

火力発電の複数の運転モードと需給調整力を考慮した電源構成モデルの開発

キーワード：電源構成モデル，部分負荷効率，起動停止ロス，
需給調整力，再生可能エネルギー

報告書番号：Y12030

背 景

2012年9月公表の革新的エネルギー・環境戦略では太陽光発電・風力発電の拡大を目指した。すでに固定価格買取制度により太陽光発電等が強力に推進されている。エネルギー・環境戦略はゼロベースで見直されるが、太陽光発電等の取り扱いは重要な論点である。太陽光発電等は気象により出力変動するので、LFC^{注)}調整力の不足、および火力発電の部分負荷運転および起動停止による発電効率の低下、が危惧されている。

目 的

火力発電の複数の運転モードや LFC 調整力制約を含めた最適電源構成モデルを開発し、太陽光発電等の大量導入が発電コスト、CO₂排出へ与える影響の評価に資する。

主な成果

1. 火力発電の複数の運転モードを考慮した電源構成モデル(MM-OPG)の開発

開発した MM-OPG モデルの概要・特徴を以下に示す(表1)。

線形計画法を用いた最適電源構成モデルであり、設備費、燃料費、運転維持費を含めた発電システムコストを最小化する。対象年は2030年で、対象地域は東日本1地域である。2030年時点の残存設備容量を考慮した上で、2030年までの新設設備容量を計算する。1年1時間毎の負荷曲線および太陽光等の出力曲線を入力データとする。

火力発電の複数の運転モードとその遷移を考慮する(図1)。考慮する運転モードは、a) 定格運転、b) 部分負荷運転、c) バンキング(埋火)、d) 停止、e) プレヒーティングである。1時間毎の LFC 調整力制約を考慮し、その調整には火力発電および揚水式水力の運用調整と太陽光発電等の解列を想定する。

ただし、発電部門を対象とする線形計画モデルであるため、送電線等の制約を考慮しない、プラントのユニット容量を考慮しない、加えて完全予見のため太陽光発電・風力発電の長周期の出力予測誤差の影響を考慮しない、のモデル構造上の限界がある。

2. MM-OPG モデルの動作確認

LFC 調整力制約の考慮により、風力発電の解列率の増加、天然ガス複合発電の発電量の増加、揚水発電量の増加などが生じる(図2)。部分負荷運転(図3)による効率低下の考慮により、火力発電効率の低下や揚水発電量の増加が生じる(図2)。部分負荷効率や LFC 調整力制約の考慮が計算結果に反映されたことを確認した。

今後の展開

揚水式水力のマルチモード化等のモデル改良を行い、電源構成を詳細評価する。

注) 負荷周波数制御。電力システムの周波数偏差等を検出・伝送して発電機出力を自動制御する。比較的短周期の需給調整を担う。

表 1 在来モデルと MM-OPG の概要

	在来モデル	MM-OPG
最適化手法		線形計画法
目的関数	発電関連コストの合計(設備費、燃料費、運転補修)	
対象年	2010年から2030年(5年 間隔)の多時点最適化	2030年の単年
対象地域	全国1地域	東日本1地域(50Hz地 域)
負荷曲線(時系列)	代表7日の1時間毎	1年1時間毎の8760時間 (負荷実績から作成)
最適化対象電源(新設設 備容量と運転パターンを 最適化)	天然ガス火力、天然ガスCC、石油火力、石炭火 力、原子力、揚水式水力	
最適化対象外の電源(設 備容量と毎時の出力は 外生)	水力、その他発電(地熱 発電等)	左記プラス 太陽光発 電、風力発電
火力発電の運転モード	発電、休止	定格発電、部分負荷発 電(複数)、バンキング、 停止、ホットスタートプレ ヒーティング、コールドス タートプレヒーティング
火力発電最低負荷率	-	部分負荷発電モード(複 数)のうちの最低負荷率 に相当
火力発電効率	電源毎に1種類	電源毎に定格効率、部 分負荷効率(複数)
起動停止燃料消費	-	バンキング、プレヒーテ ィング(複数)で燃料消費
LFC調整力制約	-	あり(代数的手法)
LFC調整力供給	-	火力発電の部分負荷運 転の一部、揚水式水力
揚水発電貯水量	代表7日の前日からの繰 り越し貯水量と翌日への 繰り越し貯水量が一致	1月1日の前日からの繰 り越し貯水量と12月31日 の翌日への繰り越し貯水 量が一致。
太陽光発電・風力発電の 出力	-	8760時間(負荷実績と同 時点の気象データから作 成)

注：“-”は考慮しないことを意味する。在来モデルは
当所で開発・運用している電源構成モデル(関連報告
書参照)。

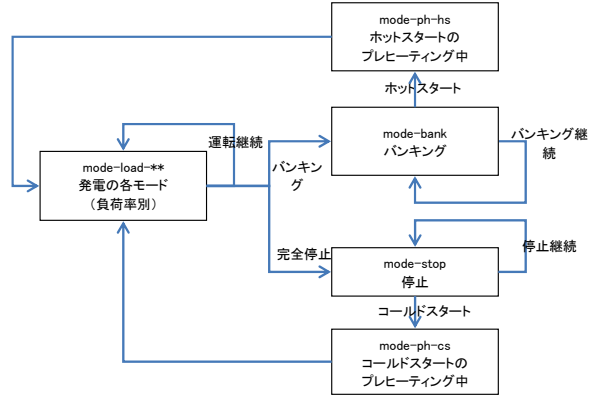


図 1 モデル中の火力発電の運転モードの遷移

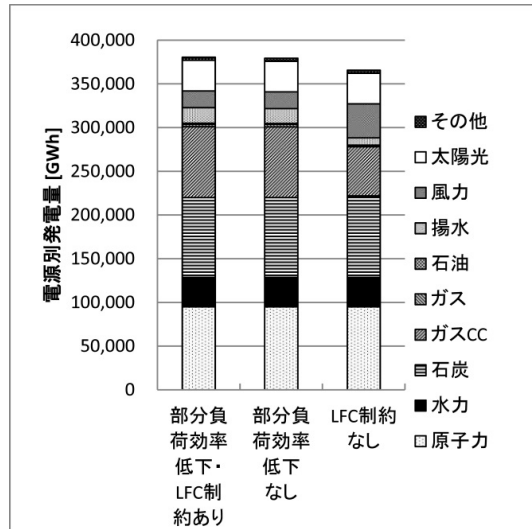


図2 部分負荷およびLFC 調整力制約の年間発電量への
影響例(太陽光 70GW, 風力 35GW のケース)

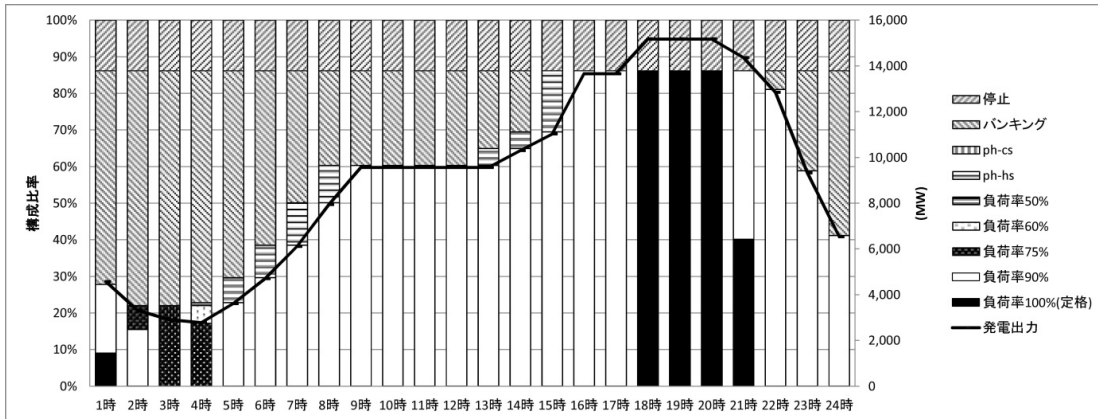


図 3 1日の運転モードの計算例(天然ガス複合発電、7月1日の計算例)

注：折れ線は発電出力を示す。phはプレヒーティング、csはコールドスタート、hsはホットスタート。

関連研究報告書	Y11033 「化石燃料間の価格相関性を考慮した発電用燃料としての低品位炭の評価」 (2012.5)
研究担当者	山本 博巳 (社会経済研究所 エネルギー技術評価領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 社会経済研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 03-3201-6601(代) E-mail : src-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

[非売品・無断転載を禁じる] ©2013 CRIEPI 平成25年6月発行

12-029