

학습 성과를 기초로 한 공학교육연구 : 일반적 방법론 및 평생 학습의 예

윤우영*, 김명랑**

고려대학교 재료공학부*
고려대학교 공학교육연구센터**

(2004. 3. 2 접수)

Examples of outcomes Based Engineering Education

Woo-young Yoon*, Myoung-lang Kim**

*Div. of Materials Science and Engineering, Korea University**

*Engineering Education center in Korea University***

(received March 2, 2004)

국문요약

학습 성과를 기초로 한 공학교육은 반드시 한국공학교육인증원의 인증을 위해서 그 필요성이 존재하는 것은 아니다. 실제 공학 교육에서 교육의 개선과 발전을 위한 매우 유용하고 효과적인 방법임을 부인할 수 없으며 세계적 교육의 대세인 것이다. 본 연구는 학습 성과를 달성하기 위한 일반적인 교육 방법과 “평생학습”에 대한 예를 제시하고자 하였다. 학습 성과를 달성하기 위한 순서와 구성요소, 또 교육의 새로운 패러다임인 CQI(continuous quality improvement)를 달성하기 위한 소위 “close-the-loop”의 예도 제시하였다.

Abstract

Outcomes based engineering education is not necessary only for the accreditation by the ABEEK, but the actual improvement and enhancement of the engineering education. Also, it is the new and big trend in engineering education filed world widely. The new methodology for performing outcomes based education has been proposed for engineering education and the practical application for so called ‘life-long learning’ outcome has been presented. Furthermore, the way to “close-the-loop” for CQI(continuous quality improvement) in engineering education has been shown.

I. 서 론

한국공학교육인증원의 인증 평가뿐만 아니라 미국 ABET의 인증평가(EC2000) 등에서도 공학교육의 품질보증(quality assurance)은 새로운 조류로 정착되고 있고, 특히 '학습 성과와 평가'를 바탕으로 한 공학교육은 새로운 조류의 핵심으로 자리매김하고 있다. 그러나 학습 성과를 바탕으로 하는 공학교육방법에 대한 소개는 국내에는 매우 드물어 실질적인 의미의 교육이 시행되질 못하고 있다. 본 보고서는 학습 성과를 기본으로 하는 공학교육의 방법에 대해 설명하고 간단한 실시 예 또한 나타내려 한다. 본 연구에서 보여준 예는 극히 일부이며, 참고로 다양한 다른 가능성도 첨부하였다. 각 학과 및 교과목에서는 여러 참고 예를 검토하여 나름의 학습요소를 선택하는 것이 바람직할 것이다.

학습 성과란 일종의 교육 목표이다. 그러나 각 개별 교과목의 경우에는 학기를 마칠 때까지, 학과와 경우는 학생들이 졸업 시에 달성하였음을 입증할 목표이므로(EC2000), 통상의 의미로 사용되는 교육목표 보다 오히려 실제적이며 교육 현장에서 더 중요할 수 있다. 더욱이 인증제도 하에서는 제시된 학습 성과의 달성을 정량적으로 입증함을 요구하고 있고, 달성 후 평가를 통해 새로운 목표를 설정에 이용됨을 보이도록 즉, 소위 순환자율 구조를 요구하고 있어 올바른 시행이 쉽지는 않다(한국공학교육인증기준). 본 연구는 학습 성과의 수행을 위한 일반적인 방법론과 함께 이의 구체적 실시 예를 보임으로써 올바른 학습 성과의 실행에 도움이 되도록 하려 한다.

앞서 설명하였듯이 학습 성과는 각 개별 교과목에서도 실행하여야 하고, 또 각과(program) 단위로도 실행하여야 한다. 그러므로 동일한 학습 성과라도 수행 주체에 따라 방법이 달라야 한다. 본 연구는 학과(program) 단위에서의 학습 성과 교육과 개별 교과목의 경우의 예를 통해 수행 주체에 따른 차이점도 살필 것이다.

학습 성과는 교육목표의 일종이며, 각 교과목마다 또 각 교육 프로그램마다 나름의 내용을 결정

할 수 있다. 그러나 본 연구는 한국공학교육인증원, 미국공학교육인증원 및 국제 공학교육인증 협의체인 "워싱턴 어코드(Washington Accord)"에서 이미 공학 프로그램의 종류에 관계없이 필요하다고 공표되어 있는 학습 성과 즉, 다음의 12가지를 대상으로 연구를 하였고, 실시 예는 9번째 학습 성과인 "평생학습 능력"을 대상으로 연구하였다. 다른 학습 성과에 대해서도 본 연구에서 밝힌 일반적인 방법과 예를 응용 쉽게 적용할 수 있리라 사료된다.

한국공학교육인증원 인증기준 3에서 요구하는 학습 성과의 내용은 다음과 같다.

- (1) 수학, 기초 과학, 공학 지식과 이론을 응용할 수 있는 능력.
- (2) 자료를 이해하고 분석할 수 있는 능력 및 실험을 계획하고 수행할 수 있는 능력.
- (3) 요구된 필요조건에 맞추어 시스템, 요소, 공정을 설계할 수 있는 능력.
- (4) 복합 학제적 팀의 한 구성원의 역할을 해낼 수 있는 능력.
- (5) 공학 문제들을 인식하며, 이를 공식화하고 해결할 수 있는 능력.
- (6) 직업적, 도덕적인 책임에 대한 인식.
- (7) 효과적으로 의사를 전달할 수 있는 능력.
- (8) 거시적 관점에서 공학적 해결 방안이 끼치는 영향을 이해할 수 있는 능력.
- (9) 평생 교육에 대한 필요성의 인식과 평생 교육에 참여할 수 있는 능력.
- (10) 시사적 논점들에 대한 기본 지식.
- (11) 세계문화에 대한 이해와 국제적으로 협동할 수 있는 능력.
- (12) 공학실무에 필요한 기술, 방법, 최신 공학 도구들을 사용할 수 있는 능력.

12가지 학습 성과 중 (1), (2), (3), (4), (5), (12)는 기존의 공학교육 강의에서 달성할 수 있는 향들로 크게 낮설지 않으나(소위 "기술적 자질"), 나머지 향들은(소위 "비 기술적 자질") 그 필요성

은 인정하나 강의에서의 달성 방법과 평가 방법에 대해 익숙하지 않고 더욱이 소위 CQI (continuous quality improvement)를 위한 “close-the-loop”에 대한 방법도 쉽게 알려져 있지 않다. 특히 이를 위해서는 측정 가능한 학습 성과이어야 하는데 앞의 12가지의 경우 측정가능한 표현이 드물고 또 이들에 대한 평가 방법 (assessment tool)도 익숙하지 않다. 본 보고서는 이를 위해 학습 성과를 측정할 수 있는 성과요소(outcomes element, 또는 content)를 정의하고 Bloom의 지식 분류법(taxonomy)을 3단계로 축소하여 정의한 행위동사(action verb)를 합쳐 수행준거(performance criteria)를 결정하였으며 이의 측정법과 측정 기준(rubrics)을 보였다. 또한 궁극적으로 나타내어야 하는 “close-the-loop”를 위해 실시 예도 보였다. 비록 본 보고서가 몇 가지 실시 예만을 보였으나, 학습 성과 항목 중 실시가 익숙하지 않은 “평생학습 능력”을 선택하여 비교적 단계별 자세한 설명을 들으로써 본 예를 통해 쉽게 타 학습 성과의 올바른 실행을 할 수 있으리라 믿는다.

II. 학습 성과(outcomes)의 일반적인 표현 법

학습 성과는 교육의 직접적 목표라 할 수 있다. 동시에 자율순환 형 구조를 가져 교육의 CQI를 달성하는 구조를 이루어야 한다. 일반적으로 요구되는 학습 성과 자체로는 측정 가능하지 않으며 또한 CQI를 이루기도 어렵다. 그러므로 보통 각 학습 성과 별 다음의 하부구조(hierarchy)를 갖추어야 한다. 즉 학습 성과를 달성하려는 내용(contents)을 의미하는 “성과요소”와 달성하고자 하는 지식의 수준을 의미하는 “행위동사”를 결정하고 이를 합쳐 수행준거(performance criteria)를 결정하고 이를 측정할 수 있는 평가 도구(assessment tool)를 정하며 구체적인 채점기준(rubrics)을 설정하여야 한다. 다음에 단계별로 각 구조와 의미를 설명하였다.

학습 성과를 달성하기 위한 핵심적인 구성요소

소위 성과요소 (outcomes element, 또는 content)를 정한다. 이 때 성과요소들은 측정 가능한 것이 되도록 정하여야 한다. 여러 가능한 성과요소들 중 학습 성과(outcomes)를 잘 설명할 수 있는 것, 또는 프로그램용, 교과목용을 구별하고, 평가 도구(assessment tool)도 가능한 가 등을 살펴 결정하도록 한다.

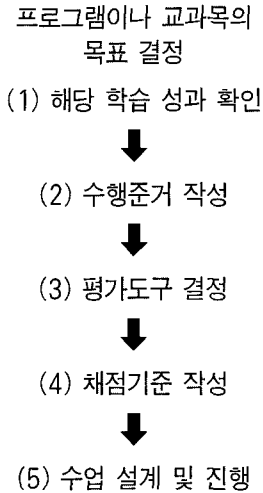
지식(값)에는 여러 등급(수준)이 있을 수 있다. 이를 행위동사 (action verb)로 구별하는데 보통 Bloom의 7단계 분류(taxonomy)가 많이 사용되고 있다. 지식, 이해, 적용, 분석, 종합, 평가, 가치판단으로 나누어지는데, 본 연구는 이들을 3단계 정도로 줄여 지식, 적용, 종합으로 분류하고 이를 “공학교육용 행위동사3단계 분류법”으로 칭하겠다. 3단계로 단순화시킨 행위동사의 예는 <표 1>에 정리하였다. <표 1>에 보인 행위동사들은 실험과 설계 및 수(數)식 사용이 많은 공학교육에 알맞은 것들의 일부 예이며 실제 적용은 각 교육의 특징에 맞게 선택되어야 한다. 그러므로 본 연구에서 보이고자 하는 학습 성과 중 소위 “비 기술적 자질”에 해당되는 것들은 표 1의 행위동사보다 종종 교육학에서(Anderson, L.W.2001) 제시된 일반적인 행위동사들이 더 잘 맞을 수도 있

<표 1> 공학교육 용 지식수준의 3단계 행위동사의 예

	지식	적용	종합
공학교육용 행위동사 (action verb) 의 예	이해한다. 서술할 수 있다. 설명할 수 있다. 요약할 수 있다. 도시할 수 있다. 표로 만들 수 있다.	만들 수 있다. 적용할 수 있다. 조작할 수 있다. 분석할 수 있다. 유도할 수 있다. 수(數)식화 할 수 있다. 모사(simulation) 할 수 있다.	설계할 수 있다. 평가할 수 있다. 개선할 수 있다. 비판할 수 있다. 모델화 할 수 있다.

다.

성과요소와 3단계의 행위동사 중 적절한 것을 합쳐 학습 성과를 구성하는 수행준거 또는 수행기준(performance criteria)을 작성한다. 학습 성과를 구성하는 hierarchy(단계)를 요약하여 그림



〈그림 1〉 학습 성과 실행 절차

내용:성과요소
수준:행위동사



〈그림 2〉 학습 성과 실행 확인을 위한 “Close-the-loop”

1에 나타내었다.

학습 성과를 바탕으로 한 교육의 핵심은 교육의 CQI를 이루어야 하며 이를 위해 소위 순환자율형 구조를 가져야 한다. 즉, 학습 성과에 대한 구조 이해와 함께 이를 이용한 교육이 측정, 평가 및 ‘feed-back’ 되어야 한다. 그럼으로써 모든 학습 성과는 “close-the loop”를 이룰 수 있다. 그러므로 모든 학습 성과 별로 CQI를 이루려면 일반적으로 교과목 및 프로그램 별 각 학습 성과 당 2-3개의 성과요소가 적당하며, 행위동사의 등급도 각 교과목의 수준이나 프로그램의 수준을 고려 결정하여야 한다. 수행준거 결정 후 적당한 평가 도구(assessment tool)를 고르고, 이의 등급 기준인 rubrics를 가능하면 자세하게 설정한다. 같은 학습 성과와 수행 준거라 하더라도, 프로그램용과 교과목용에 따라 평가 도구가 달라질 수 있다.

교육의 CQI를 요약 하면 다음과 같다. 즉, 우선 각 학습 성과별 목표치를 결정하고 수업 등 목표를 달성할 수 있는 다양한 시도를 하고 수행준거별 미리 전하여진 평가기준(rubrics)으로 달성 여부를 판단한다.

그 후 미리 예정된 주기대로 목표를 수정함으로써 자율순환형 구조를 이룰 수 있다. 이상과 같은

순서대로 나열하면 다음과 같다.

- (1) 해당 학습 성과 확인 성과요소와 행위동사를 이용 수행준거 결정
- (2) 평가도구를 결정한다.
- (3) 채점방법(rubrics)을 가능한 자세히 설계한다.
- (4) 가용 자원을 파악하고 수업을 설계, 진행한다.
- (5) 후속 절차로 자율순환형 구조를 완성한다.

위의 순서를 이용 각 학습 성과 별 “Close-the-loop”를 이룩하며 CQI를 실행할 수 있는 절차를 〈그림 2〉에 나타내었다. 본 일반적인 방법(모델)을 이용 구체적인 실행 예를 프로그램(과) 단위와 교과목 단위로 나누어 다음에 서술하겠다.

III. 학습 성과의 구체적 실시 예 (Model)

일반적인 방법론을 적용 구체적인 실시 예를 보임으로써 학습 성과의 실시 모델을 구축하려 한다. 본 예를 위해 전통적인 공학교육에서의 수행이 드물었던 “평생학습 능력”을 대상으로 모델을 구축하였다. 본 예를 통해 다른 학습 성과들은 오

〈표 2〉 평생학습 능력을 위한 성과요소의 예

성과 요소 (outcomes elements(contents))	(1)새로운 정보, (2)비판적 사고, (3)새로운 도구, (4)과학 역사, (5)자료정리, (6)새로운 장치(기술), (7)평생학습 선서(평생학습의 중요성을 이해하고 강조하기 위해 만든 code), (8)호기심
--	--

〈표 3〉 평생학습 능력의 달성을 위한 수행준거

수행 준거 (Performance Criteria)	1)새로운 정보를 검색할 수 있다. (2) 비판적 사고 능력을 보인다. (3) 새로운 지식, 기술, 장치 기계에 대한 거부감이 없다. (4) 새로운 지식, 기술, 장치 기계를 능동적으로 받아들인다. (5) 기술발전 속도에 대해 설명할 수 있다. (6)자료정리를 할 수 있다. (7) 호기심을 발표할 수 있다. (8) 호기심을 들어내는 것을 장피해 하지 않도록 훈련한다. (9) 호기심을 풀 수 있도록 행동한다. (10) 평생학습 신조를 암기할 수 있다.
---------------------------------	---

히려 수행이 용이할 것이라 사료된다.

1. 평생학습능력

평생학습능력은 비록 그 동안의 전통적인 공학교육에서 다소 간과된 경향이 있지만 변화하는 시대의 전문인으로서 또 새로운 세계를 이끌 지도자로서 분명 갖추어야 할 자질이며 능력이다. 실제 20세기 이후의 기술 발전의 역사를 보면 기존의 공학교육에서 평생교육의 중요성에 대한 인식과 이에 대한 참여의식 증진은 어떤 공학적 내용에 우선하여 모든 공학도들이 지녀야 할 능력이라 사료된다. 본 연구는 평생학습 능력에 대해 프로그램 단위의 실시 예와, 각 교과목에서의 실시 예를 각기 연구하여 두 질로 나누어 구별하였지만 학습 성과를 달성하기 위한 성과요소 (element, 또는 content)인 〈표 2〉와 행위동사 나아가서 수행 준거는 〈표 3〉에 함께 예로 모았다.

2. 학과(프로그램)용 실시 예

학과용은 교과목의 학습 성과의 평가가 학기말에 이루어져야 함과는 달리 졸업할 때까지 달성을 평가하여야 하므로 달성할 때까지의 시간적 여유는 오히려 많으나, 학과목에서는 실제 교수가 강의와 지도를 통해 또 학점 부여를 통해 직접적인 훈련이 가능한 것과는 달리훈련의 담당 주체가 종종 없을 수 있어 지도와 평가가 모호할 수도 있다. 그러므로 목표 설정과 평가를 담당할 조직이 있어야 하며, 학생 지도에 대한 특별한관심이 필

요하다. 또 종종 평가를 “설문조사”에만 의존하는 경향이 있을 수 있으므로 이에 대한 다양성을 확보하는 것도 필요하다. 본 연구에서는 보이는 모델은 극히 일부의 최소 수준의 예에 불과함을 먼저 밝힌다.

가. 평생학습 능력에 대한 프로그램 학습 성과 실시 예

- Performance Criteria (수행준거, 성과요소 + 행위동사):평생학습 신조를(Code of life-long learning ability) 서술할 수 있다.
- Assessment Tool:필기 시험, 구두 시험, Exit Interview, 졸업생 설문조사
- Rubrics:code를 암기하고, 설명할 수 있는 정도

상 : code 전체를 완전히 암기하며 그 뜻을 설명하는데 막힘이 없다.

중 : code 전체를 암기는 하되 뜻을 충분히 설명하지 못한다.

하 : code 전체를 대충 암기하고 있다.

■ “Close-the Loop” :

(ㄱ)목표:프로그램에 속한 학생의 50% 이상 등급을 받고 졸업할 수 있도록 한다

(ㄴ)실행:각 교과목 시간에 code를 설명하고 암기하도록 장려한다.(강의 학점에 반영하도록 장려한다) + 학과 소개서, 홈페이지 등에 code를 게재하여 모든 학생들이 자주 접할 기회를 제공한다. + 축제 등의 시기에

학과 내 암기대회 등을 시행한다.

- (ㄷ) 측정(measure): 예비졸업생 대상의 시험(구두, 필기), Exit interview와 survey등을 통해 code의 서술 정도를 정량적으로 측정한다.
- (ㄹ) 평가: 최초 목표로 정한 암기율의 달성 여부를 판단 3년 주기로 새로운 목표치를 제정한다. 학과 내 상설 조직인 평가위원회가 매년 결과를 수집하고 매 학기 학과 운영위원회에 보고 목표달성을 추구한다.
- (ㄴ) 공개: 평생학습 신조 달성률을 학과 소개서, 홈페이지, 외부자료 등에 공개 널리 알린다.

나. 실시 예

- Performance Criteria: 기술 발전의 속도 및 중요성을 이해한다.
- Assessment Tool: Exit interview, Focused Group, 졸업생 survey
- Rubrics: Exit Interview, Focus Group, 졸업생 survey에서 나타난 졸업생의 의식

상: 기술 발전의 속도와 변화에 대한 중요성을 잘 이해하고 있으며 이에 대한 적극적인 적응 의지도 나타내고 있음. 전문학회지/학술월간지/시사저널 등을 구독하고 있으며 졸업 후 평생 교육에 동참할 의지도 보임.

중: 기술 발전의 속도와 변화에 대한 중요성은 이해하고 있으나 이에 대한 적극적인 적응 의지가 약함. 전문학회지/학술월간지/시사저널 등을 자체구독은 하지 않으나 주기적으로 열람은 하고 있음. 졸업 후 평생 교육에 동참할 의지가 다소 부족함.

하: 기술 발전의 속도와 변화에 대한 중요성을 어느 정도 이해하고 있지만 이에 대한 적극적인 적응 의지가 약함. 전문학회지/학술월간지/시사저널 등을 가끔 볼 뿐, 능동적으로 구독하거나 열람할 의지가 약함. 졸업 후 평생 교육에 동참할 의지도 없어 보임.

- “Close-the Loop”:

(ㄱ) 목표: 졸업까지 전체 졸업생의 30% 이상이 “상” 등급이며, 졸업 후 3년 이내의 결과

에서는 25% 이상은 “상” 등급을 유지하도록 한다. 졸업 시 학생 전체의 30% 이상이 1개 이상의 전문학회지/학술월간지/시사저널을 자체 구독하도록 한다.

- (ㄴ) 실행: 각 교과목에서 이 부분을 강조한다. 학과 홈페이지에 학생들의 기술 발전에 대한 칼럼을 연재케 하고 우수 칼럼에 시상한다. 학과 소개나 소식지에 학생 기고문을 연재 한다. 축제 시 동일 주제의 백일장 등을 열어 시상하고 이를 널리 홍보한다. 전문학회지/학술월간지/시사저널의 구독을 장려하기 위해 유도한다.
- (ㄷ) 측정: Exit Interview, Focus Group, 졸업생 Survey의 결과를 정량적으로 분석한다.
- (ㄹ) 평가: 매 4년 마다 목표 달성 여부를 판단하고 (학과 평가위원회), 새로운 목표를 설정한다. 목표 달성이 안 되는 경우, 각 교과목에 본 학습 성과의 가중치를 높이고, 우수 학생에게 학과 차원의 지원을 늘려 목표 달성을 유도한다.
- (ㄴ) 공개: 목표와 달성 정도는 학과 홈페이지, 학과 소개서 등에 공개한다.

3. 교과목의 실시 예

각 교과목에서는 한 학기 강의 종료 후 측정하고 그 결과를 평가하여야 하므로, 비교적 빠르고 명확한 순환 자율형 구조를 구축할 수 있다. 또한 학기 종료 후 최종학점에 반영할 수 있으므로 혼용도 효율적일 수 있다. 그러므로 목표 설정과 평가 방법 및 기준에 대한 고려가 손쉽다. 이러한 장점들을 고려 수행준거를 작성하는 것이 좋다.

가. 평생학습 능력에 대한 각 교과목 별 실시 예

- Performance Criteria: 새로운 정보를 검색할 수 있다.
- Performance tool: 리포트, survey, 시험 (구술 및 필기)
- Rubrics: 검색시간 3단계, 검색방법의 다양성, 정보의 수준(개념, 응용, 가치판단) 리포트 제출 기한: (상(2-3일), 중(3-5일), 하(1

주일 이상))

검색방법의 수(다양성):(상(3가지 이상), 중(2가지), 하(1가지))

시험:검색정보의 수준(상(가치판단 까지 진행됨), 중(응용정보 수준), 하(단순 정보의 나열))

전체 rubrics: 리포트 due time 30%, 검색 방법의 다양성 30%, 시험 40%의 가중치를 부여최종학점에 반영

■ “Close-the Loop”:

- (ㄱ) 목표:수강생의 50%이상이 B이상을 받을 수 있도록 한다.
- (ㄴ) 실행:강의 중 숙제 부여 및 중간, 기말 시험을 통해 판단.
- (ㄷ) 측정:정해진 채점 방법들을 통해 정량적으로 평가.
- (ㄹ) 평가:매 3년 주기로 목표 달성 여부 판단. 부진 시 강의 내용에 더욱 강조. 다양한 검색 방법 유도 등
- (ㅁ) 공개:강의 요목, 일람 등에 목표와 달성 여부 매년 공개.

나. 실시 예

- Performance criteria:비판적 사고 능력이 있다.
 - Performance tool:시험(구술, 필기), portfolio, focused group
 - Rubrics:시험과 portfolio 등을 통해 다음과 같은 사실을 보여줌.
- 상:도구나 기술의 발전에 대한 동기, 내용에 대해 잘 파악하고 있을 뿐만 아니라 다른 가능성(“what if”)에 대한 자신만의 의견을 자주 보여줌. 그룹토의나 portfolio 등에서 자신의 견해 및 창의적 사고를 보임.
- 중:도구나 기술 발전의 동기와 내용(결과물)의 관계는 잘 파악하고 있으나 자신의 의견이나 다른 가능성에 대한 창조적 사고는 부족함.
- 하:도구나 기술의 내용은 잘 알고 사용가능하나 그 원인(동기)에 대해 잘 모르고 있고, 다른 가능성에 대한 자신의 의견도 잘 보여주지 못함.

■ “Close-the Loop”:

- (ㄱ) 목표:학생들의 30%는 상 등급을 받고 과목 수강을 마치도록 한다.
- (ㄴ) 실행:수업 중 여러 예를 보여주고, 자식들만의 생각을 발표 작성할 수 있는 동기 부여 와 기회를 제공한다. 비판적 사고의 중요성과 이에 따른 평생학습의 필요성을 강조하고 학점 평가 시 반영함을 강조한다.
- (ㄷ) 측정:시험(필기, 구두)을 통해 본 항에 대한 수준을 살피고, portfolio를 통해 학생 개인의 성장 과정을 파악한다. Focused group 관찰을 통해 개인의 성과를 파악한다.
- (ㄹ) 평가:처음 설정한 목표와 비교 검토하여 3년 주기로 목표를 개정한다. 목표를 달성하지 못하였을 경우 강의 중 비판적사고의 중요성에 대한 예 제시를 늘리고, 최종 부여 학점에 이 학습 성과 요소의 가중치를 높여 학생들이 더 큰 관심을 갖도록 유도한다.
- (ㅁ) 공개:강의 요목과 학과 일람에 목표를 공개하고, 학생들의 결과 중 좋은 것을 예제로 공개한다.

다. 실시 예

- Performance Criteria: 기술발전의 속도에 대해 설명할 수 있다.
- 컴퓨터, 통신기기, 반도체, 수송기기(자동차, 기차, 선박, 비행기 등), T.V., 라디오 등 기계 및 전자기기의 변화 흐름과 발전 방향을 논리적으로 이해한다.
- Assessment Tool:필기, 구두시험, report
 - Rubrics:필기 및 구두, report로 다음과 같은 사실을 보여줌.
- 상:다양한 (2개 이상) 특정 기기에 대한 변화를 잘 정리하고 있으며 각 변화의 특징과 변화 주기에 대한 속도 또 나아가서 앞으로의 변화 방향도 나름대로 파악하고 설명할 수 있다.
- 중:1개 정도의 기기에 대한 변화를 파악하고 있으나, 변화의 이유나 각 시대별 특징 미래의 진행에 대한 예측 등의 통찰력을 보이지 못함.

하: 1개 정도의 기기에 대한 변화를 겨우 파악하고 있고, 변화의 특징과 변화의 속도에 대한 정량적 이해가 부족함.

■ “Close-the Loop”:

- (ㄱ) 목표: 전체 학생의 20%는 “상”, 50% 이상은 “중” 등급을 받고 학기를 마치도록 한다.
- (ㄴ) 실행: 수업에서 기술 발전과 변화의 예를 설명하고, 발전 속도 및 변화의 방향에 대해 설명한다. 시험에서의 결과와 나름대로 선정한 기기에 대한 독자적인 자료 검색 등을 통해 제출한 숙제(report)를 통해 각 학생의 이해 정도를 측정한다.
- (ㄷ) 측정: 앞서 설정한 rubrics에 의해 상, 중, 하의 등급을 부여하고, 각 과목의 타 학습 성과와 함께 성과별 가중치를 고려 학점에 반영한다.
- (ㄹ) 평가: 처음 설정한 목표와 비교 검토하여 3년 주기로 목표를 개정한다. 목표를 달성하지 못하였을 경우 최종 부여 학점에 이 학습 성과 요소의 가중치를 높여 학생들이 더 큰 관심을 갖도록 유도한다.
- (ㄹ) 공개: 강의 요목과 학과 일람에 목표를 공개하고, 학생들의 결과 중 좋은 것을 예제로 공개한다.

개발할 가능성을 보이는 것을 본 연구의 목표로 하였다. 지식의 taxonomy 또한 3단계로 충분하다고 할 수 없으며, 행위동사의 예도 충분하다고 할 수 없다. 그러나 공학교육 용 3단계 분류에 의한 행위동사 소개는 우리나라에서의 첫 보고이며, 본 예를 통해 각 연구자가 알맞은 행위동사와 지식수준을 결정하는데 도움이 될 것이라 사료된다. 수행준거의 결정도 각 프로그램 및 교과목에 맞는 것으로 결정하여야 하나, 본 예를 통해 측정가능성의 요소가 매우 중요함을 밝히고, 그로 인해 소위 순환자율형 구조를 완성할 수 있도록 결정하여야 함을 보였다. 학습 성과 중 평생학습 능력을 선택 구체적 실행 예를 프로그램 및 각 교과목 단위로 나눠 제시함으로써 다른 학습 성과에도 본 모델이 적용될 수 있도록 하였다. 본 연구를 통해 학습 성과의 올바른 수행과 이를 통해 교육의 CQI가 달성될 수 있기를 목표로 하였다.

감사의 글

본 연구는 산자부 지원 한국공학교육연구센터의 연구지원으로 달성되었으며, 저자 중 윤우영은 고려대학교특별연구비(2003년)의 지원을 통해 연구를 진행하였으며 이에 감사드립니다.

VI. 결 론

본 연구는 학습 성과를 실행하는 방법을 구체적으로 보여주기 위해 진행하였다. 이를 위해 학습 성과를 구성하는 구성 요소를 단계적으로 살폈고, 실제 실행하는 예를 보임으로써 구성 요소의 의미를 구체적으로 보였다. 학습 성과를 달성하기 위한 구체적인 성과요소(outcomes elements, contents)는 본 연구에서 보인 것으로 충분할 수는 없다. 그러나 본 예를 통해 유사한 요소들을

[참고 문 헌]

EC2000, ABET Criteria.
 한국공학교육인증 기준, 기준 3, 한국공학교육인증원 문서번호 ABEEK-N-2000-2.
 Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing. Pearson Education.