

## はじめに

「水素」を二次エネルギーとして社会で広く利用する機運が高まっている。最近では燃料電池自動車<sup>[1]</sup>や自立型水素エネルギー供給システム<sup>[2]</sup>が商用化されており、また水素の長距離・多量輸送を含めた水素エネルギーサプライチェーン<sup>[3]</sup>の構築に向けた取り組みなども進められている。様々な一次エネルギーから供給可能な二次エネルギーとしての水素の社会利用は、資源に乏しい日本におけるエネルギーセキュリティの観点に加え、新たな産業の裾野を広げる観点からも極めて重要である。平成26年6月に策定（平成28年3月に改訂）された水素・燃料電池戦略ロードマップ<sup>[4]</sup>によれば、水素・燃料電池関連分野の市場規模は、2030年に約1兆円、2050年には約8兆円に達すると予測されている。

しかし、水素を安全かつ経済的に社会利用するために必要となる多様な材料に関わる基礎科学的な知見は、まだ多くが不足しているといえる。その一因は、材料中での水素の振る舞いや材料特性に対する水素の影響・効果などの「水素機能」を高精度かつ多面的に「解析」するための技術が確立されていないことにある。例えば、水素用構造材料に関しては、安全性の観点から規制範囲内での使用が義務づけられており、将来の規制緩和のために様々な技術的取り組みがなされているが、まずそのための高精度な解析技術が必要となる。また、水素透過・貯蔵材料あるいは燃料電池材料などに関しては、それらの特性を飛躍的に向上させるための多面的な解析技術も今後重要となる。言い換えれば、解析技術の確立により、これらの材料（本書では総称して「水素機能材料」と呼ぶ）などの研究開発と社会普及がいつそう進み、その結果、二次エネルギーとしての水素の「使いやすさ」が格段に向上するといえる。

---

[1] <http://toyota.jp/mirai/>, <http://www.honda.co.jp/FCX/about-fuel/>  
<http://www.nissan-global.com/JP/ENVIRONMENT/>など

[2] <https://www.toshiba-newenergy.com/>

[3] <http://www.khi.co.jp/hydrogen/>

[4] <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-c.pdf>

産業界からの要望や期待が大きいこの高精度かつ多面的な解析技術に関しては、単独の企業や研究機関の努力だけでは確立し難いのが現状である。それぞれの専門性が高く、また対象とする分野・現象・材料・製品も多岐にわたるからである。そこで、国内産業界・学界が協調すべき領域として情報を十分に共有し、産業界からの技術開発ニーズを学界の基礎研究シーズに反映した上で、現状と将来を総合的・俯瞰的に検討することが望まれている。

このような状況を鑑み、国内産業界・学界の協力を得て、国内第一線の関連技術者・研究者が広く参画できる公的委員会として、平成27年4月に日本学術振興会・産学協力研究委員会「材料中の水素機能解析技術第190委員会」を設置<sup>[5]</sup>、水素機能の本質的解明を目指した計測・計算両面での最先端の解析技術を構築するためプラットフォームを整備した。この委員会では、水素の製造や高純度化のための材料、水素の高密度化のための材料、水素に対する耐性のための材料、などを中心とする材料中の水素機能にかかわる解析技術を対象として、

- ・それぞれの計測技術の優位性・課題・今後の展開などの情報の共有
- ・より高精度・短時間での解析などを目指した複合的な計測技術の確立
- ・計測技術の限界打破や可視化・予測化のための計算材料科学との融合
- ・産業界が直面する課題解決のための新たな解析技術の提案・実証

などを進めている。これらの活動をとおして、水素の社会利用を促進し水素エネルギー社会の早期実現に貢献することが委員会の最終目標である。

本書は、この委員会の活動成果の一環として、各種の計測・計算に基づく水素機能材料の解析技術について以下の構成でまとめたものである。

まず第1章では、水素機能材料を水素用構造材料・水素透過材料・水素貯蔵材料・燃料電池材料の4つに分類してそれぞれに求められる特性を述べる。次に第2章では、水素機能材料の基本的な特性を解析するための技術をまとめる。第1章と第2章を対応させると以下ようになる：

- ・水素用構造材料では「水素に長期間耐える」特性が求められており、そのために主に引張試験や疲労試験などの機械試験を中心に「高圧水素と液体水素にどの程度耐えうるか」の解析技術について述べる。

[5] [https://www.jsps.go.jp/renkei\\_suishin/index.html](https://www.jsps.go.jp/renkei_suishin/index.html)  
<http://jsps190.imr.tohoku.ac.jp/>

- ・水素透過材料では「水素が自由に通り抜ける」特性が求められており、「水素はどのように通り抜けるか」の解明も目指した水素透過能の解析技術について述べる。
- ・水素貯蔵材料では「水素がたくさん貯まる」特性が求められており、「水素がどのように貯まるか」という視点での水素貯蔵特性やそのメカニズムを解明するための解析技術について述べる。
- ・燃料電池材料では「水素でクリーンに発電する」特性が求められており、固体高分子型燃料電池の内部での水素の可視化も含めて「水素は発電中にどうなっているか」を探るための解析技術について述べる。

さらに第3章では、水素機能材料をより詳細に解析するための計測・計算技術について詳述する：

- ・「水素の存在状態を調べる」ための昇温脱離による解析
- ・「水素を直接見る」ための電子顕微鏡による解析
- ・「ナノ欠陥と水素との関係性を調べる」ための陽電子消滅による解析
- ・「表面での水素の出入りを調べる」ためのイオンビーム・電子ビームによる解析
- ・「水素の配置と結合性を調べる」ためのX線・中性子線による解析
- ・「水素の特性を理解・予測する」ための計算科学による解析

また各章末には、関連する主要文献もまとめられているので参考にしていただきたい。

各著者が述べているように、水素機能材料の解析は未解決課題も多く残されている研究・技術分野ではあるが、その最先端を本書で俯瞰していただけるので、基礎科学の観点から水素の「使いやすさ」の向上と社会利用の拡大に貢献することを期待したい。

最後に、本書刊行にあたり、学振190委員会の産業界・学界委員の皆様方、執筆者の皆様方、そして終始ご尽力いただいた山梨大学・犬飼潤治教授および共立出版編集部に深くお礼申し上げます。

2017年11月

「材料中の水素機能解析技術第190委員会」委員長

東北大学・折茂慎一