



「鉄と鋼」第100巻記念連動記事
エポックを作った人物紹介-8

電子顕微鏡鉄鋼科学研究を築いた井村徹先生

Professor Toru Imura :
Founder of Electron Microscope Science of Iron and Steels

坂 公恭
Hiroyasu Saka

名古屋大学
名誉教授

略歴

出身三重県

大正13 (1924) 年9月25日父上の勤務先の香川県にて生まれる。
香川県立三豊中学校、第六高等学校 (旧制) を経て、昭和21
(1946) 年東京大学第二工学部卒業
同年大阪工業専門学校 (学制変更で後に大阪府立大学に改編)。
米国ラトガース大学に出張 (昭和32年~35年)
昭和35年東京大学物性研究所助教授
昭和42 (1967) 年名古屋大学工学部金属学科金属第一講座物
理冶金学講座教授
昭和63 (1988) 年同大学を定年退官、名古屋大学名誉教授。
同年愛知工業大学機械工学科教授
平成18 (2006) 年に同上退職。
平成25年 (2013) 7月29日 逝去

受賞・受章

1970年 日本電子顕微鏡学会賞 (瀬藤賞)
1974年 山路ふみ子自然科学奨学賞
1978年 “Living Metals” Grand Prix, The 16th
International Science and Technology Movie
Festival (Czechoslovakia)
1983年 中日文化賞
1991年 日本金属学会賞
同 年 紫綬褒章
1992年 東レ科学技術賞
1994年 日本学士院賞
1997年 勲二等瑞宝章

井村徹先生 (図1) は三重県は鳥羽のご出身ですが、父上の勤務の関係で大正13年 (1924年) に香川県高松市でお生まれになり、香川県立三豊中学校 (父上はこの校長先生) を卒業後 (この中学の卒業生には、藤田廣志先生、西川治先生な



図1 井村徹先生

どがおられる)、旧制六高 (岡山) を経て、昭和14年東京大学第二工学部冶金学科に入学された。太平洋戦争突入の直前であり、東大第二工学部は戦争遂行に必要な技術者養成のために設立された。大戦中は立川の戦闘機製造所に動員された。この時に空襲があり、防空壕が満員で入ることができずに地面の窪みに身を隠していたところ、焼夷弾が防空壕を直撃し、中にいた全員は死亡し、先生は危うく九死に一生を得たと述懐しておられた。

後に先生が教授として招聘される名古屋大学も同じ目的で昭和14年に設立されている。名古屋大学の設立時の編成は経済学部と理工学部のみで、そのうち理工学部は機械学科、電気学科、応用化学科、金属学科、航空学科で理工学部とは名のみで正に工学部である。この時の理工学部拡充の国家的な計画と、戦後のベビーブームが1960年代の理工学部の拡充、さらに時代が下がって1990年代の第2次ベビーブームへの対処としての理工学科の拡充につながっていく。井村先生は、日本が国を挙げて理工学の復興に取り組んだ時代の申し子ともいえる。

先生は東大卒業後、大阪工業専門学校 (戦後の学科編成で

浪速大学を経て現在の大阪府立大学) に赴任される。ここでの上司は吉岡正三教授(台北帝国大学から戦後帰国)であるが、井村先生の主な研究はエッチピットと発散X線による転位の研究で、関西物理冶金研究会の有力メンバーとして頭角を現す。1957年に「発散X線を用いての単結晶の変形の研究」で大阪大学より理学博士の学位を授与されている。この時期に東北大学の山本(美喜雄)研究室に内地留学し、当時助教授であった鈴木平先生の知遇を得る。鈴木平先生が1960年に創立された東京大学物性研究所の塑性部門の教授として就任されると、井村先生は助教授に採用される。この間(昭和32年~35年)、米国のラトガース大学(ニュージャージー州立)のWeissmann教授に招聘され、約3年間米国で研究生活を送られる。当時の日米の研究水準は天と地の差があり、先生はここで、国際的研究者としての礎を築かれた。

先生のお住まいはストレプトマイシンの発明者でノーベル賞受賞者のワックスマン博士のお隣で、愛車はキャデラックであったとお聞きしている。先生は米国での豊かな生活を enjoy されるとともに、研究者の役割に関する彼我の考えの違いに Culture shock を受けたようである。ある時、文献をコピーしていると、Weissmann教授に「そんなことは秘書に任せろ。お前にそんなことをさせるために高い給料を払っているのではない。」といわれたそうである。研究者が雑用に忙殺されることなく研究に没頭できるということは素晴らしいことではあるが、逆に originality のある研究を行うことがプロの研究者の使命であることを、知らしめられた。

米国でもX線(主とし発散X線による擬コッセル図形とラングカメラ)による結晶塑性の研究¹⁾の他、日本から輸入した透過電子顕微鏡による転位の観察に没頭された。当時は転位論が理論から実験によりやく移行しつつある段階であったが、いまだに多くの人が転位の存在に懐疑的であった。転位の直接観察が最大のテーマであり、世界中の研究者が挑戦していた。井村先生はX線ラングカメラでこれに挑戦しておられた。あるとき、乾板を現像してみると細い線状のコントラストが観察された。「ひょっとしたら転位?」とWeissmann教授に見せに行くと、Weissmann教授は「Toruが転位を世界で初めて見た!」とおおよろこびをされ、周囲に喧伝されたそうである。ところがこれは現像中に何らかの理由で入った artifact であることが分り、転位の直接観察の第1発見者としての名誉は幻と消えた。先生は「これが artifact であることを証明するために何日も追加実験をする必要があった」と振り返っておられた。結果的には失敗に帰したといえ、この世界的なレースに参加していたという充実感と同時に originality の厳しさがその後の先生の研究態度を方向付けしたといえよう。米国在住中には多くの日本人研究者(平林眞、藤田廣志、中山豊)を呼び寄せられた。

物性研時代は、X線、転位腐食、電顕の3本立てで研究された。特に電顕は名古屋大学に納入された500kV電顕(Hitachi HU-500)と同型の2号機が納入され、多くの見事な写真を撮影されている。このHVEMは物性研の地下に設置されていたが、井村先生が一人で深夜実験をしていた時、椅子に上って試料交換をしようとした際、その椅子が回転椅子であったため、バランスを崩して転倒しコンクリートの床にしたたか頭を打ち付け脳震盪でしばし意識を失われたそうである。回転椅子に乗るのは危険と酸っぱく注意された学生も多いはずである。

すでに述べたように当時は理工学部ブームであり、全国で工学部の充実が図られていた。名大工学部においても、原子力学科、電子工学科、土木工学科、建築学科などの新設と共に金属系では鉄鋼工学科が設立された。当時の名大の金属学科のドン(工学部長でもあった)であった佐野幸吉先生は井村先生を鉄鋼工学科の教授として招聘すべく物性研におもむいた。井村先生は物性研着任僅か2、3年後のことであり、丁重にお断りしたそうである。しかし、金属学科第1講座(物理冶金学・鉄鋼材料学)の初代教授武田修三先生の後任として有力視されていた東工大の岡本正三教授(鉄鋼材料学・武田修三先生の東北大学金研時代の教え子)が1963年に急逝される。ここで、武田修三先生の後任教授として再び井村先生に白羽の矢が立つ。井村先生も名大からの招聘を受けることを決断された。井村先生が名古屋に着任されたのは1967年の2月である。42才である。爾後お亡くなりになるまでの46年間名古屋でお過ごしになったことになる。

当時は dislocation dynamics が脚光を浴びており、井村先生の名大着任時の研究テーマも dislocation dynamics であった。すなわち、エッチピット法、X線ラングカメラ、超高压電顕内その場変形実験による転位の易動度の測定であった。

エッチピット法による研究は、物性研で丸川健三郎助手(のちに北大名誉教授)がCu合金について見事な実験を行っており、井村先生は名大ではAg合金について実験を開始された。名大には単結晶育成装置などなく、富山大学から修士課程に入学した竹田誠一が自前で、単結晶の育成炉を設計・作製し、完全度の高い低転位密度Ag合金単結晶の育成に成功した²⁾。図2はその概略である。単結晶のサイズは $\sim 5 \times 4 \times 20$ mm であるつぼからの熱応力を軽減するため、つぼ(黒鉛)の肉厚は0.5mmとし、これをヤスリとエメリー研磨の手作業で仕上げた。正に芸術品である。

八王子の大学研修所で格子欠陥会議が開かれた時(1970年)、井村先生が「Ag合金の dislocation dynamics」について講演された。座長の藤田英一先生(阪大基礎工)が「実験の神様、井村先生」と紹介された。井村先生は「神様とはとんでもない。学生がうまいだけです」と謙遜された。それを受けて

藤田先生がすかさず、「それが神様の神様たる所以である」と切り返された。井村先生の研究者・教育者としての姿が見事に照射されている。

井村先生はFCC金属の積層欠陥エネルギー (SFE) についても物性研時代に500kV HVEMを用いて測定しておられた³⁾。当時SFEは、イントリンシック積層欠陥を含む拡張ノード (SF ノード) の大きさから評価していた。しかし、SF ノードはTEM 試料の膜面に入っていることは稀で、ノードを構成する転位が表面の影響を受けるため対称性が欠如し、測定に誤差を招来することが大きな問題であった。井村先生は、同じく修士課程1年生であった榎戸裕二に、単結晶を2段変形することにより、膜面に平行な (111) 面に見事なSF ノードを導入することを成功させた (図3)。この結果はJSPSのShort Note⁴⁾として1967年発表され、世界中をあっと言わせた。しかし、同じころ、Oxford大学のDavid Cockayne⁵⁾が拡張転位を構成する2本の部分転位間の距離を直接測定することによってSFEの精密測定が可能なる方法 (ウィーク・ビーム法) を開発し、ノード法によるSFEの測定はその後ほとんど用いられなくなったのは歴史の皮肉というべきか。

筆者は当時博士課程 (今の博士後期課程) の2年生になったばかりであったが、修士課程の研究テーマ「析出硬化型ステンレス鋼の研究」から「HVEMその場変形実験による転位運動の観察」へとテーマを変更した。当初は500kV HVEMを使用していたが、1973年頃に1000kVのHVEM (HU-1000D)

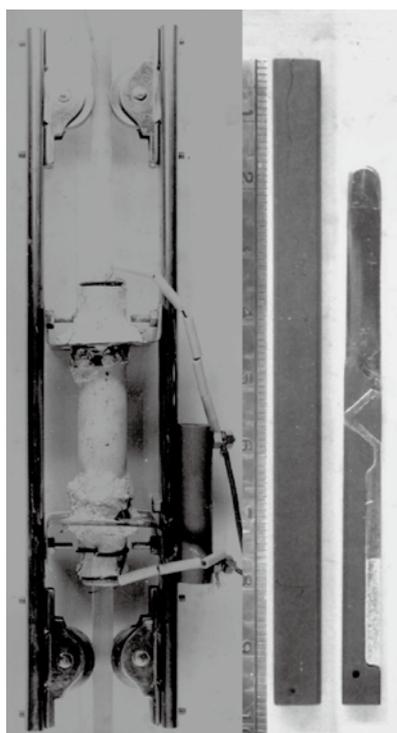


図2 Ag 単結晶育成用るつば (竹田誠一による)

が設置され、Fe-Si, Fe, Mo など、BCC金属を中心に実験を行った。この成果は学術映画「生きている金属」⁶⁾に結実した (図4)。この映画 (今はDVD化されている) は世界中で転位の教育用に使用されている。ある時、外国からのお客さんがHU-1000Dを見学された時、「アッ、この顕微鏡知っている。」といわれたので驚いて尋ねたところ、「生きている金属」で見たといわれ、さもありませんと得心した。井村先生はまさにスーパースターであった。

井村先生はここでも独創性をいかんなく発揮される。まず、電顕内引張装置で試料に印可される応力 (実際には荷重) の測定に挑戦する。結局、豊田理化学研究所 (当時は名古屋市天白区に存在) の五十嵐伊勢美博士の開発した半導体歪ゲージ (TENPAC) を用いて応力の測定に成功する。さらに2組のゲージを用いて応力のみならず歪を測定し、応力-歪曲線を描きながら個別の転位の運動を高倍率で直接観察できる装置を開発した (図5)^{7,8)}。低温での引張装置や引張-圧縮の交番応力を付加できる装置も開発している^{9,10)}。

次に運動する転位の記録法として、TV-VTRを使用するという着想に至る¹¹⁾。当時はムービーで記録するのがふつうであったが、TV-VTR化によって実験ははるかに容易に

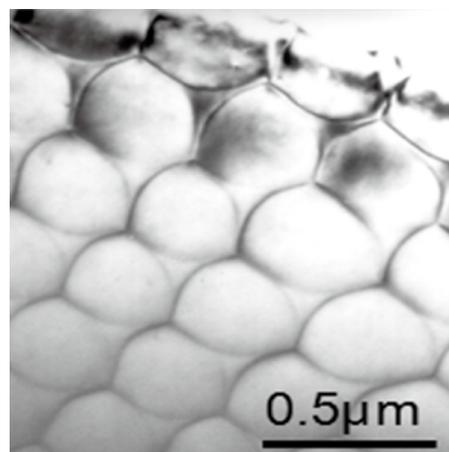


図3 積層欠陥ノード⁴⁾

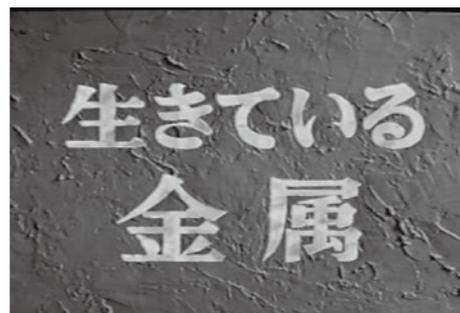


図4 「生きている金属」タイトル

なった。ただ、電子線用の撮像管はまだ開発の段階であり、撮像管の生命ともいえる受光素子はSeの非晶質膜であった。このSe膜は電子線による損傷が激しいので、頻繁に取り換える必要があり、費用を節約するために手造りで作製した。泣き所は分解能が低いことで、当時名古屋で開催された日本電子顕微鏡学会の講習会で筆者がTV-VTRシステムを紹介した時、分解能に関して質問を受け、「とにかく転位の運動を記録することが第一ですから」と苦しい答えをしたことを思い出す。

翻って、現在の電顕では、乾板は言うに及ばずフィルムすら過去のものとなり、すべてTVを通してコンピュータに記録されている。井村先生の先見の明には敬服するばかりである。

振り返ってみると、当時はHVEM内その場変形が花形で、国内では金材研、大阪大学、国外では(旧)東ドイツのハレ、フランスのツールース、米国バージニア大学、英国バーミンガム大学、インペリアルカレッジなどと極めて厳しい先陣争いをしてきた。研究論文に限ればそれぞれの研究機関が立派な成果を上げているが、それを学術映画に仕上げるという着想に至るところが井村先生の非凡なところであろう。

井村先生は雰囲気内その場観察にも古くから着手されていた¹²⁾。これが、現在の名大の反応科学超高压電子顕微鏡の出発点である。このほかにもX線回折顕微法によるその場観察(Al, Cu合金の転位運動、Siの変形・破壊(図6)、固液界面の直接観察(図7))^{13,14)}も精力的に行われ、応用物理学科の加藤

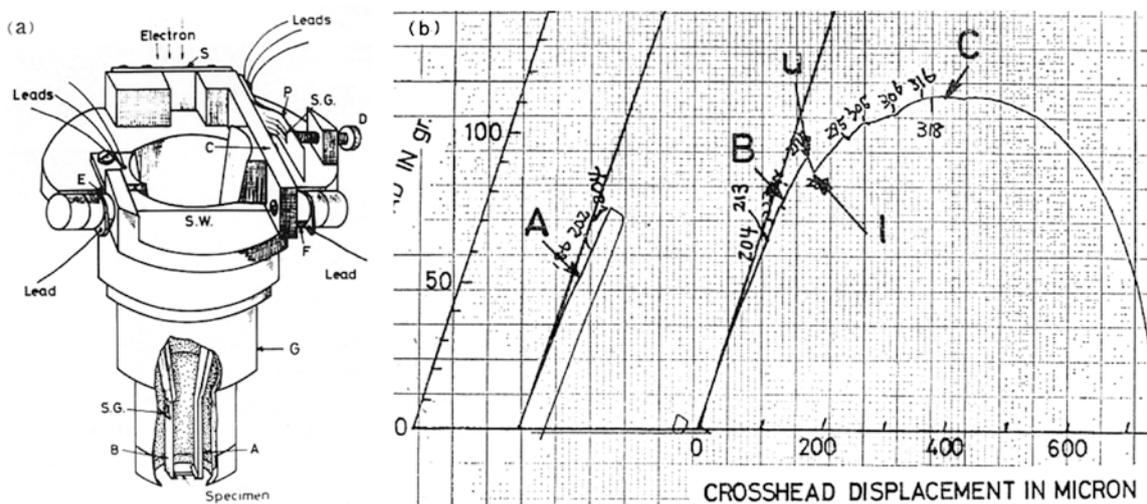


図5 (a) 応力-歪曲線のとれる電顕内引張装置⁸⁾
(b) 応力-歪曲線の一例(Fe)。uからIで降伏点現象がみられる

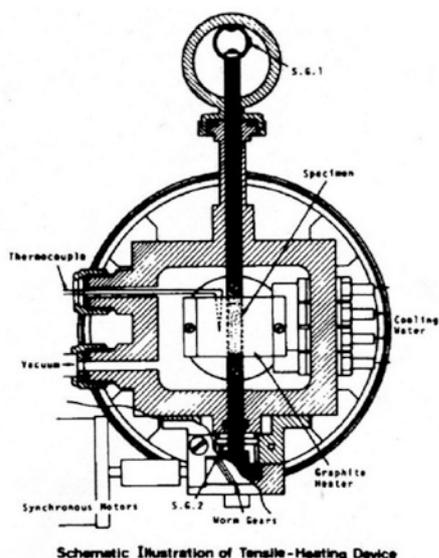


図6 X線ラングカメラ用高温引張装置¹¹⁾

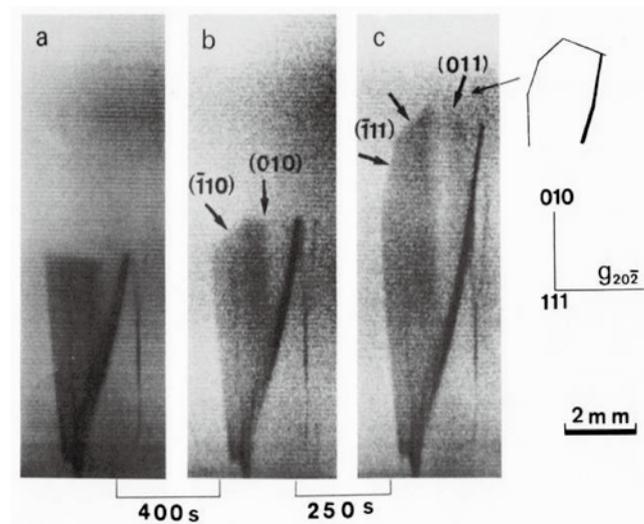


図7 Gaの固液界面のX線トポグラフィー

範夫教授と名大の超強力X線研究施設を立ち上げられた。この流れが現在のあいち放射光研究センターの設立へとつながっている。1970年代頃からは非晶質合金に関心に移り、特にバルク状の非晶質合金の作製に挑戦された。この研究にはまったのが河村能人で、民間会社（デンソー）を経て東北大学金研の博士課程を修了し、熊本大学に移ってからは先進Mg合金（kumadaigokin）の発明として見事な大輪の花を咲かせた。

井村先生の人となりは図8に示す写真につける。まさにエネルギーの塊で、何事にも積極的に参画された。金属学会の教育に関する委員会の委員長に就任された時、金属学の宣伝用のパンフレットを作製し全国の高校に配布するなど、それまで休眠状態であったこの委員会に喝を入れられた。その時に東北大学の須藤一先生が「井村先生のエネルギーには脱帽」と言われたことを思い出す。しかし、このころから全国の大学から、冶金、金属、鉄鋼の名前が次々と消え、意味不明（少なくとも筆者には）の学科へと変化していった。その意味では井村先生は良き時代を謳歌した金属物理学者であったともいえる。

先生はいつも陽気で、豪放磊落であったが、繊細な面も併せ持っておられ、学生の面倒見は非常にこまやかであった。井村研は単結晶の育成やその加工（マルチワイヤーソーはよく切れた（結晶ではなく切断用のワイヤーが！））など、時間の掛る実験が多かった。また、超人気講座で装置のマシントイムの関係で実験が深夜に及ぶこともしばしばで、井村研が入居していた工学部5号館3階は夜も煌々と灯がとまり、隣の安達研と不夜城ぶりを競っていた。当時としては珍しく学生室は冷暖房完備であり、学生の居心地が良かったことも一因ではある。また、学生の何人（全員ではない）かは実験の間の暇つぶしと称して麻雀をやっており、宿舎が近かった井村



図8 愉快的井村先生

先生が深夜に所用でたまたま教授室に戻ってきた折に、碑音を聞いて「君ら、いい加減にせいよ」とお目玉を食わせたこともあったらしい。それ以外には、学生を叱ったことは筆者の知る限りほとんどなかった。もっとも、学生はそれなりに井村先生の感情を読み取っていたようではある。

先生はスポーツマンで六高時代は弓道に明け暮れたといっておられた。名大でも弓道部の部長を務められたが、ご子息（井村亮）がアイスホッケー部の主将（GK）であったことから、アイスホッケー部の部長を務められた。京都大学の三浦精先生は京大アイスホッケー部の部長を務めておられ、名大―京大の定期戦でお互いに顔を合わせた時その奇遇におどろかれたそうである。また、井村杯テニス大会を主宰され、金属・鉄鋼教室関係者はもとより他の部局からの参加者も多く、通算20回（つまり20年）も続いた。

講座旅行、春スキー旅行も恒例で、井村研出身者の多くはこのスキー旅行でスキーを初体験し、その後病み付きになっている。

井村先生は極め付きの愛犬家で、名大着任と同時にアメリカカンコッカスパニエルのアンディを飼われた。アンディの死後もチビ、シロと3代にわたって飼っておられ、学生の卒業年代は学生が覚えている愛犬の名前で推測できる。先生の宿舎は名大のキャンパス内にあり、広い名大のキャンパスは愛犬の散歩の格好の場となり、愛犬を連れて散歩される井村先生はまさに名大の名物教授であった。しかし、井村先生は国際会議などで長期の不在が多く、その間は奥様が散歩の相手をせざるを得なくなり、ちょっとお二人の仲がぎくしゃくしたという噂もあったが、それこそ犬も食わぬ話であろう。井村先生ご夫妻に媒酌の労をとっていただいたカップルは48組で、そのどれもが破たんしていないというのが井村先生のご自慢であった。井村先生ご夫妻をお手本としたからである。

先生は健康家・美食家で、香川県のご出身でもあり、うどんにはうさかった。我々門下生は食事によくお招きいただき、奥様の手料理に舌鼓みを打ったものである。外国からの訪問客には郷里である三重県の松坂肉、岐阜の長良川の鵜飼いとおもてなしには心がこもっていた。先生はお酒の方は当初あまりたしなまれなかった。その意味では私やほかの学生の猛者連が井村先生の先生であった。しかし、先生は次第にその酒量を上げられ、宴会では興に乗ると裸踊りもされたとのことである（残念ながら筆者は写真のみで実演にはお目にかかっていない）。

井村研には世界中からの訪問客、留学生、短期・長期の研究者の来訪が引きも切らず、学生はいながらにして国際性を身に着けていった（図9）。多くの門下生が海外に目を向けて活躍している。

井村先生の研究上の信条は“Seeing is believing.”である。

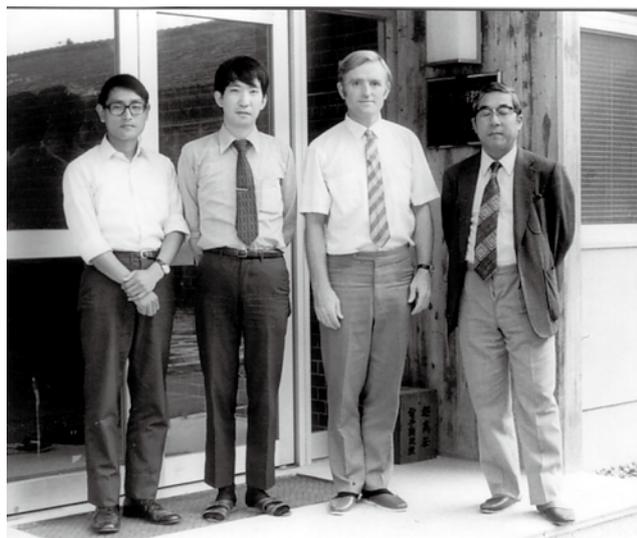


図9 100万ボルト電子顕微鏡室の前にて。左より、榎戸裕二、坂公恭、Gareth Thomas、井村徹先生(1973年)

これは井村先生が学生時代に先生の先生から教えていただいたという“Naturwissenschaft ist nur Naturbeobachtung.”の格言によるものである。

加えて、井村先生は次のことを教えていただいた。

- 1) 材料研究が originality を持つためには
 - a) 材料そのものが全く新しい、b) 手法が全く新しい、c) 着想が独創的である
 の最低一つを満足していなければならない。
- 2) 研究とは、proposalから始まり、予算を獲得し、論文として発表して初めて完結する。
- 3) 物品を調達するときに業者の言いなりになって「大名買い」をするな。

奇しくも、井村先生がお亡くなりになり1年になろうとしている(平成26年7月現在)。最近、筆者は「井村徹先生追悼文集—Seeing is believing.—」をまとめさせていただいたが、この追悼文集にご寄稿いただいた多くの方からの追悼文と筆者自身の記憶をたどって、この小文をまとめることができた。追悼文集にご寄稿いただいた方々に感謝したい。

最後に、筆者が改めて井村先生のすごさを知らしめられたエピソードをご披露したい。

井村先生追悼集を編集集中に、写真など古い資料を探しているうちに、38年前に末木裕治氏と行った研究に使用したCu-13.43at.%Al単結晶(この結晶を用いて4編の論文が1970年代後半から1980年代前半にかけて公表されている。)の残骸を見つけ出した。はじめは単に、懐かしがっていたが、突然、天啓の如く、「鈴木効果が起きているかもしれない」と閃き、TEMで観察したところ、転位が大きく拡張しており、鈴木効果が室温でも起きていることを発見した¹⁵⁾。「井村先生が天国からテレパシーを送られた」と慄然とした。改めてご冥福をお祈りしたい。

文参考文献

- 1) T.Imura, S.Weissmann and J.J.Slade, Jr : Acta crystal, 15 (1962) , 786.
- 2) T.Imura and S.Takeda : JPSJ, 26 (1969) , 1326.
- 3) T.Imura,T.Suzuki, A.Ikushina and K.Marukawa : JPSJ, 18 (1963) , 111.
- 4) T.Imura and Y.Enokido : JPSJ, 26 (1969) , 869.
- 5) D.J.Cockayne, I.L.F.Ray and M.J.Whelan : Phil.Mag., 20 (1969) , 1265.
- 6) 生きている金属, (株) Kプロビジョン
- 7) H.Saka, T.Imura, N.Yukawa and I.Igarashi : JPSJ, 25 (1968) , 906.
- 8) H.Saka, T.Imura and N.Yukawa : JJAP, 10 (1971) , 1.
- 9) H.Saka, K.Noda and T.Imura : Crystal Lattice Defects, 4 (1973) , 45.
- 10) A.Yamamoto, C.Morita, T.Tono, S.Saimoto, H.Saka and T.Imura : Proc. 5th Intern. Conf. on HVEM, (1977) , 395.
- 11) T.Imura, H.Saka and N.Yukawa : JJAP, (1969) , 405.
- 12) W.A.Jesser, T.Imura, A.Nohara and Y.Nishino : Kristall u. Teckniki, 14 (1979) , 1219.
- 13) Y.Nishino, M.Suzuki, T.Tono, H.Saka and T.Imura : JJAP, 20 (1981) , 1533.
- 14) T.Kobayashi, T.Imura and Y.Nishino : JJAP, 25 (1986) , 345.
- 15) H.Saka : Phil.Mag.Lett., 94 (2014) , 455.

(2014年7月14日受付)