

과학 문화와 기술 문화

이인식

과학문화연구소 소장 · 국가과학기술자문회의 위원



과학 문화

- 과학과 인문학은 어떻게 만나는가

제3의 문화가 이미 존재하고 있는 듯이 말한다는 것은 시기 상조일 것이다.
그러나 그것이 다가오고 있다.

- C. P. 스노우

1.

1959년 영국의 물리학자이자 작가인 C.P.스노우(Charles Percy Snow, 1905~1980)는 케임브리지

대학의 리드 강연으로 세계적인 명사가 되었다. 스노우의 강연 제목은 <두 문화와 과학 혁명>이었다.

그는 현대 서구 사회의 지적 생활이 문학적 지식인들의 인문적 문화와 자연과학자들의 과학적 문화로 양극화되었으며, 이 두 문화 사이의 단절이 심각하여 사회 발전에 치명적 요인이 된다고 주장하였다.

스노우는 두 문화 사이의 물이해가 상대방에 대한 왜곡된 이미지에서 비롯되었음을 지적하고, “비과학자들은 과학자가 인간의 조건을 알지 못하며, 천박한 낙천주의자라는 뿌리 깊은 선입관을 가지고 있다.

한편 과학자들이 믿는 바로는, 문학적 지식인은 전적으로 선견지명이 결여되어 있으며, 자기네 동포에게 무관심하고, 깊은 의미에서는 반지성적이며, 예술이나 사상을 실존적 순간에만 한정시키려고 한다.”고 비판했다.

스노우의 리드 강연은 같은 해에 『두 문화(The Two Cultures)』로

출간되었으며 1963년에 증보판이 나올 정도로 세계적인 반응을 불러 일으켰다.

그는 증보판에서 두 문화 사이의 분극화 현상을 극복하는 제3의 문화(a third culture)의 필요성을 역설하였다.

그로부터 30여 년이 지난 1995년 미국의 과학 저술가인 존 브록만(John Brockman)은 스노우의 용어를 빌려 『제3의 문화(The Third Culture)』를 펴냈다.

브록만은 미국의 경우 우주와 인간의 본질에 관한 논의에서 과학이 문학이나 철학 대신에 중심 역할을 하고 있다고 주장하고, 이러한 과학자들에 의해 형성되는 새로운 문화를 제3의 문화라고 규정하였다.

이 책에 소개된 23명의 면면을 살펴보면, 인지과학, 복잡성과학, 그리고 생물 진화론의 세계적인 명망가들이 망라되어 있다.

이들의 공통점은 전공 분야에서 쟁쟁한 이론가일 뿐만 아니라 뛰어난

난 글 숨쉬로 일반 대중들에게 새로운 관점에서 자연과 삶의 심원한 의미를 제시하고 있다는 것이다.

과학자들임에도 불구하고 전통적인 인문학자 못지않게 활발한 저술 활동을 전개하며 인류가 직면한 핵심 쟁점들에 대해 목소리를 높이고 있는 것이다.

과학을 경원시하는 인문학자들이 자신들만의 폐쇄적인 어휘를 사용해 말장난을 일삼는 동안 현실 세계와 갈수록 유리되는 것과는 달리, 이러한 과학자들은 인간과 자연에 대한 연구 결과를 대중들에게 효과적으로 전달함으로써 미국 사상계의 무시 못할 세력으로 부상하기에 이르렀다.

제3의 문화를 주도하는 과학자로 소개된 사람들은 대부분 우리나라에 저서가 번역 출간될 정도로 대중에게 널리 알려진 인물들이다.

예컨대 물리학자로는 폴 데이비스(Paul Davies), 머레이 겔만(Murray Gell-mann), 로저 펜로즈(Roger Penrose), 마틴 리즈(Martin Rees), 생물학자로는 리처드 도킨스(Richard Dawkins), 스티븐 제이 굴드(Stephen Jay Gould), 스티브 존스(Steve Jones), 조지 윌리엄스(George Williams), 린 마굴리스(Lynn Margulis), 프랜시스코 바렐라(Francisco Varela), 스투어트 카우프만(Stuart Kauffman) 등이 포함되어 있다. 컴퓨터 과학자 중에서는 마빈 민스키(Marvin Minsky), 크리스토퍼 랭턴(Christopher Langton),

로저 쉥크(Roger Schank) 등이 철학자 다니엘 데넷(Daniel Dennett), 심리학자 스티븐 핑커(Steven Pinker)와 함께 소개되었다.

이들의 저서를 접한 적이 있는 국내 독자들이라면 미국 사상계의 주도권이 인문학자들로부터 과학자들에게 옮겨지고 있다는 브록만의 주장이 결코 과장된 것은 아니라고 여길 터이다.

제3의 문화 출현의 계기를 조성한 인지과학과 복잡성과학은 두 가지 측면에서 공통점이 있다.

하나는 컴퓨터가 학문의 연구 수단으로 등장하면서 태동한 신생 학문이라는 점이다.

과학자들은 컴퓨터를 이용하여 자연 현상의 모형을 만들고 모의 실험(simulation)을 하였다. 컴퓨터로 모델을 만들어 실험을 하게 됨에 따라 자연 현상을 컴퓨터를 통해서 이해하는 계산적 견해(computational view)가 출현했다.

특히 사람의 마음과 비선형 세계의 연구에서 계산적 견해는 새로운 돌파구를 마련했다. 계산적 견해를 적용하여 마음을 연구하는 분야가 인지과학이고, 컴퓨터로 비선형적인 현상의 수학적 모델을 만들어 연구하는 분야가 복잡성과학이다.

두 번째 공통점은 인지과학과 복잡성과학 모두 학제간 연구라는 것이다.

인지과학에 의하여 인간의 마음이 비로소 과학적 탐구의 대상이 됨에 따라 철학이나 심리학 등 인문과

과학의 공동 연구는 당연한 수순이었다.

생물의 진화, 생명이나 생태계와 같은 자연 현상 또는 한국의 촛불 집회나 국가의 경제 같은 사회 현상 등 모든 비선형 세계는 복잡성과학의 연구 대상이기 때문에 가령 생물학과 경제학의 공동 연구가 추진되었다.

이러한 학제간 연구의 출현으로 자연과학과 인문사회과학 사이의 전통적인 구분이 무너지기 시작했다. 과학과 인문학의 수평적 통합으로 학문의 지식 체계가 바뀌면서 주도권이 과학자 쪽으로 넘어가게 될 수밖에 없었다.

2.

사람의 마음은 객관적으로 정의될 수 없는 현상으로 간주되었기 때문에 오랫동안 과학적 연구의 주제가 되지 못했다.

그러나 컴퓨터가 출현하면서부터 하드웨어를 사람의 뇌로, 소프트웨어를 마음으로 보게 됨에 따라 비로소 마음이 과학의 연구 대상이 되었다.

사람이 생각하고, 느끼고, 바라는 까닭은 마음의 작용 때문이다. 이 중에서 과학자들이 가장 많은 관심을 갖는 연구 주제는 인지(cognition)이다.

일반적으로 지식, 사고, 추리, 문제 해결과 같은 지적인 정신 과정을 비롯해 지각, 기억, 학습까지 인지 기능에 포함된다.

요컨대 인간이 자극과 정보를 지각하고, 여러 가지 형식으로 부호화

하여, 기억에 저장하고, 뒤에 이용할 때 상기해내는 정신 과정이 인지이다.

이와 같이 인지 기능이 복잡다단하기 때문에 마음의 연구에 착수한 학자들은 어떤 학문도 다른 학문의 도움 없이 독자적으로 연구를 수행하여 마음의 작용에 관한 수수께끼를 성공적으로 풀어낼 수 없다는 사실을 깨닫게 되었다.

이러한 상황에서 1950년대 중반에 미국을 중심으로 태동한 학문이 인지과학이다.

인지과학의 주요한 특징은 크게 두 가지로 요약된다.

첫째, 인지과학은 철학, 심리학, 언어학, 인류학, 신경과학, 인공지능 등 여섯 개 학문의 공동 연구를 전제한다.

인지과학은 그 역사가 매우 짧지만 동시에 6개 학문에 뿌리를 두고 있으므로 어떤 의미에서는 가장 긴 역사를 가진 과학의 하나라고 할 수 있다.

둘째, 인지과학은 마음을 기호 체계(symbol system)로 전제하기 때문에 사고, 지각, 기억과 같은 다양한 인지 과정에서 마음이 기호를 조작할 수 있다고 본다.

마음이 기호를 조작하는 과정, 곧 특정 정보를 처리하는 과정을 계산(computation)이라 한다. 따라서 인지과학의 지상 목표는 마음의 작용을 설명해주는 계산 이론을 밝혀내는 데 있다.

요컨대 인지과학은 마음을 기호 체계로 간주하고, 마음이 컴퓨터의

기호 조작(계산)에 의하여 설명될 수 있을 것으로 기대한다.

마음을 연구하는 방법은 서로 상반된 두 종류가 있다. 하향식(top-down)과 상향식(bottom-up)이다.

일반적으로 전체와 그것을 구성하는 부분의 관계를 설명할 때 전체를 위, 부분을 아래라고 한다.

하향식은 전체(위)가 부분(아래)을 결정하는 것으로 보는 반면에 상향식은 부분의 행동이 전체를 결정하는 것으로 본다.

인지과학의 경우 뇌에 의해 수행되는 인지 활동이 '위' 라면, 뇌의 신경계 내부에서 발생하는 전기화학적 현상은 '아래'에 해당된다.

뇌와 마음의 관계를 연구하는 학자들은 하향식으로 접근하는 인지심리학과 인공지능, 상향식을 채택하는 신경과학으로 갈라진다.

인지과학의 역사를 되돌아보면 1970년대까지 인공지능과 인지심리학이 우세했지만 마음의 작용을 설명하는 계산 이론을 내놓지 못함에 따라 1980년대부터는 상향식의 신경과학이 새로운 대안으로 크게 각광을 받았다.

인지과학들이 신경과학에 기대를 거는 이유는 자명하다. 현실 세계와 상호 작용하는 뇌의 구조와 기능에 기초를 두지 않는 마음의 연구는 필연적으로 한계를 드러낼 수밖에 없기 때문이다. 뇌의 생리적 기초와 무관하게 마음을 연구한 인공지능의 약점을 인정한 결과라고 하겠다.

따라서 대부분의 학자들은 인지

과학의 미래를 하향식과 상향식의 효과적인 결합에 걸고 있다. 마치 터널을 양쪽 끝에서 뚫고 들어가는 두 명의 인부가 산줄기의 가운데에서 만나는 것처럼 하향식의 인공지능 학자와 상향식의 신경과학자가 중간쯤에서 만나게 될 때 비로소 마음의 이론이 발견될 것으로 기대하고 있는 것이다.

물론 일부에서는 인간이 자신의 마음을 결코 설명할 수 없기 때문에 인지과학이란 존재할 수 없는 허구의 학문이라고 몰아붙인다. 심지어는 각종 연구비를 타내기 위한 계략으로 날조된 공동 연구에 불과하다고 매도한다.

이러한 맥락에서 의식(consciousness)을 둘러싼 논쟁은 인지과학의 가능성과 한계를 가늠하는 시금석이 될 법하다.

사람의 의식이란 무엇이며, 뇌에서 어떻게 발생하는가를 완벽하게 설명한 이론은 아직까지 없다.

의식에 관한 정의는 다양하지만 공통적으로 언급되는 의식의 중요한 특성은 자기 자각(self-awareness)이다. 자기 자각은 자신의 바깥을 알아채는 단순한 자각과는 달리 '나는 추위를 느낀다' 또는 '나는 만족스럽다' 라고 생각하는 것처럼 스스로 자신의 내면을 느껴서 아는 것을 의미한다.

자각을 주관적으로 경험하는 능력이 자기 자각이다. 요컨대 자기 자각은 우리가 어떤 것을 안다는 사실을 우리가 아는 것을 뜻한다. 자기

자각하는 능력의 결과로 나타나는 마음의 상태를 '의식 있는 마음'이라고 한다.

의식은 오랫동안 과학의 연구 대상이 되지 못했다. 객관성에 의존하는 과학의 입장에서 의식과 같은 주관적인 현상은 수용하기 어려웠기 때문이다.

의식을 과학의 주제로 끌어들이는 장본인은 1953년 디옥시리보핵산(DNA)의 분자 구조를 밝혀낸 프란시스 크릭(Francis Crick)이다. 1990년 크릭은 과학이 의식을 연구할 시기가 되었다고 선언한다. 이를 계기로 신경과학, 물리학, 철학의 전문가들이 의식 연구에 대거 참여한다.

크릭에 따르면, 의식은 뇌의 상이한 부분에 있는 뉴런(neuron), 즉 신경 세포들이 동시에 동일한 주파수에서 진동할 때 생긴다.

크릭은 의식에 관한 자신의 이론을 소개한 저서인 『놀라운 가설(The Astonishing Hypothesis)』(1994)에서 사람의 정신 활동을 전적으로 뉴런의 행동에 의한 것으로 설명한 자신의 이론을 '놀라운 가설'이라고 명명하고 "이 가설은 오늘날 대부분의 사람들의 생각과 다르기 때문에 참으로 놀라운 것이라고 말할 수 있다."고 덧붙였다.

크릭의 놀라운 가설은 이른바 결합 문제(binding problem)를 중요한 쟁점으로 부각시켰다. 모든 물체는 모양과 색채 등 다른 특성을 갖고 있으며 이러한 속성들은 뇌의 상이

한 부위에서 제각기 처리된다. 따라서 우리가 하나의 물체를 볼 때 여러 속성들이 뇌의 여러 부위에 있는 뉴런에 의하여 처리된다.

이와 같이 동일한 물체의 다른 속성을 처리하는 뉴런들을 하나로 묶는 방법을 결합 문제라고 한다. 크릭은 뉴런들이 동일 주파수에서 동시에 진동하는 것을 결합 문제의 해답으로 제안한 셈이다.

그러나 일부에서는 크릭의 경우처럼 신경과학으로 의식을 설명할 수 있다는 주장에 대해 근본적인 회의를 표명한다.

이들은 주로 철학과 물리학 분야의 학자들이다. 대표적인 인물은 영국의 물리학자인 로저 펜로즈이다.

1989년 펜로즈는 인공지능을 가장 호되게 공격한 문제작으로 평가되는 『황제의 새 마음(The Emperor's New Mind)』을 펴냈다. 이 책에서 펜로즈는 인공지능의 주장처럼 컴퓨터로 인간의 마음을 복제할 수 없다고 강조하면서, 그 이유는 의식이 뇌의 세포에서 발생하는 양자역학적 현상에 의해 생성되기 때문이라고 주장했다.

그의 양자의식 이론은 신경과학자들로부터 마음의 수수께끼를 풀기는커녕 오히려 신비화시켰다는 비난과 함께 조롱까지 당했으나, 그의 난해한 저서가 뜻밖에도 베스트셀러가 되는 행운을 안았다.

양자역학에 따르면, 물질의 아원자적 단위, 즉 원자 이하의 모든 실체들은 우리가 보는 관점에 따라 때

로는 입자, 때로는 파동처럼 행동하는 이중성을 갖는다. 입자는 한 곳에 응축된 물질의 작은 덩어리인 반면에 파동은 공간으로 흩어져 퍼져갈 수 있는 형태 없는 떨림이다.

그러나 아원자적 단위는 입자처럼 행동할 때에도 입자적 성질을 회생하며 파동적 성질을 발전시킬 수 있으며, 그 역도 그러하다. 요컨대 입자에서 파동으로, 파동에서 입자로 계속 변형한다.

양자역학에서는 파동에서 입자로 바뀔 때 비국소성(non-locality)을 나타내는 것으로 간주한다. 원자 이하의 실체들이 파동 상태에 있을 때에는 공간적으로 떨어져 있는 수많은 장소에 동시에 존재한다. 그러나 파동 상태가 붕괴되어 입자 상태로 되돌아갈 때에는 파동의 한 부분이 붕괴하면 아무리 멀리 떨어져 있다 하더라도 다른 부분들이 같은 순간에 정확하게 붕괴한다.

이와 같이 한 장소에서 일어난 사건이 공간적으로 격리되어 있는 다른 부분들의 행동을 즉각적으로 결정하는 전체적 연결을 비국소성이라고 한다.

펜로즈는 비국소성을, 의식이 뇌의 신경세포에서 발생하는 가장 중요한 이유로 꼽는다. 사람의 뇌에는 무수히 많은 상이한 생각들이 동시에 양자역학의 파동 상태로 존재한다. 이러한 생각들은 파동 상태가 붕괴하면서 결합되어 하나의 의식적 사고가 된다. 이 때 뇌의 여러 위치에 존재하는 생각들을 전체적 관련

에 의하여 즉각적으로 연결시켜 의식을 발생시킬 수 있는 까닭은, 뇌가 비국소적인 특성을 갖고 있기 때문이다. 말하자면 비국소성은 결합문제에 대한 펜로즈 나름의 해법인 셈이다.

그렇다면 뇌의 어느 부위에서 양자역학이 요술을 부린다는 말인가.

펜로즈는 미세소관(micro-tubule) 사이에 일어나는 신호 전달이 비국소적 특성을 갖고 있다고 주장한다. 미세소관은 뉴런을 비롯한 거의 모든 세포에서 골격 역할을 하는 세포 내 소기관으로서, 단백질로 만들어진 길고 가느다란 관이다.

펜로즈는 미세소관을 의식의 뿌리로 지명하고 『마음의 그림자들(Shadows of the Mind)』(1994)에서 뇌가 문제를 해결할 때 미세소관 수준과 뉴런 수준의 두 개 수준이 필요하지만 뉴런 수준은 마음의 물리적 기초인 미세소관 수준의 그림자에 불과할 따름이라고 주장한다.

의식에 관한 이론은 크릭의 ‘놀라운 가설’에서 펜로즈의 ‘양자 의식 이론’까지 천차만별이다.

한편 일부 철학자들은 과학이 결코 의식을 이해할 수 없다고 주장한다. 영혼처럼 의식 역시 인간의 능력으로는 불가해한 그 무엇이 아닐는지.

3.

수도꼭지를 처음 열 때 나오는 둥근 모양의 층류는 규칙적이며 예측 가능한 행동을 나타내지만 수도꼭지를 좀 더 열 때 물줄기가 가닥을

이루며 발생하는 난류는 불규칙적이며 예측하기 어려운 행동을 보여준다.

층류는 작은 입력으로 균등하게 작은 효과를 거둘 수 있는 선형적 행동을 보여준 반면에 난류는 작은 입력으로 막대한 효과를 유발시킬 수 있는 비선형적(nonlinear) 행동을 나타낸 것이다.

비선형적 특성을 보여주는 대표적인 예는 혼돈(chaos)이다. 카오스는 “오늘 서울에서 공기를 살랑거리는데 나비가 다음 달에 뉴욕에서 폭풍우를 몰아치게 할 수 있다.”는 이른바 나비효과처럼 ‘초기 조건에 민감한 의존성을 가진 시간 전개’라고 정의된다.

혼돈은 대기의 무질서, 하천의 급류, 사람의 심장에서 나타나는 불규칙적인 리듬, 주식 가격의 난데없는 폭락처럼 우리 주변에서 불시에 나타난다.

카오스는 오랫동안 우리 곁에 존재했다. 그러나 지난 3세기 동안 서양 과학의 사고 방식을 지배한 고전 물리학의 결정론에서는 혼돈과 같은 우연을 공들여 설명할 필요가 없었기 때문에 카오스가 학문적으로 연구된 것은 1960년대부터이다. 요컨대 카오스는 이해받게 될 날이 오기를 기다리며 고전물리학의 결정론적인 자연법칙에 숨어 있었을 따름이다.

1963년 미국 기상학자인 에드워드 로렌츠(Edward Lorenz)는 컴퓨터로 기상을 모의 실험하던 도중에

우연히 나비 효과, 곧 카오스를 처음 발견했다.

로렌츠가 카오스를 찾아냈을 때 컴퓨터 화면에는 일정한 모양새를 가진 그림이 나타났다. 혼돈(불규칙성)속에 모양(규칙성)이 숨어 있었던 것이다. 이른바 규칙적인 불규칙성(regular irregularity)의 발견으로 혼돈과학이 출현하였다.

비선형적 행동을 나타내는 자연 및 사회 현상의 광대한 영역에 비추어볼 때 카오스의 발견은 빙산의 일각에 불과할지 모른다. 비선형계에는 혼돈 대신에 질서를 형성하는 복잡성(complexity)의 세계가 존재하기 때문이다.

복잡성이란 단순한 질서와 완전한 혼돈 사이에 있는 상태를 말한다. 이를테면 사람의 뇌나 생태계 같은 자연 현상, 주식 시장이나 세계 경제 같은 사회 현상은 결코 완전히 고정된 침체 상태나 완전히 무질서한 혼돈 상태에 빠지지 않고 혼돈과 질서가 균형을 이루는 경계면에서 항상 새로운 질서를 형성하고 유지한다.

이처럼 자발적으로 질서를 형성하는 것을 자기 조직화(self organization)라고 한다.

자기 조직화 현상에 도전하여 학문적 성과를 거둔 대표적 인물은 벨기에의 화학자인 일리아 프리고진(Ilya Prigogine)이다. 그는 1977년 비평형 열역학의 비선형 과정에 대한 연구업적으로 노벨상을 받았다.

열역학에서 비평형 상태의 계는

외부로부터 유입되는 에너지의 양에 따라 평형에 가까거나 또는 평형에서 먼(far-from-equilibrium) 상태가 된다. 계에 작용하는 열역학적 힘이 선형적이면 평형에 가까운 상태가 되고, 비선형적이면 평형에서 멀리 떨어진 상태가 된다.

프리고진은 열역학적으로 평형에서 먼 상태에 있는 계에서 질서가 갑자기 자연 발생적으로 나타나는 현상의 기초가 되는 것은 비선형성이라는 결론을 얻고 요동을 통한 질서(order through fluctuation)라고 명명된 이론을 발표하였다.

비평형 상태의 계는 불안정하므로 끊임없이 요동한다. 작은 요동은 비선형 과정에 의해 거대한 요동으로 증폭된다. 증폭된 요동이 격심해지면 종래의 구조는 파괴되지만 자기 조직화 과정을 통해 혼돈으로부터 새로운 질서가 자발적으로 출현한다.

프리고진은 이와 같이 미시적 요동이 평형 계나 평형에 가까운 계에서 안정된 행동을 보이는 것과는 달리 평형에서 먼 계에서 새로운 거시적 질서를 만들어내는 것을 발견하고, 요동을 통한 질서 이론을 발표한 것이다.

그리고 비평형 상태에 있는 계에서 비선형 과정에 의해 자발적으로 형성되는 구조를 무산구조(dissipative structure)라고 명명했다.

프리고진이 무산 구조를 보여주기 위해 제시한 자기 조직화의 사례는 아메바의 활동, 유체역학, 무기화

학 작용, 그리고 생물학에 이르기까지 그 종류가 다양하다.

특히 생명 현상의 본질을 무산 구조로 설명함에 따라 찬반 논쟁이 일어났으며 프리고진은 일개 과학자가 아니라 사상가로 주목을 받기에 이르렀다.

한편 카오스의 발견을 계기로 동역학에서는 비선형계에 대한 연구가 활기를 띠게 되었다. 컴퓨터가 등장할 때까지 비선형 동역학의 연구가 지지부진했던 이유는 사람의 뇌나 증권 거래소처럼 복잡성을 지닌 계의 행동이 인간의 능력으로 파악이 불가능할 정도로 수많은 변수에 의해 결정되기 때문이다.

컴퓨터를 사용하여 복잡성을 지닌 계로부터 골라낸 수천 가지의 변수로부터 과학자들은 하나의 놀라운 사실을 발견했다.

단순한 구성 요소가 수많은 방식으로 상호 작용하기 때문에 복잡성이 발생한다는 사실이 확인된 것이다. 복잡성은 단순성이 그 기초를 이루고 있다는 뜻이다.

예컨대 뇌는 수백억 개의 신경 세포가 연결되어 있고 증권거래소는 수많은 투자자들로 들끓고 있다. 이러한 복잡한 계는 환경의 변화에 수동적으로 반응하지 않고 구성 요소를 재조직 하면서 능동적으로 적응한다. 따라서 복잡 적응계(complex adaptive system)라 일컫는다.

복잡 적응계는 산타페 연구소(SFI)의 상징이다. 1984년 미국의 산타페에 설립된 이 연구소는 복잡

성 과학의 메카이다. SFI의 목표는 복잡 적응계에서 질서가 자발적으로 형성되는 자기 조직화의 원리를 밝히는 데 있다.

복잡 적응계는 자기 조직화 능력을 갖고 있으므로 단순한 구성 요소가 상호간에 끊임없는 적응과 경쟁을 통해 완전히 고정된 상태나 완전히 무질서한 상태에 빠지지 않고 항상 보다 높은 수준의 새로운 질서를 형성해낸다.

이러하면 단백질 분자는 생명체를 형성한다. 단백질 분자는 살아 있지 않지만 그들의 집합체인 생물은 살아있다.

생명처럼 구성 요소(단백질)가 개별적으로 갖지 못한 특성이나 행동이 구성 요소를 함께 모아놓은 전체 구조(유기체)에서 돌연히 자발적으로 출현하는 현상을 창발성(emergence)이라 한다. 말하자면 창발성은 전체가 그 부분들을 합쳐놓은 것보다 크다는 의미이다.

창발성은 복잡성과학의 핵심 주제이다. 따라서 복잡성과학은 자연을 해석하는 새로운 틀을 제공하는 셈이다.

지난 3세기 동안 서양 과학은 환원주의에 의존했다. 결정론적인 선형계는 간단한 구성 요소로 나누어 이해하면 그것들을 조합하여 전체를 파악할 수 있기 때문이다.

그러나 복잡 적응계와 같은 비선형계는 전체가 그 부분들을 합쳐놓은 것보다 항상 크기 때문에 환원주의의 분석적인 틀로는 이해할 수 없다.

대부분의 자연 및 사회 현상은 성질상 종합적이고 전일적이다. 복잡성과 과학의 등장으로 사물을 하나의 통합된 전체로 파악하는 전일주의가 부상하게 된 것이다.

산타페 연구소에는 물리학, 생물학, 경제학, 사회학, 컴퓨터과학의 기라성 같은 인물들이 등지를 폈다. 노벨상을 받은 학계의 원로들인 물리학의 메레이 켈만과 필립 앤더슨(Philip Anderson), 경제학의 케네스 애로우(Kenneth Arrow)를 비롯해서 스투어트 카우프만, 크리스토퍼 랭턴, 윌리엄 브라이언 아더(William Brian Arthur), 던컨 와츠(Duncan Watts) 등 중견 학자들이 괄목할 만한 성과를 거두었다.

생물학자인 카우프만은 개체 발생(ontogeny)에 관심을 가졌다.

모든 세포는 거의 동일한 유전 정보를 갖고 있음에도 불구하고 분열이 거듭됨에 따라 고유의 구조와 기능을 갖게 된다.

이러한 세포 분화의 수수께끼를 풀기 위해 카우프만은 유전자의 활동을 제어하는 체계를 비선형계로 상징하고 반혼돈(antichaos)이라는 수학적 개념을 창안했다.

비선형계가, 무질서에서 자발적으로 질서가 형성되는 반혼돈 특성을 갖고 있다는 아이디어이다.

이러한 질서는 자연 발생적으로 존재하는 질서라는 의미에서 부존 질서(order for free)라고 명명했다. 부존 질서는 자기 조직화의 산물에 다름 아니다.

카우프만은 『우주의 인식처에서(At Home in the Universe)』(1995)에서 생물체의 진화는 자연 도태와 자기 조직화의 결합으로 이해되어야 한다는 독창적인 이론을 개진했다. 생물체가 갖고 있는 질서는 오로지 자연 도태의 결과라고 확신하는 생물학의 통념에 도전한 것이다.

말하자면 카우프만은 생물체가 우연의 산물임과 동시에 질서의 산물이라는 주장을 한 셈이다.

랭턴은 1987년 인공 생명(artificial life)이라는 새로운 컴퓨터과학의 발족을 주도했다. 인공 생명은 '생물체의 특성을 나타내는 행동을 보여주는 인공물의 연구'라고 정의된다.

랭턴은 구성 요소가 완전히 고정되거나 완전히 무질서한 행동을 할 경우에는 무생물의 집단에서 생명이 솟아날 수 없다고 생각했다. 질서와 혼돈 사이에 완벽한 평형이 이루어지는 영역에서 생명의 복잡성이 비롯된다는 것이다.

이와 같이 혼돈과 질서를 분리시키는 극도로 얇은 경계선을 '혼돈의 가장자리(edge of chaos)'라고 한다. 요컨대 생명은 혼돈의 가장자리에서 창발하는 것이다.

인공 생명의 핵심 개념은 창발적 행동이다. 구성 요소의 상호 작용이 생명체의 행동을 보여줄 수 있도록 구성 요소를 조직한다면 인공 생명의 합성이 가능하다는 의미이다. 따라서 컴퓨터를 사용하여 생물처럼

자기를 복제하거나 진화하는 소프트웨어를 개발하게 되었다.

아더는 경제를 자기 조직하는 계로 규정한 프리고진의 글을 읽고 수익 체증(increasing return)이 새로운 경제학의 기초가 될 수 있다고 확신했다. 수익 체증은 신고전파 경제학의 수익 체감과 맞서는 개념이다.

신고전파 이론에 따르면 시장의 조절 기능에 의해 수요와 공급의 균형이 유지되고 어떤 회사도 시장을 독점할 만큼 강력하지 못하며, 경제는 항상 완전한 평형 상태에 놓여 있다.

그러나 아더는 경제를 불안정하고 예측 불가능하며 수익 체증의 원리가 적용되는 복잡 적응계로 보아야 한다고 주장했다. 수익 체증이란 시장에서 한 번 앞서면 더욱 앞서 나가게 되고 우위를 한 번 빼앗기면 더욱 악화되는 경향을 의미한다.

아더는 수익 체증 이론이 수익 체감의 존재를 부인하는 것은 아니라고 강조한다. 두 현상은 병존하며 보완적이다. 수익 체감은 곡물, 중화학, 식품류처럼 안정되고 변화가 느린 대량생산 세계를 지배하는 반면에 수익 체증은 소프트웨어 등 승자가 거의 모든 것을 거머쥐는 정보 산업에서 두드러지게 나타난다.

와츠는 물리학을 전공한 사회학 교수로서 네트워크 과학(network science)의 발족을 주도했다.

네트워크 과학은 이 세상의 모든 것들이 서로 연결되어 있다고 전체한다. 가령 지구상의 모든 사람들은 다섯 다리만 건너면 어느 누구와도

안면을 틀 수 있다는 여섯 단계의 분리(six degrees of separation) 개념은 네트워크 과학의 출발점이다.

와츠는 이 개념으로부터 인류 모두가 긴밀하게 연결될 정도로 지구가 비좁다는 의미에서 작은 세계(small world) 이론을 창안했다. 와츠는 그의 저서인『여섯 단계(Six Degrees)』(2003)에서 작은 세계 이론으로 현실 세계의 다양한 현상들, 예컨대 전염병이나 헛소문의 확산, 문화의 유행, 인터넷, 조직의 혁신, 경제의 거품 현상, 정치 격변 따위를 설명하였다. 네트워크 과학은 물리학, 생물학, 경제학, 사회학, 컴퓨터 과학의 학제간 연구를 도모하여 복잡한 현실 세계를 새롭게 해석한다.

한편 복잡 적응계의 창발성을 연구하는 학자들은 자기 조직화 원리로 세계를 이해하는 데 머물지 않고 세계를 변화시키려고 시도한다. 따라서 창발성의 법칙을 이용하여 만든 다양한 인공 창발성이 일상생활의 여러 측면에 영향을 끼치고 있다.

비디오 게임이나 인공 생명 분야의 각종 창발적 소프트웨어, 창발성 원리를 응용한 예술 작품 등이 속속 선보이고 있다.

또한 창발성으로 정치적 운동을 설명하기도 한다. 창발의 정치학에서는 1999년의 세계무역기구(WTO) 회의 반대 시위, 2001년 필리핀에서 대통령을 몰아낸 ‘피플 파워’, 2002년 여름에 월드컵 축구 대표 팀을 응원한 붉은악마, 가을에 미

군 장갑차 사고로 숨진 여중생들을 추모한 촛불 시위, 겨울에 노무현 대통령에 지대한 영향력을 끼친 노사모의 집단적 행동, 2004년 봄 연인원 150만 명이 이상이 참여한 대통령 탄핵 반대 촛불 집회를 자기 조직화된 대중들의 집단적 힘이 표출된 사례로 꼽는다.

4.

찰스 다윈(Charles Darwin)의 진화론은 여러 학문에 영향을 끼쳐 새로운 학제 간 연구가 출현하였다. 이를테면 진화생물학을 의학에 응용하려는 다윈 의학, 진화론적 관점에서 경제현상을 분석하는 진화경제학, 진화론을 형이상학에 접목시키는 진화론적 인식론, 인간의 도덕성을 진화의 산물로 간주하는 진화윤리학, 사람의 마음을 진화론에 의해 설명하는 진화심리학(evolutionary psychology)을 태동시켰다.

진화론의 중심 개념은 자연 선택이다. 자연선택 이론은 적자 생존으로 규정된다. 적자는 냉혹한 생존 경쟁에서 살아남아 그들의 유리한 형질을 자신의 집단 속으로 퍼뜨리고 부적자는 도태되는 것이 자연 선택이다.

생물이 자신의 집단 안에서 경쟁하는 다른 개체보다 생존 가능성이 높은 자손을 더 많이 생산하기 위해서는 변화하는 환경에 적응(adaptation)하는 능력을 갖지 않으면 안 된다.

생물학에서 적응이란 자연 선택이 오랜 세월 지속적으로 작용하여

생물의 기능 중에서 효과적인 부분만을 선택하여 진화시키는 것을 의미한다.

요컨대 자연 선택에 의한 적응은 생존을 위해 유리하게 설계된 생물의 기능을 차등적으로 보전함으로써 끊임없이 변화하는 국지적 환경을 따라잡는 과정이다.

사람의 마음을 이러한 적응의 산물로 간주하는 학문이 진화심리학이다. 진화심리학을 간단히 정의하면 진화생물학과 인지심리학이 결합된 학제 간 연구이다.

진화심리학은 1992년『적응하는 마음(The Adapted Mind)』의 출간을 계기로 하나의 독립된 연구 분야가 되었다. 이 책은 심리학자인 레다 코스미데스(Leda Cosmides)가 남편인 인류학자 존 투비(John Tooby)와 함께 편집했다.

이들은 진화심리학을 ‘진화생물학, 인지과학, 인류학, 신경과학의 결합에 근거를 두고 인간의 마음을 설명하려는 접근 방법’이라고 정의했다.

1859년 다윈의『종의 기원(The Origin of Species)』이 출간된 이후 30여 년이 지나서 윌리엄 제임스(William James)가 이끄는 미국의 심리학자들이 생물학적 원리를 심리학에 적용했다.

기능주의(Functionalism)라고 불리는 이 학파는 사람의 감각이나 지각의 내용에 관심을 두기보다는, 감각이나 지각 능력을 어떻게 활용하여 잘 대처할 수 있는가 하는 적응적

인 행동에 연구의 초점을 맞추었다. 예를 들면 시각의 경우 무엇을 보았는가 중요한 것이 아니라, 어떻게 물건을 볼 수 있느냐가 더 중요한 문제라고 생각하였다.

진화론의 영향을 받은 제임스는 1890년에 펴낸 『심리학의 원리(Principles of Psychology)』에서 본능(instinct)에 대한 새로운 개념을 제시했다.

동물은 본능의 지배를 받는 반면에 사람은 본능 대신에 이성에 의해 지배되므로 사람이 동물보다 훨씬 지능적이라고 여기는 것이 통념이다. 그러나 제임스는 정반대의 의견을 내놓았다.

그는 사람이 다른 동물보다 많은 본능을 갖고 있기 때문에 사람의 행동이 동물의 행동보다 지능적인 것이라고 주장하였다. 이러한 본능은 정보를 공들이지 않고 손쉽게 자동적으로 처리한다. 따라서 사람들은 본능의 존재에 대해 눈을 감으려는 경향이 있다.

제임스는 이러한 본능 장님(instinct blindness)이 심리학 연구에 걸림돌이 된다고 생각했다.

대부분 심리학자들은 자연적 능력(natural competences), 이를테면 보고 말하고 사랑에 빠지고 은혜를 갚고 공격을 하는 본능적인 능력의 연구를 회피했다. 제임스의 지적처럼 이러한 자연적 능력을 발휘하는 메커니즘이 자동적으로 작동됨에 따라 심리학자들은 그것이 존재한다는 사실을 깨닫지 못했기 때문

이다.

결과적으로 심리학에서 사람의 마음을 자연적 능력의 집합체로 간주하는 연구는 발을 붙이지 못했다. 따라서 사람이 생각하고 느끼는 모든 것은 외부 환경으로부터 유래하는 것으로 간주되었다. 말하자면 마음의 내용은 완전히 사회적 구성물이라는 의미이다. 이러한 견해를 표준사회과학 모델(Standard Social Science Model, SSSM)이라 한다.

코스미데스와 투비에 따르면, 인지심리학, 신경과학, 진화생물학의 연구 성과에 의해 표준사회과학 모델이 사람의 마음을 설명하는 데 부적합한 것으로 판명되었으며 그 대안으로 진화심리학이 등장하게 되었다.

진화심리학은 본능 장님 문제를 해소하기 위해 진화론으로 접근해서 마음을 연구한다. 따라서 진화심리학은 사람에게 어떠한 자연적 능력이 존재하는지를 연구하고, 이러한 자연적 능력의 집합체가 마음이라는 것을 입증하려고 시도한다. 요컨대 진화심리학의 목표는 진화에 의해 설계된 마음의 구조를 밝히는 데 있다.

진화생물학의 원리와 이론이 마음의 이해에 응용됨에 따라, 심리학은 생물학의 한 분과가 되었다. 이를테면 심리학은 뇌가 정보를 처리하는 방법과 뇌의 정보처리 프로그램이 행동을 일으키는 방법을 연구하는 생물학의 지류가 된 셈이다. 따라서 진화심리학은 진화생물학과 인

지심리학에서 도출된 다섯 가지 원리를 적용하여 마음의 구조를 연구한다.

<원리 1>

뇌는 컴퓨터이다. 뇌를 구성하는 신경 회로망은 환경에 적절한 행동을 일으키도록 설계되어 있다.

--뇌는 신경 세포(뉴런)로 구성된다. 뉴런은 독립적으로 정보를 처리하며 서로 연결되어 있다. 이러한 연결을 회로망으로 볼 수 있다.

<원리 2>

뇌의 신경회로망은 석기 시대에 수렵 채집 생활을 하던 인류의 조상들이 진화의 과정에서 직면했던 문제를 해결하기 위해 자연선택에 의해 설계되었다.

-- 자연 선택은 개체의 생존에 영향을 끼치는 문제들, 가령 무엇을 먹고 누구와 짝짓기를 하며 타인과 어떻게 어울릴 것인가 하는 따위의 적응 문제의 해결을 위해 신경 회로망을 설계했다.

<원리 3>

우리가 쉽게 해결한다고 느껴지는 문제들은 대부분 의외로 복잡한 신경 회로망을 필요로 한다

-- 가령 시각의 경우 눈만 뜨고 있으면 우리는 세상을 다 볼 수 있다.. 별다른 힘이 들지도 않고 특별히 사고를 할 필요도 없어 보인다. 그러나 결코 그렇지 않다. 우리가 이 글의 첫 줄을 바라본 순간에 글자를

읽을 수 있었던 것은 뇌의 3분의 1 이상이 동원되는 대규모의 계산이 진행되었기 때문이다.

〈원리 4〉

상이한 문제 해결을 위해 제각기 전문화된 상이한 신경 회로망이 존재한다.

-- 뇌는 기능적으로 전문화된 수많은 신경 회로망으로 구성된다. 이들을 일러 모듈(module)이라 한다. 뇌는 수백 또는 수천 개의 모듈로 분할될 수 있다.

〈원리 5〉

현대인의 두개골 안에는 석기 시대 조상들의 마음이 들어 있다.

-- 인류의 조상은 진화의 시간표에서 99% 이상을 수렵 채집 사회에서 살았다. 사람의 마음은 수렵 채집하던 조상들이 직면했던 적응 문제를 해결하기 위해 자연 선택에 의해 설계된 수많은 정보 처리 장치들의 집합체인 것이다.

결론적으로 코스미테스와 투비는 뇌의 신경 회로망이 오늘날 일상 생활의 문제가 아니라 수렵 채집 생활의 일상적 문제 해결을 위해 설계되었다는 것을 깨달을 때 비로소 현대인의 마음이 어떻게 작용하는지를 이해할 수 있다고 주장하고, 이러한 다섯 가지 원리가 사람의 마음과 행동을 설명하는 데 적용될 수 있는 유용한 도구라고 강조한다.

진화심리학으로 자신의 분야에서 성과를 거둔 대표적인 학자는 스티

븐 편커이다. 1994년 펴낸『언어 본능(The Language Instinct)』으로 명성을 얻은 그는 ‘언어는 인간의 본능’이라고 주장했다. 1997년 펴낸『마음은 어떻게 작용하는가(How the Mind Works)』는 베스트셀러가 되었다.

캐나다 심리학 교수 부부인 마고 윌슨(Margo Wilson)과 마틴 데일리(Martin Daly)는 가장 사악한 인간 행동으로 간주되는 부모의 자식 살해를 진화론으로 설명했다.

미국 심리학자인 데이비드 부스(David Buss)는 6대륙 37개 문화권에 속한 1만여 명의 남녀를 대상으로 5년 동안 인간의 성의식을 연구한 결과를『욕망의 진화(The Evolution of Desire)』(1994)로 펴냈다.

부스는 오늘날 남녀의 짝짓기 전략은 수렵 채집하던 인류의 조상들이 문제를 해결하는 과정에서 진화된 것이라고 결론을 내렸다. 2000년 펴낸『위험한 정열(The Dangerous Passion)』에서는 질투를 진화의 산물이라고 주장했다.

하버드 대학의 심리학자인 낸시 에코프(Nancy Etcoff)는『미인 생존(Survival of the Prettiest)』(1999)에서 아름다운 여자가 짝짓기 경쟁에서 가장 유리하므로 여성미가 진화되었다고 주장했다. 요컨대 여성미는 결코 남성을 위해 만들어진 사회적 구성물일 수 없으며 여성 자신을 위해 진화된 적응의 산물이라는 의미이다.

진화심리학은 생물학에 뿌리를 두고 있음에 따라 행동유전학의 님은꼴 또는 사회생물학의 지류라는 공격을 받는다.

행동유전학은 유전이 인간 행동의 많은 유형에서 중심적인 역할을 한다고 전제한다. 개인 행동의 차이가 유전적 차이에서 비롯된다고 보는 것이다.

그러나 진화심리학에서는 유전자가 모든 인간에 보편적인 행동의 기초를 이루고 있지만 환경이 개인 행동의 차이에 영향을 끼친다고 본다. 따라서 진화심리학을 행동유전학과 한 묶음으로 간주해서는 안 된다는 주장을 펴나.

진화심리학자들은 사회생물학의 일개 지류로 격하시키려는 움직임이 가장 못마땅하게 여기면서 사회생물학이 우생학의 연장선상에 있음을 상기시킨다. 1972년 미국 우생학회가 만장일치로 거의 60년간 사용한 학회 명칭을 사회생물학 연구학회로 바꾸었기 때문이다.

진화심리학자들은 사회생물학 역시 우생학처럼 생물학적 결정론을 신봉하고 마음의 역할을 무시하기 때문에 마음을 강조하는 진화심리학을 사회생물학의 한 분파 또는 후계 학문으로 보는 것은 부당하다고 반박한다.

5.

21세기에는 자연과 물질의 본질을 밝혀낸 20세기와 달리 우리 개개인 안에 숨겨진 본성의 비밀이 과학의 핵심적인 탐구 대상이 된다.

사람의 몸과 마음에 대해 풀지 못한 수수께끼가 아직도 많이 남아 있다는 사실은 21세기 과학이 발전을 거듭할수록 딜레마에 봉착할 것임을 예고한다.

몸과 마음의 신비가 밝혀진다면 인류는 조물주에 버금가는 능력을 갖게 될과 동시에 그 능력을 과시하고 싶은 유혹을 뿌리치기 어려울 것이기 때문이다.

요컨대 21세기의 과학기술은 양날의 칼이 될 개연성이 어느 때보다 높다.

대표적인 양날의 칼은 생명공학이다. 2004년 10월 인간 게놈(유전체)지도가 완성됨에 따라 노화와 사망의 원인은 물론이고 유전병이나 암과 같은 질병의 치료법이 발견될 것으로 기대된다.

특히 유전자 치료(gene therapy)가 일반화되면 치료 이외의 목적에 사용될 가능성을 배제할 수 없다. 이틀테면 2020년 쯤 생식 세포의 유전자를 조작하여 설계한 맞춤형 아기(designer baby)의 출현이 전망될 정도이다.

맞춤 아기 문제는 아직 시간이 남아 있지만 인간 복제는 지금 당장 윤리적 문제를 제기하고 있다. 2002년 12월 인간 복제 전문 회사인 클로네이드가 미국 여성의 체세포로 복제 아기를 만들었다고 발표하여 온 세계가 경악했다.

만일 복제 인간이 출현한다면 인류 사회는 정체성의 위기에서 허우적덜 것임에 틀림없다. 따라서 21세

기에 생명을 다루는 과학자들은 과학과 윤리의 틈바구니에서 고민에 빠질 수밖에 없다. 1999년 6월 유네스코 세계과학회의에서 생명윤리(bioethics)가 21세기 과학기술의 최대 쟁점이 될 것이라고 천명한 것도 그 때문이다.

인체의 게놈보다 훨씬 더 풀기 어려운 21세기 과학의 숙제는 사람 뇌의 수수께끼이다. 과학자들은 두 가지 방향에서 해답을 모색한다.

하나는 뇌에서 발견되는 유전자를 분석하여 유전자의 기능에 따라 지도를 작성하는 연구이고, 다른 하나는 의학 영상(medical imaging) 장비로 뇌의 내부를 간접적으로 들여다보고 인지 활동에 관련된 뇌의 영상을 찾아내서 지도를 만드는 연구이다.

뇌의 지도가 완성되면 가령 사고의 대륙, 정서의 섬, 의식의 골짜기, 언어의 바다 등 미지의 영역이 그 모습을 드러낼 것이다.

뇌 연구가 성과를 거두면서 뇌를 임의로 조작하는 신경공학(neurotechnology)이 생명공학 못지않게 중요한 기술로 부상할 전망이다.

신경공학의 목표는 뇌의 질환을 치료하는 데 있다. 뇌의 일부가 손상되어 기능을 발휘하지 못하면 그 자리에 기계 장치를 넣어준다. 이러한 방법을 뇌 보철이라 한다. 2003년 3월, 세계 최초로 뇌 보철 장치가 개발되었다.

미국 신경과학자들은 해마의 기능을 대체할 수 있는 반도체 칩을 선

보였다. 해마는 새로 학습한 내용을 장기 기억으로 넘기는 일을 한다. 따라서 해마 부위를 손상당한 사람은 심한 기억 상실증을 나타낸다.

인공 해마처럼 뇌의 특정 부위에 기계 장치를 이식하는 기술이 발전하면 뇌의 질환을 치료하는 데 머물지 않고 뇌의 기능을 개량하는 쪽으로 활용될 가능성이 높다.

뇌 이식 뒤에 할 수 있는 일은 한 두 가지가 아니다. 가령 성욕을 관장하는 부위라면 하루 종일 단추를 눌러 오르가슴을 만끽한다. 무엇보다 뇌에 일종의 무선 송수신기를 이식하면 사람들이 정보를 교환하는 방법이 혁명적으로 바뀌게 된다. 사람의 생각을 마치 텔레파시처럼 주고받게 되므로 전화는 물론이고 언어가 쓸모없어진다.

따라서 생명공학의 발달로 생명윤리가 부각된 것처럼 신경공학의 윤리적 측면을 다루는 신경 윤리(neuroethics)가 새로운 화두로 떠오를 전망이다.

이와 같이 생명공학과 신경공학이 발달하면서 누구나 사이보그로 바뀔 수 있게 됨에 따라 생물과 무생물, 사람과 기계의 경계가 서서히 허물어진다. 사이보그학(cyborgology)이라는 새로운 학제간 연구가 주목의 대상이 되는 것도 그 때문이다.

한편 21세기 중반을 넘어서면 인간이 만든 기계가 인간의 능력을 앞서게 될 것으로 예상된다. 컴퓨터 이론가인 미국의 레이 커즈와일(Ray Kurzweil)은 그의 저서 『정신적 기

계의 시대(The Age of Spiritual Machine)』(1999)에서 인공지능 기술에 의해 2019년 컴퓨터가 튜링 테스트(Turing test)를 통과했다는 보고가 잇따를 것이라고 전망하였다.

튜링 테스트는 1950년 영국의 앨런 튜링(Alan Turing)이 사람의 지능지수처럼 기계의 지능을 평가하는 방법으로 제시한 일종의 게임이다.

키즈와일은 10년 뒤인 2029년 마침내 컴퓨터가 완벽하게 튜링 테스트를 통과하여 기계는 할 수 없고 사람만 할 수 있는 일을 찾아보기 어려운 세상이 된다고 단언했다.

키즈와일의 전망에 동의하건 안하건 사람과 기계의 지적 능력이 엇비슷해지는 날이 멀지 않았다는 사실만은 아무도 부정할 수 없을 것 같다.

미국의 로봇공학 전문가인 한스 모라벡(Hans Moravec) 역시 그의 저서 『마음의 아이들(Mind Children)』(1988)에서 2040년까지 사람처럼 보고 말하고 행동하는 기계가 출현할 것이라고 주장했다. 이러한 로봇은 놀라운 속도로 인간의 능력을 추월한다.

모라벡에 따르면 2050년 이후 지구의 주인은 인류에서 로봇으로 바뀌게 된다. 이 로봇은 소프트웨어로 만든 인류의 정신적 유산, 이를테면 지식·문화·가치관을 모두 물려받아 다음 세대로 넘겨줄 것이므로 자식이라 할 수 있다. 이러한 로봇을

‘마음의 아이들’이라 부른다.

인류의 미래가 사람의 몸에서 태어난 혈육보다는 사람의 마음을 물려받은 기계, 곧 마음의 아이들에 의해 발전되고 계승될 것이라는 모라벡의 주장은 실로 충격적이지 않을 수 없다.

21세기 후반, 사람보다 훨씬 영리한 기계, 곧 로보 사피엔스(Robosapiens)가 지구의 주인 노릇을 하는 세상은 어떤 모습일까.

이 대목에서 영화 「매트릭스(The Matrix)」시리즈(1999~2003)를 떠올릴 만하다. 인류의 전쟁으로 폐허가 된 지구에서 인공지능 컴퓨터들은 인간을 자신들에게 에너지를 공급하는 노예로 부린다. 땅속 깊이에서 인간들은 매트릭스 컴퓨터들의 배터리로 사용되는 것이다. 말하자면 인간은 오로지 기계를 위해 태어나고 생명이 유지되고 이용된다.

영화에서 세레자 요한을 암시하는 모피어스는 그리스도를 연상시키는 주인공 네오에게 “매트릭스는 사방에 있네. 우리를 전부 둘러싸고 있지. 심지어 지금 이 방 안에서도. 창문을 통해서나 TV에서도 볼 수 있지. 일하러 갈 때나 교회 갈 때. 세금을 내려 갈 때도 느낄 수가 있어.”라고 말한다. 「매트릭스」의 메시지는 우리 스스로가 선택했던, 어쩔 수 없이 그렇게 되었던, 이미 테크놀로지의 포로가 되었다는 것이다.

이처럼 과학기술이 모든 사람을 노예로 만들지 모른다는 불길한 예감 속에서 인간의 미래를 암울하게

보는 세계관은 물론 어제 오늘의 일은 아니다. 디스토피아 소설들은 일찌감치 과학기술이나 정치 권력에 의해 인간의 정체성이 소멸되는 세상을 묘사했기 때문이다.

그러나 21세기에는 이러한 상상이 현실화될 가능성이 높다는 사실에 주목할 필요가 있다. 2000년 4월 미국의 컴퓨터 이론가인 빌 조이(Bill Joy)가 잡지에 발표한 「왜 우리는 미래에 필요 없는 존재가 될 것인가(Why the Future Doesn't Need Us)」라는 제목의 글이 세계 언론에 큰 반향을 일으킨 것도 인류의 미래를 우려하는 분위기와 무관하지 않은 것 같다.

조이는 유전공학, 나노기술, 로봇공학 등 3대 기술에 의해 자기 복제 기계, 즉 생물처럼 자식을 낳는 기계가 개발될 가능성을 언급하고 인류의 미래가 이러한 기술의 도전에 직면해 있다는 사실을 강조하였다.

조아 처럼 인간 이후(posthuman), 즉 진화론적인 맥락에서 인간이 다른 종에 의해 승계되는 포스트휴먼 시대에 대해 의견을 발표하는 학자들이 늘어나는 추세이다. 예컨대 2002년 미국의 정치학자인 프랜시스 후쿠야마(Francis Fukuyama)는 『우리의 포스트휴먼 미래(Our Posthuman Future)』를 펴냈다.

역사의 종말을 말했던 그가 생명공학의 발달로 인류 역사의 포스트휴먼 세계가 시작될 것이라고 역설하였다.

생명공학과 신경공학으로 만든 슈퍼 인간 또는 사이보그, 인공지능의 결정체인 마음의 아이들 또는 로보 사피엔스, 나노 기술로 개발된 자기 복제 기계, 이 중에서 누가 포스트휴먼 시대에 인류의 상속자가 될 것인지 궁금해 할 필요는 없다. 과학 기술의 발달로 인류는 스스로 만든 새로운 존재를 후계자로 삼지 않으면 안 되는 아이러니컬한 상황에 몰리지 모른다는 사실이 무엇보다 중요하기 때문이다.

포스트휴먼 논쟁은 21세기의 과학기술자가 직면한 여러 문제 중의 하나일 따름이다. 가령 인류의 미래를 위협하는 요인들인 물 부족, 에너지 고갈, 인구 팽창, 식량 위기, 오존층 파괴, 지구 온난화 등은 위협수위를 향해 치닫고 있다. 물론 이러한 문제들은 과학기술만으로 해결될 성질의 것은 아니다.

그러나 우리나라의 경우 대부분의 과학기술자들은 자신의 연구가 인류 사회에 미치는 역할을 살필 만큼 정신적 여유를 갖고 있지 못한 실정이다. 인문학자들은 아예 과학 기술에 대해 무지할 뿐만 아니라 오히려 과학기술을 노골적으로 경시하는 풍조가 만연되어 있다.

저널리즘 역시 인문학 전공자들이 주류를 형성하여 대중에게 양질의 과학기술 정보를 공급할 준비가 미흡한 상태이다.

일반 대중들은 이를테면 21세기 초반에 느닷없이 그리스 신화에 비정상적으로 광적인 관심을 보인 것

처럼 지나치게 과거 지향적이며 미래 사회에 대해서는 도통 관심이 없다.

이러한 상황에서 제3의 문화가 한국 사회에 뿌리내리기를 기대하는 것은 어리석은 일인지 모른다. 하지만 21세기에 우리나라가 세계 문화의 중심권으로 진입하기 위해서는 과학을 이해하는 인문학자, 인문학적 상상력을 지닌 과학자가 많아져야 한다는 데 이의를 제기할 사람은 없을 줄로 안다.

과학자들도 사고의 전환이 있어야 할 테지만 아무래도 한국 사회의 여론 주도 세력인 인문학자들이 앞장서서 제3의 문화와 같이 열린 지적 풍토가 마련되도록 노력해야 될 것 같다.

〈참고 문헌〉

1.
 - C. P. 스노우(오영환 역), 『두 문화』, 민음사, 1996
 - 스티븐 핀커(김한영 역), 『빈 서판』, 사이언스북스, 2004
 - 존 브록만(안인희 역), 『과학의 최전선에서 인문학을 만나다』, 소소, 2006
 - John Brockman, The Third Culture, Simon & Schuster, 1995
2.
 - 이인식, 『사람과 컴퓨터』, 까치글방, 1992
 - Francis Crick, The Astonishing Hypothesis, Macmillan Publishing, 1994

- Roger Penrose, The Emperor's New Mind, Oxford University Press, 1989

- Roger Penrose, Shadows of the Mind, Oxford University Press, 1994

3.

- 이인식, 『사람과 컴퓨터』, 까치글방, 1992

- 스티브 존슨(김한영 역), 『이미전스』, 김영사, 2004,

- 던컨 와츠(강수정 역), 『스몰월드』, 세종연구원, 2004

- 스티븐 스트로가츠(조현욱 역), 『동시성의 과학, 싱크』, 김영사, 2005

- Stuart Kauffman, At Home in the Universe, Oxford University Press, 1995

4.

- 이인식, “진화심리학”, <과학과 사회>(2001 창간호)

- 스티븐 핑커(김한영 외 공역), 『언어본능』, 소소, 2004

- 매트 리들리(김한영 역), 『본성과 양육』, 김영사, 2004

- Daniel Dennett, Darwin's Dangerous Idea, Simon & Schuster, 1995

5.

- 이인식, 『미래교양사전』, 갤러온, 2006

- 이인식, 『미래신문』, 김영사, 2004

- 이인식, 『나는 멋진 로봇 친구가 좋다』, 랜덤하우스중앙, 2005

- 클렌 예페스(이수영 역), 『우리
는 매트릭스 안에 살고 있다』, 굿모
닝미디어, 2003

- 케빈 워릭(정은영 역), 『나는 왜
사이보그가 되었는가』, 김영사,
2004

- Hans Moravec, Mind Children,
Harvard University Press, 1988

- Chris Hables Gray, Cyborg
Citizen, Routledge, 2001

기술 문화
- 엔지니어가 대접받는 사회

과학 문화, 과학 대중화라는 말은 자주 듣지만 기술 문화, 기술 대중화라는 표현은 여전히 낯설기만 하다. 우리나라에서는 과학과 기술을 뭉뚱그려 과학기술이라 부른다.

그러나 과학기술 대중화를 부르짖는 사람들에게는 기술 문화가 큰 비중을 차지하지 않고 있다. 예컨대 과학기술 문화 확산을 위해 작년에 300억 원의 국민 세금을 사용한 한국과학문화재단에서조차 산업기술과 관련된 문화 사업을 찾아보기 어려운 실정이다.

아인슈타인보다 빌 게이츠

지난 3월 14일 중국의 노벨 물리학상 수상자인 양전닝(84) 칭화대 교수는 '중국 고등 교육을 어떻게 평가할 것인가' 라는 학술보고회에서 산업 기술의 중요성을 역설하여 화제가 되었다.

그는 창조와 혁신의 4가지 유형

으로 아인슈타인, 두보, 빌 게이츠, 닌텐도를 꼽고, 이 중에서 중국에 필요한 것은 아인슈타인이나 두보가 아니라 빌 게이츠나 닌텐도라고 말했다.

아인슈타인처럼 뛰어난 물리학자나 두보처럼 문학적 창조력을 지닌 시인보다 마이크로소프트의 빌 게이츠나 일본 게임 업체인 닌텐도처럼 아이디어를 기업화·상품화해서 돈을 벌 수 있는 인재와 기업이 필요하다는 뜻이다.

그는 『한 두 개의 노벨상을 받는 것이 중국인들을 기쁘게 할 수는 있겠지만, 빈곤 탈출을 위해 지금 당장 필요한 것은 기초 이론식 혁신이 아니라 초고속 생산 효과를 거두는 혁신이다.』고 강조했다.

양전닝 교수의 주장을 액면 그대로 우리 사회에 적용하기에는 무리한 측면이 없는 게 아니지만, 세계적 물리학자로서 기초과학 못지않게 산업 기술의 중요성을 강조한 그의 탁견에 귀를 기울여볼 만하다고 여겨진다.

그렇다면 기술이 왜 중요한가를 다시 한 번 짚어 볼 필요가 있다. 미국에서 공학 저술가로 유명한 헨리 페트로스키(Henry Petroski)의 입을 빌리기로 한다.

그는 「인간과 공학 이야기」(1985)에서 『공학이란 창조적이며 분석적인 인간의 노력이 들어가므로 예술과 과학이 가진 특성을 모두 지니고 있다』고 말하면서 기술자(엔지니어)를 한편으로는 예술가,

다른 한편으로는 과학자에 비유한다.

이 책에는 광산 엔지니어 출신으로 미국의 31대 대통령을 지낸 허버트 후버(1874-1964)의 말이 인용되어 있다.

후버는 『엔지니어는 위대한 직업이다. 공학은 돈, 금속, 에너지를 쓸모 있게 한다. 게다가 공학은 사람들에게 직업과 집을 제공한다. 또한 공학은 생활 수준을 높이고 삶을 안락하게 만든다. 이는 엔지니어만이 가질 수 있는 특권이다』라고 강조한다.

하지만 엔지니어는 『의사가 하는 일과는 달리 자기 실수를 무덤에 묻어버릴 수 없고, 변호사가 재판에 진 뒤에 하듯이 판사를 비판할 수도 없으며, 정치가처럼 상대방을 비난하여 자기 약점을 가리거나 사람들이 잊어주기를 기다릴 수도 없는 존재』인 것이다.

오늘날 한국 젊은이들의 공대 기피 현상을 안타까워하는 사람일수록 후버 대통령이 엔지니어를 묘사한 대목을 읽으면서 판검사나 의사 지망생이 몰리는 한국 사회의 출세 지상주의에 모멸감을 느꼈을 터이다. 엔지니어가 대접받지 못하는 사회에는 희망과 미래가 없으니까.

아인슈타인보다 빌 게이츠 같은 인재가 더 중요하다고 주장한 양전닝 교수의 해안에 고개를 끄덕이는 사람이 많을수록 그만큼 우리나라가 2만 달러 시대에 진입하는 시기가 단축될 것이라고 감히 말한다면

건강부회가 되고 말 것인지.

기술 문화는 과학 문화와 다르다

헨리 페트로스키나 허버트 후버의 말을 통해 기술 문화의 중요성이 재확인 된 셈이다. 기술 문화는 여러 측면에서 과학 문화와 다르다.

먼저 관심의 대상이 다르다.

과학 문화는 학교에서 배우는 물리학, 천문학, 생물학 등 기초과학을 다루는 반면에, 기술 문화는 실생활과 산업 현장에서 곧잘 접하는 정보 기술, 생명공학 기술, 환경 기술 등에 초점을 맞춘다. 따라서 두 문화의 기본 특성이 구별된다.

과학 문화는 기초과학의 이론을 소개하기 때문에 지식 위주이며 아무래도 과거 지향적이지만 기술 문화는 끊임없이 발전하는 기술을 확산시켜야 하므로 정보 중심이며 미래 지향적일 수밖에 없다.

문화의 생산 방식도 당연히 다르다.

과학 문화는 도서관의 자료를 뒤적여 과거의 축적된 지식을 여러 형태로 변형시켜 내놓는 반면에 기술 문화는 세계 곳곳의 연구 현장에서 새로 출현하는 첨단 기술의 정보를 거의 실시간으로 추적하여 산업 현장에 제공한다.

주요 수요자 역시 계층이 다르다.

과학 문화는 기초과학 이론을 지식으로 습득하여 공부에 활용하려는 학생들을 겨냥하지만 기술 문화는 산업 정보를 획득하여 제품 개발에 적용하려는 기업인들이나 일상

생활에서 부딪히는 문제를 해결하는데 필요한 상식을 얻으려는 일반 시민들에게 큰 도움을 줄 수 있다.

이와 같이 과학 문화와 기술 문화는 관심의 대상, 기본 특성, 생산 방식, 주요 수요자 등 모든 면에서 차이점이 두드러진다.

그러나 우리나라에서는 과학 문화와 기술 문화를 차별화하지 않은 채 과학기술 문화로 뭉뚱그려 각종 시책을 펼치고 있기 때문에 두 문화 모두 제대로 뿌리내리지 못하고 있는 실정이다. 게다가 기술 문화는 과학 문화에 밀려 거들떠보는 사람도 별로 없는 것 같다.

기술 문화가 찬밥 신세를 면하지 못하는 것은 정부의 정책 방향에서도 예외가 아니다. 우리나라의 과학 기술 문화를 책임지고 있다는 과학 기술부 산하의 한국과학문화재단이 펼치는 사업을 훑어보면 기술 문화가 설 자리가 없음을 그냥 눈치 챌 수 있다.

그 동안 한국과학문화재단이 과학기술부의 자문을 받아 『우수 창작 과학 도서』의 발간을 장려하고 일반 대중들이 유익한 과학 도서를 쉽게 골라 읽을 수 있는 풍토를 조성하기 위해 『선정했다』는 이른바 우수 과학 도서의 내용을 보면 오늘날 과학 문화의 현주소를 확인할 수 있다.

대부분의 책 제목에는 개미, 물고기, 뱀, 거미, 나무 따위가 들어 있지만 컴퓨터, 다리, 자동차, 나노 기술, 로봇, 반도체 등 기술에 관한 것은

찾아볼 수 없다.

전문가들이나 관심을 가질 법한 뱀이나 거미에 관한 책을 일반 대중들에게 유익한 도서라고 추천하며 ‘과기부 인증 우수 과학 도서’ 마크를 냅다 찍어주고 신문에 광고를 해대고 있으니!

기술 문화는 학교의 독서 교육에서도 홀대를 받고 있다. 가령 중학교 2학년 국어 교과서를 보면 과학 수필이 네 편이나 실려 있는데 모두 나무 곤충 따위의 생물에 관한 내용 뿐이다.

교과서를 편집한 국어학자들에게 첨단 기술에 관한 글을 한 편이라도 실을 줄 아는 균형 감각이 있었더라면 자라나는 청소년들이 기술, 나아가서는 공대 진학에 관심을 갖는 동기를 부여할 수 있지 않았을까 하는 아쉬움이 남는다.

기술 문화를 확산시키기 위해서 무엇보다 먼저 교두보를 마련해야 하는 출판 시장 역시 교양 기술 도서의 불모지이다.

책방의 과학 코너에 한 번 둘러보시라. 물리학, 천문학, 생물학 책들이 지천으로 널려있지 않은가? 저자와 제목만 다를 뿐 내용은 엇비슷한 교양 과학 도서들이 얼마나 많이 깔려 있는지. 게다가 청소년들이 즐겨 찾는 책들은 신화나 역사 등 주로 과거에 관한 것들이다. 이처럼 미래 지향적인 도서 풍토가 조성되지 않고서는 기술 도서가 잘 팔릴 까닭이 없다.

기술 문화의 기초를 다져야

기술 대중화가 절실히 요구되는 상황에서 몇몇 민간 단체가 기술 문화 진흥에 발벗고 나서 고무적이지 않을 수 없다. 그 중에서도 한국공학한림원이 의욕적으로 전개하고 있는 교양 기술 도서 출판 사업이 두드러지게 돋보인다.

2001년부터 한국공학한림원이 민간 단체인 해동과학문화재단의 자금 지원을 받아 발간중인 '공학과 의 새로운 만남' 시리즈는 불모의 기술 도서 시장에 씨앗을 뿌린 첫 걸음으로 높이 평가될 줄로 안다. 그간 20여 종 넘게 펴낸 도서 목록을 보면 교양 공학 도서가 나아가야 할 방향을 가늠할 수 있다.

우선 21세기를 지배하는 주요 공학 기술이 소개된다. 세계가 놀란 우리나라의 핵심 산업 기술, 예컨대 반도체 · 휴대전화 · 철강 · 자동차 기술이 일목요연하게 정리되어 있다.

또한 한국공학한림원은 산업자원의 지원을 받아 월드 베스트 시리즈, 공학 만화 시리즈 등을 펴내고 있다. 특히 2005년부터 해동과학문화재단의 지원을 받아 기술 문화 확산에 기여한 사람에게 해동상을 수여하고 있다.

서울 종로구 동숭동의 뒷골목에는 로봇 박물관이 있다. 백성현 명지전문대 교수가 사재를 털어 10여 년 동안 40여 개국에서 수집한 3,500여 점의 엔티크(골동) 로봇이 전시되어 있는 세계적으로 유일무이한 로봇 박물관이다.

일본이 세계 최대의 로봇 왕국이 된 가장 큰 이유가 로봇을 사랑한 일본인들의 정신 문화에 있었음을 상기한다면 이 로봇 박물관이 더할 나위 없이 소중한 존재임에 틀림없다.

1951년 일본 만화의 신이라 불리는 데즈카 오사무(1928-1989)가 창조한 아톰을 통해 일본인들이 패전의 설움을 딛고 과학기술 강국을 재건한 것은 로봇 문화, 나아가서는 기술 문화의 중요성을 웅변으로 증명하는 셈이다. 로봇을 가족처럼 사랑하는 사회에서 로봇 기술이 발달하지 않을 리 만무한 것이다.

사족을 달자면, 서울로 수학 여행을 오는 학생들이 로봇 박물관에서 골동 로봇들과 친구가 되어볼 것을 권유하고 싶다. 기술 문화 정책 입안자들도 이곳에 들러 열악하고 협소한 전시장을 잘 가꾸도록 지원을 해서 국제적인 관광 명소로 개발하면 어떨까 싶다.

최근 유관 기관에서 기술 문화 확산을 위한 각종 시책을 강구하고 있어 여간 반가운 게 아니다. 지난 2월 한국산업기술재단이 마련한 '기술 문화 사업 계획'은 호평을 받기에 손색이 없을 정도로 포괄적이다.

4월부터 국가과학기술자문회의에서 정책 연구 사업으로 추진하는 과제인 '공학 기술 문화 확산 제고 방안'도 시의적절한 것이어서 연구 결과가 벌써부터 기다려진다.

만시지탄의 감이 없지 않지만 기

술 문화 확산 방안을 마련하고 있는 관계자 여러분에게 격려와 지원의 박수를 보낼과 아울러 몇 가지 당부 사항을 말씀드리고 싶다.

무엇보다 이벤트 위주의 시책을 탈피해서 기술 문화의 기초(펀더멘탈)를 다지는 방향으로 기본 계획을 수립해 주기 바란다. 특히 한국 경제를 일군 산업계 원로들의 생생한 체험담을 역사적 기록으로 남기는 산업 발전사를 펴내야 할 것 같다.

기술 문화 생산자를 육성하고 격려하기 위해 대한민국 기술문화상의 제정도 고려해볼 만하다. 일반인들의 눈높이에 맞춘 기술 콘텐츠가 무엇보다 중요하므로 기술 문화재단이나 기술 콘텐츠 진흥원을 설립하는 방안을 진지하게 검토할 때가 된 것 같다. ☞

<참고 문헌>

- 이인식, '미래교양사전', 갤러온, 2006
 이인식, '미래신문', 김영사, 2004
 김도연, '우리시대 기술혁명', 생각의나무, 2004
 김수삼, '다시 기술이 미래다', 생각의나무, 2005
 조지 바살라, '기술의 진화', 까치, 1996
 헨리 페트로스키, '인간과 공학 이야기', 지호, 1997