

# 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、比較的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

窒化ケイ素、アルミナの高温における曲げ強さ評価方法標準化に資するため、測定条件因子の測定値への影響を研究し、国際規格と整合する評価試験方法を開発し、国際共同研究を提案するための検討を行う(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

ファインセラミックス系材料の評価に必要な硬さを含めたセラミックス製焼結体試験片の供給について検討し、材料基準の基盤研究を行う(名古屋工業技術研究所)。セラミックス複合材料中の組織の不均一と母相の組織形成に関してモデル化を行い、それを検証するための実験を行う(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

コーディング法および検索システム開発に関する国際共同研究を提案するための検討とデータベースを活用していく基盤を構築する(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、無機充填系高分子材料の加工成形を行い、材料のマトリックスを形成する成分の高次構造を解析し、材料の変形、破壊に及ぼす加工成形条件、構造の影響についてまとめる(物質工学工業技術研究所)。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熱物性、動的力学的性質の解析を行い、加工条件との相関を調べる(大阪工業技術研究所)。高分子ブレンド、短繊維強化材料などに生じる構造、モルホロジーに関して、定量的な解析を行い、構成成分間の相溶性、界面構造についてまとめる(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の解明に資するため、複合材料のボルト接合の試験体により面圧強度試

験方法に関する研究を行うとともに、標準的耐久性試験方法の基盤を提案するため、劣化挙動に関する研究を行う（物質工学工業技術研究所）。複合材料の最大弱点である層間強度について、モードⅠとモードⅡの混合モードにより層間破壊靱性試験に関する研究を行う（東京大学）。温度、水、外力等の環境条件を変化させることにより、モードⅠ、及びモードⅡの層間破壊靱性試験に関する研究を行う（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

マウス腹腔由来培養マクロファージを用いた骨吸収刺激性蛋白質放出を評価する手法による、材料摩耗粉の生体適合性評価法の開発に関する研究を行う（産業技術融合領域研究所）。医用材料から発生する微粒子の、発癌イニシエーションおよび発癌プロモーションをパラメータとした生体適合性評価法の開発に関する研究を行う（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（国際超電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・高磁場環境下での材料の基本的特性を評価するための荷重・ひずみの測定法に関する研究を行い引張試験・破壊靱性試験方法を整備する（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、国際ラウンドロビンテストを通じて確立し、標準化を図る（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解明し、試験法を提案する（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

共同研究により、脆性な先端耐熱材料の高温破壊特性に関する試験・評価技術の確立、標準化を図る。先端耐熱材料の強度発現機構を、格子欠陥とき裂の相互作用を取り込んだ、ナノ技術と巨視力学の融合によって解明する（東北大学）。ナノ技術を取り入れて、脆性材料の高温破壊試験・評価法の研究を行う（金属材料技術研究所）。巨視力学により、脆性材料の高温クリープ、疲労試験方法の確立を図る（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

短繊維強化アルミ合金の高温引張試験法、疲労試験法及びそれらの破壊機構や評価法を検討するとともに、連続繊維強化チタン合金及び新繊維を用いた複合材料の引張、疲労試験法や破壊機構を検討し、標準化に向けた予備研究を行う（金属材料技術研究所）。連続繊維強化複合材料について、界面損傷低減法を検討し、界面の組織的・化学的評価法を検討する。国際共同研究用試験片用素材を提供する（宇部興産㈱）。疲労試験における構成素材及び界面のミクロな損傷と特性の変化を実験的に求め、疲労損傷を最小にするための繊維表面コーティング、コーティング材料の耐環境性についても検討し、構成素材の改質の方策を研究する（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を因子解析し，スペクトル形状変化から固体表面状態を解析する方法を確立する（金属材料技術研究所）。電子線やX線照射により固体表面が変質する挙動を解析するために，無損傷試料の作成とその評価を行う（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，共同試験の準備及び，試料の配付，結果の収集と解析を実施し，共通の解析条件を確立する（ニューマテリアルセンター）。

(2) 薄膜・コーティング

1 μm以下の薄膜の機械的特性の評価法の標準化に資するため，従来型及びAFM/STM型 Depth Sensing Indentation (DSI) 試験機を用いて薄膜共通試料の創製とDSI試験に関する研究とラウンドロビン試験を行う（東京大学）。AFM/STM型DSI試験機による試験法確立と金属膜・酸化膜試験及び計算機シミュレーションに関する研究を行う（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

異なったデータ種，実験条件等，種々の材料に対応可能で，かつ，データ解析モデル式，データ信頼度解析式などの知識化された情報にも対応したデータシステムに必要な基本フォーマットに関する研究を行う（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

製品設計者等の材料非専門分野や異種領域の研究者などの使用に対して，エキスパート知識とデータ要求の両面を結合できる手法を確立するとともに，利用者がインターネット上に分散したデータベースを共有するためのシステムを開発する（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	摩耗粉キャラクターゼーション法・ 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) 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
(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	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
	試験装置開発 GFRP試験法検討	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	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

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
5. 強度特性					
(1) 高温脆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ロビン試験 → 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) 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	← 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イスの開発に関する研究	← 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 →				
8. 研究推進					
所要経費(合計)	267百万円	267百万円			

## II 平成10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 科学技術庁無機材質研究所第3研究グループ	坂口修司 田中英彦
(3) 先進セラミックスの分類システムに関する研究	財)ファインセラミックスセンター試験研究所	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)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(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 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)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 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) 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)大阪科学技術センター附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)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
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
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
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
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	（財）ファインセラミックスセンター	試験研究所
宮 崎 剛 直	（財）大阪科学技術センター	附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）