

C-THERM
TRIDENT

熱伝導率測定装置

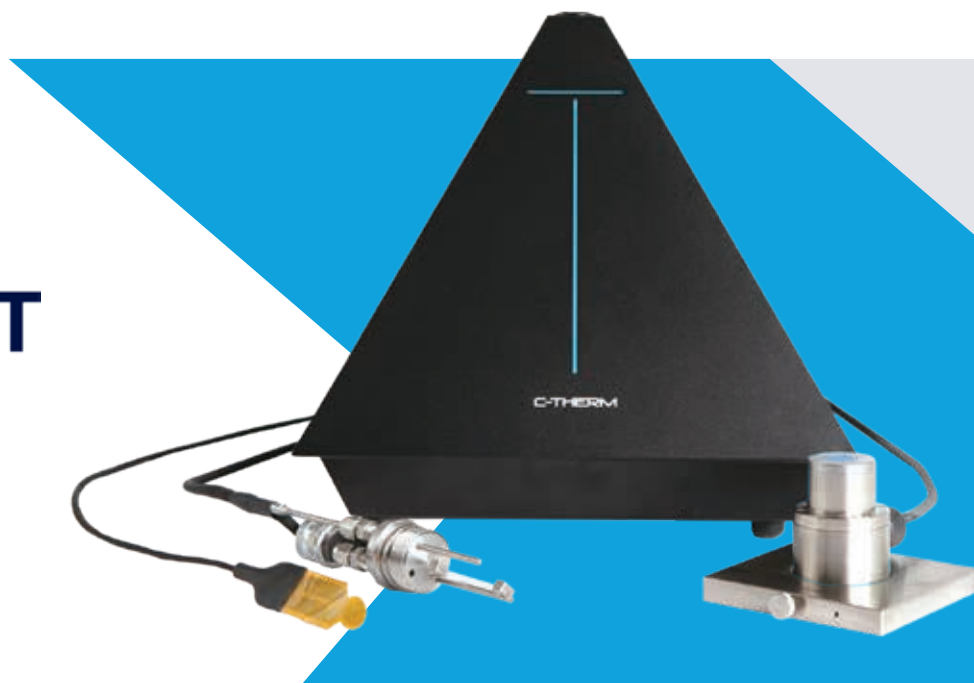


熱伝導率測定の研究の究極のツールボックス
～複数センサーをオプション搭載～

最新のセンサー技術が仕事の効率化を実現

熱伝導率測定装置 TRIDENT

固体はもちろん、
ペースト、粉体、液体も！
3秒以内に測定可能



C-Therm社の熱伝導率測定装置TRIDENTはラボ・品質保証・製造環境に向けて、簡便で正確な熱伝導率を測定できるように設計されており、測定に校正と試料成形は不要です。

3秒以内^{※1}という非常に短い時間で固体・液体・粉体・ペースト試料を測定できます。非破壊センサーなので測定後の試料は再利用可能であり、加熱機器・グローブボックス^{※2}などといった様々な環境下で 사용할 ことができます。

※1 冷却に要する時間を含めると1分程度になります。

※2 信号ケーブルの取り付けに別途改造が必要な場合があります。



MTPSセンサー（標準）



高速、簡単、高精度

片面型の「プラグ&プレイ」センサーで、固体、液体、粉体、ペーストの測定に適しています。幅広いサンプルに対応可能です。

測定可能サンプル例

- 液体 ● 粉体 ● セラミックス・ガラス ● 金属
- スラリー、ペースト、ゲル

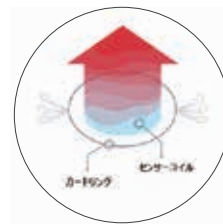
動作原理

1. 既知の電流をスパイラル発熱体に印加し、サンプルへ少量の熱を供給
2. ガードリングヒーターがセンサーを囲み、試料への一次元熱伝達を支援
3. 印加電流により界面温度が上昇し、センサー素子の電圧上昇を観測
4. 熱伝導率は接触点の温度上昇率に反比例

非定常法

改良非定常平面熱源（MTPS）法

- 短時間測定が可能
1～3秒のパルスで、迅速に熱伝導率と熱拡散率を直接測定
- シンプルな片面接触測定
試料とセンサー間の温度変化を利用した効率的な測定が可能
- 幅広い材料対応
発泡体のような低熱伝導材料から金属のような高熱伝導材料まで、詳細な熱伝達特性の解析が可能



複数のセンサー オプション

TRIDENTは、熱伝導率測定のための究極のツールボックスとして、3つの異なる過渡法（MTPS、TPS Flex、THW）を1つのモジュール式パッケージに統合しています。オプションセンサーを追加することでサンプルに最適な測定が可能になります。



TPS Flexセンサー（オプション）

柔軟な両面型センサー

さまざまなサイズが選べ、実験パラメータを細かく調整可能です。TPSセンサーは、上級ユーザーにとって理想的な選択肢です。

測定可能サンプル例

- 金属やセラミックスの薄板
- バルク（固体）
- 高分子フィルム（薄膜）
- 異方性バルク材料

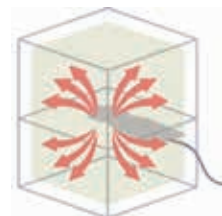
動作原理

1. スパイラル加熱センサーに電力を印加し、サンプルへ熱を供給。界面温度上昇に伴い、センサー素子の電圧が変化
2. 初期測定結果をもとに、時間・電力・センサーサイズを推定し、新パラメータで測定を繰り返す（ISO 22007-2に準拠）
3. 測定と分析を重ね、熱伝導率・熱拡散率・比熱容量を算出

非定常法

非定常平面熱源法

- 多用途に対応
熱伝導率、熱拡散率、比熱容量を一度に測定可能で、ISOに準拠
- 柔軟な測定条件
初期測定結果をもとに測定条件（時間、電力、センサーサイズ）を最適化
- 高精度解析
測定データは温度-時間のプロットとして出力され、繰り返し解析で信頼性の高い結果を提供



THWセンサー（オプション）

液体を高速測定

THWプローブは、冷却液の熱伝導率測定に最適です。

測定可能サンプル例

- 流体試験材料他
- エンジン冷却材
- バッテリー冷却材
- MTPSセンサーとの反応性が高い液体材料

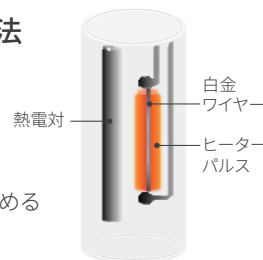
動作原理

1. 既知の電流を白金ワイヤーに流し、温度を上昇させる
2. ワイヤーの電圧を温度に換算し、測定中サンプルへ連続供給
3. サンプルの熱伝導率は、対数時間に対する温度上昇率に反比例

非定常法

TRIDENT細線加熱（ホットワイヤー）法

- 液体材料の測定に最適
冷却液や流体の測定で広く活用され、自動車産業でも実績あり
- 迅速かつ高精度
細い白金ワイヤーを用い、温度変化を1秒で測定して熱伝導率を求める
- 国際規格に準拠
ASTM D7896-19に対応し、信頼性と再現性の高い結果を提供





改良非定常平面熱源法

Modified Transient Plane Source (MTPS)

準拠国際規格：ASTM D7984

シンプルで正確、材料の熱伝導率と熱浸透率を
直接測定する片面センサーを採用

どんな試料でも、置くだけで、あっという間に測定、
しかも正確、設定温度も幅広く

- 多彩な試料対応

固体・粉体・液体・ゲルなど、試料の形状を問わず測定可能。さまざまな材料の分析に適しています。

- 簡単な試料準備

試料を置くだけで、煩雑な前処理は不要。

- 高速測定

測定時間は3秒以内。多数の試料も短時間で測定可能。

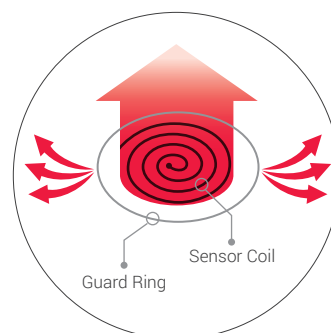
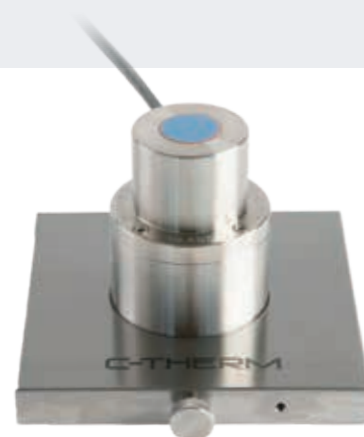
- 高い測定品質

正確かつ高精度で、優れた再現性を実現。

- 容易な温度設定

サンプルの熱伝導率の温度依存性を高い再現性で測定可能。

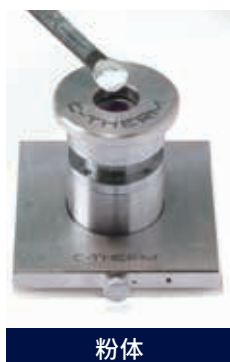
-50~200℃の範囲で、冷凍庫やオープン内でも簡単に設置できます。



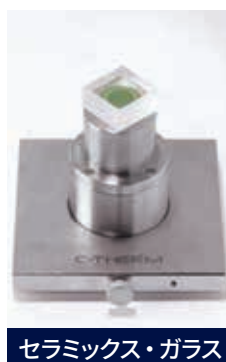
固体、液体、粉体、ペーストの測定に適した片面タイプの「プラグ&プレイ」センサー



液体



粉体



セラミックス・ガラス

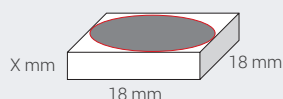


金属



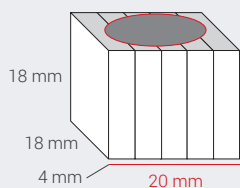
MTPS サンプル設定オプション

固体



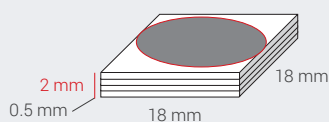
Standard Setup

測定可能な厚さは熱伝導率によって異なる



In-Plane

- 小さすぎる場合は積み重ね可能
- 滑らかで平らな表面が必要
- クランプまたは結合



Through-Plane (積層)

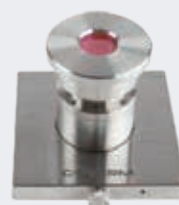
- 高伝導率材 ($>10 \text{ W/mK}$) には適さない
- 厚さは熱伝導率に依存

非固体



Powders

微粉体 ($<100 \mu\text{m}$) が最適



Liquids

- 少容量 (3 mL以下)
- 低粘度、高粘度液の両方に適合
- シールタイプによる化学的適合性

MTPSセンサー アプリケーション

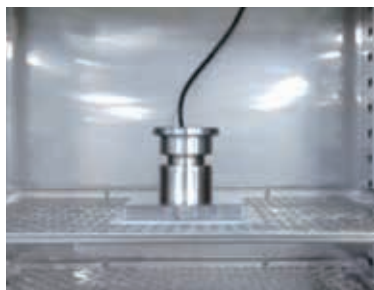
熱伝導率の温度依存性評価

固体・液体

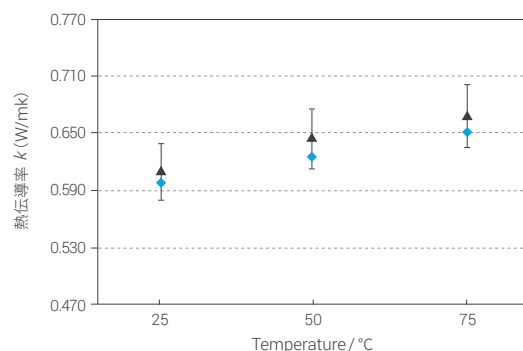
金属、非金属、複合材料、セラミックス、
半導体、ポリマー、溶液

分野

液体、溶剤、化粧品、電子機器、
熱交換器、冷却装置、省エネ建築



蒸留水の熱伝導率（温度依存性）



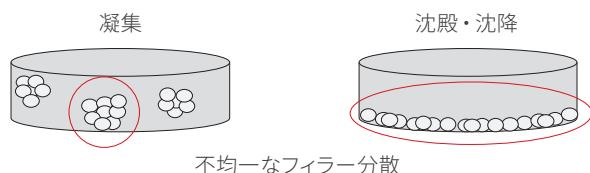
無機フィラー（熱伝導性フィラー）の熱伝導率の評価

粉体

シリカ、アルミナ、窒化アルミ

分野

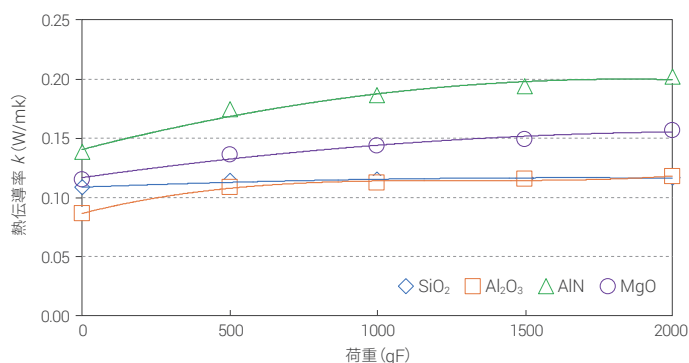
プラスチック、ゴム製品



フィラーは、材料の「高物性や高機能、あるいはコストダウンを実現するために添加される充填剤であり、様々な複合化材料の鍵となる素材です。不均一なフィラー分散は、熱放散を不均一にし、性能を低下させ、安全上のリスク（熱暴走）を増大させます。

荷重 (gF)	熱伝導率 k (W/mK)			
	無機フィラー（粉体）			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	AlN	MgO
0	0.1082	0.0862	0.1378	0.1151
500	0.1136	0.1087	0.1742	0.1358
1000	0.1151	0.1124	0.1864	0.1436
1500	0.1159	0.1153	0.1936	0.1490
2000	0.1166	0.1178	0.2019	0.1568
バルク材*	10	37	~270	60

* 電子機器・部品用放熱材料の高熱伝導化および熱伝導性の測定・評価技術、技術情報協会



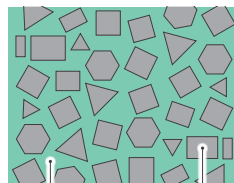
ペースト・スラリー試料を再現性良く測定、評価

ペースト・スラリー体

Ni-Cr金属スラリー

分野

塗料、インク、
鑄型形状の変更、
微細化、造形



有機バインダー

粉体粒子



No.	合金スラリー		合金粉末荷重 (1057 gF)	
	温度 (°C)	熱伝導率 (W/mk)	温度 (°C)	熱伝導率 (W/mk)
1	23.9	0.338	24.2	0.226
2	23.9	0.338	24.2	0.227
3	23.9	0.338	24.2	0.227
4	24.0	0.340	24.3	0.227
5	24.0	0.340	24.3	0.226
平均値	23.9	0.339	24.2	0.227
RSD (%)	—	0.3	—	0.2



オプションセンサー

非定常熱線法 Transient Hot Wire (THW)

準拠国際規格：ASTM D7896-19

熱線センサーを使用して、熱的に安定している

非導電性液体サンプル (0.01 ~ 2 W/mK) の測定が可能

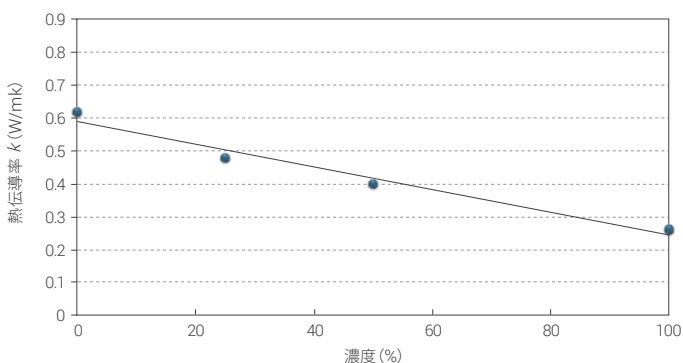
- 液体、ゲルの熱伝導率を測定
- 自動車用の冷却剤などの低粘性流体、反応性の強い非導電性液体の測定に推奨

THWセンサー アプリケーション

エチレングリコールの熱伝導率の温度依存性

測定試料

蒸留水、エチレングリコール (25%、50%、100%)



エチレングリコールの熱伝導率の濃度依存性結果 (室温27°C) は、クーラントの濃度が増加すると、熱伝導率が直線的に減少する (エンジン冷却効果は下がる) ことを示しています。エンジン冷却効果を上げるにはクーラントの濃度を下げる必要があります。この特性を利用し、一般的に、クーラントの濃度は30%~60%が推奨されており、熱伝導率は、0.487~0.385 W/mK相当になることが分かりました。

TRIDENT/THWセンサーを用いることで、短時間にて、クーラントの熱伝導率を簡便に評価でき、適切な濃度の設定に有効な手段となります。





オプションセンサー

非定常平面熱源法 Transient Plane Source (TPS Flex)

準拠国際規格：ISO 22007-2、GB/T 32064

フレキシブルな両面センサーで、材料の熱伝導率、
熱拡散率、比熱容量を同時に測定

- 測定パラメータを柔軟に制御
- 4種類のユーティリティを装備
バルク・スラブ (標準)、薄膜・異方性 (オプション)
- 3種類のセンサー サイズ径
($\phi 6$ mm、13 mm、30 mm) でアプリケーションに
適したサイズを選択可能

測定サンプルの形態に合わせたオプションユーティリティ



TPS Flexセンサー アプリケーション



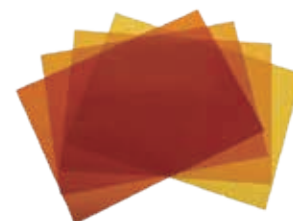
等方性ポリマーフィルムの評価

薄膜

放熱材ポリマーシート

分野

パワーエレクトロニクス、絶縁膜、
表面保護膜



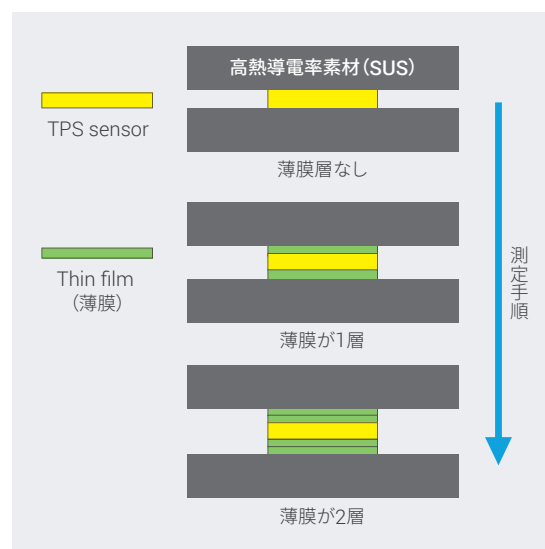
- ・ 低伝導率材料 (20~500 μm 厚、5 W/mK以下、through-plane) に有効
- ・ 面内1%以内の均一な厚さのフィルムサンプルを4枚以上使用
- ・ 連続的なフィルムの積層の測定手順

測定試料

膜厚の異なる3種類のポリイミド、カプトン®フィルム (25 μm , 55 μm , 225 μm)

※ それぞれ4枚準備

熱伝導率 k (W/mK)			
種類	ポリイミド、カプトン®		
膜厚 (μm)	25	55	225
TPS Flex (薄膜Utility)	0.195	0.195	0.208





高熱伝導性スラブサンプルの評価

薄板

金属、合金、セラミックス

分野

金属、セラミックス放熱基板、
パワーデバイス

- ・ 高熱伝導率材料 (1~3 mm厚、10 W/mK以上、in-plane) に有効
- ・ サンプルの厚さ (0.01 mm分解能) を入力
- ・ サンプルの直径要件はセンサーのサイズに依存

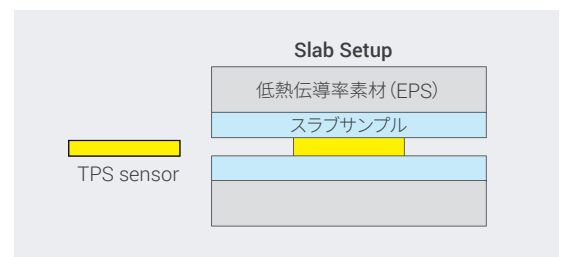
測定試料

SUS304 (300 μ m)、銅 (500 μ m)、96%アルミナ (1 mm)、アルミニウム (2 mm)

※ それぞれ2個準備

種類	熱伝導率 k (W/mK)			
	スラブ (薄板) サンプル			
	SUS304	Cu	96%Al ₂ O ₃	Al
板厚 (mm)	0.3	0.5	1	2
TPS Flex (スラブUtility)	15.9	393	23.3	229.6
バルク材*	16.3 ⁽¹⁾	398 ⁽²⁾	23 ⁽³⁾	237 ⁽²⁾

※ 出典：(1) ステンレス協会、(2) 機械工学便覧、(3) ニッコー株式会社



熱伝導率の異方性評価

固体

結晶性高分子、紙、繊維、CFRP

分野

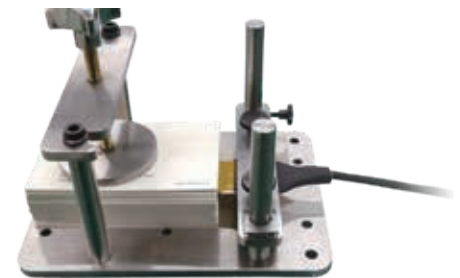
断熱建材、放熱材

- ・ 直交異方性 (orthotropic) 材料に限定
- ・ 面内 (in-plane: x-y) および貫通 (through-plane: z) 特性の両方を測定
- ・ 容積比熱 (Cp) (MJ/m³K) (比熱×密度) を入力
- ・ サンプルサイズ要件 (試料セット方法) はバルク材と同様

測定試料

市販の紙の名刺 (50~100枚)

熱伝導率 k (W/mK)				
TPS Flex				MTPS
TPS 異方性			TPS/バルク	
厚さ方向 z	面内方向 x-y	面一厚さ 合成	面一厚さ 混合	厚さ方向 Z
k_z	k_{x-y}	$k_{z, x-y \text{ Calc.}}$	$k_{z, x-y}$	k_z
0.099	0.646	0.253	0.260	0.099

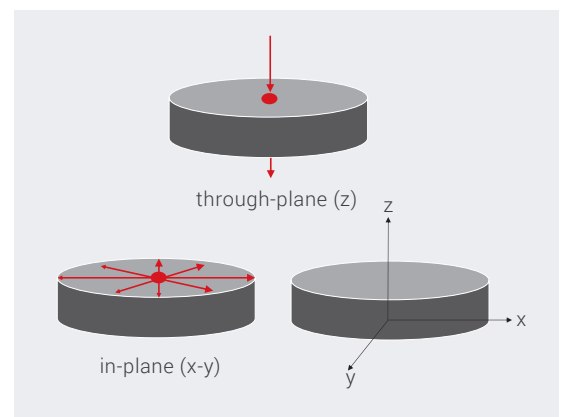


k_z : 厚さ方向の熱伝導率 (through-plane)

k_{x-y} : 面内方向の熱伝導率 (in-plane)

$$k_{z, x-y \text{ Calc.}} = \sqrt{k_z * k_{x-y}}$$

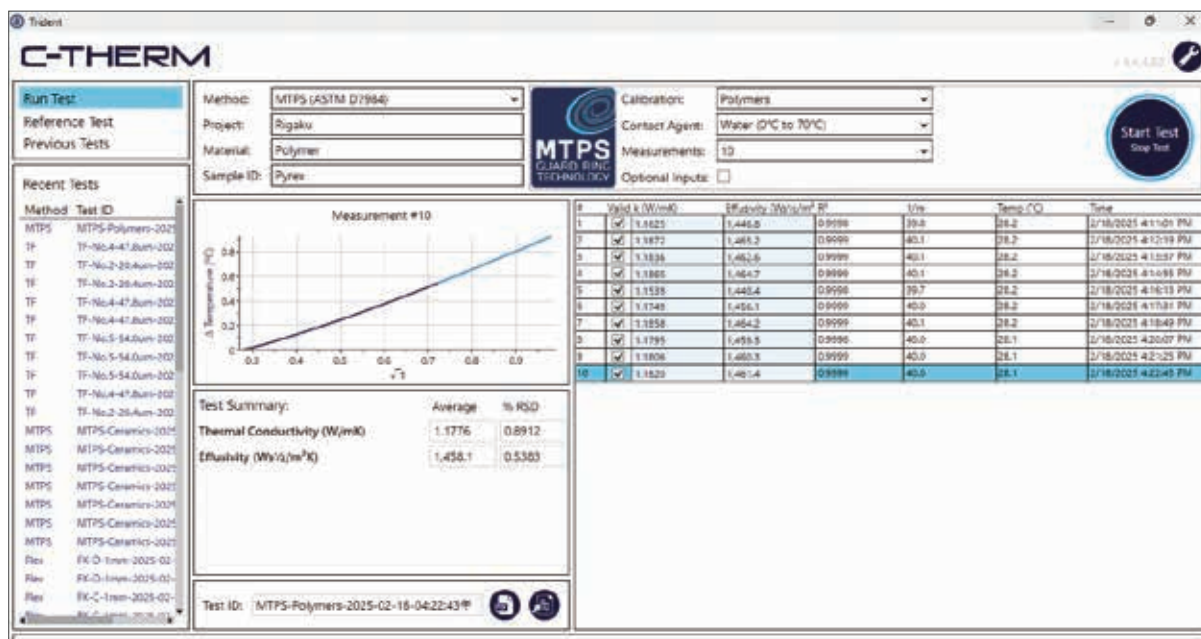
$k_{z, x-y \text{ Calc.}}$: k_z と k_{x-y} を合成した熱伝導率



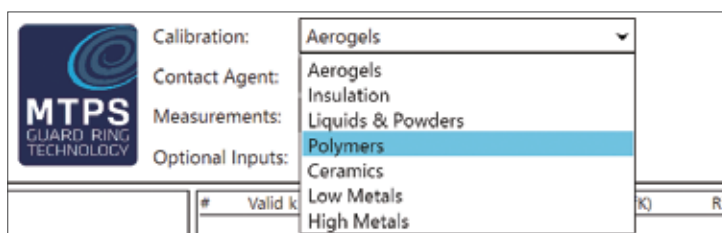
ソフトウェア



TRIDENTシステム用に開発されたソフトウェアで3種類のセンサーすべてを共通で制御します。
非常に使いやすく、操作も簡単です。1つのソフトウェアで完全なデータ取得と分析が可能です。



MTPS測定では、材料種別を
ドロップダウン選択するだけ。
詳細測定条件の設定は一切不要です。

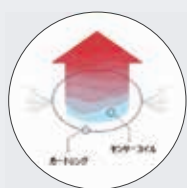


<参考> 伝導率の測定法

TRIDENT測定法

非定常法

MTPS センサー

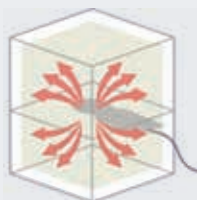


改良非定常平面熱源 (MTPS) 法

- 短時間測定が可能
1～3秒のパルスで、迅速に熱伝導率と熱拡散率を直接測定
- シンプルな片面接触測定
試料とセンサー間の温度変化を利用した効率的な測定が可能
- 幅広い材料対応
発泡体のような低熱伝導材料から金属のような高熱伝導材料まで、詳細な熱伝達特性の解析が可能

非定常法

TPS Flex センサー

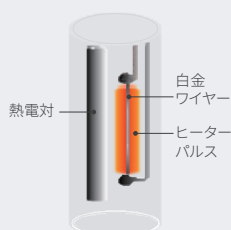


非定常平面熱源法

- 多用途に対応
熱伝導率、熱拡散率、比熱容量を一度に測定可能で、ISOに準拠
- 柔軟な測定条件
初期測定結果をもとに測定条件（時間、電力、センサーサイズ）を最適化
- 高精度解析
測定データは温度-時間のプロットとして出力され、繰り返し解析で信頼性の高い結果を提供

非定常法

THW センサー



TRIDENT細線加熱 (ホットワイヤー) 法

- 液体材料の測定に最適
冷却液や流体の測定で広く活用され、自動車産業でも実績あり
- 迅速かつ高精度
細い白金ワイヤーを用い、温度変化を1秒で測定して熱伝導率を求める
- 国際規格に準拠
ASTM D7896-19に対応し、信頼性と再現性の高い結果を提供

一般的な測定法

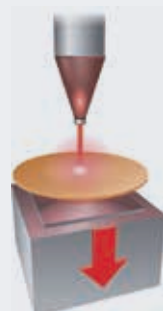
定常法



- 両端の既知試料と間に挟んだ試料の温度勾配量の比較測定
- 最大2 W/mK
- 最小150×150 mmの固体形状のサンプルが必要

- 測定のスループットが悪い
- 1サンプルの測定に半日～1日を要し、多大な時間が必要

非定常法

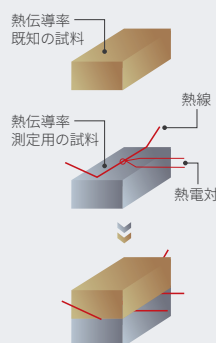


レーザーフラッシュ法

- 表面を黒色化した固体試料の表面にレーザーを照射して測定。得られた熱拡散率から比熱・密度を用いて熱伝導率を算出
- 最大500 W/mK
- φ12.4 mmの定型化された固体サンプルが必要

- 固体かつ均質で緻密な試料を要求
- 繊維や粒状物質の複合や積層材料は不適
- 熱伝導率の小さい物質は測定不可

非定常法



従来型細線加熱 (ホットワイヤー) 法

- 均質・緻密で長尺なサンプルが必要
100 mm×50 mm以上 (t10 mm～t30 mm)
- 最大12 W/mK
- 電気伝導体の場合には細線被覆が必要

- 測定時間が長い
- 対流の影響を受け液体測定には不適

仕様

	MTPSセンサー			
モジュールタイプ	Max-k	Classic-k + Aerogels	Classic-k	Basic-k
測定範囲 (W/mK)	0.01～500	0.01～120	0.03～120	0.03～10
測定時間	0.8～3秒			
センサーサイズ	φ18 mm			
試料サイズ	固体：最小径 φ18 mm (90 W/mK未満) φ17.7～18 mm、厚み 38 mm以上 (90 W/mK以上) 最小厚み 1 mm (1 W/mK以下の場合) ※1 液体・粉体：1.8 mL			
測定温度	-50℃～200℃			
測定精度	<1.2%			
測定確度	<5%			
準拠国際規格	ASTM D7984			

※1 最小厚みは熱伝導率に依存

	TPS Flexセンサー			
測定ユーティリティ	Bulk	Slab	Thin Film	Anisotropy
標準/オプション	標準	標準	オプション	オプション
測定範囲 (W/mK)	0.03～500	10～500	0.03～5	0.03～500
有効センサー サイズ径	6 mm、13 mm、30 mm	13 mm、30 mm	13 mm	13 mm
測定時間	10～180秒			
試料サイズ (最小)	直径	センサー直径×2.5	センサー直径×2.5	センサー直径
	厚さ	センサー直径	1～3 mm	20 μm～500 μm (トータル厚み)
測定温度	-50℃～80℃			
測定精度	<2%			
測定確度	<5%			
準拠国際規格	ISO 22007-2, GB/T 32064			

	THWセンサー
試料形状	非導電性液体、ゲル (測定中試料が熱的に安定していること)
試料容量	40 mL
センサー構成	シャーシ (SUS)、セル (SUS)、露出型白金ワイヤーセンサー
測定範囲 (W/mK)	0.01～2
測定温度	-40℃～100℃
測定精度	<4%
測定確度	<5%
準拠国際規格	ASTM D7896-19



ユーティリティ	単相AC100 V、50/60 Hz、1 A、アース付きコンセント1口
寸法	320 (W) × 320 (H) × 320 (D) (mm)
重量	コントローラー部4 kg

※ TRIDENTはC-THERM社の商標または登録商標です。
※ その他、各社の社名、商品名はそれぞれ各社の商標または登録商標です。
※ リガクはC-THERM社製TRIDENTの日本国内販売総代理店です。

製品改良にともない、やむをえず仕様・外観などを予告なく
変更させていただく場合があります。ご了承ください。



株式会社 **リガク** 〒196-8666 東京都昭島市松原町3-9-12
☎ (042) 545-8111 (代表電話案内) FAX. (042) 544-9795

東京支店 / 〒151-0051 渋谷区千駄ヶ谷5-32-10 ☎ (03) 5312-7077 FAX. (03) 5312-7078
大阪支店 / 〒569-1146 高槻市赤大路町14-8 ☎ (072) 696-3387 FAX. (072) 694-5852
東北営業所 / 〒980-0804 仙台市青葉区大町1-2-16 ☎ (022) 264-0446 FAX. (022) 223-1977
名古屋営業所 / 〒461-0002 名古屋市東区代官町35-16 ☎ (052) 931-8441 FAX. (052) 931-2689
九州営業所 / 〒802-0005 北九州市小倉北区堺町2-1-1 ☎ (093) 541-5111 FAX. (093) 541-5288