

1994 No. 8

金材技研

ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

新しい材料研究所の始動／

新金属系超電導体 YPdBC の同定／

溶接継手のクリープ寿命予測

新しい材料研究所の始動にあたって

所長 新居 和 嘉

金属材料技術研究所は、昭和51年に筑波分室を開設して以来、目黒地区と筑波地区に分かれて研究業務を実施してまいりましたが、昭和63年に閣議決定された「国の行政機関等の移転について」に基づき、研究機能を筑波地区に結集することとしました。このため、平成3年より移転に必要な新施設等の建設に着工し、昨年末までにすべての建物が完成し、引き渡しを受けることができました。

当研究所は筑波地区への移転を、単なる物理的な移転ではなく、21世紀に向けた最先端の材料研究を行うにふさわしい「新しい研究所の創設」ととらえ取り組んで参りました。

これまで支所があった千現地区については、研究本館と4棟の特殊実験棟を新設し、基礎科学に立脚した材料研究の推進拠点とすることとしております。さらに、千現地区の北約4 kmに位置する柴崎地区については、世界最大級のマグネットを含む各種磁場研究設備が収容される磁界実験棟および材料に精密励起状態を与えて電子

構造・物性の解析を行う設備や単原子操作による材料創製が可能な極高真空発生設備が収容されるビーム実験棟などを新設し、これらの大型実験設備を利用して、これまで以上に極限的な環境を利用した材料研究を内外の研究者と共同で実施することとしております。

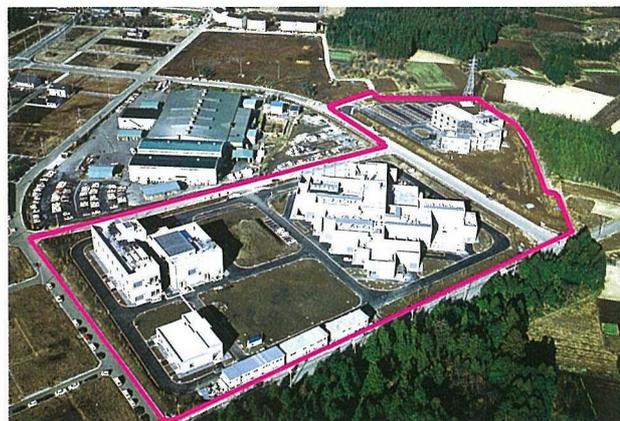
昨年度より目黒地区からの移転作業が本格化し、本年7月には、平成7年度に移転が予定されている材料試験施設の設備と関係者を除き、移転を予定している業務・機能の大部分が筑波地区へ移転することができました。

新しく整備された環境において、これまで培ってきた当研究所の力を更に飛躍・発展させ金属材料技術研究所を最先端の材料研究所とさせることは我々の使命であり、筑波地区において活動を開始するに当たり身の引き締まる思いであります。

これまでご支援を頂いた関係各位に厚くお礼を申し上げますとともに、さらなるご理解とご協力をお願い申し上げます。次第であります。



千 現 地 区



柴 崎 地 区

新しい金属系超電導体 Y-Pd-B-C の組成と構造

— EPMA, X 線回折, 高分解能電顕観察等で同定 —

1911年に超電導現象が水銀で発見されて以来、より高い臨界温度 (T_c) をもつ超電導物質の探索が精力的に行われてきた。Nb-Ti (ニオブ-チタン) などの合金系や Nb_3Sn (ニオブ-スズ) などの金属間化合物系が発見され、1972年には Nb_3Ge (ニオブ-ゲルマニウム) で23Kが記録された。その後は金属系で臨界温度の上昇が見られず、1986年にいわゆる酸化物系高温超電導体が発見されて以来、高臨界温度 T_c の物質探索の中心は酸化物系に移った。

しかし、本年の初めに米国 AT&T 社と東京大学のグループにより、Y-Pd-B-C (イットリウム-パラジウム-ホウ素-炭素) 系物質で T_c が23Kの超電導性が見い出され、 Nb_3Ge 以来の金属系の発見として注目を浴びた。ただし、その試料は複数の相から成っており、超電導性を担う相の組成と構造は解明されていなかった。そこで当研究所では、この新しい超電導相について粉末X線回折、電子線回折、高分解能電子顕微鏡による格子像の観察、EPMA (X線マイクロアナライザー) による組成分析、および SQUID (量子磁束計) 等による超電導特性の測定を行い、その組成ならびに結晶構造を同定した。以下にそれを紹介する。

超電導性を示す試料の仕込み組成 $YPd_5B_3C_x$ ($x=0.5$) を中心にして種々の組成の試料を Ar 雰囲気中でアーク溶解し、各試料の微細組織と超電導特性を比較した。その結果、写真1が示すような細長い板状の相が $x=0.3\sim 0.5$ の範囲で見られたこと、および、SQUID を用いた磁化測定によってこの組成範囲で強い反磁性のシグナルが観測されたことから、板状の相が超電導相であると判定した。この相の組成は EPMA によって調べた。ホウ素と炭素は軽元素であることから、それらを正確に定量するのは難しいが、測定した組成を平均して $YPd_2B_2C_{1.5}$

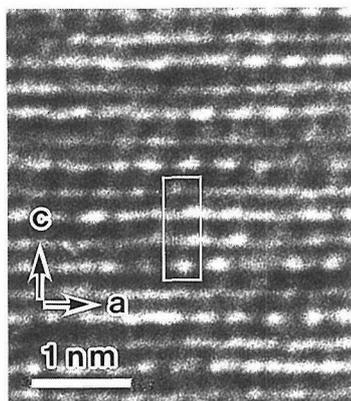


写真2 [100]方向から観察したY-Pd-B-C超電導相の格子像

と推定した。

一方、 $x=0.1, 0.5, 1.0$ の三試料の粉末X線回折パターンを注意深く比較、検討して、この相は正方晶 (格子定数 $a=0.38nm, c=1.08nm$) であると結論したが、これは電子線回折からも確かめられた。また、高分解能電子顕微鏡による格子像の観察から、写真2が示すようなc軸方向の面間隔に対応した点列の像が得られた。この構造は、既に報告されている超電導相 $R_E Ni_2 B_2 C$ (希土類元素-ニッケル-ホウ素-炭素) の正方晶構造と類似のものと推測されたが、実際に、その構造を仮定して行なった格子像のシミュレーション結果(図)は写真2の像とよく対応している。

この四元の金属系超電導体の発見に続く研究は始まったばかりであり、更に高い臨界温度をもつ超電導体を求めるための今後の探索に期待が持たれる。また、この金属系超電導体は実用材料としての可能性も秘めており、本研究ではその薄膜化等を試みている。



写真1 $YPd_5B_3C_{0.5}$ のマイクロ組織。細長い板状の相が超電導相

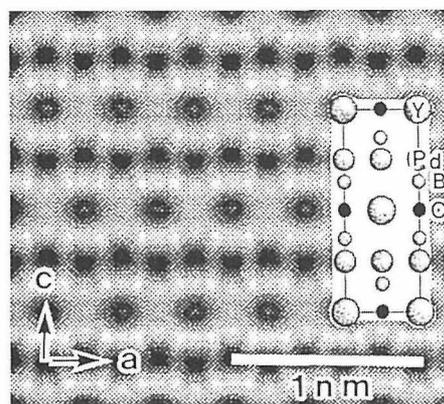


図 $R_E Ni_2 B_2 C$ 型構造を仮定して計算したY-Pd-B-C超電導相のシミュレーション格子像

溶接継手のクリープ寿命予測法を開発

—— “損傷変数” を導入した数値解析法 ——

発電施設や化学プラントの生産効率の向上は、設備の大型化、および、高温で稼働させることによって図られてきた。大型化は溶接組立によって行われ、稼働は金属材料が高温クリープを起こす温度で行われることから、溶接継手のクリープ寿命を高い精度で予測することは高温プラントの安全性を保証するために必要となる。寿命予測のための確実な方法は、実物大の溶接継手についてクリープ破断試験のデータをとることである。しかし、クリープ試験機の容量の制約から、実物大の継手で試験を実施するのは難しい。また、継手から小形の試験片を切り出して試験データを得ても、それが必ずしも実物の安全性の正確な評価につながるとは限らない。このような事情から、計算機を用いたクリープ寿命予測の必要性が高まり、その予測法の確立が待たれている。

現在、当研究所で開発を進めている寿命予測システムの構成は次の3項から成っている。

- (1) 継手を構成する母材、その熱影響部、および溶接金属のクリープ・破断に関するデータベース。
- (2) 各構成部の力学的振舞いを表すのに適した「構成方程式」をデータベースから自動的に選択・決定するエキスパートシステム。
- (3) 有限要素法による応力解析と損傷評価のプログラム。また、本システムの特徴として、損傷の度合を示すための「損傷変数」なるパラメータを用いている。

寿命予測の手順は、時間を細かく区切って継手各部の応力解析を行い、その応力下での損傷変数を求めて積算して行く。その積算回数は数万に及ぶ。積算値が所定の限界値に達した部位は破断したと判定し、破断部位が拡

がって継手全体として荷重に耐えられなくなった時点をもって寿命と判定する。

本システムの適用例を挙げよう。写真はSUS304ステンレス鋼の突合せ継手から切り出した試験片を示している。その応力解析には、図1のように試験片を「溶接金属」等の4つの領域に分け、それぞれをさらに細分した各部分について応力の計算を行う。そのようにして得られた予測寿命と実際のクリープ破断試験による寿命との比較を図2に示した。

一般にクリープ寿命の予測は難しく、その精度は小形の材質一様な試験片の場合でもファクター2、すなわち、予測寿命と実際の寿命の比が1/2から2の範囲にあることをもってよしとしなければならないが、本システムを用いることにより、材質の異なる母材、熱影響部、溶接金属から成る大形肉厚の継手試験片でもファクター2以内の精度で寿命予測できる。

本研究では引続き一層の予測精度向上を目指して、データベースの拡充、構成方程式の改良・精密化、解析手法の高度化を進めて行く方針である。

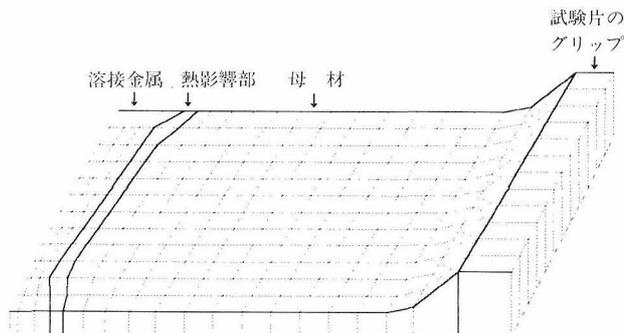


図1 継手試験片の有限要素モデル

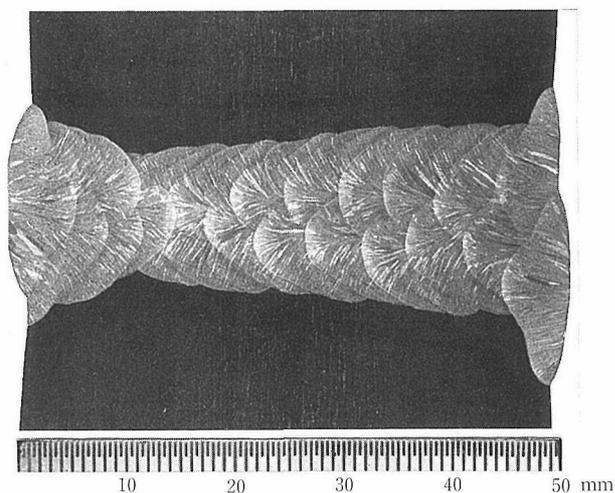


写真 SUS304 ステンレス鋼の溶接継手

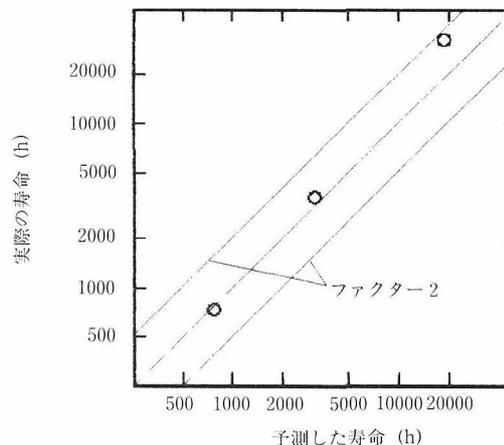


図2 予測した継手試験片のクリープ寿命と実際のそれ(白丸)との比較

9月の研究発表（国内分）

学・協会名	開催期間	発表題目	発表者(所属)
日本応用磁気学会学術講演会(仙台・東北学院大学)	9.12～9.15	1. 電子線リソグラフィによる磁性材料の超微細加工	中谷 功(機能)
第55回応用物理学会学術講演会(名古屋・名城大学)	9.19～9.22	1. 融液からの相生成における BaB ₂ O ₄ とるつぼとの濡れ性の影響 2. Si 薄膜上に成長した Ni シリサイドの電子顕微鏡観察	木村 秀夫(機能)他 田中美代子(計測)他

◆短 信◆

●受賞

科学技術庁長官業績表彰（平成6年5月19日受賞）

組織制御研究部 佐藤 彰

金属の製錬及び凝固プロセスに関する研究において、省エネルギー、省力及び省資源を達成する新技術の開発に取り組み、省エネルギー化、省力化及び省資源化に貢献した。

環境性能研究部 笠原 章

機能性材料分野において複合固体電解質の合成技術を確認し、硫黄酸化物用センサーの開発を行い、機能性材料製造技術の発展に貢献した。

表面界面制御研究部 小口 信行

半導体レーザ用材料の研究において、新素材の探索合成、マイクロ構造制御に関する研究に取り組み、高性能レーザ用材料の開発創製に貢献した。

強磁場ステーション 青木 晴善

精密マグネットシステムの開発と電子物性への応用に関する研究において、世界有数の性能を有する精密マグネットシステムの開発に成功すると共に、多くの重要な成果をあげた。

●人事異動

平成6年6月24日

昇 任 企画室長 和田 仁 (強磁場ステーション大型磁場ユニットリーダー)

配 置 換 企画室総括研究企画官 石井 利和 (管理部企画課長)

平成6年7月1日

配 置 換 管理部長 本間 清 (原子力安全局放射線安全課長)

辞 職 木下 舜 (管理部長)

◆組 織◆

平成6年6月24日付で管理部門の組織改正が行われ企画室が新設された。

これにより、当研究所の組織は以下のとおりとなる。

<p>所 長 新 居 和 嘉</p> <p>科学 研究 官 小 口 醇</p>	<p>支 所 長 岡 田 雅 年</p>	
<p>企 画 室 (新 設)</p> <p>管 理 部</p> <p>庶 務 課</p> <p>会 計 課</p> <p>技 術 課</p> <p>材料試験業務課</p> <p>基礎物性研究部</p> <p>機能物性研究部</p> <p>材料設計研究部</p> <p>反応制御研究部</p> <p>組織制御研究部</p> <p>計測解析研究部</p> <p>損傷機構研究部</p> <p>環境性能研究部</p>	<p>和 田 仁</p> <p>本 間 清</p> <p>石 井 利 和</p> <p>細 川 治 一</p> <p>矢 部 一 義</p> <p>佐 藤 信 夫</p> <p>松 本 武 彦</p> <p>天 野 宗 幸</p> <p>田 中 林 英 一</p> <p>古 佐 藤 彰</p> <p>齋 藤 鉄 哉</p> <p>西 島 敏 一</p> <p>八 木 晃</p>	<p>管 理 課</p> <p>力 学 特 性 研 究 部</p> <p>表 面 界 面 制 御 研 究 部</p> <p>第 1 研 究 グ ル ー プ</p> <p>第 2 研 究 グ ル ー プ</p> <p>強 磁 場 ス テ ー シ ョ ン</p> <p>第 3 研 究 グ ル ー プ</p> <p>第 4 研 究 グ ル ー プ</p> <p>第 5 研 究 グ ル ー プ</p> <p>特 別 研 究 官</p>
		<p>筒 本 利 行</p> <p>河 部 義 邦</p> <p>鈴 木 洋 一</p> <p>戸 叶 正 樹</p> <p>白 石 春 弘</p> <p>前 田 大 河 内</p> <p>森 彦 一</p> <p>村 原 紀 雄</p> <p>吉 谷 春 乃</p>

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所
 (本 所) 〒153 東京都目黒区中目黒2-3-12
 TEL(03)3719-2271, FAX(03)3792-3337
 (筑波支所) 〒305 茨城県つくば市千現1-2-1
 TEL(0298)53-1000(ダイヤルイン), FAX(0298)53-1005

通巻 第428号
 編集兼発行人 石井利和
 問合せ先 企画室普及係
 印刷所 前田印刷株式会社
 平成6年8月発行
 東京都新宿区東五軒町1-9