

## 新材料の開発・特性評価に関する研究 (新材料研究会)

Studies on the Development and Evaluation of Advanced Materials  
(Society for Advanced Materials)

主任研究員：渡邊碩志

分担研究員：川島成平 式田昌弘 田中武雄 辻野啓一 松本弘司 山田 修  
入澤 毅 岡純一郎 澤井 猛 能瀬春雄 平野明彦 吉川浩美

今年度は新たに、入澤毅、岡純一郎、澤井猛、能瀬春雄、平野明彦、吉川浩美の6名の研究員が参加し、総勢13名の大所帯になった。新研究員の分担研究課題は、次の4つである。

1. 金属系新素材の静強度特性評価に関する研究 (入澤毅氏)
2. 金属間化合物の接合に関する研究 (岡純一郎氏)
3. 新素材データベースを用いた粉末焼結体の特性評価について (澤井猛氏、能瀬春雄氏、平野明彦氏)
4. 新合金化プロセスによる材料開発 (吉川浩美氏)

また、研究会は、会員数が2倍になったため日程の調整に手間取り、次の4回しか開催出来なかった。日時と講演者と講演題目は次のとおりである。

- 第1回 4月26日 松本弘司氏「新材料の将来展望」  
第2回 10月18日 川島成平氏「計算力学手法とその応用」  
第3回 11月29日 平野明彦氏「金属系新素材データベースの紹介とそれを用いた鉄系粉末焼結体の疲労強度推定」  
第4回 1月24日 入澤毅氏「プラズマ溶射による鋳鉄へのセラミックスの被覆に関する研究」

新材料の開発・特性評価に関する研究は、4年目を迎え活発な研究成果が得られつつあるが、すべての研究員が何らかの形で参加する総合的な研究課題については、現在検討中である。

各分担研究の詳しい内容については、それぞれの報告を参照下さい。 (渡邊碩志)

## 分担研究報告

### 新材料の力学的特性評価

川島成平（短期大学部 自動車工業科）

#### 研究の必要性および目的

新しい材料の開発または開発過程において、開発意図の充足性を評価するには、その新材料の特性評価を行う必要が生じる。材料特性評価は意図される利用環境によって、物理的特性、化学的特性、機能特性など広範囲の特性について評価しなければならないが、機械工業などの産業界における新材料では力学的特性の評価が重要である。しかし、新材料に対しては従来の材料に対する特性評価方法がそのまま適用できないことも多い。

そこで新材料の力学的特性評価方法を検討し、必要ならば評価方法を開発し、新材料の力学的特性評価を遂行するのが、本研究の目的である。

#### 分担研究課題の中間報告

本分担研究は、平成4年度から追加分担したものであるため、本年度は昨年度に続いておもに調査研究を行うとともに、シミュレーション手法の開発とその評価を行った。

新材料の力学的特性を評価するには、従来の材料に対し確立されている実験的方法が有効である場合もある。しかし、一般的に製品に利用できる機能特性の評価とともに、製品の強度や加工の難易に関連する力学的特性を評価するには、実験的手法とともに、シミュレーション手法による評価を併用することが適当であると考えられる。その場合その手法には安定確実性、汎用性、高速性、簡便さなどの他、その手法のもつ機能としては、実験との併用を考えれば接触問題に対応した機能を備えていなければならない。この考えにたって、シミュレーションに供される各種計算力学的手法について調査研究を行い、各手法の特性、長短所についてまとめた。

その調査を基にして、分担者はこれまでいくつかの接触問題のための結合モデルとその定式を提案してきたが、その結果、新材料の力学的特性評価のため、基礎として利用する計算力学手法としては、有限要素法、境界要素法が安定確実性、利用技術すなわちノウハウの産業界での蓄積も多く、剛体-ばねモデル法は強塑性問題など特別な解析に限る方がよいと考えられる。そのことを踏まえて、今後はほぼ評価、開発の終わった接触問題に対応した手法の利用技術の蓄積に加えて、新材料の利用や新材料開発時の環境を考え、熱問題への対応をもつ手法を調査、開発する必要性があると考えられる。それについては次年度の課題としたい。

## 新材料としての鋳鉄の種々の負荷条件下における疲労強度特性に関する研究 式田昌弘（工学部）

本年度は黒鉛形状が片状、球状である2種類のパーライト基地鋳鉄並びに比較材料としての機械構造用炭素鋼S45Cを供試材料として室温における低サイクル疲労試験を実施し、それらの疲労寿命を比較考察すると共に、Mansonのユニバーサル・スロープ法の適合性について検討した。また、同一材料による高サイクル疲労試験を別に実施し、それらの結果と低サイクル疲労試験結果との相関性についても考察した。

低サイクル疲労試験結果によれば、鋳鉄の疲労寿命に対する黒鉛形状の影響は明瞭に現れ、片状黒鉛鋳鉄（以下、FCと記す）よりも球状黒鉛鋳鉄（以下、FCDと記す）の方が大きく長寿命側にくることがわかった。また、S45Cとの関係では、ひずみ振幅が大きい領域においてはFCDよりもS45Cの方が長寿命となるものの、ひずみ振幅が小さくなるにつれて両者は漸近することがわかった。他方、ヒステリシス・ループより求めたコンパニオン・スペシメン法による供試材料の繰返し構成関係においては、FCDとS45Cでは引張側と圧縮側の曲線は原点に関して対称となるが、FCでは引張側の応力は圧縮側の応力に比べて小さくなることから、FCは引張負荷に対して弱い材料であることがわかった。

Mansonは延性の異なる約30種類の金属材料を用いて低サイクル疲労試験を行い、材料の引張強さ、ヤング率および破断延性などの静的強度特性から、その材料の低サイクル疲労寿命の推定法を統一的な数式によってユニバーサル・スロープ法（共通勾配法）として説明しており、鋳鉄に対しても同法が適用できるか否かを知ることは重要である。そこで、FC、FCDおよびS45Cの3種類の材料に対してユニバーサル・スロープ法を適用したところ、FCについては同法による疲労寿命推定値が実験値とよい一致となったが、FCDとS45Cでは両者は一致せず、FCDにおいては実験値は推定値の約20%安全側に、S45Cにおいては約50%安全側にくることがわかった。そして、FCDとS45Cにおいて推定値が実験値に一致しないのは推定値の塑性ひずみ成分が実験値のそれに対して短寿命側にずれるためであることもわかった。そこで、3種類の材料について実験から得たManson - Coffine則における塑性ひずみ成分を各材料の破断伸びで除した値 $\Delta \epsilon_p / \delta$ と疲労寿命 $N_f$ との関係をユニバーサル・スロープ法による推定値の塑性ひずみ成分に適用し、これを同法の修正式として用いたところ、修正ユニバーサル・スロープ法による推定値は実験値により一致となった。

別に行った同一材料による高サイクル疲労試験によれば、疲労限度はFC、S45C、FCDの順に大きく、疲労限度比は材料間での差が小さく0.30~0.32の値となった。また、応力基準、ひずみ基準のいずれについても低サイクル疲労試験結果は高サイクル疲労試験結果の延長線上にあって両者はよい対応関係を示すことがわかった。

メカニカルアロイングによる新材料の開発  
田中武雄 (工学部)

専門誌に論文掲載 (2報)

著者名 ; Takeo Tanaka, Muneyuki Motoyama, Keiichi N. Ishihara and Paul Hideo Shingu

論文名 ; Characterization of Carbon in Mechanically Alloyed C-10at%Fe Powder

誌名 ; Materials Transactions, JIM., Vol. 36 (1995), No. 2, pp. 276-281.

Summary

Mechanical alloying (MA) of iron and graphite was performed for C-10at%Fe alloy by the use of a conventional ball mill. The structure of mechanically alloyed samples were examined by X-ray diffraction, transmission electron microscopy. A spectrometric approach to the change of structure during the milling process was carried out by carbon  $K\alpha$  X-ray emission band spectroscopy and electron energy loss spectroscopy. Finely dispersed iron particles with a grain size of about 10 nm into graphite powder particles were obtained after 1000h of MA. Spectrometric results suggested that fracturing of graphite crystal progressed by three steps ; fracturing along the hexagonal plane, fracturing the hexagonal networks and amorphization. The electron state of carbon atom in the ball milled sample was energized to form  $sp^3$  hybrid orbital, after applying pressuring.

著者名 ; K. Niwase, T. Tanaka, Y. Kakimoto, K. N. Ishihara and P. H. Shingu

論文名 ; Raman Spectra of Graphite and Diamond Mechanically Milled with Agate or Stainless Steel Ball-Mill

誌名 ; Materials Transactions, JIM., Vol. 36 (1995), No. 2, pp. 282-288.

Summary

The reduction of crystalline size and amorphization of graphite and diamond during agate and stainless ball-milling were investigated by Raman spectroscopy. The ultimate crystalline size of graphite, estimated by the Raman intensity ratio, of 2.5 nm for the agate ball-mill was smaller than that of 3.5 nm for the stainless ball-mill, while the milling time to reach the ultimate size for the former was about 10 times larger than for the latter, indicating more stability of the nanocrystalline graphite. After reaching the ultimate crystalline size, a significant broadening of the Raman spectra, which indicates the completion of amorphization, was detected only for the stainless ball-milled graphite at 500h of milling. Also the increase rate of the Raman peakwidth for the stainless ball-milled graphite before amorphization was higher than that for the agate ball-milled graphite, indicating a larger introduction of disorder from the start of milling. Amorphization of diamond was also observed for the stainless ball-mill. The difference

in the results between the agate and the stainless ball-mill was discussed in terms of the effect of impurity mixed from the milling apparatus on the stability of nanocrystalline carbon materials.

## 薄膜機能素子に関する研究 辻野啓一（短期大学部）

### 1. 研究の必要性および目的

固体電解質型燃料電池（SOFC）は第3世代の燃料電池と分類され、第1、2世代のリン酸型（PAFC）、熔融炭酸塩型（MCFC）と比較し、燃料ガスの改質器やCO変換器を必要とせず、エネルギー変換効率もこれらの中で最も高く実用化にむけての研究が進められている。

第3世代燃料電池の本格的な実用化への解決すべき課題は、基板に関するもの、電極材料および構造に関するもの、電解質膜等の選択と質の改善に関するものと多く残されている。前回の中間報告においてはMOCVDにより、基板上にジルコニア膜が得られたことを報告したが、今回はYSZ膜の生成条件とYの濃度との関係等について報告する。

### 2. 中間報告

燃料電池用電解質膜は電子伝導率が小さく、イオン伝導率が大いことが要求される。この条件を満たす材料の一つとしてYSZ（Ytria-stabilized zirconia）がありこれについては種々の報告がある。本研究においては以下のような条件でYSZ膜を生成した。

材料：	A：Zr(DPM) <sub>4</sub> 、B：Y(DPM) <sub>3</sub> ただしDPMはdipivaloylmethanato
エヴァポレータ温度：	A：250℃、B：148-180℃
CVDの種類：	PLASMA assisted MOCVD
キャリアガスおよび流量：	アルゴン、A：50-300SCCM、B：5SCCM
混合ガスおよび流量：	酸素、5-50SCCM

得られた膜をESCA等で分析した結果以下のような結果が得られた。

- ①Zr(DPM)<sub>4</sub>のキャリアガスの流量が増加するとYSZ膜の堆積速度は増加する。ただし50SCCM以下の流量では堆積速度はきわめて小さい。
- ②Zr(DPM)<sub>4</sub>のキャリアガスの流量を200SCCM、エヴァポレータ温度を250℃、Y(DPM)<sub>3</sub>のキャリアガスの流量を5SCCM、としY(DPM)<sub>3</sub>の温度を147-180℃の範囲で変化させたとき附着膜中のYの濃度は7-40%、またYSZ膜の堆積速度は35-107オンゲストローム/分であった。

## プラズマ溶射による金属材料へのセラミックス被覆に関する研究 松本弘司 (工学部)

チタニウムは、軽量かつ高強度という特性を有し、しかも耐食性に優れているので、主として航空宇宙産業や化学工業の分野で大量に使用されている。しかし、一般にチタニウムは摩擦係数が大きく、しゅう動部や他の金属との接触部に適用する場合焼付きなどの問題を生じる。したがって、このような場合にはチタニウムの表面改質、あるいは耐摩耗性に優れた材料の表面被覆を施す必要がある。耐摩耗性向上を目的としたセラミックスの被覆は、プラズマ溶射法の出現により容易に行なえるようになったが、金属を基材としてセラミックスを溶射した場合、溶射皮膜の密着強度の改善は不可欠な課題である。さらに、現在までチタニウムへのセラミックス溶射の適用例はほとんど見当たらない。

本研究では、比較的安価でしかも高硬度 (HV = 1500) の耐摩耗用セラミックスとして広く知られている  $\text{Al}_2\text{O}_3$  あるいは  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  複合材をチタニウムに溶射して、まず溶射したままのセラミックスの急冷凝固組織を熱処理することによって分解挙動を検討し、つづいてチタニウムと溶射皮膜の密着強度を調べ、密着強度向上の支配因子を明らかにすることを目的とした。

これまで得られた結果を要約すると、(1)溶射した  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の急冷凝固相は  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  と  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  からなり、950℃の熱処理で  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  が  $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$  へと移動する。(2)  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  の場合は、前述の相に加えて、 $\text{TiO}_2$  (Brookite) および  $\text{Ti}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$  (Anosovite) からなるが、950℃の熱処理で  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  (Brookite),  $\text{Ti}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$  (Anosovite) が消失し、 $\text{Al}_2\text{TiO}_5$  と Magnelli 相が出現する。(3)950℃の熱処理では、種々の相の出現に伴い容積膨脹が生じ、亀裂が発生するので、密着強度が著しく低下する。(4)850℃程度の熱処理では、相の構成は溶射したままほとんど変わらない。また基材に接する溶射皮膜が  $\text{Al}_2\text{O}_3$  系の場合は、皮膜中のアルミニウムが基材のチタニウムへ拡散して合金を形成するため、密着強度が向上する。

## 燃焼合成法によるセラミックアロイの作成— (II) 熱力学計算 山田 修 (教養部)

専門誌に論文掲載

著者名 ; O. Yamada

論文名 ; SHS/Casting of NiAl and Mo3Al

誌 名 ; Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., 14A, pp. 673-676(1994)

Summary

New thermite type SHS process is developed by combining the modified thermite reaction and the combustion synthesis reaction. The process enables to simultaneously synthesize and cast such intermetallic compounds as NiAl and Mo3Al without any external heat supply. The

processing temperature can be varied arbitrarily to the appropriate temperature by changing the mixing ratio of reactant. In the reaction of  $6\text{NiO} + 8\text{Ni} + 18\text{Al} = 14\text{NiAl} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$ , the processing temperature exceeds the melting points of both products. The molten NiAl is segregated from  $\text{Al}_2\text{O}_3$  due to the density difference and casted into graphite mold. This process would be also applied for castings of many intermetallics, ceramics and their composites.

## 新材料の熱特性評価

渡邊碩志（教養部）

前年度に引き続き金属酸化物（ $\text{MnO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{NiO}$ ）の磁気転移に伴う熱物性（比熱、熱拡散率、熱伝導率、熱膨張率）の変化を詳しく調べた。用いた測定装置は、レーザー・フラッシュ熱測定装置、TAS200熱膨張測定装置、 $\lambda$ 300熱伝導率測定装置の3機種で、いずれもリガク製のものである。温度領域は、液体窒素温度（ $-195.8^\circ\text{C}$ ）から $300^\circ\text{C}$ または $600^\circ\text{C}$ までである。

これらの3台の熱物性測定装置は、温度校正プログラムを内蔵していないために、プログラム表示温度の信頼度は室温における温度校正のみである。表示温度の信頼度を上げるためには、17の国際温度定義定点の中から測定温度領域にある3つの温度定点を使うのが理想である。上記の温度領域にはアルゴンの3重点（ $-189.3^\circ\text{C}$ ）、水銀の3重点（ $-38.8^\circ\text{C}$ ）、水の3重点（ $0.01^\circ\text{C}$ ）、ガリウムの融解点（ $29.8^\circ\text{C}$ ）、インジウムの凝固点（ $156.6^\circ\text{C}$ ）、錫の凝固点（ $231.9^\circ\text{C}$ ）があるが、気体や液体は使えないので、温度校正は行わないのが常識になっている。

$\text{MnO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{NiO}$ は、 $\text{FeO}$ とともに、低温では反強磁性体であるが、温度を上げていくとある温度で常磁性状態へ転移することが知られている。この磁気転移温度をネール転移温度といい、その前後で比熱が異常な温度変化をする。 $\text{MnO}$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{NiO}$ のネール温度は、それぞれ $-155.35^\circ\text{C}$ 、 $14^\circ\text{C}$ 、 $250.01^\circ\text{C}$ で、うまい具合に測定温度領域に入っている。そこで、レーザー・フラッシュ熱測定装置を使って、ネール温度付近における比熱の温度変化を詳しく測定することにした。

その結果、3つの磁気転移に伴う比熱の変化を捕らえることに成功した。見掛上  $\text{NiO}$  の場合は、 $\text{MnO}$  や  $\text{CoO}$  の場合と比べて、比熱の変化量はずっと小さいが、確かに磁気転移による比熱の変化が捕らえられている。さらに、これらの3つのネール温度によってプログラム表示温度の校正をすることが出来た。その結果、 $-150^\circ\text{C}$ で5度、 $250^\circ\text{C}$ で-5度の補正が必要であり、 $0^\circ\text{C}$ では補正は不要であることが分かった。学会発表の予定である。

## 金属系新素材の静強度特性評価に関する研究 入澤 毅 (工学部)

近年、様々な用途を目的とした金属系新材料が開発されてきた。従来から使用されている材料でも、その特性および用途によっては新材料の中にも含めることもあり、高強度、高信頼性、多機能化あるいはコスト低減などを目的とした粉末焼結材はその好例といえる。

しかしながら、粉末焼結材は原料粉末の製造法や圧縮成形法に関する研究が活発に行われ、優れた特性が報告されているにもかかわらず、実用化および信頼性を確立するために重要な強度特性を基準化するに十分な統一的数据は公開されるに至っていないのが現状である。粉末焼結材の特性を基準化し信頼性を向上させるためには、入手可能な情報から、強度特性を抽出し正確に把握していくことが課題となる。粉末焼結材の特性は素材の状態、製造履歴に大きく依存することから、正確な特性評価を行うためには、多岐にわたるバックグラウンドデータに関する情報をも含めて十分に把握しておくことが必要となる。このような観点から、大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンターにおいて、バックグラウンドデータから諸特性まで網羅した金属系粉末焼結材データベースを構築しつつある。

本年度は、この粉末焼結材データベースを用いて、収録データを対象とした鉄系粉末焼結材の静強度特性に関するデータの検索を行った。

収録データは粉末の種類から焼結条件までの製造履歴および物理的、機械的特性までを一つの流れとしたシリーズで収録されている。粉末焼結材データベースから鉄系粉末焼結材の静強度データを抽出し、さらに静強度データが硬さのみで引張強さの記載がない場合は削除し、データの表示解析を容易に行なえるようにするための2次データファイルを作成した。その際、データベース中の硬さにはブリネル硬さ、ロックウェル硬さなどで記載されたものがあるため、それらの硬さはピッカース硬さに換算した。鉄系粉末焼結材の2次データファイル中には683シリーズのデータがあり、純鉄粉末の焼結、低融点金属の溶浸および合金成分を添加した焼結材が主である。主な焼結材のシリーズ数はFe (73), Fe-C (61), Fe-Cu- (146), Fe-Ni (81)である。

抽出した2次ファイルをもとに、静強度間の相関について検討を行った。その結果、焼結材の静強度は溶製材に比較して低伸び、低強度側にあるものの溶製材と同様の相関関係が認められた。今後、さらに静強度データの解析を行い、粉末焼結材の静強度特性の信頼性を確立できるよう研究を進めたい。

## 燃焼合成 (金属間化合物の接合に関する研究) 岡 純一郎 (工学部)

今年度より研究を開始した関係上、燃焼合成に関する基礎的理解と今後の研究課題について

総合的な検討を加えた。特に今年度は、新しい燃焼合成用低圧反応容器の設計、および金属間化合物の表面処理方法の開発に関する2つの重点項目について、以下のように報告する。

### (1) 新しい燃焼合成用低圧反応容器の設計・製作

元素同士から化合物を瞬間的に作成できる燃焼合成や、新しく開発したテルミット型燃焼合成による金属間化合物や非酸化物セラミックスの鑄造を行う場合には、着火用高電圧導入端子を付備した上に、ガス雰囲気置換できることや真空引可能な大型の反応容器が必要となる。現在までこの規格を満たすような装置は市販されていないため、新しい反応容器の設計・製作を行った。内径400φ X高さ600Hで内容積70ℓを有し、ガス置換および真空が可能である。また操作性が良く、放射温度計による反応温度の計測ができるように観測窓を取り付け、燃焼速度計測用に熱電対端子を設備した。現在、調整中であるが次年度の本格的な稼働により、大型複雑形状品の合成同時鑄造を予定している。

### (2) 金属間化合物の表面処理方法の開発

特性的には金属とセラミックスのほぼ中間に位置すると考えられる金属間化合物は、将来的に中間温度域で使用される構造材料として期待される。セラミックスと比較して破壊靱性値の高い金属間化合物を、高温部材として用いるには耐腐食性や耐酸化性が問題となる。一方、高温特性の優れるセラミックスについてはその脆性破壊の改善が要求される。そこでより高温で金属間化合物を使用するためには、表面処理を施してセラミックス皮膜を形成させるのが最も有望である。すなわち、内部の金属間化合物が靱性を保持して、周囲の非酸化物セラミックスを耐腐食や耐酸化膜とする概念である。このために熱処理やCVD、PVD等の方法がすでに開発されているがさまざまな問題を有しており、新しいプロセスの開発が望まれていた。今回、1気圧の窒素ガス雰囲気中で、NiTiのテルミット型燃焼合成を行った場合、①式で表されるような反応が起こり、NiTi金属間化合物の周囲に比較的厚いTiN皮膜を合成と同時に被覆することができた。



また同方法を用いて、ターボチャージャー用の羽根形状を有する複雑形状品の作成も可能であることを実験より確認した。

## 新素材データベースを用いた粉末焼結体の特性評価について

澤井 猛 (工学部)

現在、筆者らは金属系新素材データベースを構築することを目的として、データベースシステム構築用エキスパートシステムの開発を行っている。このデータベース構築には、学協会誌に公表された研究論文より粉末焼結体に関する粉体の素材条件、製造履歴、物理的特性および

機械的特性を抽出し、ある一定のデータベースフォーマット上に収録する作業が必要である。しかしながら、この作業では、出典論文より抽出したデータを20数種類の記録用紙に手作業で記入したのち、コンピュータに入力するため、データ入力と、入力データのエラーチェックやデータのグラフ化に多くの時間と費用が必要であった。特に、データベースフォーマット上への収録作業については、手作業に頼らざるを得ないため、記録者の個人差が顕著に現れ、場合によっては、客観的なデータ抽出が困難であるなど、幾つかの問題点があった。そこで、本研究では、データ抽出とデータ入力の効率化、費用の軽減およびデータ書式の統一を図るため、金属系新素材データベース用入力システムの開発を行ない、このデータベースシステムを使用して粉末焼結体の特性評価を行なうこととした。本年度は、データベースシステム開発の第一段階として、端末での入力および情報のグラフ表示、印刷等を行なえるプログラム開発に取り組んでいる。

このデータベースシステムは、サーバ・クライアント方式を採用した。クライアントとなる端末には Macintosh を使用し、サーバには UNIX ワークステーションを用いるようにした。このクライアントプログラムは、ベースソフトウェアとして Wingz を使用し、このソフトウェアのマクロ機能を用いて設計した。また、このシステムでは、ネットワークを介してクライアントマシンからホストコンピュータのデータを直接操作することと、クライアントをローカルエリアネットワークより切り離して使用することが可能となるようにしている。従って、このシステムは、場所と時間を規制せずに入力を行なう事ができ、ワイドエリアネットワークを介して学外研究者と同一環境データベース構築をすすめることを可能にするものである。

このデータベースシステムの特徴は、データに参照番号を入力するようにして、入力の短縮化の機能を設けていることである。現在、このデータベースは、出典データ、基礎データおよび特性データから構成されている。さらに、これらの出典データは著作者名、所属機関、題名、雑誌名等データを抽出した文献のデータから、基礎データは素材粉末、粒度分布、化学成分、焼結手順、焼結条件等の12項目から、特性データは物理特性、硬度、静強度、弾性率等の24項目からなっている。

本システム開発の今後の課題として、ホストコンピュータと端末との情報の共有化とその方法について検討して行く計画である。

## 新素材データベースを用いた粉末焼結体の特性評価について

能瀬春雄（工学部）

金属系新素材は超伝導合金、アモルファス金属および形状記憶合金など様々な新素材が開発されてきており、また従来材の中でも、例えば制振材としての鋳鉄、高強度化およびコストセービングを目指した粉末焼結体など、近年新素材として見直されているものも多い。しかし、新素材はその試験方法、評価基準等試験・評価が不統一または未整備のほか、材料自体の信頼

性が十分に保証されないこと、さらには各種物性、使用実績等に十分なデータの蓄積がないことなどが、新素材の実用化推進を阻害している大きな要因となっている。

一般にこうした各種新素材の強度特性は、素材および製造履歴に大きく依存することから、全体的様相の把握には広範囲の情報を盛り込んだデータベースシステムの構築が効果的と考えられる。現在、大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンターを中心として粉末焼結体を対象とした金属系新素材データベースの構築に携わっている。本データベースは学協会誌に公表された研究論文を基に粉末の素材条件、製造履歴から各種の物理的、機械的特性に至るまでの粉末焼結体に関するデータを網羅的に収録したものである。

本研究は上述の金属系新素材データベースを用いて、純鉄粉のみを用いた鉄系粉末焼結体を対象として、疲労強度特性およびワイブル確率紙を用いて疲労寿命分布と焼結体密度の関連について検討を加えた。

得られた主な結果は以下の通りである。

1. Fe 焼結体の疲労強度特性は、供試材密度の増加に伴い疲労限度が比例して上昇している様子が明確に観察され、密度から算出した  $\sigma_w(\rho)$  で実際の疲労限度  $\sigma_w$  を十分推定できることが明らかとなった。
2. 静引張強度  $\sigma_b$  の記載のあったデータについて、 $\sigma_b$  による標準化 S-N 曲線では疲労限度と静強度の  $\sigma_a/\sigma_b$  関係では平均は約0.51であり、溶性材の回転曲げ疲労試験結果とほぼ同程度の値をとることが観察される。
3. ワイブル確率紙を用いて  $\sigma_w(\rho)$  による標準化を行った  $\sigma_a/\sigma_w(\rho)$  - N 曲線の疲労寿命分布の解析を行った結果、各応力区分範囲で高応力側から低応力範囲までの広範囲の領域で検索したデータはワイブル分布によく適合する様子を示している。
4. ワイブル3母数  $m$ 、 $\alpha$  および  $\gamma$  の近似式を用い得られた疲労寿命分布の推定線は、標準化の各応力範囲において、収録データの疲労寿命分布と良く適合し、 $\sigma_w(\rho)$  での標準化応力  $\sigma_a/\sigma_w(\rho)$  ( $=r_w(\rho)$ ) でワイブル3母数の評価式を用いて、疲労寿命分布を精度良く推定しうることが明らかとなった。

今後はデータの蓄積を待って、静強度特性と疲労強度特性の関連を解析すると共に、Al 系粉末焼結材での疲労強度特性についても、検討を進めていく予定である。

## 新素材データベースを用いた鉄系粉末焼結体の強度評価について

平野明彦（短期大学部）

### 1. 分担研究の目的と意義

金属系新素材として、超伝導合金、アモルファス金属、形状記憶合金など種々の新素材が開発されている。また、従来材の中でも、制振材としての鋳鉄高強度化およびコストセイビングを目的とした粉末焼結体など、近年新素材として見直されているものも多い。これら各種新素

材の強度特性は素材および製造履歴に大きく依存することから、全体的様相の把握には、広範囲の情報を盛り込んだデータベースシステムの構築が急務とされている。

現在、筆者らは大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンターの組織下で金属系新素材データベース・粉末焼結体編（以下 粉末焼結体データベース）の構築に携わるとともに、そのデータ集の刊行を予定している。粉末焼結体データベースは学協会紙に公表された研究論文より、粉体素材、成形焼成条件から物理特性および機械的特性に至るまでのデータを網羅的に収録したものである。現在、粉末焼結体データベースは約180の論文から抽出された各種データを収録されている。

## 2. 分担研究の中間報告

### 2. 1 粉末焼結体データ集の刊行

1994年度はこれに収録したデータを基に粉末焼結体データ集（データ、図およびデータフロッキー）の発行準備作業を行った。活動内容ならびにその成果は以下に示すとおりである。

1. これまでに収録された全データの確認と修正
2. 未収録論文からの新規データ記入
3. データ記入にともなう作図
4. 収録文献および索引の整理

本年度中にこれらの作業はほぼ終了し、現在7月出版を目標にデータ集としての形態を整えるべく、巻頭文ならびに索引の作成、図の最終割付およびデータ検索ソフトの仕上げに至る最終段階の作業を行っている。

### 2. 2 データベースを用いた粉末焼結体の疲労寿命推定

現在構築中の粉末焼結体データベースを用い、鉄系粉末焼結体を対象として疲労強度特性および疲労寿命分布と焼結体密度について検討を加えた。これより焼結体密度から求めた疲労限度  $\sigma_w(\rho)$  での標準化のもとで、ワイブル3母数の近似式を用いて鉄系焼結体の疲労寿命分布を焼結体密度と作用応力から精度良く推定しうることを明らかにした。

一方、これと並行し、本年度はアルミニウム系データ収録の充実を計り、多数のデータを蓄積した。アルミ系データのバックグラウンド充実に伴い、前述の鉄系粉末焼結体の疲労強度評価に加え、アルミ系合金についても静強度および疲労強度と製造過程での諸因子について研究を進めていく予定である。

# 新合金化プロセスによる材料開発

## 吉川浩美（短期大学部）

### 1. 研究の必要性および目的

近年のめざましい技術革新が材料開発によって支えられていると言っても過言ではない。このような新材料を開発する上においては、物質（相）の平衡・非平衡を制御するためのプロセスとしての合金化手法に対するアプローチが必要となってくる。本研究では、新しい種々の合金化プロセスによる相形成過程を調べ、高機能新材料を開発することを目的としている。

本年度は、先ずその第一段階として、数種の合金系について、非平衡相制御プロセスとして注目されているメカニカルアロイング法を用い、平衡相および非平衡相の形成過程を調べた。

### 2. 分担研究課題の中間報告

メカニカルアロイング（Mechanical Alloying ; MA）とは、熱エネルギーを加えることなく機械的な強制加工を行うことにより異種元素を原子サイズにまで攪拌して固相のまま合金化するプロセスである。従来、MAにはボールミルが用いられてきたが、本研究では一軸圧縮プレス機を使用して、純元素混合粉末試料に対して圧延と折り畳みの繰り返しを行い、その過程で生じる Kneading 効果の発現と相変化の過程を調べた。その結果、混合のエンタルピーが大きな負の値を有する系である Ni-Ti 系および Al-Ni 系では、純元素混合粉末から、圧延と折り畳みにより準安定な超微細層状組織を有する板状試料を作成することができ、それをさらに圧縮すると、金属間化合物の生成に起因する爆発的な合金化反応が生じた。従って、これらの系では、繰り返し圧延による機械的エネルギーにより、いったん準安定状態に energize された後、平衡相である金属間化合物の形成に至ることが示唆された。一方、混合のエンタルピーが大きな正の値を有し、状態図の上では混ざり合うことのない 2 相分離型の系である Ag-Ni 系では、化合物生成反応を認めることはできなかったものの、溶製法などのような従来の合金化手法では作成することが不可能な超微細層状組織を形成することができた。これは、前者の系の場合と同様に、機械的エネルギーが準安定微細組織を形成させうることを示している。