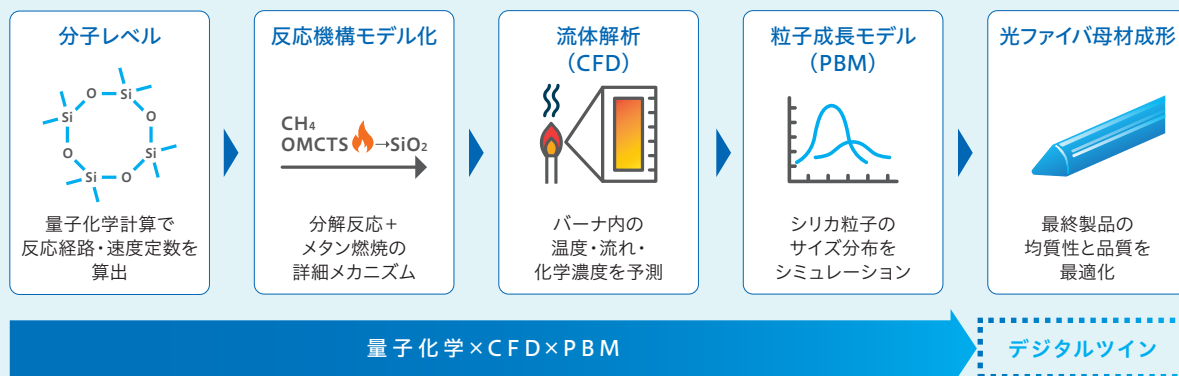


ポイント解説

光ファイバ製造をクリーンに、効率的に！ ～量子化学とデジタルツインで実現する次世代プロセス～



製造技術における複雑な課題をクリアした “先進の基盤技術”

光ファイバの製造は、私たちの通信インフラを支える重要な技術ですが、そのプロセスは非常に複雑で、2つの課題がありました。1つは、「環境・安全性」の問題です。従来は、シリカガラスの原料に塩素系の前駆体 (SiCl_4) を使用していました。しかし、この方法では腐食性や環境負荷の高い副生成物 (HCl や Cl_2) が発生し、作業環境の安全性や環境負荷の面で課題がありました。もう1つは、「開発効率」の問題です。新しい材料や製造条件を採用する際、最適な設計を見つけるためには多くの実験を繰り返さなければならず、開発に時間とコストがかかっていました。本技術は、分子から工場までをつなぐマルチスケール統合シミュレーションと、環境・安全性を両立した新材料プロセス、そしてデジタルツインによる設計・最適化への発展という3つの革新性を兼ね備えています。これらによって、光ファイバ製造のみならず、ほかの材料分野やスマート工場化にも広く応用できる、世界的に先進的な技術基盤が誕生しました。

分子レベルから工業スケールまで 異なるスケールをつなぐ統合モデル

この技術の最大の特徴は、異なるスケールのシミュレーションを1つのワークフローで統合した点です。量子化学計算による分解反応の詳細なモデル化から、流体解析 (CFD) によるバーナ内の温度・流れ・粒子挙動の予測、そして粒子成長モデル (PBM) によるシ

リカ粒径分布の高精度制御まで、すべてを連携させました。これによって、分子レベルでの反応機構や物性値を、実際のバーナ設計や運転条件に直接反映できるようになりました。

例えば、オクタメチルシクロテトラシロキサン (OMCTS) の分解反応やメタン燃焼の詳細な反応速度、熱・輸送特性などをCFDに組み込むことで、バーナ内での温度分布やシリカ粒子の生成・堆積まで一貫して予測できます。また、PBMとCFDを組み合わせることで、粒径分布や堆積速度も予測できるようになり、光ファイバの製造効率や品質を改善するのに役立ちます。

環境・安全性に優れた新材料プロセス

従来の SiCl_4 から OMCTS という非腐食性の前駆体に置換することで、有害副生成物の発生を大幅に抑制しました。これによって環境負荷低減と安全性を両立した光ファイバ製造プロセスが実現しました。

デジタルツインによる設計・最適化への発展

この統合モデルは、実際のバーナやプロセスを仮想空間で再現する「デジタルツイン」を実現するうえで重要な役割を果たすと期待されます。温度、流量、混合比、バーナ形状など、さまざまな条件をシミュレーションで高速に試すことができ、最適な設計や運転条件の予測に役立ちます。今後はAIや機械学習と組み合わせることで、リアルタイム制御や自動最適化にも発展する可能性があります。