

히 학습하고 철저히 검토해야 한다. 그러한 행위를 규정하고 그것의 제거를 요구하는 일은 노동조합에 달려 있다. 간단히 말해서 노동자의 요구가 충족되도록 그 시스템을 다시 조절하는 것은 노동조합의 조합원들에 대한 임무이다. 콩스베르크에서는 노동조합이 오랜 투쟁 끝에 승리를 거두어 작업장 노동자가 컴퓨터 지원 생산 및 재고 시스템에 완전히 접근할 수 있었다. CNC가 기계가공의 자동화를 통하여 작업장 통제에 접근했듯이 작업장 노동자의 활동 범위를 확대함으로써 컴퓨터 지원 생산 시스템은 경영진의 역할을 제거할 수 있었다. 이처럼 기술이 공장에 실제로 채택되는 과정은 기술 자체의 속성보다는 특정한 생산 과정에 개입된 정치적·경제적 환경과 생산의 통제에 관한 투쟁에 참여하는 세력들의 상대적인 힘과 정교함에 의존하는 것이다.

생산의 사회적 관계는 다른 요소와 마찬가지로 생산기술을 형성한다. 사회적 관계가 달라지면 설계도 달라지고 배치도 달라진다. 물론 생산의 사회적 관계 자체도 더욱 더 거대한 조건(예를 들어 정치적·경제적·문화적 환경, 노동 시장, 노동조합의 전통과 세력 정도, 국제적 경쟁과 투자 자본의 흐름)에 의해 형성된다. 이러한 요소들은 항상 투쟁의 조건에 영향을 미치고 투쟁의 한계를 규정한다. 그러나 투쟁의 한계와 사회적 조건이 무엇이든지 간에 기술적 가능성은 여전히 잔존한다.

미국의 전기화

—시스템 건설자로서의 에디슨*1)

I

이사이 베를린(Isaiah Berlin)은 『고슴도치와 여우』(The Hedgehog and the Fox)에서 “여우는 많은 것을 알지만 고슴도치는 한 가지 큰 것을 안다”는 그리스 시인 아르킬로쿠스(Archilocus)의 말을 인용하였다. 미국의 전기화(電氣化)에 관한 이 논문은 고슴도치에 관한 것이다. 베를린은 고슴도치를 “모든 것을 하나의 중심적인 전망, 즉 일관적이고 정교화된 시스템으로 통합하는 사람”으로 기술하였다. 이와 반대로 여우는 “종종 무관하고 심지어 모순적인” 많은 목적을 추구한다. 베를린은 단테(Dante), 플라톤(Plato), 루크레티우스(Lucretius), 파스칼(Pascal), 헤겔

* 출처 : Thomas P. Hughes, “The Electrification of America : The System Builders”, *Technology and Culture* 20 (1979), pp. 124-161, esp. pp. 124-139. Reprinted in Donald MacKenzie and Judy Wajcman, eds., *The Social Shaping of Technology : How the Refrigerator Got Its Hum* (Milton Keynes and Philadelphia : Open Univ. Pr., 1985), pp. 39-52.

1) 이 논문은 Thomas P. Hughes, *Networks of Power : Electrification in Western Society, 1880-1930* (Baltimore : Johns Hopkins Univ. Pr., 1983), chap. 2 (pp. 18-46)에 다소 다른 형태로 실려 있다. - 편주.

(Hegel), 도스토예프스키(Dostoyevsky), 니체(Nietzsche), 입센(Ibsen), 프루스트(Proust)를 고슴도치로 범주화하였다.²⁾ 나는 여기에 토마스 에디슨(Thomas Edison), 사무엘 인설(Samuel Insull), 미첼(S. Z. Mitchell)을 추가하려고 한다.

에디슨은 시스템을 발명하였고 인설은 시스템을 관리하였으며 미첼은 시스템의 확장을 재정적으로 지원하였다. 이 논문의 초점은 전등 및 전력 시스템에 주어져 있다. 에디슨은 통합에디슨사(Consolidated Edison Company)로 개칭된 에디슨조명사(Edison Illuminating Company)의 뉴욕 펄가(Pearl Street) 발전소의 형태로 시스템을 발명하였고, 인설은 시카고의 연방에디슨사(Commonwealth Edison Company)로 통합된 전등 및 발전 회사들을 관리하였으며, 미첼은 대규모적인 지역 발전 시스템의 성장을 주도하였다. 세 사람은 발명, 경영, 재정과 같은 기술변화 과정의 한 가지 측면에 초점을 두었지만, 동시에 그들은 모든 것을 하나의 중심적 전망에 연결시키기 위하여 자신의 특수한 능력을 넘어서야만 했다. 미첼은 훌륭한 경영자였으며 인설은 재정 활동에도 관여하였고 에디슨은 경영과 재정 분야를 잘 알고 있었다. 따라서 에디슨은 발명가 겸 기업가(inventor - entrepreneur), 인설은 경영자 겸 기업가(manager - entrepreneur), 미첼은 재정가 겸 기업가(financier - entrepreneur)로 칭할 수 있다.³⁾

에디슨, 인설, 미첼은 전체적인 개념화 작업에 유능했으며 시스템의 성장을 방해하는 문제를 단호하게 해결하였다. 따라서 이 논문은 문제 풀이의 개념과 연구에 관한 역사에 해당한다. 그들의 강력한 개념은 다양한 요소와 부문에 방향성을 부여하고 그것을 통합하는 조직 원리를

2) Isaiah Berlin, *The Hedgehog and the Fox : An Essay on Tolstoy's View of History* (New York, 1953), p. 1.

3) 나는 *Elmer Sperry : Inventor and Engineer* (Baltimore, 1971), pp. 63-70, 241, 290-295에서 발명, 개발, 혁신을 관장하는 사람을 '창의적 기업가(entrepreneur)로 개념화하는 것에 관하여 논의하였다.

찾아야 할 필요성에서 비롯되었다. 이러한 문제를 해결함으로써 시스템 건설가들은 자신의 궁극적인 전망을 성취하였다. 그들은 발명, 경영, 재정과 같은 부분적인 문제를 해결하는 것으로 만족하지 않았다. 그들은 전등 및 전력이 일관된 시스템으로 간주되지 않으면 발명이 혁신으로 이어지지 않으며 관리 구조가 진화하지도 않고 재정적 수단이 시스템의 성장에 기여하지 않을 것이라고 믿었다.

전기 공급 시스템의 성장을 주관했던 사람들에 주목하면서 이 논문은 또한 전등 및 전력의 역사적 단계도 규정할 것이다. 에디슨이 주로 활동했던 1880년대는 전등 및 전력이 발명의 단계에 있었고, 그는 엘리휴 톰슨(Elihu Thompson), 윌리엄 스탠리(William Stanley), 니콜라 테슬라(Nikola Tesla)와 같은 주도적인 발명가들 중의 한 사람이었다. 사무엘 인설은 약 25년 후에 본격적인 주목을 받기 시작했는데, 그 때는 기술이 이미 형성되고 대규모 설비의 관리가 중요한 문제로 부상하고 있었다. 당시에 유명했던 설비 회사의 경영진으로는 인설 외에도 존 리브(John Lieb)와 알렉스 도우(Alex Dow)를 들 수 있다. 1920년대에는 발명과 경영이 여전히 중요했지만 당대를 풍미했던 지주 회사들이 지역 시스템의 재정적·조직적 지원을 담당하였다. 이 시기에는 미첼, 찰스 스톤(Charles Stone), 에드워드 웹스터(Edward Webster)와 같은 사람들이 탁월한 능력을 발휘하였다.⁴⁾

II

에디슨이 단순한 시행착오를 통해 새로운 발명을 성취했던 것은 아니다. 그는 자신이 결코 영웅이나 천재가 아니라고 강조하면서 발명은

4) 여기서는 에디슨과 관련된 부분만 번역하고 인설과 미첼에 관한 부분(pp. 139-161)은 번역에서 제외하였다. - 편주.

99%의 노력과 1%의 영감의 결과라고 설명하였다.⁵⁾ 에디슨에 관한 전기 작가들은 그를 발명가 이상으로 묘사하였다.⁶⁾ 그들은 에디슨의 발명적 활동뿐만 아니라 발명을 상업화하려는 노력에 주목하였다. 에디슨의 노트는 그의 개념이 대담하고 포괄적이라는 증거를 제공한다. 그의 활동은 발명에서 혁신에 이르는 넓은 스펙트럼을 포괄하고 있다. 그의 문제 풀이에 관한 접근법은 매우 체계적이었으며, 그의 발명 방식에는 기술적·경제적·과학적 요소가 종합되어 있었다.⁷⁾

초기 시절에 에디슨은 4중 전신기와 전화 송화기와 같은 부품의 발명에 만족하였다. 에디슨이 아닌 다른 사람들이 그것들을 최종 소비자들에게 적합한 상업적 시스템으로 통합했던 것이다. 에디슨이 자신의 연구 영역을 더욱 확장하고 자신이 발명한 부품들을 종합하는 완전한 기술 시스템을 시장에 도입하려고 했던 것은 1870년대 후반의 일이었다. 그는 1876년에 자신의 연구소를 설립하기 위하여 먼로파크(Menlo Park)로 옮겨갔고 1878년에 전등 시스템을 도입하기로 결심하였다. 발명가 겸 기업가로서 그는 전기기술자, 기계기술자, 과학자의 팀을 구성하고 기술 시스템에 영향을 미치는 재정적·정치적·사업적 문제에 관심이 있는 동료들과 협동하였다.

1878년 가을에 백열등 시스템을 철저히 검토한 후 에디슨은 10월 28일에 『뉴욕선』(New York Sun)의 광고를 통하여 자신의 생각을 밝혔

5) Frank L. Dyer and T. C. Martin, *Edison: His Life and Inventions*, 2 vols. (New York, 1930), vol. 2, p. 607.

6) Matthew Josephson, *Edison: A Biography* (New York, 1959); Francis Jehl, *Menlo Park Reminiscences*, 3 vols. (Dearborn, Mich., 1937-1941); Dyer and Martin, *Edison*.

7) 에디슨이 전등 시스템을 발명하고 있었던 1878년부터 1880년의 시기에 대해서는 적어도 200권의 연구소 노트가 존재한다. 이것은 다른 에디슨의 노트와 함께 Edison National Historic Site (National Park Service), West Orange, N. J.에 소장되어 있다. 이 논문을 작성하면서 나는 특히 1878년 11월과 12월의 노트를 참조하였다. 나는 1차 사료의 사용을 안내해 준 Arthur Abel에게 감사한다.

다. 그는 종종 신문기자들에게 주요 도시의 중앙 발전소에서 시작되는 지하 배전에 관한 계획을 암시하였다. 그는 자신의 전등이 가정에 보급된다면 저렴한 비용으로 가스 버너를 대체할 수 있다고 주장하면서 그의 중앙 발전소가 “1/2 마일의 반경에 있는 모든 가정에 광명”을 제공할 것이라고 확신하였다. 그는 백열등뿐만 아니라 계량기, 발전기, 배전선과 같은 부품에 대해서도 언급하였다. 자신의 개념을 기록하기 한 달 전에 그는 “전등에서 노다지를 캐 것”이라고 말했다.⁸⁾ 이처럼 그는 『뉴욕선』의 독자들과 자신의 영감을 나누고 있었다. 그러나 당시 그에게는 배전 시스템은 물론이고 발전기나 백열등도 없었다. 그것들은 적어도 1년 후에나 출현할 것이었다. 그러나 에디슨은 “나는 올바른 원리를 가지고 있기 때문에 꾸준히 노력하면 돼. 물론 시간과 노력과 행운이 필요하겠지. 그것은 이전에 내가 다른 것을 발명할 때에도 마찬가지였어”라고 생각했다. “직관에서 시작된 발명은 저돌적인 탐구 활동으로 이어지지만 이내 문제점이 발생하기 마련이다. 따라서 상업적 성패가 확실하게 밝혀질 때까지 집중적인 탐구와 노동이 필요한 것이다.”⁹⁾

다른 사람들도 1878년 가을에 에디슨이 그의 시스템에 관한 일반적인 개념을 가지고 있었음을 보고하였다. 11월에 연구소 보조원으로 에디슨 그룹에 참가했고 이후에 먼로파크 시절의 회고록을 출판했던 프란시스 제엘(Francis Jehl)은, 실용적인 백열등을 제작하여 발전기 설계를 공표하기 12개월 전인 1878년 10월에 “에디슨이 첫번째 대포를 발사하기 전에 그의 전투 전략을 포괄적으로 계획하였다”고 상기하였다.¹⁰⁾ 제엘에 따르면, 에디슨이 성공했던 이유는 “백열등이 현실화되기 이전의 초기 전망에서 찾을 수 있다.”¹¹⁾

8) Telegram from Edison to Theodore Puskas, Sep. 22, 1878. 에디슨의 모든 전보와 편지는 별도의 언급이 없는 한 Archives, Edison National Historic Site, West Orange, N. J.에서 인용한 것이다.

9) Edison to Puskas, Nov. 13, 1878.

10) Jehl, *Menlo Park Reminiscences*, I, p. 216.

에디슨은 대담한 계획을 세우고 전체 시스템의 발명에 착수했는데, 그것은 그가 연구소와 참모진을 갖추고 있었기 때문에 가능했다. 그는 자신이 이전에 기술적 부품을 발명했을 때와 같이 그의 개념에 따라 인적·물적 자원을 통합하였다. 먼로파크에서는 시스템의 위계가 형성되어 있었다. 그의 노트는 그가 시스템의 다양한 부분과 관련된 문제들을 먼로파크의 전기기술자들, 기계기술자들, 과학자들에게 할당했음을 보여준다. 그는 전체적인 개념을 규정하였고 그의 직원들은 그의 안내에 따라 실험하고 계산하였다. 전등 시스템을 연구했던 최초의 2년 동안에 그는 프란시스 업턴(Francis Upton), 프란시스 제엘, 찰스 배첼러(Charles Batchelor), 존 크레이저(John Kreusi)에게 종종 의존하였다. 1878년 11월에 시작되어 1879년과 1880년을 포괄하고 있는 연구소 노트는 프란시스 업턴이 실험과 계산에서 가장 뛰어난 인물임을 보여준다.¹²⁾

프란시스 업턴은 먼로파크에 참여하기 전인 1878년 가을에 뉴욕에서 에디슨을 위하여 문헌 조사를 수행하였다. 먼로파크로 옮기기 직전에 그는 “1857년 이후의 물리학의 진보에 관한 베를린(Berlin) 요약과 포겐도르프 연보(Poggendorff's Annalen)의 색인”이 있는 매사추세츠(Massachusetts)의 보스턴(Boston)에서 문헌 연구를 계속할 것인지의 여부를 에디슨에게 물었다.¹³⁾ 에디슨은 전기기술 분야에서 시스템을 개발하려는 업턴의 열정이 과학에 입각할 때 성취될 수 있다는 것을 알았다. 이러한 점에서 업턴은 에디슨을 자극하고 보완하였다.¹⁴⁾ 에디슨의

11) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, I, p. 217.

12) “Memorandum of Contents of Notebooks from Edison Laboratory”, Edison Archives, West Orange, N. J.

13) Upton to G. Lowrey, Dec. 12, 1878.

14) 먼로파크에 있는 도서실의 정기간행물은 에디슨이 미국과 다른 나라의 주도적인 과학 및 공학 정기간행물들을 정기적으로 구독하였음을 보여준다. 독일어와 프랑스어에 익숙했던 Otto Moses 박사가 도서실을 책임지고 있었다. Byron Vanderbilt, *Thomas Edison, Chemist* (Washington, D.C., 1971), p. 40. 도서실의 당시 소유물은

시스템적 접근은 학문 분야의 경계를 무시하였다. 그는 학문 분야가 아니라 문제 중심적인 사고(思考)를 가지고 있었던 것이다.

업턴은 1878년 12월에 먼로파크에 합류하였다. 먼로파크 동료들에 의해 학자이자 신사로 평가받았던 그는 필립스아카데미앤도버(Philips Academy Andover), 보우도인(Bowdoin)대학, 프린스턴(Princeton)대학교에서 수학하였고 베를린(Berlin)대학교의 헤르만 폰 헬름홀츠(Hermann von Helmholtz) 밑에서 연구한 경력을 가지고 있었다. 에디슨의 자문가, 기업인, 재정적 조언가인 그로스베너 로레이(Grosvenor P. Lowrey)는 물리학자와 수학자에 대한 에디슨의 요구에 부응하여 업턴을 추천하였다. 프란시스 제엘은 업턴이 모든 연구를 “순수하게 수학적인 방식으로 수행하였고 옥스퍼드(Oxford)의 어떤 랭글러(wrangler : 수학 졸업 시험의 최우등 합격자 - 편주)도 그가 미적분 방정식을 다루는 것을 보면 기뻐했을 것이다”고 말했다.¹⁵⁾ 업턴은 종종 시스템을 위한 발전기의 개발에 전념하였다.

제엘은 전등 필라멘트 조사 활동과 관련된 노트에 자주 등장한다. 제엘도 로레이의 추천으로 1878년 11월이나 12월에 에디슨 그룹으로 합류하였다. 그는 “자신이 찾을 수 있는 모든 과학 논문을 읽었고”, “에디슨을 열렬히 추종했던” 청년이었다.¹⁶⁾ 서부연합(Western Union)의 상담역을 맡고 있었던 로레이는, 제엘을 사무실 직원으로 고용하였고 서부연합의 수선 공장에서 개설된 견습 과정에 참여하도록 하였다. 제엘은 또한 쿠퍼(Cooper)연합의 야간 강좌에서 화학, 물리학, 대수를 배웠다.

Greenfield Village, Dearborn, Mich에 복구된 도서실과 과학관에 수집되어 있다. 거기서 나를 안내해 준 에디슨의 비서 Robert G. Koolakian에게 감사한다. 과학 및 기술 정기간행물에 관한 Upton의 1878년 발췌본은 Edison Archives, West Orange, N. J.에 실려 있다. 에디슨의 도서실에는 또한 19세기의 과학 및 기술 정기간행물들이 보존되어 있었다.

15) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, II, p. 619.

16) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, I, p. 15.

전등 팀의 구성원이었던 찰스 배첼러는 예리한 안목을 가지고 있는 유능한 숙련공이었다. 그는 탁월한 실험 기법과 기계적 재능으로 에디슨의 오른 팔 역할을 하였는데, “그가 연구소에 없으면 에디슨은 작업을 잠시 중단시킬 정도였다.”¹⁷⁾ 먼로파크의 기계 공장을 맡았던 존 크레이시도 중요한 역할을 담당했다. 스위스에서 세공 기술자로 훈련받은 그는 에디슨의 다양한 설계를 스케치와 암호로 능숙하게 구성하였다. 그는 배첼러와 마찬가지로 먼로파크 연구소가 설립되기 전에 뉴저지(New Jersey)의 뉴아크(Newark)에서 에디슨과 함께 있었다.¹⁸⁾

먼로파크의 많은 다른 사람들은 전등 시스템의 다양한 부품을 연구하는 데 할당되었다. 이전에 오스트리아 통신부대의 장교였던 헤르만 클라우디우스(Herman Claudius) 박사는 전지를 가진 발전기, 배전용 전선, 부하에 대한 저항기를 구비한 시스템의 시뮬레이션을 제작하였다. 제엘은 클라우디우스가 키르히호프(Kirchhoff)의 전도망에 관한 법칙을 매우 잘 알고 있었다고 보고했다.¹⁹⁾ 에디슨이 전체적인 시스템을 발명하고 개발하는 것을 가능하게 했던 다른 선구자들로는 존 ‘베이식’ 로슨(John ‘Basic’ Lawson), 오토(J. F. Ott), ‘독’ 헤이드(‘Doc’ Haid) 박사, 윌리엄 해머(William J. Hammer), 에드워드 존슨(Edward Johnson), 스톡턴 그리핀(Stockton Griffin), 윌리엄 카만(William Carman), 마틴 포스(Martin Force), 루드비히 보엠(Ludwig Boehm)을 들 수 있다.

이처럼 다양한 인력을 활용할 수 있었다는 사실은 에디슨의 시스템 개념이 가진 포괄적인 성격을 설명해준다. 게다가 그들은 먼로파크 연구소에 있는 다양하고 값비싼 공작기계, 화학 장치, 도서관 자료, 과학 기기, 전기 설비를 활용할 수 있었다.²⁰⁾ 에디슨이 1878년 11월에 에디슨전등사(Edison Electric Light Company)를 설립했던 주된 이유는 연구

17) *New York Herald*, Dec. 21, 1879, 인용은 Jehl, *Menro Park Reminiscences*, I, p. 393.

18) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, I, p. 54.

19) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, II, p. 545.

20) Jehl은 *Menro Park Reminiscences*, I, pp. 257-270에서 과학기기를 서술하고 있다.

소 장비를 추가로 설치하고 업턴과 제엘과 같은 새로운 인물들을 고용하기 위한 자금을 획득하는 데 있었다. 에디슨과 그의 직원, 그리고 연구소가 가진 공통된 특성은 시스템을 건설하려는 노력에 의해 형성되었다.

먼로파크에는 시스템은 물론 공동체도 있었다. 에디슨이 먼로파크를 선택한 이유는 그 곳이 뉴아크와 같은 도시적 환경에서 격리된 시골이기 때문이었다. 에디슨과 공동체의 다른 기혼자들은 먼로파크 부근의 농장을 구매하거나 임대하였다. 예를 들어 업턴은 그의 신부를 새로운 에디슨 전등이 제공되는 안락한 집으로 데려 왔다. 몇몇 사람들은 연구소에서 걸어다닐 수 있는 조르단(Jordan) 부인의 아늑한 하숙집에서 거주하였는데, 그 곳에서는 성의가 담긴 시골 음식이 제공되었고 주변 환경도 잘 정돈되어 있었다. 연구소 생활의 특징을 잘 보여주는 일화에 의하면, 고된 작업을 마치고 늦은 밤에 요기를 하거나 연구소 2층 끝에 있는 파이프 오르간의 반주에 맞춰 음식과 음료를 즐기기도 하였다. 때때로 노동 시간은 거의 24시간에 육박하는 경우도 있었기 때문에 에디슨은 과외 비용을 기꺼이 지출했던 것으로 보인다.

시스템과 공동체, 그리고 발명의 스타일은 본질적으로 ‘에디슨식’(Edisonian)이었다. 에디슨이 조직의 천재라는 태 의문을 제기하는 목적자나 역사가는 거의 없다. 단 한명의 예외는 전등 프로젝트의 초기 시절에 에디슨에게 재정적·정치적 문제를 조언했던 그로스베너 로레이였다. 에디슨은 배첼러, 크레이시, 업턴의 안내자였지만 로레이는 월가(Wall Street)나 뉴욕의 정치가와 관련된 문제에서 에디슨을 종종 안내하였다. 그러나 에디슨이 뒤로 물러선 것은 아니었다. 그는 자신이 기술적·과학적 문제에 몰두하고 ‘정치’는 로웨이에게 넘긴다고 말했지만, 각종 서신 교환이 보여주는 바에 의하면 에디슨은 재정적·정치적 문제를 해결하는 데 항상 뛰어난 역할을 수행하였다.

로웨이는 자신의 법률적·사업적·재정적 사건에 대한 지식을 토대로 에디슨을 보좌하였다. 매시츄세츠에서 태어난 로웨이는 뉴욕의 법조계

에 뛰어들어 제법 명성을 날렸다. 그는 미국익스프레스사(U.S. Express Company), 웰즈파르고사(Wells Fargo & Company), 볼티모어 및 오하이오철도(Baltimore & Ohio Railroad)의 상담역으로 활동하였다. 그는 또한 재정가 겸 기업가인 헨리 빌라드(Henry Villard)의 법률 상담도 맡았다. 1866년에 그는 서부연합전신사(Western Union Telegraph Company)의 일반 상담역이 되어 에디슨과 함께 전신 특허 소송에 관여하기도 하였다. 로웨이는 에디슨이 전등에 관심을 기울이도록 설득한 사람들 중의 한 명이었다.²¹⁾ 1878년에 파리에서 도입된 자블로흐코프(Jablochhoff)의 아크등에 대한 대중적인 열광을 목격한 후, 로웨이는 에디슨이 그 분야로 진입할 것을 설득하였으며 먼로파크를 확장하는 데 필요한 자금을 지원하였다. 로웨이는 에디슨을 보조하는 것을 넘어 종종 설득하기도 했다. 로웨이는 1878년 10월에 전등 특허의 수입이 에디슨의 꿈을 충분히 실현시킬 수 있을 것이라고 전망했다. “그것으로 자네는 세상이 이전에 본 적이 없었던 연구소를 설립할 수 있을 것이네.”²²⁾ (당시에 먼로파크에는 연구소 건물, 목공소, 창고가 있었지만 기계 공장, 도서관, 사무실은 없었다.) 에디슨은 로웨이에게 전등 특허의 판매 협상과 국내외 기업의 설립에 관한 권한을 부여하였다. “나는 지금 아무 것도 약속할 수 없네. 나는 모든 문제를 자네에게 맡기려고 하네. 내가 지금 원하는 것은 전등 개발을 급속히 추진하기 위한 자금이니.”²³⁾

로웨이는 뉴욕의 재정 및 정치 세계와 긴밀하게 접촉하고 있었다. 그의 법률사무소는 드렉셀(Drexel) 빌딩의 3층에 있었는데, 그 건물의 1층에는 드렉셀 및 모건사(Drexel, Morgan, and Company)가 자리잡고 있었다. 이탈리아인으로서 ‘재정의 천재’이자 피에르폰 모건(J. Pierpont Morgan)의 파트너인 에지스토 파브리(Egisto P. Fabbri)와 협동하여 로웨

21) Payson Jones, *A Power History of the Consolidated Edison System, 1878-1900* (New York, 1940), p. 27. Lowrey에 대해서는 p. 161도 보라.

22) Lowrey to Edison, Oct. 10, 1878.

23) Edison to Lowrey, Oct. 2, 1878.

이는 에디슨이 요구하는 자금을 드렉셀 및 모건사로부터 획득하였다.²⁴⁾ 로웨이가 정치가와 정치적 문제를 다루는 데 있어서 발휘했던 수완과 효과는 먼로파크의 에피소드에서 잘 나타난다. 1879년 12월에 로웨이는 멧진 로비 작전을 세웠다. 그것의 목적은 에디슨 조명사가 에디슨 전등 시스템의 첫번째 상업적 작품인 배전 시스템을 뉴욕시에 설치하기 위하여 독점 판매권을 획득하는 데 있었다. 뉴욕의 몇몇 시의회 의원들은 가스등이나 램프의 손해를 염려하여 백열등의 도입에 반대를 표명하였다. 특별 기차가 시장과 시의회 의원을 먼로파크로 운송하였다. 그들은 어둠 속에서 연구소 건물의 내부와 외부에서 타오르고 있는 전등을 목격하였다. 에디슨과 그의 참모진은 연구소를 안내하면서 사업 계획과 연구 현황을 설명하였다. 잠시 후에 누군가가 목이 마르다고 하였는데, 그것은 손님들을 연구소 2층으로 모시라는 신호였다. 전등이 어둠을 밝히자 유명한 델모니코(Delmonico)의 호화로운 ‘향연’이 준비되어 있었다. 로웨이는 에디슨을 소개했고 만찬 후에 에디슨은 독점 판매권을 어렵지 않게 획득하였다.²⁵⁾ 그것은 발전기의 상업적 성공을 보장해 주는 것이었다.

로웨이와 에디슨에 의해 형성된 회사의 조직과 초기 관리는 다른 저작에서도 잘 설명되어 있다.²⁶⁾ 여기서는 회사의 초기 특징을 강조하고자 하는데, 그것은 에디슨이 일관성 있는 시스템을 창출하려는 결심과 기술변화의 넓은 스펙트럼을 주관하려는 의도와 관련되어 있다. 최초로 설립된 회사인 에디슨전등사는 에디슨의 발명 활동에 필요한 자금을 제공할 목적으로 특허권을 전세계에 판매하여 투자 비용을 회수하는 수단이었다. 뉴욕의 에디슨조명사는 에디슨전등사의 특허에 입각하여

24) Lewis Corey, *The House of Morgan*, p. 23. Jones, *A Power History of the Consolidated Edison System*, p. 162에서 재인용.

25) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, II, pp. 778-785.

26) 예를 들어 Harold C. Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875-1900* (Cambridge, Mass., 1953)을 보라.

에디슨 시스템을 상업적으로 활용하기 위하여 설립되었는데, 1882년 9월에 시작된 뉴욕 펄가의 중앙 발전소는 그 회사가 발주한 대규모 프로젝트였다. 에디슨은 통합적 시스템에 필요한 주요 부품들을 (보일러와 증기기관을 제외하면) 모두 스스로 발명하고 개발하였으며, 발전기와 지하 전도체를 제작하기 위하여 에디슨기계제작소(Edison Machine Works)와 에디슨전기튜브사(Edison Electric Tube Company)를 각각 설립하였고, 백열등을 대량으로 생산하기 위하여 에디슨전등제작소(Edison Lamp Works)를 운영하였다. 또한 그는 이전에 자신의 피고용인이었던 지그문트 베르그만(Sigmund Bergmann)과 파트너십을 형성하여 다양한 약제사리를 만드는 데에도 관여하였다.²⁷⁾ 에디슨은 이러한 회사들의 활동을 주도하는 엔지니어이자 경영자였지만, 그의 초점은 발명에 지속적으로 주어졌다.

III

연구소 참모진의 보조와 로웨이의 지원으로 에디슨은 기술변화와 관련된 다양한 수준의 문제들을 체계적인 방식으로 해결하였다. 문제 풀이에 관한 그의 시스템적 접근법은 백열등 기술의 발명 과정에서 잘 드러난다. 에디슨은 기술을 경제와 동떨어진 것으로 인식하지 않았다. 백열등 개발 프로젝트를 발주한 이후 에디슨은 가스등 시스템의 경제성에 관한 많은 문헌들을 심도있게 검토하였다. 또한 그는 최초의 중앙 발전소를 뉴욕 펄가에 설치하기로 결정한 후 그 곳의 잠재적인 전등 시장을 점검하였다.²⁸⁾ 그의 노트는 그가 그램(Gramme)아크등 발전기와

27) Jones, *A Power History of the Consolidated Edison System*, p. 13에는 에디슨의 다양한 회사들과 그것들의 관계가 그림으로 설명되어 있다.

28) Jehl, *Menlo Park Reminiscences*, I, p. 215 ; II, pp. 731-732.

왈라스(Wallace)아크등 발전기의 작동 비용을 분석했음을 보여준다.²⁹⁾ 또한 그와 업턴은 다양한 문헌을 활용하여 자블로호코프 아크등시스템의 작동 비용을 결정하였다. 연구소 노트에 의하면, 에디슨은 특히 발전기와 배전선에서 사용되는 구리의 가격에 관심을 두면서 그것의 절감을 원하였다.³⁰⁾ 1878년 12월에 그는 그의 시스템에서 백열등 하나를 작동시키는 데 필요한 비용을 11달러로 평가하였다. 그는 투자액에 대한 10%의 이자율과 연간 300시간의 전등 사용 시간을 가정하여 전등의 작동 비용이 1시간당 0.00366달러 이상이 되어야 한다고 결론지었다.³¹⁾ 에디슨은 분명히 자본주의 체제의 맥락에서 사고했던 것이다.

에디슨의 노트를 면밀히 검토해 보면 그가 단순히 정교한 장치의 발명에 만족하는 사람이 아님을 알 수 있다. 노트의 곳곳에서는 개념, 기발한 실험, 주의깊은 추리, 긴밀한 경제적 계산이 나타난다. 예를 들어 1880년에 쓰여진 것으로 보이는 120번 노트에는 전등 10,000개를 작동시킬 수 있는 중앙 발전소의 수지타산에 관한 계산이 30페이지 분량으로 기록되어 있다. 그것은 아마 뉴욕에 건설될 펄가 시스템을 염두에 둔 계산임에 틀림없다. 이러한 계산은 에디슨과 업턴이 수행한 것인데, 그들은 다양한 실험과 문헌 조사에 입각하여 1마력의 증기기관과 발전기가 16축짜리 백열등 8개를 작동시킬 수 있다고 가정하였다. 따라서 10,000개의 전등을 갖춘 시스템은 1,200마력을 요구하였다. 그들은 철제 발전소 건물에는 8,500달러가 소요되며, 밥콕(Babcock)과 윌콕스(Wilcox)의 제안을 따라 보일러 및 보조장치에는 30,180달러가 소요된다고 평가하였다. 크레이서는 증기기관과 발전기의 건설 비용을 48,000달러로 추

29) Menlo Park Notebook, No. 6 (Dec. 4, 1878 - Jan. 30, 1879), pp. 22-30.

30) Menlo Park Notebook, No. 1 (Nov. 28, 1878 - July 24, 1879), section on wire calculation ; Notebook, No. 12 (Dec. 20, 1878), pp. 174-175, 232-233을 보라. Jablochhoff 아크등의 작동 비용에 대해서는 Notebook, No. 6, p. 57을 보라.

31) Notebook, No. 6, p. 177 ; Notebook, No. 120 (Nov. - Dec., 1880, approximate date), pp. 71-101.

정하였다. 그들은 집중적인 계산을 통하여 시스템에 사용될 전도체의 비용은 57,000달러, 계량기의 비용은 5,000달러로 예상하였다. 연간 사용량에 입각한 감가상각 비율을 감안하면 이러한 비용은 감소할 것인데, 건물, 보일러, 증기기관, 발전기, 계량기, 전도체의 감가상각비는 6,058달러로 책정되었다. 일일 노무비는 주엔지니어 5달러, 보조 엔지니어 3달러, 청소부 1.5달러, 주요 직장 2.25달러, 보조 직장 1.75달러, 주전압 조정자 2.25달러, 보조 전압 조정자 1.75달러, 두 명의 노동자 3달러로 각각 계산되었다. 따라서 일일 총노무비는 20.5달러가 되었고 연간 총 노무비는 7,482달러가 되었다. 또한 연간 관리자 임금은 4,000달러, 지대와 보험료 및 세금은 7,000달러로 각각 책정되었다. 석탄은 1톤당 2.8달러이고 1마력당 3파운드가 소요되므로 연간 석탄 비용은 8,212달러로 계산되었으며, 유류와 폐기물 및 물은 석탄의 1/3인 2,737달러로 계산되었다. 중앙 발전소에는 35센트짜리 전등 30,000개가 설치되므로 그 비용은 연간 10,500달러가 소요될 예정이었다. 따라서 연간 총 비용은 45,989달러가 되었다. 수입의 평가와 관련하여 에디슨과 업턴은 하루에 5시간, 연간 18,250,000시간 전등을 사용할 경우에 10,000개가 팔릴 것으로 예상하였다. 그들은 15축짜리 가스등 10,000개가 하루에 5시간씩 사용되면 하루에 250,000ft³, 연간 91,250,000ft³의 가스가 소요된다는 것을 알았다. 가스 회사들은 고객에게 1,000ft³당 1.5달러를 청구하고 있었는데, 동일한 서비스 요금을 가정한다면 에디슨 중앙 발전소의 수입은 136,875달러가 되었다. 그렇다면 고객에게 가스등 시스템과 동일한 가격을 요구할 경우에도 에디슨은 90,886달러의 순이익을 거둘 수 있는 것이다.

여기서 초과 비용은 “특허권에 대한 이자를 지불하는 것”뿐이었다.³²⁾ 중앙 발전소는 자본투자 예상액인 150,680달러의 2배 정도의 자본을 확보해야 했는데, 그것은 특허권의 소유자인 에디슨전등사에게 투자액의

32) Notebook, No. 120, p. 99.

<표 1> 에디슨의 중앙 발전소에 관한 평가 (10,000개의 전등을 작동시킬 경우)

자본 투자 : 감가상각			
발전소 건설	\$8,500	2%	\$ 170
보일러 및 보조장치	30,180	10%	3,018
증기기관과 발전기	48,000	3%	1,440
보조 전기장치	2,000	2%	40
전도체	57,000	2%	1,140
계량기	5,000	5%	250
합계	\$ 150,680		\$6,058
운영 및 기타 비용 :			
노무비 (매일) :			
주엔지니어	\$ 5.00		
보조 엔지니어	3.00		
청소부	1.50		
주요 직장	2.25		
보조 직장	1.75		
주전압 조정자	2.25		
보조 전압 조정자	1.75		
두 명의 노동자	3.00		
합계	\$ 20.50		
노무비 (연간)	\$7,482		
기타 비용 :			
관리자 임금 (연간)	\$4,000		
지대, 보험료 및 세금	7,000		
감가상각	6,058		
석탄 (연간)	8,212		
(1톤당 \$2.80 ; 1마력당 3파운드 ; 하루에 5시간 ; 1,200마력)			
유류, 폐기물 및 물	2,737		
전등 (35센트 짜리 30,000개)	10,500		
합계	\$ 45,989		
전등 10,000개를 판매할 경우의 예상 최소 이익			\$ 136,875
비용			- 45,989
			\$ 90,886

출처 : Edison Menlo Park Notebook, No. 120 (1880).

30%를 이익 배당금으로 지불해야 하기 때문이었다.

이상과 같은 계산은 에디슨이 전등 시스템을 발명하고 개발하는 과정에서 필수적인 조건으로 간주되었다. 예를 들어 비용 분석은 전등 시스템의 핵심 기술인 필라멘트의 탐색 활동에서 중요한 역할을 담당하였다. 에디슨이 기존의 저(低)저항 전등에 대비되는 고저항 전등에 주목했다는 점은 널리 알려져 있지만, 이러한 결정이 비용 분석에서 비롯되었다는 사실은 잘 인식되지 않았다. 이것을 설명하기 위해서 우리는 비용 분석은 물론 과학의 도입도 고려해야 한다. 그렇다면 에디슨이 전등 시스템을 발명하고 개발하는 과정에는 기술적 요소는 물론 경제적 요소와 과학적 요소가 모두 개입되었던 것이다. 그의 노트에서 경제적 계산과 뒤범벅되어 있는 실험 데이터는 종종 과학에서 비롯된 추론적 설명 및 가설의 구성과 결부되어 있었다. 이처럼 경제-기술-과학의 연결망은 끝없이 이어지는 것이다. 멘로파크에서 물적·인적 자원을 통합적으로 활용했던 것과 마찬가지로 에디슨은 시스템의 개발에 있어서도 다양한 요소들을 종합하는 데 자신의 독창성과 영향력을 발휘하였다.

앞에 기록된 항목 중에서 전도체는 고자본 품목이다. 전도체에 관한 비용 57,000달러 중에서 27,000달러는 구리 전도체를 위한 것이었고, 25,000달러는 그것을 포함하고 있는 파이프에 관한 비용이었으며, 2,000달러는 절연에 필요한 것이었다. 프로젝트의 초기 시절에 에디슨은 구리의 가격이 비용 방정식의 주요 변수라는 점과 그것이 전도체의 횡단면적과 길이에 의존한다는 점을 알았다. 전도체의 길이가 매우 길어지면 전등의 가격이 가스등보다 높아질 것이었다. 전도체의 길이를 줄이고 횡단면적을 작게 하기 위하여 그는 오옴(Ohm)과 주울(Joule)의 과학적 법칙을 활용하였다. 몇몇 노트에 의하면 에디슨과 업턴은 주울의 법칙(열량 또는 에너지=전류의 제곱×저항=전압×전류)을 사용하여 백열등에서 소비되는 에너지를 계산하였다.³³⁾ 그들은 또한 전도체의 에너

33) Notebook, No. 3 (Nov. 21, 1878), p. 107과 Notebook, No. 9 (Dec. 15, 1878 - Mar. 10,

지 손실을 보여주기 위하여 주울의 법칙을 활용하였다. 에너지 손실은 (전류의 제곱)×(전도체의 길이)×(전도체의 횡단면적에 따라 구분되고 사용된 구리의 성질에 의존하는 상수)에 비례하는 것으로 간주되었다. (즉 에너지 손실은 C^2La/S 에 비례한다.)³⁴⁾ 이 공식에는 수수께끼가 담겨져 있었다. 만약 에디슨이 배전의 손실을 줄이기 위하여 구리의 횡단면적을 늘리면 자신이 피하려고 했던 구리 비용의 증가가 수반되었던 것이다. 따라서 중도를 취하는 방법이 모색되어야 했는데, 그것을 위해서는 전류라는 다른 변수가 고려되어야 했다. 만약 전류가 감소될 수 있다면 전도체의 횡단면적이 그렇게 클 필요가 없었던 것이다. 그러나 백열등을 밝히려면 전류가 필요한데 어떻게 전류를 줄일 수 있을 것인가?

이러한 딜레마를 해결하기 위하여 에디슨은 다음과 같이 추론하였다. 전류를 감소시켜 전도체의 손실을 줄이려고 했던 그는 전압을 증가시킴으로써 전등에 전달되는 에너지의 수준을 벌충하고 유지할 수 있다고 생각하였다 ($H=C \times V$). 그리고 그는 “저항=전압/전류”라는 오옴의 법칙을 적용하였다. 그는 백열등 필라멘트의 저항을 증가시킴으로써 전류에 대한 전압의 비율을 증가시킬 수 있었다. (저항은 비율로 나타나는 값이다.)³⁵⁾ 이처럼 그는 많은 시간이 소요된 탐색 활동을 통하여

1879), p. 41에는 오옴의 법칙에 관한 몇몇 메모가 나타나 있다. Notebook, No. 6, pp. 11 ff는 주울의 법칙을 사용했음을 보여준다. Notebook, No. 6에 기입된 마지막 날짜가 1879년 1월 30일인 것에 비추어 볼 때 에디슨은 그 법칙을 전등 프로젝트 초기 단계에서 사용했던 것으로 보인다. Notebook, No. 10 (Dec. 1878 - Jan. 1879), p. 13에는 $H = C^2 R$ 가 사용된 자리에 ‘주울’이라는 메모가 나타나 있다.

34) Notebook, No. 12, pp. 174-176.

35) Jehl, *Menro Park Reminiscences*, I, pp. 362-363 ; II, pp. 852-854는 에디슨의 오옴의 법칙에 관한 의존을 강조한다. 나에게 이것은 에디슨이 과학을 활용했다는 중요한 단서가 되었다. 종종 인용되는 “Electricity”, *Encyclopedia Britannica*, 9th ed. (1878), p. 41는 멘로파크에서 $R(\text{저항})=E(\text{기전력})/C(\text{전류})$ 라는 오옴의 법칙을 사용했다고 지적하였다. Harold Passer는 Francis Jehl, “Electrical Science and the Early Development

고저항 필라멘트라는 개념에 도달하였는데, 그것은 동시에 논리적 추론의 과정이기도 했다.

이상의 논의에서 보듯이 에디슨은 고저항 필라멘트를 통해 전등에 필요한 에너지를 공급하면서도 에너지 손실과 구리의 함량을 감소시킴으로써 전도체의 경제성을 보장할 수 있는 방법을 찾았다. 그러나 나는 에디슨이 이러한 추론에 도달했던 정확한 날짜를 아직 찾지 못했다. 에디슨은 1926년에 헨리 포드(Henry Ford)에게 보낸 에세이에서 “1878년 가을에 탄소 필라멘트로 실험을 했지만 저저항이 문제가 되었다”고 말한 후 “전등 시스템에서 전등을 밝히는 데 필요한 전류는 커다란 구리 전도체를 요구한다. 전도체에 사용되는 구리의 양이 핵심적인 상업적 문제이다”고 지적하였다.³⁶⁾ 그는 “1878년 12월경에 나는 프란시스 업턴이라는 청년 수학자와 함께 ... 전등이 가스등과 상업적으로 경쟁하기

of Electrical Manufacturing Industry in the United States”, *Annals of Science* 7 (1951), pp. 382-392에 입각하여 에디슨의 추론을 설득력있게 주장하였다. 그러나 Passer는 에디슨의 노트나 다른 1차사료에 입각한 증거를 제공하지 않았다. *The Electrical Manufacturers*, pp. 82, 84, 89. Dyer and Martin, *Edison*, vol. 1, pp. 244-260은 에디슨의 1926년 회고에 의존하고 있다. Josephson, *Edison*, pp. 193-204, 211-220은 에디슨이 오옴의 법칙을 사용한 것을 강조하지만 에디슨이 그의 시스템을 개념화하기 위하여 오옴의 법칙과 주울의 법칙을 함께 사용한 것에 주목하지 않는다. Joseph은 또한 에디슨이 1878년 9월 8일의 영감에 의해 고저항의 개념에 도달했고(p. 194) 1879년 1월에 최초로 고저항 전등을 개발했다(p. 199)고 지적했지만 아무런 증거를 제시하지 않았다. A. A. Bright, *The Electric-Lamp Industry* (New York, 1949)은 에디슨이 그의 시스템을 인식한 방법에 대하여 어떤 추가적인 정보도 제공하지 않는다. Jehl의 책은 조직적이지는 않지만 여전히 가장 유용한 출판물이다. *Menro Park Reminiscences*, I, pp. 214-215, 243-245, 255-256 ; II, pp. 820-821, 852-854를 보라.

36) Thomas A. Edison, “Beginnings of the Incandescent Lamp and Lighting System”, a typescript in the Edison Archives, West Orange, N. J., p. 4. 여기에는 1926년에 Henry Ford의 요청으로 보낸 품목이라는 메모가 있다. 1926년 경에는 에디슨과 그의 특허 변호사가 우선권을 염두에 두고 있었기 때문에 그 품목은 조심해서 사용되어야 했다.

위해서는 적어도 100오옴의 저항을 가져야 한다는 것을 증명하였다”고 말하면서 자신이 고저항 개념에 착안했던 시점을 암시하였다.³⁷⁾ 그리고 에디슨은 고저항 필라멘트를 획득하기 위하여 탄소 이외의 다른 금속에 주의를 기울였고 1879년 4월에는 차단 기체가 방출되어 불용해성을 증가시키는 백금에 주목하였음을 밝혔다. 따라서 에디슨이 고저항 필라멘트를 탐색하는 활동은 적어도 1878년 12월에서 1879년 4월에 걸쳐 진행되었음을 알 수 있다. 제일의 『멘로파크 회고록』(*Menro Park Reminiscences*)에 의하면, 에디슨은 1878년 10월에 고저항 전등을 전등 시스템의 필수적 요소로 파악했으며 주울과 오옴의 법칙을 적용하여 시스템의 본질에 접근하였다.

에디슨의 추론은 근사치를 사용한 간단한 사례를 통하여 설명될 수 있다. 1880년 쯤에 에디슨은 저항이 70-80오옴에서 130오옴에 이르는 탄화 종이 필라멘트를 획득하였다. (그는 100오옴을 원하였다.)³⁸⁾ 가스등과 동일한 촉광을 원했던 그는 이 필라멘트가 대략 100와트에 접근한다는 것을 알았다. 이것은 전등의 전압과 전류의 곱이 100와트가 된다는 것을 의미하였다. 저항이 100오옴이면 열에너지가 전류의 제곱과 저항의 곱과 같다는 주울의 법칙에 따라 전류는 1암페어가 되었다 ($100 = C^2 \times 100 ; C=1$). 그렇다면 필요 에너지를 만족시키기 위해서는 전압이 100볼트가 되어야 한다 ($H=C \times V ; V=100/1=100$). 여기서 우리는 에디슨 시스템에서의 견적이 오늘날의 기준으로 되었음을 알 수 있다. 즉 100와트, 1암페어, 100오옴.³⁹⁾

37) Edison, “Beginnings of the Incandescent Lamp and Lighting System”, p. 5.

38) Notebook, No. 52 (July 31, 1879), p. 229. 기입 날짜는 1879년 12월 15일로 되어 있다.

39) 1881년 1월에 에디슨은 멘로파크에 설치된 그의 전등 시스템의 경제성을 테스트하였다. 이것은 1882년에 뉴욕의 필가에서 완전한 크기의 시스템을 설치하는 것으로 이어졌다. 테스트에서 그는 16촉과 8촉의 두 가지 크기의 전등을 사용하였다. 16촉은 104.25볼트의 기전력과 114오옴의 저항을 가지고 있었다. 따라서 16촉 전등에는

IV

지면 관계상 에디슨이 그의 시스템의 다른 부품들을 발명한 방식에 대해서는 분석하지 않겠다. 그러나 고저항 필라멘트의 발명에서 나타나는 그의 연구 방식은 그의 창의력을 구성하는 핵심적인 요소를 보여주기에는 충분하다. 그가 공언하였고 심지어 피상적인 전기 작가들도 지적하였듯이 그의 발명 과정은 수많은 시행착오와 고통으로 가득차 있었다. 에디슨적 방법을 평가절하하는 사람들은 연구소 과학자들의 소위 '과학적' 방법과 비교하여 그의 방법이 '경험적'이라고 강조한다. 이러한 견해는 피상적이고 왜곡된 것으로서 창의력의 성격에 대한 혼동에 입각하고 있다.⁴⁰⁾ 내부의 발명가의 영감은 그의 소망이 잘 정돈되어 있는 경우에만 발생한다. 다른 발명가, 엔지니어, 과학자와 마찬가지로 에디슨은 우선 결정적인 문제를 규정하였는데, 그것은 해결책을 강구하기 위한 주요한 단계였다. 그의 일차적인 소망은 가스등과 경제적으로 경쟁할 수 있는 백열등을 개발하는 데 있었다. 그의 시스템에서 핵심적인 기술적 변수들의 관계를 규정하고 경제성을 달성할 수 있도록 그것들을 조작하는 데 있어서 오음과 주율의 법칙을 활용한 것은 에디슨의 가장 주요한 통찰력에 해당한다. 이러한 점을 수용할 때 우리는 연구소 보조원 제일이 그의 회고록에서 에디슨의 창조적인 성공을 설명하기

³⁹ 9암페어의 전류가 흐른다. C. L. Clarke, "An Economy Test of the Edison Electric Light at Menlo Park, 1881", Committee on St. Louis Exposition of Association of Edison Illuminating Company, *Edisonia: A Brief History of the Edison Electric Lighting System* (New York, 1984), pp. 166-178.

⁴⁰ 필자인 Hughes는 자신의 시스템적 접근에 입각하여 미국 현대 기술사를 재구성한 책에서, 시스템 건설자들은 정교화되지 않은 급진적인 혁신에 초점을 두는 반면, 산업연구소의 과학자들은 이미 확립된 기술 시스템을 개량하는 데 집중한다고 강조하면서, 두 그룹은 모두 과학적 방법을 사용하지만, 초점이 다르기 때문에 과학을 활용하는 방식에 차이가 있다고 지적하였다. *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm* (New York: Penguin, 1989), chaps. 2, 4. - 편주.

위하여 에디슨이 오음의 법칙을 잘 알고 있었다고 반복적으로 강조한 이유를 알 수 있다. 또한 우리는 에디슨이 과학자, 특히 수학자를 멸시했기 때문에 그가 과학을 활용하지 않았다는 기존의 많은 해석들이 잘못된 것임을 이해할 수 있다.

백열등의 발명과 개발은 에디슨의 시스템적 접근법을 잘 보여준다. 그는 전등의 특성을 고려한 후에 발전기 설계의 문제를 규정하였다. 즉 발전기는 병렬식 백열등을 위하여 100볼트를 제공해야 했으며 전류는 1 암페어짜리 전등의 갯수와 동일한 크기를 가져야 했다. 발전기와 전등의 관계는 전등을 병렬식으로 설치하려는 결정에 의해 규정되었는데, 그것은 시스템의 전압을 안정한 수준으로 유지하고 한 전등을 다른 전등에 무관하게 독립적으로 작동시키려는 요구에서 비롯되었다. 에디슨의 시스템은 아이디어의 개발과 상호작용이 연루된 한 편의 드라마처럼 진화했던 것이다.

실용적인 필라멘트를 최초로 발견했던 1879년 10월에 에디슨은 그의 시스템을 위한 발전기를 공표하였다. 1882년 9월에 필가의 시스템은 월가 지역에 전등을 공급하기 시작하였다. 에디슨 조명사의 필가 발전소가 개장됨으로써 중앙 발전소 백열등 시대, 즉 공공 전기 공급의 시대가 시작된 것이었다. 그러나 에디슨은 점차 전등 분야에서 물러섰다. 이러한 현상은 1892년에 분명히 나타나는데, 그의 제조업체인 에디슨제너럴일렉트릭(Edison General Electric)과 다른 전기 제조업체인 톰슨-휴스턴사(Thomson-Houston Company)의 합병으로 그의 이름이 나타나지 않는 제너럴일렉트릭(General Electric)이라는 새로운 회사가 구성되었던 것이다. 그러나 여전히 미국의 대도시에는 에디슨의 이름을 지니고 있는 수많은 설비 회사들이 전등을 공급하고 있었다.