

NETZSCH

Proven Excellence.

Kinexus シリーズ

— 回転型レオメーター —



Analyzing & Testing

Kinexus シリーズ

分散系レオロジーの評価に開発設計された
回転型レオメーター



スラリー、ペースト、ゲル、エマルジョン、各種溶液、泡（フォーム）といった分散系サンプルの原液状態での評価だけではなく、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、UV硬化性樹脂といった高分子のバルク状態での評価も1台で可能に。

レオロジー測定のすべてのモードを実装。要求されるひずみ振幅での応力制御、せん断速度制御および直接的なひずみ制御を行った振動により、試料のひずみ履歴の正確なコントロールを実現しています。



キネクスレオメーターの主な利点

- 従来の回転型を超える高精度な測定
高性能エアベアリング、高分解能オプティカルエンコーダーおよびDSP(デジタル信号処理)技術により、回転型粘度計や従来の回転型レオメーターではなしえなかった微小トルク域や超低せん断域までの測定が可能です。
- わずか数秒で交換可能な温調ユニット
温調ユニットはカートリッジタイプなので、スロットに抜き差しするだけで、誰でも簡単に数秒で交換が可能です。サンプルやアプリケーションに応じて温調ユニットを使い分ける場合に、非常に便利です。
- レオメーターとして初のSOP機能
SOP(標準操作手順)機能やジオメトリの自動認識機能により、オペレータに由来する誤差を最小限にします。
- 作業しやすいフレーム設計
アルミダイキャスト一体型のH型フレームにより高剛性を実現しました。加えて、オペレータの作業スペースを最大限に確保する設計になっています。
- 省スペース
制御用の外部ボックスを内部に一体化したので、置き場所をとりません。レオメーター本体とPCの通信は、USBケーブル1本のみです。

Kinexus シリーズ 装置概要

モーターアセンブリー

レオメーターの心臓部であり、高性能エアークリアリング、低慣性のドラッグカップモーター、回転数や回転位置を検知するオプティカル エンコーダー、垂直方向の荷重を検知するひずみゲージ式ノーマルフォースなどがアセンブリーとして内蔵されています。

タッチパッド

ソフトウェアと連動して、サンプルセット時などの必要なタイミングでボタンにランプが付くので、直感的な操作が可能です。次のステップに進んだり、Yes/No の質問に答えるときなどに使用します。

チャック

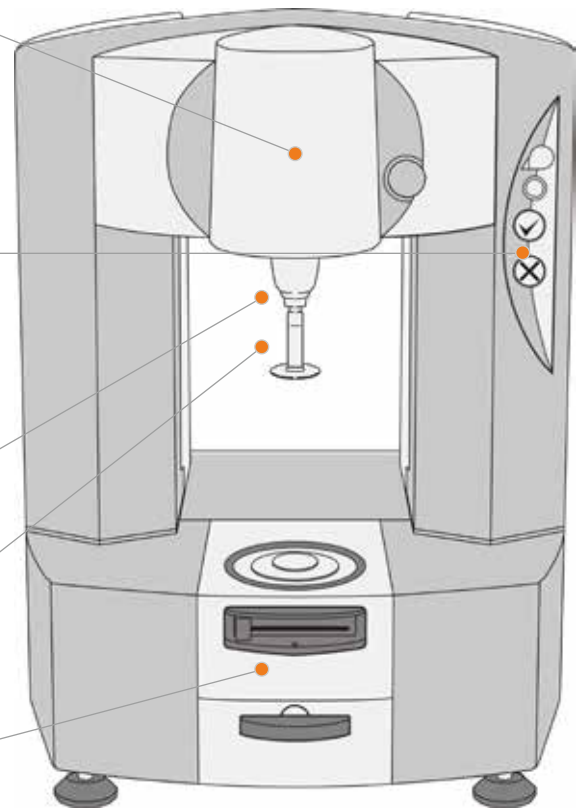
上部ジオメトリーを固定します。

上部ジオメトリー

シャフトの先端に付いている RFID タグにより、ジオメトリーは自動で認識されます。ワンタッチでジオメトリーの取り付け/取り外しが可能です。(P7 を参照)

温調ユニット

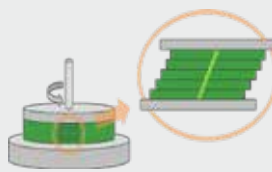
カートリッジになっており、交換が簡単です。



測定原理 — 回転型レオメーターによる粘度・粘弾性測定とは —

粘度測定

ジオメトリーの中にサンプルをセットし、モーターを一方向に回転させることにより、せん断を印加します。回転数（せん断速度）、回転抵抗（トルク）、ジオメトリーの形状因子からせん断粘度を求めます。非ニュートン性流体においては、せん断速度に依存して粘度がどのように変化していくのかを捉えることが重要です。

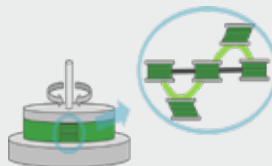


$$\eta = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}}$$

η : 粘度、 σ : 応力、 $\dot{\gamma}$: せん断速度
 応力 = トルク × ジオメトリー形状因子
 せん断速度 = 回転数 × ジオメトリー形状因子

粘弾性測定

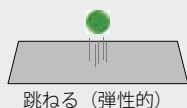
ジオメトリーの中にサンプルをセットし、モーターを左右に周期的に振動させ、振幅ひずみ、振幅応力、位相角（応答の遅れの程度）から粘弾性関数を求めます。同じ材料であっても、観測する時間スケールや温度域により、粘性的な性質が支配的であったり弾性的な性質が支配的になります。



$$G^* = \frac{\sigma_0}{\dot{\gamma}_0}$$

$$G' = G^* \cos \delta \quad G'' = G^* \sin \delta$$

G^* : 複素弾性率、 σ_0 : 振幅応力、 $\dot{\gamma}_0$: 振幅ひずみ
 G' : 貯蔵弾性率、 G'' : 損失弾性率、 δ : 位相角
 振幅応力 = トルク × ジオメトリー形状因子
 振幅ひずみ = 振幅量 × ジオメトリー形状因子



多彩な粘度・粘弾性測定を1台で実現

ビスコメトリー

流動性に関する性質を調べるために用いられます。Kinexusシリーズでは、応力制御も回転数（速度）制御も1台で可能なので、回転粘度計よりも様々な測定モードに対応可能です。

- **フローカーブ（流動曲線）/粘度曲線**

流動パターンの分類や非ニュートン性を評価するために用いられます。

- **3ステップシエア**

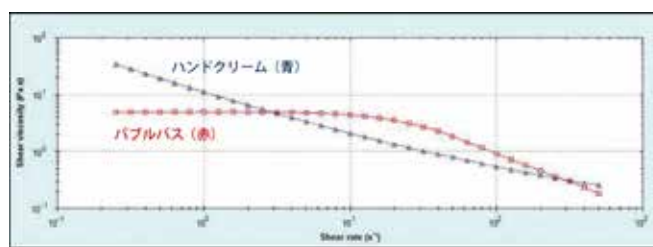
時間に対して矩形状のせん断を印加します。2ステップ目で高せん断を印加し、3ステップ目の低せん断時の粘度回復の時間依存性の様子から、チクソ性による構造回復を評価します。

- **シエアランプ**

せん断を連続的に変えること（ランプ）により、材料が固体的の性質から液体的の性質へ転移する点（降伏値）を評価するために用いられます。

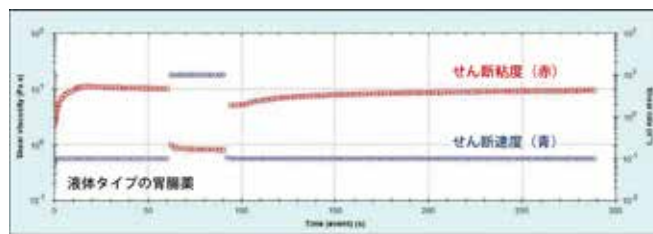
- **温度依存性と時間依存性**

温度もしくは時間を変えながら測定します。



せん断速度テーブルによる粘度曲線

ハンドクリームとバブルバスを比較。高せん断では粘度は類似していますが、低せん断時の挙動が異なります。



3ステップシエアによるチクソ性評価

3ステップ目の粘度が1ステップ目の粘度に対してどの程度まで回復するのかという点からチクソ性を評価します。飲料では飲み心地、スラリーなどでは塗布性能に関連しています。

オシレーション

動的粘弾性測定とも呼ばれ、非常に小さな振動変形を印加して測定します。

- **振幅掃引測定**

振幅量を変えながら行う測定です。線形粘弾性領域を決定するために用いられます。

- **周波数掃引測定**

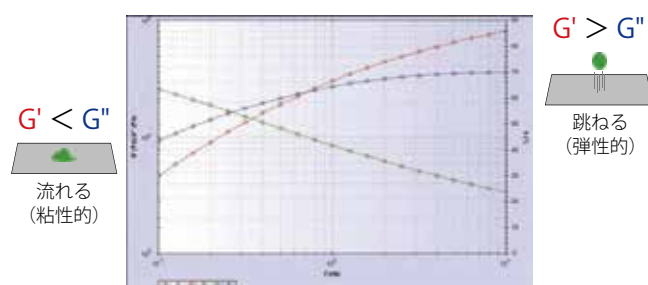
周波数（振幅の周期）を変えながら行う測定です。粘弾性的性質の中でも、より液体的なのかより固体的なのかを評価するために用いられます。

- **温度掃引測定 / 時間掃引測定**

温度または時間を変えながら行う測定です。ゲル化、熱硬化特性、転移挙動の測定などに用いられます。

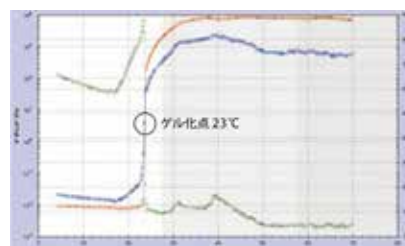
その他の測定モード

上記の他にもクリープ/クリープリカバリー、応力緩和、スクイズフロー、圧縮試験、タック（プルオフ）試験などが可能です。



周波数掃引によるシリコンパテの粘弾性測定

高周波数域では弾性的な性質の方が強く、低周波数領域では粘性的な性質の方が強く現れています。



温度掃引によるプルロニック F127(0.2 g/ml) 水溶液の粘弾性測定
23℃で弾性率が急激に変化し、ゾル-ゲル転移を明確にとらえています。



Kinexus シリーズ アクセサリ

UV硬化アクセサリ

ペルチェシリンダー温調ユニットにUV硬化アクセサリを組み込むことにより、UV硬化性サンプルの光による硬化反応を数値化することが可能です。

下部プレートはUV光を通すためにガラスプレートを使用し、上部プレートはアルミ製のディスプレイプレートを使用します。

特長

- UV照射パルスのオン・オフはソフトウェアにより設定、制御が可能です。
- ペルチェシリンダー温調ユニットに取り付けて使用するので、温調が可能です。
- ソルベントトラップを併用することにより、不活性ガス雰囲気下での測定が可能です。

主なアプリケーション

- インク
- 接着剤
- エポキシ樹脂

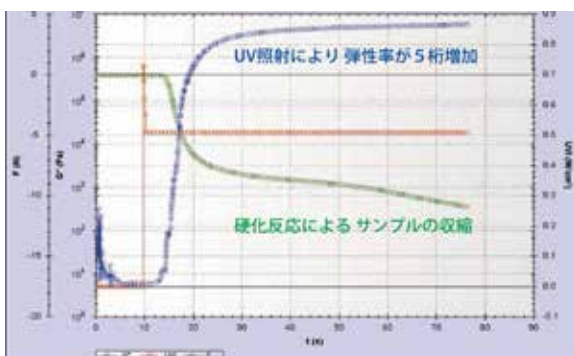
(左) ペルチェシリンダー温調ユニット
(中) オプティカルシリンダーインサート
(右) ソルベントトラップカバー



UV照射装置
OmniCure S2000 とライトガイド



温度	5 ~ 170 °C (ライトガイドを使用する際は 5 ~ 80 °C)
UV ランプ	高圧 200 W 水銀
UV フィルタ	320 nm ~ 500 nm



接着剤のUV硬化挙動

UV照射とオシレーションを組み合わせて測定します。UV照射により硬化反応が進行し、サンプルの収縮や弾性率の増加が見られます。

DMAアクセサリ

DMAとは、Dynamic mechanical Analyzer（動的粘弾性装置）の略です。ペルチェシリンダー温調ユニットにDMAアクセサリを取り付けることにより、樹脂の固体状態における粘弾性の温度依存性を数値化することが可能です。tan δのピークはガラス転移温度（Tg）の簡易的な評価手法として使用されます。



(左) ペルチェシリンダー温調ユニット
(中) シリンダー用カップ
(右) DMAアクセサリとサンプル

DMA測定用シーケンスのソフトウェア画面の例

特長

- ソフトウェアに出てくる画面にしたがって、サンプルを取り付けます (SOP 機能)。
- サンプルとジオメトリーのアライメントを確保するための専用ジグが付属しています。
- 付属のアタッチメントにより、ドライ環境下、ガス雰囲気下、ウェット（浸漬）環境下での測定が可能です。

主なアプリケーション

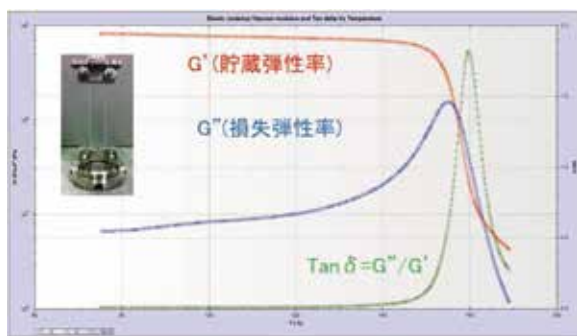
- 熱可塑性樹脂 / ポリマー
- 熱硬化性樹脂（硬化後）
- アスファルト



(左) DMAアクセサリとサンプル
(中) ドライ用アタッチメント+カップ
(右) ウェット用アタッチメント+カップ

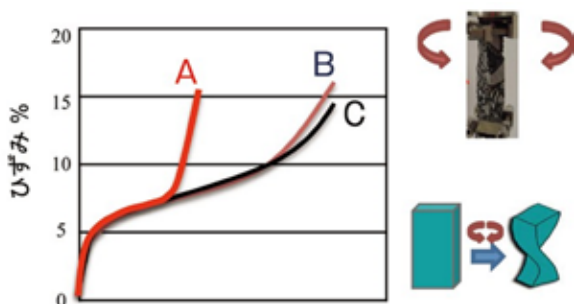


(上) サンプルアライメントジグ
(下) ジグを用いてDMAアクセサリにサンプルを取り付けた状態



樹脂の粘弾性の温度依存性

樹脂やゴムの流動性測定には、温度や本測定までの時間・履歴の管理が極めて重要です。サンプルローディング後から本測定までの間のサンプル履歴を一定にするため、予備圧縮や保持時間の条件を設定するための機能があります。



アスファルトのエイジング評価

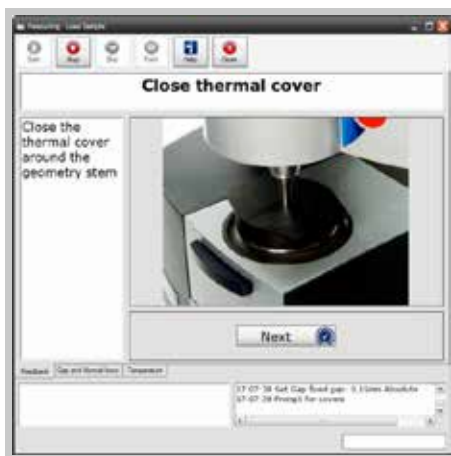
圧力平衡の決定は非常に重要です。どなたでも再現性の高い測定結果を得るために、圧力平衡の自動検知機能があります。また、従来どおりにマニュアルモードで圧力平衡を決定することも可能です。

Kinexus シリーズ

rSpace ソフトウェア

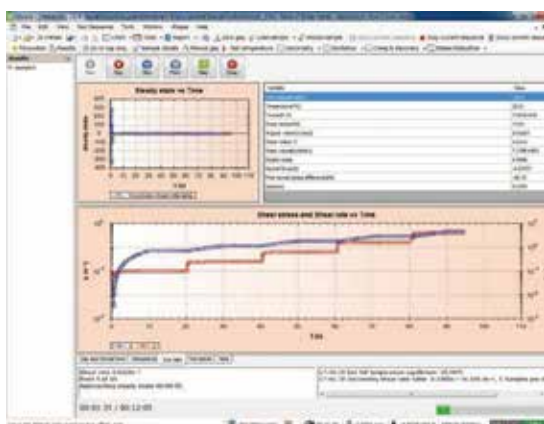
レオメーターとして“初”の SOP を採用

サンプルをセットする際、表示される画面に従うのみ
表示される画像とメッセージの追加・編集、合否判定の追加などカスタマイズ自由



サンプルを取り外す際も、同様に表示される画面に従うのみ

使いやすく拡張性の高い
ソフトウェア

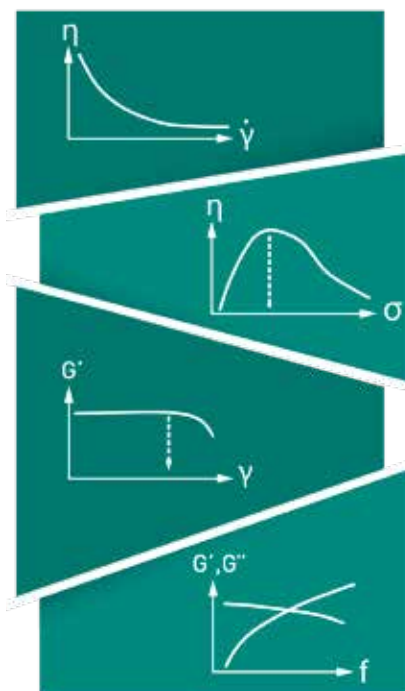


測定トレンドをリアルタイムで表示

測定トレンドがリアルタイムで表示されます。見やすい画面レイアウトで、グラフ、テキストデータなどはタブをワンクリックするだけで切り替え可能です。

多様な解析機能 各種レオロジーモデルを用いたフィッティング

(キャッソンモデル、パワーローモデルなど多数)、特定の値を抽出(例: 1s-1のときの粘度、30分後の粘度、硬化挙動における最低粘度値、 G' と G'' の交点、面積計算によるチクソ性の定量化など)、統計解析、合否判定などといった、測定後のデータ解析機能が充実しています。



Kinexus シリーズ アクセサリ

特長

■ 交換が容易なカートリッジ式ハンドル

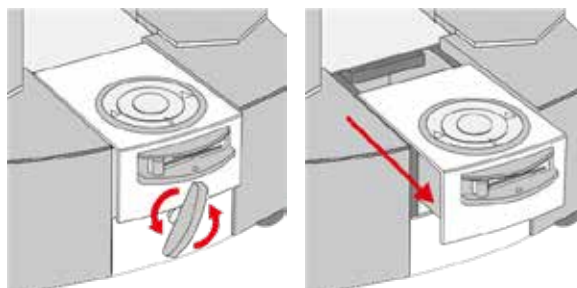
ハンドルを半回転させてカートリッジをゆるめ、手前に引き抜くだけで取り外すことができます。

■ 自動認識温調ユニット

温調ユニットは自動的に認識され自動構成されるので、交換時の設定が不要です。

■ 下部ジオメトリーのための取り付け・取り外し可能

サンプルの回収やジオメトリーの洗浄が非常に簡単です。



① ハンドルを半回転して、カートリッジをゆるめます。

② カートリッジを手前に引くだけで簡単に取り外すことができます。

ペルチェプレートカートリッジ

ペルチェ素子を利用した温調ユニットです。PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）製の簡易カバーを併用することが可能です。時間分散測定やアイドリング時における温度保持に便利です。

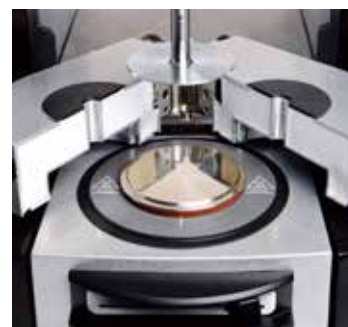
温度範囲	- 40 °C [*] ~ 200 °C
最大加熱速度	30 °C /min
最大冷却速度	30 °C /min
温度分解能	0.01 °C
温度安定性	< ± 0.1 °C



アクティブフードカートリッジ

ペルチェプレートに、温度制御が可能なフードが付いた温調ユニットです。サンプルの温度勾配をより小さくします。非常に高温や低温での測定が必要なときや、温度に対して非常に敏感なサンプルを測定するときに使われます。また、不活性ガスを封入しながらの試験も可能です。

温度範囲	- 40 °C [*] ~ 150 °C
最大加熱速度	30 °C /min
最大冷却速度	20 °C /min
温度分解能	0.01 °C
温度安定性	< ± 0.1 °C



ペルチェシリンダーカートリッジ

筒状のカップ（シリンダー）に、サンプルを入れて測定します。非常に低粘度のサンプル、蒸発しやすいサンプル、泡（フォーム）などの測定に使われます。上部ジオメトリーには、ボブ、ダブルギャップセル、羽根型ジオメトリー、スターチパドルが取り付け可能です。

温度範囲	- 30 °C [*] ~ 200 °C
最大加熱速度	15 °C /min
最大冷却速度	15 °C /min
温度分解能	0.01 °C
温度安定性	< ± 0.1 °C



※- 5 °C以下の測定にはチャラー付きサーキュレーターが別途 必要です。

容易な交換可能な温調ユニット

HTCカートリッジ

電気ヒーターを利用した高温用の温調ユニットで最大 350 °C まで温調が可能です。加熱は電気ヒーター、冷却は空冷で行います。HTC カートリッジ専用のジオメトリーは高温での使用環境を考慮して、ペルチェ用ジオメトリーよりもシャフトが長くなっています。

温度範囲	- 40 °C ~ 350 °C
最大加熱速度	20 °C /min
最大冷却速度	20 °C /min
温度分解能	0.01 °C
温度安定性	< ± 0.2 °C



特長

- 従来のペルチェ温調ユニットと同様、交換が容易なカートリッジ式になっています。
- 温調ユニットとジオメトリーは自動認識機能があります。
- 下部プレートの取り外し／交換が可能です。
- 窒素ガスなどの不活性ガス雰囲気下での測定が可能です。
- 熱硬化性樹脂測定用にディスポーサブルプレートがあります。

主なアプリケーション

■ 熱可塑性樹脂／ポリマーメルト

- ポリエチレン
- ポリプロピレン
- ABS
- ポリカーボネート
- PBT
- ナイロン
- PET
- エラストマー
- ポリマーコンポジット など

■ 熱硬化性樹脂

- エポキシ樹脂
- 接着剤
- パウダーコーティング など

プレート直径	コーン&プレート		パラレルプレート	
	2°	4°	平滑	ディスポーサブル(アルミ)
8 mm	—	—	●	—
20 mm	●	—	—	—
25 mm	—	—	●	●
40 mm	●	●	●	●
50 mm	●	—	—	—

- ・ HTCカートリッジのジオメトリーはペルチェ用よりもシャフトが長くなっています。
- ・ コーンプレートおよびパラレルプレートの標準材質はステンレス (SUS316) の一体型です。
- ・ ディスポーサブルプレートの材質はアルミで、上下ともにプレート部分のみの交換が可能です。



Kinexus シリーズ アクセサリ

ポリマーや界面活性剤溶液、泡（フォーム）、エマルジョン、サスペンション、ペーストおよびゲルといった、分散系のキャラクタリゼーションを可能にするラインアップ

コーン&プレート

E型粘度計で使われているジオメトリーです。ビスコメトリーモードで主に用いられます。サンプル量が少なく、掃除が簡単です。



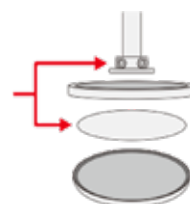
パラレルプレート

主にオシレーションモードで用いられます。また、粒子径が大きいスラリーの粘度測定にも用いられます。任意にギャップを調整可能です。



ディスポーサブルプレート

上下のプレート部分のみアルミ製で交換可能なタイプです。硬化性のサンプルや、粘着性の高いサンプルに使えます。



カップ&ボブ

B型粘度計で使われているジオメトリーです。蒸発しやすいサンプルや粘度が低めのサンプルに使います。



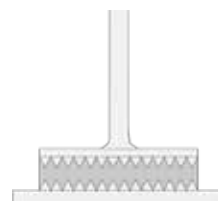
ダブルギャップセル

コーン&プレートやカップ&ボブで測定できない低粘度のサンプルに使用します。ジオメトリーの内側も外側もサンプルと接するため、より大きなトルクが得られます。



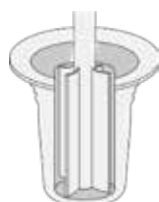
セレーテッドプレート

プレートに格子状の溝をつけて凹凸をつくっています。プレートとサンプルの間でスリップが起こりやすいサンプルに使えます。



羽根型ジオメトリー

4枚の羽根で構成されています。粗大粒子が入ったサンプルの測定に使います。また、サンプルセット時に垂直方向の接触面積が小さいので、泡やゲルの測定にも使えます。



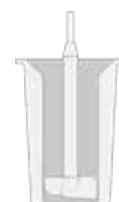
ムーニーエwert

カップと上部ジオメトリーの間隙が狭いため、カップ&ボブよりも高せん断を印加することが可能です。



スターチセル

でんぷんサンプルの加熱環境下におけるゲル化挙動を調べるために使用します。



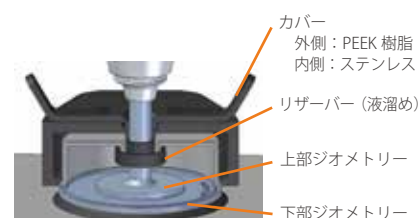
ソルベントトラップ (ガスパージ付き)



ソルベントトラップカバー (2枚合わせタイプ)



ガス注入用のホースを取り付けた状態



温調カートリッジに取り付けたときの断面図

ジオメトリー

ペルチェ温調カートリッジ専用ジオメトリーの一覧表

ペルチェプレート専用

プレート直径	コーン&プレート			パラレルプレート			
	1°	2°	4°	平滑	サンドプラスト	セレーテッド	ディスポーサブル(アルミ)
8 mm	—	—	—	●	—	—	—
20 mm	●	●	—	●	●	●	●
25 mm	—	—	—	●*	—	—	●
40 mm	●*	●*	●	●*	●	●	●
50 mm	●*	●*	—	●*	—	—	—
60 mm	●	●	—	●	—	—	—

コーンプレートおよびパラレルプレートの標準材質はステンレス（SUS316）です。表内の※はチタン製材質のラインアップです。チタン製材質の場合、ソルベントトラップとの併用ができないのでご注意ください。

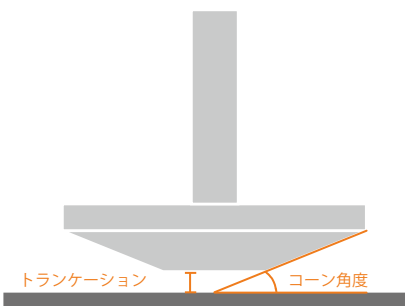
ペルチェシリンダー専用

下部ジオメトリー カップ直径	上部ジオメトリー		
	ボブ	羽根型	ダブルギャップセル
14 mm	●	●	—
25 mm	●	●	—
27 mm	—	—	●
34 mm	●	—	—

上部ジオメトリーの標準材質はステンレス（SUS316）です。下部ジオメトリーの標準材質はアルミ、表面が硬質アルマイト処理されています。ペルチェシリンダー用のソルベントトラップは、KNX2513のみが対応します。

コーン&プレートのトランケーションに関して

実際にプレートを回転させたときに下部プレートに接触しないよう、コーンプレートの先端はわずかにカットされています。これをトランケーションといいます。トランケーションは、コーン角度によって決まっており、測定時のプレート間ギャップは固定（一定）です。



コーン角度	サンプル量
1°	30 μm
2°	70 μm
4°	150 μm

サンプル量

ジオメトリー	サンプル量
コーンプレート 4°/40 mm	1.19 ml
コーンプレート 2°/40 mm	0.59 ml
コーンプレート 1°/40 mm	0.30 ml
コーンプレート 1°/50 mm	0.57 ml
コーンプレート 4°/20 mm	0.15 ml
コーンプレート 2°/20 mm	0.30 ml
パラレルプレート 20 mm (ギャップ:1 mm)	0.35 ml
パラレルプレート 40 mm (ギャップ:1 mm)	1.38 ml
ボブ&カップ 25 mm	17.6 ml
ボブ&カップ 14 mm	3.4 ml
羽根型 25 mm	32.76 ml
羽根型 14 mm	4.13 ml
ダブルギャップセル	5.29 ml



Kinexus シリーズ 製品仕様

		Kinexus シリーズ		
		Kinexus ultra+	Kinexus pro+	Kinexus lab+
制御モード		ダイレクトストレイン、速度制御(回転数制御)および応力制御(トルク制御)		
トルク範囲	ビスコメトリー	1.0 nNm ~ 250 mNm	5.0 nNm ~ 225 mNm	10 nNm ~ 200 mNm
	オシレーション	0.5 nNm ~ 250 mNm	1.0 nNm ~ 225 mNm	5.0 nNm ~ 200 mNm
トルク分解能		0.05 nNm	0.1 nNm	
角度分解能		< 10 nrad		
角速度範囲(回転数範囲)		1 nrad ^s ⁻¹ ~ 500 rad ^s ⁻¹		10 nrad ^s ⁻¹ ~ 325 rad ^s ⁻¹
ひずみのステップ変化		< 10 ms		
角周波数範囲(周波数範囲)		6.28 μrad ^s ⁻¹ ~ 942 rad ^s ⁻¹ (1 μHz ~ 150 Hz)		6.28 μrad ^s ⁻¹ ~ 628 rad ^s ⁻¹ (1 μHz ~ 100 Hz)
モーター慣性		12 μN.m.s ²		
ノーマルフォース	範囲	0.001 N ~ 50 N		
	分解能	0.5 mN		
	応答時間	< 10 ms		
垂直方向の速度範囲		0.1 μm ^s ⁻¹ ~ 35 mms ⁻¹		
垂直方向の移動範囲		230 mm		
ギャップ分解能		0.1 μm		
垂直方向のプロファイル		速度および荷重制御		
データサンプリング		5 kHz 一定ストリーミング		
サンプル履歴の記録		サンプルセット時から取り外し時まで		
インターフェース		USB2 - プラグ&プレイ		
エアー		0.5 MPa @ 60 L/min (うち、エアーベアリングへは0.3 MPa @ 25 L/min。残りはモーター冷却)		
21CFR part11ソフトウェア		オプション		
寸法 (L×W×H)		490 mm × 485 mm × 680 mm		
重量		47 kg		
電源		単相 220 V 16 A、50 Hz/60 Hz		

※装置外観、仕様は予告なく変更することがあります。

Kinexus

DSR シリーズ

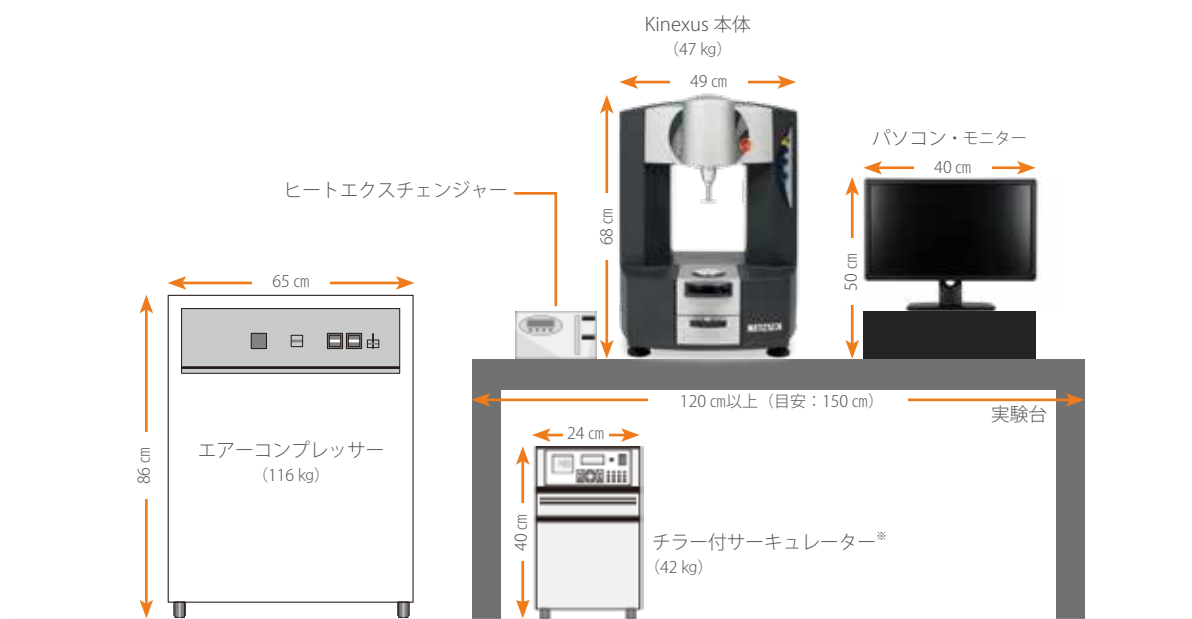
アスファルトに特化した Kinexus DSR レオメーター



Kinexus DSR レオメーターは、アスファルト業界におけるルーチン分析や品質管理テストに向けて設計された動的せん断レオメーターで、あらゆる測定システムや環境制御ユニットに対応する「プラグ&プレイ」機能を備えています。Kinexus DSR によって、アスファルト用の標準試験プロトコルの組み込みライブラリを用いた、先駆的な SOP（標準操作手順）ベースのテストが行え、標準レオロジー試験モードを利用することができます。

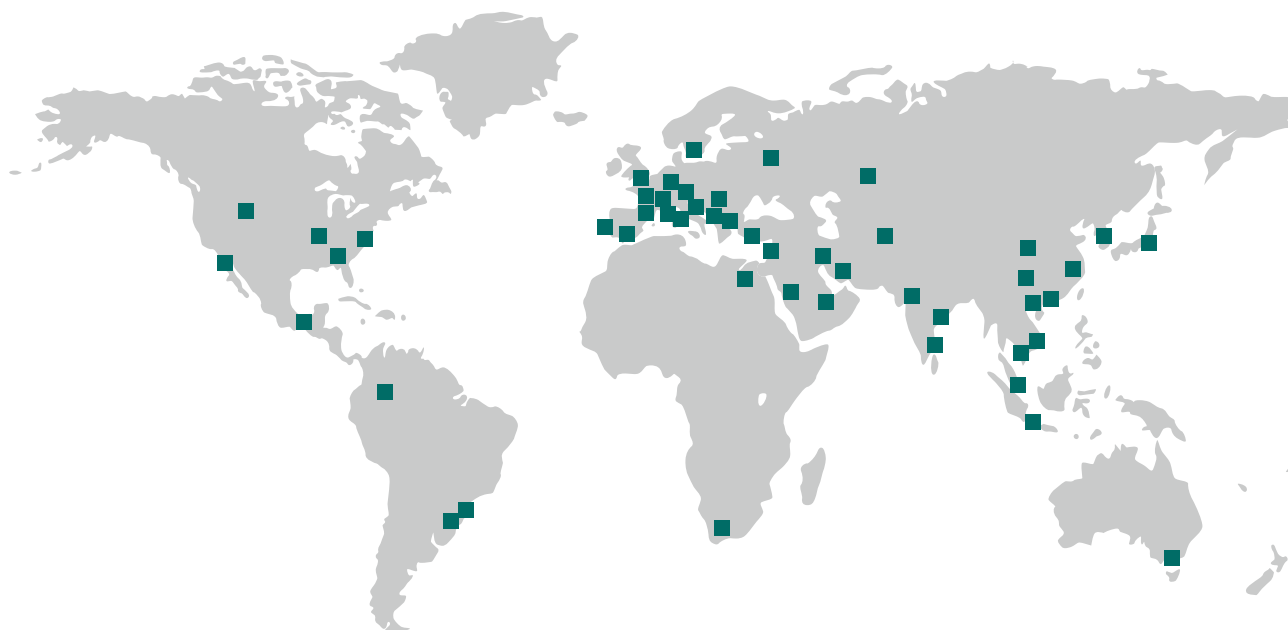
Kinexus シリーズ

設置レイアウト



※ - 5℃以下の測定時のみ必要です。

50 Sales and service locations in 37 countries
Production facilities in Selb, Germany, and Yokohama Japan.



- 価格は仕様や構成により異なります。
- 改良のため外観および仕様の一部を予告なく変更することがあります。

販売代理店

代理店

ダイオテック東京株式会社

東京都台東区東上野 6-2-1

DIO

TEL : 03-3842-4882

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

Mail : info@diotec.co.jp

NETZSCH

ネッチ・ジャパン株式会社

営業本部・テクニカルサポートセンター

〒 221-0022 横浜市神奈川区守屋町 3-9-13

Tel : 045-453-1962 (代) Fax : 045-453-2248

大阪営業所

〒 532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 3-23-15

Tel : 06-6308-5550 (代) Fax : 06-6308-5610



ネッチ・ジャパン
公式 HP



ネッチ・ジャパン
公式 facebook

発行日 : 2020年9月1日