

체계과학의 의의와 방법론적 특징

변 중 헌*

〈 목 차 〉

1. 체계과학의 의의
 2. 체계과학의 등장배경
 - 1) 생물학에서의 유기체론
 - 2) 양자역학과 불확실성의 원리
 - 3) 완전합리성의 모순
 3. 체계과학의 특징
- ※ 참고문헌

1. 체계과학의 의의

체계(system)라는 용어가 뜨고 있다. 대권을 꿈꾸는 일부 정치가들은 매일 같이 경제시스템이 문제라는 등, 국가시스템을 바꾸어야 한다는 등 그야말로 체계의 중요성을 강변하고 있다. 방송기자나 신문기자들도 시스템, 체계라는 용어를 써가며 자신의 논지를 설득력있게 포장하거나 전달하고 있다. 뿐만 아니라 우리 일상의 대화에서도 시스템이나 체계라는 개념이 심심찮게 등장할 정도로 보편화되고 있는 실정이다. 새로 출시된 자사의 제품을 브랜딩하거나 광고하는 데 있어서도 종종 시스템이나 그와 관련된 용어들이 원용되고 있는 것이 현실이고 보면, 오늘날 체계라는 개념은 마치 과학의 시대에 '과학'이라는 용어에 배태되었던 일종의 절대적 권위를 누리고 있다고 해

* 제주교육대학교 윤리교육과 부교수

도 지나친 말은 아닐 것이다. 그렇다면 체계란 무엇이고, 그것이 광범위하게 확산되고 있는 이유는 무엇인가? 그리고 이와 같은 추세를 어떻게 이해할 것인가? 이러한 질문에 답하는 것은 우리의 세계관을 검토해 보고 인식의 틀을 새롭게 하는 데 매우 중요한 단서가 될 수 있다. 여기서는 먼저 체계 개념의 모태가 되고 있는 체계과학(systems science)의 의의와 등장배경 그리고 그 특징에 대해서 살펴보자.

현대 세계의 화두는 복잡성(complexity)이다. 오늘날 우리가 직면하고 있는 문제는 결코 단순하지 않고, 문제 자체가 점점 더 복잡해지고 있다. 다양한 변수들이 상호 연관되어 있을 뿐만 아니라 문제를 둘러싸고 있는 환경과 조건 역시 역동적으로 변화하는 가운데 애초의 문제와 상황을 더욱 더 복잡하게 만들고 있다. 그러나 우리의 관념은 그와 같은 복잡성을 다루기에는 불충분해 보인다. 이것은 아직도 우리가 근대과학의 인식론적 패러다임에 매몰되어 있다는 것을 의미한다. 약 300여 년 전에 등장한 근대과학은 기계론적이고 결정론적인 세계관을 밑바탕에 깔고 있다. 그리고 이러한 세계관이 극명하게 표출된 것이 바로 산업혁명이었다. 산업혁명은 과학기술을 통해 물질적 생산력을 팽창시켰으며, 인간은 근대과학의 탐구방법을 통해 물질과 자연을 다루는 법을 배울 수 있었다. 그러나 현대사회는 근대과학에 기초한 산업사회와는 다르다.

현대사회는 약 50년 전에 하나의 새로운 패러다임으로 출현한 체계과학에 의해서 정형화되고 있다 (Banathy, 1992, 4). 체계과학은 고도의 기술과 접목되면서 우리의 인식능력을 크게 확대시키고 있다. 그리고 체계과학의 새로운 탐구양식을 통해 우리는 복잡성의 문제를 적절하게 다룰 수 있게 되었다. 이것은 현대사회의 복합적인 문제를 해결해나가는 과정에서 전통적으로 통용되었던 기존의 과학적 관점이나 전망, 방법 등이 더 이상 효과적일 수 없다는 사실을 우리가 깨닫게 된 결과이다. 이렇게 본다면, 체계과학은 근대과학의 인식론적 한계를 극복하기 위한 대안으로, 우주와 자연에서부터 물질과 정신 및 인간과 사회에 이르는 모든 복합적 현상들을 체계 관념에 기초한 상호 유기적이고 전체적인 관점에서 파악하는 하나의 새로운 패러다임이라고 할 수 있다.

쿤(T. Kuhn)의 관점에 따르면, 체계과학의 등장은 패러다임의 전환(paradigm shift)에 해당한다. 쿤은 과학의 역사를 일관성 있는 과학전통 혹은 수용되는 모델이나 패턴

으로 간주되는 패러다임의 연속으로 기술하고 있다 (Kuhn, 1970, 10-23). 패러다임의 변화는 현재 수용되고 있는 패러다임에 모순들이 생겨나면서 시작된다. 쿤의 과학혁명론은 패러다임 전환의 형태를 취하는데 이것은 정상과학의 문제해결 능력에 모순과 한계가 나타나면서 기존의 지배적 패러다임이 새로운 경쟁 패러다임에 의해 대체되는 과정을 의미한다. 따라서 근대과학의 세계관으로 자리잡은 기계론적 패러다임이 더 이상 우리가 직면한 문제를 올바르게 파악하고 그 해결책을 제시할 수 없는 상황에서 체계과학이 그 대안으로 등장했다는 사실은 체계과학의 토대가 되는 전체론적(holistic) 세계관이 새로운 패러다임이 되고 있다는 것을 의미한다. 더욱이 패러다임의 전환을 적절하게 이해하기 위해서는 그것을 가능케 하고 지속시킨 사회·문화적 맥락에 대한 고려가 불가피하고 중요하다는 점에서 체계과학의 등장은 단순한 학문모형의 전환 이상의 의미를 지니고 있다. 그것은 형이상학과 지식의 근본개념은 물론 세계관의 변화에 매우 중요한 영향을 끼쳤다.

일반적으로 세계관은 공동체가 공유하고 있는 세계에 대한 이미지로서, 공동체 구성원들의 활동을 이끄는 개념, 관념, 가치 그리고 관행 등의 총체이다. 따라서 세계관은 연구팀과 같은 작은 집단이나 아니면 광범위한 특정 문화권 등이 공유하는 것일 수도 있다. 그것은 그들이 속한 세계의 본질을 이해하고 설명하는 데 그리고 각자의 역할과 정체성을 확인하는 데 도움이 된다. 그리고 세계관이 일관성이 있고 포괄적인 것이라면, 그것은 유년기에서 노년기에 이르기까지 사람들을 안내하는 길과도 같은 것이다. 또한 그것이 잘 견지된다면, 인간적인 관계의 형성과 사회적 역할 수행을 위한 지침이 될 수 있다. 따라서 기계론적 세계관으로부터 체계론적 세계관으로의 전환은 사회·문화적 맥락에서 매우 중요한 의미를 지닌다.

서구 사회에서 고대의 신비적 세계관과 중세의 신 중심적 세계관을 대체한 것은 과학이었다. 뉴턴 과학에 의해 자극 받은 원자론적, 기계론적 세계관이 미신과 종교의 허울을 제거할 수 있을 것으로 믿었다. 그러나 근대과학의 고전적 교의에서 비롯된 기계론적 세계관은 오늘날 점점 그 정당성을 상실하고 있다. 부분에 매몰되어 버림으로써 맥락과 전체의 중요성을 간과하고 있으며, 원자적 관념에 집착함으로써 사회적으로는 소외와 아노미가 그치지 않고 있다. 따라서 우리에게서 근대과학의 세계관을 뛰어넘어 보다 통합된 그러나 과학적으로 검증할 수 있는 세계관이 필요하다. 물론 체계과학

학만이 이와 같은 기대를 모두 충족시킬 수는 없다. 여기에는 종교와 도덕의 회복, 그리고 인간적 가치에 대한 관심 등이 더해져야 할 것이다. 그러나 체계과학이 원자론적이고 결정론적인 전망을 극복할 수 있는 신뢰할 만한 원천이 될 수 있고 또한 되어야 한다는 것은 분명하다 (Laszlo, 1996, 13). 왜냐하면 체계과학이 바로 우리가 직면한 심각하고 중대한 문제를 해결할 수 있는 실마리 뿐만 아니라 나아가 그 구체적인 대안까지 제공할 수 있기 때문이다.

2. 체계과학의 등장배경

체계과학의 뿌리는 멀리 그리스의 자연철학에까지 소급될 수 있으나, 20세기초의 철학과 과학사상이 체계과학의 태동과 발전에 결정적인 역할을 하였다. 체계 관념의 중요성을 강조한 하르트만(K. Hartmann), 유기체론을 주창한 화이트헤드(Alfred Whitehead) 등의 철학은 변증법, 게슈탈트(Gestalt) 이론 등과 더불어 근대의 기계론적 사고에 대한 비판과 반성의 기회를 제공하였다 (Bertalanffy, 1968, Ch. 1). 그리고 20세기로 접어들면서 물리학 분야에서 성립된 양자론과 아인슈타인의 상대성이론 등은 근대과학의 기본 틀을 뒤흔드는 매우 심각한 도전이었다. 한편 문제해결의 관점에서 볼 때, 당시 인류가 직면한 문제는 매우 복잡적이고 다양한 것이어서 근대적 사고방식이나 분과 학문적인 접근을 통해서 해결할 수 없는 것이었다. 그 결과 1950년대 중반 이후 개별 학문 영역의 특수성을 뛰어넘는 학제적인 접근(interdisciplinary approach)이 왕성하게 이루어졌고, 이러한 과정에서 주목하게 된 것이 바로 체계라는 개념이다. 그 후 체계는 지적 탐구 과정에 있어서 기계론적 패러다임으로는 해결할 수 없는 문제들을 적절하게 다룰 수 있는 중심 개념으로 자리 잡았다.

간단히 체계과학은 전체성에 대한 관심의 회복, 결정론과 확실성의 관념에 대한 재검토를 통해서 그 틀이 형성되었다고 할 수 있다. 여기서는 생물학의 발전과정에서 나타난 유기체론의 관점, 양자역학과 불확실성의 원리를 통해 드러난 확실성의 문제, 그리고 근대과학 속에 배태되었던 완전합리성의 모순에 대해 살펴봄으로써 체계과학의 새로운 패러다임이 형성된 배경에 대해 알아보자.

1) 생물학에서의 유기체론

무엇보다도 체계과학의 출현에 단초를 제공한 것은 생물학 분야이다. 생물학의 역사는 생명의 본질을 둘러싼 기계론과 전체론 사이의 긴장의 연속이며, 그 과정에서 체계과학이 성립될 수 있는 기반이 마련되었다. 고대에는 실체와 형상을 구분했음에도 불구하고, 생물의 형태가 단순한 모양 이상이며 그것을 구성하고 있는 부분이나 요소들의 정적인 배열 이상이라고 보았다. 생물의 형태가 유지되는 가운데 내부에서는 지속적인 물질의 흐름이 있다고 생각한 것이다. 예컨대, 생물학에서 말하는 발생과정이나 신진대사 등에 대한 이해는 모두 이러한 사고와 밀접하게 관련되어 있다. 이러한 관점에서, 아리스토텔레스(Aristoteles)는 발생과정을 통해 실체와 형상을 연결시킨 고대 생기론의 비조다. 아리스토텔레스는 형상이 독립적인 것이 아니며 물질 속에 내재하며, 물질 역시 형상과 분리되어 존재할 수 없다고 믿었다. 그에 따르면, 물질은 사물의 본질을 내포하고 있지만, 그것은 단지 잠재적인 가능성에 불과하다. 이 본질은 형태를 통해 현상이 된다. 물질과 형상은 오직 추상 속에서만 분리될 수 있다고 봄으로써 생명체와 생명 현상을 전체론적인 관점에서 이해하였다.

그러나 16~17세기에 이르러 아리스토텔레스의 철학과 기독교 신학에 기초한 중세의 세계관이 붕괴되면서 부분을 중시하는 기계론이 힘을 얻게 되었다. 유기적이고 영적인 생명체로 간주되던 우주가 하나의 거대한 기계장치로 이해되었고, 생명 현상 역시 기계론의 관점에서 다루어졌다. 예컨대, 근대 과학의 생리학적 관점에서 하비(W. Harvey)는 인간의 심장기능과 혈액순환을 기계적 운동으로 파악하였다. 물론 생명체와 생명현상을 단순한 기계론적 모형으로 설명하는 데는 분명 한계가 있었지만, 그럼에도 불구하고 근대과학의 관점에서 동물과 인간은 여전히 복잡한 구조를 지닌 기계로 간주되었다. 라 메트리(Julian de La Mettrie)의 「인간기계론(Man a Machine)」은 당대 기계론적 생리학의 가장 전형적인 예라고 할 수 있다 (Capra, 1996, 20).

그 후 근대인들은 낭만주의 운동을 통해 아리스토텔레스의 전통을 회복함으로써 생기론이 등장할 수 있는 길을 열었다. 독일 낭만주의 운동의 중심에 섰던 괴테(Goethe)는 동역학적, 발생학적 관점에서 생물형태를 연구하였고, 자연을 하나의 조화롭고 거대한 전체로 파악하는 등 전체론적 관점을 견지하였다. 근대의 생기론을 대표하는 슈

탈(G. Stahl)은 동물을 기계로 보는 견해를 비판하면서, 생물체 내에 가득 차 있는 생기, 즉 감각이 있는 영혼이 생물체 내의 모든 화학적 과정들을 직접 통제한다고 주장하였다. 여기서 생기는 생명의 궁극적 원인이고 생명활동의 통일성과 전체성의 원천으로 간주되었다. 슈탈의 생기론은 18세기 후반 생물학의 모든 분야로 파급되었고, 그 후 드리쉬(H. Driesch)는 성게 알 실험을 통해 신생기론을 체계적으로 수립하였다. 드리쉬는 실험을 통해 하나의 수정란이 분열해서 생긴 세포들을 인위적으로 분리하거나 그 중 일부를 파괴해도 각각의 세포들이나 살아 있는 세포들이 크기만 작을 뿐 온전한 하나의 성게로 자란다는 사실을 밝혀냈다. 성게 알이 자신의 일부만으로도 전체로 재생될 수 있다는 것을 증명함으로써 생명체는 분명 기계와 다르다는 것을 보여주었다. 이 같은 실험 결과를 바탕으로 드리쉬는 배자와 모든 생명체는 생기를 내포하고 있으며, 그것은 근본적으로 물리·화학적 힘과는 다른 것으로서 미리 부여된 목적을 위해 생명체의 생명현상을 통제한다고 주장하였다 (Capra, 1996, 21-26).

기계론의 관점이 생명현상을 설명하기 위해 그것을 가능하게 하는 기계적, 물리적, 화학적 법칙이나 과정에 초점을 맞추었다면, 생기론은 생명체의 생명현상이 그와 같은 법칙이나 과정으로 환원될 수 없다고 보았다. 그러나 기계론의 관점은 생명체의 통일성, 질서, 조직, 자율성 등을 간과하였고, 생기론은 이러한 문제를 해결하는 과정에서 생물체의 내부에 있는 생명력이나 생명의 창조적 충동을 전제함으로써 기계론의 오류를 극복하는 데 여전히 실패하고 말았다. 이러한 상황에서 버틀란피(Ludwig von Bertalanffy)는 유기체론의 관점에서 생명체와 생명의 본질을 밝힐 수 있는 검증가능한 생명이론을 제시하고자 하였다. 그의 유기체론은 생명체를 구성하고 있는 부분들 사이의 상호관계와 상호의존성을 중시하고, 생명체와 환경과의 상호작용 등을 고려하는 전체적인 이론 틀이다 (Bertalanffy, 1968). 여기서 생명체는 복잡한 구조와 기능을 가진 하나의 체계이며, 그 본질적인 특징은 각각의 부분들 사이의 상호작용과 연관성에서 발생한다. 따라서 하나의 생명체가 이론적으로나 실제적으로 분리되어 고립된 요소들로 나누어질 때, 전체로서의 생명체가 지닌 특징은 사라진다. 부분과 부분, 부분과 전체 사이의 상호 유기적인 역동성과 연관성 그리고 조직화된 복잡성과 위계성 등이 생명의 본질을 규명하기 위해서 유기체론이 주목한 요소들이다. 바로 이러한 요소들이 부분에 입각한 기계론의 한계를 극복할 수 있는 전체론적 패러다임의 등장을 자극하는 계기가 되었다.

2) 양자역학과 불확실성의 원리

뉴턴 역학에 기초한 고전 물리학에서는 모든 물리 현상이 분명하고 확실한 물질 입자들의 특성으로 환원될 수 있다고 믿어 왔다. 그러나 1920년에 양자역학이 수립되면서 고전 물리학의 확실한 물질이 원자 이하의 수준에서는 확률의 패턴으로 바뀐다는 사실이 밝혀졌다. 더욱이 이러한 패턴은 물질의 확률을 나타내는 것이 아니라 상호연관성의 확률을 나타낸다. 원자 이하 수준의 소립자들은 개별적인 실체로는 아무런 의미도 없으며, 여러 가지 관찰과 측정과정에서의 상호연관성 또는 상호관계로서만 이해될 수 있을 뿐이다. 즉, 소립자들은 물질이 아니라 물질들 사이의 상호관계이며, 이러한 상호관계는 다시 다른 물질들과의 상호관계로 연결되어 있다. 따라서 양자역학에서는 어떠한 확실한 물질도 찾을 수 없으며, 단지 상호관계만을 다룰 수 있을 뿐이다. 원래 뉴턴의 이론이 눈이나 현미경으로 관찰할 수 있는 비교적 큰 물체들의 운동을 다루었다면, 양자역학은 원자나 분자 등과 같은 매우 작은 대상을 다루기 위해 개발된 이론이다. 문제는 양자역학의 성립으로 고전 물리학이 극한적인 조건(초고속이나 미소 세계 차원, 초저온이나 초고온의 상태)에서 일어나는 현상들을 설명하는 데 한계가 있다는 사실이 밝혀졌다는 점이다.

양자역학에 따르면, 세계를 독립적으로 존재하는 원소단위들로 분해시킬 수 없다. 우리가 거시적 대상이 아닌 원자나 소립자의 세계로 눈을 돌리게 되면 우리는 더 이상 독립된 실체를 볼 수 없다. 단지 통합된 전체를 이루고 있는 여러 부분들 사이의 상호관계로 이루어지는 복잡한 그물 망을 볼 수 있을 뿐이다. 분자를 구성하는 원자와 소립자들은 고립된 실체로 파악할 수 없으며, 그 상호작용을 통해서 규정될 수 있을 뿐이다. 소립자는 독립적으로 존재하는 분해될 수 없는 실체가 아니라, 그것은 본질적으로 다른 것으로 뻗어있는 일련의 관계일 뿐이다. 양자역학에는 이러한 관계를 확률로 표현하는데, 이 확률은 전체적인 체계의 동역학에 의해 결정된다. 고전 물리학에서는 부분의 특성과 움직임이 전체의 특성과 움직임을 결정하지만, 양자역학에서는 상황이 반대가 되어 전체가 부분의 움직임을 결정한다.

일찍이 하이젠베르크(W. Heisenberg)는 불확정성의 원리를 통해 부분에서 전체로의 전환이 지닌 중요성을 강조한 바 있다. 미세한 물질 세계에서는 어떠한 것도 본래의

완전한 상태를 관찰하는 것이 불가능하다는 것이 불확정성의 원리이다 (Heisenberg, 1971). 전자의 위치와 속도를 측정하기 위해 X선이나 감마선을 쏘면 위치는 알 수 있어도 그 순간 전자가 어디론가 튀게 되어 속도를 알 수 없으며, 또 파장이 긴 가시광선을 쏘면 그 속도는 알 수 있어도 위치가 불분명해 진다는 것이다. 따라서 불확정성의 원리에 따르면, 어떤 입자의 위치와 운동량을 동시에 정밀하게 측정하거나 예언하거나 아는 것은 불가능하다.

불확정성의 원리는 또한 우주가 과거의 사건들에 의해 결정된다는 기계론적 우주관을 와해시켰다. 라플라스(Laplace)는 어느 시점에 우주에 있는 모든 물질들의 위치와 속도를 알 수 있다면, 그리고 다양한 힘들에 관한 법칙들을 안다면, 우주에서 이 모든 물질들이 움직일 위치와 속도를 계산하여 알아내는 것이 가능하다고 주장하였다. 미래에 일어나게 될 모든 사건은 과거의 원인들의 결과라는 것이다. 모든 물질들의 위치와 속도를 정확하게 파악하고 또 모든 법칙을 알아낸다는 것이 불가능하다고 할지라도, 물질들의 위치와 속도는 실제로 존재하고 법칙들 또한 엄연히 존재하므로 미래는 예정되어 있다는 것이 라플라스의 생각이었다. 그러나 불확정성의 원리로 인해 그와 같은 생각이 수정되었다. 측정을 정확하게 한다는 것 자체가 원리상 불가능하고, 또 그 위치와 속도는 측정 행위 자체로 인해 이미 계산된 위치와 속도와는 달라지기 때문이다.

불확정성의 원리는 고전 물리학의 인과율이 분명 한계가 있다는 사실을 보여주었다. 그러나 우리가 미래를 전혀 알 수 없다는 뜻은 아니며, 대신에 미래에 어떤 사건이 일어날 것인지를 확률로 계산할 수 있을 뿐이라는 것을 보여준 것이다. 이렇듯 인과론에서 확률론으로의 전환, 부분에서 전체로의 시각의 전환, 확실성의 종말과 불확실성의 인정, 고정된 실체가 아닌 역동적으로 변화하는 상호관계의 강조 등이 바로 양자역학이 초래한 변화이다. 그런데 이것은 근대과학의 등장 이후 300여 년 동안 기계론적 패러다임이 물리학에서 이룩한 성과를 뒤엎기에 충분한 것이었다.

3) 완전합리성의 모순

근대과학의 기계론적 패러다임은 과학이론이나 연구방법에서부터 형이상학이나 세계관에 이르기까지 공동체 구성원들의 모든 범위에 영향을 끼쳤다. 그 결과 근대과학

에 전제되었던 완전합리성의 관념 역시 이론과 실제 모두를 규정하는 중요한 출발점이었다. 그 좋은 예 가운데 하나가 바로 경제학이다. 일반적으로 경제학에서는 행위자의 완전합리성을 전제로 한 이론을 전개시켜 왔다. 말하자면 모든 경제 행위자들이 합리적으로 상황을 판단함으로써 이윤을 극대화하기 위해 노력한다고 가정해 왔다. 그러나 우리가 완전합리성에 기초해서 항상 최선의 선택만을 하는 것이 아니라면 기존의 경제학 이론에 대한 재검토는 불가피하다. 경제활동과 관련해서 우리는 완전한 지식과 정보를 갖고 있지 않다. 그리고 설령 우리가 이윤극대화자로서 행위할 수 있는 지식과 정보, 합리적인 판단력을 지니고 있다고 할지라도 때로는 감정이나 충동에 따른 구매 행위를 보이는 것도 사실이다. 더욱이 인간의 합리성이라는 것이 다양한 요소들에 의해서 영향을 받을 수 있다는 점은 문제를 더욱 복잡하게 만든다.

경제학자인 케인즈(J. Keynes)는 증권시장을 미인선발대회에 비유한 바 있다. 미인의 기준이 시대나 심사위원의 기준에 따라 달라지듯이, 증권시장의 등락도 객관적인 정보에 근거한 합리적인 행위 결과와는 거리가 멀다는 것이 그의 생각이다. 1637년 네덜란드에서 벌어졌던 튜립열풍 역시 좋은 예가 될 수 있다. 튜립은 주위에서 흔히 볼 수 있는 것인데, 만개할 때는 화려하지만 얼마 지나면 시들어 버리는 평범한 꽃이다. 그런 튜립의 가격이 어느 날 갑자기 군중심리에 편승해서 엄청나게 폭등하였다. 사재기로 돈을 벌 수 있다고 생각한 군중들이 종자가 좋고 나쁘고에 관계없이 튜립을 마구 사들이기 시작했고 그 결과 가격이 폭등하게 된 것이다. 그런데 이렇게 급등한 가격이 갑자기 폭락하기 시작했다. “왜 이 꽃이 수천 달러나 하지, 꽃은 아름답기만 하면 되는데” 이러한 의문이 시장에 퍼지면서 순식간에 튜립 투매 현상이 벌어져, 8250 달러 짜리 튜립 줄기가 75달러까지 폭락하게 되었다. 인간이 완전한 합리성을 지닌 행위자가 아니라 비합리적인 기체에 의해 경제행위를 하는 불완전한 존재일 수 있다는 생각은 기존의 경제학에 많은 변화를 초래하였다.

인간이 합리적으로 행위할 수 있다는 생각이 실제로는 불가능하다는 것은 게임에서 잘 나타난다. 장기나 바둑과 같은 게임에는 일반적으로 선수나 후수 어느 쪽인가에 필승법이 있다. 그러나 아무리 머리가 좋은 기사라도 필승법의 원리에 따라서 절대적인 수를 두고 그래서 항상 이길 수는 없다. 단지 자신의 능력 범위 내에서 그리고 당시의 형세에 맞는 가장 합리적인 수를 선택할 뿐이다. 우리가 지루해 하지도 않고 밤을 새

면서까지 게임에 빠지는 이유가 바로 여기에 있다.

록인(lock-in)은 완전합리성의 모순을 살펴볼 수 있는 또 하나의 예가 될 수 있다 (Arthur, 1994). A상태에서 B상태로 가기 위해서는 어느 정도 이상의 노력이 꼭 필요하다. 이때 필요한 최소한의 노력을 기울이지 않기 때문에, 기존의 상태에 묶여서 다른 상태로 옮겨갈 수 없는 일이 일어나는데 이것이 바로 록인이다. 이러한 현상은 사회 곳곳에서 일어나고 있다. 시계 바늘이 오른쪽으로 도는 이유는 무엇이고, 왼쪽으로 도는 시계가 팔리지 않은 것은 왜일까? 그것은 우리가 오른쪽으로 도는 시계에 익숙해져서, 굳이 왼쪽으로 도는 시계에 익숙해지려는 노력을 기울이려 하지 않기 때문이라고 할 수 있다. 이것이 바로 록인 현상이다.

일반적으로 컴퓨터 키보드의 맨 윗줄 좌측에는 영어 자판이 QWERTY 순으로 배열되어 있다. 그런데 이것은 손가락의 운동을 생각하면 최적의 것과는 거리가 멀다. 더 능률적인 자판 배열이 몇 차례 제안된 적이 있었지만, 그럼에도 불구하고 레민튼사가 제작한 수동타자기가 실용화된 이후 100년이 넘도록 자판의 배열이 변하지 않고 있다. 초기의 타자기는 빨리 치게 되면 먼저 친 바가 되돌아오기 전에 다른 바와 엉켜버리기 때문에 치는 속도를 느리게 하기 위해서 그와 같은 자판 배열을 선택한 것이다. 그런데 그것이 사회적으로 굳어버리면서 바꾸기가 쉽지 않게 된 것이다.

이와 같은 록인의 예들은 그것이 합리성과는 다른 차원의 문제라는 것을 보여 준다. 종래의 경제학적 상식으로는 우수한 상품이 시장을 점유한다고 생각되어 왔으나 실제로 상품은 품질의 우수성보다는 우연성 등 비합리적인 요인에 의해서 록인되는 경우가 많다. 따라서 완전합리성에 대한 가정에 기초한 종래의 경제학은 인간의 제한된 합리성(bounded rationality)에 기초하여 새롭게 쓰여질 필요가 있다는 주장이 설득력을 얻고 있는 것이다. 경제학에서의 이와 같은 변화는 체계과학의 패러다임이 물리와 생물의 영역을 넘어 인간과 사회체계 등을 다루는 모든 학문 영역으로까지 확장될 수 있다는 점을 보여주고 있다. 실제로 버틀란피는 체계과학의 패러다임이 생물학의 영역에서보다 철학의 영역에서 먼저 촉발되었다고 주장한 바 있다.

3. 체계과학의 특징

하나의 새로운 패러다임으로 출발한 체계과학은 그 전개과정에서 매우 다양한 갈래로 발전되어 왔다. 자연과학과 사회과학을 포함한 모든 학문 분야에서 다양한 체계이론들이 개발되어 왔고, 정보통신혁명을 통해 체계과학의 현실적 토대가 구축되면서 많은 분야에 체계과학의 방법론이 응용되고 있다. 따라서 이론과 응용분야에 걸쳐 다양한 형태로 발전하고 있는 체계과학의 특징을 간단히 요약하기란 쉽지 않다. 여기서는 부분에서 전체로의 인식의 전환, 상호작용 과정과 역동적인 관계망에 대한 관심, 복잡성과 조직화의 문제에 대한 강조, 비평형과 비선형성에 기초한 진화의 문제 등을 중심으로 체계과학의 주된 특징들에 대해 살펴보자.

먼저, 체계과학은 일련의 서로 다른 상호작용하고 있는 것들을 보며 그들의 행위를 다양한 영향을 받는 하나의 전체로서 파악한다. 이것은 마치 축구팀을 각 선수들의 단순한 합이 아닌 하나의 전체로서 생각하는 것과 같다. 훌륭한 축구팀이 되기 위해서는 개개인의 뛰어난 능력만으로는 부족하다. 개인들이 지닌 자질과 능력 이외에 하나의 전체로서의 조직력, 팀 전술에 대한 이해와 응용을 통한 전체적 조화, 그리고 팀원 상호간의 신뢰와 협력이 유기적으로 이루어질 때 비로소 강한 팀이 될 수 있다. 이렇듯 개인의 기술과 능력이 팀원들 상호간에 유기적으로 연관되면서 얼마나 팀 전체를 조화롭게 만들 수 있는가 하는 관점에서 축구팀의 실력을 평가하는 것이 중요하다. 이렇게 보는 것이 바로 체계과학의 기초가 되는 전체론적(holistic) 인식론이다.

전체론적 관점에서 보면, 하나의 전체는 그 자체의 개성(personality)을 지니고 있다. 따라서 전체를 이루고 있는 부분들이 바뀌어도 하나의 전체로서의 특징은 보존된다. 축구팀의 세대교체가 이루어져도 그 팀이 지닌 전술이나 팀컬러 등 고유한 전체의 특징은 유지되는 것과 같다. 이것은 전체로서의 하나의 체계가 지속성 내지는 일관성을 지니고 있다는 말이 된다. 전체 구성원들의 상당수가 교체되어도 기존의 오랜 특징이 유지되는 것은 공동체나 국가 등의 커다란 실체나 아니면 문화와 같이 모호한 경우에도 마찬가지이다. 전체는 그 자체의 생명과 개성을 지니고 있다 물론 부분들에 대한 이해를 통해 전체로서의 특징을 파악하는 것이 가능할 수 있으나, 전체를 이루며 상호작용하고 있는 부분들이 많으면 많을수록 이것은 그만큼 불가능해 진다. 카오스 이론

의 3체 문제는 이것을 잘 보여주고 있다. 따라서 복합적 전체의 특징은 부분들의 특성으로 환원될 수 없는 것이다.

기본적 구조를 유지하는 가운데 상호 작용하는 부분들로 이루어진 하나의 전체가 독특한 성질을 지니고 있다고 가정하면, 전체의 행동을 설명하고 예측하는 것이 가능하다 (Laszlo, 1996, 6). 예컨대, 경제학의 경우, 모든 개별 소비자나 생산자의 행위를 고려하는 것이 불가능함에도 불구하고 일정한 법칙을 세울 수 있고 나아가 예측도 할 수 있다. 유사한 예로 매년 명절에 발생하는 교통사고 건수에 대한 예측의 문제를 생각해 보자. 매년 고속도로를 달리는 운전자도 다르고, 그들의 경력이나 노선 그리고 성향 등도 다를 수밖에 없다. 따라서 운전자들과 그들의 경력이나 노선 그리고 그들의 성향 등을 분석함으로써 명절에 발생하는 사고 건수를 예측하는 것은 불가능하다. 그러나 개별 운전자들을 명절에 운전하는 하나의 전체 집단으로 고려할 경우 문제는 달라진다. 왜냐하면 도로 상태나 이용빈도 그리고 예년의 패턴을 고려함으로써 전체 집단의 사고 건수를 어느 정도 정확하게 예측할 수 있기 때문이다. 이것은 개별 운전자들의 특성으로 환원시킬 수 없는 명절 운전자 집단 전체의 특성이 있다는 것을 의미한다.

체계과학의 패러다임에 따르면, 어떠한 대상이 지닌 본질적 특성들은 유기적 전체에서만 드러나며, 전체를 이루고 있는 구성 부분들은 그와 같은 특성을 지니고 있지 않다. 하나의 전체로서의 체계가 지닌 특성들은 그 구성부분들의 복합적인 상호관계와 상호의존에 기초한 연결망을 통해서 나타나는 것이다. 따라서 체계의 특성은 그 체계를 고립된 구성부분들로 분해하는 순간 사라지거나 파괴될 수밖에 없는 것이다. 이처럼 유기적 전체를 이루는 구성부분들 사이의 복합적 관계 속에서만 드러나는 특성이 체계과학에서 말하는 발현적(emergent) 특성이다. 데카르트와 뉴턴의 과학적 세계관에 영향을 받은 근대과학은 지난 300여 년 동안 사물들을 궁극적인 부분들로 나누어 관찰한 후 그것을 다시 전체로 재구성하는 방식을 추구했다. 그런데 이와 같은 환원주의적 방법은 부분들 사이의 상호작용으로부터 발현되는 전체성을 파악할 수 없다. 왜냐하면 부분들은 전체로부터 그리고 전체를 구성하고 있는 다른 모든 구성요소들과의 상호작용을 통해서 그 의미가 드러나기 때문이다. 분석을 통한 환원주의적 방법은 종합이나 확산에 의해 보완되어야 한다. 그래야만 우리가 관심을 갖는 더 큰 전체에 대

한 이해가 가능하다. 체계론적 패러다임으로의 전환은 부분과 전체사이의 관계가 역전된다는 것을 의미한다. 기계론적 패러다임에서는 대상계 전체의 행위가 그 구성부분들의 특성을 통해서 분석적으로 이해될 수 있다고 보는 반면에, 체계론적 패러다임은 유기적 전체가 분석의 방법을 통해서 이해될 수 없다고 보고 있다.

둘째, 체계과학은 과정 사고(process thinking)를 특징으로 한다. 기계론적 세계관에 따르면, 어떠한 대상에는 근본적인 구조들이 존재하고 이것들의 상호작용 속에서 과정이 발생한다. 그러나 체계론적 패러다임에 따르면, 모든 구조는 오히려 그 속에 내재하는 과정들의 표현이다. 체계과학에서 과정의 중요성이 처음으로 강조된 것은 1930년대 버틀란피에 의해서였다. 이후 1940년대에 들어서면서부터 사이버네틱스(cybernetics) 분야에서 과정 사고가 한층 발전되었는데, 여기서 다룬 핵심적인 주제들이 바로 환류 루프(feedback loop)와 역동적인 패턴들이다. 또한 이러한 연구의 흐름은 생태학에도 파급되어 생태계 속에서 이루어지는 물질과 에너지의 순환적 흐름을 연구하는 과정 사고가 발전하는 계기가 되었다.

과정 사고의 연원은 고대 그리스까지 소급될 수 있으나, 20세기에 들어서 과정지향적인 철학을 체계화한 사람은 화이트헤드(Alfred Whitehead)이다. 거의 동시대에 캐논(W. Cannon)은 유기체의 내부 환경이 일정하다는 베르나르(C. Bernard)의 불변성 원리를 받아들여 이를 항상성(homeostasis) 개념으로 발전시켰다 (Cannon, 1932). 항상성은 유기체가 그 허용범위 내에서 요동하는 여러 변수들과 역동적인 균형상태를 유지할 수 있게 해주는 자동조절 메커니즘을 의미한다. 또한 세포에 관한 실험 연구가 발전하면서, 세포의 신진대사가 생물체의 질서와 활동을 기계론적인 과학으로는 묘사할 수 없는 방식으로 결합시킨다는 사실이 입증되었다. 신진대사는 지속적이고 복잡한 그리고 매우 조직화된 활동이다. 20세기의 과정지향적 철학, 유기체의 항상성 개념, 그리고 신진대사에 관한 연구 등은 버틀란피에게 큰 영향을 주게 되었고, 이것이 개방체계의 관념과 연결되면서 과정을 중시하는 체계론적 사고를 일반체계이론으로 심화 발전시키는 토대가 되었던 것이다.

개방체계의 아이디어는 체계과학을 이해하는 데 있어서 매우 중요하다. 근대과학은 체계가 기본적으로 폐쇄된 것으로, 그래서 환경과 단지 제한되고 고도로 통제적인 상

호작용만을 하는 것으로 인식하였다. 따라서 자동온도조절장치의 일정한 온도처럼 목표들이 정해져 있으며, 정해진 목표로부터 벗어나게 될 때에만 어떠한 행동을 취하는 것으로 보았다. 이것이 바로 소극적 환류(negative feedback)에 기초한 작용이다. 그러나 우리가 관심을 갖거나 다루고자 하는 대부분의 체계들은 환경과의 지속적인 상호작용이 이루어지고 있다는 점에서 개방체계라고 할 수 있다. 사회체계와 같은 생명체계들 또한 전형적인 개방체계들로서, 이들은 환경과 집중적인 상호작용을 한다. 이러한 상호작용은 종종 목표를 변화시키고 행동양식을 변화시키기는 결과를 낳기도 한다. 따라서 체계가 정해진 목표에서 이탈하는 것을 막기 위해 변화가 나타나고 하지만(소극적 환류), 체계내의 행동과 환경과의 상호작용을 통해 목표를 변화시키고 이미 정해진 목표로부터 더욱 벗어나게 할 수도 있다. 이것이 바로 적극적 환류(positive feedback)의 관념이다.

셋째, 체계과학은 조직화된 복잡성의 과학이다. 근대과학은 부분과 부분사이의 비교적 단순한 관계들을 다루었고, 그와 같은 관계로 환원될 수 있는 전체에 대한 이미지를 제시하였다. 따라서 복잡한 현상들은 기초적인 상호작용으로 분해될 때에만 이해될 수 있는 것으로 여겨졌다. 이러한 의미에서 근대과학은 조직화된 단순성의 과학(science of organized simplicity)이었다. 그러나 20세기에 접어들면서 상호 작용하고 있는 복합적 관계들에 주목하면서 기계론적 패러다임의 설명력이 심각한 도전에 직면하게 되었다. 이러한 상황에서, 체계론적 패러다임은 조직화된 복잡성의 과학(science of organized complexity)으로 등장하였다 (Weaver, 1948). 예컨대, 생물학의 영역에서 동물의 자기보존을 설명하기 위해서 원자와 분자의 행위를 지배하는 법칙과 함께 그것들이 상호작용을 통해 어떻게 복합적 실체로 행동하는가를 보여주었다는 점이다.

물리, 화학, 생물학, 그리고 경제학 등에서 이루어진 발전들을 통해 볼 때, 현대 과학의 많은 분야들은 조직화된 복잡성의 과학, 즉 체계과학이 되었다. 이처럼 체계과학에서 개발된 개념과 이론들을 통해서 우리는 조직화된 복합체의 요소들을 구분할 수 있다. 우리 자신은 복합적이고 조직화된 체계이며, 우리의 사회 그리고 우리의 환경 또한 마찬가지이다. 자연은 비록 그 부분들이 결국은 추려지고 교체되더라도 스스로를 유지하는 거대한 가이아(Gaia) 체계이다. 이보다 훨씬 규모가 큰 태양계와 은하계 역시 복합적인 체계들이다. 모든 체계들은 얼마나 오래 존속할 수 있는가 하는 것과 관

계없이, 부분들 사이의 특정한 관계로 이루어진 독특한 복합적 구조를 지니고 있으며 환원할 수 없는 자신만의 특징들을 가지고 있다.

오늘날 많은 과학자들이 조직화된 전체를 탐구하면서 체계과학이 모든 영역에서 주목받고 있다. 체계이론이 자연과학과 사회과학의 거의 모든 영역에 적용되었으며, 인문학의 중심으로 부상하고 있다. 그리고 체계과학은 조직화된 복합체를 다루기 위해 유연한 방법을 채택하고 있다. 그것은 과학자들을 그들이 탐구하고자 하는 하나의 관계망 속에 가두지 않는다. 연구 관심에 따라서 그에 상응하는 체계의 수준이 얼마든지 달라질 수 있다. 체계과학은 세포나 원자를 하나의 체계로서 볼 수 있고, 기관, 유기체, 가족, 공동체 그리고 국가, 경제, 생태계 등을 모두 하나 하나의 체계로서 볼 수 있다. 하나의 체계가 다른 관점에서는 하나의 하위체계가 된다. 그러나 체계과학의 방법은 항상 체계들을 그 구성요소들로 이루어진 통합된 복합적 전체로서 간주하며, 분리될 수 있는 인과관계로 맺어진 단순한 부분들의 기계적 집합으로 결코 보지 않는다. 근대 과학은 세부적인 것에 집중함으로써 거기에 독특한 의미와 맥락을 부여하는 폭넓은 구조를 무시하였다. 반면에 체계과학은 모든 수준에서 구조의 문제에 집중하여, 세부적인 것들을 일반적인 틀에 맞춘다. 체계과학은 개별 사실들과 사건들이 아닌 복합적인 관계와 상황을 중시한다.

넷째, 체계과학은 단일의 선형적 인과관계가 아닌 비선형적(nonlinear) 접근을 강조한다. 근대과학의 핵심적 특징 가운데 하나인 일방적인 인과적 사고는 복합적이고 역동적인 체계의 행위를 설명하는 데는 한계가 있다. 복합적이고 역동적인 체계들은 상호작용하고 있는 변수들이 너무나 많기 때문에 하나의 단일한 선형적 인과관계로 다룰 수 없다. 그와 같은 체계에서는 오히려 다양하고, 상호적인, 그리고 회귀적인 인과율이 작용하고 있다. 뉴턴 과학의 기계론적 패러다임이 비례적 변화에 기초한 선형적 사고를 가정한 반면에 체계과학에서는 체계의 행위를 설명하는 데 있어서 비평형성, 불확실성, 무질서, 우연의 요소를 인정하고 있다. 이것은 체계가 인과율의 결정론에서 벗어나 행위 할 수 있다는 점을 보여주고 있다.

결정론의 확실성에 기초해서 체계의 행위를 예측하거나, 현재의 상태를 바탕으로 초기 조건을 연역해 낼 수 있다는 기계론의 주장은 제한적인 타당성을 지닐 뿐이다. 더

육이 복잡적이고 역동적인 체계들은 비평형, 불안정, 구조적 변화, 혼돈 등에서 기인하는 비선형적인 특성으로 인해 제한된 예측만이 가능할 뿐이다. 왜냐하면 미세한 초기 조건의 차이에 대한 고도의 민감성과 증폭적 환류 과정을 통해 그 결과에 있어서는 엄청난 차이를 가져올 수 있기 때문이다. 체계과학은 체계가 비선형적인 행위 패턴을 보일 수 있다는 점에 주목함으로써 기계론의 선형적 사고를 벗어나고 있다.

한가지 주목할 것은 체계과학의 비선형적 사고가 체계를 수동적인 대상이 아닌 의도와 목적을 지닌 능동적인 행위자로 봄으로써 진화의 문제를 이해할 수 있는 실마리를 제공하고 있다는 점이다 (Jantsch, 1975). 19세기 말에 일어난 후기산업혁명은 기계에 대한 이해에 커다란 변화를 가져왔으며, 이것은 결과적으로 기계론적 세계관의 심각한 균열로 이어졌다. 산업사회에 기계가 우리의 물리적 힘을 대신하는 것이었다면, 오늘날 기계는 인간의 머리를 대신하고 있다. 과거의 기계가 수동적 도구에 지나지 않았다면, 지금은 기계가 스스로의 목적을 가지고 있는 능동적인 도구라고 할 수 있다. 예컨대 자동제어장치의 등장은 선택이나 목적추구의 행위를 전제하지 않고서는 우리가 다루고자 하는 체계를 충분히 이해할 수 없다는 사실을 보여주고 있다. 이러한 선택이나 목적의 관념이 기계론적 패러다임과는 양립할 수 없다는 것은 주지의 사실이다.

근대과학의 환원주의적이고 단일 인과율적인 정향은 체계가 지닌 의도와 의미를 고려할 수 없으며 고려하려고 하지도 않았다. 반면에 체계론적 패러다임에서는 의도와 의미, 그리고 윤리적이고 도덕적인 고려가 중요한 역할을 한다. 따라서 체계과학은 적어도 인간체계의 경우에 예측보다는 이해를 그리고 문제 해결보다는 문제에 대한 관리의 중요성을 중시하고 있다. 우리가 미래를 정확하게 예측할 수는 없지만, 체계과학을 통해서 우리의 미래를 틀 지울 수 있는 관념적 토대와 지적 기술을 얻을 수 있는 것이다.

최근 체계과학에 따르면, 비선형 비평형 상태에 있는 체계들은 자기조직화 과정을 통해 스스로를 유지하거나 자발적인 발전이 가능하다. 이것은 비평형 상태에 있는 체계들이 환경으로부터 물질과 에너지 및 정보를 받아들임으로써 자신을 새롭게 조직화해 나간다는 것을 의미한다. 실제로, 평형으로부터 멀리 떨어져 있는 비선형 비평형

상태에서는 자기조직화가 일어날 수 있는 여러 가지 메커니즘이 나타난다 (Prigogine & Stengers, 1984). 체계론자들은 비평형 상태의 체계가 자체 변환과 적응 능력을 가지고 있다고 보고 있다. 이것은 이러한 적응과 변환의 능력을 발휘하는 구조의 출현이 비선형 비평형 상태에서만 가능하다는 것을 의미한다. 따라서 평형으로부터 멀리 떨어진 상태에서는 체계가 무질서와 혼돈으로부터 새로운 질서를 갖는 구조로 변환할 수 있다.

물론, 비평형 상태에서 나타나는 새로운 국면으로의 전환이 반드시 바람직한 결과만을 가져오는 것은 아니다. 이것은 더욱 높은 질서를 보이며 조직 수준과 복잡성이 증대되는 새로운 체계로의 진화일 수도 있고, 반대로 체계의 종말이 될 수도 있다. 그러나 비평형 상태에서 자기조직화를 통한 체계 진화의 가능성을 제시하고, 이를 물질로부터 생명체와 사회체계 및 정신적 진화에 이르는 모든 수준에 적용할 수 있다는 점에서 체계과학은 유기체와 인간 체계의 진화를 이해할 수 있는 토대가 되고 있다.

〈참 고 문 헌〉

- Arthur, B. (1994). *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, Michigan: University of Michigan Press.
- Banathy, B. H.(1992), *A System View of Education*, New Jersey: Educational Technology Publications.
- Bertalanffy, L.(1968), *General Systems Theory: Foundation, Development, Application*, New York: George Braziller. 현승일 역(1990), *일반체계이론*, 서울: 민음사.
- Cannon, W.(1932). *The Wisdom of the Body*, New York: Norton.
- Capra, F.(1996), *The Web of Life*, New York: Anchor Books.
- Heisenberg, W.(1971). *Physics and Beyond*, New York: Harper & Row.
- Jantsch, E.(1975). *Design for Evolution: Self-organization and Planning in the Life of Human Systems*, New York: George Braziller.
- Kuhn, T.(1970), *The Structure of Scientific Revolution*, Chicago: University of Chicago Press.
- Laszlo, E.(1996), *The Systems View of the World: A Holistic Vision for Our Time*, New Jersey: Hampton Press.
- Prigogine, I. and I. Stengers(1984). *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*, New York: Bantam Books.
- Weaver, W.(1948). "Science and Complexity," *American Scientist* 36, pp. 536-44.