

◇ 종설

일본에서의 물리학 ‘연구’의 태동과 성장, 1880~1920

오동훈
한국과학기술기획평가원

The Development of Physics Research in Japan

OH Donghoon
KISTEP

ABSTRACT

This review article aims to analyze the development of physics research in Japan from the early 1880s and to the late 1920s. Foreign scientists hired by Japanese government in the late nineteenth century started physics research. Japanese physicists, majority of whom were graduates of Tokyo University, soon followed the path of these foreign mentors. In the beginning Japanese researchers worked on the local subjects like seismology, weight and gravity. Then they moved to more general subjects: electricity, magnetism, metal physics, X-ray, etc. Two motto, ‘diversification and independence’ and ‘escape from the locality,’ indicates where the Japanese physicists directed in the early twentieth century. Experimental and practical rather than theoretical and basic subjects dominated Japanese physics during the period. In short, physics research became firmly established by the end of 1920s.

Key words: Japanese physics, physics research, *oyatoi*, diversification, locality.

1. 머리말

1868년 메이지유신(明治維新) 이후의 일본은 서양의 제도를 받아들이고 그것을 일본 문화 속에 토착화하는 것을 국가적 어젠더로 삼을 만큼 서양문물 수용에 적극적이었다. 서양 자연과학의 대표적인 분야 중 하나인 물리학도 서양인 학자들을 대거 초빙하여 빠른 시간 내에 수용했는데, 그 결과 1949년 유카와 히데키(湯川秀樹)

의 노벨 물리학상 수상이 상징하는 것처럼 짧은 기간 안에 세계적 연구수준으로 올라 설 수 있었다.

이 논문은 일본에 서양물리학이 도입된 후 일본인에 의한 물리학 ‘연구’가 본격적으로 정착하는 과정을 분석하고 있다. 구체적으로는 일본 정부가 서양 학자들을 대거 초빙하여 일본 학생들을 가르치게 되면서 물리학 고등교육이 본격적인 궤도에 오른 과정, 외국인 교수들이 일본인들로 대체되는 과정, 지진이나 화산 등 일본의 지역적 특성을 반영한 지구물리학 연구에서 출발하여 원자핵이나 엑스선 등 지역성을 탈피한 연구가 자리 잡게 되는 과정 등을 검토할 것이다.

2. ‘오야토이’ (お雇い)와 물리학 연구의 태동

통상적 의미의 물리학은 도쿠가와(徳川) 시기 말까지 일본에 없었다고 보는 편이 타당하다.¹⁾ 하지만 난학(蘭學)이 번성한 18세기 중반 이후 물리학에 대한 수요는 많았다. 정확한 달력을 만드는 데 서양 천문학 지식이 요구되었고, 에도(江戸) 시대 유일한 자유 직업인이었던 의사들도 의학의 기초로서 물리학의 필요성을 느꼈다. 또한 막부(幕府) 말기에는 점증하는 국내외 군사적 위협 속에서 막부와 각 번(藩)은 군사기술의 수준을 높이기 위해서 물리학이 필요하다는 사실을 새삼 깨닫게 되었다. 이들 주요한 세 흐름 중 역학(曆學)의 전통은 일찍이 간사이(關西) 지방의 민간 및 나가사키(長崎)의 통역사들로부터 비롯되었는데, 이들은 코페르니쿠스의 지동설이나, 뉴턴의 천문학·역학(力學)을 소개했다. 이 전통에 속하는 인물로는 시부카와 하루미(澁川春海, 1639-1715), 아사다 고류(麻田剛立, 1734-1799), 다카하시 요시토키(高橋至時, 1764-1804), 시즈키 타다오(志筑忠雄, 1760-1806), 하자마 시게토미(間重富, 1756-1816), 하시모토 쇼키치(橋本宗吉, 1763-1836), 이노 타다타카(伊能忠敬, 1745-1818) 등을 들 수 있다.

하지만 일본에 물리학을 도입하고 발전시키는 데 중심적 역할을 담당한 집단은 의사들이었다. 일본 최초의 물리학 책인 □기해관란□(氣海觀瀾, 1825)의 저자 아오치 린소(靑地林宗, 1775-1833)를 비롯하여 □기해관란광의□(氣海觀瀾廣義, 1850)를 지은 야마카와 유키모토(山川幸民, 1810-1871), □이학제요□(理學提要, 1856)를 쓴 히로세 겐교(廣瀨元恭, 1821-1870) 등은 모두 의사 출신이었고, 메이지유신 이후 최초의 고급 물리학 책 □물리학□(物理學)의 저자 이이모리 쇼미츠(飯盛挺三)도 도쿄대학 의학부 조교수였다. 이들 중 상당수는 서양 과학 교과서의 역관(譯官)으로서 또한 번서조소(藩書調所)의 교관으로서 고용되었다.

1) 필자가 여기서 사용하는 ‘물리학’이라는 용어는 오늘날 통상적으로 받아들여지는 물리학을 의미한다. 에도시대에 도입된 서구과학 중 물리학은 처음에는 窮理學, 理學으로 불렸다. 이는 ‘물리적 과학’이라는 넓은 의미를 갖는 것으로 경우에 따라서는 화학이나 박물학까지 포함하여 자연과학 전체를 지칭하기도 하였는데, 여기에는 ‘의학의 기초 학문’이라는 관점이 강하게 반영되어 있었다. 幕末이 되면 물리학은 군사 과학기술의 기초 학문으로도 간주되었으나 하나의 자립한 학문으로서 연구된 일은 없었다. ‘물리학’이라는 말이 정식으로 자리를 잡기 시작한 것은 1873년 개정 小學校則에서 이학이라는 말 대신 물리학을 사용한 데에서 비롯된다.

일본에서의 물리학 ‘연구’의 태동과 성장, 1880~1920 3

한편 1810년대부터 군사기술에 대한 관심에서 물리학을 연구한 제3의 그룹이 출현했다. 이 전통의 시작은 1811년 막부 천문방(天文方)의 “번서화해어용”(番書和解御用) 무렵부터 시작된 유럽 과학기술 서적에 대한 본격적인 번역 작업에 힘입은 바 컸다. 1855년에는 해군전습소(海軍傳習所) 및 양학소(洋學所)가 세워졌고, 양학소의 뒤를 이어 번서조소(藩書調所), 양서조소(洋書調所) 등이 생겨났다. 특히 번서조소는 서양 과학기술의 힘을 간파한 막부의 지원 하에 주로 군사 기술의 관점에서 물리학을 적극적으로 수용하는 센터가 되었다.²⁾

그러나 막부 말기까지 물리학은 연구는 말할 것도 없고 체계적인 교육과 수용조차도 제대로 이루어졌다고 보기 힘들다. 일본에서 전문적이고 본격적인 물리학 교육이 시작된 것은 1875년 도쿄개성학교(東京開成學校)에 물리학과가 생기고, 1877년 도쿄대학 이학부가 설치된 이후로 볼 수 있다.³⁾

초기의 도쿄대학 수학물리학 및 성학과(星學科)의 교육은 고용된 외국인 교수, 이른바 ‘오야토이’(お雇い)들에 의해 이루어졌다.⁴⁾ 도쿄개성학교는 베르송(Gustave H. Berson)이 중심이 되어 물리학을 체계적으로 강의했고, 도쿄대학에서는 미국인 비더(Peter V. Veeder, 1825-1896)가 뉴턴역학과 실험을, 베르송이 중력학을, 뒤보스키(A. Dybouski)가 수학을 각각 담당했다. 1874년 미국 오하이오 주립대학(Ohio State University)에서 온 멘덴홀(Thomas C. Mendenhall, 1841-1924)은 1878년부터 도쿄대학 물리학 교수가 되어 1881년까지 재임했다.⁵⁾ 한편 같은 해 일본에 온 영국인 유잉(Thomas A. Ewing, 1855-1935)도 이학부 공학과의 기계공학 담임교수가 되었는데, 멘덴홀의 후임으로 물리학을 담당하여 주로 전자기학을 가르쳤다. 유잉의 후임으로는 역시 영국인인 노트(Cargill G. Knott, 1856-1922)가 부임하여 전기학, 음향학, 자기학, 역학을 강의했다. 이처럼 대략 1880년대 중반까지는 주로 외국인에 의해 물리학 교육이 주도되었던 시대라고 볼 수 있다. 도쿄대학의 창립과 함께 물리학

-
- 2) 板倉聖宣, “わが國の物理學の自立過程”, □ 科學史研究 □ 43(1957), 14쪽. 에도 시대에서 메이지 시기로 넘어오면서 ‘궁리학’이 ‘물리학’으로 전환되는 내적 과정에 대해서는 紫藤貞昭, 矢部一郎 編著, □ 近代日本その科學と技術: 原典への招待 □ (川崎: 弘學出版社, 1991), 67-92쪽을 참조할 것.
- 3) 도쿄대학 이학부 창설 이전까지 開城學校, 大學南校, 南校, 東京開城學校 등에서의 물리학 교육에 대해서는 日本學士院日本科學史刊行會編, □ 明治前日本物理化學史 □ (日本學術振興會, 1964), 272-8쪽; 日本科學史學會編, □ 日本科學技術史大系 8: 教育 1 □ (第一出版法規, 1967-70), 66-7, 82, 367-9, 372-82쪽; 日本物理學會編, □ 日本の物理學史(上) □ (東海大學出版會, 1978), 88-96쪽을 참조할 것. 당시의 물리학 교과서에 대해서는 中川保雄, “明治初期の物理教育の形成とアメリカ, イギリスの物理學教科書”, □ 科學史研究 □ 121(1977), 42-6쪽을 참조할 것.
- 4) 도쿄대학 이학부의 물리학 교육에 대해서는 日本物理學會, □ 日本の物理學史(上) □, 96-104쪽; 東京大學百年史編輯委員會, □ 東京大學百年史: 部局史 2 □ (東京大學出版會, 1987)를 참조할 것. 과학 분야의 고용외국인들에 관한 기본적인 정보는 上野益三, □ お雇い外國人③: 自然科學 □ (東京: 鹿島研究所出版會, 1968)을 참조할 것. 다른 분야의 ‘오야토이’들에 대해서는 전17권으로 된 □ お雇い外國人 □ 시리즈의 다른 책들과 Hazel L. Jones, *Live Machines: Hired Foreigners and Meiji Japan* (Vancouver: University of British Columbia Press, 1980)을 참조할 것.
- 5) James R. Bartholomew, *The Formation of Science in Japan* (New Haven: Yale University Press, 1989), pp. 64-5.

‘연구’도 처음으로 행해지게 되었다.⁶⁾ 연구에서도 초기, 즉 도쿄대학과 공부(工部)대학교 창립 전후부터 1890년까지는 일본에 있었던 외국인 학자들이 중심적인 역할을 담당했다. 일본에 있을 당시 물리학, 지구물리학과 관련된 논문을 발표한 오야토이들은 <표1>과 같다.⁷⁾

<표1> 일본에서 물리학, 지구물리학 관련 논문을 발표한 외국인 연구자

이름	국적	재일기간	일본에서의 직장	교수과목
Gottfried Wagner(1831-1892)	독일	1868-92	東京大學(農商務省囑託)	응용화학
William E. Ayrton(1847-1908)	영국	1873-78	工部寮, 工部大學校	전신, 이학
John Perry(1850-1920)	영국	1875-79	위와 같음	토목공학
Gustave H. Berson(?-?)	프랑스	1876-80	開城學校, 東京大學	물리학
이름	국적	재일기간	일본에서의 직장	교수과목
John Milne(1850-1913)	영국	1876-94	工部大學校, 東京大學	광산학 · 지리학
Wienfield S. Chaplin(1847-1918)	영국	1877-82	東京大學(理學部)	토목공학
Thomas C. Mendenhall(1841-1924)	미국	1878-81	위와 같음	물리학
Thomas A. Ewing(1855-1935)	영국	1878-83	위와 같음	기계공학(물리학)
Thomas Gray(1850-1908)	영국	1879-81	工部大學校	전기공학
Cargill G. Knott(1856-1922)	영국	1883-91	東京大學	물리학
Erwin Knipping(1844-1922)	독일	1871-91	大學南校, 逋信省 · 內務省	수학(기상)

외국인들의 주된 연구 주제는 전기, 열, 지진, 일본 마경(魔鏡), 중력 측정 등 다양했다. 이들이 수행한 연구 내용들을 보면 총 228편의 논문 중 ‘지진의 나라’ 일본의 특성을 반영한 듯 지진에 관한 것이 113편으로 가장 많고, 기상(37편), 전기(22편), 빛(12편)이 그 뒤를 이었다. 학자별로 보면 일본지진학회(日本地震學會)를 만들고 주도적으로 이끌어간 밀른(John Milne)이 지진(68편), 화산·온천(3편)을 비롯한 지구물리학 관련 연구를 많이 했고,⁸⁾ 오랫동안 일본에 머물면서 기상학을 가르쳤던 크니핑(Erwin Knipping)이 기상학과 지진에 관해 37편을 출판했으며, 에어턴(William E. Ayrton, 26편), 유잉(21편), 페리(John Perry, 21편), 노트(15편), 멘덴홀(11편) 등도 여러 논문을 썼다.⁹⁾ 외국인 학자들 중에 특히 큰 영향을 남긴 사람은 멘덴홀, 유잉, 밀른 그리고 노트였다. 이들을 통해 일본인 학생들에게 실험 기술과 방법이 전수되면서 일본인들이 스스로 독자적인 연구를 할 수 있는 실마리가 제공되었다. 이들 외국인들의 지도를 받은

6) 渡邊正雄, “明治期の日本における物理學の受容と定着”, 伊東俊太郎·村上陽一郎共編, □ 日本科學史の射程 □ (東京: 培風館, 1989), 151-2쪽.

7) 당시 외국인 과학기술자들의 가장 주요한 활동무대는 도쿄대학과 공부대학이었다. 공부대학은 1871년 工部省이 세운 工部寮의 후신으로 도쿄대학과 같은 해(1877년)에 개교했다. 이 학교는 1886년 도쿄대학이 帝國大學으로 개편될 당시 제국대학의 공학부로 편입되었다. 외국인 학자들의 연구에 대해서는 日本物理學會編, □ 日本の物理學史(上) □, 147-232쪽을 참조할 것.

8) 일본지진학회는 밀른, 멘덴홀, 유잉, 채플린(Winfield S. Chaplin)이 중심이 되어 1880년에 세계 최초로 창립되었다.

9) 板倉聖宣, 木村東作, 八木江里, □ 長岡半太郎伝 □ (東京: 朝日新聞社, 1973), 58-67쪽; 渡邊正雄編, □ 明治前期學術雜誌論文總攬 □ (1971); 東京帝國大學, □ 東京帝國大學學術大觀: 理學部·東京天文臺·地震研究所 □ (東京帝國大學, 1942) 등은 이들 논문에 대한 간단한 정보를 담고 있다.

학생들 중 이후 일본 물리학계의 거목으로 성장하는 세키야 세이케이(關谷清景, 1854-1896), 다나카다테 아이키츠(田中館愛橘, 1856-1952), 나가오카 한타로(長岡半太郎, 1865-1950) 등이 있었다. 멘덴홀의 지도를 받은 다나카다테는 중력 측정을 전국 각지로 확대했고, 지구자기(地球磁氣)에 대한 전국에 걸친 조사도 1887년에 노트의 노력과 나가오카와 다나카다테의 협력으로 순조롭게 진행되었다.¹⁰⁾ 유잉과 밀른의 협력자였던 세키야는 지진 연구를 계속했고, 1885년 도쿄대학 지진학과 교수가 되었다.¹¹⁾ 세키야는 지진관측 연구 외에 밀른을 도와 *Transactions of the Seismological Society of Japan*을 편집하고, *Seismological Journal of Japan*을 편집·발행하기도 했다.

3. 물리학 고등교육과 연구의 자립

1891년 노트가 귀국한 이후 도쿄대학 물리학과에서는 이전까지 외국인 교수들이 담당했던 역할을 전부 일본인들이 맡게 되었다. 이로써 일본 물리학 고등교육의 자립이 시작되었다. 1893년 도쿄제국대학이 강좌제(講座制)를 도입했을 때 물리학 강좌 담당교수는 야마가와 겐지로(山川健次郎, 1854-1931)와 다나카다테 아이키츠였다. 도쿄대학 설립 당시부터 조교수로 참가한 야마가와와 미국 예일대학의 셰필드 과학학교(Sheffield Scientific School)에서 공부하고 1875년 귀국한 뒤 다음 해 도쿄개성학교 교수보(教授補)에 임명되었다. 1879년 일본인으로서는 최초로 도쿄대학 물리학과 교수가 된 그는 수학자 기쿠치 다이로쿠(菊池大麓, 1855-1917)와 같이 일본 과학계의 원로였다.¹²⁾ 다나카다테는 영국 글래스고우 대학에서 윌리엄 톰슨(William Thomson, 1824-1907, 이후 Lord Kelvin이 됨)의 지도 하에

- 10) 멘덴홀은 중력 측정, 지구밀도 측정, 기상 관측, 분광학, 지진학 실험 연구를 했다. 그는 1880년 도쿄대학 학생들과 도쿄와 후지산(富士山) 정상에 중력을 측정했다. 멘덴홀은 1881년 이후에도 중력 측정, 지자기 측정 등을 했고, 1878년에는 도쿄대학 이학부 관상대의 관측 주임이 되어 2년간 기상 관측도 담당했다. 멘덴홀을 비롯한 미국인 오야토이들에 대해서는 渡邊正雄, □ お雇い米國人科學教師 □ (講談社, 1976); Masao Watanabe, “American Science Teachers in the Early Meiji Period,” *JSHS* 15(1976), 127-44를 참조할 것.
- 11) 유잉은 1880년 수평진자를 사용하여 원통에 수평운동을 기록할 수 있는 새로운 지진계를 발명했다. 그 해 그레이(Thomas Gray, 1850-1908)는 상하운동을 기록하는 지진계를 고안했는데, 밀른은 이것을 수평 운동과 상하 운동을 동시에 기록하는 지진계로 개량했다. 유잉은 지진계의 발명과 지진의 기록 외에 자기에 대한 실험 연구를 했다. 그는 자기히스테리시스 현상을 관측하고, 그 성질을 상세하게 기록하기도 했다. 유잉의 후임 노트도 자기히스테리시스, 지진, 지자기 등을 연구했다. 지진계에 대한 이들의 논문은 다음과 같은 것들이 있다. J. A. Ewing, “A New Form of Pendulum Seismograph,” *Transactions of the Seismological Society of Japan* 1(1880), 38-43; “On a New Seismograph for Horizontal Motion,” *Transactions of the Seismological Society of Japan* 2(1881), 45-49; Thomas Gray, “On a Seismometer and a Torsion Pendulum Seismograph,” *Transactions of the Seismological Society of Japan* 1(1880), 44-51; “On a Seismograph for Registering Vertical Motion,” *Transactions of the Seismological Society of Japan* 3(1881), 1-11.
- 12) 야마가와에 대한 자세한 사항은 渡邊正雄, □ 日本人と近代科學: 西洋への對應と課題 □ (岩波書店, 1976), 9-26쪽; 花見朔己編, □ 男爵山川先生伝 □ (故男爵山川先生紀念會, 1939)을 참조할 것.

전자기학을 공부하고 1894년부터 도쿄대학의 교수가 되었다. 토목공학을 전공한 야마가와와는 달리 그는 외국에서 본격적으로 물리학을 배우고 연구했던 최초의 일본인이었다.¹³⁾ 그리고 1896년 3년 동안 베를린 대학에서 유학한 나가오카 한타로(長岡半太郎, 1865-1950)가 교수진에 합류함으로써 도쿄대학 물리학 교실은 그 진용을 갖추게 되었다. 이와 같이 출발한 도쿄대학 물리학 교실은 메이지 시기 동안 약 200명의 졸업생을 배출했는데, 이들이 주축이 되어 이후 교토(京都), 도호쿠(東北), 규슈(九州), 홋카이도(北海道), 오사카(大阪), 나고야(名古屋) 등 여러 제국대학에 물리학 교실이 창설되었고, 비로소 일본인에 의한 고등 물리학 교육이 자리를 잡게 되었다.¹⁴⁾

1880년대 후반이 되면 일본인에 의한 연구가 한층 활발해진다. 이 때가 되면 대부분의 외국인들이 귀국하고, 그 제자들 혹은 외국에서 유학을 마치고 온 사람들이 연구의 중심을 이룬다. 1887년 다나카다테는 지진과 지자기의 관계를 조직적, 계통적으로 조사했다.¹⁵⁾ 또한 나가오카가 중심이 되어 1899년 이후 측지학위원회(測地學委員會)의 사업으로 일본 각지의 중력 측정이 계속되었다.¹⁶⁾ 이들 지구 물리학 연구의 발전은 외국인 교수들의 연구와 일본인 학생에 대한 지도가 결실을 맺은 사례로 볼 수 있다. 또한 밀튼과 세키야의 지도 아래 지진연구를 시작하여 1897년 도쿄대학 교수가 된 오모리 후사키치(大森房吉, 1866-1923)는 1907년까지 200 편이 넘는 논문과 보고서를 발표하여 왕성한 연구 활동을 보여주었다.¹⁷⁾

<표2> 1880년부터 1907년까지 일본인 학자들에 의한 물리학 연구¹⁸⁾

분야\시기	1880-1887	1888-1897	1898-1907	합계
물리학 분야	23	51	186	260
지구물리학 분야	8	13	56	77
합계	31	64	242	337

자료: 東京帝國大學, □ 東京帝國大學學術大觀: 理學部 · 東京天文臺 · 地震研究所 □ (東京帝

13) 다나카다테에 관해서는 中村清二, □ 田中館愛橘先生 □ (中央公論社, 1943); 中村清二, “田中館愛橘先生を憶う”, □ 科學 □ 22(1952), 367-9쪽이 기본적으로 참고할 만한 자료이며, 최근에 연구 논문으로 Haruyo Yoshida and Shigeo Sugiyama, “Aikitu Tanakadate and the Beginning of the Physical Researches in Japan,” *Historia Scientiarum* 7(2)(1997), 93-105가 발표되었다.

14) 日本科學史學會編, □ 科技史大系 8: 教育 1 □, 337-55쪽; 日本物理學會編, □ 日本の物理學史 (上) □, 104-12쪽. 대학들에 물리학 교실이 만들어진 과정과 창설 인물들의 계보에 대해서는 湯淺光朝, □ 日本科學技術 100 年史 (上) □ (中央公論社, 1980), 144-5쪽을 참조할 것.

15) Kenkichiro Koizumi, “The Emergence of Japan's First Physicists, 1868-1900,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 6(1975), 3-40.

16) 日本物理學會編, □ 日本の物理學史 (上) □, 168-70쪽.

17) 메이지 시기의 지진학에 대해서는 藤井陽一郎, □ 日本の地震學 □ (紀伊國屋新書, 1967), 29-118쪽을 참조할 것.

18) 여기서 물리학 분야에는 마경, 진동·소리, 유체, 열(기체), 빛, 전기, 자기, 암석, 원자구조, 방사능, 연구장치, 수리물리학이 포함되고, 지구물리학에는 중력, 지자기, 위도, 지진, 화산, 파랑, 우물·온천, 화재 등이 포함된다.

일본에서의 물리학 ‘연구’의 태동과 성장, 1880~1920 7

國大學, 1942), 79-97쪽.

일본인에 의한 연구 활동의 증가는 1890년대에 더욱 가속화되었다. 일본물리학회가 1880년부터 1907년까지 도쿄대학을 중심으로 한 주요 연구자 36명을 조사한 내용을 보면 이와 같은 사실을 잘 알 수 있다. <표2>에서 알 수 있듯이 1890년대 말에 이르면 물리학 분야뿐만 아니라 지구물리학 분야에서도 연구가 급격하게 늘어난다. 물리학의 개별 연구 분야에서는 자기에 대한 연구가 122편으로 단연 두각을 나타내고 있으며, 빛(26편), 전기(20편), 열(20편)이 많이 연구되었다. 지구물리학 분야에서는 지진(26편), 중력(21편), 화산(15편)의 순서이다. 연구자별로 보면 나가오카가 73편으로 단연 두각을 나타내고 있으며, 혼다 고타로(50편), 시미즈 세이조(清水清藏, 26편), 데라다 도라히코(寺田寅彦, 1878-1935, 25편), 다나카다테(22편) 등이 그 뒤를 따르고 있다. 이처럼 1888년을 전후하여 일본인의 물리학 연구가 외국인 교수들의 도움이 없이 연구의 주제는 물론 실험의 진행을 독자적으로 수행하여 연구결과를 낼 수 있는 수준으로 올라섰고, 일본의 물리학 연구가 ‘자립’의 단계로 들어섰다고 볼 수 있다.

그런데 1887년(메이지 20)까지 연구들에서 주목할 점은 그 연구들의 ‘성격’이다. 우선 지적할 수 있는 점은 일본이라는 나라의 ‘지역성’(locality)과 밀접한 연구들이 많았다는 사실이다. <표2>에서도 잘 나타나고 있듯이 양적인 면에 있어서 일본의 특수한 지형과 지질, 지정학적 위치 등에서 비롯되는 여러 문제들에 대한 연구들, 즉 지진, 암석, 중력, 파랑, 우물, 온천, 지자기, 위도, 화산 등에 대한 연구가 상당수를 차지하고 있었다. 이러한 경향이 나타나는 이유 중 가장 중요한 것은 후진국 과학자의 경우 일반 연구에서는 과학 선진국과 경쟁하기 힘들지만, 그 나라의 지역성을 살릴 수 있는 분야의 연구에서는 일정 수준 이상의 업적을 낼 수 있기 때문일 것이다. 예를 들어 한국에서도 나비 분류학에서 ‘세계적인’ 업적을 낸 바 있는 석주명(石宙明)은 조선이라는 지역에 존재하는 나비에 대한 분류학적 지식을 처음 체계적으로 제시할 수 있었기 때문에 명성을 얻을 수 있었다.¹⁹⁾

나가오카가 독일 물리학자 슈타르크(J. Stark)와의 대화에서 받은 충격은 19세기 말 ~ 20세기 초에 일본인 과학자들이 가지고 있던 일본 과학의 ‘지역성’을 상징적으로 보여준다.²⁰⁾ 1910년 11월 나가오카는 아헨공과대학의 슈타르크를 방문하였을 때, 아헨에 온천이 있다는 말을 듣고 온천에 대한 각종 검사를 어떻게 하고 있는냐고 물었다. 슈타르크는 “그렇게 수준이 낮은 일은 하지 않는다”고 대답하여 나가오카를 크게 놀라게 만들었다. 나가오카는 이 일에 대해 다음과 같이 쓰고 있다.

그 논의는 실로 감탄스러워 나도 깊이 경계할만한 일이라고 생각했다. 일본과 같은 新開國에서는 자기측정이라든가 중력측정 등 이른바 千篇一律의 일을 할 필요가 있다. 하지만 이것들은 街路를 소매상인이 똑같은 상품을 외치면서 걸어가는 것과 다를 바 없기 때문에 한번 측정방법이 정해지면 우리[물리학 연구자]들이 직접 해야 하는 일은 아니라고 생각한다. 겹질과 같은 일을 해서는 시간도 부족하고 실로 정력의 낭비로 볼 수밖에 없다. 이러한 일이 특히 일본인에게는 적당한 일처럼 생각되는 것은 理科가 부진한 증거로 외국 학자의 눈에는 물리학에서 土人入土의

19) 석주명의 나비연구 과정과 그 의의에 대한 자세한 논의는 문만용, “석주명의 나비 연구와

‘조선적 생물학’”, 김영식, 김근배 엮음, □ 근현대 한국사회의 과학 □ (창작과비평사, 1998), 203-36쪽을 참조할 것.

20) 슈타르크는 나가오카보다 9살 연하로 1913년 ‘원자나 분자를 전자기장 속에 두면 스펙트럼선이 갈라진다’는 슈타르크 효과를 발견하여 1919년 노벨 물리학상을 수상했다.

일을 하고 있는 것으로 보일 수 있다.²¹⁾

초기 일본 물리학 연구의 또 다른 특징은 1888년 나가오카의 자기히스테리시스에 대한 선구적 연구가 나오기 이전까지는 ‘독창적인 이론이나 법칙’을 이끌어 낼만한 연구가 거의 없었고, 대부분 ‘시험·측정’의 수준에 머물렀다는 점이다. 예를 들어 다나카다테와 나가오카가 참여하여 1887년부터 시작된 전국의 지자기 ‘측정’은 두 연구진이 각각 일본 본토와 조선, 북해도 등지를 다니면서 지자기의 수평분력(水平分力), 방위각(方位角), 복각(伏角) 등을 측정하여 일본의 지자기 분포에 대한 표를 만드는 것이 목표였다.²²⁾ 심지어 최초의 독창적인 연구로 일컬어지는 1888년 나가오카의 자기히스테리시스에 대한 연구도 그것을 통해 뭔가 새로운 기술을 개발하려거나 물질 일반의 원자적인 구조를 연구하기 위한 것이 아니었다. 단지 자기히스테리시스에 대한 실험기술을 체득했기 때문에 당시 자기학 연구에서 흥미있는 주제를 선택하여 착실하게 실험한 것이었다.²³⁾ 요컨대 나가오카의 자기히스테리시스에 대한 연구는 ‘土方人足の 일’에서는 벗어났지만 ‘千篇一律의 일’에서는 완전히 해방되지 못하고 있었던 것이다.

4. 지역성의 탈피와 연구의 도약

1904년 나가오카가 흔히 ‘토성모델’이라고 불리는 유핵원자모형(有核原子模型)을 제시한 것은 위와 같은 천편일률의 틀을 깨는 획기적 사건이었다.²⁴⁾ 1903년 5월 도쿄대학에서 열린 도쿄수학물리학회에서 처음 발표된 이 모형에서 그는 원자 중심에 양의 전기를 가진 무거운 ‘원자핵’이 있고, 그 주위를 많은 전자가 마치 토성의 띠처럼 고리 모양을 이루는데, 이 고리의 진동에 의해 생긴 여러 주기가 바로 원자가 특정한 스펙트럼을 내는 이유라고 주장했다.²⁵⁾ 나가오카의 이러한 구상은 그가 독일에서 유학할 때부터 시작되었다고 알려지고 있다. 그는 1893부터 1896년까지 베를린 대학에 유학하였는데, 이 때 잠시 동안이나마 오스트리아의 뛰어난 이론물리학자 볼츠만(Ludwig Boltzmann, 1844-1906)에게서 지도를 받았다. 볼츠만은 나가오카에게 맥스웰(James Clerk Maxwell, 1831-1879)의 학설을 소개했는데, 그 중의 하나가 ‘토성

21) 板倉聖宣, □ 長岡半太郎 □ (東京: 朝日新聞社, 1976), 213쪽에서 재인용. 이 글은 원래 나가오카가 1910-11년 유럽 시찰에서 받은 인상을 적은 것으로 “歐州物理學實驗場巡覽記”란 제목으로 □ 東京物理學校雜誌 □ (1912)에 1년간 연재된 것이다.

22) 板倉聖宣, 木村東作, 八木江里, □ 長岡半太郎伝 □, 94-8쪽.

23) 板倉聖宣, □ 長岡半太郎 □, 120쪽.

24) 나가오카의 토성모델에 대한 자세한 연구로는 야기 에리(八木江里)가 쓴 다음의 논문들이 있다. Eri Yagi, “On Nagaoka's Saturnian Atomic Model (1903),” *JSHS* 3(1964), 29-47; “The Development of Nagaoka's Saturnian Atomic Model I: Dispersion on Light (1905),” *JSHS* 6(1967), 73-89; “The Development of Nagaoka's Saturnian Atomic Model II (1904-05): Nagaoka's Theory of the Structure of Matter,” *JSHS* 11(1972), 19-25.

25) Hantaro Nagaoka, “Motion of Particles in an Ideal Atom Illustrating the Line and Band Spectra and the Phenomena of Radioactivity,” *Proc. Tokyo Math.-Phys. Soc.* 2(1904), 91-107.

때 이론’이었다고 한다. 맥스웰은 토성 띠가 정말로 하나의 고체로 된 고리인가 아니면 작은 입자들이 많이 모여서 생긴 고리인가를 고전역학적으로 계산하여, 후자가 옳다는 결론을 내린 바 있었다.²⁶⁾ 이러한 맥스웰의 생각을 원자세계에 도입하여 전자가 모여 있는 띠의 진동을 고전적 입장에서 계산한 것이 바로 나가오카의 토성모델이었다.²⁷⁾ 나가오카의 원자모형은 일본 물리학자들 사이에서 지나치게 추상적인 학설로 받아들여져 묵살되었지만 그의 논문이 다음 해 영국의 과학잡지 *Philosophical Magazine*에 게재되고, 1911년 러더퍼드가 알파입자 산란 실험을 통해 원자핵의 존재를 ‘발견’하자 뒤늦게 그 중요성이 인정되었다.²⁸⁾ 이와 같이 나가오카의 토성모델은 일본 이론 물리학에 있어서 최초의 세계적 업적이라 할 수 있는 것으로 일본 물리학이 지역성을 벗어나는 신호탄이기도 했다.

나가오카의 연구로 처음으로 ‘세계적’ 업적을 이룬 일본 물리학계는 1910년대에 들어서면서 연구의 독립과 지역성 탈피에 더욱 박차를 가했다. 1910년 이후 일본 물리학계의 주요한 연구 성과로는 이시와라 준(石原純)의 양자론(quantum theory)과 상대성이론 연구(1910, 1913년), 기노시타 스에키치(木下季吉)의 알파선 사진작용 연구(1909, 1911년), 데라다 도라히코와 니시카와 쇼지(西川正治, 1884-1952)의 엑스선 회절 연구(1912-14년), 혼다 고타로(本多光太郎, 1870-1954)의 KS자석강 연구(1916년), 시미즈 다케오(清水武雄, 1890-1976)의 월슨안개상자(1920년) 연구 등을 들 수 있다.²⁹⁾ 이들 연구는 이시와라의 경우를 제외하고는 대부분 실험 주제를 다루고 있었는데, 원자물리학, 방사능, 분광학, 전자기와 관련된 ‘실험’ 연구는 이후 일본 물리학계의 주류를 이루었다.³⁰⁾

26) 菅井準一, “仁科芳雄”, 菅井準一編, □ 二十世紀を動かした人々 3: 自然の謎に挑む □ (講談社, 1963), 334-6쪽.

27) Eri Yagi, “The Development of Nagaoka's Saturnian Atomic Model I,” pp. 19-20; “The Development of Nagaoka's Saturnian Atomic Model II,” pp. 86-8.

28) Eri Yagi, “On Nagaoka's Saturnian Atomic Model (1903),” pp. 41-2; Hantaro Nagaoka, “Kinetics of Particles Illustrating in the Line and Band Spectrum and the Phenomena of Radioactivity,” *Philosophical Magazine* 6(7)(1904), 445-55; E. Rutherford, “The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom,” *Philosophical Magazine* 6(21)(1911), 669. 러더퍼드는 자신의 ‘발견’을 공표하기 전인 1911년 3월 나가오카에게 보낸 편지에서 다음과 같이 전하였다. “당신은 내가 추정하는 원자의 구조가 당신이 몇 년 전에 제기한 것과 비슷하다는 것을 알 수 있을 것입니다. 나는 아직 당신의 논문을 읽어보지는 못했으나 당신이 그 주제에 대해 논문을 썼다는 것은 기억하고 있습니다.” 러더퍼드가 나가오카에게 (1911년 3월 20일).

29) 板倉聖宣, “わが國の物理學の自立過程”, 16쪽.

30) 김동원은 일본 이론물리학이 부상한 과정을 정리하면서 이론물리학 분야에서 두 명의 노벨상 수상자를 낸 데서 비롯되는 일본 물리학계에 대한 그릇된 인식, 즉 ‘실험물리학의 전통에 대한 과소평가’를 지적하고 있다. Dong-Won Kim, “The Emergence of Theoretical Physics in Japan: The Japanese Physics Community between the Two World Wars,” *Annals of Science* 52(1995), 383-402.

물리학의 ‘변방’이었던 일본도 서양 물리학의 동향에 많은 영향을 받았다. 처음 서양과 어깨를 나란히 한 연구는 X선과 관련된 연구였다. 1895년 뢰트겐이 X선을 발견했다는 소식이 전해지자 1896년 3월 일본에서도 야마가와 겐지로, 미즈노 도시노조(水野敏之丞) 등이 X선 장치를 만들어 사진 촬영에 성공하는 등 X선과 관련된 연구는 일찍부터 시도되었다.³¹⁾ 그러한 전통이 잘 이어진 것이 바로 X선 결정학이었다. X선 결정 회절에 대한 라우에(Max von Laue)의 발견(1912년)에 이어 브래그 부자³²⁾가 결정 구조를 해석하는 방법을 발표하여(1913년) 물리학과 화학의 비약적 발전이 가능하게 되자, 일본에서도 이에 관한 주목할만한 연구가 나타났다. 1912년 데라다는 X선 결정 반사실험을 하여 라우에와 같은 회절상을 얻었고, 1913년에는 X선 회절로 영국의 브래그 부자와 독립적으로 X선 반사의 방정식을 얻었다.³³⁾ 비록 몇 개월 차이로 우선권을 주장할 수 없게 되었지만 데라다의 연구는 일본의 물리학이 상당한 수준에 올랐다는 것을 보여준 사건이었다.³⁴⁾

31) 이들의 X선에 대한 연구는 今市正義, 原三正, “本邦における X線の初期實驗”, □科學史研究

□ 16(1950), 23-32쪽을 참조할 것.

32) William H. Bragg(1862-1942)와 William L. Bragg(1890-1971)

33) 岡邦雄, “X線回折研究の初期における日本人科學者の位置 □寺田寅彦の場合”, □科學史研究

□ 57(1961), 29쪽. 데라다가 한 실험의 구체적인 내용에 대해서는 小林惟司, “寺田寅彦の □結晶による X線回折 □の業績について”, 辻哲夫編, □物理學史研究その一斷面 □(東海大學出版會, 1976), 51-71쪽을 참조할 것.

34) 데라다는 이후 수필가로도 명성을 날리게 되는데 사후에 방대한 분량의 □寺田寅彦著作集 □을 남겼다. 과학자로서 그의 삶과 연구업적에 대한 자세한 사항은 宇田道隆編著, □科學者寺田寅彦 □(日本放送出版協會, 1975)을 참조할 것.

1910년대의 X선 연구는 니시카와 쇼지의 회절 연구에서 절정에 달했다. 1910년 도쿄대학 실험물리학과를 졸업한 니시카와는 데라다와 함께 일본 X선 결정학의 개척자라 부를 수 있는 인물이다.³⁵⁾ 그는 러더퍼드 아래서 방사성 물질에서 방사되는 알파(α)입자의 사진작용을 연구한 바 있는 기노시타의 지도를 받으며 방사능을 연구했다.³⁶⁾ 1912년 라우에가 결정격자에 의한 회절현상을 발견하자 그는 이 방면의 중요성을 깊이 인식하고 섬유상(纖維狀), 층상(層狀) 및 입상(粒狀) 물질의 구조를 분석하는 연구를 했다. X선에 의한 물질구조 연구는 니시카와의 일생의 연구 테마가 되었는데, 1914년에는 스피넬족의 구조 해석에까지 연구 주제를 확장하였고, 이 업적으로 니시카와는 1917년 7월 일본 학사원상(學士院賞)을 받았다. 당시 리켄의 연구원보(研究員補)로 활동하고 있던 그는 일련의 연구업적에 힘입어 리켄이 유망한 젊은 연구자들에게 제공하고 있던 해외유학의 특혜도 누릴 수 있었다. 그는 1917년 가을 미국으로 가서 3년 동안 스탠포드, 코넬 대학 등에서 연구했다. 유학 당시의 업적으로는 X선에 의한 금속의 연구(1920년)가 있는데, 특기할 만한 것은 이 때 코넬대학에서 와이커프(R. W. G. Wyckoff)에게 X선 결정학을 가르쳐서, 당시 19세였던 와이커프가 이후 미국 X선 결정학 분야에서 뛰어난 활약을 보이는 데 기여했다는 점이다. 니시카와는 제1차 세계대전이 끝나자 영국의 유니버시티 칼리지(University College)에서 엑스선 결정학의 창설자의 한 사람인 윌리엄 브래그(William H. Bragg)와 공동연구를 하기도 했다.³⁷⁾ 1921년 리켄에 창립된 니시카와의 연구실은 1920년대 전자회절에 관한 많은 연구를 수행했으며, 30년대에는 니시나 연구실과 함께 일본 원자핵물리학 연구의 중심이 되었다.¹ 한편 이 시기 일본 응용 물리학 혹은 금속 물리학과 자기학에서 가장 독창적이며 큰 업적을 남긴 연구자는 혼다 고타로였다.³⁹⁾ 혼다는 리켄의 자신의 연구실과 도호쿠대학의 금속재료연구소에서 많은 연구 업적을 내는 동시에 많은 유능한 연구자들을 길러냄으로써 일본 금속 물리학의 황금기를 일구었다. 그는 도쿄제국대학 출신으로 다나카다테의 실용적 학풍과 나가오카의 아카데미한 연구 태도를 동시에

35) 篠原健一, “西川正治先生”, □ 科學 □ 22(1952), 153쪽. 니시카와는 1884년 12월 5일 八王子市에서 태어나 유년기를 도쿄의 下町에서 보냈다. 사립 상공학교, 제1고등학교를 거쳐 1910년 7월 도쿄제국대학 이과대학 실험물리학과를 졸업했다. 같은 해 9월 도쿄제대 대학원에 입학하였고, 다음 해인 1911년 5월부터 물리학 수업 보조로 촉탁에 임명되었다. 1915년에는 대학원을 졸업하고 12월에 이과대학 강사가 되었고, 1922년 6월에 도쿄제국대학 조교수, 1924년 3월에는 교수가 되었다. 한편 그는 1917년 7월에 이화학연구소 연구원보가 되었으며, 1921년 10월에는 연구원이 되어 니시카와 연구실을 주재하였다. 니시카와의 삶과 연구 업적에 대해서는 西川先生紀念會編, □

西川正治先生人と業績 □ (西川先生紀念會, 1982)을 참조할 것.

36) 러더퍼드가 나가오카에게 (1911년 3월 20일).

37) 仁田勇, “西川研究室のころ”, □ 自然 □ (1978년 12월 増刊號), 75쪽.

1 39) 일본현대물리학의 아버지라 불리는 니시나 요시오(仁科芳雄)에 대한 자세한 연구는 오동훈, “니시나 요시오와 일본 현대물리학” (서울대학교 박사학위논문, 1999)를 참조할 것.

39) 혼다의 삶과 연구 업적 등에 대해서는 石川悌次郎, □ 本多光太郎傳 □ (日刊工業新聞社, 1964); 東北大學, □ 東北大學五十年史(下) □ (1960), 1395-1448쪽; 本多光太郎, “研究生活五十年: 本邦に於ける磁氣學の發展”, □ 物理學會誌 □ 5(1950), 329-33; Nobuo Kawamiya, “Kotaro HONDA: Founder of the Science of Metals in Japan,” *JSHS* 15(1976), 145-58 등을 참조할 것.

접할 수 있었다. 그러나 혼다를 독자적인 금속연구자로 이끄는 데 가장 큰 영향을 준 것은 유학 중 그를 지도한 현대 금속학의 창시자 중의 한 사람인 물리화학자 타만(G. Tamman)이었다. 혼다는 화학자였던 타만이 선구자적 역할을 한 금상학(金相學, Metallkunde)에 물리학적 기법들을 도입하여 자기금속학이라는 새로운 분야를 개척했다.⁴⁰⁾ 그 대표적인 업적이 유명한 KS자석강의 발명이었다. 다카기 히로무(高木弘)의 도움을 받아 발명한 이 합금은 당시 사용되던 자석강 중 가장 뛰어난 것이었다.

41) 혼다와 그의 후계자들의 노력에 의해 금속재료연구소는 설립 이후 1966년까지 461건(국내 278, 국외 183)에 달하는 많은 특허를 획득했고 여러 기업과의 활발한 연계를 통해 일본 금속학의 메카로 자리 잡았다.⁴²⁾

실험 분야에서 주목할 만한 연구 활동과는 달리 물리학을 혁명적으로 뒤바꾼 상대성 이론과 양자론에 관한 연구는 미미했다. 1910년 12월 당시 유럽을 시찰 중이던 나가오카가 상대론과 양자론의 혁명성에 대한 유럽 학자들의 견해를 일본의 물리학자들에게 편지로 소개한 것이 직접적인 관심을 보인 드문 예 중의 하나였을 따름이다.⁴³⁾ 상대론의 경우 그 내용이 일반 사람들의 눈길을 끌 수 있는 것이었기 때문에 이후 재미있는 얘깃거리로 많은 사람들에게 의해 언급되었고, 특히 1922년 아인슈타인(Albert Einstein, 1879-1955)의 일본 방문으로 상대론에 대한 세인의 관심은 절정에 달했으나 제대로 된 연구자는 없었다.

이런 상황에서 이시와라 준은 예외적 존재였다. 1911년 나가오카의 추천에 의해 도호쿠제국대학의 조교수가 된 그는 1912년부터 2년간 독일과 스위스에서 유학하면서 플랑크(Max Planck, 1858-1947)와 쑤머펠트(Arnold Sommerfeld, 1868-1951)의 지도를 받아 양자론을 연구했고, 스위스에서는 취리히공대(ETH)에서 직접 아인슈타인의 지도를 받아 상대론, 양자론을 연구했다. 이후 이시와라는 원자구조론의 기본식에 일반화좌표를 도입하는 등 상대론과 양자론에서 독창적인 연구를 함으로써 일본 현대물리학에서 개척자적인 위치를 차지했는데, 이러한 그의 업적이 인정되어 1919년 이론물리학자로는 드물게 학사원상을 수여했다.⁴⁴⁾ 이시와라는 또한 1922년 아인슈타인의 일본방문을 성사시키고, “물리학 기초개념의 변화 및 그 발전”을 비롯한 수많은 과학평론을 집필하는 등 과학 계몽가로서도 선도적인 역할을 했다.⁴⁵⁾

위에서 예를 든 연구는 모두 1917년부터 1924년까지 은석상(恩錫賞), 학사원상을

40) 日本物理學會, □日本の物理學史(上)□, 257쪽.

41) 금속재료연구소 설립을 지원한 스미토모 기치자에몬(住友吉左衛門)의 머리글자를 따 이름 지어진 KS자석강의 발명과정에 대해서는 勝木渥, “KS磁石鋼の發明過程 (I)”, □科學史研究□ 23(1984), 96-109; “KS磁石鋼の發明過程 (II)”, □科學史研究□ 23(1984), 175-180을 참조할 것. 이 글은 이전에 존재하던 KS자석강의 발명 시기에 대한 두 가지 입장(1916년이라는 설과 1917년이라는 주장)을 소개하면서 그 발명과정을 꼼꼼하게 추적하였다.

42) 금속재료연구소의 설립, 연구내용, 특허, 산업계와의 연계 등에 대해서는 東北大學金屬材料研究所, □金研50年□(東北大學, 1966)을 참조할 것.

43) 辻哲夫, “現代物理學のわが國への導入”, 35, 37-8쪽.

44) 菅井準一, “仁科芳雄”, 360-2쪽.

45) 石原純, “物理學に於ける基礎概念の變化及び其の發展”, □理學界□ 1911년 5월호. 辻哲夫, “現代物理學のわが國への導入”, 36, 45쪽.

수상한 것들인데, 이는 일본의 물리학 연구가 국내외에서 인정받은 데에 대한 보상이었다. 이들 연구에서 가장 돋보이는 공통점은 응용연구이든 기초연구이든 일본의 지역성을 뛰어넘은 ‘보편적인 물리 법칙’에 대한 연구였다는 점이다. 즉 다나카다테의 연구와 초기의 나가오카나 혼다의 연구들은 일본이라는 특수한 지역에서만 관찰될 수 있는 물리현상, 예컨대 중력의 변화나, 지자기의 분포 등을 주로 연구했으나, 1910년대부터는 물질의 구조나 이를 설명하는 물리이론 등 전지구적으로 적용할 수 있는 물리현상에 대한 연구가 부각되었다. 그리고 이러한 변화는 그만큼 일본의 물리학계가 물리학의 선진세력들과 어깨를 나란히 하는 수준에까지 근접했음을 보여주는 것이기도 했다.

5. 맺음말

19세기말 외국인들에 의해서 시작된 물리학 연구는 곧바로 일본인들의 손으로 옮겨졌으며, 그 중심에는 도쿄대학 출신들이 자리 잡고 있었다. 이들은 처음에는 일본의 지정학적 특성과 관련된 지구물리학에 관한 연구를 많이 했지만 점차 지역성을 탈피하는 일반 이론에 대한 실험적 연구들로 나아갔고, 그 중에는 세계적인 업적도 간혹 있었다. 특히 이 시기에는 전기, 자기, 금속, X선 등 실용적인 목적에 부합하는 연구들이 주종을 이루었는데, 이는 이후 계속해서 일본 물리학의 주요 경향이기도 했다. 결국 제1차 세계대전을 전후한 일본 물리학의 변화는 ‘연구의 다양화와 자립’ 그리고 ‘지역성으로부터의 탈피’라는 말로 요약할 수 있을 것이다.

끝으로 이 글에서는 본격적으로 다루지 못했지만, 향후 보다 면밀하게 연구되어야 할 두 가지 사항에 대해 언급하고자 한다. 우선, 메이지 시기 일본의 외국인 전문가 고용 등 서양 학문 수용 정책에 대한 깊이 있는 연구가 필요할 것으로 보인다. 서양 물리학이 짧은 기간 내에 일본에 정착될 수 있었던 것은 ‘굴화위지’(橘化爲枳)의 우려 범하지 않은 메이지 정부의 외국인 과학자 고용과 내국인 학자 육성 정책이 밑거름이 되었다고 볼 수 있기 때문이다. 둘째는 막부 말기부터 메이지 초기에 걸쳐 일본의 물리학을 비롯한 학문적 수준에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 중국이나 우리나라에 비해 일본이 시행착오를 비교적 덜 겪으면서 서양의 물리학을 받아들일 수 있었던 이유를 밝히기 위해서는 막부 말기의 일본의 학문적 수준에 대한 정확한 이해가 없이는 불가능할 것이기 때문이다.