

특별연재

現代를 變化시킨 20대發明·發見〈9〉

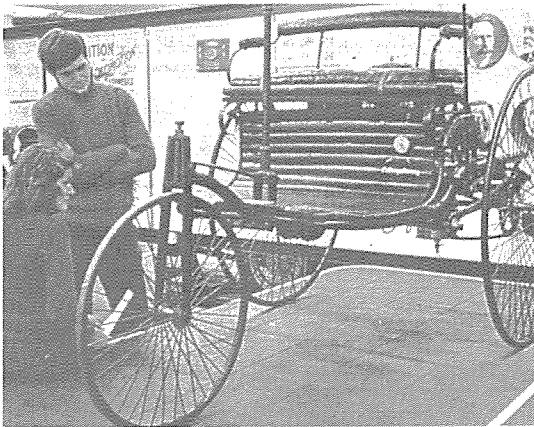
産業發展을 떠받친 發明의 수레바퀴

토머스 P. 휴즈

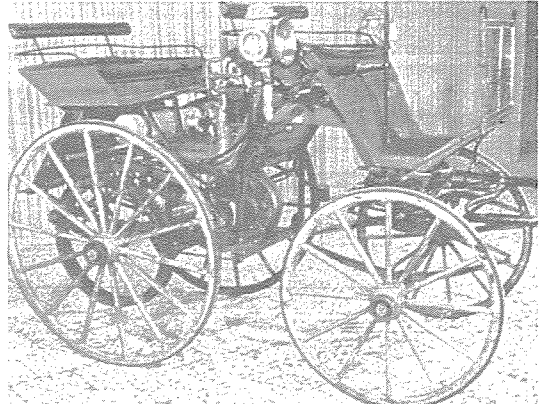
전화, 자동차, 전기장치가
발견된 후 어떻게 성장했을까?

전화발명의 공은 벨(Alexander Graham Bell, 1847~1922)¹⁾에게, 자동차는 다임러-벤츠(Daimler and Benz)²⁾에게, 그리고 전등시스템은 에디슨에게 돌려야한다고 일반적으로 주장하

고 있다. 그러나 오늘날 전화사용자는 벨이 꿈에도 생각지 않았던 부품을 사용하고 있고 오늘의 운전자들은 다임러와 벤츠가 생각조차 못했던 시스템에 의존하고 있으며 오늘의 가구들이



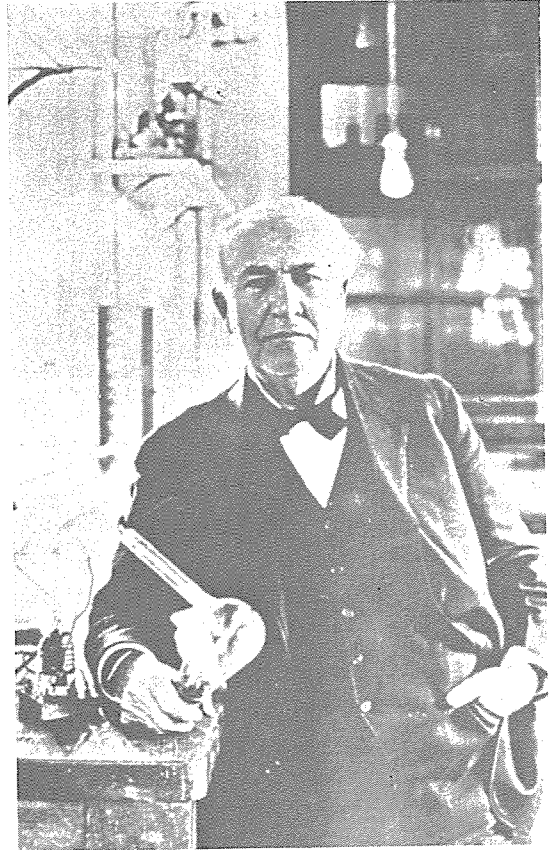
벤츠가 1886년 발명한 휘발유엔진을 단 3륜차. 뮌헨 과학박물관에 1호차가 보관되어 있다.



다임러가 1886년 발명한 휘발유엔진을 단 4륜차. 슈투트가르트의 다임러-벤츠박물관에 1호차가 보관되어 있다.

에디슨이 예견조차 할수 없었던 발전과 조명시스템을 점화하고 있다. 이런 발전은 어느 개인의 발명이 아닌 기술의 거대한 조직망 속에 오랜 세월을 두고 깊숙히 온존되어 왔던 것이다.

기술시스템은 가끔 다루기가 매우 어려운 장벽과 헤아릴 수 없이 많은 난관의 타개로 점철된 비교적 적은 발전의 연속을 통해 진보 한다. 흔히 난관의 타개는 발명과 특허라는 꼬리를 붙여 주고 있으나 곧 잊혀지기 쉬운 사람들이 이룩해 놓은 사회적 발명인 경우가 많다. 전등과 같은 시스템에서 초기에는 발명가들이 중요한 역할을 했다. 그 뒤 이 시스템이 성숙하여 도시와 지방망으로 확장되면서 이들과는 다른 사람



'에디슨 효과'를 응용한 램프를 손에 든 에디슨. 오늘날의 전자이론은 그의 '에디슨 효과'의 발견(1880년)에 많은 신세를 지고 있다.

차 례

〈1900 - 1919〉

- (1) 플라스틱이 바꾼 세계
- (2) IQ 테스트와 함정
- (3) 아인슈타인의 멋진해
- (4) 혈액형발견이 구제한 숫한 인명
- (5) 수의 재판
- (6) 휴지통에서 나온 진공관
- (7) 식량증산의 길을 튼 잡종옥수수
- (8) 진공소제기에서 揚力을 얻은 현대 항공술

〈1920 - 1939〉

- (9) **산업발전을 떠받친 發明의 수레바퀴**
- (10) 人類의 뿌리를 밝힌 타웅의 어린이 頭蓋骨
- (11) 核融合과 두개의 날
- (12) 밝혀진 宇宙開闢의 수수께끼
- (13) 短命의 DDT와 環境運動
- (14) 20世紀의 얼굴, TV가 나오기 까지

〈1940 ~ 1959〉

- (15) 人口의 均衡을 잡은 避妊藥
- (16) 나치스의 暗號풀기로 출발한 컴퓨터
- (17) 精神疾患을 구제한 클로르프로마진
- (18) 20世紀 産業의 實, 半導體
- (19) 2重나사선이 펼친 新世界
- (20) 레이저가 연 光産業

들이 더 큰 역할을 하게 된다. 오늘날 전등과 발전 시스템은 1882년 에디슨이 뉴욕시에 도입한 펄가(Pearl Street) 발전소를 규모만 확대시킨 것은 아니다. 예컨대 20세기 초에 이르자 야간조업의 화학공장은 물론 러시아워의 시내 전차에 이르기까지 많은 종류의 고객들에게 24시간 서비스를 제공하는데 있어서 주요한 역할을 하는 사람은 발명가도 아니고 엔지니어도 아닌 발전소 관리자였다.

자동차도 비슷하게 발전해 나갔다. 4 행정사 이클의 내연엔진은 1876년 독일의 엔지니어인 오토(Nicholas Otto)가 선을 보였으나 오늘날의 가솔린 동력 자동차의 직계 조상은 1880년대 독일에서 벤츠(Karl Benz)와 다임러(Gottlieb Daimler)가 제작한 것이었다. 한편 미국에서는

에디슨의 멘로파크실험실, 1880년.



1893년 1행정 가솔린 엔진을 가진 최초의 미국 자동차를 제작한 찰스 및 프랭크 더이(Charles & Frank Duryea)에게 다른 많은 자작 제작자들과 뒤이어 소규모 생산업자들이 합류했다. 특수목적용 가진 기계장치의 발명, 원유생산과 가솔린 정유 및 공급량의 격증, 그리고 전국 고속도로망의 개선 등은 헨리포드의 조립공장의 승용차를 성공하게 만든 기술과 사회적 발명의 한 두 가지 보기에 지나지 않는다. 전화시스템이 교환원에서 현재의 유선, 극초단파 전송기, 인공위성, 교환센터등으로 구성된 시스템으로 발전한 것은 바로 단계적인 해결책을 계속 추궁하여 알렉산더 그레이엄 벨이 내다 본 지평선을 훨씬 넘어서 뻗어나갔다는 것을 뜻하는 것이 된다.

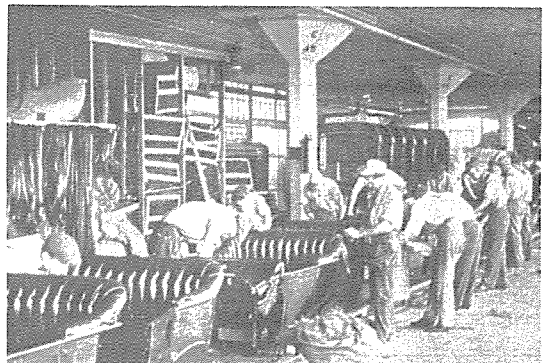
이런 가차없는 발전을 이룩하게 된 주요한 이유는 서방세계가 대량생산과 단위원가를 내리는 노력에 집착했기 때문이다. 전등과 발전시스템, 전화시스템 또는 자동차생산시스템이 점차로 규모가 크고 다양해져 가는 시장에 봉사하려면 투자자본을 더욱 완전하게 이용하고 그에 따라 단위원가를 줄이게 된다. 이 성장과 변화는 여러 가지 사례를 이용하여 설명할 수 있으나 전등과 동력망은 미묘하고도 특유한 현대기술의 성장과 성숙한 모습을 보여 주는데 가장 풍부한 모델을 제공한다.

토마스 에디슨은 단순히 석탄연소 발전소와 뉴욕시 월가지역에 집중된 전등의 負荷를 포함시킨 시스템을 발명했다. 1882년, 이 시스템은 금융가가 활발하게 활동하는 초저녁 몇시간 동안만 겨우 용량에 접근하는 부하를 전송했다. 그

래서 전등의 요금은 크게 뛰었다. 이 시스템이 에디슨의 개념 이상으로 발전되지 않았다면 오늘날 대부분의 세계는 전등의 혜택을 입지 못했을 것이다.

중앙 발전소에서 1 마일 안팎을 뻗어나간 에디슨의 직류시스템은 성장의 한계에 접근하고 있다는 것이 곧 밝혀졌다. 대개가 젊고 과학훈련을 받은 다른 발명가들은 변압기를 가진 교류시스템을 제의했다. 이들은 교류의 경우 전송선 내에서 열의 형태로 상실되는 에너지가 줄어들므로 낮은 코스트로 전송할 수 있게 된다고 제의했다. 또 이렇게 하면 변압기를 사용하여 매우 높은 수준까지 전압을 올릴 수 있고 다른 쪽에서 사용할 수 있는 수준으로 전압을 내린다. 이 감압과 승압의 원리로 전력을 훨씬 먼 거리로 전송할 수 있게 되었다. 에디슨은 이 참신한 해결책으로 지금까지 그가 투자한 것을 망가뜨릴까봐 두려워 이것을 막는데 급급했다. 그러나 필가에서 처음 개가를 올린 3년 뒤 그는 중앙무대에서 밀려났다.

여러 젊은 발명가들이 교류의 실용화를 실현시켰다. 프랑스의 루시앵 골라르드(Lucien Gaulard)는 장거리 전송을 할수 있는 변압기의 가능성을 보여주었다. 헝가리 엔지니어들은 오토(Otto Bláthy), 막스 데리(Max Déri) 그리고 찰즈 지퍼노브스키(Charles Zipernowski)등은 변압기에 병렬도선방법을 도입하여 전압조절 문제를 개선했다. 미국의 젊은 발명가 윌리엄 스탠리(William Stanley)는 웨스팅하우스사에 대규모로 교류변압기를 생산할 것을 설득했다.



디트로이트의 포드자동차공장의 조립라인, 1914년.



벨이 뉴욕에서 시카고와 어떻게 통화하는지 시범을 보여주고 있다. 1892년.

1890년에 이르러 교류전송 방법으로 인구가 적은 교외와 지방까지 전등을 공급할 수 있게 되었다.

그러나 교류가 직류와 대치되기 시작한 뒤 얼마 안가서 교류모터는 한계를 드러내기 시작했다. 모터를 개선하자면 배전과 전송방법에 변화가 필요했다. 몇해 안가서 세르비아 태생의 뛰어난 미국발명가 니콜라 테슬라(Nikola Tesla)가 이탈리아 과학자 갈릴레오 페라리스(Galileo Ferraris), 독일의 프리드리히 하젤반더(Friedrich August Haselwander) 그리고 미국의 C. S. 브래들리(C. S. Bradley)와 함께 多相系를 제의했는데 이로써 효능이 좋은 모터를 사용할 수 있게 된 것이다.

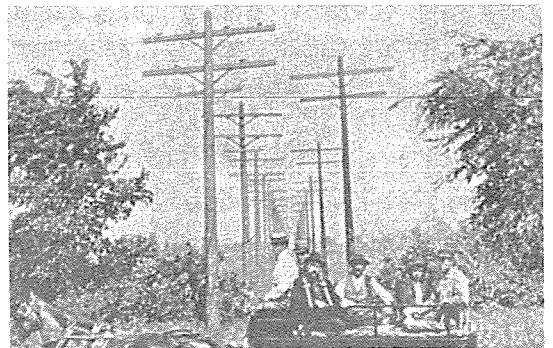
1910년까지 다상전류는 몇 개의 규모가 큰 서로 연결된 석탄연소발전소에서 전등과 동력을 시카고와 같은 큰 도시전역에 함께 공급했다. 전력회사의 관리층과 소유주들은 시중전차, 화학·산업공장, 가정을 포함하여 급속하게 확장되는 도시와 크게 늘어난 시스템의 경제성 다양성에 대처해 나갔다. 그러나 다상계의 확장으로 우리가 오늘날 찾아볼 수 있는 것과는 판이하게 엉뚱한 곳에서 전등과 동력의 발전을 동결시킬 수 있는 다른 문제가 등장했다. 예컨대 동력회사 경영자들은 발전소의 규모를 늘리자면 필요한 장비를 수송하는데 필요한 공간을 크게 늘려야 하기 때문에 부동산 값은 하늘로 치솟았다. 그러나 곧 영국의 발명가 찰즈 파슨즈(Charles Parsons), 스웨덴 발명가 칼 드라발(Carl G. P. de Laval) 그리고 미국인 찰즈 커티스(Cha-

rls Curtis)가 개발한 증기터빈이 개량발전기에 채택되었다. 회전증기 엔진 또는 터빈에서는 마력을 고도로 집중할 수 있게 되어 전력시스템은 경제적으로 계속 팽창해 나갈 수 있었다. 실상 도시의 전등과 동력시스템을 지방으로 옮길 수 있게 된 것은 크게는 터빈의 덕이다.

이리하여 전등과 동력의 역사에서 최초의 25년 안팎은 기술적인 발명이 주도해 나갔다. 그 뒤로는 기술변화가 양적으로 더욱 늘어나고 일상사처럼 되어버린 경향이 있다. 새로운 장애를 극복하려면 발명가와는 다른 부류의 공장관리자가 필요하게 된다.

영국태생인 새뮤얼 인설(Samuel Insule)은 1880년에서 1892년까지 에디슨의 비서와 행정보좌원으로 있었다. 그는 훗날 컴먼웰스 에디슨(Commonwealth Edison)이라고 불린 시카고 에디슨 전력회사의 책임자로서 전력운영의 관리방법을 터득했다. 인설이 인수했을 때 시카고 에디슨사는 시카고시의 20개 군소 전등회사중의 하나에 지나지 않았다. 20년내에 그는 전등과 전력을 묶은 지역시스템을 창설하고 이 시스템은 시카고시를 벗어나 시카고와 교외의 기업은 물론 이웃 지방까지 연결하게 되었다. 1910년경에는 이 시카고 시스템이 세계 최대의 것이라고 생각되는 규모가 되었다.

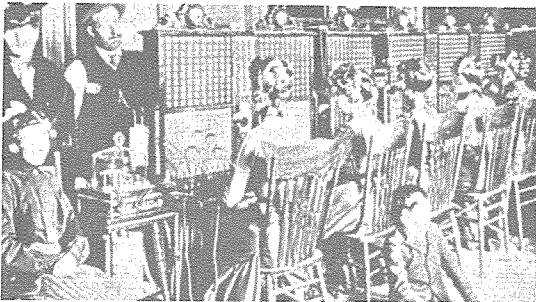
인설과 그의 관리보좌원들은 단위 원가가 균형이 잡히지 않게 높으나 발명과 창의력을 통해 줄일 수 있는 방법을 마련하기 위해 이 시스템에 원가계산방법을 도입했다. 그는 중소기업들의 비능률적인 기업들을 흡수하여 배전시스템을 늘려갔



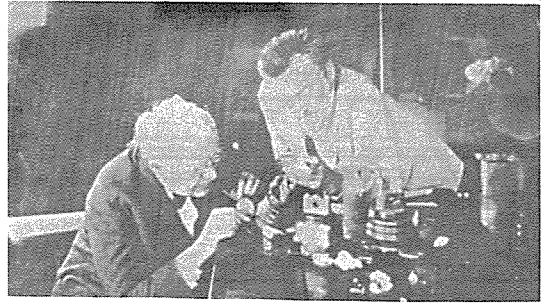
1896년 새로 설치된 전기선.

다. 1896년 후에 다상전류의 도입으로 그는 지난 날의 한물 간 발전시스템을 발전분소로 바꾸고 직류기술은 종속적인 역할을 하게 만들었다. 언제나 미래의 기술에 민감하고 대형 발전기가 소형보다 효율적이라는 사실을 익히 알고 있는 그는 또 시스템내에서 발전기의 규모를 늘렸다. 1903년에 문을 연 그의 피스크가 발전소는 당시 사용되고 있던 최대의 증기터빈인 5천킬로와트 터빈을 자랑하고 있었다. 1910년께 그의 퀴리가 발전소는 1만 4000 킬로와트의 터보발전기를 6기나 갖고 있었다.

인설은 또 負荷율이라는 개념발전에서 선두를 달리고 있었다. 이것은 특정기간동안 발전소의 용량에 대한 이용도의 비율등 시스템의 경제적인 효율을 정확하게 규정하기 때문에 중요한 돌파구를 제공했다. 관리자들에 부하의 골짜기의 피크의 위치를 정확하게 파악할 수 있게 발전소 출력에 관한 24시간 커브를 작성해야 한다. 따라서 이 시스템은 여러 층의 소비자의 부하를 연결하여 아침 6시의 골짜기와 저녁 5시의 피크등 부하 커브를 평균화 할 수 있다. 발전소는 산업공장과 백열등 소비자용으로 전류를 사용할 수 있는 전압으로 낮추었다. 회전식 변환소는 고압의 다상전류를 받아 이것을 시내전차와 고가철도에 필요한 저압의 직류로 변환했다. 이런 일관적인 시스템을 통해 제어센터인 부하배전실은 러시아워에서 크리스마스 이브에 이르기까지 피크 전력수요를 예측할 수 있는 것이다. 더우기 중요한 사실은 시카고 에디슨사가 발전소와 장비를 늘리지 않고 부하를 조절함으로써 전기요금을 내릴 수 있게 된 점이다. 이런 정책이 성



1880년대 말까지 여성들이 소년을 대치하여 전학 교환원의 자리를 거의 모두 차지하게 되었다.



1922년 연구중의 에디슨과 과학자 찰스 스타인메츠의 모습. 스타인메츠는 교류이론에 크게 이바지 했다.

공을 거두었기 때문에 컴먼웰스 에디슨사와 그 밖의 도시 발전회사는 전기를 대량생산하여 전력망을 지방까지 확장할 수 있게 되었다.

1920년대 말의 대공황까지 인설은 산업계를 통해 큰 존경을 받는 인물이 되었다. 그런데 1934년 그는 창립을 도운 持株회사인 중서부 전력회사를 구제하려고 우편물로 국민을 속였다는 혐의로 재판을 받게 되었다. 그는 무죄 방면이 되기는 했으나 정치가들과 언론으로부터 지주사회의 폭군이라는 비난을 받았고 실질적으로 세상에서 은퇴한 가운데 4년 뒤 세상을 떠났다.

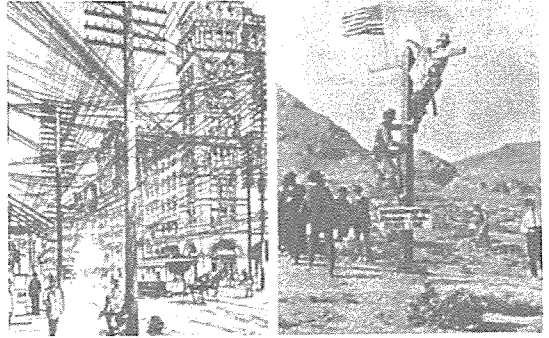
운영면에서 다른 하나의 발명은 지방전력회사를 위한 부하 배전센터였다. 인설은 이런 센터를 설치했으나 최초로 설치한 사람은 아니었다. 20세기로 접어들자 이 센터는 미국과 해외의 모든 전업계로 번져 나갔다. 부하배전센터의 등장으로 증기와 수력 등을 포함하여 여러가지 발전소들이 서로 다른 부하를 가진 송전망에 연결될 수 있게 되었다. 예컨대 독일에서는 하나의 시스템이 루르의 석탄발전에서 알프스의 수력발전까지 손을 뻗고 있었다.

1920년대가 되자 과학계에 가장 중요한 영향을 준 사회발명이 등장했는데 그것은 목적지향적인 연구소였다. 연구개발은 하나의 조직적인 제도가 되었고 당시 전력시스템의 주요과제가 이 지향적인 연구접근 방법에 신세를 져야할 일이 생겼다. 이 문제는 오늘날 전 지역으로 뻗어나간 고압전력시스템용의 전열체와 관련된 것이었다. 그보다 4 반세기전이라면 발명가들이 고압전송케이블 및 관련 장비생산업자에게 절연문

제에 대한 특허를 받은 해결책을 제공했을 것이다. 그러나 1920년대의 반응은 이와 전혀 다른 것이었다. 제너럴 일렉트릭사에서 찰즈 스타인메츠(Charles Steinmetz)와 그의 젊은 동료인 피크 2세(F. W. Peek Jr.)는 자기들이 갖고 있는 지식을 고압문제에 응용했다. 제너럴 일렉트릭은 스타인메츠를 번개불과 천둥소리를 가지고 노는 과학의 신동으로 공공연하게 선전했다. 또 스탠퍼드대학은 시에라리방의 수력발전소에서 1백마일 이상 떨어져 있는 캘리포니아주의 흥청거리는 해안지방까지 전력을 전송할 때 생기는 문제들을 해결하기 위해 고압연구소를 설립했다.

이 목적지향의 연구소들이 기술적인 문제들을 해결하고 있기는 했으나 부하배전이 고르지 못한 것 등 관리문제는 여전히 어려운 문제로 남아 있었다. 또 차츰차츰 대두한 장애는 재정적인 문제였는데 이것은 시스템이 거대한 규모로 커지면서 등장한 새로운 종류의 과제였다. 전력회사들은 기술과 관리면의 발명으로 가능해 진 광역대 전력망의 자금을 댈만한 자본재원을 갖고 있지 않았다.

전력계의 기업가들은 지주회사 형태를 전력시스템수요에 창의적으로 적용하여 이에 호응했다. 지주회사는 전력관계 중소기업들의 팔리지 않는 주식과 채권을 인수하여 지주회사의 주식을 대치함으로써 이 기업들의 성장을 위한 자금을 조달해 주었다. 예컨대 제너럴 일렉트릭사는 전기채권주식회사를 설립하여 미국 전역의 전력관계 기업들이 필요한 자금을 공급했다. 제너럴 일렉트릭사가 뒤를 밀고 있다는 것은 증권고객들에게 시골 전기회사가 미는 것 보다 훨씬 강력한 인상을 주게 된다. 이 선구적인 지주회사중의 하나인 스톤 앤드 웨스터사는 기술·운영·재



(左)1889년까지 뉴욕 맨해튼 남부지역에는 그물처럼 전선이 가설되어 있었다. (右)1914년 미대륙의 동서해안이 마침내 전선으로 연결되었다.

정분야에서 전력회사들에게 자문 서비스를 제공했다.

이 지주회사들은 전력시설을 설치하고 뒤이어 그 자금을 공급하며 관리했다. 이것은 미국 전역에 걸친 거대한 전력망을 조직하는데 매우 효과적이었기 때문에 정부의 규제와 소유를 주장하는데 앞장 섰던 사람들은 비대한 자본가들이 미국경제에서 거점을 잡는다고 떠들기 시작했다. 1935년 미국정부는 공공사업 지주회사법을 통해 참여 기업들이 전기적으로 서로 연관되어 있지 않는 지주회사망은 해체하라고 지시했다. 그러나 전기사업 지주회사는 교류모터나 또는 백열등과 같이 오늘날의 전력공급의 방법을 발전시키는데 확고하게 이바지 했다.

오늘날 전등과 전력 또는 전화나 자동차 산업과 비슷한 패턴을 따라 발전한 기업들이 많다. 의료, 컴퓨터, 항공시스템은 이런 발전양식을 따랐다. 이 기술은 그보다 앞서 발명된 기술들과 더불어 서방세계의 문화를 형성하는데 주요한 역할을 했다. 그래서 20세기를 이야기할 때 이 기술의 발전한 이야기를 빼놓을 수가 없는 것이다. (玄 源 福 訳)

〈註〉

1) 벨(Alexander Graham Bell, 1847~1922): 미국의 발명가. Edinburgh에서 태어나 London, Heidelberg에서 공부한 뒤 1872년 미국으로 건너와 Boston大에서 視話法을 강의하는 한편 음파의 전 반에 관한 연구결과 1876년 유선전화를 발명했다.

2) 다임러-벤츠(Daimler-Benz AG): 서독의 고급자동차 메이커. 그 전신은 Daimler Motoren-Gesellschaft사와 Benz & Cie사이며 1926년 이 두 회사가 합병하여 현재의 회사이름이 되었다. 고급차 Mercedes-Benz의 메이커로 유명하다.