

공학이란 무엇인가

- 공학의 개념정립을 위한 고찰 -

金有信(부산대 전자공학과)

李秉基(서울대 전자공학과)

1. 서론

공학(工學)이란 용어는 우리 사회에서 흔히 아주 넓게 사용되는 용어이다. 대학에서는 전자공학, 화학공학, 기계공학 등등 아주 잘 정립된 학문의 분야를 지칭하는데 사용되는가 하면, 또는 만들어진 인조물의 사용 및 적용 분야에도 사용된다. 한편 교육학에 적용되어 교육학을 첨단 기술을 사용하여 교육을 하는 이론이나 적용 등에 관련해서 교육공학이란 말을 사용하고, 생물학 분야에서 유전자 조작 기술 등을 고도의 테크닉이 가미된 분야를 유전공학이라 칭한다. 이때 “공학”은 영어로 “engineering”이라고 번역된다. 예를 들면 전자공학, 기계공학은 electronic engineering, mechanical engineering의 번역이다. 이처럼 engineering이 특정한 형태의 학문을 지칭할 때 공학으로 번역되어 사

용되는 경우도 있지만, engineering이란 용어가 공학으로 번역되지 않고 영어 그대로 엔지니어링으로 표기되면서, 기술의 한 형태를 지칭하기도 한다. 예를 들면 김 엔지니어링 회사와 같은 기술 회사가 있다. 또 engineer를 우리는 기술자라고 번역한다. 그러나 미국의 전기 및 전자공학회를 ‘The Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE)’라고 부르고, 이때 engineer는 ‘공학자’라는 의미를 지닌다. 문자적으로 본다면 공학이란 의미는 단순히 좁은 의미에서의 engineering이 아니라, engineering science가 훨씬 타당하다.¹⁾ 그런데 실제로 engineering은 그 자체로 engineering science를 포함하는 넓은 의미로 쓰이기도 하기 때문에, 많은 경우에 공학을 engineering이라고 부르기도 한다. 좁은 의미에서 engineering은 번역되지 않고, 엔지니어

1) 여기서 과학과 학문은 어떻게 다른가라는 질문이 나올 수 있다. 왜냐하면 공학은 과학이 아니지만 학문임에는 틀림없다고 할 수 있기 때문이다. 정치학 경제학 등을 사회과학으로 부른다면 학문을 곧 과학과 동일시해도 상관없다. 영어로 engineering의 -ing 어미는 engineering이 학문으로 번역되기에는 문제가 없지 않다. 영어는 학문이란 곧 science이기 때문에 science 외에 우리처럼 학문에 대응되는 단어는 없다. 여기서 science는 연역적이고, 조직적이고, 귀납적인 방법과 가설을 사용하고 검증하는 지식의 체계란 뜻이지, 자연과학, 곧 물리학과 같은 내용이나 목적을 가진 의미에서 과학이 아니다.

어링으로 그대로 사용된다. 따라서 공학이란 용어가 대개의 경우에 engineering의 번역이며 이것은 좁은 의미의 engineering 곧 엔지니어링과는 다르다. 일반적으로 공학은 정확하게 말하면 engineering science(공학학문)와 엔지니어링을 포함하는 넓은 의미를 지니다고 보는 것이 더 타당하다.

공과 대학을 지칭할 때 영어로 'college of engineering'이라고 부른다. 인문과학 대학, 자연과학 대학, 생명자원 과학 대학 등과 비교한다면 '공학대학'이라고 부르는 것이 타당하다. 공과대학에서 가르치는 학문은 아주 잘 정립된 분야이고, 수학과 과학적 지식의 직접적 응용만이 아닌 독자적인 지식의 영역을 가진 고도의 논리적이고 조직적이고 추상적인 학문이다. 공과대학에서는 학사뿐만 아니라, 석사, 박사 등의 인력을 배출하고, 자연 과학이라고는 부르지 않지만, 아주 추상적이고 복잡한 고도의 학문을 다룬다. 공과 대학을 졸업한 인력은 연구소에서 연구원으로, 기업체에서 경영인으로, 산업체에서 기술 개발의 주역으로서의 역할을 한다.

그렇다면 공학이란 무엇인가? 공학을 몇 마디로 정의해서 이 질문에 답하거나 공학을 이해하려한다면 잘못이다. 여기에 대해 답한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 공학은 과학인가 아니면 공학은 기술인가, 만약 공학이 기술이라면 "학(學)"이란 단어가 왜 "공(工)" 다음에 오는가, 공학이 과학이라면 어떤 의미에서 과학인가라는 문제가 생긴다. 이것은 과학과 기술을 어떻게 보는가에 달려있다. 과학과 기술의 관계에 대한 전통적 모델은 "응용과학으로서의 기술" 모델이다. 기술

은 전통적으로 지식 자체 보다 인조물을 만드는 것에 그 목적을 두고 있는 것으로 이해하고, 지식의 성분을 강조하기 보다는 주먹구구 식 방법이나, 오랜 경험적 직관에 의존하거나, 숙련된 기능, 유용한 기능, 기예(useful arts and crafts) 장인의 지식 정도로 이해하고 있다. 최근에 과학의 발달과 더불어, 멀티미디어, 인공위성 등이 만들어지기 때문에 기술이고 도로 사고해야 할 지식을 가지는 대상으로 생각하지만, 그것도 기술 자체에 사고 성분이 있다고 보기 보다는 오히려 과학적 지식의 응용 결과로 파악한다. 따라서 기술은 그 자체로는 독자적 지식 영역이 없고 과학의 지식을 응용해서 사용하는 "응용과학"인 것이다. 이 응용과학 모델은 과학은 지식을 생산하는 상위 계층이고 기술은 상위 계층인 과학이 만들어 놓은 지식을 응용하여 인조물을 만드는 하위 계층이라는 의미의 위계적 모델(hierarchical model)이라고도 부른다. 이러한 모델에서는 "지식으로서의 기술"에 대한 사상, 기술의 사고적(思考的) 성분은 무시된다. 만약 기술에 사고적이고 지식에 해당되는 것이 있다면 이것은 모두 과학 또는 수학에서 온 것으로 간주한다. 이러한 태도가 학문 영역으로 확고히 자리잡은, 고도의 사고와 지식이 필요한, 공학에 잘못 적용되어 공학조차도 자신의 독자적인 지식 영역이 없이 과학적 지식을 응용하는 분야인 것처럼 생각 하도록 유도한다.

본 논문에서는 공학이 비록 과학적 지식을 이용은 하지만, 과학적 지식을 그대로 응용하는 것이 아니라 아주 많이 변형하여, 심지어 이것을 과학적 지식으로 볼 수 없을 정도로 많이 변형시켜 사

용하며, 또한 과학적 지식과는 다른, 자기 자신의 독자적 지식 영역을 갖고 있는 학문이라는 것을 보이려 한다. 이러한 과정을 통해서 공학에 대한 개념적 혼란을 제거하고 대학에서 사용되는 공학의 개념을 정립에 기여하고자 한다.

2. 응용과학으로서의 기술 모델

기술은 어떤 의미에서 응용과학이고, 기술이 응용 과학이란 주장은 어떤 기초 위에서 이루어졌는가를 살펴보자. 응용 과학으로서의 기술이란 대략 다음의 의미를 지닌다: 과학적 지식이 모든 기술적 지식의 유일한 근원이고 또한 기술적 지식을 위해서는 과학적 지식만으로 충분하며, 배후에 깔려 있는 과학을 이해하지 않고서는 어떠한 기술도 가능하지 않다. 즉 과학이 기술에 있어서 필수적이다. 뿐만 아니라 기술이 과학에 공헌할 수 있다는 것도 부정되고, 기술이 과학에 공헌하는 것은 단순히 도구의 제공에 불과하게 된다. 이러한 관점에서는 기술의 사고적 성분(thought component)은 부정되고 기술은 단지 실천이라고 주장된다. 그러므로 기술적 연구에 의해 발생하는 지식은 간과되어 버린다. 헉슬리는 이러한 의미에서의 응용과학으로서의 기술이란 사상을 잘 표현하고 있다: 기술은 특정한 클래스의 문제들에 대해 순수 과학을 적용한 것이다. “응용 과학”이란 용어에 대한 헉슬리의 해석은 오랜 역사를 지니고 있고 구미 각국에서

오랫동안 생명을 누리고 있었다.²⁾

이러한 응용과학으로서의 기술이라는 관점은 무슨 기초 위에서 주장되고 있는가? 이러한 관점의 옹호를 위해서는 여러 형태의 이론들이 있다. 필자는 기술에 대한 응용과학의 관점은 역사적으로 증명된 논증에 기초한 것이 아니고 과학에 대한 오해에 기초하고 있다고 생각한다. 예를 들면 바베지(Babbage)는 국가의 기술(arts)과 제조업은 과학의 발전과 밀접하게 연결되어 있다고 말하는 베이컨적인 믿음을 따르고 있었다. 1830년대에 영국 과학을 개혁하려는 운동을 벌리면서, 바베지는 추상 과학에 대한 국가적 지원이 필요한 이유를 그것의 상업적 유용성 때문인 것으로 논증했다.³⁾ 돈 아이드(Don Ihde)에 의하면, 응용과학의 관점은 현대 과학과 기술의 역사를 다음과 같이 해석한 데에 기인한다. “유럽의 역사에 있어서 오랜 어둠의 시기 후에 그리스 과학적 정신이 되살아나고 우리가 르네상스라 부르는 것에 활력을 부여한다. 유럽은 자연에 대해 흥미를 다시 얻게 되었고 자연에 대해 사색하며, 우리가 현대 과학이라 부르는 자연에 대한 이해 방법을 차츰 이끌어낸다. 역사적으로 이러한 운동은 극적이고 갈릴레오, 케플러, 코페르니쿠스 같은 인물들에 속에서 실현되고 마침내 뉴우턴과 더불어 완전히 조직화되었다.”⁴⁾

응용과학적 관점에 대한 다른 논증은 기술에 대한 지나치게 좁은 이해에 기초하고 있다. 예를들면 찰스 싱어(Charles

2) R. Kline, 1992a

3) Kline, 1992a, 18

4) D. Ihde, 1984, 27

Singer), 홀미야드(E.J.Holmyard)와 홀(A.R.Hall)은 그들의 기념비적인 “기술의 역사”란 저서에서 기술을 “어떻게 물건이 만들어지거나 혹은 일반적으로 이루어지는 것” 그리고 “어떤 물건이 이루어지거나 또는 만들어지는 것”으로 정의한다. 이러한 어귀에서는, 산업적 기술(arts)의 조직적 지식으로서의 기술(technology)은 그 의미를 자동적으로 잃게 되고 기술에 대한 사유적 성분(thought component)은 부정된다.⁵⁾ 예를 들어 홀은 기술이 과학에 미치는 영향으로는 측정 계기를 비롯한 실험 기기의 유입과 기술의 데이터의 유입에 불과하고, 반면에 과학적 지식은 기술에 응용된다고 주장한다. 이러한 관점에서는 복잡하고 정교한 기술인 현대 기술은 기술적 지식을 산출하는 독자적 영역이 아니고 응용과학에 불과하다.

위의 논의와는 달리 마리오 방기(Mario Bunge)는 분석적인, 철학적인 입장에서 응용과학으로서의 기술 모델을 옹호한다. 그는 성공적인 인간 행위의 안정된 규범을 규칙들이라고 부르고, 이 규칙들을 구별하여 네 가지로 분류한다: “(1) 행위의 규칙(rule of conduct)(사회적, 도덕적, 법적인 규칙); (2) 과학 이전의 규칙(prescientific rule)(기술과 기능 및 생산에 있어서 주먹구구식 규칙); (3) 기호의 규칙(통사적이고 의미론적인 규칙); (4) 과학과 기술의 규칙: 근거 지워진 연구와 행동”⁶⁾ 등이다. 위의 네 가지 종류의 규칙은 모든 인간의 삶

을 위해 필요한 규칙을 다 포괄하며, 그 중 하나가 과학과 기술의 규칙이다. 이와 같이 방기에 의하면, “과학과 기술의 규칙들은 연구의 특수한 테크닉을 순수 및 응용과학으로 요약하는 규범이다.”⁷⁾ 방기는 순수 과학을 응용과학으로부터 분리한다. 순수과학은 자연의 객관적인 패턴 혹은 자연의 법칙을 취급한다. 응용과학은 최적적 실천적 행동의 과정을 처방하는 규칙에 대한 연구를 취급한다. 그는 이 규칙의 개념을 가지고 현대 기술을 과학 이전의 기술 및 기능(arts and crafts)과 구별한다. 현대 기술의 규칙은 “근거있는(grounded) 규칙”이다. 규칙들이 그 규칙들의 효율성을 설명하는 과학적 법칙에 기초해 있을 때, 근거있는 규칙이라고 부른다. 배후에 깔린 과학이 없는 기술과 기능(arts and crafts)들은 근거있는 규칙들이 아니다.

방기는 또한 현대의 기술적 지식을 두 가지로 구분했다. 곧 실질적(substantive) 지식과 대상의 작동과 관련된 조작적(operative) 지식이다. 실질적 기술 이론은 본질적으로 과학 이론과 거의 같은 상황에 적용되는 것이다; 예를 들어, 비행(flight)은 본질적으로 유체 역학의 적용이다. 이처럼 실질적 기술 이론에는 항상 과학 이론이 선행하며 그 기술 이론에는 과학의 이론이 직접 응용된 지식이다. 반면에 조작적 기술 이론은 출발부터 실제 상황에서는 인간과 인간-기계 복합체(complex)의 작용에 관심을 가진다. 따라서 이것은 과학의 방법이 응용

5) E. Layton, 1974, 31

6) M. Bunge, 1972, 68

7) Ibid.

된 지식이다. 이처럼 방기에 의하면 현대의 기술은 과학의 이론과 방법을 실천적인 행동에 적용하는 응용과학이다. 그러므로 기술적 지식은 실천적 행동에 적용된 과학적 지식이다. 이 두 가지 기술적 지식은 각각 인간 행동의 규칙에 대한 서로 다른 종류의 과학적 기초를 제공한다. 이 입장에 서면 공학 역시 지식의 성분이 부인될 수 밖에 없다. 공학에 지식적인 성분이 많은 것처럼 보이지만 이 모두 과학에서 온 것으로 밖에 볼 수 없게 된다.

3. “응용과학으로서의 기술” 모델 비판

지난 20년 동안, 역사가들은 기술의 계층적인 응용과학 모델을 비판하며 기술을 연구의 한 영역으로 보고 물리 과학을 기술적 지식의 한 가지 원천에 불과한 것으로 묘사하는 상호작용 모델을 옹호해왔다.⁸⁾ 이러한 기술적 지식은 그 속에 여러 분야에서 온 지식을 성분으로 가지고 있다. 공학(engineering science) 역시 기술적 지식의 매우 중요한 부분이다. 많은 기술사가들은 수력학(hydraulics), 물질의 강도, 항공학, 열역학, 전기공학 등의 분야에서 기술(또는 공학)의 개발에 대해 연구해왔다. 비록 이 기술이 순수과학으로부터 지식을 도입하지만 그것은 학습(learning)을 통해 만들어지는 지식의 자율적인 조직체이다.

계층적 모델인, 응용과학으로서의 기

술은 대개 3가지 면에서 비판할 수 있다. 첫번째 비판은 기술의 역사적인 사례연구의 관점에서 이루어진다. 둘째 비판은 분석적으로 기술에 지식의 성분을 부여함으로 이루어진다. 셋째 비판은 기술의 변화라는 관점에서 이루어진다.

클라인(R. Kline)은 공학(engineering science)에 대한 역사적인 사례의 한 경우에 대해 아주 우수한 묘사를 했다.⁹⁾ 이것은 전기공학의 역사에서 찾아낸 스타인메츠(Steinmetz)의 경우이다. 1890년 초기에 찰스 스타인메츠는 조그만 전기 제조업체에서 전기기기의 철심에서 발생하는 자기 히스테리시스에 관해 연구했다. 그러나 물리학자들은 스타인메츠의 방정식은 공학적 근사화지 물리적 법칙이 아니라고 주장했다.¹⁰⁾ 스타인메츠가 전기기기 철심의 자기 히스테리시스에 관해 개발한 지식은 순수 물리학의 직접적인 적용이 아니며, 그것은 또한 순수 물리학으로부터 유도된 것도 아니다. 그것은 스타인메츠 자신에 의해 개발된 공학적 지식인데, 스타인메츠는 이 지식을 응용과학이라고 옹호했다. 스타인메츠가 응용과학이란 말로 의미한 것은 그의 작업이 직접적 적용이 아니라 그의 작업이 과학적 방법의 산물, 즉 조직적이고, 논리적이고, 귀납적이며, 연역적인 과정들의 방법을 사용한 작품이라는 것을 의미한다. 스타인메츠는 사설 연구실(home laboratory)을 차려놓고, 물리학이나 화학이 아니라, 공학에서 훈련받은 연구원들을 연구진으로 가진 컨

8) R. Kline, 1992a, 1. 상호작용 모델에 대한 이론적 분석은 Barry Barnes, 1982, 166-171에 잘 나타나 있다.

9) R. Kline, 1992, 127-161

10) R. Kline, 1992a, 7

설팅 엔지니어링 부서를 만들었다. 스타인메츠는 전기 기기 이론들과 인공으로 만들어진 것들의 자연적 측면에 관심을 두었다. 제네랄 일렉트릭(GE)사에서 근무하는 엔지니어들은 “순수” 물리학을 적용하기 보다는 스타인메츠의 연구실에서 개발한 유형의 기술 이론들을 적용했다.

유도 전동기의 역사에서는 과학이 실질적인 역할을 했었다. 그러나 유도 전동기의 이론들은 비록 막스웰(Maxwell)의 전기 물리에 기초했다고 하지만, 실제적으로 유용하게 사용하기 위하여 막스웰 이론을 너무 변형시켰기 때문에 컬럼비아 대학의 전기역학(electromechanics)의 교수 푸핀(Pupin)은 변형된 이론의 정당성에 대해 의심하면서, 공학자들에 대해 그들은 이미 응용과학의 기준에서 벗어난 몰염치한 행위를 하고 있다고 비난했다.¹¹⁾ 유도 전동기 이론의 수학적 구조는 막스웰로부터 왔다. 그러나 막스웰의 미분 방정식들은 사라지고 그래프 분석과 복소 대수 등과 같이 설계 작업에 더 유용한 형태로 바뀌었다.¹²⁾ 엔지니어링 연구 공동체는 유도 전동기에 대한 과학적 기술적 정보를 이러한 전동기 설계에 성공적으로 사용 가능한 지식의 조직체, 공학 이론 또는 공학학문으로 바꾸어 버렸다. 실험과 수학으로부터 이론을 유도한 점과, 그 이론

의 축적적 성격과, 일반 적용 가능성 등, 또한 공학학문으로서의 성질들을 보여주고 있다.¹³⁾

사유의 성분을 기술에 부여하지 않고서는, 계층적 응용과학 모델에 실질적인 비판을 가하는 것은 불가능하기 때문에, 레이튼은 사유의 성분을 기술에 부여하려고 많은 노력을 기울였다.¹⁴⁾ 레이튼에 의하면 기술을 지식에 연결시키는 일은 현대에 와서, 인위적으로 구성한 것이 아니고, 매우 오랜 역사를 갖고 있는 일이다. 아리스토텔레스는 건축은 하나의 기예(art)이고, 이것은 본질적으로 제작하고 추리하는 능력의 결과이기 때문에, 기예(art)를 참된 추리 과정이 포함되는 제작하는 능력의 상태와 동일시 했다. 지식은 추리의 가정이고 산물이며, 기술(technique)은 상세한 과정, 기능(skill)과 적용을 의미한다. 그러나 복잡한 과정들은 지식을 통해 존재하게 된다.¹⁵⁾ 그래서 우리는 기술로부터 지식의 성분을 선천적으로 제거해서는 안된다. 레이튼은 코이레(A. Koyre)를 인용하면서 기술은 사고의 체계이며 과학과는 다른 독립적인 체계라고 논증한다. 코이레는 기술을 상식에 기초한 사고의 체계라고 생각한다; 이러한 상식에 대한 기술적 사고는 과학적 사고에 의존하지 않는다. 물론 코이레는 과학이 기술에 영향을 주었음을 믿는다.¹⁶⁾ 그러나 그 영향

11) R. Kline, 1987, 283
 12) Ibid.,
 13) Ibid., 312
 14) E. Layton, 1974, 31-41.
 15) Ibid., 33
 16) Ibid., 36

은 과학의 직접적 결과들-그것의 법칙과 발견들-로부터 반드시 나오는 것은 아니다. 오히려 그들은 그것의 간접적인 영향으로부터 온다. 예를 들면 정확한 수학적 법칙에 의해 세계가 다스려진다는 사상은 갈릴레오와 호이겐스가 기계적 시계를 정밀성의 도구로 변환시킴으로써, 기술에 전파되었다. 우주는 정밀한 수학적 법칙에 의해 지배 받는다는 사상은 과학적 결과가 아니라, 과학의 전제였다. 적어도 이러한 가설의 어떤 부분은 기술적 발전으로부터 왔다.¹⁷⁾ 그러한 기술적 지식은 너무 조잡해서 기술적 지식을 탐구하거나 또는 기술을 하나의 자율성을 갖는 조직체로서 간주할 필요가 없고, 기술적 지식의 특성은 조사를 하지 않았던 견해도 있을 수 있다.

우리가 기술의 인식적 특성을 거의 탐구하지 않은 중요 이유는 기술적 지식의 조잡성과 단순성(naivete) 때문이 아니라, 기술의 성격이 고대로부터 중요한 부분에서는 암묵적인데, 우리들은 이러한 암묵적 지식을 탐구하는 이러한 분석적 도구를 갖고 있지 않기 때문이다.¹⁸⁾ 암묵적 지식은 기술에만 있는 것은 아니다. 과학적 지식 역시 암묵적인 특성을 포함하고 있다.¹⁹⁾ 그럼에도 불구하고 과학철학은 과학의 지식적 특성에 관한 주제를 잘 다루고 있다. 따라서 기술에 관한 지식의 특성을 이해하기 위해 학자들은 과학철학의 모델들을 적용하려고 시

도하고 있다. 최근에 과학철학자들은 과학적 지식의 변화를 보기 위하여 여러가지 분석적 도구를 개발했는데, 과학사들과 과학철학자들은 이러한 과학적 지식 변화의 모델을 기술적 지식 변화에 적용하여 기술적 지식의 본성을 이해하려고 하고 있다.²⁰⁾ 필자가 보기에는 아직 많은 연구가 필요하다.

방기는 위에서 보인 것처럼 분석적 접근에서 응용과학으로서의 기술이라는 관점의 옹호자이다. 그의 분석은 정상적인 기술적 실천에 대한 해명으로는 그럴듯하다. 응용과학적 관점과 모순되는 것처럼 보이는 역사적 경우는 기술에 대한 이러한 관점을 옹호하는 방식으로 재해석 될 수 있다. 그러나 방기의 “응용과학으로서의 기술” 모델이 옳다면 그것은 기술적 지식의 변화에 대해 설명할 수 있어야 한다. 거팅(G. Gutting)은 이 점을 잘 지적하고 있다. 콘스탄트는 기술의 발전을, 전반적으로 인정된 기술 패러다임 아래에서 개별 기술의 세부적 발전이 나타나는 정상기술(normal technology)의 시기와 기술 패러다임의 총체적 변혁이 이루어지는 기술혁명(technological revolution)의 시기로 나누고, 정상기술로부터 기술 혁명으로 나아가는 계기로써 마치 쿤이 그의 책 “과학혁명의 구조”에서 사용하는 과학혁명의 변칙(anomaly)과 유사한 추정된 변칙이란 개념을 사용했다.²¹⁾ 그러나 기

17) Ibid., 35-36

18) R. Laudan, 1984, 1-26

19) M. Polanyi, 1962

20) R. Laudan, 1984

21) E. Constant, 1980

술혁명에서의 추정된 변칙과 과학혁명의 변칙과 기술혁명에서의 변칙과는 중요한 차이가 있다. 그것은 과학에서의 변칙이 실제로 과학 이론이 그 자체로 잘못된 주장 또는 예측을 하는 것, 즉 과학 이론의 리 문제임에 비해, 기술혁명을 가져오는 변칙은 기술 그 자체로는 문제가 없으나, 현재의 기술이 계속 확장 발전된다고 볼 때, 예상되는 문제이다. 예를 들면, 1920년대 프로펠러 비행기에는 아무런 기술적 문제가 없었다. 그러나 “만약 비행기의 속도가 더 이상 증가 한다면, 어느 시점에서는 프로펠러 비행기는 이상 더 추진 장치로는 부적합하다.”는 것을 선견지명을 지닌 몇몇의 사람이 예측하고, 프로펠러 기술을 변칙으로 보았다. 즉 이것은 실제로 그 당시는 변칙이 아니지만 추정된 변칙으로 인식하고 새로운 기술 개발 곧 터보-엔진 개발에 착수했다. 응용과학 모델로서 거딩의 주장처럼 정상 기술(normal technology)의 발전은 설명할 수 있지만, 기술 혁명은 설명할 수 없다. 기술에 대한 평가 정책(evaluation of technology policy)은 기술혁명에 중요한 역할을 한다. 프로펠러 추진 비행기에 대한 기술 평가 정책의 결과 터보-엔진을 개발하도록 착수하여 터보-제트 엔진 개발이라는 항공기 기술의 혁명을 이루었다. 비록 기술 평가 정책은 이론 과학의 개입에 의존할 수 있지만, 그것은 아주 제한된 범위에 서이다. 그리고 기술 평가 정책에 대한 다른 여러 측면들은 과학적 이론과 방법의 적용의 응용으로부터 결과된 것이 아니다.²²⁾ 오히려 기술 공동체의 기술적,

경제적, 사회적 판단과 기업들의 결정 아래 이루어진 것이다. 따라서 기술에 대한 평가 정책의 결정 및 변화란 문제를 해결하기에는 응용과학으로서의 기술이라는 관점은 적절하지 못하고, 나아가서 이러한 관점은 기술 혁명을 설명하지는 못한다.

기술을 사고 체계로서 취급하는 것이 그렇게 중요한가라는 질문을 할 수 있다. 사고 체계로서의 기술은 여러 가지 함축을 지닌다. 첫째로 기술에 대한 지식 성분을 강조할 때, 과학과 기술의 관계는 응용과학 모델과 같은 위계적인 모델 보다는, 상호 작용 모델로 보는 것이 더 타당하다. 기술적 지식은 과학적 지식과 양립하지만, 과학이 기술에 있어서 필수적인 것은 아니다. 기술 역시 자신의 독자적 지식 영역으로 인해 과학에 기여한다. 상호작용 모델은 역사적으로, 그리고 실제적인 과학과 기술 현상을 더 잘 설명할 수 있다. 역사적으로 기술 공동체의 문화는 과학 공동체의 문화와는 대개의 경우에 서로 독립적이고, 독자적 영역을 지니면서 관련을 맺어왔다. 이것은 오늘날에서도 마찬가지다. 기술에 대한 상호작용 모델은 위계적 모델보다 이러한 사실을 훨씬 잘 설명한다. 위너(L. Wiener)는 “인조물이 정치를 갖고 있는가?”라는 논문을 통해 기술이 일단 도입되면 기술을 유지하기 위해, 또는 그 기술의 발전을 위해 정치적 구조가 형성이 되고 사회적 과정이 이루어진다는 사실을 설명하고 있다. 역설적이지만, 지식 성분에 대한 관심은 기술사를 위해 오히려 사회사의 중요성을 강조하고 있는 셈

22) G. Gutting, 1984, 59

이다.²³⁾

둘째, 레이튼이 이야기 한 것처럼²⁴⁾, 지식에 대한 강조를 한다는 것은 인간의 사상(ideas)에 중요성을 둔다는 것이다. 지식에 대한 강조는 우리로 하여금 테크닉적인 기술적 작업에 반해서 기술에 있어서의 혁신

(innovation)에 많은 주의를 기울이게 한다. 또한 우리로 하여금 역사 연구에 중요한 부분이 될 수 있는 기술의 지성사에 대한 관심을 갖도록 해준다. 지식에 대한 강조로 말미암아, 혁신에 대한 관심을 갖도록 한다는 사실은 사회 변화에 있어서 기술의 역할의 중요하다는 점을 지적해준다. 이러한 “기술적 사고”는 한 덩어

리로서 전체이거나, 또는 어떤 하나의 공식으로 표현되지 않는다. 기술 속에는 사회적 의미와 사회에 대한 가정들이 새겨져 있고 동시에 사회는 사회적 그룹에 따라 기술을 해석하고 그 해석의 경쟁에 의해 기술은 안정화를 이루고 발전한다.

기술의 독자적 지식 영역이 강조될 때

과학과 기술의 관계는 상호작용 모델이 타당하다. 특히 현대는 과학과 기술의 상호작용은 빈번히 일어나고 매우 치열하다. 또한 과학과 기술의 상호작용 형태는 시대에 따라 사회 환경에 따라, 과학과 기술의 내용에 따라 다양하다. 현대 공학

은 이러한 상호작용의 산물이며, 상호작용의 형태 중 하나이면서 동시에 자신의 영역을 갖고 있는 현대에서 아주 중요한 학문 분야이다. 공학적 지식의 성격은 무엇인가에 관해서는 다음 장에서 살펴보기로 하자.

4. 공학의 기원과 역사

엔지니어링은 단지 현대의 산물만이 아니라 오랜 역사를 지니고 있

다. 그 역사를 간단히 살펴보자.²⁵⁾ 엔지니어링의 기원은 적어도 기원 전 3,000년 경 문명의 여명기에 나일과 메소포타미아 계곡에서 나타났던 건축가들의 작업 속에서부터 시작되었다. 고대 이집트는 실질적 기술(practical arts)의 어머니로 오랫동안 알려져 왔다. 시나이 반



23) Ibid., 41

24) E. Layton, 1974

25) 이 이후 나오는 내용은 많은 부분이 J. K. Finch, 1961, 318 - 324을 많이 참조했다.

도에서 캐낸 구리를 사용하여 여러가지 도구를 만들었고 안료제, 염색, 유리 시멘트 등을 생산하는데 선구자였다. 그러나 이집트인들은 많은 노동력으로 인하여 그들이 갖고 있는 자원을 어떻게 이용하는가에 주로 관심을 가졌고, 경험으로 유도되는 방법과 규칙에 대해 왜라는 의문에 별로 관심을 갖지 않았다. 그리스 인들은 이집트에서 발전된 기술에 기초해서 기하학, 역학 등을 만들었으나, 이것을 그들의 엔지니어링에 응용하는 것은 아주 제한된 범위에서였다. 듀란트(Durant)는 이러한 그리스인의 과학이 엔지니어링과 그 당시의 산업에 자극을 주는데 실패한 이유를 풍부한 노예 노동력 탓으로 돌렸다. 그리스인들의 과학적 지식과 기술이 그들의 노예 문명에 아무런 인센티브를 주지 못했기 때문이다. 고대 엔지니어의 가장 위대한 민족으로 높이 평가되어왔던 로마인들은 수세기 동안 알려져 왔던 아치(arch)를 토목과 건축에 널리 사용하였다. 특히 로마인은 실제적인 건물이나 다리를 세우거나 조직하는 일에 다른 민족과 달리 뛰어났다. 비록 그리스인과는 달리 과학에는 관심이 아주 적었음에도 불구하고, 로마인들은 엔지니어링을 로마를 건설하고, 로마 문명을 전파하는데 중요한 도구로 사용했다.

로마와 유사한 장인의 시대로 알려진 중세는 경험이 오랜 위대한 스승이라는 사실을 강조한 시대였다. 중세 후기가 인류 역사에 있어서 가장 탁월한 작품과 기술적인 발전의 증인이었을 때 근대 과학은 아직도 태어나려는 상태에 있었다.

예를 들면, “skeleton-stone”인 고딕 성당은 단지 시도(trial)와 관찰에 의해서만 진화해왔음에도 불구하고, 여전히 석조 건설에 있어서 인간의 위대한 승리로 남아 있었던 것이다. The ingeniator(기계조작병), ingenious builder of the massive medieval fortress-homes(거대한 중세 요새의 탁월한 건축가) 등의 용어가 나중에 엔지니어링이 건축과 결별할 때 engineer라는 명칭(title)을 제공하였다. 아마도 유사과학(pseudo-science)인 연금술사들이 발견한 것으로 여겨지는 화약(gunpowder)은 군사 엔지니어링의 새로운 시대를 도래시켰고, 대포를 주조하는데 필요한 금속에 대한 진보를 자극시켰다. 중세 후기에 찾아 왔던 기계 시대의 탄생, 물레방아와 풍차의 광범위한 사용 등은 중세의 삶을 혁명적으로 변화 시켰으나, 아직 근대 과학은 출현하기 전이었다.

그 후 과학 혁명을 통해 근대과학이 출현했으나 근대 과학의 탄생은 과학적 호기심에 의해서만 자극된 것은 아니다. 과학적 지식은 베이컨에 의해서는 지식을 위한 지식으로 평가되지 않았고, 울프(Wolf)가 말한 것처럼 “그것으로부터 결과될지도 모르는 발명의 수단에 의해 많은 인류를 개선시키기 위한 잠재적 도구”²⁶⁾였다. 그러나 실제로 과학의 선구자들은 곧 수학과 천문학, 물리학에 집중했고 실제적 적용에는 거의 관심을 기울이지 않았으며, 수학을 쓰지 않는記術과학(descriptive science)은 거의 무시되었다. 이리하여, 1716년에 오로지 다리의 건설에만 집중한 것으로는 첫번

26) 원래 A. Wolf, 1950, p. 450에서 나오는데, J. K. Finch, 1961, 318 - 324에서 재인용 했다.

제 책을 쓴 고티에(Gautier)는 설계에 건축학적인 접근이 부족하다는 것 뿐만 아니라, 지나치게 수학적이고, 실제적 문제에 대해 관심이 적은 것에 대해 심히 불평하였다.

공학학문(engineering science)이라는 용어가 처음으로 사용된 것은 벨리도(Belidor)가 1729년에 저술한 그의 책 “엔지니어의 과학(La Science des Ingenieurs)”에서였다. 공학(engineering science)에 종사한 초기 사람들, 특히 불란서인들은 결코 과학적 호기심에 의해 자극받은 것도 아니고 과학적 발견에 의존한 것도 아니었다.²⁷⁾ 이처럼 공학은 과거에는 자신의 지식 영역을 갖고 있었다. 현대에 있어서 공학은 어떠한가? 공학의 모든 지식은 과학적 지식인가? 그렇지 않다. 과학과 기술의 상호 작용의 강화는 현대라는 시대의 특수한 상황이다. 이러한 상호 작용의 한 형태로서 현대의 공학은 기술사에 있어서, 하나의 특수한 경우이면서 현대의 과학 및 기술 발전에 아주 중요한 역할을 한다. 또한 기술의 공학적 측면은 현대 기술의 중요한 측면이다.

5. 엔지니어링, 공학, 이데오로기²⁸⁾

공학의 “학(學)”을 각주 1번에서 언급한 것처럼 학문으로 본다면 공학은 영어로 engineering science로 번역될 것이다. “science”란 용어 그자체만 살펴본다

면 이것은 적어도 두가지 구별되는 의미를 지니고 과학자와 engineer는 종종 그것을 서로 다르게 사용한다. 영어에서는 옛날 용법에서 과학은 종종 바느질이나 말 등에 타는 것과 같은 배워야 하는 것을 의미했다. 그러나 17, 18 세기와서는 과학은 장인의 기술(craft)을 포함하여 체계적 지식과 연결되었다. 다른 말로 하면 “science”는 기술(technology)을 포함했다. 이러한 넓은 용법의 “science”는 언어학 또는 역사학 등의 어떠한 체계적 지식에도 적용될 수 있는 독일어의 “Wissenschaft”란 용어와 연결된다. 19 세기에 와서는 “science”는 아주 좁은 의미를 택하게 되어 과학자에 의해 생산되는 지식체계로서 쓰이게 되었다.²⁹⁾ 지금은 엔지니어들은 종종 “science”란 용어를 기술을 포함하는 옛날의 의미로 사용하고, 반면에 과학자는 그것을 더 좁은, 제한된 현대적 의미로 사용한다. 이러한 의미론적인 차이는 실제적이고 종종 혼란을 불러 일으킨다. 그러나 이러한 의미 혼란에는 과학과 engineering에 대해 부착되어 있는 이데오로기도 작용하고 있다. 이러한 이데오로기는 모든 기술적 진보는 전적으로 과학에서 파생되어 온 지식에 의해서거나 아니면 전적으로 과학에 의지 한다는 것으로 미국에서 부시(Vannevar Bush) 및 헨리(Joseph Henry) 등에 의해 제창되어진 것이다. 2차 대전 당시 미국의 과학 연구와 개발의 책임자였던 부시는 1945에

27) J. K. Finch, 1961, 324

28) 여기서 이데오로기는 검증되지 않고 어떤 편견이나, 정당화 되지 않은 사회적 이유등에 의해 우리가 갖게되는 또는 우리에게 부과되는 잘못된 견해 또는 허위 의식이라고 볼 수 있다.

29) E. Layton, 1976, 689

출판한 과학 그 끝없는 개척지(Science The Endless Frontier)에서 정부는 전후 과학을 어떻게 지원해야 하는가에 대해 개관했다.³⁰⁾ 이 영향력 있는 책의 중심적 전제는 "새로운 생산물 그리고 새로운 과정들이..... 과학의 가장 순수한 영역에서 연구에 의해 고통스럽게 개발된 새로운 원리와 새로운 개념에 세워져 있다. 오늘날 기초 연구는 기술적 발전의 주도자란 것은 어떤 때보다 더 진리이다."³¹⁾ 매사추세츠 공과대학(MIT)의 전기공학 교수였던 부시는, 기초과학은 "어떤 실천적 문제에 대해 완전한 구체적인 답을 제공하지는 못할지도 모른다. 그러나 응용 연구의 기능은 그러한 완전한 답을 제공한다."라고 그의 책에서 역시 지적한다.³²⁾ 이 책은 국가의 과학 자본을 개선하는데 초점을 두면서 기술은 응용과학이라는 단순한 모델을 추진시켰다. 이것은 1933년 시카고 세계 박람회(Chicago World Fair)의 모토인: "과학은 발견하고—산업은 응용하고—사람은 따른다."³³⁾에 잘 나타나 있다. 그런데 이러한 위계적 모델은 정부와 아카데미아에서 전연 비판을 받지 않고 수용되었다. 헨리는 "모든 기계적 기술(arts)은 자연에 대한 하나의 법칙의 어떤 원리에 기초해 있다."라고 주장한다. 여기에서

헨리가 engineering이라는 용어 대신에 arts를 사용한 이유는 그에 의하면 기본적인 구별은 오직 art와 science에만 있고 engineering, technology는 모두 science의 응용에 불과하다는 생각을 하기 때문이다. 부시의 "과학은 지식을 만들고 산업체는 이를 응용하고 소비자는 이를 이용한다"는 생각은 이를 잘 나타내어 준다. 그러나 부시의 이러한 견해에는 실제와는 많이 달랐다. 예를 들면, 1966년에 미국방성 연구 프로젝트 힌드사이트(Hindsight)는 20개의 주요한 무기체계에 있어서 혁신의 90% 이상이 1945년 이래로 수행된 기초과학 연구로부터 보다는 임무지향적인(mission oriented) 연구와 엔지니어링 연구로부터 나왔다는 보고를 들 수 있다.³⁴⁾

공학을 engineering, 혹은 engineering science라고 번역할 수 있다. Engineering science란 말은 낯선 것이거나 임의로 만들어진 것이 아니고 공식적인 인지가 있었다. 레이튼에 의하면 그것의 현대적 사용은 잘 알려진 스트라우브(H. Straub)의 토목공학사 책에서 근원을 찾을 수 있다. 이 책은 1949년 독일에서 처음 출판되었고, 1952년 영어로 engineering science로 번역되었다.³⁵⁾ 이 engineering science는 여러 경우에

30) Vannevar Bush, 1945

31) R. Kline, 1992, 1

32) ibid.

33) Ibid.

34) Ibid.

35) Hans Straub, A History of Civil Engineering, trans. E. Rockwell(London, 1952)pp. 21, 61, 65, 67, 105, passim. 원전은 Die Deschichte der Bauingenieurkust(Basel, 1949) 레이튼의 논문(1988), "The Role of the Engineering Science" p.95에서 재인용. 스트라우브는 engineering science의 기원을 1792년에 출판된 Bernard Forest de Belidor의 책 "엔지니어의 과학"으로 거슬러 올라간다.

공식적인 인정을 받아왔다. 미국에서는 1955년에 개최된 미국 공학 교육 위원회(ASEE)의 공학 교육평가 위원회에서 “기초적인(basic)” 그리고 “engineering sciences”에 있어서 엔지니어들을 위한 교육을 요구했다. 이 위원회는 “engineering science”를 유체역학, 열역학, 전달과 비율(rate)의 메카니즘(열, 질량, 운동량 전달을 포함), 전기이론(장 및 회로 이론, electronics를 포함) 그리고 물질의 본성과 성질 등의 6가지 주요 영역으로 나누었다.³⁶⁾ 그 밖에 engineering science를 제목의 일부분으로 사용한 engineering 책과 저널들이 있다. 그 중의 하나는 1964년에 출판된 Basic Equations of Engineering Science³⁷⁾로서 미국 학생들을 위한 교재로 쓰였다. 그 밖에 영국의 캠브리지 대학과 다른 대학에서도 쓰였다.³⁸⁾ 따라서 engineering science 용어는 특별한 경우에 드물게 사용되는 용어가 아니다.

전문적 직업(profession)은 지식 체계를 개발하고, 행동의 형태와 지식 체계를 연결하는데, 그 중의 어떤 것들에는 과학이라는 이름이 부쳐진다. 예를 들어 의학은 “medical science”, 농학은 “agricultural science”라고 자연스럽게 부른다. 이 “engineering science”란 용어는 “medical science” 또는 “agricultural science”라는 용어와 정확히 평행하게 유비된다.³⁹⁾ 그럼에도 불구하고 “engi-

neering science”란 용어는 우리에게 낯설고 어색한 느낌이 드는 이유는 왜 그런가? 필자가 생각하기에는 우리 한국에서는 engineering을 번역한 공학이란 용어 속에 이미 포함되어 있기 때문에 science를 하나 더 붙인 것이 이상하고, engineering science는 engineering 곧 기술과 연결되어 있고 기술은 지식 성분이 배제된다는 이데오로기가 부착되어 있기 때문에 과학이라는 단어가 첨부되니 서로 모순이 되어 낯설게 보일 뿐이다. 물론 어떤 사람은 과학이란 오직 “하나”이기 때문에 engineering science를 과학으로부터 분리하는 것을 거부하는 사람도 있다. 왜냐하면 engineering science 하면 마치 다른 과학이 있는 것처럼 보이기 때문이다. 필자가 보기에는 “하나의 과학이란 사상”은 비록 파스퇴르 같은 유명한 과학자가 옹호하고 있지만, 형이상학적인 전제이지 경험적으로 증명되지 않은 것이다. 다음 장에서 논의하겠지만 공학은 과학에서 오는 것이 아닌 고도의 추상적이며 논리적이고 합리적인 지식 영역을 소유하고 있다.

6. 공학적 지식의 일반적 특성들

과학적 지식과 기술의 다른 성분과 비교할 때 공학적 지식의 일반적 특징은 무엇인가? 과학에서 여러 종류의 지식이 있듯이, 공학과 공학적 지식에도 여러

36) “Report of the Committee on Evaluation of Engineering Education,” Proceedings of the American Society for Engineering Education 63 (1955-56):37 레이튼(1988) p.95에서 재인용

37) W.F. Hughes, 1964

38) E. Layton(1988)p.96

39) E. Layton, 1988, 92

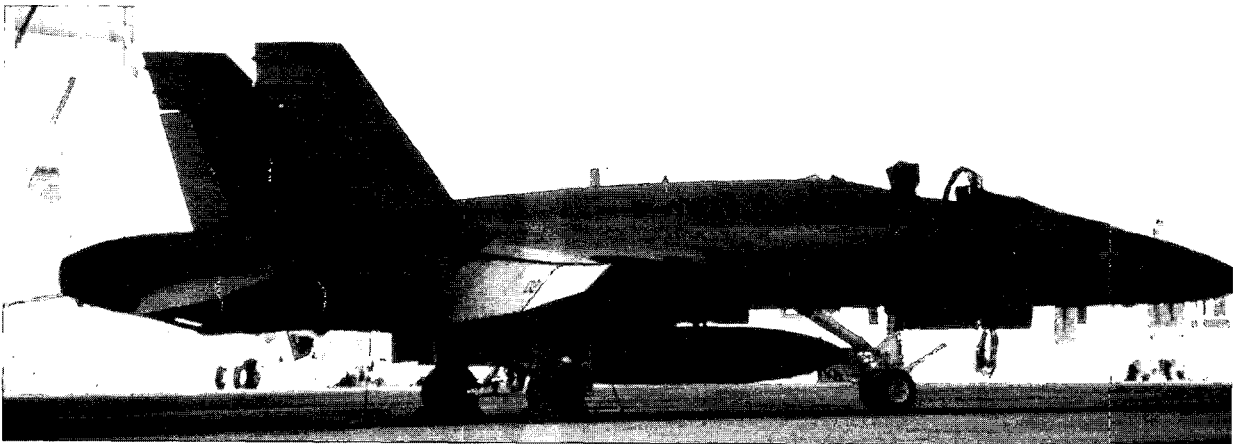
공학이란 무엇인가

종류가 있다. 이 모든 경우에 공통으로 성립하는 보편적 특징을 말하는 것은 쉽지 않다. 경우에 따라 구별되는 각각의 특징이 있기 때문이다. 필자는 공학이 다른 지식 또는 과학으로부터 자신을 차별하는 특성은 여러가지가 있지만 여기서서는 두가지로 이야기 하고자 한다. 하나는 공학의 근본 기초와 관련되는 존재론에 관한 것이고, 나머지 하나는 구체적인 지식으로 “설계”에 관한 것이다.

필자는 공학은 과학의 기초적 존재론

해 여러가지 방법들을 택한다. 공학은 과학적 지식을 도입할 수도 있고, 과학적 지식을 변형하고 근사화 시키거나, 자신의 존재론이나, 이론적 틀이나 공간을 형성한다. 근사화 방법은 부분적이지 않고, 조직적이며 일관성을 가진 체계적이다. 그렇지 않고서는, 자연에 대한 과학적 지식의 객관성과 참됨을 왜곡시킬 수 있기 때문이다.

공학은 인조물을 만들기 위해 과학의 근사화가 아닌 자신의 독자적 이론적 틀



(fundamental ontology) 대신에 자신의 고유한 존재론을 가지고 있다고 생각한다. 공학의 목적은 인조물을 생산하기 위하여 실제적이고 도구적인 지식을 산출하는 것이기 때문에, 공학은 여러 중요한 부분에서 기초과학과는 다르다. 공학은 과학이 자연을 이해하기 위해 추구하는 기초적 존재론은 추구하지 않고 그 대신 보다 실제적인 근거에 기초해서 때때로 근사적이고 도구적인 존재론(instrumental ontology)에 만족한다. 공학은 자신의 존재론을 만들어내기 위

을 필요로 한다. 이를테면, 통신 이론이나 회로 이론, 큐잉(queueing) 이론 등이 여기에 해당된다. 우리가 서울 부산 간에 수 초도 걸리지 않아서 의사 소통을 할 수 있고 수만리 떨어진 미주 지역과 유럽 지역 까지도 수 초 내에 정보를 전달할 수 있는 것을 오늘날 통신 이론과 공학에 의한 통신 시스템의 구현 덕택이라는 것은 아무도 부정하지 않는다. 이 통신이론은 물리학이나 화학과 같은 의미에서의 과학이 아니고, 또 이들의 근사화도 아니다. 통신에서 사용되는 전자파들은 물리의 전자파

이론에 의해 연구 발전된다. 그러나 전자파 이론이 아무리 발전해도 이 통신 이론이 나오지 않는다. 통신 이론은 정보에 대한 해석과 불확실성에 대한 측정 개념을 가지고 정보를 정의하고 정보 개념을 중심으로 새로운 이론 공간을 형성한 결과로서 나온 것이다. 샤논(C. Schanon)의 채널 정보 전달 능력 한계의 정리는 이 새로운 이론의 기초가 되었고, 이 기초 위에서 새로운 정리와 개념의 발견으로 통신 이론이란 독자적 이론 영역이 형성된 것이다. 샤논의 정리에는 통신 시스템의 구현에 대한 이야기는 하나도 없다. 이것은 인조물을 만드는 지식이 아니다. 통신 이론이 갖고 있는 여러가지 정리나 이론 구조 테크닉 등은 과학의 근사화와는 관계 없는 자신의 이론 영역에 관한 것이다. 여기에 대해서 혹자는 샤논의 정보 전달 능력 한계 정리는 엔트로피 개념을 사용한 열역학 법칙과 유사한 것으로 과학적 지식의 변형된 형태라고 할지도 모른다. 그러나 이것은 잘못이다. 엔트로피 개념을 적용하는 대상인 신호는 결국 정보인 것이다. 따라서 입자들에게 적용되는 무질서 보다 정보 전달 언어인 불확실성에 대한 개념이다. 이 정보 개념은 과학의 존재론으로 형성되지 않기 때문에 과학의 대상과는 전연 다른 대상이다. 이 때 다른 대상이란 의미는 정보를 지시하는 것은 물리학에서 말하는 기본 입자로(또는 파동으로) 구성되지 않는다는 뜻이 아니라, 기본 입자란(또는 파동이란) 물적 토대 자체를 논의의 대상으로 파악하고 있지 않다는 뜻이다.

예를 들어 경제학을 생각해 보자. 상품에 대한 수요, 물건의 생산, 공급과 소비 등은 경제학에서 다루는 대상이다.

이들은 심리적이며 물리적인 현상임에는 분명하다. 그러나 수요, 공급, 시장, 가격 등의 개념으로 독자적인 이론 영역을 갖춘 경제학이 있어 경제 현상을 잘 설명한다. 경제 현상이 심리적이고, 물리적인 현상으로 구성되지만, 경제학은 그 대상을 다른 것으로 파악한다. 다시 말하면, 물리학 및 심리학의 존재론이 아닌 경제학 자신의 존재론을 갖고 대상을 형성하고 이론의 틀을 구성한다. 심리학이나 물리학이 아무리 발달해도, 경제학이 나오지 않고, 경제 현상을 설명하지 못한다. 경제 현상을 심리학이나 물리학으로 환원할 수 없을 뿐 아니라, 설사 환원을 한다고 하더라도 그것은 의미가 없고 또한 설명력을 잃어 버린다. 실재의 현상은 아주 복잡하고 여러 형태의 존재적 인식적 차원을 갖는다. 이러한 차원들은 어느 한 쪽으로 환원되거나 포섭되는 것이 아니라 서로 독자적인 영역을 가지면서 연결 원리(bridge principle)에 의해서 서로 연결되어, 전체적인 통일체를 이루는 것이다.

통신 이론도 이와 마찬가지로. 통신 이론은 전자파 이론과 고체 물리 이론에 의해 환원되지 않는 독자적 존재론 및 이론 틀을 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 공학을 과학의 근사화로만 볼려는 것은 다음과 같은 이유에서라고 생각한다: “공학은 자연의 한계내에서 이루어진다. 그런데 과학은 자연을 탐구한다. 따라서 공학은 과학의 한계 내에서 이루어진다. 과학은 하나 밖에 없다. 그런데 공학은 과학이 아니다. 따라서 공학이 이론적 가치를 가지려면 과학의 응용이어야 하고, 과학의 한계 내에 있기 때문에 공학은 과학의 근사화에 불과하다.”

공학자들은 일반적으로 과학의 기초 존재론(fundamental ontology)을 추구하지 않는다. 예를 들면, 공학은 전자, 원자, 소립자 등등의 물질의 근본적인 요소에 호소하여 이들의 메카니즘을 추구하지는 않는다. 물리학자들은 물리적 현상을 기초 존재론을 이용하여 설명하는 이론을 만든다. 물리현상을 이러한 기초 존재론의 수준에서 설명하지 않으면 과학자들은 그러한 설명을 과학적 설명으로 받아들이지 않으려 한다. 스타인메츠에 대한 퓨핀의 비판은 좋은 예이다. 스타인메츠가 그의 뛰어난 히스테리시스 이론을 개발했을 때, 퓨핀은 브래들리와는 달리 그것이 과학이라는 사실에 동의하지 않았다. 퓨핀은 스타인메츠의 법칙은 히스테리시스 낮은 자화에서 사라지지 아니하고, 중간 정도의 자화에서도 급히 증가하지 아니하고, 포화에서도 서서히 증가하지 않는다는 것을 예측하고, 이것은 어빙(Ewing)의 분자 자화(molecular magnetization) 이론에 모순된다는 것을 알고 있었다. 많은 전기공학자들은 스타인메츠의 논문을 높이 평가했으나, 자신을 물리학자로서 우선적으로 생각하는 퓨핀은 스타인메츠의 논문을 과학 공동체의 표준을 가지고 비판했다.⁴⁰⁾

과학과는 대조적으로 공학의 존재론은 기초적 성격보다는 도구적인 성격을 지닌다. 이러한 도구적인 그리고 근사적인 모습을 띤 존재론은 종종 거시적이 되고, 우리의 일상적 직관에 잘 부합된다. 그러나 이러한 도구적이고 근사적인 존

재론은 결코 과학의 기초 존재론에 환원될 수는 없다. 공학은 그 자신의 존재론에 기초해서 그 자신의 이론적 공간을 만든다. 예를 들면, 고체역학(solid mechanics)에서, 공학자는 원자와 힘들의 미시 세계보다는 연속적 매개물 곧 연속체(continuum)에서의 스트레스(stress)를 취급한다. 연속체는 거시적이고 우리의 일상적인 물질에 대한 경험에 잘 부합된다. 고체 역학은 원자 물리학으로 환원되지 않는다.⁴¹⁾ 공학의 이론과 실험은 물리학의 그것들과는 다르다. 왜냐하면 공학은 직접적인 자연보다는 인간이 만든 물건에 관심을 갖기 때문이다. 이리하여 공학 이론은 종종 기계, 빔(beams), 열기관 혹은 유사한 장치를 그 자신의 독자적 방법으로 취급한다.⁴²⁾ 물론 여기에 약간의 예외는 있다. 어떤 경우에는, 공학에 있어서 본질적인 개념과 존재론은 과학의 개념과 존재론으로 환원될 수 있다. 전기 공학에서, 특히 회로 이론에서 전류와 전압은 기본적 존재론이지만 이들은 물리학의 전자파 이론과 양자역학으로 환원될 수 있다. 이것들은 미시적인 개념이다. 그러나 회로 이론의 기본적 개념인 저항, 인덕턴스, 커패시턴스 및 이들 간의 연결 거시적이다. 비록 회로 이론의 존재론들이 과학의 존재론들에 환원된다 하더라도, 이러한 개념들 위에서 형성된 회로 이론은 물리학과는 많이 다르다. 만약 모든 회로 이론을 물리학으로 환원 시킨다면, 환원이 불가능할 정도의 엄청나게 복잡

40) R. Kline, 1992, 53

41) E. Layton, 1971

42) Ibid.

공학은 설계를 위한 직접적 지식만을 생산하는 것이 아니다. 아주 추상적인 이론의 세계를 만들어서 설계를 위해 필요한 지식을 유도해낸다. 이 때 이 추상적 지식 세계란 단순히 과학의 세계가 아니다. 공학이 스스로 만들어낸 공학적 지식의 세계이다.

한 과정을 요구할 것이다. 비록 환원이 성공되었다고 하더라도, 환원된 공학 이론은(이제 더 이상 공학 이론이 아닐 것이다) 과학의 핵심적 덕목인 설명력을 상실할 것이기 때문에 더 이상 좋은 이론이 될 수 없다. 비록 회로 이론이 과학의 기초 존재론으로 환원될 수 있다고 하더라도, 회로 이론은 더 기초적인 과학의 존재론 대신에 회로 이론은 자신의 독자적 존재론을 사용하는 것이다.

과학 이론과 공학 이론의 경계는 아주 불분명하다. 마찬가지로 과학적 지식과 공학적 지식은 존재론을 서로 공유할 수도 있다. 유체역학은 유체의 흐르는 현상을 설명하기 위하여 시험구간(control volume)과 시험표면(control surface)을 사용한다. 시험구간 분석은 유체의 방정식이 너무 복잡해서 해(solution)를 얻을 수 없을 때, 해의 세밀한 부분 대신에 유체의 흐름에 대한 전체적인 이해를 성취하는 방법이다. 해의 세밀한 부분까지 구할 필요가 있는 물리학자들에게는 시험공간, 시험표면의 사상은 유용하지 않다. 비록 우리가 컴퓨터를 써서 복잡한 방정식의 해를 정확하게 구할 수 있다 하더라도, 그 해는 기술적인 현상(technological phenomena)에 대한 직관적인 이해를 주지 못할 수 있다. 따라서 공학은 과학 이론을 변형시켜 자신의

지식 체계에 편입시키고 자신의 이론적 공간을 만들어 자신의 지식을 생산하는 고유의 영역을 갖고 있다. 뿐만 아니라 공학이 과학 이론의 연구에 자극을 주고 지식을 공급하는 경우도 있다.⁴³⁾

로저(G.F.C. Roger)는 공학적 지식을 다음과 같이 정의한다. 공학은 어떤 의도된 목적을 만족시키기 위해서 우리 주위에 있는 물리적 세계를 변형시키는 어떤 인조물의 설계와 구성을 조직하는 실천적 활동을 지칭한다.⁴⁴⁾ 빈센티는 이 정의에 작동(operation)이라는 하나의 요소를 더 부가한다. 물론 이러한 간단한 정의가 공학의 성격을 다 포괄하는 것이 아니나, 공학적 지식의 본질적인 특성을 보여준다.

빈센티는 위에서 인용된 구절의 내용에 대해 다음과 같이 간단하게 설명한다. 공학에는 설계, 구성, 그리고 작동이라는 3 가지의 성분이 있다. 설계는 인조물이 만들어지는 회로나, 설계도와 같은 계획 과정을 의미한다. 구성(혹은 생산)은 이러한 계획들이 구체적 인조물로 변환되는 과정을 지칭한다. 작동은 의도된 필요를 충족하기 위해 구성된 인조물의 채용 과정을 다룬다. 항공기를 예로 들면, 항공기 설계과정, 실제로 따른 제조/제작과정, 제작한 항공기의 조종 및 유지 보수 과정 등이 이 3가지 성분에

43) 최근 유체 역학자들이 컴퓨터를 이용해서 난류(turbulence) 현상을 직접수치모사(Direct numerical simulation) 기법으로 계산하고 있다. 이 결과는 난류에 대한 물리학적 이해를 증진시켜 줄 뿐만 아니라 자동차에서 발생하는 유동소음, 공해 물질이 굴곡에서 확산되어가는 실제 현상에 대한 명백한 이해를 제공시켜 보다 차원 높은 엔지니어링 기술 지식을 증진시켰다. 더구나 이러한 연구는 물리학자가 아닌 기계공학자에 의해 수행되고 있으며, 연구 결과는 물리학 잡지에 투고된다. 이 때 기계공학자에 의해 물리학이 수행되는 것이 아니라, 기계공학자들에 의해 연구된 지식이 물리학에 영향을 준다는 것이다.

44) Vincenti, 1990, 6, G. Roger, 1983, 51을 참조하십시오.

해당한다.⁴⁵⁾ 그리고 이 3가지 성분 중에서 설계가 공학적 지식의 중심적인 부분으로 간주된다.⁴⁶⁾ 레이튼은 설계를 기술의 중심적인 목표로서 간주하며, 다음과 같이 말한다. “공학학문을 기초과학으로부터 구별시키는 것들 중의 하나는 정확하게 인간이 만든 부품 또는 시스템의 설계에서 기여하는 것의(assisting) “목적”이다. 공학학문은 설계 과정을 통해서 목표를 형성하는 도구이다.”⁴⁷⁾

빈센티나 레이튼 등이 주장한 것처럼 공학적 지식의 핵심이 설계라는 사실에는 많은 사람들이 동의하고 필자도 역시 동의한다. 그러나 공학은 설계를 위한 직접적 지식만을 생산하는 것이 아니다. 아주 추상적인 이론의 세계를 만들어서 설계를 위해 필요한 지식을 유도해낸다. 이때 이 추상적 지식 세계란 단순히 과학의 세계가 아니다. 공학이 스스로 만들어낸 공학적 지식의 세계이다. 이 추상 지식의 습득을 통해서 설계를 위한 기초 이론을 만들어내고, 이것을 적용하여 설계 과정을 만들어내고, 설계 과정을 통해서 직접적으로 적용 가능한 기술적 지식을 만들어내는 것이다. 여기에서 설계란 여러 분야가 있음을 인식해야 한다.

만약 우리가 공학적 지식을 위에서 언급한 것처럼, 설계, 구성, 작동의 세 분야로 나눈다면, 설계는 우리의 정신 속에 있는 계획 및 프로젝트로부터, 인조물을 생산하기 위한 청사진 혹은 도면의 단계까지의 전체 과정이다. 도면이나 청사진 이전의 설계 과정은 인조물과 요구

조건들의 종류에 의존하는 아주 복잡한 과정이다. 도면이나 청사진을 그리기 위해서는, 인조물 생산 과정을 관장할 수 있는 복잡한 이론적 도구를 필요로 한다. 그런데 설계 과정에 직접적으로, 또는 위에서 언급한 설계의 의미에 포함되지 않는 영역이 공학에 있다. 그것은 아주 추상적 지식 영역으로 설계가 가능하기 위한 기초 지식이다. 이러한 추상적 지식 영역은 영어로 engineering science(공학학문)라는 영역에 속한다.

여기서 우리는 용어로 인해 오해하기 쉬운 점을 피하기 위해 이 부분을 다시 정리하자. 설계는 공학의 핵심이다. 이때 설계를 가능하게 하기 위해 추상적이고 기초적인 지식이 필요한데, 이 지식은 공학에는 포함되지만, 좁은 의미에서의 engineering 즉 공학으로 번역되지 않고 영어 발음을 그대로 사용하는 엔지니어링에는 전적으로 포함되지 않는 그러한 지식이다. 정확히 이야기하면 이러한 지식은 engineering science이다. 그렇다면 공학과 engineering science는 동일한 것인가라고 질문할 수 있다. 이것은 어떤 의미에서 언어 사용에 대한 규약(stipulation)의 문제일 수도 있다. 우리가 대학에서 가르치고 연구하는 공학은 engineering science와 엔지니어링을 모두 포함하고 있다. 이때 대학에서는 가능한한 엔지니어링을 engineering science에 기초한 것으로 가르치고 형성하려 한다. 그러나 엔지니어링은 여전히 암묵적인 요소들을 많이 포함하고,

45) Vincenti, 1990, 6

46) Vincenti, 1990, Layton, 1974

47) E. Layton, 1988, 91

이로 인해 엔지니어링이 engineering science에 영향을 주기 때문에 엔지니어링과 engineering science의 관계는 위계적인 관계는 아니다. 뿐만 아니라 둘 사이를 구분하는 기준은 더구나 없다. 따라서 필자는 공학은 엔지니어링과 engineering science 모두 포함하는 것이 타당하다고 생각한다. 다만 연구를 위해, 또는 이론적 측면을 강조하기 위해, “學”을 강조하면서 공학이 사용될 때는 공학에서 engineering science가 강조가 되고 그렇지 않을 때는 공학은 이 두가지를 모두 포함하는, 위에서 언급한 것처럼 “넓은 의미에서 engineering”이다. 이와 병행하여 engineer의 의미도 분명히 할 필요가 있다. engineer를 지칭할 때, “engineering science”를 강조할 경우에는 “공학자”로, 기술의 한 형태를 나타내는 좁은 의미에서의 엔지니어링을 가리킬 경우에는 “기술자”로, 그리고 넓은 의미에서의 engineering을 의미할 때에는 “공학기술자” 또는 “엔지니어”라고 부르는 것이 타당한 것 같다.

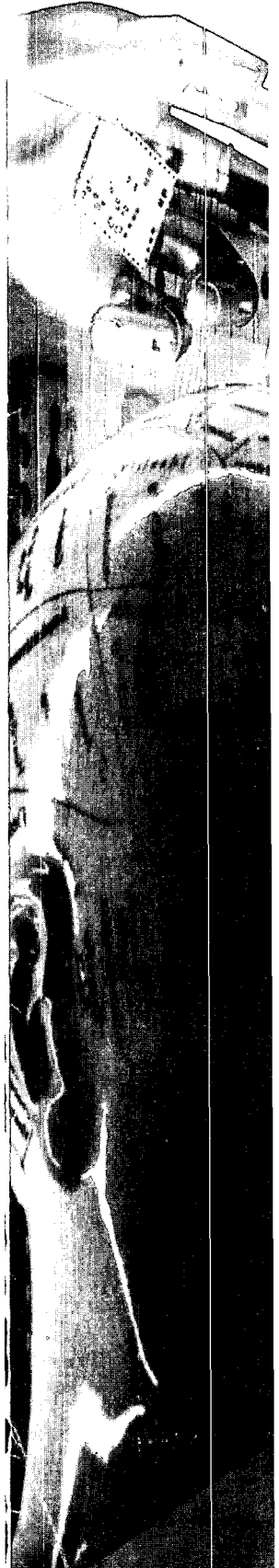
7. 엔지니어링 설계의 해부

앞 장에서, 우리는 공학(engineering science)이 갖는 여러 가지의 중요한 특징들에 대해 논의했다. 공학은 그 자신의 존재론을 갖고 있고 그 자신의 존재론 위에 이론적 공간을 형성한다. 공학의 다른 중요한 특징은 설계이다. 레이

튼에 의하면, 설계는, 그 시작부터, 어떤 이미 받아들여진 목적에 적용하는 수단이며, 이것은 기술(technology)의 중심적인 목적이다.⁴⁸⁾ 설계의 과정은 사람의 정신 속에 있는 개념으로부터 구체적인 계획에 이르기까지, 또는 단순한 기능적인 일에 이르기까지 넓은 범위를 지닌다.⁴⁹⁾ 설계는 공학의 필수적 특징이다. 물론, 모든 공학에 있어서 설계의 요소들은 동일하지 않다. 다만 상황적으로 우리는 엔지니어링 설계의 구조에 대한 유용한 원리들을 찾을 뿐이다.

엔지니어링 설계 지식에 대한 해부(anatomy)는 공학의 역사들을 기초로 하여 이루어지는데 본 장에서는 빈센티의 항공 공학 역사에 대한 연구에 기초하여 논의하도록 하겠다. 빈센티는 엔지니어링 설계 지식의 해부를 다음과 같이 기술한다.⁵⁰⁾ : 첫째 어떻게 하여 엔지니어링 문제가 장치나 시스템을 위해 형성되는지 기술하고, 둘째, 설계 지식의 범주들을 논의하고, 셋째, 그 지식을 생성하는 활동을 논의하고, 끝으로 이를 구현하는 인격적, 사회적 작인(作因, agent)에 관해 논의한다.

라우단(R. Laudan) 역시 기술의 지식적 성격에 관해 이야기 하면서, 기술을 위한 문제의 원천으로 다음과 같이 4가지를 제안했다.⁵¹⁾ : 1) 현행 기술의 기능적 실패, 2) 과거의 기술적 성공으로부터 외삽(extrapolation), 3) 주어진 시기에 관련된 기술들 사이의 불균형,



48) E. Layton, 1974, 37

49) 일반적으로 부르고 있는 엔지니어링 회사는 설계를 주업으로 하는 회사임을 주목할 필요가 있다.

50) W. Vincenti, 1990, chapter 7, 200-240

51) R. Laudan, 1984, 85-86

4) 현재적(current)이기 보다는 잠재적 기술의 실패 등이다. 이를테면, 현행 기술의 기능적 실패는 물리적 실패만(예로, 다리의 붕괴) 포함하는 것이 아니라, 기술을 시행하는 공동체의 기준에 미달하는 경우도 역시 포함한다. 따라서 실패 여부에 대한 판단 기준은 기술 시행자 그룹이 서로 다른 사회 경제적 요소들에 의해 형성되었기 때문에 심지어 동일한 기술 내부에서조차 다를 수 있다.

빈센티는 라우단의 네가지 원천이 기술에 내재한 요소들보다, 사회 경제적 요소에 더 의존한다고 지적하고, 기술 외부적 요소보다 내부적인 요소에 더 의존하는 4 가지의 문제 원천을 추가하여 제안한다⁵²⁾ : 즉, 5) 새로운 기술의 가능성에 대한 認知, 6) 기술의 내적 논리, 7) 설계의 내적 필요, 8) 불확실성의 감축을 위한 필요 등이다. 이렇게 추가로 제안된 4가지 원천들은 기술 내부 문제를 공급한다. 빈센티에 의하면, 5)번은 기술의 내부와 외부 모두에 의존한다.

일반적으로 기술의 내부적 요소들은 외부적 요소에 의존하기 때문에 기술의 내부적 요소와 외부적 요소와의 일반적인 구별은 어렵다. 과학 사회학의 영향력 있는 이론인 “강한 프로그램(strong program)”은 내부적 과학적 요소들로부터 외부적 사회적 요소를 구별해내기를 원치 않는다. 그들은 과학에 있어서 지식의 바로 그 내용 자체가 사회적으로 구성될 수 있다고 믿는다.⁵³⁾ 필자는 빈센티가 이러한 관점을 좋아하지 않는다고 생각

한다. 필자 역시 기술의 변화에 공헌하는 내부적인 요소를 발견하는 것은 기술의 성공과 신뢰성을 설명하는데 공헌한다고 생각되기 때문에, 빈센티에 동의한다.

빈센티에 의해 제안된 공학적 지식의 범주는 다음과 같다⁵⁴⁾ : 1) 근본적인 설계 개념, 2) 기준과 명세, 3) 이론적 도구들, 4) 양적 데이터, 5) 실제적 고려, 6) 설계 수단 등이다. 물론 이러한 범주들은 전적으로 서로 배타적인 것은 아니다. 지식의 어떤 부분은 한 가지 범주 이상의 특성을 구현하며, 이러한 범주의 관계는 위계적이다. 어떤 정상적인 설계를 착수하는 설계사들은 문제가 된 장치에 관한 근본적 개념을 형성한다. 이러한 개념의 존재 양식은 명시적인 동시에 묵시적이다. 그들은 설계사들의 정신의 배경 속에 묵시적으로 존재할 수 있다.

근본적인 설계 개념은 두가지의 성분, 동작원리(operation principle)와 정상구성(normal configuration)으로 구성된다. “동작원리”는 순수히 기술적인 의미에서 성공과 실패가 판단되는 기준을 공급한다. 빈센티는 동작원리가 과학과 기술 사이에 중요한 차이를 제공한다고 주장한다. 동작원리는 과학적 지식체계의 바깥에 기원을 두고 어떤 내적인 기술적 목적을 위해서 존재하기 때문에, 과학이 아닌 기술에 매우 중요하다. “정상구성”은 빈센티에 의하면 동작원리를 구현하기 위하여 가장 잘 적응되는 일반적인 형태와 배열을 의미한다. 서로 공유하는 동작의 원리와 정상구성은 장치(device)

52) W. Vincenti, 1990, 216-220

53) D. Bloor, 1976

54) ibid., 208



의 정상 기술(혹은 설계)을 정의한다.

설계 기준과 명세는 기초적 개념 위에 세워진다. 이러한 설계 기준과 명세를 사용하여 엔지니어들은 그들의 설계 기능을 수행한다. 이것을 위하여, 그들은 넓은 범위의 이론적 도구, 즉 수학적 방법과 공학 이론들을 사용한다. 공학적 지식은 추상성 또는 수학적 개입의 정도에 의해, 한 쪽 끝에는 인조물을 생산하는데 직접 연결되고, 다른 한 쪽 끝에는 인조물에 대한 경험적 지식이 조금 밖에 개입되지 않는, 보다 추상적인 지식이 있는 넓은 스펙트럼으로 비유할 수 있다. 이를테면 공학에 있어서 회로 이론은 매우 복잡한 회로망을 다루기 위해서 위상학적 망 이론을 개발한다. 이러한 이론은 공학적 지식이고 어떤 물리적 이론도 이것을 개발할 수 없다. 이러한 이론적 도구들은 인조물의 물리적 성질들을 위한 양적 데이터들을 취급할 수 있도록 구성되어야 한다. 이러한 양적 데이터는 두 종류로 구분된다. 하나는 장치 혹은 과정들이 주어진 가정하에서 어떻게 실행될 것이고 데이터의 계산을 어떻게 허용할 것인가에 관한 記術的 지식(descriptive knowledge)에 속한다. 다른 하나는 정부나 엔지니어링 표준에 의해 부과된 안전성과 규제성 요소들을 포함하는 처방적(prescriptive) 지식에 속한다. 산업체는 일반적으로 다양한 처방적 지식을 갖는다. 이론적 도구들은 산업체나 그 사회가 요구하는 처방적 데이터에 적합하고 기술적 데이터를 처리할 수 있도록 개발되어야 한다.

인조물을 생산하기 위한 실제적 고려와 설계 수단은 공학(engineering science)을 과학으로부터 구별짓는 중요한

특징이다. 분석적 도구들, 양적 데이터들과 실천적 고려에 덧붙여서 빈센티는 “설계의 수단(design instrumentalities)”을 공학적 지식의 해부의 한 부분으로서 포함한다. 그 이유는 “노하우(know-how)”와 과정적 지식은 대부분 설계 과정에 사용되는 새로운 이론적이고 양적인 지식의 생성에 집중되기 때문이다. 설계 수단은 엔지니어들에게 어려운 문제다. 그것은 시작부터 해답의 형태가 분명한 설계를 하는데 영향을 줄 뿐만 아니라, 새로움(novelty)의 어떤 요소가 요구되는 곳에서 해답을 찾는 데 역시 영향을 미친다.

위에서 논의한 범주들은 靜的인 것은 아니다. 공학적 지식은 매우 역동적이고 시간에 따라 변한다. 역사의 다른 시기에는 다른 범주들이 강조된다. 예를들면, 300년 전, 빈센티의 이론적 도구라는 범주가 하는 역할은 현재에 하는 역할보다 상대적으로 훨씬 적은 역할을 했다. 여기서 우리는 기술은 매우 조직적이고, 추상적이고, 수학적인 이론적 지식과 실천적 지식의 조직체를 가지고 있음을 발견하게 된다.

지금까지는 주로 공학의 내부적 문제만 고찰했다. 외부적 문제로서 공학에 대한 제한 조건이 되는 사회 경제적 조건, 노동의 질, 비용조건 등도 공학에서 인조물을 생산하기 위한 설계 및 생산에 중요한 역할을 한다. 이러한 외적 조건들이 공학의 개발 방향을 결정하기도 한다.(이 점은 때때로 과학에 적용되기도 한다.) 냉전 시대에는 군사적인 목적에 유용하게 쓸 수 있는 방향으로 공학의 방향이 움직이도록 공학 연구에 대한 지원이 이루어졌다는 점이 이를 잘 설명해

준다. 자연과학에서 왜 먼 곳에 있는 빛들이 스펙트럼의 붉은 끝 쪽으로 천이하는가를 설명하는데 사회 경제적 고려가 그렇게 필요 없다. 여러 설명이 있을 수 있지만 올바른 설명을 선택하는데에는 사회 경제적인 과학 외적인 문제가 크게 영향을 미치지 않는다. 그러나 공학적인 문제에는 공학 외적인 요소가 많은 영향을 끼친다. 예를 들어, 어떻게 하면 우리나라의 반대편에 있는 나라로부터의 정보를 영상으로 받고 의사 소통이 가능하도록 할 수 있는가라는 문제를 생각해 보자. 공학적인 일차적 답은 위성 통신을 하던가 광통신을 해야 할 것이라고 답할 수 있을 것이다. 그러나 위성 통신이나 광통신을 하는 방식에 대한 설계는 여러 가지가 있다. 공학적으로 해결할 수 있는 설계 방법은 무수히 많다. 이 때 어떤 방법을 택할 것인가라는 문제는 사회 경제적인 문제와 밀접한 관계가 있다. 따라서 공학에서의 설계는 그 해부에 사회 경제적 고려가 놓여있다. 이러한 것을 고려하지 않은 설계는 공학적으로 가치가 없는 것이 된다.

이처럼 공학 외부의 문제가 공학의 가치 평가를 하는가 하면 공학적 방법을 선택하는 역할까지도 한다. 따라서 공학 내부와 외부를 구분하는 기준도 모호해진다. 공학적 문제의 해결은 사회 경제적 현실에 따라 어떤 곳에서는 아주 훌륭한 공학적 해결 방법이 다른 곳에서는 전연 가치 없는 해결 방식이 될 수 있다. 다시 말하면 공동체의 정책과 공학에 대한 평가 기준이 공학적 해결 방법을 선택하고 구성한다. 그러므로 공학은 아주 넓고 동적인 학문이다. 공학의 중심이 된다고 할 수 있는 설계란, 주어진 문제

를 해결하는 방법이 우리와 독립적으로 존재한다고 가정하고, 그 해결 방법을 발견하는 활동이 아니라, 문제를 해석하고 가능한 여러 해답을 고려하고 사회 경제적인 현상에 비추어 최적적인 방법들을 창조하고 구성하는 작업이다.

8. 결 론

현대 공학은 과학적 지식을 응용하는 응용과학이 아니다. 공학은 과학과 기술의 상호 작용에 의해 풍부해지고, 과학과 기술을 서로 연결시키며, 과학적 지식을 받아들여 변형을 시켜, 과학과는 다른 자신의 고유의 영역을 갖고 있다. 곧 공학이 추구하는 기초 존재론이 아닌 그 자신의 존재론을 갖고 자신의 이론적 공간을 갖고 있는 것이다. 이 공학의 핵심적인 지식은 설계라고 주장하고 설계의 해부에 대해 논의를 했다.

공학은 과학적 지식과 기술적 지식의 여러 성분을 이용하고, 변형하여 자신의 독자적 지식 영역을 갖고 있으며, 그러한 지식의 내용과 특성은 공학자 사회에 의해 형성된다. 공학자 공동체에 의해 형성된 공학적 지식은 설계를 중심으로 하며, 설계를 효율적으로 하기 위한 이론의 형성과 설계를 실제로 적용하는 전 과정을 다룬다. 이 때 설계의 대상은 이론에 의해 체계적으로 주어지기 보다는, 기술적, 정치 경제적 현실 상황에서 국가, 기업, 개인들의 필요에 의해 제기되는 문제들을 공학자 혹은 엔지니어들에 의해 공학적 또는 엔지니어링 문제로 파악되면서 설계의 대상이 형성된다.

설계의 대상이 주어지면 설계 과정을 담당하는 것은 engineering 또는 engi-

neering science이다. engineering science는 설계를 위한 보다 원리적이고 추상적이고 이론적인 측면을 담당하고 기술로서의 engineering은 설계 과정 이후 생산 과정까지를 담당한다고 볼 수 있다.⁵⁵⁾ 우리가 공학이라고 대학에서나 일반적으로 부르는 것은 이 양자를 포함하고 있다. 공학은 또한 실재 세계가 복잡하고 및 다차원적이기 때문에 종래의 학문 범주에 예속되지 않고, 효과적인 문제 해결을 위해 새로운 존재론의 개발을 통해 독자적인 지식체계를 형성하는 종합적인 학문이라고 부를 수 있다.

참고 문헌

- Barnes, Barry (1982). "The Science-Technology Relationship: A Model and A Query," *Social Studies of Science* 12 (February): 166-171
- Belidor, Bernard Forest (1729), *La Science des Ingenieurs*, Paris
- Bloor, David (1976), *Knowledge and Social Imagery*, Univ. of Chicago Press
- Bunge, Mario (1972), "Toward a Philosophy of Technology", *Philosophy and Technology*, eds. Carl Mitcham and Robert Macky, pp. 62-76, The Free Press, New York
- Bush, Vannevar (1945), *Science, The Endless Frontier: A Report to the*

- President, Washington, D.C.)*
- Constant, Edward (1980), *The Origin of the Turbojet Revolution*, Johns Hopkins University Press
- Finch, James Kip (1961), *Technology and Culture* 2, pp. 318 - 332
- Gutting, Gary (1984), "Paradigms, Revolutions, and Technology", *The Nature of Technological knowledge. Are Models of Scientific change Relevant?* ed. Rael Laudan 1984, pp. 47-65
- Hughes, William F. (1964), *Basic Equations of Engineering Science*, New York, McGraw-Hill
- Ihde, Don (1984) *Existence and Technics*, Albany: State University of New York Press
- Kline, Ronald (1992a), *Science Pure and Applied: Conflict Meanings of Research in the American Electrical Industry, 1880 - 1920*, Joint meeting of the History of Science Society, the British Society for the History of Science, and the Canadian Society for the History and Philosophy of Science, Toronto, 26-28 July 1992
- Kline, Ronald (1992), *Steinmetz: Engineer and Socialist*, Baltimore, Johns Hopkins Univ. Press,
- Kline, Ronald (1987), "Science

55) 최근 이 생산(manufacturing)의 과정이 아주 복잡하고 정교해지면서, 생산에 대한 과학과는 다른 독특한 지식이 개발되고 있다. 예를들면 열역학 제일 법칙과 유사한 생산공학의 법칙을 비롯한 여러 규칙이 개발되고 있다. 앞으로 생산이 설계와 더불어 중요한 공학의 독자적 지식 영역으로 자리잡을 것이라는 예측도 나오고 있으나 아직 이 분야에 대한 연구는 더 필요한 상태이다.

and Engineering Theory in the Invention and Development of the Induction Motor, 1880-1900", *Technology and Culture*, 1987

- Laudan, Rachel (1984a), "Introduction", pp. 1-26, *The Nature of Technological knowledge. Are Models of Scientific change Relevant ?* ed. Rael Laudan 1984

- Laudan, Rachel (1984b), "Cognitive Change in Technology and Science", pp. 83-104, *The Nature of Technological knowledge. Are Models of Scientific change Relevant ?* ed. Rael Laudan 1984

- Layton, Edwin (1971) "Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in Nineteenth-Century America," *Technology and Culture*, 12 (1971) pp. 562- 580

- Layton, Edwin (1974), "Technology as knowledge", *Technology and Culture* 15, pp. 31-41

- Layton, Edwin (1976), "American Ideologies of Science and Engineering", *Technology and Culture* 17, pp. 688-701

- Layton, Edwin (1988) "Science as a form of Action: The Role of the Engineering Sciences", *Technology and Culture* 29, pp. 82-97

- Owens, L. (1986), "Vannever Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an early Computer," *Technology and Culture* 27, pp. 63-95

- Price, Derek J. deSolla (1984), "Notes towards a philosophy of the science/technology interaction", *The Nature of Technological knowledge. Are Models of Scientific change Relevant ?* ed. Rael Laudan, pp. 105-114

- Polanyi, M. (1962), *Personal Knowledge*, Chicago

- "Report of the committee on Evaluation of Engineering Science," *Proceedings of the American Society for Engineering Education* 63 (1955-1956)

- Roger, G.F.C., (1983), *The Nature of Engineering: A Philosophy of Technology*, London

- Staudenmaier, John M. (1989), *Technology's Storyteller*, MIT Press

- Straub, Hans (1952) *A History of Civil Engineering*, trans. E. Rockwell, London

- Vincenti, Walter (1990), *What Engineers know and How they know it*, Johns Hopkins University Press, Baltimore and London

- Wojcik, David (1973), "Structure of Technological Revolution", pp. 238-261, *The History and philosophy of Technology*, ed. Bugliarello and Doner, Univ. of Illinois Press, Urbana, Chicago, London

- Wolf, A (1950), *A History of Science, Technology & Philosophy in the 16th and 17th Centuries*, N. Y