

CDIO 기준과 한국 공학교육 인증기준의 비교

이희원

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

A Comparison of the CDIO Standards and ABEEK Criteria

Lee, Hee-Won

Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

The Conceiving-Designing-Implementing-Operating (CDIO) initiative is a worldwide organization with members from over 120 institutions for higher education, and it provides an innovative educational framework for producing the next generation of engineers. This paper compares the CDIO standards and syllabus to the accreditation criteria of Accreditation Board for Engineering Education of Korea, ABEEK to identify similarities and differences and to find points of improvement for ABEEK criteria. It is found that the basic concepts of ABEEK criteria correlates well with those of CDIO standards, while the CDIO standards and syllabus provide more detailed and well-defined guidelines for engineering programs. Finally, some discussions are presented on the differences between the two educational models, a voluntary-based CDIO model and an accreditation-based ABEEK model.

Keywords: Engineering education, CDIO, Standards, Syllabus, Accreditation, ABEEK, Criteria

1. 서 론

CDIO는 Conceiving-Designing-Implementing-Operating의 첫 머리 글자를 딴 약어로서 ‘개념-설계-구현-운영’이 엔지니어링의 기본 절차일 뿐만 아니라 공학교육에서도 기본적인 틀이 되어야 한다는 일종의 공학교육 모델이다. CDIO 협의체 (initiative)는 이러한 공학교육 모델을 채택하여 적용하고 있는 교육기관들이 모여서 CDIO 교육을 추구하고 그 경험을 공유하는 협의체로서 전세계에서 CDIO를 기반으로 교육 과정을 설계하여 운영하고 있는 120여개의 대학들이 이 협의체에 참여하고 있고 기계, 전기, 응용물리, 항공 등 주로 공학 분야의 학과에서 이를 적용하고 있다. (CDIO INITIATIVE, <http://www.cdio.org/about>) CDIO 협의체는 공학교육의 기본 모델을 세부 사항까지 구체적으로 제시하고, 매년 전체 총회와 지역별 협의체 모임을 개최하여 그들의 교육 운영 경험을 공유하고 이를 웹사이트를 통해 공개하고 있어서 공학교육 프로그램을 새로 개발하거나 기존의 프로그램을 혁신하고자 하는 학과에서는 좋은 참고자료를 많이 얻을 수 있다.

한편, 산업체의 요구에 부응하는 공학도 양성을 위해 도입된

한국 공학교육인증 (ABEEK)은 공학교육에 대한 품질을 보증하는 제도로서, 공학교육 프로그램이 갖추어야 할 기준과 지침을 제시하고 그에 따른 프로그램의 운영 결과를 평가하여 인증을 부여하는 제도이다. 매년 200개 내외의 공학교육 프로그램이 인증 평가를 받고 있으며 2017년 현재 90개 대학에서 539개 프로그램이 인증을 받았다. (한국공학교육인증원, <http://abeek.or.kr/program/total>)

본 연구에서는 CDIO 협의체에서 교육의 기본 틀로 제시한 CDIO 기준과 CDIO Syllabus를 한국의 공학교육 인증기준 (KEC2015)과 비교해 보았다. CDIO 기준은 교육기관이 자율적으로 공학교육의 질 향상을 추구하고는 데 활용할 만한 모델과 본보기를 제공한다는 개념을 갖고 있는데 비해, 한국 공학교육 인증기준은 공학교육의 질을 보장하기 위해 교육 프로그램이 갖추어야 할 최소 기준을 제시하고 이에 따른 교육 프로그램의 운영 실적을 평가하여 인증을 부여한다는 점에서 두 기준은 근본적으로 그 목적이 다르다는 차이점을 지니고 있다. 하지만, 두 기준 모두 공학교육의 질 향상을 도모한다는 공통된 취지를 갖고 있으므로 두 기준의 유사점과 차이점을 분석해 봄으로써 한국 공학교육 인증의 긍정적 측면은 무엇이고 향후 보완해야 할 점은 무엇인지를 본 연구를 통해 파악해 보고자 하였다.

Received April 10, 2018, Revised May 21, 2018

Accepted May 25, 2018

† Corresponding Author: fireroot@seoultech.ac.kr

II. CDIO와 한국 공학교육인증 기준 개요

1. CDIO 기준과 CDIO Syllabus

앞에서 소개한 바와 같이 CDIO는 교육의 질 향상을 목적으로 하며 이를 위해 크게 두 가지의 지침을 제시하고 있다. 교육 과정을 설계하고 운영하는 지침이라 할 수 있는 CDIO 기준과 교육과정의 목표를 세우고 내용을 구성하는데 필요한 CDIO Syllabus가 그 것이다.

가. CDIO 기준

Table 1은 그 첫 번째 요소인 CDIO 기준을 표로 정리한 것이다. 표에 제시된 바와 같이 CDIO 기준은 12개 항목으로 구성되어 있고 * 표시가 부여된 7개 필수항목과 그 밖의 추천항목 5개로 구성된다. CDIO 기준은 공학교육 프로그램의 기본철학, 교육과정 개발, 설계 및 구현 교육과 이를 위한 실험실습 공간, 교수학습법 및 교수 개발, 교육 평가 등에 대한 가이드를 제시함으로써, 공학교육 프로그램이 교육과정을 재편성하거나 자체평가를 통한 개선을 추구하는데 활용할 수 있도록 작성되

어 있다. 특히 마지막 12번 항목에서 ‘CDIO 기준에 비추어 프로그램의 수준을 평가하고 그 결과를 학생, 교수진 등의 구성원에게 피드백하여 프로그램을 지속적으로 개선해야 함을 규정하고 있어서 지속적인 개선이 중요함을 강조하고 있다.

나. CDIO Syllabus

CDIO Syllabus는 한국 공학교육인증의 학습성과에 대응하는 개념으로 학생들이 공학 교육과정을 이수하면서 습득해야 할 역량들의 목록이다. CDIO Syllabus는 Table 2에 제시된 바와 같이 전공지식과 추론 역량, 개인 및 전문 역량, 대인 역량, 시스템 구현 및 운영 역량 등 크게 4개 항목으로 구성되어 있다. Table 2에는 CDIO Syllabus의 전체를 구성하는 4개 대항목과 대항목별 2차 수준 항목까지가 제시되어 있는데, CDIO Syllabus의 원본에는 표에 제시된 항목보다 더 구체적이고 상세한 3차 및 4차 수준의 세부 역량까지도 정의되어 있다. 예를 들어, Table 3은 Table 2의 2차 수준 역량인 ‘2.1 분석적 추론과 문제해결’에 대해 3, 4차 수준의 syllabus를 모두 제시한 것으로 원본에서 해당 부분을 발췌한 것이다. 2.1의 하위 수준으로 ‘2.1.1 문제 정의와 공식화’, ‘2.1.2 모델링’ 등 총 5가지의 3차

Table 1 CDIO Standard 2.1 (CDIO Knowledge Library, <http://www.cdio.org/knowledge-library>)

Standard No. 1~12	summary description
1. The Context*	Adoption of the principle that product, process, and system lifecycle development and deployment -- Conceiving, Designing, Implementing and Operating -- are the context for engineering education
2. Learning Outcomes*	Specific, detailed learning outcomes for personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as disciplinary knowledge, consistent with program goals and validated by program stakeholders
3. Integrated Curriculum*	A curriculum designed with mutually supporting disciplinary courses, with an explicit plan to integrate personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills
4. Introduction to Engineering	An introductory course that provides the framework for engineering practice in product, process, and system building, and introduces essential personal and interpersonal skills
5. Design-Implement Experiences*	A curriculum that includes two or more design-implement experiences, including one at a basic level and one at an advanced level
6. Engineering Workspaces	Engineering workspaces and laboratories that support and encourage hands-on learning of product, process, and system building, disciplinary knowledge, and social learning
7. Integrated Learning Experiences*	Integrated learning experiences that lead to the acquisition of disciplinary knowledge, as well as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills
8. Active Learning	Teaching and learning based on active experiential learning methods
9. Enhancement of Faculty Skills Competence*	Actions that enhance faculty competence in personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills
10. Enhancement of Faculty Teaching Competence	Actions that enhance faculty competence in providing integrated learning experiences, in using active experiential learning methods, and in assessing student learning
11. Learning Assessment*	Assessment of student learning in personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as in disciplinary knowledge
12. Program Evaluation	A system that evaluates programs against these twelve standards, and provides feedback to students, faculty, and other stakeholders for the purposes of continuous improvement

(An asterisk[*] indicates the essential standards)

수준 항목을 제시하고 각각에 대해 3~5개의 하위 역량을 제시하여 총 20가지의 4차 수준 역량을 syllabus로 제시하고 있다. CDIO syllabus의 원본은 <http://www.cdio.org/knowledge-library/> CDIO Syllabus 2.0에서 찾아볼 수 있는데, 3차 수준 항목 총 73개와 4차 수준 항목 총 286개로 매우 상세하게 구성되어 있어서 공학교육 프로그램이 프로그램 학습성과나 수행준거를 설

정하는데 유용한 참고자료로 활용할 수 있다. 다만, syllabus '1. 전공지식 및 추론 역량' 중에서 '1.2 핵심 공학기초 지식'과 '1.3 상급 공학 기초지식, 방법론과 도구'에 대해서는 다양한 전공분야 별로 고유한 역량이 요구되기 때문에 3~4차 수준의 세부 역량이 제시되어 있지 않고 프로그램이 자체적으로 구성원의 의견을 수렴하여 세부역량을 설정하도록 하고 있다.

Table 2 CDIO Syllabus 2.0 (Crawley et al. 2011)

<p>1. DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING 1.1 KNOWLEDGE OF UNDERLYING MATHEMATICS AND SCIENCE 1.2 CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE 1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE, METHODS AND TOOLS</p> <p>2. PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES 2.1 ANALYTICAL REASONING AND PROBLEM SOLVING 2.2 EXPERIMENTATION, INVESTIGATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY 2.3 SYSTEM THINKING 2.4 ATTITUDES, THOUGHT AND LEARNING 2.5 ETHICS, EQUITY AND OTHER RESPONSIBILITIES</p>	<p>3. INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION 3.1 TEAMWORK 3.2 COMMUNICATIONS 3.3 COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES</p> <p>4. CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT 4.1 EXTERNAL, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT 4.2 ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT 4.3 CONCEIVING, SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT 4.4 DESIGNING 4.5 IMPLEMENTING 4.6 OPERATING</p>
---	---

Table 3 CDIO Syllabus example: '2.1 Analytic reasoning and problem solving' and its 3rd and 4th level components of the syllabus (Crawley et al. 2011)

<p>2. PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES 2.1 ANALYTIC REASONING AND PROBLEM SOLVING 2.1.1 <i>Problem Identification and Formulation</i> Data and symptoms Assumptions and sources of bias Issue prioritization in context of overall goals A plan of attack (incorporating model, analytical and numerical solutions, qualitative analysis, experimentation and consideration of uncertainty) 2.1.2 <i>Modeling</i> Assumptions to simplify complex systems and environment Conceptual and qualitative models Quantitative models and simulations 2.1.3 <i>Estimation and Qualitative Analysis</i> Orders of magnitude, bounds and trends Tests for consistency and errors (limits, units, etc.) The generalization of analytical solutions 2.1.4 <i>Analysis with Uncertainty</i> Incomplete and ambiguous information Probabilistic and statistical models of events and sequences Engineering cost-benefit and risk analysis Decision analysis Margins and reserves 2.1.5 <i>Solution and Recommendation</i> Problem solutions Essential results of solutions and test data Discrepancies in results Summary recommendations Possible improvements in the problem solving process</p>
--

2. 한국 공학교육 인증기준 (KEC2015)

한국의 공학교육 인증제도는 공학 및 관련분야 교육 프로그램의 인증을 통해 교육의 질을 개선하고 공학인의 자질을 향상하기 위한 목적으로 도입되어 2001년도에 첫 인증평가를 시행하였다. 인증제도 출범과 함께 제정된 한국 공학교육 인증기준 KEC2000은 미국의 공학교육 인증기관인 ABET의 인증기준을 모태로 하여 제정되었고 몇 차례의 개정을 거치면서 2018년 현재는 KEC2015가 적용되고 있다. KEC2015는 Table 4에 제시된 바와 같이 총 8개 항목으로 구성되어 있는데, 교육과정을 이수함으로써 얻게 되는 학습성과, 즉 학생들이 어떠한 지식과 기술, 태도를 갖추게 되는지를 중요시하는 성과중심 교육, 수요자의 요구를 중시하는 수요자 중심 교육, 교육과정의 운영 성과를 측정 분석하여 체계적으로 개선해 나가는 교육개

선의 개념을 포함하고 있다. 한국 공학교육 인증제에서는 인증 기준만으로는 구체성이 부족하여 기준에 따른 교육 프로그램의 운영이나 인증평가 수행이 어렵기 때문에 인증기준 이외에도 인증평가 판정가이드, 자체평가보고서 양식 등의 자료를 통해 인증기준을 보완하고 있지만, 본 연구에서는 핵심 자료인 인증기준(KEC2015)을 중심으로 CDIO 기준과 비교해 보았다.

III. CDIO와 한국 공학교육 인증기준 비교

1. CDIO 기준과 KEC2015 비교

Table 5는 CDIO 기준과 ABEEK 기준(KEC2015)을 비교한 표이다. 두 기준은 공학교육의 질을 향상시키고자 하는 공통의 목적을 가지고 있기 때문에 순서는 다르지만 대부분의 항목에서

Table 4 Criteria for accrediting engineering programs (KEC2015) (ABEEK, <http://abeek.or.kr/appraisal/eac>)

Criteria 1~8	summary description
1. Program Educational Objectives	The engineering program shall establish and periodically review program educational objectives
2. Program Outcomes	The engineering program shall establish in accordance with its program educational objectives program outcomes that indicate knowledge, skills, and attitudes of its students by the time of graduation
3. Curriculum	The engineering program shall provide an integrated curriculum that leads to the achievement of program outcomes. The curriculum shall satisfy minimum credit requirement of each subject area and be appropriately managed
4. Students	The engineering program shall demonstrate that its students are properly advised in the attainment of program outcomes
5. Faculty	The faculty shall hold relevant professional qualifications and actively participate in program improvement
6. Educational Environment	The engineering program shall build and maintain adequate environment, and the institution shall provide adequate support to the program
7. Program Improvement	The engineering program shall engage in continuous quality improvement
8. Program Criteria	The engineering program shall satisfy applicable program criteria listed below

Table 5 Correlations between CDIO Standards 2.1 and ABEEK Criteria (KEC2015)

CDIO Standards	ABEEK Criteria (KEC2015)							
	1. PEO	2. PO	3. Curriculum	4. Students	5. Faculty	6. Educational environment	7. Program improvement	8. Program criteria
1. The Context								
2. Learning Outcomes	◎	◎					○	
3. Integrated Curriculum		○	◎				○	○
4. Introduction to Engineering		○	◎					○
5. Design-Implement Experiences		○	◎					○
6. Engineering Workspaces						◎		
7. Integrated Learning Experiences		○	○				○	
8. Active Learning			○		○			
9. Enhancement of Faculty Skills Competence					○			
10. Enhancement of Faculty Teaching Competence					○			
11. Learning Assessment		◎	○				◎	
12. Program Evaluation							◎	

◎: Strong Correlation ○: Partial Correlation

빠짐없이 대응되는 항목들이 존재하고 교육의 성과를 측정 분석하여 지속적으로 프로그램의 개선을 추구한다는 기본 철학을 공유하고 있다고 할 수 있다. 반면에 차이가 명확한 항목도 발견되는데, KEC2015의 '기준 4. 학생'에 대응되는 항목이 CDIO 기준에서는 찾아보기 힘들다는 점이다. 이는 KEC2015가 프로그램 졸업생의 질을 보장한다는 인증의 요소를 중요시 하는데 비해 CDIO는 공학교육의 질을 향상시키려는 기관들의 자율적인 협의체이기 때문에 나타나는 차이점이라고 판단된다. 이 밖에도 CDIO 기준의 순서대로 KEC2015와의 비교 결과를 분석해 보면 다음과 같다.

1) CDIO 기준1. CDIO 맥락(context)에서는 개념-설계-구현-운용의 CDIO 개념이 제품/공정/시스템을 개발하는 엔지니어링의 원칙일 뿐만 아니라 공학교육에도 적용되는 기본맥락이므로 공학교육 프로그램 전반에 걸쳐서 이러한 원칙이 적용되고 있음을 확인할 수 있어야 한다고 규정하고 있다. 인증기준 KEC2015에서는 공학교육 프로그램이 지켜야 할 원칙을 인증기준의 각 항목에서 제시하고는 있지만 전체 인증기준을 포괄하는 기본 맥락이나 철학을 규정하는 부분은 없다고 할 수 있다. 한국 공학교육인증원에서도 수요자 중심교육, 성과중심교육과 교육 프로그램의 지속적 개선 등과 같이 인증제도가 지향하는 기본 철학을 홈페이지나 각종 교육자료 등에 제시하고 있지만 인증기준에는 이런 철학이 제시되어 있지 않다. 향후 KEC2015 인증기준의 개정 시에는 이를 인증기준에 명시할 필요도 있을 것으로 생각된다.

2) CDIO 기준2. 학습성과(Learning Outcomes)에서는 교육과정을 통해 배양해야 할 학생들의 역량을 명확히 설정해야 할 뿐만 아니라, 구성원의 요구를 반영하여 이를 정기적으로 검토하고 개정할 것을 규정하고 있다. 또한 구성원에는 교수, 학생 뿐만 아니라 동문 및 산업체 대표를 포함하고 있어서 한국 공학교육 인증기준 KEC2015의 기준1. 교육목표와 기준2. 프로그램 학습성과와 매우 유사하고 기준7. 교육개선과도 매우 밀접한 관련성이 있다고 볼 수 있다.

3) CDIO 기준3. 통합적 교과과정(Integrated curriculum)에서는 학생들의 개인역량, 대인역량, 제품/공정/시스템 구현 역량 등을 배양하기 위해 통합적 교과과정이 포함되어야 한다고 규정하고 있다. 여기서 통합적 교과과정이란 앞서 언급된 역량을 배양하기 위한 명확한 계획이 수립되어 있는 일련의 전공 교과목들로서 상호 보완적으로 도움을 주면서 긴밀하게 연계된 교과과정을 의미한다. 한국 공학교육 인증기준 KEC2015의 기준3. 교육과정에서는 공학주제 교육과정에 기초설계와 종합설계 교과목을 반드시 포함해야 한다고 규정하고 있고 프로그램 학습성과를 달성할 수 있도록 교과과정을 체계적으로 편성

하고 운영해야 한다고 규정하고 있다. 또한 공학교육인증 평가를 수행하기 위한 판정가이드나 자체평가보고서 양식 등을 통해서 설계교육과정에 포함되어야 할 요소를 구체적으로 제시하고 있어서 CDIO의 통합적 교과과정이 요구하는 요소를 일부 포함하고 있다고 볼 수 있다. 다만 전공 교과목들의 긴밀한 연계를 통해서 설계 및 시스템 구현에 필요한 전공지식과 전문역량뿐만 아니라 개인 및 대인 역량까지도 체계적으로 배양하도록 규정하고 있는 CDIO의 통합적 교과과정 기준은 우리나라 공학교육 현장에서도 참고할 만한 조항이라고 생각된다.

4) CDIO 기준4. 기초적인 공학 입문 교과목 (Introduction to Engineering)에서는 제품/공정/시스템을 초보적 수준으로 구현해 보는 엔지니어링 수련과정을 통해 개인 및 대인 역량을 배양하는 교과목을 이수하도록 규정하고 있다. 인증기준 KEC2015의 기준3. 교육과정에서는 공학주제 교과과정에 기초설계와 종합설계 교과목을 반드시 포함하도록 규정되어 있고 기초설계 교과목이 이와 유사한 교육목표를 가진 교과목이므로 기준4의 관점에서는 두 기준이 크게 다르지 않다고 볼 수 있다.

5) CDIO 기준5. 설계 및 구현 경험에서는 개념-설계-구현의 공학설계 과정을 기초와 고급 수준에서 경험해 볼 수 있는 교과목을 이수하도록 규정하고 있다. 인증기준 KEC2015의 기준3. 교과과정에서는 공학주제 교육과정에 기초설계와 종합설계 교과목을 반드시 포함해야 한다고 규정하고 있고 기준 8. 전공분야별 인증기준에서 9~12학점 이상의 설계 교과목을 이수하도록 규정하고 있어서 CDIO 기준5. 설계 및 구현 경험의 관점에서는 두 기준이 크게 다르지 않다고 볼 수 있다.

6) CDIO 기준6. 공학 실험과 실습을 위한 공간에서는, 제품/공정/시스템을 학생들이 직접 만들어 봄으로써 전공지식을 체감으로 습득할 수 있도록 지원하는 작업 공간을 갖추도록 규정하고 있다. 인증기준 KEC2015의 기준6. 교육환경에서는 프로그램의 운영을 위한 재정, 공간, 시설, 장비가 확보되고 관리되며 이를 위한 행정 및 교육보조 인력을 적절히 갖추도록 규정하고 있어서 CDIO 기준 6의 규정을 포괄적으로 규정하고 있다고 볼 수 있다. 다만, CDIO 기준은 실험과 실습 교육이 강조되는 공학교육의 특성을 반영하여 학생들이 직접 CDIO의 과정을 체험할 수 있는 공간의 확보를 명시적으로 규정하고 있으므로 한국 공학교육 인증에서도 이를 참고할 필요가 있다고 판단된다.

7) CDIO 기준7. 통합적인 학습 경험에서는 전공지식뿐만 아니라 개인역량, 대인역량, 제품/공정/시스템 구현 역량 등을 통합적으로 습득하는 학습 경험을 제공하는 교과목의 이수를 규정하고 있다. CDIO 기준3. 통합적 교과과정이 단순히 교과과정의 개설로 충족되는 것이 아니라, 교과과정에 포함된 개별 교과목이 긴밀히 연계되어 전공지식은 물론 학생들의 개인 및

대인역량 및 시스템 구현 역량이 체계적으로 배양되어야 한다는 규정이다. 한국 공학교육 인증기준 KEC2015의 기준3. 교육과정에서는 일정 수준이상의 설계 교과과정을 이수하도록 규정하고 있고, 기준2. 프로그램 학습성과와 기준7. 교육개선을 통해 학생들의 역량 성취도를 측정하고 분석하도록 규정하고 있어서 CDIO 기준7의 요구사항을 한국 공학교육 인증기준에서도 반영하고 있다고 판단된다. 다만, CDIO 인증기준에서는 핵심 요구사항인 개인역량, 대인역량, 제품/공정/시스템 구현 역량의 배양을 기준 3과 7에서 이증으로 점검하며 강조하고 있고, 전공역량(제품/공정/시스템 구현역량)은 물론 기본소양(개인역량과 대인역량)도 상호 연계된 전공 교과과정을 통해 체계적으로 배양하도록 규정하고 있는데 비해, 한국 공학교육 인증기준에서는 기준2. 프로그램 학습성과, 기준3. 교과과정, 기준7. 교육개선 등의 항목에서 전체 교과과정을 통해 모든 역량을 고르게 배양하도록 포괄적으로 규정하고 있을 뿐 전공 교과과정의 상호 연계성에 대한 강조가 없다는 점에서 다소 차이가 있다고 판단된다.

8) CDIO 기준8. 능동 학습에서는 능동적인 체험 학습법에 기초한 교수학습 활동이 이루어져야 한다고 규정하고 있다. 한국 공학교육 인증에서는 기준3. 교육과정을 평가할 때, 설계교과목이 학생들의 체험학습을 중심으로 운영되었는지를 평가하고 있고, 기준5. 교수진의 교육개선 활동을 통한 교수법 개선을 강조하고 있어서 능동적 체험학습에 대한 요구가 일부 포함되어 있다고 볼 수 있다. 다만, 한국 공학교육 인증기준에는 능동적 체험학습을 요구하는 명시적 규정이 없고 평가가이드나 자체평가보고서 양식을 통해 일반적인 교수법 개선을 요구하고 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다고 판단된다.

9) CDIO 기준9. 교수진의 역량 강화에서는 교수진의 개인역량, 대인역량, 제품/공정/시스템 구현 역량을 강화하기 위한 활동이 이루어져야 한다고 규정하고 있다. 학생들에게 이러한 역량을 가르치려면 교수진도 당연히 그러한 역량을 갖추어야 하고 교수진의 역량 강화를 위한 활동이 있어야 한다는 규정이다. 이 역시 한국 공학교육인증 기준에서는 기준5. 교수진의 교육개선 활동을 통해 이를 포괄적으로 규정하고 있을 뿐 CDIO 기준과 같이 명시적인 규정은 제시되어 있지 않다.

10) CDIO 기준10. 교수진의 교수역량 강화는 교수 본인의 역량 개발과는 별도로 학생들에게 이러한 역량을 효과적으로 가르칠 수 있도록 교수진이 교수학습법 및 성취도 평가법 등을 배워서 교육역량을 강화해야 한다는 규정이다. 이 역시 한국 공학교육인증 기준에서는 기준5. 교수진의 교육개선 활동을 통해 이를 포괄적으로 요구하고 있으므로 이를 일부 반영하고 있다고 판단되나 명시적인 규정은 제시되어 있지 않다.

11) CDIO 기준11. 학습성과 평가에서는 전공지식뿐만 아니라, 개인역량, 대인역량, 제품/공정/시스템 구현 역량에 대한 학생들의 성취도를 평가하고 분석하여 이를 지속적인 교육개선으로 연결해야 한다는 규정이다. 한국 공학교육 인증기준2. 프로그램 학습성과에서는 학습성과의 성취도를 측정하도록 규정하고 있고, 기준7. 교육개선에서는 측정 결과를 분석하여 지속적으로 교육을 개선하도록 규정하고 있으므로 두 기준이 크게 다르지 않다고 판단되는 부분이다.

12) CDIO 기준12. 프로그램 평가에서는 12가지 CDIO 기준에 대한 프로그램의 수준을 다양한 자료와 방법으로 평가하여 프로그램의 지속적 개선을 추구하는 시스템이 구축되고 운영되어야 함을 규정하고 있다. 한국 공학교육 인증기준에서도 기준1. 교육목표, 기준2. 프로그램 학습성과, 기준7. 교육개선 등이 유기적으로 연계되어 교육 프로그램의 지속적 개선을 이루도록 규정하고 있으므로 이 항목에서도 두 기준이 크게 다르지 않다고 판단된다.

2. CDIO Syllabus와 KEC2015 프로그램 학습성과의 비교

앞서 II장에서 기술한 바와 같이 CDIO 기준에서는 학생들이 교육과정 이수를 통해 습득해야 할 역량을 CDIO syllabus라는 개념으로 제시하고 있다. 앞서 Table 2와 Table 3에 제시된 바와 같이 CDIO syllabus는 교과서의 목차와 유사하게 1차 수준의 4개 대항목 이외에도 2차~4차 수준까지 제시되어 있으며 하위 수준으로 갈수록 학생들이 교과목 이수를 통해 습득해야 할 역량을 구체적으로 기술하여 제시하고 있다. 한국 공학교육 인증기준 KEC2015의 기준2. 프로그램 학습성과에서는 학생들이 교육프로그램 이수를 통해 습득해야 할 능력을 10개 항목으로 제시하고 이를 기준3. 교과과정을 통해 배양하도록 규정하고 있어서 KEC2015의 프로그램 학습성과가 CDIO syllabus에 대응되는 개념이라 할 수 있다.

Table 2와 Table 3에서 제시된 바와 같이 CDIO syllabus는 학생들이 습득해야 할 역량을 1~4차 수준까지 구체적으로 정의하여 제시하고 있지만 KEC2015의 프로그램 학습성과 항목은 하위 수준의 제시 없이 10개 항목으로만 구성되어 있으므로 본 연구에서는 CDIO syllabus의 2차 수준 17개 항목과 KEC2015의 프로그램 학습성과 10개 항목을 비교하여 유사성과 차이점을 파악해 보았다. Table 6는 그 비교 결과를 정리한 표이다.

Table 6에 제시된 바와 같이 CDIO Syllabus에 제시되어 있는 항목들 대부분은 KEC2015의 프로그램 학습성과 항목과도 같은 개념이거나 강한 연관성을 지닌다고 평가된다. 다만, '2.3

시스템적 사고’, ‘2.4 태도와 생각, 학습역량’, ‘3.3 외국어 의사소통’, ‘4.2 기업 및 비즈니스 맥락’, ‘4.3 개념화, 시스템 엔지니어링 및 관리’, ‘4.5 구현’, ‘4.6 운용’ 등의 항목은 한국 KEC2015 기준의 프로그램 학습성과에 명확히 대응되는 항목이 없거나 부분적으로만 연관성이 있는 것으로 평가되었다. 이를 조금 더 구체적으로 기술해 보면 다음과 같다.

1) CDIO Syllabus의 원본에서 ‘2.3 시스템적 사고’는 ‘통합적인 사고력’, ‘시스템의 발생과 상호작용’, ‘우선순위를 파악하여 선택하고 집중하는 능력’, ‘대립적인 요소들 사이에서 타협과 균형을 찾는 능력’ 등을 하위 요소로 포함하고 있는데 KEC2015에는 이를 구체적으로 명확히 제시하고 있는 학습성과 항목은 없다고 판단된다. 다만, 5번 항목의 ‘현실적 제한조건을 고려하여 시스템, 요소, 공정을 설계할 수 있는 능력’이 이러한 세부 역량들을 필요로 하므로 일부 연관성이 있다고 볼 수 있다.

2) ‘2.4 태도와 생각, 학습역량’에서는 ‘불확실성을 감수하고 기꺼이 결정을 주도하는 능력’, ‘인내심과 책임감, 지략과 유연성’, ‘창의적 사고’, ‘비판적 사고’, ‘자신에 대한 이해’, ‘평생학

습과 자기주도 학습’, ‘시간과 자원의 효율적 관리’ 등을 하위 요소로 포함하는 역량으로 정의되는데 이 역시 한국의 기준에는 이를 명확히 제시하고 있는 학습성과 항목이 없으나 5번 항목의 설계 능력, 6번의 팀워크, 10번의 평생학습 능력이 이를 일부 포함하고 있다고 할 수 있다.

3) ‘3.3 외국어 의사소통’은 ‘영어’, ‘이웃 국가 언어’, ‘기타 언어’ 등으로 의사를 소통할 수 있는 능력을 하위 요소로 포함하는데 이 역시 한국의 기준에는 이를 명확히 하지 않고 ‘다양한 환경에서 효과적으로 의사소통할 수 있는 능력’으로 표현하고 있어서 다양한 환경이란 표현 속에 이러한 외국어 능력이 일부 포함된다고 할 수 있다.

4) ‘4.2 기업 및 비즈니스 맥락’은 ‘다양한 기업문화의 이해와 수용’, ‘기업의 이해당사자와 전략, 목표에 대한 이해’, ‘기술창업’, ‘조직 내에서의 성공적인 업무처리’, ‘국제적 업무 처리’, ‘신기술의 개발과 평가’, ‘엔지니어링 프로젝트의 재무와 경제’ 등을 하위 요소로 포함하는 역량인데 한국의 기준에서는 이에 대응되는 학습성과 항목이 없다고 볼 수 있다.

5) ‘4.3 개념화, 시스템 엔지니어링 및 관리’는 ‘필요성과 최

Table 6 Correlations between CDIO Syllabus and Program Outcomes in ABEEK KEC2015

CDIO Syllabus	Program Outcomes in ABEEK KEC2015									
	1) Fundamental knowledge	2) Experimentation	3) Problem solving	4) Engineering Tools	5) Engineering Design	6) Teamwork	7) Communications	8) Societal Context	9) Ethics	10) Lifelong Learning
1.1 Knowledge of Math. & Science	◎									
1.2 Core Engineering Knowledge	◎									
1.3 Advanced Engineering Knowledge, Method & Tools	◎			◎						
2.1 Analytic Reasoning & Problem Solving		○	◎							
2.2 Experimentation & Investigation		◎	○							
2.3 System Thinking					○					
2.4 Attitudes, Thought & Learning					○	○				○
2.5 Ethics, Equity and Responsibility								○	◎	
3.1 Teamwork						◎				
3.2 Communications							◎			
3.3 Communications in Foreign Lang.							○			
4.1 External, Societal, Enviro. Context								◎		
4.2 Enterprise & Business Context										
4.3 Conceiving & System Engineering & Management					○					
4.4 Designing					◎					
4.5 Implementing				○	○					
4.6 Operating				○	○					

◎: Strong Correlation ○: Partial Correlation

종목표의 파악, '시스템의 기능, 개념 및 구조', '시스템 엔지니어링, 모델링과 인터페이스', '프로젝트 관리' 등을 하위 요소로 포함하는 역량인데, 이 역시 한국의 기준에는 이를 명확히 제시하고 있는 학습성과 항목은 없으나 5번의 설계 능력이 이를 일부 포함하고 있다고 할 수 있다.

6) '4.5 구현'은 '하드웨어와 소프트웨어 구현공정의 설계', '하드웨어와 소프트웨어 통합', '평가, 검증 및 인증', '구현 공정의 관리' 등을 하위 요소로 포함하는 역량인데, 이 역시 한국의 기준에는 이를 명확히 제시하고 있는 학습성과 항목은 없으나 4번 항목의 공학도구와 5번의 설계 능력이 이를 일부 포함하고 있다고 할 수 있다.

7) '4.6 운용'은 '지속가능하고 안전한 운영의 최적화와 설계', '훈련과 운용', '유지보수와 물류', '성능 개선', '제품 수명주기와 폐기', '운영 관리' 등을 하위 요소로 포함하는 역량으로 정의되는데 이 역시 한국의 기준에는 이를 명확히 제시하고 있는 학습성과 항목은 없으나, 전공 분야에 따라서는 4번 항목의 공학도구가 이를 일부 포함하고 있다고 할 수 있다.

위에서 살펴본 바와 같이 CDIO 기준에서는 syllabus와 교과과정의 밀접한 연계성을 매우 중요하게 다루고 있을 뿐만 아니라, syllabus를 상당히 구체적으로 제시함으로써 교육현장에서 syllabus를 교과목의 운영에 반영하기 쉽도록 제시하고 있다. 또한 학생들이 졸업 후 산업현장에 적응하면서 필요로 할 만한 실무적 역량 (리더십, 기업 문화의 이해, 생산 관리 및 공정관리 등)을 syllabus에 포함하고 있어서 수요자 중심의 교육과정 구성 및 운영을 용이하게 해주는 자료라고 할 수 있다. 반면에 한국의 인증기준에서는 프로그램 학습성과 10개 항목만을 인증기준에 제시하고 있을 뿐, 이에 대한 해설이나 세부적인 하위 항목들을 제시하지는 않고 있다. 한국의 공학교육 인증 평가에서도 학생들의 학습성과 성취에 초점을 맞춰 교과과정을 운영하고 그 성취도를 측정 분석하여 교과과정을 개선하도록 강조하고 있지만, 실질적으로 의미 있는 학습성과 중심의 교과운영과 성취도 측정을 통한 교육 개선이 이루어지고 있는 교육현장은 많지 않은 게 현실이다. 실제로 이와 관련된 인증평가 항목에서 다수의 결함 또는 미흡 판정이 발생하는 현상도 이와 무관하지 않다고 생각된다. (강상희·송동주, 2015) 이러한 결과는 일선 교육현장에서 프로그램 학습성과 개개 항목에 대한 구체적인 이해가 부족하여 교과목의 운영이 프로그램 학습성과와 밀접하게 연계되지 못하고 있는 점에서 비롯되었다고 생각되며 이를 개선하기 위해서라도 한국 공학교육 인증기준의 프로그램 학습성과 10개 항목에 대한 구체성을 보완하는 작업이 필요하다고 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 전 세계 120여개 대학이 교육의 질을 향상시키기 위해 이상적인 교육모델로 삼고 있는 CDIO 기준과 CDIO Syllabus를 한국의 공학교육 인증기준 KEC2015와 비교하여 보았으며 그 결과를 요약해 보면 다음과 같다.

1) 두 가지 교육모델은 구성원의 요구를 반영하는 수요자 중심 교육, 학생들이 교육과정의 이수를 통해 어떠한 성과(지식, 기술, 태도)를 얻게 되었나를 중요시 하는 성과 중심 교육, 이러한 성과의 평가와 분석을 통해 지속적으로 교육 프로그램을 개선하는 시스템의 구축 등을 공통적으로 요구한다는 점에서 두 기준의 기본 골격은 거의 동일하다고 볼 수 있다. 이는 공학교육인증 제도가 한국의 공학교육을 글로벌 스탠다드에 맞게 이끌었다는 점에서 ABEEK의 긍정적 성과를 확인시켜 준다.

2) 두 기준의 명확한 차이점으로는 CDIO 기준에는 포함되지 않은 학생지도나 졸업기준 등의 학사관리 규정과 재정 및 인력 지원에 관한 규정이 한국 공학교육 인증기준에는 포함되어 있다는 점을 들 수 있는데, 이는 인증이 교육 프로그램의 질을 보증하는 제도라는 특성에서 비롯된 차이라고 생각된다.

3) CDIO 기준에서는 CDIO 맥락(CDIO Context)를 그 첫 번째 기준으로 설정하여 교육 프로그램의 전체 구성원이 공유해야 기본 정신을 제시하고 있는데 비해, 한국 공학교육 인증기준에는 전체 인증기준을 포괄하는 기본 맥락이나 철학을 제시하는 부분이 없다. 한국 공학교육인증원에서도 인증제도가 지향하는 공학교육의 기본 맥락을 각종 교육 및 홍보자료를 통해 제시하고 있지만, 인증기준에서는 이를 찾아 볼 수가 없다. 향후 인증기준의 개정 시에는 이를 인증기준의 서문이나 본문에 제시할 필요가 있다고 생각된다.

4) CDIO 기준은 설계뿐만 아니라 그 이후 단계인 설계의 구현과 운용 단계까지를 포함한 교육을 강조한다는 점에서 한국 공학교육 인증기준보다 범위가 넓고 더 실무적인 교육을 지향한다고 볼 수 있다. 한국 공학교육 인증에서도 인증평가 판정 가이드나 자체평가보고서 양식 등을 통해 설계뿐만 아니라 제작, 시험, 평가의 단계까지도 설계교육의 구성요소에 포함하도록 요구하고 있지만 인증기준에는 이에 대한 근거 조항이 없다. CDIO 기준은 학생들이 설계-구현-운용의 단계를 경험하도록 규정하고 있을 뿐만 아니라, CDIO Syllabus에도 이와 관련된 실무적 역량들을 상세히 제시하고 있으므로 한국 공학교육 인증에서도 이를 참고하여 향후 기준을 개선할 필요가 있다고 생각된다.

5) CDIO 기준에서는 핵심 요구사항인 개인역량, 대인역량, 제품/공정/시스템 구현 역량의 배양을 기준 3과 7에서 중복하

여 강조하고 있고, 이를 상호 연계된 통합적 전공 교과과정을 통해 체계적으로 배양하도록 규정하고 있다. 한국 공학교육 인증기준에서도 기준2. 프로그램 학습성과, 기준3. 교과과정, 기준7. 교육개선 등의 항목에서 전체 교과과정을 통해 모든 역량을 고르게 배양하도록 포괄적으로 규정하고 있지만, 전공 교과과정을 통한 개인 및 대인역량의 배양을 강조하거나 상호 연계된 통합적 전공 교과과정을 특별히 규정하는 부분은 없다. 공학도들에게도 전공역량 못지않게 개인 및 대인 역량이 중요하므로, 이를 교양 교과목에만 의존하기 보다는 전공 교과과정의 체계적인 연계를 통해 이러한 역량이 심화될 수 있도록 교과과정을 편성하고 운영할 필요가 있다고 생각하며, CDIO 기준은 이를 위해 좋은 모델이 될 수 있을 것이다.

6) CDIO 기준에서는 개인 및 대인 역량, 제품/공정/시스템 설계 및 구현에 대한 교수진의 역량을 강화하기 위한 활동이 이루어져야 한다고 규정하고 있을 뿐만 아니라 이를 학생들에게 가르치고 그 성취도를 평가하기 위한 교수법 향상과 능동적 학습법의 도입 등을 별도의 항목으로 규정하여 강조하고 있다. 이 역시 한국 공학교육 인증기준에서는 기준5. 교수진의 교육개선 활동을 통해 이를 포괄적으로 규정하고 있을 뿐, 명시적인 규정이나 구체적인 요구 기준은 제시되어 있지 않다. 공학교육이 교수 중심의 'teaching' 개념에서 학생 중심의 'learning' 개념으로 바뀌어야 하는 상황을 감안하면, 공학교육 현장에서 역량 중심의 능동적 학습법을 확산시키기 위한 방안이 한국 공학교육 인증에도 포함되면 좋을 것이라고 생각된다.

7) CDIO Syllabus는 학생들이 교과과정을 통해 습득해야 할 역량들을 정의하거나 그 성취도를 측정하는 체계를 구축하는데 좋은 참고자료가 될 것으로 생각된다. 한국 공학교육인증원의 평가를 통해 인증을 취득한 프로그램에서도 교과과정을 통해 프로그램 학습성과를 배양하고 그 성취도를 평가하여 교육을 개선하는 성과 중심의 교육체계를 실질적으로 운영하는데 어려움을 겪고 있으므로, CDIO Syllabus를 참고하여 프로그램 학습성과의 평가체계를 개선할 필요가 있으며 한국 공학교육 인증에서도 향후 인증기준의 프로그램 학습성과를 개정할 때 참고할 필요가 있다고 생각된다.

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. CDIO INITIATIVE, <http://www.cdio.org/about>
2. CDIO INITIATIVE, <http://www.cdio.org/knowledge-library>
3. (사)한국공학교육인증원, <http://abeek.or.kr/program/total>
4. Edward F. Crawley, et al., The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education, Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark, 2011. <http://www.cdio.org/knowledge-library>.
5. (사) 한국공학교육인증원(2018). 2018년 인증평가 적용 공학교육인증기준 (KEC2015). <http://abeek.or.kr/intro>
6. (사)한국공학교육인증원(2018). 2018년도 KEC2015 인증평가 판정가이드. 2018년 평가단 업무 매뉴얼
7. (사)한국공학교육인증원(2018). 2018년 교육기관 자체평가보고서 양식(KEC2015). <http://abeek.or.kr/appraisal/template>
8. 강상희, 송동주(2015), "2014년 인증평가 결과 분석: EAC 프로그램의 결합 판정 사유를 중심으로", *공학교육연구*, 18(5), 32-41
9. Crawley, E. F., Malmqvist, J., Brodeur, D. R., Östlund, S., *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*, Springer-Verlag, New York, 2007.
10. Johan Malmqvist, A Comparison of the CDIO and EUR-ACE Quality Assurance System, Proceedings of the 5th International CDIO Conference, Singapore, 2009. <http://www.cdio.org/knowledge-library>
11. Anastasia Rynearson, CDIO and Accreditation in Japan, 2011. <http://www.cdio.org/knowledge-library>



이희원 (Lee, Hee-Won)

1979년: 서울대학교 기계설계학과 학사

1979-1987년: KAIST 대학원 석사, 박사

2004-2008년: 서울과학기술대 공학교육센터장

2010-2012년: 서울과학기술대 공대학장

2008-2015년: ABEEK 평가단장, 인증사업단장, 부원장

1984년~현재: 서울과학기술대학교 교수

관심분야: 공학교육, 공학교육인증

E-mail: fireroot@seoultech.ac.kr