

NRIM NEWS



科学技術庁 金属材料技術研究所

National Research Institute for Metals

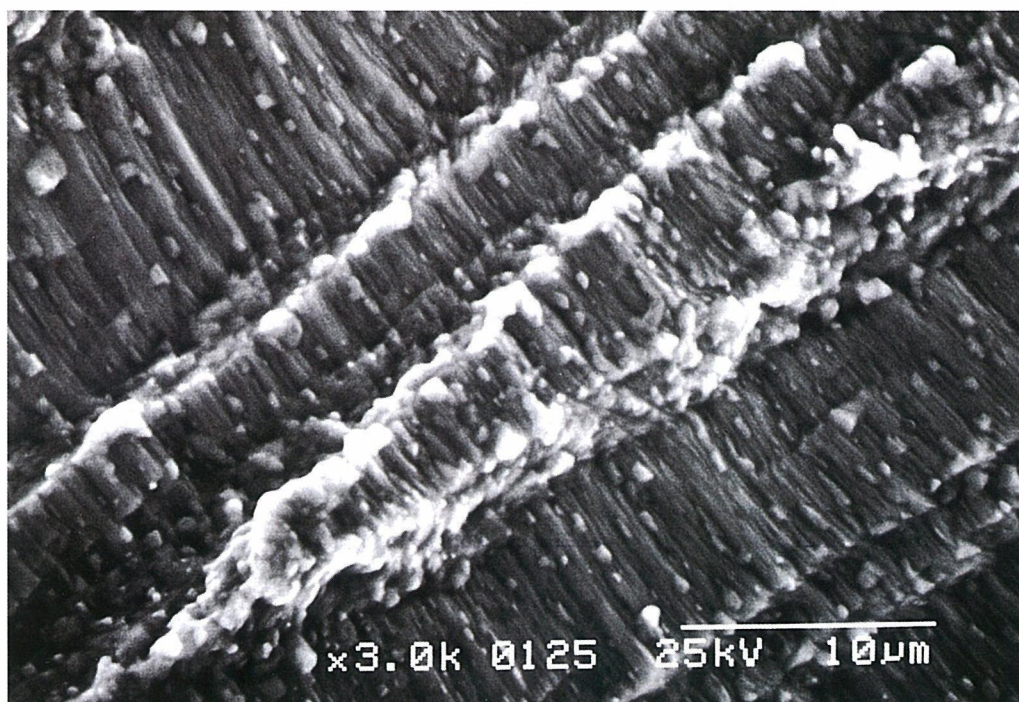


特集 “事故を解明する技術”

- 金属材料技術研究所における事故解析
- 阪神・淡路大震災の調査に参加して
- 「もんじゅ」ナトリウム漏洩事故の調査に参加して
- 「ナホトカ号」折損沈没事故調査に参加して

研究最先端

- 世界初の第3世代Ni基一方向凝固合金
- 溶接部近傍の熱履歴予測のための熔融池内の熱分布の解明
- 負イオンで2次元的に並べたナノ球結晶



7

1998 JULY

事故を解明する技術

金属材料技術研究所における 事故解析



力学機構研究部

入江 宏定

金属材料技術研究所は、これまで多くの事故調査委員会に参加し、あるいは調査機関からの依頼を受けて事故原因調査に協力してきました。非常に大きな事故では日航ジャンボ機の墜落事故ですが、最近5年間でも阪神・淡路大震災、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」でのナトリウム漏洩事故、ロシアタンカー「ナホトカ号」沈没事故のようにマスコミに大々的に報道された事故だけでなく、公的機関からの調査依頼を受けた事故についても、材料破損個所の破損形態や破損原因を調べてきました。今回のニュースで取り上げた記事は、最近の事故調査に従事した研究者が、各人の印象に基づき調査内容を記述したものです。公式の事故原因解析結果そのものは、各調査委員会がさまざまな角度から議論・検討した報告書を公表していますので、そちらを読んでもいただきたいと思います。

金属材料技術研究所における事故調査は、金属材料に関する唯一の国立研究所として、破損・破壊箇所の材料面からの調査です。事故原因の「物証」にあたる部分の調査を担当します。通常調査は依頼を受けた

段階でチームを組み、可能性・方法検討からはじめます。調査の進行に従い疑問点は増えますから、調査メンバー数は増えていきます。事故原因調査は、研究と異なり短期決戦のため、調査チームの「和」によるスムーズな調査が大切です。「もんじゅ」事故では、破損温度計さやの疲労破壊、材質、溶接部の健全性、漏洩ナトリウムによるダクト、グレーティング、床ライナーの破損及び周囲存在した反応残留物の化学分析など多岐にわたり、最終的に30名の研究者と多くの管理部職員が協力して調査にあたりました。

国内には多くの機関で、多くの優秀な専門研究者がいますが、迅速にチームを組み、分析現場で討論を行いながら迅速に調査を進めていくためには、同一機関内に多くの専門分野の研究者がいる国立研究所は強力な武器であろうと思われます。特にこの調査では、日頃個人的な研究の多い研究者が、貴重な時間を割いて調査に積極的に協力し、短期間で調査結果を提出できたことを組織として自画自賛しております。調査の中で実感したこととして、近年の計測機器の開発により分析が精密かつ迅速にできるようになったこと、分析・解析には日常の研究の中で体得・蓄積している研究者の「カン」、つまり知的財産が大きくものを言う、という点を強調しておきたい。

今後、単に事故解析のためだけでなく、構造物の安全性・信頼性の確保のために、より精密な損傷原因及び現象の解析技術開発と知識の蓄積を推進して行きたいと考えています。



写真 協力して解析を進める調査チーム

事故を解明する技術

阪神・淡路大震災の調査に参加して

—自然の驚異に曝された巨大鋼構造物—



評価ステーション
松岡 三郎

1995年1月17日午前5時46分、一般に阪神・淡路大震災と呼ばれている兵庫県南部地震が発生しました。被害を調査するために、1月18日に防災科学技術研究所の現地調査隊に参加するようとの命令を受けました。防災技研は地震被害を調査し、報告書を作成しておりますが、金材技研は初めての経験でした。今になって調査隊に選ばれた理由を推測してみますと、航空機等の事故調査を手掛けていたこと、毎日サッカーで鍛えていたことの2点が大きかったと思っております。あとの点は現地に行って実感しました。交通網が壊滅していたため、3日間徒歩で調査し、くたくたになったことを憶えています。

1月19日は旅行日で、新幹線と在来線乗り継ぎ、新大阪駅近くのホテルに到着しました。ホテルの壁にはX字の剪断亀裂が入っており、少し不安を感じました。1月20～21日は船で大阪港から六甲アイランドとポートアイランドに行き、両アイ



図1 高速道路の鋼製橋脚で発生した提灯座屈。橋脚の直径は約2mである。

ランドに加え、三宮と長田町付近を調査しました。1月22日には西宮の北にある山陽新幹線の被害現場に行きました。初日に、六甲アイランドで押し潰されたように壊れている巨大コンテナクレーンを見た時にはショックを受けました。

事前に、高層ビル、橋梁、高速道路等の巨大鋼構造物の被害調査を何となく考えていましたが、これで方針が固まりました。

典型的な被害の例を図1と2に示します。図1と同様な座屈が鉄筋コンクリート性橋脚で発生し、高速道路が倒壊したことが注目

されていたことから、記者会見で鋼製橋脚でも発生していたことを指摘すると、大騒ぎになり、次の日の朝刊（1月26日付）に載りました。しかし、これより深刻な被害は図2です。鋼は粘り強いいため、変形を伴わない破壊すなわち「脆性破壊」をすることはほとんどありません。ところが、後日の調査により、図3の示すような「劈開割れ」の特徴が破面を走査型電子顕微鏡により観察され、脆性破壊が生じていたことが確認されました。現在、各方面でこの謎を

解く研究が進められおり、金材技研も一員として参加しております。

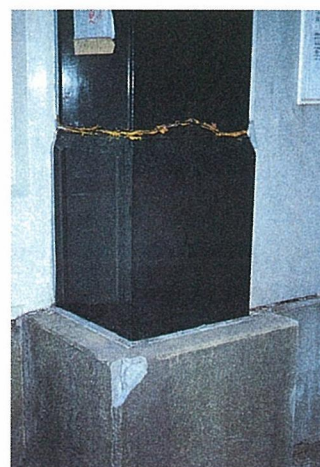


図2 高層住宅の鋼製主柱で発生したぜい性破壊。主柱は一辺40cm、厚さ4cmの箱形である。

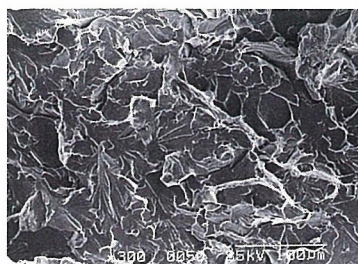


図3 図2のぜい性破壊を特徴づける劈開割れ破面様相。走査型電子顕微鏡で観察。

事故を解明する技術

「もんじゅ」ナトリウム漏洩事故に参加して



評価ステーション
山口 弘二

平成7年12月8日に起こった高速増殖炉「もんじゅ」のナトリウム漏洩事故は、大きな社会問題となりました。科学技術庁に設置された事故調査タスクフォースは、年明け早々、2次冷却系の温度計鞘管の破損によって漏洩したことを突き止めた後、破面解析等の調査を日本原子力研究所と当研究所に委託してきました。

現場における2次冷却系からの温度計鞘管部の切り出し、日本原研におけるプラバック内での破損部の切り出し、洗浄などにも金材技研から多くの専門官が立ちあいました。写真1は、プラバックの外からの切断作業の様子を示したもので、報道関係者にも常に公開されながらの作業でした。そして、2月16日に破損部が金材技研に持ち込まれ、土日返上で破面観察などが進められました。破面の様相、破損の原因など時間をおかず新聞社などへ発表するため、この時ほど忙しかったことはかつて経

験がありませんでした。

鞘管破損部は幸いにも傷や腐食があまりなく破面全体がよく観察できました。図は、鞘管破損部の破面解析の結果を模式的に描いたもので、以下のように解釈できます。

- 1) き裂の発生は円周部に複数個ある、
- 2) それらが合体した主き裂は、非常に遅い伝ば速度で成長し、破面の大部分を占める。その破面の特徴は、組織依存型と結晶依存型の破面が混在する領域である、
- 3) 疲労破面特有のストライエーション模様は、最終破断のデインプル領域直前の狭い領域にのみ現れる。

金材技研では疲労データシートなどにおいて、オーステナイトステンレス鋼の高サイクル疲労やき裂伝ば速度試験などを行っていたため、このような経験が破面解析に参考となりました。

写真2は、SUS304鋼の疲労き裂伝ば試験で、き裂伝ば速度が約 2×10^{-9} m/cycleのところ

の疲労破面の写真です。黒く平坦にみえる結晶依存型破面と白く筋状にみえる組織依存型破面が混在している様子がよくわかり、「もんじゅ」温度計鞘管の破損部の特徴と非常によく似ていました。

材料データの蓄積が役立ち、データシートに関する研究などは、今後とも地道に継続していくことが重要なことと痛感した次第です。



写真1 切断前の温度計鞘管破損部とプラバックの外からの切断作業

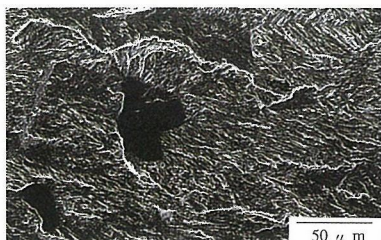


写真1 組織・結晶依存型破面領域の写真

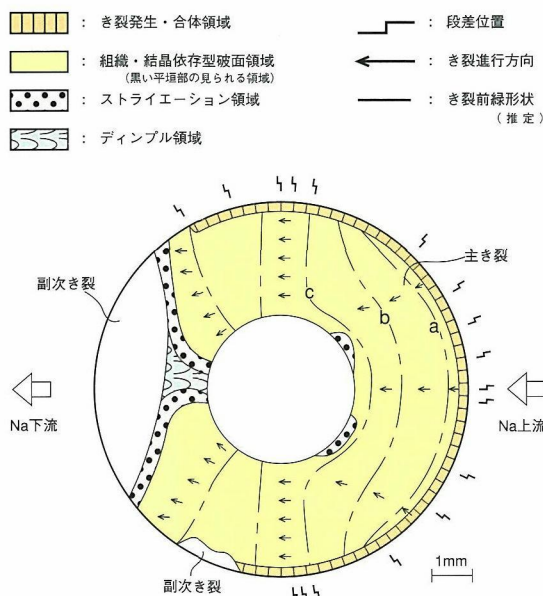


図 温度計鞘管破損破面の模式図

事故を解明する技術

「ナホトカ号」折損沈没事故 調査に参加して



評価ステーション
大村 孝仁

平成9年1月2日に発生したロシア船籍タンカー「ナホトカ号」の沈没事故は、流出した重油によって日本海沿岸に深刻な海洋汚染をもたらしました。この事故調査は、事故調査委員会を中心に進められ、当研究所も運輸省船舶技術研究所と協力して材料面の調査に協力することになりました。

同年6月6日、船舶技術研究所で、船首部の残存破断部に初めて対面しました。図1は、破断部外観写真です。長年使用され、腐食により薄くなったとはいえ約10mm厚の鋼板が激しく湾曲していたり、2次き裂が発生していた箇所がいくつも観られました。また、船首部は長期間海水中に浸かっていたため錆が付着し、これが調査の大きな妨げとなりました。そこで、特殊な溶液によって錆取り処理を施した破面の走査電子顕微鏡写真が図2です。残念ながら、事故後、長い間海水に曝されていたために腐食による穴だらけでミクロ観察が不可能なため、マクロ観察でいかに真相に迫れるかということになります。今回は、このマクロ観察で破断面の重要な情報をいくつか得ることができました。図3は、破断面のマクロ写真です。破断面には、破壊の際にき裂が進んだ方向を示す山形模様がかろうじて観察され、破壊の起点やき裂の合流点などが推定できます。以上のマクロ観察をまとめたものが図4です。この結果から、破

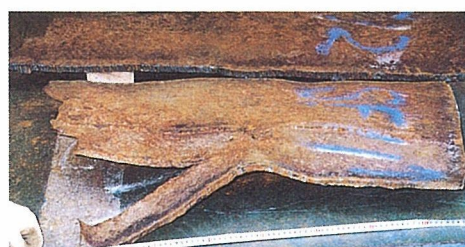


図1 破断部の外観写真

壊は船底部を起点として発生し、船腹を伝って甲板方向へ広がったという状況が推定できました。

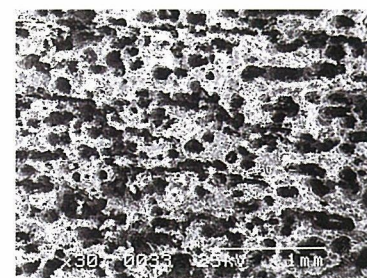


図2 錆取り処理を施した脆性破断部破面のSEM写真

走査型電子顕微鏡等が発達した今日では、破壊形態の解析にはミクロ観察が最も有効な手段です。しかし、それが不可能なケースでは、やはりマクロ観察が頼りになります。今回の調査では、あらためてマクロ観察の重要性を認識すると同時に、この方法によって事故調査に幾ばくかの貢献ができたことを喜ばしく思っています。



図3 破断部の一部のマクロ写真

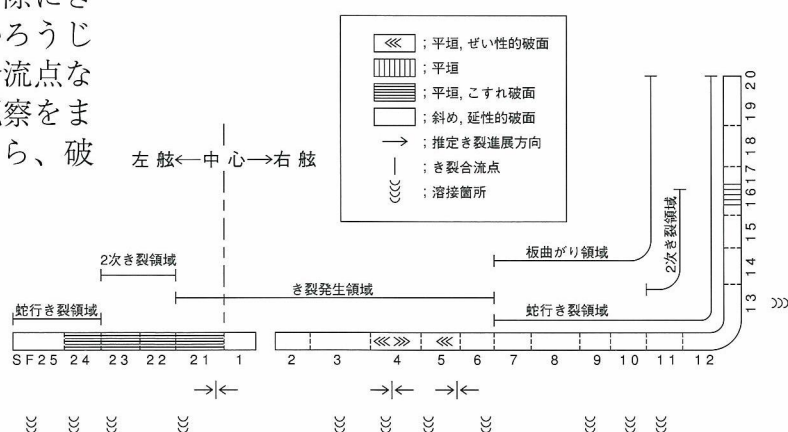


図4 マクロ観察の結果を総括した模式図

世界初の第3世代Ni基
一方向凝固合金第3研究グループ
小林 敏治

地球温暖化問題の現実的かつ効果的な対策として、ガスタービン発電の熱効率向上による化石燃料消費の低減、CO₂排出量削減が期待されています。ガスタービン発電の熱効率向上はタービン燃焼温度の上昇により理論的には可能ですが、燃焼温度を上げるためには耐熱性の優れたタービン回転翼（動翼）材の開発が必要となっています。現在、多結晶材、一方向凝固材、単結晶材などの材料がありますが、この中で特に高温強度の優れた材料は一つの結晶からなるNi基の単結晶合金です。しかし、この単結晶合金は例えば鋳造法や熱処理などの製造プロセスが非常に複雑で部品として最終形状までの歩留まりが良くないため非常に高価なものとなっています。

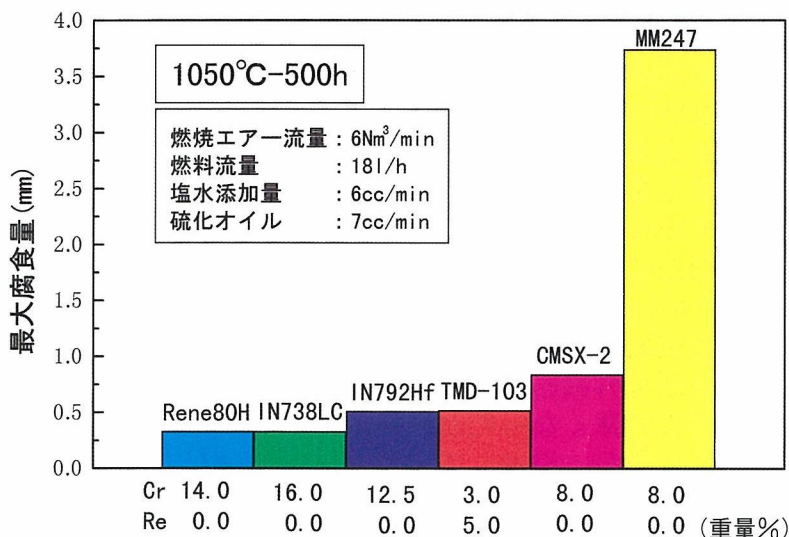


図2 バーナーリグ試験による最大腐食量の比較

これに比べていくつもの結晶が一方向にそろっている一方向凝固合金は製造が容易で熱処理歩留まりが良くコストパフォーマンスに優れています。しかし強度の点で第1世代の単結晶合金にも及ばないのが実状でした。

そこで先進耐熱材料研究グループでは川崎重工業株式会社と共同で新しいNi基一方向凝固合金の開発を行っています。これまでに、合金設計プログラムや原子配置計算プログラムなどを用いて我々のグループで設計された単結晶合金TMS-75合金に粒界強化元素のカーボンとボロンを添加し改良して、世界初の第3世代Ni基一方向凝固合金TMD-103を開発しました。合金組成は重量%で12Co-3Cr-2Mo-6W-6Al-6Ta-0.1Hf-5Re-0.07C-0.015B残りはNiです。TMD-103の高温強度は図1に示すように現在ジェットエンジンに用いられる第2世代の単

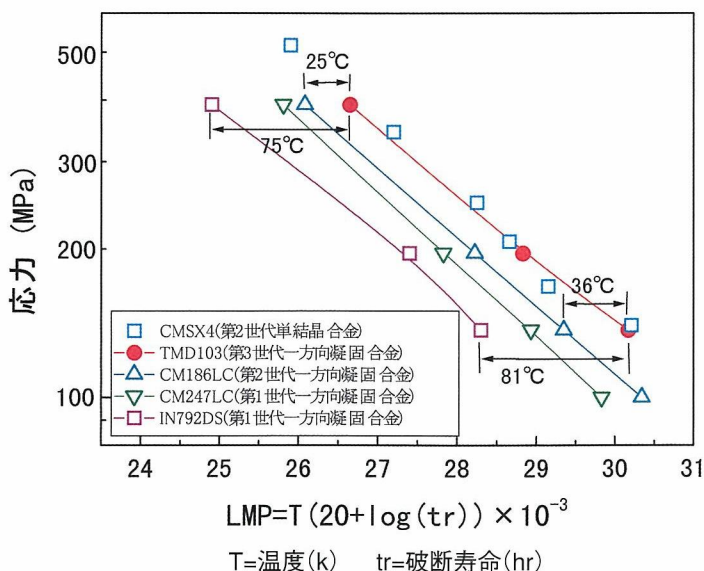


図1 高温強度を比較する際によく用いられるラーソンミラーカーブで既存合金と比較

結晶合金CMSX-4と同等で、既存の第2世代一方向凝固合金CM186LCに比べ高温低応力側で36℃耐用温度が向上しました。これは、クリープ破断寿命にして約4倍の耐久性向上に相当します。このTMD-103は casting 後の熱処理も単結晶合金に比べ容易です。

また図2に示すようにガスタービン実機より過酷な環境での耐食性試験でもTMD-103は優れた耐食性を示し、1050℃という高温で500時間試験後の最大腐食量は約0.5mmでした。一般にはCrをたくさん添加している合金は腐食量が少ないと言われてきましたが、Reを5%添加したTMD-103のCr量は3%と少ない量ですが優れた耐食性でした。これはReが高温強度を高める元素であるとともに、耐食性を向上させる元素でもあるといえます。

図3は小型の産業用ガスタービン空冷動翼の試作品です。図では分かりませんが高温で使用するため翼内部は冷却空気を流すため空洞になっています。このよう

に複雑な翼でもTMD-103を用いて casting 欠陥や粒界割れなどのない製品が得られています。

図4は商用既存合金と金属材料技術研究所で開発した合金を含めて耐用温度と合金の開発年度で示しました。耐用温度は鍛造合金、普通 casting 合金、一方向凝固合金そして単結晶合金と上がっていますが、製造プロセスは複雑となります。一方向凝固合金の137MPaで1000時間のクリープ強度はここ10年ほど耐用温度約1010℃でしたが、第3世代一方向凝固合金TMD-103は、耐熱温度を36℃上昇させ1046℃として現在一方向凝固合金としては世界一の強度を示しています。

合金の実用化という点で、今後まだ疲労試験やコーティングなどの特性評価が残っていますが、小型の産業用ガスタービン等への使用が大いに期待され、ガスタービン発電の熱効率を上げ化石燃料使用量の低減、そしてCO₂排出量削減が可能となります。

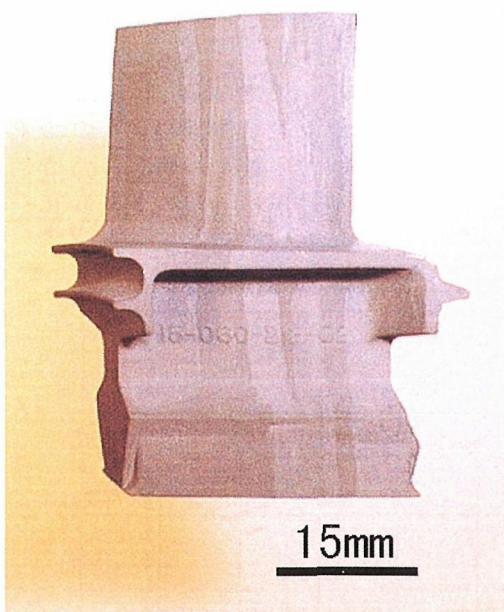


図3 開発合金を用いて casting した2000KW級小型産業用ガスタービン用空冷動翼（内部は冷却するため空洞になっています）

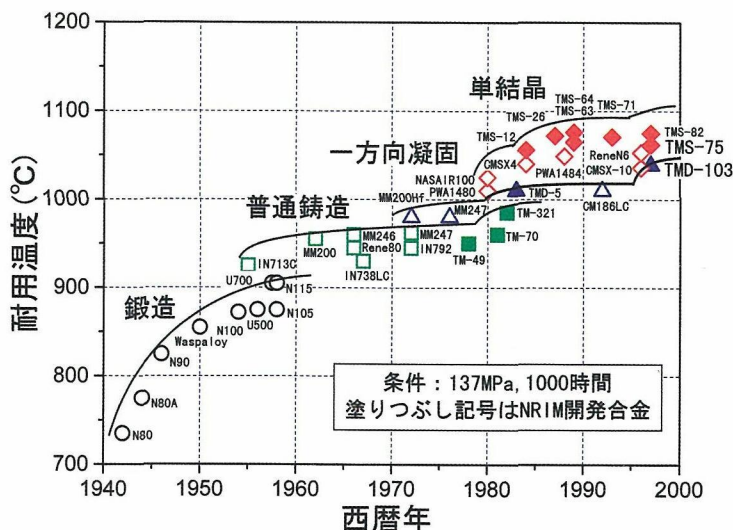


図4 ニッケル基超合金の耐用温度向上の歴史

構造化ステーション
岡田 明

溶接部近傍の熱履歴予測のための 溶融池内の熱分布の解明

構造物におけるアーク溶接継ぎ手部の機械的性質を評価するときは、溶接による材質変化の主要因子である溶接部近傍での最高到達温度、冷却速度及びある一定温度以上の保持時間などの熱履歴（熱サイクル特性）を詳細に把握する必要があります。最近では溶接プロセスの種類も多くかつその制御技術も格段と進歩したため、溶接部の形状も多様になり、その各位置での熱履歴も大きく異なります。

図1の左は溶接部の各位置（Toe, Bay, Rootの3箇所）の熱履歴を熱電対で計測したときの横断面を示したもので、右はその計測結果を示しています。これは炭酸ガスアーク溶接（溶接電流450A、溶接速度5mm/s）の結果ですが、この図から判るように同じ溶接部でもその位置によって熱サイクル曲線が異なり、特に700℃以上の高温部で極端に異なります。

従来溶接部近傍の熱サイクル曲線を予測するには、溶接中での溶融池を移動する点状あるいは線状の熱源と見なして、熱伝導計算によって求めていましたが、このような単純な熱源では上記のような

溶接部の各位置で大きく異なる熱サイクル曲線を予測することは不可能です。これを可能にするには熱源を実際の溶融池形状に近い三次元形状にする必要があります、このとき形状内の熱分布をどのように決定したらよいか問題になります。

図2はアーク溶接で形成される溶融池を示すが、ただか指のつま程度の大きさの溶融池に500A程度の電流が集中的に与えられ、このため電極直下にはプラズマ気流が発生し溶融池の前方が大きくへこみ、さらには溶融池表面での溶融金属は電磁対流やマラゴニー対流（表面張力対流）などが発生し動的な熱伝達になり、熱輸送機構はきわめて複雑です。この機構はアーク放電条件によって大きく異なり、この溶融池内の熱分布は、従来計測や理論的予測が全くなされていません。

本研究ではこの複雑な熱輸送によって溶融池内で最終的に配分される熱分布をコンピュータを用いて予測する手法を検討していたが、最近この成果が出つつあります。この方法は、図1の3箇所の位置での熱サイクル曲線の実測データを基に

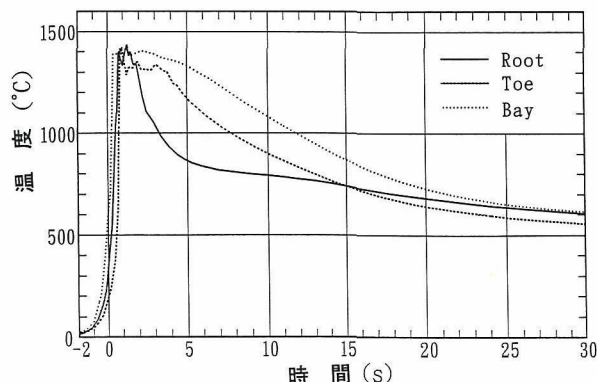
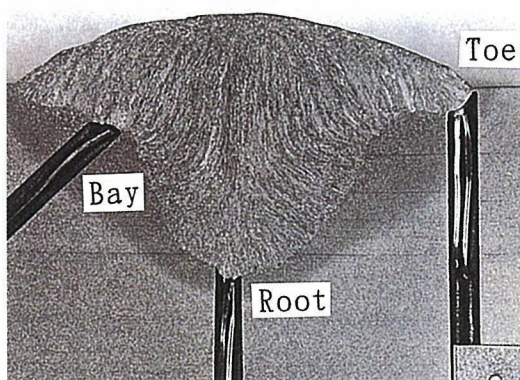


図1 溶接部の横断面での主要な位置（左）とその位置で計測された熱サイクル曲線（右）

コンピュータで解析するもので、図2の溶融池における主要な熱輸送経路と想定される位置に、図3に示すように線状の熱源セグメントをそれぞれ配置します。これらセグメントの組み合わせを移動熱源としたときに計算される各位置の温度はそれぞれのセグメントからの温度上昇の総和で与えられ、そこでこの計算結果と実測データを比較し、この差の二乗和が最小になるような各セグメントから溶接中に流出する熱量を連立方程式を解くことによって求めるものです。この結果種々の条件のアーキで発生する全熱量のうち静的及び動的な熱輸送によって各セグメントに配分される熱量の割合を予測することが可能になりました。

例えば
図4は、溶接電流を450A一定にしたときのセグメント(1)に配分される単位長さあたりの熱量 q_1 に

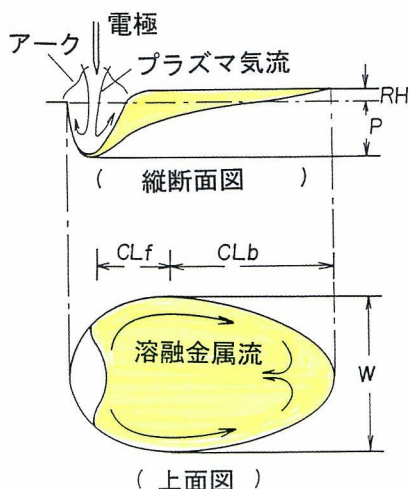


図2 アーク溶接中の溶融池形状におけるアーク発生熱の熱輸送機構

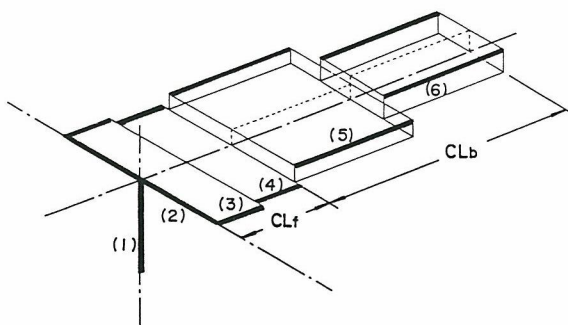


図3 図2で想定される主要熱輸送経路に設定された線分熱源セグメント

ついでの特徴を調べたものですが、この q_1 は母板内部に与えられる熱量の大きさを表わし、特にルート部近傍の熱履歴を決定づけるもので、ルート部での熱影響部の幅 D_{PH} とも密接に関係します。そしてこの q_1 は、溶融池の形状 (P/W 比率)、アーキのシールドガスの種類 (100% CO_2 , 80%Ar+20% CO_2) 及び溶接速度 V によって影響を受けることが解明されました。

このように溶融池内の熱分布を明らかにすることにより、図1に示したような溶接部近傍の各位値での熱履歴をきわめて正確に熱伝導計算で予測することができ、局所的な材質変化を詳細に評価することができます。さらに、現在種々の溶融溶接法による実際の継ぎ手に溶接したときの溶接部の形状やその近傍の熱履歴をコンピュータ画面上で容易に予測できる「溶接施工シミュレーションシステム」を超鉄鋼材料プロジェクトで開発をしていますが、これに用いられる3次元形状の熱源モデルの基礎資料となります。

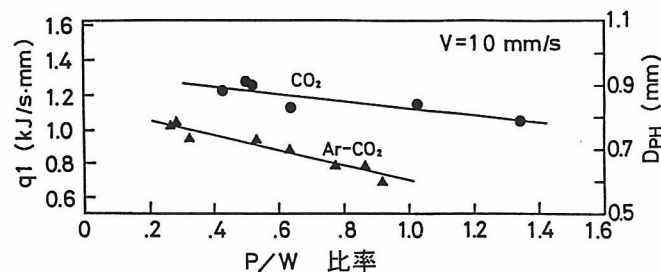
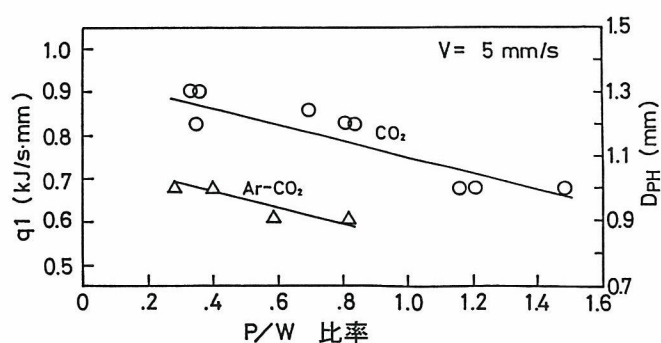


図4 溶接電流450A一定での線分セグメント(1)に配分される熱量 q_1 の諸特性

負イオンで2次元的に並べた ナノ球結晶

— 極微構造の非線形光学特性 —



精密励起場ステーション
岸本 直樹

近年、絶縁体に埋め込まれたナノサイズの金属微粒子が、クーロン障壁効果による非線形電気伝導や、表面プラズモンによる非線形光学特性を示すことから注目を集めており、光エレクトロニクスにおける光スイッチング、光論理回路等に应用されることが期待されています。従来、金属ナノ粒子を作製するために、伝統的な熱処理法から、走査トンネル顕微鏡内の原子ハンドリング等、最新の手法まで、多様な方法が適用されています。

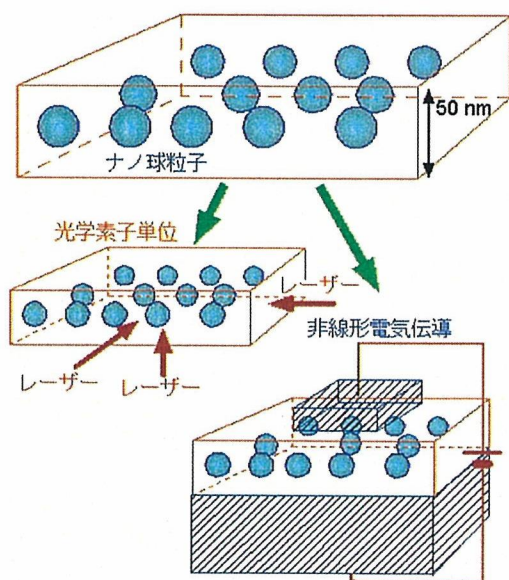


図1 期待される2次元ナノ球粒子構造

我々はイオン注入法の高い空間制御性を生かして、図1に示すような2次元的分布のナノ粒子構造を目指しています。このナノ構造は、光学素子の集積化や非線形電気伝導素子への基本単位として将来重要になると考えられます。この浅い埋め込み構造をイオン注入法で生成するには、数十keV以下の比較的低いイオンエネ

ルギーを用いることになります。ところが、一般的な正イオンを用いると、ほんのわずかの量（例えば $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ で1秒以内）で入射電圧まで試料表面が帯電してしまい、電荷の反発力のため材料中に入りにくくなります。ここで負イオンを利用すると、その電荷の蓄積が2次電子放出と釣り合って、帯電効果を数V程度に抑制されます。このことは、原子を一定の深さに精密に導入することができるだけでなく、大粒子束（高速度）が適用できることから、速度に依存した材料過程を広範に変化させ得ることになります。

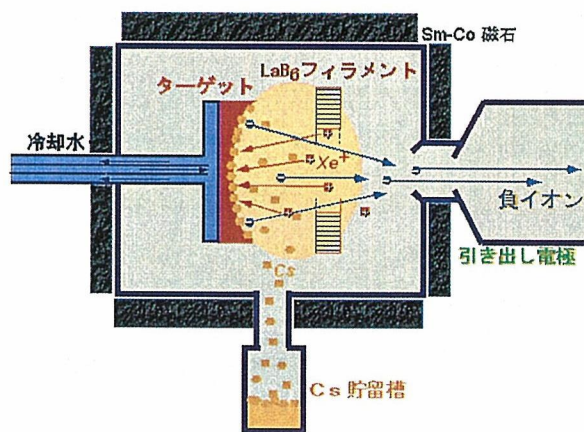


図2 プラズマ・スパッター型負重イオン源

技術的課題としては、大きな負イオン束の発生と輸送、さらには高負荷の材料照射技術の開発が必要でしたが、プラズマ・スパッター型負イオン源を中心とした負重イオン材料照射装置の開発に成功しました。本イオン源は、強力な磁石の籠に閉じこめられたXeプラズマが、固体ターゲットをスパッターし、供給されたCs蒸気がターゲット表面を被覆すること

により、負イオン生成率を高めたものです。イオン束がmA級になると、電荷間の反発による空間電荷効果が顕著になり、ビーム輸送は困難になりますが、強力なレンズ等のお陰で、照射チャンバーの試料位置において、4 mA (60 keV Cu^-) が達成されました。この値は低エミッタンス・連続モードとしては世界最高水準の大きな負イオン束であり、気相成長の粒子束に匹敵するものです。

得られた大電流Cuイオンを非晶質シリカ基板に適用し、照射後に光吸収率及び反射率の測定を行い、非線形光学特性については、YAG及び色素レーザーを用い、図3に示すような縮退4光波混合法によって評価しました。

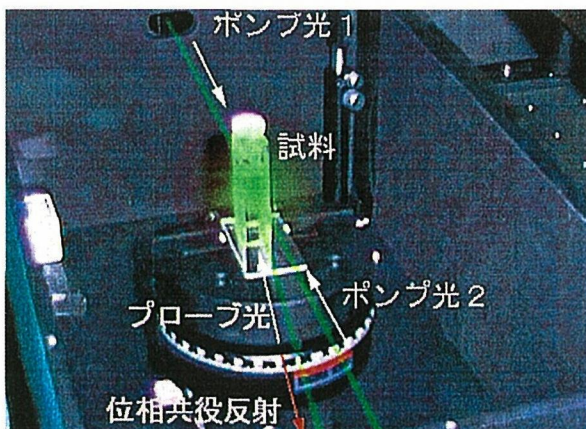


図3 非線形光学特性を評価する縮退4光波混合法

大粒子束までのイオン注入ができるようになったため、幾つかの新しい結果が得られました。まず、イオン自身の大きなエネルギー付与によって、綺麗なナノサイズの球結晶が自発的に生成することが明らかとなりました。これは照射後の熱処理とは異なり、空間制御性が保たれるという特長があります。次に、広範な線量率の適用が可能になったことで、一定の積算線量において、ナノ結晶のサイズが線量率（注入速度）に依存し、光吸収、反射率も、著しく変化すること、すなわち、線量率を変えることで、光学的

性質を幅広く制御できることが示されました。

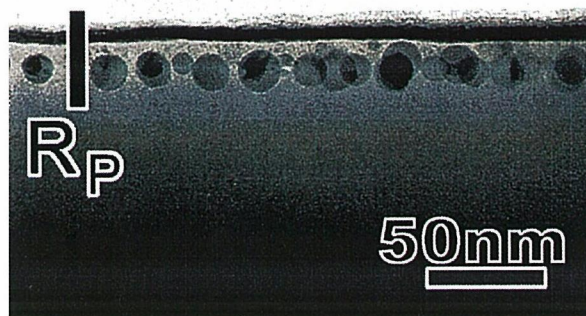


図4 負イオン照射されたシリカガラス基板の断面

さらに興味深いことは、図4に示すように、特定の条件で、ナノ球粒子が一定の深さに2次元的に並ぶ現象が見つかったことです。これは大きな粒子束の供給により照射下の拡散が盛んとなり、液滴の生成のように表面張力で決まる成長が起き、その過程が（飛程 R_p より浅い）ある深さで丁度バランスしたと説明することができます。

得られた2次元のナノ構造は、縮退4光波混合法（図3）により、局所的には非常に大きな3次の非線形光学感受率を示すことが認められており、表面プラズモンの非線形光学効果が、単一層の2次元構造でも有効であることが分かりました。

このように、大電流負イオン注入法は、空間制御性に優れており、ナノ粒子系に対してある程度「量」を必要とし、また、電子欠陥を嫌うという、光学材料への応用には最も適した方法であると考えられます。

ナノサイズの綺麗な球形結晶が、一定の深さ方向に並んだ構造として得られたことは、イオン自体の持つ強制的な空間制御性と、大電流化により自然の力に任せた球形析出効果との間の絶妙のバランスがなせる業であると言えます。

人事異動

平成10年6月30日
辞職 高山進一（管理部長）

平成10年6月30日
採用 管理部長 千葉 貢（科学技術庁）

特許速報

●登録

発明の名称：レーザー熱プラズマ方法

登録日：平成10年7月3日

登録番号：特許第2796609号

発明者氏名：塚本進、浅井義一、平岡和雄、入江宏定

概要：本発明は、プラズマ生成ガスを放電電極に向けてレーザーの照射方法と同軸方向に流し、放電によりガスプラズマを生成させるとともに、このガスプラズマに収束したレーザーを照射し、レーザー照射方向と同軸方向のプラズマ生成ガスのガス流間に、ガスプラズマとは独立するレーザー熱プラズマを生成させ、放電を停止し、この停止後もプラズマ生成ガスを流し、レーザー照射を続けてレーザー熱プラズマを維持することを特徴とするレーザー熱プラズマ方法。

受賞
Congratulations!

優秀若手研究者賞
雨倉 宏

第12回イオン注入技術に関する国際会議において、上記の賞を受けた。

表紙説明

「もんじゅ」の温度計さや管の疲労破壊部で見つかった縞状模様（ストライエーション）。疲労き裂は左下から右上に進んでおり、その方向に対して垂直に縞状模様が形成されている。

三三辞典

用語の解説

劈開割れ（へきかいわれ）

材料を構成する結晶にはいくつかの面があり、容易に割れやすい面を劈開面といいます。劈開割れは劈開面に沿って割れが進行したもので、変形をほとんど伴わない破壊、すなわち脆性破壊の形態の一つです。

ストライエーション

疲労破壊した面にだけに観察される模様。材料に荷重が繰り返して作用したとき、荷重がかかるごとにき裂がある幅ずつ進行します。き裂の進行した形跡が縞模様となり、ストライエーション模様と言い、普通縞の間隔は非常に狭い。



■編集後記

当研究所は今までにさまざまな事故調査に取り組んできました。今回はその中から最近取り組んだ事故調査をピックアップし、事故調査に参加した研究者に事故調査の難しさや調査方法などを書いてもらいました。

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所
〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1
TEL.(0298)59-2045 FAX.(0298)59-2049
ホームページ <http://www.nrim.go.jp>

通巻 第476号 平成10年7月発行
編集兼発行人 細川洋治
印刷所 前田印刷株式会社