

国際的先進材料の実用化を促進するための基盤構築に関する研究

I 試験研究の全体計画

1. 研究の趣旨

エレクトロニクス、エネルギー、航空、宇宙等をはじめ21世紀の社会経済基盤を支える高性能なシステムや構造材料開発の先端分野における技術革新を実現する鍵として各種先端的研究開発による新材料が注目され、その応用と実用化に期待が寄せられている。これらの新材料は高性能・高機能また広耐環境性などの未知の有用性を秘めているため、従来の評価試験方法では評価が困難、あるいはその適切な評価法自体が未整備という問題を有している。このため、各種新材料の応用・実用化に向けては、新材料の有する物性、組織、構造等を評価し、信頼性を向上させるための新たな試験技術・評価方法の開発とその標準化及び、試験結果に基づいた特性データを標準化情報として有効に活用するための新たな手法の開発が必要である。さらに、国際社会において、これら新素材・新技術の貿易の発展推進のため、材料及び特性評価法の標準化が急速に進められている中で、我が国がリーダーシップを取り、国際社会に貢献するとともに、経済フロンティアの拡大を図るためには、これらの評価技術に関する知的基盤整備を推進する必要がある。また、科学技術基本計画においても、研究開発活動の安定的、効率的な推進を図る上で、知的基盤として標準、試験評価方法等の整備の重要性及び我が国自らが提案し、主導する国際共同研究の積極的な推進が求められている。

本研究では、国際的にも緊急に実用化と標準化の求められている、比較の実用化に近い先進材料のプレスタンダード化を目指し、材料信頼性、試験評価法の確立等の研究を主体とする知的基盤整備のための研究を、国内各研究機関及び国際的連携、特に国際的標準化試験活動であるVAMASとの強い連携のもとに実施する。本研究を効率的に推進するため、国内外において先進材料として認識され、その実用化のための特性評価法の標準化が強く求められ、かつ、国内のポテンシャルが高い、(1)セラミックス、(2)高分子材料、(3)生体適合材料、(4)超伝導材料・極低温構造材料、(5)強度特性、(6)表面・薄膜、(7)データベースの7つの研究分野をサブテーマとして設定する。各サブテーマの標準化に向けての手法・成果を相互に連携することにより、これらの先進材料の特性等の試験評価法を、VAMASにおける国際ラウンドロビントストの実施を通じて、国際的な立場から共同研究を推進しながら開発・確立し、JIS規格やISO規格などとして標準化を目指すことを目標とする研究を行い、実用先進材料の統合的な知的基盤整備を推進する。

2. 研究概要

1. セラミックス

ファインセラミックス系材料の評価試験方法の国際的な確立に資するため、先進セラミックス材料の機械的特性評価試験方法及び分類に関する基盤的研究を行う。

(1) 機械的特性評価に関する研究

平成10年度に実施した高温曲げ強さの国内ラウンドロビントストの解析結果に基づき、欧米機関が参加する国際ラウンドロビントストを実施し、規格作成の基礎的データを得てISO規格作成への提言をまとめる。セラミック多孔体の引張・圧縮試験評価技術を応力負荷時の変形挙動から研究し、適切な測定条件を検討し標準規格化のための基礎的データを取得(財ファインセラミックスセンター)。

(2) セラミックス製の焼結体基準片と組織形成に関するモデル化に関する研究

大型粒子から構成されるセラミックスを用いてその微小領域の硬さを測定し、セラミックス製基準片としての妥当性を研究する(名古屋工業技術研究所)。平成10年度に開発した異方粒成長による複合組織をもつ α -炭化ケイ素焼結体の異方粒成長の要因及び破壊じん性値と粒成長の関係を解明し、組織形成のモデル化を研究する(無機材質研究所)。

(3) 先進セラミックスの分類システムに関する研究

分類とコーディング方法、特に化合物及び特性分類方法について再検討し、ISO規格提案に反映させる。インターネット経由で検索システムを制作する。国際共同研究の相手先と具体的内容について検討する(財ファインセラミックスセンター)。

2. 高分子材料

高分子材料や高分子をベースとした複合材料の実用化を促進するため、多相系高分子材料、高分子複合材料に特異な構造・物性についての試験評価方法と、高分子材料の標準的耐久性試験方法の基盤の構築のための研究を行う。

(1) 多相系高分子材料に関する研究

高分子ブレンド、短繊維強化高分子材料などの押出成形、射出成形の際の成形条件と流動配向、発現する高次構造との関係をまとめる(物質工学工業技術研究所)。熱機械的測定を中心にして、加工条件との相関をまとめ、構造変化が動的力学的性質に及ぼす因子を抽出する(大阪工業技術研究所)。高分子ブレンド、ブロック共重合体など、成形時に材料に生ずる構造とナノ物性を中心に、表面・界面の定量化方法を検討する(東京大学)。

(2) 高分子複合材料の信頼性評価技術に関する研究及び特

性試験

複合材料・構造体の機械的継手の強度特性解明に資するため、複合材料のボルト接合試験体により面圧強度（クリープ及び室温疲労）試験方法を検討するとともに、標準的耐久性試験方法の基盤を提案するため、耐候性試験用標準片を選定し、材料の劣化挙動を検討する（物質工学工業技術研究所）。複合材料の最大弱点でありかつ継手の強度特性解明に不可欠となる層間強度特性解明のため、現実的な混合モード（モードⅠとモードⅡ）下での層間破壊特性試験に関する研究を行う（東京大学）。温度、水、外力等の環境条件の組合せが層間強度特性に及ぼす影響を検討する（京都大学）。

3. 生体適合性耐摩耗性材料

環境並びに生体適合性に富む耐摩耗性材料の開発に資するため、材料の耐摩耗性及び生体適合性に及ぼす各種影響因子とその機構を十分に考慮した評価手法を確立することを目的とし、耐摩耗性及びに生体適合性に関する知的基盤の整備に関する研究を行う。

(1) 摩耗特性評価法に関する研究

コーティング材料及び高分子材料について各種表面分析法を用いた摺動面・摩耗粉評価手法を開発し、各摩耗特性の発現機構に根差した摩耗特性評価法開発に関する研究を行う（機械技術研究所）。流体やアブレーション粒子を介在させた試験による、皮膜の摩耗並びに摩耗粉の解析評価技術に関する研究を行う（大阪工業技術研究所）。

(2) 摩耗粉の生体適合性評価に関する研究

摩耗粉のキャラクタリゼーション並びに摩耗粉をマイクロファージに貪食させ、骨吸収刺激性蛋白質放出を評価する手法による、人工関節材料の生体適合性評価法開発に関する研究を行う（産業技術融合領域研究所）。酸化チタンを用いて開発した実験的に発癌イニシエーション活性を測定する手法を用い、酸化ジルコニウム微粒子の発癌イニシエーション活性を評価する（国立医薬品食品衛生研究所）。

4. 超伝導材料・極低温構造材料

超伝導関連産業技術の発展に資するため、超伝導材料（線材、バルク、薄膜など）及び極低温下で強磁場による力を支え超伝導マグネットの特性を維持する極低温構造材料の特性評価技術を確立するとともに、その国際的な標準化を図る。

(1) 超伝導材料特性評価技術の確立に関する研究

酸化物超伝導線材の長尺及び曲げ変形にたいする臨界電流特性測定法及び交流損失（履歴損失）測定法の研究を行い、その確立を図るほか、超伝導材料を中心とした工学データベース化を進める（金属材料技術研究所）。室温及び低温（77K）における疲労特性と繰り返し応力負荷の臨界電流への影響、室温／低温の熱サイクルによる機械的性質と超伝導特性の変化について調査・研究するとともに、機械的特性の共通試験手順により VAMAS の活動として国際

ラウンドロビンテストを実施する（京都大学）。酸化物超伝導材料の特性向上の指針を得るために、超伝導特性と材料の微細構造との関連を理論的に考察する（九州工業大学）。イットリウム系酸化物バルク材料を中心に、磁気反発力及び保磁力の測定技術について、国際ラウンドロビンテスト等による標準化を進める（国際超伝導工学研究センター）。誘電体円柱共振器法（二共振器法）による超伝導薄膜表面抵抗温度特性の国内ラウンドロビンテストを実施するとともに、国際ラウンドロビンテストのための予備測定を開始するほか、超伝導薄膜の表面保護のためのコーティング法を検討する（電子技術総合研究所）

(2) 極低温用構造材料の特性評価法に関する研究

極低温における超合金の引張特性、破壊靱性に及ぼす高磁場の影響を検討する。極低温・高磁場環境での荷重及びひずみ測定の標準法を検討する。（金属材料技術研究所、東京大学）。前年度の研究成果に基づき、切欠を跨ぐ変位計測に関するラウンドロビン試験を実施する。破壊靱性に及ぼす諸因子の内、試験片寸法並びに試験装置の剛性の影響を明らかにする。（金属材料技術研究所、核融合科学研究所）。織物ガラスーエポキシ積層材料の破壊特性に及ぼす試験条件・試験片寸法等の影響を解明するとともに、前年度提案した真の極低温層間せん断強度を得るための適切な評価法に従い、国際ラウンドロビンテストを実施する（東北大学）。

5. 強度特性

金属系材料として、延性材料、ぜい性材料、金属基複合材料を取り上げ、特性としてはクリープ特性、疲労特性などの破壊メカニズムを解明するとともに、強度特性に影響を及ぼす残留応力をも検討し、信頼性のある強度特性を求めめるための研究を行う。

(1) 高温脆性材料に関する研究

強化相による強度発現機構を明らかにする。これを基に疲労及びクリープ破壊寿命評価則の構築と材料開発に向けての基盤研究を目指す（東北大学）。粒径、組織の異なる Ti-Al 金属間化合物についてラウンドロビンテストを行い、き裂成長特性に及ぼす試験片形状、寸法、荷重等のマクロ因子だけでなく、組織や破壊機構などマイクロ因子を検討する（金属材料技術研究所）。破壊寿命評価法に関して実験技術を含めた国際的な標準化を目指す。基盤として、異なる組織を有する脆性材料の破壊機構を観察し、き裂発生、成長挙動との関連を明らかにする（石川島播磨重工業㈱）。

(2) 金属基複合材料の特性評価に関する研究

SiCw/A2009MMC の室温における疲労特性評価に関する RRT を行う。また SiC/TI MMC の高温における引張特性評価に関する RRT を行う。さらにそれぞれ高温疲労の準備を行う。また繊維上へのマトリックス金属のコーティング条件の検討、成形材の室温及び高温疲労破壊機構を検討する（金属材料技術研究所）。SiTiOC 系繊維等をチタ

ン合金 MMC 中で、繊維強度を最大限に発現させる最適な構造設計を行うと共に、連続コーティング技術を確立する他、それらの組織的、化学的な立場からの検討を行う（宇都興産㈱）。国産の繊維上に軟質金属コーティングにより付着させ、チタン合金マトリックスの MMC を作成し、繊維とマトリックスの界面における特性を評価する。界面相の熱的安定性、界面反応相の状態分析等を行う（東京大学生産技術研究所）。

6. 表面・薄膜

情報産業などで使用される半導体薄膜や記録媒体などの先端材料の一層の高性能化を図るため、表面や界面における基本的な物性である表面組成、界面構造、薄膜強度などを正確に測定する技術を確立する研究を行う。

(1) 表面化学分析

各種化合物に一次照射線量を変化させて、照射による変質を生じた試料から得られる電子分光スペクトルデータ群から変質構造に基づくスペクトルデータの変調部分を因子解析法により抽出する技術を確立する（金属材料技術研究所）。表面分析用プローブ照射に伴う試料損傷及びチャージアップの度合を正確に評価するための基準表面処理法を開発する（電子技術総合研究所）。X線や電子線を照射する際の損傷評価を解析するために、共同試験で得られたスペクトルデータの収集と新たなラウンドロビン試験を企画する（財ニューマテリアルセンター）

(2) 薄膜・コーティング

表面粗さ等の基本因子を最適化した金属及びセラミックス試料を用いたラウンドロビン試験を行い、評価法の標準化へ向けた基礎を確立する（東京大学）。インデッテ-

ション試験と計算機シミュレーションの結果とを比較し、膜材料へ応用するため課題点について検討する。また、膜厚などの基本因子に対する依存性を明確化して、薄膜評価の標準化に関する基礎を確立する（金属材料技術研究所）。

7. データベース

諸処に分散して管理されている材料データの共通的高度利用システムの構築に資するため、材料の評価・解析モデル情報を含んだデータ・知識の共有化のための電子化可能な基本フォーマットおよびデータ構造、インターフェイス等の標準的要件を明確化するとともに、基盤となるシステムツールを開発し、システム構築の技術基盤を確立する。

(1) 電子化を指向した材料特性データベースの基本フォーマットに関する研究

前年度までのデータ信頼度解析手法の検討及び IOS で標準化（STEP）が進んでいる材料データ表現及び交換の記述法の言語の検討結果を踏まえて、新材料データベース基本フォーマットのプロトタイプの開発とデータ信頼度解析手法の開発を継続する（財ニューマテリアルセンター）。

(2) 材料データベースにおけるインターフェイスの開発に関する研究

国内外で材料データを共有するため、STEP の材料特性データの表現に用いる記述言語の EXPRESS を基に開発中のクリーブ破断データベースの構造を検討する。また、テストシステムを改良したプロトタイプシステムからインターネット上の分散型材料データベースに対応する基本的オープンデータベースシステムの開発を行う（金属材料技術研究所）。

3. 年次計画

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
1. セラミックス					
(1) 機械的特性評価に関する研究	高温曲げ強度 評価方法の検討	評価方法の開発・RRT	評価基準検討	動疲労特性 評価法開発・RRT	評価基準確立
(2) セラミックス製の焼結体基準片と組織形成に関するモデル化に関する研究	材質選定の検討 対象物質系の探索	材質審議・RRT モデルの構築	材質選定・評価 理論の整備・実証材料の開発	材料基準評価・RRT モデルの実証	取りまとめ 材料とモデルの評価
(3) 先進セラミックスの分類システムに関する研究	コーディング法・ソフトウェアの再検討		コーディング法・ソフトウェア法の確立		取りまとめ
2. 高分子材料					
(1) 多相系高分子材料に関する研究	多相系・成形条件探索	変形・破壊の解析手法	界面構造定量化方法の開発		標準的方法提案
(2) 高分子複合材料の信頼性評価技術に関する研究及び特性試験	標準試験片決定	面圧強度試験方法・き裂伝ば特性評価		高温環境下試験	接合部の 強度試験方法確立
3. 生体適合性耐摩耗性材料					
(1) 摩耗特性評価法に関する研究	摩耗粉キャラクタリゼーション法・ コーティング膜評価法開発		摺動条件と摩耗機構検討	摩耗機構解明	評価手法基盤整備

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
(2) 摩耗粉の生体適合性評価に関する研究	人工関節用材料摩耗粉調整 ← 摩耗粉食食用倒立培養法開発 → 摩耗粉生体適合性評価法確立				
4. 超伝導材料・極低温構造材料	金属系線材の応力効果・交流損失測定法調査 ← 測定装置試作・評価 → 酸化物系線材の応力効果・交流損失評価法検討 ← 評価法確立				
(1) 超伝導材料特性評価技術の確立に関する研究	機械的性質評価方法の開発 ← 熱的電気性質評価方法の開発 → 臨界電流決定と不可逆磁場理論 ← 総合評価				
(2) 極低温用構造材料の特性評価法に関する研究	試験装置開発 ← 小型破壊靱性・強磁場下試験法検討 ← 材料力学数値シミュレーション・特性評価法開発 → 強磁場下評価法確立 ← 取りまとめ				
5. 強度特性	← 素材・試験片作成の準備 → 試験法の開発・標準化 → 結果解析と計測法・試験法確立 → 取りまとめ				
(1) 高温脆性材料に関する研究	疲労特性評価・破壊機構解明 ← 新繊維製造・コーティング技術開発 → 新繊維特性評価 ← 寿命予測法確立				
(2) 金属基複合材料の特性評価に関する研究					
6. 表面・薄膜	スペクトルデータ収集・電荷蓄積現象測定 ← 理論計算 → 因子解析法・画像解析法確立 ← データの解析 → 評価法確立				
(1) 表面化学分析	← 薄膜試料によるラウンドロビン試験 → 理論解析と計算機シミュレーション → まとめ				
(2) 薄膜・コーティング					
7. データベース	← 記述項目検討 → 共通項目の抽出 → リモデリング指針確立 → 基本フォーマットの検証 → 基本フォーマット確定				
(1) 電子化を指向した材料特性データベースの基本フォーマットに関する研究	← インターフェイス構造解析・体系化 → ユーザーインターフェイス整合化因子検討 → エキスパートインターフェイス手法確立 → オープンシステム化				
(2) 材料データベースにおけるインターフェイスの開発に関する研究					
8. 研究推進					
所要経費(合計)	267百万円	267百万円	265百万円		

II 平成11年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
1. セラミックス		
(1) 機械的特性評価に関する研究	財)ファインセラミックスセンター試験研究所	水野峰男
(2) セラミックス製の焼結体基準片と組織形成に関するモデル化に関する研究	通商産業省工業技術院名古屋工業技術研究所セラミック基礎部	坂口修司
(3) 先進セラミックスの分類システムに関する研究	科学技術庁無機材質研究所第3研究グループ 財)ファインセラミックスセンター試験研究所	田中英彦 松井 實
2. 高分子材料		
(1) 多相系高分子材料に関する研究	通商産業省工業技術院物質工学工業技術研究所 通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所有機機能材料複合体合成研究室 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻	中山和郎 田中裕子 西 敏夫
(2) 高分子複合材料の信頼性評価技術に関する研究及び特性試験	通商産業省工業技術院物質工学工業技術研究所複合材料部 東京大学大学院工学系研究科船舶海洋工学専攻 京都大学工学部メゾ材料研究センター	剣持 潔 影山和郎 北條正樹

研究項目	担当機関	研究担当者
3. 生体適合性耐摩耗性材料		
(1) 摩耗特性評価法に関する研究	通商産業省工業技術院機械技術研究所基礎技術部 通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所セラミック研究室	榎本 祐嗣 岩佐 美喜男
(2) 摩耗粉の生体適合性評価に関する研究	通商産業省工業技術院産業技術融合領域研究所バイオニックデザイングループ 厚生省国立医薬品食品衛生研究所療品部	立石 哲也 中村 晃忠
4. 超伝導材料・極低温構造材料		
(1) 超伝導材料特性評価技術の確立に関する研究	科学技術庁金属材料技術研究所強磁場ステーション 京都大学大学院工学研究科材料工学教室 九州工業大学情報工学部電子情報工学科 財団法人国際超伝導産業技術研究センター第7研究部 通商産業省工業技術院電子技術総合研究所極限技術研究部	和田 仁 長村 光造 松下 照男 村上 雅人 幸坂 紳
(2) 極低温用構造材料の特性評価法に関する研究	科学技術庁金属材料技術研究所力学機構研究部 東京大学大学院工学系研究科材料工学専攻 東北大学大学院工学研究科材料加工プロセス学専攻 文部省核融合科学研究所装置技術研究系	緒形 俊夫 柴田 浩司 進藤 裕英 西村 新
5. 強度特性		
(1) 高温脆性材料に関する研究	東北大学工学部 科学技術庁金属材料技術研究所評価ステーション 石川島播磨重工業㈱技術研究所	横堀 寿光 田淵 正明 富士 彰夫
(2) 金属基複合材料の特性評価に関する研究	科学技術庁金属材料技術研究所構造体化ステーション 宇部興産㈱研究開発本部 東京大学生産技術研究所	増田 千利 佐藤 光彦 香川 豊
6. 表面・薄膜		
(1) 表面化学分析	科学技術庁金属材料技術研究所精密励起場ステーション 通商産業省工業技術院電子技術総合研究所極限技術部 財団法人大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター	吉原 一紘 一村 信吾 菊地 諄一
(2) 薄膜・コーティング	東京大学工学部 科学技術庁金属材料技術研究所評価ステーション	吉田 豊信 松岡 三郎
7. データベース		
(1) 電子化を指向した材料特性データベースの基本フォーマットに関する研究	財団法人大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター	菊地 諄一
(2) 材料データベースにおけるインターフェースの開発に関する研究	科学技術庁金属材料技術研究所第5研究グループ	原田 幸明
8. 研究推進	科学技術庁金属材料技術研究所 財団法人大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター	

Ⅲ 運営委員会

委 員	所	属
○齋 藤 鐵 哉	科学技術庁 金属材料技術研究所研究総務官	
緒 形 俊 夫	科学技術庁 金属材料技術研究所力学機構研究部室長	
菊 地 諄 一	(助)大阪科学技術センター 付属ニューマテリアルセンター部長	
立 石 哲 也	通商産業省 工業技術院産業技術融合領域研究所バイオニックデザイングループ総合研究官	
寺 沢 計 二	科学技術庁 研究開発局材料開発推進室長	
中 山 和 郎	通商産業省 工業技術院物質工学工業技術研究所主席研究官	
八 田 勲	通商産業省 工業技術院材料機械規格課長	
原 田 幸 明	科学技術庁 金属材料技術研究所第5研究グループサブグループリーダー	
増 田 千 利	科学技術庁 金属材料技術研究所構造化ステーションユニットリーダー	
水 野 峰 男	(助)ファインセラミックスセンター 試験研究所	
宮 崎 剛 直	(助)大阪科学技術センター 付属ニューマテリアルセンター所次長	
吉 原 一 紘	科学技術庁 金属材料技術研究所精密励起場ステーション総合研究官	
和 田 仁	科学技術庁 金属材料技術研究所強磁場ステーション総合研究官	

(注：○は運営委員長)