

取扱説明書

光ファイバーケーブル



目次

1 本説明書について4	5 設置およびメンテナンス 11
1.2 警告..... 4	5.1 光ファイバーケーブルの洗浄 11
1.3 機器のシンボル 4	6 運用 12
1.4 米国輸出管理規則の遵守..... 4	6.1 信号損失 12
1.5 用語集..... 5	6.2 結果..... 12
2 安全上の基本注意事項6	7 光ファイバーケーブルの種類 13
2.1 作業員の要件 6	7.1 2011654-XXX 13
2.2 用途..... 6	7.2 2018150-XXX 13
2.3 電氣的安全性 6	7.3 2017161-XXX 13
2.4 使用上の安全性 6	7.4 2012936-XXX 14
2.5 製品の安全性 7	7.5 2018539-XXX 14
2.6 安全のための注意事項..... 7	7.6 2018540-XXX 14
2.7 健康および安全への配慮..... 7	8 技術データ 15
3 製品説明8	8.1 仕様..... 15
3.1 ラボケーブル 8	9 索引 16
3.2 プロセスケーブル 8	
3.3 Endress+Hauser ラマンケーブル..... 9	
4 製品の受入検査および製品識別表示 .. 10	
4.1 受入検査..... 10	
4.2 納入範囲..... 10	

1 本説明書について

1.2 警告

資料構成	意味
⚠ 危険 原因（/結果） 不適合の影響（該当する場合） ▶ 是正措置	危険な状況を警告するシンボルです。この状況を回避できなかった場合、重傷または致命傷を負う可能性があります。
⚠ 警告 原因（/結果） 不適合の影響（該当する場合） ▶ 是正措置	危険な状況を警告するシンボルです。この状況を回避できなかった場合、軽傷またはそれ以上の傷害を負う可能性があります。
⚠ 注意 原因/状況 不適合の影響（該当する場合） ▶ アクション/注記	器物を損傷する可能性がある状況を警告するシンボルです。

表 1. 警告

1.3 機器のシンボル

シンボル	説明
	レーザー放射シンボルは、システムの使用時に危険な可視レーザー光に暴露する危険性をユーザーに警告するものです。
	高電圧シンボルは、人体に危害を与えるほどの高電位の存在を作業員に警告するものです。一部の産業では、特定のしきい値を超える高電圧を指します。高電圧のかかる機器や導体については、特別な安全要件と安全手順を満たす必要があります。
	WEEE シンボルは、本製品を未分別の廃棄物として廃棄することが禁止されており、回収/再利用のために分別回収施設に送る必要があることを示します。
	CE マークは、欧州経済地域（EEA）内で販売される製品について、健康、安全、環境に関する保護基準に適合していることを示します。

表 2. シンボル

1.4 米国輸出管理規則の遵守

Endress+Hauser は、そのポリシーにおいて、米国商務省のウェブサイト [Bureau of Industry and Security](https://www.bis.gov) で詳述されている米国輸出管理法を厳格に遵守しています。

1.5 用語集

用語	説明
°C	摂氏温度
cm	センチメートル
e	吸光係数
EEA	欧州経済地域
EO	電気光学 (Electro-optical)
FC	ファイバーチャンネル
IPA	イソプロピルアルコール (Isopropyl alcohol)
m	メートル
NIR	近赤外線
nm	ナノメートル
PVC	ポリ塩化ビニル
T	伝送
UV	紫外線
WEEE	電気電子機器廃棄物 (Waste Electrical and Electronic Equipment)

表 3. 用語集

2 安全上の基本注意事項

注意

- ▶ 本セクションの安全情報は、光ファイバーケーブルに固有のもので、レーザーの取扱いに関するアナライザ関連の追加安全情報については、*Raman Rxn2*、*Raman Rxn4*、および *Raman Rxn5* の取扱説明書を参照してください。

2.1 作業員の要件

- 光ファイバーケーブルの設置、設定、運用、メンテナンスは、専門のトレーニングを受けた技術者のみが行うようにしてください。
- 作業を行う技術者はプラント管理者から特定作業の実施許可を受ける必要があります。
- 作業を行う技術者はこれらの取扱説明書を読んで理解し、その内容に従う必要があります。
- 測定点のエラーを修正できるのは、トレーニングを受け、実施許可を得た技術員に限られます。本取扱説明書に記載されていない修理は、直接製造元において、またはサービス部門のみが実施できます。

2.2 用途

光ファイバーケーブルは、アナライザのベースユニットをサンプリングプローブから離れた場所に配置するために、ラマン分析アプリケーションでよく利用されています。

2.3 電気的安全性

ユーザーは以下の安全条件を遵守する責任があります。

- 設置ガイドライン
- 電磁適合性に関する各国の規格および規制

2.4 使用上の安全性

全測定点の設定を実施する前に：

1. すべての接続が正しいことを確認してください。
2. 電気ケーブルおよび光ファイバー接続に損傷がないことを確認してください。
3. 損傷した製品は使用しないでください。そして、意図せずに作動しないよう安全を確保してください。
4. 損傷のある製品にはその旨を明記したラベルを掲示してください。

使用中：

1. 不具合を解消できない場合は、製品を停止させ、意図せずに作動しないよう安全を確保してください。
2. サービスおよびメンテナンス作業時以外はドアを閉めたままにしてください。

▲ 警告

光ファイバーケーブル使用中の作業により、測定物への暴露の危険があります。

- ▶ 化学物質または生物材料への暴露を制限するための標準的な手順に従ってください。

防護服、保護メガネ、保護手袋などの個人用保護具の着用や、アナライザの設置場所への物理的なアクセス制限に関する現場の方針に従ってください。

- ▶ 清掃手順に関する適切な現場の方針に従って、漏出物を清掃してください。

2.5 製品の安全性

各光ファイバーケーブルは最新の安全要件に適合するよう設計され、試験されて安全に使用できる状態で工場から出荷されています。関連法規および国際規格に準拠します。Raman Rxn アナライザに接続された機器は、該当する安全基準に準拠する必要があります。

2.6 安全のための注意事項

- 指定用途以外には光ファイバーケーブルを使用しないでください。
- レーザー光を直視しないでください。
- レーザーの拡散方向を凝視したり、焦点を合わせたりしないでください。
- レーザーを鏡面に向けしないでください。
- 取り付けられている未使用のプロブを、キャップをしていない、またはブロックしていない状態のままにしないでください。
- 必ずレーザー光ブロックを使用してください。

2.7 健康および安全への配慮

適用されるすべての安全規則を理解し、遵守する責任はユーザーにあります。これらは機器の設置場所に応じて異なります。Endress+Hauser は、この認定手順に基づく、機器の安全な使用の決定について、一切の責任を負いません。

3 製品説明

光ファイバー技術は、ラマンサンプリングプローブをベースユニットから離れた場所に配置できるようにすることで、ラマン分光法に革命をもたらしました。これにより、危険環境下でも、サンプルチャンバへの輸送が困難なサンプルからラマンスペクトルを取得できるようになりました。結果として、ラマン分光法は、工業用プロセスラインなどのいくつかの新しい分野で利用されるようになり、ここでは、ベースユニットを制御室やその他の保護された環境に配置し、ラマンプローブをプロセスラインに配置して、現場でリアルタイムのプロセス監視/制御が行われています。

最新の多くの分散型リモートラマンシステムでは、励起放射光は単一の励起用ファイバーを介してレーザーからラマンプローブに送られます。サンプルから収集された散乱光は、単一の収集用ファイバーを介して分光器に送られます。

光ファイバーは、フッ素ドープシリカクラッドとアクリレートバッファ保護コーティングで覆われた低ヒドロキシルシリカコアで構成されています（この3層構造のファイバーは通常、シングル「ドロウ」製造法で作られます）。ケーブルの外装は、アプリケーションに応じて異なる場合があります。産業およびラボアプリケーション用のファイバーでは、多くの場合、ファイバーにタイトポリマーバッファを施したり、ルースポリマーチューブに通したりします。このようなファイバーサブアセンブリは、他の光ファイバーサブアセンブリ、電線、および剛性強化部材を含む堅牢なポリマー外部被覆付きの産業用複合ケーブルにまとめて収めることができます。

3.1 ラボケーブル

ラボでは、損傷防止のために光ファイバーケーブルを適切に取り扱うことが極めて重要になります。これは、コストと安全性の両方の観点から重要です。ケーブルが損傷するとレーザー光がラボ環境に分散し、周辺の技術員の視覚に有害な影響を与える可能性があります。ケーブルは適切に取り扱い、定期的には検査し、損傷が確認されたら交換してください。

3.2 プロセスケーブル

プロセス環境では、光ファイバーケーブルは配慮が必要となる追加条件にさらされます。ケーブルは、プレナム、屋内ダクト、コンジット、オープンケーブルトレイなどのエリアに通すことが必要な場合があり、ケーブル全体の温度範囲は $-40\sim+80^{\circ}\text{C}$ 以上になる可能性があります。屋外用ケーブルは、雨、雪、凍結などの過酷な気候条件にさらされる場合や、太陽の紫外線 (UV) に長期的にさらされる場合があります。

プロセス環境向けの光ファイバーケーブルには、3つの基本的なケーブル定格（屋内用、屋外用、屋内/屋外兼用）があります。屋内定格ケーブルは難燃性があり、一般的にプレナムに敷設し、壁に通すことができます。屋外定格ケーブルは、紫外線による劣化に強く、幅広い温度範囲で使用できます。屋内/屋外定格ケーブルは、屋内用ケーブルと屋外用ケーブルの両方の機能を兼ね備えています。

ライザー定格ケーブルは、プロセス環境でよく使用されるケーブルの1つです。このケーブルは任意の方向（垂直を含む）に取り付けることができるように設計されているため、壁から上方の架空配管まで通すことができます。

Endress+Hauser は、カナダと米国の危険場所での設置向けに、光ファイバーケーブルと電気ケーブルの両方の部材を含む特殊なハイブリッドケーブルをご用意しています。このケーブルには、以下のマークが付いています。

Endress+Hauser – Raman Fiber Cable Part#20111635 CSA-C/US FT-4 AWM Class I/II A/B 80C 30V </> <日付>

このマークは 24 インチ間隔で表示されます。このケーブルは、北米の危険場所向けの設置関連資料の一部に明記されており、プローブアセンブリの不可欠な構成要素です。設置において北米の認証基準を満たす必要がある場合は、北米の危険場所でのあらゆる設置作業にこのケーブルを使用する必要があります。

3.3 Endress+Hauser ラマンケーブル

Endress+Hauser のすべてのラマンプローブに使用される標準ケーブルは、励起用ファイバーと収集用ファイバーを含む統合ファイバーケーブルアセンブリで構成されており、破損を防止するために堅牢な塩化ビニール (PVC) 被覆に包まれています。Endress+Hauser のラマン光ファイバープローブも、レーザーインターロックをプローブ終端に組み込み、レーザーの安全性を向上させています。ケーブルが切断された場合、レーザーは数ミリ秒以内にオフになり、レーザー光が環境に分散するのを防止します。

Endress+Hauser のラマン製品の標準ファイバーケーブルは、屋内/屋外用のライザー定格の光ファイバーケーブルです。また、これらのケーブルは、難燃性/UV 耐性および引っ張り強度についても定格に完全に準拠しており、プロセス環境での安全性を最大限に高めることができます。Endress+Hauser のラマンファイバーケーブルは、直接埋設、地下ダクト、架空敷設、蒸気トンネル、建物のライザー、ケーブルトレイ、過酷な産業環境など、さまざまな環境での使用に適合します。

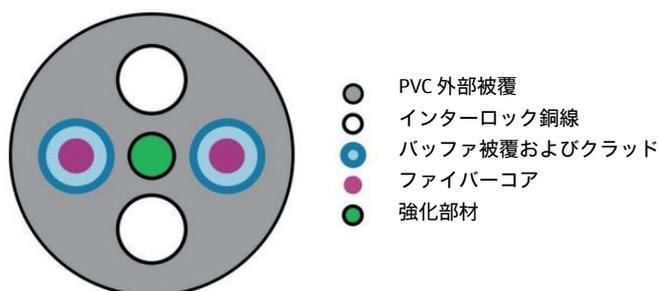


図 1. ラマン光ファイバーケーブルの断面

ケーブルには、剛性強化部材、インターロック銅線、PVC 保護外部被覆が含まれます。通常、ファイバーケーブルはケーブルトレイに設置されます。ただし、個々の現場のエンジニアリング仕様の要求事項に応じて、コンジットを使用してケーブルの保護をさらに強化できます。また、爆発性雰囲気中で可燃性ガスが排出される可能性を最小限に抑えるために、ポジティブパージされたコンジットにケーブルを通す場合もあります。

ファイバーアセンブリが長い場合は、設置に役立つオプションとして取り外し可能なケーブルグリップを利用できます。これにより、完全な試験済みアセンブリを *in situ* で設置でき、現場で終端処理を行う必要がなくなります。

ケーブルの屋外敷設、架空敷設、またはケーブル被覆が腐食性蒸気と接触する可能性のある場所に敷設する場合は、適切に密閉されたコンジットを使用することをお勧めします。コンジット内にケーブルを設置する場合は、必ず引き輪付きケーブルを指定してください。

4 製品の受入検査および製品識別表示

4.1 受入検査

1. 梱包が破損していないことを確認してください。梱包が破損している場合は、サプライヤに通知してください。問題が解決されるまで破損した梱包を保管してください。
2. 内容物が破損していないことを確認してください。納品物が破損している場合は、サプライヤに通知してください。問題が解決されるまで破損した製品を保管してください。
3. すべての納入品目が揃っており、欠品がないことを確認してください。発送書類と注文内容を比較してください。欠品がある場合は、サプライヤに通知してください。
4. 保管および輸送用に、衝撃や湿気から確実に保護できるように製品を梱包してください。納入時の梱包材を使用すると、最適な保護効果が得られます。許容周囲条件を必ず遵守してください。

ご不明な点がありましたら、当社営業所もしくは販売代理店にお問い合わせください。

4.1.1 製品の識別

製品のオーダーコードとシリアル番号は、以下の1つまたは複数の位置に表示されています。

- 製品
- 出荷書類

4.1.2 製造者所在地

Endress+Hauser, 371 Parkland Plaza, Ann Arbor, MI 48103 USA

4.2 納入範囲

以下に納入範囲を示します。

- 光ファイバーケーブル（ご注文の構成）
- 光ファイバーケーブルの取扱説明書
- 光ファイバーケーブルの製品性能証明書
- 各国の適合宣言（該当する場合）
- 危険場所で使用するための証明書（該当する場合）
- オプションの光ファイバーケーブルアクセサリ（該当する場合）

ご不明な点がございましたら当社営業所もしくは販売代理店にお問い合わせください。

5 設置およびメンテナンス

光ファイバーケーブルは、アナライザのベースユニットをサンプリングプローブから離れた場所に配置するために、ラマン分析アプリケーションでよく利用されています。

最もよく利用されているのは、ラボおよびプロセス環境における現場監視の分野です。アナライザベースユニットをサンプリングポイントから離れた場所に配置できることは、既存のプラント環境に Endress+Hauser のラマン分光計を設置する場合に大きな利点をもたらします。この柔軟性により、アナライザのベースユニットを制御室や既存のアナライザ格納庫に設置することができます。

5.1 光ファイバーケーブルの洗浄

最適な性能を確保するために、以下の手順に従って光ファイバーケーブルアセンブリを適切に洗浄して設置することをお勧めします。

1. プローブファイバーのケーブル側コネクタのカバーを取り外します。

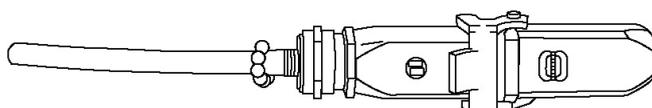


図 2. EO ファイバー接続カバー

2. ファイバー先端の清浄度が不明な場合は、取り付け前にケーブル側コネクタのファイバー先端を清掃します。
 - まず、試薬グレードのアセトンや 100 % イソプロピルアルコール (IPA) などの溶剤に軽く浸したレンズワイパーを使用し、次に 1.25 mm のファイバー洗浄ツールで最終清掃を行います。両方のファイバー先端に同じワイパーを使用しないでください。
 - ファイバー先端をワイパーの湿った部分で 1 回拭き、同じワイパーの乾いた部分でもう 1 回拭き取ります。これを両方のファイバー先端で繰り返します。

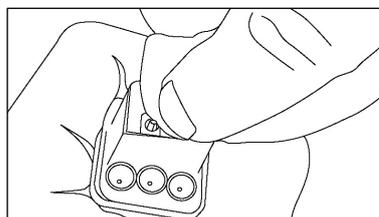


図 3. EO ファイバー接続の清掃

3. 次に、バルクヘッドアダプタが取り付けられた IBC (またはこれと同等の) 1.25 mm フェルールクリーナーを使用して、繊維が残っているフェルール中心部の最終清掃を行います。カチッと音がするまで押し当てて、これをもう 1 回繰り返します。

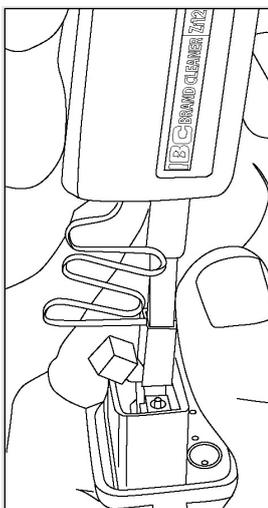


図 4. EO ファイバーコネクタのファイバー先端の最終清掃

4. アナライザに接続します。
5. 追加のプローブがある場合は、これを繰り返します。

6 運用

光ファイバーは優れた伝送媒体を提供しますが、損失がないわけではありません。この伝送損失は、1.9メートルまたは5メートルの標準的なラボケーブル長では問題にはなりません、プロセス環境でよく使用される50～300メートルという長いケーブル長では問題となります。

光ファイバーでは、信号が1メートルのケーブル長を移動するごとに小さな信号損失が発生します。また、光ファイバーの伝送は波長に依存するため、励起波長が短波長になるにつれて1メートルあたりの伝送損失が大きくなります。したがって、532 nmのラマンレーザーを使用した場合の1メートルあたりの損失は、785 nmのレーザーを使用した場合よりも大きくなります。

6.1 信号損失

製造環境に移すためのメソッドをラボで開発する場合には、潜在的なファイバー損失の影響を評価することが重要です。785 nmのレーザーを使用する場合、わずか25%の信号損失で227メートルものケーブル長を使用できます。図5に示された伝送率(%T)は、ケーブル全体の累積損失を考慮しており、227メートルの励起用ファイバーの励起信号損失と227メートルの収集用ファイバーのラマン信号損失が含まれていることに注意してください。25%の信号損失は比較的小さく、これは、測定ごとの所要時間を増やす代わりに、より多くの信号が収集されるように製造メソッドでスペクトル収集パラメータを最適化することにより補償できます。

励起光源に532 nmレーザーを使用した同じ実験では、ケーブル長227メートルでの損失は約85%です。一般的に、可視波長レーザー(532 nmで光を生成するレーザーなど)は、785 nmで動作する近赤外線(NIR)ダイオードレーザーよりも空間の単位体積あたりのレーザー出力が小さくなります。このように可視レーザー光ではケーブル損失が増大し、レーザー出力が低くなるため、Endress+Hauserでは多くの場合において、固体/液体プロセスアプリケーションにNIRレーザー(および励起波長785 nm)を推奨しています。

6.2 結果

吸光係数(e)の値は、1.9メートルと50メートルのファイバー伝送における差異に基づいて設定されています。ファイバーケーブル接続のばらつきは平均化されており、追加損失は両方のケーブルで同等であると考えられています。

放射吸光係数は、ラマンスペクトルウィンドウ全体の平均値に基づいています(つまり、伝送率はラマンシフトが低くなるとわずかに減少し、ラマンシフトが高くなるとわずかに増加します)。



図5. ファイバー長に対するファイバー伝送率(%T)の測定値

7 光ファイバーケーブルの種類

各種コネクタを備えた光ファイバーケーブルをご用意しており、さまざまなラマンプローブと Raman Rxn アナライザを接続することができます。よく使用されるファイバーケーブルを以下に列記します。

7.1 2011654-XXX



図 6. 2011654-XXX

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn5	Rxn-30	FOCA、EO (M) /SSCS、XXXM----- 仕様：電気光学ケーブル；長さ = XXX メートル；コネクタ = EO (M) ~SSCS	標準長なし（アプリケーションによる制限あり）

表 4. 2011654-XXX

7.2 2018150-XXX



図 7. 2018150-XXX

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn2、 Raman Rxn4、 Raman Rxn5、 レガシー Rxn 製品	EO コネクタ対応プローブ； FC コネクタ対応プローブ	FOCA、EO (M) /FC、XXXM---- 仕様：電気光学ケーブル；長さ = XXX メートル；コネクタ = EO (M) ~FC	5 メートル単位で 5~200 メートル（アプリケーションによる制限あり）

表 5. 2018150-XXX

注意

- ▶ この光ファイバーケーブルは、一部のレガシー Rxn 製品に適合します。

7.3 2017161-XXX



図 8. 2017161-XXX

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn2、 Raman Rxn4、 Raman Rxn5	EO コネクタ対応プローブ	FOCA、EO (M) /EO (F) 、XXXM---- 仕様：電気光学ケーブル；長さ = XXX メートル；コネクタ = EO (M) ~EO (F)	5 メートル単位で 5~200 メートル（アプリケーションによる制限あり）

表 6. 2017161-XXX (2012936 用の延長ケーブルとして使用)

7.4 2012936-XXX



図 9. 2012936-XXX

アナライザ	プローブ	説明	標準長
Raman Rxn2、 Raman Rxn4、 Raman Rxn5	EO コネクタ対応プローブ	FOCA、EO (M) /EO (M) 、 XXXM---- 仕様：電気光学ケーブル； 長さ = XXX メートル； コネクタ = EO (M) ~EO (M)	5 メートル単位で 5~200 メートル (アプリケーション による制限あり)

表 7. 2012936-XXX

7.5 2018539-XXX



図 10. 2018539-XXX

アナライザ	プローブ	説明	標準長
レガシー Rxn プラットフォーム	FC コネクタ対応プローブ	FOCA、EXT、FC/FC、XXXM---- 仕様： 電気光学ケーブル；長さ = XXX メートル； コネクタ = FC~FC	5 メートル単位で 5~200 メートル (アプリケーション による制限あり)

表 8. 2018539-XXX

注意

- ▶ この光ファイバーケーブルは、一部のレガシー Rxn 製品に適合します。

7.6 2018540-XXX



図 11. 2018540-XXX

アナライザ	プローブ	説明	標準長
レガシー Rxn プラットフォーム	FC コネクタ対応プローブ	FOCA、FC/FC、CSA、XXXM---- 仕様： 電気光学ケーブル；長さ = XXX メートル； CSA 定格；コネクタ = FC~FC	5 メートル単位で 5~200 メートル (アプリケーション による制限あり)

表 9. 2018540-XXX

注意

- ▶ この光ファイバーケーブルは、一部のレガシー Rxn 製品に適合します。

8 技術データ

8.1 仕様

資料構成	意味
一般的特性	インターロック機能用の銅線を内蔵 Kevlar：内部強化部材 難燃性 耐菌性
ケーブル定格	動作温度：-40～+80℃ 保管温度：-55～+80℃ 屋内/屋外 UV ライザー定格 ケーブルトレイ定格 認証：CSA-C/US AWM I/II、A/B、80C、30V、FTI、FT2、VW-1、FT4 定格：AWM I/II A/B 80C 30V FT4
曲げ半径	敷設時：6.3” (16.00 cm) 固定時：3.2” (8.13 cm)
耐側圧性	1700～2200 N/cm
終端処理	独自の電気光学式

表 10. 仕様

9 索引

あ

安全, 7

う

受入検査, 10

け

ケーブル
 定格, 16
 プロセス, 8
 ラボ, 8
 ラマン, 8
健康, 7

し

終端処理, 16
シンボル, 4

た

耐火性, 16

な

難燃性, 16

の

納入範囲, 10

ふ

プロセスケーブル, 8

へ

米国輸出管理規則の遵守, 4

ま

曲げ半径, 16

め

目の保護, 7

ゆ

輸出管理規則の遵守, 4

よ

用語集, 5

ら

ラボケーブル, 8

www.addresses.endress.com
