

기술경영(Technology Management)과 정보관리

윤 석 철*

〈目 次〉

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| I. 인간의 存在樣式-‘주고받음’ | V. 산업기술(industrial technology)의 존재양식 |
| II. ‘주고받음’의 제약조건- 생존부등식 | VI. 과학과 기술의 체현(體現, Embodiment) |
| III. 감수성, 상상력, 탐색시행 | VII. 과학기술의 時間次元과 空間次元 |
| IV. “그건 안돼”와 “그건 돼”의 두 세계 | VIII. 과학과 기술의 시스템적 성격 |

I. 인간의 存在樣式-‘주고받음’

인간은 의식주(衣食住)를 필요로 하고, 진선미(眞善美)를 갈구한다. 이러한 필요와 갈구가 충족되지 못하면 인간은 육체적으로 고통을, 정신적으로 좌절을 느낀다. 인간이 살아가기 위하여 충족시켜야 하는 이러한 필요와 갈구(혹은 嗜好) 등을 모두 합쳐서 우리는 수요(需要, demand)라고 부른다. 인간의 수요는 그 범위가 넓고 변화가 무상(無常)하여 누구도 자기의 수요를 자기 혼자 힘으로 만족시키기 어렵다. 그래서 인간은 사회를 형성하여 그 속에서 서로 주고받으면서 각자의 수요를 충족시켜야 한다. 인류학자(anthropologist), 마르셀 모스(Marcel Mauss, 1872-1950)는 재화와 서비스, 말과 상징, 그리고 사람(여자)의 “주고받음”에 의해 사회적 삶의 관계가 형성된다고 보고 있다. 인류학계의 이러한 주장이 아니더라도, 인간의 삶은 인간 사이의 주고받음 위에 기초하고 있다는 사실은 公理처럼 자명해 보인다. 개인과 개인, 국가와 국민, 기업과 소비자 사이의 모든 관계가 본질적으로 주고받음의 관계이다. 우리가 어린 시절부터 교육을 받아야 하는 것, 이것도 따지고 보면 줄 수 있는 능력을 기르기 위함이다. 인간다운 삶에 이르는 길은 결국 주고받음의 길인 것이고, ‘줄 수 있어야 살 수 있다’는 명제가 하나의 사회법칙처럼 분명해진다.

주고받음의 객체(objects)는 경제적, 유형적 제품과 서비스에만 한정되지 않고 정신적, 상징적 가치를 포함하여 무한하고 다양하다. 그러나 불특정 다수로 구성된 사회 속에서는 주는

일이 쉽지 않다. 상대방 혹은 고객을 설정하여 그가 필요로 하는 것, 좋아하는 것을 쥐야지, 그가 원하지도 않는 것을 주면 그 효과는 자원의 낭비에 불과해진다. 그러므로 기업이 아무리 열심히 제품을 만들어서 시장에 공급해도 그 제품에 대하여 소비자가 별 필요를 느끼지 않으면 기업이 일한 효과는 적자도산(赤字倒産) 아니면 자원낭비가 될 뿐이다. 이처럼 개인의 사생활(私生活) 영역을 넘어서서, 사회생활(社會生活) 차원이 되면 주고받음이 쉽지 않다. 이러한 '쉽지 않음'을 제약조건으로 형식화(形式化)하면 다음과 같이 부등식으로 표시된다.

II. '주고받음'의 제약조건 - 생존부등식

기업의 제품(서비스 포함)이 소비자의 필요(need)나 기호(like)를 만족시켜 줄 수 있어야만 소비자는 그 제품으로부터 가치(value)를 느낀다. 그리고 소비자가 느끼는 가치가 그가 지불해야 할 가격(price)보다 커야만 소비자는 그 제품을 구입할 것이다. 이 사실을 부등식으로 표시하면 다음 (1)식이 된다.

$$\text{제품의 가치}(V) > \text{제품의 가격}(P) \quad (1)$$

기업이 위 부등식(1)을 만족시키려면 제품의 가치 V를 올리고 제품의 가격 P를 내리기 위해 노력해야 한다. 20세기 후반에 부등식(1)을 가장 훌륭히 만족시킨 제품 중에 컴퓨터가 있다. 1960년대이래 컴퓨터의 성능(기억용량과 처리속도)은 수백 배로 좋아졌다. 즉 제품의 가치(V)가 수백 배로 높아진 것이다. 그 반면에 제품의 가격(P)은 오르지 않고 오히려 내렸다. 그래서 컴퓨터는 20세기 후반에 전세계를 풍미한 가장 성공적인 제품이 되었다. 우리나라 제품으로서는 어린이 간식용 식품인 '새우깡'이 위 부등식(1)을 훌륭히 만족시킨 예에 속한다. 새우깡 한 봉지의 가격은 1971년 시판이 시작된 이래 市内 버스 한 번 타는 요금보다 싸게 유지되고 있다. 그러나 소비자들이 새우깡 한 봉지에서 느끼는 가치는 그 몇 배가되기 때문에 29년이 지난 오늘까지 새우깡은 스낵 분야에서 계속 베스트 셀러로 군림하고 있을 것이다.

위 부등식(1)은 소비자의 입장에서 본 필요조건이다. 그러나 기업의 입장도 생각해야 한다. 기업이 공급하는 상품의 가격은 그에 소요된 코스트(cost)보다 높아야 공급자도 살아 갈

* 서울대학교 경영대학 교수

수 있다. 이 사실을 不等式으로 표시하면 다음 (2)식이 된다.

$$\text{제품의 가격}(P) > \text{제품의 코스트}(C) \quad (2)$$

위 부등식(2)가 만족되어야 부등호 양단 사이의 차액이 기업의 이윤(profit)이 된다. 이윤이 있어야 기업은 세금을 내고, 이자를 물고, 주주들에게 배당도 할 수 있다.

소비자의 입장에서 본 필요조건 즉 부등식(1)과 기업의 입장에서 본 필요조건 즉 부등식(2)를 결합하면 아래 不等式(3)이 탄생한다.

$$\text{제품의 가치}(V) > \text{제품의 가격}(P) > \text{제품의 코스트}(C) \quad (3)$$

위 부등식(3)은 소비자와 공급자 모두의 입장에서 생존의 필요조건이 되므로 이것을 '생존 부등식'이라고 부르자.

생존부등식의 좌측 부등호는 기업의 效果性(effectiveness)을 반영한다. 기업이 아무리 열심히 제품을 만들어 공급해도 그 제품에 대해 소비자가 별 가치(V)를 느끼지 않으면 기업이 일한 성과는 무효나 다름없기 때문이다. 생존부등식의 우측 부등호는 기업의 效率性(efficiency)을 반영한다. 기업이 비효율적이면 코스트(C)가 올라 제품의 가격(P)이 높아지고, 그렇게 되면 그 제품은 소비자로부터 거부당한다. 일시적으로는 소비자가 속아서 상품을 구입할 수도 있고, 생산자가 밀지면서 물건을 팔 수도 있다. 그러나 소비자를 기만하는 일이 오래 지속될 수 없고, 공급자가 밀지면서 파는 데도 한계가 있다. 그러므로 장기적이고 안정적인 관점에서는 생존부등식의 두 부등호가 모두 만족되어야만 기업과 소비자 모두의 생존이 가능하다. 기업이 생존부등식을 만족시키면, 좌측 부등호로부터

$$V - P > 0$$

이 성립한다. V-P는 제품의 가치로부터 소비자가 지불하는 가격을 빼고도 남는 부분이고, 이 부분은 제품을 구입한 소비자의 것이 된다. 그래서, V-P를 소비자 혜택(consumer's benefit)이라 부르자. 예컨대, 새우깡 한 봉지의 가격은 400원인데, 소비자가 느끼는 가치는 500원 이상이라면, (즉 소비자 여론 조사에서 새우깡의 가격이 500원이 되더라도 계속 사 먹겠다는 소비자가 대부분이라면), 500-400=100원은 새우깡 한 봉지를 팔 때마다 기업이

소비자에게 '주는'(기여하는) 혜택이 된다. 한편, 생존부등식의 오른쪽 부등호가 만족되면,

$$P-C > 0$$

이 성립한다. $P-C$ 는 제품을 공급하고 받은 대가로부터 공급자가 부담한 코스트를 빼고도 남는 부분이므로, $P-C$ 를 공급자 혜택(supplier's benefit)이라 부른다.

금세기의 산업과 경제발전을 평하는 어느 연설에서 철학자 화이트헤드(Alfred N. Whitehead)는 "기업인들이 그들의 機能을 위대하게 생각하는 사회는 위대하다" (The society is great in which men of business think of their function greatly)는 말을 했다. 기업을 부도덕한 이윤추구 집단으로만 매도하는 경향이 있는 오늘 날 화이트헤드의 표현에 정당성을 부여할 수 있는 이론이 생존부등식이다. 기업이 생존부등식의 좌측 부등호를 만족시키면 그 기업은 (사회의 비난을 받아야 하는 부도덕한 존재가 아니라) 소비자에게 혜택을 '주는' 인류에의 공헌자가 된다. 이와 동시에 기업이 생존부등식의 우측 부등호를 만족시킬 수 있으면 그 기업은 공급자 혜택을 '받아' 사회적으로 정당한 富를 축적할 수 있음으로 '주고받음'의 관계를 형성하게 된다.

결론적으로, 기업의 목표는 ① $V-P > 0$ 을 달성하기 위하여 제품의 가치 V 를 높이고 가격 P 를 낮추는 일과, ② $P-C > 0$ 을 달성하기 위하여 제품의 가격 P 를 높이고 코스트 C 를 낮추는 일이 된다. ①과 ② 모두에 걸리는 가격 P 는 ①에서는 낮춰야 하고, ②에서는 높여야 하는 모순에 부딪힌다. 그러나 ①에서 P 를 낮춰야 하는 조건은 ②에서 코스트 C 를 충분히 낮춤으로써 해결될 수 있다. 그러므로 기업의 목표는 결국 V 를 높이고 C 를 낮추어 제품의 생존부등식을 만족시키는데 있다. 그러면 생존부등식을 만족시키기 위하여 필요한 경영자의 역할은 무엇인가?

III. 감수성, 상상력, 탐색시행

어느 제품의 생존부등식을 만족시키려면 기업은 그 제품으로부터 소비자가 느낄 가치(V)를 높여야 한다. 소비자는 자기의 필요(need)와 기호(like)를 가장 잘 충족시켜 주는 제품의 가치를 가장 높이 평가할 것이다. 따라서 기업은 소비자의 필요(need)와 기호(like)를 올바르게 인식하여 그것을 만족시킬 수 있는 제품을 공급해야 한다. 일반적으로 생활필수품조차 궁핍한 후진(後進) 경제사회에서는 소비자의 필요나 기호를 인식하는 일이 비교적 쉽다. 그

러나 오늘날처럼 산업이 발전하여 다양한 제품이 시장에서 범람하고, 기업간 경쟁이 격화되면 소비자의 필요와 기호를 올바르게 인식하는 일이 쉽지 않게 된다. 번잡한 사회 속을 살아가는 우리들은 우리 자신의 필요와 기호가 무엇인지도 제대로 인식하지 못하면서 살고 있다. 하물며 자기가 아닌 남(소비자)의 필요와 기호를 파악해서 그에 맞는 제품을 개발한다는 것이 쉬울 리가 없다. 이와 관련하여 켈록(Will Keith Kellogg)의 시리얼 케이스를 살펴보자.

〈케이스: 켈록 시리얼의 탄생〉

우리 나라 경기도 안성에서 시리얼(Cereal)식품을 생산하고 있는 多國籍기업 켈록(Kellogg)사는 Will Keith Kellogg에 의해 1905년에 창립되었다. 켈록은 어려서 가난으로 초등학교를 중퇴한 후 미국 미시간주의 작은 도시 배틀 크릭(Battle Creek)에 있는 병원에서 잡역부로 일하고 있었다. 그의 일과 중에는 병원 입원환자에게 식사를 제공하는 일도 있었다. 이 일을 하면서 그는 消化器 계통 환자들에게서 빵을 먹으면 속이 불편하다는 푸념을 많이 들었다. 환자들의 푸념에 켈록은 민연(憫憐)의 정을 느끼며 어떤 해결책을 모색해야겠다고 생각했다. 소화기 환자를 괴롭히는 것은 빵 속에 남아 있는 효모(yeast)의 찌꺼기 때문일 것이라고 믿고, 그는 효모를 사용하지 않는 곡물식(穀物食)을 만들기 위한 실험에 들어갔다. 그는 밀을 삶아서 먹기 쉽도록 눌러내는 방법(우리 나라의 납작 보리쌀 개념)으로 실험을 해보았다. 그러나 환자들이 환영하는 식품은 나오지 않았다. 켈록은 그래도 포기하지 않고, 밀을 삶는 시간, 그것을 눌러내는 톨러(roller)의 압력과 속도 등 여러 데이터를 바꿔 보면서 실험을 계속했다. 그러던 중 어느 날 실험을 하기 위해 밀을 삶아 놓았는데 병원장이 급히 심부름을 시켜 시카고에 다녀와야 했다. 다녀와서 보니 사흘 밤이 지나는 동안 삶아 놓은 밀은 이미 곰팡내가 났다. 그냥 버릴까 했으나 실험이나 한 번 더 해보고 버리자고 생각하고, 밀을 톨러에 넣고 밀어내 보았다. 그러자 놀랍게도 과거와는 달리 밀이 얇은 박편(flakes)이 되어 톨러에서 밀려 나왔다. 이 박편들은 종이조각처럼 얇았기 때문에 바삭바삭하게 말릴 수 있고 입에 넣으면 눈송이처럼 녹았다. 켈록은 지금까지 잘 안 되던 일이 갑자기 성공된 원인을 규명하려고 노력했다. 그는 삶은 밀이 사흘 밤을 지나는 동안 뜸이 들면서 밀의 내부에까지 수분이 균등히 침투했기 때문이라고 생각했다. 그래서 켈록은 삶은 밀을 뜸들인 후 톨러에 넣어 밀어냈고, 이렇게 만든 시리얼(cereal)에 맥아(malt)즙, 소금 등을 가미하여 환자에게 급식해 보았다. 결과는 성공이었다. 환자들은 병원에서 퇴원한 뒤에도 켈록에게 시리얼을 우편으로 주문하기에 이르렀다. 그 후 켈록은 옥수수, 보리 등으로도 시리얼을 개발하기 위하여 계속 실험을 했고, 결국 100여 가지의 새로운 식품을 개발하기에 이르렀다. (뒤에 켈록은 이 시리얼을 환자만이 아닌 일반인을 위한 아침 식품으로 굳히는 데 성공했다).

〈감수성〉

다른 사람(고객)의 필요, 아픔, 기호를 인식할 수 있는 정서적 능력을 감수성(perceptivity)이라고 정의하자. 경영자가 고객의 필요와 기호에 대하여 감수성을 느끼기 위한 필요조건은 고객과의 접촉이다. 켈록에게 있어서 고객은 병원의 입원환자들이었다. 소화기 환자들로부터의 푸념이 켈록의 감수성을 자극하는 정보가 되었다. 소비자의 필요를 암시하는 정보는 섬세하고 궁핍히 여기는 감수성 즉 민연(憫憐)의 정을 가진 사람에게나 느껴지는 것 같다. 오만한 사람은 남의 아픔과 필요에 대하여 둔감하다는 사실을 우리는 일상의 경험으로부터 안다. 소화기 환자들의 푸념에 대하여 “환자란 으레 투정이 많은 법”이라고 대수롭지 않게 여기고 말았으면, 즉 건강한 자의 오만에 머물고 말았으면 켈록은 시리얼을 개발하지 못했을 것이다. 이처럼 감수성에 이르는 길은 오만에서 벗어나 고객의 입장에 서서 그의 아픔과 불편을 같이 느낄 수 있는 민연의 길이다. 소비자의 필요와 기호를 인식했으면 다음 과정은 그것을 충족시켜 줄 수 있는 제품 혹은 서비스를 생각해 내야 한다.

〈상상력〉

현재 눈앞에 존재하지 않는 것의 존재를 머리 속에서 관념적으로 생각해내는 능력을 상상력(imagination)이라고 정의하자. 켈록은 소화기가 약한 환자들이 빵을 먹으면 속이 불편해지는 원인이 효모(yeast) 때문이라고 생각하고 효모를 사용하지 않은 곡물식을 상상해 냈다. 상상력 발휘가 뛰어났던 사례 하나가 1992년 바르셀로나 올림픽에서 탄생했다. 근대 올림픽 100년 역사에서 성화의 점화는 총총계, 도화선, 승강기 같은 방법의 반복이었다. 이러한 반복은 그것을 지켜보는 관중 및 시청자들에게 지루하고 진부한 느낌을 준다. 여기에 ‘민연’을 느낀 바르셀로나 올림픽 조직위에서는 불화살에 의한 점화를 상상해 냈고, 불화살이 포물선을 그리며 날아가 성화를 점화시키는 광경은 관중들에게 참신한 스릴(thrill)을 선사했다. 그런데 올림픽에서 활을 잘 쏘는 나라는 어느 나라인가? 왜 서울올림픽에서 우리가 불화살 점화를 선보이지 못했을까? 이유는 간단하다. 우리 나라에서 아무도 불화살 점화라는 신제품 아이디어를 상상해 내지 못했기 때문이다.

〈탐색시행〉

모든 창조는 상상력을 필요로 한다. 그러나 모든 상상력이 다 성공하는 것은 아니다. 인간이 머리 속에서만 상상한 것을 技術的, 經濟的 실현 가능성을 가지는 것으로 전환시킬 수 있는 인간의 노력을 탐색시행(探索試行)이라고 정의하자. 켈록의 상상력 즉 이스트를 사용하지

많은 곡물식도 많은 실험 즉 탐색시행 뒤에 가능해졌다. 탐색시행의 역사적인 예는 수혈(輸血)기술의 개발에서 찾을 수 있다. 인간이 出血을 많이 하면 죽는다는 사실을 의사들은 오래 전부터 경험으로 알게 되었다. 그래서 1667년에는 출혈로 인하여 죽어 가는 사람에게 피를 수혈하는 실험이 처음으로 시도되었다. 당시의 지식 수준에서는 의사들조차 모든 피는 그것이 동물의 것이든 사람의 것이든 다 같다고 생각했다. 그래서 수혈할 피의 공급원(供給源)으로서 양이 선택되었다. 피는 심장에서 만들어지고, 피에는 그 사람의 마음(善惡)이 들어 있으며, 양은 동물 중에서 가장 선한 동물로 보였기 때문이다. 그러나 양의 피를 수혈 받은 환자는 예외 없이 모두 죽었다. 그러다가 1818년에 이르러 (양이 아닌) 인간의 피를 수혈 해 보는 시도가 런던의 Guy's Hospital에서 시작되었다. 그러나 결과는 혼란스러웠다. 환자가 어떤 경우에는 살아났고, 어떤 경우에는 즉시 죽었기 때문이다. 성공과 실패를 구별해 주는 아무런 정보도 얻을 수 없었다. 그러다가 1900년에 칼 란드슈타이너(Karl Landsteiner)에 의해 인간의 피에는 4가지 혈액형이 있으며, 이들 사이에는 서로 수혈이 가능한 組合(combination)과 그것이 불가능한 조합이 있다는 사실이 발견되었다. 그러나 아직도 혈액응고의 문제가 해결되지 않아 채혈한 피를 보관했다가 수혈하는 일은 불가능했다. 그러다가 1917년 第一次 세계대전으로 인해 부상병이 대량으로 발생함에 따라, 미리 채혈해서 보관해 둔 피를 수혈할 필요가 강력히 대두되었고, 이 문제를 해결하기 위한 연구가 여러 나라에서 거국적으로 실시되었다. 결국 구연산 소다(sodium citrate)가 응혈을 방지하는 화학적 성질을 가진다는 사실이 발견되어 항응혈제(抗凝血劑)가 개발되었고, 이로부터 채혈해서 보관한 피를 수혈하여 생명을 구하는 일이 가능해 졌다. 결론적으로, 수혈기술 역시 감수성, 상상력, 탐색시행에 이르는 창조의 모든 요소를 다 거쳐서 실현되었다. 出血로 죽어 가는 환자에 대한 민연(감수성), 수혈로 그를 구할 수 있으리라는 상상력, 이 상상력에 실현가능성을 부여한 탐색시행이 수혈기술을 완성시켰다.

IV. “그건 안돼”와 “그건 돼”의 두 세계

수혈에 대한 필요의 인식과 그 필요의 충족 사이에는 (양의 피를 수혈한 1667년부터 계산해도) 무려 250년이 흘렀다. 그래도 수혈은 happy-ending, 즉 “그건 돼”의 세계에 속한다. 그 반대, 즉 “그건 안돼”의 경우로서 연금술(鍊金術)의 역사를 살펴보자. 7-8세기경부터 아라비아인들은 구리나 쇠를 금으로 변화시키는 방법을 찾으려고 노력하기 시작했다. 이러한 노력을鍊金術(alchemy)이라고 부르는데 이들은, 구리나 철 등에 유황과 수은을 섞어 금으로

변환시키려고 여러 가지 시도를 해 보았지만, 좀처럼 금은 나오지 않았다. 이 연금술은 유럽의 여러 나라에까지 전파되어, 중세 유럽의 어느 나라에 가도 연금술을 연구하는 사람들을 찾아 볼 수 있을 정도였다. 연금술사들은 무수한 실패를 거듭하면서도 포기하지 않아, 이 노력은 17세기 무렵까지 계속되었다. 약 1천 년에 이르는 끈질긴 노력이 실패로 끝난 것은 왜 일까? 그 이유는 간단하다. 자연은 엄연한 법칙을 가지고 있으며 그 법칙에 반하는 한, 인간의 어떠한 노력도 수포로 돌아가게 만들기 때문이다. 여기에 “하면 된다”는 인간의 신념에 대한 한계가 존재한다.

〈‘하면 된다’는 신념의 한계〉

(株)現代重工業의 창업과정에서 ‘하면 된다’는 신념이 결정적인 역할을 했다. 鄭周永회장은造船所를 건조할 땅을 찍어 놓은 黑白사진 한 장을 들고 다니며, 그리스의 어느 船主에게서 배를 주문 받는 데 성공했다. “당신이 우리에게 선박을 주문하면, 우리는 그 계약서를 가지고, 영국 ECGD(Export Credit Guarantee Department, 외국 기업에 대한 영국 은행의 대출을 지원해 주는 영국의 정부기구)의 승인을 받아서, 영국 Barclays 銀行에서 차관을 얻어, 그 돈으로 조선소를 건조하고, 그 조선소에서 당신이 주문한 배를 만들겠다.”는 장황한 설명으로 그리스의 船主 리바노스社를 설득하여 배를 파는데 성공했던 것이다.¹⁾ 이렇게 기이한 과정은, 외국의 금융기관으로부터 차관을 얻기 위한 심사과정에서 “아직 배를 만들어 본 경험이 없는 너희가 어떻게 배를 만들겠으며, 설사 배를 만든다 해도 누가 그 배를 믿고 사주겠느냐?”는 논리적 항변을 해결하기 위해 거쳐야 했다. 현대중공업은 그 어려운 장벽을 다 돌파하고, 차관을 얻어내어 조선소를 건설하고, 그 조선소에서 1974년 6월 28일, 25만 9천 ton급 유조선 2척을 건조하여 선주에게 인도하는 데 성공했다. 1970년대 한국경제가 세계를 놀라게 할 때의 이야기이다. 이처럼 ‘하면 된다’는 정신력과 신념은 개발도상국의 산업발전 과정에서, 특히 한국의 경제성장사에서 중요한 역할을 해 왔다. 그러나 문제의 성격에 따라서는 연금술의 경우처럼 ‘하면 된다’는 신념만으로는 안 풀리는 것이 많다.

〈그건 안돼〉

세 살 난 어린이에게 손에 잡히는 모든 것이 장난감이 된다. 그러나 이 아이가 할아버지 안경에 손을 대면 부모한테 “그건 안돼!” 하고 야단맞는다. 이 아이가 자라면서 옆집에 놀러 갔다가 친구의 장난감 하나를 몰래 들고 오려 해도 “그건 안돼!”가 된다. 이 아이가 사춘기

1) 윤석철, 프린시피아 메네지멘타, pp15-17

가 되면 친척집 누이동생이 예뻐 보이고, 그에게 연정을 느낄 수도 있다. 그러나 근친(近親)간의 사랑 역시 “그건 안돼!”에 부딪힌다. 이 아이가 어른이 되어 뒷산 경치 좋은 곳에 집을 짓고 살고 싶어해도, 국가에서 ‘그린벨트(green belt)’라는 이름으로 ‘그건 안돼’ 한다. 이렇게 인간은 되는 일과 안 되는 일 사이에서 그것을 구분하는 지혜를 터득하면서 살아야 한다. 이상에 열거한 ‘그건 안돼’는 인간이 인간답게 살기 위해 인간 스스로에게 부과한 제약이었다. 그러나 이러한 사회적 제약 이외에, 연금술이 천년의 노력에도 실패한 것처럼, 대자연이 인간에게 제약을 가한다. 이러한 제약조건을 자연법칙 또는 자연의 존재양식이라고 부르자.

〈과학(science)과 기술(technology)의 관계〉

인간은 ①社會 속에 던져진 존재인 동시에, ②自然 속에 던져진 존재이다. 사회 속에 던져진 존재라는 사실로부터 (이미 앞 절에서 설명한 바와 같이) ‘주요받음’이 삶의 기본이라는 진리명제가 탄생했다. 인간이 자연 속에 던져진 존재라는 사실로부터 自然의 존재양식(즉 자연법칙)이 인간의 가능성을 제약한다는 진리명제가 다시 탄생한다. 자연의 법칙에 위배되는 한, 인간의 여하란 노력도 수포로 돌아갈 수밖에 없다. 여기에 ‘하면 된다’는 인간의 신념과 노력에 대한 한계가 존재한다. 인간은 자연의 존재양식을 탐구하여 얻은 지식을 자신의 삶을 위해 활용할 수 있을 뿐이다. 인간이 자연의 존재양식을 탐구하여 알게된 지식을 과학이라 부르고, 이 과학(지식)을 인간의 수요(즉 필요, 아픔, 기호) 해결에 활용하는 지혜를 기술이라 정의하자. 예를 들면, 만유인력의 법칙과 원심력(遠心力)의 원리는 자연의 존재양식이며 이들에 관한 우리의 발견이 지식이요 과학이 된다. 이 과학지식에 근거하여 우리는 인공위성을 띄워, 그의 높이에 따라 그의 속도를 조절함으로써 (地上 100km 높이에서 약 7.35km/sec 정도, 윤석철 저, 과학과 기술의 경영학, p.72) 인공위성이 지구로 끌려 추락하지도 않고, 우주 속으로 달아나지도 않게 할 수 있다. 이처럼 인간은 (인공위성 공전속도의 함수인) 원심력과 (인공위성 높이의 함수인) 중력을 일치시켜 인공위성을 공전궤도 위에 머물게 하면서 통신과 TV중계에 활용하고 있으며 이것이 (과학지식을 활용하는) 기술이다. 다시 말하면 원심력과 중력의 법칙에 관한 지식은 과학이고 이 지식을 활용한 인공위성의 궤도유지는 기술이다.

V. 산업기술(industrial technology)의 존재양식

기업의 입장에서 보면 과학과 기술은 기업의 목표를 달성하기 위한 수단으로서의 의미를 가질 뿐이다. 기업은 (앞에 설명한) 생존부동식을 만족시켜야 살아갈 수 있다. 기업이 생존부동식을 만족시키려면 그가 공급하는 제품의 가치(V)를 높여야 하고, 그 제품의 공급에 요하는 코스트(C)를 내려야 한다. 이 일을 위하여 산업기술이 필요하다. 생존부동식의 좌측항, 즉 제품의 가치(V)를 높이기 위하여 필요한 기술을 제품기술(product technology)이라고 부르고, 우측항, 즉 코스트(C)를 내리기 위하여 필요한 기술을 생산기술(production technology)이라고 부른다. 생존부동식을 만족시키기 위하여 기업이 직접적으로 필요로 하는 것은 기술이지만 기술의 개발은 과학적 기초지식을 필요로 하므로 기업은 (자기 회사의 제품기술과 생산기술 개발에 필요한 범위 내에서) 과학연구에도 투자해야 한다.

〈제품기술〉

기업이 제품기술을 개발하기 위해서는 우선 소비자의 필요와 기호를 파악해야 하고, 다음에는 (이 필요와 기호를 충족시키기 위하여) 제품이 어떤 속성(attributes)을 갖추어야 하는지를 알아야 한다. 제품의 속성이라는 추상적 개념을 설명하기 위하여 자동차의 타이어를 예로 들어보자. 소비자는 눈이나 빗길 위에서도 미끄러지지 않는 안전성과, 오래 사용해도 쉽게 마모되지 않는 견고성, 그리고 로면(路面)의 굴곡을 흡수하는 유연성(柔軟性)이 좋은 타이어를 원할 것이다. 타이어가 이러한 속성을 갖추게 하기 위하여 생산자는 타이어의 접지면(接地面, tread)의凹凸(요철)무늬는 어떻게 디자인(design)해야 마찰계수가 높아지며, 주원료인 고무에 어떤 첨가물질을 배합하여 견고성을 높일 것이며, 타이어 측면(側面, sidewall)의 유연성과 강도(剛度)를 높이기 위하여 그 속에 어떤 플라이(ply)를 사용할 것인가 등을 연구해야 한다. 제품 속성의 파악에서부터 이 속성을 만족하기 위하여 제품 각 부위의 구체적 설계에 이르기까지 필요한 이러한 노-하우(know how)를 제품기술(product technology)이라 부른다.

제품기술에는 소재기술이 포함된다. 타이어의 경우를 예로 들면, 플라이(ply)用 소재로는 처음에 綿 코드(cotton cord)가 사용되었다. 그러나 면은 부식되기 쉬우며 張力이 약하기 때문에 코드 층을 여러 번 겹쳐야 하고, 이렇게 되면 타이어의 측면이 무겁고 둔탁해져서 유연성이 감소한다. 이 문제를 해결하기 위하여 플라이의 소재로 레이온(rayon) 코드를 사용

하려는 연구개발이 시작되었다. 1960년대까지 미국에서 레이온 코드 연구에 투입된 돈은 1억불이 넘었다. 이 연구비의 투자효율을 살펴보면, 처음 투자된 6천만 달러까지는 (코드의 장력을 기준으로 하여) 300%의 성능향상을 가져왔으나, 그 뒤 4천만 달러 투입에서는 30% 향상에 그쳤다 한다.²⁾ 이처럼 어떤 소재의 성능향상에는 포화현상이 나타나고, 이 포화현상을 극복하기 위한 새로운 소재 개발이 다시 요청된다. 듀폰사는 2차세계대전 후부터 나일론 코드의 개발에 열을 올렸다. 나일론 코드의 성능은 초기에는 레이온만 못했으나, 7천만 달러의 연구비가 투입된 후 탄생한 '나일론2' 부터는 그 성능이 레이온을 능가하기 시작했다. 그러나 나일론 코드는 겨울철에 유연성이 감소하면서 소음을 발생시키는 문제를 낳았다. 타이어의 소음은 승차감에 악영향을 줌으로 자동차 메이커들은 타이어 메이커에게 나일론을 대체하는 다른 소재를 찾도록 요구했다. 셀레니스(Celanese)사는 폴리에스터(polyester) 코드 개발에 전력했다. 폴리에스터 코드를 사용한 타이어는 나일론 코드 타이어보다 수명이 길고, 겨울철에도 코드의 유연성이 악화되는 일이 없으며 따라서 소음을 발생시키지 않는다. 종합평가 결과, 폴리에스터 코드의 성능은 나일론 코드의 두 배 수준에까지 이르렀다. Celanese사의 연구비 투자액은 듀폰사의 50%정도였으므로, Celanese사의 연구투자 효율은 듀폰사에 비해 4배를 실현한 셈이다. 기술선택의 성공 때문이었다.

〈생산기술〉

제품의 설계가 완성되면 다음은 제품을 생산할 수 있는 생산기술을 알아야 한다. 생산기술을 해결하기 위해서 우선 경영자는 하드웨어(hardware), 즉 필요한 생산설비와 도구를 결정해야 한다. 어떤 기능을 수행할 어떤 기계가 필요한지, 이것을 어디서 어떻게 제작 혹은 주문할 수 있는지를 알아야 한다. 생산설비를 만들어 판매하는 기계 제작회사의 입장에서는 기계를 만드는 기술은 그들의 제품기술이다. 이처럼 동일한 기술이 기업의 입장에 따라 제품 기술일 수도 있고 생산기술일 수도 있다. 하드웨어가 준비된 다음에 필요해지는 생산기술은 이들 생산설비에 여러 가지 원료를 투입하는 순서 및 방법 그리고 생산설비를 적절히 가동시키는 절차, 즉 소프트웨어(software)적 기술이다. 우리 나라 산업발전의 초창기에는 기업의 경영자들이 고전하는 기술 문제는 주로 생산기술에 관한 것이었다. 1970年代初까지는 우리나라 제조기업이 외국에서 들여온 생산설비, 외국에서 들여 온 원자재, 외국에서 들여 온 설계도면이나 사양(규격)으로 (외국 바이어들이 만들어 달라는 대로) 제조만 하면 되던 시절이었다. 따라서 수입한 기계의 사용법을 어떻게 습득하며, 그것이 고장날 때 어떻게 수리하며,

2) Foster, Richard: Innovation, McKinsey & Co. 1986, pp

설계도면을 어떻게 해석 소화하며, 제조의 정밀도를 어떻게 높이며, 불량율을 어떻게 낮추며, 생산성을 어떻게 높이느냐 등의 문제들이 그 당시의 주된 기술문제였다.

소프트웨어적 생산기술은 환경변화에 적응하여 그것을 수정할 수 있는 기술도 포함한다. 1979년에 (株)大宇는 한국에 있던 東信타이어의 생산 설비를 아프리카 수단(Sudan)으로 뜯어 가 거기에 타이어 공장을 건설하고 생산을 시도했다. 그러나 초창기에는 제품이 나오지 않아 고전했다. 한국의 평균 기온에서 유효했던 방법이 아프리카의 높은 기온에서는 적절하지 않았기 때문이었다. 생고무와 합성고무, 그리고 100여종의 첨가물질을 어떤 순서에 따라 어떻게 배합하며, 배합된 고무를 타이어의 다른 부품(예, 나이론 코드)들과 어떻게 접촉시키고, 이렇게 성형(成形)된 생타이어(green tire)를 어느 정도의 온도에서 어떻게 구어 내느냐(타이어 생산에서는 이 과정을 加硫工程이라 부른다) 등의 문제가 모두 소프트웨어적 생산기술이고 이것은 환경이 바뀌면 변할 수도 있다.

생산기술과 제품기술 간에는 독립이 유지될 수 없다는 사실도 유의해야 한다. 제품설계에 따라 필요한 工程이 결정되지만 공정의 기술적 사정에 의해 제품설계가 적응해야 한다. 예컨대, 10분이면 타이어의 얇은 부분(예, 사이드 월)은 충분히 加硫되지만, 트레드와 측면이 만나는 두꺼운 부분(이 부분을 어깨, shoulder라 부른다)은 10분 이상의 가류시간을 요하므로, 제품설계 때에 어깨부분에 어떤 加硫촉진제를 얼마만큼 넣어야 같은 시간(10분 정도) 내에 제품의 모든 부위가 균등하게 가류될 것인가를 연구해야 한다. 이러한 연구는 加硫에 요하는 시간을 최소화시켜서 생산코스트 즉 생존부등식의 우단, C를 낮추기 위해서 필요한 것이다. 기업의 목표가 생존부등식의 좌단 V를 높여야 하는 동시에, 우단 C도 낮춰야 하기 때문에 제품기술과 생산기술이 서로 독립적일 수 없다는 요청은 당연하다.

VI. 과학과 기술의 체현(體現, Embodiment)

과학과 기술은 지식이요 지혜이므로 그 자체로서는 인간의 손에 잡히거나 눈에 보이는 구체적 존재가 아니다. 인간이 五官(five sensory organs, 눈, 귀, 코, 혀, 피부)을 통해 느낄 수 있는 존재를 구체적(具體的) 존재, 그리고 인간이 관념적(觀念的)으로만 생각할 수 있는 존재를 추상적(抽象的) 존재라고 분류하자. 기독교에서 믿는 신성(神性)은 인간의 손에 잡히거나 눈에 보이는 존재가 아니므로 추상적이다. 그러나 예수 그리스도는 그의 제자들이 손으로 만질 수 있고 눈으로 볼 수 있는 구체적 존재였다. 따라서 추상적 존재인 신성이 인간의 육체에 체현(體現, embody)되어 나타난 존재가 예수 그리스도라는 것이 기독교의 신앙이다.

과학과 기술도 지식이요 지혜이므로 인간이 오관으로 만질 수 있고 볼 수 있는 구체적 존재가 아니다. 인간은 과학과 기술이 체현되어 있는 소비재, 그리고 그것을 생산하는 생산재를 만지거나 볼 수 있다. TV, 컴퓨터, 자동차, 무선전화 등 소비재 속에 과학과 기술이 체현되어 있다는 사실에 의심의 여지가 없다. 그러나 이러한 최종 소비재는 所定の 생산과정을 거쳐서 탄생하므로, 궁극적으로 과학과 기술은 제품을 생산하는 기계 (Machinery), 소재 (Material), 생산방법(Method), 그리고 사람(Men) 속에 체현되어 존재한다고 말할 수 있다. 과학과 기술이 체현되어 있는 이들 네 요소가 모두 M으로 시작되므로 이들을 4M이라 칭하면서, 4M에 체현되어 있는 과학과 기술은 어떤 것이며 이들은 어떻게 습득, 이전될 수 있는지를 살펴보자.

<기계 속에 체현된 기술>

1963년 일본으로부터 한국에 도입된 라면은 가격이 저렴하고 소비가 간편하여 그 수요가 꾸준히 성장했다. 그러나 1979년에 이르러 한국시장에서 라면의 총 소비량이 전년도 대비 0.8%의 마이너스 성장을 했고, 다음 해인 1980년에도 0.1%라는 사실상의 정체를 보였다. 그러면 한국의 라면시장은 한계에 도달한 것일까? 당시로서 한국 제2의 라면회사였던 (주)농심은 라면의 품질 혁신을 위한 장기전략을 구상했다. 어떤 제품에 대한 총수요는 그 제품의 품질과 가격에 의해 변할 수 있고, 창조될 수도 있다는 것이 농심의 신념이었다. 이 신념에 근거하여 농심은 라면으로부터 소비자가 원하는 것이 무엇인지를 탐구하기 시작했다. 수개월에 걸친 탐구의 결과 농심의 경영진이 내린 결론은 다음과 같았다. 라면으로 배고픔을 달래야 했던 궁핍의 시절에는 소비자가 느낀 라면의 가치는 면(麵)에 있었지만, 경제발전으로 보리 고개가 사라지면서 이제 소비자는 라면으로부터 맛(味)을 중요시하게 되었다는 것이 농심의 결론이었다. 그래서 농심은 라면에 들어가는 분말 수프(soup)의 품질향상을 위한 기술개발을 생각했다. 전통적인 분말 수프의 제조 공법은 (1)쇠고기 등 식품소재를 충분히 끓여서 곰탕처럼 농축시킨 후, (2)여기에 후추, 고추, 마늘 등 양념 가루를 섞어서, (3)이것을 다시 열풍(熱風) 챔버(chamber) 속에서 건조시킨 후, (4)방앗간에서 분말로 만드는 방법이었다. 소위 '열탕분해 + 열풍건조'로 알려진 이 공법에서는 높은 열로 인한 영양가와 맛의 파손율이 높다. 그래서 농심은 선진국 식품시장을 돌면서 영양가와 맛의 파손율을 낮출 수 있는 새로운 공법을 탐색하기 시작했고, 드디어 효소분해(酵素分解)와 진공건조(眞空乾燥) 방식에 관한 정보를 얻었다. 효소분해란 식품에 효소를 첨가하여 식품 속의 영양분을 분해해 내는 개념이고, 진공건조란 진공 속에서 60도 정도의 낮은 온도로서 식품을 건조하는 방식이

다. 이 두 방식에 의하면 고열에 의한 영양가와 맛의 파손율이 낮아진다. 농심은 경기도 안성에 공장을 새로이 준공하고, 효소분해와 진공건조 공법을 내장한 즉 이 두 공법이 체현되어 있는 생산설비를 독일의 Wiegand사로부터 도입했다. 새 설비로 생산되는 분말 수프의 품질은 구 설비의 것과는次元을 달리했을 뿐만 아니라 소재 성분간의 구성비율과 이들이 공정에 투입되는 순서 및 타이밍(timing), 그리고 적절한 조리시간 등 自動化를 통하여 생산성까지 향상시켰다.

새 제품이 출하되기 시작하자, 라면에 대한 시장의 총수요는 다시 증가하기 시작하여 1983년에는 전년 대비 29.3%의 성장을 실현하였다. 농심의 시장점유율도 1980년의 35%에서 급격한 상승을 시작하여 1990년대에는 60%를 넘어서기에 이르렀고, 오늘날 농심은 세계 제일의 라면 회사가 되었다.

기계 속에 체현되어 있는 기술은 기계를 도입하면 같이 따라온다. 따라서 첨단기술을 체현하고 있는 생산설비의 도입은 가장 빠른 기술이전(transfer of technology)의 수단이 된다. 그러나 앞에서 설명한 것처럼, 설비를 구입한 기업이 설비 속에 체현된 과학과 기술을 완전히 소화하여 그것을 100% 활용하는 것은 엔지니어들이 배우고 익혀야 하는 또 다른 기술적 문제이다. 1971년 우리 나라 인천에 위치한 한국기계공업이 독일의 MAN사로부터 디젤 엔진(diesel engine) 생산설비를 도입했을 때, 한국기계의 엔지니어와 기능공들은 독일 MAN사와 인력파견계약을 맺고 독일로 가서 해당 생산설비의 설치, 시운전, 量産체제하의 가동 및 보수 방법 등을 배워 왔다.

〈소재 속에 체현된 기술〉

제품의 생산 가능성 여하가 때로는 소재 속에 체현된 기술에 전적으로 의존하는 경우가 있다. 가공식품인 라면 중에서 용기(容器)면의 소재인 변성전분을 예로 들어보자. 용기면은 봉지면처럼 끓여서 조리하는 것이 아니고, 뜨거운 물을 붓고 몇 분 기다린 후에 먹을 수 있는 편리한 식품이다. 용기면의 기술은 면에 뜨거운 물만 붓고 (즉 끓이는 과정 없이) 면을 충분히 익히는 데 있다. 이 기술의 비밀은 변성전분이라는 식품 소재에 있다. 변성전분은 밀가루와 결합하여 밀가루를 낮은 온도에서도 빨리 익을 수 있게 하는 역할을 한다. 일본이나 한국의 라면 회사들 모두 네데란드의 Abebe사로부터 변성전분을 수입하여 쓰고 있다. 이들 라면 회사의 입장에서는 변성전분은 소재기술의 문제가 되고, 아직 그들은 이 소재기술을 습득하지 못하여 수입에 의존한다. 전분은 감자에서 얻어지는 탄수화물이다. 탄수화물은 탄소와 OH기가 연결된 분자구조를 가진다. 탄수화물의 OH기에서 O를 떼어 내고 그 자리에

CH₃COO를 붙인 것이 변성전분이라고 Abebe사가 변성전분의 화학구조식을 공개했다. 변성전분이 인체에 해가 없는 안전식품 소재임을 알리기 위해서 일 것이다. 이렇게 제품의 구조식은 알려져 있지만 그 생산방법을 모르고 있기 때문에 일본과 한국의 라면 회사들이 계속 수입에 의존하는 것이다.

원료나 소재는 化學공정에서 배합을 통하여 생산되는 경우가 많으므로 화학적 성격의 제품에서는 설계라는 표현보다는 배합이라는 말이 더 적절하다. 그러나 설계나 배합은 그것이 물리적 변화를 거치느냐 화학적 변화를 거치느냐의 차이가 있을 뿐 본질적으로는 같은 내용이다. 핵심기술이 소재 속에 체현되어 있는 경우에 기술후진국은 그 소재를 선진국으로부터 수입에 의존할 수밖에 없다. 이 경우 선진국은 독점가격의 혜택을 누릴 수 있다.

〈방법 속에 체현된 기술〉

생산기술은 방법(methods)에 관련된 노-하우 즉 소프트웨어 속에 체현된 것이 많다. 생산설비(기계)의 운전방법, 원료와 소재의 합성 및 배합 방법 등이 여기에 속하며, 이들은 특허(patent), 매뉴얼(manual), 프로그램(program) 등에 체현되어 있다. 이런 기술은 라이선스(license) 계약의 체결에 의해 이전이 가능하지만 첨단을 구성하는 부분은 기술선진국이 좀처럼 이전하려 하지 않는다.

造船분야에서 유명해진 생산방법의 한 예로서 블록(block) 造船기법이 있다. 이 기법을 일본의 신토 히사시(1934-1981)씨가 개발하기 전까지는 대형 선박을 건조할 때 일체의 작업을 乾船渠(dry dock)에서 실시해야 했다. 일본 쿠레조선소에서 일하던 신토씨는 1951년에 船體를 몇 개의 블록으로 나누어 각 블록을 별개의 작업장에서 완성한 후 乾船渠에 가져와 조립하는 기법을 개발했다. 선박을 여러 블록으로 나누는 방법은 배의 크기에 따라 달라지고, 또 같은 크기의 배라도 배 내부 구조에 따라 달라져야 한다. 블록건조기법에서는 블록을 어떻게 나눌 것이며, 나뉘어진 각 블록 사이를 어떻게 연결하느냐에 기술의 핵심이 있다. 블록건조기법으로 인해 평균 18개월 걸리던 작업이 7개월로 단축될 수 있다고 한다. 이처럼 새로운 생산방법이 생산성 향상을 위해 계속 개발되고 있다. 오늘날 대부분의 조선소는 대형 선박 제조에 이 기법을 채택하고 있다.

생산방법에는 생산성과 품질 향상을 위한 조직기법과 관리기법이 포함된다. 생산성 향상을 위한 조직원리로서 어떤 방식이 더 좋으나 하는 것은 시대와 장소, 그리고 문화 환경에 따라 달라지는 것 같다. 20세기초까지는 장인(匠人, craftsman)에 의한 생산방식이 계속되다가, 1910년대에 헨리 포드(Henry Ford) 1세에 의해 부품의 표준화, 작업의 세분화, 전문화 방

식이 개발되었고, 이어서 컨베이어 벨트(conveyor belt) 방식이 추가되면서 조립생산의 생산성이 급속히 향상되었다. 1960년대에는 일본의 토요타(Toyota)자동차회사에서 포드식 생산방식의 결점을 보완하기 위하여 린(lean)방식이 탄생했으나 이 방식도 그 본질은 컨베이어 벨트에 의한 대량생산 방식에 있다. 최근 스웨덴에서는 8-15명 단위의 作業組(team)를 만들어 동료들과 돌아가며 일의 내용을 '다양화'하는 방식을 실험하고 있다. 작업자가 컨베이어 벨트 앞의 로봇(robot) 신세를 벗어나 인간으로 되돌아 왔다고 해서 근로자들은 아주 기뻐하고 있다고 한다. 완성차의 불량률이 줄어들고 있으며, 20% 가까이 되던 근로자들의 결근율이 10% 이하로 떨어진 사례도 있다고 한다. 기계처럼 그날그날 시간만 채우던 근로자들로부터 개선을 위한 아이디어가 쏟아져 나오고 창의성과 참여의식이 놀랍도록 높아졌다고 하여, 이 방식을 '혁명적'이라고 표현하는 언론인도 있다. 그러나 이러한 그룹작업방식이 생산성 측면에서 과연 컨베이어벨트에 의한 대량생산방식을 따를 수 있을지 의문이다. 개인주의 의식이 강한 서구인들에게 그룹작업 방식이 성공할 수 없을 것이라고, 여기에 반대하는 의견도 적지 않다. 이들의 반대에 근거가 없는 것도 아니다. 그룹작업은 원래 '노동의 人間化'를 내세워 능률보다는 작업의 즐거움을 강조하는 좌파(左派) 사람들의 발상이었다. 사회주의적 전통이 강한 스웨덴에서 그룹작업을 처음 채택한 것도 이런 배경에서이다. 그러나 재미있는 것은 독일의 오펔(Opel)사 등에서는 그룹작업 아이디어가 노조가 아니라 경영진에서 나왔다는 점이다. 오펔 경영진은 '노동의 人間化'가 아니라 일본 자동차와 경쟁하기 위한 '생산성 향상'을 시도해 보기 위하여 그룹작업방식을 시도하고 나섰다. 일본의 생산성을 따라가기 위해서 일본에서 성공적으로 채택된바 있는 그룹작업방식을 모방하는 것이다. 그러나 일본은 문화적으로 개인주의가 아닌 집단주의 성격이 강하다. 일본에서 성공한 방식이 서구에서도 성공적으로 정착될 수 있을지는 더 두고봐야 할 것 같다. 어느 방식이 더 좋으나 하는 것은 시대의 흐름과 문화에 따라 달라질 수 있을 것이다.

〈사람 속에 체현된 기술〉

생산기술의 일부는 사람의 육체 속에 체현되어 있다. 사람의 머리(brain)와 근육 속에 체현된 기술이 이 분야에 속한다. 작업자의 근육 속에 체현된 기능(skill) 분야에서 우리 나라 기능공들은 세계경진대회에 참가하여 우수한 성적을 과시했다. 木手가 나무를 정교하게 깎아내는 기술, 봉제공이 의복의 어려운 부분을 정확하게 바느질하는 기술 등은 근육 속에 체현된 기술이다. 단순한 기능 수준을 넘어선 고급 노-하우는 많은 탐색시행을 거쳐서 경험으로 머리 속에 축적된다. 발전소의 터빈을 예로 들어보자. 현재 우리 나라 한국중공업에서 발전

기 터빈을 제작은 한다. 단, 제작에 쓰이는 설계도면을 외국에서 들여와, 그 도면에 따라 부품을 깎고, 조립하는 단계에 와 있다. 그러면 왜 우리 힘으로 설계도면은 못 만드는가? 설계도면을 만드는 기술이 그렇게도 어려운가? 터빈의 회전체(回轉體)와 여기에 조립해 끼우는 날(blade)의 예를 가지고 이 문제를 살펴보자. 회전체의 날을 설계하려면, 날의 소재를 무엇으로 하느냐, 규격의 정밀도는 얼마로 하느냐가 우선 문제된다. 사용한 소재가 300 °C 정도의 수증기 속에서 얼마나 (몇 천 분의 1 mm) 팽창할 것이냐, 이 팽창을 고려한 組立用 pin의 직경과 그 핀을 꽂을 구멍의 內徑 사이에 공차를 얼마로 (몇 천분의 몇 mm로) 할 것이냐가 문제된다. 또 핀의 소재 문제로 들어가, 소재가 합금일 경우에는 합금의 구성이 균일하여 열팽창이 균일하게 일어나야 한다. 6절에서 살펴볼 울진 원자력발전소 케이스에서는 조립에 쓰인 핀이 팽창하여 핀 구멍에 생긴 응력으로 구멍 주위에 금(crack)이 생겼고, 이 금이 고진동 상황에서 파열의 원인이 되어 날이 떨어져 나간 것이다. 설계 때 핀의 외경과 핀 구멍의 내경 사이에 공차가 너무 크면 고진동시에 핀이 따라서 진동하게 되고, 이 진동이 핀 구멍의 내경을 마모시키면서 핀이 빠지는 고장을 유발할 수도 있다. 그러므로 핀의 외경과 내경의 정밀한 치수를 정하는 계산의 문제, 설계된 치수대로 정밀하게 가공하는 방법, 또 조립할 때 핀의 나사를 조이는 세기(強度)의 문제 등 모두가 중요하다. 나사를 너무 세게 조이면 高溫에서 크랙이 생길 위험이 있고, 너무 약하게 조이면 고진동에서 흔들릴 염려가 있기 때문이다. 선진국에서도 설계상의 이런 문제들이 깨끗하게 이론적으로 풀리는 경우는 드물다. 대부분의 경우 탐색시행에 의해 적정해로 해결되고 있다. 그러나 탐색시행으로 적정해를 얻어내는 일도 쉽지는 않다. 터빈 속으로 고온 고압의 수증기를 유입시켜야 하므로 터빈을 둘러싼 겹질(케이싱, casing)은 강철 소재로 약 15cm의 두께를 갖는다. 이렇게 두터운 케이싱 내부의 어느 위치에서 압력과 온도가 어떻게 변화되어 100여개나 되는 각 날(blade)에 어떤 영향을 주는지를 측정하는 일이 쉽지 않다. 이러한 노-하우의 발전은 체계적인 탐색시행을 바탕으로 할 수밖에 없다. 불란서의 Alsthom사가 1800 RPM, 60 cycle의 터빈을 울진 원자력에 공급할 때 이 터빈은 그들이 만든 첫 제품이었고, 첫 제품의 시행착오를 울진 원자력에서 한 것이다. 이런 점에서 기술선진국은 장사도 하고, 시행착오 경험도 축적한다.

VII. 과학기술의 時間次元과 空間次元

우주 속의 모든 존재를 시간차원과 공간차원으로 나누어 고찰할 수 있다. 인간의 존재를 예로 들면, 父母에서 子息으로 이어지는 시간적 先後관계는 시간차원에 속하고, 다른 姓氏를

가진 家門(집안)에서 배우자를 맞아들이는 혼인관계는 공간차원에 속한다. 모든 역사적 실체는 시간차원의 종적(縱的)인 흐름 속에 있지만, 이러한 흐름의 각 시점(時點)에서 그 단면(斷面, cross section)은 한국 대 일본, 三星 대 現代 등 그 역사를 달리하는 여러 집단 사이의 관계로 얽혀 있다. 인간은 혼자 살 수 없으므로 조직을 형성하고, 조직이 발달할수록 우리 삶의 공간차원적 성격은 더욱 강하게 나타난다. 다시 정리하면, 시간의 흐름을 따르는 특정 계열의 승계(承繼)관계는 시간차원의 문제요, 시간의 흐름 속 어떤 시점 위에 공시적(共時的, contemporary)으로 존재하는 각 계열 사이의 관계는 공간차원의 문제이다. 과학과 기술의 발전도 시간차원과 공간차원 속에서 이루어진다. 어느 특정 계열의 과학 혹은 기술이 縱的(시간차원적) 발전을 거듭하다가 다른 분야의 과학 혹은 기술과 橫的(공간차원의)으로 결합하여 새로운 분야의 과학과 기술이 창조된다. 현대문명의 중심에 위치하고 있는 전기, 전자 분야의 발전을 예로 들어 그의 시간차원적 성격을 살펴보자.

〈시간차원적 성격〉

인간은 그리스 시대에 호박(琥珀, amber)과 毛皮의 마찰에서 정전기의 발생을 경험했고, 마그네시아(Magnesia) 산에 오르다가 천연자석을 발견했다. 그후 2,000년이 흐르도록 인간은 전기와 자기 현상이 서로 영역(공간차원)을 달리하는 별개의 현상들인 줄 알았다. 그러다가 1819년에 코펜하겐 대학 교수인 에르스테드(Oersted, H., 1777-1851)는 전류가 흐르는 도선 근처에 우연히 놓여 있던 나침반 바늘이 움직이는 현상을 목격했다. 에르스테드의 발견이 1820년에 불란서 학사원에 보고되자, 당시 파리 공과대학 교수였던 암페어(Ampere, A. M., 1775-1836)는 전기현상과 자기현상을 하나로 묶어 설명할 수 있는 이론을 발표했다. 암페어의 주장은 전류가 흐르는 도선은 주위에 원형(圓形)의 자력장(磁力場)을 만들어 낸다는 이론이다. 에르스테드와 암페어의 발표에 접한 영국의 실험물리학자 패러데이(Faraday, M., 1791-1867)는, 전기의 운동(전류)이 자장을 생성한다면, 자장의 운동이 전기를 생성할지도 모른다고 상상하게 되었다. 그리하여 그는 (1831년에) 코일 속에서 자석을 운동시키는 실험을 해보았고, 예상대로 코일에 전류가 발생한다는 사실을 발견했다. 코일과 자장이 모두 정지해 있으면 전기는 생성되지 않지만, 최소한 어느 하나가 움직이면 코일에 전류가 (생성되어) 흐르게 된다는 자연의 존재양식이 발견된 것이다. 이렇게 발생된 전류를 유도전류라 부른다. 유도전류의 원리를 이용하여 최초의 실용적인 발전기를 고안한 사람은 독일의 엔지니어인 지멘스(Siemens, W.)이다.

〈시간차원 분석이 기업의 기술관리에 던지는 메시지〉

과학 기술의 시간차원 분석으로부터, 과학기술상의 새로운 업적이란 그 이전까지 축적되어 존재해 온 정보 위에 새로이 추가하거나 혹은 과거의 잘못된 지식을 바로잡는 개선의 결과임을 알 수 있다. 그러므로 고립계(孤立界)에서는 과학과 기술의 위대한 업적이 나올 수는 없다는 명제가 성립될 수 있다. 다시 말하면 시간차원적 정보의 축적과 흐름이 차단된 두메산골에서는 육체적 역사(力士, 예 씨름왕)나 지능적 天才(예, 算術王)가 나올 수는 있어도, 집적된 정보의 토대를 필요로 하는 과학 기술상의 업적이 나올 수는 없다는 의미이다. 첨단 과학 기술의 발전은 정보 흐름의 네트워크 속에서나 가능해진다는 결론이다. '말(馬)은 태어나면 제주도로 보내고, 사람은 서울로 보내야 한다'는 한국 속담이 과학기술의 시대에 더욱 뜻 깊은 의미를 가진다. 첨단 반도체 산업 분야에서는 미국의 실리콘 밸리(Silicon Valley)가 중요시되는 이유도 여기에 있다. 과학 기술의 발전에 동참하려면 그 흐름의 강물 속에 같이 들어가 그 곳에 존재해야 한다. 강변에 편히 앉아 낚시대로 고기나 낚으려는 방관자적 자세로는 과학기술의 주류에서 소외된다. 역사적인 실례를 하나 살펴보자.

1967년 12월 3일은 의료기술 발달사에서 획기적인 날이다. 남아프리카의 케이프타운(Capetown)에 있는 의과대학에서 크리스찬 바나드(Christian Barnard)라는 46세의 의사가 세계 최초로 심장이식 수술에 성공하여 전 세계의 이목을 끌었다. 당시 심장병을 앓고 있던 미국의 존슨 대통령은 그를 백악관으로 초대했고, 불란서에서는 순금으로 실제 크기의 심장 모형을 만들어 바나드에게 선사했다. 그의 인기는 수술 성공 후 열흘 동안에만도 세계적으로 저명한 언론자와 19번의 인터뷰를 가질 정도였다. 그러나 바나드는 심장의학 기술의 변방(邊方)이라고 할 수 있는 남아프리카의 외톨이 의사가 아니었다는 사실을 주목해야 한다. 바나드는 미국 미네소타(Minnesota) 대학에서 훈련받은 의사였고, 미네소타 의과대학은 1950년대 이래로 심장 외과의학의 세계적 중심지였다. 심장 외과의학의 석학인 Norman Shumway, Adrian Kantorovich 같은 사람들이 모두 미네소타 출신이었다. 이들은 모두 바나드와 같이 심장이식 수술을 할 준비를 갖추고 심장기증자가 나타나기를 기다리고 있을 뿐이었다. 1967년 12월경에는 미국에만 이런 의료팀이 4~5개나 있었다 한다. 그 당시 가장 뛰어난 기술을 보유하고 있는 사람은 Norman Shumway로 알려져 있었고 그는 실제로 그 분야에서 가장 존경받는 의사였다. 그래서 바나드가 스펀웨이의 기술을 훔쳐서 명예를 먼저 얻었다고 비난하는 사람도 있었다. 바나드 자신도 자기가 사용한 기술의 일부는 스펀웨이가 개발한 것임을 인정했다 한다. 결론을 정리하면, 과학과 기술에서 첨단을 창조하는 능력은 그 분야의 정보가 축적되어 있는 현장에 가 있는지 최소한 정보의 네트워크에 견고하게 연결되

어 있어야 한다는 주장이다. 다시 말하면, 과학과 기술의 발전은 시간차원적 정보에의 연결이 절대 중요하기 때문에 정보관리의 문제가 된다.

〈공간차원적 성격〉

과학과 기술의 역사는 인간이 어느 특정 분야(계열)를 탐구하다가 전혀 새로운 새 영역(새로운 공간)을 발견한 역사이기도 하다. 이것은 콜럼부스가 인도로 가는 항로를 찾다가 새로운 대륙 아메리카를 발견한 경우에 비유될 수 있다. 뿐만 아니라 기술발전의 역사는 계보를 달리하는 여러 분야의 기술을 좀더 적극적으로 결합시킨 결과이기도 하다. 음향기기의 발전에서 CD의 탄생을 예로 들어 이 사실을 살펴보자. 인간의 가청음(可聽音)은 1초에 16~20,000번 진동하는 음파로 되어 있다. 진동수가 적은 쪽이 저음이고, 큰 쪽으로 갈수록 고음이 된다. 과거의 아날로그(analogue) 방식에서는 이러한 진동수 차이를 그대로 음반(SP 혹은 LP) 위에 물리적 시그널(signal)로 변조시킨 후 바늘의 진동에 의해 이 시그널을 읽어 내는 기술을 택하고 있었다. 그러다가 디지털(digital)과 레이저 기술이 발달하자 음향기기 업계가 적극적으로 이 두 분야를 받아들였다. 먼저 디지털 기술을 어떻게 수용했는지를 살펴보자. 디지털 방식에서는 1초 동안 진행되는 음파를 44,000 토막으로 나눈다. 즉 44,000분의 1초 간격으로 순간의 진동수를 잡아내어 그 진동수에 0 혹은 1로 된 16자리 이진수를 부여한다. 16자리 2진수는 $2^{16} = 65,536$ 개의 정보를 받아들일 수 있으므로 16~20,000의 진동수를 표현하는데 문제가 없다. 2진법은 빛의 反射 혹은 通過를 0 혹은 1로 전환시킬 수 있으며, 레이저 光은 빠른 속도로 二進法 정보를 읽어 낼 수 있다. 레이저 광선에 의한 이진법의 정보의 처리는 음반과 기계적 마찰을 일으키지 않으므로 잡음과 마모가 거의 없어서 시장에서 단기간에 SP나 LP제품을 능가할 수 있었다. 다시 말하면, 음향기기의 CD-이노베이션은 과학과 기술의 새로운 공간탄생을 인식하고 그것을 신속히 수용한 전형적인 예이다.

〈공간차원 분석과 기업의 기술관리〉

기술의 실제 세계는 이처럼 여러 계보의 과학과 기술이 하나로 결합하여 주어진 목표 즉 인간의 필요충족을 수행하는 현상이다. 그러므로 기술의 관리에서는 계보를 달리하는(즉 공간차원을 달리하는) 여러 기술간의 관계를 이해하는 일이 중요하다. 인간은 혼자 살 수 없기에 다른 집안에서 규수(閨秀)를 맞아들이고, 낯선 사람을 만나 친구로 사귀다가 그와 사업을 같이 하기도 한다. 인간세계에서는 조강지처(糟糠之妻)나 과거의 의리(義理)나 하는 윤리개념이 중요하다. 그러나 기술의 발전을 위해서는 시대의 흐름에 뒤지는 部門(공간)은 과감히

폐기하고 다른 새 부문을 도입, 그와 결합해야 한다. CD가 나오는데 LP와 조강지처의 정을 지키는 음반 업계는 망하지 않을 수 없다. 인간의 삶에서는 일부일처제(一夫一妻制)가 미덕일 수 있겠으나 기술 세계에서는 그러다간 죽는다. 더 매력적이고 유능한 규수(새로운 家門)가 나타나면 그를 불러들여 그와 교배하여 다부다처(多夫多妻)의 새로운 결합을 형성해 가야 한다. 이와 관련하여 다음 케이스를 살펴보자.

〈케이스: CANON社의 공간차원 관리〉

일본의 CANON社는 光學부문과 정밀기기 부문을 결합시켜 카메라(子息)를 생산하고 있었다. 그러다가 1970년대에 접어들면서 CANON은 전자공학(electronics) 시대의 도래를 느꼈다. 그래서 자기들이 기존으로 확보하고 있는 광학, 정밀기계 부문에 전자공학을 결합시켜 새로운 기술영역을 창조하기로 했다. 새 분야인 전자공학에 들어가기 위해 우선 전탁(電卓, 손바닥 계산기) 생산을 목표로 했다. 초기 제품에서 성공을 거두지는 못했지만 전탁 생산을 통해서 전자공학, 반도체, 液晶 디스플레이 등을 익혀 나갔다. 드디어 CANON은 광학, 정밀기기, 전자공학, 액정 디스플레이를 결합시켜 映像정보 산업, FAX나 프린터 등 OA 분야로 새 영역을 개척했다. 그 결과 1980년대에 CANON은 세계적으로 가장 빠른 성장을 한 기업의 하나가 되었다.

VIII. 과학과 기술의 시스템적 성격

앞 절에서 살펴본 CANON의 케이스가 시사하듯, 기업의 경쟁력 향상을 위해서는 단선(單線)체계적으로 존재하는 여러 기술부문들을 결합시켜서 부가가치가 높은 복합(複合)체계적 기술로 통합시킬 수 있는 능력이 중요하다. 이러한 일을 수행할 수 있는 기법으로서 시스템적 접근법을 살펴보자. 자연생태학자 Alexander von Humboldt(1769-1859)는, 자연계의 어떤 생물도 홀로 존재할 수 없고 모두가 상호의존하고 있다고 말했다. 이처럼 여러 구성요소(components)들이 결합하여 상호작용을 통해 전체(the total)를 형성하는 유기적 조직체를 시스템(system)이라고 부른다. 원자력발전소의 예를 가지고 기술현장의 시스템적 성격을 살펴보자. 원자로에서 나온 열은 물을 끓여 부피가 약 1,700배로 팽창하는 수증기를 만들고, 이것은 열역학이 지배하는 세계이다. 이렇게 팽창한 수증기는 압력을 만들고, 수증기의 압력이 노즐을 통해 분출되면서 터빈 속으로 들어간다. 터빈 속에 들어온 수증기는 이제 유체역학의 세계에 속한다. 터빈은 유체역학의 원리에 따라 흐르는 수증기를 효율적으로 이용

할 수 있도록 설계되어야 한다. 터빈을 설계하는 일은 기계공학의 세계에 속한다. 터빈의 회전운동은 발전기에 연결되고 발전기에서 나온 전기는 전기공학의 세계에 속한다. 이처럼 원자력발전소는 전력생산이라는 하나의 목표를 위해 여러 관련 부문(부분공간)이 유기적으로 얽힌 시스템이다.

우리 나라에서 1989년에 가동된 울진원자력 발전소(이하 U발전소로 약한다)의 터빈 1, 2호기의 구성은 증동, 단류형 고압터빈 1대와 증동, 복류형 저압터빈 3대가 직렬로 연결되어 있다(Tandem Compound). 그런데 U발전소의 터빈은 1, 2호기 모두 출력시험에서부터 고장나기 시작했다. 1988년 4월 2일에 1호기 출력 300MW 상승시험 중 고압터빈 1번 증기조절밸브 후단에 있는 직경 56mm의 배수배관 보스(boss)에서 플러그(Plug)가 탈락되었고, 이어 4월 11일에는 보스 용접부 주위의 주증기 공급배관에서 균열이 발생했다. 2호기에서도 최초 출력시험을 실시한 1989년 4월 7일 고압터빈 1번 증기조절밸브 후단에서 직경 25.4mm의 배수 배관이 절단되는 등 입구증기관에서 계속적인 문제가 발생되었다. 그후 1989년 6월 1일 2호기 시운전 중 출력 48% 수준에서 고압터빈의 회전날(blade)과 고정날이 접촉되는 큰 고장이 발생하였고 그해 11월에는 2호기 저압터빈의 회전날에서도 고압터빈에서와 같은 고장이 재발. 또 같은 해 10월에는 1호기에서도 2호기와 같은 유형의 고장이 발생하였다. 이렇게 1, 2호기 고압, 저압터빈에서 연속적으로 같은 유형의 고장이 발생됨에 따라 한전에서는 고장의 원인을 밝혀내고 복구작업의 추진을 협의하기 위하여 “울진 2호기 고장정지 조사위원회”를 구성하였다. 한전은 현장에서 자체조사를 진행하는 한편 한전기술연구소 및 미국 Nutech사에 조사분석을 의뢰했다. 제작사인 GEC-Alsthom사에서도 현장으로 기술자를 파견 자체조사에 착수하였다. Alsthom의 조사단은 주증기 집합관(main steam header)의 응축수 배출 계통이 원활하게 작동되지 않는다는 사실을 발견하고 이것을 근거로 고장의 원인을 수분유입(水分流入, water ingress)이라고 주장하게 되었다. 이로서 제작사의 주장은 한전측이 제시한 터빈 및 증기조절 밸브의 설계 잘못이라는 주장과 대립하게 되었다. 이에 따라 한전의 기술진이 프랑스로 출장하여 GEC-Alsthom사와 대책회의를 한 결과 터빈의 설계 미흡에 원인이 있는 것 같다는 결론으로 기울었으나 GEC-Alsthom에서는 공식적인 고장 원인을 밝히려 하지 않았다. 그래서 한전은 한국과학기술원(KAIST)과 공동으로 고압터빈의 손상부위에 대한 원인규명에 들어갔다. 2개월여의 시간이 흐른 후 여러 기술 팀에서 고장의 원인에 대한 보고서가 나왔으나 각 팀간의 의견은 달랐다. 여기서 우리의 관심을 끄는 것은 이런 고장들이 출력 상승시험 중 출력의 어느 특정 수준에서 일어났다는 사실이다. 이 사실을 분석하기 위해 자연의 한 존재양식으로서 공명(共鳴, resonance)의

원리를 살펴보자.

그네나 시계의 추는 등시성(等時性) 왕복운동을 한다. 이들이 왕복운동을 할 때 가지는 진동수를 고유진동수라 한다. 이 진동수는 그네나 추의 길이 같은 그들 고유의 특성에 의해 결정되기 때문이다. 그런데 시계의 추는 태엽에 의해 에너지를 얻지만 그네는 사람이 규칙적으로 발을 굴러서 에너지를 공급한다. 이처럼 고유진동을 하는 물체에 외부에서 규칙적으로 가해지는 운동을 강제진동이라 한다. 그네를 잘 타는 사람은 그네의 고유진동수에 자기의 강제진동수를 잘 일치시킬 수 있는 사람이다. 진동하는 물체의 고유진동수와 강제진동수가 일치하는 현상을 공명이라 한다. 공명이 일어나면 그 물체의 운동은 증폭된다. 그래서 고유진동수와 강제진동수의 일치가 큰 사고를 불러일으키기도 한다. 터빈의 어느 특정 출력범위에서 공명 현상이 일어나면 진동이 증폭되면서 고장을 유발할 수 있다. 주전자에 물을 끓이면 수증기가 주전자 뚜껑을 진동시키듯, 터빈 속으로 진입하는 수증기도 (진입 속도와 주변 기기의 조건에 따라) 고유진동수를 만들어 낸다. 터빈이 회전을 시작하고 출력이 오르면서 터빈의 진동수도 오른다. 그러다가 터빈의 진동수와 증기의 유입부에서 오는 진동수가 공명을 일으켜 진동이 과도해 지면 용접이 취약했던 부분에 균열이 생기고, 정밀을 요하는 접촉 부위에 뒤틀림이 생기고, 재질이 약한 부위에 파열이 생긴다. 공명에 의한 고진동을 진정시키려면 어느 부분의 설계를 변경하여 공명을 막아야 한다. 그러나 울진 원자력의 경우처럼 이미 설치된 기계에서는 이런 일이 복잡하다. 한전에서는 원자력발전소의 운휴에서 오는 경제적 손실을 줄이기 위해 임시복구의 방안을 쓸 수밖에 없었다. 그래서 터빈의 회전 날의 수를 100개에서 8개를 떼어내 92개로 줄였다. 그러나 이런 변경은 다른 부분과의 균형을 깨뜨릴 수 있으므로 최초의 설계가 중요한 것이다. Alsthom의 제조경력(시간차원)을 살펴보면, 회전수 1,800 RPM(60cycle)의 터빈을 설계한 것은 울진원자력이 처음이었다. 유럽에서는 50 cycles의 전력을 쓰기 때문이다.

이처럼 원자력발전소라는 기술의 현장도 여러 기술요소(technical components)들이 결합하여 전력을 생산해 내는 거대한 시스템이다. 원자로 시스템, 열역학 시스템, 유체역학 시스템, 기계공학 시스템, 전기공학 시스템, ... 그리고 공명현상 같은 力學시스템에 이르기까지 여러 구성요소들이 합쳐진 전체(total system)가 원자력발전소이다. 기술의 실제 세계가 이처럼 여러 부분 시스템의 공간차원의 결합이기 때문에 기술을 관리하는 일은 시스템 관리의 문제이기도 하다. 어느 단위 기술 한 부분에만 치우치지 않고 전체적인 관점에서 생각하고 관리, 조정하는 사고(思考, thoughts)가 중심이 되어야 한다.

IX. 결 론

산업기술은 여러 요소의 기술을 결합하여 기업의 목표, 즉 기업의 생존부동식을 만족하기 위해 시스템(체계)적으로 조직되고 관리되어야 한다. 시스템적 조직에서는 어느 부분시스템(구성요소)의 최하위 성능에 의해 전체시스템의 성능이 좌우된다. 그러므로 기술의 발전을 도모하는 일은 결국 취약한 부분 시스템을 발견하여 그 부분을 보강, 개선하는 노력에서 출발해야 한다. 기술의 발전은 점진적(continuous) 발전과 혁신적(discontinuous or innovative) 발전으로 나뉘어 진행된다. 슈페터는 그의 저서 '경제발전의 이론'에서 이노베이션의 개념을 다음과 같이 전개했다. '이노베이션이란 體系의 균형점을 이동시키는 것이며, 새로운 균형점은 그 이전의 균형점으로부터 연속적인 변화로는 도달할 수 없는 것이다.' 슈페터에 의하면 점진적인 양적 변화만으로는 이노베이션이 어렵고, 파격적인 질적변화가 있어야 한다는 의미이다. SP에서 LP로의 발전은 점진적 발전이라 할 수 있다. SP나 LP는 모두 아날로그방식의 기계적 신호의 세계이기 때문이다. 그러나 LP에서 디지털 CD로의 발전은 아에 기술의 계보를 달리하는(공간차원을 달리하는) 혁신적 발전이다. 우리 나라와 같은 기술 후진국은 선진국이 밝은 단계를 일부 생략하면서 질적 발전을 도모함으로서 선진국과의 기술 격차를 단축시킬 수 있을 것이다. 이러한 발전을 도모하려면 여러 系統의 기술 영역을 두루 섭렵하는 제너럴리스트(generalist), 혹은 시스템 엔지니어(system engineer)가 필요하다는 결론이 나온다. 시스템 엔지니어는 기술 시스템 전체를 머리 속에 넣고, 전체 시스템을 部分單位(subsystem)로 분리하여 이것을 전문 단위조직(subgroup)에게 나누어주고 자기는 전체 시스템(total system)의 감각과 立場에서 그것을 관리해야 한다. 소규모의 기술 프로젝트에도 시스템 접근법에 의한 관리가 필요하지만 프로젝트의 규모가 커지면 이런 관리의 필요성은 더욱 커진다.

참 고 문 헌

1. 윤석철, 프린시피아 메네지멘타, 경문사, 1991
2. 윤석철, 계량적 世界觀과 思考體系, 경문사, 1992
3. 윤석철, 科學과 技術의 경영학, 경문사, 1994
4. Schumpeter, J. A., *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, New York, 1942.
5. Kim, L., *Imitation to Innovation*, Harvard Business School Press, Cambridge, Mass. 1997