

薄膜UTを用いたモニタリングシステムのご紹介

2024.6更新

三菱重工業株式会社

- はじめに
- 背景
- 薄膜UTセンサの特徴
- 超音波パルスレシーバの特徴
- 運転中プラント遠隔モニタリングシステム
- まとめ

当社では、プラントモニタリングの一環として、超音波センサを用いたモニタリングシステムを開発・適用拡大化を検討中。

【検査コスト低減かつ信頼性の向上】

検査のバラつきを低減することにより、機器の信頼性を維持・向上しながらも、検査工事に関わる作業量を低減させる技術開発に注力することで、プラント運転に係る検査コストを低減させる。

【モニタリングによる異常の早期検知】

定検の時期に纏めて検査するのではなく、可能な限り運転中も健全性を監視する「プラントモニタリング」が次世代の検査として求められる。

目的

原子力・火力発電プラント等において、設備安全性の観点から**配管の厚さ等の監視が重要**

現状

定期検査期間中に手動による板厚計測を実施



手動における課題

測定値のばらつきが発生

測定の都度、センサの接触状態の違いに起因し、測定値にばらつきが発生する可能性あり

付帯作業により工程・コストが増大

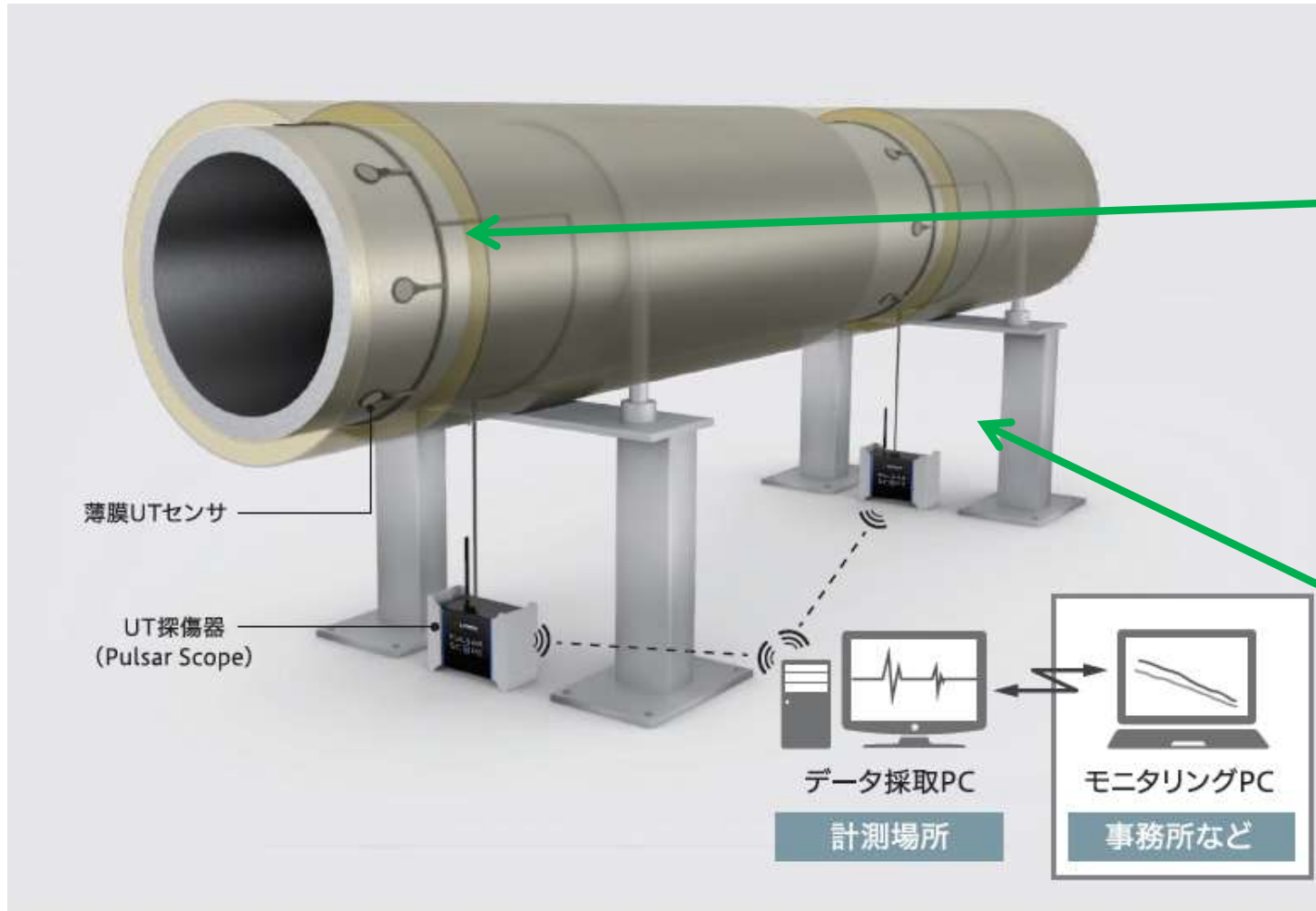
測定の度に発生する保温材の取外し・復旧や足場の設置・解体等の付帯作業が必要となり、工程・コストに影響あり

打手

高温用センサを用いたモニタリングシステム

系統運転中の配管にも適用可能な高温用センサを用いた遠隔モニタリングシステムが必要

薄膜UTセンサ及びパルスレシーバを用いた 運転中プラント遠隔モニタリングシステム



薄膜UTセンサ



パルスレシーバ(探傷器)
※非防爆型

薄膜UTセンサの特徴

- 寸法

厚さ 1 mm以下
保温材等の下に敷設可能

- 適用環境

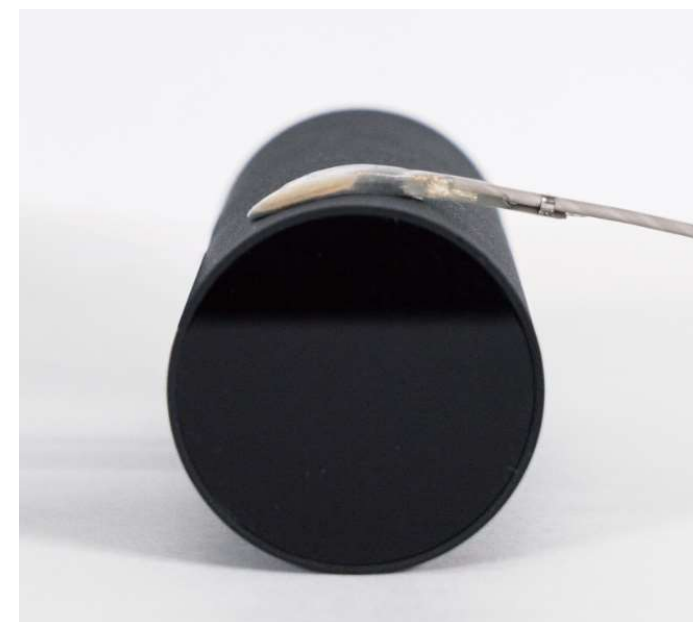
約200℃環境での実機適用実績

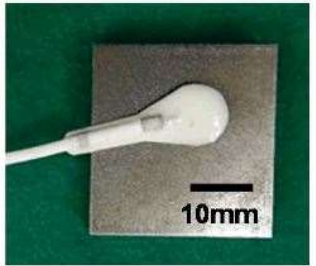
- 適用対象

3/4インチ配管やT管に倣う柔軟性

- 適用板厚

板厚3mm以上の部位に適用可能
0.1mm単位の計測精度

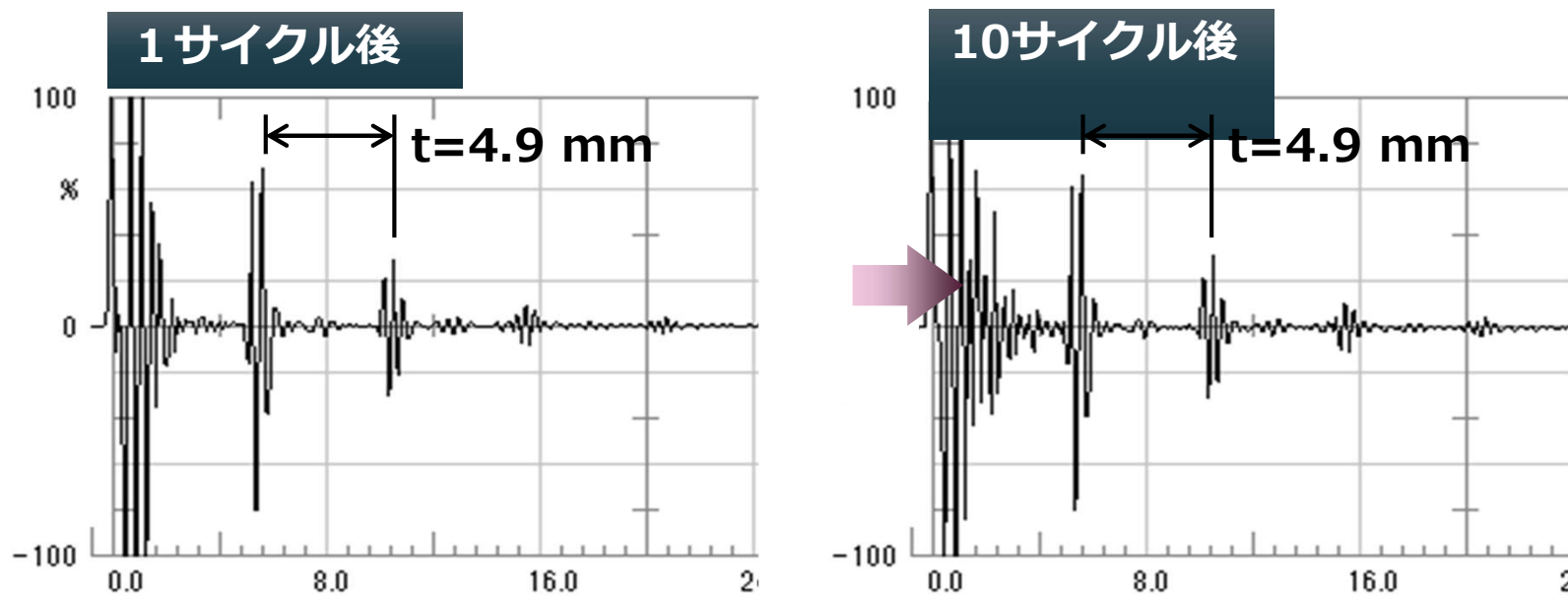


	MHI製200℃耐センサ
外観	
公称周波数	8.5MHz
サイズ	φ12 × 1mm
センサ有効径	約10mm
エレメント	1振動子型
設置方法	接着剤 バンド等による保護

高温耐久性：熱サイクル試験

- 室温～200℃で、10回の熱サイクルを付与（200℃耐センサ）
- 各サイクル終了後、室温にて板厚を測定

10サイクル後の板厚測定に影響なし



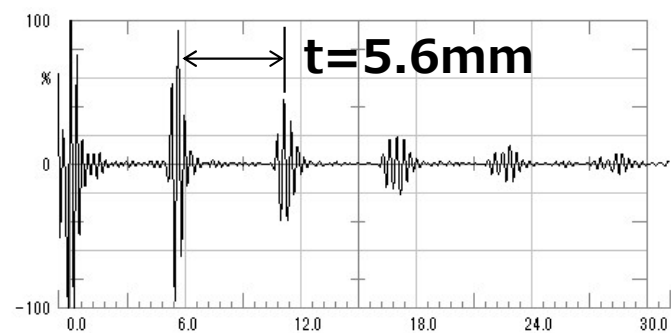
※ B1I-J-を、CRT80%に合わせて、室温にて測定。測定値は少数第2位以下を切捨て。

高温耐久性：連続加熱試験

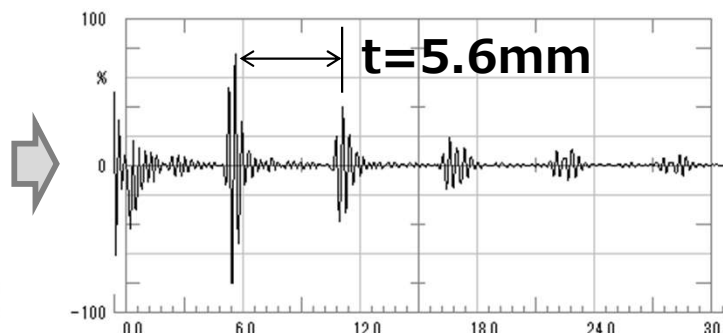
200℃（恒温槽）での連続加熱試験

➡➡➡ 5年経過後の板厚測定に影響なし

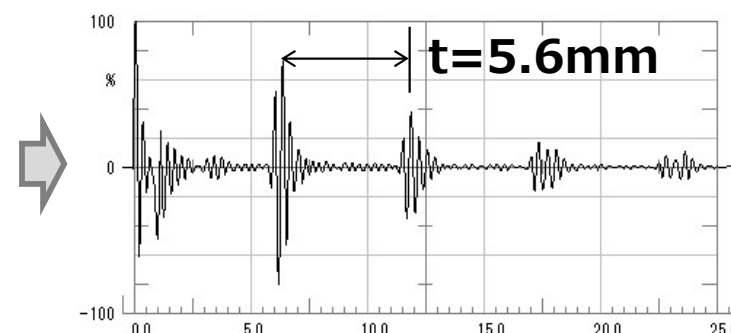
1ヶ月経過後



1年経過後



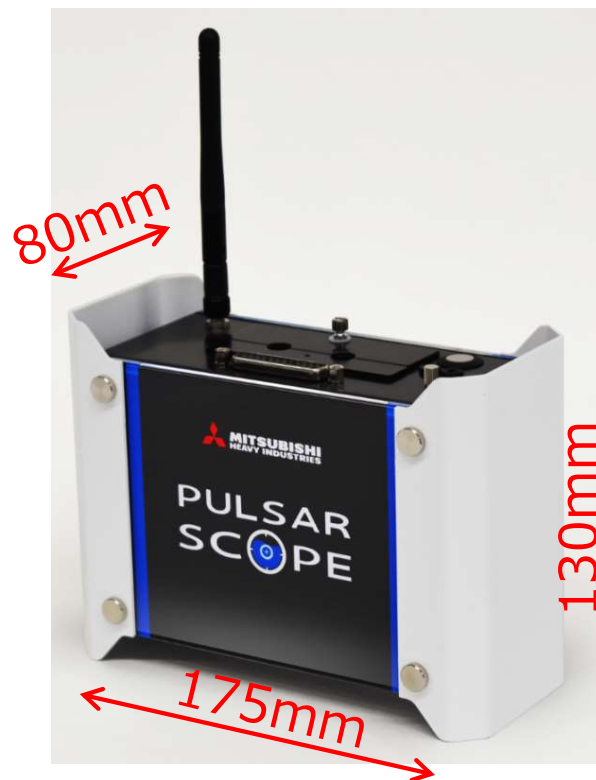
5年経過後



※ B1I-J-を、CRT80%に合わせて測定。測定値は少数第2位以下を切捨て。

パルサレシーバ (PULSAR SCOPE) の特徴

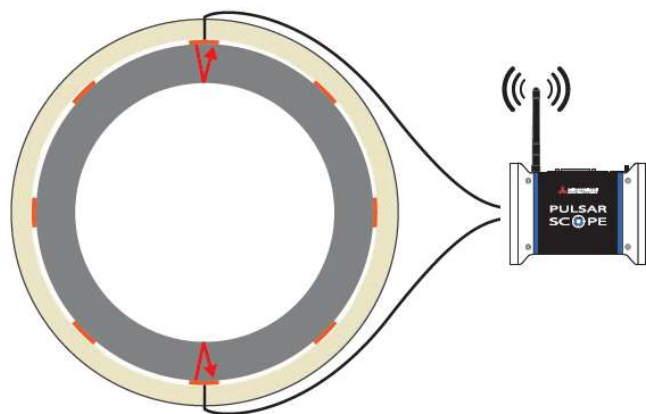
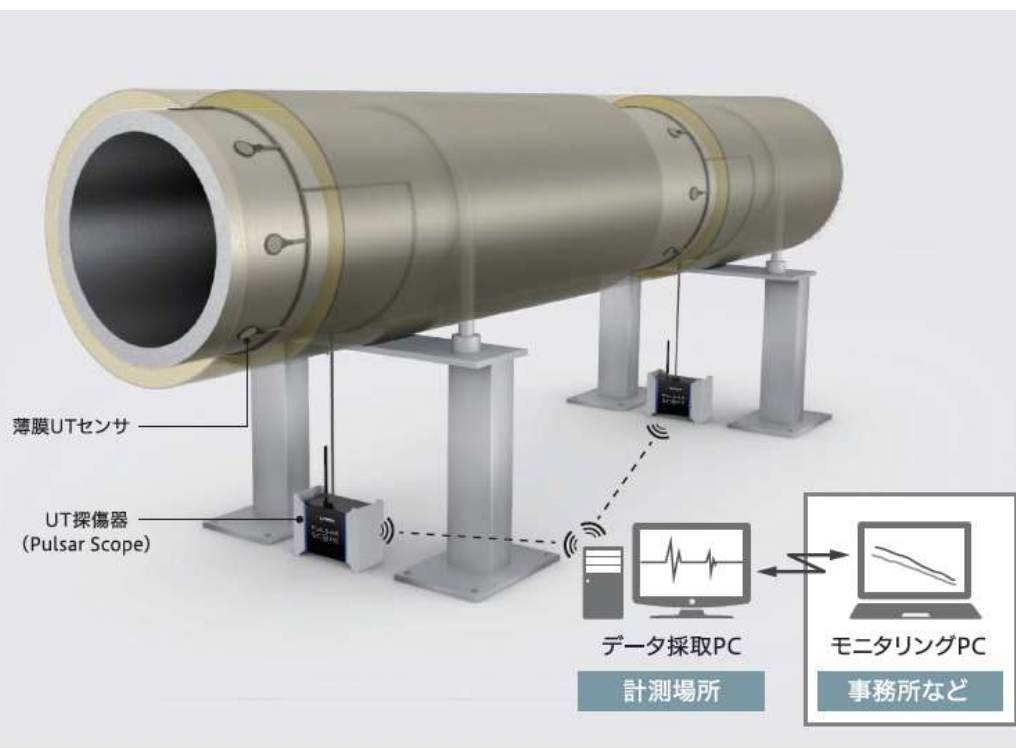
- ・ **ch数**
最大8chの同時計測
- ・ **連続稼働時間**
単三電池4本で365日以上計測可能(1回/日計算)
- ・ **データ管理**
無線・有線で常時PCへデータ送信可能。又は本体内に計測データを蓄積し、任意の時期にPC等に出力可能
- ・ **温度による音速補正**
対象物の温度を計測することで材料の音速を補正し、校正手段とする



※非防爆型



※防爆型



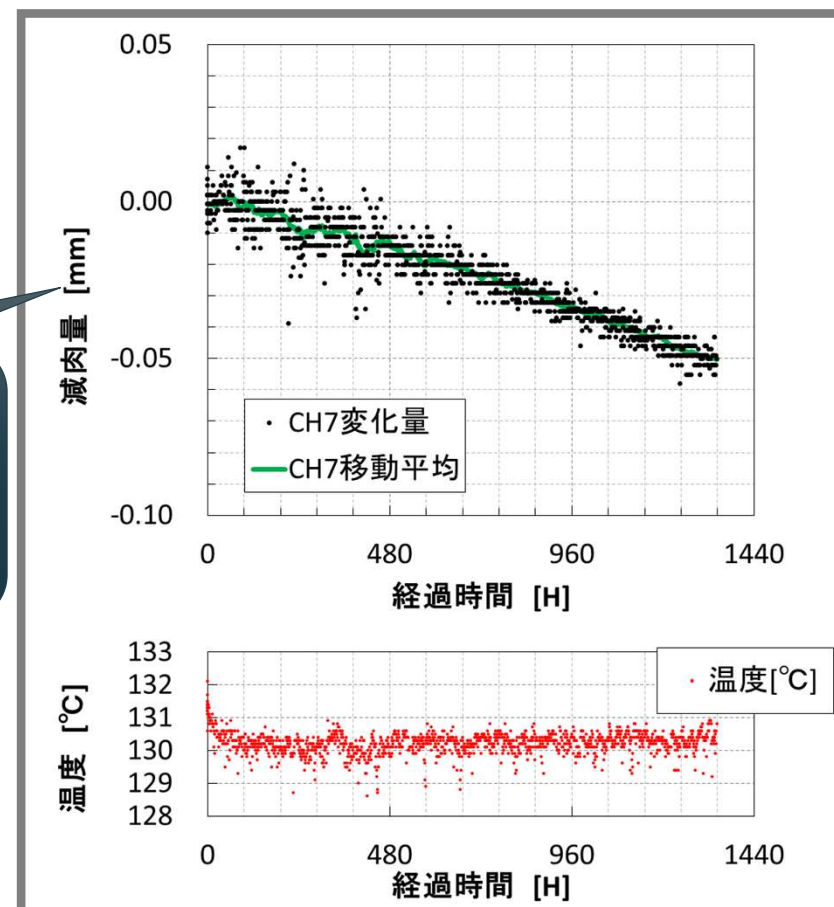
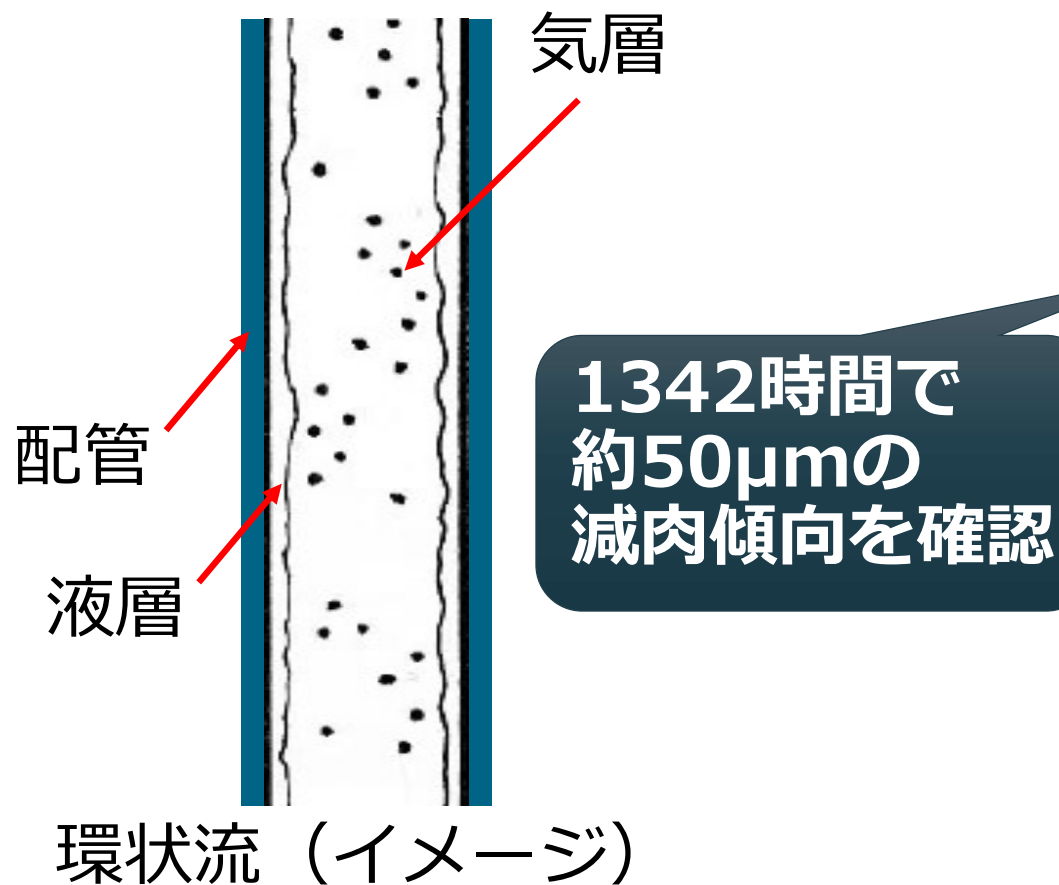
断面図

薄膜UTセンサとパルサーレシーバとの組み合わせにより、遠隔モニタリングシステムを実現

- i. センサの常設設置により再現性の高い測定が可能
- ii. センサの常設設置により保温材の取外しや足場設置が不要
- iii. 薄くフレキシブルであるため、複雑形状部においても安定した測定が可能
- iv. 系統運転中（高温時）も含めた連続的な減肉モニタリングが可能
- v. 予め定めた頻度で複数の測定箇所からの測定結果を自動的に採取
- vi. 電源ケーブル、通信用ケーブルの敷設不要

モニタリングシステム適用例

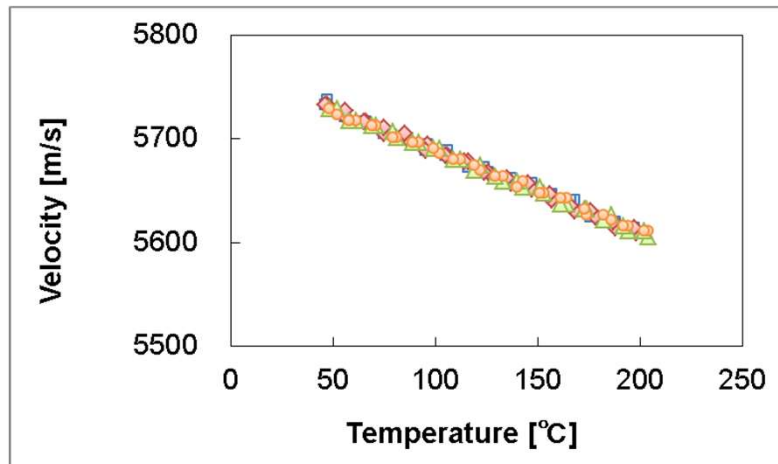
- 垂直管内二相流（環状流）の配管減肉試験に対し、薄膜UTセンサとパルスレーザを組み合わせ、連続計測（モニタリング）を実施
- 連続計測により、**0.1mm以下の減肉量でも傾向把握が可能であった**



高温での厚さ測定における温度/音速補正の必要性

- ✓ 実機環境において複数の部位にUTセンサを常設し厚さ測定を行うためには、各部位と同じ温度の対比試験片が必要 → **現実的に困難**
- ✓ 計測点での温度計測のみで厚さ計測の機材設定可能とするために、材質に応じ温度/音速補正式を求め、厚さ計のパラメータに反映する方法について学会等で提案中
- ✓ 本手法が**JIS Z 2355(2005)と同等手法であることを（財）発電設備技術検査協会殿にて確認済み(※)**。また、**JIS Z 2355-1、-2(2016)「超音波パルス反射法による厚さ測定方法」**についても概略評価実施。

※ 評価委員に高圧ガス保安協会（KHK）も参加。
高圧ガス保安法下で適用実績のある2005年版で評価。
適用規格（KHKS/PAJ/JPCA S 0851(2014)）の板厚測定手法に適合。



温度/音速補正直線 実験データ (SUS304 t20)

三菱重工業株式会社 原子力セグメント 品質保証部 原子力サービス品質管理課長 井原 亮一 殿 品質保証部長 渡辺 正志	
第三者評価確認書 依頼いただきました適合性評価について、下記のとおり確認が行われましたことを証明します。	
記	
件 名 依頼者名 依頼日 確認結果	薄膜 UT による音速補正を用いたプラントモニタリングの JIS Z 2355 適合性評価 (NDUTP-000013 号) 三菱重工業株式会社 原子力セグメント 品質保証部 原子力サービス品質管理課長 井原 亮一 2020年11月27日 薄膜 UT による音速補正を用いた超音波厚さ測定手法が JIS Z 2355 と同等な手法であり、技術的に妥当であることを確認した。
備考	詳細は適合性評価報告書による。

確認結果

薄膜 UT による音速補正を用いた超音波厚さ測定手法が JIS Z 2355 と同等な手法であり、技術的に妥当であることを確認した。

発電技検殿報告書：
https://www.japeic.or.jp/gyoumu/kakusei/pdf/CVT_pubrep.pdf

発電技検殿による第三者評価確認書

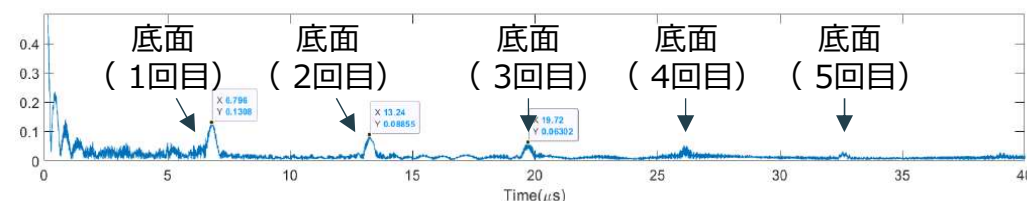
- 防爆認証に必要な低電圧での板厚計測を実現する防爆版パルサーレシーバの回路を開発
- 設計した回路をブレッドボード（回路試作用の簡易基板）で試作し、実際に薄膜UTセンサを接続し、試験片の板厚計測を実施
- 非防爆版と同等の精度（ $\pm 0.1\text{mm}$ ）を達成
- 2023年12月に防爆認証を取得済み（ZONE1 ガスクラスII CT6対応）



防爆型パルサーレシーバ（外観）

試験片の板厚計測結果

試験片 厚	板厚計測 可否	板厚測 定値	誤差
19.0mm	可	19.0mm	0mm
12.7mm	可	12.7mm	0mm
6.6mm	可	6.6mm	0mm



試験片の波形（板厚19.0mm）

- 薄膜UTセンサとパルサーレシーバとの組み合わせによる、遠隔モニタリングシステムを確立
- 本技術により、プラント運転中の板厚モニタリングを実現
 - 接触状態に起因する計測値のばらつきを改善
 - 保温材の取り外しなしで計測が可能となるため、計測工程及び計測コストを削減
 - データ取得頻度の増加により精緻な傾向監視が可能
- 他の状態の監視技術と組み合わせ、プラント運転条件と配管減肉量の相関取得が可能となり、配管余寿命評価の保守性緩和にも寄与する



三菱重工

MOVE THE WORLD FORWARD

mitsubishi
heavy
industries
group