

ホワイトペーパー

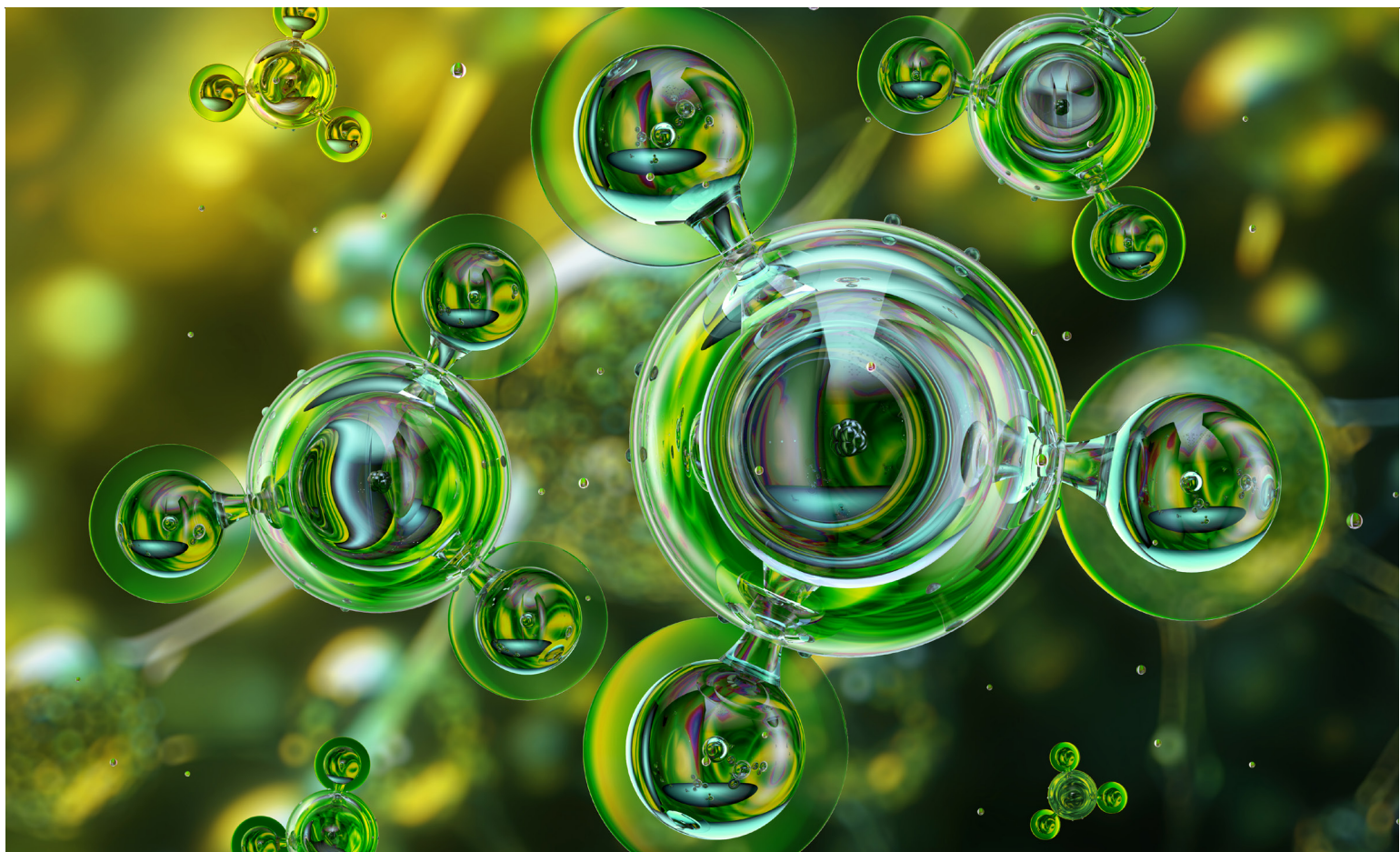
ラマン分光法による グリーンアンモニア製造の 最適化

著者

Stefano Santarpia、ビジネスインダストリーマネージャ、新エネルギー担当 - Endress+Hauser

Koen Roelstraete、ビジネスインダストリーマネージャ、石油・ガス担当 - Endress+Hauser

Laure Aimoz、欧州マーケティングマネージャ - Endress+Hauser



持続可能で環境に優しい工業用プロセスが求められる中で、グリーンアンモニアの製造が重要なイノベーションとして台頭しており、化石燃料に大きく依存する従来のアンモニア製造法に代わる選択肢として期待されています。グリーンアンモニア製造にラマン分光法を活用することで、品質管理とプロセス効率を確保できます。

グリーンアンモニアとは？

グリーンアンモニアとは、風力、太陽光、水力などの再生可能エネルギー源を使用して製造されるアンモニアです。天然ガスや石炭を利用する従来の方法とは異なり、グリーンアンモニア製造は、炭素排出量を最小限に抑え、環境への影響を低減することに重点が置かれています。ハーバー・ボッシュ法はアンモニア (NH_3) 製造の工業的方法として確立されています。このプロセスの主原料は窒素 (N_2) と水素 (H_2) です。空気分離装置から得られた N_2 が H_2 と結合し、アンモニア転換リアクタ内でハーバー・ボッシュ法により反応を起こします。

このプロセスは、従来、アンモニア合成に使用されていましたが、再生可能エネルギーを動力源とする水電解から得られた水素を利用するように調整されています。最新の技術では、固体酸化物電解セルを利用して、再生可能な電力により水と空気から水素と窒素を製造してから、既存のプラントに供給するものもあります。

今日のエネルギー状況において、水素 (H_2) の高コスト化が大きな要因となり、グリーンアンモニアが迅速な対応策として台頭しつつあります。グリーンアンモニアの製造は、太陽光発電や風力発電によって電力価格がマイナスになる期間に行うと特にメリットをもたらします。この期間には、アンモニア (NH_3) とメタノールの両方を非常に手頃な価格で製造できます。

このように電力が「安価」になる期間は急に始まり、短期間であるという特徴があるため、高速運転や柔軟な運転に対応できるグリーンアンモニア製造設備の開発が必要となります。このようなシステムは、高度な制御システムとリアルタイムのデータ分析を活用して性能を最適化することで、電力価格が有利な条件になると、それに応じてすばやく増産できるように設計されています。

グリーンアンモニア製造における合成ループには、高压高温下で触媒を使用して窒素 (N_2) と水素 (H_2) を結合するハーバー・ボッシュ法など、アンモニア (NH_3) を製造するためのいくつかの重要なステップが含まれます。このプロセスの効率を最大化するには、合成ループにおける非常に高速かつ高精度の測定が必要になります。たとえば、温度、圧力、ガス組成などのパラメータをリアルタイムで監視する必要があります。

グリーンアンモニアの製造は、いくつかの課題に直面しています。大きな課題の1つは、化石燃料に比べて再生可能エネルギー源のコストが高いことです。このプロセスには大量の電力が必要であり、再生可能エネルギー源の少ない地域では、これが制約となる場合があります。さらに、電解効率とプロセスに使用される材料の耐久性は、継続的な改善が必要とされる重要な要素です。

しかし、グリーンアンモニアへの移行は化学産業の脱炭素化を支援するだけでなく、ネットゼロエMISSIONの達成というより大きな目標の推進にもなります。このため、グリーンアンモニアの世界市場は急速な成長を遂げています。

2021年のアンモニアの市場取引量は約5,800トンに達し、前年の3,700トンから増加しています。この数字は、年平均成長率(CAGR)90%で増加し、2030年までに約160万トンに達すると予想されています。さらに、2022年の市場規模は1億5,157万ドル(米ドル)で、2023年から2030年までのCAGRは116.5%と予測されています。¹

アンモニアの品質管理における課題

アンモニアの品質確保は、肥料、医薬品、工業化学製品など、さまざまな用途において不可欠な要件です。グリーン製造プロセスにおけるアンモニアの品質管理の主要な課題には、以下のようなものがあります。

不純物: 酸素、窒素酸化物、その他の汚染物質などの不純物の存在により、アンモニアの純度と性能が損なわれる可能性があります。

プロセスの変動性: 再生可能エネルギー源の変動により、製造プロセスの一貫性が損なわれ、最終製品の品質と安定性に影響を与える可能性があります。

リアルタイムの監視: 従来の品質管理方法は、オフラインでのサンプリングやラボ分析を利用することが多く、これは時間がかかり、さらに製造プロセスに関する有益な情報をリアルタイムで取得することができません。

高度な測定ツールの必要性

このような課題に対処するには、アンモニア製造プロセスを継続的に監視/制御できる高度な測定ツールが必要です。このツールの主要な要件は以下のとおりです。

- **精度:** 化学組成の正確な測定と不純物の検出。
- **リアルタイム分析:** プロセス条件と製品品質に関するリアルタイムのフィードバックの提供。
- **非侵襲式の監視:** 製造工程を妨げず、大規模なサンプル調製を必要としない方法。

¹ [グリーンアンモニアの市場規模](#)、2030年までのシェア&成長に関するレポート



ラマン技術による革新的なプロセス監視

アンモニア製造を効率化するために、ラマン分光法を利用できます。この高度なソリューションにより、製造プロセスを継続的に監視し、固有のプロセス変動を補正して、メンテナンス作業を最小限に抑えることができます。

Endress+Hauser のラマン分光システムは、従来のガスクロマトグラフ (GC) よりも正確な測定と高速応答を実現します。

ラマン分光法は、ラマン散乱として知られる光の非弾性散乱に基づいています。光が分子と相互作用すると、分子の振動モードに対応するエネルギーのシフトを伴って散乱します。このシフトは、化学種の同定や定量に使用できる分子指紋となります。

ラマン分光法は、グリーンアンモニア製造における反応物質と生成物質の濃度監視に使用できます。最も重要な測定は、合成リアクタとコンプレッサ間のリサイクルガスストリームにおける水素と窒素の比率です。ラマン分光法は、アンモニア製造の主成分である水素 (H_2) と窒素 (N_2) のような等核二原子ガスの高感度測定が可能です。

この技術により、ガスストリームの化学組成のリアルタイムの現場監視が可能になるため、リアルタイムの調整により製造プロセスを最適化できます。これをリアクタの供給ラインに導入することで、合成ループリサイクルガスや合成ループパージガスの H_2/N_2 比を制御して、組成と不純物を確認できます。

ラマン分光法は非接触式のため、サンプルの抽出や調製の必要がなく、汚染のリスクを低減し、高精度の測定が可能です。したがって、継続的な監視とプロセス変動の早期検出が可能になり、ダウンタイムが短縮されるため、メンテナンスを最小限に抑えることができます。

さらに、ラマン技術では、消耗品やサンプル輸送が不要になるため、従来の分析手法に比べて大幅なコスト削減が可能です。

まとめ

ラマン分光法をグリーンアンモニア製造に統合することは、製品品質とプロセス効率の確保において大きな利点をもたらします。 H_2/N_2 比のリアルタイムの正確な非接触式監視により、ラマン分光法はアンモニア製造における重要な課題に対処し、持続可能な産業への移行を支援します。グリーンアンモニアの需要が増え続ける中で、ラマン分光システムのような高度な分析ツールの導入は、持続可能性と環境責任の目標を達成する上で極めて重要になります。

ラマン分光法は、今後のグリーンアンモニア製造において重要な役割を果たし、産業のさらなる効率化や持続可能性と環境責任の目標達成に向けた取り組みに活用されることでしょう。