

분광학의 공장:

조지 러셀 해리슨의 자동화 기계와 *MIT Wavelength Tables**

박민아
서울대학교

A Factory of Spectroscopy

: George R. Harrison's Automatic Machines
and the MIT Wavelength Tables

PARK Mina

Program in History and Philosophy of Science
Seoul National University

ABSTRACT

The MIT Spectroscopy Laboratory in the 1930s is a very interesting place where routine works of physics laboratory can be revealed and where the influence of the Great

* 이 글은 2007년 3월 29일 존스 홉킨스 대학 과학기술사학과에서 했던 동일한 제목의 발표를 발전시킨 것입니다. “routine”의 중요성을 일깨워주신 Robert Kargon, Robert Fox 교수님과 값진 조언을 해 주신 Sharon Kingsland, Stuart Leslie 교수님께 감사드리는 바입니다. 논문을 읽고 중요한 지적과 조언을 해 주신 홍성욱 선생님, 이관수 선배님, 김봉국, 서민우, 정동욱 학형께 감사드리고, 고비 고비마다 좋은 아이디어와 격려를 아끼지 않은 박범순 선배님께 특별히 감사드립니다.

Depression on the day-to-day work of a laboratory can be examined.

From 1932, Professor George Russell Harrison, the director of the Laboratory invented automatic machines to measure, record and sort spectrum lines that would eventually replace laborious, tedious and time-consuming human works. This automation increased the speed of measurement enormously and made possible the mass production of spectrum lines. With his invention, Harrison launched the wavelength table project in 1935. Securing support from the Works Progress Administration, he employed 140 unskilled WPA workers for the project. In 1939, the Spectroscopy Laboratory published the *MIT Wavelength Tables*.

This paper will examine Harrison's laboratory work by using an analogy between laboratory and factory. The analogy implicates the concept of automation, division and systematic organization of labor, product marketing, and managerial ideals. It is a good example to illustrate how American physicists struggled to prove its utility during the Great Depression when physics was blamed as "the science of death" causing economic difficulty and unemployment. Harrison's laboratory created jobs for unemployed laborers and its product, the *MIT Wavelength Tables*, was targeted for practical workers in industrial laboratories. In short, his 'factory of spectroscopy' was directed to prove physics as "the science of life."

Key Words: Factory, Spectroscopy, Measurement, Scientific Instruments, George R. Harrison, MIT Spectroscopy Laboratory, Great Depression, Works Progress Administration(WPA), Automation, MIT Wavelength Tables.

1. 실험실과 공장

실험실과 공장은 서로 어울리지 않는 쌍이다. 실험실은 창의성이 발휘되는 공간인 반면, 공장은 규격화와 반복, 틀에 맞춘 일들이 더 중요한 장소이다. 실험실에서는 독창적인 것을 생산해 내는 데 높은 가치를 두지만, 공장에서는 같은 것을 많이 만드는 것을 중요하게 여긴다.

이렇게 실험실과 공장의 상반된 이미지로 인해 실험실이 공장에 비유될 때는 부정적인 함의를 내포하고 있는 경우가 많았다. 그 대표적인 예로 1950년대 후반-1960년대 초반 버클리 대학 로렌스 방사 연구소(Lawrence Radiation Laboratory)의 거품상자(bubble chamber)에 관한 피터 갤리슨(Peter Galison)의 연구를 들 수 있다. 갤리슨은 거대한 실험도구로 인해 유발된 물리학 연구 방식의 변화들, 즉 물리학자 개인의 연구 자율성이 사라지고 물리학자가 실험도구로부터 유리되며 검출기로부터 전달된 데이터 분석이 연구의 중심이 되어 버린 상황을 “물리학 공장(factories of physics)”으로 표현했다.¹⁾

그러나 관점을 조금만 달리하면 공장의 비유는 평소 잘 드러나지 않는 실험실의 특징들을 표면으로 부각하기도 한다. 예를 들어, 로버트 카곤(Robert Kargon)은 19세기에 등장한 대학 실험실을 “박사 제조 공장(Ph. D. factory)”이라 부르며 정규 훈련 코스를 제공함으로써 박사 인력의 정기적인 공급을 가능하게 했던 19세기 대학 실험실의 기능을 부각하는 데 공장의 비유를 사용했다.²⁾ 브루노 라투어(Bruno Latour) 또한 의학 실험실의 사실(facts) 생산 기능을 강조하기 위해 공장을 끌어들이면서 “실험실은 공장이 자본주의를 위해 하는 것과 똑같은 종류의 일을 과학을 위해 행하고 있다”고 지적했다.³⁾ 다니엘 토데스(Daniel P. Todes)도 공장이 “소외된 노동, 규격화되고 착취적이며 비인간적인 과정”과 같은 이미지를 연상시킨다는 점을 충분히 인지하고 있었으면서도 러시아 생리학자 이반 파블로프(Ivan Pavlov, 1849-1936) 실험실의 지식 생산 방식이 소규모에서 대규모로 옮겨가는 변화를 강조하기 위해 “생리학 공장(physiology factory)”이라는 비유를 책의 제목으로

1) Peter Galison, “Bubble Chambers: Factories of Physics,” in *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (Chicago: The University of Chicago Press, 1997), pp. 313-431. 갤리슨은 거대 가속기 연구소를 공장에 비유함으로써 실험 물리학자와 실험도구 사이의 변화된 관계를 포착하려고 했다. 그는 스스로 실험도구를 제작하며 실험도구 및 실험에 대한 통제권을 행사할 수 있었던 이전 과학자들에 비해 거대가속기 연구소의 실험 물리학자들은 실험도구로부터 유리되었음을 강조했다. 이 외에도 그의 글에서 공장의 비유는 거대가속기 연구실의 위계적인 조직 구조의 특성을 효과적으로 드러냈다.

2) 이는 로버트 카곤이 2007년 존스 홉킨스 대학의 “과학, 기술, 문화(Science, Technology and Culture)” 수업에서 제시했던 견해이다; 이러한 대학 실험실의 기능에 대해 로버트 콜러(Robert E. Kohler)는 ‘공장’ 대신 ‘기계’의 비유를 사용했다. Robert E. Kohler, “The Ph. D. Machine: Building on the Collegiate Base,” *Isis* 81 (1990), pp. 638-662.

3) Bruno Latour, “The Costly Ghastly Kitchen,” in Andrew Cunningham and Perry Williams (eds.) *The Laboratory Revolution in Medicine* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992), pp. 295-303 중 p. 299.

선택했다.⁴⁾

비유를 통해 공장과 실험실을 긍정적으로 연결하려는 시도들을 넘어 스튜어트 레슬리(Stuart W. Leslie)는 공장 내에 위치한 실험실 지점(branch laboratory), 기계실(machine shop), 생산 라인에서 이루어지는 “블루칼라 과학(blue collar science)”의 혁신적인 역할에 대해 연구함으로써 ‘생산 대 혁신’이라는 공장과 실험실 사이의 통념적인 구분에 수정을 가했다.⁵⁾

이와 같은 연구들은 공장과 실험실이 기능적으로, 인식론적으로 그렇게 무관한 공간이 아님을 알려주었다. 오히려, 공장의 비유는 실험실을 이해하는 데 매우 효과적으로 이용될 수 있는데, 특히 반복적이고 틀에 박힌 일들로 이어지는 실험실의 나날의 일상을 포착하려 할 때나 그런 일상에 나타나는 느리지만 의미 있는 변화를 선명하게 드러내려고 할 때 공장의 비유는 그 힘을 발휘한다. 이 글에서 다음 MIT-WPA 프로젝트가 바로 그런 경우에 해당한다.

1935년부터 1939년까지 4년 동안 진행된 MIT-WPA 프로젝트는 MIT 물리학자 조지 러셀 해리슨(George R. Harrison, 1898-1979)의 분광학 자동화 기계 발명에서부터 시작되었다. MIT 분광학연구소(Spectroscopy Laboratory) 소장이었던 해리슨은 단순하고 노동 집약적이면서도 고도의 숙련을 필요로 하던 스펙트럼선 측정 작업을 쉽고 빠르게 하기 위해 1930년대 초부터 스펙트럼선의 측정 및 기록을 자동으로 처리하는 자동화 기계 발명에 착수했다. 자동화 기계는 데이터 대량 생산을 가능하게 했고, 그 이점을 활용하기 위해 1935년 해리슨은 연방 정부의 실업자 구제 정책의 일환이었던 공공사업추진청(Works Progress Administration, WPA)으로 눈을

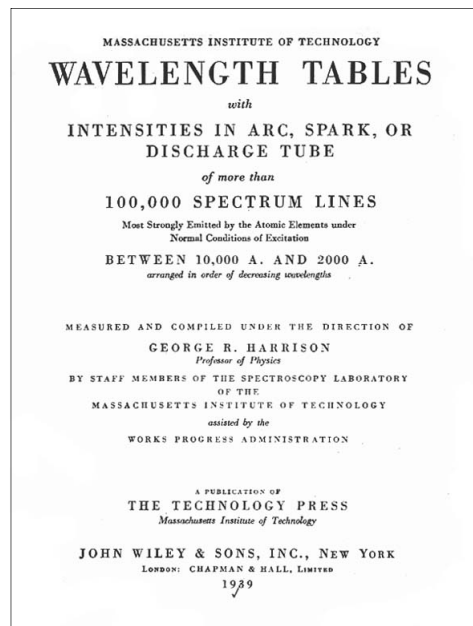
4) Daniel P. Todes, *Pavlov's Physiology Factory: Experiment, Interpretation, Laboratory Enterprise* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2002), 인용은 p. xvi; 이 책은 같은 제목의 다음 논문을 발전시킨 것이다. Idem, “Pavlov's Physiology Factory,” *Isis* 88 (1997), pp. 205-246.

5) Stuart W. Leslie, “Blue Collar Science: Bringing the Transistor to Life in the Lehigh Valley,” *Historical Studies in Physical and Biological Sciences* (이하 HSPS) 32 (2001), pp. 71-113; 팩스와 구아그니니는 실험실과 공장에 대한 통념을 전복하려 했다. 그들은 실험실의 혁신, 공장의 틀에 박힌 생산 방식이라는 틀을 깨고 실험실의 일상적이고 반복적인 활동(routine), 공장의 혁신적 연구의 모습을 보여줌으로써 둘 사이의 경계를 흐리게 했다. Robert Fox and Anna Guagnini, “Laboratories, Workshops, and Sites: Concepts and Practices of Research in Industrial Europe, 1800-1914,” *HSPS* 29 (1999), pp. 191-294; 공장(현장, field)과 실험실 간의 일반적인 구분에 문제를 제기하는 글들로 다음을 참고하라. Peter Miller and Ted O'Leary, “The Factory as Laboratory,” *Science in Context* 7 (1994), pp. 469-496; Sungook Hong, “Forging Scientific Electrical Engineering: John Ambrose Fleming and the Ferranti Effect,” *Isis* 86 (1995), pp. 30-51.

돌렸다. 이렇게 해서 시작된 MIT-WPA 프로젝트에는 공공사업추진청의 지원 하에 140명에 달하는 실직자들이 동원되었고, 이들의 도움으로 MIT 분광학연구소는 수백 만 개에 달하는 스펙트럼선을 찍어내고 측정하고 분류하는 방대한 작업을 통해 1939년 *MIT Wavelength Tables*[이하 *MIT Tables*]라는, 일종의 스펙트럼 파장의 ‘신상 명세 사전’을 완성해 냈다.⁶⁾

이 글에서는 공장의 비유를 통해 MIT-WPA 프로젝트의 특징을 드러내 보일 것이다.⁷⁾ 해리슨의 자동화 기계는 분광학 공장의 생산 방식과 노동 구조에 어떤 변화를 가져왔을까? WPA의 지원을 통해 들어온 다수의 비숙련 노동자들은 분광학 연구소의 실천 방식에 어떤 영향을 미쳤을까? MIT 분광학 공장에서 생산해 낸 상품은 무엇이었으며 그 마케팅은 어떻게 이루어졌는가? MIT 분광학 공장을 경영했던 해리슨의 경영 이념은 무엇이었으며 왜 그런 경영 이념을 채택했던 것일까?

이를 통해 이 글에서는 WPA를 통해 ‘과학의 비숙련자’들이 실험실로 들어오게 되면서 MIT 분광학연구소는 소수 정예 물리학자들의 작업장(workshop)에서 다수의 숙련, 비숙련 노동자와 기계가 공존하는 공장으로 변화하게 되었음을 보일 것이다. 또한 이런 해리슨의 분광학 공장의 변화가 대공황이라는 특수한 상황이 과학에 준 밀천과 압박에 의해 만들어



〈그림 1〉 *MIT Tables*의 표지.

출처: *MIT Tables*(주 6 참조).

6) *Massachusetts Institute of Technology Wavelength Tables with Intensities in Arc, Spark, or Discharge Tube of More Than 100,000 Spectrum Lines* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1939) (이하 *MIT Tables*)

7) 토데스가 파블로프의 생리학 실험실을 묘사할 때 사용했던 틀을 따라 이 글에서는 공장의 물리적 환경, 자동화, 노동 분업, 마케팅, 경영 이념(managerial ideal)의 카테고리 MIT-WPA 프로젝트를 그려낼 것이다. Todes, “Pavlov’s Physiology Factory.”

졌다는 것을 보일 것이다. 본 연구는 과학 정책의 변화에 초점을 맞춰 대공황이 물리학에 미친 영향을 살펴봤던 기존 거시적인 연구들이 놓쳤던 측면들, 즉 대공황이 물리학 실험실 나날의 실천과 물리학자 개인에게 어떤 방식으로 영향을 미쳤는지, 그리고 거기에 물리학자 개개인은 어떤 식으로 대응했는지를 보여준다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.⁸⁾

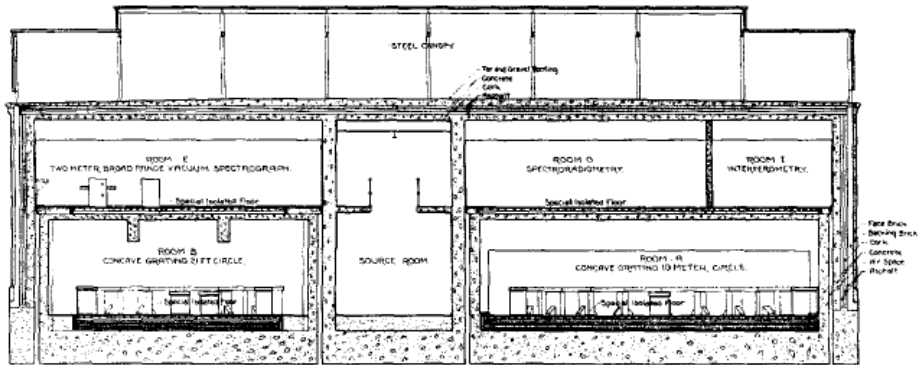
2. 공장의 물리적 공간(factory site): MIT 분광학연구소

MIT 분광학연구소는 MIT-WPA 프로젝트의 중심 공간이었다. 1930년 해리슨이 MIT 실험물리학 교수직을 수락한 직후 건설되기 시작한 이 건물은 당시로서는 드물게, 오로지 분광학 정밀측정만을 염두에 두고 설계되었다. 애초 분광학연구소는 새로 건설 중인 조지 이스트만 물리 및 화학 연구동(George Eastman Research Laboratory for Physics and Chemistry) 안에 만들어질 예정이었으나, 해리슨이 스탠퍼드에서 가져올 큰 분광기에 맞는 공간 확보가 여의치 않자 컴프턴은 새 연구동 옆에 독립된 분광학연구소를 짓기로 결정했다.

MIT 분광학연구소는 총 공사비 100,000달러가 소요된 2층 건물로 1931년 완공되었다. 분광학 연구만을 위한 연구소로서는 현존하는 거의 유일한 연구소일 것이라는 컴프턴의 자부심에 걸맞게 건물은 분광학 정밀 측정이 최적의 상태에서 이루어질 수 있도록 외부 진동과 온도 변화를 최소화하는 방향으로 설계되었다 <그림 2, 3>.⁹⁾

8) 대공황과 과학의 관계를 다룬 연구들로 다음을 들 수 있다. Daniel J. Kevles, *The Physicist: The History of a Scientific Community in Modern America* (New York: Vintage Books, 1979), pp. 236-266; Robert Kargon and Elizabeth Hodes, "Karl Compton, Isaiah Bowman, and the Politics of Science in the Great Depression," *Isis* 76 (1985), pp. 300-318.

9) MIT 분광학연구소의 설계 및 시설에 대해서는 컴프턴이 도면을 곁들여 매우 상세하게 소개했다. Karl T. Compton, "The New Spectroscopy Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology," *Physics* 2 (1932), pp. 205-210; 시공사인 Stone & Webster에서도 자체 저널을 통해 분광학연구소 건물에 대해 소개했다. "The New Spectroscopic Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology," *Stone & Webster Journal* (1932), pp. 231-235; 해리슨도 분광학연구소의 초기 역사를 다룬 글에서 연구소 설계 및 특징에 대해 간략하게 소개했다. George R. Harrison, *Memo on the Foundation and Early Days of the MIT Spectroscopy Laboratory* (1976), MIT Museum Archive, Physics Department; 분광학연구소 건물 이외에도,

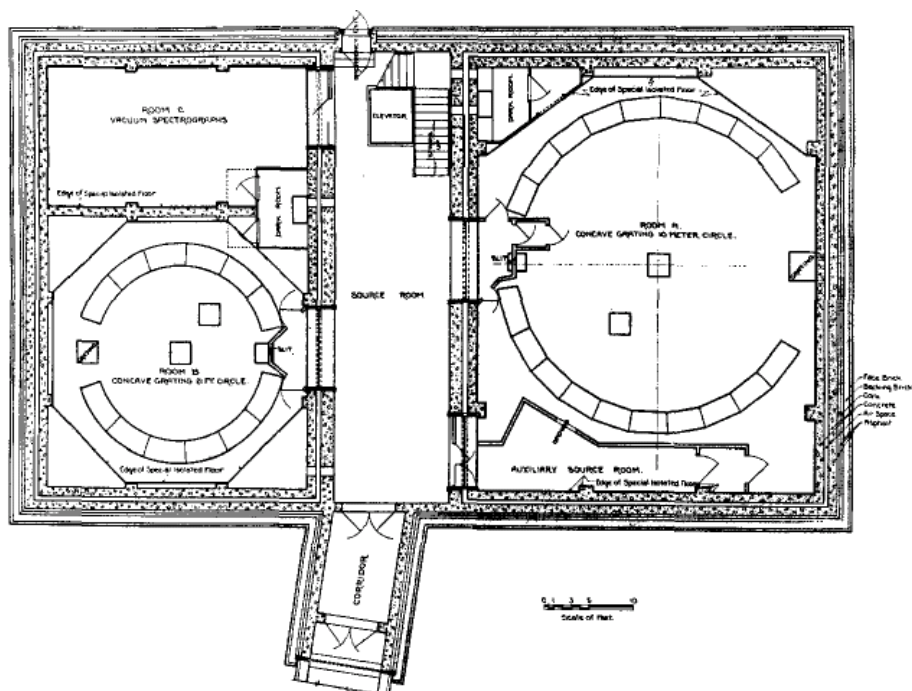


<그림 2> MIT 분광학연구소의 측단면도. 진동이 전달되는 것을 막기 위해 각 방의 기반은 분리, 독립적으로 세워졌고, 온도 조절을 위해 지붕에는 강철 단집 덮개(canopy)를 설치하여 햇빛을 반사시키고 덮개와 지붕 사이로 통풍이 잘 이뤄지도록 했다. 출처: Compton, “The New Spectroscopy Laboratory,”(주9 참조) p. 209.

내외부의 진동이 전달되는 것을 막기 위해 연구소는 3중 안전장치를 갖추고 있었다. 우선 외부적으로는 이스트만 코닥 연구동과 다른 MIT 건물로 둘러싸인 □자 내정(內庭)의 중앙에 위치한 까닭에 바깥 도로에서 발생하는 진동으로부터 1차적으로 보호되었다. 내부적으로는 분리된 독립 바닥 시스템(separate isolated floor system) 공법을 도입하여 바닥을 통한 진동 전달을 최소화 했다. 이것은 건물을 하나의 기반 위에 세우는 대신, 미리 성형된 6피트 두께의 183개의 강화콘크리트 파일(pile)을 가지고 마치 타일을 붙이듯이 바닥을 조립하여 바닥을 통한 진동 전달을 줄이는 방식이었다. 또한 연구소의 측단면도인 <그림 2>에 나타나는 것처럼, 각 방과 복도, 1층 천장과 2층 바닥을 분리시킴으로써 방 사이에 진동이 전달되는 것도 줄이려고 했다. 마지막으로 강화콘크리트 파일에 가는 모래, 모전(毛氈, roofing felt)을 겹겹으로 깔고, 또 6인치 두께로 코르크를 깔아 좌우 진동과 상하 진동을 흡수하도록 했다.

분광학 측정에 영향을 미치는 온도 변화를 막기 위해 분광학연구소는 단열을 최대화하는 구조로 설계되었다. 벽을 2.5피트 이상으로 두껍게 한 것은 물론이거

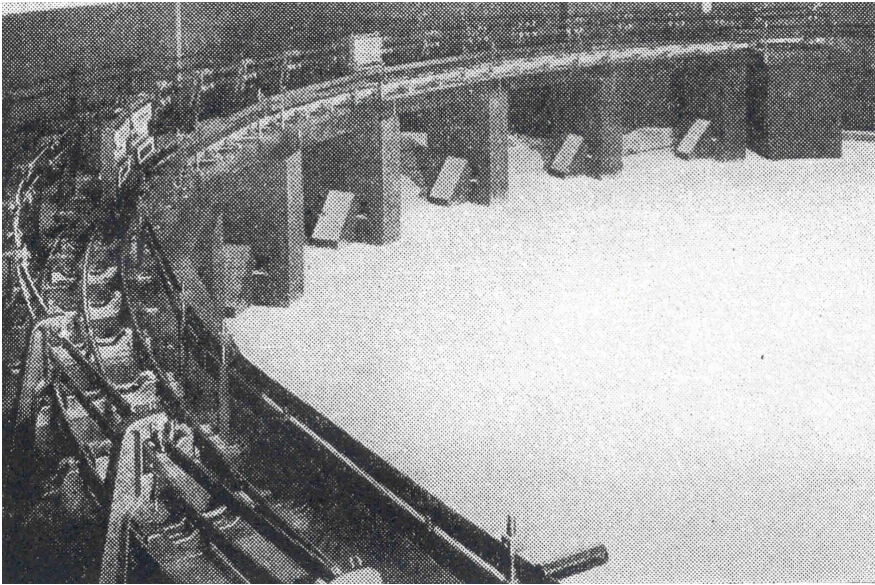
이 건물과 직접 연결되어 있는 조지 이스트만 연구동 지하의 물리학과 공간 거의 전부와 1층의 일부 방들도 분광학 연구용으로 사용되었다. 이에 대해서는 다음을 참고하라. Karl T. Compton, “The George Eastman Research Laboratory for Physics and Chemistry,” *Science* 75 (1932), pp. 472-479.



〈그림 3〉 분광학연구소 1층 평면도. 원형 트랙이 설치된 우측 실험실에는 10m 분광 사진기가, 좌측 실험실에는 21피트 분광사진기가 설치되었다. 2중 벽은 두께가 4피트로 외부와의 열 교환을 최소화하도록 설계되었다. 출처: Compton, "The New Spectroscopy Laboratory,"(주 9 참조) p. 206.

니와, 벽 내부에 8인치 두께로 코르크를 채워 넣었다. 회절분광기가 설치될 1층 실험실의 경우 일정한 내부 온도 유지가 더욱 중요했으므로, <그림 2>에서 보이는 것처럼 12인치 두께의 내벽이 추가로 세워졌고, 내벽과 외벽 사이의 6인치 공기층이 방의 온도 유지를 도왔다. 비상용을 제외하면 외부와 열교환이 일어날 만한 창문이나 출입구도 거의 만들지 않았다. 평시에는 이스트만 코닥 연구동으로 연결되는 복도가 연구소의 출입구 역할을 했는데, 여기에도 열교환을 최소로 하기 위해 3중으로 문이 설치되었다<그림 3의 하단>. 구조적 방법 외에도, 각 방마다 개별 온도 조절기를 설치하여 일정한 온도를 유지할 수 있도록 했다. 이런 최신 설계와 높은 수준의 단열 설비 덕에 분광학연구소는 “거대한 냉장고 속에 놓여 있는 방 열 개짜리 건물”이라 자랑할 만했다.¹⁰⁾

10) "The New Spectroscopic Laboratory," *Stone & Webster Journal* (1932), p. 231.



〈그림 4〉 분광학연구소의 원형 트랙. 출처: Harrison, "Spectroscopy at the Massachusetts Institute of Technology,"(주 11 참조) p. 111.

연구소 건물의 뛰어난 설비에 더해 분광학연구소는 최고 수준의 분광기를 자랑했다. 해리슨이 스탠퍼드에서 가져 온 분광기가 설치된 두 개의 실험실은 각각이 그 자체로 하나의 분광기에 해당했다<그림 3>. 복도의 분광시료실(source room)에서 준비된 빛이 실험실 입구의 슬릿을 통과해 방 중앙에 놓인 회절격자에 입사한 뒤 주변으로 퍼져 나가다가 원형 트랙 위에 빙 둘러 설치된 사진판에 찍히면 스펙트럼선이 새겨진 사진판, 즉 스펙트로그램(spectrogram)을 얻을 수 있었다. 기본적인 원리로만 보자면 데스크탑 수준의 작은 분광기와 다를 바 없었지만, 분광학 연구소에서는 실험실 전체 규모로 분광기를 확대시켜 분해능을 엄청난 수준으로 향상시켰다. 이런 높은 분해능 덕에 이 분광기들은 1Å의 좁은 영역에 여러 개의 스펙트럼선이 밀집해 있는 스펙트럼 분석에서 그 진가를 발휘할 수 있었다. 이외에도 연구소 2층에는 컴프턴과 조셉 보이스(Joseph C. Boyce)가 만든 2m 진공분광 사진기와, 진공분광사진기 중 최대 크기를 자랑하는 21피트 진공분광사진기가 극자외선 영역의 분광분석을 위해 준비되어 있었다.¹¹⁾

11) MIT 분광학연구소 내부의 실험 설비에 대해서는 주 10에 소개된 글과 함께 다음을 참고하라. George R. Harrison, "Spectroscopy at the Massachusetts Institute of Technology," *The American Physics Teacher* 1 (1933), pp. 109-112.

분광학연구소는 최신식 생산 시설과 최적의 생산 환경을 갖춘 분광학 공장이었다. 또한 분광학연구소는 테이블용 분광기를 실험실 크기로 확대시킨 거대한 분광기였고, 이런 점에서 그것은 거대과학을 이끌어 낸 거대한 실험도구들의 원조였다. 분광학연구소의 규모와 그 물리적 환경은 정밀 측정에 매우 이상적인 조건을 제공해 주었지만, 바로 그 점으로 인해 거대과학의 실험도구들이 갖는 한계를 분광학연구소에서도 찾을 수 있다. 무엇보다 실험도구의 유연성에서 분광학연구소는 중요한 한계를 지니고 있었다. 진동과 온도 변화가 적은 것은 어느 실험에서나 환영받는 조건이었지만, 이를 위해 마치 카메라 상자처럼 지어진 연구소는 여러 가지 제약을 수반했다. 분광학 정밀 측정에 중점을 둔 구조로 인해 분광학연구소는 물리적으로나 기능적으로 닫힌 공간이 되어 버렸다. 출입구와 비상문을 제외하면 실외로 연결되는 통로가 전혀 없었고 환기도 중앙 복도에 연결된 환풍구를 통해 이루어졌기 때문에 최신식 환기 시설에도 불구하고 대량 환기에는 적합하지 않았다.¹²⁾ 원형 트랙이 설치된 1층 실험실들은 그 자체가 하나의 분광기로 기능했기 때문에 다른 용도로 전환하기가 쉽지 않았고 이 점에 있어서 2층의 실험실들도 크게 다르지 않았다. 여기에 더해 연구소 건설에 들어간 막대한 비용은 큰돈을 써가며 만든 시설이 제대로 사용되고 있음을 보여주어야 하는 부담감을 더해 주었다. 요컨대, MIT 분광학연구소는 최신식 양산 설비를 갖춘 공장이었지만 그것은 스펙트럼선 양산에만 적합한 공장이었다.

3. 공장 자동화: 해리슨의 분광학 자동화 기계

분광분석을 하려면 세 단계를 거쳐야 한다. 첫째, 스펙트로그램(spectrogram)을

12) 분광학연구소의 환기는 중앙 복도인 시료실을 통해 이루어지는 중앙형 방식이었다. 연구소 외부에 있는 air conditioning plant에서 보내온 공기는 시료실을 통해 각 방으로 분배되고 다시 시료실을 통해 외부로 빠져나갔는데, 온도 유지를 위해 1회전시 연구소 전체 공기의 20%만 신선한 공기로 대체되었다. 즉, 최신식 환기시설을 설치하기는 했지만, 온도 유지를 최우선으로 했기 때문에 환기가 중요한 실험에는 적합하지 않은 면이 있었다. 분광학연구소의 환기 시스템에 대해서는 다음을 참고하라. Compton, "The New Spectroscopy Laboratory," p. 208; MIT 분광학연구소의 이주 후 이 건물이 실험실이 아닌 용매저장소(solvent storage)로 사용되고 있다는 점은 이 건물의 유연성이 얼마나 적은지를 보여준다.

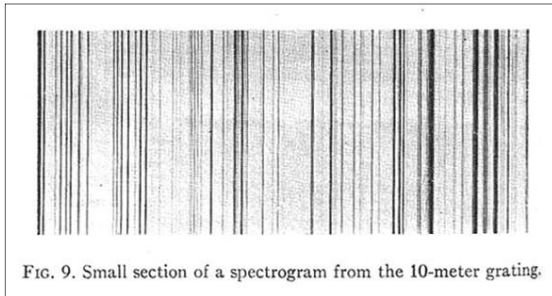
언어내는 “현상의 창조(creation of phenomena)”. 둘째, 스펙트로그램에서 스펙트럼선의 파장과 강도를 읽어내는 판정(identification). 셋째, 스펙트럼선 파장들 간의 규칙적인 관계를 찾아내어 원자 내부 구조를 연구하거나 스펙트럼선의 파장으로부터 그 선을 방출하는 원소를 찾아내는 해석. 지금까지 분광학사 연구는 현상의 창조와 해석에 초점이 맞춰져 왔다.¹³⁾ 그에 비해 스펙트럼선을 측정하고 확인하는 ‘판정’은 상대적으로 많은 관심을 끌지 못했는데, 이는 현상을 읽어내는 작업을 전문성이 요구되지 않는 단순한 과정으로 여겨왔기 때문이다.

그러나 현상을 창조해 내는 작업만큼이나 그 현상을 읽어내는 작업도 실험을 구성하는 핵심적인 부분에 해당한다. 예컨대, 거품상자 연구에서 갤리슨은 과학 실험에서 데이터를 읽어내는 일은 “읽기 체제(reading regimen)”를 수반하는 복합적인 과정으로, 그 체제 안에는 “누가 [거품상자의] 사진을 읽어낼 것인가, 무엇을 찾을 것인가, 어떻게 정보를 기록할 것인가가 상술(specification)되어 있고… [데이터를] 읽어내는 테크놀로지에는 작업장의 사회적 질서(social order), 발견에 대한 인식론적인 태도(epistemological stance), 물리학과 공학적 기예의 관계에 대한 비전이 구체화되어 나타나 있다”며 읽기 작업의 복잡성과 그 안에 내재되어 있는 다양한 가치들을 지적한 바 있다.¹⁴⁾

1930년대 MIT에서 해리슨은 자동 비교측장기(automatic comparator)를 포함한 몇 종류의 자동 측정 기계를 발명했다. 이런 자동화 기계들은 오랜 시간이 걸리고 지루하며 힘이 많이 드는 스펙트럼 읽기 작업을 대신하며 분광학 실천 방식에 변화를 가져왔는데, 이는 자동화를 통한 고속화 이상의 변화를 동반했다. 이는 분광학

13) 분광학사의 연구들을 각 단계 별로 엄밀히 나누는 것은 불가능하지만, 주제 별 분류는 어느 정도 가능하다. “현상의 창조”에 대한 연구들은 프리즘, 회절격자, 분광학 사진기술 등 스펙트로그램을 얻어내는 데 사용되는 실험도구들의 발전을 다룬 것들로, 다음과 같은 연구를 들 수 있다. George Sweetnam, “Precision Implemented: Henry Rowland, the Concave Diffraction Grating, and the Analysis of Light,” in M. Norton Wise (ed.), *Values of Precision* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1995), pp. 283-310; Klaus Hentschel, “Photographic Mapping of the Solar Spectrum, 1864-1900,” *Journal for the History of Astronomy* 30 (1999), pp. 93-119, 201-224; “해석”에 초점을 맞춘 대표적인 연구로는 다음을 들 수 있다. William McGucken, *Nineteenth-Century Spectroscopy, 1802-1897* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1969). 양자역학의 관점에서 분광학을 다룬 연구들도 대부분 스펙트럼 데이터의 해석에 초점을 맞추고 있는데, 그 예로 다음을 들 수 있다. Helge Kragh, “The Fine Structure of Hydrogen and the Gross Structure of the Physics Community, 1915-1926,” *HSPS* 15 (1985), pp. 67-125.

14) Galison, “Bubble Chambers,” pp. 371-372.



<그림 5> 스펙트로그램의 일부. 출처: Harrison, "Retrogression,"(주 21 참고), p. 130.

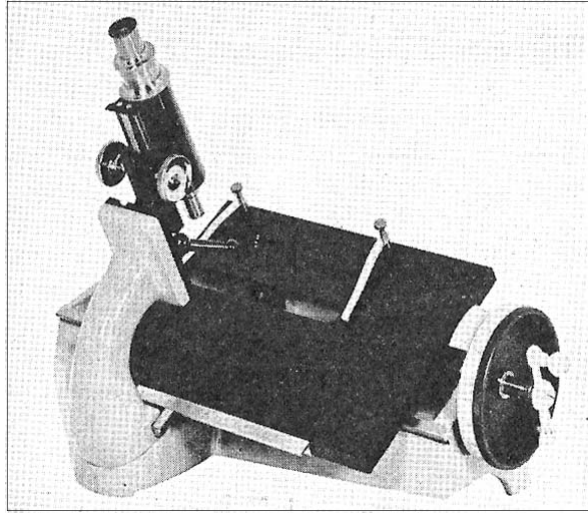
연구에서 중요한 가치가 무엇인가에 변화를 가져오는 것이었으며 후속 세대의 분광학 훈련의 변화를 가져오는 것이기도 했다. 요컨대, 해리슨의 자동화 기계는 분광학 읽기의 구체제(ancien regime)를 새로운 체제로 바꾸었던 것이다. 해리슨의 자동화 기계가 가져온

이 변화를 가능하기 위해 우선 분광학 읽기의 구체제부터 살펴보도록 하겠다.

일반적으로 분광학 측정에는 16-20인치 길이의 사진판들이 사용되었는데, 원소마다 차이가 있기는 하지만 한 원소의 스펙트럼을 찍어내기 위해서는 그런 건판들이 여러 장씩, 심지어 표준 스펙트럼으로 사용되는 철의 경우에는 총 길이 12m가 넘는 사진판이 필요했다.

분광학의 읽기 체제는 이렇게 사진판에 찍어낸 스펙트로그램의 파장을 정밀 측정하는 일과 관련되어 있었다. 그런데, <그림 5>처럼 스펙트로그램에는 상당히 많은 스펙트럼선이 빼곡히 있었기 때문에 그 하나하나의 파장을 읽어내려면 이를 확대해 보여주는 비교측장기(comparator)가 필요했다. 일반적인 비교측장기는 일종의 현미경으로, 현미경의 확대 기능에 대물대의 위치 이동을 측정하는 기능이 결합되어 있었다<그림 6>. 분광학자는 비교측장기의 대물대 위에 스펙트로그램을 올려놓고 집안렌즈에 새겨진 십자선에 스펙트럼선을 일치시킨 후 우측 손잡이의 눈금을 읽어 스펙트럼선의 파장에 대응하는 6-8자리의 숫자를 기록했다.

비교측장기로 스펙트럼선을 판정하는 일은 기계적이고 단순해 보이지만 실제로는 분광학자의 판단이 필요한 숙련 작업이었다. 스펙트럼선의 파장을 알아내기 위해서는 우선 폭이 제각각인 스펙트럼선의 정중앙을 결정해야 했는데, 이를 위해서는 매우 가는 스펙트럼선의 경우에도 폭의 1/60에 해당하는 위치를 세심하게 판정해야 했다. 또한 진하고 희미한 여러 개의 선 중에서 어떤 것이 진짜이고 어떤 것이 우연히 포함되어 들어간 선인지를 가려내는 것도 스펙트럼선 판정에서 매우 중요했다. 따라서 얼마나 빠르고 정확하게 이런 판단을 내리는가가 분광학자의 전문성 및 숙련성을 판단하는 지표가 되었다. 실제로 새내기 분광학자(학생



〈그림 6〉 아담 힐거사(Adam Hilger Ltd.)의 비교측장기, 모델 L76.

출처: George R. Harrison, Richard Lord and John Loofbourow, *Practical Spectroscopy* (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall, Inc., 1948), p. 210.

조교)가 시간 당 평균 60개 정도의 스펙트럼선을 측정하는 데 비해, 국립표준국(National Bureau of Standards)의 윌리엄 매거스(William Meggers)처럼 숙련된 분광학자는 한 시간에 평균 200개의 스펙트럼선을 측정할 수 있었다.¹⁵⁾

이렇게 비교측장기로 측정했다고 해서 판정 작업이 끝나는 것은 아니었다. 그 다음 단계로 측정치를 Å단위의 파장 값으로 변환시켜주는 작업이 기다렸다. 이는 파장 값이 정확히 측정되어 있는 표준 스펙트럼과의 비교를 통해 이루어졌는데, 이를 위해 하나의 사진판에 미리 표준 원소(철)와 측정하고자 하는 원소의 스펙트럼을 같이 찍은 후 표준 스펙트럼에 맞춰 측정한 값을 계산하고 보정(correction)해서 7자리의 파장 값을 구했다.¹⁶⁾

15) George R. Harrison, "Automatic Measurement, Reduction and Recording of Wavelengths from Spectrograms," *Journal of the Optical Society of America* (이하 JOSA) 25 (1935), pp. 169-178 중 p. 169.

16) 스펙트로그램을 얻을 때의 온도, 사진판의 상태, 회절격자 등의 물리적 조건에 따라 스펙트럼선의 위치가 조금씩 바뀌기 때문에 정확한 파장 값을 얻으려면 보정이 반드시 필요했다. 보정의 기준은 표준 스펙트럼으로, 미리 정해진 표준 스펙트럼 값과 금회에 얻은 표준 스펙트럼의 값을 비교하여 스펙트럼선의 분산(linear dispersion) 정도를 결정하여 보정하는 방식으로 이루어졌다. 동일한 물리적 조건 아래서 얻어진 한 원소의 스펙트럼이라도 분산이 동일한 비율로 이루어지는 것은 아니었으므로 스펙트로그램의 각

몇 단계를 거쳐 이루어지는 스펙트럼 판정에 매우 많은 시간이 소요되었으리라는 것은 쉽게 짐작할 수 있을 것이다. 해리슨에 따르면 보통 1,000개의 스펙트럼 선을 판정하는 데 총 30시간이 걸렸는데, 이를 각 원소별로 따지면 수소는 37분, 산소는 13시간, 구리에는 27시간이 소요되었고, 표준 스펙트럼으로 사용되는 철의 경우는 꼬박 6일(142시간)이, 세슘(Cs) 스펙트럼은 한숨도 쉬지 않고 일주일 이상(172시간)을 해야 겨우 한 번의 측정을 마칠 수 있을 정도였다.¹⁷⁾

이제 1930년대 분광학자의 세계를 상상할 수 있을 것이다. 그에게 남아있는 일은 흥미진진한 새로운 발견이나 새로운 문제풀이가 아니라 지루하고 고된 일상적인 작업뿐이었다. 창조성이나 독창성보다는 부지런함과 인내가 더 중요한 덕목으로 인정받는 일이 분광학자를 기다리고 있었던 것이다.

해리슨은 이런 일상적인 작업들이 분광학에서 얼마나 중요한지를 잘 알고 있었다. 그러나 다른 한편으로 그는 이 작업의 지루함과 노동 집약성이 분광학의 미래에 위협이 된다는 점 또한 분명하게 인식하고 있었다. 당시 막 커 나가기 시작하던 핵물리가 새로운 발견들로 물리학자들을 흥분시키고 있던 것과 비교해 볼 때, 판에 박힌 분광학 연구는 학생들에게 매력적인 주제가 아니었고 이는 분광학 전공자의 감소를 의미했다. 1939년 럼퍼드 메달(Rumford Medal)을 받는 자리에서 해리슨은 이 점을 다음과 같이 표현했다.

숙련, 훈련, 그리고 무한한 인내심을 갖춘 사람만이 그 일[분광학 판정]에 적합했습니다. 그러니 젊은 물리학자들이 다른 분야의 덜 틀에 박힌 일에 이끌려 이 분야에 대한 관심이 점점 줄어들게 되었다는 사실은 놀라운 일이 아닙니다.¹⁸⁾

숙련된 기술, 무한한 인내, 그것들을 몸에 익히기 위해 필요한 훈련처럼 분광학의 일상적인 측정에 요구되는 덕목은 창조적인 과학자보다는 끈기 있는 장인에 더 어울릴 법한 것들이었다.

실제로 분광학자들은 장인들의 일처럼 오랜 경험과 거기서 나오는 정확한 판단이 매우 중요하다는 점을 잘 알고 있었다. 미시간 대학의 분광학자 랄프 소이어(Ralph Sawyer)는 “정체를 알 수 없는 [스펙트럼] 선 및 밴드를 판정할 때는 상당한

부분 별로 개별적인 보정이 이루어져야 했다.

17) 여기 나온 시간은 MIT Tables에 실린 각 원소의 스펙트럼선 개수를 기준으로 추정한 것이다.

18) George R. Harrison, “New Methods in Spectroscopy,” *Science* 91 (1940), pp. 225-228 in p. 228.

정도의 판단력과 경험이 분광학에 매우 값진 도움이 된다”고 말했고,¹⁹⁾ 국립 표준국의 부국장(associate director)까지 오른 월러스 브로드(Wallace Brode)는 숙련의 중요성을 다음과 같이 표현했다.

분광사진 방법(spectrographic methods)이나 이론분광학을 다룬 수업들이 문제 해결에 상당한 도움이 될 수 있을 지라도, 스펙트럼선의 빠른 판정이나 그 선에 맞는 원소를 찾아내는 일(matching of beams)은 계속되는 연구와 실제 실험실 조작을 통해서만 능숙해 질 수 있다.²⁰⁾

이처럼 분광분석의 정밀 측정은 노동집약적이고 많은 시간이 걸리는 지루한 작업이면서도 분광학자의 경험과 정확한 판단이 필요한, 숙련성이 요구되는 일이었다. 훌륭한 분광학자가 되기 위해서는 실험실 훈련과 다년간의 경험이 요구되었지만, 새로운 발견을 기대하기 힘든 틀에 박힌 연구를 위해 기꺼이 이를 감수하려는 젊은 학생들을 기대하기는 힘들었다. 해리슨을 자동 측정 기계로 이끌었던 요인은 바로 이런 분광학의 미래에 대한 고민으로, 1930년대 초부터 해리슨은 자동 비교측장기를 포함한 자동화 기계 만들기에 착수했다.

자동 비교측장기는 스펙트럼선을 자동으로 측정하고 실제 파장 값으로 변환하여 기록하는 기계로, 세 가지 기능에 맞게 기계 자체가 측정 장치, 변환 장치, 기록 장치로 구성되어 있었다. 실험실에서 얻은 사진판을 올려놓으면 자동 비교측장기는 전기 모터로 사진판을 이동시켜 스펙트럼선의 위치를 찾아내어 그에 해당하는 파장을 측정하고 자동 보정을 거쳐 Å단위의 파장 값으로 계산해 냈다. 이와 동시에 이 기계는 미세



〈그림 7〉 해리슨의 자동 비교측장기.
출처: MIT Tables (주 6 참조).

19) Ralph A. Sawyer, *Experimental Spectroscopy* (New York: Prentice-Hall, Inc., 1944; Second Edition, 1951), p. 253.

20) Wallace R. Brode, *Chemical Spectroscopy* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1943), p. 380.

로가 이 일을 담당했고, 이로써 분광학자들의 다년간의 훈련과 숙련을 요구했던 스펙트럼선 판정을 기계적인 판단이 대체할 수 있게 되었다.

자동 비교측장기의 두 번째 혁신은 기록 방식에 있었다. 측정된 파장과 강도의 기록은 매우 단순한 일임에도 불구하고 전체의 2/3나 되는 시간이 소요되었고 숫자를 잘못 적는 일도 드물지 않게 일어났다. 해리슨은 고속 촬영술인 스트로보스코피(stroboscopy)를 채택하여 가정용 가스계량기처럼 생긴 파장 계수기에 표시된 7 자리의 파장을 35mm 영화 필름에 찍어내는 방법으로 이 수고로움을 감소시켰다. 또한 필름에 기록하면 여러 장의 필름을 겹쳐 보는 것만으로도 수차례에 걸친 측정값을 비교할 수 있어 효과적이었고 필요한 파장만 선택적으로 골라 종이에 적어 넣을 수 있었으므로 기록에 걸리는 시간을 대폭 단축할 수 있었다.

이와 같은 기록 방식의 혁신도 최대점 포착기가 있어서 가능했다. 해리슨이 스펙트럼 기록을 위해 채택했던 스트로보스코피는 고속으로 운동하는 물체를 찍어내는 기술로, 카메라의 조리개를 열어 필름을 계속 노출시킨 상태에서 순간적으로 조명을 터뜨려 움직이는 피사체를 찍어냈다. 따라서 스트로보스코피의 핵심은 조명의 타이밍이었다. 다시 말하면, 물체의 운동과 조명의 작동을 연결시키는 것이 관건이었다. 자동 비교측장기에서는 최대점 포착기가 조명을 제어했다. 전기회로를 통해 스펙트럼선의 최대점이 포착되면, 이 신호는 파장계수기 앞에 설치된 조명에 연결되어 있는 광전지를 방전시켜 조명이 켜지면서 계수기의 눈금이 필름에 기록되었던 것이다.

해리슨이 발명한 자동 비교측장기는 분광측정 작업을 세 가지 측면에서 변화시켰다. 첫째, 자동 기계 덕에 분광측정 속도가 획기적으로 빨라졌다. 예를 들어 분광학연구소의 월터 앨버트슨(Walter E. Albertson)이 수동으로 이리듐(Iridium, Ir) 원소를 분석했을 때는 340개의 스펙트럼선을 분석하는 데 10개월이 걸렸던 반면, 자동화기계를 사용하여 오스뮴(Osmium, Os) 원소를 분석할 때는 비슷한 정도의 분석에 채 3주의 시간도 걸리지 않았다.²²⁾ 몇 번의 개량을 거친 후 자동 비교측장기는 120초에 3,000개의 스펙트럼선을 측정할 정도로 속도가 빨라졌다. 수동식의 속도가 1,000개에 30시간이 걸렸던 것과 비교하면 엄청나게 향상된 것이었다.

둘째, 빠른 속도 덕에 스펙트럼 데이터의 대량생산이 가능해졌다. 자동화 기계

22) George R. Harrison, "Improved Design of the Mechanical Interval Sorter and Its Application to the Analysis of Complex Spectra," *Review of Scientific Instruments* 4 (1944), pp. 581-586. 인용은 p. 586.

가 스펙트로그램을 빠르게 측정해 준 것은 물론이거니와, 측정에서 절약된 시간과 에너지를 스펙트로그램 생산에 투자할 수 있었으므로 모든 과정을 수동으로 했던 것에 비해 대량의 스펙트럼 데이터를 생산해 낼 수 있었다. 실제로, 1935년부터 4년 간 자동 비교측장기를 거쳐 간 스펙트럼선은 20,000,000개에 이르렀다. 이를 두고 MIT 물리학과 학과장이었던 슬레이터는 “새로 마련된 분광학 도구들은 완전히 새로운 접근법으로 복잡한 스펙트럼 분석을 가능하게 했다.” [이 도구 덕에] 파장을 “소매식(retail method)”이 아니라 “도매식(wholesale)”으로 더 정확하게 측정할 수 있게 되었다”고 평가했다.²³⁾

셋째, 자동화 기계는 분광학 훈련의 우선순위를 변화시켰다. “[스펙트럼 측정용] 기계의 조정(setting) 및 작동은 비숙련 일꾼의 손에 맡기면” 됐으므로²⁴⁾ 전통적으로 그 일에 요구되었던 숙련성, 전문성이 그 가치를 잃게 된 것이다. 해리슨의 프레데릭 이브스 메달(Frederic Ives Medal) 수상식에서 선정위원회 의장이었던 조지 몽크(George Monk)는 분광학 훈련의 우선순위 변화를 다음과 같이 증언했다.

나는 이 기계들이 오늘날 분광학 연구에 미친 파괴적인(devastating) 영향을 말할 수 있습니다. 우리 중 일부가 구식의, 수고로운 방법으로 이루어지기를 바라던 석사논문 주제들이 이 기계들 때문에 흔적도 없이 사라지고 말았으니까요. 해리슨이 자동화 기계(robot)를 만든 후에 우리는 사진판을 케임브리지로 보내서 적당한 기계에서 돌아가게 해야만 했습니다.²⁵⁾

몽크의 말처럼 해리슨의 자동화 기계는 분광학 석사 수준에 기대되던 숙련성을 가치 없는 것으로 만들어 버렸다.

19세기 공장 기계에 대한 숙련공들의 저항을 떠올려 보면 “구식의 수고로운 방법”을 선호했던 숙련된 분광학자들이 해리슨의 자동화 기계에 곱지 않은 시선을 던진 것은 그리 놀라운 일이 아니다. 몽크의 말에 내포되어 있듯이 수동측정에 익숙한 분광학자들은 손으로 측정하는 방법이 기계로 측정하는 것보다 더 정확하고 신뢰할 만하다는 생각을 쉽게 버리지 않았다. 그런 보수적인 분광학자 중에는 분

23) John Slater, Draft for the History of the M.I.T. Physics Department, 1930-1948, p. 7.

24) George R. Harrison, “An Interval Recorder for Analysis of Spectra,” *JOSA* 28 (1938), pp. 290-292 중 p. 292.

25) “Dean George R. Harrison, Frederic Ives Medalists for 1949,” *JOSA* 40 (1949), pp. 123-126. 인용은 p. 124.

광학계 내에서 해리슨의 든든한 조연자이자 지지자로 도움을 아끼지 않았던 메거스도 포함되어 있었는데, 그는 분광학자의 “믿을만하고 진정한(tried and true)” 숙련된 측정에 대비하여 기계의 자동측정을 “잡싸고 지저분한(quick and dirty)” 방법이라고 깎아내렸다.²⁶⁾

이런 회의적인 시선에도 불구하고, 해리슨의 자동화 기계는 과학계의 승인을 받았다. 승인의 증표로 학계의 권위 있는 상들이 해리슨에게 주어졌다. 1939년에는 미국 문예 과학 아카데미(American Academy of Arts and Sciences)의 럼퍼드 메달이, 1949년에는 미국 광학학회의 프레데릭 이브즈 메달이 수여되었으며, 1953년에는 프랭클린 인스티튜트의 엘리엇 크레슨 메달(Elliott Cresson Medal)이 수여되었다.²⁷⁾

산업혁명기 공장의 기계들이 숙련공의 자리를 대신했던 것처럼 해리슨의 자동화 기계들은 분광학자들의 숙련된 측정을 대신했다. 산업혁명기 기계들이 상품의 대량생산을 가능하게 했던 것처럼 자동 측정 기계들은 스펙트럼 파장의 대량생산을 가능하게 했다. 그리고 산업혁명기 기계들이 여자와 아동같은 비숙련 노동자가 공장에 들어오는 것을 허용했던 것처럼 분광학연구소의 기계들은 분광학 비전문가들이 연구소로 들어올 수 있는 가능성을 열어놓았다.

26) 메거스는 수동으로 측정한 독일 분광학자 백(Back)에 비해 기계로 측정한 해리슨의 측정 결과가 오류가 크다는 점을 지적하며, 해리슨을 아마추어로, 그의 자동화 기계를 “잡싸고 지저분한” 방법이라고 심하게 무시했다. Meggers to Harrison, Feb. 5, 1940, William Meggers Papers, Niels Bohr Library, American Institute of Physics (이하 WMP); 메거스의 공격적인 편지에 분개한 해리슨은 그답지 않게 격렬한 어조의 답장을 보냈는데, 자신은 수동 측정과 자동 측정을 병행했고 백과 해리슨의 차이는 ‘수동 대 자동’이 아니라 시료의 상태 차이(기체 대 금속)에서 연유했다는 점을 들며 메거스의 비난이 근거 없는 편견이라고 비난했다. Harrison to Meggers, Feb. 7, 1940. 해리슨의 이 편지를 보면 자동화 기계가 분광학자들의 숙련을 대체하는 것에 대해 초기에는 회의적인 시선이 꽤 많았음을 짐작할 수 있다. 분광학연구소 주변의 연구자들조차 처음에는 자동화 기계에 대해 매우 회의적이었으나 1940년 무렵에는 해리슨의 연구소에 분석을 의뢰했다.

27) 해리슨의 럼퍼드 메달 수상 연설은 *Science*에 실렸는데, 그 제목에서 알 수 있는 것처럼 자신의 자동화 도구의 발명 동기와 도구에 대한 설명이 주를 이룬다. Harrison, “New Methods in Spectroscopy”; 자동화 도구에 대한 긴 설명을 실은 프레데릭 이브즈 메달의 수상 기념 연설은 미국광학학회지에 실렸다. Idem, “Retrospection”; 해리슨을 엘리엇 크레슨 메달 수상자로 선정한 근거에 대해서는 다음 보고서를 참고하라. “Investigating the Work of George Russell Harrison of Cambridge, Massachusetts,” *The Franklin Institute of the State of Pennsylvania Report* No. 3253 (1953). 이 보고서에서도 자동 비교측정기가 스펙트럼 측정에 요구되는 숙련과 지루함을 감소시킨 점을 높이 평가했다.

4. 분업: WPA 일꾼과 MIT Tables 프로젝트

1929년 대공황의 여파가 물리학계에 닿은 속도와 정도는 분야마다, 사람마다 차이가 났다. 바깥세상의 어려움에도 불구하고 상아탑 안의 연구자들은 연구 예산과 등록 학생 수의 증가 등 오히려 성장을 경험했지만, 산업계나 정부 기관처럼 바깥세계에 직접 닿아있던 물리학자들은 대공황의 어려움을 겪어야만 했다. 일례로 국립표준국에서는 1933년-1934년 사이 20%의 연구 인력이 자리를 떠나야 했으며 남아 있는 연구자들도 임금 삭감이나 무급 휴가를 감수해야 했다. 산업계의 예로 AT&T에서는 1930년-1933년 사이 연구개발 예산이 25% 감소했다.²⁸⁾

경제 불황의 영향이 본격적으로 나타났던 1933년, 미국 과학계는 대공황을 극복하기 위해 연방 정부로 눈을 돌렸다. 1933년 과학자문위원회(Science Advisory Committee)의 위원장을 맡고 있었던 컴프턴은 “과학 발전을 위한 구호 프로그램 (Recovery Program of Science Progress)”을 제안하며 적극적으로 나섰다. 공공사업청(Public Works Administration)에 제출한 이 제안서에서 그는 과학 연구를 경제 회복에 연결하는 진부한 레토릭을 구사했다. 즉, 실직 과학자들이 경제 회복을 위한 과학 및 기술 연구를 수행할 수 있도록 6년 간 총 1600만 달러를 지원하자는 것이었다. 당시 공공사업청장이었던 해롤드 익크스(Harold Ickes)는 프로그램의 취지에는 공감했지만 공공사업청의 사업은 건설 공사에만 국한되어 있다는 점을 들어 난색을 표명했다.²⁹⁾

1933년에 실패했던 실직 과학자 지원책은 2차 뉴딜 정책으로 빛을 보게 되었다.

28) 대학 내에서도 이미 자리를 잡은 교수에 비해 막 박사학위를 받은 물리학자들은 대공황의 어려움을 더 심하게 겪었지만, 전반적으로 대학에서 물리학 연구는 대공황에도 불구하고 1930년 내내 성장세를 걸었다. 이와는 대조적으로 산업계에 진출한 물리학자들은 1930-1933년 사이 경제 공황으로 고통 받았다. 대공황이 미국 물리학계에 미친 영향에 대해서는 다음을 참고하라. Spencer R. Weart, “The Physics Business in America, 1919-1940: A Statistical Reconnaissance,” in Nathan Reingold (ed.) *The Sciences in the American Context: New Perspective* (Washington: Smithsonian Institution Press, 1979), pp. 259-358.

29) Karl T. Compton, “Report of the Science Advisory Board,” *Science* 81 (1935), p. 15; 컴프턴의 제안 및 대공황기 과학 정책에 대한 그의 비전에 대해서는 다음 글들을 참고하라. Carroll W. Pursell Jr., “The Anatomy of a Failure: The Science Advisory Board, 1933-1935,” *Proceedings of the American Philosophical Society* 109 (1965), pp. 342-351; Kargon and Hodes, “Karl Compton, Isaiah Bowman.”

1935년 설립된 공공사업 추진청은 근로구호제의 기본 윤곽을 유지하면서도 그 대상에 있어서 상당한 융통성을 보여주었다. 즉, WPA는 전통적으로 근로구호의 대상에 포함되지 못했던 연극, 예술과 같은 전문 영역으로까지 구호의 손길을 뻗었던 것이다. 이런 WPA의 융통성 있는 운영 덕에 과학계에서도 총 2,400여 개의 프로젝트가 지원을 받을 수 있게 되었다.³⁰⁾

1935년 여름, 해리슨은 자동화 기계를 밤낮으로 돌리는 데 필요한 일손을 구하기 위해 10주 계획으로 WPA에 지원을 요청했다.³¹⁾ 10주 밖에 안 되는 짧은 기간에서 알 수 있듯이 처음 해리슨이 계획했던 것은 단기간 동안 집중적으로 몇 개의 시료를 분석하는 것이었고, 그 목적도 실직 과학자들을 임시로라도 돕기 위한 것이었다.³²⁾ 그러나 처음 계획과 달리 WPA의 지원은 MIT Tables를 만드는 프로젝트로 발전하여 1935년부터 1939년까지 4년 간 140명의 WPA 일꾼이 동원된 250,000달러의 대규모 MIT-WPA 프로젝트로 거듭나게 되었다.³³⁾ 프로젝트의 확대와 함께 분석 대상도 10여 종에서 화학원소 전체로 확대되었고, 처음 WPA의 구

30) Alan Brinkley, *The Unfinished Nation: Concise History of the American People* (McGraw Hill, Inc., 1993); 황혜성 외 역, 『미국인의 역사』(서울: 비봉출판사, 1998), Vol. 3, 112쪽; David Alan Grier, *When Computers Were Human* (Princeton: Princeton University Press, 2005), pp. 198-199. 이 당시 WPA의 지원을 받아 이루어진 과학 연구는 대부분 경제, 사회 문제에 대한 통계 연구였다고 한다. 그러나 로렌스(Ernest O. Lawrence)의 버클리 방사 연구소나 여기서 살펴볼 MIT 분광학연구소처럼 WPA 일꾼들 일부는 실험실에서 과학 연구를 도왔다.

31) 해리슨이 메거스에게 보낸 편지를 보면 WPA 지원의 가능성을 열어주었던 것은 자동화 기계였다. 해리슨은 자동화기계의 이점을 최대한 활용할 생각으로 기계를 밤낮으로 작동시켜 스펙트럼 분석을 할 것을 계획했고, 이를 위해 기계를 작동하고 데이터를 분석할 인력이 필요했던 것이다. Harrison to Meggers, August 10, 1935, WMP.

32) MIT 물리학과 학과장이었던 슬레이터에 따르면 해리슨은 실직 과학자들이 자동화 기계를 사용할 수 있게 하려고 WPA를 신청했다. John Slater, *Solid-State and Molecular Theory: A Scientific Biography* (New York: John Wiley & Sons, 1975) p. 168; 해리슨이 WPA 프로젝트를 이용해 실직과학자들의 일자리를 찾으려고 했던 데는 1933년 “과학 발전을 위한 구호 프로그램”을 제안했던 컴프턴의 영향도 있었으리라 짐작된다. 한편, 이무렵 대공황으로 인해 일자리를 잃은 국립표준국 과학자들이 잡부(雜夫)로 “위장”하여 표준국에서 일하고 있었는데, 해리슨은 메거스를 통해 이를 잘 알고 있었다. 이 점 또한 해리슨에게 WPA 신청 동기를 제공해 주었던 것으로 보인다.

33) WPA로부터 받은 25만 달러가 넘는 연구비는 2차 세계대전 이전 분광학연구소가 받았던 연구비 중에서 가장 규모가 큰 것이었다. Slater, Draft of History of the M.I.T. Physics Department, p. 8; 보통 한 번에 60-70명 정도의 WPA 일꾼들이 분광학연구소에 고용되었던 것으로 보인다. 여기에 실험실 인원 15명 정도를 합쳐서 분광학연구소에는 평균 80명가량의 사람들이 있었다.

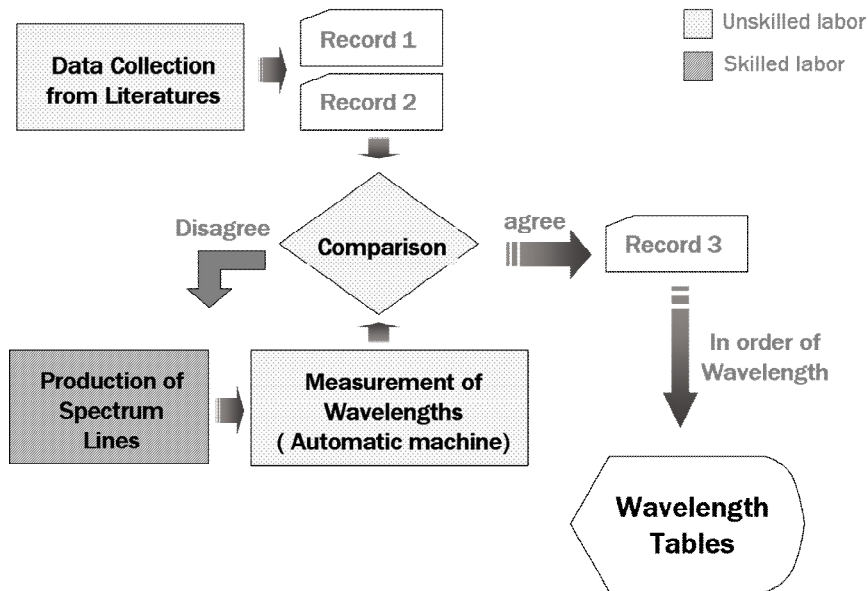
호 대상으로 고려했던 실직 과학자의 자리에는 전문적인 과학교육을 받아본 적이 없는 ‘과학의 비숙련자들’이 들어오게 되었다. 이처럼 MIT-WPA 프로젝트를 통해 물리학 연구의 규모가 확대되고 연구 종사자의 성격이 변화함에 따라 MIT 분광학연구소에는 전통적인 물리학 실험실에서는 보기 힘들었던 새로운 실천 방식이 나타나게 되었다.

첫 번째 변화는 기존에 한 명의 분광학자에 의해 수행되던 분광학 연구 활동이 그 요소요소로 분해되고 그것이 다시 체계적으로 재조직되었다는 점이다. MIT-WPA 프로젝트는 다수의 인력과 다량의 데이터를 관리해야 하는 대규모 프로젝트였다. 게다가 거기에 참여한 WPA 일꾼 중에는 소수의 전직 분광학자도 포함되어 있었지만 대부분은 전직 택시 운전기사, 전직 트럼본 연주자, 전직 은행장 등 분광학과는 아무런 관련이 없는 사람들이었다. 따라서 대규모의 분광학 비숙련자들과 효율적인 연구를 수행하기 위해서는 실험실 업무의 재조직(reorganization of labor)이 필요했다.

이를 위해 해리슨은 분광학연구소의 업무를 새로운 실험 데이터 생산과 문헌 조사, 이렇게 둘로 나누었다<그림 9>.³⁴⁾ 문헌 조사는 기존에 출판된 각종 분광학 파장표와 각 화학 원소 별로 스펙트럼선의 파장과 강도를 측정한 논문들을 찾아 내어 그 안에 있는 스펙트럼 데이터를 수집하는 작업으로, 그 일은 다음과 같은 순서로 이루어졌다. 우선 원소의 스펙트럼선 각각에 대해 문헌에 나와 있는 파장과 강도의 값을 조사하여 백색의 카드 위에 그 측정자 이름과 함께 그 값을 기록한다. 만약 그 스펙트럼선의 값이 여러 연구자들에 의해 조사되었다면 카드 위에 그 값들을 모두 기록하고, 최종적으로 그 평균치를 카드의 상단에 적는다. 이렇게 해서 각 스펙트럼선 별로 총 250,000개의 백색 카드가 작성되었다(Record 1). 그 다음 담황색(buff)의 카드를 준비해 똑같은 작업을 반복해서 250,000개의 담황색 카드를 준비했다(Record 2). 두 벌의 카드 작성이 끝나면 하나의 스펙트럼선에 대해 담황색과 백색의 카드에 적혀 있는 값들을 비교하여 문헌 조사 과정에서 생길 수 있는 실수를 잡아냈다.

이와는 별도로 연구소의 다른 곳에서는 스펙트럼 데이터의 생산이 빠르게 이루어졌다. 분광학연구소에 갖추진 고해상도의 분광기들을 사용해서 해리슨과 그의

34) *MIT Tables* 작성 과정에 대한 분석은 다음을 참고했다. “Preparation of the Wavelength Tables,” in *MIT Tables*, pp. ix-xi.



〈그림 9〉 분광학연구소의 분업

학생들은 화학원소의 스펙트로그램을 찍어냈다. 스펙트로그램이 얻어지면 그 다음은 해리슨이 만든 자동화 기계의 차례였다. 기계에 스펙트로그램을 놓고 작동시키면 35mm 필름 위에 스펙트럼선의 파장과 강도가 자동으로 기록되어 나왔다. 보통 스펙트럼 선 하나에 대해 적게는 7번에서 많게는 50번까지 측정을 한 후, 그 평균값을 미리 준비해 놓은 백색과 담색 카드의 상단부에 기록했다.

그 다음 차례로 문헌 조사를 통해 얻은 값과 실험을 통해 얻은 값의 비교가 이루어졌다. 백색 카드 혹은 담색 카드 상단에 적어 놓은 측정치와 문헌조사치, 다른 식으로 말하면 MIT 분광학연구소의 값과 다른 분광학자들이 측정해 놓은 값이 적절한 수준에서 일치하면 그 카드는 최종 카탈로그로 분류되었다. 그러나 특정 스펙트럼선에 대해 측정값과 문헌값이 적당한 수준에서 일치하지 않는 경우가 발생하면 새로 스펙트로그램을 찍어 다시 7-20회의 측정을 반복했다. 문헌치와 다시 비교해 일치하면 이 카드는 최종 카탈로그에 포함되었다. 그러나 이렇게 몇 단계를 거쳐도 여전히 불일치하는 선이 존재했다. 해리슨은 수차에 걸친 반복 실험과 반복 측정을 통해 3회에 걸쳐 이루어진 연구소 측정치가 0.003Å에서 일치하는 반면 연구소의 측정치와 문헌치 사이에 0.04Å 이상의 오차가 나는 경우, 문헌치를 틀린 것으로 판단하고 분광학연구소의 측정치를 최종 카탈로그에 포함시켰다. 반

대로 연구소의 측정치를 확신할 수 없는 경우에는 문헌값을 쓰고 연구소의 측정치를 포함시키는 것은 유보했다.

마지막으로 조사한 25만 개의 스펙트럼 선 중 강도가 센 109,275개의 선에 대해 그 데이터를 녹색 카드에 옮겨 적음으로써 출판을 위한 카탈로그를 준비했다(Record 3). 그런 뒤, 11만 개에 달하는 녹색의 카드를 파장이 감소하는 순서에 따라 배열해서 출판을 위한 최종 준비를 마쳤다.³⁵⁾

사실 기존의 연구를 조사, 수집하는 문헌 조사 활동이나 스펙트럼선을 생산해내는 실험 활동, 그리고 이 둘을 비교하여 실험 데이터의 타당성을 판단하는 활동은 분광학자의 연구를 구성하는 매우 일상적인 활동이었다. 한 명의 분광학자의 연구 활동 안에서 각각의 활동들은 요소요소로 구별되어 이루어지기보다는 뭉뚱그려진 하나의 연구 활동으로 수행되었다. 그러나 연구 규모가 커지면서 뭉뚱그려져 하나를 구성하고 있던 요소들은 각각의 모습을 드러내게 되었고, 그 요소들은 질서 있게 재배열되었던 것이다.

이처럼 연구 활동이 체계적으로 조직되면서 분광학연구소에는 노동 분업이라는 실천 양식이 뚜렷하게 나타나게 되었다. 특히나 WPA의 지원을 통해 과학과는 상관없는 이력을 지닌 다수의 실직자들이 연구 활동에 참여했으므로 이들을 효과적으로 배치하고 연구소의 업무를 분담시키는 것이 프로젝트의 효율적인 진행을 위해 매우 중요했다. 그런데, MIT-WPA 프로젝트의 분업에서 특징적이었던 것은 분광학에서의 숙련성이 분업의 중요한 기준으로 작용했다는 점이다.

이를 가장 잘 보여주는 것은 MIT-WPA 프로젝트의 조직 구성이었다.³⁶⁾ 프로젝트는 총책임자인 해리슨, 인력 구성(staff organization)과 프로젝트의 세부적인 진행을 담당했던 총괄 관리자인 로버트 에디(Robert C. Eddy),³⁷⁾ 그리고 그 아래 두 명

35) 녹색 카드와는 별도로 25만 장의 백색 카드는 원소 별로 분류한 뒤 파장이 큰 것부터 일렬로 정렬되었고, 25만 장의 담황색 카드는 원소에 상관없이 파장 순서에 따라 정렬되었다. 최종 출판물에 포함되지 못한 14만 장의 카드들은 이후의 연구를 위해 MIT 분광학연구소에 보관되었다. Harrison, "Preparation," p. x.

36) MIT-WPA 프로젝트의 인력 조직에 대해서는 다음을 참고하라. George R. Harrison, "Acknowledgements," in *MIT Tables*, p. xvii.

37) 프로젝트의 총괄 관리를 맡았던 로버트 에디 대령은 1905년 웨스트포인트를 졸업하고 1927년 MIT의 Department of Military Science and Tactics의 executive officer로 부임한 직업 군인이었다. 과학 연구 프로젝트의 총괄 관리를 군인이 맡았다는 것은 매우 흥미로운 사실로, 그의 존재가 분광학연구소의 업무에 (군대식) 질서와 체계화를 도입하는 데 영향을 미쳤을 것으로 추측된다.

의 관리자로 이루어졌는데, 두 명의 관리자가 각각 실험과 사무(clerical work)를 나누어 담당했다는 점에 주목할 필요가 있다. 이 중 3개월 이상 실험 조교 관리자(supervisor of laboratory assistants)를 맡았던 사람들은 대부분이 분광학 분야의 ‘숙련공’으로, 총 7명의 관리자 중 5명이 MIT 물리학과에서 분광학을 주제로 박사 학위를 받았거나 받게 되며, 그 중 4명은 해리슨의 지도 학생들이었다. 이에 비해 사무 조교 관리(supervisor of clerical assistants)를 담당했던 9명 중 분광학을 공부한 사람은 세 명인 반면 전기공학 관련자가 4명이었다. 또한 실험실 조교 관리자 중 3명이 박사 학위 소지자인 반면, 사무 조교 관리자 중에는 단 한 명만이 박사 학위를 가지고 있었을 뿐이었다.³⁸⁾ 요컨대, 조직 구성 및 관리자의 이력을 통해 볼 때 MIT-WPA 프로젝트는 분광학을 전공한 숙련자와 분광학 연구 경험이 없는 비숙련자로 연구 활동이 나뉘어졌던 것이다.

실제 업무에 있어서도 숙련/비숙련에 따라 분업 체계가 구성되었다. 실험실에서 스펙트로그램을 얻어내는 일은 분광학의 숙련공들이 담당한 데 비해, 표를 작성하고 체크하는 일은 비숙련공들인 WPA 일꾼들에게 맡겨졌다. <그림 9>에서 숙련 작업과 비숙련 작업은 서로 다른 색깔로 표시되었는데, 이 그림에서 눈여겨볼 필요가 있는 것은 스펙트럼선의 측정 작업으로, 전통적으로 분광학자들의 오랜 경험과 숙련이 필요했던 스펙트럼선의 판정은 비숙련 작업에 속하게 되었다. 해리슨의 자동화 측정 기계가 분광학자의 숙련된 작업을 대신했으며 기계의 조정과 작동은 비숙련 WPA 일꾼들만으로도 충분했던 것이다.

해리슨은 MIT Tables 프로젝트에 참가했던 WPA 일꾼들에 대해 매우 호의적인 평가를 내렸다. MIT Tables의 “감사의 글(Acknowledgement)”에서는 “매우 믿음직한(faithful) 일꾼의 엄선된 WPA 일꾼들”이라며 그들의 성실한 작업이 없었다면 MIT-WPA 프로젝트는 성취되지 못했을 것이라고 칭찬했고,³⁹⁾ 1941년에는 경제

38) MIT-WPA 프로젝트 관리자의 명단은 다음을 참고하라. Harrison, “Acknowledgements,” p. xvii; 사무 조교 관리자 중에 여성이 3명 포함되어 있다는 점은 주목할 만하다. 이 중 해리엇 앨런(Harriet W. Allen)은 학부에서 전기공학을 전공하고 1936년 “Electron Temperature and Mobilities”로 물리학과에서 박사 학위를 받았고, 또다른 여성인 밀드레드 후커 브로드(Mildred Hooker Brode)는 물리학을 전공으로 학사, 석사를 마친 후 국립표준국의 방사능, 원자구조, X선 분과에서 물리학자로 일한 경력이 있다. 결혼으로 잠시 쉬었던 그녀는 도서관학으로 컬럼비아 대학에서 학사 학위를 받은 후 MIT 프로젝트에 합류했다. 아마도 물리학과 도서관학을 동시에 전공했던 것이 MIT Tables 작성 업무에 도움이 되었을 것으로 보인다.

39) Harrison, “Acknowledgements,” p. xvii.

사정이 나아져서 “산업계의 진짜 직장들에 너무나 많은 훌륭한 우리 WPA 일꾼들을 빼앗긴” 것을 안타까워했다.⁴⁰⁾ MIT Tables의 완성 이후에도 MIT 분광학연구소와 WPA의 관계는 몇 년간 지속되었으나, 1941년 경제 호전과 전쟁의 영향으로 해리슨은 WPA 프로젝트를 갱신하지 않기로 결정하면서 7년간 지속되었던 MIT 분광학 연구소와 WPA의 관계는 끝을 맺었다.

MIT-WPA 프로젝트에서 WPA 일꾼들의 존재는 비과학자(non-scientist)가 연구 활동 및 과학지식 생산에 적극 참여하고 그 과정에서 지적 작업의 분업이 이루어진 흥미로운 사례이다. 그러나 이와 같이 과학 연구에서 분업이 이루어진 사례가 그리 드문 것은 아니다. 특히 MIT-WPA 프로젝트처럼 대량의 데이터를 처리해야 하는 연구의 경우에는 더욱 그러했다. 파멜라 맥(Pamela Mack)에 따르면 19세기 후반 미국 천문대들에서는 항성을 분류하여 항성도를 만드는 데이터 처리 작업에 여성을 고용했다.⁴¹⁾ 갤리슨 또한 알바레즈(Luis Alvarez)가 이끌던 로렌스 방사 연구소의 72인치 거품상자에서 찍은 사진판에서 입자의 궤적을 찾아내는 일을 여성 스캐너(scanner)들이 담당했다는 점을 지적했다.⁴²⁾

맥이나 갤리슨의 연구에서 항성 카탈로그 작성이나 입자의 궤적을 찾는 일에서의 분업은 현상적으로는 숙련과 비숙련 사이에 나타나는 것으로 보이지만, 두 연구자가 강조하고자 했던 것은 숙련과 비숙련 사이의 분업이 아니었다. 그들은 숙련성의 분류가 ‘남성 숙련 과학자 대 여성 비숙련 일꾼’으로 “젠더화된 분업(gendered division of labor)”의 양상을 띠고 있었으며, 이런 분류 속에서 숙련-남성, 비숙련-여성이 각각 쌓을 이루어 서로의 가치를 순환적으로 강화시킴으로써 항성의 스펙트럼을 분석하고 입자의 궤적을 찾아내는 데 필요했던 여성 일꾼들의 과학적 전문성을 인식하지 못하도록 만들었음을 지적하며 여성 일꾼들의 숙련(skill)과 전문성(expertise)을 강조했다.⁴³⁾ 따라서, 여기서 나타난 분업은 숙련 대 비숙련

40) Harrison to Meggers, 1941년 2월 14일. WMP.

41) 19세기 후반-20세기 초반 미국 천문학계에서 여성이 담당했던 역할에 대해서 다음을 참고하라. Pamela E. Mack, “Straying from Their Orbits,” in G. Kass-Simon, Patricia Farnes and Deborah Nash Farnes (eds.), *Women of Science: Righting the Record* (Bloomington: Indiana University Press, 1989), pp. 72-116.

42) 알바레즈 그룹의 노동 분업과 여성 스캐너의 역할에 대해서는 다음 글을 참고하라. Galison, “Bubble Chambers,” pp. 370-431.

43) 갤리슨은 알바레즈 그룹에서 매우 자세한 매뉴얼을 작성하여 여성 스캐너들의 훈련을 돕고 숙련성을 높였음을 보여주었다. Galison, “Bubble Chambers”; 맥에 따르면, 천문대에서 항성 분류 작업에 참여했던 여성들 중 상당수가 대학에서 천문학을 공부했다. Mack,

간의 분업이라기보다는 서로 다른 전문성 사이에 이루어진 분업이었던 것이다.

이에 비해 MIT-WPA 프로젝트의 분업은 분광학 전문가와 비전문가를, 다시 말하면 숙련과 비숙련을 구분 짓는 분업이었다. 전문성이 강조되는 과학과 대공황으로 일자리를 잃은 비전문가들을 위한 실업 구제 정책이 만나 이 프로젝트가 시작되었다는 점이 전문성에 따른 분업을 가능하게 만든 한 가지 요인이었다. 이와 함께 해리슨의 자동화 기계들이 분광학자의 숙련성을 대체하고 분광학 데이터의 대량생산을 가능하게 함으로써 분광학 연구에 비숙련 노동력이 들어올 수 있는 여지를 만들었다는 점 또한 숙련/비숙련의 분업을 가능하게 했던 매우 중요한 요소였다.

1935년부터 1939년까지 *MIT Tables*를 만드는 동안 해리슨의 분광학연구소는 하나의 공장이었다. 그 곳은 숙련공과 비숙련공이 일을 나누고, 노동자와 그의 손길을 필요로 하는 기계가 함께 했던 19세기식 공장이었던 것이다.

5. 상품과 마케팅

1939년, 4년간의 노고의 성과로 *MIT Tables*가 출판되었다. 총 400쪽이 넘는 책에서 처음 20쪽 정도는 상세한 제품 설명서의 역할을 했다. 이 책을 준비하게 된 계기는 무엇이었는지, 어떤 식으로 준비했고 어떤 실험도구로 스펙트럼을 생산했는지 등 생산 방식과 생산자에 대한 정보를 담은 제품의 생산 설명서와 함께, 책에 담겨 있는 수많은 약어에 대한 설명 및 책의 구성, 표를 읽는 방법 등을 설명한 사용 설명서가 같이 제시되었다. 또한 설명서의 말미에는 일종의 팁으로서 500개의 강한 선(sensitive line)들을 따로 골라내어 원소 별로, 파장 순서 별로 분류한 표를 제시해 주었다.⁴⁴⁾

“Straying from Their Orbits.”

44) Harrison, *MIT Tables*, pp. vii-xxiv

10,000—9742.2 Å.

Wave-length	Element	Intensities		Wave-length	Element	Intensities		Wave-length	Element	Intensities				
Arc	Spk., [Dis.]	R		Arc	Spk., [Dis.]	R		Arc	Spk., [Dis.]	R				
9999.7	Co I	2 h	-	9906.12	A. II	-	[100 h]	Bn	9823.52	Co I	4 h	-	Me	
9999.00	Hg I	-	[9]	9905.44	Sh	2	-	9823.42	Ne I	-	[5]	Me		
9997.94	Ti I	15	-	9904.47	Cr I	2	-	9823.39	Kr	-	[25 W]	Me		
9988.65	Eu	15	-	9903.74	P I	18	-	9822.30	Zr I	15	-	Me		
9988.47	La	10	-	9903.30	Re	6	-	9821.8	N I	-	[3]	Ig		
9981.24	La I	6	-	9902.31	Ne I	-	[30]	Me	9821.75	Hg I	-	[3]	Su	
9981.16	Ti	5	-	9900.9	Te I	-	[7]	Rd	9821.60	Ba I	2 h	-	Me	
9980.90	Hg I	-	[10]	Su	9900.87	Cr I	5	-	9820.42	Zr I	-	-	Me	
9980.55	Fe I	2 h	-	9900.58	Ne I	-	[40]	Me	9818.67	Ta	-	-	Ks	
9980.38	La	10	-	9899.06	Ne I	-	[2]	Me	9818.39	Co	2	-	Me	
9977.6	Te I	-	[15]	Rd	9898.90	Ni I	20	-	9816.63	Se II	-	[2]	Mz	
9976.65	P I	10	-	Ks	9898.30	Eu	40	-	9813.75	Re	2	-	Me	
9976.45	Re	4	-	9897.30	Ne I	-	[3]	Me	9813.45	Ti I	5	-	Me	
9976.40	Yb	4	-	9897.08	Kr I	-	[2]	Me	9813.35	Cu II	-	20	Sh	
9974.2	Ne I	-	[2]	Me	9896.6	Cb	5	-	9812.85	Zr I	8	-	Me	
9969.73	Se I	-	[4]	Rd	9894.44	Cu II	-	5	Sh	9811.36	Fe	2	-	Me
9969.34	Hg I	-	[10]	Su	9893.82	La II	4	-	9810.27	Kr I	-	[2 h]	Me	
9966.58	Xe I	-	[10]	Me	9893.04	Cu II	-	5 h	Sh	9809.67	Rn I	-	[3]	Rs
9966.19	Ni	3	-	Me	9892.97	Kr II	-	[2 h]	Me	9808.46	Cl I	-	[5]	Me
9965.70	La	3	-	Me	9892.00	Lu	5	-	9807.3	Pb	5 Wh	-	Ks	
9965.44	Cb	4	-	Me	9891.90	Si I	5 w	-	9807.3	bb Ca	20	-	L	
9964.90	Re	2	-	Me	9890.92	Co I	30	-	9805.38	Sn	300 W	-	Me	
9963.55	Ne I	-	[6]	Me	9890.09	Cb	4	-	9804.20	La	2	-	Me	
9963.02	S	-	[20]	Fh	9889.082	Fe I	40	-	9803.14	Kr	-	[125]	Me	
9962.15	Hg	-	[2]	Su	9886.92	Si I	2 w	-	9800.92	A I	-	[4]	Me	
9960.46	Su	15	-	Sh	9884.10	Re	2 w	-	9800.335	Fe I	20	-	Me	
9960.07	Cu II	-	[10]	Sh	9884.09	Cu II	-	10 h	Sh	9799.88	Yb	10	-	Me
9958.90	S	-	[150]	Fh	9883.16	Eu	10	-	Kn	9799.697	Xo I	-	[2000]	IMe
9957.29	Cb	15	-	Me	9882.18	A I	-	[6]	Me	9798.37	Co I	2 h	-	Me
9955.5	Te I	-	[14]	Rd	9881.57	Cu II	-	15	Sh	9796.79	P I	100	-	Me
9955.45	Re I	60 W	-	Me	9881.24	La I	100	-	Me	9794.89	Kr I	-	[3]	Me
9955.2	K I	10 h	-	Me	9879.41	Ti I	3	-	Me	9792.91	Ba I	4 h	-	Me
9954.75	Kr II	-	[5 h]	Me	9876.08	Cl I	-	[2]	Ks	9792.90	Hg I	-	[2]	Su
9953.02	Re	3 w	-	Me	9875.95	Cl I	-	[50]	Ks	9792.74	Zr I	4	-	Me
9952.2	Co I	3 h	-	Me	9875.90	Ne I	-	[2]	Me	9790.08	P I	5	-	Ks
9951.88	A I	-	[20]	Me	9872.38	Re	15 sd	-	Me	9789.24	Si I	2 h	-	Ks
9950.64	Zn II	-	[2]	Ps	9870.07	Yb	6	-	Me	9788.1	Ne I	-	[2]	Me
9950.5	K I	20 h	-	Me	9869.23	Co	2	-	Me	9787.65	Ti I	50	-	Me
9950.11	Zn II	-	[3]	Ps	9868.20	Cu II	-	15	Sh	9786.62	Fe I	2	-	Me
9949.90	Re I	200 W	-	Me	9868.09	Fe I	3	-	Me	9785.39	Co	40	-	Me
9949.84	S	-	[150]	Fh	9867.0	Te I	-	[10]	Rd	9784.501	A I	-	[1000]	IMe
9949.14	Sb	400 h	-	Me	9866.78	Sb	30	-	Me	9783.96	Fe I	3	-	Me
9949.06	Cr I	5	-	Ks	9865.56	Xe	-	[6 wh]	Hu	9783.6	Te I	-	[8]	Rd
9948.98	Ti I	8	-	Me	9865.44	V I	10	-	Me	9783.59	Ti I	20	-	Me
9948.57	Rn I	-	[6]	Rs	9864.26	Cu II	-	40	Sh	9783.38	Ti I	40	-	Me
9947.94	Ne I	-	[15]	Me	9862.95	Kr I	-	[4]	Me	9780.93	Ta	2	-	Ks
9946.30	Cr I	2	-	Ks	9862.60	La I	3	-	Me	9780.40	Zr I	15	-	Me
9946.0	Hg II	-	[4]	Rs	9862.5	N I	-	[20]	Ig	9776.26	bb Sr	20	-	L
9945.01	Hg I	-	[2]	Su	9861.793	Fe I	30	-	Me	9775.30	Hg I	-	[3]	Su
9944.9	Ne I	-	[2]	Me	9861.41	Cu II	-	50	Sh	9775.13	Sb	20	-	Me
9944.13	Fe	3 h	-	Me	9858.87	Cu II	-	3 h	Sh	9775.09	La	8	-	Me
9944.1	Ne I	-	[7 h]	Me	9856.26	Sn	10	-	Me	9775.0	bb Ca	15	-	L
9943.70	Re	20	-	Me	9856.24	Kr I	-	[500]	Me	9773.27	Cr I	6	-	Me
9941.50	Ta	5	-	Ks	9855.31	Rn I	-	[4]	Rs	9772.98	V	3	-	Me
9941.33	Ti I	8	-	Me	9852.58	La I	6	-	Me	9772.62	Ba I	4 h	-	Me
9940.69	Co I	2	-	Me	9850.58	Cu II	-	3	Sh	9772.24	La I	20	-	Me
9939.05	Cu II	-	20 d	Sh	9850.52	Sn	500 l	-	Me	9770.26	Ti I	40	-	Me
9938.35	Ne I	-	[15]	Me	9848.70	La	4	-	Me	9770.10	Si I	4 w	-	Ks
9936.83	Ne I	-	[103]	Me	9847.7	Co I	2	-	Me	9768.82	La	3 h	-	Me
9932.72	La I	2	-	Me	9842.63	Re	20 W	-	Me	9768.69	Kr I	-	[2]	Me
9932.26	S	-	[150]	Fh	9842.04	Ni	2	-	Me	9768.27	Si I	5 w	-	Ks
9932.21	Ra I	-	[7]	Rs	9842.0	La	2	-	Me	9768.18	Ti I	5	-	Me
9927.34	Ti I	20	-	-	9841.32	Lu	2	-	Me	9764.53	Co I	25	-	Me
9926.10	Cu II	-	10	Sh	9840.5	Te I	-	[7 w]	Rd	9763.913	Fe I	15	-	Me
9925.67	Cu II	-	20	Sh	9839.58	Si I	2 w	-	Ks	9763.450	Fe I	15	-	Me
9923.25	Ti I	2	-	Me	9838.33	Kr I	-	[5]	Me	9762.65	Re I	20	-	Me
9923.198	Xe I	-	[2000]	IMe	9838.08	Hg I	-	[10]	Su	9760.57	Ne	-	[2]	Me
9923.03	As I	5	-	Me	9837.94	Cu II	-	25	Sh	9760.37	Yb	100	-	Me
9920.82	La I	150	-	Me	9837.47	Ne I	-	[20]	Me	9758.08	Si I	2 w	-	Me
9918.52	Ne I	-	[4]	Me	9834.7	bb Ca	30	-	L	9756.72	Sb	25	-	Me
9918.05	Cu II	-	15	Sh	9834.61	P	2	-	Ks	9753.129	Fe I	10	-	Me
9917.60	Kr I	-	[3]	Me	9834.04	Fe I	3 h	-	Me	9752.84	Cr I	2	-	Me
9916.52	Cu II	-	30	Sh	9833.76	As I	5	-	Me	9752.07	Re	4	-	Ks
9916.37	Kr I	-	[4]	Me	9833.30	La	3 h	-	Me	9751.799	P I	-	[2000]	Me
9915.13	Ne I	-	[20]	Me	9832.15	Ti I	25	-	-	9750.73	P I	70	-	Ks
9914.92	Lu	100	-	Me	9831.35	Re	9	-	Me	9749.67	Ra I	6	-	Me
9914.12	Co	3	-	Me	9830.90	Cu II	-	5	Sh	9749.36	Re I	3	-	Rs
9912.73	Co I	10	-	Me	9830.37	Ba I	300 hl	-	Me	9747.89	Rn I	-	[5]	Me
9912.26	Cb	25	-	Me	9829.86	A II	-	[4]	Bn	9747.24	Fe	2	-	Me
9911.85	S	-	[5]	Fh	9829.06	Cu II	-	3	Sh	9746.86	Ti I	15	-	-
9911.08	La	3	-	Me	9828.06	Cu II	-	5	Sh	9746.05	Co I	50	-	Me
9910.35	Cb	20	-	Me	9828.02	Bi	300	-	Me	9744.33	Cl I	-	[30]	Ks
9909.76	Zr	2	-	Me	9826.69	As I	8	-	Me	9743.55	Ti I	50	-	Me
9908.97	Re	5	-	Me	9826.58	Kr	-	[25]	Me	9743.11	Kr I	-	[50]	Me
9908.80	S	-	[5]	Fh	9825.51	Se I	-	[6]	Rd	9742.28	Hf II	10	-	Me

1

〈그림 10〉 MIT Tables의 일부. 좌측의 파장을 기준으로 각 파장에 해당하는 원소, 이온상태, 광원에 따른 강도, 발견한 연구자(R)가 표시되어 있다.

여기에 이어지는 400쪽 가량의 “과장 및 강도표(Tables of Wavelengths and Intensities)”에서는 중성과 1가 이온 상태의 화학 원소의 스펙트럼선 약 11만 개를 10,000Å로부터 2,000Å까지 내림차순으로 정렬해 놓았다. 각각의 과장에 대해 거기에 해당하는 화학원소, 원소의 이온 상태(중성은 I, 1가 이온은 II로 표시), 아크, 스파크, 방전관 등 광원에 따른 강도, 그 선을 발견한 연구자의 이름 등 과장의 신상 정보를 밝혀 놓았다<그림 10>.

제품 설명서를 보면 해리슨은 *MIT Tables*의 상품 가치를 새로움보다는 확실성(reliability)에서 찾았던 것으로 보인다. *MIT Tables*에 포함된 11만 개의 선 중 75,000개 가량이 해리슨의 실험실에서 새로 측정된 값이었지만, 이것은 분광학연구소에서 측정된 25만 개의 선 중 겨우 30%만 선택된 것이었다. 나머지 70%의 데이터들은 몇 가지 이유로 포함되지 못했는데, 그 중에는 이전 연구자들에게서 발견되지 못했다는 점도 포함되어 있었다. 즉, 새로운 스펙트럼선 발견의 영광 대신 데이터의 신뢰성에 가치를 두었던 것이다. 스펙트럼선과 화학원소를 연결하는 데 있어서도 해리슨은 “(스펙트럼) 선을 특정한 원소에 연결짓는(assignment) 책임은 완전히 이전 연구자들에게 있다”며 이전 연구와의 일관성을 통해 *MIT Tables*의 확실성을 강조하려고 했다.⁴⁵⁾

상품 마케팅을 위해 해리슨은 1933년부터 자신이 조직, 운영해 왔던 “분광학과 그 응용에 관한 MIT 여름 학술회(MIT Summer Conference on Spectroscopy and Its Applications)”를 적극 활용했다.⁴⁶⁾ 일례로 MIT-WPA 프로젝트가 한창 진행 중이던 1937년의 학술회에서 해리슨의 절친한 친구이자 *MIT Tables*의 편찬에도 많은 도움을 주었던 메거스는 현존하는 과장표의 리뷰를 발표한 후 그 말미에 “[분광학의] 실용 연구자들(practical workers)이 계속해서 요구했었다면, [광범위한 과장표의 출판은] 간단하게 정당화 되었을 것”이라고 결론지었다. 이어진 토론에서 한창 진행 중인 MIT-WPA 프로젝트가 소개되었고 이는 “응용 분광학이 산업과 연구에 가져올 이익(benefit)”의 면에서 정당화 되었다. 다시 말하면, 분광학의 응용에 초점을 맞춘 MIT 학술회에서 *MIT Tables*는 순수 연구 그 자체를 위해서보다 실용적이고 산업적인 필요에 연결되었던 것이다.⁴⁷⁾ 그 다음해 학술회에서는 해리

45) Harrison, “Introduction,” *MIT Tables*, p. vii.

46) MIT 학술회에 대해서는 다음을 참고하라. 박민아, “분광학의 새로운 시장: MIT 분광학 학술회(1933-1942)와 응용분광학의 발전,” 『한국과학사학회』 29 (2007), 31-66쪽.

47) William F. Meggers, “Available Tables of Wavelengths for Spectrochemical Analysis,” in

슨이 MIT-WPA 프로젝트의 진행 사항을 알려서 *MIT Tables*에 대한 연구자들의 이목을 계속해서 집중시킬 수 있었다.⁴⁸⁾

이런 적극적인 홍보의 효과는 그 제품의 판매량을 통해 입증되었다. *MIT Tables*는 수천 권이 판매되었으며 해외로도 팔려나갔다.⁴⁹⁾ 또한 축약된 형태로 분광학 교과서에 실리기도 했다.⁵⁰⁾ 1969년에는 국립표준국과 함께 *MIT Tables*의 오류를 정정한 2판이 출판되어 *MIT Tables*는 그 유효 기간을 더욱 연장시킬 수 있었다.⁵¹⁾

6. 경영 이념: 협동과 실용성

해리슨은 MIT 분광학 공장의 최고 경영자였다. 그렇다면 자동화 기계를 만들고 WPA 지원으로 *MIT Tables*를 만드는 동안 그가 추구했던 경영 이념은 무엇이었을까? 왜 그는 그런 경영 이념을 추구했던 것일까?

MIT Tables 작성에 연결된 일련의 활동에서 나타나는 해리슨의 경영 이념은 협

Spectroscopy and Industry: Proceedings of the Fifth Summer Conference on Spectroscopy and Its Applications (New York: John Wiley & Sons, 1938), pp. 57-59; 후에 나온 *MIT Tables*에 대한 리뷰에서도 이 책에 데이터들이 깔끔한 형태(clear form)로 정리되어 있고 다루기 간편하며 데이터들로 너무 짝 차 있지도 않아서 순수 분광학과 응용 분광학 두 분야 모두에 도움이 될 것이라고 평가했다. W. F. G. Swann, "Wavelength Tables," *Science* 90 (1939), p. 373.

48) George R. Harrison, "New Tables of the 100,000 Principal Spectrum Lines of the Chemical Elements between 10,000Å and 2,000Å," in *Proceedings of the Sixth Summer Conference on Spectroscopy and Its Applications* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1939), pp. 118-124; 해리슨은 *MIT Tables* 발간 무렵에 현존하는 스펙트럼 테이블에 대한 리뷰를 싣기도 했다. George R. Harrison, "Compilations of Spectroscopic Data," *Journal of Applied Physics* 10 (1939), pp. 760-767.

49) 소련이 이 책을 500부 집단 구매했다는 소문이 돌기도 했는데, 이를 입증하듯 몇 년 후 영국에 번역되어 나온 소련산 파장표는 해리슨의 것을 베낀 것이었다고 한다. 해리슨은 이를 기분 나빠 하기보단 *MIT Tables*의 인기를 반영하는 것으로 받아들였다.

50) Brode, "Spectrum Tables," in *Chemical Spectroscopy*, pp. 399-618.

51) *MIT Tables* 출판 직후부터 해리슨은 증보판의 출판을 계획하고 있었으나, 전쟁과 이후 분광학연구소의 변화 등으로 인해 그 계획은 현실화되지 못했었다. 그러다가 1965년 미시간 대학의 소이어가 새로운 Wavelength Table을 만들겠다고 해리슨에게 자문을 구해왔던 것이 2판 준비의 자극제가 되었던 것으로 보인다. Michigan Wavelength Tables project에 대해서는 다음을 참고하라. Letter from Harrison to Ralph Sawyer, 1965년 9월 3일, Letter from Harrison to Frederick M. Phelps III, 1965년 9월 3일, Harrison Papers, MIT Archive MC 60.

동(cooperation)과 실용성(practicality)으로, 이는 1930년대 MIT 개혁의 징표였다. 특히 MIT를 대대적으로 변화시켰던 컴프턴은 다른 학문 분야들 간의 협력, 과학과 공학 사이의 협력을 강조해 왔다. 예를 들어 1927년 한 연설에서 컴프턴은 “고도로 전문화 되어 가는 산업들에서 그 사이의 조정(coordination)에 주의 깊게 신경 쓸 필요가 있게 된 것처럼, 점점 더 증가하는 연구의 전문화는 과학자들 사이에 점점 더 많은 접촉과 상호 조력을 필요하게 만들었다”며 서로 다른 분야 간 협력 연구의 중요성을 강조했다.⁵²⁾

해리슨의 자동화 기계 연구는 컴프턴이 강조했던 과학 분야 간, 과학과 공학 분야 간의 협력의 효과를 보여주는 훌륭한 전시품이었다. 해리슨이 발전시킨 기계 기술은 가히 그가 MIT에서 얻을 수 있었던 기술의 종합이라 할 만 했다. 1935년 해리슨은 자동 비교측장기가 “많은 동료들의 충고와 격려, 유용한 제안들에 힘입은 바가 크다”며 MIT의 동료들에게 감사의 뜻을 전했는데, 특히 전기공학과 교수들의 조언과 그들이 개발한 기술이 매우 큰 도움이 되었다.⁵³⁾ 전기공학과 호턴(J. W. Horton)은 스펙트럼의 최대점 포착에 자신의 증폭기(amplifier)가 사용될 수 있다는 점을 알려 주었고, 에저튼(H. E. Edgerton)은 스트로보스코피로 스펙트럼의 파장을 필름에 찍어내는 방법을 알려주었다. 또한 부총장이었던 배너바 부쉬(Vannevar Bush)는 기계식 계산기인 차등 분석기(differential analyzer)를 만들면서 얻은 자동귀환제어장치(servo mechanism)에 대한 경험으로 해리슨의 기계 제작을 도왔다.⁵⁴⁾ 1939년 럼퍼드 메달 수상 기념 연설에서도 해리슨은 분광학 자동화 도구 개발을 “전화(radio-telephony), 텔레비전, 스트로보스코피, 사진술과 응용물리학, 기계공학, 전기공학과 같은 다양한 분야에서 사용되는 방법을 분광학 문제에 적용한 것이며”, “(분광학의) 필요와 함께 MIT의 가용한 과학과 기술 거의 전 분야의 전문가들의 도움이 결합되어 나타난 결과”라고 평가했다.⁵⁵⁾

52) Karl T. Compton, “Specialization and Cooperation in Scientific Research,” *Science* 66 (1927), pp. 435-442.

53) Harrison, “Automatic Measurement,” p. 176.

54) Harrison, “Automatic Measurement,” p. 178; 부쉬의 차등 분석기는 숫자로 계산하는 것이 아니라 스프링 디스크와 구동축의 운동을 결합하여 문제를 풀어내고 그 해를 그래프로 표시했다. 부쉬의 차등 분석기에 대해서는 다음을 참고하라. Larry Owens, “Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer,” *Technology and Culture* 27 (1986), pp. 63-95; Grier, *When Computers were Human*, pp. 178-179.

55) Harrison, “New Methods,” pp. 225-228.

또다른 면에서 컴프턴의 생각은 해리슨의 경영 이념에 영향을 미쳤다. 컴프턴은 조직화(organization)의 힘을 강조해 왔으며 이 때 그가 모델로 삼았던 것은 “산출이 연구자들 개개인의 역량을 월등히 넘어서고 단지 [개개인의] 노력들을 조정함(coordination)으로써 그것을 달성하는” 산업체 연구소였다.⁵⁶⁾ 이렇게 보자면 해리슨의 분광학연구소도 산출, 즉 *MIT Tables*가 분광학자 개개인의 역량을 넘어서고 업무의 체계적인 조직화가 그 힘을 발휘한 컴프턴 식의 산업체 연구소였던 것이다.

해리슨의 또다른 경영 이념인 실용성 또한 MIT가 해리슨에게 각인시킨 것이자, 컴프턴의 영향이 다시 드러나는 지점이었다. 1930년대 MIT 개혁에서 컴프턴은 기초과학 및 연구를 강조하긴 했지만 그의 진정한 관심은 기초과학과 응용과학 사이의, 과학과 공학 사이의 균형을 맞추는 것이었다. 즉, 기초과학에 대한 그의 강조는 순수과학 그 자체를 위한 것이 아니라 응용 연구와 공학의 효과적인 수행을 위해 필요한 것이었다. 이런 점에서 컴프턴에게 실용적인 가용성(practical availability)은 사회에서 기초과학의 가치를 입증하는 수단이기도 했다. 실용성에 대한 컴프턴의 강조는 MIT의 다른 사람들의 관심과 서로 공명했다. 일례로, 물리학과 학과장이었던 존 슬레이터는 이론 물리학자였지만 실용성에 대해서는 컴프턴과 견해를 같이 했다.⁵⁷⁾

이와 관련해서 한 가지 지적되어야 할 점은 컴프턴이나 슬레이터에 의해 표현된 실제적인 유용성에 대한 예민한 감각이 대공황이라는 어려운 시기에 선명하게 형성되었다는 점이다. 대공황기 힘든 상황 속에서 다른 어떤 분야보다도 물리학은 심각한 공격을 받았다. 물리학의 비판자들은 대공황의 경제적인 어려움과 실업이 물리학의 산물인 기계화에 의해 일어났다면 물리학을 비난했다. 이런 점에서 물리학은 “죽음의 과학”이었다. 컴프턴과 슬레이터는 산업을 위해, 인류를 위해 과학이 얼마나 유용한 일들을 할 수 있는지를 보여줌으로써 이런 적대적인 상황을 극복하려고 노력했다. 해리슨 또한 이런 노력을 제 3자의 입장에서 지켜보고 있을 수만은 없었는데, 1935년 응용 물리학 교수(Professor of Applied Physics)의 타이틀을 얻은 후에는 더욱 그러했다. 응용 물리학 교수가 되면서 해리슨은 물리

56) Compton, “Specialization and Cooperation,” p. 441.

57) 레슬리는 MIT 실용성을 “산업적인 편향(industrial bent)”로 이해했고 슬레이터 또한 이런 경향을 지니고 있었다고 밝혔다. Stuart W. Leslie, *The Cold War and American Science* (New York: Columbia University Press, 1993), pp. 137-138.

학의 실용적인 유용성을 입증하고 산업과 사회에 그것이 얼마나 도움이 되는가를 보여야 하는 공식적인 책임을 떠맡게 되었던 셈이다.

결과적으로 볼 때 해리슨은 물리학의 유용성을 성공적으로 입증해 냈다. 해리슨의 연구소에서 물리학과 그것이 만들어 낸 기계는 실직 노동자들을 위한 일자리를 창출해 냈다. 또한 MIT 여름 분광학 학술대회에서 선전했던 것처럼, *MIT Tables*는 산업계 연구소의 실용적인 연구자들을 타겟으로 만들어졌다. 요컨대, 그의 분광학 공장은 물리학이 죽음의 과학이 아니라 삶의 과학이라는 것을 보여 주려는 그의 희망과 노력을 담은 것이었다.

7. 결 론

1930년대 후반 WPA의 지원을 통해 전직 택시 운전자, 트럼본 연주자, 은행가 등 실험실 훈련을 쌓지 않은 다수의 실직자들이 실험실로 들어오게 되고 이들과 함께 25만 개에 이르는 스펙트럼선의 측정 및 분류 작업을 하게 되면서 분광학연구소의 실천 방식에는 커다란 변화가 생기게 되었다. 수십 명의 비숙련 인력, 분류를 기다리는 많은 양의 데이터, 표(table)를 만드는 작업의 본래적 특성, 이 조건들은 한 명의 분광학자에 의해 수행되던 스펙트럼 연구를 그 기능에 따라, 역할에 따라 요소요소로 분해하고 분해된 요소들을 다시 체계적으로 재배치, 재조직하도록 만들었으며 분해된 요소들 각각을 분담하는 인력 배치를 통해 실험실 업무의 분업을 가져왔다.⁵⁸⁾ 이들 ‘과학의 비숙련자’들이 실험실로 들어오면서 MIT 분광학연구소는 숙련된 물리학자들의 작업장(workshop)에서 다수의 숙련, 비숙련 노동자가 함께 하는 19세기식 공장으로 변화하게 되었던 것이다.

MIT-WPA 프로젝트의 수행 과정에서 나타났던 MIT 분광학연구소의 이런 공장식 특징은 대공황기 미국 과학의 변화에 대해 어떤 시사점을 던져줄 수 있을까?

58) 삼각함수표, 항해력(nautical almanac), 수학표(mathematical table) 등 각종 계산표를 만드는 과정에서 나타나는 분업의 양상에 대해서는 다음을 참고하라. Grier, *When Computers Were Human*; Ivor Grattan-Guinness, “The Computation Factory: de Prony’s Project for Making Tables in the 1790,” in M. Campbell-Kelly, M. Croarken, R. Flood, and E. Robson, (eds.) *The History of Mathematical Tables: From Sumer to Spreadsheets* (Oxford: Oxford University Press, 2003), pp. 104-121.

1930년대는 미국 물리학이 유럽 의존성을 벗어나서 독자적인 발전을 이루어 나가던 시기였다. 이로 인해 대공황시기였음에도 이 시기 미국 물리학에 대한 기억들은 어려움이 아니라 성장에 관련된 것이었다. 그러나 대공황으로 고통 받고 있던 사회 속에서 물리학도 그 사회에 어떤 식으로든 반응을 했으리라는 것은 자명하다. 해리슨의 분광학연구소는 대공황에 대한 물리학의 대응 방식을 보여주는 한 사례라 할 수 있는데, 중요한 것은 일류급 물리학자나 물리학계의 리더와 같은, 소위 과학사에서 다루는 엘리트들의 대응을 보여준 것이 아니라 해리슨과 같이 상대적으로 평범한 물리학자의 대응을 보여주었다는 점이다. 좀 더 많은 지적, 제도적, 사회적 자원을 끌어다 쓸 수 있었던 엘리트 과학자들에 비해 해리슨과 같이 평범한 물리학자들은 그들이 동원할 수 있는 자원에서도, 창조적 능력에 있어서도 한계가 있었고, 그렇기 때문에 사회적인 압력에 좀 더 민감하게 대응해야 했다. 이런 점에서 해리슨의 분광학연구소에 나타난 공장식의 특징은 대공황기 미국 사회가 과학에 가한 압력과 과학에 제공한 자원, 그리고 거기에 해리슨의 조직가적인 능력이 결합되어 나타난, 대공황에 대한 대응물이었다.