

私の圧延技術開発史

鎌田 正 誠

NKK総合材料技術研究所

月日の経つのは速いもので、私が鉄鋼会社へ入社してから三十年近くの刻がたってしまった。その間研究所と圧延現場を往復しながら一貫して圧延プロセスに関する技術開発を担当して来たが、本号は圧延特集号ということでもあるので、私の経験を少しお話しし、春秋に富む若い方々の参考になればうれしいと思っている。

駆け出し時代(Beginner's Luckに恵まれての出発)

私が本格的に圧延技術の開発に取り組んだのは、昭和41年頃からであった。当時NKKでは、福山製鉄所の第一期建設工事が終わり、第一熱延工場、第一冷延工場等が立ち上がったばかりで、活気が溢れ、全員が前向きの気持ちで張り切っていたように思う。そんな訳で第一冷延工場が立ち上がった早々だったが、皆の関心事は、もう次に予定されている第二冷延ミルの事に移っていた。

その頃は、技術開発に関してもいい加減なところがあり、大層な開発会議なんかで決めるのではなく、熱意のある人を中心として“わいがや的”雰囲気の中から、自然発生的に方向付けがなされるという良く言えば、ダイナミック、悪い見方をすれば原始的であった。当時の冷延工場長（元圧理部会会長 岡本照三氏）が技術開発に熱心な方であり、氏を囲んで若い衆が集まり、技術放談会がよく行なわれたものである。

色々な話題が出ては消え、消えては出る中で段々とコイルT・B部の通板、尻抜き作業のない完全連続ミル構想が浮上し、本気で開発に取り組むことになった。

当時集まった面々は皆二十代後半の恐れを知らぬ攻撃的で野心満々の連中であり、彼らにかかる不可能に見えた事も、たちどころにバラ色の楼閣になってしまうのが常であったが、その実、確固たる技術的なバックボーンがある訳でもなく、あやふやなのだから始末が悪い。私もこのunfant terrible集団の一員であり、若気の至りとはいえ奇想天外な夢をよく語らせてもらったものである。

最初は冗談めいた話題だった完全連続ミルを本気でやることになり、私が担当したのは、圧延機を停めることなく製品板厚を自在に変更する「走間板厚変更技術」であった。今でこそ走間板厚変更などは圧延技術者の常識となっているが、当時の冷延技術は圧延を安定して実行し、目標板厚に制御することが最大の課題であり、圧延中にステップ的に板厚変更する技術などは、頭から出来ないとい極め付けられていた。ところが私ときたら二十代の若僧であり、圧延

現場の恐さを知らない半素人であるくせに、鈴木弘先生（現東大名誉教授）の御指導で、タンデムミルのパススケジューリングや圧延の静特性、動特性等の計算手法を開発していた関係から、これらの理論的武器を使えばタンデムミルのことなら何でも解決出来ることの変な自信家でもあったため、後のことも考えず、“走間板厚変更”については私にお任せくださいなどと大見栄を切ったものである。

走間板厚変更技術は、当時開発していた動特性シミュレーションモデルを用いて検討したが、その間実験で何十回も圧延機を壊したものである。と言ってもこれは思考実験の中でのことであり、シミュレーション計算上では何でも出来るので、気楽に板破断を発生させては、又別のアイデアをトライするということを繰り返し、鈴木先生の御指導のもと、走間板厚変更技術を完成させた。出来上がってみると口で説明すると2～3分で終わる位の非常に簡単な方式となってしまう、余りにも重みがないので「Simple is best.」などと言い訳をしたものである。

昭和46年5月福山製鉄所第二冷延工場において世界で初めて完全連続冷延ミルが完成した。私が手掛けた走間板厚変更技術も、試圧一本目からバッチリ成功し私自身、若干天狗になったものである。そして完全連続ミルプロジェクト全体としても担当者一同があっけにとられる程、スムーズに立ち上がり、その後大河内賞のグランプリを受賞した。

そのような経過でプロジェクト自体は、大成功であったが、私自身としては3つの誤算があった。

第1は、私自身が福山へ転勤になってしまったことであ



写真 私の初仕事である完全連続ミル（圧延機の囲りからオペレーターを一掃した：NKK福山2 TCM）

る。NKKとしても全く新しいプロジェクトであったため、トラブルが発生したときの備えとして、開発に関係した者を皆福山へ集めて万全を期す構えをとったため、花の東京で青春を謳歌することを夢見ていた私もあえなく都落ちの運命となってしまった。以後、約10年間福山の現場で過ごすことになるとは、その時予想だにできなかった。

第2は、私の担当した走間板厚変更技術が余りにもスムーズに立ち上がったので、開発段階での苦勞がサッパリ評価されず、圧延機入側に熱延コイルを継ぐ、溶接機さえつければ完全連続ミルが出来るという人さえ現れる始末であった。板厚変更時に派手に板破断を繰り返し、圧延機を何度か壊し、種々の試行錯誤を経て技術を完成させたら良かったなど冗談を言ったものである。

第3は、この成功で私自身天狗になり何でも出来ると過信し、次の開発プロジェクトで苦い目に遭うことになるが、それについては後述する。

今日では冷延ミルは完全連続式が本流として定着したが、この成功の裏にはNeedsの適確な把握があったと思う。冷延での通板、尻抜き作業が諸悪の根元とみなし、これ無くすことが冷延作業を根本的に改革することにつながるの正確な状況認識が成功のkeyになったと思う。

Needs把握が不十分で大失敗をしてしまったこと

次に私が挑戦したのがホットストリップミルの計算制御システムである。板厚制御、板巾制御、巻取り温度制御などを開発したが、一番、手古摺ったのが仕上圧延機の板厚制御であった。板厚変更1本目のコイルのトップ部の板厚精度を $\pm 100\mu\text{m}$ に入れることを目標としたが、これがなかなか達成出来ないのである。オペレーターの経験に基づいた彼ら独自のあやしげな圧下、速度設定表で圧延する方が板厚精度が良い場合があるのには参ってしまった。

材料温度を予測し、材料の変形抵抗、圧延荷重を計算し、ゲージメーター式を用いてロールギャップを計算するという手数のかかった理論的な方式よりも、オペレーターのやりかたの方が結果が良いというのだから、改めて日本のオペレーターの優秀さを認識させられた。

感心ばかりしている訳にはいかないので色々工夫を試みたが、なかなかうまく行かない。良く考えてみるとこれは難しい問題なのである。板厚精度はゲージメーター式と圧延荷重予測値によって決まるが、板厚精度を $\pm 100\mu\text{m}$ に入れるためには、例えばゲージメーター式を $\pm 50\mu\text{m}$ 以内にメンテナンスすると荷重予測は大略 $\pm 3\%$ の精度に入っていないといけない。Bar to Barの学習を行ってもこれはなかなか困難であり、根本的には正確な圧延荷重予測式が必要となる。研究所の方へ色々お願いしてもさっぱり明確な答えが返って来ないので、私も段々腹が立って来て圧延荷重予測精度がどんなに悪くても、材料トップから目標板厚を実現する技術を自前で開発することにした。我々グループ内で色々ディスカッションしているとき、私の直弟子の谷

本君(現NKKコンピューターシステム技術部長)が今は絶版となっている誠文堂新光社の“圧延理論とその応用”の中の板厚制御の記事を見つけて来た(369P)。それにはロックオン制御は可だが、各スタンドの板厚目標値に板厚の絶対値を設定する絶対値AGCは無意味と記してあった。その理由として、ゲージメーター式は真の板厚を表していないから精度が出ないなどと書いてあったが、これは随分おかしい話であり、計算機制御の中ではゲージメーター式に基づいてロールギャップ設定を行っており、これを否定することは計算機制御の基本を否定することになる。ゲージメーター式のメンテナンスはシステムの中で十分行っているのであるから、ゲージメーターAGCの基準板厚に板厚絶対値を設定することにより、各スタンドに板のトップ部が噛込んだ瞬間から目標板厚に向かって制御が行われるはずである。そして我々が狙っている、圧延荷重予測精度がどんなに悪くても目標板厚が確保できる制御が可能となる、との結論となった(勿論荷重誤差が大きいときには、ロールギャップ稼働量も大きくなり目標板厚へ整定する迄の長さは長くなる)。早速実機へ制御logicを組み込み試圧を行ったところ、材料トップ部から絶対値AGCが働き、板厚精度が格段に上がり、小躍りして喜んだものである。

我々が絶対値AGCを実機化しようとしていたS48~49年頃は未だ誠文堂新光社の本に書いてあるような事が常識であり、仕上スタンドの各スタンドにコイルトップ部が噛込んだ瞬間から積極的にロールギャップを動かすことについては、HOT関係者を随分怖がらせたものである。

しかし、いろいろ苦勞したこの新しい試みも、最終的には、熱延関係者の支持を得られず失敗に帰してしまった。これには二つの原因があった。

第1は、我々がトライした福山2HOTのミルは電動圧下であり、圧下速度が遅く、オフゲージ長さが格段に短くはならなかったこと、そしてもう一つの理由は、板厚制御の高精度化はホットストリップミルの操業の本当のNeedsに適合していなかったことである。最近でこそ、計算重量売りなどの引き合いがあるが、当時は、ホットコイルは重量売りが主体であり、又大半の製品は冷延素材となるので板厚の絶対値は余り重要でなく、操業する側にとっては、絞り込みのような異常圧延をなくし、安定圧延が継続することが第1の課題であり、表面的には、板厚精度向上を口にはしているが、危険をおかしても、板厚精度を確保する程の切実感がなかったことである。

このような経過で、折角苦勞して開発した技術がお蔵入りしてしまい本当にがっかりした。技術開発に当たっては表面の言動にまどわされず、本当のNeedsを把握することが大切だということを身にしみて教えられたプロジェクトであった。

しかし“捨てる神あれば、拾う神あり”とのことわざ通り、絶対値AGCの技術は、S51年扇島に建設された厚板ミ

ルに正式に採用された。御承知のように厚板圧延においては、板巾、板厚を確保した上で、伸び長さを長くすることが歩留まりに直結するので絶対値AGCの考えがスムーズに受け入れられ、板厚精度のバラツキとして $\sigma=70\mu\text{m}$ 、という当時としては最高レベルの板厚精度を実現した。厚板圧延では、その他、巾制御、平面形状制御(Dog bone圧延)OLAC制御システムなどの開発のお手伝いをさせてもらった。

「待て、而して希望せよ！」(アレクサンドル・デュマ著「モンテクリスト伯」より)

技術開発においては、待つことも必要である。思いつきや、アイデアを自分自身の中で暖めていれば、運が良ければ日の目を見る時期が来ることもある。

最も印象に残っているのは、形鋼圧延機のスタンド間張力制御技術である。形鋼や、パイプ圧延のように、圧延材の剛性が強いものについては、板圧延のようなスタンド間張力計による張力制御は困難であり、スタンドをタンデム化したときの張力制御については、工夫が必要となる。S43~44年頃、完全連続ミルの走間板厚変更技術について研究していた頃、ふとしたことから圧延荷重とトルクを測定することにより、スタンド間張力を演算し制御出来ることを思いつき特許のみを申請しておいた。私自身、その後ずっと板圧延分野の開発を担当しており、このアイデアはお蔵入りの状態が長い間続いていた。

S48年頃、福山製鉄所の2大形工場の能力拡大工事の一環としてユニバーサル圧延機を一基増設しミル配列をU、E配列からU、E、U配列に改造する計画が持ち上がった(工事完工:S50年)。U、E、U配列となると強力なユニバーサル二基で材料がタンデム圧延されるので、精密な張力制御が必要となる。この設備工事の制御開発を私の二番弟子の倉石君(現NKK京浜製鉄所プロセス制御部長)と組んですることになり、4~5年暖めて来た構想を実現する機会が巡って来た。実はユニバーサルのタンデム化についてはS47年、新日鉄の君津製鉄所でユニバーサルミル7基、エッジミル4基をタンデム配列するという雄大なラインがすでに完成しており、我々のU、E、U配列のミル構想はいかにもNKKらしく小じんまりした工事であった。君津のミルのスタンド間張力制御は、従来から行われて来たモーター電流一定方式を改善したものであり、実際の圧延機を運転するには十分な制御精度を持っていることは推察さ

れたが、私としては君津と同じことをやるのは一寸しゃくに障るので、圧延荷重とトルクを測定し、スタンド間張力を演算するという、かねてからの構想を社内でPRし、関係者のコンセンサスを得ることに成功した。

2大形工場の電機の改造工事は日立さんが担当することになったが、制御を担当する大みか工場の方々に君津方式はとらず、圧延トルク、圧延荷重から張力を演算する方式でいくことを話したところ、すぐ賛同して下さり、両者で共同開発を行うことになった。私はかねがね日立の良いところは新しい試みに対して、積極的に対応してくれることだと思っていたが、此の件についてもその通りであった。このプロジェクトは、日立さんの献身的な努力により成功し後に日立、NKKの共同開発として機械振興協会賞(S51年)を受賞した。

その他、加熱炉計算機制御システム、形鋼最適鋳断システム、CAL計算機制御システム又、その頃力を入れていた省エネルギー技術(電力デマンド制御、etc)等の色々な開発を担当させてもらい幸運であったと思う。

能力がなくても成功する技術開発必勝法

色々なプロジェクトに従事してきたが、私がいつも注意してきたのは、先達の業績の活用である。

私流のやり方は自分の当面しているテーマについて過去に他の人がどんなことをやって来ているか、そして何が不足しているかを分析し先達の業績を最大限に活用させていただき、本当に自分で考えなければならない部分だけに集中するというものである。

私自身が天才ならば一から十迄全部自分で考えることも可能だろうが、限られた能力と時間の中で、最大限のOutputを出すためには、過去の成果をいかに活用するかがKeyとなると思う。

そんな意味で住金の美坂さん(現常務)の論文等によく参考にさせていただいたものである。此のやり方であれば、過去の優れた方々の成果の上に乗って、自分の考えを+ α すれば良いので、相当出来の悪い人種(私のような?)でもそこそこの開発成果を得ることが出来るのである。

少し長くなったが、若い人々の今後の健闘を祈りながら筆をおくことにする。

「圧延技術には、まだまだ宝が埋もれている。それを掘り出すのはあなた！」