

# 大容量風力発電直結型多端子HVDCシステムが適用された 連系システムの信頼性評価に関する研究

学生証番号 47136055 氏名 金 唱柱  
(指導教員 横山 明彦 教授)

Key Words : Wind Power, Multi-terminal HVDC System, Multi-terminal Control Method, Power Supply reliability

## 1. はじめに

地球環境問題の対策として再生可能エネルギーの導入が進んでいる中、日本国内では大量の太陽光発電(PV)や風力発電の導入が予想されている。しかし、風力発電は日本ではその適地が北海道や東北地方、九州に限られており、大需要地と電源が離れて存在する 경우가多く、また、天候に大きく影響を受けるため出力が一定ならずシステムを不安定化するなどの課題がある。そこで、大量の風力発電電力の送電には長距離送電や系統安定性の面で有利である超高压直流送電技術の採用が考えられる。

そこで、本研究では東日本10機系統モデルを基本とした2地域・3地域系統モデルにおいて、大量の風力発電が連系された際の風力発電とメッシュ系統を結ぶ多端子の自励HVDCシステムの概念設計を行うとともに、信頼性及び経済性において比較検討を行った。本要旨では3地域系統モデルに関する結果のみを示す。

## 2. HVDCシステムの構成

本研究では、モデル系統として東日本10機系統モデルに他励HVDCケーブルで連系された簡易系統及び大量の風力発電を付加したモデルを用いた。ここでの他励HVDCケーブルが持つ送電可能容量は600[MW]であり、風力発電はG#とG10付近の二箇所にそれぞれ2,000[MW]が設置されたものとする。

また、HVDC連系方式によって図1と図2に示すような二つのケースを設けた。大量の風力発電を含むエリアAとエリアB間をもう一つのHVDCケーブルで連系した場合をCASE1とする。ここで、追加連系のHVDCケーブルは送電可能容量1,400[MW]の自励式とする。

次に、G11とG12の二箇所の大量風力発電を含むエリアAとエリアB、大需要地を含むエリアCを結ぶ多端子自励HVDCシステムを用いる場合をCASE2とする。ここで、エリアAからエリアBとのケーブル結合部までは

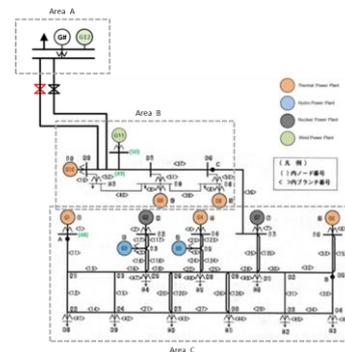


図1 連系方式1 (CASE3)

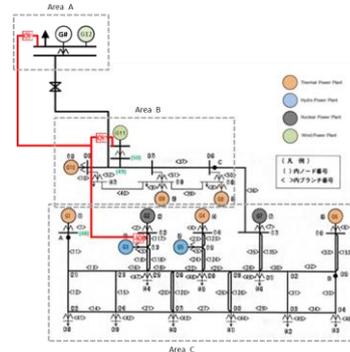


図2 連系方式2 (CASE4)

1,400[MW], エリアBからは2,000[MW], また、結合部からエリアCまでは3,400[MW]の送電可能容量を持つものとし、ケーブルにおいて正の潮流方向はエリアA, BからエリアCとする。

## 3. シミュレーション

図3に示すようなプロセスで信頼性及び経済性評価を行った。発電機や変換機器、送電線の故障率と風と負荷データを考慮して系統状態を確定し、火力発電機の出力調整を行うことでエリアBとCにおける供給支障電力量を最小とするような最適潮流計算を行う。

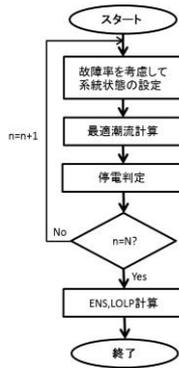


図3 シミュレーションのフローチャート

#### 4. シミュレーション結果及び考察

夏・冬季についてシミュレーションを行った結果を以下に説明する。各ケースのLOLPを表1に示す。結果を見ると、夏季と冬季のどちらにおいてもCASE4の方がCASE3より信頼性が高くなっていることがわかる。また、冬季になるとどちらのケースでも夏季より信頼性が悪くなっており、特にCASE3は、冬季において信頼性の悪化傾向が強くなっている。冬は風力の発電量が多くなり、その分、火力の出力は低く調整をしている。また、架空送電線に比べてHVDC機器の故障率は約8倍程度高くなっている。そこで、急激に変動し、かつ風が吹かずに出力が頻繁にゼロとなる風力発電に対してHVDC機器の故障は風力の出力ゼロ時と同じことになり、受電端における影響は出にくいことになる。

次に、冬季のシミュレーション終了時における累積停電回数を正規化したものを図4に示す。特徴的な点としてCASE3ではCASE4に比べてエリアC側の停電が多くなっており、CASE4ではエリアB側の停電が多い。この点からCASE3の信頼性悪化原因として、エリアBで集まった風力発電電力がエリアCの各需要地まで送られなかったことがあかられる。また、CASE2については、2つの地域からエリアCに送られた風力発電電力がエリアBに送電線の故障や送電容量制約による問題が起こったことが原因であると考えられる。また、停電回数について夏季においても同様な傾向が見られた。

最後に、冬季についてCASE3の系統に増設を行った場合のLOLPとコストのグラフを示したものが図5となる。増設の手法として、送電線の制約条件に引

表1 結果

Table1. Results

	LOLP[ hour / day ]	
	夏季	冬季
CASE3	0.0412	0.0542
CASE4	0.0403	0.0411

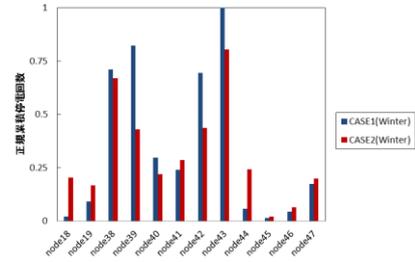


図4 累積停電回数

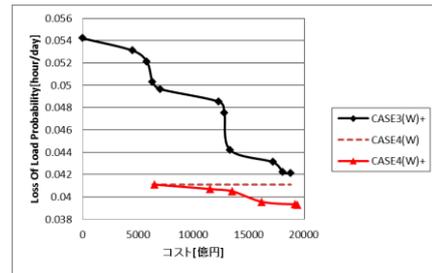


図5 コスト比較

つかかる回数の多い送電線から次々と増設をしていく方法を用いた。その結果、架空送電線の増設を行うことでCASE3の信頼性は徐々に改善されて送電線の増設コストをkm当り10億円に想定した場合、約1700kmの増設を行ったところでCASE2水準のLOLPが得られることが分かった。

#### 5. おわりに

本論文では、風力発電が大量に連系されたシステムを対象に2地域の連系モデルと3つの地域間を結ぶ多端子HVDCシステムを適用したモデルについて信頼性評価を行った。その結果、風力発電の出力が多くなるほど系統信頼性への影響が大きくなり、HVDC送電の有効性が確認できた。そして、信頼性向上のための交流系統の増設に対する経済性評価を行った。今後は風力の導入量による信頼性評価を行っていく予定である。

#### 文献

- [1]金唱柱, 横山明彦, 鈴木宏和:「風力発電が連系されたMulti-terminal HVDCシステムの検討」, 電気学会, 電力・エネルギー部門大会, 2013
- [2]金唱柱, 横山明彦, 鈴木宏和:「風力発電が大量連系された多端子自励HVDCシステムの基礎検討」, 電気学会, 電力系統技術研究会, 2014
- [3]金唱柱, 横山明彦, 中島達人:「風力発電が大量連系された多端子HVDCシステムの信頼性評価」, 電気学会, 全国大会, 2015 (発表予定)