

第6回「産業技術総合研究所 太陽光研究センター 成果報告会」

スマートグリッドの展開

“再生可能エネルギー導入”+“集中/分散のエネルギーマネジメントの協調”

2010年8月9日

荻本 和彦

ogimoto@iis.u-tokyo.ac.jp

エネルギー工学連携研究センター(CEE)

東京大学 生産技術研究所

スマートグリッドの展開

“再生可能エネルギー導入”+“集中/分散のエネルギーマネジメントの協調”

1. スマートグリッドとは
2. 技術戦略から見たスマートグリッド
3. 米国での取り組み
4. 実現方法：
集中/分散のエネルギーマネジメントの協調
5. 研究事例

スマートグリッドとは？

社会の要請と技術革新を背景にした、電力需給の課題の解決方策：

[要請]

- ・電力供給の低炭素排出化
 - ⇒(1)出力の変動する再生可能エネルギーの導入(例：欧州の風力、日本のPV)
 - ⇒(2)既存、新設の火力発電の高効率化、原子力発電の効果的活用

- ・電力需要の新しい利用技術の導入・普及
 - ⇒(3)需給バランスへの需要側での対応(需要シフト、分散電源、蓄電制御)
 - ⇒経済負荷配分の自由度の増加

- ・経済社会活動でより重要性を増す電力の供給信頼度の確保
 - ⇒最適電源ミックスによる一次エネルギーの確保と電源・流通信頼度確保
 - ⇒(4)需要側での対応(系統全体のための需要カット、自律供給)

スマートグリッドとは？

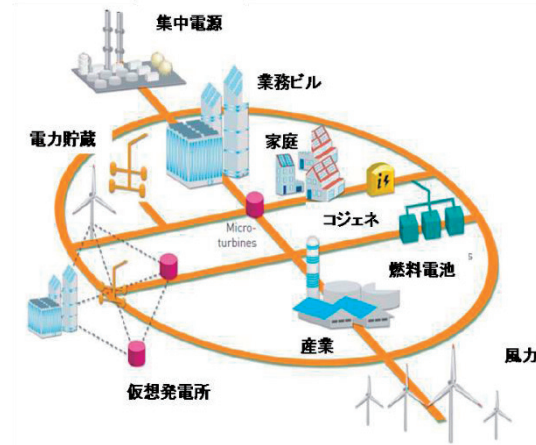
社会の要請と**技術革新**を背景にした、電力需給の課題の解決方策：

1) すでに確立しつつあるもの

- ・双方向のデータ通信機能を持つ電カメータ(スマートメータ)
- ・デジタル電カメータを用いた利用量モニタリング、複数料金メニュー運用
- ・但し、国あるいは系統により、既設の設備の状況は異なる。

2) 将来の技術革新を必要とするもの

- ・配電自動化
(日本ではすでに実用化)
- ・集中、分散の**電力貯蔵技術**
- ・再生可能エネルギーの**発電予測**
- ・電力利用、貯蔵、供給機器の**需給状況に応じた運転制御**
- ・需給状況に応じた電気のdynamic pricing
(Californiaでは、2012年に導入予定)

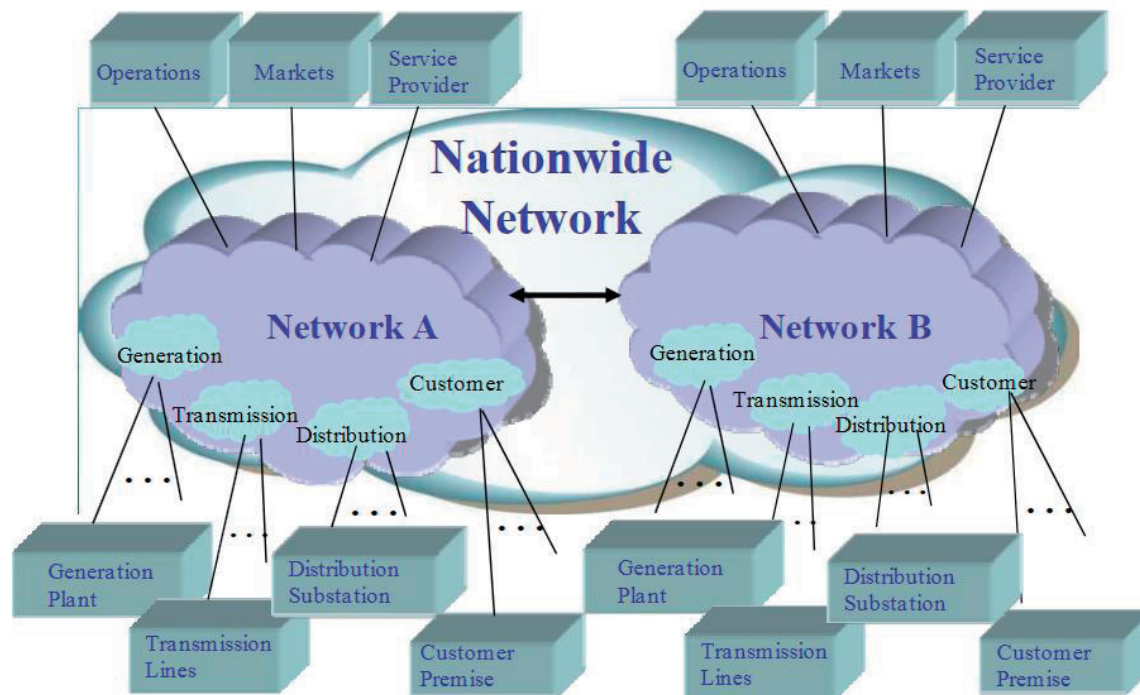


SmartGrids European Technology Platform HPより作成

スマートグリッドとは？

米国Energy Independence and Security Act of 2007)による定義:

The term “Smart Grid” refers to a modernization of the electricity delivery system so it monitors, protects and automatically optimizes the operation of its interconnected elements – from the central and distributed generator through the high-voltage network and distribution system, to industrial users and building automation systems, to energy storage installations and to end-use consumers and their thermostats, electric vehicles, appliances and other household devices.



Source NIST Smart Grid Interoperability Standards Roadmap (2009.6)

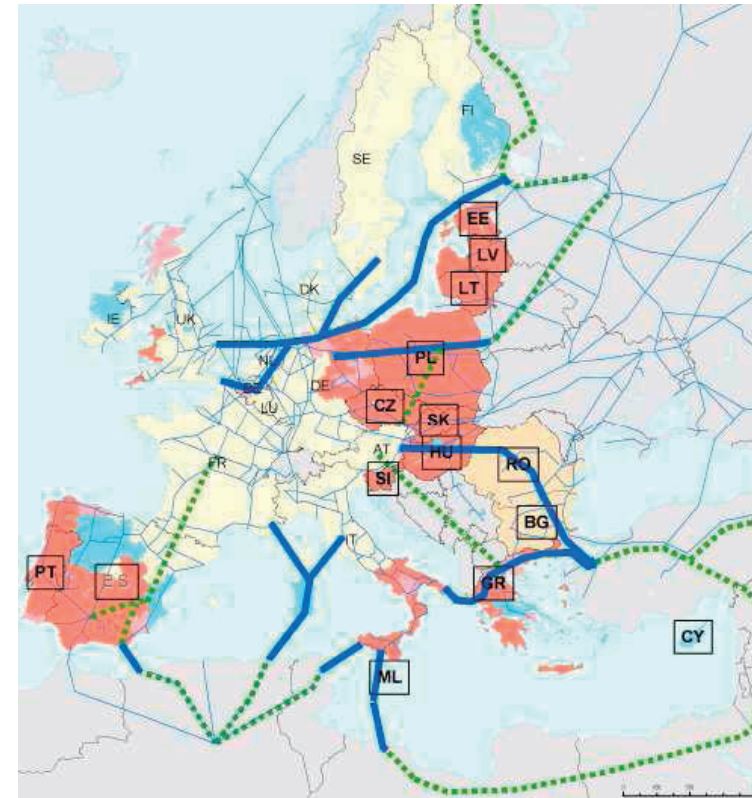
スマートグリッドとは？

- 適用地域の社会・経済、資源などの条件から、**さまざまな実現形態**の可能性を持ち、技術、社会インフラ、制度改編を含み**段階**で内容は異なる。実現形態と段階の組み合わせから、たどる**道筋は多様**である。
- 考え方のコアは、直接制御あるいは間接制御により需要を能動化することで、電力系統の需給調整能力を高めること。
- 将来技術としては、機器間の通信、分散エネルギーマネジメント、電力貯蔵等が重要
- **分散エネルギーマネジメント**は、機器設備のエネルギーの利用目的を損なわず、生活環境と経済性の維持向上、新しいサービスへの展開の可能性
- 欧米では、以下のもスマートグリッドの中に入れて議論される場合もある：
 - ✓ 米国の中部の大規模太陽光発電あるいは風力発電の電力の送電のための東西方向などのいわゆる“green transmission highway”
 - ✓ ヨーロッパにおける洋上風力を需要に結ぶ送電線
 - ✓ 環地中海連系など、super -Grid

Smart grid, a catch-all term that means different things to different people, has become the latest buzzword in the electric power industry. Everybody is for it, even if nobody is sure what it means.

スマートグリッドの背景:地球環境問題

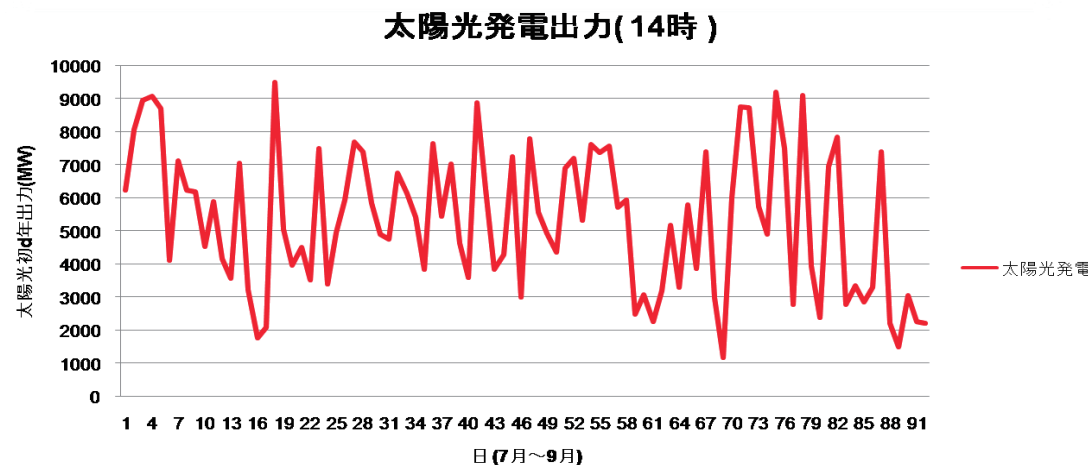
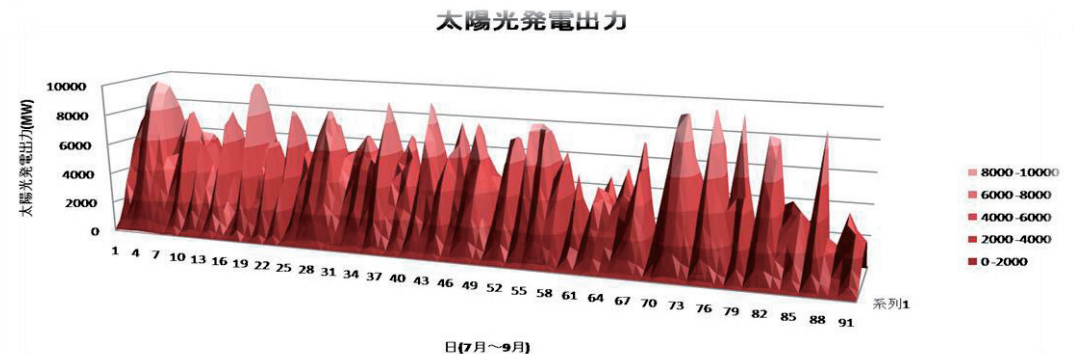
- 欧米において分散電源導入を支える技術として、熱併給発電および遠隔地による分散電源の導入が進み、マイクログリッドという考え方が普及した。
- ヨーロッパでは、近年、風力の導入量増加とその出力変動により、系統運用に障害が生じた。この傾向はフィードインタリフ制度、価格低下によるPV導入でも更に顕在化することが予測されている。この問題の解決として、**ならし効果と需要反応による需要全体の調整機能の活用**が注目された。
- 米国においては、オバマ政権により地球環境問題への対応と景気浮揚を目的する「グリーンニューディール政策」により、ヨーロッパでの動きと同様の課題、対応が想定されている。



EU : Trans European Network, Priority Interconnection Plan

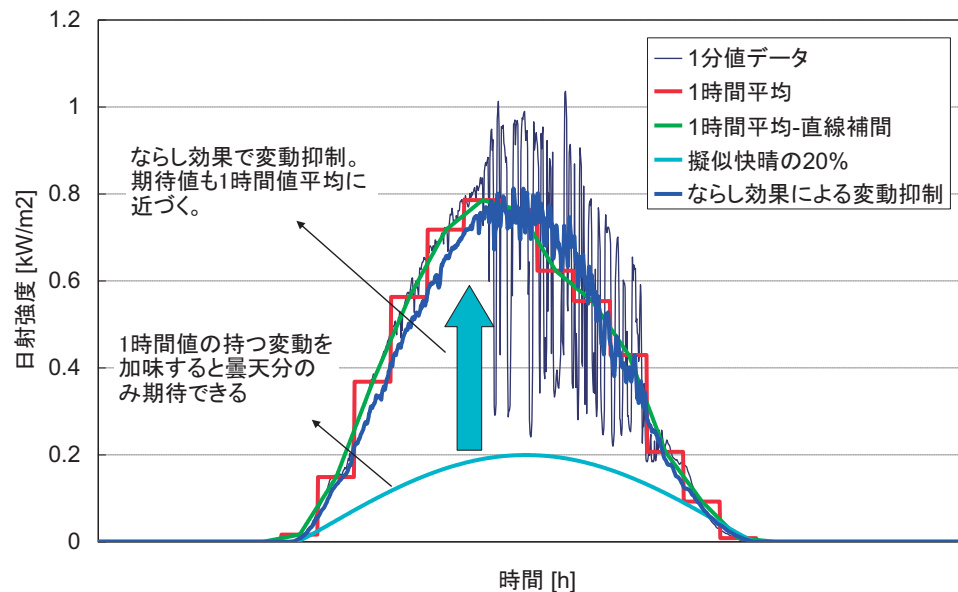
再生可能エネルギー発電の出力変動

- ✓ 再生可能エネルギーをエネルギー源として導入することは、かつての水主火従の時代の水力の場合と類似して、その出力変動特性を分析・把握し、かつ運用の中で予測を行うなど、きめ細かな運用とそれらを支える設備形成が必要となる。
- ✓ 太陽光発電、風力発電など、出力変動特性を分析し、送配電系統の電圧・潮流問題に加え、系統全体での需給調整の課題を解決する必要がある。



広い地域でのPV出力のならし効果と発電予測

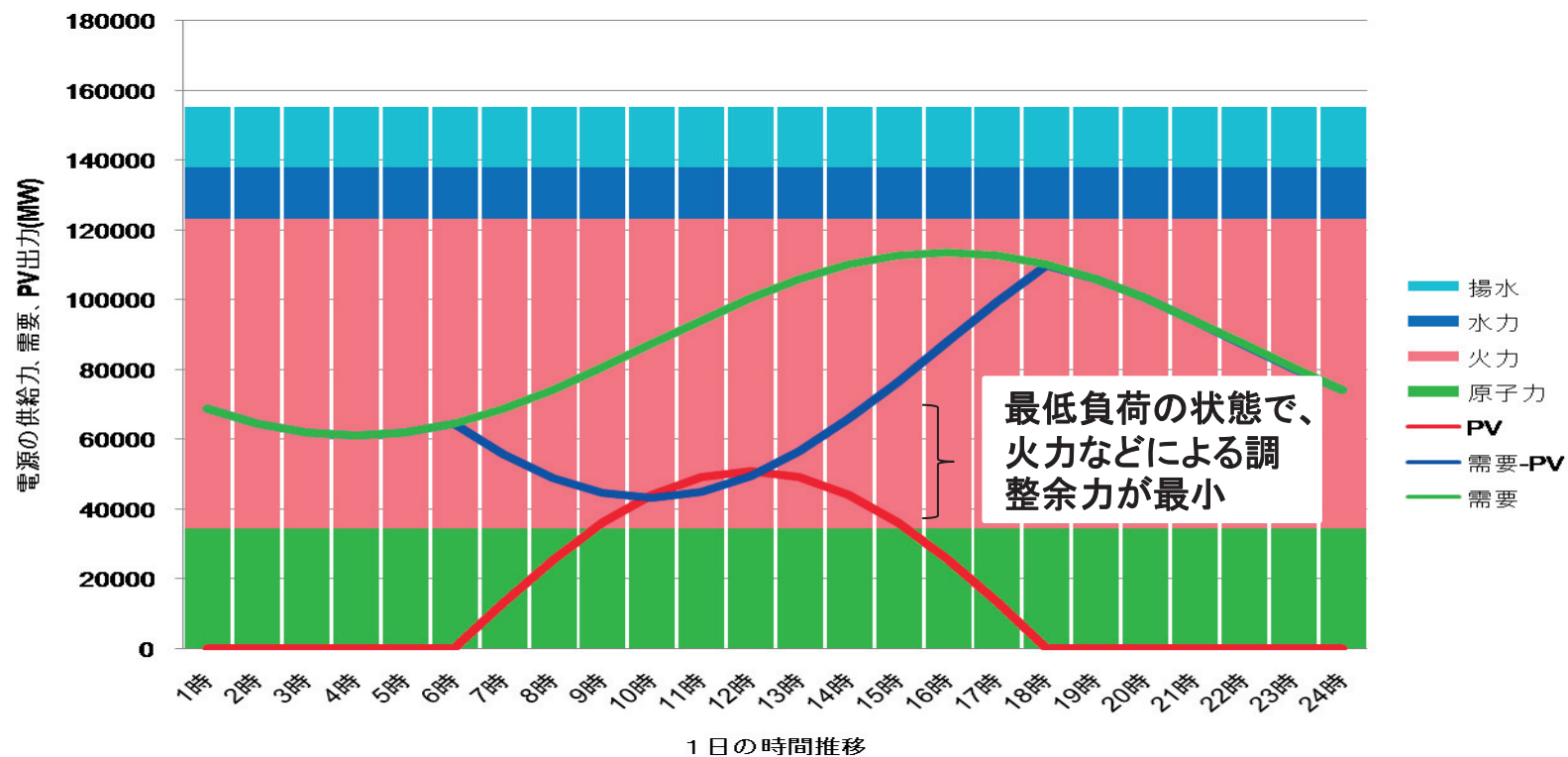
- ✓ PVの出力は、広範囲の多くのシステムを対象として合計すると、速い周期の変動が打ち消しあい、「なされる」ことで、変動の周期が穏やかになる。
- ✓ PVの合計出力の変動は、エリアの合計日射量の変動に近く、複数の県などの広い地域の場合、短い変動性分(1時間未満など)は相対的に小さくなり、**予測の精度が上がる**ことが期待される。
- ✓ 今後、「ならし効果」の特性把握と、周波数変動と需給計画に与える影響の評価の確立とその実施が重要と考えられる。



ならし効果のイメージ

太陽光発電導入の需給バランスに与える影響 系統需要低減のイメージ: 日間(中間期)

需要変動、供給力の変動に太陽光発電の変動を加え、需給バランスを保つための調整容量が確保できるか。



実際のバランスは、各時刻で、各電源の出力調整特性を含めた評価が必要
日間の電力需要は日本全国を想定したイメージ
太陽光発電は、各月の最大値のイメージ。

自律度向上から系統との協調運用

太陽光発電の大きな出力変動に対し、系統側の対策と現状より進んだ需要側の対策(建物のEMSの活用など)を組み合わせることで、効果的な補償が可能。

注)EMS:Energy Management System

[自律度向上によるネットワークへの負担軽減]

○電圧変動:PVの出力変動に設置点近傍の配電系統に発生

⇒(配電システム対策、出力抑制)

⇒需要側EMSによる有効電力・無効電力調整の自律度向上

○潮流変動他:フィーダーより上位での逆潮、系統事故時一斉解列/単独運転など

⇒配電システム対策、インバーター制御保護、ネットワークとの協調

配電レベル

○周波数変動:PVの出力変動による系統全体での需給のアンバランスにより発生

⇒(系統電源による周波数調整力 - 出力増/減余力- 確保)

⇒広い地域のならし効果の評価、活用

⇒需要側のEMSにより出力変動を緩和

○需給計画・調整:系統電源の需要の不確定性により発生

⇒ならし効果と需要側EMSによる系統需要の確度の向上

系統レベル

[ネットワークとの協調]

電圧・潮流・周波数は、発電所事故、送電線事故などPV以外の要因でも変動する

⇒集中EMSからの情報に基づく緩やかな連携のもとで、

EMSを供給ネットワークのニーズに合わせた協調運転を行う

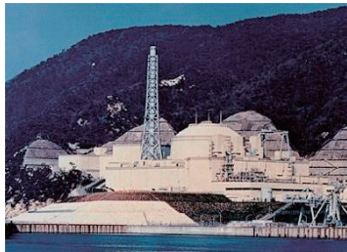
長期電力計画における系統電源側の新たな課題と対策

- ✓ 原子力、石炭、天然ガスなどの大規模系統電源は、エネルギーの安定供給と経済性、環境性の向上のため、高い負荷率で安定した運転を行うことが望ましい。
- ✓ 需要変動、電源事故などの需給変動に対応するために、各電源は、より柔軟な運用が求められる。



エネルギーインテグレーション

系統、電力貯蔵技術、需要反応、分散電源を含め、
設備、運用など多方面からの取りくみが重要。



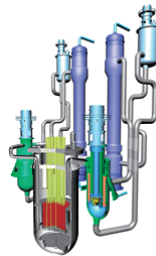
先進的原子力発電



IGCC, IGFC



高効率天然ガス複合発電



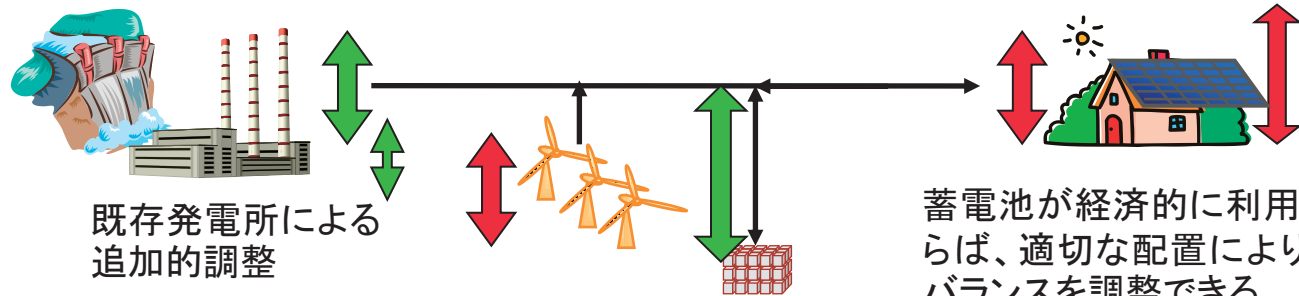
再生可能エネルギーの大規模導入を支える スマートグリッド

電力システムの需給バランスは現在、主要な発電設備を利用した集中エネルギーマネジメントによって管理されている。将来、再生可能エネルギーによる発電がシステムに組み込まれた際には、需要能動化を利用した分散エネルギーマネジメントによるバランス制御の分担が期待されている。

現在の
需給バランス制御



蓄電池
による
需給バランス制御

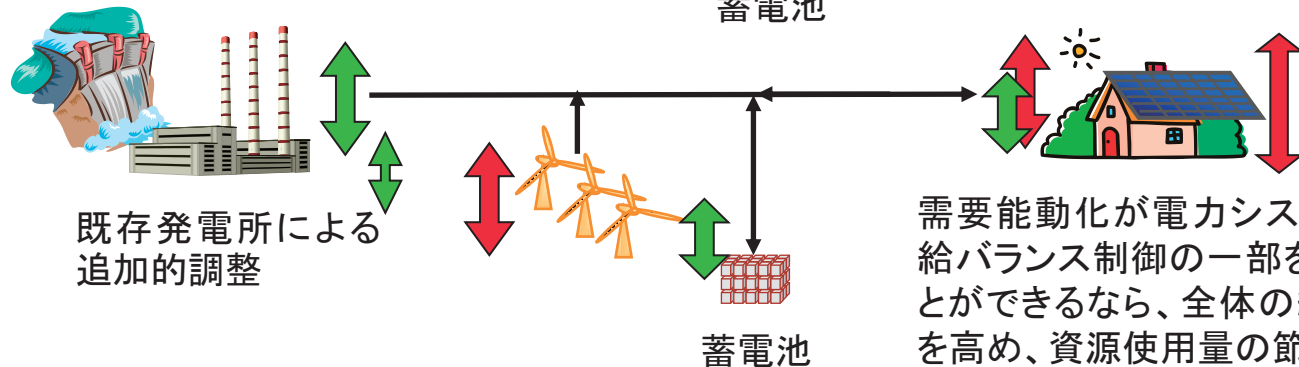


既存発電所による
追加的調整

蓄電池が経済的に利用可能ならば、適切な配置により、需給バランスを調整できる。

蓄電池

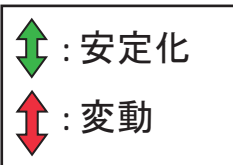
蓄電池+需要能動化
による
需給バランス制御



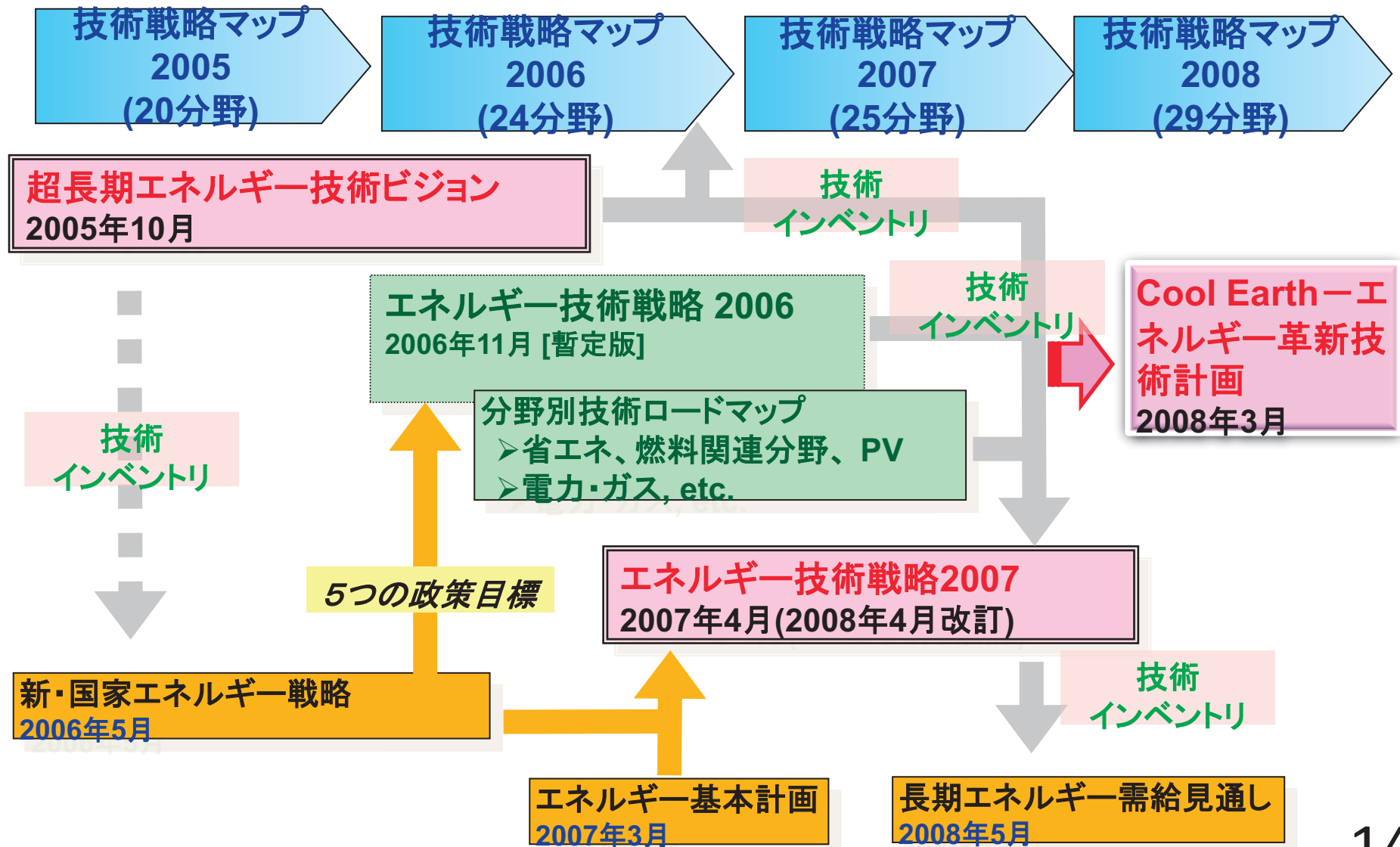
既存発電所による
追加的調整

需要能動化が電力システム需給バランス制御の一部を担うことができるならば、全体の経済性を高め、資源使用量の節約にもつながる。

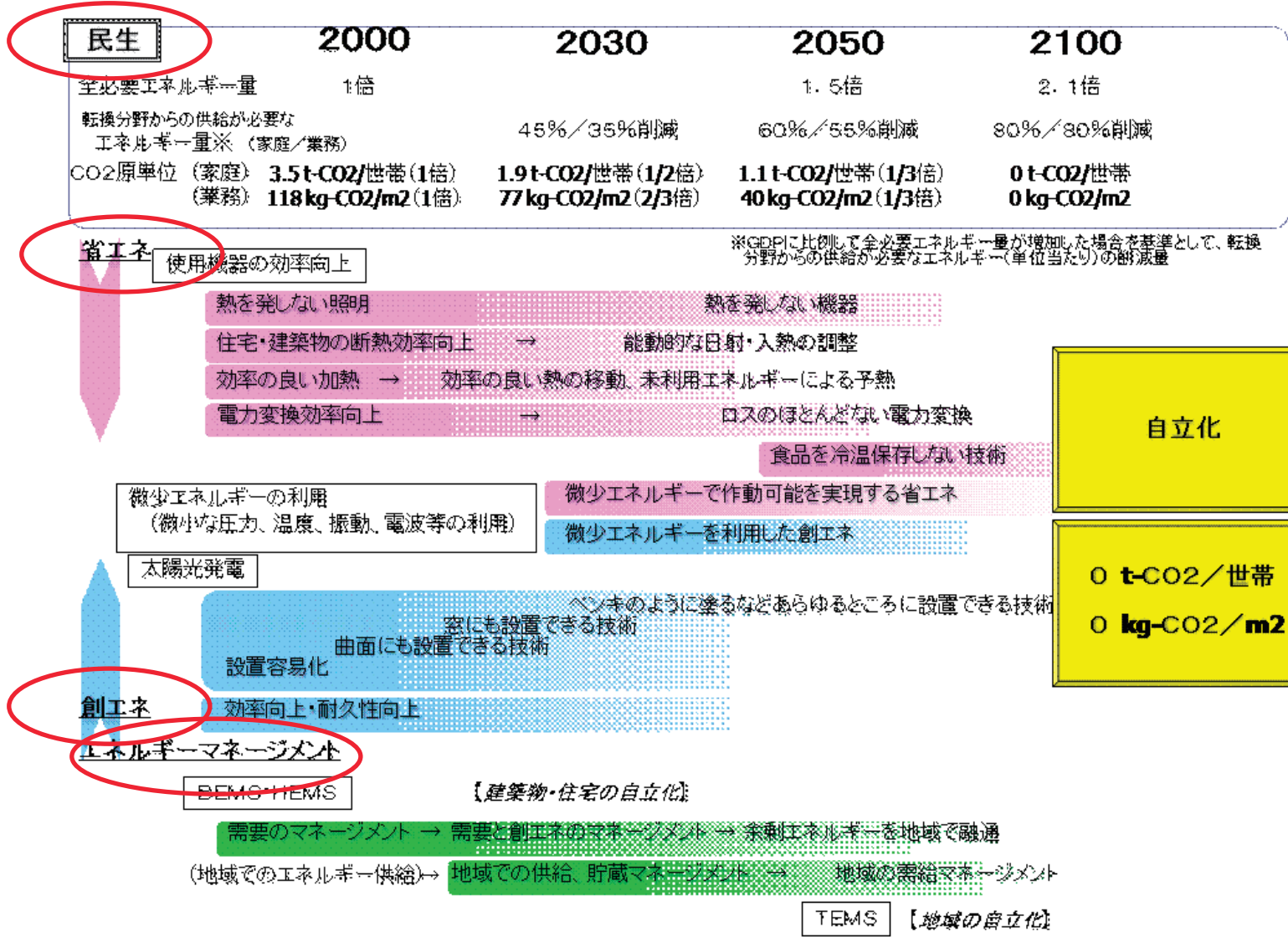
蓄電池



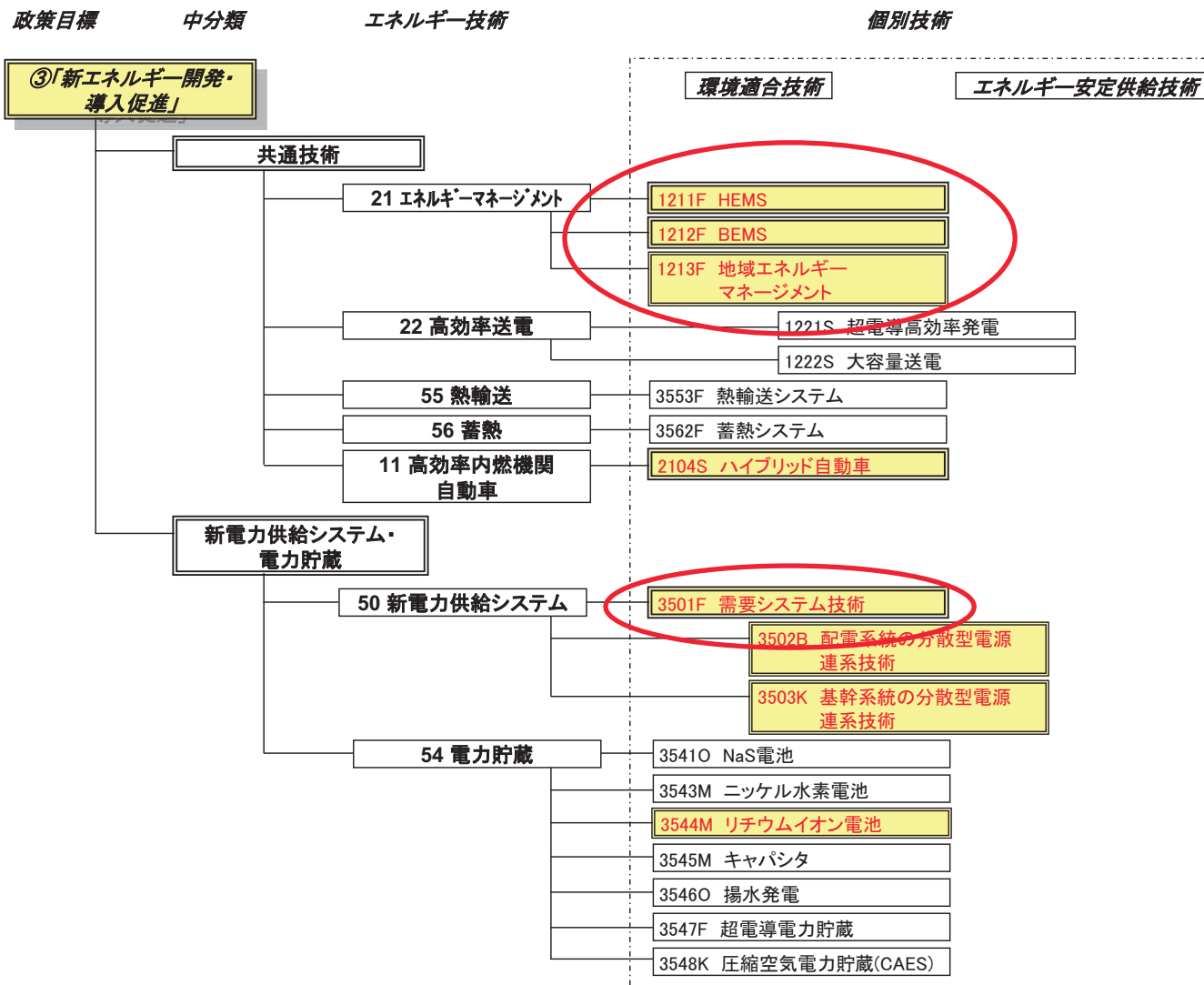
エネルギー技術戦略・ロードマップの展開



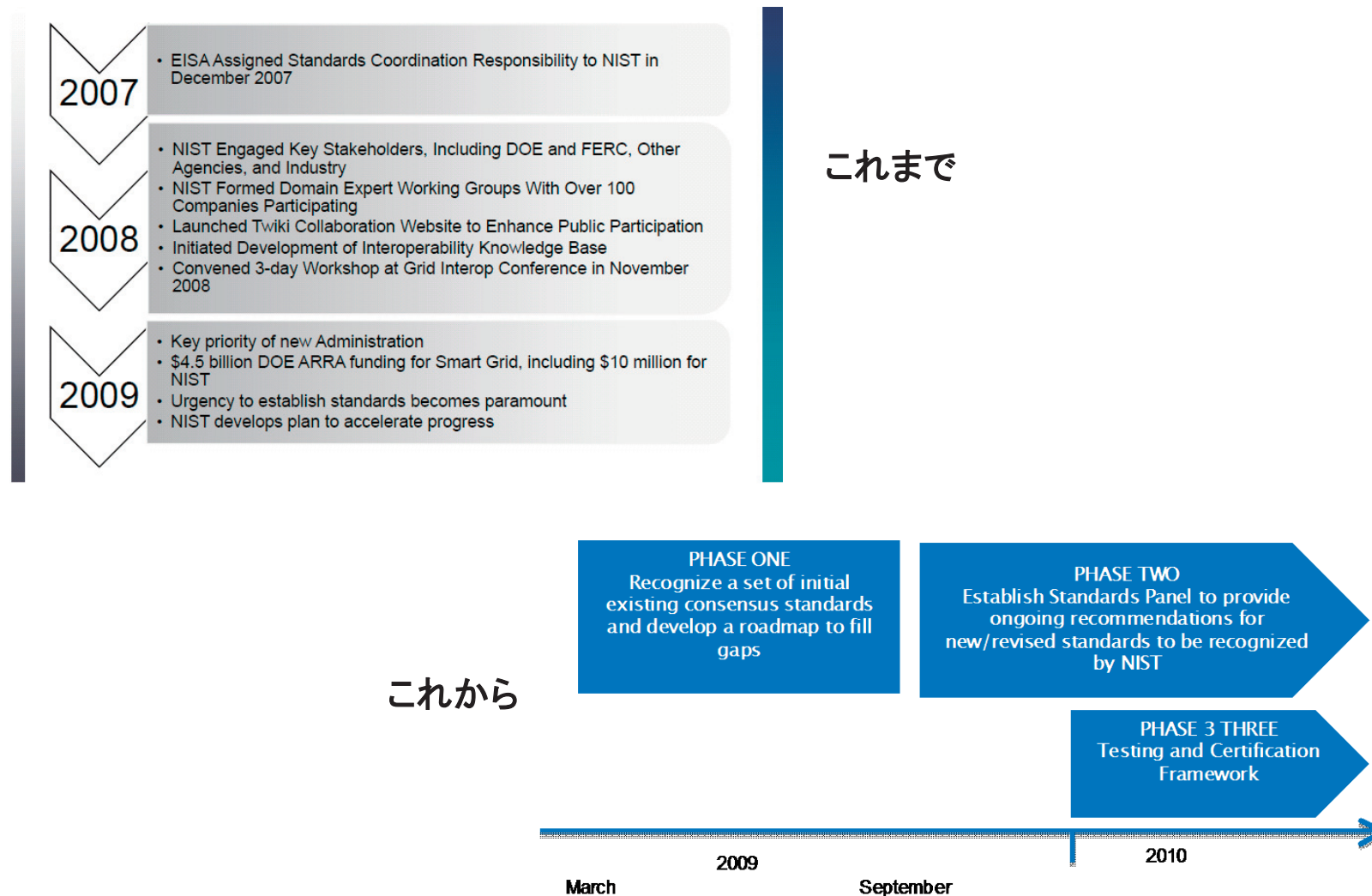
エネルギービジョン2100における エネルギーマネジメントの位置づけ



「新エネルギーの開発・導入促進」に 寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/3)



NISTによる規格分野の取り組み



NISTG: Smart Grid Interoperability Standards Interim Roadmap

2009.4にEPRI(米国電力研究所)がNISTからの契約に基づき、2009.6に中間報告、2009.8に改定版を発表した。スマートグリッドおよび今後の規格の取り組みの考え方が詳述されている。

[1 Purpose and Scope](#)

[2 Smart Grid Vision](#)

[3 Smart Grid Conceptual Model](#)

[4 Applications and Requirements](#)

[5. Cyber Security Considerations](#)

[6. Prioritized Actions](#)

[7. Definitions](#)

[目的とスコープ]

[ビジョン]

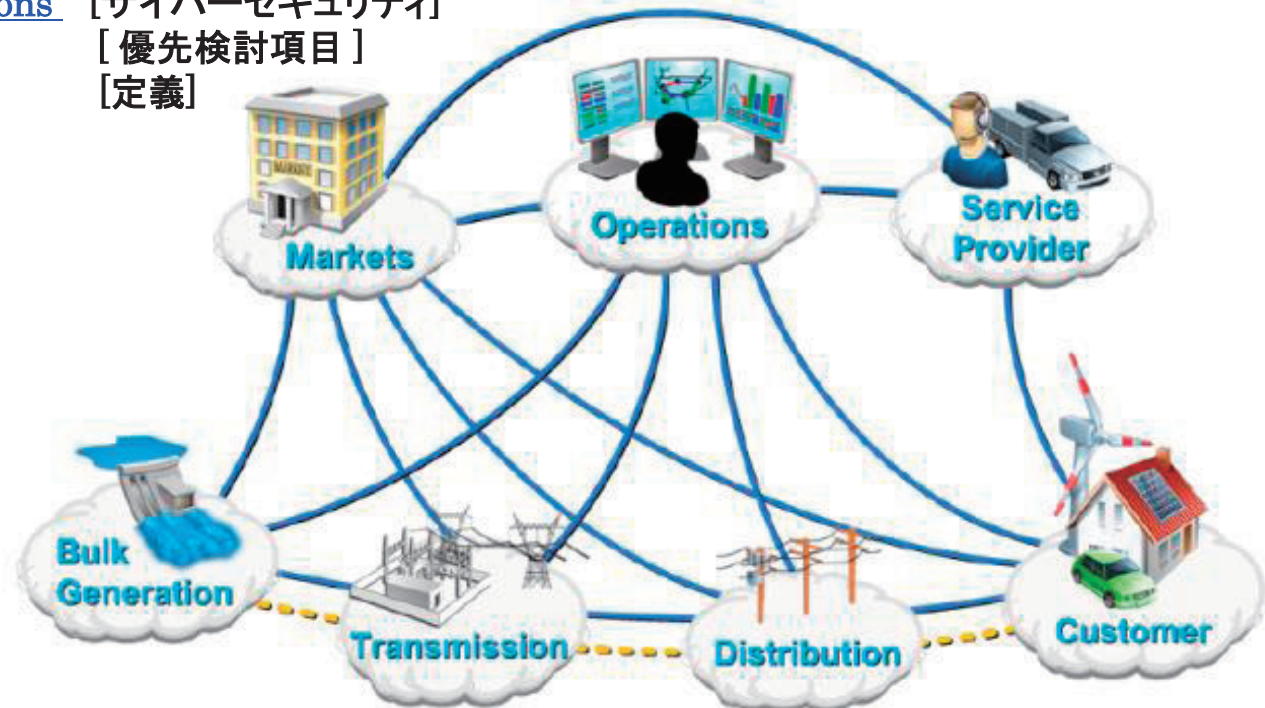
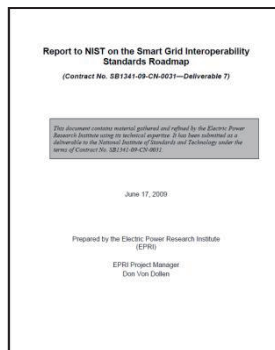
[概念モデル]

[応用と要件]

[サイバーセキュリティ]

[優先検討項目]

[定義]



NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standard Release 1.0 Draft

9月末に発表された、NISTの標準化ロードマップPhase Iの最終報告書案

標準化の優先分野

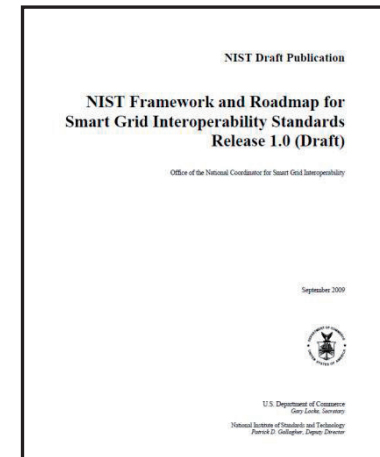
1. 需要の形を変える
2. 広域監視
3. 電力貯蔵
4. AMI
5. サイバーセキュリティ
6. ネットワーク

- Demand Response and Consumer Energy Efficiency
- Wide Area Situational Awareness
- Electric Storage
- Electric Transportation
- Advanced Metering Infrastructure
- Distribution Grid Management
- Cyber Security
- Network Communications

14の優先行動計画

1. 送配電モデル
2. IPプロトコルガイド
3. 無線ガイド
4. 電力貯蔵連携
5. EV接続
6. メータデータ形式
7. スマートメータアップグレー
8. 電力価格・品質
9. 取引手順
10. 配電網管理情報
11. 需要反応信号
12. エネルギー利用情報
13. IEC 61850/DNP3マッピング
14. 時間同期

- Transmission and distribution power systems models mapping (year-end 2010)
- Guidelines for use of IP protocol suite in the Smart Grid (mid-year 2010)
- Guidelines for use of wireless communications in the Smart Grid (mid-year 2010)
- Electric storage interconnection guidelines (mid-2010)
- Interoperability standards to support plug-in electric vehicles (December 2010)
- Standard meter data profiles (year-end 2010)
- Smart meter upgradeability standard (completed)
- Common specification for price and product definition (early 2010)
- Common scheduling mechanism for energy transactions (year-end 2009)
- Common information model for distribution grid management (year-end 2010)
- Standard demand response signals (January 2010)
- Standard for energy use information (January 2010)
- IEC 61850 Objects / DNP3 Mapping (2010)
- Time synchronization (mid-2010)



H2G文書におけるエネルギー管理装置

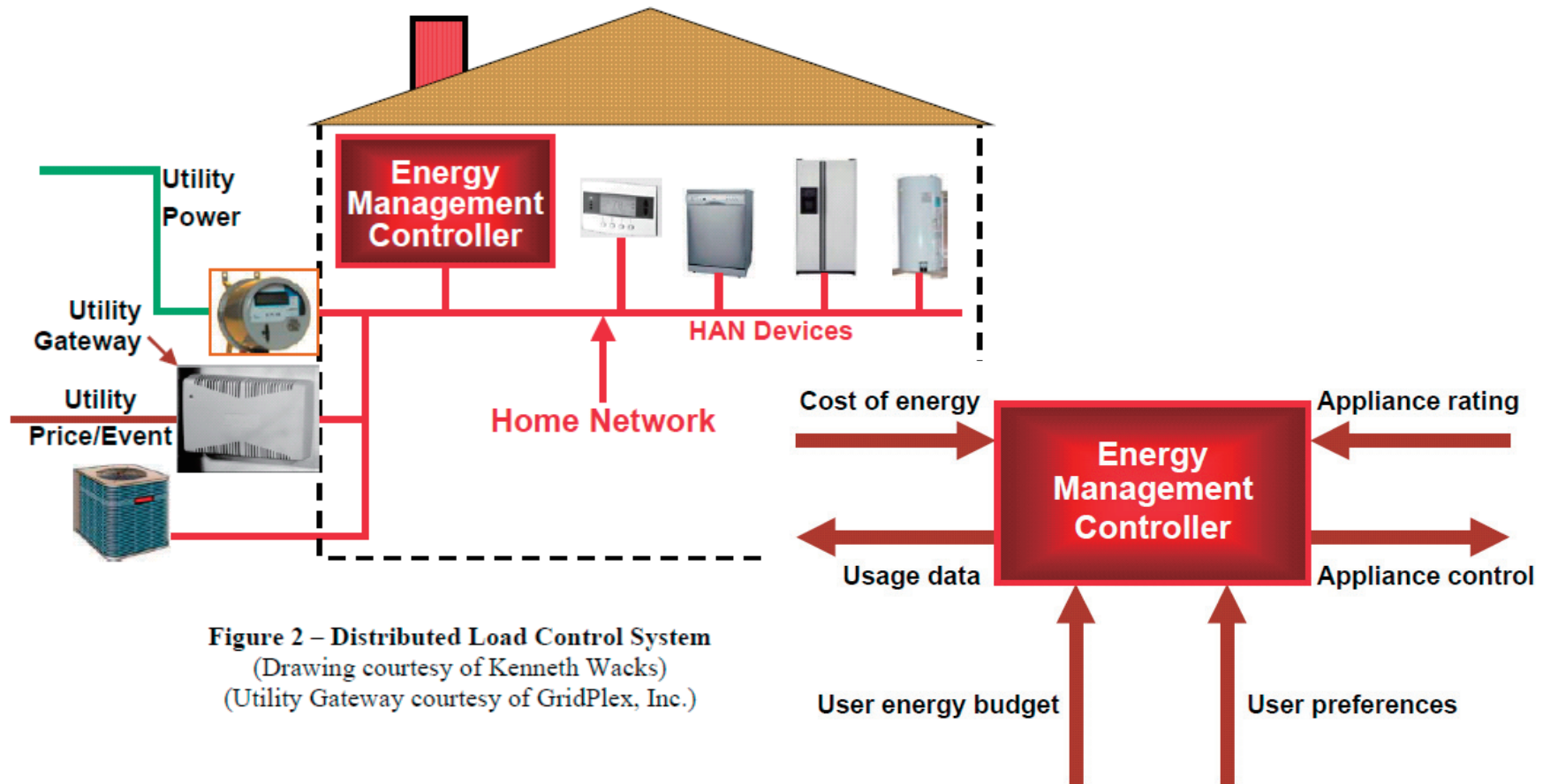
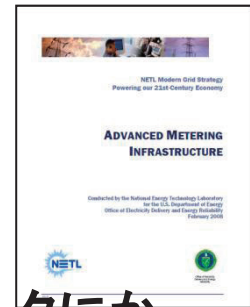


Figure 2 – Distributed Load Control System
(Drawing courtesy of Kenneth Wacks)
(Utility Gateway courtesy of GridPlex, Inc.)

Figure 3 – Energy Management Controller
(Drawing courtesy of Kenneth Wacks)

SGの重要構成要素:スマートメータ



スマートメータとは、従来の一定期間の電力使用量を記録するメータにかわり、以下の昨日を提供するプログラム可能な装置:

- 多様な料金メニューにたいおうした料金積算
- 需要家および電力会社のための電力使用量把握
- 需要反応などによる需要調整
- 需要機器の遠隔制御
- 家庭の需要機器との交信
- ネットによる遠隔検針
- 停電および復電の検知
- 料金の事前支払い
- 電力品質監視
- 盗電の検知



Figure 5: A Modern Solid State Smart Meter (left) and an older Electromechanical Watt hour Meter

この装置を活かすシステムとして、AMI :Advanced Metering Infrastructureがある。

AMIの意義と構成

AMIは単なるメーターリングではなく、双方向の情報伝達に基づく公共サービスの体系、空調設定、スマートメーター、その背後の通信ネットワークとデータ処理システム(LDC,MDMS)など多様な目的と要素を含む。

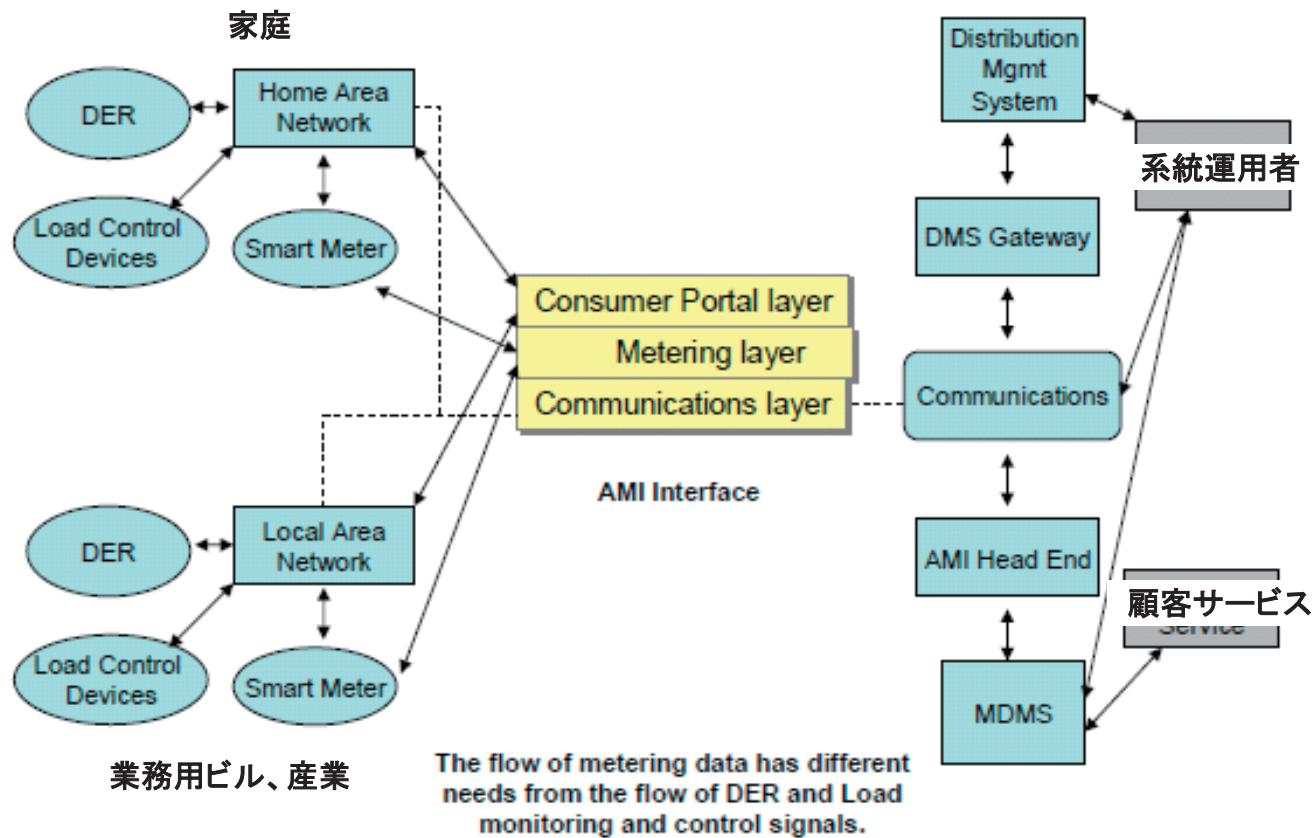
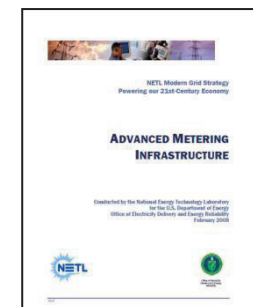


Figure 4: Overview of AMI



AMIの構成と実現しようとする世界

情報伝達メディア: 提供するサービスの内容により、電力線搬送 (PLC)、電力線ブロードバンド (BPL)、電線/光ファイバ、無線 (Radio frequency), either centralized or a distributed mesh、Internetからの選択、組み合わせで構成される。

家庭内ネットワーク (HAN): スマートメータと家庭内機器を結び、電力使用量、料金、料金に基づく需要反応

METER DATA MANAGEMENT SYSTEM (MDMS): 様々なシステムに対するデータの提供

- ✓ 顧客情報システム (CIS), 請求システム, and the utility web site
- ✓ 停電管理システム (OMS)
- ✓ 電力品質管理と需要予測
- ✓ 配電作業管理 (Mobile Workforce Management (MWM))
- ✓ 地理情報システム (GIS)
- ✓ 変圧器需要管理 (TLM)

次世代の系統運用のゲートウェイとなる

1) 次世代配電運用 - Advanced Distribution Operations (ADO)

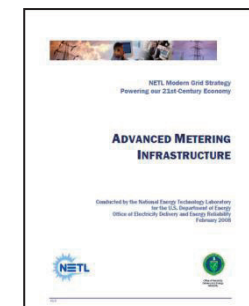
- ✓ 配電管理、自動化、事故復旧
- ✓ 分散電源運用
- ✓ 配電地理情報システム
- ✓ マイクログリッド運用、その他

2) 次世代送電運用 - Advanced Transmission Operations (ATO)

3) 次世代資産管理 - Advanced Asset Management (AAM)

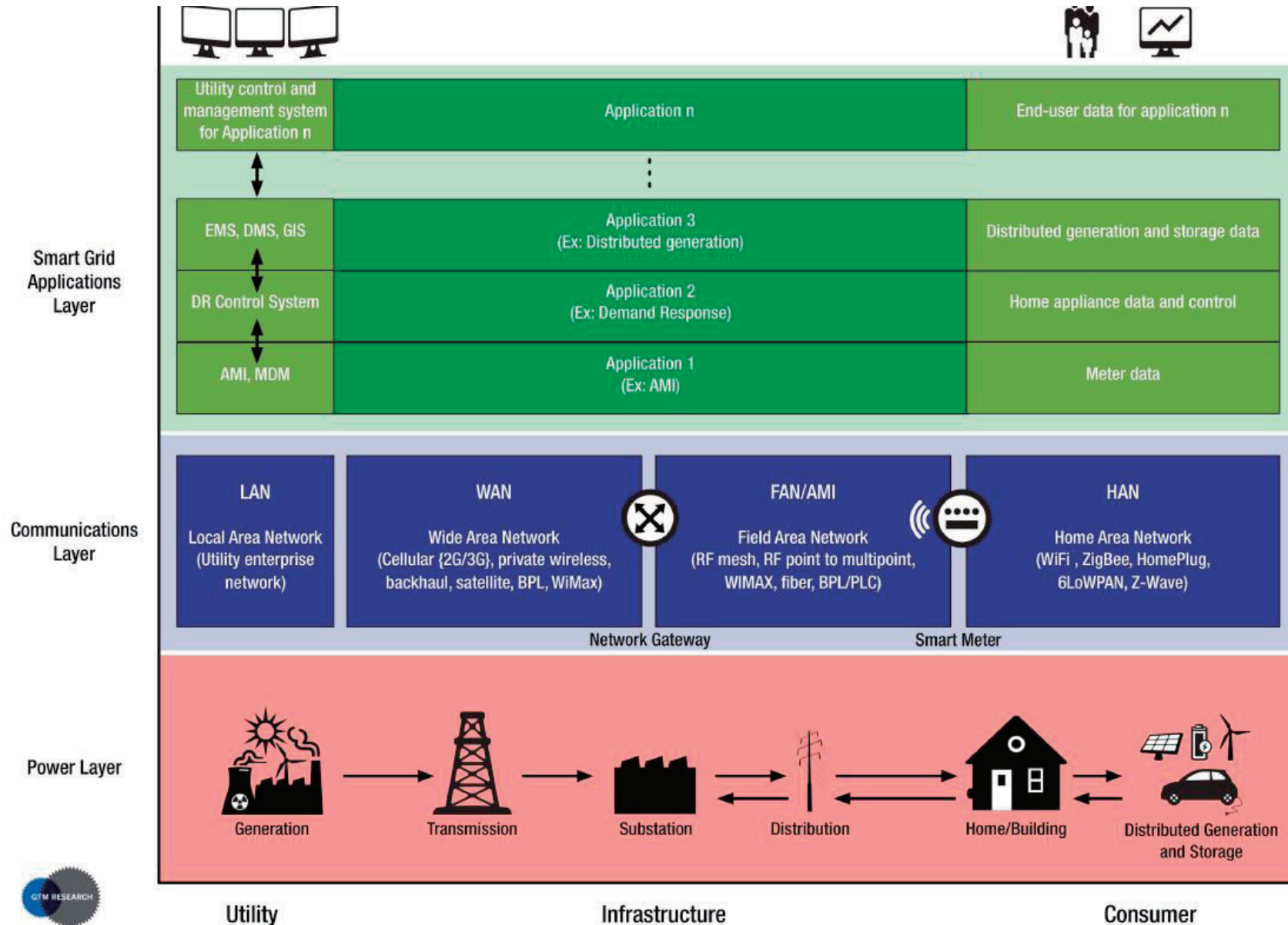
- ✓ 需要家サービス
- ✓ システム運用、設備状態の情報管理
- ✓ 送配電計画の最適化、設備設計と建設
- ✓ 資産運用、状態ベース保全、作業、資材管理
- ✓ モデリングとシミュレーション

様々な理想、
希望、思惑が
混在する世界

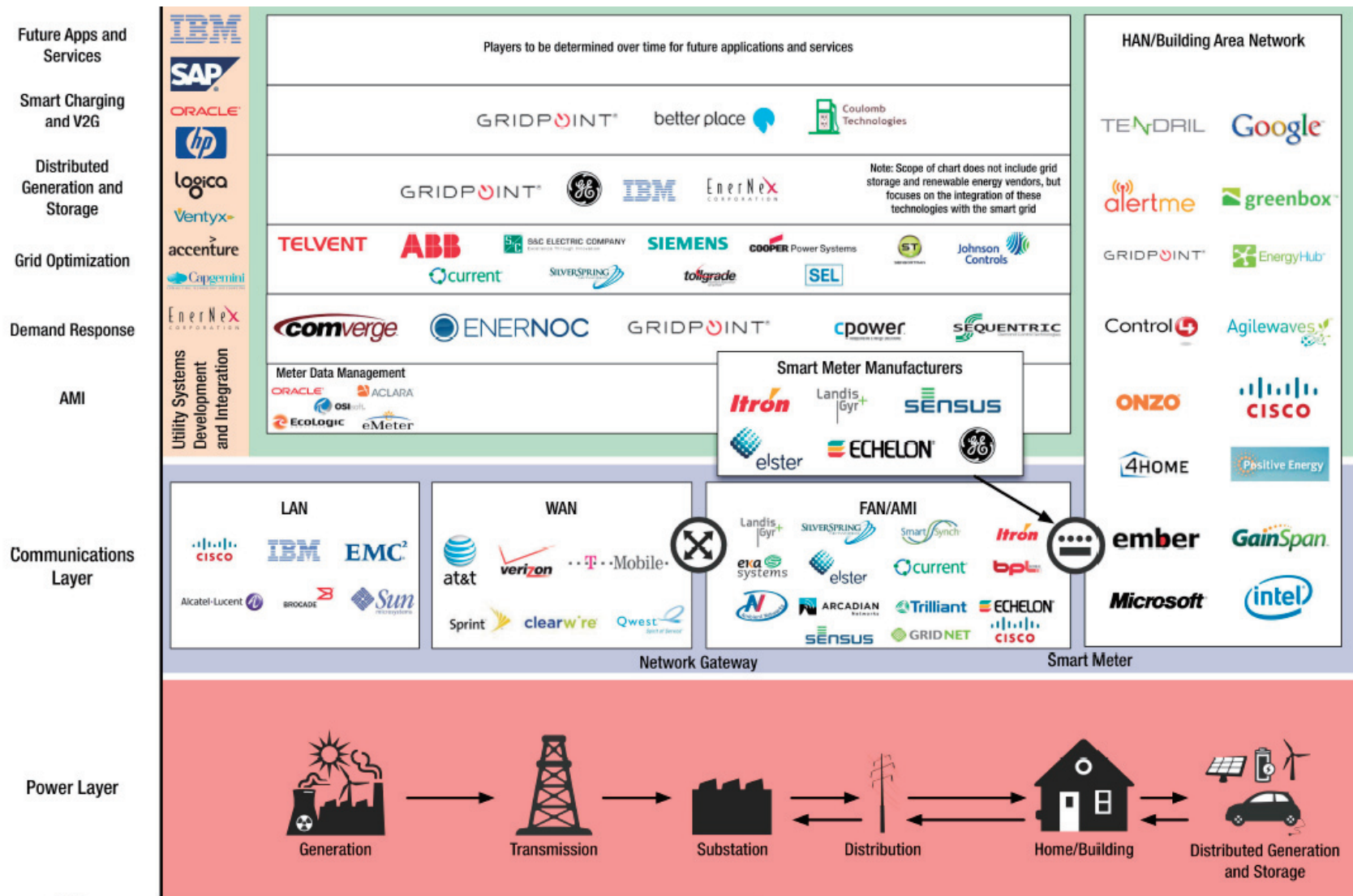


米国でのSGの取り組み

スマートグリッドの企業の参入分野



スマートグリッドの参入企業の現状



長期電力計画における新たな課題： 需要の能動化と集中/分散エネルギーマネジメントの協調

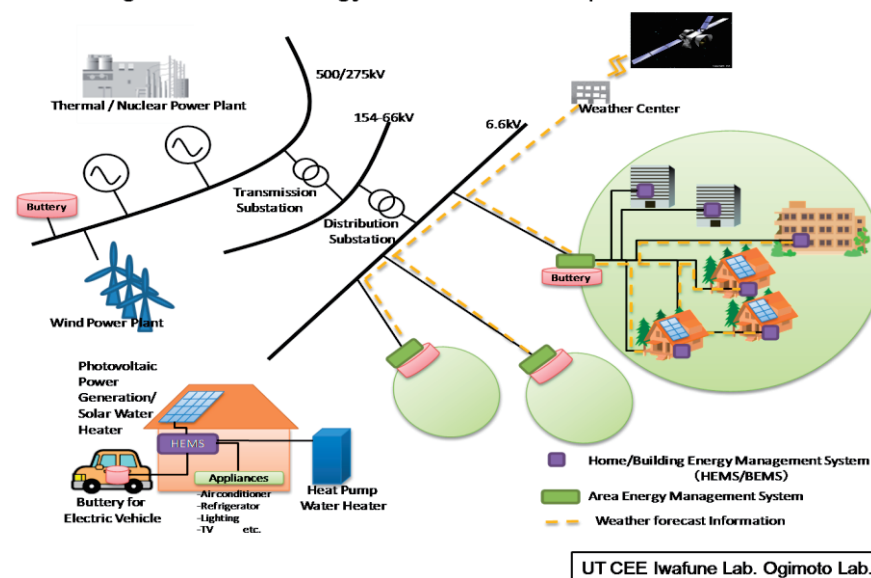
ネットワーク側の集中エネルギーマネジメントと、需要側の分散エネルギーマネジメントが協調することで、電力需給調整、運用の柔軟性の向上が期待される。

✓ 広い地域のPVなど、再生可能エネルギー発電の合計出力の変動は、多数地点の変動成分が打ち消しあい(ならし効果)、天候予測に基づく出力予測の精度向上、需要などとの相関などにより、需給調整に与える影響が異なる。

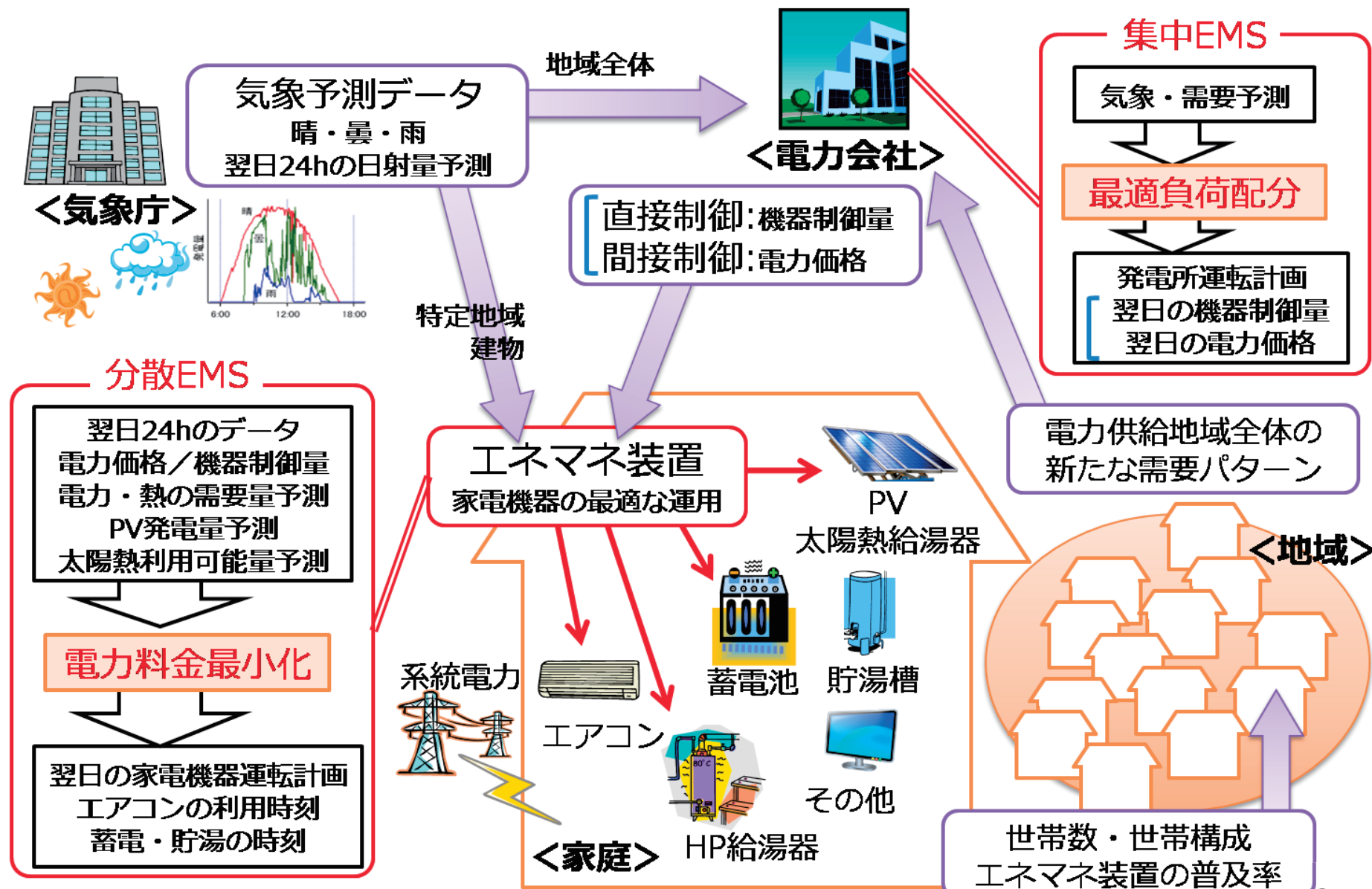
✓ 集中エネルギーマネジメントは、系統の電源、揚水を含むエネルギー貯蔵設備に加え、一部の需要を直接制御することで、需給調整の効果を上げることができる。

✓ 分散エネルギーマネジメントはダイナミックプライシングなどのインセンティブ情報対応した個別の機器運用を行い、エネルギーシステム全体として需給の最適化に貢献できるのではないか。

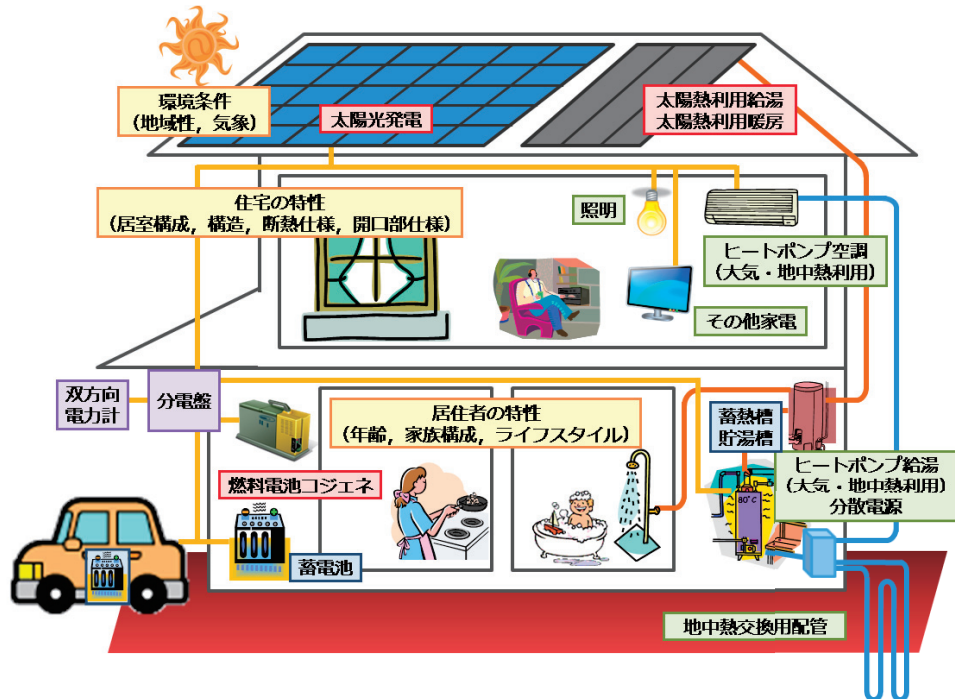
Autonomic Cooperative Energy Management System
Including Renewable Energy Resources and Sophisticated Batteries



再生可能エネルギー導入と集中/分散エネマネ



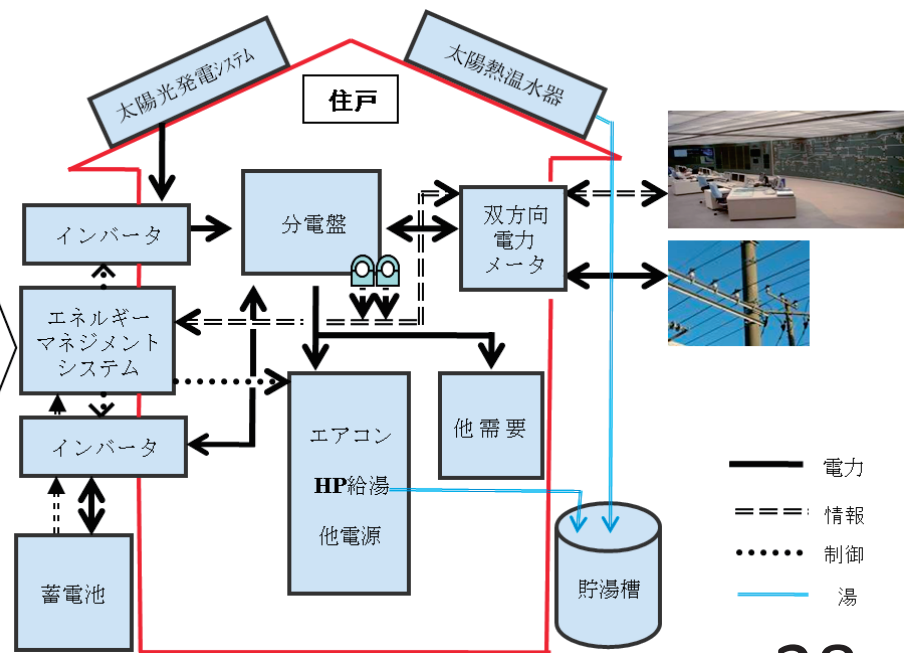
住宅/地域の将来像をトータルに描く



- 省エネ、快適性に加えて系統との協調の機能
- PV、太陽熱、地中・空気熱などの最大活用
- 分散エネマネと宅内情報技術の標準化、低価格化がカギ

- 自然環境、世帯構成などの多様性への対応
- 多様な技術の最適な組み合わせの考え方の早期確立
- 機器の総合的な運用の考え方の早期確立

気象予測データ
(日射、気温、風速等)
需要予測データ
(給湯、空調熱負荷等)



— 電力
- - - 情報
..... 制御
— 湯

いつ、どこまで実現するのか

需給調整に対するバッテリーの必要性/適用性

蓄電池の実用化経緯は小容量で経済価値のある順に進んできた

携帯電話

ノートPC

電気自動車(含PHEV)

再生可能エネルギーの出力変動対策として電力貯蔵機能は長期的には必須の技術。

電力貯蔵が需給調整のために大量に「必要」となる時期はいつか？

バッテリーがいつ適用可能となるか？

定置用電池の経済性

EV用電池の活用可能性

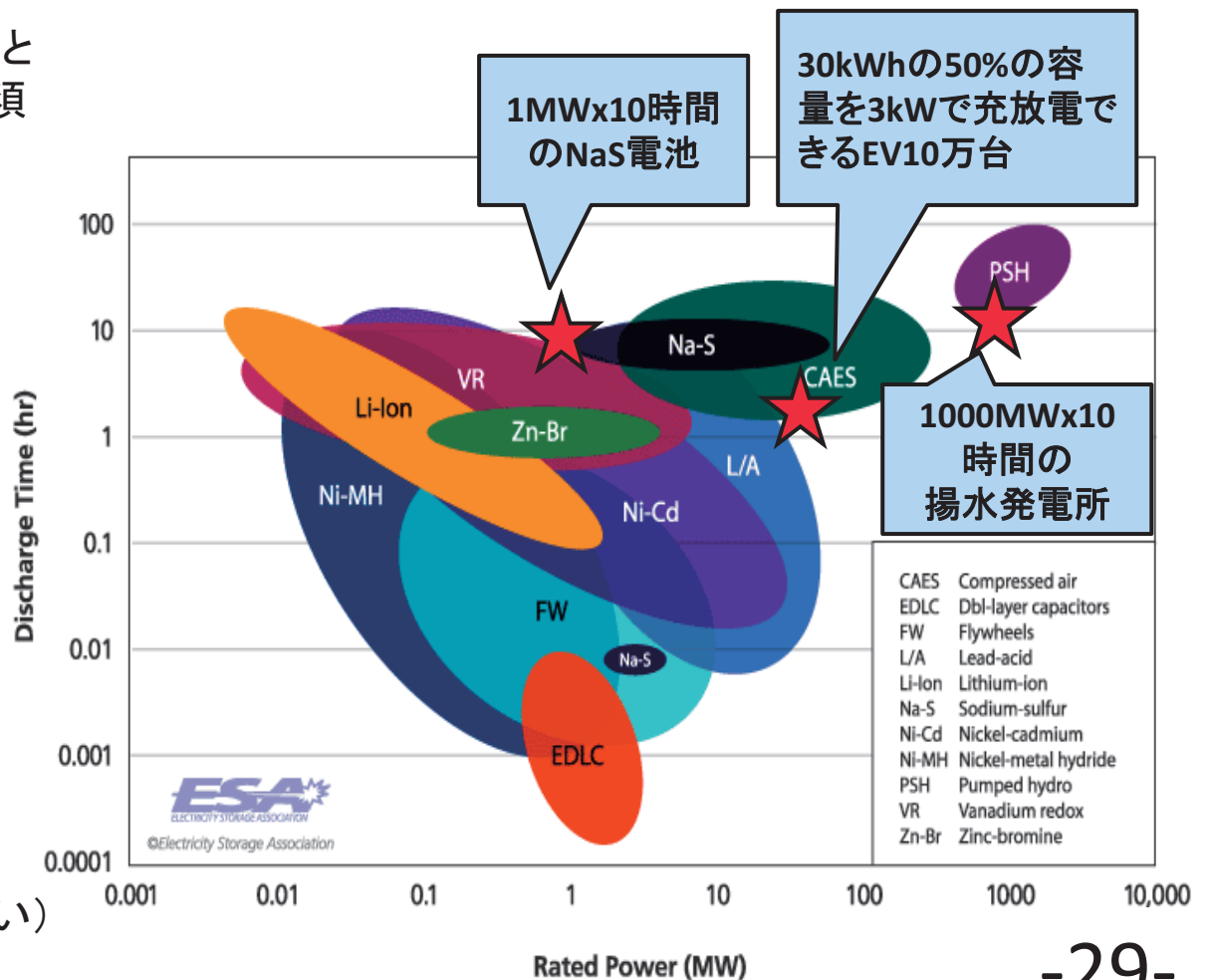
1)充電制御(G2V)

2)放電制御(V2G)

EVの日本における充電需要は
1000億kWh……10%の需要増
ガソリンの市場は6000万kl, 1兆円。

EV充電市場は？

(携帯への充電量は23円/kWhではない)



IPCC 再生可能エネルギー特別報告書SRREN

([Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation](#))

2008年1月 スコープ会議に基づき、策定の方針決定

2009年1月 第1回執筆者会議、ゼロ次ドラフト作成を行い内部レビューを実施。

2009年9月 第2回執筆者会議(オスロ)を行い、第一次ドラフトを2009年12月に向け策定し、その後は外部の専門家のレビューに付される。

2010年3月 第3回執筆者会議(英国)で、第二次ドラフトを作成し、再度の外部専門家および、新たにIPCCメンバー国のレビューに付される。

2010年7月 第4回執筆者会合で最終ドラフトを作成し、各国政府に最終的に配布、政策決定者への要約の承認を受ける。

2010年12月 最終報告書を各国に配布し、その後出版予定。

The screenshot shows the website for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group III, Mitigation of Climate Change. The page is titled "List of lead authors" and "List of authors sorted by chapter:". A list of chapters is provided, with Chapter VIII, "Integration of Renewable Energy into Present and Future Energy Systems", highlighted in red. A blue arrow points from the text "第8章 インテグレーション電力、ガス、液体燃料、自立システムを対象とし、輸送、建物、産業などへの導入の技術的シナリオ策定" to the highlighted Chapter VIII. The website header includes logos for WMO and UNEP, a search bar, and navigation links like "Home", "Organisation", "Activity", "News", "Events", "Site Map", "Contact", "Log in", and "Undo".

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
Working Group III
Mitigation of Climate Change

Search Site Search
only in current section

Site Map Contact Log in Undo

Home Organisation Activity News Events

You are here: [Home](#) → [List of lead authors](#)

[List of lead authors](#)

List of authors sorted by chapter:

- [Chapter I Renewable Energy and Climate Change](#)
- [Chapter II Bioenergy](#)
- [Chapter III Direct Solar Energy](#)
- [Chapter IV Geothermal Energy](#)
- [Chapter V Hydropower](#)
- [Chapter VI Ocean Energy](#)
- [Chapter VII Wind Energy](#)
- [Chapter VIII Integration of Renewable Energy into Present and Future Energy Systems](#)
- [Chapter IX Renewable Energy in the Context of Sustainable Development](#)
- [Chapter X Mitigation Potential and Costs](#)
- [Chapter XI Policy, Financing and Implementation](#)

第8章 インテグレーション電力、ガス、液体燃料、自立システムを対象とし、輸送、建物、産業などへの導入の技術的シナリオ策定

Job Announcement

For the The Technical Support Unit (TSU) we are looking for a

Climate Change Economist

located at the Potsdam Institute for Climate

国際エネルギー機関(IEA) PVPSでの検討

IEA国際エネルギー機関では、「太陽光発電の導入を進めるための国際的協力の促進」を目的に、1993年よりPVPS(Photovoltaics Power Systems Program)を実施している。

現在、23の国、地域、団体が参加し、以下の進行中、終了、計画中のタスクがある：

[進行中]

- Task 1: Exchange and dissemination of information
- Task 8: VLS PV power generation systems in remote areas
- Task 9: PV services for Developing Countries
- Task 10: Urban-scale grid-connected PV applications
- Task 11: PV hybrid systems within mini-grids
- Task 12: Environmental, Health and Safety

[終了]

- Task 2: Performance, reliability and analysis
- Task 3: Use of PV systems in stand-alone island applications
- Task 5: Design and grid-interconnected of building-integrated
- Task 6: Modular PV plants for large-scale power generation
- Task 7: PV Power systems in the built-environment

[計画中]

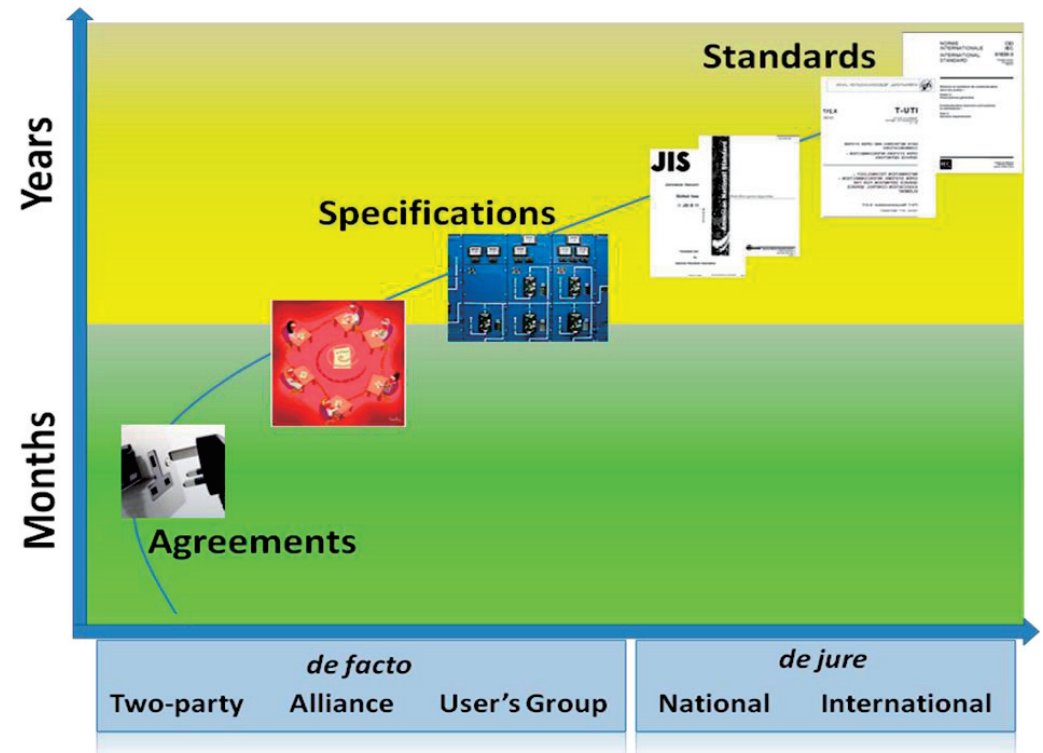
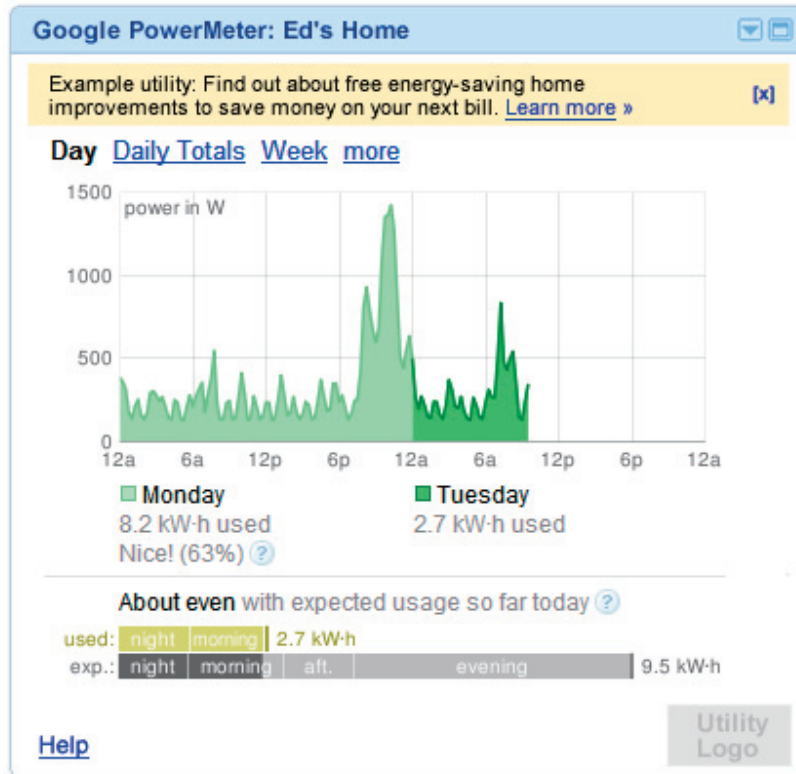
- Task 13: PV performance and reliability
- **Task 14: High Penetration of PV Systems in Electricity Grids**



PV発電特性(含ならし効果)、発電予測、系統運用、電源ミックスなどについての解析調査検討
2010~2015

いつ、どこまで実現するのか

加速要素もあり、どのような道のりとなるか



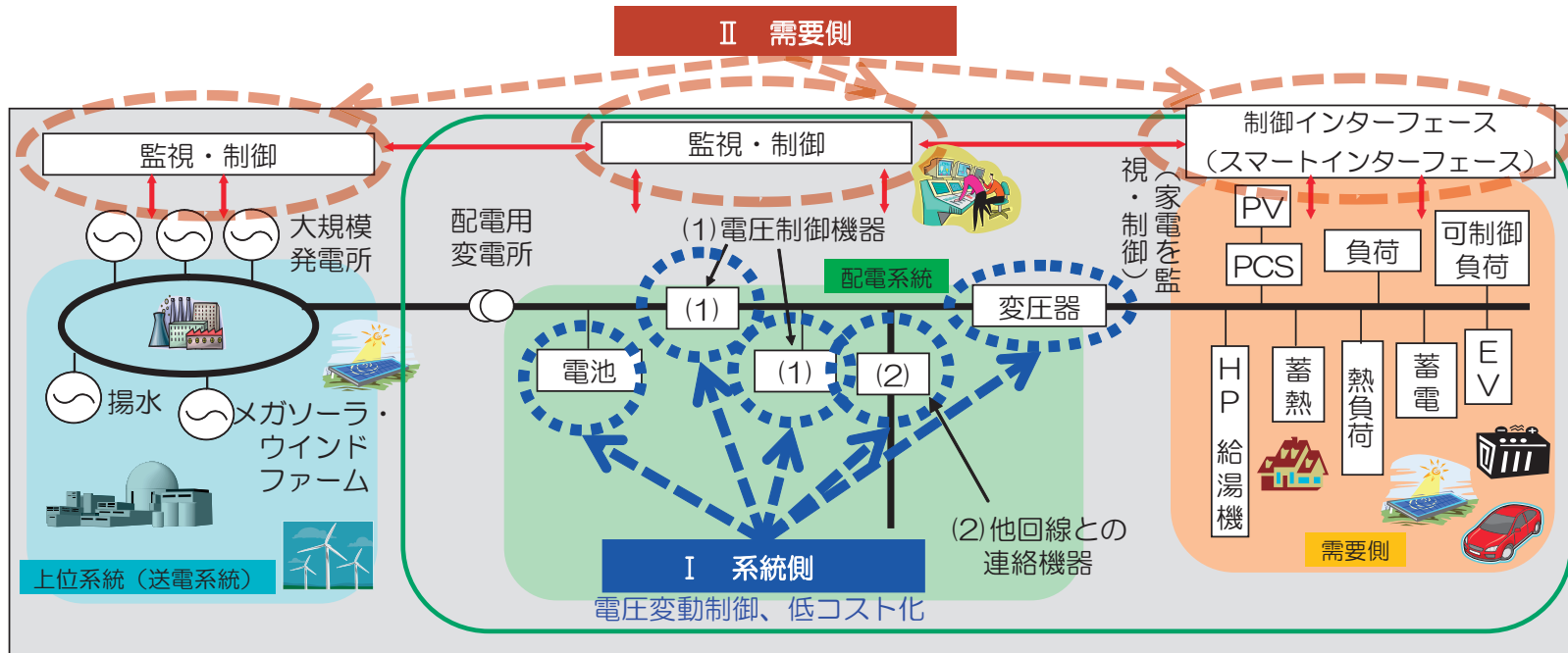
出典: <http://googleblog.blogspot.com/2009/05/energized-about-our-first-google.html>

NIST Interim Smart Grid Roadmap Draft prepared for April 22, 2009 Delivery

「平成22年度次世代送配電系統最適制御技術実証事業」
 経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部電力基盤整備課公募案件(H22~H24)

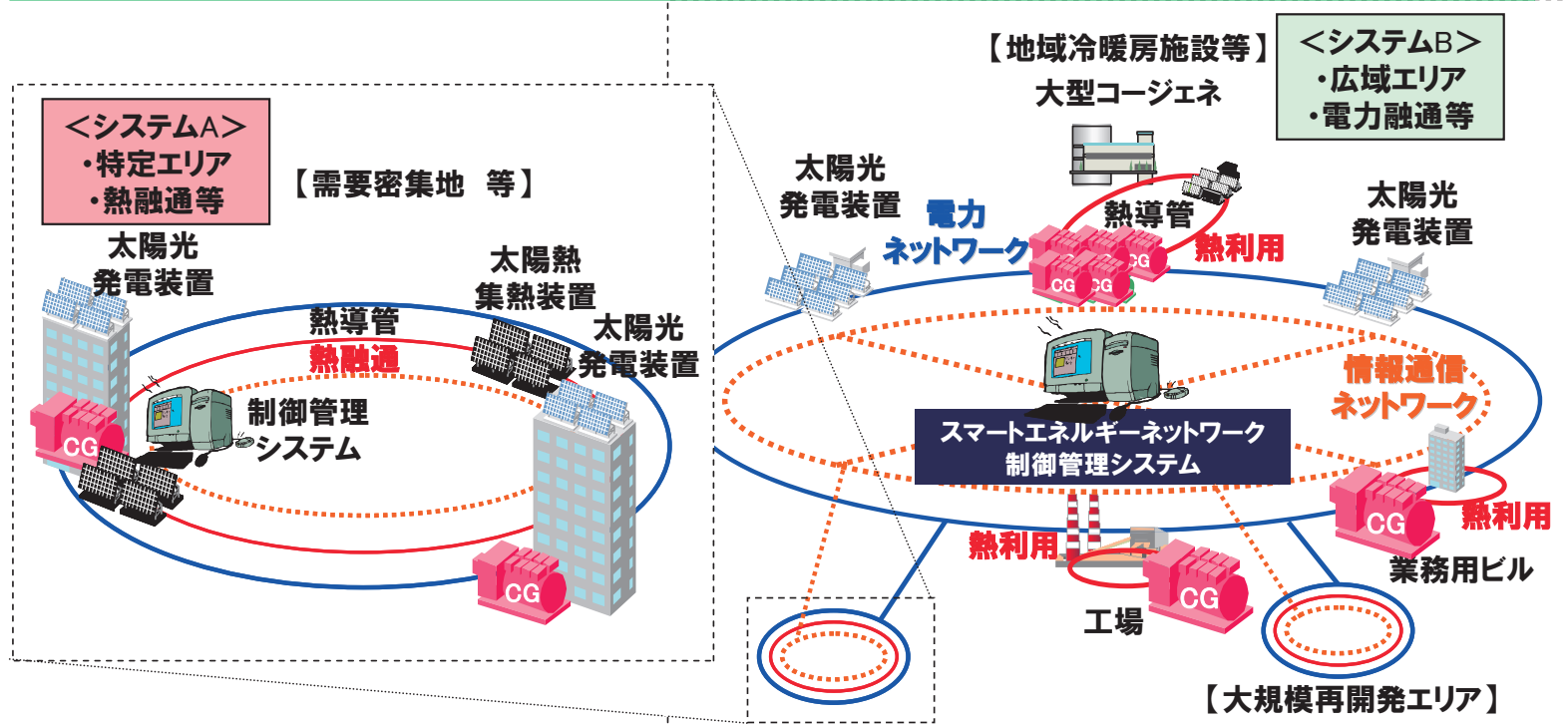
- 大規模電源から家庭までの全体制御・協調による高信頼度・高品質の低炭素電力供給システムの実証
- 太陽光発電の大量導入に対応し、下記4つの技術開発課題（系統側，需要側）に取り組む。
 - I 系統側：①配電系統の電圧変動抑制技術の開発
 ②次世代変換器技術を応用した低損失・低コストの機器開発
 - II 需要側：③系統状況に応じた需要側機器の制御技術の開発
 ④系統全体での需給計画・制御，通信インフラの検討

系統状況に応じた太陽光発電と需要側機器の協調制御



東京ガス・大阪ガスが共同で進める スマートエネルギーネットワーク実証

分散型エネルギーシステムに再生可能エネルギー、未利用エネルギーを大幅に導入して情報通信技術の活用によりエネルギー需給を最適に制御



- ① 業務用、家庭用を含む複数の建物間での電力・熱の融通効果
- ② 天候により集熱量が変動する太陽熱とコージェネ廃熱を組み合わせる優先的に活用する熱源設備の統合制御
- ③ 天候により出力が変動する太陽光発電装置を補完するコージェネの制御

- ① 地理的に離れた複数の電源・需要を統合制御することにより各サイトで熱の最適利用を考慮しつつコミュニティ全体で電力融通する
- ② 一般通信回線を活用したエネルギー供給設備の遠隔制御
- ③ 太陽光発電装置の出力状況に応じたコージェネの協調制御による太陽光発電装置大量導入時の余剰電力対策、出力変動対策

ニューメキシコ州GGIプロジェクト

米国5箇所の実証サイトの内、ロスアラモス、アルバカーキの2箇所で実証研究を展開、日米共同で取りまとめ研究を実施。



ニューメキシコ州, NEDO,
LANL (ロスアラモス国立研究所),
SNL (サンディア国立研究所),
NMSU (ニューメキシコ州立大学),
Intel

全体とりまとめ研究

NEDO
研究

(実証地域)

(実証協力先)

Los Alamos

ロスアラモス郡,
LANL

NEDO
実証

集中型電力貯蔵や
住宅デマンドレスポ
ンスの実証。

Albuquerque

PNM(電力会社),
SNL

NEDO
実証

業務用ビルの設備を用
いたデマンドレスポ
ンスの実証。

Taos

Roosevelt

Las Cruces

研究事例

荻本研究室

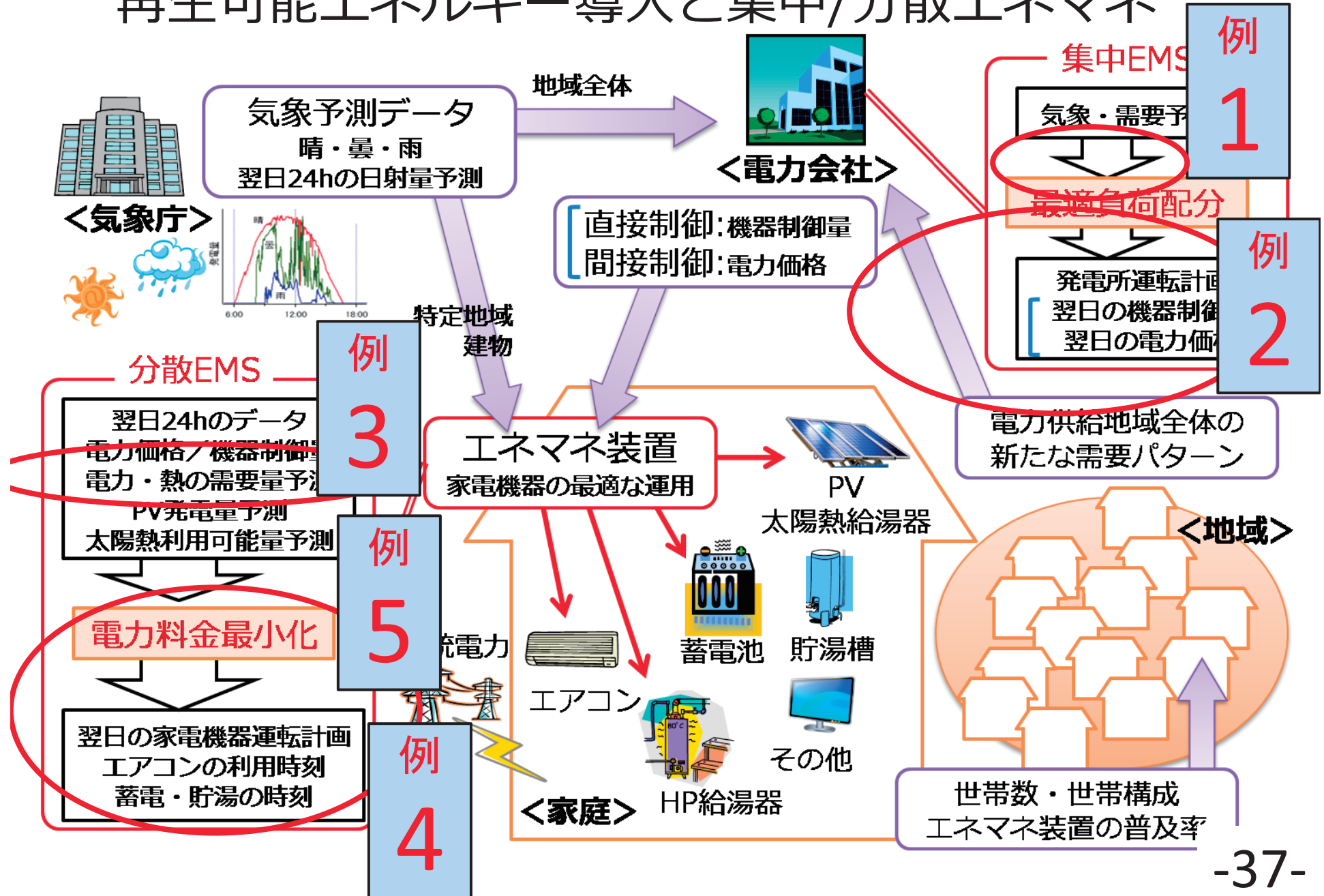
Ogimoto@iis.u-tokyo.ac.jp

岩船研究室

Iwafune@iis.u-tokyo.ac.jp

エネルギー工学連携研究センター (CEE)
生産技術研究所、東京大学

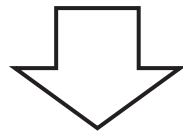
再生可能エネルギー導入と集中/分散エネマネ



長期電力需要想定：背景と目的

例
1

- 需要の変化
 - 省エネルギー技術の導入
 - 新たな需要増加(ヒートポンプ空調・給湯・加熱・PHEV/EV)
 - 電力貯蔵技術(揚水発電, 分散型定置式二次電池, 貯湯)
- 再生可能エネルギーの大量導入
 - 供給力の変化(系統から需要の変化と見える)
 - 風力発電、太陽光発電の出力変動
- 化石燃料分散電源の導入
 - ガスエンジン発電機、コジェネレーション、燃料電池の導入
 - 熱主電従運転



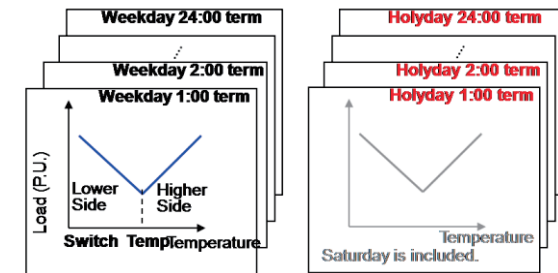
長期電力需給解析・計画の実施に向け、
中長期的な将来の需要曲線を想定する

長期電力需要想定：モデル

例
1

(1)気温-負荷モデル

- ▶ 平休日・時刻別の気温-負荷モデルを用意
- ▶ 過去の時系列の気温データを用いて正規化負荷曲線を作成
- ▶ 過去の月間最大電力と月間電力量で調整
- ▶ 所与の将来の年間最大電力と年間電力量で再調整



(2)新技術モデル(ヒートポンプ、PHEV/EVなどが対象)

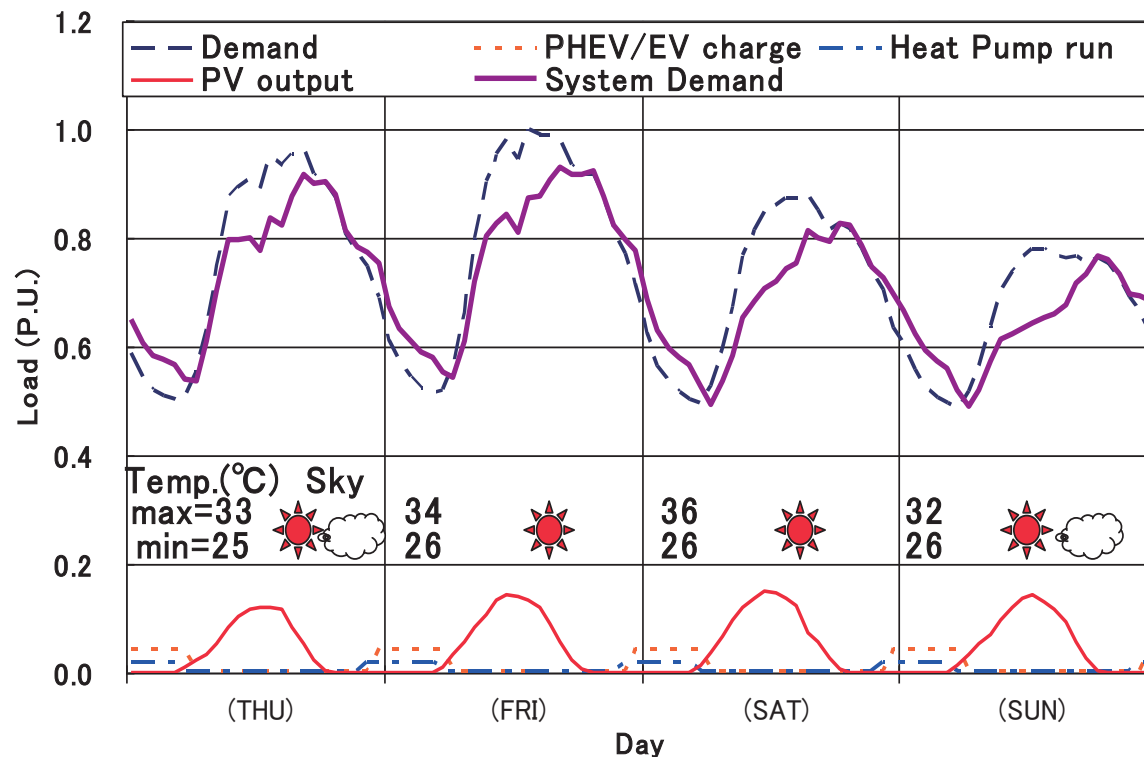
- ▶ 導入台数と一台当たり運転/充電電力量から系統全体を算定
- ▶ 運転/充電時間帯は、深夜割引料金時間帯から想定

(3)太陽光発電モデル

- ▶ 過去の気象データ(日射量, 気温, 風速)から発電量を想定
- ▶ 現時点では一時間値を使用
- ▶ 時間区分は、太陽光発電出力の変動特性を分析し見直す予定

長期電力需要想定：試算結果

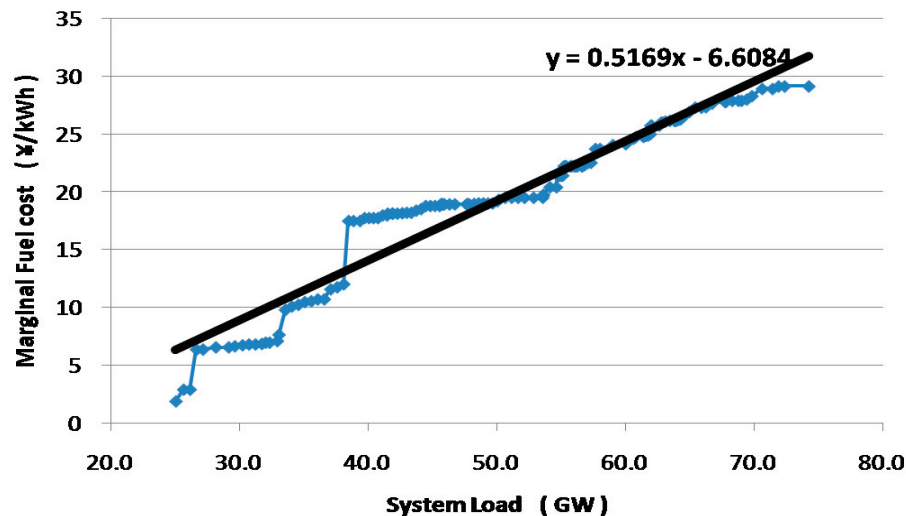
- 2030年をイメージ
 - ヒートポンプ5%、PHEV/EV2.5%、太陽光20%(系統最大電力の比)



夜間：底上げ、負荷率向上
 昼間：太陽光で低減
 ピーク：夕方へ移行

PV大量導入の電力システムの運用コストに与える影響 — 発電燃料費モデル —

- ✓化石燃料単価の想定のもと、原子力発電、火力発電、揚水発電を対象として安価な順に積み上げ、需要レベルに対応する発電機群nの燃料費を算出する。(補修計画、スピニングリザーブなどの考慮は今後)
- ✓燃料単価は、長期需給見通し(再計算)の想定である、石油169 \$/bbl, LNG1482 \$/ton, 石炭 182 \$/ton。(名目価格)
- ✓需要-燃料費モデルは、燃料費として、最大費用をとるマージナル発電燃料費モデルと、その時間帯に電力を供給するすべての発電機の平均モデルの二種類ある。



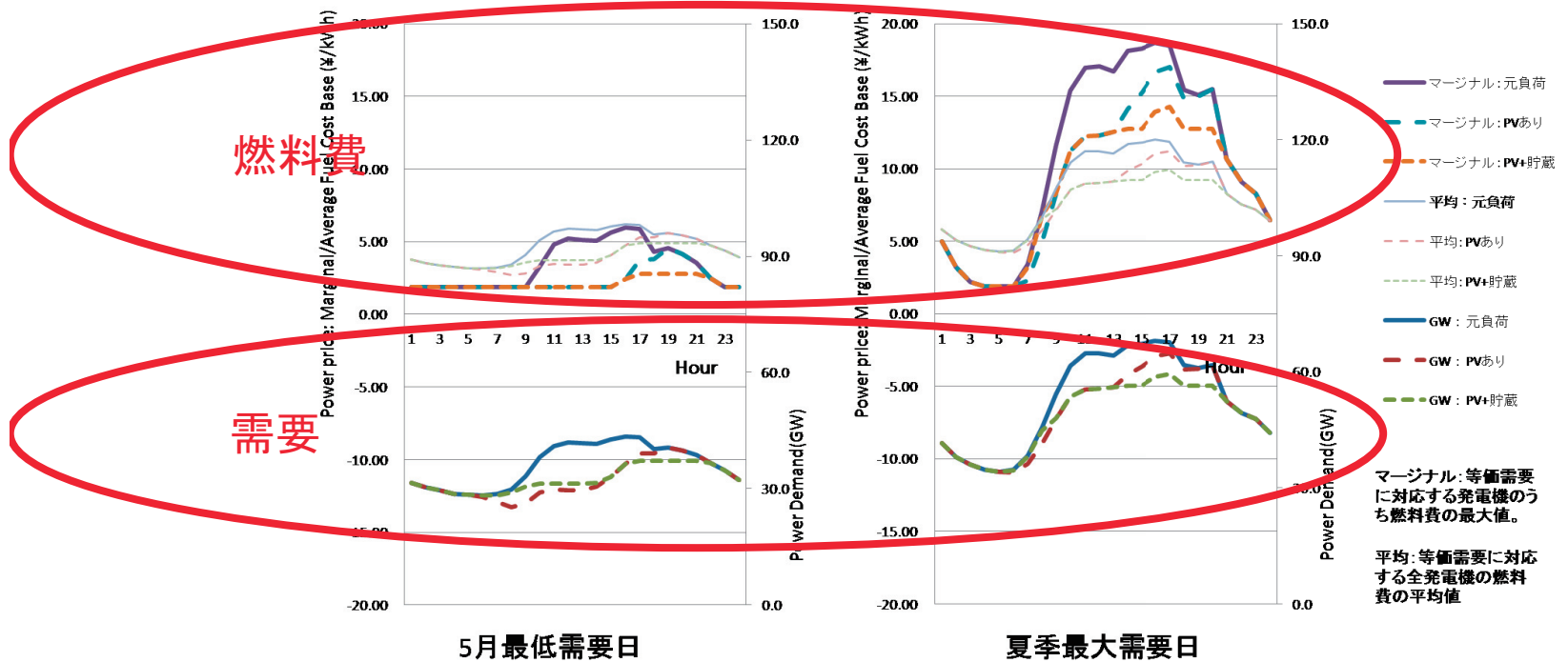
例
2

PV大量導入の電力システムの運用コストに与える影響

— 検討結果: 代表日(5月の休日および夏季平日)の状況 —

✓1年間の解析結果のうち, 1)需要が最小でPVの出力が最大となる5月の休日の晴天日と, 2)需要が最大でPVの出力が大きい夏季の平日, 晴天日につき, 需要, マージナルベースと合計ベースの毎時燃料費を示す。

✓等価需要は, PVのみの場合はその発電分だけ減少し, 電力貯蔵ありの場合は夕方が発生する最大電力が抑制される。



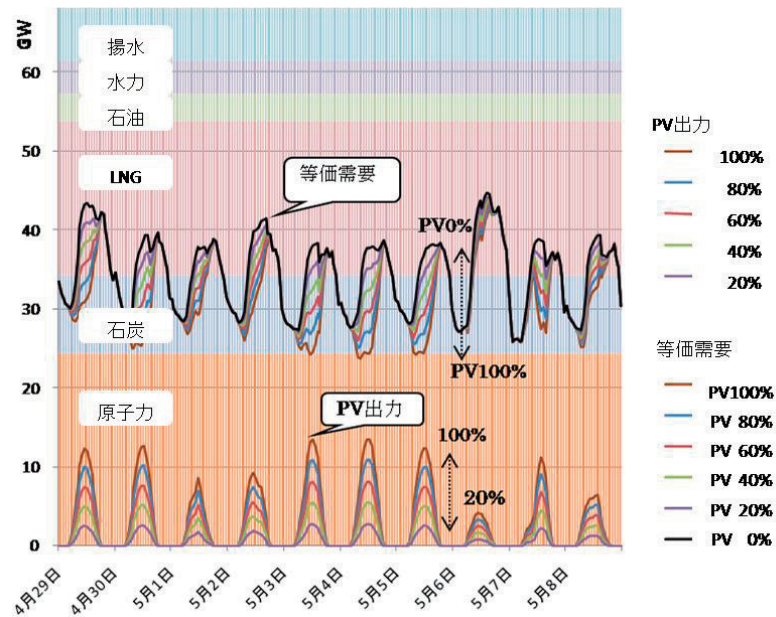
例
2

代表日の等価需要とマージナル/平均燃料費

マージナル: 等価需要に対応する発電機のうち燃料費の最大値。
平均: 等価需要に対応する全発電機の燃料費の平均値

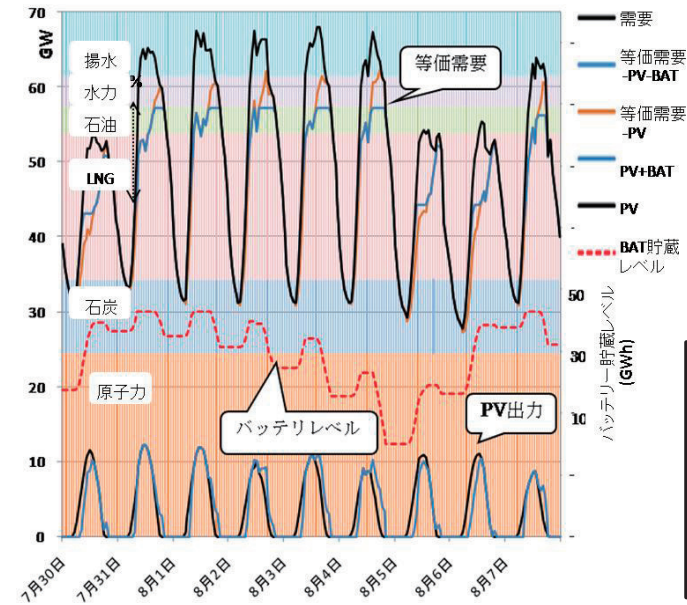
電力システムの課題とニーズを探る

-対象系統、時点により異なる長期電力需給計画-



PV発電による等価需要の低下(5月)

PV導入がない場合と比べて等価最低負荷が減少する場合があります。
 総発電量に対する想定逸失量の割合は、1998年は0.9%、2005年は4%。



電力貯蔵を適用したピーク負荷低減(8月)

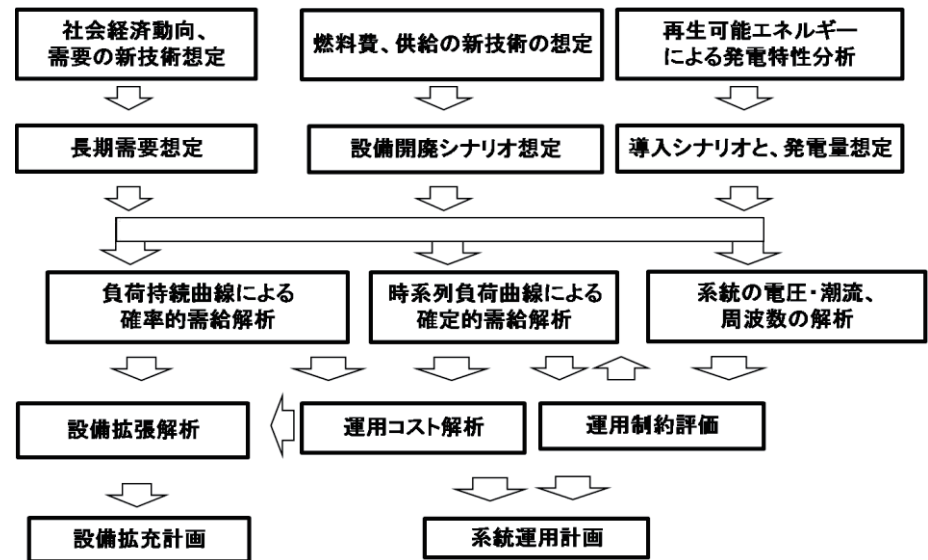
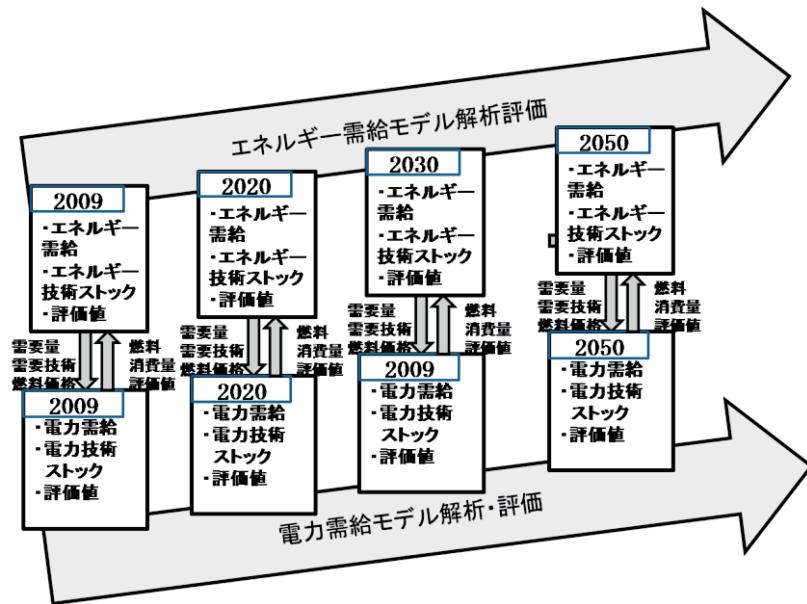
PVの導入量と天気により、昼間の需要は低減され夕方に需要のピークが発生。

例
2

長期電力需給計画

例
2

- EV/PHEV, 民生・産業用HPなどの電力化の進展による需要の変化, 再生可能エネルギーなど化石燃料分散電源の導入, 分散型の電力貯蔵技術などの導入を見据え、経済性、信頼性、環境性に優れた長期の電力需給計画を策定し、着実な設備形成を行う必要がある。
- 超長期のエネルギー需給モデルと連携することにより、電力需給以外の分野との連携を確保し、電力需給に特有な課題の検討を深化する。



荻本, 赤井誠, 近藤, 末広茂, 黒沢: 電力需給計画モデルとエネルギー計画モデルの連携による長期電力需給解析, エネ資研究発表会, 15-4(2009)

荻本, 大関, 植田, 太陽光発電を含む長期電力需給解析手法, 電気学会論文誌 Vol.130 No.6 pp575-583 より作成

需要予測に向けて：住宅用分電盤実測データに基づく 機器別電力消費量推計

- ▶ 低炭素化社会の実現に向けて、家庭、業務などの民生部門におけるエネルギーサービス水準を維持・向上しつつ再生可能エネルギーの大規模導入を実現する自律協調エネルギーマネジメントシステムに関する研究を行っている。
- ▶ 再生可能エネルギーを含めた最適運用を考えるためには、家庭内のエネルギー消費量がある程度予測する必要がある。
- ▶ また、需要家の効用の増加に寄与しないエネルギー消費の無駄を発見するためにも需要家端においてどのようにエネルギーが使用されているかを把握することが重要である。

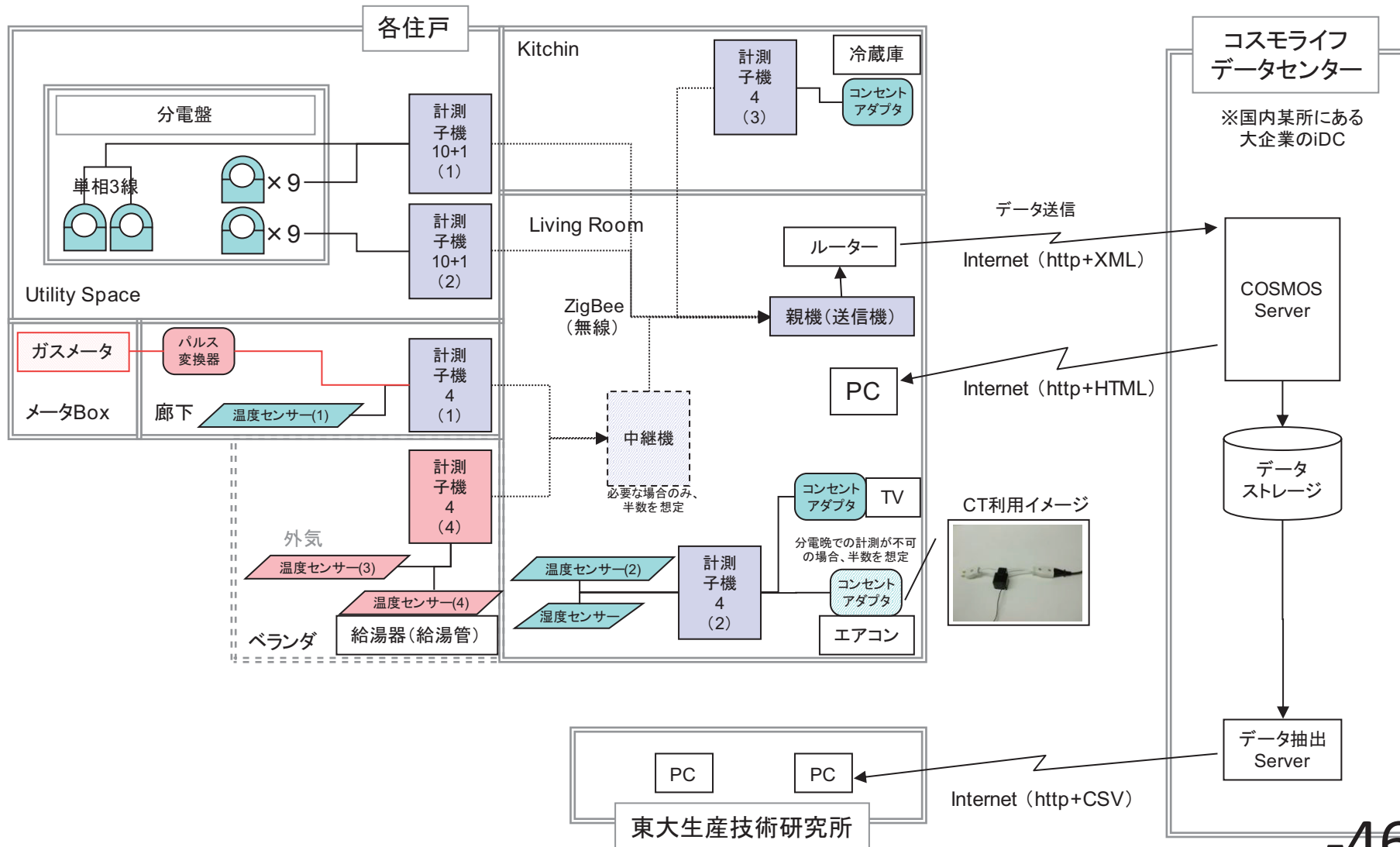
表 1 計測の概要

計測対象住戸	戸建住宅（築 15 年）1 階部分 2LDK（約 80m ² ）、4 人世帯
計測対象	分電盤 8 回路及び個別機器（冷蔵庫、TV）電流
計測期間	2009 年 9 月-11 月（分析対象は 37 日間）
計測間隔	1 分
計測器	
分電盤電力量、電力、電圧、電流	東芝テクノメータ多回路電力レコーダ KK11A（精度±2%FS）
個別機器消費電流	HIOKI クランプロガー-3673（精度±2.5%rdg）

表 2 分電盤回路別の使用機器

回路番号	区分	接続されている主な機器
1	台所リビングコンセント	冷蔵庫、電子レンジ、炊飯器、オーブントースター、テレビ、HDD/DVD レコーダー、オーディオ、PC 2 台、電子ピアノ
2	台所リビング照明	台所及びリビング照明、台所換気扇、金魚ポンプ、食器洗い乾燥機
3	浴室洗面所	洗濯機、照明、換気扇
4	その他居室	扇風機、照明、空気清浄機、テレビ、オーディオ
5	廊下	廊下・玄関照明
6	トイレ	トイレ照明
7	エアコン 1	寝室エアコン
8	エアコン 2	その他居室エアコン

需要予測に向けて: 家庭の需要の計測システム図



需要予測に向けて: 測定・分析結果

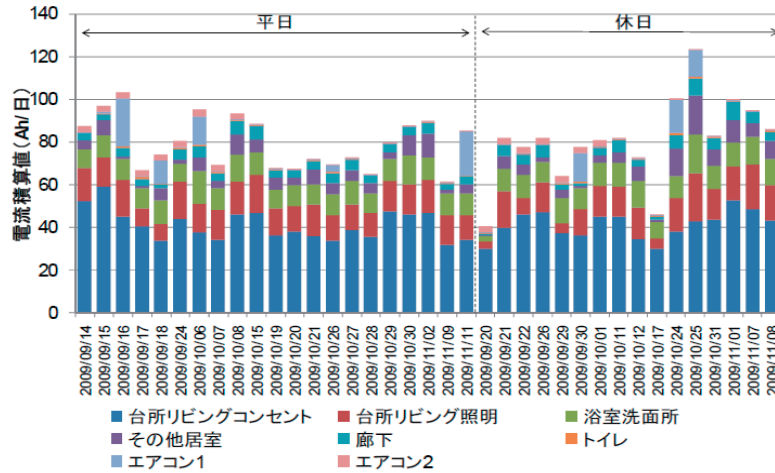


図2 回路別日消費電流積算値

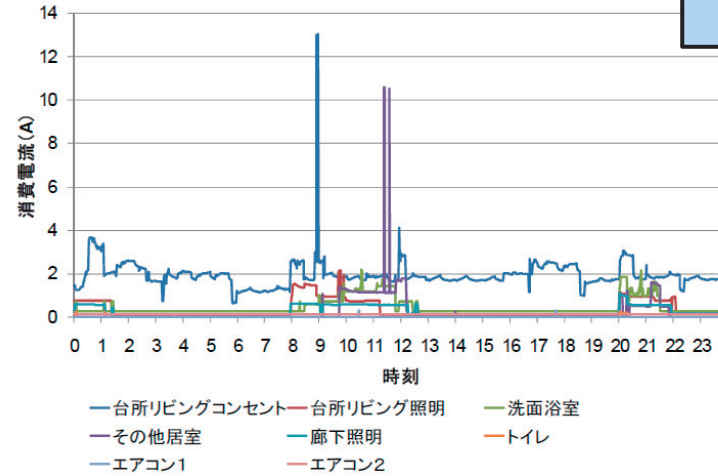


図4 消費電流の推移 (9月22日) (図3と同じデータ)

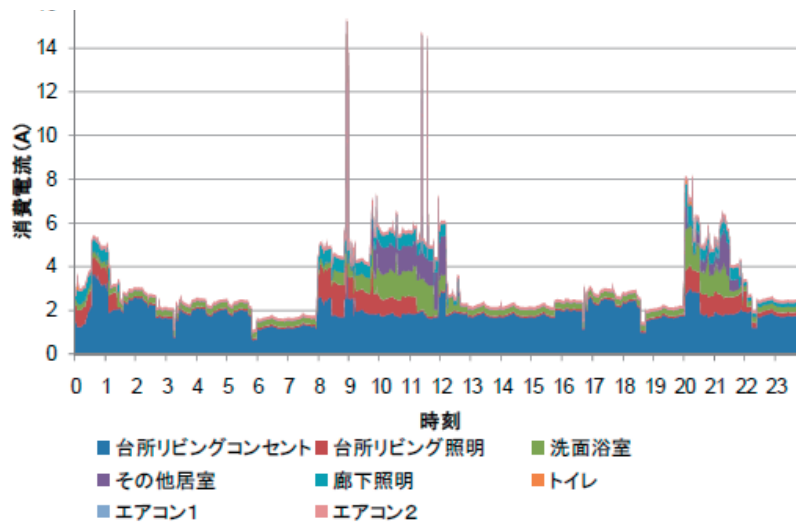


図3 消費電流の推移 (9月22日)

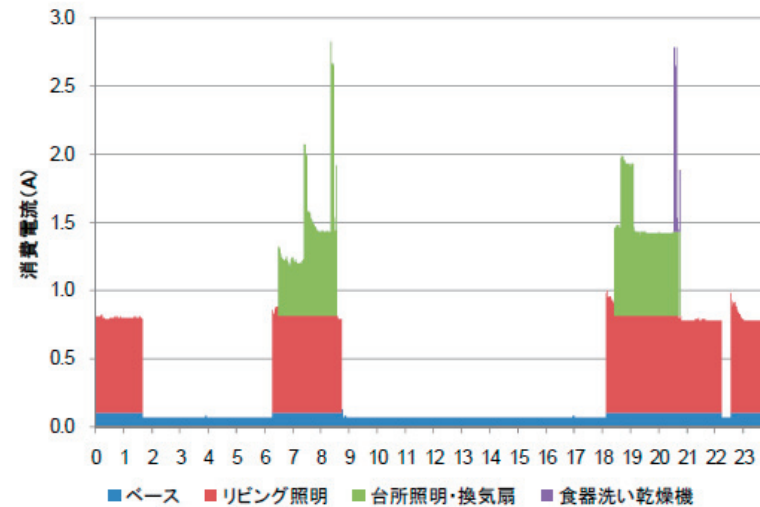


図7 台所リビング照明回路機器別分解結果(10月27日)

需要・日射量・機器設定

□ エネルギー需要データ

日本建築学会 九州・沖縄戸建04 福岡市 家族2人

夏期：2003/9/2 冬期：2004/1/30 中間期：2004/5/25

各期の代表的な晴天日

□ 日射量データ

気象庁月刊気象資料より当該日の全天日射量，直達日射量を利用

PV発電量・太陽熱利用可能量を算出

□ 家庭内機器設定

PV発電：出力3kW

蓄電池：最大容量6kWh, 最大入出力3.5kW, 充放電時ロス15%
(容量の100%~20%の間で運用) (PVから蓄電のみ)

太陽熱利用：4m², 集熱効率60%

HP給湯器：出力3kW, COP;冬期3.0;中間期4.5;夏期5.0

貯湯槽：容量;冬期80MJ;中間期50MJ;夏期40MJ, 放熱ロス1%/h
(容量の100%~10%の間で運用)

ケーススタディ

	現行電気料金	電気料金変動
太陽熱給湯 なし	Case1	Case3
太陽熱給湯 あり	Case2	Case4

□ 現行電気料金

買電価格 夜間 23~7時 : 9.17円, 朝夕 7~10, 17~23時 : 23.13円
 昼間 10~17時 : 33.37円 (夏期) 28.28円 (夏期以外)

売電価格 一律 23.00円

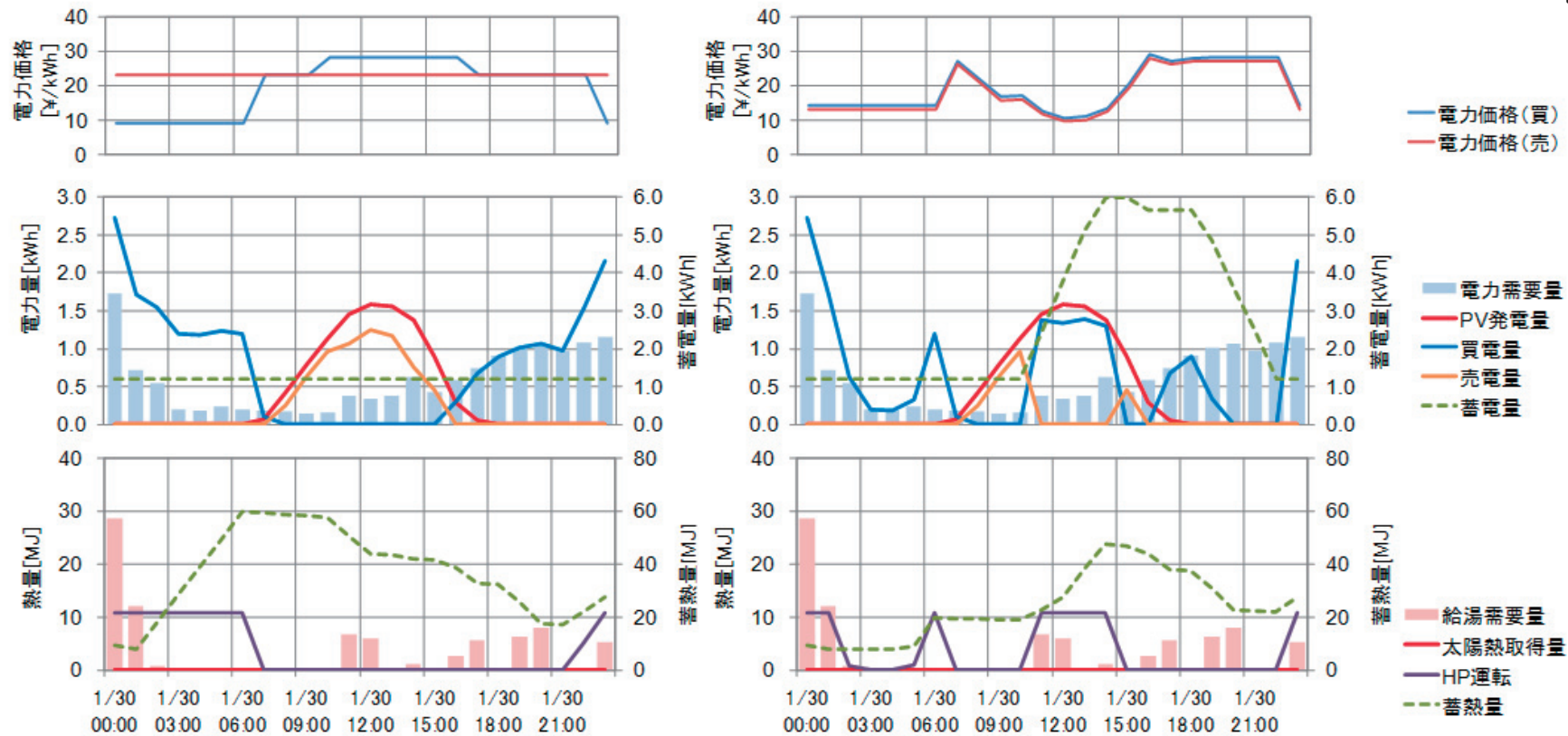
□ 電気料金変動

買電価格 上記現行電気料金を基準に, PV発電量に応じて変化

$$\Delta pr_t = 5 - PVG_t / 70$$

売電価格 買電価格 - 1.00円

電気料金変更の影響 (太陽熱利用なし)



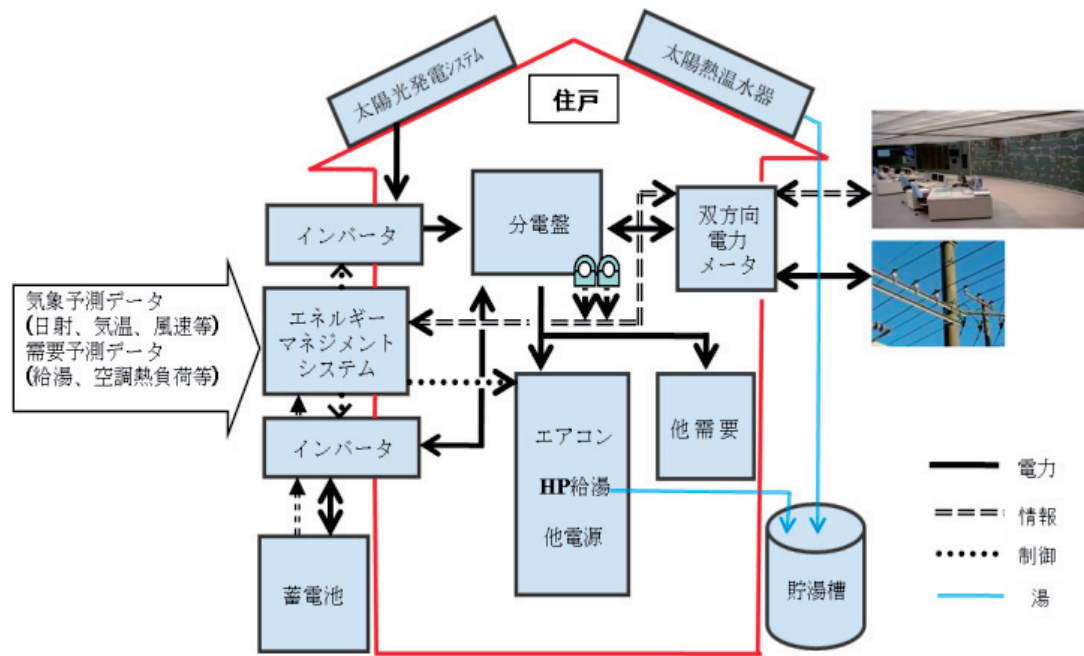
Case1 (現行電気料金) 冬期

Case3 (電気料金変更) 冬期

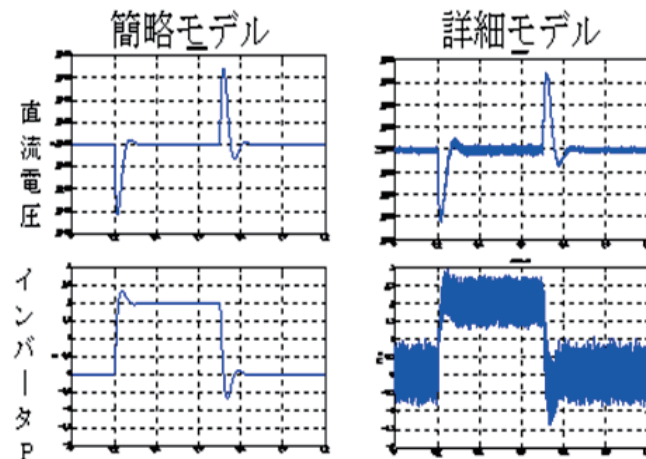
HPの運転時刻が夜間から昼間に一部移動している
 売電量 (逆潮流量) が減少し, 昼間の安い電力で蓄電している

実際の展開に向けて

様々な分野の統合的かつ効果的な検討による、効率的な課題解決が必要



屋内外機器のシミュレーションモデルの構築



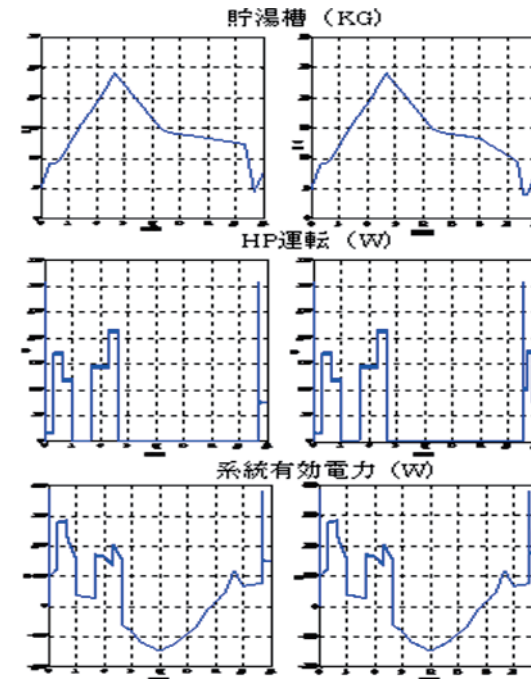
インバータモデル動作検証例

実際の展開に向けて

- 建物のモデル化
- 多様な機器のモデル化
- Home Energy Management Systemのモデル化
- 快適性、省エネルギー性、環境性など多目的評価
- 産業における製品開発と利用者の選択の双方を支えるプラットフォーム

太陽熱給湯	$C_r \frac{dT_{out}}{dt} = F_m \cdot cw(T_m - T_{out}) + K_s \cdot E_s - K_l \left(\frac{T_m + T_{out}}{2} - T_e \right)$
貯湯槽	$M \cdot cw \frac{dT_{tank}}{dt} = F_h(T_h - T_{tank}) \cdot cw + UA(T_{ex} - T_{tank}) - K_l(T_{tank} - T_e)$
熱交換器	$C_r \frac{dT_{ex}}{dt} = F_{sun} \cdot cw(T_{sun} - T_{ex}) - UA(T_{ex} - T_{tank})$
ヒートポンプ	$C_c \frac{dT_{cout}}{dt} = F_{cin} \cdot cw(T_{cin} - T_{cout}) + COP \cdot power$
	$C_v \frac{dT_{vout}}{dt} = F_{vin} \cdot cw(T_{vin} - T_{vout}) - (COP - 1) \cdot power$
	$COP = k \frac{0.5(T_{cin} + T_{cout}) + 273.5}{0.5(T_{cin} + T_{cout}) - 0.5(T_{vin} + T_{vout})}$

機器定式化例



エネルギー管理装置動作例