



躍動

若手研究者・技術者の取り組みと将来の夢

材料開発を通して学び、感じること

平川直樹

Naoki Hirakawa

日新製鋼（株）技術研究所
ステンレス・高合金研究部
材料第一研究チーム 研究員

1 はじめに

筆者が所属するステンレス・高合金研究部では、「お客様中心主義」という日新製鋼の基本理念の下、社会の発展に貢献できる材料を開発すべく、強度・延性、耐食や耐熱などの特性に優れたステンレス鋼の研究開発に日々取り組んでいる。ひとくちに研究開発と言っても、基礎的な内容のものから、開発色の濃いものまで様々である。製造業の研究部門としては、基礎研究を通して得た知見を如何に「もの造り（生産）」に活かし、実用化に結びつけることができるかが非常に重要である。筆者は、入社以来、高強度ステンレス鋼の開発に従事しており、これまでの研究開発の一端を紹介するとともに、研究開発への思い、考えを述べたいと思う。

2 DPステンレス鋼の曲げ加工性改善検討

強度－延性バランスに優れた高強度鋼として、Dual Phase 鋼（以下、DP 鋼）がある。軟質なフェライト相と硬質なマルテンサイト相の複相組織によって、高強度でありながら適度な加工性を併せ持つ優れた材料である。日新製鋼は世界に先駆けて DP ステンレス鋼^{1,2)}の開発・実用化に成功し、市場から高い評価を得て、様々な分野・用途で使用して頂いている。ここでは、DP ステンレス鋼の曲げ加工性の改善に取り組んだ研究事例を紹介する。

DP ステンレス鋼（主成分 16.5%Cr-2%Ni-0.06%C）の断面組織写真の一例を図 1 に示す。圧延方向に沿ってフェライト相（白色部）とマルテンサイト相（灰色部）が交互に配列した層状組織を呈し、約 400HV の硬さと 10% 前後の伸びを有する。DP ステンレス鋼は、所定の板厚に圧延された後、（フェライト＋オーステナイト）二相域に加熱され、その後の冷却過程でオーステナイト相はマルテンサイト相に変態し（フェライ

ト＋マルテンサイト）二相組織となる。加熱された際、圧延方向に潰され伸長したフェライト粒界を主としてオーステナイト相が核生成するため、冷却後には層状組織が形成される。ここで、圧延方向に対して曲げ稜線が直角および平行となるよう採取した試験片を曲げ加工（90° V 曲げ、先端 R：0.2mm）した写真を図 2 に示す。曲げ稜線が圧延方向に対して平行な曲げ試験片では割れが発生した。図 3 は、曲げ先端 R が 1.0mm および 0.8mm の曲げ治具を用いて、曲げ稜線が圧延方向に対して平行な曲げ加工（90° V 曲げ）を施した試

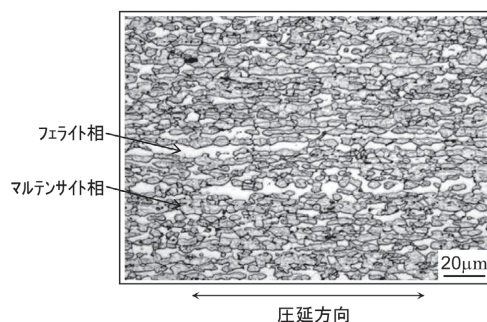


図 1 DP ステンレス鋼の断面組織
（白色部：フェライト相、灰色部：マルテンサイト相）

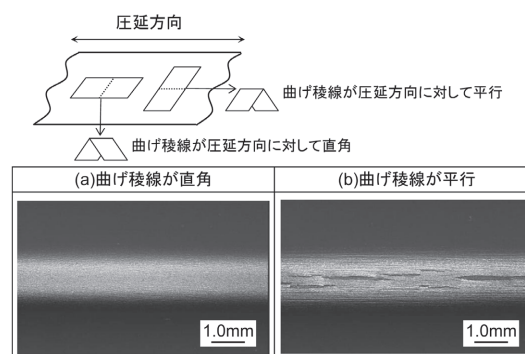


図 2 曲げ試験（90° V 曲げ、曲げ先端 R：0.2mm）を施した試験片外観

験片の断面写真である。なお、曲げ先端Rが小さいほど試験片表層部に発生する引張りひずみは大きくなる。1.0R曲げ試験片の表層部ではマルテンサイト相に比べてフェライト相が大きく変形しており(図3 (b))、0.8R曲げ試験片ではフェライト相が大きく変形した箇所を起点に割れが発生する(図3 (c))。フェライト相とマルテンサイト相が圧延方向に沿って交互に配列するため、圧延方向に対する直角方向への応力負荷によって軟質なフェライト相に引張りひずみが集中し、曲げ加工割れに至りやすい。フェライト相への応力集中を軽減するため、2相間の強度差に着眼して研究を進めた結果、500℃前後での短時間熱処理が2相間の強度差低減に有効であることを見出した。表1は、500℃×0sの熱処理前後におけるフェライト、マルテンサイト各相のナノインデンテーション硬度測定結果を示す。熱処理を施すことで、2相間の硬度差が縮小することが確認された。各相の硬度変化については、フェライト相では固溶Cによるコットレル雰囲気形成、いわゆる「ひずみ時効」による上昇、マルテンサイト相は焼戻しによる軟化と考えられる。図4は、熱処理後の試験片に対して曲げ稜線が圧延方向に対して平行となるよう曲げ試験(90°V曲げ、曲げ先端R:0.2mm)を施した試験片外観を示す。試験片に割れは認められず、500℃×0sの熱処理によって曲げ加工性が大きく向上した。これは、2相間の硬度差縮小に

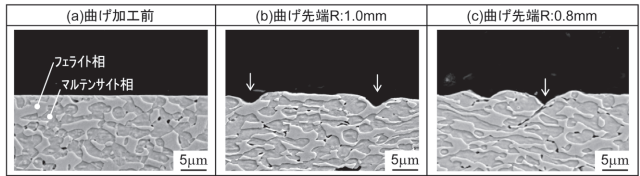


図3 曲げ稜線が圧延方向に対して平行な曲げ試験(90°V曲げ、曲げ先端R:1.0mm, 0.8mm)を施した試験片表層部の断面組織

表1 熱処理前後のフェライト相とマルテンサイト相におけるナノインデンテーション硬度測定結果(熱処理条件:500℃×0s)

	熱処理前 (GPa)	熱処理後 (GPa)
フェライト相	2.5	3.1
マルテンサイト相	6.2	5.7

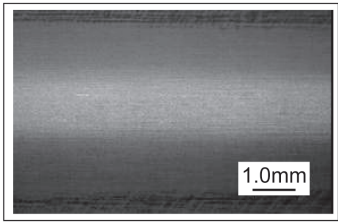


図4 曲げ稜線が圧延方向と平行な曲げ試験(90°V曲げ、曲げ先端R:0.2mm)を施した試験片外観(熱処理条件:500℃×0s)

よって軟質なフェライト相への応力集中が軽減されたこと、それに加えてマルテンサイト相の焼戻しや残留応力の解放など複数要因の相乗効果によるものと考えられる³⁾。

3 材料開発を通して

「研究者とは?」、常に自身に問いかけている。2章で紹介させて頂いた研究開発例について言えば、例えば合金設計や製造条件を工夫し層状組織を如何に解消できるか、抜本的解決案を捻出することこそ研究者として本来取り組むべき課題であろうと思う。一方、「もの造り(生産)」という観点では、500℃での熱処理プロセスは製造条件や設備面から比較的制御しやすく、工業生産において有効な手段と言える。製造業に身を置く研究者として、実ラインで簡略かつ速やかに実施できる手段や材料、これを提案することも大切な役目であり、社会の発展やお客様に貢献できる材料開発に他ならないと考えている。しかし、日新製鋼の材料に限定される解決策ではなく、DP鋼全体かつ普遍的に通用する技術の確立、この基本思想を研究者として忘れてはならないと考えている。

また、特に最近感じることで現場を観ること、その大切さを痛感する。実験を進める上で分岐点に立った時、蓄積された知識と経験、ならびに実験データが次に進むべき道標となる。意思決定の根拠となる実験データについて、得られる数値は変わらずとも、その場で五感をもって実感することで納得度が全く異なる。仮説を立てるにせよ、より確かな事実と情報が正しい解釈と判断に繋がる。日新製鋼研究部では、サンプル造りから実際の実験に至るまで基本的に一から自分で実施する。企業の研究部門として、このような研究開発スタイルは少ないらしく、同業他社や大学関係者の皆様から驚かれることは珍しくない。ほぼ全てを研究者自ら実施するため非効率という側面もないわけではないが、一貫して直に手に取り観察したからこそその気付き、そこに非効率を補うだけの価値があると実感している。今後も、現場主義を基本軸においた研究者でありたいと思う。

まだまだ未熟ではありますが、多くの経験と知識を積み重ね、新商品・新技術の開発を通して社会に貢献できる人材となれるよう日々精進して参りたいと考えております。

参考文献

- 1) 宮楠克久, 藤本廣, 田中照夫: 日新製鋼技報, 60 (1989), 115.
- 2) 藤本廣, 井川孝, 宮楠克久: 日新製鋼技報, 74 (1996), 77.
- 3) 平川直樹, 藤本廣, 鈴木聡: 日新製鋼技報, 90 (2009), 1.

(2012年4月13日受付)

先輩研究者・技術者からのエール

九州大学 大学院工学研究院 材料工学部門 教授

高木 節雄

今回、「躍動」に寄稿した平川直樹氏は、平成16年4月から3年間、私の研究室で研究をともにした学生でもあり、先輩研究者というより学生時代の指導者としてエールを送りたい。私の研究室のテーマが鉄鋼材料なので、平川氏も例にもれず平成19年3月に修士課程を修了した後は、現在在籍している日新製鋼(株)に就職した。研究室に配属されるまでは、私がそうであったように、ほとんどの学生は卒業認定に必要な単位を取得するための勉強をしている。彼もその典型的な学生であったように記憶しているが、修士課程に進学して“社会に出て必要な武器として勉強が必要なこと”を自覚してからは、自ら積極的に勉学・研究に取り組むようになった。私の研究室では、“知らないことと分からないことを混同するな”をモットーに学生の教育・指導を行っているが、彼の修士論文では、少なくとも知らないことと分からないことの混同はなかった。今回、「材料開発を通して学び、感じること」を読ませてもらって、企業の研究者として彼が一回りも二回りも大きく成長していることを実感した。大学では、製造プロセスや経済性といった制限がないので、最適の特性を追求するための研究を行うのが常であるが、企業で

は、製造設備等の制約があるために与えられた条件下でのづくりをやらねばならない。そのためには、現場を直接自分の目で見える“現場主義”が重要である。しかし一方では、現場で造り易いものが常にお客様の望む商品とも限らないので、お客様のニーズを知る“お客様中心主義”という気持ちも大切である。この考え方は、企業人であれば当然のことであるが、営業部門からかけ離れた研究畑にいる研究者にとってはつい忘れがちになる。企業での研究に限らず大学においても研究の目的を明確にしておくことが重要であるが、企業における材料開発では、様々な要因を考慮に入れて目標設定をしなければならないので、研究者にはより優れたバランス感覚が要求される。彼は学生時代からそうしたセンスを持ち合わせており、材料開発事例として彼が報告しているDPステンレス鋼の研究では、基本的な実験計画を自ら立案し、自力で問題を解決した自信のようなものさを感じさせられる。入社して5年間で立派な企業研究者に育ってくれたことを、元指導者として大変誇らしく思うと同時に、これからの益々の活躍を期待したい。

新日鐵住金ステンレス(株) 研究センター リサーチ・フェロー

梶村 治彦

若手研究者の自分の研究にかける思いに対して、他所属の先輩研究者からエールを贈るという「躍動」の趣旨は非常に面白いと思っております。自分とは所属組織が異なる人、つまり同じ釜の飯を食ってない先輩からの言葉は、広い観点からの意見としてこれから活躍していく若い研究者にとっては大いに意味のあるものと考え、お引き受けした次第です。

平川さんは入社6年目の年を迎えられた若い研究者です。今回、今までの研究開発の一端を紹介していただきました。現場適用が最短で出来る解決策を緻密な実験観察を通じて見出されています。平川さんはサンプル造りから実験のすべてを自分で実行されているとのこと。大学の研究では当たり前のことが、企業内研究においては効率化という名のもとにおろそかになる傾向があります。現物をきちんと観て考えることができるという意味で、非常に良い環境で研究されています。

セレンディビティーという言葉があります。実験はある目的を持って行う訳ですが、その中で思いがけなく新しい発見をする、そうした発見をする能力のことです。実験過程のなかで、大きい、小さいに関わらずデータが思っていたのと

ちょっと違うなということがあると思います。この変だな、おかしいなという気づきは、現象をしっかりと観察することから生まれます。データをとことんまで大事にし、失敗を失敗として片付けしないで、注意深く観て考える過程を通じて新しい発見が得られます。さらにこうした発見をするには、旺盛な好奇心、探求心、認知力や深い洞察力が不可欠です。是非、観ることによりこれらを養って欲しいと思います。

また一方で、問題解決したらそれだけで終わりがちですが、現象やその特性を一般化していく意識が重要だと思います。紹介された研究例は第2相の分布やマトリックスとの硬度差と割れの関係などという特性の一般化までは行っていないようですが、「DP鋼全体かつ普遍的に通用する技術の確立、この基本思想を研究者として忘れてはならない」という記述があり、意識されていることが伺えます。単なる改善から一歩進んで問題点や解決策を一般化することにより次に開発する材料の基準となる知見が得られるはずです。

若い研究者には、柔軟な発想で新しい実験にも果敢に挑戦し、現象をきちんと観て、その結果を一般化する意識を持ちながら、新しい材料開発に邁進して頂きたいと思います。