

TODAY

鉄鋼材料の新たな挑戦



東京大学
大学院 工学系研究科
教授 小関 敏彦

3月の東日本の大震災は、私たちに自然の圧倒的な脅威を見せつけ、都市やライフライン、発電やエネルギーのあり方について多くの課題を突きつけた。私たちは今後、それらの課題を解決しながら安全で安心な都市のインフラやエネルギーシステムを構築していかなければならないが、それを支える構造体にはこれまで以上に高い性能と信頼性が必要となるのは言うまでもない。一方、環境や資源の問題が世界規模で議論される中で、自動車をはじめとする構造体には、CO₂排出削減や省エネ・省資源への対応がますます強く求められている。次々と高度化する構造体への要求を満たすためには、その中心的な構造材料である鉄鋼材料の更なる性能向上に加えて、世界で14億トン生産される材料として環境や省資源にも対応する一層の進化が必要である。このような鉄鋼材料の更なる進化は、環境に優しい安全・安心な社会のためだけでなく、世界をリードしつつも各国の追い上げが厳しい我が国の様々な産業の競争力のためにも重要であるが、性能的にも環境対応も成熟の域に達している鉄鋼材料を、世界に先駆けてもう一段進化させることができるか、まさに産学の英知を集めてオールジャパンで取り組むべき課題である。

構造材料として、強度の向上は構造体の高性能化や軽量化、耐震や耐衝突などの安全性向上、いずれの点でも重要である。しかし強度の上昇は鋼の靱性や延性、加工性や溶接性の低下を招き、ゆえに工具鋼や線材などでは汎用の1GPaを超える強度は溶接構造用鋼では限定的であり、多くは0.4～0.6GPaの強度に留まっている。ところが、自動車の一部では、軽量化や衝突安全の実現のため、強度1GPaを超える鋼を、高温加熱して部材加工するホットスタンプによって加工性を補い、生産性を犠牲にしながらも適用しており、冷間での加工が可能な高延性の高強度鋼のニーズは極めて強い。私たちのシミュレーションによれば、延性を有する強度1.5GPaの鋼を自動車に用いると、正面および側面の衝突性能を維持したまま、車体の30～40%の軽量化が可能である。また、この強度レベルになると、比強度はAl合金やMg合金を

凌駕し、鋼の構造体の優位性は更に増す。こういった超高強度鋼を、靱性や延性、加工性や溶接性と両立しながら、レアメタルなどの合金元素に極力頼らずに実現できるかが、これからの重要な挑戦課題であり、我が国の大きな技術優位性につながる道と考える。

鋼の高強度と延性や靱性を両立するために、これまで組織の微細化や緻密な組織制御の技術が確立され、日本の鉄鋼材料を世界のトップならしめてきたが、硬質のマルテンサイト相が主体の組織となる超高強度鋼では、これまでの延長でない、更にステップ・アップした組織制御技術の視点が必要である。このような観点から、私たちは文科省のナノテク・材料融合新興分野研究開発において、鋼の「複層化」によって超高強度と高延性を両立する新たな鉄鋼材料の研究開発に取り組んできた。2GPaを超える強度の焼入れままのマルテンサイト鋼と高延性の鋼をそれぞれの特性に応じて層厚を制御し更に層間の界面強度を制御して積層した「複層鋼板」(図1)は、1.2～1.5GPaの超高強度と従来の実用マルテンサイト鋼の3倍以上の高延性を併せ持ち、冷間でのプレス加工などが可能であるとともに、自動車の衝突を模擬した高速の圧壊や曲げ試験では極めて高いエネルギー吸収能を示す(図2)。複層鋼板は、異なる鋼を界面・ミクロ組織・幾何設計のマルチスケールで制御して複層化することによって、これまで相反して両立できなかった鋼の強度と延性・靱性との両立を可能するとともに、高強度だがその脆さゆえに利用が限定されていたマルテンサ

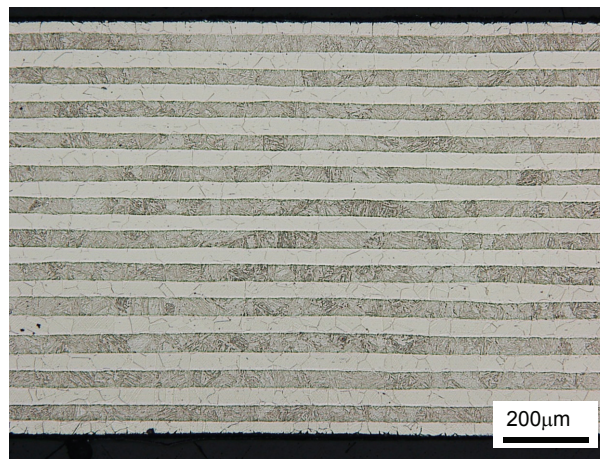


図1 超高強度マルテンサイト鋼(グレー)と高延性オーステナイト鋼(白)を25層複層化した複層鋼板の例

イト相を溶接構造用鋼にも適用可能にして、鉄鋼材料の特性領域を大きく広げる可能性を持つ。加えて、複層鋼板を構成する高強度鋼や高延性鋼を、ユビキタス元素から成る鋼にすることによって省資源で高性能な鉄鋼材料が可能になり、また、スクラップから製造した鋼にすることによってCO₂排出の少ない低炭素で高性能な鉄鋼材料が可能になる。複層の一方の構成を非鉄金属、例えばMg合金にすれば、鋼とMg合金の双方の欠点を補う新たな金属材料が可能となる。

今後、様々な可能性と展開を考えながら、同時に、産学連携を通して実用化に向けた製造プロセスや実用の際に求められる利用加工技術の検討を進め、これからの社会に求められる鉄鋼材料の進化に資する複層鋼板を追求していきたいと考えている。

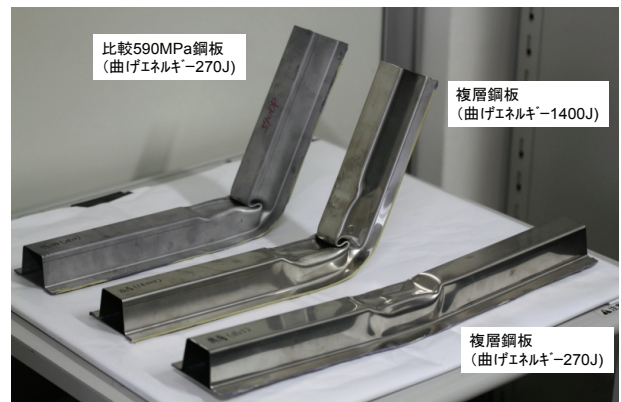


図2 高速曲げ試験結果。強度1200MPa複層鋼板(右2体)と比較の強度590MPa自動車用鋼板(左1体)。複層鋼板は約5倍の衝撃吸収を示す。

JRCM REPORT

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業採択案件紹介

計画名： 新規高熱伝導性材料を用いる環境に優しいLED放熱部品の研究開発

- 認定事業者： 株式会社高木化学研究所（愛知県）
- 共同研究者： 国立大学法人豊橋技術科学大学（愛知県）
愛知県産業技術研究所（愛知県）
- 事業管理機関： 一般財団法人金属系材料研究開発センター（東京都）
- 主たる技術： （三）電子部品・デバイスの実装に係る技術
- 研究開発概要：

省エネ、環境対策、高信頼性が強く求められる次世代自動車において電子機器の高出力化に伴って、放熱の問題が喫緊の課題となっている。高度な熱伝導性パスが形成でき、かつ軽量化、複雑な形状付与、レアメタルリサイクルが容易な環境に優しい、超高熱伝導性絶縁材料、高熱伝導性絶縁材料および高熱伝導性低絶縁材料からなる多様な特徴を有する新規高熱伝導性材料を研究開発し、省電力、長寿命、デザイン性に優れたオール樹脂製高輝度・パワーLEDランプの放熱部品を開発する。

【従来技術】

課題・問題点：

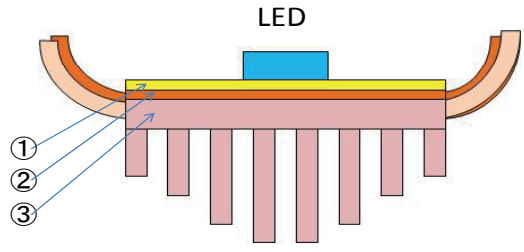
- ①放電式ヘッドライト：
イグナイター等に余分なスペースが必要、鉛、水銀等の有害物質を使用⇒LEDヘッドランプに対する要求が大きい
- ②既存の高輝度・パワーLEDランプ：
放熱効率が悪く、重いアルミフィンを使用⇒放熱対策、コスト増への対処が必要
⇒効率の良い新規高熱伝導性材料への期待






【新技術】

熱伝導率の極めて低い空気、樹脂等の阻害のない、「高度な熱伝導性パス」を形成し、かつ多様な特徴を有する新規高熱伝導性材料を研究開発し、コストパフォーマンスの高いオール樹脂製高輝度・パワーLEDランプの放熱部品を開発する。



新規材料： ①超高熱伝導性絶縁材料
②高熱伝導性絶縁材料
③高熱伝導性低絶縁材料

協力大学の研究室紹介

国立大学法人
豊橋技術科学大学 環境・生命工学系
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

複合機能材料研究室
機能有機化学研究グループ
(竹市 / 河内グループ)



教授 竹市 力

研究室: B棟 5階 504号室
Fax: (0532)48-5833 (系事務室)

研究概要

【ポリイミドに関する研究】

ポリイミドやオリゴイミドの主鎖中に導入した架橋性の反応性官能基の影響、剛直なポリイミドを強化成分とするポリイミド系分子複合材料などについて検討を加えている。さらに細孔や種々の金属を含有するポリイミドを合成し、機能化についても検討している。

【新規なフェノール樹脂—ポリベンゾオキサジンに関する研究】

ベンゾオキサジンモノマーの開環重合で得られるポリベンゾオキサジンはフェノール樹脂に似た構造を有しており、耐熱性や難燃性などフェノール樹脂に固有の特性に加え、寸法安定性、低吸水性、分子設計の高い自由度など、多くの特徴を有する新規な樹脂である。当研究では、ポリベンゾオキサジンの高性能化を目的とし、架橋性官能基をモノマーに導入し、樹脂の耐熱性の向上を検討している。また、エラストマー成分に開環重合触媒機能を付与し、強靱化とを一挙に達成することを検討している。

高性能高分子の開発

ポリイミド、ポリウレタン、ポリベンゾオキサジン

Polyimide → Benzoxazine → Polybenzoxazine

分子構造制御、アロイ化、複合化、有機無機ハイブリッド、ナノコンポジット

- 航空宇宙材料
- 電子材料

炭素化・黒鉛化

- 炭素材料(吸着材料)、黒鉛フィルム

炭素化ポリベンゾオキサジン(膜) / 炭素化ポリベンゾオキサジン(繊維)

ポリイミド / フェノール樹脂 / 炭素材料 / 黒鉛フィルム

炭素化ポリイミドの製造

【分子複合化による高分子材料の高性能化・高機能化】

ポリウレタン、エポキシ樹脂、ポリベンゾオキサジンなど種々の高分子材料について、耐熱性の向上、強靱化などを目的として、ポリイミドなど高性能高分子との分子複合化について検討している。また、層状粘土鉱物とを組み合わせた有機—無機ナノコンポジットについて検討している。

【芳香族高分子の焼成による炭素化フィルムの作成】

ポリイミドなどの芳香族高分子フィルムを焼成することにより、フィルム状態で炭素および黒鉛が得られる。そこで、適切な化学構造を有する前駆体高分子を作成し、それを焼成することで新しい機能を有する炭素材料を開発する事に取り組んでいる。最近では、均一な細孔を有する炭素フィルムや種々の金属を担持した炭素フィルムの作製を行っている。

研究協力内容

これまでの基礎研究で得られた知見を活かし、新規高熱伝導性材料の開発に向けて材料設計、試料作成、機能評価等を担当します。

協力アピール

時代の要求の高いプロジェクトが成功しますよう、これまでの知見と経験を駆使します。

複合機能材料研究室
機能性界面化学研究
(松本グループ)



教授 松本 明彦

研究室 : B 棟 5 階 504 号室

Fax: (0532)48-5833 (系事務室)

研究概要

研究紹介

ナノ次元 (0.5 ~ 2nm 程度) の細孔を有する固体 (ナノ多孔体) は 1 g あたり数 100-1000 平方メートル以上の高い表面積を持ち、様々な分子を多量に吸着する。現在、ナノ多孔体を対象にして主に次の 2 つのテーマで研究を行っている。

テーマ 1 : 多孔性固体の表面・細孔構造と分子吸着性の相関、分子の吸着状態の解明

多孔体の分子吸着性は表面の化学的組成、細孔の幾何学的な構造、吸着分子の化学的性質に大きく依存する。規則的な細孔構造を持つナノ多孔体である結晶性アルミノけい酸塩 (ゼオライト)、多孔性金属錯体、メソ多孔性シリカ (例 図 1)、ナノ多孔性炭素 (活性炭、活性炭素繊維) などへの種々の分子の吸着挙動を吸着測定、微分吸着エネ

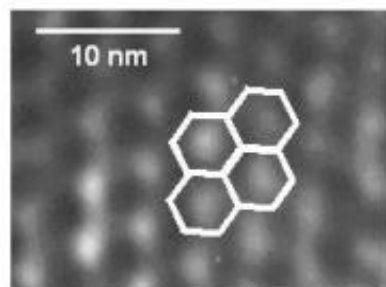


図 1 メソ多孔性シリカの細孔の電子顕微鏡写真。細孔が規則的に並んでいる。

ルギー測定、各種分光法等を用いて調べ、多孔体表面への分子の吸着機構、表面に捉えられた分子の状態の特性化を行っている。

テーマ 2 : 表面の多機能化と細孔形状の制御による新規ナノ多孔体の創製

多孔体の表面に特定の分子と強く相互作用する官能基・イオンを導入することで、多孔体に分子認識、選択的吸着性等の機能を賦与することを試みている。(例 図 2) さらに、多孔体の細孔構造、粒子形状および表面の化学的特性を制御して、特定分子の選択吸着分離への応用を検討している。

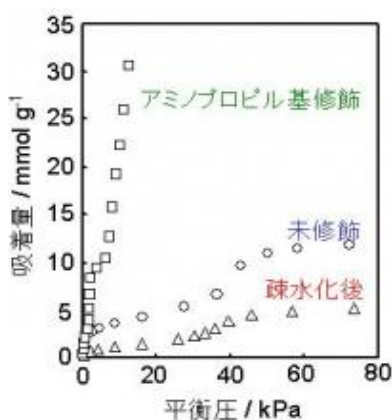


図 2 メソ多孔性シリカのアセトアルデヒド吸着等温線。表面吸着量表面 (未修飾) をアミノプロピル基で修飾するとアセトアルデヒドの吸着性が著しく向上する。

テーマ 3 : ナノ多孔体の超臨界気体の吸着特性

臨界点が低い気体 (たとえば水素や低級炭化水素) は、常温・常圧近傍では液化しないため、ナノ多孔体の細孔内に凝縮しない。しかし、ナノ多孔体の細孔の直径が分子次元になると細孔内の気体分子 - 細孔壁間の相互作用ポテンシャルが強調されるために吸着が起きる。0.5nm 程度の細孔径をもつゼオライト、多孔性金属錯体、ナノ細孔性炭素材料 (カーボンナノチューブ等 図 3) などの種々のナノ多孔体への超臨界気体の吸着を、高圧、低温条件下での吸着エネルギーの直接測定により調べ、細孔構造・細孔表面の化学構造の違いによる吸着機構の違いを調べている。

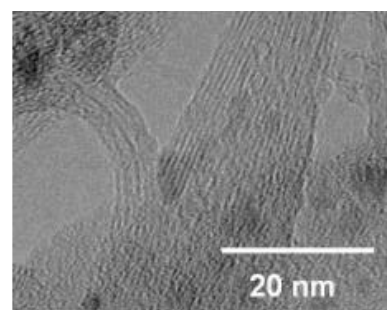


図 3 カーボンナノチューブの電子顕微鏡写真。チューブが集合し、束状になっている。

研究協力内容

これまでの研究から得た知見を生かして、新規高熱伝導性材料の開発の基礎的な部分、材料評価を担当いたします。

協力アピール

具体的な製品の開発をターゲットにしたプロジェクトですので、是非よい成果を出したいと思っております。

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第 299 号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2011年9月1日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11 東洋海事ビル6階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp