

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

高温構造用先進セラミックス材料を用いた高温曲げ強さの国際ラウンドロビントストを実施し、国内機関のデータによる中間報告書を作成する。得られたデータを基にして国際標準規格への提言をまとめる。セラミックス多孔体の強度評価試験方法の標準化に資するため、多孔体強度評価試験方法とその評価条件の測定値への影響を検討し、規格化への基礎データを得る（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

セラミックス製焼結体基準片の特性表示に必要な評価項目を抽出し、それらの項目の共通試験方法の検討と実験による検証を行う（名古屋工業技術研究所）。AI-B系化合物を α -SiCの焼結助剤とした場合に柱状粒子を含む複合的な組織が得られるという昨年度の成果に基づき、SiCの焼結挙動、焼結助剤とSiCとの反応による生成相等について検討し、組織形成のモデル化を行う（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について再検討し、ISO規格提案に反映させる。検索システムの構成について再検討し、パーソナルコンピュータ単体中で動作する検索システムを制作する。国際共同研究の相手先を調査・検討し、具体的提案書を作成する（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、無機充填系高分子材料の成形を行い、流動配向が結晶性に及ぼす影響とともに、変形挙動のモデリングのための要素を調べる（物質工学工業技術研究所）。熱機械的測定を中心にして、結晶性高分子をマトリックスとする高分子ブレンドの流動配向が結晶性に及ぼす影響を調べる（大阪工業技術研究所）。結晶性高分子をマトリックスとする高分子ブレンドについて、2次元画像解析を中心に、界面構造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、耐候性試験用標準試験片を選定し、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）。アブレーション粒子を用いた鋼球すべり試験による、皮膜の摩耗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

表面粗さの異なるコバルトクロム合金とポリエチレンの摩耗試験を行い、得られた摩耗粉のキャラクタリゼーションと摩耗粉をマイクロファーゼに食食させるための実験系を確立する（産業技術融合領域研究所）。酸化チタン粉末の発癌性メカニズムを明らかにするため結晶構造の異なる粉末の発癌イニシエーション活性を実験室的に測定する手法を確立する（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

超伝導線材の実用環境下、応力下での臨界電流特性や交流損失に関して、個別実験やラウンドロビンテスト等により評価技術の確立を図るとともに、超伝導材料やその構成要素の超伝導特性や関連諸特性を広く調査、収集し、工学データベース化する（金属材料技術研究所）。超伝導線材および線材構成要素の各種機械的特性及び熱的特性に関して、個別実験やラウンドロビンテスト等により評価技術の

確立を図る（京都大学）。酸化物超伝導材料の高品質化のために、超伝導体中に広く分布する弱結合の存在割合と分布を調べ、臨界電流、臨界磁場、不可逆磁場との関連について理論的検討を行う（九州工業大学）。イットリウム系を代表とする酸化物バルク超伝導体の保磁力に関して、評価方法の調査、測定手法の影響、繰り返し測定による疲労等について検討し、ラウンドロビンテスト等を通して、バルク材料評価技術の確立を図る（国際超伝導産業技術研究センター）。酸化物超伝導薄膜の表面抵抗の温度・磁界依存性、パワー依存性等の高周波特性測定法の研究を行い、その確立を図る（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

極低温におけるひずみゲージ出力に及ぼす高磁場の影響に関する国際ラウンドロビンテストを実施するとともに、ヤング率への影響を検討する（金属材料技術研究所、東京大学）。小型試験片により極低温下で使われる構造部材の靱性を評価する試験方法を整備し、国際ラウンドロビンテストを実施する（金属材料技術研究所、核融合科学研究所）。織物ガラスエポキシ積層材料の極低温における真の特性を評価するため、機械的特性に及ぼす試験条件・試験片寸法等の影響を検討し、国内ラウンドロビンテストを行う（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 高温ぜい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し、試験評価法の高度化、標準化を図る（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の高温引張り特性を得るとともに、室温における疲労試験計画をまとめ、国際ラウンドロビンテストを行う予定である。チタン基複合材料に関しては高温引張り、高温疲労試験計画をまとめ、引張り試験のラウンドロビンテストを行う予定である。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）。

繊維の高強度化、高靱性化を行うとともに、反応防止のコーティングの方法と、製造条件の関係を明らかにする。コーティングと繊維との間の下地のコーティングの影響を併せて検討する（宇部興産）。金属基複合材料の界面特性を push-out 試験により評価するとともに、その界面剥離と、摩耗の解析法を検討する。また繊維の下地コーティングの反応挙動を、TEM を用いて観察して明らかにする（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

電子線照射固体表面損傷に基づく電子分光スペクトル形状の時間変化から固体表面状態を解析する方法をラウンドロビン結果に適用し、その有用性を実証する（金属材料技術研究所）。オゾンビーム処理した酸化物薄膜試料の大气中での再汚染の有無を調べ、ビーム損傷評価の標準試料としての妥当性を検討する（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、共通試料を用いたラウンドロビンテストを実施し、各機関のスペクトルデータを収集する（ニューマテリアルセンター）。

② 薄膜・コーティング

ラウンドロビンテストを継続するとともに、薄膜試料のパラメータである膜材料、膜厚、基板材料、製膜方法などを最適化させるための研究を行う（東京大学）。AFM/S TM型 Depth Sensing Indentation (DSI) 試験を継続し、得られた測定結果の解析を行うとともに計算機シミュレーションを行う（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の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 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

データベース構造を電子化する手法を研究するとともに、データベースのデータを用いた解析式のソフト開発、および、欠陥データについての解析処理法を検討する（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

クリープ破断データベースを例にテストシステムの検証を行いプロトタイプへの移行を図る（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	コーティング法・ソフトウェアの再検討		コーティング法・ソフトウェアの確立		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 磨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
② 磨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		摩耗粉貪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					
① 超伝導材料特性評価技術の確立に関する研究	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

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
② 極低温用構造材料の特性評価法に関する研究	機械的性質評価方法の開発 試験装置開発 GFRP試験法検討	熱的電気性質評価方法の開発 小型破壊靱性・強磁場下試験法検討 引張・層間破壊靱性試験	臨界電流決定と不可逆磁場理論 材料力学数値シミュレーション・特性評価法開発	逆磁場理論 強磁場下評価法 確立	総合評価 取りまとめ
(5) 強度特性					
① 高温ぜい性材料に関する研究	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
② 金属基複合材料の特性評価に関する研究	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
(6) 表面・薄膜					
① 表面化学分析	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
② 薄膜・コーティング	薄膜試料によるラウンド robin 試験		理論解析と計算機シミュレーション		まとめ
(7) データベース					
① 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	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
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	インターフェース構造解析・体系化	ユーザーインターフェース 整合化因子検討	エキスパートインターフェース手法確立		オープンシステム化
所要経費(合計)	267百万円				

II 平成9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 機械的性質評価に関する研究	(助)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 (助)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
(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

研 究 項 目	担 当 機 関	研究担当者
(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 (助)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 高温ぜい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(株)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(株)研究開発本部 東京大学生産技術研究所	増田 千利彦 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 (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	吉原 一紘 一村 信吾 小田 照巳
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 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	(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	小田 照巳
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	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

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
石 井 利 和	科学技術庁	研究開発局材料開発推進室長
大 嶋 清 治	通商産業省	工業技術院材料規格課長
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
水 野 峰 男	(助)ファインセラミックスセンター	試験研究所
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任研究官
立 石 哲 也	通商産業省	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
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
増 田 千 利	科学技術庁	金属材料技術研究所構造体化ステーションユニットリーダー
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
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
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

(注：○は運営委員長)