



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アメリカにおける工業研究(研究開発)の成立:デュポン,GE,AT&Tを中心にして (1)
Author(s)	鈴木, 良治
Citation	北海道大學 經濟學研究, 32(1), 227-275
Issue Date	1982-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/31577
Type	departmental bulletin paper
File Information	32(1)_P227-275.pdf



アメリカにおける工業研究（研究開発）の成立

——デュポン、GE、AT & T を中心にして—— (1)

鈴木良始

目次

I. 序 論

II. 企業内工業研究所の生成と展開

一、デュポン社（以上本号）

二、GE（以下次号）

三、AT & T

四、アメリカにおける工業研究の確立（概観）

III. 結 び

I. 序 論

本稿は、デュポン、ゼネラルエレクトリック (GE)、アメリカ電話電信会社 (AT & T) 三社における企業内工業研究所の生成過程の考察を中心に据えながら、いわゆる「研究開発」¹⁾のアメリカにおける成立について考察することを課題としている。

資本がその運動内に科学を包摂する歴史的・段階的発展に関して、科学史家 J. D. バナールは、その『歴史における科学』において次のように述べた。即ち、社会における科学の地位についての、

「一つの重要な決定的な事実、1890年代に始まり、第1次大戦および第2次大戦の中で急速に勢いをまして、科学が企業化してきたことである。科学は、まったく意識的かつ直接に生産の不可欠な一部分になった。それまでは長らく無意識的かつ時おりそうであったにすぎなかったのである。……」

50年のあいだに、科学が社会でしめる地位の完全な変革がなしとげられたが、既にその中に三つの段階を区別することができる。この期間のはじめ、つまり1890年代には、

われわれはまだ私的科学的時代にある。……。次の段階は今世紀の20年代と30年代になってはっきりしてきたのだが、産業界の科学的時代である。それは、数万ポンドを費す会社研究所と、それに応じて拡大された大学の学部や新たに補助金をもらうようになった研究施設の時代である。第三の段階は、最初はソビエト連邦に出現し、第二次大戦中に世界的に広がったものだが、政府の科学的時代である。……。……国家は独占会社の援助を求め、その金を開発契約の形で独占会社のために費すかもしれないが、それらの独占会社自体ほとんど国家のようなものである。」

ここにバナールが言うところの、世紀交替期以降1930年代にかけて新たな段階を画した資本の運動への科学の包摂の過程は、何よりも、ドイツ、そしてアメリカにおいて、顕著な発展がみられたものであった。独占的諸企業が相次いで工業研究所を企業内に組織し、科学を適用した意識的な技術開発を制度化するという新しい動向は、アメリカでは今世紀初頭から1920年代にかけて現われた。他方でまたこの同じ時期には、工業研究者・技師の大量養成と応用科学研究拡大のために、アメリカの大学教育と研究施設のかつてない新設・拡充運動が、如上の工業研究所設立の動向に直接に呼応する形で起きたのである。それは拡充された研究・教育の運営と利用が、独占資本の技術的要請の下へ体制的に組み込まれるに至るという、極めてダイナミックな展開であった。

そして、かかる事態が進展するにつれ、アメリカにおける技術の進歩の様相は、明らかに変化しはじめた。技術の進歩が、独占資本の内部から現われる切れ目のない連続的変化の様相を示しはじめるとともに、技術の内容も、経験の範囲を越えた科学的理解なしには、その技術の成立や改良が最初から困難であるような諸技術を、ますます多く含むようになった。⁴⁾そして、かかる技術進歩の態様と内容に惹起された変化がさらに、競争過程をつうじて、個別資本による工業研究の恒常的かつ組織的な遂行の必要性を強め、その他の諸要因と相俟って、アメリカにおける工業研究所の一層の普及を促したのであった。

アメリカにおける以上の展開は、大西洋を隔てたドイツにおける、合成染料企業による工業研究所の設立(1880年代)、その後の、電気、鉄鋼、光学

産業などでの工業研究の発展にまさるとも劣らないものであった。イギリス、そしてフランス、またイタリアや日本は、この2国における発展に対して、はるかに遅れた展開しかみせなかった。⁵⁾

そしてアメリカは時期的にはドイツに遅れたとはいえ、第1に、大学・研究機関への「上からの」援助が前史的に重要な意味をもったドイツとは異なり、⁶⁾アメリカでは産業の運動として内生的に展開したという性格が強いこと、第2に、第1次大戦後のアメリカ諸産業への工業研究の拡がり、おそらくドイツ以上に広範のものであったこと、第3に、第2次大戦を契機にとりわけアメリカに顕現した「政府の科学」の大規模な展開は、それ以前の工業研究所の発達を基礎にしてはじめて出現しえたこと、第4に、第2次大戦後の「技術革新」は、その多くのものが、両大戦間期から戦後期のアメリカの工業研究に由来していること、等々の点からいえば、その発展は、また独自に重要かつ典型的なものであったのである。

この、今世紀初頭から20年代にかけて、アメリカに起きた「産業界の科学」の発展は、既述の如く、工業研究所の簇生・発達と、これに呼応した大学を中心とする教育・研究施設の新設・拡充、その独占資本支配への編入という相絡み合う二面的過程を中心的内容とするものであったが、本稿では、この後者の過程については考察の対象としない。この側面は非常にダイナミックな社会的変化であり、極めて重要な問題ではあるのだが、⁷⁾叙述の長大化と複雑化を避けるために、別途検討の課題として残すことになった。

また、本稿の対象時期についていえば、第2次大戦以降の新たな展開については考察の範囲ではない。戦後アメリカの工業研究、科学研究が、連邦政府資金の軍事開発への大量投入によって、新たな質をもつにいたったことは周知のところである。本来、工業技術と軍事技術はまったく異質のものではなかったが、戦後、軍事技術は特殊な先端の高度化をみせ、それに伴い両者の技術は乖離傾向を強めた。そしてその軍事研究への研究の著しい組織化は、科学・技術学研究と技術進歩の方向・内容に深刻な諸問題を生じさせた。

したがって、戦後の状況は本稿の考察の単なる拡大延長ではもちろんない

が、しかし同時に、次の点にも留意しておく必要があろう。第1に、連邦政府資金による研究も、その実際の遂行は大部分、民間企業の工業研究所において行なわれていること⁸⁾、第2に、連邦資金(=ほとんど軍事研究)が絶対的にも相対的にも格段に増大した一方で、企業資金による独自研究も大戦以前より一層拡大していることである⁹⁾。戦後の展開は、大戦以前の発展を基礎にして現われ、かつこれに重大な変容を与えつつも、他方では独占資本による科学の包摂の特質を維持拡大する重層的関係として捉えられねばならないであろう。いずれにしても、戦後の工業研究(研究開発)を軍事一色で理解することは、事態の歴史的推移を単純化することになるだろう。

本稿における工業研究所の生成・発展の具体的考察において、筆者が念頭においた問題は次の二点である。私企業による工業研究所活動は、今世紀に入ってはじめて明瞭に形を現わし、20年代までにアメリカの産業活動の一般的現象となった特有の制度である。このような制度が成立するに至った要因は何であるのか、特に、その生成・普及が独占資本主義段階と時期的に重なるが、そこにはいかなる経済的関連があるのか、これが第1の問題である。次に第2の問題は、工業研究活動のその後の発展がいかなる意味をもっていたか、という点である。もちろんこれでは問題があまりに多岐にわたってしまう。筆者は特に、独占資本にとって工業研究所はどのような意義を担ったかという点に関心をおいた。

以上の二点に限っても、二、三の個別企業を中心とする分析から明らかになるところには不ずから限界があり、本稿がこれに十全な解答を与えうるとは考えていない。しかし、これまでこの工業研究所を対象として扱った実証的研究が殆どないという点に鑑みれば、アメリカの代表的な工業研究所の発展について、叙上の問題を念頭におきながら、さしあたり個々の具体的事実 に即して検討を試みることは、意味なきことではないであろう。

さて、本稿の課題と限定は以上ではほぼ明らかになったが、なお本論に入る前に、冒頭の引用において J. D. バナールが、「産業界の科学」に対比して「私的科学的時代」と呼んだところについて、以下簡単にでも述べておく必

要があろう。なぜなら、資本による科学の包摂の歴史的・段階的特質はそれ以前との対比において、はじめてよく理解されうるからである。

産業革命とそれに引続く 19 世紀の資本主義的生産の発展によって、19 世紀には、近代科学の力強い発展がみられた。近代科学の形成と発展は、一方で、それに独自の論理をみせながらも、しかし何よりも、資本主義の技術の発達と産業活動の実践の中から生み出され、或いはこれに刺激された所産にちがいがなかった。

そして、近代科学の発展につれて、科学上の知識や科学者の活動が技術の進歩をもたらす事例が、次第に多く現われるようになった。すでに産業革命期に、当時の化学工業は科学の影響を多少ともこうむっていたといわれている。¹⁰⁾ その後の事例を幾つか列挙してみれば、リービヒの農業化学への貢献、パスツールの細菌の研究によるフランスの醸造業・養蚕業への貢献、あるいはまた、大西洋海底電信の成功（1866 年）がイギリスの物理学者ウィリアム・トムソンの関与によるものであったことなどはよく知られている。1856 年のヘンリー・ベッセマーによる転炉の開発は「半科学的な成果」¹¹⁾ であったが（なぜならそれは、理論的基礎がはじめてからわかっていたわけではなかったが、二年にわたる個人発明家の執拗な実験と観察から生まれたものであった）、ギルクリスト・トマスによるトマト法の開発は（1879 年）、彼が冶金理論に精通し、予め何を為すべきかを理論的に理解していたという点では、ベッセマー法の困難を科学の助けによって解決した例であった。¹²⁾ ウィリアム・パーキンによる最初の合成染料の発見（1856 年）はほとんど偶然の産物にすぎなかったが、これを出発点として染料合成はやがて、ドイツにおいて、経験的偶然的なものから化学理論に基づく合目的なものへと発展した。そしてこの理論的發展を基礎に、ドイツ染料工業は 1880 年代までには逸早く工業研究所を設立するにいたった。¹³⁾ このドイツ染料工業の例は、明確にやがてくる「産業界の科学」の時代を先取りしたものであった。最後に、通信・電気機械技術の成立は、1830 年代までに基本的な成立をみた電磁気学の知識を、ただし、その比較的簡単な結論的知識の利用で足りたが、ともかく、これを前提することによって数十年間の期間にわたって徐々に技術化されたものであった。¹⁴⁾

以上のように、19 世紀の諸技術の成立や発展のうちに、科学の側からの影響によって技術が進歩した諸例を見出すことができる。そうした事例は、上に挙げたようなよく知られた事例に限られるものではなく、影響の小さなものまで含めれば、産業毎に強弱はありながらも数多く見出すことができるのである。そして、そうした事例は、19 世紀後半になって徐々に増加する傾向をみせていた。

にもかかわらず、J. D. バナールは、19 世紀までをひとまとめにして今世紀と質的に区別し、そして 19 世紀における科学の影響は、今世紀と比較した場合、「たしかに現実に存在しはしたが、それは探さなければみつからないくらいのもだった」という評価を下している。¹⁵⁾ この点についてもう少し立ち入って検討するために、19 世紀の技術全般

に多少目を拡げて、もう少しみておかねばならない。

まず産業資本主義の基本的技術の成立と発達についてみれば、繊維機械やその他の機械類、そして工作機械、蒸気機関、それに大量製鋼法以前の製鉄冶金技術、鉄道と汽船、要するにこれらは産業資本主義の基幹をなした技術であるが、これらの成立と主要な改良については、殆ど、実地の技術者が古くからの時計師や水車大工・鍛前師・鍛冶屋などによって培われた優れた伝統的知識と技能を継承して、これを新たに組み合わせ工夫をこらした結果であったか、あるいは、地理的時間的に分散した多くの個人の経験と試行錯誤の長い期間にわたる蓄積の結果であって、科学は目立つほどの貢献は何もしていない¹⁶⁾ なかったといわれている。

ただ注意すべきは、伝統から受け継がれ、実地の技術者の観察によって蒸気力と鉄を使用する条件下で拡大された機械製作の実際知識には、次第に科学的解明が加えられて普遍的形態が与えられたことである。具体的にはそれは、資本主義の発達したイギリスにおいてではなく、むしろ19世紀前半のフランスにおいて数学的・力学的に解明が試みられ、その結果19世紀後半には、機構学や材料力学として科学的合理的な技術学としての体裁を整えつつあったということであり、これらの普遍化された知識は徐々に産業への反作用をつよめたと考えねばならないであろう¹⁷⁾。

ただこの場合も、次の点に留意すべきである。これらの技術学は、イギリスを中心とする機械技術者が試行と観察によって既に実地に解決し技術化していた問題に、後から或いは別の学問的関心から科学的考察を加えて普遍化したという性格がつよい。それは丁度、「熱力学が樹立された時には、現場の蒸気機関技術者は、理論の示すことを既に認識して実用に供していた¹⁸⁾」といわれるのと、同じ関係のものであろう。科学的認識は技術の発達を基礎に後から発達し、まず技術的実践を追認的に説明するという関係を主としていたのである。それゆえ、科学と連関した技術学が、いつ頃から意義ある程度で技術に対する反作用を現わし始めたかを判断することは、容易なことではないのである。しかし、いずれにしても、こうした科学的な技術学の産業への影響が現われるには、普遍化された知識が、工学教育の発達によって次代の技術者の大量養成と結びつき、そうした技術者が産業へ波及するのを待たねばならなかったであろう。そして、実際に産業に対して十分意義ある規模でそうした波及が現われるのは19世紀も第四四半期以降¹⁹⁾ のことであった。結論的にいえば、やはり産業資本主義の中心的諸技術の成立と改良は、たとえ長い期間と多くの無駄を伴ったとしても、基本的に経験的観察を基礎に成立・改良されえたのであり、その範囲にあったのである。そのことはまた、技術上の問題を経験に依拠して解決する気風をさえ定着させ、科学の成果の利用や科学の方法に対する積極性を妨げる傾向さえもったのである²⁰⁾。

さてそこで、科学の適用による技術の進歩について、産業資本主義の中心的諸技術の場合よりも我々にもっと強い印象を与える先に述べた諸事例にもう一度立ち返ってみよう。そこには19世紀の特質がはっきりと現われている。ドイツ染料工業のような先行²¹⁾

的事例を除けば、そこにみられるのは、技術に対する科学の利用が起きた場合には、それは総じて一時的で、また特別の個人や偶然的な接触到に依存する散発的な出来事であった、という特徴である。²³⁾

いわば、技術と科学の接触が自然発生的であったのである。産業自身は未だ科学を恒常的に利用する価値のあるものと十分に認識するに至ってはいなかった。それゆえ、産業が、自身の利用する技術に関して、みずから科学や科学的方法を適用して技術の解明や、改善を試みることや、大学や科学者に意識的に働きかけたり組織するということは、散発的にはあったとしても、支配的特質として起こることはなかったのである。科学と技術の相互滲透の関係の発展は、極めて長い時を要した漸進的なものであったのである。²⁴⁾ 基本的には19世紀には（国別の相異はあるが一特にドイツ）、未だ両者の関係は散まんな非体系的関係の域を脱していなかったといえよう。そして、産業にこの点での主導性が生まれた時に、科学の成果や科学的方法を技術に適用しようとする体系的で意識的な努力がはっきりと現われたのである。

工業研究所の成立はこの点での変化を雄弁に物語るものであった。私的な大企業が自ら、その利用する技術に関わる基礎的な科学研究から、工学的開発、工場生産への具体化までのプロセスを工業研究所という形で組織しはじめた。それによって、これまで、多くの個人によって織りなされた自然発生的で中断と挫折の多い、散まんな社会的過程であった技術進歩の過程が、技術開発²⁵⁾として資本の運動の内部にとりこまれ、意識的かつ恒常的にとりくまれることになった。それは、技術の現場での、或いは資本主義的生産の中核（＝独占的大企業）での科学と技術の日常的接触であり、科学の意識的適用の著しい発展を示すものであった。

また、工業研究所の簇生と、大学その他の研究・教育機関が独占資本の科学・技術研究の不可分の体制の一環として組み込まれたことが相俟って、科学の発達も著しく速められた。要するに、技術と科学の両者の発達のための相互促進的滲透関係は、まさに産業が大がかりに科学をとりこむ段階に至って、格段に高度化することになったのである。以上の新たに現われた状況こそ、J. D. バナールが、20世紀を「産業界の科学」²⁶⁾の時代として、それ以前の時期と段階的に区別したゆえんであったのである。

最後に一点、述べておきたい。産業界＝独占資本による科学の意識的利用と恒常的技術開発研究の体制が、独占資本主義の資本蓄積と再生産にとっていかなる意義をもったかを理論化することはもちろん本稿の課題ではない。²⁷⁾ しかし、かかる体制がアメリカ独占資本主義の技術進歩の速度を速め、その資本蓄積にとっての重要な手段の一つとなったことは明らかであろう。独占資本主義論からのこの面での理論化は、問題の基本的重要性にもかかわらず未だあまり進んでいないのであり、依然として残された課題となっている。²⁸⁾

- 1) 研究開発 (Research & Development) という表現は第2次大戦後に現れる。戦前にこの表現は見当たらない。これに相当する表現として「工業研究 (industrial research)」が、今世紀に入るとエンジニアリング関係の専門誌に散見されるようになり、両大戦間期は、この表現で定着している。
- 2) この表現は、都留重人「現代資本主義分析のために」同氏編『新しい政治経済学を求めて・第一集』(1966年)、3-29頁による。また表現は違いが内容的に同じものとして、ブレィヴァマン(富沢訳)『労働と独占資本』(1978年)、185頁参照。
- 3) 強調は原文どおり。J. D. Bernal, *Science in History*, 3rd ed., 1965. (鎮目訳)『歴史における科学』決定版(1967年)、第三分冊、427頁。
- 4) R. R. Nelson, M. J. Peck, E. D. Kalachek, *Technology Economic Growth and Public Policy*, 1967. (矢島・中村訳)『技術開発と公共政策』(1972年)、41-2頁。
- 5) National Resources Planning Board, *Research—A National Resource, II. Industrial Research*, 1940, pp. 191-210. W. D. ルイス「工業研究と開発」M. クランツバーク, C. W. パーセル編『二〇世紀の技術』(下)(1976年)、383-7頁。L. F. Haber, *The Chemical Industry 1900-1930*, Oxford U. P., 1971, pp. 352-62. K. Birr, *Pioneering in Industrial Research*, Washington D. C., 1957, pp. 8-9. J. J. Beer, 'Coal Tar Dye Manufacture and the Origins of the Modern Industrial Research Laboratory,' in: *Isis* 49, 1958, pp. 123-31. イギリスについては、他に、S. F. Cotgrove, *Technical Education and Social Change*, London, 1958, pp. 25-28, 76-100, が有益である。日本の工業研究所設立ブームは第2次大戦後の1961-2年を中心とする十数年間であった(日本科学者会議編『科学技術政策史年表』(1981年)の「科学・技術・産業」欄の各年および200頁参照)。
- 6) D. S. Landes, *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, 1969, pp. 151, 340-8. 石坂・富岡訳, 『ヨーロッパ工業史』(1)(1980年)、167-8, 369-78頁。J. D. Bernal, *Science and Industry in the Nineteenth Century*, London, 1953, pp. 142-4. (菅原訳)『科学と産業』(1956年)、141-3頁。
- 7) この問題に関しては、筆者の知る限りでは次の研究が詳しく、資料的にも参考になるとされる:D. F. Noble, *America by Design: Science, Technology, and the Rise of Corporate Capitalism*, Oxford U. P. paperback, 1979, pp. 110-256.
- 8) [合衆国における研究開発関係の資金フロー(1961-62年度)] (単位 100万ドル)

研究開発資金の出所	研究開発作業の遂行者					資金総額 資金供給に占める 額比率(%)
	連邦政府	民間産業	大 学	他の非営利 的研究機関	資金供給 総 額	
連 邦 政 府	\$2,090	\$6,310	\$1,050	\$200	\$9,650	65.5

民間産業	0	4,560	55	90	4,705	31.9
大学	0	0	230	0	230	1.6
他の非営利的研究機関	0	0	65	90	155	1.1
実施された研究開発の 費用総額	2,090	10,870	1,400	380	14,740	100.0
費用総額に占める比率 (%)	14.2	73.7	9.5	2.6	100.0	

（出所）ネルソンほか，前掲訳書，52頁。

- 9) 1955-61年の数字によれば，各年の全米研究開発費総額は64億ドルから147億ドルへと年々増加し，これはGNP比率で1.6-2.8パーセントを占めるほど巨額のものであった。このうち，大部分軍事研究向けであるといわれる連邦政府資金の割合は，57-66パーセントの間であった。しかし，これを除いた残りの部分のみでも，毎年30-52億ドル（対GNP比率0.7-1.0パーセント）に達し，これは絶対額でもGNP比率でも，大戦前の水準を上廻っている。例えば，戦前の最高である1940年の研究開発費は5.7億ドル（対GNP0.6パーセント），うち連邦政府以外の資金（これは殆ど民間企業資金である）は4.5億ドル（対GNP0.5パーセント）であった。戦後の民間企業資金による研究開発の場合，軍事技術目的に流れている部分があるであろうことは留意しなければならないが，軍事開発には基本的に政府資金が出ており，したがってその割合は大きくないであろう（以上の数字は，同上訳書53頁による）。
- 10) 山崎俊雄『化学技術史』（1953年），10-30頁。荒川泓『近代科学技術の成立』（1973年），206頁。J. G. クラウザー（鎮目訳）『産業革命期の科学者たち』（1964年），51頁。広重徹『科学の社会史』（1973年），46-7頁など。
- 11) バナール，前掲『歴史における…』，362頁。
- 12) ベッセマー法の発明については，L. ベック（中沢護人訳）『鉄の歴史』第4巻第3分冊，134-186頁，トマス法については，同，第5巻第3分冊，78-86頁参照。
- 13) L. F. Haber, op. cit., p. 352. J. J. Beer, op. cit.
- 14) 以上，上掲諸文献の他，バナール，前掲『歴史……』，331-2, 359, 362-3, 372-3, 385-6, 395 各頁，及び，同，前掲『科学と産業』の関連箇所を参照した。
- 15) バナール，前掲『歴史…』，414頁。
- 16) 同上，314, 330, 353-4, 359-62 頁および，バナール，前掲『科学と産業』，15-16, 20-21 頁。また，「蒸気機関，鉄道，繊維機械，鉄製船の詳細な歴史は当時の時代の科学的活動について簡単にふれる以上のことを必要としないで書くことができる。……すべてこうした発明は科学があればより改善されたものであったろうが，ほとんどの部分，科学の直接の助力なしに現われ出ることができた。」（L. Mumford, *Technics and Civilization*, N. Y., 1934, pp. 215-6. 生田訳『技術と文明』（1953-4年），第二冊，118-9頁）。

なお、バナールは蒸気機関発達史のうち、ワットの分離凝縮器の着想については、ブラックの潜熱の理論との関連を認めている。この見解はかなり一般的であるが、同時に疑問とする研究者も多く、それほど明らかなことではない。中山茂「動力技術者の熱力学形成への貢献」『科学史研究』第70号。広重徹、前掲書、46頁。R. B. Lindsay, *The Role of Science in Civilization*, N. Y., 1963, pp. 209-10. また。D. S. Landes, op. cit., p. 104, 邦訳、117-8頁参照。

マッソンとロビンソンの研究はもっと広く蒸気機関と科学の交流を主張するが、なお隔靴搔痒の感は否めないように思われる (A. E. Musson and E. Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution*, Manchester U. P., 1969. esp., pp. 79-80, 178-80)。18世紀後半から19世紀初頭のイギリスは、産業資本主義の技術的軌道の形成期であり、産業資本家が自らの道を開拓する変革の時代であったこと、また当時の技術と「科学」は未だ未分化であったこと、これらと関連してこの時代には、特殊に「科学者」・産業家・技術者・人文学者等の人々が密接であったこと、などの点を考慮しておかねばならないのではなかろうか。

なお、実地の技術者といっても、彼らは幾何学や測量法 (mensuration) などの算術を用いたし、また無学文盲の徒であったというのでもない (D. S. Landes, op. cit., p. 63, 邦訳、75-6頁)。「機械の設計は、たいていは人間である職人の動作をまねるものだったが、学校で習うにはあまりにも複雑な工学的数学 (mechanical mathematics) を必要とし、これはむしろ時計師や錠前師の伝統的な技術 (ingenuities) から育った (バナール、前掲『歴史に……』、359頁。訳は多少変えた)。

- 17) 大谷良一「蒸気機関の発達過程における科学と技術の関係」『科学史研究』25号。19世紀前半、ヨーロッパの科学の中心は資本主義の発達したイギリスではなく、フランスのエコール・ポリテクニックであった。荒川泓、前掲書、64-73頁。
- 18) 中山茂、前掲論文、65頁。
- 19) 主要技術と科学の発達のこのような関係から次のことがいえる。「(イギリスの) 産業革命に16, 17世紀の科学革命を結びつけようとする努力が若干なされたにもかかわらず、その結合は極めて散発的だったようである。……。実際のところ、強いていえば科学知識の増加の方が技術に対する関心と技術の成果に負っていたところが大であり、着想や方法の逆むきの流れははるかに少なかったのである。そしてかかる状況は、19世紀になっても十分継続した」(D. S. Landes, op. cit., p. 61. 邦訳73頁、但し訳は訳書によっていない。この箇所、誤訳と思われる。)(「科学と技術の) 結合が科学と産業の性格を変える程に、十分意義ある規模で起きた場合には、それはただ技術が科学に刺激を与えるまでになったからであって、逆ではなかった」(D. F. Noble, op. cit., p. 4)。
- 20) アメリカでは南北戦争後、カレッジに相当するエンジニアリング・スクールが増加した。1862年僅か6校であったが、1880年までに85校になる。毎年の卒業者数は1870年100名程度であったが、第1次大戦までには4,300人に増大していた。当初

のカリキュラム内容は実地訓練的なものにすぎなかったが、徐々に科学的性格を強めていった (ibid., pp. 24-6)。それでも、1900 年、機械技師を含めて米国の全科学技術者の人口割合は 8,900 名に 1 名にすぎなかった。この比率は 1920 年には 2,210 名に 1 名になっていた (W. H. G. アーミティッジ、赤木訳『テクノクラートの勃興』, 1972 年, 212 頁)。

イギリスの工学教育の発達はもっとはるかに緩まんで小規模であり、その傾向は今世紀に入っても長く続いた (S. F. Cotgrove, op. cit., 参照)。

- 21) 例えば, D. S. Landes, op. cit., pp. 345-6, 邦訳, 375-6 頁。また後掲注 23 参照。
- 22) 産業革命期に科学の影響をうけた化学工業も、一旦技術が確立されて産業活動が軌道にのると、それらの技術は保守的な伝承に転化してしまい、引き続いて科学との間に多少とも恒常的な接触を発展させる、ということにはならなかった(バナール, 前掲『科学と産業』, 24 頁)。科学との接触がこのように一時的で、恒常性をもたないという点は、化学技術に限らず、19 世紀の一つの基本的特徴であった(同, 前掲『歴史における…』, 301, 747 頁)。科学の側から接触が起きた場合、あるいは、そうでない発明の場合にも非常にしばしば、それは当該産業に直接関係のない外部の人間の、例えばベッセマーのような孤立した発明家やパスツールのようなとりわけ公共心に富む科学者の個性の力を必要とするものである場合が多かった(同上, 425 頁)。
- 23) 産業資本家や実地の技術者、職人は、科学の素性と、科学が生産にどのように役立つかについて知らないのが一般的であったし、彼らはしばしば科学に対して敵愾心や軽蔑さえもっていた。この点については、S. F. Cotgrove, op. cit., p. 26; バナール, 前掲『科学と産業』, 163-4 頁; マルクス『資本論』第 1 巻(大月), 505 頁註 108, など参照。マルクスが資本による科学の充用についてどのように把握していたかについては、吉田文和「マルクス機械論草稿の技術論的検討」『現代と思想』21 号(1975 年), 267 頁参照。

アメリカにおける同様の状況については以下を参照。A. D. Little, 'Industrial Research in America,' *Science*, n. s., Vol. 38 (1913), p. 643; E. R. Weidlein and W. A. Hamor, *Science in Action*, N. Y., 1931, pp. 236-7; R. C. Maclaurin, 'Universities and Industries,' *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* (以下 *J. of I. & Eng. Chem.* と略す), Vol. 8 (1916), p. 61; R. K. Duncan, 'Temporary Industrial Fellowships,' *North American Review*, 185 (1907), p. 56; R. F. Bacon, 'Research and Progress in American Manufacture,' *Scientific American Supplement*, Vol. 80 (1915), p. 335; *J. of I. & Eng. Chem.*, Vol. 5 (1913), 'editorials,' p. 966; C. M. A. Stein, 'Chemical Research: A Factor of Prime Importance in American Industry,' *Journal of Chemical Education*, Vol. 9 (1932), p. 2033 など。

他方、科学界の側にも、技術上の問題へ接近することには一定の社会的障害があった。19世紀には、科学の実業的応用を嫌忌する風潮が根強く存在した。「19世紀中葉までには、ルネッサンス以降の科学の創造者たちの社会的実利主義的意図は殆ど忘れ去られていた。一つの新しい知的貴族主義が成長してきていたのであり、明らかな無用途性が、科学の存在が認められるための必要資格とされる傾向があった。……彼らは科学を人間の実益との明白な関係の外部において……考えた。」(J. G. Crowther, *Famous American Men of Science*, London, 1937, p. 304)。また、D. F. Noble, op. cit., p. 4。W. R. Whitney, 'Incidents of Applied Research,' *J. of I. & Eng. Chem.*, Vol. 8 (1916), p. 561 など。

- 24) 「科学の進歩は技術の領域の未解明の部分を解明することで技術を進歩させ、技術が進歩すれば科学者の手に入れることができる情報をそれだけ豊かにし、科学研究のための手段を豊富、多様化する。……知識の体系は技術のそれ以上の発達を可能にする。このような科学と技術の相互滲透、相互補完の関係」(中村静治『技術論論争史』(1975年), 532-3頁)。
- 25) 「こんにちの特徴は、産業が外部で偶然になされた研究や発明を利用するのではなく(“利用するだけではなく”)というべきだろう——引用者)、みずから科学研究を計画的に推進し、その成果を意識的に利用することにある」(広重徹、前掲書, 12頁)。「基礎研究—応用研究—開発研究—試験操業—企業化の各段階が一つの企業内で連結され、発明はいまでは、経済の外部の出来事ではなく、企業内のそれも超過利潤追求の最大の源泉とされるに至り」、「総合的な一大産業行為となってきた」(中村静治、『戦後日本経済と技術発展』(1968年), 34頁)。
- 26) 以上述べたところからいって筆者は、19世紀までにも科学に基づいた多くの発明を見出すことができ、他方今世紀にも依然として経験的発明が多く見出されるという理由で、今世紀の質的發展を軽視する見解(例えば、J. ジュークス, et. al., 星野・大谷・神戸訳『発明の源泉』(1975)参照)には同調できない。筆者は次のフリーマンの見解に同意する。「Hessen (1931), Musson と Robinson (1969), そして Jewks, Sawers, Stillerman (1958) は、既に 17, 18, 19 世紀に科学と産業技術の間に多くの交流があったことを強調しているが、しかし、この主張に多くの真理が含まれているとはいえ、産業自身の内部で行なわれるところの職業化した研究開発が、両者の関係を恒常的で体系的な基礎の上に据え、かつはるかに大規模にしたという事実は、これによって変わるものではない」(C. Freeman, *The Economics of Industrial Innovation*, 1974, p. 30)。また、ネルソン, et. al., 前掲邦訳, 62-4頁参照。
- 27) D. S. Landes, op. cit., pp. 518-9 の説得的叙述を参照。
- 28) 高須賀義博編『独占資本主義論の展望』(1978年), 33-7 および 83-86 頁に、理論状況を概観することができる。

独占資本主義の下での科学・技術開発の固有の意義を正当に、独占資本主義の再

生産＝蓄積運動の理論化のうちに位置付けようとする努力が、北原勇氏の労作『独占資本主義の理論』（1977年）にみられる。その理論化がどこまで成功しているかはここで検討すべきことではもちろんないが、しかし、少なくともここで指摘しておくべきことは、北原氏が独占資本による科学技術開発の独自の重要性を指摘し（同書、197-201および266頁）、その上で氏の理論化がなされている点の意義が、独占資本主義論研究者によって必ずしも正当に理解されていないと思われる点である。例えば、高須賀義博氏は北原氏の立論の基本的性格を次のように捉えておられる。「要するに、北原氏の『急速な経済発展』論は、バラン＝スウィージーの『画期的技術革新』が運輸手段に限定されていたのを、労働手段体系にまで拡張して、独占資本主義の発展を説いたものであって、論理構造自体は共通しており、それゆえに増田のバラン＝スウィージー批判からまぬがれていないように思われる」（高須賀義博編、前掲書、86頁、傍点引用者）。そして、ここでいう「増田のバラン＝スウィージー批判」とは、増田壽男氏の次の箇所を指す。「独占資本主義段階の生産力の発展と資本蓄積の特質としての『発展』と『停滞』の両側面は、独占資本主義の有する内的構造から究明されねばならないのに、著者（バラン＝スウィージー）の場合には、内的構造からは『停滞』のみが一面的に強調され、『発展』は全く外的な歴史的な特殊条件としてのみ強調されてしまっている」（『独占分析への一視角』『経済志林』40-2（1972年）、162頁、傍点引用者）。

以上みられるように、新技術の生成が相変らず資本の運動の外部から偶然的に現われる与件であるかのような高須賀氏の理解、それに基づく北原氏への論評には、独占資本自らが編成・支配して推進させる科学・技術開発の重要性に対する甚だしい認識の欠如が認められるのである。

II. 工業研究所の成立と展開

本章では、今世紀初頭のアメリカにおける代表的な工業研究所の成立と展開を、デュポン、GE、AT & Tについて、第一～三節まで順に叙述・検討する。そして第四節では第1次大戦前のアメリカの工業研究の全体状況に言及した上で、大戦の影響を経て、1920年代には広範な諸産業で工業研究活動が定着し、一応の確立に至ることを概観的に確認する。

なお第一節ではデュポン社における発展を扱うが、同社の分析から明らかになった問題展開の必要上、19世紀後半の鉄道業と鉄鋼業についての若干の叙述と検討を含むことになった。そこでは工業研究の本格的展開を後づけた訳ではないので、独立の節を設けることはしなかったが、しかし、序論にお

いて述べたように、工業研究の発展にとっては、産業自身が科学に対する受容性、積極性を示すようになることが重要な要素になるので、アメリカに於てこれを促した諸契機に接近する鉄道業と鉄鋼業の叙述は、内容的には、デュポン社の検討に付随する問題以上の独自の意味をも有している。

一、デュポン社 (E. I. du Pont de Nemours & Co.)

世紀交アメリカ最大の火薬産業企業であったデュポン社（以下、デュポンと略す）と、その系列会社によって、1902、03年に創設された工業研究所は、アメリカの化学工業における最初の公式の研究所以¹⁾であった。デュポンに関する経営史的研究には、従来、既にある程度蓄積がある²⁾。しかし、これまで産業企業デュポンについて、その科学への接近、工業研究所という視角からこれをみたものはない。以下ではまず、世紀末のデュポンの経営状況を述べるところから始める。

(1) デュポンの保守的経営（～1902年）

デュポンは1902年まで実質的に同族支配のパートナーシップによって経営されていた。パートナーシップの長たるシニアパートナーの権限は絶大であった。デュポン社の経営については、彼が日常業務の細目に至るまで目を通し、そして総てを決定していた。19世紀後半1850-89年の期間はヘンリー (Henry du Pont, 1812-89) が³⁾、1889-1902年はユージン (Eugene du Pont, 1840-1902) がシニアパートナーであった。

火薬産業は技術的には1860年代まで、商業的には1880年代まで黒色火薬中心の時代であった。ダイナマイトの出現後^{*}、その産業用爆破薬としての重要性は増大しつつあったが、黒色火薬は、依然として産業用・軍用用爆破薬、銃砲用発射薬、砲弾用炸薬として、火薬のすべての用途に使用されていた。ダイナマイトの生産額が黒色火薬のそれを凌駕するのは1890年代である⁴⁾。

* 火薬技術に化学処理工程を持ち込むことによって、火薬産業の技術的性格を大きく変え、また産業用爆破薬としての商業上の重要性によっても、火薬工業に多大の影響を与えることになるダイナマイトは、1866年までにノルウェー人ノーベル (Alfred B. Nobel) によって開発された。しかし、ダイナマイトの爆発主成分であるニトログリセリンは既に、これより20年前の1846年に、イタリア、トリノ大学の化学教授 A. ソブレロによって発見されていたものであった (ソブレロは硝酸反応物の研究をしていたフランスのブルーズ T. J. Pelouze の下に学び、1843年にはリービヒの実験室に1年間

学んでいる)。ニトログリセリンは高度の爆発性を持つ液体であり、安全確実な爆発の調節が困難なため、そのままでは十分実用化されなかった。そしてソブレロ自身は化学研究の一つとして発見したままで、その工業利用には興味がなく、実用化のために研究を続けるということではなかった。ノーベルが、ニトログリセリンを多孔性物質(珪藻土)に吸収させて衝撃に対する鋭敏性を弱め、また少量の雷汞を含む起爆薬による安全な点火法を考案することによって、ダイナマイトを開発したのである。⁵⁾

黒色火薬は硝石、硫黄、木炭を原料とし、これを「粉碎混合し圧搾、造粒、防湿加工等の工程を経て製造されるが、基本的には単純な物理的操作であり、すでに長きにわたって確立した」伝統的技術であった。⁶⁾

19世紀後半のデュポンの火薬事業を取り仕切ったヘンリーもユージンも、早くから一族の事業に加わって黒色火薬製造の現場で経験を積んだが、そうした長く蓄積された経験の重みによってはじめて、シニアパートナーとしての権威を一族によって認められるのであった。米国の火薬産業において19世紀は、「火薬の製造は工場でのみ学ぶことができる」といわれた時代であった。⁷⁾ある産業の技術水準が、経験的に理解できる範囲にとどまっている場合（これは手工的熟練の段階だけでなく、機械が熟練に取り替った段階でもかなりの水準まで妥当する）、或いは、その産業の技術の「なぜか」が未だ説明されておらず経験的に成立している場合、現場の経験の方が役に立つし、そこから経験重視の気風が培われてくる。しかし、火薬産業にダイナマイトや無煙火薬のような新たな技術が登場してくる時、かかる気風は逆に大きな障害物として根強く残り、退嬰的作用を果たすことになる。

ノーベルの発明から2年後の1868年には既にアメリカでも小規模な生産が始まっていたが、デュポンはダイナマイトを生産しようとはしなかった。ヘンリーは1870年代になっても、ダイナマイトや綿火薬(guncotton)等の、黒色火薬以外の新火薬に悉く反対していた。彼は1873年には、鉄道会社に対しても輸送の危険性を警告したりした。黒色火薬に馴染んだヘンリーの目には、ダイナマイトの化学的性格と格段の爆発力は、御しがたい危険物としてしか映らなかったのである。それは他の多くの同業者においても同様であった。⁸⁾
⁹⁾った。

もちろん、ダイナマイトの生産は必要な知識と注意深い管理によってコントロールが可能であったし、30年後のデュボンであれば、未解明の部分は科学を積極的に利用することによって解明し、この商業的に大いに可能性のある新生産物¹⁰⁾の生産に直ちに進んだであろうが、ヘンリーは外部から科学者や技術者を導入することも許さなかった。¹¹⁾

そうしたなかで、デュボン社の中では唯一人、ダイナマイトを技術学的に理解し、逸早くその可能性を認める人物がいた。それはペンシルベニア大学を卒業した、当時としてはかなり有能な化学者であったラモー・デュボンであった。彼はヘンリーに対して（デュボン社ではシニアパートナーが忠告を受け入れることはまず無かったのであるが）、一族との間に感情的対立を引き起こしてまでダイナマイトの生産を執拗に主張し、結局、一族の住む地を家族と共に離れて、ようやく1880年に別会社（Repauno Chemical Co., 以下 Repauno と略記する）を設立してその社長となり、ニュージャージー州ギブズタウンに於て、生産を開始したのであった。¹⁴⁾

デュボンの経営の保守性、経験主義という点で、世紀末のユージンの時代にも、基本的に変化はなかった。ダイナマイトに対する如上の態度に限らず、デュボン社では生産効率に対する注意深い関心や、生産費低減のための技術の経続的改善努力、火薬の改善研究など、技術や生産管理に対する科学的、分析的、体系的な態度が発展する徴候は殆どなかった。このことは例えば、マサチューセッツ工科大学出身の Alfred I. du Pont, Pierre S. du Pont, Belin du Pont に対するデュボンの扱いや、名ばかりの実験設備、また無煙火薬のとりくみ¹⁷⁾によく現われていたといえよう。製品・製造工程を科学的に分析して自ら改良し、生産費を切り下げ競争戦を有利に導く（じり貧状態の黒色火薬は依然デュボンの販売の大部分を占めていた）ことに対する、或いはまた、外部の火薬技術の進歩（ヨーロッパの進歩についてゆくだけでも、ある程度の科学的能力は必要になりつつあった）に対する関心の低さを示す、以上のような世紀末デュボンの保守的状況は、火薬技術の変化を背後においてみると、一層、その根強さに注目せざるをえないといえよう。¹⁸⁾

しかし、デュポンの保守性は技術の領域にとどまらず、以下にみられるように、火薬産業の最大企業デュポンの経営全体に共通するものであった。

デュポンを筆頭とする主要火薬企業は、南北戦争後、過剰生産による値崩れに対処するために、1872年以来、強固なカルテル（「火薬業協会」Gunpowder Trade Association）を結成し、維持拡大していた。そして、「ヘンリー・デュボンとその後継者ユージンは、このなかのもっとも強力な会社の社長として参加会社を支配していたが、その管理は、ほとんどしていなかった。つまりこの二人は、他社の生産量や販売価格については、強い発言権をもっていたが、各社の生産や販売の仕方については何も知らなかったし、また気にもしていなかった。同様に参加会社も、協会も、コストとか生産工程の改善とか、購買や販売技術の合理化などには、関心を持っていなかった。……参加会社も協会自体も、既存経営資源の効率の利用とか、単位当たりコストの低減とか、一人あたり生産性の向上などに資する資料も方式も持ち合わせていなかったのだから、能率的な経営管理ができるわけ¹⁹⁾がなかった。価格協定や生産協定の基礎となる合理的な需要測定すらもなかったのである」。

のちに述べるところであるが、効率的経営管理の追求と、生産技術への科学の充用に対する積極性は、企業経営面では、ある程度共通するものとして現われるのだが、デュボンにおいては逆の意味においてこのことが妥当していたといえよう。デュポンの経営の革新が開始されるのは、同社の支配が、コールマン（T. Coleman du Pont, 1863-1930）、ピエール（前出、1870-1954）、アルフレッド（前出、1864-1935）の三従兄弟に移った1902年以後のことである。

1) E. K. Bolton, 'Du Pont Research,' *Industrial & Engineering Chemistry*, Vol. 37-2 (1945), p. 107.

2) なかでも、世紀交前後のデュボン経営史の概観は、水野五郎「デュボン—1902年」『経済学研究』27-1 (1977年)、山下幸夫「デュボン化学工業会社とラモ・デュボン」『商学論纂』14-1・2・3合併号 (1973年)、A. D. チャンドラー, Jr. (三菱経済研究所訳)『経営戦略と組織』(1967年)、65-73頁、E. デール (岡本訳)『現代の企業組織と経営者』(1962年)、41-59頁などから知ることができる。小論の限定された課題からいって、デュポンの経営状況全般にくまなく言及することはできない。この点で、上記の水野論文等が有益であり参照されたい。

3) 詳しくは上掲の諸研究を参照。

4) 1890年の合衆国生産額は、黒色火薬674万ドル、ダイナマイト425万ドル、1900

- 年には各々、531万ドル、824万ドルであった（水野前掲論文 261頁）。ダイナマイト生産量は1884年30百万ポンド、1894年130百万ポンド、1914年262百万ポンドと増加した（W. S. Dutton, *Du Pont, One Hundred and Forty Years*, N. Y., 1942, p. 152）。
- 5) A. P. Van Gelder and H. Schlatter, *History of the Explosives Industry in America*, N. Y., 1927, pp. 315-6. チャールズ・シンガー他編『技術の歴史』第9巻（1979年）、221頁。
 - 6) 水野、前掲論文、259頁。
 - 7) *ibid.*, p. 593. W. S. Dutton, *op. cit.*, p. 150.
 - 8) *ibid.*, pp. 116-7. Van Gelder & Schlatter, *op. cit.*, pp. 194, 402, 405 ff, 561-2.
 - 9) *ibid.*, p. 402.
 - 10) 実際、その爆破力からいって、産業用爆破薬としてのダイナマイトの商業的可能性は絶大であった。80年代以降、アメリカにおけるダイナマイトの発展はめざましく採鉱業（鉄鉱石、石炭、銅、ニッケル、銀、etc.）、採石業、山岳地帯の鉄道建設の時間と労働は著しく節減された。また、アメリカのセメント生産はダイナマイトの出現によってはじめて始まったのであり、都市の建築を進展させた（*ibid.*, pp. 959-1081. E. I. Du Pont de Nemours Co., *Du Pont: The Autobiography of an American Enterprise*, 1952, p. 45）。こうして、90年代にはダイナマイトは黒色火薬生産額を凌駕するのである。
 - 11) W. S. Dutton, *op. cit.*, p. 126. E. デール、前掲邦訳、44頁。
 - 12) 同上邦訳、43, 46頁。
 - 13) L. Mosley, *Blood Relations; The Rise & Fall of the du Ponts of Delaware*, N. Y., 1980, pp. 76-80. A. D. Chandler and S. Salisbury, *Pierre S. Du Pont and the Making of the Modern Corporation*, N. Y., 1971, pp. 13-4.
 - 14) W. S. Dutton, *op. cit.*, pp. 80-1, 126-133. Van Gelder & Schlatter, *op. cit.*, pp. 561-4.
 - 15) A. D. チャンドラー、前掲邦訳、67頁。E. デール、前掲邦訳、46頁。
 - 16) 1890年にマサチューセッツ工科大学（MIT）を卒業後デュボンに入社したピエールに与えられた仕事に、彼の化学知識と能力を事業の発展に活用しようとする配慮はみられなかった。彼は最初、黒色火薬工場の「実験室」をまかされたが、そこには必要な実験器具は殆ど設備されていなかった。たとえば、通常の試験のための試薬もなく、ガスと電気設備もなかった。化学天秤は数ミリグラムの重さに反応しないといった状態であった。このような「嘆かわしい」状態を改善しようとする度重なるピエールの提案にもかかわらず、いっこうに改善されることはなかったという。1895年に同じく MIT を卒業してデュボンに入社したベーリンも同様であった。能率向上のための彼の提案は無視された。デュボンの技術状況は、「もし精製

工場が全焼してしまっても、彼らは現在とまったく同じままに再建するだろう」というベーリンの言葉に端的に現われていた。ビュールは以上のようなデュボンの状況に見切りをつけ、1899年、デュボンを退職した。Chandler & Salsbury, op. cit., pp. 23-4, 33-5.

- 17) 無煙火薬のとりくみについては、本節第(3)項、注5(256頁)を参照。
- 18) デュボンは火薬産業の最大企業であり、産業の競争状況や火薬技術の新たな挑戦に対して、まったく何もしなかったということではない。本文の以下の引用にもみられるように、対応の仕方がちがっていたのである。産業が長い伝統を背負っていればいるほど、生産における科学の充用に接近することは、それほど容易に起こることではなかったのである。
- 19) チャンドラー、前掲邦訳、67-8頁。また、Chandler & Salsbury, op. cit., p. 24. これまでみてきた世紀末デュボンの状況を特殊な事例と理解されてはならない。引用文にもみられるように、この状況は火薬工業協会参加会社に共通していた。1916年においてさえ（この時までには火薬産業はまったく革新されていたが）、たとえば MIT 総長 Richard C. Maclaurin はアメリカの産業について次のようにいうことができた。「科学の訓練を受けた者に対する産業の態度は改善されねばならない。今なお、科学以前の精神、“めこの勘定”への依存があまりにも多すぎる。旧型の監督が依然として雇用されており、彼らは科学知識を何も持たないし、科学に対して殆どまったく信頼をおいていない」(R. C. Maclaurin, op. cit., p. 61)。
- もちろん、本稿で明らかにする如く、第1次大戦期までには既に大きな変化が起きていたのであるが。なお、その一面を捉えた研究として、広瀬幹好「工場管理近代化と技術者—米国19世紀末～20世紀初頭の企業内管理者養成—」『経営研究』32-3(1981年)がある。

(2) Repauno Chemical Co. と東部研究所の設立

以上のように、世紀末のデュボンの経営からは、アメリカ化学工業における最初の工業研究所の創設に導くような契機を見出すことは出来なかった。ではそれは、如何なる経路を経て現われたのであろうか。

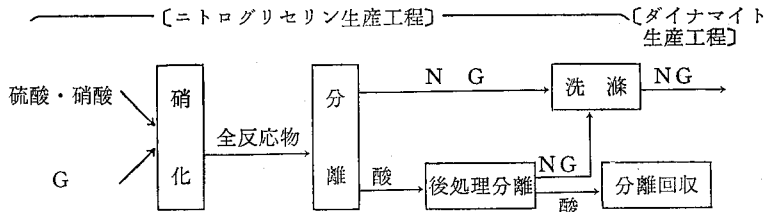
1880年に設立された前述の Repauno に於て、創設者ラモー・デュボンは最初からデュボンとは異なる経営を展開したが、その経営はデュボンとは独立に発展したものであった。¹⁾

ラモーはデュボン一族以外から有能な技術者を採用し監督にすえたが、これはデュボンでは行なわれていなかったことであった。²⁾ 会社設立後採用された者の中には、O. R. Jackson や W. N. Hill のような優秀な化学者も含ま

れていた³⁾。また彼は、意志決定に多くの人の参加を許した⁴⁾。或いはまた、小さな木造の小屋ではあったが、原材料と製品の検査・コントロールの為に、試薬と器具の整った実験室が設けられた⁵⁾。こうして、ラモーによる Repauno の経営はデュボンとは全く異なるやり方で始められたが、しかし彼は、その目論んだ経営を本格的に展開するまでに至らずに、1884年、ダイナマイトの主成分ニトログリセリンの製造工程^{*}で使用された酸の分離回収法の開発を試み、その途上で爆発事故に遇い死亡した⁶⁾。

* 後述との関連でも必要であるので、ここでニトログリセリン（以下、NG と略記）製造工程について説明しておく。①硝化工程：濃硫酸と濃硝酸の2:1 混酸の中に、混酸を常時攪拌しながら、適量（酸重量の約12~15%であるが諸条件で異なる）のグリセリン（以下、G と略記）をゆっくりと滴下する。NG の生成は発熱反応である。これに対し、反応温度は25°C 以下に保たなければ NG の爆発を引き起こすので、反応槽は冷却水の入ったより大きな容器内に設置され、また反応槽内に通された螺旋パイプ（冷却水を循環させる）によって、冷却・調節されねばならない。また発熱量は G の注入速度に依存するので、一度に大量の G を注入することは出来ない。硝化工程は回分（バッチ）式で、1回の硝化に1~2時間を要す。当然ながら、この硝化時間が短いほど、生産量は増大し、設備・労賃コストは低減する。NG 収量の理論値は、原料 G の投入量100に対し246.7であるが、初期の収率は最良の部類でも194であった。この収率は原料（酸、G）の純度、酸の濃度、反応温度管理その他の条件に左右されるが、NG の収量はそのままダイナマイト生産量を規定するのだから、収率の多寡は商業生産上、重要ポイントである。攪拌は初期の手動式から1880年代以降、機械攪拌や圧縮空気に移った。なお、硝化器の規模は1920年代に於ても直径7~8フィートのスチール製タンクで一回に約0.45トンのGを硝化できる程度であったが、19世紀の規模はこれよりはるかに小規模であった。②生成したNGと酸の分離工程：初期には①の全反応物を多量の水に浸して、水中に沈殿するNGを容器の底から流し出すという方法がとられた。これでは使用された酸は希釈されて完全損失となる。直接的分離法の場合は、全反応物が硝化器から分離器に移され、酸の上層にNGを分離させる（この方法の場合、酸回収の道が開ける）。分離に要す時間は、使用された酸とGの純度が高いほど早くなるが、逆の場合は長時間になり、かつ、浮き渣や乳濁を生じ収率を下げる。しかし、最良の場合でも酸の中に多少のNGが溶液として残るので、分離は一度では終らず、一旦分離された酸は後処理分離器に移され、さらに長時間かけて分離される。分離された酸は、回収装置によって硫酸と硝酸に分離回収される（ラモーが爆発事故に遭ったのは、この工程に関わる開発途上においてであった）。③洗滌：分離されたNGは、水、次に炭酸ナトリウム溶液によって、攪拌を伴いながら数回洗滌される。以上の工程を図

示すれば、以下のとおりである。



さて、Repauno ではラモアの死後、1892年には J. Amory Haskell が同社社長に、H. M. Barksdale が総支配人 (general manager) になっていた。⁸⁾ この二人は、ラモア・デュボンの経営姿勢の実質的な継承者となった。Barksdale と Haskell は、技法的経験ではなく、科学と技術学知識の重要性をよく認識していた。たとえば、1894年に書かれた Barksdale の書簡には次のような記述がある。

「我々は、自分が犯した失敗や誤りは正すことを常に望んでいる。しかしまた、次のことも付け加えておこう。我々の生産物が可能なかぎり最良、かつ、その品質が常に同じであるように保障するためには、我々は有能な監督と化学者について、この国のどの高性能火薬生産者よりも、より多くの金を出している。⁹⁾」

二人は、W. G. Ramsay や Hary G. Haskell などの工業大学出身の技師を積極的に雇用したが、他方でまた、H. M. Pierce のような若い実地の機械工が、機械工学を学ぶためにペンシルバニア大学に送られた。Pierce は1901年に Repauno に戻ると、数多くの機械技術面の改善と装置設計に貢献することになる。こうした Repauno におけるやり方が、世紀末アメリカの火薬産業において、経験主義が根強く残っていたなかで、極めて革新的なものであったことは疑いない。¹⁰⁾

当然のことながら、Repauno では多くの技術的改善が生まれた。Haskell と Barksdale は就任当初、火薬産業の中に生産方法が未熟で、技術が未だ神秘的な技法にとどまり、その技術学的原理の解明が必要な多くの分野を発見した。彼らには、工場が何かの拍子に爆発しそうにさえ思われたほど、未だその技術には不確かなところが多かったのである。¹¹⁾ Repauno では 1884年に

Jackson (注3参照) が Hill をついで工場監督に就任してから、既に彼によって酸の分離回収装置の建設を含む幾つかの改良がなされ、また、科学的工程管理が導入されつつあったが¹²⁾、Haskel と Barksdale によってこの方向が一層推進された。機械技術の面では手工程が新しい考案によって機械化され、またより効率的なものへと改良された。硝化工程では、プリンストン大学卒の電気技師 W. C. Spruance と、Jackson, H. G. Haskel, Barksdale によって、1901 年、冷凍機械を取入れた硝化技術が開発され、硝化速度が大巾に速められて生産コストが引き下げられた。これは硝化工程に関する「ノーベル以来最初の根本的改良」であった。また、後処理分離が夏期には進まず、低温下でより速く進み収率も上昇することから、冷水を通す冷却コイルが後処理分離器に設置され、これによって収率は、5,000 ポンドの酸チャージに対し 44 ポンド増加した (U. S. Patent No. 482372)。そして、次にみるように 1900 年には硝化工程に逸早く発煙硫酸の使用が試みられたのである。¹⁴⁾

試用の結果は、発煙硫酸が硝化工程に極めて適していることを示していた。ニトログリセリンの収率は 200 前後 (理論値の約 81%) から、一挙に 220 (約 89%) にまで上昇を示した。¹⁵⁾

この発煙硫酸を安価に製造することができる接触硫酸法は、ようやく 1898 年頃までに、ドイツを中心にして各地で殆ど同時に工業化の段階に到達した新技術であった。¹⁶⁾ Repauno ではこれまで、硫酸をすべて硫酸製造企業から購入していたが、この接触法の出現をみて、また発煙硫酸試用の好結果に鑑みて、1900 年、接触法による自社生産にとりくむことが決定された。Haskel と Barksdale によって、この分野に知識の深い化学者、Dr. Charles L. Reese¹⁷⁾ が雇用され、Reese の指導の下に、プラントの建設にはペンシルバニア大学から戻ったばかりの Pierce があたった。そして、工場は 1901 年の秋までに完成し、試験操業に入った。¹⁸⁾

しかし、同プラントはすぐに深刻な諸問題に突き当たり、生産は成功しなかった。¹⁹⁾ 実際、接触法は、ドイツを中心に多数の科学者が、経済的生産に必要な熱力学的、化学的、物理的諸条件の体系的探究によって初めて現実のも

のとした極めて高度の技術であった。²⁰⁾しかも、新技術であったために操業条件の詳細は公開されていなかった。生産の成功には、諸問題の解明のための体系的な研究を自ら行なうことが必要であったが、それは、ラモー・デュポン以来工場に設置されていた、日常的生産管理のための分析・実験設備の範囲を明らかに越えていた。他方では、組織的革新が必要であった。これまで Repauno では、生産上提起された科学的問題には、ほとんど、Jackson が必要な情報と判断を提供していたが、彼は同時に 1884 年以来、工場監督として工場の建設と操業の細部についてまで責任を負う立場にあり、実際その責任を果たしてきていた。このようなやり方は限界に来ていた。工場の拡大につれて、生産の細部まで彼の個人的注意をいきわたらせることは困難になりつつあったし、その上にさらに提起される科学的問題を検討することは、彼の個人的限界を越えるものになっていた。実際、工場操業での幾つかの失敗が現われていたし、1901 年、Jackson が激務に疲れ、健康を害するに至ったことは、その現われであった。

こうして事態の展開は、日常的生産ラインから相対的に独立して、技術学上の諸問題の科学研究に独自の責任を負うスタッフ組織と、技術状況の要請にこたえる研究設備の、両面での必要性を示していたのであった。Dr. Reese が、Haskel と Barksdale らに研究所設立の必要性を提案したのは、このような事情によってであった。²¹⁾デュポン社であったなら、このような提案は容れられなかったであろうことは想像に難くない。しかし、Haskel と Barksdale は違っていた。提案は採用され、こうして 1902 年、Repauno に「東部研究所 Eastern Laboratory」が設立された。Dr. Reese が 所長となり、²²⁾最初のスタッフはわずかに 4 名であった。

以上のように、Repauno における研究所設立に至る発展経過は、ダイナマイト生産技術の高度化、科学的性格の増大の必然的帰結として理解できる。また、同じ見地からは、逸早く「産業界の科学」の特質を発展させたドイツ化学工業からの影響という点も確認しておく必要がある（接触法）。さらに加えて、世紀末までのダイナマイト産業の競争状況にも留意する必要がある

であろう。²³⁾しかし同時に、世紀交替期のアメリカ火薬産業のこのような一般
 的技術的背景及び競争上の背景に対して、これに対処した経営者資質の問題
 にも留意しておくべきである。Barksdale や Haskell によって示された科学
 ・技術学知識に対する姿勢は、アメリカ火薬産業に広くみられた、技術進歩
 は「いつでもヨーロッパから購入できる」²⁴⁾とする姿勢、科学の充用に消極的
 な姿勢とは異質のものであったのである。

この Haskell と Barksdale はこの間、技術面ばかりでなく、ダイナマイト事業全般
 において革新的、合理的経営を展開していたことが注目される。1895年には(二人が来
 て3年後)、Repaunoを含むダイナマイト会社3社の持株会社として Eastern Dynamite
 Co. (資本金200万ドル)が設立され、以後1902年までに約1ダースの競争企業が買収
 されたが、これらは単に株式支配されたのではなく、生産の合理的戦略的配置の方針の
 下に諸工場の統廃合と改良がなされ、「低価格、大量生産(“low prices, large volume”)
 の基準がかかげられ、どれか一つの工場で導入された改善策が時を待たず他工場に導入
 されるよう保障する手続きが採用された。Repauno の科学重視の姿勢は Repauno を
 越えて、ダイナマイト産業の一定部分に拡大されたのである。販売組織面では、従来の
 代理店に替えて直売組織がおかれ、直接雇用のセールスマンとデモンストレーターが顧
 客と直接に接し、需要その他の情報を集中する近代的販売組織が採用された。また、製
 造・購買・工務部などからなる集権的職能別経営組織が採用されていた。²⁵⁾

シニアパートナーひとりに権限が集中され、生産と販売に多くの無駄と重
 複を残したまま、ただ株式保有と火薬業協会のカルテルを通じて価格と販売
 量のみコントロールせんとしていたデュボンとは好対照をなす以上のような
 経営方式は、1903年以降の再編において、ようやくデュボンに大規模に導入
 される。

- 1) E. デール、前掲邦訳、61頁。デュボンは、Repauno の株式の過半を支配すること
 になったし、また Repauno 以外にも数社の株式を保有することによって、間接的に
 ダイナマイトに関わることになったが、デュボン自体はユージンの時代にも自ら生
 産を行なおうとはしなかった。デュボンはただ株式を保有するだけで、経営には関
 与しなかった。Repauno の正確な株式保有と変動は、Van Gelder & Schlatter,
 op. cit., p. 563 を、デュボンのダイナマイト事業の関与が、つねに非主体的なも
 のであった点については、L. Mosley, op. cit., pp. 76-8 を参照。
- 2) Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 565-6, 570-2. E. デール、前掲邦訳、49頁。
- 3) Jackson はハーバード大学卒業後、合成染料インディゴの研究で有名なドイツの

Adolf von Bayer の研究室に学んでいた。また、Hill は海軍の研究所 (Naval Torpedo Station) の著名な化学者であった。ibid., pp. 570-2, 790.

- 4) E. デール, 前掲邦訳, 50 頁。
- 5) E. K. Bolton, op. cit., p. 108. Van Gelder & Schlatter, op. cit., p. 580.
- 6) ibid., p. 570.
- 7) ibid., pp. 356-367, 及び, C. シンガー他編, 前掲邦訳, 第 9 巻, 222-5 頁によった。
- 8) ibid., pp. 575-7. Haskel と Barksdale の経歴については後述する。
- 9) E. Dale & C. Meloy, 'Hamilton MacFarland Barksdale and The Du Pont Contributions to Systematic Management', *Business History Review*, Vol. 36, p. 141.
- 10) Van Gelder & Schlatter, op. cit., p. 593. W. S. Dutton, op. cit., p. 150.
- 11) E. デール, 前掲邦訳, 51 頁。
- 12) Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 527, 581.
- 13) ibid., pp. 369-70, 577-8, 581-2.
- 14) 以上, ibid., pp. 363-4. Spruance の経歴については, Chandler, *Strategy*, p. 317 (邦訳, 315 頁)。1912 年頃の状況記述として, 硝化時間わずかに 42 分, 1 日に 10~12 回のチャージとあるが (著者不明, *The History of the E. I. du Pont de Nemours Powder Company*, N. Y., 1912, p. 151. 以下, Anon., op. cit. と示す), 1901 年の冷却機械による硝化技術の大巾改善はこれに大きく近づけたものであったとみて間違いない。
- 15) Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 364-5.
- 16) 詳しくは, T. J. Kreps, *The Economics of the Sulfuric Acid Industry*, Stanford U. P., 1938, pp. 47-53; L. F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century*, Oxford U. P., 1969, pp. 107-8. (水野訳)『近代化学工業の研究』(1977 年) 150-1 頁; C. シンガー他編, 前掲邦訳, 192-3 頁等参照。
- 17) C. L. Reese は 1884 年バージニア大学を卒業後, ドイツのハイデルベルグ大学に学び Ph. D. を取得, 帰国後ジョーンズ・ホプキンズ大学で化学を教授していた。彼は N. J. Zinc Co. によるアメリカ最初の接触法プラントの建設 (1899 年) を指導していた (Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 588-9)。
- 18) ibid., pp. 580, 588-9.
- 19) ibid., p. 589.
- 20) 最大の問題はコンバーター内の, $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ の右への反応を進めるための触媒が, イオウ原料(硫化鉄鉱)に含まれる微量の砒素によって機能しなくなることであった (ibid., p. 589)。原料ガス SO_2 の完全な精製が必要になるが, この精製工程は高度の装置とそのコントロール, 多数の処理を必要とする。また, コンバーター内の反応は多量の熱を発生するが, 反応温度が一定以上になると左向きの分解反応が起きてしまう。さらに経済的操業には, コンバーターの熱は投入ガスの加熱

に用いられねばならない。また、コンバーター内での右への反応を完結させるには二酸化硫黄と酸素の化学量論的重量比以上の過剰の酸素を必要とする (General Chemical Co., *The General Chemical Company after Twenty Years*, N. Y., 1919, pp. 43-5. L. F. Haber, op. cit., pp. 107-8, 前掲邦訳, 150-1, 153-4 頁注 41 及び 42)。こうした諸条件について, Repauno において, どの程度知られていたのか詳細は資料的に確認できなかった。

21) Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 572-3, 588-9.

22) *ibid.*, p. 589.

23) Repauno の経営層の科学・技術学に積極的に依拠せんとする姿勢は、一面ではダイナマイト産業の競争状況に促迫され、これに前向きに対応しようとしたものであっただろう。米国ダイナマイト産業では、世紀末に諸企業の集中と競争制限のための諸協定が成立したが、それまで、ダイナマイト産業の競争は厳しいものであった。事業を開始するのにそれほど多額の資本を必要としなかったので、各地に多数新企業が簇生し、90年代半ばには価格は、多くの企業が破産に傾する最低限度まで低落するほどであったのである (*ibid.*, pp. 402-25, 449-50)。このような競争状況は、世紀末のダイナマイト産業の集中と諸協定成立をもたらす直接の要因となったが、他方で、本文に引用した Barksdale の書簡に現われているような積極的に科学・技術学の利用に依拠せんとする姿勢を促したであろう。なお、世紀末のダイナマイト産業の集中、競争制限のための諸協定については、*ibid.*, pp. 425-8 及び, W. S. Stevens, 'The Powder Trust, 1872-1912,' *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 26 (1912), pp. 462-9.

24) Dale & Meloy, op. cit., p. 132. 第1次大戦前アメリカ化学工業の最大部門であった硫酸工業においても基本的に同様であった。「たぶん一社 (Nichols Chemical Co.—引用者) を例外として、アメリカの企業で自身のプロセスの開発を成功的に試みたものはなかった。一般に、『アメリカの製造業者は、組織的研究や実験のもたらす諸結果の真価を認めることがなかったために、この面の仕事に金を出すことを拒否し、この国で工場を建てるには開発されたプロセスと訓練された人間を輸入するという通常のやり方に従っていた』」(T. J. Kreps, op. cit., p. 53)。

25) W. S. Dutton, op. cit., pp. 148-9, 151. E. デール, 前掲邦訳, 52 頁。Chandler, op. cit., p. 56 (前掲邦訳, 69 頁), 水野五郎, 前掲論文 266 頁。Van Gelder & Schlatter, op. cit., p. 426.

(3) デュボンと中央研究所の設立

1902年1月、デュボン社ではユージンの急死によって後継者問題が持ちあがっていた。6名の株主のうちには適任者を挙げるができなかった。そして、幾つかの対応策の検討の末、結局この年、デュボン社はビエール、コールマン、アルフレッドの既述の三従兄弟によって買い取られることになったのである。

アルフレッドは1884年以来、デュボンにおいて黑色火薬の製造に携わっていたが、ユージンの死に際し、ピエールとコールマンに、三従兄弟による買い取りを呼びかけた人物であった。コールマンはデュボンとは父親の代から直接の関係がなく、炭鉱、製鉄、市街電鉄など火薬以外の事業の経営に携わっていた。ピエールは既述のように（前々項、注16）、デュボンの保守的経営に見切りをつけ、1899年デュボンを去り、コールマンの事業や市街電鉄での経営経験を積んでいた。以上の三人はいずれも、マサチューセッツ工科大学（MIT）で工学教育を受けていた点で共通していた。

三従兄弟は単に事業を継承しただけではなかった。彼らは、特にピエールとコールマンが中心になって巧みな財務操作を駆使し、1902年、最大の競争会社 Lafin & Rand Powder Co. を買収したのを皮切りに、1907年までに合計100社を越える火薬会社の株式を取得したが、このうち、かなりの部分が1904-5年に解散吸収され、1907年までには64社が姿を消していた。生産は主要市場に近い有利な少数大工場に集中された。こうして1905-7年までに、アメリカ火薬産業のおよそ三分の二がデュボンの下に統合再編されたのである（下表参照¹⁾）。

《デュボンとその系列会社に支配される火薬取引割合（％）》

年	黑色火薬	ソーダ火薬	ダイナマイト	軍用無煙火薬 (民間生産の)	猟銃用 黑色火薬	猟銃用 無煙火薬
1905	64.6	80.0	72.5	100	75.4	70.5
1906	63.4	69.5	73.0	100	72.6	61.3
1907	64.0	72.0	71.5	100	71.5	64.0

（出典）W. S. Stevens, op. cit., p. 478.

如上の火薬産業の統合再編に加えて、増大した経営資源に合理性を徹底しこれを効率的に管理するために、1903年に、経営組織、経営方式が一新されている。即ち、

個人支配にかわって、合議制の経営委員会が最高決定機関として設置され、三従兄弟に、Haskel, Barksdale, はか2名、計7名によって構成された。管理機構と人事の無駄な重複を省き、経営委員会による合理的統轄・調整を可能にするために、Haskel と Barksdale がダイナマイト事業で採用していたのと同様の集権的機能別組織が採用された（黑色火薬・高性能爆薬・無煙火薬の三つの製造部門、販売部、開発部、基礎原料部、不動産部、法律部、財務部）。会計の面では、コストに対する注意と能率向上を全社に徹底するために近代会計制度が導入あるいは開拓され、経営状況を分析し将来の改善策を導く手段となった。販売面では雑多な販売組織が整理され、全米17都市に専門セールスマンを配置した直営営業所が設けられ、また販売部技術課がセールスマンの専門知識を訓練し、営業統計課が自社と競争会社の販売統計の作成を始めた。²⁾

以上のデュポンの経営革新は、一方では、当時のアメリカの産業における最新の管理方式を参考にしたものであったが、他方では、それ以上のものでもあった。その集権的職能部制組織は「理想型」ともいえる完成されたものであったし、その開発した会計システムは、管理会計の新たな水準を切り拓くものであった。総じて、デュポンの経営変革の過程には、新たな経営者達の経営問題に対する分析的で合理的な接近方法がよく現われていた。³⁾

そして以上の過程でデュポンは1903年の末に、東部研究所に加えて、黒色火薬と無煙火薬の製造技術・製品の改良研究を目的として、中央研究所(Experimental Station)を設立したのである。この中央研究所の設立には、東部研究所の既述の設立経過と多少異なって、火薬技術の高度化の差し迫った要請に応えたというよりも、デュポンの新たな経営陣が持ち合わせていた科学重視の考え方が制度化されたという側面がより強く現われていた。経営委員会において、中央研究所設立を決定するよう強く要請したピエールは、10数年前の経験、すなわち、「MIT 卒業後、最初に会社の実験設備（の貧弱さ一引用者）を目にした時に味わった悲嘆を忘れることがなかった」。その彼にとっては、今や「十分に設備されたこれらの（東部研究所を含む）大きな新研究所は、……会社の歴史における新しい時代の到来を象徴するもの」であったのである。⁴⁾もちろん、経営合理性に対して極めて冷徹であったピエールが一定の技術的要請の基礎なしに研究所設立を主張するわけはなかったものであり、その点を軽視するのではない。しかし同時に、旧デュポンが、1891年以来無煙火薬の生産に関わりながらも十分な対応が出来なかったことと、新デュポンの対応を比較した場合、経営者の資質の果たした役割を重視せざるをえないであろう。⁵⁾

中央研究所と、デュポンに統合された東部研究所は、1903年に開発部の管理下におかれた。この開発部の性格にはデュポン経営陣の姿勢がよく現われていた。開発部は、①競争課、②原料課、③研究課の三課に分れていた。競争企業の技術動向を分析し(①)、原料の安定的で有利な購入と後方統合の技術経済的可能性を検討し(②)、生産技術と火薬の改良研究を管理する(③)、

という三つの課よりなる開発部は、経営委員会によって、技術と競争の両面を睨んだ科学的分析によってデュポンの将来のための戦略的計画を案出する部局として位置づけられたのである。なかでも、二つの研究所を管理する研究課は最も重要視され、規模も大きかった。⁷⁾ 開発部の以上のような内容と性格は、デュポンの新たな経営陣の技術に対する理解、科学重視の姿勢、恒常的な組織的研究の必要性に対する認識を十分に物語るものであった。

中央研究所は設立1年あまりで100余名を擁するまでに充実され、第1次大戦前はほぼその規模のまま推移し、生産機械面での研究を担当する機械部、軍用火薬の研究を行なう弾道部 (ballistic dep.)、および化学部から構成された。⁹⁾ 他方、僅か4名からスタートしていた東部研究所は統合後に顕著に拡大され、1911年頃までには、50エーカーの広大な敷地に点在する76の実験用・研究用建物からなり、100名を越える人員を擁していた。¹⁰⁾ 二つの研究所に対するデュポンの研究費支出は、1906年には年間30万ドルを越えていた。¹¹⁾

中央研究所の研究内容については、製法の改善と製造工程の標準化・効率化がもたらされたこと、1908年以降、無煙火薬の設備過剰に直面してニトロセルローズの転用のための多角化の研究に重心が移っていくこと¹²⁾以上には、デュポンの事業にどれだけ貢献したかを十分知ることはできない。しかし、研究費支出が厳しく吟味されていたということ¹³⁾、またデュポンの合理性を極めて重視した経営からいっても、中央研究所の維持が、デュポンの事業への貢献によって十分に裏打ちされていたであろうことは疑いない。

他方、東部研究所は、低凝固点ダイナマイトと炭鉱用安全ダイナマイトの¹⁴⁾開発、硝化反応の最適条件の確立と分離工程の大巾時間短縮、¹⁵⁾タール系新爆薬 TNT の導入など、¹⁶⁾多くの研究成果を挙げた。¹⁷⁾ これらの研究結果から、大戦前の時期、年々およそ100万ドルの利益がデュポンにもたらされたと推計されている。¹⁸⁾

こうして、デュポンは1902年以降、その火薬技術に急速に科学を浸透させ、それによって、生産を合理化、効率化させるとともに、多様な火薬の品

質と信頼性の向上を図り、また新火薬を取り入れたのである。

以上、デュポンの工業研究所の成立過程と、第1次大戦前の状況について述べた。その後、デュポンの工業研究所は、そこで科学的訓練を受け各生産ラインに配属された多数の技術者とともに、大戦中の大拡大に¹⁹⁾必須の技術知識、研究能力を提供したばかりでなく、大戦を契機に本格的に開始された総合化学企業への多角化の過程で再編拡充され、同社の技術競争上、独占支配上の武器として時とともにますます重要な役割を果たすことになるのである²¹⁾が、本稿ではデュポンの分析は一応大戦前までにとどめ、次項では、これまでに述べたところに従い、若干の考察を加えておきたい。

- 1) 以上詳しくは、水野五郎、前掲論文、269-77頁；W. S. Stevens, op. cit., pp. 469-80. 等参照。なお、水野論文に、1907年までの解散会社数94社とあるが、64社の誤植であろう (ibid., p. 480)。
- 2) Chandler & Salisbury, op. cit., pp. 70-6, 137-48. Chandler, op. cit., pp. 55-61 (邦訳、68-73頁)。高寺貞男「デュボン火薬会社における重層的管理会計の体系化(1)(2)」『経済論叢』118-1・2および119-1・2号、参照。
- 3) ibid., p. 285 (邦訳、285頁)、高寺貞男、上掲論文(1)、8頁。E. デール、前掲邦訳、41頁。より詳しくは、Chandler & Salisbury, op. cit. の叙述、および、チャンドラー(鳥羽・小林訳)『経営者の時代』(1979年)、755-68頁参照。
- 4) ibid., pp. 142-3. ビエールの学究肌については、ibid., pp. 15-22をみられたい。
- 5) 綿火薬・無煙火薬の発達史はダイナマイトより古く、1830年代にまで溯るが、デュポンは1880年代に二回、欧州から技術を導入する機会を得たが拒絶している。そして、ようやく1891年になって試験工場が建設され、弥縫的に開発研究も始められたが、デュボンが無煙火薬に手をつけるに至る経過においては、軍の強い要請と援助のあざかるところが大きかった。비에ールの貢献もあって、1893年以降、デュポンは無煙火薬を製造し、94年から販売が開始されたが、この無煙火薬事業においても、デュボンの体質はよく現われていた。製法の研究は多少の困難にぶつかるが、すぐ放棄されかねなかった。비에ールは後に、「私の頑張りがなかったならば事業は放棄されていたかもしれない」と語った。生産が開始された後も、製造工程の管理はあまりにも粗雑であった。こうして、デュポンは軍の要求する品質に十分応じることが出来なかったし、1898年には75,000ドルの損失を出した。1899年には、陸軍に納入した50万ドルの無煙火薬は変質して使いものにならなくなった。こうして、無煙火薬はダイナマイトと同様に化学処理工程を含む新しい火薬技術であり、しかも製品・製法両面で未だ多くの改良の余地のある進歩の度合の高い技術で

あったにもかかわらず、この新たな技術状況も直ちにデュポンの体質を変えるには至らなかったのである。無煙火薬技術については、Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 767-97, および, C. シンガー他編, 前掲邦訳, 225-6, 228-9 頁を, デュポンのとりくみについては, ibid., pp. 795, 875-81, および Chandler & Salsbury, op. cit., pp. 34-8 参照。

- 6) 競争企業の販売統計は販売部が作成したので、開発部競争課の内容はより技術的な分析にあったと思われる。開発部原料課による、後方統合の技術経済的検討の実際については, ibid., pp. 230-47 を参照されたい。また、デュポンは、アメリカで原料購買分析を始めた最初の企業のひとつであった (E. デール, 前掲邦訳, 67 頁)。
- 7) ibid., pp. 142-3.
- 8) ibid., p. 142.
- 9) 機械部と弾道部には、約 35 名の大学出身の技師がいた。最大の化学部は 30 余名の化学者を擁して、多数の小部門に分れていた。さらに、機械工、大工、鉛管工、その他の、研究活動を補佐し、研究所を維持する要員がこれに加わる。Anon., op. cit., pp. 170-3.
- 10) 人員の内分けは、管理者 2 名、約 30 名の化学者、写真技師 1 名、6 名の事務員、各々複数の大工・鉛管工・パイプフィッター、および多数の補助労働者であった (ibid., pp. 170, 175-6)。Van Gelder & Schlatter, op. cit., p. 591 によれば、100 余名のうち約 40 名が salaried employee である。
- 11) W. S. Dutton, op. cit., p. 186. E. I. Du Pont de Nemours Co., op. cit., p. 61. なお、L. F. Haber, op. cit., p. 148 (邦訳, 202 頁) によれば、1907 年までには年間 60 万ドルを支出するようになったとあるが、典拠とされる Anon., op. cit., からは確認することができなかった。
- 12) 火薬に関する研究については、Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 881-5 参照。Chandler & Salsbury, op. cit., p. 642, note 54 に中央研究所の研究内容の詳細を知りえる資料が挙げられているが筆者は手に入れることは困難であった。ニトロセルローズの転用のための研究に移っていった点については、E. I. Du Pont de Nemours Co., op. cit., pp. 60-1。大戦前の多角化と開発部の活動の関わりについては、Chandler, op. cit., pp. 79-83 (邦訳, 90-4 頁) 参照。
- 13) Anon., op. cit., pp. 166, 172-3, 184.
- 14) ニトログリセリンは通常 13°C で凍結する。冬期には、凍結して爆発しにくくなったダイナマイトの解凍の際にたびたび事故が起きた。ヨーロッパと米国で難凍化の試みが続けられていたが、東部研究所が北西部の低温でも凍結しないダイナマイトを開発した (U. S. Pat. No. 978443, 1910)。Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 350-4.
- 15) 坑内の炭塵、ガスの中で使用しても引火爆発を引き起こさないダイナマイト。1904

年から本格的な研究が進められ、1908年までに開発。これによって炭鉱のダイナマイト需要は急増した。ibid., pp. 342-5, 962-5.

- 16) 既述の冷却装置と発煙硫酸によって220前後になっていた収率は、硝化反応の一段注意深い研究とそれに基づく化学コントロールによって233-235(理論値の94~5%)にまで上昇した。これだけで、少なくとも年間数十万ドルの節約をもたらした。

また、分離工程に2~3時間も要することがあるのは、原料グリセリンに混入する膠質シリカに帰因することが解明され、その有効な除去剤の開発により分離時間は1時間以内に短縮された。ibid., pp. 364-5. E. K. Bolton, op. cit., pp. 107-8.

- 17) TNT がドイツから伝えられたのは1908年、旧デュボンの無煙火薬に対する対応とは対照的に、東部研究所では直ちに開発研究が開始された。三段硝化法、精製法が開発され1910年試験生産、1911年5月にはRepaunoに本格生産工場が完成した。プロセス開発には Charles M. Stine (後の1927年、デュボンの長期的基礎研究を開始させ、カロザースを招き、ナイロンや合成ゴム・ネオプレンなどの発明に導くことになる人物) があつた。タール系爆薬への進出は、第1次大戦中の染料生産への進出に一定の基礎を与えた。Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 583-4, 944-5. その他の研究については、ibid., pp. 590, 637. Anon., op. cit., pp. 177-85 参照。

- 18) A. D. Little, op. cit., p. 653. 因みに、1910-12年のデュボンの純利益は6~700万ドルであった(Chandler & Salsbury, op. cit., p. 609)。

ダイナマイト産業は、デュボンの集中統合がほぼ終わった1904年以降も、競争が完全に統制された訳ではなかった。Giant Powder Co., Aetna Powder Co., Keystone Powder Mfg. Co. などが主なインディペンデントとして、統合に加わらなかったし、1902-9年の間に新たに Independent Powder Co. など16社が参入した。これら16社の1908-9年の生産量は3,471万ポンド、米国総生産量の約20%にのぼった。また、Keystone Powder Co. は1909年、パナマ運河用ダイナマイト2,500万ポンドの契約に成功している(Van Gelder & Schlatter, op. cit., pp. 429, 541-2, 554. W. S. Stevens, op. cit., pp. 469-77. Chandler & Salsbury, op. cit., p. 98 参照)。米国のダイナマイト生産量の推移は、1900年8,585万、04年13,892万、09年17,716万、14年26,200万ポンドであった(Anon., op. cit., p. 126, W. S. Dutton, op. cit., p. 152)。かかるダイナマイト産業の成長と競争の一定の存続下で、東部研究所の研究活動は、拡大する市場に対するデュボンの支配を維持するのに重要な貢献をしたであろう。

- 19) 斎藤隆義「第一次大戦とアメリカ軍需産業—デュボン社を中心とした一考察」『経済学季報』(23-1・2・3), 中村宏治「第一次大戦期における E. I. デュボン社の企業活動」『同志社商学』(23-5, 1972年)等参照。

- 20) *ibid.*, p. 226. Van Gelder & Schlatter, *op. cit.*, pp. 591-2, 885-9, 948-9, 952.
- 21) 第1次大戦以降の研究組織の展開については、さしあたり、E. K. Bolton, *op. cit.*, pp. 108-112 を参照されたい。大戦後のデュポンの研究所人員数、研究費支出について若干のべておく。1926-7年時点の総人員1,031名（うち有資格研究者308名）、研究費支出は1924年時点で約200万ドル、20年代末で350万ドルといわれている。同社の研究規模は米国内では、AT & T, GE に次いで第三位、世界化学工業においては IG ファルベンに次いで世界第二位に位置した（L. F. Haber, *op. cit.*, pp. 357-8. E. R. Weidein & W. A. Hamor, *op. cit.*, pp. 47, 55）。

IG ファルベンの研究開発活動が、化学工業に限定せずとも世界の諸企業の中で突出していたことは間違いない。同社は1927-30年、年間2,500~3,800万ドル（これは同社の販売額の実に9~12%相当した）を研究開発費に振り向けた。同社の研究開発費は、顧客への技術サービスや外部への研究補助金、新たな研究設備への追加支出を、除外した部分のみで1925-39年を通じて、その配当支払総額を上廻っていた（L. F. Haber, *op. cit.*, p. 358. C. Freeman, *op. cit.*, pp. 81-2. Fritz ter Meer, *Die IG Farbenindustrie Aktengesellschaft*, Düsseldorf 1953, S. 110-1. 上記研究開発費額は L. F. Haber, *op. cit.* より、1£=4.9ドルで換算した）。

如上の IG に関する数字はそれだけで、両大戦間期の世界化学工業主要独占体にとっての工業研究の戦略的重要性を十分に窺わせるのだが、総合化学資本へと変貌した両大戦間期デュポン化学独占にとって、同社の研究活動がどのような意義を持ったかについては、本稿では扱わず、別稿を予定している。

(4) 若干の考察：アメリカ火薬産業と科学

アメリカの工業研究発展の推進者の一人であった有名な Arthur D. Little は、第1次大戦直前のアメリカ化学協会（American Chemical Society）会長講演で——科学に対する軽侮と無理解はこれまでのアメリカの産業を特徴づけていたが、今や一般的な意味でそのように言うことは出来なくなった、変化は既に起きている、と述べたが、かかる状況変化はそのまま火薬産業¹⁾にあてはまるものであった。

火薬産業の最大企業であったデュポンは1902年まで伝統的経営状態を続け、火薬生産に科学を取り込むという点で顕著な退嬰性を示していた。それは多かれ少なかれ、火薬産業に共通する状況であった。しかし、デュポンは1902年以降、急速な転換を示した。工業研究所が設立され、毎年純利益の5

パーセント前後がこれに支出され、科学は急速に同社の技術に浸透していった。他方、このデュポンの転換以前に、Repauno では早くから変化は始まっていた。アメリカの火薬産業における科学への接近、科学の包摂は、Repauno に始まり、デュポンにおいて大規模に拡大され、そしてその集中統合運動と相俟って、火薬産業の基本的性格となったのである。以上の、これまでみた世紀末から今世紀初頭の変化について、考えられる諸要因を以下3点にわたってあげておこう。

第1に、火薬技術が黒色火薬からダイナマイト、無煙火薬、TNT 火薬などへと拡大し、製造技術に化学的性格が持ち込まれるとともに、それらの技術が次第に複雑化・高度化してきていたこと、これが変化の技術的基礎であったことをまず確認しなければならない。³⁾

しかし、この点はあくまで技術的基礎であり、これだけで変化のすべてを説明することはできない。産業は科学の利用の有利性と必要性を機敏に察知したわけではなかった。それは、火薬技術の進歩に対する世紀末のデュポンの状況を想起すればよい。

そこで、第2の要因。資本の運動内に科学が取り込まれる過程では、実際問題として経営者の資質とでもいうべきものが、非常に重要な役割を果たした。事実、火薬技術の展開に対して、逸早く科学の重要性を認めたのは、旧来の経験主義や経営慣習にとらわれず、分析的で合理主義的思考方法をとるような、そして科学の素性を或る程度理解でき、科学が現実的な実業世界に役立つかどうかについて伝統的に存在した偏見を持ち合わせていなかったような人々であった。⁴⁾そしてアメリカにおいてかかる人格類型は、19世紀後半に漸く興りつつあったアメリカの工業大学の科学・工学教育の洗礼を受けたエンジニアによって代表されていたのである。⁵⁾

ヘンリーの反対に対しダイナマイトの生産を強く主張し、Repauno にデュポンと対照的な経営を開始したラモーはペンシルバニア大学出身の化学者であった。Haskel と共にダイナマイト事業を主導した Barksdale はバージニア大学出身の土木技師であった。⁶⁾デュポンの中央研究所設立を主導したピエ

ールは MIT で工学教育を受けた化学者であったが、ピエールに限らず、デュボンの 1904 年末の経営委員会を構成した 7 名（三従兄弟, Haskel, Barksdale, A. J. Moxham, H. F. Baldwin）のうち、三従兄弟と Baldwin が MIT 出身であり、Barksdale を含めて、7 名のうち 5 名がエンジニアであったのである。⁷⁾

しかしこのことは、単に彼らが科学の有用性を理解し、また科学に対する偏見を持ち合わせなかったということのみ意味するのではなかった。一般的にいて、彼らは工学教育から合理的、体系的、分析的な思考方法、接近方法とでもいうべき、当時としては実業界に決して一般的とはいえなかった資質を体得していたが、彼らはこれを経営全般に適用した。この点が、火薬事業を経営する上で彼らがみせた効率性に対する強い関心、生産コストに対する分析的姿勢を一面で説明している。こうした接近方法で生産技術の細部にまで経営的関心を向け、分析を加えたことは、おのずと科学への依拠を強める結果になったであろうし、また、生産技術上の問題に対してばかりでなく、彼らが事業経営全般において示した、経営者としての合理的で体系的な対処の仕方をも併せて説明するものであったといえるのである。⁸⁾

以上に述べた点に関わって、産業企業の科学への接近のアメリカにおける要因という視角から、多少歴史的に遡って、さらに以下少しく述べておく必要がある。

アメリカにおける、企業の効率的・体系的な管理のための経営組織と会計手法の発展史は、1850-60 年代の鉄道業に始まり、鉄鋼業に、そして電気、化学工業などへと継承され発達したものであり、その発達史にはエンジニア＝経営者が中心的に関与していたといわれている。鉄道以来の管理方式・組織の創造と発展の継承にエンジニアが深く関わっており、そしてその過程に、先に述べた経営全般に対する体系的、分析的、合理主義的接近方法が現れていたとすれば、それは管理や組織の面ばかりでなく、技術面においても何らかの形で現われていたことは当然予想されることである。この点を鉄道業についてみよう。

アメリカの鉄道業が 1850-60 年代に、その経営管理組織および会計と統計の革新によって経営の効率的統制を開始した際、その新たな方策を案出した経営者たちは、殆ど押しなべて土木技師であった。¹⁰⁾「彼らは、橋梁建設や鉄道建設に関する技術上の問題を解決したのと全く同様な、合理的かつ分析的な方法で、組織上の問題に対処したのである」。¹¹⁾なかでも合理的経営を徹底して示していたのがペンシルバニア鉄道（以下、ペン

鉄道と略記)であったが、このペン鉄道に、アメリカの企業が科学者を雇用した最も早く、かつ顕著な事例がみられるのである。¹²⁾ ペン鉄道は、諸鉄道間競争の激化していた1875年、科学者雇用に先鞭をつけ、化学分析部門を設置した。最初、雇用の申し出をうけた化学者 Dr. C. B. Dudley は、自分の専門である生理化学の研究に未練もあったし、またこの時代の¹³⁾ 科学者がその知識を実業に応用することに対してアカデミズムに存在した敵意と懐疑を意識しないわけにはいかなかった。この Dudley をしてペン鉄道で働くことに踏み切らせたものは、同鉄道上級経営者たちの、科学に対する理解(sympathy)であったという。¹⁴⁾ Dudley がペン鉄道で行なった化学分析は、鋼レールの化学組成、車軸、スプリング、潤滑油、ペイント、石炭、ワニスなどに及んだ。例えば潤滑油(獣脂)の分析は機関車のシリンダーのエネルギー損失の著しい削減をもたらした。Dudley による分析の結果は、ペン鉄道が購入する部品・材料の標準仕様として表現され、車輛運行の効率性、部品の耐久性の向上、コスト低減に効果をあげた。¹⁵⁾ Dudley がペン鉄道を辞めるまでに化学分析部門は34名の化学者を擁するまでに拡大されていた。ペン鉄道で先駆的になされたこうした分析試験は、分析方法さえ確立されれば単なる日常的作業であり、今世紀になって現われる工業研究(研究開発)とは質を異にするものではあったが、一般に産業が科学に殆ど信頼をおかなかった当時のアメリカの状況下で、化学者を雇用し、レールに含有される炭素、硅素、マンガン、燐などの割合とレールの寿命の関係、等々の分析方法を開拓させたことは非常なことであった。かかるペン鉄道の科学に対する進取の態度が、同鉄道経営者のエンジニアの性格から促進されていたことは明らかであろう。なお、Dudley の努力は1898年のアメリカ材料検査協会¹⁶⁾ (American Society for Testing Materials, ASTM) の設立に結実した。

鉄道で開発された会計や統制手法、そしてここでの問題関心からいえば、それらに現われたところの、鉄道の経営に貫かれていた効率やコストに対する分析的・体系的で注意深い経営姿勢は、やがて鉄鋼業に導入され発展した。鉄道業経営からの影響を受けたアメリカの鉄鋼業において、科学への接近という点でどのような発展があったかについては、次の項で別の視角をも加えて検討することにして、ここではデュポンに立ち返って、デュポンの経営陣の多くが、彼ら自身がエンジニアであっただけでなく、アメリカの鉄道と鉄鋼業の経営経験の継承者であった事実を確認しておこう。

デュポンの経営委員会の、Haskel, Barksdale, Baldwin の三人は、以前は鉄道の経営に携わっていた。例えば、Barksdale は Repauno に来る以前はボルチモア & オハイオ鉄道などの経営にあたっていたし、Baldwin はシカゴ & アルトン鉄道、エリー鉄道の主任技師であった。他方、Moxham はコールマン、ピエールと共に、鉄鋼企業の経営に熟知し、これをデュポン社に継承していた。Moxham は経営委員会での、デュポンの経営再編の議論の場で、『製鉄ではこうやっている』と口癖のように言っていたという。さらに、効率的管理のための会計手法をデュポンにおいて具体化した R. H. Dunham は、ロレイン・スチール、バスレーム・スチールの監査役 (comptroller) を

経てデュボンに入社していた。¹⁷⁾総じて、デュボンの経営陣は、その大部分がエンジニアであったと同時に、他方で、アメリカの鉄道業から発展したエンジニア的な経営姿勢を継承していたのであり、Haskel や Moxham までが技術に深い関心を示したのは当然であった。¹⁸⁾

第3点。火薬産業の科学への接近は、以上のように、火薬技術の発展と、これに適合的な Repauno とデュボンの経営者のエンジニア的性格、鉄道・鉄鋼業から継承された経営姿勢によって促されていたが、それが工業研究所として恒常的組織の形をなし、二つの研究所で200名を越えるようなスタッフ組織として維持されるに至るには、何といたっても火薬産業の集中があずかっていた。

デュボンは1905-7年頃までに、火薬産業の三分の二以上を集中し、単一支配を確立した。そして、「1906年までに、会社は毎年研究所に30万ドルを支出していた。こうした支出は……集中・拡大された事業によって正当化されたが、そうでなかった場合には、たとえ短期間でも不可能であっただろう」。¹⁹⁾実際、1902年以前はデュボンの年利益は48万ドル程度にすぎなかった。²⁰⁾これに対して、1905-10年の平均年利益は525万ドルであった。

火薬産業の集中との連関は次の点からいえる。例えば、東部研究所の硝化工程の研究は、毎年数十万ドルの節約をデュボンにもたらしたが、仮りに小規模な生産量の個人企業が同様の研究を試みたとしても、それによる節約は生産量の小規模なことに比例して小さくなり、必要とされる研究内容によっては研究自体意味をなさなかったであろう。デュボンは火薬産業の集中によって同社の支配する生産量を著しく高めたが、研究所の存在意義はこれに応じて高まったのである。デュボンの研究所による火薬技術研究の結果は、デュボンの下に集積されたアメリカ火薬産業の三分の二以上を占める生産において技術化され、同社に多大の利益をもたらしたのである。

A. D. チャンドラー、Jr. は、世紀交替期アメリカの大合併運動によって成立した合同企業は、合併された企業群の単なる蝸集体としては存続しにくかったこと、²¹⁾雑多な経営資源を整理し、独自の販売および購買組織を含めた

大規模な経営体を集権的に統制する効率的な管理を構築し、他方で、生産に効率性を徹底し費用を低減させ、また製品の品質を向上させることによって、合同企業に管理と生産の両面の内実が与えられたときに、独占体としての存続、支配が磐石なものとなったことを明らかにしているが、²²⁾デュボンの研究組織も以上の脈絡の中に、その機能をみることができる。多数の火薬企業の吸収合併によってもたらされた生産の集積、これを基礎に維持・拡大された研究活動は、翻って、²³⁾集積された生産に火薬独占体としての内実を与える機能を果たしたのである。

- 1) A. D. Little, op. cit., pp. 643-4. 1885年 MIT 卒業後、コンサルタント・ケミストの先駆者として、米国の諸企業に科学利用の重要性を30年間説いてきた A. D. Little にとっては、これはまさに実感であったであろう (E. P. Stevenson, *Scatter Acorns That Oaks May Grow: Arthur D. Little, Inc. 1886-1953*, 1953, 参照. esp. p. 14)。
- 2) 火薬産業のこの変化は、化学工業の発達史においても重要な側面であった。デュボンはもちろん1920年代に最大の総合化学企業になるが、1912年の反トラスト判決をうけて1913年にデュボンから分割された Hercules Powder Co., Atlas Powder Co. も、火薬から化学企業へ展開し、主要企業となった。これら二社は分割後、判決の指示によって数年間デュボンの研究所を利用することができたが、のち自ら研究所を設立した。二社の歴史については、W. Haynes, *American Chemical Industry*, Vol. VI, N. Y., 1949, pp. 39-44, 203-7. 及び、E. T. Penrose, 'The Growth of the Firm, A Case Study: Hercules Powder Co.,' *Business History Review*, Vol. 34 (1960) 参照。
- 3) これは火薬技術が化学的性格をもつに至ったことのみ意味するのではない。化学的技術が即、産業と科学の結合を必然化するのではない。たしかに、化学反応は機械的技術と異なり、経験からは十分理解できないものであるが、しかし化学的技術といえども、経験や偶然から多くの進歩がもたらされ、科学的解明を待たずに技術として成立することが出来たし、或いはまた、幾人かの科学者によって時折もたらされる外部の進歩を取り入れるだけで、化学企業の経営もかなりの技術水準まで成り立ちえたのである。そして、火薬産業の技術を、産業による科学の利用をますます頻発的に促すまでに次第に進歩・複雑化させた道すじは、19世紀の産業技術やそれを取り巻く状況の一般的な進歩の道すじと、基本的に同じものであっただろう。A. ソブレロのニトログリセリンの発見のように、科学界の研究過程から生まれた刺激や、科学の全般的進歩、ノーベルのような発明家の努力、そして産業の競争過程に促迫された多くの細部の改良努力が織り合わされ蓄積されて、技術を次第に複雑化

させたといわざるのえない。そして、科学と技術学の進歩、工学教育の発展、これらが全体として、火薬産業を取り巻く背景として併存した。

- 4) 第1次大戦中、ドイツからの染料輸入途絶による染料飢饉が起き、化学工業と化学者に、染料生産不能に対する非難が集中したとき、B. C. Hesse は次の如く述べた。「その事業において化学知識を必要とする産業企業の多くで、その経営担当者たちの（科学への）敵対的態度、これに責任の大半があるのです。責任ある地位のこれらの人々の多くは、彼らが活動している事業に関わる化学教育さえ受けていない。……おそらく他のどんな要因よりもこの点にこそ、ドイツの殆どすべての化学工業部門での優越の理由がある。そしてこれはまた、わが国の大運輸機関、電機、化学企業が成功した場合の理由なのである」(B. C. Hesse, 'Contributions of the Chemist to the Industrial Development of the United States,' *J. of. I. & Eng. Chem.*, Vol. 7 (1915), pp. 295-6)。B. C. Hesse は、ミシガン、シカゴ大学に学んだのち、ドイツ最大の染料企業に9年5カ月間、雇用されていた人物であった。

また、メロン研究所の前身となった工業研究奨学制度の創設で有名な R. K. Duncan は1907年、「どの企業家も物質の変換を扱っており、物質は化学の問題なのだから、彼らの仕事はその程度に応じて化学的なのである。この基本的真理がこれまで認められてこなかったのは大部分、次の事実に戻因する。即ち、これまでの企業家世代は一般的に、偉大な天生の能力は持ち合わせていたが教育程度は低かった。彼らは職人 (hands) としてその経歴を始め、職長、監督を経て経営陣や社長となった人物であった。彼らには、科学や科学的方法是は文字通り無意味であった。それは彼らの視野の外にあり、……実家 (practical man) の軽侮の対象だった」と語っている (R. K. Duncan, op. cit., p. 56)。なお、Duncan の経歴にも、ドイツ化学工業の影響が認められる (D. F. Noble, op. cit., pp. 122-3)。また W. Haynes, op. cit., Vol. III. pp. 391-3 参照。

- 5) 19世紀後半の工学教育の展開は、さしあたり、D. F. Noble, op. cit., pp. 20-49 参照。
- 6) Van Gelder & Schlatter, op. cit., p. 576. Barksdale の経営姿勢についてより詳しく知るには、Dale & Meloy, op. cit., が有益である。
- 7) Chandler & Salsbury, op. cit., p. 129. Haskel と Moxham については後述。
- 8) 効率性やコスト削減に対する関心の高まりは、経営者のエンジニア的性格に言及するまでもなく、19世紀第四四半期の経済状況から醸成されたということは或る程度いえよう。コストに対する関心、効率性の追求と、競争などの経済的要因との関連如何という点は、既にこれまで二、三の箇所て叙述してきたように、筆者は留意していないわけではない。しかし同時に、そうした、すべての火薬企業をとりまく一般的経済環境に対して、世紀末のデュポンと、Repauno や新デュポンの対処の仕方の相異に注意しなければならないのである。株式支配やカルテルによる競争制

限にもっぱら目を向けるか、技術に深く分析的な目を向けるかは、大きな相異である。

- 9) 「彼らの以前の事業経歴における工学的経験と大学での厳格な工学的訓練は、(デュポンの) 経営委員会メンバーが、その企業経営に対してとった合理的でシステムティックな接近方法を説明する助けになることは疑いない」(ibid., p. 129)。また, Chandler, op. cit., pp. 317-8 (邦訳, 314-6 頁) も併せて参照されたい。なお, Haskel, Barksdale, Pierre らが、経営面でどのように行動したかは、本稿では十分述べられないので、詳しくはこれまで引用した諸文献を参照されたい。
- 10) チャンドラー『経営者の時代』, 170-205 頁 (以下、本書は、チャンドラー、一、と記す); A. D. Chandler, Jr., 'The Railroads: Pioneers in Modern Corporate Management,' *Business History Review*, Vol. 39 (1965), pp. 16-40.
- 11) チャンドラー, 上掲邦訳, 172 頁。
- 12) 以下のベン鉄道についての叙述は, H. R. Bartlett, 'The Development of Industrial Research in the United States,' in National Resources Planning Board, op. cit., pp. 26-27 に依る。
- 13) 本稿, 序論, 注 (22) J. G. Crowther からの引用も参照されたい。
- 14) この項の注 (4), 或いは以下の引用に示される状況と対比したとき, ベン鉄道の社長エドガー・トムソンらのエンジニア=経営者の資質が浮かびあがる。「科学によって提案された革新や改善に対する監督, 職長, 労働者の一般的態度が, 交戦的懷疑主義が敵対的猜疑であることは全く日常茶飯事である」(A. D. Little, 'The Universities and Business,' *J. of I. & Eng. Chem.*, Vol. 8 (1916), pp. 65-6)。
- 15) 19 世紀のアメリカの諸産業にとって, 鉄道の市場的意義は大きかったので (例えば, チャンドラー, 前掲邦訳, 435 頁), このような精密性の要求は, 特に鉄鋼業における化学への接近に一定の影響を与えた。次項, 注 (11) 参照。
- 16) W. D. ルイス, 前掲論文, 389 頁。
- 17) Chandler & Salsbury, op. cit., pp. 71, 128-9. Dale & Meloy, op. cit., p. 130. Chandler, *Strategy*, p. 406, n. 13 (邦訳, 397-8 頁, 注 8)。チャンドラー, 『経営者の時代』, 762-3 頁。また, 高寺貞男, 前掲論文 (1), 13-16 頁参照。
- 18) 経営姿勢の継承などというのは捉えどころのない曖昧模糊の感を与えるかもしれないが, しかし, 現実には重要な意味を持つのである。Chandler, *Strategy*, pp. 318-9 (邦訳, 316-7 頁) も参照されたい。
- 19) W. S. Dutton, op. cit., p. 186. また, p. 181 も参照。
- 20) Chandler & Salbury, op. cit., pp. 52, 611.
- 21) 「もしゆるやかな連合体としての持株会社が, たとえほどほどのマージンであったにせよ (!?—引用者), これを保持できるような水準に価格を維持するならば, 競争企業が必ず出現した。……そしてもし持株会社が, 価格を切り下げるなり, 競争企業を買収するなりして水平的連合を維持しようとするれば, それに要する費用は, 非

常に高いものについて」(チャンドラー、前掲邦訳、580頁)。

- 22) 同上書、第10章参照。もちろん、チャンドラーは独占体の支配という視角から問題を扱っている訳ではないし、全体の論旨に巨大企業を美化する傾向が強く認められるが、そこに示された分析は今世紀初頭のアメリカの独占的大企業の運動の一面を突いていることは確実である。
- 23) 同上書、757-8頁に引用されているデュポンの副社長の1人、Moxhamの言葉を参照されるとよい。また、本稿の、前項注(18)も参照。

なお、筆者は独占支配の性格を、独占体の効率性や技術の優越性において、総じて独占体の合理性の側面のみから把握しているのではないこと、これは独占体の維持する工業研究所の機能についても同様である。この点は、のちに明らかにする。

(5) 鉄鋼企業の科学への接近：アンドリュー・カーネギー

本章冒頭で述べたように、工業研究生成の前史的状況展開の事例として、ここで、鉄鋼業の科学への接近について検討しておく。

カーネギーの鉄鋼事業は19世紀第四四半期のアメリカ鉄鋼業の発展を主導したものである。世紀末、カーネギー製鋼は一社で全米鋼塊生産の $\frac{1}{4}$ を生産したが、同社の圧延鋼板生産費はイギリスに比して40%も低かったといわれている。カーネギーの企業的成功には、90年代になされた原料支配への後方統合もあずかって力があつたが³⁾、70年代以降の競争下での目覚ましい発展は、何よりもその際立った技術的優位性に基づいていたのである。

アメリカ鉄鋼業において、カーネギーの企業は、鉄鋼生産に科学的分析を積極的に導入した最初の企業であった。カーネギーの企業を世界最大の鉄鋼企業にまで押し上げた生産費の低さは、彼自身の、技術に対する深い関心と工場経営の効率的調整の結果であつたが、彼のそうした経営姿勢は、以下にみるように、まず何よりも鉄道の経営から継承されたものであつた。

カーネギーは鉄鋼事業に進出する以前、1852-65年の13年間ペンシルバニア鉄道で働いている。彼はペン鉄道の最も多忙な管区の一つであつた西部管区の管区長T.スコットの下で、秘書兼私設電信士として働いたが、1859年スコットが副社長に昇進すると後を継いで西部管区長になり、1865年、社長J.E.トムソンからの総管区長昇進の勧めを辞退してペン鉄道を去るまで、6年間にわたって西部管区を管理した。

カーネギー自身は、12歳でスコットランドからアメリカに渡った移民の子であり、正式の教育は受けていなかった。しかし、彼が13年間勤めたペン鉄道は、前項でも述べ

たように、アメリカの大鉄道企業の中でも最も先進的企業であった。そのペン鉄道で彼は西部管区長として、社長トムソンを筆頭とするエンジニア経営者によって創り出された経営姿勢・経営方式を吸収し、また生産面で技術学的合理性を徹底することの重要性を肌で感じとっていたのである。⁴⁾カーネギーが鉄道から継承したものは、鉄道が開発した管理組織や、或いは会計などの統制と調整の手続き手法といった形あるものより、本質的には経営姿勢であった。管理組織の点では鉄鋼事業は何ら複雑なものではなかった。⁵⁾会計手法はカーネギーの事業に効果的に利用されたが、重要なのはむしろ、そこに貫かれていた経営姿勢であった。

カーネギーの技術重視の経営姿勢は1862年に橋梁建設事業を開始した時に既に現われていたが、⁶⁾1875年に有名なエドガー・トムソン (E. T.) 工場を完成し、鋼レール生産に進出した際も同様であった。⁷⁾

カーネギーの経営信念の一つは、『コストに注意を怠るな。そうすれば利潤は自然にあがってくる』というものであった。鉄道経営での彼の経験からすれば、工場生産の効率が絶対的に重要であった。生産費を削減し、利潤を増加させるために、まず、原料が工場諸設備で加工され運搬される速度をより速くするように工場を設計し、一定の労働者と固定設備に対する生産量を著増させることが重視された。それは、無駄なく効率的に、より速く列車を運行させようとする、鉄道における努力と同じ原理であった。E. T. 工場は、この原理にそって効率的に設計、管理され、またその方向での技術的改善が持続的に施されたのである。⁸⁾

コスト削減への信念は以上に留まらなかった。原価計算が、鉄道業以外のアメリカ企業に未だ殆ど普及していなかった1870年代に、カーネギーは最初から詳細な原価資料を要求し、鉄道の方法を導入させた。それは、どの工程で、また誰の所でどれだけコストがかかり、増減したかを把握させるものであった。⁹⁾原価計算表の細部に至る把握と関心は、業績管理だけでなく、技術的改善箇所の探究を意味した。例えば、前月よりレンガを多く使用した労働者は説明を求められ、また、熱変化で毀れ易い鑄型 (ingot-mold) が生産費を押し上げている点に注意が向けられると、改良が施され、大巾な節約がもたらされた。¹⁰⁾

こうして、コスト削減の努力はカーネギーの企業全体に浸透していたとい

ってよい。そして、カーネギーの会社が、他の鉄鋼企業に先がけて化学者を雇用する契機となったのが、このコスト削減への日常的配慮であった。

ある時、カーネギーのパートナーの一人であったフィップス (Henry Phipps) は、バドル炉鉱滓が鉱石と共に溶鉱炉に装入・再利用されているのに対し、溶鉱炉から排出される一種の鉱滓 (flue cinder or heating-furnace cinder) が大量投棄されていることに目を付けた。彼はそこにコスト削減への可能性を見出し、化学者に成分分析を依頼したのである。結果は意外にも従来投棄されていたものがバドル炉鉱滓と同等の鉄を含有するばかりか、燐分が8割も少ないことを示した。従来のやり方は根拠があったわけではなく、ただ製鉄業の慣行に従ったものであった。以後カーネギーの企業では、競争企業からブローカーを通じてこの「廃物」を50セント/トンで購入、バドル炉鉱滓を1~1.5ドルで売却した。加えて、燐分が少ないために、高価な鉱石の混入率を75~80%から一挙に40%に下げることができた。これは大幅なコスト低減になった。

また、従来廃棄されていた圧延工程のクズ (roll scale) も、分析の結果は高品質の鋼であることを示したので、以後 E. T. 工場ではこれを溶鉱炉に再投入するとともに、競争相手からこの「廃物」が購入されることになった。

こうした経験は、化学分析の有効性を如実に示していたので、カーネギーはフィップスの提案に躊躇することなくドイツ人の化学者 Dr. Fricke を雇用したのであった。フリッケの分析によって多くの経験判断が覆され、また品質管理が向上した。例えば、従来良質の鉱石とされていたものが、実際には10~20%も含有分が少なく、逆に評判の芳しくなかった鉱石が実際はより優れているといった具合であった。カーネギーの言葉を借りれば、『良いものが悪く、悪いとされたものが良かった。すべてが逆であった。銑鉄生産の不確実性の9割は化学知識の光明によって雲散霧消した』のである。そして『我々は何と愚かであったのか。しかし、我々は競争相手ほどには愚かではなかった…我々が化学を道案内とした何年も後にも、彼らは“化学者を雇う余裕などない”と言ったが、彼らが当時本当のところを知ったなら、逆に化学者なしではやれないことが判っただろう』と、後にカーネギーが語るように、カーネギー以外の企業が化学を利用するようになるのは、ずっとのちのことであった。カーネギーにかかる先進性をもたらしたのは、彼のベン鉄道での10数年の経験から継承され、企業全体に浸透した技術とコスト低減への強い関心であったといえよう。¹¹⁾

以上、鉄道経営の影響という視点から、カーネギーの鉄鋼事業における科学への接近をみた。技術的効率性に対する強い関心、或いは上述の如き化学者の雇用に導いたものは、直接的には、生産費低減への際限のない努力であったが、そうした姿勢を、鉄道経営に関わったのちに新たに鉄鋼事業に進出したカーネギーこそが、他の旧来の鉄鋼企業よりはるかに強く示したところ

に、¹³⁾ 鉄道の影響が明瞭に認められるのである。

しかし、この点を確認したうえでいえば、如上のひたすら効率の向上をめざす努力の背後には、1873年恐慌以後の経済状況があり、また、化学者の利用を経済的に意味あるものにする上では、製鉄技術の変化が重要な意味を持っていたのである。ここでは後者について少しくみておこう。

鉄鉱石等の諸原料についても、生産の廃物についても、その化学分析の試みに刺激を与え、またその結果を経済的に意味あるものにしたのは、処理される原料ならびに生産の廃物の大量性であったといえよう。¹⁴⁾ そして、1870年代以降の鉄鋼産業の生産の大量性は、精練技術の変革（パドル法→ベッセマー法）の延長上に生み出されたものであった。

旧来のパドル法には、生産量の拡大に決定的な限界があった。パドル法では、攪練工の肉体的能力と熟練に規定されて、一回の銑鉄処理量は0.2～0.3トンを越えることができなかったし、しかもこれだけの脱炭に2.5～3時間も要した。欧州ではパドル炉を装置化する試みが数多くなされたが、攪拌の機械化は可能でも、熔融金属から脱炭され凝固してくる部分を分離するなどの細かな作業は攪練工の熟練を不可欠としたため、成功することはなかったのである。生産量の拡大はパドル炉の基数増加による以外になかったが、基数増による技術的優位性もそれほどなかったので、結局、パドル法段階では、企業または工場単位の生産量増大にはおのずと限界があったのである。

ベッセマー転炉こそ、この手工的限界を取り払った大量製鋼法であった。転炉の炉容は初期のものでもパドル炉の10～20倍、即ち2～5トンもあったが、転炉規模の拡大には、内容物を空けるため転炉を倒す機械的能力以外、パドル炉の如き上限は基本的に無かった（アメリカでは、70年代期の5トンから世紀末には20トンになった）。しかし、それにも増して重要であったのは、転炉処理の迅速さであった。5トンの銑鉄はパドル炉ならば24時間は十分必要だったが、転炉はこれを初期の頃でも10～20分で鋼に変えた。1890年のE. T. 工場の転炉は8分とかからずに銑鉄を鋼にかえた。

しかし、ベッセマー法によって与えられた大量生産の可能性は、付随する諸々の技術的改善と機械化がなければ十全に実現されなかったであろう。一回の処理に20分と要さなかったからといって、最初から1日に50～60チャージも出来たわけではなかった。例えば、転炉の炉底部は作業条件が苛酷なため、5～6回のチャージで生産を止めて取り替えねばならなかったほど急速に毀れた。この取り替えに要する無駄な時間は、アメリカで取り替え式炉底が考案されて、見違えるように速められた（1875年で38分）。また、これに劣らず重要であったのが、労働対象の移動の機械化であった。主工程の生産の迅速なくり返し＝大量生産にとって前提となる、生産物の迅速な移動は、鉄鋼生産物

の重量性からいっても、機械化にかがっていた。そして、この面での先進性こそ、「アメリカのベッセマー工場の卓越した生産能率の根本原因」であった。例えば、転炉チャージ数の増大の主要な怪けとなったのは、造塊場（casting-pit）から鋼塊を移動し、次の溶鋼を注ぐ鑄型（ingot-mold）を新しくセットするのに要する時間であったが、これは鋼塊移動のための水圧起重機システムによって著しく削減された。アメリカのベッセマー工場の生産量は1874-79年の6年間に、同一転炉設備にもかわらず3倍化（E. T. 工場の鋼塊週産量は7トン転炉2基で、1876年707トンから1879年2,536トンと3.6倍化）したが、これは如上の二点を中心とする、諸々の改善と移動の機械化によるチャージ回数¹⁵⁾の著増によるものであった。そしてアメリカでは1879-82年に、転炉の規模が5-7トン2基から7-10トン転炉3-4基に変わり、これに取鍋起重機2台が配置され、ますます工場生産量を拡大することになった。

アメリカにおけるベッセマー法の本格的導入は1870年以降であった。そして、以上にみたように、ベッセマー法の与えた大量生産の技術的可能性の最大限の追求は、ベッセマー工場の生産量を驚くほど著増させたのである。そして精練工程の隘路の解消は製鉄工程の著増をもたらした。実際アメリカでは、コークス利用の大型高炉による銑鉄大量生産はベッセマー工場の生産拡大と連動していたのであった。

E. T. 工場は1885年までに、4基の高炉で毎週少なくとも5.5千トンの銑鉄を生産していたが、これには、ほぼ同量のコークス、8千-1万数千トンの鉄鉱石、1,800トン前後の石灰石を消費したであろう。また、同工場は1881年時点で、週4千トンの鋼塊を生産し、3千トンを越えるレールを圧延していた。このような、一工場への生産量（原料、生産の廃物）の集中は、化学分析による節約を促し、また化学者を雇用するに足る十分な節約効果を生む基礎であったに違いないであろう。

また、鋼の大量生産の実現は、鋼のもつ自然科学的特質（微量の化学成分の変動が重要な影響を与える）から、化学分析の重要性を浮かび上がらせたであろう。鉄の歴史家ベックは次のようにいっている。

「溶鋼製造の重要性が増すにつれ、精練作業の成功と最終製品の品質が、原料である銑鉄成分如何にかかっていることが認められ、銑鉄分析が重要になってきた。……銑鉄の取引でも、化学分析が不可欠になった。……機械的性質はまず第1に化学成分に左右されるのであるから、やがて使用者にとっても化学分析が不可欠」となった。¹⁷⁾

カーネギーが先鞭をつけた化学分析は、カーネギーに先導されてやがては鉄鋼諸企業に普及したが、¹⁸⁾そこには以上の如き技術上の変化、および、世紀

末の競争状況が背景としてあった。しかし同時に、カーネギーを例外として、鉄鋼産業が化学に接近するのはそれほど容易なことではなかった。彼らは、労賃切り下げ、カルテル結成など様々に試みたが、実業と科学の懸隔は大きく、経済的圧力もしくは技術状況の変化によっても、産業家が容易に科学に接近するというものではなかったのである。この点で、カーネギーに対する鉄道経営の影響は、無視できない重要性をもっていたのである。

前項既述のペンシルバニア鉄道や、以上に述べた鉄鋼業における化学分析は、アメリカの諸産業においては先行的な事例であった。石油精製業、銅精練、綿実油、精糖業、罐詰、ワイン醸造といった産業が化学者の分析に日常的に依存するようになるのは漸く1890年以降であった。¹⁹⁾かかる変化には、産業毎に個別的要因があったであろうが、同時に、生産の大量化、各技術変化、競争状況、そして経営陣へのエンジニアの進出等の要因があったものと推定される。²⁰⁾

化学分析は、技術的改善や新技術をめざす工業研究というより、試験分析にすぎなかったが、しかし、かかる発展が一方で科学と産業の精神的懸隔を縮め、他方で産業の科学者に対する需要の増大が工科大学の発展に刺激を与え、また産業に入りこんだ科学者自身が産業の意識の変革を促し、今世紀の工業研究の発展の重要な前史をなしたのである。

- 1) 以下では、カーネギー (Andrew Carnegie. 1835-1919) の鉄鋼企業の年代記的叙述は行なえない。この点で、溝田誠吾「カーネギー製鋼会社の形成過程 (上・下)」『立命館経済学』11-2, 11-3・4 (1972) に詳細な叙述と分析があるので参照されたい。また、佐合紘一「Carnegie 会社における生産構造の展開」『経営研究』29-3。
- 2) 溝田誠吾, 上掲論文 (下), 55 頁。鳥羽欽一郎「アメリカにおける企業者活動と社会・文化的背景」『早稲田商学』212・213 合併号 (1970), 105-6 頁。
- 3) 溝田誠吾, 上掲論文 (下), 48-55 頁, 佐合紘一, 前掲論文, 81-8 頁参照。
- 4) 以上詳しくは, H. C. Livesay, *Andrew Carnegie and the Rise of Big Business*, 1975, pp. 29-42。カーネギー在職期のペンシルバニア鉄道の状況については, チェンドラー, 『経営者の時代』, 185-7, 190-4 頁を参照されたい。
- 5) 同上訳書, 464 頁。
- 6) これが彼の企業家としての出発点である。1865年に Keystone Bridge Co. となった橋梁事業に、カーネギーはペン鉄道の橋梁監督 A. シッフラー, 橋梁建築監督

J. パイパーを引き抜いたが、「カーネギーがパイパーとシッフラーを業務主任に据えたことは、彼の後のやり方を示していた。2人はこの分野ではアメリカの文句なしの専門家であった」(ibid., pp. 53-7)。

7) ibid., pp. 98-9 参照。

8) ibid., pp. 84, 101. 及び, チャンドラー, 前掲訳書, 454-61 頁。

産業技術史家ランデスの次の言葉は的を射ている。「第1には、作業をあちこちに移動しやすくすること、第2に、設備群は一定にしておいて、各労働者から今以上の生産高を引き出すこと。この二つは互いに関連していた。……作業が滞りなく流れるとそれが生産性を向上させることになった……」(D. S. Landes, op. cit., p. 302, 邦訳, 328 頁)。これと、E. T. 工場設計者の言葉(チャンドラー, 前掲訳書, 454-5 頁)を比較対照すると、共通性が認められる。

E. T. 工場は1875年に開設されると、恐慌下にもかかわらず、最初の4カ月間でトン当たり約7.4ドルという記録的利益をあげたが(後掲, 注13の付表参照)、同工場は10年後においても、その生産費の低さはどの工場にも劣ることがなかった(V. C. Clark, *History of Manufactures in United States*, N. Y., 1949, Vol. II, p. 295)。

9) カーネギーは鉄道の原価計算方式導入のために、W. P. Shinn を E. T. 工場の総支配人にした。シンはその証憑式会計制度によって「生産されたレール1トン当りに要した鉄鉱石、石灰石、コークス、銑鉄(工場でこれが生産されない場合)、鑄鉄、鑄型耐火レンガ、修理、燃料、及び労働原価に関する資料を示した月報、そして後には日報さえも、カーネギーに送ることができた」(チャンドラー, 前掲邦訳, 462-3 頁)。

10) Livesay, op. cit., pp. 84-7, 110-1. J. H. Bridge, *The Inside History of the Carnegie Steel Company*, N. Y., 1903, pp. 106-7.

11) 以上, ibid., pp. 64-5. Livesay, op. cit., pp. 113-4. Bartlett, op. cit., pp. 27-8. なお以上の化学への接近については、前項既述のペン鉄道の化学分析からの影響も認められる。同鉄道のレール製造子会社は、購入するベッセマー用銑について、燐分0.1%以内等と規定し、越えた場合、買取価格を引き下げた(Bridge, op. cit., p. 65)。

12) アメリカの鉄道業において、何故に、ひたすら効率向上を追求する経営姿勢や、その産物としての管理組織や会計手法が、顕著に生み出されたのか、そこにはアメリカ鉄道業に固有の諸条件が関わっているように思われるが、ここでは扱わない。さしあたり、Livesay, op. cit., pp. 29-35, 及び, チャンドラー, 前掲訳書, 149-205 頁等を参照されたい。経営者資質の側面については前項で述べたところである。

13) 73年以降の長期不況が、カーネギーの企業の生産費削減努力を促進していたという意味は単純ではない。というのは、大不況期のアメリカ鉄鋼業は、確かに不況には

違いなかったが、しかし、コークス利用による大型高炉の銑鉄生産や転炉を持つ鋼レール企業は、木炭および無煙炭利用の小型高炉・鉄レール企業の苦境とは対照的に、ほぼ着実に生産を増大させていたからである（大不況期の鉄鋼業については、石崎昭彦『アメリカ金融資本の成立』1962年、148-64頁および、Clark, op. cit., pp. 286-303, 328-33参照）。鉄レールの完全な不況に対して、鋼レールは「ブームではなかったが膨張し続けた」(ibid., p. 328)。そして下表にみられるように優良企業を代表する E. T. 工場は十分利益をあげていた。しかし同時に、優良企業が不況を乗り越える見通しを感じていたといっても、“Low prices and narrow profits”においてであった (ibid., p. 289)。E. T. 工場のような最優良工場でさえ、79-82年の一時的ブームを除けば、一貫して低落し続けた鋼レール価格が E. T. 工場生産費を1-2年後には下回ってしまうという、生産費に対する価格低落の厳しい追走状況がみられるのである（下表）。優良企業の生産拡大といっても、その内実は不断のコスト削減によってはじめて利益を出す状況だったのである。そして、その背後には製鋼能力の大幅な過剰状況（石崎昭彦、上掲書、161頁82表、154頁78表参照）があった。

(a 表)

年度	鋼レール工場渡し価格 (\$/t)		E. T. 工場の レールコスト (\$/t)	E. T. 工場利 潤 ¹⁾ (1,000 ドル)
	A	B		
1872	-	112.00	-	-
1873	-	120.50	-	-
1874	-	94.25	-	-
1875 ²⁾	66	68.75	58.45	42
1876	60.61 ³⁾	59.25	53.19 ³⁾	181
1877	(b 表参照)	45.50	(b 表参照)	190
1878	42.50	42.25	36.52 ⁴⁾	402
1879		48.25	35.84 ⁵⁾	512
1880	平均	67.50	n. a.	1,625
1881	56.26	61.13	n. a.	2,000
1882		48.50	34.00	2,128
1883	37.75	37.75	n. a.	1,019
1884	30.75	30.75	n. a.	1,301
1885	28.50	28.50	n. a.	1,192

(b 表)(1877年)

月	コスト	価格 ⁷⁾
1月	46.67	49.00
4月	43.58	49.00
7月	44.87	45.25
12月	40.35	40.50

A: E. T. 工場平均価格 B: ペンシルバニアの工場価格（石崎、上掲書 71, 75, 80 表より）。（出典）B 欄以外は、Bridge, op. cit., pp. 95-102 より作成。注：(1) 1881年4月以降は E. T. 工場のみ利潤でない。別会社であった2つの高炉その他（78-80年で、E. T. 工場の約4割の利潤をあげた諸会社、資産）が、Carnegie

Bros. Co., Ltd. として再組織された (ibid., pp. 131-5)。また取替会計が用いられたので減価償却はコストに加算されておらず、利潤からも差し引かれていないと思われる (ibid., p. 99 および、チャンドラー、前掲訳書、464 頁参照)。(2) 4 カ月間実績。(3) 4-10 月平均。(4) 12 月実績。(5) 5 月実績。(6) 1 月 67 ドル→12 月 52 ドルと低落した。(7) 実際の生産は 9-12 カ月後になる契約価格。

- 14) K. マルクス『資本論』第三巻第五章「不変資本充用上の節約」第 1, 4 節参照。
- 15) 以上, Clark, op. cit., pp. 264-6. Bridge, op. cit., pp. 90-1. ベック（中沢護人訳）『鉄の歴史』第 5 巻第 3 分冊, 61-63, 124, 134 頁。坂本和一「独占段階成立期の資本制的労働過程—鉄鋼業の場合—」『立命館経済学』18-2・3, 135-6 頁。同,「製鉄工場」堀江英一編『イギリス工場制度の成立』（1971 年）, 83-92, 116-8 頁。D. S. Landes, op. cit., pp. 218, 255-6, 邦訳, 237, 276, 425 頁（注 27）。なお、坂本和一氏の上げ「独占」論文は、アメリカに典型的に現われた補助作業の機械化を析出されたものだが、機械化進展を 90 年代以降としている点は、以上述べた点の他、Clark, op. cit., pp. 334-5, ベック, 上掲訳書 124 頁および第 5 巻第 2 分冊 219 頁等から、疑問なしとしない。
- 16) 銑鉄とコークスは Bridge, op. cit., pp. 88-90, 鋼塊とレールは ibid., p. 93。銑石と石灰石については、Clark, op. cit., p. 287 及び、D. S. Landes, op. cit., p. 264, 邦訳 286 頁の叙述から推計した。
- 17) ベック, 前掲訳書, 第 5 巻第 2 分冊, 51 頁。前項既述のペンシルバニア鉄道における鋼レールの化学分析はこの点に技術的基礎がある。しかしまた、ペン鉄道の経営者がこの技術的基礎に逸早く目をつけた点、および、同鉄道の化学分析はレールに限定されたものではなかった点にも留意されたい。
- 18) Weidlein & Hamor, op. cit., p. 131.
- 19) W. M. Burton, 'Chemistry in Petroleum Industry,' *J. of I. & Eng. Chem.*, Vol. 10 (1918), pp. 484-5. 'Symposium on Contributions of the Chemist to American Industries,' *J. of I. & Eng. Chem.*, Vol. 7 (1915), pp. 273 ff.
- 20) 1884 年以降のアメリカの工科大学卒業生についての調査では、その約 $\frac{2}{3}$ が卒業後 15 年以内に経営的地位に就いたといわれている (D. F. Noble, op. cit., p. 41)。本稿序論, 注 20 も併せて参照されたい。