

白熱電球를 誕生하게 한 先驅者들



李性午

(新光電起(株))

動物인 人類가 다른 動物과 크게 다른 점은 불을 使用할 수 있었다는 것과 옷을 수 있었다는 것이라고 말하고 있다. 考古學에 의하면 人類가 불을 사용하기 시작한 것은 지금으로 부터 약 50萬年前의 일이라 한다. 이것은 中國에서 發見된 前期石器時代의 原始人 시난트로우프스(Sinanthropus-Pekinesis)의 遺跡이 있는 洞穴속에서 짐승의 뼈가 남아 있으며 그 뼈가 불에 탄 흔적이 있었다는 것으로부터 推定할 수가 있다. 人類는 그 時代로 부터 불을 이용하여 밥을 짓거나 暖房으로 사용하고 이와 같이 동굴속에서 생활을 영위하려면 불은 또한 照明으로도 틀림없이 사용되었을 것이다. 이러한 照明은 人類가 다른 動物과 명백하게 分化하기 시작한 때부터 현재까지 약 50萬년에 이르는 매우 긴 역사를 가진 人類의 귀중한 財産의 하나임에는 틀림이 없다.

그 이후에 불은 使用目的에 따라 사용하는 動植物의 기름을 채용하여 照明用으로 사용하여 왔다. 舊石器時代 後末의 막달레니안時代의 遺跡에서 이미 가장 오래 된 石器製램프가 發掘되었다고 이후 이 램프는 1784년에 스위스의 알간트(Ami Argand)가 불꽃의 燃燒方法을 改良할 때까지 오랫동안 原理的으로는 거의 변화없이 近代에 까지 이용되어 온 것이다.

1792년에는 英國의 Murdog에 의해서 가스燈이 發明되어 1800年代初에는 처음으로 英國London의 街路燈으로 使用하게 되었다.

I. 白熱電球初期

電氣를 이용한 電燈의 歷史 1802年 Sir Humphrey Davy의 實驗에서 비롯되었다고 본다. 1802年 發明當時 Davy는 英國 Royal Institution의 講師補助의 地位이었으나 그 곳에서 1810년까지 數次에 걸쳐 그의 實驗을 公開하기도 하였다. 그의 實驗은 주로 Arc燈이었으나 이 이외에도 白金線에 電流를 흘려 發光케하는 白熱電球로서 基本實驗도 하였지만 이것을 白熱電球로서 實用化시키기까지 發展시키지는 못했다. 그 이후 오랫동안 이 理論을 實用化시키지는 못했지만 Arc燈이나 白熱電球가 모두 同一人 Davy에 의해서 出發하였다는 것은 興味있는 일이라 아니 할수 없다.

Arc燈이 電池의 발달에 따라 進歩한 것과 같이 白熱電球도 1840年前後하여 發達한 Daniell, Grove, Bunsen 기타의 電池에 의해서 發明이 많아져 研究가 活潑하여진 것도 당연하다고 보겠다.

따라서 Davy의 實驗이후 약 40年은 白熱電球

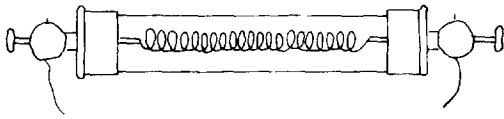


그림 1. Dala Rue가 1820년에 白金線을 使用하여 製作한 白熱電球

의 研究成果로서는 보잘 것이 없었으나 그 중에는 英國人 De la Rue를 빼놓을 수 없다. Rue는 그림 1과 같이 1809年 白金線코일을 유리管內에 封入하여 管內의 空氣의 일부를 빼어내는 方式을 發明한 것이다. 이어서 벨기인 Jabard도 1838年에 Davy와 같은 實驗을 眞空의 유리容器속에서 炭素를 사용하였으며 그 후에 白金 Iridium을 사용하여 實驗하였다.

이에 이은 사람은 Frederick De Moleyns라는 英國人이며 이는 처음으로 英國政府에 의해서 白熱電球에 대한 特許權을 附與됨으로써 알려졌으며 Moleyns이 1841年에 發明한 램프는 眞空의 球狀유리容器중에 두개의 白金코일을 木炭의 細粉에 의해서 結合한 것을 封入, 이것에 電流를 통해서 白熱시킨 것이다.

美國의 Cincinnati市 出身의 J. W. Starr도 水銀柱의 上部에 생기는 眞空部를 利用하여 그 속에 炭素棒을 發光시키는 方式을 考案하여 1845年 英國政府에서 特許權을 附與하였다. 이것은 炭素導體를 白熱시킨다는 점에서 記錄的이며 이 炭素導體를 細線으로 試圖한 것이 뒤에 說明할 Edison의 1879年에 發明한 것을 들고 있지만 이 보다 앞서 1854年에 獨逸人 Heinrich Goebel(1818. 4. 20~1892. 12. 16)이 혼자서 炭素 白熱電球를 發明한 사실이다.

그의 祖國인 獨逸에서는 Goebel을 “白熱電球의 始祖”라 하여 1954년에는 대대적으로 一百週年記念行事를 舉行하였다. 또한 그의 生家가 잘 보존되고 그림 2와 같은 黃銅製記念額子가 걸려 있다.

Heinrich Goebel은 1818年 4月 20日 獨逸의 Hannover 근처의 Springe에서 誕生하여 現在의 Hannover 工科大學의 前身인 Polytechnikum에서 精密機械工學을 履修하였으나 1848年 美國



그림 2. Goebel의 生家에 있는 黃銅製記念額子

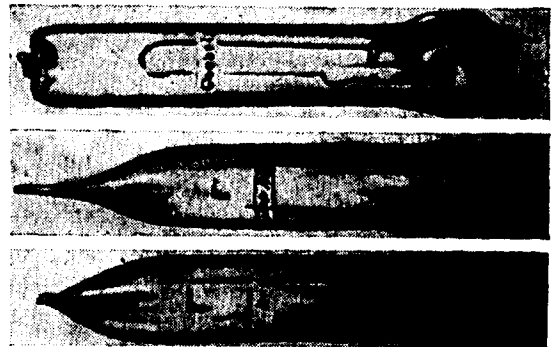


그림 3. 最初의 Goebel의 炭素白熱電球(1854)

New-York로 移住하였다.

Goebel의 電球에 관한 研究는 이미 獨逸에 있을 때 亞鉛-炭素를 사용하여 Galvani 電池를 電源으로 한 Arc燈의 點燈實驗을 한 적이 있지만 白熱電球에 대한 研究는 美國移住한 1848年에 本格的으로 시작하였으며 이것이 일단 實用할 수 있는 炭素電球의 製作에 成功한 것이 1854年이다. Goebel은 發光體로서 대나무(竹)의 纖維를 炭化한 것을 使用하여 그 끝을 고리모양으로 꾸부린 두개의 銅線사이에 이 發光體를 걸어 이 두개의 銅線의 中間을 유리로 固着시키고 이렇게 組立한 것을 가늘고 긴 유리병(Kolnisch-Wasser-Flaschen라 불리는 天然清涼 飲料水

特輯：電氣 點燈 100주년

를 넣은 병)에 넣어 두개의 銅線의 端末部分을 유리병의 入口에 溶着하였다. 다음 이 병에 水銀을 가득 채워 이 水銀容器中에서 꺼꾸로 세워 얻은 眞空, 소위 Torricelli의 眞空原理를 應用한 것이다. 다만 이 때 Torricelli 眞空操作에 따른 Amalgam化의 現象을 避하기 위해서 發光體에 使用한 銅線을 미리 有念하여 加熱시켰다고 한다. 이와 같이 만들어진 Goebel 電球의 特性은 電源으로 42.5[V]의 一次電池를 使用하여 消費電力이 75[W] 全光束 70[lm] 즉 效率이 약 1 [lm/W]이었다. 따라서 이 Goebel電球는 實用面에서 世界最初라고 말할 수 있으며 또 Goebel은 이 最初로 만들어 진 電球를 New-York市 Monroe街에 自身이 經營한 時計店의 쇼윈도우의 照明으로 利用하였다. 이것은 또한 廣告照明에서도 世界最初의 例라고 말할 수 있다. Goebel은 또 自作한 電球를 馬車(Pferdefuhrwerk)에 달고 夜間에 天體觀測을 위해서 望遠鏡을 裝着하여 New-York市街를 돌아 다녔다고 전하고 있다. 그 당시에는 漸新하고 奇抜한 發明인 Goebel 電球도 그후 Swan과 Edison의 發明으로 빛을 잃고 일반에게는 잊혀져 있었다. 이것의 主要원인은 Goebel이 자신의 發明에 대해서 特許나 論文에 관심을 두지 않았다는 것과 自己資金不足 및 이 發明을 事業化하는 데 必要한 有力한 資金主를 찾지 못했기 때문이다.

더욱이 Edison電球가 發明된 뒤인 1882년에 Goebel은 自身の 發明을 사줄 것을 Edison電球會社에 要請하였으나 받아 드려지지 않았다고 한다. 그러나 그후 1893년에 이르러 前記의 Edison電燈會社와 Boston市の Beacon Vacuum Pump and Electric Company와의 사이에 Goebel의 發明을 둘러싸고 訴訟事件이 이어나 이것이 契機가 되어 당시의 雜誌 Electrical World(Vol 21과 22) 全卷에 Goebel과 그의 業績을 掲載 함으로써 Goebel이 세상에 널리 알려지게 되었다. 따라서 1885年 以前에 出版된 電燈發達史에는 Goebel의 이름을 전혀 찾아볼 수 없다.

당시의 電球는 發光體로서 炭素線 외에 白金線을 코일로 한 것이나 Iridium 등과 같이 단지

融點이 높은 것 만을 取擇하여 이것을 空氣中에 露出시키거나 眞空中에 封入한 것, 窒素 또는 기타 氣中에서 點燈시킨 것이었다.

初期(1809~1878)의 發明考案한 白熱電球를 列舉하면 表 1 과 같다. 이들의 最大欠點은 大氣中 또는 低眞空中에서 點燈하였기 때문에 短時間에 酸化되어 消耗되고 이것들이 普及實用化시키지 못한 主因이다.

이들의 壽命을 延長시키기 위해서 考案된 것으로는 玻璃球內를 眞空으로하여 發光體에 대한 化學變化가 進行되는 것을 阻止하는 것과 이외에 球內에 窒素 기타 發光體와 化學的으로 結合하지 않도록 하는 것이었으나 이것도 實用하는데까지는 이르지 못했다.

1865년에는 獨逸의 化學者 Hermann Johann Philipp Sprengel(1834-1906)은 英國에서 Sprengel 眞空펌프를 發明하고 또 1875년에는 英國의 Sir William Crookes(1832~1919)가 이 펌프를 사용하여 玻璃球의 排氣法을 완성하게 되어 電球의 壽命延長은 일단 해결하는 데 실마리가 보였으나 가장 바람직한 光源의 型態과 成分에서는 어려운 問題點으로 남아 있었다.

II. 1879年 以後의 白熱電球

이렇게 어려움을 겪고 있는 때에 人類의 幸福을 위한 發明을 信念으로 가진 發明王 Thomas Alva Edison이 이것을 解決하고 實用化한 것이다. Edison은 1847년 2월 11일 美國 Ohio州 Milan地方에서 穀物商인 Samuel Edison의 4남매 중 막내 아들로 태어났다. Edison이 7살 되던 해에 그의 家族들은 Milan에서 Michigan 洲의 Port Huron이라는 곳으로 移徙하여, 그곳의 國민학교에 입학하였으나 Edison은 先生이 시키는 공부나 일보다 자기가 하고 싶은 일에 더 熱中하였으므로, 학교에 전혀 재미를 붙일 수가 없었고 선생으로부터 바보라고 미움을 받았으며 친구들과도 잘 어울리지 않았다. 남들이 당연히 옳다고 생각하는 것도 Edison은 반듯이 그 까닭을 캐어 묻고 자기 나름대로 생각하여 보는 것이었다. 어느 날 Edison은 어머니에게 학교에 가

표 1. 1878年 이전의 白熱電球의 發明

發明年	發 明 者	國 籍	發 光 體
1809	De la Rue	英 國	白金 Coil
1838	Jobard	벨 기	炭 素 棒
1840	W. R. Grove	英 國	白金 Coil
1841	F. De Moleyns	"	白金 Coil 사이에 炭素粉
1845	J. W. Starr	美 國	(1) 白金片 (2) 炭素棒
1848	W. E. Staite	英 國	白金 및 Iridium棒
1849	W. Petrie	"	Iridium 또는 그의 合金
1850	E. C. Shepard	美 國	炭素원통 및 炭素원주
1852	M. J Roberts	英 國	炭 素 棒
1854	H. Goebel	獨 逸	炭 素 線
1856	C. de Changy	佛 國	(1) 白金 Coil (2) 炭素棒
1858	Gardiner and Blossom	美 國	白金 Coil
1869	Moses G. Farmer	"	白金片 (大氣中)
1860	J. W. Swan	英 國	炭 素 棒
1865	Isac Adams	美 國	
1872	A. H. Lodyguine	러시아	炭 素 棒
1875	S. A. Kosbff	러시아	"
1875	S. W. Konn	러시아	"
1876	Bouliguine	러시아	"
1878	H. Fontaine	佛 國	炭素細線
1878	Thomas A. Edisan I	美 國	"
1878	H. S. Maxim	"	炭 素 棒
1878	St. George Lnea Fox	英 國	高抵抗白金 Iridium 合金線
1878	Thomas, A. Edison	美 國	白金 및 白金合金

지 않고 집에서 공부하겠다고 눈망울을 굴리며 말하였다. 그 때 그의 어머니만은 Edison의 心情을 이해하고 있었으므로 학교선생의 經驗이 있는 어머니는 국민학교의 教育方法이 특별한 才能을 가진 아이를 가르치는 데 적당하지 않다는 사실을 잘 알고 있었다. 한참 생각 끝에 그의 어머니는 그날부터 직접 가르치기로 決心하여 직접 敎育을 시켰다. 이것이 Edison의 正規學歴의 전부이었다. 그후 어머니로부터 배운 것은 국민학교에서 보통 배운 것과 다른 것이었다.

그의 어머니의 훌륭하고 친절한 가르침에 따라 Edison은 놀랄만큼 좋은 成績으로 공부하였다. 그의 Edison은 執念과 獨立心이 강하여 자기의 책값과 實驗器具값을 스스로 벌여 책과 實驗器具를 사서 공부하였던 것이다.

21살이 되던 해인 1868년에 世界人類를 위한 發明家가 되고 싶다는 꿈을 안고, 그 당시 미국의 大都市이자 發明家들이 많이 모여 있었고 機械를 파는 商店도 많이 있는 Boston市로 갔다.

이 Boston은 Edison의 一生을 통해서 1360餘種의 特許를 얻었는데 그 첫번째 發明品이 이루어진 곳이다.

1871년 12월 25일 크리스마스날 우연히 우산을 빌려 준 것이 인연이 되어 알게 된 Mary Stilwell과 結婚式을 올렸는데 이 Edison부인도 그의 남편이 研究하는 데 잘 이해할 수 있는 女人으로 알려졌다.

1876년 봄에 New-York에서 40km정도 떨어진 New-Jersey의 Menlo Park라는 곳에 自費로 研究所를 세워 研究에 專念하여 여기서는 電球만이 아니고 電話用炭素送話器, 蓄音機, 磁氣選

特輯：電氣 點燈 100주년

鑛機등도 發明하게 되었다.

1878年 10월 Edison은 G. P. Lowrey, J. P. Morgan등과 資本金 \$300,000의 Edison Electric Light CO.를 創立하여 研究開發資金을 얻었으나 이것이 후에 Edison General Electric CO. 이어서 General Electric CO.로 되었다.

Edison의 白熱電球에 대한 研究는 Conneticut州에 있는 그의 친구 William Wallace의 아아크燈工場에서 힌트를 얻어 白熱電球의 可能性에 대해서 강한 確信을 얻게 되었다. 물론 Edison은 그때까지 白熱電球에 대한 研究는 이미 着手했었으며 그 전해인 1877년에 炭素, 白金, 硼素, Cromium, 기타를 發光體로 사용하여 여러가지 실험을 하였으나 本格的인 研究에 着手한 것은 이때부터이다.

Edison은 研究에 착수하자마자 먼저 모든 種類의 炭素를 사용하여 發光體의 실험을 다 하였다. 최초에는 길이 3cm폭 2mm, 두께 0.2mm의 炭火한 종이를 電池에 연결하여 電流를 흘려본 結果 炭素는 즉시 白熱하여 강한 빛을 發하지만 瞬間的으로 酸化되어 재만이 남게 되었다. 다음 이것을 手動펌프를 이용하여 眞空한 유리그릇속에 넣어 같은 實驗을 한 결과, 이번에는 燃燒되는 데 다소 시간이 걸려 약 8분가량 불이 붙어 있었다. 여기서 酸化를 방지하기 위해서 여러가지 方法을 강구하여보았다. 예로 炭素를 유리가루로 被覆하여 이것이 녹으면 炭素表面을 전체적으로 둘러 쌓아 大氣와 隔離한다는 方法에 까지 생각하였으나 결국 이것들은 모두 失敗로 끝났다. 다음에 着手한 것은 白金과 같은 貴金屬線에 電流를 통해보는 實驗으로 Edison은 白金과 Iridium등의 여러가지 金屬을 가지고 시험하여 10개월 가까운 時間을 消費한 결과 처음으로 이 方面의 실험에 성공할 徵候가 보이기 시작하였다. 여기서 Edison은 이것으로 부터 힘을 얻어 白熱電球를 研究하는 데 問題點이 거의 解決되었다는 趣旨의 聲明書를 發表하게 되었다. 이때문에 일반대중의 관심이 높아지자 가스企業의 株式값이 大暴落이라는 寸據이 버러지기도 하였다. 그러나 白金을 사용한 Edison의 실험도 실용화라는 점에서 결국 失敗하였다. 그러나 그들

안에 얻은 여러가지 經驗이 다음의 炭素電球實驗을 하는 데 있어서는 실로 귀중한 도움이 되었다는 것은 부인할 수 없다.

Edison이 최초로 만든 두 종류의 白金電球는 어느 것이나 熱電對를 應用한 것으로 白金線이 過熱되면 自動的으로 短絡되도록 裝置되어 있다. 이 방법은 오히려 Maxim등의 考案한 것으로 Edison의 獨創的인 것이라고 말하기 어렵지만 이것은 構造가 너무 複雜하고 機能도 충분하다고 볼 수 없으므로 뒤에는 發電機側에서 電流를 加減하도록 考案하였다.

이 이외에 Edison은 여러가지 電球를 試作하였지만 初期에는 抵抗이 낮은 物體를 發光體로 사용하였다. 그러나 이때에는 電源으로서 電池 밖에 없었기 때문에 電壓이 낮아서 이것으로도 충분하였다. 그렇지만 Wallace가 만든 優秀한 發電機로 高電壓의 電氣를 사용하게 된 뒤부터는 적당하지 않게 되었다. 따라서 Edison은 電力 특히 配電線의 原價를 낮추기 위해서 반듯이 發光體로는 抵抗이 큰 것을 사용하지 않으면 안 된다는 결론에 이르러 점차 이 方面의 研究에 重點을 쏟게 되었다. 이 때문에 白金棒에 炭素棒을 붙여서 接觸이 불충분한 점을 이용하여 炭素棒이 白熱되도록 裝置를 考慮하여 보았다. 이着想은 成功하였다고 볼 수 없으나 이것도 다음의 白金細線應用電球의 밑받침이 되었다는 것이다. 白金의 細線을 眞空유리球속에 封入한 初期에 高抵抗電球를 만든 것은 1879年 봄이었으나 이때 사용한 Filament는 陶器製의 적은 실패(Spool)에 감은 白金線위에 白金이 蒸發을 방지하기 위해서 酸化 Zirconium을 被覆하여 이것을 비교적 大型의 白金製導入線에 接續한 것이다. 이 高抵抗白金電球는 이때까지 만든 것중에서 가장 성공한 것이지만 유감스럽게도 製造原價가 너무 高價이기 때문에 일반대중에게 電燈을 보급시키기에는 Edison의 본래의 理想과 거리가 멀어져 버렸다. 그 위에 더구나 純粹하게 技術的인 見地에서 보아도 白金의 融點이 상당히 높은 데도 불구하고 白熱電球로서 效率를 충분히 올리기 위해서는 불충분하다는 것도 明白하였다. 또한 白金 Filament에 피복한 酸化

Zirconium이 點燈中 加熱되어 導電性을 가지고 있어 白金 Filament을 短絡하는 欠點도 생기기 쉬웠다. 白金외에 硼素, Silicon, Iridium, Rhodium, Cromium, Zirconium, 酸化Zirconium, 酸化Titan, Osmium 등의 物質에 대해서도 같은 實驗을 反復하였지만 어느 것이나 白金을 능가하는 것은 얻을 수 없었다.

그러나 Edison은 이 白金電球를 研究하면서 하나의 중요한 發見을 하였다. 이것은 眞空中에서 白金에 電流를 통할 때 최초에는 유리구를 眞空한 후에 電流를 흘렸지만 유리구의 排氣을 하면서 電流를 서서히 흘려 충분히 眞空이 되었다고 생각된 뒤에도 계속하여 眞空펌프를 작동하면서 電流의 세기를 증가시키면 앞서 Filament가 끊어 질때까지 요하는 時間에 비해서 상당히 긴 시간동안 白熱狀態를 持續하는 것이 명백하여졌다 이것은 물론 Filament 또는 유리구 스템등속에 空氣를 함유하여 이것을 가열하면 서서히 빠져나와 眞空度를 해치기 때문에 點燈排氣를 함으로써 이것을 방지할 수가 있다. 그러나 이 發見을 契機로 하여 먼저 眞空 펌프의 改良과 導管繼線등을 충분히 嚴格하게 하는데 留意하게 되었다. 그 결과 여태까지 1萬分の 1氣壓의 眞空밖에 얻지 못했으나 10萬分の 1氣壓의 眞空에까지 到達하는 데 可能하게 되어 그 이외에 유리구를 製作하는 데도 충분한 주의를 기울리게 되었다.

이 무렵 이미 眞空대신에 不活性가스를 應用하는 案도 있었지만 Edison은 어디까지나 眞空에 대해만 진행하였다. 그 이유로서 Edison은 만일 유리구내에 가스를 封入하면 發光體와 化合할 우려는 없으나 소위 "Air washing"이라는 現象을 일으키기 쉽다는 것, 즉 "高度로 加熱된 發光體(이때는 炭素)의 表面이 粘着性을 약하게 띠고 이것에 급속하게 流動하는 가스가 닿을 경우 發光體를 構成하는 物質의 減耗"를 서서히 가져오기 쉽다는 것을 들고 있다. Edison에 의한 이 설명은 반듯이 타당하다고 말하기는 어려우나 당시의 상황하에서는 분명히 眞空電球편이 가스입電球에 비해서 우수하고 이것은 또 그 이후 상당히 오랫동안 實用段階에서 명백하게

實證을 보였다.

이상과 같이 白金電球의 發明에서는 일단 성공을 거두었으나 白金을 材料로 사용해서는 도저히 값싼 電球를 만들기란 不可能하기 때문에 그후 Edison도 白金을 斷念하기에 이르렀다. 때마침 어느날 밤 Edison은 책상위의 램프에서 나오는 그을음을 무심코 손가락으로 만지작거리고 있을 때, 바로 天賦의 啓示의인 炭素에 대한 확신이 腦裏에 떠올랐다고 말하고 있다. 이때부터 다시 炭素電球의 연구에 몰두하게 되었다. 1879년 초가을인 9월부터 10월에 걸쳐서 모든 종류의 炭素를 가지고 가공을 하여 보았다. 그 예로 보통종이에 Tar을 칠해 炭化한 것이라든가, 油煙을 재봉마늘과 같이 固化시킨 것이라든가 여러가지 植物의 가죽을 태운 것 등 여러가지 材料를 가지고 數百回이상 실험을 반복하였다. 드디어 成功의 날은 빨리오게 되었다.

1879년 10월 19일은 조용하고 한적하기만 한 이 Menlo Park에는 평상시와 다름이 없는 가을 날 일요일 오후였다. 이 순간이 바로 오늘의 세계의 밤을 낮으로 바꾸어 놓은 炭素白熱電球가 탄생된 것이다. 이 날의 필라멘트는 Edison 夫人의 바느질 상자에 있는 무명실을 보고 着想하여, 무명실을 적당한 길이로 자르고 거기에 코울탈과 숯가루를 발라서 그것을 니켈로 만든 말굽모양의 모형틀에 넣어 화로 속에서 조심스럽게 구어 보았더니 예상대로 가드다란 炭素線이 생겼다. 그리하여 부스러지기 쉽고, 다루기 까다로운 Filament를 그 당시의 불완전한 시설로 이틀이나 걸려서 이 炭素線을 유리구안에 넣고 유리구안을 眞空시킨 것이다. 이 때의 眞空方式은 Hermann Sprengel의 水銀眞空 펌프였다. 이렇게 어려운 작업을 하여 만든 전구를 조심스럽게 電池에 연결하고 떨리는 손으로 스위치를 넣었다. 모든 사람이 苦待하던 炭素線白熱電球가 밝은 빛을 낸 것이다. 그림 4는 최초로 白熱電球가 탄생하는 작업광경과 그때 제작된 전구이다.

Edison은 감격한 나머지 목이 메어 아무 말도 나오지 않았다 한다. Edison과 그의 연구원들은 電球周圍에 둘러앉아 찬란하게 빛나는 電球

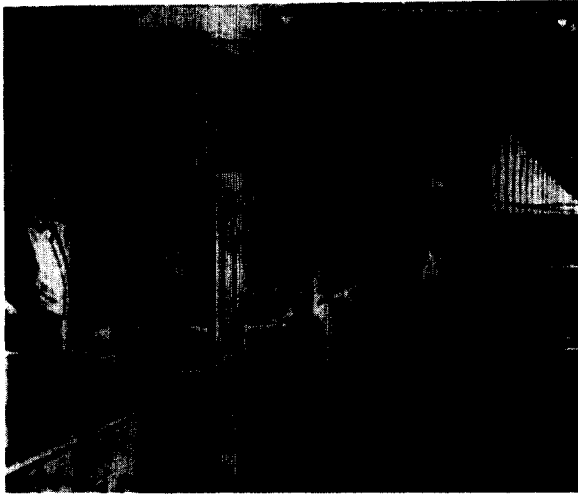


그림 4. Edison電球가 최초로 탄생되는 작업광경(左)과 電球(右) (1879) (右側에서 세번째가 Edison, 水銀을 붓고있는 사람이 F. Jehl)

를 바라보고 한동안 아무도 자리를 뜨는 사람이 없었다. 이 광경을 그때 같이 일했던 Francis Jehl의 回顧錄에 따르면 Edison은 眞空펌프 옆에 앉아서 어느 정도 眞空이 되어 가자 알콜버너로 電球를 가열하여 内部에 殘留한 空氣를 잘 뽑아 내도록하였다. 眞空펌프에서 찰거덕소리가 크게 나자 二價Crom電池의 한 端子에 연결하고 또 다른 端子에 연결하는 순간 氣泡가 나며 電球의 眞空도가 낮아졌다. 그때 F. Jehl 은 眞空펌프의 유리관에서 큰병으로 통하는 水銀을 供給하는 데 바빴다. 그 날 硝子技師인 Ludwig Boehm은 그날 일요일인데도 불구하고 眞空시킨 電球의 排氣管을 자르는 作業을 하였다. 그날 저녁 약 8시경에 그 電球의 수명시험에 들어갔다. 이 수명시험이야 말로 成功하느냐 失敗하느냐의 숨막히는 순간이었음에 틀림이 없었다. 펌프에서 떼어 낼 때 건전했던 電球가 시험에 들어가자 결함들이 나타나기 시작했다. 어떤 것은 Filament와 導入線과 이은 자리에서 아아

크가 일어나는 것도 있고 또 얼마는 Filament의 弱한 부분에서 강렬하게 빛나면서 끊어지거나 셸링잘못과 加工不良으로 수분후에 끊어지고 마는 것도 있었다. 일요일날 밤 다른 사람들이 퇴근후에 Edison과 Jehl은 언제 수명이 다될지도 모를 電球의 異常現象등을 記錄하면서 밤을 세워 지켜 보았다. 그 다음날 월요일 아침 일찍 研究員들이 왔을 때, Edison은 微笑를 지으면서 그들을 바라보며 “The light still burns” 불이 아직도 빛나고 있다”고 말하였다. 이 電球는 그날도 온 종일 계속 밝게 빛나고 있었으며, 방안의 모두가 시간이 지남에 따라 희망에 차서 感動하여 어떤 사람들은 얼마나 오래가나 하고 내기도 하고 유머등으로 그 방안은 기쁨이 가득 차 있었다. 그날 즉 10월 20일날 밤은 다시 조용하였지만 그 電球는 찬란하게 빛나고 있었으며 그 다음 날 즉 1879年 10月 21日 화요일 午後 1時부터 2時사이에 이르러 끊어졌다. 이것은 아직까지 白熱電球로서는 최초로 가장 긴 수

명을 가진 40시간을 넘은 것이었다.

우리는 이날 즉 10월 21일을 電球發明의 記念日로 보고 있다. 日本의 경우도 1981년부터 10월 21일을 “あかりの日”로 정하여 記念行事를 매년 거행하고 있다.

Edison은 무명실로 40시간을 견디었으니 앞으로 100시간짜리라도 만들 수 있다”고 사흘 동안 잠을 자지 못하여 붉게 핏발이 선 눈을 껌벅이며 중얼거렸다. 그는 사흘동안 실험을 繼續하고 이어서 이틀 밤을 꼬박 긴장속에서 밝힌 것이다. 따라서 이렇게 쌓인 疲勞가 몰려와 그는 그 자리에 쓰러진 채 24시간이나 繼續해서 잠을 잤다고 한다.

“Edison이 드디어 빛을 발명하였다. Menlo Park의 마술사가 최대의 마술을 부린 것이라”고 이 소식을 들은 세상 사람들은 온통 놀라움과 기쁨으로 들끓었다.

Edison은 계속해서 電球의 改良에 더욱 힘을 기울였다. “이 40시간의 짧은 수명으로는 많은 사람들에게 널리 普及되기가 어렵다. 더 오래 켤 수 있는 電球을 만들지 않으면 안된다” Edison은 이와 같이 많은 사람에게 골고루 이로우를 줄 수 있도록 努力하였던 것이다. 그는 곧 좀더 수명이 긴 炭素 Filament를 연구하는 데 온 힘을 기울였다. 여러가지 植物의 섬유를 가져다 구워보고 顯微鏡으로 組織構造를 調査도 해 보고, 燒成方法을 조절하기도 하면서 갖은 궁리를 다 해 보았으나 좀처럼 좋은 Filament가 만들어 지지 않았다. 어느 날 Edison은 대나무로 만든 부채를 만지작거리다가 문득 좋은 생각이 떠올랐다. 아직까지 대나무로는 實驗을 해보지 못했던 것이다. 곧 그는 대나무를 가느다란 섬유로 뽑아 내어 구워 유리球안에 넣고 봉한 후에 眞空을 시켜 보았다.

그리고 電流를 통해 주자 電球은 이제까지 만든 電球보다 밝게 빛났다. 그때까지의 電球의 Filament는 흔들려서 不安하였으나 이 대나무로 만든 電球의 Filament는 흔들리지 않았다.

Edison은 매우 만족스러운 얼굴로 새로운 대나무로 만든 電球을 지켜 보았다. 이 電球은 40시간을 크게 넘어서 무려 200시간을 지나 끊어

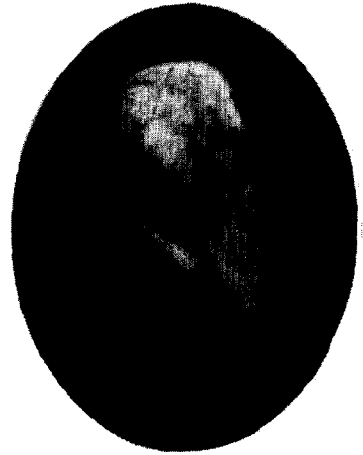


그림 5. Sir Joseph Wilson Swan의 80세 되던 해의 사진

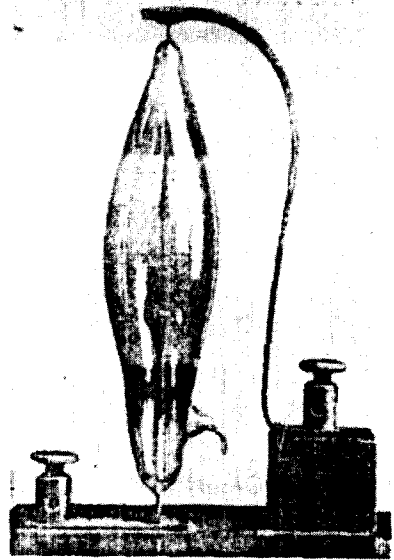


그림 6. 1878년에 Swan이 만든 炭素白熱電球

진 것이다.

Edison은 마침내 안도의 한숨을 내쉬고 이의 成功에 용기를 얻어서 여러종류의 대나무를 各地方, 各國으로부터 收集하여 계속 실험을 하였다. 제일 質이 좋은 炭素Filament는 日本産 대나무가 가장 좋은 것이었다. 이것이 이루어지는데는 무려 9年間이나 걸린 것이다.

이 무렵에 炭素白熱電球에 대해서는 英國의

特輯：電氣 點燈 100주년

표 2. 炭素電球와 Tungsten電球比較

炭 素 電 球			Tungsten 電 球	
Goebel 電球	Edison 電球		單Coil 電球	二重Coil 電球
1854年	1881 年	發 明 年	1915年	1935年
75W	75W	電 力	75W	75W
42.5V	103V	電 壓	110V	110V
70ml	225ml	光 束	1070ml	1210ml
~ 1 ml/W	~ 3 ml/W	効 率	~14ml/W	~16ml/W
5.6HK.	20HK.	光 度	82HK.	96HK.
~100時間	~600時間	壽 命	~800時間	~1000時間

Joseph, William Swan의 功을 들지 않을 수 없다. Swan은 1828年 10月 31日에 Sunderland에서 탄생하였다.

Swan은 최초로 電球發明에 뜻을 둔 것은 1845年이었으나 그때 우선 研究에 重點을 發光體의 材料로서 炭化物質에 쏟은 결과 1855年에 이르러 처음으로 實用할 수 있는 炭素片의 제작에 성공하였다. Swan이 여러가지 종이에 대해서 실험한 결과에 의하면 모든 종이 중에서 硫酸紙가 가장 좋고 이것을 材料로 사용하였을 경우 柔軟성과 強인성을 겸비하여 대단히 우수한 炭化物質임을 알게 되었다. 이와 같은 炭化物質을 사용한 白熱電球를 試作하였으나 당시 Swan이 만든 白熱電球는 대체로 두가지 方法이었다. 그 중 하나는 보통 유리병 입에 고무마개를 끼워 이 고무마개에 두개의 導入線을 넣은 것과, 또 한 다른 方法은 유리종의 입부분의 밀판에 고정하고 이것에 繼線組立한 것이므로 어느 것이나 보통의 眞空펌프로 排氣하였다. 電源으로는 50個의 카란電池(Callancell)를 사용하여 發光體에는 위의 두가지 方法으로 만든 兩者 모두 幅 1/4인척 높이 1 1/2인척의 弧狀으로 한 炭素片을 사용하였다. 그러나 排氣가 불충하고 炭素片의 白熱狀態가 均등하지 않아서 거의 每回短時間에 斷線하였다. Swan의 實驗의 성과는 眞空度만 충분하였다면 비약적인 향상을 보았을 것이다. 따라서 Swan은 炭化物質의 研究에 어느 정도 자신을 얻어 다음 단계로 眞空問題에 着手하였다. 당시에 앞서 말한 Sprengel의 水銀眞空펌프와 Crooks의 研究發表가 Swan의 眞空問

題 解決에 많은 도움을 받았다고 한다. 이 때 마침 Charles Stearn란 사람이 眞空技術에 대한 研究에 종사하여 이 방면에 깊은 知識과 經驗을 가지고 있었으므로 Swan은 이 사람과 같이 協力하여 白熱電球의 研究을 進行하게 하였다.

Swan은 炭素材料로서 가는 Filament를 만들어 이것으로 實驗을 시작하였다. 그러나 여러가지 새로운 障害에 부닥치지 않을 수가 없었다. 즉 炭素Filament의 損耗가 빠르다는 것과 炭素 Filament에서 蒸發하여 유리구 內面이 黑化하는 것이었다. 이것에 대해서 Swan은 Filament의 消耗와 黑化現象은 결코 단순한 蒸發作用때문만은 아니고 유리구 內部에 殘存하는 微量의 空氣가 媒體가 되어 炭素의 粒子가 機械的으로 이동하여 유리면에 부착되기 때문에 排氣를 完전하게 하면 이 현상은 틀림없이 解決되리라는 강한 確信을 갖게 되었다. 그러나 殘存空氣를 완전히 排除시킨다는 것은 쉬운 問題가 아니었으며 한번 完전한 眞空狀態에 놓은 것도 點燈시킴에 따라 급속히 眞空度가 低下되어 버렸다. 여기서 Swan은 Filament가 白熱狀態에 있는 동안에 排氣를 繼續하는 方法을 연구하여 Filament의 消耗와 黑化現象을 없애는 데 成功하였다. 이같이 중요한 發見이 이루어진 것이 Edison보다 일년전인 1878年 12月 19日이었다. 그러나 정식으로 特許를 얻은 것이 1880年 이었으므로 美國에 進出할 때 Edison Electric CO.로부터 提訴를 당해 서로 싸우기도 한 기록도 있다. 英國에서는 Edison보다 Swan이 白熱電球 創始者

표 3. 幼年期의 電球 (110V-50W)

年度	필라멘트	수명 (h)	효율 (lm/w)	備考
1879	炭化紙(綿糸)	45	1.4	
1880	炭化竹	600	1.68	
1881	炭化竹	600	2.25	
1884	噴出세루로즈 (溫度1875°K)	400	3.4	
1888	아스팔트被覆 炭化竹	600	3	
1893	噴出아스팔트被覆 炭化竹	600	3.3	
1897	酸化金屬合金 (Nernst燈)	300 (dc) 800 (ac)	5	
1898	Osmium	1000	5.5	
1902	Tantal	1000 (dc) 300 (ac)	5	
1904	金屬化 炭素	600	4	
1904	非引線 Tungsten	800	7.85	
1910	引線 Tungsten	1000	10	

壯年期의 電球 (110V 60W 1000h Tungsten)

年度	필라멘트	環 境	필라멘트溫度	효율 (lm/w)	備考
1910	直 線	眞 空	2,450°K	10	
1913	coil	N ₂	2,500 "	11	
1917	coil	Ar	2,600 "	12.5	
1934	2重coil	Ar	2,700 "	13.5	
1936	"	Kr	2,750 "	15	
1959	"	Ar+하로겐첨가	2,850 "	18.5	
1962	"	Xe+하로겐첨가	3,000 "	22	

라 하여 1978年度말부터 1979年初에 100周年紀念大祝祭를 개최하였다.

또한 Willis R. Whitney는 1905년에 炭素Filament를 電氣爐에서 高溫으로 加熱하여 이것을 金屬化시켜 Filament로서 소위 金屬化炭素電球를 만들어 이것을 GEM電球 (General Electric Metallized Lamp의 약자라 함)란 商品으로 약 12年정도 販賣를 繼續하였다. 이 GEM電球는 보통 일반 炭素電球와 비교하면 壽命을 같은 정도의 600時間으로 할 경우 初期效率 4.25lm/W (一般炭素電球의 경우 3.41lm/W) 이었다.

III. 炭素이외의 電球

白熱電球發明 이후 Filament의 材料로 炭素는 많은 向上을 보았지만 더 이상 效率向上을 위해

서는 限界에 이르러 炭素에 대신하여 金屬Filament를 사용하게 된 것은 1897년에 獨逸의 Göttingen大學教授인 Walter Nernst博士가 Magnesium, Calcium의 酸化物的의 混合物에 Zirconium, Thorium과 Cerium과 같은 稀土類物로 만든 Filament로 效率 7.2lm/W의 電球를 만들어 이것을 Nernst電球라 불리어 好評을 받았다. 같은 時期에 Austria의 C. A. Welsbach도 白金 위에 酸化Thorium을 被覆한 Filament를 試圖하였으며 1889年頃부터 Osmium의 研究에着手하여 1897년에 5.9lm/W의 Osmium電球를 完成하고 Osmium電球의 研究를 進行하여 Osmium에 여러종류의 金屬을 混合하여 實驗한 결과 Osmium과 Tungsten을 混合한 것이 매우 좋은 結果를 얻게 되어 Osram電球 (Osmium의 머릿글자와 Wolfram의 語尾 3字를 따서)가 出現하였다. 그러나 뒤에 차차 Osmium의 量에 비해 Tungsten의 量이 많아져서 결국에는 Osram電球는 Tungsten電球와 구별하기가 어렵게 되었다. 다음은 GEM電球와 같은 해인 1905년에 Siemens & Halske會社의 Werner von Bolton과 O. Feuerlein와 共同으로 Tantal電球 (5.0lm/W)을 發明하였으나 Osmium電球보다도 低廉하다는 長點이 있는 데도 불구하고 交流回路에 使用하면 Tantal이 쉽게 結晶이 부서지게되어 200~300時間의 壽命밖에 지탱하지 못하여 直流點燈 밖에 使用할 수 없게 되었다.

IV. Tungsten을 사용한 電球

Tungsten電球에 대해서는 1887년에 Turner D. Bottom이 또 1898년에 Carl Kellner가 각각 試圖하였으나 成功하였다고 볼 수 없다. 1903年에서 1906년에 Wien의 Alexander Just와 Franz Hannaman은 열심히 Tungsten Filament를 研究하여 抽出 (Squirted) Tungsten Filament를 製作하는 데 成功하여 效率이 7.85lm/W 수명도 약 800時間이라는 우수한 特性을 가지고 있었으나 Filament가 쉽게 부서지기 때문에 취급하는데 매우 주의를 요하는 欠點이 있

特輯：電氣 點燈 100주년

었다.

Whitney 밑에서 연구하기 위해서 M. I. T 교수 직에서 GE 연구소로 옮겨온 William D. Coolidge 博士는 인쇄심이 보통이 아니고 Edison 만큼이나 發明하는 데 興味를 갖고 있었다. Tungsten Filament 하나를 研究하는 데 거의 4년이 걸렸으며 마침내 1908년에 사람의 머리카락보다 가는 1000분의 1 Inch의 Tungsten線을 引線하는 데 成功하였다. 이것이 G. E. 研究所 最初의 試作으로서 1912年 6月 19日 特許를 出願하여 1913年 12月 30日 登錄되었다. 이 새로운 Tungsten의 劃期的인 發明으로 오늘 날의 電球의 基礎를 이루게 된 셈이다.

導入線은 Edison이 發明한 電球의 導入線으로서 白金을 사용하기 시작한 후 오랫동안 사용되어 왔으나 白金은 너무나 高價이기 때문에 電球의 生産原價를 낮추기 위해서 이 白金代用線에 대해 많은 노력을 기울였으나 모두 失敗하고 1912년에 GE 研究所의 Colin G. Fink 博士의 손에 의해서 소위 Dumet線(이 말은 두개의 金屬이라는 뜻이다)을 發明하였다. 이 線은 Nickel과 鐵과의 合金으로 만든 中心線을 硫酸銅속에 當구어서 얇은 銅의 被膜을 만들고 그 위에 銅의 外套를 씌워 이를 壓着引線하는 方法으로 만들었다. 이 Dumet線은 유리봉합부에 사용하였을 경우 白金과 손색이 없을 정도로 우수한 기능을 발휘하게 되어 값도 저렴하기 때문에 그 때부터 현재까지도 사용되고 있다.

1909년에는 GE 研究所의 Irving Langmuir (18

81~1857, 1932년에 노벨化學賞受賞者) 博士는 電球內에 不活性가스를 封入함으로써 電球效率이 높아짐을 發表하고 窒素入電球를 제작하고, 1915년에는 窒素 대신 Argon을 封入함으로써 더욱 效率이 높아짐을 확인하고 1919년에는 自動車用電球에 까지 가스입電球로 제조하게 되었다. 1925년에는 GE 研究所의 Marvin Pipkin은 유리 球內面을 化學藥品으로 腐蝕시켜 電球의 輝度가 낮기 때문에 눈부심이 적고 效率이 거의 감소되지 않는다는 것을 發見하여 현재의 프로스트電球를 만들기 시작했다. 1933년에는 Filament를 2重 Coil로 하면 效率이 더욱 높일 수 있다는 것을 Netherland의 Philips會社에서 만들기 시작하였고 1949년에는 GE 研究所의 Marvin Pipkin은 微粉末 Silica를 塗布한 電球의 效率 動程이 모두 우수함을 發表하고 일반조명용에도 사용되게 되었다.

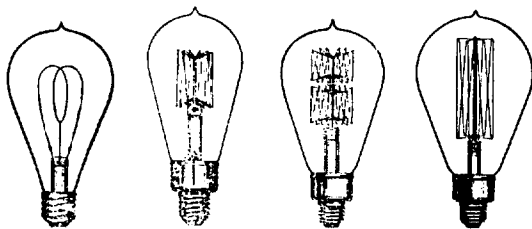
1959년에는 GE 研究所의 E·G Zubler와 F. A. Mosby가 共同으로 發明한 沃素電球는 白熱電球의 效率을 한층 向上시키고 또한 動程을 크게 改善하는 데 成功한 것으로 白熱電球發達史上 劃期的인 發明이라 볼 수 있다.

이 같이 우리가 무심코 켜고 있는 白熱電球는 이에 서술한 여러 功勞者와 여기에 掲載하지 못한 많은 先驅者의 勞苦의 結晶으로 이루어진 功業을 재삼 感謝하여야 할 것이다.

Edison의 發明王으로써 마지막 남긴 말 “나는 人類의 幸福을 위해 최선을 다하였다고 믿고 있다. 나는 이제 後悔되는 일이 없다.”

참 고 문 헌

- 1) James A. COX, A CENTURY OF LIGHT (1978)
- 2) Dennis Maralee, "The electric lamp business," Electronics & Power Fed. 1979. pp101
- 3) R. C., "Chirnside Sir Joseph Swan," Electronic & Power Feb. 1979. pp96.
- 4) W. Kohler, Lichttechnik No6 (1954) pp211
- 5) 日本電球工業會 日本電球工業史 (1967)



1. GEM電球 (1905) 2. Tantalum電球 (1906)
 3. Tungsten電球 (1907)

그림 7.