컴퓨터교육학회논문지 2020년 제 23 권 제 4 호
https://doi.org/10.32431/kace.2020.23.4.007

고등학교 과학탐구실험 교과에 피지컬 컴퓨팅을 융합한 수업이 SW 교육 인식 및 융합 소양에 미치는 영향

The Effects of a Physical Computing Convergence Class to the Science Exploration Experiment Subject of High School on the SW Education Recognition and the Convergence Literacy

이유라† · 김태영††
Yura Lee† · Taeyoung Kim††

요 약

4차 산업혁명과 융합시대를 맞이하여 미래 사회 인재 육성을 위해 다양한 논의와 연구가 진행되고 있으며, 이를 통해 창의적인 융합 인재에 대한 필요성이 증대되고 있다. 이에 따라 소프트웨어 중심 사회로의 변화에 발맞추어 세계 각국에서는 SW 교육을 강화하고자 노력하고 있으나 융합의 중심이 되는 정보 교과와 SW 교육의 필요성에 대한 고등학교 학생들의 인식이 부족하며, 이를 개선하기 위해서는 정보 교과와 다양한 분야와의 융합의 기회가 제공되어야 한다. 이에 본 연구에서는 과학탐구실험 교과에 정보 교육을 융합하여 창의적인 융합 역량을 발휘할 수 있는 교육 프로그램을 구성하고, 고등학교 학생들에게 9차시에 걸쳐 피지컬 컴퓨팅을 활용한 융합 수업을 적용하였다. 실험 결과 과학과 정보의 융합 수업을 실시한 실험 집단의 SW 교육에 대한 인식이 개선되었으며, 또한 학습자의 융합 소양 향상에 있어서도 융합 수업을 실시한 실험 집단이 일반 과학실험 수업을 실시한 통제 집단에 비해 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

주제어 : 융합 교육, SW 교육, 피지컬 컴퓨팅, SW 교육 인식, 융합 소양

ABSTRACT

In the era of the 4th industrial revolution and convergence, various discussions and studies have been conducted to develop future social talents, and through this, the need for creative convergence talents is increasing. In line with the change to a software-oriented society, countries around the world are trying to strengthen SW education, but high school students' awareness of the necessity of information subject and SW education that is the center of convergence is insufficient. Therefore, opportunities for convergence of the information subject and various fields should be provided. In this study, information education was converged to the science exploration experiment subject to construct an educational program that can develop creative convergence, and a convergence class using physical computing were applied to high school students for 9 hours. As a result of the experiment, the recognition of SW education of the experimental group was improved, and it was confirmed that the learner's convergence literacy of the experimental group was statistically different from that of the control group that conducted the general science experiment class.

Keywords: Convergence Education, SW Education, Physical Computing, SW Education Recognition, Convergence Literacy

1. 서론

21세기는 지식기반 사회를 넘어서 상상력과 창의력 기반의 융복합 시대로 향하고 있으며, 이에 발맞춰 교육계에서도 미래 사회의 인재 개발을 위한 노력을 기울이고 있다. 이에 21세기 학습자의 핵심 역량을 규명하고 이를 학교교육에 효과적으로 반영하기 위한 연구들이 OECD, APEC 등의 국제기구와 여러 선진국들에서 활발히 이루어져 왔으며, 최근에는 국내에서도 미래 사회 인재양성과 관련된 다양한 논의와 연구가 이어져 왔다[1].

†정 회 원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 석사
††종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)

논문접수: 2020년 04월 30일, 심사완료: 2020년 05월 25일, 게재확정: 2020년 06월 23일

그 결과 학제간 통합과 학문 간의 융복합이 여러 영역에서 이루어지는 흐름에 맞추어 융합형 인재가 사회적으로 요구되고 있다. 특히 학문, 예술, 산업 등 다양한 영역과 정보 기술(ICT)과의 융합을 통한 실질적 산출물들의 성과가 늘어나면서 융합능력에 관한 관심이 고조되고 있다. 각 국가나 기업들은 학문, 예술, 산업영역과 ICT 기술의 융합을 강조하며 이에 대한 투자와 연구를 통한 가시적인 성과 창출을 기대하고 있다[2][3].

최근에는 ICT의 중요성뿐만 아니라 컴퓨팅 사고의 중요성이 대두되면서 소프트웨어(SW) 교육을 강화하고자 하는 노력이 계속되고 있다. 단순히 컴퓨터나 각종 기기들을 활용하는 데 그치는 것이 아니라 그러한 기기들을 작동시킬 수 있는 SW를 실제로 개발하거나 창의적 문제해결과정을 통해 새로운 SW를 창출해 낼 수 있는 SW 교육의 중요성이 새롭게 대두되고 있다[4]. 따라서 컴퓨팅 사고는 특정 분야의 전공자만을 위한 역량이 아닌 미래를 살아갈 인재들의 기본적인 소양이라고 판단할 수 있으며, 자신의 생각을 현실화하고 표현할 수 있는 새로운 방법론이 되고 있다.

그러나 융합의 중심이 되는 정보 과목과 SW 교육에 대한 고등학교 학생들의 인식은 크게 변화하지 못하고 있다. 학생들은 시대의 흐름을 이해하고 관련 교육의 필요성은 인식하고 있지만, 대학입시에 초점이 맞추어진 고등학교 교육시스템에서 정보 교과와 SW 교육에 대한 학생들의 흥미와 관심을 이끌어 내기란 쉬운 일이 아니다. 특히 인문, 예술 계열 진학 학생들의 경우는 정보 교과와 SW 교육에 대한 흥미도가 많이 떨어지며 어떤 곳에 활용되는지에 대한 공감 인식이 미흡하여 자신의 전공과 무관하기 때문에 실용성이 떨어진다고 생각하고 있다[5]. 또한 현재 학생들에게 고등학교는 평가기관으로 인식되고 있으며, 초등학교와 달리 각 과목이 전문화·분리화 되어있는 상황에서 융합교육을 활성화하기에는 많은 어려움이 있다.

그럼에도 융합인재양성이라는 시대의 요구에 부응하기 위해서는 각 교과간 융합을 위한 협의와 연구가 필요하며, 고등학교의 각 교과 전문화 및 분리화의 특성을 극복하기 위해 학생중심의 수업이 이루어져야 한다. 또한 이를 다양한 영역으로 확대하여 폭넓은 창의융합의 경험을 제공할 필요가 있다. 따라서 현재 상황에서 학생들이 정보 교과와 SW 교육의 필요성을 인식하고 흥미를 느끼게 하기 위해서는 내실있는 정보 교과 교육이 무엇보다 중요하지만 이와 더불어 정보 교과와 다양한 과목과의 융합 경험 제공을 통해 정보 교과 지식과 다양한 SW가 자신의 전공분야에 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 공감을 이끌어내야 한다.

이에 본 연구에서는 2018년부터 새로 도입된 '고등학교 과학탐구실험' 교과와 '정보' 교과와의 창의융합 수업을 설계하여 학교 현장에 적용하고, 이것이 학생들의 SW 교육에 대한 인식 및 융합 소양 향상에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다. 본 연구에서는 첫째, 미래 사회에 요구되는 인재상을 살펴보고 창의융합 인재의 개념 및 창의융합 인재가 갖추어야 할 융합 역량을 정의한다. 둘째, 고등학교 학생들의 정보 교과 및 SW 교육에 대한 인식을 살펴본다. 셋째, 고등학교 학생들에게 융합 경험 제공을 위한 CT-CPS(Computational Thinking-Creative Problem Solving) 수업모형 기반의 과학·정보 창의융합 수업을 설계하고 이를 교육과정에 적용할 수 있는지 살펴본다. 넷째, 설계된 프로그램을 실제 수업에 활용하여 과학·정보 창의융합 수업이 SW 교육 인식 및 융합 소양 향상에 어떠한 영향을 미치는지 검증 및 분석한다.

2. 이론적 배경

2.1 창의융합 인재와 융합 역량

미래사회는 지구 온난화, 에너지 문제 등 실생활의 복잡한 문제가 증가하고 이런 문제를 해결하기 위해 기존의 교육시스템과 다른 학문의 영역을 넘나드는 융합적 지식과 사고가 필요하다. 융합의 국립국어원의 사전적 의미를 살펴보면 '다른 종류의 것이 녹아서 서로 구별 없게 하나로 합하여지거나 그렇게 만듦. 또는 그런 일' 이라고 나와 있다. 융합은 일반적인 교과간의 통합(integration)과 서로 다른 의미를 가진다. 융합은 서로 다른 이질적인 학제간(interdisciplinary) 또는 초학제간(trans-disciplinary)에 이루어지기 때문이다. 통합이 A+B=(A+B)의 관계를 가지고 있다면, 융합은 A+B=C+a의 관계를 이룬다. 오헌석 외(2013)의 연구에서는 융합이란 '기존의 서로 다른 두 개 이상의 학문적 지식과 기술을 물리적 그리고 화학적으로 결합하여 새롭고 독특한 가치를 창출하는 현상' 이라 정의하였다[6][7].

최유현 외(2012)의 연구에서는 '창의적 융합인재란 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 등 다양한 분야에서 전문가 수준 혹은 일상적 수준의 창의적 문제해결능력, 융합적 사고 소양 등 다수의 보유 재능영역을 갖춘 자를 의미한다.'고 하였다[8][9]. 정미경(2015)은 문헌연구를 통해 미래 인재를 '창의·융합형 학문적 역량을 가지고 다양한 지식 간의 연관성에 대해 이해하며 새로운 융합 지식을 창출하고 활용할 줄 아는 능력의 소유자'로 정의하였으며[10], 2015 개정 교육과정에서는 '인문학적 상상력, 과학

기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출할 수 있는 사람'을 창의·융합형 인재상으로 제시하고 있다[11].

이러한 인재를 키우기 위한 융합교육의 첫 번째 목표는 융합시대를 이끌어가는 인재들이 갖추어야 하는 '융합 역량'의 증진일 것이다. 융합인재가 갖추어야 하는 것을 융합 역량으로 정의할 수 있으며, 복잡한 사회현상을 융합적 문제로 여기고 풀어갈 수 있는 잠재적 능력이 융합 역량이라고 할 수 있다[12].

2.2 정보 교과 및 SW 교육에 대한 인식

4차 산업혁명이라는 사회의 요구에 발맞추어 정보 교과 및 SW 교육에 대한 필요성이 점점 증대되고 교육계에서도 정보 교과 및 SW 교육의 중요성에 대해 강조하고 있음에도 불구하고 아직까지 학생들의 SW 교육에 대한 인식과 태도는 크게 변화하지 못하고 있다.

김민정(2018)의 인문계 고등학교 학년에 따른 정보과목 수업 현황 분석 연구에서는 고등학교 때 정보 과목을 배우지 않은 학생 113명 대상으로 SW로 인한 사회변화에 대한 인식과 정보 과목의 필요성에 대한 인식에 대한 설문을 실시하였다. 그 결과를 정리한 <표 1>을 보면 고등학교에서 정보 교육이 필요하다는 의견이 90% 이상이고, 고등학교에서 정보 과목을 선택해서 배울 것이라는 의지를 80% 이상 나타내며, 고등학교에서 모든 학생들이 정보 교육을 받는 것에 긍정적인 답변의 비율이 85% 정도인 것으로 보아 사회변화에 따른 정보 과목의 중요성을 학생들도 어느 정도 인식하고 있다고 볼 수 있다[13].

표 1. 정보 과목 필요성에 대한 인식[13]

항목		예	아니오	전체
고등학교에서 정보 교육의 필요성	빈도	119명	12명	131명
	비율	90.8%	9.2%	100%
본인의 정보 과목 선택 여부	빈도	105명	25명	130명
	비율	80.8%	19.2%	100%
모든 고등학생들이 컴퓨터교육 받는 것에 대한 찬반	빈도	107명	19명	126명
	비율	84.9%	15.1%	100%

그러나 오미자(2017)의 대학 실제 수업에서 스크래치 프로그램을 활용한 SW 교육에 대한 비전공자의 인식 연구의 결과를 살펴보면, 214명의 대상자 중 170명이 개인적(30명)·사회적(140명) 요인으로 SW 교육의 필요성을 느끼지 못한다고 답하였으며 결과는 다음 <표 2>와 같다[5].

표 2. SW 교육의 필요성 인식[5]

내용		Referenc-es	비율(%)
개인적 요인	필수교과목 부정	26	15.3
	흥미 없음	4	2.4
사회적 요인	전공과목과 무관	32	18.8
	필요성에 대한 인식 및 공감 미흡	60	35.3
	실용성 부족	48	28.2
필요하지 않은 이유에 대한 의견 (사회적 요인)	• 관련 전공이 아니라면 일상생활에서 사용할 일이 거의 없다. • 전공과목과 관련이 없는 내용이라 집중하지 않는다. • 필요성 인식 부재 • 배워서 어디에 정확히 사용하는지 모르겠다. • 인문계 학생들의 적성, 흥미에 맞지 않는 수업 • 문과 특성상 평소에 코딩 교육을 활용할 만한 일이 없다.		

또한, 서주영(2018)의 비전공자 SW 교양교육에 관한 인식 연구 결과를 보면 'SW 교육은 나의 전공을 공부하는 데 매우 도움이 된다'의 전공 관련성이 비전공자의 SW 교육의 필요조건으로 분석되었다. 이는 SW 교육이 자신의 전공에 도움을 주는 SW기술을 토대로 한다면 SW 교육의 필요성에 대해 깊은 공감대를 이끌어 낼 수 있을 것이라는 것을 의미한다[14].

즉 정보 교과가 학생들에게 필수과목으로서의 필요성을 인정받고 SW 교육에 대한 학생들의 흥미를 이끌어내기 위해서는 내실있는 정보 교과 교육이 무엇보다 중요하지만 이와 더불어 자신의 전공분야에 정보 교과 및 SW 교육이 어떻게 활용할 수 있는지 정보 교과를 중심으로 한 다양한 융합교육의 경험이 제공될 필요가 있는 것을 알 수 있다.

2.3 과학과 정보의 교과 융합

공학적 설계나 융복합적 사고를 요구하는 최근의 과학교육 연구의 방향과 함께 최근 컴퓨팅 사고력에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 과학교육학계에서도 컴퓨팅 사고력(CT) 및 SW 교육에 관심을 가지고 연구가 이루어지고 있다. 과학교육 분야에서는 컴퓨팅 사고력 신장을 위한 프로그래밍 기반 과학교과 프로그램 개발에 대한 연구와 과학 수업에 컴퓨팅 사고력을 도입한 수업을 개발한 연구가 있었으며, SW를 활용한 과학수업이 학생들의 과학에 대한 흥미, 과학지식에 대한 이해, 직업적 소양 및 사고력이 향상될 수 있다는 다양한 연구가 있었다[15].

이상진(2014)의 피지컬 컴퓨팅에서 아두이노 실험 교육을 통한 MBL(Microcomputer-Based Laboratory) 대체효

과 연구에서는 MBL 인터페이스를 대신하여 사용의 편의성과 회로 구성이 용이하고 여러 주변기기와의 호환성이 높은 아두이노를 실험 교육에 이용하였다. 아두이노를 통해서 결과값을 쉽게 측정하고 가공할 수 있었으며, 무엇보다도 값이 저렴하고, 기판과 센서들의 크기가 작기 때문에 자신의 목적에 따라 다양한 아두이노의 종류를 사용할 수 있어서 학교에서 갖추기 힘든 MBL을 대신하여 훨씬 저렴한 가격으로 실험 교육 환경 구축을 하면서도 그 성능은 유사하다는 장점이 있었다[16].

이성(2018)의 연구에서 SW를 활용한 초등 과학 프로그램이 학생들의 창의적 문제 해결능력과 학생들의 과학적 태도의 긍정적인 향상을 가져온 결과를 볼 수 있다. 수업에서 학생들은 SW를 활용함으로써 유연한 사고로 탐구문제에 접근하고 그 문제를 학생들 스스로 수정하여 선택하는 활동을 하였고, 또 그렇게 선택한 문제를 해결하기 위하여 즉각적으로 실험(문제해결과정)에 돌입하지 않고, 문제를 해결하기 위하여 필요한 요소들을 알고리즘으로 순차적으로 배열하고 하나하나씩 해결하며 그 절차를 검증하는 과정에서 학생들의 탐구문제 선택과 실험계획 세우기와 같은 창의적 문제 해결력을 향상시킨 것으로 보인다[17].

박동진(2017)의 연구에서 아두이노를 활용한 과학기반 STEAM(Science, Technology, Engineer -ing, Arts and Mathematics) 프로그램이 과학학습동기와 창의적 문제해결력에 미치는 영향의 변화를 분석한 결과 초등영재학생들의 창의적 문제해결력을 향상시키는데 효과가 있었다. 아두이노를 활용하여 비구조화된 문제 상황을 스스로 해결해 보는 과정 속에서 프로그래밍의 논리적인 구조에 대해 사고할 기회를 갖게 되고, 문제 해결을 위한 공학적 도구를 제작함으로써 창의적인 전략을 세우는데도 도움이 되었음을 알 수 있다[18].

그러나 SW 및 피지컬 컴퓨팅을 과학 교과와 융합한 수업 및 연구는 주로 초등학생을 대상으로 이루어져 왔으며, 고등학생을 위한 프로그램 개발 연구는 부족한 실정이다. 또한 대부분이 이미 설계되어 있는 과학실험에 SW 및 피지컬 컴퓨팅을 도구로 활용하는 탐구중심의 수업으로 학생들의 창의성을 자극하기 위해서는 스스로 문제해결과정을 설계하는 설계중심 수업이 이루어져야 한다. 이러한 융합 수업이 과학 교과의 흥미와 학습동기 유발뿐만 아니라 SW 교육에 대한 흥미와 정보 교과의 학습동기 향상에도 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 일상생활의 과학적 문제를 창의적으로 해결하기 위해 SW 및 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업을 설계하여 그 효과를 확인해 보고자 하였다.

3. 과학탐구실험과 정보의 융합 수업

3.1 고등학교 과학탐구실험 과목

지식의 습득뿐만 아니라 창출이 중요해진 지식정보사회에서 과학탐구 활동은 핵심역량의 함양뿐만 아니라 학생들의 흥미와 호기심, 창의성을 증진시킬 수 있다는 점에서 더욱 강조될 필요가 있다. 2015 개정 과학과 교육과정은 '과학탐구실험' 과목을 신설하여 과학탐구와 실험활동이 고등학교에서 활발히 일어나게 하였다. 이 과목에서는 과학 개념이나 원리를 검증하기 위한 실험 활동뿐만 아니라 과학 탐구 과정과 기능을 활용할 기회를 제공하고, 과학이 일상생활에서 실제로 어떻게 활용되는지를 체험하게 한다[11].

이를 위하여 생활 주변에서 과학과 관련된 문제를 찾고 이를 창의적으로 해결하기 위해 과학의 기본 개념과 탐구 활동을 활용하는 능력을 기르는 데 초점을 두며, 전통적인 과학탐구 활동 이외에도 문제의 발견과 해결을 포괄하는 프로젝트 형태의 과학 탐구 활동 및 창의적 설계와 공학적 도구 제작을 경험할 수 있도록 하였다. 이는 컴퓨터과학 지식과 기술의 탐구와 더불어 실생활의 문제해결을 위한 새로운 지식과 기술을 창출하고 통합적으로 적용하는 능력과 태도의 함양한다는 '정보' 교과의 성격과 공통된 점이 있다.

3.2 CT-CPS 수업 모형

CPS(Creative Problem Solving)는 창의적 문제해결 방법으로서 '이전의 경험에서 얻은 해결구조 또는 해결원리를 현재의 문제에 창의적으로 적용하는 것으로, 일상생활에서 부딪히는 작은 일에서부터 고도의 기술을 필요로 하는 일까지 다양한 상황에서 사용할 수 있는 체계적인 문제해결방법'을 의미한다[19].

CT-CPS 수업모형은 CPS의 창의적 문제해결의 과정에서 컴퓨팅 사고력(CT)의 각 요소들을 사용하도록 전용주(2017)에 의해 수정된 모형이며, 실생활의 문제를 컴퓨팅 사고력을 통해 창의적으로 해결해가는 과정을 수업의 단계로 표현하였다[2]. 즉, SW 및 컴퓨팅에 관련된 사고과정과 원리를 실생활 소재와 관련지어 창의적이고 능동적으로 그 해결방안을 구현해가는 과정으로 제시할 수 있는 수업 구성 원리로, '문제인식 및 분석-아이디어 구상-설계-구현 및 평가'의 과정으로 진행된다(<표 3> 참조).

표 3. CT-CPS 수업 모형[2]

교수·학습 단계	교수·학습 활동
문제인식 및 분석 (Problem Identification and Analysis)	• 동기유발 및 수업에서 활용할 SW 도구 선택하기
	• 문제 인식하기(발견하기)
	• 문제화하기
아이디어 구상 (Idea Thinking)	• SW를 통해 문제를 해결할 수 있는 아이디어를 다양하게 생각하기
	• 해결 아이디어를 단순화하기, 핵심요소 찾기
설계 (Design)	• 해결 아이디어의 설계
	• 시각과 논리를 종합한 전체 스토리보드 작성하기
구현 및 평가 (Implementation and Evaluation)	• 해결 아이디어의 구현
	• 발표 및 시연하기
	• 평가/피드백 나누기

3.3 과학탐구실험과 정보의 융합 수업 설계

3.3.1 수업 설계의 방향

본 연구에서는 이론적 배경과 선행 연구를 바탕으로 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업 설계의 방향을 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 수업의 주제를 정보 교과 및 과학탐구실험 교과의 교육과정에 연계되는 실생활과 관련된 내용으로 선정하여 학생들의 융합수업에 대한 흥미를 이끌어 낼 수 있도록 하였다. 즉, 실생활에서 발생하는 과학적 현상을 실험주제로 선정하고 이를 아두이노의 센서들과 주변에서 쉽게 구할 수 있는 도구들을 활용하여 실험장치를 직접 구상하여 문제를 해결함으로써 창의적 문제해결의 과정에 적극 참여하도록 하였다.

둘째, CT-CPS 수업 모형을 활용하여 인지적인 측면과 정의적인 측면에서의 균형있는 역량 강화를 위한 활동을 포함하도록 하였다. 즉, 인지적 측면에서 다양한 과학적 지식과 SW 내용지식을 바탕으로 이를 프로그램으로 구현하는 방법을 학습하도록 하였으며, 정의적 측면에서는 문제 해결의 목적을 이해하고 이를 통해 나에게 어떤 변화가 생기는지 생각해 볼 수 있도록 구성하였다.

셋째, 학생들이 스스로 문제를 발견하고 해결방법을 도출하는 과정에서 창의성을 발휘할 수 있도록 실험 설계에 있어 다양한 문제를 학생 스스로 찾아 해결하도록 하였으며, 이 과정에서 정의적 측면의 향상의 기회를 주기 위해 조별 활동으로 수업을 구성하였다.

3.3.2 수업 주제와 도구 선정

본 연구에서는 다양한 센서들을 실험의 목적에 맞게 자유롭게 사용할 수 있도록 이들을 사용할 수 있는 아두이노(Arduino UNO)를 피지컬 도구로 선정하였으며, 아두이노에 대한 기본 교육이 부족한 학생들이 조금 더 쉽게 실험장치를 구상하고 사용할 수 있도록 아두이노 센서 쉴드(Arduino Sensor Shield v5.0)를 함께 사용하였다.

또한 정보 교사가 해당 동아리 담당 과학교사와의 사전 협의를 통해 과학 교육과정에서 기본적으로 필요하다고 생각되는 실험주제를 선정하였다. 또한 학생별로 물리, 화학, 생물, 지구과학 등 흥미를 가지고 있는 분야에 차이가 있어 이 분야들이 다양하게 포함될 수 있도록 주제를 선정하였다.

3.3.3 수업안

아래 <표 4>와 같이 실험집단에 CT-CPS 수업 모형을 활용한 과학·정보 창의융합 수업을 적용하였고, 통제집단에는 일반적인 과학실험 수업을 실시하였다. 실험집단 수업에서는 아두이노를 처음 접해보는 대부분의 학생들을 위해 먼저 아두이노와 센서 쉴드의 사용법을 익힐 수 있도록 2차시의 기본 사용법 교육을 실시하였고, 각각의 창의융합 실험 및 설계는 각 센서의 특징 및 사용법을 알아보기 위한 전체 실험활동과 각 센서를 활용하여 자유롭게 주제를 선정하고 실험을 설계하여 진행하는 조별 실험활동으로 이루어져 있다.

표 4. 실험집단 수업안

차시	과학·정보 창의융합 수업		
	주제	내용	비고
1	기본 사용법 교육	아두이노와 센서쉴드 (버튼, 부저, LED, 조도센서, 초음파센서, LCD)	전체 활동
2			
3	창의융합 실험 및 설계 #1	아두이노를 이용한 속도 측정 실험 (물리 : 중력가속도)	포토인터럽터
4		창의융합 실험(CT-CPS)	조별 활동
5	창의융합 실험 및 설계 #2	아두이노를 이용한 압력 측정 실험 (화학 : 보일-샤를의 법칙)	대기압 센서
6		실험데이터의 시각화 (SW 사용 - 그래프 그리기)	PLX-DAQ
7		창의융합 실험(CT-CPS)	조별 활동
8	창의융합 실험 및 설계 #3	아두이노를 이용한 온습도 측정 실험 (생물 : 빛의 세기에 따른 증산작용)	온습도 센서
9		창의융합 실험(CT-CPS)	조별 활동

통제집단에게 적용되는 일반 과학실험은 정해진 주제의 학습을 위한 과학적 이론을 탐구하는 활동과 이를 확

인하는 조별 과학실험으로 이루어져 실행하였다. (<표 5 참조>)

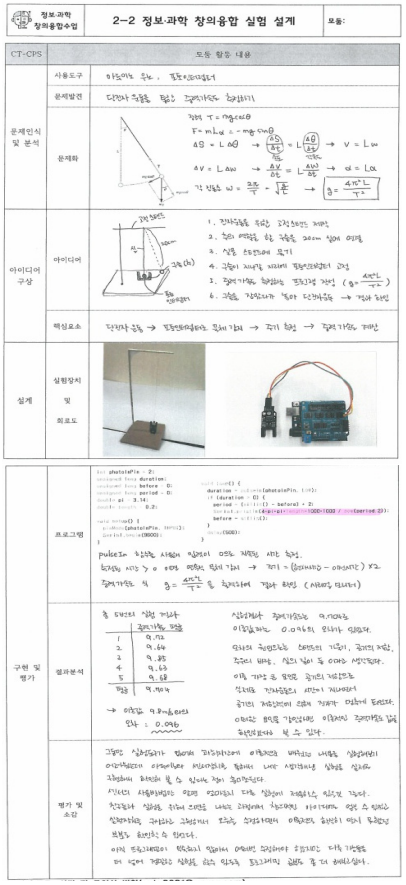
표 5. 통제집단 수업안

차시	일반 과학실험		
	주제	내용	비고
1	과학탐구활동	화학 반응에서의 양적 관계	전체 활동
2	과학실험 #1	탄산 칼슘과 묽은 염산이 반응할 때 발생하는 이산화탄소(CO_2)의 양	조별활동 (무게 측정)
3			
4	과학탐구활동	산과 염기의 중화반응	전체 활동
5	과학실험 #2	중화적정을 이용하여 농도를 모르는 아세트산 수용액의 몰농도 구하기	조별활동 (부피 측정)
6			
7	과학탐구활동	닮은꼴 화학반응	전체 활동
8	과학실험 #3	산화-환원 반응을 이용한 비타민 C의 함량 비교	조별활동 (방울수 세기)
9			

각각의 창의융합 실험 및 설계에서는 아래 [그림 1]과 같이 전체 실험활동 후에 조별 실험활동으로서 CT-CPS 수업 모형에 따라 단계별 활동 내용을 정하고 이를 바탕으로 교수·학습 과정안과 학습지 및 실험보고서를 개발하였다.

[그림 1] 창의융합 실험 설계의 단계별 활동 내용

우선 각 조별로 생활 속에서 발생하는 과학적 현상이나 평소 궁금했던 과학 이론 중에서 해결하거나 확인하고자 하는 문제를 토의 활동을 거쳐 정하는 문제를 스스로 발견하는 것에서 시작한다. 두 번째로는 그 문제를 해결하기 위한 방법과 아이디어를 다양하게 구상해보고, 이를 통해 실험에서 확인해야 할 핵심요소를 추출하는 추상화 단계를 거친다. 세 번째로는 이 아이디어를 구체화하기 위한 방법을 그림으로 묘사해 보거나, 논리적인 요소를 알고리즘화 하여 표현한다. 마지막 단계에서는 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용하여 설계된 아이디어를 직접 구현해보고, 실험의 결과를 분석하여 발표함으로써 동료나 교사와 함께 수정 및 평가하는 과정을 거치게 된다. 아래 [그림 2]에 실험집단 학습활동의 실험결과 보고서를 예시로 제시하였다.



[그림 2] 실험집단 실험결과 보고서

4. 적용 연구

4.1 연구 대상

본 연구의 대상은 A시에 소재한 고등학교 1~2학년으로 구성된 과학 동아리 2집단을 대상으로 하였으며, 아래 <표 6>과 같이 실험집단 1개 동아리, 통제집단 1개 동아리로 각각 선정하였다.

표 6. 연구 대상

구분	학년	동아리수	인원수
실험집단	1~2	1	20
통제집단	1~2	1	19
합계		2	39

4.2 실험 설계

본 연구는 고등학교 수업에서 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업이 고등학교 학생들의 SW 교육에 대한 인식 및 융합 소양에 미치는 영향을 분석하기 위한 것이다.

연구가설 #1: 과학·정보 창의융합 수업을 통해 고등학생의 SW 교육에 대한 인식을 변화시킬 수 있을 것이다.

연구가설 #2: 과학·정보 창의융합이 일반적인 과학실험 수업보다 고등학생의 융합소양을 향상시킬 것이다.

이를 위하여 위와 같이 고등학교 과학 동아리 중 2개의 동아리를 임의로 선정하여 융합 소양 요소들과 관련된 사전검사를 통해 동질성 검사를 실시하였고, 실험집단에는 사전 SW 인식조사를 실시하였다. 이후 9차시에 걸쳐 실험집단에는 설계된 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업을 적용하고, 통제집단에는 일반적으로 실시되는 과학실험 수업을 적용하였다.

수업 종료 후 SW 인식조사 설문지와 융합 소양 요소들과 관련된 검사문항을 바탕으로 사후 검사를 실시하여 실험집단에서의 SW 인식의 변화를 살펴보고, 실험집단과 통제집단의 융합 소양의 각 요소별 집단간 차이를 살펴보았다. 본 연구의 실험 설계는 아래 <표 7>과 같다.

표 7. 실험 설계

G_1	O_1, O_3	X_1	O_2, O_5
G_2	O_4	X_2	O_6

G_1 : 실험집단, G_2 : 통제집단
O_1 : 사전검사(SW 인식 검사)
O_2 : 사후검사(SW 인식 검사)
O_3, O_4 : 사전검사(융합 소양 검사)
O_5, O_6 : 사후검사(융합 소양 검사)
X_1 : 과학·정보 창의융합 수업
X_2 : 일반 과학실험 수업

4.3 검사 도구

4.3.1 SW 인식 측정

삼성 주니어 소프트웨어(2013)에서 개발한 SW 교육 인식조사 설문지를 바탕으로 조사하였다[20]. 이 도구는 3개의 하위 영역으로 이루어져 있으며 컴퓨터에 대한 자신의 생각, SW융합교육에 대한 자신의 생각, 프로그래밍에 대한 자신의 생각으로 구성되어 있다. 문항은 Likert 5점 척도의 26문항이며, 점수가 높을수록 학습자의 SW 인식이 높은 것을 의미한다. SW 인식 검사의 하위 항목별 문항구성 및 문항 신뢰도는 <표 8>과 같다.

표 8. SW 인식 검사의 문항구성 및 신뢰도

하위요인	문항번호	문항수	신뢰도
컴퓨터에 대한 생각	1~5	5	.819
SW 융합에 대한 생각	6~17	12	.924
프로그래밍에 대한 생각	18~26	9	.902
계	1~26	26	.952

4.3.2 융합 소양 측정

융합 소양을 측정하기 위한 검사는 최유현 등(2013)이 개발한 융합인재 소양 측정도구를 활용하였다[9]. 이 도구는 융합인재 교육의 평가요소인 융합(convergence), 혁신(creativity), 존중(caring), 소통(communication)의 4C 요인을 준거로 개발되었다. 각각은 융합지식을 이해하고 활용하는 수준, 혁신을 추구하는 수준, 배려를 실천하는 수준, 의사소통 수준을 측정하는 21개 문항으로 구성되며, Likert식 5점 척도로 측정되어 숫자가 클수록 융합적 소양이 높은 것을 의미한다. 본 연구에서 사용한 검사지의 각 하위 항목별 문항구성 및 문항 신뢰도는 <표 9>와 같다.

표 9. 융합인재 소양 검사의 문항구성 및 신뢰도

하위요인	문항번호	문항수	신뢰도
융합수준	1~5	5	.846
혁신수준	6~12	7	.797
존중수준	13~16	4	.818
소통수준	17~21	5	.752
계	1~21	21	.897

5. 연구 결과

본 연구에서 자료 분석 및 처리는 IBM SPSS Statistics 21 버전을 사용하였다. 적용 연구를 위한 실험집단과 통제집단의 동질성 여부를 확인하기 위해 각 사전검사를 바탕으로 각 집단별 학습자의 평균 차이에 대해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 이 후, 두 집단의 사후검사를 바탕으로 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 전체 검정에 사용한 유의수준은 $p < 0.05$로 정하여 분석하였다.

5.1 사전 검사

적용 연구에서 실험 처치 이전에 실험 집단과 통제집단의 융합 소양 요소에 대한 사전 검사를 실시하였다. 두

집단의 동질성 여부를 판단하기 위해 독립표본 t-검정을 통해 비교하였다. 두 집단의 사전 검사 결과는 다음 <표 10>과 같으며, 융합 소양에 대한 실험집단과 통제집단이 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않아 두 집단이 동질집단임을 확인하였다(p<.05).

표 10. 융합 소양 사전 검사 결과

하위요소	통제집단		실험집단		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
융합수준	3.97	.58	4.03	.56	.34	.74
혁신수준	3.39	.41	3.31	.49	-.53	.60
배려수준	3.80	.67	3.70	.78	-.44	.66
의사소통수준	3.73	.56	3.76	.64	.17	.86
전체	3.69	.39	3.66	.43	-.17	.87

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

5.2 사후 검사

5.2.1 SW 교육 인식 변화

실험집단의 과학·정보 창의융합 수업에 의한 SW 교육에 대한 인식의 변화를 살펴보기 위해 SW 인식 검사지를 통한 사전 검사를 실시하였다. 9차시에 걸쳐 실험집단에 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업을 적용하고 사후검사를 실시하였다.(<표 11 참조>)

표 11. 실험집단의 SW 교육 인식 사전-사후 검사 결과

하위요소	사전검사		사후검사		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
컴퓨터	3.92	.47	4.32	.48	-3.93	.001**
SW융합	3.24	.56	3.72	.45	-4.49	.000***
프로그래밍	3.42	.48	3.78	.20	-4.00	.001**
전체	3.43	.47	3.86	.42	-4.63	.000***

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

실험집단의 실험 처치에 의한 SW 교육에 대한 인식의 변화를 보기 위한 SW 인식 사전-사후 검사 결과를 보면 컴퓨터에 대한 생각, SW 융합에 대한 생각, 프로그래밍에 대한 생각의 요소에서 모두 유의수준 .05 이하로 통계적으로 유의미한 결과를 보였다.

5.2.2 융합 소양 변화

마찬가지로 사전 검사 후 9차시에 걸쳐 실험집단에 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업을 적용하고 통제집단에 일반적인 과학실험 수업을 진행하였다. 실험집단과 통제집단의 융합 소양의 변화를 살펴보기 위해 두 집단 모두 융합 소양 요소에 대한 사후 검사를 실시하였다. 실험집단과 통제집단의 사후 검사 실시 결과를 독립표본 t-검정을 통해 비교한 결과는 다음 <표 12>와 같다.

표 12. 실험-통제집단 간 융합 소양 사후 검사 결과

하위요소	통제집단		실험집단		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
융합수준	4.04	.56	4.38	.42	2.15	.04*
혁신수준	3.53	.35	3.84	.52	2.19	.04*
배려수준	3.89	.55	3.96	.73	.33	.75
의사소통수준	3.86	.46	4.09	.56	1.38	.18
전체	3.80	.33	4.05	.41	2.10	.04*

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

결과에서 보면 하위요소인 융합수준과 혁신수준에서 유의수준 .04로 통계적으로 유의미한 차이를 보였고, 그 이외의 요소에서는 유의수준 .05 이상으로 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 융합 소양 검사 전체적인 평균에서 유의수준 .04로 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

5.3 결과 분석

SW 교육 인식 변화 결과는 아두이노라는 새로운 실험도구를 이용한 실험방식을 통해 학생들의 정보기기 및 SW에 대한 호기심과 흥미를 이끌어내고, 이것이 정보를 전공하는 학생뿐만 아니라 데이터의 수집, 분석 등을 활용하는 다양한 분야에 활용될 수 있음을 경험하게 된 결과라고 보여진다. 이는 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 교육이 컴퓨터나 IT 기술에 더 관심을 가지게 하고, SW 교육을 진행하면서 프로그램이 어디에 사용되고 실생활 및 자신의 관심분야와 어떻게 연계되어 사용되는지 알게 되면서 SW 교육 인식에 긍정적인 영향을 미치게 된다는 것을 의미한다.

융합 소양 변화를 관찰해보면 일반적인 과학실험 수업에서도 조별로 역할을 수행하며 협업하는 부분이 있기 때문에 두 집단 모두 배려와 의사소통 소양에 있어서 긍

정적인 영향이 있었다고 판단된다. 그러나 정해진 실험 과정을 수행하는 일반적인 과학실험에 비해 스스로 해결하고자 하는 문제를 선정하고 해결과정을 설계하여 실행하는 과학·정보 창의융합 수업이 학생들의 SW에 대한 흥미와 상상력을 더욱 자극하였다고 볼 수 있다. 이로써 아두이노의 다양한 장치들을 사용하고 직접 프로그래밍하면서 다양한 분야의 지식에 대한 융합의 필요성을 느끼게 하고, 스스로 해결과정을 모색하는 과정에서 다양한 해결책에 대한 의견을 나누고 가장 좋은 해결방법을 선정하는 경험을 통해 혁신수준에 긍정적인 영향을 가져왔다고 보여진다.

6. 결론 및 제언

학문의 분야가 전문화되고 분업화되면서 어느 한 분야에 뛰어난 지식을 가진 사람들도 필요하지만 서로 다른 분야를 연결하고 통합하며 통찰할 수 있는 사람들이 더욱 필요하다. 이 시대가 필요로 하는 인재는 다양한 생각들을 하나의 새로운 아이디어로 만들어 낼 수 있는 사람이며, 이러한 역량을 가진 인재는 경쟁력 있고 고부가가치를 창출할 수 있는 융합적인 아이디어를 만들어낼 수 있다. 그러므로 서로 다른 지식들을 연결할 수 있고 다른 분야에도 관용적인 태도와 관심을 가질 수 있는 인재의 육성은 중요하고 의미가 있다. 따라서, 이러한 역량을 갖춘 인재들을 육성하기 위해서는 새로운 교육방법이나 전략에 대한 모색과 적용이 필요하며, 기존 교육과 차별화된 새로운 창의융합 교육 패러다임에 대한 연구가 필요하다.

이 같은 시대적 필요와 요구를 반영하여 2015 개정 교육과정에서는 미래 국가 발전의 성장 동력을 마련하고 새로운 미래를 이끌어 갈 인재를 양성하는 핵심 교육으로 창의·융합교육을 들고 있다. 최근에는 컴퓨터 테크놀로지가 고도화·지능화 되고 인공지능이나 빅데이터, 사물인터넷(IoT) 같은 새로운 ICT 기술과 4차 산업혁명의 개념이 전 세계적으로 확산되면서, 이러한 미래 사회를 선도할 창의적 문제해결능력 역량을 신장시키기 위한 SW 교육이 많은 사람들의 관심을 받고 있다.

SW 교육은 단순히 프로그래밍 기법을 가르치는 것이 아니라 디지털 세상에서 새로운 것을 창조하고 융합하는 새로운 역량에 초점을 맞추고 있으며, 다양하고 복합적인 문제해결 역량을 키우는데 관심을 갖고 있다. 따라서 미래 사회에서 요구하는 인재를 양성하기 위해 교실 수업은 끊임없는 변화를 요구받고 있으며, 이를 위해 학교교육 및 교실수업의 새롭고 혁신적인 방향을 탐색하기 위한 노력이 계속되어 왔다. 이를 통해 학생들은 창의·융합적인 사고를 해야 하는 상황에 꾸준히 노출되어야 하며, 자신만의 영역이 아닌 다른 영역과의 소통과 공감을 경험할 필요가 있다.

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학·정보 창의융합 수업을 설계하고, 이 수업이 고등학생의 SW 교육에 대한 인식과 융합 소양 향상에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 그 결과 과학·정보 창의융합 수업이 고등학생의 SW 교육에 대한 인식을 긍정적으로 변화시키는데 통계적으로 유의미함을 확인하였다. 또한 과학·정보 창의융합수업이 일반적 과학실험 수업보다 고등학생의 융합 소양 사전-사후 검사에서 더욱 많은 향상을 보이며 통계적으로 유의미한 결과를 확인하였다.

이 연구에서는 정보 교과와 과학 교과와의 창의융합 수업을 시도하였으나, 이를 시작으로 정보 교과와 보다 많은 분야와의 융합을 위한 고민을 통해 학교의 교실수업에서 학생들이 창의·융합적인 역량을 충분히 계발할 수 있는 여건이 보다 원활하게 조성될 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구자는 연구를 통해서 얻게 된 결론을 바탕으로 후속 연구를 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구는 9차시 수업으로 총 39명의 과학동아리 학생에게 정보 교과와 과학 교과와의 융합수업을 통해 연구결과를 도출하였으므로 전체 고등학생을 대상으로 일반화하여 적용하는데 한계가 있다. 지역별, 학년별 대상을 달리 설정하여 후속 연구를 진행할 필요가 있으며, 앞으로 정보 과목과 다양한 과목과의 융합을 위한 수업설계 및 효과에 대한 연구가 필요하다.

둘째, 입시 위주의 고등학교 수업에서 정보 교과의 인식 개선을 위해서는 내실있는 정보 교과 수업이 무엇보다 중요하지만, 이와 더불어 정보 교과 중심의 다양한 창의융합 수업 확대를 통한 학생의 관심분야와 정보 교과와의 융합 경험 제공으로 정보 교과 인식 개선을 위한 노력이 필요하다.

셋째, 각 과목이 전문화·분리화 되어있는 고등학교에서 창의융합 수업을 통한 융합 역량을 발휘할 수 있는 환경을 조성하기 위해서는 융합수업 시간 확보, 수업자료 및 교육과정 마련 등의 제도적 뒷받침이 요구된다.

참고문헌

[1] 김태은 · 이재진 · 우연경(2017). 창의·융합형 인재 양성에 대한 교육계 내·외부의 견해 비교. **한국교육학연구, 23**(2), 157-190.

[2] 전용주 (2017). **새로운 교육과정의 소프트웨어 교육을 위한 컴퓨팅 사고력 기반 창의적 문제해결(CT-CPS) 수업모형의**

개발 및 적용. 박사학위 논문, 한국교원대학교.
[3] 전용주 (2017). 중등 소프트웨어 수업에서 컴퓨팅 사고력 기반 창의적 문제해결(CT-CPS) 수업모형의 인지적·정의적 효과성 분석. **컴퓨터교육학회 논문지, 20**(4), 47-57.
[4] 정영식 (2017). **4차 산업혁명 시대의 소프트웨어 교육방안**. 한국정보화진흥원.
[5] 오미자 (2017). 스크래치 프로그램을 활용한 프로그래밍 교육에 대한 비전공자의 인식 연구. **컴퓨터교육학회 논문지, 20**(1), 1-11.
[6] 김왕동 (2012). 창의 융합인재에 관한 개념 틀 정립: 과학기술과 예술 융합 관점. **영재와 영재교육. 11**(1), 97-119.
[7] 오헌석 · 성은모 (2013). 융합인재역량 분석-K대학교 공과대학 신기술융합학과대학원 사례를 중심으로. **아시아교육연구, 14**(4), 201-228.
[8] 최유현 · 노진아 · 이봉우 · 문대영 · 이명훈 · 장용철 · 박기문 · 손다미 · 임윤진 · 이은상 (2012). 창의적 융합인재 양성을 위한 STEAM 교육과정 모형 개발. **한국기술교육학회지, 12**(3), 63-87.
[9] 최유현 · 노진아 · 임윤진 · 이동원 · 이은상 · 노준호 (2013). 초 · 중 · 고등학생용 융합인재소양 측정도구 개발. **한국기술교육학회지, 13**(2), 177-198.
[10] 정미경 (2015). 가정학에서의 융합교육 실현 방안. **한국실과교육학회지. 28**(1), 121-141.
[11] 교육부 (2015). **2015 개정 교육과정 운영지침 해설서**.
[12] 김혜영 (2013). 융합교육의 체계화를 위한 융합교육의 방향과 기초융합교과 설계에 대한 제언. **교양교육연구. 7**(2), 11-38.
[13] 김민정 (2018). **인문계 고등학교 학년에 따른 정보과목 수업 현황 분석**. 고려대학교 교육대학원 석사학위 논문.
[14] 서주영 (2018). 대학의 비전공자 SW교양교육에 관한 인식 연구. **디지털융복합연구 학회지. 16**(5), 21-31.
[15] 황요한·문공주·박윤배 (2016). 소프트웨어 활용 탐구 활동을 통한 고등학생의 프로그래밍과 컴퓨팅 사고력에 대한 인식변화와 과학 학습에 대한 태도 조사. **한국과학교육학회지. 36**(2), 325-335.
[16] 이상진, 박우찬, 여경준, 장명호, 김희주, 최희석, ... & 유헌창. (2014). 피지컬 컴퓨팅에서 아두이노 실험 교육을 통한 MBL 인터페이스 대체효과. **한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 18**(1), 97-100.
[17] 이성 (2018). **SW를 활용한 초등 과학 수업이 학생들의 문제 해결력과 과학적 태도에 미치는 효과**. 석사학위 논문, 경인교육대학교.
[18] 박동진 (2017). **아두이노를 활용한 과학기반 STEAM 프로그램이 초등영재학생의 과학학습동기와 창의적 문제해결력에 미치는 영향**. 석사학위 논문, 대구교육대학교.
[19] 전성균·서영민·이영준 (2010). CPS 기반의 창의적 프로그래밍 수업 모형. **한국컴퓨터교육학회 학술대회 학술발표 논문집. 14**(2), 95-99.
[20] 삼성주니어소프트웨어 (2013). **SW교육 인식검사 설문지**.

이 유 라
2005년 충남대학교
정보통신공학부(공학사)
2020년 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)
2020년~현재 용인중학교 교사
관심분야: 컴퓨터교육, 융합교육, 메이커 교육
E-Mail: yula0201@naver.com

김 태 영
1985년 한양대학교 산업공학과(공학사)
1990년 Texas A&M University Computer Science(M.S.)
1994년 Texas A&M University Computer Science(Ph.D.)
1994년~현재 한국교원대학교
컴퓨터교육과 교수
관심분야: 컴퓨터교육, 융합교육, 프로그래밍 교육
E-Mail: tykim@knue.ac.kr