

清酒製造工程における生産設備の遠隔監視制御に関する研究（第1報）

生産技術部
 福島章吾 中野太郎
 田中徹 大坪昭文

清酒の製造においては、杜氏ら少数の熟練者が中心となって多くの工程を管理しており、熟練者一人一人にかかる負担が大きい。その上、県内清酒製造業においても、少子高齢化に伴う人手不足の問題が深刻化しており、酒造りのデジタル化による効率的な管理の仕組みの導入が期待されている。本研究では、IoT 技術により清酒製造工程の情報共有と生産管理の効率化および異常時の対応を迅速に行うため、生産現場の既存設備にエッジデバイスを付加し、クラウドを活用してインターネット環境から生産設備を遠隔監視制御する研究開発に取り組む。本年度は、清酒製造工程管理において重要となる酒造パラメータを遠隔監視し、異常時の制御ができるシステムの仕様検討を行い、インターネット環境に接続された端末のブラウザから既存設備を監視および制御できるシステム構成を提案した。また、清酒の品質に大きく関わるもろみ発酵タンクの品温の操業データ取得を目的に、発酵タンクに取り付けられた既存設備と相互通信できるエッジデバイスを製作・現場設置し、半年間安定的にデータ取得できることを確認した。

1. はじめに

佐賀県ひいては全国的な伝統産業製品である清酒は、原料から清酒に至るまで複雑な工程を経る必要があり、杜氏ら少数の熟練者を中心に人手と時間をかけて製造されている。その中でも、清酒の品質に大きく関わる工程では、熟練者が設備毎に酒造パラメータを常時監視・記録し、異常時には熟練者が現場で直接設備を制御している。このように昼夜問わず 24 時間体制の管理や異常時の現場対応が求められるため、多くの工程を管理する熟練者一人一人にかかる負担が大きい。その上、近年新型コロナウイルス感染症の影響により、熟練者が出勤抑制となる状況でも生産体制を維持するため、現場の外部からでも設備の状態を把握して指示を出せる環境整備が求められている。さらに、佐賀県の清酒製造業においても、少子高齢化に伴う人手不足の問題が深刻化しており、酒造りのデジタル化による効率的な管理の仕組みを導入することで製品品質の安定化・生産性を向上させることが期待されている。

そこで、本研究では、IoT 技術により清酒製造工程の情報共有と生産管理の効率化および異常時の対応を迅速に行うため、生産現場の既存設備にエッジデバイスを付加しデータベースによる一元管理を行い、クラウドを活用してインターネット環境から生産設備を遠隔監視制御する研究開発に取り組む。

本年度は、清酒製造工程管理において重要となる酒造パラメータを遠隔監視し、異常時の制御ができるシステムの仕様検討を行った。また、もろみ発酵工程の酒造パラメータ取得を目的に、既存設備と相互通信できるエッジデバイスを製作し、現場において動作検証試験を行った。

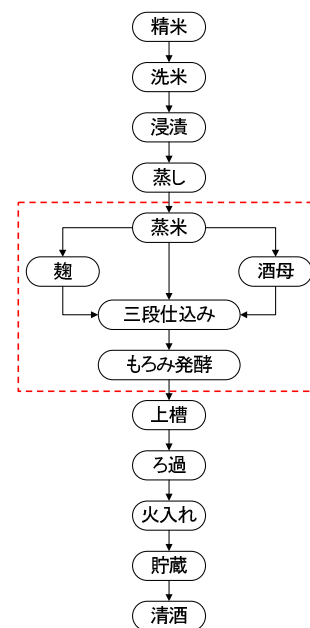


図1 清酒製造工程の流れ

2. 遠隔監視制御システムの仕様検討

2.1 取得する酒造パラメータの検討

清酒製造工程において生産設備を遠隔監視制御するにあたり、取得する酒造パラメータの聞き取りおよび優先順位付けを行った。清酒製造工程のおおまかな流れを図1に示す。図1赤点線枠の蒸米、麴、酒母の製造からもろみ発酵に至るまでの工程は、清酒の品質に大きく関わるため、重要となる酒造パラメータが多く含まれる。本研究では、これらの工程に優先的に取り組むこととし、まず、もろみ発酵工程や麴製造工程からの酒造パラメータの取得の仕組みを検討する。現状酒造パラメータ管理の多くは、生産現場での目視・手入力に頼っている。そこで、IoT 技術を活用して各工程を管理制御する既存設備を介した自動取得・蓄積を目指す。なお、もろみ発酵の進み具合を表す分析値など他の酒造パラメータについても、現状に合った取得の仕組みを順次検討していく。

2.2 システムの構成

本研究で提案する遠隔監視制御システムのイメージを図2に示す。インターネット環境からのアクセスに対応して利便性を持たせつつ、外部に出せない機密情報などは LAN 環境に保存してセキュリティ面も考慮するため、サーバを2箇所に分ける。インターネット環境のクラウドに監視制御サーバを、LAN 環境のオンプレミスにデータベースサーバを、それぞれ設置し通信連携する。本システムに実装する2つの機能を以下に示す。

- 図2 青矢印方向の通信により、酒造パラメータを既存設備を介して取得し、インターネット環境に接続された端末のブラウザから監視する機能。
 - 図2 赤矢印方向の通信により、インターネット環境に接続された端末のブラウザから制御命令を与え、既存設備の設定値などを制御する機能。
- 本システムを構築する上での技術課題の1つとし

て、図2赤点線枠の既存設備との通信インタフェースがある。本年度は、もろみ発酵工程の酒造パラメータ（品温の操業データ）取得を目的に、この技術課題に取り組んだ。

3. もろみ発酵工程の酒造パラメータ取得

3.1 もろみ発酵工程の現状

協力企業のもろみ発酵工程では、金属製の発酵タンクに入れたもろみを発酵させながら、酒造パラメータである品温を管理している。この発酵タンクの品温管理は、発酵タンク毎に取り付けられた既存の計装機器が担っており、品温の現在値を常時計測して目標である設定値になるよう制御されている。計装機器の設定値は、熟練者がもろみ発酵の進み具合を表す分析値を元に随時変更している。ここで、計装機器はもろみ発酵工程に関わる酒造パラメータを内部メモリに保持しており、外部から通信して内部メモリにアクセスできる機能を有する。そこで、発酵タンク毎の品温および設定値を計装機器から取得するため、計装機器と相互通信できるエッジデバイスの製作を行う。

3.2 通信方法の選定

エッジデバイスにはマイコンやボードコンピュータなどの使用を想定しており、これらの機器と計装機器との通信に適するよう、物理的に接続するための仕様である通信規格と異なる機器同士で交信するための規約（ルール）である通信プロトコルを選定する。まず、通信規格として、シリアル通信の1つで PLC（Programmable Logic Controller）などの制御機器と外部との通信に広く用いられる RS485 通信を選定した²⁾。RS485 通信は、1組（2線または4線）の共通の信号線上に複数の機器を接続できる。古い設備から新しい設備までの共通の通信規格の中でも、多くの既存設備が対応している。次に、通信プロトコルとして、FA（Factory Automation）分野で広く用

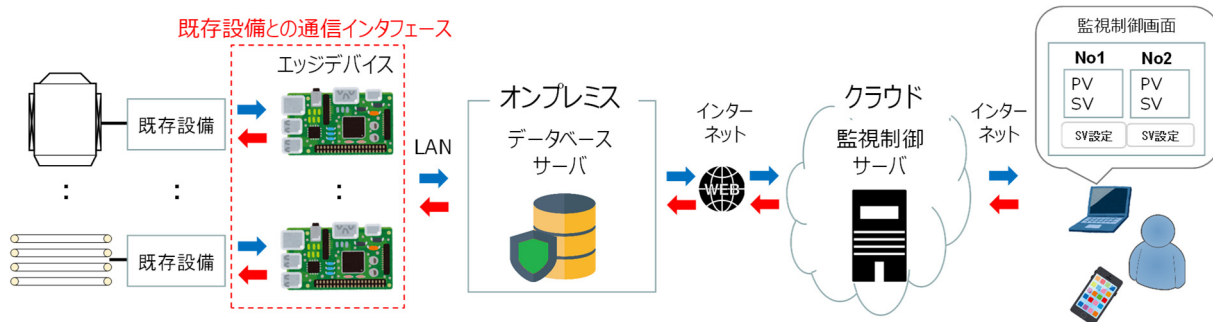


図2 遠隔監視制御システムのイメージ

いられる Modbus 通信を選定した。Modbus 通信の伝送フォーマットを図3に示す³⁾。シングルマスタ/マルチスレーブ方式であり、マスタがスレーブに対してクエリを発行し、スレーブは指定された機能を実行して応答メッセージを返す。プロトコルの仕様が公開されている（ライセンスフリー）うえにシンプルであるため、ボードコンピュータなどから利用しやすい特徴を持つ。したがって、既存設備との通信方法としてRS485/Modbusを採用した。

もろみ発酵工程での機器間の接続イメージを図4に示す。仕込み条件の異なる15~20基程度の発酵タンクに対して、各々計装機器が取り付けられている。複数の計装機器とエッジデバイスを共通のRS485通信の信号線で接続し、計装機器に対してModbus通信の設定を行った⁴⁾。この接続では、エッジデバイスがマスタ、計装機器がスレーブとなる。

3.3 エッジデバイスの製作

ハードウェア構成としては、Raspberry Pi 3 Model BにUSB/RS485コンバータ回路を取り付けた。また、計装機器との通信プログラムは、ローコードツールのNode-redとPython言語で作成した。Node-redにより一定間隔で、計装機器とのModbus通信を担当するPythonプログラム⁵⁾を呼び出す。データの取得は、1分間隔でエッジデバイスから各計装機器に対してクエリでデータ要求し、計装機器からの応答（品温および設定値）をデータベースに順次蓄積する。

デバイスアドレス	ファンクションコード	クエリデータ	エラーチェック
----------	------------	--------	---------

(a) マスタからのクエリ

確認デバイスアドレス	確認ファンクションコード	応答データ	エラーチェック
------------	--------------	-------	---------

(b) スレーブからの応答

図3 Modbus 通信の伝送フォーマット

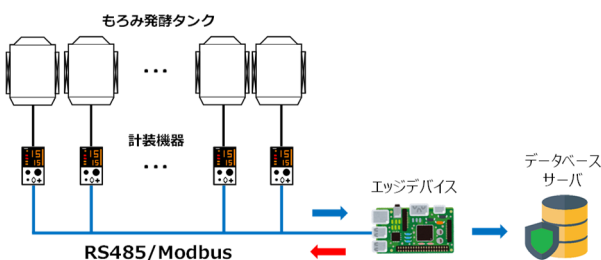


図4 もろみ発酵工程での機器間の接続イメージ

3.4 現場での動作検証試験

通信安定性を確認するための暫定的なデータベースサーバとしてRaspberry Pi 4 Model B (4GB)を用意し、清酒の製造期間中に動作検証試験を行った。製作したエッジデバイスを現場の計装機器に接続し、計装機器が保持する酒造パラメータを、エッジデバイスで取得してデータベースサーバへ蓄積させた。その結果、2021年10月から2022年3月までの半年間安定的にデータ取得できることを確認した。

4. おわりに

本報告では、清酒製造工程管理において重要となる酒造パラメータを遠隔監視し、異常時の制御ができるシステムの仕様検討を行い、生産現場の既存設備とインターネット環境に接続された端末間を通信により繋ぐことで、端末から既存設備を監視および制御できるシステム構成を提案した。また、もろみ発酵工程の酒造パラメータ取得を目的に、既存設備との通信インターフェース開発に取り組み、発酵タンクに取り付けられた既存設備と相互通信できるエッジデバイスを製作した。製作したエッジデバイスを現場に設置して動作検証試験を実施した結果、半年間安定的にデータ取得できることを確認した。

今後は、もろみ発酵工程と並んで重要となる麹製造工程の酒造パラメータ取得を検討する。麹製造工程には、既存設備として生産現場に欠かせない機器であるPLCが使用されており、PLCとの通信インターフェース開発は本研究における重要な技術課題である。次に、既存設備から取得した酒造パラメータをインターネット環境から監視するため、データベースサーバと監視制御サーバ構築を行う。

参考文献

- 1) 増補改訂清酒製造技術, (財)日本醸造協会, p.1-2, 1998
- 2) 大坪昭文, 林健一郎, 後藤潤: 清酒製造における発酵タンクの品温管理の自動化に関する研究(第2報), 平成18年度佐賀県工業技術センター研究報告書, No.15, p.8-13, 2006
- 3) Modbus プロトコル概説書, (株)エム・システム技研
- 4) デジタル指示調節計 SDC25/26 取扱説明書 詳細編, (株)山武, 第8章, 2004
- 5) PyModbus, <https://pymodbus.readthedocs.io/en/3.0.0/>