

# 자율적 실험과 관리를 통한 공대 교육의 창의성 향상 방안

글 \_ 김배연  
인천대학교 공과대학 신소재공학과 교수

## 초 록

본 연구에서는 자율적인 실험과 관리를 통하여 학생들의 창의성을 높이는 방안을 위하여 실험에 대한 내용과 순서 등의 정보를 제공하지 않고 스스로 자료 조사와 실험 방식을 정하도록 하는 수업을 진행하였다. 실험 목적은 피크노미터를 이용한 분체의 밀도측정 실험을 보다 정확하게 할 수 있도록 하는 것이었고, 그러기 위하여 실험에서 발생하는 문제점을 찾아내고 개선책을 제시하여 편차가 적은 실험값을 얻도록 하여 그 결과를 관찰하였다. 그 결과 조별로 자료조사와 토론을 통하여 실험을 진행하고 그 과정에서 발생하는 문제점을 스스로 찾도록 하는 과정이 학생들의 집중도, 창의성을 향상시킬 수 있었고, 매 학기 중간과 기말에 설문 조사를 통하여 조사한 결과, 많은 학생들로부터 긍정적인 평가를 받을 수 있었다.

## 1. 머리말

지금 우리에게 가장 필요한 부분이 창의성과 혁신이지만 정작 학교나 대학에서 창의성을 가르쳐서 부족한 개인의 창의성이 갑자기 생기거나 세상에 없는 혁신이 등장 튀어나오기는 현실상 어렵다는 것을 누구나 알고 있다. 또 최근 “우물 안 공대 교육”이라는 제목의 국내신문기사에 의하면 공대출신의 전공지식이 너무 떨어져서 수 천만원씩 들여 재교육을 실시해야 하는 기업의 고충이 있다는 기사도 있다. 한마디로 기존의 공학교육과 교육방식이 현재에도 뒤쳐져 있고, 미래를 감안하면 총체적인 위기에 처해 있음을 말해주고 있다고 하겠다.

기존의 교육방식 중 가장 많은 비판을 받고 있는 것은 이른 바 주입식 교육일 것이다. 주입식 교육의 폐해는 바로 창의력의 부재를 들 수 있다. 이런 주입식 교육의 폐해를 줄이기 위하여 동기부여, 스스로 배우려는 자세, 토론을 통한 창의력 향상등을 주로 하는 성장식 교육법이 좋

은 대안이라고 하지만, 실제 교육장에서 무작정 이런 방식을 적용하기에는 무리가 있고 두 교육법을 적절히 활용해야 할 것이다. 그러기 위해서 성장식 교육을 하기 위한 효율적이고 적합한 강의나 수업 방식이 우선 마련되어야 하는데 이 부분이 현재 모든 이공계 교수들뿐만 아니라 대부분의 교육계 관계자들의 고민이 아닐까 한다.

한편 과거 여러 기업들과의 연구 활동을 통하여 느끼는 점은 창의적인 해결책은 항상 문제점을 인식하고 그것을 해결하려는 노력에서 비롯된다는 것이었다. 어떤 것이라도 개선하려고 노력하는 기업은 지속적으로 연구 개발과 개선이 이루어지는 반면에 자신의 기업의 문제가 무엇인지 알지 못하고 제품의 결함이 있어도 그것이 그냥 당연한 것으로 인식하는 기업은 위기가 닥쳐야 겨우 문제점을 인식하게 된다는 것은 조금만 주의를 기울여 지켜보면 쉽게 알 수 있는 결론이었다. 즉, 창의성이란 것은 문제를 인식하고, 그 문제를 해결하려는 노력이 있을 때 발휘가 되더라는 것이다. 문제를 인식하지 못하는 사람이나 기업

은 창의적인 해결책도 없고 혁신은 더더욱 없었다.

문제점을 인식하지 못하는 사람이 있을까 싶은 느낌이 들기도 하지만 의외로 많은 작업자나 소위 자칭 기술자라고 하는 사람들은 현재의 문제점을 그냥 있는 그대로 받아들이면서 “이것은 원래 그래”라는 생각으로 넘어가는 학생과 사람들이 대부분이었다. 타성에 젖는다는 표현이 무색하리만치 문제점을 파악하는데 인색한 것이 우리들이었다.

본 글에서는 본인이 시도하였던 여러 가지 교육 방식을 제시하고 그 장단점을 따짐으로서 기존 공학교육의 창의성을 높이는 방향을 제시하고자 하였다.

## 2. 수업의 형태에 따른 평가

### 2.1 토론식 수업

창의적이고 성장식 교육을 위한 방법 중에서 토론식 수업이 있다. 하지만 현실은 한 과목 당 담당하는 학생 숫자가 너무 많아서 효율적인 통제가 어려울 뿐만 아니라 과거 몇 번의 시도 끝에 도저히 적용이 어렵다고 판단되어 적절하지 않다는 결론에 도달하였다.

그러다가 수강 학생이 비교적 적은 4학년 교과목에서 처음으로 토론식 수업을 시도하였다. 학생들에게 다음 시간에 토론할 내용을 알려주고 교재의 해당 부분을 읽고 내용을 파악하여 오도록 하였으나, 대부분의 학생들이 교재의 내용을 읽어오지 않았거나, 읽어도 정확한 내용을 이해하지 못하여 토론이 이루어지지 못하는 경우가 발생하였다. 애초에는 토론식 수업을 한다고 좋아했지만 막상 수업이 시작되자, 서로 멀뚱멀뚱 쳐다만 볼 뿐이고, 토론이 진행이 되지 못했고, 기초적인 부분을 질문하여 토론을 유도하고자 하였으나 토론의 진행은 불가능하였다. 주제를 둘로 나누고, 팀을 나누어서 대결하는 방식으로도 진행했지만 깊이가 있거나 자신들의 생각이 담기는 토론은 어려웠다. 즉, 자신들이 알고 있는 범위보다 깊은 토론으로 유도하기에는 학생들의 공학적인 지식과 내용이 부족한 상태에서는 불가능하였다.

두 번째로 시도된 토론식 수업은 학생들에게 큰 이름표를 나누어주고 수업시간에 가슴에 붙이도록 하였다. 자신

의 이름이 노출되어 있게 되고, 이름을 부르면서 질문을 하면 그전의 수업에서 보다 대답이 많아지는 장점이 있었다. 학생들도 토론식-사실은 대화식 수업을 한다고 좋아하였다. 하지만 중간고사가 끝나고 수업이 거듭될수록 학생들은 자신의 이름이 교수님에 의해서 불리게 되는 수업시간의 긴장감(!)을 견디지 못하고 나자빠지기 시작했다. 주로 복학생들이 이름이 불리면 무엇을 묻는지 듣기도 전에 “모르겠습니다”라는 배짜라 식의 답을 내놓아서 더 이상의 진행이 어려웠다. 대학 수업에서 자신의 이름을 노출시킨 상태에서 하는 수업이 단기적으로는 효과가 분명히 있지만 역시 깊이 있는 대화나 토론식 수업이 되기에는 어려웠다.

### 2.2 자율적 실험

실험 수업은 항상 숙달된 조교의 시범이 있고, 학생들이 그것을 따라하는 모방식 실험이 대부분이었다. 단지 순서와 방법만을 습득하게 된다. 그런데 강의식 수업에 비해서 실험수업이야말로 학생들에게 무한한 창의성을 발휘하게 할 수 있는 좋은 수업 방식임에는 틀림없다.

자율적 실험을 위해서 실험실에 있던 Chromel-Alumel, K-type, R-type thermocouple 3개의 thermocouple을 학생들에게 주고, 이것이 thermocouple이라는 것만을 알려주고 실험실에 있는 장비들과 자신의 지식과 자료를 사용하여 어떤 종류의 thermocouple인지 알아내라고 하였다.

실험의 초기에는 학생들의 실험 진행과정을 옆에서 지켜보았는데, 이런 경우 감독자의 시선을 위식하여 학생들의 의견 교환이 활발하지 못한 단점이 있었다. 학생들은 혹시나 틀리면 어쩌나 하는 마음에서 비롯된 두려움과 부끄러움으로 감독자가 있는 상태에서는 자유로운 의견 교환을 통한 토론이 위축되는 것으로 보였다. 따라서 감독자가 없는 상태에서 자유로운 의견교환은 자유롭게 의견을 교환하면서 남들과 다른 것과 틀린 것을 구별하도록 활발한 토론이 이루어지는 것이 더 좋다고 생각되었다. 실제로 내가 있을 때는 큰 진척이 없던 실험이 내가 실험실을 떠나고 불과 한 시간여 만에 정확한 결과를 갖고 왔다. 또한 학생들이 실험에 적극적으로 의견을 제시하고 모르는 문제에 대하여 적극적으로 자료를 찾아보고 실험에 적

용하는 과정에서 한결 같이 흥미를 느꼈고, 자신들이 이룩한 작은 결과에 만족감과 성취감을 느끼고 있었다.

하지만 실험과정을 내가 지켜보지 않았으니 내가 일반적으로 학생들의 점수를 부여할 수는 없었고, 실험인원수에 85점을 곱한 종합점수를 주고, 각자에게 실험에 기여한 정도를 합당하게 평가하여 종합점수를 나누어서 갖고 오되, 동점은 2명에 한하며, 각 점수별 차이는 5점씩 둘 것을 주문하였다. 그런데 점수 배분에는 2시간이 넘도록 시간이 걸리더니 급기야 학생대표가 벌겋진 얼굴로 나에게 찾아와서는 “우리는 이런 비인간적인 방식의 수업(실제로는 성적배분-물론 학생들의 성적배분 그대로 성적을 부여할 계획은 아니었다.)을 더 이상 할 수가 없습니다.”라고 항의하였다. 그래서 내가 실험의 진행 사항을 모르니까 일반적으로 성적 배분을 할 수는 없고 성적은 매겨야 하니까 각자 오늘 실험한 내용을 보고서로 써내라고 했다. 그러자 다시 돌아간 학생대표는 10분여 만에 성적을 배분하여 갖고 왔는데, 전공과목에서 한번도 A를 받은 적이 없는 ROTC 학생에게 A를 주는 다분히 동양적

이고 동정적인 배려가 눈에 띄었다.

따라서 이런 방식도 수업에 적용하기에는 어렵지만 실험 수업이 자유로운 토론을 유도할 수 있고, 새로운 지식에 대한 호기심 유발과 그로 인한 동기 부여, 결과에 대한 성취감을 줄 수 있어 약간의 개선을 통하여 창의성 향상을 유발할 수 있는 수업으로의 기본을 확립할 수 있었다고 자평하였다.

다만, 이때 필요한 것은 첫째로 자율적 실험이 좋은 대안이 될 수 있으며, 둘째 실험에 대한 자료 제시는 제목과 실험의 목표 정도에 한할 정도로 극도로 제한하는 것이 호기심 유발과 더불어 자율적인 학습을 위하여 필요하며, 셋째 실험과 수업의 감독은 최소한으로 하는 것이 좋다는 결론을 얻을 수 있었다.

### 2.3 자율적 실험과 관리

담당교과목 중에서 4학년 “분체공학”은 학생들이 별로 선호하지 않을 뿐만 아니라 내용도 별 새로운 것이 없는 완성단계의 학문 분야이며 적용되는 이론이나 공식이 복



Fig. 1. 피크노미터(Pycnometer). 아래 쪽 병을 물로 가득 채운 다음 모세관이 달린 뚜껑을 살며시 닫으면 모세관의 끝부분 까지 물이 차오르도록 되어있다. 물을 가득 채운 다음 무게를 재면 물의 무게와 내부의 부피를 알 수 있고, 액체의 밀도와 분체의 밀도를 측정할 수 있다.

잡하여 가르치는 사람이나 배우는 학생 모두 힘든 과목이었다. 게다가 전공분야에서 분말을 사용하는 업체에 취업할 확률과 그곳에서 배운 것을 실제로 적용시켜 응용할 확률을 생각해보니 기존 방식으로 수업을 계속하는 것이 바람직하지 않다는 판단이었다. 따라서 이 수업에 대하여 자율적인 실험과 거기에 더하여 실험의 관리를 통하여 학생들의 창의력을 발휘할 수 있도록 진행하고자 하였다.

처음 실험수업을 진행하였을 때는 (1) 피크노미터를 통한 분체의 밀도측정 (2) 분체의 안식각 측정, (3) 분체의 유동도 측정, (4) 분체의 형상 측정의 네 과제를 한 학기 동안 진행하도록 하였다. 매 학기 초반에 이 실험수업의 첫 번째 목적은 정확한 결과를 얻는데 방해가 될 수 있는 문제점을 찾아내고, 둘째 찾아낸 문제점의 원인을 분석하여 셋째 창의적인 해결책을 제시하는 것이 중요함을 강조하였다. 제시된 실험들의 표준측정방법은 일부 KS나 ASTM 등의 국가규격이 제시되어 있으며 ISO에서도 측정방법의 통일을 위한 노력이 있기는 하다.

다만 실험의 제목만 가르쳐주었고, 나머지 사항은 본인들이 자료를 찾아서 접근하여야 하며, 조별로 회의하고 이런 과정들은 나누어준 실험 노트에 기입하여 검사를 받도록 하여 실험 진행에 대한 관리를 시도하였다. 매주 조별로 실험노트와 회의록을 면밀히 검토하였는데, 회의록이 정리하여 쓴 것인지 조원 전원이 참여하지 않고 한두 명이 억지로 의견을 제출한 것인지를 검토하였고, 실험노트에서는 실험의 방향이 맞는지 왜 그렇게 생각하는지 등의 질문을 통하여 자신들의 판단의 미흡한 점과 잘못된 점등을 지적하여 스스로의 문제점을 깨닫도록 하였다.

이렇게 실제 측정에 있어서 발생하는 문제점을 직접 찾아내도록 하면서 진짜 문제가 무엇인지 깨닫게 하고, 자신들이 문제를 인식하고 있지 못하는 점을 느끼게 함으로써 향후 문제점을 스스로 찾아낼 수 있도록 하였다. 문제를 인식하지 못하면 개선이 될 수가 없고 개선이 없다는 것은 창의력을 발휘할 기회조차도 없다는 것을 말한다.

피크노미터를 통한 분말의 밀도 측정의 경우에는 대개 다음과 같은 학생들의 실험상 오류가 발생하였다. 이때 학생들에게 제공한 분말은 연마제용 분말로서 alumina, SiC, Garnet, silica, glass bead 및 주문진 표준사였으

며 입도는 처리에 편리하도록 비교적 굵은 60mesh~120mesh 급을 사용했다.

실험은 편차가 적은 정밀한 값을 얻을 수 있도록 실험상에서 발생하는 문제점을 찾아서 개선하는 것을 가장 중요한 목표로 하였다. 그 중에서도 문제점을 찾아내는 것을 최우선으로 하고 찾아낸 문제점을 개선하는 창의적인 해결은 그 다음 순위로 두었다.

- 1) 피크노미터의 사용법을 정확히 모르면서 실험부터 진행한다.
- 2) 피크노미터의 뚜껑과 본체가 그간의 실험으로 섞여있어 짝이 맞지 않는 것을 그대로 사용한다.
- 3) 물이 가득 찬 피크노미터 뚜껑을 닫을 때 물이 흘러넘치는 경우의 처리는 개선되어야 할 기본적인 문제임에도 불구하고 넘치는 사실을 숨기거나 보고조차 하지 못한다.
- 4) 뚜껑의 모세관의 물 높이가 매번 달라지는데도 무시한다.
- 5) 분체를 피크노미터에 넣을 때 흘리는 경우를 문제로 인식하지 못하고 개선책을 내어놓지 못한다.
- 6) 여러 개의 피크노미터의 무게와 부피가 동일한 것으로 가정한다. 각각 재는 것을 귀찮다고 생각하고 있다.
- 7) 이론적으로 물의 온도에 따른 밀도변화를 중요하게 여기나 이에 대한 검증은 전혀 하지 않는다. 실제 물의 밀도변화에 대한 실험값의 변화는 소수점 4째 자리 정도의 변화로서 실험결과 값에는 영향을 미치지 못한다.
- 8) 물의 밀도만 생각하고 온도에 따른 피크노미터의 부피변화는 고려하지 못한다.
- 9) 분말의 양을 1g 또는 3g으로 고정시킨다. 실제 경우에 피크노미터의 3분의 1 정도 분말을 채우는 정도의 양이 실험값에 대한 편차가 가장 적었다.
- 10) 단 3번의 실험으로 평균을 내고 실험을 마무리한다.
- 11) 이때 각 실험 간의 편차가 큰 경우나 두 개의 실험 결과 중 하나는 너무 벗어나는 값을 갖는 경우도 그대로 사용한다. 결과 값의 처리에 대한 개념과 노력이 부족하다.

- 12) 자료조사가 구체적이고 자세하지 않고 대충한다. 빈약한 자료조사는 결국 빈약한 실험내용으로 되 돌아온다.
- 13) 어떤 분말의 밀도는 이론값보다 더 높은 것이 제시 되기도 한다. 또, 이미 알려진 이론밀도 값에 거의 근접하는 결과를 갖고 오는 놀라운 경우도 간혹 있다.
- 14) 계면활성제 등을 마구 첨가한다.
- 15) 분체를 피크노미터에 넣고 물을 부으면 대부분의 분체들은 물과 접촉각이 커서 내부에 기포들이 형성되는데, 이를 처리하기 위한 방안이 초음파처리, 가열 등의 비효율적인 방법이 제시된다.
- 16) 전자저울에서 쟈 무게를 소수점 4째 자리까지 보고한다. 실제로는 맨 마지막 자리에서 반올림해야 한다.
- 17) 계산한 밀도 값의 유효숫자자리를 맞추지 않고 소수점 이하 4-5자리의 값으로 보고한다.
- 18) 회의록의 내용이 너무 당연한 내용으로 구성되어 과연 회의를 했는지 의문이 드는 경우가 간혹 있다.
- 19) 지나치게 정리된 내용의 회의록은 회의 후 짜 맞춘 것이 되므로 실제 회의록 작성을 하는 경우 A4용지를 4등분하여 조원들이 말한 내용을 각자의 칸에 적든지 이름의 한 글자만 따서 별명으로 누가 무슨 내용의 말을 했는지 적고, 잘못된 경우 지우개 보다는 두 줄을 긋고 수정하는 것이 바람직하다.
- 20) 회의를 진행하려면 해당 실험에 대한 자료조사가 우선되어야 하는데 아무런 자료 준비 없이 회의만 진행하다보니 회의로 인한 소득이 거의 없다. 각자 조사한 자료를 회의록에 첨부하도록 하였으나 자료조사는 언제나 부족하다.

이 외에도 다양한 종류의 실수와 오류가 있었다.

### 3. 결과 및 고찰

학생들에게 실험의 순서나 세세한 진행 사항을 거의 알려 주지 않고 분말의 밀도를 precision하게 측정할 것을

요구하는 자율적인 실험을 진행하였다. 학생들은 4명을 한 조로 하여 실험진행사항을 기록한 회의록과 결과를 매주 확인하면서 학생들이 미처 깨닫지 못하고 있었던 간단한 문제들을 지적하였다.

수업의 중간과 마지막에 학생들을 상대로 설문조사를 하였다. 설문조사는 그림 2에서 보는 것과 같이 다음과 같은 5개의 항목에 대하여 선택하고 종합의견을 적도록 되어 있다.

- 1) 수업은 쉽다-어렵다
- 2) 수업시간은 산만하다-집중이 된다.
- 3) 이 수업이 다른 전공과목을 이해하는데 있어서 필요하다-유용하다
- 4) 이 수업은 앞으로 자신의 진로에 있어서 필요없다-유용하다.
- 5) 이 수업을 후배들에게 수강하도록 추천을 안한다-

수업의 쉽고 어려움은 의외로 어렵다에 해당하는 답변이 압도적으로 많았다. 이유로는 지금까지의 수업이나 실험방식이 아닌 창의력을 요구하는 방식이라서 라든지, 평소에 접해보지 못한 자발적인 실험을 통해 스스로 알아가는 과정이 생소하기 때문이라든지, 스스로 익히고 결정하는 실험과정이 어렵다고 느끼는 대답이 많았다. 사실 피크노미터로 분말의 밀도를 측정하는 실험은 대학 2학년 수준에서도 충분한 실험이지만 보다 정밀한 측정값을 재기 위하여 발생하는 문제점을 찾아 내는데는 너무나도 서툴러서 물이 흘러넘친다든지, 분말을 피크노미터의 작은 입구로 넣을 때 잘 안 들어간다든지 하는 이런 쉬운 부분의 지적들이 학생들에게는 어렵게 느껴졌을 수도 있다. 그리고 스스로 자료 조사하는 부분을 어렵게 여기는 학생들도 간혹 있었다. 자신의 찾은 자료의 좋고 나쁨에 대한 평가도 어려워하는 경우가 있었지만 수업 시간이 지날수록 스스로 판단하면서 점차 해결되어 나가는 것을 알 수 있다.

우리의 학교 교육이 항상 주어진 문제를 푸는데 초점이 있고, 아주 간혹 문제점을 찾아내라고 하는 경우도 문제가 있다는 알려준 다음 찾아내도록 하는 방식이기 때문에 백지 상태에서 문제점을 찾아내는 방식이 생소하여 어려

## 설문조사 (중간)

2014년 1학기

- 본체공학 수업에 대하여 평가하여 주시기 바랍니다.

- 1) 수업은  
너무/쉽다 쉽다 **보통이다** 어렵다 너무/어렵다
- 2) 1)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : 과당하게 너무 어렵다는 쉬웠지만  
실용적이지 않음. 시험이 어려워 집중 선택했습니다.
- 3) 수업 시간은  
너무/산만하다 산만하다 보통이다 **집중이/편다** 너무/집중되어/피곤하다.
- 4) 3)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **반도 안되고, 평가내용이 불미스러**  
**탐이 잘 없습니다.**
- 5) 이 수업이 관련 전공과목을 이해하는데 있어서  
전혀/필요없다 필요없다 보통이다 **유용할/것이다** 대단히/유용하다
- 6) 5)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **만능이어서 기본적인 지식이 다**  
**생략을 기망 있었다.**
- 7) 이 수업이 앞으로 자신의 진로에 있어서  
전혀/필요없다 필요없다 보통이다 **유용할/것이다** 대단히/유용하다
- 8) 7)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **평택만이 아니라 광양생활대학**  
**필요한 것 같다.**
- 9) 이 수업을 후배들에게 수강하도록 추천을  
절대/안한다 안한다 그지/그렇다 한다 **적극한다**
- 10) 9)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **유용하게 학생들이 직평평이하다**  
**수업이아래 바 꾸었습니다.**

종합) 이 수업에 대하여 내가 느끼는 좋은 점, 보완해야할 점, 나쁜 점,  
및 종합적인 의견은?

시험은 상당히 **매우** 어려워져서 **안**어져서 답답해 했지만  
이게 **더** **좋은** **방법**이었다고 느껴졌습니다. ★  
^  
감사합니다

## 설문조사 (기말)

2015년 1학기

- 본체공학 수업에 대하여 평가하여 주시기 바랍니다.

- 1) 수업은  
너무/쉽다 쉽다 보통이다 **어렵다** 너무/어렵다
- 2) 1)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **문제 해설이나 다른 관련, 정제된 방법**
- 3) 수업 시간은  
너무/산만하다 산만하다 보통이다 **집중이/편다** 너무/집중되어/피곤하다.
- 4) 3)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **힘이 많은 수업이었다.**
- 5) 이 수업이 관련 전공과목을 이해하는데 있어서  
전혀/필요없다 필요없다 보통이다 **유용할/것이다** 대단히/유용하다
- 6) 5)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **정제된, 정제된 능력**
- 7) 이 수업이 앞으로 자신의 진로에 있어서  
전혀/필요없다 필요없다 보통이다 **유용할/것이다** 대단히/유용하다
- 8) 7)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **많은 것들 잘 할 수**  
**문제 파악, 시간관리**
- 9) 이 수업을 후배들에게 수강하도록 추천을  
절대/안한다 안한다 그지/그렇다 한다 **적극한다**
- 10) 9)항의 선택에 대한 이유, 기타 의견 : **원래 내가 바라는 수업 형식**  
**재미있고**

종합) 이 수업에 대하여 내가 느끼는 좋은 점, 보완해야할 점, 나쁜 점,  
및 종합적인 의견은?

**간제 본다** **실용이 하나 더가있으면 된다.**

Fig. 2. 설문조사 예. 동일한 내용을 중간고사와 기말고사 기간에 각각 조사하였다.

울 수도 있다는 생각이다. 하지만 이것 역시 차근차근 사례별로 접하다 보면 문제점을 찾아내는 것이 별로 어렵지 않다는 것을 서서히 깨닫게 되는 것을 알 수 있다.

수업시간의 집중도는 집중이 된다 또는 너무 집중이 되어 피곤하다는 답변이 많다. 토론에 참여하려면 집중이 되어야 하는데, 이 과목의 실험 내용을 토론하느라 전철 정거장을 지나쳤다는 소리를 자주 듣는다. 다른 전공과목을 이해하는데 도움이 된다는 의외로 나오곤 한다. 자신의 진로에 있어서 이 수업이 유용하다는 답변은 이 수업의 목적이 남보다 문제점을 먼저 파악해서 창의적인 개선책을 제시할 수 있는 진정한 엔지니어라는 점을 이해한 학생들은 비단 전공영역 뿐만 아니라 일상생활과 모든 부분에서 도움이 될 것이라는 답변이 있는 반면 아직 진로를 결정하지 않았기 때문에 모르겠다 등의 답변도 있었다. 이 수업을 후배들에게 추천한다는 답변도 많은 반면

시간이 너무 많이 들어서 할지 안할지 고려해 보겠다는 답도 꽤 있었다.

그 외 종합적인 의견에서는 이런 수업이 공대생의 기초로 꼭 필요하니 2학년 정도의 저학년에서 강의를 하면 좋겠다는 주문이 있었다. 하지만 2학년들이 이런 성숙한 생각을 하면서 수업에 임할 수 있을지는 잘 모르겠다. 그리고 자신이 바라던 대학 수업다운 수업이었다 와 같은 의견이 제법 있었다.

반면에 일부 학생들은 선배나 동기들로부터 이 강의와 실험의 내용을 미리 듣고서 문제점이 개선된 실험내용과 결과를 발표하는 경우가 생기는 단점이 있다. 하지만 문제에 대한 인식 없이 정답만 제시하는 발표는 표가 나며, 이럴 경우 창의력을 기대하기 보다는 베끼기 그 이상도 이하도 아닌 역효과를 가져오므로 실험 회의록과 결과 값들을 꾸준히 관리하여 방지하여야 할 것이다. 또, 매년 다

른 실험과제를 던져줌으로써 이런 정답을 알고 실험하거나 베끼기를 하지 못하도록 하는 근본적인 대비를 하여야 할 것이다.

#### 4. 맺는 말

본 연구에서는 자율적인 실험과 관리를 통하여 학생들의 창의성을 높이는 방안을 위하여 실험에 대한 내용과 순서 등의 정보를 제공하지 않고 스스로 자료 조사와 실험 방식을 정하도록 하는 수업을 진행하였다. 실험 목적은 피크노미터를 이용한 분체의 밀도측정 실험을 보다 정확하게 할 수 있도록 하는 것이었고, 그러기 위하여 실험에서 발생하는 문제점을 찾아내고 개선책을 제시하여 편차가 적은 실험값을 얻도록 하여 그 결과를 관찰하였다. 그 결과 조별로 자료조사와 토론을 통하여 실험을 진행하고 그 과정에서 발생하는 문제점을 스스로 찾도록 하는 과정이 학생들의 집중도, 창의성을 향상시킬 수 있었고, 매 학기 중간과 기말에 설문 조사를 통하여 조사한 결과, 많은 학생들로부터 긍정적인 평가를 받을 수 있었다.

본 글의 주제에 대한 보다 많은 내용이 이미 발간한 “엔지니어마인드로 살기”<sup>2)</sup>와 “엔지니어, 창의적 개선자”<sup>3)</sup>에 제시되어 있다.

#### 참고문헌

- 1) [http://biz.chosun.com/site/data/html\\_dir/2016/10/04/2016100400242.html](http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/10/04/2016100400242.html)
- 2) 김배연, “엔지니어 마인드로 살기”, 1st. ed., 마고북스, 2006. 03.
- 3) 김배연, “엔지니어, 창의적 개선자”, 2nd. ed., 마고북스, 2007. 11.

#### ●● 김 배 연



- 연세대학교 세라믹공학과 학사, 석사, 박사
- 1990- 인천대학교 신소재공학과 교수
- U.C. Berkeley Post Doc., Visiting Professor
- 인천대학교 창업보육센터 초대소장
- 기술보증기금 외부자문위원
- 한국발명진흥회 외부자문위원 등