

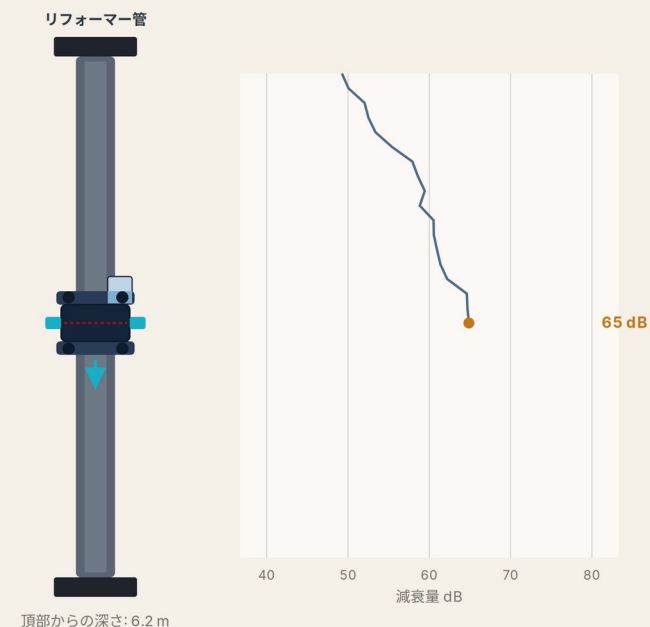
アセットインテグリティ・リフォーマー管

ARTiS

自動リフォーマー管検査システム

API 579-1 / ASME FFS-1 に基づくレベル 3 の状態評価・供用適性評価（FFS）・余寿命評価。ロボットクローラー 1 台、4 種類の計測、そして全数の管に対する交換時期の提示。

Transparency. Competence. Reliability.



JIMA 2026 ・ 日本検査機器工業会展示会

2026 年 9 月 16 日～18 日 ・ 10:00 ～ 17:00
東京ビッグサイト 東 1～3 ホール（東京）

アセットインテグリティ・リフォーマー管

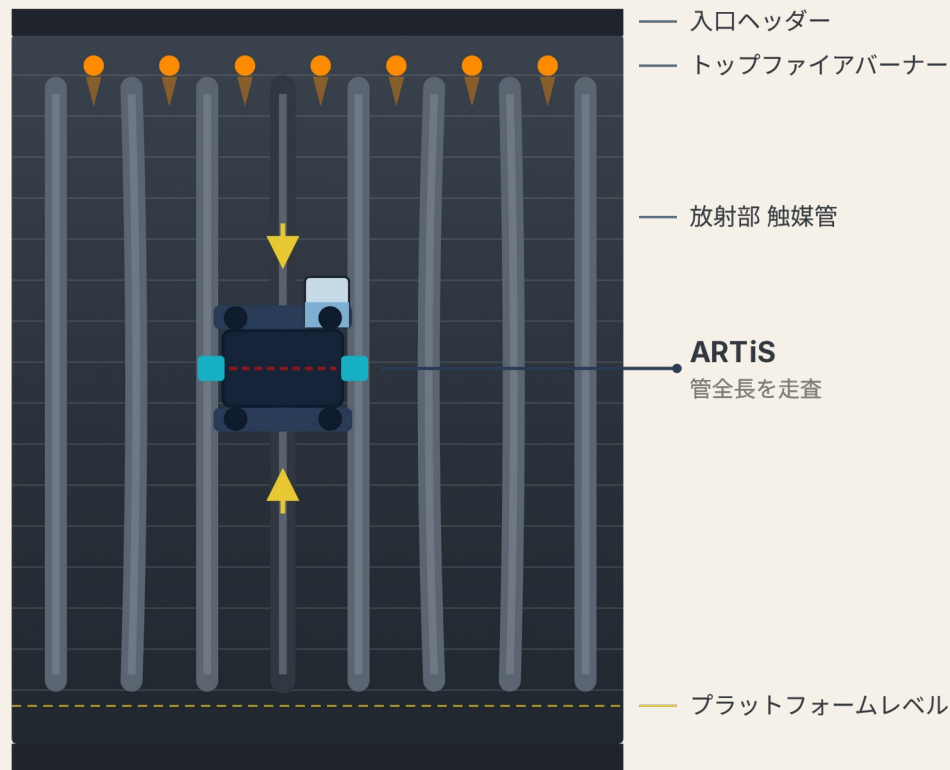
定期修理を左右する問い

「損傷しているか否か」は、答えやすい問いです。ARTiS がお答えするのは、定期修理の計画を左右するもう一つの問い、すなわち「この管をいつ抜管するか」です。

API 579-1 / ASME FFS-1 に基づくレベル 3 の状態評価・供用適性評価（FFS）・余寿命評価。ロボットクローラー 1 台、4 種類の計測、そして全数の管に対する交換時期の提示。

管の設置環境と、アクセスという課題

- 一次リフォーマー管は、ニッケル系触媒の存在下、800℃を超える高温と内圧の下で炭化水素を分解します。クリープ損傷は待ってはくれません。管壁温度がわずか10～20℃上昇するだけで、寿命は約半分に短縮されます。
- 損傷はまず外径の1～6%の増加として現れ、次いで肉厚中央部のクリープボイド、配向したボイド、肉厚中央部フィッシャー、そして管の曲がりへと進展します。外観から明らかに異常と分かる段階では、判断の猶予はすでに失われています。
- 事業者様が本当に必要とされる答えは「損傷の有無」ではありません。今回の定期修理でどの管を抜管し、どの管が次回まで持ち、それまでの間どの条件で運転してよいのか、です。



放射部 ・ 管長さ最大 15 m

アセットインテグリティ・リフォーマー管

リフォーマー管の寿命に余裕はない

100,000_h

リフォーマー管の設計寿命、約 11.5 年

200,000_h

運転管理と定期検査により同じ管で達成された実績、約 23 年

10-20[°]C

この管壁温度の上昇だけで寿命は約半分に短縮されます

0.8

ARTiS が交換時期を設定する寿命率

生産量の増加は反応時間を短縮し、炉の温度を押し上げます。リフォーマー管の検査は、いまやターンアラウンドで最も重視される作業の一つです。

管の寿命を決めるのは冶金だけではなく、運転である

リフォーマー管の設計寿命は 100,000 時間、約 11.5 年です。運転条件を範囲内に保ち、定期的に検査を行っているプラントでは、同じ管を 200,000 時間、約 23 年にわたり使用した実績があります。この二つの数字の差を生むのが運転管理であり、その価値はいかなる材質のグレードアップをも上回ります。

すべての管がクリープ限界の際で運転されている

約 900 °C、25 ～ 30 barg の条件下では、誤差の余裕はほとんどありません。全体的あるいは局所的なわずかなプロセス変動が管表面温度を上昇させ、クリープ寿命を削ります。

実測された管壁温度は信頼できない

光高温計は放射率に依存します。粗い表面の新管では放射率は 0.9 近くですが、酸化により表面が平滑化すると 0.6 程度まで低下します。つまりリフォーマーは誤った温度指示に基づいて運転されていることになります。

触媒の状態が温度を動かす

触媒の交換だけで 8 ～ 10 °C の低下が得られます。微粉化した触媒はガス経路を閉塞させ、管表面温度を上昇させ、入口と出口の差圧として現れます。

損傷が蓄積するのは起動と停止である

過剰燃焼のリスクは起動時および過渡時に最大となります。冷却速度が過大であれば熱衝撃と不均一な収縮を招き、これが管の曲がりの原因となります。

ARTiS は高温計が何度を示したかを問いません。実際に生じている損傷を引き起こした有効管壁温度を逆算し、そこから将来を予測します。

6つの損傷メカニズムと、単一手法の限界

クリープ損傷

クリープ温度域における連続曝露。ボイドは肉厚中央部から発生し、配列し、連結してフィッシャーに至ります。外径の増大として現れます。

金属組織の劣化

700 ～ 1000 °C 域における炭化物の粗大化と二次炭化物の消失。亀裂が存在しない段階でもクリープ破断強度は低下します。

局部過熱・熱衝撃

バーナーの調整不良、火災の直接当たり、触媒のチャンネルリング、トリップと再起動時の過渡現象。突発的であり、クリープデータのみからは予測できません。

外面酸化（ボールドネス）

25Cr-35Ni の保護クロミア皮膜が熱サイクルにより剥離します。有効肉厚が失われる一方で外径は見かけ上減少し、真のクリープひずみを覆い隠します。

管の曲がり・干渉

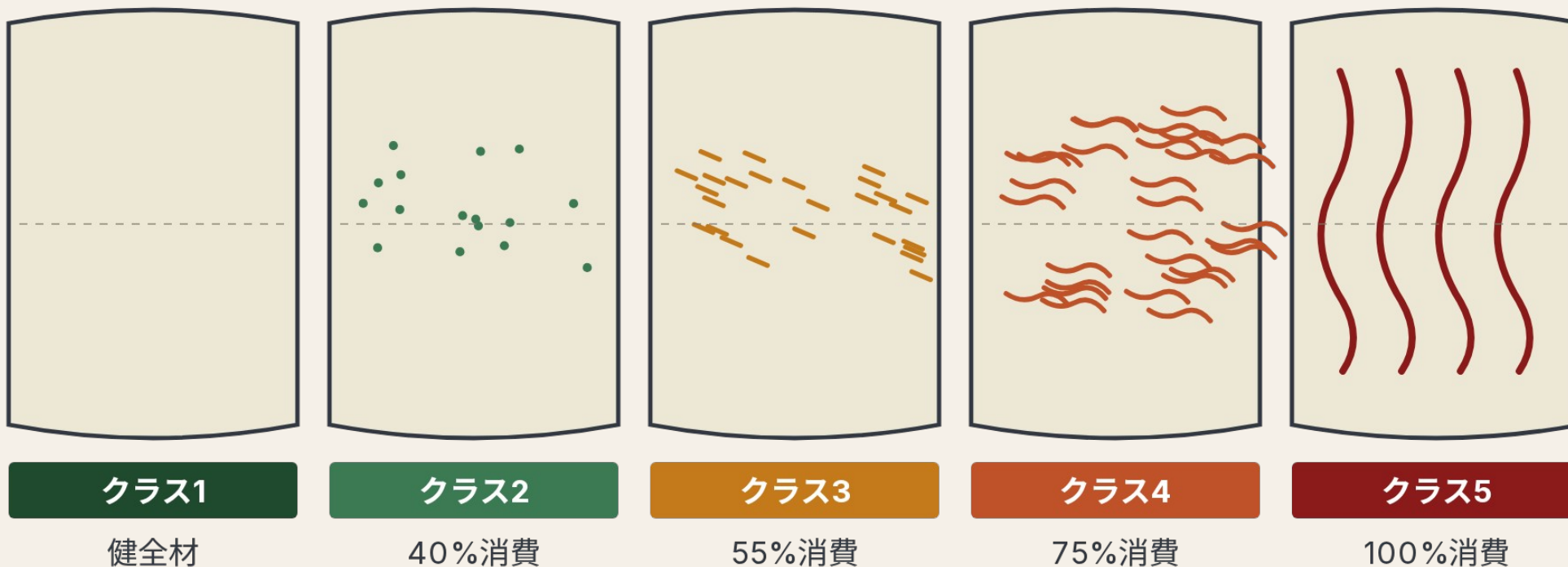
熱サイクル、不均一加熱、支持系統の不具合。OISD 指針では、隣接管とのウェッジングがない限り 外径の 1.5 倍までの曲がりは許容されます。

触媒の劣化

ニッケルペレットが微粉化してガス経路をチャンネル化し、ホットバンド、タイガーテーリング、ジラフネッキング、および局所的な温度上昇を招きます。

クリープ損傷が肉厚を進展する過程

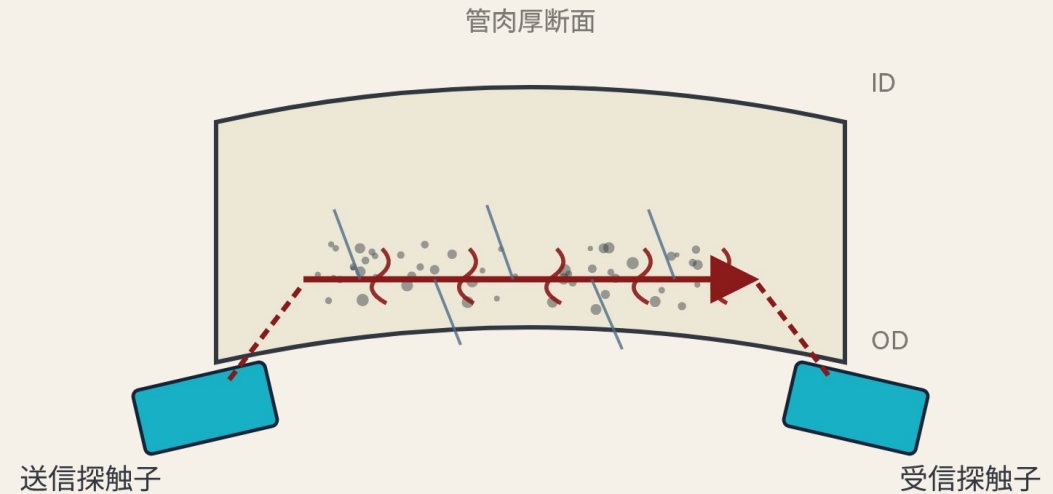
クリープ損傷は肉厚中央部から発生し外側へ進展する



損傷は肉厚中央部から発生します。亀裂が外壁に達し表面手法で検出できるようになる時点で、管の寿命の約 4 分の 3 はすでに消費されています。

T-R 超音波法：肉厚中央部を読む

- 超音波検査は T-R（送受信）モードで行います。一方の探触子から肉厚部にエネルギーを入射させ、肉厚中央部を通過させて他方の探触子で受信します。受信されるのは、送信量から散乱分を差し引いた量です。
- 鋳造ままの材料では、ビームはデンドライト境界と一次炭化物で散乱します。供用に伴い二次炭化物が析出すると散乱が加算されます。クリープが進行するとボイドがさらに散乱を加え、ボイドが配列して肉厚中央部フィッシャーに至ると透過が遮断され、減衰量は急激に増大します。
- TCR は得られたデシベル値を、約 1,000 箇所のマイクロ組織記録と、損傷状態が既知の標準試験片群から構築したりフォーマー管専用の基準データベースに照らして判定します。この基準データベースがあるからこそ、数値は単なる測定値ではなく判定になります。

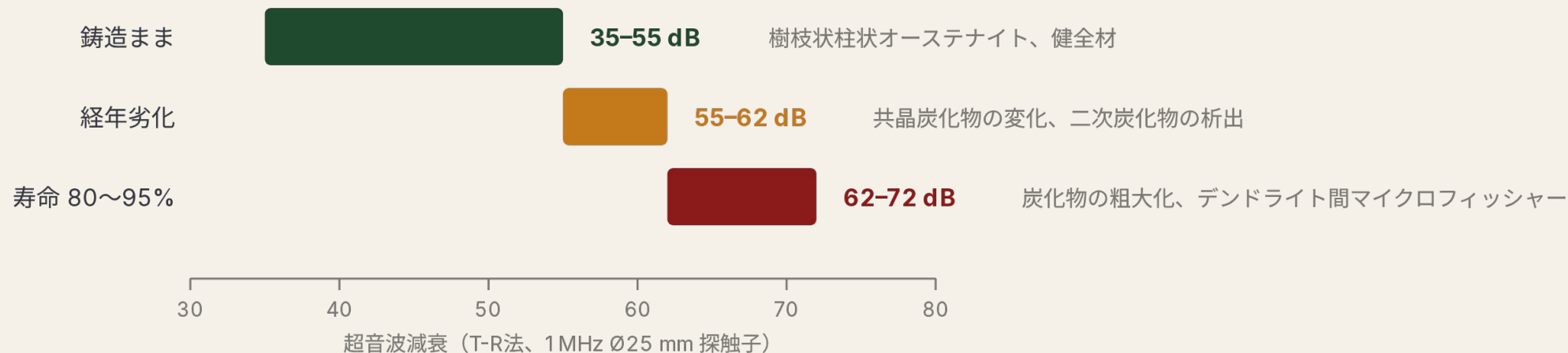


炭化物・クリープボイド・肉厚中央部フィッシャーによるビーム散乱

$$\text{送信エネルギー} = \text{受信エネルギー} + \text{散乱による損失}$$

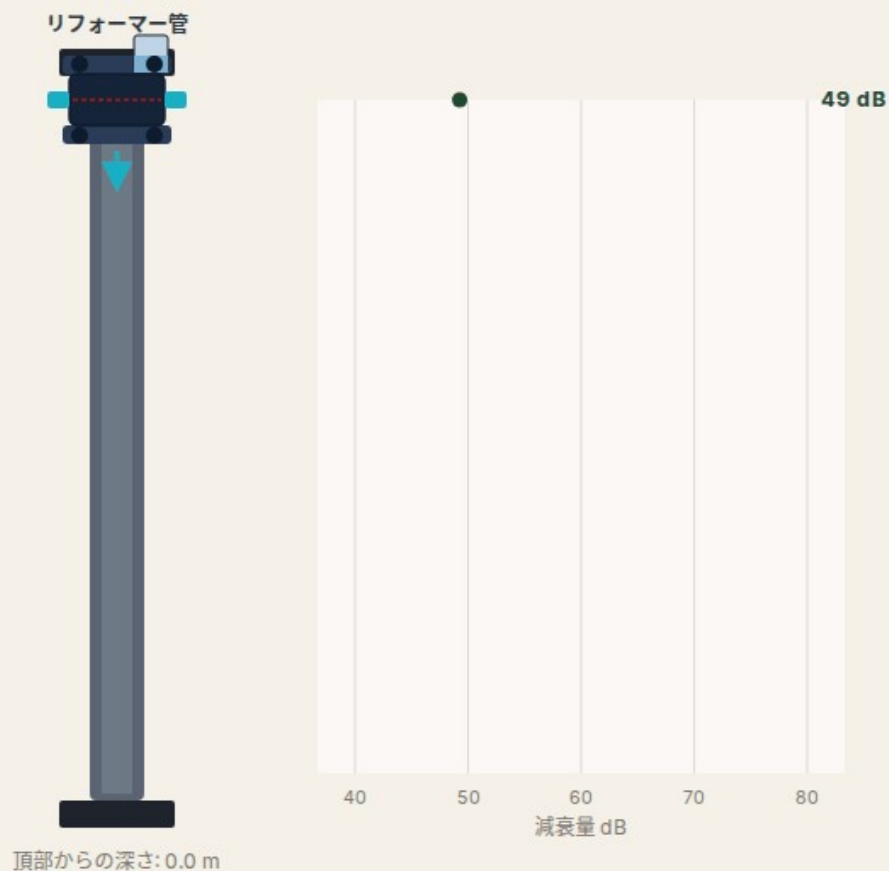
デシベル値は何に照らして判定されるのか

ミクロ組織の劣化を減衰量として読み取る



基準データベースは、約 1,000 箇所のミクロ組織記録と、損傷状態が既知の標準試験片群から構築されています。デシベル値を判定に変えるのは、この基準データベースです。

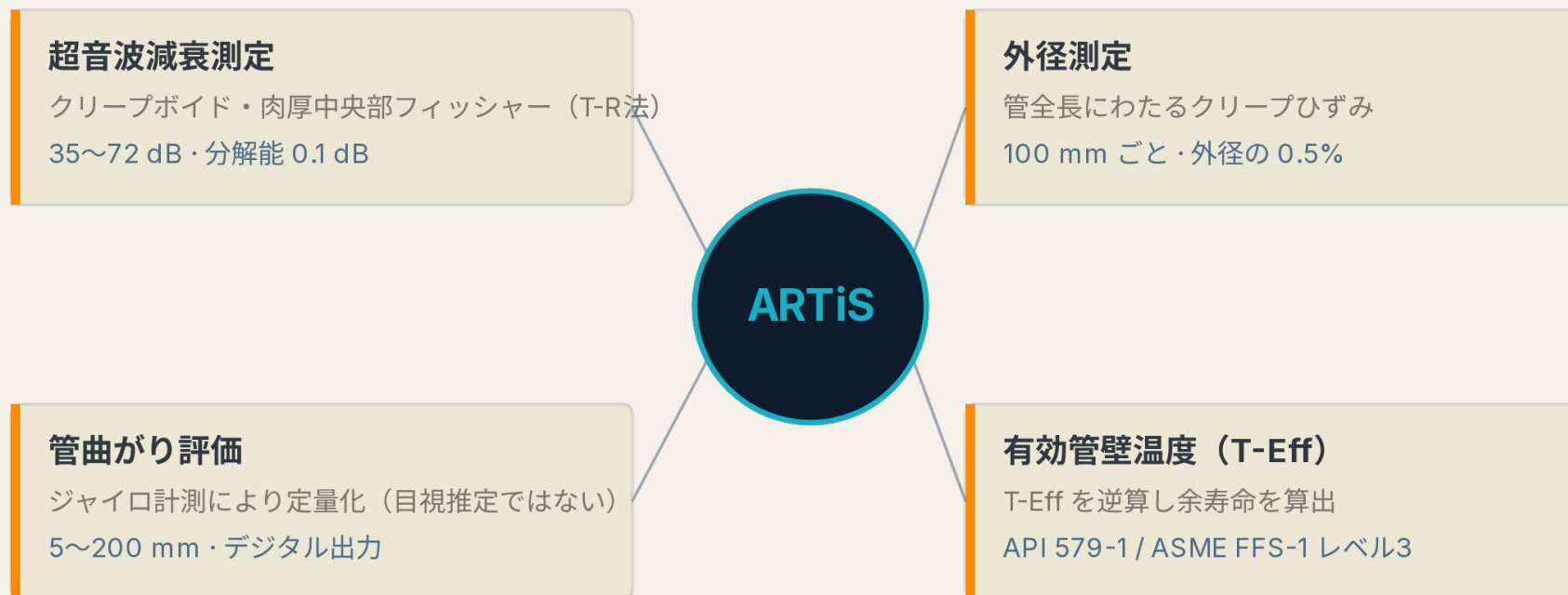
管上のクローラー



- メタルギアモーター 4 基、合計 200 W。スプリングロック式アームで固定
- ゴムパッド付シューが送受信探触子を保持し、脱塩水で接触媒質を確保
- 赤外線センサーが走行中に外径を測定、ジャイロセンサーが角度を記録し曲がりを算出
- 放射部全長にわたり 100 mm ごとに記録。下降および復路で取得

スライドショーモードで動作します。減衰トレースは説明用のイメージです。

4つの計測を、単一プラットフォームで、一度の走査で



技術仕様

適用管外径 105 ～ 190 mm

走査速度 2 ～ 5 分 / 10 m

走査分解能 100 mm

取付時間 3 分 / 管

登坂高さ 最大 15,000 mm

外径センサー 赤外線、外径の 0.5%

曲がりセンサー ジャイロ、最小 5 mm

超音波探触子 Ø25 mm、1 MHz、T-R

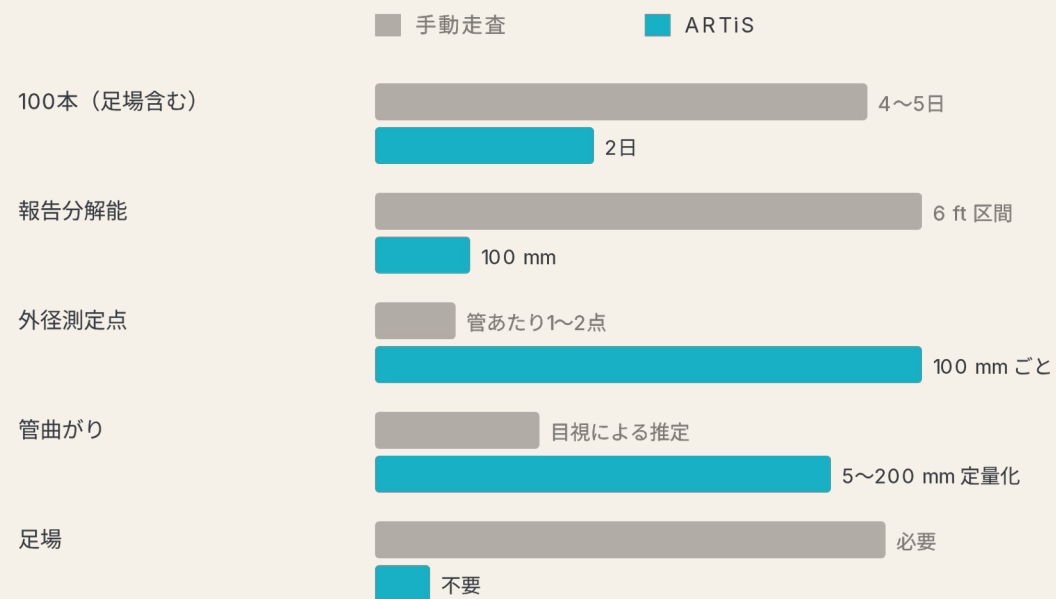
レンジ／分解能 30 ～ 100 dB / 0.1 dB

駆動 ギアモーター 4 基、200 W

接触媒質 脱塩水 500 ml / 10 m

使用条件 10 ～ 40 °C、20 ～ 80% RH

手動走査との比較



各行内で棒の長さは比例表示。出典：TCR ARTiS 現場記録。

2 日

100 本あたり

手動走査は足場含め 4 ～ 5 日

100 mm

報告分解能

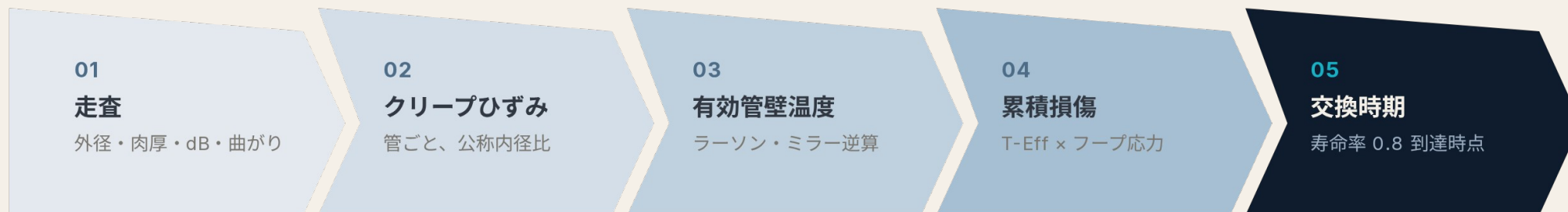
手動走査は 6 ft 区間単位

不要

足場

クローラーが検査対象管を自走します

走査データから、定期修理計画上の日付へ



API 579-1 / ASME FFS-1 では、損傷率 0.25 未満であればレベル 1 で合格です。満たさない場合、ARTiS は合否判定で終わらせずレベル 3 評価まで進めます。

損傷度判定区分と、それが求める対応

クラス	損傷状態	寿命消費率	対応方針
1	健全材（鋳造ままの状態）	—	継続使用可
2	内壁部のクリープボイド	40%	継続使用可（次回点検時に再評価）
3	内壁～中央壁の整列ボイド・亀裂	55%	監視強化
4	中央壁～外壁のクリープ亀裂	75%	交換計画立案
5	肉厚 75% 以上のマクロ亀裂	100%	即時交換

現地で実施する内容と、ご提出する成果物

現地で実施する内容

- 経験を有する冶金技術者による目視検査：全体の外観、膨れ、ボールドネス、たわみ、曲がり
- オンボード赤外線センサーによる管全長の外径測定（100 mm 間隔）
- オンボードジャイロセンサーによる曲がりの定量測定（推定ではなく実測）
- 自動クローラーによるクリープフィッシャー検出のための超音波減衰測定（dB）
- ミクロ組織の劣化を確認するための表面レプリカ法による現地金属組織観察
- 各金属組織観察箇所における硬さ測定
- プラットフォームレベルでの全数管の手動超音波肉厚測定
- プラットフォームレベルでの全数管の手動外径測定
- 内面浸炭評価のための、プラットフォームレベルでの全数管の磁気透磁率測定

ご提出する成果物

- 01 API 579-1 / ASME FFS-1 Part 10 に基づくレベル 3 評価
- 02 検査実施日における管ごとの累積クリープ損傷
- 03 管ごとに算出した有効管壁温度（T-Eff）
- 04 次回シャットダウン（4 年後）までの理論累積損傷の予測
- 05 累積クリープ損傷が寿命率 0.8 を超える時期
- 06 管ごとの余寿命、および第二の温度条件による感度解析

判定を支える実績

53

年

1973 年創業

100+

リフォーマー管案件

うち 80 件以上が ARTiS

50,000+

累計走査本数

本

100,000+

金属組織レプリカ

基準データベース

7

か国

インド・湾岸・日本・東南アジア

TC-6739

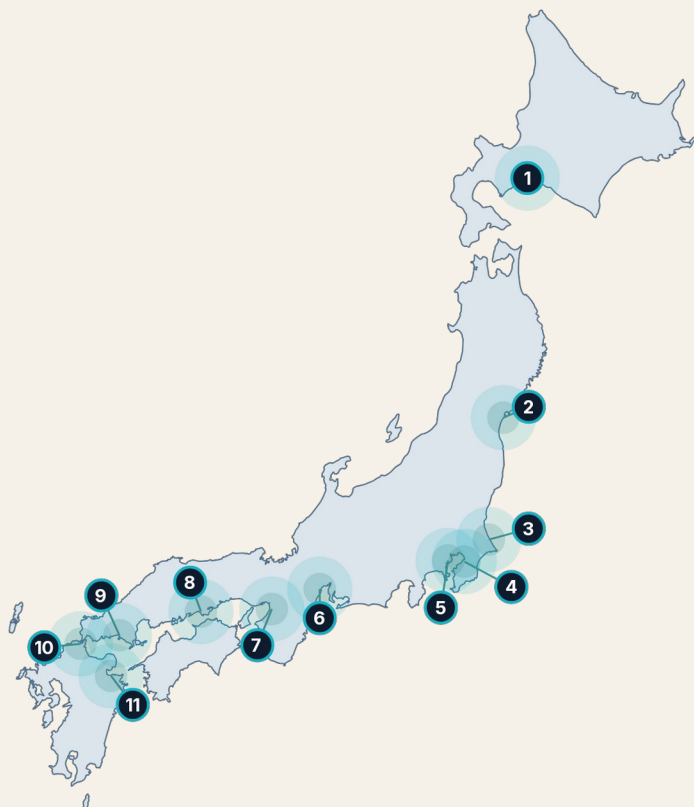
NABL ISO/IEC 17025

ILAC MRA ・ 90 以上の国と地域

水素・アンモニア・メタノールのリフォーマーを保有される事業者様。製油所、石油化学コンビナート、肥料プラント、水素製造設備。対象管材：HP Modified 微量合金鋼、G4852 Micro、KHR35CT、HP39W、IN519、HK40、Manaurite XM 等。

日本における一次リフォーマーの立地

一次リフォーマーが立地する沿岸重工業地帯



現地展開は中外テクノス様が実施。評価は TCR の NABL ISO/IEC 17025:2017 認定の下で行い、同報告書は ILAC MRA により90以上の国・地域で受け入れられます。

沿岸工業地帯

- | | |
|-------------|------------|
| ① 苫小牧・室蘭 | ⑦ 堺泉北・大阪湾岸 |
| ② 仙台・東北沿岸 | ⑧ 水島 |
| ③ 鹿島 | ⑨ 周南・岩国大竹 |
| ④ 京葉（千葉・市原） | ⑩ 北九州地区 |
| ⑤ 京浜（川崎・横浜） | ⑪ 大分 |
| ⑥ 中京・四日市 | |

石油精製	製油所リフォーマーの水素製造設備
石油化学	スチームリフォーマー・オートサーマルリフォー
アンモニア・肥料	一次リフォーマー、触媒管
メタノール・水素	外販および自家消費用水素製造設備
産業ガス	オンサイト水素発生設備

提携が双方向にもたらすもの

AiOM（アセットインテグリティ・最適化マネジメント）

TCR のアセットインテグリティ基盤。損傷メカニズム分類、検査計画、および所見を次回定期修理へ引き継ぐ腐食インテリジェンス層を提供します

腐食およびサワー環境試験

HIC（NACE TM0284）、SSC（NACE TM0177 方法 A～D）、NACE MR0175 / ISO 15156 に基づく適合性評価

クリープ・応力破断試験

ASTM E139。ボイラ管およびリフォーマー管の余寿命評価に用いる促進クリープ破断試験を含みます

破損調査および余寿命評価（RLA）

グループで 9,000 件を超える調査実績に基づく根本原因解析。現地金属組織観察およびボイラ診断を含みます

供用適性評価（FFS）API 579-1 / ASME FFS-1

圧力設備、配管、加熱炉管・リフォーマー管、タンクを対象とするレベル 1～3 の評価。余寿命および再評価間隔を提示します

疲労および破壊靱性試験

CTOD（BS 8571、ISO 15653）、K1c（ASTM E399）、J 積分（ASTM E1820）、疲労き裂進展（ASTM E647）

放射線透過検査用ロボットクローラー

配管 RT クローラーおよびロボットタンク検査。2,600 km を超える配管放射線透過検査の実績に基づきます

そして、その逆方向へ

中外テクノス様の技術は、TCR を通じてインドおよび湾岸諸国へ展開されます。保温材を外さず流体を止めることなく稼働中の配管内部のスケール・スラッジ・付着物を測定する放射性同位元素方式のスケールチェッカーは、すでに TCR の電力分野検査スタックに組み込まれ、インド国内で展開中です。さらに、0.2 mm のき裂まで検出するドローン構造物点検、および日本水準の環境・排出測定をお届けします。

日本における TCR と中外テクノス

TCR は、2026 年 4 月 29 日締結の覚書に基づき、広島の中外テクノス株式会社様を通じて日本市場にサービスを提供しています。TCR は 1973 年、中外テクノス様は 1953 年の創業で、いずれも創業家に根ざし技術者が率いる技術サービス会社です。日本国内の現地展開は中外テクノス様が調整し、評価および試験は TCR の NABL ISO/IEC 17025:2017 認定の下で実施します。同報告書は ILAC MRA により 90 以上の国・地域で受け入れられます。

JIMA 2026 ・ 日本検査機器工業会展示会

2026 年 9 月 16 日～18 日 ・ 10:00 ～ 17:00
東京ビッグサイト 東 1 ～ 3 ホール（東京）

中外テクノス株式会社
〒733-0013 広島県広島市西区横川新町 9-12
Tel +81-82-295-2222

川辺 直志 様
n.kawabe@chugai-tec.co.jp
+81 70-4205-9826

お問い合わせ

中外テクノス株式会社

川辺 直志 様 ・ n.kawabe@chugai-tec.co.jp

+81 70-4205-9826

TCR Engineering Services Pvt. Ltd.

TCR Advanced Engineering Pvt. Ltd.

sales@tcreng.com ・ www.tcreng.com

NABL 認定試験所 (TC-6739) ISO/IEC 17025:2017 ・ NADCAP AC7101

Transparency. Competence. Reliability.