

第30回 センシングフォーラム 発表資料

テーマ：静粘度測定に関する『ずり速度(シアレート)』の検討

(英題：The study for “shear rates” regarding the measurement of “static viscosity”)

発表者：(株) エー・アンド・デイ 第1設計開発本部 出雲直人、菅野将弘、深見雄二、清水幸子

主催：SICE (社) 計測自動制御学会計測部門

協賛：応用物理学会、次世代センサ協議会、センシング技術応用研究会、電子情報通信学会、

電気学会、日本機械学会、精密工学会、他

期日：2013年8月29日(木)、30日(金)

会場：信州大学繊維学部 (長野県上田市)

静粘度測定に関する
『ずり速度(シアレート)』の検討

2013.08.30

株式会社 エー・アンド・デイ

○出雲直人、菅野将弘、深見雄二、清水幸子

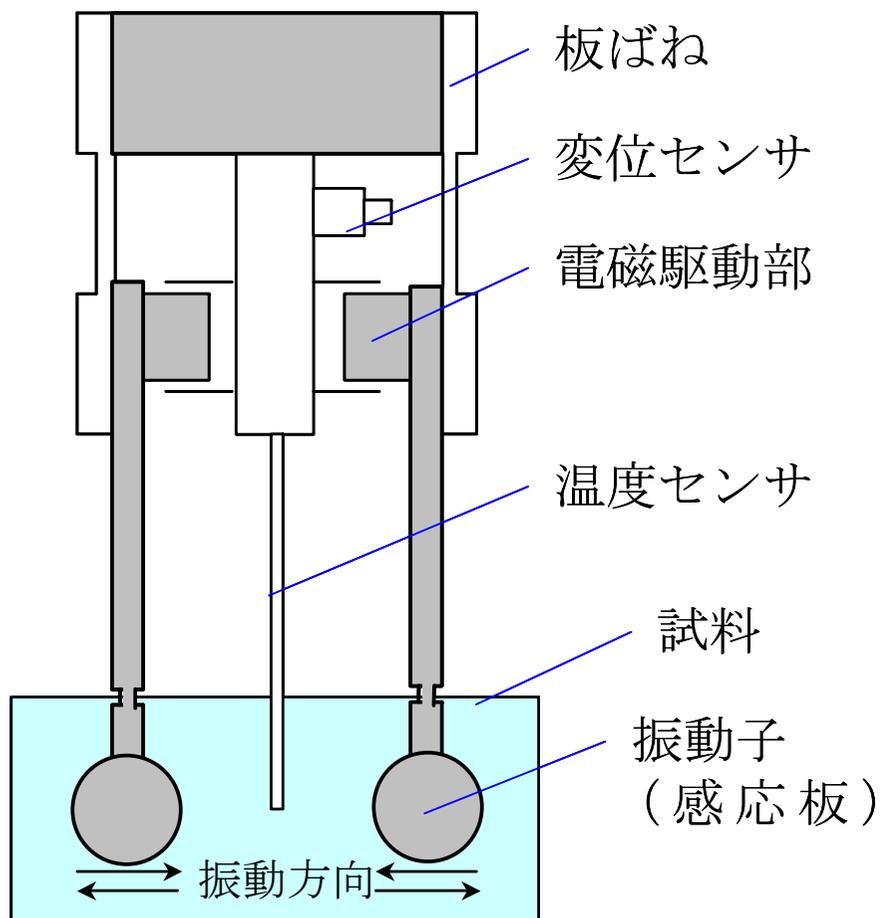
はじめに

- 流体の特性評価 ⇒ ずり速度の変更が不可欠
- ニュートン流体: ずり速度の変化にずり応力が比例 ⇒ 粘度値一定
- 非ニュートン流体: ずり速度の変化とずり応力の変化に比例関係無し
- ずり速度に比例して、材料の構造が変化し、かつ非ニュートン性を示す場合、液体内のずり速度不均一が非ニュートン性を示す原因と判断される。
- 一般的な非ニュートン流体の粘度値変化
 - ⇒ 人の感覚と異なる測定結果と感じられる事もある。

ずり速度の実態解明を目的として

- ①音叉振動方式を採用した粘度計のずり速度を変更させる。
- ②粘度検出部となる振動子表面と液体容器の壁との距離を変更し、ずり速度の違いが粘度値に与える影響について検討

測定原理



理論モデル

液体から振動子が受ける機械的インピーダンス R_z

$$R_z = A\sqrt{\pi f\eta\rho}$$

f : 振動周波数 (Hz)、 A : 振動子の両面面積、
 η : 液体の粘度、 ρ : 液体の密度

電磁駆動部が振動片に一定の振動速度 $Ve^{i\omega t}$ を与えている力を F とすると

$$R_z = \frac{F}{Ve^{i\omega t}} = A\sqrt{\pi f\eta\rho}$$

電磁駆動部が与える力は、粘度 η と密度 ρ の積に比例している。

電磁駆動部で発生する F は以下の式となる。

$$F = I \times B \times l$$

I : 駆動電流 (A)、 B : 磁束密度 (T)、 l : コイル長 (m)

製品外観とセンサ部詳細

RV-10000



恒温循環水槽

除振台



センサ部拡大

静粘度について

①細管式粘度計：動粘度 = 粘度 ÷ 密度

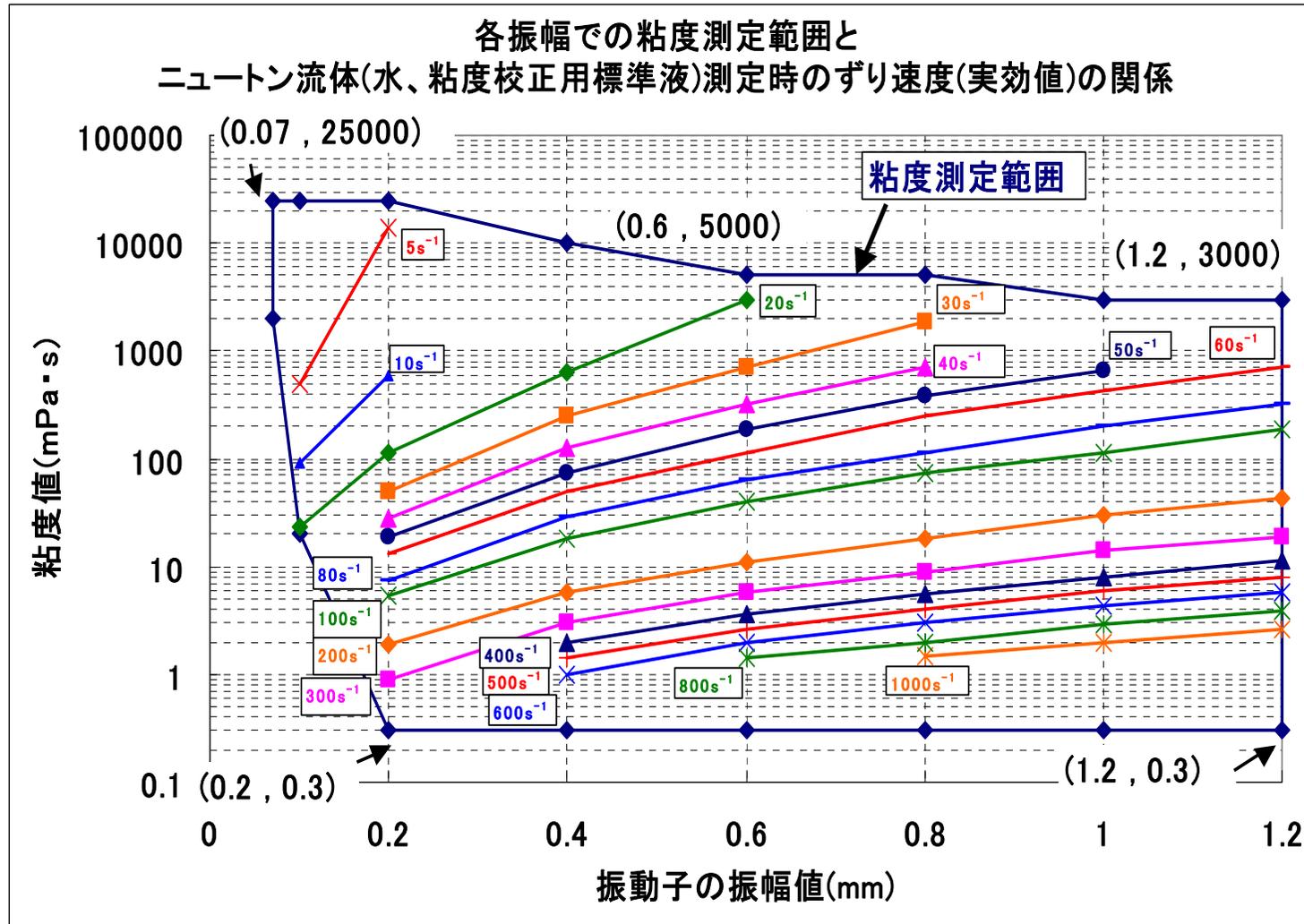
②回転式粘度計：粘度

③振動式粘度計：静粘度 = 粘度 × 密度

仕様

測定方式	音叉振動式／固有振動数 30Hz	
振幅レンジ	0.07mm～1.2mm(振動子先端にて)	
粘度測定範囲	振幅(振動子先端にて)	粘度範囲
	0.07mm	2,000～25,000 mPa・s
	0.1mm	20～25,000 mPa・s
	0.2mm	0.3～25,000 mPa・s
	～0.4mm	0.3～10,000mPa・s
	～0.8mm	0.3～5,000 mPa・s
	～1.2mm	0.3～3,000 mPa・s
試料温度測定部	0～160℃	
温度測定精度	0～20℃ : ±1℃ 20～30℃ : ±0.5℃ 30～100℃ : ±2℃ 100～160℃ : ±4℃	

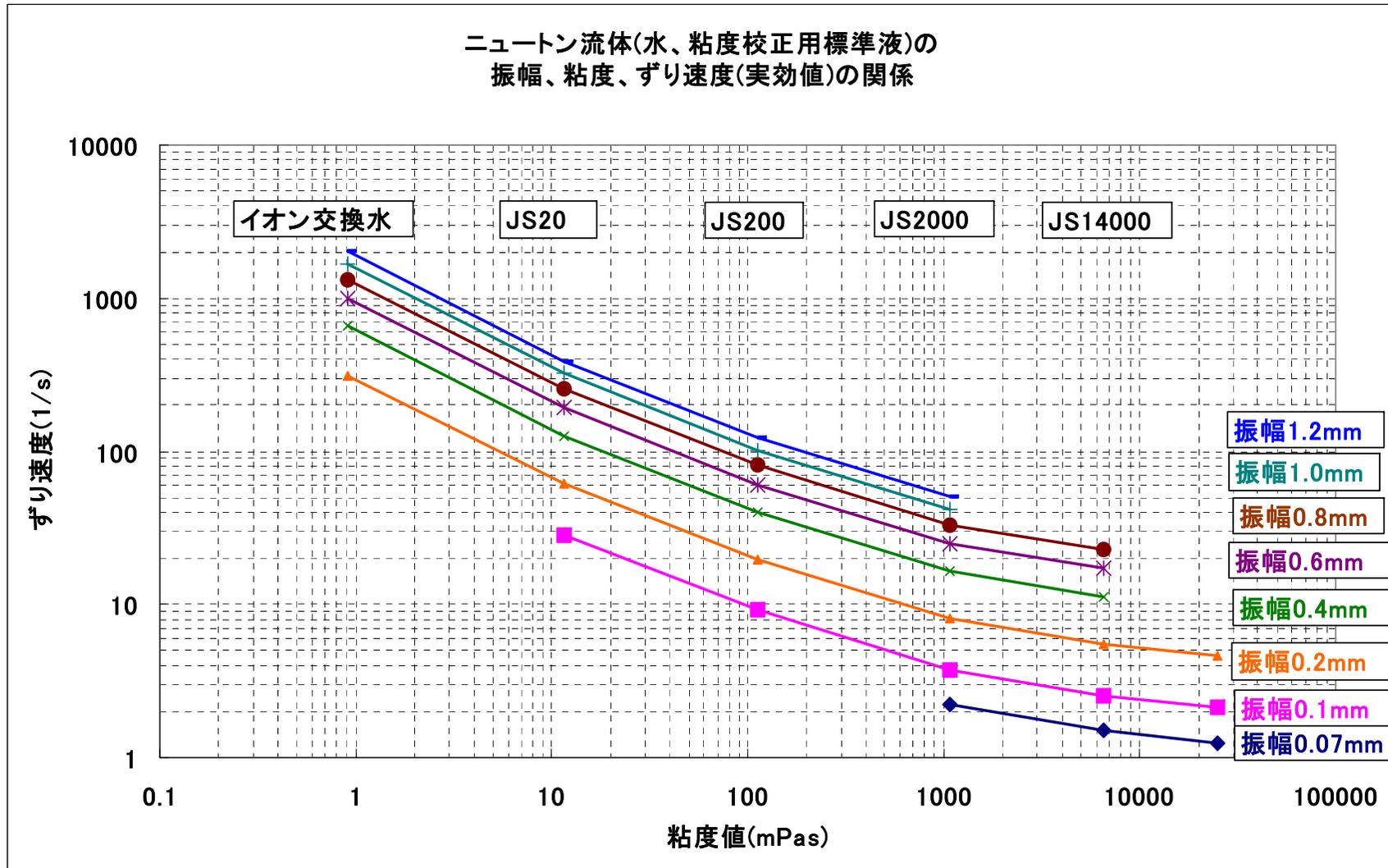
RV10000: 粘度測定範囲とずり速度



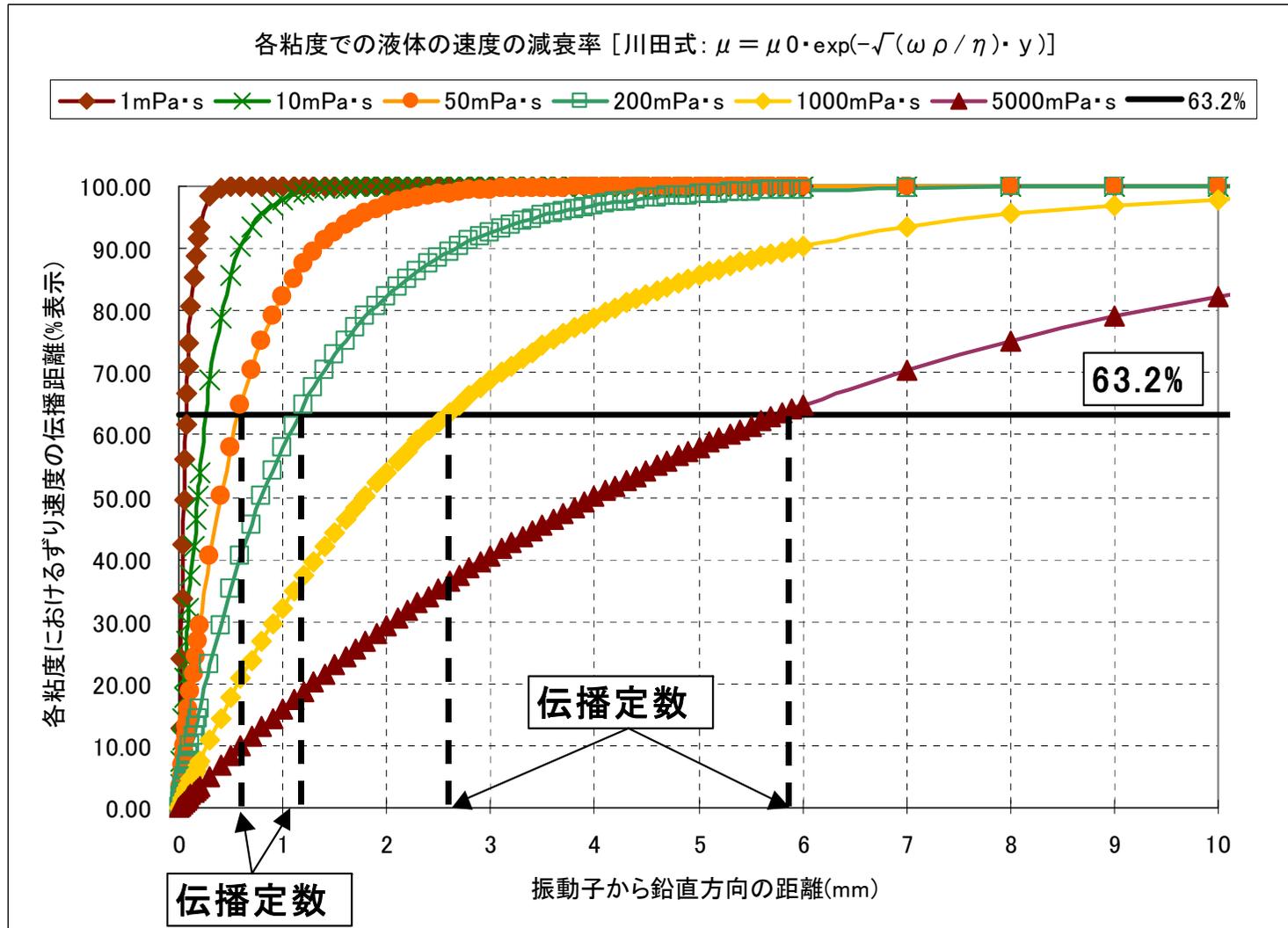
振動子にサイン波での繰り返し振動を与えている。

振動式のずり速度は、実効値に換算して表記している。

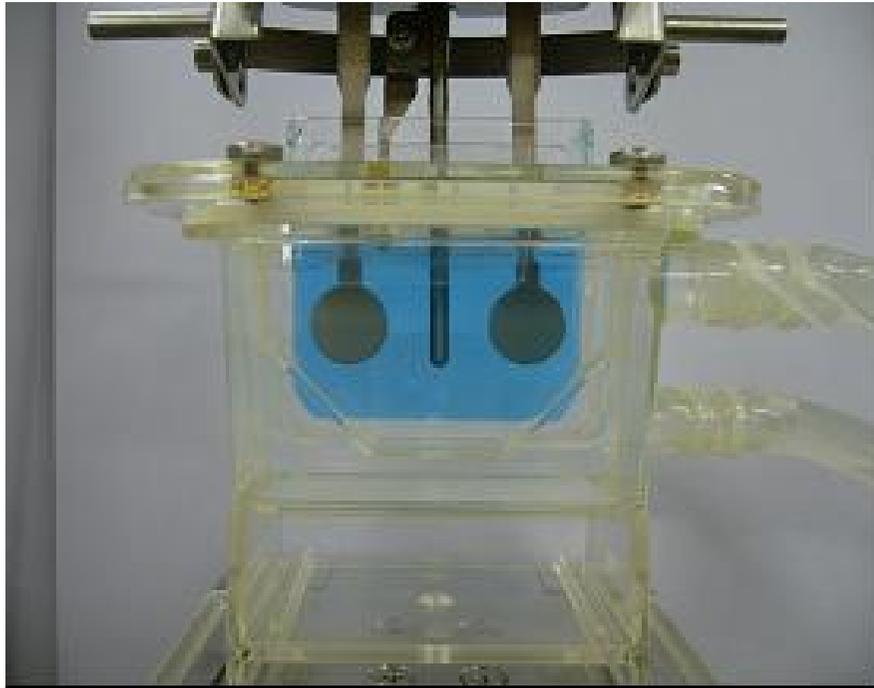
RV10000: 粘度値-ずり速度



ずり速度の伝播定数について



RV10000:実験 使用機器と構成



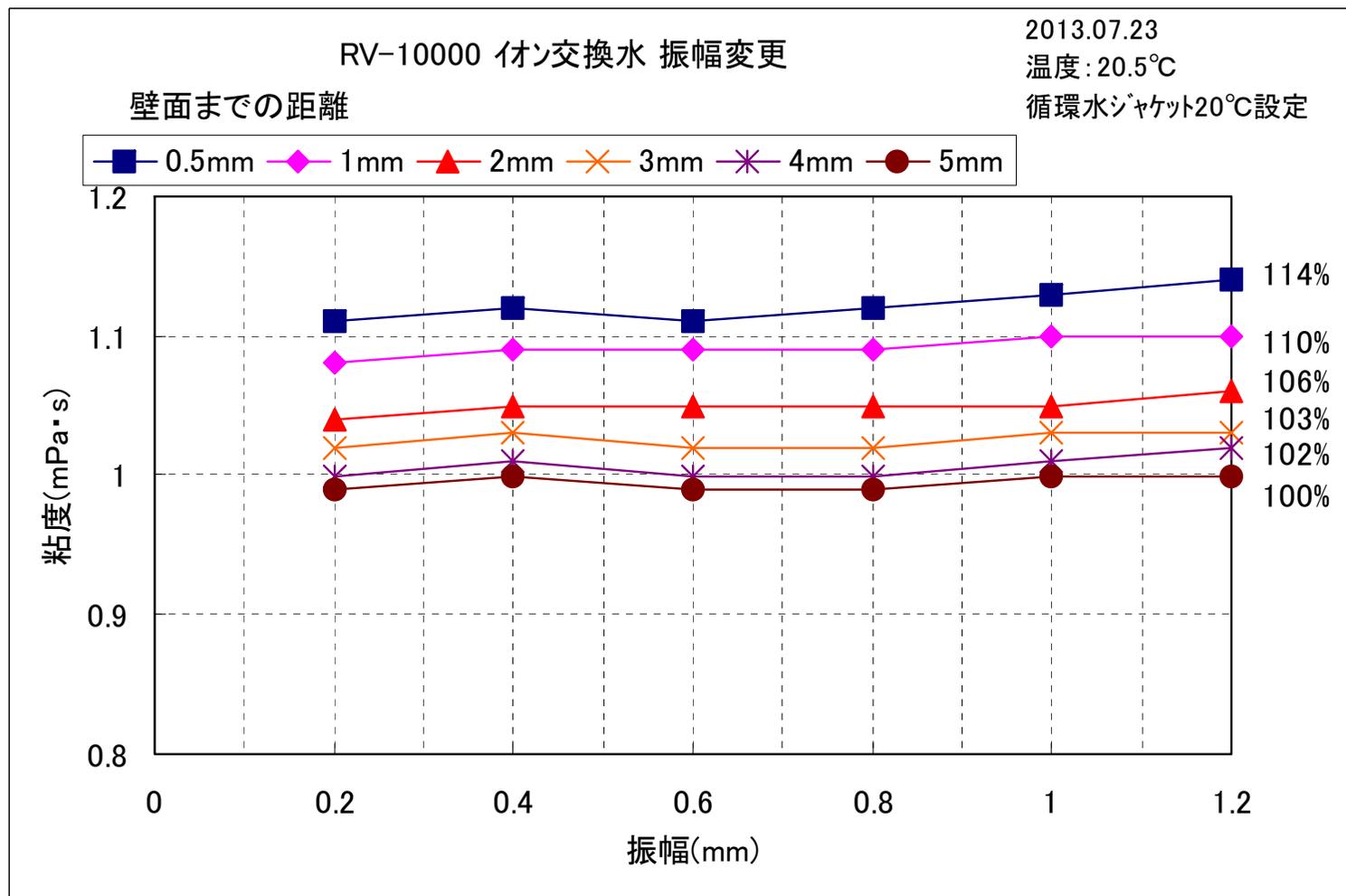
センサ正面



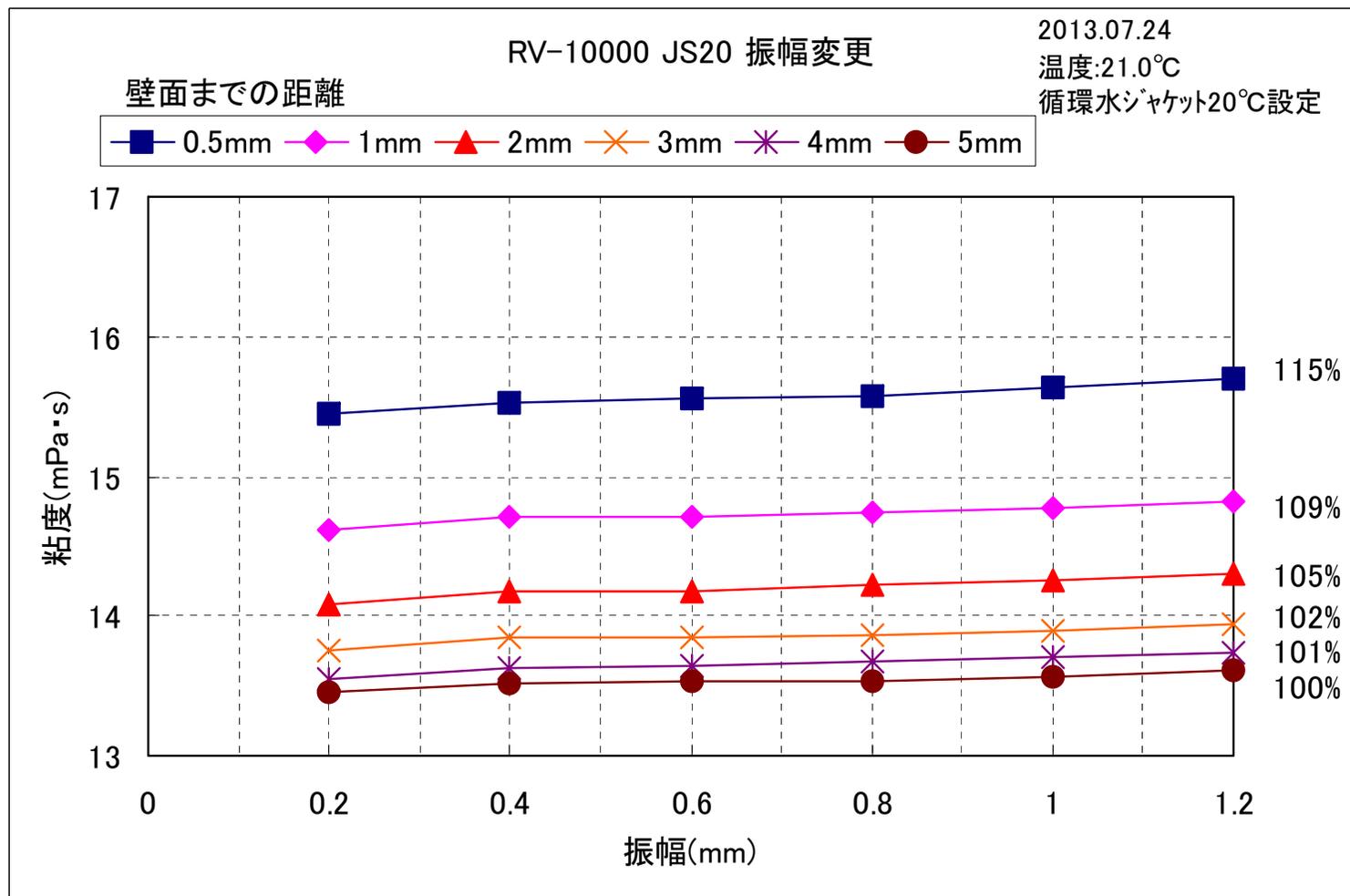
センサ側面

恒温水槽と循環水ジャケット、ガラス容器13mlを使用し、一定温度下で測定
振動子の振幅:0.07、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2mmと段階的に変更

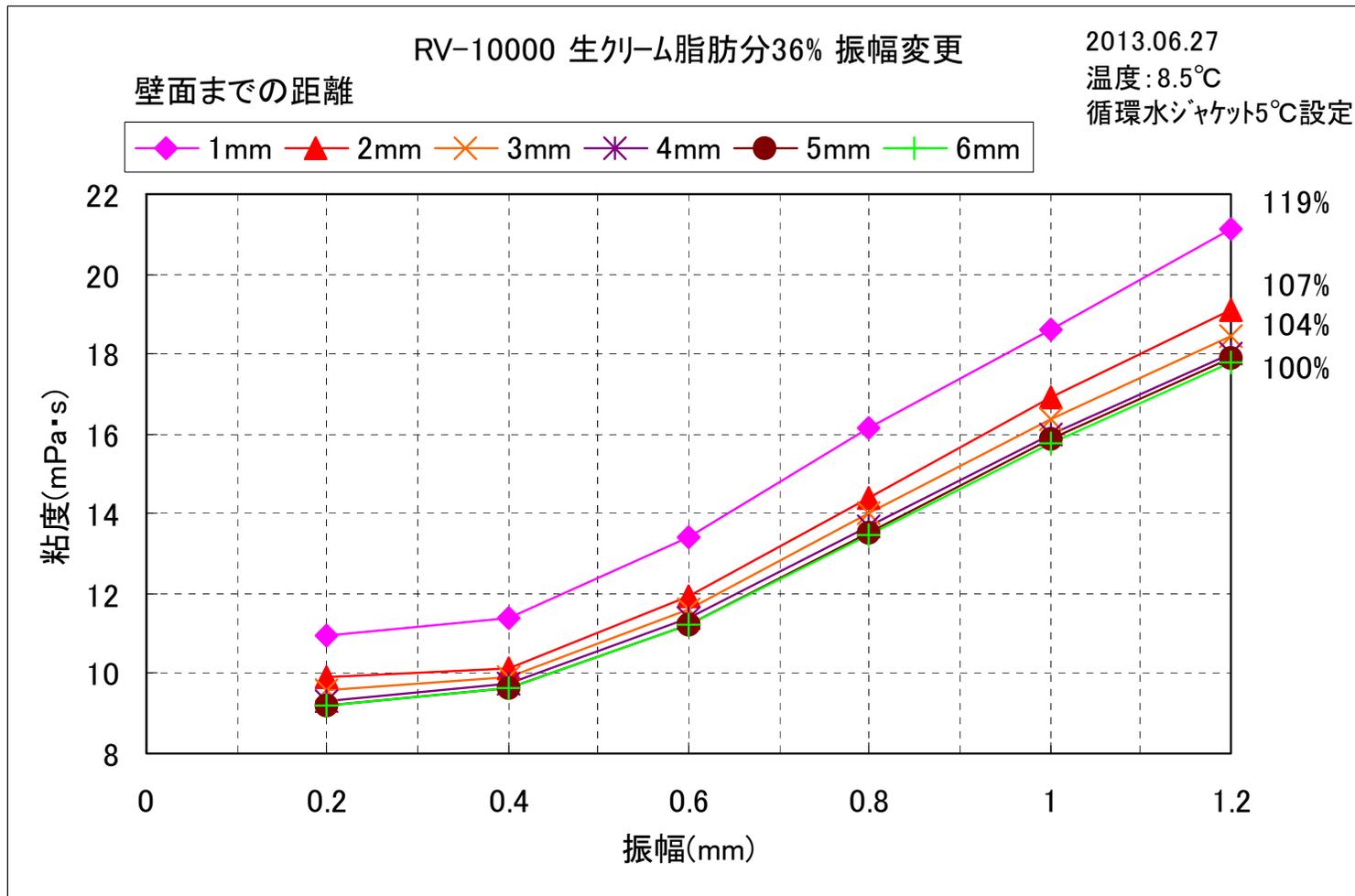
実験結果 イオン交換水



実験結果 粘度標準液(JS20)



実験結果 生クリーム



結論

- 振動子の振幅を変化させる事で、ニュートン流体と非ニュートン流体の識別が可能となった。
- 振幅を変化させる事で、非ニュートン流体のずり速度に対する粘性変化が判断できるようになった。
- 振動子から壁面までの距離が一定値よりも近づくと、急激な粘度値上昇が出現し、この現象はニュートン、非ニュートン流体の両方で確認された。

考察と課題

- ずり速度の伝播領域について、理論による数値と実測値との比較と、I定量化が可能になった。
- ずり速度の到達距離は『液体の速度の減衰率』として理論展開されていたが、RV10000で実測されたデータとは大きく異なっていた。
- 振動子と容器壁面の距離が数mmであっても境界条件として干渉し、粘度値変化に影響を与える事が判明した。
- 低粘度領域において、容器の壁面と振動子との距離を変えた粘度測定を行った。また、同時にずり速度も変えて粘度値との相関について実験し数値化した。
- 水とJS20でも液面の影響を受ける事が判明した。
- 振動子から発生するずり速度と壁面からの反射が干渉し、接液面での滑りや、振動子端面の影響等が考えられた。
- 粘性に関わる基本モデルの確立には、ずり速度の理論化や実測による定量化の試みをより精度を上げて継続する必要がある。