

## 英國製鐵業에 있어서 Puddle 爐의 經濟的 技術的意義에 關한 考察

張 炳 翼

경 제 학 과

(1948. 4.30 접수)

### 〈要 約〉

Manufacture 期 英國製鐵業에 있어서 鍊鐵生産과 關連된 文獻을 檢討하였다. Puddle 爐 開發과 關連된 社會經濟史的 및 技術史的 側面에서 몇가지 重要한 問題들을 考察한 結果 아래와 같은 結論에 到達하였다.

(1) 英國製鐵業의 技術革新은 木炭不足에 起因하였다.

(2) Coke 高爐의 出現에 依하여 木炭에 對한 石炭 代替의 契機가 마련되었다.

(3) 그러나 Coke 高爐에서 生産되는 銑鐵로부터 鍊鐵의 大量生産은 오직 Puddle 爐의 開發과 普及에 依해서만 可能하였다.

## A Study on the Economic and Technical Significance of the Puddling Process in British Iron Industry

Chang, Byung Ik

Dept. of Economics

(Received April 30, 1984)

### 〈Abstract〉

Literature concerned with the production of wrought iron in the manufacturing period of British iron industry has been reviewed. Some significant aspects of social-economic and technical background for the development of Puddling Process have been discussed. The results are as followings.

It is considered that the technical innovation in the British iron industry has been caused by the shortage of charcoal. The substitution of coke for charcoal had been achieved by the development of the blast furnace. However, mass-production of wrought iron from pig iron produced from coke blast furnace had only been achieved by the development of the Puddling Process.

### I. 序 論

近代工業發展은 基礎産業으로서의 製鐵業의 發展에 크게 依存하였다. 機械工業의 發展은 製鐵業의 發達없이는 不可能하다. 黑石地帶, 熔鑪, 스팀엔진, 펌머, 建築, 橋梁, 鐵道, 造船 等 近代文明을 앞에 둔 當時의 經濟社會構造로 보아 우리는 鐵의 重要性을 認定하지 않을 수 없다.

두말할 나위도 없이 産業革命은 綿工業에서 시작되

며, 産業革命期를 통해서 항상 綿工業이 壓倒的이었다는 것을 否定할 수는 없다. 그러나 産業革命的의 窮極的인 勝利는 金屬工業의 發展에 依해서 비로소 可能해졌다. 요컨대 近代의 大工業에 있어서 金屬工業이 차지하는 地位는 單純히 여러 産業 中에서 한分野에 該當되는 것 以上으로 基本的인 意味를 지니고 있다. 그것은 諸産業의 基礎産業이며, 基幹産業인 것이다. 그리고 그것은 綿工業과 같은 消費財工業이 아니라 生産財工業인 것이다. 따라서 많은 工業이 모두 이에 依存해가면서 存在하고 있다. 一國

의 工業力은 그 나라에 있어서 鐵鋼生産力에 依해서 다루어질 수 있다는 것은 이 때문이다. 그래서 製鐵業에 있어서의 技術發展은 모든 産業分野에 反響을 喚起시키지 않을 수 없다. 이같은 觀點에서 본다면, 製鐵業의 發展은 오히려 綿工業의 發展이 工業 가운데서 한 分野의 革命이었다는 것과는 다른 意味를 갖는 것이라고 할 수 있다. 그것은 모든 革命에 關聯되는 것이며 近代의 大工業의 成立 그 旨趣를 意味하는 것이다.

이와같은 製鐵業의 重要性이 明白함에도 不拘하고 産業革命期 製鐵業의 技術革新은 紡績機의 發明이 綿工業에 혹은 蒸氣機關이 動力利用에 주었던 것처럼 크게 評價되지 못하고 있다. 그 理由는 이 時期의 技術은 아직 manufacture의 段階를 벗어나지 못하고 있었기 때문이다. 따라서 産業革命에 關한 오늘날 大部分의 研究는 産業革命論爭, 企業家의 革新的 活動, 勞動者의 勞動條件 및 生活水準 等에 關한 것들이다. 本稿가 그 對象으로 하고있는 manufacture 時代의 製鐵技術史에 對해서는 一部的 重要事實의 若干의 나열에 不過하며 思辨的인 論議만이 活潑히 進行되어 왔다. 그 理由는 製鐵業의 工場制 確立 以後의 資料는 比較的 入手가 容易하지만, manufacture 期의 製鐵業에 對한 資料는 入手困難 할 뿐만 아니라 推論에 不過한 點들이 많기 때문이다.

이에 本稿는 製鐵用 Puddle 爐의 技術開發이 어떠한 歷史的 過程을 밟아 發展하였으며, 木炭高爐에서 Coke 高爐, Puddle 爐에 移行한 原因과 그 意義는 무엇인가에 焦點을 두어 考察하려고 한다.

## II. 本 論

### 1. Puddle 爐 普及의 社會經濟史的 背景

製鐵方法에는 直接製鐵法과 間接製鐵法이 있다.<sup>(1)</sup> 技術史的 段階에서 보면, 直接製鐵法은 舊時代의 製

鐵法이다. 間接製鐵法이 大陸에서 導入된 것은 大概 14世紀 頃이고, 처음으로 實用化되게 된 것은 15世紀 末이었으며,<sup>(2)</sup> 16世紀에 間接製鐵法이 壓倒的으로 普及되었다. 그리고 그 燃料은 木炭이었다. 그리하여 製鐵所의 立地條件은 木炭의 源泉인 木材와 鐵鐵石<sup>(3)</sup> 및 水流의 세가지 側面이 考慮되어야 하지만, 一般的으로 木材가 豊富한 地帶에 立地하고 있었다. 그리고 또더하여 木材不足問題가 發生하는데 그 理由는 鐵鐵石을 溶解하는데는 많은 木炭을 必要로 하였기 때문이다. 이것은 製鐵所의 工業立地가 鐵鐵石이 集中되어 있는 地域보다도 木材가 豊富한 곳이 生産費面에서 安穩인 것을 立證하는 것이 된다.

鐵에 對한 需要는 兵器에서 부터 日常生活用品에 이르기까지 대단히 廣範圍하였다. 近代國家의 絕對君主는 主로 兵器生産(大砲, 銃, 彈丸 等)을 目的으로 國王領에 製鐵所를 創立하였다. 需要는 日用品에 있어서도 매우 強하게 나타났다. 當時의 鐵製品을 보면 16世紀 段階에서는 刃物類, 鎊머, 日用家事用品, 馬具 等, 鐵物類, 三十餘種에 이르는 道具類, 三百餘種에 이르는 大槓간用 輪車 等等[大河內 26頁]. 時代가 흐름에 따라서 鐵製品에 對한 需要가 多樣해지고 있었다.

그러나 鐵에 對한 需要가 커짐에 따라서 그에 對應하는 供給이 徐徐히 不足하여 이 점을 배우는 것이 큰 問題로 登場하였다. 더욱이 當時 세가지 基本的인 危機가 있었다. 첫째, 1717~1719年間 英國과 스웨덴과의 모든 貿易을 英國政府가 禁止함으로써 結果的으로 鐵價格의 急速한 上昇에 따른 鐵의 急速한 不足現狀이 發生되었다. 둘째, 1735~1737年 鐵의 供給이 한층 切迫하였음에도 不拘하고, 輸入의 制限되어서 鐵價格의 急激한 上昇을 가져왔다. 셋째, 最後의 重要한 危機는 1750年代 初期에 發生했다. 美國植民地로부터 鐵輸入에 對한 關稅撤廢를 認定한다는 案이 國會를 通過하였다. 이를 모든 危機에 依해서 製鐵業內部에서 심한 利害衝突이 發生되었다. 英國製鐵業者들은 鐵鐵의 不足에 滿足하고 있

- (1) 鐵의 種類는 炭素의 含有量에 依해서 決定되지만, 그 當時 炭素가 몇몇인가하는 化學的 知識은 없었다. 따라서 選定의 炭化 等の 化學的 把握은 할 수 없었지만, 經驗이나 勘에 크게 依存하였다. 化學이 科學으로서 成立하는 것은 18世紀末이었다. 化學의 發達이 늦어진 것은 物質觀, 燃燒理論에 對한 誤解에 있었다. H. 바터필드, I. 블랙 『近代科學의 歩み』, 岩波書店, 1978年, 105~6頁.
- (2) 中世 末期 유럽에 있어서 鑄鐵의 製造는 技術史的 觀點에서 劃期的인 것이었다. 水力送風機를 갖춘 爐의 第1號는 14世紀末(1308年)이라고 傳해지고 있다. 이 技術革新은 各地에 傳播시킨 것은 유럽全域을 移動하면서 技術을 研修하는 專門職人(Journeyman)들이었다. 그들의 活躍에 依해서 다른 冶金中心地에도 이 技術革新이 傳播되었으며 採用되었다. J. 지안벨 『中世의 産業革命』, 坂本賢三譯, 岩波書店, 1978年, 44-6頁.
- (3) 鐵鐵石은 商業的으로 보아 赤鐵鐵( $Fe_2O_3$ )—磁鐵鐵( $Fe_3O_4$ )—褐鐵鐵( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ )—炭酸鐵鐵( $FeCO_3$ )의 順序로 實이 좋다. 鐵鐵石의 鑛床은 大規模的인 것이 世界各地에 存在하고 있어 어느 것이나 매우 純度가 높고 地表附近에 埋藏되어 있기 때문에 採鐵도 容易하다.

었다. 그 理由는 鐵鑄의 供給不足이 그 價格을 上昇시켰기 때문이다[M. W. Flinn p.146—7]. 대장간 經營者들은 植民地로 부터 鐵鑄輸入이 認可될 것을 希望하고 있었다. 그 이유는 이것이 原料價格을 低下시켰기 때문이다. 鐵加工業者들은 美國의 鐵鑄과 棒鐵을 英國에서 輸入해 줄것을 希望하고 있었다. 이 鐵輸入論爭은 結局 鐵供給에 對한 超過需要때문이며, 더우기 製鐵業者는 그 狀況을 利用하여 利益을 얻으려고 하였으며, 또한 鐵加工業者는 이 切迫한 狀況에서 脫皮하려고 하는 利害關係에 依해서 發生한 것이다.

鐵需要의 增大에 따른 供給不足現狀 以外에 鐵의 品質에 關한 問題가 있다. 英國鐵은 外國鐵에 比해서 質이 별로 좋지 못했다. 外國鐵 特히 스웨덴鐵은 極히 質이 좋았다. 이것도 鐵을外國으로부터 輸入하게 된 原因의 하나였다.

鐵輸入의 增加, 鐵鑄價格의 上昇 等에서 우리는 鐵에 對한 超過需要에 따른 生産量不足이 存在하였음을 推測할 수 있다. 만약 國內에서 需要가 充分히 滿足되었다면, 鐵輸入論爭은 發生하지 않았을 것이다. 그러나 木炭高爐에서 鐵鑄을 生産하는 데에는 큰 障壁이 있었다. 即, 에너지源으로서의 木炭의 不足이었다. 새로운 에너지源의 導入이 産業社會가 變化하는 가운데 促進되었다.

地上에 存在하는 에너지源인 木材는 옛부터 利用되었지만 産業擴大에 따라 그 利用範圍가 더욱 擴大되었다. 그 當時 石炭의 경우는 熱源과 原料源의 두가지 用途로 限定되어 있었지만<sup>(4)</sup> 木材는 그 用途가 廣範하였다. 船舶, 住宅, 熱源, 原料源, 機械類 等等, 그리고 地上의 森林은 그 成長에 있어서 數年이 所要된다. 다른 한편 多樣한 用途를 갖고 있는 木材는 産業이 發達함에 따라서 消費가 점점 增加하여 絶對的으로 不足하게 되었다. 特히 製鐵業에 依한 木材消費는 매우 많은 것이었다. 그리고 그것이 木材價格에 反映되어 鐵生産價格이 上昇하였다. 따라서 製鐵所의 立地를 決定한 것은 鐵鑄石보다도 森林의 存在如否였다. 이것은 遠方의 木材나 木炭을 運搬하는 것 보다 오히려 鐵鑄石을 運搬하는 것이

安便였음을 意味한다. 16~17世紀를 通하여 製鐵業의 繁榮地는 Sussex, Wield의 森林地帶였다. 그러나 이地域에 있어서 森林資源은 般船과 製鐵業에 있어서의 큰 需要 때문에 減少하는 傾向에 있었다. 그리고 1700年代初에 製鐵業은 아직 木材가 殘存하고 있는 場所로 移動하였다[T. S. Ashton p.37]. 그리하여 英國의 製鐵業은 木材不足 때문에 점점 많은 制約을 받게 되었다. Lancashire의 製鐵業은 木材不足 때문에 崩壞되기 시작하였다. 17世紀 中葉 英國 製鐵業의 中心地에서 이와같은 狀況이 最高潮에 達했다. 이 時期부터 英國製鐵業은 衰退하기 시작하였다. 이와같은 狀況에서 木炭에 代替되는 새로운 에너지源이 時急히 要求되었다. 結果的으로 Puddle 爐의 普及에 依해서 이問題가 解決된다.

그러나 近年에 木炭不足에 依해서 製鐵業이 衰退되었다는 從來의 主張에 對한 批判이 行해지고 있다. 이들 主張에 依하면 當時 木炭不足現狀은 存在하지 않았으며, 製鐵業의 衰退가 없었다는 점에 共通되고 있다. 그 根據로서는 當時製鐵業에 있어서 新投資가 增加하였으며 生産量과 需要가 擴大되었고 高爐數도 增加되었다는 것이다[M. W. Flinn p.146—7 & G. Hammersley p.595—6].

한편 大河內曉男氏는, 鐵鑄生産이 木炭不足에 依해서 衰退하였다면, 鐵加工業者도 衰退하였을 것이다. 그러나 事實은 鐵加工業이 發達하였다. 따라서 木炭不足은 存在하지 않았다[大河內 165—9頁]. 以上과 같은 諸批判에 對해서 가장 疑問이 되는 것은 批判者의 理論의 根據가 內部問題에만 限定되어 있다는 것이다. 그러면 왜 棒鐵輸入이 增加되었으며 <表1 參照> 장작의 價格指數가 一般物價指數를 크게 上靨하고<sup>(5)</sup> 있었을까? 이 點에 對해서 그들은 言及하지 않고 있다.

## 2. Puddle 爐 普及의 技術史的 背景

木炭을 燃料로 鐵을 製造하는 直接製鐵法은 렌爐를 使用하였으며, 一段階製鐵法으로 불리워졌다. 그러나 이 一段階製鐵法은 爐內溫度를 充分히 올릴 수 없기 때문에 鐵은 半熔融狀態였으며, 또한 그 속에

(4) 英國은 「世界의 工場」期에 石炭液化를 可能케하는 技術이 發生하게 된다. 『石油의 滴出은 곧 中止되었기 때문에 Young은 石炭(特히 燭炭이라 불리워졌으며 多量의 탄을 溜出한다)을 乾留하여 얻은탄을 精製하여, 이것으로부터 灯油를 製造하였다. 이 灯油는 石炭油(coal oil)라 불리워졌다. 이 特定の 石炭도 枯竭되었지만, Young은 屈하지않고 1862년에 瀝青質質岩의 乾留에 依해서 石油精製에 成功하였다』 Mainichi Daily News, Sat, Jul, 5, 1980.

(5) J. U. Nef에 依하면 16世紀 中葉부터 장작의 價格指數가 一般物價指數를 크게 上靨하기 시작하여 17世紀 中葉에는 장작의 價格指數가 一般物價指數의 約3倍로 頂點에 이르렀으며, 그 後 2.3倍 水準을 維持하였다고 主張하고 있다. J. U. Nef., "The Rise of the British Coal Industry," London U.P. 1932, p.158, p.221.

〈表 1〉英國의 國別 棒鐵輸入量 (1700—1799)

(單位: 噸)

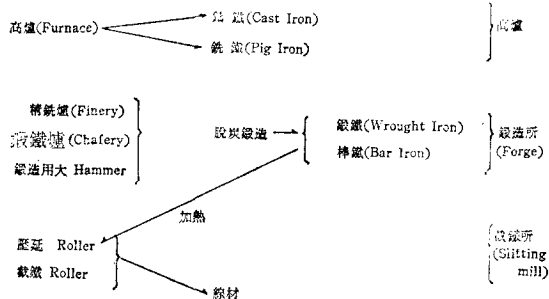
年	Sweden	%	Russia	%	其 他	%	總 計
1700—9	14,100	88.0	20		1,950	12.0	16,050
1710—19	10,500	65.0	20		5,450	35.0	16,250
1720—29	15,000	76.0	400	2.0	4,250	22.0	19,650
1730—39	19,000	74.0	3,300	13.0	3,250	13.0	25,550
1740—49	16,800	75.0	3,600	16.0	2,100	9.0	22,500
1750—59	18,700	64.0	8,100	27.5	2,550	8.5	29,300
1760—69	19,600	49.0	17,400	44.0	2,700	7.0	39,700
1770—79	16,700	38.0	25,300	57.0	2,100	5.0	44,100
1780—89	15,300	34.5	27,800	63.0	1,100	2.5	44,200
1790—99	18,200	40.0	26,300	58.0	1,000	2.0	45,500

(資料) A Birch, "The Economic History of British Iron Steel Industry," 1784--1879, New York, 1968.

는 木炭, 鑛石, 其他 不純物이 많이 包含되어 良質의 鐵을 製造할 수 없었다. 따라서 英國은 大陸으로부터 間接製鐵法을 導入하게 되었다. 이것은 高爐—鍛造所—軋鐵所를 거쳐서 棒鐵을 製造하는 것이다. 木炭高爐에서 얻을 수 있는 銑鐵은 特別히 炭素成分이 많이 包含(3%以上)되어 있기 때문에 加工할 수 없다. 加工하기 爲해서 망치질을 하던 鋸齒 軋鐵機를 鑄鐵로 利用하기에는 큰 問題가 없으나 鑄鐵만으로는 17世紀 以後의 鐵에 對한 需要를 滿足시킬 수 없었다. 따라서 銑鐵을 鐵加工業者가 利用하기에 便利한 原材料로 供給하기 爲해서는 精鍊을 하지 않으면 안된다. 그러나 이것도 單純히 精鍊爐안에 넣

어 處理하면 鍊鐵이 製造되는 것이 아니었다. 一般적으로 이 過程을 鍛造工程이라 불리워지며, 이 工程은 精鍊爐—鍛鐵爐—鍛造用 hammering 으로 構成되어 있었다. 이와같이 鍛造所를 通過하면 鍊鐵을 얻을 수 있었다. 〈圖 1〉의 工程은 間接製鐵法導入以後의 製鐵工程이다. 그러나 木炭을 燃料로 하였을 경우에는 棒鐵 1톤 製造에 鍊鐵 1톤半이 必要하였고 木炭 24입방야드가 操業에 消費되었다[T. S. Ashton p. 87]. 따라서 鐵加工業者는 큰 影響을 받았다. 高價의 棒鐵을 購入하던 鐵加工品自體도 高價가 됨으로 加工品需要에 큰 影響을 주게 되었다. 今後 木炭의 代替物로서 注目된 것이 土炭(혹은

〈圖 1〉 製鐵業의 技術工程



(資料) 大河内曉男『近代イギリス經濟史研究』岩波書店, 1971. 小杉「イギリス木炭製鐵業の地理的分布」, 『經濟論集』關西大學, 14卷 2號.

泥炭)이었다. 土炭은 入手方法이 簡單하여 生産費를 크게 節減할 수 있다는 長點이 있었지만, 熱價가 매우 낮았다[H. R. Schubert p.146—7]. 그리하여 土炭을 木炭과 混合하여 使用하는 方法이 考案되었지만 結局 良質의 鐵을 얻을 수 없기 때문에 實用化될 수 없었다. 木炭과 土炭의 混合으로 生産된 鐵은 良質의 鐵로 製造되기 爲해서는 다시 溶解하여야 하는 短點이 있었고, 이렇게 되면 生産費가 增加되므로 經濟的인 燃料이라고 할 수 없다.

따라서 燃料의 缺乏問題는 實際的으로 技術的인 問題였다고 할 수 있다. 産業革命期에 이르기 까지 石炭은 主로 暖房 用家庭燃料로서 使用되었다. 特別 製鐵業에 있어서 石炭을 熔鑪爐에 使用한다는 것은 石炭이 燃燒할 때 發生하는 亞黃酸가스 때문에 良質의 鐵을 얻을 수 없었다. 이 障礙를 除去하면서 製鐵業의 難關을 打開한 것이 Abraham Darby였다.<sup>16)</sup> 그의 Coke 高爐法에는 比較的 地下深層에서 採取되는 열기가 적게 發生하는 石炭 即, 無煙炭을 coke 化함으로써 脫硫하여 coke에 木炭을 混入하여 鑪鑪爐 안에서 燃燒시키는 것이다[R. J. 포어부스 199頁]. 이와같이 無煙炭에서 製造된 Coke는 堅固하여, 通風성이 있고, 또한 木炭高爐와 같이 自重으로 꺼그러지는 일이 없었다. 이 때문에 Coke高爐는 1基當 生産能力에서 從來의 木炭高爐의 數倍가 되었다[荒井 外2人 129頁]. 一般的으로 高爐와 같은 裝置는 生産能力增加에 比較적 建設費, 人件費, 運轉費 등의 增加가 적다. 따라서 大型高爐일수록 製品의 本當 生産價格은 低廉하게 된다. 即, 大量生産의 利益을 實現할 수 있다는 것이다. 한편 18世紀 後半에는 木炭價格의 上昇이 顯著하였지만, 石炭價格은 安定되어 있었다. 이와같은 理由에서 Coke高爐는 木炭高爐에 比較적 有利하였다. 鐵鑛石에서 鐵을 얻는 方法은 이렇게 함으로써 일단 그 隘路를 克服하였지만 生産되는 鐵은 오로지 鑄物로만 利用되었으며, 當時 主要製品인 鍊鐵의 原料로는 品質이 不適當하였다. 그러므로 銑鐵이 可鍛性의 鐵로서 精鍊되는 方法이 要求되었다. 그것은 鐵 속에 包含되어 있는 炭素를 分離하는 操作이며 精鍊爐 안에서 送風機에 依해서 送風하면서 酸化過程을 反復하는 것이다. 그러나 그 過程이 從來의 方法으로는 매우

緩慢하였기 때문에 生産되는 鐵은 항상 不均質하였다. 即, 銑鐵生産은 Coke高爐를 使用함으로써 大幅 增大되었지만 精鍊技術開發의 지연으로 鍊鐵生産用 銑鐵의 製造는 木炭高爐에 依存하고 있었다. 이와같은 製鐵業發展의 不均衡이 工業發展의 不均衡을 惹起시켰다. 即, 銑鐵을 主原料로 使用하는 部門의 成長과 鍊鐵을 原料로 使用하는 部門의 相對的 沈滯現狀이다. 이것은 綿工業의 紡績部門의 機械化가 극심한 綿糸不足에서 綿糸過剩狀態로 轉換시켰으나, 紡績部門의 技術進步의 지연으로 織布部門이 沈滯됨에 따라 綿工業의 不均衡發展을 惹起시켰던 것과 類似的 現狀이라고 할 수 있다. 綿工業과 製鐵業은 技術革新이 모두 經濟的 危機 속에서 이루어졌다고 볼 수 있다. 그리고 또한 그것은 工業諸部門 間의 不均衡成長에 起因하였으며, 이 不均衡成長을 惹起시킨 要因이 木材不足이었다. 따라서 精鍊部門의 技術革新도 結局 木材不足에 起因된 것이라 생각된다.

다음은 高爐에 있어서 送風의 問題이다. 水力을 利用한 送風은 自然을 利用한 點에서 最高段階였지만, 自然에 依한 束縛, 季節性 및 工場立地條件에 큰 制約을 주었다. 水力의 供給이 一時的으로 中斷될 때에는 設備, 勞動力 등의 稼動이 不可能하므로 生産費가 크게 上昇하였다. 이것이 또한 鐵의 價格에 影響을 주었다. 以上과 같은 束縛에서 解放시킨 것이 蒸氣力이라 생각되지만, Charles Hyde 등은 蒸氣力이 Coke高爐普及의 前提條件이라는 證據가 없다고 主張하고 있다. 그에 依하면 1790년에 蒸氣力을 導入한 大部分의 Coke高爐는 오히려 水力에 依存하고 있었으며, 水車은 一基의 Coke高爐를 採業하는데 充分하였다. 따라서 18世紀에 蒸氣力이 存在하지 않았다 하여도 Coke製鐵部門은 1790년에 發展했을 것이라고 [C. K. Hyde p.69—71] 主張하고 있다. Hyde氏는 當時 生産費의 觀點(蒸氣엔진의 價格이 水車設備의 그것보다 高價였다)에서 이와같은 主張을 하고 있다. 만약 이렇게 된다면 蒸氣力の 歷史上的 役割이 너무 過少評價되는 것이며, 木炭高爐에서 Coke高爐에로의 轉換自體도 歷史上 그다지 重要性를 갖지 못한다는 것으로도 理解된다. 따라서 그의 主張하는 바는 納得이 가지않는다. 이는 理論的으로는 可能하겠지만, 實際的으로는 上述한 바의

(16) 石炭을 coke 化하여 銑鐵을 製造한 Abraham Darby I 世(1678—1717年) 以前에도 石炭을 利用하여 鐵을 製造하려는 試圖가 行해졌지만 成功하지 못했다. 即, Thomas Procter (1589年), Simon Sturtevant (1611年), John Rovenzon (1613年), Dud Dudley (1619年) 등의 特許申請이 있었다.

같이 水力利用에는 各種制約(即, 自然的 諸條件에 依存하여 規則的 動力源이 될 수 없다는 點과 工場 立地條件에 있어서의 制約 點, 山間僻地에 工場을 設立하여야 하며, 工場 以外의 諸般施設을 갖추어야 하므로 많은 費用을 負擔하여야 한다는 點 等)이 수반됨에도 不拘하고 그는 이러한 條件들을 考憲하지 않았다. 이와같이 생각한다면 技術의 起動力이 모두 生産費만으로 決定된다고는 볼 수가 없게 된다. 技術選擇에 있어서 勿論 生産價格이 重要な 決定要因이지만 經濟外的 要因도 매우 重要的 것이다.

어쨌든 Coke 高爐의 發明은 木炭에 依存하고 있던 製鐵部門의 衰退를 救劑하였으며, 精鍊業의 變革을 要求하는 방아쇠 役割을 하였다고 볼 수 있다. 그러나 石炭利用에 關한 研究는 Coke 高爐의 開發過程과 같이 많은 試行錯誤에 依해서 이루어지게 된다. 「鍊鐵製造를 爲한 特許目錄은 그 秘法을 감추기예 餘念이 없으나 그 大部分은 製鐵業者들에게 熱狂의 으로 받아들여졌음에 틀림없다.」[T.S. Ashton p. 87-88].

3. Puddle 爐에 依한 石炭精鍊의 確立

石炭을 利用한 棒鐵生産은 1783~84년에 갑자기 나타난 것이 아니라 역시 相當期間이 所要된 技術開發에 依한 것이었다. 製鐵分野의 特許出願狀況을 보면 <表 2>와 같다.

이 特許一覽表를 보면, 使用되는 原料에 鐵鑛石이 있다는 것이 注目할만 하다. 棒鐵을 生産하기 爲해서 當時 두 種類의 開發이 行해졌음을 알 수 있다.

第一의 方法은 鐵鑛石에서 直接 棒鐵을 製造하는 方法이며, 第二의 方法은 銑鐵 혹은 古鐵로서 棒鐵을 生産하는 것이다. 그러나 第一의 方法으로는 棒鐵이 製造되지 않았다. 結局 第二의 方法으로만 成功할 수 있었다. 그러나 第一의 方法에 依한 諸實驗이 全히 無用한 것이었다고는 할 수 없다.

그러면 우리는 銑鐵을 棒鐵로 變換시키기 爲한 諸條件을 考察해볼 必要가 있다. 「木炭銑鐵은 普通 亞成成分이 낮다. 그러나 高溫을 利用한 coke 銑鐵은 亞成의 含有量이 2~3%이므로 豫備處理作業이 必要한 것이 特徵이다. 鍊鐵製造의 發展에 있어서 이와 같이 木炭銑鐵에서 發見된 것 보다 높은 亞成含有量을 가진 燃料를 利用하기 爲해서는 두가지 重要한 問題가 있었다.

(1) 木炭과는 다른 炭素質燃料로부터 硫黃分을 除

<表 2> 棒鐵生産을 爲한 特許出願

特許 No.	年月日	特許所有者	利用된原料
460	1724. 1. 27	Woodhouse	鑄鐵
489	1727. 1. 21	Wood, F	鐵鑛石
490	1727. 2. 9	Followfield	鐵鑛石
502	1728. 9. 18	Wood, W	鐵鑛石
553	1736. 3. 20	Eyre	鐵鑛石
637	1748. 9. 24	Postlethwayt	鐵鑛石
759	1761. 2. 5	Wood, J	銑鐵
780	1762. 10. 25	Roebuck	銑鐵
794	1763. 7. 30	Wood, J & C	銑鐵과古鐵
851	1766. 6. 17	Cranage Bros	銑鐵
854	1766. 7. 31	Purnell	(rolling)
988	1771. 5. 2	Cockshut	鐵鑛石 혹은 銑鐵
1054	1773. 10. 30	Jesson & Wright	銑鐵
1351	1783. 1. 17	Cort	(rolling)
1370	1783. 3. 22	Onions	銑鐵
1396	1783. 11. 14	Jesson	銑鐵
1420	1784. 2. 13	Cort	銑鐵 혹은 鐵鑛石

(資料) C.R. Morton and N. Mutton. "The Transition to Cort's Puddling", Journal of the Iron and Steel Institute, Vol CCV, 1967.

去하는 일.

(2) 亞成를 比較的 많이 含有하는 coke 銑鐵에 對한 脫亞成化」[C.R. Morton and N. Mutton p. 772]. 以上 두가지 問題가 가장 큰 焦點이 되었다. 이미 1709년에 Abraham Darby I世에 依하여 coke 銑鐵이 製造可能하였음에도 不拘하고, coke 銑鐵이 製造되기 以前에 以上과 같은 技術的 障礙가 表出되었던 것이다. 따라서 coke 銑鐵의 利用은 初期에는 鑄鐵에 限定되어 있었다. [A. Raistrick p. 53-4].

다음에는 特許出願 中에서 보다 重要的 것을 檢討해볼 必要가 있다. 特許 中에서 鐵鑛石을 原料로 한 것은 結果의 으로 失敗했기 때문에 本稿에서는 除外하기로 한다. 그렇게 되면 第二의 方法의 問題點은 다음 두가지 中에서 어느 하나에 該當된다.

(1) 銑鐵의 取扱: 硫黃成分을 無視한채 精鍊을 爲한 諸般試圖가 이루어 졌으며, 그 後에 脫硫黃化의 最終的인 脫炭素化가 이루어 졌다.

(2) 古鐵 혹은 廢鐵의 取扱: 古鐵은 再熔解되어 粒狀이 되거나 혹은 鑄造하여 薄板으로 만들어서 모

두 鍊鐵로 處理하기 爲한 適當한 形態로 하였다 [C. R. Morton and N. Mutton p. 723]. Wood, J는 759番 特許에서 “flourishing”의 意味에 對해서 다음과 같이 言及하고 있다. 그 內容은 泥炭火에 送風을 하여 加熱하고 銑鐵을 脫炭素化하여 可鍛狀이 될 때까지 密封한 pot 속에서 溶劑와 接觸시켜 加熱하는 것이었다. 더욱이 特許番號 759番의 內容을 John과 Charles Wood는 794番 特許에서 修正하였다. 이 方法에 依하던 세계의 過程을 必要로 하였다.

(1) 以前の 特許처럼 脫干素化한 後 金屬을 stamper로 粒狀化하거나 부수는 것이었다.

(2) 選別된 浴濟로 密封된 pot 속에서 金屬片을 1回 以上 注込시켜 다시 加熱한다. 이때 脫硫黃化反應이 일어난다.

(3) 溶劑를 使用하지않고 密封한 耐火性 pot 속에서 다시 chaffing 操作을 하여 脫炭素화한다 [C. R. Morton and N. Mutton p. 723]. 이 操作은 fining 操作에서 精鍊操作을 分離함을 意味하며, 古鍊鐵을 高品質의 市場化할 수 있는 製品으로 처리하는 것을 意味한다. 그러나 Wood가 採用한 方法의 缺點은 “flourishing”하고 있는 동안에 pot 속에서 銑鐵이 너무 빨리 破壞됨으로써 金屬에 많은 硫黃成分이 含有되는 것이었다.

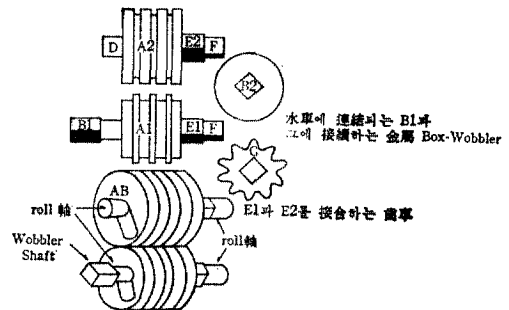
當時 다른 特許 가운데는 Carron 工場의 John Roebuck의 特許도 있었지만, 結果의으로 失敗하였다. 그러나 Wood, Roebuck의 方法에 있어서 注目할만한 共通點은 反射爐가 利用되고 있다는 點이다. (7) 이 경우에는 自然通風과 強制通風의 두가지 方法이 利用되었다. 또한 Wood의 方法으로 生産된 鐵은 결코 品質이 粗惡한 것은 아니었다. 이런 意味에서 石炭을 燃料로 使用하는 方法에 依해서 어느 程度의 成功은 거두었다고 볼 수 있다.

1776年, Cort의 方法과 매우 類似한 것은 Cranage와 Purnell 特許였다. Cranage 兄弟는 Coalbrookdale Company에서 勤務하고 있었다. 當時 會社의 經營管理는 Richard Reynolds가 擔當하고 있었다. 그의 經營管理 中에서 가장 注目할만한 것은 銑鐵에 對한 調整法을 發見한 것이었다. Cranage

兄弟에 依해서 行해진 銑鐵에서 鍊鐵로의 轉換은 鍛造所의 精鍊爐에서 行하여졌으며, 利用된 燃料은 木炭이었다. 그리고 石炭을 燃料로 利用하기 爲한 많은 實驗도 行해졌다. ……그들은 鐵이 燃料과 直接 接觸하지않는 反射爐에서 實驗을 遂行하였다. 이 方法으로 製造된 鐵은 「매우 質이 좋았으며 初期方法보다 低廉한 價格으로 生産되었다. 이 方法은 Coalbrookdale 工場의 規模를 더욱 擴大시켰으며 Bridgenorth와 Liverpool에서 鍛造所의 持續的인 操業을 刺戟하였다」. (8) 그러나 이 方法은 英國에 있어서 全般的으로 擴散된 것은 아니었다. 이것은 Coalbrookdale Company에서 生産되는 銑鐵에만 焦點을 둔 것 같다.

Purnell은 1776年 roller의 特許를 얻었다(特許番號 854). 「그 機械는 한쌍의 孔型 roll (grooved roll)을 갖고있는 것이 特徵이었다. roll은 主動(水車)으로 부터 獨立되어 있었다. 그리고 下段의 roll은 Wobbler 即, 金屬箱과 結合되어 있었다. 上段 roll은 下段 roll에서 齒車(gear)로 運轉되었다. 그 隘路는 lock-up된 狀態였고, roll軸의 直徑이 縮小되어 있는 것은 roll이 左에서 右로 深하게 作動되었기 때문이다」 [C. R. Morton and N. Mutton p. 724] (圖 2 參照).

〈圖 2〉 Purnell의 孔型 Roll



(資料): C. R. Morton and N. Mutton “The Transition to Cort’s Puddling Process”, Journal of the Iron and Steel Institute, Vol CCV, 1967, p. 772.

(7) 反射爐는 이 時期에 처음 出現한 것이 아니다. 元來 高爐에서 製造된 鑄鐵을 利用하기 爲하여 開發된 것이었다. 反射爐에 依해서 鑄鐵도 良質의 鐵로 轉換시킬 수 있기 때문에 그 利用範圍가 擴大되었다. 그리고 이의 延長으로 精鍊開發이 行해졌다.

(8) Coalbrookdale Company가 鍊鐵을 生産한 것은 이 時期 以前の 일이며 即, 1720年代였다. 그리고 그 規模는 별로 크지 않았다.

以上에서 言及한 바와 같이 Cranage 와 Purnell 의 特許는 이 時期에 있어서 아직 結合되지 않았지만, Henry Cort 의 方法에 近似한 것이었다고 말할 수 있다.

特許番號 794號를 더욱 發展시킨 것이 1054號의 Jesson 과 Wright 의 特許였다. 더우기 Jesson 은 1783년에 또 하나의 特許를 얻었다. 이 方法은 Stamping-potting 法으로 當時 廣範하게 利用되었다.

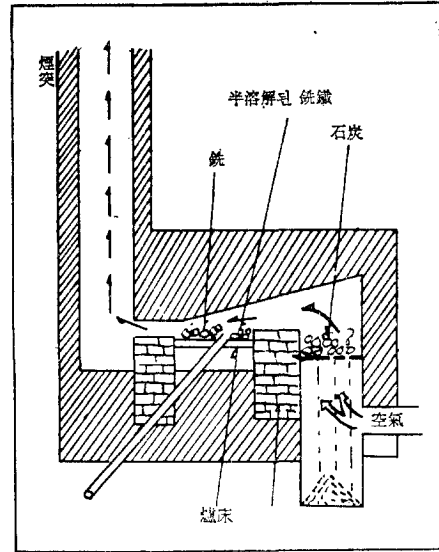
보다 理想的인 것은 Peter Onions 의 特許였다. 「操業이나 發明에 利用되는 두 種類의 爐가 있다. 卽, 一般的인 爐와 돌·벽돌 등으로 만든 耐火性爐가 있다. 一般的인 爐에서는 鐵鑛石이나 金屬이 熔解되어 耐火性爐에 注込되었다. 耐火性爐는 鐵의 熔解에 더욱 拍車를 加했다. 또한 干土와 炭素의 含量이 減少되고, 또 炭素가 大部分 除去되었을 때 爐內金屬의 溶融溫度는 徐徐히 上昇하였다」 [C. R. Morton & N. Mutton p. 726]. 이 方法은 Henry Cort 의 Puddling and Rolling Process 와 거의 類似한 方法이라고 할 수 있다. 그러나 相違點은 다음의 두가지이다.

(1) 通風の 性格(Onions 는 強制通風을 利用하였지만, Henry Cort 는 煙突의 自然通風을 利用하였다).

(2) shingling 後의 強化方法(Henry Cort 는 그의 孔型 roll 을 利用하였지만, Onions 는 그의 改良 hammer 로써 操業을 遂行하였다).

最終的으로는 Henry Cort 에 依한 1351番과 1420番 特許에 依해서 石炭精鍊技術이 確立된다.<sup>(9)</sup> 1351番 特許는 rolling 에 關한 것으로서 한 덩어리의 鐵을 普通 壓延·細切機에서 使用되는 roll 에 通過하여 이 過程에서 slag 를 搾出한다. 그렇게 하면 金屬은 壓縮되어 粘狀이 된다. 이때 軋棍은 必要하지 않으며 孔型 roll 로써 鐵板, 棒材, 角材, 平鐵 등을 製造할 수 있을 뿐만 아니라 切斷機로 切斷할 수도 있다. 또한 Henry Cort 는 半製品을 豫備鍛造하여 兩加熱한 後 처음으로 roll 을 利用하였다 [C. R. Morton and N. Mutton p. 726—7]. 이 發明에 依해서 Henry Cort 는 近代的인 壓延機의 創始者가 되

〈圖 3〉 Puddle 爐의 斷面圖



(資料): 荒井政治の外 2人編

「産業革命의 技術」, 有斐閣, 1962年.

었다. [R. J. 포어부스 203頁]. 다음은 1420番의 Puddling 法인데 이것은 Onions 의 1783年 特許와 매우 類似하지만 二 相違點에 依해서는 前述하였으므로 省略하기로 한다. 〈圖 3〉에서 보는 바와 같이 内部에 칸막이 壁이 있고 二 右側에서 石炭을 燃燒시키면 煙기는 天井을 따라서 反對쪽에 있는 煙突에 達하며, 右側의 爐床에 넣은 銹鐵이 石炭과 接觸하여 不純物이 들어갈 念慮는 없다. 그리고 天井으로부터 反射熱에 依해서 銹鐵은 溶解되고, 이때 空氣가 注込되어 脫炭되므로 融點이 높아진 鍊鐵은 이 溫度에서 高次 固化되어 糊狀이 된다. 그때 勞動者는 窓밖에서 鐵棒을 밀어 넣어 鍊鐵을 ball 모양으로 감아서 끄집어 낸다. 이 方法이 Puddling 法인데 Henry Cort 의 鍊鐵製法은 壓延法과 結付되어 있다. 卽, 뜨거운 ball 모양의 鍊鐵을 roll 에 通過시켜 擴大시킨다. 이때 roll 面에 파놓은 任意의 形態의 홈통에 依해서 圓形이나 四角 以外의 斷面을 갖는 棒材生産을 行할 수 있는 것이 Henry Cort 의 壓延

(9) Henry Cort 의 特許는 1789年 以後 몇몇 製鐵所에서 採擇되었지만, 銹鐵에서 鍊鐵으로의 轉換過程에서 缺陷이 빈번히 發生하였으며 Pot 法 보다 高生産費였다. 또한 Puddling Process 의 特許는 同時期에 登錄된 Onions 의 것 과 類似하다는 理由로 한때 無効가 되기도 하였다. 따라서 Henry Cort 自身은 發明에 依한 特許를 빌트 누리지 못했다. 이 點은 同時期의 Mule 紡績機를 發明한 Samuel Crompton 의 運命과 비슷한 것이었다. S. Smiles "James Nasmyth, Engineer, an Autobiography," Harpers & Bros., 1883., W. K. V. Gale., "The British Iron and Steel Industry, a Technical History", David & Charles, 1967., C. K. Hyde., "Technological Change and the British Iron Industry, 1700—1870," Princeton U. P., 1977.

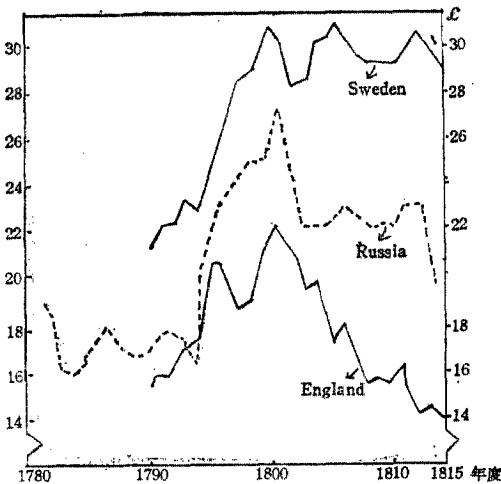


法이다. Henrt Cort는 그의 特許明細書에 다음과 같이 記述하고 있다. 「그 發明과 體系에 關한 모든 것은 從前에 사람들에게 周知되지 않고 利用되었던 方法보다도, 機械를 보다 有効適切하게 利用함으로써 完成된 것이며, 또한 가장 새로운 方法으로서 鐵製造에 있어서 從前의 가장 一般의인 見解와는 다른 것이다. 그리고 採擇된 모든 方法에 있어서 精銑爐 木炭, coke, 鍛鐵爐 또는 Arc 爐를 利用하지 않았으며, 또한 그 方法을 遂行함에 있어서 溶劑를 使用하지 않고 完結시켰다. 製造量에 따라서 모든 作業을 1基 또는 그 以上の 爐를 使用하여 行할 수 있다.」 [C. R. Morton and N. Mutton p.728]

그러나 Henry Cort의 特許는 처음부터 經營的으로 成功한 것은 아니다. 銑鐵을 鍊鐵로 精鍊하는 過程에서 歩留率(原料의 損失 혹은 缺陥이 적음)이 低調하였으며, 銑鐵에서 珪素를 除去하기 爲하여 豫備

的인 熱處理作業을 해야하는 번거로움이 있었다. Henry Cort의 Puddle 爐는 그 後 試行錯誤에 依한 一連의 改良——即, 豫熱工程의 省略, 모래 대신 酸化鐵을 爐床에 使用하여 slag를 減少시켰으며, 보다 신속한 脫炭過程을 通하여 半熔融狀態의 鐵에서 一酸化炭素를 除去함으로써 歩留率을 向上시켰다——이 이루어짐으로써 製鐵業의 量的 擴大의 契機를 마련하는 데 큰 貢獻을 하였다.<sup>(10)</sup> 또한 製造된 鐵은 價格과 品質面에서도 決코 外國鐵에 뒤떨어지지 않았다. <圖 4>에서와 같이 1795~1815年間 英國의 棒鐵 價格은 高價이지만 이는 戰時需要와 高關稅에 依한 것이다. 그러나 그 後 棒鐵價格은 漸次 下落하고 있음을 알 수 있다. 또한 <表 3>에서 보는 바와 같이 外國으로 부터의 棒鐵輸入은 1791~95年을 頂點으로 漸次 減少하고 있음을 알 수 있다. 産業革命의 最終段階에서 鐵輸入減少는 國內生産이 國內需要를 充足시켜가고 있음을 立證하는 것이다.

<圖 4> 棒鐵價格의 國際比較



<註> 輸入關稅을 包含하고 있으며, 모두 London 價格이다.

(資料): C. Hyde, "Technological Change in the British Wrought Iron Industry. 1750—1815:", A Reinterpretation, Economic History Review, Vol XXV II No2, 1974.

<表 3> 棒鐵輸入量 (1781~1830)

年	輸 入 量 (噸)
1781—85	44,690
1786—90	44,780
1791—95	52,020
1796—1800	45,700
1801—05	35,920
1806—10	24,280
1811—15	17,720
1816—20	11,820
1821—25	73,700
1826—30	15,320

(資料): B. R. Mitchell and P. Deane, "Abstract of British Historical Statistics", Cambridge, 1962.

### III. 檢討 및 結論

지금까지 製鐵業의 Puddle 爐 普及의 背景과 그 確立에 對해서 考察하였으며, 本稿에서는 다음과 같

(10) 그의 發明에 依한 成果는 急速히 表出되었다. 鍛鐵用大軋軋器를 使用하여 12時間에 棒鐵 1噸 밖에 生産할 수 없었던 것이 roller를 通過함으로써 同一時間內에 15톤을 生産할 수 있게 되었다. Henry Cort의 Puddle 爐 普及에 依해서 石炭採掘에서 完成된 鐵을 絶斷해서 鑄狀鐵을 製造하기 까지의 全工程이 壓延과 結合되어 크게 省略되었으며, 또한 이 全體工程이 單一企業集團에 依해서 支配되는 集中의 大企業이 形成되게 되었다. 製鐵業者는 同一燃料을 使用하여 高爐와 鑄造所를 保有하는 製鐵業의 二 部門을 結合할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 鍛鐵所, 壓延機 및 鐵鑄所와 高爐를 結合하였고 炭田所有도 可能하였다. 그러나 勞動의 內容에 있어서 Puddle法은 如前히 半熔融狀態의 鐵을 人力을 使用하여 取扱하였다는 點에서 木炭時代와 다른 點은 高度의 熟練을 要하는 重筋肉勞動에 依存하고 있었다. 따라서 可鍛性鐵生産의 革新은 19世紀 後半의 Bessemer Process에 依해서 이루어지게 된다고 할 수 있다.

는 내용이 주로檢討되었다.

첫째, 木炭不足에 依해서 製鐵業의 發展이 沈滯되었다는 從來 主張에 對해서 最近 一部學者들은 當時 製鐵業의 新投資가 增加되어 生産量과 需要가 擴大되었고 高爐數도 增加되었으며 木材不足은 存在하지 않았다고 主張하고 있으나 그들의 理論的 根據는 一部 內的 問題에만 局限되어 있다는 點이다. 만일 그들의 主張이 妥當성이 있는 것이라면, 棒鐵輸入增加, 鐵輸入論爭 및 장작價格의 急上昇 等に 關한 解明이 있어야 함에도 불구하고 그들은 이들에 對한 言及은 하지 않고 있다. 棒鐵輸入의 增加는 鐵의 國內需要를 充當할 만큼 鐵供給이 이루어지지 못했던 것을 意味한다. 또한 製鐵業의 立地決定에 있어서도 製鐵原料인 鐵鑛石 보다도 오히려 森林의 存在如否가 問題가 되었고, 木炭運搬 보다 鐵鑛石運搬이 安價였다는 것, 장작의 價格上昇, 森林地帶를 찾아서 製鐵所가 번번히 移動해야만 하였다는 것 등으로 미루어 보아 當時 木材不足現象은 매우 深刻하였으며 그 때문에 製鐵業이 沈滯되었다고 생각할 수 있으며 이에 對한 對策으로 새로운 高爐의 發明이 促進되었을 것이다.

둘째, 製鐵業의 技術革新은 木炭枯竭이라는 經濟的 危機 속에서 促進되었다. 卽, 銑鐵生産은 Coke 高爐 使用에 依해 大幅의 增大되었지만, 精鍊技術開發의 지연으로 鍊鐵生産用 銑鐵의 製造는 木炭高爐에 依存하였다. 이것은 製鐵業의 二部門의 不均衡成長이 銑鐵을 主原料로 하는 工業部門과 鍊鐵을 主原料로 하는 工業部門의 不均衡成長을 發生시킨 것을 意味하는 것이다. 이 不均衡成長을 惹起시킨 要因이 곧 木材不足이었다.

셋째, 送風問題이다. C. Hyde 등은 二種類의 技術選擇에서 生産費를 考慮하여, 18世紀末 Coke 高爐는 蒸氣力보다 오히려 水力에 依存하였으며, 蒸氣力이 存在하지 않았다 하여도 coke 製銑部門의 發展은 持續되었을 것이라고 主張하고 있다. 그는 直接生産費만을 問題로 하고 있다. 만일 그렇게 된다면, 歷史上 蒸氣力의 役割이 너무나 過少評價되는 것이며 또한 木炭高爐에서 Coke 高爐로의 轉換 自體도 歷史上 별로 重要性을 갖지 못하는 것이 된다. 水力利用에 있어서는 自然的인 各種制約과 工業立地的 制約이 存在하므로 이러한 것들을 감안 할 때, 그의 主張은 生産에 關係되는 經濟外的 諸要因을 無視한 것이 된다.

네째, Coke 高爐의 成功이 Puddle 爐의 成功에 契機가 되었다고 생각된다. 그 理由는 Coke 製鐵法으로는 鍊鐵加工이 不可能하였으며 鍊鐵製造를 爲해서는 오히려 木炭高爐를 使用해야만 했다. 따라서 Coke 銑鐵은 當時의 主要鐵製品需要로 보아 使用範圍가 限定되어 있었다. 그러나 棒鐵은 鐵加工業者에 依해서 各種農機具, 刃物, 工具, 열쇠 等の 製品에 利用되었다. 卽, 鐵加工業者를 爲한 原材料가 되었다. 더욱 重要한 것은 機械에 利用되는 것이다. 當時 機械는 木材였으며 金屬의 使用은 普通 軸受部, 切削刃 및 其他 金屬의 性質을 꼭 必要로 하는 部分에만 限定되어 있었다. 따라서 當時 增加하는 鍊鐵需要에 對備하여 Puddle 爐의 發明이 이루어지지 않으면 안되었다. 그러므로 鐵需要의 增大에 따른 木材危機에 對處해서 나타난 技術이 Coke 高爐이며, 鍊鐵生産이 不可能한 Coke 高爐技術에 代替된 것이 Puddle 爐의 技術이다. 이와같이 製鐵業의 技術革新은 需要와 密接한 關係를 갖고 있으며 木炭高爐, Coke 高爐, Puddle 爐의 技術은 큰 聯關性을 갖고 있다.

以上的 檢討에 依해서 다음과 같은 結論에 到達하였다.

産業革命期의 生産手段은 18世紀末 突然의 出現된 것이 아니며 항상 過去의 歷史的 成果 위에 蓄積되어 發生하였다. 本稿에서 問題로 하고있는 Puddle 爐의 普及에 이르기까지는 3世紀 半 내지 4世紀가 所要되었다. 卽, 木炭高爐에서 Coke 高爐에 이르기까지 3世紀, Coke 高爐에서 Puddle 爐까지 80餘年이 所要되었다. 이들 技術은 聯關性을 가졌으며 Coke 高爐의 發明이 Puddle 爐 發明의 契機가 되었을 것이다.

木炭高爐에서 Coke 高爐에의 轉換過程에서 木炭不足이 決코 存在하지 않았다는 一部學者들의 最近의 主張은 理論的 根據가 희박한 것이라고 할 수 있으며, 이는 技術의 諸起動力과 主體性을 갖는 人間의 存在 等を 無視한 것이다. 또 Coke 高爐 普及에 있어서 蒸氣力이 存在하였음에도 불구하고 오히려 水力이 利用되었다고 하는 見解는 蒸氣力의 歷史上의 役割을 너무 過少評價한 것이며, 技術選擇에 있어서 生産費의 重要性만 強調한 나머지 그 技術選擇을 둘러싼 經濟外的 要因은 考慮하지 않은 것이다.

Puddle 爐의 發明을 特許를 中心으로 考察하였지만, 技術者들은 當時의 外的 諸狀況을 認識하여 石

炭을 燃料로 하여, 鍊鐵을 製造하는 問題에 主體的으로 對處하여 失敗과 成功을 거듭하면서 Puddle 爐의 發明에 成功하였다. 이와같이 新技術이 登場하기 爲해서는 客觀的인 必要性과 그 客觀的인 必要性이 主觀에 反映된 主體的 條件이 同時에 必要하다.

Puddle 爐의 完成에 依해서 鍛造所에서 石炭의 偉力이 크게 發揮되었지만, 發明 그 自體가 곧 製鐵業의 大量生産體制의 完成을 意味하는 것은 아니며, 量産化의 契機를 마련하였다는 데 그 意義가 있다. 또한 Puddle 爐의 普及過程의 背後에는 動力革命이 同時에 進行되고 있었다.

### 參 考 文 獻

- (1) J. 기얀벨 『中世의 産業革命』, 坂木賢三譯, 岩波書店, 1978年.
- (2) 大河内曉男 『近代イギリス經濟史研究』 岩波書店, 1971年.
- (3) M. W. Flinn, "The Growth of the English Iron Industry 1660~1670", *Ec. H. R. Sec. Ser.* Vol. IXI, No. 1958.
- (4) T. S. Ashton, "Iron and Steel in the Industrial Revolution", Manchester University Press, 1968.
- (5) G. Hammersley, "The Charcoal Iron Industry and its Fuel 1540--1750", *Ec. H. R. 2nd Ser.* No. XXVI, 1973.
- (6) J. U. Nef, "The Rise of the British Coal Industry", London, 1932.
- (7) H. R. Schubert, "History of the British Iron and Steel Industry from C. 450 B. C to A. D. 1775", London.
- (8) R. J. 파어브스 『技術의 歷史』 田中實譯, 岩波書店, 1978年.
- (9) 荒井政治·内田星美·鳥羽欽一郎編 『産業革命의 技術』 有斐閣, 1982年.
- (10) C. K. Hyde, "Technology Change and the British Iron Industry, 1700—1870" Princeton, 1977.
- (11) C. R. Morton and N. Mutton "The Transition to Cort's Puddling Process", *Journal of the Iron and Steel Institute*, Vol. CCV, 1967.
- (12) A. Raistrick, "Dynasty of Iron Founders: The Darby and Coalbrookdale", David and Charles, 1970.
- (13) A. Birch, "The Economic History of the British Iron & Steel Industry, 1784—1871", New York, 1968.
- (14) S. 리리 『人類と機械의 歷史』 伊藤新一·小林秋男·鎮目恭夫譯, 岩波書店, 1978年.
- (15) 中村秀太郎·星野芳郎 『物理技術史 [2]—機械의 科學技術』 科學史體系 V, 中教出版, 1953年.
- (16) Peter Lane, "The Industrial Revolution: The Birth of Modern", London, 1978.
- (17) 丸山益輝 『科學技術論—技術의 内面からとらえた—』, 丸善, 1971年.
- (18) 双原莞爾 『製鐵業』 『イギリス資本主義의 確立』 古岡昭彦編著, 御茶の水書房, 1977年.
- (19) 坂本和一 「イギリス産業革命期における製鐵業技術의 發展段階」 『經濟論叢』, 京都大學, 99卷 2號, 1967年.