

## 전기조명의 사회기술전환 연구 : 백열램프에서 형광램프로

(A Study on the Socio-Technical Transition in Electric Lighting :  
from Incandescent Lamp to Fluorescent Lamp)

김재일\* · 이희상\*\*

(Jaeil Kim · Heesang Lee)

### Abstract

Technology for electric lighting has been evolving from Incandescent Lamp(IL) through Fluorescent Lamp(FL) and currently to Solid State Lighting(SSL) such as LED for more than 130 years of time. However, it took more than 100 years until the transition from IL to FL across overall society. That is because the transition is the Socio-Technical Transition(STT) which involves various social elements. This study investigated and analyzed the theories regarding STT, and applied the Multi-Level Perspective(MLP) theory to the case of electric lighting. A qualitative contents analysis was used with secondary data as research method, and the analyzed result was visualized based on the frame of MLP theory. The STT of electric lighting from IL to FL took place as the order of Technical Niche, Socio-Technical Regime and Landscape. Specifically, in Technical Niche level: Establishing Market Niche, Price-Performance Improvement, Learning Process and Support of Powerful Group took place. In Socio-Technical Regime level: Changes in Social Network, Changes in Technology and Changes in Rules. In Landscape level: Macro-Political Development, Socio-Economic Trends and Macro-Economic Trends took place in consecutive order.

Key Words : Incandescent Lamp, Fluorescent Lamp, SSL, LED, Sociotechnical System,  
Sociotechnical Transition, Multilevel Perspective

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

2012년 유럽과 일본에서는 백열램프의 생산과 판매 및 사용이 전면적으로 금지되었고, 2014년 1월부터 한국과 미국에서도 백열램프에 대한 전면적 생산 및 판매 규제가 시작되었다[1]. 에너지 가격이 상승하고 탄

---

\* Main author : Candidate of PhD, Sungkyunkwan University  
\*\* Corresponding author : Professor, Sungkyunkwan University  
Tel : 031-290-5531, Fax : 031-290-7610  
E-mail : jaeil.kim@skku.edu  
Received : 2014. 9. 27  
Accepted : 2015. 1. 7

소배출에 대한 규제 압력이 증가하면서 각 국가의 정부와 기업들은 에너지를 절감할 수 있는 방안들을 찾는데 많은 노력과 예산을 쏟고 있다. 미국의 경우 2004년 전체 사용 에너지의 15% 이상을 전기조명에서 소모했는데, 이 중에서 85% 이상을 에너지 효율이 떨어지는 백열램프를 사용하고 있었으며[2], 2010년에는 조명용 에너지 비율이 19%로 증가하였고, 이 중 22%는 여전히 에너지 효율이 낮은 전등에 의해 소모되고 있었다[3]. 이를 개선하기 위해서 OECD 국가들을 중심으로 에너지 효율이 높은 조명의 사용과 기술개발을 장려하는 정책을 펴고 있다.

에너지 효율이 높은 전기조명의 필요성은 이미 20세기 중반부터 꾸준히 제기되어 왔었고, 조명에 사용되는 에너지의 효율성을 높이려는 기술개발이 다양하게 진행되어 왔다. 오랫동안 다양한 혁신의 과정들을 거쳐서 조명기술은 백열램프에서 형광램프로 그리고 지금은 LED로 대표되는 반도체 조명(SSL, Solid State Lighting)으로 진화해 가고 있으며 높은 에너지효율을 보이고 있다[4-5]. 새로운 기술이 이전 기술을 대체하고 이전기술은 시장에서 소멸하는 하이테크 기술들의 급진적 혁신 주기와는 달리 전기조명에 있어서 흥미로운 점은 1879년 백열전구가 발명된 이후 130여년이 넘는 긴 역사 동안 빠른 기술전환이 이루어지지 않은 채 여전히 백열램프와 형광램프 그리고 LED램프가 함께 사용되고 있으며, 그나마 진행된 백열램프와 형광램프의 세대교체도 아주 오랜 시간에 걸쳐 진행되었다는 것이다[6]. 이를 통해 볼 수 있듯이 기술 혁신 자체는 기술의 전환을 이루는데 반드시 필요한 요소이기는 하지만, 기술혁신만으로 기술전환이 이루어지는 것으로는 볼 수 없다. 기술의 전환은 기술자체의 속성뿐만 아니라 사회의 다양한 요소들이 복합적으로 작용하여 발생하는 사회기술전환(Socio-Technical Transition)<sup>1)</sup>이기 때문이다[7]. 그래서 새로운 기술이 확산되고 수용되는 전환의 과정을 이해하기 위해서는 기술 자체에 대한 연구와 함께 정치·경제·문화 등 사회적인 요소들과의 상호작용에 대한 접근이 병행되어야 하며, 그에 대한 학문적 정립과 실증이 필요하다. 예를 들어 전기조명설비학회지의 2012년 1월부터 2014년 10월까지 496개의 논문을 살펴보면 70편(총 논문의 14%)의

조명 관련 논문 중 회로, 설계, 시뮬레이션 등 기술 관련 논문이 32편(조명관련 논문 중 45%, 이하 조명관련 논문 중 비율), 소비자 패턴 및 인지 연구가 16편(23%), 품질 및 수명 관련 논문이 10편(14%), 법령 및 표준 관련 연구가 7편(10%), 경제성 평가 및 연구방향 제시 관련 논문이 5편(7%)의 분포를 보이고 있다. 이는 기술과 엔지니어링 뿐 만 아니라 시장, 소비자, 표준 등 사회 전반적인 주제들도 조명 분야와 밀접히 연관된 연구 분야임을 보여주는 예이다. 이렇게 다양한 기술·사회적 연구와 함께 사회기술전환의 경로를 추적할 수 있는 통합적 접근이 있다면 전환을 거시적으로 바라볼 수 있는 시각과 함께 전환의 방향성을 예측할 수 있는 통찰력을 제공해 줄 수 있을 것이다.

본 논문은 전기조명이 차세대 기술로 전환되기 위해서는 단순히 기술의 진보만이 아니라 사회적 요인들과 밀접한 상호작용과 변화를 포함한다는 인식으로 시작되었다. 사회적 기술의 전환과 관련한 이론을 정리하고 사회기술전환을 연구하고 분석하기 위해 기술혁신에 대한 사회적 구성요소를 체계적으로 정리하여 기본 틀을 정립한 후, 전기조명을 사례로 1세대 전기조명인 백열램프에서 2세대 형광램프로 전환되는 과정을 분석하고자 한다.

## 1.2 전기조명 기술 및 시장)

세계 조명시장은 2013년을 기준으로 820억 유로로 예측되며, 한화로 110조원이 넘는 시장이 형성되어 있다.<sup>2)</sup> 앞으로 2020년에는 150조원에 육박하는 규모로 커질 것으로 예상된다[8]. 이 중에서 램프가 차지하는 비율은 1/3에 해당하며 나머지는 등기구(Fixture) 및 안정기(Ballast)와 같은 전자제어 기구이다. 현재 조명 시장은 GE, Philips와 Osram이 전 세계 대부분의 시장을 점유하고 있으며 이를 조명업계의 Big3라고 부른다[9].

- 1) 사회기술전환이란 이전 기술에서 다른 기술로 전환되는 과정에서 사회의 다양한 요소들이 역학적 관계를 이루며 공진화(Co-evolution)한다는 개념이며, 2장에서 좀 더 상세히 살펴보도록 한다.
- 2) 2014년 12월15일 Euro화 대비 한화 매매기준율 적용

전기조명에서 기술혁신은 그림 1과 같이 1세대의 필라멘트 기술에서 2세대의 전기아크 및 가스반응 기술, 그리고 3세대의 반도체 기술로 진화하였다.

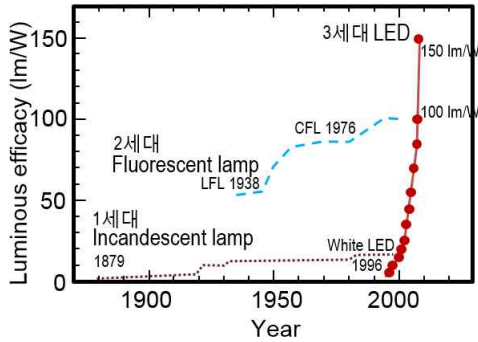


그림 1. 조명기술의 연도별 효율 개선  
Fig. 1. Efficacy Improvement of electric lighting  
(출처: Narukawa Y. et al.[4]에서 수정)

### 1.2.1 1세대 전기조명 - 백열램프

1879년 미국의 Thomas Edison과 영국의 Joseph Swan이 필라멘트 백열램프(Incandescent Lamp) 특허를 등록하면서 전기조명(Electric Lighting)의 시대를 맞게 되었다. 약 30년 후 본격적인 전기조명 시장이 형성되었고, 1920년 텅스텐 필라멘트와 가스가 채워진 유리 전구가 시장의 실제적 표준으로 자리를 잡으면서 두각을 나타내는 회사들이 등장하기 시작했다. Philips, Westinghouse, GE 와 같은 회사들이 당시에 대표적인 조명 기업으로 자리 잡았으며 네델란드, 독일, 일본, 프랑스, 영국 등 여러 국가에서 많은 조명관련 기업들이 등장하였다[5,10-11].

### 1.2.2 2세대 전기조명 - 전기아크등

전기 아크 등(Electric Arc Lamp)의 기초기술은 이미 1880년대에 개발이 되었으나, 향후 시장에서 지배적인 위치까지 성장하게 된 제품은 전기아크등 기술에 기초한 형광램프(Fluorescent Lamp)이다[12]. 형광램프는 1938년 Sylvania(Osram이 1993년에 합병)에 의해 상용화되었고, 이어서 GE와 Westinghouse도 상용화에 성공하였다. 형광램프는 수명과 효율 등의 장점 때문에 사무실이나 공장과 같은 산업용 조명에 주로 사용되었고, 점차 주거용으로 응용범위를 확장하였

다. 형광램프와 기술의 뿌리를 같이한 네온(Neon)과 소듐(Sodium) 조명도 개발되었으나, 빛의 색감과 깜박임 등을 해결하지 못했고 상대적으로 높은 가격과 어려운 설치 및 유지보수와 같은 범용성 부족으로 대중화에 한계가 있었다. 이로 인해 형광램프를 제외한 2세대 조명기술들은 광고나 가로등, 경관조명 같은 제한된 응용범위에 머무르게 되었다[5,10-11].

### 1.2.3 3세대 전기조명 - 반도체 조명

2000년대 후반 들어서 전 세계적인 관심을 받고 있는 LED(Light-Emitting Diode) 및 OLED(Organic Light-Emitting Diode)와 같은 조명들은 3세대 조명으로 분류되며 SSL(Solid State Lighting)이라고 부른다. 1세대와 2세대의 조명이 전기와 가스반응 기술에 기반한 데 비해 3세대 조명은 반도체 기술을 기반으로 빛을 발생시킨다. LED는 P-N다이오드 반도체 구조로 순방향 전압이 인가되면서 정공과 전자가 결합하게 되고 여기에서 방출되는 에너지가 빛으로 변환되는 구조이다[13]. OLED는 유기물질층이 형성된 두 전극사이에 전자와 정공이 재결합하면서 빛이 방출되는 원리이다[13]. SSL의 효율-가격 비율은 최근 적극적인 투자와 상품화로 빠르게 개선되고 있다[2].

## 2. 관련이론 및 연구방법

기술이 어떻게 만들어지고 적용되는지에 대한 전통적 경제학의 접근은 기술을 시장 균형의 한 가지 요소로 규정하며, 연구와 개발 그 후에 상업화 단계를 거치는 단순한 선형적 모형으로 설명한다[14-15]. 즉, 기술은 발명(Invention), 혁신(Innovation), 확산(Diffusion)의 단계인 기술변화(Technological Change, TC) 과정을 거친다는 것이다[16]. 기술변화 과정에서 “지배적 디자인(Dominant Design)”이 출현하는데, 이는 시장 점유율을 과반 이상 확보하고 산업 내 구성원들의 사실상 표준(de facto standard)으로 인정되는 기술을 의미한다[17-18]. 이러한 시장균형의 한 가지 요소로써 선형적 모형을 가지는 기술의 개념을 통해서는 기술혁신의 참여자 및 주변 환경간의 상호작용 등이 주요하게 역할을 하는 사회기술전환의

동태적 특성을 설명하기 어려운 한계점이 있다[19]. 1970년대 후반부터 기술 자체의 독립적 성격보다 기술전환(Technological Transition, TT)을 이루는 과정과 체제에 관심을 갖게 되었고, 기술혁신의 과정을 시스템으로 이해하려는 새로운 접근과 연구가 이루어져 왔다. 기술전환은 기술변화가 고려하지 못했던 사회적 다양한 요소들을 포함하여, 기술혁신이 어떻게 발생하고 사회전체에 통합되는지를 설명하기 위한 개념이다. 이러한 개념을 가지고 접근한 대표적인 이론이 혁신체제론(Innovation System, IS)이며[20], 국가혁신체제론(National Systems of Innovation), 기술체제론(Technological Innovation Systems), 지역혁신체제론(Regional Systems of Innovation), 산업혁신체제론(Sectoral Systems of Innovation) 등으로 나누어 설명할 수 있다[21]. 이러한 혁신체제론은 기술혁신의 창출과 확산 그리고 활용을 촉진시키는 시스템을 구축하는 데는 효과적인 틀이며, 주로 과학기술 및 경제영역에 초점을 맞추고 있다. 하지만, 현재 기술에서 다음 기술로 전환이 되는 현상을 설명하기 위해서는 과학기술 및 경제영역 외에도 사회, 정치, 문화영역의 적극적인 상호교류 및 변화를 포함할 필요성이 있다[22].

이러한 필요를 가지고 Geels(2002)와 Kemp et al.(2001) 등은 기술전환에 대한 연구를 통해 다층적관점(Multi-level Perspective, MLP) 이론을 주장하였다[23-24]. 다층적관점 이론은 그림 2와 같이 기술적니치(Technological Niche), 사회기술체제(Socio-Technical Regime), 제반환경(Landscape)의 세 단계로 구성된다. 기술적니치 단계에서는 기업, 연구소, 개인 등 니치 행위자(Niche Actor)가 신기술과 혁신을 만들어 내고 성장한다. 그림 2에서 니치단계의 작은 화살표들이 니치 행위자를 표현하고 있는데, 어떤 니치들은 소멸되고, 어떤 니치들은 서로 합쳐지기도 하면서 규모와 생존력을 키워간다. 거시경제학적 변화나, 거시정치학적 사건의 발생, 문화적 양식의 변화와 같은 제반환경에서 형성된 외생적 요소들이 시장을 지배하는 기존 기술의 견고히 구축된 사회적 틀에 충격을 가하고 변화의 틈을 형성한다. 이러한 틈새에 의해 새로운 기술은 사회기술체제 안에서 사

회 네트워크의 변화, 규제 및 표준의 변화 등 다양한 사회요소들과 상호작용을 하게 되고 지배적디자인을 형성해 가면서 점차 전환의 안정화된 방향성을 확립하여 사회기술전환을 이루게 된다[23,25]. 이처럼 다층적관점 이론은 기술전환을 미시적 계층의 니치들과 중간계인 사회기술체제의 변화에 대한 상호적인 과정으로 인식하며 이 두 계층은 거시계층에서 더 넓은 제반환경의 요소들에 영향을 받게 되는데, 사회기술전환이 되면서 다시 제반환경에 영향을 주게 된다[19,23,26-27].

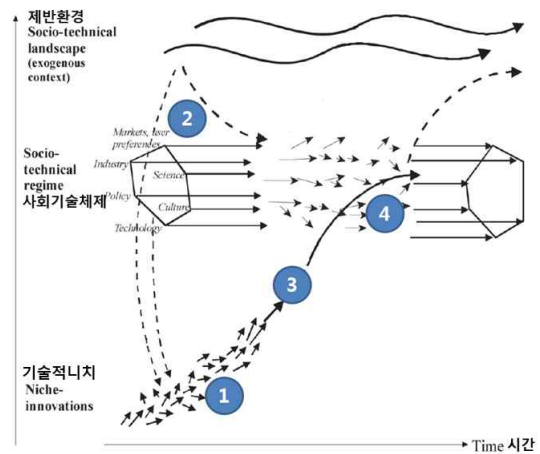


그림 2. 다층적관점이론의 개념  
Fig. 2. Conceptual Diagram of MLP Theory(출처 : Geels F.W. and Schot J. [25] 에서 수정)

한 단계 더 나아가서 다층적관점이 이끌어 낸 기술전환의 틀은 전략적 니치관리(Strategic Niche Management) 또는 전환관리(Transition Management) 같은 개념을 만들어 내면서, 정책적 중재와 더 넓은 범위의 정부 관리적인 이슈들에 대한 조언들을 이끌어 냈으며, 기술변화나 기술전환과 구분하기 위해 사회기술전환이라고 명하였다[26]. Smith et al.(2010)은 다층적관점 접근에 있어서 어떤 요인을 어떻게 분석할 것인가에 대한 구체적인 규칙은 주어지지 않았기 때문에 전환을 맵핑하는 방법이 필요하다고 지적하였다[28]. 최근에는 기술혁신체제론(Technological Innovation Systems, TIS)처럼 다층적관점에 기술체제론의 측정인자들을 적용해서 계량화 해

보려는 시도를 하고 있고[27], Kern(2012)은 기존 연구들과 사례연구들을 분석하고 재구성하여 다층적관점 이론의 세 단계인 니치, 사회기술체제, 제반환경의 분석적 틀을 표 1과 같이 보다 구체화하였다[19].

연구방법론은 데이터를 어떻게 측정하고 분석하는가에 따라, 정량적 연구방법론과 정성적 연구방법론으로 나뉜다. 정량적 연구방법은 데이터 자체의 정량분석을 통해 연역적인 추론과 통계적인 접근으로 이론을 검증하는데 집중하는 반면, 접근 범위 및 분석결과가 단편적이고 지엽적일 수 있다는 단점이 있다. 정성적 연구방법은 일반적으로 데이터 자체의 분석보다 문맥의 의미를 이해하고 이론을 도출하는 귀납적 추론에 초점을 둔다. 오랜 시간동안 발생하는 여러 가지 현상을 이해하고 구조화할 수 있는 장점이 있지만 객관적 사실보다 연구자의 주관이 많이 개입될 수 있고, 분석이 구체적이지 못하다는 비판을 쉽게 받는다. 이러한 단점을 상호 보완하기 위해 두 가지 방법론을 함께 사용하기도 한다[29].

본 연구의 목적은 조명산업의 사회기술전환에 영향을 준 요소들을 다층적관점 이론의 틀에 기준하여 1세대와 2세대 조명에 거쳐 분석하는 것이므로, 백년 이상의 시간에 따른 조명기술의 변화와 니치, 사회기술체제 및 제반환경 단계에서 발생한 역사적 사건과 변화들을 분석하고 읽어낼 수 있어야 한다. 이에 적합한 연구방법으로 정성적 내용 분석 방법(Qualitative Contents Analysis)을 적용하였다. 정성적 내용 분석 연구는 데이터로부터 추출된 의미를 범주화(Categorization)하고, 분석하는 내용들이 어느 정도의 중요성을 갖는지를 분류하는 데 중점을 둔다[29]. 이

를 위해 정성적 코딩(Qualitative Coding)이라는 과정을 거치게 되는데, 이는 데이터와 문맥을 이해하고 노드(Node)라고 불리는 범주(Category)를 구조화하여 매칭시키는 작업이다. 본 연구에서 정성적 코딩은 그림 3과 같이 진행되었다. 처음에는 작은 수의 노드로 시작하다가 코딩을 하면서 특정한 노드에 매칭이 어려울 경우에는 새로운 노드를 형성하며, 이를 지속적으로 검증하고 구조화하여 전체 노드 구조를 완성한다. 이를 통해 오랜 시간에 걸쳐 형성된 역사적 이벤트와 그에 대한 방대한 자료 및 내용을 체계적으로 분류 및 분석할 수 있고, 트리 구조 형태의 노드들을 재해석하고 검증하는 작업을 상대적으로 수월하게 단순화할 수 있다. 정성적 내용 분석을 위해 1세대에서 2세대까지 전기조명의 사회기술전환에 대해 신뢰할 수 있는 저널의 학술문헌과 논문, 정부 및 연구기관의 공식자료, 공신력 있는 컨설팅 회사의 공식 보고서 등의 문헌 데이터를 활용하였다. 1900년대 초반부터 2000년대 후반까지 기간을 탐색하기 위해 Google Scholar, SCOPUS, ScienceDirect, Springer, Taylor and Francis 등 논문 데이터베이스를 통해 전기조명의 역사 및 사회적 변화와 관련한 주요논문을 검색하고, 각 논문의 주요 인용자료와 해당 논문을 인용한 자료를 재검색해서 70편의 관련 문헌 데이터를 추출한 뒤, 이를 다시 분류하여 최종적으로 28편의 문헌 데이터를 선택하였다(Appendix1). 정부 및 공공기관에서 발간한 문헌자료가 8편(29%), 컨설팅 기관에서 발간한 문헌자료가 10편(36%)이며, (이 중에는 정부기관이 의뢰해서 컨설팅 기관에서 수행한 연구보고서 5편이 중복되어 있다.) 학술논문이 11편(39%), 책 및 단행

표 1. 다층적관점 이론의 단계별 구성요소  
Table 1. MLP Node Frame(출처: Kern F.[19]에서 수정)

다층적관점 단계		각 단계별 구성 요소		
제반환경 Landscape	주요한 문화적 패턴 Deep cultural patterns	사회경제학적 동향 Socio-economic trends	거시경제학적 동향 Macro-economic trends	거시정치학적 개발 Macro political developments
사회기술체제 Socio-Technical regime	규칙의 변화 Changes in rules	기술의 변화 Changes in technologies		사회네트워크의 변화 Changes in social networks
기술적 니치 Technological Niche	영향력 있는 단체의 지원 Support from powerful groups	가격-성능 개선 Price-performance Improvement	학습과정 Learning Process	시장니치의 수립 Establishing market niches

본이 4권(14%)으로 분포되어 있다. 이러한 문헌 데이터는 대부분 역사적인 기술의 변화와 정책의 변화 및 그에 따른 결과 등을 사후적으로 판단할 수 있는 내용이고, 또한 검증된 내용이므로 보다 객관적으로 사회기술전환의 경로를 확인하고 분석할 수 있다.

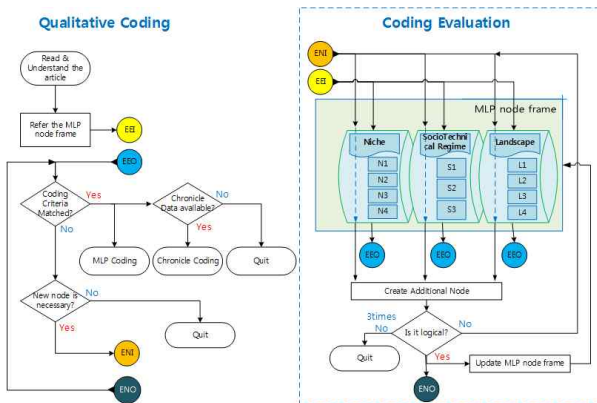


그림 3. 정성적 내용분석 방법론 코딩 절차  
Fig. 3. Conceptual Procedure of Qualitative Contents Analysis

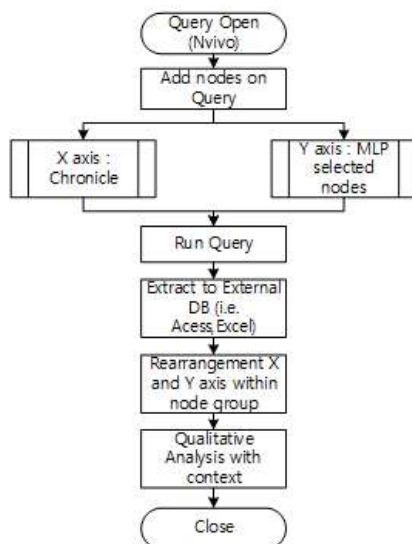


그림 4. 교차쿼리분석을 통한 정성적 분석  
Fig. 4. Qualitative Analysis with Matrix Query

전체적인 연구 분석과 해석을 위해서는 보다 검증된 이론적 체계가 필요하며 이를 위해 다층적관점 이론의 세 가지 계층에 대해 표 1에서와 같이 Kern(2012)이 제안한 분류를 노드 구조의 틀로 채택했고[19], 전

기조명의 사회기술전환에 특화된 사건과 현상들은 부노드(sub-node)를 형성한 후 코딩하였다(Appendix 2). 정성적 코딩은 정성적 데이터 분석의 전문 소프트웨어인 Nvivo4.0으로 진행하였고, 연도별로 각 이벤트를 구분할 수 있는 경우는 복수의 노드 코딩을 진행하였다. Nvivo4.0에서 제공하는 교차쿼리분석(Matrix Query Analysis)를 통해 형성된 분석 데이터를 그림 4와 같이 가공하여 전기조명의 사회기술전환 과정을 시각화 했으며, 이를 통해 니치(미시) - 사회기술체제(중범위) - 제반환경(거시)으로 전환되는 과정과 순서를 확인하고, 각 단계에서 발생한 이벤트에 따라 동적인 연관관계를 사후적으로 추론 및 분석하였다.

### 3. 전기조명의 사회기술전환

본 연구의 분석 결과는 그림 5와 같이 시간을 나타내는 수평축과 활동의 구조화 정도를 나타내는 수직축으로 시각화하였고, 전기조명의 사회기술전환을 다층적관점이론으로 해석하였다. 해석을 용이하게 하기 위해 다층적관점이론의 세 단계인 기술적니치, 사회기술체제, 제반환경 단계를 분류하였고, 각 단계 내에서 발생한 이벤트를 시간순서로 배열하고 표시하여 다층적관점이론 단계에 따른 연대기적 분류를 하였다. 각 단계에서의 화살표는 사회기술전환이 이뤄지면서 발생한 주요한 사건들과 현상들의 발생순서와 방향성을 표시하였으며, 이러한 사건과 변화가 다층적관점의 세 단계에서 어디에 위치하는지, 어떠한 경로를 통해 사회기술전환이 이루어졌는지를 분석하였다.

1938년에는 형광램프의 초기 모델인 직관형 형광램프(Linear Fluorescent Lamp, LFL)가 최초로 상용화되었고, 1976년에는 컴팩트 형광램프(Compact Fluorescent Lamp, CFL)가 상용화되었다. 이 사이에는 주로 시장 니치를 형성한다든가 사회 네트워크가 일부 변화하는 등 사회기술전환의 초기과정을 형성했다가, 1980년대와 1990년대에 들어서면서 기술과 사회 네트워크가 변화하는 등 활발한 사회기술전환 활동이 발생하고, 1990년대 후반기와 2000년대를 넘어오면서 규칙과 행동양식이 변화하는 등 급격한 사회기술전환 활동이 일어났다. 50%이상의 시장점유를 기준으로 할



때, 전기조명은 일본에서는 1990년대 초반에 1차 사회 기술전환이 이루어졌고, 독일, 덴마크 및 네덜란드 등 서유럽 및 북유럽 일부 국가에서는 1990년대 후반에, 미국은 2000년대 후반에 1차 사회기술전환이 이루어 졌다[3,36-42].

다음 절에서 그림 4에 표현된 전기조명의 사회기술 전환을 다층적관점이론의 세 단계로 나누어 중요한 사회기술전환 과정들을 간략하게 소개하고자 한다.

### 3.1 기술적니치(Technological Niche)

#### 3.1.1 시장니치의 수립

(Establishing niche market)

1930년대 후반에 등장한 아크등은 외부조명이나 가로등에 사용되면서 시장니치를 수립했고[5], 1938년에 등장한 LFL은 주로 사무실, 학교, 공장, 상점 및 산업용 조명에 사용되었다[5,12]. 석유파동을 겪으며 에너지의 가격이 폭등한 1970년대에 효율 높은 조명을 개

발하기 위한 연구개발 활동이 활발해졌으며, 형광램프의 성능개선 효과가 뚜렷한 성과를 보이면서 에너지 효율이 향상된 CFL이 1976년 Philips에 의해 상용화되었다[5]. 에너지 효율 뿐 아니라 크기와 수명 면에서 월등한 개선을 보인 CFL은 점차적으로 더 많은 인지도를 획득할 수 있었지만, 시장으로의 확산 속도는 기대보다 더뎠다.

#### 3.1.2 학습과정(Learning Process)

Philips가 CFL을 상용화하면서 Philips와 더불어 시장의 Big 3인 GE와 Osram간의 긴장은 더 높아졌고, 에너지효율 조명을 향한 기술개발이 가속화되었다. 1980년대에 GE와 Osram이 잇달아 CFL기술개발에 성공하고 신제품을 쏟아내기 시작하면서 경쟁은 더욱 심화되었다[10]. LFL 및 CFL은 공장 및 오피스와 같은 서비스 섹터나 산업용 조명에 광범위하게 적용되었고 1980년대에서 1990년대에는 이러한 경험이 주거조명으로 서서히 확장되었다[5,30].

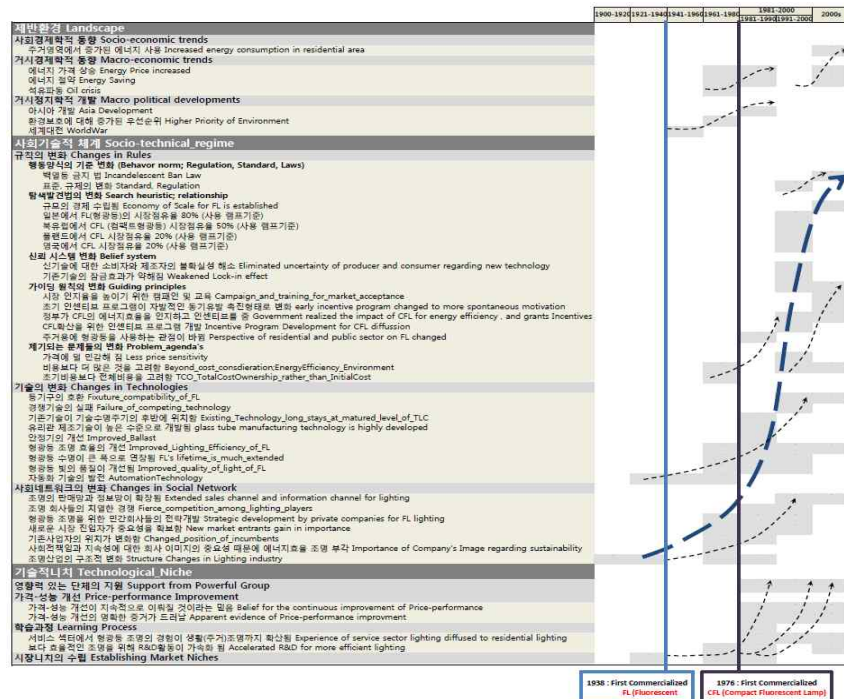


그림 5. 전기조명의 사회기술전환(백열램프에서 형광램프로)  
Fig. 5. Socio-technical Transition of electric lighting from IL to FL

### 3.1.3 가격-성능 개선

#### (Price-Performance Improvement)

1970년대 이후 에너지 효율적이고 경제적인 조명에 대한 연구개발과 경쟁이 심화될수록 가격-성능 비율은 더 빠른 속도로 향상되었다[31]. 미국에서 CFL의 평균가격은 1996년 19달러에서 1999년 11달러로 43%나 인하되었으며[32], 2003년에는 6달러로 다시 46%가 인하되었다[33]. 더욱이 CFL의 생산지가 비용을 더 줄일 수 있는 중국으로 옮겨 가면서 2000년대에도 더 많은 가격인하가 가속되었다[9]. 에너지효율이나 빛의 세기와 같은 효율뿐만 아니라 깜박임 및 빛의 색깔과 같은 빛의 품질(quality of light)도 개선이 되었고[34], CFL의 가격이 지속적으로 내려갈 것이라는 믿음도 지속적으로 확산되었다[5,10].

### 3.1.4 영향력 있는 단체의 지원

#### (Support from a powerful group)

CFL의 에너지효율이 개선되는 동안 미국이나 주요 EU국가들은 에너지효율이 높은 조명으로 사회기술전환을 이루기 위해 1980년대에 다양한 인센티브 프로그램을 통해 지원했으며, 1990년대에 들어서는 더욱 적극적이고 많은 지원 프로그램을 가동했다[5,31,35-36]. 2000년대 말에는 Wal-Mart와 같은 글로벌 대형 유통회사들이 CFL을 공격적으로 홍보하고 판매하기 시작했으며, 소비자들을 과거보다 CFL을 더 자주 접하게 해서 그들의 전등 구매 패턴에 영향을 끼쳤다. 이로 인해 소비자들은 점점 가격이 저렴해지는 에너지 효율이 높은 조명을 구입하기 위해 특별한 상점에 가지 않아도 되었고, 대형 마트 및 편의점에서도 쉽게 CFL을 구입할 수 있게 되었다[9,32,37-38].

## 3.2 사회기술체제

### (Socio-Technical Regime)

#### 3.2.1 사회네트워크의 변화

##### (Changes in Social Network)

조명산업의 경쟁구도는 이미 1910년대 초반부터 변화를 준비하고 있었다. 다양한 조명 제조회사들이 경쟁하던 구도는 활발한 인수합병을 거쳐서 유럽에서는

독일의 Osram과 네덜란드의 Philips로 수렴되었고, 미국에서는 GE가 독점적 지위를 갖게 되었다[11]. 이 회사들은 수십년에 걸쳐 전세계적 과점경쟁 구도를 형성하였다[9]. 1940년대 제2차 세계대전 이후로 세계 제조업의 분업화가 가속화되고, 1970년대 석유파동 이후 에너지 효율이 높은 조명의 중요성이 대두되면서 조명 기업들은 1세대 조명보다 더 효율적인 2세대 조명의 개발을 적극적으로 노출함으로써 보다 좋은 이미지로 시장에 비추고자 했다[5,39]. 이렇게 개발된 CFL이 비록 Big 3의 집중적인 투자와 연구결과에 따른 고에너지효율 조명의 결과물이었지만, 초기에는 시장 유통경로의 저항에 부딪혔다. CFL이 출시되기 이전까지 거의 100여년 동안 시장을 강력하게 점유하던 백열램프와, 이에 익숙해 있던 시장의 유통망이 CFL을 수용하기까지는 20년 이상의 시간이 걸렸다. 전등 및 등기구 제조업자, 전기 및 조명 설치업자, 건축업자 및 소매업자에 이르기까지 조명산업 전반에 구축된 백열램프 조명의 공고한 가치사슬이 변화하기까지는 오랜 시간이 소요되었다[36]. 이러한 변화는 기존의 사회네트워크를 전환시키는 과정이었으므로, 시장 참여자들의 끈질기고 오랜 노력 끝에 CFL은 서서히 전기조명의 가치사슬에 흡수되어 갈 수 있게 되었다. 새로운 조명 기술 개발을 통한 조명회사들의 치열한 경쟁, 에너지 효율을 높이고자 노력하는 회사의 이미지 개선을 위한 노력, 가치사슬의 점진적 변화 등 사회네트워크에 변화가 생기면서 형광램프(특히 CFL)로 전환되는 수요와 사회적 경향이 점차 확산되었다. 미국의 경우 2000년 초반부터 민간유통망의 적극적인 개입과 정부의 보조금 및 장려정책 등으로 수요가 증가하였고, CFL생산에 있어서 규모의 경제를 이룰 수 있게 되었다[5,36].

#### 3.2.2 기술의 변화(Changes in Technology)

그림 1에서 볼 수 있듯이, 1세대 조명인 백열램프가 1960년대부터 1980년대까지 기술수명주기(Product Life Cycle)의 후반기에 위치하면서 기술의 발전이 늦어진 것과 대조적으로, 형광램프(LFL, CFL)는 지속적으로 점진적인 성능의 개선을 이루게 된다. 하지만, 꾸준한 기술개발과 적극적인 투자에 힘입어 형광램프의 효율이 상당히 개선되었음에도 불구하고, 깜박임이라



든가 차가운 빛 색깔처럼 형광램프가 만들어내는 빛의 질은 너무 열악해서 주거용 조명으로 채택되기에 어려움이 많았다[5,36]. 1970년대 말부터 희토류 형광물질(rare-earth phosphors)을 첨가하면서 빛의 품질을 개선할 수 있었고[36], 1980년대부터 1990년대 중반까지 수명이 급격하게 개선되면서 형광램프가 주거용 조명으로까지 확장될 수 있는 전환점이 되었다. 한편, 크고, 수명이 짧고, 빛의 품질에 영향을 미쳤던 자기식 안정기는 형광램프의 확산을 막는 가장 큰 약점 중의 하나였으나, 작고 수명이 길며 깜박임을 작게 해주는 전자식 안정기가 1980년대 초반에 개발되어 기존의 자기식 안정기를 대체하고 있다[5,10,36].

자동화기술은 1940년대 세계대전을 겪으면서 비약적인 발전을 하게 되었고, 이를 통해 Big 3는 대규모의 자본이 집약된 자동화 생산체제를 구축한 후, 같은 품질과 같은 규격의 제품을 대량생산할 수 있게 되었다[40]. 형광램프 자체의 기술개발과 개선 외에도, 유리 가공 및 제조기술은 CFL이 상용화되고 가격 경쟁력을 확보하는데 중요한 역할을 하였다. CFL은 얇은 유리관을 꼬아서 방전거리를 확보함으로써 기존의 LFL이 가진 여러 가지 한계를 극복할 수 있었는데, 보다 작은 지름을 가진 작은 크기의 CFL이 대량 생산될 수 있었던 것은 유리가공기술과 자동화기술의 발전 때문에 가능한 일 이었다[5]. 무엇보다도 기존 백열램프 등기구에 호환이 되는 CFL은 백열램프 등기구를 바꾸지 않아도 CFL전등만 교체하면 됐기 때문에, 시장창출과 에너지 절약의 새로운 가능성을 열어주면서 조명산업의 가치사슬과 정책 관련자들의 주목과 지지를 받게 되었다[5,31,36].

한편 경쟁기술의 실패도 CFL의 확산에 도움이 되었는데, 1990년대 중반에 주목을 받았던 할로겐조명이 발열문제와 잦은 화재사고 때문에 외면을 받게 되었다. 또한 높은 수준의 밝기를 자랑했던 나트륨등(Sodium Lamp)은 피사체 색깔의 왜곡 현상 등 빛 색깔의 문제를 해결하지 못해서 가로등과 같은 틈새시장에 만족해야 했다[36].

### 3.2.3 규칙의 변화(Changes in Rules)

1970년대 두 차례의 석유파동은 에너지가격에 대한

정부, 사회, 기업, 가정의 인식을 바꾸어 놓았다[30]. 정부는 에너지 절약을 적극 독려하였고, 효율이 높은 조명의 사용을 장려했다. 가정은 비로소 백열램프의 에너지효율이 형광램프에 비해서 매우 낮다는 것을 깨닫기 시작했으며, 기존의 백열램프를 CFL로 바꾸기만 해도 전기사용을 줄일 수 있다는 것을 경험하기 시작했다. 조명사업과 관련된 기업과 시장 참여자들은 에너지효율이 높은 조명이 수익성이 좋은 비즈니스가 된다는 것을 인식하게 되었다. 이에 따라 초기 비용은 다소 비싸더라도 운영비와 수명이 긴 형광램프에 대한 수요와 공급이 1980년대에 들어서 대폭 증가하게 되었고, 1990년대에는 이미 산업용이나 사무실의 조명은 대부분 LFL로 교체되었거나 신규 설치되었다[35]. 이러한 수요의 증가는 대규모 투자를 통해 규모의 경제를 가능하게 했고, LFL과 CFL 형광램프의 가격은 지속적으로 하락하게 되었다[35,41].

일본, 독일, 네덜란드 등 일부 국가의 경우에는 가정용 조명도 50%이상 CFL로 교체되며 지배적 디자인의 위치를 갖게 되었는데, 일본의 경우에는 1993년에 이미 80%이상의 주거용 조명에 CFL이 확산되었으며[42], 1996년 네덜란드, 독일, 덴마크는 각각 56%, 50%, 46%의 비율로 주거용 조명에 CFL이 적용되었다[36]. 미국의 경우 2002년에는 LFL과 CFL을 합한 형광램프 사용 비율이 전체 램프 수량 대비 14%였는데[36], 2010년에는 86%까지 상승하게 되었다. 하지만 이 중에서 CFL은 7%정도에 불과하고, 약 79%가 LFL로 분포되어 있다. 즉, 전체 조명용 에너지의 19%가 여전히 주거용 백열램프로 사용되고 있다는 것인데, 미국 내 CFL의 확산이 정체되는 현상과 맞물리면서 최근에는 정책의 방향이 3세대 조명인 LED에 맞춰지는 경향을 보이고 있다[3].

2007년 G8 정상회담에서 에너지절약정책이 결의된 이후, 많은 인구 때문에 에너지효율이 높은 조명을 사용하는 것이 자국 에너지정책에 유리했거나 산업의 전환을 유도하고자 하는 각국(미국, EU, 일본, 중국, 인도, 러시아, 브라질 등 대부분의 OECD국가)의 정부는 앞 다투어 백열램프 사용 금지법을 제정하였고, 2011년부터 2017년까지 전면 적용하는 정책을 실행하여 전기조명의 사회기술전환을 결정적으로 지원하고

있다. 한국도 백열램프의 제조, 유통 및 판매를 금지하는 법을 2014년 1월부터 시행하고 있다[1,8].

### 3.3 제반환경(Landscape)

#### 3.3.1 거시정치학적 개발, 사회경제학적 동향(Macro Political Development, Socio-Economic Trends)

1939년부터 1945년까지 발발한 제2차 세계대전 후에 자동화 기술과 기계 산업이 비약적인 발전을 하게 되고, 세계대전을 전후로 전기조명 시장 참여자들의 경쟁구도가 확연히 바뀌게 된다. 많은 조명기업들이 1903년에 시작된 가격담합 구조인 ‘조명카르텔(Cartel)’에 참여했고, 1921년에 ‘백열램프 가격 조정을 위한 국제 조합(International Union for price control of Incandescent lamps)’으로 발전했다. 이 과정에서 규모를 키운 다국적 대기업들이 적극적인 인수합병을 진행하게 되었고 2차 세계대전 후에는 소수의 다국적 대기업들이 세계 시장을 지배하는 과점경쟁(Oligopoly competition)형태로 바뀌게 되었다[36,11]. 1970년대와 1980년대 들어서 환경 보호에 대한 인식과 사회운동이 주목을 받으면서 조명전구에 포함된 수은 등 유해물질의 사용을 자제하려는 환경인식이 독일, 네덜란드, 덴마크와 같은 유럽 국가를 중심으로 확산되었고[5,8], 이에 따라 수은 함유를 매우 낮은 CFL이 개발되었고 확산되었으며 1990년대 들어서는 수은 성분을 포함하지 않은 LED램프에 관심이 모아지고 있다[31]. 1980년대와 1990년대에는 전기조명 제조 산업의 공급망이 높은 수준으로 분산화되면서, 아시아가 전기조명 생산 기지의 중심이자 수요의 중심으로 두각을 나타내게 되었는데[9], 이는 아시아에서 낮은 비용으로 생산이 가능했고 동시에 아시아의 경제가 급격히 성장하면서 인도, 중국 및 동남아시아의 신규주택, 사무실 및 공장 건설 수요와 그에 따른 조명 수요가 증가했기 때문이다[8].

#### 3.3.2 거시경제학적 동향(Macro Economic Trends)

전기조명의 사회기술전환과 관련하여 제반환경 단

계에서 발생한 다양한 사건들 중에서 1970년대의 석유과동(Oil Crisis)은 마치 도미노처럼 중요한 연쇄반응을 불러왔다. 에너지의 가격이 올랐고, 에너지 절약에 대한 전 사회적 공통인식을 이끌어냈으며, 이는 사회네트워크의 변화를 촉진시켜서 모든 니치세력들의 기술개발 방향과 우선순위를 바꿔 놓았다[5,9-10,43]. 이러한 결과로 높은 에너지효율과 긴 수명을 가진 CFL의 개발이 촉진되었다. 2000년대 들어서는 IT기술의 발달과 삶의 질 향상으로 가정에서 사용하는 에너지의 사용량이 증가하게 되면서 에너지효율적인 조명이 더욱 주목을 받고 있고, 정부의 에너지정책에도 영향을 미치고 있다[2,44-45].

## 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 1세대 전기조명 기술에서 2세대 기술로의 1차 사회기술전환<sup>3)</sup>을 분석하기 위해 다층적관점이론을 적용했고, 정성적 내용 분석 연구방법을 통해 전기조명의 사회기술전환 경로와 과정을 분석하였으며 그림 5와 같이 시각화하여 해석을 용이하게 하였다. 전기조명의 1차 사회기술전환은 그림 6처럼 크게 세 개의 시기로 나눌 수 있다.<sup>2)</sup>

- 1) 1900년 - 1960년 : 1938년 LFL의 상용화와 이후 새로운 기술이 생존할 수 있는 기반인 시장니치가 1930년대 후반과 1940년대 초반에 수립되었고(기술적니치), 동시대에 발발한 두 차례의 세계대전은(제반환경) 견고히 구축되었던 백열램프 시장 및 산업구조를 흔들 기반인 자동화기술의 발달 및 조명산업 내 경쟁구도 변화(사회기술체제)에 영향을 주었다.
- 2) 1961년 - 1990년 : 1970년대 발생한 석유과동에 의해 에너지 가격이 상승하고 사회 전반적으로 에너지 절약에 대한 경각심을 불러일으켰다(제반환경). 이에 따라 기업들은 에너지 효율이 높은

3) 전기조명이 1세대(백열램프)에서 2세대(형광램프)로 사회기술전환이 진행되었고, 향후 2세대(형광램프)에서 3세대(반도체조명)로 사회기술전환이 진행 중인 것을 고려하여, 각각 1차 사회기술전환, 2차 사회기술전환이라고 명명하였다.

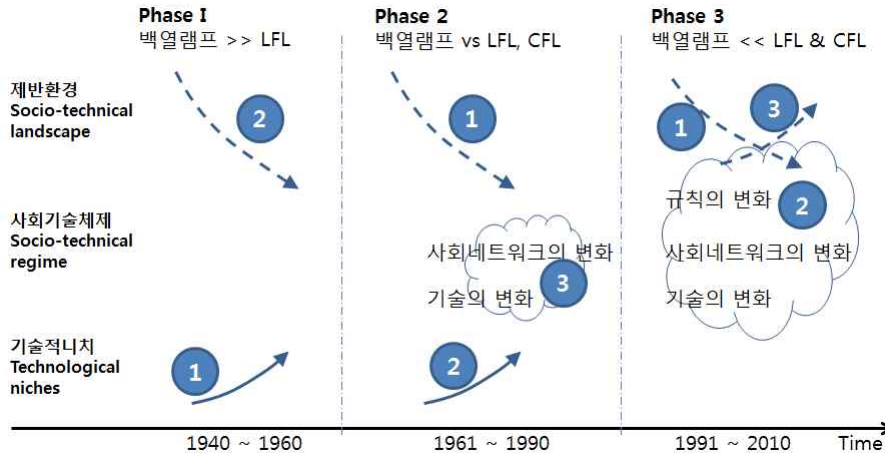


그림 6. 전기조명의 사회기술전환 요약(백열램프에서 형광램프로)  
 Fig. 6. The abstracted explanation of the socio-technical transition of electric lighting from incandescent to fluorescent lamp.

조명을 개발하기 위해 더 집중적인 R&D를 진행했고 1976년 CFL이 상용화되었으며, 가격과 성능이 개선되면서 점차 적용범위를 넓혀갔다(기술적니치). 1980년대 들어서 조명 기업들의 경쟁이 심화되면서 조명효율과 수명을 늘리는 기술이 개발되었으며, 자동화기술 및 유리제조기술의 발전에 힘입어 대규모 투자와 함께 규모의 경제를 달성할 수 있게 되었다(사회기술체제 : 사회네트워크의 변화, 기술의 변화). 1980년대 이후 아시아 지역의 성장과 개발은 전기조명의 수요를 증가시키고 생산 원가를 대폭 절감 시키는 전환점이 되었다(제반환경).

- 3) 1991년 - 2010년 : 1990년대 각국정부는 고효율 조명 진흥 및 인센티브 정책을 적극적으로 도입하였고 조명기업들의 전략은 CFL과 같은 고효율 조명에 맞춰졌다. 정부의 인센티브와 기업 및 유통시장의 캠페인이 광범위하게 확산되면서 형광램프에 부정적이던 소비자들의 인식이 바뀌기 시작했고, 1차 기술전환을 이룬 나라들이 등장하였다(사회기술체제 : 규칙의 변화, 사회네트워크의 변화). 2000년 후반에 OECD 대부분의 국가가 백열램프의 생산 및 유통을 금지하는 법안을 제정하여 2011년부터 순차적으로 적용하면서(사회기

술체제 : 규칙의 변화) 1차 기술전환에 마침표를 찍음과 함께 2차 기술전환의 환경을 마련해 주었다. 하지만, 여전히 외부조명 분야에서 고압방전램프(HID)의 비중이 크고, 에너지 효율이 상대적으로 낮은 LFL에 비해 CFL로의 전환이 아직 충분하지 않은데 대해 에너지 효율적인 전기조명의 적극적 전환과 관련한 논의가 활발하게 이뤄지고 있다. 이에 더해 환경과 에너지에 대한 주제들은 OECD 국가들을 넘어서 세계적인 정치·경제 및 사회적 주요 의제가 되었으며, 다양한 대안 기술의 기술 개발과 함께 지속가능발전에 대한 담론이 확장되고 있다(제반환경).

Anderson과 Tushman(1990)이 주장한 것처럼 한 기술의 지배적디자인을 시장 점유율 50%이상의 시점을 기준으로 본다면[17], 1938년 LFL의 상용화부터 1차 사회기술전환이 이루어지기까지 일본은 약 50년, 서유럽 일부국가는 약 60년, 미국의 경우 약 70년의 시간이 걸렸고, 1976년 CFL의 상용화 시점을 기준으로 일본 약 20년, 서유럽국가 약 30년, 미국 약 40년의 시간이 걸린 것을 알 수 있다. 이는 니치-사회기술체제-제반환경의 다양한 구성요소들이 동적으로 상호작용하며 일어난 사회기술전환의 결과이며, 각 나라와 지역의 니치 구조와 사회기술체제의 상이성으로 인한

상호작용의 방식과 결과가 다르기 때문이라고 해석할 수 있다. 전환관리 이론은 한 사회가 기술의 전환을 통해서 얻을 수 있는 이득이 많다면, 활동의 주체들이 적극적으로 상호 협력하여 사회기술전환을 앞당길 수 있고 이러한 전환을 적극적으로 관리하여야 한다고 주장한다[26]. 이와 유사한 관점으로 기존의 전환과정을 이해하고 부족했던 부분을 보완함으로써 새로운 사회기술전환을 앞당기려는 노력이 네덜란드, 영국, 독일 중심의 유럽과 미국에서 적극적으로 진행되고 있다. 예를 들면 미국은 정부 및 공공연구기관이 주도하여 CFL로 전환하는 과정을 구체적으로 사례 연구하고 학습하여 이를 보완한 정책을 만들고 SSL로 전환하는 과정에 적용하고 있다. 정부와 학계 및 산업계 전문가가 공동으로 기술로드맵을 작성하고 이를 지속적으로 갱신 및 관리하여 기술적니치 주체인 연구소와 기업이 R&D의 방향성을 잃지 않고 빠른 시일 안에 목표를 설정하여 자원을 집중할 수 있도록 유도하고 있다. 또한 새로운 기술에 대한 소비자와 시장의 불신과 불확실성을 제거하기 위해 온라인 및 오프라인 미디어를 활용한 적극적인 캠페인과 교육을 진행하고 있으며, 지속적으로 갱신되는 정책연구결과, 조명 관련 시장 및 기술 통계, 기술로드맵을 온라인에서 누구나 쉽게 열람하고 접근할 수 있도록 개방해 놓았다.

한국은 1970년대 이후 압축성장의 과정에서 생겨난 건설 및 전기조명 수요에 대응하여 자연스럽게 에너지 효율이 높은 LFL을 서비스 및 산업영역에 도입하게 되었고, 아파트와 같은 밀집되고 표준화된 주택이 한국의 주요 대도시에서 보편적 주거방식으로 자리 잡으면서 유럽이나 미국에서와 같은 오랜 사회기술적 수렴기간을 거치지 않은 채 형광램프로 사회기술전환이 빠르게 이루어졌다고 볼 수 있다. 즉, 다층적관점이론의 니치 단계를 뛰어넘어서 사회기술체제 단계에서 2세대 조명기술에 대한 사회기술전환의 안정화 과정을 매우 빠르게 거쳤다고 볼 수 있다. 이와 유사한 현상은 한국보다 후발로 산업화를 거친 아시아 및 동남아시아 국가에서 관찰할 수 있다.

반면에 아직 2세대 조명기술로 사회기술전환이 이루어지지 않았거나 CFL과 같이 에너지 효율적인 조명이 시장에서 자리 잡지 않은 나라에서는 3세대 조명

인 LED로 곧바로 전환하려는 움직임을 보이고 있다 [13]. 2세대 조명기술에서 3세대 조명기술로 전환되는 것을 전기조명의 2차 사회기술전환이라고 한다면, 1차 사회기술전환이 대부분 산업화가 이미 이루어진 선진국에서 발생한 것과 대조적으로 2차 사회기술전환은 아시아를 포함한 전 세계적 산업개도국을 포함할 것으로 예상되고 있다. 또한 Big 3로 대표되는 과점업체들이 주요 경쟁관계를 이루었던 1차 사회기술전환과 다르게 아시아의 새로운 경쟁자들이 반도체 산업에서의 학습경험을 익히면서 진입하여 치열한 경쟁을 예상하게 하고 있다[2,8,13]. 조명산업과 관련해서 한국은 최근 십여년간 압축적으로 LED칩 제조기술과 설비 등을 구축하면서 국제적인 LED칩 공급자 및 기술 보유자로 부상하였고, 기술 경쟁력을 확보하게 되었다 [2,8]. 한국이 그동안 적극적으로 경험해 보지 못했던 전기조명 산업에서 Big3를 포함한 강력한 경쟁자들과 주도적인 경쟁을 하기 위해서는 전기조명의 사회기술 전환을 깊이 이해하여 니치 행위자 및 사회기술체제의 이해관계자가 취할 전략적 의사결정 시나리오를 고민해야 할 것이다.

본 논문에서 분석한 28편의 문헌데이터는 주로 미국과 유럽을 배경으로 작성된 자료이다. 비록 2세대까지의 전기조명 산업이 미국과 유럽에서 주로 활동하는 Big3를 중심으로 진행되었고, 표준이나 법령 등의 주요 변화가 유럽과 미국을 중심으로 이루어졌다고 하더라도, 28편의 문헌데이터를 통해 100년이 넘는 전기조명의 역사와 사회기술전환의 과정을 글로벌한 관점으로 분석하는 데는 한계가 있다. 분석 결과가 너무 함축적일 수 있다는 점과 인용된 일부 공공기관의 문헌 내용이 특정 지역 및 국가의 상황에 치우친 내용일 수 있다는 점이 대표적인 예이다. 이를 보완하기 위해서는 글로벌 관점의 분석에 더해 지역을 대표하는 국가 단위나 해당 지역단위로 분석 대상을 한정하고 분석기간을 세분화한 뒤, 분석 지역과 분석 기간의 사회기술적 변화 과정을 반영하고 있는 신문이나 잡지 등 정기적 간행물 등을 내용분석 자료에 추가로 포함하여 지역적 해석과 분석을 도출해 낸 뒤, 각 국가 및 지역의 연구결과를 비교 분석하고 통합하여 조명기술의 글로벌한 기술전환을 조망

할 수 있을 것이다.

본 연구는 과거의 경험을 통해 배우는 사례연구로써 전기조명의 1차 및 2차 사회기술전환 과정을 이해하고 이를 통해 현재와 미래의 전기조명 관련 정책방향과 경영전략을 세우는데 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 3세대 SSL로 진행되고 있는 2차 사회기술전환을 국가 및 지역 단위로 분석하여 전환의 시나리오를 예측하고자 할 때 기초연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

## References

- [1] Waide, P., "Phase out of Incandescent Lamps: Implications for international supply and demand for regulatory compliant lamps", International Energy Agency (IEA), France, 2010.
- [2] Kelly, T.L., "Solid state lighting: strategies for a brighter future", Diss. Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- [3] Ashe, M., Chwastyk, D., de Monasterio, C., Gupta, M., and Pegors, M., "US lighting market characterization." Prepared by Navigant Consulting for the US Department of Energy, 2012.
- [4] Narukawa, Y., Ichikawa, M., Sanga, D., Sano, M. and Mukai, T., "White light emitting diodes with super-high luminous efficacy", Journal of Physics D: Applied Physics, 43, 354002, 2010.
- [5] Menanteau, P. and Lefebvre, H., "Competing technologies and the diffusion of innovations: the emergence of energy-efficient lamps in the residential sector", Research Policy 29, pp.375-389, 2000.
- [6] CADMUS Group, "Compact Fluorescent Lamps Market Effects Final Report", for California Public Utilities Commission Energy Division, 2010.
- [7] Park, D.H. and Song, W.J., "New approach for sustainable technology : Strategic Niche Management", Journal of Science and Technology Studies 8-2, pp.57-81, 2008.
- [8] McKinsey&Company, Lighting the way: Perspective on the global lighting market, McKinsey&Company, 2011.
- [9] Susan S., Judith W. and Yin, Y.L., "Industry Studies Association Working Paper Series: Innovation Challenges in the Lighting Industry from 1990 to 2006", WP-2007-29, Rensselaer Polytechnic Institute, 2007.
- [10] Gendre, M.F., "Two centuries of electric light source innovations." URL: [http://www.einlightred.tue.nl/lightsources/history/light\\_history.pdf](http://www.einlightred.tue.nl/lightsources/history/light_history.pdf) 143, 2003.
- [11] Leonard, R.S., "Lighting the Path to Profit: GE's Control of the Electric Lamp Industry, 1892-1941", Business History Review 66(2): pp.305-335, 1992.
- [12] Haustein, H.D., "Lighting Industry: A classical case of Innovation", International Institute for Applied Systems Analysis A-2361, Luxemburg, Austria, 1980.
- [13] Sandahl, L.J., Cort, KA. and Gordon, KL., "Solid State Lighting: Early Lessons Learned on the way to Market", Prepared by Pacific Northwest National Laboratory for U.S. Department of Energy, 2013.
- [14] Godin, B., "The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework", Science, Technology & Human Values 31, pp.639-667, 2006.
- [15] Rothwell, R., "Towards the Fifth-generation Innovation Process", International Marketing Review 11(1), pp.7-31, 1994.
- [16] Jaffe, AB., Newell, R.G. and Stavins, RN., "Environmental Policy and technological Change", Environmental and Resource Economics, Vol22, pp.41-69, 2002.
- [17] Anderson, P. and Tushman, M., "Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change", Administrative Science Quarterly 35 (4), pp.604-635, 1990.
- [18] Utterback, J. M., and Abernathy, W. J., "A dynamic model of process and product innovation." Omega 3(6), pp.639-656, 1975.
- [19] Kern Florian, "Using the multi-level perspective on socio-technical transitions to assess innovation policy", Technological Forecasting & Social Change, 79, pp.298-310, 2012.
- [20] Wikipedia, "Innovation system", Retrieved 28th of July 2014 from [http://en.wikipedia.org/wiki/Innovation\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Innovation_system)
- [21] Ku, Y.W., Cho, S.B. and Min, W.K., "The Evolution of the Systems of Innovation Approach: A Review of the Main Issues", Journal of Korea Technology Innovation Society 15(2), pp.225-241, 2012.
- [22] Song, W.J., "The property and implication of the Social-goal oriented Innovation Policy", Research of Science and Technology Study 3(1), pp.1-28, 2008.
- [23] Geels, F.W., "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study", Research Policy 31, pp.1257-1274, 2002.
- [24] Kemp, R., Rip, A. and Schot, J., "Constructing transition paths through the management of niches." In: Garud, R., Karnoe, P. (Eds.), Path Dependence and Creation. Lawrence Erlbaum, London, pp.269-299, 2001.
- [25] Geels, F.W. and Schot, J., "Typology of sociotechnical transition pathways", Research Policy 36, pp.399-417, 2007.
- [26] Markard, J., Raven, R. and Truffer, B., "Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects", Research Policy 41, pp.955-967, 2012.
- [27] Markard, J. and Truffer, B., "Technological innovation systems and the multi-level perspective; Towards an integrated framework", Research Policy 37, pp.596-615, 2008.
- [28] Smith, A., Voß, J. P., and Grin, J., "Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges", Research Policy 39, pp.435-448, 2010.
- [29] Bryman, A. and Bell, E., Business Research Method 3rd

- edition, OXFORD university press, 2011.
- [30] HMG (Hescong Mahone Group), "Lighting Efficiency Technology Report: Volume III: Market Barriers Report. P400-98-004VIII", Prepared for the California Energy Commission, Sacramento, California, 1999.
- [31] Miller, P., "A brighter idea: The untold story of the CFL", The Electricity Journal 25(7), pp.56-64, 2012.
- [32] Hermenet, H., "LightWise: Market Progress Evaluation Report #1. Report #E99-019", Gilmore Research Group, Portland, Oregon, 1999.
- [33] ECONorthwest, ENERGY STAR® Residential Lighting Program: Market Progress Evaluation Report, No. 2. Report #E04-130, prepared for the Northwest Energy Efficiency Alliance, Portland, Oregon, 2004.
- [34] Bouwknecht, A., "Compact Fluorescent Lamps." Journal of IES July, pp.204-212, 1982.
- [35] Calwell, C. and Zugel, J., Banwell, P. and Reed, W., "2001-A CFL Odyssey: What Went Right?" Paper presented at ACEEE 2002 Summer Study Conference, Asilomar, California, pp. 6.15-6.27, 2002.
- [36] Sandahl, L.J., Gilbride, T.L., Ledbetter, M.R., Steward, H.E. and Galwell, C., "Compact Fluorescent Lighting in America: Lessons Learned on the way to market.", Prepared by Pacific Northwest National Laboratory for U.S. Department of Energy, 2006.
- [37] EPRI, Perceptions of Compact Fluorescent Lamps in the Residential Market. EPRI TR-100734, prepared by Macro Consulting, Inc., Mountain View, California, for the Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, 1992.
- [38] Fernstrom, G.B., "Steps to Successful Lighting Programs", Home Energy Magazine Online November/December 1994, Retrieved 20th of June 2014 from <http://www.homeenergy.org/show/article/nav/lighting/page/6/id/1088>.
- [39] Polsby, E., "Putting Energy-Efficient Lighting in Its Place", Home Energy Magazine Online November/December 1994. Retrieved 2nd of July 2014 from <http://www.homeenergy.org/show/article/nav/lighting/page/7/id/1090>.
- [40] Bright, J.R., Automation and management. Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1958.
- [41] ECONorthwest, "ENERGY STAR® Residential Lighting Program, No. 1: Market Progress Evaluation Report: Final Report. Report #E02-101", Prepared for the Northwest Energy Efficiency Alliance, Portland, Oregon, 2002.
- [42] Rasky, L., "Consumers and Compact Fluorescents", Home Energy Magazine Online November/December 1993. Retrieved 10th of July 2014 from <http://www.homeenergy.org/show/article/nav/homeowneredu/page/5/id/995>.
- [43] US Department of Energy, Annual Energy Outlook, US Energy Information Administration, Washington, DC, pp.75, 2010.
- [44] Navigant Consulting, "U.S. Lighting Market Characterization. Volume 1. National Lighting Inventory and Energy Consumption Estimate", Navigant Consulting, Chicago, for the U.S. Department of Energy, Washington DC, 2002.
- [45] Vorsatz, D., Shown, L., Koomey, J., Moezzi, M., Denver, A. and Atkinson, B., "LIGHTING MARKET SOURCEBOOK FOR THE U.S." Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, 1997.

◇ 저자소개 ◇



**김재일**(Kim, Jaeil 金在一)  
 1975년 1월 1일생.  
 홍익대학교 전기전자공학 졸업.  
 서울대학교 기술경영경제정책대학원 졸업  
 (경제학 석사).  
 성균관대학교 기술경영 박사과정.  
 BOSCH REXROTH 이사 재직 .



**이희상**(Lee, Heesang 李熙祥)  
 1960년 8월 11일생.  
 서울대학교 산업공학 졸업.  
 서울대학교 산업공학 졸업(석사).  
 미국 Georgia Tech(Industrial & Systems Engineering) 졸업(박사).  
 성균관대학교 기술경영대학원 교수.