

노벨엔지니어링을 활용한 피지컬 컴퓨팅 융합수업이 초등학생의 학습몰입도와 창의적 문제해결력에 미치는 영향

양현모* · 김태영**

우전초등학교* · 한국교원대학교**

요약

미래 사회를 위한 대비로 교육과정은 시대의 흐름에 맞게 변화하고 있으며 4차 산업혁명 시대가 도래하면서 새로운 2015 개정 교육과정의 목적이 창의적인 융합인재를 육성하는 것으로 제시되었다. 소프트웨어 교육의 목적은 창의성 증진이며 나아가 실생활과 연계하여 문제해결력을 기르도록 하는 것이다. 또한, 학습에 대한 몰입도는 뛰어난 교육 성취로 이어진다. 그러나 여전히 초등학교 컴퓨터 교육에서는 학생들이 쉽게 몰입하고 창의적인 문제해결력을 증진하기 위한 융합수업 모델의 개발이 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 이러한 교육 여건에 맞는 융합수업 모델인 노벨엔지니어링(novel engineering)을 활용한 컴퓨터 융합교육을 설계하고, 이를 수업에 적용하였다. 그리고 학습 몰입도와 창의적 문제해결력 증진에 미치는 영향을 측정하기 위하여 초등학교 6학년층 대상으로 노벨엔지니어링 기반 컴퓨터 수업을 실험 집단에 적용하였고, 일반적인 컴퓨터 수업을 통제 집단에 적용하였다. 집단 간 사전-사후 검사 결과 노벨엔지니어링을 활용한 컴퓨터 수업은 학습몰입도와 창의적 문제해결력 신장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

키워드 : 노벨엔지니어링, 융합 교육, 초등 소프트웨어 교육, 학습몰입도, 창의적 문제해결력

The Effect of the Physical Computing Convergence Class Using Novel Engineering on the Learning Flow and the Creative Problem Solving Ability of Elementary School Students

Hyunmo Yang* · Taeyoung Kim**

Ujeon Elementary School* · Dept. of Computer Education, Korea National University of Education**

Abstract

In preparation for the future society, the educational curriculum is changing according to the trend of the times, and with the advent of the era of the 4th Industrial Revolution, the purpose of the new 2015 revised curriculum was suggested to foster the convergence creativity of students. The purpose of software education is to promote creativity and further develop problem-solving skills in connection with real life. In addition, flow in learning leads to outstanding educational achievement. However, in elementary school computer education, there is still a lack of development of a convergence class model for students to easily immerse themselves and promote creative problem-solving skills. Therefore, in this study, we designed convergence computer education using Novel Engineering, which is a convergence class model suitable for these educational conditions and applied it to classes. Further, to measure the effect on the improvement of learning flow and creative problem-solving ability, the Novel Engineering-based computer class was applied to the experimental group for 6th graders, and the general computer class was applied to the control group. As a result of the pre-post test between groups, it was found that computer classes using Novel Engineering had a positive effect on learning flow and creative problem-solving ability.

Keywords : Novel Engineering, Convergence Education, Elementary Software Education, Learning Flow, Creative Problem Solving Ability

이 논문은 양현모(2021)의 석사학위 논문을 보완하여 제작성한 것임.

교신저자: 김태영 (한국교원대학교 컴퓨터교육과)

논문투고 : 2021-04-05

논문심사 : 2021-04-16

심사완료 : 2021-05-02

1. 서론

2015 개정 교육과정의 목표는 창의융합인재를 육성함에 있다. 창의융합인재란 인문학적 소양과 과학 기술적 창조력을 융합하여 균형있는 학습성장을 이루어가는 인재를 말한다. 성공적인 융합인재를 육성하기 위해선 융합수업에 대한 이해와 실천이 중요하고 이는 교과목 간의 융합을 시도하는 것으로부터 시작된다. 왜냐하면 시대가 변함에 따라 요구되는 다양한 교육목표는 하나의 패러다임으로는 해결하기 어렵기 때문이다. 이를 위해 문·이과의 경계를 허무는 융합소양과 이를 위한 수업모델의 필요성이 증대되고 있으며, 현재 재구성, 통합수업, STEAM 교육 등 다양한 방법으로 시도되고 있다. 이에 따라 컴퓨터교육 역시 다른 과목과의 융합수업을 통하여 몰입도 있는 수업을 할 수 있는 노력이 필요하며, 이를 통해 정보교과의 핵심역량인 컴퓨팅사고력(computational thinking, CT) 기반의 창의적 문제해결력과 융합적 사고력을 키울 수 있을 것이다[1][2].

Novel Engineering(NE)은 미국 매사추세츠 주의 Tufts 대학 부설 CEEO(Center for Engineering Education and Outreach)에서 개발한 교육 방법으로 인문학적 소양과 공학적 사고력을 융합하는 모델이다. CEEO의 연구에 따르면 공학자들이 문제를 발견하고 해결하는 과정을 책이라는 인문학적 요소에서 시작하여 학생들에게 공학자로서의 사고방식과 창의성을 신장시킬 수 있을 것이라는 것이다. NE는 책(novel) 읽기 시간을 통해 본인이 찾은 문제 상황을 말하고 나누며 다양한 경험을 할 수 있게 한다. 문제를 인식하는 과정을 책이라는 즐거운 공간을 통해 쉽게 유도할 수 있으며 등장인물과 자신을 동일시하여 직접 문제를 해결해가는 과정을 통해 인문학적 소양과 공학적 사고력을 쉽게 연결할 수 있는 장점이 있다[3].

NE는 문학과 공학을 접합한 문·이과 통합 수업 모델로써 자신을 책의 등장인물과 동일시하여 문제상황을 인식하는 것으로 시작한다. 학습자는 쉽게 책속의 문제 상황에 몰입하여 문제를 해결하기 위한 여러 가지 디자인 사고(design thinking)를 하게 된다. 본인의 아이디어를 다른 사람들과 공유하고 가르치고 나누는 과정에서 자신의 생각을 명확하게 정리하며 해결책을 만들어 나간다. 이때 다양한 방법으로 해결책을 구상하게 되는데

이 부분에서 교사의 역량과 의도에 맞게 통합적이고 융합적인 접근이 가능하다.

본 연구에서는 노벨엔지니어링을 활용한 컴퓨터 교육이 초등학생의 학습몰입도와 창의적 문제해결력에 미치는 영향에 대해 연구한다. 이에 다음과 같은 연구의 내용을 설정하였다. 첫째, 노벨엔지니어링을 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육을 개발하고 구체적인 수업 전략을 구성한다. 둘째, 개발된 교육 프로그램을 교육 현장에 적용하여 학생들의 학습몰입도와 창의적 문제해결력에 긍정적 변화가 생겼는지 검증한다.

2. 이론적 배경

2.1 노벨엔지니어링 정의와 수업 단계

노벨엔지니어링은 소설을 뜻하는 ‘novel’과 공학을 뜻하는 ‘engineering’의 합성어이다. NE는 인문학으로 시작하여 공학적 사고력을 발휘하도록 융합하기 때문에 초기에는 과학 교과와의 연구가 활발히 진행되었다. 한국에 처음 노벨엔지니어링을 소개한 홍기친은 본인의 전공인 로봇 공학과의 융합 모델로 이를 소개하였고, 현재 다른 교과와의 융합수업 모델로 많이 연구되고 있다. 도서는 장편소설이나 수필, 단편 동화까지 모든 형태의 도서가 가능하며 NE 수업을 효과적으로 진행하기 위해서는 적절한 도서를 선택하는 것이 중요하다[4][5][6].

2.1.1 Portsmouth & Milto의 NE 단계

Portsmouth & Milto(2018)의 수업 단계를 아래 <Table 1>에 나타내었다[7].

<Table 1> Portsmouth & Milto's Phases of NE[7]

Phase	Activity
1) Problem recognition	Read a book and review the challenges faced by the characters, and discover and recognize problems
2) Scoping the problem and designing a solution	Think about what you can do to solve the problem

3) Solution test and feedback	Design solutions and share intermediate results to receive mutual feedback between students
4) Improving the solution	Produce the final product by improving the intermediate result
5) Sharing the final result	Express the final result in a variety of ways

1단계(문제 인식)에서는 책을 읽으며 등장인물과 본인을 동일시할 때 책속에서 겪는 문제상황을 인식한다. 2단계(문제의 범위 지정 및 해결책 디자인)에서는 인식한 문제 상황을 좀 더 구체적으로 세분화하여 해결책의 범위 설정과 조건 등을 명료화한다. 또한 문제를 해결하기 위한 공학적 디자인을 하며, 해결책은 융합된 교과성취 기준과 목적에 맞게 설정한다. 3단계(해결책 테스트 및 피드백)에서는 구상한 해결책을 다른 학습자들과 공유하며 개선안에 대한 피드백을 받는다. 해결책은 현실 가능성이 있어야하며 구체적인 설명이 담겨 있어야 한다. 완벽한 작품일 필요는 없으나 어떠한 원리를 표현하고 구상하였는지 설명하여야 한다. 4단계(해결책 개선하기)에서는 공유한 해결책에 대한 피드백을 듣고 개선하는 단계이다. 5단계(최종 결과물 공유하기)에서는 피드백을 반영한 해결책을 공유하는 단계이며, 다른 학습자들에게 공유하고 발표한다. 이 과정에서 이야기를 재창작하여 마무리한다.

2.1.2 노벨엔지니어링교육 연구회의 NE 절차

노벨엔지니어링교육 연구회(2019)는 Portsmore & Milto가 제시한 절차보다 세분화하여 8단계로 소개하였다. 각 단계가 늘어남에 따라 확보해야하는 시수가 늘어났지만 그만큼 일련의 수업과정이 보다 구체적이며 학생들이 깊이 있는 탐색을 할 수 있다. 학습자들은 8단계로 구성된 절차를 따라오면서 문학에 대한 소양과 공학적 문제해결력을 체험하게 된다. 노벨엔지니어링교육 연구회가 제안한 NE의 8단계는 다음 <Table 2>와 같다[8].

<Table 2> The Phases of the Nobel Engineering Research Society[8]

Phase	Activity
1) Reading a book	Everyone reads together using reading time. The teacher selects a book that suits the intention of the class and explains to the students to read it while thinking about the situation in which the character is facing.
2) Recognizing the problem	This is the step to focus on one problem situation and recognize the problem through brainstorming.
3) Designing a solution	Once the problem situation is clear, students design a possible solution, and understand and discuss the parish and restrictions to be used.
4) Making a creation	Students create creative works using available teaching tools. They design creative works according to the purpose of the subject they want to converge, and they also create concrete objects and express them.
5) Presentation and 6) Feedback	Students share the solutions with everyone and look for improvements in the process of presenting and receiving feedback
7) Upgrading a solution	Students improve their own results based on the feedback received.
8) Reconstructing a story	Students acquire humanities literacy while taking time to recreate how the story changes through the changes brought about by the problem situation they have solved.

1단계에서는 NE는 어떤 책을 선정하느냐에 따라 다양한 수업이 될 수 있기 때문에 학생들의 학년, 수준, 주제, 문제 찾기의 용이성 등을 고려하여 주의깊게 선정한다. 2단계에서는 학생들은 모둠을 만들어 활동하여도 좋고, 개별 활동 후 모둠을 구성하여도 좋다. 3단계에서는 같은 문제를 인식한 학생들끼리 모둠을 구성하거나, 처음부터 모둠에서 하나의 생각에 집중하게 한다. 4단계에서는 학생들이 다양한 해결책을 표현할 수 있도록 여러 재료나 교구를 준비해주는 것이 좋다. 7, 8단계에서는 개선한 결과물을 최종적으로 공유하며 자신의 생각을 말하는 과정을 통해 일련의 과정을 마무리 한다.

2.1.3 선행연구 및 시사점

홍기천(2016)은 Tufts University의 CEEO에서 수행되는 로봇활용교육, Novel Engineering, Student and Teacher Outreach Mentorship Program (STOMP)의 사례를 바탕으로 NE의 효과에 대해서 소개하고 있다. 학생들은 주어진 최소한의 정보를 가지고 다른 학습자들과 토의하며 문제를 해결해나간다고 소개하며 이 과정에서 공학적 사고력과 표현력에 효과가 있다고 소개했다[4].

이후에 우리나라에 소개된 노벨엔지니어링 관련 연구는 주로 어떻게 수업을 진행하였는지에 대한 연구 내용이 많다. 박선중(2018)은 노벨엔지니어링을 과학·수학에 적용하였으며[9], 엄태건(2018)은 국어 교과에[10], 조민석(2018)은 사회 교과에 적용하였다[11]. 홍지연(2018)은 순차, 선택, 반복을 가르치기 위한 프로그래밍 교육에 적용하였고[12], 김병섭(2020)은 노벨엔지니어링을 독서 교육에 적용하여 독서능력, 문제해결력, 공학창의성에 미치는 효과를 연구하였다[13]. 이렇게 노벨엔지니어링은 창의융합 수업 모델로써 앞으로의 발전이 기대되는 분야이다.

2.2 학습몰입도와 창의적 문제해결력

2.2.1 학습몰입도

몰입에 대한 전반적인 틀을 잡은 것은 Csikszentmihalyi(1975)의 연구로 시작되었다[14]. 연구에 따르면 몰입은 하나의 활동에 몰두하여 그 외의 어떤 것도 느끼지 못하는 최적의 경험 상태에 이르는 것이라고 설명한다. 이러한 몰입 상태를 학습에 적용하여 최상의 학습 성과를 기대하는 것이 학습몰입에 대한 연구이다. Csikszentmihalyi(1990)는 학습 몰입의 구성요소로 도전과 능력의 조화, 명확한 목표, 행위와 의식의 통합, 구체적인 피드백, 과제에 대한 집중, 통제감, 시간 감각의 왜곡, 자기 목적적 경험의 9가지로 설명하였다[15]. 석임복(2008)은 몰입에 대해 "어떠한 일에 집중 시 일어나는 최적의 상태로 특정 행위에 깊이 몰두하여 활동 그 자체 이외에 시공간 및 자신에 대한 생각까지도 잊게 되는 심리 상태"라고 설명하였다.

2.2.2 창의적 문제해결력

창의적 문제해결력은 최근 교육목표에서 자주 언급되면서 하나의 트렌드가 되고 있는 표현이 되었다. 현재 4차 산업혁명 시대에서 지향해야 할 교육은 창의성 신장이라는 교육의 큰 패러다임에서 실생활의 문제를 해결할 수 있는 능력을 합쳐 창의적 문제해결력을 기르는 것을 목표로 한다. 창의적 문제해결력에 대한 다양한 정의와 연구가 있으며 다음은 그에 대한 간략한 설명이다.

Treffinger & Isaksen(1985)은 현재 익숙하게 사용되는 창의적 문제해결(Creative Problem Solving)이라는 개념을 만들었다. 문제 상황에 대해 하나의 해결책이 아닌 여러 해결책이 존재할 수 있으며, 창의적 과정과 문제해결을 동일시하여 그 자체에 대한 개념을 정의, 연구하였다[17]. 황지현(2010)은 "지식과 기술을 기반으로 논리·비판적 사고와 확산 사고가 상호 작용하면서 구조화되지 않은 문제 상황을 파악하고 새로운 결과나 해결 방안을 만드는 능력"으로 정의하였다[18].

3. NE를 활용한 융합교육 프로그램 개발

3.1 개발 방향

본 연구를 위해 NE 적용을 위한 도서 선정 및 NE 수업 절차에 따른 통합 교육과정 구성 방안을 제시하여 실제적인 지도 방안을 제안하고자 한다. NE의 장점인 '문제인식을 활용한 창의적인 수업'을 위해서는 무엇보다 도서 선정이 중요하다. 학생들이 생각하는 다양한 문제 해결방법이 학습 성취기준과 벗어나지 않도록 구성하기 위해서는 적절한 상황을 제공하면서도 구체적인 방향이 수업의 의도와 맞을 수 있는 도서를 선정해야 한다. 각급 학교 및 학년 수준에서 쉽게 파악할 수 있고, 생각해볼 수 있는 문제 상황이 다양하게 드러나 있으며, 등장인물이 너무 많거나 제한적이지 않은 조건도 고려하여야 한다.

최은영(2019)은 세 가지 도서 선정 기준을 제시한다[19]. "첫째, 도서가 문학적 가치가 있는가? 둘째, 도서가 다양한 형태로 존재하는가? 셋째, 도서 내용에서 공학적 문제를 찾았을 때 전공 교과목으로 해결 가능한가?"이다. 이 중 전공 교과목에 대한 내용은 초등에서는

‘학습성취도와 연결 지을 수 있는가 또는 융합교과의 학습목표와 부합하는가’ 정도로 해석하여 적용할 수 있다.

또한 위의 모든 기준을 충족하더라도 학생들의 흥미를 끌지 못하면 진정한 학습이 이루어질 수 없다. 이는 학생들이 충분히 몰입하게 하기 위함으로써 학습발달 수준, 흥미도 조사 등의 사전 학생 실태 파악을 통해 충분히 고려할 사항이다. 특히 메이커 교육의 연장선이 될 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구를 활용한 구체물을 만드는 과정을 NE로 설계한다면 인지발달 수준에 맞는 책을 선정해야 할 것이다. 공학적인 문제해결력을 발휘할 수 있는 책이면서 학생들이 충분히 실현 가능한 방안을 디자인 할 수 있도록 그 수준을 고려해야 하는 것이다.

3.2 도서 및 피지컬 컴퓨팅 교구 선정

본 연구에서는 위의 기준과의 적합성, 독자의 흥미도, 교육과정과의 연계 등을 고려하여 “프랭크, 다리가 일곱 개인 거미”를 선정하였다[20]. 이 책은 어느 날 다리를 하나 잃어버린 프랭크라는 거미가 자신의 다리를 찾아 다니는 모험을 통해 생기는 여러 이야기를 엮은 책이다. 이 책을 선정 한 이유는 다음과 같다.

첫째, 학생들의 학급에서는 곤충 기르기를 하고 있으며, 거미에 대한 학생들의 관심과 흥미도가 높았다. 둘째, 책의 주요 내용에 모험의 요소가 들어갔다고 판단하였다. 다리가 하나 없어서 생기는 불편한 상황을 해결하기 위한 문제 상황 요소가 나와 있다. 셋째, 공학적 문제해결력을 발휘할 수 있다고 판단하였다. 인공적인 다리를 만들거나 이동을 위한 보조 장치를 만드는 것, 또한 잃어버린 물건을 쉽게 찾기 위한 장치나 방향 감각을 상실한 주인공을 위한 장치 등 여러 공학적 해결 방안을 마련할 것으로 생각하였다. 넷째, 책의 내용과 수준이 학생들이 쉽게 이해하고 몰입하기 적절하였다. 끝으로 구체물을 만들어 해결책을 디자인하고 이야기를 재창작하는 과정이 교육과정 측면에서 국어 교과와 융합하기 좋았다.

본 연구에서는 6학년 학생을 대상으로 5~6학년군 국어과 성취기준을 먼저 살펴보았다. NE 수업에서 가장 중요한 단계를 문제를 인식하고 해결책을 모색하는 단계로 설정하였기 때문에 서로 읽은 문학 작품에 대해 말하고 토의하는 성취기준인 ‘[6국05-05]작품에 대한 이

해와 감상을 바탕으로 하여 다른 사람과 적극적으로 소통한다.’에 주목하였다. 모둠 활동을 통해서 서로가 생각한 문제 상황에 대해 토의하며 하나의 생각을 명료화하는 과정을 거쳐야 하기 때문에 적합한 성취기준이라고 판단하였다.

피지컬 컴퓨팅 수업과의 융합을 위해 선정한 교구는 브릭 키트이며, 나아가 ‘레고스파이크(Lego Spike)’라는 교구를 사용하여 단순히 브릭으로 표현하는 것이 아니라 코딩을 통한 움직임 표현을 추가하였다. 레고스파이크는 브릭을 기반으로 허브라는 작은 컴퓨터를 통해 코딩한 결과를 수행할 수 있도록 만든 교구이다. 학생들은 수업 전 미리 실과 시간을 활용하여 스마트 기기 사용과 브릭 키트 사용 방법에 대한 연습을 하였다. 브릭 키트의 여러 센서와 모터의 움직임을 이해하면서 학생들이 제시하는 해결책이 창의적이고 다양해졌다.

3.3 융합 교육프로그램 개발

노벨엔지니어링의 핵심은 창의융합인재 육성이다. 도서로 시작하는 인문학적 요소와 공학적인 설계를 통해 문제를 해결하는 과정에서 융합이 된다. 또한 문제를 발견하고 해결하기 위한 계획을 세우며 해결하는 과정에서 창의적 문제해결력이 신장된다는 것이다. 창의력이 신장하기 위해서는 문제 상황을 인식할 때 본인 스스로 하는 것이 가장 큰 효과를 발휘한다. 하지만 문제인식을 하는 것은 생각보다 쉬운 일이 아니다. 대부분의 수업에서는 동기유발을 통해서 원하는 문제 인식으로 유도한다. 특정한 수업 성취 기준을 위해서는 어쩔 수 없는 장치다. 노벨엔지니어링에서는 이러한 상황에 조금은 자유롭다. 책이라는 한정적인 공간, 쉽게 몰입할 수 있는 등장인물들, 그러한 등장인물들이 겪는 문제상황으로 누구나 쉽게 문제상황을 인식하고 해결과정을 생각해볼 수 있다. 이러한 자유로움에서 원하는 상황으로의 유도는 노벨엔지니어링이 창의성을 확보하기 위한 매우 강력한 장치이다.

수업을 재구성하기 위해서 우선 시수 확보가 필요하다. 원래의 노벨엔지니어링은 도서 선정부터 학생들과 같이 하는 방법도 있지만, 본 수업에서는 교사의 재량에 따라 도서를 선정하고 온 책 읽기부터 수업을 시작하였다. 10시간에 걸쳐 충분한 시간을 확보하기 위해서 도서

를 읽고 이야기를 재창작하기 위한 ‘국어’ 단원과 입체 표현을 연계한 ‘미술’ 단원, 소프트웨어 교육과 코딩, 그 외의 모든 컴퓨터 관련한 ‘실과’ 단원을 확보, 통합 수업으로 진행하였다. 본 수업 설계는 노벨엔지니어링 연구회가 제안한 NE 수업 단계를 수업 상황에 맞게 아래와 같이 재구성하여 진행하였다.

가. 1차시: 책읽기

“프랭크, 다리가 일곱 개인 거미”를 다 같이 읽는 단계이다. 책을 읽으면서 책 속에 등장하는 여러 등장인물이 겪는 상황을 생각한다.

나. 2차시: 문제인식

학생들에게 책의 주인공이 되어 어떠한 문제를 겪고 있는지 생각해보게 한다. 문제인식 단계에서 가장 많은 창의적 문제해결력이 신장할 수 있으므로 명확한 범위 설정과 현실 가능성을 배제하지 않도록 유도한다. 본 계획에서는 모듈별로 활동하며 가장 해결이 필요하다고 생각하는 부분을 토의를 통해 모듈별로 하나씩 정해본다. 사용 도구로는 멘티미터를 활용한다. 책을 읽고 떠오르는 생각을 자유롭게 적으며 주인공이나 등장인물이 겪고 있는 문제상황을 어떠한 방식으로 도와주고 싶은지를 자유롭게 소통한다.

다. 3차시: 해결책 설계 #1

모듈별로 선정된 문제점을 해결하기 위한 방법을 토의한다. 해결 방법을 구체화하기 위해 필요한 정보를 수집한다. 앞의 시간에서 활동했던 멘티미터를 보면서 각 모듈별로 생각을 수렴화하며 집중한다. 각 모듈별로 충분한 토의를 거친 후에 자기 모듈이 생각한 문제상황을 하나의 문장으로 패들렛을 활용하여 간결하게 표현해본다. 패들렛에는 각 조의 생각을 적을 수 있는 서식을 사용하여 있으며 학생들은 각 조의 생각을 정리하여 대표 학생이 태블릿을 사용하여 작성한다.

라. 4차시: 해결책 설계 #2

활용할 교구인 Lego Spike의 사용 방법을 알아본다. 어떠한 동작을 만들어낼 수 있을지 고민하며 어떤 센서를 상황에 맞게 사용할 수 있는지 알아본다. 생소한 브릭키트의 기능을 알아본다. 여러 센서를 활용하여 다양

한 구체물을 만들어보고 조작한다. 이렇게 얻게된 사전 경험은 이 후의 활동에 사고의 확장을 가져온다.

마. 5-6차시: 해결책 구현

모둠 토의를 통해서 문제 상황을 해결하기 위한 방법을 구체화한다. 자신의 모듈에서 구체화한 계획을 Brick Set을 활용하여 표현한다. 각각의 기능을 어떻게 표현하고 구현하려고 했는지에 중점을 맞추도록 한다. 충분한 시간을 주기 위해서 연차시로 진행한다. 문제해결책은 실현 가능성이 있어야 하며 Brick Set으로 표현할 수 있도록 안내한다.

바. 7차시: 발표 및 피드백

모둠별로 자신들의 결과물을 공유하고 발표한다. 다른 모듈은 발표 내용을 듣고 피드백을 한다. 패들렛을 활용해 서로의 결과물을 공유하고 피드백을 자유롭게 받는다. 실시간으로 받은 피드백을 보고 자기 모듈의 결과물을 수정 보완할 점을 파악한다.

사. 8차시: 수정 및 보완

자신의 모듈이 받은 피드백을 바탕으로 작품 수정을 한다. 수정이 어려운 영역에서는 생각을 표현하기 위한 비슷한 형태를 만들고 말로 설명하면 된다고 장려한다.

아. 9차시: 수정 및 보완

최종 수정 보완된 작품을 다시 한 번 발표한다. 각각의 발표에 대해서 학생들은 자기 모듈의 작품을 설명하며 어떠한 점을 잘 표현했는지, 현실 가능성이 있는지 등에 대한 자기 반성을 해본다.

자. 10차시: 이야기 재구성

책 속의 주인공의 입장이 되어 달라진 결과에 대한 이야기를 재구성해본다. 자신의 이야기를 발표하며 서로의 문제 해결 과정을 공유한다.



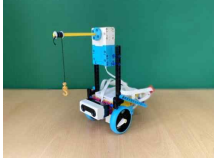





3.4 융합 수업 도구와 결과물

NE에 기반한 수업을 진행하기 위하여 다음과 같은 교구를 활용하였다.

· 멘티미터: 생각을 모으기 위한 온라인 의견 수집 장소이다. 여러 가지 형태로 수집된 반응 자료를 표현할 수 있으며 가장 많이 사용하는 형태는 워드 클라우드였다. 한글 단어나 문장을 실시간으로 표현해주며, 중복되는 표현이나 생각은 크기가 커지면서 집중되는 효과가 있다. 주로 첫 시간에 책을 읽고 드는 생각이나 의견을 정리할 때 사용하였다. 학생들은 서로가 어떠한 생각을 가지고 있는지 확인하여 자신의 생각을 좀 더 다듬기도 하였으며, 이 내용을 바탕으로 하지 못했던 새로운 발상과의 결합을 통해 자신의 모둠이 해결할 과제를 선정하기도 하였다.

· 패들렛: 소통을 하기 위한 온라인 학습 플랫폼이다. 패들렛의 가장 큰 장점은 학생들의 별다른 가입이 필요 없다는 점이었다. 자유롭게 의견을 교환하며 때로는 사진 자료나 문서 자료를 공유하거나 링크를 통해 여러 사이트를 이동할 수 있도록 쉽게 안내가 가능하다. 학생들에게 제시하는 설문지 또한 패들렛으로 제시하여 쉽게 해결하였다.

· 레고스파이크와 브릭세트: 흔히 레고로 알려진 브릭세트는 손쉽게 조작하며 원하는 결과물을 입체적으로 표현하기에 적합한 교구이다. 특히 레고스파이크는 교육용 소프트웨어 교구로 소개되어 있는 만큼 코딩을 통한 다양한 움직임을 표현할 수 있다. 본 연구에서는 레고스파이크를 중점적으로 사용하여 다양한 구체물을 만들고 그 기능을 활용하여 창의적인 해결책을 디자인하였다. 아래 (Fig. 1)에 학생들의 수업 결과물들을 제시하였다.

	
A hovercraft that can bypass multiple obstacles	A tool that moves forward by blowing the spider web in front with the power of a powerful motor
	
A device that helps Frank land automatically when he reach the desired point	A mechanical device that pushes the nose hair in advance to avoid confusion between human nose hair and Frank's leg
	
A moving castle that can provide room and board for Frank to find the bridge	A bridge made of fast-moving wheels for Frank
	
An assisted walking aids to help Frank move through terrain	A device that guides Frank with various effects so as not to get lost

(Fig. 1) The Final Class Outcomes

4. 적용 연구

본 연구에서는 4차 산업혁명 시대의 미래교육 목표상인 창의융합인재 육성을 위한 교육패러다임을 이해하고, 문식력과 공학적 사고력의 균형있는 성장을 위한 창의

융합수업 모델인 노벨엔지니어링의 효과에 대해서 알아보고자 한다. 노벨엔지니어링을 활용한 초등학생을 위한 컴퓨터 교육이 학습몰입도와 창의적 문제해결력 신장에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

4.1 연구 대상

본 연구는 J시 소재의 H초등학교 6학년 2개 학급을 대상으로 한다. 연구 대상이 된 학급은 실험 집단, 통제 집단 할 것 없이 기본적인 학습 수준이 높고, 스마트 기기를 능숙하게 다루는 경향이 있다. 레고스파이크로 진행하였기 때문에 스마트 기기 사용에 익숙하고 컴퓨터 교육과 타 교과와의 융합을 용이하게 하기 위해 6학년 학급을 선정하였다. (<Table 3>참조)

<Table 3> The Number of Students for Study

Group	Grade	Classes	Total
Experimental group	6	1	30
Controlled group	6	1	30

4.2 연구 설계

본 연구를 위하여 실험집단과 통제집단을 선정하고, 실험집단에는 NE를 활용한 피지컬 컴퓨팅 융합교육 프로그램을 적용하고, 통제집단에는 일반적인 피지컬 컴퓨팅 실습수업을 적용하여 사전-사후 검사를 실시하여 분석하였다. 이를 도식화하면 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Design of the Experiment

G ₁	O ₁	X ₁	O ₃
G ₂	O ₂	X ₂	O ₄

G₁ : Experimental group

G₂ : Controlled group

O₁, O₂ : Pre-test

X₁ : NE-based physical computing program

X₂ : Traditional physical computing program

O₃, O₄ : Post-test

통제집단에는 6학년 실과의 내용 중 소프트웨어 관련 차시를 10차시로 구성하여 일반적인 강의식 실습수업을

진행하였으며, 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 절차적 문제 해결 실습을 수업하였다.

4.3 검사 및 분석 도구

4.3.1 학습몰입도

NE가 학습몰입도를 증가시키는 효과가 있는지 알아보기 위하여 석임복·강이철(2007)이 개발한 학습몰입검사지를 사용하였다[21]. 검사지는 총 35문항으로서 학습몰입도의 요소는 ‘도전과 능력의 조화, 명확한 목표, 구체적인 피드백, 과제에 대한 집중, 통제감, 행위와 의식의 통합, 자의식 상실, 시간 감각의 왜곡, 자기 목적적 경험’의 항목으로 구성되어 있다. 총 5단계의 리커트 척도를 사용하였으며 점수가 높을수록 학습몰입도가 높은 것으로 판단한다. 학습몰입도 검사지의 구성 및 내용은 다음의 <Table 5>와 같다

<Table 5> Elements of the Learning Flow Test

Elements	Number	Problem
Harmony of challenge and ability	4	1 - 4
Clear goal	5	5 - 9
Specific feedback	2	10 - 11
Focus on the task	5	12 - 16
Sense of control	3	17 - 19
Integration of action and consciousness	2	20 - 21
Loss of self-consciousness	5	22 - 26
Distortion of the sense of time	3	27 - 29
Self-purpose experience	6	30 - 35
Total		35

4.3.2 창의적 문제해결력

NE가 학생들의 창의적 문제해결력 신장에 효과가 있는지를 살펴보기 위해 한국교육개발원에서 발간한 ‘간편 창의적 문제해결력 검사’를 활용하였다[22]. 이 검사는

서울대 심리 연구실 MI연구팀에서 개발하였으며 Cronbach's α 측정 결과 신뢰도 .817로 높은 신뢰도를 보인다[23]. 각 영역별 5문항으로 리커트 척도로 구성되어 있다.(<Table 6> 참조)

<Table 6> Elements of the Creative Problem Solving Ability Test

Elements	Number	Problem
Self-confidence and independence	5	1 - 5
Diffuse thinking	5	6 - 10
Critical and logical thinking	5	11 - 15
Synchronous thinking	5	16 - 20
Total	20	

본 연구의 자료 분석과 처리는 IBS SPSS Statistics 21버전으로 진행하였다. 실험집단과 통제집단 간의 사전 검사 후 독립표본 t-검정 비교를 통해 동질성 여부를 확인하였다. 연구 진행 후 사후 검사를 실시하고, 연구가설을 검증하기 위하여 실험집단과 통제집단을 독립표본 t-검정으로 분석하였다.

5. 연구 결과

5.1 사전 검사

본 연구에서 NE 수업의 학습몰입도와 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 비교, 검증하기 위해 실험 처치 전 사전 검사를 실시하였다. (<Table 7>, <Table 8> 참조. E.G: 실험집단, C.G.: 통제집단)

<Table 7> Results of the Pre-Test (Learning Flow)

Element	E.G.		C.G.		t	p
	M	SD	M	SD		
Harmony of challenge and ability	2.85	.832	2.87	.811	-.118	.907
Clear goal	3.24	.123	3.24	.129	-0.38	.970
Specific feedback	3.58	.777	3.58	.861	.000	1.0

Focus on the task	3.54	.124	3.53	.123	.038	.970
Sense of control	3.36	.872	3.37	.829	-.51	.960
Integration of action and consciousness	2.93	1.12	2.88	1.13	.171	.865
Loss of self-consciousness	3.44	.824	3.37	.895	.300	.765
Distortion of the sense of time	3.53	1.27	3.52	1.21	.35	.973
Self-purpose experience	3.32	.721	3.35	.846	-.137	.892
Total	3.25	.596	3.27	.631	-.146	.885

(* $p < .05$)

위 <Table 7>에 나타난 바와 같이 학습 몰입도 사전 검사를 진행 후 동질성을 파악하기 위해 독립 표본 t-검정을 실시하였다. 각 구성요소에 대한 유의 확률 p값은 0.05보다 작은 값이 없었기 때문에 유의미한 차이를 보이지 않았다. 따라서 두 집단은 학습몰입도 수준에 대하여 동질성이 확보된 집단으로 확인되었다.

<Table 8> Results of the Pre-Test (Prob. Sol. Ability)

Element	E.G.		C.G.		t	p
	M	SD	M	SD		
Self-confidence and independence	2.69	.657	2.92	.593	-.140	.166
Diffuse thinking	2.80	.988	2.82	.965	-.106	.916
Critical and logical thinking	3.28	.826	3.28	.529	-.037	.970
Synchronous thinking	3.55	.680	3.42	.590	.811	.421
Total	3.08	.665	3.11	.486	-.210	.834

(* $p < .05$)

또한, 위 <Table 8>에 나타난 바와 같이 창의적 문제해결력 사전 검사를 진행 후 동질성을 파악하기 위해 독립 t-검정을 실시하였다. 각 구성요소에 대한 유의 확률 p값은 0.05보다 작은 값이 없었기 때문에 유의미한

차이를 보이지 않았다. 따라서 두 집단은 창의적 문제해결력 수준에 대하여 동질성이 확보된 집단으로 확인되었다.

5.2 사후 검사

실험 처치 후 학습몰입도와 창의적 문제해결력에 대한 사후 검사를 실시하였다. 두 집단 간 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해 독립 t-검정을 실시하였다. (<Table 9>, <Table 10> 참조. E.G: 실험집단, C.G.: 통제집단)

<Table 9> Results of the Post-Test (Learning Flow)

Element	E.G.		C.G.		t	p
	M	SD	M	SD		
Harmony of challenge and ability	3.26	.751	3.00	.587	1.532	.131
Clear goal	3.79	.491	3.07	.523	5.491	.000**
Specific feedback	3.90	.803	3.13	.413	4.648	.000**
Focus on the task	3.99	.606	3.18	.461	5.841	.000**
Sense of control	3.75	.848	3.22	.602	2.808	.007**
Integration of action and consciousness	3.33	1.00	2.86	.628	2.159	.035*
Loss of self-consciousness	3.72	.769	3.18	.568	3.093	.003**
Distortion of the sense of time	3.97	.870	3.37	.670	2.990	.004**
Self-purpose experience	3.75	.809	3.03	.480	4.204	.000**
Total	3.71	.504	3.14	.272	5.476	.000**

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

위 <Table 9>에 나타난 바와 같이 학습몰입도 사후 검사 결과를 살펴보면 ‘도전과 능력의 조화’요소를 제외한 모든 요소에서 유의미한 차이가 나타났다. 전체 결과에서도 유의확률이 0.01보다 낮은 값이 확인되어 실험집단과 통제집단 간의 실험 처치 결과가 유의미한 차이를

보인 것을 알 수 있다.

<Table 10> Results of the Post-Test (Prob. Sol. Ability)

Element	E.G.		C.G.		t	p
	M	SD	M	SD		
Self-confidence and independence	3.76	.498	3.05	.469	5.705	.000**
Diffuse thinking	3.72	.637	3.06	.592	4.152	.000**
Critical and logical thinking	3.58	.484	3.24	.390	3.052	.003**
Synchronous thinking	3.63	.433	3.50	.266	1.364	.178
Total	3.67	.042	3.21	.052	6.856	.000**

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

위 <Table 10>에 나타난 바와 같이 창의적 문제해결력 사후 검사 결과를 살펴보면 ‘동기적 사고’ 요소를 제외한 모든 요소에서 유의미한 차이가 나타났다. 전체 결과에서도 유의확률이 0.01보다 낮은 값이 확인되어 실험집단과 통제집단 간의 실험 처치 결과가 유의미한 차이를 보인 것을 알 수 있다.

5.3 검사 결과의 해석

사후 검사에서 집단 간 차이가 뚜렷하게 나타났다. 이는 일반적인 강의식 실습수업에 비해 NE가 가지는 학습몰입도와 창의적 문제해결력의 신장을 보여주는 지표라고 여겨진다. NE 과정에서 중요한 출발점은 ‘문제 인식’이며, 이는 곧 몰입도와 창의성의 증진으로 이어진다. 창의성은 학생들이 주어진 상황에 대해 문제를 스스로 인식하는 과정에서 크게 발현되며, 교사의 지시를 따라 주어진 문제를 실습해 나가는 일반적인 실습수업과는 몰입도에서 차이가 큰 수업 환경인 것이다.

그러나 대부분의 경우에 문제 인식을 쉽게 해내기는 굉장히 어려움이 크다. 실생활의 문제를 연결하여 해결하는 것이 교육의 목표이나 비슷한 해결 프로세스를 가진 리빙랩 프로젝트 역시 대학생을 대상으로 하는 만큼 쉽지 않은 과정이다. 이러한 관점에서 NE는 책이라는 한정적인 공간을 제시함으로써 큰 이점을 가진다. 학생

들은 소설에 등장하는 등장인물 중 한 명과 자신을 동일 시 하여 소설 속에서 그 인물이 겪고 있는 사건을 직접 경험한다. 이 과정에서 자연스럽게 문제 인식과 해결책 모색으로 넘어갈 수 있다. 기존의 수업과 다른 방법들이 여러 장치를 통해 문제 인식을 유도하거나 동기 유발을 위한 여러 소스들을 제공하는 것과는 확연한 차이가 있다. 이 과정에서 학생들의 몰입도가 증가하게 되어 학습효과가 높아지게 된다.

또한, 다양한 상황에서 확장되어 가며 여러 해결책이 만들어지는 과정 역시 NE가 추구하는 강점 중 하나이다. 학생들은 스스로 처한 상황에 맞게 문제를 인식해 나가면서 그것을 해결하기 위한 여러 해결책을 생각한다. 이러한 문제해결 과정이 NE가 추구하는 공학적 사고력 강화이며 이 과정을 통해 창의성과 문제해결력의 증진, 즉 창의적 문제해결력이 신장 되는 것이다.

6. 결론 및 제언

NE를 소개한 CEEO의 연구에서는 NE는 대부분 과학 교과와의 융합을 소개하고 있다. 본 연구에서는 컴퓨터 교육과의 융합 방안을 통해 NE의 연구 가치를 알아보고자 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 인문학적 소양, 공학적 사고력의 융합이라는 NE를 현 교육의 상황에 맞게 적용하고 그 교육적 효과를 알아보았다. 초등학교 6학년을 대상으로 NE 수업을 투입하여 학습몰입도와 창의적 문제해결에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 이를 통하여 컴퓨터 교과와의 융합을 통해 얻을 수 있는 NE의 연구 가치를 논하고자 한다.

첫째, 4차 산업혁명을 대비한 미래 교육을 준비하며 정부는 소프트웨어 교육을 강조하기 시작하였다. 소프트웨어 교육은 컴퓨팅 사고력의 신장을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 실과 교과의 17차시를 컴퓨터 교육을 위한 시수로 확보하였으며 교사들의 역량 강화를 위한 여러 프로젝트를 시행하였다. 그러나 현재 체계적인 컴퓨터 교육보다는 특정한 지식 몇 가지 정도를 가르치는 것 정도로 마무리되고 있다. 이러한 초등학교의 컴퓨터 교육 실정에 맞게 교사들의 평소 수업과 크게 다르지 않으면서도 컴퓨터 교육을 자연스럽게 녹여낼 수 있는 융합의 모델로 NE를 활용할 수 있는 가능성을 보았다. NE는 기존의 교과 수업을 하면서 교사의 의도에 맞는

문제 상황을 선택하여 컴퓨터 교과와의 융합을 쉽게 할 수 있는 큰 장점이 있다. 이는 교사들로 하여금 컴퓨터 교육에 대한 시각을 새롭게 하는 계기가 되며, 학생들에게도 학습 부담을 크게 줄여줄 수 있다. 재구성과 통합으로 얻는 시수 확보는 학생들이 수업에 좀 더 쉽게 몰입할 수 있는 시간적 여유를 제공하며 유연한 학습 조절을 가능하게 한다. NE의 문제해결 과제는 미술 교과의 표현활동, 국어 교과의 쓰기 활동, 과학 교과의 실험 등으로 교사의 재량껏 무한정 융합이 가능하다.

둘째, NE를 통해 학생들은 서로를 가르치며 배우는 과정을 경험하게 된다. NE는 서로의 문제 인식을 통해 해결책을 모색하며 함께 만들어가는 과정을 겪는다. 문제 인식을 하고 나면 자신이 인식한 방법과 동일한 생각을 가진 사람들끼리 모둠을 만들어 같이 토의해나가며 생각을 심화시킬 수 있고, 처음부터 모둠 활동을 통해서 여러 해결책 중에서 하나의 생각을 명확하게 정리하며 표현할 수 있다. 이 과정에서 학생들은 서로의 생각을 공유하고 토의하며 보다 나은 해결책으로 나아가기 위한 과정을 거친다. NE를 통해서 학생들은 자신의 해결책을 발표하게 되고 서로 피드백을 하며 수정·보완한다. 이렇게 NE의 모든 과정을 따라가며 자신의 생각을 남들에게 공유하고 피드백 받으며 명확하고 구체적인 정리하게 됨으로써 학생들은 창의적 문제해결력을 증진하게 된다.

셋째, 학생들은 NE를 통해 쉽게 컴퓨터 교육을 배우게 되며 NE의 절차에 따라 자신만의 해결책을 만들어가는 과정을 통해 학습몰입도가 상승할 것으로 기대된다. NE의 큰 특징은 등장인물에게 자신을 온전히 몰입하여 자신이 겪은 문제를 해결하며 진행하게 되는데 이 과정에서 학습몰입도가 상당할 것으로 기대된다. 학습몰입이 성공적으로 일어나게 되면 적은 시간으로도 학습에 대한 뛰어난 성과를 보이며 이는 곧 성공적인 성취기준 도달을 의미한다. 단순한 교과의 융합이나 교사의 의도가 아닌 학생들 스스로 찾아낸 방식으로 수업이 흘러가기 때문에 자연스러운 학습 몰입이 가능한 것이다.

참고문헌

- [1] Ministry of Education, Korea (2015). The National Guidelines for the Elementary and Secondary Curriculum. #2015-74.
- [2] Ministry of Education, Korea (2015). The Practical Arts (Technology/Home Economics) and Informatics Curriculum. #2015-74.
- [3] Novel Engineering (2021). In Available: <http://www.novelengineering.org>.
- [4] Hong, K. C. (2016) Tufts University's Introduction to Robotics Education Cases. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 20(2), 171 - 178.
- [5] Hong, K. C. (2018). Book Research for Novel Engineering. *Proceedings of the Korean Association of Information Education*, 9(1), 43-47.
- [6] Hong, K. C. (2019). Nobel Engineering as a Convergence Class Model. *Proceedings of the Korean Association for Qualitative Inquiry*, Fall, 52-56.
- [7] Portsmore M. & Milto E. (2018). *Novel Engineering in Early Elementary Classrooms*. In: English L. & Moore T. (eds) *Early Engineering Learning*. Early Mathematics Learning and Development. Springer, Singapore.
- [8] Novel Engineering Education Research Society (2019). *Novel Engineering*. FUNERS.
- [9] Park, S. J & Hong, K. C. (2018). Science and Mathematics Convergence Class Plan Applying Novel Engineering. *Proceedings of the Korean Association of Information Education*, 9(1), 263-267.
- [10] Um, T. G. & Hong, K. C. (2018). Korean Language Convergence Class Plan Applying Novel Engineering. *Proceedings of the Korean Association of Information Education*, 9(1), 251-256.
- [11] Cho, M. S. & Hong, K. C. (2018). Social Studies Convergence Class Plan for 6th Grade Applying Novel Engineering. *Proceedings of the Korean Association of Information Education*, 9(1), 269-275.
- [12] Hong, J. Y. (2018) Novel Engineering-based SW Convergence Education Program Development and Application to Enhance Elementary School Students' Creative Problem Solving Ability. *The Journal of Digital Contents Society*. 19(12), 2315-2321.
- [13] Kim, B. S. (2020). *Effects of NE(Novel Engineering) on Reading Ability, Problem Solving Ability and Engineering Creativity*. Master's Thesis, Graduate School of Korea National University of Education.
- [14] Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond Boredom and Anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- [15] Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow*. New York: Harper & R.
- [16] Seok, I. B. (2008). Study on the Analysis of the Nature of Learning Flow. *Journal of the Korean Society of Educational Technology*, 24(1), 187-212.
- [17] Treffinger, D. J. & Isaksen, S. G. (1985). *Creative Problem Solving: The Basic Course*. Buffalo: Bearly Limited.
- [18] Hwang, J. H. (2010). *Design of a Virtual Reality Learning Space to Enhance Creative Problem Solving Ability*. Master's Thesis, Graduate School of Korea National University of Education.
- [19] Choi, E. Y. (2019). *Book Selection and Instructional Study for Utilization of Novel Engineering Teaching Model: Focused on Automated Equipment Courses*. Master's Thesis, Graduate School of Incheon University.
- [20] Michael Razi (2018). *Frank the Seven-Legged Spider*. Naringul Book Publishing Co.
- [21] Seok, I. B. & Kang, Y. C. (2007). A Study on the Development and Validation of Learning Flow Scale Based on the Flow Factor of Csikszentmihalyi. *Journal of the Korean Society*

of Educational Technology, 23(1), 121-154.

- [22] Cho, S. H. (2002). Research on Development of Simple Creative Problem Solving Ability Test. Korean Educational Development Institute. CR2002-43.
- [23] Kong, B. J. (2015). *The Influence of Project-Based Robotic Education on Elementary School Students' Creative Problem Solving Ability*. Master's Thesis, Graduate School of Gyeongin National University of Education.

저자소개

양 현 모



2021 한국교원대학교 컴퓨터교육과(교육학 석사)

2021~현재 전주 우전초등학교 교사

관심분야: 노벨 엔지니어링, 소프트웨어 교육

E-Mail: frezma@naver.com

김 태 영



1994 Texas A&M University 컴퓨터과학과(박사)

1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수

관심분야: 컴퓨터교육, 데이터베이스, 프로그래밍

E-Mail: tykim@knue.ac.kr