



磁性材料フェライトの発明と工業化

磁石といえば「金属」が常識だった。そんな時に「セラミックス」材料から、現代社会を支える磁性材料「フェライト」が大岡山の地で生まれた。

本学で画期的なフェライト磁石が発明されたのは1930年〔昭和5〕で、本学が大学に昇格した直後の快挙でした。その科学的意義（ノーベル賞級の大発見）と応用的価値（エレクトロニクス社会の招来）が理解されるまでにはしばらく時間がかかりましたが、第2次世界大戦後（1945年以降）の電気・電子産業の飛躍的な発展を可能にした立役者といえます。今日ではあらゆる電子機器に組み込まれ、私たちの高度文明を支えています。◆現在、電気・磁気・光は本質的に不可分のものとして理解されていますが、当時はまだ磁気の正体はベールに包まれ、かろうじてその姿が垣間見え始めたところでした。暗中模索だった当時の状況を再現すると分かりにくい話になりますので、ここでは、本学でなされた偉業を最初に現代の目でまとめた上で、発見者の生い立ち、人となり、発見の経緯、及び大学発ベンチャーを経て一大産業になる過程を紹介します。

科学が進歩した現在では、磁力は物質中の無数の電子の公転及び自転運動（電子スピン）に伴う磁気モーメントに由来することが分かっています（図①A, B）。通常はこれら磁気モーメントの向きはランダムゆえ、物質総体としては打ち消され磁力は生じませんが（図①C, a）、磁気モーメントの向きが揃うと磁力となって外に現れます（図①C, b）。

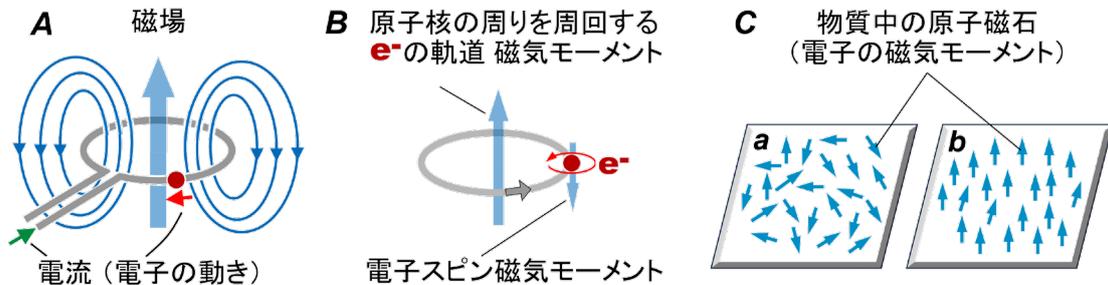
本学に新設された電気化学科の加藤与五郎と武井武は亜鉛フェライト（ $ZnO \cdot Fe_2O_3$ ）とその類縁化合物の磁気特性を温度を変えながら調べていた時に、コバルトフェライト（ $CoO \cdot Fe_2O_3$ ）を一旦高温にし、磁場をかけながら徐冷すると強力な磁石になることを発見しました。高温下で電子の磁気モーメ

ントの向きが磁場と同じ向きに揃い、温度降下によってその状態が維持されたまま固定されたのです。この「磁場内冷却効果」は、本人たちも小躍りした予想外の大発見で、しかもフェライトという新しい材料（セラミックス、絶縁体）でありながら、磁力の強さは当時世界最強と話題になっていた金属製磁石^{（注1）}を上回ったのです。さらに、銅フェライト（ $CuO \cdot Fe_2O_3$ ）と亜鉛フェライトを混合して焼成すると透磁率が非常に高い（磁化され易い）材料が得られることを見つけ、電磁石や変圧器の磁心の他、それまで不可能だった高周波対応の機器への応用も可能にし、一時代を築きました（p.15, 図①）。大学発ベンチャーも大成功をおさめました。

1. 磁性とフェライトの入門編

1.1. 磁性とは？

永久磁石は直感的に磁性材料だと分かりやすいのですが、磁場内で一時的に磁化される物質も「磁性材料」といいます。そもそも人類と磁石の最初の出会いはどのようなものだったのでしょうか。古代ローマ（約2,000年前）のプリニウスによる『博物誌』には次のような記述があります：「ある日、羊飼いのマグネスが羊の番をしていると、自分の鉄の杖とサンダルが大きな黒い石にくっつき……」。当時は磁力という概念は有りませんでしたから、石の“精神力”のなせる業とみなされま



① 電子のような荷電体が動くと磁場が発生する（A）。同様のことは原子を構成する電子にも当てはまり、磁性の根源は原子核の周りを周回する電子の「軌道磁気モーメント」と電子自身の“自転”に由来する「電子スピン磁気モーメント」にある（B）。前者は、磁石の性能評価や材料設計において重要な指標になる。後者には、上向き（+1/2）と下向き（-1/2）の2種類のスピンのあり、多くの場合上向きと下向きが対になって打ち消し合い磁場形成に寄与しないが、不對電子は1個の極微小磁石として振舞う：原子番号26の鉄原子は26個の電子を有するが、その内の22個が対（↑↓）をなしており、4個が（M殻3d軌道上に）不對電子（↑）として存在する。

した。この黒い石は磁鉄鉱（マグネタイト、 Fe_3O_4 ）だったと考えられます。天然産の磁鉄鉱の不思議な性質は人々の興味を惹きつけ、羅針盤に応用されるなど徐々に生活に利用されるようになりました。その後の研究で、鉄合金製の強力な人工磁石^(注1)が次々と作られ、(1)分析法の進歩に伴い、それらの磁石を構成する原子群の並び方（結晶構造）が明らかにされました。さらに、(2)原子・分子の構造に関する理解が進むにつれ、磁性の起源も次のように説明できるようになりました。すなわち、物質中の電子（ e^- ）の公転と自転運動（スピン）に伴う磁気モーメントが磁力の正体であることが分かったのです（量子力学の成果）（図①）。電気と磁気を統合して「電磁気学」とよばれるのも納得ですね。通常物質では、内部の無数の電子の公転軌道面やスピンの向きはランダムで磁力はお互いに打ち消し合いますので（図①C, a）、磁性は見られませんが、公転軌道面やスピンの向きが揃った特殊な材料（永久磁石）や磁場の影響を受けると電子の磁気モーメントの向きが揃う材料では磁性が現れるのです（図①C, b）。

1.2. フェライトの組成と特性

以上は、金属製の「永久磁石」や電磁石の「鉄心」に焦点を当てた紹介ですが、本稿の主題である「フェライト」は、酸化鉄（鉄鉱石、 Fe_2O_3 ）の粉末に様々な金属酸化物（Metal oxide, MO）の粉末を混ぜ合わせて高温で焼き固めて作られる材料（セラミックス、一般式： $\text{MO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）であり、そのユニークな磁気特性により、携帯電話・パソコン・薄型テレビ・ハイブリッドカー・カセットテープといった様々な電気・電子機器に広く利用され省エネや小型化、性能向上などに貢献しています。1950年代以降の電気・電子産業の飛躍的な発展は、フェライトの登場に負うところ大なのです。人類が最初に発見した自然界の磁鉄鉱は、 $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ とも表記できますので、鉄フェライトです。永久磁石なのでハードフェライトに分類されます。

フェライトの本格的な研究は、本学の加藤与五郎と武井武によって始められました（図②, ⑩）。当初の研究目的は磁性とは全く関係の無いものでしたが、磁性をほとんど有しない亜鉛フェライト（ $\text{ZnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）の性質を調べる必要性に迫られ、種々工夫を凝らしながら類縁化合物の特性も調べている時に、(1)コバルトフェライト（ $\text{CoO}\cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）が世界最強の永久磁石（ハードフェライト）になること及び(2)銅フェライト（ $\text{CuO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）と亜鉛フェライトを混合して焼成すると透磁率が非常に高い（磁化され易い）材料が得られることを発見したのです。後者は永久磁石ではありませんが、磁界（磁石）に触れると磁石になり、磁界を取り去ると元に戻ります；磁界がある時だけ磁気を帯びるのでソフトフェライトと呼ばれます。

ソフトフェライトはコイルやトランス（変圧器）の心材（コア）として使われています。小学校の理科の時間に習った電磁石の場合は鉄心にコイルを巻いて乾電池で駆動しましたが、交流電源で駆動される無線機や電子機器に組み込まれたフェライトコアの場合は、金属製コア（磁心）に比べ、磁力線が数10～数1000倍にも増えるため、トランスやアンテナコイルに欠かせないものになっています。さらに、フェライトは絶縁体であるため高周波を利用した機器につきものの電磁誘導による“うず電流”によるコイル加熱^(注2)が起きにくく、数100 MHzの高周波数領域までカバーできるという優れた性質もっています。

このように、本学で開発された磁性材料「フェライト」は今日のエレクトロニクス社会を土台から支えているのです。以下では、世紀の大発見・大発明に至る人間ドラマを見ていきましょう。舞台は本学が大学に昇格した直後の大岡山キャンパスで、まだ本館もなかった頃の仮設校舎でした（p.15, 図⑩）。まずは主人公たちの伝記（『加藤与五郎人とその生涯』^(注3)、『武井武と独創の群像』^(注4)）を参考に、彼らの生い立ちから書き始めることにします。

2. 加藤与五郎の前半生

2.1. 幼少期～学生時代（図②）

加藤与五郎は、1872年〔明治4〕に愛知県の貧しい農家の長男として生まれました。子供の頃から勉強好きで、家の手伝いや妹の子守の合間には、いつも縁側に教科書を持ち出して、声をあげて読んでいたそうです。8歳の時に不幸に見舞われています；腸チフスにかかり、死線をさまよいつつも本人は何とか回復したのですが、看病してくれていた母に感染し、若くして（34歳）この世を去ってしまったのです。

父の再婚後1年したところで、加藤少年は伯父の家で生活することになりましたが、伯父は小学校の教師でしたので、“立派な家庭教師”の家に住み込んだことになります。小学校では成績は常にトップで、卒業後は授業生心得（代用教員）を務めています（15歳）。この間も独学を怠っていません。その後新設された高等小学校も卒業し、成績が優秀だったので、その学校の授業生（教師）になりますが、正規の教員になることが彼の夢でしたので、中学校教師を目指して、英語・数学等を猛烈に独学し、京都の同志社ハリス理化学校大学部第2種（化学）に入学を果たしました。卒業後、熊本の私立英学校で理科を数ヵ月教えた後、仙台市立「東北学院」の教師となり、数学・物理・化学を担当しました。物理と化学は問題なかったのですが、数学の解析幾何や微積分は独学の加藤さんには手に負えず、生徒が怪訝に思う状況に陥りました。意地の悪い質問で加藤さんを窮地に追い込もうとする生徒まで出てくる始末でした。

そこで加藤さんは数学の原書を買ひ、夏休みの2か月間 巣ごもりして猛勉強し、高等数学を身に付けました。2学期が始まると生徒たちは驚きの声を上げたのです。超難問もすらすら解いてみせたのですから無理もありません。そして「東北学院には2ヵ月で高等数学をマスターした凄い先生がいる」と評

はおぼつかない会話がしばらく続いて、退室となりました。2,3日したところでノイスさんから手紙が来て、「一緒に国に連れて帰るから、準備しなさい」と急転直下の展開となりました。京都帝大を退学し、新婚の妻を残して単身で今すぐ渡米すべきかどうか迷った加藤さんは、報告がたら紹介状を書いてもらった同志社大の教員に相談しました。「帝大卒の学歴が無いと将来日本に帰った時に難しいし、奥さんも可哀そうだ」というアドバイスに従って、ノイスさんには断られるのを覚悟の上で延期をお願いすることにしました。「よろしい。卒業したら必ず来たまえ、私は待っているよ」とまた神対応でした。加藤さんの卒業が決まると、渡航費用としてノイスさんから何と“500ドル”も送られてきました(1903, 31歳)。ノイスさんはMITでは有力教授で、研究費も潤沢だったので、研究室というよりは研究部門を率いている感じで、若く有望な研究者をどんどん受け入れていたのです。1907～1909年の間は学長代理を務め、後にカリフォルニア工科大学(Caltech, 1920～)創設メンバーとして引き抜かれています。

2.2. ボストン時代 (MIT 留学, 31～33歳)

加藤さんは研究の経験は全くありませんでしたが、MIT (Massachusetts Institute of Technology) のノイス研究室では、研究助手として「溶液の電気伝導」の研究に従事しました。チューター役は1歳年下のクーリッジ助手 (William David Coolidge, 1873～1975, aged 101) で、よく面倒を見てくれました。研究のみならず米国の文化にも慣れ親しんで欲しいというノイスさんの勧めで、加藤さんとクーリッジさんは郊外の銀行家の邸宅に間借りし、隣り合わせの部屋で生活しました。彼からは、ヨーロッパの模倣から脱することやハーバードの鼻を明かしてやることなどの気概も学びました。後に加藤さんは、「ボストンでの生活が、“創造”を重視する考え方の原点になった」と振り返っています。週末には教会にも通ったそうです。2年経過したところで、クーリッジさんがGE



(General Electric) 社に新設された研究所に転出することになり、加藤さんは悄然(しょうぜん)となり、自分自身の将来についても考え始めました。

丁度その頃、本学の前身校(東京高等工業学校)から加藤さんに招聘の打診がありました。最初は講師で採用し、遠くないうちに教授に昇任させるから来ないかというのです。活気に満ちたMITを去るのは心残りでしたが、クーリッジさんが抜けたノイス研究室で立ち立っていく確固たる自信はまだ持てずにいました。6歳年上のノイスさんは「君はアメリカで学ぶべきものは学んだと思う」と帰国を勧めました。こうして加藤さんは本学に舞台を移すこととなります。GEに移ったクーリッジさんは、その後『タングステン電球』や『X線管』(Coolidge tube: hot cathode X-ray tube)を発明し、2代目研究所長やGE副社長の要職に就きました。

2.3. 東京高等工業学校時代 (33～57歳)

蔵前の地に創立された本学の前身校は、「人を育て、産業を興す」ことを校是として掲げ、兄弟校ともいえる“高等工業学校”の全国展開にあたっては、多くの校長や教員を送り込むなど強力に支援しました。最終的に、高等工業学校は25校にまで増え、手島精一校長が目指した「全土に繁茂する工業教育の森」ができあがりました。そこに本学が君臨したのです。世に送り出す人材の他、[日本初の特許事務所](#)や[経営コンサルタント](#)などを生み出した点でも実業界から高い評価を得ていました。

しかし、研究となると“専門学校”と“大学”ではその差は歴然で、専門学校である高等工業学校には研究用の場所・設備・人員・予算は一切手当されませ

んでした(図②, 上段)。加藤さんいわく「この20余年間は研究面では衰えな状態で、MITからの帰朝当時の覇気も失せた」。しかし、腐らず、努力は続けましたから、孵卵期だったといえるでしょう。「研究したいなら帝大へ」という当時の状況下では、1日でも早い大学への昇格が必要だったのです。この間の1917年〔大正6〕に、後の大発見・大発明の立役者となる武井武が電気化学科に入学し(図②, 下段)、教室で2人が相まみえる前に、早朝の正門で開門を待っている人たちの中に2人はいました。こんなところに13年後に師弟で成し遂げることになる偉業の伏線があったのかも知れません。

これまでの1&2節では、磁気の源である電子の公転と自転に伴う磁気モーメントに簡単に触れた後、主人公の1人である加藤与五郎(1872～1967)の前半生を紹介しました。彼はファラデー Faraday (1791～1867) と似た境遇にあったことを心の支えとしたきらいがあります；ファラデーは、貧乏な鍛冶屋の子に生まれ、学校にもろくに行けずに、14歳の時に製本屋(兼)書店の年季奉公(7年間)に出されましたが、この間に本をむさぼり読み、実験科学(特に化学)に興味を持つようになり、年季明けが近づいた頃は著名な化学者デービーの講演を何度も聴講し、300頁にも及ぶ講演録を作成しデービーに送ったのが契機となり、ファラデーは才能を認められ英王立研究所の助手となり、やがて世界的な科学者になりましたから、独学の科学者という点に共通項を見出したのでしよう。

MITへの留学を実現する時の向こう見ずなアプローチは野口英世を彷彿とさせるものがありました。MITで身に付けた独創の精神と“ハーバード何する者ぞ”という研究者魂の本領を発揮するには、当時の本学の状況(東京高等工業学校は専門学校に分類され、研究機能が付与されていませんでした)では難しく、何としても大学へ昇格する必要がありました。専門学校でも官立でしたので、教授の地位は高く給料は帝大並みでした。

次の3節では、第2の主人公である武

井武（1899～1992）の前半生と本学の大学昇格を機に母校に呼び戻された武井さんが磁性材料「フェライト」を発見・発明する過程を包み隠さず再現したいと思います。X線を発見したレントゲン Röntgen（1845～1923）は発見のいきさつに関しては一切語らず、多くの憶測を呼び、後世の科学史家を困らせています。

3. 武井武の前半生

3.1. 幼少期～学生時代（図②）

武井武は1899年〔明治32〕に埼玉県北足立郡与野町（現さいたま市中央区）に生まれました。農家ですが元地主の分家の長男で、父は小学校の教員でしたから、苦労せずに“すなお”に育ちました。母と本家の祖母には過保護なほど可愛がられ、かつ、家が“ボソソと一軒家”的で近所の友達と遊ぶことがほとんどなかったもので、気が弱く人付き合いが苦手なところがありました。その分自然を相手にしたので、植物・昆虫・貝・鉱物などの採集、鳥のはく製や顕微鏡作り、化学実験などに夢中になり、埼玉師範附属小学校、浦和中学校時代は傑出した理科少年でした。しかしこれが“あだ”となり、受験勉強がおろそかになりました。本人は「理科の道楽に凝っていた」と記しています。そんな訳で、高校へ進学し帝大へというエリートコースは諦め、中学卒業に際しては、父の勧めもあって「千葉医専」へ願書を出すことにしました。そんな時に偶然、本学の前身校「東京高等工業学校」（高等工業）に推薦入学制度があることを知り、軽い気持ちで「電気化学科」の面接試験に臨みました。千葉医専の試験を受ける前に「高等工業」の合格が決まり、入学を決意したのだそうです。「電気化学科」を選んだのにも深い意味はなく、単に名称に電気と化学の両方が含まれていておもしろそうだと思ったからのようです。もともと放任主義だった父からは「勉強はこれからだぞ」とだけ言われたそうですが、手渡された高級万年筆に将来に対する期待が込められていたに違いありません。



③東京高等工業学校(蔵前)
(大正9〔1920〕卒業 Album)

1917年〔大正6〕入学の同期生には、後に広く社会に名を知られることになる茅誠司（電気科、東大総長、文化勲章）や土光敏夫（機械科、経団連会長、土光臨調）がいました。武井さんは、埼玉の実家から高等工業のあった浅草蔵前の地まで、2時間程かけて列車通学しました。無遅刻で通していますので、家を5:30前に出ていたことになります。余裕を持って到着するように心がけていたので、正門の前でよく開門を待ちました。同じように開門を待つ人の中に、生涯の師と仰ぐことになる加藤与五郎教授がいました（図③）。「君は誰かね?」、「電化の武井です」。2人の性格から、それ以上会話は続かなかったようですが、これが最初の出会いでした。

当時の講義の多くは、教科書（洋書中心）の一部を先生が板書し、それを学生が必死にノートに写し取る形式だったのに対し、加藤さんの授業は、要点のみを丁寧に説明し、後は学生に徹底的に考えさせる方式（現在のアクティブラーニング）で学生に人気でした。一方で、学生の就職の面倒は一切みず、卒業生の仲人もすべて断るという徹底ぶり、人情味に欠けるような妙なこだわりがありました。実際、5.4節で紹介する愛弟子「山崎貞一」（図④）が結婚する際の仲人を、自分の研究室の助手であるにもかかわらず、「武井君に頼みたまえ」と

断っています（1937, 昭和12）。武井さんは、師の加藤さんを反面教師としたのでしょうか、学生の就職の世話をいわず、生涯に68組もの仲人を務めました。“弱虫”で人付き合いが苦手だった武井さんの性格は成長とともに薄れ、面倒見がよくなったのです。

3.2. 大正バブルの崩壊と会社勤めの時代

武井さんが高等工業を卒業した1920年〔大正9〕3月は大正バブルのはじけ、戦後不況に突入した時期でした。ヨーロッパを舞台に第1次世界大戦（1914～1918）が始まると鉄鋼等の重要な工業原料の輸入が難しくなり、国内での代替品の生産を迫られました。また連合国側は不足する軍需品等を日本からの輸入に頼りましたので、日本の経済は大戦景気（大正バブル）に湧きました。加藤さんはケイ素を利用したフェロアロイ（合金鉄）の新製法を開発し、ケイ素鉄の生産に成功しました。このケイ素鉄は耐酸性に優れていたことから化学工業用機械の素材として飛ぶように売れました。工場の増産では追いつかず、電力供給に強みのある福島県に別会社（東北電化機、資本金50万円, 1917年）を作ったほどでした。しかし、多数の成金を生んだ大正バブルは長くは続かず、終戦とともに世界恐慌に突入り多くの企業が倒産して行

き、東北電化も業績がガタ落ちで先が見え始めていました。

武井さんは、卒業を控えた暮れ（1919年12月）に、師の加藤さんから呼び出され、「君、私が関係している“東北電化”という会社に行かないか」と勧められました。就職の世話をしたことがない加藤さんが言うのですから、武井さんにとっては“命令”に近かったことでしょう。「その会社では、形勢挽回のために電気製鋼を始めることになった。電気製鋼を研究し、なんとか会社を持ち直してくれたまえ」と激励されて、現地に行ってみると、実質的には武井さん一人で、「屑鉄を電気炉で融解して鋼塊（はがね）を作る工程」を考案しなければならぬという厳しい状況でした。「屑鉄を融かす」といえば何とかなりそうだが、成分（炭素含量など）を調整して“鋼”にするのは経験のない若者ひとりの手に負えるものではありません。産物を金槌でたたいて強度を見るのがせいぜいで、「めくら減法」の実験に終始しました。「原料・スラグ・鋼の成分分析や電気炉の温度測定など基本的な分析ができてはじめて研究が進むのに、それらに必要な機器を要求しなかった自分を今でも恥じている」と後に述懐しています。この時の経験と次節で述べる東北帝大での経験が『測定は研究上の最も重要な武器である』という信条になり、それが故に、後に磁性フェライトの発見・発明の機会に恵まれることになるのです。

電気製鋼の研究は、会社の経営判断で数か月後に廃止になり、その後、武井さんは兵役に就き「心と体をきたえられて」会社に復帰しましたが、1922年10月の会社解散に伴い退職しました。次に加藤さんから勧められたのが、加藤さんの友人が経営する関東亜鉛鍍金（ときん、メッキ）株式会社でした。ここでは、英国から輸入した鉄板を亜鉛溶液に付けてメッキをし、トタン板として販売するのが本務でしたが、メッキが出来ず休業状態でした。武井さんは電気化学科卒の本領を発揮し、4か月ほどメッキができるようにしたのですが、経営者は鉄板の相場を見て、メッキす

るより原板のまま売った方が儲かると言って取引し、相場を読み違えて大損を出し、人員整理が必要になりました。理不尽にも、首切り役が工場長だった武井さんに回ってきました。兵営生活で多少鍛えられたといっても、根が優しい武井さんには酷な仕事でした。それに輪をかけたのが、1923年9月1日の関東大震災でした。工場は炎上こそしませんでしたが大きな被害を受けました。何よりショックだったのは、大きな変圧器が落ちてきてあわや武井さんを直撃！という事態に巻き込まれ、九死に一生を得たことでした。震災復興でトタン板の需要は急増しつつあったのですが、技術を軽んじ取引の“相場”ばかりを気にする会社に嫌気がさし、武井さんのやる気は失われていきました。結果的に武井さんを便利屋のように使いつぶしつつある現状を、師の加藤さんは心苦しく思っていたのでしよう、山梨高等工業学校の助教授になる話が立ち消えになった後、加藤さんは武井さんに「東北大へ行って勉強しないか」と勧めました。武井さんも本多光太郎（1870～1954；1917年〔大正6〕KS鋼を発明；結婚式当日もそのことを忘れて実験室にいたという逸話あり）などの活躍から東北大の金属材料研究所にあこがれを抱くようになっていましたので願ってもない提案でした。

3.3. 東北帝国大学時代 （化学視点で金材研に大貢献）

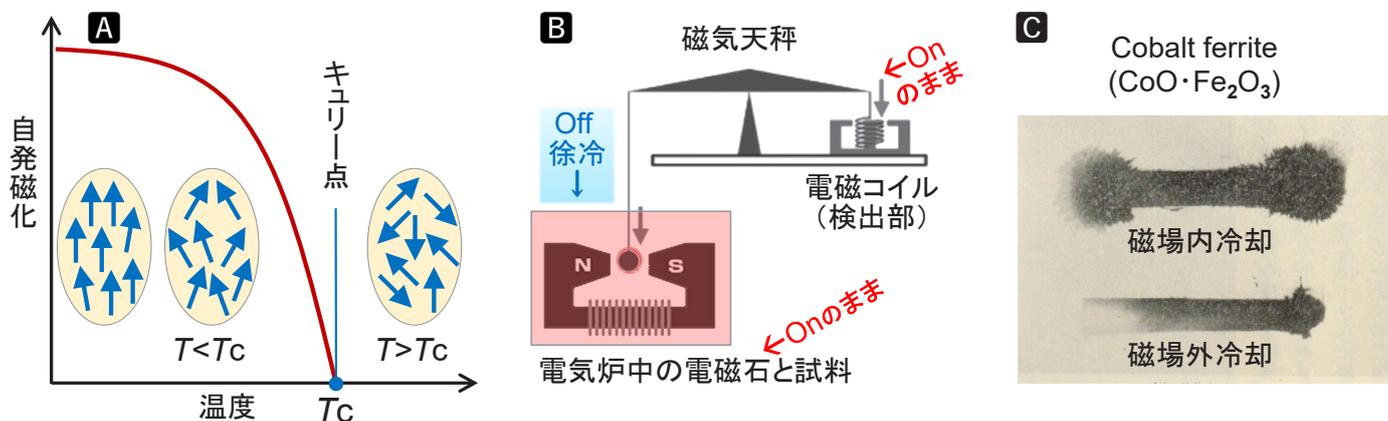
当時の帝大に入学するには、正規には高等学校卒業資格が必要でしたが、東北帝大だけは地の利が悪いハンディを克服して優秀な人材を集めるために、専門学校卒業生でも受験できる「傍系入試」の道を用意していました。会社勤めに懲りていた武井さんは傍系入試で基礎系の理学部化学科を目指すことにしましたが倍率は高かったようです。武井さんが受験した1924年度〔大正13〕の合格者は、正規生が10名、傍系生が6名で、準備不足だった武井さんはギリでの合格でした。

生産現場を経験している武井さんには、理詰めの講義は新鮮で、学問の香りを

堪能できたようですが、学生実験には物足りなさを感じ、無機化学の教授に頼み込んで研究の手伝いをさせてもらいました。引っ込み思案だった幼少期の気質は微塵も感じられない大胆な行動です。さらに、3年次の卒業研究では漠然と憧れていた金属材料研究所（金材研）の雰囲気のもとで研究をするべく、金材研の「金属化学」分野の村上武次郎教授に指導をお願いしています。自分の所属学科以外で、しかも面識のない先生に渡りをつけたのですから大したものです。

村上研究室では、岩瀬慶三助教授や太田和一実験助手の指導を受けながら、『金相学』分野の研究を始めました。具体的には、熱分析と電気抵抗計測を駆使して「亜鉛アンチモン系平衡状態図」を作成することででしたが、2か月ほど昼夜を徹して頑張っても二元合金らしい特徴が得られませんでした。そこで武井さんは原料の純度を疑い化学分析してみると、案の定、不純物が検出されました。高純度品を使うと研究は一挙に進展し、5か月後の秋にはまとまりました。卒研は仕上がったことになるのですが、武井さんはもう1つテーマを貰いました。今度は、鉄モリブデン系の平衡状態図の作成でしたが、先輩が苦勞の末にやり残したものでした。これもモリブデン中の不純物が原因で暗礁に乗り上げていたことが分かり、正月休み返上で取り組みました。研究が面白くてたまらなくなった武井さんは、指導教員の村上さんに、「卒業後も金材研に残りたいのですが…」と希望を伝えると「いいでしょう」ということで、当初は“研究補助”，すぐに“助手”として採用して貰えることになりました。

この間に、コバルトの変態（原子配列の変化）が起きる臨界温度がモリブデンの添加によって大きく下がることを発見し、本多光太郎所長直々に褒められています。もっと凄いのは、高等工業の同期生で卒業と同時に東北帝大に入学し卒業後、本多光太郎のもとで、世界の誰も成功していなかったコバルトの単結晶化に挑んでいた茅誠司に『化学的な視点』からアドバイスし（具体的内容は記



④ **A**, 磁性が消失する温度 T_c の決定と磁性体の磁区の向き. **B**, 磁気天秤の原理と「磁場中冷却効果」の発見に至った時の装置の作動状況(青字と赤字). **C**, Hard ferrite(永久磁石)誕生の証拠写真。

録に残されていない), 成功の黒子役を果たしたことです。このニュースは世界を駆け巡りましたが、茅さんはその後、鉄、ニッケル、コバルトの磁性は結晶の向きに依存するという「磁気異方性」を発見し、日本発の特大大ホームランを放っています(1926)。

このように順風満帆で「好きな研究で暮らせるのは無上の喜び」状況の時に、武井さんは母校の高等工業が念願の大学昇格を果たした1929年4月に助教教授として呼び戻されることとなります。「後ろ髪を引かれる思いだった」ことでしよう。

4. 磁性フェライトの発見発明

4.1. きっかけは企業からの改良研究の依頼

本学が大学昇格を実現しつつあった頃、亜鉛 Zn を製造していた日本曹達(ソーダ)株式会社(1920年創立, 依頼主の中野友禮社長[1887~1965]は、加藤さんとは京大の知己)は、湿式精錬の過程で生じる邪魔者に困っていました。そのために収率が落ちてしまうのです。しかも希硫酸にも溶けない厄介ものでした。困った日本曹達は、加藤与五郎(1872~1967)に相談を持ちかけました。Znの湿式製錬過程は(1)酸化焙焼: 亜鉛鉱石を高温で加熱し、硫化亜鉛を酸化亜鉛に変換[$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$], (2)浸出: 酸化亜鉛を希硫酸に溶解[$\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$], (3)電気分解: 硫酸亜鉛

水溶液を電気分解し、陰極に亜鉛を析出させる工程からなります。

加藤さんの文献調査(Chemical and Metallurgical Engineering=「化学・冶金工学」誌)では、上の工程の中で、Zn鉱石を焙焼する際に、鉱石中の鉄分(Fe_2O_3)が焙焼産物(ZnO)と反応してZnフェライト($\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)ができていたらしいことが示唆されました。しかもZnフェライトには磁性もあるらしいというので、適任の武井さんと呼んで、「焙焼過程で邪魔者ができないようにするか、あるいは邪魔者を除くうまい方法を見つけてくれないか」と頼んだのです。武井さんは、東北帝大に残してきた研究を片付けるために、夏休みに2週間ほど古巣の金材研に出かけていますので、そこから帰った1929年〔昭和4〕9月頃のことと考えられます。

4.2. 戦略の勝利

4.2.1. 敵を知れ(まず基礎研究で対象物の性質解明)

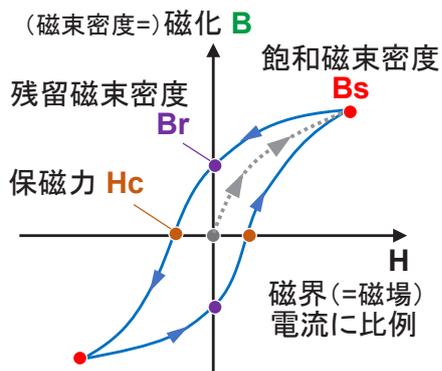
武井さんは、以前の東北電化での鉄鋼の電気製錬の際にとった「めくら減法」戦術に懲りていたので、すぐにZn精錬工程の改良に取りかかるのではなく、むしろ邪魔者(Znフェライト)の性質を調べるところから始めた方が良さだろうと考え、加藤さんの了承を得ました。加藤さんはテーマさえ決めれば、後は本人任せにする主義でしたが、進捗状況は週に1~2回は報告しなければなりませんでしたが、放任ではありませんでした。

武井さんは基礎データを集めるには純粋な試薬を用いる必要があることを東北大の金材研で経験していたので、最高品質の酸化亜鉛(ZnO)粉末と酸化鉄(Fe_2O_3)粉末を焙焼してZnフェライト($\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)を作り、磁気を測定してみましたが、意外にも磁性は有りませんでした。そこで、(1)混合する2種の粉末の割合を変えると、 Fe_2O_3 の割合が増えるにつれ磁性が強くなること及び(2)焙焼温度を950℃以上に上げると磁性が観測されるようになり、1200℃でピークに達することが分かりました。いきなり新現象に巡り合い、幸先の良いスタートとなりました。

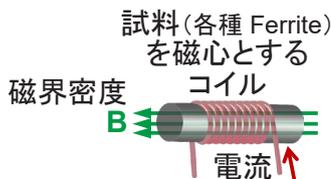
4.2.2. 強力な Hard ferrite の発見

<神の恵み> 加藤さんが長期の外国出張(1930年2月末~10月12日)に出で留守でしたので、武井さんは独断で、亜鉛酸化物 ZnOのみでなく、他の金属酸化物(NiO, CuO, CoO)のフェライトも作製し、手製の磁気天秤を用いて、磁気的性質を調べてみることにしました。磁気天秤と電気炉を組み合わせると、温度を変化させて対象物質の磁気的性質がどのように変化するかを調べることができます(図4B)。すなわち、磁石の温度を上げていくと磁性が失われる境界温度(キュリー点, T_c , 図4A)を求めることができます。最初に明らかになったのは、亜鉛 Zn をニッケル Ni, 銅 Cu, コバルト Co で置き換えると、いずれの場合も T_c が大きく下がることでした。1930年〔昭和5〕6月のある日、

A: B-H 曲線(磁気ヒステリシス曲線)



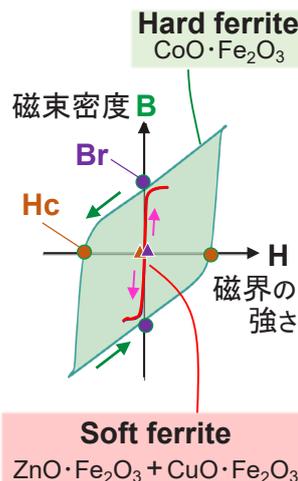
B: フェライト コア 模式図



C: 世界初の Ferrite コア



D: フェライトの B-H 曲線

⑤ B-H curve. B (磁石の強さ) = μ (透磁率) \times H (磁界の強さ)

コバルトフェライト ($\text{CoO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) の Tc 測定 (約 520°C) を終えて帰宅する時に、電気炉の電源は切ったのですが、うっかり測定器部分 (バランスを取るための磁力を発生させる電気コイル) の電源を切り忘れてしまいました (図 4 B)。翌朝来てみると磁気天秤がビックリするほど大きく傾いているではありませんか。“邪魔者の仲間” ($\text{CoO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) が強力な磁石 (フェライトマグネット) に変身していたのです (図 4 C)。こうして、 $\text{CoO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ を高温に加熱した後、磁場をかけながら冷却すれば強力な磁石 (コバルトフェライト) が得られることが明らかになったのです。この現象は、“磁場中冷却効果”と命名されました。「1つのスイッチの切り忘れ」が大発見につながったわけですが、後に「フェライトの父」とよばれるようになった武井さんは、この日の出来事を「神の恵み」といっていたそうです。非金属性 (セラミックス製) 永久磁石 (Hard ferrite) の歴史的な誕生を記録したのが (図 4 C) です。31歳になろうとしていた武井さんは、その写真を生涯我が子のように大事にしました。“その子”は OP (Ookayama Permanent or Oxide Permanent) 磁石と命名されました。

4.2.3. Soft ferrite の発明

< Hard ferrite の高性能化中の賜物 > 永久磁石は、実用的には強い磁化状態が長く保持される必要があります。武井さんは、磁石の特性 (残留磁束密度 Br & 保磁力 Hc) を評価するために、B-H 曲

線測定装置を手製し、磁気天秤と組み合わせるようにしました (図 5 A, D)。実際に測ってみると、OP 磁石の保磁力 (300 ~ 400 Oe) は当時世界 1 を誇っていた本多光太郎らの KS 鋼の保磁力 (250 Oe) を上回りましたが、残留磁束密度では 30% 程度 (1.1 vs 0.4 T) で及びませんでした。そこでフェライト性の永久磁石を実用に耐えるものにするべく、2種類のフェライトからなる固溶体を作り、B-H 曲線を描いてそれらの性質を調べ始めました。

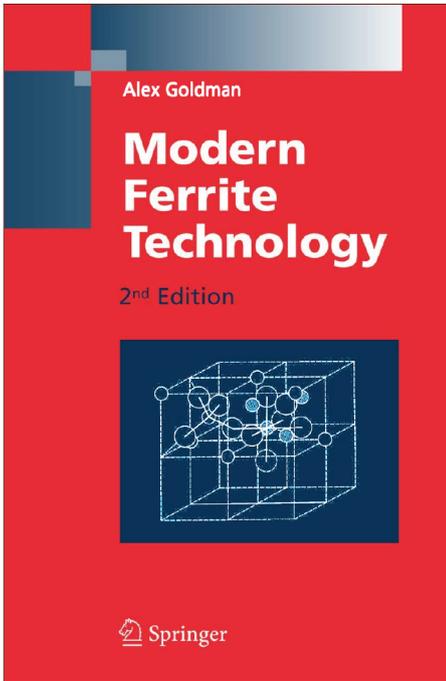
亜鉛フェライト ($\text{ZnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) と銅フェライト ($\text{CuO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) の固溶体を測定している時に信じられないようなデータが得られました (図 5 D, 赤カーブ): 残留磁束密度 Br と保磁力 Hc が共にゼロ (図 5 D, 原点の▲印) なのです。これは電磁石の磁心 (コア) としては理想的な性質です。しかも、B-H 曲線の傾き (透磁率 μ) が急ですから、微弱な電流で誘起される微弱な磁場にも敏感に反応することが分かりますので、ソフトフェライト (磁芯用フェライト) の創成を意味します。当初は「何に使えるかピンとこなかった」ようですが、エレクトロニクス社会を招来する風雲児の誕生だったのです。

中間まとめ & IEEE Milestone

3 ~ 4 節では、理科少年として育った武井武が本学の前身「東京高等工業学校」(高等工業) で加藤与五郎教授と出会った後に、(1) しばらく実業界で働き研

究力不足を痛感するとともに、工場閉鎖等の憂き目にあい、(2) 学び直しを決意して東北帝大の化学科に進み、卒業研究では金属材料研究所に出入りして金属材料や磁性材料の研究法をマスターし、(3) 助手として残る間に、将来有望なテーマを見つけ、基礎研究者を目指し始めたこと、及び丁度その頃 (4) 本学が大学に昇格したのを機に武井さんが加藤研究室に助教授として呼び戻され、(5) 加藤教授から依頼された亜鉛の湿式製錬の収率向上課題に取り組む際の準備として、収率低下の元凶物質の物理化学的性質を磁気分析法等を駆使して解明していた時に、偶然磁場内冷却効果によってコバルトフェライトが強力な永久磁石 (Hard ferrite) になることを発見しました。さらに、(6) 2種類のフェライト (亜鉛フェライト + 銅フェライト) を混ぜた固溶体では非常に磁化されやすいフェライトが出来ること、すなわち電磁石の磁心に適したフェライト (Soft ferrite) の発明に成功したことを述べました。わずか1年足らずのうちに、科学技術史に残る偉業を2つも (磁場内冷却効果による Hard ferrite の発見及び Soft ferrite の発明) 成し遂げたのですから、1930年は武井さんにとっては奇跡の年だったのです。(注 5)

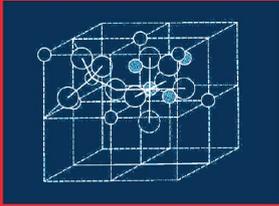
次節以降では、(1) 新しい磁性材料の実用化を目指して設立された東京電気化学工業 (株) (TDK) の難産の様子と (2) その後の本学におけるフェライト研究の流れを簡単に紹介しますが、その前に、国際特許を押さえていなかっ



Alex Goldman

Modern Ferrite Technology

2nd Edition

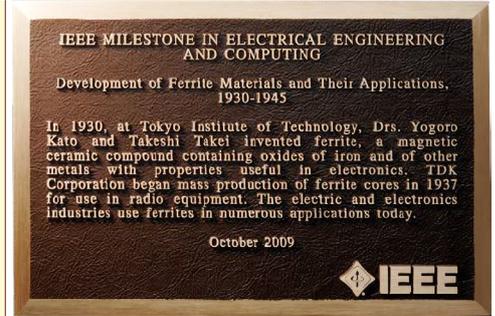


Springer

Dedication

This book is dedicated to the memory of Professor Takeshi Takei. Professor Takei, to whom I dedicated the first edition of this book and whose preface to that book follows this dedication, was a greatly loved friend and teacher of mine. He passed away on March 12, 1992. He will be remembered as a founding father of ferrites, a great teacher and the organizer of ICF (International Conference on Ferrites). Prof. Takei can truly be regarded as the "father of Modern Ferrites". In addition to his pioneering efforts in the early 1930's, he was a guiding light as a teacher of young scientists and engineers and an inspiration to use one's imagination and work hard. He is sorely missed by the whole ferrite community

⑥ 武井武を「フェライトの父」と称賛した Goldman の著書と献辞。



⑦ IEEE マイルストーンに認定されたフェライトの銘板 "Development of ferrite materials and their applications". (注6)

Text of the IEEE Milestone Commemorative Plaque:

In 1930, at Tokyo Institute of Technology, Drs. Yogoro Kato and Takeshi Takei invented ferrite, a magnetic ceramic compound containing oxides of iron and of other metals with properties useful in electronics. TDK Corporation began mass production of ferrite cores in 1937 for use in radio equipment. The electric and electronics industries use ferrites in numerous applications today.

たことや戦中の研究停滞などの影響で、オランダのフィリップス社に発明の榮譽を持っていかれそうになった点に触れておきます (図⑩)。 (注4, 7, 8)

戦時中にオランダのフィリップス社が TDK 製品をサンプルとして取り寄せ、その性能にビックリ仰天して、廃止を検討していたプロジェクト (実際、7年間 目ぼしい成果が得られていなかった) を生き返らせ、TDK が軍需品に集中していた間に、より優れたバリウムフェライト (1951, 昭和 26) などを開発し、国際市場をpushしようとしていました; 加藤・武井の業績や TDK による製品化には一切触れず、磁性材料フェライトはフィリップス社で初めて開発されたかのように世間をミスリードしつつありました; しかし、この点に関しては米国が日本の先進性を認め支持してくれたお陰もあって (図⑥), 現在では軍配は日本に上がっています。IEEE Milestone にも認定されています (注6) (図⑦)。

バリウムフェライトに関しては武井研究室でも 1933 年 [昭和 8, 戦前] という比較的早い時期に永久磁石の候補として浮上していましたが、データがバラつくので脇に置かれていたものでしたので、武井さんは地団駄を踏んで悔しがったそうです。しかも、バラツキの原因

はバリウムに含まれる不純物だったのです (←東北帝大時代は、不純物除去で多くの難題を解決し高く評価されていまして、悔やんでも悔やみきれなかったことでしょう)。卒業研究でバリウムフェライトの可能性を見出すなど頭角を現していた星野 愷 (やすし, 図②) は、戦後に磁気テープの開発で大きな足跡を残し「磁気テープの父」と呼ばれています。

5. TDK の設立 & 科学技術政策への貢献 (科学技術庁の設立)

5.1. 科学立国に生涯を捧げた異色の人

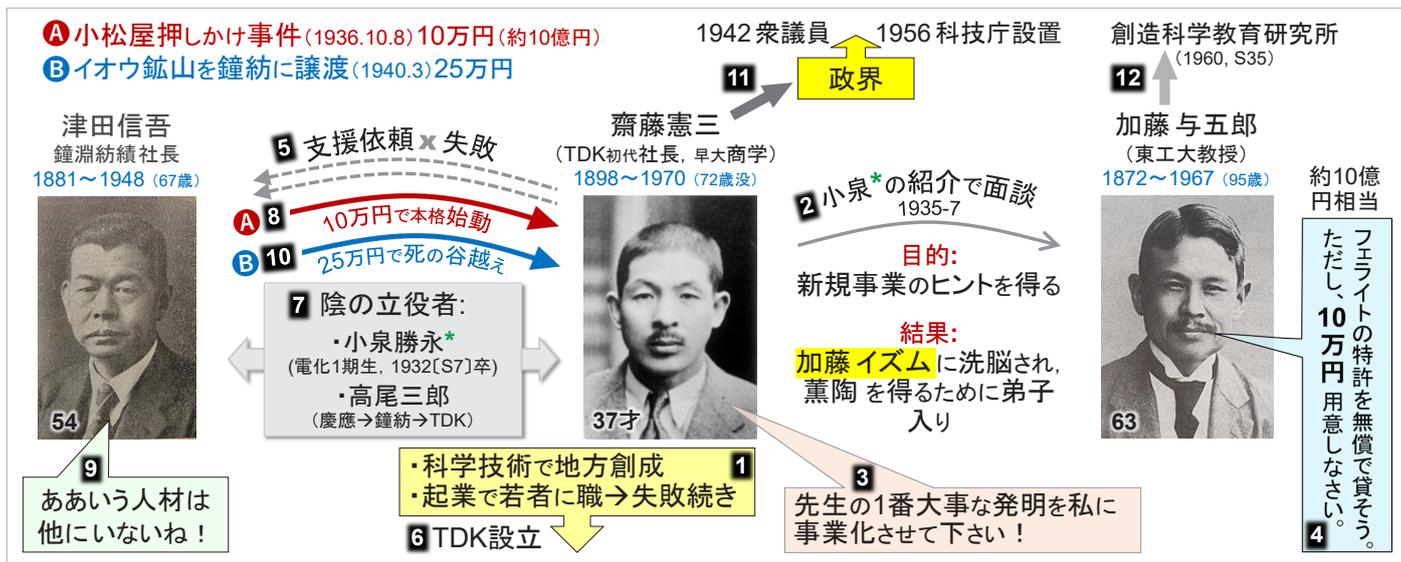
5.1.1. TDK 創設者「斎藤憲三」の生い立ちと人柄

斎藤憲三 (1898~1970) は、秋田県平沢町 (現にかほ市, 同県南部の日本海側) の旧家の三男坊として生まれました。斎藤家は古くから庄屋をつとめる豪農で、父 (東大の林学卒) は農事・農村改革を実践し、地元では「農聖」とあがめられ、国会議員も務めました。幼少期の憲三少年はガキ大将でしたが、正義感は強く、教師の理不尽ないじめに義憤を燃やし、小学校 6 年生全員をまとめて抗議の授業

ボイコットを扇動した記録が残っています。破天荒な性格は父とは正反対でしたが、「貧しい農村を救済したい」という志は父から受け継いだようで、「郷里の農村を豊かにする副業を興すこと」に生涯をかけました。今風に言えば「科学技術で地方創成を!」、「起業で若者に職を!」 (図⑧ - ①) というスローガンを掲げて奮闘するのですが、お金の苦勞を知らずに育ったせいでしょうか、金銭感覚が乏しく、ことごとく失敗に終わりました。

最初の挑戦は、早稲田大学 商学部を卒業し (1922, 大正 11), 郷里に帰って始めました。この時は、父から現在のお金にして約 5,000 万円もらって、炭焼き・養鶏・養豚・米の仲買販売・桐の木の集荷販売 (ゲタ製造用) などの事業にトライしました。「これこそが明日の農村を作る産業になる」「これで日本の農村を変えられる」などと雄弁に語り、かなりの規模で取り組んだのですがいずれも上手くいかず、2 年ほどで資金を使い果たしてしまいました。斎藤さんの評判はガタ落ちで、「ホラ憲」とまで言われる始末でした。

「高い授業料を払ったと思いなさい」という父親の言葉に気を取り直し、今度は関東大震災の傷跡が残る東京に戻つ



3 TDKの誕生 (1935 [S10] 12月) 過程と社会システム改革。1 - 10: 齋藤憲三が出身地秋田の農村創生を目指して、再三の起業失敗にもめげず、最終的にTDKを設立しフェライトの工業化に成功するまでの経緯、及び11: 戦後は、代議士として科学技術政策の推進にも尽力したことの説明。参考文献: 長峰竹芳 (たけよし), 『創る: TDKの全景』, 1977 [S52]。蔵前工業会誌 No. 825, pp. 17-18, 1987-06。

て、産業組合中央金庫(中金, 現農林中央金庫)に勤めることにしました(1924.4)。公的な金融機関とはいえ、融資先が比較的余裕のある農業県に限られ、当時の東北の農村のように疲弊したところでは“中金”の低利の融資さえも利用することができない現実を知るにつけ、志との違いを意識するようになりました。こども4年弱で退職し、新事業として“中金”勤務中に農林省の副業課発行のパンフレットで知ったアンゴラウサギの飼育を始めることにしました。

5.1.2. 鐘紡社長(津田信吾)との出会い

神奈川県中央林間で「東京アンゴラ兎毛株式会社」を創立し(1932)、事業は順調に立ち上がったのですが、毛の売り込み先が思うように見つからないという課題に直面しました。そこで齋藤さんが目を付けたのが、毛織物会社最大手の「鐘紡」でした。津田信吾(1881~1948)社長の慶応大時代の同級生の紹介状を持って訪問し、熱弁をふるいました。齋藤さんのひたむきな気骨が津田社長の心をとらえたらしく、数分という予定だった面会時間を長針が1周半するほど延ばしてくれ、全量買い付けを約束してくれたばかりか、3万円(約3億円相当)もの増資までしてくれました。前途洋々たる思いだったのですが、

しばらくして恐ろしい寄生虫病が発生し、1つのケージで複数匹飼っていたアンゴラウサギが全滅してしまいました。個別飼いのウサギは難を逃れたのですが、寄生虫病や伝染病がある限り安定経営は望めないと弱気になり、かつお雇い社長(代議士)とも折り合いが悪くなり、退社を決意しました。アンゴラウサギの事業自体は、寄生虫病を克服し継続されましたので、鐘紡もその毛を利用することが出来、新ビジネスでそれなりの収益を上げることが出来ました。しかし、齋藤さんに見れば「事業を投げ出した」ことに変わりありませんから、鐘紡の津田社長に詫言を入れに行きました。別れ際に、「こんど心中する相手が現われたら、ちょっとおれにも耳打ちしてくれ」と言われ、さらに「次の仕事を探すための“暗中模索費”」までもらった齋藤さんは救われた気持ちになったのですが、実際には、鐘紡の津田社長には、彼の忍耐力不足と移り気が一抹の懸念材料となり警戒心が芽生えたようです。

5.1.3. 陰の立役者 小泉勝永

次の仕事を探すことになった齋藤さんは、電気化学の勉強をするために本学の小泉勝永助手(1907~1986, 本学電気化学科の第1期生)を訪ねました。2人が知り合ったきっかけはアンゴラの事

業がらみでした。アンゴラウサギの毛は柔らかくて滑らかな手触りが特徴で保温性や染色性にも優れているのですが、滑らかさが仇(あだ)となって抜け毛になりやすい上に、静電気を帯びやすく、抜けた毛が静電気で他人の服にくっついて困るという欠点があります。この点を克服するべく、齋藤さんは父のつてを頼って専門家を探していた時に、本学の電気化学科出身の弁護士(長谷長次, 高等工業1926年卒)にたどり着き、静電気なら「この人に相談して見なさい」と言って紹介されたのが小泉助手でした。小泉さんのアドバイスに従って、グリセリン処理を試みたところ見事に静電気問題は解決し、齋藤さんは「電気化学」の威力に衝撃を受けました。そして、電気化学から新事業が生まれるに違いないと信じて、小泉さんに個人教授を乞うたのです。小泉さんは大の酒好き〔蔵前工業会誌 No.805, p22-24, 1985-6〕でしたから、高級料亭で1ヶ月ほど勉強会を続け、津田社長からもらった「次の仕事の暗中模索費」を使い果たしてしまいました。野口英世が渡米を前にして、恩人が用意してくれた“支度金”を前後の見境なく宴会で使い果たしたことを想起させます。勉強会を続ける中で小泉さんは、齋藤さんが『科学立国』という大志を抱いていることを知り、彼に「加藤与五郎先生に会ってみ

ませんか」と勧めたのです(図③-②)。小泉さんは高等工業の電気化学科を卒業した後、新設された東工大に第1期生として入学し、加藤・武井研究室で研鑽を積み(1932年[S7]卒)卒業後は私設助手として研究室に残っていました。

5.1.4. フェライト実用化の初期の流れ

加藤さんが長期の外国出張中に、ハード・フェライトとソフト・フェライトが発明されたことは4節で説明しました。加藤さんが帰国後、両フェライトの国内特許を申請し、ハード・フェライトの実用化は三菱電機が、ソフト・フェライトに関しては富士電機(後の富士通)が担当することで話しがまとまり動き出していました。大手の三菱電機の方は資金に余裕がありましたので、外国特許も申請したのですが、富士電機の方は当時ドイツのジューメンスの技術導入を図っていた関係もあって、ドイツから来ていた技術者たちには秘密のプロジェクトとして推進することになっていました。フェライト担当として、加藤・武井研究室から山崎貞一(1935[昭和10]電気化学科卒、図②)が富士電機に派遣される形になっていましたが、実際の研究は東工大で続けていました。こんな状況下で、大ボスの加藤さんと次の仕事を求めて暗中模索中の齋藤さんが小泉さんの仲介で面談することになったのです(図③-②)。

5.1.5. 一世一代の大勝負(小松屋押しかけ事件)

挑戦すべき新規事業のヒントを得るべく加藤さんとの面談に臨んだ齋藤さんは、「西欧技術の模倣から脱し、日本のオリジナリティを確立すべきだ」という『加藤イズム』(創造による産業振興)に感銘し、「先生の一番大事な発明を私に事業化させてください」と申し出ました(図③-③)。何度か話をするうちに、加藤さんは快諾し、当時は用途がはっきりしなかったソフト・フェライトの特許を無償で貸すことにしました。この間に、齋藤さんと小泉さんは、鐘紡の津田社長の支援のもとに「自然科学研究所」を作り、(1) 繭から純粋な

絹成分のみを取り出す新紡糸法の開発と(2) ソフト・フェライトの実用化を目指す構想を練っていました。加藤さんはジューメンス社の影響下にある富士電機より、自然科学研究所の方がソフト・フェライトの社会実装に有望と思ったのかも知れません。加藤さんは新規事業の立上げには「10万円(約10億円相当)ほど必要ですよ」と付け加えることも忘れませんでした(図③-④)。

加藤イズムを具現化する「自然科学研究所」構想は津田さんの賛同を得て動き出すのですが、津田さんは小泉さんを所長に据えて、齋藤さんを切り離したいと考えたようです；この研究所(設立時の名称は「鐘紡理化学研究所」、1937, S12)でフェライトが取り上げられることは有りませんでした。鐘紡の高尾三郎(1929[S4] 慶應経済、銀座の鐘紡サービス・ステーション所長)が津田さんと齋藤さんとの間の取次ぎ役として起用されました。本来“お目付け役”だったはずの高尾さんが齋藤びいきになり、ついには取締役として数年後にTDKに移籍(1940)することになります。

加藤さんとの約束もあり、齋藤さんは苦しい立場になりました。取次ぎ役の高尾さんを介して何度お願いしても津田社長からは良い返事は返ってこなかったのです(図③-⑤)。そこで私費と知人から集めた2万円(約2億円)で受け皿となるベンチャー(東京電気化学工業(株)、1935[S10]、後のTDK)を作り(図③-⑥)、資金援助だけでも津田社長にお願いし続けましたが会って貰うことすら出来ませんでした。

齋藤さんと2人3脚のつもりだった小泉さんも気が気ではありませんでしたので、何度も津田社長に会って説得を続けていました。そして、「君がそこまで言うならば、考えてみるか」という状態まできたところで、小泉さんは盟友の齋藤さんに状況を知らせ、「もうひと押し」を促しました(図③-⑦)。こうして有名な“小松屋押しかけ事件”の舞台が整ったのです。

<小松屋事件> 1936年[昭和11]10月8日に銀座の小松屋旅館で鐘紡の重役会

議が開かれることを突き止め、齋藤さんはそこへ予約なしに押しかけました。女中が取り次いだものの埒(らち)があきませんでした。実際、津田社長は超多忙な人で、政治家や財界人など何人もが彼に面会するべく待機していたのは事実です。しかし、一旦断られたからといって引き下がるわけにはいきません。そこで動いたのが齋藤さんに同行していた高尾さんでした(図③-⑦)。彼は、お目付け役だったにもかかわらず、その女中とは顔なじみであるのを利用して多額のチップを握らせ、「この男を津田社長の部屋まで案内してくれ」と無理やり頼み込みました。渋々ながら女中が動いてくれたので、彼女の後について行って、津田さんが重役たちと会議をしている部屋に意を決して入ったのです。この時の精神状態は“神様が乗り移った”ようだったそうです。

津田「…無礼千万だ。何を血迷って重要な会議をしているところへ面会を強要するか。それでいったい貴様は人の道に沿っているのか…」、齋藤「津田社長は前に私がアンゴラウサギの飼育事業をやめる許しをいただいた時に『こんど心中する相手が現われたらちょっとおれにも耳打ちしてくれ』とおっしゃいました。今日はその説明に参りました。私の心中の相手であるフェライト磁心は、…」、津田「ちょっと待て、その話は分かりにくいから明日にしよう」、齋藤「…『明日まで待て』ということは、いままで社長が私にいろいろお教え下さったことはデタラメだったということでございますか?」、津田「何を根拠にそんなことをいうのか!」、齋藤「社長はたびたび私に教えて下さいました。『鐘紡のような大会社を動かすには、そこから出てくる色々な問題を即座に解決しなければならぬ。オレは鼻の真ん中に1枚のカミソリを当てていて、すぐに捌(さば)いていくのだ。このカミソリに触れるやいなや、問題は解決するんだ。いかなる問題でも明日まで待てということはない。その日のうちに決済を与えることがオレのモットーだ』と何度も教えて頂きました。いま私が心中の相手を見つけてまいりましたので、事業化のために自

由に使える資金として10万円貸していただきたいと思い、その説明を申し上げようとしたのに、『明日まで待て』とはいったいどういうことですか、ダメならダメ、良しなら良しと、ここでひとつその社長のお持ちになっているカミソリによって、即断を下していただきたいのです。津田「よし分かった」という次第で、斎藤さんは単資金10万円を手にし(図⑧-8,A)、手元の2万円と合わせて12万円でTDKを稼働させることに成功したのです。

5.2. 武井助教授の戸惑い

上記TDK関連の展開は、武井さんが教授昇任(1936.12[S11])を前に長期の海外出張に出かけていた間(1935.4[S10]~1936.3[S11])の話で、武井さんにしてみれば自分に一言の相談もなくソフト・フェライトの事業化が、名の知れた富士電機からベンチャーのTDKに移されていたのですから、将来に不安を抱いたに違いありません。恩師である加藤さんの決定ですから不平は口にしませんでしたが、TDKに対してはしばらく“わだかまり”が解けませんでした。山崎貞一が技術責任者としてTDKに入社したのが操業開始から2年目の1938年[S13]6月で、それも斎藤さんの接待攻勢に根負けした結果だったと伝えられているのも、初期の微妙な人間関係を反映していたのでしょう。もちろん、TDKが力をつけ実績を積むにつれ、武井さんのわだかまりは密着へと変化していきました。

5.3. 死の谷越え

最初の製品であるフェライト・コア(Ferrite core, 図⑤C)は、『TDKオキサイド・コア』という名称で販売されました。この商品は、社会の強いニーズに応えて開発したというよりは、新素材で作った高性能磁心を世に広めることからスタートしましたので、初年度はわずかししか売れませんでした。最初のユーザーは、上述の小泉さんの口利きが奏功して採用してくれた通信機メーカーの安立電気(現アンリツ株式会社)でした。わずか400個足らずでしたが、足掛かりにはなりました。とはいって

も売り上げは、人件費にも及びませんでしたので、目の前にはベンチャーが直面するといわれる「死の谷」が広がっていました。この状況を救ってくれたのは、斎藤さんの副業でした。斎藤さんは起業で貧しい地方を豊かにしたいと種々の挑戦をし、ことごとく失敗していたことは前述したとおりですが、鉱山探査も試みており、そのうちの1カ所(稲倉岳:鳥海山の北面に開いた爆裂火口の外輪山, p.16の図⑫)でイオウ鉱床を掘り当てることに成功しました。純度99%という魅力的な鉱床でした。この採掘権を鐘紡の津田社長に25万円で買ってもらう交渉も簡単にまとまりました(1940年[S15]3月)(図⑨-10,B);イオウは化繊レーヨンの製造に必須で、そのかなりの部分を輸入に頼っていた鐘紡にとっても願ってもない話だったのです。

こうして転がり込んだ大金によりTDKは生き延びることが出来、戦中は軍需で、その後はGHQの指令によってラジオの受信機が、スーパーヘテロダイン方式(高周波と中間周波の2つの周波数を使って信号を増幅する方式)に統一されたために、この方式に不可欠な部品であるフェライトコアは爆発的に売れ、戦後のTDKにとっての神風となりました。

5.4. 科学技術振興と若手の育成など

1947年[S22]12月、斎藤さんはTDK社長の座を山崎さんに任せ、もっぱら科学技術振興に献身するようになり、加藤さんや茅誠司さんらと協力して「科学技術庁」の設立に尽力しました(図⑧-11,12)。社長になった山崎さんは、上述のフィリップス社との関係に苦労しながらも、優れたものづくり技術と画期的な新製品群で競争を勝ち抜き、「TDK育ての親」になりました(図②)。加藤さんは本学を70歳で退職した後、同志社大に移り山崎舜平(不揮発性メモリを發明, 1971Dr取得後TDK入社, 図②)などの人材を輩出、武井さんはGHQとの不幸な関係で本学を48歳で退職し、慶応大学で岡本明(1969Dr取得後TDK入社, フェライトのIEEE Milestone認定の世話人, 加藤科学振興会事務局長, 図②)らを育成しました。

6. 東工大における その後のフェライト研究

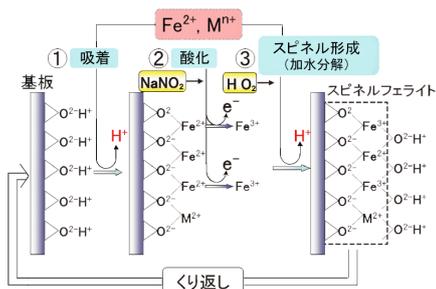
加藤・武井研究室からは、星野愷(やすし, 1909~1986; 1934〔昭和9〕電気化学科卒, 助手を経て1940助教授, 1953教授)が育ち、(1)世界に先駆けて、フェライトが優れた電波吸収体になることをMaxwellの電磁波方程式から予測し、実際に80%の吸収効率のものを試作していましたが、終戦で研究は中止となり、データは米軍に没収されました。現在のステルス戦闘機のもとになったと推測されます。(2)星野さんは、戦後は磁気テープの技術開発に携わり、TDKと共同でシンクロリーダーを発明するなど磁気記録媒体の高性能化に大きく寄与しました。

比較的最近の研究

◆1975年、世界にさきがけて東京工業大学が研究・環境教育の一環として取り組んだフェライト化処理法は、金属イオンをスピネルフェライト格子中に取り込み、難溶性の固体として分離する手法です。このフェライト化処理法で分離・固定化された無機廃液中の有害金属は土中に埋設後の金属溶出が無く、2次公害が生じない画期的な手法であり、全国の多くの施設で使用されました。しかし、省エネルギー・省資源・レアメタル回収という点で劣るため、社会的に存在意義が揺らいでいます。本学では、大岡山キャンパスの実験廃液処理施設内に設置されていたフェライト化処理施設を2009年度をもって廃止し、それ以降は外部委託で無機廃液を処理しています。

◆1990年代には、内藤喜之(1936~2011, 1964電気Dr, 助手・助教授を経て, 1980教授, 元学長)及び水本哲弥(1984電気電子Dr, 助手・助教授を経て, 2004教授, 元理事・副学長)グループによってフェライト電波吸収体の開発・実用化が進められ、(1)建物外壁や電波暗室等に使用されるとともに、(2)電磁波回路分野では、1方向のみに電磁波を伝搬させることができるアイソレータなどが開発されました。

◆フェライトメッキという新技術も本学で開発されました(注9)：フェライト作製といえば高温焼結をイメージするのが一般的ですが、阿部正紀(1972電子Dr, 助手・助教授を経て, 1989教授, 2009名誉教授)と玉浦裕(1975化Dr, 助手・助教授を経て, 1992教授, 2013名誉教授)は、水溶液中の鉄イオンの酸化反応($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$)を利用することで、水の沸点以下の温度でフェライトの薄膜を基板上に堆積できるようにしました(1983)。この流れをくむ北本仁孝(1986電気電子, 助手・助教授を経て, 2013教授)や松下伸広(1990早大電気, 東工大助手・准教授を経て2018教授)や久保田雄太(2014無機材, 2019Dr, 助教, 2025准教授)らは、フェライトめっき磁性薄膜や微粒子を作り、エレクトロニクスやバイオ系の先進材料を開拓しています。身近な応用では、電磁ノイズ抑制シートがあり、ハサミで切って貼り付けることによってノイズ電波を抑制し、携帯電話などの性能向上に貢献しています。



⑨ フェライトメッキの原理。 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ の酸化反応を利用して、フェライト薄膜を作製する【出典：まてりあ 62, 588, 2023】。

◆バイオ系への応用については、半田宏(1972慶應医, 東大医科研助手・助教授を経て, 1991本学教授, 2012名誉教授)グループも阿部さんと共同で「高機能性蛍光磁性ビーズによる高速・高感度疾患診断システムの開発」に成功しています。

◆石原宏(1968電子, 1973Dr, 助手・助教授を経て, 1989教授, 2011名誉教授)・大見俊一郎(1996電シDr, 助手を経て, 2007准教授)研究室では、Fe系ペロブスカイト酸化物を用いて「理想的な新しいメモリ素子」を開発しました。伊藤満(1982材科Dr, 阪大助手・本学助教授を経て, 1999教授, 2020名誉教授)・谷山智康(1996慶應物科Dr, 金材研&本学助手助教授を経て, 2016名大教授)研究室では、フェライトが電子のス

ピン(up & down, $\pm 1/2$)を識別できる性質を利用して、スピンフィルター素子の開発や特性解明が行われました。

◆中川茂樹(1985金大電気MS, 東工大助手・助教授を経て, 2011教授)らは独自のスパッタ法で調製したフェライト等を用いて磁性薄膜工学及び磁気記録技術の開発に取り組んでいます。加藤・武井研究室の直系である山崎陽太郎(1945~2012, 1974化工Dr, 1969応化, 1997教授, 2011特任教授)研究室はフェライトフィルムの分野で成果を上げました。

◆上述の玉浦さんは、(1) CO_2 を炭素にまで 300°C という比較的低温で分解固定化する新素材「カチオン過剰型マグネタイト」を発見するとともに、(2)水溶液から出来るコロイドフェライトの活用による CO_2 の固定化技術をNature誌に発表(1990), さらに(3) Al-Cuフェライトを利用して水から水素を取り出すソーラーシステムを構築するとともに、ごく最近(4)フェライト(マグネタイト)を前駆体とする新規の量子ドット(直径数nmの半導体微粒子で量子サイズ効果が現れる←2023年ノーベル賞)を作製する実用的な方法の開発にも成功しました。これまでの量子ドットと異なり有毒元素を含まず、安価という応用面で魅力的な性質を持っています。この量子ドットを用いた全固体電池は放射線に強く、木倉宏成(1992慶大機械Dr, 1998本学原子炉研助手, 2009准教授)グループによって進められている福島原発の廃炉に向けたリモート・センシング・ロボットに組み込むべく国家プロジェクトで支援されています。

これらフェライト関連の研究によって、環境負荷の小さい究極のエレクトロニクス社会の実現と病気の画期的な診断・治療法の開発につながるものと期待されます。

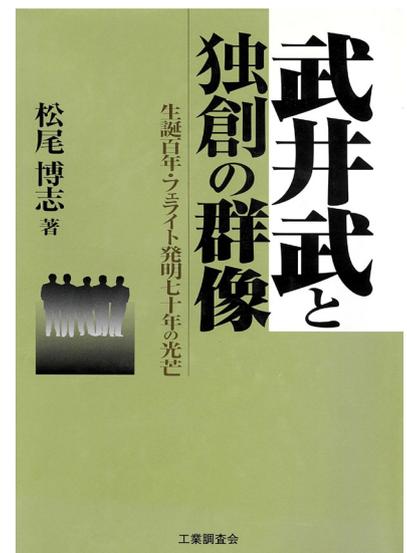
(注1) 1916(大正5)年に本田光太郎と高木弘によって発明されたKS鋼(コバルトCo, タングステンW, クロムCr, 炭素Cを含む鉄Feの合金)は、世界初の永久磁石。1931年(昭和6)三島徳七によって発明されたMK鋼(アルミ

ニウムAl, ニッケルNiを鉄Feに加えた合金)。1971年に金子秀, 本間基文らによって開発されたFe-Cr-Co系磁石, そして1982年に佐川真人ら*によって開発されたネオジム磁石(Nd-Fe-B系)は, 史上最強の永久磁石(KS鋼の約60倍)。*M. Sagawa, S. Fujimura, N. Togawa, H. Yamamoto and Y. Matsuura: *J. Appl. Phys.*, 55, 2083-2087, 1984.

(注2) 渦(うず)電流は, トランス(変圧器)などにとってはやっかいな存在だが, 電磁調理器(IH, induction heating)では渦電流による発熱を利用している。

(注3) 安達竜作, 『加藤与五郎 人とその生涯』, 財団法人加藤科学振興会編集発行, 昭和49年[1974]7月30日印刷・発行。

(注4) 松尾博志, 『武井武と独創の群像』_生誕百年・フェライト発明七十年の光芒, 工業調査会, 2000。



(注5) 山崎陽太郎, 「武井先生のフェライト発見とセレンディピティ」, 電気化学会創立70周年記念特集(3)電気化学タイムトラベル, 電気化学および工業物理化学(現*Electrochemistry*) 71(7), 585, 2003。

(注6) IEEEマイルストーン受賞記念式典実行委員会, 「フェライトの発明とその工業化」が「IEEEマイルストーン」に認定, 東工大クロニクルNo. 451, pp. 2-8, Feb. 2010. ◆ IEEE Milestoneは, 電気・情報工学分野で世界最大(会員数約50万人)の専門家組織であるIEEE(The Institute of Electrical and Electronics

Engineers, Inc.) が関連分野における歴史的業績を認定する制度。開発から 25 年以上経過したものが対象となり、古くは「ボルタの電池の発明」(発明年 1799/認定年 1999)や「マクスウェルの方程式」(1860/2009), 「半導体集積回路」(1958/2009) など名だたる発明の数々が認定されている。Science Tokyo では、これまで、「フェライト」(1930/2009) の他、古賀逸策グループによる「温度非依存水晶振動子」(1933/2017), 及び最近の末松安晴グループの「長波長帯光ファイバ通信のための単一モード半導体レーザー」(1978/2025) と伊賀健一グループの「面発光半導体レーザー」(1977/2025) が認定されており、計 4 件となっている。IEEE Milestone に認定されると、その業績を記した銘板 (Plaque) が贈呈され、ゆかりの地に展示される (本学の場合は博物館)。◆岡本明 (図 2), 「[IEEE MILESTONE 登録の経緯とその意義](#)」。岡本明, 「埋もれた偉業に光あて: 磁性材料 “フェライト” を調査, 日本の発明と確定」, 日経新聞, 2009 年 11 月 4 日 (文化欄)。

(注 7) フェライトの技術史に関するフィリップス社の内部資料入手のいきさつが探偵小説のように注 4 の本に期されている。第 9 章「彼方のライバル」, 4 節「フィリップス社 “内部資料”」から一部を物語風に書き換えて以下に紹介する。

武井武博士の門下生である日比谷氏は、意を決して受話器を上げた。相手はオランダ・フィリップス社の広報を担う、マリアヌス・ヴィンケン博士。用件は、私(松尾博志)が執筆を進めていた武井博士の伝記に関わるものだった。かつて「一匹狼」として孤独にフェライト研究に没頭したスネーク博士 (1902~1950, ⑩)。その知られざる肖像を伝記に刻むため、日比谷氏は写真の借用を願い出たのである。恩師の足跡を世に残したい — その一念が、彼を異国の巨大企業との交渉へと突き動かしていた。

ヴィンケン博士との縁は、その前年に遡る。1999 年 4 月、日比谷氏がオランダを訪れた際、日本フィリップスを通じて取材の手配をしてくれたのが彼女だった。結局、現地での取材に彼女が顔を見せることはなかったが、病に倒れたワ

イン博士 (スネーク博士の元部下) の代役として、研究所の重鎮であったマイヤー博士を引き合わせてくれるなど、陰ながら尽力してくれた人物である。

日比谷氏には、写真のほかにもどうしても手に入れたいものがあった。A.H. ホイティング氏がまとめ上げた、フィリップ社におけるフェライト研究の生きた記録。彼は電話越しに、熱を込めて訴えた。「あの資料 * (1) には、武井博士の功績を裏付ける極めて重要な事実が眠っているはずです。フィリップス側の記録と照らし合わせることで、初めて正確な伝記が完成するのです。著者の松尾氏に、真実を書かせてやりたいのです」

しかし、ヴィンケン博士の回答は冷ややかだった。「あれは内部資料です。外部へ出すわけにはいきません」。かつてマイヤー博士に断られた時と同じ、厚い壁。だが日比谷氏は諦めなかった。10 日ほどの時を置き、彼は再びダイヤルを回した。

「ヴィンケンさん、あの文書はずでにオランダの技術史家が自著で引用しています。もはや公表されているも同然ではありませんか。それに、まもなく出版される研究所の公式な歴史書にも掲載されると聞いています」。粘り強い説得に、ヴィンケン博士の頑なな拒絶がわずかに揺らいだ。

「..... 仮にその文書を送ったとしても、オランダ語ですよ。あなたには読めないでしょう？」試すような彼女の言葉に、日比谷氏は食いついた。「いえ、分かります。確かに習ったことはありませんが、私は何度もアイントホーフェンの街を歩き、人々と接してきました。その肌感覚で分かるのです。オランダ語は英語とドイツ語の、ちょうど『中間の言葉』なのだ。両方の言葉を解する私なら、必ず読み解いてみせます」

受話器の向こうで、ヴィンケン博士がふっと吹き出した。「中間の言葉」——日比谷氏が必死に捻り出したその独創的な論理とユーモアが、彼女の警戒心を鮮やかに解きほぐした。

「分かりました。日比谷さんの情

熱に負けましたわ」笑いを含んだ声が続いた。「武井博士の伝記にのみ使用するという条件で、一冊お送りしましょう」。鉄の門扉が開いた瞬間だった。[Copy-edited by Gemini.]

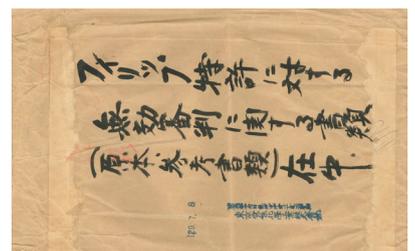
「部外秘」と書かれたその文書 * (1) には、次のように記されていた (オランダ人が好きになるような逸話だ) :

【武井伝記 (注 4) p.447】からの引用

特に文書 (フィリップス社の内部資料) * (1) の 6 ページで、「日本では加藤と武井が 1930 年にフェライトの研究を始めた。フィリップスの基礎研究所でフェライトの研究を始めたのは 1933 年であった」と述べ、フィリップス社より日本が先行していたことを明記している。さらに、「武井は “近代フェライトの父” と呼ばれている」と、武井に敬意を表し、その言葉はアメリカのフェライト研究者 A. ゴールドマンの「最新フェライト技術」(図 6, 初版は 1990 年) からの引用であることを注記で示している。

* (1) 『フィリップス基礎研究所におけるフェライトの研究 — 1933 年から 1950 年にかけての研究成果』というもので、著者は A.H. ホイティング (Hoitzing) となっている。分量は 100 ページ弱、発行は 1992 年。聞き取り形式でまとめたレポート。

(注 8) フェライトの発明が日本でなされたことを証明する文書類。武井さんが銀行の貸金庫に大切に保管していたもので、武井さんの没後に見つかった。一時的に加藤科学振興会 (岡本明事務局長) において保管されていたが、科学的に永久保存が望ましいとの観点から、2021 年に本学博物館に寄贈された。



(注 9) M. Abe and Y. Tamaura, Ferrite-plating in aqueous solution: a new method for preparing magnetic thin film. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 22, L511, 1983.

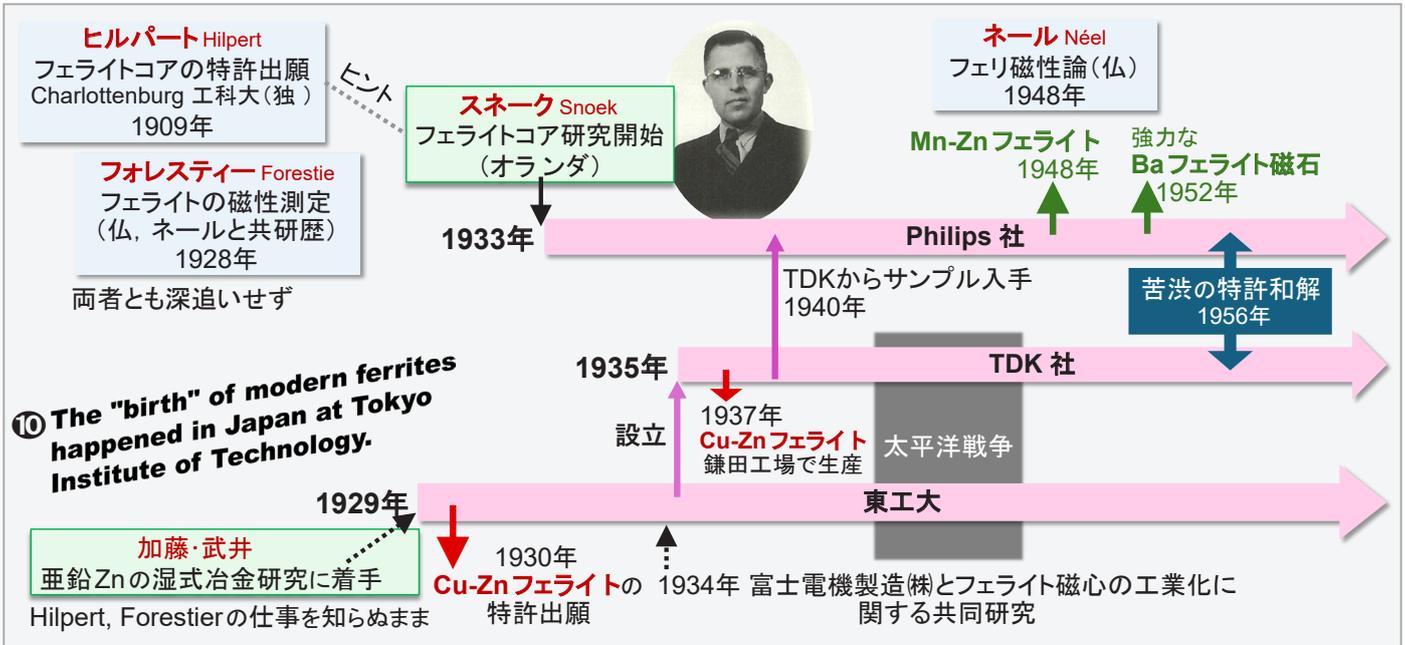
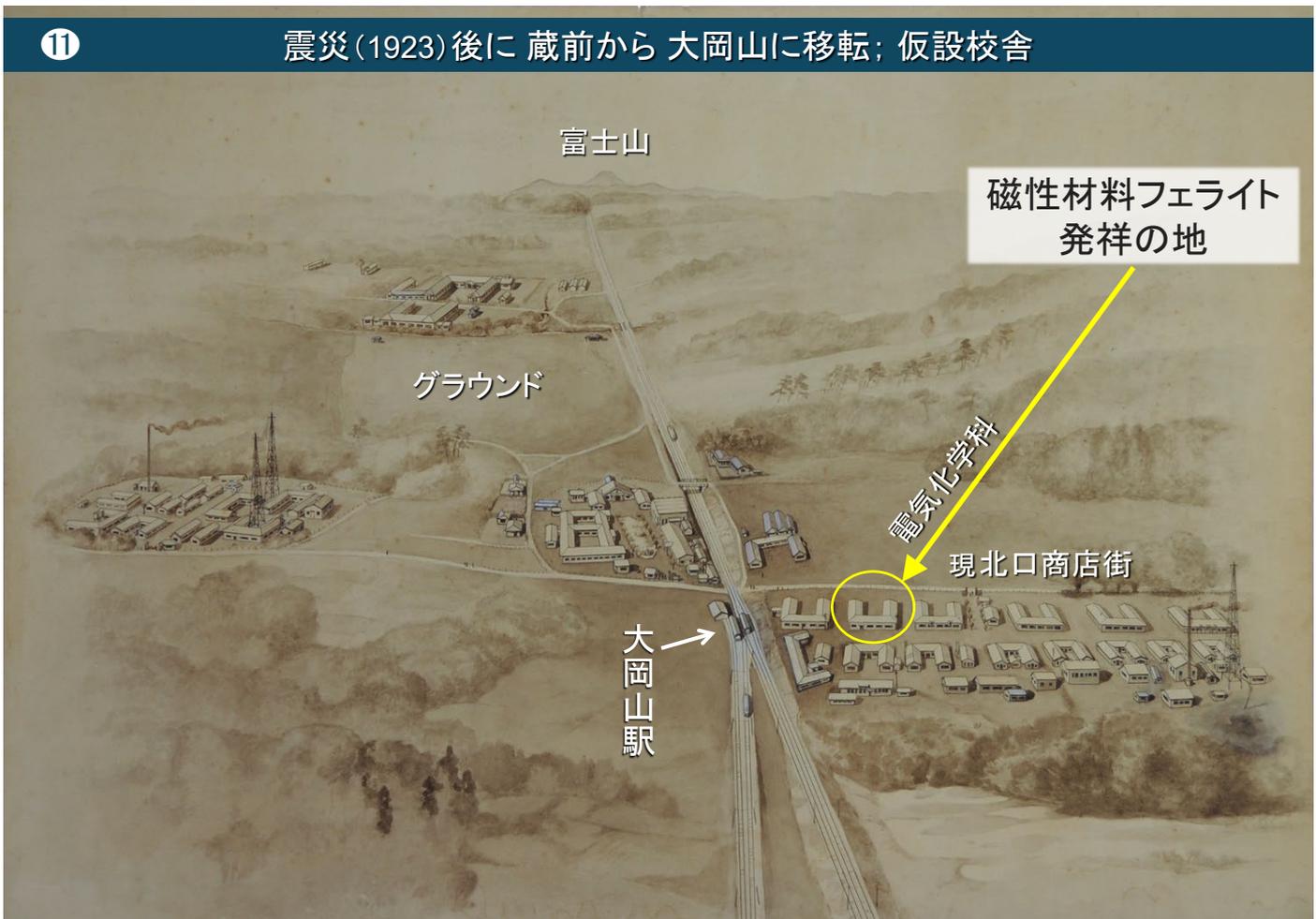


Table 1. Pioneers of ferrite research and development.

Scientist	Country	Major contribution
S. Hilpert	Germany	First systematic chemical study of ferrites (1909).
H. Forestier	France	Detailed study of magnetization and Curie points (1920s).
T. Takei & Y. Kato	Japan	Invented the first ferrite magnet and core (1930-35), paving the way for establishment of TDK corporation.
J. L. Snoek	Netherlands	Developed high-permeability soft ferrites for Philips (1945).
Louis Néel	France	Theoretical discovery of ferrimagnetism (1948).





⑫ TDK の創業者 斎藤憲三の故郷（にかほ市平沢）には、「TDK 歴史みらい館」と「フェライト子ども科学館がある」。秋田県と山形県の境にあった「稲倉岳のイオウ鉱床」は、TDK 経営を軌道に乗せるための資金獲得に重要な役割を果たした（5.3 節）。

本稿は、蔵前ジャーナル（No.1110～1112, 2025）に連載した記事に一部加筆したものです。

文： 広瀬茂久（名誉教授）

2026 年 1 月
東京科学大学 博物館 資史料館運営室
archives@adm.isct.ac.jp



博物館運営室

東京科学大学 博物館



資史料館運営室

152-8550 東京都 目黒区 大岡山 2-12-1-CH-1 03-5734-3340 museum@adm.isct.ac.jp
http://www.cent.titech.ac.jp/

資史料館運営室 : 045-924-5501
https://www.cent.titech.ac.jp/ISCT_Archives

archives@adm.isct.ac.jp
(学内便 : G5-14)