

〔研究ノート〕

チャールズ・バベッジの原価管理思想（Ⅳ）

—著書・第1部「生産技術からみた経営管理の研究」（2）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  
〔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』  
〔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」  
〔以上、第45巻第2号へ掲載〕
5. 著書・第1部「生産技術からみた経営管理の研究」（2）について
  - （3） 第2章「動力の蓄積」
    - 第20項 動力を蓄積する「はずみ車」
    - 第21項 工場で見られた「はずみ車」の事例
    - 第22項 動力を蓄積するハンマー
    - 第23項 黒色火薬による空気の圧縮と振動
    - 第24項 爆発銀による物質の分離
    - 第25項 蠟燭の燃焼実験と波動の速度
    - 第25補項 蒸気機関のボイラーと蒸気の圧力
    - 第26項 銃身の長さや空気の有無と圧力との関係
  - （4） 第3章「動力の調整」
    - 第27項 蒸気機関の自動調整器
    - 第28項 水力調整器
    - 第29項 蒸気機関への燃料の供給原則
    - 第30項 動力調整器としてのフライとタービン
    - 第31項 気圧計に利用されるフライの効果
  - （5） 第4章「速度の増加と減少」
    - 第32項 筋肉疲労を生じる工具の重量と作業の反復性
    - 第33項 人間の体重を利用した運搬法
    - 第34項 靴ヒモ金具の製造に改良工具を利用することによる時間短縮
    - 第35項 紡ぎ車の速度を増加する工具
    - 第36項 練鉄製造の作業速度を増加する工具
    - 第37項 大鎌製造を容易にする工具

- 第38項 氷の粉碎を防ぐ滑走速度の速さ
- 第39項 滑走状態で走るボートの原理
- 第40項 馬車に轢かれた歩行者の障害の原因
- 第41項 鉱物引き上げ作業のための蒸気機関の利用
- 第42項 窓用板ガラスの製造工程に必要となる迅速な作業
- 第43項 速度を減少するための工具
- 第44項 情報伝達に役立つ電報

[以上、本号へ掲載]

## 5. 著書・第1部「生産技術からみた経営管理の研究」(2)について

### (3) 第2章「動力の蓄積」

第2章は、通常の状態での動力をそれ以上の動力として必要とする場合、どのような方法によるのかについて述べている。例えば、工場では、蒸気機関に接続させた「はずみ車」の利用が考えられている。また、蒸気機関によるものの他には、火薬の効果があり、これについても実験の結果を示している。第2章は、著書では第20章から第26章までの7章であり、次のような内容になっている。

#### 第20章 動力を蓄積する「はずみ車」

作業を実施するために通常の状態以上の動力を必要とする場合、その動力を維持する手段を持たなければならない。そして、その手段とは、「はずみ車」であり、その原理および製鉄所における実例を示す。

#### 第21項 工場で見られた「はずみ車」の事例

「はずみ車」の強力な効果を鉄板に穴を空ける例を通して説明する。

#### 第22項 動力を蓄積するハンマー

ハンマーで杭を反復して打つことを動力の観点から考え、ハンマーの重量と人間の疲労との関係を示す。

#### 第23項 黒色火薬による空気の圧縮と振動

僅かな空間内に動力を蓄積し、強力な効果を生じると考えられる黒色火薬を例にとって、この黒色火薬を様々な条件のもとで爆発させた場合の結果について例示する。

#### 第24項 爆発銀による物質の分離

火薬よりも強力な爆発銀を金敷(かなしき)の上に置き、ハンマーで叩いて爆発させる。そして、これについて粒子の観点から述べる。

#### 第25項 蝋燭の燃焼実験と波動の速度

獣脂の蝋燭(ろうそく)について述べる。

#### 第25補項 蒸気機関のボイラーと蒸気の圧力

蒸気機関のボイラーにおける蒸気漏れと安全バルブさらに圧力の関係について述べる。

#### 第26項 銃身の長さや空気の有無と圧力との関係

研究姿勢として極端な場合を確かめることを説明する。そして、第23項の銃と火薬の関係について極端な例を用いて説明する。

以上の詳細については、次のとおりである。

## 第20項 動力を蓄積する「はずみ車」

実施される作業がその作業達成のために必要とされる時間よりも速く達成しようとするには、より大きな動力が必要とされる。そのために、我々は、その作業工程の開始前に使用される動力の一部を維持し、蓄積する機械的な方法を持たなければならない。そのことは、通常、「はずみ車」によって達成されている。事実、この縁（ふち）のかなり重いリムを持つ「はずみ車」に優るものはない。この「はずみ車」の重量は、円周に近接した所にある。そして、「はずみ車」を急速に稼働しようとするには、相当の動力を必要とする。しかし、「はずみ車」が相当の速度で稼働している場合、そしてまたその動力が一つの目的に集中されるとしたら、「はずみ車」の効果は、非常に強力なものとなる。

例えば、製鉄所の例で蒸気機関の動力がローラーを稼働するには、少し弱すぎるとする。このような場合、赤熱に焼けた鉄が炉からローラーに移動されて準備がなされる前に、「はずみ車」がその工場での作業を可能にするための相当な速度で回転するまで、通常、しばらくの間、蒸気機関を稼働させておくことがある。その後、蒸気機関は、第一の溝に柔らかくなった多量の鉄を通過させるので、非常に大きな抵抗を受ける。そして、鉄棒がその蒸気機関の通常の動力によって回転するのに十分な動力として縮小されていき、連続して鉄を通過させることによって、蒸気機関の速度は減速されていくのである<sup>(1)</sup>。

## 第21項 工場で見られた「はずみ車」の事例

動力が一点に集中される場合、大きな「はずみ車」の強力な効果については、英国の最も大きな工場の一つで、偶然、見る事ができた。工場経営者である親方が蒸気機関のホイラー用の鉄板に穴を押し空ける方法を徒弟に教えていた。親方は、厚さが $\frac{3}{8}$ インチある一片の鉄板を手に持ち、押し空け機の下にそれを置いた。いくつかの穴が空けられた後には、この押し空け機で作業を行うには、蒸気機関の稼働が弱まってしまっていることに気が付いた。そこで、親方は、「はずみ車」と押し空け機が作業を開始した時点の蒸気機関の速度とかけ離れているということが分かると、その蒸気機関の速度が遅くなった原因を知っている機関手呼びよせ、速度の回復を計った<sup>(2)</sup>。

## 第22項 動力を蓄積するハンマー

「はずみ車」とは異なる別の動力を蓄積する方法は、ある重量を持ち上げ、それを落下させることによって発生させるものである。人は重いハンマーを持ち、何の問題もなく、杭の頭を反復して打つことができる。しかし、仮に、人がより重いハンマーをかなりの高さに持ち上げるとすれば、繰り返して動作を行えないが、望み得る効果を生み出すことができる。

小さな一撃が杭のような多くの物質に与えられた場合、材質の不完全な反発力によって、連続する各粒子間の運動は、伝達する運動量において僅かな損失を生じる。そのため、伝達される全ての動力は、対面する末端に到達する前に消滅してしまうことになる<sup>(3)</sup>。

(1) Charles Babbage, On the Economy of Machinery and Manufacturers, CHARLES KNIGHT, PALL MALL EAST, LONDON, 1835, p.21.

(2) *ibid.*, p.22.

(3) *ibid.*, p.22.

### 第23項 黒色火薬による空気の圧縮と振動

僅かな空間内で蓄積される黒色火薬の動力は、十分に知られているところである。それらについては、ここで論じる題目について、直接の説明にならないものもある。しかし、その効果のあるものについては、特別な状況下では、かなり不思議な事例もあるが、ここでは、その説明については省くことにする。

仮に、銃に弾丸を込めるのに、小さな散弾が込められるとしたら、銃による大きな反衝はないであろう。それは、散弾の種類としては小さなものであるが、肩へは銃が後ろに跳ね返ることにより大きな衝撃を与える。多量の砂が装填された銃では、狙撃の装填火薬の重量に比例して、より大きな反衝を生じる。仮に、火薬押さえと装填火薬との間に空間が残されたまま銃が装填された場合、銃は激しく反衝するか破裂してしまう。また、仮に、銃口が粘土や雪で封がされるか、あるいは地面に突き刺されるか、水中に差し込まれたまま、その銃口に発射がなされた場合には、銃は確実に破裂してしまう。

これらの本来の結果と相反する結果を引き起こさないためには、各々の動力がその効果を生ずるためにある程度の時間が必要である。つまり、銃身の側面を押し付けるために、その内側に弾力をもたせるための蒸気を入れるのには時間がかかるのである。そして、その時間が火薬押さえに近接する空気の圧縮によって、銃口から障害物を取り去るのに十分な動力を伝達する時間よりも短いとしたら、銃身は破裂せざるをえないのである。

この点についての解釈の正確性は、次のような状況の一つ一つ確かめることによって明らかになった。それは1個の円筒状の火薬押さえで閉じ込められた火薬を用いて、装填された銃を発砲すること、およびそれに適度な抵抗を持っている粘土または別の物質で銃口を塞いで発砲する実験である。この場合、爆発の第一の効果は、銃口を塞いでいる物質に対して大きな圧力をかけることであり、さらに火薬押さえをかなり狭い空間の中で前進させることである。これについてさらに検証するには、次のような条件についても調べる必要がある。すなわち、火薬押さえに近接した所に存在する空気は、かなり圧縮されている点である。仮に、火薬押さえがそのまま残っていたとしたら、銃身の至る所に存在する空気は、一瞬にして一定の密度に達してしまうことになる。しかし、このためにはほんの僅かではあるが、そのための時間を必要とする。何故ならば、次の火薬押さえの圧縮状態が別のもう一方の端へ音の速さで進むからである。これにより、一連の振動が後ろに向かって反射されることになる。そして、それは銃身内の摩擦によって促進され、最終的にはその運動は消滅されることになる。

しかし、最初の振動が銃口にある障害物に到達する以前には、空気はその振動に逆らって圧縮されることはない。そこで、仮に火薬押さえに伝達された速度が、音の速度よりもかなり速い速度であるとしたら、銃口に伝達される抵抗がかなりの大きさになる前に、直進しようとする空気の圧縮による抵抗は非常に大きくなる。

仮に、この解釈が正確であるとすると、銃が小さな散弾や砂で装填される場合には、銃にかかる反衝は、それらの粒子の間に存在する空気の圧縮による抵抗から生ずるものである。粒子間を伝わる振動は大きく、火薬によってその粒子に逆らったさらに大きな振動を引き起こす爆発が生じる。また、銃口を砂を混ぜた火薬で充填し、岩盤を爆発させるやり方についても、同様の理屈が成り立つ。銃身が破裂するという事は、すべての方向に等しい圧力がかかるからであり、銃身の内側に逆らって通過する液体や小さな散弾による圧

力によるものではない。このことについては、レ・ヴァイラント (Le Vailannt) などが羽毛を傷つけることなく鳥を捕獲するために、散弾の代わりに水を銃身に装填して鳥を打ち落としたことについて語っていることから証明できる<sup>(4)</sup>。

#### 第24項 爆発銀による物質の分離

前項の理由に基づいて、さらに強力な爆発物を爆発させることから発生する不思議な現象が明らかにされる。仮に、金敷の上に少量の爆発銀を置き、それをハンマーで軽く叩けば、それは爆発する。これにより、ハンマーや金敷は破壊されないが、爆発銀に接したそれぞれの表面は損耗する。これは爆発によって遊離した破砕物質によって伝達される速度が、ハンマーを振り降ろすことによる振動の速度よりも大きいからである。最終的には、それらの表面の粒子は、次に起こる爆発によって上に押し出されることになる。すなわち、これらの粒子は、引力により物質に留められていた状態から、このような火薬の力により物質から分離されたのである<sup>(5)</sup>。

#### 第25項 蠟燭の燃焼実験と波動の速度

獣脂の蠟燭(ろうそく)を燃やして食卓を照らすという実験は、波動の伝導速度が獣脂の蠟燭を通過する波動の速度よりも速いという仮定を証明することに成功した<sup>(6)</sup>。

#### 第25補項 蒸気機関のボイラーと蒸気の圧力

蒸気機関のボイラーは、安全バルブから蒸気が漏れて、時おり爆発することがある。仮に、ボイラー内にある水の中に真っ赤に焼けた物体が投げ込まれるとしたら、その物体に接した所に形成される蒸気は、熱伝導を受けていない蒸気よりも速い速度で膨張する。すなわち、ある粒子が別の粒子に逆らって前進することになる。すると、別の粒子は、完全に突き通すことができない障害物となる。これは銃の破裂のケースで示したことと同じになる。仮に、安全バルブが閉じていると、その中に圧力が蓄えられる。たとえ安全バルブが開かれていたとしても、その蒸気の漏れによって、すべての障害物を取り除くほどの十分な速さは持っていない。ボイラーの内部には、安全バルブをやっと持ち上げる程度の圧力から本当に十分な圧力に至るまで、一時的に様々な圧力が存在する。そのため、仮に、それらの一連の圧力が非常に僅かな時間内で発生すると、ボイラーは破裂してしまうことになる<sup>(7)</sup>。

#### 第26項 銃身の長さや空気の有無と圧力との関係

前述のような考えについては、慎重に理解を深めていかなければならない。多分、これらのことを慎重に調べるには、それらについての極端なケースを確かめるとよい。例えば、必ずこうなるとは言えないが、銃の銃身をかなりの長さで造るとしたら、銃口に障害物が何もない場合でも、銃は破裂してしまうということになる。また、銃が装填された後に、

(4) *ibid.*, pp.22-25.

(5) *ibid.*, p.25.

(6) *ibid.*, pp.25.

(7) *ibid.*, p.26.

銃身から空気をまったく抜いてしまったとしたら、銃は破裂しないということも調べる必要がある。さらに、ある物体がかなり狭い空間を進み、その後と同じだけ逆行する力があれば、空気や別の媒体の中を貫通することができる、ということが明らかにされる<sup>(8)</sup>。

#### (4) 第3章「動力の調整」

第3章は、動力を調整する装置としての蒸気機関に関連する各種の自動調整器について述べている。例えば、水力自動調節器、ホッパー、フライなどである。そして、第3章は、著書では第27項から第31項までに及び、次のごとく構成されている。

##### 第27項 蒸気機関の自動調整器

機械を稼働する速度が一定であるということは、機械の効果と耐用年数にとって必須の要素である。そこで、この目的を達成するための蒸気機関の自動調整器の役割について示す。

##### 第28項 水力調整器

蒸気機関の調整装置である水力調整器について説明する。

##### 第29項 蒸気機関への燃料の供給原則

蒸気機関に燃料を供給する場合の調整作用を述べ、その経済性についても示す。そして、このための工具であるホッパーについて説明する。

##### 第30項 動力調整器としてのフライとタービン

機械の効果調整する別の発明品であるタービンやフライについて説明する。

##### 第31項 気圧計に利用されるフライの効果

タービンやフライの原理から導き出された標高測定器について示す。また、これに関連する気圧計や温度計などの計器の役割についても述べる。

以上の詳細については、次のとおりである。

##### 第27項 蒸気機関の自動調整器

機械を稼働する速度が一定であるということは、機械の効果と耐用年数にとっては必須の要素である。その第一の例が蒸気機関の自動調整器という素晴らしい発明品である。この自動調整器については、蒸気機関を十分に理解している人々にとっては、すぐに思い当たるものである。この自動調整器は、蒸気機関の速度が著しく増加した場合に、蒸気機関が有害であるかまた危険な状態になることを防ぐために用いられる。この蒸気機関の自動調整器は、ジェニー紡績機を稼働させる水車や湿地から水を排水するのに利用される風車の自動調整器と同じ原理に基づくものである。チャタムの造船所では、木材が持ち上げられ、大きな台の上に降ろされる作業には、この自動調整器が利用され、作業の速度が調整されていた。なお、ここでは、木材がかなり重さの重量であったために、自動調整器は水中で利用され、作業速度がより一層抑えられていた<sup>(9)</sup>。

---

(8) *ibid.*, p.26.

(9) *ibid.*, p.27.

### 第28項 水力調整器

蒸気機関によって行われる数多くのピストン運動を調整するために、別の素晴らしい発明品がコーンウォールで利用されていた。それは水力調整器と呼ばれ、蒸気機関のエンジンマンがバルブ内を通る水を調整するために利用するものであった<sup>(10)</sup>。

### 第29項 蒸気機関への燃料の供給原則

蒸気機関のボイラーに関して言えば、蒸気機関の炉に燃料を均一に供給することは、燃料の割合を均一にするための一つのやり方である。これによると、石炭が経済的に消費されることになる。そのため、燃料の供給を一定にするための方法について、いくつかの特許権が取得されている。

蒸気機関を稼働させるための一般原則は、「ホッパー」によって等しい間隔で少量の燃料を蒸気機関に供給することである。蒸気機関の稼働が速すぎる場合には、燃料の供給を減少させることになる。この方式によると、一度に少量の石炭しか炉に投げ込むことができなないので、煙りがほとんど発生しない、という副次的な有利性ももたらす。また、ある所では、速度調整器にアシュピットや煙突の調整弁が取り付けられているものもある<sup>(11)</sup>。

### 第30項 動力調整器としてのフライとタービン

機械の動力を調整する別の発明品としては、僅かな重量で広い表面積をもつタービンやフライがある。これらは急速に回転し、すぐに一定の速度を保つことができる。そのため、一定限度の速度を大幅に越えることはない。その理由としては、当該速度に追加された動力は、空気との接触により大きな抵抗を受けて、速度を増加する力とはならないからである。例えば、時を告げる時計の鐘の音の間隔は、この方法によって調整されている。

また、フライが発明されたことにより、鐘の音の間隔を変えることができるようになった。それは動く方向に対して、幾分か傾斜したフライの腕を接触させたからである。この種のフライやタービンは、一般的には小さな機械装置に利用されている。このような場合、重量の重いフライでは、動力を保つというより、乱すことになるので利用することには適さない。軽いフライやタービンがオルゴールや機械仕掛けの玩具に調整器として用いられている<sup>(12)</sup>。

### 第31項 気圧計に利用されるフライの効果

フライやタービンのこの作用は、気圧計の原理についても利用されている。そして、これがさらにうまくいくと、携帯用の気圧計を造ることもできるようになる。一般に気圧計が大気の圧力を表示するという事は、十分に知られている。その原理は、管の内径に仕組みがある。気圧計に接する空気の密度は、その上空にある空気の圧力と管の内径の中にある空気の温度に依存していることも十分に知られている。そのため、空気の密度とその温度を測定することができれば、気圧計に表示される水銀柱の高さは、計算によって求めることができる。温度は温度計により、密度はクロノメーターや計器によって測定可能で

(10) *ibid.*, p.27.

(11) *ibid.*, pp.27-8.

(12) *ibid.*, p.28.

ある。

それらの計器における多数の回転運動は、一定の動力によって稼働されるフライによってなされる。フライが回転する場合、空気の密度が少ないほど、一定の時間内での回転数は多くなる。これについては、ベッスルの実験から一部が明らかになり、計算によって補足することにより一表化することができた。したがって、空気の温度とフライの回転数が判明すれば、気圧計の水銀柱の高さは計算することができる。

気圧計やその他の計器に関する実験に関心のある方は、「英国における科学の衰退に関する観察」の「観察の技術」の章を読まれることを望む<sup>(13)</sup>。

#### (5) 第4章「速度の増加と減少」

第4章は、速度を必要とする作業を行う場合について、その速度の必要性とそのための機械や工具について述べる。この内容は、主に時間研究と動作研究に関連している。第4章は、著書では第32項から第44項までに及び、次のように構成されている。

##### 第32項 筋肉疲労を生じる工具の重量と作業の反復性

筋肉に生じる疲労の原因は、作業において実際に使用された力によるだけでなく、その行われた頻度にも原因があることを示す。そのために、作業を行うための力を2種類に分けて説明している。

##### 第33項 人間の体重を利用した運搬法

ポーターが運ぶ最適な積載量と最も合理的な運搬方法について述べる。

##### 第34項 靴ヒモ金具の製造に改良工具を利用することによる時間短縮

一つの動作で2工程の作業を行うことのできるように工具を改善すること、そしてこれによる有利性について示す。

##### 第35項 紡ぎ車の速度を増加する工具

作業が単純なものである場合には、常に時間を節約するために速度を増加することが必要となる。そして、紡ぎ車を例にとって、紡ぎ車に付属する工具を改善することを示唆し、これらのことについて説明する。

##### 第36項 錬鉄製造の作業速度を増加する工具

機械を十分に利用するために、小さな工具を利用してその機械の速度を増加させる。鋳鉄を錬鉄に変える作業を例示し、併せてこの有利性を示す。

##### 第37項 大鎌製造を容易にする工具

速い連続動作が必要な大鎌の製造について、その合理的な作業方法を述べる。

##### 第38項 氷の粉碎を防ぐ滑走速度の速さ

速度を増加させることによって可能になる活動について示し、氷上での滑走を例示する。

##### 第39項 滑走状態で走るボートの原理

速度を増加する効果について、かなりの速さで走るボートを例示し、説明する。

##### 第40項 馬車に轆かれた歩行者の傷害の原因

速度と重量の関係について、馬車を例に説明する。

(13) *ibid.*, pp.28-29.



#### 第41項 鉱物引き上げ作業のための蒸気機関の利用

迅速なる作業が要求される鉱山では、このために蒸気機関を利用して鉱物を地上に引き上げている。この蒸気機関の恩恵により、多くの鉱山が利益を稼げるようになったことを説明する。

#### 第42項 窓用板ガラスの製造工程に必要な迅速な作業

窓用板ガラスの製造工程での迅速な作業の効果を例示する。

#### 第43項 速度を減少するための工具

速度を減少する必要がある場合を示し、滑車、クレーン、歯車などの役割を説明する。

#### 第44項 情報伝達に役立つ電報

情報の伝達を速く行うということについて、電報を例示して説明する。例えば、彗星発見の情報がどのようにして伝達されるかについて述べる。

以上の詳細については、次のとおりである。

#### 第32項 筋肉疲労を生じる工具の重量と作業の反復性

人間の筋肉に生じる疲労は、各々の作業について実際に使用された力から生じるだけでなく、繰り返された頻度にもよる。あらゆる作業を達成するために必要とされる力は、2種類の力から構成されている。すなわち、一つは工具を動かすために消費される力であり、別の力は作業を行う手足を動かすために必要とされる力である。

例えば、1本の材木に釘を打つ場合、前者の力はハンマーを持ち上げ、釘の頭を打ち込む力である。後者の力は、ハンマーを使うために腕を持ち上げる力である。仮に、ハンマーがかなり重いものであるならば、その作業を達成するためには、前者の力をかなり必要とする。また逆に、ハンマーが軽いならば、疲労の大部分は、腕を持ち上げるために使われる力によるものである。

それ故に、反復性があり、僅かな力で足りる作業は、多くの労力を必要とする作業よりも効果的な疲労をすることになる。ただし、これは肉体労働が強制されない程度の作業速度の場合についてである<sup>(14)</sup>。

#### 第33項 人間の体重を利用した運搬法

ポーターが材木を肩に乗せて2階へ運ぶのに最も有利な積載量については、クーロム(M.Coulomb)によって調べられている。彼は、次のような実験に基づいていた。その方法とは、ポーターが先ず何も持たずに2階へ上り、自己の体重を下降させることによる力を利用して荷物を持ち上げるのである。この方法によると、最適積載量の荷物を担ぐ通常の方法によった場合、4人のポーターが1日費やす仕事量を1人のポーターで達成することができた<sup>(15)</sup>。

#### 第34項 靴ヒモ金具の製造に改良工具を利用することによる時間短縮

人間や動物が動く速度とそれらが運ぶ重量との関係については、たいへん重要な問題である。特に、これが軍事に関してはさらに重要な問題となる。また、多大な効果を生み出

(14) *ibid.*, p.30.

(15) *ibid.*, pp.30-31.

すためには、動く動物の体の重さ、その作業を実施するのに利用される工具の重さ、作業の反復性を調整することなども、かなり重要な要因となる。

腕の一つの動作で2工程分の作業を行うことができれば、時間を節約できる。この例が靴ヒモの金具を造る単純な作業に見られる。靴ヒモの金具は、錫（すず）メッキされた非常に薄い鉄片から造られる。鉄片を造る鉄板は長いものであり、円筒状に丸められ、その後靴ヒモをちょうど取り囲むような幅の部品に切断された。

ところが最近、ハサミの側面に二つの鋼（はがね）の片が固定された工具が利用されるようになった。これにより、鉄板が切断されるやいなや、錫メッキのなされた各鉄片が円筒状の形に曲げることができた。この作業のためには、追加的に加えられる力はほんの僅かである。これらの二つの作業は、鉄板を切断する一つの腕の動作によってなされてしまうのである。

このような作業は、ふつう女工や幼年工によってなされている。このように改良された工具を利用することにより、以前の方法で製造されていた時間で、3倍以上の靴ヒモの金具を製造することができるようになった。これについては、技術協会の会報（1826年）を参照することを勧める<sup>(16)</sup>。

#### 第35項 紡ぎ車の速度を増加する工具

作業が単純なものである場合には、常に時間を節約するために、速度を増加することが必要となる。指で羊毛の繊維を編む作業は、退屈なものである。通常の場合、紡ぎ車を動かす足の速さは、ほどよい程度の速さである。しかし、かなり単純な工具によって、紡ぎ車の糸の速さをかなりの速さにすることができる。それは大きな車輪の周囲を回り、さらに小さなスピンドルの周囲を回る1本のキャットガットが、この速度を上げるためには効果がある。

このキャットガットという工具は、かなり単純なものであり、数多くの機械に利用できるものである。例えば、リボンの小売りをする大きな店では、各々のリボンの緩みを直すために、元の状態に戻すよう巻き込むことが必要であった。このための作業をかなり短縮する方法が採用されたとしても、かなり面倒な作業であった。それ故に、この巻き込み作業がなかったとしたら、かなりの費用が節約できた。

また、かなり安価でしかも美しく巻かれたカタン糸の小さなボールは、やはり同じ考え方に基づく機械によって造られていた。しかし、これらの諸工程はリボンの場合と比べると、複雑な作業であった<sup>(17)</sup>。

#### 第36項 錬鉄製造の作業速度を増加する工具

大きくてしかも仕事量の多い機械を十分に活用するために、小さな工具を回転させ、速度を増加させることにより、大きな経済性が得られた。例えば、鑄鉄を錬鉄に変える場合、約100ポンドの鉄がほとんど白熱化状態にされ、水や蒸気力で動かされる重いハンマーによって打たれた。このハンマーは、回転式の斧の原理から考案されたものである。仮に、ハンマーが落下する空間からのみ、その動力を得るのだとすれば、その一打を与えるため

(16) *ibid.*, p.31.

(17) *ibid.*, pp31-32.

にはかなり多くの時間を必要とすることになる。白熱化状態で軟化している大量の鉄は、冷える前に可能な限り多く打つことが必要である。そのために、斧に付属したカムやプロジェクションによって、ハンマーが僅かな高さにグイと押し上げられ、その後ですぐに大きなビームに当たって強力なバネのような作用を受けた。この方法により、以前の約2倍の作業が一定の時間内に行われるようになった。

この方法は、小さな羽根ハンマーの採用により、さらに応用範囲が広がられている。羽根ハンマーは、小さな鋼製の鉄床に当たり、その後部を打たれることによって、1分間に300回から500回の速さで反復運動を繰り返すことができた。また、錨を製造する場合にも、羽根ハンマーが技術的に重要な位置を占めてきた。そして、最近になって、羽根ハンマーが多くので採用されるようになってきた<sup>(18)</sup>。

### 第37項 大鎌製造を容易にする工具

大鎌の製造にあたっては刃部分が長いので、職人は速い連続動作の作業で、その長い刃部分を鉄床にのせて鍛える必要があった。このために、この作業ができるように、ロープを天井に掛け、その下がったロープに座席を取り付けた。職人は、この座席に腰を下ろして作業を行った。これにより、職人は、鉄床の台や床を足で蹴ることにより、歩くことなくそれぞれの方向に移動することができた<sup>(19)</sup>。

### 第38項 氷の粉碎を防ぐ滑走速度の速さ

速度を増加させることは、時としてある種の別の活動を可能にすることがある。仮に、人間がゆっくりと氷上を動くとするれば、人間の体重を支えられずに氷は割れ、人間は水中に落下してしまう。しかし、人間が氷上をかなりの速さで滑走すれば、氷が割れずに、氷の上を渡ることができる。これは氷の破碎が時間という要因に大きく関連していることを意味している。

滑走する人間の体重がある地点から運動を開始すると、水によって支えられている氷は、すぐにゆっくりと滑走する人の足元で曲がり始める。しかし、滑走する人の速度がかなりの速さであると、滑走する人の体重の重さで氷が粉碎される時点に到達する前に、その地点を通過して氷は粉碎されずに済むことになる<sup>(20)</sup>。

### 第39項 滑走状態で走るボートの原理

前項の原理と類似した効果が、かなりの速度で走るボートにおいてもその効果が生じる。例えば、ボートの底が平底であったとする。そして、その船首は、ボートが水面に静止した状態では、船底に対して傾斜をなしていたとする。この時、このボートを前進させるためにかなりの力を与えると、前面の傾斜によりボートは水から持ち上げられることになる。ところが、加えられる力が過度のものであると、ボートは水面から飛び出てしまい、水切り遊びとして投げられた1枚のスレート板や牡蠣の貝殻のように一連の飛躍によって前進することになる。

(18) *ibid.*, pp.32-33

(19) *ibid.*, pp.33.

(20) *ibid.*, p.33.

その力がボートを水から飛び出させるほどではないが、まさに船底を水面に持ち上げる程度である場合には、ボートはかなりの速度で走り、一種の滑走状態でボートが運ばれることになる。何故ならば、ボートがその進路の各地点で通常の喫水線に沈み込むには一定の時間を必要とするからである。しかし、その時間が経過する以前にボートは別の地点へと移動してしまうので、喫水線にまでは沈み込まないのである。また、ボートは船首の傾斜面に衝突する水の反作用により、水面より上に持ち上げられることになる<sup>(21)</sup>。

#### 第40項 馬車に轢かれた歩行者の傷害の原因

かなり速い速度で移動する物体は、その重量の影響が生じることになる時間の前に移動してしまい、影響が生じずに終わる。そして、この事実は、かなり不思議であると思われる状況についての説明ができる。

仮に、歩行者が馬車に轢(ひ)かれた場合、速い速度であれば、その車輪は歩行者にほとんど傷を負わせることなく、歩行者の上を通過してしまうことになる。しかし、馬車の重量が歩行者の体の上に静止したとしたら、それが例え僅かな時間であったとしても、歩行者は押し潰されて死んでしまう。このような考えが正しいとすれば、このような状況で歩行者が傷害を負うということは、前進する車輪に衝突した歩行者の体のその部分に傷を負うのである<sup>(22)</sup>。

#### 第41項 鉱物引き上げ作業のための蒸気機関の利用

鉱物を地上に引き上げるには、迅速な作業が必要である。また、鉱物が引き上げられる縦坑には、膨大な費用が費やされて掘られていた。そのため、縦坑の数をできるだけ少なくできるように計画されていた。

鉱物は、かなりの速さで動く蒸気機関を利用して迅速に引き上げられていた。このように、多くの鉱山では、蒸気機関を利用することがなければ、利益を上げて操業することができない状況にあった<sup>(23)</sup>。

#### 第42項 窓用板ガラスの製造工程に必要となる迅速な作業

密着した物質の形態を造るには、迅速な作業が必要であり、これは水切りと呼ばれる作業について見られた。この代表的な事例は、窓用板ガラスの製造工程での作業である。ガラス造りの作業は、職人が鉄管をガラス瓶に浸し、溶解された数ポンドのガラスを鉄管に詰め、大きな球を膨らませて造る作業である。

大きなガラス球は、短くて窪んだネックがある棒に取り付けられていた。また、別の職人がそのネックにガラス球を固定していた。その後に、鉄棒の先端が溶解されたガラスに浸され、その先端が固定されている状態に置かれていた。そして、数滴の水滴を利用して、このガラス球がネックの部分で鉄管から切り離された。

その後で、ガラス球の付いた鉄管は、白熱化した状態にある炉の中に入れられた。そして、その鉄管は、回転することによって、そのガラス球は高熱に一様にさらされた。この

(21) *ibid.*, p.34.

(22) *ibid.*, p.34.

(23) *ibid.*, p.35.

ような軟化状態にすることは、ガラスそのものを密着させることであり、そのネックを広げるためである。ガラス球を軟化状態にするために、回転軸を中心に高速で回転された。相当の軟化状態でほとんど白熱化すると、ガラス球は炉から出された。しかし、その回転は、引き続き高速であった。最後には、ガラス球にあるネックの口が急速に白熱化状態になり、1枚の大きな円形板のガラスに引き伸ばされるか、あるいはガラスが板状に伸びるまで遠心力により徐々に広げられた。

最初のネックは、ガラス板の外側の部分になるものである。そのために、ガラスを膨張させてガラスを厚くしておく必要があった。これにより、円形板のガラスの端が造られることになった。これをテーブルと呼んでいた。この中心はランタンと呼ばれるものであり、厚い浮き出しの飾りや浮き彫りになる所であった。この部分には、鉄棒が取り付けられていた<sup>(24)</sup>。

#### 第43項 速度を減少するための工具

速度を減少するために工具を利用するというのは、小さな動力で大きな抵抗に勝たなければならないからである。滑車やクレーンの仕組みがこの例である。これらの工具の有利性は、機械のそれと同じものを持っている。通常のスモーク・ジャックは、伝達された速度が必要とする目的のためには速過ぎる場合に、その速度をより適切な程度に減少するように歯車を通して伝達する工具である<sup>(25)</sup>。

#### 第44項 情報伝達に役立つ電報

電報は、かなり速い速度で広範囲に張り巡らされた線を通して、情報を伝達するための機械である。電報は、戦時中に情報を伝達する目的で開発されたものである。しかし、人間の止まることのない欲望は、すぐに電報を平和目的に役立つ用具に変えてしまった。

数年前、マルセーユに住むガムバート (M.Gambart) が彗星発見の情報を電報でパリに伝達した。この電報は、フランス経度委員会の会期中に届き、ラプラスの内務大臣の手記が添えられて、大統領に届けられた。大統領は、脇に控える書記からその電文を受けとった。この事例の意味するところは、発見という事実を速やかに公表することであり、その第一の発見者であるガムバートについて確認を求めることにある。

リバプールでは、信号制度が交易のために確立されている。これにより、各々の商人は、港に到着すると、すぐに自らの船から交信をすることができた<sup>(26)</sup>。

(24) *ibid.*, p.35-36.

(25) *ibid.*, p.36.

(26) *ibid.*, pp.36-37.

## 〔抄 録〕

著書『機械および諸工場の経済について』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。第2章では動力を蓄積する仕組みについて、第3章では動力を調整する工具について、また第4章では作業の速度を増加あるいは減少させるための工具や仕組みについて解説している。

バベッジには、理想とする計算機を製作するという目的があった。そのために、英国および欧州の諸国にある作業場や工場を視察し、計算機の製作に役立つ技術を探していたのである。そして、これに付随して様々な経営管理の方法についても理解を深めていったという経緯がある。それがここに集約されている訳である。

「動力の蓄積」に関しては、通常の状態を動力をそれ以上の動力として必要とする場合、どのような方法によるのかについて述べている。例えば、蒸気機関に接続させた「はずみ車」の利用や、ハンマー、黒色火薬、爆発銀などの事例を紹介し、説明を加えている。また、「動力の調整」に関しては、動力を調整する装置としての蒸気機関に関連する各種の自動調整器について述べている。例えば、水力自動調整器、ホッパー、フライなどである。ここでは、機械の稼働を自動調整器によって速度を一定に保つことができれば、機械の効果を増し、同時に機械の耐用年数も長く保てるといったような経済性についても言及している。これと同じ考えのもとに、蒸気機関への燃料の供給原則についても触れている。

「作業速度の増加と減少」に関しては、作業速度を必要とする作業を行う場合について、その速度の必要性とそのための機械や工具について述べている。この内容は、主に時間研究と動作研究に関連している。筋肉疲労を生じる工具の重量と作業の反復性、ポーターが運搬する最適な積載量と最も合理的な運搬方法などは、時間研究と動作研究の代表的な事例でもある。