

표현이었다고 보아 마땅하다. 사회 및 인간에 관한 그의 사상은 그의 주된 학문적 활동의 내부에 잠재되어 있었으나 전체적인 그의 사상은 하나의 통일과 균형을 유지하고 있었다.

아인슈타인의 사회사상은 어떻게 노출되었는가?

아인슈타인의 사회사상은 그가 물리학분야에서 역사적인 업적을 이루고 난 후 하나의 석학으로서의 사회적 발언의 기회를 통하여 노출되기 시작했다. 이러한 의미에서 그는 전문적인 사회의 활동가(activist)들과는 다르다. 그러나 그는 자신의 발언이 사회에 긍정적 영향을 주리라고 생각할 때에는 어떠한 발언도 주저하지 않았다. 그의 최초의 공격목표는 억압과 강제, 그리고 살육을 자행하는 군국주의였으며 독일의 나치정권이 그의 최대의 적이었다. 그의 사상은 대체로 이상주의였으나 정치문제에 있어서는 매우 현실적인 판단과 처방을 내렸다. C. P. Snow의 견해에 의하면 나치정권에 대한 그의 판단은 당대 유럽의 지도적 정치가 누구보다도 신속했으며 정확했다고 한다. 그는 초국가적인 평화주의자였지만 나치즘에 대해서는 국가주의마저 동원하여 무력으로 분쇄해야 한다는 주장을 서슴치 않았다. 이차대전 이후에 그는 곧 평화주의로 되돌아와 하나의 현실적인 처방으로 <세계정부>를 제안하였다. 그가 핵무기의 공포를 역설한 것은 이를 통하여 국제평화를 촉진시키는 방편에서 나온 듯하다.

아인슈타인의 사회개혁사상이 내포한 의미는 무엇인가?

그의 사회사상의 핵심은 사람은 누구나 가치있는 생애를 자유롭게 추구하며 살아갈 수 있어야 하며 사회제도는 이를 최대한으로 보장하는 것이어야 한다는 것이다. 어떠한 이념이고 목표이든간에 여기에 크게 상치되는 경우에는 마땅히 제거되어야 하는데 이러한 것의 대표적인 것으로서 그는 국가 및 민족적 편견을 지적하였다. 그러나 그는 어떤 이상적인 체제가 존재한다고 믿지 않았으며 오직 좀 더 나은 것으로의 개성이 가능하며 또한 이러한 노력을 해야 한다고 보았다. 그리고 그는 주어진 상황 속에서 현실적인 방향을 제시하는 데 주저하지 않았다.

아인슈타인의 사회사상은 어떠한 의의를 가지는가?

첫째로, 객관적 관찰자로서의 아인슈타인의 의의가 강조되어야 한다. 그는 어느 누구보다도 전통이나 관습에 매이지 않고 편견이나 이해에 얽힐 이유가 없었던 사람이며 물리학적 사고에서 입증된 바와 같이 매우 엄격한 비판적 관찰을 할 수 있었던 사람이다.

둘째로, 그의 사상은 창의적인 사색과 깊은 경험 속에서 울어나온 것이며 조화된 인간 속에서 다듬어진 것이다. 사실상 그는 우리 세대가 가졌던 가장 독창적인 사상가의 한 사람이다.

그의 사상은 인류역사에 어떠한 영향을 남길 것인가?

그의 사회개혁사상은 많은 성과를 거두었다고 보기 어렵다. 특히 이차대전 이후의 그의 외침은 많은 사람들이 귀를 기울이지 않았을 뿐 아니라 적지 않은 반발을 받았다. 아인슈타인 사상의 아이러니는 그가 현실적인 주장을 할수록 사회는 그를 비현실적인 것으로 배격하였다는 점이다. 이는 사회가 그의 주장을 받아들이기에는 너무도 깊은 편견에 묻혀 있기 때문인 듯하다. 그의 사상은 거의 투명한 물리학이론들조차 학계에 납득되기까지 많은 시일을 요하였다. 사회적 편견은 물리학적 편견보다 더욱 뿌리가 깊으며 교정되기 어렵다. 그러므로 그의 사상이 사회에 납득되기 위해서는 수세대 또는 수 세기가 요할지도 모른다. 그러나 그는 쉽게 잊혀지지는 않을 것이다. 그의 위대한 물리학적 업적이 <인간 아인슈타인>에게 계속적인 주의를 불러 일으켜 줄 것이기 때문이다.

第22回 全國歴史学大會

科学史部会

1979. 5. 26

Maya blue에 대하여

서울대 科学教育科(化学) 李泰寧

南部 멕시코 Yucatán半島의 Chichén Itzá地方에所在한 Maya文化 遺跡地에서 翡翠色을 띤 特異한 青色顔料가 Carnegie研究所의 Merwin에 의해 1931년에 発見된 바 있었다. Merwin은 이 青色顔料의 本性을 究明치 못한 채 一種의 無機質 같으며, 粘土鉱物의 하나인 Beidelite와 비슷하다고 記述하였다. 한편 같은 해에 Harvard大學의 Tozzer가 Merwin의 이 青色顔料와 類似한 古代멕시코 그림의 青色顔料를 Smithsonian Institution의 Freer Gallery of Art의 研究員이며 古代顔料專門家인 Getterns에게 보내서

分析鑑定을 依頼한 바 있었다. 그러나 이 顔料은 이집트, 유럽이나 아시아의 古代 및 中世繪圖 中에서는 아직껏 使用된 바 없는 未知의 新種顔料임이 確認되었다.

이것은 洋의 東西를 不問하고 넓게 使用되어온 群靑(ultramarine, 즉 粉碎한 lapis lazuli나 lazurite)이나 銅藍石(Azulite)도 아니었으며 그가 蒐集한 萬餘種의 顔料 中の 어떠한 靑色顔料도 이와 비슷한 性質을 가진 것은 없었다.

이 顔料은 顯微鏡觀察時 Canada balsam과 接觸되면 물감처럼 번지는 것 같았으나, 그렇다고 植物性의 물감이나 顔料 같지는 않다고 Getterns는 報告하였다. 그후 Getterns는 Tozzer로부터 이 顔料과 비슷한 靑色이 칠해진 작은 壁片과 흙조각을 寄贈받아 이 神祕스러운 靑色의 成分을 물고자 努力을 傾注해 왔었다. 그후 1942년에 Getterns와 Stout는 이 未知顔料에 "Mayan blue"라는 名稱을 붙였다. 이 <마야 블루>는 오로지 마야人和 南部멕시코 地方 및 그들과 이웃하는 部族들에 의해서만 使用되어온 비취색, 하늘색의 안료로서 다른 칠들과는 달리 얇은 薄狀으로 塗布된 듯한 樣相으로 發見되고 있는 것이 特徵이었다. 二次大戰後 1947년에 Carnegie연구소의 Pollock이 Bonaupak Chiapas란 마야地方에서 그 前년에 얻은 A. D. 1200년대 것으로 推定되는 壁畫의 靑色顔料이 마야 블루임이 Getterns에 의해 鑑識됨에 따라서 貴重한 試料源을 얻게 되었다. 이로 因하여 몇가지 物理的 性質을 알아내는 데 도움이 되었다. 그후 1954年 Harvard大學의 Peabody 博物館 考古學發掘隊에 의해서 Chichén Itzá 神殿에서 얻은 土器香奩에서 Maya blue와 비슷한 試料이 提供되어 分光分析 및 X線回折 實驗을 可能케 하였으나, 土器의 粘土成分 外에는 어떠한 情報도 얻을 수 없었다.

한편 Freer 博物館 研究員인 E. West는 Maya blue에 對한 X線回折分析結果로부터 粘土成分으로 Attapulgit에 섞여 있음을 알아냈다. 그러나 이 Attapulgit란 粘土鉱物이 果然 顔料의 成分인지 顔料의 擔體인지 또는 素地의 成分인지 알 수가 없었다.

Attapulgit는 美國의 Georgia 南部地方에서 Florida州에 걸쳐 分布된 Polygorskite type의 粘土鉱物로서 1935년에 Lapparent에 의해 주어진 이름으로서 (H_2O) , $(\text{H}_2\text{O})_2 \text{Mg}_5\text{Si}_4\text{O}_{20} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 의 組成을 하고 있으며 이중의 Mg의 一部가 Al으로 置換되고 있으며, 그외에 約 1~2%의 酸化칼슘(CaO)과 2~3%의 酸化第2鉄(Fe_2O_3)와 0.2%의 酸化第1鉄(FeO)이 普通 混在되고 있

다고 한다.

1958年 카네기財團의 Ceramic Technological Laboratory의 Sheppard는 1956~7年 Yucatán의 Mayapan에서 求한 Mayan blue에 對한 光學的 性質과 熱處理에 따르는 性質 등을 調査한 후 顔料中에 微量의 有機化合物成分이 혹시 混在되어 있을 可能性이 있지 않을까 하는 假說을 提案하였다. 그는 또 Cozumel島에서 얻은 壁畫試料을 調査한 후 다음과 같이 記述하고 있다. 「壁土가 混入하지 않도록 操心해서 굵어낸 試料에서 3.5~10 μ 크기의 작은 方解石 등 粒子들로 構成되며, 그中에 靑色을 띤 粒子들이 混在하고 있는 點으로 미루어 靑色顔料에다 石灰를 섞어 色調를 연하게 한 것 같으며, 이 靑色物質은 크기와 모양이 고르지 못한 덩마부스러기 같이 보인다.」

Sheppard는 Du Pont會社 研究室의 化學者인 Gottlieb과 더불어 Maya blue가 有機染料과 粘土와의 複合成分이 아닐까 하는 假定 아래 여러가지 溶媒를 使用하여 有機染料를 抽出하고자 試圖했으나 成果없이 아무것도 抽出해 낼 수 없었고 다만 未知의 새로운 無機顔料일 것이라는 Getterns의 無機質說에 맞서서 有機粘土 complex일지 모른다는 假說을 提案하였다. 1962年 American Antiquity 投稿를 通하여 Getterns는 古代顔料 中 물리지 않은 課題로서 Maya blue 研究에 關한 綜說을 發表했으며 Sheppard 등도 거의 때를 같이하여 充分한 샘플을 얻을 수 있든가 어떤 새로운 information이 없는 限 풀 수 없는 수수께끼라는 報告들을 發表하였다. 때마침 筆者가 New York大學의 Conservation Center에 있을 때의 일이었다.

이 두 論文은 筆者에게 非常한 興味를 喚起시키게 되어 이 問題 解決을 위한 實驗에 着手하게 되었다. Getterns에게서 試料 小片을 얻을 수 있었으나 實驗材料로서 適當한 量이 못되어서 New York에 있는 Museum of Natural History에 있는 民俗學者인 Ekholm博士의 好意로 少量의 試料採取를 許容받게 되었다. 約 200mg정도의 試料을 조그만 Maya土偶의 목걸이 구슬에 칠해 있는 靑色칠을 바늘을 사용, 표가 나지 않게 採取하여 研究材料로 삼을 수 있었다. 이렇게 얻은 試料은 素地에 흙이 大部分이고 靑色顔料은 매우 얇은 薄層으로 表面을 덮고 있었다.

이미 報告되었던 性質 中 光化學的 性質에 있어서 屈折率은 $n=1.54\sim 1.55$ 로 이 값은 顔料 中에서는 작은 數值였다. 그리고 弱하긴 하지만 birefracting하며 翡翠色에서 綠靑色에 걸치는 pleochroic한 性質을 띠고 있었다. 한편 化學的인 安定性은 매우 強하여 現

代的 代表的 靑色 顔料인 Phthalocyanin blue 以上으로 堅固하였으며 끓는 HNO_3 에 安定한 것은 勿論, 耐熱性도 近 300°C 에 이르기까지 安定하여서 色이 徐徐히 靑色에서 灰色으로 褪色되었으며 진한 염산과 15分間 끓여도 變化가 없고 王水 處理에서도 건디며 5%苛性소다 용액, 過酸化水素, 진한황산 存在 下에서 100°C 에서 30分間 處理해도 變化를 觀察할 수 없었다 하며 耐光性도 卓越하여 日光 曝射 下에서도 褪色됨이 없었음이 알려지고 있다.

筆者는 Maya文化遺跡地 近傍에서 発堀蒐集되었으며 그 本性이 究明되지 않은 靑色顔料에 對한 考古學文獻들을 調査하였다. 本性을 모르는 Maya blue는 그것을 鑑定할 수 있는 評價基準이 模糊하기 때문에 이것을 처음으로 規定한 Getterns에 있어서도 色調가 다르든가, 기타 性質에 사소한 差가 있어도 同定은 어려운 일이었다. 하물며 試料가 없는 発堀記録만 가지고는 判斷할 수 없는 일이다.

筆者는 재미있는 事實 한가지를 歸納할 수 있었다. 즉 웅달진 発堀現場이나 어두운 濕氣 있는 곳에서 觀察된 記録物들에서 靑靑色 顔料의 壁面나 칠에 關한 것이 散見되었으나 Maya blue의 獨特한 하늘색 色彩에 關한 것은 볼 수 없었다. 혹시 Maya blue가 偶發的 所産物이 아니고 Maya人이 常用한 固有의 顔料라고 하면 그토록 稀貴한 存在가 아닐 것이며 遺跡地 壁面 靑色顔料中에는 반드시 Maya blue가 넓게 分布될 것이라고 생각되었다. 그러면 Maya blue가 웅달에서는 어두운 光線의 效果 때문에 靑靑色으로 보이는 것일까? 또는 濕氣의 影響 때문에 翡翠色이 靑靑色으로 보일 可能性은 없겠는가?

筆者는 屈折率이 매우 작은 点, Canada balsam 에 번지는 性質, pleochroism을 갖는 性質 등으로 미루어 有機化合物의 關與와 有機化合物 分子가 均一하게 配向하고 있는 證據로 解釋할 수 있었다. 즉 有機色素分子가 Attapulgit 粘土表面에 吸着配向하고 있을 可能性을 檢討하고, 翡色과 靑靑色과의 關係를 풀기 위한 實驗에 着手하였다. Getterns로부터 寄贈받은 土器片의 Maya blue가 水分存在 下 光線 下에서는 可逆的으로 變하는 事實을 把握하게 되었다. 즉 水分存在 下에서 어둠에서는 帶靑綠의 玉色으로 變하였다가 光線照射 下에서는 아름다운 玉色으로 變함을 觀察하였다. 따라서 記録物 中에 散見되는 靑靑色 顔料들 中에는 'Maya blue'도 있을 可能性이 커졌다.

그리고 黃酸, 窒酸 中에서도 外見上 變色이 안 된다는 事實도 外見上에만 色의 變化가 없을 뿐, 實質

的으로 變化의 可能性도 있었다. Sheppard 등의 抽出失敗는 有機顔料가 粘土分子와 結合을 함으로써 非可能性이 됨을 實驗結果 알 수 있었다.

強酸 中에서 유기 染料分子는 安定하므로, 플루오르 化素酸에 Maya blue를 溶解시킨 바 놀랍게도 藍色溶液이 招來되었다. 이 微量의 藍色용액을 유리毛細管에 옮기고 클로로포름이 담긴 다른 毛細管을 맞대어 클로로포름層에 靑色物質을 抽出해 내었다. 約 15μ 의 이 靑色物質의 紫外 및 可視部의 電子吸收스펙트럼을 Carry 14 spectrophotometer로 얻었다. 檢討한 結果, 豫期치 않게 藍의 成分인 indigo임을 알게 되고, 赤外線 吸收스펙트럼 등으로 確認할 수 있었다.

眞空 및 水素零閉氣 中에서 200°C 까지 加熱하면서 IR spectrum(MgO window)의 變化를 檢討한 結果와 示差熱分析(Differential Thermal Analysis) 등에 의해 Indigo가 Attapulgit과 反應하여 이루어진 organo-clay complex가 바로 Maya blue임을 알게 되었다. 普通 indigo는 固体에서 分子內에 水素結合을 通해 trans配置를 하고 있으나, Maya blue에서는 일부가 熱力學的으로 不安定한 cis 異性質體로 變한 狀態에서 窒素原子가 粘土分子와 一種의 電子주게-받게 分子化合物(electron donor-acceptor complex)을 形成함을 立証할 수 있었다. 이 分子化合物의 色이 바로 日光 下에서 볼 수 있는 Maya blue의 色이며 暗所에서 (특히 溫氣存在 下에서 速하게) 서서히 熱力學的으로 더욱 安定한 trans-型의 分子化合物로 變한다. 이때 吸收스펙트럼은 長波長部移動하면서 色이 진해진다. 즉 吸光係數도 深色效果(bathochromic shift)와 더불어 커진다. 이 事實은 cis-indigo와 Attapulgit로부터 合成한 化合物에서는 Maya blue의 모든 性質을 가지나 trans型에서는 그렇지 못하다.

한편 trans-indigo를 熱處理함으로써 cis 異性化와 더불어 安定한 complex가 形成될 수 있었다. 아마 마야인의 發明도 indigo産出植物(約 280餘종이 알려져 있음)이 Attapulgit에 接觸되어 形成된 藍色粘土를 土器 등에 바르고 加熱의 機會에 劇的인 色調의 變化로부터 發明의 실마리를 갖지 않았나 생각된다. cis-trans間 可逆的인 分子配置의 變化는 最近 開發된 photoacoustic spectrometer 에 의해서 筆者가 最近에 確認할 수 있었다.