

(410) 情報 その他

火力発電用ボイラ運転パラメータの最適化検討

Optimization of Boiler Operation Parameters in the Thermal Power Plant

高辻 宏明[†]

大山 剛史[†]

伊藤 照明[†]

Hiroaki Takatsuji[†]

Takashi Oyama[†]

Teruaki Ito[†]

[†]岡山県立大学 情報工学部

1 はじめに

近年、原子力発電の見直しに伴い、火力発電の需要が高まっている。この需要の高まりとは、全体量の増加ということだけでなく、突発的な需要変動に対する供給という意味も含んでおり、そうした変動する需要に対する発電効率の改善や運用の省コスト化は急務といえる[1]。

火力発電はおおまかには巨大なボイラ内の水を石炭によって沸騰させ、発生した蒸気でタービンを回し、電力を得るというものである。この制御には温度や圧力など多くのパラメータの調整が必須である。しかしながら、システム全体の具体的な定式化が困難であるため、パラメータの調整は経験と勘に基づく人手によるものか、多くの手間をかけた試行錯誤によってなされているのが現状である。

本研究で用いるディープラーニングは近年着目される機械学習の手法の一つであり、十分な入出力のデータセットを与えることで、入出力を表す関数の模倣や、データセットの分類、プラントのシミュレーション[2]などを行うことができる。本研究では、火力発電のボイラ制御のためのパラメータを入出力としたモデルを構築し、ディープラーニングによる最適化について検討する。

2 火力発電への期待

石炭を使った発電は我が国の発電量の約 25% を担っており、発電効率および環境性面に関してのわが国の技術は世界のトップレベルにある。本研究では、火力発電の中でも発電効率がよく、水と燃料さえあればどこでもでき、気候などによる電気の需要変化に合わせて発電量の調節をしやすい火力発電を対象とする。

代表的な火力発電の主な構成は、ボイラ、蒸気タービン、発電機、復水器、給水ポンプである。図1のように給水ポンプからボイラに送られた水がボイラの燃焼熱で蒸気となり、蒸気タービンに送られ、蒸気タービン内で蒸気を持つエネルギー（熱・圧力）エネルギーをブレード（翼）に伝えることで発電機を駆動させ、電気エネルギーに変換させる。仕事を終えた蒸気は温度と圧力が下がり、復水器で海水に冷却されることで水に戻され

再び給水ポンプに送られる。このランキンサイクルの中でもボイラの運転パラメータについて検討することで発電の効率化を目指す。

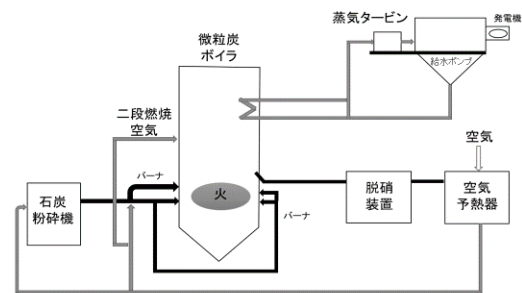


図1 火力発電概念図

3 火力発電用ボイラ

本研究で対象とするボイラ内の流れを図2に示す。仕組みとしては給水加熱器から取り入れた水を節炭器で予熱し、火炉下部から加熱する。加熱された水は飽和蒸気となり、さらに過熱器によって過熱蒸気として高压タービンに送り込むことで動力を得る。そして高压タービンで膨張した蒸気を取り出し、再熱器で過熱し中圧タービンに送り込み、再度利用することで蒸気タービンプラントの熱効率の向上を図っている。

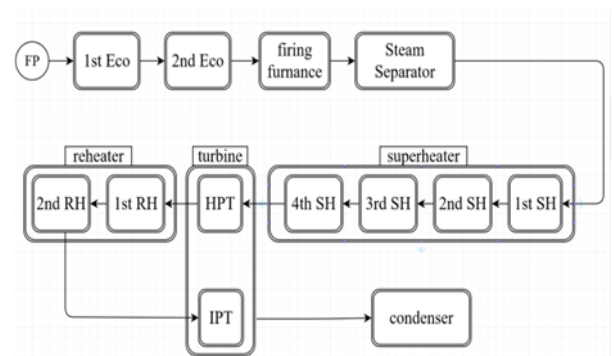


図2 火力発電用ボイラ内の工程

図3はモデルの全体図である。火炉の壁面を構成する管が螺旋状に配置されたヘリカル構造になっており、管内の過熱状態を平均化している。配管は機関ごとに数百本とあり、また小口径の配管

を利用することで応力緩和、コスト低減できるメリットがある。燃料を燃やすためのバーナ、空気を送り込むためのバーナーエアレジスタ、水が通る配管、温度の調節やガスの排出を目的としたダンパからなり、バーナを一方からではなく、対向に配置することで均一で大型化が可能な対向燃焼方式を採用している。その際に燃料とともに燃やされる空気とは別に空気を送り込み燃焼させる二段燃焼にすることでより高温に温める仕組みになっている。主な装置を以下に記す。

- ・ 1st Eco (一次節炭器)：ボイラ本体を加熱したとき出てくる煙道ガスの余熱を利用してボイラ給水を予熱する装置。
- ・ 2nd Eco (二次節炭器)：一次節炭器と同様にボイラ給水を予熱する装置。
- ・ 1st SH (一次過熱器)：火炉で発生した飽和蒸気を過熱蒸気にする装置。
- ・ 2nd SH (二次過熱器)：一次過熱器からの過熱蒸気を三次過熱器に送り込む。
- ・ 3rd SH (三次過熱器)：二次過熱器からの過熱蒸気を四次過熱器へ送り込む。
- ・ 4th SH (四次過熱器)：三次過熱器からの過熱蒸気を高圧タービンへ送り込む。
- ・ 1st RH (一次再熱器)：高圧タービンで仕事をし、飽和温度に近い状態になった蒸気をさらに適当な温度まで再過熱する装置。
- ・ 2nd RH (二次再熱器)：一次再熱器同様、蒸気を再加熱し適当な温度になった過熱蒸気を高圧タービンへ送り込む装置。

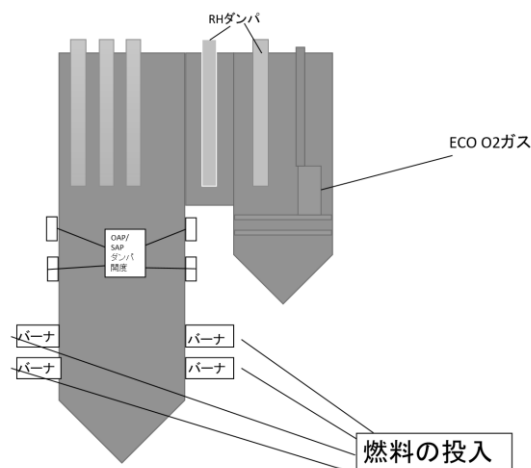


図3 火力発電用ボイラの構造

水はらせん状に配置された管を通り徐々に高温に温められていき、空気の温度はセパレートダンパを開閉させることで調節する。ほかにもガスを排出するためのダンパの開閉など調節すべきパラメータが多くこれらのパラメータを最適化しNOxなどの有害な物質をなるべく出さずに効率の良いパラメータを見つけることが求められてい

る。

4 ディープラーニングによる最適パラメータ算出

ディープラーニングは人工知能手法の一つであるニューラルネットワークをベースに発展させた機械学習法である。この機械学習法をボイラ運転パラメータの分析に応用することで運転パラメータの最適化について検討する。

本研究では、ボイラの各ダンパ開度、発電機出力、燃料流量といったボイラを運転するための入力パラメータのシミュレーションデータをモデルへの入力とし、NOxといったボイラが運転した結果得られる出力値をモデルの出力とした、順問題を解くようなニューラルネットワークを用いた初期の学習モデル(図4)を作成する。このモデルを用いて、ボイラパラメータを入力することで出力を予測し、NOxなどの排出を抑えたいうえで効率の良い運転パラメータを算出できるような適切な学習モデルの作成を行う。

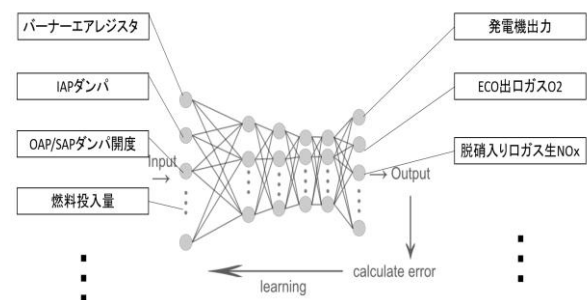


図4 学習モデル

5 おわりに

近年の電力需要の劇的な変化に対し、火力発電による電力供給への期待が大きくなっている。そのためには、火力発電における様々な運転パラメータの見直しが求められている。本研究では、火力発電用ボイラの運転パラメータに焦点を当て、その最適化の検討をディープラーニングによって行い、報告する予定である。

参考文献

- [1] 経済産業省消費エネルギー庁，“なぜ、日本は石炭火力発電の活用をつづけているのか？”
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/qa_sekitankaryoku.html
(参照 2019 年 8 月 23 日)
- [2] 木村大地，島田健一郎，泉谷知範，“化学プラントシミュレータのための深層学習モデル，” 第 33 回人工知能学会全国大会論文集，2019.