

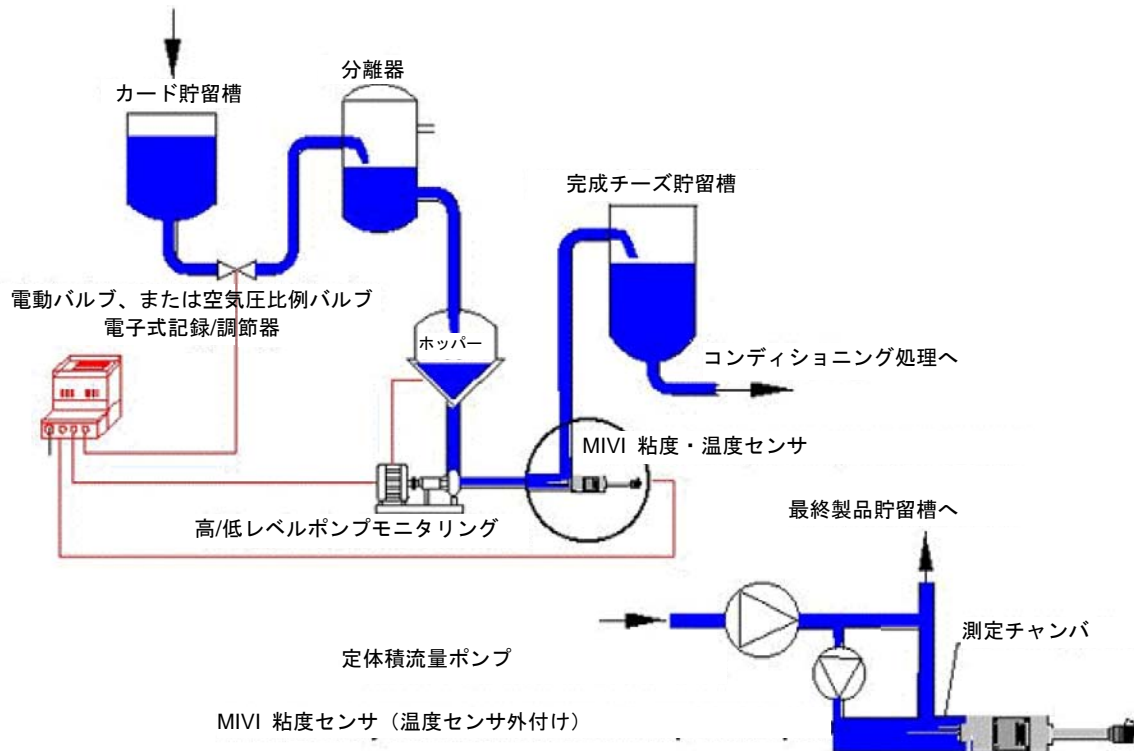
3.11. 粘度パラメータを使用した固形分濃度の測定とコントロール

使用装置：SOFRASER MIVI 粘度計

粘度測定値と固形分濃度 (%) の相関

この研究では、異なる脂肪含有率 (%) を持つ素材から新鮮なチーズを製造する問題を取り上げます。

3.11.1 プラント構成の概要



濃縮の対象となる材料は、ストックタンクから比例バルブを通して分離装置へ導かれます。この比例バルブが分離器における材料速度を決定します。

すなわち、速度を上げるほど濃度が低くなります。

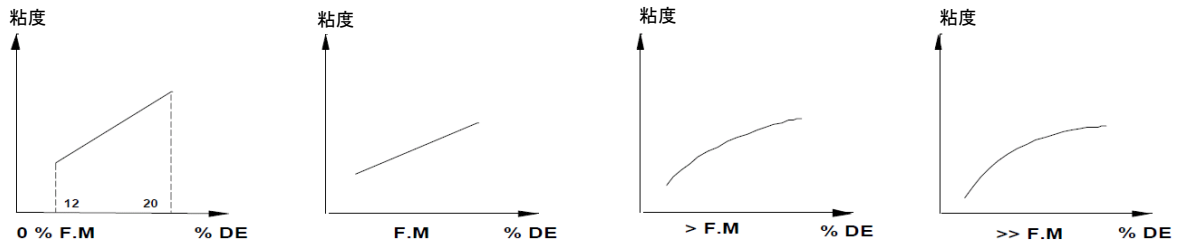
この操作によって濃縮された材料が、循環ポンプによって完成チーズ貯蔵槽へと送り出されます。材料はその途中で粘度センサを通り抜け、ホッパーに取り付けられた上下限接点によって量がコントロールされます。このシステムでは、粘度プローブは常に材料に完全に浸漬されています。

分離器出口で一定の粘度が得られるように、粘度コントローラが比例弁の開度を調節します。

以下の説明においては、プロセスの全過程を通して材料は一定の温度に保たれるものとします。すなわち、変動するパラメータは粘度のみとします。



3.11.2 MIVI 指示値と % 固形分濃度の関係

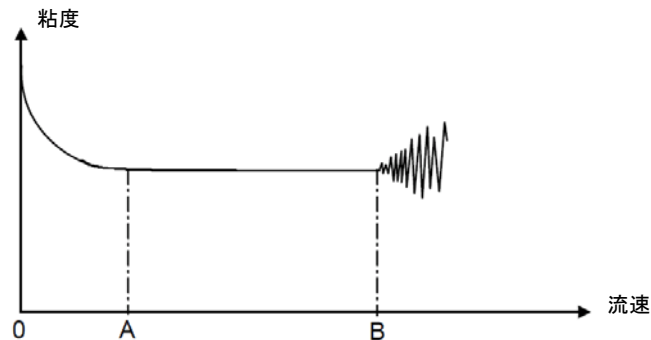


脂肪を含まない新鮮なチーズを対象とした場合、MIVI は 固形分濃度が 12% から 20% の範囲で直線的な応答を示すことが確認されています。

脂肪成分が含まれる場合は、その割合 (%) に応じて MIVI の感度が低下し、応答の線形成も劣化します。脂肪分 (%) が製造メーカーからの情報などによって既知である場合は、その材料に即した応答曲線を予め決定しておき、製造プロセスではその応答曲線を使用してください。このような条件を整えることにより非常に良好な測定再現性が得られるようになり、固形分濃度の 0.1% の違いを容易に識別できるようになります。

3.11.3 流速が粘度測定に与える影響

これらの材料はニュートン的な流動挙動を示しませんから、粘度測定値は流速（振動プローブ周りの材料の入れ替わり速度）からの影響を受けます。



流速がゼロの場合は、プローブ周りの材料は振動によってのみ入れ替わることになり、高めの粘度指示値が得られます。

流速が 0 から A へ変化するにつれて指示値が減少してゆきますが、そこからは材料が十分な頻度で入れ替わりますから、測定値に影響しなくなります（3 ないし 4 cm/sec）。

流速が B を超えるようになると、乱流が発生して指示値が不安定になります。{"override" 文意味不明}したがって、A から B までの流速範囲において最良の測定精度が得られます。



3.11.4 コントロール上の問題点

センサは、設備の中で最も意味のある位置に設置しなければなりません：循環ポンプの下流側に設置します。

- 分離器出口付近は設置に適しません：材料が空気を巻き込んでいる可能性があります。
- ホッパー部は取り付けに適しません：この部位の材料は均一ではなく、入れ替わりもランダムになります（保持）。
- ポンプ上流部は取り付けに適しません：キャビテーション発生の可能性があります。

以上の理由から、センサは分離器（および、そのモニタリングバルブ）から離れた位置に設置されます。

そのため、バルブが動作してから、その結果が粘度値として捉えられるまでの遅れ時間は 40 から 80 秒にも達することがあります。このような遅れ時間（作動から、その結果が指示値に現れるまで）が存在するため、標準的なアナログ PID 制御をこのシステムに適用することはできません（望ましくないポンプ動作を引き起こします）。

3.11.5 優れた操作を実現するための器具とフィッティング

- a) センサは循環ポンプの下流に取り付けてください（できるだけポンプの近く、ただし、振動や流れのチョッピングを考慮に入れる必要があります）。
- b) 可能であれば、小型定容積ポンプによって適正な一定流速（A から B までの範囲）が流れるバイパスを設け、そこにセンサを設置してください。
 - バイパス取り付けができない場合は、配管内でほぼ一定の流速が得られるようにするために、循環ポンプを連続的にモニタリングしてください。センサ取り付け部位における流速が A から B の範囲に収まるように、その部位の配管直径を選択してください。
- c) 流れが停止した場合は、それに連動して粘度指示値出力を禁止する必要があります。
- d) 設備の構造に応じた遅れ時間（40～80 秒）が発生しますから、これを考慮したコントロールシステムでなければなりません。
 - 比例バルブを電動バルブで置き換えるときは、電源遮断時に直前の開閉位置を保持できるタイプを選択してください。バルブの開閉に要する時間はコントロールの整合性を保つ上で重要です。
また、迅速な手動コントロール（機械的）を備えていなければなりません。
 - コントロールシステムは、調節可能な比例機能と調節可能なシーケンス時間を含む逐次制御方式でなければなりません。
また、コントロールシステムは単一のインバーターまたはリレーの操作だけで手動動作/コントロール動作（外部モニタリングのため）の両方に対応できなければなりません。



3.11.6 材料温度に関連する問題

材料の粘度は温度に応じて変化することが知られています。

精確な固形分濃度含有量（%）を得るためには、材料温度は一定に保たれていなければなりません。

9601 型は、MIVI からの信号（粘度、温度）をもとに、「粘度 = F（温度）」という関係式（装置内に記憶されています）を使用して計算を行います。これらのパラメータから、9601 型は製品の粘度（設定温度における）、または、基準温度換算粘度値を出力します。

この情報を利用して、システムは逐次コントローラまたは制御バルブの動作をモニタリングします。