

ニチアス 技術時報

No. 391

2020年 4号

Contents

【新製品紹介】

溶剤吸着用ハニクル

TOMBO™ No.8800-HZ「ハニクル® HZ-XO」

【新サービス紹介】

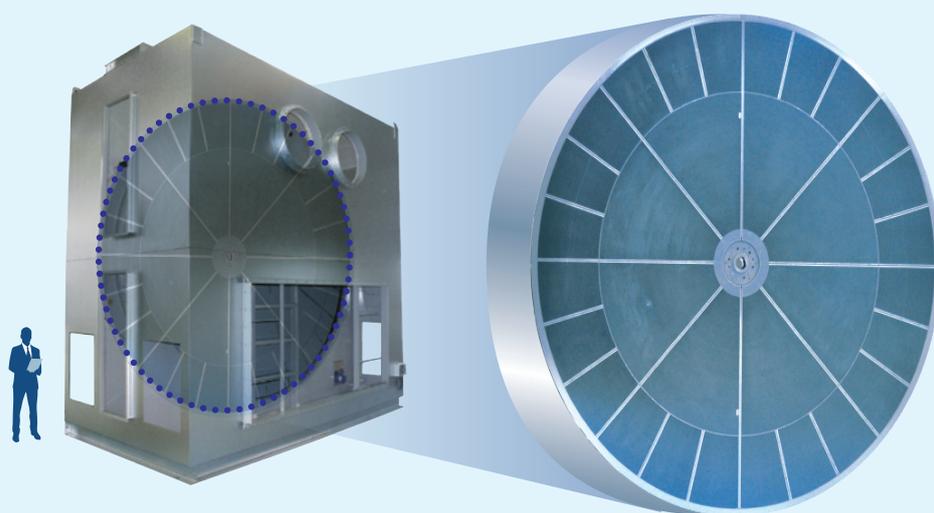
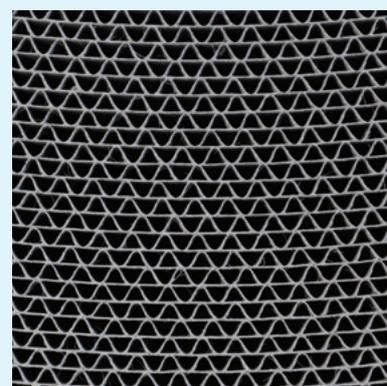
フランジ締結技量判定システム

「BT Master™」の紹介

【技術レポート】

高温吸音率測定技術の確立

におい分析～機器分析と官能評価～



目次

【新製品紹介】

◆溶剤吸着用ハニクル

TOMBO™ No.8800-HZ「ハニクル® HZ-XO」 1

工業製品事業本部 環境製品技術開発部

【新サービス紹介】

◆フランジ締結技量判定システム

「BT Master™」の紹介 4

基幹産業事業本部 基幹製品事業部

【技術レポート】

◆高温吸音率測定技術の確立 7

研究開発本部 試験解析室 三木 達郎

【技術レポート】

◆におい分析～機器分析と官能評価～ 12

研究開発本部 分析解析室 廣瀬 亜矢子

【連載】

◆ニチアスの「断つ・保つ®」技術を支える CAE（第3回） 18

【トピックス】

◆SEMICON China 2020 に出展しました 20

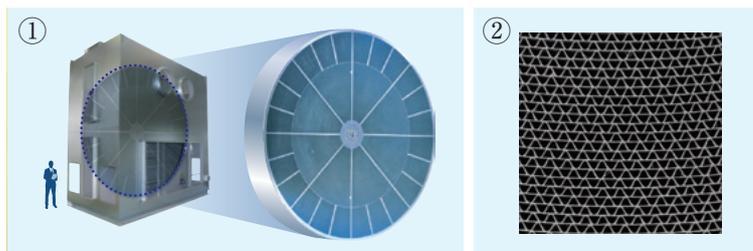
◆第21回中国環境博覧会に出展しました 20

表紙写真：

VOC（Volatile Organic Compounds：揮発性有機化合物）を吸着する濃縮ロータについてご紹介します。特に塗装工程からの排気ガス処理用途として適した、高湿度ガスでも除去性能が低下しない「ハニクル® HZ-XO」を発売しました。詳細はP1【新製品紹介】をご覧ください。

① 低濃度有機溶剤濃縮機「ソルベントクリーン®」と濃縮ロータ

低濃度・大風量のVOC含有排ガスを効率的に濃縮することのできる装置です。中核となるVOC濃縮ロータには「ハニクル® HZ」が採用されています。



② VOC濃縮ロータ拡大

無機繊維ペーパーをコルゲート加工したハニカム構造体です。弊社独自の技術により、高いVOC吸着性能を発揮します。

送り先ご住所の変更、送付の停止などにつきましては、下に記載の連絡先までご連絡ください。なおその際は、宛て名シールに記載されている7桁のお客番番号を必ずお知らせくださいますよう、お願いいたします。

〈連絡先および本誌に関するお問い合わせ先〉

ニチアス株式会社 経営企画部広報課

TEL:03-4413-1194

FAX:03-3552-6149

E-mail: info@nichias.co.jp

本誌の内容は当社のホームページでもご紹介しております。
<https://www.nichias.co.jp/>

溶剤吸着用ハニクル TOMBO™ No.8800-HZ 「ハニクル® HZ-XO」

工業製品事業本部 環境製品技術開発部

1. はじめに

大気汚染による環境負荷の増加は、経済成長していく上で避けては通れない課題であり、各国でその対策が講じられています。古くは石炭燃料燃焼による煤塵（ばいじん）、その後、産業発展に伴いNOx、SOx、PM2.5など汚染物質が多様化してきましたが、近年規制対象となってきたものにVOC（Volatile Organic Compound）があります。VOCとは、「揮発性有機化合物」と呼ばれる化学物質群の略称です。塗料などに含まれる有機溶剤が主な発生源であり、常温で揮発しやすいため容易に大気中へ拡散し、健康への悪影響や、NOxと反応して光化学スモッグやPM2.5の発生源になるなど排出管理が必要な物質です（図1）。現在、大気汚染物質の中でも、特にVOC規制の強化が進んでいます。

中国では2016年から大気汚染防止法が強化されたことを背景に、VOC排出量の抑制に多くの企業が取り組んでいます。この取り組みの中でVOC含有排ガスの除去・回収技術としてさまざまな方法が開発、使用されています。特に低濃度・大風量のVOC含有排ガスを処理する場合、燃焼法や回収法で直接処理をすると大掛かりなVOC処理設備となり、イニシャルコストやランニングコストが非常に高くなります。

これらの問題を解決するため、活性炭や疎水性ゼオライトのような吸着剤を担持したハニカムロータにより、低濃度・大風量のVOC含有排ガスを、高濃度・小風量のVOC含有排ガスに連続的に濃縮する方法があります。これによりVOC処理設備が小型化し、コスト低減が図れます。

弊社では、従来よりVOC濃縮ロータとして「ハニクル® HZシリーズ」を、低濃度有機溶剤濃縮機としてTOMBO™ No.8805-SC「ソルベントクリーン®」を製造、販売しています（図2）。

大気中で化学反応を起こし、汚染物質に変化

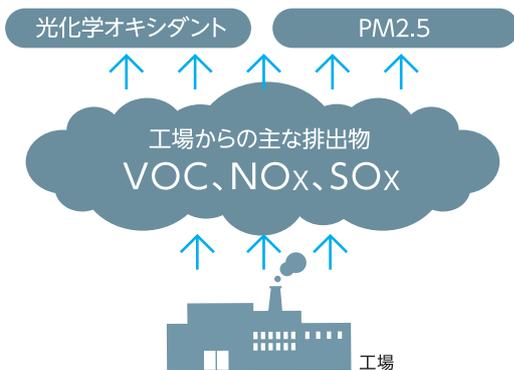


図1 工場からの排出物

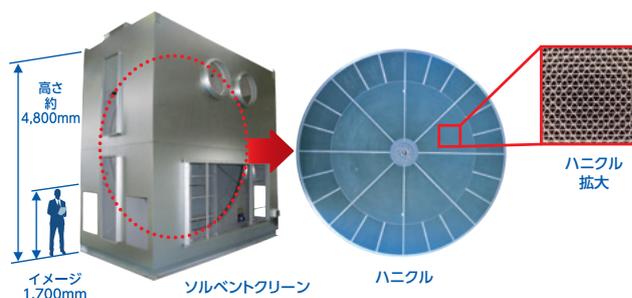


図2 ソルベントクリーン®の構成図

近年、低濃度有機溶剤濃縮機の小型化や高い除去性能に対する市場要求が高まっています。低濃度有機溶剤濃縮機を小型化するためには、濃縮ロータを小さくする必要がありますが、それによりロータの通過風速が早くなり、VOC除去性能の低下を引き起こします。そこで、従来のVOC濃縮ロータの物性を見直し、VOC吸脱着性能の最適化を行うことで、高湿度雰囲気でも除去性能を維持できるVOC濃縮ロータ「ハニクル® HZ-XO」を開発しましたので紹介いたします。

2. ハニクル® HZシリーズの製品概要

2.1 VOC濃縮の基本システム

TOMBO™ No.8800-HZ「ハニクル® HZ」(以下、「ハニクル® HZ」)のVOC濃縮処理の基本システムを図3に示します。

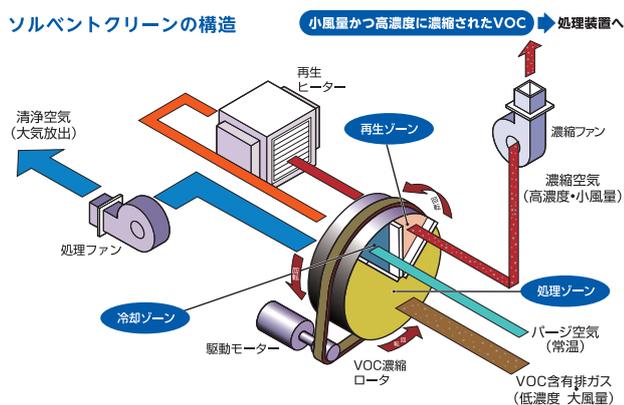


図3 VOC濃縮処理の基本システム

- ①吸着剤を担持したVOC濃縮ロータを処理（吸着）ゾーン、再生（濃縮）ゾーン、冷却ゾーンに区画した機構の中で回転させます。
- ②VOCを含んだ空気は、処理ゾーンにてVOCを吸着材で吸着除去され、浄化空気となって排気されます。
- ③VOCガスを吸着したロータは、回転して再生ゾーンに移り、小風量の加熱された熱風により、吸着したVOCが脱着し、高濃度に濃縮されたVOCガスとなって、処理装置に導入されます。

2.2 低濃度有機溶剤濃縮機「ソルベントクリーン®」

ソルベントクリーン®は低濃度・大風量のVOC含有排ガスを効率的に濃縮することのできる低濃度有機溶剤濃縮機です。中核となるVOC濃縮ロータには「ハニクル® HZ」が採用されています。

2.3 「ハニクル® HZ」の構成と特長

「ハニクル® HZ」は無機繊維ペーパーをコルゲート加工したハニカム構造体に、VOCを選択的に吸着する疎水性ゼオライトを弊社独自の技術により多量に担持することで、高いVOC吸着性能を発揮します。以下に特長を示します。

- (1) 連続回転再生法のため、バッチ式濃縮装置と比較して浄化効率の経時変化が少なく、連続して高い浄化性能を示します。
- (2) 無機材料で構成されているので燃えにくいです。
- (3) 多種のVOC処理が可能です。
- (4) 排ガスに含有するVOCの濃度を3～30倍まで濃縮することが可能です。
- (5) 高面速（3.0m/s以上）でも安定した除去性能を発揮します。
- (6) ハニカム構造体のため、圧力損失（=通気抵抗）が低く、送風動力を抑えながら大風量の空気を処理できます。
- (7) ロータ回転式は構造がシンプルのため、メンテナンスが容易です。

3. 新製品の適応用途、特徴

新製品「ハニクル® HZ-XO」は塗装工程からの排気ガス処理用途として適しています。

塗装工程の特徴として、図4のように濃縮装置で処理する前にスクラバーにより顔料を除去する工程があります。スクラバーを通ることにより、濃縮装置で処理する排気ガスは水分が多い高湿度となります。

従来の製品（ハニクル® HZ-XM）では、湿度の影響を受けVOC除去性能が低下します（図5）。

新製品ハニクル® HZ-XOは、ロータに担持する

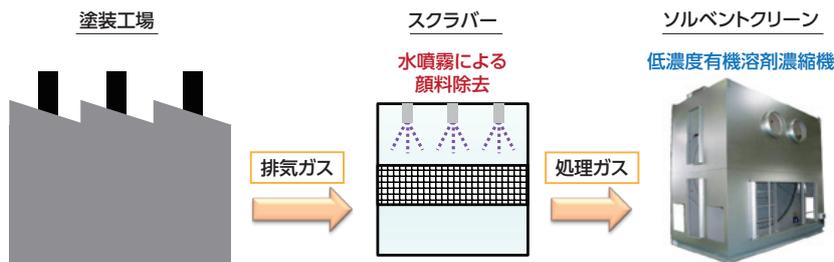


図4 塗装工程における排気ガスの流れ

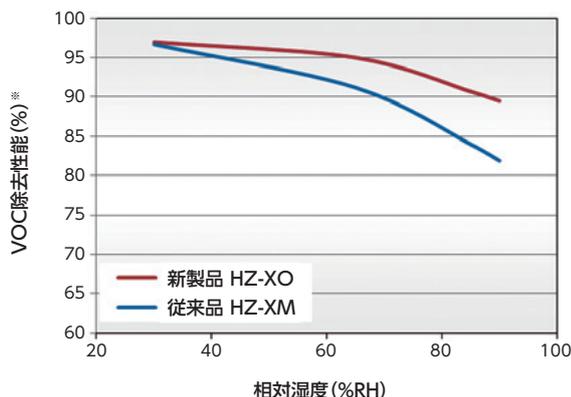


図5 HZ-XM, HZ-XOの湿度と除去性能の関係

※VOC除去性能=(処理入口濃度-処理出口濃度)÷処理入口濃度×100

吸着剤の物性を見直すことにより従来のハニクル® HZ-XMに比べ、湿度の影響を受けにくいロータとなっております。その結果、図5で示すように高い湿度下でのVOC除去性能が向上いたしました。

VOC除去性能向上の効果として、①使用するロータの縮小、②使用するロータの台数削減が可能になります。

①、②によって、設置面積の省スペース化が可能です(表1)。

表1 新製品の性能向上の効果

	従来品 HZ-XM	新製品 HZ-XO	効果
CASE 1	φ 4200-400D × 1台	φ 3550-400D × 1台	2サイズのロータ縮小
CASE 2	φ 4200-400D × 6台	φ 3550-400D × 4台	2台ロータ削減

4. おわりに

本稿で紹介したTOMBO™ No.8800-HZ「ハニクル® HZ-XO」はVOCを処理することでVOCの排出を抑制し、大気汚染による環境負荷低減に貢献いたします。

今後とも、お客さまのご要望に応じて、製品の改良、開発に努めていく所存ですので、ご意見ご要望等をお聞かせ下さい。なお、本製品に関するお問合せは、工業製品事業本部環境製品技術開発部までお願いいたします。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「ハニクル」はニチアス(株)の登録商標です。

*「ソルベントクリーン」はニチアス(株)の登録商標です。

*本稿の測定値は参考値であり、保証値ではありません。

フランジ締結技量判定システム 「BT Master™」の紹介

基幹産業事業本部 基幹製品事業部

1. はじめに

近年、石油精製・石油化学プラントなどの配管のフランジ締結作業における作業者の技量が重要視されています。これまで、フランジ締結技量は主に作業者の長年の勘や経験と、熟練作業員からの教えが主でした。しかし、熟練の作業員の引退などにより、フランジ締結の経験が少ない作業員が現場で作業するケースが増加しています。

フランジ締結作業が一つの原因でもある漏れトラブルは後を絶たず、運転前であっても工事の手戻りとなり、多大な損失が発生しています。そのため、いくつかの石油コンビナートの事業所では、作業員のフランジ締結技量向上を目的としたフランジ締結技量判定が開始されています。

ここでは、ニチアス技術時報No.384(2019年1号)で紹介した、プラントの安全操業を予防保全の観点から支援するエンジニアリングサービス「ガス



図1 「ガスケットLab」の3つのサイクル

ケットLab™」の1つ、「体験学習」に導入した、フランジ締結技量の維持向上をサポートするフランジ締結技量判定システム「BT Master™」を紹介します¹⁾。

2. 締め付け手順の重要性

フランジを適正に締め付けるためには、フランジ締結作業トレーニング指針にも記載されている JIS B 2251 の手順で締め付けを行うことが重要です^{2), 3)}。適正に締め付けるためには、ガスケットをフランジに軽く密着させフランジ面間の平行度を出した後、対角にボルトを締め付けます。この時に段階的に締め付けトルクを増加させることで、片締めを防ぐことができます。最後に周回締めをすることで、ボルトの弾性相互作用(図2)と呼ばれる、締めたボルトの両隣のボルトが緩む現象を抑えることができ、均一にボルトを締め付けることができます。

弊社の「BT Master™」は、各ボルトの締め付けトルクをリアルタイムに「見える化」することで、これらの項目を判定できるシステムを導入しており、作業員が適正な締め付け手順を学ぶことが可能です。

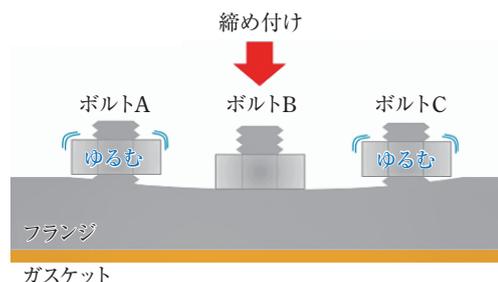


図2 ボルトの弾性相互作用

3. BT Master™とは

3.1 概要

「BT Master™」は、締め付けトルクを測定できるボルトを備えたフランジと締め付けトルクを読み取るデータロガー、結果を表示するソフトウェアを組み込んだPCの大きく3つで構成されています(図3)。

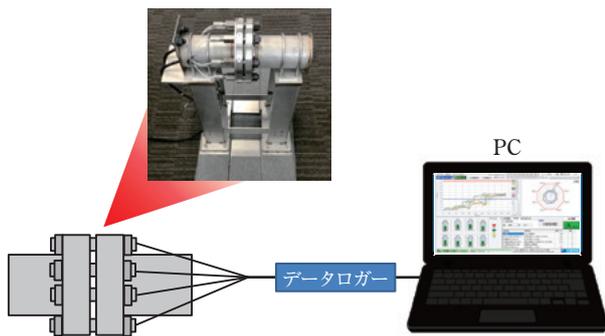


図3 「BT Master™」の構成

フランジ部には鋼管を溶接したフランジ (JPIクラス 150 4B) を2セット、水平方向に固定し、そのフランジの間にガスケットを挿入しています。ボルトを締め付けることによって発生する締め付けトルクを、データロガーを経由してPC上に図4に示すような画面でリアルタイムに表示し

ています。画面は大きく以下の4つのエリアに分かれています。

①折れ線グラフ

作業者がフランジ締結作業を開始してから終了するまでの、各ボルトの締め付けトルクの軌跡をリアルタイムに確認することができます。

②レーダーチャート

各ボルトの締め付けトルクのばらつきを一目で確認することができます。

③棒グラフ

色で、各ボルトの締め付けが適正であるかを表示しています。適正な締め付けができている場合は緑色、締め付け不足の場合は黄色、締め付け過多の場合は赤色で表示します。

④判定結果

主に作業従事者の基本情報と総合判定結果を表示します。

なお、この「BT Master™」は組み立て方式の装置であり、各部品を解体し、運搬することができるため、お客さまの事業所内でも実施できる装置となっています。

3.2 評価方法

「BT Master™」は、表1に示したI～VIの6項目を、弊社独自の基準で○、△、×の三段階で評

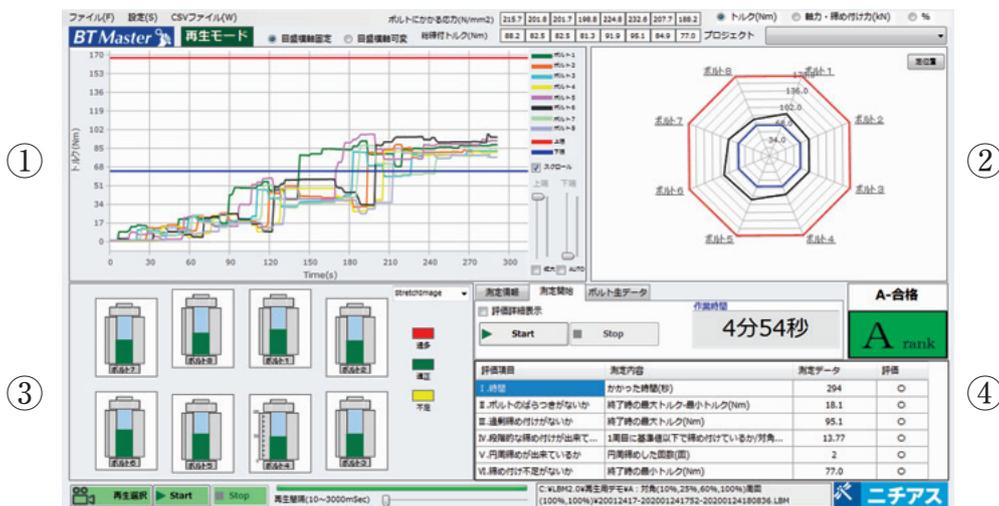


図4 「BT Master™」の表示画面イメージ

表1 評価項目

評価項目	測定内容
I. 時間	かかった時間 (秒)
II. ボルトのばらつきがないか	終了時の最大トルク-最小トルク (Nm)
III. 過剰締め付けがないか	終了時の最大トルク (Nm)
IV. 段階的な締め付けができていないか	①1周目に基準値以下で締め付けているか ②対角締めをしているか
V. 円周締めができていないか	円周締めをした回数 (回)
VI. 締め付け不足がないか	終了時の最小トルク (Nm)

表2 判定基準

判定結果	判定基準
合格	A 全て○
	B 「I. 時間」以外に×がない場合
	C 「II. ばらつき, III. 過剰締め付け, IV. 段階的な締め付け, V. 円周締め」の中で×が1~2つだった場合
不合格	D 「II. ばらつき, III. 過剰締め付け, IV. 段階的な締め付け, V. 円周締め」の中で×が3つ以上だった場合
	E 「VI. 締め付け不足」がある場合

価しています。(一部○, ×の二段階評価)

この6項目の評価結果をもとに, ○, △, ×それぞれの数に応じて判定結果が決まります。判定結果は, 表2に示すようにA~Eの五段階に分けて, A, B, C判定を合格, D, E判定を不合格としています。

この判定で最も重要視している評価項目は, 表1の「VI. 締め付け不足がないか」であり, この項目が×になると他の項目が○でもE判定の不合格になります。これは, 締め付け不足が最も漏えいに繋がる要因であると考えているためです。

合格のC判定以上を得るためには, 締め付け不足がなく (VIの項目が○), 表1のII~Vの項目の×の数が2項目以下となる必要があります。

合格の中で最も技量レベルの高いA判定を得るためには, I~Vのすべての項目が○判定となる必要があります。また, 表1の評価項目はJIS B 2251を意識しているため, 高評価を得るためにはJIS B 2251の締め付け手順で締め付けることが重要になります。

4. ま と め

これまでご紹介した通り, 弊社のフランジ締結技量判定システム「BT Master™」にはさまざまな機能があります。その機能を用いることで作業従事者のレベルUPやフランジ締結技量判定を容易に行うことができます。また, 弊社は「BT Master™」を用いて, 作業従事者のフランジ締結技量維持向上を目的とした講習会も行っています。

今後も我々はお客さまの安心安全操業に貢献していく所存です。「BT Master™」に関するお問い合わせは, 基幹産業事業本部 基幹製品事業部までお願いいたします。

参 考 文 献

- 1) ニチアス技術時報 No.384 (2019年1号)「ガスケットでの困りごとを解決する『ガスケットLabo™』」.
- 2) HPI TR Z110「フランジ締結作業トレーニング指針」(2018).
- 3) JIS B 2251「フランジ継手締め付け方法」(2008).

*「ガスケットLab」はニチアス(株)の商標です。
*「BT Master」はニチアス(株)の商標です。

高温吸音率測定技術の確立

研究開発本部 試験解析室 三木 達郎

1. 背景

自動車の車外騒音規制が2016年より段階的に厳しくなっている^{1), 2)}ことから、自動車部品においてはエンジンルームをはじめとした車両の防音強化が求められている。車両中で特に騒音源となりやすいのはエンジンや排気管であり、これらの部品周辺は走行中に数百℃の高温になることが知られている。より小さい面積で効果的に吸音させるためには、騒音源に近い位置に防音材を設置することが必要である。一般的に吸音率や透過損失といった音響性能は空気物性に影響を受けることが知られている³⁾。しかしながら、防音材を高温下で使用するにも関わらず、防音材の性能を予測・計測する技術は常温付近に限られており、高温下での音響性能挙動を把握する技術が世の中にはない。高温で性能を発揮する防音材を設計するには、高温での音響性能を測定する技術が必要である。

当社はこれまでに、常温で繊維系多孔質材料の密度や繊維径から吸音率を予測する技術に取り組んできた⁴⁾。本稿では、高温下での音響管による音響性能測定技術について紹介する。

2. 音響管による垂直入射吸音率測定

2.1 常温測定装置

一般的な防音材の吸音率評価方法のひとつに、音響管を利用した垂直入射吸音率測定がある。

図1に一般的な音響管の概略図を示す。筒状の管の一端に試料を設置し、もう一端から音を入射

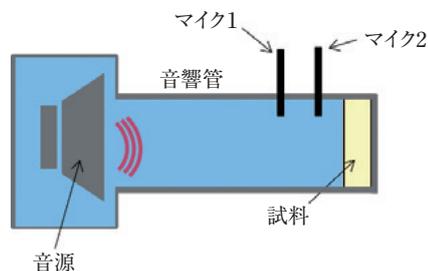


図1 音響管の概略図

する。試料で反射した音圧を2本のマイクで測定し、伝達関数法によって吸音率を算出する。

2.2 伝達関数法の概略

一般的に管内減衰補正を含まない吸音率は下記式で計算される⁵⁾。

$$\alpha = 1 - |r|^2 \quad (1)$$

ここで、 α は吸音率、 r は音圧反射率を表す。音圧反射率 r は下記式で計算される。

$$r = \frac{H_{12} - H_i}{H_r - H_{12}} e^{-2ikx_1} \quad (2)$$

x_1 : マイク1までの距離 [m], H_i : 入射波のみの伝達関数, H_r : 反射波のみの伝達関数, H_{12} : マイク間の伝達関数

ここで、 H_i , H_r , H_{12} はそれぞれ下記式で計算される。

$$H_i = e^{-ik\Delta x} \quad (3)$$

$$H_r = e^{ik\Delta x} \quad (4)$$

$$H_{12} = \frac{P_1^*}{P_2^*} \quad (5)$$

Δ_x : マイク間の距離 [m], P_1^* : マイク1の複素音圧,
 P_2^* : マイク2の複素音圧, k : 波数

3. 高温吸音率測定装置のコンセプト

図2に高温吸音率測定装置の概略図を示す。基本形状は常温測定装置を踏襲した。試料設置箇所および音響管の一部を外部ヒーターで加熱する。音源や測音用マイクは耐熱性に限度があり、常温に近い環境で運用する必要があるため、マイクはプローブマイクを利用し、音源部は加熱部から十分距離を取った場所に設置する。また、ヒーターと音源間は空冷により冷却する。

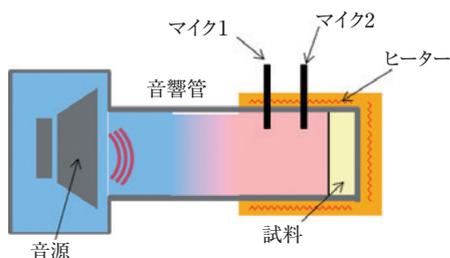


図2 当社で作製した高温吸音率測定装置の概略図

4. 高温吸音率測定装置のシミュレーション

高温下での吸音率測定における懸念点としては、装置を加熱した際の空気の温度ムラがある。音響管による測定では、音が管内で平面波として発達していることを前提としている。音速は温度依存性があるため、装置内に温度差があると局所的に速度差が生じて平面波が崩れ、測定誤差となる可能性がある。そのため、管内で生じる現象について、高温吸音率測定装置のシミュレーションにより予測を行った。

4.1 解析の流れ

熱流体解析によって音響管内の温度分布を計算し、得られた温度分布をモデルに与えて音響解析を行った。熱流体解析には、SCRYU-Tetra

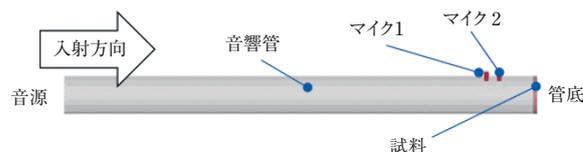


図3 解析モデル

(MSC社)、音響解析にはActran (MSC社)を用いた。音響管の解析モデルを図3に示す。モデルはφ40mm×800mmの円筒とし、図の左方向から平面波が入射してくると設定した。音圧測定点は底面を起点として、80mm, 50mm (それぞれマイク1, マイク2) に設定した。加熱温度は300℃, 加熱範囲は管底からマイク1までを基準加熱長さとし、マイク1から音源までは空冷とした。試料は厚さ10mmの無機繊維材料とし、背後空気層は設けていない。マイク1, マイク2にて算出された音圧から、吸音率を求めた。

4.2 解析結果

図4に音響管を加熱した場合の空気の温度分布、図5に温度分布がある場合の音圧分布のシミュレーション結果を示す。

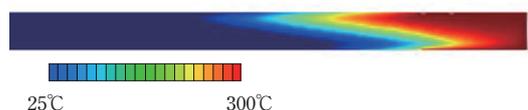


図4 音響管内の空気の温度分布計算結果

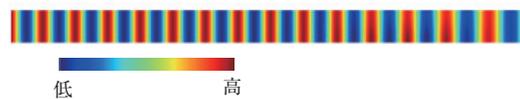


図5 温度分布がある場合の音圧分布

部分的な加熱の結果、管内に対流を起因とした、温度分布が生じていることがわかる。また、温度が均一な部分では音響管断面方向の音圧が均一であるが、温度分布の界面付近で音圧が均一でなくなり平面波が崩れていることが分かる。温度分布がない条件での計算を基準として、温度分布がある場合の吸音率との誤差を算出した結果を図6に示す。

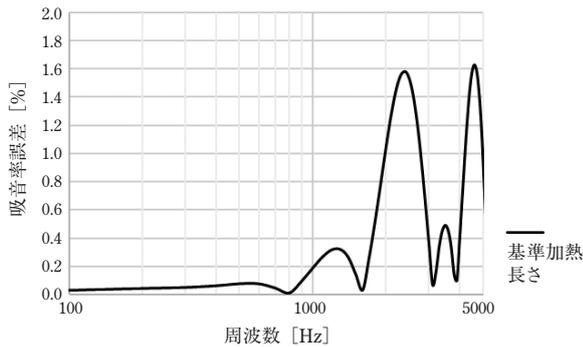


図6 温度分布がある場合の吸音率誤差

温度分布がある場合は、管内が均一に300℃である場合から吸音率に誤差が生じた。これらの結果から、測定時には管内の温度環境を安定させる必要があると考えられる。そこで、高温測定時に誤差が小さくなる装置形状の検討を行った。

5. 高温吸音率測定装置の形状検討

装置内部の温度環境が変動する要因として、マイク1から音源側方向への加熱長さ（以下、加熱長さ）、ヒーター温度ばらつき、マイク間温度の影響をシミュレーションで検証した。その結果を示す。

5.1 加熱長さの検討

音響管は構造上、管径および周方向にモードが生じない周波数においては、音波の進行に伴い平面波のみが伝搬する。つまり、十分な均熱区間があれば平面波が再度形成されることが考えられる。加熱長さを変更し、温度分布および音圧分布を計算した。以下に解析結果を示す（図7）。いずれも加熱温度は300℃とした。各図の上段が温度分布、下段が周波数5000Hzにおける音圧分布を示す。また、図中の白破線は音圧が平面波から崩れた境界を、黄実線は加熱面をそれぞれ示す。

温度は加熱長さを問わず、加熱ゾーン端から50mm程度で安定した。音圧は温度が安定している領域を150mm以上通過すると安定した。図8に加熱長さが異なる場合の吸音率誤差のシミュレーション結果を示す。加熱長さを十分にとるとマイク位置までに音圧が安定し、吸音率誤差が小さくなることが示された。

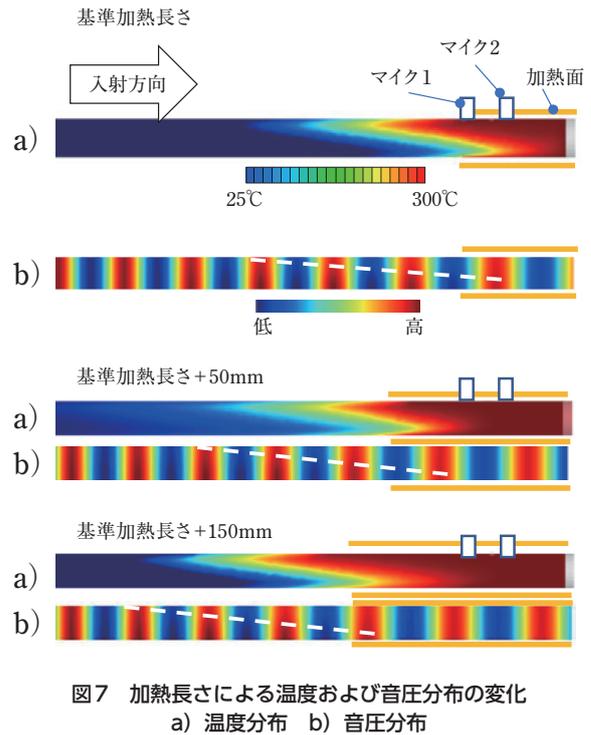


図7 加熱長さによる温度および音圧分布の変化
a) 温度分布 b) 音圧分布

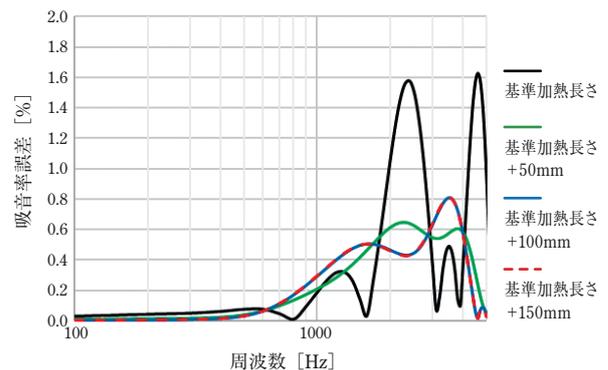


図8 加熱長さが異なる場合の吸音率誤差

5.2 ヒーター温度ばらつきの検討

ヒーターによる加熱は温度がばらつく可能性があるため、意図的に加熱面に温度差を生じさせて温度分布および吸音率を計算した。温度は300℃を基準として、設定したばらつき範囲内でランダムな温度を設定した。また、加熱長さは基準加熱長さ+150mmとした。以下に解析結果を示す（図9、図10）。

ばらつき範囲±50℃では管内に温度分布の乱れが生じ、吸音率に大きな誤差が生じたが、ばらつき範囲±20℃では吸音率に大きな誤差は生じなかったことから、ヒーター温度のばらつきは、±20℃以内とした。

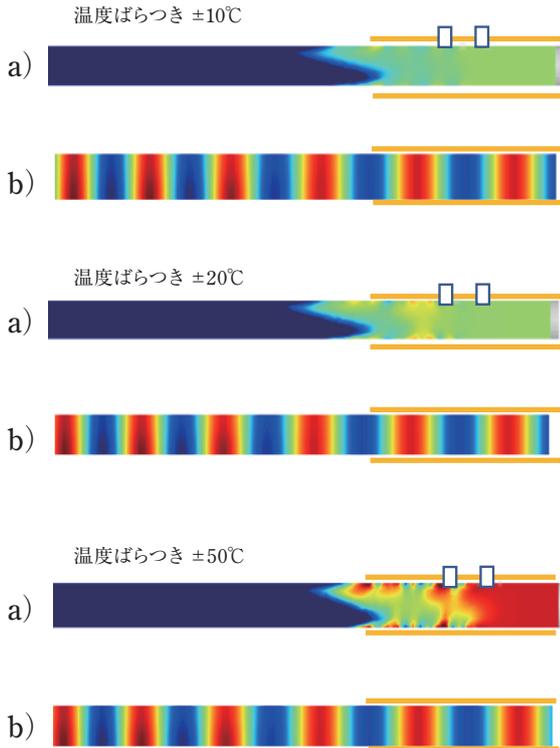


図9 温度ばらつきによる温度および音圧分布の変化
a) 温度分布 b) 音圧分布

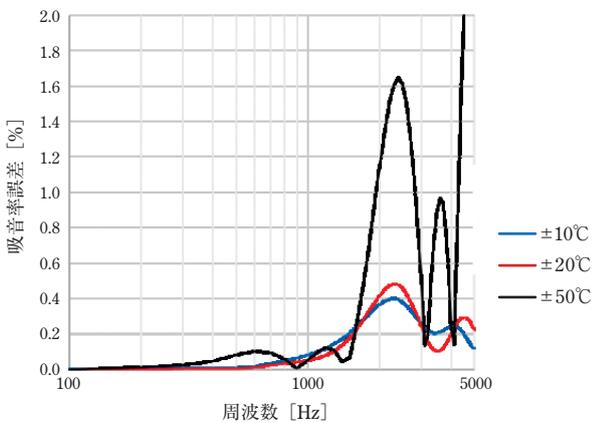


図10 ヒーター温度ばらつきがある場合の吸音率誤差

5.3 マイク間温度差の検討

マイクと音響管をプローブでつなぐ構造としている。プローブに温度差が生じると、内部の音速に差が生じ、マイクへの到達時間が変化する。そこで、到達時間の差による吸音率変化を検証した。

300℃における試料無し（ブランク）吸音率について、伝達関数に意図的に到達時間差（位相差）を与えて吸音率を理論計算した。図11に、位相差

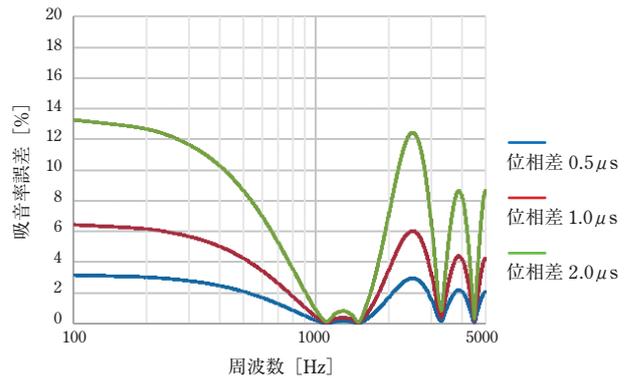


図11 到達時間差による吸音率誤差

なしを基準値として差分を計算した結果を示す。
マイク間の到達時間差が $2.0\mu\text{s}$ で、吸音率の誤差が10%以上となった。また、このときのマイク間温度差は、 14°C と見積もられた。そのため、マイク間温度差は 10°C 以内とした。

6. 実機による検証

シミュレーション結果の検証のため、高温での吸音率測定が可能な装置を作製した。また、装置作製にあたり、日本音響エンジニアリング株式会社殿および株式会社ニイズマックス殿に多大な協力を仰いだ。

6.1 装置概要

図12に作製した測定装置の概略を示す。音響管周辺に精密な温度制御が可能なヒーターを設置し、観測マイクにもそれぞれ温度制御が可能な装置を取り付けた。

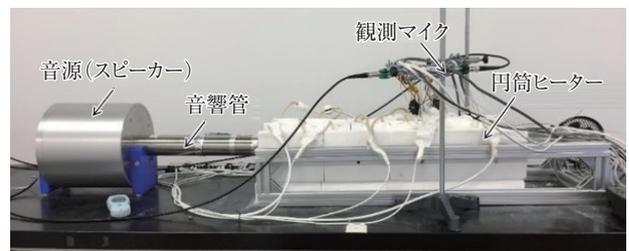


図12 高温吸音率測定装置外観

6.2 検証方法

作製した装置で垂直入射吸音率を測定した。測定対象は試料を入れないブランク測定とした。管

構造と空気物性値から吸音率の理論値を計算し、実験値と比較した。

6.3 検証結果

300℃における吸音率の実験値と計算値の比較を図13に示す。この装置で実際に測定した結果、実測値と理論値がよく一致していることがわかる。

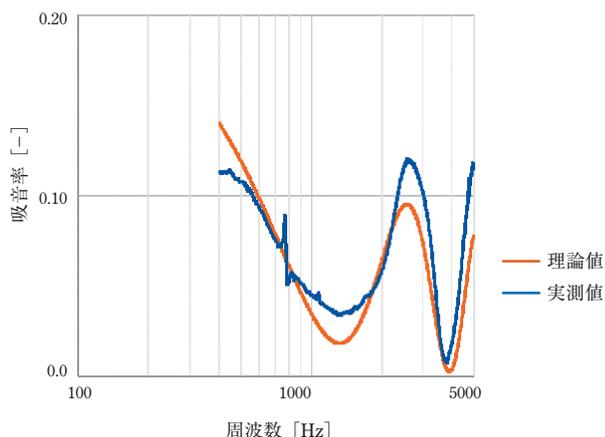


図13 ブランク吸音率測定と比較 (300℃)

6.4 無機繊維材料の高温吸音率測定

一例として、無機繊維材料（厚さ25mm、密度100kg/m³）について、温度を常温から300℃まで変更して吸音率の測定を行った。測定結果を図14に示す。温度の上昇に伴い、吸音率が変化していることが確認できた。

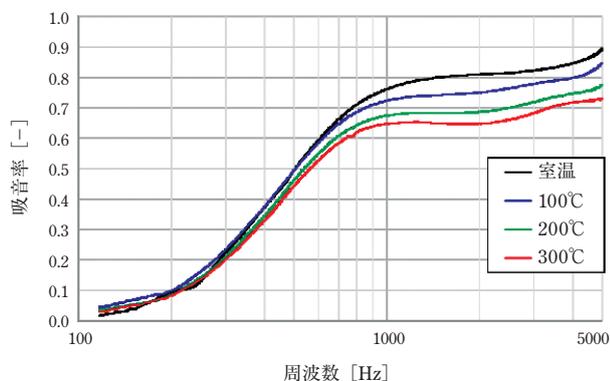


図14 無機繊維材料の高温吸音率測定結果

7. まとめ

シミュレーション結果に基づいて、音響管の詳細な温度コントロールによる高温吸音率測定技術を確立した。これにより、実使用環境における防音材の性能検証が可能になると考えられ、実機により適した製品を提案することが期待できる。

今後は実測を進め、高温で性能を発揮する防音材の開発に活用していきたい。

参考文献

- 1) GRB Expert Group on Regulation 51 : Proposal for the 03 series of amendments to Regulation No. 51 (Noise of M and N categories of vehicles), Informal Documents for the 58th GRB session, GRB-58-04, p. 1-74 (2013).
- 2) 経済産業省：乗用自動車のエネルギー消費性能の向上に関するエネルギー消費機器等製造事業者等の判断の基準等，経済産業省・国土交通省告示第二号，2013，9p.
- 3) 立道有年ほか：高温の雰囲気における多孔質材の吸音特性：特に板状材料の垂直入射吸音率について，日本音響学会誌，日本音響学会（1984）vol.40，no.9，p.612-619.
- 4) 見坐地一人，石井仁樹，高橋亜佑美，三木達郎，藤澤生磨，安藤大介：繊維体吸音材料のBiotパラメータの推定，自動車技術会論文集，49巻，4号，p.787-792（2018）.
- 5) JIS A 1405-2 音響管による吸音率及びインピーダンスの測定－第2部：伝達関数法.

筆者紹介



三木 達郎

研究開発本部 試験解析室
音響測定技術の開発と音響解析に従事

におい分析～機器分析と官能評価～

研究開発本部 分析解析室 廣瀬 亜矢子

1. はじめに

においとは、ヒトの五感のひとつである嗅覚を刺激するものである。ヒトの感じ方によって、匂い・香り（好ましいにおい）や臭い（不快なにおい）などの表現があるが、それらの総称として‘におい’と呼んでいる。

においは、近年さまざまな分野で関心が高まっており、当社で扱う製品においても、着目されることがある。香りが商品のイメージを左右する食品や飲料業界の製造工程で使用されるシール材やパッキンににおいが着くこと（着香）があってはならない。また、製品の製造現場で発生するにおいは、職場環境に影響する。これらの問題を解決するには、原因物質を特定すること（におい分析）が重要となる。

本稿では、当社で活用しているにおい分析について、官能と機器分析の両面から述べたいと思う。

ヒトが感じるにおいの強さは、化合物や個人に対してさまざまである。機器分析を行った結果、分析データ上ではわずかにしか検出されない成分がにおいへの寄与が大きい、あるいは分析データで顕著でもにおいへの寄与が小さいなど、機器分析データと官能情報が一致しない場合は多々ある。そのため、機器分析データのみからにおい成分を特定することは難しく、官能情報との結び付けを工夫する必要がある。また、においの原因成分は極微量であることも多く、測定者は、機器分析データ上では極わずかにしか検出されない成分を見落とさずに特定していく作業が求められる。

以下に、ヒトの感覚を利用したにおい嗅ぎシステムを活用し、‘官能情報’と‘機器分析データ’を関連づけたにおい分析の概要と分析例を報告する。

2. におい分析の概要

においを感じるには、におい成分が空気中を漂ってきて鼻腔内に取り込まれ、嗅覚器官を刺激することである（図1）¹⁾。におい成分は、主に嗅覚刺激をもつ揮発性有機化合物である。以下に、におい成分の機器分析法、官能評価法、におい分析時のポイントについて述べる。

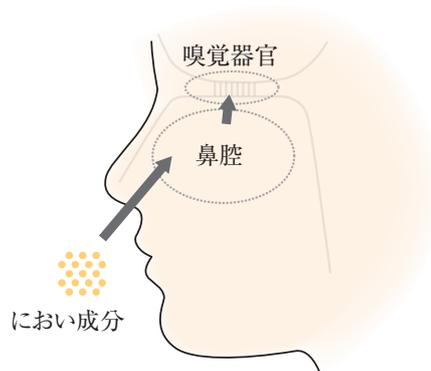


図1 ヒトの嗅覚系模式図

2.1 におい成分の機器分析法

におい成分の機器分析法は、揮発性有機化合物の分析法を用いる。

測定装置は、種々の有機化合物の定性および定量が可能なGC/MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）が有効である。分析する際は、対象の成分

をGC/MSに注入する前処理が必要となるが、におい成分は極微量であることも多いため、におい分析における前処理はGC/MSへの導入だけでなく、成分を濃縮する工程もポイントとなる。濃縮導入できる前処理方法として、におい分析に用いられる代表的なもののひとつである、パージアンドトラップ法（P&T法）を用いた。パージアンドトラップ法は、ほぼ全量の揮発性化合物を導入できるため高感度測定が可能、広範囲な沸点の化合物をGC/MSに導入可能、といった特長があり、発生ガス分析に多用されている前処理法である。

2.2 におい成分の官能評価法

機器分析で得られた化合物の情報（定性・定量）と官能情報を関連づけるため、当社では、におい嗅ぎシステムを用いた官能評価を導入した。

図2ににおい嗅ぎシステムの概要を示す。

におい嗅ぎシステムはGC/MSに連結しており、GC/MS測定の検出と同時に官能評価を行う手法

である。図2に示すように、GC内にあるスプリット機構により、分離した成分は、MS（検出器）とにおい嗅ぎポートに分岐される。測定者はポートで各成分のにおいを嗅ぎ、においを感じた直後に音声とスイッチにより官能評価結果（においの質・強度）をGC/MSクロマトグラム上に記録する。GC/MSで検出された多くの成分の中から、におい嗅ぎシステムでにおいを検知したピークに絞ってGC/MSクロマトグラムを解析することで、におい成分の特定が可能となる。

におい嗅ぎシステムは、官能評価結果が得られるという大きな利点がある一方、嗅覚の応答には個人差があるため、評価結果がばらつくという課題もある。におい分析結果をより確かなものにするには、官能評価結果が一定となる訓練を積んでおくことが必要となる。評価結果のひとつであるにおいの質については、市販の臭質キットなどを用いて特徴的なにおい成分を体験し覚えることで、においの質の識別を統一していく（図3）。に

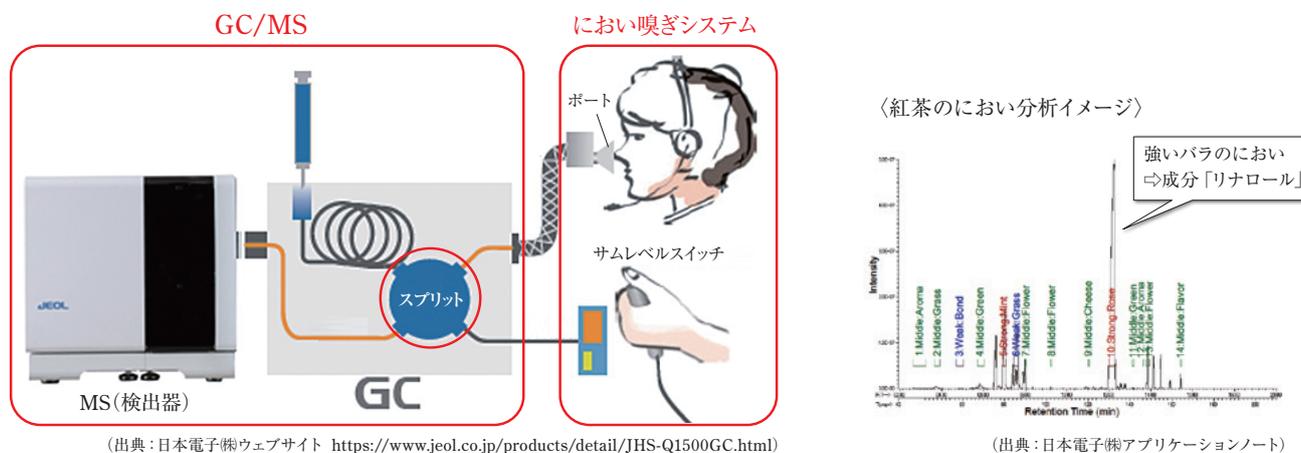


図2 におい分析の概略図と結果イメージ



物質名	嗅覚閾値レベル	臭質の特徴
ジメチルスルフィド(二硫化ジメチル、二硫化メチル)	数～数十ppb	腐敗臭 キャベツの腐ったにおい ニンニクの様なにおい
ナフタレン	数～数十ppb	防虫剤臭

「オフフレーバーキット各物質の解説の一部」



図3 オフフレーバーキットを用いたにおいの質のトレーニング例

（出典：一般社団法人オフフレーバー研究会 技術資料 http://www.fofsg.jp/?page_id=306）

おいの強度については、市販のカビ臭混合試料などを用いる。混合試料から調製した濃度の異なるサンプル、すなわちにおいの強度の異なるサンプルを用意し学習することで、各測定者のにおい成分への感度を合わせる。

2.3 におい成分の解析について

ヒトの鼻の感度は非常に高いため、におい嗅ぎシステムで明瞭ににおい成分を検知したにもかかわらず、GC/MSクロマトグラム上ではピークとして検出されず、他の夾雑成分に重なってしまい、GC/MSデータの解析が非常に困難になってしまふことがある。

におい物質は数十万種類と膨大にあるが、そのうち極微量でも強いにおいを発する成分は数十種といわれている。ゆえに、主だったにおい物質のGC/MSデータをあらかじめ取得し、においの質・成分・GC/MSクロマトグラム保持時間の情報を整理しておけば、におい嗅ぎシステムで検知したにおいの質と保持時間との照合からにおい成分の推測が可能となり、GC/MSデータ解析の効率化をはかれる。

表1に当社で作成しているにおい成分データベースを抜粋して示す。極微量のにおい成分を解析す

る際は、このようなデータベースが有用となる。

2.4 分析前の情報収集

上記の分析に加えて、重要となるのは、分析依頼者が特定したいにおいの官能情報を整理し、分析対象となるにおいを明確にしておくことである。

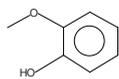
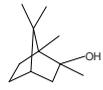
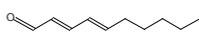
測定者は、分析依頼者から聞き取ったにおいの質（甘いにおい、消毒臭、腐敗臭など）やにおいの感じ方（加熱すると感じる、など）などの情報をもとに、官能評価や機器分析条件の設定（試料加熱条件の設定など）を行い、対象となるにおい成分を特定していく。そのため、分析前の情報収集が重要となる。

3. 果汁系飲料の着香成分分析

におい嗅ぎGC/MSを用いた、果汁系飲料の着香成分（ゴム片に吸着したにおい成分）の分析事例を報告する。

果汁系飲料などの製造ラインでは、パッキンやガスケットなどのゴム材料が使用されている。ゴム材料はにおい成分の吸着（着香）が起りやすいが、製造ラインは、複数の飲料の製造で共有しているため、製造する飲料の種類を切り替えた際

表1 におい成分のデータベース（抜粋）

No.	GC/MS 保持時間 (min)	においの質	におい成分		
			成分名	CAS番号	構造式
1	01:24	腐敗臭, 魚の腐敗臭	トリメチルアミン	75-50-3	
2	12:34	薬品臭, 胃腸用丸薬のにおい, 歯科用薬のにおい	グアヤコール	90-05-1	
3	14:36	かび臭, 墨汁臭	2-メチルイソボルネオール	2371-42-8	
4	16:32	油の酸化臭, 使い古した天ぷら油臭	2,4-デカジエナール	25152-84-5	
5	16:48	かび臭	2,4,6-トリクロロアニソール	87-40-1	

に次の飲料へのにおい移りを抑えることが課題となっている。

3.1 試料の作製

果汁系飲料は市販のオレンジ系と桃系を、ゴムは汎用合成ゴムであるエチレンプロピレンゴム (EPDM) を用いた。各飲料に80℃×20時間浸漬したゴム片を分析試料とした。

3.2 官能情報

分析を実施する前に、作製した試料のにおいを確認した。

試料は、それぞれの飲料が有する特徴的なにおいを発しており、オレンジ系浸漬試料は柑橘系のにおいを、桃系浸漬試料は桃の甘い芳香を感じた。さらに試料を40℃、60℃、80℃に加熱した際のおいも確認した。温度が上がるにつれ、においが強くなり、80℃加熱時に飲料由来のにおいをもっとも強く感じた。

3.3 分析条件

今回実施した分析条件を以下に示す。官能情報をもとに試料加熱条件を設定した。

〈分析条件〉

・測定装置

：日本電子製 AROMAVOICE システム
(におい嗅ぎシステム)

日本分析工業製 JTD-505 III (P&T)

日本電子製 JMS-Q1050GC (GC/MS)

・試料加熱温度：80℃×15分

・GCカラム：Ultra Alloy-1 (0.25mm×30m)

3.4 分析結果

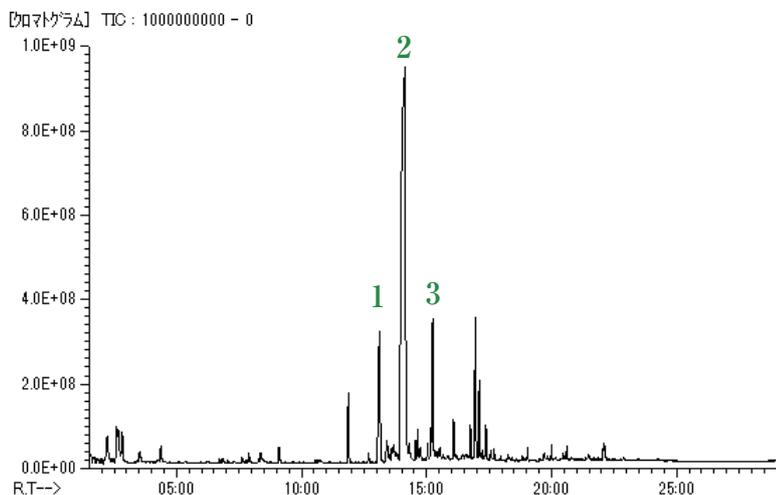
におい嗅ぎシステムで検知されたピークについて、GC/MSクロマトグラムの解析を行い、各飲料の着香成分を特定した。

3.4.1 オレンジ系飲料の着香成分

分析結果を図4に示す。

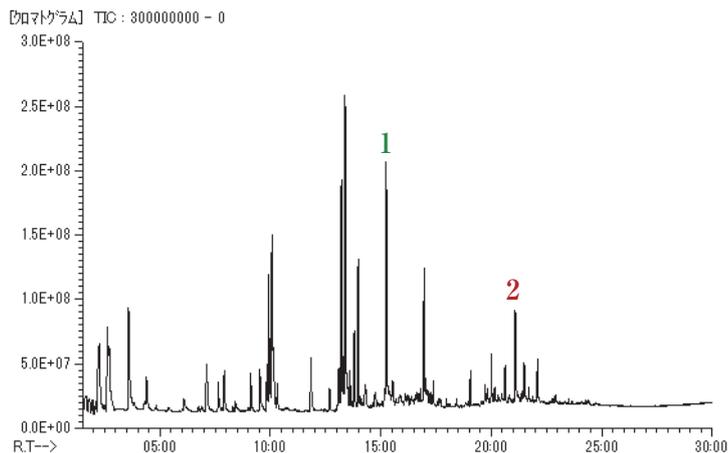
- ・オレンジのにおい成分として広く知られているリモネン (モノテルペン, 炭素数10の化合物) をにおい嗅ぎシステムで柑橘系のにおいとして検知した。同成分はGC/MSクロマトグラムでも顕著に検出された。
- ・柑橘系のにおいとして、ミルセン (モノテルペン), リナロール (モノテルペンアルコール) も検知した。GC/MSクロマトグラムのピーク強度は中程度であるが、においの強さはリモネンと同等であった。

GC/MSクロマトグラムではオレンジ系飲料由来の他のモノテルペン類も検出されている。におい嗅ぎシステムが無い場合、多くの構造異性体の中からにおい成分を絞り込むことは容易ではない。



No.	におい検知ピーク	官能評価		検出成分	
	保持時間 (min)	強度	質	成分名	構造式
1	13:04	中	柑橘系	ミルセン	<chem>CC(=C)CC=C</chem>
2	14:01	中	柑橘系	リモネン	<chem>CC1=CC(C)=CC=C1</chem>
3	15:13	中	柑橘系	リナロール	<chem>CC(C)CC(C)C=C</chem>

図4 オレンジ系飲料の着香成分分析結果



No.	におい検知ピーク	官能評価		検出成分	
	保持時間 (min)	強度	質	成分名	構造式
1	15:13	中	柑橘系	リナロール	<chem>CC(=C)CC(C)C=C</chem>
2	21:05	強	桃	γ-ウンデカラクトン	<chem>CCCCCCCCC1OCC1=O</chem>

図5 桃系飲料の着香成分分析結果

対象のにおい成分を同定するには、におい嗅ぎシステムが有用であることが示された。

3.4.2 桃系飲料の着香成分

分析結果を図5に示す。

- ・ γ-ウンデカラク톤を桃のにおいとして強く検知した。GC/MSクロマトグラム上のピーク強度は他成分と同程度であるが、においは強く発していた。
- ・ その他に、柑橘系のにおいであるリナロールを検知した。

多数のGC/MS検出成分のうち、におい嗅ぎシステムを活用することで、γ-ウンデカラク톤が桃系飲料に特徴的な桃のにおいに寄与すること、また、そのにおいが強いことが明らかとなった。

4. おわりに

機器分析と官能評価を関連づけたにおい分析の概要と分析例を中心に紹介した。当社では、低着香性（におい成分が付着しづらい）を特長にも

つ飲料製造工場ライン用ガスケットTOMBO™ No.9014「サニクリーン® ガスケット」²⁾ など、においに対応する製品も展開している。

今後も製品に関連する分析法の導入を進め、各位にご満足いただける分析結果を提供していく所存である。

参考文献

- 1) においを“見える化”する分析・評価技術，株式会社R&D支援センター，p.16（2019）。
- 2) TOMBO™ No.9014「サニクリーン® ガスケット」，ニチアス技術時報，No.381（2018）。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
 *「サニクリーン」はニチアス(株)の登録商標です。
 *本稿の測定値は参考値であり、保証値ではありません。

筆者紹介



廣瀬 亜矢子

研究開発本部 分析解析室
 ガス分析と微量金属分析に従事



速攻解決!
ガスケット
専門ポータル
サイトが更に
使いやすく!

Renewal
リニューアル!

検索が断然カンタン!

「ガスケットNAVI」機能
ガスケット交換時に必要な製品検索・選定、他社製品との比較、ガスケットの使い分けなどの情報を提供する「ナビ」をはじめ、「エンジニアリングツール」「各種技術資料閲覧」の各機能を搭載しています。

ガスケット初心者からベテランまで!カンタン検索!比較検討がしやすい次世代検索エンジン搭載!

- ガスケットで困ったらまず**製品情報【検索】**
- 最新情報が届く**プッシュ情報機能!**
- 入力間違いなしの**プルダウン式メニュー!**
- 性能比較を強化!**革新的検索機能搭載!



- 使用条件から調べる**
流体の種類・温度・圧力を入力するだけでおススメのガスケットを検索・選定することができます
- 他社品から調べる**
他社メーカーの製品番号を入力するとニチアスの相当品を検索することができます
- 産業分野から調べる**
業界別にニチアス推奨品を検索することができます
- 製品番号を調べる**
使用可能温度・圧力や標準寸法などの製品情報を閲覧できます



- 技術資料**
カタログや取扱説明書、ニチアス技術手帳の資料をPDFでダウンロードできます
- ガスケット 寸法検索**
寸法や単位で検索でき、目的の製品へスムーズにたどり着けます
- FAQ**
ガスケット・パッキンの知恵袋としたい・・・との思いから、よくあるご質問をまとめました

●**締付力計算**
最小締付トルク、許容締付トルク、ボルトにかかる応力が簡単に計算できます
JIS、JPI規格寸法品は圧カクラス、呼び径を選択すれば計算できるので、具体的な寸法が分からなくても大丈夫です

●**単位換算**
長さや重さ、面積、トルク、漏洩量などの単位を他の単位に換算します

●**メタルOシールの寸法設定**
リング外径から推奨溝寸法を計算できます

●**テクニカルデータ**
会員登録を頂くことで、圧縮復元特性データなどを閲覧できます



スマートフォン・タブレットアプリ版「ガスケット NAVI」もご利用いただけます。

ダウンロードは [こちら](#)

iPhoneをご利用の方 Download on the App Store

Androidをご利用の方 GET IT ON Google Play

ガスケット NAVI

※「ガスケットNAVI」はニチアス(株)の商標です。 ※記載された内容は予告なく変更することがあります。



ニチアスの「断つ・保つ」[®]技術を支えるCAE

CAE (Computer Aided Engineering) は製品・工程をコンピュータ上で擬似的に再現し、さまざまな検討を支援する技術です。ニチアスでは、研究・開発、設計および製造までのあらゆる工程で CAE を取り入れ、品質やサービスの向上に努めています。ここでは、弊社の CAE 技術について事例を通してご紹介します。

第3回

フリーアクセスフロア的设计で活用される構造CAE

フリーアクセスフロアとは、電力や通信の配線などを収納するために新たな床をスラブ上に形成するもので、二重床とも称されるものです。基本的な構成材料は、フロアパネルとこれをスラブから支える支持脚からなります。このフロアパネルを開閉することで床下に自由にアクセスできるのが特徴です。

弊社のフロアパネルは基材と補強材を組み合わせた設計となっており、フロアパネルの強度を高めるため、最適な補強材の構造を設計する必要があります。

そこで弊社では、構造CAE技術を用いてフロアパネルの変形状態を予測し、製品設計に活用することで、よりスピーディな製品の開発に取り組んでおります。

対象製品概要

TOMBO[™] No.6473「ニチアス オメガフロア[®]」

オメガフロア[®] はコンクリートだけでは割れやすい性質を独自の鉄筋構造とラスで補強し、丈夫で高強度のコンクリートパネルを実現しました。支持脚は、台座の上部にクッション材として2段突起ゴムを使用しているため、歩行時のガタツキ音を吸収し、きしみや空洞音を軽減させ、ソフトで快適な歩行感が得られます。2辺の中央部に配線取り出し用開口のあるPKCタイプ、および開口のない0タイプがあります。

この他にも、けい酸カルシウムを基材としエコマーク認定を取得したニチアスシグマフロア[®] や、GRC素材のパットフロア[®] 等、用途に合わせた製品を取り揃えています。

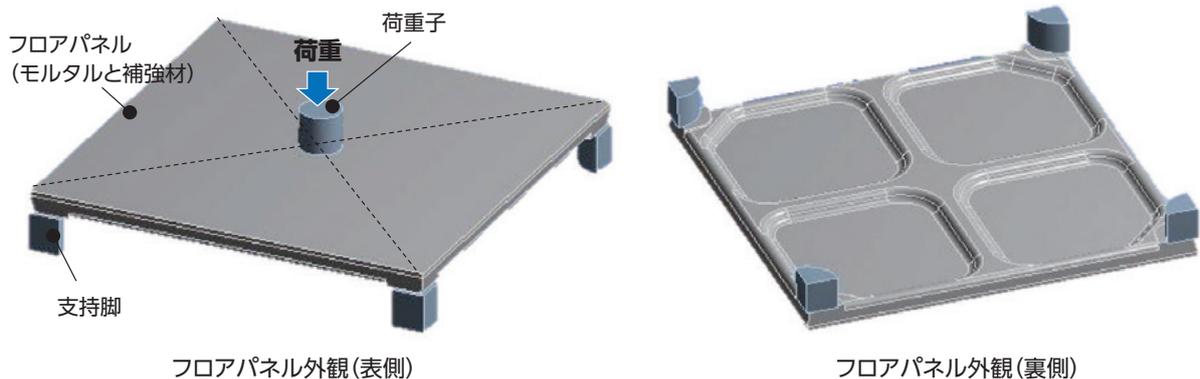


解析の目的

フロアパネルに一定荷重を掛けた際のパネルの変形状態を予測し、変形が小さくなるように、フロアパネルの基材と補強材の設計を行う。

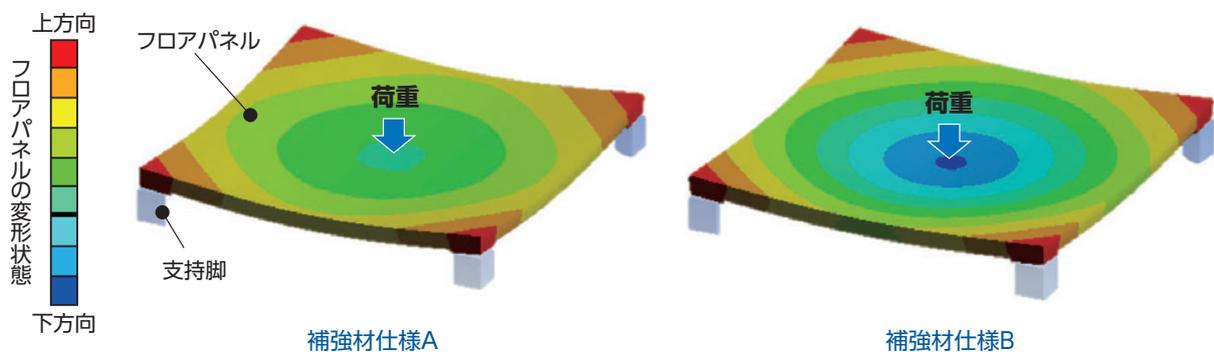
解析対象の形状と荷重条件

- フロアパネルは基材のモルタル、補強材の鉄筋とラスで構成される
- フロアパネルを鋼製支持脚で4点支持し、所定の箇所に荷重子を用いて一定荷重をかける



CAE解析結果

解析結果の一例として、補強材の仕様によるフロアパネルの変形状態の違いを示す。



- 荷重の大きさや位置を容易に変更でき、フロアパネルの変形状態への影響を可視化することができる
- フロアパネルの基材と補強材の配置を設計する段階で、事前にパネルの変形状態を予測可能となった

まとめ

フロアパネルは、基材の物性や補強材の配置を変更すると、荷重をかけた際のパネルの変形状態が大きく変化し、設計を難しくしています。

構造CAE技術を活用することで、

- フロアパネルを設計する開発初期段階で事前にパネルの変形状態を予測できます
 - フロアパネルの変形状態が可視化できるため、荷重の状況に即した適切な補強構造を設計でき、安全性の高い設計ができます
- 複数の補強材配置を解析し、高強度なフロアパネルを設計できました。

SEMICON China 2020に出展しました

2020年6月27日～29日に開催されたSEMICON China 2020（会場：上海新国際博覧中心）に出展しました。本展示会は、半導体サプライチェーンを取り巻く各社が出展する世界最大級規模の専門展です。

弊社は、耐薬品性やクリーン性に優れウェット洗浄プロセスで使用されるふっ素樹脂製品や、耐プラズマ性に優れドライエッチングプロセスで使用されるふっ素ゴムシール材、その他フィルター製品やヒーター製品等を展示しました。特に、耐薬液透過性と内面平滑性を向上させた新製品「ナフロン® PFA-UGチューブ」について、多くのご興味・ご好評をいただきました。

本年度は新型コロナウイルスにより開催が3か月延期となる中、デバイスメーカー様や装置メーカー様に弊社ブースにご来場いただきましたことを厚く御礼申し上げます。



第21回中国環境博覧会に出展しました

2020年8月13日～15日に上海で開催された第21回中国環境博覧会に出展しました。

本展示会は、水・大気・ゴミ・土壌・リサイクル・その他環境全般に関するアジア最大級の環境展であり、日系・欧米企業も多数参加しています。

昨今の中国での環境規制の厳格化に伴い、2019年の本展示会来場者数も7万人を超えるなど、年々環境ビジネスへの関心が高まっています。

弊社は2016年から中国環境博覧会に毎年参加しており、今回で5度目の参加となりました。

今年も、中国での厳格な環境規制の問題を解決できる製品として好評をいただいている低濃度有機溶剤濃縮機をメインに展示しました。ニチアス独自開発の新製品を大々的にパネル展示し、またブース色調も中国のお客さまが好む色調にリニューアルすることにより、弊社ブースでは過去5年間で最も多くの方にご来場いただきました。

弊社は毎年この中国環境博覧会の他、広州や重慶での環境展にも参加しておりますので、新型コロナウイルスが収束した折には、ぜひ弊社ブースまでお越しください。

ご来場いただいたお客さま方、出展に当たりご協力いただいた皆様には厚く御礼申し上げます。



「ニチアス技術時報」 バックナンバー

No.390 2020/3号



- 〈製品紹介〉 PTFE テープ
TOMBO™ No.9001 「ナフロン® PTFE テープ」
- 〈新製品紹介〉 耐プラズマ性パーフロロエラストマー
TOMBO™ No.2675-C3 「ブレイザー® Oリング -C3」
TOMBO™ No.2675-C4 「ブレイザー® Oリング -C4」
- 〈新製品紹介〉 高純度薬液移送用 PFA チューブ
TOMBO™ No.9003 「ナフロン® PFA-UG チューブ」
- 〈解説〉 パリ協定について（後編）～パリ協定の意義およびニチアスとの関わり～

No.389 2020/2号



- 〈技術レポート〉 ゴム材料のプラズマ耐性に関する研究
- 〈工事实績紹介〉 SPB® 方式大型 LNG 運搬船のタンク防熱工事
- 〈解説〉 パリ協定について（前編）～パリ協定の意義およびニチアスとの関わり～
- 〈連載〉 ニチアスの「断つ・保つ®」技術を支える CAE（第2回）

No.388 2020/1号



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈製品紹介〉 巻付け耐火被覆材
TOMBO™ No.5520 「マキベエ®」高密度仕様
- 〈寄稿〉 JIS A 9501（保温保冷工事施工標準）の改正に寄せて
- 〈連載〉 ニチアスの「断つ・保つ®」技術を支える CAE（第1回）
- 〈技術レポート〉 積層防音材の音響特性最適化に関する研究

No.387 2019/4号



- 〈新製品紹介〉 超高温用うず巻形ガスケット
TOMBO™ No.1838R-NM 「ボルテックス® ガスケット -NM」
- 〈製品紹介〉 アルミナファイバー応用製品
TOMBO™ No.5461 「RF ボード™」
TOMBO™ No.5462 「RF モールド™」
TOMBO™ No.5655 「ファインブロック®」
TOMBO™ No.5464 「RF キャスト™」
- 〈解説〉 平成 30 年度省エネ大賞経済産業大臣賞（ビジネスモデル分野）受賞
エアロジェル「増し保温®」工法による保温材熱ロス削減

バックナンバーは当社のホームページ (<https://www.nichias.co.jp/>) でもご紹介しております。

次号 No.392 2021/1号は 2021 年 1 月発行予定です。

* 本号に記載のTMおよび®を付したものはニチアス(株)の商標または登録商標です。

ニチアス株式会社

<https://www.nichias.co.jp/>

【東日本地区】

札幌支店	TEL (011) 261-3506
苫小牧営業所	TEL (0144) 38-7550
仙台支店	TEL (022) 374-7141
福島営業所	TEL (0246) 38-6173
日立営業所	TEL (0294) 22-4321
鹿島支店	TEL (0479) 46-1313
宇都宮営業所	TEL (028) 610-2820
前橋営業所	TEL (027) 224-3809
千葉支店	TEL (0436) 21-6341
東京支社	TEL (03) 4413-1191
横浜支店	TEL (045) 508-2531
神奈川支店	TEL (046) 262-5333
新潟営業所	TEL (025) 247-7710
山梨営業所	TEL (055) 260-6780

【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡支店	TEL (054) 283-7321
浜松支店	TEL (053) 450-2200
名古屋支社	TEL (052) 611-9200
豊田支店	TEL (0565) 28-0519
四日市支店	TEL (059) 347-6230

【西日本地区】

京滋支店	TEL (0749) 26-0618
大阪支社	TEL (06) 6252-1371
堺営業所	TEL (072) 225-5801
神戸営業所	TEL (078) 381-6001
姫路支店	TEL (079) 289-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3621
長崎支店	TEL (095) 801-8722
熊本支店	TEL (096) 292-4035
大分営業所	TEL (097) 551-0237

本 社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
工事業業部	TEL (03) 4413-1124
基幹製品事業部	TEL (03) 4413-1123
プラント営業部	TEL (03) 4413-1126
・工業製品事業本部	TEL (03) 4413-1131
海外営業部	TEL (03) 4413-1132
・高機能製品事業本部	TEL (03) 4413-1141
・自動車部品事業本部	TEL (03) 4413-1151
海外営業部	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161
・研究開発本部	TEL (03) 4413-1181

研 究 所

・鶴見 ・浜松

工 場

・鶴見 ・王寺 ・羽島 ・袋井 ・結城

海外拠点

・インドネシア ・マレーシア ・シンガポール ・ベトナム
・タイ ・中国 ・インド ・ドイツ ・チェコ ・メキシコ

- ・記載の内容は予告なく変更することがありますので、当社製品をご使用の際は、カタログの最新版を入手いただき内容をご確認ください。
- ・本冊子作成にあたっては内容の正確性に最大限の注意を払っておりますが、本冊子内のすべての情報、説明、推奨事項が、何らかの保証を行うものではないことをご承知ください。
- ・本冊子に記載の使用方法等が第三者の知的財産権を侵害しないことを保証するものではありません。
- ・本冊子に記載の情報について、複写、模倣、流用、転載などの著作権法によって保護されている権利を侵害する行為は固くお断りします。