



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 (2)
Author(s)	鈴木, 良治
Citation	北海道大學 経済学研究, 32(2), 185-217
Issue Date	1982-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/31585
Type	departmental bulletin paper
File Information	32(2)_P185-217.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—(2)

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（第32巻第1号）

二 GE

- (1) 世紀交替期の電機産業とGE
- (2) 90年代GEの技術活動
- (3) GEにおける工業研究の開始（以上本号）
- (4) 電球独占（以下次号）
- (5) 小括

三 AT & T

四 アメリカにおける工業研究の確立（概観）

III 結び

二 GE (General Electric Co.)

本節では化学工業から電気機械工業に目を転じて、電機産業の最大企業であったGEにおける工業研究の生成・発展を検討する。GEが工業研究所を設立して、電機技術の進歩に対する企業としての取り組みを開始したのは1900年であった。以下ではまず、この工業研究開始の経済的背景を探るために、世紀交替期のアメリカ電機産業における、GEの独占支配追求の動向を検討し、次に、工業研究開始以前の90年代のGE技術活動の特徴を明らかにしておく。工業研究所の設立とその後の展開は、これに引続いて検討される。

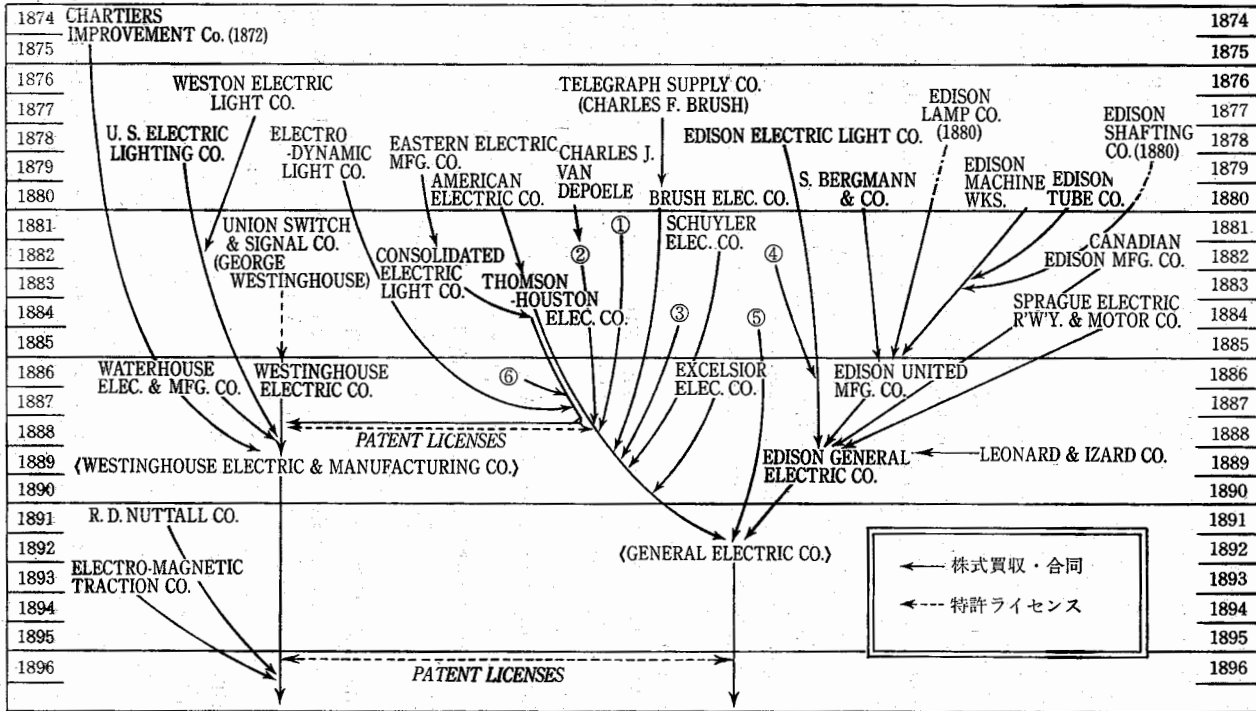
(1) 世紀交替期の電機産業とGE

電信や電話機器の生産は別にして、GEやウエスティングハウス (Westinghouse Electric & Manufacturing Co., 以下WHと略記) を生み出した19世紀電機産業の本格的発展は、1870年代後半以降に起きた。¹⁾ 発展の軸となったのは、電気照明 (白熱電球、アーク灯) と市街鉄道の電化であった。電機産業は照明具 (電球、アーク灯)、そのための発電・送配電機器、および市街電鉄のための電動機を筆頭とする諸機器を生産した。19世紀電機産業は照明システムと市街電鉄のための、多種多様な電気機器を生産して発展したのである。²⁾

初期の発展を担ったのは発明家であった。70年代と80年代のアメリカ電機産業には、後世に名を残した発明家が次々に現われた。彼らによって、発電機がもたらした電流利用の可能性が活発に追求され、³⁾ 発電機、送配電機器と方式、計器類、電球、アーク灯、電動機、等々の諸技術が発明或いは特定の目的に合うように改良され、⁴⁾ 電機産業発展の基礎が築かれたのであった。発明家たちはその発明に特許を取り、そしてほとんどの場合、それを基礎に自ら企業家になった。多数の発明家企業とその模倣企業が次々に設立され、1880年代はアメリカ電機産業の企業族生期となった。しかし他方では、この同じ時期がアメリカ電機産業の企業集中期でもあったのである。めぼしい発明家企業を特許とともに次々に集中して、GEとWHが、電機産業の突出した二大企業として現われるまでに、アメリカに最初のアーク灯が設置されてから15年とかからなかったのである (第Ⅱ-2-1図参照)。そして1890年代には、GEとWHは主要電機製品のすべての分野で、市場の獲得をめぐる激しい競争戦を展開するにいたるのである。

アメリカ電機産業の歴史において、1890年代、とりわけ1893年恐慌後、96年までの4年間は、もっとも激しい競争が展開された時期であった。1896年3月、GEとWHは期限15年間の「特許共同使用協定」(以下、96年協定と記す) を締結したが、それは電機産業に数年間続いた激しい競争に対する二大企業の新たな対応であった。96年協定以後、電機産業は歯止めのない価格

第Ⅱ-2-1図 GE と WH の 成 立



① FORT WAYNE ELEC. LT. CO. ② VAN DEPOELE ELEC. CO. ③ BENTLEY-KNIGHT ELEC. R'W'Y. CO. ④ EDISON CO. FOR ISOLAT'D LIGHT'G ⑤ THOMSON-HOUSTON INTERNAT'L ELEC. CO. ⑥ SAWYER-MAN ELEC. CO.

(出) A. A. Bright, Jr., *The Electric-Lamp Industry*, Macmillan Co., N. Y., 1949, P.85.

競争から、二大企業の安定的支配へと移っていく。

1893年恐慌後、数年間にわたって繰り上げられた電機産業の競争は、実際、非常に激しいものであった。恐慌期には電機製品の需要は4分の1に減少した。GEは支払不能の危機に陥った。モルガンを筆頭とするシンジケートがGEの手持ちの証券約1,200万ドルを400万ドルで引き受けたことによって、GEは辛うじて、この危機を回避したが、生産は大幅に縮小され、8千人の労働者のうち5千人が一時解雇され、電球とアーク灯以外の生産は数か月にわたって停止されねばならなかった⁵⁾。電機産業の景気低迷状態はその後1897年まで続いた。その間、激しい競争によって、製品価格はすべての部門で50~70パーセントも下落した。GEは価格引下げによって、諸々の主要電機製品についてその国内市場のほぼ5割強を確保したが、その間に、たとえば電動機2基の価格は2,600ドル(1891年)から750ドル(1895年)に、同じ期間に発電機(1,500 KW)は48,000ドルから26,000ドルへ、電球価格は44セント(1892年)から1896年までには最低12セントまで下落した。大口の市場獲得のための値引合戦も激しかった。たとえばGEは1896年、400基の電鉄用電動機を通常価格のほとんど半額(2基当たり400ドル)で販売した。普及が始まったばかりの工業用電動機では3~6割の値引き販売が一般的であった⁶⁾。

競争は以上のような価格引き下げ戦であったと同時に、自社の製品の品質改善競争=各企業の技術者間の競争であり、また、GEとWHが、互いに保有する数百の特許によって最大の競争相手を排除しようとする激しい訴訟戦であった。1896年までに両社間で係争中の訴訟は300件を越えていた。しかし訴訟の進行につれて、GEの電鉄部門の特許上の優位、他方、交流機器の分野でのWHの優位、というように各々の特許の優劣が次第にはっきりしてきた。事態の進行に結着がつき、各々が相手を排除しようとするれば、GEは交流機器の分野から、WHは電鉄機器の分野から撤退を余儀なくされるという状況が明らかになったとき、両社は双方の保有特許を共同使用する道を選んだのである⁷⁾。

電球関係の特許は除外されていたが、それ以外の分野において96年協定はアメリカ電機産業における二大企業支配を確定させる役割を果たした。GEとWHは、96年協定の締結以降、それまで両社間の係争に集中されていた力を、独立諸企業、なかでも両社の競争の間隙をぬって伸長していた諸企業に集中したのである。GEの第1副社長であったE. Griffinは1896年8月、同社の特許に関する状況について、「事実上これらすべての特許に関して、現在、訴訟が精力的に遂行されつつある」と述べた。まさに96年協定は、電機産業の競争安定への武器となったのである。数百の特許を共同支配したGEとWHの訴訟攻撃をうけたとき、独立諸企業に勝ち目はなかった。たとえば、交流機器の分野で90年代に急速に伸長し二大企業に対抗する力をつけつつあったStanley Electric Manufacturing Co.はWHから特許侵害の訴訟を起こされ、1903年までにGEに吸収された。同社の創設者で優秀な発明家であったW. Stanleyは直後にStanley Meter

Co. を設立したが、たちまち同様の攻撃をうけて解散された。また電鉄機器の分野で二大企業に次ぐ企業であった Walker Manufacturing Co. は、電鉄諸特許と発電機関係の特許訴訟をGEとWHから同時に起こされ、1898年にWHに吸収された。同様にして Sprague Electric Co., Lorain Steel Co., Fort Wayne Electric Corp., Bryant Electric Co., Perkins Electric Switch Manufacturing Co. などが相次いで姿を消したのである。⁸⁾

96年協定はGEとWH間の競争については、これを制限するような規定を含んでいなかった。独立諸企業に深刻な打撃を与えた96年協定も、二大企業については特許の制限⁹⁾を取り払い共通の土俵をつくっただけに、却って競争を強める可能性さえもっていた。しかし、明示的な競争制限協定が存在しなかったとしても、96年協定以後、両社が引続き激しい価格競争を展開したとみることは不自然であろう。主な独立企業が姿を消すにつれて、事態の展開は二大企業に強い価格統制力を与えたはずである。なぜなら、両社の保有する有力な特許が期限切れとなるまでは、もはや手強い独立企業が伸長してくる可能性はなくなったからである。96年協定後の電機製品の価格動向を示す資料はほとんど得られないが、唯一得られた次の事実はこの点を示しているといえよう。すなわち、計器類中の最大製品であった消費者メータ (watt-hour meter) の製造には1896年まで多数の企業が携わっていたが、96年協定後は二大企業が生産を独占し、価格は10.5ドルと高水準に維持されたという。この価格は特許の切れた1910年12月まで維持され、以後6〜7ドルに下がった。GEとWHはそれまでには、特許によって独占しえた大量市場を基礎に生産コストを著しく下げていた。1910年以降参入する企業に大量市場を獲得してGEとWHに対抗するまでに成長する見込みはもはやなくなっていたのである。¹⁰⁾

以上のように世紀交替期、GEとWHの二大企業は急速にその独占的地位を固めつつあった。¹¹⁾ 競争の安定化は、1898年から明らかになった景気の回復と相俟って、GEの利益状況に顕著な効果を現していた。次表にみられるように、GEの販売額は1894年から1897年まで1,200万ドル台に低迷し、純利益は百万ドル前後、投下資本利益率 (rate of net earnings on investment in the business) は4〜7パーセントであった。この状態は1897年には純利益と利益率で多少上向き、1898年以降顕著に好転している。純利益と利益率の上昇は販売額の上昇をはるかに上廻っていた。これは主として製品価格の上昇による利益幅増加によるものであろう。¹²⁾

世紀交替期のGEは重電製品を中心とする諸部門で安定した経営を確立しつつあったわけである。この点を、GEが工業研究を開始した1900年前後の

第Ⅱ-2-1表 GE電機事業販売額・純利益・利益率(1893—1901)

年 度	販 売 額 (千ドル)	純 利 益 ① (千ドル)	投下資本 ② (千ドル)	利 益 率 ① ÷ ② × 100 (%)
1893	16,002	2,236	32,089	7.0
1894	12,540	1,164	25,762	4.5
1895	12,730	995	24,027	4.1
1896	12,541	972	22,837	4.3
1897	12,396	1,385	21,595	6.4
1898	15,679	3,228	20,625	15.7
1899	22,379	4,402	20,905	21.1
1900	28,783	6,198	24,227	25.6
1901	32,338	7,400	28,426	26.0

(注) 各年度はその年の2月から翌年1月末日まで。

(出) *FTC, Supply of Electrical Equipment and Competitive Conditions*,
Senate Doc. 46, 76th Cong., 1st sess., 1928, p. 46, p. 63.

状況として確認しておきたい。しかし、GEの主要電機製品のうち、電球部門の競争状況は以上の全般的動向とは多少異なっていた。世紀交替期のGEはこの電球部門でも支配の強化と競争の安定に努力していたが、しかし、1894年に炭素電球の基本特許が既に消滅していたこの部門では、GEの努力にもかかわらず、十分に安定した支配を確立するには未だ遠い状態が続いていたのである。GEが1900年に工業研究を開始するうえで、電球部門の競争状態は重要な一背景であったと考えられるので、以下少しく立ち入って述べておくことにしたい。

GEは1892年に Edison General Electric Co. (以下、その前身であった企業グループを含めてエジソン社と略記する) と Thomson-Houston Electric Co. が合同して成立したことは前掲第Ⅱ-2-1図に示したとおりであるが、このエジソン社は T. A. エジソンの電球照明システムの諸発明をもとに発展した企業であった。エジソン社はエジソンの特許と、先発企業としての有利性、J. P. モルガンらからの金融の後援によって1880年代前半には電球部門で圧倒的な地位に立っていた。1886年の米国の電球設置数は41万5千個であったが、このうち8割はエジソン電球であった。エジソン社は1883年までに照明関係の215の特許を取得していたが、これらの特許に依存せずとも、80年代半ばまでは実質的に電球市場を独占し、電球価格も1886年まで1ドルに維持されていたのである。

しかし80年代後半になると、市場の拡大につれて（下表参照）、競争はにわかに激しさを増していった。製造企業数は1890年頃までに30社を越えていた。2千ドルから3千ドルという少額の資本で製造を開始することができたし、製造技術も容易であったので次々に新企業が参入してきた。競争増大に対してエジソン社は電球価格を1888年80セント、1891年50セント、1892年44セントと引き下げ、また1885年以降、多額の費用をかけて特許侵犯訴訟を起こし防戦に努力したが（1885～1901年に約200万ドルをかけて200件を越える照明関係の特許訴訟をおこした）、1890年までにエジソン社のシェアは1886年の80パーセントから43パーセントに惨落していた。このとき、Thomson-Houstonのシェアは約20パーセント、WHのそれは約17パーセントであった。しかしエジソン社のシェアはその後2年間にさらに低下していった。GEが成立したとき、GEのシェアは（Thomson-Houstonのそれを加えたにもかかわらず）40パーセントにすぎなかった¹³⁾のである。

第Ⅱ—2—2表 米国の電球設置数の増加

年 次	電 球 設 置 数 (個)
1885	250,000
1886	415,000
1890	3,000,000
1902	18,000,000

(注) 上記の数字は設置されている電球数であり、そのまま販売数を示すものではない。電球の寿命は約600時間であり、年に二回は取り替えられている。

(出) H. C. Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875—1900*, Harvard U. P., Cambridge, 1953, pp. 206—207; A. A. Bright, Jr., *op. cit.*, p. 75.

エジソンの発明した炭素電球の基本特許（高抵抗炭素フィラメントに関するもの、1880年1月発効、Pat. No. 223893）の有効性が裁判所によって最終的に確定されたのは1892年10月で、すでに発効後12年以上経過していた。この基本特許確定の遅れ¹⁴⁾が、エジソン社の初期の独占の崩壊の原因であった。逆にいえば、この時期の電球部門には、独占を成立させる要因として特許権以外に有効な参入障壁は存在しなかったのである。GEは基本特許確定後ただちに巻き返しに出た。GEが相次いで裁判所に要請した閉鎖命令によって、当時電球を製造していた30社余りのうち、およそ20社が工場閉鎖、生産停止を余儀なくされた。これによって、GEは1894年11月の基本特許の期限切れ¹⁵⁾までに、そのシェアを一挙に75パーセント前後まで引き上げたのである。

¹⁶⁾
った。

しかし短期間に支配的地位を回復したGEも、基本特許の消滅とともに支配の支柱を失ない、1895年以降再び激しい競争に直面しなければならなかった。企業数は再び30社を越えたが、GEはいったん引き上げた価格(1893年50セント)を急速に引き下げることによって(1894年25セント, 1895年25→18セント, 1896年18→12セント), 辛うじて約50パーセントのシェアを維持したのであった。1896年の価格は損失を出さない最低線に近いものであっただけに、この激しい価格競争は、電球産業にカルテル形成への誘因を形成するに十分であった。1896年8月にGEの主導で形成されたカルテル(「電球製造業者協会」)の参加企業は最初GEを含めて7社であったが、その後参加企業が増え、電球カルテルは世紀末までに電球市場の80パーセント余りを押さえていた(GE約50パーセント, 残り30パーセント余を十数社)。これに加えて、「協会」とWHが別個の協定を結んだことにより、価格協定と販売量分割協定は全体として電球市場の95パーセント(WHは10~12パーセント)を包括するにいたった。価格決定者は事実上GEであった。しかし、カルテルは弱体なもので激しい競争の末の一時休戦以上のものにはなりえなかった。第1に、WHは「協会」に加わることを一貫して拒否し、自社のシェア拡大をねらい、協定価格を十分守ろうとしなかった。第2に、参入は依然として容易であった。電球は大量に生産されていたが、製造技術は未だ大半が手工程によるもので大量生産機械の段階にはほど遠かった。潜在的競争圧力はカルテルの内と外に存在した。協定価格が20セントと低水準に維持されたのはこのためであった。低価格の維持のみが、カルテルを崩壊させない唯一の有効な手段となっていたのであった。¹⁷⁾

以上、これまで述べたところを要約すれば次のようになる。電機産業は1892年のGE成立後、数年間にわたって激しい競争が展開されたが、その中でGEはその独占支配の強化、競争の安定に努め、96年協定以降、全体としてはこれに成功しつつあった。しかし、電球部門においては強力な特許が消失してただけに、競争を安定させ十分な利益をあげる体制を築くまでには

至っていなかった。世紀交替期の企業活動を独占支配戦略の運動として捉えた場合、電球部門は何らかの手段が構ぜられねばならない部門であった。事実、GEはこの時期、電球カルテルの結成を主導しただけでなく、生起する種々の機会をとらえて、電球部門の支配に努めていた¹⁸⁾のである。1900年の企業内工業研究所の設立もGEの企業としての運動の一環にほかならなかった以上、これまでみた世紀交替期GEの独占支配追求の運動を背後において、その成立を位置づけることが必要である。

- 1) 19世紀第四四半期のアメリカ電機産業について、その概観を得るうえでは次の論考を参照されるとよいであろう。小林袈裟治『GE』（東洋経済、1970）、1～4章；坂本俤志「電機企業」（米川伸一編『経営史』、有斐閣、1977、225～241頁）；竹内宏『電気機械工業』（東洋経済、1966）、21～33頁；星野芳郎「現代技術と独占資本主義」『科学朝日』（1959. 1）、123～129頁。また本稿とほぼ同一の対象を取り上げた研究として、鎌谷親善「電機工業と研究開発—GE社を中心に—」『経済経営論集』52号（1969）、があり、また未完ではあるが、同、「電気工業と研究開発—20世紀初頭のGE社を中心に—I～Ⅲ」『経済経営論集』53、54、55号（1969～1970）がある。本稿と併せて参照されたい。鎌谷氏の研究は技術面について非常に詳細に述べられている。しかしまた、それがため却って全体としての論理が読みとりにくいことになっているようにも思われる。
- 2) 上掲諸文献に加えて、若干の点を補足しておきたい。19世紀の電動機生産は大部分、電気鉄道用のものであった。電動機販売台数の統計は得られないが、合衆国の電車運行台数の推移が参考になろう。すなわち、1887年80台から1889年400台、1890年には2,350台に増加、90年代の増加はより急速で、1892年には8,000台に、1902年までには51,000台になっていた。電動機の工業動力としての利用は90年代に始るがまだ緒についたばかりであった。（H. C. Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875～1900*, Harvard U. P., Cambridge, 1953, pp. 254, 341, 343）。

また、電機産業は各地に設立された電力会社に発電、送配電機器を販売したが、この中央発電所の普及はほとんど大部分照明のために建設されたもので、照明と発電所普及との強い関係は今世紀に入ってもずっと続いたことを確認しておきたい。中央発電所は次の表1の如く毎年多数建設され、1902年までには3,620カ所になっていたが、表2にみられるように、その収入の大部分が照明用電力からのものであった。アーク灯は電球の進歩によって今世紀に入ってから次第に消えていくが、1930年代になっても電球照明は電力会社の最大の収入源であった（G. W. Stocking & M. W. Watkins, *Cartels in Action*, Twentieth Century Fund, N. Y., 1946, p. 358）。

第1表 各年発電所建設数(1881—1902)と1902年中央発電所数

年 次	計	民間発電所	自治体発電所
1902年6月の中央発電所数.....	3,620	2,805	815
1902(1月～6月).....	146	106	40
1901.....	250	185	65
1900.....	213	152	61
1899.....	237	178	59
1898.....	277	195	82
1897.....	228	170	58
1896.....	193	129	64
1895.....	239	166	73
1894.....	191	144	47
1893.....	192	161	31
1892.....	247	190	57
1891.....	198	157	41
1890.....	227	198	29
1889.....	208	168	40
1888.....	160	142	18
1887.....	147	127	20
1886.....	100	86	14
1885.....	55	49	6
1884.....	47	43	4
1883.....	27	25	2
1882.....	30	27	3
1881.....	8	7	1

(出) Dep. of Commerce and Labor, Bureau of The Census, *Central Electric Light and Power Stations: 1902*, Washington, 1905, p. 7.

第2表 中央発電所の収入源構成(%), 1902年

収 入 源	民間発電所	自治体発電所
電 球 照 明 電 力	52.4	48.2
アーク灯照明電力	28.1	48.7
そ の 他 電 力	17.7	1.3
そ の 他	1.8	1.8
計	100.0	100.0

(出) *ibid.* p. 22.

(注) 『その他電力』の大部分は電鉄および工場動力用電力販売である (*ibid.* p. 28)

- 3) 電池から得られる弱電流の利用で足りた電信・電話技術は別にして、19世紀最後の20年間の電機産業の発展は十分な電流を発生しうる 実用的発電機の登場を待って始まった（発電機の発達については、北村正一「電気機械発達初期の技術史問題」『科学史研究』第56号、1960年、22～30頁を参照されたい）。
- 4) 代表的な発明家をあげれば、アーク灯の C. Brush, E. Thomson, E. Weston, 電球発明の T. A. Edison, W. E. Sawyer と A. Man, 電鉄の F. J. Sprague, C. J. Van Depoele, W. H. Knight らである。彼らが諸々の電機技術を発明或いは改良する過程で重要だったものは機械的工夫やすぐれた着想、実験をくりかえして成功の方法を見出すまでのねばりづよい努力であったといえよう。電機技術の基礎には電磁気学の基本的な知識があったが、発明家たちはそれを電信の実地経験や独学によって体得していた。発明家たちがどのようにして新たな電気機械を生み出し、新しい産業をおこしたかについて、詳細は、Passer, *op. cit.*, pp. 14～33, 192～194, 211～255; A. A. Bright, Jr., *The Electric-Lamp Industry*, Macmillan Co., N. Y., 1949, pp. 35～69を参照されたい。電気機械技術発達過程における機械的、経験的処理の役割については、星野茂郎「産業における独占と技術の関係」『立命館経営学』2-5・6, 33頁、また、北村正一、前掲論文も参照されたい。

発明家の活動は1人か、或いはせいぜい2、3人の小グループによるほそぼそとしたものであったが、エジソンだけは発明を組織的に行なった特異な例であった（メンローパーク研究所）。この点にこそ、電球の発明でエジソンが他の多くの発明家に一歩先んじた最大の理由があった。エジソンがメンローパークに20人ほどの中心的スタッフと多数の補助労働者をしたがえて、同時代の発明家より遅れて電球の発明競争に加わりながら、何百回、何千回と失敗をくりかえし僅か1年余りで（1879年10月）、高抵抗炭素フィラメントの発明に到達したのに対して、他の発明家たちはたいてい1人で実験をくりかえしていたのである（詳しくは、*ibid.*, pp. 35～67）。エジソンの試みは組織の威力を示しはしたが、しかし、これを後の企業内工業研究所の成立史のなかに位置づけるのは困難であるように思われる。後述するように、エジソンのやり方はGEに継承されることはなかった。

- 5) 小林袈婆治、前掲書、92～94頁; J. T. Broderick, *Forty Years with General Electric*, N. Y., 1929, pp. 30～31; Passer, *op. cit.*, p. 328; do., 'Development of Large-Scale Organization, Electrical Manufacturing Around 1900,' *Journal of Economic History*, Vol. 12 (1952), p. 384.
- 6) Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875～1900*, pp. 264～267, 300; Bright, *op. cit.*, pp. 93, 97～98, 101.
- 7) Passer, *op. cit.*, pp. 329～331.
- 8) *ibid.*, pp. 274～275, 308, 332～334; Bright, *op. cit.*, p. 150.
- 9) 96年協定は、特許協定の通例からすると奇妙なことであったが価格協定も市場分割

- 協定も含まなかった。電球以外の両社の特許がブールされ、GEの特許が、62.5、WHのそれが37.5という比率で重要度が評価された。以後GEとWHはこの比率の範囲内では自由に生産することが可能になった。この比率を越えた場合も特許使用料を支払うだけであった。Passer, *op. cit.*, pp. 331~333; J. W. Hammond, *Men and Volts: The Story of General Electric*, N. Y., 1941, p. 272.
- 10) F. T. C, *Supply of Electrical Equipment and Competitive Conditions*, Senate Doc. 46, 76th Cong., 1st sess, 1928, pp. 120~122. また, p. 111 の変圧器についての記述も参照されたい。
- 11) 96年協定が可能にした二大企業の特許支配はGEとWHに当面の大量市場を確保せしめたのである。96年協定は二大企業が安定的独占体制を構築するうえで重要な橋頭堡となった。その得られた大量市場を基礎にして、GEとWHが1920年代までに重電部門を中心とする諸分野でいかなる安定支配の体制を構築したかについては、*ibid.*, pp. 84~85, 96~100, 128~134 を参照されたい。
- 12) 前述の激しい競争下で低落していた価格の上昇、これが利益額と利益率の顕著な上昇の主な要因である。コストの低下の要素はあまり重要だとは思われない。原料費については好況下の上昇が考えられるし、生産量の著増による単位当たり固定費の変化についても、この時期のGEは定まった条件で年々の償却を行なっており、むしろ利益の増加にともなって恣意的に償却額を増加させていたので（加藤盛引「アメリカ独占成立期における減価償却実務(-)」『会計』99巻2号、1971、43~51頁）、帳簿上のコストはこの面では却って増加したことも予想される。
- 13) 以上, Bright, *op. cit.*, pp. 70~78, 84~87, 89, 93; Passer, *op. cit.*, p. 206.
- 14) 特許訴訟の詳しい経過、基本特許確定が遅れた事情については、*ibid.*, pp. 151~155; Bright, *op. cit.*, pp. 84~88 を参照。
- 15) 米国の特許期間は17年間であり、通常ならば1897年1月まで有効なはずであったが、特許法の規定により、最初の外国特許の期限が切れると同時に国内特許も17年を待たず消滅したのである（カナダ特許が1894年に期限切れとなった）。米国特許法のこの規定は、GEその他の企業によって攻撃され、1898年には取りはずされた。この修正によって、GEはのちに金属フィラメントその他で電球特許を支配することになったとき、17年間の独占を享受することになるのである。*ibid.*, p. 91.
- 16) WHを含めて約10社は、効率の悪いものではあったが、基本特許を回避した電球に切りかえて製造を続けた。*ibid.*, pp. 89~91.
- 17) *ibid.*, pp. 92~93, 103~104, 144~145, 148~149; Passer, *op. cit.*, pp. 161~163. 製造技術については、Bright, *op. cit.*, pp. 77, 124, 129~134, 204~205, 348 を参照されたい。

なお、電球産業の競争状態については以上にくわえて、ガス灯との競争にもふれておかねばならない。ガス灯産業はエジソン社がはじめて電球を販売した1880年時

点で、すでに事業所数 500 以上、投下資本額 1 億 5,000 万ドルの、都市照明を担う一大産業であった。アーク灯の普及により 80 年代には屋外照明から駆逐されたが、ガス灯事業の収入の 9 割を占めた屋内照明においては、電球と対抗して生きのびていた。それどころか、1890 年代にはガス灯は著しく改善されることによって電球よりはるかに安価な照明手段となって、再びその地位を固める傾向さえもみせていた。1900 年、合衆国では約 1 千万個の改良ガス灯が設置されていたが、その数は 1902 年の電球使用数 1,800 万個と比較しても相当のものであった (*ibid.*, pp. 19~20, 43, 126~127; Passer, *op. cit.*, pp. 195~197; Hammond, *op. cit.*, p. 237)。

世紀交替期までに電球はすでに 20 年の歴史をもっていたが、未だ部分的普及にとどまっていた。本格的拡大は今世紀に入ってからである。たとえば 1899 年の人口 1 人あたり電球生産個数は 0.3 個/人であったが、これは 1909 年には 0.7, 1919 年には 2.2 個になる (*Bright. op. cit.*, p. 4)。設置数でいえば 1912 年には 1902 年の 5 倍、9,000 万個に達した (*Passer, op. cit.*, pp. 206~207)。

- 18) たとえば 1901 年、カルテルに参加していた数企業が合同のうごきを示したとき、GE はそこに逸早くカルテル強化のチャンスを見てとり、設立された持株会社 National Electric Lamp Co. の普通株 76% を取得、資本支配に成功した。以後 GE は National 社に対する支配を極秘にしながら、National 社の育成策を強力に推進した (*Bright, op. cit.*, pp. 145~148 参照)。

(2) 90 年代 GE の技術活動

GE は、エンジン、トムソン、ブラッシュ、スプレーグ、ヴァン・デポール、ナイトらの発明家企業をその特許とともに集中して成立した企業であった。1890 年代、GE の製造する照明・発電・送配電・電鉄の諸機器は、彼らによって既にいちおう実用的なものとして確立されていた。GE は発明家の創造した技術を基礎にして、ニューヨークのスケネクタディ（以下スケネクと記す）工場では、大型で個々の使用条件に即して個別的に生産しなければならないような、発電機・電動機・配電盤・変圧器・回転整流器等々の重電製品を生産し、マサチューセッツ州リン工場では、小型・量産型の、発電機（自家発電用）・電動機・変圧器等々およびアーク灯・計器類を、そしてニュージャージー州ハリソン工場で電球を生産していた。これら三工場の労働者数は 1893 年恐慌直前でおおよそ 8 千人、GE の全雇用者数はおおよそ 1 万人であった。¹⁾

このように技術的基礎が固まり産業が確立された軌道にのったとき、かつて活躍した発明家の役割は終わっていた。企業経営における重点が技術的考案から製造・販売・金融・組織管理・特許法律などからなる総合活動に移るにつれて、発明家の活動はかつて企業の浮沈を決めた重要性を失っていたのである。²⁾

90年代、GEに残って技術的考案の活動を多少とも続けていたのは、その多才な発明によって1880年代の Thomson-Houston 社の発展を支えたエリユー・トムソンだけであった。³⁾しかし、後述するようにそのトムソンの活動も多分に名誉職的なものになっていた。エジソンを含めて他の多くの発明家たちは、彼らの企業と特許を大企業に残して、新たな活動に転身していた。⁴⁾

発明家のいなくなったGEの技術活動を担っていたのは同社の工務部(engineering department)であった。しかし、工務部の活動は、発明家の個人技的活動が組織的形態に発展したもの、ではなかった。発明家の活動は新技術の開発を本領としたが、GE工務部の活動はむしろ、既に技術的に確立し製造販売活動の軌道にのっていた製品について、これに細部の改善をほどこすか、或いはまた、重電製品の製造活動そのものに向けられたものであった。

後者の活動が重要だったのはスケネク工場の場合であった。ハリソン工場やリン工場の製品のように、標準設計に従って生産される小型機器の生産の場合は工務活動の必要性はそれほど大きくなかったが、スケネクの重電製品は、顧客の注文に従ってその都度設計され、個別生産される非標準製品(custom made products)だったので、工務部の活動は非常に重要であった。これらの大型機械にはまた、製造段階だけではなく、その据付け・試験運転・修理にも特別な知識や経験が要求された。GE工務部の活動のかなりの部分は、こうした大型機械の製造にむけられていたのである。工務部がハリソンやリンにではなくスケネクにおかれていたのはこのためであった。⁵⁾

工務部のもうひとつの重要な活動は、既述の90年代の激しい競争下で市場を獲得するために、GEの製品に経続的改善をほどこすことであった。この

種の活動でGE工務部がもっとも力を入れたのは電鉄用電動機の改善であった。電鉄用電動機の基本的構造は80年代にスプレーグが確立し、GEはそれを継承していた。90年代、GE工務部のこの面での活動は、WHとの市場獲得競争のなかで、顧客が好むより便利なものへ（修理の容易な設計への改善、軽量化、ギア騒音の減少、故障のしにくい構造の採用、泥水防護のための密閉化、等々）、設計を改善するものであった。GE-WH間の技術面の競争はこうした細部の改善競争であったと同時に、相手の電動機の模倣競争であった。GE工務部はWHが新たに出した電動機をとりよせ、その設計上の変更点を吟味し、諸特性を計測し、そして長所を模倣した。また、このようにして工務部が調査した資料は販売部門の各地のセールスマンに周知徹底され、販売促進に利用されるのであった。⁶⁾

以上のような工務部の活動においては、計測手段は不可欠のものであったので、GEは1895年に、電気計測器具の調整と修理、目盛の設定と検査のために“standardizing laboratory”を設置した。その名称は仕事の内容にはまったくそぐわなかったが、ともかくこれがGEが企業として“laboratory”⁷⁾を設けた最初のものであった。

90年代のGE工務部の正規の活動は以上のようなものであった。工務部の活動は多数の機械技師と電気技師を中心とする技術者によって担われ、他産業に比して技術的に複雑な電機産業の特徴を反映して、その活動は活発であった。しかしながら、工務部の活動は基本的には技術開発に向けられたものではなかった。GEに40年間勤めたブロードリックが回想するように、90年代GEの工務部は「設計と生産の諸問題に没頭していて」、新技術を探究するような活動については「偶然的な関心」⁸⁾しか持てなかったのである。

しかしながら、このことはGEが技術開発の活動を一切行っていないかったということではもちろんない。GEは90年代に蒸気タービンの開発を手がけ、また高圧送電用碍子の開発に努力している。しかし、以下にみるように、こうした活動は工務部が正規の活動として日常的かつ大企業GEに見合うような規模で取り組んだものではなかった。技術開発活動は恒常的なもの

として制度化されてはいなかったのである。

90年代の技術進歩の中心は交流技術であった。交流技術の進歩は次の三つの側面、すなわち(1)蒸気タービン、(2)高圧送電、(3)回転整流器と交流電動機(誘導電動機)で起きた。このとりわけ進歩の著しかった分野で、GEがいかなる活動をしていたかをみることによって以上の点が明らかとなろう。

GEは1895年1月、イギリスのC. A. パーソンズが開発した蒸気タービンの合衆国特許を購入する機会を得たが、これを拒否していた。パーソンズが最初の実用的な蒸気タービンを開発した1884年からすでに10年以上たっていた。そしてイギリスでは1888年に最初に発電所に設置されて以来、すでにいくつかのタービン駆動発電装置が据え付けられていた。GEがこのようなパーソンズ特許の購入を拒んだのは、同社の顧問技師であったスタインメツ(後述)が、「私はこの分野は非常に有望と思う。この問題に関して我々に何ができるか見定めるよう出来るだけ緊急に実験活動を推進すべきであろう。しかし、パーソンズの蒸気タービンについてはあまり感心できない。もっとシンプルな設計のものが望ましいと思う」という否定的評価を下したためであった。

90年代には蒸気機関は発電用原動機として能力の限界に到達しつつあった。往復運動を回転運動にかえる回転の遅い蒸気機関では、交流遠距離送電にみあう高出力の発電機を駆動させるために大型にすれば、却って非経済的になり、小型発電機を複数設置した方が有利となる状況があった。この限界を突破する可能性をもっていたのが蒸気タービンであった(第Ⅱ-2-3表参照)。しかし、蒸気タービンのこの重要性にもかかわらず、GEはパーソンズ特許の購入を拒否した95年1月以降も、まる2年間、その開発にむけて何らの行動もとらなかった。GEがタービン開発の取組みを始めたのは1897年であったが、それはニューヨークの一青年(C. G. Curtis)が新しい着想による蒸気タービンの構想をGEに売却しようとして持ち込んだからであった。カーティスのタービンは

第Ⅱ-2-3表 蒸気機関およびタービン駆動交流発電機の比較

(三相, 3,000ボルト, 50サイクル, 400キロワット)

	蒸気機関型	タービン駆動型
回転速度(回転/分)	93.75	1,500
ローター直径(インチ)	146.0	29.5
ローター長さ(ク)	9.9	23.6
使用される銅(ポンド)	2,760	1,040
使用される鉄(ク)	8,050	5,890
発電機の重量(ク)	30,870	14,332
製造費(ドル)	3,100	1,400

(出) Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875-1900*, p. 312
(原典) *Standard Handbook for Electrical Engineers*. 1908

機構が簡単で、もし開発に成功すれば非常に低コストで製造できる有望なものだった。こうしてGEはいわば外部からの刺激をうけて、1897年からスケネク工場の一角で開発実験を始めたのである。1899年には、思うような成功が得られないため一旦開発を断念しかけたが、GEは結局これを継続し、1901年、1,500 KWの実用的タービン発電機の製作に成功、1903年にはシカゴに5,000 KWタービン発電機を据付けたのであった。

ところで、高出力の交流発電は送電コストの低い高圧遠距離送電と結合することによって、はじめて十分に意味をもつものであった。交流の有利さは何よりもこの点にあった。そして90年代、送電電圧は絶縁技術の進歩につれて急速に上昇し、それにとまって西部山岳地帯の水力発電も可能になった。しかし、この進歩をリードしたのはGEではなく、1891年にわずか資本金2.5万ドルで発明家 W. Stanley が設立した小企業であった。スタンレー社は1892～3年頃から実験線を設けて高電圧の限界に挑戦し、1897年には4万ボルト、1899年には6万ボルトの送電に成功し、交流分野で急成長した（このスタンレー社が96年協定後のWHからの特許攻撃によって1903年GEの軍門に下ったことはすでに述べた）。GEははるか後塵を拝していた。スタンレー社が6万ボルトの高圧送電に成功した頃、GEは3.3万ボルト¹¹⁾の送電に苦勞し、4万ボルト以上は試みても無駄だろうと考えていた状態であった。

最後に、回転整流器は、交流を経済的に直流に転換することによって、直流を必要とする電気鉄道、電気化学工業、および直流システムとして建設された初期の照明システムを、交流発電と結合する重要技術であったが、これは90年代初めに、C. S. Bradley が発明したものであった。GEはこの特許を買収することによってこの分野で強い立場に立った。しかし、これを多様な用途に応じて実用的なものへと完成させたのはGEではなく、WHであった¹²⁾。

以上のように、90年代のGEにおいては、新技術の開発活動は制度化され意識的に追求されるものにはなっていなかった。電気技術は交流技術を中心になお流動的で進歩の余地が大きかったが、進歩を推進したのは大体において外部の発明家企業であった。GEは全体として受身にまわり、外部からの刺激ではじめて行動を起こすか、特許を買収することに甘んじていたのである。そして、以上の特質とも密接に関わるのだが、この時期のGEは、技術進歩の可能性を科学的に研究するような活動はほとんど行なっていなかった。以下、この点を詳しくみておこう。

アメリカ電機産業を創設した発明家群を代表するエジソンは1900年に、電球は既に完成された域にあり、これ以上実質的な進歩は望めないだろう、と

語ったが、¹³⁾かかる認識はGEの技術者のものでもあった。例えば、磁石芯としての鉄、電球フィラメントおよび電動機、発電機のブラシとしての炭素、これらは最良のものであり改良の余地はないと考えられていた。¹⁴⁾これらが今世紀に入って大きく改良されたことは後述するところであるが、それは科学的な研究を待ってもたらされたものであった。いいかえれば、これらの新技術の可能性は、科学的検討を待たねば判らないという性質のものであった。後年から振り返れば、世紀交替期の電気機械技術は、一面では、発明家の活動によってもたらされうる水準の限界に近づきつつあったのである。

ただし、1890年代のGEの技術活動において、科学者の活動が皆無であったというわけではない。GEにおいて科学的活動を多少とも行なっていたのはスタインメッツ (C. P. Steinmetz) であった。そして、スタインメッツに加えて、この時期のGEにおける科学研究遂行者としてしばしば名を挙げられる人物にエリユー・トムソンがいる。彼らの活動をみておくことによって、これまでみた工務部の活動と併せて、90年代GEの技術活動の全体、その限界がほぼ明らかになるのである。また、製造・工務担当副社長 E. W. ライスについても (もはや実際の技術活動に携わってはいなかったが)、後述との関係でここで述べておく必要がある。

Thomson-Houston 社 (以下、TH) の創設者エリユー・トムソンは、エジソンや G. ウェスティングハウスとならぶ発明家であったが、彼らとはちがひ正式の教育を受け科学に対する強い興味を持つ人物であった。1870年にフィラデルフィアの高校を卒業するまでに多くの科学書、雑誌を読みあさり、卒業と同時に母校の化学教師に任ぜられ、その後アーク灯事業を始めるまでの約10年間、教鞭を取りながら電気に関する個人的実験を行なっていた。¹⁵⁾トムソンは80年代、THの技術活動に没頭したが、GEへの合同以後は、当時の他の発明家と同じく経営面に煩わされることを好まず取締役のポストを辞退し、¹⁶⁾気儘な実験の道を選んだ。そして、TH時代からのリン工場一角の彼の個人的実験室 (personal laboratory) で、¹⁷⁾事業とは関わりのない火山活動や望遠鏡の製作などの実験を行ないつつ、GEとの関係では顧問技師として、なかば名譽職的に発明活動¹⁸⁾を続けていたのである。トムソンの活動は以上のようなものであった。¹⁹⁾

GEの第三副社長 E. W. ライスはトムソンの教え子であった。そしてトムソンがアーク灯事業を開始したとき、これに加わりトムソンの助手としてTHの技術面を担っ

た。GE成立後、ライスは技術部長（Technical Director）として工務活動を管理し、1895年には製造・工務担当副社長に就任した。²⁰⁾ スタインメッツを見出したのはトムソンとライスであった。ドイツ人であったスタインメッツは1888年、ブレスラウ大学で博士号（数学）を取得する直前に政治的理由でドイツを出国してスイスに移り、チューリヒ工科大学に1年間学んだのち米国に移住、ニューヨークの小さな電機企業（Eickemeyer and Osterheld）に拾われて働いていた。その間に彼は、電動機の磁気回路のエネルギー損失を支配するいわゆる「履歴現象」を数学的に表現することに成功した。「履歴現象」は以前から知られていたが、これを電動機の設計改善に使えるように数学的に処理したのは彼の功績であった。スタインメッツはこれを1892年のアメリカ電気技師協会（AIEE）大会で発表した。トムソンとライスはこの大会に出席して遑早くスタインメッツの能力を認め、彼を彼が働いていた企業とともにGEに吸収させたのであった。²¹⁾ ライスはスタインメッツの能力を評価するだけの力を持ち合わせていた。たとえば1893年恐慌時、GEは文字どおり破産の淵までいき、5,000人の一時解雇を出したが、ライスは、未だGEにきてからさしたる仕事もしていなかったスタインメッツを解雇者リストにのせようとしなかった。²²⁾

危うく解雇を免れたスタインメッツはまもなく、交流現象の説明に複素数を導入した画期的な研究成果を、シカゴで開催された国際電気学会に提出した。²³⁾ スタインメッツによる交流現象の数学的処理は、電流の強さと向きがめまぐるしく変化する多相交流現象を技術的に処理するうえで、このうえない武器となった。その数式を理解することはGEの技術者たちには容易なことではなかったが、彼らはスタインメッツに直接手ほどきをうけることによって、それを工務部の活動に活用することができた。²⁴⁾ 90年代のGEにおいては複雑な技術問題の判断は、たとえば既述の蒸気タービンの例や、或いは高圧送電の場合のように、²⁵⁾ もっぱらスタインメッツに求められていたようである。この時期、GEの技術活動における科学的能力の体現者はスタインメッツであった。しかし、このスタインメッツも交流の数学的解明以降、もっぱら次々と生起する工務活動の諸問題に時間をとられ、研究に時間をさくことができない状況であった。²⁶⁾ それは、この時期のGEの技術活動の制度上の性格からいって当然のことであった。かかる状況は、高度の科学的活動を経験してきたスタインメッツのような人間が企業活動のなかに身をおいたとき、²⁷⁾ 個人的なフラストレーション、科学的研究に対する渴望を生み出していたのである。

電機産業が技術的に複雑な産業であったとはいえ、1890年代のGEは新技術を追求するような活動を企業活動の恒常的な体制として制度化してはいなかった。また、GEの技術活動において科学的な研究活動の占める部分は極めて小さかった。少なくとも1万数千人に成長していたであろう大規模組織²⁸⁾

において、事実上、科学者といえばスタインメッツだけであった。そのスタインメッツも、ほとんど日常的工務活動に時間をとられ、研究を正規の仕事とはしていなかったのである。かかる状況は、今世紀に入って最初の十数年間のうちに完全な変化を遂げることになる。その変化は何を契機に始まり、いかなるプロセスを経て進行したのであろうか。また、工業研究所はGEの運動の中にどのように位置付けられていくのか。以下、これらの点を中心に研究所設立以降の状況をみていくことにしよう。

- 1) Passer, 'Development of Large-Scale Organization,' pp. 382-383, 393; Broderick, *op. cit.*, pp. 30-31.
- 2) Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875-1900*, pp. 68-69; Bright, *op. cit.*, pp. 81-82.
- 3) K. Birr, *Pioneering in Industrial Research: the Story of General Electric Research Laboratory*, Washington, 1957, p. 31.
- 4) 一、二の事例をあげておこう。エジソンは既に1884年頃から、軌道にのりだした白熱電球事業への興味を失ない、企業活動から徐々に遠のいていった。1889年のEdison General Electric 成立以後は取締役会に名目的に名前を残しただけで完全に事業への関与から手を引いた (Bright, *op. cit.*, pp. 81-82)。また市街電鉄技術の最大の創設者スプレーグは、彼の企業 (Sprague Electric Railway and Motor Co.) が Edison General Electric に吸収された時、顧問技師として一旦エジソン社に加わったが、独立心の強い個性的革新家気質と大会社内の立場の軋轢から会社を去り、再び自ら新企業を起こした (Passer, *op. cit.*, pp. 248, 271)。
- 5) Passer, 'Development of Large-Scale Organization,' pp. 382-383, 393; FTC, *op. cit.*, pp. 84-85.
- 6) Passer, *The Electrical Manufacturers, 1875-1900*, pp. 258-270.
- 7) C. G. Suits, 'Seventy-Five Years of Research in General Electric,' *Science*, Vol. 118 (1953), p. 452.
- 8) Broderick, *op. cit.*, p. 94.
- 9) Passer, *op. cit.*, p. 296.
- 10) 以下の蒸気タービンに関する記述は, *ibid.*, pp. 310-311; Hammond, *op. cit.*, pp. 275-283; チャールズ・シンガーほか (高木純一訳編)『技術の歴史』9 (1979), 108-109 頁, によった。
- 11) 詳しくは, *ibid.*, pp. 243-244, 270; Passer, *op. cit.*, p. 309 を参照。
- 12) *ibid.*, pp. 300-301. 誘導電動機に関しては, *ibid.*, pp. 256-257, 277-279, 296-298 を参照されたい。WHはGEよりも新技術に対する姿勢が積極的だったように思わ

れる。それはたとえば、この回転整流器の改良や、誘導電動機における画期的な「リスの籠形 (squirrel-cage)」回転子の開発 (*ibid.*, p. 298) などの活動に現れている。WHはGEに次ぐ大企業であったとはいえ、未だ発明家ウェスティングハウスの企業者企業であった。

- 13) L. A. Hawkins, *Adventure into the Unknown: The First Fifty Years of General Electric Research Laboratory*, William Morrow & Co., N. Y., 1950, p. 23.
- 14) Birr, *op. cit.*, p. 31.
- 15) Passer, *op. cit.*, pp. 21, 194, 357.
- 16) Bright, *op. cit.*, p. 96; Broderick, *op. cit.*, p. 26.
- 17) Suits, *op. cit.*, p. 452.
- 18) G. Wise, 'A New Role for Professional Scientists in Industry: Industrial Research at General Electric, 1900-1916,' *Technology and Culture*, Vol. 21 (1980), p. 415.
- 19) トムソンの実験室はGEの初期の「研究所」として誇張して記述されることがあるが、実体はこうしたものだった。ただ、顧問技師として1人か2人の職工が配置され、発明活動が行なわれていたようである (H. R. Bartlett, 'The Development of Industrial Research in the United States,' NRPB, *Research — A National Resource, II. Industrial Research*, Washington, 1940, p. 51; Passer, *op. cit.*, pp. 65-66.)。
- 20) *ibid.*, p. 323; Broderick, *op. cit.*, pp. 24-25, 62-63.
- 21) J. E. Brittain, 'C. P. Steinmetz and E. F. W. Alexanderson: Creative Engineering in a Corporate Setting,' *Proceedings of the IEEE*, Vol. 64 (1976), p. 1414; Suits, *op. cit.*, p. 451; Hammond, *op. cit.*, pp. 198-199; Broderick, *op. cit.*, p. 183.
- 22) *ibid.*, pp. 31, 36-37.
- 23) Brittain, *op. cit.*, p. 1414.
- 24) Hammond, *op. cit.*, pp. 229-230.
- 25) Passer, *op. cit.*, p. 309.
- 26) Wise, *op. cit.*, p. 412.
- 27) *ibid.*, pp. 412, 415 n. 17; Brittain, *op. cit.*, pp. 1413-1415.
- 28) 世紀交替期の正確な数はわからない。レーニン (副島種典訳) 『帝国主義論』(国民文庫), 91頁によれば、1907年で28,000人である。

(3) GEにおける工業研究の開始

既述のように、炭素電球の基本特許が期限切れとなった1894年11月以来、

GEは電球部門支配の支柱を失ない、電球市場の安定的支配の再構築にむけて努力を続けていた。この同じ時期、世紀末から1900年にかけて電気照明の分野では、炭素電球をうわまわるような新技術への試みが現れつつあった。GEの活動の外部から現れたこうした動きが、1900年、GEが工業研究を開始するうえでの直接の契機となった。新たな技術の動向はいくつか現れていたが、なかでも主なものは次の3つの動きであった。

そのひとつは、従来の炭素にかえてフィラメントに新しい金属、オスミウムを用いたもので、オーストリアの C. A. von Welsbach が1898年に開発していた。オスミウムは融点の高い金属であった（約摂氏 2,700 度）。そのためフィラメントを高温で使用でき、炭素電球よりも発光効率を約6割高めることができた。しかしオスミウム・フィラメントは非常にもろく、かつ高価であったために、商業的に成功する見込みは小さく炭素電球の地位を脅かすまでにはいたらなかった。

しかし1899年にはさらに新たな電球が現れた。ネルンスト電球であった。これはドイツの化学者、Dr. Walther Nernst（ゲッティンゲン大学）が、希土酸化物および金属酸化物の高温下での発光現象を研究するなかから、1897年に開発に成功したもので、一連の特許申請が認められ一般に公知されたのは1899年のことであった。ネルンスト電球は一種のセラミックを光源としていた。それは常温では電気を通さなかったが高温になると電導体になり、炭素電球よりも光質のよい強い白色光を発した。発光効率は炭素電球の1.5倍であった。ネルンスト電球のドイツ特許が発効し一般に知られた1899年には、既にその合衆国特許についてはWHが取得権を得ており、ドイツではAEGが、その他主要国でも諸企業が各々取得し、AEGを中心に市場化にむけた開発努力が続けられていた。ネルンスト電球が最初に市場に現れたのはドイツで、1900年のことである。WHはこれを輸入し、アメリカでの販売を開始した。ネルンスト電球は炭素電球より高価であり、また点灯前に光源を十分に加熱する必要があった。そして効果的な自動点灯方式は1900年にはまだ現れていなかったが、しかしネルンスト電球の販売が開始されたことはGEにとって良い事態でないことにはななかった。効果的な改良と市場拡大による価格の低下は充分予想されることであった。GEにとってもっとも都合が悪かったことはWHが合衆国特許を押えていたことであっただろう。WHは電球部門での伸長をはかる最大の潜在的競争者であった以上、ネルンスト電球の伸長はカルテルの崩壊²⁾或いは再編の火だねとなりかねないものであったのである。

ネルンスト電球に続く動きは、アメリカの一発明家、Peter C. Hewitt による「水銀蒸気灯 (mercury vapor lamp)」であった。1900年には Hewitt はまだ開発に成功してはいなかった。また、その光が青緑色であったため屋内照明には使えず、ただちに炭素電球の脅威となるものではなかった。しかし、その発光効率はネルンスト電球をも

凌いでいた。Hewitt が開発に成功し、そして光色が改善されることがあれば、炭素電球を凌ぐ可能性をもつものであった。そして電球市場での地位上昇をねらうWHは、ここでも、G. ウェスティングハウスが個人的に Hewitt の実験に資金援助を与えることによって、Hewitt が成功した場合にこれを支配しようとしていたのである。³⁾

これらの新技術はもちろん突然に現れたわけではなかった。或る種の酸化物が高温下でよく発光することや、水銀に限らず種々の金属蒸気や気体が放電によって発光することは以前から知られていたのである。また、電機産業の発展自体がもたらした電気炉技術によって高温下で種々の物質を扱うことが容易になり、このことが、一方では高温化学の知識を増加させ、他方では融点の高い種々の金属フィラメントを作る試みを増加させていた。しかし、以上のような諸々の新たな照明技術の可能性を機敏に捉えて活発に実験を試みていたのはやはり、大部分が個人の発明家であった。如上の3つの動きの前には、既に多くの発明家の試みが繰り返し現れていたのであるが、GEはこうした新たな技術の可能性を追求する活動を行なっていなかったのである。⁴⁾

このような状況下で、1900年、研究所創設の必要性を最初に言い出したのは既述のスタインメッツであった。スタインメッツはこれらの技術動向に注意と関心を向けていた。そして科学的研究の必要性を最初に提起したのが、GEのなかで他ならぬスタインメッツであったことは、それ自体、注目しておくべきことであろう。彼は照明技術の発展動向のなかに、科学的研究の必要性を洞察したのである。スタインメッツが副社長ライスに対し、産業企業も科学的研究を遂行すべきことを具申したのは1900年9月であった。その際、彼が中心的研究対象として特に指摘したのはネルンスト電球と水銀蒸気灯であった。⁵⁾

スタインメッツの提案にはエリュー・トムソンが賛意を示し、同時に、GE特許部の部長 Albert G. Davis がこれを積極的に支持した。⁶⁾ トムソンがスタインメッツの提案を直ちに支持したことは前項既述の彼の経歴から理解されるところであるが、Davis がこれを強く支持したことには、また別の意

味あいが含まれていたといえよう。

弁理士 (patent lawyer) であり GE の特許部門の長であった A. G. Davis は、その地位からいって、1892年の炭素電球の基本特許確定後2年間に、フィラメント技術の独占がGEにもたらした圧倒的地位と、1894年以降の苦境を十二分に認識している人物であった。また、96年協定以後のGEの独占戦略においても Davis は重要な役割を果たしていたに違いない。工業研究開始の提案は、一方では電球部門の技術的脅威に手を打とうとする防衛的なものであったが、しかし、既にみたGEの競争安定への行動様式を背後において考えるとき、それは同時に、電球部門の安定支配への期待をかけるものであったとみることができよう。GEの企業内工業研究は、最初からこのような性格をまとして推し出されてきたといえるのではあるまいか。⁷⁾

しかしながらまた、工業研究開始を決定したGE経営陣にとっては、工業研究から何らかの成功が得られるのかどうか、半信半疑であったことも事実であった。「研究からどのような競争上の利益が得られるかは、1900年における企業家にとって、けっして明白なことではなかった⁸⁾」。むしろそれは、GEやデュポンの先行的な工業研究所がこれから実証すべきことであった。この点で、既述のように世紀交替期には、GEの経営状態に一定の余裕が生まれていたことは、工業研究開始の重要なひとつの背景になっていたと思われる。実際、GE経営陣は1893年恐慌時の破産の危機とその後的大幅な減資、激しい競争の苦い経験から、「市場で売れる商品の生産にとって必要であることがはっきりしないような支出については、いっさい原則として」認めないという、極めて厳格な方針をとっていたのであった⁹⁾。この意味で、GEが工業研究という未知の企業活動を開始し、これを拡大し維持していくうえで、GEの安定的利益と、それによって生まれた経営上の余裕は、予想以上に重要な要因となっていたように思われるのである。¹⁰⁾

さて、こうしてGEが、マサチューセッツ工科大学の化学教授 (assistant prof.) であった Dr. Willis R. Whitney を年俸2,400ドルの高給で研究所長に採用し、工業研究を開始したのは1900年12月であった。GE研究所

第Ⅱ-2-4表 GE 研究所の拡大

(人)

年 次	社 員	工 員	合 計	年 次	社 員	工 員	合 計
1901	5	3	8	1911	51	63	114
1902	14	8	22	1912	62	72	134
1903	19	26	45	1913	65	89	154
1904	20	21	41	1914	66	89	155
1905	36	21	57	1915	68	124	192
1906	44	58	102	1916	78	168	246
1907	40	55	95	1917	98	200	298
1908	31	47	78	1918	112	176	288
1909	39	50	89	1919	134	139	273
1910	47	59	106	1920	159	142	301

(出) W. R. Maclaurin, *Invention and Innovation in the Radio Industry*, Macmillan Co., N. Y. 1949, 山崎俊雄・大河内正陽訳『電子工業史』白揚社, 1962年, 195頁。

(General Electric Research Laboratory, 以下GERLと略記) はその後、第Ⅱ-2-4表にみられるように1907年恐慌時の一時的停滞を除いて順調に拡大されていった。研究所には図書室、研究用機械の製作室、ガラス加工・空気抽出部などの補助機関が整備され¹²⁾、1912年には30万ドルが投じられ7階建の新研究所の建設が開始された¹³⁾。GERLの年間研究経費については、正確な数字は公表されていないが、第1次大戦前に30～40万ドルの水準であったと推定される¹⁴⁾。

かかる拡大はGERLが多くの実績によってその競争上の利益を実証し、それにつれて経営陣の工業研究に対する評価が高まったからにはほかならなかった¹⁵⁾。実際、GERLは電球の改良において当初期待されたとおりの成功をおさめ、GEに電球部門支配の強力な手段を提供することになった。しかしまた、一旦活動を開始したGERLはその活動を照明関係に限定してはいなかった。以下にみるように、研究の多面的な波及効果、およびGE重電部門との接触により、その活動は第1次大戦前に、冶金、絶縁、炭素ブラシ、放電現象、X線管、そして真空管等の無線技術＝電子技術へと拡大していった

のである。以下、第1次大戦前の研究活動について概観しておこう。

〔重電技術への科学の浸透〕

交流現象の科学的認識は1890年代にスタインメッツによって基本的に与えられていた。スタインメッツは交流理論の創設者であった。しかし、GERLの設立以降、重電技術には主として素材研究の点で科学が浸透していくことになった。

GERLはスケネクにおかれていた。GERLの当初の中心課題は照明技術の研究であったが、スケネクに科学研究を正規の仕事とする組織が現れたことは、工務部の活動との間に科学者と技術者の身近な接触を促進することになった。工務部に解決できなかった問題が、訓練を積んだ科学者の綿密な研究によって解決され、こうして、いわばGEの重電技術を科学技術の水準に高め、他方で科学者はGEの電気機械技術と工務部の実践的知識によって援助されるといった関係が、数年を経ずして次々に現れたのである。¹⁶⁾ こうした経験を経て、やがてGERLの研究は工務部から持ち込まれる問題の随時研究から、重電技術の基本的分野についての継続的研究に移っていった。1903年には、発電機・電動機・変圧器等に普遍的に使用される電磁石について、その芯材(core)のエネルギー損失を減少させるために多面的研究が開始された。この研究は、総額100万ドルを越える研究費が投入されて第2次大戦後まで継続され、冶金学そのものを発展るとともに、エネルギー損失を第2次大戦直後までに研究開始時の3分の1に減少させた。¹⁷⁾ また、絶縁体の研究も恒常的に取り組まれるようになった。絶縁は送電・変圧器・電動機・発電機などすべての電気機器の重要問題であったが、それまではほとんど科学的解明が与えられていなかった。1914年には研究費の7パーセントが絶縁研究にあてられたが、その頃までにはGEの使用する絶縁材料のかなりの部分がGERLの研究から生まれたものになっていた。第1次大戦前にはすでにプラスチックの研究も開始されていた。¹⁸⁾ その研究から1920年代にはアルキド樹脂がもたらされた。以上の諸研究に加えて、GERLは第1次大戦前、蒸気タービン用鉄クロム合金、高温下で使用される鋼板の耐配処理法などを開発している。¹⁹⁾

〔照明技術の革新〕

照明関係の研究は第1次大戦前のGERLの研究の中心であった。それはGERLの成立経過からいって当然であった。炭素電球をうわまわるいかなる進歩も、その特許を獲得すればGEの支配を強め、他企業の手に入ればその地位を脅かすものであったから、研究は進歩のあらゆる可能性に向けられた。

水銀蒸気灯の研究はWhitneyによってとりあげられ8カ月間継続されたのち、1901年以降、Dr. Weintranbに引き継がれた。そして5年間にわたって、水銀だけでなく各種金属蒸気の可能性が検討された。この研究は一般照明への実用化の糸口をもたすことはなかったが、GEにとっては、当面この方面からは新たな技術は現れないことを確認することもまた重要であった。しかし他方ではこの研究は多くの知識の蓄積をもた

らし、別の分野で役立つことになった。たとえば、この研究から生まれた「水銀整流器」はやがて大電力用のもっとも便利な整流器となり、GEの重電技術への貢献となった。²⁰⁾

螢光照明の可能性についても研究がすすめられた。しかし、十分な発光効率を得られる見通しが立たなかったため、まもなく中止された。²¹⁾ アーク灯の研究では1902年に進歩が現れた。GEの技術者たちが改善の余地なしと見なしていた炭素電極はマグネタイトにおきえられ、アーク灯の大幅な改善もたらされたのであった。²²⁾

電球フィラメントの改良については、当初からWhitneyによって研究が続けられていたが、最初の成功が現れたのは1904年であった。炭素フィラメントを特殊な高温処理によって改質したGEM電球（General Electric Metallized）であった。GEM電球の効率はネルンスト電球より多少劣ったがはるかに安価に製造できたため十分市場で対抗しうるものであった。1905年に販売開始されたGEM電球の販売量は1907年には400万個、1909年には1,050万個に達した。²³⁾ GEはGEM電球特許を、電球販売業者に従来の炭素電球との一括取扱いを強制する手段に用い、GEMを生産できない独立企業を流通から排除する戦略を追求した。²⁴⁾

しかし、GEM電球は究極の勝利ではもちろんなかった。金属フィラメントの研究は最初から追求されていたが、1905年以降、研究はタングステンに集中された。GEM電球が開発された1904年に、ヨーロッパで相次いでタングステン・フィラメントの特許申請が出されたからであった。²⁵⁾ GEはこの動きに対して、ネルンスト電球の場合よりもはるかに機敏に対応した。GEは一方では合衆国特許の申請をすべて買い取る戦略を追求した。幾つか出されていた申請のうち、どれが最終的に有効となるかは問題ではなかった。GEが恐れたのはネルンスト電球の二の舞を演ずることだったのである。GEは実に76万ドル（この時期のGE年利益の1割以上にあたる）を支出して、これらの特許申請を買収した。²⁶⁾

GEはかかる戦略を追求しながら、GERLにおいてタングステンの延性化研究を精力的に遂行した。タングステンは融点が摂氏3,380度と極めて高く、フィラメントに最適な金属ではあったが、同時に、極端に硬くかつもろい金属であったため、加工は極めて困難であった。ヨーロッパで現れた製法は、いわばタングステンの金属粉を一定の方法で焼結させるものであったため、フィラメントは非常にもろく慎重な扱いを必要とし、コイル状にすることも特定電圧に合うように生産することも困難なものであった。したがってGERLが行なったのは、タングステンを鋼鉄と同様に延性化し、直接引き延ばして強いフィラメントを作る方法を研究することであった。この研究にはDr. W. D. Coolidgeを中心とする20人の化学者と多数の助手が携わり、1911年までの6年間に11万7千ドルが費やされた。研究は1910年には基本的に成功していた。合衆国特許の取得は1913年であった。延性タングステン電球は1911年には販売が開始されたが、その発光効率はGEM電球の2.5倍、非延性タングステン電球の1.3倍、寿命は1,000時間であった。²⁷⁾（次表参照）。

第Ⅱ-2-5表 各種電球の効率と寿命

電球タイプ(開発年)	効 率 (ルーメン/ワット)	平均的寿命 (時 間)
炭素電球	3.0—3.4	600
ネルンスト (1897)	5.0	300,800 ⁽¹⁾
GEM (1904)	4.0	600
非延性タングステン (1904)	7.85	800
延性タングステン (1910)	10.0	1,000
ガス入り・タングステン (1913)	12.5 ⁽²⁾	1,000

(注) (1) 交流 800 時間, 直流 300 時間

(2) 100 ワットの場合。ガス入り電球の効率率はワット数の大きくなるにつれて高まった。大型のものでは20ルーメン/ワットも可能となった。

(出) Bright, *op., cit.*, pp. 169, 322-323.

タングステン電球バルブ内壁の黒色化の原因を究明するために始められた Dr. I. Langmuir の研究は、紆余曲折を経ながら、結局GEにガス入り電球をもたらした。ガス入り電球はその名称から受ける印象とは対照的に、電球バルブ内の高温下の分子、原子の挙動が綿密に研究されたときにはじめて可能となった高度の技術であった。1909年から1915年まで継続された研究には計19万5千ドルの研究費がかけられた。GEがガス入り電球特許を取得したのは1916年であった。²⁸⁾

GERLの以上の電球研究はGEの電球部門支配に決定的な手段を提供することになったことは後にみることになるが、電球の研究はそればかりでなくGEに多方面にわたる影響あるいは発展をもたらした。第1に電球の著しい改善によって電気照明の急速な普及を促し、²⁹⁾ これをつうじて電力会社の収入を増大させて中央発電所の拡大を促進し、これがGEに電気機器の需要増加となつてはねかえることになった。³⁰⁾ 第2に、電球の研究は多くの波及効果をもたらした。³¹⁾ そして、そのなかでも最大のものは、GEを真空管、X線管といった新しい電子技術の領域に導いたことであった。

〔電子技術への研究の発展〕

電子技術の発展は第1次大戦前から既に始まり、1913年には Langmuir の高真空管、Coolidge³²⁾ のクーリッジX線管が開発されているが、それらについて述べる余裕はもはやない。これらは電球の研究から派生したものであった。GERLの電子工学研究は第1次大戦から両大戦間期に急速に拡大し、AT&T、RCAと並んで、アメリカの電子技術発展の中心になっていった。電子技術の中心は通信・放送技術であったが、両大戦間期には工業への応用も部分的ながら始まっていた。³³⁾

以上、GERLの初期の研究拡大を概観した。第1次大戦終結までにはGEの工業研究は、GERLに加えて12の開発研究所・工場付属研究所によって遂行されるところまで拡大されていた。これらの研究所群が開発段階の、³⁴⁾

より具体的問題を研究することによって、GERLは最も基礎科学的な一般問題の研究を担うようになった。GERLはこれらの研究所のなかで最大であったが、他の研究所の規模もかなり大きかった。研究費でいえば、1919年、クリーブランドとハリソンの二つの電球研究所の研究費は各々、GERLの60パーセント、38パーセントであり、General Engineering Laboratoryは約25パーセント³⁵⁾であった。GEはこれらの研究所群を維持・拡大し、相互に密接な連けいを確保する組織的手続きを作ったが、それによって、企業内に保持された多数の、多面的な分野を各々担当する研究者、研究所は、どのような複雑な技術問題にも対処しうるものとして、「GEのような大電機企業の最大の強みのひとつ」³⁶⁾となった。

前項においてみたように、1890年代のGEは未だ新技術を探究する活動を恒常的な企業活動として制度化してはいなかった。主要な技術進歩はGEの運動の外部から生まれていた。このような状態は第1次大戦までには変革されていたのである。工業研究は電機独占体GEの企業活動に不可欠の一環として定着していた。

このGEにおける工業研究の拡大・定着を推進した要因を、資本の運動の側面からみるならば、それは独占支配への一貫した戦略であったように思われる。この点は第1次大戦前の研究の中心であった電球研究にみることができる。また、GERLはガス入り電球開発後も、1920年代半ばまでタングステンを上廻る金属の可能性を研究しつづけたが、それは独占体の企業内工業研究のこうした性格を示すものであった。もはやGEの電球技術を上廻る新たなフィラメントの可能性は百に一つもないと思われたが、しかし、そのようなものを「だれも発見しそうにないことを確かめること、そこに研究費をかける価値があ」³⁷⁾ったのである。

GEの独占支配戦略のひとつとしての工業研究＝科学技術戦略は、GEにとって実りの多いものであった。次項ではその一典型として、電球部門における独占支配をみてみよう。³⁸⁾

- 1) Birr, *op. cit.*, p. 35.
- 2) *ibid.*, p. 35; Bright, *op. cit.*, pp. 170-173.
- 3) *ibid.*, pp. 224-226; Wise, *op. cit.*, p. 414.
- 4) Bright, *op. cit.*, pp. 170-173, 218-225, 231; Birr, *op. cit.*, p. 34.
- 5) Wise, *op. cit.*, pp. 413-414.
- 6) Davis はライスに対し、必要な措置（経営陣への提起）をとることを要請し、次のように述べた。『スタインメッツと私は、電球やその他の問題について科学的研究をすすめる研究所を創設することは非常によい考えだと思う。あなたがそうした措置を構ずることを真剣に検討されるよう具申したい。われわれが主として考えているのは電気照明技術の改良です。……われわれは炭素電球が最良とは考えません。（また）アーク灯電極としても、炭素よりすぐれたものであるかもしれません。これらのことは、研究をしなければ正しく決定することができない事柄です。』（Hammond, *op. cit.*, p. 298; Suits, *op. cit.*, p. 452).
- 7) G. Wise の前掲論文は事実上、この視点を提起している。
- 8) W. R. Maclaurin, *Invention and Innovation in the Radio Industry*, Macmillan Co., N. Y., 1949. 山崎俊雄・大河内正陽訳『電子工業史』白揚社, 1962年, 194頁。
- 9) Broderick, *Willis Rodney Whitney*, Fort Orange Press, N. Y., 1945, p. 39; do., *Forty Years with General Electric*, pp. 92-93; C. E. Wilson, *Charles A. Coffin: Pioneer Genius of General Electric Company*, Newcomen Society, N. Y., pp. 19-20 参照。
- 10) GEの経営陣は、研究所がすでに多くの実績をあげたのにも、GEの利益状況の悪化したときには、すぐさま研究費を削減する態度をとった。次の表にみられる1907年恐慌時の利益の悪化は1893年恐慌時と比較すれば、はるかに軽微であった。研究費は年利益の5パーセントには満たなかったであろう。しかし、GE社長コフ

＜GE電機事業の純利益・投下資本利益率～1914年＞

年次	純利益	利益率	年次	純利益	利益率
1901	7,400(千ドル)	26.0(%)	1908	4,243(千ドル)	5.8(%)
1902	8,909	26.8	1909	5,550	8.4
1903	6,998	18.8	1910	9,558	13.0
1904	6,066	14.4	1911	9,386	12.3
1905	6,445	13.6	1912	9,514	10.7
1906	7,128	13.2	1913	11,903	11.6
1907	6,049	9.0	1914	10,662	10.3

(注) Federal taxes の課税開始が1909年であり、1909年以降の利益は税引前のものである。

(出) 第Ⅱ-2-1表に同じ。

- インは研究所長 Whitney に対し、『現在の恐慌 (crisis) は異常経費 (abnormal expenditure) の削減・肅清に絶好の機会である。即座にこれを利用しなければ非難されるべきことになる』と述べて、翌年の研究費を4割削減させた (Birr, *op. cit.*, p. 51)。
- 11) Whitney は1890年にMITを卒業、4年間MITで助手をし、その後ライプツィヒの Wilhelm Ostwald の下で物理化学の Ph. D. 取得、そしてソルボンヌに移り有機化学を研究、MITに戻ってコロイド化学を研究していた。GEの Whitney 採用経過を含めて、詳しくは、Wise, *op. cit.*, pp. 408, 414-415; Broderick, Willis Rodney Whitney, pp. 34-37, 40; Birr, *op. cit.*, p. 32.
 - 12) Hawkins, *op. cit.*, pp. 86-87. 機械製作室にはMITを卒業した R. Palmer が、ガラス加工・空気抽出部には同じくMIT出身の R. C. Robinson が責任者としてあてられた。
 - 13) Birr, *op. cit.*, p. 53; Broderick, *Forty Years with General Electric*, p. 95.
 - 14) 次の記述からの推定である。「年間経費は数年前に (several years ago) 10万ドルを越えた」(W. R. Whitney, 'Research as a Financial Asset,' *Scientific American Supp.*, Vol. 7 (June, 1911), p. 347), および「(研究費は) 1906年から1912年の間に倍加し、……1915年までには1906年の5倍になった」(Birr, *op. cit.*, p. 54)。
 - 15) Broderick, Willis Rodney Whitney, p. 40 のライスの言葉をみよ。
 - 16) 以上の点は、Whitney *op. cit.*, p. 346 に事例を挙げて描かれている。それはたとえば、電動機が幹線鉄道の電気機関車という大馬力の領域に入ったとき、すでに営業運転が開始されたあとで工務部が逢着した炭素ブラシ根本改良の必要性、大型タービンの原因不明の振動の究明、高圧送電の避雷設備に必要な特定部品の製造上の困難、特定形状でかつ100万オームという高抵抗の電導体を抵抗値のバラツキなく正確に製造する方法、などであった。これらはすべて解決された。Hawkins, *op. cit.*, pp. 10, 54 も参照。
 - 17) Birr, *op. cit.*, pp. 59-60; Hawkins, *op. cit.*, p. 55; Suits, *op. cit.*, p. 454.
 - 18) Birr, *op. cit.*, pp. 61-62. アルキド樹脂は絶縁用ばかりでなく、冷蔵庫の塗装、自動車下塗りに大量に使用された (Hawkins, *op. cit.*, p. 56; W. Haynes, *American Chemical Industry*, Vol. 5, D. Van Nostrand Co., N. Y., 1954, pp. 339-340, 347)。
 - 19) Hawkins, *op. cit.*, p. 56; Birr, *op. cit.*, pp. 60-61. 耐酸化処理銅板は石油分解装置、ボイラー、電気炉の材料として他産業にも使用された。
 - 20) *ibid.*, pp. 56-57; Hawkins, *op. cit.*, p. 53; Wise, *op. cit.*, p. 417.
 - 21) Birr, *op. cit.*, p. 43.
 - 22) *ibid.*, p. 36.

- 23) *ibid.*, pp. 35-36; Bright, *op. cit.*, pp. 181-183; Whitney, *op. cit.*, p. 346. 販売量については, Hammond, *op. cit.*, p. 315.
- 24) Stocking and Watkins, *op. cit.*, p. 306.
- 25) ウィーン工科大学の化学者 Dr. A. Just と F. Hanaman, 同じくオーストリアの Dr. H. Kuzel, そして, これまたオーストリアの Austrian Welabach Co. (開発者は Fritz Blau と Hermann Remané) から相次いで特許申請が出された。Bright, *op. cit.*, pp. 184-187; Birr, *op. cit.*, pp. 37-38.
- 26) *ibid.*, p. 38; Bright, *op. cit.*, pp. 192-193. Hammond, *op. cit.*, p. 335 は特許買収費用の総額を 150 万ドルとしているが, ここでは少ない方をとっておく。
- 27) Hawkins, *op. cit.*, pp. 25-27; Birr, *op. cit.*, pp. 38-39; Bright, *op. cit.*, p. 194.
- 28) Birr, *op. cit.*, pp. 40-42; Bright, *op. cit.*, pp. 317-323; Hawkins, *op. cit.*, pp. 34-40; A. ローゼンフェルド (兵藤訳)『ラングミエアー伝—ある企業研究者の生き方』(1978年), 105-123頁。
- 29) Bright, *op. cit.*, pp. 211-213.
- 30) 本節第(1)項の注2と注18参照。
- 31) たとえば, 電球内の原子の挙動の研究からは, 従来困難であったアルミニウムやクロムの溶接を可能にする水素原子溶接法が生まれた。また延性タングステンには多様な用途がひらかれた。タングステンは真空管, X線管に不可欠の金属となった。また, 自動車の点火システムへの応用も開発された。タングステンによって点火システムのはじめて故障のない実用的なものになり, GEはその部品を1912年に販売開始し, 2年後には年間200万個も生産していた。タングステンは小型強力な自動車用ヘッドライトにも不可欠となった。Hawkins, *op. cit.*, pp. 47-48, 53, 149; Birr, *op. cit.*, p. 58.
- 32) Maclaurin, 前掲邦訳, 126-127, 196-200頁; Birr, *op. cit.*, pp. 45-51, 97ff; Hawkins, *op. cit.*, pp. 48-80 などを参照されたい。
- 33) GEの開発したサイラトロンは大電流制御器として重電技術に使用され, また光電管と組み合わせられて, プロセス・コントロール, カウンティング, 製品検査, 分類などの作業を自動化する数百の用途が開発された (Suits, *op. cit.*, p. 454; Hawkins, *op. cit.*, p. 81; *Technological Trends and National Policy* (75th Cong., 1st Session, House Doc. No. 360), Washington, 1937, pp. 321-323)。また, GEの開発した高出力X線管が重量鋼材の迅速な欠陥検査→大量生産に本格的に威力を発揮したのは第2次大戦中であったが, 1930年代にはその使用が始まっている (*ibid.*, p. 323; Hawkins, *op. cit.*, pp. 69, 107-108)。
- 34) スケネクにはGERLのほか, Insulations Laboratory, General Engineering Laboratory, Illuminating Laboratory, Testing Laboratory, Consulting Engineering Laboratory の五研究所が, リン, ハリソン, ビッツフィールド, エリ

- 一、クリーブランドの各工場には付属研究所があった (Birr, *op. cit.*, pp. 82-83)。
- 35) *ibid.*, p. 83.
- 36) *ibid.*, p. 81-82. 各研究所の活動の連けい。情報交換などの組織については, Hawkins, *op. cit.*, p. 102. も参照。
- 37) Birr, *op. cit.*, pp. 42-43.
- 38) 電球はひとつの典型であるが、ラジオ放送機器・受信器生産に対するGEの行動も同様のものである。L. S. Reich, 'Research, Patents, and the Struggle to Control Radio: A Study of Big Business and the Use of Industrial Research,' *Business History Review*. Vol. 51 (1977), pp. 208-235.