テレビ大道香具師が描いた 『電子立国日本の自叙伝・草創期編』

相田 洋†

13. 鳩山トランジスタの復元

再び東京に舞台を戻す。電気試験所の田無分室である。当時この物理部材料課長をしておられたのが鳩山道夫さんであった。ちなみに鳩山さんは自由党と民主党が保守合同して自由民主党になる前の民主党総裁 鳩山一郎の弟さんであった。

彼は接接触型のトランジスタを自分で作ってみようと考えた。もともと工作は得意だったので、半導体結晶に2本の針を立てるところまでは自分が工作しようと考えた。まずはゲルマニウムを手に入れることだと、持っているところをたずね歩いた。

しかしゲルマニウムの結晶など、どこも持っていなかった。それなら周期律表からゲルマニウムに近いシリコンを使ってみようと、トランス製造工場を訪ねた。シリコンはトランスの鉄心に混ぜて使われていたからである。それをルツボで溶かして、固まりにしたものをトンカチで割った小片に2本の針を立てようというのである。これもまた再現実験をお願いした。べらんめえ口調の鳩山さんが『へえ、昔の失敗を再現するわけか。そりゃあセンチメンタル・ジャーニーならぬセンチメンタル・エンジニアリングだ』と乗ってくれた。

鳩山トランジスタの製作はNHKの理科実験室で行った。シリコン板はシリコンメーカから譲ってもらった。りん青銅の細い線、真鍮のパイプ、銅の板、真鍮板、ビスにナット、ニッパ

図7 トランジスタの工作を再現した故鳩山道夫氏

図8 鳩山トランジスタの構造(断面図)

に、ハンダごて、糸ハンダ、作業机に白い作業衣、後ろの柵には古めかしい測定器。すべてを取りそろえて鳩山元材料課長をお迎えした。電気試験所からソニー中央研究所所長を経て取材当時は悠々自適の老後生活を送っておられた。準備の整った実験室を見て鳩山さんは上機嫌でカメラの前に立ち、元材料課長を演じてくれた。

『そっくりですよ、田無の電気試験所分室に。ほうほう、よく揃っていますよ。諸君、やりますねえ、なかなかのもんですよ。じゃあ、そろそろやら

かしますかな』『思い出しますねえ、あの頃を。みーんな腹ぺこで、痩せて目だけランランと光らせてねえ。彼らにできたことを俺たちにできないわけがないなんて信じちゃって。あたしゃあのとき幾つでしたかねえ、30歳の男盛りでしたなあ。光陰矢のごとし。あたしゃもう隠居の身ですよ。それで貴方、今や日本が半導体王国ですって、えへへ』『当時、多少は増幅の原理などは知っていて作ったんですか?』『ぜーんぜん。作ってから考えよう、ですよ。おととと、これじゃ

† 慶応義塾大学環境情報学部

“The Bigining of Japanese Semiconductor Industry” by Yntaka Aida (Faculty of Environment Information, Keio University, Yokohama)

ハンダの入れ過ぎだあ』

鳩山さんが鋼材屋で手に入れた材料は、トランスの芯に入れて使う純度90%程度のフェロウシリコンであった。現代の半導体産業で使うシリコンの純度が99.99999999%であるから、ほとんど話にならない純度であった。微量(0.01%)の伝導物質を添加することで結晶を思うような性質に変えるのが半導体技術の基本である。だから、微量な伝導物質の活躍を邪魔するような不純物一杯の結晶でも困るし、電子の通り道が穴だらけの多結晶でもまた困る。そんなわけで、鳩山さんが手に入れてきた純度が90%程度の多結晶フェロウシリコンでは、トランジスタなど出来るはずがなかったのである。

14. トランジスタ開発の牙城 ベル研究所

点接触型トランジスタが誕生した頃は、まだ結晶の純度を上げる方法が開発されていなかった。また純化したゲルマニウムを単結晶にする技術もなかった。やがて「ゾーン・リファイニング」という純化方法が考案されて、結晶の純度が99.9999999%にも上がるのだが、点接触型のトランジスタが登場したころは、ベル研究所といえども超高純度の単結晶は手に入らなかった。ゲルマニウムをルツボで溶かし、ゆっくりと冷やして、たまたまどこかにできた単結晶の部分を取り出して使ったのである。やがて、結晶の純度を上げることこそ緊急の課題だとわかったベル研究所では、総力を上げて結晶純化の方法を模索するのである。

トランジスタの研究はウィリアム・ショックレーがリーダーシップを発揮して進められた。ところが肝心の発見の瞬間にはショックレーは研究室にいなかった。したがって、点接触型トランジスタの発見は、実験を担当したブラッテンと理論解析をしたパーディンの功績になる恐れがあった。それを無念に思ったショックレーは、猛烈な追い込みで1カ月後には接合型トランジスタの理論を編み出した。それは結晶内部に電気的特性の異なる領域を作り込むことで、結晶それ自体が増幅機能を

もつデバイスになるという理論であった。2本の針を結晶表面に微妙に接触させ続けなければいけない点接触型トランジスタとは比較にならないほど、実用価値の高いトランジスタであった。今日の電子社会はショックレーが接合型トランジスタを発明したことで始まったといってもいい過ぎではない。しかし当初は、その理論を実現する方法がなかった。ショックレーは、製造方法までも編み出しわけではなかったからである。

ベル研究所は総動員で接合型トランジスタの実現に邁進した。そのなかでも最も重要な研究が、超高純度のゲルマニウム単結晶を作るということであった。限りなく不導体に近いゲルマニウム結晶に微量の不純物を溶かし込むことで、電気的特性の異なる領域を作ろうとしたからである。ベル研究所では多角的な支援体制を組織して、ショックレーの打ち立てた接合型トランジスタの実現を推進した。物理、化学、冶金、機械工作など、関係する部門の専門家が動員された。

戦前から化学部門で固体の誘電性の研究を続けてきたアディソン・ホワイ(取材当時82歳)は、1950年からトランジスタの開発に深くかかわるようになった。組織的に進められることになった半導体材料についての研究の管理調整をするのが彼の役目であった。多角的で精力的に進められる関連セクションが、互いの成果を有効に利用し合えたり助け合ったりできるように調整するのがアディソン・ホワイの仕事であった。ホワイが絶頂期のベル研究所をなつかしく回想する。

『知性という面からいえば、アメリカばかりでなく世界の科学界を背負って立つようリーダばかりでした。特に物理、化学の分野では非常に優秀な人ばかりで、1937年ごろからこの研究所で働いていた物理学者のうち7人もノーベル物理学賞受賞者を出していました。ですから科学者はベル研究所で働くことに憧れ、世界中の優れた人材が集まっていたのです。しかも、ベル研究所の中ではトランジスタの研究開発のためにあらゆる才能が総動員さ

れてました。様々な分野の超一流の人材がトランジスタの開発のために投入されたのです。それらをトランジスタ・ファミリーと呼んでいました』

世界一流の頭脳をトランジスタの開発に結集したベル研究所がとりわけ力を入れたのが、半導体物質の純度を上げる新しい精錬法の考案であった。半導体結晶に微量な伝導物質を添加して結晶をN型に変えたり、P型層を作り込んだりするのだが、結晶に障害物質が入っているのは肝心の伝導物質がノイズに埋もれて役に立たない。だから結晶は障害物質が全く入っていない、純度100%であることが理想である。しかし現実にはあり得ないので、その純度を限りなく100%に近づけるのが望ましい。こうした理由から、ベル研究所は結晶純度を上げる精錬法を追求したのである。

15. ゾーン・リファイニング法

そして1954年、ウィリアム・G・ファーンがゾーン・リファイニングという精錬法を考案したのである。図9はベル研究所の展示室に飾ってあったものである。長さ2mほどの石英管の周りを、4カ所、直径0.5cmほどの銅パイプがコイル状に巻きついているだけの装置であった。

原理はこうである。純度の低いゲルマニウム結晶をグラファイト(黒鉛)のボート状容器に入れる。それを石英管に入れ、一番奥の銅コイルの下にセットする。ボートには牽引用のひもがついていて、石英管の中を右端から左端まで超微速度で移動させることができるようになっている。銅コイルに高周波発生装置から高周波電力を送り込んでやる。コイルから強力な電波が放射され、やがて石英管の中のグラファイト容器が赤熱し、中のゲルマニウムは溶解して液状になる。すると、溶け込んでいた不純物は表面に浮き上がってくる。頃合いを見計らってボートを時速数cmの超微速度で左に移動させると、浮き上がっている不純物はコイルに掃き寄せられるように右に移動する。したがって、結晶の右端は不純物のかたまりだから切り捨てる。この操

図9 ゾーン・リファイニングを考案したウィリアム・G・プファン

図10 三浦恒雄氏が再現したゾーン・リファイニング装置

作を何回も繰り返すと、超高純度の結晶を作ることも不可能ではない。そこで、石英管にコイルを数カ所セットし、次々とその中を通過させれば自動的に精錬を何回も繰り返したことになる。

半導体技術に大きな転機をもたらしたゾーン・リファイニング装置を、実際に稼働させて映像にとらなければならない。1枚の写真や展示室の展示品だけでは不十分だ。そこで、今もどこかで使われていないか四方八方探しまわった。半導体材料としてシリコンが主流になるとゾーン・リファイニング装置は使われなくなった。シリコンは融点が高い上に、活性が激しいために、ゾーン精製という方法そのものが使えなくなったからである。したがって、ゾーン精製はゲルマニウム時代が終わるとともに姿を消した。頼りの西澤研究室にも装置はなかった。

16. ゾーン・リファイニング法の復元

そんなある日、集めた写真資料の中の1枚を見てひらめいた。半導体勉強会の記念写真であった。菊地誠さん、西澤潤一さんなど、大勢の研究者達が

ある建物の前に並んでいた。その建物が仙台の金属材料研究所。恐らくゲルマニウム結晶についての勉強会がそこで行われたのであろうと推察できた。早速仙台に飛び、増本健所長に面会を求め、実情を話し協力を求めた。しかし、不運にもゾーン・リファイニングの装置を廃棄したばかりだという話であった。諦めきれずに何か片鱗でも残っていないかと聞いてみた。残念なことには、装置は片鱗すら残っていなかった。

私達の落胆ぶりを見て増本所長が『それほど必要な装置なら作ったらどうですか』と助言してくれたのである。幸いにも高周波発生装置は金属材料の研究に今でも使っているというのである。それを使えば、ゾーン・リファイニングの装置は手作りで充分だというのである。『幸いベテランがいますよ』と紹介されたのが、結晶製作室の技師 三浦恒雄さん(取材当時59歳)であった。三浦さんは結晶作りに一生をかけてきたプロであった。『昔はゾーン・リファイニング装置なんてみんな自分で作ったものですよ。出来合いなど売っていなかったんですから』と乗り気であった。『コイルが1個のゾ

ーン・リファイニングなら簡単ですから』と早速工作にとりかかってくれた。

こうしてできたのが図10の装置である。あとは、コイルに高周波電力を流すだけだと気楽に考えていたら、事はそんなに簡単ではなかった。まず、この装置をどこにセットするかという設置場所が問題になった。強力な高周波発生装置は小さな放送局のようなもので、コイルとの距離を間違えるとコイルが発熱しないというのである。また装置の周辺に不用意に金属線などを置くと、それに高圧電気が発生し、放電したり感電したりする危険がある。それらが決まると、今度はパイプ状になっている銅コイルの中に水を流す。こうしないと銅コイルが発熱で溶けてしまうというのである。戦後のある時期は、水道の水圧が弱くてコイルが溶けたこともあった。次にガス管を配管し石英管に水素ガスを流す。中に酸素があるとゲルマニウムが酸化して使いものにならなくなる。そこで酸素と結合して石英管の中を完全無酸素にしてくれる水素を流す。とにかく写真1枚からは想像もできないほど煩雑で微妙な操作が必要であった。

17. 岩瀬さんのバケツ偏析法

ゾーン・ファイニング法がベル研究所で開発されたことを知って、同じことをバケツでやってのけた日本人がいた。当時は関係者の間では有名になった『バケツ偏析』法である。考案したのは岩瀬新午さん、当時大学を出たばかりのほやほや。電気通信省(後の電電公社、現在のNTT)武蔵野通信研究所に入所したての青年エンジニアであった。彼はこの偏析法で純度を上げたゲルマニウムを使って、日本最初の点接触型トランジスタの試作に成功した。取材当時、岩瀬さんは72歳。三洋電機の顧問をなさっていた。

昭和24年、電気試験所の通信関連部署が、GHQの指令で電電公社の通信研究所として分離独立するが、彼らが最初に取り組んだ大プロジェクトがトランジスタの試作であった。本家ともいべき電気試験所でさえ、まだトランジスタの試作には成功していなかった頃である。昭和25年、そんな通信研究所に就職した岩瀬さんは、発足したばかりのトランジスタ開発プロジェクトに配属された。ところが、トランジスタに使う高純度のゲルマニウム結晶が手に入らなかった。したがって、岩瀬さんが最初になければいけなかったことは、結晶の純度を上げる方法を考案することであった。すでにベル研究所ではゾーン・リファイニング法が開発され、精錬の原理は日本にも伝わっていた。しかし、日本では精錬に必要な材料や装置が手に入らなかった。特にゲルマニウムを入れたルツボを時速数cmの超微速度で動かす精密駆動装置など、どこにもなかった。これをどうするか、ひたすら知恵を絞り続けた岩瀬さんの頭にある日突然ひらめいた。『バケツと水を使えばできる』

18. 穴あきバケツで精密制御

ルツボに入れた結晶を、下から溶かしていくのだが、赤熱部分を非常にゆっくりと上に移動させるのである。ゲルマニウムが溶解して液状になっている部分では、中の不純物が上に浮き上

がってくる。したがって、溶解部分を上へ上へと移動させれば、不純物もいっしょに上へ上へと移動していき、最後には結晶中の不純物が全部いっしょにてっぺんに掃き寄せられる。

ただし、このアイデアを実現させるには、溶解部分をゆっくりと移動させなければいけない。じっくり溶かして不純物を充分浮き上がらせなければいけない。不純物が充分浮き上がらないうちに移動しては、不純物が残ってしまうからである。だから、溶解部分をいかに超微速度で動かすかが決め手になる。

しかも、移動がぎくしゃくしては結晶の純度にむらができるから、溶解部分をスムーズに動かす必要がある。ゲルマニウムの一部分だけを溶かしながら移動させるには、加熱ヒータを移動させるか、ゲルマニウムを移動させるかのどちらかであるが、ゲルマニウムを移動させることは不可能である。何故なら、溶解は真空下で行う必要があるため、ゲルマニウムの容器が石英管の中に固定されているからである。となると、加熱ヒータを移動させるしか道はない。

さて、これを時速数cmの超微速度でスムーズに引き上げるにはどうしたらいいのか。精密機械や制御装置など何もない。第一、金などかける余裕がない。あるのは知恵と時間と根気だけ。こうして思案の末にひねり出したのが、バケツに穴をあける方法であった。

バケツの底に穴をあけ蛇口を取り付ける。バケツにたっぷり水をはり、浮きを浮かべ、浮きに糸をつなぎ、糸をヒータにつなぐ。準備万端が整ったところで精錬開始。ヒータに電気を入れ、バケツの蛇口を開く。蛇口から水が流れ、水面が下がり、浮きも下がり、糸がヒータを引っ張り、ヒータが上に移動する。蛇口を大きく開けば、ヒータは早く移動し、蛇口を閉めればヒータは止まる。コックひとつでヒータの速度を自由に調節できる。これがバケツ偏析装置の仕組みであった。

19. テレビ屋の復元交渉

私は岩瀬さんに『それをもう一度技術復元してもらえませんか』と懇願した。すると岩瀬さんは『そんなことしなくても写真がありますよ、通研のあれを撮影すればよいでしょう』といとも簡単に返してきた。ここにテレビ屋の成否がかかっていた。私は岩瀬さんの目を直視して説得した。『ほう写真でねえ。写真説明だと、まあ長くて30秒もつかなあ、いや15秒ですねえ。テレビのお客様は気が短いし、わがままですからねえ。もちろん私達も心を込めてコメントしますが、そんなお客様の耳に入るかなあ。やはり動く映像にはかなわない』『そうですかねえ』『そうですとも。岩瀬さん、テレビというのは映像のある人が勝ちですよ。どんなに立派な業績を口でしゃべられても、絵で見えなければテレビのお客様には何のことだが見当もつきませんからね。百聞は一見にしかず。テレビというのは、結局“生きのいい話”と“絵のある話”が時間を占拠するんですよ』『なあるほど』『それに岩瀬さん、必要な物品や作業員はこちらで用意しますから、費用と手間はこっちもちです。ただ、1日だけ岩瀬さんが付き合っただけで作業の陣頭指揮をして下さるとしたら、それをビデオに撮れば、その映像はおよそ3時間。そこには岩瀬さんが写りっぱなしですよ。それを編集で縮めても5分。岩瀬さんの姿が1時間番組の5分を独占するんですよ』『なーるほどねえ』

翌日、岩瀬さんから電話が入った。『やりましょう。皆さんの熱意に負けました。是非やって差し上げましょう。ところで費用なんです、約束通りそちらで負担していただけるんですよ』こうしてバケツ偏析装置の復元が始まった。下図(図12)は岩瀬さん自身が写真と記憶をたどって引き出したものである。

岩瀬さんと関係の深い小さな部品メーカーが、図面に従って材料を集め、加工し組み立てた。組み立てには岩瀬さん自身が立会い、陣頭指揮をとった。その過程を詳細に映像に記録した。組

図 11 見事に稼働したバケツ偏析装置と岩瀬新午氏

図 12 バケツ偏析装置の設計図

み立て現場は、秋葉原の電気街に近い小さな鉄工場の片隅であった。作業の陣頭指揮をとりながら、岩瀬さんは懐かしげに語りだした。

『ルツボは炭素を旋盤で削って作ったのですが、部屋に黒い粉が舞い散ってそりゃ大変でした。木枠は材木屋で買ってきましたし、その切れ端を浮きの木片に使いました。ブリキバケツは三鷹の金物屋で買っていて、蛇口は自分でロウづけしました』『まずで廃物利用というか日曜大工というか?』『これでも当時は先端技術に取り組んでいるというわけで、重役さん達から非常に注目されてね』『それじゃ、失敗はできない?』『いやいや、失敗もへったくれもないんですよ。誰も知

らないし、比較するところがないんですよ、気が楽ですよ。それに自転車しかない時代でしょう。自動車はないし、ゴルフはないし、遊ぶものは何にもないんですから、これやってるのが一番楽しかったですよ。誰もまだやったことのない世界的な最先端な事柄を自分がやっているような満足感に浸ってね』

こうして高純度の結晶作りに成功した。これを使って点接触型トランジスタを試作し、それで作った日本最初のトランジスタラジオと電気蓄音機を三越デパートで公開した。昭和28年のことである。それは公開直後のことであるが、武蔵野の通信研究所にわざわざトランジスタラジオを見に来た人物

がいた。それを目撃した岩瀬さんは次のように回想している。

『トランジスタ電蓄を通研の公開日に玄関に展示しました。その時、黒い背広を着た人がじーっと長い時間熱心に見ていました。ものすごく熱心でした。あれは確か、東京通信工業(現在のソニー)の井深さんではなかったかと思います。実はソニーから試作ラジオを貸して欲しいといってきたのですが、貸しませんでした。電電公社の研究所と東京通信工業とは何の関係もありませんでしたからね。でも井深さんは私達のトランジスタラジオに大きな刺激を受けたんだと思いますね』

岩瀬新午さんの目撃した黒い背広の人が本当に今や世界企業となったソニーの創業者の一人、井深大氏であったかどうかは定かではない。しかし、東京通信工業がソニーに飛躍していく過程では、日本で最初にトランジスタラジオを量産し、それが爆発的なヒット商品になったことが大きかった。そればかりか、トランジスタラジオの大ヒットを他のメーカーが指をくわえて見ているはずがなかった。ソニーの後に続けとばかり、あらゆる電気メーカーが本格的なトランジスタの開発生産を開始するのである。そこにはまた別のドラマが繰り広げられたことはむろんである。私達は、それらをもまた映像に記録し伝えたのだが、その悪戦苦闘七転八倒ぶりについては別の機会に譲りたい。

なお『電子立国日本の自叙伝』の制作でひとかたならぬ御世話になった先覚者の中で、鳩山道雄さんと岩瀬新午さんは放送後他界された。ご冥福をお祈りする。(1999年10月28日受付)

あいだ けんじ
相田 健二

1960年、早稲田大学法学部卒業。同年、NHK入社。ディレクターとして『ある人生』、『乗船名簿AR29』、『石油・知られざる技術帝国』、『核戦争後の地球』、『自動車』、『電子立国日本の自叙伝』、『新電子立国』、『マネー革命』などを制作。

『電子立国日本の自叙伝』で平成3年度芸術選奨文部大臣賞を受賞。『新電子立国』で日本記者クラブ賞を受賞。1999年、NHKを退職し、慶応義塾大学環境情報学部で教鞭をとる。