

本多の磁気理論と、わが国における
Weiss 理論の受容の過程 II

—— 聞き書きにもとづく物性物理学史(3) ——

信州大・理 勝 木 渥

(承前)⁵³⁾

さて、Weiss の分子場が交換相互作用を先取りしていたように、本多の分子の形状変化は一体何を先取りしていたのであろうか。それは、のちにスピンの自由度であることが判明する分子内の自由度を、分子の形状の自由度として先取りしていたのである。本多は、分子の位置の自由度以外の自由度、つまり分子内の自由度（これこそが A_2 変態の本性を解明する鍵であったのだ）を、このような形で把握していたのである。スピンの自由度であるところの分子内の自由度を、スピンの自由度として正しく把握することが出来ていなかったから、本多の磁気理論は磁気の理論としては失敗した。しかし、この分子内の自由度を分子の形状の自由度として擬制的にはあれ把握しえていたから、本多の磁気理論は変態の理論・相転移の理論としては積極的に機能し、 A_2 変態の本性の解明の成功に寄与したのであった⁶¹⁾。

本多が 1915 年に「鉄の A_2 変態の本性について」⁶²⁾ を書いた頃、 A_2 変態を原子の配列の変化（本多は同素変化 allotropic change ないし同素変態 allotropic transformation という語を用いている）とみなすか、そうはみなさないかの見解が対立していた。

本多によれば、前者の、すなわち、 A_2 変態を原子の配列の変化であるとする見解は、Osmond の価値ある労作の出版⁶³⁾ 以来、本多の師 Tammann (1908), Burgess (1914), Howe (1913), Sauveur (1913), Rosenhain (1909) らの錚錚たる金属学者がこれにくみした。 A_2 変態は原子の配列の変化にあらずとする見解は、まず Le Chatelier (1904) により、次いで Weiss (1909) によって表明され、のち Hadfield (1914), Benedicks (1912, 1914), 本多 (1913) らがそれにくみした。Benedicks は β 鉄を、独立の相ではなく、磁気的な α 鉄と非磁気的な γ 鉄との固溶体にすぎぬと考えていた。本多は、 A_2 変態すなわち磁気変態を、同素変化（原子の配列の変化）ではなく、 α 相内でおこる分子内の変化

勝木 渥

(intermolecular change)⁶⁵⁾ であると考えた⁶⁶⁾。

本多がこう考えるに到った背後には、 A_2 変態にともなう種々の物理現象の異常を A_3 変態に (現在の α - γ 変態) にともなうそれと比較・検討した上での、本多の次のような考察があったのである。すなわち、 A_3 変態点では、種々の物理的性質が非連続的に変化するから、鉄はこの点で相変化をするとみなしうる。他方、 A_2 点は、加熱の場合に磁気が次第に減少して遂に 0 となる温度、冷却のさいに磁気の発生する温度であって、またこの温度は、加熱のとき熱の異常吸収の止む温度、あるいは冷却のとき熱の異常発生の始まる温度と合致する⁶⁷⁾、また他の物理的性質の変化もすべて漸次的であって、加熱の時は変化がこの点に終り、冷却の時はこの点に始まる、そういう温度が A_2 点なのである。物理的性質が A_2 点で不連続に変るのではない、ずっと低温から A_2 点までにあたる漸次的変化の終点 (加熱時) または始点 (冷却時) が A_2 点だということである⁶⁹⁾。それら物理的諸性質の漸次的変化が分子の漸次的変形にともなっているものである、というのが本多の考えのエッセンスであった。本多は長距離秩序度の変化を分子の漸次的変形として擬制的にとらえ得たのであり、このような形で 2 次の相転移の特性を基本的には正しく把握していたのであった。

A_2 変態が、 A_3 変態とは全く別の、分子の漸次的変形にともなったものだと主張するにあたって、本多は①変態にともなう熱の発生または吸収、②磁化、③電気抵抗、④熱膨脹、⑤磁氣的膨脹 (磁歪)、⑥熱電氣的性質 (熱起電力)、⑦力学的性質等の物理的性質をとりあげた。このうち①、②、③、⑤については本多あるいは本多と協力者の仕事を欧米での仕事と比較しつつ論じた。すなわち、特に①の熱の発生・吸収と②の磁化に関しては (本多は金属組織学における磁気分析の有効性・重要性を一貫して主張し、その見地からも磁化のふるまいを重視した)、本多が東北帝大理科大学に赴任してから本多あるいは本多-高木の仕事として展開した研究⁷⁰⁾ に主として依拠しつつ、③の電気抵抗は仙台での本多-小倉の仕事に⁷¹⁾、⑤の磁氣的膨脹については東大時代の本多-清水の仕事⁷²⁾ に依拠しつつ論陣を張った。そして④、⑥、⑦については本多の説を裏付けるものとして欧米の研究者の仕事を用・検討している。

変態にともなう熱の発生・吸収についての本多の熱分析の実験とそれに基づく本多の議論をやや詳しく追ってみよう⁷³⁾。示差熱電対⁶⁷⁾ で測った純鉄の発生または吸収熱量に相当する量 q とその温度微分 $dq/d\theta$ (比熱に相当する量と考えてよからう) を温

度 θ に対して plot した図を第 1 図として示しておく⁷⁴⁾。本多は、冷却曲線 a , a' の 915°C にみられる顕著な鋭いピークは A_3 変態に対応するもので、その温度で $dq/d\theta$ は無限大になっている、また 780°C 近傍にみられる第 2 の山は A_2 変態に対応するもので磁気変態とともに始まる (曲線 a の極小が 810°C 付近にあることをさして言ってい

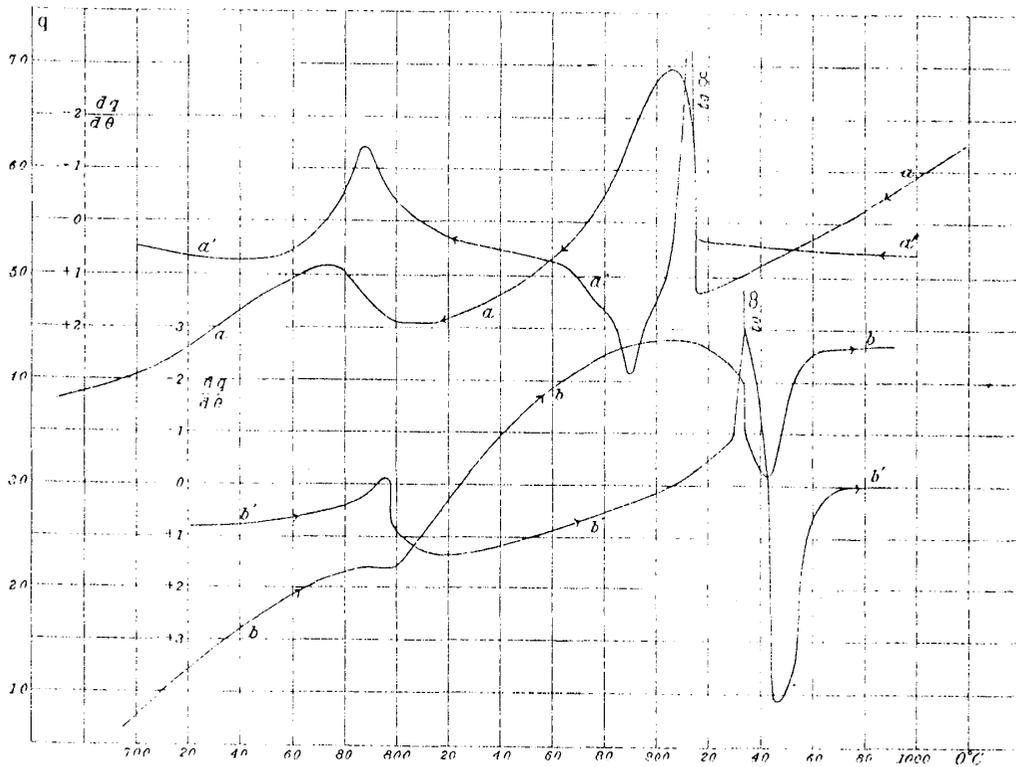


Fig. 1.—Pure Iron. (K. Honda.)

第 1 図 純鉄の熱分析⁷⁴⁾

横軸は試料の温度 θ 、縦軸の q は補償用金属片と純鉄試料の温度差を与える検流計のふれ (cm) で変態の潜熱に相当する量、その温度微分 $dq/d\theta$ は比熱に相当する量、と大まかにはみなしえよう。 a , a' は冷却曲線、 b , b' は加熱曲線、 a , b が q を、 a' , b' が $dq/d\theta$ を与える。

る⁷⁵⁾ものと思われる)、そして熱の発生があるきまった温度で起るのでなく、 100° 以上に亘るある温度領域で起っているのだ (900°C あたりの山から次第に下ってくる曲線 a をそのまま外挿し、一旦上ってまた下ってくる曲線 a ともう一度自然に出合うあたり温度 (ざっといい加減にやってみて 680°C くらいか) と a の極小の温度 (810°C くらい) との間で A_2 変態にともなう essential な熱の発生がおこっていると考えれば、その温度領域は 130° にわたることになる、 こういうことを言っているのであろう)、と

勝木 渥

強調している。加熱曲線 b , b' についても、本多は2つの山があることを指摘し、加熱の際の熱の吸収が740℃ですで見られ、それが終る温度は冷却のさい熱の発生が始まる温度と一致しているとのべている。(本多はその事は a' と b' とを比べてみれば分ると書いているけれども、本当に分ろうと思ってまじめに考え出すと、何だかよく分らなくなってしまう。あまり本多の説明にこだわらずに磁気変態点近傍の曲線 b' を磁気比熱だとみてしまえば、たしかに曲線 b' は λ 型の比熱の特徴をよくあらわしている。) 熱分析の曲線が示すふるまいは A_3 変態と A_2 変態とで明らかなちがいがあるといのが本多の強調したい所なのである。

熱分析は金属組織学における有力な伝統的な研究手段である⁷⁷⁾ けれども、ここに引用した例に見られるように、特に鉄の A_2 変態等の研究には、その鋭さにおいて欠ける所があり、本多自身も明確にそのことを指摘している(註67の末尾を見よ)。そして、本多は金属組織学における磁気分析の有効性を力をこめて強調するのである。

あえて臆測すれば、金属の磁氣的性質の研究者であった本多がドイツに留学して、月沈原の Tammann のもとで金属学の手ほどきをうけたとき、熱分析の粗さに比べて磁性の変化が変態検出の鋭敏な手段であることに気付き——いや、ことさらに「気付く」までのこともなく、本多にとってはごく当り前のこととして自然に頭の中にそういう考えが湧いてきて、内心大いに期する所があつたのではあるまいか。それは、磁気学者本多が金属学に歩み寄つたというよりは、本多のうちに蓄積されていた磁気学の方に金属学が、あたかも水の低きにつくが如く、自然に流れより歩み寄つてきたのであつた、という方が適切であるかも知れない。おそらく本多は、Tammann から金属学の手ほどきをうけたその最初から、磁気学的研究手段を金属組織学に導入すること(本多はそれを「磁気分析」と呼んだ)を着想していたのではあるまいか。本多の物理学的金属学の王国の萌芽は、かれの磁性学への金属学の合流(本多の意識の中における)にあつたにちがいない。そして、その合流を意識したとき、かれは欧米の伝統的金属学者たちに対する自己の優位性を確信しえたであろう。

本多の「鉄の A_2 変態の本性について」⁶²⁾ は45頁にわたる論文であるが、その最後の章(6頁分)は強磁性の理論にさかれている。その章の冒頭(208頁)で本多は「以前の論文で私はここで列挙した種々の現象を Weiss 理論 によって説明しようと試みた」(下線は勝木)と書いている。この本多の言葉は、本多が Weiss 理論に対する終始一貫

した反対者だったというわれわれの常識に反するものである。ここにいう「以前の論文」とは 1913 年の「高温での強磁性体の熱現象と磁化変化について」と題する論文⁸⁰⁾であるが、それは鉄, Ni, Co, 鋼の磁気変態にともなう熱の発生と磁化の関係等を同時測定によって調べたものであった。本多はこの論文の序節の冒頭(69頁)で Weiss と Beck の論文⁸¹⁾にふれて「Weiss と Beck は磁気的変態 α - β をあるきまった温度での一方から他方への移行としてでなく、温度とともに連続的に進行する変態であるとみなした。この変態のさいに発生するまたは吸収される熱は磁気エネルギーによって説明される」と述べている。本多はのちに磁気理論では Weiss と鋭く対立するのであるが、ここで α - β 変態つまり A_2 変態の理論では Weiss と基本的に同じ立場に立っているのである。本多は結語の節の中で(91-92頁)「いわゆる α - β 変態とは何か? それは相変態であるか?」と自問して「熱的現象に対応する α - β 変態と磁気的変態とは 1 つの同じ現象の 2 つの異った様相であり、事実この変態は本来の相変態ではなく、1 つの相の、温度と共に連続的に進行する、性質の変化である」と答え、冒頭に述べた Weiss と Beck の見解にふたたびふれて「分子場の導入によって、Weiss と Beck は α - β 変態での実熱量が磁気的エネルギーによって定量的によく説明できることを示した」と好意的に紹介している。本多はこの論文でいろいろな強さの磁場をかけて磁気的測定と熱分析を温度を変えながら同時にやり、磁化はかけた磁場の強さに依存するが、磁気変態のさい発生する熱量は場の強さによらないことを見出し、このことについて「このことは熱の発生と磁気変態が 1 つの共通の原因に帰せられるという見解と矛盾するものではない。」「磁気的エネルギーにおいて、従って熱の発生において、主役を演ずるものは外場に比べて法外に大きな分子場である。発生する熱量が外場にほとんど依らないのはそのためである」と述べている。磁気測定と熱分析を同時におこなった本多は、この時、すなわち 1913 年 6 月の段階では、本多の観測した現象を説明する理論として、Weiss 理論—分子場を一度は受け容れたのである⁸²⁾。しかし、Weiss と本多の間には、Weiss が磁気変態にともなう熱の発生を磁気的エネルギーの変化に帰し、その根源を磁性にもとめたのに対し、本多は磁気変態と熱の発生とをより根源的な 1 つの現象の 2 つの異った様相であるとするちがいがあった。翌 1914 年、本多は Weiss 理論に代る新しい磁気理論を提出する⁸³⁾。それは、この段階での本多の意識に即していえば、Weiss 理論に敵対する理論というよりは、むしろ、 A_2 変態の本性に関しては同じ陣営にある同志 Weiss の魅力もあるが困難

勝木 渥

もある理論を補完するといった、そういう意味をもつものではなかったろうか⁸⁴⁾。

本多は、この磁気理論を駆使し、 A_2 変態にともなう諸物性の変化を広く詳細に検討・解析することによって A_2 変態の本性を解明し、それが同素変態でないことを疑う余地なく明らかにしたのであった。X線回析によって、 α 鉄、 β 鉄、 γ 鉄の結晶構造がたしかめられ、 β 鉄論争に最終的結着がつけられるのは1921年、スウェーデンの Westgren によってである⁸⁶⁾から、本多はそれより6年早くいわば旧式のやりかたで、しかし自分の“磁気理論”に支えられながら、正しい結果をえたわけである。

河宮も指摘している⁸⁷⁾ことだが、 A_2 変態が同素変態ではないという事をのべたのは本多が最初ではない。本多自身、Le Chatelier (1904), Weiss (1909) らを本多に先行する先覚者としてあげている⁶²⁾。さらにさかのぼるなら、すでに1895年に Curie はその有名な磁気の論文⁸⁸⁾の中で次のように言っている。「(いろいろな磁場に対する磁化-温度)曲線を検査してみると、鉄が変態するはっきりした温度は存在しないことがわかる。一般的な様子では、温度が上ると磁化の強さははじめはゆっくりと、それから次第に速く減少する。そして740°か750°の付近で磁性の減少の速度は最大となり、そして曲線は変曲点をもつ。したがってきわめて慣用的な鉄の磁気変態点という言葉はややあいまいな意味をもっている。したがって私はこの言葉に(いろいろな強さの磁場をかけた時の)各曲線の変曲点の平均温度を意味させることが便利であると思う。」(下線は原文イタリック、括弧内は勝木による補筆)これは、本多が A_2 変態において観測し強調していることと、ほぼ同じ内容のことである⁸⁹⁾。もっとも Curie 自身は磁化率の対数を温度の対数に対して plot して、鉄で860°Cに折れ曲りを見付け⁹⁵⁾、この事実は「860°C以上で鉄が1つの新しい同素体の状態(β 鉄)になることを仮定する Osmond 氏の理論に有利である。」(括弧も原文のまま)とのべている⁹⁶⁾。Curieは磁気変態(750°C近傍)を α - β 変態と混同することはしていないが、同素体としての β 鉄の存在を認める方向には傾いていたのである。 (未完)

註ならびに文献

53) この一文は『物性研究』31 No. 1 (1978年10月)所載の第1部の続きである⁵⁴⁾。

54) 第1部の註35, 36, 37で、私は本多における地球物理学の位置づけについて、若

干の考察をこころみた。熱海の間欠泉の研究は、本多の地球物理学的諸研究のなかで、最も著名であり、またその研究の実地応用という面でも、間欠泉復旧に成功という霊験あらたかな御利益をもたらした（この御利益のゆえに著名なのかも知れない）。本多の熱海間欠泉とのかかわりについて、もう少し詳しく見ておきたい。参考にした資料は(a)本多・寺田寅彦「熱海間歇泉に就て」『地学雑誌』17 No.203（1905年11月）769, (b)Honda & Terada “On the geyser in Atami” Publ. Earthq. Inv. Com.（震災予防調査会欧文報告）22B 51（1906）（“Scientific papers by Torahiko Terada（寺田寅彦全集科学篇）”第1巻（岩波，1939）所収），(c)寺田寅彦日記（『第2次寺田寅彦全集』第11巻（岩波，1951）），(d)寺田寅彦手帳（『第2次寺田寅彦全集』第14巻（岩波，1951））である。本多と寺田が熱海の間欠泉の観測にとりかかるのは註36に書いた通り、1904年2月である。1904年2月というのは、寺田の大学卒業から半年あまり経った時期であった。この時期の寺田は、震災予防調査会に提出すべき検潮儀 (tide-rectifier) の製作にとりくみ（2月14日まで）、また2月3日（水）には「本多氏より Magnetic Change of Elasticity の実験を指示さ」れて、2月16日（火）に「rigidity of Nickel の実験準備に取りかか」っている。2月25日（木）、26日（金）の日記には「Capillary wave の実験」をやっている旨の記述があるが、1903年6月19日に「（長岡）教授の実験見る。交番電流にて作れる磁場にてニッケル鋼線の伸縮するを Capillary wave にて示す装置なり」と書いてある所からみて、2月25日、26日には、寺田は本多から指示された磁気弾性効果の実験にとりくんでいたと考えてよいであろう。そして、そのあくる日の2月27日（土）には、天候は「雪雨」であったが、寺田は「6時半起床。荷物をととのえ新橋に至り、9時半の汽車にて12時国府津着、電車にて小田原に到」り「時々雪降る。小田原より雨となる」中を「人車にて5時半ごろ熱海着、坂口屋に投」じているのである。「雨止まず」という悪天候の中を。寺田の手帳には“Preliminary Research of Atami Geyser”という記述があり、この日、“27th Feb. 1904, 6^h 15^m p.m. began, At the beginning the temp. is low.”と書いてある。着いて早速仕事にとりかかったのであろう。翌2月28日（日）、寺田は「朝、警察に行き学校よりの照会状さし出す。巡查1名、滄汽館（きゅうきかん）まで案内してくれ、噴出孔のところに入りて観測」し、「午後、小沢湯、河原湯を見回」った。手帳には、この日の大湯（おおゆ；間欠泉）の観測状

勝木 渥

況が、午前7時20分のガイザーの開始から12時51分の終熄にいたるまで詳しく記されており、その次に、小沢湯と河原湯の温度が記入されており、そして夕方再び、5時10分から9時45分まで、大湯の観測状況が記されている。2月29日には「9時半の人車にて伊豆山に至り、湧出の状を見」、「12時45分の人車にて門川に向かい、「門川より荷物を車につみ、歩行湯河原に向かう。」「天野屋に投」じて「観測の場所を選定」した。この日の手帳には、午前11時に測った伊豆山の湯の温度と、湯河原の湯の温度が書かれている。以上が2月末の予備的観測であり、本格的な研究は3月24日（木）「噴泉調査のため本多博士と熱海に至る」ことによって始まった。3月30日（水）、寺田は「田中館先生の晩餐に呼ば」れた。この日「水木氏 Tide gauge（潮汐計）を携えて到着」とあるから、この田中館の晩餐は熱海でのことである。寺田寅彦の日記と手帳から分る事実はほぼ以上の通りである。この事実に、若干の状況証拠をも加味しつつ、本多・寺田が熱海間欠泉にかかわるようになった動機を推理してみる。熱海に発つ前日の2月26日、寺田は本多に指示されたマグネの実験にとりこんでいた。「夜、談話会」があり、そこで寺田はキーム湖で観測されたセイシの論文を紹介した。またこの日「6時頃地震」があった。私の1つの（やや極端な）推理は、寺田の熱海行きは、2月26日の夜、突然きまったのではないかということである。2月27日の寺田の熱海行きの日記がいかにもあわただしいこと、前日までのマグネの実験を中断し（そのように思える）、週末なのに、しかも悪天候なのに、急遽熱海へ向かったというニュアンスをおびていること、この註のはじめにあげた文献bの最終頁に「（間欠泉の）activityの異常な衰えの開始とほとんど同じ時に激しい地震が大島で感ぜられた……（しかし、地震が原因ではなくて、井戸の堀りすぎが間欠泉衰弱の主因だ）」と書かれていること、等から、この2月26日の地震で、熱海の温泉に何らかの異常が生じ、それが直ちに東大に（おそらくは田中館に）通報され、談話会の席上ででも熱海への派遣者についての相談がされ、寺田に白羽の矢が立ったのではあるまいか、と推理したのである。（寺田は前年（1903年）の夏休みに、長岡の依頼を受けて、郷里高知県の海岸等でセイシを観測した⁵⁵。この時、本多も指導のため7月22日高知に着き、24日まで滞在している。）寺田は、最初の妻夏子を1902年11月に喪い、当時、長女貞子を親許にあづけて、東京で下宿住まいをしていた。前年の高知での実績といい、一人暮らしの身軽さといい、熱海派遣にうってつけた

ったであろう。しかし、2月26日に地震があって、すぐ東大へ通報されて、翌日にはもう熱海へ人が派遣できるような緊急体制が当時できていたか、ということになると一寸疑わしい。それに2月26日の地震は『資料日本被害地震総覧』（宇佐美龍夫、東大出版会、1975）にはのっていない。むしろ同書にある1905年6月7日の伊豆大島地震が文献bのいう間欠泉の activity の異常な衰えの開始とほとんど同時に感ぜられた地震であると思われる。文献aには1905年5月から6月にかけての大湯の衰弱の様子を説明したあとで「6月11日には……1日に流出する湯の量も大いに減じ、大湯より距った旅宿では湯に困るようになって来た。温泉の減衰を始めた頃より、温泉取締所では大いに名物なる大湯の涸渴を憂い、種々恢復策を講じ、県庁よりも警部長が来て相談した上、遂に沢口、米倉、樋口の三井を埋めることになった。米倉のは6月12日に、沢口のは13日に埋められた……」と書いてある。県庁から警部長が来て相談したのがいつのことかはっきりしないが、文献a、bには大湯の activity が1903年頃には2～30年前と比べてかなり衰えていた事が明記されている。これらを考えあわせた別の推理（も少し中庸をえた）は次のようなものである。温泉の衰えが目に見えてきた頃、多分1903年か1904年の2月以前に、田中館（おそらく）への相談が静岡県庁（警察）からあり、田中館らは2月末の週末を利用して予備観測をおこない、3月下旬から4月上旬にかけての春休み中に本観測にとりかかるよう計画していたのであろう。マグネの実験を中断して、というのは勘ぐりすぎで、間欠泉の観測は自記記録装置でやるから、その設置さえすめば、あとは時々熱海へ行くだけですむだろう。寺田が急遽熱海へ向かったというのは思い過ぎである。また、熱海で寺田がまず警察に行って大学からの紹介状を出した、という事も、静岡県庁からの依頼がまえまえからあったと思えば理解できる。寺田の2月27日の熱海出発のこまかい経緯がどのようなであれ、本多・寺田らが熱海間欠泉の研究にとりかかるきっかけは、熱海町民からの依頼、より正確には、熱海町民の意を体した県庁（警察）からの依頼をうけた震災予防調査会委員田中館（おそらく）の依頼にあった⁵⁷⁾、と判断してよかろう。さて、本多の名を高からしめた⁵⁸⁾ 間欠泉復旧策について、ここで少し書いておこう。当時、大湯（間欠泉）の衰弱ないし涸渴を地震のせいだとする見解が一般的であった。このことについて文献bの最終頁に「（間欠泉の異常な）衰えは地下の activity が地震によって変化した結果だと一般に信じられていた。この信念は長湧きが起こることと

大島の activity との間には何らかの関係があるという言いつたえにその起源があるようにみえる」と書いてある。本多・寺田の見解はこれに反して、大湯衰弱の原因を井戸の掘りすぎにあるとするものであった。文献 a には (b にも) 「熱海では数年前より諸所に掘抜井戸を掘って温泉をくみ取り、自家の使用に供するものがあつた。多くはポンプの力でくみ取っているが、2、3の井戸は自ら絶えず流出して居る。昨年 (= 1904 年) 以来、鑽井が一つの流行のようになって競って掘るようになり、井戸の数が 20 以上になった。しかし、余りよく湯の出るのはなかつた」が、本年 (= 1905 年) 3 月 27 日に掘られた沢口の井戸、5 月 22 日の米倉の井戸、5 月 24 日の樋口の井戸はいずれも噴出の勢いの非常に盛んなものであつて、これらの影響によつて大湯の噴出が衰弱した、と書いてある。つまり大湯の一般的衰弱は、1903、04 年ごろの井戸の掘りすぎからもたらされ、(本多は滄汽館に保存されていた長湧きの記録から the last few years の期間に間欠泉の活動力が以前と比べてかなり減退していることを知り、それがこの期間にこの地区にいくつかの井戸が掘られていることと関係があるとにらんだのである) 沢口・米倉・樋口の強力な井戸のほられたことが更にその衰弱を決定的なものにしたのだ、というわけである。大島地震 (1905 年 6 月 7 日) が起きたのは、この決定的衰弱の時期と、時期的に重なっていた。本多・寺田の大湯復旧策は、これら 3 本の井戸を埋立てることであつた⁵⁹⁾。その埋立て作業は一寸した見ものであつたようだ。最も強力であつた米倉の井戸の埋立ての様子を文献 a、b によつて紹介してみよう。「井戸の埋立ては容易の業ではなかつた。われわれの目撃した米倉の井戸の埋立ての光景は記録しておく価値があろう。」「噴出孔を蔽うて熱湯を横に流出せしめてあつた箱を取除けた時の景況は生憎見る事が出来なかつたが、数町の距離から始めてこれを望んだ時は、恰も小さい瀑を倒にしたような勢で噴上げる湯の柱が、折柄の雨で靄のかかつた丘の半腹に真白に見えていたのは壯観であつた。現場へ着いて見ると、思ったよりも一層の猛烈さで、立会の人々を始め、人夫等も、適當の所置に苦しんで居るように見えた。」「井戸の深さは約 25 m で直径 4 インチの鉄パイプから蒸気まじりの熱湯の柱を約 8 m の高さに噴き上げていた。」「砂利や小石を詰めたブリキの筒を噴出孔に投げこんだら、空中へ烈しく投げ上げられてしまつた。」「約 10 kg の鉄の棒を投げ込むと口の辺りで湯に支えられて、落ちも上りもしなかつた。次に直径 2 インチ長さ約 6 m の鉄管に砂利をつめたものを強引に噴出口

に押しこんだ。湯と蒸気の量はこの鉄管によってかなり減ったが、上向き圧力はなお鉄管の重さにまさり、押えていたのを放すと」「忽ち噴き上げられて、下端は数尺地面をはなれた。」「今度は砂利の代りに大きな鉄の棒をいれて押し込んだら、これは無事に底へ落ちて行った。」「すると忽ち湯の噴出が衰えた。そして凝灰岩の多数のかけらが蒸気の噴流とともに吹き出してきて、数mの範囲にまきちらされたが、それには黄鉄鉱の小さな結晶が含まれていた。」「鉄管が落ちる際、穴の壁をこわして、その破片が噴出したものらしい。」「更に一本の鉄管に土砂の類を入れて投げ込み、上から水を注いで全く噴出が止んでしまった。」「それからコンクリートを詰め込んで埋立を終わったのである。」「これが6月12日の米倉の井戸の埋立ての模様である。さらに6月13日に沢口の井戸が、7月12日に樋口の井戸が埋められた。これが文献23で本多が「自信を以て復旧工事を引き受け予定通り2・3日にして大湯の復旧を見ることが出来」と述べている、その復旧工事である。文献bによればこれら3本の強力な井戸が掘られるまで、間欠泉は平均一日5回の噴出をやっていた。ところが1905年3月27日に沢口の井戸が掘られ、その後の5月20日の観測では噴出頻度は4.4回/dayになった。5月22日には米倉の井戸、5月24日には樋口の井戸が掘られ、そのあとの5月26日の観測では噴出頻度3.6回/dayになった。5月27日に長湧きという現象が4カ月ぶりに起り、噴出頻度は一時的に6回/dayにましたが、湧出熱湯量は減少した。噴出頻度はその後、6月5日の観測では3.6回/day、6月11日には3.2回/dayとだんだん減ってゆき、噴出そのものも弱くなった。湧出熱湯量の減少は間欠泉から給湯をうけていたいくつかのbath-housesにtroubleを引きおこした。そして、6月12日に米倉の井戸が埋立てられた。米倉・沢口の2つの井戸の埋立て直後に噴出頻度は4回/dayにふえ、噴出力も回復した。さらに樋口の井戸の埋立て後、噴出頻度は徐々に増して8月には4.5回/dayに達した。(その後漸減して4回/dayになり、現在(=1906年)までこの頻度でほぼ一定している。)埋立て前後のこの噴出頻度のちがい、噴出力の強さのちがいから、「われわれはdisturbanceの主たる原因は鑽井に帰せられるべきであると信ずる」と文献bは述べている。天災説と人災説とがありえた中で、本多と寺田は人災説をとったのである⁶⁰⁾。

55) 註35で私は「静振の研究はいわば夏休みを利用しての余技(といつては言いすぎか)であり」と書いたが「余技」というのはやっぱり言いすぎであった。本多や寺田

や中村（多分、清二であろう）が、夏休みを利用して静振の研究をおこなったのは、震災予防調査会の委員であった田中舘や長岡の依頼によってであろう。本職は東京帝国大学理科大学物理学科の助教授・講師あるいは学生であったから、震災予防調査会から依頼された研究は週末や夏休みを利用しておこなったのであろう⁵⁶⁾。

56) かつて私は「曾禰の時代、わが国の物理学はなお未分化の状態にあり、地球物理学が物理学からはっきりと分離してはいなかった。物質の物理学にたずさわる物理学者が、同時に地表の物理学にたずさわることが、決して不自然でないような、そういう時代であった」（「曾禰武の歩み」中編『物性研究』29 No.5（1978））と書いた。この時、私は、本多・曾禰らが自らの興味のおもむくままに、いわば気ままに、地球物理学的な研究にもたずさわったものだと想像し、そういうことが出来たのは物理学の状況がまだ未分化だったからだと考えた。そして、それを学問としての物理学に内在する論理のようなものによっているのだと考えた。しかし、物理学者による地球物理学的研究の背後に震災予防調査会からの依頼があったのだとすると、この註の冒頭に引いた私の前言は、単なるムード的な詠嘆に過ぎない。また、長岡や本多らの二刀流の源を、もっぱらEwingの磁気と地震の二刀流に帰する見解にもしばしば出会うが、このような見解も同様に一面的であろう。わが国の物理学が初期に地球物理学と不可分の関係にあったことへの、震災予防調査会の役割を見落してはならぬであろう。

『長岡半太郎伝』（pp.147～154）によれば、震災予防調査会は濃尾地震（1891年10月28日）の直後の菊池大麓らの建議を政府が採用して、1892年7月に発足した、わが国最初の大規模な共同研究組織であり、田中舘愛橘・長岡半太郎らが委員に名を連ねていた。

57) 註54の文献bの著者の肩書きは、昭和7年3月に震災予防評議会が発行した「震災予防調査会報告書総目録」23頁の当該項目をみると、本多嘱託員、寺田嘱託員となっている。熱海の間欠泉の研究は、震災予防調査会からの依頼によって（おそらく直接的にはその委員たる田中舘からの依頼によって）本多・寺田がおこなったものであることはたしかである。そもそもの最初に、熱海町民からの依頼が田中舘にあったかどうかは別として。

58) 曾禰武は「間欠泉は、熱海で本多先生はもう名を成していらした。寺田さんと2人でやったのが、模型をこしらえて天覧に供したでしょ……」と語った。（「曾禰武

- の歩み」中編、註 65) また、茅誠司は北大冶金工学科 25 周年記念講演 (1967 年 6 月 17 日、於工学部大講堂——毛利信男氏の御教示に感謝する) で次のように語っている (『北工会誌』 No. 31) 「……当時、物理をやる人はみな地球物理学をやりまして、本多先生は随分研究されました。我々が学生の頃、熱海に泊まりに行った時に、本多先生の弟子だと言うと宿料を安くしてくれたもので、それは、熱海は間欠温泉で有名だったのに、その頃になってそれが非常に弱くなったので、本多先生に来てもらって、どうしたら良いかと聞いたら、どこそこを掘れと言ったら、それから急に出るようになったという。その頃、本多先生の名は熱海では偉く高かったのですが、今はもうだめです。今は熱海に行っても間欠温泉どころか、沸かし湯に入れられるんですから、決してもう本多先生の御厄介になっていないという訳で、ききめはありません」
- 59) 註 58 の茅の話 (どこそこを掘れと言ったら急に出るようになった) とは逆に、どこそこを埋めろと言ったのである。
- 60) 註 54 の文献 a, b は、熱海間欠泉についての学術的な調査報告論文である。そのような学術的な調査の上に立っての人災説であった。なお、文献 a, b とも、日本には熱海と鬼首の 2 つの間欠泉があることに言及している。後年の本多・曾禰の鬼首の間欠泉の研究は、本多にとっては、熱海のその延長上に位置するものであったろう。本多・寺田は、研究にもとづいて、熱海間欠泉の構造についての仮説を提出し、その仮説に基づいて間欠泉の模型を作って実験している。曾禰のいう「天覧に供した模型」(註 58) というのがこれであろう。文献 b には、この模型の詳しい説明がある。多分、物好きで器用な人なら、その説明をみながらこの模型をつくることができるだろう。大学祭なんかで実演してみせるのに、手頃なものであろう。
- 61) このことを指摘したのは、河宮信郎である。第 1 部註 52 ならびに註 44, 45 をみよ。
- 62) K. Honda “On the nature of the A_2 transformation in iron” Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 4 169–214 (1915).
- 63) 本多は、Osmond のこの労作がどこにのった論文かないしいつ出版された本かということ、具体的には書いていない。おそらく当時の金属学者たちの間では、一々ことわるまでもない有名な労作だったのだろう。Osmond については、とりあえずは、大塚正久「フロリス・オスモン——物理冶金学の建設者」(『鉄鋼界』 1970 年 11 月

号, 99) および中沢護人『鉄のメルヘン——金属学をきずいた人々』(アグネ, 1975) 11章「鉄の詩人オスモン」12章「鉄の変態の発見」13章「 β 鉄論争——オスモンとアーノルド」を参照することができる。大塚によれば, 「1885年の論文『鋼の性質に関するセル理論』において, オスモンははじめて α 鉄, β 鉄という用語を用い, 両者の相違が分子変化 (molecular change) にあると考えた」(101頁), 「鉄の本性に肉薄しようとするオスモンの目は最後に結晶学の研究に向けられた。…彼は鉄が立方構造を有すること, α 鉄と β 鉄は同一結晶構造であるが γ 鉄はこれと異なる構造をもつことなどの重要な結論を導き出した。以上の成果は『鉄の結晶学について』と題して1906年に発表された」(100頁)。また, 中沢によれば, 「オスモンの鉄の変態にかんする研究は1887年の『鉄・鋼および鑄鉄における鉄と炭素の変態』に発表されている。……(彼は)1886年……炭素の少ない純鉄に近い鉄の加熱冷却のさいの温度変化の測定を開始し, この加熱あるいは冷却曲線にいわゆる停止点……があらわれるのを発見した。オスモンはこうした点が700℃, 750℃および900℃にあることを発見し, ……これを a_1 点, a_2 点および a_3 点と命名, 後にこれを A_1 , A_2 , A_3 点と大文字に改めた。……オスモンは A_2 点以下の鉄を α 鉄, それ以上の鉄を β 鉄と命名した。さらに A_3 点を越えると β 鉄が γ 鉄という新しい相に変態することを発見した。もっとも最初は誤って A_3 点で β 鉄が再び α 鉄になると考えた。しかし, 1892年には…… A_3 点で β 鉄が γ 鉄というまったく新しい相に変態することをつきとめた。」(179頁), 「オスモンはさらに研究をつづけ, 1906年の『鉄の結晶学について』では鉄が立方構造をもつこと, α 鉄と β 鉄は同一結晶であるが γ 鉄はこれと異なる構造をもつということを発見することになった。」(180頁), 「ところで問題が β 鉄にあった。1895年にピエル・キュリーがそこで鉄の帯磁率が急に変わることを見出し, そのためにキュリー点とよばれるようになる A_2 点で, 鉄はたしかに強磁性の α 鉄から常磁性の β 鉄に変化する。……しかし β 鉄を発見したとき, オスモンにとっては, β 鉄はなにかそれ以上のもの, 力を秘めた何物かであった。彼は β 鉄こそ鋼の焼入れで硬い鋼ができる原因であろうと考えた。こうして彼は発見の当初から, 『硬い β 鉄』という仮説を提唱して焼入れ硬化を説明しようとした。これに対してイギリスのアーノルドたちは……『硬い炭化鉄』の仮説を主張した。それによって, オスモンを渦中の主人公とする激しい『 β 鉄論争』がまきおこされるのである。」

(181頁)、「この論争は第一にオスモンが主張するように A_2 点が真にあるのかどうかで争われた。その実在は疑う余地がなく確証された。しかし、この β 鉄は α 鉄や γ 鉄とは異なる同素体であるのかどうか。これが第二の論点であった。」(183頁)。本多のいう Osmond の価値ある労作の出版とは、「鋼の性質に関するセル理論」(1885)か「鉄・鋼および鑄鉄における鉄と炭素の変態」(1887)か「鉄の結晶学について」(1906)かであろう。ただ私は今の所 Osmond について、大塚、中沢による紹介以上のことを知らない。

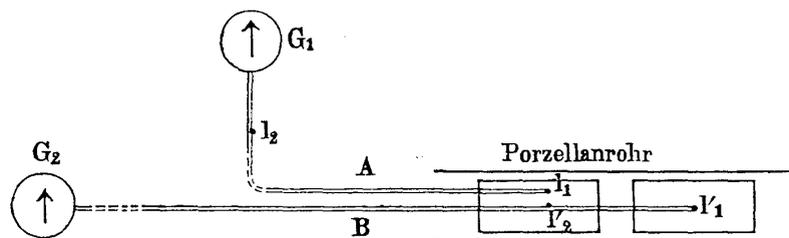
65) 本多は、今なら intramolecular と書くべき所を、intermolecular と書いている。接頭辞 inter- が intra- の意味で用いられている学術用語を『新英和大辞典』(研究社、1960)でさがしてみたが、生理学用語 interoceptive, interoceptor しか見当らなかった(interior, internal などの語には inter- が intra- の意味で含まれていると考えてよいか?)。少し時代をさかのぼれば、このような用例を(文学作品や史書の中などに)もっとふんだんに見つけられるかも知れないという気がする——主観的・願望的あてずっぽうであるが。

66) 「本多によれば」にはじまるこの段落の記述は、もっぱら文献 62 の中の本多の記述(171~172頁)によった。Osmond の労作以外は、本多によって論文掲載雑誌とその巻・号・頁・発行年が註記されているが、一々原論文にあたってたしかめるということを、今の所、私はしていない。なお、大塚、中沢の紹介(註63)をみると、Osmond は1906年には α 鉄と β 鉄が同一結晶構造をもつことを見出しているから、Osmond を、本多のいうように、 A_2 変態を原子の配列の変化とみなす人々の範疇に入れてよいのかどうか、疑問である。私が本多の論文を誤読しているかも知れないので、念のため本多の論文の当該部分の原文を添えておく。

Since the publication of the valuable work of Osmond, it has been with more or less certainty assumed that α and β are two different modifications of iron. Although this view raises several difficulties in explaining the facts actually observed, G. Tammann, G. K. Burgess, Howe, A. Surveur, Rosenhain, and others support it.

67) 本多は磁氣的比熱をここでともかく、 A_2 点でおわる熱の異常吸収(加熱のさい温度の上り方がおそい)ないし A_2 点に始まる熱の異常発生(冷却のさい温度の下り方がおそい)の現象としてつかまえていたのである。変態点近傍における熱の異常吸

収・発生を検出するために本多が用いた装置は「示差熱電対(differential thermocouple)」(第2図)であった。熱電対Aの一端 1_1 は円柱形の試料中に、他端 1_2 は室温中にあ



第2図 熱分析用の示差熱電対

K. Honda, “Ueber die Wärmeerscheinungen und Magnetisierungsänderungen ferromagnetischer Körper bei höheren Temperaturen” Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 2 69–94 (1913)中の72頁の図より。

り、回路の中に検流計 G_1 が入っている。 G_1 のふれで試料の温度が分る。熱電対Bの一端 $1'_2$ は試料中に、他端 $1'_1$ は変態点をもため補償用金属片(試料と同形の、たとえば銅の円柱)中にあり、回路の中に検流計 G_2 が入っている。試料と補償用金属片を、温度の分布一様な電気炉内に入れて熱する。試料に変態が起らない間は、試料と金属片とはほぼ同温度であるから、 G_2 のふれは生じない。試料が変態点に達して熱の吸収あるいは発生がおこれば G_2 のふれを生ずる。このふれの大きさ q を吸収または発生する熱量に相当するものとみなし、 G_1 のふれから分る温度 θ に対してそれをplotすれば、 $dq/d\theta$ なる比熱に相当する量を見出すことができる。勿論、本多が注意しているように⁶⁸⁾「熱は一度発生すれば周囲に逸散するに相当の時を要するが故に、此方法は変化を生ずる正確の温度及び変化の進行の程度を知るに便ならず、又数時間に亘るが如き徐々の変化は此方法によりて知ること能はず。」

68) 本多光太郎『鉄及び鋼の研究』第1巻(内田老鶴圃, 1919)3頁。

69) 本多のこの考えは、文献68の第2章「純鉄の変態」中の「相の変化」という節(13頁)と「純鉄の三個の変態」という節(15頁)で鮮明に述べられている。

70) (a) K. Honda, H. Takagi, “Ueber die Umwandlungen des Eisens und Stahls bei höheren Temperaturen” Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 1 207 (1912);

(b) K. Honda, H. Takagi, “Ueber die Suszeptibilität des Eisens, Stahls, Nickels und

Kobalts bei höheren Temperaturen” *ibid.* 1 229 (1912);

(c) K. Honda, “Ueber die Wärmeerscheinungen und Magnetisierungsänderungen ferromagnetischer Körper bei höheren Temperaturen” *ibid.* 2 69–94 (1913);

(d) K. Honda, H. Takagi, “Die Thermomagnetischen Eigenschaften des Eisens und der Stähle” *ibid.* 2 203 (1913);

(e) K. Honda, H. Takagi, “On the Magnetic Transformation of Cementite” *ibid.* 4 161 (1915) および

(f) K. Honda, S. Shimizu, “On the Magnetization and the Magnetic Change of Length in Ferromagnetic Metals and Alloys at Temperatures Ranging from -186°C to $+1200^{\circ}\text{C}$ ” *J. Coll. Sci. Imp. Univ.* 20 Article 6, 1–63 (1905) および *Phil. Mag.* 10 548–574 and 642–661 (1905). なお、ここに出てくる H. Takagi はのちに KS 鋼を発明する高木弘（ひろむ）である。

71) K. Honda, Y. Ogura, “Über die Beziehung zwischen der Änderungen der Magnetisierung und des elektrischen Widerstandes in Eisen und Nickel bei höheren Temperaturen” *Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ.* 3 113 (1914).

72) K. Honda, S. Shimizu, “Change of Length of Ferromagnetic Substances under High and Low Temperatures by Magnetization” *J. Coll. Sci. Imp. Univ.* 19 Article 10, 1–19 (1903) および *Phil. Mag.* 6 392 (1903).

73) 註 70 の文献 (c) および註 62 の文献。

74) 註 62 の文献の 173 頁の図。なお $q(\theta)$ のグラフは註 70 の文献 (c) に初出。

75) 810°C 付近で磁気変態が起って⁷⁶⁾ 強磁性状態が始まるために系の磁気的エネルギーが小さくなり、余ったエネルギーが熱になるので、試料の温度の下りかたが補償用金属片のそれよりおそくなる。そのため、強磁性状態の開始とともに曲線 a はまた上昇する。

76) 本多は磁気変態点を自発磁化が 0 になる温度とは定義していない。本多は自発磁化 ($H=0$ のとき $M \neq 0$ ということ) を認めなかった。磁場をかけたとき現われる磁化は Curie 点では消失せず、Curie 点以上まで尾をひいている。本多はこの尾が消失する温度を磁気変態点としている。文献 62 の 184 頁に再録された本多—清水のスウェーデン産鉄の磁場 400 Oe のもとでの磁化曲線 (註 70 の文献 (f)) は本多流の磁気変態点が 810°C か 820°C くらいであることを示している。この、冷却時に磁化の生じ

はじめの温度と曲線 a の極小の温度とが一致しているわけである。

77) 変態点を A_2 変態点, A_3 変態点などというその A はフランス語の *arrêtage*, つまり *arresting point* (停止点) の A である。一様に加熱 (または冷却) しながら時間に対して温度を plot した加熱 (冷却) 曲線を描くと, 変態点で潜熱のため温度上昇 (または下降) がとまり, 一定温度のまま変態が終るまで横に直線になり, 変態が完了したのちにまた温度が上昇 (下降) してゆく。こういう一定温度の所を *arresting point* (停止点) という。本来, 金相学 (金属組織学) が金相学としての形態をととのえるのは, 金属顕微鏡と熱分析とが研究手段・研究方法として確立したことによってであった。高温での熱分析による停止点の発見, それの上, 下における金属組織の相異の顕微鏡による確認, そうことによって金相学が金相学として成立したのである⁷⁸⁾。変態にもなう停止点を検出するだけなら時間に対して温度を (たとえば普通の熱電対で測定して) plot すれば充分である。示差熱電対はもっと精密な熱分析をやるために案出された装置であった⁷⁹⁾。

78) 註 77 のここまでのことは, 1972 年 11 月 20 - 21 日に物性研の短期研究会として開かれた「本多光太郎研究会」の席で河宮信郎から教わったことに基づいて, 書いた。

79) 廃刊にはなったが黒岩俊郎の『本多光太郎』(吉川弘文館, 1977) には「本多研究室考案の実験設備」と題する一節があり, その中の「熱分析」という小節 (95 頁) の中で黒岩は, 私が第 2 図で紹介した示差熱電対の模式図をかき, また同じ所に (普通の熱電対で測った時にえられる) 温度と時間の関係を示す図式的なグラフをかいて, その両方をひっくるめた全体の図に, 「熱分析」と *figure caption* をつけている。示差熱電対で得られる測定結果は, 黒岩のそえた図式的なグラフで示されるようなものではない。また, この節の表題とこの小節の叙述とからは熱分析法あるいはそのための手段としての示差熱電対が本多研究室によって考案されたように読みとれるが, 事実はそのようではない。金属組織学における熱分析法が本多によって案出されたものでないことは誰にでも分ることだが, 示差法あるいは示差熱電対は本多が考え出したものかも知れぬという気が一寸はしないものでもない。本多は『鉄及び鋼の研究』第 1 巻 (1919)⁶⁸⁾ の 2 頁に, 熱分析法の原理を簡単に説明したのち, 「実際には変化の際に生ずる熱量は極く少量にして数カロリーを越えざれば, 示差法 (Differential

method) を用ゐるを普通とす」と書いている。本多が本多としては初めて示差熱電対を用いて熱分析をやるのは 1913 年で、その対象は強磁性体——Fe, Ni, Co および鋼であった。(註 70 の文献 c。この論文の末尾には「1913 年 6 月 6 日に東京数学物理学会の集まりで講演した」と断り書きがしてある。) 1913 年に本多の案出した示差法が 1919 年には「示差法を用ゐるを普通とす」という状況になっていたと想定されなくもない。ところが 1915 年の本多の「鉄の A₂ 変態の本性について」と題する論文⁶²⁾には、純鉄に対する Burgess と Crowe の示差熱電対を用いての熱分析の測定結果が引用してあり(174 頁)、そこには「1913 年 9 月 22 日に Burgess と Crowe の価値ある論文が刊行された」と書いてある。(また、172 頁には 1913 年の本多の仕事が、1913 年 6 月 6 日に東京数物学会に communicate された旨の記述がある。) 1913 年 6 月に講演された本多の仕事と、1913 年 9 月に刊行された Burgess と Crowe の仕事とは独立におこなわれたと考えるべきであろう。本多自身も独立におこなわれたことを強調したくて(Burgess と Crowe の仕事のまねをしたのではないと言いたくて)わざわざ本多の講演の日付や Burgess と Crowe の論文の刊行の日付を書いておいたのである。したがって、示差熱電対を考案したのは本多かも知れないという想定はくずれてしまう。もちろん、Burgess と Crowe でもない。もう一度本多の 1913 年の論文(註 70 の文献 c)をよみ直してみたら、示差熱電対の図のすぐ上の所(72 頁)に「磁気変態のさいの小さな熱の発生を観測するために、ここでは Robert Austin の示差法を用いる」とちゃんと書いてあった。Austin については『理化学辞典』には説明がない。かれにちなんだ「オーステナイト」や更にそれから派生したらしい「オーステンパー」についての説明はあるが。Austin(1843 - 1902)について知りたい人は中沢護人の『鉄のメルヘン』⁶³⁾ 188 - 215 頁を参照せよ。この本の 193 頁には「ル・シャトリエが発明した白金・白金ロジウム熱電対という正確な高温計を使って、オスモンやオーステンが開発した熱分析の技法……」という記述がある。ただし、その Austin が開発した熱分析の技法が示差法あるいは示差熱電対だとは具体的には指摘していない。Austin が示差熱電対をどういう動機で開発し、何の測定に用いたかを、私は今の所具体的には知らない。

なお、黒岩は黒岩の本の私がここで引用した節の末尾に「(「本多研究室考案の実験設備」の記述は、日本科学史学会編『日本科学技術史大系』採鉱冶金編による。)」

とのことわり書きをつけている。私の指摘した間違いがたね本の『科学技術史大系』自体の中にあるのか、たね本に基づいての黒岩の記述のさいに黒岩によって生じたのかははっきりしないが、もし前者であるなら、日本科学史学会は『科学技術史大系』の中にあるその間違いを正す措置をとるべきだし、もし後者であるなら、杜撰でいい加減な引用をしたことに対して黒岩に抗議すべきであろう。(私の手もとに『日本科学技術史大系』がなく、まだ私自身で直接にはたしかめていない。)さらに黒岩に対していうならば、黒岩がこの節で書いたことは、『科学技術史大系』を引用するまでもなく、本多自身の書いた『鉄及び鋼の研究』第1巻⁶⁸⁾第1章(1-12頁)の中にすべて含まれている。引用するならば本多自身のものを引用すべきであろう。黒岩の本の末尾(238頁)にあげられた主要参考文献の中には、本多自身の書いたものは論文はおろか著書・解説のたぐいまで何もあげられていない。黒岩は、本多自身の書いた論文や解説や著書を直接自分では手にとったり目を通したりせず、もっぱらひとが本多について書いたものに基づいて『本多光太郎』と題する一書をものしたのだろうか。

80) 註70の文献(c)。

81) P. Weiss, P. N. Beck, J. de Phys. 7 249 (1908). ただし、私は直接この論文を読んではない。文献80による孫引き。

82) ただし、このように好意的にWeiss理論をうけいれている時においてさえ、本多はWeissの分子場に対しては誤解したままであった。かれは文献80の結語の中で(91頁)Weiss理論の簡単な紹介をこころみて、その中で「(全体としては磁化していない強磁性体に)磁場を作用させると分子磁石は力の方向に向こうとする。小磁石間の相互作用——Weissによれば分子場——と分子の運動がそれを妨げるようにはたらく」と述べている。ここでも分るように、本多にとって分子場は分子磁石が磁場の方向に向くことを妨げるものであった。ここで分子磁石、小磁石と訳したものの元の言葉はdie molekularen Magneten(複数形)およびdie Magnetchen(複数形)である。つまり、本多は分子磁石と小磁石とに対してそれぞれ別の言葉をつかっているのである。この文章のすぐ前に「Weiss理論によれば、全体として磁化していない状態でも個々の小部分(Teilchen)あるいは小結晶(Kristallchen)の中では分子磁石はすべて同じ方向をむき、そのためこの小部分(Teilchen)はつねに飽和にまで磁化している」と書いてあるから、

本多が Magnetchen とよんだのはこの飽和にまで磁化した Teilchen あるいは Kristallchen のことかも知れない。Magnetchen, Teilchen, Kristallchen と韻を踏んでいる事からも何となくそんな気がする。もしそうだとすると、本多は分子場の原因を分子磁石間の相互作用にではなく、飽和微小領域間の相互作用にもとめていることになる。いずれにせよ、本多は分子場を誤解しており、したがって Weiss 理論を正しくは理解しなかった。この誤解は、その後展開される Weiss 批判の中にも一貫してつらぬかれている。

83) K. Honda, "A Theory of Magnetism" Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 3 171 (1914).

なお、論文末尾のことわりがきによれば、この論文は 1914 年 4 月 5 日に東京数学物理学会の年会で講演された。

84) 本多は、この磁気理論の論文の冒頭の章で既存の理論の簡単な素描をこころみ、その中で Weiss 理論にも言及しているが、そこでは分子場が大きすぎるという批判はまだおこなっていない。数百万ガウスに及ぶ分子場のことをも含めて Weiss 理論に簡単にふれたあとで「この理論は強磁性体で観測されるいくつかの事実を満足に説明するけれども、誘導磁気に関する基本的な現象の説明にはかなりの困難がある」とコメントし(172 頁)、満足に説明できる事実について「自発磁化と温度；比熱と分子場；結晶の磁氣的諸性質は同様によく他の諸理論によって説明しうる」(下線は原文イタリック)と脚註をつけている。また、Weiss の磁子理論にもふれて「この理論は実験のさらに強い支持を必要とするだろう」とのべている(174 頁)。Weiss 理論を含めた既存の理論をひとまとめにして「これまでの理論はすべて観測事実を説明するには不十分であり、さらに重要な修正を必要とする」(175 頁)と総括してはいるけれども、この 1914 年の論文では、本多はまだ Weiss に対する厳しい対立者としては立ち現われていない。Weiss 理論とは別の、本多自身の磁気理論を提出しつつも(分子内変形を理論の基礎におく本多理論との対比において「Weiss 理論は磁気変態を説明するのに内部変化はないと仮定している」ともコメント(182 頁)している)、なお Weiss 理論に対しては好意的であるようにこの論文を読むかぎりでは感じられる。なお、この論文では Langevin の 1905 年の論文は引用されているが、Weiss の 1907 年の論文は引用されていない。Weiss のものは 1911 年の論文が 2 つ引用されている。翌 1915 年の「鉄の A_2 変態の本性について」の中では、本多は分子場に対する批判をはっきり表明している(209 頁)。分子場が法外に大きいこと、そんな大きな分子場が働いて

いる全体としては磁化していない強磁性体がたった数百 Gauss で飽和にまで磁化するのはなぜか(本多のこの疑問は、本多が分子場を磁場方向への磁化を妨げるものと考えていた事を思い出せばよく理解できるであろう。なぜ数百 Gauss の外部磁場が数百万 Gauss の分子場に打ち勝つのかという疑問なのである)、Weiss は分子場の本性を non-magnetic なものと考えているが、それならなぜ分子場が磁化の強さに比例するのか。また、Weiss の磁子説に対しても、本多は 1915 年になって批判を展開する⁸⁵⁾。

85) K. Honda, T. Ishiwara, "On the Theomomagnetic Properties of Various Compounds and the Weiss Theory of Magneton" Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 4 215 (1915).

86) Westgren, J. Iron and Steel Inst. 103 303 (1921). 河宮の論文⁸⁷⁾からの孫引き。

87) 河宮信郎「日本における金属工学の成立と展開——本多光太郎を中心として(1)——『科学史研究』15 80 (1976)。

88) P. Curie, "Propriétés magnétiques des corps à diverses températures" Ann. Chim. Phys. [7] 5 289 (1895). なお本稿を書くにあたっては物理学古典論文叢書中の『磁性』(物理学史研究刊行会編, 東海大学出版会, 1970)所収の小川和成の訳に依拠した。訳本 75 頁。

89) 本多は A_2 変態点をどう名付けるべきかについて、1914 年に 1 つの論を書いている⁹⁰⁾。かれは磁気変態について「物理学者たちはおおむねこの変態を徐々に生ずる変化と見なし、他方多くの金属学者はそれをきまった温度で起る相変態とみなした」と対立する見解を要約し、 A_2 変態についての本多の見解を磁化と熱発生の同時測定⁸⁰⁾で得られた結果にもとづいて展開したのちに、この変態温度に与えられているさまざまな名前、すなわち(1)臨界点、(2)臨界領域、(3)Curie 点、(4)変態点のうちでどれが適切かを議論している。(2)の臨界領域なる語は金属学者がしばしば使っているが正しくない、変態領域自身が広範囲にわたっていてその境界は厳密には示せないから；(4)の変態点ということばも誤解を生む、変態点というのは変態過程がその温度で起ることを意味することばだが、実際の変態過程は広い温度範囲で起っているのだから；(3)の Curie 点という名⁹¹⁾も推薦できない、なぜなら、この臨界点を最初にみつけたのは、Hopkinson で⁹⁴⁾、その Hopkinson の功績の方が Curie のそれより大きいから；というわけで(2)、(3)、(4)をしりぞけ、結局、(1)の臨界点という Hopkinson の与えた一番古い名前が一番ふさわしい、と結論している。

- 90) K. Honda, “Über die magnetische Umwandlung und ihre Nomenklatur” Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 3 165 (1914). この論文は東北帝大理科報告で本多の磁気理論の論文⁸³⁾の直前におかれている。また、ここで主張されたことは1915年の「鉄の A_2 変態の本性について」⁶²⁾の最後の章でも再び述べられている。
- 91) 強磁性転移温度がいつから誰が提唱して Curie 点とよばれるようになったかを調べてみるのは面白いかも知れない。Weiss の 1907 年の論文⁹²⁾は 1907 年 4 月 4 日にフランス物理学会で講演されたものであるが、ここで Weiss は Curie 定数ということばは用いているが、Curie 温度ないし Curie 点ということばは用いておらず、「自発強磁性の消失する温度」といつている。なお、P. Curie が死去したのは『理化学辞典』によれば 1906 年 4 月 19 日である。
- 92) P. Weiss, “L’hypothèse du champ moléculaire et la propriété ferromagnétique” J. de Phys. 6 661 (1907). 本稿を書くにあたっては『磁性』（物理学史研究刊行会編、東海大学出版会、1970）所収の小川和成の訳に依拠した⁹³⁾。
- 93) 考えてみると、われわれは「フェロマグネの父」である Weiss に対していささか冷たすぎるのではあるまいか。Weiss の強磁性理論は理論として画期的なものであったのに、かれの名で呼ばれる単位もないし、かれの名を冠した物理定数、物理現象、温度などもない。分子場をとときに Weiss 場とよぶのを見かけることもあるが定着はしていない。Weiss の名を冠した Weiss 磁子とはつくの昔に Bohr 磁子にとってかわられて亡き数に入ってしまった。反強磁性転移温度が Néel 温度があつて強磁性転移温度が Curie 温度であるのは、一寸 Weiss に対して不公平である気がしなくもない。『理化学辞典』のヴァイスの項には、Weiss は「主に磁気理論を研究して……」と書いてあるが、これも余り適切な表現とは思えない。Weiss はむしろ実験家だったのではあるまいか。Weiss のことを「主に磁気理論を研究して……」と書くのは、本多の磁気理論が画期的で今の Weiss 理論のような地位を占めていたと仮定して、本多のことを「主に磁気理論を研究して……」と書くのと似ているという気がする。そもそも Weiss の時代には磁性物理学者はまだ実験家と理論家に分離していなかったのではあるまいか、尤も、Langevin は純粋な理論家であるらしいが。ともかく、Weiss のことについても、ちゃんとしらべる必要があるようだ。
- 94) Curie の論文に Hopkinson の、強磁性体の性質をその変態点まで調べた研究のこ

勝木 渥

とが一寸触れられている（文献 88, 訳本 5－6 頁）。これによると、Hopkinson の鉄の研究は 1889 年におこなわれたと推察される。『理化学辞典』には「Hopkinson」の項目はないが「Hopkinson 効果」という項目がある。Hopkinson は Ewing と親交があったらしい。『日本物理学会誌』 27 No. 11, 880 (1972) に佐々木重雄の「ユーイング卿を追憶して」という記事があるが、帰英後の Ewing のことを書いた最後の節(882 頁)の中に Hopkinson のことが出てくる。それによれば、John Hopkinson は王立協会員で、初期に磁気の実験をし、電気を人間の応用に用いることをしてきた発明家で電気協会長を 2 回も務めている。Ewing は Hopkinson と家族ぐるみの交際を結ぶようになった。Hopkinson の助言で Ewing は当時空席だったケンブリッジ大学の力学・応用力学の教授を自ら志願し、それが受けいれられて、1899 年にケンブリッジ大学の教授になるが、その前年（すなわち 1898 年）Hopkinson は Petite Dent de Veisivi 登はん中に 2 人の子供もろとも墜死した。Ewing は Hopkinson の唯一人の生残りの娘をのちに第 2 の夫人（後妻）に迎えている。

95) 文献 88, 訳本 77 頁。

96) 文献 88, 訳本 94 頁。