

隨 想

‘Iron and Steel’ と ‘Metal Progress’

佐 賀 二 郎*

‘Iron and Steel’ and ‘Metal Progress’

Jiro SAGA

1. 駆出しころ

“Iron and Steel”, “Metal Progress”一何と懐しい名前でしよう。私が阪大を昭和13年(1938年)に卒業して、住友金属製鋼所研究部に入社するなりお目にかかる以來の長いお付合なのです。前者は英國の雑誌で1924年の創刊、後者は米国の雑誌で1921年の創刊、共に50年以上の長い歴史を誇る一流雑誌です。この雑誌を時には友として、時には師として、私は41年間金属材料、特に鉄鋼の研究に携つて来ました。この4月に停年退官しましたので、彼等ともお別れしなければなりません。

昭和13年といえば、日中戦争の酣な時代で、日本軍は南京を占領し、余勢を駆つて奥地へと進撃していました。そんな頃ですから、1年間の実習とは名のみで、工場見学が終ると直ぐ実務につきました。当時の研究部長柳沢(七郎)さん一 小柄で顔にあばたがあつて、それが一種の愛敬にもなつて、我々はおやじと呼んでいましたから、君には鍛造の研究をしてもらうつもりだいわれた時は不安でした。材料の勉強は冶金科の講義を聴きに行って、自分で一通りは知つているつもりでしたが、塑性加工となると丸きり知りませんでしたから。研究室の一隅に机と椅子を貰い、外国雑誌を読み始めた途端に目に触れたのが彼等でした。何しろ機械屋の私が始めて手にする材料の雑誌ですから、わからぬことばかり、この時に自分は何も知らないことを嫌というほど知りました。650°C drawn とあるのを 650°C 引抜と訳して、米国ではtemper のことを draw ともいうのだよと教えられて赤面したこともありました。新着雑誌は一応研究課のスタッフに数冊ずつ配分され、題目の日本訳と数行のアブストラクトを添えて提出すると、印刷されて全工場に配布されるようになつていきました。記憶違いがあるかも知れませんが、英國のジレット安全剃刀の刃の製造と検査の話が Iron and Steel に載つていて、刃は単に両側から薄くして刃付がしてあるのではなく、二段に角度をつけてあることを知りました。刃先を丸刃のように大きな角度にすることは、切味と耐久性を増すた

めであると書いてあつたと記憶します。戦後軍需品から民需品の製造に転換することになつたとき、研究部のロールで何を生産しようかと相談がありました。私は安全剃刀の刃を主張しました。というのは戦前国産の替刃はフェザーしか作つていなかつたからです。しかしこの提案はバイメタル製造論に敗れました。バイメタルは当時我が国では珍しかつたし、燃料不足の戦後、電気ごたつのサーモスタッフに欠くべからざる材料でした。しかしこの商売も長続きしませんでした。肝心の圧延技術が拙かつたために1mm以下の薄板が作れず、サーモスタッフの熱容量が大きくて鈍感だつたことや、電気接点の焼けを防止する技術がなかつたことなどのためです。私などニクロム線を巻いた手作りの電気ごたつを冬の真夜中に蒲団をまくつて取出し、不良個所を点検したお寒い思い出があります。

製鋼所というのは所詮は材料メーカーで、戦後インゴットメーカーの汚名を雪ぐべく各員一層奮労努力したのでしたが駄目だつたようです。

入社当時研究課長だった斎藤省三さんの “Reducing abrasion by compound contact pieces” が掲載されていたのが Metal Progress (27(1935-June) p. 52) です。製鋼所は鉄道のタイヤを独占していましたので、レールとタイヤの摩耗の研究が盛んで、斎藤さんは日本の摩耗の権威でした。0.6%Cのレールと0.8%Cのタイヤの組合せが両方の摩耗を最少にすることを既に見出されておられたのですが、この論文は車輪を抱いているブレーキシューの一方を鉄に、反対側のシューを鋼にすると、どれも摩耗しなくなるという画期的な発見です。こうした諸先輩の業績に絶えず触発されて、私は研究者としての訓練を少しづつ受けてゆきました。

その頃砲身は Ni-Cr 鋼で作つていましたが、白点がよく発生するのが悩みの種でした。原因は鋼中水素とか、変態応力とか取沙汰されていましたが、私は白点のある材料試験片を引張つてある中に、白点の中には初めから離れているものと、くつついているものとがあることに気付きました。というのは白点が破面の 50% 以上

* 大阪大学名誉教授 工博 (依頼隨想)

を占めているのに引張強さは健全材とほとんど変わらないものがあつたりしたからです。山本(信公)主任は静水圧を加えたら白点は全部溶着するのではないかどうかと言出され、私が砲身の不良品を臼にしてその中で白点のある試料を柱で圧縮する装置を設計し、テストしたところ、白点はみごとにくつづいたのです。鍛造や圧延では塑性変形するために圧力が大してからですが、密閉型の中でほとんど塑性変形が起こらないようにして高い静水圧を加えると、酸化していない表面を持つ白点は溶着したわけです。

またその頃 Bain の等温変態に関する論文(Trans. AIME, 90(1930)p. 117)が我々をあつといわせたものですが、等温変態を利用しての Ni-Cr 鋼の焼なまし時間の短縮を考え出したのも山本主任でした。従来白点防止のため砲身材は鍛造後 72 時間くらいかけて 200°C 辺りまで徐冷していましたが、それでも白点が出ることがありました。それが、T-T-T 曲線の鼻の下を利用するこことにより、十数時間の焼なましで事足りるようになつたのです(鉄鋼協会で発表)。

2. 鍛造の研究に手を染めて

さて私の本職となる鍛造の研究の第一歩は魚雷氣室の欠陥除去から始まりました。日本海軍が飛行機から投下する魚雷の氣室は Ni-Cr-Mo 鋼に Cu を 1% 加えたもので作られていました。通常は嫌われる Cu をあえて添加したのが味噌で、これにより $\sigma_B > 125 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_y > 115 \text{ kg/mm}^2$, $\delta > 16\%$, アイゾット $> 25 \text{ ftlb}$ を得ていたと思いますが、古い話で数字に多少の出入りはあるかも知れません。円柱形の荒地を 3000 t の横水圧にかけて押出し、続いて引抜きして薄肉の底付円筒にします。円筒の一端は球面になつていて、その先端に乳首のような突出部がついています。ここに疵が(多分白点でしょう)よく出るのです。この鍛造状態を調べるために実物の 1/10 大の鉛の模型をつくり、半割りにして分割面にグリッドを刻み、割型を用いて押出しの実験をやりました。グリッドを刻んでフロー・パタンを調べる方法は 1939 年ごろから始まつたもので、それまでは鋼のマクロ組織の検査から変形を推測していたにすぎません。さてこの実験から、突出部のグリッドはほとんど変形しておらず、鍛造が利いていないことが明らかとなり、先端が自由に出ないように型穴の先に詰物をすることにより問題は解決しました。

次は航空機シリンドラの押出です。シリンドラの荒仕上げ形状は図 1 に示すとおりで、従来は鍔の方を上にして、機械プレスで押出していたのですが、鍔の部分に十分肉が廻らないという問題がありました。これを解析するために、上、中、下の 3ヶ所に鍔のある割型を作り、鉛試験片を用いて押出しを試みました。使用したポンチは先突型と先平型の二種類、底板は扁平型と突出型の二種類

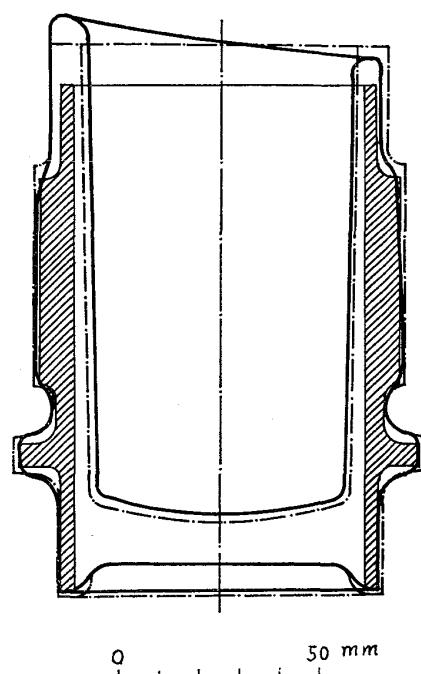


図 1 実物の 1/2 の型を用い 300 t プレスで押出したときの鋼鍛造品の形状(—型とポンチの輪郭, ——鍛造品, // 荒仕上形状)

です。自由落下槌による押出の結果は図 2 に示すとおりで、どの底板とポンチの組合せにおいても、ポンチ先端が鍔部を通過すると、その鍔の成形は止み、次の鍔が大きく成長すること、ポンチが底近くまで侵入すると、その部分は鍔をせん断して、内壁を上方に向かつて流れることができました。このような結果は、数年前我々が行つた冷間鍛造時のコンテナ内圧分布の測定結果(塑性と加工, 12(1971), p. 840)を見れば当然理解され、予測される事柄ですが、昭和 18~19 年当時は、鍛造の研究が世界的にやつと端緒についたばかりの時ですから、この 30 年間の Metal Progress は相当なものといえるでしょう。

この結果から、鍔の成形を十分に行うには、鍔を型の下方に設ける必要があることが明らかとなつたので、次に実物の 1/2 大の鋼ビレットと割型を使つての試作実験を行いました。図 1 に荒仕上形状のほかに型、ポンチの輪郭、完成鍛造品の形状を示しました。(昭和 20-2 鉄鋼協会、昭和 22-4 金属学会でそれぞれ講演)。この第 1 回の試作で略目的に適う品物が型鍛造できることがわかりました。この方法で作ると荒地重量が約 25 % 節約でき、荒仕上品の歩留りも 15 % 向上するのですが、割型を使う関係上生産能力が落ちます。日米戦争の真最中に生産能率を落とすわけには行かないということで、割型による鍛造は実地の製造段階にまで至らないままで敗戦を迎えることとなりました。

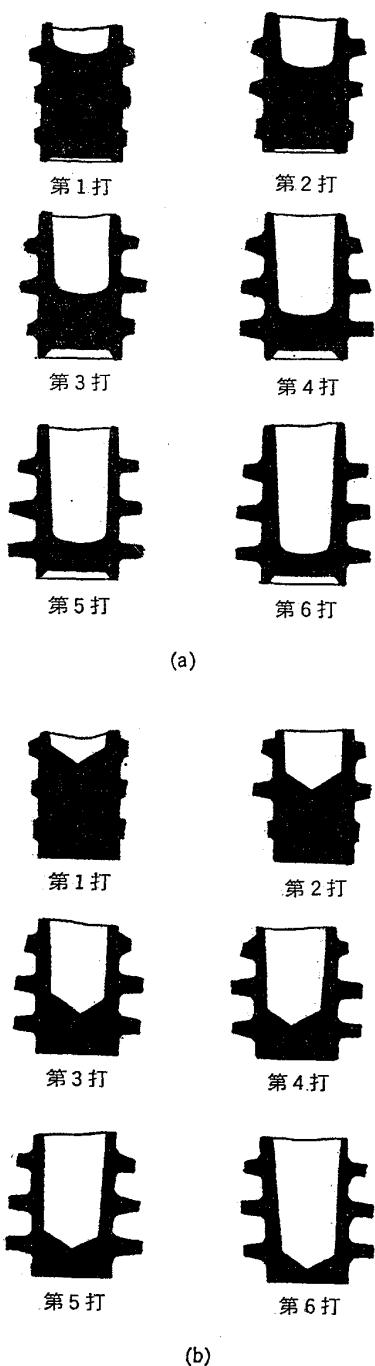


図2 3つの餒を有する割型を用いての鉛の押出し実験 (a)先平ポンチと突出底板の組合せ (b)先突ポンチと扁平底板の組合せ

3. 基礎工学部に移つて

敗戦直後の混乱期も何とか切抜け、世情が安定するとともに、会社は車輛ばねの生産を始め、私は鍛造の研究を中止して、ばねの研究に従事することになり、それが大阪市大に在職の期間を合わせて15年余り続きます。昭和37年阪大基礎工学部に迎えられた私は、鍛造の研究を再開したものの、戦前やりたいと思いつつやれなかつたことの多くは、15年の空白期間に他の人達が既に果

していました。そこで今度は鋼の冷間鍛造の潤滑の問題に取組むことにしました。戦前摩耗の研究を身近に観ていた私は、摩擦とか摩耗の不思議なからくりに魅せられていたのかも知れません。

温間鍛造が盛んになり始めると、適当な潤滑剤がないことが問題となりました。それまでの冷間鍛造の潤滑の経験から、温間鍛造の潤滑には、金属石けんのように単に化学吸着を、黒鉛のようにへき開性と吸着を利用する潤滑剤よりは、化学反応によつて鋼表面に密着する潤滑剤のほうが勝つていると考えて、酸化鉛(PbO)や酸化ビスマス(Bi_2O_3)の鉄合金に対する強い酸化力を利用することを思い付き、幸いにも 800°C 位まで潤滑効果の衰えない潤滑剤を開発し、かつその潤滑機構を明らかにすことができました。(塑性と加工 17, (1976), p. 101; Trans. ISIJ, 17 (1977), p. 623)。

最近はステンレス深絞り品の時効割れの原因を追求していますが、主因は深絞りによつて必然的に生ずる円周方向引張残留応力、副要因は塑性変形により酸化皮膜の破れた新生面上に加工誘起マルテンサイト(α')と母相(γ)が混在することによる電気化学的腐食、要するに応力腐食割れの一種であると考えています。水素脆化といふには含有量が少なすぎること(2 ppm程度)、純粋の水の中では割れず、 50°C 以上の湯の中で割れること、ごく微量の水を含む有機溶媒中で割れて、多量の水を含む溶媒中では割れないことなどは水の電離と何か関係があるようと思われてなりません。化学を知らない私がこんなことをいうと笑われるかも知れませんが、水の分子が無数に存在するときには隣接する水の分子の間で $H_3O^+ + HO^-$ の反応が起こるけれど、水の分子間に多数の有機溶媒分子が介在するようになると、水同士の反応より水とステンレスの間の電気のやりとりが起こりやすくなり、 γ 相より卑な α' 相がイオンとなつて溶け出してゆき、その跡に微細なき裂が生じ、残留応力の応力集中効果によつて割れが発生するのである、と考えると話がすつきりするように思えるのです。それで深絞り直後に表面を H_2O_2 などで酸化してやると、き裂は発生しなくなります。割れ感受性に対する温度の影響は、水や溶媒の吸着性や会合性が温度依存性を持つているからだと考えると説明がつきそうです。

4. 解析力と総合力

それにつけても思うのは、最近物理であれ、数学であれ、解析する方法が非常に発達し、それに伴つて解析力が向上したこと自体は結構なことです。反対の総合(synthesis)する力がも一つ不足するということです。例えばAの原因からB, C, Dの結果が生じ、また、A'からB, D, E, A''からB, E, Fの結果が生ずる場合、A'のことだけ知つていて、BとEとが確認されたから原因是A'であると短絡する人が多いようです。水素を多量

に硬鋼中に吸収させると水素脆化が起こる、酸洗によつて水素が入つても脆化が起こる、めつきによつても起こることがあると授業の時間を違えて教えておいて、鋼の水素脆化について記せと出題すると大抵の学生は一つしか解答しません。これは最近の受験勉強と関係があるのではないか、「何々に該当するのは次のどれか」と設問と解答を線で結ぶ方式に慣らされた結果ではないかと思うのですが。

研究を進めるには、広い視野に立つた総合判断力が大切であるのに、自分の得意の分野にむりに問題を引張り込もうとする傾向も見られます。何かが破壊したとき転位論を専攻している者は何でも彼でも転位論で説明しようとし、破壊力学を得意とする者は、すべてを応力拡大係数で処理しようとする傾向があるように思われます。

私の研究室はX線による材料強度の研究と塑性加工の研究の二本立てでやつて来ましたが、配属になつた学生はまるで別の研究室の学生のように、お互に知識を交換しようとはせず、研究発表会をやつても、相手を理解できない場合が多いです。当今の学生は最少の努力で最少の必要単位を修得して卒業すればよいと心得ているらしく、知識に対する欲望が実に稀薄です。一定の料金を支払えばいくら食べても食べ放題というのに、食欲の乏しい学生達は、つつましやかにランチを食べて、ご馳走さまともいわずに校門を去つてゆきます。私が停年退官して再び大学に教鞭をとりたくない理由の一つは、教え甲斐のない学生の面倒を見るのに疲れたからです。貪欲に知識を吸収して卒業していつた一世代前の学生達が懐しく偲ばれています。

5. 日本の鉄鋼材料の将来

私が最近の鉄鋼材料について心配していることの一つは、大形圧延鋼材の品質がよくないことです。戦前と異なり、300mm中以上のビレットもプレスではなくてロールにより作られるからではないかと思うのですが、内部欠陥のために鍛造作業中に割れるものが随分あるのを見聞しています。先日も遭遇したことですが、ある鍛造工場で鍛造中に割れが発生し、製鉄所側が出張して在庫品を超音波探傷した結果、ほとんどが不良となりました。

欠陥のないものと取換えることで商取引は一応結着したのですが、技術的問題は解決していません。どうして再検査の結果不良になつたのか、私は抜取検査のためかと思いましたが、メーカー側は全数検査しているといいます。そして、JISの定める50%の感度の検査では疵は検出されなかつたので良品として出荷した、再検査では感度を上げて検査したので疵が検出されたのであるというのです。こんなおかしな理屈が通用するでしょうか。これでは疵がたとえ存在してもJISに定める検査法で検出されねば疵は存在しないので、たまたま運悪くどこかでクレームがついたら、その分だけ弁償するほうが、疵を発生しなくなる造塊法や圧延技術の研究をするより安上りであると考えているとしか思われません。戦後の技術者は技術者の良心を失つたのでしょうか。我々は戦争中、何とかして白点を防止しようと懸命の努力をしました。非破壊検査技術が発達していかつたため、一々破壊検査して、砲身材を多数オシャカにしました。今は非破壊検査法が大いに発達して、超音波を利用すれば大形の鋼材でも容易に探傷ができます。(学生にもそう教え、非破壊検査は機械工学実験の一題目としているのです)。それなのに、標準検査法で見付かりさえしなかつたらそれでよいとか、疵のある部分は切取つて使える用途もあるから、そんな向きには疵が少々あつてもよいのだとか、これが若い技術者の見解とは何と技術者も堕落したものだと情なくなります。Iron and SteelやMetal Progressがこの30年間にいくらあつたとしても、このような根本的な命題を放置したままで、末梢的な方面のみの進歩を計つたのでは本末転倒も極まれりといわねばならず、21世紀に向けての日本の鉄鋼技術は何ともお寒い限りではありませんか。

幸い一部の製鉄所で、大形鋼材の内部欠陥をなくす基礎研究が色々なされていることは喜ばしいことです。(塑性加工連合講演会など)。日本の全製鉄会社がこぞつてこの問題の解決にあたつて下さるなら、近い将来この問題で私が憂うことではなくなるでしょう。そうして安心してIron and SteelやMetal Progressを読むことのできる日が再び来ることでしょう。