

위 한
념
사
를
으
지
의
이
런
이
것
고,
의
없
이
서
성
것
만
시
과
과
학
서
자
이
년
끝
인
된
것
있
에
고
본

자연 과학의 연구 문제 포착과 탐구 과정



한국 과학원 원장 조 순 탁

자연 과학이라고 하면 굉장히 방대한 분야가 아닐까? 인간이 가지고 있는 학문의 체계 중에서 가장 방대한 체계가 자연 과학의 체계인데, 이와 같은 체계 전반에 대한 무슨 연구 문제를 포착한다든가, 혹은 탐구 방법이 어떻다 라고 이야기한다는 것은 좀 불가능한 일이 아닐까 생각한다. 내가 자연 과학자의 한 사람으로써 경험담을 이야기한다면, 경험이려면 내가 직접 경험한 것도 있고, 옆의 사람에게 들은 것도 있고, 책을 보고 안 것도 있지만, 이것들을 정리하여 말할까 한다.

양자역학은 그 자체가 큰 연구 제목으로서 연구해 볼 만한 문제라고 생각하고 있지만 이 자체가 방대하기 때문에 지금 미국에서 연구된 것을 소개해 주겠다. 미국에서 주로 양자역학을 만들기 위해 수십년 전부터 일에 착수했는데 처음 10여년 간은, 1900년대로 부터 30여년 간에 있었던 일, 이것들은 주로 양자역학에 대한 논문을 보다가 그들 과학자끼리 서로 주고 받은 편지 내용을 수집하는 기간으로 소비했다고 한다. 그리고 현재로서도 아직 자료를 수집하는 단계이며 구체적으로 어떻게 하겠다는 이야기는 아직 없다고 한다.

이만큼 양자역학을 완성시키는 작업도 쉬운 일이 아니라고 한다. 그렇다고 자연 과학의 연구라는 것이 모두 이와 같이 방대한 것만 있는 것은 아니다. 다만 이와 같이 어려운 연구도 있다는 것을 예로서 제시했을 뿐이다.

자연 과학이라는 말을 쓸 적에 이 말은 장소에 따라 그 의미가 약간 다른 것 같다. 특히 한국이나 일본, 그리고 미국 같은 나라에서는, 즉 자연 과학의 후진국이라고 할까, 좀 늦게 시작된 나라에서는 자연 과학이라는 것이 어느 정도

형태가 정해져 있지만 구라파와 같은 지역, 즉 과학의 역사가 긴 곳에서는, 자연 과학이라는 학문을 뚜렷하게 구별하기가 좀 어려운 것 같다. 영국이나 독일에서는 자연 과학을 Wissenschaft라 해가지고 지식들 전체를 보통 지칭하는 말로서 삼는 경향이 많은 것을 볼 수 있다.

그래서 미국 사람들과 대화를 나누어 보면 자연 과학이라든 어떤 제한된 학문의 분야라는 느낌을 갖게 한다.

오늘날에는 전세계적으로 불 적에 과학에 대한 사상 즉 과학관은 크게 두 가지로 그 큰 흐름이 있다는 것을 알 수 있다.

하나는 요사이 미국에서 개발된 교과서 PSSC 혹은 ESSC 등과 같은 책자들 속에 내포된 흐름이며, 이 흐름은 프란시스 베이컨(F. Bacon)에서 나온 흐름이다. 즉 Bacon의 과학적 방법론에 입각해서 교과서를 개발한 것으로 요사이 많이 논의되고 있다. 이 문제에 대해서는 최근 어떤 학자가 과학관(科學觀)에는 두 가지의 흐름이 있다고 한 내용을 간단히 소개해 주겠다.

그 사람도 Bacon의 흐름이 처음 미국에서 개발 사용된 PSSC 물리 교재가 나온 후부터 전 과학계에 널리 퍼졌다고 보고 있는 것이다. 지금은 구라파에까지도 전파되어 온 세계를 지배하는 과학관의 하나로 각광을 받고 있다.

프란시스 베이컨의 과학관이란 “어떤 대상이 있으면 그것에 대해 여러 가지 실험을 하고, 실험에서 Data를 추출하고, 추출한 Data 간의 제 관계를 맺어 주면 그것이 한 개의 이론이 되고, 그 이론에서 전후를 예측할 수 있고, 또 그 예측에 의해서 또 다른 실험을 하고, 그 실험의 결과가 맞으면 그 이론이 성립하고, 그렇지 않으면

이론도 파기해 버리고 또 새로운 이론을 만들고, 이런 단계로 이론 체계를 정립해 간다”는 것이다.

이와 같은 프란시스 베이컨의 과학관이 전세계적으로 지배적인 의견으로 받아들여지고 있는 것은 이것이 민주적인 과학관이라는 데 그 진의가 있다는 것이다. 즉 다시 말하면 과학이란 아무나 할 수 있다는 생각이다. IQ가 100 정도인 보통 사람도 과학자가 될 수 있다는 생각이다. 이런 사상은 우리에게 굉장히 무서운 결과를 가져올 수 있다. 왜냐 하면 보통 사람이 모두 할 수 있는 과학 같으면 결국 과학하는 사람의 수가 많고 과학에 투자된 돈이 많다면 그 나라는 발전하고 그렇지 않은 나라에서는 결코 과학이 발달될 수가 없기 때문이다.

따라서 과학 기술에 대한 격차가 선진국과 후진국 사이에 더욱 늘어난다는 의미이며, 이것은 프란시스 베이컨의 입장이 되는 것이다. 다시 말하면 후진국은 절대로 선진국을 따라갈 수 없다는 뜻이기도 하다.

여러 사람들의 의견이 약간씩 차이는 있지만 프란시스 베이컨의 과학관 중의 또 하나는 모든 지식은 실험을 거치지 않고는 인정받을 수 없다는 견해이다.

여러분들이 잘 알고 계시는 바와 같이 과학에서 코페르니쿠스가 처음에 지동설에 대한 가설을 내세울 적에, 그는 아주 소박한 입장에서 세운 것이지만, 그것이 종교계를 완전히 뒤흔들고 마침내는 종교계를 약화시키는 결과를 가져왔다. 이런 것이 F. Bacon의 과학관이 아닌가 생각한다. F. Bacon의 과학관에 의하면 어떤 문제라도 과학의 대상이 될 수 있다. 그리고 그 방법도 몇 가지 Data만 잡으면 되니까 그것도 어떤 결과는 나올 수 있겠다. 그리고 그것도 결국 어떤 과학관이 될 수 있겠다.

이것과 대조적인 또 하나의 과학관이 데카르트(Decart)에 의해 처음 시작된 것이다. 데카르트의 입장은 실험이라는 것은 제외해 놓고 완전히 우리의 이성, 그 이성을 중요시하는 그런 과학관이다. 그런데 이성이란 logic, 즉 논리만 가지고 모든 것을 알 수 있다 하는 것이다.

논리에 의해서 모든 것을 알 수가 있는데, 그러면 출발점이 있을 것이고, 그 출발점부터 논

리적으로 이론만 갖게 되면 모든 것을 알 수가 있다는 것이다. 출발점을 어디에 두는 것이 타당하나 하는 것은 데카르트의 방법론 서설에서 이야기했지만 본래는 수학이 논리성을 가지고 있는 것이며, 데카르트 자신이 과학에 큰 공헌을 하였다면 해석기하학을 만들었다는 것이다. 그런데 데카르트 자신도 만년에 생물학에 관심을 가진 다음부터는 자기의 주장을 많이 약화시켰다. 즉 Bacon 비슷한 이야기를 많이 했다. 다시 말하면 생물학을 해보니까 논리만 가지고는 안되겠다라는 말이다.

데카르트가 갈릴레오를 비판했는데, 갈릴레오는 처음에 아르키메데스의 부력을 연구 했고, 그 다음 축성술 같은 역학에 손을 댔다. 이 비판은 한 마디로 갈릴레오는 “이것 저것 손을 대기만 했지 하나도 체계 있는 연구를 하지 못했다”라고 하는 것이다. 따라서 그는 진짜 과학하는 입장이 되지 못하였다고 말하는 뜻이 되겠다. 그렇지만 결국은 뉴우튼이 갈릴레오의 일을 인제받아서 뉴우튼 역학을 발전시켰으며, 위대한 뉴우튼 역학의 체계를 만든 것이다. 현재 과학이라고 할 것 같으면 과학의 원조는 뉴우튼 역학이라고 볼 수 있을 것이다. 다시 말하면 모든 것을 질점의 운동으로 보고, 이 질점의 운동으로써 모든 것을 기계적으로 알아 볼 수 있다는 것이다. 그래서 뉴우튼의 시대를 넘어서 17, 18세기를 보통 이성의 시대라고 하는데, 이성의 시대라는 것은 모든 것이 뉴우튼식으로 해석해야 한다는 것이다. Kant 철학의 초창기의 생각은 역학을 기초로 하고, 후기에는 좀 달라졌지만 하여간 초창기에는 뉴우튼식 철학관이었다.

이런 식으로 보면 과학자는 아무나 될 수 없다. 즉 Newtoen과 정반대의 생각이 되는 것이다. 아주 우수한 사람만이, 즉 소수의 엘리트만이 과학자가 될 수 있다는 생각이 되는 것이다. 이 생각이 근세까지만 하더라도 많은 과학자의 다음 속에 가지고 있었으나 발표를 하지는 못하였다. 왜냐 하면 여러 사람들에게 비판을 받는 것이 두려웠기 때문이다. 이것을 처음 말한 사람이 Einstein이며, 그는 이런 말을 공개적으로 많이 하였다. 그래서 요사이에는 이런 생각을 Einstein의 과학관이라고 말한다. Einstein의 과학

학관이란 소수의 통찰력, 이 통찰력이란 안개 속을 꿰뚫어 볼 수 있는 능력을 말한다. 통찰력을 가진 사람 중의 한 사람으로 나의 선생님 한 분을 들 수 있는데 이분이 알고 있는 것은 나와 비슷한데 그 앞에 것을 내다보는 힘은 감탄하리만큼 정확하다는 것을 여러번 보았다. 내가 전공한 것은 통계역학인데 많은 사람들이 문제를 가지고 와서 결과가 어떻게 되겠느냐고 물어, 그분이 답을 해 주면 2~3년 내에 그런 결과가 꼭 나오는 것을 보았다. 즉 이와 같은 통찰력을 가진 소수의 사람만이 과학자가 될 수 있고 이런 사람들은 각국에서 몇명씩 밖에 없다는 생각이다.

이 생각은 비민주적인 것 같지만 우리로서는 굉장히 고무적인 의견이다. 왜냐 하면, 미국 같은 데서는 많은 돈과 인력을 쓸 수 있지만, 우리는 소수의 과학자를 집중적으로 양성하여 같은 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 이것이 과학에 대한 두 개의 흐름이다.

과학 연구의 출발을 든다면 그것은 독일 대학들이라고 말할 수 있다. 독일 대학에서는 프리식아 전쟁에서 패배했을 때 쓰라린 경험을 했고 이것을 토대로 과학을 발전시켜야겠다는 각성을 하게 되었다. 그 당시에는 과학에 대해 아직도 체계가 잡히지 않았을 때라고 말할 수 있다. 예를 들면 오늘날 모두 알고 있는 원자설을 19세기 초까지도 아무도 믿지 않았으며, 1910년 대에야 겨우 원자설을 많은 사람들이 믿게 되었다. 모든 과학 지식에 대해 믿지 않고 있을 때 독일 대학이 조직되었다. 이것이 아마 과학 연구의 시초가 될 것이라고 생각한다. 교수와 학생은 연구 조직의 역할을 하였다. 리젠 대학 같이 큰 대학에는 그 때 벌써 100여 명의 교수가 있었는데 구라파 전체의 교수가 겨우 3~4백 명 정도였다고 한다. 이 때 대학에는 강의와 연습이라는 것이 있었는데 강의는 교수가 교과서를 쓰는 형식으로 하고, 모르는 것은 학생에게 맞겨서 해결하게 하고 그렇지 못하면 그대로 두고 하는 식으로 과학의 체계화를 하고 있었다고 말할 수 있다. 학생들은 문제를 해결하기 위해 연구 논문을 쓰게 되고, 이것이 인정이 되면 박사가 되고, 박사가 된 후에는 세밀한 부분에 대해서 논문이 다시 통과되어야 하고, 마침내는 종합적인 문제

에 대한 논문이 통과되었을 때야 겨우 강의를 맡게 되었다. 이 방법은 다음과 같이 비유된다. 즉 세부적인 광택을 캐는 것이 광부이며, 이 세부적인 광택에 의해 큰 광택을 찾는 것이 감독의 역할인 것과 같이 지도자 역할이 교수의 역할이다.

그 후 20세기에 들어 과학자의 수는 급격하게 증가하였다. 19세기에는 세계적으로 과학자의 총수가 겨우 2~3천 명 정도, 20세기 초에는 몇만 또는 몇 십만, 현재는 과학자의 수가 몇 백만이나 된다고 한다.

20세기에 들어 큰 발전은 양자론의 발전이며 Bohr가 양자론을 만드는 데 중추 역할을 했으며 그 이론의 하나는 Bohr의 학위 논문인데 이것은 금속의 전도성에 관한 것이었다. 금속 내에서 자유 전자가 존재하므로 전기를 통할 수 있다는 것이다. 학위 논문을 통해서 그는 금속 내에서의 빛의 반사 등을 관찰하고 연구해 보니까 이론과 잘 맞지 않음을 알게 되었다. 그러던 중 영국의 Rutherford가 원자 model을 발견하였으며, 이것이 실마리가 될 수 있다고 생각되어 Bohr는 그에게 가서 직접 많은 것을 배워가지고 돌아와서 Bohr의 원자 model을 만들었다. 이것은 오늘날 어떤 이론을 확실히 하기 위해서는 그 Center에 직접가서 연구를 해야 좋은 결과를 얻을 수 있다는 좋은 예이다. 그 후 젊은 과학자들은 Bohr와 같이 유학을 다니는 것이 유행했다. 즉 연구 Center에 가지 않으면 문제의 핵심을 풀 수 없다는 사조가 일게 된 것이다. 젊은 사람들이 큰 연구나 발견을 하고, 노대가들은 그들의 연구를 보완해 주는 역할을 하는 것이라는 뜻이다. 예를 들면 하이젠버그(Heisenberg)나 디랙(Dirac) 등은 20~26세 사이에 큰일을 하였다. 또 페르미(Fermi) 등이 말한 바와 같이 몇 명이 공동으로 문제를 해결하는 방법이 대두되기 시작되었다. 양자역학에 대한 여러 가지 발전은 과학사에서 중요한 역할을 했으므로 연구의 대상이 될 수 있다. 과학계의 노대가들은 1920~30년 대가 과학의 황금 시대라고 말할 한다. 다행히 나는 50년 대에 유학을 갔었는데 그 때 그분들의 강의 내용의 거의 절반이 경험담이었다. 이것은 교수 학생간의 의견 교환을 중요시 하는 풍조라고 말할 수 있다.

과학이 대형화되고 예산을 많이, 투입하게 된 것은 2차 대전이 끝난 후였으며, 특히 미국에서는 소련의 스푸트니크이 올라간 후 굉장히 많은 예산을 과학 분야에 투입하여 과학의 다변화를 시켰다.

젊은 과학자들은 연구 Center를 많이 찾아가고, 연구 Center에서 연구를 하지 않은 내용은 인정을 하려 하지 않았다.

소련은 과학 활동이 굉장히 침체되었었지만 1927년부터 해외의 유명한 과학자들을 많이 초청해서 과학원의 기능을 확장했으며, 그 결과 오늘날과 같은 발전을 가져오게 된 것이다. 우수한 과학자를 초청한다는 것은 그 방법을 배우려는 것이 아니라 앞을 내다 보지 못하니까 즉, 학문적 통찰력이 부족하기 때문에 그들의 도움을 받으려는 것이다. 이론을 하는 사람들은 실험을 하는 사람들의 것을 도와 주고, 실험을 하는 사람들은 이론을 하는 사람들을 도와 주고 함으로써 Bacon의 이론과 비슷하게 왔다 갔다 하는 방법을 쓰게 되는 것이다. 이렇게 해서 대중 과학 연구 전체 문제에 대해 약간 말한 것이 되었으며, 탐구 방법에 대해서는 이렇게 생각할 한다. 예를 들어 테이프(Tape)에 대한 것을 연구하려면 선행 연구를 조사한 뒤 현문제를 어떻게 해결하면 좋겠는가, 연구 계획을 세워야 하고, 그 연구와 관련된 연구소를 찾으면 더 좋은 해결 방법을 얻을 수도 있을 것이다. Center에서는 여러 가지 문제 해결 방법을 얻을 수 있다. 즉 대가들은 문제에 대해 해결 방법을 알고 있다.

예를 들면 금속 연구에 대한 것은 1930년 대에 나왔다. 그런데 이 연구는 곧 사라졌다. 내가

서울대에 있었을 때, 1960년 초에 한 학생이 이 금속 표면 연구에 손을 댔다. 그런데 결과가 나오지 않았다. 즉 금속 표면에 X-Ray를 쏘이면 전자가 나오게 되며, 이것을 잡아서 Energy를 측정할 수 있을 것이다. 그런데 결과가 나오지 않을 뿐더러 나와도 Random하게 나와서 신뢰성이 없었다. 이렇게 해서 금속 표면에 관한 연구는 1965년에 다시 끊겼다. 그런데 그것이 3~4년 전부터 다시 나오기 시작했다. 진공을 10^{-12} bar까지 뺄 수 있으면, 이것은 미국에서도 할 수 있는 사람이 몇 사람 뿐이고, 구라과에서도 몇 사람에게 지나지 않지만, 금속 표면 연구는 가능한 것이다.

따라서 모든 연구가 그 시대의 이론, 기술 및 수학적 Technic 등으로 할 수 있는 것이 있고, 할 수 없는 것이 있지만 노(老) 대가들은 이런 문제에 대해 많은 자료를 가지고 있는 것이다. 오늘날의 기술이나 이론 등으로 할 수 있는 것을 예전에 하다 실패했다거나, 성공한 것이라도 다른 방법, 또는 진보된 기술을 이용하여 다시 해서 더 좋은 결과를 얻도록 조언(助言)을 할 수 있다.

이것은 과학 연구가 결코 완성된 것이 아니고 시대의 배경에 맞게 문제를 선정해서 해결의 방법을 모색하는 태도가 중요하다는 것이다. ▮

<이 기사는 한국 과학 교육 학회가 하기 유가 중에 실시한 Seminar에서 조 순탁 박사가 연설한 것을 옮겨 실은 것이다. 따라서 기사 중에서 미비한 문맥이나 내용이 잘못된 것은 옮긴 사람의 잘못임을 알려 드린다.>

校內放送資料集

林漢益 編著

菊版 900여 페이지

美麗洋裝 上·下케이스 入

○ 月別로 體系있게 엮여져 每月 活用하기에 편리하다.

○ 매월의 行事·史實에 맞는 資料를 망라하였으므로 敎科 時間은 물론 敎科外에도 수시로 이용할 수 있다.

값 3,600 원

시 청 각 교 육 사 발행

대체 구좌

서울 500892번