

19세기말 철강공업의 기술진보와 국제경쟁

양 동 휴

서울대학교 경제학과

Technical Change and International Competition in the Late Nineteenth Century Iron and Steel Industry

YANG Donghyu

Department of Economics
College of Social Sciences, Seoul National University

ABSTRACT

Technical change and industrial organization, despite the failure in obtaining significant correlation by recent multiple regression studies, have long been closely connected. This article examines late nineteenth century iron and steel industry to highlight this relationship, and the consequent change in international cost competition. The innovation and diffusion of steel technique depended on chemical content of ore and fuel locally available, the growth and composition of demand for final products, and the vested interest of the industry. It is not, however, the choice of specific techniques in each production process *per se* but the organization of industry encompassing them that lowered the cost and brought about international superiority. Technical change and industrial organization have a symbiotic relationship, manifested by particular interaction as circumstances vary. In iron and steel during the period when monopoly capitalism emerges, the chain reaction of technical choice, industrial organization and technological innovation favored economies with monopolistic market structure. Likewise, mass production technologies shaped later development of monopoly capital.

I

슈페터(Schumpeter)의 고전적 정식화 이래로 기술진보와 산업조직, 다시 말하면 기술혁신과 시장구조의 상호관계를 구명하는 일은 학계의 지대한 관심거리가 되어 왔다. 이와 관련된 문헌의 대부분은 독점력을 가진 대기업의 경우가 기술혁신을 가속한다는 가설을 검증하는 데에 주력하였다. 시장수요나 요소가격의 일시적 변화에 구애받지 않고 장기적 안목으로 설비투자 및 연구개발투자를 계획하기 위해서는 기술 진보에 따른 수익을 안전하게 확보할 수 있어야 하며 독점기업만이 이와같은 조건을 갖는다는 것이다.

이러한 ‘슈페터 가설’을 검증하기 위하여 여러 학자들이 기업간·산업간 횡단면 자료(cross-section data)를 이용하여 다중상관(multiple regression)분석을 행하여 왔으나 그 결과는 독점력과 기술혁신

* 1986년 8월 15일 접수 ; 1986년 10월 13일 게재결정

이 글의 일부는 제28회 전국역사학대회(1985. 5)에서 발표되었다.

간에 통제적으로 有意한 관계를 정립하지 못하였다.²⁾ 이 관계를 밝히려는 경제이론적 노력의 결과도 양쪽으로 나오고 있다. 애로우(Arrow)는 독점기업이 경쟁기업보다 기술혁신의 誘因을 더 크게 갖는다는 이론을 精緻化하였으나 바아젤(Barzel)이나 허쉬라이퍼(Hirshleifer) 등은 과당경쟁의 가능성을 들어 정반대의 결론을 내렸다. 더 최근의 글들은 不可知論적으로 나아가고 있어 게임이론적 접근으로는 ‘코아(core)’를 설정할 수 없었으며 진화론적 모형들의 결론도 ‘불확정성’으로 나오고 있다.²⁾

이와같은 산업조직론학계의 혼돈상태는 그 이론이나 실증면에서의 미숙성에서라기보다 각 개별산업에서의 특정한 기술진보와 그 산업의 구조변화에 관한 구체적 이해를 추구하지 못하였던 것에 기인한다고 생각된다. 기술혁신을 위한 실천적 목표 때문에 최근 자료를 이용한 균형분석에 의한 실증, 또는 추상적 논리 설정에 급급하여 기술진보와 시장구조간의 장기적이고 동태적인 관계를 파악하지 못하고 있는 것이다.³⁾

실제로 여러나라의 산업조직이 독과점 대기업 구성으로 변모하였던 시기를 살펴보면 이러한 관계가 뚜렷이 관찰된다. 19세기 말엽의 미국과 독일, 그리고 1차대전이후의 영국·프랑스·일본 등지에서 두드러지게 나타나기 시작한 몇몇 산업 즉, 식품·화학·석유·철강·기계·전기·자동차 등의 독과점화 과정에 있어서는 대량생산 기술의 발달과 기업규모의 확대간의 밀접한 연관이 광복할 만했던 것이다. 담배·성냥·비누 및 각종 통조림 제품의 생산기술의 도래와 이들 기업에서의 기업집중을 어떻게 따로 배어 생각할 수가 있는가? 예를 들어 본삭(Bonsack)의 컬렌제조기 발명 후 두대의 기계로 당시 전 세계의 수요를 감당할 수 있었다고 하니 아메리칸 토바코회사의 즉각적인 독점권획득은 물론 광고와 판매망 신설의 진요성까지를 가히 짐작할 수 있다. 또한 냉장기술의 전파나 살균처리기술의 발달이 없이는 포장육산업이나 맥주·우유 등 부패성 식품산업에서의 기업집중은 불가능했던 것이다. 석유산업에 있어서도 대규모 정유공장의 출현을 가능케 했던 것은 파이프라인수송기술의 개발이었으며, 각종 기계산업에 있어서도 대량생산기술의 발달에 의해, 또한 제조업이 도매상 및 소매상의 기능을 흡수하는 과정에 의해 기업규모가 확대되었다. 즉 재봉틀·농기계·사무용기계기구·엘리베이터·보일러·펌프 등 19세기말에 선보인 신종기계제품들의 판매에는 전문 지식 및 기술이 필수적이어서 시범·설치·정비·수리를 제조업체에서 담당할 수 밖에 없었다. 요약하여 말한다면 시장규모의 확대와 더불어 대량생산기술의 개발이 대기업에 의한 독과점을 불러 일으킨 주요 원인이었다는 것이다.

이와같은 독과점대기업의 형성과정은 찬들러(Chandler)에 의해 상세히 기록되었는데 이는 기술진

1) J.A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3rd ed. (New York, 1950); M.I.Kamien and N.L.Schwartz, "Market Structure and Innovation: A Survey," *Journal of Economic Literature* 13(1975); F.M. Fisher and P.Temin, "Returns to Scale in Research and Development: What Does the Schumpeterian Hypothesis Imply?" *Journal of Political Economy* 81 (1973). 우리나라의 경우에도 슈페터 가설이 각각 되는 연구가 나오고 있다. 李元嘆·鄭鎮勝 「市場構造와 美術革新」, 『韓國開發研究』 7-4(1985).

2) K.Arrow, "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention" *NBER, The Rate and Direction of Inventive Activity* (New York, 1962); Y.Barzel, "Investment. Scale and Growth" *Journal of Political Economy* 79 (1971); J.Hirshleifer, "The Private and Social Value of Information and the Reward to Inventive Activity," *American Economic Review* 61 (1971); P.Dasgupta and J.Stiglitz, "Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity," *Economic Journal* 90 (1980); G.C.Loury, "Market Structure and Innovation," *Quarterly Journal of Economics* 93(1979); R.P.Nelson, S.G.Winter and H.L.Schuette, "Technical Change in an Evolutionary Model," *Quarterly Journal of Economics* 90 (1976).

3) 경제학계에서 예외적인 것으로는 D.C. Mowery, "The Relationship Between Intrafirm and Contractual Forms of Industrial Research in American Manufacturing, 1900-1940," *Explorations in Economic History* 20(1983)이 있다. Mowery는 대기업의 연구개발부서의 설립과 기술혁신간의 상관관계를 역사적으로 보이고 있다.

보가 산업조직에 직접적으로 영향을 준다는 의미에서 ‘逆 스펀터 가설’이라고도 부를 수 있을 것이다.⁴⁾ 그러나 이러한 과정은 독점대기업이 될 잠재력을 가진 기업이 새로운 기술을 개발하는 것으로도 파악할 수 있으므로 명백한 인과관계를 일반적으로 밝히기는 쉽지 않다.

이 글에서는 독과점대기업들로 구성된 산업조직이 등장하는 19세기말 20세기초를 관찰하여야 기술혁신과 시장구조간의 관계가 명확히 이해된다는 시각에서 이 기간 중 가장 급속히 변모한 분야중의 하나인 철강공업에서의 기술진보를 상세히 살펴보고자 한다. 이와같은 개별사례연구는 기술진보와 산업조직간의 미묘하고도 유기적인 관계를 이해하는 데 큰 도움을 줄 것이며 이와 함께 자본부존이나 사회착환경 등이 기술혁신에 갖는 영향을 밝힐 수 있을 것으로 생각된다. 이하에서는 우선 철강기술의 발달과정을 요약하고 이어서 영국 및 미국·독일에서의 시장구조의 차이와 이들 기술선택과의 상호관계, 그리고 그 결과로서의 국제경쟁력의 추이 등을 고찰하기로 한다.

II

과학적 지식이 기술에 직접 응용되는 일은 19세기 후반 이후부터 화학 및 전기 등 신종 산업에서 나타나게 되었음은 주지의 사실이다.⁵⁾ 특히 야금술의 발달은 20세기초까지 대부분 경험주의에 입각한 시행착오의 결과로 이루어졌던 것이다. 이는 지역에 따른 광물 및 연료의 화학적 구성의 차이등과 밀접한 관련을 가지고 있는데 製鍊이나 精鍊, 製鋼을 막론하고 새로운 기술이 파급되는 형태나 속도가 지방마다 달랐던 사실은 주목할 만하다. 철광석을 용해하여 銑鐵(pig iron)을 만드는 제련과정의 목탄 연료가 영국의 경우 이미 18세기에 대부분의 용광로에서 코우크스로 대체되는 반면, 미국에서의 코오크 제련은 1860년에도 13퍼센트에 불과하였으며 1890년에 이르러서야 약 70퍼센트 정도로 사용되고 있다. 이는 코넬스빌(Connellsville) 탄광 발견 이전에는 硫黃 함량이 낮은 瀝靑炭(bituminous)이 희소했기 때문이며 따라서 19세기의 많은 부분 동안 공급원이 확실한 양질의 無煙炭(anthracite)을 제철 연료로 이용하였다.⁶⁾ 이에 비하여 선철을 정련(puddling)하여 鍊鐵(wrought iron)을 제조하거나 壓延(rolling)하는 기술은 비교적 빠른 속도로 미국에 전파되었다. 이와 같이 技術史的 측면에서 볼 때 야금술의 혁신은 특정 기술의 내재적인 원자재 소요와 원자재 공급의 점차적인 확대 과정과의 미묘한 상호작용에서 이루어진 것을 알 수 있다. 여기서의 주된 관심사는 철강기술의 진보가 생산 및 수출에 있어 국제적 우위가 영국으로부터 미국과 독일로 옮겨가는 데 어떠한 역할을 하였는가 하는 것이다.

이 글의 대상이 되는 시기는 鋼鐵(steel)이 연철을 대체해 가는 과정으로 특징 지을 수 있겠다. 강철은 선철보다는 탄소함량이 낮고 연철보다는 높아 적절한 軟性을 가져 압연에 편리할 뿐 아니라 強度가 높아 무기 제조 등에 필수적이었으며 건설자재나 철로로 사용되었을 때 그 내구기간이 연철보다 월등히 길었다(약 6~7배). 다만 제강 기술이 혁신적으로 발달하기 전에는 생산비가 높아 광범위하게 이용되지 못하였던 것이다. 초기의 강철 제조는 연철을 탄소 용액에 적시는 방법을 사용하였다. 이렇게 제조된 滲炭鋼(blister steel)을 탄소용제에 용해하여 걸러낸 도가니鋼(crucible steel)

4) A.D. Chandler, Jr., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*(Cambridge, 1977).

5) 金永植, 『과학혁명——근대과학의 출현과 그 배경』, 민음사, 1984, 제10장.

6) 기계공업 등에서 기술수준이 19세기초부터 영국을 능가했다고 믿어지는 미국이 왜 코우크스 제철법의 도입을 1세기 가량이나 늦추었는지에 대해서는 논의가 많다. Louis C. Hunter, "The Influence of the Market upon Technique in the Iron Industry in Western Pennsylvania up to 1860," *Journal of Economic and Business History* 1 (1929); Peter Temin, "A New Look at Hunter's Hypothesis about the Ante-bellum Iron Industry," *American Economic Review* 54 (1964); Nathan Rosenberg, *Technology and American Economic Growth* (New York, 1972), ch. 3 등 참조.

은 순수성 및 동질성이 높아 18세기 중엽부터 오랜 기간 제조·거래되었다.⁷⁾ 1840년대에 이르러 위와같이 연철에 탄소함량을 높이는 방법을 지양하고 선철에서 연철을 만들어 내는 정련과정, 즉 脫炭작업을 도중에 중단하는 방법을 강구하게 되었다. 이 精鍊鋼(puddled steel)은 정련과정에서 용해점의 차이를 이용하여 강철을 분리해낸 것인데 적절한 온도의 유지 및 정련기간의 선택 등 여러 가지 기술상 난점을 내포하고 있었다. 이러한 난점을 해결한 것이 19세기 후반에 개발된 베세머(Bessemer)法(1856)과 지멘스마르팅 平爐法(Siemens-Martin open hearth process, 1857)이었다.

베세머제강법이란 산화과정에서 생성된 열을 이용하여 용해된 선철에 공기를 불어 넣음으로써 탄소제거를 신속히 진행시키는 방법이다. 이러한 혁신적인 방법을 이용하면 예전에 3~5톤의 선철을 脫炭할 때 24시간 정도가 걸렸음에 비하여 약 10여분만이 소요되었다. 정련장을 제조하는 精鍊爐(puddling furnace)의 크기가 人力으로써 휘저을 수 있을 정도 내로(약 200kg) 제한되었던 반면 베세머轉爐(Bessemer converter)는 그 크기가 거의 무제한이었으므로(20톤 정도까지) 생산에 있어 규모의 경제를 가능케 하였다.

지이멘스-마르팅 平爐法은 배기가스를 平爐의 가열에 다시 사용하는 蓄熱원리(regenerative principle)와 古鐵(scrap iron)을 爐에 집어 넣어 탄소제거를 가속시키는 방법을 특징으로 하고 있다. 3~5톤의 선철에서 탄소를 제거하는 소요시간은 약 10시간 정도로 베세머법 보다 길지만 베세머 강철보다 더 균질적인 제품을 생산하였다(실제로 이것은 베세머강철이 질소를 함유하게 되어 잘 부스러지는 성질이 있기 때문이라는 것이 20세기에 와서 밝혀졌다). 베세머법이 적절한 품질의 강철을 저렴한 비용으로 대량 생산하는 데 적합하다면 평로법은 高品質의 鋼板 등을 주문생산하는 데 알맞는 기술이라 할 수 있다.

베세머법이나 평로법을 막론하고 燐(phosphorus)이나 硅素(silicon) 화합물을 0.1퍼센트 이상 포함하는 철광석으로부터는 저질의 강철만을 제조하게 되는 난점이 있었다. 즉 이들 불순물이 완제품에도 남아 있게 되어 시장성이 떨어지므로 생산비 절감의 효과가 실현되지 못했던 것이다. 이것이 이들 혁신적인 기술의 전파를 더디게 만든 요인이었는데, 인산이나 규산을 함유하지 않은 赤鐵鐵(haematite)을 구할 수 있는 지역부터 새로운 강철 기술을 이용하게 되었다. 영국은 1870년대에 스페인 등지에서 적철광을 수입, 평로법을 광범위하게 도입하였으며, 적철광 확보가 늦어진 미국이나 독일은 염기성 제강법(1878~79)의 발달 이후에 베세머법을 대규모로 채택하였다. 길크라이스트 토마스(Gilchrist-Thomas)법으로 알려진 염기성 제강법은 인과 규소의 화합물을 분리하기 위하여 염기성인 석회석을 용해된 철에 혼합하고, 이렇게 해서 생성된 염기성 찌꺼기(slag)가 轉爐(converter) 内壁를 부식하여 불순물을 다시 금속 내부로 환원시키는 것을 방지하기 위하여 전로 내벽을 산성인 硅土質 耐火 벽돌 대신에 염기성 물질로 바꾼 것이다. 염기성 제강법은 스웨덴, 로레인, 미국 동부 등지에 대규모로 매장된 저품질 철광석(인 함유량 1.5퍼센트 이상)을 이용 가능케 했으므로 급속히 전파되었다. 20세기에 와서 미국에서는 슈퍼리호반의 양질 철광석의 발견으로 평로법을 채택하게 된다.

19세기 후반 강철제조 기술의 진보와 함께 제련 및 압연과정에서도 기술진보가 수행되어 단위당 강철 생산비가 1/5이하로 하락하였으며 이 결과 강철이 연철을 빠른 속도로 대체하게 되었다. 영국

7) 이 부분의 철강 기술의 略史는 별도 지적이 없는 한 표준적인 기술사 서적에서 쉽게 찾아낼 수 있는 것들이다. 예를 들면 Duncan Burn, *The Economic History of Steelmaking, 1867-1939; A Study in Competition* (Cambridge, 1940); T.H. Burnham and G.O. Hoskins, *Iron and Steel in Britain, 1870-1930* (London, 1943); J.C. Carr and W. Taplin, *A History of the British Steel Industry* (Cambridge, 1962); 그리고 Peter Temin, *Iron and Steel in Nineteenth-Century America: An Economic Inquiry* (Cambridge, 1964). 이 당시까지만 하여도 아시아의 제강기술이 더 앞섰다는 기록이 있다. Fernand Braudel, *The Structure of Everyday Life* (영역본 New York, 1981) pp. 376-377 참조.

은 수입 적철광에 의한 산성 평로법을, 미국과 독일은 염기성 베세머법을 주로 이용하였는데 특히 베세머법에 의한 대량생산은 제련 및 압연과정과의 수직결합(vertical integration)에 의해 대규모 종합제철공장을 도래하게 하였고 이와함께 여타 工程에서의 기계화도 서서히 추진되었다.

이 시기의 제련과정에서의 기술변화를 잠시 언급한다면 1870년대 이후 미국에서 널리 채택된 高壓風爐法(fast driving, hard driving)이 주목할 만하다.⁸⁾ 용광로 밑으로 압축공기를 급속도로 불어 넣는 것을 내용으로 하는 이 방법은 종래에 4psi의 공기를 1분당 6,000ft³의 속도로 불어 넣었던 것에 비해 7.5~17.5psi의 공기를 분당 30,000~50,000ft³의 율로 불어 넣음으로써 용광로당 선철생산량을 높였으며 이것이 原鐵투입(charging) 및 鑄造(casting)의 기계화를 촉진하였다.

염기성 제강법이 찌꺼기(slag)를 대규모로 생성하게 되어 금속을 분리하는 데 난점을 가지고 있었던 바 이의 해결에도 진보를 보였다. 용광로에서 용해된 선철을 전로(converter)로 이송시키는 큰 국자 모양의 혼합기(mixer, 1890년대)에 석회석을 투입하는 방법이 개발되었고, 20세기에 들어서는 탈보트爐(Talbot tilting furnace)의 도입으로 찌꺼기(slag)가 두꺼워지기 전에 수시로 제거하는 방식이 미국을 비롯하여 채택되었다. 양질의 광석이 발견된 이후 찌꺼기제거의 필요성이 감소된 것은 물론이다.

III

위와같은 제강기술의 급속한 발달과정에서 각국의 기술선택에 차이를 가져온 배경은 무엇인가. 또한 개개의 기술진보가 생산성향상 및 국제경쟁력 제고에 기여한 정도는 얼마나 될까.

1870년 경부터 영국 경제의 성장세는 눈에 띄게 둔화하였으며 20세기에 이르면 경제의 다방면에서 미국 및 독일이 영국을 능가하게 되었다. 과학지식의 축적에 바탕을 둔 새로운 산업인 화학, 전기 등 뿐 아니라 영국이 오랫동안 주도권을 가져왔던 섬유나 철강에 있어서도 생산 및 수출에서 우위를 잃었는 바 이는 당 시대에도 큰 관심사였다(표 1 참조). 빅토리아여왕 시대 후기의 갱년기(late-Victorian climacteric)라 불리우는 19세기 말엽 영국 경제의 쇠퇴는 史學界의 끊임없는 논란거리가 되어 왔다. 전통적인 해석은 기업가들이 추진력을 잃었기 때문이라는 것이며(entrepreneurial failure), 산업조직의 硬化, 노동조합의 영향, 해외수요의 감축 등의 요인이 부가적으로 지적되었다. 경영자 실패說은 創業 3대에 오면 기업이 도산한다는 단순한 논리 이외에 영국이 과학기술 교육을 등한시하고 古典 및 體育 위주의 사립학교(public school)가 19세기 후반 영국 중등 교육의 중추적 역할을 하도록 확대된 것과 밀접한 관련을 갖고 있다. 기업가들에 책임을 돌리는 구체적인 사항으로는 세일즈맨십의 부족, 과학적 관리의 결여, 신기술 도입의 등한시 등을 들 수 있다. 경영자 실패

〈표 1〉 철 강 생 산 량

(단위 : 千톤)

	영 국	미 국	독 일
1 8 8 1	7,494	5,259	3,071
1 8 9 1	7,324	8,332	4,471
1 9 0 1	8,766	15,860	7,282
1 9 1 1	10,917	23,676	15,601

자료 : R.C.Allen, "International Competition and the Growth of the British Iron and Steel Industry: 1830-1913," unpublished Ph. D dissertation, Harvard University 1975, p. 138.

8) Robert C.Allen, "The Peculiar Productivity History of American Blast Furnaces, 1840-1913," *Journal of Economic History* 37 (1977); Peter Berck, "Hard Driving and Efficiency: Iron Production in 1890," *Journal of Economic History* 38 (1978).

패설에 대한 논쟁은 아직도 계속되고 있으나 이 글에서는 철강공업에서의 기술혁신 및 전파에 초점을 두어 논의하고자 한다.⁹⁾

철강공업에서의 경영자 실패설은 영국 철강사의 권위서 중의 하나에도 잘 나타나 있는데 예를 들면 다음과 같다. “당시 철강계의 지도급 인사들이 광범위한 안목을 가지고 경영조직이나 기업의 장기적 목표 및 경영합리화에 좀 더 대담하고 정력적인 능력을 보였더라면 영국의 철강산업이 그와같이 빠른 속도로 쇠퇴하지는 않았을 것이라는 데 사실적 증거가 충분하다.”¹⁰⁾ 실제로 신기술 도입의 실패라고 주로 지적되어 왔던 것은 영국 중동부의 저렴한 철강석을 이용할 수 있는 염기성 제강법을 무시했다는 점과 용광로에 고압풍로법기술을 채택하지 않았다는 두 가지였다. 수요량 증가세의 둔화와 수요구성이 기술도입의 장애 요인으로 등장하고 적철광 수입에 의한 제강의 기득권이 상당하였다는 면 등이 신기술 채택지연에 대한 설명으로 제시되었다.

미국과 유럽 각국의 철강산업이 성장하고 이들 지역의 관세장벽이 높아지자 영국 철강의 수출시장은 점차 영국 식민지로 제한되었는데 철강수출의 도착지별 분포는 1880년에 식민지 20%, 유럽 28%, 미국 38%이었던 것이 1913년에 오면 식민지 55%, 유럽 14%, 미국 2%로 급변하였다.¹¹⁾ 또한 서비스 부문의 비중이 커짐에 따라 국내 철강수요도 줄게 되었다. 수요의 완만한 성장은 자본설비의 평균연령(vintage)을 높게 만들어 새로운 설비로 형상된(embodied) 기술의 도입을 지연시켰으며 “영국의 높은 생산비는 低成長의 원인이 아니고 결과인 듯이 보인다.”¹²⁾ 하바쿠크(Habakkuk)의 표현을 빌면 “평화시에는 위대한 장군이 배출되지 않고 성장하지 않는 산업에는 위대한 기업가가 나오지 않는다.”¹³⁾

9) 경영자 실패설의 대표적인 것으로 David S. Landes, *The Unbound Prometheus: Technical Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present* (Cambridge, 1969), pp. 326—358; Derek H. Aldcroft and H. W. Richardson, *The British Economy, 1870—1939* (New York, 1970), esp. pp. 101—189; A. L. Levine, *Industrial Retardation in Britain, 1880—1914* (London, 1967) 등을 들 수 있다. 이에 대한 반론은 Donald N. McCloskey and Lars G. Sandberg, “From Damnation to Redemption: Judgments on the Late Victorian Entrepreneur,” *Explorations in Economic History* 9 (1971)로부터 시작하였다. 또한 Martin J. Wiener, *English Culture and the Decline of the Industrial Spirit, 1850—1980* (Cambridge, 1981); P. L. Payne, *British Entrepreneurship in the Nineteenth Century* (London, 1974); Donald N. McCloskey ed., *Essays on a Mature Economy: Britain After 1840* (Princeton 1971); Marco Quazzo, *Public Schools and the Gentrification of the Victorian Middle Class*, unpublished (1984); R. C. Allen, “Entrepreneurship and Technical Progress in the Northeast Coast Pig Iron Industry: 1850—1913,” *Research in Economic History* 6 (1981) 등 참조.

10) T. H. Burnham and G. O. Hoskins, *Iron and Steel in Britain, 1870—1930* (London, 1943), p. 271.

11) P. L. Payne, “Iron and Steel Manufactures,” in D. H. Aldcroft ed., *The Development of British Industry and Foreign Competition, 1875—1914* (Toronto, 1968)의 표 4 및 표 5에서 계산.

12) Peter Temin, “The Relative Decline of the British Steel Industry, 1870—1913,” in Henry Rosovsky ed., *Industrialization in Two Systems* (New York, 1966).

13) H. J. Habakkuk, *American and British Technology in the Nineteenth Century* (Cambridge, 1962), p. 212. 수요증가 통제에서 가상적인 생산비 수준을 추정한 것으로는 Temin, 앞의 글; Donald N. McCloskey, *Economic Maturity and Entrepreneurial Decline: British Iron and Steel, 1870—1913* (Cambridge, 1973), pp. 105—113; Robert C. Allen, “International Competition in Iron and Steel, 1850—1913,” *Journal of Economic History* 39 (1979) 등이 있으나 결과는 서로 일치하지 않는다. 실제로 새로운 공장이 신기술을 채택하는지에 관해 논란이 없는 것은 아니다. M. Frankel, “Obsolescence and Technological Change in a Maturing Economy,” *American Economic Review* 45 (1955); W. E. G. Salter, *Productivity and Technological Change* (Cambridge, 1960); R. G. Gregory and D. W. James, “Do New Factories Employ Best Practice Technology?” *Economic Journal* 83 (1973)과 같은 *Journal* 85 (1975), 86 (1976)에 실린 논문을 참조하라. 이와 관련하여 필자는 다른 곳에서 프로덕트·사이클 이론으로 이 시기의 철강산업의 국제경쟁을 설명하려고 시도한 바 있다. 출고 “Failure or Product Cycle?—The British Iron and Steel Industry, 1870—1913,” mimeo(1981)와 B. A. Majumdar, “Innovations and International Trade: An Industry Study of Dynamic Comparative Advantage,” *Kyklos* 32(1979); L. T. Wells ed. *The Product*

수요의 총량 이외에 수요의 구성도 영국이 염기성 제강법으로 신속히 이전하지 않은 것과 관련이 있다. 장기적으로 산성 베세머법에서 염기성 지이멘스-마르탱 평로법으로 생산기술이 변화해 왔다면 미국과 독일은 과도기 20여년간(70년대 후반~90년대) 염기성 베세머법을, 영국은 산성 평로법을 상대적으로 많이 채택하여 대조적인 경로를 밟았다. 이는 베세머 강철이 대량 생산된 중등품으로서 철도건설에 적합하였고(장기적으로는 철로도 平爐鋼으로 대체되고 있기는 하다) 평로강철은 고품질의 주문생산된 강판들로서 선박제조에 많이 사용되었음에 기인한 것이라 할 수 있겠다. 당시 영국은 철도망이 거의 완성되었고 조선공업의 철강수요가 컸음을 상기한다면 영국이 염기성 베세머 쪽으로 이전하지 않은 사실은 상당부분 설명될 것이다.

산성제강을 둘러싼 기득권의 존재도 신기술 도입의 장애요인이었을 것으로 생각된다. ‘적철강을 손쉽게 수입할 수 있었고, 산성제강에 투여된 자본의 이해관계’가 새로운 투자에 의한 수익의 귀착을 불확실하게 하여 염기성 제강법 채택이 지연되었다.¹⁴⁾

그 원인이야 어찌 되었든 영국이 염기성 제강법과 고압용로법기술을 채택치 않음으로써 생산비가 얼마나 높아졌을까. 최근 數量經濟史의 일련의 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 경제학자들이 흔히 쓰는 생산성의 지표로 총요소생산성(total factor productivity)이 있는데 이는 각 생산요소의 생산성, 즉 산출량을 각 요소투입량으로 나눈 것들의 가중 기하평균이다. 이를 식으로 표시하면,

$$(1) TFP = \left(\frac{Q}{L}\right)^{\alpha_L} \left(\frac{Q}{R}\right)^{\alpha_R} \left(\frac{Q}{F}\right)^{\alpha_F} \left(\frac{Q}{K}\right)^{\alpha_K}$$

단, Q, L, R, F, K 는 각각 산출량, 노동투입량, 철광석투입량, 연료투입량과 자본서비스의 투입량이며 지수로 나타난 가중치 $\alpha_L, \alpha_R, \alpha_F, \alpha_K$ 는 이들 생산요소가 총비용에 차지하는 비중이다. 당시의 자료에 의하면 이는 각각 0.10, 0.45, 0.30 그리고 0.15였다. 경쟁균형의 가정하에 실물지표로서의 총요소생산성은 가격지표와 같아지며 이는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$(2) TFP = \left(\frac{P_L}{P}\right)^{\alpha_L} \left(\frac{P_R}{P}\right)^{\alpha_R} \left(\frac{P_F}{P}\right)^{\alpha_F} \left(\frac{P_K}{P}\right)^{\alpha_K}$$

단 P, P_L, P_R, P_F, P_K 는 각각 생산물, 노동, 철광석, 연료, 자본재의 단위당 가격을 말한다.¹⁵⁾

(2)식에 의한 1907~09년의 총요소생산성은 鋼板의 경우 영국이 미국보다 2%정도 높았고 鐵路, 鐵柱 및 棒鋼과 構造物의 경우 6~8% 낮았으며, 각 工程별로 볼 때 製鋼工程에서는 영국이, 용광로(blast furnace)에서는 미국이 호을면에서 앞섰던 것으로 나타났다.¹⁶⁾ 工學的 史料의 발굴에 따라 직접 (1)식을 이용한 생산성 추계가 가능하였으며 이 결과는 같은 시기에 미국과 독일의 총요소 생산성이 영국보다 15%정도 높았으며 이는 주로 미국과 독일이 영국보다 자본집약도가 높고 따라서 노동생산성이 높았던 것에 기인하였음을 보여준다.¹⁷⁾ 당시 미국이나 독일의 철강산업이 수직·수평

Life Cycle and International Trade (Cambridge, 1972) 등 참조.

14) Eric J. Hobsbawm, *Industry and Empire* (Penguins, 1968), p. 188; Charles P. Kindleberger, *Economic Growth in France and Britain: 1851-1950* (Cambridge, 1964), ch. 7, esp. pp. 141-149. 이러한 논리의 극단은 성숙한 사회일수록 소규모 이익집단이 축적되어 총체적 발전을 저해한다는 실이다. Mancur Olson, *The Rise and Decline of Nations: Economic Growth, Stagflation and Social Rigidities* (New Haven, 1982) 참조.

15) 이것은 R.W. Shephard, *Cost and Production Functions* (London, 1953)에 의해 도입된 duality theorem의 특수 경우이다. 이러한 관계를 생산성 분석에 응용한 선례로서 D.C. North, "Sources of Productivity Change in Ocean Shipping, 1600-1850," *Journal of Political Economy* 76 (1968)을 들 수 있다. 가격지표의 장점은 수량에 관한 자료보다 가격에 대한 정보를 손쉽게 구할 수 있다는 데 있다. 다만 경쟁균형의 조건이 적합한지 확인할 필요가 있다.

16) D.N. McCloskey, *Economic Maturity and Entrepreneurial Decline*, 앞의 책 p. 123.

17) R.C. Allen, "International Competition...", 앞의 글, p. 919; Steven B. Webb, "Tariffs, Cartels, Technology and Growth in the German Steel Industry, 1879 to 1914," *Journal of Economic History* 40 (1980).

결합에 의한 대규모 종합철강기업으로 구성되어 있었음을 감안할 때 경쟁균형의 가정은 만족되지 않을 것으로 생각되며 따라서 (2)식에 의한 국제비교는 정확하지 않을 것으로 판단된다. 다만 상대적 생산성의 공정별 차이는 신뢰하여도 무방하다.

(1)식의 결과로 추론하여도 생산공정별로 생산성을 비교했을 때 제강과정에서는 영국의 생산성이 미국이나 독일에 비해 평균적으로 보아 그다지 뒤떨어지지 않았으므로 열기성제강법의 도입지연 자체의 영향은 미미했던 것으로 보인다. 용광로에서 고압풍로법(hard driving)과 저압법(slow driving)의 생산성 차이는 5%정도인 것으로 추계되었고 따라서 고압풍로법 기술의 도입지연도 그다지 큰 영향을 갖지 않았다고 결론내릴 수 있다.¹⁸⁾ 즉 19세기말까지 과학적 지식이 기술진보에 직접적 자동적으로 기여하지 않았듯이 몇몇 두드러진 기술혁신이 생산성향상과 국제경쟁력 제고에 직접적으로 기여하지 않았다고 볼 수 있는 것이다.¹⁹⁾

그러면 열기성 제강법과 고압풍로법 기술의 도입을 통한 한 영국의 철강인들에게 국제경쟁에서의 패배의 책임을 직접적으로 돌릴 수는 없는 것 같이 보인다. 각 공업에서의 미미한 생산성 차이가 철강산업 전체에서 상당한(15%) 생산성 차이로 전환되는 원인은 산업조직에서 찾아야 할 것이다.

IV

이와 관련하여 기술혁신과 산업조직과의 관계가 일방적이 아니라 兩方的인 영향에 의해 특징 지워진다는 점을 더 자세히 살펴볼 필요가 있다.

미국과 독일이 열기성 평로법으로 이행하기 전 약 20여년간을 주로 열기성 베세머법을 사용하였고 영국은 산성 평로법을 고수하였던 배경은 전술한 바와같이 수요의 증가율과 구성, 가용한 철광석의 품질, 기득 이익집단의 압력 등이라 하겠다. 이러한 기술선택의 경로 차이는 산업조직의 형태로 직결되는데 베세머 제강공장의 경우 탄소제거의 속도가 빠르고 용광로의 크기 제한이 거의 없어 기업규모를 확장할 유인이 평로공장보다 컸으며 또한 제련과정과의 후방수직결합(backward integration), 압연과정과의 전방수직결합(forward integration)을 촉진시켰다. 즉 미국과 독일에서는 수직결합된 종합철강공장에서 선철과 강철 그리고 각종 강철제품을 생산하게 되었으며 수평결합등에 의해 독과점의 상태로 급속히 진전되었다. 19세기의 마지막 30년간 독일의 철강산업은 카르텔의 형태로, 미국의 철강산업은 기업합병을 통하여 독점자본을 형성하는데 비해 영국은 1차대전 이후까지 각 공정별 소규모 기업들로 산업구조를 특징 지우고 있다.²⁰⁾

각 공정에서의 기술선택(베세머법, 고압풍로법)이 미묘한 상호작용을 통해 수직결합된 대기업을 생성하면 이들은 다시 각 공정과(Talbot tilting furnace, 열기성 평로법) 공정간의(원광투입과 鑄造

18) Allen, "The Peculiar Productivity..."; Berck, "Hard Driving and Efficiency..." 미국 용광로의 연료효율이 증가한 것은 hard driving 보다 20세기에 들어 인과 규소 화합물 함유량이 낮은 Superior 호반의 철광을 개발하여 석회석 투입량을 절감할 수 있었다는 데 기인했다는 설도 있다. Allen, 앞의 글 참조.

19) 기술혁신이 가장 집중된 시기라고 알려진 산업혁명기에 있어서도 방직기, 방직기나 증기기관 자체가 직접적으로 생산성 향상에 기여한 것이 아니고 장기간에 걸친 생산조직의 변화, 즉 공장제에 의한 엄격한 노동규율의 확립이 훨씬 더 큰 역할을 하였다는 것이 밝혀지고 있다. 참고, "영국 산업혁명의 연소 노동" 『외국문학』 (1985, 가을) 및 그곳에서 인용한 문헌들을 참조.

20) 이와같은 추세는 거의 모든 산업에 일반적으로 나타났다. Leslie Hannah, *The Rise of the Corporate Economy: The British Experience*, 2nd ed. (Bungay, 1983); Alfred D. Chandler, Jr., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business* (Cambridge, 1977); Jürgen Kocka, "The Rise of the Modern Industrial Enterprise in Germany," in A.D. Chandler and Herman Daems eds., *Managerial Hierarchies: Comparative Perspectives on the Rise of the Modern Industrial Enterprise* (Cambridge, 1980).

과정의 기계화, mixer) 기술진보를 촉진하는 과정을 되풀이하였다. 이와같이 독과점적 산업조직형태가 기술진보에 기여하는 과정이 숄페터 가설에 의해 설명될 수도 있다고 하겠다. 실제로 당시 철강산업에 있어 산업조직이 기술혁신을 촉진하는 메카니즘은 여러가지로 설명되고 있다. 첫째, 대량생산의 결과 제품의 표준화가 가능케되어 부품의 교환이 용이하게 되었고 직접 판매에 의해 기술정보의 전파를 신속히 할 수 있었다.²¹⁾ 둘째, 제련공정에서 압연까지를 수직결합한 종합공장에서는 금속을 가열된 상태로 유지할 수 있어 연료효율이 높아졌을 뿐 아니라 더욱 합리적인 경영조직을 발달시킬 수 있었다.²²⁾ 셋째, 시장수요나 요소가격의 일시적 변화에 구애되지 않고 장기적 안목으로 설비투자를 계획하기 위해서는 시장지배의 전망이 있어야 하며 독점자본만이 이와같은 조건을 갖추고 있었다.²³⁾ 마지막으로 미국에서는 철강노동자의 취약점을 이용, 대기업이 임금을 통제할 수 있었던 반면 영국에서는 각 공정별 소기업으로 구성된 철강산업의 경영자들에 비해 노동조합이 강력하여 과학적관리 등을 도입하는 데 장애요인으로 작용하였다.²⁴⁾ 시카고에 따라서는 독점 대기업이 기술진보나 경영조직의 합리화를 가져온 것이 아니고 시장지배력 및 노동착취 때문에 경쟁력 및 이윤이 높아졌다고 주장하는 학자들도 있다. 특히 철강산업의 경우 기업합병이 단기적 금융이득을 목적으로 이루어졌으므로 생산성향상과는 관계가 없었다는 점이 지적되고 있다. 그러나 산업의 집중도가 높아지던 당시를 관찰하면 위와같이 다각도로 기술진보를 가속했던 것을 부인할 수 없다. 다만 독과점이 일단 정착된 후, 즉 20세기에 들어서면 경직성 및 타성에 의해 효율이 떨어지는 현상이 나타나기 시작하는 것이다. 이것이 최근 자료에 의한 숄페터 가설의 부인 결과를 일부 설명하는 것이기도 하다.²⁶⁾

19세기 후반에 있어 영국에 비해 후발공업국인 독일이나 미국 등에서 기업규모가 커지는 현상을 설명하는 이론에는 또 하나가 있다. 저첸크론(Gerschenkron)은 공업화의 시기가 늦을수록 대량생산기술로 시작을 해야 하므로 공장 및 기업규모가 커지고 자본소요가 증대하여 은행 및 국가 등의 제도적 금융장치가 필요하다는 일반적 추세를 주장하였다. 그러나 모든 것이 '공업화시기'로 회귀되는 것만은 아니며 부존자원관계, 사회적·문화적환경에 따라 산업조직의 유형이 달라지게 마련이다.²⁷⁾

이제 이 글을 요약하여 보자. 19세기 후반의 철강기술의 혁신 및 전파는 기술사적인 측면에서 볼 때 지역에 따른 광물과 연료의 화학적 구성, 철강제품 수요의 증가율과 그 구성, 그리고 철강산업

21) C.P. Kindleberger, "Germany's Overtaking of England, 1860 to 1914," *Weltwirtschaft Archiv* 3 (1975) reprinted in Kindleberger, *Economic Response: Comparative Studies in Trade, Finance and Growth* (Cambridge, 1978) p. 229에서 그는 당시 영국의 鐵片의 가치수는 122개나 된다고 지적하였다. (독일은 34개)

22) Landes, *Unbound Prometheus*, 앞의 책, pp. 267-268.

23) Bernard Elbaum, "The Disadvantages of Prior Industrialization: Structure and Performance in the British Steel Industry," unpublished paper, (1980). Lazonick은 동시대의 면방직공업에 관한 연구에서 미국의 수직결합된 대규모 기업이 ring spindle 및 automatic loom의 도입에 큰 도움이 되었다고 주장하였다. William Lazonick, "Industrial Organization and Technological Change: The Decline of the British Cotton Industry," *Business History Review* 57 (1983).

24) Bernard Elbaum and F. Wilkinson, "Industrial Relations and Uneven Development: A Comparative Study of the American and British Steel Industry," *Cambridge Journal of Economics* 3 (1979).

25) R.B. DuBoff and E.S. Herman, "Alfred Chandler's New Business History: A Review" *Politics and Society* 10(1980).

26) Walter Adams and J.B. Dirlam, "Big Steel, Invention and Innovation," *Quarterly Journal of Economics* 80(1966) 참조.

27) Alexander Gerschenkron, *Economic Backwardness in Historical Perspective* (Cambridge, 1962); Clive Trebilcock, *The Industrialization of the Continental Powers, 1780-1914* (London, 1981); Rondo Cameron, "A New View of European Industrialization," *Economic History Review* 38 (1985). 또한 참고 "A Note on 'Gerschenkron Thesis'-the Case of Italy" unpublished paper (1982) 참조.

종사자들의 이해관계 등과 밀접한 관련을 가졌다. 기술선택에 따른 생산비의 차이와 그 결과로 나타난 국제경쟁의 향방은 각 공정에서의 기술수준보다 이들을 포괄하는 산업조직의 형태에서 결정되었다고 하겠다. 기술진보와 산업조직은 시기에 따라 독특한 상호작용을 하는 유기적 관계에 있으며 독점자본주의 형성기의 철강공업에서는 기술선택→산업조직→기술진보의 연쇄반응이 독과점적 산업조직을 갖는 경제에 이로운 쪽으로 작용하였다. 이후 독점자본의 귀추는 또한 대량생산기술과의 해후에서 결정되었던 것이다.²⁸⁾ 다만 20세기에 와서는 과학교육 및 연구개발의 역할이 산업조직 또는 시장구조의 영향에 비해 커지고 있을 뿐이다.

28) 1950년대 이후의 미국의 철강산업의 쇠퇴와 일본의 浮上은 원자재 가격 및 운송비와도 관련되는 것이나 새로운 대량생산기술인 basic oxygen process의 도입과도 밀접한 관계에 있다. 초대형 용광로를 이용, 평로보다 가열시간이 훨씬 짧은 이 신기술을 도입하는 데 일본이 속도가 빨랐으며 대규모 종합공장에서 다시 continuous casting, computer-controlled rolling 등의 기술진보가 잇달았다. Robert W.Crandell, *The U.S. Steel Industry in Recurrent Crisis: Policy Options in a Competitive World* (Brookings, 1981) 참조.