

## ニューラルネットワークを用いた工業晶析装置における合理的操作の設計法 (p.433)

抄録：長谷川 正巳

Design Method for Reasonable Operation of Industrial Crystallizer using Neural Network Model

Masami HASEGAWA, Hiroshi Ito and Kazuya OKUBO

### 要旨

400m<sup>2</sup>の有効加熱面積を有する連続工業晶析装置において所望粒径の製品結晶を生産するための操作条件を見いだす方法としてニューラルネットワークモデルを検討した。その結果、3つの説明変数；熱源蒸気流量、結晶懸濁密度および循環ポンプ回転周波数から構成したニューラルネットワークモデルで良好に相関された。leave-one-out cross validation法を用いたニューラルネットワークモデルの最適学習回数は50,000回で、製品結晶の平均推定誤差は約0.03mmであった。これらの結果よりニューラルネットワークは実用上十分な精度を有しており、工業晶析において所望の粒径の製品結晶を生産する場合の操作条件の設計に有効であると考えられ、実用的なモデルの構築プロセスを提案した。

### 1. 緒 言

塩の生産に用いられる工業晶析装置において、種々の操作条件のもとで得られた晶析データからニューラルネットワークモデル（NNモデル）を構築し、最適な操作条件を決定するための設計法を検討した。

### 2. ニューラルネットワークの概要

ニューラルネットワークは非線形性を持つデータを近似するツールとして高い能力を持っている。ニューラルネットワークは目的変数の層、複数の説明変数および中間層と呼ばれる演算ネットワークから構成される。

完璧なNNモデルを構築するためには、中間層を経て推定された目的変数の値を評価し、推定誤差が満足できない場合は誤差伝播法を用いて学習を繰り返す。

### 3. 実験方法

本研究で用いた装置は有効加熱面積400m<sup>2</sup>の蒸発式工業晶析装置であり、蒸気流量、循環ポンプ周波数および結晶懸濁密度を製品結晶粒径に影響を与える説明変数として選定した。

### 4. 結果および考察

#### 4.1 最適モデル構築条件

NNモデル構築のための最適学習回数をLCV法によって決定した。LCV法は、得られた全てのデータから1つのデータを除外し残りのデータを用いてNNモデルを構築し、それぞれ除外した条件における目的変数を推定するものであり、最も推定誤差が小さくなったところが最適学習回数として決定される。

推定精度は学習回数が50,000回のときが最も最大で、製品結晶粒径の平均推定誤差は約0.03mmであった。これよりNNモデル構築における最適学習回数は50,000回に決定した。

推定精度が学習回数50,000回以降において減少した主要な原因是過学習と呼ばれる現象が生じたためであり、学習回数が増大すると、NNモデルは与えられた全データを表現するため、モデル自体に曖昧さがなくなり、推定精度が悪くなったものと考える。

#### 4.2 NNモデルの構築

本研究で得られた全てのデータをもとに学習回数50,000回でNNモデルを構築した。NNモデルから推測した製品結晶粒径を実測値と比較すると、良好に3つの説明変数によって相関され、製品結晶粒径の推測値と実測値との相関係数は0.97以上であった。

#### 4.3 NNモデルの特性

NNモデルから循環ポンプ周波数3水準における蒸気流量および結晶懸濁密度に対する製品結晶粒径の変化を

推定した。その結果、周波数ごとに製品結晶粒径の変化の仕方が異なっており、製品結晶粒径と種々の操作条件との複雑な関係がNNモデルを用いることによって良好に説明できることができた。

#### 4.4 実用的なNNモデル構築法

NNモデルでは最適操作の決定における精度を向上させるためには多くの晶析データが必要となる。しかし、製塩工場ではそれぞれの製品が固定された条件下で生産されているために、そのようなデータを一度に取得することは困難である。そこで、NNモデルの実用的な構築

法について例示した。

NNモデルにおける説明変数を減らすことを目的に複数のモデルに分割する。例えば、循環ポンプ周波数は工業晶析装置の操作では固定される。このような場合、NNモデルは複数のモデルに分割できる。

これにより1つのモデルあたりの説明変数を少なくすることが可能となって、工業晶析装置の日常的な操作の中で晶析データを蓄積することが容易になる。最終的にはそれぞれのモデルで使用したデータを結合することで完成されたNNモデルの構築が可能になると考える。

## 要

本研究では、製塩工場で得られる粗塩水を用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのニューラルネットワーク(NN)モデルを構築した。また、このモデルを用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのNNモデルを構築した。また、このモデルを用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのNNモデルを構築した。

## 目 次

1. 研究の目的と方法  
2. 装置の概要  
3. 実験結果  
4. ニューラルネットワークによる結晶粒径の予測  
5. 結論  
参考文献

## 要

本研究では、製塩工場で得られる粗塩水を用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのニューラルネットワーク(NN)モデルを構築した。また、このモデルを用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのNNモデルを構築した。

## 要

本研究では、製塩工場で得られる粗塩水を用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのニューラルネットワーク(NN)モデルを構築した。また、このモデルを用いて、循環ポンプの周波数を操作する場合の結晶粒径の変化を予測するためのNNモデルを構築した。