

2.4 社会インフラ・モビリティ応用

社会インフラは、道路・鉄道・航空網などの交通インフラや電力網・通信網・上下水道などの各種ライフラインなど多岐にわたる。わが国においては、阪神・淡路大震災や東日本大震災を1つの契機とし、さらに近年、頻発している水害などに対応するため、社会インフラの安全性を担保するための課題がより顕在化している。わが国の国土には、国土交通省道路統計年報によれば65,000ヶ所を超える橋梁と1万ヶ所以上のトンネルが存在し、それらの多くが老朽化の問題を抱えている。欧米諸国でも同様の問題を抱えており、大型橋梁の崩落事故が国際的に報道されている。これらの老朽化施設の補強技術や更新は喫緊の課題である。2021年度には「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」の開始されている。

モビリティ分野は、自動車・航空機・列車など人や物資の輸送手段に関連する分野であり、環境負荷を低減するために、いずれの輸送手段においても電動化や軽量化の流れが加速している。また、AIやIoTなどの最先端技術の導入も進んでおり、20世紀初頭の自動車革命に匹敵する大きな変換期を迎えているといわれている。

社会インフラ・モビリティ応用分野は非常に広範囲であり、構成する全てについて俯瞰することは不可能であるため、本区分では、建物や土木、自動車などで力学的強度を保持するための構造材料や、効率的に発電し利用するための材料、エネルギー効率改善や部品・部材の長寿命化に資する材料技術を中心に取り上げる。具体的な研究開発領域としては、金属系構造材料、複合材料、ナノ力学制御技術、パワー半導体材料・デバイス、磁石・磁性材料を取り上げる。

本区分で共通する流れとして、①カーボンニュートラルへの対応、②経済安全保障への対応、③データ駆動型アプローチの3つが挙げられる。

カーボンニュートラルへの対応としては、自動車や航空機、新幹線などで、燃費改善が求められており、金属材料や複合材料の軽量・高強度化の検討や、異種材料の接着技術などの研究開発が推進されている。また、モーター・発電機の効率改善のための磁石・磁性材料の研究や、使用目的に合わせて効率よく電圧・電流を調整するためのパワー半導体材料・デバイスの研究が積極的に推進されている。さらには、機械の摩擦・摩耗を低減するための基礎的な研究や、自己修復材料の設計・開発も行われている。

経済安全保障への対応としては、希少金属や地域偏在している元素の使用を減らす動きが見られ、金属系構造材料、磁石・磁性材料で検討が進んでいる。

カーボンニュートラルや経済安全保障への対応を進めながらも、それぞれ材料では常に一層の性能改善が求められ、さらに開発期間の短縮も重要な課題となっている。このため、本区分においても、多くの研究開発テーマにデータ駆動型アプローチが採用されている。

以下では、本区分で取り上げた5つの研究開発領域の概要を示す。

金属系構造材料は、高強度、高靱性、軽量化、耐環境性、易加工性、高耐久性、環境調和性などの材料特性の向上、および、高品質、低コスト、高生産速度など製造技術の向上をめざす研究開発領域であり、金属組織設計やその具現化を行うプロセス研究、素材や部品の特性を精緻に定量化する評価研究などが主なアプローチである。最近では、水素脆化への対応が注目されている。水素脆化は、水素社会に向けての重要な課題であるとともに、アルミニウム合金は水素が高強度化を妨げていることが分かってきており、水素脆化を理解することによる高強度化の研究が進んでいる。また、金属3D積層造形（Additive Manufacturing）については、研究の中心が、正確な寸法で部品を作ることから、金属組織を制御して本来の性能を発現させることに移ってきている。

複合材料は、金属やプラスチック、セラミックスなど2種類以上の材料を組み合わせることによって、個々

の材料では持ちえない高比強度（引張強さ/比重）や高比剛性（剛性/比重）、高耐熱性などの性能を有する構造材料の創出をめざす研究開発領域であり、代表的な材料には、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）、セラミックス基複合材料（CMC）、セルロースナノファイバー複合材料などがある。金属材料と比較して、現状では高価格であり、信頼性、加工性、生産性等に課題があり、これらを解決するための研究開発が推進されている。また、リサイクルや再生産可能な資源利用の観点から、熱可塑性樹脂をマトリックスに使う技術やセルロースナノファイバーを強化材として使う技術が検討されている。成形時の樹脂挙動や成形品の機械的特性等を予測するためのシミュレーションやデータ科学の活用も活発である。

ナノ力学制御技術には、接着・摩擦・摩耗、自己修復が含まれ、ナノスケールでの観察・分析・計算を活かして、マクロな挙動の制御につなげようというのが共通するアプローチである。接着では、自動車や航空機などの部材のマルチマテリアル化におけるキーテクノロジーとして異種材料接着が注目されている。摩擦・摩耗は機械システムの故障や寿命の主原因であり、耐摩耗技術が機械システムの信頼性と耐久性の鍵を握るものとして注目されている。自己修復が可能になれば、メンテナンスの費用が大幅に削減できるだけでなく、材料の長寿命化を通じてCO₂の削減にも大きな効果が期待される。それぞれの技術において、ナノスケールでの科学的知見は着実に集まってきているものの、その知見をマクロな挙動の制御技術につなげることは今後の課題である。

パワー半導体材料・デバイスは、高効率の電力変換を可能にするための半導体材料・デバイスであり、太陽光発電など再生可能エネルギーの導入やそれに伴う電力網のスマートグリッド化や、産業機器や輸送機器、各家庭での電力有効利用のために重要な技術である。Si系では、Si-MOSFETのさらなる高性能化や大口径ウエハー製造技術が検討されている。次世代品としてはSiCとGaNなどが注目されており、高電力用途で使われるSiC、高周波数用途で使われるGaNともに、最適なデバイス構造の設計・製造技術、大口径結晶成長技術が検討されている。

磁石・磁性材料には、モーター用永久磁石などに用いられる強磁性材料と、インバータ用コイルや電磁波シールドなどに用いられる軟磁性材料がある。強磁性材料では、広い温度範囲での磁束安定性を実現するための研究や、希土類、特にNdの使用量を減らす新組成の検討が実施されている。ここではデータ駆動型アプローチが活発に使われている。軟磁性材料について、透磁率増大、高周波対応が課題であり、金属の微細組織の制御が焦点となっている。

2.4

俯瞰区分と研究開発領域
社会インフラ・モビリティ応用