

産業革命期 鐵工業의 近代的 變革過程

金 宗 炫

이 글은 산업혁명기의 영국철공업의 근대적 변혁과정을 기술혁신과 생산조직의 변화를 중심으로 고찰한 것이다. 이 시기에 철공업의 변혁의 핵심적 요소는 연료혁명을 내용으로 한 기술혁신이었다. 기술혁신에 따라 산업조직도 변화되면서 철공업에서의 근대적 생산력체계가 확립되었다. 이러한 변화는 18세기 중엽에서 19세기 20년대에 이르는 시기에 집중적으로 이루어졌다. 이 시기에 선철과 단철 생산에서의 목탄연료의 석탄연료로의 전환과, 동력으로서 수력의 증기력으로의 전환이 결정적으로 진전되었다. 그 결과 입지적으로 분산되고 규모면에서도 왜소하던 용광로는 지역적으로 집중되고 보다 대규모화 되었다. 그 속에서 철공업의 생산력은 계속적으로 급속하게 증가하여 증대하는 국내수요를 충족하면서 대량수출을 할 수 있게 되었다. 그것은 영국의 철공업이 생산력적 한계를 가진 전통적·수공업적 공업에서 근대적·기계공업적 공업으로 결정적으로 전환하는 과정이었다. 이러한 변화는 특정한 경제주체의 주도하에 급격하게 이루어진 것이 아니다. 다수의 철공업종사자들이 경제적 합리성을 추구하는 속에서 시행착오의 과정을 거치면서 장기간에 걸쳐 점진적·자생적으로 이루어졌다는 점에서 역사적으로 유익한 것이었다.

1. 머리 말

鐵工業은 綿工業 및 石炭産業과 함께 산업혁명기의 중심적 산업의 하나였다. 물론 철공업의 지위는 고용노동자수, 투자액, 생산액, 그리고 성장률 등 어느 면으로 보아도 면공업에는 미치지 못하였다. 그리고 철공업의 기술혁신은 기본적으로 제철연료의 목탄에서 석탄으로의 전환을 내용으로 한 ‘燃料革命’이었으며, 그것은 이미 자본주의적 대규모 경영의 전통을 가진 철공업에서는 생산조직의 근본적 변혁을 수반하지는 않았다. 따라서 철공업의 근대적 변혁은 수공업적 가내공업에서 기계적 공장제로의 전환을 수행한 면공업의 변혁만큼 근본적이고 사회경제적으로 큰 충격을 준 것은 아니었다. 그러나 철공업의 근대적 변혁에 따른 양질의 철의 공급능력의 획기적 증대와 철가격의 저렴화는 기계공업 발전의 조건이 되어, 면공업을 비롯한 여러 공업에서의 기계화를 뒷받침하고 동력의 수력에서 증기력으로의 전환을 촉진하였으며 나아가서는 수송수단의 변혁을 촉진하였다. 철공업의 발전이 그와 결부된 에너지 및 원료 산업인 석탄산업 및 광업의 발전을 자극하였다는 것은 두말할 것도 없다. 따라서 철공업의 근대적 변혁은 산업혁명의 중요한 부분 중 하나

였다.

이 글은 산업혁명기의 영국철공업의 근대적 변혁의 기본과정을 기술혁신과 생산조직의 변화를 중심으로 고찰한 것이다. 전통적 철공업은 어떤 상태에 있었는가? 새로운 제철기술은 어떻게 개발되고 보급되었는가? 산업조직은 어떻게 변화하였는가? 그러한 변화의 효과는 어떤 것이었는가? 산업조직은 어떻게 변화하였는가? 그러한 변화의 효과는 어떤 것이었는가? 이 글에서는 이러한 문제들을 기존의 제 연구에 기초하여 고찰한다. 이 글의 2장에서는 산업혁명에 선행한 시기에 있어서의 전통적 철공업의 존재형태가, 그리고 3장에서는 산업혁명기의 철공업의 근대적 변혁과정을 다룬다.

2. 木炭時代의 鐵工業

2.1. 生産技術

철공업의 기술은 역사적으로는 세 가지 단계를 거치면서 발달하였다. 제1단계는 목탄을 연료로 철광석으로 바로 鍊鐵을 제조하는 직접제철법의 시대이다. 이 단계에서의 연철제조에는 分塊爐(bloomery)가 이용되었다. 즉 分塊工(bloomer)은 분괴로에 목탄과 철광석을 교대로 쌓아놓고 한두 쌍의 足踏 풀무로 높은 화력을 올리고 단단한 풀 상태가 된 쇳덩이를 끌어내어 손으로 망치질하면서, 광석찌꺼기(鑛滓: slag)를 떨어내어 대장장이가 이용할 수 있는 傾度の 연철을 제조하였다. 분괴로 1기의 년생산량은 수톤에서 25톤 정도였다.

제철기술발달의 제2단계는 철광석을 용광로(blast furnace)의 고로에서 용해하여 銑鐵(pig iron)을 연철로(forge)에 가열하여 탄소를 제거하고 연철을 제조하는 간접제철법의 시대이다. 선철의 일부는 鑄鐵로 이용되었다. 간접제철법은 14세기말에 서부독일 및 북부 이탈리아에서 발생하여 1990년대 후반기에 영국으로 전파된 기술이다. 제3단계는 제2단계와 같이 간접제철법을 이용하지만, 용광로에서 제조된 선철을 轉爐 또는 平爐를 통하여 鋼으로 전환하는 제철법의 시대이다. 이 제철법은 19세기 후반부터 도입되었으며 이 법에 의해서 연철의 생산·이용은 없어지고 전면적으로 강이 나타나게 되었다.

제철기술의 단계구분에서 볼 때 산업혁명기는 제2단계의 후기에 속하여, 이 시기의 기술혁신의 본질은 선철과 鍊鐵제조용 연료로서 목탄대 대신 석탄을 이용함으로써 철의 대량생산을 가능하게 하였다는 데에 있다. 제3단계는 산업혁명기의 기술발달에 뒤이어 일련의 새로운 제강법이 도입됨으로써 철강산업의 현대적 발전이 이룩되는 시기이다.

산업혁명기의 철공업에서의 기술혁신을 고찰하기 위해서는 선행한 시기에 있어서의 철공업의 전개양상에 대하여 기본적인 이해를 갖출 필요가 있다. 산업혁명기의 제철법은 기본적으로 제2단계의 간접제철법이었으며, 그 속에서의 기술혁신은 목탄의 석탄에 의한 대체라는 연료혁명에 그 핵심이 있었다. 즉, 동일한 간접제철법하에서 목탄연료가 석탄연료로 결정적으로 전환되고 그와 함께 관련기술과 산업조직상의 변화가 진전되는 과정이 바로 철공업에서의 산업혁명의 과정이었다.

제2단계의 간접제철법에서의 주요생산물은 선철(pig iron), 주철(cast iron) 및 봉철(bar iron)이었다. 선철은 철광석을 용광로(blast furnace)에서 1400°의 고온으로 용해하여 생산한 철로서 탄소함유량은 3%이상이었다. 선철은 단단하지만 부러지기 쉬워서 鍛造, 즉 가공할 수가 없다. 따라서 그 일부(약 5%)는 용해되어 鑄에 주입되어 자유로운 형의 주철로 이용되고 나머지 대부분은 단철소에서 제련되고 망치질을 거쳐 연철(wrought iron) 또는 봉철로 되었다. 단철·봉철은 탄소함유량이 1% 이하의 높은 순도의 철로서 유연성과 可鍛性이 있어 빨갛게 달군 상태에서 망치질하여 쉽게 단조(가공)할 수 있었다. 鋼(steel)은 봉철로 만들어진 탄소 함유량이 선철과 연철의 중간정도의 철로서, 단조(가공)가 가능하며 특히 칼붙이(cutlery)제조에 적합한 재료였다.

이들 철의 용도는 각각 달랐다. 주철은 각종 냄비, 대포와 탄환, 난로, 닳, 일부 기계부품 등의 제조에 이용되었다. 주철수요는 전쟁기에는 예외적으로 컸으나 평상시에는 한정되어 있었다. 한편 연철·봉철은 철못, 철선, 자물쇠, 볼트, 말굽, 출입문, 철책, 소형무기 등의 제조에 이용되었다. 강은 각종 칼붙이 및 바늘 등의 제조에 이용되었으나 아직 그 수요는 한정되어 있었다.

제철공정의 제1단계에는 용광로가 있었다. 용광로의 전형적 형태는 내부가 돌벽으로 되어 있는 약 25피트 높이의 4각탑(高爐)이었다. 용광로는, 탑의 윗부분으로부터 목탄과 철광석, 그리고 필요하면 融劑로 약간의 석회석을 투입할 수 있도록, 독옆에 건설되어 경사로 또는 다리로 윗부분에 접근할 수 있게 되어 있었다. 용광로는 약 1400도의 고온으로 가열되고 용해되어 밑바닥에 고인 용철은 표면의 가벼운 未還元 철광석과 불순물이 제거됨으로써 선철이 되었다. 철광석을 용해할 수 있을 만큼 용광로의 열을 높이기 위해서 중요한 것은 목탄의 다량투입과 함께 강력한 송풍력이었다. 강한 송풍을 위하여 용광로 밑 부분에는 풀무가 설치되고 수력으로 가동되었다. 이러한 기술적 조건으로 말미암아 용광로의 규모는 약 25피트 이상으로 높아질 수는 없었다. 왜냐하면 용광로의 맨위로부터 목탄을 너무 높이 쌓아 올리면 압력으로 부스러져 용광로가 기능하기 곤란하였고 또한 풀

무의 송풍능력에도 한계가 있었기 때문이다. 그리고 고온다습한 여름철의 낮은 생산성과 고로내부 및 풀무 수리의 필요로 용광로는 연간 약 30주 동안만 가동되고 여름에는 폐쇄되었다. 따라서 전형적인 용광로 1기당 년평균생산량은 16세기초의 200톤에서 18세기초에는 300톤으로 증가하였으나 그 자체로서는 한정된 것이었다.

제철공정의 제2단계에는 단철로가 있었다. 용광로에서 생산된 선철은 단철로를 거쳐 최종적으로 붕철이 되었다. 단철로에서는 두 가지 공정이 있었다. 제1공정은 精練爐(finery hearth)이며 제2공정은 체이퍼리爐(chafery hearth)이다. 선철은 정련로에서 가열되면서 제련되어 탄소와 규소가 제거되고 풀 상태로 된 단철은 수력햄머로 망치질되었다. 이 공정을 거치면서 선철은 약 56파운드의 單鐵塊로 되었다. 제1공정을 거친 단철덩어리는 체이퍼리로에서 재가열되고 다시 망치질되었다. 이 공정에서 철은 화학적 변화를 겪지는 않았으나 수력햄머로 철의 최종생산물형태인 단철봉으로 가공되었다. 단철봉은 재단소에 보내기 위해 작은 막대기(rads)로 절단되어 못제조업자나 대장장이들에 의해서 이용되었다. 전형적인 단철소는 2-3개의 정련로와 1개의 체이퍼리로를 가지고 있었다. 단철소의 년생산량은 18세기초에는 200톤 이상의 경우도 있었으나 평균적으로는 115톤 정도였다.

2.2. 立地的 條件

이상에서 고찰한 제철공정의 모든 단계에서 필수적인 것은 원료로서의 철광석, 연료로서의 석탄, 그리고 동력으로서의 수력을 확보하는 것이었다. 즉, 철광석은 선철의 원료이며 목탄과 수력은 각각 제철연료 및 송풍과 망치질을 위한 동력으로 용광로와 단철로에서 다같이 필수적인 것이었다. 따라서 용광로와 단철로 등 제철소는 이러한 조건이 확보될 수 있는 산림지대라든가 溪流地帶에 입지하게 되었다. 수분은 철의 수송수단으로도 중요하였다. 이러한 조건에서 용광로는 지역적으로 집중될 수 없었으며 분산될 수밖에 없었다. 용광로와 단철소도 인접해 있을 수 없어 지역적으로 분리되었다. 목탄용 나무는 雜木林(coppices)으로부터 공급되었으며, 목재공급의 고갈을 막기 위하여 잡목림은 15-20년주기로 재조립되었다.

제철소의 지역적 분포는 자원의 공급조건과 시장조건에 따라 변화하였다. 양질의 철광석과 런던을 비롯한 여러 항구도시와의 해상수송편의를 확보하기 위하여 16세기에 월드지방(the Weald: 잉글랜드 남부의 광야지대)에 집중되었던 철공업은 점차 웨일즈 남부, 미드랜드 서부, 슈롭셔, 스태포드셔, 더비셔 및 요크셔 북부, 그리고 햄프셔 지방으로 확산되었다. 특히 던의 숲(the Forest of Dean)에서의 철공업의 성장은 급속하였다. 18세기 초 제철소의 지역적 분포상황은 <表 1>에 표시되어 있다. 제철중심지로 일찍부터 중요하

던 윌드지방은 18세기초에는 그 중요성이 크게 감퇴되고 던의 숲의 중요성이 커지고 있다. 특히 중요한 것은 미드랜드 서부(5, 6, 7지역)였다. 버밍검이라든가 셰필드 등 철의 대 수요지가 배후에 있고 수운이 좋은 이 지역은 전국 선철생산의 42.2%, 그리고 봉철생산의 57%를 차지하였다. 웨일즈 남부의 중요성은 아직 크지 않았다.

〈表 1〉 18세기초 製鐵所의 地域的 分布

	지 역	수	생산량 (톤)	전국생산량에서 차지하는비중(%)	1기당 생산량(톤)
용 광 로 (1720년)	윌 드	15	2,000	11.5	133
	던 의 숲	9	4,250	24.4	472
	웨 일 즈 남 부	6	1,500	8.6	250
	웨 일 즈 북 부 - 체 서	5	2,250	12.9	450
	슈 롱 서	7	2,550	14.6	364
	스태포드셔-우스터셔	6	2,400	13.8	400
	요크셔남부-더비셔	11	2,400	13.8	218
	랜 카 셔 - 컴 버 랜 드	-	-	-	-
	스 코 트 랜 드	-	-	-	-
	평 균 또는 합 계	59	17,350		297
단 철 소 (1717년)	윌 드	15	920	6.9	61
	던 의 숲	20	1,840	13.8	92
	웨 일 즈 남 부	13	1,750	13.1	134
	웨 일 즈 북 부 - 체 서	8	880	6.6	110
	슈 롱 서	14	2,010	15.0	143
	스태포드셔-우스터셔	28	3,920	29.4	140
	요크셔남부-더비셔	16	1,690	12.6	105
	랜 카 셔 - 컴 버 랜 드	2	320	2.4	160
	스 코 트 랜 드	-	-	-	-
	평 균 또는 합 계	116	13,330		115

資料: Hulme, "Statistical History," pp. 14-15, 21-22; Hyde(1977, p.12).

2.3. 産業組織

제철소는 지리적으로 분산되어 있었다. 용광로는 상호간에 떨어져 있었고 용광로와 단철소도 분리되어 있었다. 그들은 주요시장으로부터도 떨어져 있었다. 그러나 산업조직 면에서 철공업은 고도로 수직적·수평적으로 통합되어 있었다. 철광석에서 재단소에 이르는 생산공정의 수직적 연결과 주요시장에 공급하기 위한 분산된 제철소제품 수합의 필요성은 제철업자들로 하여금 제철소를 통합적으로 운영하도록 하였다. 제철업자들은 파트너십을 조직하고, 유력한 파트너십을 중심으로 연합하여 제철업에서의 복잡한 거래관계를 재배하였다.

17세기말에서 18세기초에 걸친 시기에 있어서의 대표적인 통합기업으로는 폴리家(The Foley)와 스펜서家(The Spencer)의 파트너십, 또 그들이 지배한 제철업자들의 연합이 있었다. 예를 들어 폴리가가 지배한 연합체는 웨일즈 남부, 딘의 숲, 스탠포드셔, 체셔, 웨일즈 북부, 우스터셔 등 대부분의 제철 중심지의 제철소를 포함하고 있었다. 폴리가의 파트너십은 9기의 용광로, 3개의 단철소, 4개의 제단소를 지배하였고 그 총생산량은 1704년에 선철 약 5,700톤, 봉철 약 2,100톤에 달하였다. 파트너십을 재건한 폴리가의 3형제는 1692년에 특정 제철소를 운영하기 위하여 다른 업자들과 또 다른 파트너십을 조직하였다. 폴리가의 파트너십은 전체업무를 통제하는 ‘同業者 管理 會議’과 ‘管理支配人’ 그리고 각각 용광로와 단철소 관리담당제도를 통해서 관리되었다. 한편 요크셔남부-다비셔 지역의 철공업을 지배한 스펜서가 신디케이트는 1702년의 설립당시에 7기의 용광로, 8개의 단철소, 1개의 제단소를 지배하여 약 3,000톤의 선철과 1,000톤의 봉철을 생산하였다. 그후 스펜서 그룹은 혼인과 추가적 파트너십으로 보다 많은 제철소를 지배하였다. 폴리와 스펜서의 신디케이트는 합해서 18세기초에 영국 선철, 총생산량의 50%에 해당하는 9,000톤의 선철을 생산하였다[Hyde(1977, pp.15-16), Harris(1988, p.21)].

런던에서 철물상의 도제수업을 거쳐 1684년에 철못제조소를 설립한 크로울리(Ambrose Crawley)는 얼마 후에 절단소와 제강용광로, 뒤이어 주조소와 단철소를 소유하고 그곳에서 닻, 쇠사슬, 기타 중철제품을 생산하였다. 그는 런던 등지에 큰 창고와 수척의 선박을 소유하고 있었다. 그의 아들 존(John)이 죽은 후 1728년 그의 재산은 25만 파운드에 평가되었다. 그것이 모두 산업자산만으로 구성된 것은 아니고 상업자산도 컸지만, 그의 기업은 당시 최대의 것이었다. 그의 기업은 지배인과 감독자를 둔 명확한 관리조직을 통해 정교한 규칙에 따라 운영되고 런던으로부터의 통신문으로 정책과 일상적 작업이 지시되었다[Ashton(1951, pp. 120-121)].

다른 한편에서는 미드랜드 서부의 나이트家(the Knight)의 경우와 같이 2-3기의 용광로와 몇몇 단철소를 소유한 다수의 소규모 파트너쉽이 있었다. 그리고 공식적인 파트너쉽이 없는 경우에는 가족간의 연고가 중요하였다. 퀘이커 교도들(Quaker)은 18세기초에 가동중인 제철소의 50% 내지 75%를 소유하거나 관리하고 있었으며, 제철소의 대부분은 복합적인 계열의 파트너쉽과 혼인에 의해서 적어도 느슨한 상호관계를 맺고 있었다[Hyde(1977, p.16)].

소유와 경영을 통한 철공업기업의 통합은 전국적 차원에서가 아니라 지역적 차원에서 이루어진 것이었다. 물론 지역간 교역은 존재하였다. 인이나 유황 등 철광석의 유해성분 함유정도에 따라 생산되는 선철의 성질에는 편차가 있었기 때문에, 제철업자들은 여러 종류의 용광로와 단철소를 운영하고 품질이 다른 선철을 단철소에서 혼합하여 실수요에 맞는 품질의 단철을 생산하였다. 이러한 필요에서 들판에서 생산된 선철이 버밍엄지역의 단철소로 출하되기도 하였다. 그러나 미드랜드 서부의 경우를 제외하고 대부분의 제철업자들은 지역적 시장의 범위내에서 활동하였다. 그들은 높은 수송비로 말미암아 다른 지역의 경쟁으로부터 차단된 지역적 시장에서 신디케이트를 통해서 경쟁을 배재하면서 철공업을 지배하였다.

2.4. 成長의 限界

목탄제철업의 생산력은 기본적으로 한정된 것이었다. 목탄과 수력 공급에는 일정한 한계가 있었으며 수송력도 제한되어 있었다. 애슈톤은 영국철공업이 시민혁명(1640-1660년) 이후 쇠퇴기에 들어갔다고 주장하였다. 그는 영국철공업은 모든 부문에서 '收穫遞減'에 직면하였고, 전국의 봉철생산량은 1720년에 20,000톤으로 17세기 중엽의 절정기보다 크게 떨어졌으며, 그것은 그후 18세기 중엽에 이르기까지 증가하기보다 오히려 감소하였다고 주장하였다[Ashton(1951, p.13)]. 애슈톤은 철공업쇠퇴의 원인을 연료로서의 목탄부족에서 찾고 목탄의 공급의 산술급수적 증가에 대하여 수요가 기하급수적으로 증가하는 데 따른 '燃料飢饉'에 대처하기 위하여 제철업자들은 제철소를 보다 먼 곳으로 분산하고 조립사업을 추진하였으나, 연료부족을 해결하지는 못하였다고 주장하였다[Ashton (1951, pp.15-17)]. 애슈톤의 주장은 그 후 오랫동안 통설이 되어 왔다.

그러나 통설로서의 애슈톤의 주장은 Flinn에 의해서 반론되었다. 그는 1660-1760년에 적어도 43기의 용광로가 새로 건설되어 선철 생산량이 10,000톤 정도 증가하였다고 주장하였다[Flinn(1958, pp.146-148)]. 이러한 반론을 거쳐 통설을 근본적으로 비판한 것은 하이드였다. 그는 당시의 제철소명부를 자료로 1716-1720년의 년평균생산량을 추계하여

선철은 70기의 용광로에 의해서 약 23,000톤, 그리고 봉철은 150개 단철소에 의해서 약 16,000톤 생산되었다고 주장하였다. 하이드도 1660-1720년에는 생산량 감소의 징후가 있다는 것을 인정하고 그 증거로 같은 기간에 가동중인 용광로가 73기에서 61기로 감소하였다는 사실을 주목한다. 그러면서도 그는 이 기간에 소멸한 용광로 중에는 월드지방의 낡은 것들이 많았고 새로 건설된 것들은 보다 규모가 크고 생산량도 많았기 때문에, 전체로서의 생산량은 같은 기간에 감소하였다기보다는 정체하거나 약간 증가하였을 것이라고 지적하고 있다[Hyde(1977, pp. 20-22)]. 한편 하이드는 선철 및 봉철생산량은 1716-1720년에서 18세기 중엽에 이르기까지 약 20% 증가하였다고 주장하여 18세기 전반기에 영국 철공업이 쇠퇴하였다는 통설을 강력하게 비판하였다[Hyde(1977, p.43)].

이렇게 해서 오늘날 18세기 전반기에 영국 철공업이 쇠퇴하였다는 종래의 통설은 비판되고 있다. 그러나 그것에 의해서 목탄철공업의 성장에 한계가 있었다는 사실이 부정되고 있는 것은 아니다. 사실 이 시기의 하이드가 밝힌 18세기 전반기를 통한 20%의 성장 그 자체가 철공업의 상대적 정체를 나타내는 것이다. 그것은 정체는 아니라 하더라도 정체를 크게 벗어나지 못한 근소한 성장에 불과하였다. 특히 18세기 전반기에는 철제품수출이 크게 증가하는 속에서 철에 대한 수요는 증가하였다. 영국 철공업은 증가하는 수요에 따라가지 못하였다. 수요에 대한 공급부족은 수입에 의해서 메꾸어졌다. 영국은 18세기초만 하더라도 선철을 국내생산으로 자급할 수 있었으나 1740년대까지는 년 2,300톤 이상을 주로 아메리카 식민지로부터 수입하였다. 봉철수입은 국내생산량을 상회하고 1720년대에는 20,000톤에 달하였다. 수입봉철은 주로 스웨덴산이었다. 수입봉철을 선철로 환산하면 1716-1720년에서 1750년 사이에 국내철소비에서 차지하는 영국산 선철의 비중은 54%에서 43%로 떨어졌다. 그동안 생산은 증가한데 반해서 시장점유율은 크게 떨어졌던 것이다. 한편 그 동안에 봉철수입은 76%나 증가하였다. 생산증가는 수요증가를 따라가지 못하고 그 결과 수입철에의 의존도는 커졌다[Hyde(1977, pp. 42-43)].

국내에서 영국산 철과 스웨덴산 철 사이에는 가격경쟁이 전개되었고 영국철의 경쟁력은 취약하였다. 스웨덴산 봉철은 보다 양질이고 값이 싸다. 영국 철공업의 취약한 경쟁력과 더 나아가 '衰退' 경향의 원인으로 애슈튼은 목탄부족, 수력부족 그리고 수송력한계에 따른 생산비 상승을 들었다[Ashton(1951, pp. 22-23)]. 이에 대해서 플린은 잠목림의 조성으로 산림자원은 재생될 수 있었으며 오히려 보다 곤란한 것은 수력부족이었다고 비판하였다[Flinn(1958, p. 148seq)]. 목탄부족설은 Hammersley에 의해서도 비판되었다. 그는 16세기 중엽에서 18세기 중엽에 이르는 사이에 제철소의 능률향상으로 목탄소비는 50%나

절약될 수 있었으며, 그만한 목탄을 공급할 수 있는 산림이 영국에는 있었다고 주장하였다[Hammersley(1973, p. 703seq. 609)]. 또한 여타의 모든 산업과 가정난방마저도 연료로서 석탄을 이용하고 있었으므로 목탄은 철공업에서만 이용되었다는 것도 주목할 만하다[Harris(1988, p. 26)]. 이렇게 해서 오늘날 영국 철공업의 높은 생산비의 원인을 목탄 부족에서 찾으려는 학설은 비판되고 그에 대신해서 높은 노동 및 목재 비용, 보다 낮은 질의 철광석, 수력공급의 제약 등이 중요시되고 있다. 특히, 벌목, 목탄제조작업, 목탄수송, 철광석의 채취와 수송에는 많은 노동력이 투입되었으며, 임금상승은 영국 철공업에서의 생산비 상승의 가장 중요한 원인이었다는 것이 오늘날 일반적으로 인정되고 있다[Flinn(1958, pp. 151-153), Harris(1988, p. 28)].

상대적으로 높은 생산비에도 불구하고 영국 철공업이 매우 완만하게나마 성장할 수 있었던 것은 높은 관세와 수송비의 효과였다. 영국에서의 스웨덴산 봉철가격의 25-30%은 스웨덴으로부터의 수출 및 영국에서의 수입관세였다[Hyde(1977, p. 47)]. 불편한 수송수단으로 말미암아 제철업자들은 외국과 국내의 다른 지역의 업자들과의 경쟁에 직면하지 않았다. 그리고 지역적으로는 강력한 연합조직이 경쟁을 제한하고 있었다. 이러한 조건에서 영국 철공업은 생존할 수 있었다. 영국 철공업이 경쟁력을 갖고 발전하기 위해서는 높은 생산비를 크게 떨어뜨리지 않으면 안되었다. 기술혁신을 위한 압력이 강력하게 나타나고 있었다.

3. 鐵工業의 變革

3.1. 技術革新

3.1.1 銑鐵部門

철공업에서의 기술혁신은 기본적으로 제철 제공정에서의 연료혁명이었다. 즉, 그것은 풍부한 석탄을 이용함으로써 목탄공급의 한계에서 오는 제철능력의 제약으로부터 철공업을 해방시키는 것이었다. 영국 철공업에서 연료혁명이 집중적으로 진전된 것은 18세기 후반기에 들어서였다. 그러나 그것은 산업혁명의 다른 산업의 경우와 마찬가지로 기술진보의 최종국면을 장식하는 현상에 불과하였다. 18세기 후반기에 진전된 기술혁신은 선행한 오랜 시기에 있어서의 기술적 애로를 극복하기 위한 시행착오의 기반 위에서 이루어진 것이었으며 철공업의 경우도 그 예외는 아니었다.

연료로서의 목탄의 석탄에 의한 대체는 17세기에는 대부분의 산업부문에서 이루어지고

있었으며, 같은 전환은 가정난방용 연료의 이용에서도 이루어지고 있었다. 유리산업에서도 석탄으로의 연료전환이 이루어졌으며, 17세기 말엽에는 구리제조에도 반사로를 이용함으로써 석탄을 연료로 이용하게 되었다. 그러나 유독 철공업에서는 석탄이 이용되지 못하였다. 물론 철공업에서도 석탄을 이용하려는 시도는 일찍부터 있었다. 석탄으로 코크스(coke)를 제조하는 방법은 1627년에 특허를 받은 바 있으며 17세기 중엽에는 코크스를 이용하여 용철하려는 시도도 있었다[Ashton(1951, p.31)]. 그러나 이러한 시도는 성공하지 못하였다.

석탄을 연료로 한 제철법을 최초로 개발한것은 다비 1세(Abraham Darby I : 1678-1717)였다. 그의 부친은 농민이면서 못·자물쇠 제조공이었다. 다비 1세는 버밍검의 脈芽製粉機(malt mill)제조업자 밑에서 도제수업을 마치고 1699년에는 브리스틀에서 맥아제분기를 제작하기 시작하였다. 그곳에서 그는 브리스틀 鐵銑會社(Bristol Wire Co.)의 설립에 파트너로 참여하여 주석 및 주석주전자를 제조하였다. 당시 동제련과 맥아제조에는 코크스를 이용하기도 하였다. 그것을 통해서 그는 코크스 이용에 익숙하게 되었다. 그는 1706년에 브리스틀회사를 떠나 브리스틀에서 주철주전자를 제조하는 소규모 鑄鐵所(foundry)를 운영하고 1707년에는 슈롭셔(Shropshire)의 콜부룩데일(Coalbrookdale)의 유희용광로를 임차하였다. 콜부룩데일은 현재는 텔포드(Telford)의 아이언브릿지(Ironbridge)의 일부가 되어있는 지역으로 풍부한 석탄과 철광석 산지였으며 필요한 수력과 세번강(Severn)의 수운도 이용할 수 있는 지역이었다. 다비는 이곳 자신의 용광로에서 목탄 대신 석탄코크스를 연료로 하여 제철하는 데에 성공하였던 것이다.

목탄부족이 철생산능력의 확대를 크게 제약하는 상태에서 풍부하고 저렴하게 공급될 수 있는 석탄을 목탄 대신에 이용할 수 있게 한 다비의 제철방법은 영국 철공업에 혁명을 가져올 수 있을 만큼 혁신적인 것이었다. 해리스는 다비의 제철법을 “근대세계에서 오늘날에 이르기까지 철금속생산의 기초가 되어온, 기술사에서 최대의 진보의 하나” [Harris(1988, p. 30)]로 평가하고 있다.

그러나 그러한 획기적 방법도 그 후 오랫동안 다른 제철업자들에 의해서 이용되지는 않았다. 사실 코크스 제철법이 도입된 경위에 대해서는 불분명한 점들이 많으며, 그것이 처음 도입된 것도 1709년에 다비 1세에 의해서가 아니라 1730-1735년에 다비 2세에 의해서였다는 견해도 있다[Ashton(1951, pp. 28-29)]. 그러나 코크스제철법이 1709년에 다비 1세에 의해서 개발되었다는 것과 1718년에는 그의 제철소에서 코크스만을 이용한 제철이 이루어지고 있었다는 것은 일반적으로 인정되고 있다[Hyde(1977, p. 24)]. 이와 같

이 18세기초에 개발된 다비의 '革命的' 제철법은 콜부룩데일의 그의 용광로에서 한정적으로 이용되었음에 불과하였으며, 그것이 일반적으로 보급된 것은 18세기 후반기에 들어서였다.

그러면 다비의 '革命的' 방법이 오랫동안 보급되지 않았던 이유는 무엇인가? 그 이유로서 애슈톤은 다음과 같은 네 가지를 들고 있다. 즉, (1) 웨이커 교도인 다비가 성격적으로 자기선전을 싫어하고 비밀을 유지하였다는 것, (2) 기술적 결함이 있어 문제해결을 위하여 오랜 시행착오의 과정을 거쳤다는 것, (3) 코크스 제철에 이용된 저유황 고품질석탄(clod coal)이 콜부룩데일 근처에서 생산되고 다른 지역의 제철업자들은 그에 접근하지 못하였다는 것, 그리고 (4) 코크스 선철을 연료로 한 봉철은 목탄선철의 경우 보다 장력과 연성에서 열등하여 단철업자들에게 널리 이용되지 못하였다는 것이다[Ashton(1952, pp. 33-36)].

그 후 오랫동안 정설화되었던 애슈톤의 주장은 하이드에 의해서 근본적으로 비판되었다. 하이드의 비판은 다음과 같은 것이었다. 첫째는 신기술은 웨이커교도인 동료 제철업자라든가 동업자들도 알고 있었기 때문에 '秘密維持說'은 설득력이 없다는 것이다. 둘째는 기술적 결함과 관련하여 적어도 1730년대초까지는 코크스선철을 봉철로 제련하는 것이 기술적으로 가능하였다는 것이다. 셋째는 다비와 같이 슈롭셔의 동질석탄을 이용하거나 다른 지역의 고품질 석탄을 이용하는 제철업자들도 코크스제철을 하지 않았으므로 '石炭品質假設'도 비판되어야 한다는 것이다. 넷째로 '銑鐵品質假設'도 사료에 의해서 뒷받침되지 않는다는 것이다. 하이드는 코크스 용광로의 높은 온도로 말미암아 코크스선철이 목탄선철보다 높은 규소(珪素)함유량을 가지고 있어 단철과정에서의 비용이 더 들었다는 것을 주목하면서도 그것이 생산된 봉철의 질을 낮게 하지는 않았다고 주장하고 있다. 그는 양 선철간에는 가격차가 있었으나 그것은 품질차에서가 아니라 단철로 전환하는 데에 드는 비용차에서 오는 것으로 보았다. 그래서 그는 단철업자는 높은 비용을 보상할 수 있는 가격조건이면 코크스선철을 구매하였을 것이지만, 그러지 못하였기 때문에 목탄제철업자는 코크스 선철을 이용할 유인을 갖지 못하였다고 주장하고 있다[Hyde(1977, pp. 25-29)].

코크스선철을 이용한다는 것이 생산비면에서 단철업자에게 유리하지 않고 따라서 그 수요가 확대되지 않은 상태에서, 왜 다비家は 콜부룩데일에서 외롭게 코크스를 이용한 제철을 하였는가? 그 이유로서 하이드는, 코크스 선철의 경우 새로운 부산물인 얇은 두께의 주철로 높은 이익을 올릴 수 있었다는 것을 들고 있다. 다비는 코크스를 이용함으로써 제철기술에 혁신을 가져왔을 뿐만 아니라 불룩한 주전자(pot)를 壤土가 아니라 砂土을 이용

하여 구조하는 신기술을 개발하여 1707년에 특허를 얻음으로써 주철부분에서의 혁신도 이룩하였다. 다비의 얇은 주철로 만든 주전자는 목탄주철의 그것보다 중량은 절반밖에 되지 않으면서 값은 비싼 고품질 제품이었다. 하이드에 의하면 다비가가 코크스선철제조로 이익을 올릴 수 있게 한 것은 그의 주철기술이었다. 다비는 1719-1737년에 생산한 선철의 70%를 주철하고, 선철로 판매한 것은 30%에 불과하였다. 다비의 주철법은 특허기간이 훨씬 지난 후에도 비밀이 유지되어 일반에게 알려지지 않았다. 다비가가 얇은 주철을 독점하고 코크스제철비용이 높은 상태에서 코크스제철법이 확산될 수는 없었던 것이다[Hyde(1977, pp. 40-41)].

그러나 코크스제철법은 18세기 중엽 이후 급속하게 보급되었다. 그 최초의 국면인 1750-1771년에는 27기의 코크스 용광로가 설치된 데 대해서 25기의 목탄 용광로가 폐쇄되었으며, 용광로 단위당 생산량도 전자가 훨씬 커졌다. 이러한 현상은 단철소에서 코크스선철 수요의 확대와 밀접한 관계를 가진 것이었다. 예를 들어 년 3,500톤의 선철을 소비한 나이트家(the Knight)의 단철소는 1756년부터 코크스 선철을 이용하기 시작하여 1765년에는 그 소비를 년 1,000톤 이상으로 증가시켰으며, 다비家(The Darbys)가 1755년에 호스헤이(Horschay)에 건설한 두 기의 코크스 용광로는 조업후 6년 동안 생산한 선철의 90%를 여러 단철소에 판매하였다.

이 시기에 들어 코크스제철법이 보급되게 된 원인은 무엇인가? 이 문제와 관련해서 하이드는 애슈톤의 ‘코크스銑鐵 品質改善假設’을 근거 없는 설이라고 비판하면서 연료비상승을 중시한다. 즉, 단철업자는 품질과 관계 없이 코크스 선철가격이 봉철에의 전환에 필요한 비용을 충분히 보상하고 남음이 있을 만큼 저렴하면 그것을 사용할 것이고 생산자는 가격이 아무리 낮더라도 생산비가 그보다 낮으면 코크스 선철을 생산할 것이기 때문에, 코크스 용철의 보급은 선철의 품질이 아니라 비용과 가격으로 설명될 수 있다는 것이다[Hyde(1977, pp. 54-56)].

하이드는 목탄과 코크스 용광로의 생산비를 비교 분석하여 18세기 중엽 이후 목탄선철 생산비는 급상승한 데 대해서 코크스선철 생산비는 급감하여 신기술에 대하여 명백한 비용상의 이익을 제공하였다는 사실을 밝혔다[Hyde(1977, pp. 57seq.)]. 그 경우 생산비 상승요인 중에서 가장 중요한 것은 노동비용의 상승에 따른 목탄가격의 상승이었다. 그와 함께 중요한 것은 수요의 증가였다. 공업화의 진전에 따라 철수요도 크게 증가하였다. 철수요의 증가는 공급이 비탄력적인 목탄에 대한 수요를 증가시켜 목탄가격을 상승시켰으며 그것은 결국 목탄용광로의 비용의 증가로 이어졌다. 목탄생산기술이 정체되어있는 상

태에서 목탄가격의 상승은 가변비용을 급증시켰으며, 그것은 코크스제철업자에게는 매우 유리한 조건이 되었다. 제철업자들은 석탄이용방법을 크게 개선하는 한편 석탄가격이 목탄가격에 비해서 크게 떨어졌다. 그 결과 코크스용광로는 목탄용광로보다 생산비를 크게 절감할 수 있었다.

낮은 생산비, 높은 가격경쟁력, 높은 이윤이라는 조건에서 목탄제철에서 석탄제철로의 전환은 급속하게 진전되었다. 그 과정은 <表 2>에서 볼 수 있다. 1750-1791년에 목탄 용광로는 71기에서 22기로 감소한 데 대해서 코크스용광로는 불과 3기에서 85기로 증가하였으며, 선철 총생산량에서 코크스선철이 차지하는 비중도 5%에서 90%로 상승하였다. 그 과정에서 선철생산부문에 있어서 목탄연료의 석탄연료로의 전환은 사실상 완성되었다.

3.1.2 蒸氣機關의 利用

코크스제철은 증기기관이 이용됨으로써 생산력을 크게 확대할 수 있게 되었다. 증기기관은 철제통플실린더로 용광로에 구식의 피혁·목제 플무와는 비교도 안될 만큼 강력하게 송풍함으로써 용철능력을 크게 확대하였다. 애슈튼은 증기기관의 채용이 여러 산업에 헤아릴 수 없을 정도의 큰 영향을 주었지만, 철공업에서만큼 크지는 않았다[Ashton (1948, p. 69)]고 지적하고, 필리스 디는 “코크스용철을 어떤 경우에도 분명히 보다 효율적인 선철제조법이 되도록 하는 데에 충분할 만큼 강력하고 연속적인 송풍은 볼튼 및 윌트가 1775년경에 효율적인 증기기관을 개발한 이후에야 가능했다(Phillis Deane(1965, p. 101))”고 지적하고 있다.

<表 2> 木炭 및 石炭 製鐵의 推移(1750-1791년)

단위(생산량): 톤

	목 탄 제 철			석탄(코크스)제철			총제철량	총제철량에서 코크스 선철이 차지하는 비중(%)
	목 탄 용광로수	추정평균 생 산 량	추 정 총생산량	코 크 스 용광로수	추정평균 생 산 량	추 정 총생산량		
1750	71	375	26,625	3	500	1,500	28,125	5
1760	64	400	256,000	14	700	9,800	35,400	28
1775	44	450	198,000	30	800	24,000	43,800	55
1780	34	500	17,000	43	850	36,500	53,550	68
1785	28	500	14,000	53	900	47,700	61,700	77
1788	26	558	14,500	60	925	55,500	70,000	79
1790	25	500	12,500	81	925	74,925	87,425	86
1791	22	432	9,500	85	950	80,700	90,200	90

資料: Hyde(1977, p. 67).

그렇다고 해서 증기기관의 채용이 석탄제철의 선행조건이었던 것은 아니었다. 앞에서 본 바와 같이 코크스용철법은 최초의 증기기관이 제작된 1775년까지 이미 상당 정도 보급되어 있었다. 1790년까지도 총 83기의 코크스용광로 중에서 12기는 증기기관을 전혀 이용하고 있지 않았으며, 나머지 많은 것들은 증기기관과 수력을 병용하고 있었다. 코크스 용광로에의 증기기관의 채용은 상당한 기간에 걸쳐서 점진적으로 이루어진 것이다.

그럼에도 불구하고 증기기관의 채용이 코크스 제철법의 보급을 촉진하고 철공업에 큰 충격을 주었다는 것은 사실이다. 첫째로 증기기관은 용광로를 년중무휴로 가동할 수 있게 하고 자본비용을 절감시켰다. 목탄용광로는 수력부족과 수리의 필요로 연간 적어도 4개월은 가동을 중단하지 않으면 안되었다. 둘째로 증기기관은 용광로의 입지선택에 신축성을 주었다. 수력과 목탄을 따라 계곡 및 산림지대에 분산되던 용광로는 석탄과 철광석 매장지대로 집중되었다. 그 결과 철공업 중심지의 변화가 진전되었다. 풍부한 석탄 및 철광석 자원이 있으면서도 수력 및 수운이 빈약하여 인근 슈롭셔에 뒤지고 있던 스태포드셔 남부의 블랙 컨트리(Black Country)는 1788년에도 전국 선철생산의 10%를 차지하는 데에 불과하였으나 그 후 30년 동안에 주요 제철지대가 되었다.

셋째로 증기기관은 송풍력을 강화함으로써 용광로의 규모확대와 생산량증대를 가능하게 하였다. 예를 들어 1760년 이전에는 각각 700톤 이하이던 호스헤이(Horsehay)의 2기의 코크스용광로의 생산량은 1788년에는 평균 925톤 그리고 1805년에는 1,500톤으로 증대하였다. 그것은 기존 용광로의 보다 집약적인 이용과 함께 규모확대의 결과였다. 18세기 중엽 이전의 코크스용광로의 크기는 목탄로의 크기와 비슷하여 높이 약 25피트 용량 약 600입방피트였다. 그것이 1777년에는 재건설된 용광로의 경우 1750입방피트로 커지고 1810년에 건설된 용광로의 경우에는 높이 45피트·용량 약 2,600입방피트로 커졌다. 또한 수력은 단일 용광로에서만 이용될 수 있었으나 증기기관은 동시에 여러 용광로에 동력을 공급할 수 있어, 같은 입지에 여러 기의 용광로를 건설할 수 있게 함으로써 생산을 증대시킬 수 있었다[Hyde(1977, pp. 72-73)]. 용광로가 커질 수 있게 되는 데에는 수력 이용과 함께, 코크스 이용도 중요하였다. 즉, 목탄고로의 경우 높이가 일정수준 이상으로 높아지면 위로부터 투입한 목탄이 부스러지면서 분진상태로 쌓여 고온을 유지할 수 없었던 데 대해서 코크스는 단단하여 보다 높은 곳으로부터도 부스러지지 않고 투입될 수 있었다. 따라서 용광로의 규모는 커지고 그만큼 용광로 단위당 생산량은 증대하였다. 앞의 <表 2>에서도 볼 수 있는 바와 같이 코크스 용광로의 단위당 평균생산량은 1750-1791년에 500톤에서 950톤으로 2배 가까이 증대하였다. 코크스용광로는 규모의 경제를 이룩할

수 있었던 것이다.

코크스 제철법은 그 자체로서 목탄제철법을 대체할 수 있는 혁신적 기술이었지만, 증기기관은 이 새로운 제철법의 확산을 가속화하는 데에 기여하였다.

19세기초까지 일단 완성된 선철 부문의 기술혁신은 1828년에 특허가 주어진 열풍법(hot blast)의 이용으로 새로운 진전을 보았다. 이 제철법은 스코트랜드에서 네일슨(James Beaumont Neilson)이 발견한 것으로서 용광로로 보내는 공기를 미리 가열함으로써 연료를 크게 절약하면서 단위당 산출량을 크게 증가시킬 수 있는 기술이었다. 네일슨의 제철법은 석탄을 코크스화하지 않고 그대로 용광로당 산출량을 크게 증대시킴으로써 자본비용도 크게 절감할 수 있게 하였다. 이 제철법의 도입으로 스코트랜드 철공업은 급성장할 수 있었다. 1840년까지도 영국산 선철의 55%만이 열풍법으로 생산되었다. 그것은 1830년대 이후의 용철 용광로와 열풍법의 개량으로 용광로의 단위당 산출량의 증대와 생산비의 일층의 절감을 이룩하면서 점차 보급되었다. 그 결과 열풍법에 의해서 생산된 선철이 영국의 선철생산 전체에서 차지하는 비중은 1860년에는 95%로 높아졌다.

3.1.3 段鐵部門

제철공정의 제1단계에서의 기술혁신으로 선철생산은 크게 증가하였으나 제2단계에서는 18세기 후반기에 들어서도 목탄기술이 계속되어 단철생산의 증대는 크게 제약되고 있었다. 선철생산의 확대와 함께 콜부룩데일, 캐론(carron) 및 윌킨슨(Wilkinsons)회사들의 주도로 주철생산이 확대됨으로써 선철 자체의 수요도 커졌으나, 그럼에도 불구하고 철수요의 대종은 단철이었으며, 선철은 대부분이 단철로 전환되지 않으면 안되었다. 그러나 목탄연료에 의존하고 있는 영국의 단철부문은 공급이 크게 확대된 선철을 충분히 흡수할 수 없었으며, 선철공급의 상대적 과잉속에서 붕철수입은 증가하였다. 목탄가격의 상승이 주도한 생산비 상승으로 영국의 단철은 스웨덴 및 러시아산 붕철과 경쟁할 수는 없었다. 영국 철공업이 균형 있게 발전하여 수입철에의 의존으로부터 벗어나고 더 나아가 수출국이 되기 위해서는 제철공정의 제2단계인 단철생산부문에서도 선철생산부문에서와 같은 연료혁명이 이루어지지 않으면 안되었다.

단철제조부문에서 목탄연료를 석탄연료로 전환하고 선철제조부문에 대응한 생산력발전을 가져온 획기적 기술혁신은 1783-1784년에 헨리코트(Henry Cort)가 특허를 획득한攪拌·壓延法(Puddling and rolling process)이었다. 그러나 단철부문에서의 연료혁명도 코트에 이르러 한꺼번에 이루어진 것이 아니라 선행한 시기에 있어서의 일련의 노력위에서 점진적으로 이루어진 것이었다.

목탄을 대신한 석탄의 이용은 단철제조부문의 제2공정인 체이퍼리로에서는 1730년대에 시작되어 1760년대에는 일반화되고 있었다. 제1공정인 정련로에서 탄소가 제거된 가단성 철을 재가열하고 햄머로 망치질하여 최종제품인 봉철을 생산하는 이 공정에서는 재가열 온도가 정련로보다 낮아 석탄을 연료로 해도 재가열되는 단철에 석탄에서 나오는 유황등 불순물이 혼합되지는 않았다. 따라서 이 공정에서의 석탄연료의 이용은 큰 곤란은 없었다. 문제는 단철제조부문의 제1공정에서 석탄연료를 이용하여 탄소, 유황 및 규소가 제거된 봉철을 생산할 수 있는 방법을 개발하는 것이었다.

이 공정에서의 석탄연료의 이용을 가능하게 한 최초의 중요한 방법은 1760년대초에 우드형제(Wood brothers)가 개발하여 특허를 획득한 ‘팟트·스탬프法’(Potting and Stamping process)이었다. 이 방법은 코크스선철을 석탄으로 가열하여 규소를 제거하고 그것을 냉각한 후에 무거운 스탬프(stamp)로 분쇄하여 작은 철편들을 석회와 같은 용제(flux)와 함께 두껍이 달린 12-20개의 粘土도가니(crucible) 또는 팟트(pots)에 투입하고, 그것들을 석탄을 연료로 한 反射爐(reverberatory furnace)에 넣어 가열하는 방법이었다. 이 과정에서 고온이 금속 속의 탄소를 산화시켜 탈탄하고 석회(용제)가 유황분을 흡수하였다. 반사로에서 끌어낸 도가니를 깨어 그 속의 철피를 체이퍼리로에서 석탄으로 가열하고 망치로 단조하여 봉철로 제조하였다. 쇠칠기(stampers)와 팟트(pots)의 이용이 새로운 요소였기 때문에 ‘팟트·스탬프法’ 내지 ‘팟트法’이라고 불려진 이 방법은 보급된 지역의 이름을 따서 ‘슈롭셔法’(Shropshire process)이라고도 불려졌다. 이 방법은 그 후 개량되면서 1770년대 말부터 널리 보급되었다. 퍼들法이 도입되는 1790년경에 영국산 봉철의 50%는 ‘팟트法’에 의해서 생산되었다.

‘팟트法’을 개량하고 단철제조부분에서의 연료혁명을 완성한 것은 헨리코트의 ‘퍼들法’이었다. 포츠머스(Portsmouth) 해군공창의 대리상인이었던 그는 근교의 폰틀리(Fontley)에 있는 단철소를 인수하고 그곳에서 석탄을 이용한 반사로에 의한 연철제법을 발명하여 1784년에 특허를 획득하였다. 반사로는 천정을 따라 굴뚝으로 올라가는 불꽃의 반사열로 속에 있는 선철을 연료와 직접 접촉하지 않고 용해시킬 수 있었다. 이 법은 선철을 팟트 내지 용제 없이 석탄연료 반사로에 투입하여 가열하고 용해되면 철봉으로 계속 저어 탄소제거를 가속화하고 불순물을 연소하여 제거하는 방법이었다. 용해된 철은 계속되는 것은 작업으로 풀상대의 큰 공모양의 연철이 되었다. 용해된 선철이 반사로에서 물이 고인(pool, puddle)상태가 됨으로써 이 방법은 ‘퍼들法’이라고 불리워졌다.

코트의 ‘퍼들法’은 단철공정의 제1단계 즉, 기존의 정련로 단계에서의 혁신이었다. 이

혁신에 1년 앞선 1783년에 코트는 같은 공정의 제2단계 즉, 기존의 체이퍼리로 단계에서의 새로운 방법으로 이미 특허를 획득하고 있었다. 그것은 제1단계를 거친 뜨거운 공모양의 연철을 종래의 체이퍼리로 거치는 방법 대신 약간 햄머로 망치질한 후 압연기(rolls)에 걸어서 넓히면서 찌꺼기를, 망치질해서 제거하는 것이 아니라, 짜내고 봉철로 만드는 방법이었다. 압연작업이 햄머작업을 간소화함으로써 작업속도는 25배나 빨라졌다(Harris (1988. p. 40)). 압연기의 표면에는 임의의 형태의 溝를 파놓는다는가 사전에 형을 부착함으로써 形鐵, 봉철, 레일 등 규격화된 造型鐵을 거의 무한정 생산할 수 있게 되었다. 이 방법은 후에 철도 레일의 대량생산방법으로도 이용되었다.

코트의 방법은 (1) 시종 석탄을 이용함으로써 높은 생산비의 원인이 되었던 목탄에의 의존으로부터 벗어나게 하였다는 것, (2) 국산선철을 이용하여 스웨덴산과 질적으로 맞먹는 봉철을 생산할 수 있게 하였다는 것, 그리고 (3) 종래 별도의 작업이던 교반(즉 용해와 저음), 햄머질 및 압연이라는 일련의 작업을 단일과정으로 하였다는 것 등 세 가지 점에서 중요한 것이었다(Dean(1965, p. 107)). 그러나 코트의 특허는 1786년 이후 몇몇 제철소에서 사용허가되었으나 경제적으로 성공하지 못하고 1790년 이전에는 급속하게 보급되지 못하였다. 왜냐하면 새로운 방법에서는 낮은 규소함유선철을 이용함으로써 전환과정에서의 규소제거 단계를 배제할수 있었으나 교반하기 전에 선철을 정련할 필요가 있어 생산비를 높혔기 때문이다. 신기술에 숙달한 숙련기사의 양성에도 시간이 걸렸다. 코트 자신도 1789년에는 파산하고, 다음 해에는 그의 특허도 그에 앞서 1783년에 제쓰(Richard Jess)와 왜온스(Peter Onions)가 획득한 특허와 유사하다는 이유로 무효화되었다. 코트는 철공업의 일대혁신을 일으킬 만큼 중요한 발명을 하였으면서도 물방적기를 발명한 크롬프톤과 같이 금전적으로 보답을 받지 못하였다. 코트는 1800년에 죽기 전의 몇 년 동안 정부로부터 년 200파운드의 연금을 받아 생활하였다.

퍼들법은 최종적으로는 크로우셰이(Richard Crawshay)에 의해서 개량되어 1790년대 후반에 들어 급속하게 보급되었다. 그는 1787년에 웨일즈 남부의 사이파스파(Cyfarthfa)제철소를 임차하여 퍼들로를 도입하고 퍼들로의 내부천정의 석회를 주철판으로 그리고 爐床의 토사를 바다모래로 대체하는 등의 개량을 하여 퍼들로의 생산성을 높이는 데 성공하였다. 반사로는 풀무가 필요 없는 '空氣爐'(Air furnace)였기 때문에 동력이 필요하지 않았으며 햄머작업과 압연기 가동에는 증기력이 이용되었다. 수력을 이용할 필요가 없는 퍼들법은 증기력과 결합되어 특히 '웨일즈法'이라고 불려질 만큼 웨일즈남부에서 급속히 보급되었다. 퍼들법을 이용한 단철소수는 1795년 이전에는 5개소에 불과하였으나 그 후

1805년까지 15개소 그리고 그 후 1815년까지 37개소가 새로 추가되었다[Hyde(1977, p. 106)].

봉철생산도 1788년의 32,000톤에서 1805년에는 10만톤, 1810년에는 13만톤, 그리고 1815년에는 15만톤으로 크게 증가하였다. 퍼들법이 급속하게 보급되기 시작한 1795년의 봉철생산량은 5만톤 정도로 생각되고 있으므로, 그것은 1795-1805년의 10년동안에 2배 그리고 그 후 1815년까지 50% 증가한 것이다. 퍼들법의 채용과 봉철생산량의 급속한 증가는 나폴레옹전쟁기의 수요증가에 의해서 더욱 촉진되었다[Hyde(1977, pp. 100-101, 106-108)].

퍼들법의 보급으로 단철부문에서의 기술혁신은 완성되었다. 18세기말에서 19세기 전반기에 있어서의 단철부문의 발전은 추가적인 기술개발에 의해서라기보다 수요증가에 의해 뒷받침된 것이었다. 공업화의 진전이라는 일반적 조건과 함께 나폴레옹전쟁과 1830년대 이후의 철도시대의 도래라는 조건하에서 봉철에 대한 수요는 급속하게 확대되었으며 그에 대응해서 단철부문은 생산을 확대하였다. 퍼들법을 대신할 새로운 기술혁신은 1860년대 이후 전개되었다. 그것은 베세머製鋼法(Bessemer Process)을 비롯한 일련의 새로운 기술이었으며 그와 함께 ‘鍊鐵의 時代’는 ‘鋼(steel)의 時代’로 전환되었다.

마지막으로 鋼의 생산을 보자. 산업혁명기에 강의 생산은 크지 않았다. 그러나 소재로서의 강의 중요성이 작았다는 것을 의미하는 것은 아니었다. 강은 각종 절단기구, 칼붙이와 면도칼, 시계의 스프링, 끌, 대패, 금속가공기구, 큰 낫 등의 소재로 필수적이었다. 비용절감을 위하여 강제날(steel edges)이 철제의 본체에 용접되어 이용되었다. 양질의 강은 스웨덴으로부터 수입되었다.

17세기초에서 19세기 후반기의 ‘鋼의 時代’의 도래에 이르기까지 영국에서의 강생산은 기본적으로 滲炭法(Cementation Process)에 의존하고 있었다. 이 방법은 단지모양의 반사로를 이용하여 밑에서 석탄을 연소하고 중단에 연철과 목탄을 담은 둥근 단지를 많이 늘어놓고 불꽃으로 가열함으로써 고체상태에서 표면에 탄소를 삼입하게 하여 조강덩어리를 만드는 방법이었다. 이 방법으로 생산된 강은 품질이 고르지 못한 泡鋼(blister steel)이었다.

품질이 고른 양질 강의 생산방법으로 개발된 것은 시계공 헌츠맨(Benjamin Huntsman)이 오랜 실험 끝에 1740년에 발명한 도가니법(Crucible Process)이었다. 이 방법은 지하실에서 코크스를 때고 이층 바닥에 구멍을 내어 포강과 칼날에 쓰이는 강의 부스러기를 담은 점토로 만든 도가니를 여러 개 삼입하여 가열하고 강이 용해되면 도가니를 끌어내어 위

에 떠 있는 광재를 제거하고 다른 주행 속으로 부어넣는 방법이었다. 그 경우 강의 재료는 선철내지 연철이 아니라 강이었다. 따라서 이 방법은 강을 정제하여 그 품질을 높이는 방법이었다.

헨츠맨은 특허를 출원하지 않았으므로 그의 방법은 바로 업자들에 알려졌다. 워커(Samuel Walker)는 1748년 내지 1749년에는 헨츠맨의 방법으로 제강하고 있었으며, 1787년에는 제강업자로 기록되어 있는 20개사 중에서 적어도 7개사는 헨츠맨의 방법으로 제강하고 있었다. 刀物생산 중심지로서의 셰필드(Sheffield)는 강제조의 중심지였다. 그러나 19세기 전반기에도 강의 용도는 18세기의 비해서 크게 증가하지는 않았다. 철도에도 강은 아직 이용되지 않았다. 강이 철을 대체하게 되는 것은 19세기 후반기에 들어서였다.

3.2. 産業組織의 變化

철공업에서의 기술혁신으로 산업조직도 변화하였다. 첫째로 연료혁명과 증기력의 이용으로 철공업은 입지적 제약에서 크게 해방되었다. 이제 용광로와 단철소는 공급이 한정된 목탄과 수력을 따라 산림과 계류 지역에 분산적으로 있을 필요는 없어지고 석탄과 철광석이 공급될 수 있는 지역으로 집중되었다. 영국에서는 석탄과 철광석은 인접지역에서 생산되었다. 지하자원과 판매시장에의 접근은 목재궤도가 1767년 이후 점차 철궤도로 바뀌고 운하개착이 진전됨에 따라 보다 용이해졌으며 이 점에서도 자연적인 수운에의 의존성은 완화되었다.

〈表 3〉은 철공업의 입지의 변화를 나타낸 것이다. 18세기 후반에서 19세기초에 선철생산은 지역적으로 슈롭셔, 웨일즈 남부 및 스태포드셔(블랙 컨트리)의 세 지역으로 집중되었다. 이들 세 지역의 산출량이 영국 총산출량에서 차지하는 비중은 1788년에 60%를 약간 상회하는 수준에서 1815년에는 약 80%로 커졌다. 특히 19세기초에는 웨일즈 남부와 스태포드셔의 두 지역만으로 산출량비중은 70%에 접근하였다. 목탄연료에 의존하던 1720년에 총선철생산의 36%를 차지하던 딘의 숲과 월드지역의 철공업은 석탄자원의 결핍으로 소멸하였다. 지역적 집중은 단철부문에서도 진전되었다. 웨일즈 남부와 스태포드셔는 1815년까지 전국 봉철생산의 3/4을 차지하게 되었다. 이들 지역에서는 같은 장소에서 2기 이상의 용광로를 설치하는 경우가 일반화되었다. 예를 들어, 1810년에 웨일즈 남부의 한 지역에서는 반경 2마일 이내에 4개의 제철소가 있어 총 17기의 용광로를 가지고 약 40,000톤의 선철을 생산하였다. 단철로도 용광로와 같은 곳에 건설되었다. 19세기초에는 교반·압연법을 이용한 모든 단철소는 용광로를 포함한 제철소의 한 부분이었다.

〈表 3〉 銑鐵生産의 地域分布

(단위: 톤)

지 역	1788년		1815년	
	산 출 량	총 산출에서의 비중(%)	산 출 량	총 산출에서의 비중(%)
슈 룽 셔	24,900	35.6	50,000	12.6
웨 일 즈 남 부	11,300	16.2	140,000	35.4
스 태 포 드 셔	6,900	9.8	125,000	31.6
기 타 지 역	26,900	38.4	80,000	20.4
합 계	70,000	100.0	395,000	100.0

資料 : Hyde(1997, p. 114).

둘째로 제철소의 규모가 커지고 기계화가 진전되었다. 18세기초-19세기초의 1세기 동안에 년평균 생산능력은 용광로의 경우 300톤에서 1,500톤으로 5배, 단철소의 경우 150톤에서 1,000톤으로 약 7배, 그리고 투자자본규모는 용광로의 경우 4,000파운드에서 20,000파운드로 5배로 각각 증가하였다. 18세기초에 1,500파운드였던 단철소의 자본규모도 19세기초에는 생산능력의 증가에 상응하여 증가한 것으로 볼 수 있을 것이다. 특히 남웨일즈의 압연기의 경우, 년평균 생산량은 1810-1817년에 5,300톤에서 8,400톤으로 증가하였다.

제철소는 규모가 커지면서 기계화되었다. 목탄 제철소에서의 기계화는 피혁제 송풍기와 단철햄머를 가동하는 단순한 수차와 손으로 미는 인륀차(wheelbarrow) 이상의 것은 아니었으며 생산기술은 기본적으로 기계화되지 않았다. 이에 대해서 19세기초의 용광로에서는 동력용 증기기관과 원료투입작업용 기중기 등의 도입으로 기계화가 진전되었다. 석탄과 철광석의 운반에서는 목제레일 대신 협궤철제레일을 달리는 마차가 이용되었다. 단철부문에서의 기계화는 더욱 진전되었다. 18세기초의 목탄단철로는 1기의 정련로, 한두 기의 체이퍼리로, 한 대의 수력햄머를 가진 단순한 창고 이상의 것이 아니었다. 이에 대해서 19세기초의 퍼들법 이용 단철소는 2-3기의 작은 정련로, 1다스에 이르는 퍼들로, 증기기관으로 가동되는 복수의 대규모 햄머 각각 1대의 압연기와 절단기, 그리고 그들 외에 대규모 제철소의 경우에는 環帶製作機, 薄板機 등이 설치되어 있었다. 퍼들법의 정련 및 압연 공정은 몇몇 별개의 작업으로 분할되어 각각 다른 건물에서 수행되고 복잡한 기제의 이용이 요구되었다. 압연기, 절단기를 비롯한 각종 기기의 구동에 이용된 회전증기기관은

용광로 송풍용 왕복식 엔진보다 더 복잡한 기계였다. 19세기초의 단철공정은 더욱 기계화되고 복잡한 작업이 되었다[Hyde(1977, pp. 120-121)].

셋째로 철공업의 지역적 집중이 진전되고 규모의 경제가 추구되는 가운데 기업규모도 확대되었다. 1810년에 영국의 용광로는 113개소에 249기가 있어 76개 기업에 의해서 통제되고 있었으나, 최대 15개 기업이 102기의 용광로를 통제하고 있었으며 그 생산은 총생산의 40%를 점하였다. 단철부문에서의 집중은 더욱 두드러졌다. 압연기는 1815년에 남 웨일즈에서는 7개 기업 그리고 스테포드셔에서는 8개 기업만이 소유하고 있었다. 따라서 전국 봉철생산의 4분의 3을 차지하는 이들 지역의 봉철거래는 15개 기업이 지배하고 있었다. 통합된 대규모 제철기업은 1대의 압연기와 5-6기의 용광로를 소유하고 있었다[Hyde (1977, pp. 124-125)]. 그 속에서 석탄 및 철광석의 채굴에서 선철 및 봉철 생산, 그리고 철제품 생산에 이르기까지의 전과정을 수직적으로 통합한 대기업이 출현하고 성장하였다. 예를 들어 윌킨스(John Wilkinson)의 '産業王國'은 탄광, 광산, 주철소, 철공장, 창고 등을 포함하고 있었다.

기업규모의 확대는 자본규모의 측면에서도 볼 수 있다. 앞에서 언급한 다비의 콜부룩데 일제철소의 경우 설립 당시(1708년) 3,000파운드 이하로 평가된 자본금이 1810년에는 165,000파운드로 55배 증가하였다. 기업규모는 특히 18세기 후반기에 급속하게 확대되었다. 1741년에 소규모 주철소로 시작한 워커家(Walkers) 3형제의 제철사업은 1746년에 크로우쇼(John Wrawshaw)와의 동업으로 자본금이 600파운드로 되었다. 그 자본금은 그 후 급증하여 1766년에는 31,000파운드, 1775년에는 87,000파운드 그리고 1795년에는 213,393파운드가 되었다. 한편 1759년에 스코트랜드의 캐론(Carron)강변에, 로벅(John Roebuck)의 기술, 가벳트(Samuel Garbett)의 자본 및 카델(William Cadell)의 제철업 기반의 파트너쉽으로 설립된 캐론철공장(Carron Works)은 처음부터 자본금이 12,000파운드(주식수 24)로 비교적 컸으나 1773년에는 자본금 150,000파운드(주식수 600)의 주식회사로 개편되어 발전하였다. 도올레이家(Doulais)의 제철소는 1759년에 자본금 400파운드의 파트너쉽으로 설립되었으나 게스트(John Guest)가 파트너로 참가함으로써 자본금은 1782년에 7,000파운드가 된 후 1787년 38,000파운드 그리고 1798년에 61,000파운드로 급증하였다. 동 제철소는 1847년에는 용광로 18기, 고용노동자수 7,000명, 년생산량 70,000톤의 대제철소가 되었다[Ashton(1951, pp. 41 이하), Harris(1988, pp. 71-72)].

3.3. 生産擴大와 그 效果

기술혁신에 의해서 영국 철공업은 크게 발전하였다. <表 4>는 영국의 선철생산량의 증가를 나타낸 것이다. 18세기 말엽에 이르기까지는 철생산량을 나타내는 신빙성 있는 자료는 없다. 하이드는 용광로 수를 단위당 생산량을 곱하여 1716-1720년의 년평균 선철 생산량을 약 23,000톤으로 추산하였다(Hyde(1977, p. 20)). 이 기준에서 보면 표의 1740년도 생산량은 크게 감소한 것으로 보인다. 그러나 18세기 영국철공업이 매우 완만하고 정체적이던 성장에도 불구하고 결코 쇠퇴하지는 않았다는 사실은 앞에서 지적한 바와 같다. 1740년도의 생산량수준과 관련해서 그에 앞선 수 년 동안은 철공업의 심한 불황기였다는 사실을 고려에 넣을 필요가 있다. 이 표에 따르면 선철생산은 1740-1788년에 4배, 그리고 1788-1806년에 또 다시 4배나 증가하였다. 이 시기는 철공업에서의 기술혁신이 집중적으로 진전된 시기였다.

특히 1770년대-19세기초에는 미국 독립전쟁과 영불전쟁 등 전시의 총포와 탄환 등을 중심으로한 전시 특수수요를 배경으로 철공업은 크게 성장하였다. 1779년에는 역사상 최초의 주철제 교량이 세빈강(Severn)에 건설되었으며, 1780년대 말에는 하천용 철선이 건조되고 철제수도관이 제조되었다. 공업화의 진전에 따라 기계제작도 증가하였다. 이러한 조건에서 철에 대한 수요는 크게 확대되고 주철부문이 새로이 성장하였다. 특히 1830년대 이후에는 철도건설에 따른 수요의 확대에 의해서 선철생산은 크게 증가하였다. 1852년의 영국 선철생산량은 세계 선철 총생산량의 1/2을 차지하게 되었다. 철생산량의 증대는 봉철생산의 증대에서도 나타나고 있다. 18세기초에 봉철소비량의 2/3를 스웨덴에서 수입하던 영국은 1812년에는 수입은 하면서도 그보다 많은 양의 봉철을 수출하게 되었으며, 1820년대 말에는 수입량의 4배나 되는 봉철을 수출하였다. 1760년 국민소득의 1-2%를 차지하는 데 불과하였던 철공업은 1800년대에는 6%를 차지하게 됨으로써 면공업과 더불어 영국에서 가장 중요한 공업의 하나가 되었다.

<表 4> 銑鐵生産量

(단위: 톤)

년 도	생 산 량	년 도	생 산 량
1740	17,350	1830	678,417
1788	68,300	1835	940,000
1796	125,079	1839	1,247,781
1806	258,206	1848	1,998,568
1825	581,367	1852	2,701,000

資料: Landes(1969, p. 96).

철공업의 발전은 큰 산업연관효과로 말미암아 영국의 경제성장에 중요한 역할을 하였다. 첫째로 철공업은 철광석과 석탄에 대한 수요를 크게 확대시켰다. 영국에서는 철광석과 석탄은 대체적으로 같은 지역 또는 광산에서 생산되어 원료생산의 입지적 조건이 유리하였다. 또한 영국의 철광석은 질이 좋지는 않았지만 석탄과 함께 국내에서 풍부하게 생산되었다. 그 결과 석탄산업을 포함한 영국의 광업이 크게 발전하였다. 둘째로 철공업은 근대공업에 고유한 생산요소, 즉 반숙련의 성인남자 공장노동자와 대규모의 자본 및 전문화된 기계 등을 필요로 함으로써 근대공업에 필수적인 이들 제요소를 창출하였다.

셋째로 철공업은 공업경제에 필수적인 공업원재료를 저렴하게 공급함으로써 여타 공업의 성장을 자극하였다. 특히 양질의 저렴한 철은 각종 기구와 기계 제작에 필요하였고 기계공업의 발전을 촉진하였다. 영국의 기계공업은 1820년대에는 독립적인 공업으로 성장하고 섬유기계를 비롯한 기계의 수출도 輸出禁止解除(1825년) 이후 크게 증가하였다. 뿐만 아니라 철공업은 소재공업이라는 점에서 철가격의 하락은 다른 모든 공업의 생산비를 저하시키고, 그만큼 수요를 증대시키면서 경제를 자극하였다. 특히 철의 운반자이면서 철의 대소비자이기도한 철도가 나타남으로써 일어난 철수요의 큰 증대는 철공업을 크게 발전시켰다. 한편 19세기 30-40년대의 철도건설의 급진전은 철공업에서의 기술혁신에 의해서 비로소 이루어질 수 있는 것이었다.

4. 맺음말

산업혁명기 영국 철공업의 근대적 변혁의 핵심적 요소는 연료혁명을 내용으로 한 기술혁신이었다. 제철연료인 목탄이 석탄으로 결정적으로 전환되고 그에 따라 관련기술과 산업조직이 변화되면서 철생산에 부과된 전통적 제약이 근본적으로 제거되고 근대적 생산력체계가 확립되는 과정이 철공업의 근대적 변혁의 기본과정이었다.

철공업의 근대적 변혁은 18세기 중엽에서 1820년대에 이르는 시기에 집중적으로 이루어졌다. 이 시기에 선철과 단철생산에서 목탄연료의 석탄연료로의 전환과 용광로 및 단철로의 송풍동력으로서 수력의 증기기관에 의한 대체가 결정적으로 진행되었다. 그 결과 목탄과 수력을 따라 입지적으로 분산되고 규모적으로도 왜소하던 용광로는 석탄 및 철광석을 따라 지역적으로 집중되고 대규모화되었다. 제철기업의 규모도 확대되어 여러 기의 용광로를 통합 운영하는 대기업들이 성장하였을 뿐만 아니라 탄광·광산, 제철소 및 철제품 제작소에 이르는 제직능조직을 수직적으로 통합한 대기업도 출현하였다. 그 과정에서 생

산성은 상승하고 생산은 크게 확대되어, 수입철에 크게 의존하던 영국 철공업은 공업화의 진전, 전쟁, 철도건설 등에 따른 수요의 지속적인 증가에도 불구하고 국내수요를 충족시키면서도 철을 대량으로 수출할 수 있게 되었다.

이와 같은 변화를 통하여 영국철공업은 생산력적 한계를 가진 전통적·수공업적 공업에서 그러한 한계를 타파한 근대적·기계공업적 공업으로 결정적으로 전환하였다. 소재산업으로 중요한 지위를 가진 철공업의 근대적 변혁은 산업혁명의 중심적 부분의 하나였다.

그러나 변화가 근본적이었다는 것은 그것이 어떠한 사전적 계획이라든가 천재적 재능에 의해서 한꺼번에 돌발적으로 나타났다는 것을 의미하는 것은 아니다. 오히려 그 변화는 당시에 철공업에 종사한 많은 사람들이 오랜 기간에 걸쳐 시행착오를 거듭하면서 현실적 애로를 극복하려고 노력하는 과정에서 이루어졌다는 데에서 독특함을 찾을 수 있을 것이다. 특정인의 이름과 결부되어 알려지고 있는 ‘劃期的 方法’들도 한 사람의 천재적 발명가에 의해서 일시에 고안된 것이 아니라, 산업혁명기의 면공업에서와 마찬가지로, 오랜 기간에 걸친 점진적 기술진보과정의 최종국면에서 결실을 맺은 것임에 불과하였다. 용광로에서의 석탄연료의 이용은 17세기 후반부터 시도되어 왔으며, 다비 1세의 획기적인 코크스제철법(1709년)도, 보급된 것은 18세기 중엽에 이르러서였다. 코오트의 교반·압연법(1783-1784년)도, 그 자체로서는 획기적 방법이었으면서도 그에 앞서서 흡사한 방법이 달리 있었다는 이유로 특허가 무효화될 정도였으며, 그 보급도 개량을 거쳐 1790년대 후반기에 들어서야 이루어졌다.

제철업자들을 포함하여 산업혁명의 주역들은 기본적으로 비용·수익 계산위에서 행동한 스미스적 의미에서의 ‘經濟人’이었다. 불확실성이 컸던 산업혁명기에 있어서 그들은 생산비와 가격을 고려하여 기술을 선택하였다. 재래기술이 오랫동안 존속되고 신기술의 보급이 점진적이었다는 것은 그만큼 후자에 대한 전자의 경쟁력이 지속되었다는 것을 말한다. 변화는 제철업자들이 경제적 합리성을 추구하는 과정에서 점진적, 자생적으로 이루어졌다.

서울大學校 名譽教授, 新瀉 經營大學 教授

〒959-13 新瀉縣加茂市希望ヶ丘2909-2

전화: 81-256-53-4518

팩시: 81-256-53-3165

參 考 文 獻

- Ashton. T.S.(1939): *An Eighteenth Century Industrialist: Peter Stubs of Warrington*, London(1924, second ed., 1951), *Iron and Steel in the Industrial Revolution*, Manchester University Press.
- _____ (1948): *The Industrial Revolution 1760-1830*, London.
- _____ (1955): *An Economic History of England: The 18th Century*, London,
- Birch, A.(1967): *The Economic History of the British Iron and Steel Industry 1784-1879*, London.
- Deane, Phyllis(1965): *The First Industrial Revolution*, Cambridge University Press.
- Flinn, M.W.(1958): "The Growth of the English Iron Industry, 1660-1760," *Economic History Review*, Second Series, XI.
- Hammersley. G.(1973) : "The Charcoal Industry and its Fuel, 1540-1750," *Economic History Review*, Second Series, XXVI.
- Harris, J.R.(1988): *The British Iron Industry 1700-1850*, London.
- Hyde. C.K.(1977): *Technological Change and British Iron Industry 1700-1870*, Princeton.
- Landes, David S. (1969): *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge University Press.