

米国ブルックフィールド社製

デジタル粘度計

型式：DV- I Prime

取扱説明書

(Manual No. M/07-022)

ご購入いただきましたデジタル粘度計の型式とシリアルナンバーを下欄に御記入願います。

Model No. _____

Serial No. _____

株式会社 日本 S. T. ジョンソン商会

本社	東京都千代田区麹町 3-2-6 (垣見麹町ビル)	TEL:03-5210-5211	FAX:03-5210-5210
大阪	大阪市北区中之島 2-2-2 (ニチメンビル)	TEL:06-6208-7061	FAX:06-6208-7060
福岡	福岡市博多区博多駅南 3-22-2-502	TEL:092-451-7881	FAX:092-451-7882

目次

I. 序文.....	1
I. 1 機器構成.....	2
I. 2 所要電源.....	2
I. 3 仕様.....	3
I. 4 セットアップ.....	3
I. 5 安全表示及び予防策.....	4
I. 6 掃除.....	4
I. 7 キー機能.....	5
II. 測定.....	6
II. 1 AUTOZERO (自動ゼロ調整)	6
II. 2 スピンドルの選択.....	7
II. 3 回転数の選択及び設定.....	8
II. 4 Autorange (オートレンジ)	9
II. 5 CGS または SI 単位を選択.....	10
II. 6 測定範囲外.....	10
II. 7 操作.....	11
II. 8 タイムド・モード (タイマー機能)	11
II. 8. 1 タイムド・モードのセットアップ	11
II. 8. 2 タイムド・ストップの実行	12
II. 8. 3 タイム・ツー・トルクの実行.....	13
II. 9 ウィンギャザーソフトウェアとの通信.....	14
付録 A コーン／プレート式粘度計のセットアップ.....	15
付録 B 粘度範囲.....	19
付録 C 粘度測定の変数.....	22
付録 D スピンドル及び型式コード	24
付録 E DV- I Prime 検定手順	26
付録 F DV- I Prime のシリアル及びアナログ出力.....	33
付録 G スタンド組立図 (S 型)	34
付録 H 故障診断と対策.....	35
付録 I 保証.....	36

I. 序文

ブルックフィールド DV- I Prime は任意のせん断速度における粘度を測定します。粘度は流体の内部摩擦の尺度です。粘度の数値解析についてはブルックフィールド社発行の小冊子“More Solution to Sticky Problems”（粘性問題に関する解決策）の中に詳しく記述されていますので御参照願います。

本粘度計 DV- I Prime の動作原理は1本のスピンドルを検定済みのスプリングで介して駆動します。このスピンドルの回転運動に抗する流体の粘性抵抗はスピンドルのねじれで測定されます。このスピンドルのねじれは回転式変換機で測定します。DV- I Prime の測定範囲はスピンドルの回転速度、スピンドルの寸法と形状、スピンドルが回転している容器、さらに検定済みのスプリングの最大トルク値で決まります。

ブルックフィールド社が用意しているスプリングの基本トルク値には次の4種があります。

型式	スプリング・トルク値	
	dyn-cm	Milli Newton-m
LVDV- I Prime	673.7	0.0673
RVDV- I Prime	7,187.0	0.7187
HADV- I Prime	14,374.0	1.4374
HBDV- I Prime	57,496.0	5.7496

トルク検定値が高くなればなるほど、測定範囲は広がります。それぞれのトルク検定値における測定範囲は付録Bを参照して下さい。

DV- I Prime にはオプションとして、-100℃～300℃(-148°F～572°F)が読み取れる温度プローブを取り付ける事が可能です。

粘度単位は CGS 単位系、もしくは SI 単位系によって表示されます。

1. 粘度値は cP（センチポアズ）あるいは mPa・s（ミリパスカルセック）で表示されます。
2. トルク値は dynes-cm の単位か Newton-meters の単位で示される検定トルク値の百分率（%）で表示されます。
3. 温度は摂氏(℃)または華氏(°F)で表示されます。

SI 単位と CGS 単位は下記に示す変換式で計算されます。

	SI		CGS
粘度：	1 mPa・s	=	1 cP
せん断応力：	1 Newton/m ²	=	10dyne/cm ²
トルク：	1 Newton-m	=	10 ⁷ dyne-cm

この取扱説明書ではすべて CGS 単位で表記されております。

1. 1 機器構成

構成	型式
1) 粘度計本体 DV- I Prime	各モデルの名称
2) モデル S スタンド	Model S
3) 標準スピンドルセット (ケース入り)	
LVDV- I Prime 4 本セット(#61~64)	SSL
RVDV- I Prime 6 本セット(#02~07)	SSR
HA/HBDV- I Prime 6 本セット(#02~07)	SSH
コーンプレートタイプの場合は、1 セットにスピンドルレンチ 1 ヶ、コーンスピンドル 1 本、サンプルカップ (パーツNo.CPE - 44Y) 1 ヶが入っています。	
4) シッピングキャップ	B - 30 - 3Y
5) 電源コード 115VAC	DVP - 65
6) ガードレグ (保護脚)	
LVDV- I Prime	B - 20Y
RVDV- I Prime	B - 21Y
7) キャリングケース	DVE - 106
8) 取扱説明書	

すべての機械部材が損偏なく揃っている事をご確認下さい。

1. 2 所要電源

入力電圧	1 1 5 VAC
入力周波数	50/60Hz
消費電力	22 ワット以下
電源コード (カラーコード)	
高圧側	茶色
中性点	青色
接 地	緑/黄色

1.3 仕様

回転速度	0.0,0.3,0.6,1.5,3,6,12,30,60,0.0, 0.5,1,2,2.5,4,5,10,20,50,100
粘度精度	±1.0% (一定のスピンドル・回転数の組み合わせにおける フルスケールレンジに対して)
再現性	0.2% (フルスケールレンジに対して)
トルク値の7分出力	0~1V DC (0~100%トルク)
重 量	総重量 9k g 正味重量 7.7k g
カートン容積	0.05m ³

1.4 セットアップ

- 1) モデル S スタンドのアップライトロッド(支柱)をベースの取り付け穴に差し込みます。(付録 G-スタンド型式 S を参照)

ラックギア部とクランプ部品 (VS-35Y) をセットして下さい。クランプ部品は「FRONT」の文字が手前に向くようにセットして下さい。アップライトロッドにベースの下から固定スクリューをマイナスドライバーで固定して下さい。

- 2) 粘度計の背面から伸びているマウンティングロッド (取り付けハンドル) をクランプ部品に挿入し、クランプスクリュー (VS-41Y) をしっかり締めてください。
- 3) 必要ならば、オプションの RTD 温度プローブを DV- I Prime 本体背面の温度ポートに接続して下さい。
- 4) 粘度計の水平をベースのレベルスクリューを回して合わせて下さい。
- 5) シッピングキャップをはずして下さい。
- 6) 粘度計の電源スイッチが OFF であることを確認し、電源コードを本体のソケットに接続して下さい。AC 電源の入力電圧・周波数が本体背面の銘板に記載された範囲内であることを確認し、AC 電源に接続して下さい。



AC 電源及び周波数は粘度計のネームプレートに表示されている適切範囲内にて使用

願います。DV- I Prime にアース付き電源ケーブルが接続されているかを確認して下さい。

- 7) コーンプレート式 DV- I Prime の場合は付録 A を参照して下さい。

I. 5. 安全表示及び予防策

安全表示

本取扱説明書中は次の様な表示をしています。

 人に危険な電圧のかかっている部品や場所があることを示します。

 人が傷害を負ったり、機器に損傷を与える事を避ける為の警告や注意を示します。

予防策

 誤った使い方をしますと、機器に備わっている防御機能が損なわれます。

 危険な環境下での使用を想定しておりません。

 異常が生じた時は、すぐに電源を切り、電源プラグを抜いてください。

 測定中に有害物、中毒性物質、引火性ガスを生じる事の無い物質である事を事前に御確認下さい。

I. 6. 掃除

 測定中に有害物、中毒性物質、引火性ガスを生じる事の無い物質である事を事前に御確認下さい。

 掃除の前にスピンドルをはずして下さい。取り付けたまま掃除をすると機器の重大な損傷の原因になります。

機器：乾いた、研磨性の無い布で掃除願います。溶剤やクリーナーは使わないで下さい。

浸漬部品（スピンドル及びガードレグ）：302ステンレスでできています。

研磨性の無い布及び試料に適応し、

部品を侵食しない溶剤で掃除願います。

（注意）：掃除の際、スピンドルが曲がる様な大きな力を掛けない様にしてください。

1. 7 キー機能

図1はDV-I Primeのキー操作面を表しています。それぞれのキーの機能は次の通りです。



上矢印キー

速度・スピンドル番号を切り替え
(繰り上げ・UP)



下矢印キー

速度・スピンドル番号を切り替え
(繰り下げ・DOWN)



MOTOR ON/OFF

モーターのON・OFFに使用。



SET SPEED

選択した速度の決定。

タイム to トルク及びタイムド・ストップのテストを行う場合も使用します。



AUTO RANGE/ENTER

設定した速度とスピンドルで回転をさせた際にこのキーを押すと、その条件での最大粘度測定値（トルク%値が100%の場合の粘度値）を表示します。

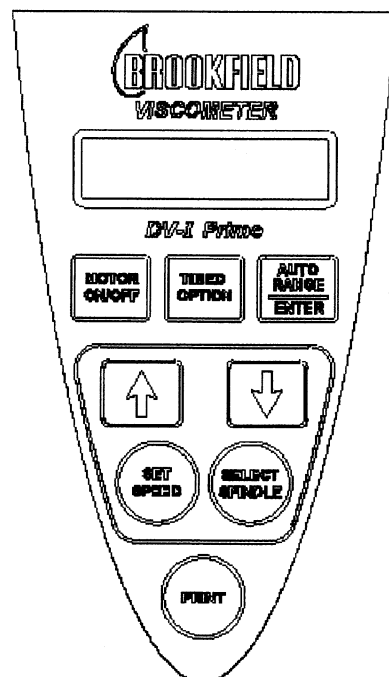
注意) 電源を入れる際にこのキーを押しながらONにすると、表示する単位をSI単位⇔CGS単位に切り替えることができます。



SELECT SPINDLE

スピンドルコードを入力する際、まずこのキーを押し、矢印キーで入力したいスピンドルコードを選択して再度このキーを押すことにより入力が完了します。

タイム to トルク及びタイムド・ストップのテストを行う場合も使用します。





TIMED OPTION

タイムド・モードを使う時に使用します。

タイムド・ストップとタイム・トゥー・トルクを選択できます。



PRINT

プリントキーを1度押す(3枚以下)とシリアルポート経由のプリンターに1行プリントアウトします。

II. 測定

II. 1 AUTOZERO (自動ゼロ調整)

粘度測定前に粘度計本体の自動ゼロ調整を行って下さい。この操作は本体の電源を入れる際は必ず行わなければなりません。下記の手順で、粘度計の画面に表示される操作指示に従って下さい。

注意) 測定を始める前に粘度計の水平レベルを再確認して下さい。

電源スイッチを ON にしますと、図2の画面表示になります。

BROOKFIELD DV- I
PRIME VISCOMETER

図 2

数秒後、画面は次の表示となります。

BROOKFIELD DV- I
RV V6.0

図 3-1

REMOVE SPINDLE
PRESS ANY KEY

図 3-2

スピンドルを外している事を確認し、いずれかのキーを押すと、約 15 秒間画面は「Auto Zero」とフラッシュして DV- I Prime は自動ゼロ調整を行います。

15 秒後、画面は次の表示となります。

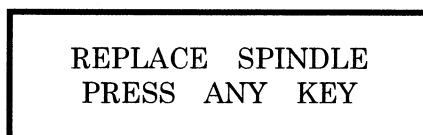


図 4

ここで再度いずれかのキーを押すと、DV- I Prime は基本画面を表示します。

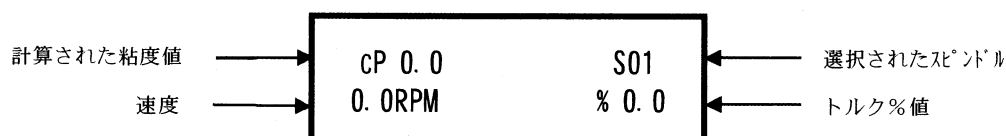


図 5

II. 2 スピンドルの選択

LVDV- I Prime 粘度計には 4 本のスピンドルセットと幅の広いガードレグ（保護脚）、RVDV- I Prime には 6 本のスピンドルセットと幅の狭いガードレグが付属しております。HA と HB の DV- I Prime には 6 本のスピンドルセットのみが付属しております。（付録 E のガードレグの説明を参照して下さい。）

1. 片手で粘度計のスピンドル取付けネジ部をつまみ、軽く上方向に押さえながら、もう片方の手でスピンドルを逆ネジで取り付けて下さい。

注意: スピンドルの取り付けの際、横方向や下方向へ力を加えると軸が曲がる原因になります。

DV- I Prime は取り付けしたスピンドルの入力コードを入力する必要があります。この入力によって測定したトルク % 値を粘度の単位に計算します。

付録 D のスピンドル入力コード表を参照して取り付けしたスピンドルの 2 桁コードを入力して下さい。（例：LVDV- I Prime に LV1 のスピンドルを取付けた場合・・・6 1 を入力）

注意） DV- I Prime は電源を OFF にしても前回使用していたコードを記憶しております。

スピンドルコード入力の手順

1. SELECT SPINDLE キーを押すと画面の英文字 S が点滅し始めます。そのままキーを押さない状態していると、点滅は約 3 秒間で終了します。
2. スピンドルを入力する場合は点滅中に矢印キーを押すと S の右側の入力コードがスクロールしますので、希望の入力コードを表示させてから 再度 SELECT SPINDLE キーを押して下さい。
3. S の点滅が消え、新しいコードが表示されていれば、入力は完了です。

注意） SELECT SPINDLE キーを押した後、3 秒で点滅が停止します。もし、点滅が停止する前に入力を完了できなかった場合は、上記 1 の手順から再度行って下さい。

II. 3 回転数の選択及び設定

表 I は選択可能な速度を表示しております。

DV- I Prime 速度セット	
電源 ON 時	0.0
スクロール 上方向 ↓	0.3
	0.6
	1.5
	3.0
	6.0
	12.0
	30.0
	60.0
	0.0
	0.5
	1.0
	2.0
	2.5
	4.0
	5.0
	10.0
	20.0
	50.0
	100.0

表 1

DV- I Prime には 18 段の回転速度がプログラムされております。これらの速度には標準ダイヤル（アナログ）粘度計 LVT、RVT、HAT、HBT の持っている全ての速度が入っています。

希望のスピードに切り替える手順

1. 矢印キーを上・下どちらでも結構ですので押しますと、表示している RPM の右側に現在設定されている速度を表示します。図 6 は 10RPM で回転しており、現在設定している速度は 10RPM であることを示しています。

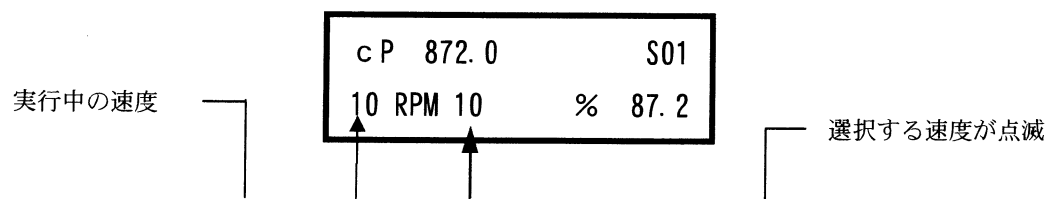


図 6

2. 矢印キーを 1 回だけ押して離しただけでは、RPM の文字が 3 秒間点滅して速度の入力部分は点滅を止め、速度は変化しません。

注意) 速度選択の手順は最後にスクロールで合わせた速度を記憶していますので、次回からは矢印キーを押すことで速度の変更を始めることができます。

3. 最後に設定した速度が、DV- I Prime で現在回転している速度と必ずしも同一であるとは限りません。従って、現在の速度で実行しながら、次に使用するスピードを DV- I Prime にプリセットすることができます。

例) DV- I Prime が 10RPM で回転している時、20RPM を選択し、矢印キーを一回だけ押した場合、次の表示になります。

c P	872. 0		S01
10 RPM	20	%	87. 2

図 7

4. ここで、SET SPEED キーを押すと、DV- I Prime は 20RPM で回転を始めます。
5. MOTOR ON/OFF キーを再度押すと DV- I Prime を最後にスクロールされた速度の実行をスタートさせます。10 RPM で回転している場合に MOTOR ON/OFF キーを押すと DV- I Prime は停止します。その後、もう一度 MOTOR ON/OFF キーを押すと DV- I Prime は再度 10 RPM で回転を始めます。
6. しかし、モーターがオフの状態 新しいスピードである 20 RPM にスクロールさせた場合に MOTOR ON/OFF キーを押すと、 DV- I Prime は 20 RPM で回転を始めます。

注意: スピンドルやスピードの選択中、またスクロールの操作の間、DV- I PRIME は粘度 (cP)、及びトルク (%) を計算し、表示を続けます。

II. 4 Autorange (オートレンジ)

AUTO RANGE キーは、現在のスピンドルとスピードの設定によって計算される最大測定粘度値 (フルスケールの読取値) の表示を可能にします。

このキーを押すと、現在測定している粘度値が最大粘度値に表示を変えます。スクリーンのトルク % 表示はこの時 “%100” の点滅を表示し、特別な状態を示します。この最大粘度値と “%100” 値の点滅は、 AUTO RANGE キーを押している間表示されます。図 11 は、 No. 1 RV スピンドルが 10 RPM で回転している状況で、AUTO RANGE キーが機能している状態を示します。フルスケール範囲は、 1000 cP (或いは、 1000 mPa) です。

注意: もしモーターが OFF の場合か或いは RPM が 0. 0 の場合、最大粘度は 0. 0 cP (もしくは 0. 0 mPa/s) を表示します。

c P	1000		S01
10 RPM		%	100. 0

図 8

II. 5 CGS または SI 単位の選択

AUTO RANGE キーを押し続けながら電源を ON にすることによって、粘度値の単位の表示は CGS か SI 装置のいずれかにおいて読みとりが可能になります。

単位の表示を変更する場合、次を実行してください。

1. 電源を OFF にしてください。
2. AUTO RANGE キーを押し、そのまま保持してください。そのまま電源を ON にして下さい。

粘度計を OFF にしても DV- I Prime は、選択した単位を記憶します。

	<u>CGS</u>	<u>SI</u>
粘度	cP	mPa・s

II. 6 測定範囲外

DV- I Primeは、トルク % 値が 0 ～ 100% の範囲に限り測定評価が可能です。ブルックフィールド社は、トルク % 値が 10 ～ 100% の範囲に限ってのデータの読取を行うことを勧めております。この範囲外で測定されたあらゆるデータは、保証外の値となります。

測定ポイントが 10～100% の範囲を外れているとき、DV- I Primeは、次の表示を示します。この場合、スピンドル、もしくは速度を変更して10～100% の範囲に入るようにして下さい。

・ 100% を超えるトルク

粘度計のトルクが 100% を越えるとき、測定データの表示部はトルク・粘度の表示で「EEEE」と表示します。

c P	EEEE	S01
10 RPM	% EEEE	

図 9

・ 10% 未満のトルク

粘度計のトルクが 10 % 以下のとき、粘度値・及びトルク % 値の部分に ? マークが表示され、保証外の値であることを作業者にお知らせします。

c P ? EEEE	S01
10 RPM 20	% ? 7.8

図 10

・ 0% 未満のトルク

粘度計のトルクがゼロ % 以下のとき、粘度計は、マイナスの (-) サインによってトルク値を表示します。粘性、ずり応力の表示は図10のように、(- - - -) を表示します。

c P ----	S01
10 RPM 20	% -0.2

図 11

II. 7 操作

下記の手順は600ml (日本では500ml標準ビーカーが相当) のビーカー内のサンプル流体を標準付属スピンドルを使用して測定する場合の概略です。

- 1) 粘度計にガードレグを取付ける (LV・RVのみ)。スピンドルをシャフトの先端のネジ部に取り付ける。この時、取付ネジ部のシャフトを軽く上方に持ち上げるように片手で押さえながら、もう一方の手でスピンドルを左ネジでねじ込んでください。シャフト部やスピンドルに横から力を加えたり、ひっぱたりしないように注意して下さい。
- 2) スピンドルの刻み目の位置に液面がくるまで粘度計の位置を下げて下さい。円盤型のスピンドルの場合、円盤の下部表面に空気泡が付着する場合があります。これを防ぐ為、スピンドルを傾けながら液中に浸漬させた後、粘度計に取り付けることも重要です。
- 3) 粘度測定を行うために、希望のスピード設定を選択してください。表示される読取値が安定するまでの時間を考慮して下さい。安定するまでに必要とされる時間は、粘度計の回転速度、及び、サンプル流体の特性によって変わります。最大限の精度を考える場合、トルク%値が10%以下の読取値は避けて下さい。粘度測定に関する追加情報は、付録 C、または、ブルックフィールド発行の「粘性問題に関する解決策」を参照して下さい。
- 4) スピンドルを変更、または、サンプルを変更する場合、モーターを「OFF」の状態にする為にMOTOR ON/OFFキーを押して下さい。スピンドルを清掃する場合、スピンドルを外して行って下さい。
- 5) 非ニュートン性、及び、チクソ性を持つ材料の測定結果の解釈、及び、機器の使用について、パンフレット「粘性問題に関する解決策」及び付録 C. 粘度測定の変数を参照して下さい。

II. 8 タイムド・モード (タイマー機能)

タイマー機能は、DV- I Prime 粘度計での「Timed Stop (タイムド・ストップ機能)」と「Time to Torque (タイム・ツー・トルク機能)」の実行を可能にします。

タイムド・ストップの場合、メニューで分と秒の入力が要求され、又タイム・ツー・トルクの場合、%トルク値の入力が要求されます。MOTOR ON/OFFキーをONすると計測が始まります。残っている時間が表示され、粘度又はトルクの表示が連続的に最新のデータに更新されます。終了すると粘度計は停止し、テストが終了したことを知らせる表示が現われます。

タイムド・ストップにおいては最後に記録された粘度値が表示され、タイムド・ツー・トルクにおいてはトルク限界に達するのに必要な分と秒の時間が表示されます。UP又はDOWNの矢印キーを押すとそれぞれのデータを交互に見ることができます。モーターがOFFの時、他のキーを押すと初期画面に戻れます。

II. 8. 1 タイムド・モードのセットアップ

- 1) CGS系単位かSI系単位のいずれかを選択して下さい。
- 2) 回転速度を選定して下さい。
- 3) スピンドルコードを選定して下さい。
- 4) MOTOR ON/OFFキーでモーターがOFFであることを確認して下さい。モーターをOFFの状態に設定することがタイム・モードを実行させる最初の手順です。

5) TIMED OPTIONキーを押して下さい。スクリーンには下記のように表示されます。

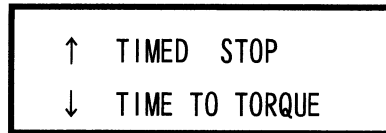


図12

矢印キーでTIMED STOP又はTIME TO TORQUEを選択できます。

II. 8. 2 タイムド・ストップの実行

1. TIMED STOPをUP矢印キーで選びENTERキーを押す。スクリーンには下記のように表示されます。

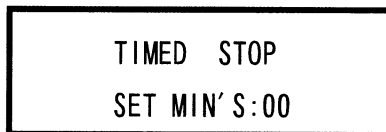


図13

UP及びDOWN矢印キーで設定したい停止時間の分を入力する。分は最高99分まで入力できます。

2. 分を入力したら、ENTERを押す。これで下記の表示のように秒を設定できる状態となります。

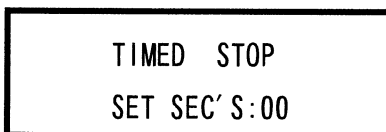


図14

3. UP 及び DOWN 矢印キーで秒を設定する。秒は 0～59 秒の間で設定できます
4. もう一度 ENTER キーを押す。スクリーンには下記のように表示されます。

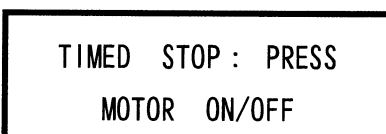


図 15

5. ここでMOTOR ON/OFF キーを押すとタイムド・ストップの実行を始めます。
6. 操作を始めるため、MOTOR ON/OFF キーを押して下さい。時間がカウント・ダウンされ、下記のようにスクリーンには表示されます。

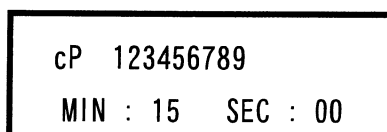


図 16

注意：タイムド・モードが開始されてから MOTOR ON/OFF キーを押すと、操作が中断され、通常の操作状態となります。

7. 設定時間の全てが経過し終わると、下記のように回転が終了する直前に読み取られた粘度測定値がスクリーンに表示されます。

cP 123456789
TIMED STOP DONE

図 17

8. この時点で粘度計は停止します。ここで UP 又は DOWN 矢印キーを押すと下記のように%トルク値と回転速度の表示に切り替わります。

%=76.4 RPM=100
TIMED STOP DONE

図 18

9. UP 又は DOWN 矢印キー以外のキーを押すと、タイムド・ストップモードから抜け出て、通常の操作となります。

注意：粘度計は最後に設定したタイムドモードの時間設定の内容を記憶しますので、同じ内容のテストを繰り返す場合は再度時間の選択を行なう必要はありません。

II. 8. 3 タイム・ツー・トルクの実行

1. 図 12 の表示の時、DOWN 矢印キーで TIME TO TORQUE を選ぶ。スクリーンは下記の表示になります。

TIMED TORQUE
SET TORQUE : 00%

図 19

2. UP 及び DOWN 矢印キーで設定したいトルク値を入力する。最大 99%まで入力できます。

注意：トルクの値はゼロ以外の数値を設定して下さい。

3. ENTER キーを押すとトルクの入力が終了し、スクリーンは下記のように表示します

TIMED TORQ : PRESS
MOTOR ON/OFF

図 20

4. タイム・ツー・トルクの時間は最高 99 分 59 秒です。
5. MOTOR ON/OFF キーを押すとタイムドトルクの操作が始まります。他のキーを押した場合には、再度 SET SPEED と SELECT SPINDLE を同時に押し、最初の手順から初めて下さい。MOTOR ON/OFF キーを押して ON にすると、タイムドトルクの経過時間が下記のようにスクリーンに表示されます。

TORQUE = 24.2%
MIN : 15 SEC : 13

図 21

注意：タイムド・モードが開始されてから MOTOR ON/OFF キーを押すと、操作が中断され、通常の操作状態となります。

6. 秒の表示は1秒間隔で0から59秒まで繰り上がり、トルクの値も連続的に更新されます。秒が59秒に達すると次に1分と繰り上がります。ユーザーが選定したトルク値に達するまで時間のカウントは継続されます。下記のスクリーンは指定トルク値に達した時迄の時間を表示したスクリーンです。

22M 54S TO 85%
TIMED TORQUE DONE

図 22

7. この時点で粘度計は停止します。ここで UP 又は DOWN 矢印キーを押すと下記のように粘度値の表示に切り替わります。

cP 123456789
TIMED TORQ DONE

図 23

8. UP または DOWN 矢印キーを押すと図 22 と図 23 の画面を切り替えることができます。他のキーを押すと、タイムド・ストップモードから抜け出て、通常の操作となります。

注意：粘度計は最後に設定したタイムドモードの時間設定の内容を記憶しますので、同じ内容のテストを繰り返す場合は再度時間の選択を行なう必要はありません。

II. 9. ウィンギャザーソフトウェアとの通信

ブルックフィールドソフトウェア Wingather(ウィンギャザー)を用いてシリアルポートを介し DV-I Prime からのデータ収集、データ保存、印刷、グラフ化、解析ができます。

注意：但し、ウィンギャザーは Ver.3.0 またはそれ以上。

付録 A コーン／プレート式粘度計のセットアップ

DV- I Prime のコーンプレートバージョンは、このマニュアルにおいて述べた標準タイプの粘度計と同じ操作手続きを行います。

しかしながら、測定が行われる前に、コーンスピンドルとプレート（サンプルカップの内底）のギャップ（間隔）を調整する必要があります。

この作業は、コーンスピンドルの中心にあるピンがプレートの表面に触れるまで、プレートをコーンスピンドルの方へ上に移動させ、その後、逆にプレートを少し離す（下方向に下げる）ことで、0.0005 インチ（0.013mm）の決められた距離にカップの高さを調整する作業です。

DV- I Prime コーンプレート粘度計はエレクトロニックギャップ調整という新しい機能を持っています。この機能によって、ブルックフィールドにてキャリブレーション・セッティングされた 0.0005 インチのギャップ設定を容易に行うことが可能になります。

A. 1 エレクトロニックギャップセッティングの詳細

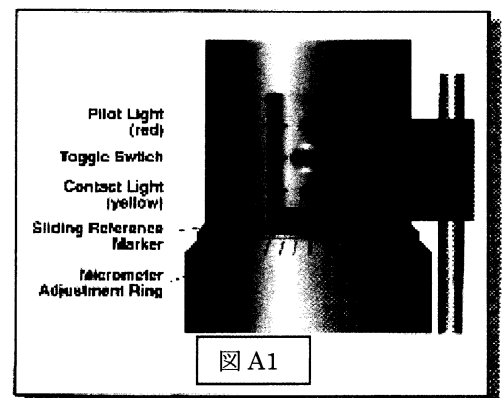
TOGGLE SWITCH (トグルスイッチ) は、エレクトロニックギャップセッティングの際のメインスイッチです。左のポジションは、オフ、右のポジションがオンです。

PILOT LIGHT (パイロットライト) は赤いランプで、これが光っている時はエレクトロニックセッティングが実行されていることを指します。

CONTACT LIGHT (コンタクトライト) は黄色のランプで、これが最初に光った時、そこが接触ポイントであることがわかります。

SLIDING REFERENCE MARKER (スライドマーカー) は接触ポイントが判明した後、0.005 インチ (0.013mm) のギャップ (間隔) を開ける際に使用します。

MICROMETER ADJUSTMENT RING (マイクロメータ調整リング) はカップの位置を上下し、コーンスピンドルとの間隔を調整することに使用します。手前からみて左（時計回り）に回すと、カップは下がり、（コーンから離れ、）右にまわすと、カップは上がります（コーンに近づく）。リング上の各ラインの 1 目盛は、コーンとプレートの間隔の 0.0005 インチの動きに相当します。



A. 2 セットアップ

1. コーン、カップを外した状態で自動ゼロ調整を行い、0%トルクが表示された後、粘度計が研究スタンドにしっかりと取付られていることを確認してください。
2. 図A2 は、一般的な恒温槽のセットアップを示します。サンプルカップの入口 / 出口を恒温槽の入口、出口につないで、そして、恒温槽を希望のテスト温度にセットして下さい。恒温槽で十分な時間をかけ、テスト温度に達するようにして下さい。
3. 粘度計は、Electronic Gap Setting 機能を含む特別なコーンスピンドルを供給されます。コーン上の「CPE」部品番号表示は、Electronic Gap Setting 機能があることを意味します。

注意事項：「CPE」のコーン、及び、カップは、Electronic Gap Setting機能を持たない初期のコーン / プレート粘度計では使用できません。

4. モーターをオフ状態にして、スピンドルレンチを使用し、コーンスピンドルを粘度計のカップリング・ナット部に取付して下さい(図A3 参照)。カップリング・ナットを優しく押し上げ、レンチで安全にこれを固定してください。一方の手でコーンスピンドルをねじ込み、取り付けて下さい。

注意事項：左ネジです。

5. カップがコーンに当たらないように注意してカップを接続してください(図A4)。

電氣的に伝導性のある流体の粘度は、Electronic Gap Setting 機能を「オン」にして粘度の読取を実行した場合、影響を受けるかもしれません。必ず、読取り前に「オフ」にしてください

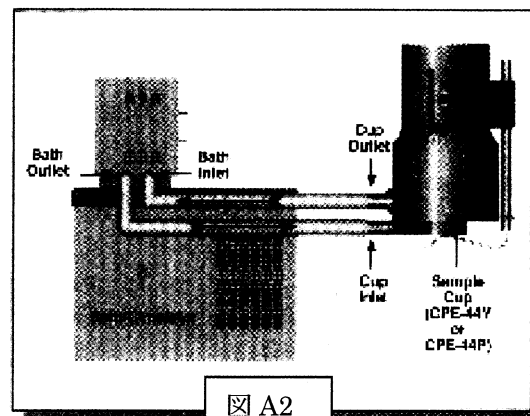


図 A2

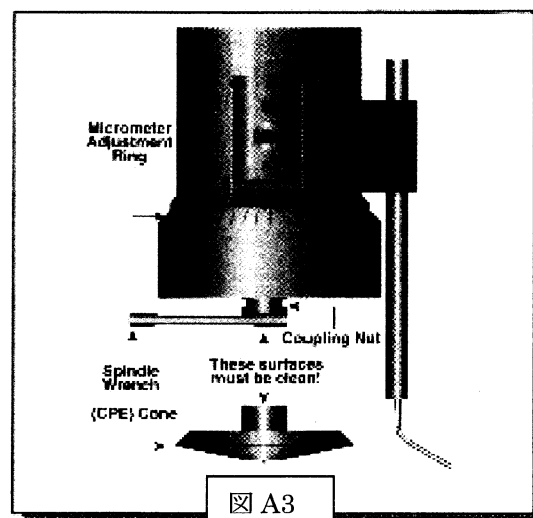


図 A3

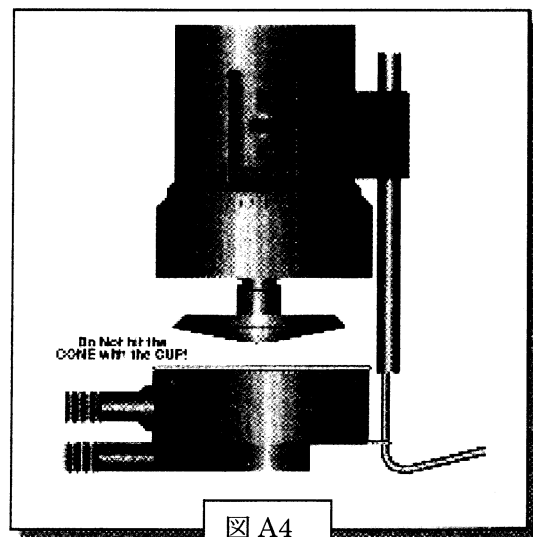
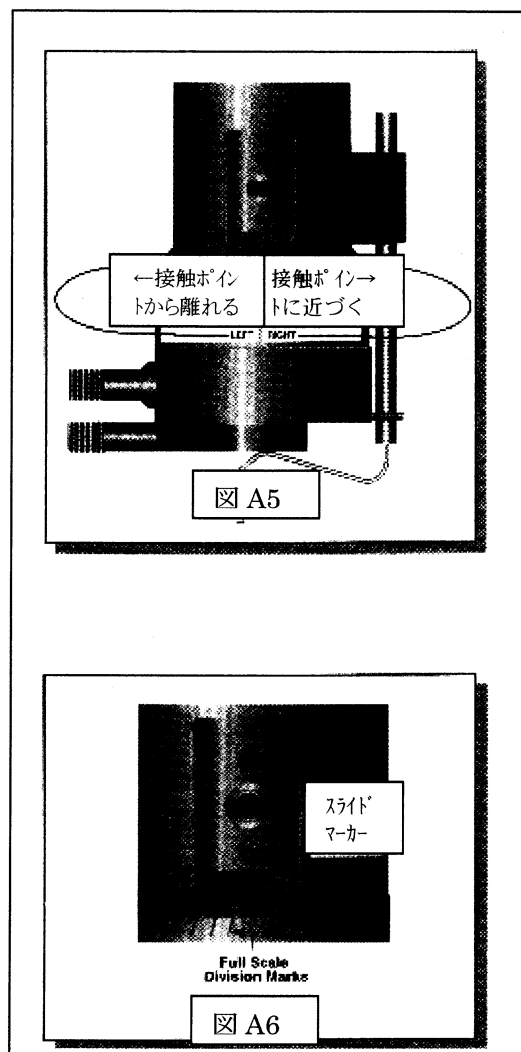


図 A4

A. 3 ギャップのセッティング

1. トグルスイッチを右に動かしてください。
パイロットライト（赤）が、光ります。
2. もしこの時、コンタクトライト（黄色）
も同時に光ったならば、コーンスピンド
ルが既にカップに接触した状態を表しま
す。その場合、コンタクトライト（黄色）
が消えるまで、マイクロメータ調整リン
グを左方向に（時計回りに）回して下さ
い。（図 A5 参照）（右回り）
3. 黄色のコンタクトライトが光らなかった
場合、コンタクトライトが光るまで、マ
イクロメータ調整リングを1目盛、もし
くは 2 目盛づつ左回りの状態にゆっく
りと回して行ってください。（左回り）コンタ
クトライトが光ったポイントが、接触ポ
イントになります。
4. スライドマーカーを、マイクロメータ
調整リングの一番近い目盛に合わせるよ
う、右、または、左にスライドさせてく
ださい（図 A6 参照）。
5. ここで、マイクロメータ調整リングを、
スライドマーカー上のラインに交わるよ
うに左へ（右回りに）もう 1 目盛もどし
てください。黄色のコンタクトライトは、
消えるはずです。
6. このポイントが正確な測定のために必要
とされるコーンスピンドルとカップの間
隔のポイントです。トグルスイッチを左
のオフ状態に変え、赤いパイロットライ
トをオフ状態にしてください。
7. サンプルカップを注意深く外してくださ
い。決められた量のサンプルをカップの
中央に入れ、再度カップを取り付け、測
定を始めて下さい。



注意

1. マイクロメータ調整リングをこのまま動かさずに（コーンスピンドルとカップの間隔を離さず
に）カップを外した場合、そのままカップを再度取り付け、測定することが可能です。
2. 清掃する時は、粘度計からスピンドルを取り外してください。
3. スピンドルの取り付け・取り外しを行うたびに、接触・測定ポイントを再調整してください。

A. 4 校正

1. 適切なサンプル量を決定してください。各スピンドルに対して、必要とされる正しいサンプル量を決定するために、表A 1を参照してください。
2. フルスケール範囲の 10% ~ 100% の間に粘度を示す Brookfield 粘度標準液を選択してください。コーンスピンドルの粘度範囲に関して付録 B から参照してください。測定範囲のリストは、CPE コーンにも適用されます。コーン / プレートにて 5000cp を超える粘度値の場合はシリコン粘度標準液を使わないでください。

付録 E における表 E2 は、Brookfield が 5,000cp を越える粘度、または、500 sec⁻¹ より上のずり速度のためのコーン / プレートによる使用に適当なそれぞれの範囲の鉱油粘性標準液を提供することを示しております。あるコーンスピンドルとスピードの組み合わせに対し、最大の測定粘度値に近い粘度標準液を使うことは、最も良い方法です。

例：LV DV-III + 粘度計、コーンスピンドル CPE-42、25 °Cで 9.7 cPの粘度を持つブルックフィールドシリコン粘度標準液を使用して検定を行うと仮定します。

60 RPM で、フルスケール粘度範囲は、約10.0 cp です。このとき、粘度計読取り値は、97 %トルクで、粘度は9.7 cPの± 0.197 cP であるべきです。この許容誤差 (± 0.197 cp) は、粘度計の精度と、標準液の精度の組み合わせです(付録 E の検定手順を参照)。

3. モーターをオフ状態にしてサンプルカップを外し、そして、粘度標準液をカップに置いてください。
4. サンプルカップを粘度計に取り付け、サンプル、カップ、コーンが設定温度になるよう十分に時間をとって下さい。

コーンスピンドル 型式	サンプル量
CPE-40	0.5 ml
CPE-41	2.0 ml
CPE-42	1.0 ml
CPE-51	0.5 ml
CPE-52	0.5 ml

表A 1

5. モーターをオンにしてください。希望のスピードを設定してください。粘度を測り、%トルク、centipoise (cP) 双方の読取りを記録してください。

注意事項：粘度測定前に、コーンスピンドルは、少なくとも 5 回転させてください。

6. 使用している特定の粘度標準液に対し、粘度読取り値がフルスケール値の許容 1 パーセントの中にあることを確認してください。
- コーンスピンドル上の CPE 指示は、エレクトロギャップ設定のコーン/プレート粘度計 / レオメーターでのみ使用可能であることを示します

付録 B 粘度範囲

- 標準付属スピンドルLV (No.1-4) 、及び、 RV,HA,HB No.1-7)

粘度範囲		
粘度計	最小	最大
LVDV- I Prime	15	2, 000, 000
RVDV- I Prime	100	13, 300, 000
HADV- I Prime	200	26, 600, 000
HBDV- I Prime	800	106, 400, 000

- SSA (少量サンプルアダプター) 及びサーモセル

SSA及びサーモセル スピンドル	粘度範囲		せん断速度 sec ⁻¹
	LVDV- I Prime		
SC4-16	120	400, 000	. 29N
SC4-18	3	10, 000	1. 32N
SC4-25	480	1, 600, 000	. 22N
SC4-31	30	100, 000	. 34N
SC4-34	60	200, 000	. 28N
SC4-81	3	10, 000	1. 29N
SC4-82	3	10, 000	1. 29N
SC4-83	11	38, 000	1. 29N

SSA及び サーモセル スピンドル	粘度値 (c P)			せん断 速度 sec^{-1}
	RVDV- I Prime	HADV- I Prime	HBDV- I Prime	
SC4-14	1, 250 - 4, 165, 000	2, 500 - 8, 330, 000	1, 000 - 33, 360, 000	. 40N
SC4-15	500 - 1, 660, 000	1, 000 - 3, 320, 000	4, 000 - 13, 280, 000	. 48N
SC4-25	0 - 167, 000	100 - 334, 000	400 - 1, 336, 000	. 93N
SC4-27	250 - 830, 000	500 - 1, 660, 000	2, 000 - 6, 640, 000	. 34N
SC4-28	500 - 1, 660, 000	1, 000 - 3, 320, 000	4, 000 - 13, 280, 000	. 28N
SC4-29	1, 000 - 3, 330, 000	2, 000 - 6, 660, 000	8, 000 - 26, 640, 000	. 25N
SC4-81	37 - 10, 000	73. 0 - 10, 000	292 - 10, 000	1. 29N
SC4-82	37 - 10, 000	73. 0 - 10, 000	292 - 10, 000	1. 29N
SC4-83	121 - 50, 000	243 - 50, 000	970 - 50, 000	1. 29N

UL (超低粘度) アダプター

UL スピンドル	粘度値 (c P)				せん断 速度 sec ⁻¹
	LVDV- I Prime	RVDV- I Prime	HADV- I Prime	HBDV- I Prime	
YULA-15 or 15Z	1 - 2,000	1 - 2,000	13 - 2,000	52 - 2,000	1.22N
ULA-DIN-Y	1 - 3,800	1 - 5,000	22 - 5,000	85 - 2,000	1.29N

DINアダプター

DAA スピンドル	粘度値 (c P)				せん断 速度 sec ⁻¹
	LVDV- I Prime	RVDV- I Prime	HADV- I Prime	HBDV- I Prime	
85	2 - 4,000	12 - 5,000	24 - 5,000	98 - 5,000	1.22N
86	4 - 3,800	37 - 10,000	73 - 10,000	292 - 10,000	1.29N
87	11 - 38,000	121 - 50,000	243 - 50,000	970 - 50,000	1.29N

コーンプレート粘度計

コーン スピンドル	粘度値 (c P)				せん断 速度 sec ⁻¹
	LVDV- I PrimeCP	RVDV- I PrimeCP	HADV- I PrimeCP	HBDV- I PrimeCP	
CPE-40	.3 - 1,028	3 - 10,900	7 - 21,800	26 - 87,200	7.5N
CPE-41	1.15 - 3,840	12 - 41,000	25 - 82,000	98 - 328,000	2.0N
CPE-42	.6 - 2,000	6 - 21,300	13 - 42,600	51 - 170,400	3.84N
CPE-51	5 - 16,180	51 - 171,000	102 - 342,000	410 - 1,368,000	3.84N
CPE-52	9.33 - 31,100	98 - 328,000	197 - 654,000	786 - 2,624,000	2.0N

ヘリパススタンド (T字型スピンドル使用)

T字型 スピンドル	粘度値 (c P)		
	LVDV- I Prime	RVDV- I Prime	HADV- I Prime
T-A	156 - 62,000	2,000 - 400,000	4,000 - 800,000
T-B	312 - 124,000	4,000 - 800,000	8,000 - 1,600,000
T-C	780 - 312,000	10,000 - 2,000,000	20,000 - 4,000,000
T-D	1,560 - 624,000	20,000 - 4,000,000	40,000 - 8,000,000
T-E	3,900 - 1,560,000	50,000 - 10,000,000	100,000 - 20,000,000
T-F	7,800 - 3,120,000	100,000 - 20,000,000	200,000 - 40,000,000

T字型 スピンドル	粘度値 (c P)	
	HBDV- I Prime	
T-A	16,000	3,200,000
T-B	32,000	6,400,000
T-C	80,000	16,000,000
T-D	160,000	32,000,000
T-E	400,000	80,000,000
T-F	800,000	160,000,000

DV- I Primeにて粘度測定を行う際、有効最低粘度限界に関して 2 つの考察事項があります。

- 1) 粘度の測定は、 スピンドルとスピード回転のいかなる組み合わせの場合でも10% から100%までの %トルク範囲の中で行わなければなりません。
- 2) 粘度測定は測定流体が決して乱流ではなく、層流のコンディションの下に行われるべきです。

上述の 1 番目の考察事項は、機器の精度と関係があります。全ての DV- I Prime粘度計は、あらゆるスピンドルと回転スピードのフルスケール範囲に対し±1%の精度を持っています。粘度計の読み取り値と比較して、潜在的な粘度誤差±1% は比較的高い数値であるので、トルク範囲の 10% 未満の読取りは認められておりません。

第 2 の考慮は、流体の流れの機構と関係です。流体における流れの特質に対して、全ての粘性学的な測定は、層流のコンディションの下で行われるべきです。層流は、粒子の動き全てが剪断力によって方向付けられる層においての流れです。これは、回転式システムにおいて、流動的動き全てが円周上にあることを意味します。

流体に作用する慣性力が余りにも大きすぎると、流体は層流から乱流状態になり、流体を形成する粒子の運動はランダムになり、この流体は通常の数値解析モデルでは解析できなくなります。このような乱流の影響により、粘度計の読み取り値は疑似の高い数値になり、さらに乱流の程度にもよりますが、読み取り値も非線形的に増大します。

以下に示す回転式スピンドルの形状において、乱流状態に入るおよその転移点は、

- 1) LV スピンドルNo.1 : 60RPM の場合の15cp
- 2) RV スピンドルNo.1 : 50 RPM の場合の 100cp
- 3) UL アダプター : 約 60 RPM の場合の 0.85cp

RPMとcPの比率が上述の値を超える場合は必ず乱流状態になります。

付録 C 粘度測定の変数

どのような計器で測定する場合でも、粘度測定値に影響を及ぼす変数があります。これらの変数は計器、つまり粘度計または試験流体に関係しております。試験流体に関係する変数はその流体のもつレオロジー的特性に関係しますが、計器の変数は粘度計の設計とスピンドル形状に関わる系の中に含まれます。

● レオロジー的特性

流体は、さまざまなレオロジー的特性を持っていますが、その特性は粘度測定でよく記述されるものです。従って、研究室や製造行程の条件に合うように、これらの流体を取り扱う必要があります。これらの流体は大別すると次の2種に区分されます。

ニュートン性流体 : この種の流体はずり速度（せん断速度）が異なっても同じ粘度値を持つもので、測定するずり速度の範囲について「ニュートン性」流体と呼ばれています。

非ニュートン性流体 : この種の流体はずり速度が異なるとそれぞれ異なる粘度値を持ちます。これらは2種の流体に区分されます。

1) 時間に依存しない非ニュートン流体

2) 時間に依存する非ニュートン流体

時間依存は、それらが一定のずり速度（RPM）で保持される時間のことで、非ニュートン流体は粘度計のスピンドルスピードを切り替えると、異なる粘度を示します。

● 時間に依存しない非ニュートン流体

擬似塑性物質 : この種の物質はずり速度の増加によって粘度が減少する現象を示し、「剪断稀釈（shear thinning）」としても知られています。もし、回転速度を低速度から高速度へ、次に高速から低速へ変えて粘度値を読み取り、それらが上述の現象を見せれば、その物質は時間に依存しない擬似塑性流体で、稀釈の特性を持つ種類です。

● 時間に依存する非ニュートン流体

チクソ性物質 : この種の物質は一定のずり速度のもとでも粘度が減少する性質を持っています。もし、一定の回転速度に粘度計を設定し、粘度（cP）について記録を取り、その結果、cPの値が時間の経過と共に減少している場合、その物質はチクソ性物質です。

小冊子“粘度問題に関する解決策”に、レオロジー的特性と非ニュートン流体の振舞いについて詳細に触れています。

- 粘度計に関係する変数

大抵の流体の粘度は非ニュートン性であることが知られています。これは、ずり速度とスピンドルの形状の条件に依存しています。粘度計のスピンドルとサンプル容器の形状の条件についての規定は粘度読取値に影響を及ぼします。

ある1つの読取値を回転速度 2.5rpm で、もう1つを 50rpm で読み取ると、得られる2つの粘度値 (cP) は、それぞれ異なるずり速度で得られたものであるため異なる値になります。スピンドルの回転速度が高くなればなるほど、ずり速度も高くなります。

任意の測定値のずり速度は、スピンドル回転数、スピンドルの大きさや形状、使用する容器の大きさや形状などにより、容器とスピンドル表面の間の距離で決定されます。

粘度試験を繰り返し行う場合には、次の事項を管理し、規定することが必要です。

- 1) 温度
- 2) サンプル容器の大きさ (またはスピンドルと容器の形状)
- 3) サンプル量
- 4) 粘度計の形式
- 5) 使用するスピンドル (LV, RVDV- I Prime を利用するときは、保護脚 (ガードレグ) の取り付けが必要)
- 6) 試験速度または速度 (ずり速度)
- 7) 粘度を記録するための時間の長さまたはスピンドル回転数

付録 D スピンドル及び型式コード

それぞれのスピンドルは、2桁の入力コードを持っていて、DV-I Prime のキーパッドを介して入力することができます。このコードを入力することによって DV-I Prime は粘度や、ずり速度及びずり応力の値を演算することができます。

また、スピンドルにはそれぞれ2種の定数があり、上述の演算をするときに利用します。スピンドルの乗数 (SMC) は粘度とずり応力の計算に利用し、ずり速度定数 (SRC) は、ずり速度とずり応力の計算に利用します。

表 D 1

スピンドル	入力コード	SMC	SRC
RV 1	0 1	1	0
RV 2	0 2	4	0
RV 3	0 3	1 0	0
RV 4	0 4	2 0	0
RV 5	0 5	4 0	0
RV 6	0 6	1 0 0	0
RV 7	0 7	4 0 0	0
HA 1	0 1	1	0
HA 2	0 2	4	0
HA 3	0 3	1 0	0
HA 4	0 4	2 0	0
HA 5	0 5	4 0	0
HA 6	0 6	1 0 0	0
HA 7	0 7	4 0 0	0
HB 1	0 1	1	0
HB 2	0 2	4	0
HB 3	0 3	1 0	0
HB 4	0 4	2 0	0
HB 5	0 5	4 0	0
HB 6	0 6	1 0 0	0
HB 7	0 7	4 0 0	0
LV 1	6 1	6. 4	0
LV 2	6 2	3 2	0
LV 3	6 3	1 2 8	0
LV 4	6 4	6 4 0	0
LV 5	6 5	1 2 8 0	0
T-A	9 1	2 0	0
T-B	9 2	4 0	0
T-C	9 3	1 0 0	0
T-D	9 4	2 0 0	0
T-E	9 5	5 0 0	0
T-F	9 6	1 0 0 0	0
ULA	0 0	0. 6 4	1. 2 2 3
DIN-ULA	8 5	0. 2 2	1. 2 9
SC 4-1 4	1 4	1 2 5	0. 4
SC 4-1 5	1 5	5 0	0. 4 8
SC 4-1 6	1 6	1 2 8	0. 2 9 2 9
SC 4-1 8	1 8	3. 2	1. 3 2

表 D1 (つづき)

スピンドル	入力コード	SMC	SRC
SC 4-2 1	2 1	5	0. 9 3
SC 4-2 5	2 5	5 1 2	0. 2 2
SC 4-2 7	2 7	2 5	0. 3 4
SC 4-2 8	2 8	5 0	0. 2 8
SC 4-2 9	2 9	1 0 0	0. 2 5
SC 4-3 1	3 1	3 2	0. 3 4
SC 4-3 4	3 4	6 4	0. 2 8
SC 4-3 7	3 7	2 5	0. 3 6
CP-4 0	4 0	0. 3 2 7	7. 5
CP-4 1	4 1	0. 2 2 8	2
CP-4 2	4 2	0. 6 4	3. 8
CP-5 1	5 1	5. 1 2	3. 8 4
CP-5 2	5 2	9. 8 3	2

表 D 2

型式	トルク定数 (TK)	型式コード (画面)
LV DV- I Prime	0. 0 9 3 7 3	LV
2. 5 XLVDV- I Prime	0. 2 3 4 3	4L
5 XLVDV- I Prime	0. 4 6 8 6	5L
1/4 RVDV- I Prime	0. 2 5	1R
1/2 RVDV- I Prime	0. 5	2R
RVDV- I Prime	1	RV
HADV- I Prime	2	HA
2XHADV- I Prime	4	3A
2.5HADV- I Prime	5	4A
HBDV- I Prime	8	HB
2XHBDV- I Prime	1 6	3B
2.5XHBDV- I Prime	2 0	4B
5XHBDV- I Prime	4 0	5B

DV- I Prime シリーズの型式とスピンドルのなかのいずれかについての最大粘度範囲は次に示す式を使って計算できます。

$$\text{最大粘度範囲 (CP)} = (\text{TK}) \times (\text{SMC}) \times \frac{10,000}{\text{RPM}}$$

但し、

TK = 表D2 から得られる DV- I Prime のトルク定数

SMC = 表D1 から得られるスピンドル乗数

$$\text{ずり速度 (1/sec)} = (\text{SRC}) \times (\text{RPM})$$

但し、

SRC = 表D1 から得られるずり速度定数

付録 E DV-I Prime 検定手順

ブルックフィールド粘度計の精度は粘度標準液を使って確認できますが、この標準液は当社から入手できます。粘度標準液はニュートン性流体ですので、スピンドル回転速度（ずり速度）に関係なく、同じ粘度をもちます。

標準液には25℃、及び高温域で3点（25℃、93℃、149℃）で検定したものがあり、表E1に示します。

容器の寸法: 30,000cp 未満の粘度標準液については 600ml の背の低いグリフィンビーカー（検量 500ml）を利用してください。30,000cp 以上の標準液については内径 82.5mm、高さ 121mm位の容器を利用してください。

注) 容器は大きいものであれば問題ありませんが、小さ過ぎるものはお薦めできません。

温度：標準液のラベルに記載している温度の±0.1℃

条件：粘度計本体は操作手順に従って、据付けてください。恒温槽は試験温度で安定させておいてください。本体の型名が“LV”または“RV”と示されている粘度計にはガードレグ（保護脚）を必ず取り付けてください。

常温標準液（25℃）		高温標準液
5cp	5,000cp	TH-30,000
10cp	12,000cp	TH-60,000
50cp	30,000cp	TH-100,000
500cp	60,000cp	25℃、93.3℃、149℃で検定
1,000cp	100,000cp	

表 E1

● ブルックフィールド粘度標準液

ブルックフィールド粘度標準液は最初に使用した日付から 1 年で交換されることをお勧めします。これらの流体は、純粋なシリコンであり、基本的に時間に対しての変化はありません。しかしながら、正規の使用条件下でも外部からの汚染物質にさらされることを考慮すると、例年のベースでの交換が必要と考えられます。この汚染は、溶媒の混入、異なる粘度標準液、または、他の性質の材料によって発生する可能性があります。

粘度標準液は、正常な研究室や工場のコンディション下に保管してください。

ブルックフィールド社は、粘度標準液の再証明は致しておりません。ブルックフィールド社は、購入日付の 2 年以内のあらゆる標準液に対して、校正証明書の複製のコピーを供給いたします。

汚染されない限り、ブルックフィールド粘度標準液は再利用できます。通常、600ml ビーカーを使用する場合、ビーカーからボトルに標準液を返して繰り返し使用します。少量サンプルアダプター、UL アダプター、または、サーモセルのような付属品を使用し、少量の標準液を計測する場合、試料は通常廃棄されます。

● 標準付属スピンドル LV(No.1～4)および RV (No.1～7) についての検定手順

- 1) 粘度標準液を適当な容器に採り、恒温槽の中に漬けてください。
- 2) ガードレグ（保護脚）を付けて粘度計本体を測定位置まで下げてください。

- 3) 任意のスピンデルを粘度計に取り付けます。もし、円盤形スピンデルを利用する場合、まず傾けてスピンデルを漬けてから、粘度計に嵌り込み、円盤の下側に気泡を取り込まないようにしてください。
- 4) 標準液はスピンデルと一緒に恒温槽内に、最低 1 時間浸漬し、定期的に液を攪拌した上でそれから測定して下さい。
- 5) 1 時間経過後、粘度標準液の温度を正確な温度計で点検して下さい。
- 6) 標準液の温度が試験温度（通常 25℃ で規定温度の $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ）になれば、粘度を測定し、粘度計の指示値を記録して下さい。

注) 測定値をみ取る前に、スピンデルは少なくとも 5 回は回転させて下さい。

- 7) 粘度読取値は標準液に記載する粘度値 (cP) に粘度計と標準液とを合わせた精度内で等しくなければなりません。詳細は検定試験結果の解釈の項を参照して下さい。

● 少量サンプルアダプターの検定手順

少量サンプルアダプターを利用する場合、恒温水循環ジャケットを恒温槽に接続し恒温水を適切な温度で安定させて下さい。

- 1) 粘度標準液を適量採り、サンプル容器に入れて下さい。専用スピンデルとサンプル容器の組み合わせにより、サンプル量は変わります。詳細は少量サンプルアダプターの取説を参照して下さい。
- 2) サンプル容器を水循環ジャケットに取り付けて下さい。
- 3) スピンデルを試験液の中に浸漬し、延長リンク、カップリング・ナットと自在にぶら下がっているスピンデル（または直接軸に取り付けるスピンデル）を粘度計本体に取り付けて下さい。
- 4) 粘度標準液、サンプル容器およびスピンデルが試験温度に達するのに 30 分要します。
- 5) 粘度を測って、粘度計の読取値を記録して下さい。

注) 粘度を読取る前に、少なくともスピンデルを 5 回転させることが必要です。

● サーモセル・システムの検定手順

サーモセル・システムを使用する場合、温度制御ユニットで試験温度において、サーモセル・コンテナ（電気炉体）は安定していることが必要です。

- 1) 高温用標準液 HT を適量サンプル容器 HT-2 に入れて下さい。利用するスピンデルの種類によってサンプル量は変わります。詳細はサーモセル取扱説明書を参照して下さい。
- 2) サンプル容器をサーモ・コンテナの中に静置させて下さい。
- 3) 任意のスピンデルを試験液の中に入れ、延長リンク、サンプルリング・ナットおよび自在にぶら下がっているスピンデル（または軸に直接取り付けスピンデル）を粘度計本体に取り付けてください。
- 4) 粘度標準液、サンプル容器及びスピンデルが試験温度に到達するのに約 30 分要します。
- 5) 粘度を測定し、粘度計の読取値を記録して下さい。

注) 粘度を読取る前にスピンドルを少なくとも5回転させてください。

- UL または DIN-UL 超低粘度アダプターの検定手順

UL または DIN-UL 超低粘度アダプターを利用する場合、恒温槽の温度は所定の温度に安定させておく必要があります。

- 1) 粘度標準液を適量 UL チューブに入れて下さい。詳細は超低粘度アダプター取扱説明書を参照して下さい。
- 2) スピンドル(延長リンクとカップリング・ナット付)を粘度計本体に取り付けて下さい。
- 3) UL チューブを取付ブラケットに組付けて下さい。
- 4) UL チューブを恒温水槽の中に下げて下さい。または、ULA-40Y 循環ジャケットを使用している場合は、恒温槽の外部循環ポンプに給／排口に接続して下さい。
- 5) 粘度標準液、サンプル容器およびスピンドルが試験温度に到達するのに 30 分要します。
- 6) 粘度を測定し、粘度読取値を記録して下さい。

注) 粘度を読取る前にスピンドルを少なくとも5回転させて下さい。

- ヘリパス・スタンドと T 字形スピンドルを利用した検定手順

ヘリパス・スタンドと T 字形スピンドルを利用している場合、T 字形スピンドルを取り外して、標準スピンドル LV (No. 1~4)、RV, HA, HB (No. 1~7) のいずれか 1 本を選択して下さい。T 字形スピンドルは、粘度計本体の検定値確認には利用しないで下さい。

- コーンプレート粘度計の検定手順

- 1) プレートにコーンスピンドルの設定を機械的に合わせる手続きを前述通りに行ってください。
- 2) コーンプレートの項の表を参照し、選択されたスピンドルのために必要とされる正しいサンプルの量を決定して下さい。
- 3) フルスケール範囲の 10 %~100 %の間の粘度読取り値を示す粘度標準液を選択します。前述の測定範囲表から、ご利用のコーンスピンドルの粘度範囲を照会します。どの標準液が適切であるかを決定するために、弊社、または、認定ディーラーと相談してください。選択したコーンスピンドルとスピードの組み合わせにおける最大粘度値に近い粘度標準液を使うことは、最も良い方法です。

例: LVDV- III+レオメーター、コーンスピンドル CP-42、標準液 10cps (25℃で 9.7 cP の粘度を持つ)、速度60 RPM、最大粘度範囲が10.0cP の場合。

このとき、レオメーターの読取値は、トルクが97%、粘度値は $9.7 \text{ cP} \pm 0.197 \text{ cP}$ (レオメーターの誤差許容値 0.1cP+標準液の誤差許容値 0.97cP) であるべきです。

精度は、レオメーターと標準液の許容誤差 (目盛修正テスト結果の解釈を参照) の合計値以内となります。

- 4) 温度平衡のために 10 分待ち、粘度計に関してサンプルカップを除去し、粘度標準液をカップに置く。
- 5) サンプルカップをレオメーターに取り付けます。設定温度になるまで最大 15 分を要します。スピンドル、及び、カップが既にテスト温度にあるならば、比較的少ない時間で結構です。
- 6) 粘度を測定し、粘度計の読み取り値を記録してください。

注意事項：

- 1) 粘度を読取る前に、スピンドルは少なくとも 5 回転させてください。
- 2) コーン/ プレート機器には 5cP ～ 5000cP 範囲のブルックフィールド粘度標準液の使用が推薦されます。検定手順において更に粘度の高い粘度標準液を必要とするならば、ブルックフィールド社、または、認定ディーラーに連絡してください。
- 3) 最大粘度範囲の 10%～100% の粘度標準液を選択します。付録B からコーンスピンドルの粘度範囲を参照して下さい。コーンプレート粘度計では 5000cP を超える粘度値のシリコン粘度標準液はお勧めできません。表 E2 にて表示されているとおり、ブルックフィールドは、広い範囲のコーンプレート粘度計の使用に適当な鉱油粘度標準液を提供します。どの標準液が適切であるかを決定するために、ブルックフィールド、または、認定ディーラーと相談して下さい。

鉱油粘度標準液	
部品No.	粘度 (cP) 25℃
B 31	31
B 210	210
B 750	750
B 1400	1400
B 2000	2000
B 11000	11000
B 20000	20000
B 80000	80000
B 200000	200000
B 420000	420000

表E2

- 検定試験結果の解釈について

粘度計本体の検定を確認する場合、粘度計本体および粘度標準液の許容誤差をそれぞれ合わせた全許容誤差を算出する必要があります。

粘度計本体はスピンドルと回転数で定まる最大粘度範囲（フルスケール値）の±1%の精度を持っています。ブルックフィールド社製粘度標準液の精度はそれぞれ記載している値の±1%です。

例) 下記の条件での検定手順。

- 条件

本体：RV（中粘度用）シリーズ粘度計
スピンドル：RV - 3（標準スピンドル 3 番）
回転速度：2 rpm
温度：25℃
ブルックフィールド標準液：12,500cps（実際の検定粘度は温度 25℃で 12,257cp の粘度を持っているとします。）

1) 以下の式を利用してこの条件での最大粘度範囲を算出して下さい。

- 最大粘度範囲 (cp) = $(TK) \times (SMC) \times \frac{10,000}{RPM}$

- 但し、TK : 表 D2 より 1. 0
SMC : 表 D1 より 10

- 最大粘度範囲 (cP) = $\frac{1 \times 10 \times 10,000}{2} = 50,000cp$

- ゆえに、この条件での本体の精度（許容誤差）は±500cp（50,000cp の±1%）になります。

2) 粘度標準液は 12,257cp です。その精度は 12,257cp の 1%、つまり±122.57cp となります。

3) 以上のことから全許容誤差は、± (122.57+500) cp=±622.57cpとなります。

4) 従って 11,634.4~12,879.6cp の範囲にある粘度読取値はいずれも、粘度計が正確に動作していることを示しています。一方、この範囲を逸脱する読取値は粘度計に異常があることを示します。この試験結果をもとにして問題がどこにあるのか当社にご相談ください。

- ブルックフィールド・ガードレグ（保護脚）

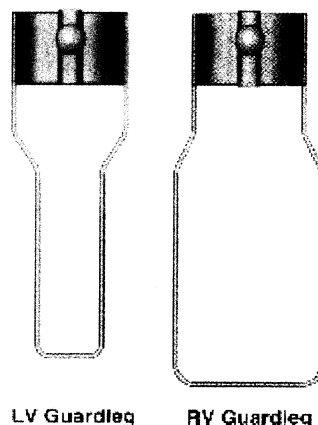


図 1

ガードレグは、元々使用中のスピンドルを保護するために設計されました。ブルックフィールド粘度計の最初のアプリケーションは、流体を 55 ガロンドラムで評価する場合に手で押さえる作業を伴うものでした。そのコンディションではスピンドルに対するダメージの可能性が大きかったことは明瞭です。当初の構成は、横の衝撃からスピンドルを保護したスリーブを含んでおり、早期の RV ガードレグ、及び LV ガードレグは、ねじれ、及び、ロックメカニズムを持つピボットカップの底に接続されたダイヤルハウジングに接続していました。

現在のガードレグは、ブルックフィールド粘度計 / レオメーターの「ピボットカップ」に取り付けるブラケット部を持つU字型の金属のバンドです。ガードレグはピボットカップに取り付けなければならないので、コーンプレート仕様に使用することができません。また、ガードレグは全ての LV ・ RV シリーズ機器に標準付属していますが、HA ・ HB シリーズには付属していません。それぞれのガードレグは、適切なスピンドルセットのスピンドルが収まる形状に設計されております（図 1 参照）。RVの No.1 スピンドルの直径が大きい為に、RV ガードレグは、LV より幅の広い形状をしています。それぞれ交換しての使用はできません。

ブルックフィールド粘度計 / レオメーターの検定は、背の低い 600ml (500ml) グリフィンビーカーを用いて決定されます。LV、及び、RV シリーズの機器の検定には、ガードレグの使用が必要です。ビーカーの内壁（HA/HB 機器の場合）、または、ガードレグ（LV/RV 機器の場合）は、いわゆる測定の「外の境界」を定義しています。LV、RV、及び、HA/HB スピンドルのスピンドルファクタ値は、この境界条件によって計算されております。スピンドルファクタ値は、トルク（ダイヤル読取り値、または、% トルク値として表される）をセンチポイズに変換するために使われます。理論的に、測定が異なる境界条件で行われる場合（例：ガードレグなしで、もしくは、600ml ビーカー以外の容器において）、ファクタファインダ上のスピンドルファクタ値は、絶対的粘度を正確に計算するために使われることができません。境界条件を変えること自体は、流体の粘度を変えることはありません。しかし、読取りトルク値がセンチポイズに変換された場合、前回の条件とは異なった値になってしまいます。新しい境界条件で、スピンドルファクタを変えずにトルクから粘度を計算した値は正確な値ではありません。

実質的には、LV、及び、RV スピンドルセットの No.1 と No.2 スピンドルが使われるときに、ガードレグは最も大きな効果を発揮します。他の LV（No.3・No.4）、または、RV（No.3～No.7）スピンドルは、ガードレグなしで 600ml ビーカーに使用しても結構です。HA、HBシリーズ粘度計 / レオメーターは高粘度材料を測定しますので、低粘度による潜在的な問題を減少させる

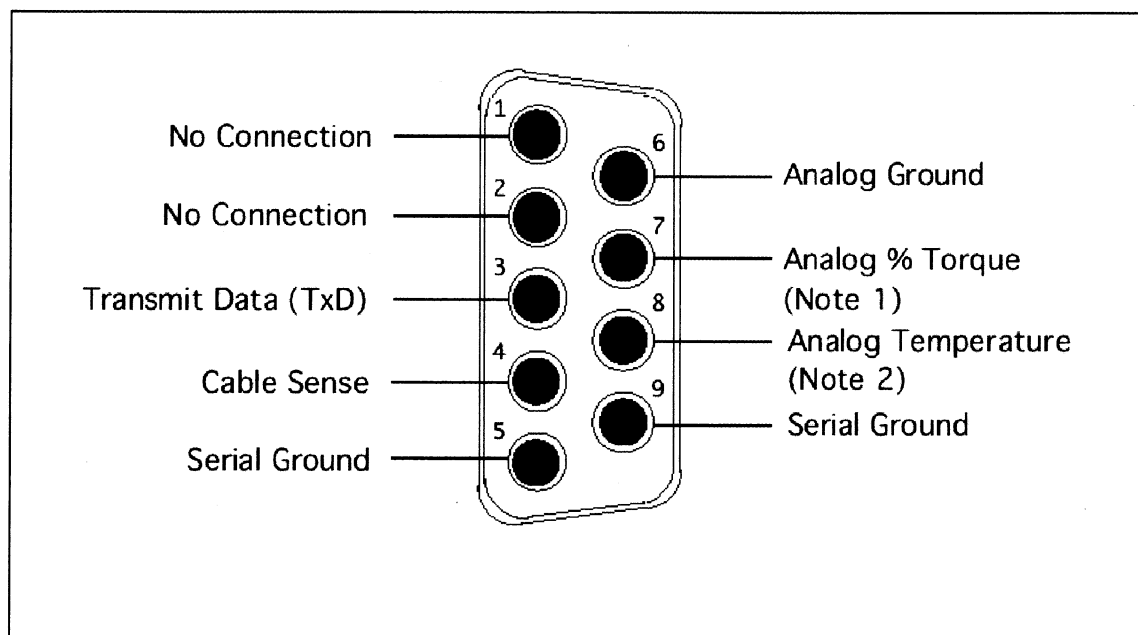
ためのガードレグは必要無く、付属されておりません。HA/HB スピンドルの No.3 ~ No.7 と、RV スピンドルセットの No.3 ~ No.7 はまったく同じ物です。HA/HB の No.1 と No.2 は、同じ番号の RV スピンドルと僅かに異なる寸法を持っていますが、境界条件が異なっても、機器トルクと同様、RV と HA / HB の No.1 & No.2 スピンドルは同じファクタ値となります。

600 ml ビーカーを使用する推薦手順やガードレグ等は、多くのユーザーにとっては従うのが難しい問題です。また、いくつかのアプリケーションにおいては、テスト資料の量を 500ml も用意することは、同じく難しい問題です。実際には、更に小さい容器を使用する場合や、ガードレグを外して使用している場合もあります。ブルックフィールド粘度計 / レオメーターは、あらゆる測定状況の下で、正確な反復的トルクの読取りを行います。この場合、使われるファクタ値をそれらの特別な状況のために新しく開発した場合、このトルク読取りのセンチポイズへの変換は正しくなります。

ブルックフィールドは、「粘性問題の解決策」、セクション 3.3.10において、あらゆる測定状況におけるブルックフィールド粘度計 / レオメーターの再検定の方法を概説しました。多くの粘度計ユーザーにとっては、正確な粘度に比べ再現性がより重要であることに注目する必要があります。この再現値は、あらゆる測定状況に関して特別な努力を行わずに獲得できます。しかし、境界条件が、ブルックフィールドによって指定された条件でない場合にブルックフィールドのファクタ値を使用した際、このトルクの読取りが正しいセンチポイズ値に変換されないことに注意して下さい。

ガードレグの使用は、ブルックフィールド LV・RV シリーズ粘度計 / レオメーターのキャリブレーションチェックでの条件の一部です。その存在、目的とデータに関しての影響に注意して下さい。この知識を用いて、粘度計ユーザーはニーズに適するための推薦されたオペレーションの方法で修正を行って下さい。

付録 F DV-I Primeのシリアル及びアナログ出力



図F1

注意: アナログ出力は0～1 V d.cで0 Vが0 %トルク値、1 Vが100 %トルク値に相当します。
分解能は0.1ミリボルト (0.1 %) です。

アナログ出力:

%トルク値のアナログ出力は粘度計背面の9ピンコネクタからアクセスできます。ピンの接続位置は図F1の通りです。

出力ケーブル (部品No.DVP-96B) の結線は次の通りです。

赤色ワイヤー: 温度出力 (オプションで温度プローブを取り付けた場合。)

黒色ワイヤー: 温度接地

白色ワイヤー: %トルク出力

緑色ワイヤー: %トルク接地

付録 G スタンド組立図 (S 型)

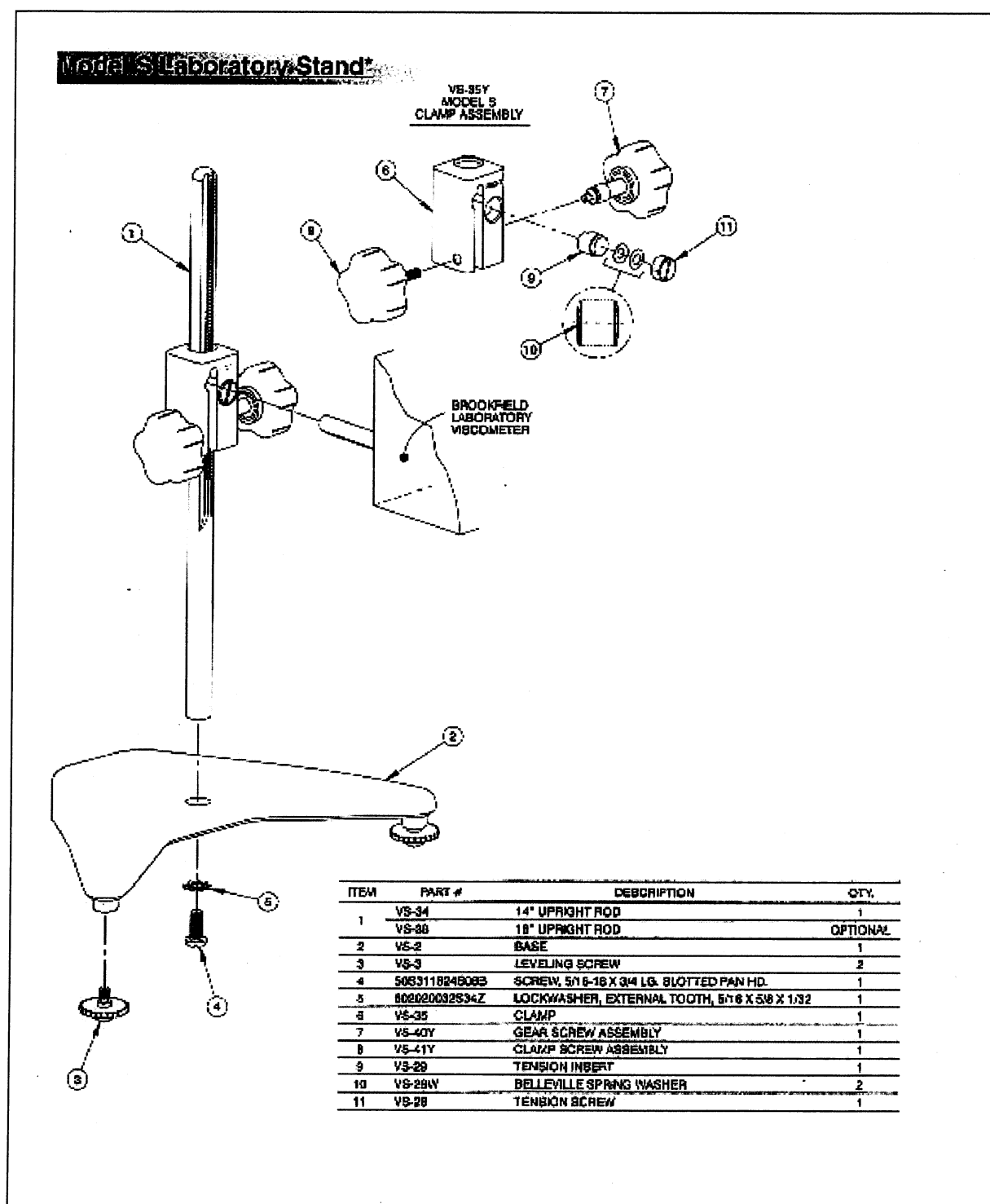


図 G 1

付録 H 故障診断と対策

お手持ちのブルックフィールド粘度計を利用される場合に通常遭遇する故障内容を列記します。

□スピンドルが回転しない

原 因	対 策
1. 入力電源が不適正	粘度計の所要電源条件に合致させる
2. 粘度計に電源コードがさしこまれていない	適正な所要電源に接続する。
3. 電源スイッチが“切”になっている	電源スイッチを“入”にする

□スピンドルの回転が偏芯している

原 因	対 策
1. スピンドルがカップリング部（取付部）に確実にねじ込まれていない	スピンドルを正確にねじ込む
2. スピンドルが粘度計カップリング部に異物が付着している	スピンドル及びカップリング部を清掃する
3. スピンドルが曲がっている	他のスピンドルと比較点検し曲がっているものは交換する スピンドルが偏芯して回転している場合当社にご連絡ください 注）許容できる最大偏芯度はスピンドル端面で1.6mm
4. スピンドル・カップリング部が曲がっている	当社にご連絡ください

□読取値を指示しない

原 因	対 策
1. トルク値％がゼロ未満の場合、測定レンジが低すぎる（表示“－”と表示）	スピンドルと速度のいずれもまたはそのいずれかを変更する。 自動ゼロ調整（Auto Zero）を実行する
2. スピンドルがゼロ未満で動かない（引っ掛っている）	当社にご連絡ください

□読取指示部が 100% 以上になっている

原 因	対 策
1. 測定レンジ F.S.を越えている（表示部 “EEE” と指示）	スピンドルと速度いずれもまたそのいずれかを変更する

□粘度計の指示値がゼロに戻らない

原 因	対 策
1. ピボット・ポイントかベアリング部のいずれかが不良	検定して点検を実行する 当社にご連絡ください

□読取指示部が安定しない

原 因	対 策
1. スピンドルの回転が不規則になっていないか点検する	所要電源を確認する
2. スピンドルかスピンドル・カップリング部のいずれかが曲がっている	当社に御連絡ください
3. サンプル流体の温度が変動している	恒温槽による温度調整をする
4. サンプル流体に独特の特性がある	付録 C を参照

□読取値が不正確

原 因	対 策
1. スピンドル／速度の選択が不適正	適正なスピンドル／速度の組み合わせを選択する
2. スピンドルの登録コードが不適正	適正なスピンドル登録コードを選択する。
3. 試験パラメータが標準でない	調査
4. 温度の変動が起こっている	温度調整する
5. 粘度計の選択が不適正	適正な粘度計を選択

□記録計のペンが違った方向に動く

原 因	対 策
1. 出力側の極性が反対になっている	出力リード線を接続し直す

□記録計に何の応答もない

原 因	対 策
1. 粘度の読取値がゼロになっている 2. 記録計の電源スイッチが “切” になっている	電源スイッチを “入” にする
3. 出力側のケーブル・リード線が短絡している	短絡箇所を除去する (リード線を接続し直す)
4. 記録計が待機中になっている	待機状態を解除する
5. 測定レンジの設定が不適正	適正な測定レンジに設定する

付録 I 保証

ブルックフィールド社製品につきましては、製品の製造上の欠陥・故障に対し、販売日より一年間保証致します。保証規定に関しましては「保証書」を御参照願います。