

風力発電の制御機能の活用に向けて

-JWPAの取組-



2018年7月9日

一般社団法人 日本風力発電協会

系統部会長 本庄 暢之

<http://jwpa.jp>

目次



1. JWP Aの紹介	3
2. 出力制御機能の啓蒙活動	5
3. 調査活動、セミナーの紹介	8
4. 調整力確保の方向性（再エネNW小委報告）	10
5. 出力制御機能の標準化活動	13
6. 出力制御機能（標準化対象）	20
7. 出力制御機能（標準化対象外）	23
8. 今後の取組み（機能検証）	25
9. 今後の取組み（その他）	29
10. まとめ	30

1. JWPAの紹介



一般社団法人 日本風力発電協会

2001年12月17日設立

代表理事 加藤仁

(日本風力開発株式会社 副会長)

会員数 2018年6月20日現在 352社。

政策、環境、技術、系統、国際の5部会と、
各テーマを検討するタスクフォース等が活動中。

系統部会の活動

風車(電気・制御系・雷保護システム)、電気・
制御構成機器、系統連系設備・連系条件、系統
安定化(気象予測を含む)

などに関する、

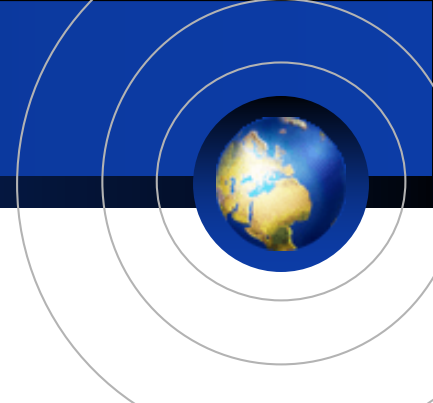
規格・制度情報の収集・整備、技術情報の収集
と整備、調査・研究開発、課題の検討と対策の
立案、会員への情報提供 などを行う。

JWPA組織図



エネ庁の系統WGの対応も、系
統部会の重要なミッション。

1. JWPAの紹介



(JWPA系統部会)

風力発電の大量導入の制約となっている、系統連系問題に対して、学会活動等による情報収集や、エネ庁、電力会社等との調整を図ってきたところ。

<系統連系関係の活動例>

- 2004年 風力発電検討連系小委員会
風力出力変動緩和蓄電池対応
北海道、東北、九州等電力会社による系統連系抽選対応
- 2012年 ESCJ連系可能量とりまとめ
- 2012年～ 電気学会 風力発電の大量導入技術調査専門委員会
- 2014年～ 系統WG対応(出力制御対策、**風車の周波数制御機能等提案**)
- 2014年～ NEDO電力系統出力変動対応技術研究開発
- 2015年～ 電気学会 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
- 2016年 北海道蓄電池募集プロセス対応、北東北電源募集プロセス対応
- 2017年 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

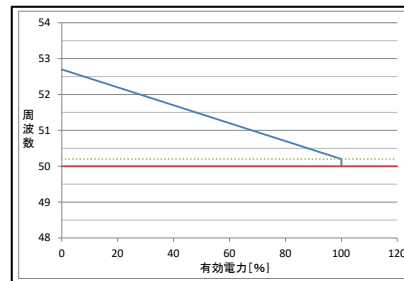
2. 出力制御の啓蒙活動



①第2回系統ワーキンググループ(2014年10月30日)資料4にて、JWPAより系統連系拡大策について、風車制御機能の活用を主体に説明

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/keitou_wg/pdf/002_04_00.pdf)

- ・周波数調定率制御(GF機能)
- ・最大出力抑制制御
- ・出力変化率制限制御



風車の周波数調定率制御 (GF機能) の例

■ 今回は、主に風車制御機能を活用した連系可能量拡大策を述べる。

課題	ウインドファーム側対策	電力系統側対策
短周期調整力不足	<ul style="list-style-type: none"> ・出力上昇率制限運転 ・出力変動緩和蓄電池の活用 (グループ制御) 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力系統の広域運用 ・持ち替え運転(機種と台数) ⇒経済負荷配分運転が犠牲となる
長周期調整力不足 (ランプ変動等対応)	<ul style="list-style-type: none"> ・出力上昇率制限運転 ・最大出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力系統の広域運用 ・気象予測システムの活用 ・電力貯蔵設備(揚水発電所)の活用 ・変電所設置蓄電池システムの活用
下げ代不足	<ul style="list-style-type: none"> ・最大出力抑制運転 ・周波数上昇時の出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・火力機の最低運転可能領域の低減 ・火力機の出力調整速度と量の増加
送電線熱容量不足	<ul style="list-style-type: none"> ・最大出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域内送電線の新增設 ・地域間送電線の新增設

2. 出力制御の啓蒙活動



②第9回系統ワーキンググループ(2016年11月25日)資料11-1にて、事務局より系統連系の拡大に向けて特に取り組むべき当面の課題について提示

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/keitou_wg/pdf/009_11_01.pdf)

- ・北海道における風力発電の連系拡大に向けた対応方策③/系統用蓄電池の活用において、将来的な検討課題として、周波数調定率制御が可能な風力発電所や、スペインの再エネ監視・制御センター（CECRE）のようなリアルタイム制御の導入可能性について、今後、検討が必要ではないか

北海道における風力発電の連系拡大に向けた対応方策②			
○各種対応方策の具体的内容			
対応方策	内容	対応の方向性	将来的な検討課題
①解列条件付の接続受入	火力による調整力不足の場合の解列を条件に蓄電池容量を低減。	・火力3台運転時の解列（停止）を条件とした新たな接続受入（蓄電池の必要容量の大幅低減が可能）。	自然変動電源の増大に伴う、調整力の確保の在り方について、検討が必要ではないか。
②実証試験の空き枠の再募集 ※1※2	20万kWの風力導入実証試験について、空き枠（6.3万kW）を活用	・本実証試験が実施可能となるように、広域機関において連系線利用ルールの整備を速やかに検討するように要請する。 ・年明けに再募集を開始、年度内目途の実施案件確定に向けて進める。	実証枠20万kWの実証結果等を踏まえ、更なる拡大方策について、今後、検討が必要ではないか。
③系統側蓄電池の活用※2	各サイト毎ではなく、系統の変電所等に蓄電池を設置。	・南早来蓄電池実証の中間評価（年末予定）を踏まえて、系統側に必要な蓄電池容量等を確定。 ・系統側蓄電池の設置費用を共同負担することを前提とした連系希望案件募集プロセスを、年度末目途に試行的に実施。 ・募集の方法、費用負担の在り方等は募集プロセス開始までに別途、検討を進める。	周波数調定率制御が可能な風力発電所や、スペインの再エネ監視・制御センター（CECRE）のようなリアルタイム制御の導入可能性について今後、検討が必要ではないか
④LNG火力発電所の活用	建設中の石狩湾新港発電所（平成31年2月に1号機運転開始予定）を調整力として活用。	・運転開始後に調整力として活用することにより系統側蓄電池の必要容量の低減を図る。 ・火力3台運転時の石炭火力との差替費用の負担の在り方について、別途、検討を進める。	出力変化速度等に優れたLNG火力発電機の導入により、調整力の増大可能性について検討が必要ではないか。
⑤京極発電所（揚水）、北本連系線の活用状況の確認	京極揚水や北本連系線の最大限活用が行われているか検証。	・今後とも活用状況を確認	北本連系線の平常時AFC（平常時AFC幅は±60MW）の拡大可能性について、検討が必要ではないか。

※1 北海道電力・東京電力の共同実証事業として、連系線利用による広域的な調整を通じ、北海道地域における風力発電の導入拡大を行う。
 ※2 北海道電力においては、②実証試験の空き枠再募集又は③系統側蓄電池の募集プロセスの参加を前提として、南早来蓄電池実証の中間評価（年末予定）や再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会（1月開催予定）等において、系統側に必要な蓄電池容量や募集の方法等の準備が整い次第、可及的速やかに風力事業者からの接続申込を受付開始予定。

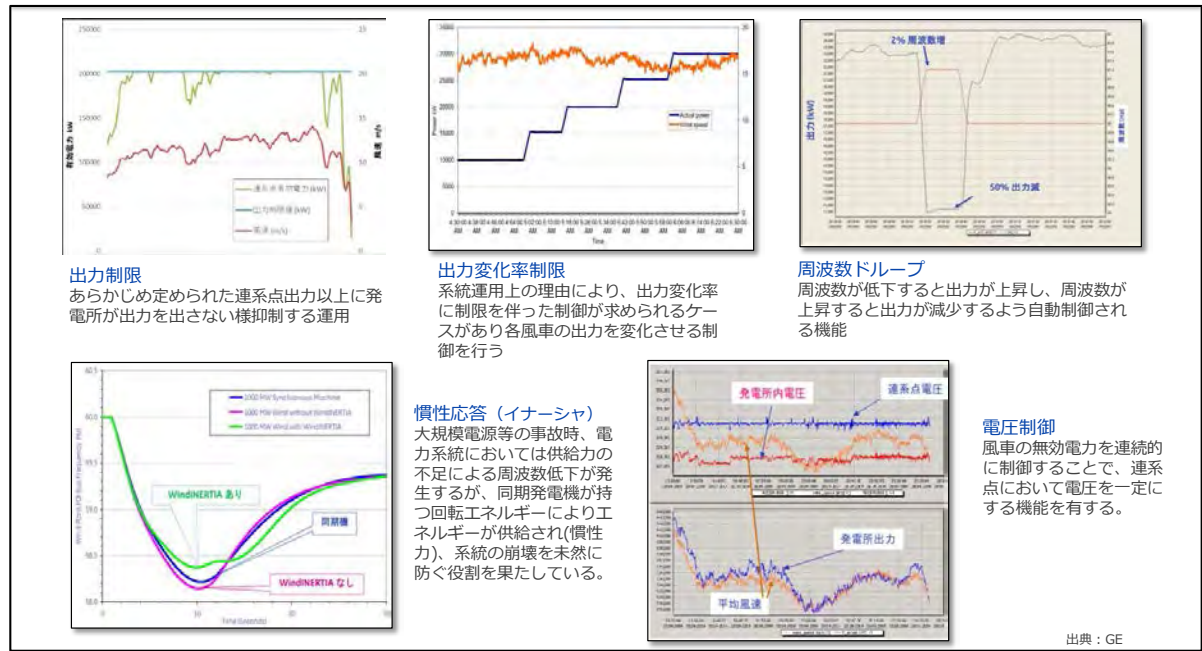
2. 出力制御の啓蒙活動



③第3回再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会
(2017年6月14日)資料3にて、GE社より世界の風力発電動向と日本における
課題を説明(海外で実用化されている風車制御機能と、欧州のグリッドコード
規程例を紹介

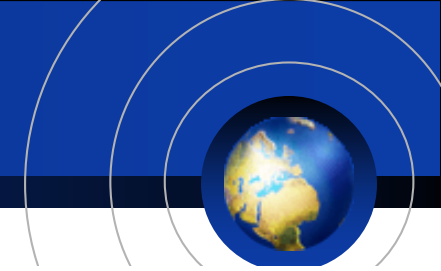
(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/saisei_dounyu/pdf/003_03_00.pdf)

- ・最大出力抑制制御
- ・出力変化率制限制御
- ・周波数調定率制御(GF機能)
- ・イナーシャ制御



風車の制御機能の例 (GE社資料より抜粋)

3. 調査活動、セミナーの紹介



① 欧米のグリッドコード及び風車制御を調査(2011～2012年度)

・主に以下の機能に注視して、欧米における各国のグリッドコード及び風車の持つ制御機能を、文献、製品カタログ等の調査及び国内事業者・メーカーへのアンケート等により、技術レベルや導入可否等の調査をした(欧米メーカー5社、国内メーカー2社)

a) FRT(Fault Ride Through)機能(事故時運転継続機能)

調査結果:欧米ではグリッドコードに規程があり、メーカーは対応済。国内メーカーは数年で対応可

b) 無効電流供給機能(電圧維持機能)

調査結果:欧米メーカーは対応済。国内メーカーは数年で対応可

② セミナー・勉強会の実施

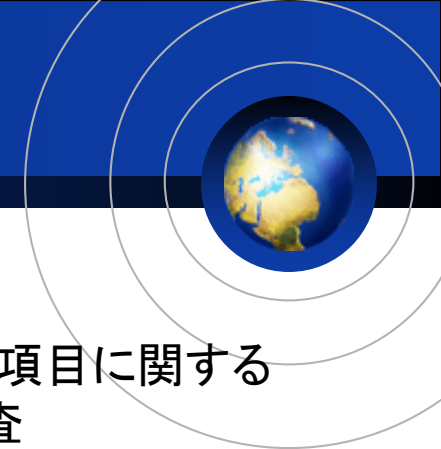
・上記調査の結果および海外での事例紹介を目的に、セミナー等を実施

○メーカーによる風車制御技術の勉強会(2014年度)⇒欧米で一般化している技術の理解に貢献

○Smith氏(UVIG)を招聘し、主に米国における系統運用状況、風力制御技術の適用事例等についての講演及び意見交換会(2016年度)

⇒国内では導入されていない技術(機能)が、欧米では既に、実系統で運用されていることが理解できた。米国で過去クリアしてきた課題等についても紹介があり、参考になった

3. 調査活動、セミナーの紹介



③国内の導入実績における制御機能の調査(2015～2016年度)

- ・国内に導入した実績のあるメーカーに対し、導入機種毎に以下の項目に関するアンケート調査を行い、制御機能の導入実態や対応可否等を調査

a) 出力制御機能(最大出力制限機能)(2015年度)

- ・既に導入済の風力発電設備(全体263万kW)について、出力制御が可能な機種がどの程度導入されているか、国内外10社に対して機種毎の実態を調査し、出力制御への対応方法を検討

調査結果 ○対応可:9機種(9社)(102万kW/39%)
△費用をかけて可:2機種(2社)(91万kW/35%)
×不可:9機種(9社)(70万kW/26%) ⇒台数制御で対応可

b) 周波数対応型機能(ガバナフリー機能)(2016年度)

- ・ガバナフリー(GF)機能について、現行の機種の装備状況及び今後の対応可否を国内メーカー3社、海外メーカー6社に対して、導入への可否実態を調査

調査結果 ◎標準装備:海外メーカー全社(6社)
○対応可:国内メーカー1社
×対応不可:国内メーカー2社(1社は2年程度で対応可)

4. 調整力確保の方向性(再エネNW小委報告)



再エネ大量導入の課題と検討の方向性 (変動再エネが調整力を確保する仕組み)

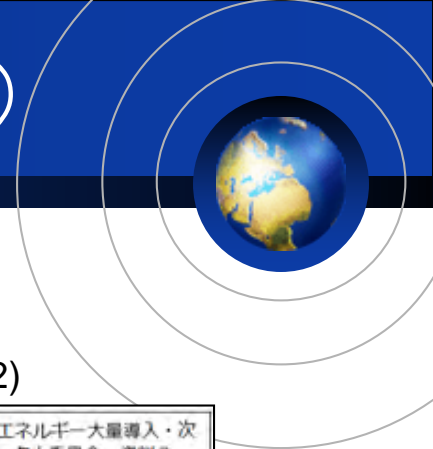
	日本の課題	世界の潮流	2030に向けた取組
① 発電コスト	<ul style="list-style-type: none"> 欧州の2倍 これまで国民負担2兆円で再エネ比率+5% (10%→15%) →今後1兆円で+9% (15%→24%)が必要 	<p>ドイツ</p> <p>(太陽光) 61円 → 22円 → 9円</p> <p>2000年 FIT導入 → 2015年 入札制導入</p>	<p>総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 (第22回会合)</p> <p>買取価格入札の活用等による価格低減 → 国際水準の実現へ</p>
② 系統制約	<ul style="list-style-type: none"> 既存系統と再エネ立地ポテンシャルの不一致 従来下の系統運用の下で、増強に要する時間と費用が増大 	<p>アイルランド (島国)</p> <p>5% (再エネ比率) → 24%</p> <p>2001年 コネクト&マネージ導入</p> <p>※ドイツ (7カ国と接続)</p> <ul style="list-style-type: none"> 再エネ優先接続 + 再エネの系統負担軽減 → 託送コストの増大。国内南北間系統が不足し、周辺国に電気が回り込み。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存系統の空きを最大限活用する柔軟な運用 (日本版コネクト&マネージ) 更なる活用を促す系統費用負担方法の見直し 2030年以降に向けた次世代電力ネットワークの再構築
③ 調整力	<ul style="list-style-type: none"> 変動再エネの導入拡大 当面は火力で調整 将来は蓄電の導入によりカーボン・フリー化 	<p>イギリス</p> <p>(再エネ比率) 15% → 25%</p> <p>2014年 容量市場導入</p> <p>スペイン</p> <p>(再エネ比率) 15% → 39%</p> <p>2006年 再エネが調整力を確保する仕組み</p>	<p>【火力】</p> <p>容量市場・需給調整市場による調整力の確保</p> <p>【再エネ】</p> <p>変動再エネが調整力を確保する仕組み</p> <p>【カーボン・フリー化】</p> <p>2050年に向けた競争力ある蓄電池開発・水素の活用等</p>
④ 事業環境	<ul style="list-style-type: none"> 長期安定発電を支える環境が未成熟 洋上風力等の立地制約 	<p>ドイツ</p> <p>1997年 安全規制・ゾーニング</p> <p>2015年 洋上風力に対する「セントラル方式」</p>	<ul style="list-style-type: none"> 規制のリバランス (土地・設備の確保、運転開始期限、廃棄対策、海域利用ルール of 整備等)
バリエーション	<ul style="list-style-type: none"> 国際競争力のある主体の不足 	<p>Vestas (再エネメーカー) や Iberdrola (発電事業者) といったグローバル企業</p>	<ul style="list-style-type: none"> 国際競争力ある主体 (再エネメーカー・発電事業・系統運用・調整力) の創出

4. 調整力確保の方向性(再エネNW小委報告)



- 風力発電には出力抑制や出力変化率制限等、従来電源が有するような調整力機能が期待される。風力発電の導入で先行する欧州ではこうした機能が標準装備され、主要電源としての役割を果たしている。また、こうした制御機能は、各国の状況や風車の規模等に応じて風車が具備すべき機能としてルール化されているケースもある。
- 日本においても、効率的に風力発電を導入拡大するため、日本風力発電協会（JWPA）と一般送配電事業者が連携して風車が具備すべき制御機能を特定し、ルール化した上で、そうした機能の具備を風力発電事業者に求めていくべきではないか。
- ルール化に当たっては、実系統で運用した際に問題が生じないことを確認するための再エネの導入状況に応じた段階的な解析、風力発電モデルの構築、シミュレーション等に一定程度の時間を要する可能性があるが、足下での風力発電の接続検討状況等を踏まえ、まずは全国大で適用可能な要件の早期ルール化・適用開始（1～2年程度）を目指し、その他の必要な事項（事故時等を想定した要件）のルール化については、各エリアにおける風力発電の導入状況に応じて段階的に行ってはどうか。
- 北海道についてはサイト蓄電池や系統側蓄電池の必要量やコストの低減、東北については北東北募集プロセスにおける出力制御率の低減等の事前検討に有用と考えられるため、それらの導入スケジュールを見据えて先行して検討すべきではないか。
- なお、現時点では、国産風車等に前述の制御機能が装備されていない風車も存在することから、JWPAは風車メーカーに対して、シミュレーションに必要なデータの提供や必要な機能の装備を求めていく必要がある。

4. 調整力確保の方向性(再エネNW小委報告)



調整力確保の方策

第3回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会(2018/2/22)

第1回 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 資料3

(4) 適切な調整力の確保

- 再生可能エネルギー（特に自然変動電源）の導入が拡大する中、出力変動を調整し、需給バランスを一致させる上で、調整力を効率的かつ効果的に確保することが重要。
- 広域的な調整力の調達・運用、発電事業者と送配電事業者の適切な役割分担、蓄電池や水素の活用など、**必要な質と量の調整力を効率的に確保するための方策**について、関連する制度を踏まえつつ検討を深めることが必要ではないか。

- ◆ 再エネ・火力の調整力向上 → グリッドコードの整備
- ◆ エリアを越えた柔軟な調整 → 連系線の活用 (※次回以降に議論)
- ◆ 調整の必要性を減らす取組 → FITインバランス特例制度の見直し
(※次回以降に議論)
- ◆ 新たな調整力の活用 → 上げDRの制度整備

5. 出力制御機能の標準化活動



柔軟な調整力の創出

- ・風力発電が有する制御機能の活用
- ・柔軟性を有する火力の活用(AFC,DSS等)



- ・蓄電池必要量の低減
- ・風力発電の導入拡大

JWPA

一般送配電事業者

電力中央研究所

- ・標準化すべき制御機能の特定
- ・標準仕様の作成
- ・有効性の検証(モデルの作成、シミュレーション)

ルール化 機能の具備と実運用

5. 出力制御機能の標準化活動



制御機能標準化の方針

1. 標準化すべき制御機能の特定

- ・IEC(IEC 61400-21-1 ED1 CDV, 2017-03-10 発行)を参考に機能を選定
- ・風車メーカ各社へアンケート調査実施し、各社が対応できる範囲で機能を特定

2. 標準仕様の作成

- ・アンケート結果に基づき、各社が対応できる範囲で作成

3. 有効性検証(一般送配電事業者、電力中央研究所との連携で実施)

- ・風車シミュレーションモデルの作成
- ・系統解析モデルへの組み込み
- ・シミュレーションを実施し、有効性検証
- ・平常時解析(需給解析)を先行、引き続き事故時解析(過渡解析)を実施

4. ルール化(後述)

- ・系統連系規定 または電力会社の技術要件に反映
- ・暫定適用も検討

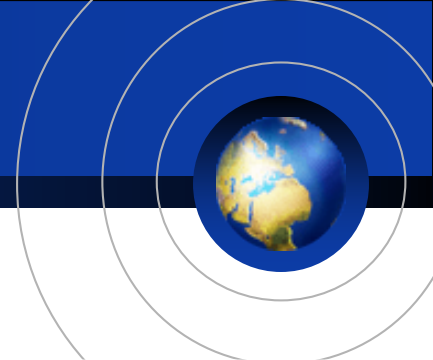
5. 機能の具備と実運用(後述)

- ・JWPAから各風車メーカ、発電事業者の調整を図る

現在、「3. 有効性検証」に取り組んでいる状況。

本日提示の標準仕様案は、現在策定途中であり今後変更の可能性があります。

5. 出力制御機能の標準化活動



検討対象制御機能

1～4はIEC 61400-21-1で測定および評価方法を定義。

	機能	機能概要	効果
1	最大出力抑制制御 Active power control	風車の有効電力出力の上限を定格出力より低減して運転する機能	調整力不足、送電線過負荷の解消
2	出力変化率制限制御 Active power ramp rate limitation	出力を、出力可能値以下の領域で、増加率および低減率を制限して運転する機能	短周期周波数変動抑制に寄与
3	周波数調定率制御 Frequency control	周波数上昇時に、周波数調停率に従い風力発電機の出力を減少して運転する機能。	短周期、長周期周波数変動抑制に寄与
4	イナーシャ制御 Synthetic inertia	系統事故などに伴う、周波数の大幅低下時に、一定時間において風力発電機の出力を増加して運転する機能	電力系統事故時の過渡安定度維持に寄与

5はIECでの定義無し

5	ストーム制御	風速がカットアウト風速以上となっても、風車を停止せずに、風速に応じて出力を低減して運転する機能	短周期周波数変動抑制に寄与
---	--------	---	---------------

5. 出力制御機能の標準化活動



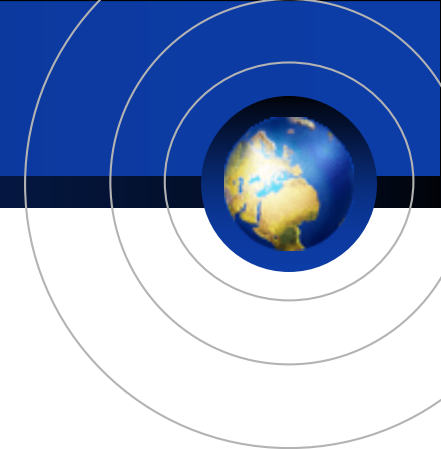
アンケート結果 各社装備状況

アンケート対象11社。うち8社より回答有

	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社-1	H社-2
1. 最大出力抑制制御	有	有	有	有	有	有	有	有	有
2. 出力変化率制限制御	有	有	有	有	有	有	有	有	有
3. 周波数調定率制御	有	有	有	有	無し	有	有	開発中	有
4. イナーシャ制御	有	有	有	有	無し	有	無し	無し	無し
5. ストーム制御	有	有	有	開発中	無し	有	無し	無し	無し

E社は、高圧連系用がメイン

5. 出力制御機能の標準化活動



メーカー各社アンケート

アンケート結果を踏まえ、標準仕様としての方針を下記とした
(方針策定の考え方は次ページに示す)

	機能	装備状況	標準化方針
1	最大出力抑制制御	全社機能有	標準実装、標準仕様提案
2	出力変化率制限制御	全社機能有	標準実装、標準仕様提案
3	周波数調定率制御	2社機能なし (内一社は開発中)	標準実装、標準仕様提案 対象を特高連系に限定
4	イナーシャ制御	3社機能なし	実装は個別協議 標準仕様提案
5	ストーム制御	4社機能なし (内一社は開発中)	実装は個別協議 標準仕様は定めない (各社仕様)

5. 出力制御機能の標準化活動



下記方針で標準仕様案をまとめた

- ・整定範囲の最大値……各社の回答のうち最も小さい値
- ・整定範囲の最小値……各社の回答のうち最も大きい値
- ・整定ステップ(分解能)……各社の回答のうち最も大きい値
- ・ユーザー整定変更可否……全社可の場合に可
- ・遠隔整定変更可否……全社可の場合に可
- ・各社の仕様ばらつきが大きく、本質的でないものは「規定せず」
- ・最大値または最小値のみ規定の項目は整定パラメータではなく、仕様(** 以下とか ** 以上の意味)とした

5. 出力制御機能の標準化活動



・最大出力抑制制御、出力変化率制限制御

全社装備済み故、標準化対象とする。

・周波数調定率制御

未装備メーカーがあるが、重要機能であり標準化対象とする。
ただし、対象を特高連系以上に限定。

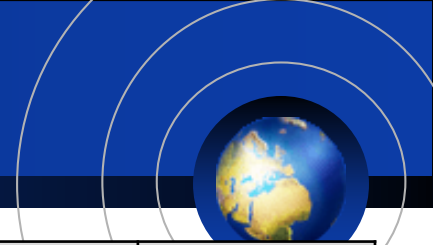
・イナーシャ制御

未実装メーカーが3社と多く、機能が求められるのは相当な大量導入時と考えられ段階的な対応も可能と考えられ、標準仕様は提案するが、装備は個別協議とする。

・ストーム制御

未実装メーカーが4社と多く、個別協議とすることとする。また本機能の仕様はパワーカーブ同様各社個別仕様とすることが適当と判断されるため、標準仕様は定めないこととする。

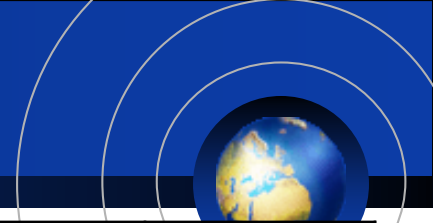
6. 出力制御機能(標準化対象)



特性	整定項目	標準仕様案	メーカー対応値	備考
<p>最大出力抑制制御</p> <p>風車の有効電力出力の上限を定格出力より低減して運転する機能</p> <p> P_{Rated} : 定格出力 P_{UL*} : 出力上限指令値 $P_{available}$: 可能出力(風速から得られる最大出力) P_{WT} : 制御後の発電出力 </p>	<p>上限指令値</p>	<p>整定範囲とステップ° 100-10%(1%)</p>	<p>100-10%(1%) (50%以下は台数制御・・・1社)</p>	<p>最小値、ステップは各社の最大値で選定</p>
	<p>整定変更</p>	<p>ユーザー設定可 遠隔設定 可</p>	<p>ユーザー設定可 遠隔設定 可</p>	<p>系統運用者による遠隔設定</p>
	<p>応答速度</p>	<p>80%/min.(=1.3%/S)</p>	<p>20%/SEC~1.3%/SEC</p>	<p>各社の最小値で選定</p>
	<p>整定変更</p>	<p>ユーザー設定 否 遠隔設定 否</p>	<p>ユーザー設定、遠隔設定否のメーカー有</p>	<p>整定項目ではない</p>
	<p>更新周期</p>	<p>10SEC</p>	<p>10SEC</p>	<p>各社最大値で選定</p>

標準装備

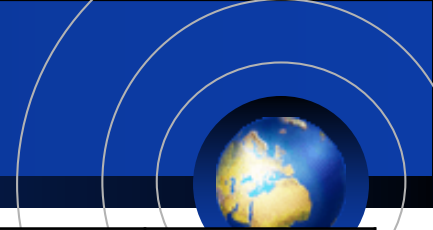
6. 出力制御機能(標準化対象)



特性	整定項目	標準仕様案	メーカー対応値	備考
<p>出力変化率制限制御</p> <p>出力を，出力可能値以下の領域で，増加率および低減率を制限して運転する機能</p> <p> P_{Rated} : 定格出力 P_{UL}^* : 出力上限指令値 $P_{available}$: 可能出力(風速から得られる最大出力) P_{WT} : 制御後の発電出力 </p>	通常運転中増加	最小値2.6%/min. 2.6%/min. 最大値300%/min. ステップ 10%	300%-2.6%/min.(10%)	最大は各社の最小値 最小、ステップは各社の最大値
	通常運転中減少		300%-2.6%/min.(10%)	
	起動時	規定しない (共通仕様の設定ができない)	100%-2.6%/min.(2.6%) 1社は固定値 規定なし有	(最大)-(最小)(ステップ)
	停止時		100%-200%/min. 1社は固定値	
	復電時	同上	各社起動時に同じ	北欧、独 10%/min.
	整定変更	ユーザー設定否	ユーザー設定 可 (通常運転中変化率のみ)	ユーザー設定 複数社 否 遠隔設定 全社可 (H社は通常運転中のみ)

標準装備

6. 出力制御機能(標準化対象)



特性	整定項目	標準仕様案	メ-カ-対応値	備考
<p>周波数調定率制御</p> <p>周波数上昇時に、周波数調定率に従い風力発電機の出力を減少して運転する機能。</p> <p>Active power</p> <p>Prated</p> <p>Frated</p> <p>F_start</p> <p>F_release</p> <p>Fmax</p> <p>frequency</p> <p>周波数調定率 D</p> <p>リリース制御</p> <p>Frated : 定格周波数 F_start : 本制御を開始する周波数 F_max : 本制御を適用可能な最大周波数 F_release : リリース制御を終了する周波数 P_available : 可能出力(風速から得られる最大出力)</p> <p>周波数調定率D : 周波数がF_startからF_maxに変化した場合、出力をP_availableからP_minに変化させる量</p> $D = \frac{(F_{start} - F_{max}) / F_{rated}}{(P_{available} - P_{min}) / P_{rated}} \times 100 [\%]$ <p>但し、F_ratedは定格周波数、P_ratedは定格出力</p> <p style="background-color: yellow; text-align: center; padding: 5px;">標準装備</p>	周波数調停率	5-2%(1%)	5-2%(1%)	最大は各社の最小値 最小、ステップは各社の最大値
	最大周波数	51.5Hz	51.5Hz (FRT規定に同じ)	
	適用可能な出力	100-10%	100-10%	
	開始周波数 (不感帯)	50.3-50.1Hz(0.1Hz)	50.3-50.1Hz(0.1Hz)	
	リリース制御	規定せず	なし(ありは2社)	
	応答速度	規定せず	1%/SEC 複数社は規定なし	
	整定変更	ユーザー設定 否	ユーザー設定 全社否	
		遠隔設定 可	遠隔設定 全社 可	

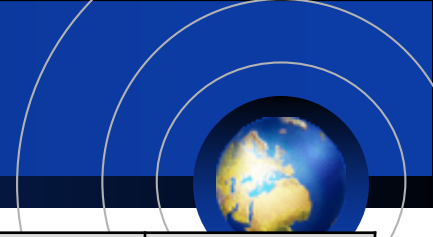
7. 出力制御機能(標準化対象外)



特性	整定項目	標準仕様案	メ-カ-対応値	備考
<p>イナーシャ制御</p> <p>周波数低下時に、一定時間において風力発電機の出力を増加して運転する機能</p> <p> F_{rated} : 定格周波数 F_{boost} : ブースト開始周波数 F_{recovery} : リカバリー開始周波数 P_{available} : 可能出力(風速から得られる最大出力) P_{boost} : ブースト時の出力 P_{recovery} : リカバリー時の出力 </p>	ブースト開始周波数	49.9-49.7Hz (0.1Hz)	49.9-49.7Hz(0.1Hz) 1社は47Hz固定	最大は最小値 最小は最大値
	応答時間最大値	0.2SEC	最大0.2SEC	(最大)-(最小)(ステップ)
	出力増加の最大値	10%	最小10%	
	ブースト時間最大値	10SEC	最小10SEC	
	リカバリー開始周波数	50-49.8Hz (0.1Hz)	50-49.8Hz(0.1Hz)	
	出力低下最小値	規定せず	10%(1社、他社は規定なし)	
		ユーザー設定 否	ユーザー設定 全社 否	
		遠隔設定 可	遠隔設定 全社 可	

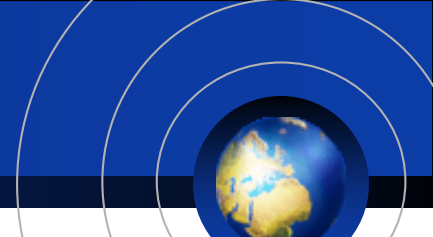
装備は個別協議

7. 出力制御機能(標準化対象外)

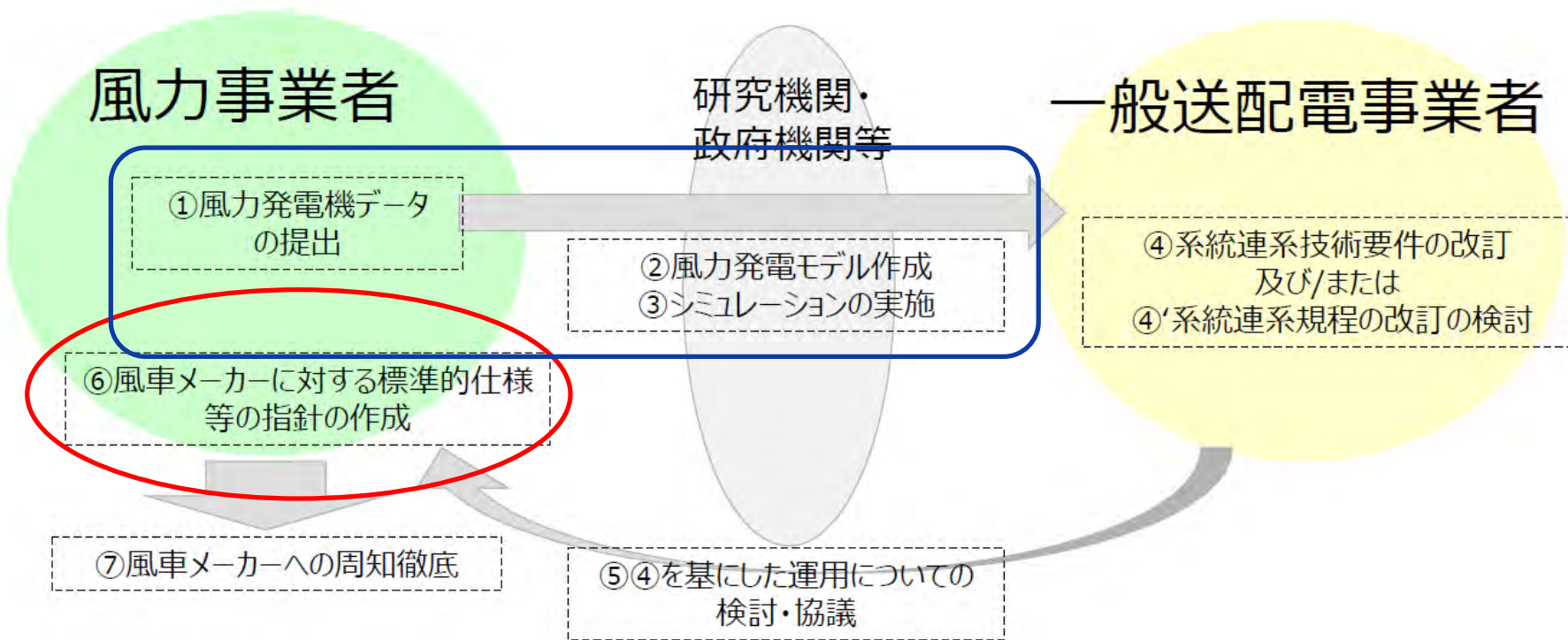


特性	整定項目	標準仕様案	メ-カ-対応値	備考
<p>ストーム制御</p> <p>風速がカットアウト風速以上となっても、風車を停止せずに、風速に応じて出力を低減して運転する機能</p> <p>Active power</p> <p>Wind speed</p> <p>P_{rated} : 定格出力 V_{cutout} : カットアウト風速(出力低下開始点) V_{stop} : 風車停止風速 $V_{restart}$: 風車再起動風速</p>	カットアウト風速	各社仕様による	28m/s 30m/s 28-32m/s	最大は最小値 最小は最大値
	停止風速	各社仕様による	34m/s 30m/s	(最大)・(最小)(ステップ)
	再起動風速	各社仕様による	34m/s 28m/s 23-27m/s	
	パワーカーブ	各社仕様による	全社非回答	
		ユーザー設定 否	ユーザー設定 否 全社 否	
	遠隔設定 否	遠隔設定 否 全社 否		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 装備は個別協議 </div>				

8. 今後の取組み（機能検証）

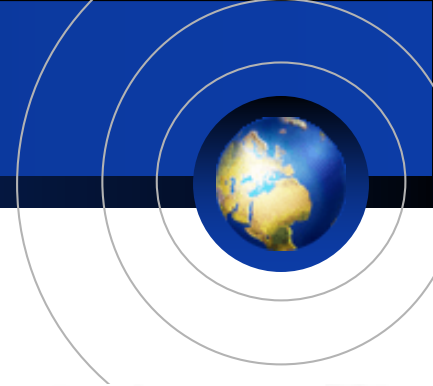


- グリッドコード化に向けて、各者がそれぞれ必要な役割を担い取組を進めていく。



第3回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

8. 今後の取組み（機能検証）

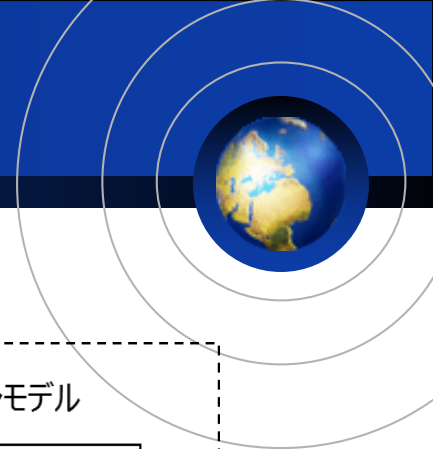


No.	実施項目	2017年度		2018年度		2019年度		2020年度以降	備考
		下期	上期	下期	上期	下期	上期		
1	制御機能確認試験	→							・既存風車を用いた実システムにおける制御機能確認試験により、有効電力・周波数制御特性を測定・把握
2	周波数シミュレーション等による有効性を確認	↔							・JWPAおよび研究機関が実施予定 ・IEC61400-21-1をベースに測定し、各制御機能単独と、組み合わせた場合の総合特性を把握し、周波数安定化に寄与することを確認
3	各機能の特性と有効性を報告適用に向けた協議（各解析の実施）	↔							<ul style="list-style-type: none"> ・JWPAにて、欧州先行事例を参考に、新規建設WFに実装する標準制御機能・仕様を策定 ①平常時解析について、既存の標準的な風力発電モデルをベースに、上記パラメータを適用し、モデル構築+シミュレーションを実施 ②事故時解析について、詳細な検討のために新たな詳細な風力発電モデルを構築し、シミュレーションを実施 ③瞬時時解析について、数十μsオーダーの解析に耐える詳細モデルを構築、シミュレーションを実施（瞬時値解析はプロジェクトベースの解析を想定。必要に応じて行う。）
4	有効電力・周波数制御機能の装備							→	・新規建設WFには標準装備とするよう、JWPAが各メーカーに制御機能の装備を徹底させる。
5	制御機能を活用し実運用							→	・3年程度の猶予期間を見て、2021年度以降、順次導入（但し、導入開始時期については、メーカーの対応可能時期及びシステムの形成状況等を考慮して決定）

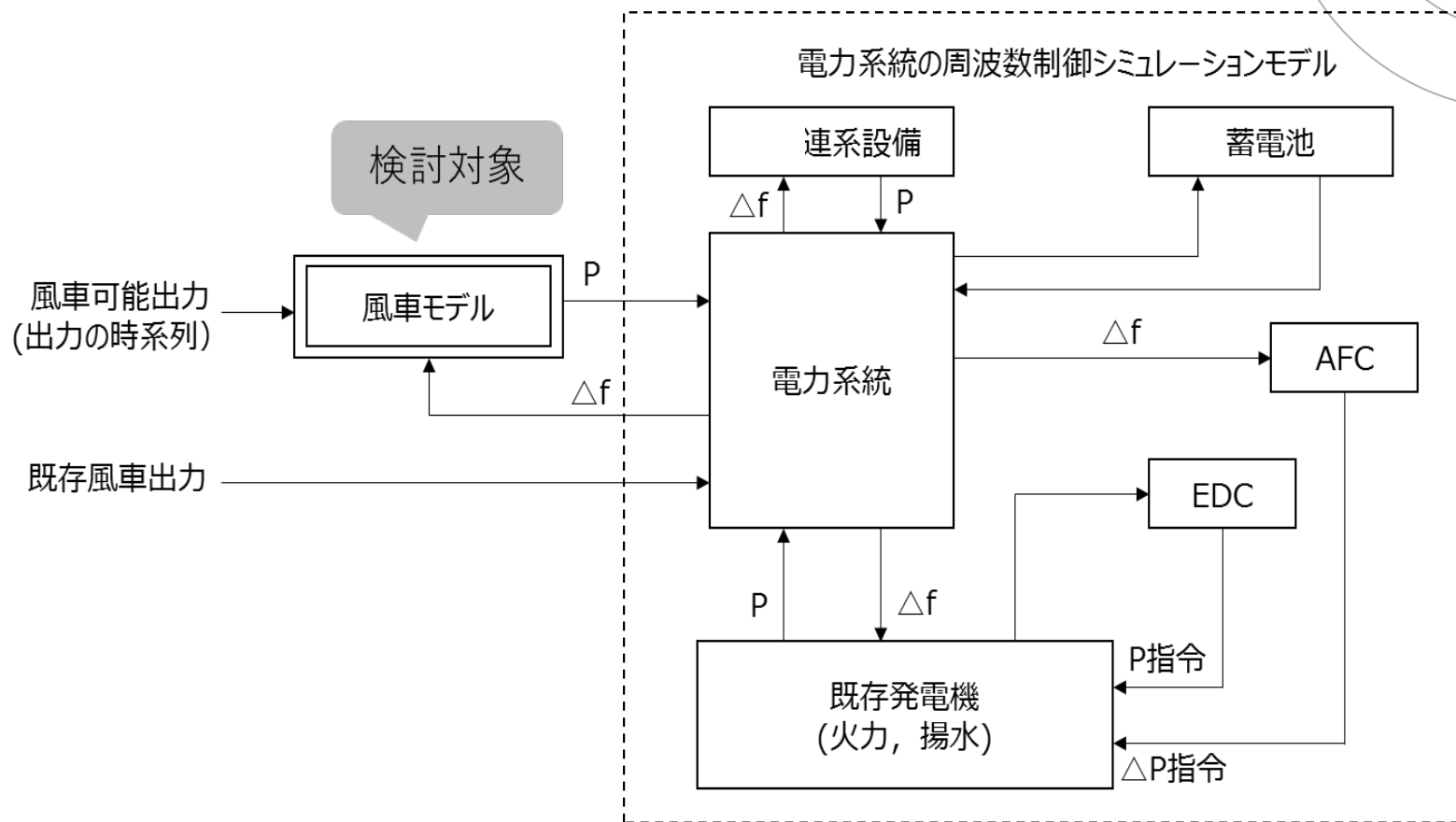
※ルール化については、各社の系統連系技術要件、及び/または 系統連系規程の改訂を想定。

第3回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

8. 今後の取組み(機能検証)



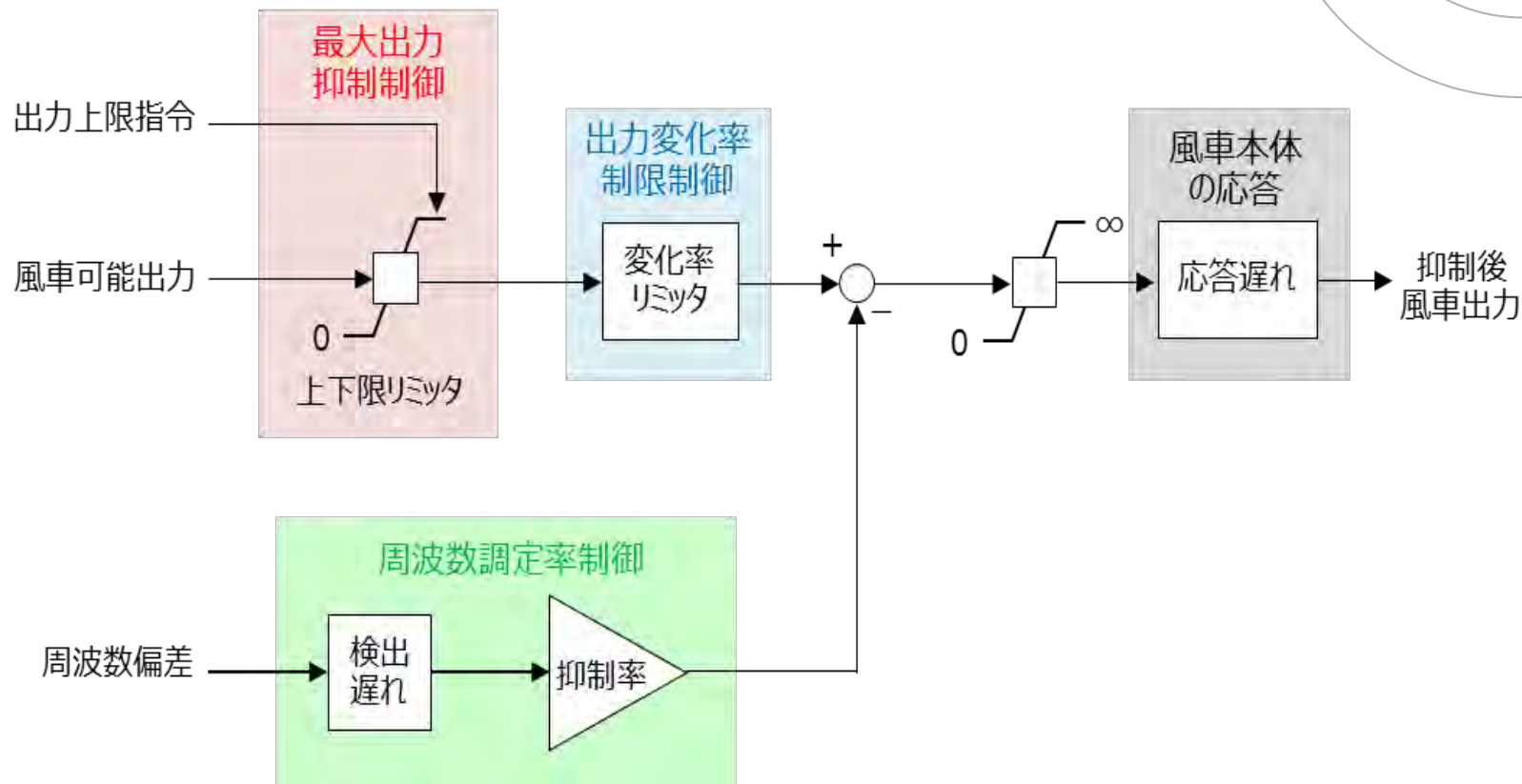
平常時解析(需給解析)



8. 今後の取組み(検証面)



需給解析用風車モデル



9. 今後の取組み(その他)



風車の出力制御機能の検証以外に必要な取組み

(1) 風車に実装する出力制御機能に関して、各メーカーの足並みを揃える取組み

- 制御ブロックは同一であっても、メーカー毎に作り込みが異なり(詳しいロジックは非開示)、メーカー間で動作が異なる可能性がある。

(2) グリッドコード化の調整

- 電力会社毎の系統連系技術要件に定めるのか？ 電力会社共通の仕様を定めるのか？
- 電力会社共通の仕様を定める場合には、日本電気協会の系統連系規程(JEAC 9701)に定めるのか？ 電気共同研究会や、電力中央研究所等の報告書に記載するのか？
- グリッドコード化の対象は風力発電だけで良いのか？

(3) 運用方法に関する調整

- 出力制御機能を、対象となる事業者に確実に使用して頂く方法は？ 出力制御機能の使用／不使用の信号を電力会社に送信する必要があるのか？
- 出力制御機能を活用することで逸失利益が発生する場合の対応？ 合意形成。

(4) その他の解析

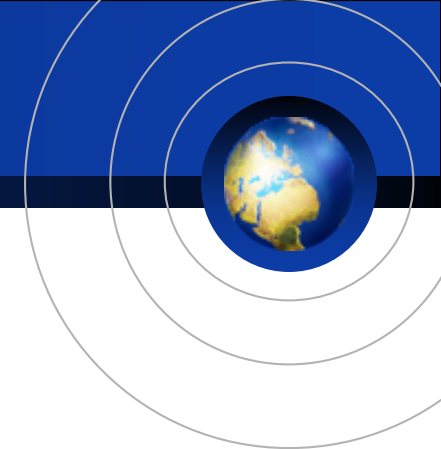
- 電圧安定性解析など、再エネ大量導入の検討に必要な解析が、他にもある。

出力制御機能の活用に向けて、業界として積極的に取り組む。

10. まとめ



1. 風力発電の導入促進のためには**調整力の確保**が重要な課題である
2. 風力発電には**出力を制御する機能があり**、それを調整力として活用することが有効
3. 新規導入の風力発電に標準的に制御機能を実装するために、JWPAでは**機能仕様の標準化**に取り組んでいる
4. 標準化にあたってはメーカー各社へのアンケート調査に基づき、**各社が対応可能な仕様**とする
5. 今後標準制御機能の有効性を検証するために、**電力会社、電力中央研究所と連携しシミュレーションを実施**する
6. 標準仕様はルール化し、**2021年度からの順次導入**を目標とする
7. 出力制御機能の活用には、**各方面との調整も必要**であるが、JWPAは積極的に取り組む予定。



有難うございました

2018年7月9日

一般社団法人 日本風力発電協会
系統部会長 本庄暢之

<http://jwpa.jp>