

Title	工場エネルギー供給計画最適化に関する研究
Author(s)	北村, 聖一
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26173
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

〔 題 名 〕 工場エネルギー供給計画最適化に関する研究

学位申請者 北村 聖一

製紙工場、化学工場、石油精製工場などの大規模工場では、電力だけでなく大量の熱を消費するため、熱電併給型の自家発プラントを持つ。数十MW級以上の自家発プラントでは、年間の燃料費が数十億円から百億円以上にも及ぶため、1%の省エネでもその効果は大きい。

自家発プラントを持つ工場では、インバータ化や高効率な発電設備の導入など、主にハードウェアの投資による省エネ化を図ってきた。次のステップとして、発電設備群トータルでの運用改善による省エネが注目されており、最適運用計画により、工場の発電設備群の運用を改善するシステムへのニーズが高まっている。

本論文では、このような工場の自家発プラントにおけるエネルギー供給計画最適化に関して、以下のようなニーズおよび技術的課題に対して解決策を提案し、提案手法に対する有効性の検証を行った。

第2章では多目的最適化について述べた。自家発プラントの運転最適化では、主に経済性を単一の目的関数として扱ってきたが、工場によっては経済性だけでなく環境負荷など、複数の目的関数を考慮して運用するニーズがある。従来手法ではパレート解を均等に得ることが難しいという問題があったので、目的関数空間上に解を均等に得ることに着眼した手法として改良MOPSOを提案し、仮想プラントへの適用によりその有効性を検証した。

第3章では経済性と制御のし易さの両立について述べた。経済性に着目しすぎると、発電設備の制御が困難な運用計画が立案される場合がある。このような運用計画は実現することができず、結果として経済的な運転とならない恐れがある。そこで、経済的に良好な複数の準最適解を求め、その中から制御のし易い運転計画を選択する手法として、Multimodal PSOを提案し、仮想プラントへの適用によりその有効性を検証した。

第4章では不確実性を考慮した最適化について述べた。従来の自家発プラントの運転最適化では、次の時刻のエネルギー需要は確定的であるものとして計算していた。エネルギー需要が予測通りにならない場合は、最適運用計画による最適性が保証されない上、電力会社との契約違反など、運転上の制約条件を逸脱する恐れがある。そこで、不確実性を考慮して最適化を行う手法（OCPD法）を提案し、仮想プラントへの適用によりその有効性を検証した。

第5章では省エネシステム導入後の効果検証について述べた。自家発プラントの最適運用計画を立案するシステムを普及させるためには、省エネシステム導入後に本当に効果があったのかを検証し、ユーザの理解を得る必要がある。ところが、システム導入後の環境条件が変化する場合は、省エネシステムによる効果の妥当な評価ができなかった。そこで、省エネシステム導入前後の環境条件を考慮してコストを推定する方法（CEBOM法）を提案し、実プラントにて省エネ効果を推定することによりその有効性を検証した。

第6章では、本研究から得られた成果をまとめるとともに、工場エネルギー供給計画最適化の今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (北 村 聖 一)			
論文審査担当者	(職)	氏	名
	主 査	教 授	高 井 重 昌
	副 査	教 授	伊 瀬 敏 史
	副 査	教 授	舟 木 剛
	副 査	教 授	谷 野 哲 三
	副 査	教 授	白 神 宏 之
	副 査	准 教 授	宮 本 俊 幸

論文審査の結果の要旨

多くの大規模工場は、電力だけでなく大量の熱を消費することから、熱電併給型の自家発プラントをもっている。数十 MW 級以上の自家発プラントでは、燃料費が年間で数十億円から百億円以上にものぼり、わずかな省エネでも、費用削減効果大きい。また、経営面だけでなく、環境、社会制度の面からも、工場における省エネが必須の課題となっている。ハードウェア投資による省エネ、ロスの改善による省エネはすでに実施されつくした感があり、さらなる省エネのため、発電設備群トータルでの運用改善が期待されている。そこで本論文では、自家発プラントをもつ工場を対象とし、その設備運用計画の最適化について考察されている。得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1) 自家発プラントの運転最適化は、経済性だけでなく、環境負荷など複数の目的関数を考慮する必要があり、多目的最適化問題となる。多目的最適化では、最適性に加え、パレート解を目的関数空間上に均等に得ることが手法の評価指標の一つとなっているが、重み付け法などの従来手法では、パレート解を均等に得ることが困難である。そこで、目的関数空間上に解を均等に得ることを目的とし、まず原問題を部分問題に分割して解き、各部分問題のパレート解を組み合わせて原問題のパレート解を求める手法が提案されている。
- (2) 運転計画立案において、経済性に着目しすぎると、発電設備の制御が困難な計画となる場合がある。つまり、立案された運転計画が最適であっても、それを実現しようとする、設備に負担がかかったり、運転計画自体が実現できなかつたりすることがありうる。そこで、経済的に良好な準最適解を複数求め、その中から制御しやすい運転計画を選択する手法が提案されている。
- (3) エネルギー需要の予測が大きく外れた場合、電力あるいは熱の過不足が生じ、電力会社との契約違反や生産品の品質悪化を招く恐れがある。一方、予測が外れることを想定し、過剰な余力を持たせて運転した場合、コスト的なロスが大きい。そこで、エネルギー需要を不確実性要素とみなし、次の時刻のエネルギー需要予測の確率分布に基づき、確率分布の裾野まで考慮した、運転計画の最適化手法が提案されている。
- (4) 省エネシステム導入によりエネルギーコストが下がった場合でも、システム導入後に環境条件の変化があれば、コスト低減が省エネシステム導入の効果によるものなのか、環境条件の変化によるものなのかを評価する必要がある。そこで、省エネシステム導入による省エネ効果を推定する手法が提案されている。

以上のように、本論文では、工場における設備運用計画立案において、多目的性、制御のしやすさ、エネルギー需要の不確実性などに着目した実用的な最適化手法が提案され、その有効性が検証されており、エネルギー供給計画最適化技術の構築に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。