

金研物語

先達との
出逢い

きんけんものがたり

第二部

幸田成康先生の面影 -前編

東北大学名誉教授
諸住 正太郎



この物語は、金研に教授として定年まで12年在職し17年前に逝去された一名誉教授の現役当時の活動が依拠していた思想や理念を尋ねることにある。その名誉教授とは幸田成康先生である。先生が亡くなられたとき、その遺品を整理したところ、少年時代からの日誌、散文、詩歌などとともに、研究や教育に関する言動の記録が研究ノートに書き残されていた。筆者にとってみると、その内容は生前に直接指導を受けた訓えや平素交わした言葉とは異なった厳しさが感じられ、先生自身が自戒を含めて書かれておられたのだろうかと思わせるものがある。



先生は明治の文豪幸田露伴（成行）と血縁関係にあり、若い頃露伴宅の近くに住まい、その訥咳に接する機会に恵まれていた。そのような環境もあってか第一高等学校理科に在学した多感な時期に文才で頭角を現し、作文教科の教師をして「君は文

科的方面に行くべき人かと思う。強ち理科に居ることを罵るではない。理科に在ってやはり文科的方面に向くべき路を発見すべきと思う。」との評をそえて、一度ならずその文才を讃えさせている。そのような才能は論文や専門書の記述にも片鱗が窺われる。

先生は昭和7年に東京帝国大学理学部物理学科を卒業後、約1年間長野中学校で教職についてから古河電気工業株式会社理化試験所〔後に（財）古河理化学研究所と改名〕において10年、北海道大学に15年、東北大学（金研）に12年、定年後早稲田大学に7年に亘って材料の研究および教育活動に当たるとともに学内の学部および各大学や研究機関を併任して研究指導をなされた。その研究業績は世界的にも高い評価を得ており、日本金属学会賞を始め多くの賞を授与されているが、ここでは、それらの業績について詳細に述べるのではなく、それらを生み出すに至った研究活動および学生指導の理念とも言うべき思想の片鱗を、残された研究ノートに辿って先生の面影を偲んでみたい。

研究者としての幸田先生

最初のノートは長野中学校の時代

（1933年）に一時使用し、その第1頁に、第一部（長野—1933）と書かれ、裏に枠囲みがあって、その中には後に出版された著書「改訂金属物理学序論」の各章前に挿入された科学者の名言の一つマイケル・ファラデーの

「自然界に向かって適当な質問を発することの出来る人は至極簡単な器械を使っても其の答えを得ることを知っている

— M. Faraday」

が記されている。

このノート（第一部）には長中3年生の科学会の生徒に実験を指導するためのメモが書かれており、その目的として「実験に関する材料、装置、方法等について、抜粋即ち他の本よりの写しおよび実験に関する自分自身の思い付き等をのせることとする。何所までも実験中心で満たされるノートとすること。」とし、ノートの必要性を強調している。このときノートには、嵌め込み用可融合金など40件の事項について要点を説明しており、教える熱心さが感じられる。

このノートは1934年に古河理化試験所に入社して、1935年4月にX線装置など2、3の器械の使用が可能になって研究を本格的に開始したときに再度開かれ、実験に関するノート記載の重要性を再認識されておら

れ、「入社以来、実験装置の持たない一年有余が幸いにも去ってどうにか茲に使用し得る器械を二三得た。長中時代に何の気なしに生徒とともにもてあそんだX線の管球がなんと言ふことか今は自分の武器の一つとなっている、いやでも其の専門家たらざるを得ない現在だ。」と記しており、X線による研究が本格化することが暗示されている。しかし、このときのノートの内容は研究遂行に必要な常識を作るためと位置づけられ、「軽合金鋳物用耐久型」から始まって「簡単な抗張試験器」までの68件の事項で占められた。その内容は、鋳物砂の水分および粘土分の測定法、各種分析法、鍍金・浸炭・七宝焼きなどの表面処理法、電解研磨法、写真処理および定着液判別の方法、圧延、線引き、鍛造などの加工法など多岐多様にわたっており、当時新任研究者教育として必要な実験技術の素養を身につけさせるために実習を含めてこれらの知識を学ばれたものと思われる。

企業の研究機関としては必然的にその会社が製造している材料に関する研究が主要な課題であったであろう。したがって、上述のノートとは別のノートに、同年1月に主要な研究課題、2月にその具体的な実験計画表が下記のように作成されていた。

研究課題

電線の微細構造の研究
圧延真鍮板のX線の研究
Cu-Cd銅合金の平衡状態図のX線の研究

実験計画表

電車線:

- 抗張力試験試料を作ること
- 硬度試験(ロックウエル硬度)
- 電車線断面面積の計算

2m/m線の微細構造:a)

a) 抗張力試験準備(抗張力とファイバーとの関係)

b) 2m/m線の性能試験

Cu-Cd状態図:

a) 焼入れした試料を用い、温度を上げて抵抗変化をみる

b) 1%のものにつき焼入れ、焼き戻して電気伝導度を測る。

(65cm長さ、光輝処理)

100~600℃(100℃おき)合計12本

600℃(焼入れのまま)

かくして実験計画書による実験が1939年以後も続くが、この年の1月に提出された意見書に時効硬化の研究が新しく加わった。この意見書には理化研究所の研究すべき事項として下表の内容が列挙されており、それぞれについて説明がなされている。

(1) 金属材料

- 稀有な金属基体の回収
- 普通金属の純度のよいものを得ること
- 溶解および鋳造の研究
- 高温加工ならびに低温加工の研究
- 電気抵抗線の研究
- 疲労問題その他機械試験法に対する吟味
- 時効硬化の研究
- 焼結による合金の研究
- 直接鋳造による線および板の製造方法

(2) 応用物理

- X線解析法の有機物に対する応用
- スペクトルグラフの応用(定性または定量)
- X線スペクトルグラフの応用(定性または定量)
- 真空内の金属蒸発またはカソードスパッタリングの応用
- 超音波の利用
- 電子顕微鏡の利用

(3) その他

- 不可視光線感光物の研究
- 非金属性電熱材料
- 真空用接合剤

ウム合金について研究に着手し、レプリカ法によりすべりに対する析出粒子の挙動に関する成果を挙げ(図1)、つづいて金研において薄膜試料と撮影技術とを駆使して転位の増殖機構や析出物との相互作用の直接観察による動的映像(図2)を発表して世界的に評価されるとともに、その手法を広く他の合金系に展開させた。

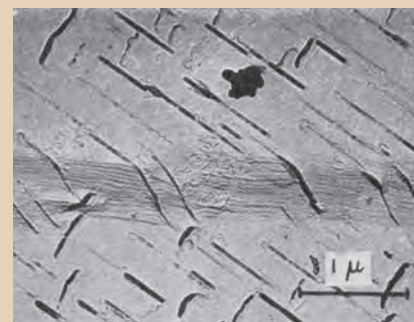


図1 Al-Cu合金中のすべりによって析出粒子(θ'相)が変形した状態をレプリカ法により示す。[1]

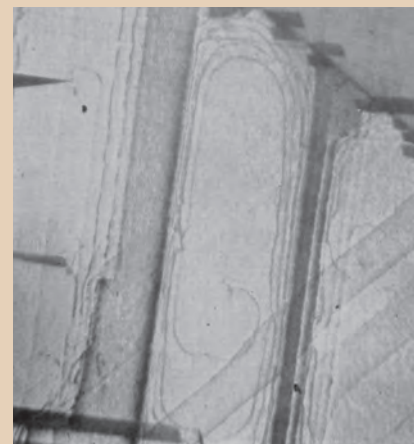


図2 Al-Ag合金結晶粒内の発生源から連続的に転位が発生して、粒界に堆積した様子を直接その場観測で示す。[2]

これらの課題は当面の緊急課題と共に将来発展が予期される事項や開発が期待される装置に関わる研究項目が含まれており、その先見性に感動させられる。特に、時効析出の研究への電子顕微鏡の応用である。古河時代に着想し、後年北大でアルミニ

1939年のノートには、雑誌“金属”の海野氏の巻頭言に感銘されて次の部分を書きとめられている。

「専心研究しても少しも効果が無い場合がある。その研究方法が所謂科学的でないからだ。無茶苦茶に研究してもその努力だけ効果が有ると

は限らない。要は筋道を立て、科学的に進むにある。科学的に即ち研究の始めに当たりて何所の辺りに力を注ぐべきか、を予め想定してかかることつまり問題の急所を狙うのが大切だ。始めから偉大なる発明のみを望まれてもその効果は表れ難い。嘗て本多先生が仰せられた如く発明は研究の副産物である。未知の世界を追求してゆく途中に於いて多くの発明発見がその副産物として生まれてくるのである。科学的に追求せぬと労多くして効少ない結果となる。」

(金属(1938)12月号巻頭言より抜粋)

この年の春から秋まではAl-Cu-Mg合金の常温時効の研究が主体のようであり、常温時効に伴う構造性能の変化、同じく相関係、ならびに析出相による差異などの問題点に対して、X線(格子定数、相、歪または回転)硬度、比重、電気抵抗、膨張などの測定により研究を進めている。その後デュラルミン^{*}の二段時効および復元現象、アルドライの復元などを研究されているが、そのほかノートには、研究打ち合わせ、研究会、学会出席などの行事が記録されている。1940年後半にはAl-Cu-Mg合金の実験データおよび文献など、その合間に“加工したデュラルミン線の熱処理”や“押出し材の性能の良好なる理由”などの記事が書きとめられている。1942年12月北海道大学へ転出された。

北大でのノートの書き始めは翌年の5月である。学生実験についての記事である。

デュラルミンの時効(電気抵抗測定)
高温電気抵抗
示差熱分析

とあり、他に、研究室整備の件や文献などが記載されている。その中に復元現象についての講演での原稿の最初の一節と見られる次のような文面があり、復元現象に強い関心をお持ちであったと察せられた。

「この復元の問題は時効硬化の問題の中心問題であり、まして時効硬化の理論上より甚だ重要なものと思えます。ところでこの時効硬化現象は現在航空機用材料として用いられている各種軽合金の大部分に於いてこれを利用しておるものであります。従ってこの点からも時効硬化自体を理論的に研究するその一部として例えば復元などを研究するということは重要なことと思えます。これによって何らかの新しい事実が生み出されるかも知れないからであります。しかし現在は非常時局であります。ですから一般的に言ってこうした理論から生まれ出る結果を待つばかりでなく、もっと積極的に何等かの形で応用を求めるといった態度もまた必要と思えます。問題の復元については既に二三の応用を聞いています。しかし、翻って考えますと、まだ、復元は新しい問題であります。言わばまだ小さい子供でありまして大きくなって何になるかよくわかりません。そう考えますと何か仕事をしろということも無理かと思えます。それで先ず暫らく皆さんで力を合わせ教育しながら様子を見たいと思えます。そんな思いながら今日は主とし

て基礎的なことに話題をとりたいと思います。」

新しいノートには時効硬化研究関係や学生指導等多様な教育・研究業務に対応の日々が見られる。1945年には資源の不足に注意を払いつつ、熱処理の方法の改良によりデュラルミンの性能を向上させるべく研究を進められた。

やがて終戦となる。ノート記載事項は学務(勤労働員学生対応など)、教務、その他であり、1946年5月新しいノートへ移行し、記事は学生実験、講義内容等の検討、学務、教務、その他である。

1947年ころには、おそらく学科内の教官に対する談話的なものであろうか、「先生(大学の教官)の研究」について、次のような講話をなされている。

(1) 教育手段としての研究が必要

大学は目的として教育と研究とがあるが、その第一の目的の大学教育というものには研究に基礎をおかなくては其の効果が薄い。先生が研究をしているという事実による感化は非常に大きい。その点から大学教育を完成させるためにも先生の研究が必要ということが出来る。

(2) 研究それ自体のためにも必要

以上の教育手段としての研究の必要性以外に、大学は学問を維持し、育てていく場所であるという意味からは是非共先生方の研究が必要。特に現在の如き会社方面の研究所その他が不振の際にはこの点大学の責任は大きいと思う。

(3) 研究の表現

研究遂行に対して世間に発表することを目標とするのは邪道であるけ

れども、発表せざる研究は結局文化的には無意義と言わざるを得ない。学会等に対する発表、雑誌に対する発表は出来るだけやっていただきたい。認めさせるということは個人的のみならず学科としても必要なことである。

1948年1月にこれまでの研究ノートとは別に「久しぶりに日誌を再開する。自分の考えを練る為そして発展させてゆく為にこれを利用してゆきたいと思う。」と書き出されているが、読書後の感想文が多い。例えば、林要：大学論を読まれてその感想として

「大学論の中では、“ともかく真理の探究は無前提を前提とし、前提そのものの吟味から出発するものであり、あらかじめ意図されまたは与えられた特定の条件を無批判にそのまま承認し前提とすることは許されないのだ。”とある。つまり真理探究の使命は『研究の自由』によることなしには達成されないのに今やこうした『自由』が失われることを皮肉っている。尚、そこで1386年に創立したハイデルベルグ大学の大玄関には(生ける精神の為に:dem lebendigen Geist)と記されているというーそれをナチスがユダヤ人なる故に40余名の教授を追って空文にしてしまったことを述べている。興味深く感じた。」と記している。

その後ノートには1950年4月および12月に研究に関する記述、研究会・委員会などの記事、文献、書評などで書かれており、教務および学務などは別ファイルに移された様子である。1952年6月ごろも同様な記事によって占められている。

1954年8月の研究ノートには、以

下が記載されている。

- | |
|---------------------|
| I. Al 合金の時効硬化に関する研究 |
| 1 転位と析出粒子との相互作用 |
| 2 核生成とその成長 |
| II. 鋳鉄のテール処理に関する研究 |
| III. 軸受鋼組織に関する研究 |
| IV. 金属の脆性破壊に関する研究 |

これらの研究が実行され、更に1958年5月東北大学(金研)への転出により継続された。

金研では当初金属塑性学部門を担当し、具体的な研究内容は新しい研究対象と北大での研究を包括して下表のようになった。時効硬化の研究を始め他の研究もそれぞれ成果を上げて公表されている。そのうち、一方向凝固合金の研究は後に早稲田大学に引き継がれた。

- | |
|--|
| 加工法と機械性能: |
| 純銅および Cu-Cd 合金線、リン青銅板 |
| X 線の研究: |
| 繊維構造、格子歪、硬銅線、金属板 |
| 時効硬化現象(I): |
| Al-Cu-Sn (Cd,In), Y 合金、ピストン材、復元の問題 |
| 時効硬化現象(II): |
| Al-4%Cu (線条組織、電頭組織) |
| Al-Ag (粒界反応、電頭組織、硬化曲線) |
| Cu 合金(Cu-Cr, Cu-Co.) |
| 塑性: Al の塑性変形、エッチピット、X 線 |
| その他: |
| 軸受鋼、Al 被覆鋼、Cu-Ge、Mo 合金、内部酸化合金、一方向凝固合金。 |
| 粉末押し法 |

一方、1959年に原子炉材料加工学部門を兼任され、研究対象が大きく変化し、以下のような目標に向かって新しい研究室を整備して発足させた。

- | |
|-----------------------------------|
| I. 当面の研究目標 |
| 加工性の良い高純度の原子炉材料を得る為の溶解条件、加工条件の決定。 |

- | |
|--|
| 原子炉材料としては U, Th, Zr, Nb, Be, およびそれらの合金に重点をおく。 |
| 原子炉材料として特に使用されるようになった材料に重点をおく。 |
| II. 将来の研究目標 |
| (1) 核燃料被覆方法の研究および燃料と被覆材との拡散防止の問題 |
| (2) 電子衝撃法による Nb の溶解法 |
| (3) 粉末法による原子力材料の成型 |
| (4) 溶接法に関する諸問題 |
| III. 当面の設備選定基準 |
| (1) 比較的低融点の元素UやBe更に出来れば Th, Zr に対する溶解が可能となるように。なお、溶解量は 1kg 位とする。 |
| (2) 簡単な加工と熱処理(真空溶解) が出来るようにする。なお、簡単な加工性を試験することが出来るようにする。 |
| (3) 材料の組織観察が出来るようにする。 |
| (4) 兼担部門でも独立した研究室として備品の設備を考える。 |
| (5) 原子力用高純度金属研究に関する設備費で購入されるものを借用する。 |

そして、部門創設の趣旨にそって研究を進め10年にして後任者に引き継がれた。その間の主な研究成果は以下の通りである。

- | |
|----------------------------------|
| 1. Be の腐食像 |
| 2. Be の塑性変形時における介在物の挙動 |
| 3. Be-Fe 合金における時効析出挙動 |
| 4. Zr の引張性質に及ぼす水素の影響 |
| 5. Zr 中の水素の熱拡散現象に及ぼす加工および添加元素の影響 |
| 6. Mo-Ti 内部窒化および Mo-Zr の窒化 |
| 7. Mg 粉末押し材の機械的性質。 |

以上、研究者としての幸田先生は、生来の卓越した先見性と適切な判断力のもとで、1939年に感銘を受けた前述の雑誌“金属”の巻頭言に記載されていた科学的な研究活動をなされたと推察される。先生は生前「とにかく何とか研究一途に來られたことを悦びたいと思う。」と洩らしておられた。

[1] S. Koda and T. Takeyama, Journal of the Institute of Metals 86 (1957) 278. courtesy of Maney Publishing

[2] M. NEMOTO and S. KODA, Japanese Journal of Applied Physics 4 (1965) 584. copyright 1965 The Japan Society of Applied Physics

※ duralumin の現在の正式表記は「デュラルミン」ですが、本文では幸田先生のノートにならって「デューラルミン」と表記しています。