

# LNGの光学分析技術

## 信頼性の高いTDLASおよび ラマンによるリアルタイム測定





# お客様の課題の解決こそが Endress+Hauserのミッション

## よりシンプルで信頼性の高いLNG成分測定

**バランスの取れた成長、生産性、安全性の確保** 世界的なエネルギー転換に伴い、LNGの需要が急速に拡大し続ける中、LNG事業の安全性を確保しながら成長と生産性を両立させることは困難です。

**上流側のLNG処理アプリケーションで汚染物質を安全に検出** LNGの貯蔵、流通、気化施設で効率を最大限に高めるには、最先端のプロセス制御が必要です。汚染物質を除去するための供給ガス処理は重要な工程です。ガスの前処理、脱水、液化プロセスを安全かつ中断なく運用することで、プラントの可用性を最大限に高め、LNGを予定通りに供給することができます。

### LNGの組成とエネルギー含有量の測定

LNGの組成とエネルギー含有量の正確な測定は、貯蔵タンクへのLNGのランダウンを最適化し、取引計量での紛争を回避するためにも重要です。取引製品の正確な測定値を保証するには、最高クラスの精度が必要になります。移送するエネルギーのわずか1%の不確かさが、最大数十万ドルもの経済的影響をもたらす可能性があります。

### 流通前にLNGの品質を確保

LNGのような成長産業で競争力を高めるには、LNGのバリューチェーンに沿ったすべての天然ガスプロセスの高精度測定と高度な制御が必要です。気化後の天然ガスを地域のガス供給網に注入する前に、水分レベルが要求品質仕様を満たしていることを確認することが特に重要になります。

**お客様のLNGプロセスの改善を支援する信頼できるパートナー** Endress+Hauserの波長可変半導体レーザー吸光分光法 (TDLAS) およびラマン分光法を活用したLNG測定製品ラインナップは、このような課題の解決に役立ちます。重要なLNGプロセスの監視と制御については、当社の光学分析機器を適切に設置することにより、安全性と信頼性の高いLNGプラント運転が保証されます。当社は、アナライザやプローブを世界各国に設置して成功を収めた導入実績があり、その経験から得た実証済みのLNGのノウハウを提供します。当社のTDLAS/ラマンテクノロジーは、LNGプロセス用の実績のある測定ツールとして、現場で試験され、計測技術が独自に検証されています。お客様は、LNG事業を全面的に支援するために必要な専門知識を備えたEndress+Hauserのサービスエキスパートのサポートを世界各国で受けることができます。



全世界のLNG需要は、  
2040年までに7億トンを超えると予測されています\*

\* 出典: [www.shell.com/In outlook](http://www.shell.com/In outlook)

# LNG用の信頼できる光学分析技術

お客様のLNG事業を常に安全かつ効率的に運用

## LNGバリューチェーンに沿った正確で信頼性の高いLNG測定

Endress+Hauserのレーザーベースの分光計測システムを使用することにより、LNGプロセスを安全かつ正確に、そして優れたコスト効率で監視/制御できるようになります。当社の実績あるTDLAS/ラマンテクノロジーにより、前処理や液化から重要な取引計量や気化まで、LNGバリューチェーン全体にわたって主要なポイントで濃度測定や組成プロセス測定をリアルタイムで実行できます。

**TDLAS** Endress+Hauserの波長可変半導体レーザー吸光分光法 (TDLAS) アナライザは、液化前に天然ガス中のH<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>などの汚染物質を除去・制御するための処理を行うときに、これらの汚染物質の濃度を監視します。TDLAS水分アナライザでは、LNG気化後のLNG最終製品に不可欠な品質チェックも行うことができます。

**ラマン分光法** Endress+Hauserのラマン分光法ベースのアナライザは、貯蔵タンクへの液化ランダウン、冷媒混合、ベースロード取引計量、トラックへの積込み、バンカリングなど、LNGライフサイクルにおける下流側の重要な拠点で必要となるLNGのオンライン組成測定を行うことができます。

**Endress+Hauserの強み** 当社のTDLASおよびラマン分光計システムには、世界中の多数の陸上拠点や海上拠点で成功を収めた導入実績があります。これらの計測器は現場で試験され、計測技術が独自に検証されているため、お客様はLNGプロセスの測定結果に全幅の信頼を寄せることができます。LNG測定のパートナーとしてEndress+Hauserをお選びいただくことで、実績のあるSpectraSensors TDLASテクノロジー、Kaiserラマンテクノロジー、そしてEndress+HauserのLNGプロセスオートメーションに関するノウハウを1つに融合し、お客様のLNG事業全体を最適化できます。

# 200件以上

TDLASおよびラマンテクノロジーに関する  
米国の特許取得件数

# 12,000台以上

世界各国に設置された  
TDLASアナライザおよびラマン分光計

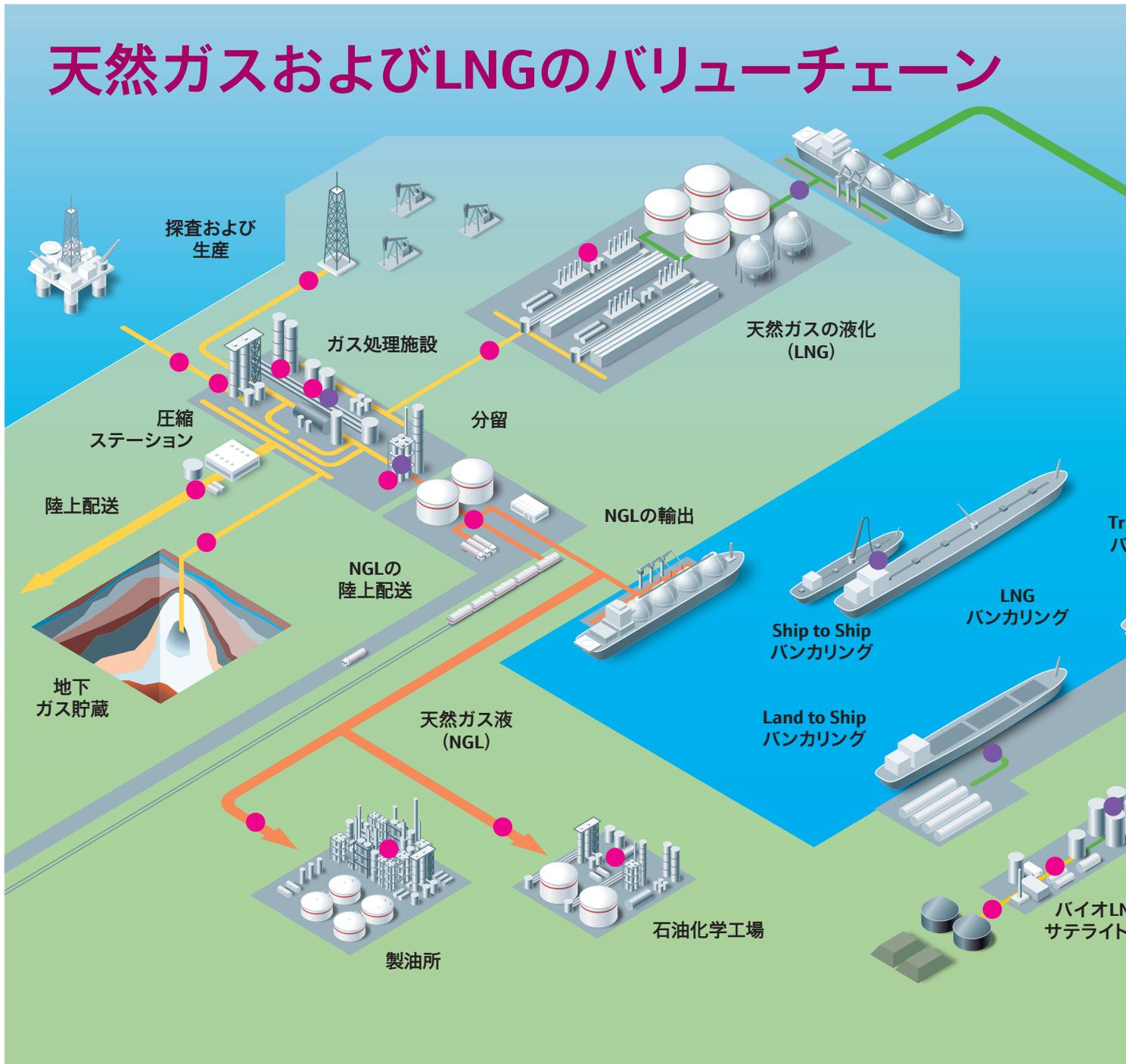
# 50年以上

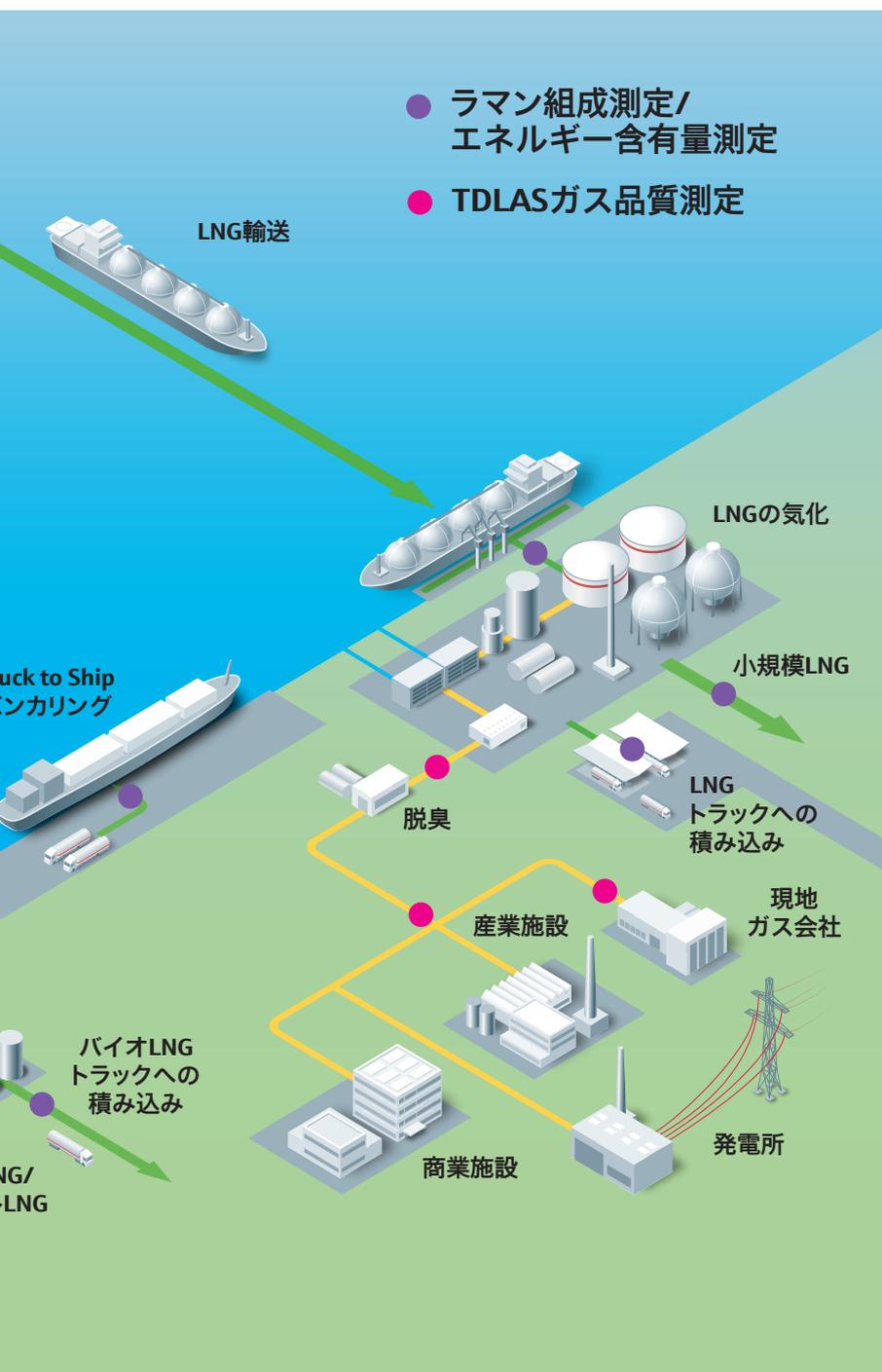
TDLASとラマンに関する  
ノウハウの蓄積年数



# Endress+Hauserのサポート体制

前処理や液化から取引計量や気化まで  
信頼性の高いLNG分析





● **TDLASによるガス濃度分析**  
プロセスガストリーム中の  
微量汚染物質の分析

- プロセス制御測定
  - アミン処理装置入口
  - アミン処理装置出口
  - モレキュラーシーブ脱水装置出口
- 製品品質測定
  - プラントへの供給ガス
  - 流通前の気化済みLNG

● **ラマン分光法によるLNG組成分析**  
LNG品質の組成分析および  
エネルギー計算

- 液化/気化
- ベースロード取引計量
- 船舶のバンカリング
- LNGトラックのローディング



国際的に認められた  
規格と認証の遵守

# TDLASによる液化前のガス分析

メンテナンスによる遅延コストなしに、1つの技術を使用して  
プロセスガストリーム中の微量の $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ を高速かつ正確に測定



Endress+HauserのTDLASアナライザは、天然ガス中の不純物をサブppmレベルから低パーセントレベルまで、オンラインでリアルタイムに測定します。Endress+HauserのTDLASアナライザには、LNG生産用の天然ガス供給における $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ の監視において、他の技術に比べて大きな利点があります。

- **非接触測定** TDLASアナライザのレーザーと固体検出器のコンポーネントは、サンプルセルを流れるプロセスガスや混入した汚染物質から隔離され、保護されています。この構造により、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 水分センサや水晶振動子マイクロバランス式(QCM)アナライザに付随する汚れ、腐食、メモリへの影響などの問題を回避し、信頼性の高い長期運転を保証します。
- **高速応答と分析時間の短縮** TDLASアナライザは、他の分析方式に比べ、被分析物濃度の変化を検出する速度が大幅に向上しています。QCMにおけるウェットアップ/ドライダウン時間は、応答の遅延や、 $\text{H}_2\text{O}$ 濃度の急激な上昇の検出失敗につながる可能性があり、この場合、モレキュラーシーブ脱水容器の破過が通知されます。ガスクロマトグラフ(GC)の結果の出力は、クロマトグラフ分析の完了までの待機時間があるため、数分間遅延する場合があります。
- **アナライザの完全自動検証** Endress+Hauserの微量水分測定用TDLASアナライザには、ユーザーが指定した時間間隔でアナライザの自動検証を実行することができます。
- **所有コストの低減** 酢酸鉛テープ式硫化水素計やGCとは異なり、TDLASアナライザには消耗品がほぼ使用されていないため、技術員のサービスやメンテナンスの負担を軽減し、全体的な所有コストを削減できます。

# お客様のLNGアプリケーションと操業地域に 最適なTDLASアナライザをお選びください

LNGガス処理および品質アプリケーション - H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>測定による  
ガス濃度とガス品質の管理



H<sub>2</sub>OおよびH<sub>2</sub>S測定用

H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>測定用

## J22およびJT33 TDLASガスアナライザ - グローバル

- 保護等級: IP66, Type 4X
- 危険場所認証:
  - ATEX/IECEX/UKExゾーン1
  - PESO/KTL/国内防爆/INMETROゾーン1\*
  - Class I, Division 1
  - Class I, ゾーン1

\*JT33アナライザについては、これらの認証は申請中です。

## SS2100 TDLASガスアナライザ - 北米

- 保護等級: Type 4X
- 危険場所認証: CSA Class I, Division 2;  
CSA Class I, ゾーン2

## SS2100a TDLASガスアナライザ - 欧州

- 保護等級: IP66
- 危険場所認証: ATEXゾーン2

## SS2100i TDLASガスアナライザ - グローバル

- 保護等級: IP66
- 危険場所認証: ATEX/IECEXゾーン1/国内防爆



LNG気化装置



アミン処理装置



モレキュラーシーブ脱水装置

# TDLASによるアミン処理とガススイートニングのプロセス最適化

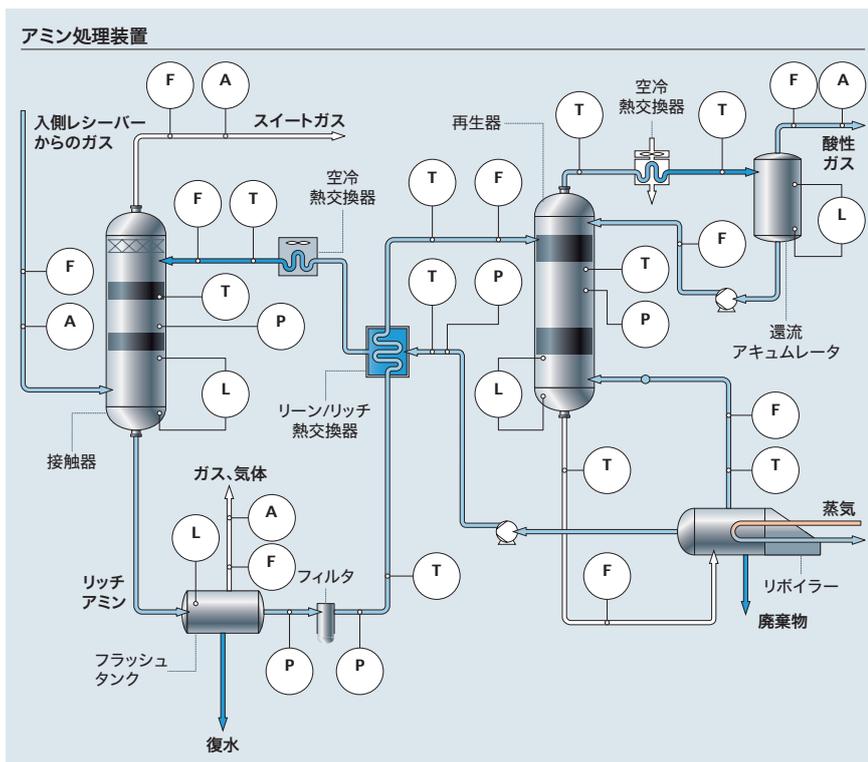
## ガススイートニングのプロセス制御とガス品質の最適化

異なる地層から抽出された生天然ガスには、異なる量の酸性ガス ( $\text{H}_2\text{S}$ および $\text{CO}_2$ ) が含まれています。これらの汚染物質をLNG供給ガスから除去することにより、極低温処理での $\text{CO}_2$ の凍結や、 $\text{H}_2\text{S}$ のガス品質仕様の超過を防止する必要があります。多量の $\text{H}_2\text{S}$ と $\text{CO}_2$ を含む酸性ガスは、プロセスの副生成物であり、酸性ガス中の $\text{H}_2\text{S}$ から元素硫黄を交換および回収するために硫黄回収装置 (SRU) に供給される場合があります。酸性ガストリーム中の $\text{H}_2\text{S}$ 濃度の測定は、SRU内部で発生する酸化プロセスを最適化するために必要です。

ガススイートニングプロセスは、サワーガスから酸性ガスを除去するように設計されています。アミン処理は、天然ガスから $\text{H}_2\text{S}$ と $\text{CO}_2$ を除去するために使用される最も一般的なプロセスです。アミン処理では、サワーガスをアミン水溶液に接触させて、化学反応と吸収によって $\text{H}_2\text{S}$ と $\text{CO}_2$ を除去します。

## この分野におけるEndress+Hauserのノウハウ

Endress+HauserのTDLASアナライザは、このような腐食性の高い酸性ガスを迅速かつ正確に測定できるため、ガススイートニング処理プロセスの制御と最適化を強力にサポートします。当社のTDLASアナライザにより、アミン処理装置入口のサワーガスと出口のスイートガス中の $\text{H}_2\text{S}$ と $\text{CO}_2$ 濃度のリアルタイムのオンライン監視が可能になります。特許取得済みの差分分光技術により、被分析物濃度の変化に迅速に応答し、微量の $\text{H}_2\text{S}$ と $\text{CO}_2$ の高分解能の連続測定/検出を数秒で実行できます。測定の信頼性は高く、一般的な障害の影響を受けずに測定結果が求められます。さらに、現場校正、消耗品、可動部品が不要なため、アナライザのメンテナンスと全体的な所有コストを最小限に抑えることができます。



## TDLAS測定の主な利点

- 動作条件や原料が変化する状況でも、低ppmレベルの正確な測定結果をリアルタイムで迅速に取得
- 設備と作業員の効率と安全性の向上
- 他の化学製品の干渉により生じる誤差を排除
- 消耗品や可動部品がないため、機器の所有コストとメンテナンスコストを削減
- 現場での校正が不要で、長期安定性に優れた動作を保証

## Endress+Hauserの機器による測定

- A - TDLAS分析の測定点
- F - 流量測定点
- T - 温度測定点
- L - レベル測定点
- P - 圧力測定点

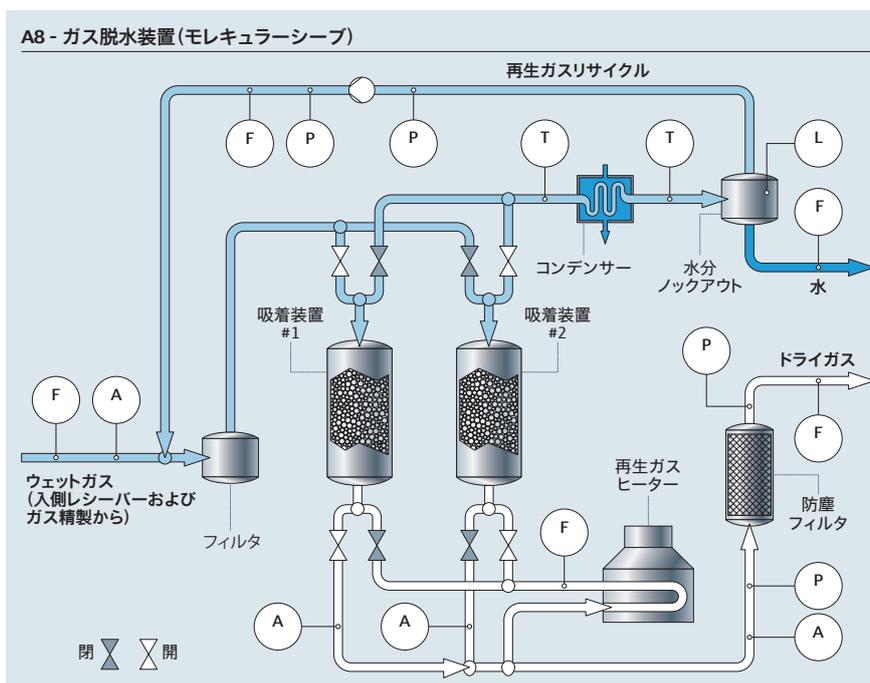
# TDLASによるモレキュラーシーブ脱水の生産性向上

**モレキュラーシーブ脱水システムの効率的な連続運転**  
LNG処理において、アミン処理装置から排出されたスイートニング後の天然ガスには水蒸気が含まれています。水分は液化トレインのコールドボックス内の熱交換器チューブを凍結させる可能性があります、これにより数日間の生産停止につながる場合があります。LNG供給ガス中のH<sub>2</sub>O濃度の厳格な仕様 (< 0.1 ppm) を遵守して機器の損傷を防止し、LNGを予定通りに供給するために、モレキュラーシーブ脱水が使用されています。

最初は、モレキュラーシーブ容器から排出されるドライガスでは、H<sub>2</sub>Oは検出されません。ただし、時間の経過とともに、吸着床が吸収する水分量が増加し、微量 (サブppm) レベルのH<sub>2</sub>Oがガス中に存在するようになります。飽和状態の吸着床をオフラインにして加熱ガスで再生できるように、通常はモレキュラーシーブを収めた3~4つの容器を配管に並列に接続して使用します。オペレータがガスの流れを新たに再生された吸着床のある容器に切り替えることができるよう、吸着床の水分ブレイクスルーを迅速に検出するには、高精度の測定が必要です。

## この分野におけるEndress+Hauserのノウハウ

Endress+Hauserの特許取得済みのTDLAS差分分光技術により、モレキュラーシーブ乾燥器で信頼性の高いH<sub>2</sub>O測定を行い、汚染物質の干渉やメンテナンスの負担なしに、天然ガス乾燥プロセスを迅速かつ確実に制御できます。当社のTDLASアナライザは、乾燥容器出口のガスストリームにおけるH<sub>2</sub>O濃度のリアルタイムのオンライン監視により、吸着床の飽和と破過を迅速に検出します。機器はこのようなH<sub>2</sub>O濃度の変化に迅速に応答し、LNG供給ガス中のH<sub>2</sub>O含有量がユーザー指定のプロセス制御の設定値を超過しないように監視できるため、下流側の設備を保護し、プラントのダウンタイムを最小限に抑えることができます。ほぼリアルタイムの水分測定により、乾燥器の吸着床の切替えを最適化することで、モレキュラーシーブベッドの寿命が延び、LNGプラントの全体的な生産性が向上します。



## 主な特長

- 多量のH<sub>2</sub>Oが液化トレインに到達するのを回避して、下流側設備の損傷を防止
- 床を再生するサイクル時間を延ばして、モレキュラーシーブ脱水システムの寿命と効率を向上
- 再生、メンテナンス、ダウンタイムの低減による大幅なコスト削減
- LNGプラントの処理から液化まで、全体の生産性を向上

## Endress+Hauserの機器による測定

- A - TDLAS分析の測定点
- F - 流量測定点
- T - 温度測定点
- L - レベル測定点
- P - 圧力測定点



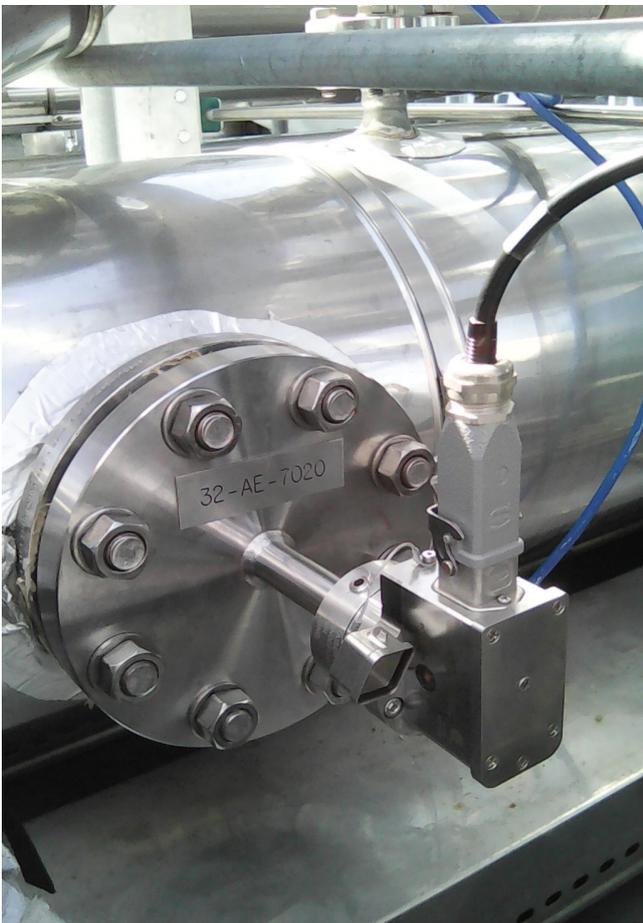
# LNGの組成とエネルギー含有量測定用のラマン分光計システム

Endress+HauserのLNG用ラマン分光計およびプローブは、ラマン分光法を使用してオンライン組成測定を行い、下流側のLNGプロセスにおけるBTU、ウォッペ指数、その他の重要なプロセスパラメータを求めることができます。従来、LNGの組成測定では、ガスクロマトグラフ (GC) と気化器を組み合わせ使用し、LNGをガスに変換して分析する必要がありました。不完全な気化や予備気化により、測定誤差や精度の低下が発生し、取引製品の測定値の不確かさが大きくなる可能性があります。また、気化器は頻繁なメンテナンスが必要であり、運転コストも増加します。

当社のラマンテクノロジーにより、気化器が不要になり、これらの課題の多くを解決できます。ラマン分光法を利用する当社のLNG計測システムでは、LNGサンプルにファイバー結合プローブを直接挿入でき、プローブはアナライザから数百メートル離れた場所に配置できます。

Endress+Hauserのラマン分光計システムは、組成および発熱量を現場でリアルタイムに測定することで、他のLNG測定技術と同等の精度を提供し、さらに、他のLNG測定技術よりも高速で安定性が高く、メンテナンス作業も軽減されます。

- **プラントの安全性向上** 堅牢な光ファイバーケーブルで伝送されるレーザー光を使用して、サンプルを現場で分析できるため、LNGをアナライザやアナライザシェルターに移送する必要がなくなります。サンプルはベースユニットから最大500メートル離れていても分析可能なため、作業員が有害物質に暴露するリスクが減り、安全性が向上します。
- **効率の最適化** 当社のラマンシステムは、1台のアナライザで最大4つのガストリームを測定でき、ガストリーム1つあたりのコストを削減できます。ラマン分光計は気化器が不要なため、測定精度を損なうことなく、メンテナンス作業を大幅に軽減できます。また、非破壊測定により、廃棄物や潜在排出量、フレアリングも低減します。消耗品がほぼ不要なため、運転効率も向上します。
- **プラントの可用性向上** 当社のラマン分光計は、極低温液相のLNGを現場で測定するため、メンテナンスの手間やコストのかかる気化器が不要になります。ラマン測定では、測定品質を確保するための気化器の長時間冷却が不要であり、LNGが流れるタイミングですぐに測定を開始できます。また、必要なメンテナンスが最小限に抑えられるため、システムを実質的に無人で運転することができ、プラントの可用性がさらに高まります。



ラマン分光分析装置による24時間365日のプロセスの可視化と制御

# お客様のLNGアプリケーションに最適なラマン分光計をお選びください

## プロセス制御アプリケーション

貯蔵タンクへの液化ランダウン/  
混合冷媒の最適化

- シェルター設置による最小限の保護が必要 (周囲温度: -20~+50 °C)
- 保護等級: IP56
- Class 1, Div 2認証 (国内防爆取得済み)
- 最大4つのサンプルガストリームを同時に測定可能
- 光ファイバーの長さ: 最大250 m



Raman Rxn5アナライザ



## 取引計量用アプリケーション

船舶のバンカリング

- 制御室に設置 (周囲温度: 5~35 °C)
- 精度:  $\pm 3$  BTU/scf (EffecTechで検証済み)
- 適切に校正されたシステムでは、0.07 MJ/kgの不確かさを達成可能\*
- 最大4つのサンプルガストリームの連続測定が可能
- 光ファイバーの長さ: 最大500 m



Raman Rxn4アナライザ



## 取引計量用アプリケーション

ベースロード輸入/輸出ターミナル

- 制御室に設置 (周囲温度: 5~35 °C)
- 精度:  $\pm 3$  BTU/scf (EffecTechで検証済み)
- 適切に校正されたシステムでは、0.07 MJ/kgの不確かさを達成可能\*
- 最大4つのサンプルガストリームの連続測定が可能
- 光ファイバーの長さ: 最大500 m
- Zeebrugge LNGターミナルで現場検証済み



Raman Rxn4アナライザ



## 取引計量用アプリケーション

LNGトラックのローディング

- 制御室に設置 (周囲温度: 5~35 °C)
- 精度:  $\pm 3$  BTU/scf (EffecTechで検証済み)
- 適切に校正されたシステムでは、0.07 MJ/kgの不確かさを達成可能\*
- 最大4つのサンプルガストリームの連続測定が可能
- 光ファイバーの長さ: 最大500 m



Raman Rxn4アナライザ



\* 高精度のLNG認証基準に基づく検証が必要

# ラマン分光法によるLNGバンカリングの 安全性確保

船舶用燃料としてのLNGの使用が増加しているのは、IMO（国際海事機関）が新たに採択したMARPOL条約における硫黄排出基準の厳格化が一因です。これに伴い、船舶間の燃料移送を行うLNGバンカー船が、よく利用されるようになってきました。バンカリング中のLNGのエネルギー含有量測定における課題の1つとして、極低温流体の取扱いがあります。さらに、さまざまな原産地からのLNGの混合や貯蔵条件下での劣化により、LNGの組成は変化します。移送する貨物の正確な品質測定は、LNGバンカー燃料取引に不可欠な要素であり、作業の安全性を確保する上でも重要です。

**この分野におけるEndress+Hauserのノウハウ** 現在、当社のラマン分光計とプローブは、世界各地のバンカー船に設置されており、バンカリングアプリケーションにおいてさまざまな利点をもたらすことが実証されています。これらのラマンLNGバンカリングシステムの検証はEffecTech\*が行い、ベルギーのZeebrugge LNGターミナルの現場で検証されました。当社のLNG取引計量用ラックマウント型Raman Rxn4アナライザは、バンカー船の制御室や計器室に容易に設置でき、船舶の制御コンピュータに接続できます。このようにアナライザを配置することで、バンカー船から受入船に移送されるLNGや、陸上施設からバンカー船に積み込まれるLNGに対して、安全で信頼性が高く、堅牢な測定を行うことができます。

\*EffecTechは、直接測定用LNGアナライザのUKAS認定校正サービスを提供しています。



## 主な特長

- 容易に導入可能: アナライザと光学式プローブを光ファイバーケーブルで接続することで、サンプルの抽出や輸送が不要
- LNGガスストリームの組成と発熱量の正確で信頼性の高い直接測定
- 消耗品を排除して、運転コストを削減
- LNG事業全体の安全性が向上



# ラマン分光法によるLNGトラック積込み効率の最適化

**迅速なLNGトラック積込み** トラックによるLNGの輸送は、天然ガスパイプラインインフラを利用できない顧客に天然ガスを供給するコスト効率の高い手段として、天然ガスインフラの重要な部分を占めています。これらの施設では、LNGを「バッチモード」プロセスで移送し、各移送の所要時間は30～90分です。このような施設の取引計量測定システムは、直ちに準備が完了して測定できる「瞬時稼働」機能を備える必要があります。気化器を使用する従来のシステムでは、正確な測定を開始する前に、安定化のためにLNGに対して最大2時間の暴露が必要になる場合があります。



**この分野におけるEndress+Hauserのノウハウ** 現在、世界中の多数のLNGトラック積込み拠点に設置されている当社のラマンシステムは、EffecTechで検証されており、高い精度と信頼性が証明されています。Raman Rxn4アナライザは、トラックへの積込みが始まると直ちに測定を開始できます。定常流動に達する前でも、高品質測定を実現します。アナライザを施設の制御室に組み込んで測定を開始することができ、結果はCTMSシステムに直接表示されます。

## 主な特長

- 取引計量測定に必要な冷却時間を実質的に排除
- 必要な検証は年に1回のみ
- 消耗品（カラム、バルブ、キャリアガス）がほぼ不要になるため、運転コストを大幅に削減



当社のLNG産業での経験を活かして、お客様のあらゆるアプリケーションに最適なソリューションを見つけることができます



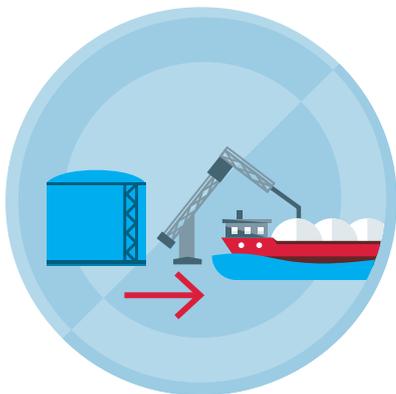
# LNG取引計量におけるラマン分光法によるプラント可用性の最大化

**この分野におけるEndress+Hauserのノウハウ** 当社は、世界中のLNGベースロード施設において、ラマン分光計を気化器/GCシステムと厳密に比較検証してきました。これらのシステムは、EffecTechが検証を行い、Fluxsysターミナルの現場で検証されていますが、LNGの取引計量において多くの利点をもたらしています。Raman Rxn4アナライザは、適切に設計およびメンテナンスされた気化器/GCシステムとほぼ同等の性能を示し、さらに、これらの従来のシステムに必要な高い運転コストや技術的な専門知識は不要です。

## 主な特長

- ファストループを使用して、またはプロセスパイプ内でLNGの非破壊分光測定を実行
- 業界標準のASTM手順とNIST認定リファレンスを使用した、元の工場仕様に合わせた現場校正が可能になり、校正ガスが不要
- 極低温ラマン光学式浸漬プローブと産業用光ファイバケーブルを使用して、アナライザから最大500メートル離れたガスストリームを遅延なく測定
- ほぼメンテナンスフリーで使用でき、いつでも必要ときにアナライザが測定を開始可能

**効率的で正確なLNG取引計量** 一般的に、LNGの組成測定はGCを使用して行われます。ただし、GCを使用するには、測定前にLNGを気化させてガス圧力を調整する必要があります。気化器では通常、不完全な気化や予備気化を回避するために、メンテナンスのためのダウンタイムが頻繁に必要になります。LNGの気化不良が起これば、元のLNGとは組成の異なるガスサンプルを測定してしまう場合があり、これにより、移送される貨物の測定値に誤差や不確かさが生じる可能性があります。



適切に設計およびメンテナンスされた気化器/GCシステムと同等の性能を備え、メンテナンス作業を低減



[www.addresses.endress.com](http://www.addresses.endress.com)

---

IND1281C/33/A/02.23