

# 미국 대학 기계공학 실험교육 분석 및 제안

박찬일<sup>†</sup>

강릉원주대학교 기계자동차공학부

## Analysis and Suggestion on Experiment Education in Mechanical Engineering of Universities in USA

Chan IL Park<sup>†</sup>

School of Mechanical & Automotive Engineering, Gangneung-Wonju National University

### ABSTRACT

This work investigated experiment education in mechanical engineering of universities in USA. Through the investigation, characteristics of each university were analyzed. Finally, the study suggested new contents of experiment education, full-time professors and staffs for experiment, cooperation with design and experiment education, and incentive for the development of experiment education.

**Keywords:** Engineering education, Experiment education, Mechanical engineering, Analysis

## I. 서 론

실험 교육은 이론 교육을 토대로 공학 개념을 직접 체험할 수 있어서 중요하다. 실험교육은 시대에 맞게 개편되어야 하고 그에 따라 계속적인 관심과 투자도 병행되어야 한다. 그러나 실험 교육의 현실은 그렇지 못하여 과거로부터 문제점을 지적 받아 왔고, 그 한 예로 (이규정, 1996)는 과목 프로그램의 부재, 시설 및 기자재의 부족 및 노후화, 장비의 유지보수비 지원이 없고 실험재료비 부족을 포함한 재정지원 결여, 실험 전문요원 및 조교의 지원 미비, 교수 인력 부족, 실험 기회의 부족과 저 학점 배정에 대한 학생의 무관심으로 공학실험교육의 위기 상황이라고 지적하고 있다. 이러한 문제점 지적에도 불구하고 그 개선은 좀처럼 이루어지지 않았으며, 실험 교육에 대한 연구도 많지 않았다. 현재까지 발표된 논문으로 실험 교육 교과 과정에 대한 연구 (이시복·황상문, 2000), 학부공학교육에서 실험의 역할(Feisel et al, 2005) 등이 있으며, 특히 실험 교육의 내용 개선에 대한 연구는 보이지 않는다.

앞서 언급한 문제점 이외에 실험 교육은 실험 시간에 짧은 실험 내용의 소개로 인한 실험 이론의 이해가 부족하며, 실험 보고서 작성으로 학점의 두 배 이상의 노력이 들어가고, 조 단

위 실험과 실험 보고서 작성 미숙으로 성적의 변별력이 부족해서 노력에 비해 성적의 상관관계가 크지 않아 학생들이 기피하는 경향이 있다.

다른 문제점으로 실험과목 운용 면에서 학과교수 책임시수 대체용으로 사용되는 경우가 있고, 실질적인 주 담당교수가 정해져 있지 않아 과목의 연속성이 결여되어, 실험 내용면의 개선이 잘 이루어지고 있지 않고 있다.

그러므로 이 연구에서는 기계공학 실험에 대해서 외국의 주요 사례를 조사 분석을 통하여 국내 대학의 실험 교육의 방향을 제시하고자 한다. 이 연구는 미국의 주요 연구중심대학과 학부중심대학중 사례를 직접 접할 수 있는 대학인 MIT, University of Connecticut, UCLA, CalTech, Harvey Mudd College, Georgia Tech을 대상으로 외국대학의 출장 사례조사와 외국대학 교수에게 e-mail 문의, 국외 대학의 홈페이지 조사를 통하여 이루어졌다.

## II. 미국 대학 실험교육

### 1. MIT

MIT는 Measurement and Instrumentation과 Micro/Nano Engineering Laboratory 두 개의 실험 과목에 대해 조사하였고 각 과목에 대해 실험 항목, 내용, 장비들을 소개한다.

Received June 01, 2011; Revised July 03, 2011

Accepted August 23, 2011

<sup>†</sup> Corresponding Author: pci@gwnu.ac.kr

**Table 1 Measurement and Instrumentation of MIT**

Experiment	Contents	Equipment
Stress Strain Experiment	superelastic wire (NiTi)의 저항-변형률 특성과 응력-변형률을 측정하고, 급속의 응력-변형률 곡선의 기초를 이해시킨다.	50mm maximum travel micrometer with Mitutoyo gauge, Mitutoyo laser scan micrometer, S-beam load cell
Laser Interferometry	Laser interferometer에 의해 간섭 패턴을 얻고 선형과 중복 주파수를 위한 Fourier 스펙트럼을 보여준다.	Hughes He-Ne laser, Hamamatsu photomultiplier
Volumetric Fluid Flow Measurement	속도 구배를 결정하고 vortex shedding을 연구하며 hot-film anemometer는 열대류에 근거한 가스 속도를 측정한다.	Dry nitrogen gas, Flow tube, Pilot probe with pressure gauge, TSI hot-film anemometer system
DC Motor Characteristics	두 개의 DC 모터의 특성과 동적 토크를 측정한다.	Optical tachometer, Digital load cell
Muscle Force Experiment	근육에 전기적인 신경신호와 근육힘 사이의 관계를 결정한다.	두 개의 로드셀을 장착한 크로스바를 가진 광학 테이블, EMG preamplifier와 EMG Sensor
Electro-Mechanical System Experiment	계단 함수와 사인 함수 입력에 대응하는 시스템 응답을 측정한다.	Clamped stainless steel beam, 감쇠를 공급하는 Dashpot linear actuator comprising coil, Inductive position sensor
Sound Speed Experiment	미지의 기체와 혼합물에서 소리 속도를 측정한다.	Two B&k microphones, JVC speaker, Mitutoyo height gauge
Go Forth and Measure	아이패드 터치 민감도 혹은 펜싱 칼끝의 가속도 등의 흥미 있는 대상을 직접 측정한다.	실험에 따라 결정

**Table 2 Micro/Nano Engineering Laboratory of MIT**

Experiment	Contents and Equipment
Fun With Molding	실리콘 고무PDMS로 리소그래피(soft lithography)를 사용하여 microfluidic 장치를 제조하고, 장치의 특성을 이해하며 측정한다.
Atomic Force Microscopy (AFM)	원자현미경 AFM이 어떻게 작동하고 작동하는 법을 배운다. 이 과정에서 정량적인 측정 결과를 가능하게 하고 AFM으로부터 출력신호를 교정한다. AFM을 사용하여 여러 다른 샘플의 영상을 얻고 그 결과를 다른 수단에 의해 얻어진 영상 결과와 비교한다.
Superhydrophobic Carbon Nanotube Carpet	열 CVD(Cheical vapor deposition)기계가 어떻게 작동하고 그것을 안전하게 작동시키는 것을 배운다. 또한 CVD 노와 SEM을 사용하여 카본 나노튜브의 영상을 얻고 성장시키며, 물 한 방울이 CNT carpet 위에서 어떻게 거동하는 지를 관찰한다. 시험장비는 Sabretube furnace 와 컨트롤러, Pre-heater와 컨트롤러, Gases and gas proportioner, Substrate with catalytic layers이다.

가. Measurement and Instrumentation

이 과목은 기계과 필수 코어 과목으로, 제한된 학생만이 등록할 수 있는 로또 과목으로 소개하고 있고, 재료역학I, II 및 물리II가 선수과목이다. 힘, 변형률, 온도, 유량, 가속도등 물리적인 변수의 측정 및 관찰을 위한 실험 기술을 습득하게 한다. 측정회로, MEMS 센서, Fourier 변환, 선형 비선형 회귀, 확률 밀도함수, 전기 임피던스 해석, 전달함수, 컴퓨터 이용 실험, 실험리포트 등을 강조하고, 오실로스코프, 전기회로, 스트레인 게이지, 열전대, 디지털 레코더, 레이저 등의 전형적인 실험 장치를 다루게 한다. 또한 학생들에게 개인적으로 관심이 있는 실험을 할 수 있는 기회를 준다. 교과목에서 제공하는 실험명과 내용 및 장비는 Table 1과 같다.

나. Micro/Nano Engineering Laboratory

이 교과목은 기계공학의 새로운 분야인 microfluidics, micro-thermal systems, MEMS, nanomaterials, SEM, TEM 및 AFM을 포함한 imaging 도구의 기본 개념의 이해를 주기 위함

이다. 이를 위하여 마이크로 나노 구조물을 제작, 관찰, 조작을 통해 실제적인 지식과 경험을 주고, 작은 스케일로 실제적인 유체, 열 및 동적 시스템에 공학적인 지식을 적용하는 방법을 가르친다. 각 실험 내용을 Table 2에 기술한다.

2. University of Connecticut

Connecticut 대학의 Introductory Thermal-Fluids Lab과 Measurement Techniques 실험과목에 대해 조사하였고, 그 내용을 소개한다.

가. Introductory Thermal-Fluids Lab

이 과목은 기계공학에서 주로 열-유체 영역에서 선택된 실험과 실험방법을 소개하는 전공 필수과목이다. 이를 위하여 압력, 온도, 유동측정 장치의 사용 및 조사, 컴퓨터 사용을 포함한 데이터 수집과 해석, 바람직한 실험설계의 원칙을 다룬다. 실험 목록 중 중요 실험을 다음에 기술한다.

**Table 3 Basic Mechanical Engineering Lab of UCLA**

Experiment	Contents	Equipment
Strain Measurement	스트레인 게이지 로제트를 사용하여 비틀림, 굽힘과 조합 하중 하에 있는 알루미늄 토크 튜브의 변형을 측정한다.	Aluminum torque tube, Two strain gage rosettes
Stress Analysis	광탄성과 스트레인 게이지를 사용해서 하중을 받고 있는 아치에서 응력 분포를 결정한다.	Aluminum arch, Fowlkes pneumatic controller, Load application cell, Vishay/Ellis Model 21 strain-gage balancer/indicator
Otto-Cycle Engine	Otto cycle 자동차 엔진의 성능을 조사하며, 특히 작동 조건의 함수로서 에너지 평형, 토크, 동력, 연료소비율, 배출 가스를 측정한다.	2003 GM Northstar L37 engine (8 cylinder V design)
Shaft Critical Speeds	회전하는 축의 위험속도를 측정하고 근사화된 수학적인 모델에 의한 해석적인 예측결과와 비교한다.	Bosch electric motor(DPB 23V)에 의해 구동된 steel shaft, Ewe RC441 speed control, Fiber optic displacement sensor(Philtec. RC90)
Data Acquisition	열전달 연구에서 데이터 수집과 처리를 위해 개인용 컴퓨터를 사용한다.	DAISYLab Data Acquisition System, A/D conversion module 등
Two-stream Heat Exchanger	이중 튜브, 물로 채워진 열교환기의 효과를 측정하고 이론 값과 비교한다.	Brass, Glass tube, Electrical heaters, Digital thermometer
Refrigeration	Freon 12 refrigerator의 성능을 조사한다.	Refrigeration training unit
Flow, Pipe Flow and Temperature Measurement, Hot Wire Anemometry etc.	여러 가지 유체 측정 장치의 유속, 압력, 파이프에서 마찰, 온도, 풍동에서 공기속도를 측정한다. 이 밖에 Centrifugal pump 실험이 있다.	각각의 실험장치

**Table 4 Mechanical Engineering Lab of Caltech**

Experiment	Contents and Equipment
Cantilever Beam	Cantilever Beam의 처짐, 변형률, 고유진동수, 감쇠, 진동을 측정한다. 필요장비는 Strain indicator, Pulley system, Strain gauge selector, Hammer이다.
Stress Strain	인장하중에 의한 변형의 기본 과정을 이해하고, 응력변형률 곡선으로부터 여러 가지 금속의 기계적인 특성을 파악한다. 금속을 어닐링(annealing)하는 것이 기계적인 거동에 어떻게 영향을 미치는가를 결정하며, Scanning Electron Microscope (SEM)를 사용하여 파괴된 표면을 조사하고 파괴의 기구를 결정한다.
Coupled Oscillators	실험 장치는 질량-스프링-감쇠 시스템의 동적 응답을 조사하기 위해 설계되고 입력 신호는 여러 가지 주파수의 사인 함수이다. 두 질량의 움직임은 LVDT로 측정한다.
Fuel Cell	작은 연료전지의 형식에 따른 특성을 조사한다.
Inverted pendulum	전자-기계시스템의 제어 시스템을 조사하는 데 사용된다.
Turbo-machinery	유동과 작동 속도의 함수로써 하중을 받는 팬의 기본적인 거동과 성능을 측정하고 기본 유체 역학과 그 거동을 연결시킨다.
Free and Forced Convection etc.	강제와 자유 대류에 대한 원리와 그 차이를 이해하고 자체 설계한 실험 장치로 시험한다. 그 밖에 Air jet, Boiling heat transfer, Solar energy 변환이 있다.

- 1) 아날로그 신호의 Digital sampling  
아날로그 신호의 수집과 컴퓨터로 디지털화 하는 과정과 그 과정에 영향을 주는 요인을 검토한다. 필요장비는 Analog signal generator, Oscilloscope, National Instruments data acquisition system, DAQ system interface box, Computer이다.
- 2) Temperature, Pressure, Fluid Flow Measurement  
여러 가지 온도 측정 방법, 압력측정 장치들의 압력 측정과 DAQ의 사용, 여러 가지 유체 흐름 측정 장치를 사용하여 각각의 물리량을 측정한다.
- 3) Fuel Cell Lab  
Proton Exchange Membrane H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 연료전지의 작동을 알

기위해 시스템의 실제 전압과 결과물을 측정한다.

나. Measurement Techniques

이 과목은 기계과 전공필수 과목으로 전자기계 트랜스듀서(electro-mechanical transducers)의 적용과 해석에 관계된 측정이론의 교육과 실습을 한다. 응력, 변형률, 압력, 힘, 변위와 주파수를 측정하는 방법, 구동 포텐셜과 시스템 응답사이의 위상 관계의 결정, 실험데이터 해석에 통계적인 방법의 사용을 다룬다.

- 1) 탄산음료 캔의 내부 압력 평가

Table 5 Experimental Engineering of HMC

Experiment	Contents
Bucket experiment	실험의 목적은 상점의 창에 구매자를 끌기 위해 진동하는 장치를 설계하는 것이다. 이 장치는 물로 채워진 원통 컨테이너에 부착된 두 개의 디스크로 이루어져 있다. 전체 전시물은 구리선에 매달려 있고 초기 각 변위로 비틀려서 진동하도록 한다. 학생들은 설계 제한 사항을 맞추기 위해 장치(와이어의 직경, 길이, 물 깊이 등)를 설계하도록 요구한다.
Bending of beams	정정계 보와 부정정계 보의 응력과 변형, 처짐을 측정하고 Maxwell's reciprocal theorem을 적용해 본다.
Heat exchanger	열교환기를 설계하며 co-current flow, counter-current flow, mixed flow에 대해 전체 열전달 계수를 최적화 한다.
Fluid mechanics	농업 스프레이 시스템을 설계하며, 실험적으로 파이프에 마찰계수를 결정하며, 압력 스펙을 맞추기 위해 파이프 크기를 선택한다.
Digital logic	광학 엔코더를 가진 DC 모터에 부착된 링크의 각 변위를 모니터 하는 회로를 설계한다.
PID control	공장을 모델링하고 어떤 설계 사양을 맞추기 위한 온도 제어를 설계하고 제어를 제작한다.

이 실험은 열지 않은 알루미늄 탄산음료 캔의 내압을 스트레인 게이지로 결정하는 것이다. 필요 장비는 Strain gage conditioner, Oscilloscope, Digital multimeter, Calipers와 micrometer, Unopened soda container, Strain gauge, Sand paper, Adhesive, Wire, Soldering iron, Resin-cored solder이다.

### 3. UCLA

#### 가. Basic Mechanical Engineering Lab

열전달, 유체역학, 구조, 열역학의 기본 실험과 기본 양의 측정 방법을 다룬다. 주요 센서, 트랜스듀서, 기록장비, 신호처리와 데이터 해석을 학습한다. 실험 목록 중 중요 실험 내용을 Table 3에 기술한다.

### 4. CALTECH

#### 가. Mechanical Engineering Lab

열역학, 유체역학, 정역학 및 동역학이 선수 과목이다. 열전달, 제어, 유체역학, 고체역학, AFM, 재료, 터보기계와 동역학에 관계된 실험을 다룬다. 최근 태양에너지 분야도 추가 되었다. 실험 목록 중 중요 실험을 Table 4에 소개한다.

### 5. Harvey Mudd College (HMC)

#### 가. Experimental Engineering

이 대학은 공학관련이 하나의 학과로 되어 있어 다학제적인 실험이 제공된다. 실험목록중 기계공학과 관련된 실험을 Table 5에 기술한다.

### 6. Georgia Tech

#### 가. Experimental Methods Laboratory

4학년 과목으로 배당된 필수 과목이다. 선수과목으로 변형체, 시스템동역학, 유체역학, 통계학, 열전달을 요구한다. 기계공학

에서 사용하는 실험방법 및 기술보고서의 준비도 다루어서 교과서에 작문도 들어있다.

팀조직, 계획, 협동 및 기술보고서 작성, Data acquisition, 실험장치 반응, 마이크로프로세서의 소개, Open loop control, Closed loop control, 열전달에 의한 온도 측정, 로드셀, 스트레인 게이지, 로제트, LVDT에 의한 힘, 변형률, 응력측정, 점도 측정, 데이터의 시간 및 주파수 영역을 사용한 기계 진단, 무항실에서 음압 측정, laser interferometry와 같은 광학을 다룬다.

## III. 미국 대학 실험교육의 분석 및 제안

이 절에서는 조사된 대학들의 실험교육의 공통점, 차이점, 실험교육의 운영상의 특징을 분석 하고 국내 대학에서 적용할 내용을 제안한다. 먼저 각 대학들의 공통점은 전담 교수 또는 전임 직원을 활용하고, 자체 개발한 실험장비가 다수이다. 또한 기초실험(필수), 상급 주제의 실험(선택), 졸업설계(필수) 등 실험 실습 교과목을 운영한다.

각 대학들의 특이점으로 MIT는 실제 과목을 수강하기 전에 실험을 하며, 개방형 문제(Open ended problems)를 설계하는 형식으로 대부분의 실험 장비를 직접 제작하고, AFM과 같이 특정 실험 장비에 대해서는 다른 학과와 협조하여 운영한다. Connecticut 대학은 명예교수가 학부생 대상 AFM, XRD, SEM 등 재료분석 실험을 운영한다. UCLA는 전통적인 기계공학 역학 분야의 실험에 충실하고, Cal Tech은 실험과 연계하여 공작실을 활용한 졸업설계경진대회를 운영한다. HMC는 학교 특성상 다학제 실험을 운영하며, 설계와 실험 교육을 병행한다. Georgia Tech은 제어관련 실험과 전통적인 기계공학 실험, 기술보고서 작성을 한 교과목에서 다루고 있다.

실험 내용을 분석해 보면 기계공학에 필요한 물리량의 측정을 하지만 그 내용과 접근방법은 다양하다. 예를 들어 각 대학에 공통적으로 포함되어 있는 응력 변형률 시험은 각기 다른 내용의 실험을 하고 있다. MIT는 와이어의 응력, 변형률곡선의 측정, Connecticut 대학은 탄산음료의 응력 평가, UCLA는 조합

하중 하에서 알루미늄 토크 튜브에서 변형률 측정과 아취에서 응력분포 측정, Caltech은 외팔보의 응력과 열처리 전후 금속의 기계적인 거동의 측정 등 고체 역학에서 배운 내용을 충분히 적용할 수 있는 다양한 실험 내용을 담고 있다. 열 유체 관련 실험도 각 대학에서 다양한 내용의 실험을 한다. Connecticut 대학은 열 유체 실험을 분리하여 기본적인 물리량측정을 하고 UCLA에서는 유동, 온도측정외에 열교환기, 냉동, 엔진, 펌프 같은 시스템 성능 측정을 병행한다. 진동 및 음향 관련 실험은 MIT의 가스에서 음속 측정, Connecticut 대학의 가진기를 이용한 진동측정, UCLA의 축의 위험속도 측정, Caltech의 질량-스프링-감쇠 시스템에서 여러 가지 입력 신호에 대한 시스템응답의 측정, Georgia Tech은 잘 꾸며진 무향실에서 음압측정을 한다. 대부분의 대학에서 재료관련 시험은 인장 시험 외에 재료 충격 시험, 경도시험 등은 하지 않고 컴퓨터를 이용한 실험 데이터 수집을 위한 DAQ 보드의 사용 등을 교육한다. MIT, Caltech 등에서 보는 바와 같이 바이오, 나노, 신재생에너지 분야의 실험도 추가되고 있어, 공학의 새로운 흐름을 교육으로 연결시키고 있다. 이와 같이 해외 대학의 실험교육의 가장 큰 특징은 실험교육 내용의 다양성이다.

따라서 국내 대학에서는 기존분야에 새로운 내용을 추가하여 학생들에게 창의성과 흥미를 줄 수 있는 실험 교육 내용의 다양성을 확보하고, 바이오/나노/신재생에너지 등 새로운 분야의 실험이 추가되어야 한다. 이러한 실험 교육 내용의 다양화는 실험 과목을 전공 필수과목으로 두지 않더라도 실험과목의 중요성을 인식시키고, 시간상의 불이익이 있더라도 실험을 기피하지 않는 요인이 될 수 있을 것이다. 그러나 첨단 실험 및 대형 실험은 대학 자체만으로 불가능할 수 있다. 더욱 연구가 활발하지 않은 대학일수록 어렵다. 그러므로 첨단 실험에 대한 교육을 위하여 최근 첨단장비를 구축중인 인근의 테크노 파크 혹은 연구소와 연결하는 것도 하나의 방안이다.

실험과목을 운영하는 형태로 Caltech, UCLA는 전공과목과 실험과목의 분리하여 실험 전문 과목을 운영하는 데 반해 MIT, Purdue는 전공과목에 관련 실험 과목을 흡수하여 운영한다. 어떠한 것이 가장 바람직한지는 분명치 않다. 전공과목에서 실험을 같이 하면 이론 교육과 실험 교육을 동시에 할 수 있어 좋다. 그러나 전담교수가 실험에 익숙하지 않으면 그 효과를 얻을 수 있을 지 의문이다.

실험지원 인력으로 MIT는 2-3명의 실험 담당교수를 추가하고 Purdue는 각 과목담당 교수들 책임 하에 강의 조교 이외의 실험 조교를 확보하고 있다. 또는 각 실험의 세션마다 담당 TA, 박사급의 수석 TA 또는 실험 매니저를 두기도 한다. 국내 대학의 실험교육을 언급할 때 항상 나오는 문제지만 내실 있는 실험을 위해서는 실험전담 강사 또는 실험을 잘 할 수 있는 명예

교수 등을 활용한 전문 지원 인력과 보조 인력을 확보하는 것이 필요하다.

실험 보고서는 중요한 기술보고서이고 기술 작문 교육의 성과를 효과적으로 측정할 수 있다. 따라서 실험 교육은 공학인증 기준의 프로그램 학습 성과와 평가 (2), (5) 뿐 아니라 (6), (7), (11)에 해당하는 팀워크, 소통과 보고서 작성능력, 윤리를 측정하는 중요한 성과 측정 도구로 활용할 수 있다.

많은 외국 대학에서 실험 장치를 자체로 설계하여 사용하고 있다. 또한 미국의 주요 연구소에서 학부 학생과 협력하여 실험 장치를 설계하고 그 결과를 학술대회에서 발표하고 있다. 그러므로 국내 대학도 실험 장치를 직접 설계 하여 실험할 수 있도록 실험장치 설계를 설계 경진대회의 주제로 삼아 설계와 실험을 동시에 발전시킬 수 있도록 하는 것이 필요하다. 마지막으로 실험 교육의 창의적인 내용을 개발하기 위해서 전담교수는 많은 시간의 투자와 노력이 든다. 그러므로 실험 장치/교과목 개발에 대한 인센티브와 지속적인 재정 지원이 필요하고, 실험교육의 유용성과 목표가 잘 성취되었는지에 대해 주기적인 평가도 되어야 한다.

#### IV. 결 론

이 연구는 국내 대학의 실험 교육 교과 과정 개발에 도움을 주기 위하여 미국 대학의 실험 교육을 조사하였다. 미국 대학의 실험 교육 분석을 토대로 다음과 같은 국내 대학 실험교육의 개선을 제안하였다.

1. 국내 대학에서는 바이오/나노/신재생에너지 등 새로운 분야의 실험이 추가되어야 하며, 기존 분야일지라도 새로운 내용을 추가하여 학생들에게 창의성과 흥미를 줄 수 있는 실험 교육 내용의 다양성을 확보하여야 한다.
2. 실험전담 강사 또는 실험 전문 지원 인력과 보조 인력을 확보하는 것이 필요하다.
3. 첨단 실험에 대한 교육을 위하여 최근 첨단장비를 구축중인 인근의 테크노 파크 혹은 연구소와 연결하는 방안도 검토되어야 한다.
4. 창의적인 실험 기자재를 개발하고, 설계와 실험교육을 동시에 개선시키기 위하여 실험 기자재 설계를 주제로 하는 설계 경진대회가 필요하다.
5. 실험 장치/교과목 개발에 대한 인센티브와 지속적인 재정 지원이 필요하다.

#### 참고문헌

1. 이규정(1996), 기계공학실험실습현황, **공학교육**, 3(1): 24-29.

2. 이시복, 황상문(2000), 기계공학 실험실습 교육강화-부산대 기계공학부, **공학교육연구**, 3(1): 73-83.
3. 박찬일(2010), 해외 기계공학 분야 실험교육 현황, **대한기계학회 2010년도 추계학술대회 강연 및 논문 초록집**: 4571-4588.
4. Feisel, L. D. & Rosa, A. J.(2005). The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education, *Journal of Engineering Education*, 94(1): 121-130.
5. 공학인증기준 2005설명서(KEC2005), 한국공학교육인증원.



**박찬일 (Park, Chan IL)**

1982년: 서울대학교 기계설계학과 학사

1984년: 동 대학원 기계설계학과 석사

1992년: 동 대학원 기계설계학과 박사

2002년~2004년: 강릉대학교 공과대학장

2010년~현재: 대한기계학회 교육위원장, 교육부문화장

1993년~현재: 강릉원주대학교 기계자동차공학부 정밀기계공학전공 교수  
관심분야: 기계설계, 진동, 음향

Phone: 033-760-8723

Fax: 033-760-8721

E-mail: pci@gwnu.ac.kr