

공학교육에서 비판적 사고와 창의적 문제해결력의 관계

박승억

숙명여자대학교 기초교양대학 부교수

The Relation of Critical Thinking and Creative Problem-solving in Engineering Education

Park, Seung Ug

Associate Professor, College of General Education, Sookmyung Women's University

ABSTRACT

The creative problem-solving becomes one of the most important cognitive skills in the engineering education. As AI and automation technology(of 4th Industrial Revolution) penetrate our everyday life, its role as a human ability is highlighted. In this paper, we examine the relation between the creative problem-solving and the critical thinking, and the usefulness of the latter in the engineering education. To sum up, the critical thinking is the pre-condition of the creative problem-solving.

Keywords: Algorithm of problem-solving, Critical thinking, Creativity, Creative problem-solving, Design thinking, Engineering education

1. 창의적 문제해결과 공학교육

2020년의 세계는 이제까지 겪어보지 못했던 새로운 도전에 직면해야 했다. 그것은 물론 COVID-19 바이러스로 인한 팬데믹 때문이었다. 과거에도 이러한 감염병의 위기는 있었지만 이토록 빠르고 강력한 영향력을 발휘한 적은 없었다. 그것은 세계 곳곳이 과거와 비할 바 없이 촘촘하게 연결되어 있다는 것을 방증한다. 교통수단의 발달은 물리적 연결을 강화했고, 그에 따른 인적 교류와 물류의 연결은 빠르게 고도화되었다. 이러한 인프라는 그대로 팬데믹을 가속화시키는 통로가 되었다. 미처 준비할 새도 없이 습격한 감염병의 위기는 우리 삶의 패러다임을 바꾸고 있으며 그 변화는 전방위적이다. 노동 환경의 변화는 물론 소비 패턴, 그리고 교육 방식에 이르기까지 거의 모든 부분이 변화의 압력을 겪고 있다. 이런 변화는 일시적일까? COVID-19의 소용돌이가 잠잠해지면 과거로 되돌아갈 수 있을까?

대답은 회의적이다. 이른바 새로운 삶의 표준(new normal)은 더 광범위한 영역에서 우리의 삶에 영향을 미칠 것이다. 우리의 문명이 이미 그런 변화를 준비하고 있었기 때문이다. 다

시 말해 팬데믹 현상이 초래한 비대면 문화는 AI와 자동화에 기초한 산업 영역의 변화, 이른바 '4차 산업혁명'으로 일컬어진 변화와 같은 방향에 서 있다. 비록 아직은 제한된 의미이기는 하지만 이번의 팬데믹 현상은 디지털 기술의 발전에 기초한 사회적 변화를 더욱 가속화할 가능성이 높다. 비대면 문화는 우리 삶의 디지털 기술 의존도를 높이고 그에 따라 발생하는 다양한 문제들 역시 AI 기술과 자동화 기술을 통해 극복해야 할 것처럼 보이기 때문이다.

이렇게 커다란 사회적 변화가 예고되었을 때 늘 소환되는 인간의 능력이 있다. 창의적 문제해결력이 그것이다. 실제로 세계 경제 포럼(WEF)에서 2020년도에 전 세계의 기업체들을 상대로 조사한 결과에 따르면, 향후에 요구되는 지적 역량의 최상위권은 비판적 사고와 분석력, 능동적인 학습 역량과 전략, 그리고 복잡한 문제 해결 능력이었다(세계경제포럼, 2020: 35-36).

이러한 요구는 한편으로 자연스럽다. 우리 사회의 복잡성은 지난 몇 세대 동안 지속적으로 증가해 왔으며, 그것은 기존의 문제해결 방식이나 단순 전승되어온 지식만으로는 해결하기 어려운 문제들이 늘어난다는 것을 의미하기 때문이다. 이미 세계경제포럼의 2015년 조사에서도 비판적 사고와 문제해결력은 사회에서 요구되는 지적 역량의 최상위권에 있었다. 그때는 AI와 디지털 기술 발전에 따른 4차 산업혁명이 거론되던 시기였다.

Received February 4, 2021; Revised March 16, 2021

Accepted March 17, 2021

† Corresponding Author: seungug@sookmyung.ac.kr

©2021 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

확실히 우리 사회가 요구하고 강조하는 인지 역량은 우리의 미래 전망과 무관하지 않다. COVID-19로 인한 변화 탓이든, 디지털 혁명으로 인한 변화 탓이든 사회적으로 급격한 변화가 예견될 때, 주어진 문제를 새로운 관점에서 정의하고 새로운 해결책을 찾는 창의적 문제해결력에 대한 요구가 증가하는 것은 당연해 보인다.

이러한 사회적 환경은 공학교육에 있어서도 중요한 함의를 갖고 있다. 공학교육이 목표로 하는 인지 역량 중 하나가 바로 창의적인 문제해결력이기 때문이다. 창의적 문제해결력은 창의성과 문제해결력이라는 두 인지 범주의 합성이다. 모든 문제해결이 창의적이지는 않다. 또 모든 창의적인 것들이 문제해결력을 갖고 있는 것도 아니다. 따라서 공학교육이 공학도들에게 창의적인 문제해결력을 길러주고자 한다면, 창의성 교육에 대한 좀 더 면밀한 접근이 필요하다.

일반적으로 공학은 수학이나 과학적 지식을 활용하여 현실의 문제를 해결하는 도구나 기술을 설계하고 제작하는 일련의 활동을 의미한다. 그러나 그 문제해결력이 앞서 말한 것처럼 단순히 기존의 지식을 단순 적용하는 것이 아님은 물론이다. 본래 공학(engineering)이라는 말 자체가 라틴어의 'ingenium'으로부터 온 말이며 그것은 뛰어난 생각이나 천재적인 발상을 의미한다. 최근의 상황을 고려한다면 단순 지식을 활용하여 문제를 해결하는 일은 아마도 AI가 떠맡게 될 것이다. 오늘날 공학교육에서 창의성이 강조되는 이유도 그 때문이다.

통상 창의성은 발산적 사고로 보는 경향이 있다. 반면 비판적 사고는 과학적 사고와 함께 신뢰할만한 정보를 수집하고 올바른 판단을 끌어내는 수렴적 사고로 이해되곤 한다(조현재·이현주, 2011: 148). 비판적 사고가 그런 기능을 갖고 있다는 것은 분명하다. 그러나 그것은 비판적 사고를 다소 편협하게 이해하게 만들 수 있다. 예컨대 창의성이 뭔가 새로운 것을 찾아내는 일과 관련이 있다면, 창의성이 발현되기 위한 조건은 비판적 사고와 무관하지 않다. 새로운 것은 낡은 것의 효력을 잠시 정지시키는 것으로부터 시작될 수 있기 때문이다. 이 글은 공학교육에서 창의적 문제해결력과 비판적 사고 교육 사이의 관련성을 분명히 드러내고자 한다.

II. 창의성 교육과 전문가 시스템(Expert System)

창의성 연구의 선구자들 중 한 명인 길포드(J. P. Guilford)는 1950년의 한 강연에서 대학을 우수한 성적으로 졸업한 사람들이 “이미 학습한 기술을 적용해서 과제를 해결하는 데는 탁월하지만 새로운 길을 발견해야 하는 과제에 대해서는 어쩔 줄 몰라”하는 경우가 많다고 말한 바 있다(Guilford, 1987:

35). 이미 70여 년 전의 문제의식이지만 AI가 노동 시장에 진입하기 시작하는 최근의 상황에서 그의 문제의식은 도리어 생동감 있게 들린다. 실제로 AI는 몇몇 영역에서 인간을 대체하고 있는 중이다. 기계적 장치의 결합을 판단하고 수리가 필요한지 여부를 과거에는 기계 전문가가 판단해야 했지만 이제는 기계 스스로가 자신을 진단하고 언제쯤이면 자신의 부품에 문제가 생길지를 예측해서 보고하기까지 한다. 과거라면 전문가의 역량으로 불리어야 할 것들이 AI 기술을 매개로 기계에 탑재되는 것이다.

1980년대 제2차 인공지능 붐의 원동력은 전문가 시스템(Expert System)의 발전이었다(마쓰오 유타카, 2015: 92 이하). 예를 들어 의료 영역에서 사용된 진단용 전문가 시스템인 MYCIN은 잘 정의된 알고리즘을 통해 사용자가 해당 영역의 전문가가 아니라 하더라도 프로그램이 제시한 질문에 정확하게 대답하기만 하면 전문가적인 판단에 도달하도록 설계되었다. MYCIN을 비롯한 전문가 시스템은 대개 추론 엔진(inference engine)과 지식 베이스(knowledge base)로 구성되어 있다. 즉, 인간 전문가들의 지식을 잘 정의하고 의미론적으로 분류해서 사용자가 도움이 필요한 경우, 적절한 단계를 거치면 언제든지 사용할 수 있도록 구조화되었다.

병원성 세균의 하나로 면역력이 약한 환자가 감염되었을 경우 심각한 문제를 일으킬 수 있는 녹농균을 진단하는 경우를 생각해 보자. 프로그램은 사용자에게 이렇게 묻는다.

질문 1: 배양지는 무엇입니까?

질문 2: 그램 염색 반응은?

질문 3: 세균의 모양은?

질문 4: 환자의 통증 정도는?

프로그램 사용자는 제시된 질문들에 대해 하나씩 대답해 감으로써 결과적으로 문제의 균이 녹농균인지 여부를 알 수 있게 된다. 프로그램이 제시한 질문들은 혈액에서 배양한 균이 그램 염색 반응에서 음성이 나오고 세균의 형태가 막대형이며 환자의 통증이 심할 경우 그 균은 녹농균일 가능성이 높다는 인간 전문가의 지식을 반영한 것이다. 이 프로그램을 만든 공학자는 전문가의 지식을 분석하고 절차적으로 재구성함으로써 기초적인 지식만을 갖고 있는 사용자가 결과적으로 전문가적 판단에 도달할 수 있도록 한 것이다.

이와 같은 전문가 시스템이 1980년대 당시 한계에 부딪혔던 이유는 당시 기술 수준에서 그 시스템의 실질적인 효용성이 그리 높지 않았기 때문이었다. 무엇보다 전문가 시스템에 활용될 지식을 지속적으로 업데이트하고 관리하는 비용이 만만치 않

았다. 그러나 최근 데이터 과학 분야의 기술적 발전은 AI로 하여금 스스로 학습하고 판단할 수 있게 할 정도에까지 이르고 있다. 게다가 자연어 처리 기법의 발전은 기계와 인간의 소통을 크게 개선하였다. 그래서 오직 인간만의 영역이라고 생각해왔던 의료 영역이나 법률, 금융, 회계, 그리고 간단한 신문 기사 작성에 이르기까지 광범위하게 활용되기 시작했다. AI는 이제 이른바 화이트칼라의 지식 노동마저도 빠르게 대체해 나가고 있다.

AI가 인간의 지식 노동을 대체할 수 있는지를 둘러싼 논란은 분명 과장된 면이 있기는 하지만 그동안 우리가 전문가라고 불렀던 사람들의 지적 작업을 AI가 대리할 수 있는 가능성만큼은 과거에 비할 바 없이 선명해졌다. 최근에는 프로그램을 직접 만들 수 있는 프로그램에 대한 연구마저 발전하고 있어 아마도 머지않아 AI가 또 다른 AI를 설계한다는 이야기가 낯설지 않게 들릴지 모를 일이다(M. Balog et al., 2017). 이러한 상황은 한편으로 생각(thinking)의 본질이 무엇인지를 묻게 하고, 더 나아가 생각과 판단의 문제에 있어 기계적 프로그램과는 다른 인간만의 고유한 특성이 무엇인지를 묻게 한다.

인간의 판단 능력을 재현하는 기계적 알고리즘과 인간의 사고 작용 사이의 차이는 무엇보다 창의성에 있다. 기계는 오직 주어진 데이터에 기초해 판단한다. 따라서 기존의 데이터로 판단할 수 없는 새로운 상황에서는 판단의 적절성을 신뢰하기가 어렵다. 바꾸어 말하자면 정량적이고 통계적인 정보에 기초한 의사 결정은 통계적인 추측이 어려운 질적인 사고를 필요로 하는 문제에서는 그 효과를 기대하기 어렵다. 데이터 과학자인 차시 코지르코프(C. Kozyrkov)가 좋은 의사 결정을 하기 위해서 데이터에 의존하는 것보다 더 중요한 것은 문제를 둘러싼 맥락을 이해하는 것이라고 강조한 이유도 그 때문이다(C. Kozyrkov, 2019).

의사 결정 과정에서 주어진 데이터에 매몰되지 말고 맥락을 보라는 요구는 보이는 것을 넘어 보이지 않는 것을 보라는 요구다. 맥락(context)은 우리의 일상적인 지각 경험에서 대상의 배경과 같은 역할을 한다. 데이터에 매몰되는 것, 혹은 주어진 문제에만 집착하는 것은 우리가 주목하고 있는 대상만 보고 그 대상을 둘러싼 배경을 보지 못하는 것과 같다.

우리의 눈앞에 주어진 것들은 실증적(positive)이다. 따라서 객관적이고 검증 가능하며 의미를 확정하는 것도 용이하다. 그런 의미에서 과학적 사고는 실증적이어야 한다. 그러나 바로 그 요구 때문에 주어진 문제와 관련된 다른 가능성을 생각해 보는 자유를 발휘하기도 쉽지 않다. 눈앞의 데이터를 해석해 오던 오랜 루틴이 다른 해석의 가능성을 통제

하기 때문이다.

새로운 길을 발견해야 하는 창의적인 문제해결은 그러나 바로 그런 자유로운 해석을 전제로 할 때 비로소 가능하다. 그것은 눈앞에 주어진 실증적인 자료들의 압박에서 벗어날 수 있는 상상력과 인지적 자유를 필요로 한다. 공학교육의 목표 중 하나가 창의적인 문제해결력을 기르는 일이라면, 그런 생각의 자유로움 또한 가르쳐져야만 한다. 다만 창의성 교육은 지식을 전달하는 일과 달리 매우 어려운 과제이다. 무엇보다 창의성은 일종의 타고난 재능처럼 여겨지기 때문이다. 이때 정교한 풀어쓰기(paraphrasing)가 창의성 교육의 실마리를 제공한다.

창의성 교육을 한다는 것은 창의성이 교실 안에서 가르쳐질 수 있다는 것을 의미한다. 하지만 오랫동안 창의성은 특별한 재능을 가진 사람들의 지적 역량으로 여겨져 왔다. 창의성에 대한 이러한 관념은 창의성 교육에서 일종의 장애로 작동한다. 예를 들어 창의적이지 않은 교수자가 창의적인 학생을 길러낼 수 있을까? 그것은 마치 천재가 아닌 교수자가 천재인 학생을 가르치는 것과 마찬가지로 아닐까? 그런 의미에서 창의성 교육은 오랫동안 하나의 딜레마였다. 하지만 창의성을 시대를 바꾸는 천재적 작업만이 아니라 일상에서의 뛰어난 문제해결력을 포함하는 것으로 생각한다면 딜레마는 해소될 수 있다(정은이, 2002). 문제를 해결하는 방법 자체는 교실에서 가르쳐질 수 있기 때문이다.

물론 여기서 주의해야 할 것은 창의성이라는 인지 범주가 매개된 문제해결력과 단순히 기존의 문제풀이 방법을 적용해서 문제를 해결하는 역량은 구분되어야 한다는 점이다. 공학교육이 의도하는 문제해결력은 당연히 전자여야 한다. 이 경우 비판적 사고는 학생들이 창의적 문제해결력을 기르는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 특히 앞서 길포드가 주목했던 것처럼 기존의 문제풀이 알고리즘에 순차되어 있는 학생들에게 도움이 될 수 있다. 무엇보다 비판적 사고의 핵심은 주어진 것의 타당성의 효력을 잠시 정지시키고 그 의미를 되묻는 과정이기 때문이다.

III. 창의적 문제해결의 알고리즘과 비판적 사고

일반적으로 문제해결 과정은 다음과 같은 절차로 형식화될 수 있다.

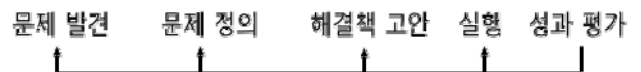


Fig. 1 일반적인 문제해결 과정 절차

문제해결 과정은 전체적으로 하나의 피드백 과정으로서 성과가 목표에 도달하지 못할 경우 이전 단계로 돌아가 새로운 내용으로 다시 반복할 수 있다. 이렇게 잘 정의된 절차적 과정은 문제를 해결하는 하나의 알고리즘이다. AI가 문제를 해결하는 과정 역시 이러한 알고리즘과 다르지 않다. 또한 요즘 창의적인 문제해결 과정으로 주목받는 디자인 싱킹(design thinking)도 마찬가지다. 문제 상황이나 사용자의 요구에 공감(Empathize)하고, 그에 따라 문제를 정의(Define)한 뒤, 문제를 풀 수 있는 아이디어를 고안하고(Ideate) 시제품을 구현해보며(Ideate) 테스트(Test)해 보는 일련의 과정 역시 일반적인 문제해결의 절차적 과정과 크게 다르지 않다.

결국 이러한 문제해결 과정들의 핵심은 앞서 전문가 시스템의 설계처럼 우리의 사고 과정을 잘 정의된 절차적 과정으로 번역하는 데 있다. 그것은 뛰어난 문제해결을 천재의 우연한 발상에 의존하게 하지 않는다. 도리어 그 어느 누구라도 제시된 절차적 과정을 준수함으로써 목표 상태에 도달하게 해 준다. 이는 뛰어난 문제해결력으로서의 창의적 문제해결을 지적 역량이 탁월한 사람의 전유물이 아니라 모든 사람이 향유할 수 있는 지적 성과로 만들어 준다. 비유적으로 말하자면 형식이 내용을 만들어 내는 것이라 할 수 있다. 근대 과학의 발전사를 일별하면서 화이트헤드(A. N. Whitehead)는 이러한 성과를 ‘발명 방법의 발명(invention of the method of invention)’이라는 말로 압축한다.

화이트헤드는 이러한 문제해결 방법의 발명을 19세기의 최대 발명으로 간주한다. 그래서 “공업학교나 공과대학에서는 어쩌다 나타나는 천재나 우연히 떠오르는 행운의 착상을 기다리지 않더라도 발전을 거듭할 수 있었다.”고 말한다(A. N. Whitehead, 1982: 136). 인류에게 유용한 제품을 만들어 내는 공장에서, 더 나아가 과학적 탐구 일반에서 문제를 해결해 나가는 범용적 문제해결 알고리즘은 말 그대로 강력한 도구였다. 학문 발전사가 보여주듯, 잘 다듬어진 문제해결 방법은 전문화와 더불어 폭발적인 지식의 성장을 이루어 냈기 때문이다. 그런데 바로 이러한 문제해결 방법에서 생각해봐야 할 것은 화이트헤드가 주목했던 문제해결의 알고리즘(발명 방법)이 일종의 논리 연산이며, 이러한 연산의 극단적인 달인이 바로 AI라는 점이다. 비유적으로 말하자면 19세기의 인간을 위대하게 만든 혁신적 방법의 효력이 이제 인간 자신을 뒤쳐지는 존재로 만들고 있다.

기계론적 알고리즘에 따른 문제해결이 최적의 해결책을 도출할 수 있는 까닭은 문제 상황과 관련된 데이터를 토대로 논리적으로 가능한 모든 경우를 테스트해 볼 수 있기 때문이다. 자연 지능의 경우라면 그런 시뮬레이션 과정이 많은 시간을 요구하지만 AI는 빛의 속도로 그런 연산을 수행한다. 그래서 주어

진 문제에서 가능한 한 짧은 시간에 최적의 해를 찾는 일은 점차 인간의 손이 필요하지 않은 일이 되어 가고 있다. 결국 공학 교육에서 물어야 할 창의성은 그런 논리적 연산과는 결이 다른 어떤 것이어야 한다. 한편으로는 문제해결 과정의 절차적 합리성을 보존하면서도 동시에 그런 형식적 과정에 내용의 새로움을 더할 수 있는 방법을 생각해야 한다.

기계론적 알고리즘의 문제해결 과정은 일종의 구문론이다. 그것은 마치 올바른 문장을 구성하는 문법 규칙들과 같다. 대신 문법적으로 문제가 없는 문장이라고 해서 곧바로 ‘좋은’ 문장이라고 할 수는 없는 것처럼, 문제해결의 절차적 과정을 잘 준수했다는 것이 곧바로 창의적 문제해결이라고 말할 수는 없다. 창의성은 절차적 형식이 아니라 내용의 새로움에서 온다. 물론 내용의 새로움이라 해서 형식을 도외시해야 한다는 것은 결코 아니다. 문제해결 알고리즘의 절차적 과정은 문제해결 과정 전체의 합리성을 담보하는 수단이기 때문이다.

결국 공학교육에서 목표로 하는 창의적 문제해결력은 문제를 해결해 가는 과정의 합리성과 내용의 새로움을 더할 수 있는 방법을 조화시키고 그 전체를 학생들이 숙련하도록 함으로써 도달할 수 있을 것이다. 이때 내용의 새로움은 기존의 생각이 당연하게 전제하고 있는 것들, 다시 말해 기존 생각의 타당성을 무력화하는 데서 시작할 수 있다. 비판적 사고의 효과는 바로 여기에 있다.

일반적으로 비판적 사고의 실행은 질문을 통해 이루어진다. 그 질문들은 연구자들에 따라 다르지만 대체로 목적, 문제, 개념, 정보, 가정, 관점, 맥락 등 비판적 사고의 요소라 불리는 7~9가지의 개념들을 활용해서 구성된다. 이때 구체적으로 어떤 질문들이 이루어져야 하는지는 문제 상황에 따라 다를 수 있다(박상태, 2020: 28).

예를 들면, 우리에게 해결해야만 하는 과제가 주어졌을 때, ‘진짜 문제는 무엇인지?’, ‘이 문제를 해결하려는 목적은 무엇인지?’, ‘이 문제와 관련된 중요한 정보는 무엇인지?’ 등의 질문들을 던짐으로써 비판적 사고 활동이 작동한다. 이러한 질문들은 문제해결의 매 단계에서 던져질 수 있다. 이때 비판적 사고의 핵심은 단지 물음의 내용만이 아니라 ‘물음을 던지는 활동’ 자체에도 있다. 비판적 물음을 던지는 행위 자체가 우리가 받아들이고자 하는 입력값의 타당성을 잠시 효력정지 시키는 작용이기 때문이다.

비판적 사고에 대한 연구 백여 년의 역사 동안 비판적 사고에 대한 정의는 연구자들마다 조금씩 다르지만 그 다양성을 관통하는 공통점은 일종의 자기 성찰적 사고 작용이라는 것이다. 다양한 전공의 학자들이 모여 비판적 사고의 의의에 대해 합의한 델피 리포트(Delphi Report)를 보자. 델피 리포트에서 정의된 비판

적 사고는 크게 두 부분으로 나누어져 있다. 그 하나는 비판적 사고가 유용한 '탐구의 도구(tool of inquiry)'라는 것이다. 이를 통해 비판적 사고는 학습자로 하여금 무지로부터 해방되게 하는 지적 역량을 기를 수 있다. 다른 한 부분은 비판적 사고에 숙련된 이상적인 탐구자의 성향적(habitually) 특성이다. 비판적 사고에 숙련된 사람들은 호기심이 많으며 개방적이고 유연하며 평가에 있어서 공정하다(P. A. Facione & Insight Assessmet, 2014: 2). 비판적 사고를 유도하는 질문들은 사실 숙련된 비판적 사고자를 기르기 위한 교육적 수단들일 뿐이다.

바로 이러한 지적 성향과 적절한 질문을 던질 수 있는 지적 역량이 생각의 자유로움을 가능하게 한다. 주어진 문제에 대해 다양한 관점에서 다양한 방식으로 물음을 던지는 비판적 사고의 기법이 의도하는 것은 문제 상황과 관련하여 우리에게 주어지는 것들의 타당성의 효력을 일시적으로 정지시키는 것이다. 진짜 문제가 무엇인지를 물음으로써 막연히 문제라고 생각했던 것을 다시 생각하게 하고, 문제해결을 통해 도달하고자 하는 목적이 무엇인지 되물음으로써 목적에 도달하는 대안적 경로를 발견할 수 있게 한다. 이러한 비판적 사고의 물음은 우리가 '당연하다'고 여기기 때문에 보이지 않던 것들을 볼 수 있도록 자극한다.

문제해결을 일종의 경로 찾기로 이해한다면, 우리가 창의적 문제해결력이라는 개념으로 의도하는 것은 기존의 방법으로는 보이지 않는 경로를 찾아내는 것이다. '매출을 올려야 한다'는 요구가 있다고 해 보자. 비판적 사고에 숙련된 자는 그런 요구의 목적이, 그래서 진짜 문제가 무엇인지 되묻는다. 만약 매출을 올리는 것의 목적이 이익률을 높이는 것이라면, 단지 매출을 올리는 다양한 방법만이 아니라 원가를 절감하는 방법도 생각할 것이다. 또 매출을 높이는 것의 목적이 이익률이 아니라 회사의 외형을 키우는 것이라면, 이익률에서는 다소 손해를 보더라도 매출을 올릴 수 있는 방법을 생각할 것이다. 문제해결의 기계적 알고리즘만으로는 이러한 맥락의 다양성을 담아내기가 어렵다.

창의적 문제해결력이 요구하는 생각의 자유로움은 우리를 구속하고 있는 초기 조건들로부터 해방될 때 비로소 가능하다. 해결이 요구되는 문제 사안과 관련된 정보들은 우리의 시선을 사로잡고 있는 실증적인(positive) 것들이다. 그런 정보와 자료들의 의미와 타당성을 되묻는 비판적 사고 과정은 본질적으로 부정적(negative)이다. 이 부정성이 우리의 생각을 자유롭게 해방시킬 수 있다.

IV. 공학교육에서 비판적 사고의 활용

비판적 사고는 어떤 천재적 발상을 목표로 하는 것이 아니다. 델피 리포트가 규정하듯이 비판적 사고는 무지로부터의 해방적

힘이며, 스스로 오류를 수정하는 자기교정 활동이다. 이는 최근 창의성 연구에서 많이 논의되는 일상적 창의성(everyday creativity)이 발휘되기 위한 인지적 토대를 제공한다.

한 연구에 따르면(이경화 외, 2012: 39-40), 공학 전공의 학생들은 다른 전공에 비해 상대적으로 창의성이 낮은 편이다. 물론 이러한 조사가 일반적인 경향이라고 단정 지을 수는 없다. 무엇보다 공학 전공 학생들에 대한 창의성 연구 자체가 아직은 부족하고, 창의성 개념 자체의 모호성 때문에 창의성을 측정하는 방법과 변인에 따라 서로 상반되는 결과들이 나오기도 한다(윤경미·황순희, 2017: 413-448). 그럼에도 우리나라의 교육 현실을 생각할 때 이러한 조사결과가 시사적이기는 하다.

우리나라 학생들이 대학 입시를 준비하는 과정은 생각을 자유롭게 확산시키기보다는 오직 정답을 맞추는 훈련에 가깝다. 그래서 학생들은 자신들이 받아들여야 할 지식에 대해 의문을 제기하기를 주저한다. 우선 지식을 습득하는 것이 더 중요한 목표기 때문이다. 이러한 교육 환경은 생각을 규격화시키고 경직되게 한다. 그러나 앞서 말한 것처럼 이미 발견된 지식을 적용해서 문제를 해결하는 일은 이제 인간이 아닌, 인간이 만든 기계적 프로그램(AI)에게 맡겨도 될 때가 다가오고 있다. 이러한 오늘날의 여건에 비추어 볼 때, 학생들의 창의성을 증진하는 교육 프로그램의 필요성만큼은 분명해 보인다.

창의성은 모종의 새로움이다. 그것은 기존의 방법으로는 보이지 않던 것을 보는 힘을 의미한다. AI의 문제해결 알고리즘과는 다른 인간의 창의성은 주어진 문제 자체를 새로운 맥락 속에 집어넣어 새로운 의미 부여를 하고, 주어진 문제를 넘어서는 새로운 문제를 발견해 낼 수 있는 지적 역량이다. 이러한 창의성은 실증적(positive)으로 주어진 데이터 너머를 볼 수 있는 힘을 필요로 한다. 주어진 현실 너머를 볼 수 있기 위해서는 현실적 조건들의 의미를 임의적으로 조작할 수 있는 자유를 필요로 하며, 그 자유는 현실적 조건들의 타당성을 부정해 보는 사고 실험을 요구한다. 바로 이러한 지적 활동이 비판적 사고이다.

다만 비판적 사고를 창의적 문제해결력을 기르기 위한 사전 활동으로 활용하고자 할 때 고려해야 할 점들이 몇 가지 있다. 먼저 비판적 사고 자체가 규격화된 알고리즘으로 경직되지 않도록 주의해야 한다. 앞서 말한 것처럼 일반적으로 비판적 사고 교육은 주어진 문제 사안에 대해 비판적 사고의 요소들을 활용하여 적절한 물음들을 제기하는 방식으로 이루어진다. 그러나 이러한 문제제기 자체가 또 하나의 정형화된 패턴으로 이해된다면, 그것은 다시금 사고를 경직시킬 위험에 노출되는 것이다.

처음에는 새롭게 여겨지는 것도 그것이 반복되는 패턴이 되면 그 새로움의 힘을 잃기 쉽다. 학생들은 비판적 사고를 통해 자유로워지는 것이 아니라 단지 질문을 던지고 답을 구하는 형식을 만족시키는 것에 안주하기 쉽다. 게다가 비판적 사고가 본질적으로는 평가적 사고이기 때문에 일상적으로 '비판'이라는 말이 함의하는 것처럼 주로 잘못된 부분들을 지적하는 행위에 갇힐 수도 있다. 따라서 비판적 사고를 창의적 문제해결력 교육에 활용할 수 있기 위해서는 교수자가 학생들이 비판적 사고를 정형화된 알고리즘으로 생각하고, 그 형식적 조건만을 충족시키려는 경향을 끊임없이 경계하고 비판적 사고의 본래 목적이 무엇인지를 환기시켜 주는 것이 필요하다.

이러한 의미에서 공학 전공 학생들이 교양 교과 수업에서 고전을 읽고 토론하는 수업은 비판적 사고를 통해 창의적 문제해결력을 기르는 데 효과적이다. 우리가 고전이라고 부르는 텍스트들에는 인류 문화사에서 오랜 세월 동안 다루어지는 문제들이 담겨 있다. 따라서 이런 문제들을 새롭게 변화된 환경에서 그 의미를 되물어 보고 새롭게 의미부여 하는 해석은 생각을 유연하게 하는 데 도움이 된다. 학습자가 비판적 사고 교육의 의미를 이해하고, 동료들과 함께 토론하며 새로운 해석을 도모하는 연습을 해 보는 것은 창의적 문제해결을 위한 협력 활동의 교육에도 도움이 될 것이다.

특히 강의실 안에서 자유로운 토론은 무엇보다 '질문하기'의 힘을 길러줄 수 있다. 비판적 사고에 숙련된다는 것은 좋은 질문을 던질 수 있는 역량이 길러진다는 것을 의미한다. 이때 좋은 질문을 던지는 역량 역시 훈련이 필요하다. 개방적인 분위기에서 동료들과 서로의 생각을 나누는 체험은 문제 사안에 대해 유연하게 질문할 수 있는 힘들을 길러준다.

소크라테스의 문답법이 좋은 교육 모델이라는 것은 잘 알려져 있다. 소크라테스 문답법은 단순히 질문과 정답을 맞추는 형식적인 과정이 아니라 자신이 옳다고 믿는 생각들을 함께 대화를 나누는 사람과 공유하고 비판적으로 검토함으로써 자신이 보지 못한 것, 혹은 자신의 무지를 깨닫는 것이다. 즉, 문답법의 핵심은 자기 성찰을 통해 문제를 보는 새로운 시선을 자각하는 데 있다.

공학 전공자들이 이러한 인문 교양 수업을 통해 비판적 사고를 훈련하는 것은 창의적인 문제해결력을 기를 수 있는 것은 물론이고 윤리적인 관점에서도 문제를 바라볼 수 있는 힘을 기르는 데도 도움을 준다. 과학적 관리법으로 잘 알려진 테일러리즘(Taylorism)은 생산의 효율성을 높이기 위해 노동자가 생산 과정에서 취할 수 있는 작업이나 동작들을 최적화하는 방법을 찾아내었다. 이러한 방법은 앞서 살펴본 문제해결의 알고리즘들을 분석적으로 적용한 전형적인 사례라고 할 수 있을 것이

다. 4차 산업혁명의 핵심인 자동화 공정과 AI의 문제해결 방식은 이러한 효율성에 도달하고자 할 것이다. 그러나 테일러리즘에 대해 노동자를 단순한 기계의 부품으로 전락시키고 말았다는 비판이 있는 것처럼 효율성 역시 맥락 의존적이다. 테일러리즘의 본질적인 목적은 더 높은 생산 효율성을 통해 노동자가 더 나은 삶을 살도록 하는 것이었다. 따라서 테일러리즘이 노동자를 기계 부품으로 전락시켰다면 그것은 일종의 자기모순에 빠진 셈이다(A. N. Whitehead, 1982: 232). 공학의 본질적인 목적이 인류의 복리 증진을 위한 노력이라는 점을 생각한다면 문제해결에서 인간을 중심에 놓아야 한다는 것은 무엇보다 중요할 것이다. 그런 점에서도 공학도들이 인문소양 교육을 통해 비판적 사고 연습을 하는 것은 중요해 보인다.

이상의 논의는 공학교육에서 비판적 사고 교육의 활용이 지향해야 하는 점이 무엇인지를 다시 한번 환기시킨다. 공학적 문제해결은 본질적으로 현실 지향적이다. 그것은 현실의 문제를 해결하기 위해 무엇인가를 실증적으로 구현해 내는 일이기 때문이다. 따라서 현실적 조건을 생각하지 않는 문제해결은 결국 공허할 수밖에 없다. 그러나 바로 이러한 강력한 주문, 즉 주어진 현실의 여건에서 문제를 해결해야만 한다는 주문이 공학을 전공하는 학생들로 하여금 생각을 자유롭게 확산시키지 못하는 족쇄가 될 수도 있다. 비판적 사고 교육은 그런 점에서 하나의 보완재 역할을 할 수 있다. 결국 공학교육에서 비판적 사고 교육의 초점은 단지 문제해결력을 높이는 쪽이 아니라 창의적인 대안을 발견하는 쪽에 두어야 한다.

비판적 사고에 숙련된 사람들은 공동체 속에서 다른 사람들과 자유롭게 토론하기를 주저하지 않는다. 문제해결 과정에서 서로 자유롭게 문제를 제기하고, 또 서로 다른 해석들을 두고 함께 토론하는 과정에서 얻게 되는 발견적 체험은 창의적 문제해결을 고무하는 가장 강력한 힘이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 박상태(2020). 공학 교육에서 비판적 사고의 활용방안. *공학교육연구*, 23(6), 27-32.
2. 세계경제포럼(WEF)(2020). *The Future of Jobs survey 2020*.
3. 윤경미·황순희(2017). 공과대학생의 일상적 창의성과 사고양식의 관계. *교양교육연구*, 11(12), 413-448.
4. 이경화·김은경·유경훈(2012). 대학생의 제변인에 따른 창의적 능력 비교. *창의력교육연구*, 12(1), 29-47.
5. 정은이(2002). 일상적-전문적 창의성의 암묵이론적 구조. *교육심리연구*, 16(4), 147-167.
6. 조현재·이현주(2011). 발산적 사고를 통한 아이디어 발상의 디자인 프로세스. *디지털 디자인학 연구*, 11(1), 141-152.

7. Balog, M. et al.(2017). Learning to write Programs. *Conference Paper at ICLR 2017*.
8. Facione, P. A. & Insight Assessmet(2014). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus For Purpose of Educational Assessment and Instruction*.
9. Guilford, J. P.(1987). Creativity Research: Past, Present and Future in S. G. Isaksen(ed.). *Frontiers of Creativity Research: beyond the basics*. Buffalo N.Y.: Bearly Limited.
10. Kozyrkov, C.(2019). The First Thing Great Decision Makers

Do. *Havard Business Review*.

11. Whitehead, A. N.(1982). *과학과 근대세계*. 오영환 역. 삼성출판사.



박승억 (Park, Seung Ug)

1992년: 성균관대학교 철학과 졸업

1998년: 동 대학원 철학과 박사

2010년~현재: 숙명여자대학교 기초교양대학 부교수

관심분야: 비판적사고 교육, 기술철학

E-mail: seungug@sookmyung.ac.kr