

東京電力ホールディングス株式会社×早稲田大学

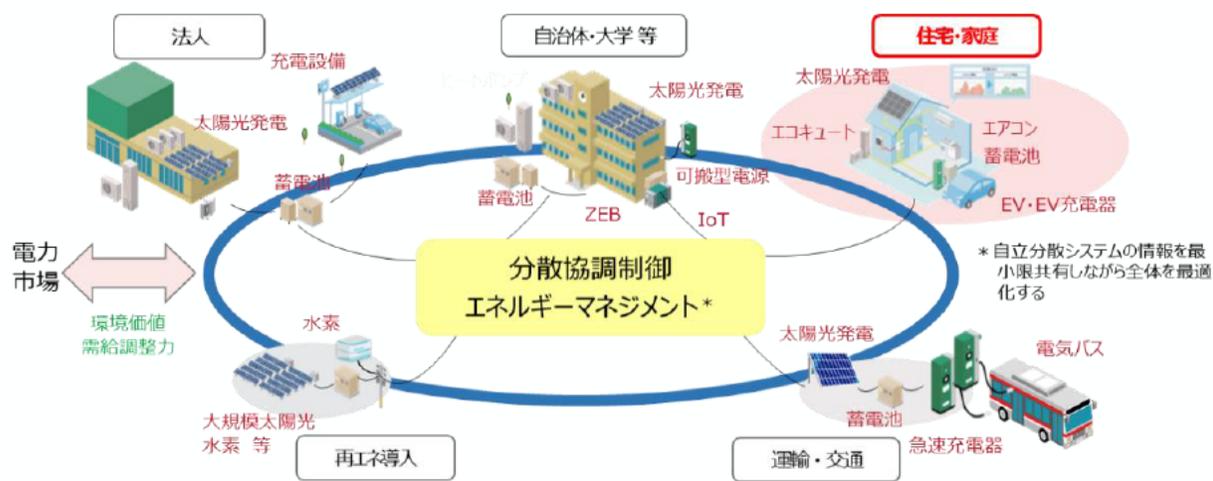
概要

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、一般家庭などにおける**低圧リソースの安定電源化・調整力化**に資する市場環境の整備を目的とし、オープン&クローズ戦略を策定し検証する。

コア技術

低圧リソースに対する需給調整応答制御（DR）

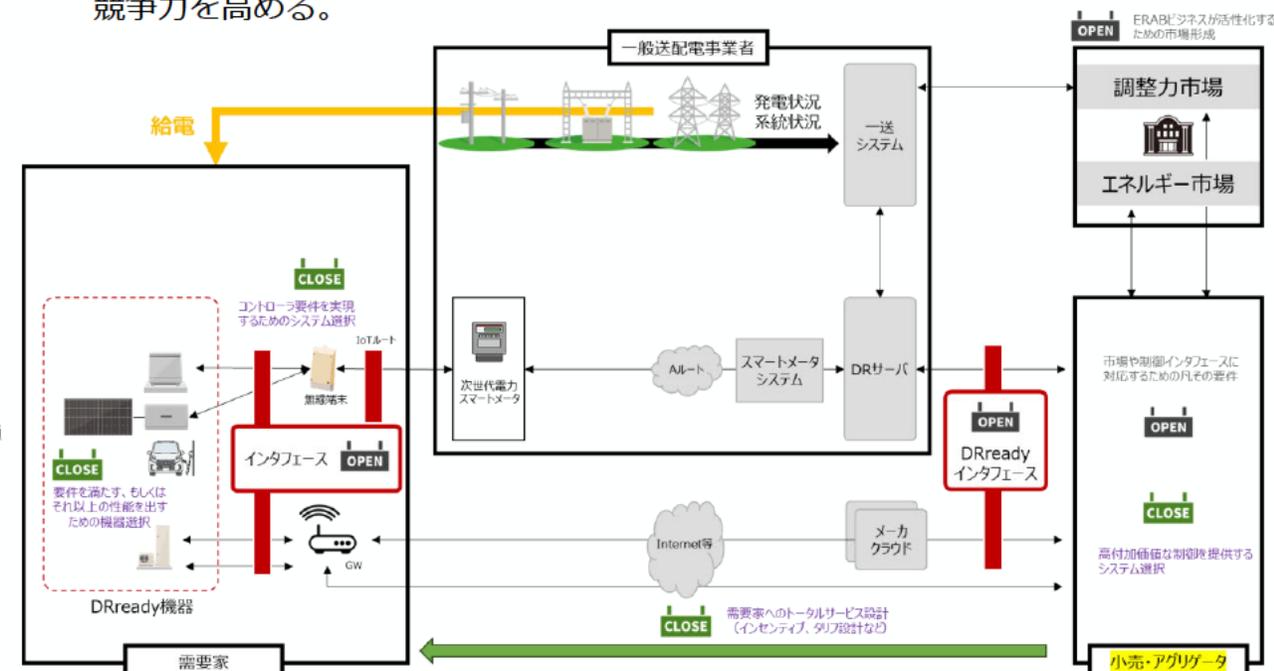
- 家庭などの需要家側の設備（低圧リソース：太陽光発電、蓄電池、電気自動車、エアコン、ヒートポンプ給湯機等を指す）の需給調整応答制御（デマンドレスポンス：DR）による最大活用方法を研究。
- 電力網を維持・管理するインフラ事業者として各種課題を抽出し、オープン&クローズ戦略を策定・実行することで、「カーボンニュートラルに向けた低圧リソースの安定電源化・調整力化に資する電力市場整備」を目指す。



検証内容

オープン&クローズ戦略（仮説）

- 低圧リソース機器の通信規格を標準化（オープン化）することで、ハードウェアメーカーやソフトウェアメーカーなど、関連サービス提供会社の参入を広く促し、市場を拡大。
- 電気料金と組み合わせた**VPP※運用**や設備サービス内容に**クローズ領域**を設け、競争力を高める。



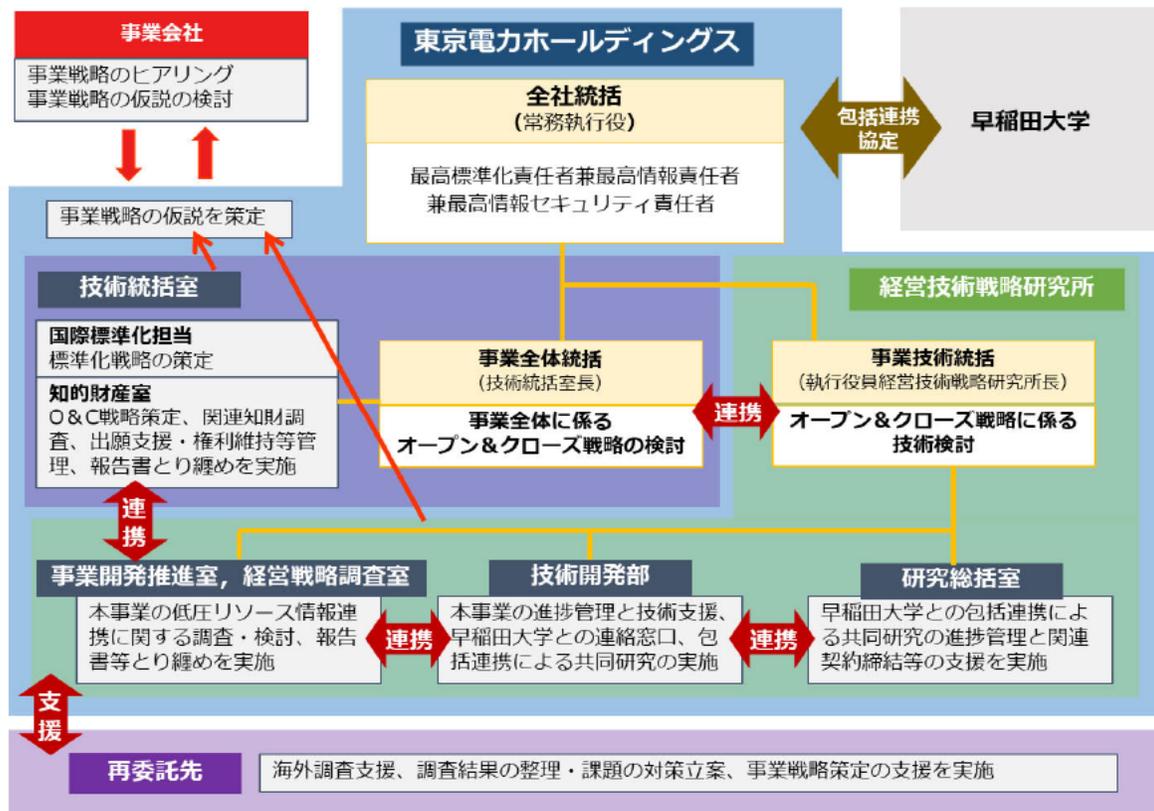
※VPP : Virtual Power Plant

実証事業（1）

企業・大学等の基盤的共同研究開発におけるオープン&クローズ戦略策定実証事業

事業実施体制

事業全体の体制としては、当社常務執行役（最高標準化責任者兼最高情報責任者兼最高情報セキュリティ責任者）が、技術統括室及び経営技術戦略研究所の責任者を総責任者として、事業全体の統括を担当する。技術戦略は技術統括室、知財戦略は同室内の知的財産室、事業モデルの策定は経営技術戦略研究所が担当。また経営技術戦略研究所は、戦略の実行に必要な技術開発を早稲田大学との包括連携協定における共同研究により実施し、連携して本事業を進める。



事業実施内容

本事業は2カ年の計画で活動している。昨年度（令和6年度）は、低圧リソースDRにおける標準化・知財戦略に係る調査、国際規格の動向調査、DRポテンシャルの各種調査、および評価を実施し、課題を明確化した（下図）。

今年度は昨年度のポテンシャル調査により効果が大きいリソース普及に向けた課題整理をしたうえで、課題の対応策を検討し事業戦略の仮説を立案した。

さらに、仮説に基づくオープン&クローズ戦略を策定した。本事業をもとに、3年目以降は社会実装に向けた課題に対する技術開発と実証をオープン&クローズ戦略に基づき実施する。

昨年度に明確化された課題

分類	主要課題	
技術	DR制御	・ 系統安定に重要な一次調整力の様な早いDRに対して、安定した10秒以内の応答が難しい
	リソース間の相互運用性	・ 低圧リソースの通信標準化が普及しておらず、各リソース毎にAPI連携を行う必要がある
	既存低圧リソースとの接続性	・ 通信機能の無い既存の低圧リソースと接続する場合、新規GWに係るコストが高い
	通信品質	・ 通信状況等によりデータ欠損が長時間発生し、DR効果算定や制御指示が不可の場合あり
	ベースライン設定	・ 低圧リソースのDR効果を算定する明確なロジックが未確立、機器点計測が高コストか
	セキュリティ/データプライバシー	・ 系統と需要家が通信で接続されることで、セキュリティ/データ秘匿性のリスクが生じる
経済性	マネタイズ方法	・ RA事業は収益性が低く、どのようにマネタイズするか/収益以外に価値を置くか
	顧客インセンティブ設計	・ 顧客に対し参加を促せるほどのインセンティブをどのように提供するか
	コスト構造	・ 十分なDR処理に必要な高性能ハードウェア・通信システムの導入コストが大きい
	需要家ターゲティング	・ DR効果が高く、参加可能性が高い需要家のターゲティングとエンゲージメント
制度設計	各市場参加要件	・ 低圧リソースの参加要件が厳しい他、低圧DR普及には更なる工夫が必要
	多様な取引市場の必要性	・ 海外では存在する低圧リソースが活用可能な市場が日本では未開発
	リソース管理	・ 数が膨大となる低圧リソースを管理する効率的な技術と緩和された制度が必要
	システム改修・構築	・ 低圧リソースの参入に当たり、需給調整市場システム(MMS)等のアップデートが必要
	需要家への経済メリット訴求	・ 民間企業主導以外の経済インセンティブが、需要家の参加促進には必要
	需要家への啓蒙・法制化	・ DR拡大に向けて、(インセンティブメカニズム以外にも)参加意義の理解促進が必要

実証事業（1）本事業の実施結果①

低圧リソースのDR活用に向けた課題対応策

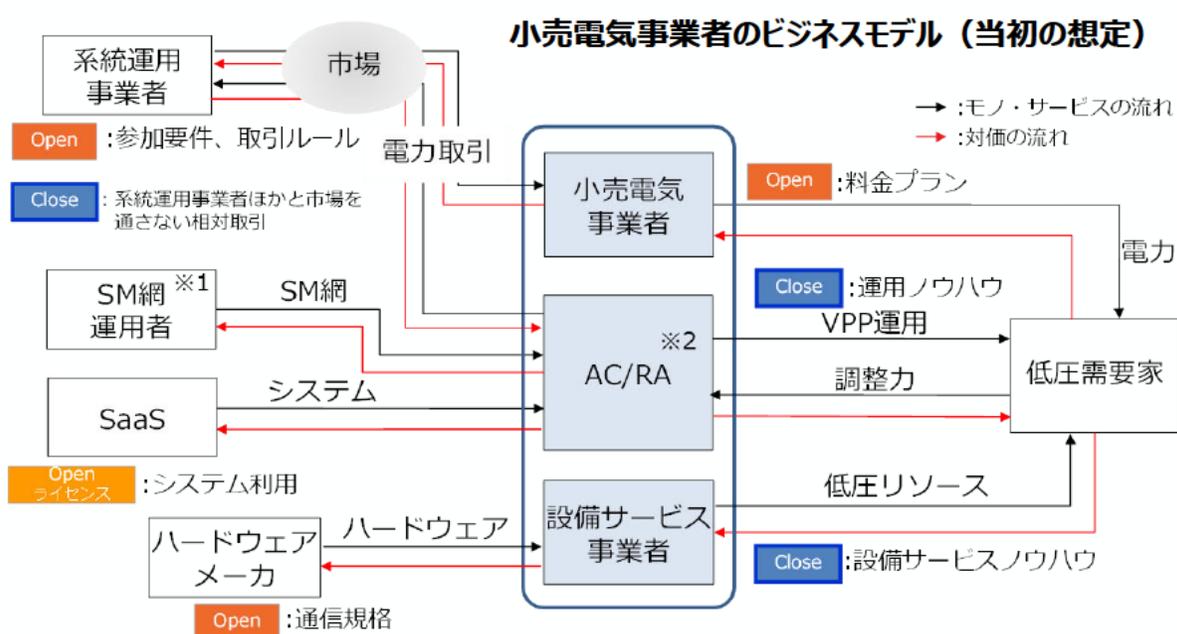
- 公的機関資料より技術・制度設計・経済性の観点から、低圧リソース活用に向けた課題・対応策を整理した。

課題大分類	課題中分類	課題小分類(詳細)	課題対応策(または米国で課題ではない理由)
技術	DR制御	卸市場参加を含む計測・運用要件の負担	卸市場参加は任意。家庭用DRは①小売DR、②州プログラムに留め、卸市場参加は選別されたDERのみに限定
	リソース間の相互運用性	低圧リソースの通信仕様が未統一	CA型:インバータで通信標準を指定。NY型:プロトコル統一はせず、接続後にプラットフォーム側で変換し吸収
	既存低圧リソースとの接続性	非通信型機器接続に必要なゲートウェイのコストが高い	GW設置を前提とせず、制度側(CA rule21)で通信可能な機器が標準という環境必須とし、後付け対応を抑制
	通信品質	通信障害に起因する長時間のデータ欠損リスク	限定的な課題。家庭用DRはリアルタイム制御ではなく、イベント前後比較・計測後精算を前提とする市場設計
	ベースライン設定	低圧DR効果の算定手法が未確立	市場・州プログラムごとに標準化されたBaseline手法を採用
	セキュリティ/データプライバシー	通信接続に伴うセキュリティ・プライバシーリスク	NIST等の公的ガイドラインに基づくリスクベース対応
制度設計	各市場参加要件	各市場参加要件(計測・責任・運用要件)が厳しい	参加単位をDER Aggregationに設定し、要件充足をアグリゲータ側に集約
	多様な取引市場の必要性	低圧リソース活用型市場の国内未整備	配電目的の調達市場(NWA)を制度化し、配電設備増設の代替としてDR・DERを調達する制度が設計
	リソース管理	膨大な低圧リソースを統合管理する技術・制度の不足	ISO/TSOは個別家庭を直接管理せず、アグリゲータ単位で性能・遵守状況を評価する設計
	システム改修・構築	市場・登録・精算システムのアップデートの必要性	連邦規制当局FERCがISO/RTOにDER参加を求め、各ISOがタリフ改定、登録方式、精算・検証機能を段階的に改修
	需要家への経済メリット訴求	公的な経済インセンティブの不足	NYSEERDA等が機器導入支援とDR参加を一体化した州主導プログラムを設計し、参加負担や障壁を低減
	需要家への啓蒙・法制化	DR参加の意義に関する社会的理解の不足	需要側が系統価値を提供することを制度的に位置づけ、DR参加を特別な行動ではなく通常の実践とする
	市場設計	連邦×州の二層制度協調により、制度摩擦が顕在化	DERの卸市場参加を求めつつ、州の権限を尊重する構造を採用(地域規制当局の条件は考慮)
経済性	マネタイズ方法	RA事業の収益性の低さ	卸市場・小売・送配電の複数価値を同一DERから積み上げて採算を取る「レバニユースタック前提」の事業設計
		卸市場参加の要件対応コスト負担	NYISOでは、DRを用途別に計測・通信要件を分離し、行動変容型等のDRには簡易要件を認め、場合分け
		卸・州DR・系統支援による価値重複の整理	CAでは同一DERの複数制度参加時に排他条件を設け、同一価値の二重取得を防ぎ、制度の正当性と継続性を確保
	顧客インセンティブ設計	金銭インセンティブのみでは継続参加が難しい	自動制御+定額・イベント参加型インセンティブにより、需要家の手間を最小化し、参加が成立するよう設計
		【新規】自動制御への抵抗・離脱	アプリ等で確認可能な顧客体験(CX)を制度要件に組み込み、いつでも脱離可能とする
	コスト構造	高性能機器・通信基盤導入に係る初期投資負担	NYでは、補助金によるコスト補助や、既存スマート機器の活用を前提とし、DR事業者・家庭の初期負担を軽減
		関係主体が多く取引コストが高い	役割分担を明確化し、小売/CCA主導モデルで需要家対応を一本化
需要家ターゲティング	需要家ターゲティングの必要性と方法	需要家を集約したうえで、参加後の実績により経済的に有効な需要家が自然に選別される	

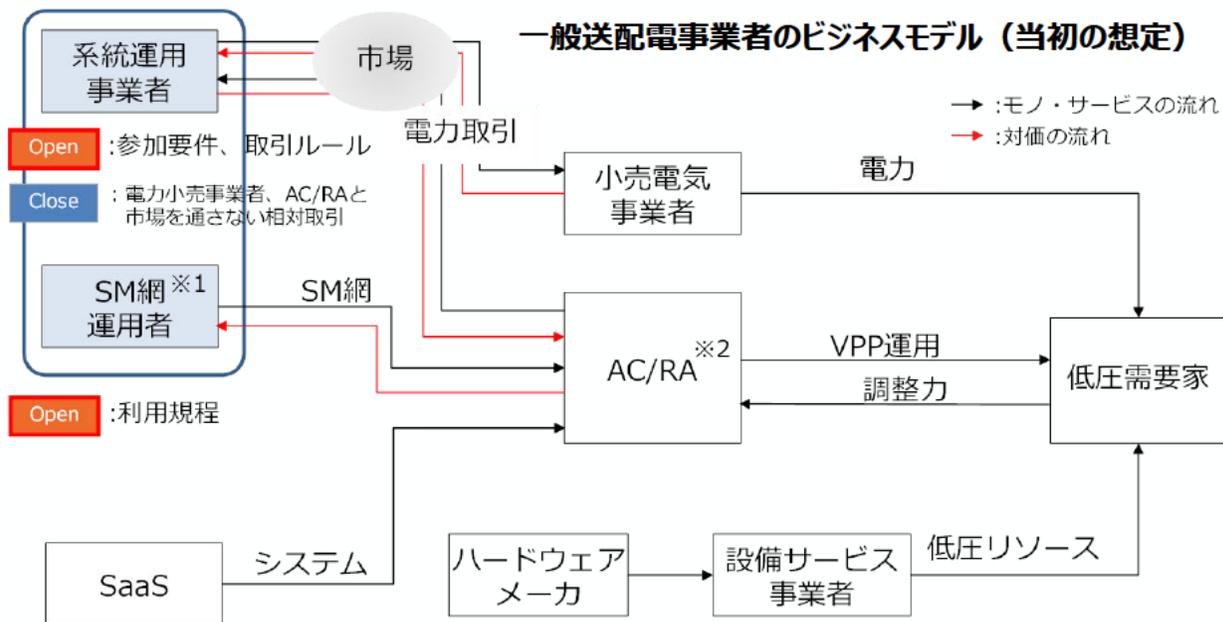
実証事業（1）本事業の実施結果②

低圧リソースを活用した各事業者における事業モデルのオープン&クローズ戦略

- 当初計画にて、小売電気事業者の事業モデルと、一般送配電事業者の事業モデルを想定し、本調査事業結果により当社における事業モデルの勝ち筋シナリオを立案、オープン&クローズ戦略を策定した。
- 小売電気事業者の事業モデルは、電力小売事業・AC/RA・設備サービス事業を一体として運用し、収入として電気料金、調整力取引フィー、設備サービス使用料としたうえで、VPP運用ノウハウ、設備サービスノウハウをCloseとしつつ、低圧リソースの通信規格をOpenとすることで幅広いハードウェアメーカーの参入を促すモデルを想定。
- 一般送配電事業者の事業モデルは、国内最大の系統運用事業者として設備投資抑制によるエネルギーコスト低廉化を図るとともに、電力系統への参加要件の標準化、スマートメータ網も利用規程を共有化しAC/RAに開放するといったOpen施策を中心に打ち出し、幅広く社会インフラの最適化を図るモデルを想定。

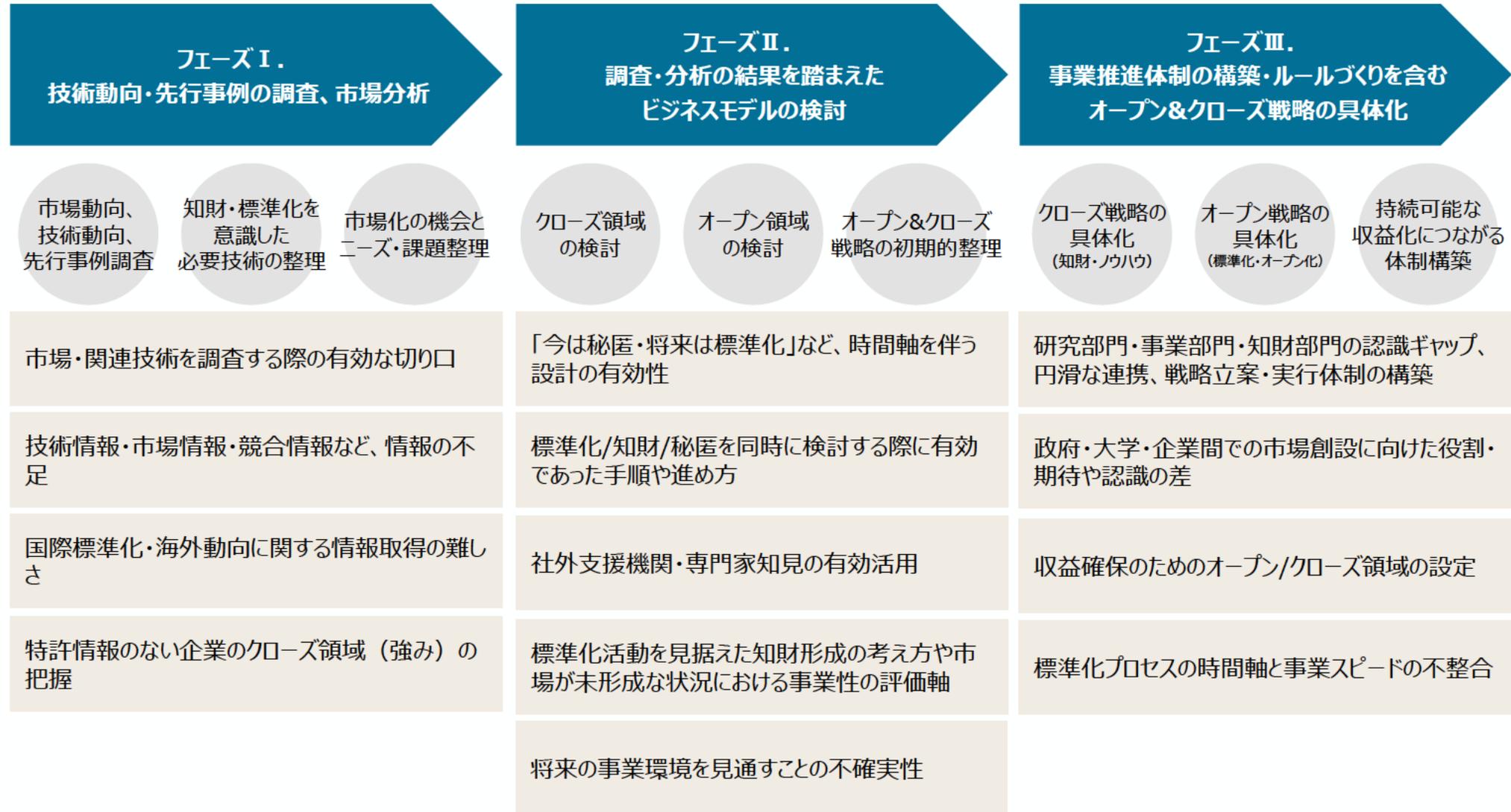


※1 SM網 : スマートメータネットワーク
※2 AC : Aggregation Coordinator
RA : Resource Aggregator



※1 SM網 : スマートメータネットワーク
※2 AC : Aggregation Coordinator
RA : Resource Aggregator

実証事業（1）本事業によって得られたノウハウ・知見・課題(1/3)



実証事業（1）本事業によって得られたノウハウ・知見・課題(2/3)

技術動向・先行事例の調査、市場分析

該当フェーズ

フェーズⅠ

課題/論点

- ・ 技術情報・市場情報・競合情報など、情報の不足
- ・ 国際標準化・海外動向に関する情報取得の難しさ

実施事項	工夫したポイント・得られた知見
技術情報・市場情報・競合情報など、情報の不足	
米国電力事業者の個社情報調査（デスクトップ、ヒアリング）	デスクトップ調査だけでは情報が古い場合があるため、米国電力関連企業への現地ヒアリングを実施し、制度導入の目的や苦労している点、今後の方針についてデスクトップ調査では知りえない情報を入手できた。 将来的な事業の協業の可能性を示したことで、オープンなご意見をいただきました。
米国電力事業者のO&C戦略調査（デスクトップ、ヒアリング）	同上。特に、収益化の要となる競争領域であるクローズ領域の範囲や戦略について、ヒアリングを通して情報の精度を上げることができた。
市場情報や需要家の判断傾向（公的機関メンバーとのディスカッション）	電力事業者の個社情報だけでは、各社のネガティブな情報（効果のない施策の情報）が少ないため、公的研究機関（LBNL）のメンバーとのディスカッションを実施した。その結果、DRの一般的なマネタイズがDRのみによるものではなく多重収益モデルであることや、継続率維持の判断材料が、インセンティブだけではなく、自動化制御であるという知見を得た。
国際標準化・海外動向に関する情報取得の難しさ	
公的資料だけではなく、米国事業者、研究機関へのヒアリング結果を反映・整理	デスクトップ調査だけでは把握できない実装上の失敗例、運用上のボトルネックを把握でき、O&C設計の精度が向上した。

調査・分析の結果を踏まえたビジネスモデルの検討

該当フェーズ

フェーズⅡ

課題/論点

- ・ 標準化/知財/秘匿を同時に検討する際に有効であった手順や進め方
- ・ 将来の事業環境を見通すことの不確実性

実施事項	工夫したポイント・得られた知見
標準化/知財/秘匿を同時に検討する際に有効であった手順や進め方	
秘匿領域、標準化領域の明確化のため、DR先進州であるCA,NYの電力事業者のDR機能レイヤー別のO&C調査を実施	差別化のためには、機能別にClose領域の確保が不可欠であることが明確になった。（制御ロジック、評価・精算・系統判断は原則Close）
DR先進州であるCA,NYの電力事業者のO&Cデスクトップ調査及びヒアリング調査を段階的に実施	デスクトップ調査にて、情報量の多いオープン領域を確認し、情報の少ないクローズ領域は個別に仮定、ヒアリングにて真偽及びその秘匿による効果を検証した。
電力業者のwebサイトだけではなく、公的機関の研究レポートも調査資料に加えた	自社におけるネガティブ情報の少ない電力業者のwebサイトだけではなく、公的機関のレポートもデスクトップ調査の対象とした。当初想定（理想）していた「DR単独の収益モデル」は海外事例では限定的であり、設備投資回避や運用コスト低減などの内部コスト削減効果を含む重層利益モデルに修正した。
将来の事業環境を見通すことの不確実性	
単一の完成形モデルとせず、行政主導型及び民間主導型の複数シナリオを並列で整理	現在標準化がされていないなど、不確実性が高い設定では、モデルを1つに固定せず、複数作成。先行している海外における成功モデルを理想的な着地点と想定し、広く標準化がされる設定でのモデルを作成した。

実証事業（1）本事業によって得られたノウハウ・知見・課題(3/3)

事業推進体制の構築・ルールづくりを含むO&C戦略の具体化

該当フェーズ

フェーズⅢ

課題/論点

- 研究部門・事業部門・知財部門の認識ギャップ、円滑な連携、戦略立案・実行体制の構築
- 標準化プロセスの時間軸と事業スピードの不整合
- 収益確保のためのオープン/クローズ領域の設定

実施事項

工夫したポイント・得られた知見

研究部門・事業部門・知財部門の認識ギャップ、円滑な連携、戦略立案・実行体制の構築

定例会議等による調査・分析結果の共有とビジネスモデル等に関するディスカッションによるオープン&クローズ戦略検討

社外のコンサルタント（再委託先）を含めて定例会議を週一回以上で開催。主に米国企業・マーケットに関する調査結果の共有、米国におけるビジネスモデル、事業性・収益性等の分析、日本国内への適用可否、日本版低圧リソース活用ビジネスモデルに関するディスカッションを実施した。なお、ディスカッションには各担当部門から必ず参加することで、情報共有が速やかに行えた。

標準化プロセスの時間軸と事業スピードの不整合

国際標準、国内標準化状況の動向を踏まえ、標準化を待たずに実装可能な部分と将来標準的に接続可能な設計を切り分けて整理

標準化完了を前提にすると事業化が遅れる。現在は標準化していなくても、将来的に標準に適合するという設計思想が現実的である。

収益確保のためのオープン/クローズ領域の設定

標準化する項目（オープン）、特許・ノウハウ化する技術（クローズ）の検討

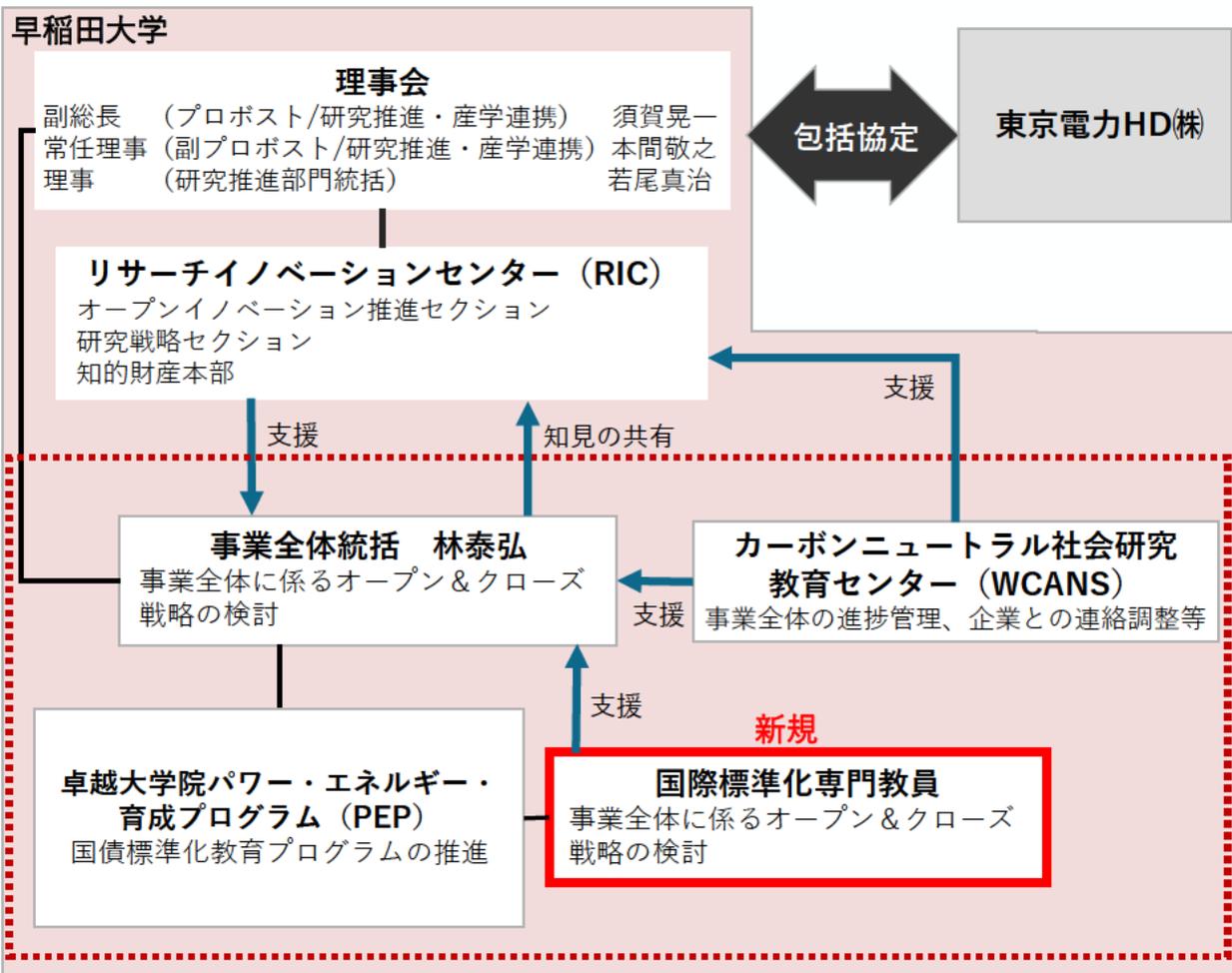
低圧機器を制御する通信プロトコルとして国内で普及している「ECHONET Lite」は、国際標準化されているが、海外では普及していない。海外での普及を図るか、Matter等を標準的に使えるようにする必要がある。また、現状は各メーカー・機器ごとにAPI連携により接続を図っており、標準化すれば市場拡大につながると想定され、これらをオープン領域に設定する。DRサービスの設計は、他サービスと複合的に組み合わせる顧客の囲い込み・インセンティブ創出のためのクローズ領域とする。

実証事業（2）

大学等におけるオープン&クローズ戦略策定の推進体制構築実証事業

事業実施体制

オープン&クローズ戦略を担う人材育成、国際標準化に対する意識向上、企業と連携したオープン&クローズ戦略の策定に向け、以下体制を構築した。



事業実施内容

- 早稲田大学卓越大学院「パワー・エネルギー・プロフェッショナル育成プログラム」(以下、PEP)における実績を活用したオープン&クローズ戦略の普及促進への寄与
- オープン&クローズ戦略に係る学内人員体制の強化と取り組みインセンティブの検討

① ACROSSハイレベルセミナーとして企業及びPEP学生向けに国際標準化をテーマとしたセミナー開催
経済産業省・早大・東京電力・三菱電機による、国際標準化戦略をテーマとした講演



② 国際標準化の初学者向け紹介冊子の作成
電力・エネルギー・材料領域を専門としない学生に対し、日本の電力政策と国際標準化の関係について理解を深める一助に



③ 国際標準化教育を発信する広報媒体の作成
国際標準化やその教育について理解を深めるコンテンツを一般公開するためのWebページの作成

④ 個別技術分野の国際標準化に精通した国際標準化専門人材の参画

エネルギーマネジメントシステムの国際標準化分野に精通した教員を新たに体制にアサインし、当該事業に向けた適切なフィードバックが行える体制を構築

⑤ 国際標準化に係る教員評価拡充

教員人事評価への国際標準化対応及びデータベース型研究者総覧における国際標準化活動に取り組む本学教員の実績可視化

実証事業（2）本事業の実施結果

本事業で実施したオープン&クローズ戦略推進体制整備

- 事業内でオープン&クローズ戦略の構築を行うと共に、当該仕組みを全学的に波及させるための体制を整備

	当初計画	1年目	2年目
実施体制	<p>早稲田大学 理事会 (副総長、常任理事、理事) と 東京電力HD株 との間で「包括協定」が結ばれている。早稲田大学側には「事業全体統括 林泰弘」が事業全体のオープン&クローズ戦略の検討を担当し、「カーボンニュートラル社会研究教育センター (WCANS)」が事業全体の進捗管理、企業との連絡調整等を行う。また、「卓越大学院パワー・エネルギー・育成プログラム (PEP)」が国債標準化教育プログラムの推進を担当している。</p>	<p>1年目には、早稲田大学内に「リサーチイノベーションセンター (RIC)」が新規に設置された。RICには「オープンイノベーション推進セクション」「研究戦略セクション」「知的財産本部」が設けられ、WCANSと連携して事業全体のオープン&クローズ戦略の検討を行う。また、WCANSが事業全体の進捗管理、企業との連絡調整等を行う体制が構築された。</p>	<p>2年目には、RICの体制がさらに強化された。RICには「国際標準化専門教員」が新規に配置され、事業全体のオープン&クローズ戦略の検討を行う体制が構築された。また、WCANSが事業全体の進捗管理、企業との連絡調整等を行う体制が構築された。</p>
見直し・取り		<ul style="list-style-type: none"> これまで事業単独でオープン&クローズに取り組む体制であったところ、オープンイノベーション推進セクションや研究戦略セクション、知財本部等からなる全学的なワンストップ研究支援組織「リサーチイノベーションセンター (RIC)」との連携体制を構築 具体的には、東京電力との進捗報告会議においてOCEAN事業成果等についてRICに共有する仕組みを構築 	<ul style="list-style-type: none"> 学内オープン&クローズ戦略の構築に係るモデルケースを構築するにあたり、RICのみでは個別技術分野の国際標準化に係る知見が不足しているという意見あり そのため、エネルギー・マネジメントシステムの国際標準化分野に精通した教員を新たに体制にアサインし、当該事業に向けた適切なフィードバックが行える体制を構築
成果		<ul style="list-style-type: none"> 本格的な産学連携に係るオープン&クローズ戦略の初の学内モデル構築に向け、全学的な研究支援組織であるRICに対して成果や課題の共有のほか、実施者である企業担当者や教員の意見等を反映 	<ul style="list-style-type: none"> 国際標準化専門人材の新規配置により、事業側とRIC側を適切につなぎ、事業側への適切なフィードバックに向けた体制構築を行った 当該事業の取り組みを一つのモデルケースとして、今後企業と連携したオープン&クローズ戦略を構築できる全学的体制を検討

実証事業（2）本事業によって得られたノウハウ・知見・課題

オープン&クローズ戦略に取り組むための人員体制強化

課題

企業とアカデミア双方に精通したオープン&クローズ戦略に係る専門人材の確保

- 国際標準化専門人材の新規配置により、企業とアカデミアを適切につなぐと共に事業側へのオープン&クローズ戦略構築に向けた適切なフィードバックを可能とした

実証前の課題

- O&C戦略の対象となる技術は多岐にわたり、個別技術分野に精通した専門人材を学内で確保することは困難
- 学内のURAや知財担当者の間でも、各個別プロジェクトに深く関与し、参画企業やプロジェクトに対して適切なオープン&クローズ戦略に係る助言を行うことは難しいという見解であった

具体的アプローチ

- 共同研究相手先の企業等から国際標準化の取り組みに係る実務経験豊富な人材（例：IEC TC/SC議長経験者等）をクロスアポイント制度や常勤研究員という形で雇用
- プロジェクト初期の段階から報告会や進捗確認ミーティング等に出席し、プロジェクト参画企業等へのオープン&クローズ戦略に係る適切なフィードバックを実施

実証による結果

- 企業の第一線で国際標準化に従事していた専門家を大学で雇用することで、企業の最新の国際標準化活動に関するノウハウをアカデミアに浸透させることが可能となる
⇒上記人材をプロジェクト単位ではなく大学として継続的に雇用する体制を構築することで、当該人材のノウハウが本学教員にも浸透し、組織的にオープン&クローズ戦略の重要性が醸成される可能性が示唆

国際標準化の重要性を醸成するための教員への動機付け

課題

- 国際標準化に熱心に取り組まれている教員が学内でもごく一部に限られ、当該知見が教員個人に閉じている状況

- 国際標準化に取り組む教員が正当に評価される仕組みの導入
- 国際標準化活動に取り組む学内教員の実績を可視化し、全学的な情報集約を図る

実証前の課題

- 国際標準化に取り組むことについてのインセンティブが教員側に存在しない
- 国際標準化への取り組みについては個別教員に委ねられ、全学として当該取り組みに対する状況が把握できていない状況

具体的アプローチ

- 理工学術院において、教員応募様式に国内外標準化活動の実績記入項目を追記し、国際標準化を推進するアカデミア人材が評価される仕組みを試行的に導入
- 国が作成・運営するデータベース型研究者総覧に国際標準化活動に取り組む学内教員の実績を掲載

実証による結果

- 国際標準化活動が教員評価に反映されることにより、当該活動に取り組むインセンティブが新たに発生
- これまで全学的に把握が困難であった個別教員による国際標準化活動の実績可視化が可能となる
⇒国際標準化活動に精通したアカデミア人材の確保につながると共に、国際標準化に精通したアカデミア人材の可視化により企業等からのさらなる専門人材のリクルートに活用できる可能性が示唆された

実証事業（２）本事業によって得られたノウハウ・知見・課題

国際標準化教育のすそ野を広げる取組

課題

電力やエネルギー・マテリアル領域学生に閉じられていた国際標準化教育の対象を広げる

- PEPの国際標準化教育の知見をもとに、初学者向けの動画教材や導入コンテンツを作成。セミナー開催等も併用して、国際標準化の重要性についての普及啓発活動

実証前の課題

- PEPの国際標準化教育は、PEP在籍者の履修にとどまり、文系を含む全学生が学ぶ機会がない。
- 産業界にも国際標準化教育のニーズがあるが、国際標準化教育を一般には公開していない。

具体的アプローチ

- 早稲田大学の大学院正規科目である「エネルギー・イノベーションの社会科学」に国際標準化の基礎を学ぶ講義を組み入れ。
- 国際標準化の「政策」と「標準化」を有機的に連携させた副教材（冊子）冊子を作成し、初学者の理解を助ける。上述の科目の副教材としても活用
- 作成したコンテンツを一般に公開するためのWebページの作成
- 早大スマート社会技術融合研究機構（ACROSS）主催のハイレベルセミナーを活用し、国際標準化をテーマとしたセミナーを開催

実証による結果

- 大学の教育プログラム（特にディグリープログラム）に組み入れることで、確実に国際標準化を学習させることができる
 - 標準化を、政策実現に資する「ビジネス戦略」として図解・ストーリー化することで、技術系・文系を問わず幅広い初学者に対し、標準化を「自らの武器」と捉え、社会実装へ繋げるための視座を醸成することができる。
 - 1つのWebページにアクセスするだけで、多様な角度から国際標準化についての知見を得ることができる
- ⇒国際標準化教育のすそ野をひろげる教育の実現