社会基盤材料の材料戦略概要

津崎 兼彰* 三島 良直** 熊井 真次***

1. 社会基盤技術分野における構造用材料のロードマップ

日本金属学会材料戦略委員会では第1～第5分科毎に材料戦略をまとめ、当誌「まてりあ」にミニ特集として順次掲載している。すでにエネルギー材料⁽¹⁾、エコマテリアル⁽²⁾、電子・情報デバイス⁽³⁾、生体・福祉材料⁽⁴⁾、が掲載となり、本号では第5分科「社会基盤材料」における戦略を示すこととする。

21世紀に人間社会が直面する問題はエネルギー、環境、経済のトリレンマと言われる。これら3つの分野は相互にリンクして、資源不足、エネルギー不足、食糧不足、地球温暖化等の環境破壊を引き起こし地球の規模の問題に発展するおそれがあるとされる。社会基盤材料の研究開発戦略に要求される役割は必然的に化石燃料の高効率利用とCO₂排出量削減の実現、新しいエネルギー源となる技術の開発を律速する新しい材料の創製、また環境破壊につながらないためのリサイクル性・社会信頼性を備え、人類の豊かで安全な生活を維持する材料開発などに集約される。国際的には、東アジアを中心とした今後の急速な産業創出・先進国化に対し、同地区の一員として、これまで蓄えた技術をもとにした21世紀型の新しい基盤技術の確立・普及が必要となる。そこにおいても、リサイクル性、省エネルギー化、耐環境性に優れた技術を最初から立ち上げる必要があり、また材料の寿命に対する考え方が変化し、メンテナンスフリー化の視点もさらに重要となるであろう。

社会基盤技術分野における構造体材料のロードマップを表

1～3に示す。化石燃料の高効率利用においては自動車等の輸送機器における燃費の飛躍的向上のためのボディの軽量化を衝突安全性を確保しつつ達成するための材料技術や、エンジン摺動部のフリクション低減のための新しい表面改質技術が求められる。衝突安全性においては自動車ボディの骨格となる鉄鋼材料の高強度化と中空部品の成形を可能とする加工性の両立が有効であり、このための超微細粒材料の開発が盛んであることは周知のことである。また発電技術においてはガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電、さらにこれに燃料電池や石炭ガス化などの技術を組み合わせた総合サイクル効率60%超となるシステムに必要な超耐熱材料等の開発が待たれる。

大型構造物や発電設備等の長寿命化技術としては耐腐食性の改善、新しい耐候性材料の開発、さらにはメンテナンスフリー材料の実現などが期待される。特に地震・高温多湿という東アジア地区特有の環境に対応するため耐候性に優れた(錆びない)長寿命・高安全性の鉄鋼材料と構造体の強化技術が求められる。特に橋梁など鉄鋼を大量に使用する大型構造物においては、資源生産性・低環境負荷の観点から希少な金属資源を極力使わずに、長寿命高強度の耐候性鋼を開発することが必要である。さらに、溶接部の安全性を高めるための新しい構造化技術が求められる。

さらに、地震や火災、製造現場での3K問題に対応して、より安全で質の高い生活を実現するために、社会工学やロボット工学などの学際領域に金属材料工学を積極的に融合させていくことが必要である。また一般家庭にまで入り込むと予想されるロボット工学では、要求される材料課題も多岐に渡るであろう。このためには、まず学の分野での横断的連

* 物質・材料研究機構超鉄鋼研究センター(〒305-0047 つくば市千現1-2-1)

** 東京工業大学教授; 大学院総合理工学研究科(〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

*** 東京工業大学助教授; 大学院総合理工学研究科

R & D Strategy for Structural Materials; Kaneaki Tsuzaki*, Yoshinao Mishima**, Shinji Kumai*** (*Steel Research Center, National Institute for Materials Science(NIMS), Tsukuba. **,***Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Yokohama)

Keywords: structural materials, energy, environment, road map, R & D, strategy

2004年2月20日受理

表1 社会基盤技術分野における構造体材料のロードマップ(1)

技術分野	技術視点	2005年	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
輸送・機械 自動車 交通システム	軽量化 と 安全性	<div>車体重量低減による省エネルギー化と安全性／信頼性との両立 100 kg の車体重量低減で燃料消費低減率 8.3% の効果</div> <div>自動車軽量化 25% (2010) 自動車軽量化 40% (2020)</div> <div>ハイブリッド車普及 (2012) 燃料電池車の普及 10% (2020)</div> <div>高衝撃エネルギー吸収体 ポーラス金属の開発 (2010)</div> <div>異種金属接合・防食技術の開発 (2015)</div> <div>複合系強化材料システムの開発 新エネルギー車対応システムの開発</div>					
	フリクション 制御	<div>摩擦力によるエネルギーロスの低減 3 リットル車 → 2 リットル車, 化石燃料の有効利用</div> <div>費用 1 トン車： 17.9 km / L (2010)</div> <div>次世代型駆動機器の開発 (シリンダー / ピストン, 動弁系, クランク系のスカッフ抵抗の制御)</div> <div>表面硬さ 1200 HV スカッフ荷重 700 kg (2005) 表面硬さ 800 HV スカッフ荷重独立制御 (2015)</div> <div>PVD を中心とする硬質皮膜形成手法の確立 DLC 等新たな表面改質層の作り込み技術の確立</div> <div>自己潤滑性材料の実現 潤滑機構の定量化, 潤滑材のブレイクルー</div> <div>トロイダル CVT における転動疲労制御によるフリクション低減 高トラクション性を考慮した表面材料設計</div>					

表2 社会基盤技術分野における構造体材料のロードマップ(2)

技術分野	技術視点	2005年	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
大型構造物 発電プラント 橋梁	耐熱性 (高効率)	<div>発電における熱効率の飛躍的向上と CO₂ 発生低減 700℃ 380 気圧火力プラントで我が国の CO₂ 総排出量 6%削減(京都議定書目標の実現)</div> <div>火力発電用蒸気タービンロータ、 ブレードの耐熱温度向上</div> <div>ガスタービンエンジン、コンバインドサイクル、 水素燃焼エンジン技術の確立： 1500℃ 超の耐熱材料開発</div> <div>超々臨界圧 650℃ 350 気圧プラント稼働(2010) 熱効率 5% 向上</div> <div>超々臨界圧 700℃ 380 気圧プラント稼働(2020) 熱効率 10% 向上</div> <div>低熱膨張率・耐熱・厚板(100 mm)部材 650℃ 10 万 h クリーブ強度 100 MPa 達成 (2005)</div> <div>700℃ 10 万 h クリーブ強度 100 MPa 達成 (2015)</div>					
	耐候性 (長寿命)	<div>材料設計寿命：50 年 → 100 年 → 半永久 ミニマムメンテナンスからメンテナンスフリーへ</div> <div>腐食減量(mdd=mg/(dm)²/day) <0.01 mdd (2005) <0.005 mdd (2012) <0.001 mdd (2020)</div> <div>耐候性金属材料の実現</div> <div>インテリジェント性構築 (自己診断性) (自己修復機能)</div> <div>メンテナンスフリー材料 の実現</div> <div>保護性さびによる 耐候性発現機構解明</div>					

表3 社会基盤技術分野における構造体材料のロードマップ(3)

携が必要であり、各種金属材料を対象とする日本金属学会の役割は大きい。

このような材料研究の動向において特徴的なことは、超耐熱材料においては高温強度や高温クリープ特性において現用のNi基超合金の耐熱性を遙かに凌ぐばかりでなく、耐酸化性において耐久性が確保されねばならないこと、自動車ボディ用材料においては軽金属材料と鉄鋼材料のような異種材の接合技術と接合部の強度特性の評価が重要となること、またフリクション低減においては革新的な表面処理技術が必要であるなど、材料そのものの特性に加えて部材として使用されるためには付加的、あるいは本質的な複数の特性要求に応える必要があることにある。以上のことを念頭におきつつ、第5分科では講演大会時に開催される材料戦略セッションを通して社会基盤材料の研究における基本的な姿勢を見出すための活動を行ってきた。表1～3のロードマップは目標値の設定においては主として鉄鋼材料を対象に示した。しかし、鉄鋼材料における社会基盤構造用材料の材料戦略は日本鉄鋼協会の「材料の組織と特性研究部会」が検討し、その結果を最近報告した⁽⁵⁾。それゆえ、第5分科における取り組みはまず非鉄金属材料、特に軽量構造用材料を対象に開始することとした。

2. 第5分科における社会基盤材料戦略への取り組み

すでに述べたように日本金属学会第5分科「社会基盤材料」の材料戦略はこれまで非鉄金属材料を主たる対象として

表4 これまでの第5分科材料戦略セッション。

第1回(2003年春期講演大会)	
「材料戦略・超微細組織のプロジェクト研究」	
1. 社会基盤材料(第5分科)の材料戦略ロードマップ	物・材機構 津崎兼彰
2. ナノメタルプロジェクト・アルミ系研究の動向	東工大 里 達雄
3. ナノメタルプロジェクト・鉄系研究の動向	九大 高木節男
4. 超微細組織研究の動向	阪大 辻 伸泰
第2回(2003年秋期講演大会)	
「設計者が求める材料特性—軽量金属材料の技術動向—」	
1. 自動車が求める軽量金属の材料特性	日産自動車 臼木秀樹
2. 航空・宇宙機器が求める軽量金属の材料特性	三菱重工 都筑隆之
3. 鉄道車両が求める軽量金属の材料特性	川崎重工 水田明能
4. 総合討論	
第3回(2004年春期講演大会)	
「材料特性の注目データとそのメタラジー—軽金属材料の研究動向—」	
1. 第5分科社会基盤材料の材料戦略	東工大 三島良直, 物・材機構 津崎兼彰
2. 超表面改質, Keronite	ドットウエル 福田哲夫
3. マグネシウム蒸着法を用いたマグネシウム合金の耐食性向上	姫工大 椿野晴繁
4. 脆性第2相を含有するアルミニウム合金の加工熱処理による成形性向上	横国大 梅澤 修
5. 高速ロールキャスターにより作製したAl合金板の機械的性質	大阪工業大 羽賀俊雄

進めてきた。表4に2003年春の講演大会から各分科に設置された「材料戦略セッション」において取り上げたテーマをまとめて示す。スーパーメタルや超鉄鋼プロジェクト、構造

387