

ラマン分光法による 二酸化炭素回収プロセスの 最適化

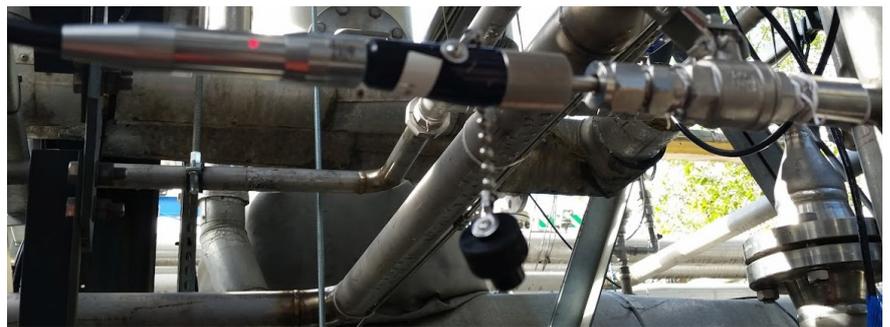


University of
South-Eastern Norway

University of South-Eastern Norway (USN)の技術・自然科学・海洋科学学部のCO₂回収研究グループには、最先端のCO₂ラボ (<http://www.co2-lab.com>)などとの、20年以上にわたる産学共同研究の実績があります。CO₂回収溶媒管理、プロセスモデリング、制御、オフラインおよびインライン分析などの最適化に重点が置かれています。

「Endress+Hauserのラマン分光計ソリューションにより、CO₂溶媒のインライン監視を通じて得られた有用なプロセス情報から、CO₂回収プラントを理解するための独自かつ実用的な情報を共有することができました」

Dr. M.H. Wathsala N. Jinadasa,
Faculty of Technology, Natural
Sciences and Maritime Sciences,
University of South-Eastern
Norway
問い合わせ先:
postmottak@usn.no



英国シェフィールドのCO₂回収プラント設備におけるラマン浸漬プローブによるアミノプロセスストリームのインライン化学分析

アミン溶媒をベースにした化学吸収法は、炭素回収のための最も成熟した技術であり、商業的に実現可能な方法であると考えられています。USNは、CO₂ローディングおよびアミン強度を含む、CO₂回収溶媒のインラインプロセス監視および完全な化学種同定のための、独自の高速かつ堅牢なソリューションの実装を実証しました。これには、Kaiserラマンテクノロジーを搭載したRaman Rxn2アナライザと多変量回帰モデルの組み合わせが使用されました。

結果

- CO₂回収溶媒品質のインライン監視
- プロセス制御および最適化のためのデータに基づく意思決定
- 総所有コストおよび安全リスクの低減

お客様の課題 二酸化炭素の回収・貯留・利用 (CCUS) は、エネルギーや産業の排出源からの温室効果ガス排出量を削減するための必須ソリューションとして注目を集めています。水性モノエタノールアミン (MEA) によるCO₂回収は、商業展開の準備が整っています。CO₂回収に伴う追加コストは、CO₂回収プラント管理者や技術開発者の双方によって最適化される必要があります。プロセス最適化において中心的な課題となるのは、溶媒管理です。¹

Endress+Hauserのソリューション

USNは、Endress+Hauserラマン分光計システムを使用して、CO₂回収溶媒の品質をリアルタイムで監視するスケラブルなラマン分光法ソリューションを検証し、実証しました。これには、以下が含まれます。

- Raman Rxn2-785nmマルチチャンネルアナライザx1、浸漬オプティック付きインラインラマンプローブx2、独自ソフトウェアによる未処理ラマン信号の取得
- データ処理および溶媒濃度の予測のためのUSNモデリング能力



PACT設備、英国シェフィールド

アプリケーションおよびプロセスの詳細 一般的なMEAプロセスでは、40℃の吸収装置でCO₂を吸収し、脱離装置で120℃に加熱して溶媒からCO₂を除去します。MEAによってCO₂が吸収されると、いくつかのプロセスと反応により、炭酸塩、重炭酸塩、カルバメート、プロトン化アミンを含む陽イオンと陰イオンのプールが生成されます。脱着の過程で、アミンによって吸収されたCO₂は除去され、CO₂を含まないアミンは吸収装置に再循環されます。アミンを使用した回収プロセスを長時間実行すると、溶媒の劣化や熱安定性塩などの分解生成物が発生し、回収効率が低下します。

ラボからプロセスまでの拡張性のあるアプローチ MEAプロセスにおける完全なイオン化学種同定のためのラマン分光モデルは、さまざまなCO₂ローディングの30 wt% MEAサンプルのラマン測定を、NMR分光法によるリファレンス測定と比較することにより、初めてラボで開発されました。そして、USNのCO₂装置（ミニパイロットスケールのCO₂回収プラント）における試験を利用して、モデルの予測精度が評価されました。²最後に、英国シェフィールド近郊にあるパイロットスケールの高度なCO₂回収技術（PACT）設備において、3日間にわたる試験を実施し、大規模パイロットスケールの回収操作への適用可能性を実証しました。³パイロット試験中に、浸漬オプティック付きの2つのラマンプローブをリーンアミンおよびリッチアミンストリームに挿入して、さまざまなプロセス条件におけるオンライン濃度分析結果を取得するための*in situ*測定が行われました。さらに、PACTにおける30日間の追加試験中に、ラマン機器が溶媒分解化合物の監視に有効であることが確認されました。⁴これらの手法は、他のCO₂回収溶媒やさまざまな濃度の混合物における化学分析においても高い信頼性を発揮します。^{5,6}

プロセスの把握から最適化まで CO₂回収プロセスに関する専門知識とノウハウ、そしてEndress+Hauserラマン分光計ソリューションのサポートにより、USNは、ラマン技術によって以下が可能であることを実証しました。

- NMRや滴定などの時間のかかるオフライン分析（2時間を超える測定時間とサンプル調製）をインライン監視に置き換えることで、人的な介入なく1分未満で測定結果が得られる
- 変化の激しいプロセス条件下でも、全CO₂およびアミンの濃度を確実に予測
- 溶媒品質の変動および劣化を監視し、溶媒の損失を最小限に抑制
- 吸収装置、脱離装置、熱回収装置、洗浄水タンクの性能を測定
- CO₂回収プラントのダウンタイムを最小限に低減
- プラント管理者による全体的なプラント操業の意思決定の最適化が可能

1. Reynolds, A. J., et al., *Environmental Science & Technology* 2012, 46 (7), 3643-3654
2. Jinadasa, M. H. W. N., et al., *Energy Procedia* 2017, 114, 1179-1194
3. Akram, M., et al., *International Journal of Greenhouse Gas Control* 2020, 95, 102969
4. Wiechers, G., et al., *ACT ALIGN CCUS project no 271501; 2020*
5. Jinadasa, M. H. W. N., et al., Karamé, I., et al., Ed. *IntechOpen: 2018*
6. Jinadasa, M. H. W. N., et al., *Proceedings of TCCS-10, Trondheim, Norway, 2019*
7. Jinadasa, M. H. W. N., *PhD thesis, University of South-Eastern Norway, Porsgrunn, 2019*

化学的特性	r ²	RMSEP*	化学的特性	r ²	RMSEP*
CO ₂ ローディング	0.998	0.0560	炭酸塩 + 重炭酸塩	0.975	0.0437
カルバメート	0.991	0.0697	フリー-MEA	0.994	0.142
炭酸塩	0.961	0.0058	MEA+	0.994	0.077
重炭酸塩	0.966	0.0403			

* 予測の二乗平均平方根誤差

表1: 化学種同定のためのPLSRモデルの概要⁷

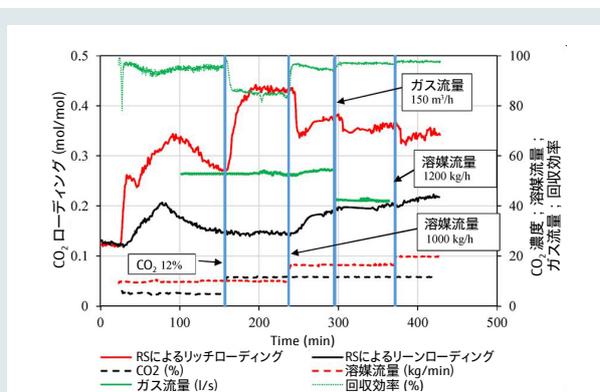


図1: PACT CO₂設備における*in situ*予測結果³

謝辞: PACT設備 (<https://pact.group.shef.ac.uk>) における研究活動は、英国研究会議のエネルギープログラムの一環として、ビジネス・エネルギー・産業戦略省およびEPSRC (英国工学・物理科学研究会) の資金提供により実施されました。