

Industrial Catalyst News

触媒学会工業触媒研究会

PEM 水電解用イリジウム触媒の最前線

1. イリジウムが抱える構造的制約

グリーン水素製造の中核を担う固体高分子形水電解 (PEMWE) は、高電流密度や高応答性に優れるが、アノード極に用いるイリジウム (Ir) の希少性が普及の障壁となっている。年産 10 トン未満と少なく供給拡大も見込めないため、近年の開発思想は単なる高活性化から、限られた資源を使い切る「資源制約下のシステム最適化」へと転換している。

2. 原子レベルの材料設計と高効率化

ライス大学が提唱する「格子内部の制御」は最も革新的なアプローチの一つである。これは酸化ルテニウム格子の内部に少量の Ir を配置する手法であり、内部の Ir が「アンカー」として機能することで表面原子の溶解を抑制する¹⁾。これにより、Ir 使用量を 80%以上削減しながら、工業的条件 (2 A/cm²) での 1500 時間以上の安定運転を実現した。また、英国の Yong Hydrogen によるコアシェル構造の活用や、アデレード大学による「格子水」を介した反応促進機構の解明²⁾など、原子利用効率を極限まで高める微細制御が進展している。

3. 製造プロセスの革新とシステム最適化

材料組成の改良に加え、製造プロセスの刷新も進んでいる。VSPARTICLE のスパークアブレーションは溶媒やバインダーを用いず、気相生成した純粋なナノ粒子を直接堆積し、全表面を有効反応場とする。2025 年の Plug Power との実証³⁾では、Ir 担持量 0.1 mg/cm² ま

で低減し、0.4 mg/cm² 条件で 8,000 時間超の商用レベル耐久性が確認された。さらに、田中貴金属工業の「ガス再結合機能付き触媒」⁴⁾のように、水素のクロスオーバー抑制を通じて電解質膜の薄膜化を可能にし、安全性とシステム効率を両立させる動きも顕著である。

4. 国内の動向と今後の展望

日本国内でも、東芝のイリジウムナノシート積層触媒⁵⁾や三菱マテリアルの 3D プリント製電極など、材料削減と大面積化を両立する技術開発が加速している。今後は AI とマテリアルズ・インフォマティクスを活用した新材料の高速探索が鍵となるであろう。イリジウム触媒技術は今や、供給網や地政学的リスクを見据えた「戦略資源管理技術」へと進化しており、このシステム最適化能力こそが次世代のグリーン水素経済を支える基盤となる。

1) C. Qiu, et al., Nature Nanotechnology, Vol. 20, pp. 1787–1795 (2025).

2) J. Xu, et al., Science Advances, Vol. 9, No. 25, eadh1718 (2023).

3) VSPARTICLE Press Release (October 14, 2025).

4) 田中貴金属工業株式会社プレスリリース, (2025 年 6 月 6 日).

5) 東芝エネルギーシステムズ, 東芝レビュー, 第 78 巻, 第 2 号, pp. 12-17 (2023).

文責 ZettaJoule 藤川 貴志