

NEDO特別講座

「NEDOプロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開／
将来の電力システムの計画・運用を支える人材育成」について

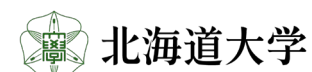
第1回 ワークショップ 特別講座の趣旨説明

2025年 3月 7日


早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS)

パワーアカデミー チーフプロデューサー

石井 英雄

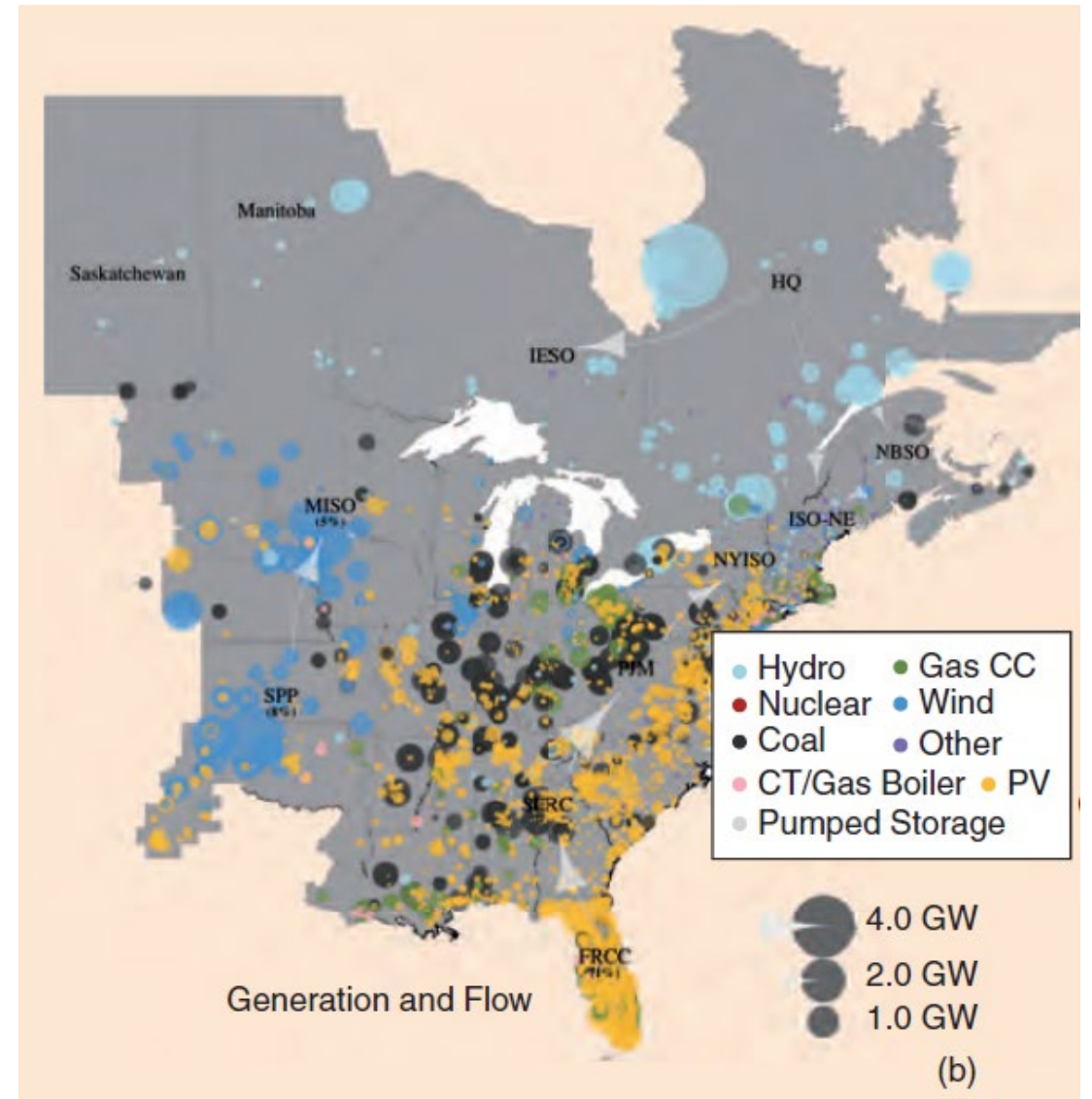


特別講座設立の背景

- ❖ 脱炭素化を背景に**電力システム**は歴史的な**転換期**
 - ❖ **インバータを介して電力システムに連系される電源、分散型エネルギーリソース（DER）の拡大と同時に同期発電機連系量の減少**
 - ✓ 太陽光発電や風力発電を主力電源化 ⇒ **系統維持機能を持たない**
 - ✓ 蓄電池の活用進展、ヒートポンプ・電気自動車の拡大など
これらをデマンドリスポンス（DR）で能動的に活用 ⇒ **負荷特性の変化**
- 
- 供給信頼度維持の困難化、対策として系統維持能力を機能として付与した
DERの活用の検討
- ❖ 再エネ主力電源化に向けて、現状と同等レベルの**供給信頼度を維持するため**には、**系統安定性の確保、電力システムの運用や保護**などについて、新たに**構築が必要**

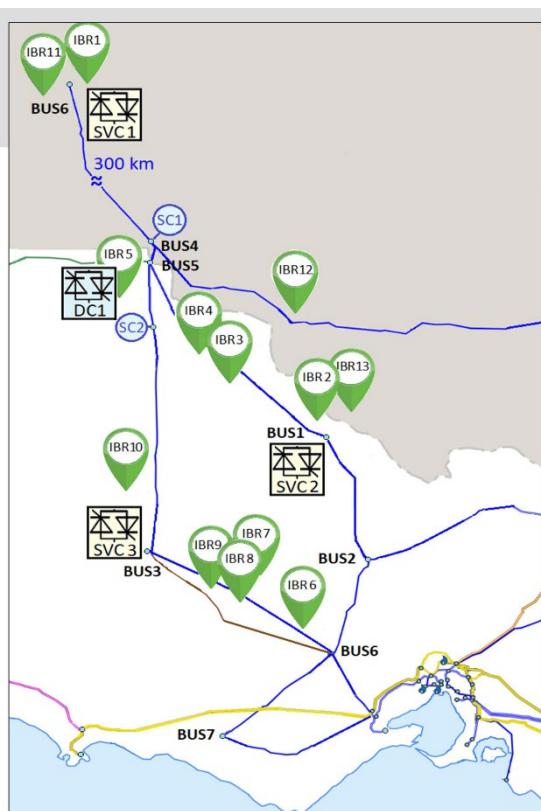
米国NRELの取組み（2018年当時）

- スーパーコンピュータにより、北米南東部の系統を模擬し、詳細シミュレーションを実施
- 再生可能エネルギー（風量、PV）はシナリオに応じて設定、風況・日射の実データで発電量へ変換
- Inverter接続電源55%までは可能の結論
Dr. Benjamin Kroposki 私信
- 疑似慣性機能インバーター等により、100%再エネの研究

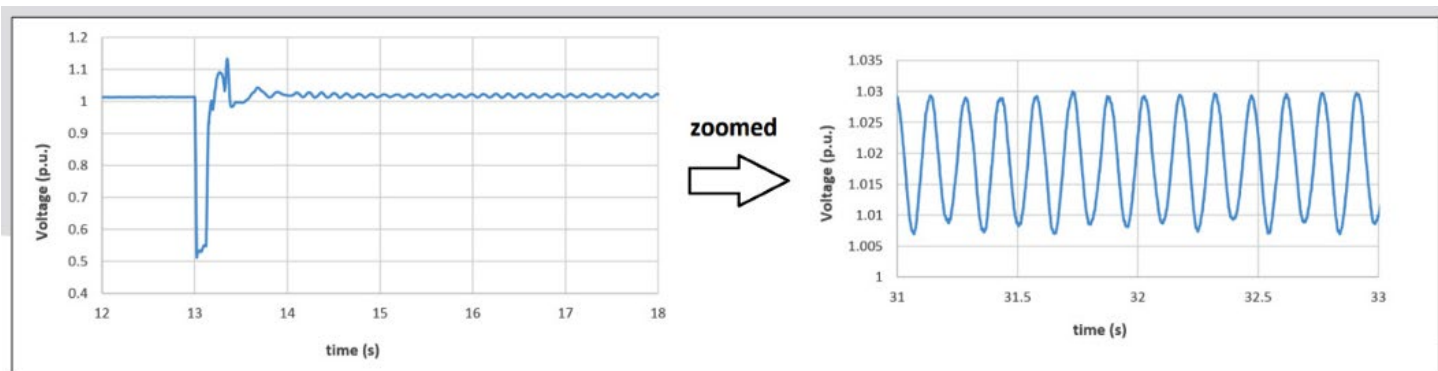


系統安定化への取組み：IBR拡大による課題

- 電力系統に内在する不安定事象を吸収する同期発電機の減少、出力変動や特性面で交流系統へ不安定現象を及ぼすIBRの導入拡大で、IBRを継続的に接続し続けられるかを図る指標として、IBR導入を問題なく進めるために、系統強度「System Strength」を定義して、将来展望を見出したり、系統運用上の管理に用いようとする動きが見られる
- 豪州で「System Strengthが低下している」として紹介されている事象に、風力と太陽光の発電量が多い時間帯に発生した7-10Hz程度の電圧変動現象がある



West Murray zone



7-10Hz程度の電圧変動

系統安定化への取組み：IBR拡大による課題

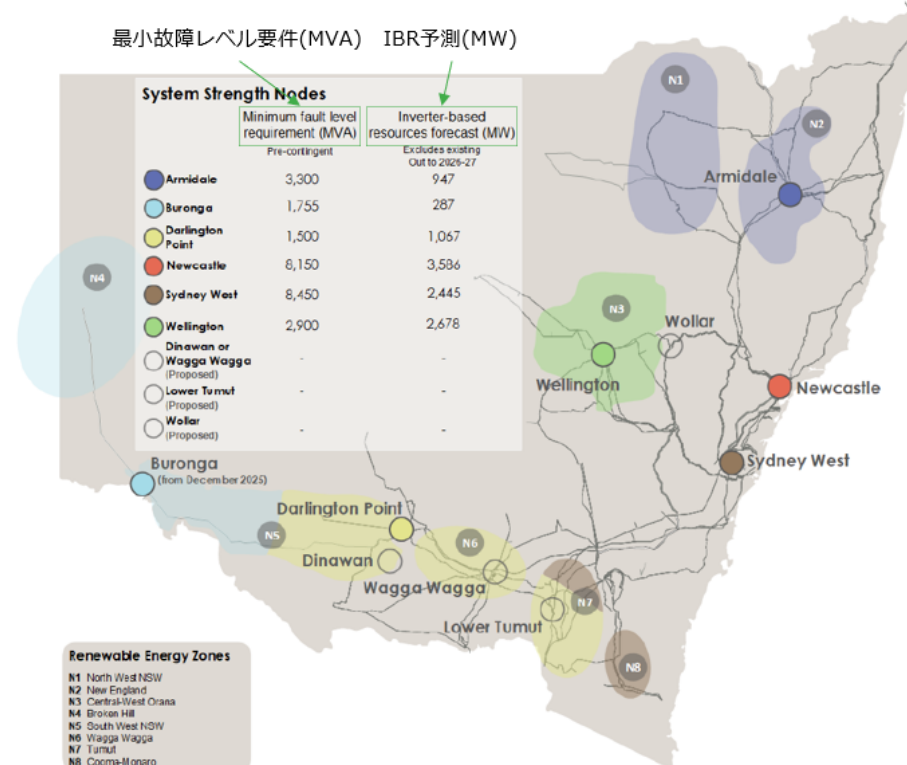
- オーストラリアにおいては、System Strengthの評価方法、評価ステップなどについて、既にAEMOがレポート化のうえ、各 Network Service Providerが定期評価を行い、必要時の対策を計画するフェーズに到達している

2.1 New South Wales

出典：CIGRE SC C1 抄訳作業会（System Strengthチーム）による抄訳

- 評価のスコープは以下の通り。
 - AEMOはNew South Wales州の故障レベル不足を評価し、並行して10年間にわたる故障レベルの最低要件とIBR導入予測を規定した。
 - 評価にあたっては、各ノードのSystem Strengthを推定するために市場シミュレーションが行われた。
- AEMOは、New South Walesにおける新たなSystem Strength不足を特定していない。NewcastleとSydney Westで以前に確認された不足は、それぞれ1,420MVAと1,165MVAに増加した。
- 短期的なSystem Strength不足は、いくつかの大規模な送電および発電プロジェクトの変更が発表されたために悪化しており、その結果、この地域における故障電流源の利用可能性に影響を及ぼしている。

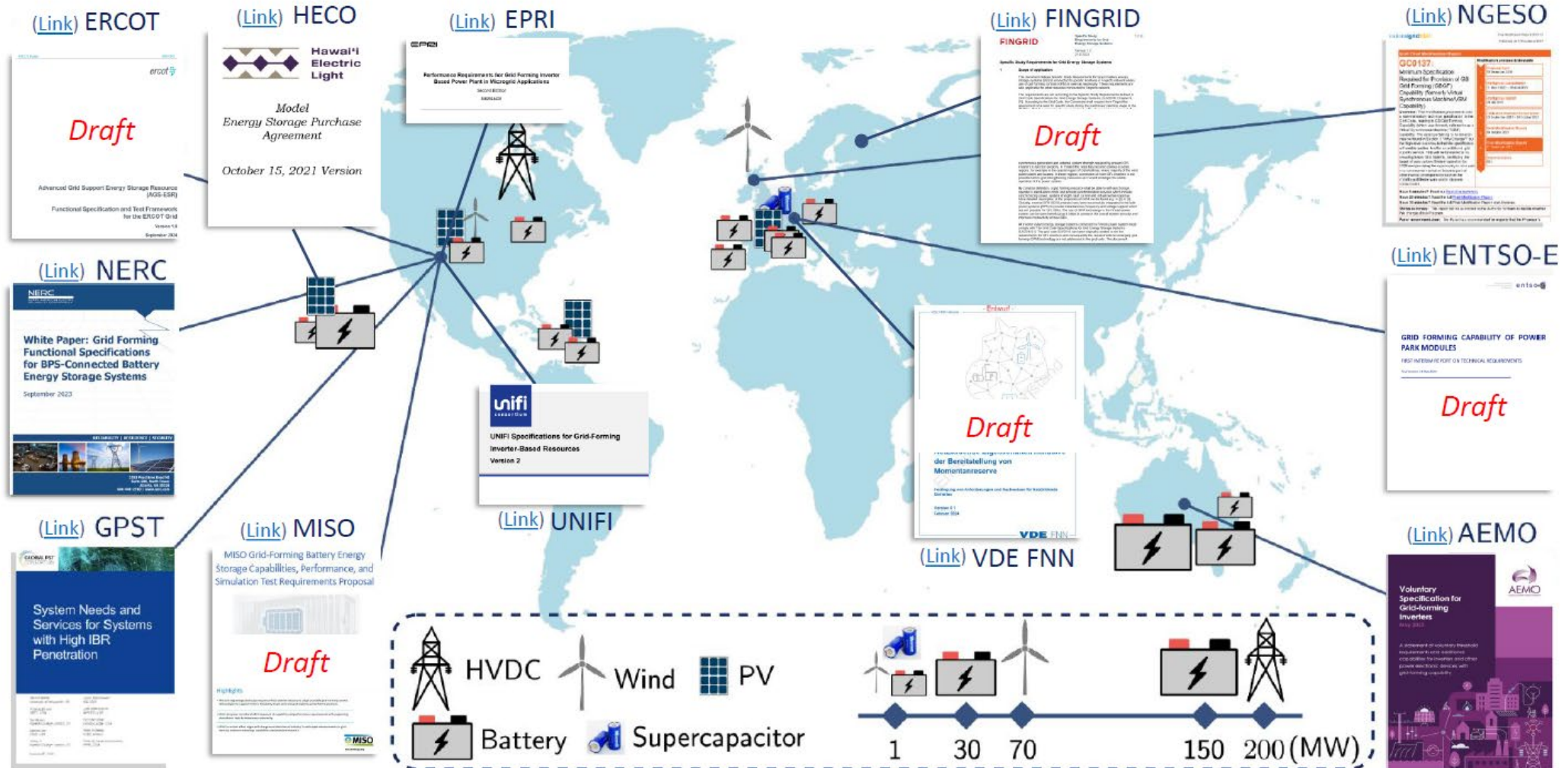
図2 New South Wales州のSystem Strengthノードの位置とSystem Strength基準



注) REZは、予測IBRの大半が予想される場所を示し、ISPと一致している。

GFM Inverterに関する世界の取組み

GFM Inverter Requirements Development World-Wide



Ref: Grid Forming Inverters: EPRI Tutorial (2024). EPRI, Palo Alto, CA: 2024. [3002030937](https://www.epri.com/~/media/Files/3/3002030937/3002030937.pdf); Tutorial on Grid Forming Inverter Technology, 2023 IEEE PES General Meeting, July 2023 ([link](https://www.ieee-pes.org/conferences-and-meetings/2023-general-meeting))

R&Dと社会実装が期待される領域：GFMへの期待

■ GFM機器による系統安定化として、例えば、洋上風力向けのGFMへの要求仕様として様々な内容が提案されている

● 具備必須

- 電圧維持源としての動作
- 同期化力と制動力
- 慣性確保とRoCoF改善への貢献
- 無効電力による系統電圧サポート
- 事故電流の高速供給
- 系統短絡容量変化への対応

● オプション

- 高調波吸収源
- 不平衡故障への耐性
- 異特性GFM間の相互接続性
- 周波数調整

● 発展系

- 拡張版イナーシャ
- 単独運転・再同期
- 同期機なしでの単独運転
- ブラックスタート

Table 1. Recommended re-classification of GFM requirements for OF GFM WPPs and simulation-based tests to assess them.

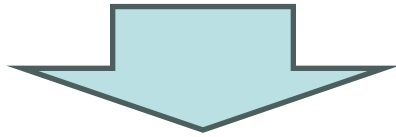
Classification	Requirement	Recommended Tests for GFM Functionality
Mandatory	Voltage source behaviour	Slowly changing voltage phasor during sub-transient (5-10 ms). The voltage should not vary sharply for any condition and must maintain a magnitude of 1 pu during the steady state.
	Synchronizing active power/damping active power	Synchronizing active power during grid phase jump, the initial operating point needs to be mentioned, and response to phase jump begins before 5 ms.
	Inertia contribution/RoCoF withstand	Active power response to grid RoCoF specified by the TSO. The inertial overshoot should not violate the converter's physical limits.
	Voltage support via reactive power	Reactive power response to grid voltage dip of 5 % from nominal. The converter should follow the V-Q droop property.
	Fast fault current contribution	Fault response should not rely on measurements. Response to faults should happen intrinsically and ideally begin before 5 ms from when the fault is applied.
	Withstand grid SCR changes	Operation at different SCR levels and SCR changes, maximum and minimum SCR levels must be defined at the PCC for each OF WPP.
Optional	Sink for harmonics	Reject grid voltage/frequency fluctuations
	Sink for imbalances	Ride through unbalanced faults; TSOs describe the fault severity levels. Converter operates within its hardware limitations.
	Interoperability	TD and FD studies for multi-GFM converter test system. Studies with black-boxed GFM WPPs with different GFM control methods are required to get a TSO perspective.
Advanced	Active power sharing/droop	Power delivery proportional to frequency change.
	Extended inertia via energy buffers	Assessed on case-by-case basis for generation types.
	Islanding and re-synchronization	Withstand islanding and auto re-synchronization for shorter islanding conditions. Local energy sink and re-synchronization schemes are needed to maintain stability for re-synchronisation attempts followed by longer islanding.
	Surviving the loss of last sync gen	Withstand sudden islanding with local loads.
	Black-start	Requires field test.

出典：Functional Specifications and Testing Requirements of Grid-Forming Offshore Wind Power Plants, european academy of wind energy, 2024.6.4

特別講座設立の背景

❖ 国内：電力分野の**人材基盤**について**課題が顕在化**

- ✓ 需要の伸びの鈍化に伴う電力分野の成熟感、大学における学問分野多様化など複合的要因で電力分野の人材の減少
- ✓ ベテラン層が引退の時期
- ✓ 欧米豪のような体系的な取組みの欠如、リーダー・司令塔の不在



❖ 大きな変化が進行中の電力システムの将来を見据え、

- ✓ 解決していかなければいけない課題は何か（その全体）、現状評価として何が行われていて何が行われていないのか、を明らかにし、国を挙げた産学連携により課題全体に取り組む状況をつくり上げることが必要ではないか。
- ✓ 同時に、これに取り組む人材が持続的に輩出される仕組みの構築が必要ではないか。

特別講座の体制

産学連携や卓越大学院の組織・運営で実績のある早大が主拠点、当該分野で特筆する研究手法を展開し業績のある4つの研究チームを研究拠点として連携

- 講座主拠点 = 早稲田大学
講座開設の主体、研究・教育用システムモデル整備、全体統括
- 研究拠点A = 北海道大学
実システムの効率的な縮約手法の探査
- 研究拠点B = 東京大学
需要サイド機器とシステムの相互作用、マイクログリッドの研究手法の探査
- 研究拠点C = 広島大学
実機実験とシミュレーションの融合による解析・設計手法の探査
- 研究拠点D = 産業技術総合研究所
未来の電力システム解析等を担う人材育成に向けたHILテストベット構築

特別講座 /
産学連携人材育成PF

公開ワークショップ

・人材育成に係る方針、将来像等を議論

合同研究会

・各研究テーマの報告・共有（内部）
→オンデマンド教材へ

講座・セミナー

・各研究テーマの報告・共有（外部）
→オンデマンド教材へ

講座（オンデマンド教材）整備

・Web上の講座環境構築

実施概要

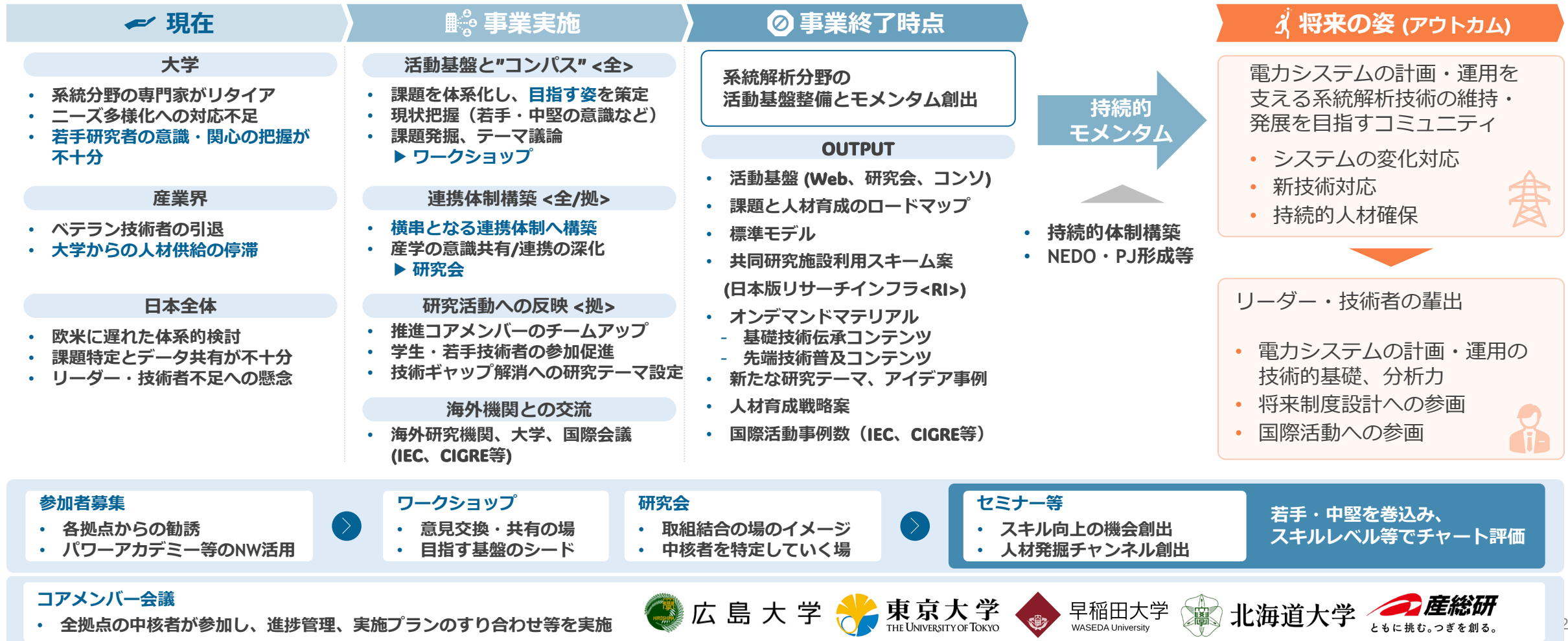
- ❖ 将来の電力システムの研究開発の**中核を担う若手人材と同期機に基づく電力システムを牽引してきた研究者・技術者のネットワーク**を構築
- ❖ **将来の電力システムを想定**、これを安定に運用するために解決しなければならない**課題の特定、現在の取組みのアセスメント・ギャップ評価**
 - ⇒ **諸課題解決の方向性を示す“コンパス”の協働作成と議論の推進、ギャップを埋める研究開発・人材育成の推進**
- ❖ 技術者・研究者向け、**セミナー開催・オンライン配信（アーカイブ／オンデマンド化）**
 - ✓ 電力システム研究の方法論、将来の電力システム想定の考え方、課題抽出・パラメータ設定の考え方、主な解析ツールの紹介と使い方等の解説、ツールを使った演習、等
- ❖ 全体を統括する**講座主拠点 + 4つの研究拠点**
 - ✓ 各拠点が、大学、研究機関、企業の研究者・技術者と広く意見交換
 - ✓ 一部拠点が保有する研究施設を相互利用可能なオープン施設化、共同研究の推進
 - ✓ 標準システムモデル：EAST10やWEST10の次世代版試作、研究・教育用に公開・改良

第1回ワークショップ

- 日時：2025年3月7日 13:30-17:30
- 場所：早稲田大学西早稲田キャンパス63号館2階202会議室、ハイブリッド開催
- プログラム
 - ✓ 基調講演
 - ✓ 各拠点の紹介
 - ✓ 特別講演
 - ✓ パネルディスカッション
- 懇親会

特別講座全体像

- ・ 先行する欧米を凌駕する取り組みを目指し、求心力のある活動基盤と推進力（モメンタム）を形成する。
 - ▶ この活動を通じ、将来の系統課題を特定し、その解決策の提示できる「系統計画・運用を支える人材」の持続的な確保につなげる。
- ・ 本事業における人材育成では、断片的・個別的な現状を打破し、産学連携によるコミュニティを形成する。
 - ▶ これにより、若手層のスキル向上を促進し、中堅層も巻き込んでいく。



特別講座を進めるコアとなる“コンパス”作成に着手

- 日本の研究者、技術開発・実務に携わる方々の検討の方向性の指針となるものを志向して、“コンパス”の作成に着手。
- 基本的な視点は、「電源がIBRにシフトしていく中で必要となる技術開発」。皆様の考えを広く反映し、方向性と到達点をに関する共通のビジョンとしたい。
- 現在、特別講座実施者メンバーで、どのようなアイテムを記載すべきか、フレームワークがどうあるべきかを検討中。

参加者募集中（ご意見だけでも可）！！

- 今後必要となる技術開発テーマと目指す到達点について議論するメンバーを募集します。
- ご参加の形態はご要望に応じます（検討の場にご参加頂く、アイディアだけをメール等でご連絡いただく等、どのような形態も歓迎です）。
- ご希望の方は早稲田大学までご一報ください。

“コンパス”の作成について

- 特別講座実施者メンバーで議論を行い、“コンパス”の構成の仕方、その構成要素としての今後必要となる技術開発テーマについて議論を進めているところ。
- まず、技術開発テーマの具体例として、NEDOのSTREAM事業（擬似慣性PCS事業・M-Gセット事業等）、及びFLEX-DER事業（フレキシビリティ）において、以下のようなテーマが視野に入っている。

現行NEDO事業が扱っているテーマ

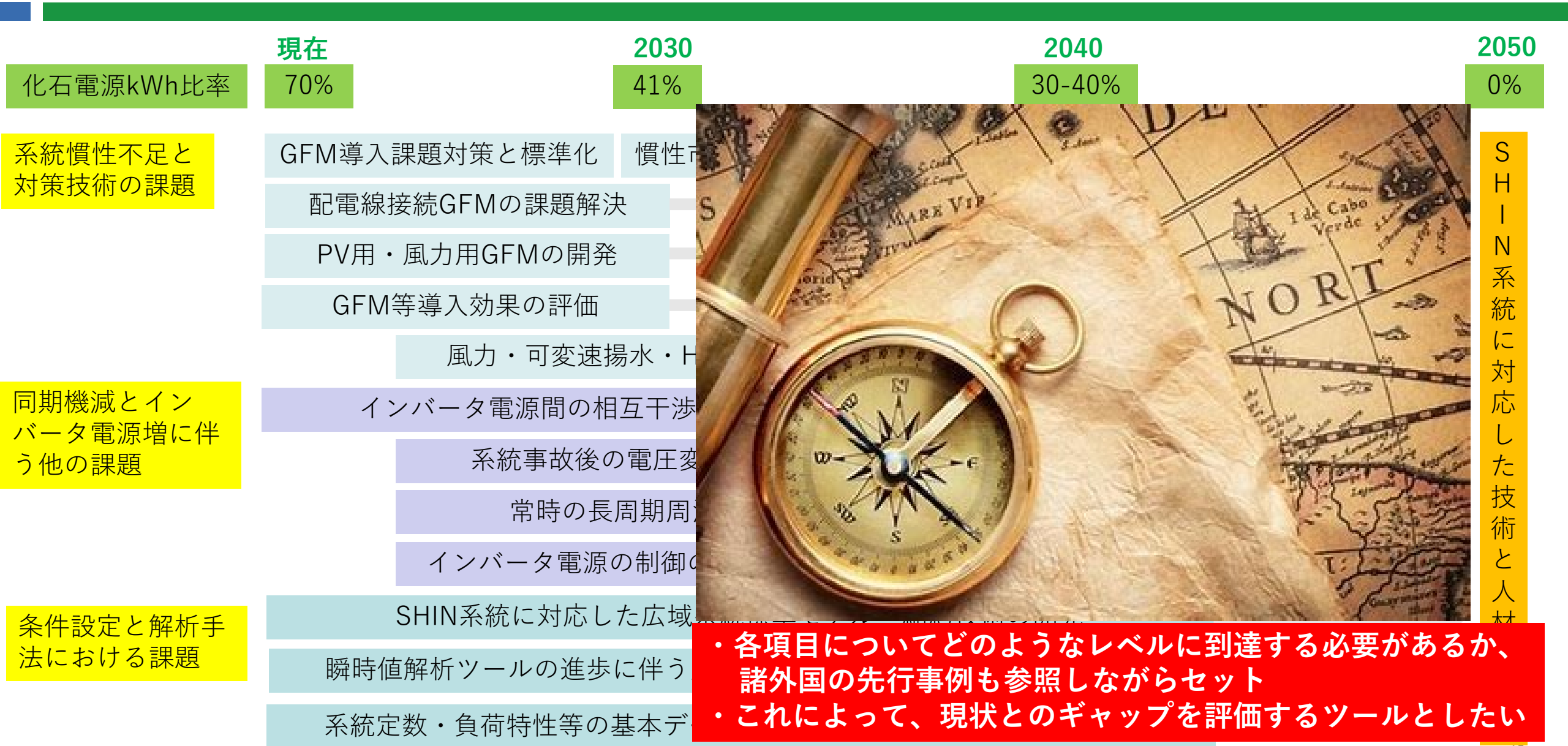
<STREAM事業関連>

- 風力発電による擬似慣性提供技術の開発
- SSO（サブシンクロナスオシレーション）の原因解明と対策検討
- IBRs（インバータベースリソース）による系統サポート機能の強化
- GFMインバータの導入・実用化（慣性確保のための制御技術確立）
- GFMインバータの電流制限手法の開発（系統安定化への貢献）
- 慣性市場の設計と運用手法の確立
- 高い再エネ比率（IBRs比率）を実現する系統安定化技術の開発と評価
- 電力系統標準モデル（EAST10等）のアップデート（現代化）
- 将来シナリオ分析
- パワエレ機器導入時の瞬時値シミュレーション技術の高度化
- GFMインバータ群の慣性提供量推定手法の開発
- 分散型電源からのFFR（Fast Frequency Response）提供技術
- 実験によるシミュレーション・品質の検証技術の確立
- 電力変換器に対するノイズ影響評価手法の開発
- GFMインバータの配電系統導入効果の検証準備
- 縮約技術の確立と活用
- GFMインバータ等のGeneric Model作成と標準化

<FLEX-DER事業関連>

- 系統フレキシビリティ向上デバイスの開発（IBRs、通信、DERMS、解析ツール等）
- 混雑管理技術の高度化（過負荷回避手法の確立）
- 混雑管理の高度化および市場化によるマネタイズ手法の開発
- 混雑緩和技術（バンク潮流管理）の確立
- 新たな電力市場商品の設計・開発・適用技術

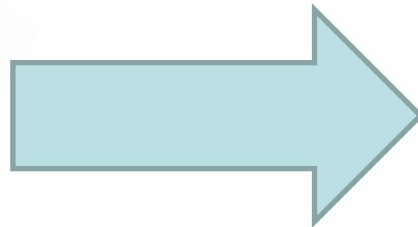
“コンパス”の作成イメージ



従来システムと新しい技術・要素をどう組み合わせるか

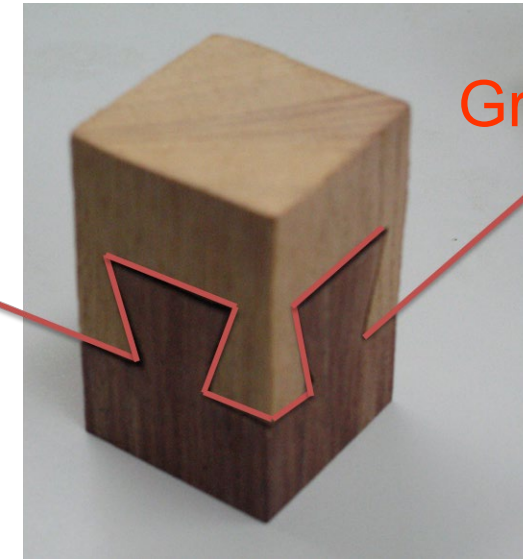


組み木



考え抜かれた“構造”が
強固な安定性の源

Emerging World
VRE、IBR、DER...



Grid Code

Conventional World

- ✓ Interconnection
- ✓ Function
- ✓ Operation
- ✓ Market

特別講座ネーミング

SHIN
系統

“SHIN”には、あなたが今どのような感覚・趣・心持で
「系統」に向き合っているかを表現する“シン”と読む
漢字一文字をあててください

shin | ʃin |

名詞

- 1 C向こうずね(→ **body**); 脛骨 (けいこつ) .
- 2 U 《主に英》 (牛の)すね肉(shank).



みなさまのご参加をお待ちしています

対象：大学関係者・学生や研究機関、企業の研究者・技術者 等

- 教育側、受講側のいずれも歓迎です
- 声かけをお願いします

今後もパワーアカデミー等と連携、参加者拡大・ネットワーク構築

アンケート等により実施前後を比較・評価、適宜改善を行いますので、ご協力をお願いします。