

はしがき

材料科学，材料工学では有益な機能を発現する物質を探索したり，優れた機能を発現する機構を解明したり，最大限に材料特性を発現するために構造や組織を制御したり，多岐にわたる材料とそれらを製造するプロセスを取り扱う．この中で，材料の組織形成や製造プロセスの基礎となる学問として，熱力学(thermodynamics)と速度論(kinetics)がある．後者は，輸送現象論(transport phenomena)や移動現象論とも呼ばれ，主に

1. 運動量の輸送：流体の流れ
2. 熱エネルギーの輸送：流れ，熱伝導，電磁波の放射と吸収，熱伝達
3. 物質の輸送：流れ，原子・分子拡散

の三つの現象とそれらの相互作用を取り扱う．いうまでもなく，輸送現象は材料科学や材料工学に関わらず広範な工学分野において基礎となる学問である．一方，それぞれの輸送現象は専門分野として確立しており，分野を越えて深く理解するには時間をかけた学習が必要である．

おもに初学者を対象として，材料科学，材料工学における相変態，組織形成，製造プロセスと切り離すことができない運動量・熱・物質の輸送を効率的に学ぶために本書を構成した．具体的には，学部での講義内容(15回)，自習を想定した講義と関連した内容，さらに理解を確認するための演習問題が含まれている．輸送現象論は，熱力学や統計力学と関係する部分もあり，このような項目も積極的に含めている．すべての内容は，自習でも理解できるように配慮しており，必要に応じて学習する項目を組み替えることもできる．また，専門書などで運動量，熱エネルギー，物質の輸送についてより深く学ぶときにも，本書で学習した内容が理解の助けになるはずである．

第1章では，運動量・熱・物質の輸送を取り扱う輸送現象論，材料科学，材料工学において輸送現象を学ぶ必要性について概説している．また，本書の内容を理解するための必要最低限の数学的基礎についても述べている．各自の学習到達度次第で，数学の教科書に戻って学習する，読み飛ばすなどの判断をし

ii はしがき

ていただければと思う。

第2章は、流体力学に関する知識がないことを前提として、熱・物質の輸送に寄与する流れの基礎を取り扱っている。輸送現象において理解が不可欠である実質微分、静止流体の力学、流体のエネルギー収支、運動方程式を学ぶ。乱流については最小限の内容を紹介しており、より詳しい内容については流体力学、乱流の教科書・専門書に譲る。

第3章は、熱の輸送を取り扱う。格子振動や電子が熱エネルギーの輸送を担う熱伝導、電磁波の放射や吸収による熱の輸送である熱放射を学ぶ。また、流れや相変態による発熱や吸熱を伴う熱エネルギーの輸送についても学習する。さらに、物質界面での熱輸送を取り扱う熱伝達について学ぶ。なお、第2章の流れを理解していることを前提とした項目がある。

第4章は、物質の輸送について学ぶ。質量も熱エネルギーと同じ保存量であり、物質の輸送の基盤的な知識は第3章と共通する部分も少なくない。第3章までの項目を理解できていれば、比較的容易に学習できる。

流体力学、熱輸送、物質輸送をより深く学習できるいくつかの参考図書^(1~7)を最後に示している。本書の執筆にあたって参考させていただいた。

本書が、材料科学、材料工学に関連する輸送現象の理解を助け、さらに熱力学、統計力学、材料組織学、材料プロセス工学と有機的に結びついた知識体系への一助となれば幸甚である。

2025年2月

安田 秀幸