

次世代電力需給プラットフォーム

電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター (ENIC)

エネルギーチェーンの中でも、需要サイドと配電分野は多様化と変化が特に激しい。
電力中央研究所では、ENIC(エネルギーイノベーション創発センター)にて、需要サイドと配電がデジタル技術により協調・連携した需要地システムに関わる研究を行っている。
本講演では、需要側に重心をおいたENICにおける視点、および研究取組を中心に紹介させていただきます。

RI 電力中央研究所

© CRIEPI

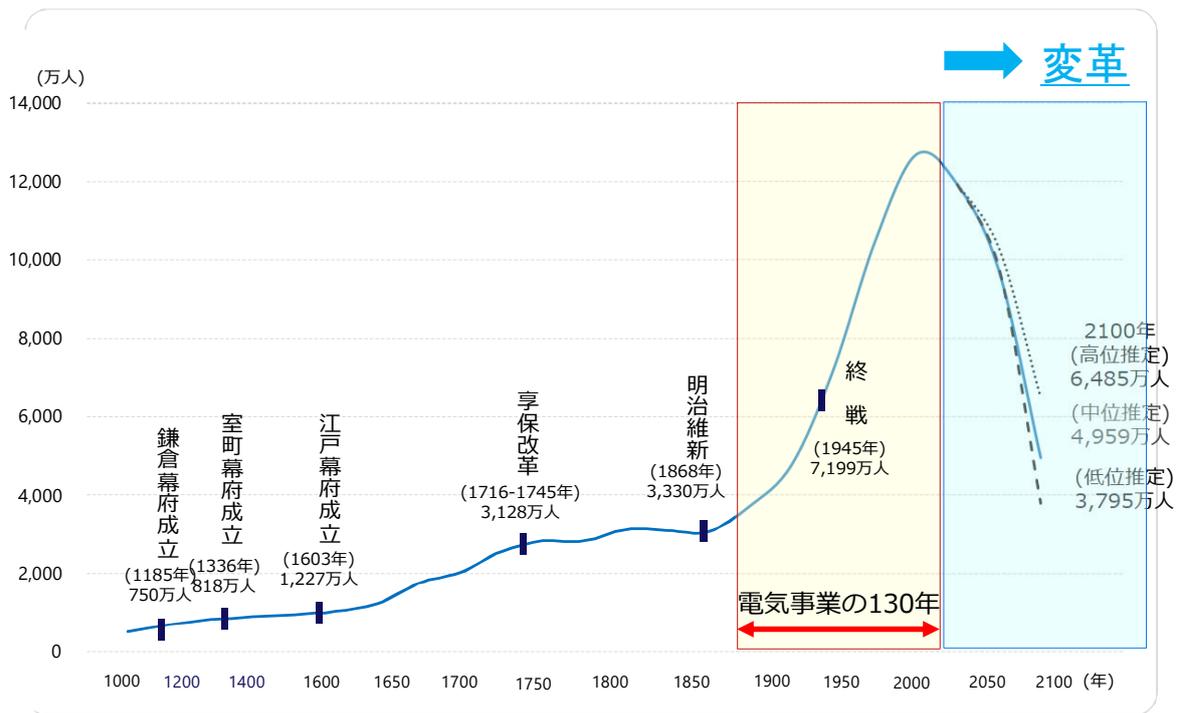
1

RI 電力中央研究所

本講演の概要

1. 再生可能エネルギーの主力電源化や分散型エネルギー資源の大量普及が想定される中、地域経済活性化や電化促進にも関わる「需要地システム」のデータ活用基盤として「次世代電力需給プラットフォーム」の概念と電中研の取組を紹介。併せて、APIエコノミーなど社会としてのデータ活用方策を考える。
 - ① 設備の運用・管理系プラットフォーム
 - ② 事業創造支援系プラットフォーム
 - ③ 分散型エネルギー資源協調系プラットフォーム
2. 需要地システムや次世代電力需給プラットフォームの「評価プラットフォーム」に関連する電中研のシミュレーション研究の取組を紹介。

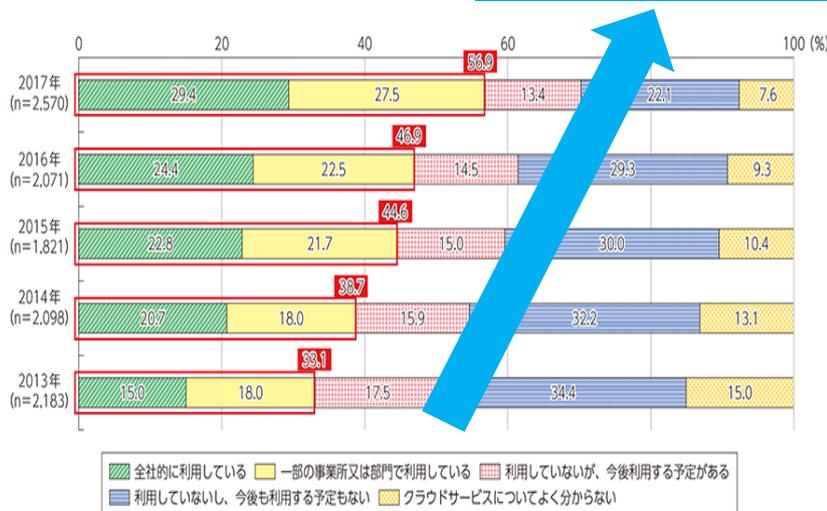
背景：社会の急激な変化



出典：国土交通省国土計画局「日本の総人口の長期的トレンド」、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（2012年1月推計）」をもとに電中研にてグラフ作成

背景：デジタル技術による変革

デジタルトランスフォーメーション



クラウド活用の急激な進展

出典：総務省 情報通信白書 図表5-2-1-19 クラウドサービスの利用状況

背景：エネルギーに関わる将来ビジョン・目標

1. 地球環境問題

エネルギー基本計画

- 2030年 CO2排出量26%削減
⇒2030年のエネルギーミックス
- 2050年 CO2排出量80%削減、etc.

2. 経済成長

市場原理・競争原理の導入、Society5.0など

3. 安全・安心

国土強靱化基本計画など

デジタル技術をベースとする社会変革



電力ネットワークを取り巻く構造的変化への対応： 次世代型の電力需給プラットフォームが必要

電力ネットワークを取り巻く構造変化
(エネ庁資料より)

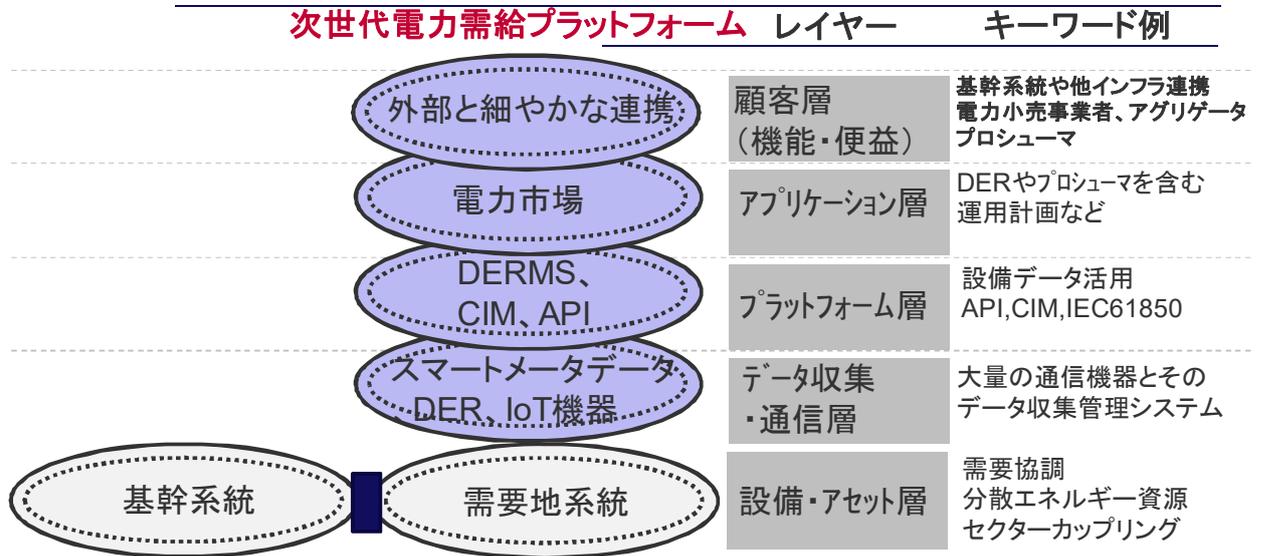
これからの電力グリッドに求められる
機能・要素(需要地システムを視点の中心として)

再エネ主力電源化 ⇒ 系統増強フェーズへの移行、地域偏在性の高まり	<ul style="list-style-type: none"> ✓ エリア型マネジメント ✓ 再エネ大量接続
レジリエンス強化の必要性 ⇒ 送電の広域化、災害からの迅速な復旧	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 広域連系 ✓ BCP: 事業継続計画との協調
設備の老朽化 ⇒ 更新の必要性の高まり	<ul style="list-style-type: none"> ✓ AI/IoT活用 ✓ 効率・優先順位に基づく設備計画
電力需要見通しの不透明化 ⇒ 投資の予見可能性低下	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 総合エネルギー産業化・セクターカップリング
デジタル化の進展 ⇒ 配電の分散化、電気の流れの双方向化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 分散型エネルギー資源(DER)・VPP ✓ デジタルデータ活用事業の創造 ✓ 市場/プロシユーマ対応 ✓ 他サービスとのデジタル・データ連携

構造変化要素については、第1回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会 資料3 「電力ネットワークをめぐる最近の動向と今後の進め方について」より
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/datsu_tansoka/pdf/001_03_00.pdf

「次世代電力需給プラットフォーム」

- ◆ Utility 3.0へのシフトや需要の能動化への対応のため、**共通概念モデル**としての「**需要地系統**」を主対象とした将来型グリッド運用基盤コンセプト
- ◆ デジタル的な実装を想定した情報通信的な**レイヤー構造** ■ 今後重要になるレイヤー



レイヤーは野村総合研究所、「エネルギー業界の破壊的イノベーション」を参考に作成。

「次世代電力需給プラットフォーム」に求められる機能

- ◆ 今後の電力需給プラットフォームには、従来役割に加え、新たな**機能・役割**が求められる。

目的	従来型需給管理システムの役割	次世代電力需給プラットフォームの役割
①設備の形成・運用・管理	<ul style="list-style-type: none"> ・系統運用 ・設備の形成・管理 ・レジリエンス確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・広域連系 ・上位系統への貢献 ・BCPの支援 <p>設備のより統合的なシミュレーション、運用・管理機能</p>
②需要家対応	<ul style="list-style-type: none"> ・電力量計の管理 ・電力品質維持 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業創造支援機能 <p>小売事業者・アグリゲータなどの事業創造を市場制度の下、公平・中立に支える</p>
③分散電源対応	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光や風力の電源連系対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・分散型エネルギー資源管理機能 (DERMS) <p>分散型エネルギー資源 (DER) の大量連系に対応、VPP等を通じてプロシューマと協調する</p>

次世代電力需給プラットフォームの概念図： 大きく3つの機能を持つプラットフォーム／システムで構成される

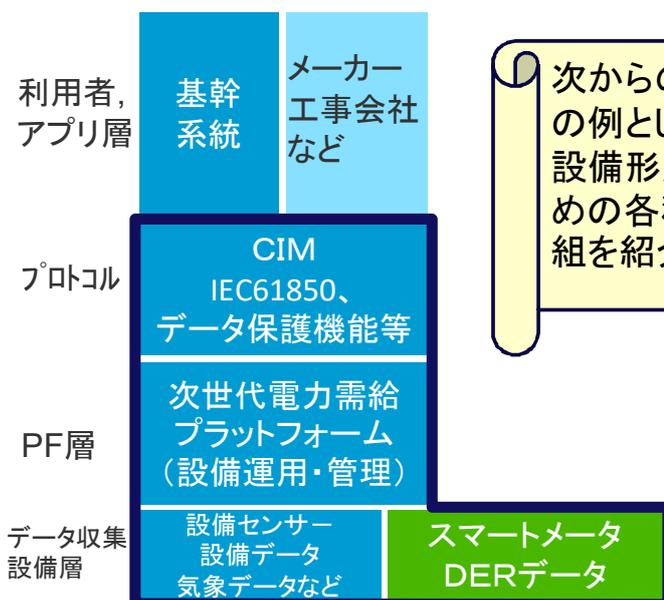
- ① 設備の運用・管理系プラットフォーム
- ② 事業創造支援系プラットフォーム
- ③ 分散型エネルギー資源管理系プラットフォーム (DERMS)

注)この図は簡略化しています。
CIM等はより広い範囲をカバー



次世代電力需給プラットフォームの概念図

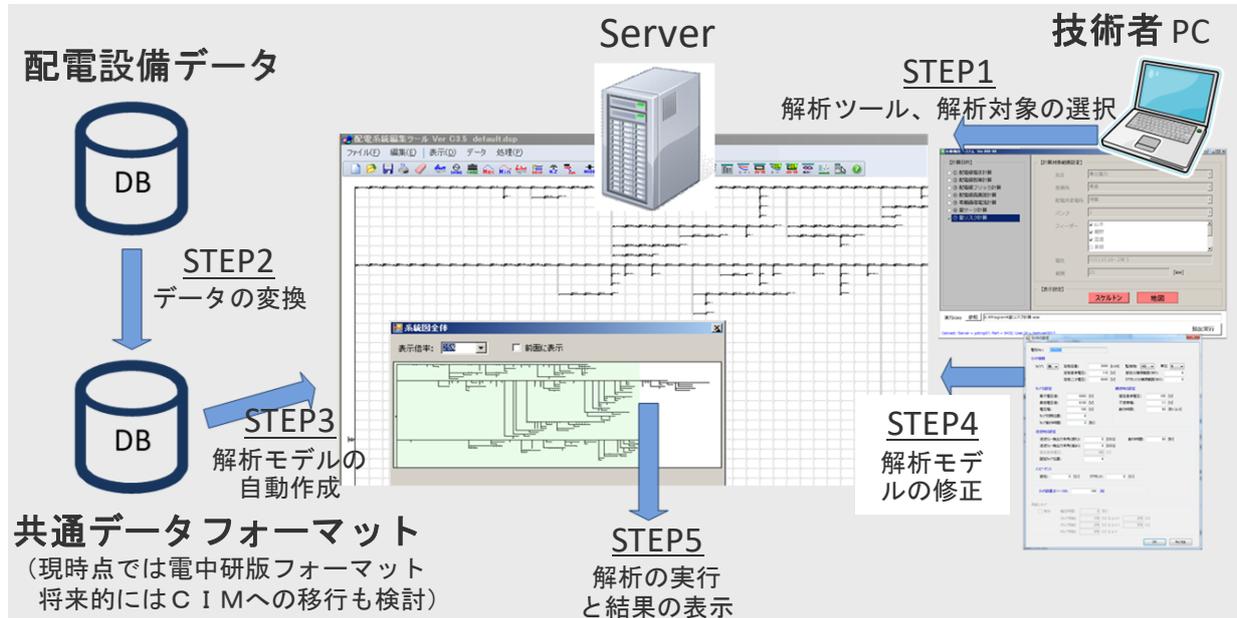
- ① 設備の運用・管理系プラットフォーム



次からのスライドでは、プラットフォームの機能の例として、配電設備データを活用した、配電設備形成、配電システム運用、災害復旧などのための各種解析の自動化に関する電中研の取組を紹介。

◆ プラットフォームの機能の例：
設備データを活用した各種解析データの自動作成化

この後動画で紹介



動画で紹介します。

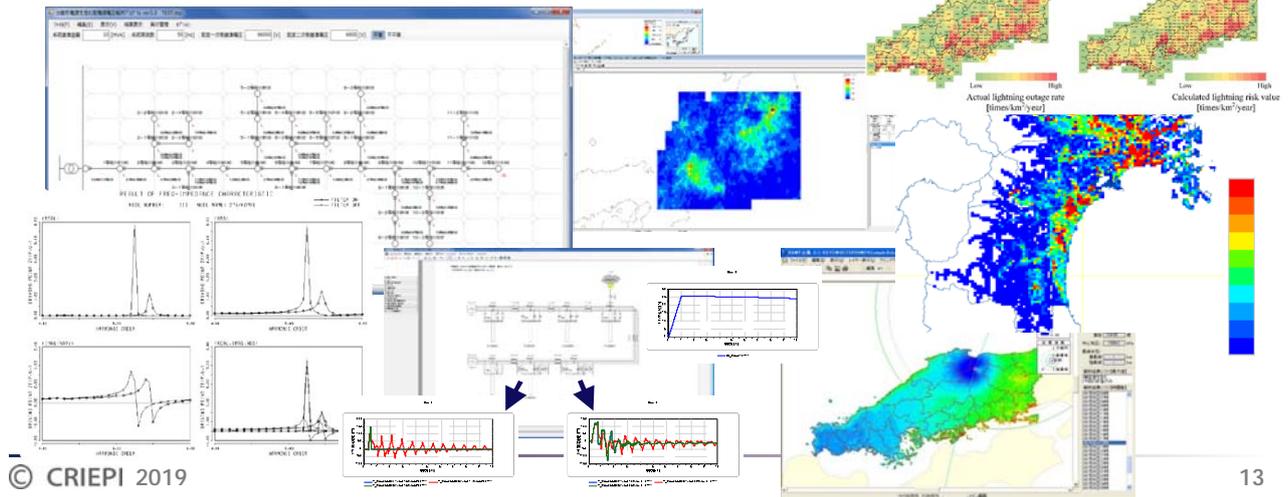
① 設備の運用・管理系プラットフォーム

取り組み紹介2

多種多様な解析ツールの統合化

多種多様な解析ツールと配電設備データを自動リンク

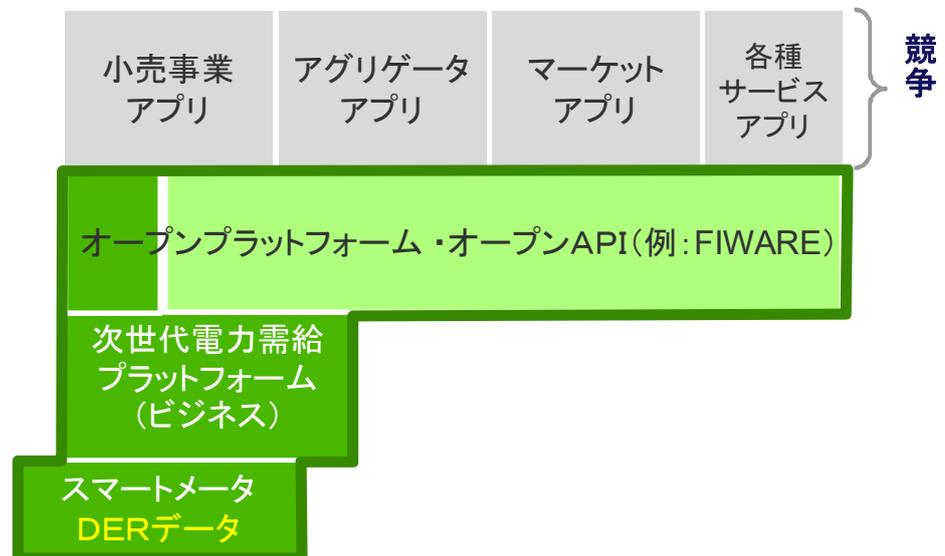
- ◆ 配電線電圧・潮流解析プログラム CALDG
- ◆ 配電線雷リスク計算プログラム
- ◆ 地震／台風被害予測システム RAMP
- ◆ 高調波計算プログラム H法
- ◆ 電力系統瞬時値解析プログラム XTAP



次世代電力需給プラットフォームの概念図

② 事業創造支援系プラットフォーム

次からのスライドでは、プラットフォームの機能の例として、スマートメータデータ利用形態の想定と、データ活用に関する電中研の取組を紹介。



② 事業創造支援系プラットフォーム の前提： 電力業界でスマートメータデータ活用の異業種連携が始動

スマートメーター



(関西電力・九州電力)

<http://www.meti.go.jp/main/60sec/2016/20160401001.html>



(東京電力他8社)

異業種データとのデータ融合を目指し、
「グリッドデータバンク・ラボ」有限事業責任組合

(2018/11/15 設立)

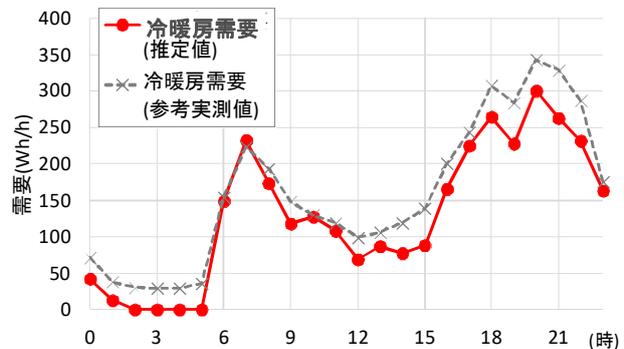
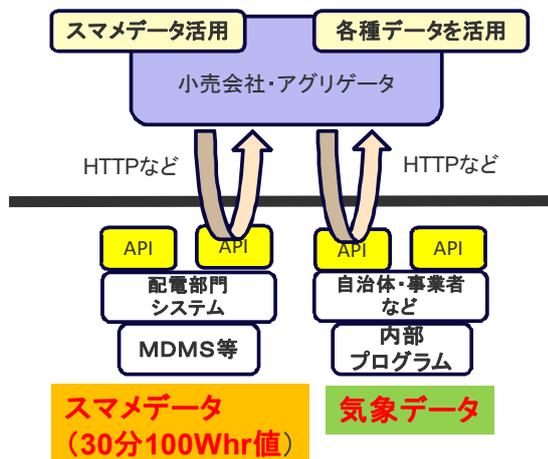
<https://www.gdb-lab.jp/>

- 東電パワーグリッドカンパニー、NTTデータ、関西電力、中部電力が出資。
- 配電部門(スマートメータを管理・運用)を有する電力会社9社を含めた約30社が参画済み。

- 「グリッドデータバンク・ラボ」では、異業種とのデータ融合に関し、30件程度のユースケースについて検討予定。当面は統計データ。
- スマートメータデータ活用に向け、そのサービスの有用性やビジネス的成立性を確かめるのが最重要であり、活動に期待。
- 第2回「次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会」などでも、スマメータの個人情報、匿名加工、統計データなどの利用について議論されている。

② 事業創造支援系プラットフォーム 取り組み例1 スマートメータと異種データとの複合分析

- ◆ **API : Application Programming Interface**と呼ばれるソフトウェアから別のソフトウェアを利用する時のインターフェース(対話方法)規定を活用することで、複数システムの間でデータをやりとりすることができる。
- ◆ API活用により、スマメータ利用先が拡大する可能性がある。
(例: 気象データと連携することで、電力需要の用途分析)



世帯個別の年間平均電力需要の冷暖房需要推定

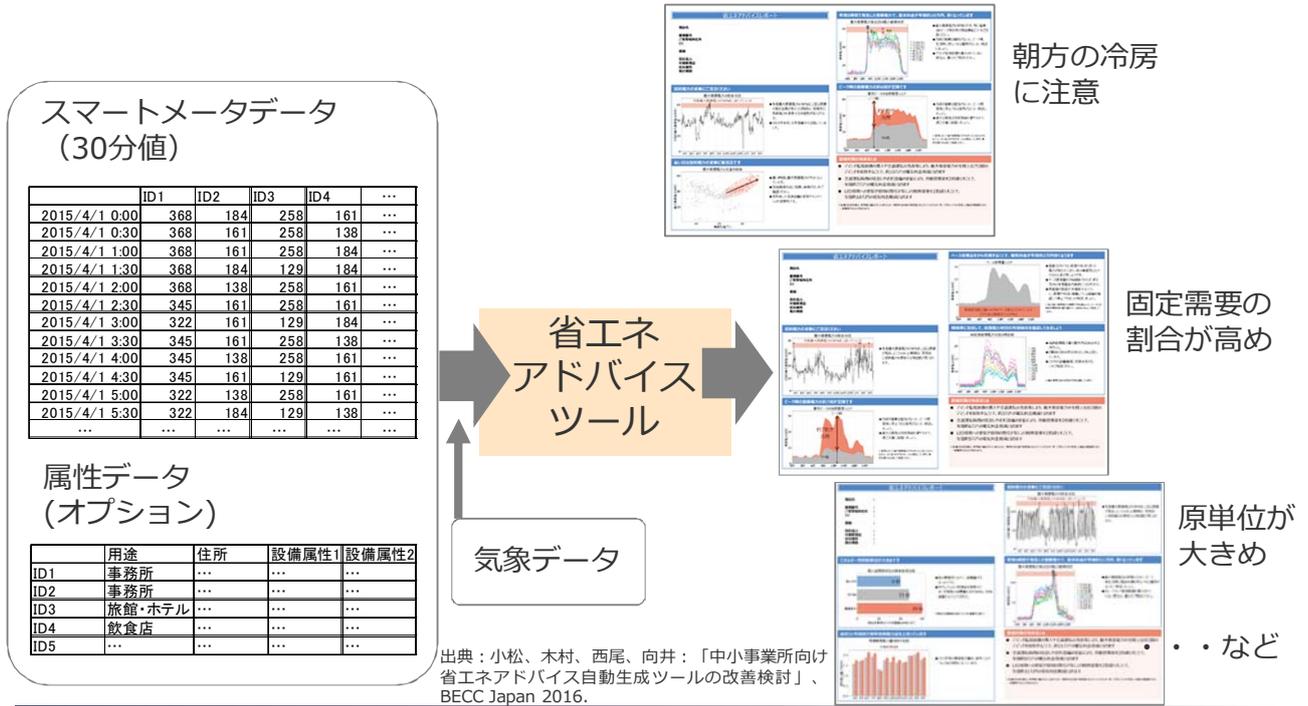
注)この研究段階では、データ分析はマニュアル

② 事業創造支援系プラットフォーム

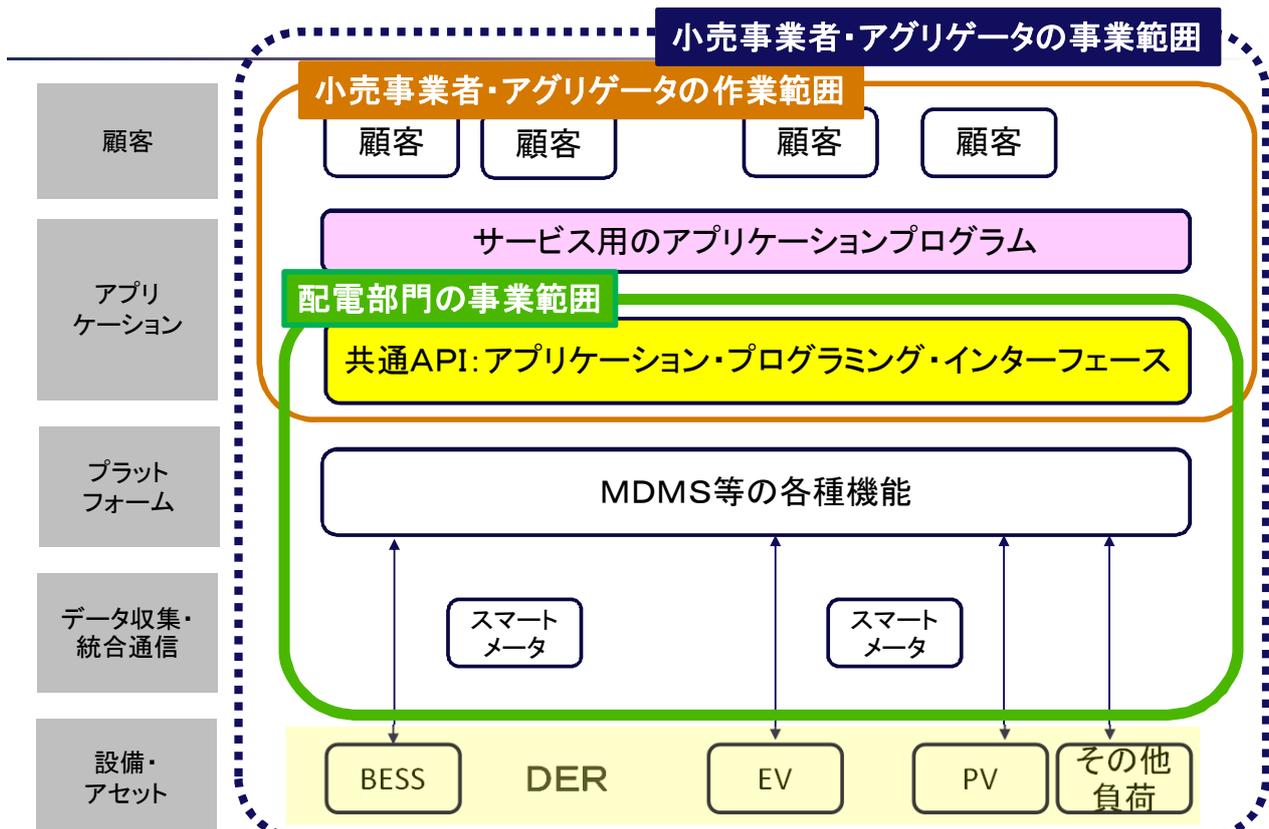
取り組み例2

中小事業者向け省エネアドバイスの自動生成

◆ 使用量傾向に応じたカスタマイズアドバイスを、人手をかけずに提供する



小売事業者・アグリゲータと配電部門の協調(案)

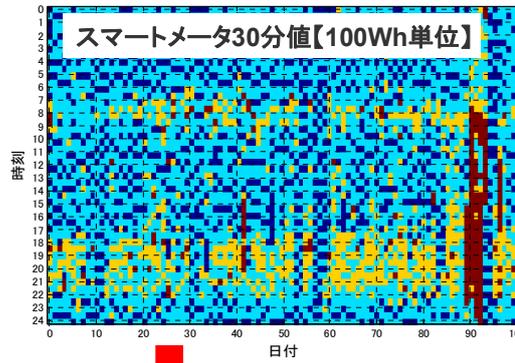
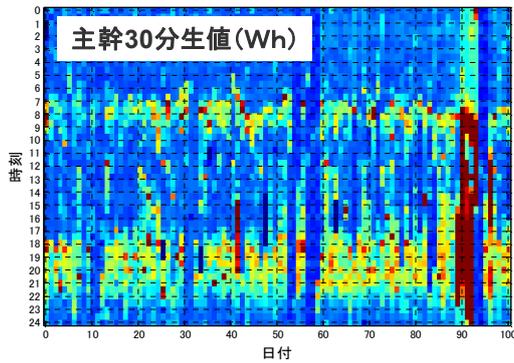


② 事業創造支援系プラットフォーム

取り組み例3

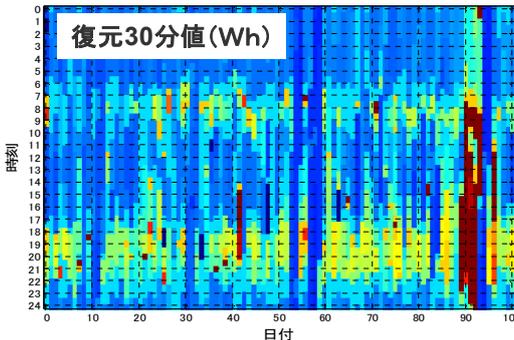
スマートメータのAルートデータの精度回復技術

◆ 将来的にはAPIを介して利用することも可能



出典：電中研報告R15004: 服部、篠原
<https://criepi.denken.or.jp/jp/kenkukaku/report/leaflet/R15004.pdf>

24時間×
100日のデータ



スマートメータ30分値から、元データをほぼ復元可能!!

ソフトな見守りサービス等に活用可能



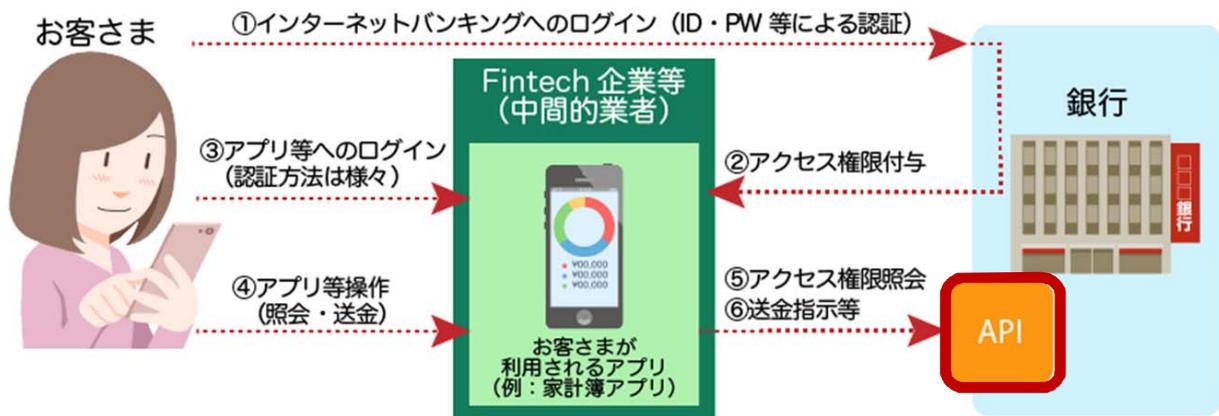
② 事業創造支援系プラットフォーム

の前提:

金融業界ではオープンAPIによるデータ連携が実現

◆ オープンAPIを整備したことによる業界内のメリット:

- 顧客情報は金融機関がセキュアに管理することができる
- 認証を受けた企業が金融機関のデータを活用し、高速・柔軟にサービスを開発できる



アクセス権限はトークンなどを活用: アクセストークンは認証局により様々ですが、ユニークなランダムな英数字をそれなりの長さ(16桁、32桁、64桁など)で払い出すのが一般的です。例: zf14dffq3fg46ghg7dip1ash74ioisud
 出典: <https://n.career-info.jp/contents/?id=10161>

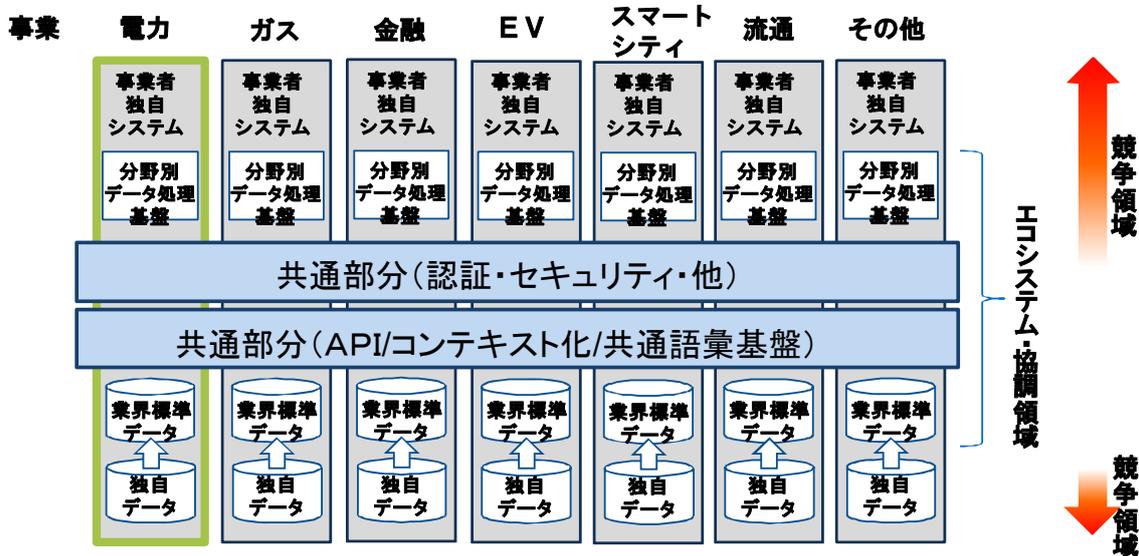
全国銀行協会HPより
<https://www.zenginkyo.or.jp/article/tag-g/9797/#search>

② 事業創造支援系プラットフォーム

前提

APIエコノミー構想

- ◆ APIを公開・共通化することで業界横断的な事業創造を目指す構想。
 - 業界横断的プラットフォームの例: FIWARE(スマートシティ向けPF)
- ◆ 共通部分運用者には、利用者の情報格差の区別なく広くサービス展開することが求められるため、公共的部門が適す。



データ活用に向けた一般送配電事業部門の動き

北海道電力では、配電設備の位置情報をサービスとして提供開始。(データ形式はCSV)

配電設備位置情報を利用したメリットと活用事例①



<場所特定の時間短縮>

ケース1: 通報者の位置特定に利用

車輻トラブル等による通報者からの連絡では、周辺に目印が無いような場所でも、最寄の電柱番号を聞き取りいただければ、場所を特定して速やかに駆けつけることができます。



https://www.hepco.co.jp/business/others/location_info/index.html

配電設備の多用途化が進展する中で必要性の高まるサービスとなると考えられる。

例えば、東京電力PGの電柱上に、KDDI、ソフトバンク、楽天モバイルネットワークに第5世代携帯電話(5G)基地局を共有化予定。現在、4G携帯基地局は、東電PG管内の電柱580万本のうち1万3千本に設置済み。(出典: 電気新聞2019/3/20.)

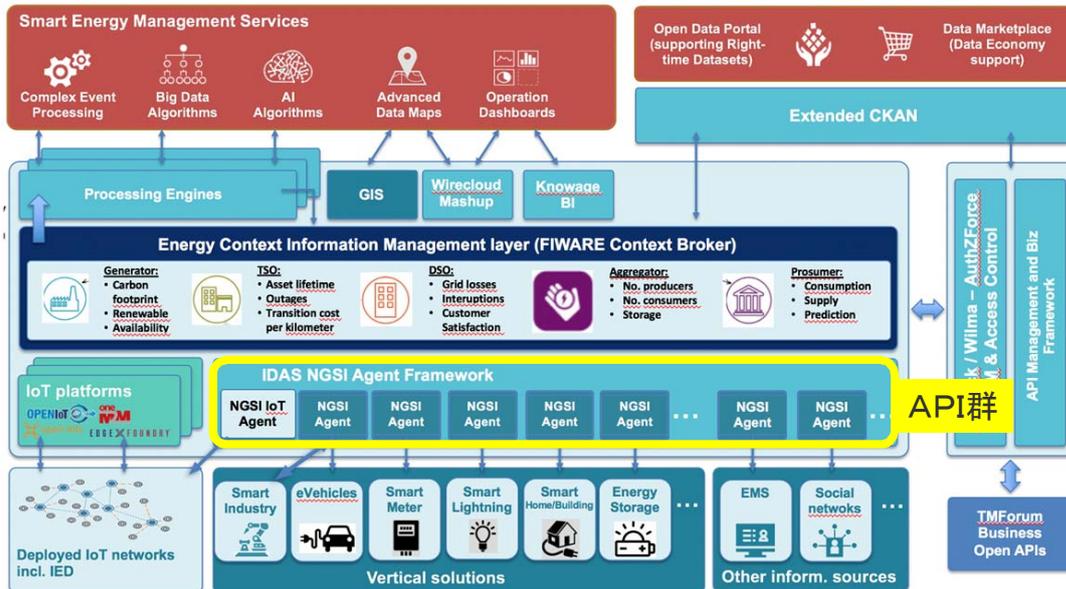
② 事業創造支援系プラットフォーム

前提

オープン・汎用IoTプラットフォームの例: FIWARE

Future Internet softWARE:

- アプリ開発やデータ連携の標準仕様、オープンソースとして公開されているIoTプラットフォーム。
- 欧州連合(EU)が官民で開発・リリース。
- 日本からもNECなどが参画、電中研もFIWARE foundation association member。



© CRIEPI 2019

2019/4/18

出展: FIWARE foundation CEO Ulrich Ahle氏より提供

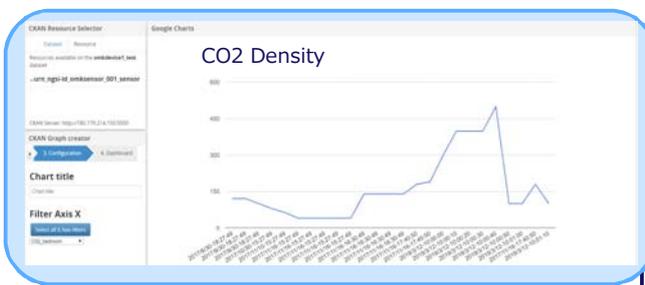
43

② 事業創造支援系プラットフォーム

取り組み例4

FIWAREの試用環境の構築

- FIWAREの汎用モジュールとオープンソースパッケージの組み合わせにより、ほぼノンプログラミングで収集データの可視化システムを構築
- 今後、電力データ利活用に関する研究プロジェクトにて活用、拡張予定

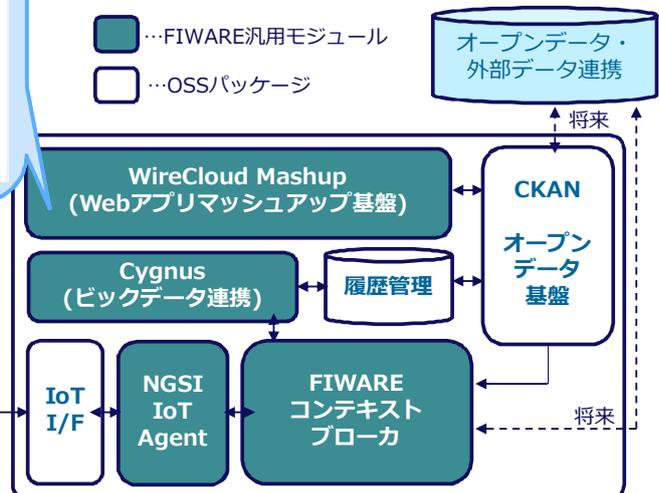


CO2センサー情報のグラフ表示例



おうちモニタキット(OMK): 室内モニター

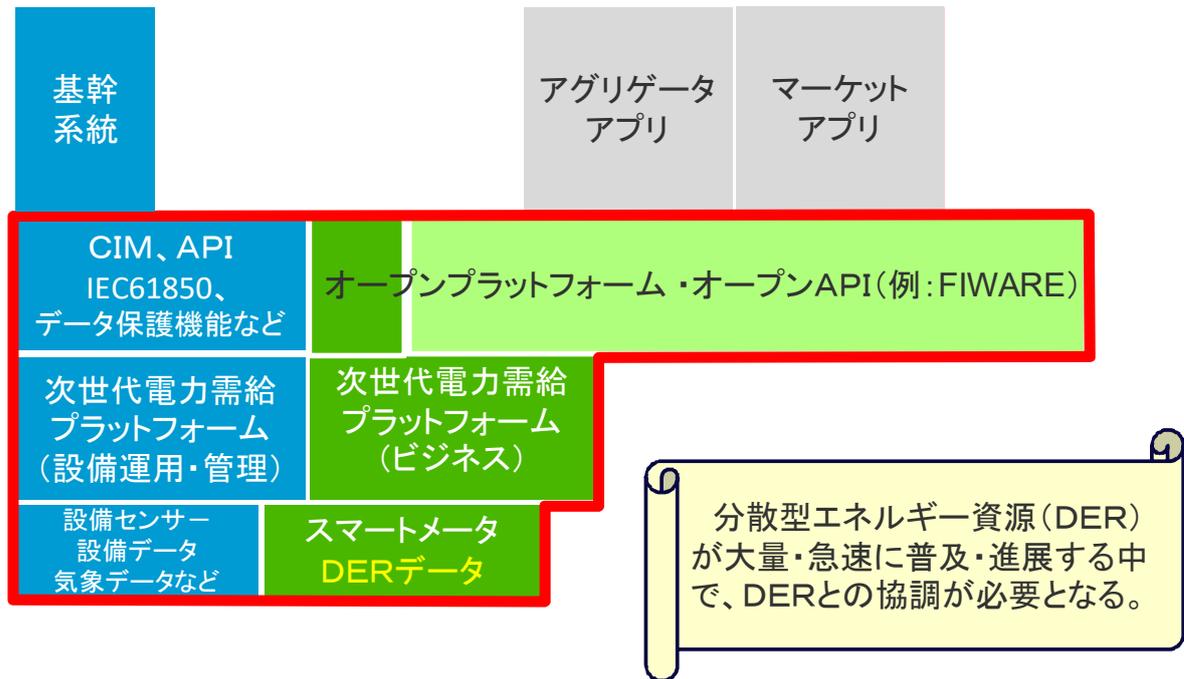
注: OSS (Open Source Software) とは、利用者の目的を問わずソースコードを使用、調査、再利用、修正、拡張、再配布が可能なオープンソースソフトウェア。



FIWARE・OMK実証環境のアーキテクチャ概要

次世代電力需給プラットフォームの概念図

③ 分散型エネルギー資源管理系プラットフォーム

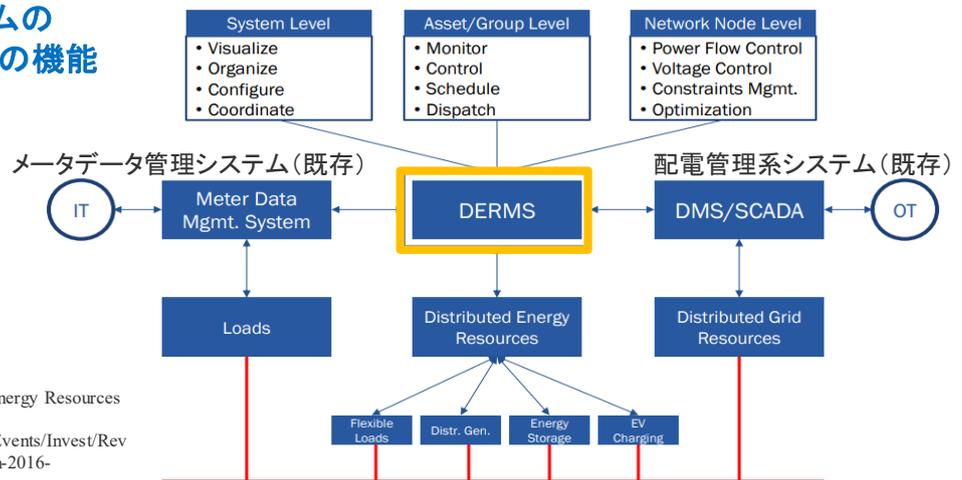


③ 分散型エネルギー資源管理系プラットフォーム

DERMSの概要

- ◆ 激しく変動する再生可能エネルギー (RE) を活用する上で、
 - ① REが接続される配電系統や需要地系統における電力品質維持、潮流管理
 - ② 上位の基幹系統における需給調整や電圧制御、系統安定化への寄与
 - ③ 上記を、経済的・安定的に実現
 などがDERMSの具備すべき機能。

DERMSと他システムのシステム構成図とその機能

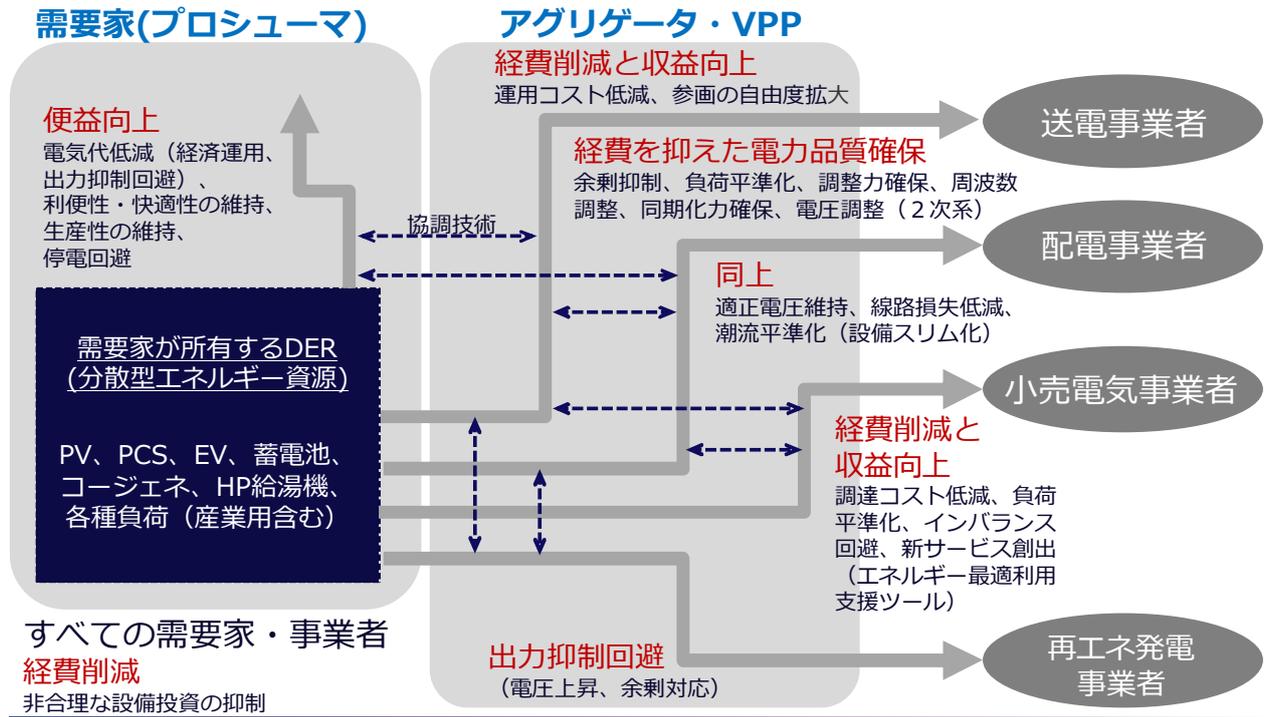


出典：Holger Kley, "What is a Distributed Energy Resources Management System" (2016)
<https://www.gtai.de/GTAl/Content/EN/Meta/Events/Invest/Reviews/2016/Hannover-messe/smart-grids-forum-2016-presentation-holger-kley.pdf?v=2>

③ 分散型エネルギー資源管理系プラットフォーム 取り組み紹介1

DERMSに求められる機能の検討

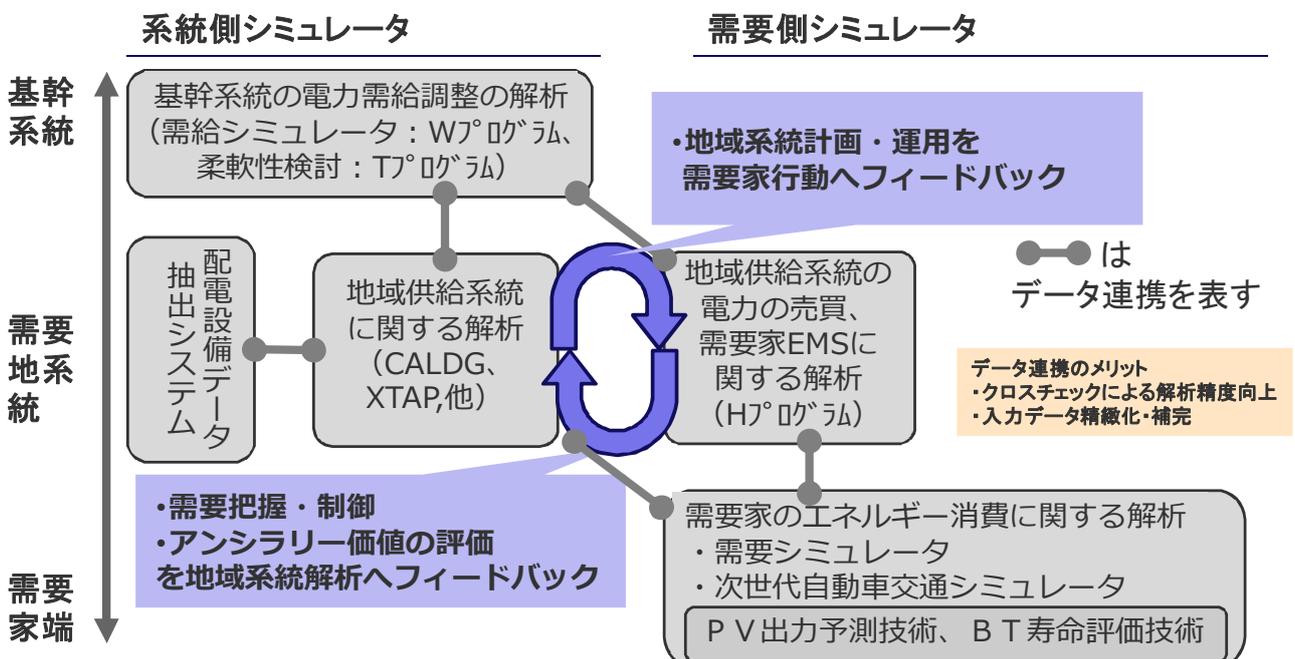
◆ 多数のプレーヤーの間でのWin-Winな関係の構築が必要



③ 分散型エネルギー資源管理系プラットフォーム 取り組み紹介2

統合的解析シミュレータ構想

◆ 分散型エネルギー資源(DER)との協調や管理の様々なシナリオなどを解析するために、ENICで開発中の個別用途の解析ツール群を将来的に連携・統合化



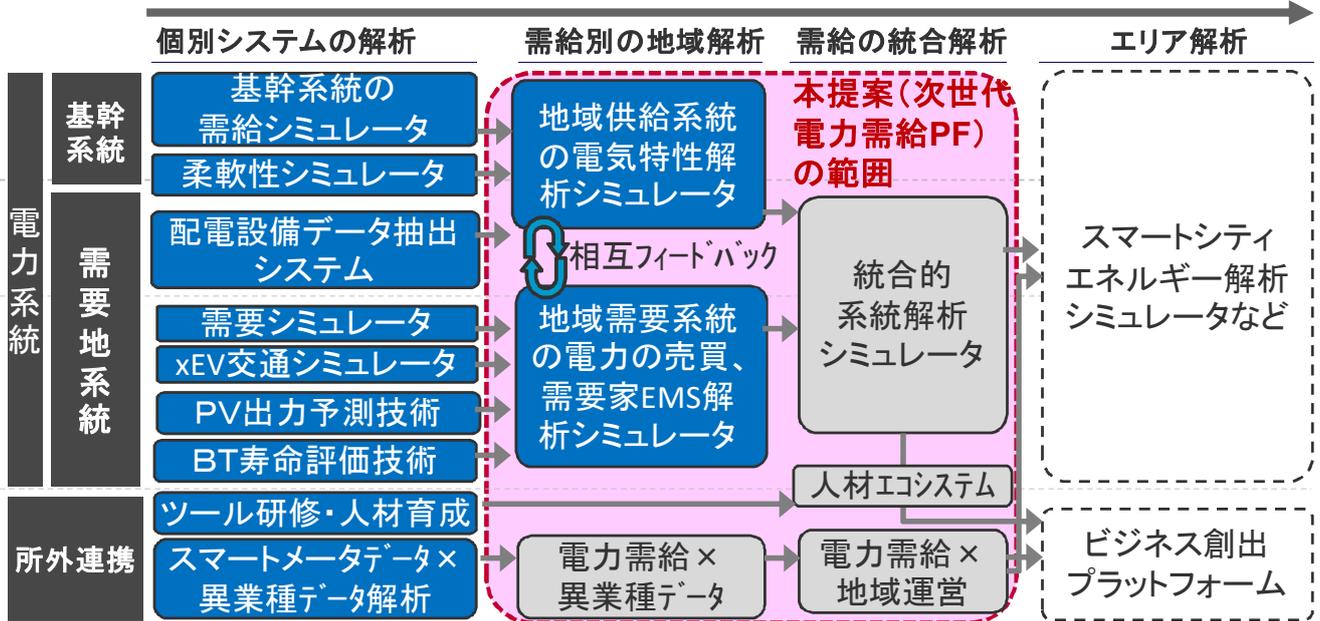
シミュレーション技術 取り組み紹介1

電中研ENICが目指す次世代電力需給プラットフォームの解析モデル

- ◆ 開発中の解析ツール群を今後、連携・統合化、範囲拡大し、将来的に総合的エネルギー解析およびビジネス創出に資する解析PFへの進化を目指す。

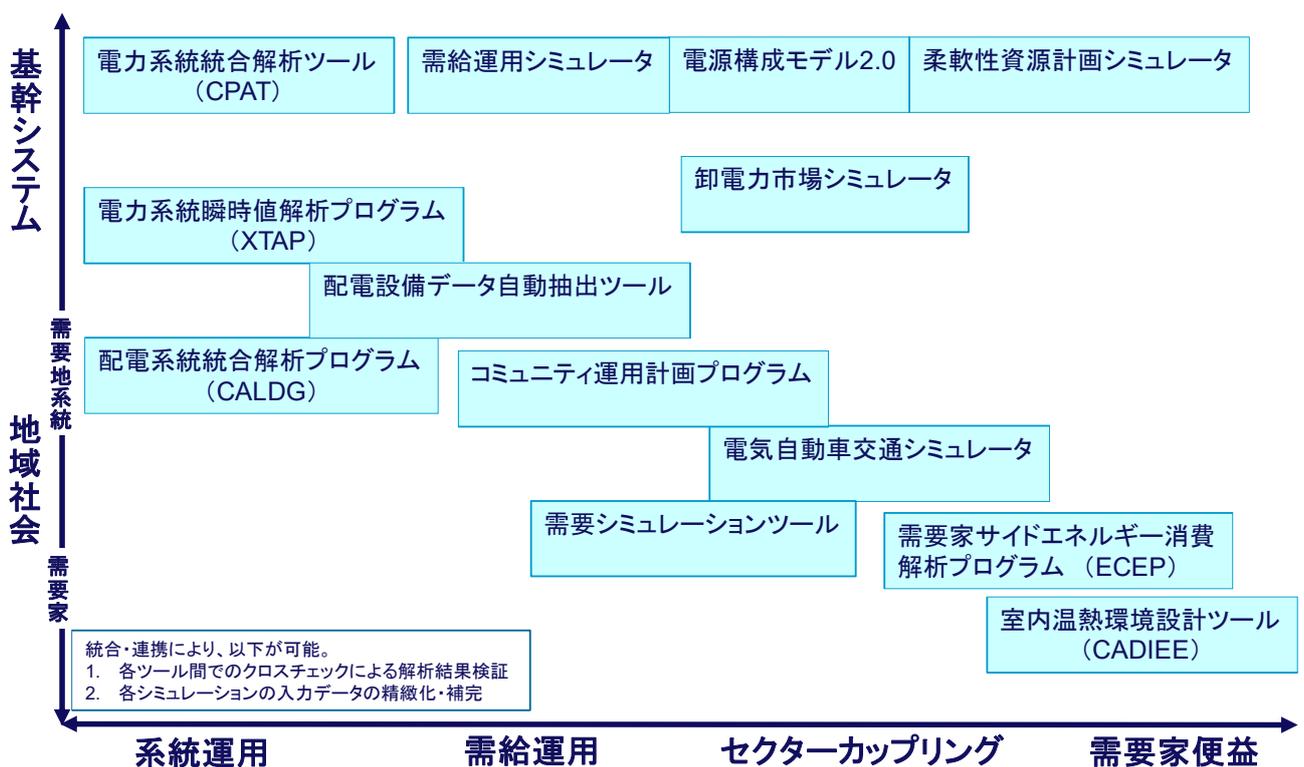
統合的解析の進展

現在のENICの取り組み



需要地系統・次世代電力需給プラットフォームに関わるシミュレーションツール群

★開発ステージは、実用実績を重ね外部提供しているものから、開発中のものまで様々。



需要地系統・次世代電力需給プラットフォームに関わる シミュレーションツール群

★開発ステージは、実用実績を重ねた外部提供しているものから、開発中のものまで様々。

基幹システム

需要地系統

地域社会

需要家

★詳細は参考資料に記載

システム運用

需給運用

セクターカップリング

需要家便益

シミュレーション技術 取り組み紹介2 データ連携時の知財データ保護

- ◆ **電力系統瞬時値解析プログラムXTAP**では、個社ノウハウを保護しつつシミュレーションできるように、制御システムを暗号化できる。
 - 各メーカーの制御システムは知的財産そのものであるため、公開に課題。
 - 強固に暗号化することで、複数メーカー機器が混在する系統について実際の制御アルゴリズムを用いての解析が可能。
- ◆ 今後、電力・エネルギー分野に適した**Secure Computation技術**の確立が望ましい。

注)XTAPでは米国標準として採用された強固な暗号規格AES256を採用

解析回路中の任意の部分回路(Subcircuit)についてその内部を外部から隠蔽化(部品情報の暗号化)

部品情報
(解析時中間ファイル)

暗号化前

暗号化後

高度シミュレーション人材エコシステムの育成

- ◆ ENICでは、高度な需給解析シミュレーションを実施することのできる人材育成プログラムを実施中(有償)
- ◆ 例: XTAP (XTAP ver2.0を <http://www.xtap.jp>にて公開)

従来

・シミュレータ単体の公開では、利用者が現実に即した有用な解析結果を得ることは難しかった。

高度シミュレーション人材エコシステムの目指す姿

- ◆ シミュレータを正しく用いることができる
- ◆ 投入するデータや、前提条件を精査できる
- ◆ 解析結果を正しく読み取ることができる
- ◆ 同分野内での情報共有促進
- ◆ 同分野の人的ネットワーク形成 (今年度より学生向け研修コースでの講義を実施)

企業・大学向け技術研修開催



最後に

1. 電力とデジタル技術が融合、地域や他セクターと協調・連携するための基盤として、需要地系統の視点と情報通信的な多層構造を考慮した次世代電力需給プラットフォームを紹介。
2. 電力のkWh価値に加えて、デジタル技術によるプラットフォームの様々な価値の具体化と社会的受容性の検証が望まれる。

ご清聴ありがとうございました。

参考

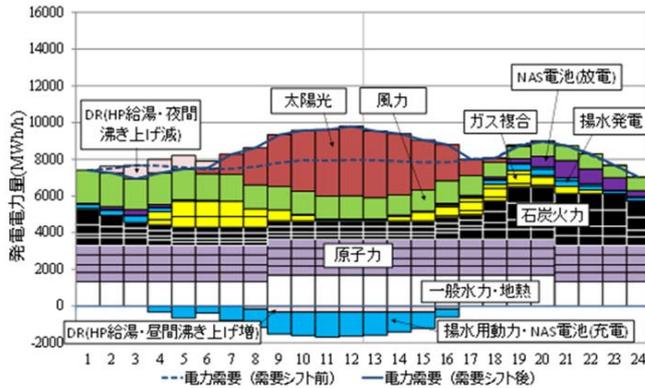
「需要地系統・次世代電力需給プラットフォームに関わるシミュレーションツール群」
のシミュレーションツールの例

各シミュレーションツールの開発ステージは、既に多くの実用実績を重ね外部提供しているものから、研究開発中のものまで様々。

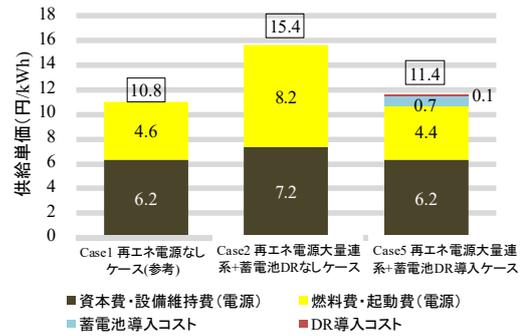
参考

柔軟性資源計画シミュレータ

- ◆ 再エネ電源の大量連系によって、予測誤差と時間内変動に対応するための調整力必要量が増える。
- ◆ 火力・原子力、再エネ、蓄電池、DRを組み合わせた中長期的に最適な柔軟性資源計画の解析が可能。



A電力会社の春季休日の電力需給カーブ
(調整力供給源:火力+揚水+電池+DR)

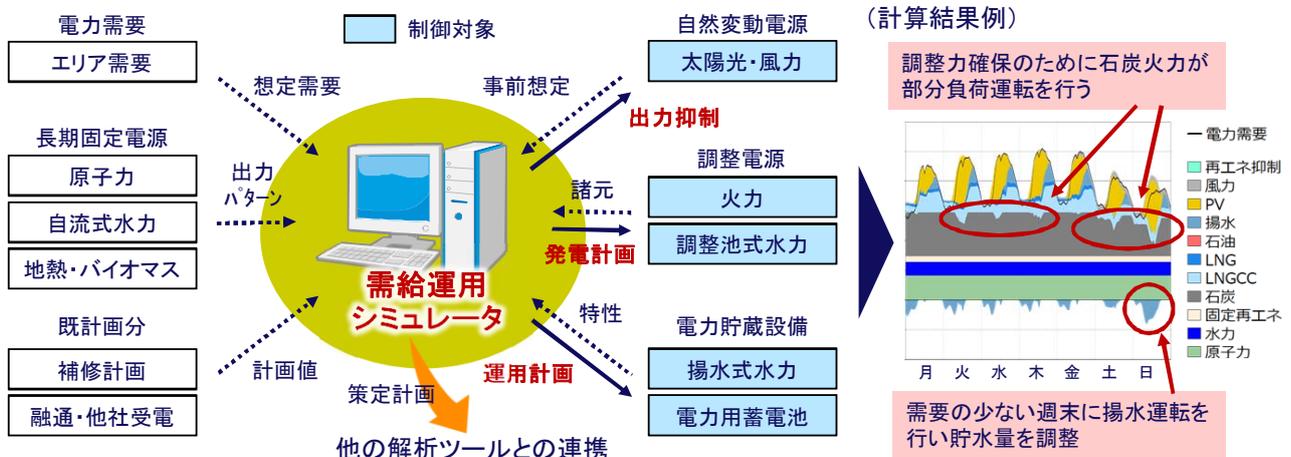


年平均の供給単価
(再エネ電源・その他電源を除く)

参考

需給運用シミュレータ

- ◆ 再エネ大量導入時に顕在化する課題に対し、需給運用計画まで考慮した詳細な分析が行えるツール(需給運用シミュレータ)



最適化技術を用いて効率的に計画策定

月間計画から翌日計画へと必要なデータを受渡しながら計画を詳細化することで、最長一ヶ月分の需給計画を効率良く策定

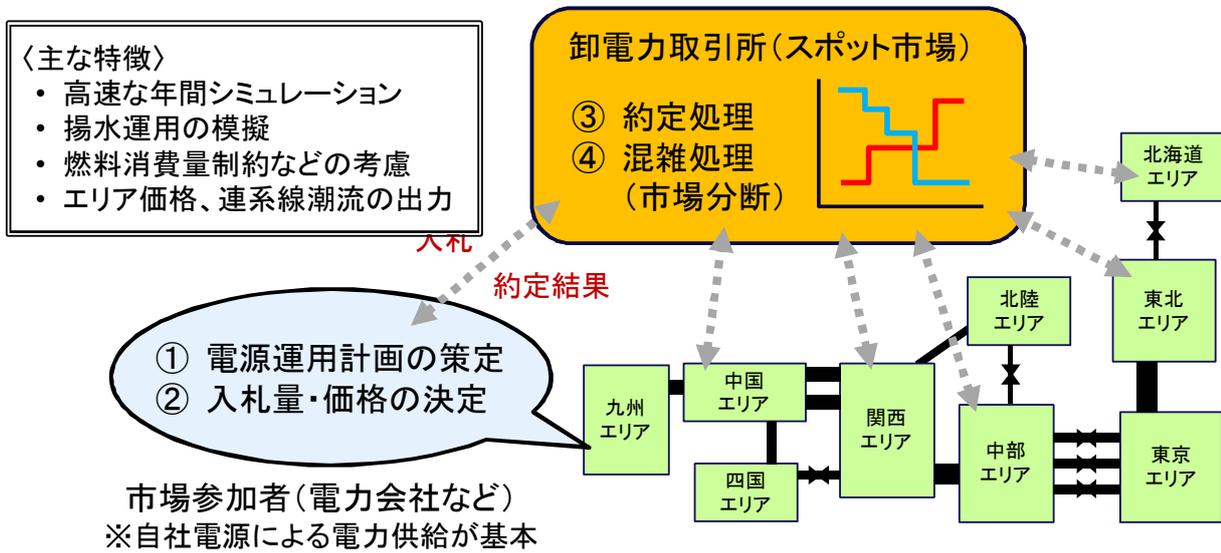
- 需給運用上の主要な制約 (需給バランス、変化速度、予備力ほか)
- 揚水運用制約(上池容量ほか)
- 基地単位の燃料消費量制約、など

参考

卸電力市場シミュレータ

◆ わが国の電力供給体制や市場構造を考慮したモデル

- 電源運用計画に基づく市場入札行動の決定
- スポット市場での約定処理や混雑処理(市場分断方式)を模擬



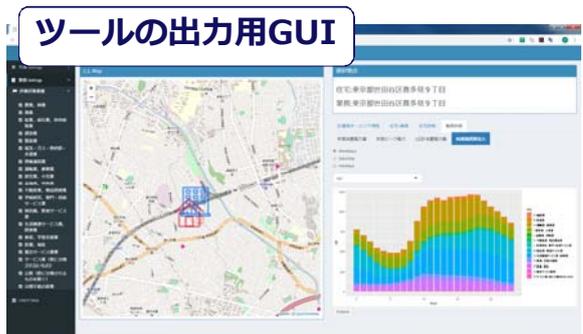
参考

需要シミュレーションツール

- ◆ 地域の電力需要のシミュレーションツール
- ◆ 国勢調査等の統計情報を用いて、街区単位の電力負荷カーブを推定
- ◆ 住宅部門、業務・産業部門のカーブを推定



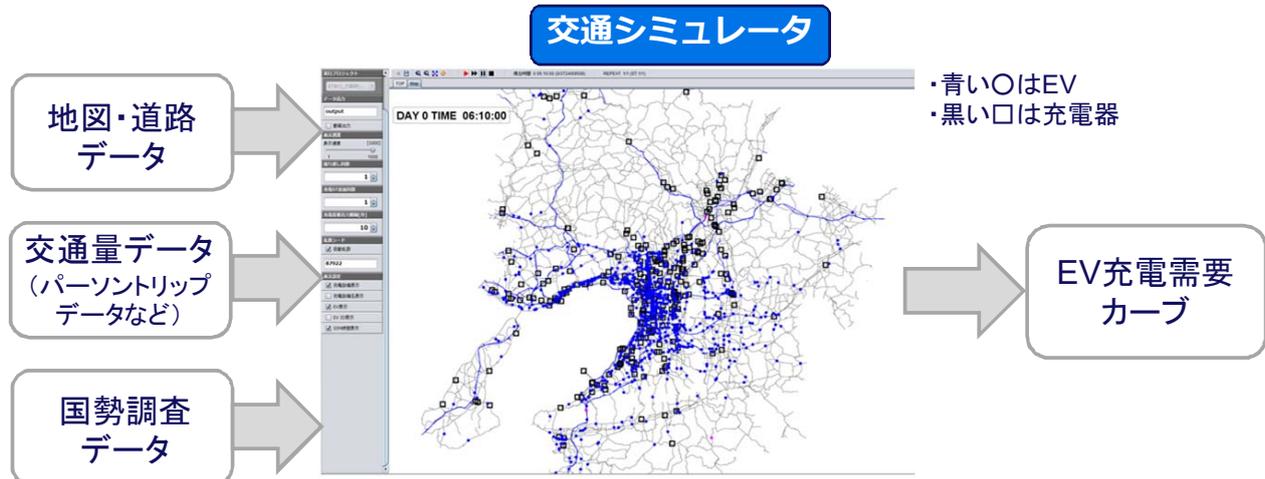
電力流通(安定供給に資する設備形成・保守・将来予測)、販売(省エネ・電化推進)など幅広い分野での利用を想定



参考

電気自動車交通シミュレータ

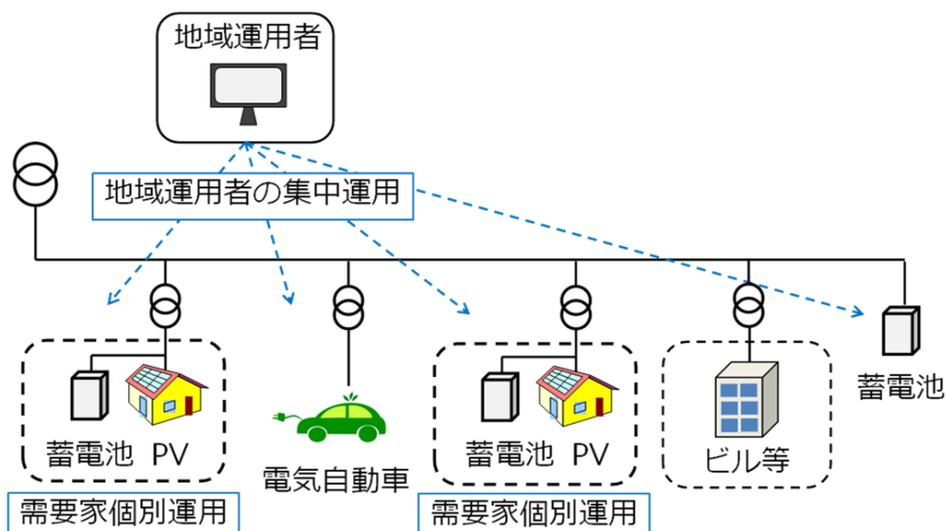
- ◆ 地図・道路データ、交通量データ、国勢調査データに基づく交通シミュレーションツール
- ◆ 充電器の配置や利用者の充電行動を考慮したシミュレーションにより、**地点ごとのEV充電負荷カーブを推定**
- ◆ 自家用車を対象（現在、業務用車両は対象外）



参考

コミュニティ運用計画プログラム

- 需要側能動化の考慮
 - ✓ 需要家個別運用および地域集中運用による**需要側エネルギー資源 (PV、蓄電池、EV、HP給湯機、等) の経済運用**
- 様々な条件設定
 - ✓ 対象地域、PV・蓄電池・HP給湯機普及率、EV普及台数、他



参考

配電系統解析プログラム (CALDG)

- ◆ 再エネ・蓄電池・EVなど分散エネルギー資源の連系による配電系統への影響を解析
- ◆ 系統側の電圧制御（変電所タップ制御、SVR、SVCなど）や分散形電源の各種制御を模擬



参考

電力系統瞬時値解析プログラム (XTAP)



XTAP The Smart Grid Simulator

What is XTAP?

XTAP, which stands for eXpensible Transient Analysis Program, is a computer program for the waveform-level simulation of power systems. In the field of power system analysis, the waveform-level simulation is often referred to as the electromagnetic transient (EMT) simulation.

XTAP is one of the EMT simulation programs. XTAP can be used not only for traditional EMT simulations such as overvoltages, inrush currents and abnormal oscillations occurring in power systems but also for new simulation needs which include assessment of various power quality problems and performance studies of power-electronics converters used in HVDC systems and FACTS devices. Studies related to power-electronics converters used in renewable energy interconnections are also included.

XTAP uses accurate and numerically robust algorithms developed by recent research activities and is equipped with a user-friendly graphical interface.

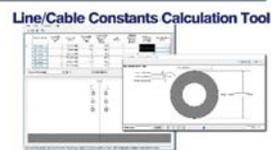
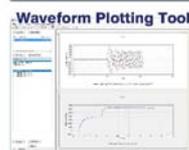
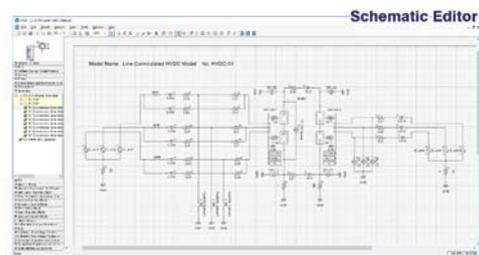
In Japan, all utility companies use XTAP as their standard, and major manufacture, universities and research institutes form a user community.

Applications

- Switching and lightning overvoltages, transformer inrush currents, induction motor/generator inrush currents, ferroresonance, subsynchronous resonance (SSR), and black-start overvoltages.
- Various power quality problems such as harmonics, flicker, and voltage interruptions/drops/swells.
- Performance studies of power-electronics converters used in HVDC systems and FACTS devices and also for renewable energy interconnections.

Graphical User Interface

XTAP's graphical user interface (GUI) allows the user to create a simulation case by intuitively arranging and interconnecting electrical and control components. A comprehensive component library is fully pre-equipped, and the user is even able to create user-defined models. The GUI is equipped with various supporting tools such as a waveform plotting tool, a line/cable constants calculation tool, and so on.



Models

- Comprehensive electrical and control components
- Synchronous generator model (incl. saturation and torsional dynamics)
- Transmission line models (i.e. constant-parameter and frequency-dependent)
- Transformer models (2, 3-winding and

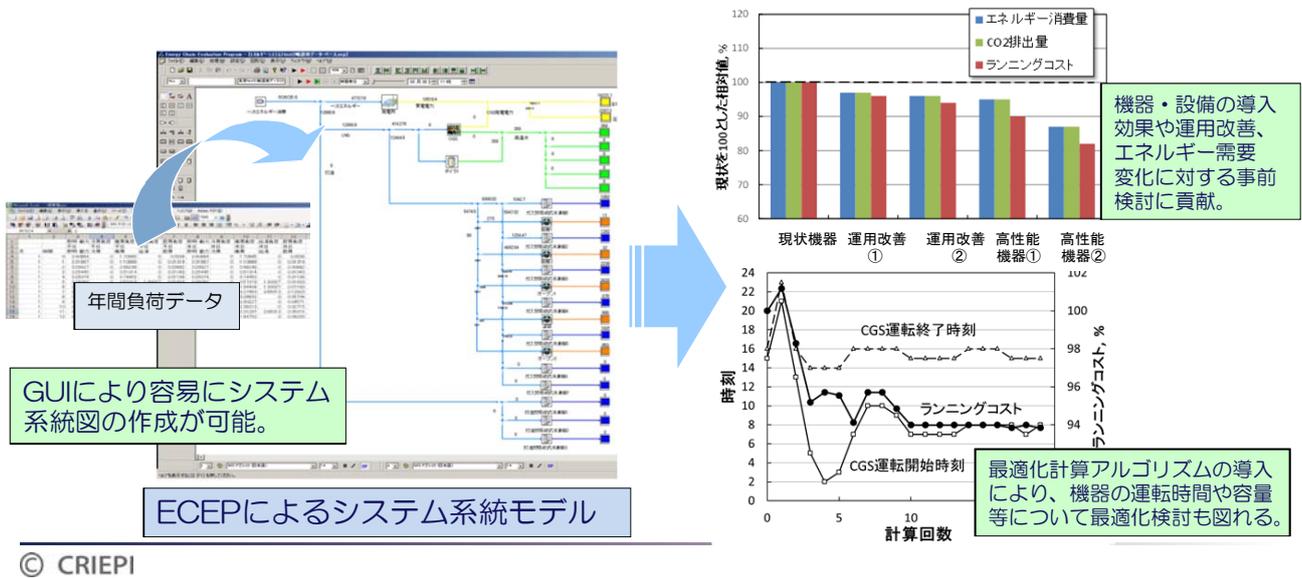
References

- T. Noda, K. Takemura, and T. Inoue, "Numerical integration by the 2-stage diagonally implicit Runge-Kutta method for electromagnetic transient simulations," IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 24, no. 1, Jan. 2009.
- A. Ametani (Ed.), Numerical Analysis of Power System Transients and Dynamics, The Institution of

XTAP ver2.0を <http://www.xtap.jp>より入手可能
本図は、海外向けサイト <http://www.xtap.com>

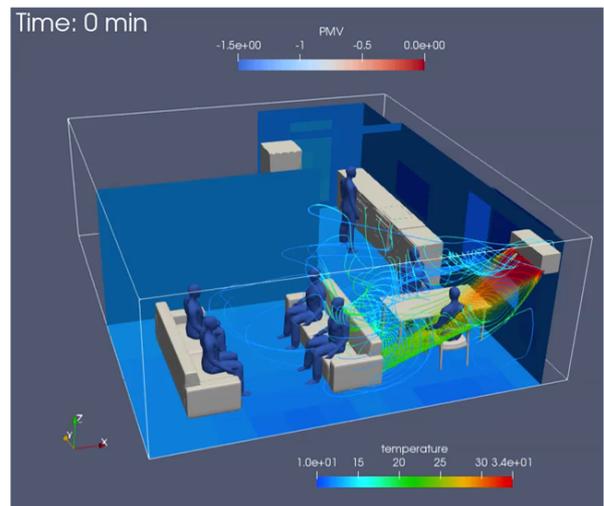
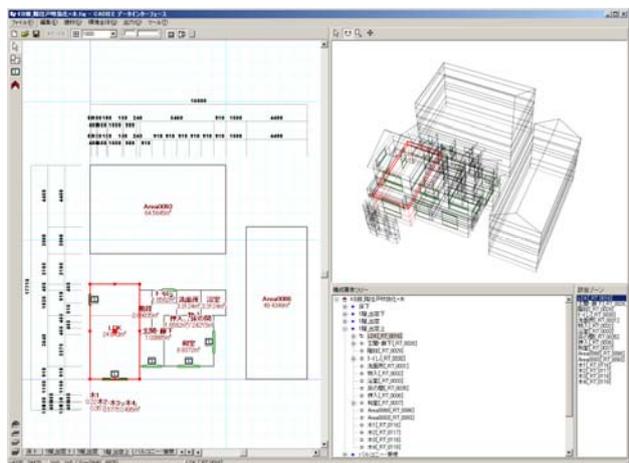
参考 需要家サイドエネルギー消費解析プログラムECEP

- ◆ 年間需要(一般電力、給湯、蒸気、冷暖房など)を元にして、各エネルギー機器の運転をシュミレーションし、システムシステムのエネルギーフローを解析する。
- ◆ システム全体のエネルギー消費量、CO2排出量、運用コストなどを算出し、省エネ、省CO2、コスト低減検討に貢献する。



参考 室内温熱環境設計ツール CADIEE

- ◆ 建物、設備、居室者の各々の特性を考慮した、室内温熱環境、温熱快適性、機器消費エネルギーの時間変化を模擬可能なツール
- ◆ 多数室熱回路計算に加え、CFD(数値流体)との連成計算が可能
- ◆ 空調負荷計算手法として国交大臣認定取得(2009年度)



エアコンの暖房時動作と温熱快適性の評価例