

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りISOとリエゾンを締結している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テ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、分類システム、及び電気的特性に関する基盤的研究を行う。

(1) セラミックスの機械的特性評価に関する研究

セラミック複合材料の圧縮強さ評価測定法及びセラミック多孔体の破壊エネルギー評価測定法について研究する(ファインセラミックスセンター)。セラミックスの硬さ測定の標準試験片への要求特性を明らかにする(名古屋工業技術研究所)。SiC焼結体の粒子成長と組織形成因子をかえたSiC粉末から焼結体を作製し、モデルの検証試験を行う(独立行政法人物質・材料研究機構)。

(2) 電気的特性に関する研究

セラミックスの圧電特性測定に関する国際共同研究を実施するため、その基礎的研究を行う(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、多相系高分子材料や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を検討するとともに、複合材料構造体の実用的強度評価、並びに破壊メカニズム解明に関する研究、さらに、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

結晶性高分子と結晶性高分子からなるブレンドを中心に、諸物性に及ぼす成形条件の影響をまとめるとともに、界面構造と物性の関連についての解析を行う(独立行政法人産業技術総合研究所)。加工条件と動的力学的性質の相関をまとめ、構造変化が動的力学的性質に及ぼす因子を抽出する(独立行政法人産業技術総合研究所)。高分子混合系における相互貫入球晶の詳細な解析とナノメートルオーダーでの分子運動の解析を行う(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

複合材料のボルト接合試験体を用いて面圧強度(クリープ及び高温疲労)試験方法を検討するとともに、継手部破壊を支配する破壊形態である層間はく離に及ぼす衝撃負荷の影響を調べる(独立行政法人産業技術総合研究所)。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み合わ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、これらの特性評価手法の確立に必要な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(独立行政法人産業技術総合研究所)。流体やアブレーション粒子を介在させた試験による、皮膚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(独立行政法人産業技術総合研究所)。

(2) 摩耗粉の生体適合性評価に関する研究

材料の摩耗粉の生体適合性を細胞生物学の観点から評価する方法を確立する(東京大学)。材料の摩耗粉の生体適合性を分子生物学の観点から評価する方法を確立する(厚生労働省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曲げ変形に対する臨界電流測定法の国際ラウンドロビンテストの結果をまとめVAMAS推奨試験法として完成する。また、履歴損失や臨界電流の温度依存性測定法の確立を図るほか、超伝導材料を中心とした工学データベース化を完成し公開する(独立行政法人物質・材料研究機構)。国際ラウンドロビンテスト結果をもとに室温引張試験技術を確認するほか、動的応力や残留応力の評価技術、理論解析法について検討をすすめる(京都大学)。酸化物超伝導材料の不可逆磁場の測定法の標準案を提出するとともに、この方法を用いたラウンドロビンテストを行って、さらに問題点の洗い出しと測定法の改良を行う(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、磁気反発力および保磁力の測定技術について検討し、後者では寸法効果に関する補足実験を行い標準案に取り入れる(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測定法をIEC/TC90との連携の下に国際的な標準測定法として確立するほか、表面抵抗の電力依存性計測システムの設計、試作を行う(独立行政法人産業技術総合研究所)。

(2) 極低温用構造材料の特性評価法に関する研究

極低温・強磁場下における構造材料の特性評価法の基本的研究と取りまとめを行い、極低温における試験法をISO

に提案するとともに、鋭い円周切欠を有する小型丸棒引張試験片を用いた破壊靱性特性(J積分)を簡便に評価する手法の提案に向けての取りまとめを行う(独立行政法人物質・材料研究機構)。高磁場下でのヤング率測定に関する国際ラウンドロビンテストを実施した結果について取りまとめを行う(東京大学)。織物ガラスエポキシ積層材料及び極低温・強磁場下における破壊・変形に関する試験法・数値シミュレーション法を有機的に結合して開発した特性評価法の国際的な提案を図る(東北大学)。

5. 強度特性

金属系材料として、延性材料、脆性材料、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するための研究を行う。

(1) 高温脆性材料に関する研究

第I期に構築した高温脆性材料のクリープ亀裂成長試験方法に基づき、実機構造物における亀裂成長試験法、寿命評価法の標準基盤構築を共同で行う。先進耐熱材料の強度発現機構を組織学と力学の融合により明らかにするとともに、今までに開発した亀裂成長速度則の構造物への適用性を明らかにする(東北大学)。溶接部等の構造物の亀裂成長試験法及び寿命評価法の標準基盤構築を行う(独立行政法人物質・材料研究機構)。試験法の異なる材料への適用性を明らかにするとともに、切欠き丸棒試験片を用いた試験法を開発し、構造部材破壊評価法の基盤を整備する(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。さらに新しいチタン基複合材料の製造方法に関して検討し、その強度特性や破壊機構を検討する(独立行政法人物質・材料研究機構)。短繊維強化アルミニウム合金基複合材料の繊維含有率、繊維寸法、方位、押し出し加工率などの引張、疲労特性に及ぼす影響を定量的に検討する(本田技術研究所)。国産の繊維上に軟質金属を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認する研究を行う。

(1) 表面化学分析

表面分析中における電子線照射による固体表面の変質過程に関し、第I期で得られたスペクトル形状変化から固体

表面状態を解析する方法により解析し、変質が生ぜず微小領域が解析できる表面分析技術の確立を目指す（独立行政法人物質・材料研究機構）。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、無損傷表面処理技術を確立し、表面分析のための標準試料の作製を行う（独立行政法人産業技術総合研究所）。電子線による固体表面の変質過程に関するラウンドロビテストの実施のために、共同試験の準備および、試料の配付、結果の収集を行うとともに、独立行政法人物質・材料研究機構と共同して結果の解析を実施する（ニューマテリアルセンター）。

(2) 薄膜・コーティング

材料や膜厚に依存した特性変化についてさらに系統的な研究を行うとともに、そのメカニズムについて検討を行う。また、膜/基板界面の密着性を評価する手法について予備実験を実施して検討を開始する（東京大学工学部）。膜材料を考慮した試験条件や圧子の先端形状の影響等について検討する。また、膜材料の特性をパラメータとする層構造の計算機シミュレーションを継続し、実験による測定結果

との比較検討を行う（独立行政法人物質・材料研究機構）。

7. データベース

国内外に分散す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、材料のデータ・知識の共有化のための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

基本フォーマットに関する研究成果をVAMASの国際協力で積極的に反映させるため、VAMAS新規プロジェクトの推進によりグローバルな材料データ共有基盤構築の基礎をつくる。（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材料インターフェイスの開発に関する研究

構築した基本的オープンシステムをもとに、VAMASプロジェクトのコアとなるシステムモデルを作製するため、材料データベース共有化の基本的データ表記技術を明確化する（独立行政法人物質・材料研究機構）。

3. 年次計画

| 研究項目 | 9年度 | 10年度 | 11年度 | 12年度 | 13年度 |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|--------------------|
| | 第Ⅰ期 | | | 第Ⅱ期 | |
| 1. セラミックス | 高温曲げ強度評価方法の検討 材質選定の検討 | 評価方法の開発・RRT 材質審査・RRT | 評価基準検討 材質選定・評価 | CMCの圧縮強度の評価法開発・RRT 材料基準評価・RRT 検査システム作製 | 評価基準確立 取りまとめ |
| (1) 機械的特性評価に関する研究 | | | | | 国際共同研究実施 まとめ |
| (2) 電気的特性に関する研究 | | | | 圧電特性の基礎研究 | |
| (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・ソフトウェアの検討と確立 | | とりまとめ (11年度に終了) | | |
| 2. 高分子材料 | 多相系・成形条件探索 | 変形・破壊の解析手法 | | 界面構造・ナノ物性評価 | 標準的方法提案 |
| (1) 多相系高分子材料に関する研究 | | | | | 接合部の強度試験 方法確立 |
| (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 | |
| 3. 生体適合性耐摩耗性材料 | 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 |
| (1) 摩耗特性評価法に関する研究 | | | | | |
| (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 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 |
| 5. 強度特性 | 素材・試験片作成の準備 | 試験法の開発・標準化 | 亀裂成長・寿命評価の標準基盤確立 | | 取りまとめ |
| (1) 高温脆性材料に関する研究 | | | | | |
| (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 | 金属組織因子検討 | | 寿命予測法確立 |

| 研究項目 | 9年度 | 10年度 | 11年度 | 12年度 | 13年度 |
|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| 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 → 膜/基板界面密着性評価 → 取りまとめ → | | | | |
| 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 → 基本フォーマットの検証 → 共有化技術要素の明確化 → プリスタンダードの検討 → | | | | |
| (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 → ユーザインターフェース整合化 → 基本的オープンシステム構築 → データ表記技術の明確化 → 表記法プリスタンダード化 → | | | | |
| 8. 研究運営 | ← → | | | | |
| 所要経費(合計) | 267百万円 | 267百万円 | 265百万円 | 260百万円 | 228百万円 |

II 平成13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 独立行政法人産業技術総合研究所シナジーマテリアル研究センター 独立行政法人物質・材料研究機構材料研究所構造材料グループ | 岡田 明 大熊 英夫 坂口 修司 田中英彦 |
| (2) 電気的特性に関する研究 | (財)ファインセラミックスセンター試験研究所 | 柴田 典義 |
| 2. 高分子材料 | | |
| (1) 多相系高分子材料に関する研究 | 独立行政法人産業技術総合研究所高分子基盤技術研究センター高分子成形加工チーム 独立行政法人産業技術総合研究所人間系特別研究体刺激応答材料研究グループ 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 | 独立行政法人産業技術総合研究所スマートストラクチャー研究センターセンシング技術研究チーム 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 | 津田 浩 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 | 独立行政法人産業技術総合研究所機械システム研究部門 独立行政法人産業技術総合研究所生活環境系特別研究体新テーマ発掘研究グループ | 加藤 孝久 岩佐 美喜男 |
| (2) 摩耗粉の生体適合性評価に関する研究 | 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 厚生労働省国立医薬品食品衛生研究所療品部 | 立石 哲也 土屋 利江 |

| 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 | 独立行政法人物質・材料研究機構強磁場研究グループ 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 勸国際超電導産業技術研究センター第3研究部 独立行政法人産業技術総合研究所電力エネルギー研究部門 | 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 | 独立行政法人物質・材料研究機構力学機構研究部 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 | 緒形 俊夫 柴田 浩司 進藤 裕英 |
| 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 独立行政法人物質・材料研究機構評価研究グループ 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 | 独立行政法人物質・材料研究機構力学特性研究グループ 日本原子力研究所先端基礎研究センター超低温中性子散乱研究グループ (株)本田技術研究所栃木研究所 東京大学生産技術研究所 | 増田 千利 皆川 宣明 林 直義 香川 豊 |
| 6. 表面・薄膜 | | |
| (1) 表面化学分析 | 独立行政法人物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所 独立行政法人産業技術総合研究所企画本部 勸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 独立行政法人物質・材料研究機構評価研究グループ | 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 | 勸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材料インターフェイスの開発に関する研究 | 独立行政法人物質・材料研究機構エコマテリアル研究チーム | 原田 幸明 |
| 8. 研究運営 | 独立行政法人物質・材料研究機構 勸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 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | 理事 |
| 緒 形 俊 夫 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | 材料研究所力学特性研究グループサブグループリーダー |
| 亀 岡 雄 | 文部科学省 研究振興局基礎基盤研究課 | 材料開発推進室長 |
| 菊 地 諄 一 | (財)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 | 東京大学 大学院工学系研究科機械工学専攻 | 教授 |
| 中 山 和 郎 | 独立行政法人産業技術総合研究所 | 高分子基盤技術研究センター高分子成形加工チーム長 |
| 八 田 勲 | 独立行政法人産業技術総合研究所 | 成果普及部門工業標準部長 |
| 原 田 幸 明 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | 材料研究所エコマテリアル研究チームチームリーダー |
| 増 田 千 利 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | 材料研究所力学特性研究グループサブグループリーダー |
| 水 野 峰 男 | (財)ファインセラミックスセンター | 試験研究所リサーチマネージャー主席研究員 |
| 森 聡 明 | 弘前大学 理工学部 | 教授 |
| 吉 原 一 紘 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | ナノマテリアル研究所長 |
| 和 田 仁 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | 材料研究所強磁場研究グループ主幹研究員 |

(注：○は運営委員長)