

## 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3報）

生産技術部  
福島章吾

清酒製造では、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。また、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ことを目的に、生産現場の既存設備にエッジデバイスを付加し、LAN 環境において生産設備を遠隔監視制御する技術開発に取り組む。本年度は、もろみ発酵工程や麹製造工程の監視を行うため、計装機器の設定値・現在値や PLC の保有する情報を収集しながら、清酒製造計画表に基づいた進捗管理を行う監視システムを構築した。次に、監視システムに計装機器の設定値を変更する機能を付加した監視制御システムを構築した。最後に、清酒製造の現場で本システムの実証試験を開始し、もろみ発酵工程や麹製造工程の操業データを端末のブラウザに表示するとともに、状況によりもろみ発酵タンクに接続された計装機器の設定値を現場に行かずに変更できることを確認した。

## 1. はじめに

伝統産業である清酒製造は、原料から清酒に至るまでに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とした人手と長時間労働に支えられている。特に、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。そこで、新型コロナウイルスなどの感染症の影響や働き方改革などに対応するため、人員状況に関わらず生産体制を維持できるように、遠隔から設備の状態を把握して集中管理でき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、省力化に加え製品品質の安定化や生産性の向上を図ることが期待されている。

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ことを目的に、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、LAN 環境において生産設備を遠隔監視制御する技術開発に取り組む。

本年度は、もろみ発酵工程や麹製造工程の情報を

収集しつつ、清酒製造計画の進捗管理を LAN 上の端末のブラウザで行い、同端末から計装機器の設定値を変更する機能を持つ監視制御システム（計装機器、PLC、エッジデバイス、監視制御サーバ）を構築した。また、清酒製造の現場で本システムの実証試験を開始した。

## 2. 監視制御システムの構築

## 2.1 システムの要求仕様

清酒製造は、清酒の年間製造計画表である表 1 に示すような仕込み順号表を元に進められている。仕込み順号表には、各もろみ発酵タンクに仕込む清酒の種類と時期が記載されており、作業者はこの表に従って各タンクへの仕込みを行い、各タンクに取付

表 1 仕込み順号表（イメージ）

順号	タンク番号	清酒の種類	仕込み日
1	110	普通酒	10/9
2	120	純米酒	10/12
3	130	吟醸酒	10/16
4	140	本醸造酒	10/19
5	150	普通酒	10/22
6	160	純米酒	10/26
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

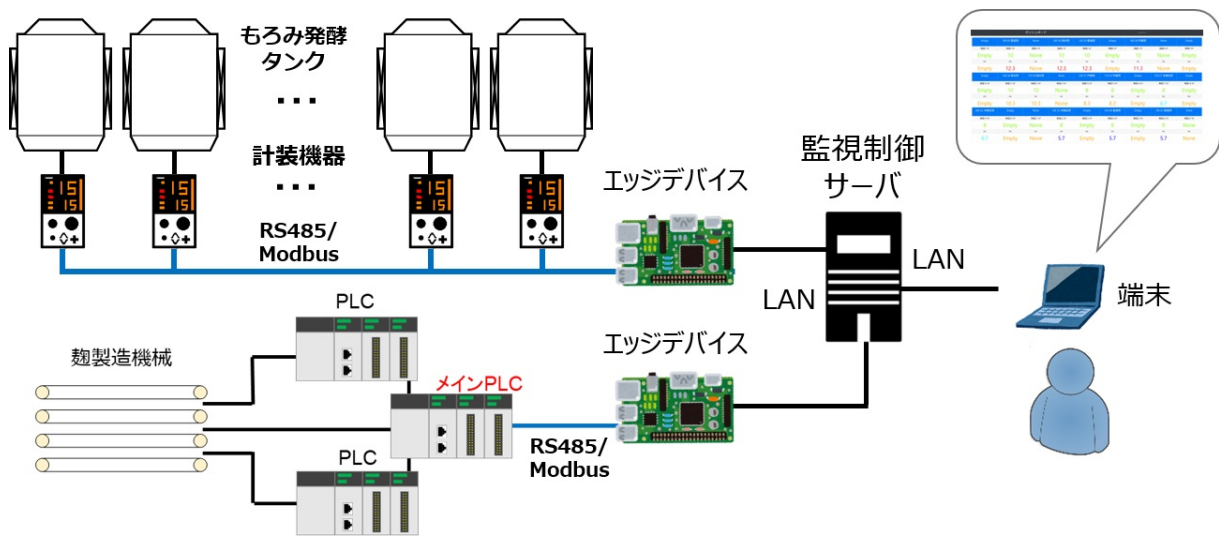


図1 監視制御システムのイメージ

られた計装機器の設定値・現在値を目視し、発酵状況を確認して、予定通り発酵が進んでいるかなどもろみ発酵工程の管理を行っている。

そこで本研究では、仕込み順号表を活用することで、計装機器から取得する情報と各タンクに仕込んだ清酒の種類を関連づけて、もろみ発酵工程の監視・制御を行うシステムを構築する。

## 2.2 監視制御システムの構成

清酒の品質に大きく関わるもろみ発酵工程や麴製造工程を対象として、LAN環境に図1に示す監視制御システムを構築した。本システムは、「既存設備(計装機器やPLC)」、「エッジデバイス」、「監視制御サーバ」で構成され、以下の機能を実装した。

- ・仕込み順号表に基づいて各発酵タンクの計装機器の設定値・現在値およびPLCが保有する情報をLAN上の端末のブラウザで監視する機能。
- ・同端末のブラウザから計装機器の設定値を変更する機能。

各工程を管理する既存設備(計装機器やPLC)からの情報を取得するエッジデバイスは、これまでの報告<sup>1,2)</sup>で試作したものを利用した。

## 2.3 監視制御サーバ

監視制御サーバの構成を表2に示す。生産現場への導入と処理能力を考慮して、小型かつコストパフォーマンスに優れたBOX型PCであるNUCを構築環境(ハードウェア)として利用した。この構築環境に、OSとしてLinuxの一種であるCentOS 7.9を使用し、WEBサーバとAPサーバを配置した。

WEBサーバはアクセス時の窓口、APサーバは

WEBアプリケーション(WEBページの表示・制御およびWEB APIによるデータ登録・取り出し)を行う。また、WEBアプリケーションと連携して各工程のデータを蓄積するためのデータベースを設置し、以下のテーブルを作成した。

- ・仕込み順号表を元に各発酵タンクで製造する全日程の清酒の種類の参照用テーブル
  - ・監視表示用テーブル(もろみ発酵工程の最新の操業データを保存する一時的なデータテーブル)
  - ・履歴検索性テーブル(もろみ発酵工程や麴製造工程の操業データを長期的に保存するテーブル)
- もろみ発酵工程や麴製造工程の効率的な管理のため、WEBアプリケーションとしてpythonベースのフレームワークであるDjangoを用いて、以下の機能を持つWEBページ(各種可視化画面)を作成した。
- ・仕込み順号表から清酒の種類の参照用テーブルを計算する機能
  - ・もろみ発酵工程の操業データ(清酒の種類、設定値、現在値など)を常時監視する機能
  - ・もろみ発酵タンクに接続された計装機器の設定値を変更する機能

表2 監視制御サーバの構成

構築環境(ハードウェア)	BOXNUC8I3BEH
OS	CentOS 7.9
WEBサーバ	nginx
APサーバ (WEBアプリケーション)	Django 3.2.10

- ・もろみ発酵工程や麹製造工程の操業データを履歴検索してグラフ表示する機能

### 3. もろみ発酵工程と麹製造工程の監視・制御

#### 3.1 参照用テーブルの作成

仕込み順号表の情報は、日付、タンク番号、清酒の種類が直接参照できないため、表3に示す参照用テーブルを仕込み順号表を読み込む際に作成した。

#### 3.2 監視画面

もろみ発酵タンクには、それぞれ専用の計装機器が接続されており、エッジデバイスが各計装機器の情報を定期的に取得し、表3のテーブルを参照して仕込んだ清酒の種類を関連づけて、リアルタイムデータを一時的なデータテーブルに蓄積している。蓄積したデータ表示を図2に示す。仕込み情報（タンク番号、順号、清酒の種類）、設定値（SP）、現在値（PV）を1タンク分の情報として、各タンクの情報を一覧表示させることで、各タンクのリアルタイム情報を把握できるようにした。また、現在値に問題ないか一瞥できるようにするため、設定値と現在値の差分を計算し、しきい値以上離れている場合は色分けして表示した。さらに、計装機器の情報を一定時間取得できなかった場合には「None」表示とし、計装機器の情報を取得できても製造計画外であった場合にはタンクが空として「Empty」表示とした。蓄積されるデータが製造計画の途中であれば数値を表示しており、各タンクの仕込みが終了した場合は、終了したこと（＝製造計画外とする）を明示的に設定する機能を設け、終了を設定すると「Empty」表示とする。

#### 3.3 制御画面

もろみ発酵工程では、目的としている清酒の品質に近づくよう本工程の操業データ（清酒の種類、設

表3 清酒の種類の参照用テーブル

日付	タンク番号	清酒の種類	順号
10/9	110	普通種	1
10/10	110	普通種	1
10/11	110	普通種	1
10/12	110	普通種	1
10/12	120	純米酒	2
10/13	110	普通種	1
10/13	120	純米酒	2
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

定値、現在値など）を確認しながら、計画されたタイミングや異常時には、直接計装機器を操作して設定値を適宜変更している。そこで、計装機器の遠隔操作のため、LAN上の端末のブラウザから制御命令を与え、計装機器の設定値を変更できるようにした。図3に示す制御画面では、計装機器の番号と設定値を指定して、制御命令を送信する。

#### 3.4 履歴検索画面

もろみ発酵工程の管理では、リアルタイム情報の監視に加えて、各タンクの品温が予定通りに推移したか分析するため、過去の操業データの履歴検索機能を作成した。図4(a)に示す履歴検索画面（グラフ表示）は、長期的なデータテーブルに保存したデータから仕込み順号単位で検索してグラフ表示させている。また、詳細に条件設定して検索したい場合、計装機器の番号、基準となる日付、期間範囲から履歴を検索してグラフ表示できる画面も作成した。

麹製造工程の管理においても、麹製造装置の製造状態を適宜把握するため、過去の操業データの履歴検索機能が必要であり、基準となる日付から履歴検索してグラフ表示できる画面を作成した（図4(b)）。

#### 3.5 清酒製造の現場での実証試験

構築した監視制御システムの清酒製造の現場における有効性を評価するため、清酒の製造期間中に本研究で構築した監視制御システムの実証試験を実施した。その結果、もろみ発酵工程や麹製造工程の操業データを試作したエッジデバイスで収集し、それ

機器1 SP	機器2 SP	機器3 SP	機器4 SP	機器5 SP	機器6 SP	機器7 SP	機器8 SP
Empty	10	None	10	10	Empty	10	None
PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV
Empty	12.3	None	12.3	12.3	Empty	11.3	None
PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV
Empty	10	10	None	8	8	Empty	8
PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV
Empty	10.3	10.3	None	8.3	8.3	Empty	6.7
PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV
8	Empty	None	8	Empty	8	Empty	8
PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV
6.7	Empty	None	5.7	Empty	5.7	Empty	5.7
PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV	PV

図2 監視画面（タンク毎の一覧表示）

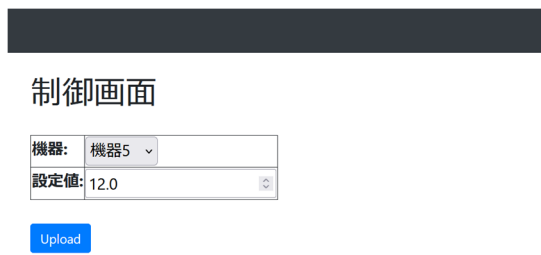
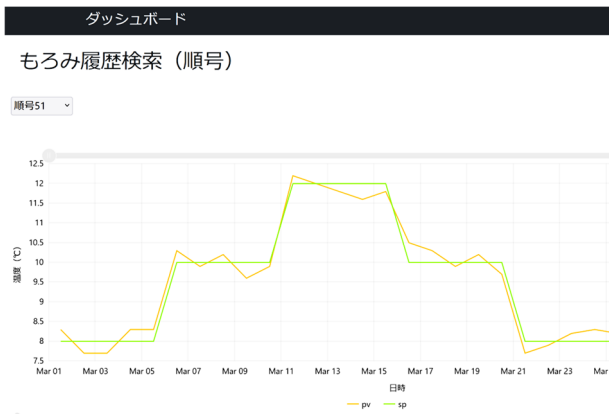
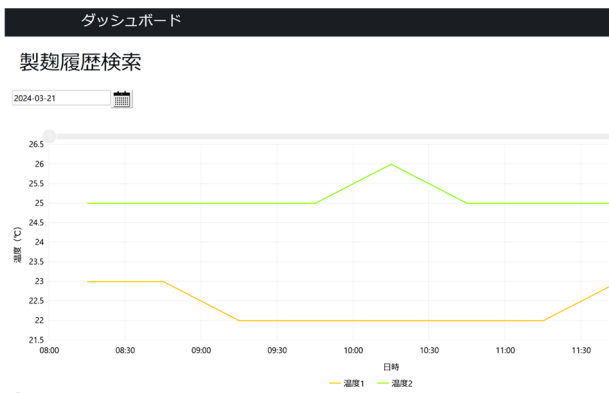


図3 制御画面



(a) もろみ発酵工程



(b) 麹製造工程

図4 履歴検索画面 (グラフ表示)

らのデータを LAN に設置した端末のブラウザに表示した。また、同端末からもろみ発酵タンクに接続された計装機器の設定値を変更することができた。

#### 4. おわりに

本報告では、清酒の品質に大きく関わるもろみ発酵工程や麹製造工程の進捗管理を行うために、仕込み順号表に基づいて計装機器の設定値・現在値および PLC の保有する情報を LAN 上の端末のブラウザで監視し、同端末のブラウザから計装機器の設定値を変更することができる監視制御システムを構築した。

仕込み順号表の読み込み画面、監視画面 (タンク毎の一覧表示)、制御画面、履歴検索画面 (グラフ表示) などの各種可視化機能を作成し、清酒製造の現場で本システムの実証試験を実施した。もろみ発酵工程や麹製造工程の操業データを LAN 上の端末のブラウザに表示できた。また、同端末からもろみ発酵タンクに接続された計装機器の設定値を変更できることを確認した。

今後は、継続的に清酒製造の現場で本システムを運用しながら、各種可視化画面のインターフェース修正や機能追加を適宜反映させてシステムを改善していきたい。

#### 参考文献

- 1) 福島章吾, 中野太郎, 田中徹, 大坪昭文: 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), 令和3年度佐賀県工業技術センター研究報告書, No.30, p.41-43, 2021
- 2) 福島章吾, 辛川洋介: 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2報), 令和4年度佐賀県工業技術センター研究報告書, No.31, p.53-55, 2022