

강의사례: 공학문제 해결 교과목을 통한 창의력 향상



이 태 희

한양대학교 공과대학 기계공학부 교수
thlee@hanyang.ac.kr

한양대학교 기계공학 학사
한국과학기술원 기계공학 석사
The University of Iowa, 박사
관심분야: 최적설계, 신뢰성기반 설계, 창의적 문제해결 방법

1. 들어가며

요즘 초등교육에서 고등교육까지 창의적 인재양성이 화두이다. 이런 요구에 발맞춰 많은 창의적 인재양성 프로그램이 개발 되어 왔다. 수월성 교육보다 평준화 교육을 지향해온 우리의 초중등 교육은 선행학습과 반복학습이 성행하고 있다. 따라서 학생들은 선행학습으로 새로운 문제를 접근해볼 기회가 적었으며, 반복학습으로 새로운 문제의 해법을 생각할 기회마저 차단되었다. 이렇게 오랫동안 닫힌 환경에서 교육을 받고 대학에 진학한 학생들에게는 너무나 많은 자유와 기회가 한꺼번에 제공된다. 그러나 대학의 열린 교육에서 제공된 기회를 어떻게 선택하고 어떻게 집중해야 하는지 의사결정을 못하거나 두려워하는 학생들을 자주 발견할 수 있다. 닫힌 교육에서 자란 학생들에게 적합한 대학용 창의력 개발 프로그램이 절실한 현실이다.

대학에서 창의력 개발을 위한 강의가 요구되고 있으나, 창의력 교육을 받은 적도 없는 교수가 창의력을 증진하기 위한 교과과정을 개발하기 시작하였으니 이 얼마나 아이러니인가. 한양대학교 공과대학 저학년에서 창의력 향상을 위하여 교수학습개발센터에서 개발한 프로젝트기반 한양CPS (Creative Problem Solving)를 기초로 공학문제해결 교과목을 강의한 사례를 소개하고자 한다. 교과목의 구성 철학 및 내용에 대하여 설명하고, 창의력 평가 결과 및 분석 등을 다룬다.

2. 창의력 향상 교과목 설계

2.1 교과목 개념

2007학년도 한양대학교 공과대학 기계공학부 2학년에 개설한 공학설계입문은 학생들에게 창의적으로 공학문제를 해결하는 과정을 학습하고 실습하는 과목으로 개발하였다. 이 과목에 한양 CPS (creative problem solving)에서 제공하는 창의적 문제해결 프로세스에 따라서 교과목 내용을 수정하고 보완하였다.

창의성에 대한 정의는 다양하게 이루어지고 있다. Getzels와 Jackson (1962)에 의하면 창의성은 “아이디어, 사물, 기술, 접근 방법을 새로운 방법으로 결합하는 능력, “새롭고 유용한 산출물, 확산적이고 풍부한 사고 과정,” “고양되고 내제적인 주관적 경험” 등의 세 가지 범주로 설명한다. Guilford (1967)는 인간의 사고를 수렴적 사고 (convergent thinking)와 발산적 사고 (divergent thinking)으로 구분하였으며, 창의적 산물은 특정 문제에 대한 발산적 사고 작용의 결과로 보았다. Torrance (1979)는 발산적 사고가 창의력의 원천이며, 창의력은 유창성 (fluency), 독창성 (originality), 주제의 추상성 (abstractness of title), 정교성 (elaboration), 성급한 종결에 대한 저항 등 5개의 측정요소로 창의력을 평가하였다 (Torrance, 1998).

공학문제해결 교과목에서는 창의적 사고 메커니즘을 문제발견의 사고 (thinking), 확산적 사고, 수렴적 사고, 실천 (doing) 등 4가지의 과정으로 정의하였다. 이를 기반으로

표 1. 공학문제해결 교과목의 내용 및 기법

Contents	Techniques
문제를 정의하고 해결과정을 설정한다	KJ, Brainstorming, QFD
문제해결을 위한 창의력을 개발한다	TRIZ
설계결과를 평가할 수 있는 방법을 학습한다	Axiomatic Design
실험을 계획하고 분석할 수 있는 능력을 갖는다	Taguchi & OA
설계 제한조건을 고려하면서 가장 좋은 해를 찾을 수 있는 체계적인 방법을 모색한다	Optimization

Table 1과 같이 문제발견의 사고에 의한 문제를 정의하기, 발산적 사고로부터 문제해결 아이디어 도출하기, 수렴적 사고 능력 개발을 위한 평가기준 설정과정, 결과의 분석, 개선된 답의 도출 등으로 교과과정 구성을 정하였다.

2.2 교과목 내용

공학문제를 창의적으로 해결하기 위하여 우선 문제의 정의가 중요하다. 우리 학생들은 정의된 문제의 해를 구하는 것에는 익숙하지만 문제를 만들어본 경험은 매우 부족하다고 판단하여 문제의 정의과정에 많은 시간을 할애하였다. 문제를 체계적으로 정의하기 위하여 품질기능 전개(Quality Function Deployment: QFD)를 적용하도록 하였다. QFD를 적용하면 일반적인 요구사항이나 정성적 목표를 정량적 목표(target)로 체계적으로 변환할 수 있다.

일단 문제가 정의되면 이 문제를 창의적으로 풀기 위한 아이디어 도출은 조금 쉬워진다. 먼저 확산적 사고를 통한 창의적 아이디어 도출은 브레인스토밍법과 K-J법(Kataniwa-Jiro Method)을 적용하도록 하였다. 브레인스토밍법으로 생각의 범위를 확장하도록 유도하였으며, K-J법으로 도출된 아이디어를 분류하고 정리하도록 하였다. 문제를 정의하고 아이디어 도출을 하기 위하여 첫 번째 프로젝트는 자연의 법칙(예를 들어 열역학 제1법칙, 관성의 법칙 등)을 스스로 터득할 수 있는 초등학생용 장난감 문제를 정의하고 이를 해결하기 위한 창의적 아이디어(개념설계)를 도출하는 것이었다. 역시 학생들은 범위가 정해지지 않은 문제를 정의하고 다양한 해를 도출하여 분류하고 최선의 해를 결정하는데 어려워했다.

문제의 해결과정에서 하나의 목표를 개선하면 다른 목표가 나빠지는 서로 상충되는 해를 구하는 경우가 많다. 이런 상충된 해를 창의적으로 해결하기 위한 아이디어를 도출하기 위하여 창의적 문제해결 기법(Theory of Innovative Problem Solving: TRIZ)을 교과내용으로 선택하였다.

공학에서는 창의적으로 도출된 개념을 구체적으로 구현하기 위하여 여러 가지 실험이나 시뮬레이션을 실행하여 최적의 해를 찾는 과정이 요구된다. 확산적 사고로부터 도출된 아이디어를 수렴적 사고로 목표를 달성하기 위하여 실험이 종종 요구된다. 이때 최소의 실험으로 최대의 정보를 얻고 이렇게 얻은 정보로부터 필요한 정보를 체계적으로 얻기 위한 실험계획을 교과목으로 구성하였다. 강의 과정에서는 수렴적 사고에 기반한 실험계획이 실천되도록 프로젝트를 수행하였다. 여기에서 도출된 개념으로부터 구체적인 답을 찾는 과정에서 수렴적 사고력이 요구된다.

다양한 공학적 제한조건을 고려하여 최선의 해를 구하는 과정은 최적화(optimization)기법으로 구성하였다. 설계 제한 조건을 고려한 최적화 문제를 정의하여 이를 마이크로 오피스의 엑셀을 이용하여 해를 구하도록 하였다. 이런 과정도 수렴적 사고력이 요구된다.

2.3 설계 프로젝트

TRIZ를 적용하여 상충된 해를 모두 해결할 수 있는 아이디어를 다른 분야의 해법들로부터 찾아낼 수 있다. 이런 상충된 해를 해결하기 위한 프로젝트로 종이 떨어뜨리기 프로젝트를 수행하였다. 최대 A4용지 반장을 강의실 천정에서 떨어뜨려 수직 목표지점에 가능한 가깝게 또한 천천히 안착하도록 종이를 설계하는 것이다. 목표점에 가능한 가깝게 착지하기 위해서는 종이가 무거운 것이 좋으나 종이 가 무거우면 빨리 떨어진다. 따라서 학생들은 상충된 목표를 해결하기 위하여 발산적이며 창의적인 아이디어를 고안해내야 한다.

수렴적 사고력을 실천하기 위하여 실험계획에서 자주 사용하는 종이 헬리콥터 제작 프로젝트를 수행하였다. 발산적 사고를 실천하기 위한 종이 떨어뜨리기 과제에서 선택된 개념을 학생들에게 제시하고 제시한 설계의 범위에서 최적의 종이 헬리콥터의 치수를 결정하는 과제이다. 이



▲ 사진 1. 종이 헬리콥터 설계 프로젝트 발표

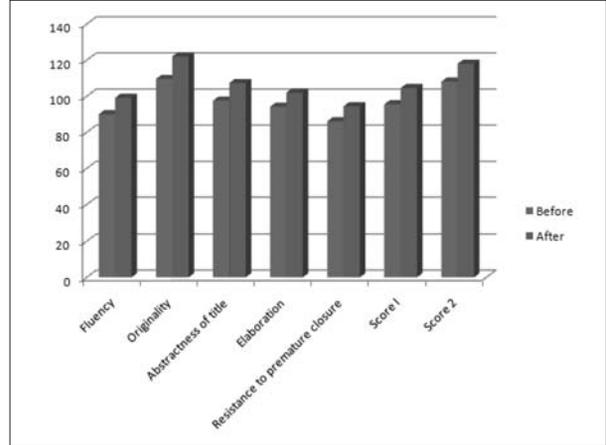
설계의 지수를 결정하기 위해서는 실험이 요구되며 학생들은 최선의 실험계획을 수립하고 실험을 실시하여 가능한 많은 정보를 입수하고 가장 정확하며 오래 동안 공중에 제공할 수 있는 종이 헬리콥터 설계를 얻는다. 이런 과정은 팀별 경연이 있어서 학생들의 참여도가 매우 높았다.

팀워크는 창의적 문제해결에 필연적이다. 그러나 많은 학생들은 팀으로 일하는 것을 두려워하거나 싫어한다. 팀의 구성은 MBTI 심리검사를 통하여 같은 유형의 팀과 이질 유형의 팀을 구성하고 이들의 문제 해결 과정을 관찰하고 협동적 창의력을 유발할 수 있도록 지도하였다. 동질 유형 팀에게는 수렴적 사고에 이질 유형 팀에게는 확산적 사고에 초점을 두고 창의적 사고를 도출하도록 지도하였다. 단점의 보완보다 장점을 극대화하도록 자극하였으며 이런 결과 동질 유형 팀과 이질 유형 팀의 결과물은 매우 달랐으나 질적으로는 매우 유사한 결과를 얻었다.

3. 평가 및 결과

창의성은 문제를 인식하고 유창하고 독창적으로 정교하게 끈기를 가지고 해를 찾아가는 과정이며, 이 능력을 평가하기 위하여 Torrance 창의적 사고력 검사 (Torrance Test of Creative Thinking: TTCT)가 개발되어 사용되고 있다. 본 과목에서는 학기 전과 학기가 끝난 후 TTCT 검사를 실시하여 학생들의 창의력 결과의 변화를 분석하였다. 이 결과는 Fig. 2에 표시하였다.

5개의 구성요소인 유창성, 독창성, 제목의 추상성, 정교



▲ 사진 2. 학기전과 학기후의 TTCT 결과

표 2. 학기전과 학기후의 TTCT 결과 향상

	Before	After	Improve
Fluency	90.11	99.17	10.05%
Originality	109.62	122.11	11.39%
Abstractness of title	97.64	107.36	9.95%
Elaboration	94.25	102.11	8.34%
Resistance to premature closure	86.17	94.5	9.67%
Score 1	95.58	104.58	-
Score 2	108.19	118.11	-

성, 성급한 종결에 대한 저항의 점수와 이의 총합 (score 1)을 비교하였으며, 시험 검사관의 주관적 판단에 의한 정성적 점수를 합한 총점 (score 2)도 비교하였다. Table. 2에서 보는 것처럼 5개의 구성요소 모두에서 약 10% 정도의 뚜렷한 향상이 있었다.

특히 학기가 끝난 후 TTCT 검사는 기말고사가 끝나고 바로 실시하였다. 특히 학기 마지막 날 저녁시간에 치른 TTCT 검사는 학생들의 창의력이 저조한 환경에서 시행되었다. 이런 결과를 고려한다면 Table 2의 결과는 매우 긍정적으로 평가할 수 있다.

4. 결론

창의성을 문제해결능력으로 정의하고 이를 반영한 교과 과정을 한양 CPS (creative problem solving) 모델에 따라서 구성하였다. 창의적 사고 메커니즘은 문제발견의 사고, 확산적 사고, 수렴적 사고, 실천 등의 과정으로 구성된다는 관찰로부터 문제를 정의하고 공학문제 해결 아이디어를

도출하여 좋은 아이디어를 선택하고 이를 개선하는 과정에 따라서 교과내용을 배분하였다.

창의적 사고 메커니즘을 실천하기 위한 설계 프로젝트는 발산적 사고를 요구하는 프로젝트와 수렴적 사고를 요구하는 프로젝트로 개발하여 실시하였다. 두 가지 프로젝트는 모두 쉽게 이해할 수 있으나 많은 생각이 요구되는 과제로 개발하였다. 이 프로젝트를 통하여 발산적 사고 과정과 수렴적 사고 과정을 실천하도록 하였다.

스스로 지식을 찾아내어 문제를 해결하는 과정에서 얻을 수 있는 즐거움을 느끼도록 프로젝트 내용의 난이도를 조절하는 것이 교수로서는 매우 어려웠다. 또한 학습 내용을 준비하고, 시사성 있는 주제와 연계하여 학습 흥미를 유발하도록 하는데 많은 시간과 노력이 필요하였다. 또한 학생들이 발표하는 내용에 대하여 평가하고 조언을 하는 것도 너무 많은 시간이 소요되었다. 물론 이런 것이 교수가 해야 할 본연의 일이겠지만 많은 희생을 요구하는 교과목이다.

문제해결과정은 수업에서 새로운 지식을 많이 다룰 수 없으며, 학생 스스로 답을 찾아가며 지식을 습득하는 교과목이어서 일부 학생들은 많이 배웠다는 느낌을 받지 못하는 것 같았다. 그러나 지금까지 접해보지 못한 교수법에 당황하였지만 어려운 문제를 해결하고 얻는 뿌듯함을 느꼈다는 학생들이 많았다. 또한 문제의 답이 한 가지가 아니라

다수의 답이 존재할 수 있다는 사실을 체험한 것에 만족감을 나타냈다. 단지 팀으로 과제를 수행하기 위하여 학생들이 서로 희생하는 것을 부담스러워 하였으며, 스스로 문제를 만들어서 풀어야 한 다는 것에 서툴렀다.

공학문제 해결과정을 통한 창의력 향상 정도를 측정하기 위하여 학기 시작 전과 학기가 끝난 후 TTCT 검사를 측정하였다. 측정하여 비교한 결과 약 10% 정도의 정량적 향상을 가져왔다. 따라서 공학문제해결 과정을 통하여 공과대학생들의 창의력을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. Getzels, J. and Jackson, P. (1962), Creativity and Intelligence, Wiley, New York.
2. Guilford, J.P. (1967), The Nature of Human Intelligence, McGraw-Hill, New York.
3. Torrance, E.P. (1979), The Search for Satori and Creativity, Creative Educational Foundation, Buffalo, New York.
4. Torrance, E.P. (1998), Torrance Test of Creative Thinking: Norms-Technical Manual-Figural Streamlined Forms A & B, Scholastic Testing Service Inc. Bensenville, Illinois.

■ 후기

프로젝트기반 한양 CPS를 개발하고 창의력 개발을 위한 다양한 의견 및 조언을 아낌없이 보내주신 한양대학교 교수학습개발센터 조기순박사님께 감사드립니다. 