차시에는 조별로 만든 스크래치 수업자료를 발표하고, (a) '학생들이 왜 태양계 단원을 어려워하는가?', (b) '스크래치 프로그램을 도입하였을 때의 장단점은 무엇인가?', (c) '스크래치 프로그램을 단원에 도입하기 위한 방안은 무엇인가?' 등 다양한 주제로 조별 토론을 하였다. 발표 및 토론 내용은 모두 녹음하여 전사하였다. 수업의 마지막 시간인 12차시에는 스크래치를 활용한 또 다른 수업 도구 개발의 사례들을 소개하였고, TPACK 지필 사후설문지를 실시하였다.

3. 자료수집

가. 모바일 설문지

1차시 수업에서 제공된 모바일 설문지는 '기존의 과학수업에서의 가르치기 어려운 단원과 수업방식'과 '가르치기 어려운 이유'에 대해 물어봄으로써 기존의 과학 수업에 대한 교사들의 인식을 조사하였다. 모바일 설문지는 크게 두 가지 질문으로 구성되었는데, [질문 1]은 가르치기 어려운 단원을 최대 다섯 가지까지 선택하고, 선택한 단원을 네 가지 교수법(강의, 실험, 모형(교구), 동영상) 중 주로 어떠한 방법으로 가르쳤는지 고르도록 하였다. [질문 2]에서는 선택한 단원이 어떤 면에서 가르치기 어려웠는지 서술형식으로 작성하도록 하였다. 설문지의 첫 페이지에 초등 1~2학년, 초등 3~4학년, 초등 5~6학년, 중등 1~3학년, 고등 1학년, 고등 2~3학년 등 6개의 항목으로

Table 2. Lesson contents

차시	수업 내용	비고
1	수업 안내 / 수업시간 안내 / 분반 안내	모바일 설문 실시지필 사전설문지
2	과학사 및 과학철학 살펴보기(고대 그리스에서 현대까지)	
3	교과서 내용분석/ 교과서에 제시되는 그림 및 모형에 대한 분석 및 토론	
4	과학 교수의 어려움 및 기존 교수법에 대한 토론	
5	테크놀로지를 도입한 수업 동향/ TPACK 소개	
6	스크래치 기법 이론과 실습 1	멀티미디어실
7	스크래치 기법 이론과 실습 2	멀티미디어실
8	프로그램을 적용하여 수업도구 만들기 1	멀티미디어실
9	프로그램을 적용하여 수업도구 만들기 2	멀티미디어실
10	수업 시연 및 프로그램 적용을 통한 수업 효과 등에 대한 토론 1	
11	수업 시연 및 프로그램 적용을 통한 수업 효과 등에 대한 토론 2	
12	새로운 수업에의 적용에 대한 논의	지필 사후설문지

Table 3. Results of Scratch program produced by teachers' groups

발표 주제	교사 팀번호
천동설로 설명한 금성의 위상변화	6
천동설로 설명한 화성의 역행운동	4, 11
지동설로 설명한 금성의 위상변화	2, 5, 7, 10
지동설로 설명한 화성의 역행운동	1, 3, 8, 9

학교급을 나누어 설문을 응하는 교사가 가르치는 학교급별로 설문을 진행할 수 있도록 하였다.

나. 지필 사전 및 사후설문지

프로그래밍을 직접 제작하는 수업이 교사들의 TPACK 발달에 미치는 영향을 알아보기 위한 지필설문지는 Schmidt 등(2014)의 연구에서 개발한 TPACK 검사 도구의 문항들 중 일부를 선택하여 번역하고 수정한 후, 과학교육 전공 교수 1인, 공학교육 전공 교수 1인, 공학교육 박사 1인, 현직 과학 교사 2명의 검토를 받았다.

TPACK 지필설문지의 첫 페이지는 응답한 교사의 이름, 학교급, 경력, 성별, 지역 등 인적 사항을 작성하게 하여 응답한 교사들을 식별할 수 있도록 하였다. 지필설문지는 '이번 수업 중 학습 내용, 기술, 교수법의 결합이 효과적이었던 부분에 대한 서술', '이번 수업 중 본인이 만든 학습 자료 중 내용, 기술, 교수법의 결합이 효과적이었던 부분에 대한 서술', '실제 수업에 어떻게 사용될 수 있을지, 본인의 수업에 적용할 의향이 있는지에 대한 생각 서술' 등 총 3가지 문항으로 구성되었다.

다. 수업 발표

스크래치 프로그램에 대한 기초적 실습 후에 교사들은 11개의 조로 나눠져서 '천동설로 설명한 금성의 위상변화', '천동설로 설명한 화성의 역행운동', '지동설로 설명한 금성의 위상변화', '지동설로 설명한 화성의 역행운동' 중 한 가지 주제를 택하여 직접 수업자료를 만들었다. 이때 연구자들은 원하는 조에 한해서 각 주제에 대한 예시 스크래치를 제공하였는데, 1, 3, 6, 8, 9조 등 5개 조는 연구자가 제시한 스크립트를 참고하여 만들었고, 나머지 2, 4, 5, 7, 10, 11조 등 6개 조는 참고 자료 없이 수업자료를 만들었다.

교사들은 스크래치 제작활동 후 10~11차시의 수업에서 조별 발표를 통해 제작한 스크래치 시뮬레이션을 발표하였다. 이를 정리하여 Table 3에 제시하였다. 또한 스크래치 프로그램을 제작하면서 느낀 점들을 토대로 '개발한 스크래치에 대한 소개', '스크래치 제작 과정 중 느낀 점' 등에 대해 발표하였으며, 조별로 제작한 스크래치 결과물을 1개씩 제출하였다. 10~11차시 수업시간의 모든 발표내용은 조별로 녹음하여 전사하였다.

4. 자료 분석

모바일 설문지에 대한 분석 절차로서, [질문 1]은 학교급별로 1차 분류한 후 각 학교급에서 선택한 단원과 그에 대한 교수법을 4가지 유형(강의, 실험, 모형, 동영상)으로 구분하여 빈도수와 백분율로 수치화 하였다. [질문 2]는 기존 교수법에 미쳤을 원인에 대해 선행 연구들을 토대로 질적 분석하였다. 응답한 문장을 모두 전사한 뒤 반복적으로 읽어보면서 그 의미를 파악하여 문장에서 주요 키워드들을 골라내었다. 골라진 키워드들은 크게 '학생의 측면', '교육과정 측면', '교사의 측면' 등 세 가지의 항목으로 분류하였고, 각 항목에서도 다시 세부적으로 유목화하여 질적 분석하였다.

TPACK 지필설문지의 3개의 서술 문항과 수업 중 발표 내용의 질적 분석을 위해서 우선 Mishra and Koehler(2006)에서 언급한 TK, TPK, TCK, TPACK 요소들의 정의를 토대로 표 Table 4와 같이 분류 기준을 세웠다. 그 후 지필 설문지와 수업 발표의 전사 자료를 반복적으로 읽고 내용을 토대로 분류 및 분석하여 프로그래밍 기반 수업이 교사들의 TPACK에 미친 영향을 알아보았다.

Table 4. Classification criteria for qualitative analysis of TPACK development

Coding	Category
TK	- 스크래치의 이해, 장단점 인식
TPK	- 스크래치의 적용 대상에 대한 인식
	- 스크래치의 적용 방법에 대한 인식
	- 스크래치의 적용 시기에 대한 인식
TCK	- 스크래치의 적용 내용에 대한 인식
TPACK	- 스크래치를 활용한 수업이 학습자의 발달 등에 미치는 영향에 대한 인식

Table 5. The units that is difficult for teachers to teach(the number of teachers)

학교급	단원(명)
초등	물질의 성질(1), 지구계(4), 태양계(2)
중등	물질 성질(4), 물질 입자(6), 전자기(3), 에너지(2), 생명현상(9), 지구계(4), 태양계(3)
고등	물질 입자(2), 전자기(2), 에너지(6), 생명현상(9), 태양계(11)

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 기존의 과학 수업에 대한 교사의 인식

가. 과학 수업에서 가르치기 어려운 단원과 수업방식

모바일 설문지를 통해 교사가 가르칠 때 어려움을 느끼는 단원에 대해 조사한 결과를 Table 5에 제시하였다.

교사가 학습단원을 가르칠 때 어려움을 느끼는 단원으로 초등, 중등, 고등학교에서 꾸준히 제기된 단원은 '태양계'이다. '또한 학년이 올라갈수록 지도에 어려움을 느끼는 교사의 수가 더 많아지는 것으로 나타났다.

과학 교수의 어려움을 느낀 단원에 대해 교사들은 어떠한 교수법을 주로 사용하였는지 알아본 결과를 Figure 2에 제시하였다. 고등학교의 경우 2, 3학년은 거의 강의식 수업이 이루어지고 있어서 다양한 교수법이 나타나지 않았다. 따라서 비교하는 학교급의 범위를 초등, 중등, 고등(1학년)으로 구분할 때 고등학교는 1학년 교사의 응답까지만 분석하였다.

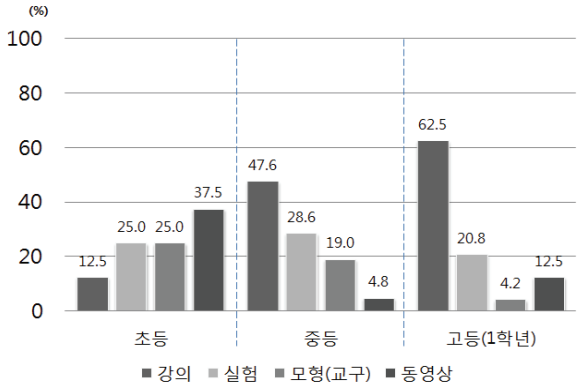


Figure 2. Science teachers' routine teaching methods

고등학교 2, 3학년 교사들의 응답을 제외하였음에도 불구하고, 학교급이 올라갈수록 과학교사들은 강의식 교수법을 선택하는 비율이 높아졌다. 초등학교에서 가장 높은 비율은 동영상이었으나, 대부분의 동영상은 이미 제작된 수업 과정을 소개하고 학생들이 이를 따라 하도록 구성된 자료이므로 이 역시 강의식 수업의 일종으로 해석할 수도 있다. 초등학교 교사 T7은 발표수업에서 인디스쿨(www.indischool.com)과 아이스크림(www.i-scream.co.kr)이라는 동영상을 소개하였는데, 상당수의 초등학교 교사들이 이러한 동영상 자료를 활용하고 있었다. 교사 T31은 동영상 자료 사용이 교사 중심의 수업도구이기 때문에 학생들의 주의력을 끌지 못할 수도 있어 학생들에게 효과적이지 못함을 인식하고 있었다.

T31: 또 이제 선생님들이 동영상을 많이 사용하시잖아요. 동영상도 분명히 요즘 아이들이 시각적인 세대기 때문에 분명 효과적이긴 해요. 근데 동영상 역시 교사가 주도하는 수업이기 때문에 애들이 딴 데 보고 하면 휙 지나가 있어요. 달의 모양이 변하고 있는데 아래 봤다가 보면 이미 지나간 거에요. 그 아이들은 이미 학습할 기회가 사라진 거죠. (초등 5년차, 7조 수업발표)

모든 학교급에서 과학 교사가 교수의 어려움을 공통적으로 느낀 '태양계' 단원에서는 어떤 교수법으로 가르치는지 알아본 결과를 Table 6에 제시하였다.

초등학교는 동영상으로, 중학교는 모형으로, 그리고 고등학교 1학년은 강의로 수업하는 빈도가 가장 높았다. 모형은 대부분 스티로폼 공을 형광등 앞에서 돌면서 달이 어떻게 보이는지 관찰하는 활동인데, 이때 관찰자인 학생들은 지구 위에 있는 것이 아니라 우주에서 태양과 달의 관계를 관찰하는 것이기 때문에 실제 관찰 사실과 연결하는 것이 쉽지 않은 문제가 있다. 설문 분석과 수업 발표 및 선행연구들을 토대로 할 때, 현재까지 과학교사들에게 강의 방법 이외에 효과적인 태양계 단원의 교수자료가 충분하지 않음을 확인할 수 있었다.

나. 가르치기 어려운 이유

(가) 학생 측면

교사들은 기초 개념이 부족한 학생들에게 과학 개념을 가르치는 것을 어렵게 느끼고 있었다.

T5: 자발적인 반응에 대한 개념 부족 (고등 7년차, 모바일 설문지)
T28: 화학반응식의 양적 관계를 개수적인 측면으로 이해하여 반응비 변환을 하는 것을 어려워함 (고등 7년차, 모바일 설문지)
T27: 생명의 연속성 개념을 이해하기에 학생들의 기본 개념이 부족함 (고등 2년차, 모바일 설문지)

두 번째로 교사들은 암기 위주의 학습방식이 고착된 것 때문에 학생들이 고차원적 사고를 하지 못해서 과학을 가르칠 때 어려움을 느끼고 있었다.

T35: 과학적 지식을 이해하고 규칙을 발견하여 이해할 수 있을 것이라고 생각했는데 학생들은 단순 암기로만 생각하는 것 같아 아쉬움 (초등 8년차, 모바일 설문지)
T13: 규칙성을 배우지 않고 단순 암기를 하는 학생들이 어려워함 (중등 19년차, 모바일 설문지)
T1: 다양한 규칙들이 나오는데 실험으로도, 이론으로도 와 닿지 않는 듯 한 느낌을 많이 받아 결국 강의식으로 진행하였음 (중등 2년차, 모바일 설문지)

Table 6. Teachers' teaching methods chosen for Solar System Unit

학교급	강의	실험	모형(교구)	동영상
초등	0	0	0	2
중등	1	0	2	0
고등(1학년)	8	0	0	2
인원수	9	0	2	4

(나) 교육과정 측면

교육과정에서 제시된 학습 내용 수준도 학생들의 수준과 맞지 않는데, 이러한 점 역시 문제점으로 교사들은 인식하고 있었다.

T4: 원자의 구조에서 양자수를 어느 수준까지 가르쳐야 하는지 막막했다. (고등 7년차, 모바일 설문지)
T23: 아이들이 전자 확률 분포를 이해하기도 힘들고, 또 고등학교 화학 1에서 이걸 왜 아이들이 알아야 하는지에 대한 필요성을 모르겠음 (고등 1년차, 모바일 설문지)

특히 타 교과 교육과정과 연계되지 않으면 학생들의 학습에 어려움이 발생하는 문제도 가르칠 때의 어려움으로 교사들은 인식하고 있었다.

T8: 수학 교과에서 학습하지 않은 미적분 부분에 대한 선행개념이 필요하여 도함수 부분을 설명해야 한 점이 어려웠음 (고등 1년차, 모바일 설문지)

교육과정의 구성 자체도 학생들의 고차원적인 사고력을 요구하기에 적절하지 않다고 교사들은 인식하고 있었다.

T21: 정보통신과 신소재가 내용이 흥미 위주로 하기에는 차수가 많고, 시간분배가 어렵다. (고등 1년차, 모바일 설문지)
T23: 사고방식의 변화나 과학사를 적용해서 활동 중심 수업을 해보기엔 진도를 나가기 힘듦. 결국 사실 소개로 끝나버림 (고등 5년차, 모바일 설문지)

(다) 교사 측면

비록 교사들은 학생들의 사고력 부족을 이유로 들었지만, 이러한 응답을 통해 학생들에게 사고력을 길러주기 위한 교수법에 대한 역량을 교사들이 가지고 있지 못함을 파악할 수 있다. 이는 교사들의 강의 방식과도 연계가 되는데, 교사들 스스로도 교수법의 부재를 문제로 인식하였다.

T6: 강의식, 나열식이 아닌 다른 교수 학습법을 적용하기 어려운 단원이 있다. (고등 4년차, 모바일 설문지)
T22: 이론 수업은 학생들이 너무 지루해한다. 그러나 다른 방법을 내가 잘 모른다.(중등 4년차, 모바일 설문지)
T3: 아이들의 동기 유발이 힘들다. (고등 1년차, 모바일 설문지)

이를 통해 학생들에게 과학을 지도하는 교사의 수업전문성의 부족을 파악할 수 있었다. 그러나 스스로 학생들의 눈높이에 맞는 수업 도구를 제작할 역량을 가지지 못한 문제를 지닌 교사들을 도울 수 있는 교수 학습 자료의 부족도 문제의 원인으로 지적되었다.

T28: 융합과학을 어려워하고 교과서에 내용이 너무 축약되어 있어서 내용을 충분히 이해할 자료를 따로 마련하기 어렵다. (고등 7년차, 모바일 설문지)
T34: 눈에 보이지 않는 유전자 발현을 시각화하여 학습하기 어려운 점이 있다. 최근 생명공학 내용에 대한 시각화 및 동영상 자료가 부족하다. (고등 6년차, 모바일 설문지)

비록 교사들은 다양한 이유로 가르치는 어려움을 논의하였지만, 결국 이러한 어려움은 교사의 수업전문성을 통해 해결해야 할 문제라고 할 수 있다. 그러나 대부분의 교사들은 학생들의 수준에 맞는 방식의 교수법에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났으며, 특히 이미 다른 사람들에 의해 개발된 교수 자료를 활용하는 방식 이외에 스스로 교구를 제작하여 학생들의 학습 이해를 높이기 위한 교사들의 능력이 매우 부족함을 알 수 있다. 뿐만 아니라, 과학 교사들조차도 자신이 가르치는 내용에 대한 이해가 부족한 경우도 관찰되었다.

T14: 비전공자라 지식이 많이 부족해서 힘듦 (고등 17년차, 모바일 설문지)
T27: 과학적 기본 지식을 전달하는데 부족함이 느껴져서 어려웠던 것 같다. (고등 2년차, 모바일 설문지)

따라서 교사들은 수업전문성 부족으로 인해 학생들에게 적합한 교수법을 구성하는데 어려움을 느끼고 있었다. 학습이 효과적으로 이루어지기 위해서는 학생의 근접발달영역 안에서 비계가 적절히 제공되어야 하는데, 이를 구성하고 가르칠 교사의 역량이 부족한 것이다.

2. 프로그래밍 기반 수업을 통해 교사들의 TPACK 각 요소에 대한 인식 변화

가. TK에 대한 인식

교사들은 4차시에 걸쳐 프로그래밍을 배우고 천동설과 지동설에 관련된 수업도구를 만들었다. 이 수업을 통해 교사들은 프로그래밍으로 직접 수업 자료를 개발하는 것의 장점을 인식하게 되었다. 교사들이 장점으로 생각하는 것은 무한 반복이 가능하다는 점, 블록화가 되어있다는 점, 원하는 그림을 구현할 수 있다는 점, 쉽게 변화를 줄 수 있다는 점 등으로 다양하였다.

T15: 움직이는 거리나 각도를 조절할 수 있다. 그 다음에 무한반복이란 스킬이 있기 때문에, 여러 번 하면 이렇게 된다는 것을 누적적으로 보여줄 수 있다는 장점이 있는 것 같고요. 그 다음에 가동 중에 순서가 바뀌면 구현이 그대로 안 되기 때문에 왜 이 순서대로 해야 하는가, 하다보면 컴퓨터 프로그램에 대한 구체적인 이해가 있고.. (중등 7년차, 6조 수업발표)

T6: 그런데 생각을 해보면 실질적으로 스크래치 프로그램이 너무 매력적인 것 같아요. ..(중략).. 얘는 웹상에 놓기 때문에 바이러스 문제가 없고 또 블록화 되어 있잖아요. ..(중략)...그래서 스크래치를 통해서 음악이나 애니메이션이나 그런 것들의 운영체제를 짜고 있더라고요....(중략)...내가 원하는 형태, 내가 원하는 그림을 구현할 수 있어요. ..(중략)...매뉴얼, 틀을 주시면 그걸로 하면 실제 학교에서는 유용할 것 같아요. 저 같은 경우에 그 개념, 코드 주신 걸 보고 거기에 숫자를 따로 따로 입력해봤더니 회전속도가 증가한다던지 아니면 위치가 바뀐다던지 그런 것들이 관찰 가능하더라고요. (고등 4년차, 1조 수업발표)

T29: 저도 맨 처음에 이걸 보고 여기 x좌표에 코사인이 들어가고 y좌표에 사인이 들어가잖아요. 결국 코사인과 사인이 얘기하는게 x좌표와 y좌표가 되는거죠. 그리고 l는 각도, 그래서 여기서 보면 각도가 0에서 시작해서 점점 커지면서 변하는 원이 되는거죠. 그래서 이 스크래치의 가장 강점이 뭐냐고 생각하냐면 이걸 바꿀 수가 있어요.

쉽게. 반지름과 공전속도를 바꿀 수가 있어요. (고등 5년차, 4조 수업발표)

교사들이 습득한 프로그래밍에 대한 지식은 행성의 운행에 대해 새로운 방식의 사고를 할 수 있는 도구의 획득이라고 할 수 있다. 앞서 교사들은 태양계가 초등, 중등, 고등학교에서 가르치기 어려운 단원으로 인식하였으며, 그 이유는 학생들의 기초 개념 부족과 고차원적 사고 부재 때문으로 생각하였다. 그러나 스크래치를 활용한 수업 자료는 학생들의 고차원적 인지 사고를 유도할 수 있는 중요한 도구가 된다는 것을 교사가 인식하였으므로, 이러한 교사의 인식은 TPACK에 대한 긍정적 인식의 변화로 볼 수 있다.

나. TPK 에 대한 인식

프로그래밍 기반 수업을 통해 태양계 단원에 대해 교사 스스로가 개념을 쉽게 이해할 수 있게 되면서, 교수 학습 측면에서 교사들이 프로그래밍 자체를 학생들에게 가르친다면 학습내용을 보다 효과적으로 가르칠 수 있을 것이라고 인식하기 시작했다. 교수법에 대한 부분에서 교사들은 스크래치를 활용한 교수법이 본인의 교수역량을 키우는데 도움이 되었음을 인식하였고 이를 통해 새로운 교수법에 대한 고민을 하게 되었다.

T13 : 가끔 수업 시 내가 원하는 것에 딱 들어맞는 교수학습자료를 찾기가 쉽지 않았는데 그것을 만들 수 있는 도구를 획득하게 되어 보람이 생겼다. 스크래치를 천천히 단계적으로 자습하여 나만의 강력한 도구로 만들 계획이다. (중등 19년차, 교사 지필 설문 주관식 1번)

교사가 스스로 교수 도구를 프로그래밍하여 제작하는 것을 넘어서서, 학생들에게 프로그래밍을 직접 가르치고, 이를 통해 과학 개념을 이해하도록 하는 것이 필요하다고 인식하게 되었다. 그러나 이를 위해서는 학교 교육과정의 틀 안에서 추가적인 고려 사항이 있어야 함을 교사들은 인지하기 시작했다. 이에 따라 교사들은 과학 수업에 프로그래밍을 도입할 대상, 적용 방법, 적용 시기 등을 제안하였다.

첫째로 교사들은 스크래치 프로그램을 적용할 대상으로 과학 동아리를 가장 많이 언급했다. 고등학교의 경우 입시와 교육과정이 연계되어 있다 보니 정규 교육과정 시간에 스크래치를 가르치는 것에 대한 부담을 느낀 것으로 보인다. 그렇지만 스크래치의 교육적 효과를 경험한 교사들은 정규 교육과정 이외의 시간에 적용 가능한 대상들을 선정하여 스크래치를 가르칠 의사를 나타내었다.

T14: 과학과 스크래치라는 동아리를 만들어 과학에 대한 스크래치 프로그램을 만들거나 주제 탐구 시간을 이용하여 학생들이 직접 제작하게 할 수 있을 것 같다. (고등 17년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

T4: 학생들에게 직접 만들어보기를 시킨다면 시간이 많이 소요될 것으로 생각이 들어 일반 교과 시간은 힘이 들 것 같고 대신 동아리 수업이나 특기적성 시간에 활용해 보면 좋을 것 같다. (고등 7년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

두 번째로 교사들은 프로그래밍을 도입한 수업은 다른 교사들과의 협업을 통해서 운영될 때 효과적일 것이라고 인식하였다. 최근에 한국은 융합교육에 대한 변화의 움직임이 커서 교사들 간의 협업에 대한 필요성이 증가되고 있다. 그러나 실제로는 시간을 나누어 개별 교수를 하는 경향이 큰데, 그 이유는 협업의 필요성이 크게 요구되지 않는 수업 내용이기 때문이다. 그러나 스크래치를 이용한 교수 자료를 제작하고 이를 과학시간에 활용하는 경우에는, 과학 및 컴퓨터 전공 교사의 진정한 협업이 필요함을 교사들이 인식하였다.

T21: 프로그램 활용 능력을 키우는데 많은 어려움이 있을 것으로 예상되어 컴퓨터 선생님과 협업하여 사용을 해야 할 것 같다. 실제로 사용할 때엔 교사가 간단한 샘플을 제시하고 학생들이 필요한 데이터를 학생 스스로 찾을 수 있게 하고 데이터를 수정하여 결론을 도출할 수 있게 도와야 할 것 같다. (고등 1년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

T23: 시간이 많이 소요될 것으로 생각되어 학기 초 컴퓨터나 기술 수업과 연계해서 스크래치에 대한 기본기는 익힐 수 있게 수업계획을 짠다. → 통합적 교육과정을 실행할 수 있다. (고등 5년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

셋째로 교사들은 학생들이 프로그래밍을 배워야 하는데, 자신들의 경험을 비추어보았을 때 학생들이 이것을 익히는 데에는 많은 시간이 걸릴 것이라고 예상하였다. 이에 따라 정규 수업보다는 방과 후나 학기말 등을 활용해볼 계획을 다양하게 세워봄으로써 보다 효과적인 교육 방안을 제안하였다.

T14: 단원이 끝난 후 내용의 환기 및 확인차원에서 사용할 수 있을 것 같다. (고등 17년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

T1: 학기 말 교과서 진도의 압박을 느끼지 않아도 될 시기에 학교 정보실을 사용하여 스크래치에 대한 사용방법을 알려줄 예정 (중등 2년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

이러한 교사들의 인식 변화는 테크놀로지가 교육에 미치는 효과를 인식한 것으로 TPK에 대한 인식의 변화로 볼 수 있다.

다. TCK 에 대한 인식

교사들은 프로그래밍을 통해 보다 효과적인 교수 자료를 개발하려는 생각을 표현하였다. 이는 교과 내용을 보다 잘 표현할 수 있는 테크놀로지의 활용에 대한 인식에 영향을 준 것이라고 할 수 있다.

T27: 스크래치를 광합성 단원에 적용하여 수업시간에 광합성에 영향을 주는 요인에 대해 설명하려고 한다. (중등 2년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

T15: 그 다음에 인공위성도 사진 한 장 나오거든요. 지구 주위를 돌고 있다. 등속원운동을 하고 있다라고 나와 있는데..(중략)..스크래치를 쓰면 일단은 다시 지구로 떨어지는 거랑 지구에서 탈출하는 것을 구현할 수 있을 것 같아요. ..(중략)... 태풍이 어디로 꺾일지 예측해 보자 이런 프로그램도 가능할 것 같습니다. ..(중략)..이것도 한랭전선 모양 속도를 좀 빠르게 하고 온난전선도 느리게 해서 프로그램을

진행시키면 따라잡아서 폐색전선을 만드는 것에 도움을 줄 수 있을 것 같습니다. (중등 7년차, 6조 수업발표)

T20: 현재 화, 화II를 가르치는데, 스크래치를 화학반응식의 양적관계에 넣는다면 고3이 되어도 일부 아이들이 혼란스러워하는 질량보존의 법칙, 반응식 세우기, 몰 개념 등을 아이들이 내면화할 수 있을 것 같다. (고등 2년차, 교사 지필 설문 주관식 3번)

연구에 참여한 많은 교사들은 연구자들이 제안한 행성의 운동 이외에도 달의 위상변화, 등속원운동, 천동설과 지동설, 목성의 역행운동, 내행성의 운동, 다른 행성의 운동, 혜성의 움직임, 화성의 위상변화, 동방최대이각, 서방최대이각, 태양으로부터 받는 빛에서 지구로부터 보이는 위상 관찰 등 태양계와 관련된 다른 내용도 적절한 교수 자료를 개발하는데 자신이 배운 프로그래밍을 활용할 수 있을 것이라고 생각하였다. 뿐만 아니라 분자운동, 화학반응식의 양적관계, 광합성에 영향을 주는 요인, 오비탈, 원자 조건을 변하게 하며 실험결과를 조작하는 것, 한랭전선 등 태양계 운동을 넘어서서 다른 과학 수업자료의 개발도 가능하다고 생각하였다. 이러한 생각은 가르칠 교과 내용에 대한 테크놀로지 지식(TCK)에 미친 영향으로 볼 수 있다.

라. TPCK 에 대한 인식

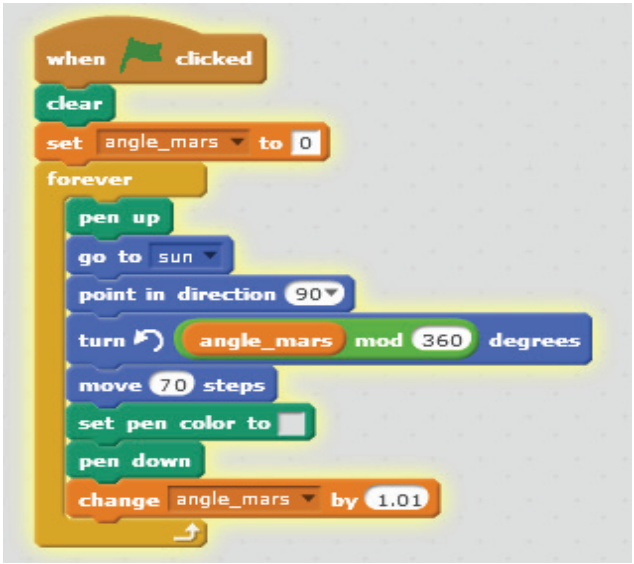
(가) 관찰 현상에 맞는 모델 구성하는 능력 획득

연구자가 제시한 예시를 보고 수정하는 방식으로 수업도구를 개발한 5개 조 중에서, T20과 T21 교사가 포함된 3조는 수업에서 '지동설로 설명한 화성의 역행운동'을 구현하였다. 수업 중에 연구자가 제시한 스크립트는 '무한 반복하기' 블록 속에 화성의 원운동에 대한 위치와 속도를 구현할 수 있는 블록들을 넣었는데, 3조에서는 이를 응용하여 '무한 반복하기' 블록 속에 삼각함수 블록을 이용하여 화성의 원운동을 나타내었다. 3조는 자료를 통해 지구의 공전주기와 화성의 공전주기 등의 자료를 찾았고, 이를 활용하여 스크래치를 좀 더 관측 자료와 가깝도록 정교화 하는 작업을 수행하였다.

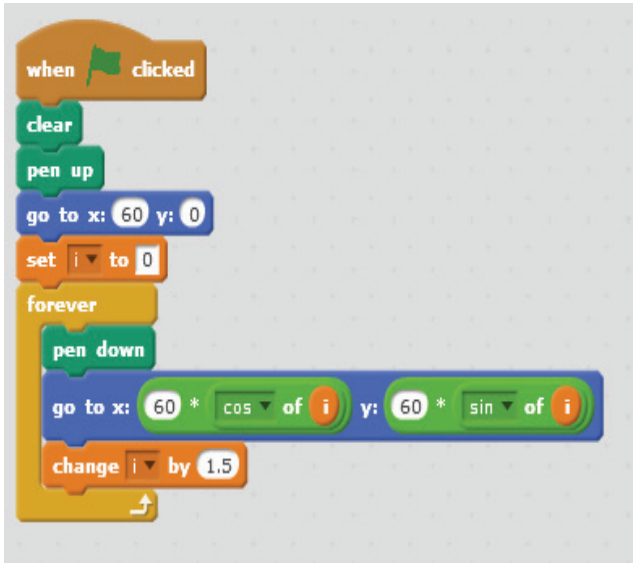
완성된 3조의 수업자료는 삼각함수 개념을 사용함으로서 연구자가 제시한 스크립트보다 간단해졌고, 지구와 화성의 공전주기 등 실제 값들을 대입하는 등의 정교한 작업을 하였기 때문에 연구자가 제시해 준 스크립트에서 나타난 역행 횟수의 오류를 찾아낼 수 있었다.

T21: 저희가 선생님께서 예시로 주신 모델이 있는데, 그걸 저희가 수정을 했거든요. 그래서 그걸 보시면... 처음에는 선생님이 주신 역행 프로그램에서는 지구가 한 바퀴 돌 때 역행이 네 번 다섯 번 일어나요. 근데 그것을 저희가 지구의 공전주기 반지름이랑 화성의 반지름을 저희가 찾아서 계산해서 넣었거든요? 그래서 지구와 화성의 비가 1대 1.5에요. 그래서 그걸 이용해서 지구의 반지름을 40으로 했을 때 화성의 반지름 60 해서 1대 1.5로 맞춰서 집어넣어 봤구요. 공전속도도 지구가 한 바퀴 도는 것이 365도잖아요. 그런데 화성은 680며칠 그래서 비를 맞췄어요. 그래서 이것도 i값으로 속도를 계산할 수 있거든요. 그래서 공전속도를 계산했는데 태양의 위치가 (0,0)이었을 때, 반지름만 넣으면 충분히 공전을 시킬 수 있거든요? 코사인 사인 개념만 있으면 속도를 조절할 수 있다는 장점이 있어요. 먼저 지구가 한 바퀴 공전할 때 역행이 한번 일어난다는 거예요. 그래서 구글에 찾아봤는데 0.8회 정도 나타난대요. 그래서 지구가 한 바퀴 공전할 때 0.8회 정도가 공전하고, 또 역행이 일어나는 지점이 찾아보면 지구랑 화성이랑 태양이 일직선으로 있는 충 지점에서 나타난다는 것도 알 수 있어요. (고등 1년차, 3조 수업발표)

스크레치를 이용하여 화성의 역행을 표현하면서 교사들은 자신이 인식하지 못했던 행성의 운행 모델의 원리를 깨닫게 되었고, 이를 통해 학습자의 이해도 도울 수 있다는 것을 인식하게 되었다. 앞서 많은 과학교사들이 과학 수업 내용에 대한 자신의 이해가 부족하다고 언급하였는데, 교사들이 표면적으로는 교과서 내용을 학생들에게 전달할 수 있지만, 깊이 있는 학생 사고를 이끌어 내지 못하는 것은 과학적 모델의 구성과 검증 과정에 대한 확인이 가능한 교수 도구가 없기 때문이다. 이런 점에서 테크놀로지를 도입한 수업은 교사의 교수방식을 지식전달로부터 모델의 검증 과정으로 변화시키는 것이 가능함을 확인할 수 있었다.



연구자가 제시한 화성 스크립트



3조에서 개발한 화성 스크립트

Figure 3. Comparison of researchers' scripts and the third group teachers' works

T20: 스크래치 프로그램 만들기를 통해 실제로 화성의 역행을 1년에 1회 좀 안되게 일어나고 '충'일 때 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 학생들이 역행이 일주운동이라는 오해 등을 해결하고 역행이 '충'에서 일어난다는 것을 보다 확실히 이해하도록 도울 수 있을 것이다. 달의 운동에 대한 좌표가 있을 때 이를 깊이 해석하다보니 내가 잊고 있던 지식을 기억하는 것이 아닌 새롭게 이해할 수 있었다. (고등 2년차, 교사 지필 설문 주관식 2번)

스크래치를 통해 행성의 운행에 대한 교수 도구를 제작하면서 교사들은 스스로 개념을 이해하는 과정을 경험하게 되었는데, 이는 교사의 지식이 교사의 교수 실행에 많은 영향력을 준다는 연구들(Carlsen, 1988, 1992; Hashweh, 1987; Sanders, Borko, and Lockard, 1993)과 연계해 볼 때, 교사들이 테크놀로지를 이용한 교수 도구를 제작하는 과정은 수업내용에 대한 전문성을 획득하는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

미국의 새로운 과학교육 표준인 NGSS에서는 자연 현상에 대해 질문을 던지고 관찰하고, 실험하고 측정하여 자료를 수집하고 답을 찾는 탐구활동과, 이론과 모델을 만들고 추론하고 계산하고 예측함으로써 가설을 공식화하고 해결을 제안하는 해답과 설명 발달 과정이 서로 긴밀하게 연결되면서 비판적 분석과 논쟁을 평가하는 활동의 중요성을 제안하였다. 이 연구에서 도입한 프로그래밍 기반 수업 자료 제작 과정은 교사들에게 바로 이러한 연구 과정을 체험할 수 있는 기회를 제공하였다. 특히 교사들은 설문 등을 통해 스크래치 프로그램이 학생들의 변인통제를 통한 실험능력, 해석능력, 문제해결력 등의 탐구적 능력을 길러줄 것이라고 인식했다.

T21: 화성의 역행이라는 스크래치 프로그램을 통해 천문학적 사이즈인 실험을 수행하고 확인할 수 있었으며 공전주기, 공전반지름을 통해 결과 값을 예측할 수 있었으며 새로운 점을 확인할 수 있었다. (고등 1년차, 교사 지필 설문 주관식 2번)

T7: 스크래치 프로그램 제작은 학생들의 문제 해결력을 키우는 데 큰 도움이 될 것 같다. (초등 5년차, 교사 지필 설문 주관식 1번)

특히 교사들은 스크래치 프로그램이 학생들의 상상력, 논리적 사고력, 고차원적 사고, 분석적 사고력, 알고리즘적 사고력, 수학적 관점의 적용 등 공학적 사고력 향상에 효과적일 것이라는 인식하였다.

T29: 그래서 여러분 그거 아세요? 동쪽으로 이걸 주전원을 돌렸을 때 역행이 항상 관찰될까요? 아니에요. 이번에 해보니까 여기서 이 화성에 공전속도를 줄여버리면.... 이게 화성의 공전속도를 늦추면 역행이 거의 관찰이 안돼요..(중략).. 자기 스스로 구현을 해보고 손쉽게 수치들을 조정해나가면서 그 당시에 천동설로서 어떻게 설명이 가능해야 했을까 그거를 생각해보는 과정을 할 수 있다는 것이 스크래치의 강점이라고 생각했습니다. (고등 5년차, 4조 수업발표)

T27: 그리고 제가 스크래치를 하는 것이 가장 좋았다고 생각하는 점은, 물론 매뉴얼이 있는 것도 정말 필요하고 그래야지 매뉴얼에 입각해서 만들 수도 있고 거기다 추가적으로 그 매뉴얼이 꼭 정답은 아니잖아요. 그래서 발산적 사고도 할 수 있고 창의력도 증가시킬 수 있는 데 좋을 것 같다고 생각했습니다...(중략)...이렇게 다양한 생각을 하게 하는 것도 학습자에게 학습적 효과가 있지 않을까 하는 생각을 했습니다. (고등 2년차, 1조 수업발표)

T21: 또한 코딩을 통해 논리적 사고를 향상시킬 수 있는 장점이 되었다. 화성의 역행이라는 프로그램을 통해 목성의 역행, 금성의 역행까지 사고를 확장 시킬 수 있을 것 같다. (고등 1년차, 교사 지필 설문 주관식 2번)

T28: 그렇다면 스크래치를 구현하게 될 때에 학습자에게 어떤 영향력을 기대할 수 있을까 하면은,..(중략)..하나하나 지정해주는 과정을 통해서 알고리즘적 사고와 분석적 사고력을 배울 수 있다는 것과 또 이런 과정을 통해서 이렇게 하면 이렇게 만들어지겠구나 하는 문제해결력을 기를 수 있다는 것이 기대될 수 있을 것 같고요. (고등 7년차, 2조 수업발표)

Richard *et al*.(2007)은 학생들이 자연 세계를 이해하기 위해 자신의 생각을 알고 이를 정교히 해나가야 하며, 그렇기 때문에 교사는 이러한 정교화를 돕는 수업도구의 제작 능력이 필요하다고 하였다. 또한 그들은 모델링 과정이 과학의 발달에 대한 이해 과정에서 중요한 역할을 한다고 언급했는데, 그런 점에서 스크래치를 활용하여 행성의 운동을 표현하면서 천동설과 지동설의 모델을 체험하는 프로그래밍 수업은 교사들의 TPACK에 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

(나) 정의적 영역에서의 긍정적 교육효과

교사들은 스크래치 프로그램이 학생들의 정의적 영역에 해당하는 자기효능감, 자기주도적 학습, 흥미, 동기유발, 긍정적 태도 등을 기르는데도 효과적일 것이라고 인식하고 있었다.

T28: 과학을 잘 못하는 아이도 컴퓨터 프로그램의 관점으로 접근하게 되면 어렵지 않게 접근할 수 있다는 것 때문에 학습자의 동기유발이나 스크래치 프로그램을 구현하면서 생각하게 되는 사고력 향상, 또 과학을 이렇게 배우니까 어렵지 않구나 하고 느낄 수 있는 긍정적 태도 변화 때문에 나도 좀 이런 것도 만들 수 있고 애들한테 설명도 할 수 있겠네 하는 자기효능감을 형성할 수 있다는 것을 기대할 수 있을 것 같고요.(고등 7년차, 2조 수업발표)

T31: 어쨌든 스크래치의 장점은 학생들이 흥미 있게 접할 수가 있고 학생들이 조작해서 좀 더 주위집중력을 높여서 학생들의 이해도를 높일 수 있다는 장점이 있지만.. (초등 5년차, 7조 수업발표)

T27: 스크래치 프로그램을 접하면서 가장 좋았던 것은 아이들의 동기유발 측면에서는 가장 좋을 것이다라는 생각을 했어요. 왜냐하면 내가 하는 대로 현상의 변화가 바로바로 나타나잖아요. (고등 2년차, 1조 수업발표)

이처럼 교사들은 과학 수업에서 프로그래밍을 다루면 학습자들의 학습 능력에 긍정적인 영향을 줄 것이라고 생각하였다. Anderman & Young(1994)은 과학에 대한 높은 수준의 역량과 자기 효능감을 갖고 있는 학생들은 보다 깊이 있는 학습 전략으로 수업에 집중한다고 하였다. 또한 다른 연구에서도 학생들의 자신감이 개념 인식 변화에 중요한 영향을 미치는 것으로 밝혔다(Pintrich, Martx, and Boyle, 1993). 이러한 선행 연구들을 토대로 볼 때, 프로그래밍 기반 수업은 교사들이 학생들의 정의적 영역의 향상을 기대하게 함을 알 수 있다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 프로그래밍 기반 수업을 통해 스스로 수업 자료를 개발하는 경험이 교사들의 TPACK 인식에 어떤 영향을 미치는지 살펴보았다. 지금까지 교사들은 학습자가 수업에서 느끼는 어려움을 기초 개념의 부족, 암기 위주의 학습으로 인한 사고의 어려움 등 학생 측면에서 찾거나, 적절한 교수법의 부재, 학습 자료의 부족, 교과 내용 지식의 부족 등의 교사 측면에서 찾았다. 또한 학습 내용의 어려움, 타 교과와의 교육과정 연계성 불일치 등의 교육과정 측면의 문제로도 인식하였으나, 이에 대한 구체적인 해결방안을 가지고 있지 못하였다.

이 연구에서는 모든 학교급에서 교사들이 가르치기 어렵다고 인식하는 태양계 단원을 선정하여 스크래치를 활용하여 행성의 운행을 표현하는 교수 도구의 제작을 경험시켰다. 이러한 수업 경험을 통해 교사들은 테크놀로지에 대한 지식을 획득하게 되었고, 교사 스스로가 과학 개념에 대해 쉽게 이해할 수 있게 되는 경험을 하면서 테크놀로지를 활용한 수업은 학생들의 다양한 학습 능력의 향상에 영향을 주게 될 것이라고 생각하였다. 교사들의 이런 깨달음은 본인의 수업에 테크놀로지를 도입해야겠다는 의지로 나타났으며, 테크놀로지를 도입한 새로운 교수법에 대한 구체적인 적용 범위, 도입 시기, 운영 방안 등을 제안하기도 하였다. 이로써 프로그래밍을 도입한 새로운 교수법에 대한 교사 교육은 교사들의 TPACK에 대한 인식에 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

그러나 본 연구에서 교사들에게 제공한 수업 기간은 3주 정도로 짧았기 때문에 교사들은 충분히 프로그래밍을 습득하고 자신들의 수업에 다양하게 활용해 볼 수 있는 기회를 제공하기에는 부족하였다. 실제로 이 수업이 끝난 후 2개월 뒤에 스크래치 프로그램을 실제 교실 현장에 적용한 참여자들이 있는지 조사해본 결과, 37명 중 단지 2명의 교사가 스크래치 프로그램의 실제 자신의 수업에 적용하고 있었다. 그러나 교사의 TPACK 발달의 중요성에 대해서는 모든 교사들이 공감하였으므로, 앞으로 프로그래밍을 직접 활용하여 스스로 수업 도구를 개발하는 수업전문성을 갖춘 교사들을 양성하는 교사교육이 필요함을 확인할 수 있었다. 이 연구에서는 짧은 시간 안에 프로그래밍에 대한 체험을 위해서 스크래치라는 도구를 선택하였으나, 이 도구는 매우 단순한 조작만이 가능하다. 그러나 매우 단순한 도구임에도 불구하고 일부 교사들은 스크래치 프로그램을 배우는데 많은 어려움을 경험하였다. 따라서 교사 교육에서는 먼저 프로그래밍 언어를 습득할 충분한 시간이 마련되어야 할 것이다. 더불어 여러 동료교사들과의 교재 연구를 통한 적용 방안에 대해 심도 깊은 토론을 할 수 있는 교육 시간을 구성하여 교사가 수업 개선 방안에 대해 계속 고민하고 그 필요성을 내면화할 수 있도록 해야 할 것이다.

국문요약

이 연구에서는 교육대학원에 재학하는 37명의 초등, 중등, 고등학교 과학교사들을 대상으로 기존의 과학수업에서 가르치기 어려운 단원과 기존의 교수법에 대해 조사한 후에, 스크래치를 이용한 새로운 교수 자료를 제작하는 활동을 체험하도록 하고, 이러한 과정을 통해 새로운 수업전문성인 TPACK의 발달을 확인하고자 하였다. 설문을 통해 초등, 중등, 고등학교 과학교사들이 공통적으로 가르치기 어려운 단원으로 선정된 태양계의 행성운동 내용을 중심으로 스크래치를 활용한 천동설과 지동설 행성 운행 모델을 구현하는 경험을 하도록 하였다. 그 후 설문조사와 수업 발표를 토대로 테크놀로지의 수업 도입에 대한 인식 변화 및 TPACK의 발달을 분석하였다. 연구 결과, 대부분의 교사들의 TK, TCK, TPK 등에 대한 인식의 변화를 보였으며, 프로그래밍을 활용한 교수 자료 제작이 교사들의 내용에 대한 이해를 높여주고, 학생들에게 관찰 현상에 맞는 모델 구성 능력을 길러주며, 정의적 영역에서도 긍정적인 교육효과가 있을 것이라고 생각하였다.

주제어 : 과학교사, 프로그래밍, 교수 자료 제작, TPACK

References

Angeli, C., & Valanides, N. (2005). ICT-related pedagogical content knowledge. In C. Crawford *et al*. (Eds.), Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference(pp. 3030-3037). Chesapeake, VA: AACE.

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK. Computers & Education, 52, 154-168.

Anderman, E. M., & Young, A. (1994). Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. Journal of Research in Science Teaching, 31, 811-831.

Barnett, M., & Morran, J. (2002). Addressing children's understanding of the Moon's phases and eclipses. International Journal of Science Education, 24(8), 859-879.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. Washington, DC: National Academies Press.

Carlsen, W. S. (1998). The effects of science teacher subject-matter knowledge on teacher questioning and classroom discourse. Unpublished Doctoral Dissertation, CA: Stanford University Press.

Carlsen, W. S. (1992). Closing down the conversation: Discouraging student talk on unfamiliar science content. Journal of Classroom Interaction, 27, 15-21.

Cho, S. H. (1993). Meaning of knowledge and education, Philosophy of Education, 11, 225-240.

Flick, L., & Bell, R. (2000). Preparing tomorrow's science teachers to use technology: guidelines for Science educators. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 1, 39-60.

Dixon. J. K. (1997). Computer use and visualization in students' construction of reflection and rotation concepts. School Science and Mathematics, 97(7), 352-358.

Guerrero, S. (2005). Teacher knowledge and a new domain of expertise. Journal of Educational Computing Research, 33(3), 249-267.

Han, I. S., Eom, M. R., & Shin, W. S. (2013). Multimedia case-based learning to enhance pre-service teachers' knowledge integration for teaching with technologies. Teaching and Teacher Education, 34, 122-129.

Han, S. K. (1991). A Study on Belief-condition for Knowledge, The Society of Eastern Philosophy, 8(1), 319-337.

Hannum, W. H., & McCombs, B. L. (2008). Enhancing distance learning for today's youth with learner-centered principles. Educational Technology, 48(3), 11-21.

Harper, D. (2003). Students as change agents. In M. S. Khine, & D. Fisher (Eds.), Technology-rich Learning Environments: A Future Perspective (pp. 307-329). Singapore: World Scientific.

Harper, D., & Martinez, S. (2008). Working with tech-savvy kids. Educational Leadership, 66(3), 64-69.

Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. Teaching and Teacher Education, 3(2), 109-120.

Higgins, T. E., & Spitulnik, M. W. (2008). Supporting teachers' use of technology in science instruction through professional development: a literature review. Journal of Science Education and Technology, 17, 511-521.

Hu, R. D., Wu, Y. Y., & Shieh, C. J. (2015). Effects of virtual reality integrated creative thinking instruction on students' creative thinking abilities. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12(3), 477-486

Jho, H. (2013). Philosophical discourse on science education with a focus on socio-scientific issues. Humanities Research, 38, 339-359.
Jonassen, D. (1991). Objectivism vs. constructivism. Educational Technology Research and Development, 39(3), 5-14.
Jonassen, D. H., & Reeves, T. C. (1996). Learning with technology: using computers as cognitive tools. In D. H. Jonassen (Ed.), Handbook of Research for Educational Communications and Technology (pp. 693-719). New York: Macmillan.
Kang, K. (2015). The exploration of the origin, transition, background, and identity of STEAM education. The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented, 14(2), 5-29.
Kelly, M. G. (2008). National educational technology standards for teachers. Washington DC.: International Society for Technology in Education, Eugene, OR.
Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: an emerging pedagogical framework for classroom practice. International Journal of Science Education, 91(6), 1010-1030.
Kim, W., Sung, J. (2009). Fundamental limits and challenges of creative talent development. STEPI Insight, vol. 32.
Korea Institute of Curriculum and Evaluation (2013). OECD International study achievement research: PISA 2012 result report. Research Paper RRE-2013-6-1.
Lawless, K. A., & Pellegrino, J. W. (2007). Professional development in interfacing technology into teaching and learning: knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers, Review of Educational Research, 77(4), 575.
Lee, H., Linn, M. C., Varma, K., & Liu, O. L. (2010). How do technology-enhanced inquiry science units impact classroom learning? Journal of Research in Science Teaching, 47, 71-90.
Lee, J. (2015). International comparative study of the use of ICT by middle school teachers. Journal of the Korean Association for Science Education, 35(5), 85-893.
Llorens, S., Salanova, M., & Grau, R. (2002). Training to technological change, Journal of Research on Technology in Education, 35(2), 206-212.
Margerum-Leys, J., & Marx, R. W. (2003). Teacher knowledge of educational technology. In Y. Zhao (ed.) What Should Teachers Know about Technology? Perspectives and Practices (pp. 123-159). Greenwich, Co.: Information Age Publishing.
McCombs, B. L., & Vakili, D. (2005). A learner-centered framework for e-learing. Teachers College Record, 107(8), 1582-1600.
Min, H. (2012). Development of assessment expertise model through assessment and teacher training. Unpublished doctoral dissertation, Korea National University of Education, Chungbuk.
Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017-1054.
Mishra, P., & Koehler, M. J. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, 1-16.
Mistler, J. M., & Songer, N. B. (2000). Student motivation and internet technology: are students empowered to learn science? Journal of Research in Science Teaching, 37, 459-479.
Murphy, E. (1997). Constructivism: From philosophy to practice. http://www.cdli.ca/~elmurphy/emurphy/cle.html. Accessed 11.08.08.
National Research Council (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press.
NGSS Lead States (2013). Next Generation Science Standards: For states, by states. The National Academies Press.
Niess, M. L. (2015). Transforming teacher's knowledge: Learning trajectories for advancing teacher education for teaching with technology. In C. Angeli & N. Valanides (Eds.), Technological Pedagogical Content Knowledge, pp. 19-37, New York, NY: Springer.
Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology. Teaching and Teacher Education, 21, 509-523.
Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). Literature review in science education and the role of ICT: Promises, problems and future directions. Report 6. Retrieved November 2010, from. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/04/41/PDF/osborne-j-2003-r6.pdf.
Parker, J., & Heywood, D. (1998). The earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. Intranational Journal of Science Education, 20(5), 503-520.
Pierson, E. M. (2001). Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. Journal of Research on Technology in Education, 33(4), 413-430.
Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational Research, 63(2), 167-199.
Richard, A., Heidi, A., Schweingruber, Andrew, W., & Shouse, Editors. (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8, The National Academies.
Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: extending human intelligence with intelligent technologies. Educational Researcher, 20(3), 2-9.
Sanders, L. R., Borko, H., & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. Journal of Research in Science Teaching, 30, 723-736.
Sandholtz, J., Ringstaff, C., & Dwyer, D. (1997). Teaching with technology: creating student-centered classroom. NY: Teachers College Press.
Schmit, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2014). Technological pedagogical content knowledge(TPACK). Journal of Research on Technology in Education, 42(2), 123-149.
Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. Edu Res, 15(2), 4-14.
Song, J., & Na, J. (2015). Directions and issues of 2015 national science curriculum and their implications to science classroom culture. On-site science education, 9(2), 72-84.
Stahly, L. L., Krockover, G. H., & Shepardson, D. P. (1999). Third grade students' ideas about the lunar phases. Journal of Research in Science Teaching, 36, 159-177.
Stronge, J. H. (2010). Assessing teacher effectiveness: Eight research-based standards for assessing teacher excellence. Larchmont, NY: Eye on Education.
Wang, T. (2009). Rethinking teaching with information and communication technologies(ICTs) in architectural education. Teaching and Teacher Education, 25, 1132-1140.
Valanides, N., & Angeli, C. (2008a). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. Journal of Research Technology Education, 40(3), 309-336.
Valanides, N., & Angeli, C. (2008b). Professional development for computer-enhanced learning: a case study with science teachers. Research of Science, Technology, and Education, 26(1), 3-12.
Varma, K., Husic, F., & Linn, M. C. (2008). Targeted support for using technology-enhanced science inquiry models. Journal of Science Education and Technology, 17, 341-356.
Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.
Yuk, G., & Lee, G. (1997). A study on improvement of science education in elementary, middle and high school. Policy Research, 1-251.