【論　　文】

ファインセラミックス電子部品産業の生成

―― セラミックコンデンサの場合 ――

平　本　　厚*

要　旨

本稿は，日本のエレクトロニクスのなかでいまなお強い競争力を維持している一般電子部品の競争優位のメカニズムを明らかにしようとする作業の一環をなすものである。先行研究と異なる点は，イノベーションと産業ダイナミズムの視点から分析することとファインセラミックス電子部品という材料を考察対象とすることである。となると対象製品は限定されざるをえず，ここでは代表的材料としてチタン酸バリウムとその関連材料をとりあげる。対象時期はセラミックコンデンサが登場し，電気材料としてのチタン酸バリウムが発見された，戦前から戦中である。

セラミックコンデンサの研究開発，企業の参入，政府部門の役割を考察したのち，イノベーション・システムと産業ダイナミズムについてまとめた。

その結果，研究開発では，「サイエンス型」であったこと，生産のノウハウも重要であったこと，またほぼ国内で達成されたことなどを明らかにした。企業の参入も研究開発を主導した公的研究機関と関係のある電気系企業や磁器焼成のノウハウを有する窯業系企業が多かった。政府部門も，この技術を国家の戦略的目標の一つとして助成策を展開し，共同研究を組織し，市場も軍需中心に牽引した。

イノベーション・システムと産業ダイナミズムはともに政府部門が主導する性格が強かった。イノベーションでは公的研究機関が研究開発を主導し，政府は共同研究を組織した。企業部門はまだ技術革新能力は弱かった。産業面では政府が市場を牽引し，多様な企業が参入した。分野や規模の多様な企業の急速な参入が産業ダイナミズムの特徴であった。

このシステムの産業史への遺産は二つあり，一つは多くの企業が参入できたこと，もう一つは後に技術と産業を大きく転換させるような学術上の画期的な発見が生れたことであった。

はじめに

本稿は，日本のエレクトロニクスのなかでいまなお日本が強い競争力を維持している一般電子部品（コンデンサ，スイッチ，スピーカーなど）の競争優位のメカニズムを明らかにしようとする作業の一環をなすものである（平本 2021，2024，2025）。

ただここでは，個々の電子部品に焦点をあてるのではなく，ファインセラミックス電子部品という材料面からのアプローチを採用したい。というのも，「ファインセラミックス」自体が近年，日本が競争力をもつ分野として注目されており[1)]，ファインセラミックス電子部品は一

＊　東北大学大学院経済学研究科名誉教授

1）　ファインセラミックスという用語は日本で使用されるもので，欧米では Advanced Ceramics, Engineered Ceramics, Industrial Ceramics な

般電子部品とファインセラミックスをつなぐものでもあるからである。ファインセラミックス電子部品は生産規模が大きく，ファインセラミックス産業を代表する分野となっているし，その代表的存在であるセラミックコンデンサは日本の競争力が強いだけではなく，一般電子部品のなかでも最大品種の一つだからであ。そしてファインセラミックスの世界における日本のシェアは 2024 年で約 40% といわれているし[2)]，一般電子部品の 2024 年における日系企業の世界シェアは 33% とされる（電子情報技術産業協会 2024,『電子情報産業の世界生産見通し 2024 年』30）。ファインセラミックス電子部品の優位の解明はこの双方の産業の優位の解明につながるものである。

そこで本稿では，ファインセラミックス電子部品のイノベーションと産業ダイナミズムの歴史を明らかにする作業を始めたい。dynamism は日常用語としては力強さとか活力と訳されるが，ここでは産業ダイナミズムを産業発展の態様を示す表現として使用する。産業発展の要因と態様を分析するのが主眼である。そしてその主要な要因と考えられるイノベーションの発生の仕組み, 影響について考察する。この二つは密接に関連するがそれぞれ違う要因によるものと考えられるので考察する範囲も異なってくる。

イノベーションと産業ダイナミズムを具体的に問題とするとなると，考察の方法も限定されてくる。考察対象をそれらを具体的に分析できるレベルに絞る必要があるからである。しかもその対象はできるだけ全体の性質をよく示すような代表的ないし典型的事例であることが望ましい。そこで本稿ではファインセラミックスの代表的材料であるチタン酸バリウムとその関連材料をとりあげる。この材料は，情報化社会への貢献の「功績はシリコン半導体に匹敵する」とも評価されているほど（坂部 2003：10），現在のエレクトロニクスの基幹的な材料の一つである。用途としては誘電体（絶縁体の一種で，電場によって正負の電荷が両端に生じる－分極という－物質）としてコンデンサに使われるのが生産金額としては大きいが，その他，圧電体（電圧をかけると伸縮し，逆に力を加えると電圧を発生させる物質）として振動子や変換器（電気入力を機械出力に変える，またはその逆の機能をもつ電子部品）に，また温度特性変化を利用したセンサや，半導体としても利用される。多様な用途でエレクトロニクスの発展を支えている材料である。ファインセラミック電子部品の代表的存在としても異論は少ないのではないかと思われる。

以下，チタン酸バリウムとその関連材料の誕生の経緯と，その前身であるセラミックコンデンサのイノベーションと産業ダイナミズムの歴史的展開を明らかにしていくが，本稿ではその最初の登場の経緯を問題としたい。時期としては戦前から戦時中の発展である。

1. 先行研究と本研究の特徴

研究対象をやや広くとって一般電子部品とファインセラミックスの産業史についての先行研究をみると，国際優位を問題にする記事は無数にあるし，学術論文，著書も個別企業を対象としたものは多い。しかし，産業史を問題とし

どと呼ばれている（日本ファインセラミックス協会『ファインセラミックス産業動向調査』2017 年, 52）。定義には幾つかの見解があるが，日本工業規格では「化学組成，結晶構造，微構造組織・粒界，形状，製造工程を精密に制御して製造され，新しい機能又は特性をもつ，主として非金属の無機物質」（JIS R 1600：2011）とされている。セラミックス（磁器）であること，化学組成，結晶構造などを制御して新しい機能をもつことなどが要点である。

2) 日本ファインセラミックス協会会長山口悟郎（2025),「2025 年年頭所感」https://www.jfca-net.or.jp/contents/view/5069，2026 年 1 月 16 日アクセス。

たものは少ない。個別企業を対象としたものの例としては，京セラの経営史を対象とした専門雑誌『稲盛和夫研究』の諸論文，村田製作所を対象とした猪木・西島の一連の業績（猪木・西島 2006〜2008）がある（個々の文献名は省略）。事実発見としては貴重であり，必要箇所では言及するが本研究全体の先行研究としてはとりあげない。

一般電子部品の産業史としては中島（2019）が本格的な業績であり，時代ごとの社会経済的背景のもと，技術，企業，市場，政策など各面にわたって正面から分析している。本稿もその分析を前提に作業を進めたい。技術史的視点からは高橋（1994）が電子部品工業史を概観し，ラジオの大衆文化的側面に注目している。平本（2000）は戦前の産業形成史を問題にした。しかし，それらは本稿がめざすイノベーション・システムと産業ダイナミズムの解明という視点からの分析ではない。他方，平本（2021，2024，2025）は電解コンデンサを対象にイノベーション・システムと産業ダイナミズムの様相を高度成長期まで明らかにした。たしかに電解コンデンサは，生産額でみるとコンデンサで長い間首位を占めていて一般電子部品産業を代表する製品種類の一つといってよい。しかし，前世紀末からはその座をセラミックコンデンサに譲っている。本稿はもう一つの代表品種で分析を補完するものでもある。

ファインセラミックについては，産業史的研究はほとんどない。産業政策の展開やその影響については島本（2001），松島（2012）がある。上記のように個別企業を対象にその優位の要因を探ろうとする研究は多いが，それから派生して歴史過程を問題にする研究もある。中川（2012）は「セラミック・コンデンサ産業における競争を歴史的に分析し，同産業で起こった日米逆転の理由を探索」（中川 2012：71）するものであり，問題意識と方法は本稿に近い。結論は，「半世紀弱の産業競争の中で，戦略を変更する企業は一社として存在」せず，「1980 年代の日米逆転を導く基本的条件は既に 1945 年の終戦時点で準備されて」（同上）いたとするものである。つまり，日本企業は民生用市場で低価格品の量産戦略をとったのにたいし，アメリカ企業は軍需，産業用市場を中心に高付加価値製品の提供戦略をとったので逆転したのだとする。「非常に長い時間軸の出来事であるにもかかわらず…非常に簡潔な，ただ 1 つの論理で説明がつ」くと主張する（同：77）。

この結論についての判断は当該過程全体を分析しないとだせないが，歴史的分析としては不満が残ることは指摘しておきたい。まず，歴史の曲折そのものにはあまり関心は向けられていない。例えば，「戦後状況から 1960 年代まで」では，戦後日本ではアメリカと違って民需主導で生産を再開し，その需要拡大にともなって量産を実現していったことが指摘されているが，その経緯を分析しようとはしていない。また，分析の視点も市場の性格と企業戦略の様相に偏っていることも指摘しておきたい。企業の成長や産業組織，競争の変遷，イノベーションのプロセスなど産業史の各面には目が配られていない。例えば，長い間，この分野のトップ企業である村田製作所は 1940 年代末には従業員「僅か十人そこそこのいわゆる四畳半企業」（岡崎 1990：255）であったが，それから急速に成長した。零細企業が量産戦略だけで成長したとみるのは無理があろう。さらに，その点からみると，考察の対象をコンデンサに限定すること自体に限界があることが明らかである。技術革新や市場，企業成長などの歴史を概観すると，その単位となっているのはセラミックという材料であることが分かるからである。もちろんコンデンサはその中心的な品種であるが，その材料はガスの点火栓，温度センサなどにも使われる。したがって企業活動もそれに影響される。本稿が材料を考察対象とする所以である。

こうした研究史の整理からみると，本研究の

特徴は2点ある。一つはイノベーションと産業ダイナミズムに分析の焦点があることであり，第二は材料が考察対象であることである。なお，本稿が対象とする時期には先行研究はない。

2. セラミックコンデンサの登場

2.1 セラミックコンデンサの研究開発

金紅石（Rutile，二酸化チタンの結晶の一つ）が異例ともいえる高い誘電率（電場によって正負の電荷が両端に生じる度合，単位はファラド毎メートル－F/m－，高い方が生じて蓄えられる電荷量が大きくなる）をもつことは20世紀初頭から知られていた。誘電率はコンデンサの性能を左右する基本要素の一つであるが，金紅石の高誘電率の発見はコンデンサの材料の探索という文脈でではなく，物質の誘電率と屈折率の関係に関するマックスウェルの命題を実験で明らかにしようとしてのことであったという（貞清・小川 1944：100）。いろいろな鉱物結晶の誘電率を計り，金紅石のそれが最も合わないとして発見された。つまり基礎科学の文脈からの発見であった。

他方，セラミックをコンデンサ材料にしようとする試みは1930年代のドイツに始まった。そもそも磁器は絶縁材料として早くから利用されていたが，高周波技術の発達にともない，それに適当な絶縁材料として20世紀初めから使用されていたステアタイト（Steatite，珪酸マグネシウムの結晶，滑石を原料とする）があらためて注目された（イー・アルベールズ・ションベルグ 1943：4）。その損失係数が低いことは既に科学研究で分っていたからである（同）。日本でも逓信省電気試験所，東京電気，日本電気，東京帝国大学，東京工業大学などが研究開発を開始した。真空管部品としても重要で，各社から市販品がだされた（鈴木信一 1944：57）。ドイツではこの珪酸マグネシウムを焼成してコンデンサの誘電体に利用する試みが始まったのである。

しかしこの珪酸マグネシウムは誘電率が低かったので金紅石の主成分である酸化チタンが注目された。それをコンデンサ材料にしようとする着想は前からあり，1925年にはジーメンスが特許を取得したほか，製法をめぐって特許が多数出願されていた（脇野 1990：261）。1933～34年にドイツのSteatit-Magnesia, Hermsdolf-Schomburgなどから酸化チタンによるセラミックコンデンサが製品化された（鈴木信一 1944：57）。こうしたドイツ企業の研究開発の源流にはイルメナウ工科大学（Technical Instiyute of IImenau）の基礎研究があったといわれる（林 1978：213）。

日本でもこの情報をドイツの雑誌から得て研究開発が始まった。逓信省電気試験所第5部（電気用材料・材料分掌）の小川建男は1934年にこの情報を得て，第5部として研究を開始した（座談会 1973：7，小川 1982：9）。「蓄電器絶縁物として理想的」（小川他 1935：15）と考えられた。しかし着手してみると「磁器の原料に酸化チタンを使用するということは誰も考えたことがなかったので不思議なことが色々と出て来」た（小川 1982：9）。ドイツの文献に示されている純粋な酸化チタンの溶融温度はかなり高く，かつ純粋な酸化チタンは高価なので，適当な他の成分を添加して優秀な電気特性を失わずに溶融温度を低下させ且つ安価な絶縁材料の製作を目指した（小川他 1935）。添加物として石灰を選んだが，それにもドイツの文献があった。

ただ，磁器の焼成は単に文献があればできるというものではなかった。工夫や試行錯誤は必須であった。小川は，「配合物の種類，配合比，製作条件を色々に変えて試験片を製作してその性能を調べつつ一歩一歩と目的物に近づく手段を取」る以外なかったという（小川 1942：192）。試行の蓄積が重要だったのである。

さらに焼成にはコツのような技芸的な要素もともなった。電気試験所ではある特定の個人が

作る焼成の原料はうまく焼けた。しかしその秘訣は誰にも教えようとはしなかった（座談会 1973：13)。「酸化チタンは…そのままでは良いセラミックが得られぬので，コツ秘伝として口外しない(添加鉱化剤を意味しておる―原注)ものがあるという職人気質が潜在して」いた(林 1978：217)。したがって「同じような配合でも実に良く焼き上げる人があるかと思うと，全くセラミックにならぬものばかりを焼く人がおった」(同）という。電気工学者の小川は「陶磁器は…製造方法の如何に依って絶縁性の非常に良好なものも出来るし又一方不良のものも出来る…優秀製品を作ろうとする場合，吾々が常に不便に感ずることは一貫した絶縁用陶磁器の製造方法の指導方針がないことである」（小川 1942：192）と嘆いた。当時の窯業技術はノウハウ依存型の技術でもあったのである。

こうした困難の末，酸化チタンによるコンデンサは 1936 年ころ完成したものと思われる(貞清・小川 1944：100)。工業化に適した磁器の製法を確立したのは 1938 年ころであった（小川 1982：10)。

この最初のチタン酸コンデンサはそのねらいどおり誘電率は高かったが，誘電率の温度変化と力率（供給された電力のうち有効に使われる電力の割合）の点に不満があるのでドイツでの革新は二方向に進んだ（鈴木良蔵 1940：152-153)。一つは誘電率を低くしても温度係数を小さくする方向，もう一つは誘電率を高くしておいて力率が温度と周波数で変化しないような方向であった。さらに 1936 年には，温度係数がごく小さく誘電体損（誘電体に交流電場を与えたときそのエネルギーの一部が熱となって失われる現象，一般に高周波になるほど大きくなる）も小さい誘電体が R. Rieke & A. Ungewiss で発見され，市販された（鈴木信一 1944：57)。チタン酸マグネシウムを主成分とするものであった。電気試験所の小川もこの研究を 1940 年に始め（小川・和久 1990：5)，温度係数ゼロを目指した。それを達成すれば無線機の発振器に水晶を必要としなくなるということも大きな動機であった。

しかし，研究を開始してみると確かにこの 2 成分で温度係数がゼロになるような組成は存在したが，うまく緻密に焼成することはできなかった（小川・和久 1990：5)。そこで第 3 成分として種々の金属酸化物を加えてみたところ，アルカリ土類金属酸化物が良いことが分かった。その実験に移り，1942 年ころ一応の目的を達した。

こうした電気試験所での研究開発は，ドイツの情報に「ヒントを得てこちらで，全部やっていた」,「やり方は全部独自」であったという（座談会 1973：10，小川建男の発言)。

他方，民間でも，やや遅れて酸化チタン系磁器の研究開発が始まった。その一つの指標である特許をみると，第一表のように東京電気（のち東京芝浦電気）が早く，内容は酸化チタン磁器の製造を容易にするものが多かった。温度係数が低い誘電体についても，1937 年の第 122018 号や 1944 年の第 168457 号，などの特許を取得した。日本碍子は，チタン酸マグネシウム系の完全磁器化は極めて困難であるとして，1945 年 1 月に滑石などを調合する方法で温度係数が小さい磁器製造法特許を取得した（第 169184 号)。しかし日本では温度係数の低い製品の市販品はなかなか現れなかった(貞清・小川 1944：101)。戦争末期にドイツから温度係数ゼロのコンデンサを使用した発振器が入り，その模造品を東芝などで製造した（座談会 1973：11-12)。

その後，チタン酸マグネシウムの低誘電率を改良し，かつ温度係数もある程度のものを目標に，南方から入る希土元素の酸化物を用いた磁器開発も目指された（犬塚 1949：63)。

こうして達成した技術水準を国際比較してみると，1941 年 9 月の時点では「蓄電器誘電体用磁器に関しては我国は外国就中独逸に比し相

当の懸隔があ」った[3]。ドイツでは 1935〜36 年に工業化されていた電力用や温度係数ゼロの高周波発振回路用は未だ研究中であったからである。

2.2 研究開発の特徴

この研究開発過程で特徴的なのは，第一に研究開発のきっかけが科学や工学の発展だったことである。ドイツでの研究開発では，高周波技術の発展にともない，既に発見されていた科学上の知識（ステアタイトの低損失係数，金紅石の高誘電率）が再認識され，それが応用された（ステアタイトの改良，二酸化チタンのコンデンサ利用）。日本での研究開発はその学術情報の入手（雑誌記事）から始まった。いわゆる「サイエンス型産業」（後藤・小田切 2003）の性格が強かったのである。したがって，外国での研究開発でも比較的早く研究着手はできた。

第二に特徴的なのは，その後の研究開発がほぼ国内で行われたことである。小川の回想からも明らかであるが，特許の面からみても，酸化チタン磁器を含めた高周波無機絶縁物全体の特許で「注目すべきことは，多くの新しい工業材料の特許発明には必ず外国人のものが多いのであるが，上記高周波無機絶縁物の多数の特許発明中には僅かに Siemens Schukertwerk A.G の一件があるだけである」ことであった（草間 1942：656）。

第三に，この技術には，試行の蓄積やおそらくそれにともなうコツ，秘伝の獲得が重要であった。もちろん，そうした要素は他の技術でもみられるであろうが，少なくとも当初はここではそうした性格が強かった。そのことは次の企業参入にもみられる。

3） 技術院第四部編『科学技術資料』乙 8 号「本邦電気技術の水準」電気試験所　昭和 16 年 9 月調査，1942 年 7 月 17 日，41 頁，井上匡四郎文書，第 139 所収。

3. 企業の参入

3.1 市場の形成

酸化チタン磁器コンデンサの当初の市場はほとんどは軍需であったと思われる。もちろんこのコンデンサは民生用にも使用できたが，当時の民生用電子機器の大宗を占めたラジオは，1930 年代半ばから製品技術革新が停滞し，低価格志向で技術的には簡易なモデルに需要が集中したから（平本 2010），高周波に適しかつ高価であったチタンコンデンサの需要は大きくはなかった。「チタコン等の名称で呼ばれる磁器誘電体使用の蓄電器も市場化されているが，価格の点から未だ一般受信機に用いられるには至らな」かった（『ラジオ年鑑』昭和 17 年版，1941：246）。具体的にみると，後述のように，セラミックコンデンサの価格は戦争末期で軍や企業向けが 2〜7 円であった。他方，戦争末期の普及品ラジオの「製造業者希望価格」は約 36 円だったから（平本 2010：179），普及品に使用するには高価格にすぎたのである。他方，後述する，村田製作所がコンデンサを納めていた三菱電機伊丹製作所が生産していた戦闘機搭載九四式飛 2 号は 3,800 円だったから（伊電史 1981：265），数円の部品でも問題なかったであろう。需要は性能重視の軍用通信機向けなどが中心となったのである。

さらに，それまで高性能で高周波に適したコンデンサとして使用されていたマイカ（雲母）コンデンサは原料の雲母を主にインドからの輸入に頼っていたため供給に問題が生じた。戦争末期になるとマイカの不足は著しくなり，チタンコンデンサの大増産が求められた（座談会 1973：9）。軍需のなかでもチタンコンデンサへの傾斜が著しくなっていき，「『使えりゃいい』という感覚で」「とにかく数を早く造れ」ということになっていった（座談会 1973：14）。企業にとっては「ステアタイトよりもかえってドル箱」となった（同，小川の発言）。市場は急

成長し，企業の淘汰圧力は弱かった。それが企業の参入を大きく左右するのは当然であった。

3.2　電気系企業の参入

電気系企業は高周波用絶縁材料としてステアタイトが重視されるようになると，研究開発と事業化に乗り出した。1936 年度で各企業の研究項目をみると，高誘電率材料やステアタイトを研究していたのは，東京電気，芝浦製作所，富士電機，安川電機，圓山研究所であった（資源局 1937，『全国公私試験研究機関試験研究項目要覧』第 6 号：132-135）。このうち早かったのは東京電気で，1920 年代後半にアメリカからくる電球や真空管に正体不明の石が使われていたことから，研究を開始し（伊藤 1944：158），膨張曲線や分析の結果から滑石であることを確認した。1931 年にステアタイト系高周波用磁器を開発し，1935 年に発表した（安井編：561，489）。これには海軍の後押しもあった（座談会 1973：4，東芝・犬塚英夫の発言）。1934 年～1941 年の日本全体のステアタイト関連特許権 14 件のうち 3 件を占めた（『日本窯業大観』1944：272）。

日本電気も 1939 年にステアタイトの製作を開始した（日本電気 1972：462）。1940 年にはステアタイトの欠点であった焼成の困難，焼成収縮が大きいこと，焼成後は加工困難などの点を改善した高周波用磁器を開発した（小林他 1940：397）。また，後述する大山・中路発明の逓信大臣特許権「『ステアタイト』絶縁体の製造方法」の実施権を得た（逓信省 1944：138）。ステアタイトの機械加工を容易にする改善に積極的であった（本野 1941：19）。

酸化チタン磁器についても，この 2 社（1939 年，東京電気は芝浦製作所と合併して東京芝浦電気となる）はそれを用いたコンデンサを市販した（電気通信学会編『通信工学大観』1944：1813-1814）。次にみる科学技術動員でもこの 2 社は主な対象となった。国家総動員法に基づいて 1939 年 8 月に公布された総動員試験研究令では，この 2 社に逓信省工務局が「ステアタイト系高周波絶縁材料」の，同電気試験所が「酸化チタンを誘電体とせる蓄電器」の研究を命じた（青木 2024：34）。

この 2 社はそれぞれ研究所で高周波絶縁材料の研究開発を行った。日本電気は 1939 年 7 月に研究所を設置し，その真空管部でステアタイト，酸化チタンの試作研究を行った（日本電気 1972：206，212）。東芝は 1943 年に総合研究所内に電気陶磁器研究所を設置し，ステアタイト系，酸化チタン系陶磁器の研究を行った。所長には電気試験所第 5 部部長の貞清玄亀を迎え，開発工業部を付設して製造にあたった（『東芝研究時報』1943：18(4)：41）。

他方，酸化チタン磁器コンデンサの市販では中小企業も早かった。もっとも早かったのは河端製作所であった。創業者河端作兵衛は 1917 年に慶應義塾大学法学部卒で，パン製造を始めて砲兵工廠などに販売し，納豆の製造販売で成功した（大正毎日新聞社編（1931），『北豊島郡総覧』昭和 5 年度版：人物編カの部 5）。1933 年，合資会社王子點火栓製作所を設立して，当時，国産化が課題となっていた自動車のプラグ製造を開始し，磁器碍子に進出した（『官報』19330901：25，「ニュース」『電気化学』3(12)：46。193412）。ゼッタイトというブランドでステアタイトを市販した。

河端は，ステアタイトの関係もあってか電気試験所に出入りしていた。そこで磁器の焼成にあたっていた森安静太を 1939 年に招聘してセラミックコンデンサの企業化に乗り出した。半年ほどで製品化し「チタコン」というブランドで市販した（小川 1982：9-10 など）。これはいち早く市場に普及したので，その後長くチタン酸コンデンサの代名詞となった。

第 1 表にみるように，森安はチタニウム磁器製造法（第 127183 号）など初期の酸化チタン系磁器の特許の発明者であった。1939 年には

第 1 表　酸化チタン系磁器関係国内特許一覧（1945 年 8 月まで）

特許番号	特許年月日	発明の名称	発明者	特許権者
115894	19360525	高誘電率誘電体製造方法	小川若三郎・森安静太	逓信大臣
118858	19370118	力率小なる高誘電率誘電体製造法	小川若三郎・森安静太	逓信大臣
118859	19370118	誘電体損失小なる高誘電率絶縁体製造法	小川若三郎・森安静太	逓信大臣
122018	19370925	誘電体	不破橘三・伊藤集悌	東京電気
123431	19380122	力率甚だ小なる高誘電率誘電体	小川若三郎・森安静太	逓信大臣
125212	19380603	電気絶縁材料	カール，シュッツカルト・ラインホールド，ライヒマン	シーメンス，シュッケルトウエルケ
127183	19381104	チタニウム磁器製造法	小川若三郎・森安静太	逓信大臣
128083	19381223	高誘電率を有する誘電体	犬塚英夫	東京電気
128223	19390110	硝子と熔着し易き磁器	磯谷三郎	日本電子工業
130368	19390607	チタニウム磁器製造法	鈴木信一	東京工業大学長
130666	19390622	ジンター・ルチル製造法	鈴木信一	東京工業大学長
131059	19390713	高周波用電気絶縁磁器製造法	鈴木信一	東京工業大学長
131645	19390814	酸化チタニウムを主成分とする誘電体	犬塚英夫	東京芝浦電気
131789	19390823	人造金紅石製造法	鈴木信一	東京工業大学長
132611	19391012	酸化チタニウムを主原料とする高誘電率誘電体製造法	近藤清治・鈴木信一	東京工業大学長
135088	19400229	高誘電率を有する窯業製品	ルイス，ネヴィアス	東京芝浦電気
142478	19410312	酸化チタン誘電体製造法	石川潔・村上透	東京芝浦電気
148091	19420210	点火栓碍子，電気絶縁物等を製造する方法	田中敏雄・田中克三	同左
151035	19420609	含「チタン」半誘電体製造法	森田清・鈴木信一	東京工業大学長
153685	19421113	電気絶縁物	石川潔・村上透	東京芝浦電気
161017	19440115	人造金紅石の製造法	佐藤彦八・丹野正次郎	同左
162359	19440302	誘電率大なる磁器製造法	伊藤正三	日本碍子
162518	19440307	チタン磁器の製造方法	市村直文・久住正男	川西機械製作所
162519	19440307	低力率高誘電率絶縁体の製造方法	市村直文・久住正男	川西機械製作所
167246	19440929	酸化チタニウムを主成分とする誘電体	犬塚英夫・野島弘	東京芝浦電気
167247	19440929	誘電体	犬塚英夫・平田二郎	東京芝浦電気
168174	19441104	高誘電率を有する誘電体	小川建男・和久茂	通信院総裁
168175	19441104	高誘電率を有する誘電体	小川建男・和久茂	通信院総裁
168176	19441104	高誘電率を有する誘電体	小川建男・和久茂	通信院総裁
168177	19441104	高誘電率を有する誘電体	小川建男・和久茂	通信院総裁
168457	19441114	チタン酸マグネシウム系誘電体	犬塚英夫他	東京芝浦電気
168460	19441115	誘電率の温度係数小なる誘電体	犬塚英夫・多田格三	東京芝浦電気
169184	19450108	誘電率の温度係数小なる磁器製造法	伊藤正三	日本碍子
169351	19450116	酸化チタニウム系誘電体	犬塚英夫・大野賢司	東京芝浦電気

注 1）　カタカナ送り仮名はひらがなに，旧字体は新字体に改めた。
2）　外国人名，企業名のカタカナ表記は原文のまま。
3）　年月日の表記は，1936 年 5 月 25 日を 19360525 のようにする。
4）　下記資料中にあっても発明の内容から判断して削除したもの（第 150628 号）もある。

資料：「最近 10 年間に於ける窯業に関する国内特許（自昭和 8 年至昭和 16 年）」『大日本窯業大観』1944 年，272 頁，特許庁編（1958），『特許分類別総目録　明治 18 年 8 月－昭和 31 年 12 月』技報堂，199 頁，大沼正吉編（1951），『窯業』技報堂，1-7 頁，工業所有権情報・研修館「特許情報プラットホーム」，から作成。

死去してしまうが，河端作兵衛は「病床の森安さんの枕元で両手をついて，チタコンの調合表を教えてくれと，懇願した」といわれる（岡崎 1990：253）。真偽のほどはともかく，秘伝をもっていたことは確かであろう。

そうしたこともあってか製品の不良率は高かった。河端は納入する海軍に歩留り 1% と主張し，製造には蜂蜜を要するとして 100pF1 個 7 円で納入したという（岡崎 1990：264）。しかし，実際の歩留りは河端は良い方で 3 割くらいではなかったかという（座談会 1973：14，一時同社に在籍した佐藤彦八の発言）。軍も難しいことをいわなくなり，「とにかく早く造れ」というようになっていった。最初は寸法偏差を 3% といっていたが，だいたい 10% が常識だった。歩留りが上昇すれば利益がでるのは当然で，河端はこの軍への納入で大資産を形成した（座談会 1973：9）。1944 年 4 月には軍需会社法の第二次指定会社になった。

河端製作所と同じように電気試験所の指導を受けて進出したのは三笠電機製作所であった（座談会 1973：9，小川建男の発言）。三笠電線製造所は電線製造からステアタイトに進出し，1939 年には社長の江口信市はステアタイトやその製造法で特許を取得した（第 128746，第 129401 号）。続いて 1940 年ころには酸化チタン磁器コンデンサをセラミドンというブランドで販売しており（『化学工業年鑑』1941 年版：242），河端からほとんど間をおかず進出したものと思われる。1942 年末には常時使用する労働者数は男 57 人，女 50 人，計 107 人であった（厚生省『常時使用労働者百人以上ヲ有スル工場鉱山等調』1942：135）。

日本無線電信電話（1942 年，日本無線と商号変更，以下，日本無線と略称）も 1938 年に研究開発を開始し，1940 年にはチタニコンというブランドで市販を開始している（渡部・熊澤 1940）。その技術文献には河端と森安への謝辞があることから（同：11），電気試験所や河端製作所とも交流があったものと思われる。

後に太陽誘電を設立する佐藤彦八も電気試験所の出身であった。森安のもとで磁器の試験をしていたが，森安が河端製作所に移った半年後，その誘いで同製作所に入った（座談会 1973：7，佐藤彦八の発言）。ただ，佐藤はまもなく河端製作所を去り，多摩絶縁体製作所に移って酸化チタン磁器生産に携わった後（太陽誘電 2002：6），佐藤航空無線器材株式会社を 1943 年 2 月に設立してセラミックコンデンサを生産した。

これら電気系企業の参入の多くは電気試験所と何らかの関係があった。その経緯からは，電気試験所の技術を何らかの形で入手すれば，試験所が数年をかけたような製品開発も半年ほどでできたこと，生産自体は小規模でも可能だったことが分かる。とくに秘伝をもつような人材の移動が重要であった。他方，軍との取引も重要で，条件次第で急速に成長できたことも分かる。中小企業でも成長の機会があったのである。

3.3　窯業系企業の参入

磁器の焼成には特有な技術を要したから，窯業企業も参入した。窯業系企業大手の日本碍子は，1930 年代初めの不況で電力用碍子の需要激減に見舞われ，化学工業の発展で需要が拡大していた耐酸機器や点火栓などの新分野に積極的に進出していた（日本碍子 1949：30-42）。さらに戦時体制に入ると航空機増産にともない短波碍子ニーズが急増したので，1937 年ころからその開発に着手し，1938 年にはチタン磁器，1942 年にはステアタイトを完成した（日本碍子 1949：60，日本碍子 1970：沿 109，経 59）。

有力な高圧碍子企業であった大阪陶業も 1942 年，電気試験所技師の菅野健雄を招聘して高周波用磁器に参入した（人事興信所（1948），『人事興信録』第 15 版上，ス 6）。その「焼成の困難を窯業技術的に解決し」た製品

を市販した（菅野 1942：34）。チタン磁器，ステアタイトにも進出した。

さらに戦争末期になると軍事ニーズが逼迫し「日本国中，数十という，瀬戸，多治見の窯業屋さんがみんな酸化チタンを手がけるという格好にな」った（座談会 1973：9，小川建男の発言）。中小零細企業が数多く参入したのである。その事情を示す一例として京都の零細陶磁器業者，村田昭の事例をみておきたい。

（村田製作所）（村田 1994：26-46，村田 1995；第 1 章，C.O.E. オーラル・政策研究プロジェクト 2004：10-42，などによる）

京都で輸出用碍子を生産していた村田昭は 1939 年ころ陶磁器の新たな分野を求めていた。『特殊窯業品』（鈴木信一 1939）を読んで化学用陶磁器に注目した。陶磁器試験所や京都工業研究所の技術者からも知識，情報を得た。つてを頼って京都帝国大学冶金学教室（採鉱冶金学教室カ）を訪ね，実験に使用するルツボを支える焼物を考案した。その実用新案をとり，教員の紹介で関西の企業の研究室に持ち込むと好評を博した。その関連で様々な特殊窯業品の注文を得，取引先も広がっていった。大学研究室や企業研究所に出入りすることで機械の用途や専門用語などを知り，関連知識を深めていった。

1943 年，碍子を納めていた三菱電機伊丹製作所からステアタイト製作の打診を受けた。そこで，工場を設置し，高温で焼成するためガス窯を作った。原料の配合については『特殊窯業品』や『高周波絶縁物』（イー・アルベールズ・ションベルグ 1943）といった書物にもあまり詳しいことは書いてなかったので，『窯業製品特許集』（『窯業特許集』カ）をも参考にし，試行錯誤のすえ主原料の滑石にネズミ石灰（カルシウム）とバリウムを配合することとした。

しかし，ステアタイトの受注は実現せず，その代わりとしてチタン酸コンデンサの製造依頼を受けた。その原料の配合法も本に書いてあったが，村田には「電気の知識がなかったので，電気関係の本を読んだり，人に教えてもらいながら，さまざまに試してみた」（村田 1994：43）。しかし，本に書いてある配合ではどうしてもうまく焼けず，京都工業研究所の技師に相談したところ，原料に木節という特殊な粘土を混ぜて焼くことを示唆され，解決した。当時，ステアタイトでは成形や焼成を容易にするため様々な添加物が試されていたが，木節はその一つであった（伊藤 1939：36）。

焼成するには他にも様々な細かい技能やノウハウが必要であった。原料の酸化チタンの練り方，それに混ぜる糊のやわらかさ，糊と原料のバランスなどが大切であった。ガス窯で焼成する際も上の温度と下の温度を揃えるには目視で調整した。

チタン酸コンデンサは焼物の上に銀の電極を焼き付け，リード線をハンダづけするが，「焼物さえできれば，銀焼き付けは陶器の上絵付けの技術と変わらないのでお手のものだった」（村田 1994：44）。こうして 3 カ月ほど失敗を繰り返してようやくサンプルができた。三菱電機から発注されたのは 1944 年 10 月であった。しかし，量産は容易ではなかった。4 カ月後，ようやく一旦乾燥してから焼成するという手段を発見し，良品 100% を達成できた。1945 年 2 月のことであった。

チタン酸コンデンサは一個 2.35〜2.5 円だったので，「うまくできれば，まことに結構な商売だった」（村田 1994：47）。ここでも歩留り次第で利益が大きかったことが分かる。

この村田製作所の進出の経緯をみると，まずその動機が新分野探求であったことが注目される。その点は日本碍子も同様であった。電気系大企業が技術上の必要性から進出したのとは違っていた。また，直接のきっかけは三菱電機による製造打診であり，軍用無線機製造の下請としての参入であった。製品開発にあたっては，電気の知識はなかったが，文献や様々な機会を

とらえて学習を重ね，公的研究機関からの助言も重要であった。他方，原料に特殊な粘土を混合したり，電極の焼き付けは「陶器の上絵付けの技術と変わらないのでお手のものだった」というように陶磁器業者としての技術蓄積が生きた面もあった。おそらくこれらは多くの窯業系の中小零細企業の進出に共通していたであろう。

ここにみられるように，窯業系と電気系では技術経験の違いから生産工程に少し違いがあった。原料では，窯業系では粘土を混ぜるのでロスが増え「それで瀬戸物屋さんは非常にやりにくかった」のではないかという（座談会 1973：7，東芝・犬塚英夫の発言）。また，乾燥方法も違ったのでステアタイトでは「寸法はむしろ電気屋の方が上手だった」（座談会 1973：6）。他方，銀の電極の焼き付けでは村田は「お手のものだった」としているが，電気系では「銀でも相当みんな苦労して，あれは秘伝があるところ」であった（座談会 1974：12）。電気系はそれまで「瀬戸物のことは知らなかった」から（座談会 1973，6），違いがでるのは当然であった。

3.4　産業の構成

第 2 表は，1943 年ころに高周波用磁器の研究と生産に携わった主要機関である。これ以外にも研究機関としては大学があり，企業もこの後，多数の中小零細企業が参入していくことに留意する必要があるが，産業の構成の概要は理解することができる。

みられるように，企業には電気系と窯業系とがあり，公的研究機関もそれぞれにあった。企業を規模別にみると，大企業は電気系に多く，それらは川西機械製作所を含めいずれも真空管を事業分野の一つとしていた。他方，中小零細企業は両系統があった。後の産業史からみると，当初は分野も規模も異なる多様な企業が参入したのが特徴であった。

各機関の活動状況についてみると，酸化チタン磁器の取得特許は前掲第 1 表のようであった。初期の特許権者はほとんどが逓信大臣であったが，その後，大学や企業も現れ，とくに東京工業大学や東京電気（東芝）が多い。研究開発では電気試験所や有力大学が主導的だったのであり，企業の研究開発能力はまだ弱かったとみてよいであろう。

企業の生産活動は不明である。結果としては，軍需会社法の指定会社となった河端製作所のように，中小企業でも有力な生産主体があったし，参入も多かった。したがって産業組織は集中度が低く，分散的なものであった可能性が高い。ただし企業間競争は，軍需がきわめて強いためにそう厳しくはなかった。参入は多く，淘汰圧力は弱かった。

また，こうした機関の間には様々な非公式，公式の関係があった。電気試験所は電気系大企業や幾つかの中小企業と人材の移動や交流，指導関係があり，窯業系研究機関も窯業系企業に助言や指導を行っていた。その多くは非公式な性格が強かった。

他方，公的関係は政府の助成政策の展開のなかで形成されていった。政府部門はこの技術と産業の形成に当初から積極的に関与したからであった。

4.　政府部門

政府はこの技術の国家的な戦略的重要性を早くから認識し，その形成を促進する政策を展開した。

4.1　国家重要研究課題の設定

それは国家総動員体制の準備と関係していた。日本では 1920 年代後半には国家総動員体制が問題とされるようになり（通商産業省 1979），1927 年 5 月には資源を統制運用計画する中枢機関として内閣総理大臣のもとに資源局が設置された。1929 年 11 月に内閣総理大臣は

第 2 表　高周波用磁器研究，製造所一覧（1943 年ころ）

研究，製造所名	機関所在地	設立年	払込資本金（千円）	研究製造の有無，商品名	
				ステアタイト系	酸化チタン系
逓信省電気試験所	東京都品川区	1881			
陶磁器試験所	京都市伏見区	1919			
東京工業試験所	東京都渋谷区	1903			
岐阜県陶磁器試験場	多治見市	1911			
日本碍子株式会社	名古屋市	1919	5,500		○ 2）
日本無線電信電話株式会社	北多摩郡三鷹町	1920	6,250	○	チタニコン
日本タイト製作所				日本タイト	○
日本タイル工業株式会社	多治見市	1921	188		○
日本特殊工業所				ヤマトタイト	○
東京ハーモニー電機製作所	東京都品川区	1930	150	CH タイト	○
東京合成樹脂工業株式会社	東京都目黒区	1937	195		○
東京芝浦電気株式会社	東京都京橋区	1904	205,075	タイデンタイト	ユーデンタイト
大阪陶業株式会社	大阪市北区	1920	2,100	タルシット	○
河端製作所	東京都滝野川区	1937		ゼッタイト	チタコン
川西機械製作所	神戸市	1932	18,750	タンパ	○
窯業科学研究所					○
第一通信工業株式会社	東京都荏原区	1937	200	ステアタイト	○
大東工業研究所	千葉県市川市	1939		インスタテン	○
多摩絶縁体製作所	北多摩郡武蔵野町	1939	450	タマタイト	ユーデン
中川無線電機製作所				NWR タイト	○
ヤマカ製陶所	多治見市	1924		ネオチット	○
烏帽子電機株式会社	東京都蒲田区	1941	299	エボシタイト	○
葵無線工業所	東京都麹町区	1942	780	葵タイト	アオイチタン
三笠電機製作所	東京都淀橋区	1927	180	ノーボライト	セラミドン
昭和陶園	愛知県東春日井郡	1928			○
周益電気工業所	東京都蒲田区	1934	180	中性タイト	○
住友通信工業株式会社	東京都芝区	1899	40,000	テイソン一号	コーユー

注 1）　資料の発行は 1943 年 12 月なので，企業情報は 1943 年に近い時点とする。
　2）　資料では製造の有無を示すのに×が使われているが誤解を生みやすいので○にした。
資料：電気学会（1943），『電気工学年報』昭和 18 年版，185 頁より作成。設立年などの企業情報については『帝国銀行会社要録』，『電気年鑑』，『ラジオ産業廿年史』などによる。

その諮詢機関である資源審議会に「我国ニ於ケル科学的研究ノ現状ニ鑑ミ之ガ改善ニ関スル一般方針如何」を諮詢し（諮詢第 6 号），1930 年 3 月に答申を得た。この諮詢と答申は，日本で研究開発の体制を問題にしたはじめての本格的な構想であったが（同：352-354），その答申の第 4 項に「国トシテ最モ発達ヲ要スル研究事項ノ調査公表」があった。国の戦略的な研究課題を設定しようというのである。資源局は調査のうえ，「大学及研究所ニ於ケル専門学者ノ意見ヲ徴シ且陸海軍，農林，商工，其ノ他関係各省ノ意嚮ヲモ参酌シ数次ニ亘ル慎重ナル協議ノ結果」[4]，研究事項を選定し，資源審議会への諮詢

4）　資源局『附属文書第二　国家重要研究事項ノ選定公表ニ伴フ措置ニ関スル件』1 頁，諮詢第 7 号付属文書，「「諮詢第 7 号」国家重要研究事項の選定公表に関する件」JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.A09050476900，昭和財

と答申をへて，1933 年 9 月 15 日に「国家重要研究事項」を発表した（内閣告示第 4 号,『官報』同日）。

研究事項は全体で 40 あったがその一つが「電気絶縁材料」であり，その研究の要点として「高周波用絶縁物ニ関スル研究」があげられた。その解説書では，高周波絶縁物ではドイツなどでステアタイトが実用に供せられている状態であり，「此ノ方面ニオケル最近ノ進歩ハ極メテ著シ」いので日本でも研究を進めるべきだとされた（資源局 1934,『国家重要研究事項解説書』49）。この「国家重要研究事項」は「各方面ノ研究促進上ノ基準」とされたから，研究開発の政策面で優先的に取り扱われることになった。なかでも重要だったのは日本学術振興会の創設であり，それによる助成であった。

4.2　日本学術振興会と共同研究の組織化

日本学術振興会は 1932 年 12 月に学術振興を目的に設立された，文部省所管の財団法人であった（日本学術振興会編 1982）。事業目的は，学術研究を振興してその応用を図り，文化，産業，国防に寄与しようとするもので，事業としては，研究への援助や発明考案の産業化の奨励などであった。そのなかに「聯合研究ヲ奨励援助スルコト」があった。この時期，研究開発政策は研究機関の共同の促進に重点の一つがあったからである（平本 2014：第 1 章）。

同会は学問分野ごとに常置委員会を設け，その中に調査研究を行うため小委員会を設けた。小委員会の課題は前記の「国家重要研究事項」に強く影響されていた。その課題の研究を「官庁学校研究所会社工場等ノ代表者専門家実用家ヨリ選抜セラレタル委員ニ於テ之ヲ行」った（日本学術振興会編（各年度 a）1936：第 3 号：18），

電気材料についても 1934 年 7 月に第 18 小委員会が設置された。1937 年 1 月にはそのなかに高周波用絶縁材料を対象にした第 3 分科会を設置した（日本学術振興会（各年度 b）1938：267）。分科会の目的は「優良ナル高周波用絶縁材料ノ製造」であった。製造に重点があることに注意したい。前述のように当初の高周波絶縁磁器の歩留りは著しく低かった。分科会に参加していた日本電気の高崎勲の回想では，こうした特殊磁器の「量産は初めての経験であるために素地配合の研究よりはむしろ量産技術の確立が問題であり，とくに最終製品が部品のカタチで要求されるために，成形，加工精度等についての問題が最後までつきまとった」（高崎 1973：59）。分科会が製造を課題とするのは自然であった。

分科会の委員は第 3 表のようで，隔月に一回，会議を開催した。まず着手したことは，高周波絶縁材料が備えるべき性能を調査することであった（本野 1941：16）。そのなかで高周波絶縁材料の試験方法自体が統一されておらず，同じ方法をとっていても測定装置が標準化されて

第 3 表　日本学術振興会第 18 小委員会第 3 分科会委員

役職	氏名	所属
委員長	西　健	東京帝国大学
委員	石川潔	芝浦製作所
	今村倍次郎	東京電気株式会社
	小川建男	逓信省電気試験所
	草葉季喜	陸軍科学研究所
	小林正次	日本電気株式会社
	阪本捷房	東京帝国大学
	谷恵吉郎	海軍技術研究所
	松平正寿	東北帝国大学
	松前重義	逓信省工務局
	三浦倫義	株式会社日立製作所
	村田八束	日本碍子株式会社
	森田清	東京工業大学
嘱託	岡崎三郎	理化学研究所

注 1）　分科会新設時（1937 年 1 月）の委嘱委員。
資料：日本学術振興会（1939),『特別及ビ小委員会ニヨル綜合研究ノ概要』第 3 回，268 頁。

政史資料第 6 号第 31 冊（国立公文書館）。

いないので結果は様々であることを見出した。そこで試験方法の統一から始めることとした。とくに高周波での絶縁性能の基本的指標である誘電体損の測定方法が問題となった。

それにはいくつかの方法があったが，比較研究の結果，イギリス NPL（The National Physical Laboratory）のリアクタンス変化法を改良した装置を製作して各委員に配布し実測した。その結果，この装置を標準にしようということになり（日本学術振興会（各年度 b）1938：281），その方法を『電気学会雑誌』などで公表した（日本学術振興会第 18 小委員会 1939）。装置は理化学研究所工作課で製作し，1941 年度末までに計 63 台が製作され，全国の絶縁材料メーカーに配布された（日本学術振興会（各年度 b）1941：317）。日本ではドイツのように高周波絶縁材料の国家規格制定まではいかなかったが，こうした形で試験方法の事実上の標準化が行われた（高崎 1973：57）。

これと並行して絶縁材料の性能，品質の向上も目指された。「製品ノ品質向上ヲ図ル」ため，メーカーや委員以外の研究者とも連絡をとり，「製作品ノ性能ヲ試験シ，之ニ適当ナル指導ヲ与ヘ以テ優良製品ノ製産ヲ促進」した（日本学術振興会（各年度 b）1938：279）。そうしたことの繰返しで，「コレマデ欧米ノ製品ニ比シ著シク遜色ガアッタ高周波絶縁材料モ漸次改良セラレ，特ニ窯業製品ニ優良ナモノヲ得ツツア」（同上 1941：317）った。

具体的にみると，分科会設置のころの市販のステアタイトの誘電体損は 10 メガサイクルで乾燥時 1 万分の 10 であったが，1940 年ころには 1 万分の 4 になった（本野 1941：19）。その改善に大きく貢献したのは，分科会委員ではなかったが，東京帝国大学工学部で電気試験所兼任の大山松次郎と電気試験所の中路幸謙であったという（同）。大山・中路の研究はステアタイトの不良の原因となる多孔性を改善するため，金属酸化物を添加してその焼成温度範囲を広げようとするものであった（大山他 1940：11）。当時，こうした研究が様々に行われていた（伊藤 1939：36）。分科会での議論はそうした研究を促進したであろう。また，委員でもあった日本電気からはステアタイトの機械加工容易な製品が発表された（本野 1941：19）。こうした結果，1940 年ころにステアタイトを市販している 10 数カ所の，どの製品を試験しても性能は著しく向上した（本野 1941：19）。

こうした具体的効果に加え，日本学術振興会の報告書は，この分科会の「目ニ見エナイ効果」として「高周波絶縁材料研究者ノ連絡強化」をあげている。「高周波用絶縁材料ノ研究者ハ従来個々独立シテ優秀製品ノ製造ニ努力シテ来タガ，本分科会設立以来コノ方面ノ直接関係者ガ委員トナッテカラ委員間ノ専門知識ノ交換ニ依リ，研究強化ノ気配ヲ一層高メ得タ。其ノ結果製造業者ニ製作上ノ指針ヲ与ヘ格段ナル優良製品ノ製造ニ進ンデ居ル。又本会ヲ中心トシテ全国ノ製造者，使用者，試験者，研究者ガ連絡ヲトル傾向ヲ見セテ来タコトハ斯界ノタメ極メテ有意義デアル」（日本学術振興会（各年度 b）1938：287）という。分科会は委員間の交流を組織しただけではなく，前述のように委員以外の研究者，企業との交流も意図的に重視していた。誘電体損測定装置の配布が結局，70 台近くに及んだことからも分かるように（岡崎 1980：60），このネットワークは広く拡がったのである。企業が多様だっただけに，企業や研究者が互いに連絡をとる傾向が現れたのは重要であった。この共同研究の組織化は技術を中心とした，いわば「業界」の形成を促進するものだったのである。

他方，高周波用磁器絶縁材料は，窯業系の委員会でもとりあげられた。日本学術振興会は，1938 年 11 月にガラス及び耐火物を対象に第 34 小委員会を設置した。そのなかに 1942 年 1 月，ステアタイト系，チタン系などの特殊窯業品を対象とする第 9 特殊委員会が設置された（日本

学術振興会（各年度b）1943：492-493）。特殊窯業品は電気通信用絶縁材料や内燃機用点火栓としてきわめて重要になったとの認識であった。ここでは，その成分，原料，製造方法等についてとりあげられた（不破 1944：202）。有力メーカーから試料を提出してもらい，検討した。

さらにここでは，ステアタイトと酸化チタン磁器のそれぞれの原料である滑石と酸化チタンの規格を審議し，日本標準規格として制定した（永井 1946）。酸化チタンについてみると，塗料用のものはすでに簡単な規格があったが，電気絶縁用としてこの委員会で審議し，工業品規格統一調査会に諮り，臨時日本標準規格第 430 号（「電気絶縁体用酸化チタン及其ノ分析方法」技術院 1943 年 11 月 1 日決定）として制定された。さらに大日本航空技術協会でも陸海軍合同酸化チタン専門委員会で酸化チタン系磁器，とくにチタンコンデンサ用の規格を審議した（永井 1946：5）。

これらの共同研究の実施以外にも日本学術振興会は個々の研究にたいする助成も行った。高周波絶縁材料関連では，第 5 常置委員会（化学関連），第 10 常置委員会（電気関連）それぞれで助成を行った。前者では東京帝国大学永井彰一郎，東京工業大学鈴木信一，後者では大阪帝国大学七里義雄他，理化学研究所岡崎三郎，京城帝国大学安宅彦三郎，大阪帝国大学望月重雄他，上記の鈴木信一など，有力大学の研究者を中心に助成した（日本学術振興会学術部編 1942）。

4.3　科学技術動員と共同研究組織化の進展

戦時体制の深化と国家総動員体制の本格化につれて科学技術動員も進められたが，この技術はその重要な一環であり続けた。高周波絶縁材料は電波兵器にも必須であった。ただ，この場合の高周波絶縁材料は有機合成材料も含んでおり，磁器だけだったわけではない。

1939 年 8 月公布の総動員試験研究令によるステアタイト，酸化チタン誘電体研究は前述したが，戦局が悪化して科学技術動員が進められると様々な研究開発の促進，共同研究の組織化が行われるようになった（沢井 2012）。陸海軍が兵器開発に研究者を動員したのはもちろん，大日本航空技術協会，研究隣組，戦時研究員制度，学術研究会議などが次々と行われた（沢井 2012：184-203）。所轄官庁も，陸海軍のほか，文部省，および 1942 年 1 月に設置された技術院など，幾つかの主体があった。しかし，研究に携わる有力な研究者は限られていたから，同じ研究者が複数の組織に参加することともなり，共同研究活動は錯綜した（沢井 2012：200-203）。

それらを簡単に紹介すると，大日本航空技術協会は，1942 年 5 月に設立された財団法人で民間部門を中心に航空関連の研究者を網羅した組織であった（沢井 2012：184-186）。そのなかに航空機用電気材料を課題とする第 10 部会第 6 分科会があった。

研究隣組は，研究者個人を対象として「隣組」的な組織を作ろうとするもので（青木・平本 2003），1943 年 2 月に内閣から助成金がだされて国家的事業として認められた。第一線の研究者，技術者の自発的協力意思に基づくことが強調されたことが特徴であった。1944 年 12 月までに組織された組数は 152，組員総数は 3,082 名であった（青木・平本 2003：18）。そのなかに，後述する高誘電率材料を対象とした第 8012 研究隣組があった。

戦時研究員制度は，1943 年 10 月に発足した内閣の研究動員会議で決定した国家的な重要研究課題を研究させようとする制度であった。1944 年 11 月までででみると，183 課題，1,122 名の研究員が任命された（青木 2007：4）。そのなかに 1944 年 3 月に実施計画を提出した「高周波絶縁材ノ研究」があった[5]。その研究目標

5）技術院編『研究動員会議資料』「戦時計画実施計画（第 2 回ノ 2）」研動会第 23 号，1944

は，超短波及極超短波用絶縁材料を研究開発し生産量を確保するため企業を指導しようとするもので，その「課題分類」のなかに「ステアタイト酸化チタン磁器ノ量産並ニ品質向上ノ為ノ研究及調査」と「酸化チタン磁器ノ試作研究」があった。前者の研究場所は東大，陶磁器研究所，電気試験所，東工大，後者は東芝であった。ただ，研究方針の重点の一つはポリエチレンなどの研究にあった。

学術研究会議は1920年8月に発足した文部省所管の学術団体で，内外における研究の連絡と統一を図ることが目的であった。1943年11月に抜本的に改編され，実質的に文部省の科学動員の機関となった（青木2006b，2007）。重要研究課題を定め，科学研究費をもとに研究班を組織した。1944年度には193の研究班，班員は1,927人で，その約9割は大学等の教育研究機関の研究者であった（青木2006a）。高周波絶縁材料と関連すると思われるのは，1944年度でみると「第26班電気兵器材料」，「第49班工業材料及ビ原料ノ鉱物学的及岩石学的研究」，「第149班誘電体」であった。

こうして様々に振興政策が行われたが，研究開発の当事者は限られていたし，短期間だったから意図した効果が直ちに現れたようには見えない。しかし，この技術では画期的な成果が生れた。それは戦争末期だったこともあり，技術や産業に直ちに効果を発揮するものではなかったが，技術，産業の歴史からみると画期的な成果であった。

5. 研究隣組とチタン酸バリウムの発見

5.1 電気試験所での研究開発

その主体はここでも電気試験所であった。2.1でみたように，電気試験所では，誘電率温度係数ゼロの研究開発をしたが，結局，チタン酸マグネシウムにアルカリ土類金属酸化物を加えるという手段にたどりついた。つまり，3成分系にして焼結を容易にし，誘電率温度係数を調整することを発見したのである。こうして当初の開発目的は1942年はじめころ一応達成した。

研究担当者の和久茂は次の研究テーマを選ぶにあたり，「これまでのテーマから派生する関係の深いテーマを選ぶ」ことにした（小川・和久1990：7）。それは，アルカリ土類金属酸化物の添加量を増加していくと誘電率温度係数は増大していくが，その方向をさらに追究していくとどうなるのかという問題であった。これは誘電率温度係数の低い材料を追究するのとは方向が逆であった。和久に後に，「この方針が許されたことは筆者にとって極めて幸福であった」（同）と回想している。つまり，この研究は研究者の知的好奇心から発していたのである。ただ，上司にあたる小川建男の回想では，研究目的は温度係数ゼロで誘電率が高いものの探求であったと実用性を指摘している（座談会1973：8）。研究遂行で矛盾するものではないが，立場の違いを反映している可能性もある。

実験は10人くらいの人数で，一つの3成分系につき150くらいの試料を作成して測定した（座談会1973：12-13）。その結果，異常な現象を発見した。アルカリ土類金属酸化物と酸化チタンの3成分系のちょうど真ん中で誘電率が大きくなることであった。そして粉末X線法でこれらの組成は単一の化合物であることを確認した。とくに酸化バリウムと酸化チタンの組成で約1,000という当時としては驚異的な誘電率になることを発見した（和久1974：14）。1943年末頃であった。続いて小川建男はこの物質の誘電率温度変化曲線に山があることを発見した。山の手前では温度係数は正であり，その後は負になるのである。この発見は1944年1月31日のこととされる（小川1947：2）。小川には，物質の誘電率温度係数はほとんど総て正なのに，酸化チタンは何故，負なのかという疑問が

年4月4日，井上匡四郎文書，第139所収。

念頭にあったという（小川・和久 1990：10）。

5.2　研究隣組での議論

このとき，小川は前出の第 8012 研究隣組の世話人であった。小川の研究成果はこの研究隣組で発表されていった。研究隣組の構成は第 4 表のようであった。組員の専門は電気工学，物理学，化学であった。会合は 1943 年 6 月から 1945 年 8 月の終戦まで 14 回開催された。

この委員の構成は研究隣組の構想を反映していた。「隣組的組織は…基礎研究，応用研究，生産現場の関係者を縦断的に網羅するものとす

第 4 表　高誘電材料研究会組員名簿（全国科学技術連合会 8012 研究隣組）

役職	氏名	所属	専門分野
顧問	西川正治	東京帝国大学	物理学
同上	仁田勇	大阪帝国大学	物理化学
同上	水島三一郎	東京帝国大学	化学
組長	駒形作次	逓信省電気試験所	電気工学
世話人	小川建男	逓信省電気試験所	電気工学
組員	阿部清	京都帝国大学	電気工学
	犬塚英夫	東京芝浦電気陶磁器試験所	電気工学
	岡小天	小林理学研究所	物理学
	小野満雄	名古屋帝国大学	物理学
	柿内賢信	理化学研究所	物理学
	河合鱗次郎	日立製作所中央研究所	化学
	久保亮五	東京帝国大学	物理学
	小谷正雄	東京帝国大学	物理学
	小寺明	大阪帝国大学	化学
	吹田徳雄	大阪帝国大学	電気工学
	鈴木松雄	東京工業大学	電気工学
	高木昇	東京帝国大学	電気工学
	高木豊	東京帝国大学	応用物理
	高崎勲	住友通信工業研究所	電気工学
	高橋秀俊	東京帝国大学	物理学
	氷宮健夫	大阪帝国大学	物理学
	林龍雄	海軍技術研究所	電気工学
	牧島象二	東京帝国大学	化学
	正木知己	逓信省電気試験所	電気工学
	三宅静雄	小林理学研究所	物理学
	武藤俊之助	九州帝国大学	物理学
	八角正士	東京帝国大学	化学
	渡辺格	東京文理科大学	化学
全科技連主事	福田義達		
傍聴者	高野少佐	陸軍登戸研究所	
	今津中尉	陸軍登戸研究所	
	草野中尉	陸軍登戸研究所	

資料：小川 1982：13-14 頁，より作成。

る」（技術院「科学技術審議会設置要綱案」1942 年 3 月，青木・平本 2003：8）とされていたからである。当然のことと見えるかもしれないが，これは 1941 年 5 月の「科学技術新体制確立要綱」で主張された論点で，このころから強調されていくことになる（平本 2014：27）。海外から孤立した状況で技術革新を起こそうとすればそうなるのは自然であった。

会合には毎回，20 名くらいが参加した（以下，三宅 1990：30-32）。毎回報告は二つくらいあったが，いちばん活躍したのは小川で最新の測定データを次々と報告した。物理学の小林理研の三宅静雄は，小川の報告に「初めのころはそんなものかと思うだけであった。しかし，突如として，100℃ 付近で著しい極大を示す異常な誘電率曲線を見せられて，われわれは大変驚いた」（三宅 1984：69）。物性物理学で問題になっていた強誘電体（電界がかけられなくても電気分極をもち，その極性が印加される電界の極性の反転にともなって反転する性質をもつ物質）の特徴に似ていたからである。東京帝国大学の物理学者であった高橋秀俊は，誘電率温度特性に極大値が現れ，温度を上げても下げても同じ曲線を描くのは強誘電体以外ないと直ちに指摘した（小川・和久 1990：13）。1944 年 4 月 20 日の第 7 回の会合でのことであった。各組員もそれぞれの立場から意見を述べた。「強誘電体なら誘電率電圧特性に飽和現象が現れるはずだから実験してみよとか，X 線で結晶構造を調べたいから試料を提出してほしい」などの指摘，要望が相次いだ（同 14）。

その驚きには物理学側の事情があった。当時，強誘電体としてはロッシェル塩と燐酸二水素カリウムが知られていた。前者は物質としては 17 世紀から知られていたが，強誘電体であることが確認されたのは 1920 年であり，後者は，ロッシェル塩以外の強誘電体を探索するなかで 1935 年に発見されたものであった（高木 1990；44）。この時期，強誘電体が関心を集めていたのである。とくにロッシェル塩は対潜水艦用水中聴音機材料として当時，重視されていた。それらに続く，第三の強誘電体の可能性が高い物質が出現したのである。しかも，前二者が水に溶けやすくこわれやすい結晶で実用性に問題があったのにたいし，これは窯業製品であった。「研究の範囲が一挙に拡大されたと感じた」（高木 1990；42）物理学者たちが色めき立つのは当然であった。

その後，阪大の吹田徳雄はこの磁器の誘電特性と X 線特性を測定し，小林理研の三宅も試料の X 線分析の結果を 10 月 25 日に報告した（三宅 1984：69）。三宅はこの組成が既に知られていたチタン酸バリウムに相当するとして，ペロヴスカイト型に属する立方晶系の結晶構造をもつこと，格子定数の温度変化が 120℃ 付近で異常を示すことなどを指摘した。つまり，この物質がペロヴスカイト型の構造をもつチタン酸バリウムであるという結晶学的な同定を行い，かつ 120℃ 付近で相転移点（物質の相－固体，液体，気体など－が変る特定の温度や圧力）があることを示唆したものであった（三宅 1984：69，三宅 1990：31）。

小川は学術研究会議でも報告した。第 50 班（ママ，小川 1947：2）で報告し，顕微鏡的構造を検討してもらった。顕微鏡では室温で一見屈折率のきわめて高いガラス質にみえた（同：25）。

しかし，研究はそれ以降は続かなかった。電気試験所では 1944 年末にはガスの供給不足で磁器の焼成が困難となり，翌年には疎開，罹災のため休止状態となった（小川 1947：2）。小林理研の三宅も，「陸軍から頼まれたくだらない別の仕事も手がけていたから」研究は思うようには進まなかったし（三宅 1984：69），1944 年 11 月ころから空襲も始まって研究は中止となった。

こうして，チタン酸バリウムの誘電異常が発見され，その理論的な解明もある程度進んだ。

これは戦時下の共同研究の組織化で物理学者と電気工学者が同じ研究会に参加したことの所産であった。というのは電気試験所の小川には「強誘電体に関する知識は皆無だった」（小川 1990：14）から，誘電異常の発見だけでは理論的解明には進んでいかなかった可能性が高いからである。ところがこれは物理学者に強い関心を引き起こし，理論的な解明が進んでいくのである。

5.3　チタン酸バリウムの発見とイノベーション

この発見は当事者には日本独自の発見と思われたが，戦後，各国の情報が入るようになってみると，ソ連，アメリカでも同様の発見がほぼ同時になされたことが判明した。その発見は2段階に分かれていた。まず，この物質の誘電異常が発見され，ついでそれは強誘電性によるとして強誘電体であることが確認された。アメリカでは前者はAmerican Lava Corp.のThurnauerとDeadericが1941年に発見し，Erie Resister Corp.のCodaやTitanium Alloy Mfg. Co.のWainer，Salomonが誘電率の温度特性にピークがあることなどを明らかにした。後者はMITのvon Hippelらによって1943〜1944年ころに行われた（豊田 1990：50-51）。von Hippelも陸海軍などによる戦時誘電体委員会に関与していた。ソ連では，前者は科学アカデミーの研究者によって1944年になされ，後者も1945年に行われた。それには理論物理学者の関与があったとされる（同：53）。日本では上記のように，前者は1944年初めに行われ，後者はその方向に進みつつあったが，研究が継続できず中途で終った。

3つの孤立した社会経済でほぼ同時に同じ発見が行われたというのは「同時発見」ないし「多重発見」であり，それだけ発見過程が似ていたことを示唆している。事実，米ソ英のチタン酸バリウムの発見の経緯を分析した豊田（1990）によると，いずれも研究の原動力はコンデンサに関する軍事的要請であり，「その発見に到る各国の研究経過の詳細は驚くほど酷似してい」た（同：49）。つまり，高周波用高誘電率材料への軍事ニーズのもと，酸化チタン磁器の3成分系研究が行われれば，同じ発見（チタン酸バリウムの高誘電率と山状の温度係数曲線の発見）に達する可能性が高く，それが強誘電体によるものだとする科学上の発見にいたる可能性も高かった（物理学における強誘電体研究）といえる。この発見は技術，科学両面で累積的な性格が強く，大きな飛躍ではなかったのである。

しかし，その結果発見された物質は，強誘電体というそれまでとは異なる性質をもち，誘電率が高いだけではなく，潜在的には強誘電体特有の新たな実用性をもっていた。しかも，強誘電体自体としてもそれまでとは違い，窯業製品という工業的にはより扱いやすく，イオンの置換や添加も容易で技術的発展可能性にも富んでいた。それだけ学術的探求の余地も大きかった。イノベーションと科学を飛躍的に発展させるような物質だったのである。つまり，出現した成果の面からみると，技術と産業を変革するようなラディカルなイノベーションだったといえる。

通常，科学史では「根本的な革新を生み出したか否かという点からみると，明らかに日本の科学動員は失敗であった」（廣重 1973：216）とされるが，ここではそうではなかった。ただそれは，生み出すのは累積的だが，生み出されたのは画期的というイノベーションの性格によるものであった。また，基礎研究，応用研究，実用化という，当事者が構想した因果関係が成功したものでもなかった。ただ，物理学，電気工学，企業など，同じ対象に異なる関心をもつ関係者の交流の場を政策的に設定したことが意味をもったのであった。

6. イノベーション・システムと産業ダイナミズム―むすびにかえて―

これまでの歴史過程をイノベーション・システムと産業ダイナミズムという視点からまとめ，むすびにかえよう。

まずイノベーション・システムからみると，政府部門主導の性格が強かったことが分かる。政府はこの技術の戦略的重要性を認識して助成政策を行い，共同研究を組織した。研究開発は公的研究機関や大学が主導的であった。その効果は大きかった。酸化チタン磁器を研究開発し，その技術を伝播した。試験方法を標準化し，原料規格を制定した。業界ネットワークを形成し，性能，品質の向上に寄与した。そして最後には画期的革新をなし遂げた。その多くは共同研究を組織化したことによるものであった。共同研究の組織化がイノベーションを大きく促進したのである。

他方，企業は中小零細企業が多かったこともあり，個々の企業の技術革新能力はまだ弱かった。また，企業間競争も，軍需が強すぎて製品差別化や企業淘汰が問題になるような状況ではなかった。したがって企業部門全体としての技術革新能力も弱かったとみることができる。そのことの端的な現れは温度係数ゼロのコンデンサが市販されなかったことで，結局，技術の水準は「独逸に比し相当の懸隔があ」る状態であったのである。

産業のダイナミズムでも同様であった。市場を牽引したのは軍需であり，そのもとで多様な企業が数多く参入した。軍需が強すぎて企業間競争は厳しくなかった。分野や規模の多様な企業の急速な参入が産業ダイナミズムの主な内容であった。

こうして産業形成の過程は政府部門主導の性格が強く，そのことからも国内中心の過程となったのは自然であった。

この過程を大きな歴史的展開の観点からみると，その後に残した遺産として大きかったのは2つあった。一つは中小零細企業も含め多様な企業が参入できたことであった。数年前まで納豆製造をしていた企業や零細な陶磁器業者，また元電気試験所技術者なども参入でき，戦後の主要企業となっていけたのである。もう一つは，後にこの技術と産業のあり方を画期的に変えるような学術的発見が，孤立した状態でも現れたことである。このチタン酸バリウムは用途が広く，産業的発展の可能性に富んでいたし，そのこともあって学術面にも物理学や電気工学の探求課題を次々と提供していくものであった。日本の科学，工学，産業の発展にとって潜在的な可能性に富んだ材料だったのである。ただ，実際の歴史過程は紆余曲折を伴うもので，必ずしも単線的に発展していくようなものではなかった。次の課題である。

（査読を経て 2026 年 7 月 3 日受理）

引 用 文 献

（凡例）

1. 文中での新聞，雑誌の引用は次のように略記する。『電波新聞』1955 年 5 月 15 日，2 頁⇒『電波新聞』19550505：2。『社会経済史学』第 68 巻第 5 号，3-24 頁⇒『社会経済史学』68（5）：3-24。
2. 文献記載順には会社種類名称を考慮しない。
3. 史料の引用では，原則として，旧仮名遣いを現代仮名遣いに，旧字体を新字体に，カタカナの仮名はひらがなに，改めた。

青木洋（2006a），「第二次大戦中の科学動員と学術研究会議の研究班」『社会経済史学』72(3)，63-85 頁。

青木洋（2006b），「学術研究会議と共同研究の歴史―戦前から戦中へ―」『科学技術史』（9），37-65 頁。

青木洋（2007），「学術研究会議の共同研究活動と科学動員の終局―戦中から戦後へ―」『科学技術史』（10），1-40 頁。

青木洋（2024），「総動員試験研究令について―日本の科学技術動員再考―」『横浜経営研究』45

(1)，21-48 頁。
青木洋・平本厚（2003），「科学技術動員と研究隣組－第二次大戦下日本の共同研究」『社会経済史学』68(5)，3-24 頁。
イー・アルベールズ・ションベルグ（1943），『高周波絶縁物　改訂版』船曳春吉訳，有象堂出版部。
伊電史編集委員会編（1981），『三菱電機伊丹製作所四十年のあゆみ』同会。
伊藤集愓（1939），「高周波絶縁材料に就いて」『電気協会雑誌』212，33-38 頁。
伊藤集愓（1944），「無線通信特殊窯業品」永井彰一郎監修『材料化学の進歩綜説　第一輯』共立出版，124-162 頁。
犬塚英夫(1949),「磁器蓄電器について」『電気通信』11(45)，62-66 頁。
猪木武徳・西島公（2006），「碍子からファインセラミックスへ―村田昭研究（序）」『企業家研究』(3)，45-59 頁。
大山松次郎・中路幸謙・中川史生（1940），「ステアタイト」学術研究会議第二部編『工学研究撮要』(6)，11 頁。
岡崎清（1990),「セラミック・コンデンサ物語」村田製作所・村田昭編『驚異のチタバリ―世紀の新材料・新技術―』丸善，252-259 頁。
岡崎三郎（1980），「西研究室の星霜 20 年」『理化学研究所　六十年の記録』同研究所, 58-62 頁。
小川建男（1942），「陶磁器の材質と絶縁性との関係に就いて」逓信省電気試験所『電気試験所五十周年記念論文集』192-194 頁。
小川建男（1947），「チタン酸バリウム磁器に就て」『物性論研究』(6)，1-27 頁。
小川建男（1982），「強誘電体発見の頃」『半導体研究所報告』18(1)，8-16 頁。
小川建男・和久茂（1990），「日本におけるチタン酸バリウム発見の経緯」村田製作所・村田昭編『驚異のチタバリ―世紀の新材料･新技術―』丸善，3-18 頁。
小川若三郎･小川建男･宮城精吉･森安静太（1935），「電気材料としてのチタニウムの応用に就て」『電気化学』3，489-492 頁。
草間節次（1942），「特許に現れたる高周波無機絶縁物」『電気学会雑誌』62(652)，653-656 頁。
後藤晃・小田切宏之（2003），『日本の産業システム③　サイエンス型産業』NTT 出版。
小林正次・釜菟善一・服部季夫（1940），「加工容易なる高周波用磁器絶縁物に就いて」『電気学会雑誌』60(628)，397 頁。
坂部行雄（2003），「『不思議な石ころ』今は昔？」『Metamorphosis』（村田製作所）(9), 10-11 頁。
貞清玄亀・小川建男（1944），「無線材料」小野孝編『最近に於ける無線工学の進歩』共立出版，94-102 頁。
座談会（1973），同（1974），「（座談会）エレクトロニク・セラミクスの歴史を語る」『エレクトロニク・セラミクス』4(12)，2-14 頁，5(2)，9-22 頁。
沢井実（2012），『近代日本の研究開発体制』名古屋大学出版会。
C.O.E. オーラル･政策研究プロジェクト（2004),『村田昭（株式会社村田製作所名誉会長）オーラル･ヒストリー』政策研究大学院大学。
島本実（2001），「資源の集中による間隙―ファインセラミックス産業の行為システム記述」『組織科学』34(4)，53-66 頁。
菅野健雄（1942），「高周波用磁器タルシット及びコルシットに就て」『電気協会雑誌』(247)，34-35 頁。
鈴木信一（1939），『特殊窯業品』共立社。
鈴木信一（1944），「高周波磁器」大日本窯業協会編『日本窯業大観』共立出版，56-58 頁。
鈴木良蔵（1940），『蓄電器』修教社書院。
太陽誘電株式会社社史編纂事務局編（2002），『太陽誘電 50 年史―やきものから高機能セラミックスへの道のり』同社。
高木豊（1990），「強誘電体としてのチタバリ」村田製作所・村田昭編『驚異のチタバリ―世紀の新材料・新技術―』丸善，41-48 頁。
高崎勲（1973），「エレクトロ・セラミクスの戦争中の話」『エレクトロ・セラミクス』4(10)，57-61 頁。
高橋雄造（1994),「戦後日本における電子部品工業史」『技術と文明』9(1)，63-95 頁。
通商産業省編（1979），『商工政策史　第十三巻工業技術』（鎌谷親善執筆), 商工政策史刊行会。
逓信省電気試験所（1944），『電気試験所五十年史』同所。
豊田耕一（1990），「欧米におけるチタン酸バリウム発見の経緯」村田製作所・村田昭編『驚異のチタバリ―世紀の新材料・新技術―』丸善。49-55 頁。
永井彰一郎（1946),「特殊窯業品原料の 2, 3 に就て」『大日本窯業協会雑誌』54(621)，3-8 頁。
中川功一（2012），「戦略硬直化のスパイラル―セラミック・コンデンサ産業の歴史分析より―」『組織科学』46(1)，71-81 頁。

中島裕喜（2019），『日本の電子部品産業―国際競争優位を生み出したもの―』名古屋大学出版会。
日本碍子（1949），『日本碍子株式会社三十年史』同社。
日本碍子（1970），『五十年史資料』同社。
日本学術振興会編（各年度 a），『日本学術振興会年報』同会。
日本学術振興会編（各年度 b），『特別及ビ小委員会ニヨル綜合研究ノ概要』同会。
日本学術振興会編（1998），『日本学術振興会 30 年史』同会。
日本学術振興会学術部編（1942），『事業報告』昭和 17 年度，同会。
日本学術振興会第 18 小委員会（1939），「高周波に於ける誘電体損標準測定法」『電気学会雑誌』59（10），519-524 頁。
日本電気（1972），『日本電気株式会社七十年史―明治 32 年－昭和 44 年』同社。
林三郎（1978），「着想と実用化―主としてセラミックに重点をおいて―」前島秀秋・角谷勝・倉品俊裕編『コンデンサの歴史的展望』日本電子機械工業会コンデンサ研究会，211-230 頁。
平本厚（2000），「日本における電子部品産業の形成」東北大学『研究年報･経済学』61（4）：21-39 頁。
平本厚（2010），『戦前日本のエレクトロニクス―ラジオ産業のダイナミクス―』ミネルヴァ書房。
平本厚編著（2014），『日本におけるイノベーション・システムとしての共同研究開発はいかに生まれたか―組織間連携の歴史分析』ミネルヴァ書房。
平本厚（2021），「戦後復興期電解コンデンサのイノベーション･システム」東北大学『研究年報･経済学』78（1），201-222 頁。
平本厚（2024），「高度成長期電解コンデンサ産業と中堅企業の形成」東北大学『研究年報・経済学』80（1），19-41 頁。
平本厚（2025），「高度成長期電解コンデンサのイノベーション・システムと産業ダイナミズム」東北大学『研究年報・経済学』81，1-22 頁。
廣重徹（1973），『科学の社会史―近代日本の科学体制』中央公論社。
不破橘三（1944），「日本学術振興会の窯業界に対する寄与」大日本窯業協会編『日本窯業大観』共立出版，198-203 頁。
松島茂（2012），「ファインセラミックス産業」同『通商産業政策史　1980-2000　第 8 巻　生活産業政策』経済産業調査会，328-339 頁。
三宅静雄（1984），「強誘電体との点接触」『固体物理』19（12），67-71 頁。
三宅静雄（1990），「チタバリ誕生期の思い出」村田製作所・村田昭編『驚異のチタバリ―世紀の新材料・新技術―』丸善，27-33 頁。
村田昭（1994），『不思議な石ころ』日本経済新聞社。
村田製作所 50 年史編纂委員会編（1995），『不思議な石ころの半世紀―村田製作所 50 年史』同社。
本野亨（1941），「電気材料ノ研究」日本学術振興会学術部編『委員総会研究報告講演集　第 6』同会，5-21 頁。
安井正太郎編（1940），『東京電気株式会社五十年史』東京芝浦電気株式会社。
脇野喜久男（1990），「日本におけるセラミックコンデンサの黎明期」村田製作所・村田昭編『驚異のチタバリ―世紀の新材料･新技術―』丸善，260-275 頁。
和久茂（1974），「高誘電率材料開発の思い出（思い出のフロンティア）」『電子通信学会誌』57（1），13-16 頁。
渡部琢雄･熊澤實（1940），「磁器蓄電器特性の概要」『日本無線技報』第 7 号，1-11 頁。

［付記］　本論文は科学研究費助成金（課題番号：24K04976）による研究成果である。技術解説については元東京農工大学高橋雄造先生のご指導を受けた。もちろん，記述の責任は著者にある。

The Emergence of the Fine Ceramics Electronic Components Industry : The Case of Ceramic Capacitors

Abstract

This study is part of an ongoing research project examining the mechanisms underlying the sustained competitive advantage of Japan's general electronic components industry. It distinguishes itself from previous literature by adopting the perspectives of innovation and industrial dynamism, specifically focusing on fine ceramic electronic components. In particular, barium titanate is selected as the primary object of investigation. The study covers the period from the pre-war era to the end of World War II.

After examining the research and development in ceramic capacitors, firm entry, and the role of government, this paper summarizes the innovation system and industrial dynamism of the era.

The findings reveal that R&D was "science-based" yet heavily dependent on production know-how, and was conducted almost entirely within Japan. The government played a strategic role by organizing collaborative research, and driving market demand through military requirements. Both the innovation system and industrial dynamism were characterized by strong government leadership.

This system left two significant legacies in industrial history : the establishment of an environment that enabled broad corporate participation, and the emergence of a breakthrough academic discovery that later reshaped technology and industry.