

21世紀の新素材 産業界を活性化させる傾斜機能材料

組織委員会挨拶	2
文部省挨拶	3
Aセッション 基調講演	
はじめに - 傾斜機能材料とは	平井 敏雄 8
傾斜機能材料とは / 傾斜機能材料の概念の誕生 / 傾斜機能材料の歴史 傾斜機能材料へのアプローチ / 傾斜機能材料の応用	
Bセッション 自然界にある傾斜機能	
竹のしなやかさ・貝の強さの秘密	天田 重庚 16
はじめに / 竹の特徴 / 竹の形 / 竹の傾斜構造 / 竹の稈の断面構造 / 竹の強度と弾性率 傾斜構造分布の利点 / 竹の階層構造 / 貝の強さの秘密 / まとめ	
植物たちの賢い戦略 - 形づくりの意味するものは?	野方 文雄 27
動物に負けていない植物たち / 樹木の形は力学環境に適応した結果 / タケ断面の構造 タケ繊維の分布と形状 / タケにみる賢い戦略 / タケは力をどのようにして感じるか ヤシの葉の賢い戦略 / 不安定な姿を支える成長応力とアテ材 / 骨の形づくり 細胞に備わるイオンチャンネル / 細胞レベルでの形づくりと電気刺激 イオン水と形づくり / 植物は何を感じているのか / 将来への応用例	
Cセッション 宇宙へ飛び立つ傾斜機能	
宇宙往還機は実現するか?	新野 正之 42
はじめに / 宇宙発電が人類を救う / レーザーパワーモジュールの提唱 要求されるコストは100分の1 / 日本の再使用宇宙往還機システム レーザー軌道変換輸送機の運用 / 日本版ミニシャトル“HOPE”の概要 姿勢制御用エンジンへのFGM利用 / 長寿命エンジンとFGM 超軽量機体構造の概念 / おわりに	
宇宙から帰ってきた耐熱材	早田 喜徳 54
石油会社が耐熱材? / 炭素繊維はどんなところに使われているか 炭素繊維の耐熱性を生かして / 新素材の開発は理論通りに進まない 宇宙環境の実現を目指して / 地上でのロケット高空性能試験に向けて / 実環境への挑戦 カプセルの打ち上げとその後 / アフリカから帰ってきた傾斜機能材料 / 謝辞	
Dセッション 工業材料を機能傾斜化する	
何でも削れる工具	野村 俊雄 66
日本刀の構造 / 切削工具の歴史 / 工具材料の開発と産業 / 切削加工の分類 切削工具材料に必要な特性 / 粉末冶金による切削工具の製造プロセス 新素材開発の指針 / 圧縮応力の効果と応用例 / 匠の技に学ぶ 傾斜機能超硬合金の製造とその特性 / 傾斜機能超硬切削工具の特徴 / 切削工具の課題と将来	
鉄鋼材料にみる機能傾斜化の2事例 - 耐候性鋼さび層と日本刀の断面解析	三澤 俊平 81
1.耐候性鋼さび層 - 鉄鋼生産の歴史 / 鉄さびの生活利用 / 鉄さびの種類と特徴 さびの発生メカニズム / 耐候性鋼さび層の特徴 / クロム置換ゲージサイトさびの発見 自然さびに学ぶ人工さび膜による防食機構 / 産学連帯による新しい防食さび技術の開発	
2.日本刀にみる傾斜化組織制御	

目次

Eセッション 次世代通信は傾斜機能で

光フィルタで光を操る 染野 義博 98

光フィルタとは? / 通信手段と平成の通信網 / 光通信の進展
光通信の種類と仕組み / 光フィルタの仕組み / 多膜層フィルタの問題点
屈折率傾斜型フィルタで光を操る / 屈折率傾斜型フィルタの製造法
光の錯覚の利用 / 新たな設計方法 - 遺伝的アルゴリズム / 今後の展望

プラスチック光ファイバでインターネットを家庭へ 小池 康博 109

通信インフラの現状 / 光ファイバネットワークの現状 / 石英系光ファイバとの比較
POFの特徴と問題点 / 屈折率傾斜型 POFの特徴 / POFの伝送特性の推移
全フッ素化ポリマー系 GI型 POFの特性 / 屈折率分布型 POFの形成メカニズム
要求される屈折率分布とは / 超低損失型 GI型 POFが築くネットワーク
POFから開く新しい光ネットワーク

電子機器をもっと小さく 鷹木 洋 120

小型化する電子機器 / 電子部品の小型化への道 / 高周波の利用
高周波平面回路とその小型化 / 高周波平面回路の小型化と壁
傾斜機能材料による小型化 / 特性インピーダンスの整合法 / 低コストを目指して
グリーンシート積層・焼結法 / 材料開発の課題と展望 / まとめ

Fセッション 傾斜化によりゴミから発電

ごみ焼却炉をクリーン発電所へ 梶川 武信 132

「ごみ」はエネルギー資源 / ごみから電気をつくる - 熱電発電とは
焼却炉の燃焼ガスと問題点 / 熱電発電の原理 / 熱電モジュールでの発電実験
なぜ、ごみ焼却炉に熱電発電か / ごみ焼却炉の熱電発電レベル / 炉壁組込型
外部設置型 / 内部組込型 / 傾斜機能材料との関係 / 熱電と傾斜機能材料

より効率よく、熱から電気へ 塩田 一路 144

汚染が進む地球環境 / 環境が及ぼす産業活動、健康への影響
真性半導体の仕組み / n型半導体とp型半導体 / 熱と運動
エネルギーの移動・熱の伝導 / 熱電発電のメカニズム / 異なる得意領域
熱電材料に傾斜機能をもたせる / 今後の課題：電極設置技術

Gセッション 傾斜機能で寿命をのばす

新しい人工骨 小久保 正 156

骨の役割 / 骨の構造 / 最初の人工股関節 / 人工股関節の問題点
関節面に適したアルミナセラミックス / 骨と自然に結合するセラミックス
水酸アパタイトでの骨補綴 / 結晶化ガラス A-Wの誕生 / 結晶化ガラス A-Wの特性
結晶化ガラス A-Wの臨床応用 / 骨に自然に結合する金属
セラミックスの骨との融合機構 / ガラス表面でのアパタイト生成
チタン金属表面への傾斜構造形成 / 人工股関節の臨床応用に向けて

生体にやさしい人工歯根 亘理 文夫 169

歯の分化と構造 / 21世紀の高齢社会を迎えるにあたって / 自分の歯で食べる
歯の再建 / 入れ歯と人工歯根 / 人工歯根の固定のされ方 / 金属材料の生体適合性
人工歯根による新生骨の形成 / 体にやさしい人工歯根とは
傾斜構造型人工歯根 / 人工歯根の課題

癌の新しい予防法をめざす.....	林 利彦	181
はじめに / 癌細胞とは / コラーゲンの傾斜構造 / 生体の恒常性維持とコラーゲン 悪性腫瘍の増殖能と転移 / コラーゲン傾斜構造の意味 / コラーゲン会合体の構造 各臓器は機能単位から構成される / 平滑筋細胞とは / 平滑筋細胞の機能発現と環境 型コラーゲン構造の修復と平滑筋細胞 / 第2の仮説 / まとめ / 謝辞		
おわりに	平井 敏雄	192
演者紹介		196

はじめに 傾斜機能材料とは

平井 敏雄

東北大学金属材料研究所教授

文部省科学研究費重点領域研究『傾斜機能材料の物理・化学』という研究プロジェクトが平成8年度からスタートし、平成10年度に終了しました。このプロジェクトで得られた研究成果を報告することが本シンポジウムの目的で、講演内容は以下の7つの分野です。

- A. 傾斜機能材料とは
- B. 自然界にある傾斜機能
- C. 宇宙へ飛び立つ傾斜機能
- D. 工業材料を機能傾斜化する
- E. 次世代通信は傾斜機能で
- F. 傾斜化によりゴミから発電
- G. 傾斜機能で寿命をのばす

このうち、私はまず、傾斜機能材料とはどのようなものなのかを説明します。

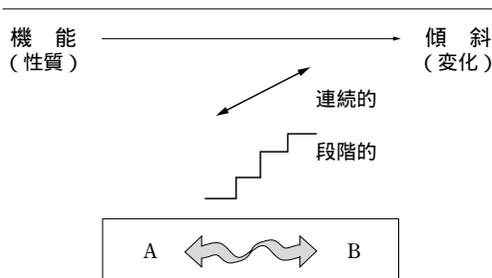


図1 傾斜機能材料とは

傾斜機能材料とは

現在使われている材料では、どの部分をとっても同じ機能(性質)になっているはずですが。そのことは、従来の工業材料では不可欠の要素となっています。しかし、材料のある部分と別の部分では性質が違、つまりひとつの材料のなかで性質が、連続的か段階的かを別にして、変化しているものを傾斜機能材料と呼んでいます(図1)。

材料の性質が部分的に異なると、材料全体としてどのような利点が生まれるのでしょうか。例えば、ある部分は機械的強度が強く、別の部分は耐熱特性があるといった、2つの顔をもった材料になります(図2)。一方の性質

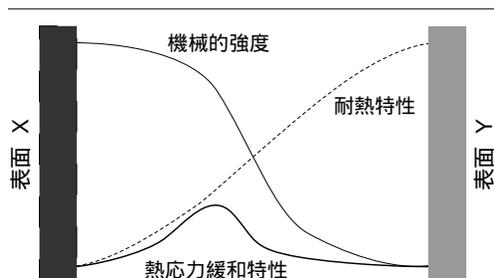


図2 2つの顔をもつ材料

が導電性を示し、もう片方が絶縁性を示すのではあまりおもしろくありませんが、種類の違った性質が発現すると新たな応用が開けることとなります。

傾斜機能材料の概念の誕生

こうした傾斜機能材料は、どのようにして生まれたのでしょうか。プラスチックにしても半導体にしても、材料が開発されるまでには長い歴史があります。傾斜機能材料は、15年ほど前に初めてわが国で提案されました。普通、材料が開発されて使われるようになるまでには10～20年かかるといわれていますが、この傾斜機能材料も提案されてから開発にいたるまで15年かかっています。

1984～85年に、私の研究室に文部省、通産省、科学技術庁から5人の研究者が集まり、スペースプレーン用の新しい超高温断熱材料を開発するためのブレーンストーミングをしていました。スペースプレーンでは、機体表面は非常に高い温度(約1,700)にさらされるので、内側との温度差が1,000という過酷な条件に耐えなくてはなりません。このような条件に耐える材料は、単体では存在しないため、どうしようかと相談していたのです。

何回か集まり、やっとひとつのアイデアがだされました。それが傾斜機能材料です。つまり、高温にさらされる面を耐熱性のあるセラミックスに、内側の面を熱伝導度が大きい材料に、と考えました。ここで、従来の材料設計では、2つの材料を張りあわせるところですが、両者を単純に張りあわせただけでは、1,000という温度差があるため、境目から割れてしまいます。そこで、この境目をなくすることができないかと考えました。2つの材料が徐々に混ざりあうようにすれば、境目はなくなります。このようにして考えだされた材料を、性質(機能)がなだらかに変化(傾斜)す

るということから、傾斜機能材料と名づけました。

その経緯は、当時の読売新聞に掲載されています。「傾斜機能材料という耳慣れない言葉を聞いていぶかる向きも多いことと思う」から始まり、「今から3年ほど前、古ぼけた大学の研究室の片隅にセラミックス材料屋(筆者)、金属材料屋(東北大学の渡辺龍三教授)、計算機をいじる数学屋、地熱発電屋、そしてロケットエンジン屋(航空宇宙技術研究所の新野正之氏)と奇妙な組合わせの研究者が集まっていた」とあります。

そのような方々とのブレーンストーミングで傾斜機能材料が提案されたのです。ただし、「古ぼけた大学の研究室の片隅」という表現に私は文句をいいました。私の部屋はきれいで塵ひとつありません。秘書がいつも掃除をしてくれています。大学という古ぼけたという印象がありますが、機会があれば講演される先生方をお訪ねください。最近の大学の研究室はじつにきれいです。

傾斜機能材料の歴史

こうした経緯で1985年に傾斜機能材料が提案されましたが、そのあとにもおもしろい歴史があります。アイデアが提案されて1年ほどではかたちにはならないはずで、2年後でもたいしたかたちになっていないにもかかわらず、1987年に科学技術庁の大型プロジェクトに傾斜機能材料が採択されました。これについては、当時このプロジェクトをご支援くださった先生方は「一大快挙である」と述べています。将来がどうなるかはっきりしない時点で、傾斜機能材料を大型プロジェクトに採択したことは、採択委員に先見の明があったと高く評価されているようです。

今後も、私ども大学の教官が新しい研究を提案することがあると思いますが、おもしろ