

공학 교육에서의 비판적 사고의 활용 방안

박상태
성균관대학교 학부대학 조교수

How to Utilize Critical Thinking in Engineering Education

Park, Sang Tae
Assistant Professor, University College, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

The aim of this paper is to explore various ways to utilize critical thinking in engineering education. To this end, this paper, in the light of the relationship between critical thinking and the program learning performance of ABEEK, reviews engineering design education, engineering ethics education, and engineering communication education, which are major areas where critical thinking can be utilized in engineering education. As a result, it was confirmed that critical thinking skills, especially the elements and criteria of critical thinking, can contribute to the creative problem-solving process in engineering design education, the rational decision-making process in engineering ethics education, and the effective communication process in engineering communication education.

Keywords: (the elements and criteria of) Critical thinking, Engineering education-Engineering design education, Engineering ethics education, Engineering communication education-, Creative problem-solving process, Rational decision-making process, Effective communication process

I. 비판적 사고와 한국공학교육인증원의 프로그램 학습 성과

공학에서 비판적 사고 교육의 중요성은 미국공학교육인증원(ABET)이 제시한 공학교육인증기준의 프로그램 학습 성과에 잘 반영되어 있으며, 이러한 프로그램 학습 성과는 공학교육인증 국제협약체인 워싱턴 어코드(Washington Accord)를 통해 공학 교육의 전 세계적 표준으로 자리 잡았다(성균관대학교 공학교육혁신센터 편, 2005). 현재 한국공학교육인증원(ABEEK)은 미국공학교육인증원의 프로그램 학습 성과에 근거하여 2005년에 제정했던 프로그램 학습 성과를 2015년에 개정하였고, '공학교육인증기준', '컴퓨터·정보(공)학교육인증기준', '공학기술교육인증기준'으로 세분화한 후 프로그램 학습 성과를 각각 10개의 항목으로 재재정비하였지만, 그 내용은 종전의 프로그램 학습 성과와 크게 다르지 않다.

여기에서는 비판적 사고와 한국공학교육인증원의 프로그램 학습 성과 간의 연관성을 '공학교육인증기준(KEC2015)'을 통

해 살펴보고자 하자(한국공학교육인증원, 2014: 2).

- 1) 수학, 기초과학, 공학의 지식과 정보기술을 공학 문제 해결에 응용할 수 있는 능력.
 - 2) 데이터를 분석하고 주어진 사실이나 가설을 실험을 통하여 확인할 수 있는 능력.
 - 3) 공학 문제를 정의하고 공식화할 수 있는 능력.
 - 4) 공학 문제를 해결하기 위해 최신 정보, 연구 결과, 적절한 도구를 활용할 수 있는 능력.
 - 5) 현실적 제한 조건을 고려하여 시스템, 요소, 공정 등을 설계할 수 있는 능력.
 - 6) 공학 문제를 해결하는 프로젝트 팀의 구성원으로서 팀 성과에 기여할 수 있는 능력.
 - 7) 다양한 환경에서 효과적으로 의사소통할 수 있는 능력.
 - 8) 공학적 해결 방안이 보건, 안전, 경제, 환경, 지속가능성 등에 미치는 영향을 이해할 수 있는 능력.
 - 9) 공학인으로서의 직업윤리와 사회적 책임을 이해할 수 있는 능력.
 - 10) 기술 환경 변화에 따른 자기계발의 필요성을 인식하고 지속적이고 자기주도적으로 학습할 수 있는 능력.
- 위의 항목들 대부분은 비판적 사고와 직·간접적으로 연관되어 있다. 이 가운데 3) 문제 정의 능력, 4) 문제 해결 능력, 6)

Received September 28, 2020; Revised October 20, 2020

Accepted November 1, 2020

† Corresponding Author: tae0725@skku.edu

©2020 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

협동 능력, 7) 의사소통 능력, 8) 시사 이해 능력, 9) 윤리적 능력 등은 비판적 사고 교육의 주요 영역인 창의적 문제 해결, 합리적 의사 결정, 효과적 의사소통과 직접적 연관을 맺고 있다. 우선, 항목 3) 공학 문제를 정의하고 공식화할 수 있는 능력과 항목 4) 공학 문제를 해결하기 위해 최신 정보, 연구 결과, 적절한 도구를 활용할 수 있는 능력은 창의적 문제 해결의 핵심을 이룬다. 또한 항목 9) 공학인으로서의 직업윤리와 사회적 책임을 이해할 수 있는 능력과 항목 8) 공학적 해결 방안이 보편, 안전, 경제, 환경, 지속가능성 등에 미치는 영향을 이해할 수 있는 능력은 합리적 의사 결정과 연관된다. 그리고 항목 7) 다양한 환경에서 효과적으로 의사소통할 수 있는 능력은 효과적 의사소통의 핵심을 이루며, 이는 항목 6) 공학 문제를 해결하는 프로젝트 팀의 구성원으로서 팀 성과에 기여할 수 있는 능력에도 크게 기여한다.

그 밖에도 항목 2) 데이터를 분석하고 주어진 사실이나 가설을 실험을 통하여 확인할 수 있는 능력은 과학 이론을 구성하고 설명하는 비판적 사고 교육의 일부이며, 항목 10) 기술 환경 변화에 따른 자기계발의 필요성을 인식하고 지속적으로 자기주도적으로 학습할 수 있는 능력 역시 비판적 사고가 탐구의 도구로서 사고력을 향상시키기 위한 교육적 방안이라는 점에서 비판적 사고와 결코 무관하지 않다. 물론, 항목 1) 수학, 기초과학, 공학의 지식과 정보기술을 공학 문제 해결에 응용할 수 있는 능력과 항목 5) 현실적 제한 조건을 고려하여 시스템, 요소, 공정 등을 설계할 수 있는 능력처럼 전공 수학 능력이나 전공 교육과 직접 관련된 항목들은 비판적 사고 교육과 어느 정도 거리감이 있지만, 이 역시 비판적 사고의 토대 위에서 수행된다면 보다 효과적일 수 있다는 점에서 비판적 사고와 전혀 무관한 것만은 아닐 것이다.

II. 비판적 사고의 요소와 기준

비판적 사고의 요소와 기준은 비판적 사고의 역량(skill)을 향상시키기 위한 핵심적 도구이다. 우리가 자신의 사고를 반성적으로 분석하고 능동적으로 평가한다는 것은 항상 우리 사고의 어떤 '요소'를 어떤 '기준'에 맞추어 가늠해 보는 것을 의미한다. 따라서 문제 해결, 의사 결정, 의사소통의 과정에서 비판적 사고를 한다는 것은 문제 해결, 의사 결정, 의사소통의 과정에 들어 있는 무엇(요소)이 어떠한지(기준)를 따져보는 일이다. 그리고 이때 비판적 사고의 요소와 기준은 창의적 문제 해결, 합리적 의사 결정, 효과적 의사소통의 도구로서 기능한다.

비판적 사고의 요소와 기준은 다양한 방식으로 정식화할 수 있다. 이는 대상이 지닌 내용이나 성격에 따라 달라질 수도 있

고, 심지어 글로 표현되었는지 또는 말로 표현되었는지에 따라 달라질 수 있다. 그래서 비판적 사고 연구자들이 제시한 비판적 사고의 요소와 기준 역시 매우 다양하다. 예를 들어, 제랄드 M. 노시치는 목적, 현안문제, 개념, 가정, 관점, 추론, 결론, 정보, 맥락, 대안이라는 10가지 요소와 분명함, 정확성, 명료성, 적절성, 중요성, 폭넓음, 충분함, 깊이라는 8가지 기준을 제시하였고, 리차드 폴은 목적, 현안문제, 개념, 가정, 관점, 추론, 결론, 정보의 8가지 요소와 분명함, 정확성, 명료성, 적절성, 중요성, 폭넓음, 깊이라는 7가지 기준을 제시하였으며, 김영정은 목적, 현안문제, 개념, 정보, 전제, 결론, 관점, 함축, 맥락의 9가지 요소와 분명함, 정확성, 명료성, 적절성, 중요성, 논리성, 폭넓음, 충분함, 깊이의 9가지 기준을 제시하였다(박은진·김희정, 2013: 35-53). 그러나 실질적으로 그 내용은 대동소이하다.

비판적 사고의 요소와 기준은 그 개수가 많아지면 더 정밀한 분석과 평가를 할 수 있는 장점이 있지만, 사실상 그것들을 적용할 내용이 그렇게 항상 상세하게 구분될 수 있는 것은 아니다. 따라서 비판적 사고의 요소와 기준의 개수를 더 많이 제시했다고 해서 비판적 사고에 관한 더 발전된 이론을 제안한 것이라고 볼 수는 없다. 오히려 주어진 맥락과 상황을 고려하여 적절한 요소와 기준을 선별하거나 재정의하여 사용하는 것이 비판적 사고의 취지와 정신에 더 부합한다고 여겨진다.

III. 비판적 사고와 공학 설계 교육: 창의적 문제 해결

미시간 공대의 기계공학 교수인 Edward 림스테인과 그의 부인 Monika 림스테인, 그리고 노스캐롤라이나 대학교 윌리엄스리 공과대학의 공학기술 교수인 James W. 켈넷이 제안한 상품 개발 과정은 공학 설계 과목에서 널리 활용되고 있는 창의적 문제 해결 방법들 중 하나이다(Edward 림스테인 외, 2002). 이 방법은 1) 문제 정의, 2) 아이디어 창출, 3) 아이디어 평가, 4) 아이디어 판정, 5) 실행의 5단계 절차로 구성되어 있는데, 이를 비판적 사고의 요소와 기준을 통해 이해해 보도록 하자.

1) 문제 정의: 품질 기능 전개, 품질의 집

- 설계 프로젝트를 수행할 팀을 정하라.
- 문제 주제를 선택하고, 그 문제 주제에 초점을 맞추어라.
- 정보와 소비자 데이터를 수집하라.
- 정보를 분석하라. 파레토 도를 만들어라. 브리핑을 준비하라.
- 문제 정의문을 개발하라.

⇒ **비판적 사고:** 풀어야 할 문제에 대한 정의

- 설계의 최종 목적(혹은 필요)을 알아내고 세부적 정식화를 시도하라.
- 세부적으로 정식화된 목적(혹은 필요)을 평가하라.
- 목적을 달성하고 필요를 만족시키는 데 장애가 되는 문제들을 인식하라.
- 문제들을 하나씩 고려하여 가능한 분명하고 명료하게 문제를 진술하라.

2) 아이디어 창출: 개념 설계

- 브레인스토밍을 통해 문제 해결을 위한 아이디어를 많이 창출하라.
- 사고 유발 차트를 이용하라.

⇒ **비판적 사고:** 문제 해결을 위한 선택지 탐색

- 문제를 조사하고 검토하라. 문제를 해결하기 위해 무슨 일들을 해야 하는지 생각하라.
- 문제 해결에 필요한 개념을 분명하고 명료하게 정의하라.
- 문제 해결에 필요한 정보를 알아내고, 그 정보를 적극적으로 찾아라.
- 모은 정보를 해석하고, 분석하고, 평가하라.

3) 아이디어 평가: 최적화 설계, 공정 계획 수립

- 실행 가능성이 높은 해결 방안을 만들기 위해 아이디어를 분류, 선별, 체계화, 구축, 전개, 통합, 조정 및 종합하라.
 - 창의적 아이디어 평가의 과정을 수행하라.
- ⇒ **비판적 사고:** 문제 해결을 위한 선택지 구성
- 해석, 분석, 평가된 정보로부터 문제 해결 방안들을 구성하라.
 - 합당한 추론에 따라 문제 해결 방안들을 구성하고, 이때 빠뜨린 숨은 전제가 없는지 확인하라.
 - 문제 해결 방안들을 구성하는 과정에서 각각의 해결 방안이 갖는 관점과 함축을 충분히 고려하라.

4) 아이디어 판정: 최상의 설계

- 어떤 아이디어가 최상인지 결정하기 위해서는 분석적이고 비판적인 마음가짐과 긍정적이고 창의적인 사고가 함께 필요하다.
 - 앞을 내다보며 그 해결 방안의 영향을 고려하고, 가치관과 편견을 평가한다. 그리고 좋은 판단력을 발전시키기 위해서는 경험과 실패가 필요하다.
 - 상품 설계와 개발에 있어 전체 그림을 볼 필요가 있고, 경쟁력을 갖기 위해서도 통합적 접근이 필요하다.
 - 창의적 설계 개념 평가를 위해 2단계 6과정으로 구성된 퓨(Pugh) 평가 절차를 거치면 효율적이다.
- ⇒ **비판적 사고:** 문제 해결을 위한 선택지 결정
- 문제 해결 방안의 장점과 단점을 고려하면서 최선의 것을

선택하라.

- 문제 해결 방안과 이에 대한 접근 전략을 구체적 상황(맥락) 속에서 평가하라.
- 선택한 문제 해결 방안이 갖는 결과를 다각적이고 포괄적으로 깊이 있게 모니터링하라. 즉 관점을 바꿔 생각해 보거나 지평을 확대하라. 그리고 함축을 다시 한번 고려해 보라.

5) 해결방안 실행: 상세 설계도, 시작품 제작, 공정 설계

- 판매 전략: 시판을 위한 제품일 경우 고객들에게 꼭 맞는 장점 목록을 만들어라. 효과적 판매 기술을 적용하라.
- 작업 계획: 이를 통해 누가, 무엇을, 언제, 그리고 왜 하는지를 분명히 할 수 있고, 위험 분석도 가능하다. 예산 세우기와 스케줄 짜기는 중요한 항목이다. 시간/과업 분석표를 이용하여 중복 활동을 시각화하라.
- 실행 모니터링과 최종 평가: 실행 후 2주 내에 첫 번째 검토를 하고, 6-12개월 후에 다시 검토(follow-up)하도록 계획하라. 또한 창의적 문제 해결로 얻은 결과와 경험들에 대해 간단한 요약문을 작성하라. 팀에 결과를 보고하라.

⇒ **비판적 사고:** 실행과 반성(평가 및 조정)

- 문제 해결 방안과 실행 전략에 따라 철저히 실행하라.
- 실행 결과의 함축을 평가하면서, 최종 목적을 다시 한번 고려하라.
- 보다 많은 정보가 확보됨에 따라 문제 해결 방안과 실행 전략을 상황에 맞추어 수정하라.

IV. 비판적 사고와 공학 윤리 교육: 합리적 의사 결정

공학 윤리(engineering ethics)는 엔지니어들이 자신의 전문 직업적 판단에서 발생하는 윤리적 쟁점, 결정, 가치 등을 연구하는 분야이다. 공학 윤리는 공학 관련 전문직에 적용되는 직업윤리라는 점에서 일반 윤리와는 다소 차이가 있으며, 특히 엔지니어들의 전문 직업적 판단에 따른 가능한 위험과 재난을 예방하려는 구체적 목적을 갖는다. 그래서 공학 윤리는 엔지니어들이 유사한 상황에서 유사한 판단이 초래할 심각한 위험과 재난을 미리 예방하도록 이끄는 안내자 역할을 수행한다. 공학 윤리 교육에서 공학도들은 공학 윤리의 필요성을 인식하고, 공학 윤리적 판단과 의사 결정을 위한 기본 틀을 형성하며, 공공에 대한 책임감, 지적 정직성, 숙련된 전문직 능력, 고용주에 대한 충성심, 이해충돌 간의 해결, 조직 내에서의 의사소통 등 공학 윤리의 주요 문제들을 구체적 사례를 중심으로 개괄하고 토의해 보아야 한다. 따라서 공학 윤리 교육은 그들이 장차 엔지니어로서 마주하게 될 문제 상황에 대한 윤리적 판단과 의사

결정의 기반을 형성할 수 있는 기본 지식과 사고 훈련을 제공하는 것을 목적으로 삼는다.

엔지니어들의 공학적 실천 과정에서 야기되는 윤리적 문제들에 대한 해답은 쉽게 도출되지 않는다. 엔지니어는 고객, 기업 내부, 경쟁기업 또는 정부에 의해 자신의 전문 직업적 견해와 배치되는 상황에 직면할 수 있는데, 이때 발생하는 윤리적 문제들은 대체로 명확하게 정의하기도 어렵고 관련 당사자들 간의 합의에 도달하기도 어렵다. 따라서 엔지니어가 자신의 전문 직업적 견해에 따라 올바른 윤리적 판단에 이르기 위해서는 윤리(학)에 관한 학습과 훈련이 요구된다. 하지만 윤리적 문제의 성격, 윤리적 원리들, 윤리적 판단의 결과가 무엇인지 파악할 수 있다고 하더라도 실제 현장에서 이를 적용하는 것에는 또 다른 어려움이 발생한다. 이런 점에서 엔지니어가 구체적 맥락과 상황 속에서 올바른 윤리적 판단을 내리기 위해서는 공학 윤리적 쟁점에 관해 합리적 의사 결정을 내릴 수 있는 비판적 사고 능력이 반드시 필요하다.

공학 윤리에서 요구되는 비판적 사고 능력은 대체로 다음과 같은 것들이다:

- 1) 공학적 실천의 구체적 맥락과 상황 속에서 윤리적 문제와 쟁점을 파악하는 능력.
 - 2) 공학 윤리적 쟁점에서 대립하는 추리 혹은 논증들을 분석하고 그 전체들을 평가하는 능력.
 - 3) 공학 윤리적 쟁점과 관련한 중요 정보를 체계적으로 분류하고 정확하게 이해하는 능력.
 - 4) 공학 윤리적 쟁점을 야기하는 주요 개념을 명료화하고 이를 사실에 적절하게 적용하는 능력.
 - 5) 공학 윤리적 쟁점과 관련한 당사자들의 다양한 관점을 확인하고 이를 평가하는 능력.
 - 6) 공학 윤리적 쟁점과 관련한 대안들의 장단점을 비교·분석하고 예상된 결과가 갖는 함축을 고려하는 능력.
 - 7) 공학 윤리적 쟁점과 관련한 자신의 도덕적 판단을 공공선이라는 궁극적 목적에 비추어 다른 사람들에게 설득하는 능력.
 - 8) 공학 윤리적 쟁점에서 도덕적 불일치를 해결하기 위한 실질적 해결 방안을 합리적 절차에 따라 도출하는 능력 등.
- 따라서 공학 윤리 교육은 비판적 사고 교육의 토대 위에서 수행되어야 한다. 널리 알려진 공학 윤리 교재의 저자들인 C. E. 해리스 Jr., M. S. 프리차드, M. J. 라빈스는 공학 윤리적 문제 상황에서 합리적 의사 결정에 이르는 일련의 절차적 방법을 다음과 같이 단계화하고 있다(C. E. 해리스 Jr. 외, 2013: 3장). 이를 비판적 사고의 요소와 기준을 통해 이해해 보도록 하자.
- 1) 일반 도덕, 개인 윤리, 전문직 윤리 현장에 의해 형성된

윤리적 민감성을 통해 공학 윤리적 쟁점을 인식하라. ⇒

비판적 사고: 구체적 맥락(상황) 속에서 문제들을 분명하고 명료하게 정식화하라.

- 2) 사실적 불일치를 해결하기 위해 관련된 사실들을 식별하라; 알려진 사실과 알려지지 않은 사실을 파악하라; 사실의 중요성을 평가하라. ⇒ **비판적 사고:** 의사 결정에 필요한 정보를 알아내고, 그 정보를 적극적으로 찾아내라. 그리고 자신이 모은 정보의 정확성을 해석하고, 분석하고, 평가하라.
- 3) 개념적 불일치를 해결하기 위해 관련된 개념들을 명확하게 정의하라. ⇒ **비판적 사고:** 의사 결정에 필요한 주요 개념을 분석하고 이를 분명하고 명료하게 정의하라.
- 4) 적용의 불일치를 해결하기 위해 선긋기(line-drawing) 기법을 활용하라. 이를 위해 긍정적 범례와 부정적 범례를 선정하고 가능한 모든 경우에 대해 중요성을 평가하라. ⇒ **비판적 사고:** 합리적 의사 결정의 장애물을 제거하기 위해 명확한 개념을 정확한 정보에 적절하게 적용하라.
- 5) 도덕적 불일치를 해결하기 위해 공리주의적 접근법을 통해 전체선을 극대화하라; 인간 존중의 접근법을 통해 개별 인간의 기본적 권리를 보장하라; 환경 윤리를 고려하라. ⇒ **비판적 사고:** 해석, 분석, 평가된 윤리적 논증으로부터 합당한 추론들을 이끌어 내라. 이때 숨은 전제가 없는지 확인하라; 대립하는 논증들이 갖는 윤리적 관점과 예상되는 결과의 함축을 비교하라.
- 6) 윤리적 쟁점에 대한 쉬운 선택, 창조적 중도(creative middle way), 어려운 선택을 결정하고 실행하라. ⇒ **비판적 사고:** 선택지의 장점과 단점을 고려하면서 자신이 처한 맥락(상황) 속에서 결정하라; 지평을 확대하여 관점을 바꿔 생각해보거나 함축을 다시 한번 고려해 보라; 선택한 입장을 궁극적 목적에 비추어 지속적으로 모니터링하라.

V. 비판적 사고와 공학 커뮤니케이션 교육: 효과적 의사소통

오늘날 과학기술적 활동은 인접 학문 간의 긴밀한 융·복합화를 통해, 그리고 사회의 각 분야와 원활한 교류를 통해 이루어질 수밖에 없기 때문에 엔지니어에게 효과적 의사소통 능력은 자신의 직무 수행 및 연구 수행 능력을 향상시키기 위해 필수 불가결한 것이다. 그래서 공학 교육에서 커뮤니케이션 교육은 과거 어느 때보다 더 많은 주목을 받는 분야이기도 하다. 효과

적 의사소통 능력은 다양한 종류의 자료, 정보, 지식, 아이디어, 의견 등을 독자와 청중에게 적절하고 이해하기 쉽게 전달할 수 있는 능력과 전달된 내용을 반성적으로 평가할 수 있는 능력을 포괄한다. 그렇다면 효과적 의사소통 능력을 함양하기 위해서는 무엇이 필요한 것일까? 이 역시 다름 아닌 비판적 사고의 요소와 기준이다.

효과적이고 성공적인 의사소통을 수행하기 위해 고려해야 할 비판적 사고의 요소와 기준은 다음과 같다: 의사소통의 목적이 무엇인지, 현안 문제(논제)가 무엇인지, 결론(주장)이 무엇인지, 전제(근거)가 무엇이고 숨은 전제는 없는지, 핵심 개념이 무엇인지, 사용되고 있는 경험적 정보가 무엇인지, 명시적으로 드러나 있지는 않지만 암묵적으로 말하고자 하는 함축(귀결)이 무엇인지, 논의의 관점이 무엇인지, 논의의 맥락이 무엇인지 등 비판적 사고의 요소를 의식적으로 고려하면서 의사소통을 한다면, 효과적 의사소통이 가능할 것이다. 아울러 그러한 의사소통의 내용이 분명하고 정확하고 명료한지, 적절하고 중요하고 논리적인지, 심층적이고 다각적이고 공정한지 등 비판적 사고의 기준을 반성적으로 음미하면서 의사소통을 한다면, 성공적 의사소통의 가능성은 더욱 높아질 것이다.

그렇다면 의사소통에 관한 일반적 논의를 넘어서 공학 커뮤니케이션, 그 가운데서 특히 공학적 읽기와 글쓰기에 관해 한번 살펴보자. 공학적 읽기는 다루고 있는 텍스트가 공학적 내용을 담고 있다는 점 이외에 일반적 읽기와 큰 차이가 없다(김영정, 2004: 7). 따라서 공학적 읽기에서는 공학적 텍스트를 분석하고 평가하는 비판적 사고에 입각한 읽기가 필요하다고 말하는 것으로 충분하다. 앞서 살펴보았듯이, 비판적 사고에 입각한 읽기란 텍스트 속에 담겨있는 비판적 사고의 요소들이 비판적 사고의 기준들에 맞추어 얼마나 잘 정돈되어 있는지 반성적으로 사고하면서 읽는 것을 말한다. 즉 비판적 독자는 텍스트의 내용을 당연한 것으로 여기거나 액면 그대로 받아들이지 않고 다음과 같은 유의미한 질문들을 던지면서 텍스트를 읽어 나가야 한다.

“필자의 현안 문제는 무엇인가?”, “필자의 주장은 무엇인가?”, “필자가 그런 주장을 하는 목적은 무엇인가?”, “필자는 어떤 근거에서 그런 주장을 하는가?”, “필자의 논의에서 핵심 개념은 무엇인가?”, “필자가 자신의 주장을 옹호하기 위해 사용하는 경험적 정보는 무엇인가?”, “필자는 무슨 관점을 취하고 있는가?”, “필자는 어떤 맥락에서 그런 주장을 하는가?”, “필자의 주장이 갖는 함축은 무엇인가?” 등을 물으면서 읽어 나가는 것이다. 더불어 “필자는 글 속에서 자신의 입장을 얼마나 논리적이고 일관되게 옹호했는가?”, “필자는 다른 관점을 규정하는 데 있어서 얼마나 유연하고 공정했는가?”, “글 속에

나타난 필자의 목적은 얼마나 적절하고 중요한 것인가?”, “필자는 현안 문제를 얼마나 명료하고 깊이 있게 천착했는가?” 등을 반성적으로 평가하면서 읽는 것을 말한다.

반면에 공학적 글쓰기는 공학적 읽기보다 이공계 전공 연계성이 훨씬 더 많이 요구되는 의사소통 활동이다. 왜냐하면 공학적 글쓰기는 이공계 고유의 본문 구성 방식인 IMRAD를 통해, 또한 일반적 읽기 및 글쓰기에서 잘 사용하지 않는 수식이나 도표를 통해 텍스트의 내용을 독자에게 전달하기 때문이다. 통상 글쓰기는 그 성격에 따라 3가지로 분류할 수 있다. 문학 작품 유의 글쓰기인 창작적 글쓰기(creative writing), 설명문 유의 글쓰기인 해설적 글쓰기(expository writing), 논설문 유의 글쓰기인 비판적 글쓰기(critical writing)가 그것들이다(한상기, 2007: 292). 이 가운데 공학적 글쓰기는 해설적 글쓰기나 비판적 글쓰기 또는 이 두 유형의 글쓰기가 혼합된 형태를 띤다. 그래서 관찰 및 실험과 관련된 공학적 글쓰기의 경우, 실험 장치와 방법을 기술하는 ‘재료와 방법’ 또는 실험 자료를 분류하고 비교 및 대조하는 ‘결과’에서는 주로 해설적 글쓰기가, 그리고 실험 결과를 논의하는 ‘고찰’에서는 비판적 글쓰기가 주도적으로 나타난다.

다음은 실험 보고서 또는 이공계 보론 계열 논문을 작성하는 방식인 IMRAD 양식을 비판적 사고 교육에서 다루는 가추 추리의 관점에서 정리한 표이다.

Table 1 가설 연역법, 실험 보고서 또는 보론 계열 논문, IMRAD 간의 내용적 상관성(노상도 외, 2018: 123)

가설-연역법	실험보고서/보론계열논문	IMRAD
① 문제 발생의 배경과 문제 설정 ② 문제 해결을 위한 가설의 제안	① 실험 목적과 필요성 ② 실험 내용과 범위 ③ 실험 이론	① 도입
③ 가설로부터 연역된 예측값	③ 실험 이론 ④ 실험 장치 및 방법	② 재료와 방법
④ 관찰 및 실험을 통한 실측값 ⑤ 예측값과 실측값의 일치 혹은 불일치 여부	⑤ 실험 결과	③ 결과
⑤ 예측값과 실측값의 일치 혹은 불일치 여부 ⑥ 가설과 관찰 및 실험에 대한 평가: 검증/미결정/반증/오류 ⑦ 평가 이후의 과제	⑥ 고찰	④ 토의

VI. 비판적 사고의 공학 교육에의 접근 방안

지금까지 비판적 사고를 공학 교육에서 활용할 수 있는 여러 방안을 모색해 보았다. 이를 위해 비판적 사고와 한국공학교육

인증원의 프로그램 학습 성과 간의 연관성 속에서 비판적 사고가 공학 교육에서 활용될 수 있는 주요 영역인 공학 설계 교육, 공학 윤리 교육, 그리고 공학 커뮤니케이션 교육을 검토해 보았다. 그 결과 비판적 사고의 기량, 특히 비판적 사고의 요소와 기준이 공학 설계 교육에서는 창의적 문제 해결 과정에, 공학 윤리 교육에서는 합리적 의사 결정 과정에, 공학 커뮤니케이션 교육에서는 효과적인 의사소통 과정에 기여할 가능성이 매우 높다는 것을 확인하였다.

통상 비판적 사고를 교육하는 방법은 크게 두 가지로 구분된다. 하나는 특정 교과 영역, 예컨대 공학과 연계시키지 않고 비판적 사고를 가르치는 ‘독립 접근 방식(stand-alone approach)’이고, 다른 하나는 특정 교과 영역, 즉 공학과 접목하여 비판적 사고를 가르치는 ‘접목 접근 방식(infusion approach)’이다(김명숙, 2002: 117-127). 독립 접근 방식은 영역 구체성을 중시하지 않기 때문에 특정 교과의 지식 내용을 필요로 하지 않고, 학생들의 현재 수준에 적합한 일반 지식을 기반으로 하는 접근 방식이므로 ‘일반 지식 접근 방식’이라고도 부른다. 반면에 접목 접근 방식은 비판적 사고의 영역 구체성을 중시하여 특정 교과 영역의 구체적 지식 내용을 필요로 하므로 ‘영역 구체적 접근 방식(domain-specific approach)’이라고도 부른다.

어떤 접근 방식의 교육 효과가 더 높은가에 대해서는 학자들 사이에 의견이 갈려 있는 상황이다. 독립 접근 방식을 채택할 경우 비판적 사고 교육 자체는 용이하게 이루어질 수 있으나, 상황 적응적 인지 능력을 염두에 둔 비판적 사고 교육이 이루어지지 않는다면 공학과 같은 특정 영역에 이르러 비판적 사고의 기량이 활용되지 못할 위험성이 있다(McPeck, 1990). 반면에 접목 접근 방식을 택할 경우 전공 연계적인 비판적 사고 교육을 구체적으로 수행할 수 있지만, 공학 지식과 같은 전문 지식에 너무 의존한 나머지 비판적 사고가 지향하는 영역 전이성을 상실한 채 과거에 해왔던 지식 습득 중심의 교육으로 함몰될 위험성이 있다(Ennis, 1989).

어느 경우나 비판적 사고가 요구하는, 새로운 변화에 따라 발생하는 새로운 형태의 문제들에 적절히 대응할 수 있는 상황 적응적 인지 능력이나 창의성의 원천인 영역 전이적 통찰력이 제대로 함양되지 않을 가능성이 상존한다. 하지만 두 가지 방식은 모두 장점이 있으며, 가장 효과적인 교육 방법은 이 두 가지 방식을 잘 조화시키는 것이라고 생각한다. 일례로 일반적 맥락 속에서 비판적 사고의 기량을 독립 접근 방식으로 익히고, 이 기량을 공학적 맥락 속에서 공학적 내용이나 문제 사례들을 통해 착실히 훈련하고 숙달하는 방식을 채택함으로써 비

판적 사고의 성향(disposition)을 접목 접근 방식으로 함양할 수 있을 것이다. 결국, 공학 교육에서 비판적 사고를 활용하는 최선의 방법은, 사명감을 가진 교수자가 비판적 사고 교육과 공학 교육을 어떤 방식으로 결합시켜야만 공학도들이 창의적 문제 해결, 합리적 의사 결정, 효과적인 의사소통 능력을 함양시킬 수 있는지를 진지하게 고민하고 철저하게 연구하면서, 그러한 연구 성과를 적극적으로 활용하고자 하는 각자의 교육 현장에 그 해답이 놓여 있는 것이다.

참고문헌

1. 김명숙(2002). 공교육에서의 비판적 사고 교육의 방향과 쟁점. *철학연구*, 제58집, 107-144.
2. 김영정(2004). 비판적 사고와 공학 교육 (1회). *공학 교육*, 11(1), 88-93.
3. 노상도 외(2018). *과학기술 글쓰기 -이론과 실제*. 성균관대학교 교출판부.
4. 럽스테인, Edward·럼스테인, Monika·셸너, James W.(2002). *창의적 문제해결과 공학설계*. 명지대학교 창의공학 연구회 역. 파워북.
5. 박은진·김희정(2013). *비판적 사고*. 아카넷.
6. 성균관대학교 공학교육혁신센터 편(2005). *공학교육인증을 위한 교강사 워크숍*. 성균관대학교 공학교육혁신센터.
7. 한국공학교육인증원(2014). *공학교육인증기준2015(KEC2015)*. ABEEK-2014-ABE-010.
8. 한상기(2007). 비판적 사고와 논술. *범한철학*, 제46집, 289-315.
9. 해리스 Jr., Charles E·프리차드, Michael S·라빈스, Michael J.(2013). *공학 윤리*. 김유신 외 역. 북스힐.
10. Ennis, R. H.(1989). Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and needed Research. *Educational Researcher*, 18(3), 4-10.
11. McPeck, J. E.(1990). Critical Thinking and Subject Specificity: A Reply to Ennis. *Educational Researcher*, 19(4), 10-12.



박상태 (Park, Sang Tae)

1990년: 연세대학교 철학과 학사
 1996년: 연세대학교 철학과 석사
 2003년: 연세대학교 철학과 박사
 2005년: 성균관대학교 학부대학 전임강사
 2008년: 성균관대학교 학부대학 초빙교원
 2017년~현재: 성균관대학교 학부대학 조교수
 관심분야: 과학기술 글쓰기, 비판적 사고 교육, 공학 윤리, 과정 철학
 E-mail: tae0725@skku.edu