

# 光ファイバ・センシングによる 配管モニタリング技術で プラントの健全評価を実現

安全・安定運転のための新しい技術標準へ

*New technological standard for safety and stability operation*

プラントの価値創造のため、  
世界最高水準の技術が集結！

プラント全域を状態監視することにより、  
設備の信頼性を向上させ、保全業務の効率化を図る

光ファイバを利用したこのシステムは、関係者の間では長年にわたり強く望まれ、部分的な技術開発が進んでいるにもかかわらず、具現化が困難な状況にありました。

コア技術となる計測・解析技術、特殊な光ファイバ、敷設技術の開発に加え、導入から運用までプラントに熟知した高度なマネジメント力を必要とするなど、スペシャリストによる協業が不可欠とされてきたからです。

長年の技術開発と提携、実際のプラント敷設によるデータ実証など数々のハードルを越え、この度私たち3社は、ようやく実現可能なシステムをご提供するに至りました。

プラントの価値を最大化する安全・安定操業実現のために、技術の粋を集めた次世代の配管モニタリングをぜひ、ご活用ください。



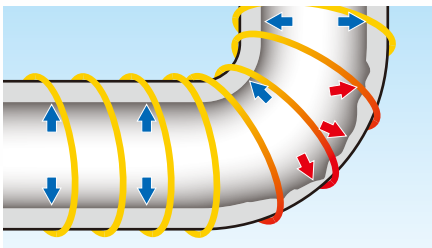
## コア・テクノロジー

### システム原理

SYSTEM PRINCIPLE

#### 1. 状態監視

配管へスパイラル状に光ファイバ・モジュールを敷設し、配管の状態監視を実施。



##### ひずみ測定用 / 温度測定用 光ファイバ・モジュール

→ 配管の減肉により薄肉となった部分のひずみや温度が、運転内圧によって変化する。これらのひずみ・温度の変化を配管表面に敷設した光ファイバによって分布的に計測する。得られたひずみ・温度分布データに基づいて解析的に配管の肉厚分布状態を求める。

#### 2. 計測・解析

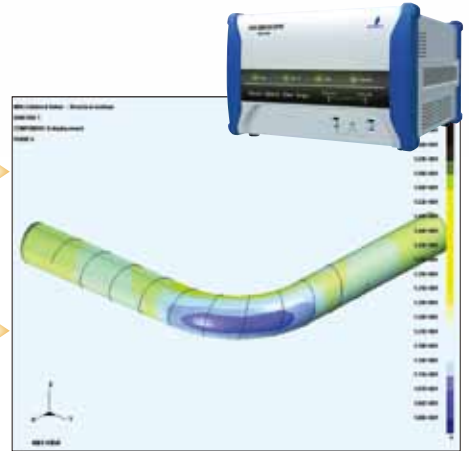
状態の変化による表面ひずみを PPP - BOTDA で計測し、ひずみ分布データを逆解析することによって、配管状態(変形・温度・減肉)を定量的に算出。

##### PPP-BOTDA

→ 既存のBOTDAを改良  
ひずみ測定精度:  $\pm 25 \mu \epsilon$   
距離分解能: 10cm

##### 逆解析CAE技術

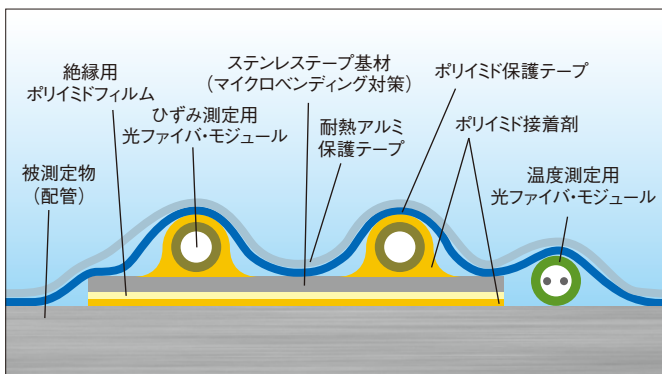
→ 計測されたひずみから配管状態(あるいは境界条件)を同定する、高度な数値解析手法



### ひずみ測定用光ファイバ・モジュール FIBER SENSOR MODULE

実配管の表面粗さの影響を受けない、300℃耐熱ひずみ測定用光ファイバ・モジュールの開発に成功

※温度測定用光ファイバ・モジュールを同時に敷設し温度補正を行うことで、より正確な配管表面のひずみ分布データを採取



### 光ファイバ・モジュールの施工技術 FIBER INSTALLATION

既存の設備に対し、初回1回の敷設のみで長期(30年程度)にわたり運用可能

効率的な敷設工程によって、配管表面に、高精度に光ファイバ・モジュールをスパイラル状に敷設。  
ラボ試験・実証実験によって敷設品質基準を独自に設定し、実用的な施工を実施。



### トータルマネジメント

TOTAL MANAGEMENT

光ファイバ・センシングによるプラント状態監視技術の導入から計画・施工・解析・運用まで、プラント・エンジニアリングを熟知したコンサルタントにより、全ての要素技術を統括してプラント・モニタリングシステムの最適化を図るとともに、保全作業の効率化と安全性/信頼性の向上を提供し、プラント・アセットの収益性向上に貢献する。





# プラントの次世代安全監視システム

～状態監視により効率性と信頼性の実現へ～

## 光ファイバ・センシングによる配管モニタリングの概要

### 提供ソリューション

SOLUTIONS

- 配管システムの網羅的状态監視による安全性・信頼性の向上
- 常時モニタリングによる余寿命予測の高精度化
- 保全作業の効率化による生産性向上
- 遠隔監視、設備診断アウトソーシングなど設備管理の業務改革の可能性

### おもな特長

FEATURES

#### 高精度な遠隔モニタリング

- 大型プラント・長距離パイプライン全体を一括モニタリング
- 数本の光ファイバで、ひずみや温度の正確な分布計測(位置標定)が可能
- 既存の情報用光ネットワークを用いることにより、遠隔モニタリングが可能
- センサなどの設置スペース不要

#### 高い安全性

- 本質安全防爆性を有し、発火性のある液体・気体にも直接設置可能
- 無誘導性であり、電磁波・雷・電流サージの影響を受けない
- 検査のための作業リスクゼロ

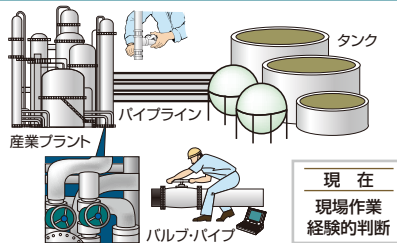
#### データの活用

- 定期計測によりデータの蓄積が可能
- 過去の計測情報によって変化を予測し、異常を自動判断
- 余寿命診断など、プラントトータルの予測・診断にも活用

#### 省力化

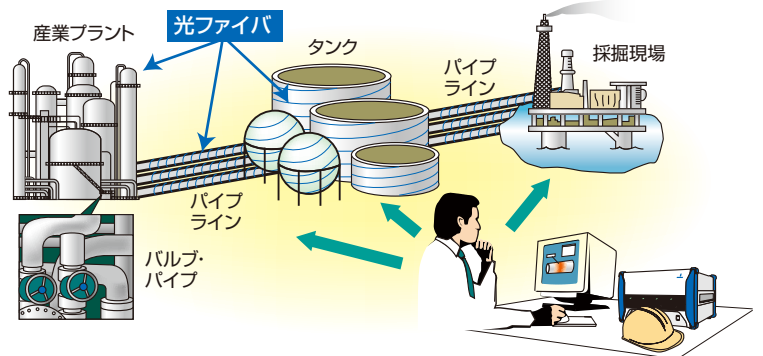
- 既存設備への敷設可能
- 定期点検時ではなく、稼働中の計測が可能
- 従来のシステムより、人件費など総合的に安価な保守検査が可能

### 従来の機器管理システム



- 数多くのセンサを必要とし、実質的に全体検査は困難
- 現場計測が不可欠で、判定には熟練者が必要
- 定期点検時の現場計測では、計測箇所が制限される

### 光ファイバ・センシングによる配管モニタリング



### 適応分野

APPLICATION

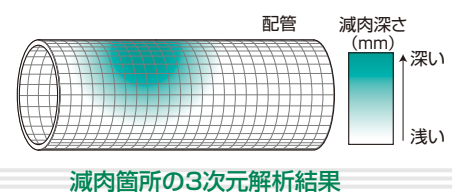
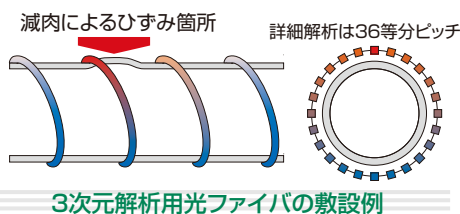
石油・化学・電力・ガスプラント、  
パイプライン、各種構造物



### 検知できる現象

MONITORING TARGET

- 配管の残存肉厚
- 配管の減肉形態(位置と形状など)
- 配管の変形(曲がりや凹み)
- 配管の表面温度分布



OVERVIEW OF SYSTEM

# 光ファイバ・センシングによる配管モニタリングの流れと実証例

## 1. 導入コンサルティング

### 配管仕様調査を実施し、適用対象を分類・選定

顧客ヒアリング等による配管モニタリングの目的と期間などに基づき、モニタリングシステムの測定精度・仕様、監視スケジュールなどを提案。  
現場調査によって、配管形状などの調査を実施し、適用対象を分類・選定。

#### [調査内容]

#### ヒアリングや既存データの解析による調査

- 部位数・運転履歴・検査履歴
- 配管材質・運転状況(温度/圧力)

#### 分類・選定

#### 目的に応じ、計測計画を策定

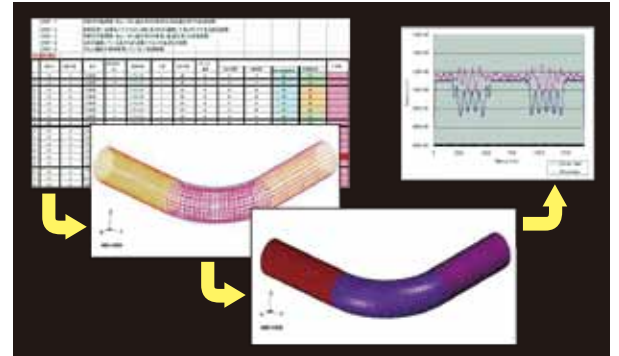
- 肉厚推定
- 予寿命予測

## 2. システム設計

### 現場調査を実施し、システム設計・必要部材を選定

#### 配管構造データをシステムへ入力

- 配管直径
- 設計肉厚
- 内圧
- 温度
- 管材ヤング率
- エルボ部曲率
- 予備解析
- 等



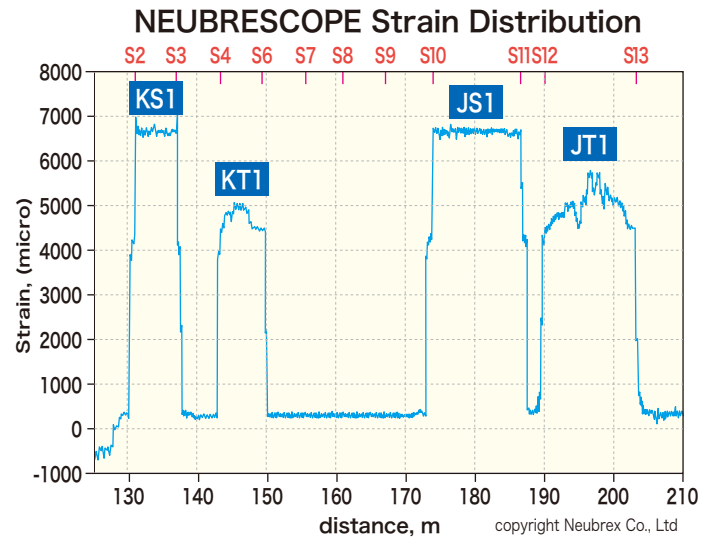
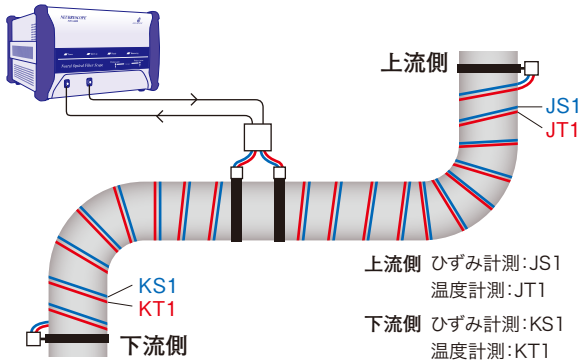
## 4. ひずみ分布データ計測

### 常時監視状態にあるので、必要に応じデータを採取

ファイバ敷設情報(座標)をシステムへ入力し、システム内にて配管データとファイバ敷設データを結合

#### PPP-BOTDAシステムにより、超高精度に計測を行う

- 計測精度：ひずみ計測精度  $\pm 25 \mu \epsilon$
- 温度計測精度  $\pm 1^\circ \text{C}$
- 再現性  $\pm 15 \mu \epsilon / \pm 0.6^\circ \text{C}$



## 5. データ解析

### 光ファイバ・センシングによる配管モニタリングは、配管直径によって最適な解析手法を適用

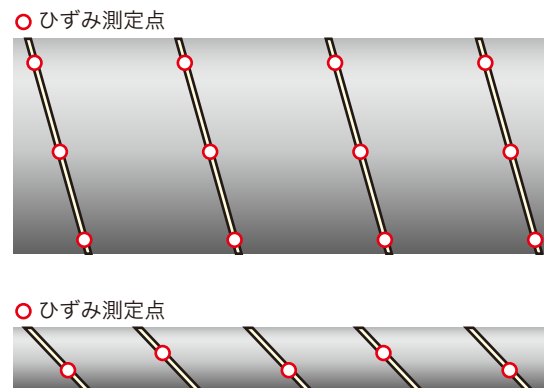
#### 中・大口径配管の場合(4B以上)

10cm距離分解能のひずみ分布計測により、構造解析の逆解析に十分なひずみ分布データが得られるため、定量的な減肉性状(位置、大きさ、残存肉厚 etc.)を求めることができる。  
注: 10cm距離分解能=10cm毎のひずみ計測を光ファイバ全長にわたって行うことができる。

#### 小口径配管の場合(4B未満)

小口径配管では、配管1周におけるひずみの測定点の数が少ないため、逆解析に十分なひずみ分布データを得られない場合があるが、定性解析あるいは半定量解析を実施することによって、減肉傾向や減肉位置などの状態監視を行うことができる。

- ① 定性解析
  - 減肉位置を求める
  - UT詳細検査の優先順位を決める
- ② 半定量分析
  - ひずみ分布データに閾値を設けることにより、減肉量に応じた段階的なアラームを発報する





### 3. 光ファイバ・センサ敷設

専門技術者により、  
既存設備に敷設

#### ■敷設手順

1. 保温材の撤去
2. センサ敷設ラインをマーキングし、防錆塗料を除去
3. ひずみファイバ・温度保証ファイバ敷設
4. 防錆塗料を再塗装
5. 保温材を再設置し、復旧
6. モニタリング開始

※1 モニタリング部位あたり最長2日  
(足場作業含まず/複数並列作業可能)



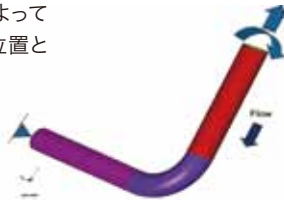
## ⑤ データ解析 A. 定量解析 / B. 定性解析 ▶ ⑥ 報告 ▶ ⑦ 長期監視の運営

### 5-A. 定量解析

計測された配管表面の微小ひずみ分布から逆解析によって配管減肉部の残存肉厚を定量的に求める。減肉の位置と形状についても併せて情報を得ることが可能。

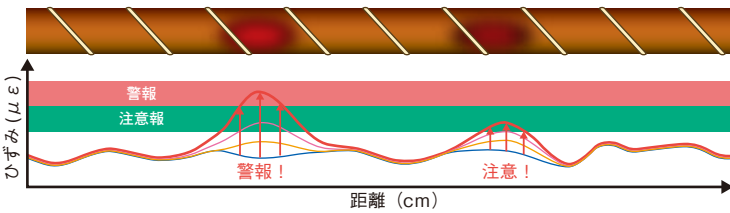
- メッシュモデルの作成
- 境界条件の決定
- 減肉状態の探索 (逆解析)

境界条件: 複数の基本荷重の重ね合わせ原理に基づいて決定



### 5-B. 定性解析

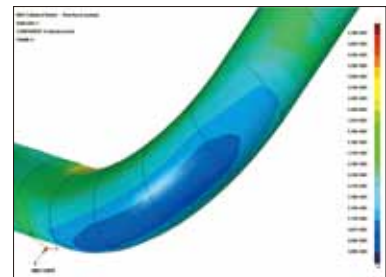
計測されたデータを分析して、配管減肉部の位置と減肉程度について定性的な情報を得ることができる。あらかじめ閾値を設定することによって、注意報/警報などのアラーム発報なども可能。



### 6. 報告

解析結果は、図等で視覚化

- モニタリングデータの表示
- 余寿命予測



### 7. 長期監視の運営

減肉速度分析や余寿命予測など、モニタリングデータの傾向管理を実施

- データベース作成・蓄積
- 長期計測システム導入

## 光ファイバ法とUT検査との比較

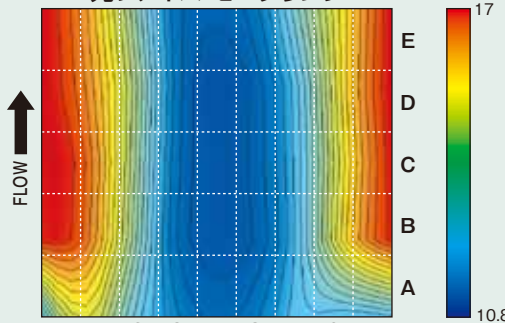
### 逆解析結果とUT検査結果との比較

既存UT検査による測定メッシュデータ

17	15.3	13.4	11.7	11.2	11.6	13.8	15.9	17	E
17	15.3	12.8	11.3	10.8	11.7	14.2	16.1	17	D
16.9	15.1	12.7	11.3	10.9	11.6	14.1	16.4	16.9	C
16.8	15.3	12.7	11.2	10.9	11.5	13.9	16.3	16.8	B
12.5	12.3	12.5	11.7	11.3	11.8	13	14.7	12.5	A
5	4	3	2	1	8	7	6	5	

既存UT検査での  
最少肉厚 10.8mm (±0.1mm)

光ファイバ・モニタリング



光ファイバ・センシングによる  
最少肉厚 10.8mm (±0.5mm)

#### <モニタリング対象部位>

A発電所 蒸気ドレン管

材 質: STPG370  
形 状: 8B Sch80 90度曲げ管  
設 計 肉 厚: 12.7mm  
最大減肉部: 10.8mm (-15%)  
通常使用圧力: 4.52MPa  
通常使用温度: 228°C

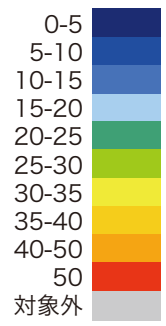
→ 光ファイバ法とUT検査に良好な相関を確認

# 肉厚検知レベル

検知可能減肉量：本光モニタリング技術の下限ひずみ検出値は $25\mu\epsilon$ 、検出可能となるレベル（下限）を減肉率で表示

注) 全面減肉を仮定したシミュレーション。実際の局部減肉とは異なる場合があります。

配管サイズ		検知可能減肉量				上段:減肉率 下段:減肉量
流体圧力		1MPa	3MPa	7MPa	15MPa	
100A 4B	Sch40 公称肉厚6.00mm	40.4 %	18.4 %	8.8 %	4.3 %	
	Sch80 公称肉厚8.60mm	49.3 %	24.5 %	12.2 %	6.1 %	
200A 8B	Sch40 公称肉厚8.20mm	32.9 %	14.0 %	6.5 %	3.2 %	
	Sch80 公称肉厚12.7mm	43.1 %	20.2 %	9.8 %	4.8 %	
300A 12B	Sch40 公称肉厚10.3mm	30.1 %	12.4 %	5.6 %	2.72 %	
	Sch80 公称肉厚17.4mm	41.3 %	19.0 %	9.2 %	4.6 %	
400A 16A	Sch40 公称肉厚12.7mm	28.7 %	12.2 %	5.51 %	2.68 %	
	Sch80 公称肉厚21.4mm	40.5 %	18.7 %	8.9 %	4.4 %	



条件1: 配管材質は炭素鋼(圧力配管用炭素鋼管(JIS G3454-1988))  
 条件2: 光ファイバ敷設方法は、配管にピッチ=D(配管外径)のらせん状  
 条件3: 減肉性状は全面減肉

条件4: 配管温度は25°C(常温)  
 条件5: 配管軸方向の拘束は両端蓋付き  
 条件6: 対象配管は直管

スペシャリスト3社のコンソーシアムにより、光ファイバ・モニタリングがプラントの状態監視で次世代のスタンダードになります。

**千代田化工建設株式会社**  
[www.chiyoda-corp.com/](http://www.chiyoda-corp.com/)  
 TEL: 045-225-7212

- プロジェクトマネジメント
- システム設計・エンジニアリング
- 適用対象を分類・選定し、解析方法を決定

**ニューブレクス株式会社**  
[www.neubrex.jp](http://www.neubrex.jp)  
 TEL: 078-335-3510

- 高精度分布光計測システム
- 逆解析のCAE技術
- 耐熱・高感度の光ファイバセンサ

**株式会社クリハラント**  
[www.kurihalant.co.jp](http://www.kurihalant.co.jp)  
 TEL: 03-6202-6700

高精度光ファイバ敷設技術  
 実用的な光ファイバ敷設技術を開発

**Future Standard**

お問い合わせ先

## ニューブレクス株式会社

〒650-0023 神戸市中央区栄町通1丁目1番24号

TEL 078-335-3510 FAX 078-335-3515

[www.neubrex.jp](http://www.neubrex.jp)