

# オントロジーを活用した エネルギー管理システムのための 統合的情報管理の実現

理化学研究所 情報統合本部  
基盤研究開発部門

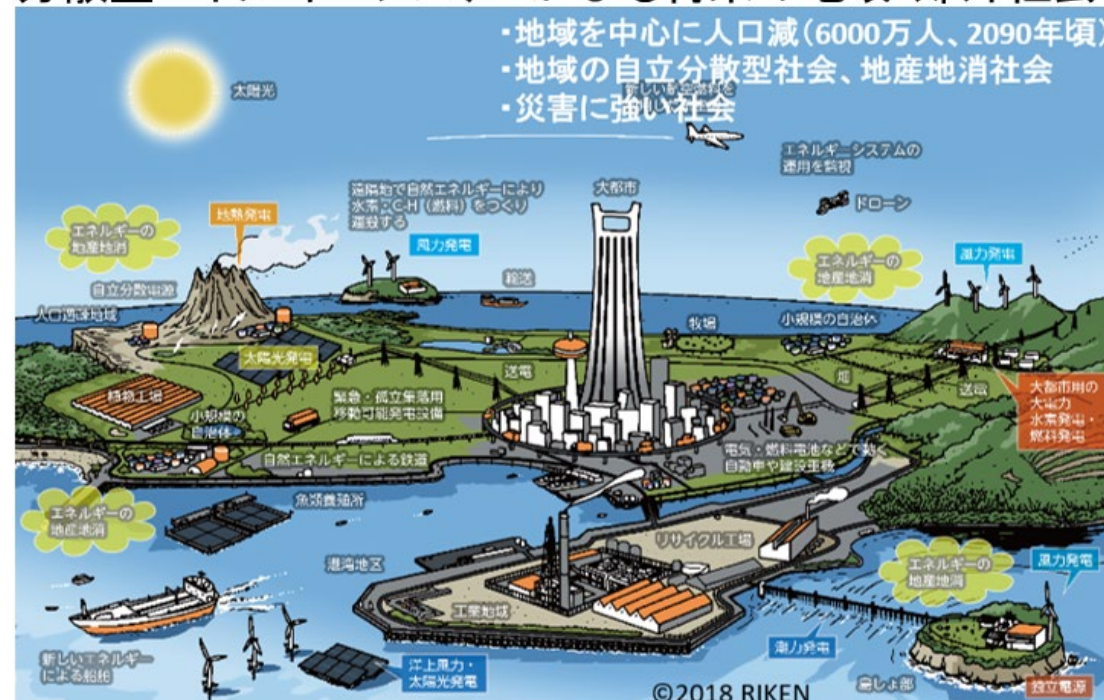
副部門長 小林 紀郎

2025年6月3日

# 分散型エネルギーシステムの実現

- 地球温暖化防止は人類共通の重要な課題  
日本の温室効果ガス削減目標は、2050年までにカーボンニュートラル  
最有力の再生エネルギーは自然環境に左右される**変動電源**であり、**需給をバランスさせる技術開発が必要**
- 2つの再エネ市場：
  - ①集約型：海外の再エネ密度が高い地域で発電。水素等に変換し海上輸送で都市圏や人口密集地域に供給するシステムの市場
  - ②分散型：郊外地域や中小集落等で発電・消費を自立的に行うシステムの市場  
→ 人口減が進む**日本**や欧州、今後電化を進めるアジア、アフリカの無電化地域では②**分散型の需要が高くなる想定**

## 分散型エネルギーシステムによる将来の地域・郊外社会



## エネルギー供給方式の比較 ※適材適所の組み合わせが望ましい

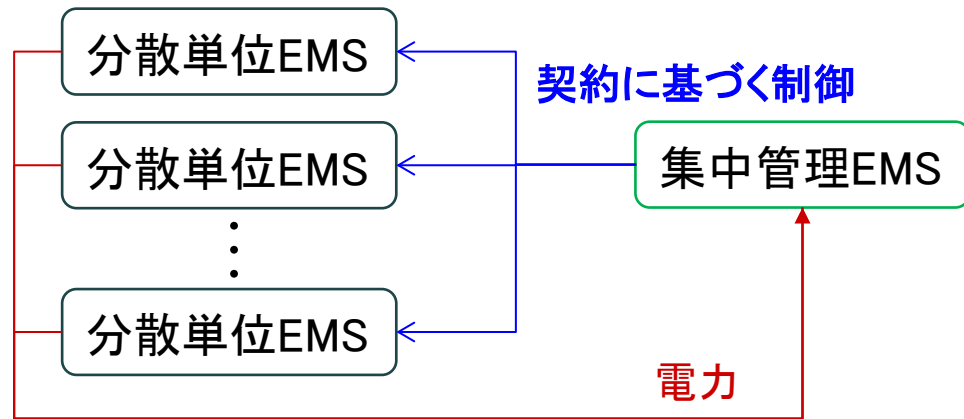
|           | ①集約型                      | ②分散型                                      |
|-----------|---------------------------|-------------------------------------------|
| 適した地域     | 大都市圏、工業圏                  | 地域及び郊外                                    |
| エネルギー生産   | オーストラリア等の適地で集約生産          | 国内、薄く広く                                   |
| エネルギー供給   | 送電線、変電所等の大規模インフラ(確立された技術) | 分散型生産及び供給、必要に応じて最小限の系統電源により補完(技術、手法開発が必要) |
| 同 供給規模    | 数百MW～数GW                  | 数十kW～数十MW                                 |
| エネルギー安全保障 | △(地政学的リスク)                | ○～◎                                       |
| 大災害時リスク   | △                         | ○～◎                                       |

# 分散型エネルギーシステム

- 複数の異種の分散電力システムを取りまとめて仮想発電所を構築

EMS: エネルギー管理システム

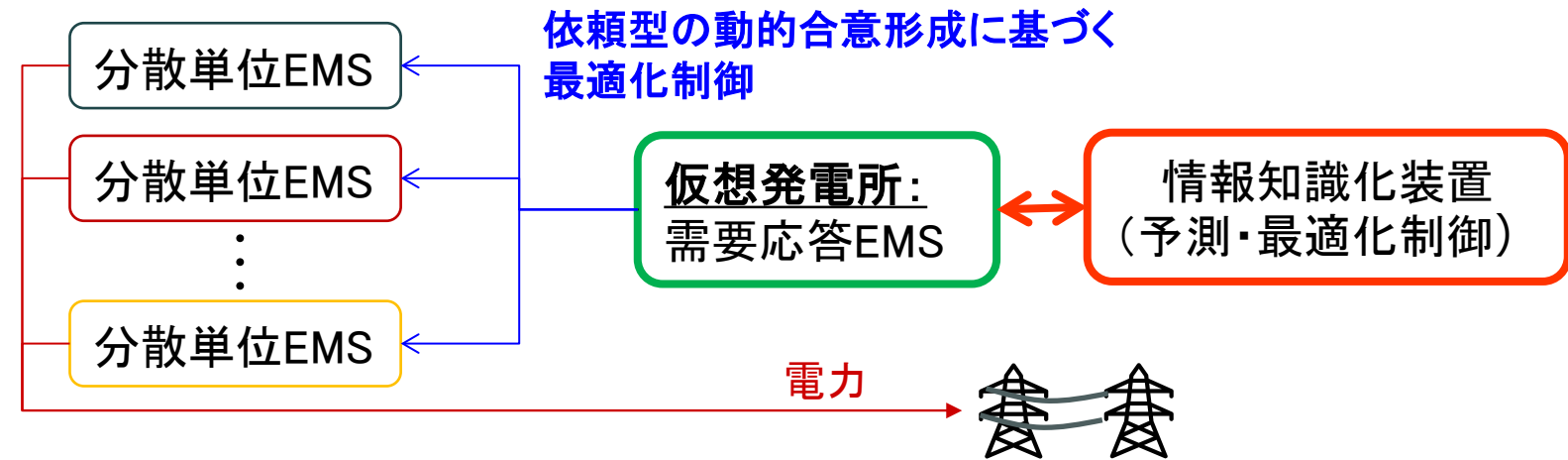
## 従来の集中型



- 中央での集中制御
- 分散単位EMSは比較的大規模で少数

小型分散EMSには適さない

## 本発明の分散型



- 仮想発電所需要応答EMSによる知識情報制御統括
- 分散単位EMSにも、自律的な動作が求められる
- 分散単位EMSは小規模、多様、多数

多種多様で多数の小型分散単位EMSに適し、  
精度よく需要に応じたベストミックスが可能

# 新技術の概要

自然エネルギーを利用した分散型エネルギーシステムにおいて、

オントロジーを活用して各種データに意味を付与してAIを利用したデータ連携を可能とし、

地域気象特性、設置環境特性、装置シミュレータ、システム設計、発電予測、需要予測、システム制御、の高度化を含む、

**統合的な知識管理**を実現する**社会情報基盤実現**に関する技術

## 従来技術とその問題点

従来の集中制御方式は、比較的規模の大きく少数の分散発電設備（分散単位EMS）に対しては有効

エネルギー生成・蓄積特性が異なる、多数の小型異種発電設備（分散単位EMS）から構成される分散型エネルギーシステムにおいては、非常に多数の分散単位EMSを統括して精度よく全体の需要抑制を行う有効な手法は存在しない

# 新技術の特徴

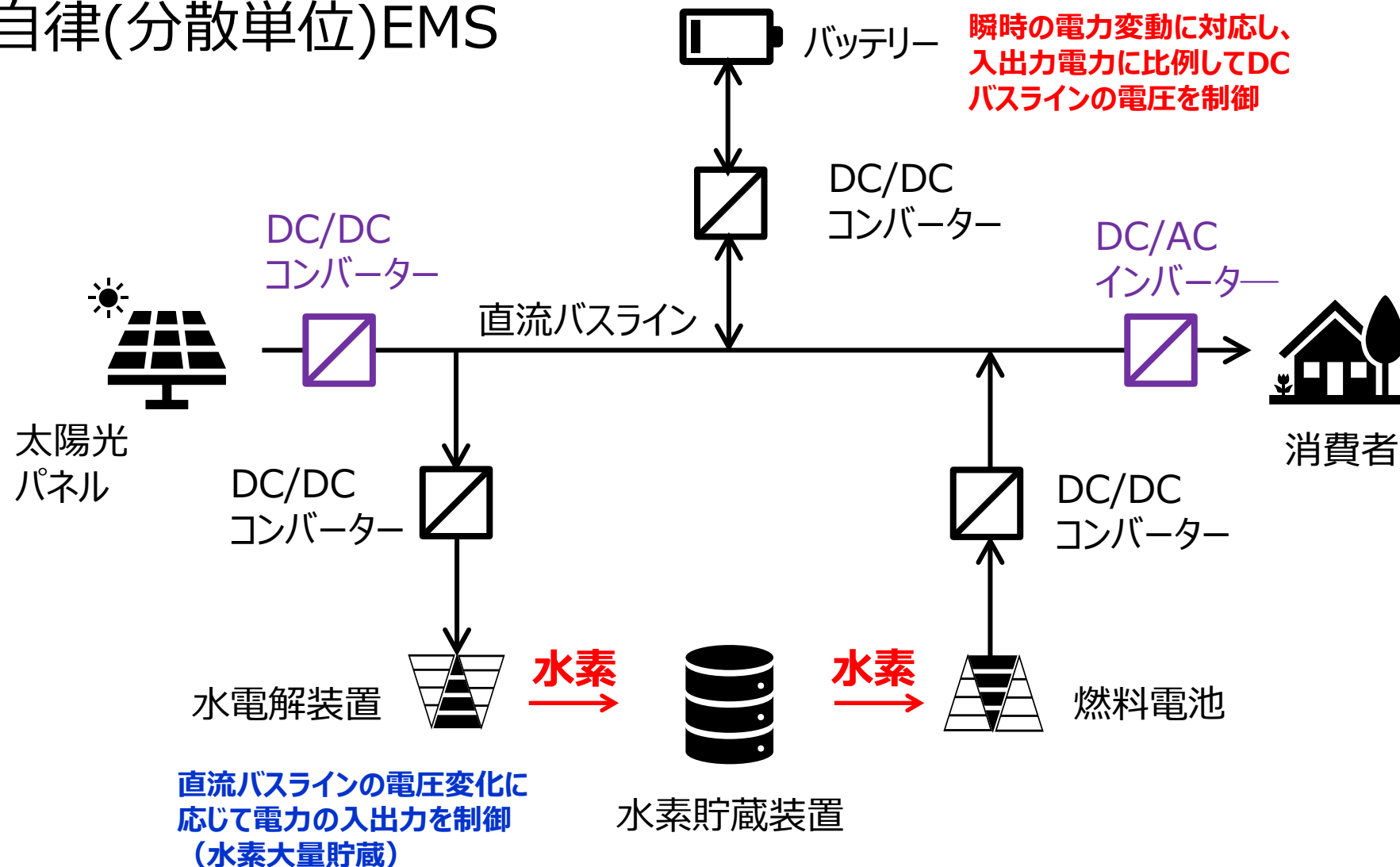
- 非常に多数の分散単位EMSを統括して精度よく全体の需要抑制(ネガワット取引等)を行う有効な手法を提供  
：分散単位EMSの最適化と全体目標達成の両立を実現
- 情報知識化装置を備え、これにより
  - ・ 異種電力システムに関する計測データや気象観測データを  
含む様々な情報に統一的な意味付けを行う
  - ・ 機械処理可能な知識に変換する知識化を実施
  - ・ EMSに関する機器・設備やデータの多様性、それらの変更  
及び追加に容易に対応できるシステムを構成できる

# 新技術の特徴

- 気象条件等により発電量が変動する再生可能エネルギーによる発電設備を含む分散型エネルギーシステムを地域特性や消費特性に合わせて実現し、さらに需要制御を包含する事で高精度な電力制御が可能
- 自律分散方式による、多種多様な発電・蓄電を集約し、仮想発電（蓄電）所を実現することが可能
- 多種多様なデータに意味を付与し体系化する知識化の機能、各種AI、シミュレータ等の解析システムを変更・拡張可能な形で統合できる情報基盤を実現

# 自律EMSの例 (水素エネルギーシステム)

## 自律(分散単位)EMS



自己最適化を行うEMS  
の最小単位  
(分散単位EMS)

[1] D. Yamashita, et al., Int. J. Hydrogen Energy 44 (2019) 27542.

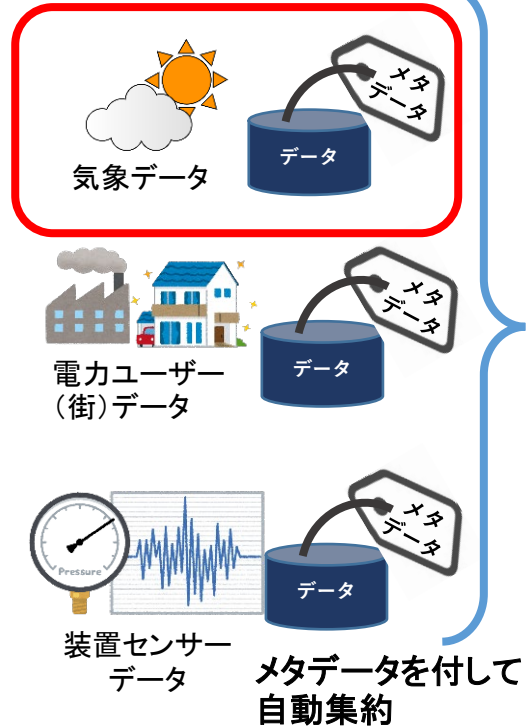
[2] K. Tsuno et al., IFAC PapersOnLine 56-2 (2023) 9098.

# 情報知識化：知識ベースとAIを組み合わせた情報管理

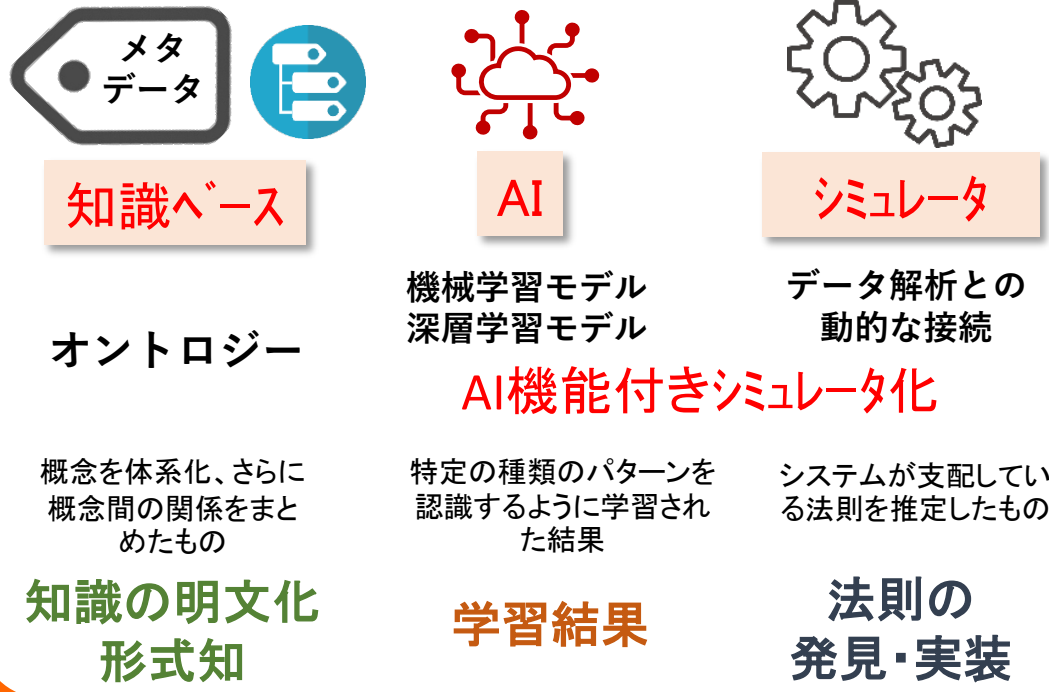
## 情報知識化装置

## ゴール

システム高度化のための多様  
で新規なデータ



自動的に新たなデータを集約、AIツールと統合  
リアルタイム処理を含めた計算の自動化を実現



・システム変更・拡張  
に迅速に対応

・環境・気象条件に応  
じた電力需要予測

・システムの自動最  
適制御

・電力収益予測

・システム変更時の  
迅速なシステムシ  
ミュレーション実行

## 従来法



データの意味に合わ  
せてデータ構造を決  
め、システム等を変  
更する必要がある

システム変更・拡張に  
迅速に対応できない

# オントロジーによる意味定義

|    | ハードウェア実装 メタデータ                                                                                                                                                                    | ソフトウェア実装 メタデータ                                                                                                                                                                                |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 静的 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>物理構造 (モノ, BOM)</b><br/>システム仕様書に記載されているシステム・装置 (モノ) のメタデータを作成<br/>システムを構成する装置や配管・配線の間を記述する<br/>モノの性能、機能を記述する</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>論理構造 (シミュレーション・予測)</b><br/>シミュレーション開発の際の論理的な構成要素 (theoretical components)を記述<br/>論理的構成要素が提供する機能・アルゴリズム・入出力データを記述する<br/>モノの理論的な性能、機能を記述する</li> </ul> |
| 動的 | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>制御 (モノの動かし方)</b><br/>システム・装置の制御システム仕様書に記載されているシステム・装置 (モノ) のメタデータを作成<br/>システムを構成する装置の機能や入出力関係等を記述する<br/>モノのふるまいや動作の相互関係を記述する</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>計測データ (観測・状態)</b><br/>システム・装置に備わっているセンサーの出力データや、気象等の観測データのメタ情報を記述<br/>センサーID、計測されたデータの種類、単位付きの計測値を記述する<br/>モノや環境の定量的状態を記述する</li> </ul>              |

## オントロジーの規模

- 概念(クラス)数: 263
- 概念間関係数
  - 概念の上下関係・合同関係: 369
  - 概念を説明する項目(プロパティ)数: 192
- 個物(選択肢)の数: 100

Class hierarchy: 降水確率

● 降水確率 - <http://www.semanticweb.org/m/ontologies/met/降水確率>

Annotations Usage

Annotations: 降水確率

Annotations +

**rdfs:label** [language: ja]  
降水確率

**rdfs:comment** [language: ja]  
(備考)  
a) 予報区内で一定の時間内に降水量にして 1 mm以上の雨または雪の降る確率 (%) の平均値で、0、10、20、...、100%で表現する (この間は四捨五入する)。  
b) 降水確率30%とは、30%という予報が100回発表されたとき、その内のおよそ30回は 1 mm以上の降水があるという意味であり、降水量を予報するものではない。  
cf. 降水確率予報: 降水確率の予報。  
(気象庁)

Description: 降水確率

Equivalent To +

SubClass Of +

● WeatherIndex

General class axioms +

SubClass Of (Anonymous Ancestor)

Instances +

Target for Key +

owl:Thing

WeatherIndex

日射量

全天日射量

日照時間

気圧

気温

水蒸気圧

湿度

積雪の深さ

視程

降水確率

降水量

降雪量

雲量

露点温度

風向

風速

WeatherState

あられ

ひょう

みぞれ

地ふぶき

快晴

晴れ

曇り

煙霧

砂じん嵐

薄曇り

雨

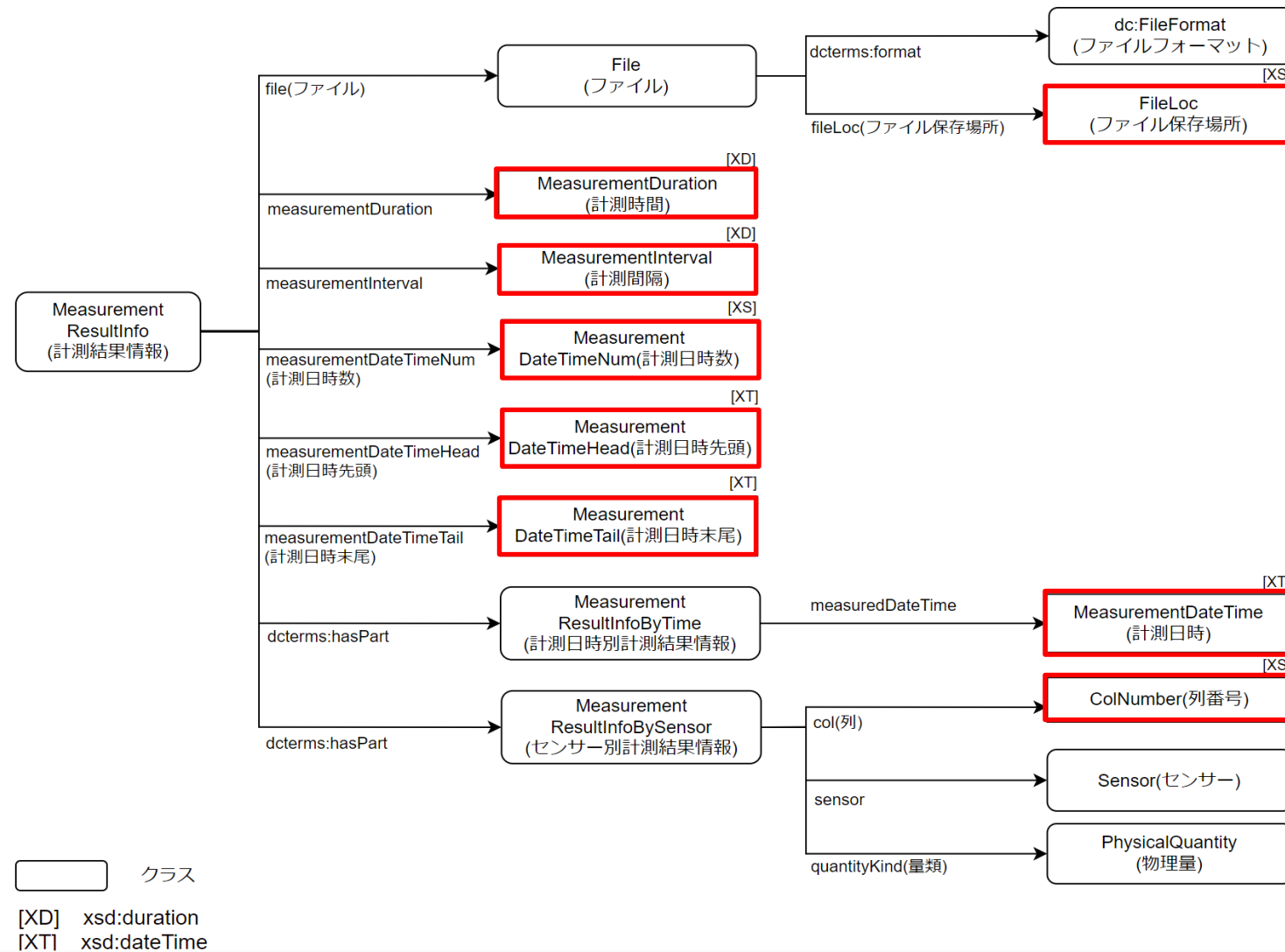
雪

雷

霧

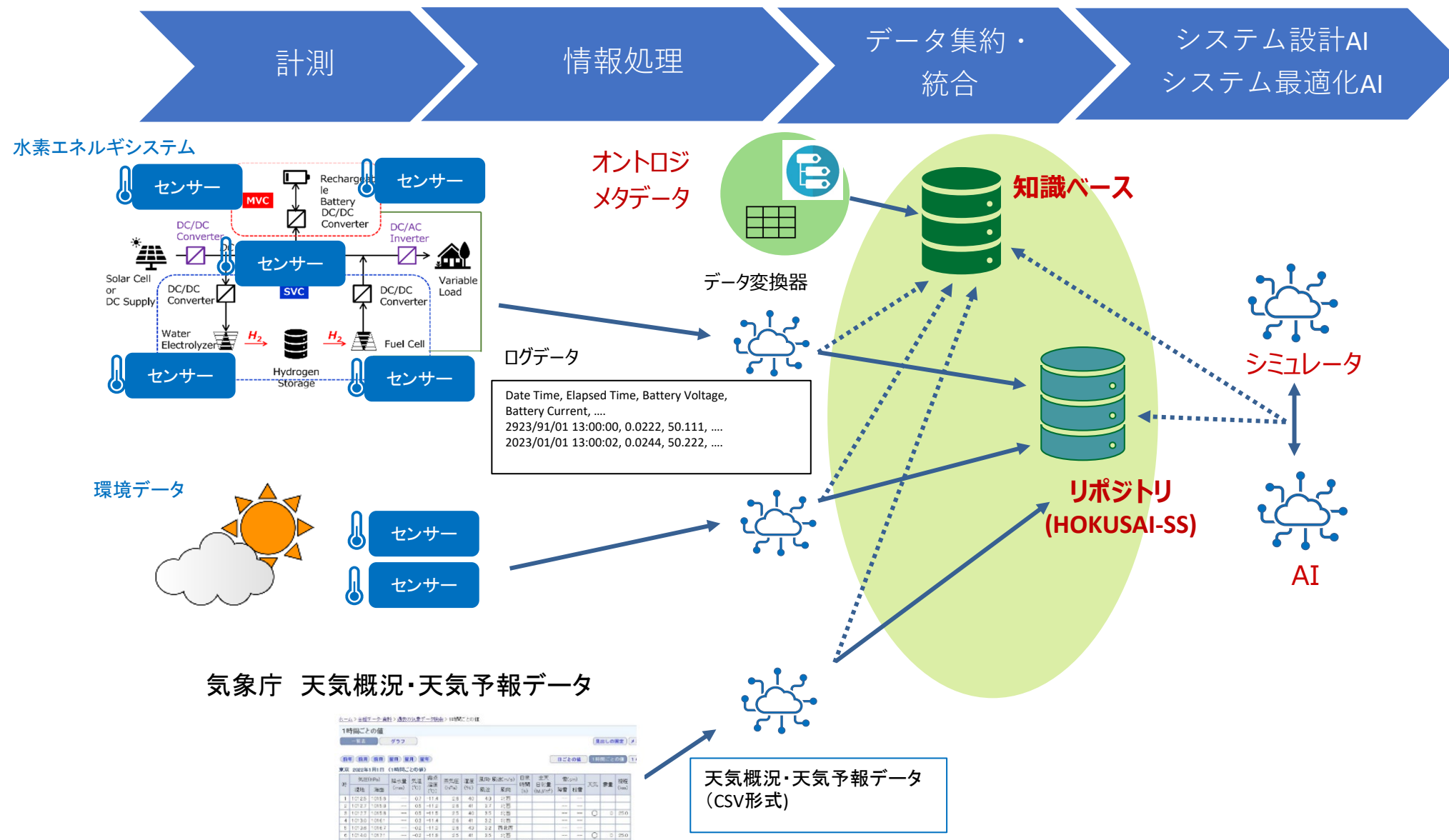
霧雨

# オントロジー定義(メタデータスキーマ)の例



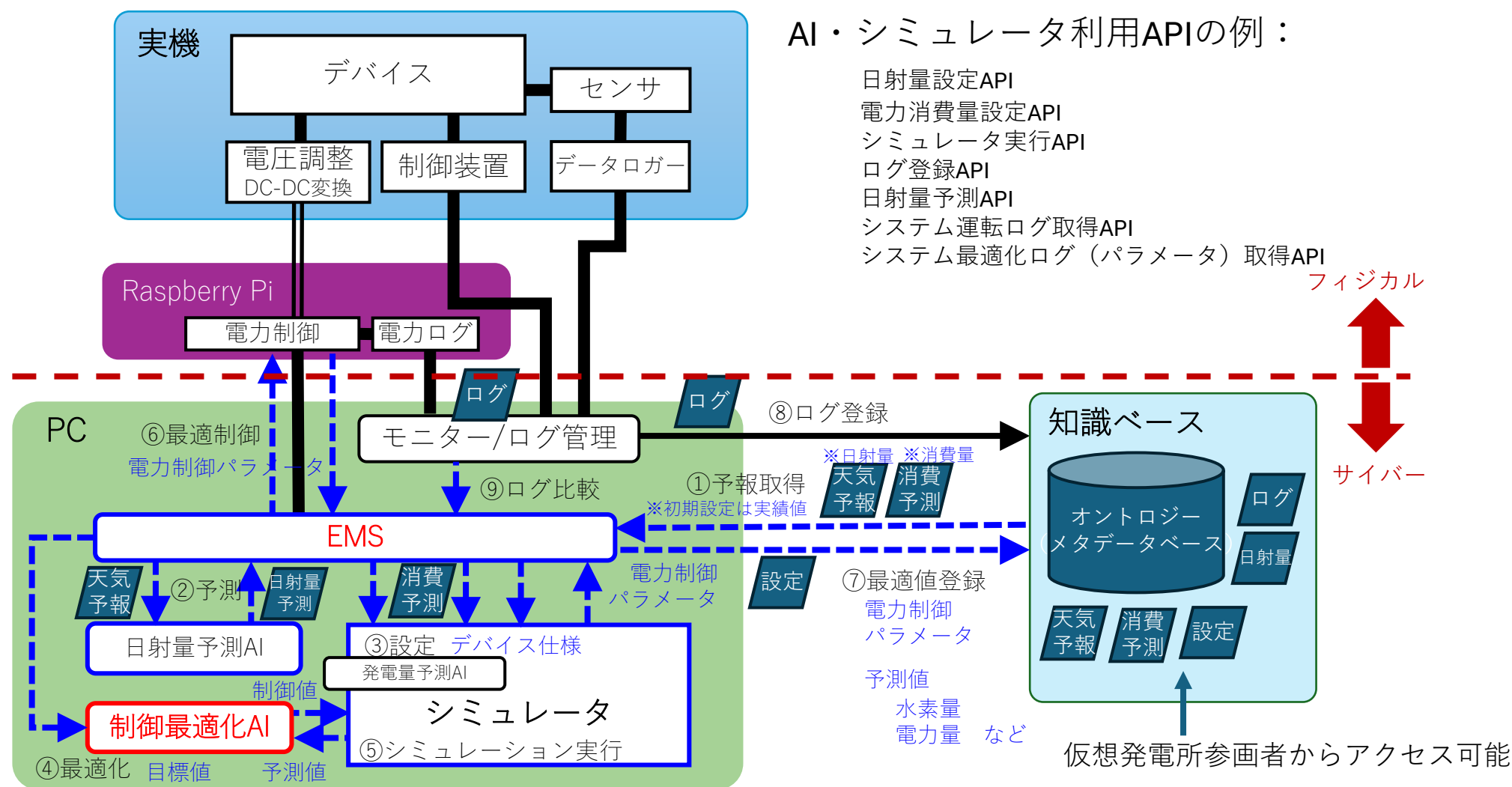
赤枠は具体的な数値や文字列等のデータが記述される。  
それ以外の概念や関係の名前はオントロジーで定義される。

# メタデータを含むデータ収集機能の実装例

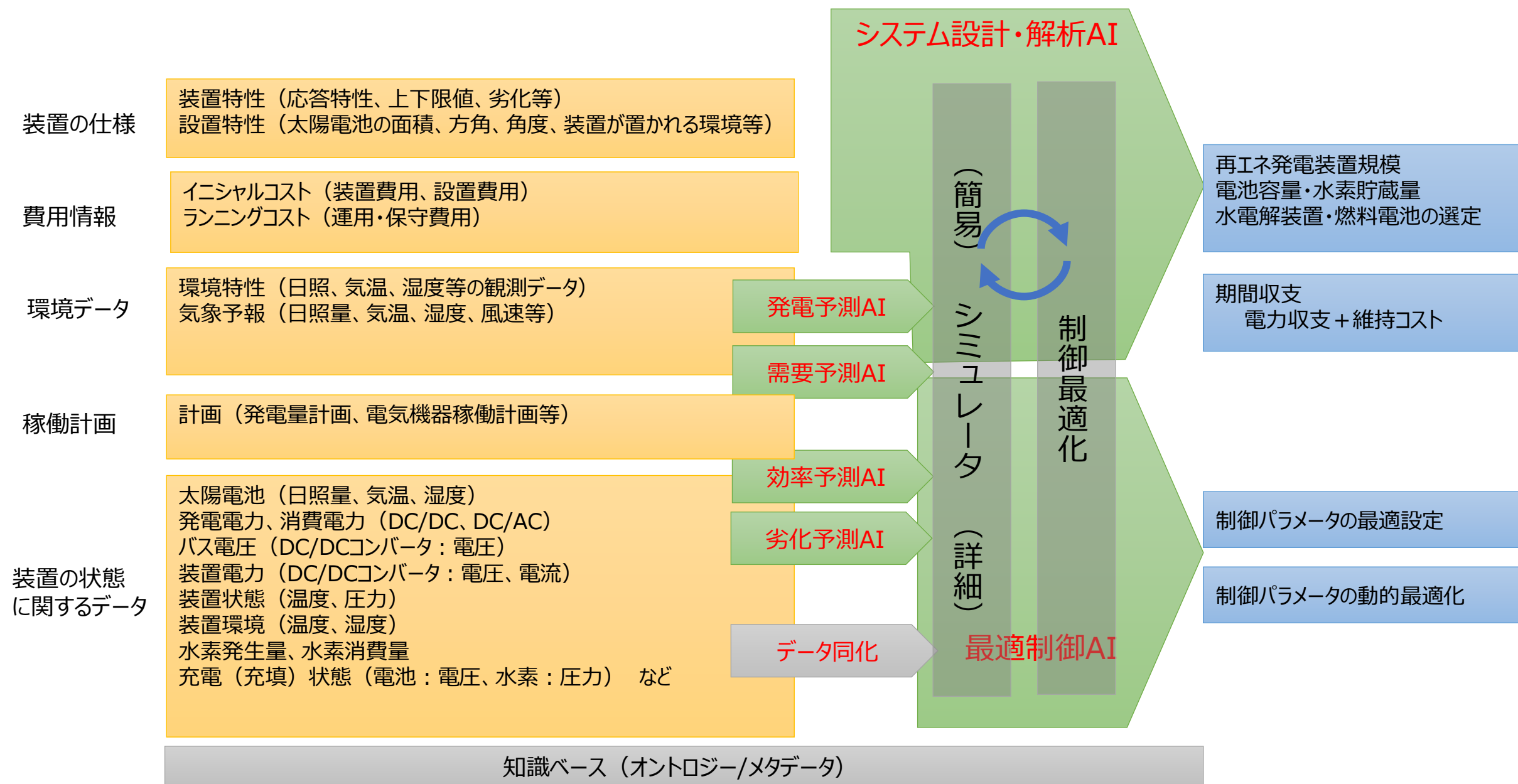


# AI・シミュレータの利用

刻々と変わる天気予報と装置などから収集される稼働ログ情報に基づき、シミュレータを活用した予測最適制御を実現する。



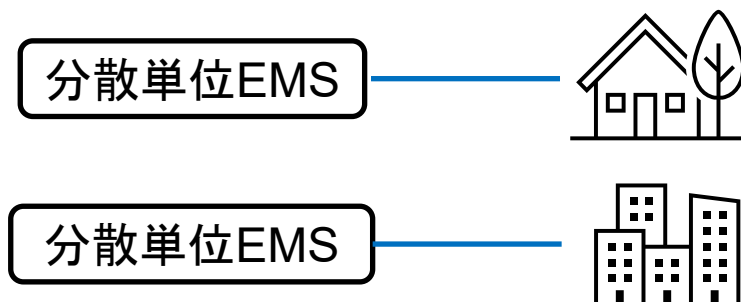
# 集約された知識のAI・シミュレータでの利用



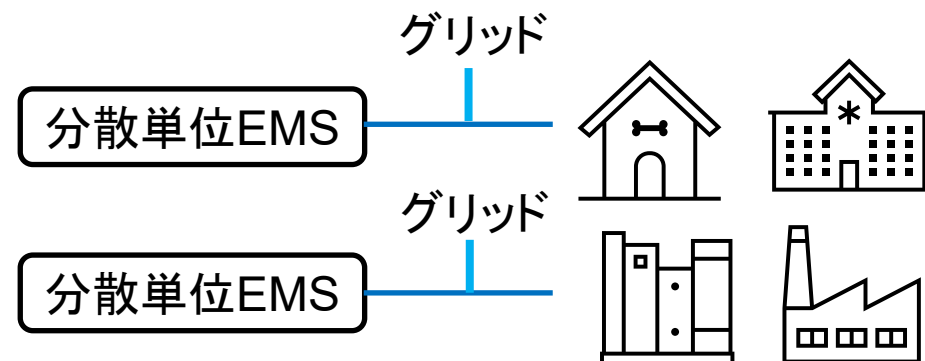
# 想定される用途

郊外地域や中小集落等で発電・消費を自立的に行う、  
比較的小規模の分散型エネルギーシステムの構築

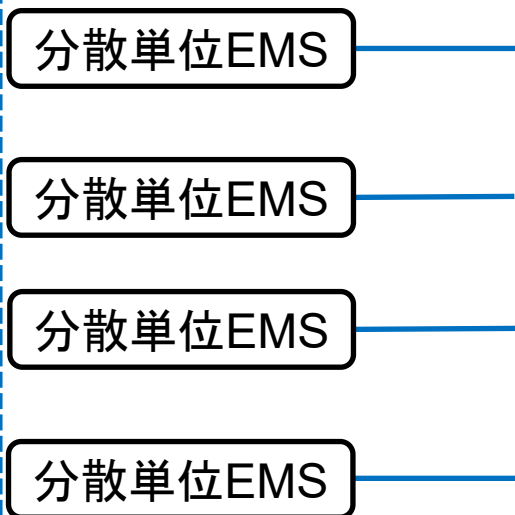
## 1. 自然エネルギーの利用



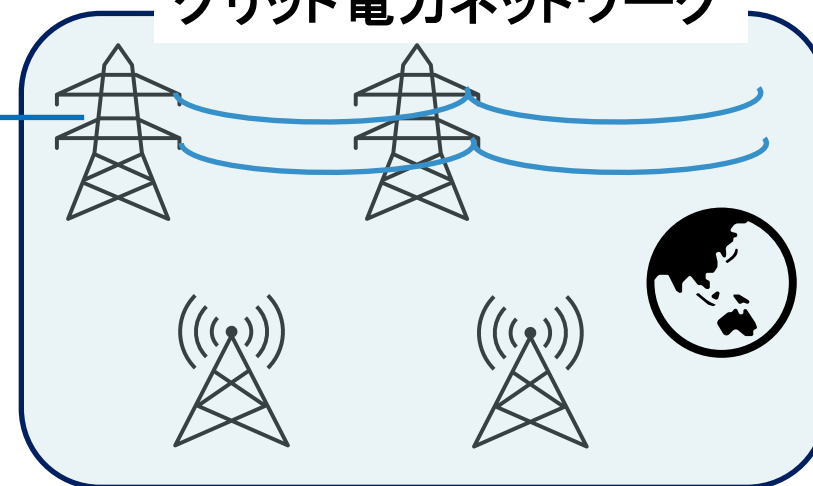
## 2. グリッドとの協調運転



## 3. グリッドネットワーク



## グリッド電力ネットワーク



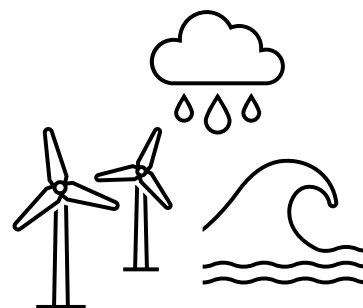
## グリッドとの協調運転

- ピークカット
- 電力最大利用時のアシスト

## レジリエンスとしての独立運転

- 独立運転時のエネルギー貯蔵と利用制御
- 水・トイレなどのほかの重要資源との協調

## 他のエネルギー源との協調



# 想定される用途

グリッド電力ネットワークと接続したネガワット取引を可能とする  
「節電」発電所の実現

API (Application Programming Interface)  
を介した電力会社の電力予測データや  
需要供給データの双方向通信



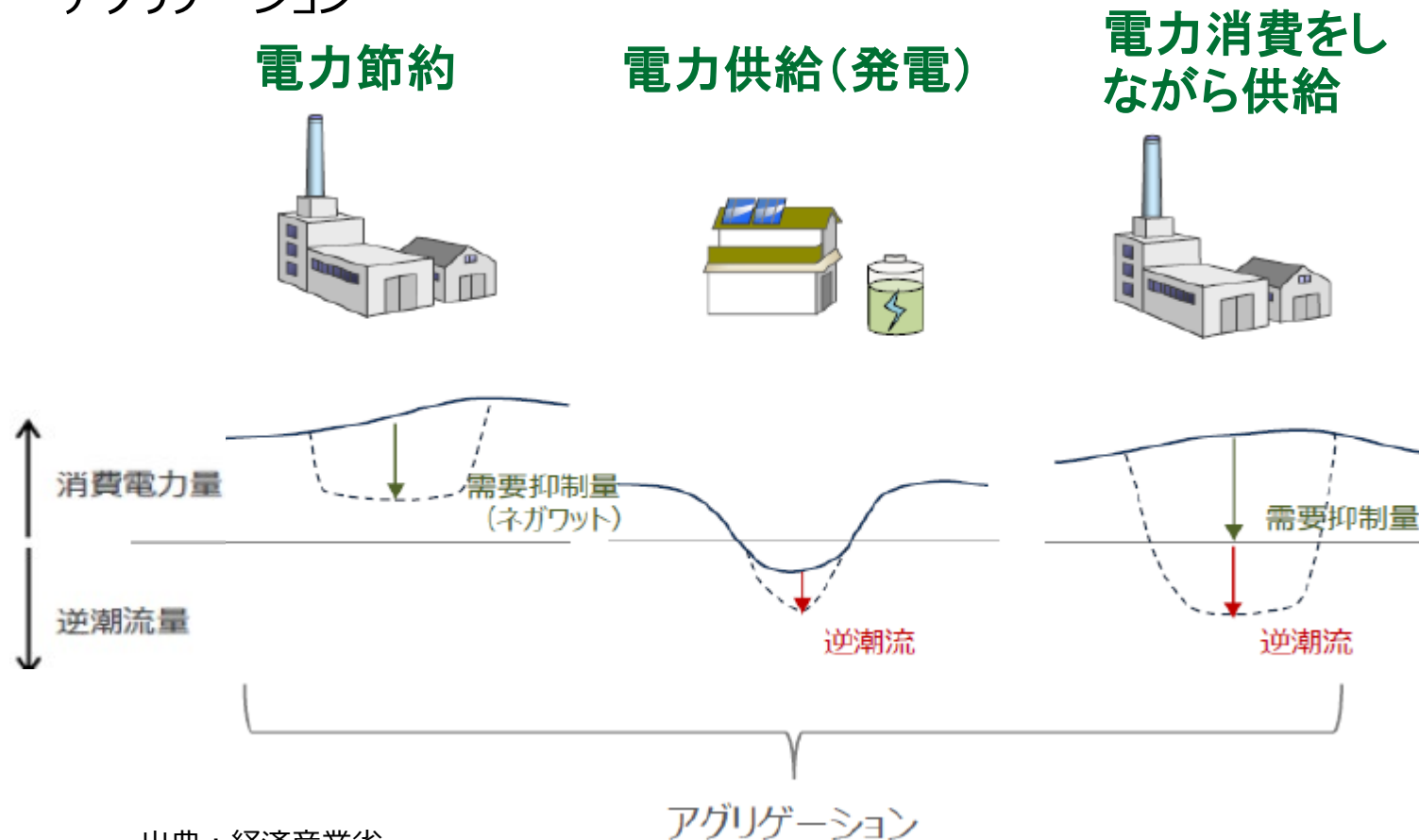
ネガワット取引

電力使用者の節約した電力を、当該電力使用者が発電したとみなす

# 電力供給状況に応じた電力使用側の調整

## 仮想発電所 電力不足時の対応

- 逆潮流（ポジワット）と需要抑制（ネガワット）を組み合わせたアグリゲーション

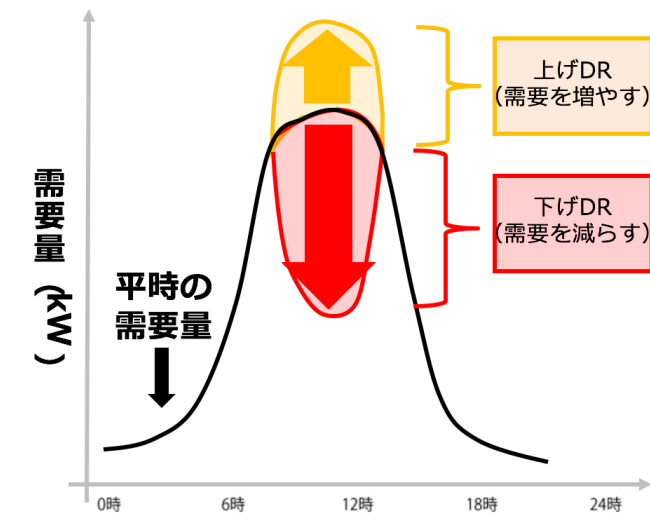


出典：経済産業省  
「逆潮流アグリゲーションの活用」 令和2年 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課

## 電力余剰時の対応

- 上げ需要応答（需要を増やす）も可能

- ・ 工場等の稼働率上昇
- ・ 蓄電等による電力消費



出典：資源エネルギー庁HP  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_syst\\_ems/vpp\\_dr/about.html#tag1](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_syst_ems/vpp_dr/about.html#tag1)

# 想定される用途

## Society 5.0基盤構築

(DX推進、デジタルツイン、サイバー・フィジカル)

- 目的・用途を問わず、多種多様なデータを統一的に集約、利活用を推進する知識ベースの構築
- エネルギーシステムを含む、AIやシミュレータを活用した社会システム設計、制御を行う知識駆動型デジタル社会情報基盤の構築

# 実用化に向けた課題

- 現在、学術的視点でオープン・アンド・クローズ戦略に基づいたデータ管理や共有が可能
- 認証やセキュリティの強化
- 安定動作する基盤としての強靱化
- オントロジー設計・メタデータ生成の手間がかかる問題
- 多様な分散単位EMSを備えた仮想発電所の実施例を増やし、
  - － 対応可能な情報基盤（クラウド等）の拡大
  - － オントロジーやAPIの増強
  - － 製品化

# 社会実装への道筋

| 時期    | 取り組む課題                                               | 社会実装へ取り組み              |
|-------|------------------------------------------------------|------------------------|
| 基礎研究  | ・知識情報基盤の概念設計                                         |                        |
| 現在    | ・分散型水素エネルギーシステムにおいて、一つ目の知識情報基盤を構築                    |                        |
| 5年後   | ・知識情報基盤を搭載した、環境の異なる複数の分散型水素エネルギーシステムの構築<br>・データ収集の加速 | 小型システムから郊外・中小集落での利用開始  |
| 10年後  | ・複数の自然エネルギーを含む実証実験<br>・自然エネルギー発電に関する知識体系化(オントロジ)の実現  | 設置個所の特性に合わせた最適なシステムの展開 |
| 2050年 | ・カーボンニュートラル実現の基盤として確立                                | 電力網の一部として実用化される        |

# 企業への期待

- 多様な分散単位EMSの開発
- デジタルツインEMSとしての製品化、導入事例の創出
- 知識情報基盤の、**他目的利用**を含めた機能拡張の共同研究を希望
- 特にDX化が難しいとされる目的でのニーズ・事例創出
- 目的に応じたオントロジー、AI、シミュレータそれぞれの機能開発

## 企業への貢献、PRポイント

- 本技術はオントロジーによるデータの意味付けを行うことから、オントロジーを変えれば別用途の知識も扱い可能
- 知財としてのデータ管理を適切に行いながら、企業間、産学連携が可能
- 産業界においてもDX基盤として、組織内に蓄積されたデータや文書等から形式知を構築しながら利活用可能

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 情報知識化装置、情報知識化方法、学習済みモデル、学習済みモデルの生成方法およびプログラム
- 出願番号 : 特願2024-112914
- 出願人 : 国立研究開発法人理化学研究所
- 発明者 : 小林紀郎、野本昌子、常木優克、藤繁航、和田智之、小川貴代、半田敬信、藤井克司

# お問合せ先

株式会社理研イノベーション  
新技術説明会事務局

Email: [license-contact@innovation-riken.jp](mailto:license-contact@innovation-riken.jp)