

〔研究ノート〕

チャールズ・バベッジの原価管理思想（Ⅲ）

—著書・第1部「生産技術からみた経営管理の研究」（1）について—

佐藤正雄

目次

1. 問題提起
2. チャールズ・バベッジの生涯
 - (1) 生い立ち
 - (2) ケンブリッジ時代
 - (3) ルーカス教授職
 - (4) 計算機の研究
 - (5) 晩年と現代への功績

〔以上、第39巻第3号へ掲載〕
3. 著書『機械および諸工場の経済について』
 - (1) 概要
 - (2) 出版の経緯
 - (3) 初版における状況
 - (4) 第2版における状況
 - (5) 第3版における状況
 - (6) 第4版における状況

〔以上、第39巻第4号へ掲載〕
4. 著書・第1部「生産技術からみた経営管理の研究」（1）について
 - (1) 機械および諸工場の生産技術の効果
 - (2) 第1章「機械および諸工場から得られる利益とその源泉」
 - 第1項 工具や機械の利用
 - 第2項 英国の機械によるバンダナ・ハンカチの製造
 - 第3項 英国における製造に従事する人々の増加
 - 第4項 機械および諸工場から得られる利益の原因
 - 第5項 人間の力を増加させる工具
 - 第6項 労働時間を短縮させる工具
 - 第7項 通話管による時間の節約
 - 第8項 ガラスを切断するためのダイヤモンドの工具
 - 第9項 無価値と思える材料の再生
 - 第10項 工具と機械との違い
 - 第11項 ピンを整頓させるための工具の有利性
 - 第12項 ピンを同一方向に揃える工具の便利さ
 - 第13項 釘造りに役立つ万力と踏み子

- 第14項 障害を持つ人々を援助する踏み子
- 第15項 機械の分類と機械の有利性に関する研究
- 第16項 動力を生み出す機械の原理とエネルギーの循環
- 第17項 自然界の置換運動と人間の作用
- 第18項 時間と費用を節約するための工具
- 第19項 種つき綿花の輸送原価

4. 著書の第1部「生産技術からみた経営管理の研究」(1)について

(1) 機械および諸工場の生産技術の効果

著書の第1部は、生産技術の面から仕事場や工場の経営管理に関する各種の問題を取り扱っている。すなわち、これは主として機械および諸工場の生産技術の効果的あるいは経済的な利用方法と改善方法を事例を織り込んで詳細に述べている。機械や諸工場が一国の経済に与える利益は、次のような点が挙げられる。

- ① 人間の労働力を増加させることができる。
- ② 人間のもつ時間を経済的に利用させることができる。
- ③ 価値の少ない資源を価値が大きい製品に転換させることができる。

このことは、機械や諸工場が一国の利益を増大させることを意味している。

また、このためには、機械設備・工具類の効果的な利用、人間による作業時間の節減、生産資源の有効利用などに関する諸原則を明らかにすることが先決問題である。そして、これには経営諸条件や諸活動を科学的に分析し、合理化原則を発見することが必要である。最終的には、その科学的な経営管理方法を工場に適用するにあたっての調査事項を整えることであるとしている⁽¹⁾。

そこで、各章の内容について紹介することにする。

(2) 第1章「機械および諸工場から得られる利益とその源泉」

第1章は、比較的、高度な製造方法を英国に導入することの利益、さらに機械および諸工場から得られる利益とその源泉について述べている。そして、第1章は、第1項から第19項までの構成で、次のような内容となっている。

第1項 工具や機械の利用

大量生産を可能にするには工具や機械が必要であり、これらを用いることによって、工場は優秀な製品を造り出すことができる。それ故に、さほど重要でないと思われる製造技法にも注意を払うことが必要である。

人間は、社会の各階層が大量消費をなしうるような便利な設備を造るために機械や工具を発明してきた。英国と諸外国とを区別する著しい違いは、工具や機械が広く利用され、

(1) 今井忍「チャールズ・バベッジその生涯3 一経営の科学的アプローチ」月刊『実力管理者』第150号昭和49年7月7頁。

完備されているかどうかの違いである。私達が一生懸命考え、実験を反復して繰り返し、生まれながらの才能を十分に発揮してみれば、工場が現在の優れた特性を生み出し運営されてきた、ということがそれなりに理解できるであろう。私達が現在住んでいる部屋を見回してみると、私達が望む便利さと満足さを満たす物が沢山ある。また、一方では、各種の製品や建物が徐々に優れたものへと改善される過程の中には、数多くの失敗があったことを知っている。それらの中には、初歩的な失敗であったり、意外な結果をもたらしたりするものがあり、気の掛かることもある。それ故に、まったく重要でないと思われるような製造技法にも、細心の注意を払う必要があるのである⁽²⁾。

第2項 英国の機械によるバンダナ・ハンカチの製造

バンダナ・ハンカチを例にとり、インド綿花が英国の資本によって輸送され、英国の機械で織られることを例示する。

製品を生産するための困難性を減少していく方向性を導く技術と科学を集積することは、それらの技術と科学が集積された国だけに有益であるだけではない。昔の連合王国は、技術と科学の有利性を諸外国と共に分かち合ってきた。例えば、グラスゴーで製造されているバンダナ・ハンカチは本物のハンカチに長い期間、取って変わっている。そして、現在では、先住民族や中国人によって大量消費されている。このように、東洋の富豪やアフリカ砂漠に住む先住民族は、私達の機織り機に大いに依存している。

私達の工場生産は、多くの冒険的な旅行者よりも先行していた。例えば、クラパトン大佐 (Captain Clapparton) がトルコ皇帝ベイヨウ (the Sultan Bello) の宮殿を訪れた際に、「私は、トルコ皇帝との会食の際に、ロンドンの刻印のある英国製の白い皿で一片の肉を食した。」と述べている。

インドの綿花は、英国の船で地球を半周して輸送され、ランカシャーの工場で英国の技術を用いて織られた。また、綿花は、英国資本によって移動され始めていた。すなわち、綿花は、それが成長する様々な平野に輸送されたのである。そして、そのような綿花は、労働者が粗末な機械で生産した原価よりも、はるかに安い価格でその土地の貴族によって買い戻されたのである。

東インドのカルカッタの賃金は、英国の $\frac{1}{7}$ であった。キャリコと呼ばれる綿花は、このような理由によりカルカッタの地名から引き出されたものであった。しかし、市場では、英国の織機によって造られたキャリコが供給されていた⁽³⁾。

第3項 英国における製造に従事する人々の増加

英国において製造に従事する人口比率を、ジョーンズの「富の分配に関する試論」や「工場での雇用に関する下院委員会報告書」などに基づいて、工場での製造に従事する人口の増加を指摘する。

製造に従事している英国の人口比率は、ジョーンズ師 (Rev.R.Jones) の『富の分配に

(2) Charles Babbage, On the Economy of Machinery and Manufacturers, CHARLES KNIGHT, PALL MALL EAST, LONDON, 1835, p.3.

(3) ibid., pp.3-4.

関する試論』の報告書から明らかとなる。

農業に従事している100人当たりの比率は、次のとおりである。

	農業者	非農業者
ベンガル	100人	25人
イタリア	100	31
フランス	100	50
英 国	100	200

農業人口に対する非農業人口の比率が、絶えず増加してきているという事実は、『工場雇用に関する下院の委員会報告書』およびその後の国勢調査の報告書からも明らかになった。このような記録から、人口の比率を実証するため、大工場都市における人口増加についても明細表を次に示すごとく推定した。

年 代 都市名	100 人当たりの人口増加数			1801～1831 (合 計)
	1801～1811	1811～1821	1821～1831	
マンチェスター	22 人	40 人	47 人	151 人
グラスゴー	30	46	38	161
リバプール(*)	26	31	44	138
ノッティンガム	19	18	25	75
バーミンガム	16	24	33	90
大英帝国	14.2	15.7	15.5	52.5

(*) リバプールは、工業都市ではないが、マンチェスターの港であること関連してここでは、この表に記載してある。

このように、10年間隔の3期間において、その各期間の英国の人口は、約15%増加している。また、30年を1期間とすれば、約52%増加したことになる。ここに記載した都市の人口は、平均して132%増加している。このような人口増加の明細表からすれば、工場で働く人々に対する福祉が重要になる、とうことは言うまでもないことである⁽⁴⁾。

第4項 機械および諸工場から得られる利益の原因

機械および諸工場から得られる利益は、主として、次の3つの原因から生ずるように思われる。

- ① 機械および諸工場が人間の力を増加させること。
- ② 機械および諸工場が人間の作業時間を経済的に引き出すこと。
- ③ 機械および諸工場は、一般的には価値の無いと思われる物を価値のある製品に転嫁させること⁽⁵⁾。

(4) *ibid.*, pp.4-6.

(5) *ibid.*, p.6.

第5項 人間の力を増加させる工具

「人間の力の増加について」という表題を付し、動力について考える。例えば、重量のある石を運ぶ力について、ロンデレットの実験を通して、コロやグリースの効果について示す。

人間の力の増加について、この原因の第一は、風、水、蒸気から動力が創造され、各部分に伝達されるからである。事実、人間の力を増加させることは、将来においても考え続けられるであろう。一方、その外にも、力を増加させる原因はある。それは動物の力である。しかし、私達は、ここでは問題を限定して、前者について検討してみることとする。

宮殿、神殿、墳墓などの建設は、文明がまさに進展している国家の下では、先ず第一に注意が払われたように思われる。自然の宝庫から建築者の雄大な権力によって運ばれた巨大な石は、それらの建築者の名前と同様に、これらの建築物の建造された目的が忘れられてしまった以後でも、子孫にとっては驚嘆に値するものであり続ける。これらの大変重い石を移動するのに必要とされる力には違いがある。すなわち、必要とされる力の程度は、それらの石を移動する場合に関わる作業者の機械についての知識に依存して違ってくる。石を移動するために必要とされる力の程度は、異なる状況下では多種多様である。これについては、ロンデレット (M. Rondelet, Sur L'Art de Bitir) によって示された次の実験から明らかになる。この実験では、直方体の石が用いられていた。

石を引く場合の様々な力について

(ポンド)

- | | |
|---|-------|
| ① 石の重量 | 1,080 |
| ② この石を荒く削られた石切り場の床に沿って引くのに必要な力 | 758 |
| ③ この石を厚い板を敷いて、この上に乗せて引くのに必要な力 | 652 |
| ④ この石を材木の台に乗せ、さらにそれを厚い板を敷いた床の上に乗せて引くのに必要な力 | 606 |
| ⑤ 材木の2面を石鹸で洗った後に、この石を滑らせるのに必要な力 | 182 |
| ⑥ この石を直径3インチのコロの上に乗せて、石切り場の床に沿って移動させるのに必要な力 | 34 |
| ⑦ この石を直径3インチのコロを木材の床の上に乗せて引くのに必要な力 | 28 |
| ⑧ この石を木材の台の上に積んで、その台と厚い板の床との間に直径3インチのコロを置いて引くのに必要な力 | 22 |

この実験の結果から、私達は、石を何かの物に沿って移動する場合に、その必要とされる力の程度を知ることができた。

石を引く場合の様々な力について (比率)

- | | |
|-------------------|---------------|
| ① 石の重量 | 1 |
| ② 石切り場の荒く削られた床の場合 | $\frac{2}{3}$ |

③ 材木の床の場合	$\frac{3}{5}$
④ 材木の上に材木を置く場合	$\frac{5}{9}$
⑤ 材木の面を石鹼で洗った場合	$\frac{1}{6}$
⑥ 石切り場の床の上にコロを置いた場合	$\frac{1}{32}$
⑦ 材木の上にコロを置いた場合	$\frac{1}{40}$
⑧ 材木と材木の間のコロを置いた場合	$\frac{1}{50}$

人間の労働は、新しい工具の発明と同様に、各個人の知識の増加によって短縮されてきた。コロを発明した人は、力を5倍にする工具を発明したことになる。石鹼やグリースを利用することを最初に提案した作業者は、かつてはその3倍以上の力を必要としてのに、現在では物体を容易に移動することを可能にした。グリースの効果は摩擦を著しく少なくしたので、アムステルダムでは、重い荷物を運ぶ大ゾリの御者は、獣脂に浸したロープを利用して運送をしていた。御者は、時々、ロープが通過することによって、ロープにグリースが付くようにそれらを大ゾリの前に投げていた⁽⁶⁾。

第6項 労働時間を短縮させる工具

人間の労働時間を短縮できる要因について考察する。火薬の例をとり、火薬が時間の短縮と原価すなわち労務費の低減のために、大きな効果があることを示す。

労働時間の短縮は、製造における機械の有利性から生じた。そして、これらの効果は、広範でしかも重要なものであった。仮に、私達が労働時間の短縮をすべてのものに当てはめようとするならば、機械の有利性はすべての場面に当てはまる。しかし、機械の原理を解明するだけでは、労働時間の短縮には繋がらない。そこで、次のような数多くの事例を読者に対して示し、労働時間の短縮についての説明を試みることにする。

時間を短縮する事例としては、岩を爆破させる場合に火薬を利用することは、注目に値する。火薬1ポンドは、1日の労働によって得られる賃金で購入できる。しかし、火薬が爆破目的に使用されれば、最も優秀な工具でさえも、かなりの日数を費やされるのと同じ効果をしばしばもたらすことができる。

プリマスの防波堤を建設するために石切り場から引き出された石灰石の大きさは、長さ26.5フィート、幅13フィート、高さ16フィートであった。この体積が約4,800立方フィート、重量が約400トンの石灰石は、3度にわたって爆破された。各50ポンドの2つの装薬が上部3インチ、底2.5インチに穴が開けられ、その穴の深さ13フィートで連続して爆破された。その後、100ポンドの火薬がこれらの作用によって作られた裂け目の中で爆破され

(6) *ibid.*, pp.6-8.

た。火薬1ポンドは、その重量の約4,500倍すなわち2トンの岩石物質から分離された。火薬の原価は、6ポンドであり、つまり1ポンド当たり約7.5ペンスであった。火薬を造るには、2人の男性が1.5日間作業をしなければならず、当時製造された火薬の価格は、約4.5ポンドであった⁽⁷⁾。

第7項 通話管による時間の節約

時間の節約について通話管を例示し、その利用範囲と効果について示す。

各部屋の連絡を取るための簡単なスズ製の通話管の発明は、相当の時間の節約をもたらした。この通話管の発明によって、監督者の命令が遠い場所にある作業場にも直ちに伝達できるようになった。ロンドンでは、通話管が仕事場や工場で利用されている。大工場では、作業場の中で効果的に利用されている。通話管は、工場の外にも、育児室から台所へと、また工場から馬小屋に至るまで効果的に利用されている。

通話管の発明は、単に命令を伝達する上で必要としない過程としての召使や労働者を省くことから生まれたのではない。経営者が自分にとっての煩わしさを和らげるために通話管は生み出されたのである。すなわち、経営者は、自らの作業者に自分からの意思を確認させ、これにより意識を高揚させたいのである。また、作業者の意識が低下した時には、再び自らの意思を伝達して、意識を高めるために通話管を利用したのである。しかし、このような意思伝達の方法が及ぶ範囲については、今のところ調べられてはいない。これは興味深い研究対象である。仮に、ロンドンとリバプールの間を通話管で結んだとしたら、最後に話した言葉がもう一方の通話管の端に着くまでには約17分かかることになる⁽⁸⁾。

第8項 ガラスを切断するためのダイヤモンドの工具

ダイヤモンドでガラスを切断する作業について考える。ガラス職人が7年もの間徒弟として訓練を経て習得する技術が、工具を改良することにより、その訓練期間が必要でなくなる、という工具改良の効果について示す。

ガラスを切断するためにダイヤモンドを使用する方法は、数年の間はかなり重大な改良が加えられた。ガラス職人の徒弟が円錐のはめ輪にダイヤモンドを取り付けて使いこなすには、約20年間の修行期間を必要としていた。また、ガラス職人の徒弟にとって、ダイヤモンドを正確に使いこなす技術を習得するには、多くの困難性があった。徒弟が7年間の年季奉公の開けた時には、どうにかダイヤモンドを使用する際の大部分の技術を習得することができた。

どうして、このような技術を習得することが難しいのかといえば、第一に、ダイヤモンドでガラスを切断するための正確な角度を見つけることが難しい点である。また、第二に、角度が判った場合でも、適切な傾斜でダイヤモンドをガラスに沿って移動させることが難しい点である。現在では改良された工具を使用することによって、ガラスを切断するための技術を習得するのに消費される時間と失敗で壊されるガラスは、相当、節約されている。

このために、ダイヤモンドが小さな正方形の真鍮の中に取り付けられる工夫がなされたのである。これに熟練した職人は、真鍮を取り去り、ヤスリを使用することもあった。ま

(7) *ibid.*, pp.8-9.

(8) *ibid.*, pp.9-10.

た、熟練した職人は、刃に定規を当て、押し付けながら移動して、ダイヤモンドが正確にガラスを切断できるかどうかを試して見分けることができた。今では、ダイヤモンドと台座は、僅かな角度でさえも動かすことができるように、スイベルという工具によって筆のような棒に取り付けられている。この工具を用いることによって、初心者でも真鍮の側面を定規に沿って押し付けることによって、適切な角度で切断側面を使いこなせるようになった。初心者がその工具を手を持って作業した場合、たとえ必要とする角度から少し外れたとしても、それはダイヤモンドの位置が不規則にならないようにしてあった。そのため、改良されたダイヤモンドの工具は、このように使用される場合には、めったに失敗はしないことになる。ダイヤモンドの硬度は、様々な分野からしても稀にみる硬さである。私が信頼を置いている経験豊富な職人は、「東洋の製鉄工場で、ダイヤモンドの粉でダイヤモンドを3時間磨くことにより、何の損傷もすることなく仕上げていたのを見たことがある」ということを話してくれたことがある⁽⁹⁾。

第9項 無価値と思える材料の再生

無価値の材料の利用について示す。動物の廃物は金箔職人が使う革袋として、牛馬の蹄や角の屑は炭酸カリウムとして、また、中古のシチュー鍋やすずの台所用品はトランクの部品として再利用される。このように無価値であると思われる物でも、再利用される場合があることについて、資源の再利用を説いている。

無価値の材料の利用、金箔職人によって利用せられている革袋は、例えば、食用にならない臓物などの動物の廃物から造られている。牛馬の蹄や角の屑は、炭酸カリウムとして黄色くて美しい結晶塩の製造に使われている。そして、炭酸カリウムは、薬剤師の店頭で陳列されて販売されている。

また、使い古したシチュー鍋は台所おスズの道具は、修理屋の手に負えなくなっても、いまだ無価値ではないのである。時おり、古いスズのヤカンや使い古した鉄の石炭入れを積んだ二輪車が通りを横断しているのを見かけることがある。これらのヤカンや石炭入れは、既に役目を終えた訳ではない。腐食の少ないものは、トランク造りの職人が利用するために、細長い鉄片に切断され、それに小さな穴が開けられ、黒いニスが塗られる。トランク造りの職人は、そのような鉄片でトランクの端や角を保護するのに利用するのである。

また、トランク職人に利用されないで、町の郊外に住む薬品製造業者の所へ運ばれるものもある。薬品製造業者は、ピロリジュアス酸と化合させて、キャラコの染め職人が利用する黒色の型を造るためにそれらを使用する⁽¹⁰⁾。

第10項 工具と機械との違い

工具と機械との違いを説明している。すなわち、工具は、一般的には手で使用するものである。一方、機械は、常に動力や蒸気の力によって稼働されるものである。工具と機械との違いは、明確には区別できない。また、これらの用語を一般的に説明する場合でも、厳密にこれらの意味を限定する必要もないように思われる。一般的には、工具は、機械よ

(9) *ibid.*, pp.10-11.

(10) *ibid.*, pp.11-12.

りも簡単なものである。工具は、一般的には手によって使用され、機械はしばしば動物や蒸気の力によって動かされる。かなり簡単な機械は、しばしば杵に収められた動力によって動かされる単純な工具に過ぎない。工具の有利性を指摘するとすれば、その簡便性を挙げることができる⁽¹¹⁾。

第11項 ピンを整頓させるための工具の有利性

ピン製造の作業において、ピンを整頓させるための工具の有利性について示す。また、このような工具を利用することにより、製造原価を引き下げることができることを説明している。

箱の中に雑然と投げ込まれて四方八方に混ぜられて纏れ合っている2,000本のピンを互いに平行なるように整頓することは、一見してかなり退屈な作業のように思われる。実際に、各ピンは、個々にバラバラになっているので、ピンを整頓する工程には多くの時間が費やされなければならない。しかし、ピンを製造する場合において、ピンを整頓する工程は、多くの時間が費やされとしても達成されなければならない作業である。

ところが、このような作業は、かなり簡単な工具によって、数分で達成することができる。それは、底が少し凹面になっている小さな薄い鉄板の平らなお盆さえあればできるのである。ピンは、この中に置かれ、少しほうり上げられ、同時にお盆を少し縦にして受け止めるという特殊な方法によって振られる。ここでは、ピンの形がこれを整頓する作業を助けることになる。仮に、2本のピンが互いに交差しているとするなら、それらの2本のピンはお盆に落ちた時に、並んで置かれることになる。そこで、このお盆の窪んだ形がこの整頓の作業を助けることになる。ピンは、この傾きを妨げたり、お互いに纏れ合ったりする部分の突起がないので、絶えず振られることによって数分で縦に整頓することができる。

今では、ピンは振られる方向が変えられ、ほんの少しばかりほうり上げられ、お盆は縦に振られている。その結果として、以前は数分費やして並べていたピンが、直ちにお盆の端にその先端をもたれさせて、その内側に積み上げられることになった。そして、ピンは、一度に100本程度ずつ、幅広い鉄のスーパーテルという工具で左手の4本の指の上に乗せられた。このようにしてピンを平行に整頓することは、何度も繰り返さなければならず、仮に安価で迅速な方法が発明されなかったとしたら、製造原価はかなり引き上げられてしまうことになる⁽¹²⁾。

第12項 ピンを同一方向に揃える工具の便利さ

さらに、並列に配置されたピンを、すべて針の先を同一方向に揃える工具の便利さを示す。それは布製の指サックのような工具である。

ピン製造の別の工程で、工具をいう名称を与えることのできる最も簡単な発明の一つを例示してみよう。ピンは、いま示したような方法で整頓された後に、その先端がすべて一方向に向くように2つの束に分ける必要がある。このような作業は、ふつう、婦人や子供によってなされていた。

(11) *ibid.*, p.12.

(12) *ibid.*, pp.12-13.

ピンは、前述した工程によって整頓され、各作業者の前にあるテーブルの上に横向きに積み上げられて置かれていた。5本から10本ほどのピンが左手の人差し指で作業者の前に転がされた。この作業は、狭い場所でピンを分ける作業である。転がっている各ピンは、先端の方向に従って左右に押し分けられた。このような作業が一般的な作業であり、その場合、各ピンは作業者の指で個々に動かされた。

この工程は、少し改良を加えることによって、かなりの進歩が可能であった。つまり、それは子供達が右手の人差し指に小さな布製の指サックをはめて、6本から12本ほどのピンの山を転がし回すことによるものである。子供達は、右手の人差し指でピンの先端を柔らかく押さえ、一方では左手の人差し指でピンを押さえ付けていた。そのため、右手の指サックの先端にピンが突き刺さった。子供達は、左手の指をどかして、布に突き刺さっているピンを少し持ち上げ、それらを左側へ押しやった。先端が右に向いているピンは、指サックには突き刺さらずに、この工程を繰り返す前に右側のピンの山に押し戻された。

この簡単な発明により、一方の側からもう一方の側へと指を動かす動作で5本ないし6本のピンがきちんと並べられた。以前の方法では、1本ずつ動かされていたので、2本ないし3本以上のピンが1回の動作できちんと並べられることは稀であった⁽¹³⁾。

第13項 釘造りに役立つ万力と踏み子

職人が大いに利用する万力について、釘造りの作業を例にとって万力の便利さを示す。さらに、釘造り作業に必要なその他の工具についても概説する。

様々な作業を通して、作業者を援助する技術が考え出された。そして、このような場合、最も簡単な構造の工具や機械が私達の助けとなった。例えば、材料を鍛えるために、ネジでしっかりと挟む様々な型の万力は、この典型的な例である。万力は、ほとんどすべての仕事場で使用されている。釘造り職人の作業に使われる万力は、その便利さをおおいに発揮している。

靴の底を保護するために使用される鋏釘といわれる釘は、特別な形の頭を必要とした。鋏釘は、ダイスを一撃することによって造られる。職人が釘が造られる鉄の棒の片端を左手で持ち、右手にハンマーを持って真っ赤に焼けた鉄の棒の先端をたたき、適当な長さに切断し、正確な角度で曲げるのである。さらに、職人は、踏み子に直結されているハンマーで、小さな鉄の釘に穴を開けた。次いで、予定した通りの頭になるように表面を内ち金で窪ませた。職人が手に持った小さなハンマーで頭の一部を造るには、足で踏み子を動かして頭の形を造った。この運動は、踏み子の力によるものであった。職人が片方の手の代わりに足を利用することがなかったとしたら、2度以上、釘を熱しなけばならなかったのである⁽¹⁴⁾。

第14項 障害を持つ人々を援助する踏み子

足の作用で動かされる「踏み子」は、手作業を援助するもので大いに役立っている。また、この「踏み子」は、手足の機能に障害を持つ人々が作業に従事することを可能にするものである。

(13) *ibid.*, pp.13-14.

(14) *ibid.*, pp.14-15.

踏み子は、人間の手に代わる工具としてはあまり一般的ではないけれど、生まれつきまたは事故によって手足の機能を奪われた人々の作業を援助するのに利用されている。機械で靴を造るという素晴らしい発明は、ブルネル氏 (Mr.Brunel) の想像力に負うところが大きい。この靴を造る作業について調査した人々は、腕や足がないという不利な状況の下で作業している職人が、正確に仕事を達成していることをまの当たりにした。

同じような事例は、リバプールの目に障害を持つ人々の施設でも見られた。そこでは、機械が眼に障害を持つ人々によって、窓の下げ網を織るために利用されていた。そのため、このような機械は、視力を失った人々のための発明品であると言われている。一方では、生まれつきあまり作業などはしない富裕階級の娯楽や学問に使用するための発明品であるとも言われている。

これらの技術や独創的な業績については、次のような場合に、さらに大きな賞賛が与えられた。

- ① 生まれつきまたは事故で機能を奪われた人々の苦痛を軽減するために適用される場合。
- ② 職業および学問のために富裕階級に供給される場合。
- ③ 貧困階級から貧困の障害が軽減される場合⁽¹⁵⁾。

第15項 機械の分類と機械の有利性に関する研究

機械は、何のために利用されるかによって分類される。これまでにも、当然のこととして、数多くの不適切な機械の分類がなされていた。そのため、機械は、次のように分類されなければならない。

- ① 動力を生み出すために利用される機械
- ② 動力を伝達したり、作業を実行するために利用される機械

この分類による前者のものは、非常に重要な機械である。前者も後者の機械も数多くのものがある。これらの利用目的には、多様なものがある。

テコ、滑車、クサビなどに動力が伝達される場合の機械の作用は、次のことを証明している。動力とは、機械の利用によって得られるのではなく、その結合によって得られるのであるということである。これについては、次のように証明されている。

- ① ある効用のために利用されている動力は、摩擦やその他の付随的な要因によって減少されながら、その他の効用にも利用される。
- ② 迅速に実施されるには、補足的な動力を利用することが必要である。

この2つの原理についての不確実性を排除するためには、長い年月が費やされた。したがって、このようにして得られた原理については、心に銘記しておく必要がある。機械から得られる有利性に関する研究は、検討してみたいものであり、また尽きる事のない研究分野である。また、このような研究により、私達の技術は影響を受けている。そして、このような研究は、人類の利用、富、幸福に役立つために、制限されることなく行われるべきである⁽¹⁶⁾。

(15) *ibid.*, pp.15-16.

(16) *ibid.*, pp.16-17.

第16項 動力を生み出し機械の原理とエネルギーの循環

前項の動力を生み出す機械について考察する。例えば、この種の機械は、風力や水力を動力の源とするものであり、風車や水車などを例示してこれについて説明する。

動力を創造する機械は、私達にとっては巨大な収穫物である。そして、そのような機械は、動力の要因である「風と水の力」に関連している。私達は、単純に物質を自然のままの運動状態で利用している。私達は、それぞれの目的に役立つように「風や水」の動きの方向を変化させている。しかし、私達は、存在する運動量を増加させることもないし、また減少させることもしていない。私達は、風車を強風にさらすことにより、空気の僅かな動きさえも受け止めている。風車によって、風そのものが持つ直線運動を回転運動に変化させている。このように、私達は、力の方向を変化させるのである。しかし、私達は、動力を創造してはいない。

このことは、船の帆についても同じことがいえる。風によって得られた運動量は、確かに空気中において消失された運動量と同一である。仮に、私達が水車を回転させるために下降する水の流れを利用するとしたら、一見して全く役に立たずに浪費されている力を利用しているように思われる。しかし、私達は、その水の流れを慎重に調査してみれば、水の流れが別の流れのによって復元されるのが分かる。高い所から低い所へと落下する水は、その中心からかなり離れた場所に、その回転から発生した動力を伝達している。このようにして、「水」は、ほんの僅かな程度ではあるが、日々、大地の循環を行っているのである。つまり、大地の表面を下流に向かって流れる水は、蒸発作用に過程を経て上空に運ばれ、以前存在したエネルギーが消滅し、新しいエネルギーとなるのである⁽¹⁷⁾。

第17項 自然界の置換運動と人間の作用

人間は、自然の神秘に関する知識を利用して、必要とするエネルギーを生み出す能力を持っている。この典型的な例が蒸気の力であり、これは重要な動力源である。そして、この動力を生み出す過程を化学変化の過程によって説明する。

蒸気の力は、その外の動力にとっても重要な源である。しかし、この場合においても、創造された動力を保存することはできない。水は、燃料の燃焼によって軽やかな蒸気に変えられる。この化学変化の際に、動物の生活に有害な炭酸ガスとその他のガスが空気中に大量に放出される。自然がこれらのガスを分解し、または固体に転換する仕組みについては、十分には理解されていない。この過程を機械によって行うとすれば、最初の燃焼によって創造された力と等しい力が発生しているということである。ここにおいても、人間は、力を創造してはいない。

ところが、人間は、自然の神秘についての知識を利用して、必要とするエネルギーを引き出す能力を持っている。例えば、人間は、蒸気の規則的な力や火薬の急激な効果を利用している。そこには、私達が疑わざるを得ないような平衡状態が制約を受けながらも至る所で絶えず維持されている。これは自然界が絶えず置換運動を繰り返している合成と分解を、僅かな程度ではあるが行っているのである。

人間の作用は、作用において創始的な性格であり、またそれは僅かで短時間でしかも活

(17) *ibid.*, pp.17-18.

発なものである。しかし、自然の作用は、広大な空間に及んで作用し、時間による制約もない。このように自然の作用は静かで抵抗のない経過を辿る⁽¹⁸⁾。

第18項 時間と費用を節約するための工具

ある作業を達成する場合、利用される工具によって費やされる時間と費用は異なる。そこで、必然的に、より有利な工具を求めるという結果になる。

一般的な原理を述べれば、機械技術を組み合わせることによって、時間は費やされるかも知れないが、機械に伝達される動力は増加することができる。おそらく、そのような装置から引き出された動力は、小さなものであると思われるかも知れない。しかし、それは決してそうではない。というのは、それらの動力は多様であるから、私達が利用するどのようなものにも効果的に利用することができるからである。当然のこととして、想定された効果を生み出すために必要とされる動力を減少するには、ある境界を越えなければならない。しかし、先ず初めに利用される方法がそのような境界に近づくということは、殆ど稀なことである。

燃料用に節のある木の根っこを裂く場合、使用される工具の性格によって、費やされる時間はかなり異なる。手斧（おの）あるいは鉋（なた）は、根っこを小さな部分に裂くことができる。しかし、そのためには、かなり多くの時間を必要とする。また、鋸（のこぎり）は、より速く、より効果的に、根っこを小さな部分に裂くことができる。でも、この鋸でも楔（くさび）には取って代わられてしまう。さらにまた、ある状況下で、熟練した作業者であれば、火薬を使用することにより、時間と費用はなお一層減少することができる⁽¹⁹⁾。

第19項 種つき綿花の輸送原価

綿花の輸送を例にとり、種つき綿花で輸送する場合の原価の上での不利について例示する。

ある物体を別の場所に輸送するには、多くの費用がかかる。この経済性について言えば、その輸送原価によって決まる。英国は、この問題を解決し、高度な文明社会に登り詰めなければならない。

ジャワの綿花は、ジャンクで中国の海岸へ輸送されていた。ただし、綿花の種は、輸送以前に取り除かれてはいなかった。そのため、輸送された重量の $\frac{3}{4}$ は、綿花ではなく種であったことになる。これは種を取り除くための機械が必要であったことと、さらに種を含めた原価がジャワでは正当な原価であったことに原因がある。綿花は、中国人によって製品化され、ヨーロッパ人向けの市場に船積みされていた。綿花が機械で種を取り除く処理がなされていなかったため、その価格の約12倍の金額が中国人に支払われていたことになる⁽²⁰⁾。

(18) *ibid.*, pp.18-19.

(19) *ibid.*, p.19.

(20) *ibid.*, pp.19-20.

[抄 録]

著書『機械および諸工場の経済について』は、チャールズ・バベッジが「手計算よりも速く計算できる計算機を造りたい」という、彼の主たる研究目的に付随する成果であった。著書の第1部は、生産技術の面から仕事場や工場の経営管理に関する各種の問題を取り扱っている。高度の製造方法を英国に導入することの利益、さらに機械および諸工場から得られる利益とその源泉について詳細に示している。

先ず、「機械および諸工場から得られる利益とその源泉」の下に、工具や機械の利用、英国の機械によるバンダナ・ハンカチの製造、英国における製造に従事する人々の増加、機械および諸工場から得られる利益の原因、人間の力を増加させる工具、労働時間を短縮する工具、通話管による時間の節約、ガラスを切断するためのダイヤモンドの工具、無価値と思える材料の再生、工具と機械の違いなど、主に工具が時間を節約するために利用されている事例を示し、その有利性を示している。

また、ピンを整頓させるための工具の有利性、ピンを同一方向に揃える工具の便利さ、釘造りに役立つ万力と踏み子、障害を持つ人々を援助する踏み子、機械の分類と機械の有利性に関する研究、動力を生み出す機械の原理とエネルギーの循環、自然界の置換運動と人間の作用、時間と費用を節約するための工具、種つき綿花の輸送原価など、ピン製造の過程を通して、工具と力の伝導作用について示す。これらは、いずれも工具の改善がより合理的な製造活動を導き出すことに結び付いている。