

---

---

# 문제중심학습(PBL)에 기초한 로봇교육 프로그램이 창의력 향상에 미치는 효과 - 과학고등학교사례 -

서형업\*

충남대학교 대학원 공업교육학과 박사과정\*

## The Effects on Improving Creativity with a PBL-based Robot Education Program - Case of a Science High School -

Hyeong-Eob Suh\*

School of Industrial Technology Education,

Graduate of Chungnam National University (Doctorate Degree Course)\*

### 국문요약

이 연구의 목적은 창의력 향상을 목표로 문제중심학습(PBL)에 기초하여 체계적이고 효과적인 로봇교육 프로그램을 개발하는 것이며, 또한, 개발된 로봇교육 프로그램이 학생들의 창의력 향상에 효과적인가를 분석하는 것이다.

이 연구에서는 과학고등학교에서 활용할 수 있는 로봇교육 프로그램 22차시를 개발하여 적용하였다. 적용 결과로 8개 팀이 자기 주도적으로 창의적 로봇을 제작할 능력을 갖추게 되었다. 또한, 로봇교육 프로그램의 적용 결과에 따른 창의력 향상 정도를 성별, 학업성취도에 따라 분석을 하였다. TTCT 창의력 검사 결과 창의력 향상에 유의한 효과가 있음이 나타났으며 특히, 창의력 하위 요소인 독창성의 향상에 큰 효과가 있음을 밝힐 수 있었다. 이 연구의 적용에서 성별간의 창의력 향상에 유의한 차이는 없는 것으로 나타났으며, 학업성취도에 따른 창의력 향상의 차이는 존재하는 것으로 나타났다. 특히, 학업성취도가 '하'영역 학생의 창의력 향상이 두드러지게 나타났다. 또한, 이 로봇교육 프로그램은 공과대학 소개 프로그램으로도 활용될 수 있을 것이다.

### Abstract

The purpose of this study is to develop a systematic and effective PBL-based robot education program for improving creativity, and to analyze its effect on improving creativity of students in a science high school.

The programs for 22 classes, designed to be used in a science high school, were developed and implemented. 8 teams got the abilities to independently build their own robots throughout all the process. The resultant improvement in creativity was analyzed in terms of gender and academic achievements. In the TTCT test, there was a significant improvement in creativity, especially the greatest in a subcategory 'originality.' While there was no significant difference in creativity by gender, there was a little difference in creativity by academic achievement. Especially the lowest group (Ha) showed the greatest improvement in creativity. This robot education program is expected to be used as an introductory one for the college of engineering.

주제어: 문제중심학습, 창의력, 로봇교육

Keywords: Problem Based Learning, Creativity, Robot Education

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성

우리 시대의 많은 미래 학자들은 급속히 발전하고 있는 정보통신기술로 인해 고도의 지식정보화 시대가 도래 할 것이라고 전망하고 있다. 이러한 지식정보화 사회에서는 유형의 재화 보다는 무형적 '지식'이 지배적 경제 원리로 등장 할 것이고, 지식의 높은 이동성, 교육 기회의 확산으로 인하여 경쟁이 보다 치열한 사회가 될 것이다. 그리고 정보통신기술은 이러한 변화를 더욱 가속화 시킬 것이다.

정보의 활용 및 창출이 증시되고, 인적·물적 자원이 자유롭게 이동하고, 지식과 정보가 빠르게 분산될 수 있게 되었다. 그 결과 우리 사회는 다양성과 유연성이 확대되고 있다. 더불어 지식의 양적 팽창이나 또 다른 지식 생산의 동기를 형성함에 따라 상호 연결적인 지식과 함께 거대한 양의 정보와 지식을 어떻게 다루어야 하는가에 대한 지식을 필요로 하기 때문에 지식기반사회에서의 지식은 문제해결을 위한 지식의 성격도 지닌다(김성재, 1999). 결국 문제해결을 위한 지식이 강조되는 지식기반사회에서의 지식은 자기 주도적 학습이 필요로 하며, 이에 따라 교육은 획일성, 정형성, 동일 가치 추구의 전체성에서 탈피하여 복잡하고, 불확실하며, 독특한 가치들 간의 갈등이 존재하는 다원성으로의 이행에 중점을 두어야 한다(Landsheere, 1990).

이러한 지식정보화 사회에서는 창의적이며 자율적이며 잠재 능력을 최대한 발휘하여 무한경쟁 시대를 이끌어갈 인재를 요구하고 있다. 이러한 시대적 변화에 맞추어 학교 교육도 정형화된 교육 과정이 아니라 학생들의 흥미와 특기·적성을 고려한 프로그램의 특성화 와 다양한 방안이 강구되어야 할 때이다. 정보화, 창조화, 다양화, 무한경쟁을 목적으로 하는 지식정보화 사회에서의 교육은 학습자 중심의 교육, 평등성과 수월성이 조화되는 교육, 소질과 적성, 진로를 중시하는 다양성을 강조하는 교육으로 나아가야 한다고 생각한다.

지식정보화 사회의 현실에서는 필요한 정보를 적절히 선별하고 가공 시킬 수 있는 능력이 무엇보다도 중요하다. 학교 현장 수업에서 학습자들이 정보를 선별, 가공할 수 있는 능력을 이끌어 낼 수 있도록 다양한 제도 도입이 불가피해지는 것이다. 지식정보화 사회에 필요한 인간상 정립을 위

해 기존의 교육방법에서 탈피한 새로운 패러다임의 전환이 요구된다. 이는 학습자 중심의 교육, 교수(Instruction)에서 학습(Learning)으로의 변화이다.

2002년부터 실시된 7차 교육과정은 ‘세계화·정보화 시대를 주도할 창의적인 한국인 육성’을 기본 방향으로 제시한다. 사회의 변화에 대응할 수 있는 창의적인 능력을 개발하고 학생의 개성, 능력, 요구를 고려하여 교육 내용과 방법을 다양화하는 것을 구성 방침으로 정보화에 적응 할 수 있는 자기 주도적 능력의 신장을 내용으로 하고 있다.

학습자 중심 교육에서 학습자는 교육의 주체로 상황성과 사회성이 풍부한 환경 속에서 자신의 목적을 가지고 교육에 적극적으로 참여하며 협동, 대화 및 상호작용을 통해 정보화 경험을 정교화하고 자신의 학습결과 및 학습과정을 성찰하면서 지식을 구성 할 수 있다. 학습자는 자기 주도적이고 능동적으로 스스로 학습을 계획하고 지식과 정보를 재구성하여 학습하여야 한다. 이러한 지식 정보화 사회에서 학습자 중심을 위한 학습이론으로 구성주의를 들 수 있다. 구성주의에 따르면 하나의 지식이 존재하는 것이 아니라, 학습자 개개인이 자신에게 의미 있는 창의적 지식을 구성하는 것이다. 이러한 지식의 형성은 학습자 중심의 학습을 통해서만 가능하다. 학습자들에게 학습자 중심의 수업이 가능하게 하는 것이 구성주의의 ‘문제중심학습(PBL : Problem Based learning)이다. 문제중심학습은 학습자들이 문제를 해결하기 위하여 정보를 수집하고 분석하여 하나의 체계를 조직하는 과정에서 학습자들 간에 상호작용을 증진시키며, 정보를 분석하는 비판적 사고와 같은 고등정신 기능을 활용하도록 촉진하는 사고를 도와준다. 이러한 과정은 현재 급증하는 정보의 홍수 속에서 학습자 스스로 정보를 탐색하고 조직하는 행위를 통하여 자기 주도적 학습을 좀 더 용이하게 할 수 있다.

또한, 창의성이 교육에서 강조되는 이유는 지식의 생산과정이나 지적과정이 있어 창의성의 역할이 지대하며, 인간 존재는 고정된 것(being)이 아니라 되어 가는 존재(becoming)이며, 창의성은 가치문제의 해결에 요청되는 능력이기 때문이라는 철학적 관점, 그리고 신기성(novelty), 일시성(transiency), 다양성(diversity)을 특징으로 하는 미래 사회에 적응하기 위해 창의력이 필요하다는 사회학적 관점, 창의성은 자아실현의 필수적인 요소이며 자아 결정, 통합의 전제가 되는 능력이라는 심리학적 관점을 들 수 있다(윤중건, 2005).

창의성에 대한 전통적인 세 가지 정의는 첫째, 협의의 창의성으로 Guilford(1967)의 ‘확산적 사고’(divergent thinking)와 같은 것으로 보는 시각이다. 둘째, 광의의 창의성으로 ‘새롭고’(new, novelty), ‘유용한’(usefulness) 어떤 것을 생각해 내는 행동 또는 정신과정을 말한다. 셋째, 과정으로서의 창의성으로 기존의 정보(지식, 즉 심상이나 개념)들을 특정한 요구 조건에 맞거나 유용하도록 새롭게 조합(combination, connection, association) 시킨 것이라고 본다(김영채, 1999).

창의성은 일반적 Guilford(1967)가 언급한 ‘창의적인 문제해결과정에서 가장 중요하다고 보는 확산적 사고 중심의 인지적 능력’으로 여겨지고 있다.

창의성에 관한 연구를 살펴보면 Guilford(1967)은 이 확산적 사고를 구성하는 요인으로 문제에 대한 민감성(sensitivity to problem), 유창성(flucency), 독창성(originality), 융통성(flexibility), 종합력(synthesis), 분석력(analysis), 복잡성(complexity), 평가력(evaluation) 등의 8가지 요인이 있다고 하고, Williams(1980)와 Torrance(1976)는 유창성, 융통성, 독창성, 정교성 등의 네 가지 요인이 있다고 한다.

창의성과 문제해결은 대등한 개념으로 보기도 하고, 문제해결을 창의성 하위 개념으로 보기도

하며, 상위 개념으로 보기도 한다. Feldhusen과 Treffinger(1985)는 창의성과 문제해결을 동일하게 여기지 않고, 두 개념을 복합하여 창의적 문제해결(CPS : Creative Problem Solving)이라고 명명하였다. Newell, Shaw와 Simon(1962) 창의성을 문제해결의 하위 개념으로 평가했으며, Deluca(1991)는 문제해결을 창의성의 개념으로 간주하였다(장수용, 2003에서 재인용, p.108). 이러한 지식정보화 사회에서의 국가경쟁력은 창의적인 우수한 인재를 얼마나 확보하였는가가 될 것이다.

현재를 “인터넷 시대”라고 하면 다음은 “로봇의 시대”라고 한다. 가정에서는 청소 로봇, 교육 로봇 등의 지능을 갖춘 로봇이 사용되고 있으며 나아가 인간이 하기 싫어하고 힘들어하는 일을 대신하는 다기능 로봇의 출현도 멀지 않은 것 같다. 또한 정보통신기술은 유비쿼터스(Ubiquitous)환경으로 나아가고 로봇도 유비쿼터스 환경으로 통합되고 있는 실정이다.

다가올 미래사회의 키워드로서 로봇은 크게 주목을 받게 될 것이며, 우리나라 초·중·고등학교에서도 로봇시대를 대비하는 교육을 하여야 한다. 로봇교육은 또한 이 시대에 필요한 창의적인 우수한 인재들이 꼭 받아야할 교육이 될 것이다.

미국과 일본 등의 기술 선진국에서도 초·중·고등학교의 로봇교육에 대한 관심과 노력을 많이 기울이고 있다. 미국의 초·중등학교(K-12)에서는 LEGO Mindstorms 로봇키트를 활용하여 로봇교육을 하고 있으며, 이웃 일본은 전체 중학교의 4분의 1에 해당하는 2,500여개 중학교에서 로봇교육을 하고 있다고 한다. 중국도 오는 2008년부터 모든 학생들에게 전자 및 로봇교육을 의무화시키는 법안을 최근 통과시켰다고 한다.

우리나라 초·중·고등학교 교육현장에서도 로봇교육은 많은 관심의 대상이다. 현재 방과 후 특기적성교육으로 로봇교육을 하는 초등학교는 전국에 1200여 곳이 넘는다고 한다. 중·고등학교의 교육용 로봇수요도 크게 늘고 있으며, 서울로봇고등학교를 비롯하여 로봇학과를 내세운 실업계 고교도 15개교이상이다.

초·중·고등학교 교육에서의 로봇교육은 단순한 로봇의 이해도를 높이는 것부터 시작하여 나아가 미래사회를 이끌어 갈 창의적인 우수한 인재를 육성하는 가장 좋은 교육으로 보는 등 여러 가지 시각이 존재하고 있다.

로봇 교육의 가장 큰 장점은 놀이를 통한 교육활동인 ‘에듀테인먼트(edutainment)’의 기능을 갖는다는 점이다. 학습자가 직접 로봇을 만들어 보거나 조작함으로써 놀이를 즐길 수 있고 그 과정에서 창의력, 문제 해결력, 논리적 능력을 함께 키울 수 있다(최유현, 2003).

로봇은 공학의 관점으로 볼 때 여러 기술과 공학이 접목된 통합적인 학문 배경을 가지고 있다. 즉 기계공학, 전기·전자공학, 컴퓨터공학, 재료공학, 인간공학, 산업공학 등의 거의 모든 분야의 공학기술과 매우 밀접한 관련을 맺고 있다. 이러한 측면은 초·중·고등학생들의 기술적 교양을 위한 좋은 학습 대상이 될 수 있으며 또한 공학을 소개하고 이해시키는 학습 재재로도 적합하다.

실제 초·중·고등학교의 로봇교육의 내용은 수학, 과학, 정보, 기술 교과 등의 여러 교과목의 내용이 통합된 내용으로 이루어져 있으며 통합되어 있는 내용을 접근해가는 방식에 따라 여러 형태로 구성하여 실행되고 있다. 선행연구자들은 초·중·고등학교에서 로봇교육은 창의력 및 문제해결력을 향상시키는 좋은 실천적인 방법이 될 수 있다고 생각한다.

모든 교육의 내용은 생활 속에서 이루어져야 학생들의 관심과 동기 유발 및 학습효과도 높게 나타나게 되므로 로봇교육도 우리 생활 속에서 접근이 쉽게 이루어져야 하며 미래 로봇사회에서 주

역으로 살아갈 우리 학생들에게 로봇을 이해시키고 관심을 갖게 하는 일의 중요성도 점차 커질 것이다.

교육용 로봇키트 개발 업체가 주도되어 이루어지고 있는 현재의 로봇교육에서도 대부분 창의력 향상을 교육목표로 하고 있다. 로봇교육의 내용들은 기초에 수학과 물리를 두고 있으며 기계나 전기·전자 제어 및 프로그래밍 등이 혼합된 과정이나 크게 기계 및 구조가 중심이 되는 과정, 전기 및 전자 제어가 중심이 되는 과정으로 나눌 수 있다. 그러나 학교 급 및 학년 별로 체계와 연계성을 갖지 못하고 있는 실정이다. 로봇교육이 이루어져야 한다는 의견에는 모든 선행 연구자들이 동의하고 있다고 생각한다. 그러나 어느 대상을 언제 어떻게 교육해야 하는 지에 대한 논의도 필요하다.

Savage와 Sterry(1990)의 문제해결과정, Yashin-Shaw(2003)의 형성(generation), 탐색(exploration), 평가(evaluation), 실행통제(executive control)로 이어지는 선형적 인지 과정 등은 로봇교육 프로그램에 응용할 수 있는 여지를 제공하고 있다고 본다.

Robinson의 보고서에는 20명의 현장 교사들이 초빙되어 학교 현장에서 적용시킬 수 있는 방안을 논의한 결과 학생들의 창의력을 향상시키기 위해서는 다음과 같은 4가지 활동이 포함 되어야 하는 결론을 내렸다. 첫째, 학생들과 관련되어 있는 상황에서의 활동이 있어야 한다. 둘째, 학생들의 주요 자극에 의해서 지지되는 활동이어야 한다. 셋째, 지식, 이해, 기능을 부여하기 위해서는 집중적 교수가 필요하다. 넷째, 반성적으로 사고를 계속하려는 태도가 권장 되어야 한다.

현재 우리나라에서 사용되고 있는 교육용 로봇키트와 교육 프로그램을 검토 분석하여 고등학교 학생수준에서 적용할 수 있는 내용을 선정하여 창의력 향상을 목적으로 하는 로봇교육 프로그램의 개발은 매우 필요하다. 우선하여 한국 과학기술의 미래를 개척하는 과학고등학교에서 로봇교육에 대한 연구도 더욱 필요하다. 과학고등학교의 교육과정 속에서 실험적으로 통합교육을 실시해볼 수도 있으며 교육과정 운영에서도 융통성이 크기 때문이다. 로봇교육은 실험·실습이 중심이 되고 기초가 되는 수학과 과학의 학습능력이 상대적으로 필요하기 때문이다. 또한, 이 학생들의 많은 수가 공과 대학을 비롯한 이공계로 진학을 희망하고 있다. 이공계로 진학하는 학생들에게는 공학의 종합적인 이해를 얻을 수 있게 된다고 생각한다. 미국의 많은 대학들이 이공계 이해 프로그램(Outreach)으로 로봇교육을 활용하고 있다고 한다. 즉, 과학고등학교에서 창의력 향상을 목표로 하고 문제중심학습모형에 기초한 로봇교육 프로그램을 개발하여 적용하고 그 효과를 탐색해 보는 연구는 매우 필요하다.

## 2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 창의력 향상을 위한 로봇교육 프로그램의 모형을 제시하고자 하는 것이다. 지식정보사회에서 필요로 하는 창의적이고 논리적인 사고를 바탕으로 문제를 해결해 나가는 능력을 신장시키기 위해서 로봇교육에서 중요시해야 하는 것이 무엇이며 어떠한 교수-학습 모형으로 적용시킬 것 인가를 연구하고자 한다.

과학고등학교 1학년 학생을 대상으로 창의력을 향상시키기 위한 체계적이고 효과적인 로봇교육 프로그램을 문제중심학습에 기초하여 개발하고 적용하는 것이며 또한 개발된 로봇교육 프로그램이 학생들의 창의력 향상에 효과적인가를 분석하는 것이다. 이 연구의 목적을 달성하기 위한 구체적인 목표는 다음과 같다.

첫째, 창의력 향상을 목적으로 하는 로봇을 활용한 교육프로그램을 문제중심학습에 기초하여 개발하고 적용한다.

창의력 향상을 목적으로 하면 창의력 신장을 위한 교육모형도 제시될 필요가 있다. 그러므로 본 연구에서는 기존의 로봇교육의 문제점을 살펴보고 창의력 향상의 관점에서 로봇교육 모형을 연구하고자 한다. 로봇을 교육적으로 잘 활용하기 위해서는 로봇이 종류가 많고 형태와 기능이 다양하기 때문에 교육 상황과 학습자에 맞게 적절한 로봇을 사용하여야 하며, 내용과 수준을 선정하고 어떤 방식으로 교육해야 할지에 대한 충분한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이에 문제중심학습에 기초하여 로봇교육 프로그램을 개발하여 적용하고자 하였다.

둘째, 로봇교육 프로그램의 적용 결과에 따른 창의력 향상 정도를 성별, 학업성취능력에 따라 분석하고 그 요인을 구명한다.

### 가. 연구 가설

본 연구의 독립변인은 창의력 향상을 목표로 하는 로봇키트를 활용한 로봇교육 프로그램이고 종속변인은 창의력 향상이다. 독립변인이 종속변인에 미치는 영향을 구명하기 위하여 다음과 같은 영가설을 설정하였다.

<가설 1> 이 연구에서 개발된 로봇교육 프로그램을 학습한 과학고등학교 1학년 학생의 창의력에 있어서 향상 효과는 없을 것이다.

<가설 2> 이 연구에서 개발된 로봇교육 프로그램의 적용은 과학고등학교 1학년 학생의 성별에 따라 창의력에 미치는 향상 효과의 차이는 없을 것이다.

<가설 3> 이 연구에서 개발된 로봇교육 프로그램의 적용은 과학고등학교 1학년 학생의 학업성취도에 따라 창의력에 미치는 향상 효과의 차이는 없을 것이다.

### 나. 용어의 정의

이 연구에서 중요하게 다루어지고 있는 용어인 문제중심학습, 창의력, 학업성취도, 로봇키트, 과학고등학교에 대한 정의는 다음과 같다.

#### 1) 문제중심학습(Problem Based Learning)

문제중심학습(PBL)이란 일반교육에서 이루어지는 잘 정의되고 통제된 상황 속에서 나타나는 현상을 다루기보다는 복잡한 실제 세계에서 나타나는 현상을 비구조화된(ill-structured)문제의 형태로 제시하여 학생 스스로 의미 있는 해결방법을 찾아내게 함으로서 교과지식과 과정지식뿐만 아니라 문제해결전략을 동시에 가르치는 구성주의적 접근방법을 적용한 교수 전략이다.

#### 2) 창의력

창의력은 일상생활에서 당면하는 여러 사태나 문제를 개인 나름대로의 새롭고 특유한 방식으로 해결함으로써 새롭고 유용한 가치를 산출하는 능력과 그 바탕이 되는 성격 특성이다. 이 연구에서는 'Torrance 창의력 검사(TTCT)'를 도구로 활용하여 측정하였으며, 유창성, 융통성, 독창성을 측정할 원점수의 표준 점수를 창의력 점수로 하였다.

3) 학업성취도

학업성취도는 각 교과에서 학습 후 이해 정도를 측정하기위한 평가의 척도이다. 이 연구에서는 과학고등학교 1학년 학생의 학기말 전과목 성적 순위와 로봇학습 결과 순위를 합산하여 상, 중, 하 3단계 척도로 하였다.

4) 로봇키트

로봇을 만들 수 있는 일체의 부품을 모아 놓은 세트를 말하며 기계기구 부품 및 컨트롤러(브릭), 제어기 프로그램 등이 있어야 한다.

5) 과학고등학교

과학영재의 조기 발굴 및 잠재능력의 개발을 위한 특수교육의 목적에 따라 설립한 고등학교. 과학우수아의 조기 발굴과 교육방법 탐색, 우수학생의 이공계 진로선택 유도, 과학교육 발전의 선도적 기능을 하는 학교를 말한다.

다. 연구의 제한

이 연구는 창의력 향상을 목표로 하는 로봇교육 프로그램으로 개발과정은 연구자가 개발한 내용을 로봇 전문가 및 교육학 전문가의 자문을 거쳐 개발하였다. 전문적인 내용 타당도를 확보하지는 못하였다.

이 연구의 모집단은 전국 과학고등학교 1학년 학생으로 한정하고 실험집단으로 C과학고등학교 1학년 2개 학급 전원(남 28명, 여 12명 총 40명)을 대상하였다.

로봇을 활용한 교육 프로그램의 적용은 연구자가 총 22시간 (2006년 10월 첫째 주에서 시작하여 2006년 12월 둘째 주까지) 컴퓨터과학 교과 시간에 실시하였다. 이 로봇교육 프로그램을 적용하는 동안에 관찰이나 면담을 통하여 학습자들의 심리적인 변화 등의 비언어적인 부분을 다루지 못하고 사전검사와 사후 검사의 결과로 창의력 향상에 미치는 효과를 검증했다고 하는 점에서 한계를 갖는다.

또한, 로봇교육 프로그램을 적용하는 동안 과학고등학교에서 이루어지는 다른 학습의 영향을 제거할 수 없었음을 밝힌다.

## II. 연구 방법

로봇을 활용한 교육은 수학교과와 물리교과, 컴퓨터과학 및 기술 교과의 통합된 내용으로 이루어져있으며 다양한 분야의 지식을 요구한다. 이 연구에서 개발한 문제중심학습에 기초한 로봇교육 프로그램도 창의력 향상을 목적으로 하였으며, 적용 결과가 창의력에 미치는 효과를 분석하고자 하였다. 이러한 연구의 목적으로 달성하기 위해 다음과 같이 연구를 수행하였다.

## 1. 문제중심학습에 기초한 로봇 교육프로그램의 개발

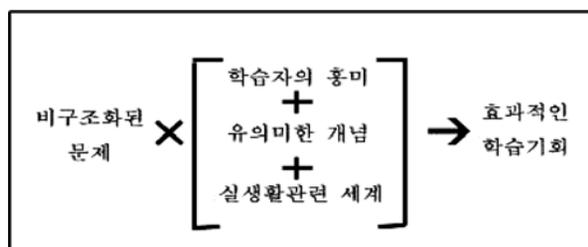
문제중심학습은 1969년 캐나다 McMaster의과대학에서 하나의 교육방법으로 도입되었다. Barrows는 의과대학에서 교수로 활동하면서 느꼈던 기존 교육환경의 비현실성, 부실성 등의 문제에 대안으로 문제중심학습을 채택하였다. PBL이란 구성주의 학습 원칙을 충실히 반영하고 있는 학습모형으로 “학습자 중심의 교육환경”으로 소개되고 있다. PBL은 교수자에 의해 제시된 어떤 특정 상황을 기반으로 하는 매우 복잡하고 비구조적인 과제를 해결하기 위해 학습자들이 스스로 학습목표를 정하고 이를 공동으로 풀기 위한 각자의 역할을 분담하고 자료를 찾아 토론의 과정을 거쳐서 협동적으로 문제를 해결하는 학습자 중심의 교수-학습 모형이다. Wheatley(1991)는 문제중심학습이 구성주의 교수학습을 잘 지지하는 학습전략이며 교수자료의 합당한 개혁이라고 하였다. 구성주의 학자인 Finkle과 Torp는 문제중심학습(PBL)”은 학생들에게 실생활의 문제들을 반영하는 덜 구조화된 문제의 직면한 문제해결자의 역할을 실제로 경험하게 함으로써 문제해결 전략과 학문적 지식과 기술을 동시에 개발할 수 있는 학습자 중심의 교육과정 개발과 수업 조직이라고 언급하였다.

### 가. 문제중심학습의 특성

문제중심학습에 관한 여러 학자들의 견해들을 종합하여 문제의 특성, 교사와 학습자의 역할, 교수-학습 방법적 측면, 교수-학습 평가의 네 가지 측면에서 설명할 수 있다.

#### 1) 문제

문제중심학습에서의 문제는 학습 활동의 중심적인 역할을 하므로 교사에 의해 신중하게 미리 결정되어야 한다. 이러한 문제의 목적은 학습 동기와 상황적 지식을 향상시키기 위한 실제 세계를 반영한 문제, 비 구조화된 문제, 간학문적 또는 통합적 문제 등의 특성을 가진다. 문제는 개방적, 비 구조적이며 교과지식 및 기술을 포함하고 있어야 하고 문제와 관련하여 매우 적은 정보만이 제시되기 때문에 문제를 해결하기 위해서는 단순한 공식이나 지식을 적용하기보다는 추가적인 정보를 찾고 지속적인 탐색을 하는 탐구의 과정이 필요하다. 이러한 문제중심학습에서의 문제특성은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 문제중심학습에서 문제의 특성

※ 출처 : Sage& Trop(1998).

① 비 구조화된 문제

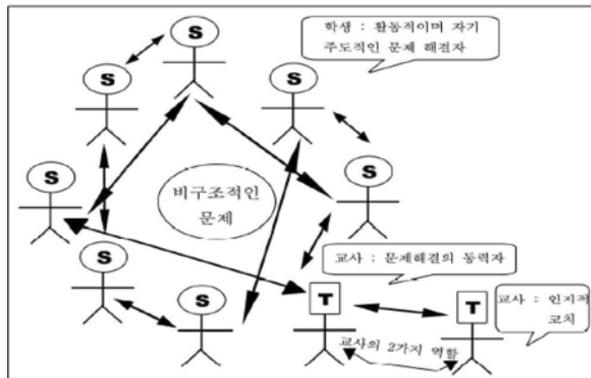
보편적으로 학교에서 다루어지는 문제는 구조화된 문제로 학생들은 문제가 무엇인지 정확히 알고 있으며 문제 해결에 필요한 모든 정보가 제공되며 문제해결에 초점을 두게 되므로 단 하나의 정답만이 존재하며 문제 해결에 대한 동기가 낮다. 반면 비 구조화된 문제는 구조화된 문제 해결 과정과는 달리 문제를 찾아내야 하고, 필요한 정보를 검증하며, 실행 계획을 세우는 과정을 필요로 하는 것으로 이러한 문제해결과정을 통해 학생들의 사고력이 길러질 수 있다(Hemstreet, 1997). 또한 비 구조화된 문제는 특정한 맥락으로부터 나오는 것으로 다음과 같은 특징이 있다(Jonassen, 1997).

② 실제 세계를 반영한 복잡하고 맥락적인 문제

보편적으로 학교에서는 학교라는 상황에서만 통하는 인위적이고 비실용적인 문제인 학문적 문제가 다루어지므로 실생활에서 접할 수 있는 실제적인 지식은 대부분 문제의 해결을 통해서 이루어진다. 따라서 문제중심학습에서의 문제는 학습자들이 관심을 가지고 있으며 꼭 필요한 문제, 즉 실제세계를 반영한 문제로 학생들의 삶에 근접하고 학교 밖의 상황에서 직면하게 되는 문제를 말하며 학생들이 이미 알고 있는 지식을 활성화시키는 일종의 가교(anchor)와 같은 기능을 수행하게 되며 그 외에도 다음과 같은 특성을 지닌다(Barell, 1995; Sage & Trop, 1998).

2) 교사와 학생의 역할

문제중심학습 특성 중의 하나는 교사와 학습자의 역할에의 변화이다. 즉 전통적인 수업에서 교사는 학습목표를 결정하고 직접 수업을 했다면 문제중심학습에서 교사는 학생들에게 문제 해결의 직접적인 근거가 될 수 있는 정답은 제공하지 않으면서 학생들이 비판적 사고를 할 수 있도록 질문을 통해 조언하고 안내하는 역할을 한다(Savery & Duffy, 1994, Delisle, 1997). 각각의 역할 특징을 그림으로 나타내면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 문제중심학습에서 교사와 학생의 역할

※ 출처 : Sage & Trop(1998).

① 교사의 역할

문제중심학습에서의 교사들은 학생들에게 문제해결의 직접적인 근거가 될 수 있는 정답은 제공

하지 않고 비판적 사고를 할 수 있는 지속적인 질문으로 학습자의 사고에 도전하도록 하는 메타인지적 코치역할을 한다. 그리고 학생들의 학습 상황을 점검하고 유지시키면서 역동적인 집단이 되도록 관리하는 것으로 그 역할은 <표 1>과 같다(Delisle, 1997).

② 학생의 역할

학생들은 학습자 스스로 학습 내용과 학습 방법을 선택하는 학습 활동에 참가함으로써 의미를 구성해 나가는 능동적인 문제 해결자이며 그 외에도 다음과 같은 역할을 하게 된다(Fogarty, 1997).

<표 1> 문제중심학습 단계별 교사의 역할

문제해결단계	교사의 역할
초기단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 모델로의 역할을 수행</li> <li>● 문제 정의의 과정에서 학생들이 원하는 활동을 찾기 위해 학생들과 같이 토론하고 사고</li> <li>● 학생들로 하여금 무엇을 해야 하는지, 좀 더 알아야 하는 것은 무엇인지, 문제 해결을 위해 할 일은 무엇인지 등의 질문을 통해 문제에 대한 책임감을 갖게 함</li> </ul>
중간단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 코치로서 역할을 수행</li> <li>● 학생들의 학습 활동을 다양하도록 촉진</li> <li>● 학습 집단 내에서의 협동을 강화시킴</li> <li>● 학습에 책임을 지는 학생을 만듦</li> </ul>
마무리단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 해결안에 대한 집단 내 조원간의 토론과 선정 과정에서는 듣는 위치가 됨</li> </ul>

3) 교수·학습 방법적 측면

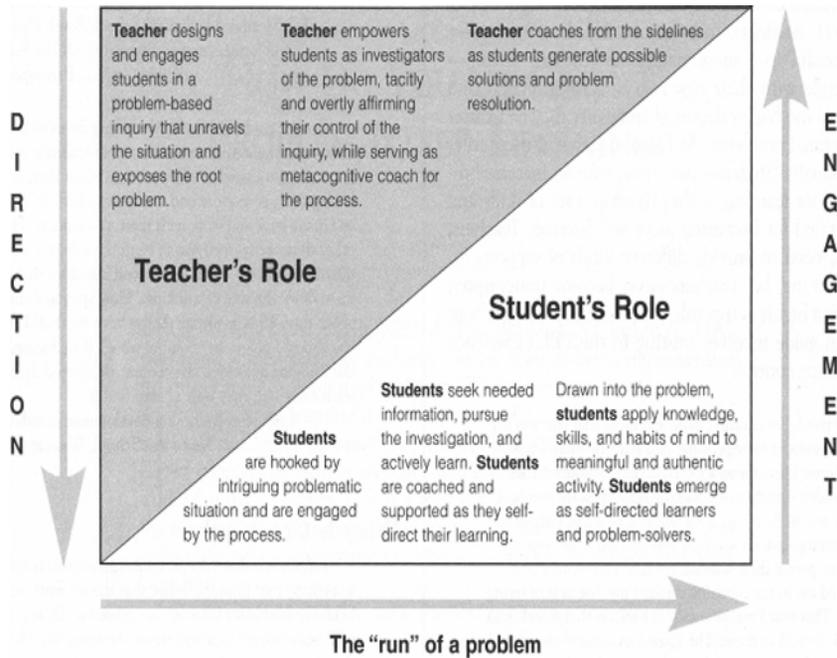
문제중심학습에서는 교사의 안내역할에 의해서도 학습이 이루어지나 학습자 상호간 또는 학습자와 자료간의 상호작용에 의해 주로 학습이 이루어진다. 그 과정 중에 학습자들이 일단 문제를 받게 되면 다 같이 모여서 문제에 대한 해결책과 관련된 생각을 정리하는 전체학습을 하는 단계, 그리고 정리된 생각을 다시 세분화하여 개개인에게 학습과제를 부여하여 자율적 학습이 이루어지도록 하는 자기 주도적 학습 단계, 그런 뒤 다시 모여 개인 또는 그룹과제를 생성하여 과제를 완수하는 협동학습의 단계 등이 순환적으로 이루어지게 된다(Wheatley, 1991; Delisle, 1997; Hemstreet, 1997).

① 자기 주도적으로 학습하는 단계

문제중심학습에서 학습자의 자기 주도적인 학습을 통해 학습 내용이 결정되며 진행과정에서 다음과 같은 특성이 나타난다(Gallagher & Stepien, 1996).

\* 자기 주도적 학습에서는 자신의 학습 과정과 내용에 대한 자아성찰, 즉 어떤 특정 과제를 해결하고 나면 그것을 그냥 지나치는 것이 아니고 그 과정과 내용에 대한 사고를 하고 정리하여 나중에 유사한 상황과 과제를 만날 경우 어떻게 적용하고 도입할 것인가와 관련하여 일반화 작업을 하게 됨

\* 학습자들은 집단 내에서의 상호작용은 물론 자기 구조적 학습을 통하여 소집단 또는 전체 집단으로 학습하기 위하여 정보를 찾고 학습을 위한 책임을 분담하게 된다. 그리고 그 과정 중에 현



<그림 3> 문제중심학습에서 교사와 학생의 역할

재 자신이 알고 있는 것과 모르는 것, 앞으로 어디로 나아가는지 생각하게 되고 자신에게 맞는 지식을 수집하는 방법과 문제해결방법을 선택하게 됨

② 협동하여 학습하는 단계

학습자는 같이 공부할 때 대단히 큰 도움을 얻을 수 있다. 즉 학습자는 소그룹에서 학습을 할 때에 자신의 사고에 도전하는 학생들을 통해 자극을 받게 되면서 지식을 재조직하고 재 개념화 할 필요성을 깨닫게 된다(강인애, 1997).

③ 전체학습을 통해 토의하는 단계

문제중심학습에서는 전체토의를 통해 학습자에게 그들의 해결방법, 발명, 그리고 통찰을 제시하는 기회가 주어지는데 그 외에도 다음과 같은 특성이 있다.

- \* 자신의 결론과 견해에 대한 평가를 받을 수 있고 역으로 다른 사람들의 견해를 자신의 견해와 입장에서 평가해 볼 기회가 됨

- \* 학생 스스로 해결할 과제에 대해 전체적으로 토의하는 과정 중에 학생들이 동의하지 않는 경우가 생기지만 교사의 촉진적 역할 등 도움을 받아 협상하고 합의점에 도달하게 됨

- \* 협동학습은 전체 학생들에게 자신의 근거를 설명하는 토론의 장을 제공하고 다른 학생들과 얘기하는 과정 속에서 학생은 문제에 대해 생각하는 법을 말하게 되고 자신의 사고를 정교화하고 세련되게 하는 법을 배우게 됨.

4) 교수·학습 평가

보편적으로 전통적 수업에서 교수활동은 일반적으로 지식이나 개념의 제시, 연습과 재생이 이루

어지고 결과위주의 평가가 중심이 된다. 그러나 문제중심학습의 평가 방법은 학생들의 수업을 통한 전체적인 과정과 통합적인 사고가 중심이 되고 이를 위해서 토론이나 탐구활동이 이루어진다. 즉 문제중심학습은 현실 세계와 동일한 복잡한 문제 상황이나 맥락 속에서 이루어지는 것이므로 평가 전략은 그들의 지적인 여행에 대한 입증할 수 있는 자료가 필요하므로 학생들의 공책, 수업 중 비평, 읽었던 자료, 학생들의 문제 해결안을 마련하고 보고하기 위해 마련한 포트폴리오 등이 필요할 수 있다(Gallagher & Stepien, 1996; 이춘식 외, 2003, 재인용).

### 나. 문제중심학습 과정

문제중심학습의 학습과정과 학습자의 활동을 <표 2>에 나타내었다. 학습자의 준비는 팀 구성, 비판적 사고 활동, 창의적 활동, 작은 규모의 PBL 경험가지고 문제와 만난다.

#### ① 문제 상황의 도입

문제 상황의 배경이 될 만한 내용에 대한 토론을 진행하고, 관련 신문 기사를 제시하며, 비디오를 같이 시청하고, 교사가 작은 이벤트를 준비한다.

#### ② 문제 상황의 제시

학생들이 주어진 문제의 “주체”라는 느낌이 들도록 하는 것이다. 학생들이 책임감을 가지고 문제를 풀어야 한다는 것 강조한다. 학생들에게 어떤 과학자 또는 전문가의 역할을 부여하고 도움을 요청하는 형태이다.

#### ③ 문제 상황 파악하기

문제 해결을 위한 정보 수집의 핵심을 안내하는 동안 선수 지식과 아이디어 활동을 한다. 학생들은 제시된 문제 상황을 이해하고 문제에 대해서 알고 있는 것과 알지 못하는 것, 알아야 하는 것, 해야 하는 것을 파악하는 과정을 통해서 문제를 발견 정의하게 된다.

#### ④ 문제 재정의 하기

광범위하게 제시된 문제 상황에서 연구의 방향을 제시할 주제를 선정하고 구체적인 연구가 수행될 수 있도록 문제를 재정의 한다. 이때 문제에서 꼭 풀어야 할 갈등상황이 있다면 소주제로 나열할 수 있다. 충돌 조건을 확인하고 가장 중요한 쟁점을 진술한다. 개념도를 개발한다.

#### ⑤ 탐구 및 자료 수집하기

제안된 가설들을 부정하거나 긍정하려고 할 때 요구되는 질문(문제)을 제안하고 필요한 정보를

<표 2> 문제중심학습의 학습과정과 학습자의 활동

과정	학습자의 활동
(1) 문제 상황 도입	(1) 학습자의 준비
(2) 문제 상황 제시	(2) 문제와 만나고
(3) 문제 상황 파악하기	(3) 우리가 알고 있는 것, 알 필요가 있는 것과 ideas
(4) 문제 재정의 하기	(4) 문제 재정의 하기
(5) 탐구 및 자료수집하기	(5) 정보를 수집하고 공유하고
(6) 자료 분석하기	(6) 가능한 해를 일반화하고
(7) 문제 종합하기	(7) 가장 적합한 해를 결정하고
(8) 문제해결하기	(8) 해를 제출하고
(9) 정리하기	(9) 문제를 보고한다

수집한다. 다양한 전략(실험, 도서관, on-line) 등을 지원한다.

⑥ 자료 분석하기

탐구과정동안에 수집된 자료를 분석하고 판단한다. 만약 자료 분석 결과 가설에 문제가 있으면 새로운 가설을 설정한다.

⑦ 문제 종합하기(Syntheses)

탐구과정과 분석과정이 진행됨에 따라 유의미하고 새로운 정보들이 쌓이게 된다. 학생들은 지금까지의 과정을 요약하고, 모두의 학생들이 모두 같은 생각을 공유하는지 확인하고, 중간 요약은 학생들로 하여금 자료를 체계적으로 표현하는 능력을 발달시킨다. 불필요한 자료나 더 요구되는 자료를 체크한다.

⑧ 문제 해결하기

학생들은 이용 가능한 정보가 어떤 것인지 판단하고, 가능한 해결책을 생성하고, 해결책과 해결 과정에 대한 평가를 하게 된다. 의사 결정 목록표 작성한다. 좋은 사고를 위하여 benchmark를 사용한다. 좋은 판단, 자신과의 관련성, 결론을 위한 명백한 이유를 밝힌다. 각각의 해들의 결론과 이익 평가한다.

⑨ 정리하기

새롭게 습득된 지식과 기능을 정리하고 이전 지식과 비교한다. 과정 동안에 학습한 것을 종합하고 요약하게 된다. 내용, 발표 기술, 팀워크, 해의 적합성에 대하여 자체 평가, 동료 평가, 모둠 평가를 한다. 이와 같은 문제해결통한 학습이 과거의 비슷한 문제에 어떻게 적용되었는지, 또는 미래의 비슷한 문제에 어떻게 적용될 수 있을 것인지 생각해보게 한다.

#### 다. PBL의 절차

PBL이라고 할 때 단지 한 가지 절차가 있는 것이 아니다. 본래 의과대학에서부터 시작했기 때문에 가장 잘 알려진 절차가 Barrow가 제시한 모형이지만, PBL이라는 이름의 수업환경 중 한 모형에 해당하는 것으로 다른 여러 상황에 맞는 형태의 PBL이 존재할 수 있다. <표 3>는 PBL의 전 과정을 보여주는 가장 대표적인 모형인 Barrows와Myers의 PBL 전개과정을 제시하고 있다.

이상으로 PBL에 관하여 정리하였다. 학습자 중심의 학습 환경 조성을 강조하며 오늘날 교육에 큰 영향을 미치고 있는 구성주의와 구성주의에 바탕을 둔 학습이론에 대해 학자들은 여러 각도에서 접근을 시도하고 있다.

로봇 교육과정의 교수-학습에서도 철저히 학습자의 입장에서 수업의 내용을 조직하는 구성주의적 교수-학습 원리인 문제중심학습을 적용하였다.

#### 라. 로봇교육 프로그램의 개발

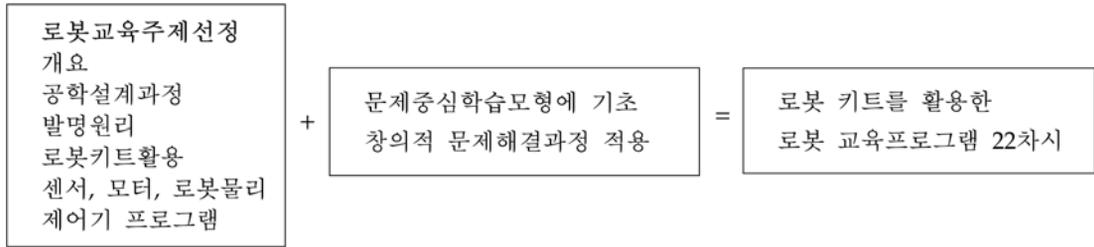
로봇을 활용한 교육 프로그램은 창의력 향상을 목표로 개발하였다. 그 개요를 <그림 4>에 나타내었다. 앞에서 다룬 문제중심학습 모형을 기초로 하여 적용하였다. 또한 문제정의, 브레인스토밍, 아이디어 종합, 실행으로 이루어지는 일련의 과정으로 이루어지는 창의적 문제해결과정도 적용하였다. 즉, 좌뇌 사고와 우뇌 사고를 모두 요구하는 문제 정의, 아이디어 창출을 위한 브레인스토밍, 창의적 아이디어 평가를 위한 퓨(puge)방법, 아이디어 판단 및 의사결정, 해결 방안의 실행으로 이어진다.

**<표 3> PBL방식의 전개과정(Barrows & Myers, 1994)**

<b>수업 전개</b>			
1. 수업소개			
2. 수업 분위기 조성(교사의 역할 소개)			
<b>문제 제시</b>			
1. 문제제시			
2. 문제에 대한 주인(소유)의식을 느끼도록 한다(학생들이 문제를 내재화하도록).			
3. 마지막에 제출할 과제물에 대한 소개를 한다.			
4. 그룹 내 각자의 역할을 분담시킨다(어느 학생은 칠판에 적고, 다른 학생은 그것을 다른 곳에 옮겨 적어놓고 다른 학생은 그 그룹의 연락망을 맡는다.).			
생각(가정들)	사실	학습과제	실천과제
주어진 문제에 대한 학생들의 생각을 기록 :원인과 결과, 가능한 해결안 등	개인 혹은 그룹학습을 통해 제시된 가정을 뒷받침할 지식과 정보를 종합한다.	주어진 과제를 해결하기 위해 학생들 자신이 더 알거나 이해해야 할 사항을 기록	주어진 과제를 해결하기 위해 취해야할 구체적인 실천계획
5. 주어진 문제의 해결안에 대하여 깊이 사고를 한다. : 칠판에 적힌 다음 사항에 관하여 과연 나는 무엇을 할 것인가를 생각해 본다.			
생각(가정들)	사실	학습과제	실천과제
확대/집중시킨다.	확대/집중시킨다.	규명과 정당화한다.	계획을 공식화한다.
6. 가능할 법한 해결안에 대한 생각을 정비한다.			
7. 학습과제를 규명하고 분담한다.			
8. 학습 자료를 선정, 선택한다.			
9. 다음 번 토론시간을 결정한다.			
<b>문제 후속 단계</b>			
1. 활용된 학습 자료를 종합하고 그에 대한 의견 교환을 한다.			
2. 주어진 문제에 대하여 다시 새롭게 접근을 시도한다 : 다음 사항에 대하여 나는 무엇을 할 것인지를 생각해 본다.			
생각(가정들)	사실	학습과제	실천과제
수정한다.	새로 얻은 지식을 활용하여 재 종합한다.	만일 필요하다면 새로운 과제 규명과 분담을 한다.	앞서 세웠던 실천안에 대한 재설계
<b>결과물 제시 및 발표</b>			
<b>문제 결론과 해결 이후</b>			
1. 배운 지식의 추상화(일반화)와 정리 작업(정의, 도표, 목록, 개념, 일반화, 원칙들을 만들어 본다.)			
2. 자아평가(그룹원들로 부터의 견해를 들은 후에)			
* 문제해결과정에 대한 논리적 사고			
* 적합한 학습 자료를 선정하여 필요한 지식과 정보를 얻어 내었는지			
* 주어진 과제를 잘 수행함으로써 그룹원들에게 협조적이었는지			
* 문제해결을 통해 새로운 지식 습득이 이루어졌는지 혹은 심화 학습되었는지			

이러한 문제중심학습모형에 기초하고 창의적 문제해결 과정도 적용한 로봇 교육프로그램을 개발하였다 그 개발 개요는 <그림 4>에 나타내었다.

로봇의 개요(개념, 로봇의 구조와 작용 원리, 로봇 팔의 동작 형태, 로봇 손의 종류, 이동 로봇, 보행 로봇, 로봇 축구, 로봇의 분류와 이용, 미래의 로봇 및 로봇 관련 실험·실습)에 대하여 소개



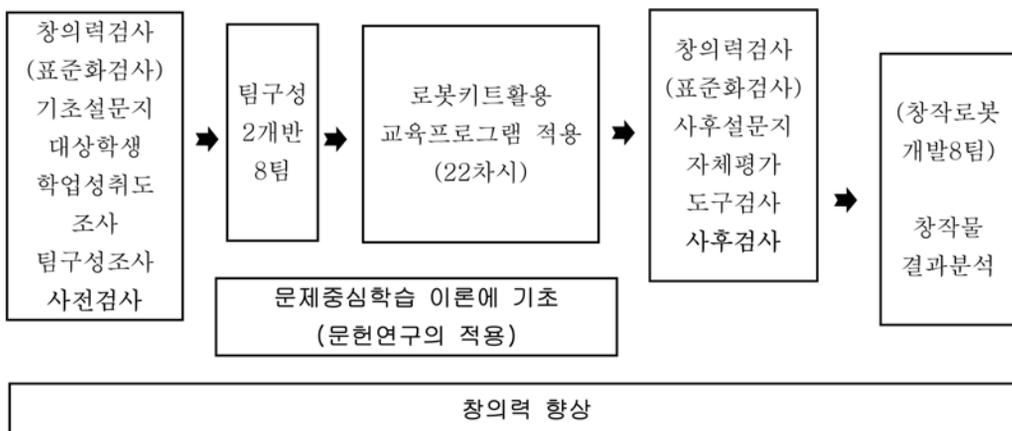
<그림 4> 로봇교육 프로그램 개발 개요

하여 로봇에 대한 기초지식을 얻게 한다. 공학설계과정에 대한 학습으로 공학설계과정의 12단계에 대하여 고찰한다. 또한 로봇개발에 적용할 수 있는 트리즈(TRIZ)의 원리와 아이디어의 발상과 문제해결력에 대해 이해시키고 트리즈의 적용사례를 통해 다양한 원리에 대한 사고를 유도하고 흥미를 유발시킨다. 실제 로봇개발 아이디어로 로봇을 설계하고 제작하며 프로그램을 할 수 있는 KAI 로봇키트와 레고 마인드스톰 RIS 키트, NXT 키트 등을 학습할 수 있도록 하였다. 병행하여 로봇 물리, 센서, 모터 등을 학습 할 수 있도록 하였다. 또한 제어기 프로그램(LabVIEW, RCC, NQC, KAILab)도 활용 할 수 있도록 하였다.

로봇키트를 활용한 교육프로그램 22차시는 연구자의 문헌 연구와 자료 수집 및 분석에 의해 개발하였고, 개발된 자료는 충남대학교 대학원 공업교육학과 세미나에서 발표과정을 통해 연구의 타당성을 검증하였으며, 수시로 서울로봇고등학교 유병로교사(교육학박사), 대덕대학 정기철교수(공학박사), 충남대학교 노태천, 이병욱교수(교육학박사) 및 로봇문화 협의회 성학경회장의 자문하여 수정 보완 완성하였다.

## 2. 실험 연구 설계

이 연구에서는 이론적 고찰, 전문가 협의 및 전문가 타당도 검증을 통하여 개발된 로봇교육 프로그램을 과학고등학교 1학년 학생에게 적용한 후, 학생들의 창의력 향상에 미치는 효과를 검증하



<그림 5> 실험 연구 설계 개요

기 위하여 실험 연구(experimental study)를 하였다. 그 개요는 <그림 5>와 같다. 이를 위한 연구 절차, 연구 설계, 실험 처치, 변인, 측정도구, 자료 수집 및 자료 분석 방법에 관한 내용은 다음과 같다.

교육프로그램의 실제 적용에서 C과학고등학교 관련 교과(물리, 수학) 교사들의 도움으로 통합 수업도하였으며 관련 교과내용 등을 학생들에게 조언하였다.

**가. 연구 대상**

이 연구의 대상은 C과학고등학교 1학년 2개 반 전체 학생 45명을 대상으로 하였다. 전국 과학고등학교 1학년 학생은 부산과학영재학교를 포함 19개교 74개 반 1,585명(남학생 1,203명, 여학생 382명)을 모집단으로 하였다. 과학고등학교 1학년을 대상으로 한 이유는 이 연구에서 개발한 로봇교육 프로그램이 과학고등학교 1학년 학생수준을 대상으로 개발하였기 때문이다.

연구 대상은 무선으로 배정되어 있는 실험 집단 2개 반으로 하였으며, 실험 집단 2개 반 45명 학생들은 이 연구를 통하여 개발된 로봇교육 프로그램을 이수하였다. 또한 연구에 참여하는 실험 집단의 학생을 구성함에 있어서 과거에 발명반 활동 및 창의력 계발 활동을 했거나, 현재 창의력 관련 교육을 받고 있는 학생 5명은 이 연구의 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 연구 대상에서 제외 하였다.

**<표 4> 실험대상**

	반	남	여	계
실험 집단	1반	14	6	20
	2반	14	6	20
계		28	12	40

**나. 실험 설계**

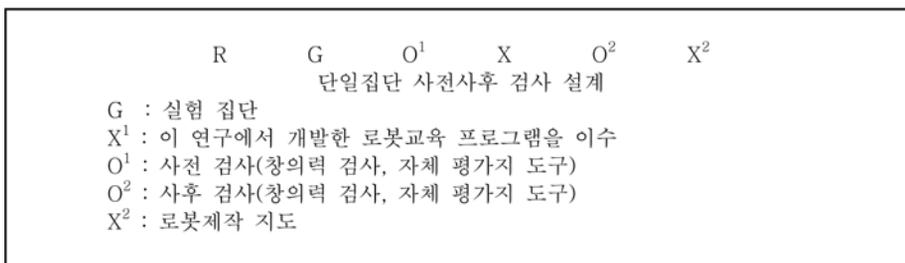
1) 단일 집단 사전 사후 검사 설계

C과학고 1학년 2개 학급 (남 28명, 여 12명 총 40명)

허만 팀 구성 이론에 의거 팀을 조직 학생 5-6명을 1개 팀으로

1개 반 4개 팀 총 8팀으로 구성하였다. <그림 6>에 실험 설계 모형을 나타내었다.

사전 사후 검사(TTCT검사와 자체 설문지 평가지 도구 검사 처치 직 후)



**<그림 6> 실험 설계 모형**

2) 이수 후 계속적으로 지도하여 창작로봇 제작을 구현하도록 함. 제작 발표와 시연

**다. 실험 기간**

이 연구의 수행방법 및 절차는 <표 5>에 나타내었다. 개발된 22차시의 교육프로그램 적용은 C과학교등학교 1학년 40명에게 9월28일부터 팀 구성 자료조사, 로봇 사전 검사지, 질문지 조사로 시작하였다. 사전 창의력 검사(TTCT 언어 B형)는 9월 28일 실시하였다. 허만 팀 구성 이론에 따라 1개반 4팀씩 총 8개 팀을 구성하여 1차시는 10월 2일 적용하였다. 이어서 주 3차시인 정보사회 컴퓨터 시간을 이용하여 12월 첫째 주까지 진행하였다. 이 교육프로그램 적용에서 수업내용과 학생 발표 내용은 프리젠테이션 자료와 비디오 자료로 제작하였다.

1~3차시인 1단원 **로봇의 이해** 단원에서는 로봇정의, 로봇시대의 인간생활, 로봇은 어떻게 만들까? 필요한 기술?의 창의적 문제해결력을 강조하는 학습모형에 의해 진행하였다. 로봇이란?, 어원, 역사, 미래, 응용분야, 필요한 기술을 주제로 1시간 수업, 총 8팀의 발표로 2시간(팀 협의는 과제로 제시)으로 구성하였다.

4~5차시인 2단원 **공학설계과정** 단원에서도 공학설계과정 12단계와 브레인스토밍, 표방법을 주제로 한 1시간의 강의와 공학설계과정을 고려한 창작로봇제작 계획 발표를(팀 협의는 과제로)하였다.

6~7차시 3단원에서는 **발명원리(TRIZ)** 기법을 주제로 1시간의 수업과 1시간의 40가지 발명원리 소개(팀 협의는 과제로 제시, 1개 팀 10가지 씩) 1시간으로 실시하였다.

8차시 4단원 **기계기구학**에서는 창작로봇 제작에 필요한 나사, 축바퀴, 벨트와 기어, 센서에 대한 비디오 자료 시청을 하였다.

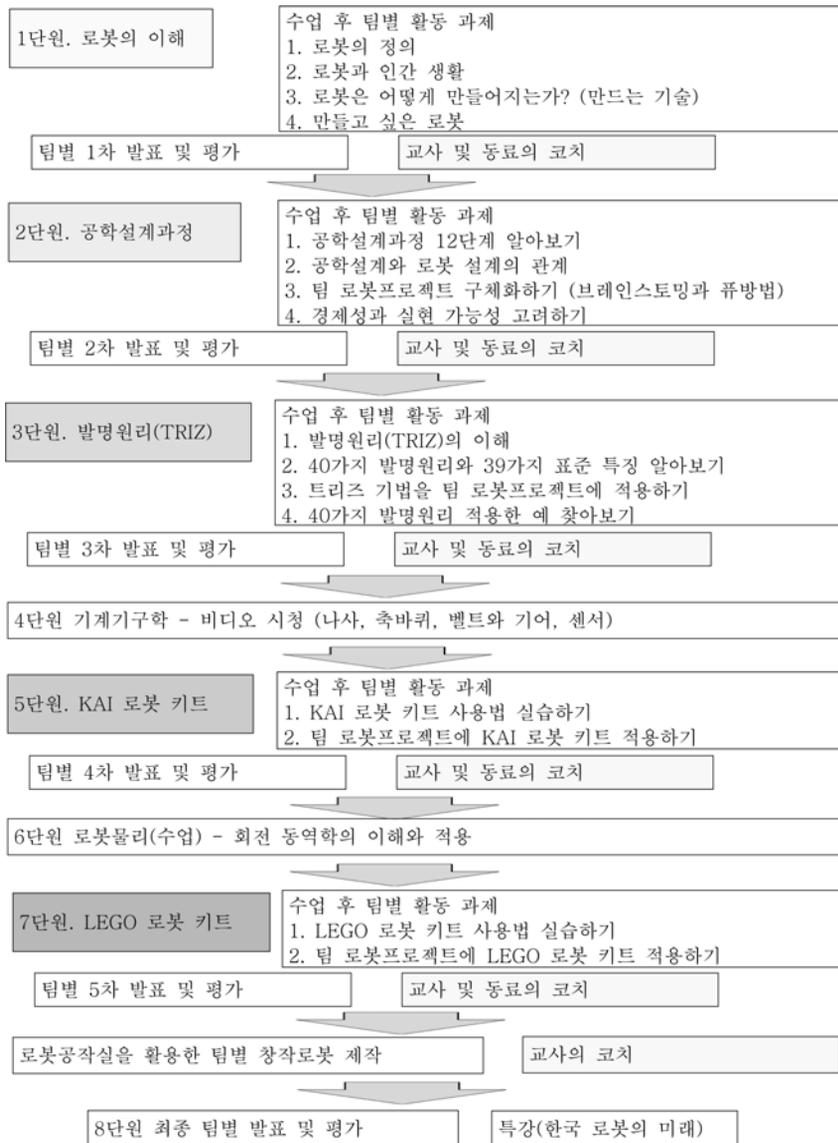
**<표 5> 연구 수행 방법 및 절차**

년	월	일 정	연구 활동 및 내용
2006	5	1 - 11	연구 계획 수립
		26 - 30	로봇을 활용한 교육프로그램의 범위 및 적용 연구방법 확정(문헌연구)
	6	10	연구수행 : 로봇을 활용한 교육 프로그램 내용 선정
		11 - 30	각종 로봇 키트 및 올림피아드 창작 로봇 종목의 분석
	7, 8	7. 1 - 7. 31	로봇을 활용한 교육 프로그램 및 적용 계획 수정보완
		8. 1 - 8. 31	로봇을 활용한 교육 프로그램 개발(초안)
	8	26	연구 중간 점검
	9	9.1 - 9 31	로봇을 활용한 교육 프로그램 (완성)
	10,11	10.16 - 11. 30	사전 검사(표준화 검사, 자체 개발 도구 검사 포함) 수정된 로봇을 활용한 교육 프로그램을 C과학교등학교 학생에 투입, 학생들의 반응을 설문 및 면접 조사, 내용의 적정 수준 검토 반영
	11	14	전문가 협의회
	12	12. 1 - 01.15	창작로봇 개발 팀 8개 조직 지도
	12	27	연구 협의회
	01	19	사후 검사(표준화 검사, 자체 개발 도구 검사) 통계 분석

9~12차시인 5단원 **KAI 로봇키트**의 사용법에 대한 1시간의 수업과 1시간의 실습에 이어서 카이(KAI)로봇 키트 적용한 각 팀의 창작로봇계획에 대한 제작 1시간과 발표 시연 1시간으로 하였다. 주말을 이용하여 학생들이 많은 시간을 투자하였으며 즐거워하였다.

13차시인 6단원 **로봇물리** 단원은 회전 동역학을 주제로 1시간 수업을 실시하였다.

14-17차시인 7단원 **LEGO 로봇키트** 단원은 LEGO Mindstorms RIS의 사용법 수업 1시간과 실습 1시간, 팀별로 창작로봇 계획에 적용하기 발표하기로 실시하였으나 시간이 부족하여 1시간을 더 소비하였다.



<그림 7> 로봇키트를 활용한 교육프로그램 적용 흐름도

18차시는 LEGO Mindstorms NXT의 사용법을 1시간 수업하면서 소개하였다.

19~20차시 **평가 및 특강**은 2개 반을 서로 교차하여 8개 팀의 작품을 평가하기로 하였으나 학생들의 시간 부족을 호소하여 특강을 먼저 실시하고 12월 15일까지 연장하고 12월 15일까지의 작품으로 1차 평가를 하였다. 계속하여 1월 10일까지 계속적으로 진행하였다.

사후 검사의 일환으로 12월 5일 2학기 2차 고사 컴퓨터과학시간에 창작로봇교육 프로그램 지필 평가를 실시하였고 수행평가는 12월 15일까지의 진행 과정으로 1차 평가 하였으며 계속하여 팀 평가를 진행하였다. 12월 21일 사후 창의력 검사(TTCT 언어 A형)를 실시하여 채점을 의뢰 하였다.

학생들은 자신이 설계한 로봇을 제작하는데 야간 자율학습 시간과 휴일을 아낌없이 반납하였고 아크릴과 폼엑스, 우드락, 파이프 등을 가공하고 다루어본 로봇키트들을 혼합하여 제작하였다. 로봇공작실에서는 학생들이 로봇제작의 어려움을 호소하면 교사(연구자)의 계속적인 코치(가공과 프로그래밍)가 이루어지고 있었다.

### 3. 실험 처치 내용

선행연구의 검토와 자료 분석을 통하여 개발하고 전문가 자문으로 수정 보완한 창작로봇 교수-학습 자료의 적용에 따른 차시 계획은 <표 6>과 같다.

### 4. 변인 및 측정 도구

#### 가. 연구 변인

이 연구의 독립변인은 이 연구에서 개발한 로봇을 활용한 교육프로그램이다. 실험 집단은 이 교육프로그램을 이수 하였다. 종속변인은 창의력 점수와 자체 평가지 점수이다. 이 연구에서 창의력(언어) 점수는 유창성, 융통성, 독창성으로 구성된다. 자체 평가지 점수는 이 프로그램 수행 후의 수행평가와 지필 평가지 점수의 합산이다.

#### 나. 측정 도구

##### 1) 창의력 검사도구

이 연구에서는 창의력을 측정하기 위하여 Torrance 가 개발한 'Torrance Test of Creative Thinking(TTCT)'를 우리말로 변안한 'Torrance 창의력 검사(김영채, 2002)'를 사용하였다. 이 검사지는 유치원에서 성인에 이르기까지 그리고 다양한 문화권에서 가장 많이 사용되고 있는 창의력 검사 도구이다. TTCT(언어) 검사는 다음과 같은 6가지 활동으로 이루어져 있다. (A,형과 B형 공히)각기의 활동과제는 언어적 과제의 창의적 사고에서 다소간 상이한 측면들을 측정하고 있다고 본다.

##### (1) 활동 1 : 질문하기 (제한시간 5분)

활동 1-3은 같은 하나의 그림을 제시·사용한다. 제시된 하나의 모호한 그림 을 보고 어떤 일이 일어나고 있는지를 확실히 알기 위하여 물어 볼 필요가 있는 질문들을 적어 보게 한다.

##### (2) 활동 2 : 원인 추측하기 (제한시간 5분)

그림에서 일어나고 있는 일이 벌어지기 전에 일어났을 것 같은 가능한 원인들 을 가능한 대로

<표 6> 로봇키트를 활용한 교육프로그램 22차시의 개발

차시	단원	내용	학생활동	비고
0	사전준비	사전검사(TTCT, B형 언어, 도형) 로봇 사전 검사지 팀구성 검사	검사 참여 팀 구성하기 (반별 4팀 총 8팀)	
1	로봇의 이해	로봇이란?, 어원, 역사, 미래, 응용분야 로봇의 종류와 필요한 기술	수업참여	
2		로봇정의 로봇시대의 인간생활, 로봇은 어떻게 만들까? 필요한 기술?	팀별 발표 조별활동 평가	
3				
4	공학설계 과정	공학설계의 개념과 공학설계과정의 이해	수업참여	
5		공학설계과정과 로봇 설계에 적용	팀별 발표 (로봇프로젝트의 구체화)	
6	발명원리	트리즈(TRIZ)의 이해	수업참여	
7		트리즈의 40가지 발명원리 적용 예 찾아보기	팀별 발표	
8	기계기구학	나사, 축바퀴, 벨트와 기어, 센서	수업(비디오 시청)	
9	카이로봇 키트	카이로봇개요 및 키트의 기본 사용법	수업참여	
10		KRC, 과학상자, 모터, 각종 센서 실습 팀별 로봇프로젝트에 적용하기	실습하기 팀별 발표	
11-12				
13	로봇물리	바퀴이동 로봇원리, 역학	수업참여	
14	LEGO 키트	레고 키트 사용법	수업참여	
15		빌드, 프로그램, 실행하기	실습하기	
16-17		팀별 로봇 프로젝트에 적용하기	팀별 발표	
18		NXT 키트의 소개	수업참여	
19-20	평가 및 특강	최종 팀 프로젝트 계획	팀별발표 조별활동 평가	
		휴보와 함께하는 한국 로봇의미래	수업(비디오 시청)	
0	사후분석	코칭 시스템의 적용(8팀)		

많이 나열해 보게 한다.

(3) 활동 3 : 결과 추측하기 (제한시간 5분)

그림에서 일어나고 있는 일의 결과로 앞으로 일어날 가능성이 있어 보이는 것을 가능한 대로 많이 나열해 보게 한다.

(4) 활동 5 : 작품 향상시키기 (제한시간 10분)

장난감 코끼리와 그것을 그린 그림을 보여주고 이것을 아이들이 보다 더 재미있게 가지고 놀 수 있는 것으로 바꾸거나 향상시킬 수 있는 방법들을 나열해 보게 한다.

(5) 활동 5 : 마분지 상자의 독특한 용도 (제한시간 10분)

빈 마분지 상자를 재미있게 그리고 독특하게 쓸 수 있는 용도들을 가능한 대로 많이 나열해 보게 한다.

(6) 활동 7 : 가상해 보기 (제한시간 5분)

‘구름에 달려있는 많은 줄들이 아래로 지면까지 늘어 트려져 있다’고 가상해 보게 한다. 그리고 만약 이러한 불가능한 장면이 실제로 일어난다면 어떤 일들이 일어날 것 같은지를 추측해서 나열해 보게 한다.

이 연구의 창의력 검사의 채점은 창의력 한국 FPSP(The Korean Future Problem Solving Program)에 의뢰하여 채점하였다.

2) 자체 평가지 도구

사전 평가는 로봇에 대한 이해 정도를 묻는 수준으로 8개 문항 진행하였으며 로봇 교육프로그램의 동기유발 과정으로 진행하였다. 로봇교육 프로그램 적용 중에는 다른 팀 프리젠테이션과 과제 수행평가도 하였다. 사후 평가는 2학기 기말고사(로봇 이론) 점수와 수행평가(로봇 제작 및 프리젠테이션, 팀 협력) 점수로 합하였다.

학업성취도의 상, 중, 하의 구분은 2006학년도 2학기말 전 교과 성적순위와 로봇 자체평가 점수 순위를 합산하여 처리하였다.

## 5. 자료 수집, 처리 및 분석

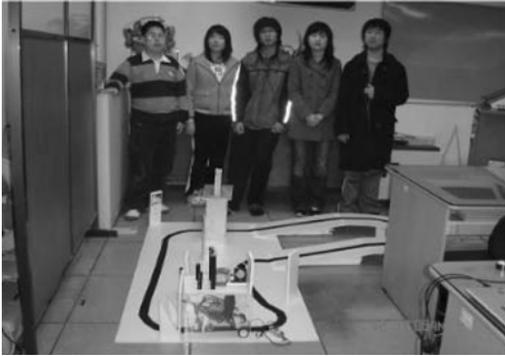
이 연구에서의 자료 수집 대상은 C과학고등학교 1학년 2개 반 학생 40명이다. 자료는 사전 사후 창의력검사 점수 및 자체평가 점수(지필 및 수행 평가)와 2학기 전 교과 학업 성취도 및 질문지이다. 또한, 학생들을 지도한 22차시 문제중심교수학습 지도안 및 학생들이 발표한 프리젠테이션 자료와 발표 동영상자료도 수집하였다. 학생들이 제작한 로봇 산출물 사진과 이수학생들이 소감문도 수집하였다.

이 연구의 <가설 1>과 <가설 2>를 검증하기 위해 집단별 창의력 점수와 이의 하위 요소 점수 및 자체 평가지 점수의 평균 차이를 t 검증 하였다. 가설 검증 유의 수준은 .05이며, 통계처리는 SPSS 통계프로그램 (VERSION 12)를 사용하였다. 그리고 <가설 3> 학업성취도 집단별 창의력 점수의 관계를 분석하였다. 또한 이 교육프로그램을 이수한 학생을 대상으로 간단한 질문지 조사를 하였다.

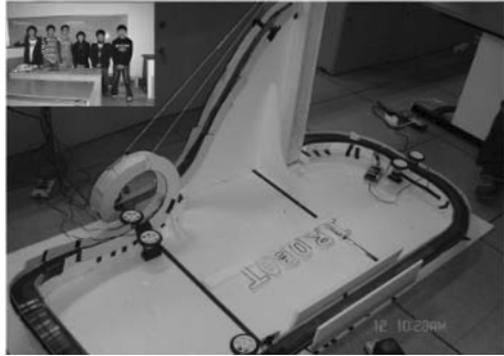
## IV. 결 과

이 연구는 과학고등학교 학생을 대상으로 로봇을 활용한 교육 프로그램을 적용시켜 창의력을 향상 시킬 목적으로 수행하였다. 이 연구 결과로 8개 팀의 창의적 로봇 산출물을 얻었다. 개발한 로봇교육 프로그램의 효과를 규명하기 위하여 III장에서 제시한 연구 방법과 절차에 따라서 실험 처치를 한 후, 창의력 검사(언어) 점수와 성별, 자체평가 점수와 2학기 전 교과 학업 성취도에 따른 학업성취도를 분석하여 가설을 검증하였다.

1. 창의적 로봇 산출물



<그림 8> Group A 큐레이터 라인트레이서 소형전시장 관람도움 로봇



<그림 9> I-Robot 자기부상롤러코스트 로봇 엘리베이터와 가속로봇



<그림 10> ATR 지능형 교량 중단 없는 흐름을 고려한 교량



<그림 11> Noname 다기능의자 높낮이, 조명, 이동성을 고려



<그림 12> Shanymoon 모스킬토(모기퇴치) 해충감지 살충액 살포



<그림 13> Reurotic 유리담이 로봇 줄자원 리이용 유리 청소



<그림 14> Behemoth 잠 깨우기 로봇 자습  
실 줄음방지 책상과 의자



<그림 15> Infohunter 공놀이 로봇 공의 위치 감지 주어오는 로봇

아래는 본 연구로 얻어진 2007년 1월12일까지 총 8개 팀이 최종 제작한 창작로봇 프로젝트 결과 사진을 <그림 8>에서 <그림 15>까지 나타내었다. 추후 이 아이디어를 개선시켜 학교축제에 전시하고 각종 로봇 대회 창작부분에 출전시켰다.

8팀 모두 다 만족스러운 결과를 얻지는 못하였으나 부분 동작은 모두 실행되었다. 처음 설계한 동작의 구현은 수정을 거듭하면서 다소 자연스럽게는 못하나 모든 팀에서 구현하였다. 최종 프로젝트의 완성까지 각 팀은 과제수행 로봇 2종씩 16종의 로봇 산출물과 각 팀 발표 프리젠테이션 자료 3편씩 24편의 창의적 산출물도 있었다. 로봇교육 프로그램을 마치며 40명 전원의 소감문도 수집하여 분석한 결과 로봇제작이 어려웠지만 재미있었으며 팀 학습 경험에서 협동의 어려움과 다른 팀과의 경쟁도 바람직하였다고 한다.

## 2. 실험 결과의 분석

### 가. 로봇교육 프로그램이 창의력 향상에 미치는 효과(가설 1의 검증)

<가설 1> 이 연구에서 개발된 로봇교육 프로그램을 학습한 과학고등학교 1학년 학생의 창의력에 있어서 향상 효과는 없을 것이다.

로봇교육 프로그램이 창의력 향상에 미치는 효과를 분석하여 <표 7>에 제시하였다. 창의력(언어) 사전 사후 검사 자료를 t 검증으로 분석한 결과 평균점수 사이에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p=0.043$ ) <가설 1>은 기각되어 로봇교육 프로그램의 적용은 과학고등학교 1학년 학생의 창의력 향상에 미치는 효과가 있는 것으로 밝혀졌다.

<표 7> 창의력 사전 사후 검사 결과 분석

구분		N	M	SD	t	p
창의력(언어)	사전	40	89.7	9.72	-2.094	0.043*
	사후	40	93.2	13.95		

\*  $p < .05$

창의력(언어)의 하위요소인 유창성, 융통성, 독창성의 사전 사후 검사 결과의 t 검증 결과를 <표 8>에 제시하였다. <표 8>에서 보는 바와 같이 로봇 교육프로그램의 효과는 창의력(언어)의 하위요소인 독창성에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 독창성 영역에 많은 효과가 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한, 창의력(언어)의 하위요소인 유창성과 융통성에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<표 8> 창의력(언어) 하위요소의 사전 사후 검사 결과

구분		N	M	SD	t	p
유창성	사전	40	86.0	9.055	1.16	.253
	사후	40	87.85	13.658		
융통성	사전	40	91.80	11.131	0.864	.393
	사후	40	93.55	15.500		
독창성	사전	40	91.33	10.668	4.124	.000*
	사후	40	98.35	14.025		

\*  $p < .05$

#### 나. 로봇교육 프로그램이 성별에 따른 창의력 향상에 미치는 효과(가설 2의 검증)

<가설 2> 이 연구에서 개발된 로봇교육 프로그램의 적용은 과학고등학교 1학년 학생의 성별에 따라 창의력에 미치는 향상 효과의 차이는 없을 것이다.

로봇교육 프로그램이 성별에 따라 창의력 향상에 미치는 효과를 분석하여 <표 9>에 제시하였다.

<표 13>에서와 같이 창의력(언어) 사전 사후 검사 자료를 t 검증으로 분석한 결과 남학생 평균 점수가 사후가 93.14로 사전보다 2.96 더 높게 나타났고 여학생 평균점수가 사후가 93.58로 사전 검사보다 4.91 더 높게 나타났다. 또한 t값은 남학생 -1.735, 여학생 -1.193 이고, 유의도는 남학생 .094, 여학생 .258 으로 유의수준 0.05보다 크므로 사전 사후 검사의 t 검증 결과는 통계학 적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서 <가설 2>은 수용되어 로봇교육 프로그램 22차시의 적용은 과학고등학교 1학년 학생 성별에 따라 창의력에 미치는 향상 효과의 유의한 차이는 없는 것으로 밝혀졌다.

그러나 여학생의 창의력(언어) 사전 검사 평균 점수가 남학생의 사전 검사 평균 점수에 비해 낮은 점수인데 사후 검사 평균 점수는 오히려 더 높게 나타난 점은 다음 연구의 시사점이 될 수 있다.

<표 9> 성별에 따른 창의력 사전 사후 검사 결과 분석

구분		성별	N	M	SD	t	p
창의력(언어)	남	사전	28	90.18	9.726	-1.735	.094
		사후	28	93.14	13.266		
	여	사전	12	88.67	10.094	-1.193	.258
		사후	12	93.58	16.082		

\*  $p < .05$

다. 로봇교육 프로그램이 학업성취도에 따른 창의력에 미치는 효과(가설 3의 검증)

<가설 3> 이 연구에서 개발된 로봇교육 프로그램의 적용은 과학고등학교 1학년 학생의 학업성취도에 따라 창의력에 미치는 항상 효과의 차이는 없을 것이다.

학생의 학업성취도는 2006학년도 2학기말 전 과목 학업성취도 순위와 로봇 자체평가 점수 순위를 합산하여 상, 중, 하로 하였다. 로봇 자체평가 점수 순위는 로봇학습 결과인 지필평가 및 수행평가를 합하여 산출하였다. 학업성취도 상, 중, 하와 창의력(언어) 점수와의 관계를 <표 10>에 제시하였다.

<표 10>에서와 같이 학업성취도와 창의력(언어) 점수와의 관계는 학업성취도가 상영역의 학생이 창의력 점수에서 감소하고, 학업성취도가 중영역의 학생의 창의력 점수는 소폭 증가하고, 학업성취도가 하영역의 학생의 창의력 점수는 큰 폭으로 증가하는 점을 알 수 있었다. 이 결과를 유추 해석하면 로봇교육 프로그램이 과학고등학교의 ‘상’영역 학생들보다는 ‘하’영역 학생들에게 보다 효과적 일 수 있다는 점을 나타낸다고 할 수 있다.

<표 10> 학업성취도와 창의력(언어) 점수와의 관계

구분	성별	N	유창성	융통성	독창성	총점	
학업성취도	상	사전	13	85.38	91.08	90.31	89.08
		사후	13	21.85	85.85	92.46	86.77
	중	사전	13	88.08	95.23	93.46	92.23
		사후	13	88.69	95.38	99.54	94.54
	하	사전	14	84.64	89.29	90.29	88.00
		사후	14	92.64	99.00	102.71	98.14

라. 질문지 분석

로봇교육 프로그램을 이수한 학생들에게 간단한 사후 질문지를 조사하였다. 그 결과를 <표 11>에 나타내었다.

<표 11>에서 나타난 바와 같이 전체적인 호감도는 보통 수준이고 로봇 공학 전공 여부의 질문은 거의 부정적이였다. 과학고등학교 현 상황에서 시간과 재료의 부족함을 느끼고 창작 로봇을 제작하면서 많은 어려움을 느낀 학생들의 마음이 담긴 것으로 판단되었다. 또한 로봇교육 프로그램의 8개 단원 호감도(학생 복수 2개 선택)에서 레고 마인드스톰 로봇키트 교육이 40명 중 24명이 선택하여 1위 단원으로, 창작로봇 제작단원은 18명으로 2위, KAI로봇 키트는 13명으로 3위인 점을 후속 연구의 착안점이라 할 수 있다.

<표 11> 사후 간단 질문지 분석

문항	내 용	결 과
1	로봇학문의 전망여부	3점 만점 2.03
2	로봇공학의 전공여부	3점 만점 1.23
3	로봇교육 프로그램 단원 호감도	1위 레고, 2위 창작
4	로봇교육 프로그램 경험 만족도	5점 만점 3.00
5	로봇교육 프로그램 호감도	5점 만점 3.20

## V. 결론 및 제언

### 1. 결 론

문제중심학습에 기초하여 체계적이고 효과적인 로봇교육 프로그램 22차시를 개발하여 2006년 10월부터 12월까지 C과학교등학교 1학년 40명에게 컴퓨터과학 교과시간에 적용한 결과 8개 창작 로봇 팀의 창작로봇 산출물을 얻게 되었다. 이수한 학생들에게 좀 더 많은 시간이 주어지면 더 좋은 결과물을 창출할 것이라고 생각한다.

이 연구로 개발된 로봇교육 프로그램의 적용 효과는 첫째, TTCT 창의력(언어) 검사 결과 창의력의 향상에 많은 효과가 있음을 나타냈으며 특히, 창의력 하위 요소인 독창성의 향상에 큰 효과가 있음을 밝힐 수 있었다. 둘째, 이 연구의 적용에서 성별간의 창의력 향상에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 셋째, 학업성취도에 따른 창의력 향상의 차이는 존재하는 것으로 나타났으며 학업성취도가 '하'영역 학생의 창의력 향상이 두드러지게 나타났음을 밝힌다.

로봇교육 프로그램의 적용과정에서 수시로 실시한 팀 수행 평가, 자체평가지, 질문지 조사, 소감을 통하여 학생들의 학습 만족도가 매우 긍정적으로 향상 된 것을 확인할 수 있었다. 문제중심학습모형의 적용은 로봇의 이해, 과제로봇 및 창작로봇 제작과 평가 등에서 매우 효과적임을 알 수 있었다.

이 프로그램을 이수한 모든 학생은 로봇을 정확히 이해하였으며, 공학설계과정과 발명원리(TRIZ)에 대한 이론도 학습하여 로봇제작에 활용할 수 있게 되었다. KAI 로봇키트와 과학상자 및 LEGO MindStorms 키트 등을 사용하여 창작로봇을 설계하고 제작을 할 수 있게 되었다.

학생들은 과제로봇 및 창작로봇 팀 제작 계획에서 차시가 진행될수록 점차 구체적인 아이디어를 제시하였으며, 때로는 실현가능한 로봇제작을 위해 자신이 제시한 아이디어를 포기하는 협동심도 보였다. 설계에 따른 제작 중 여러 형태의 시행착오와 가공과정의 어려움도 느꼈으나 팀원 간의 협력과 선생님의 지도로 여러 가지 문제를 해결하게 되었다. 팀 운영에서 협동의 중요성과 자신의 역할과 책임감도 배울 수 있는 기회가 되었다고 하였다.

### 2. 제 언

이 연구의 결과로 제시한 로봇교육 프로그램 22차시의 문제중심학습모형에 기초한 교수-학습 자료와 지도안 및 연구 적용시 제작한 동영상 자료는 대상학생의 수준과 능력을 고려하여 보충 학습 자료를 투입하고 시간배정을 적절히 한다면 과학교등학교 뿐만 아니라 일반계 고등학교 및 전문계 고등학교에서의 적용도 가능하다.

이 로봇교육 프로그램은 고등학생들에게 이공계 대학 지원을 홍보하는 프로그램 및 공학을 소개하는 프로그램으로도 활용이 가능하며, 대학 1년 수준으로 수정보완 하면 공과대학 공학교육과정의 적용도 무난하다고 본다.

또한, 미국과 일본 등 기술 선진국의 초·중·고 로봇교육에 대한 정확한 연구 분석을 하여 우리나라 초·중·고 로봇교육과 비교하여 개선할 필요도 있다고 본다. 또한, 이러한 연구가 계속되어 로봇교육에 대한 체계적인 초·중·고 교육과정도 개발되어야 한다. 나아가 정규수업 시간에 사용할 수 있는 로봇 교과도 제언한다.

교신저자: 서형업

[ 참고 문헌 ]

- 강원기술교육연구회(2001). 창의적 문제해결 능력을 기르는 기술교육 자료집. 강원도교육청.
- 교육인적자원부(2002). 컴퓨터 과학 I. 지학사.
- 교육인적자원부(2002). 자동화설비. 대한교과서.
- 권오석외 3인(2006). 라인트레이서. 서울교과서.
- 김경채외 3인(2006). 마이크로프로세서. 서울교과서.
- 김남수(2004). 로봇시대를 대비한 사회과교육 패러다임에 관한 연구. 홍익대학교 대학원. 박사학위 논문.
- 김문환(2005). 로봇 이야기. 동아시아.
- 김선태(2005). Cylearn을 적용한 교수·학습 우수사례 및 최신 교수·학습 동향. 직업교육 내실화를 위한 cylearn 교수·학습 콘텐츠 적용 시·도별 우수 사례 발표회 자료, pp81-101.
- 김성문(2005). 로봇학습을 통한 실과 전자단원의 아동 인식 변화에 미치는 영향, 춘천교육대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 김성애, 정동양(2005). 중학교 기술교과에서의 “로봇”활용 교육방안 모색. 기술교육학회 발표자료.
- 김익수(2007). 공업계고등학교 전문교과 수업에서 문제중심학습이 학생들의 행동목표 성취도에 미치는 효과, 충남대학교 대학원. 박사학위 논문.
- 김주훈 외(1996). 영재를 위한 심화 학습 프로그램 개발 연구 -국어, 사회, 수학, 과학을 중심으로-, 한국교육개발원, 수탁 연구 CR96-25.
- 김종환외 8인(2002). 로봇 축구 공학. KAIST PRESS.
- 김창화외 2인(2003). LEGO로 즐기는 로봇공학. 연이문화사.
- 김태완(2005). MINDSTORMS을 이용한 프로그래밍 학습이 창의력에 미치는 효과. 대구교육대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 김태훈(2007). 효율적·비효율적 문제 해결자의 기술적 문제해결 과정의 비교 분석. 충남대학교 대학원. 박사학위 논문.
- 김호중(2006). 실용 트리즈(기초편). 두양사.
- 남현정(2004). 트리즈를 적용한 창의적 디자인발상능력 신장을 위한 교육프로그램 연구. 국민대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 도지마 와코(2002). 로봇의 시대. 사이언스북스.
- 레고 마인드스톰 유저가이드. LEGO.
- 로보랩 학습 가이드. LEGO.
- 류창렬(2005). 기술적 창조성과 혁신의 의미탐색. 2005년도 한국기술교육학회 정기학술대회 자료집, 11-42.

- 문대영(2001). 초·중등학교 학생의 적응자·혁신자 역할 분담 문제 해결 활동이 창의력 개발에 미치는 효과. 충남대학교 대학원. 박사학위 논문.
- 박경용외 5인(2003). 메카트로닉스(Ⅰ). 한국교과서주식회사.
- 박경용외 5인(2003). 메카트로닉스(Ⅱ). 한국교과서주식회사.
- 배영권(2006). 창의적 문제해결력 신장을 위한 유비쿼터스 환경의 로봇 프로그래밍 교육 모형. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 배일한(2003). 인터넷 다음은 로봇이다. 동아시아.
- 변중남(2002). 서비스 로봇의 발전 방향과 연구 이슈.
- 오은영(2003). 문제중심학습(PBL)에서 구성주의적 문제설계를 위한 처방적 모형 개발. 숙명여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 오해진(2005). PBL을 적용한 중학교 컴퓨터 교과 수업 연구. 인천대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 유구중(2000). 유아연구를 중심으로 한 교육 통계. 창지사.
- 유인환(2005). 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색. 교육과학연구 제 36집 제2호.
- 윤종수(2003). 마이크로 로봇 제작 교육 프로그램. 과학재단 교사현장연구보고서.
- 윤지녕(2000). 마이크로 로봇 바이블. 성안당.
- 이계선(2006). 프로젝트 기반의 로봇제어 프로그래밍 교육과정의 설계. 전북대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 이명우·김민식(2003). 창작로봇 Create Robot. 이지텍.
- 이상갑(2002). 로봇을 주제로 한 기술교과 교육프로그램 개발. 한국기술교육학회지, 2-1.
- 이좌택(2004). 문제기반학습에 터한 로봇제어 프로그래밍 수업이 중학생의 논리 사고력에 미치는 효과. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 이재용외 4인(2006). 로봇재료. 서울교과서.
- 이창훈(2007). 창의공학설계 교육프로그램이 공학 입문자의 창의력과 공학설계 능력에 미치는 효과. 충남대학교 박사학위 논문.
- 장수웅(2002). 기술교육에서 창의적인 문제 해결 수업을 위한 수행평가 도구의 개발. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 장재성(2002). 창의적 문제 해결력을 기르는 중학생 로봇 체험 활동 프로그램 개발. 과학문화재단 보고서.
- 전경원(2006). 창의성 교육의 이론과 실제. 창지사.
- 정건오(2004). 로봇 지능화의 최근 기술 동향 및 전망. 경희대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 정도건외 3인(2005). 정보영재교재(로봇창작반). 부산광역시 정보영재교육원.
- 정연성(2004). 초등학교에서의 로봇 교육 프로그램의 개발과 적용. 경인대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 조현철(2003). 마이크로프로세서의 활용. 과학재단 교사현장연구보고서.
- 켄리호 알트슐러(2006). 창의성은 과학이다. 도서출판 인터뷰.

- 최유현(2002). 로봇의 교육적 활용을 위한 교육 프로그램 모형 개발. 실과교육학회지16-3, 75-90.
- 카이로봇 매뉴얼. 카이맥스.
- 카이스트(KAIST)지능로봇연구센터. 국제로봇올림픽아드의 교육적 활용방안.
- 함희정(2007). 문제중심학습(PBL)을 적용한 중학교 가정과 교수-학습 모형. 강원대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 홍명숙(2005). 로봇특성화반 운영에 관한 연구. 서울교육대학교 교육대학원. 석사학위 논문.
- 황동주(2006). 문제중심학습 세미나 자료.
- Andrew L. G.(2005). *K-12 Summer Engineering Outreach Program-Curriculum Comparisons Between Age, Minorities, and Gender*. ASEE Session 1793.
- Arthur J. C.(2004). 창의성계발과 교육. 학지사.
- Dave B.(2002). *Definitive Guide to LEGO MINDSTORMS. Second Edition*. apress.
- Edward, L. & Monika L. & J. William, S. (2000). 창의적 문제해결과 공학설계. 파워북.
- Faruk T. et al.(2005). *Teaching Basic engineering Concept in a K-12 Environment Using LEGO Bricks and Robotics*. ASEE.
- Griffth, D. S.(2005). *FRIST robotics as a model for experiential problem-based learning; A comparison of student attitudes and interest in science, mathematics, engineering, and technology*. Clemson University.
- Gregory L. P.(2005). *Piloting Balanced Curriculum in Electrical Engineering - Introduction Robotics*. ASEE.
- Jeff E.(2004). *10 Cool LEGO MINDSTORMS Robotics Invention System 2 Projects*. SYNGRESS.
- Jin S.(2003). *Jin Sato's LEGO MINDSTORMS. The Master's Technique*. NO STARCH PRESS.
- Lawrence j. G. & Celeste E. O.(2005). *K-12 Engineering Education Field Experience*. ASEE Session XX10.
- Mario, F. & Giulio, F. & Ralph, H.(2002). *Building Robots With LEGO MINDSTORMS: The Ultimate Tool for MINDSTORMS Maniacs*. SYNGRESS.
- Varnado, T. E.(2005). *The effects of a technological problem solving activity on FIRST LEGO league participants' problem solving style and performance*. Unpublished doctoral dissertation, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia.
- Verner, I. M. & Ahlgren, D. j.(2004). *Conceptual educational approaches in introductory robotics*. international journal of electrical engineering education 41(3), 183-201.
- Yousef H.(2004). 창의적 공학설계. 서울 시그마프레스(주).
- 鈴木隆司(2002). On "Robot Contest" classes in technology Education in junior High School. 日本産業技術 教育學會紙 44(2), 145-151.
- 高橋友一외(2003). 소형로봇의基礎技術と 制作. 共立出版株式會社.

- 佐藤政次(2004). ROBO-ONE のための二足歩行ロボット制作ガイド. オーム社.
- 田村正隆(2005). ロボット. ナツメ社.
- 職業能力開発教材委員会(1987). ロボット I-マイコン應用技術 I,II. 廣滯堂 出版.
- 門田和雄(2003). ロボコンに挑戦, 圖解 もの創りのための おもしろいロボット工學. 技術評論社.
- 門田和雄(2006). ロボット創造館. オーム社.
- 田中喜美 외(2003). 自動化からはじめるコンピュータ學習. 技術教育研究會.
- 日本 中學校 技術·家庭科 教師用 資料(2001).
- 대한로봇축구협회. <http://www.krsoa.org>
- 로보로보 꿈나무 로봇창의교실. <http://www.roborobo.co.kr>
- 와우로봇. <http://robot01.com>
- 유진로보틱스. <http://www.yujinrobot.com>
- (주)하늘아이. <http://www.skyschool.net>
- (주)미니로봇. <http://www.minirobot.co.kr>
- 카이로봇. <http://www.kairobot.co.kr>