物理學과 電氣 및 電子工學

羅 正 雄
韓國科學院, 副教授

1. 序 論

物理學과 電氣 및 電子工學의 關係를 생각하기 전에 科學과 工學의 差異點을 생각해 보는 것이 자연스러울 것 같다. 科學을 知識을 擴張하기 爲한 努力으로 본다면 工學이란 問題를 푸는 努力으로 볼 수 있을 것 같다. 이렇게 볼때, 科學이 自然現像을 對象으로 한다면 工學은 科學의 知識뿐만 아니라 社會的인 要因, 人間的인 要因 및 經濟的인 要因을 더 考慮하여야 할 것이다.

最近까지도 工學이란 그 知識은 科學에 寄生하는 것으로서 科學分野에서 가져오지 않은 工學만의 知識의란 없는 것으로 간주되어 왔다. 이에 對照되는 見解로는 科學과 工學의 關係가 對稱的이며 寄生보다는 共生的이어서 工學만의 體係的인 知識이 세워지고 있다고 주장한다[1].

特히 '科學 集約的'이라고 불리워지는 電子工學과 物理學의 相互 聯關性을 생각해 보는 것은 上記 두 分野의 연관성 이해에 도움이 될 것이다. 그러나 科學과 工學의 特性과 그들의 關聯性의 理解가 國家的인 財源의 投資 配分을 어느 方向으로 하여야 하겠는가라는 問題와 결부된다고 볼때 이 두 分野의 聯關性 硏究는 대단히 중요하다고 생각된다. 筆者의 限定된 見識으로 어떠한 結論을 내린다는 것은 무리이며 따라서 이 問題에 關한 몇 사람의 歷史的인 觀察을 소개하는데 그치려 한다. 對히 美國의 電氣·電子工學과 物理學의 發展에 있어서의 연관성, 그리고 電氣·電子工學 敎育의 變遷을 살펴봄으로써 이들의 關聯性을 부각시켜 보려 한다.

2. 美國의 物理學과 電氣 및 電子工學

歷史的으로 美國의 物理學은 美國의 電子工學의 發展과 竝行함을 볼 수 있다. 美國의 科學은 유우롭에서 건너와 시작되었다. 美國의 科學이 世界的으로 發展되게 된 것은 電氣·電子工學이라는 새로운 技術이 시작되었던 1896년이 그 轉機를 이루었다고 보아진다[2]. 그후 科學 또는 物理學의 發展은 電氣·電子工學의 發展과 區別하여 생각하기 어려울 정도로 긴밀한 연관성을 가지고 있다고 볼 수 있다.

美國 物理學은 1970年경의 Benjamin Framklin (陽陰電荷) 및 電磁氣 發論 및 그 實際應用에 공헌한 Joseph Henry (1797-1878)에서 시작되었다[3]. 1870-1900年代의 美國物理學은 電氣 標準이 必要한 産業界의 要求에 응하여 精密測定을 目標한 Hanry Rowland, 그리고 Albert Michelson에 依해 世界水準에 올라설 轉機를 마련하였다. 特히 精密測定器機 및 實驗物理는 얼마동안 美國物理學의 特技가 되었을 정도로 발전되어갔다.

또한 Alexander Graham Bell의 電話器의 發明(1876), 그리고 電力工業이 直流로부터 交流로 바꾸어지던 기간이었다.

이 시기가 美國의 例外的인 發明家 Thomas Edison의 時機이기도 하다. 그때의 技能中心의 工學이 Edison効果에 의해 잘 표현된다. 1880年 탄소 필라멘트를 사용한 白熱燈에 도 한개의 電極을 삽입할 때 이 電極에 電流가 흐름을 發見, 特許까지 내었으나 그것이 電磁波 傳播에 依한 電流였음을 몰랐었으며, 새로운 '에테르力'을 發見한 것으로 믿었다[2]. 이 實驗이 Hertz보다 數年 앞섰으며 이 現象은 Fleming(英國)의 二極管의 發明(1904)과 Lee de Forest의 三極管과 이를 이용한 增幅器의 發明(1906)을 가져오게 되었다 稀代의 發明家인 그이지만 技術에 공헌할 수 있는 物理學의 眞價를 이해하지 못한 것 같다.

理論的인 面에서 電磁氣 理論等 美國은 유우롭에서 배워왔다. 물론 工學的 面에서도 一次世界大戰까지 美國은 유우롭에서 배워왔었다. 그러나 1,900年代에 들어와서 産業界의 研究所들이 생기면서 物理科學과 電子工學은 크게 成長하게 되었다. 1913年 Langmuir는 電壓과 空間電荷電流의 關係式을 確立했고, 電子管內의 眞空度를 높임으로써 초기電子工學의 基般인 電子管을 實除利用 可能케 한 공로자가 되었다. 그 당시 Irving Langmuir 및 Arthur Compton을 비롯한 全美國 科學者의 1/5이 General Electric 社 研究所等 産業界 會社의 研究所에서 研究하였다는 사실은 괄목할만 하다[3]. 精密實驗爲主의 美國 物理學이 産業界에 必要한 各種 計測器, 電子部品의 發明等에 공헌하게 되었으며 이들이 모두 좋은 大學校에서 科學分野의 Ph.D.를 획득한 者들이었음은 特記할 만하다.

1940年代에 들어와 世界 第二次大戰을 前後하여 centimeter代의 波長을 使用하는 radar의 研究開發은 電氣·電子産業界 및 敎育界에 커다란 變化를 가져왔다. 이 radar 開發을 爲해 發足된 MIT Radiation Laboratory는 모두 젊은 物理學分野의 Ph.D.들로서 구성되어있었다.

그 以前의 工學敎育이란 건축, 土木, 機械分野의 것으로 주로 handbook을 볼줄 알고, 그에 準한 설계교육이었다고 한다. 뒤에서 記述하겠지만, 이때부터 電氣工學 課程에 基礎科學 科目이 重要視되어 포함되기 시작하였다[4].

二次大戰後 美國의 電子工學을 눈부시게 발전시킨 分野로 세가지를 꼽는다면 1) 電子 計算器 2) 遠距離 飛行 測定裝置(flleight telemetry) 및 3) 텔레비죤을 들 수 있다고 본다. 1)과 2)의 分野는 主로 大學의 研究室이 中心이 되어 發展된 반면에 3)은 産業界의 研究室이 中心이 되어 發展시켰으나, 이 역시 戰前後의 Ph.D.들이 主로 참여한 結果인 것이다. 1)은 University of Pennsylvania와 Harvard Univ.를 中心으로 그리고 2)는 M.I.T. 및 Caltech을 中心으로 발전되었다.

1945年 以後의 美國 電子工學은 主로 美國의 科學的 發見의 産物이라 해도 過言이 아닐 것이다. Bell Lab.의 Transistor發明, 電子計算器의 發展 및 量子電子工學에서 그 例를 찾아 볼 수 있을 것 같다.

1945年 Bell Lab.에서 W.B. Shockley와 John Bardeen은 半導體 薄膜層에서 强電界効果의 實驗에 실패하게 되었다. 이 現象을 이해하기 爲하여 좀더 基本的인 問題인 表面 現象을 연구하기로 하였다. Shockley는 이러한 過程을 '實際應用되는 問題中 科學的인 側面을 重要視하는 것'이라 불렀으며, 이는 創造의 原理로서 그 당시 産業界 研究所에서는 이러한 研究態度가 잘 받

아드려지지 않았다고 한다[2]. 다른 동료들의 電話器에 關聯된 좀더 實際的인 硏究를 하라는 주장에도 불구하고, 택한 그 基本的인 硏究를 爲해 實驗科學者인 W.H. Brattain은 後에 點接合 트랜지스터가 된 형태의 實驗裝置를 만들게 되었으며, 이 裝置는 원래 해결하고저 하는 目的은 달성치 못했으나, 새로운 裝置인 트랜지스터 効果의 發明을 초래했다[5]. 이들은 이 功績으로 1956年 Nobel 物理學賞을 받게 되었으며, Bell Telephone Laboratories는 이름중 電話를 의미하는 telephone을 빼고 Bell Laboratories로 부르게 될 정도로 基礎科學을 重要視하게 되었다. 이 基礎硏究는 現代의 半導體 電子工學을 낳게 되었으며, 이의 應用은 비교적 빨리 이루어져 라디오, 텔레비죤에 使用되는가 했더니, 이제는 半導體 단독응용인 集積回路(Integrated circuit) 그리고 콤퓨터 및 宇宙通信等 使用되지 않는 分野가 거의 없을 정도이다.

電子式一數一計算機(electronic digital computer)는 工學的인 應用 目的으로 開發된 部品(punched card는 패턴을 짜거나 호구조사계산 목적이었음)이 포함되지만, 基礎科學의 공헌이 主가 되어 발전된 것임을 볼 수 있다. 몇 사람의 數學者들이 數, 特히 數表의 計算을 機械化하기 爲하여 始作되었다.

Harvard大學의 物理學者 Howard Aiken은 1939-1944年에 非線形 微分方程式의 解로서 多項式 展開를 爲해 Mark I Automatic Sequence Controlled Calculator를 設計하였다(그의 Ph.D 論文이었음). 콤퓨터의 論理構造의 改善은 數學者인 John von Neumann과 Alan Turing이 개척하였다. 그러나 이러한 物理學者 및 數學者의 노력은 1943-1946年에 University of Pennsylvania에서 만들어진 최초의 電子式 數 積分 및 計算機—Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC)—를 만든 電氣工學者인 J. P. Eckert, Jr.의 공헌으로 빛을 보게 되었다. 이 경우엔 科學的인 槪念으로 부터 實際的인 裝置의 製作에 트랜지스터보다 훨씬 빠른 결과를 낳았다(트랜지스터의 경우 약 10년이 걸림).

量子 電子工學은 二次大戰後 마이크로 웨이브 分光學의 基礎硏究로부터 제안된 stimulated emission에 依한 增幅에서 비롯된다. 1951年 columbia大學의 C.H. Townes의 gas maser 發明(N.G. Basov 및 A.M. Prokhorov와 함께 1964年 Novel 物理學賞을 받음)은 1956年 半導體 maser를 그리고 1958年에는 laser의 製作을 유도하였다. 이 경우 實際 使用된 maser는 1953年에 Columbia大學에서, 그리고 laser는 1960年에 Hughes會社의 T.H. Maiman에 依해 만들어졌으니 實際 應用으로의 轉換速度는 더욱 빠름을 볼 수 있다. 1960年에 maser는 通信衛星에 使用되었으며 laser는 現在 수백만불의 事業으로 번창하기에 이르렀다.

3. 電氣工學 敎育의 變遷

지금까지 美國의 科學이 얼마나 그리고 어떻게 電氣·電子工學의 發展에 공헌해 왔는가를 살펴보았다. 電氣工學의 學科目은 1880年代에 物理分野의 一個 選擇科目으로 생겨났으며 學生들을 그 당시 급속히 발전되었던 電氣製品 生產業界에 對備하여 敎育되었었다. 시작된 지 10年이 채 되지 않아 電氣工學은 다른 學科와 同一한 位置에 서게 되었으며, 一次 世界大戰前까지는 主로 直流 및 交流의 特性 및 그 裝置, 電力配線等에 置重하였었다. 一次大戰前의 大學院敎育 또는 그때의 大學에서의 硏究는 거의 없었으

며, 있었다면 高級 檢査 試驗정도였었다. 이 기간 중에 일어났던 중요한 電氣工學으로는 電信(1885年代—Samuel Morse), 電話(1875年代—A.Bell), 白熱燈 및 直流發電機(1880年代—T. Edison), 電氣 電動機 및 電機鐵道(1888年—F. Sprague), 交流發電, 照明 및 配電에 變壓器의 사용(1886年 Westinghouse會社), 그리고 나이아가라 폭포를 이용한 水力發電(1895年代 Westinghouse+General Electric회사)等이었다.

一次 世界大戰後 放送 및 通信分野의 새로운 發展과 더불어 電氣工學科에 通信選擇이 생기게 되었다. 또한 研究나 教育學에 종사하려는 학생들에겐 M.S.학위를 획득하도록 권장하기에 이르렀다. 그러나 大學의 研究는 극소수의 教授를 除外하고는 아직도 거의 없는 상태였었다.

二次大戰은 radar, microwaves, 自動制御, 誘導미사일등 새로운 電機·電子 技術을 가져오게 되었으나, 電氣工學者들은 이러한 새로운 概念에 創造的 思考를 할 수 있거나 研究를 수행할 教育 또는 경험이 전혀 없었다. 따라서 戰後 10年 電氣工學 教育은 완전히 바꾸어지게 되었으며, 戰前의 教科目들이 모두 바뀌게 되었다. 특히 電氣工學의 基本이 되는 基礎科目인 物理 및 數學 教科目을 强化시키게 되었다. 또한 技術者로서는 M.S.學位를 권장하게 되고, 研究및 大學教育에 종사할 學生에겐 Ph.D. 학위를 권장하게 되었다. 이때부터 大學은 國家의 보조하에 研究活動이 强化되어졌으며, 좋은 産業界 研究所의 研究活動에 비해 손색없는 水準에 도달하게 된 것이다.

現代의 電氣·電子工學을 생각해 볼 때, 2차 대전후 25年間 大學과 産業界의 긴밀한 협조는 다른 어떠한 分野보다도 크게 나타나고 있다. 産業界에선 高級技術의 開發研究는 물론, 碩士學位 産學制 學生을 大學에 위탁 훈련시키고 있으며, 大學 教授中에는 기술자문은 물론 會社設立을 성공적으로 도와줬으며, 産業界의 社長 등으로 직업을 바꾼 예도 많아지게 되었다.

4. 科學者와 工學者

以上 歷史的인 發展과 教育의 변천을 電氣·電子工學分野와 物理學分野에서 살펴 보았으며 電氣電子工學이 物理學 및 數學에 얼마나 크게 힘입어 왔는가를 볼 수 있었다. 그러나 物理 및 數學의 智識을 電氣 및 電子工學分野에 이용하는데 열심히 노력해온 工學者의 태도와 理想을 간과해서는 안될 것 같다. 美國 電氣 및 電子工學者會(IEEE)의 設立精神이 工學的 設計能力 뿐아니라 創造的인 업적을 강조해 왔다는 사실[6]을 잘 이해하여야 할 것 같다. 이런 점에서 미국의 어떤 工學者會보다도 가장 科學的인 會가 되고 있는 것이다.

物理學 및 數學이 電氣및 電子工學에 미친 영향은 一方的이라기 보다는 雙方的인것 같다. 한가지 예를 B. Van Der Pol의 "發振器의 非線型理論"에서 보려한다. 이는 1934年 Proceedings of the IRE(IEEE의 前身)에 발표된 논문으로서 모든 科學學術誌를 통해 最初의 非線型 理論에 關한 論文인 것이다. 非線型 方程式은 計算法이 알려진 때부터 存在해 왔지만 一般的인 解法이 알려지지 않았으며 科學者나 工學者는 더 잘 알려진 線型 方程式만을 主로 사용하고 있었다. 當時 眞空管을 사용한 發振器는 電子工學의 基本이 되었으며, 이 發振器 理論의 경우 眞空管 特性을 線型的으로 近似시키거나, 線型特性만을 이용하여서는 發振現狀을 설명할 수 없었다. 실제로 工學者들은 技術的으로 해결해야 할 現實

的인 問題의 特性 때문에, 物理現像을 理想的으로 생각하여 線型化한 後 正確한 解를 얻으려 하는 數學者나 物理學者보다 더 非線型的인 問題에 봉착하게 되는 것이다.

Van Der Pol의 非線型 理論은 數學者, 科學者 및 工學者의 관심을 불러 일으켰으며 工學的인 硏究가 오히려 좀더 基礎的이라 할 수 있는 科學分野 硏究를 자극시키게 된 좋은 예가 될수 있을 것 같다. 非線型 理論을 개척했던 工學者들은 단순히 기초과학 분야의 結果를 應用한 것이 아니고, 반대로 기초분야에 영향을 미친 결과가 된 것이다. 이 論文에서 참조한 論文들을 볼때 科學과 技術이 서로 混合되어, 어느 것이 基礎이고, 어느 것이 應用인지 구별하기 보다는 한 硏究系의 一部로서 생각하는 것이 타당할 것이라 본다.

5. 結　論

物理學 또는 基礎科學과 電氣 및 電子工學의 相互關係를 생각해 보았다. 基礎科學 그리고 應用工學이란 비교적 觀念的인 개념이며 工學分野에서 좀더 基礎的인 硏究를 한다거나, 物理分野에서 좀더 應用的인 硏究를 하는 예를 歷史的으로 볼 수 있었다. 創造的이 된다는 點에서 볼때 物理學이나 工學이 추구하는 目的과 方法이 同一하게 수렴이 되지 않나 하는 생각이 든다.

美國의 物理學과 電子工學의 歷史를 볼때, 産業界의 問題點이 곧 物理學이나 電氣 및 電子工學分野의 硏究動機가 되었었다는 사실은 중요한 의미를 가지는 것 같다. 大學이나 政府가 아니고 社會의 必要性을 動機로 하여 發展되어온 工學 및 科學이 되어야 함은 어느 會社에서나 마찬가지일 것이다. 特히 美國의 電氣 및 電子工業이 美國內에서 發展된 物理學 및 科學에 基盤을 두었다는 事實을 우리 科學者 및 工學者들은 음미하고 인식하여야 할 것이다.

電氣및電子工學이 工學中 가장 科學的인 分野라고 말하며, 그 技術 또한 가장 빠른 速度로 발전되어 가는 分野라고 말할 수 있다. 그 이유를 筆者는 이 分野의 特色에서 찾아보려 한다. 電氣 및 電子工學者들은 그들의 技術에 새로히 발전되 가는 物理學 및 數學의 智識을 자기분야의 智識으로 소화시켰으며, 關聯工學分野의 技術을 이용함은 물론, 社會的인 問題들에까지 그들의 問題解決 方法을 적용시키려 하는 것이다.

물론 物理學과 電氣 및 電子工學분야의 여러가지 차이점을 나열할 수도 있을 것 같다. 그러나 서로의 공통점 및 긴밀성을 살펴봄으로써 國內에서의 物理學者 또는 物理學徒와 電氣 및 電子工學者 또는 工學徒間의 상호이해에 조금이나마 자극이 되었으면 하고 희망해 본다.

考 文 參 獻

1. Edwin T. Layton, Jr., Scientists and Engineers: The Evolntion of the IRE, Proc. IEEE, Vol. 64, No.9, Sept. 1976, pp 1390—
2. Charles Süsskind, American Contributions to Electronics: Coming of Age and Some More, Proc. IEEE, vol. 64, No.9, Sept. 1976, pp 1300-
3. Two hundred yeers of American Physics, Physics Today, July 1976, pp 23—31 and pp 9—11 of the same issue.
4. Frederick E. Terman, A Brief History of Electrical Engineering Education, Proc, IEEE, vol. 64, No. 7, September 1976, pp 1399—
5. Walter H. Brattain, 韓國科學院 開院 記念講演 1973. 9.
6. Edwin T. Layton, Jr., Scientists and Engineers: The Evolution of the IRE, Proc. IEEE, vol. 64, No. 9, Sept, 1976, pp 1390—