

オレンジ原料果汁の粘度測定

Viscosity of Frozen Concentrated Orange Juice (FCOJ)

赤羽 博

(Hiroshi AKABANE)

日本ジュース・ターミナル株式会社 工務グループ

Engineering , NIPPON JUICE TERMINAL K. K.

高粘性を有するオレンジ原料果汁 (FCOJ) の粘度測定や粘性に影響を与える要因についてはあまり知られていない。そこでバルクオレンジ原料果汁を取り扱ってきた 10 数年来の経験にもとづく知見をまとめてみた。

欧米に 10 年遅れをとったバルク供給基地が豊橋で稼動した (写真 1.2 参照) のは 1993 年のことである。ここで取り扱う FCOJ の特性は

糖度 \approx 66Brix

比重 \approx 1.33

PH \approx 3.7

凍結開始温度 \approx 25°C

である。低温での保管温度においても流動性は保持しており、ポンプでの移送が可能となっている。しかしその粘度は見かけ上かなり高い状態にある。FCOJ の粘性に関する正確なデータが移送設備の設計・運用面において必要とされる。

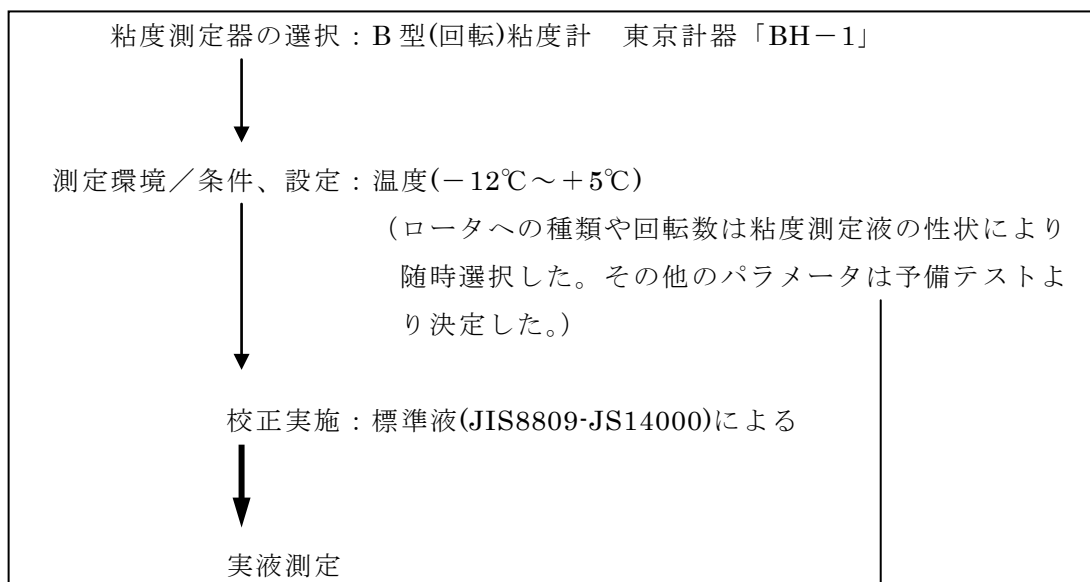


写真 1. 豊橋港に停泊する専用タンカー 写真 2. パイプラインへの接続

方 法

1. 粘度の測定法

液体の粘度を測定する機器には何種類かがあり、目的により使い分けている。今回用いたのは回転粘度計(B型粘度計)であり、次のようにして測定データを得た。



測定パラメータ

- ・ロータ : #1、#3、#4、#6
- ・ロータの回転数：2、4、10、20rpm
- ・測定までの時間：40sec
- ・温度（品温） : -12℃～+5℃（+30°）
（横河 M&C TM10 使用）
- ・ロータガードの影響
- ・再現性（ロータへの泡の付着）
- ・標準液による校正（JIS8809-JS14000 を使用）

写真 3. B型粘度計

必要に応じ、後述の「円筒式回転粘度計」での測定も行った。

2. 測定対象

既述の特性を有する、FCOJ を所定の温度条件で測定した。FCOJ にはいくつかのバリエーション（パルプ量など）がある。必要に応じ水で希釈したものの測定も行った。

結果

1. B型粘度計のデータ

得られた粘度データの例を図 1, 2 に示す。

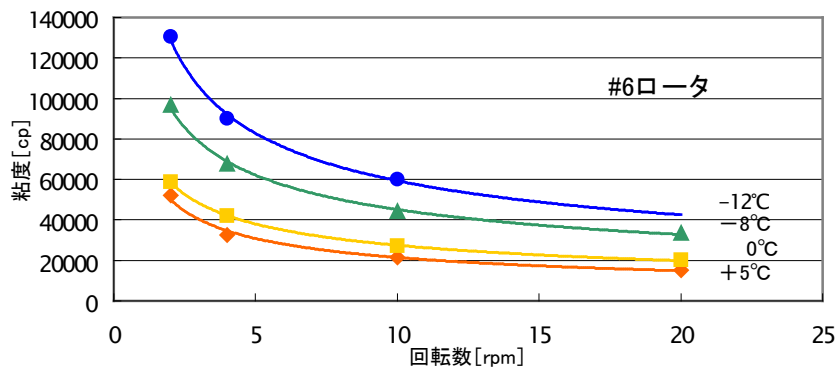


図 1. FCOJ 標準品の粘度データ (1)

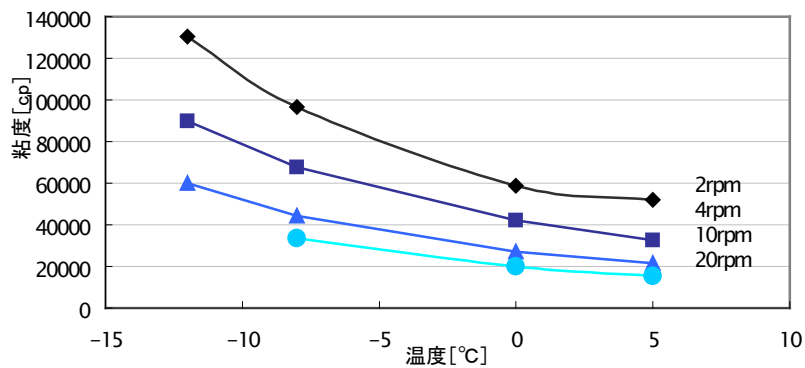


図 2. FCOJ 標準品の粘度データ (2)

FC0J は非ニュートン流体の挙動を示すことがわかった。

回転数（せん断速度）の依存性があることからより高回転数での粘度の測定の必要性が出てきた。

2. より実情に近い粘度測定法とそのデータ

高回転を与えることのできる粘度測定器として「円筒式回転粘度計」による測定を行い図 3. の結果を得た。

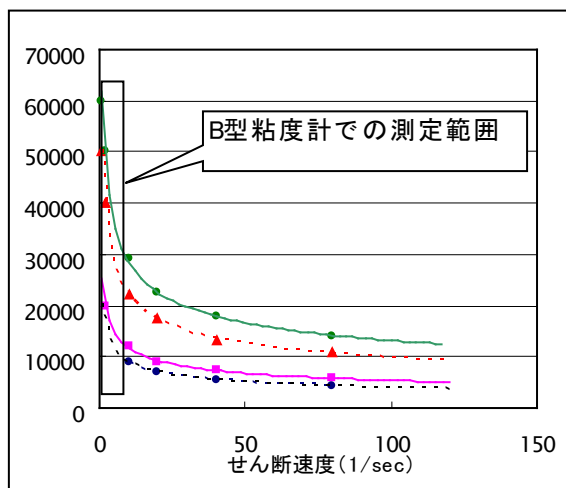


写真 4. 円筒式回転粘度計 図 3. FC0J の円筒式回転粘度計での粘度データの例

図 3 では B 型粘度計から得られた数値を合わせて表示した。これらのデータより、実液での粘度は 10,000cp 前後（ -10°C では）であることがわかった。

3. FC0J のバリエーションとその粘度

B 型粘度計を用いて（円筒式回転粘度計は測定精度が良くないので B 型を使用）、下記の測定結果を得た。

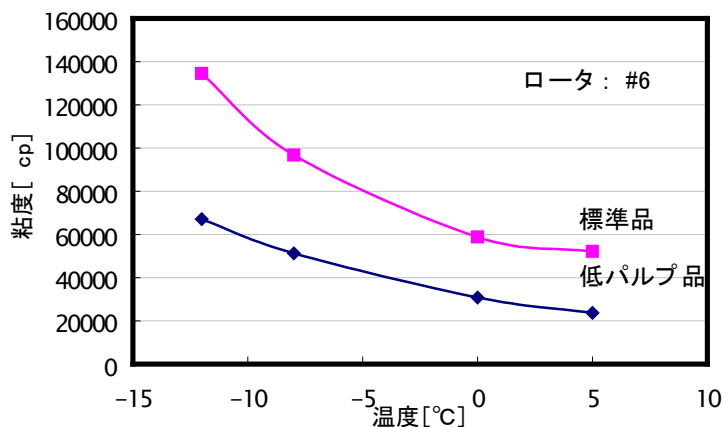


図 4. パルプ量の影響

FCOJ 中のパルプ量の影響を調べた結果を図 4 に示す。パルプは明らかに流動性を低下させる。

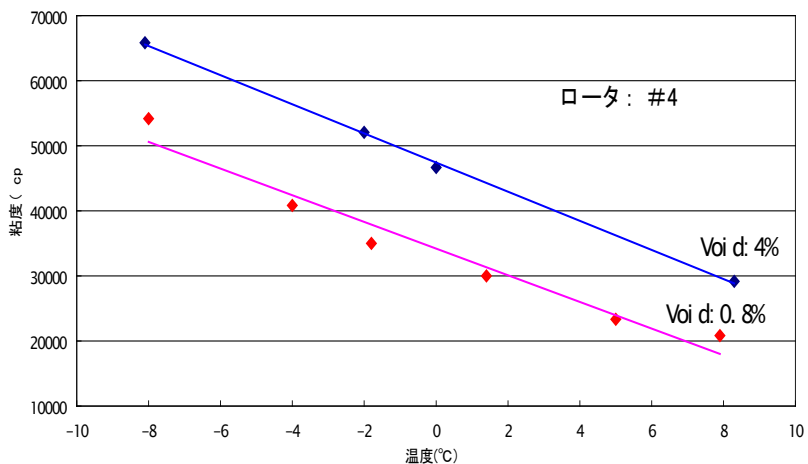


図 5. Void 量と粘度のデータ (Void の大きさ $\approx 0.1 \sim 0.15\text{mm}$ の平均値)

FCOJ に含まれるアワ (Void) の量と粘度の関係を調べたのが図 5 である。アワの依存は粘度を上昇させる。

4. FCOJ の希釈による粘度変化

次に FCOJ を希釈していった場合の粘度変化を調べた。片対数で BRIX 値に対しほぼ直線となるのが図 6 よりわかる

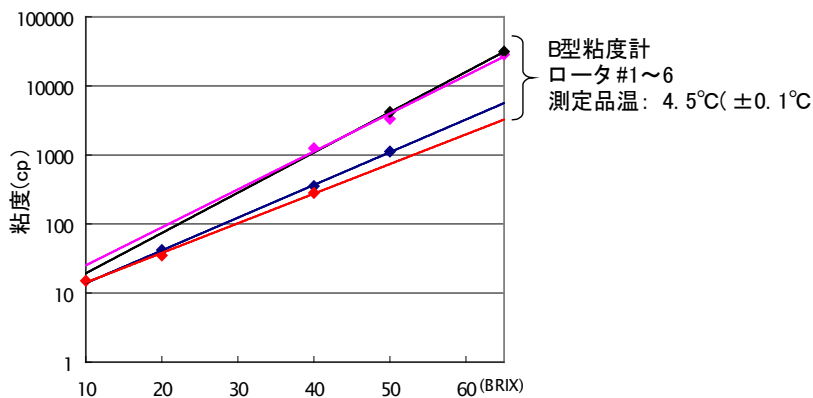


図 6. FCOJ の希釈による粘度変化

5. 他の濃縮果汁と FCOJ の比較

他の濃縮果汁との比較をしてみると図 7 に示すようにオレンジ原料果汁はかなり高粘性を有することがわかった。

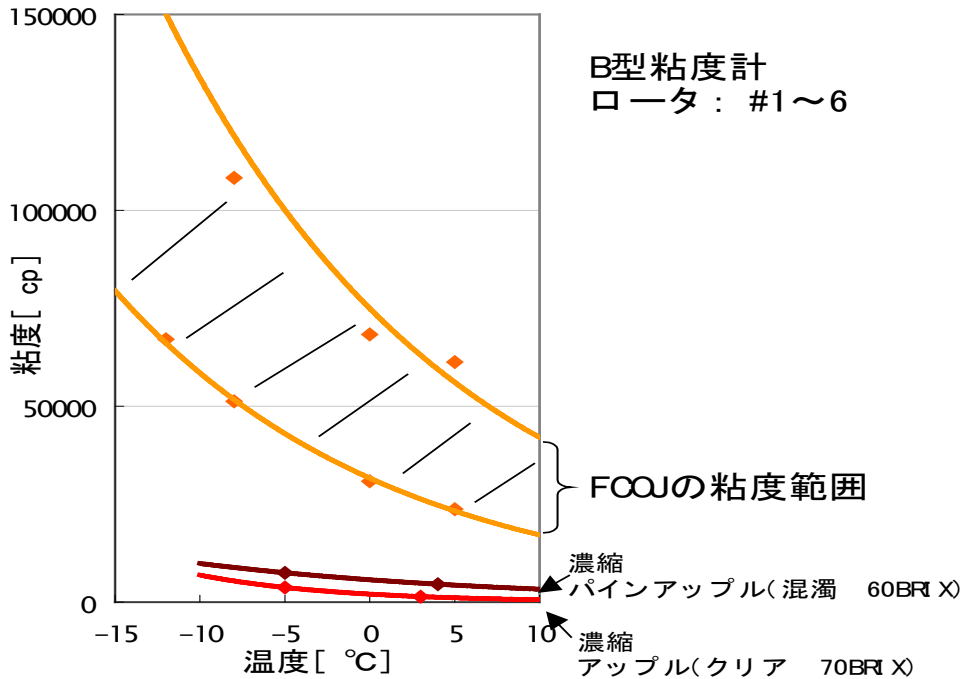


図 7. 他の濃縮果汁と FCOJ の比較

考 察

オレンジ原料果汁 (FCOJ) の粘性は回転数 (せん断速度) の影響を大きく受ける。B 型粘度計などの低回転域で測定した粘度をそのまま管路抵抗 (損失) 計算に使用することは現実的ではない。

本報では円筒式回転粘度計での粘度測定値が実用的な管路抵抗を算出する際の“粘度”として適合することを確認した。

図 8 に使用している管路抵抗計算フォームの一例を示した。

さらに、B 型粘度計での FCOJ の測定に影響する、回転数以外の因子として、温度・パルプ量・アワ (Void) についての基礎的なデータを収集した。今後はこれらを体系

的に整理していく必要がある。

□ □ □ □ / □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ 6B-40Ton/h

前提条件

配管種類	ステンレス鋼管	
配管サイズ	6口	Sq(m ²)
配管内径(D)	159.6 mm	0.0200052
所定流量(Q)	40 T/h	
	30.7692 m ³ /h	
製品密度(ρ)	0.008547009 m ³ /s	
	1.3 g/cm ³	
比重量(γ): ρ * g	132.6 Kgf · S ² /m ⁴	
製品粘度(μ)	1300.806 kgf / m ³	Kef · S ² /m ²
動粘度(ν)	7000 cP	0.714
0.005384615		
線(流)速(u)	0.427239395 m/s	
直管部長	50 m	
エルボ`数	6	
相当管長	9 m	
全長(L)	59 m	
レイノルズ`数		
Re=Du/ν	12.66337567	
速度水頭		
=u ² /2g	0.00930344 m	
流路損失係数		
=64/Re*L/D	1868.31288	
圧力損失(ρ)		
= γ (64/Re*L/D)*(u ² /2g)	2.261026848 ka/cm ²	
ヘッド`	4 m	
ヘッド`ロス	0.54122449 kg/cm ²	
機器損失	0 kg/cm ²	
全損失	2.80	

※ MOG2130 MaxP:14Kq/cm²

図 8. 計算フォームの例

まとめ

以上見てきたようにオレンジ原料果汁の粘度は

- ・ 温度
- ・ 流れの速度（せん断速度）
- ・ パルプ量（形態）
- ・ Void

に依存することがわかった。粘度値もほぼ確定できその粘度値から管路抵抗を計算する手順を決めることができた。

文献

「果汁の生産と流通」 社会法人国際農林業協力協会、2001

「食品設備・機器手順」 産業調査会、2002

「食品物理化学」 文永堂出版、松野・矢野編、1996