



戦間期日本企業の研究開発能力の構築 : レーヨン工業を中心として

平野, 恭平

(Citation)

国民経済雑誌, 209(2):67-81

(Issue Date)

2014-02

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81008959>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81008959>



戦間期日本企業の研究開発能力の構築

——レーヨン工業を中心として——

平 野 恭 平

国民経済雑誌 第209巻 第2号 抜刷

平成26年2月

戦間期日本企業の研究開発能力の構築

——レーヨン工業を中心として——

平 野 恭 平

戦間期日本のレーヨン工業は、欧米から導入した技術を速やかに消化・吸収し、自立的発展につなげることによって、急速な発展を遂げた。レーヨン企業は、レーヨンが新しい技術であったため、大学や高等工業学校に頼りながら導入技術の受容を進め、そのプロセスの中で、化学技術者層を形成し、高等教育機関のそれに類する研究活動を移植して、その後の自立的発展を可能にする研究開発能力を構築していた。

キーワード レーヨン工業，研究開発能力，化学技術者，産学関係

1 は じ め に

第1次大戦中、染料、肥料、ソーダなどと並び新興化学工業の1つとして勃興した日本のレーヨン工業は、欧米より遅れて工業化したにもかかわらず、人絹糸（レーヨン・フィラメント）が1937年に、スフ（レーヨン・ステープル）が1938年に生産量で世界一を記録するまでに成長した。その急速な成長を可能にした要因としては、①市場、流通構造、資本などでの絹綿業の高い発展度の活用、②財閥系商社の支援、③1920年代の薬品と電力、1930年代の賃金と為替の傾向的下落の結合、④完成の域に達していた欧米技術の導入、⑤その技術をめぐる累積的な革新¹⁾などが挙げられる。産業基盤や外部条件を別とすれば、導入技術の受容や技術の累積的な革新は、日本のレーヨン企業の主体的な努力によって成し遂げられた大きな成果であった。

レーヨン工業に限らず、戦間期、日本の化学工業や電気機械工業では、技術導入を通じて急速に技術発展を遂げ、次第に自主的な技術開発に向かっていったが、一般的に、そのプロセスは、技術者層の形成と研究活動の制度化を中心に説明される。この点は、科学の生産活動への応用の動きとも関連しており、20世紀初頭のアメリカの大企業では、その第1段階として、分析、標準化、品質管理のための実験室の設置や訓練された技術者の採用、第2段階として、実験室の職能からの製品・製法開発の分離や大学での研究活動と企業での生産活動の結合などがみられ、工場から独立した組織として研究室ないし研究所をもつことが多くみられるようになっていた。この動きに対応する形で、日本企業も、概ね同様の展開をたどっ³⁾

ていたといえる。

本稿では、戦間期のレーヨン企業の研究開発能力の構築について、技術者層の形成と研究活動の制度化を中心に、高等教育機関の役割を踏まえながら考察する。レーヨン工業の先発6社の技術確立には、①輸入機械・情報と自主技術の結合型（1918年設立の帝国人造絹糸）、②資本参加・重役派遣をともなう技術導入型（1922年設立の旭絹織）、③機械輸入・技術指導を通じての技術導入型（1926年進出の東洋レーヨン、日本レイヨン、東洋紡績、倉敷絹織）の3つの類型がみられた。⁵⁾ 本稿では、繊維化学をリードしていく京都帝国大学工学部工業化学科と緊密な関係を築いていた東洋紡績と倉敷絹織を取り上げ、③の類型を中心に考察するが、技術者層の形成、研究活動の制度化、高等教育機関との関係は共通の課題であり、①と②の類型でも同様の指摘ができると考える。⁶⁾

2 東洋紡績の事例

天然繊維を扱う東洋紡績にとって、化学的な活動といえば、小規模な化学実験室で糊材や紡績に関係する化学物質の検査を行う程度であった。ビスコース・レーヨン工場の原液工程と紡糸工程では、化学工業で用いられる装置が応用され、化学的な素養をもつ技術者を必要とした。⁷⁾ 東洋紡績では、1926年にドイツのオスカー・コーホン社から技術導入を行って堅田工場を新設する際、社内に化学技術者がいなかったため、東京帝国大学工学部応用化学科から2人、浜松高等工業学校応用化学科から1人の化学技術者を採用し、社内には紡績の機械技術者と一丸となってレーヨン技術の習得に努めた。しかし、操業開始当初、同社の人絹糸は、工業生産上、強伸度をかなりの程度犠牲にして糸の均一性を重視したため、乾燥時1.2g/d、湿潤時0.5-0.6g/dと強力が出ず、手触りも悪かった。⁸⁾ そこで、東洋紡績は、リスクを避けるため、1928年3月に完成間もない堅田工場を昭和レーヨンとして独立させた。加えて、工場ではオスカー・コーホン社からの派遣外国人の指示で動くだけであったため、専務取締役の関桂三が中学校の同級生で京都帝国大学工学部工業化学科教授の喜多源逸に協力を依頼し、同年4月に喜多研究室でビスコース・レーヨンの化学組成の研究を行っていた富久力松が入社した。⁹⁾

富久力松は、入社後、チェコ人化学技術者から化学工程のコントロールの指導を受けながら、それまでの研究を「ヴィスコースの研究」として博士論文にまとめ、1929年3月に京都帝国大学から工学博士を授与された。当時、人絹糸の強力を向上させる方法として、濃硫酸の中で糸を引き伸ばして強化するリリエンフェルド法があったが、富久力松は、チェコ人化学技術者が帰国した1930年、自らの博士論文に基づいて紡糸の糸道角度を変更したところ、糸の強力は乾燥時1.8g/d、湿潤時0.8-1.0g/dにまで向上した。¹⁰⁾ 手触りは、オリーブ油のエマルジョンの利用によって改善した。また、凝固浴にグルコースを相当な濃度で添加するこ

とによって糸価が10円/百ポンドも高くなっていた問題は、その効果が疑わしいために使用を中止した。その後も、富久力松は、機械技術者と化学技術者の協力の下に、大学での基礎研究を踏まえて導入技術の改良を進め、浸漬圧搾機の採用による浸漬工程と圧搾工程の連続化、バキューム・ニーダーの採用による硫化工程と溶解工程の連続化、ケーキ精練による繰繰工程の省略、ポット・モーターの改良による紡糸速度の向上、沈殿法の考案による苛性ソーダの回収などによって、100円/百ポンド以上であったコストは大幅に低下し、1932年には58円/百ポンドにまで下がっていた。¹¹⁾

富久力松の入社は、経験的に行われていたレーヨン工場の操業を科学的に行う転機となった。当時の日本の化学では、レーヨン工業で取り扱うベトベトした繊維素の溶解物についての本質が理論的に説明され始めたところであり、薬品の温度、用量、放置時間、脱泡などと人絹糸の品質の関係は十分に説明されていなかった。富久力松が、導入技術について「自信をもって変更しえたのは、大学における基礎的研究の成果で …中略… 私の思うとおりにやらしてもらえた」¹²⁾と語っているように、経営陣の化学に対する理解は浅く、技術者の発言が経営に重きをなし、学術的基礎に基づいて様々な試みを行うことができた。1人の主導的技術者の存在がレーヨン技術の確立に貢献したが、堅田工場の増設、敦賀工場や岩国工場の新設など、その後の事業拡大の中では、個人としての対応に限界があり、組織的に生産管理と研究活動を遂行するため、大学や高等工業学校からの採用を増やし、化学技術者層を形成していった。東洋紡績には、九州帝国大学卒や大阪帝国大学卒の化学技術者もいたが、最大のグループは京都帝国大学卒であり、表1に示されるように、1931年から1937年まで毎年、京都帝国大学工学部工業化学科、特に喜多研究室から卒業生（17人のうち12人、一門の櫻田研究室を含めると15人）を採用しており、富久力松の採用以降、同研究室との関係が築かれていたことの一端がうかがえる。

また、レーヨン工業はその性格から化学研究を必要としており、高等教育機関からの技術者の継続的な採用が、企業内での研究活動の定着と組織の構築に寄与した。1930年、昭和レーヨンは、「化学的研究、発明及調査ヲナシ製品ノ改良向上及生産費ノ低減ニ資スルコト …中略… 化学工業タル以上品質ノ根本的ノ改良、諸薬品廃物ノ回収等ハ化学的ノ研究」¹³⁾を必要とすることから、堅田工場内に昭和レーヨン化学研究所を設置した。研究所長には富久力松が就任し、レーヨン研究の指揮を執った。同研究所では、当初、化学技術者の数が限られていたこともあり、凝固浴の改良と薬品回収の研究を中心とする生産現場の要請に密接に関連した改良研究に集中していたが、社内の技術者の増加とともに、単繊維の細糸化、艶消糸、マルチ糸、中空糸などの製品フルライン化、さらには、スフの開発、アルカリ・セルロースの高温老成や芒硝電解といった生産工程の合理化など、1932年頃からレーヨン関係の新しい製品や生産技術の研究開発を行うようになった。¹⁴⁾この高温老成と芒硝電解の研究は大学卒の

表1 1937年11月時点で東洋紡績に所属していた大学工学部応用化学科卒の化学技術者

氏名	卒業年	入社年月	出身研究室	企業内活動 (1937年11月時点)			研究テーマ
				所属	工場	研究所	
高久力松	1923年	1928年4月	喜多	工務部人絹課長	①	②	レーヨン (1930-1936)
S. N.	1926年	1936年5月	喜多	科学研究所化学主任	×	①	有機合成化学 (1936-)
J. O.	1928年	1931年1月	喜多	岩国工場主任	①, ③	②	レーヨン (1931-1933)
S. M.	1928年	1933年3月	喜多	科学研究所所員	×	①	再生絹糸 (1933-1936)
T. U.	1931年	1932年2月	喜多	工務部人絹課員	×	①	再生絹糸 (1932-1933)
F. F.	1931年	1931年4月	喜多	科学研究所所員	×	①	タイヤ (1933-)
K. Y.	1932年	1933年3月	喜多	科学研究所所員	②	①	再生絹糸 (1933-1935)
E. N.	1932年	1932年4月	喜多	敦賀工場工務掛	②	①	再生絹糸 (1932-1936)
T. S.	1933年	1933年3月	喜多	岩国工場工務掛	①	×	-
T. F.	1933年	1933年3月	不明	科学研究所所員	①	②	繊維酢化 (1936-)
S. M. *	1934年	不明	喜多	工務部附大阪毛織勤務	-	-	-
S. N.	1934年	1934年3月	櫻田	岩国工場工務掛	②	①	レーヨン (1934) → 高温老成 (1934-1937)
T. K.	1934年	1934年	櫻田	科学研究所所員	×	①	合成染料 (1935-)
J. T.	1934年	1934年	中沢	科学研究所所員	×	①	芒硝電解 (1935-)
H. T.	1935年	1935年	喜多	堅田工場工務掛	①	×	-
Y. K.	1936年	1936年3月	喜多	岩国工場作業実習	①	×	-
S. K.	1937年	1937年3月	櫻田	科学研究所作業実習	×	①	不明
(以上、京都帝国大学工学部応用化学科卒業生)							
T. O.	1926年	1926年	不明	敦賀工場主任	①	×	-
H. O.	1926年	1926年	不明	死亡	①	×	-
S. Y.	1934年	1934年3月	不明	岩国工場工務掛	①, ③	②	レーヨン (1934-1936)
H. O.	1936年	1936年3月	不明	科学研究所作業実習	×	①	麻代用繊維 (1936-1937) → タイヤコード (1937-)
W. M.	1937年	1937年3月	不明	科学研究所作業実習	×	①	不明
(以上、東京帝国大学工学部応用化学科卒業生)							
K. S.	1922年	不明	不明	科学研究所所員	×	①	染色・加工
Y. O.	1935年	不明	不明	名古屋工場工務掛	-	-	-
(以上、九州帝国大学工学部応用化学科卒業生)							
M. N.	1934年	不明	不明	堅田工場工務掛	①	×	-
(以上、大阪帝国大学工学部応用化学科卒業生)							

(資料1)：秋山隆太郎編『大阪工業倶楽部会員名簿』大阪工業倶楽部，1939年。

(資料2)：伊藤光二『東洋紡・研究史——昭和前期——(昭和初めより戦後の再開迄)』東洋紡績株式会社研究総括部，1993年。

(資料3)：京都帝国大学工学部工業化学教室『工化會々員氏名録 昭和十三年度用』京都帝国大学工学部工業化学教室，1937年。

(資料4)：東京帝国大学工学部応用化学教室編『東京帝国大学工学部応用化学科卒業生、職員及學生名簿』東京帝国大学工学部応用化学科教室，1940年。

(資料5)：東洋紡績株式会社編『職員録』東洋紡績株式会社，各年版。

(資料6)：渡辺恵弘・上村英明・木下共武編『九州帝国大学工学部同窓會 會員名簿』九州帝国大学工学部同窓會，1941年。

(注1)：出身研究室欄の中沢良夫は1914年から工業電気化学講座(電気化学、化学肥料、無機工業薬品、喜多源造は1918年から有機天然化学講座(油脂、石油化学)、1933年から有機製造化学講座(染料化学、纖維化学、製紙化学)、櫻田一郎は1933年から工業生化学講座(酵母、石炭ガス)を担当していた。

(注2)：工場・研究所欄の①、②、③は、所属の順序を示している。

(注3)：氏名欄の*は、1937年11月時点でレーヨン以外の事業に所属していることを示している。

技術者に担当させ、新設の岩国工場にその成果を取り入れ、担当者が工場に移り稼働させた。

一方、東洋紡績でも、レーヨン以外の研究を行うため、1931年1月、堅田工場内に東洋紡績化学研究所を設立し、富久力松が研究所長を兼務した。レーヨン技術の確立後、新しい研究を促進する目的から、1933年9月に2つの化学研究所と本社研究課材料試験室を統合し昭和化学研究所に改組した。同研究所の設立予算は100万円であり、その陣容と設備は富久力松に委ねられた¹⁵⁾。1934年6月には、東洋紡績が業績の安定した昭和レーヨンを吸収合併したため、同研究所を東洋紡績科学研究所に改称した。レーヨン以外では、1931年から絹糸紡績の屑糸を有効利用する再生絹糸の研究が始められ、綿タイヤコードから派生したタイヤや撚糸技術に基づくカタン糸など、既存の製品・技術に関連した研究が行われていた。そのうち再生絹糸の研究では、社内に適切な技術者がいなかったため、レーヨンと同様に関桂三が喜多源逸に協力を要請し、同研究室から再生絹糸を研究していた4人を採用した。この研究は、1936年5月に富久力松が本社工務部人絹課長としてレーヨンを含む化学分野の統括の地位に就いた際、後任の研究所長によって中止されたが、それまでの研究が縮小する中で、技術者はレーヨン、その原料遡及のパルプ、新繊維のアセテートといった化学繊維関係の研究テーマに変更しており、結果として、東洋紡績の化学繊維研究の陣容を厚くすることになった。¹⁶⁾

大学での研究経験のある富久力松の採用によって、東洋紡績には比較的早くから研究活動の萌芽があった。それは、レーヨン工業と化学研究の不可分性から、その後の化学技術者の継続的な採用を通じて企業内に定着し、組織の構築とともに推進された。研究所の人員（職員以上）は、1932年の7人から1937年の28人、1938年の45人に増加していた。大学卒の化学技術者について、表1をみると、レーヨン事業に関係する23人のうち17人（73.9%）が研究所での研究活動、12人（52.2%）が工場での生産管理に従事した経験をもち、研究所と工場の異動は主に新規研究の開始、研究成果の工業化、研究の中止などの理由によって行われており、人材配置方針は研究活動の方に次第に比重が移されていった。一方、工場の生産管理をみると、操業の安定した堅田工場や敦賀工場では、大学卒の化学技術者の配置を減らし高等工業学校卒の化学技術者が中心となっていたが、新設の岩国工場では、最新の技術を取り入れたこともあり、大学卒の化学技術者の配置が目立った¹⁷⁾。1930年代、大学から企業への人と知識の流れの中で、企業は、工業が先行していたレーヨン技術の学術的根拠を獲得し、合理的な生産工程、科学的な操業と生産管理、研究開発の体制を確立し、科学を工業に積極的に取り入れたことが、レーヨン技術の自立的発展の大きな力となった。

3 倉敷絹織の事例

1926年1月、倉敷紡績もレーヨン工業への進出を決定し、6月に倉敷絹織を設立した。経営陣の多くは、レーヨン工業が厳重な秘密主義を採っていたこと、仮に外国から技術導入が

できたとしても社内にそれを受け入れる化学技術者がいないことから、慎重な姿勢をみせていた。そこで、倉敷紡績では、京都帝国大学工学部工業化学科教授の福島郁三に協力を要請し、1925年5月に同社保健課の上羽豊三郎を福島研究室に派遣するとともに、福島郁三の推薦により同学科から根来謙三、高城茂一郎、中村道雄が入社した。9月末には京都にレーヨン研究のための京化研究所を設立し、福島郁三の指導の下、10人の技術者が設備費・研究費¹⁸⁾20万円超をかけてレーヨン生産の基礎研究を開始した。

京化研究所では、当初こそ凝固浴の温度を上げるという基礎的なことも分からない状態であったが、1926年6月頃になると、強力1.2g/d、太さ8デニール程度であったが、1日に約50-60緞の人絹糸を生産できるようになっていた。ただ、レーヨン工場の建設には外国から機械設備を購入する必要があったため、フランスのストラスブール社のランボーズ式を採用したが、派遣外国人に頼らず京化研究所で培った技術力に基づいて、倉敷工場の機械の据え付けから操業後の生産管理まで行った¹⁹⁾。しかし、ランボーズ式の最大の特徴であるポット・モーターの7,200回転/分は実現できず、生産高も少なかったため、コストが150円/百ポンドと他社よりもかなり高く、品質も劣っていた。倉敷絹織では、大学卒の機械技術者と化学技術者を中心として、ポット・モーターの改良による7,200回転/分の実現、友成九十九によるローラーガイドを用いた緊張紡糸法の考案、根来謙三による縦引紡糸法の考案、ハイビッチ式とセリニ式の回収機を用いた苛性ソーダの回収など、1930年中に生産技術の改良を進めた。また、巻取工程と精練工程の間の前乾燥工程の廃止、凝固浴に添加していたグルコースの使用中止など、科学的根拠の乏しい工程の合理化を進め、浸漬圧搾機やバキューム・ニーダーの採用による工程の連続化の試みもみられた。その結果、生産コストは59.2円/百ポンドとなり、湿潤時0.3g/dと弱かった強力も0.6-0.7g/dにまで向上した²⁰⁾。

福島郁三の指導とその学生の採用は、導入技術の消化・吸収と独自の工夫を可能にし、レーヨン技術を確立する基礎となった。また、例えば、中村道雄が新居浜工場の新設時に製造課長として、西条工場の新設時に工場長として移ったように、創立時の化学技術者は事業拡大面も支えていた²¹⁾。しかし、大原孫三郎の唱える工場分散主義により各工場の「技術の特長を發揮させ、そして批判して新工夫をさせ …中略… 技術的の競争、技術員の發見、技術的進歩²²⁾」を図るには、さらに多くの化学技術者を必要とした。倉敷絹織でも、1931年以降、表2に示されるように、京都帝国大学工学部工業化学科、主に福島郁三が同大学に在籍した1933年までの卒業生（13人のうち5人が福島研究室）を採用し、その後は喜多研究室や櫻田研究室から卒業生を採り、高等工業学校からの採用も増やしていった。

また、倉敷絹織でも、研究活動の定着と組織の構築がみられた。福島郁三が「化学纖維を製造する会社にとって何より大切な生命ともいふべきものは、撓みなき研究活動であることを終始確信唱導²³⁾」していたこともあり、倉敷工場には早くから研究室が置かれていた。1933

表2 1937年11月時点で倉敷絹織に所属していた大学工学部応用化学科卒の化学技術者

氏名	卒業年	入社年月	出身研究室	企業内活動 (1937年11月時点)			研究テーマ
				所属	工場	研究所	
福島郁三	1909年	1933年	-	取締役	×	①	レーヨン
根来謙三	1922年	1926年6月	福島	調査課	②	①	レーヨン (1925-1927)
高城茂一郎	1925年	1926年6月	福島	大阪出張所	②	①	レーヨン (1925-1927)
中村道雄	1926年	1926年6月	福島	西条工場工場長	②	①	レーヨン (1925-1927)
Y. T.	1927年	不明	喜多	中央研究所所員	×	①	不明
堀尾正雄	1928年	1935年7月	福島/喜多	中央研究所所員	×	①	二浴緊張紡糸法 (1936-)
Y. S.	1928年	不明	不明	中央研究所所員	×	①	アセテート (1931-)
Y. M.	1930年	不明	中沢	西条工場製造課長	①	×	-
M. S.	1931年	不明	不明	岡山工場	○	不明	不明
S. N.	1932年	1932年4月	福島	不明	不明	不明	不明
K. W.	1933年	不明	不明	中央研究所所員	不明	○	不明
T. H.	1933年	不明	不明	調査課	不明	不明	不明
T. O.	1936年	1936年4月	櫻田	不明	不明	不明	不明
S. K.	1937年	1937年3月	喜多	中央研究所所員	×	①	不明
(以上、京都帝国大学工学部工業化学科卒業生)							
S. T.	1935年	不明	不明	中央研究所所員	不明	不明	不明
N. S.	1937年	1937年	不明	中央研究所所員	×	①	不明
(以上、大阪帝国大学工学部応用化学科卒業生)							
H. I.	1932年	1933年3月	不明	大阪出張所	不明	不明	不明
(以上、東北帝国大学工学部応用化学科卒業生)							

(資料1)：秋山隆太郎編『大阪工業倶楽部會員名簿』大阪工業倶楽部，1939年。

(資料2)：京都帝国大学工学部工業化学教室工化會編『工化會々員氏名録 昭和十三年度用』京都帝国大学工学部工業化学教室工化會，1937年。

(資料3)：株式会社クラレ社史編纂部編『クラレ60年史』未定稿，株式会社クラレ，1987年。

(資料4)：九葉會編『九葉會會員名簿』九葉會，1937年。

(注1)：出身研究室欄の福島郁三は，1914年から1933年まで有機製造化学講座（染料化学，纖維化学，製紙化学）を担当していた。

(注2)：出身研究室欄の中沢良夫，喜多源逸，櫻田一郎については，表1を参照していただきたい。

(注3)：工場・研究所欄の①，②は，所属の順序を示している。

年4月には本社・工場の機構改革の一環として研究課を設置して、研究領域を一般化学繊維にまで拡大し、翌年10月には研究課を研究所として倉敷工場から独立させて、研究領域を繊維工業から化学工業に拡大した。この背景には、1928年秋頃から問題となっていた紡糸系の眼疾があり、労働者の環境改善に尽くしてきた社長の大原孫三郎が、研究室に対してレーヨンを生産する際に二硫化炭素のガスが発生しないようにするか、二硫化炭素を使用しない化学繊維を研究するように強く指示を出していたことがある。それを受けて、1931年8月からアセテート研究を開始していたが、研究所の設立時までの主たる研究は、工場の操業に直接関係のある生産工程の連続化・合理化と薬品回収であった。福島郁三が研究所長を務めた1937年9月までをみると、アセテートやパルプの研究も行われていたが、友成九十九を中心として事業拡大とともに生じる課題に応じつつ、単繊維の細糸化、製品のフルライン化、スフの開発、アルカリ・セルロースの高温老成と高速粉碎や芒硝電解といった生産工程の合理化など、生産現場の要請から少し離れたレーヨン関係の研究開発を行うようになっていた。その中には、堀尾正雄によって1936年8月に開始された二浴緊張紡糸法という革新的なレーヨン製法の研究もみられた²⁴⁾。新設の西条工場や岡山工場では、アルカリ・セルロースの高温老成法やケーキ精練によるコーン製品化など、研究所の成果が取り入れられた²⁵⁾。

倉敷絹織では、技術導入以前から自主的な研究活動が行われており、その動きは、大学での研究経験のある福島郁三や留学経験のある友成九十九の指導の下に、技術者層の形成と研究組織の拡充を通じて強化されていった。研究所は、1939年に41人が在籍するまでに拡大していた。ただし、研究活動は、合成繊維を含む新繊維の探索を除けば、レーヨン関係に限られていた。大学卒の化学技術者について、不明も少なくないが表2をみると、17人のうち10人(58.8%, 不明6人)が研究活動、5人(29.4%, 不明6人)が生産管理に従事した経験をもっていた。倉敷絹織では、創立時の化学技術者が工場の操業を担い、工場の新設時には立ち上げに協力して、そこに若干の大学卒とともに多くの高等工業学校卒を配置し、大学卒の化学技術者に対しては、研究活動の方に比重を置いた人事配置方針が採られていたと推察される。倉敷絹織でも、高等教育機関から化学技術者と科学知識を取り入れ、合理的な生産工程、科学的な操業と生産管理、研究開発の体制を確立し、大原孫三郎や福島郁三が研究活動を重視する中で、独自の工夫や先端的な試みを積極的に行い、レーヨン技術の自立的発展を実現した。

4 レーヨン工業にみられた特徴と他社の動向

以下では、東洋紡績と倉敷絹織にみられた研究開発能力の構築の特徴について、他社の動向も簡単に考察しながら整理する。

第1の特徴は、技術を確立する際に特定の高等教育機関と企業の協力関係がみられたこと

である。1920年代中頃まで、大学でレーヨンを研究テーマとして取り上げていたのは、東京帝国大学工学部応用化学科教授の厚木勝基、京都帝国大学の福島郁三と喜多源逸、大阪高等工業学校応用化学科教授の朝比奈晃十など、高等工業学校を含めても非常に少なく、限られた範囲の人脈が活用されることになった。先発他社をみると、帝国人造絹糸は厚木勝基、米沢高等工業学校教授の秦逸三、旭絹織は朝比奈晃十、東洋レーヨンは厚木勝基、東京帝国大学大学院生の種村功太郎、桐生高等工業学校教授の小沢武、日本レイヨンは京都高等工芸学校教授の萩原清彦、後に喜多源逸の協力を得ていた。彼らが社外からの助言者あるいは入社してリーダーとなって、またその門下生が担い手として企業に送り込まれ、レーヨン技術の確立に貢献した。彼らは、高等教育機関での研究経験があったことから、研究の重要性を説き、企業に研究活動を移植し定着させることにも寄与し、各社とも1930年代の研究所の設立以前から研究活動を開始していた。

事業拡大の段階に入っても、先発各社は、その人脈を駆使して、化学技術者の採用を続けた。この関係について、表3をみると、1937年時点の米沢高等工業学校応用化学科が帝国人造絹糸7人（色染科を含めると10人）、1939年時点の東京帝国大学工学部応用化学科が東洋レーヨン6人、1939年時点の桐生高等工業学校応用化学科が同7人、1937年時点の大阪帝国大学工学部応用化学科（旧・大阪高等工業学校応用化学科）が旭ベンベルグ絹糸5人となっており、勤務者数という点では、初期の関係が1つの基礎となっていた様子がうかがえる。特定の高等教育機関からの継続的な化学技術者の採用は、「年齢が接近しており、中間のややこしい職制がなかったうえに …中略… みな狭い範囲の学校を出た先輩後輩の間柄²⁶⁾」であったため、まとまりのよい技術者層を形成することを可能にした。ただし、日本レイヨンでは、技術者層形成の遅れと内部対立から1930年に萩原清彦をはじめ10数人の技術者が退社し、喜多源逸に協力を求めて技術陣を再編した。²⁷⁾その後、日本レイヨンと大日本紡績は、喜多研究室からの採用を進め、1937年時点で前者に6人、後者に8人が在籍していた。

日本のレーヨン工業は、ヨーロッパでのビスコース法の基本特許失効とレーヨン機械工業の発展という好条件を利用し、優れた機械設備の輸入をてことして技術発展を遂げたといわれる。しかし、機械設備に付帯して導入された技術を消化・吸収し自立的発展につなげる受容能力を企業に備えさせたという点では、日本の教育機関が果たした役割も重要であった。²⁸⁾また、1933年以降の後発参入の際には、多くの大学や高等工業学校がレーヨン工業に量的・質的に十分な化学技術者を供給するようになっていたことも、レーヨン工業の発展にとって重要であった。

第2の特徴は、大学卒に加えて多くの高等工業学校卒の化学技術者を採用していたことである。先発6社では、表3をみると、大学卒94人に対して、その約1.9倍の175人の高等工業学校卒の化学技術者が勤務しており、工場でも研究所でも高等工業学校卒の技術者が多くなっ

表3 応用化学科卒業生の先発6社への勤務状況

(単位：人)

学校	学科	調査時点	倉敷組織	東洋 レーヨン	帝国 人造絹糸	旭ベンベルグ 絹糸	東洋紡績	日本 レイヨン
東京帝国大学工学部	応用化学科	1939年	0	6	3	0	5	1
京都帝国大学工学部	工業化学科	1937年	14	0	5	9	17	6
九州帝国大学工学部	応用化学科	1940年	0	1	0	1	1	2
東北帝国大学工学部	応用化学科	1937年	1	4	1	1	0	0
大阪帝国大学工学部	応用化学科	1937年	3	2	3	5	2	1
小計			18	13	12	16	25	10
東京工業大学	染料化学科	1940年	0	0	1	0	1	0
	応用化学科	1940年	0	10	3	1	1	0
	電気化学科	1940年	0	1	1	1	0	0
	色染科	1937年	3	3	1	4	3	2
	色染科	1937年	1	1	1	0	0	1
	色染科	1937年	0	2	3	2	0	0
	色染科	1937年	5	0	7	1	2	1
	応用化学科	1937年	0	0	1	1	2	1
	色染化学科	1939年	0	0	1	1	2	1
	応用化学科	1939年	2	7	2	3	1	3
京都高等工業学校 名古屋高等工業学校 米沢高等工業学校 桐生高等工業学校 横浜高等工業学校 広島高等工業学校 金沢高等工業学校 浜松高等工業学校 徳島高等工業学校 長岡高等工業学校	応用化学科	1937年	0	6	3	2	0	2
	応用化学科	1937年	6	1	5	3	4	1
	応用化学科	1939年	7	2	3	8	2	0
	応用化学科	1937年	4	5	2	3	3	0
	応用化学科	1937年	5	0	1	1	0	1
	応用化学科	1937年	4	1	1	1	1	1
	小計		37	39	35	31	20	13
	合計		55	52	47	47	45	23

(資料1)：佐々田重三編『大阪工業倶楽部會員名簿』大阪工業倶楽部，1937年。

(資料2)：社団法人蔵前工業會編『蔵前工業會 會員名簿』社団法人蔵前工業會，1940年。

(資料3)：九葉會編『九葉會會員名簿』九葉會，1937年。

(資料4)：京都帝國大學工業部化學教室編『工業會々員氏名録』京都帝國大學工業部化學教室工業會，1937年。

(資料5)：東京帝國大學工業部應用化學科教室編『東京帝國大學工業部應用化學科卒業生、職員及學生名簿』東京帝國大學工業部應用化學科教室，1940年。

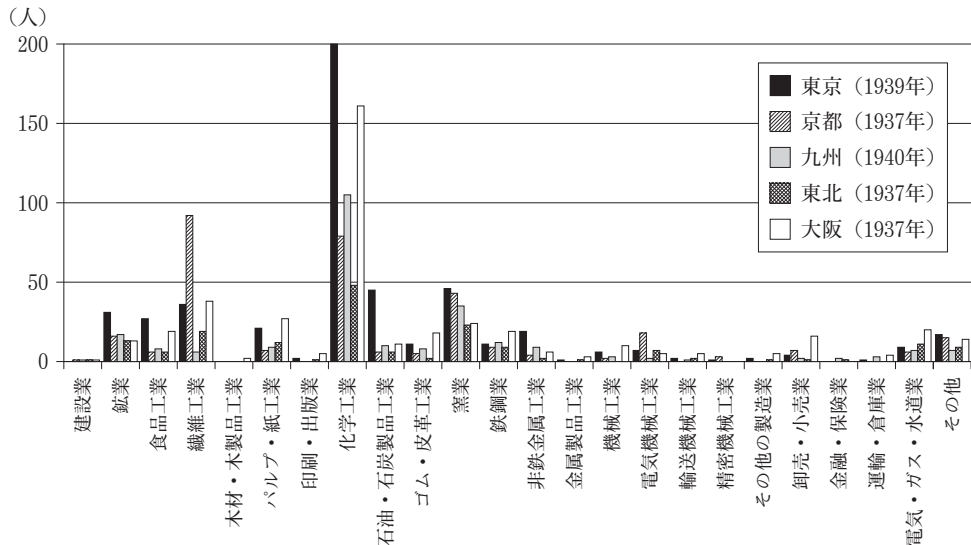
(資料6)：渡辺恵弘・木下共武編『九州帝國大學工業部同窓會 會員名簿』九州帝國大學工業部同窓會，1941年。

(資料7)：各高等工業學校編『高等工業學校一覽』各高等工業學校，各年版。

(注1)：東洋紡績については，化学纖維に關連する本社部署，工場，研究所などに所屬する者のみを集計している。

(注2)：大阪帝國大學工学部應用化学科については，前身の大阪高等工業學校應用化学科の卒業生も含めてゐる。

図1 帝国大学工学部応用化学科卒業生の産業別勤務状況



(資料1)：佐々田重三編『大阪工業倶楽部会員名簿』大阪工業倶楽部，1937年。

(資料2)：九葉會編『九葉會會員名簿』九葉會，1937年。

(資料3)：京都帝國大學工学部工業化學教室工化會編『工化會々員氏名録』京都帝國大學工学部工業化學教室工化會，1937年。

(資料4)：東京帝國大學工学部應用化學科教室編『東京帝國大學工学部應用化學科卒業生，職員及學生名簿』東京帝國大學工学部應用化學科教室，1940年。

(資料5)：渡辺恵弘・上村英明・木下共武編『九州帝國大學工学部同窓會 會員名簿』九州帝國大學工学部同窓會，1941年。

(注)：大阪帝國大學工学部応用化学については，前身の大阪高等工業学校応用化学科の卒業生も含めている。

ていた。1つの傾向として，大学卒の技術者には，上級技術者として本社・工場レベルでの統括・管理，工場新設や新技術採用時の立ち上げ，研究所での研究リーダーや新規ないし高度の研究開発などにあたらせることが多くみられた。一方，高等工業学校卒の技術者には，中級技術者として現場レベルの生産管理や広く研究活動全般を委ねることが多くみられた。ただし，この人事配置方針は，固定化されたものではなく，大学卒の化学技術者でも現場レベルの生産管理に長期間携わった者，高等工業学校卒の化学技術者でも工場レベルの管理者，後には経営幹部になった者もいれば，研究所で新規の研究開発に従事した者もみられた。レーヨン工業は誕生から間もなく，若い組織であったため，人事配置方針は固定化されたものではなく，経営の内部事情や個人の資質に応じて弾力的に運用されていた面もあった。

企業内の化学技術者の増加は，大学卒以上に高等工業学校卒の採用によるところが大きかった。それが，生産現場での技術改良や科学的・合理的な生産管理を可能にし，研究活動では，大学卒の技術者を中心としつつ，その定着と拡大を支え，技術改良の枠を超えて，レーヨン関係の新しい製品・製法開発，さらにレーヨン以外の研究に向けられることになった。

第3の特徴は、京都帝国大学工学部工業化学科、特に喜多研究室が他の高等教育機関よりもかなり多くの化学技術者をレーヨン工業に対して輩出していたことである。同学科（1937年時点で繊維企業勤務者92人のうち喜多研究室27人、研究室不明42人）は、図1に示されるように、レーヨン工業を中心とする繊維工業に多くの化学技術者を供給していた。²⁹⁾ 中でも喜多研究室が質をともなった技術者を大量に輩出した理由には、①工学部の応用化学でありながら基礎研究を重視し、純粋化学の学問的水準に劣らぬように強く指導したこと、②基礎研究や小規模実験にとどまるのではなく、潤沢な資金による最新の実験器具・設備・パイロットプラントを用いた研究教育を行っていたことがある。³⁰⁾ 喜多研究室では、このような方針が産業界の支援の下での大規模かつ高度な研究に向かわせ、それらの研究を土台とした優れた教育を行うことが可能となり、工業上有益となる研究成果に加えて、そのような教育を受けた化学技術者を産業界に送り出すことによって、さらなる産業界との協力関係を深めていった。³¹⁾

企業側にとっては、工学の基礎を備え、高い学問的水準に裏づけられた研究教育の成果を体化した化学技術者を量的・質的に確保することができ、時に彼らを通じて生産活動の困難な課題を出身研究室にもち込み、解決の糸口を探ることもできた。学校側にとっても、買手市場に変質した新卒者の就職市場で、卒業生が習得した専門的スキルを生かせる就職先を確保するというメリットがあり、産学関係を構築・維持することに大きな意味があった。³²⁾

5 お わ り に

レーヨン工業の確立期から発展期にみられた企業と高等教育機関の関係は、先行する工業への学術的根拠の付与、化学的な素養を備えた技術者の供給、大学でのそれに類する研究活動の移植などを通じて、レーヨン企業が、導入技術を速やかに受容することを可能にした。その後、各社は、それを基礎としてレーヨン技術を限界まで追求する改良研究・応用研究に徹し、それによって日本のレーヨン工業の国際競争力は支えられていた。

その反面で、日本のレーヨン工業では合成繊維研究の着手が遅れたといわれることもあるが、ナイロン工業化の情報がアメリカからもたらされた1938年頃、企業内では、化学技術者層の形成と研究組織の整備が進み、レーヨン技術の確立とレーヨン工業の拡大傾向の終息による時間的余裕もあり、レーヨンに次ぐ新繊維を志向するようになっていた。また、レーヨン生産を通じて化学工業の操業ノウハウと技術を習得しており、研究面でも、レーヨンやバルプを中心とした改良研究・応用研究から、その基礎研究として繊維の構造、性質、変化の法則を探究する繊維化学に向かうなど、高分子化学の領域に近づいていた。日本のレーヨン企業にとっては、欧米に遅れたというよりも、このタイミングまで時間的・技術的・人材的に合成繊維研究に取り組む余裕と能力がなかったといえる。1930年代末にレーヨン企業でみ

られた、大学の科学知識の応用の範疇を超えて、自ら新たな知識の創造に乗り出す動きは、本稿でみたような研究開発能力の構築があって初めて可能となったものである。

注

- 1) 内田星美「人絹黄金時代」内田星美編『技術の社会史 5 工業社会への変貌と技術』有斐閣、1983年、176-182頁、191-192頁；山崎広明『日本化繊産業発達史論』東京大学出版会、1975年、5-6 頁、412-414頁；由井常彦「戦間期日欧間の技術移転と累積的革新——東洋レーヨンの事例について——」森川英正・由井常彦編『国際比較・国際関係の経営史』名古屋大学出版会、1997年、172-173頁。
- 2) 内田星美「技術者の形成と企業内技術開発」土屋守章編『経営史——西洋と日本——』有斐閣、1994年；長谷川信「技術導入から開発へ」由井常彦・大東英祐編『日本経営史 3 大企業時代の到来』岩波書店、1995年などを参照。
- 3) Alfred D. Chandler, Jr., "From Industrial Laboratories to Departments of Research & Development," in Kim B. Clark, Robert H. Hayes & Christopher Lorenz (eds.), *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity-Technology Dilemma*, Boston: Harvard Business School Press, 1985, pp. 60-61.
- 4) 本稿は、拙稿 "Establishing R&D Capability in the Prewar Japanese Rayon Industry: The Organization of Technical Staff and Institutionalization of R&D," *Japanese Research in Business History*, Vol. 27, 2011 に加筆・修正を加えたものである。
- 5) 日本化学繊維協会編『日本化学繊維産業史』日本化学繊維協会、1974年、156-158頁。
- 6) 京都帝国大学工学部工業化学科の主要な繊維化学研究者であった喜多源逸と櫻田一郎については、古川安「喜多源逸と京都学派の形成」『化学史研究』第37巻第1号、2010年3月；同「繊維化学から高分子化学へ——櫻田一郎と京都学派の展開——」『化学史研究』第39巻第1号、2012年3月などを参照。
- 7) ビスコース・レーヨン工場は、浸漬 - 圧搾 - 老成 - 硫化 - 溶解 - 熟成の原液工程と紡糸 - 巻取 - 洗滌 - 精練 - 乾燥 - 選別の後処理工程となっている。
- 8) 「100年史資料 藪田為三氏回想録」作成時期不明、東洋紡株式会社社史編集室所蔵。紡績企業には多くの学卒の機械技術者がいたが、最先発の帝国人造絹糸と旭絹織では化学技術者より機械技術者が不足していた。しかし、いずれの場合でも、レーヨン工業にとって化学技術者層の形成と研究活動の定着が大きな課題であったため、本稿では、機械設備の設計や改良に果たした機械技術者の役割を前提として、化学技術者に絞って考察を行った。
- 9) 富久力松「関さんと私」東洋紡績株式会社内關桂三氏追懷録刊行会編『關桂三氏追懷録』東洋紡績株式会社内關桂三氏追懷録刊行会、1965年、259-260頁。
- 10) 「100年史資料 富久力松氏回想録」1980年8月7日作成、東洋紡株式会社社史編集室所蔵。富久力松の博士論文では糸の表面の摩擦によって糸が強くなるとしていたが、実際には、糸道の角度を変えてテンションをかけること（延伸）が強力を高めていた。
- 11) 前掲化繊協会『日本化学繊維産業史』158-159頁；紡織雑誌社編『日本紡織大観』紡織雑誌社、1934年、25頁。1932年時点の生産コストをみると、帝国人造絹糸が57.0円/百ポンド、東洋レーヨンと日本レイヨンが60.0円/百ポンド、旭絹織が67.0円/百ポンドとなっていた。なお、沈殿法

は、富久力松が独自に考案したものであり、アルカリ廃液に沈殿促進剤として珪藻土を入れて β セルロースを沈殿させ、上澄み液の回収を繰り返して苛性ソーダを回収する方法であった。

- 12) 富久力松『蝸牛随想 第6集』東洋ゴム工業株式会社, 1970年, 93-94頁。
- 13) 藪田為三「担任意務打合せ」1931年1月19日作成（ファイル『藪田為三氏 KT, TR 時代のメモ綴』所収）、東洋紡株式会社社史編集室所蔵。
- 14) 伊藤光二『東洋紡・研究所史——昭和前期——（昭和初めより戦後の再開迄）』東洋紡績株式会社研究総括部, 1993年。芒硝電解は、紡糸工程で副生する芒硝を電気分解して苛性ソーダと硫酸を回収し再利用する方法であり、1940年6月に岩国工場で採用されたが、1942年11月に資材と電力の不足から操業を休止した（「化繊ものがたり⑫ 岩国の巻ホ」『社報』東洋紡績株式会社, 第112号, 1960年9月10日）。一方、高温老成は、アルカリ・セルロースの粉碎工程での温度上昇を利用して老成を行い、それを硫化溶解工程へのニューマティック輸送により老成期間を2-3時間に短縮する方法であった。
- 15) 1933年上期の東洋紡績の営業利益は約600万円であった（東洋紡績株式会社社史編集室編『百年史・東洋紡』上巻, 東洋紡績株式会社, 1986年, 302頁）。
- 16) 前掲伊藤『東洋紡・研究所史』。富久力松によると、専務取締役工務部長の種田健蔵は、天然繊維部門と異なり、人絹課の予算について何も触れなかったようである。
- 17) 判明する限りでは、1937年時点の堅田工場と敦賀工場では、少なくとも2人、岩国工場では5人が大学卒の化学技術者であった。
- 18) 株式会社クラレ社史編集部編『クラレ60年史』未定稿, 株式会社クラレ, 1987年, 18頁。上羽豊三郎が福島郁三に面識があったことから協力を要請した。福島郁三は、大学に籍を置いたまま協力していたが、1933年に退官し倉敷絹織の取締役役に就任した。
- 19) 倉敷レイヨン株式会社総務部「クラレ物語（1）レイヨン創業への道」『クラレ時報』第16巻第3号, 1967年3月, 17頁。当時、日本で最速の帝国人造絹糸のポット・モーターが4,500回転/分、オスカー・コーホン社のポット・モーターが5,400回転/分であった。
- 20) 前掲化繊協会『日本化学繊維産業史』156頁, 159頁；前掲紡織雑誌社『日本紡織大観』25頁；倉敷レイヨン株式会社総務部「クラレ物語（3）レイヨンの操業開始」『クラレ時報』第16巻第3号, 1967年5月, 11頁。倉敷紡績から移った機械技術者もいたが、友成九十九は、東北帝国大学工学部機械工学科を卒業した1927年に入社し、機械設計を中心にレーヨン技術の確立に貢献した。また、友成九十九は、化学にも関心があり、1930年から1932年までドイツに留学して繊維化学の研究を行い、留学中の櫻田一郎と親交を深めていた。1937年7月、友成九十九は、「繊維素ノ硝化機構並ビニ硝化繊維ノ諸性質ニ関スル研究」によって東京帝国大学から工学博士を授与された。
- 21) 前掲クラレ『クラレ60年史』17頁, 26頁, 51頁, 59頁, 64頁。
- 22) 大原孫三郎「倉絹十三年の回顧」『倉絹産業報國會職員連絡月報』1941年12月号, 1941年12月, 7頁。
- 23) 大原総一郎「弔辞」『倉敷レイヨン時報』第5巻第10号, 1956年10月, 2頁。
- 24) 小野木重治「堀尾正雄先生——パルプとレイヨンの研究を中心に——」社団法人高分子学会編『日本の高分子科学技術史』新訂版, 社団法人高分子学会, 2005年, s46頁。堀尾正雄は、1938年6月に母校の京都帝国大学工学部工業化学科に助教授として戻り、二浴緊張紡糸法の研究を完

成させた。この二浴緊張紡糸法は、ビスコースを分解するために高温の第2浴（凝固浴）を用い、その中で繊維に緊張を与えることによって強力を向上させる方法であった。

- 25) 倉敷絹織の高温老成は、バキューム・ニーダーの中でアルカリ・セルロースを高温短時間で老成する方法であった。
- 26) 前掲内田「人絹黄金時代」169頁。
- 27) 日本レイヨンが他社よりも技術確立に遅れた理由は他にもあった。派遣外国人の技術水準とグループとしてのまとまりという点でみると、東洋レーヨンと東洋紡績の場合、総合的なレーヨン知識をもった優秀な化学技術者が含まれ、まとまりも悪くなかったのに対して、日本レイヨンの場合はそうではなかった。また、東洋レーヨン、東洋紡績、倉敷絹織では、技術導入に先立ち外国企業に技術者を派遣していたが、日本レイヨンではその点も欠けていた。
- 28) 前掲山崎『日本化繊産業発達史論』243-244頁，249-250頁。
- 29) 大学と高等工業学校の応用化学科卒業生の化学繊維工業への勤務状況については、拙稿「戦前日本の化学繊維工業と化学技術者——応用化学科卒業生の分析を中心として——」『技術と文明』第18巻第1号，近刊を参照。
- 30) 兄玉信次郎『研究開発への道』東京化学同人，1978年，6-8頁；堀尾正雄「喜多源逸先生と繊維化学」前掲高分子学会『日本の高分子科学技術史』s20-s21頁。なお、喜多源逸については、前掲古川「喜多源逸と京都学派の形成」を参照。同論文では、喜多源逸の研究教育に「基礎研究重視の工業化研究，物理学などの他分野を摂取する柔軟で自由な気風，産業界との積極的な連携などの特徴」があったとしている。
- 31) 企業は、技術者を輩出する教育活動に対して寄付をはじめとする支援を行っていた。例えば、日本レイヨンでは、1932年3月に「繊維工業ニ關スル研究室」として建物1棟（1,000円），同年5月に「喜多研究室ニ於ケル繊維工業ニ關スル研究費」として日本レイヨン奨励資金2,000円，1933年12月には大日本紡績とともに「工學部工業化學教室設備充實並ニ學術研究費」として菊池奨学金2万円を寄附していた（京都大学事務局庶務課編『京都大學一覽 自昭和十八年 至昭和二十八年』京都大學，1954年，407-408頁）。東洋紡績では、判明する限り、取締役の谷口豊三郎が創設した財団法人谷口工業奨励会を通じて、1936年から1938年と1940年から1944年の2回にわたり喜多源逸の「纖維素工業原料に関する基本的研究」に対して合計2万円の助成を行っていた（財団法人谷口工業奨励会四十五周年記念財団編『谷口財団70年の歩み 學術研究と國際シンポジウム』財団法人谷口工業奨励会四十五周年記念財団，1999年，164頁）。
- 32) 企業と学校のリンケージからみた新卒者の定期採用については、菅山真次『「就社」社会の誕生 ホワイトカラーからブルーカラーへ』名古屋大学出版会，2011年を参照。