

細長い棒状の部品が機械にセットされる。その先端から、黄色いホースが付いた「輪っか」が通される。いままでに何度も見てきた、焼き入れ用のコイルである。「輪っか」は機械にしっかりと固定され、内周がワーク(ここでは棒状の部品)と接触することなく均等な隙間を保って宙に浮いている。

ワークが回転をはじめると、コイルは所定の位置で仕事をする。高周波焼き入れである。焼き入れ処理を施す部分が加熱されてオレンジ色に光る。表面を冷やすためのクーラント(冷却液)が、「輪っか」の下側に開けられた穴からワークに向かって吹き付けられる。黄色いホースは、このクーラントを供給するためのものだ。クーラントが細長いワークの周囲からなだれ落ち、ロケットが天空をめざすときのような光景が数秒間つづく。

作業が終わると、細長い棒状の部品は機械から取り外される。見せてもらうと、焼き入れを施した部分の表面にだけ均一な模様がついている。しかも、細長い棒の一部にだけ……。

「えっ？ 焼き入れはここだけなんですか？」

「そうです。ここだけでいいんですよ」

べつの場所で行なわれている焼き入れ作業も、同じように「ほんの一部だけ」だった。円筒形ではなく、ものすごく複雑な形状の部品にも焼き入れが行なわれていたが、その作業も「一部だけ」だった。しかも、作業はゆっくりと確実に行なわれている。ふつうの工場のような「1秒の無駄が〇円になるんだぞ！」と追い立てられている慌たしさはない。作業をしている人たちは、ひとつひとつの部品に対して確実に、ていねいに仕事をしている。かごに入った部品をひとつ取り出し、焼き入れ作業を行ない、目で金属の表面を追い、仕事をした部分の状態を確認し、ふたたび元の位置に戻す。

とても懐かしい気持ちになった。私が生まれ育った東京の下町で、昭和30年代末から40年代の半ばにかけて毎日のように目にしていた光景が、そこにはあった。古い建物のせいもあるだろうが、仕事がていねいで、職人さん独特のリズム感があるというところに私の記憶回路が反応した。

工場の中から屋根を見上げると、半分は木造の骨格である。木材の合掌が浪板の屋根を支え、天井梁と合掌を結ぶ真束、対束、方杖もすべて木材。柱も木材。機械がずらりと並び、内部が二階建てになっている部分は鉄骨造り。あとから増築したそうさ。こういう木造と鉄骨のハイブリッド構造は老舗の証である。

「こんなことをするのですわ」

半分に切断した部品を見せてもらった。自動車のMT(マニュアルトランスミッション)につかわれている部品だという。「ここだけ、焼き入れしてほしいという注文なんです」と工場長の松岡裕明さんが言う。

部品の円筒の部分とフランジ面の内周には金属の表面から 2mm ほど硬化層が見える。しかし、円筒からフランジ部分が立ち上がる場所には硬化層がない。中心線で半分に切断したサンプルを持っているということは、依頼されたとおりの焼き入れになっているかどうかを確認した証拠だ。いま、私の目の前で、このサンプルとまったく同じ形状の部品の焼き入れが行なわれている。

ここは京都市左京区にある応用化学研究所。過去にこのシリーズでお邪魔させていただいた民間企業とは違い、財団法人である。前身は大正 6 年(1917 年)に設立された財団法人青柳研究所であり、昭和 14 年(1939 年)に現在の名称にあらためられたという経緯である。財団法人青柳研究所を設立した青柳栄司氏は京都大学教授であり、その設立当時は真空工学とその応用方法を研究する産学協働体制だったという。昭和 16 年、太平洋戦争突入の直前に日本で初めて高周波焼き入れを成功させ、戦後は金属や機械についての基盤技術の研究に携わってきた。

今回、応用化学研究所を訪問することになったきっかけは、本誌がトランスミッションやステアリングなど「歯車機械」の取材で日頃お世話になっている京都大学名誉教授・久保愛三氏が、新しい金属疲労試験機のプロトタイプを我われに見せてくださったとき、工場を訪問したことだった。お目当てはその疲労試験機だったが、この工場で行なわれているさまざまな仕事について見入ってしまい、あらためて訪問をお願いした次第である。久保先生は現在、この研究所の常務理事に就任されている。青柳研究所の時代から京都大学とのつながりが深く、現在は京都大学名誉教授の西川禎一氏が理事長を務められ、理事および評議員も京大で教鞭を執られた方が多い。「財団法人だから利益を出してはいけない。しかし、国から予算をもらえるわけではないから、研究所の運営に必要な資金は自分たちで稼がなくてはならないのですよ」と久保先生。そこで、高周波焼き入れやプラズマ窒化、熱処理と材料品質確認関係の研究成果を応用した仕事を有償で広く社会に提供する活動を行なっている。それが、同財団加工研究部直営の、いま私がおじゃましているこの工場の仕事である。

おそらく「いまさら焼き入れ？」と思われる方もいらっしゃるだろう。「鉄や焼き入れは、とっくの昔に進歩が止まった分野じゃないの？」と。いや、実際はその真逆である。鋼材の進歩と熱処理技術の進歩はつねにセットであり、周辺技術の進歩によって「アイデアは昔からあったものの、やっと実現した」という事例は少なくない。毎年、鋼や焼き入れの分野で多くの論文が発表されている。あまりにも身近に過ぎて進歩に気付かない。しかし、工業製品や文明生活を語るうえでもっとも重要な金属素材。それが鉄である。

工場内には、思わず立ち止まって凝視してしまうようなモノがたくさんある。だれもない場所に、ポンベの束と細い管、小さな試験容器のようなものを見つけた。

「あれですか。温度を上げない高速の浸炭焼き入れを研究しているんですよ」

お話を伺ったが、まだ研究段階なので割愛する。要は「加熱の仕方と温度を変えるとどうなるか」「どの様な条件でどれくらいの浸炭層ができるか」を実験中とのことだ。低温で高速の浸炭焼き入れが可能になればエネルギー消費を減らすことができ、CO₂ 発生量もコストも抑えられる。加熱時間が短く温度が低ければ熱歪みも小さくなる良いことだらけだが、現実には「言うは易し」である。

「部品の用途によって、理想的な焼き入れの仕方は変わります。部品のサイズでも変わります。あまり浸炭層を深くしたくないケースもあります。200 μ m 程度の浸炭ならば容易なので、今まで人のやってみなかつたようなやり方でやってみようかな、ということです」

なるほど。小さな部品を一部分だけ焼き入れするのは難しい。ついさきほど見た自動車の MT につかわれる部品などは、その典型例だ。局所的に、焼き入れ層の厚さを厳格に管理した「ていねいな焼き入れ」となると、この工場でのさきほどの作業のような緻密さが求められる。当然ながら1個当たりの処理時間は長くなり、しかも作業に熟練度が求められるからコストは割高になる。適材適所自由自在の熱処理を、まだ人類は会得していないのだ。

工場の奥の壁に棚があった。近づいてみると、焼き入れ用のコイルを保管してある。大小さまざまなコイルが並ぶ様子は、まるでオブジェ。何十年も前につくられたものもあるのだろうかあ……と見入っていると、後ろから松岡さんの声。振り返ると、机の上に何かを並べている。

「まあいいモノだけじゃないんですよ。こんなものもあるんですわ」

「これも焼き入れのコイルなんですか？」

「そうです。全部コイルです」

縦 20cm ほどの木製台座に据え付けられたコイルは、どれも初めて目にするものばかりだ。何度か触ったことがあるモールス信号機のようにも思えた。焼き入れを依頼された部品ごとにジャストフィットするよう、この研究所の加工研究部が製作した「一品もの」である。直径5mm ほどの細長い棒を焼き入れするコイルとか、切り欠きのある円盤状の部品の端面だけを焼き入れするコイルだとか、リング状の部品の内径だけを焼き入れするコイルだとか、そのバリエーションの多さとコイル形状のユニークさに感心してしまう。

しかも、コイルのほとんどが現役だという。とっくの昔に引退したコイルではない。MRI のような最先端の医療機器も、私が毎日持ち歩いているラップトップコンピューターに内蔵されているハードディスク装置も、「焼き入れ」という技の進歩で成り立っている。それをいやでも実感するレトロな工具が、目の前に並んでいる。

「それにしても、こういう形状の部品を設計した人たちは、焼き入れのことなどアタマにないんじゃないですか？ 金属を形どおりにつくれば、機械はちゃんと動くと思っているのですかねエ」

機械いじりの経験ならエンジニアのみなさんにも劣らないと自負している文系学科卒の私が、

おもわずそうつぶやく。

「焼き入れどころか、加工法すら知らないで設計している人が多いんですよ。頭の中で形だけ考えてつくって、素材と加工はなんとかしてくださいという設計が増えた」と久保先生。すかさず松岡さんが続ける。

「30年前の図面を頼りに機械をつくっても、1カ月で壊れたという例がありました。そこでウチに依頼があったのですが、昔は図面にあれこれ指示を書き込むと製造コストが高くなるので、図面には何も書かなかったのですよ。そのまんま図面の指示だけで『いま』の世代のひとが部品をつくって、**うまく行くと思っていたのですが、案の定すぐに壊れた。**昔は、お約束事は現場の担当者がちゃんと知っていました。現場レベルでうまく擦り合わせをやることで、ちゃんとモノができていたんです。しかし、そういう知識も消えかけていますな」

そう。図面には書かなくても「わかってますよ」という暗黙の了解が品質・価格の国際競争力を支えていた。いちいち指示がなくても、擦り合わせの妙で良い製品に仕上がっていた。幸い、日本の製造業はいまだに強いが、この強さはいつまで維持できるのだろう。焼き入れは現場の知識として受け継がれているものの、本当に「金属」を知っている人たちは、どんどん引退している。いま、目の前にある使い込まれた焼き入れ用コイルも、いずれはだれもつくれなくなるのでは……。

ひときわ大きなコイルが目にとまった。どんな用途につかうのだろう。

「工場設備や建設機械などは、大きな部品が多いんです。お見せしましょう」

工場の反対側に移動すると、焼き入れ作業を待つ巨大なクランクシャフトがあった。全長はおそらく1.5m。軸の直径は200mmほどもある。このクランクシャフトの焼き入れにつかう専用コイルは、輪っかの部分に人の顔がすっぽり入るくらいの大きさである。厚さ1mmの銅製角パイプからつくったコイルは、ワークとの隙間を均一に保つよう、きれいな円を描いている。片側の面にはクーラント用の小穴が一定間隔で並んでいる。

「穴の角度は、ワークに対して60°に揃えてあります。コイルを分割する部分は微妙に角度を変えます。均一にクーラントを噴射できないと仕上がりに影響が出ます」

重たいクランクシャフトをつり上げて機械にセットし、コイルを所定の位置に巻き付ける。あとは、直径10mmほどの部品と同様に仕上げる。コイルとワークのクリアランスは2.5mm。

「全体を焼くと歪みが残ります。バルンサーウエイ側には余分な熱がまわり込まないよう、必要な部分だけを焼きます。焼き方もウチで考案しました。簡単な作業です。ただ、手間がかかりますがね」

クランクシャフトの隣に巨大な歯車があった。いや、厳密に言うと歯車ではない。歯がインボリュート曲線ではない。

「これは割り出し盤の部品です。一定のピッチで『送り』だけをこなすので、たしかに歯車ではありません。端面は歯の先のほうだけ焼き入れしてあります」

円盤の表面には円環状の酸化膜が浮き出ている。色違いの酸化膜が描く「カッシーニの間隙」に、思わず土星の輪を連想する。外径は 60cm ほどあるだろうか。

「濃い色の部分は焼きが入っています。青いところは温度が 530°Cあたりまで上がった、茶色い部分は約 340°C、色の薄いところだと 290°C近辺ですかね。鋼材ならだいたい同じような色になりますから、熱処理は色で温度を覚えるのですよ」

たとえそう教えてもらったとしても、こればかりは経験を積まないとわからない。こういう工場で機械系学生の研修をやればいいのか、と思う。

ほかにも大物はたくさんあった。巨大なカムや、円盤と歯車が重ねられたもの。3 インチ砲の砲身のようなもの。いずれも手づくりに近い小ロット生産品である。松岡さんが、3 インチ砲の砲身を持ち上げる。

「素材は SCM435 です」

クロムモリブデン鋼だ。

「外周の一部とスプラインを切った部分と、穴の中を焼いてあります。窒化を行ってから高周波焼き入れするというハイブリッド処理です。焼き入れ条件をうまく設定して焼くと、この横穴のなかまでキレイに焼けます」

聞けば建設機械につかわれている部品だという。軸方向と直角に交わり部材を貫通する小穴が空いている。なるほど、この穴のなかまでしっかり焼いたのか……。絶対に壊れたら困るという部品が、焼き入れの失敗を何度も経験したのちに、この応用科学研究所のウワサを聞きつけた人によって持ち込まれるということ、ある企業で聞いた。日本人なら誰でも知っている老舗の大企業で、である。この砲身のような部品も、そういう経緯で持ち込まれたのだろうか、と想像した。そうだろうな、必要な部分にだけ必要な焼き入れを施すのは難しい。「ここは熱処理の駆け込み寺なんだな……」と思った。

大物部品に見入っている私に「こちらへどうぞ」の声。別棟に案内され、プラズマ窒化の設備を見せていただいた。

新しい建物であり、電子機器の制御盤が並ぶ様子は、さきほどまでの工場とは対局にある。ポイラーのような円筒状の釜のなかを小窓から覗き込むと、淡い紫色に光る炉のなかで小さな部品が焼かれていた。コイルをつかう方法とは違い、いかにもハイテクというムードである。とは言え、ただ炉に放り込めばいいというわけではなく、応用科学研究所での研究成果がバックグラウンドにある。

ちなみに、プラズマ炉のなかを写真に撮るのは難しい。デジタル一眼レフのホワイトバランスを

色温度指定で設定し、色温度を変えながら何十枚撮影しても、微妙に実際とは色が違う。96 ページに掲載した写真よりも、ほんの少し青っぽいというのが実物の色である。

「そういえばあの機械、どうなりました？」

夏の暑い日に初めてここを訪れたとき、久保先生に見せていただいた**材料試験機**が部屋の奥にあった。CBF 試験機である。鋼製の丈夫な台座の上にテストピースを固定して回転させるモーターが向き合い、そのテストピースを真横から「押す」ための円盤が据え付けられている。いかにも精密そうな機械だ。

「まだ改良中ですが、実際の使用状況に近い状態で**歯車用高強度材料**の疲労強度を測定できるのではないかと期待しています。独立した制御モーターで『滑り』を与えられるので、たとえばプラスのスリップとマイナスのスリップをそれぞれ与えたときに回転しているテストピースがどのような変異になるか、非接触で測定できます。疲労試験をしているときの接触部の摩擦係数がわかるんですよ。それが窒化処理や DLC(ダイヤモンド・ライク・コーティング)などの表面処理で疲労強度がどう変わるか。現物と試験結果がどう対応しているかがわかるとおもしろいじゃないですか」

いつも感じるのだが、こういう話をされるときの久保先生は子供のように目を輝かせている。理論だけでなく、ご自身で「ものづくり」に携わり、いろいろな歯車の改良を手がけられてきた久保先生は、現在の**歯車用材料**の試験方法に疑問を抱かれたのだろう。金属疲労による事故は、いまだに世界のあちこちで毎日のように起こっている。しかし、本当に原因が突き止められるケースは少ない。「稀」と言ってもいい。推定有罪がどれほど多いかは、さまざまな取材を通じて私も実感している。

この CBF 試験機が完成し、ねらったとおりの機能を発揮すれば、ここで蓄積されたデータが応用科学研究所加工研究部の工場に入ってくるさまざまな部品の熱処理に活かされる。研究成果が日本の工業製品に即、活かされる。

研究所の敷地内には、大正時代に建てられた建物がある。当時は瀟洒な建物だったはずだ。いま見ても美しいと感じる。しかし、何年か経ってこの研究所を思い出すとき、おそらく絶対に忘れていないだろうと思われるふたつのものは、建物ではない。

ひとつは元素の周期表。ふつうの工場では見かけないものだ。焼き入れ作業をする機械のそばに掲げてあった。元素番号 26 の鉄は地球の核(コア)のほとんどを形成する物質。この研究所は鉄を極めようとしている。その思いが伝わってくる。

もうひとつは「熱処理ここが肝心数え歌」だ。1 から 10 まで、まさに基本中の基本が書かれている。それがそのまま、現在の工業製品と設計思想に欠けている部分だな、と感じる。まさに十戒。

それと、この研究所を思い出すときには、私が初めて金属片で指先を切ったときの記憶が必ず

いっしょに付いてくることだろう。鼻垂れ小僧の私は、町工場から聞こえてくるプレス機や旋盤の音が好きだった。刃物ではなく、きらきら光る金属の切りくずで初めて指先を切ったのは、たしか小学 2 年生だったと思う。工員さんに叱られ、おかみさんに手当てしてもらった。その小さな町工場で、ネジ切りタップのつかい方を習った。焼き入れも教わった。私の機械好きのルーツである。

国家財産としての熱処理技術を世の中に広める。応用科学研究所はそういう組織であると思う。しかし、受け止める側に基礎技術こそ財産であるという認識が希薄だ。先端技術はトラディショナルな基礎技術が礎であり、先端だけでは存在し得ない。これを忘れてはならない。

図説の訂正

2 頁目、左上中図と右中図： 侵炭層 → 硬化層 2箇所

プラズマ窒化の写真 2行目： プラズマ焼き入れが施される → プラズマ窒化が施される

最終頁、左上図図説文頭： 低温焼き入れ → 高速浸炭焼き入れ

4行目： 金属疲労と → 歯車様高強度材料の疲労と