『量子力學 50年』

古典物理學에서 量子物理學으로

仁荷大 應用物理學科 崔 東 哲

17世紀의 科學界를 支配하였던 Newton과 그의 추종자들에 의해서 發展된 古典力學과 19世紀末葉의 Maxwell에 의해서 集大成된 古典電磁氣學이 古典物理學을 代表한다. 力學은 質點을 취급하며 電磁氣學은 電磁氣波動을 다룬다. 質點과 波動은 人間의 直觀에 의해서 인식되는 개념을 理想化한 서로 獨立된 槪念이며, 에너지의 傳播는 오로지 이 두 種類의 形式으로 이루어진다.

古典物理學에 기초를 둔 世界像은 다음과 같다. 即 "舞臺"는 Euclid幾何學의 三次空間이며 時間이라는 媒質 속에서 事件이 일어난다는 것이다. 그 "舞臺" 위에 있는 것들은 質點들이며 質點은 慣性과 힘이라는 特性을 가지고 있다. 光線(電磁氣波)도 Newton은 粒子로 생각했으나 그 후 波動性格이 나타나 Maxwell의 波動方程式에 따라서 傳播된다. 그리고 모든 物理量은實驗限界內에서 正確히 기술되어야 한다는 것이다

이즈음에 黑體(black body)가 放出하는 복사선의 强度의 Spectrum分布는 古典전자기理論으로는 說明이 되지 않았다. planck는 黑體를 구성하고 있는 電荷를 가지고 있는 粒子가 진동하여서 복사선이 放出되며 따라서 많은 진동자를 가정하고, 各 振動子는 진동수 ν와 常數(planck 常數) h의 積 $h\nu$와 $h\nu$의 整數倍만으로 된 量의 에너지(量子)만을 放出 또는 吸收한다는 假定下에서 이 現象을 깨끗이 說明할 수가 있었다(1900년 12월). 이리하여 또다시 電磁氣波의 粒子性이 出現했고, 光電效果에 관한 Einstein의 理論(1905년)도, Compton效果의 說明(1923)도 電磁氣波를 粒子(光量子)로 여기지 않으면 不可하였다.

"波動"(電磁氣波)에 "粒子(光量子)性이 있다면, "粒子"에게도 "波動"性이 있지 않겠느냐 하는 假定下에서 De Broglie(1925)는 "粒子"에게 相應하는 波動(De Broglie波長)을 定義함으로써 電子나 微小粒子의 廻折, 干涉現象을 "정확"하게 說明할 수 있었다.

이리하여 Heisenberg는 Bohr의 對應原理를 延長하여서 原子에 관한 行列力學(1925年)을 提唱하였고 Schrödinger는 그의 波動方程式(1926年)을 發表하게 되었다. 이 두 理論은 서로 다른 側面에서 量子論을 취급한 것이지만, 結果는 同一하다는 것이 증명되었다. Schrödinger의 波動方程式은 電磁氣波動方程式과 비슷하나 光量子는 靜止質量이 없고 粒子는 정지질량이 있으니까 同一하지는 않고 "波動"의 성격도 다르다. Schrödinger 方程式의 解로서의 波動函數 ψ는 物理的인 의미가 없지만, $|\psi|^2$은 粒子를 발견하는 確率에 比例하며 모든 測定된 物理量을 설명하여 준다.

이리하여 物質의 粒子—波動의 二元性이 나타나고, 不確定性原理, 確率論, 그리고 相對論까지 介入되어서 새로운 世界像으로 변하였다.

本稿는 韓國科學史學會가 개최한 「量子力學 50年」(1926~1976) 심포지엄에서 發表한 內容의 要旨를 모은 것입니다. 일부 추가된 것은 發表者가 보완 집필한 것임. —편집자 註—

自然記述方法의 論理的 變遷

—古典力學에서 量子力學에 이르는—

圓光大 文理大 庾 基 洙

自然現象을 記述하는 데 있어 量子力學이 나오기까지는 古典力學이 그 自身의 構成을 대체로 完成하였다. 이 構成의 論理的 背景은「保存」「可逆」그리고「非可逆과 平均操作」이란 槪念이다. 이 槪念들로 해서 古典力學에서는 巨視的인 物體의 力學이 그대로 微視的 世界에 유통되어 대체로 力學的인 自然觀을 確立하였다. 그리고 모든 自然現象의 法測은 觀測者에 불구하고 可逆的인 形式으로 표현되어 因果的이었다. 그래서 어느 意味로 본다면 이 論理는 量子力學의 背景이 된다. 그런데 量子力學은 古典力學과는 質的으로 다른 論理的構成을 必要로 하고 있으며 自然現象의 統一的 法測性을 限界짓고 있는 것이다.

量子力學에 나타나는 이러한 현상은 作用量子라는 것에 의해서 特徵지어진다. 그래서 論理的 構成으로서는 物質의 二重性에 따라 두 物理量의 同時觀測 不可能이라는 槪念이 생기고 物質運動의 量子力學的 表現은 客觀的인 因果法測을 의심스럽게 한다. 그리고 觀測이란 行爲는 自然科學의 方法論 중에서 本質的인 要素로서 役割하고 있어 古典力學에서는 觀測이란 操作을 理論의 틀 속에 넣지 않고 있다. 그러나 量子力學에서는 觀測의 문제를 직접 理論의 틀 속에 넣고 있는 論理的 構成을 하고 있다.

不確定性原理와 決定論

高麗大 物理學科 金 貞 欽

周知하는 바와 같이 Newton力學의 가장 중요한 결론의 하나는「宇宙는 그 탄생의 순간부터 그 過去와 未來가 이미 決定되어 있다고 단정할 수 있다는 점에 있다. 사실 Newton 力學의 기초방정식

$$IF=\frac{dIp}{dt}=\frac{d}{dt}\left(m\frac{Ir}{dt}\right)$$

로 주어지는 시간에 관한 2階(Second order)의 微分子方程式으로서 그 解

$$Ir=Ir(a,Ib,t)$$

는 두개의 任意常數벡터 a,Ib를 포함하게 되고 이 임의상수 a,Ib는 두 初期條件에 의해서 유일하게 결정된다. 이 두 초기조건은 본질적으로는 어느 순간에 있어서의 位置와 速度(또는運動量)에 의해서 주어진다는 사실에 주의한다면 Newton 力學의 결론은「어느 순간에 있어서의 宇宙內의 모든 구성요소의 초기속도를 알 수만 있다면 宇宙의 未來 및 過去는 唯一無二하게 決定된다」로 落着된다.

Newton 및 그 追從者들에 의해 계승된 이 決

定論(dederminism)은 18世紀 및 19世紀의 自然科學界를 支配하였고, 宇宙는 미리 定해진 프로그램에 따라 定해진 시나리오대로 진행된다는 一意的이고 宿命論的인 力學萬能의 思想을 낳게 하였다.

그러나 自然은 정말로 그렇게 되는 것인지? 이 絕對的인 것으로까지 생각되어온 因果律은 量子力學的 思考에 의해 깨지게 되었다.

不確定性原理가 그것이다. 왜냐하면 量子力學에 의하면 임의의 粒子는 그 波動性에 의해(임의의 파동은 입자성에 의해) 그 粒子의 位置와 速度 또는 運動量을 동시에 정확히 잴 수 없기 때문이다. 사실 量子力學에 의하면 가장 純粹한 狀態에서마저도 어떤 物理量을 재면 그 결과는 반드시 一定値를 주지는 못하게 되고, 여러개의 서로 다른 값이 어떤 주어진 확률로만 주어지게 된다. 예컨대 어떤 순수상태에서 電子의 x 座標와 運動量의 x 成分의 測定値 x 및 p_x의 不確定度(또는 運動) Δx 및 Δpx를

$$\Delta x=\langle(x-\langle x\rangle)^2\rangle,\quad \Delta p_x=\langle(p_x-\langle px\rangle)^2\rangle$$

로 정의한다면 항상

$$\Delta x\Delta p_x\geq\frac{Ih}{2}$$

란 것이 유도된다. 즉 우리의 기술적力量의 不足에서가 아니라 原理的으로 電子의 位置와 運動量은 同時에는 정밀히 측정($\Delta x=0$, $\Delta p_x=0$) 不可能하다는 것이다. 따라서 정확한 초기 위치와 초기속도라는 초기조건을 필요로 하는 Newton의 결정론은 깨지고 말 수밖에 없다.

불확정성원리는 물질입자나 輻射가 갖는 波動·粒子와는 同時에 兩立할 수 없는 두 對立槪念의 同時認定에 의해 비롯된다. Bohr는 不確定性原理에 의한 量子力學의 解釋을 강조하기 위해 相補性原理라는 哲學的 槪念을 導入하였다 즉 그에 의하면 宇宙內의 모든 事象은 서로 동시에는 兩立할 수 없는 서로 矛盾되는(古典的으로) 두 對立槪念(이 두 槪念을 Bohr는 相補的이라 表現)에 의해 비로소 完全하게 記述된다는 것이다.

不確定性原理는 物理學·生物學·哲學은 물론이요 최근에는 經濟學이나 社會學에도 適用되어 가고 있다.

끝으로 不確定性原理나, 觀測에 따른 擾亂에 관한 量子力學的 解釋에 對해서는 Bohr등에 의한 hidden variable을 쓰는 批判도 있다는 것을 言及한다.

粒子物理學의 展開

韓國科學院 數學 및 物理學科 趙 炳 夏

現在의 科學과 技術의 飛躍的인 발전과 이에 따르는 인간의 生活向上은 과거에는 상상조차 할 수 없었던 速度와 規模로 進行되고 있는데 그 導火線이 되었고, 또한 그것을 쉬지않고 加速해온 것은, 바로 인간의 原子와 原子核의 世界에 대해서 새로 獲得한 革新的인 知見이었다.

"極微의 世界"라고 부르고 있는 이들 原子와 原子核의 內部現象은 日常 經驗世界하고는 다른 보다 創意的인 手法에 의해서 비로소 感知될 수 있는 것이고, 새로운 法則의 支配下에 있는 自然現象의 領域이다. 이 새法測이 바로 量子力學이다

Newton의 力學은 連續的自然觀과 決定論的因果律을 基底로 하고 있으나, 量子力學은 不連續的自然觀과 確率的因果律을 바탕으로 하고 있다. 따라서 革新的이라 아니할 수 없다.

인간이 이와같은 微視世界에 대한 손을 뻗치기 시작한 것은 前世紀에서 今世紀로 옮겨질 무렵이었다. 세기가 바뀌어짐에 따라 物理學의 世界에도 명백히 新時代가 다가왔다. 古典力學과

電磁氣學의 혁혁한 成果가, 스스로 古典的인 巨視物理學을 成功理에 그 終末로 이끌어 왔을뿐만 아니라, 여러 곳에서 새로운 現象, 새로운 疑問, 새로운 興奮, 새로운 豫想 및 새로운 挑戰을 抬動시키고 있었다. 陰極線, 光電效果, 放射能, Zeeman效果, ×線, 스펙트럼에 대한 Rydberg의 法則 및 電氣에 대한 原子的構造豫想 등은 古典物理學의 適用限界와 그 矛盾을 明白히 하는 要因들이라 하겠다.

Kelvin은 1897년에 電氣는 연속적이고 均質한 流體라는 생각은 신중히 再檢되어야 한다고 지적한 바 있다. 그 해 J.J. Thomson은 陰極線의 電荷質量의 比(e/m)를 測定함으로써 電氣의 素量性은 명백히 되었다. 즉 電氣의 不連續的인 基本單位存在로서 電子가 발견된 것이다. 이것은 또한 最初로 발견된 素粒子이기도 하다.

素粒子는 物質構造上의 窮極的 單位이며 우리의 自然觀의 단위이기도 하다. 현재까지 약 300種 발견되어 있고 이들은 生成消滅하고 相互 轉換한다.

素粒子의 個體性은 그 粒子를 同定하는데 必要充分한 指標 즉 量子數를 부여하면 된다. 이 수는 時空的인 것과 그렇지 않고 內部的인 것으로 구별되고, 質量, Spin 및 parity는 前子에 粒子數, 電荷, 奇妙度 및 Charm은 後者에 속한다.

實驗事實과 理論的 槪念의 精妙한 相互作用을 통해서 進化해온 素粒子物理學의 發展相을 다음과 같이 구분해서 論述하기로 한다.

(1) 電子의 發見에서 反粒子의 發見까지

1897년 영국의 J.J. Thomson이 음극선의 電荷와 質量의 比 e/m을 실험적으로 결정하므로서 電氣量의 素量性이 확립되었고, 그 素單位가 되는 物質을 電子라고 부르고 있다. 이것은 最初의 素粒子의 발견이기도 하다.

그 후 原子의 구조가 전자와 원자핵으로 형성되어 있음이 발견되었다. 이 원자핵은 中性子와 陽性子의 複合粒子임이 밝혀졌다. 이들 두 입자를 核子라고 총칭하고 荷電의 有無로서 이들을 식별하기 위해서 Isotopic spin(I)이란 量子數가 도입되어, 이의 제3성분 I_3의 값이 1/2일 때에는 양성자를, $-1/2$일 때에는 중성자를 각각 대응시키고 있다. 전자와 질량이 같고 다만 荷電이 $+e$인 陽電子의 存在는 이론적으로 예언되어, 1933년 Anderson에 의해서 발견되었다. 陽電子는 電子의 反粒子이다. 질량이 같고 荷電상태가 서로 반대이며 荷電對稱性을 갖는 粒子가 存在한다는 것이다. 즉 粒子가 있으면 반드시 反粒子가 있다는 증거를 얻은 것이다. 양성자에 대해서는 反陽性子가, 中性子가 대해서는 反中性子가 있다는 것을 말해준다. 中性粒子 중에는 自己自身이 反粒子인 것도 있으나, 現在까지 발견된 300여종의 素粒子는 크게 粒子와 反粒子로 二大別되고 각각 약 150종이 된다.

(2) 中間子에서 奇妙한 粒子의 發見까지

원자핵 속의 양성자와 중성자는 극히 좁은 공간 속에서 강력히 결합되어 있다. 이 결합력은 核力이라 하며, 이 핵력은 中間子에 의해서 媒介된다는 것이 이론적으로 예언(1935)되었으며 1947년에 와서 비로소 실험적으로 전자의 질량의 약 270배가 되는 π^+, π^0, π^-의 세 종류가 발견되었다. 그후 이 보다 더 질량이 큰 K중간자도 4종류 발견되어 中間子族을 형성하게 된 것이다. 이것 뿐만 아니라 람다(λ), 시그마(陽, 陰, 中性), 크사이(陽, 陰, 中性, 反中性)등 예측하지 못한 것들이 잇달아 발견되어 사람들은 이상한 입자 또는 奇妙한 粒子라고 부르게 되었다.

素粒子는 서로 相互作用하여 生成消滅하며 相互轉換한다. 相互作用의 종류 즉 힘의 종류는 强力, 弱力, 및 電磁力 셋이다. 素粒子의 荷電을 $_eQ$, 아이소스핀의 제3성분을 I_3 重粒子의 수를 B, 스트레인지니스(strangeness)를 S라 하면,

$$Q=I_3+\frac{B+S}{2} \quad \text{또는} \quad I_3+\frac{Y}{2} \quad \text{단,} \quad Y=B+S$$

라는 관계식이 경험적으로 성립한다는 것이 밝혀지고, 이 식을 Gell-Mann, Nishijima 공식이

라 한다. 물론 발견된 많은 素粒子는 光子, 弱粒子族, 强粒子族으로 分類되고, 强粒子族은 中間子族과 重粒子族으로 두 部族으로 되어있다. 중성자와 양성자는 모두 중입자족에 속한다.

素粒子의 相互作用을 지배하는 법칙은 荷電(C), 空間(P) 및 時間(T)의 反轉에 대해서 不變이다 .이것을 CPT정리라 한다. 따라서 素粒子의 力學的體系는 未完成이지 마는, 量子力學, 相對論, 그리고 CPT不變性의 요구등은 이들 현상을 기술하는 기본이 되어 있다.

(3) Quark의 도입

1960년代에 접어들어 光子와 弱粒子는 素粒子이고, 强粒子는 素粒子가 아니고 內部構造를 갖는 複合粒子일 것이다라는 생각이 登場해왔다. 특히 $Q=I_3+(Y/2)$에서 하전량 Q가 I_3라 Y의 合으로 되어 있으니 內部構成子는 分類荷電量을갖일 것이라고 생각할 수 있다. 이렇게 강입자의 구성요소로서 착상된 것을 Quark라 하며(u,d,s,) 三種이 가정되었다. 이에 따르면, 중간자는 두개의 Quark, 중입자는 세개의 Quark의 複合體가 된다. 이것은 단순하면서도 강력한 실험적지지를 얻고 있음에도 불구하고, Quark자신은 아직 발견되지 않고(못하고)있다. 나아가 영원히 발견될 수 없는 存在라는 이론이 우세한 현실이 되어가고 있다.

(4) J/Ψ입자의 발견과 Charm

1974년 12월 미국의 두 연구소에서 新粒子 J/Ψ가 발견되었는데, 이 입자는 질량이 3.1Gev/e^2이고 수명이 10^{-20}초이다 .보통 질량이 이 정도이면 그 수명은 얼마나될 것인지를 오늘날까지 얻어진 경험과 이론에 따라 짐작이 가는 데이 수명은 예측되는 것보다 1000배나 길다. 즉 무겁고 수명이 긴 粒子가 처음 발견된 것이 새롭다는 내용인 것이다. 이같은 새로운 사실을 해명하기 위해서는 Quark를 하나 더 도입해서 Charm이라고 命名하였다. 즉 J/Ψ는 (Charm+反charm)($c\bar{c}$)의 속박상태라는 해석이 현재 가장 有力하며, 지난 여름에는 charm이 들어있는 중간자와 중립자가 각각 발견 되므로서 이 학설은 큰 지지를 얻고 있다. 이렇게 해서 Quark는 (u,d,s,c) 四種이 기본이다. 그러나 六種을 주장하는 학설도 완전히 排除할 수 없는 現實性이있다. 전자를 四元論 후자를 六元論이라 한다. 이들 Quark의 성질에는 三重性의 도입이 統計문제에서 요청되어 결국 강입자의 구조론은 三重四元論과 三重六元論이 있게 된다. Quark를 "種"으로 보고, 三重性의 식별을 "色"赤黃綠으로 表現하면, 三色四種說과 三色六種說이라고呼稱할 수도 있다.

(5) 統一理論에 대한 전망

오늘날의 素粒子는 光子, 弱粒子(四種) 및 Quark(四種 또는 六種)으로 歸着되어가고 있는 것 같다. 특히 四種의 Quark와 四種의 弱粒子 사이에 一定한 對稱性을 부여하면 弱力과 電磁力은 統合된다. 이 이론을 Gauge이론이라하며 이 論理를 强粒子의 경우까지 擴大適用시켜서完全한 통일이론을 만들고져하는 노력이 세계적으로 집요하게 진행 중에 있다.

統一論을 指向하는 接近法에는 Gauge이론만 있는 것은 아니고 "原物質"이론, Bag이론, String이론, Regge이론등 다양하기도 하다.

이 같은 情勢는 半世紀初 量子力學의 定立期에서의 情勢와 유사한 점이 많다. 즉 物質構造에 대한 우리 人間의 知見은 새로운 革新期에처하고 있는 것이다.

자연인식의 深化와 擴大는 人間의 自然制禦領域의 擴張을 뜻하고, 실험과 이론의 정묘한相補作用을 통해서 人間의 精神進化를 招來한다.

너도나도 기술배워 이룩하자 과학한국

양 자 화 학 의 발 전

카토릭대학 의학부 金 宣 洛

화학과 양자역학과의 관계를 기록한다는 것은 사실 무의미한 일이다. 왜냐하면 양자역학 그자체가 화학의 기본원리이기 때문이다. 1930년 Dirac "with the event of quantum mechanics, all of the basic physical laws which are required for the solution of Chemical problems are now known"이라고 하였다.

이러한 속단적인 표현에 대하여 여러 사람들의 반응이야 어떻든 간에 양자역학의 출현은, 1926년 Schrödinger의 파동역학이 정립된 이래 가장 놀랍고 풍부한 성과를 화학분야에서 거두게 되었다. 화학이란 물질에 관한 학문이다. 다시 말하면 물질의 구성과 특성. 반응결과로 생성. 소멸에 따른 모든 현상이 결합의 수단이 되는 전자라는 미립자의 작용으로 이루어지며 고전역학으로 다룰 수 없는 이러한 미립자를 양자역학의 출현으로 원자·분자의 수준에서 물질계를 다룰 수 있게 되었다. 2개의 수소원자로부터 수소분자가 생성하는 결합력의 설명에 성공한 Heitler-Londom이론은 왜 2개의 등극 원자간에 안정한 결합(δ결합)이 형성되는가 하는 문제를 해결하는 동시에 화학반응과 양자역학을 결합시킨 결정적인 계기가 된 것이다.

분자의 전자상태를 양자역학적으로 계산하는 방법인 분자궤도법은 모든 원자가 전자를 고려하는 반경험적 SCF와 ab initio라 부르는 비경험적 SCF법 등 새로운 방법으로 발전된 결과 2원자분자로부터 다원자분자로, 공액화합물로부터 포화화합물을 연구대상으로 하게 되고 전자상태의 계산이 가능하기 때문에 단순히 바닥상태에서 진행된다고 생각되는 열적반응으로부터 들뜬상태가 관계하는 광화학반응에까지 또 반응위치, 상태반응속도, 반응기구 등을 예언 또는 해석할 수 있는 이론으로 발전하게 되었다. 화학과 양자역학의 관계를 논하는데 있어서 Schrödinger와 Heitler, London 이외에도 Pauling, Mulliken, Van Vleck, Hückel, Bethe, Wigner, Pople, Dewar, Hoffmann, Couison, Higgins, Born Oppenheimer, Hirschfelder, Löwdin, Parr, Pullman 福井 등에 의하여 유기·무기반응, 생화학반응, 광화학, 촉매 및 착물, 반도체, 이온금속반응 질량분석 NMR 형광스펙트럼 및 용액반응에 이르기까지 양자역학의 힘으로 많은 문제의 해결을 보게 되었다.

양자역학에 의한 화학결합, 분자구조, 화학반응, 분자와 빛과의 상호작용과 그밖의 응용에 대하여는 省略한다.

分子生物學의 기원, 현황 및 전망

서울大 自然大 動物學科 河 斗 鳳

20세기 초까지의 生物學은 自然現象의 記載를 위주로 한 靜的인 학문 이었으나, 物理學과 化學에서의 分析手段의 발전에 따라 점차 解析的 科學으로서의 면모를 갖추기 시작하여 20세기 후

반에 들어서면서 모든 生命現象을 分子論的으로 설명하기 시작하였다.

生命現象을 分子의 수준에서 解釋하려는 分子生物學은 이제 遺傳의 대략의 機構를 物質의 바탕에서 解明하였고, 分化, 免疫, 記憶등의 現象에 대해서도 어느 정도의 成果를 거두고 있다. 이러한 成果들은 必然的으로 生命機械論 또는生命物質論의 論據를 더욱 더 鞏固히 마련해 주고 있다.

分子生物學的 立場에서의 生命物質論은 生物과 無生物은 物質의 存在樣式의 차이에 불과하다고 생각한다. 즉 물질은 그 組成이 극히 간단한 것에서 부터 複雜한 것으로 連續的으로 존재하고 있어서 하나의 連續線으로 간주할 수 있다 이 연속선에서 組成이 간단한 極은 無生物로서의 物性을 나타내고 반대로 극히 복잡한 쪽의 極은 그 물질의 組成으로 말미암아 生命現象이라는 一見特殊한 現象이 必然的으로 나타난다. 이 兩極端만을 보면 生物과 無生物사이에는 뚜렷한 差異가 있어 보이나 그 中間에는 무수히 많은 移行段階가 존재하고 있어서 生物과 無生物은 連續的인 存在라고 생각하고 있다.

그리고 이 物質論에 立脚하여 現今의 分子生物學은 生命의 人口合成, 精神活動의 分析까지 試圖하고 있고 部分的으로는 達成되고 있다고까지 할 수 있다. 여기에 隨伴하여 人類의 장래에 分子生物學이 어떤 영향을 미칠 것인가 하는 문제가 抬頭되고 있다.

오늘날의 生命觀, 倫理觀, 社會構造등은 근본적으로 바뀌어지지 않으면 안될 것이다. 人類가 이러한 變革에 對處할 수 있는가 하는 문제는 人類 全體가 深刻히 생각해야 할 課題일 것이며 그러기 위해서는 生物學을 포함한 모든 科學이 大衆化되어야 한다고 생각된다.

量子力學이 社會科學에 미친 影響

서울大 經營大 尹 錫 喆

17世紀 後半에 Isaac Newton이 微分學과 Principia를 발표한 以來 約 200餘年 동안 自然科學은 勿論 社會科學의 諸領域에까지 그 影響이 至大했다고 본다. John Locke나 David Hume 같은 哲學者들도 그들의 理論體系形成에 Newton의 影響이 컸음을 시인하였다.

이러한 雰圍氣 속에서 社會現象의 分析 특히 經濟學分野에 微分槪念과 力學槪念이 들어간 限界分析(Marginal Analysis)技法이 風靡한 것은 理解할만하다.

특히 靜態分析(Static Analysis) 動態分析(Dynamic Analysis) 靜態的均衡點(Static Equilibrium) 等의 槪念은 다분히 Newton 力學的 體臭를 풍기고 있다고 하겠다. 또 한편 Newton 力學的 自然觀은 어떤 意味에서 因果論的 假說을 社會科學分野에 던져주었고 이것은 決定論(Determinism)을 밑받침해 주었다. 즉 어느 時刻에 어느 粒子의 狀態(位置, 速度, 그에 作用하는힘 등)을 알면 그 粒子의 未來의 狀態를 예측할 수 있다는「信仰」과, 온 宇宙가 그러한 粒子로 構成되어 있다는 自然觀이 合流하여 그러한 決定論이 社會科學의 여러 分野에 澎湃되어 있었다.

그러나 今世紀에 접어들면서 量子力學의 登場과 더불어 1927年 발표된 W. Heisenberg의 不確定性原理(Uncertainty Principle)는 自然科學分野에 충격을 준만큼 社會科學分野의 基本哲學乃至 假說에 衝擊을 주었다. 이 不確定性原理가 비록 Planck의 常數, h가 無視될 수 없는 微視世界에서 意味를 갖는다고는 하지만, 이것이 自然의 基本法則의 하나인 以上 自然觀에 變遷이 와야 했고 因果律(Causality)에 修正이 와야 했기 때문이다. 이 量子力學의 原理에 의하면 어느粒

子의 位置와 速度를 同時에 엄밀하게 規定한다는 것조차도 不可能하다. 예컨대 抽象化시켜 생각해 본다면, 嚴密히 固定되어 있는 「銃」으로부터 스크린에 「銃彈」을 發射할 때 第一彈이 맞은 자리에 第二, 第三彈이 맞아야 하는 것이 古典的 自然觀이었다면 量子論的 自然觀은 「原因의 世界」에 책임이 없이도(즉, 銃의 固定性에 아무런 變動이 없이도) 「結果의 世界」(즉 銃彈이 맞는 位置)에 期待치 않은 變動이 確率的으로 가능하다는 것을 認定하게 하는 셈이다.

이처럼 原因의 世界에 責任이 없이도 結果의 世界에서 책임져야 할 變異가 가능하다는 풀이는 因果論의 기본 假說을 흔들어 놓은 셈이다. 그리하여 종래 絕對的 必然性(Absolute Inevitability)의 가정 위에 서 있던 社會科學의 여러 理論이 統計的 確率性(Statistical Probability) 위에 기반을 改造해야 했고, 이제 人間의 意思決定은 所謂 統計學에서 말하는 알파(α)에러 혹은 베타(β)에러를 甘受해야 할 宿命을 지니고 있는 것으로 생각해야 하게됐다. 具體的으로, 古典的 豫定論에 立脚한 實證經濟學(Positive Economics)의 基盤이 弱해진 것은 이의 한 例이다.

現代物理學과 哲學

梨花女大 哲學科 蘇 興 烈

(1) 古代 희랍의 自然哲學者들은 哲學者이면서 科學者였다. 그들의 관심문제는 철학적이면서 과학적인 문제였는데 철학적으로 말하자면 그것은 形而上學的 문제였다. 이 宇宙에 實在하는 모든 것의 基本이 되는 것은 무엇인가? 自然現象의 모든 변화는 어떻게 일어나는가? 그러한 변화의 원리는 어떤 것인가?

이런 문제에 대한 해답은 人間의 관찰과 직관을 통하여 얻을 수 있는 자료를 바탕으로 한 추리에 의존할 수 밖에 없었기 때문에 여러가지 상반되는 견해가 난립하지 않을 수 없다. 결국 그들중에서도 철학적인 경향을 가졌던 사람들이 人間의 認識能力과 知識의 根據에 관한 문제를 제기함으로써 自然哲學에서 떠난 哲學자체의 문제영역으로 방향을 전환하게 되었던 것이다. 프로타고라스의 말처럼 "人間이 萬物의 尺度"라고 생각한 그들은 人間의 마음 속에서 철학적 문제의 해답을 구하기로 한 것이었다.

(2) 르네쌍스를 거쳐 近代科學이 발전해감에 따라 철학은 과학적인 관찰과 실험의 결과며 과학적인 理論의 영향을 받기 시작했다. 뉴턴의 古典物理學이 科學의 세계를 지배하는 시대에 이르자 철학도 그러한 과학의 영향을 받게되었으며 지난 세기까지 철학계를 지배해 온 여러가지 철학사상들 중 가장 과학적이었던 사상은 機械論的 唯物論이 되었다. 이것은 이 우주의 만물을 이루고 있는 기본 단위를 粒子라는 物質로 보았으며 자연의 모든 변화는 기계적인 因果關係에 의해서 일어난다고 보았다. 따라서 모든 사건은 因果律에 의해서 決定되어 있으며, 因果律에 관한 인간의 지식만 충분히 확장된다면 어떠한 未來의 事件도 예측할 수 있으리라는 믿음을 갖게된 것이다.

(3) 古典物理學의 한계를 명백히 드러내준 現代物理學의 혁명은 "절대시간"과 "절대공간"의 개념을 포기하게 했으며, 기계적인 因果作用"이 적응되지 않는 자연현상의 세계가 있음을 밝혀주게 되었다. 그뿐만 아니라 粒子로서의 物質의 기본단위에 대한 관념도 수정되고 보충되지 않으면 안된다는 것을 입증해 주게 된 것이다.

이러한 現代物理學의 혁명은 철학에서의 唯物論對 唯心論 또는 觀念論의 논쟁, 그리고 決定

論對 自由意志論의 논쟁을 다시 불러일으키게 되었다.

(4) 절대시간과 절대공간을 떠돌아다니는 궁극적인 物質로서의 粒子의 存在가 불확실하게 되자 모든 存在의 근원을 精神的인 實體에서 찾고자 하는 사상이 대두되기도 했다. 그러나 物質이라는 개념보다도 精神이란 개념은 더욱 모호하다. 그렇다고 物質과 精神의 二元論이 성립될 수 있을 것 같지도 않다. 오히려 精神現象과 物理現象의 구별마저도 人間的인 경험능력의 한계성 때문인 것으로 보고 精神現象을 대상으로 하는 心理學이나 社會學도 궁극적으로는 生物學과 物理化學으로 還元될 수 있을지 모른다는 物理的一元論의 입장이 더 설득력 있는것 같기도 하다.

(5) 決定論과 自由意志論의 논쟁에서도 기계적인 因果關係가 성립되지 않는다고 해서 Blind Chance라는 뜻에서의 偶然이 지배하는 자연과 그러한 자연 속에서의 人間의 自由意志를 절대시하려는 입장은 너무 성급한 결론인 것 같다. 확률적이긴 하지만 자연현상에는 어떤 질서가 있다. 또한 우리가 관심의 대상으로 하는 사건의 단위를 어떻게 잡느냐에 따라서 더 높은 확률의 질서를 발견하기도 하고 덜 높은 확률의 질서를 발견하기도 한다. 어떤 자연현상에 있어서는 거의 기계적인 因果作用이 성립된다고 할 수 있을 정도로 우연적인 요소가 무의미하게 되기도 한다. 그렇다면 "因果的 偶然"이라든지 確率的因果"라는 개념으로 因果關係를 다시 이해하는 것이 더 합당한 태도인지도 모르겠다.

(6) 現代物理學 내지 現代科學은 아직 새로운 形而上學이나 새로운 宇宙觀 또는 自然觀을 형성하게 할만한 확실한 근거를 마련해 주지 못하고 있다. 그러면서도 과학적인 발전의 방향이라든가 그러한 발전을 가능하게 하는 과학적 탐구의 방법에 대해서는 거의 절대적인 신임을 갖게 해 준다. 우리 인간이 자연현상에 대하여 얻을 수 있는 지식이라면 현재와 같은 과학적인 방법에 의해서 축적되어 가는 과학적 지식이 최선의 것이라는 생각을 하게 한다. 그러므로 認識論에 관심을 갖게 된 철학은 이제 "人間이 萬物의 尺度"라는 말의 뜻을 더 정확하게 알기 위해서도 現代物理學에 깊은 관심을 갖지 않을 수 없게되었다. 이러한 관점에서 생겨난 것이 오늘의 科學哲學(Philosophy of Science)이다. 古代 희랍의 自然哲學에서 하나로 시작했던 과학과 철학이 오랜 세월의 결별을 청산하고 科學哲學이라는 새 언약으로 다시 만나서 하나를 이루게 된 것이다.

蘇聯의 칼러 TV方式 轉換考慮로 佛蘭西가 안절 부절

1980年의 올림픽은 蘇聯의 모스크바에서 開催되기로 되여 있는데 그 TV의 國際放送에 使用될 方式이 佛蘭西의 SECAM에서 獨逸의 PAL로 轉換 될지도 모른다. 萬一 이렇게 된다면 그 影響은 매우 커지며 佛蘭西로서는 威脅이 아닐 수 없다.

알려진바와 같이 칼러方式에는 美國의 NTSC와 유우럽에서는 佛蘭西와 獨逸의 兩方式이 있고 技術的으로는 PAL이 SECAM보다 優秀한 것으로 알려져 있다. 故 드골大統領이 政治的으로 蘇聯에 販賣하여 東歐圈이 이에 따랐다는 뒷이야기다.

유우럽에서 칼러 TV方式을 어느쪽으로 할 것인가를 아직도 決定하지 않고있는 나라는 佛蘭西의 隣接國인 스페인 뿐이다. 萬一 蘇聯이 PAL로 轉換한다면 스페인도 그렇게 할 것이고 가까운 장래에 東歐圈도 그에 따르지 않을까 하고 佛蘭西는 SECAM防衛에 초조해 있다.