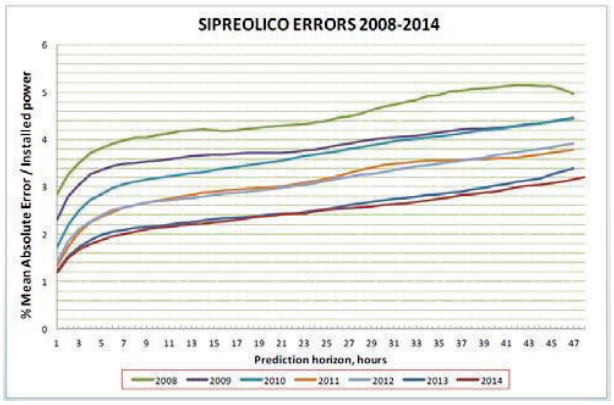


図 2.2.11 SIPREOLICO 平均絶対誤差率 MAE の推移（2008 年～2014 年）[2.2.25]

Fig 2.2.11 MAE (Mean Absolute Errors) trend of SIPREOLICO in 2008-2014

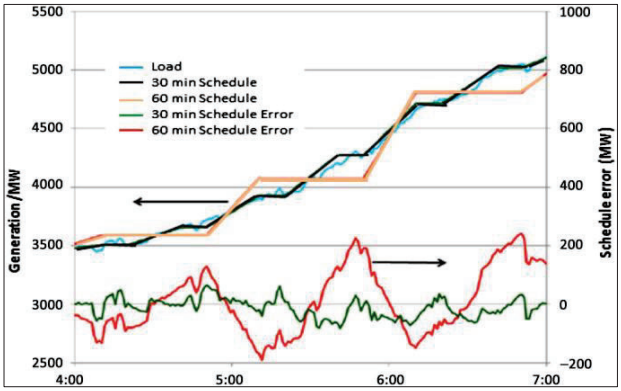


図 2.2.14 発電計画作成間隔と計画誤差の関係

［青：需要実績，黒：30 分計画，橙：1 時間計画，緑：30 計画との誤差，1 時間計画との誤差］[2.2.27]

Fig 2.2.14 Plot illustrating how schedule error of variable generation (or load) is a strong function of scheduling interval

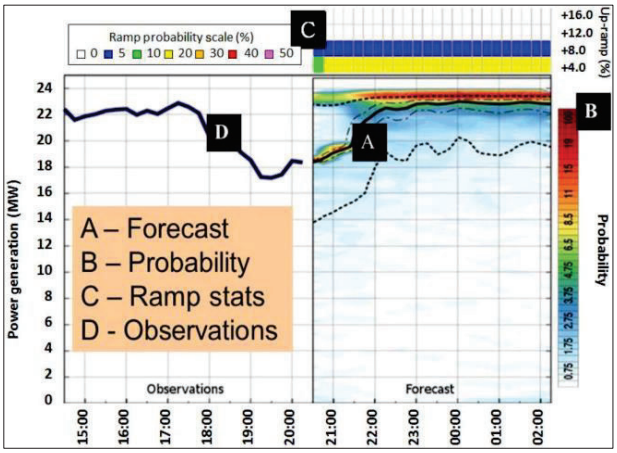
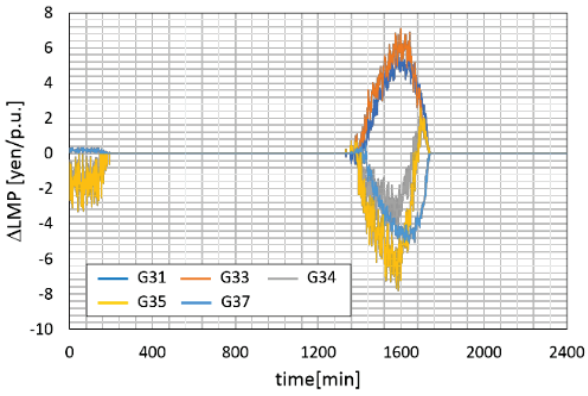


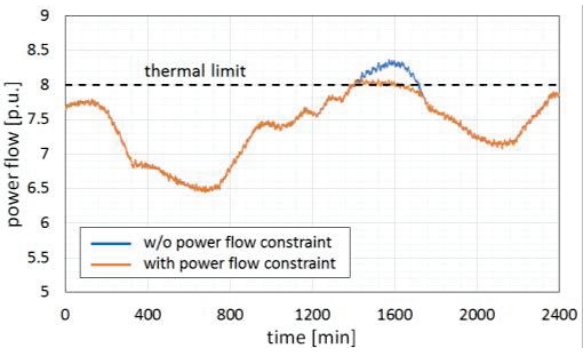
図 2.2.13 SWIFT による短期の風力発電出力予測

［A：出力予測，B：予測確率，C：ランプ予測状況，D：発電実績］[2.2.27]

Fig 2.2.13 SWIFT short-term (0-6 Hours-ahead) wind forecasting screenshot with observations, forecast, ramp rate, and probability information



(a) 各ノードでの LMP



(b) 送電線潮流

図 3.4.6 LMP による送電線混雑の解消

Fig 3.4.6 Power Flow Control by LMP

出典：裴香烈，辻隆男，大山力，内田健康：“風力発電を含む電力系統における調整力市場ベースの地点別限界価格による需給制御と混雑管理”，電気学会論文誌 B, 138 巻，8 号，pp.671-684, 2018

Sample : DO NOT PRINT

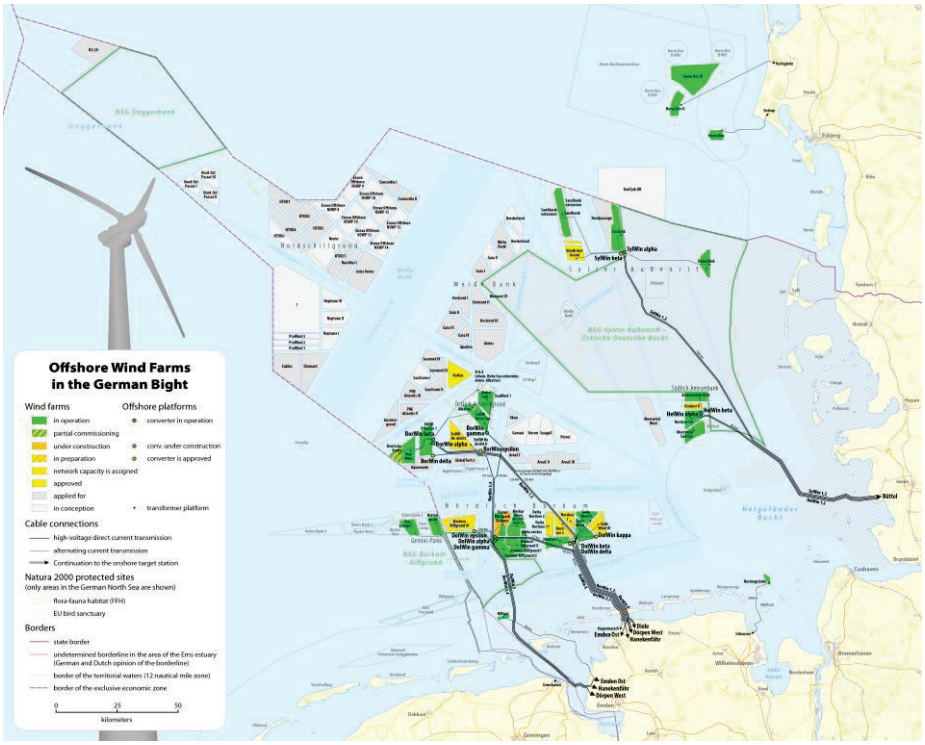


図 4.1.2 ドイツの北海沿岸部の洋上風力発電の開発区画

Fig 4.1.2 Offshore wind farm projects in German North Sea, Source: Wikipedia – Offshore wind park

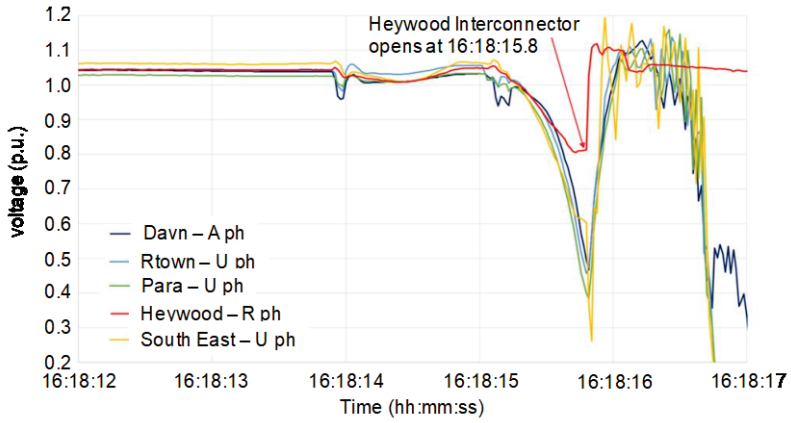


図 5.2.2 分離前の SA 州の 275kV 系統電圧低下（文献(5.1.8)の図中文字を一部拡大して修正）

Fig 5.2.2 275 kV voltage decline across SA prior to separation

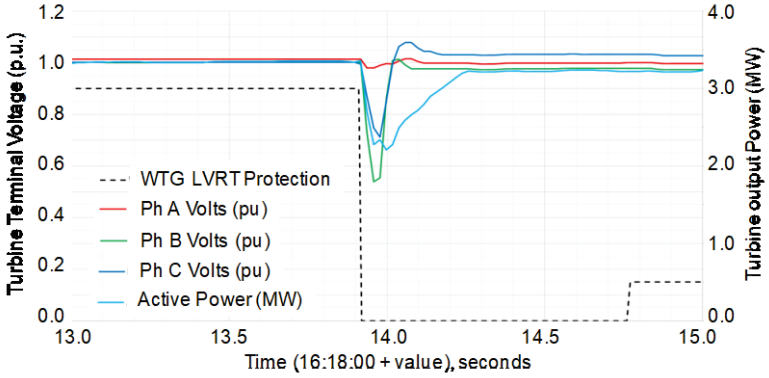


図 5.2.5 LVRT 耐量に対する風力発電の電圧応答の例（事故 No.5）（文献(5.1.8)の図中文字を一部拡大して修正）

Fig 5.2.5 Voltage response of an example wind turbine against its LVRT withstand capability (fault no.5)

Sample : DO NOT PRINT

風力発電大量導入時の
系統計画・運用・制御技術

風力発電大量導入時の系統計画・運用・制御技術調査専門委員会編

目　　次

1. はじめに 3
1.1 本報告書の経緯とその概要 3
1.2 風力発電導入に関する動向 3
2. 風力発電大量導入時の風力発電技術 4
2.1 基礎情報 4
2.1.1 風力発電の仕組み 4
2.1.2 風力発電の大量導入が電力系統に与える影響 6
2.2 風力発電の出力予測技術 7
2.2.1 風力発電出力予測技術の概要 8
2.2.2 風力発電出力予測最新技術開発動向 8
2.2.2.1 ランプ予測技術開発事例 8
2.2.2.2 出力抑制のための予測技術開発事例 10
2.2.2.3 米国における予測技術開発事例 12
2.2.3 風力発電出力予測技術の活用 13
2.2.4 予測技術活用に向けた今後の課題 16
2.3 風力発電所の制御・監視技術 17
2.3.1 風力発電所の制御技術 17
2.3.2 風力発電所の監視技術 20
2.3.3 風力発電所の制御・監視技術の今後の課題 23
3. 風力発電大量導入時の電力系技術 23
3.1 系統柔軟性 23
3.1.1 火力発電の柔軟性 23
3.1.2 ＶＰＰ 25
3.1.3 揚水発電 26
3.1.4 蓄電池 26
3.1.5 Power to X 29
3.2 従来電源と他の調整リソースによる需給制御・運用技術 31
3.2.1 電力系統の需給制御・運用 32
3.2.2 将来の電力系統における制御・運用技術 32
3.3 送電網拡張計画 34
3.3.1 電力系統計画ツールの分類 34
3.3.2 費用便益分析 36
3.3.3 経済モデルと電力系統モデルとの統合 36
3.3.4 海外の事例 37
3.3.5 国内の事例 37
3.4 電力市場・経済モデル 39
3.4.1 エネルギー市場 39
3.4.2 容量メカニズムの進展 40
3.4.3 調整力市場への影響 42
3.4.4 新しい電力市場構想の研究事例 42
4. 洋上風力発電所を取り巻く諸技術 44
4.1 オフショアグリット技術 44
4.1.1 海外の大規模オフショアグリッドの動向 44
4.1.2 オフショアグリッドに関する諸技術 45
4.2 洋上変電所 47
4.2.1 洋上プラットフォーム 47
5. 事故・トラブル事例 50
5.1 高調波および低周波共振によるトラブル事例 50
5.1.1 高調波および低周波共振と特徴 50
5.1.2 米国テキサス州での SSCI 発生事例 50
5.1.3 高調波共振による風力発電機の停止事例 51
5.1.4 洋上ウィンドファーム変圧器の充電 51
5.2 南オーストラリア（SA）州における風力発電の一斉脱落 52
5.2.1 系統事故の概要 52
5.2.2 系統事故時における風力発電の挙動 53
5.2.3 過去の Victoria 州との交流連系線解列時との比較 53
5.3 ケーブル損傷事例 54
5.3.1 デンマークの洋上風力のケーブル損傷(1) 54
5.3.2 デンマークの洋上風力のケーブル損傷(2) 54
5.3.3 ドイツの洋上風力のケーブル不具合(1) 54
5.3.4 ドイツの洋上風力のケーブル不具合(2) 54
6. おわりに 56

Sample : DO NOT PRINT