

# 低炭素技術をどう社会につなげてゆくか —LCSの活動と展望—

森 俊介

(LCS戦略推進委員会委員長／  
東京理科大学理工学部経営工学科 教授)

JST-LCS シンポジウム 平成26年12月15日(月) 伊藤謝恩ホール

# 講演の概要

1. はじめに – 温暖化対策の実現
2. JST-LCSの活動 – 低炭素社会の実現に向けて
  - 2.1 低炭素社会へのシナリオ研究
  - 2.2 技術開発シナリオ – PV の技術開発と価格低下のシナリオ
  - 2.3 技術開発シナリオ –蓄電池 の技術開発のロードマップ
  - 2.4 明るく豊かな低炭素社会」実現のための技術開発
  - 2.5 自治体との連携活動
  - 2.6 グリーンイノベーション
3. 低炭素社会実現の課題と展望
  - 3.1 スマートメータ
  - 3.2 家庭へのPV/蓄電池/EVの導入効果
  - 3.3 地域分散型エネルギーの導入と電源計画の相互影響
4. おわりに

# 「温暖化対策をどのように実現するか？」

- ① 直接規制的方法（汚染物排出禁止法など）
  - 直裁的。汚染源と物質の特定化が必要
  - 毒物など緊急性のある汚染に有効
  - 排出源の特定化と計測, 罰則が必要
  
- ② 経済的方法（課徴金、排出権取引、補助金）
  - 理論的には効率的
  - 理論と現実のギャップ. フリーライダー問題
  
- ③ 技術的方法（省エネ技術、温暖化抑制技術）
  - 利用者に最も負担感が少ない
  - 需要を喚起する(リバウンド)側面がある
  
- ④ 社会的価値観 (Cool！)
  - 温暖化対策とその費用負担が社会に共有される
  - 価値観の共有には時間が必要

# 低炭素社会実現のための社会シナリオ研究



・エネルギー源・量・効率・コスト  
・社会構造（日々の暮らし重点）

2050年までに  
実現しておくべきこと

明るく豊かな  
低炭素社会

- エネルギー効率向上
- 再生可能エネルギー利用増大
- 資源リサイクルシステムの構築

技術進歩  
定量化

2050年  
の社会

2050年 低炭素社会  
実現シナリオと戦略立案

2030年の技術・システム  
の社会全体への普及

2030年  
の社会

現状の技術・システムの発展

- 現状の技術・システムの発展を考慮した2030年の社会を提示
- 技術・システムの発展に必要な研究開発課題を明確化
- 持続可能な2050年に望まれる社会像を提示
- 技術・システムの普及促進に必要な経済・社会システムを提示

2020年  
の社会

現在の  
社会

2050年

2030年の科学技術  
に基づく、持続可能で  
明るく豊かな社会が実現

定量的バックキャスト

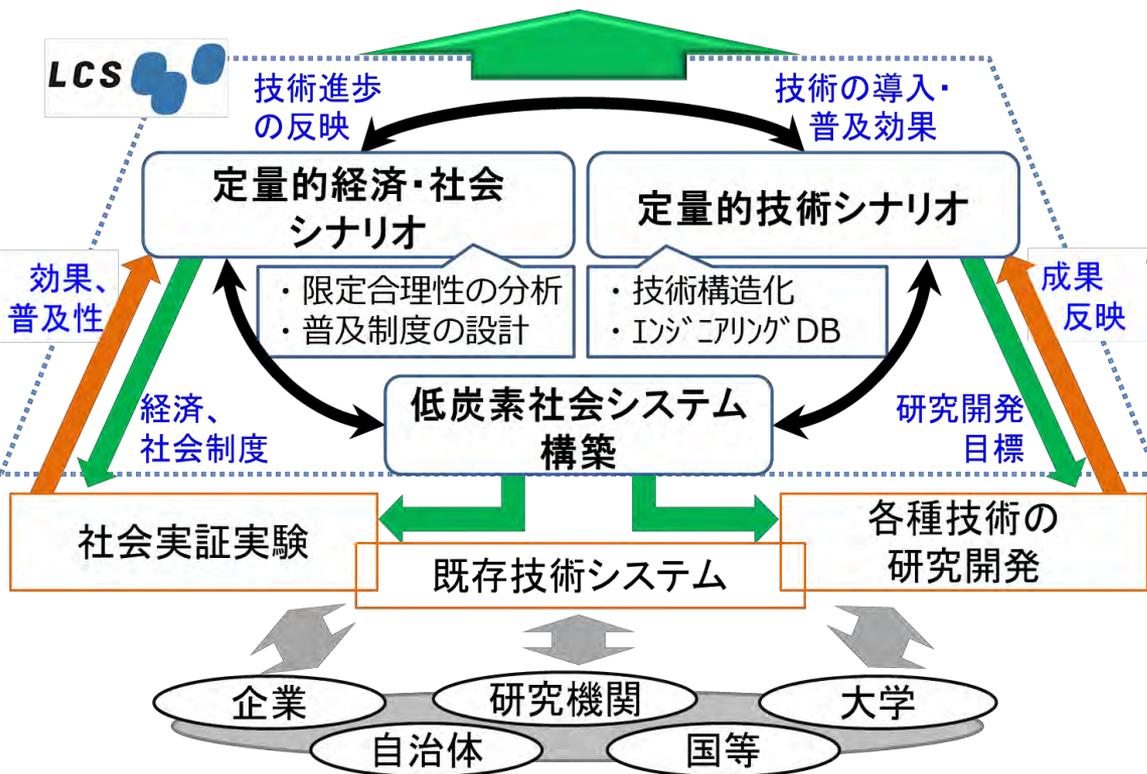
2030年までに

2020年の科学技術  
が発展した社会が実現

技術構造化で要素  
技術進歩と原価低  
減関係明確化

# 低炭素社会実現のための社会シナリオ研究 進め方

明るく豊かな低炭素社会



- 定量的技術シナリオ研究

低炭素技術の研究開発目標と研究開発課題を提示

- 定量的経済・社会シナリオ研究

低炭素技術の導入・普及促進のための経済・社会制度を提示

- 低炭素社会システムの構築

低炭素社会の実現に向けた社会シナリオを提示

# 平成25年度 調査・研究の進め方と内容

明るく豊かな低炭素社会

## 定量的技術シナリオ

低炭素技術の開発目標と  
研究課題の提示

個別エネルギー技術、  
システムのコスト・  
CO<sub>2</sub>排出量等の  
見通し

エネルギーシステム設計・評価  
製品のコスト構造・環境性評価  
製造プロセス設計・評価  
先端技術や開発可能な技術の分析  
エンジニアリング・データベース

太陽電池、蓄電池、燃料電池、バイオマス、  
風力、中小水力、地熱発電、送電システム、  
その他個別エネルギー技術、エネルギーシステム

物質・材料研究機構  
電力中央研究所  
東京大学、東京工業大学、信州大学、大阪大学  
東京農工大学、中部大学、茨城大学  
JST・ALCA

下川町  
熊本県

## 定量的経済・社会シナリオ

低炭素技術の導入・普及促進  
の経済・社会制度の提示

個別エネルギー技術、  
システムの導入による社会の  
経済・環境改善の効果の  
見通し

エネルギー需給と経済・社会制度の  
分析・設計  
行動経済・選好意識調査  
エネルギー需要・供給双方での  
省エネルギー推進の実証

地域社会の低炭素化施策への協力  
家庭の電力消費量見える化実験

静岡瓦斯株式会社  
東京大学、東京理科大学、産業技術総合研究所  
エネルギー総合工学研究所

荒川区、足立区、港区、新宿区、台東区、豊島区、  
板橋区、三鷹市、調布市、府中市、西東京市、  
日野市、羽村市、川崎市、柏市、流山市、市川市、  
さいたま市、志木市、館林市、取手市、つくば市、  
宇都宮市、生駒市

## 低炭素社会システム

低炭素社会の実現に向けた  
社会シナリオの提示

個別エネルギー技術、  
システムの技術開発と  
普及による社会の低炭素化と  
経済拡大の見通し

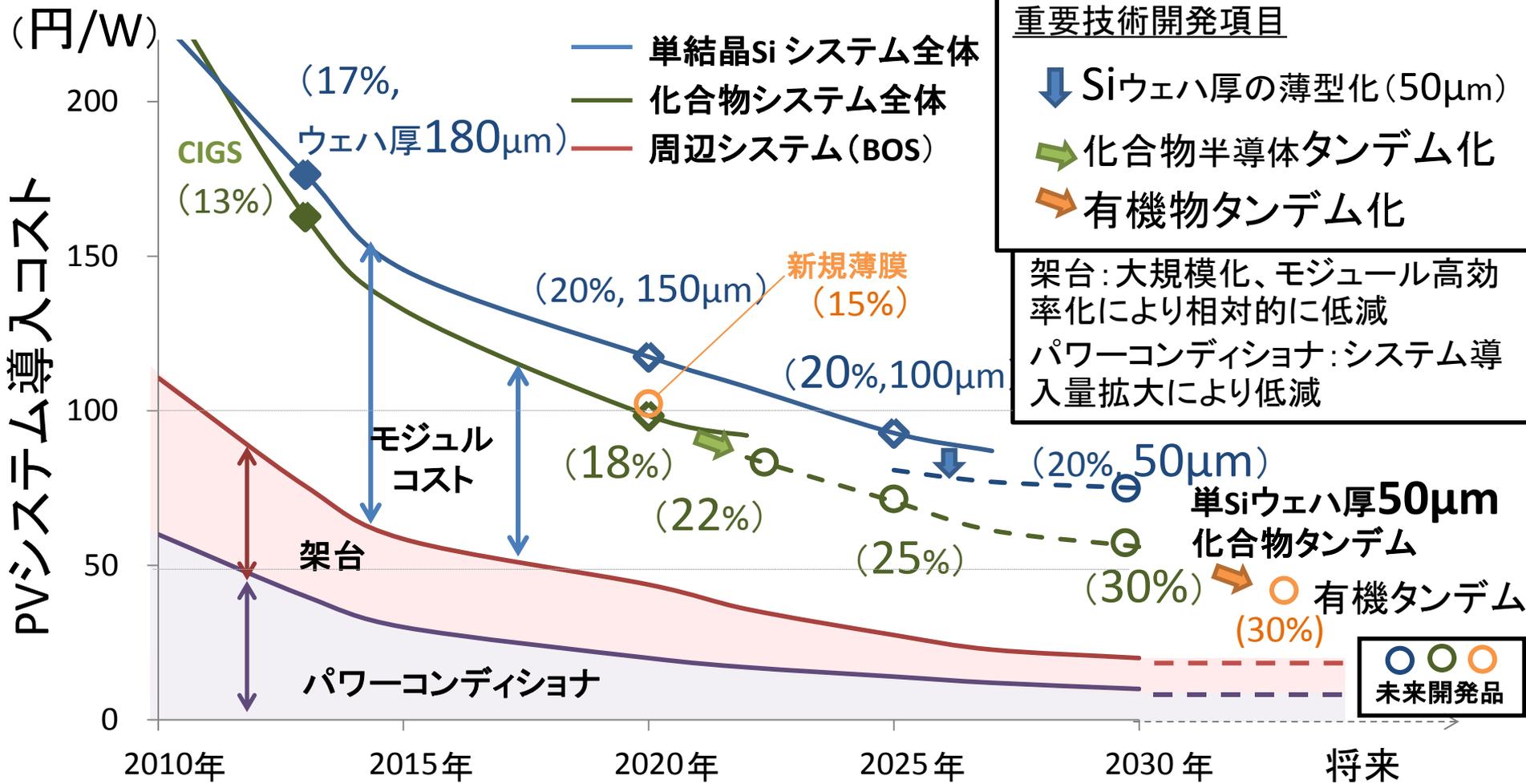
エネルギー技術・経済統合モデル  
  
経済モデル等の改良・高度化  
社会システムデザイン、国際、  
理解増進、地球温暖化適応評価

東京大学、東京理科大学

調査研究内容

連携構築

# PVシステム原価の展望



PVシステム原価の展望 (円/W)

©Koichi Yamada

	現状	2020年	2030年	新PV
モジュール	80	50	40	20
BOS	80	50	20	20
システム全体	160	100	60	40

# 太陽光発電システム原価の内訳 コスト内訳(円/W)

技術レベル		現状		2020		2030	
太陽電池		単Si 180μm 厚	CIGS	CIGS	新規薄膜	単Si 50μm厚	新CIGS タンデム
モジュール変換効率		17%	13%	18%	15%	20%	30%
年間生産量 (GW/年)		1	1	5	1	5	5
製造 コスト	変動費(原材料費)	76	59	40	34	45	29
	変動費(用役費)	5	2	1	2	2	1
	固定費(設備費・人件費)	22	18	9	12	7	7
<b>モジュール小計(円/W)</b>		<b>103</b>	<b>79</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>54</b>	<b>37</b>
S O B	架台 (工事費含む)	33	44	27	32	14	10
	パワーコンディショナ	40	40	20	20	10	10
<b>BOS小計 (円/W)</b>		<b>73</b>	<b>84</b>	<b>47</b>	<b>52</b>	<b>24</b>	<b>20</b>
<b>システム全体 (円/W)</b>		<b>173</b>	<b>163</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>78</b>	<b>57</b>
<b>重量当たり (円/g)</b>		<b>1.5</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>1.0</b>	<b>0.7</b>
CO <sub>2</sub> ペイバックタイム(年※)		2.5	1.2	0.9	—	1.4	0.5

(G:10<sup>9</sup>)

©Koichi Yamada

※年間発電量を1kWh/W、電力源排出量479g-CO<sub>2</sub>/kWhとする

# 太陽電池の科学・技術ロードマップ

国内の太陽光発電システム原価の展望 (円/W)

	現状	2020年	2030年	新PV
モジュール	80	50	40	20
周辺システム (BOS)	80	50	20	20
システム全体	160	100	60	40

**研究課題の階層**

性能指標

製造・原材料プロセスの基礎技術

ナノ・メソスケール構造化・機能化

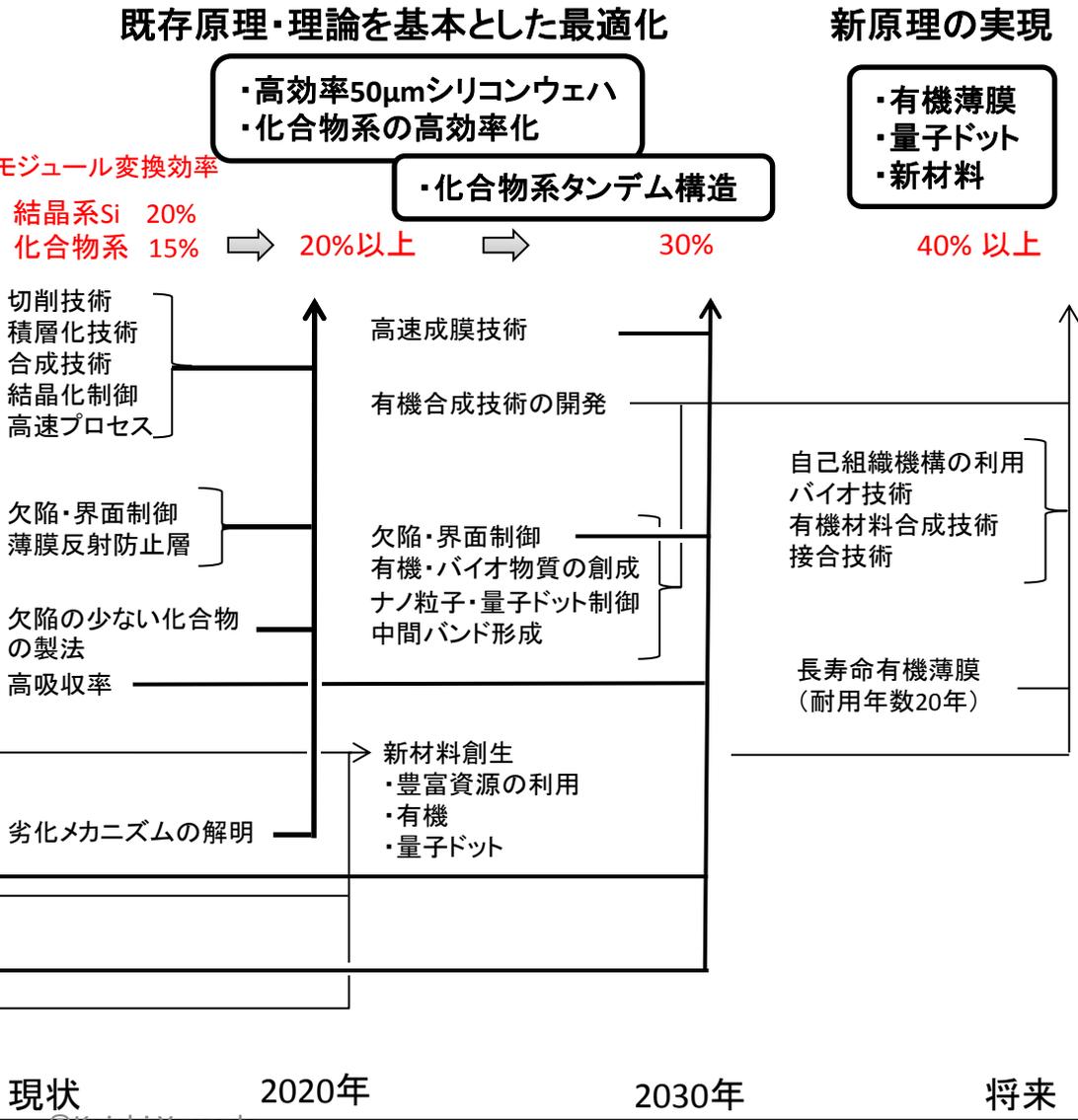
新物質材料創成と元素制御

物質・材料シミュレーション技術

新原理・理論提案

**研究課題例**

- 構造・物性
- 効率評価
- 欠陥・劣化評価
- 積層化技術
- 省資源化
- ナノ粒子・薄膜形成
- 超格子、界面構造制御
- 量子ドット形成制御
- 新化合物の合成
- 光の広領域利用
- 欠陥・界面制御
- 量子ドット・ポテンシャル層の材料選択
- 欠陥構造の評価
- 新化合物設計、新原理証明のシミュレーション
- 新材料の設計
- 未知な原理の解明
- 光吸収・電荷分離過程、発電原理



# 円筒型蓄電池の製造コストの展望

		現状(収率向上)	2020年	2030年
生産規模	[GWh <sub>ST</sub> /y]	10	10	10
収率	[%]	90	90	90
エネルギー密度	[Wh <sub>ST</sub> /kg]	200	600	1000
活物質(正極/負極)		LiCoO <sub>2</sub> /黒鉛	Li-O系/Si	Li-O系/Si
製造コスト [円/Wh <sub>ST</sub> ]	変動費			
	原材料費	10.0	2.7	1.6
	用役費	0.4	0.1	0.1
	固定費	2.1	0.9	0.6
	合計	12.5	3.7	2.3
重量あたりコスト	[円/g]	2.5	2.2	2.3
CO <sub>2</sub> 負荷量	[g-CO <sub>2</sub> /Wh <sub>ST</sub> ]	130	30	20

※ 1→10GWh<sub>ST</sub>/yのスケールアップ効果2円/Wh<sub>ST</sub> , 収率66→90%で効果3円/Wh<sub>ST</sub> ©Koichi Yamada

# 政策立案のための提案書 平成25年度 総合編

【明るく豊かに住みやすい社会の実現を目指して】 【社会インフラ整備】

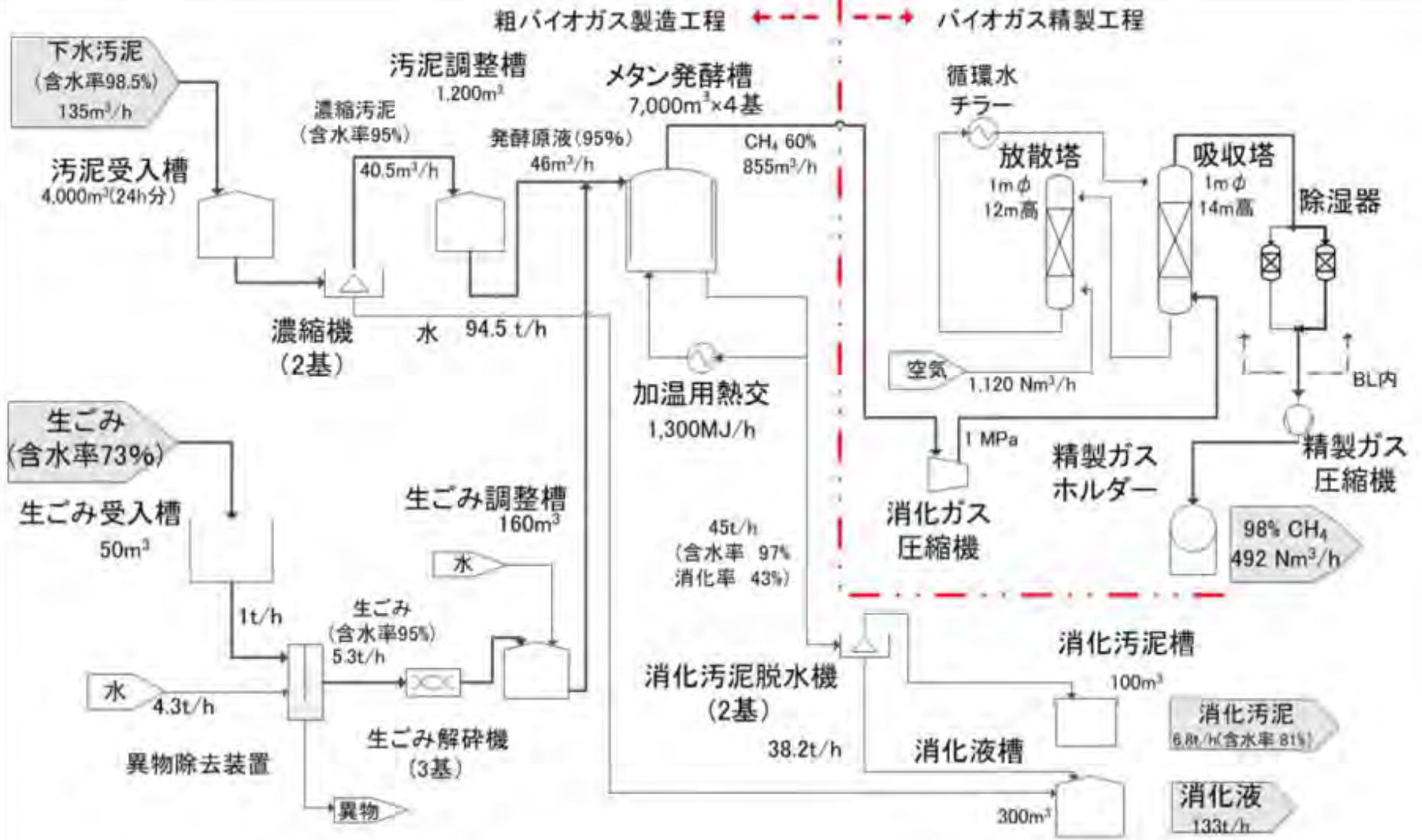


図1 下水汚泥および生ごみからバイオガス生成プロセス

(定量的経済性・環境負荷評価のための)低炭素技術設計・評価プラットフォーム

[1] 低炭素技術設計・評価システム

評価する低炭素技術

- ・太陽電池
- ・蓄電池
- ・燃料電池
- ・風力発電
- ・(中小)水力発電
- ・地熱発電
- ・バイオマス
  - ・木質
  - ・バイオガス

評価の流れ

技術の検討と  
概念設計

プロセス設計

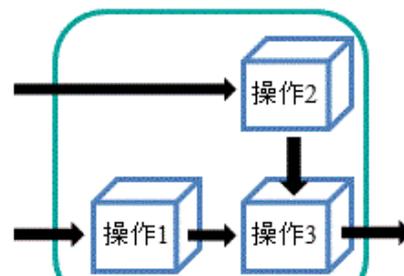
「定量的技術  
シナリオ」作成

- ・コスト構造の分析
  - ・量産効果の検証
  - ・技術革新・改良  
効果の検証
- 性能・コスト等の  
定量的評価

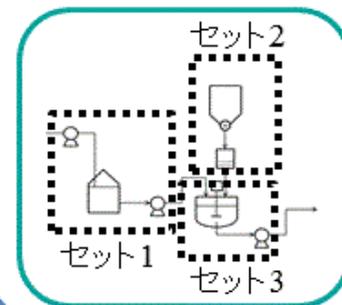
科学・技術ロードマップ  
・将来コスト展望と技術課題

[2] 「支援ツール」による設計と自動化のサポート

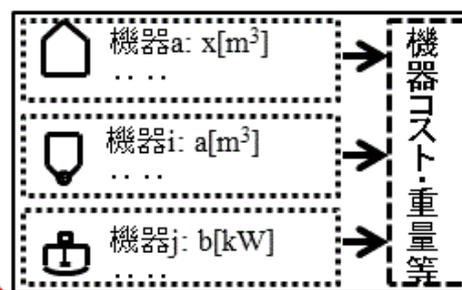
(1)物質・熱収支の計算



(2)機器の選定と仕様決定



(3)機器コスト等計算



(4)固定費・変動費と  
環境負荷の算出

- ・固定費: 設備費、人件費
- ・変動費: 原材料費、用役費
- ・環境負荷: CO<sub>2</sub>排出量

[3] 基盤データベース

原材料

物性

機器

機器モジュール

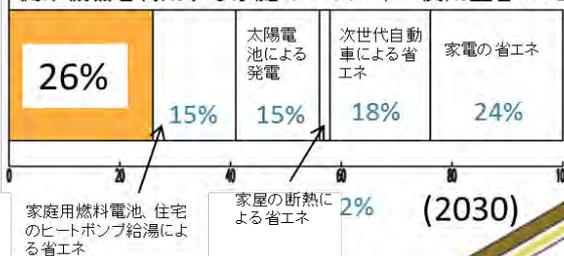
環境負荷

# 第3章 「明るく豊かな低炭素社会」実現のための技術普及

ハイライト①

## 省エネ対策で家庭のエネルギー使用量は1/4になる

従来機器を利用する家庭のエネルギー使用量を100とすると



年収500～550万円世帯の例(12万円/年)

太陽光発電による再生可能エネルギーの利用  
電気代の節約

LED電球による省エネ  
電気代の節約

※家庭の構成人数や年齢、住んでいる地域や使用する家電製品など、家庭の状況によって変わる。  
※「家屋の断熱」については、他の省エネ対策と相補的な関係にある。ここでは他の対策に割影響されていないものを「断熱の効果」としている。

エネルギー効率の良いエアコン  
電気代の節約

2010年製のエアコン  
年間消費電力量850kWh

家庭用燃料電池、住宅のヒートポンプ給湯等によるエネルギー効率改善

快適な生活、健康

2010年製の冷蔵庫  
年間消費電力量220kWh

低燃費車、ハイブリッド車等の利用



断熱材の利用  
空調費用の節約

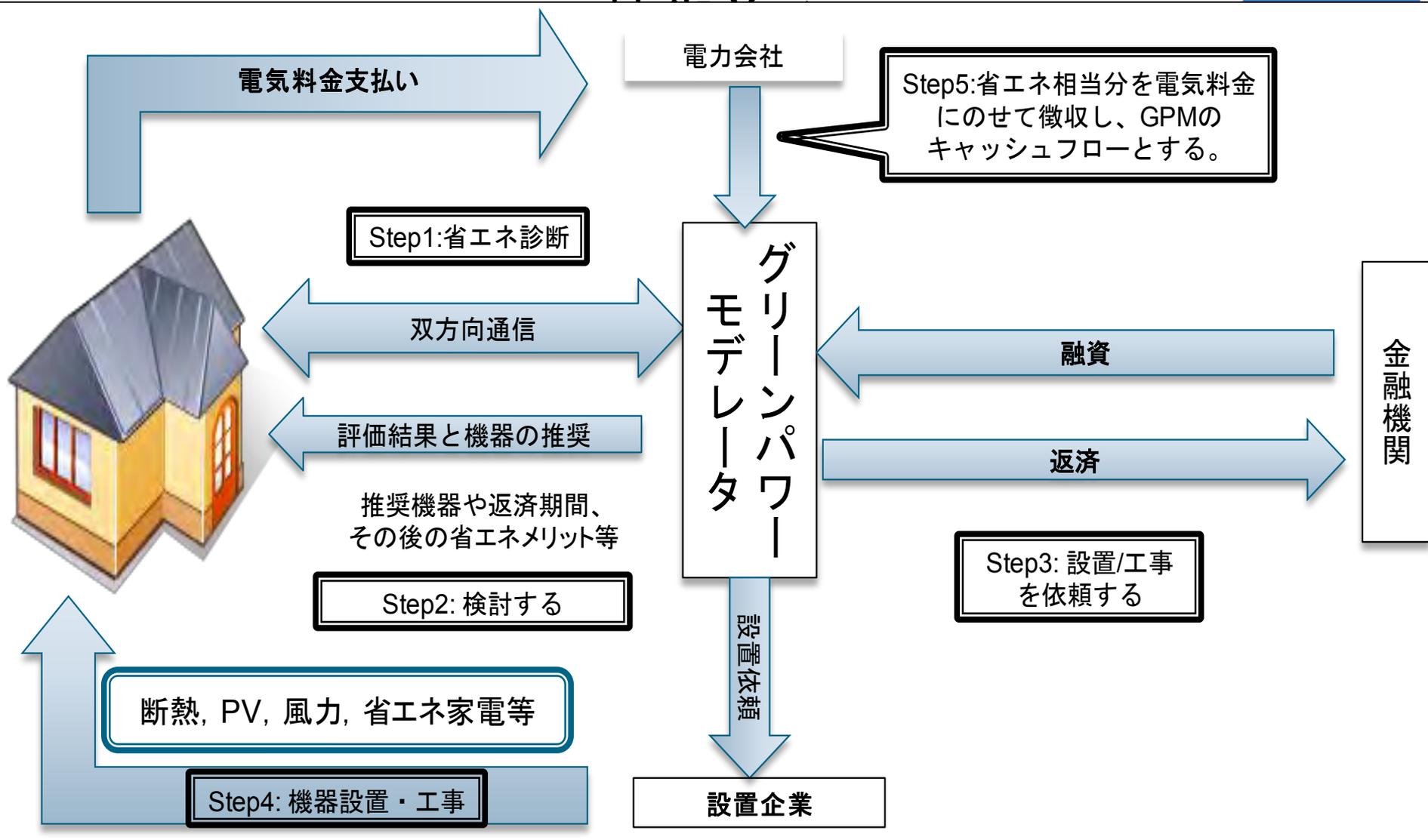
エネルギー効率の良い冷蔵庫  
電気代の節約

二重窓による断熱性の向上  
空調費用の節約

©JST/LCS

家庭部門を対象とした省エネ対策効果の試算

## 第3章 「明るく豊かな低炭素社会」実現のための



# 自治体と連携した取組

- 「電力使用量の見える化実験」(協力自治体:23自治体)の実施
  - ライフスタイルの変化を促す対策と技術導入のあり方に関して、地方自治体との共同研究を推進
  - LCSの社会シナリオ研究の成果を、実験的に導入. 今後、協力自治体の環境施策立案に資する形で発信
- 北海道下川町との連携
  - LCSの社会シナリオ研究の成果がグリーンイノベーションに直接関連する農林業をテーマとした実際の実証実験に活用
  - 地域の特性を活かした自立した林業と木質バイオマスのエネルギー利用を通じた低炭素社会のモデル
- その他、自治体の要請に応じて、地域社会の低炭素化と経済の拡大につながる取組の構築に協力

# グリーンイノベーションとグリーン成長

グリーンイノベーションを活性化し、グリーン成長につなげることは重要であるが、マクロな意味のグリーン成長にはミクロなイノベーションと別の定義が必要

グリーン成長を「持続的な経済成長を実現しつつ  $\frac{CO_2}{GDP}$  を低減することと定義

- ① **1型グリーン成長**: 低燃費車、省エネ家電、住宅等のプロダクトイノベーションとトップランナー制度、国内クレジット、グリーンディール等の組み合わせにより普及を促進し、家庭部門等でのCO<sub>2</sub>削減を実現し、CO<sub>2</sub>/GDPを低減する成長類型
- ② **2型グリーン成長**: 製造業のプロセス、プロダクトイノベーションと省エネ優遇税制などの投資減税の組み合わせにより、産業部門でのCO<sub>2</sub>削減や高付加価値化を実現し、CO<sub>2</sub>/GDPを低減する成長類型
- ③ **3型グリーン成長**: 制度のイノベーションとプロセスイノベーションの複合により、付加価値当り原単位の低い情報、サービス、介護、医療、教育等の部門が伸び、日本全体でのCO<sub>2</sub>/GDPを低減する成長類型

# 社会システムデザイン手法を用いた 明るく豊かな低炭素社会ビジョンの構築

LCSでは、低炭素に限らず社会を広く俯瞰し、個々の要素が互いに影響を及ぼすことに着目して良循環を生み出す構造から創出することでこれを実現する可能性について検討を行っている。

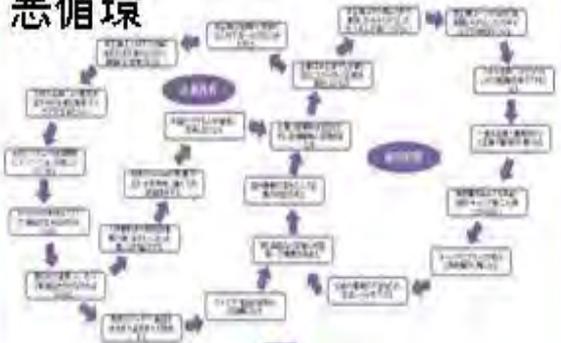
## STEP1

理想の社会像

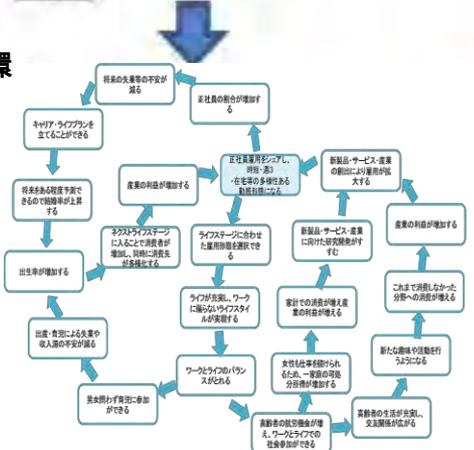
## STEP2

### 社会システムデザインの応用

#### 悪循環



#### 良循環



## STEP3

### エネルギー・経済モデルへの反映

たとえば、勤務形態が変化した場合、家計消費財19部門や生産財39部門にどういった影響があるか、定量的に分析する。



駆動システム(ビジョン)の提言

# 低炭素社会実現への課題と展望

- 技術の開発が社会をどのように変えていくのか. 既存の機器の「効率改良」以上の変化があるのではないか？
- 情報化・高齢化はエネルギーと社会に対する需要をどう変えるのか？

- ・ 従来のエネルギーシステムは, 上流の供給サイドから下流の需要サイドへの一方向的フローで管理されていた
- ・ 需要家への分散型エネルギーの導入, EV/PIHVの普及, V2Gの可能性, 電力の品質別料金などが導入されると, エネルギーシステムが多重のフィードバックを持つネットワークフローに変化する
- ・ 情報技術の役割が拡大.

→ **需要側の個別行動と全体的なエネルギー計画の相互影響**

# スマートメータとAMI

## スマートメータ



- データ収集 (定時またはオンデマンド)
- ダイナミックプライシング
- 各種アラーム
- 遠隔サービスブレーカー開閉 (メータにブレーカー機能がある場合)
- 屋内配線接続状況確認、負荷制御、電力料金通知
- 遠隔からのメータ本体、ネットワーク、通信モジュールのソフトウェアプログラム変更
- ガス・水道メータの自動検針支援

## AMI (Advanced Metering Infrastructure)

- 負荷予測
- 負荷管理
- 負荷制限
- プリペイドメータリング
- 停電復旧管理
- 不正使用検知 (不正操作)
- 信頼度解析
- 障害管理
- 電圧制御
- 変圧器負荷管理
- 性能指標

# EVチャージャーとスマートメータの組合せ

【例1】  
充電した場所ではなく、充電したユーザーへの課金



【例2】  
通常家電とEV/PHEV充電との料金区別



28 /  
08 /  
Apr 20, 2011

・EVの普及には、課金制度の在り方にも変革が必要（元GE 鈴木 浩氏）

# 太陽電池および蓄電池の需要パターン別 導入効果のモデル化

－ 電気自動車、家庭、電源構成 －

東京理科大学工学部経営工学科 森研究室

# 目的

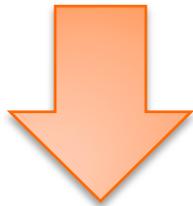
2010年度：15分単位の一般家庭のエネルギー需要を算出

↓ 需要データの利用

2011年度：EV利用パターンの調査とこれに着目した一般家庭におけるエネルギー設備の導入モデルの作成

⇒ PVと蓄電池、EV, PHVの蓄電量に対する制約の考慮と効果

2012年度：超小型モビリティの導入効果、需要家間の電力融通を考慮したPVの導入効果と蓄電池の導入の意義



- ・ PHVの蓄電量に対する制約の追加
- ・ 需要家間の電力融通を考慮したモデルへの拡張

PV、蓄電池、EV、PHVの導入効果を世帯構成を考慮した一般家庭と、複数世帯間の電力融通を行うことによる電力需要等への影響について評価を行う

# 研究方法

～エリア(12グループ)～

北海道, 東北(青森・岩手・宮城・秋田・山形・福島), 関東1(茨城・栃木・群馬・山梨), 関東2(埼玉・千葉), 関東3(東京・神奈川), 北陸・信越(新潟・長野・富山・石川・福井), 東海(静岡・愛知・岐阜), 近畿1(大阪・兵庫・京都), 近畿2(奈良・和歌山・三重・滋賀), 中国・四国地方, 九州7県, 沖縄

～利用パターン一覧～

通勤, 買い物, 通院, ドライブ, 送迎, その他

## 利用パターン分析

Webアンケートを元に、平日, 休日の場合に分けて平均走行距離, 利用時間帯, 平均駐車時間をパターン分析する

※利用時間帯, 平均駐車時間に関しては、COMSの性能を考慮して走行距離50km以内と50~100km以内のもので場合分けして分析を行った

## 太陽光発電利用パターン分析

利用時間帯, 平均駐車時間を以下のように限定して行う

- ・50km以内 ⇒ 駐車時間:4時間以上, 利用時間帯:12:00AMまで
- ・50~100km ⇒ 駐車時間:6時間以上, 利用時間帯:10:00AMまで

# 自動車利用パターン分析結果

急速充電・普通充電により、EV走行のみで往復できる可能性が高い

## 走行距離別 駐車時間

平日の方が駐車時間が長い

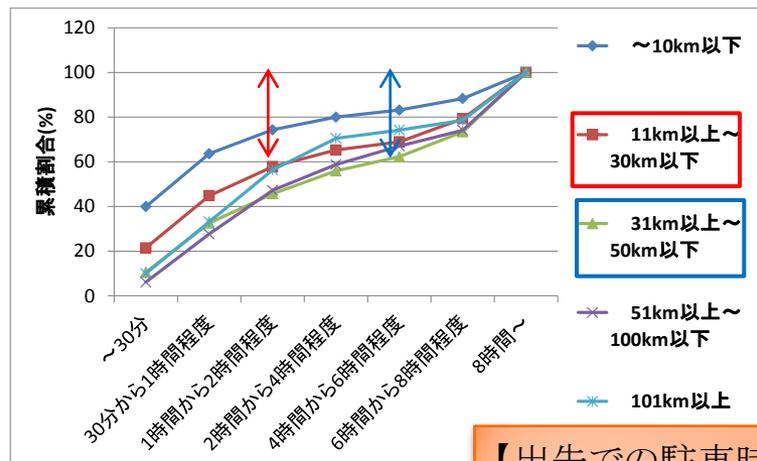
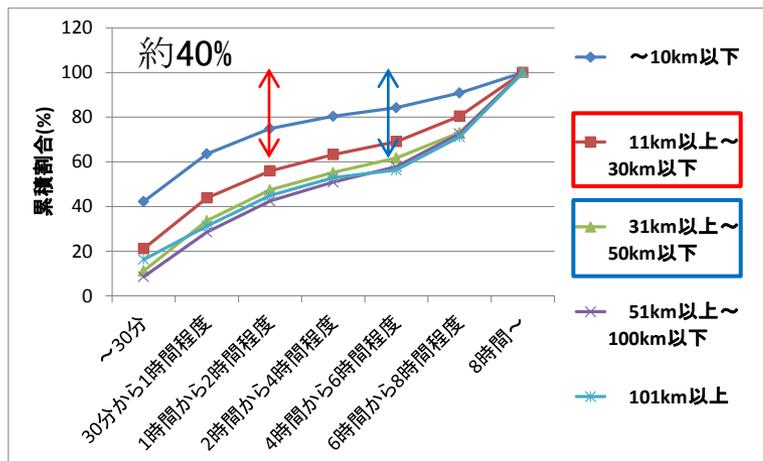


図5 平日の平均駐車時間(戸建、集合)

【出先での駐車時間】  
1時間以上: 急速充電可能  
4時間以上: 普通充電可能

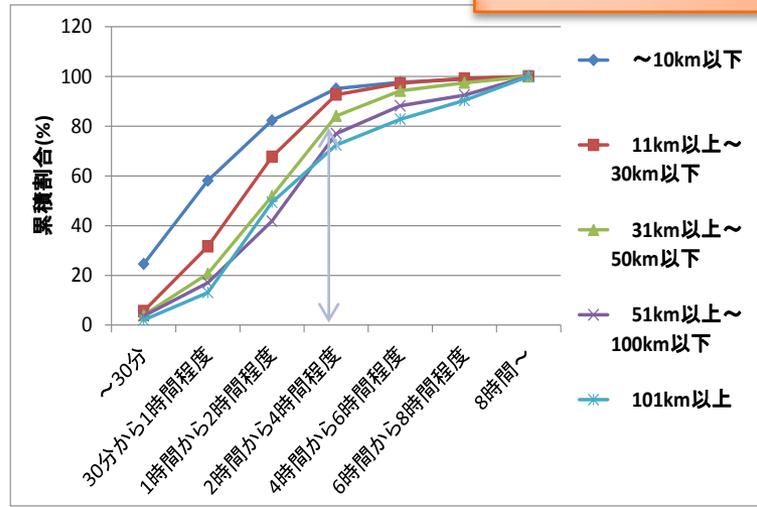
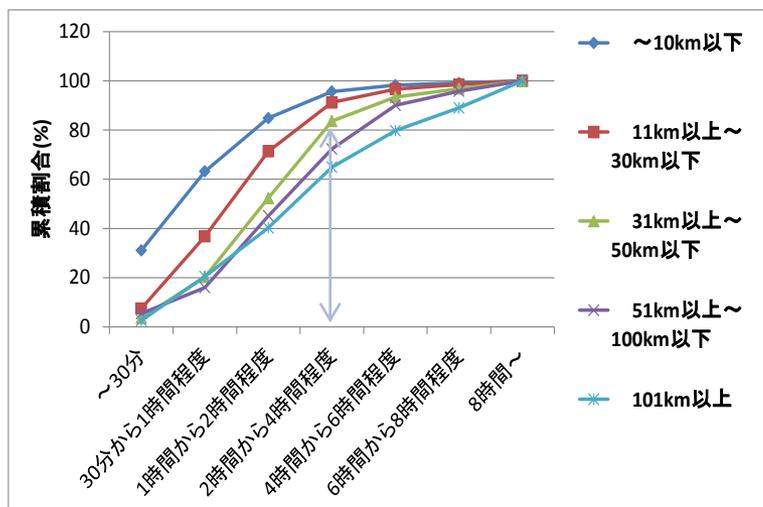


図6 休日の平均駐車時間(戸建、集合)

4時間以内の駐車時間が多く、出先での充電可能性は低い。

# 定式化

CO2削減量評価に用いる平均走行距離算出方法 (先行研究)  
一日あたりの平均走行距離がx以下である割合(累積頻度分布)

$$F(x) = a + b \ln(x) \quad (0 \leq F(x) \leq 1)$$

$$\max \left[ 0, \exp \left( -\frac{a}{b} \right) \right] \leq x \leq \exp \left( \frac{1-a}{b} \right)$$

最短走行距離

最長走行距離

$$X_{Ave} = \int_{X_{min}}^{X_{max}} x \frac{dF}{dx} dx = b(X_{max} - X_{min})$$

平均走行距離

CO2削減量の算出方法

※確率分布:F(x), 密度関数:f(x), EVモード航続距離:C

先行研究 ⇒ 全ての場合をPHV走行パターンで行う

本研究 ⇒ 50km以下の場合COMS, 50km以上の場合ガソリン車を使用

PHVの場合:  $\int_C^{\infty} (x-C)f(x)dx$  , COMS+ガソリン自動車の場合:  $\int_C^{\infty} xf(x)dx$

評価は、PHV一台、COMS+軽自動車の二つのCO2排出量との比較で行い、平均走行距離にCO2排出原単位を積算して計算する

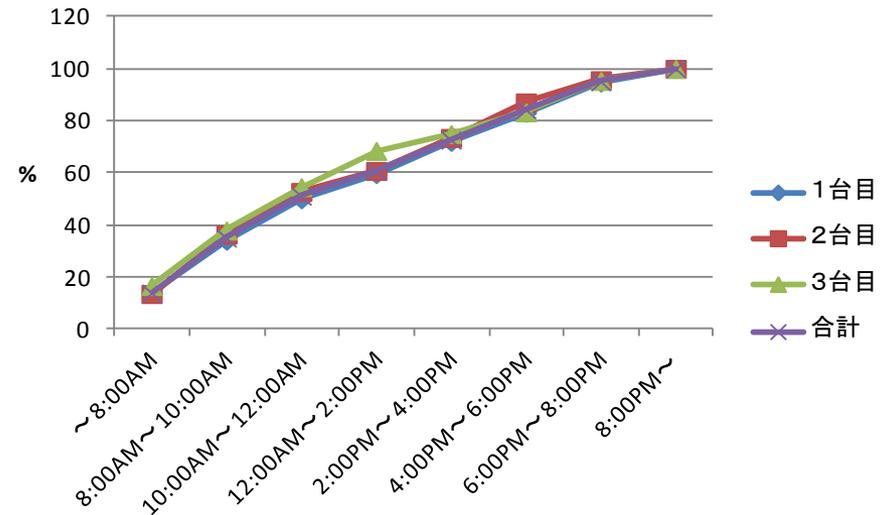
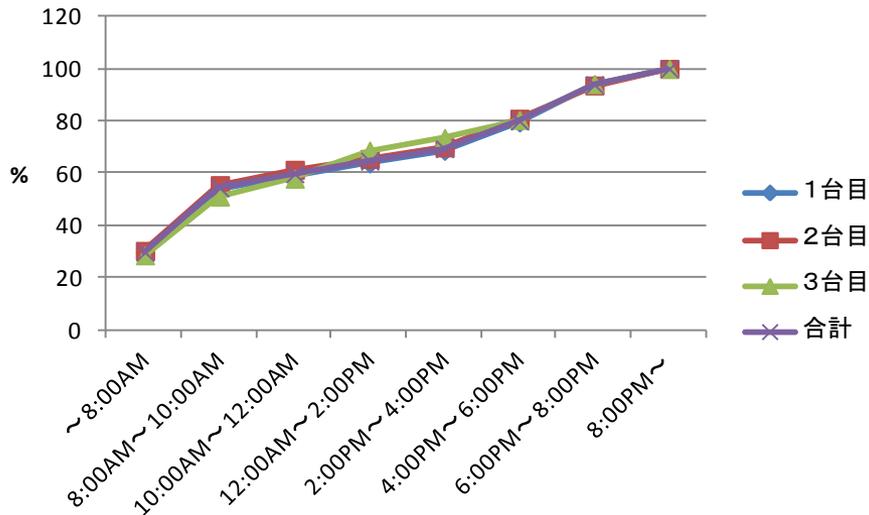
※CO2排出原単位 ⇒ 電力:0.436kg-CO2/kW, ガソリン:2.32kg-CO2/L

# 分析結果 (2)

※分析結果は、全エリアを代表して関東1のエリアのデータを示す

## 利用時間帯分布

- ・通勤の場合、朝から午前10時までの利用が多く、午後6時前後では若干多い
- ・買い物の場合、午前10時から午後6時までの利用が多い



3 利用時間帯分布  
(関東1, 平日, 通勤, -50km)

図4 利用時間帯分布  
(関東1, 平日, 買い物, -50km)

# 対象住宅とエネルギー需要の各種設定

## 需要データ

NHK国民生活時間調査2005  
を基に作成された15分単位の  
データ

## 対象住宅

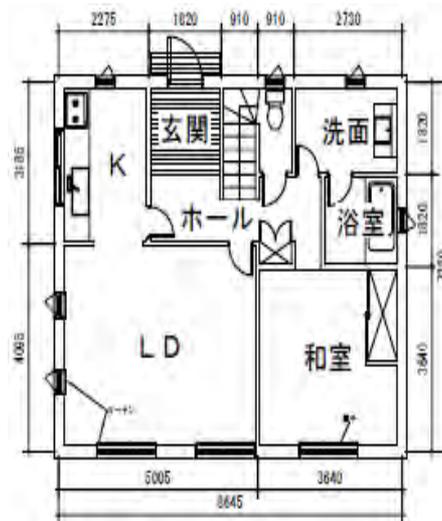
建築学会標準住宅  
延床面積125.86m<sup>2</sup>

## 季節設定

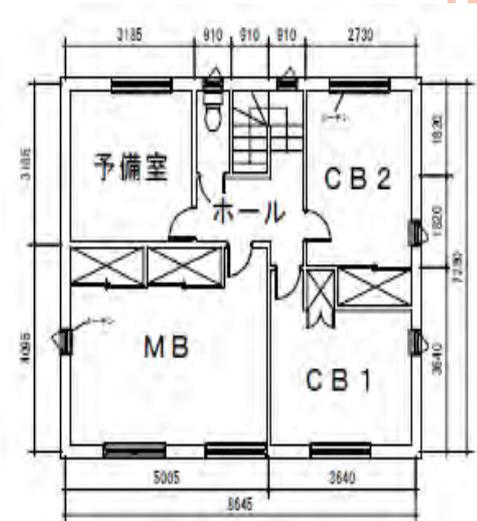
冬期 : 12~3月  
夏期 : 6~9月  
中間期 : 4, 5, 10, 11月  
各期とも平日・休日を考慮

## 世帯構成

1	勤め人・男	家庭婦人	高校生	中学生
2	勤め人・男	勤め人・女	高校生	中学生
3	勤め人・男	家庭婦人	高校生	高齢者・女
4	勤め人・男	家庭婦人	小学生	
5	勤め人・男	家庭婦人	高齢者・女	
6	勤め人・男	勤め人・女		
7	高齢者・男	高齢者・女		



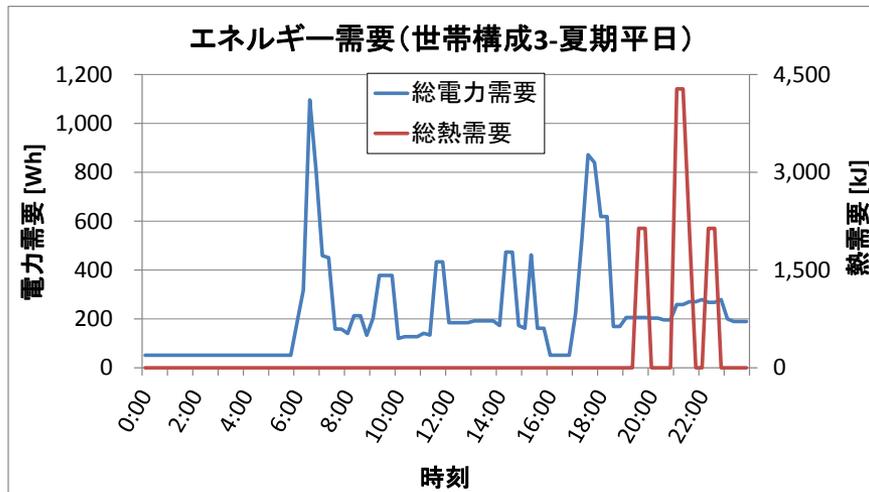
1階平面図



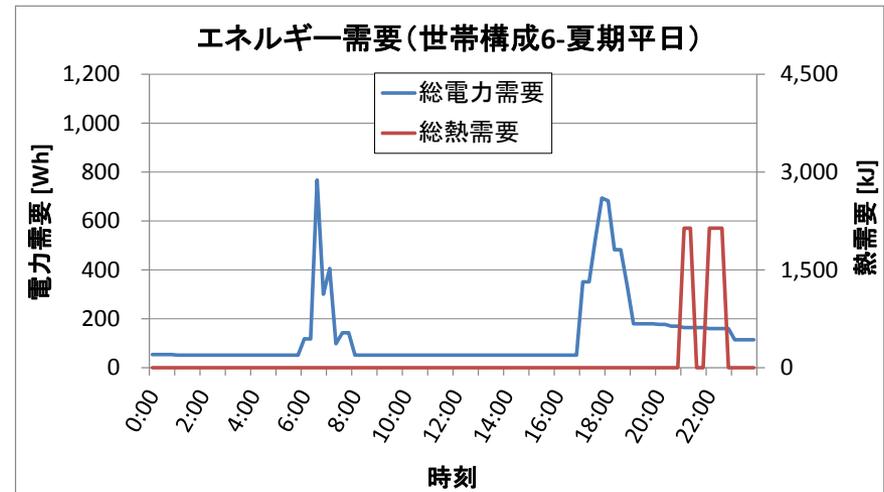
2階平面図

# 対象住宅とエネルギー需要の各種設定

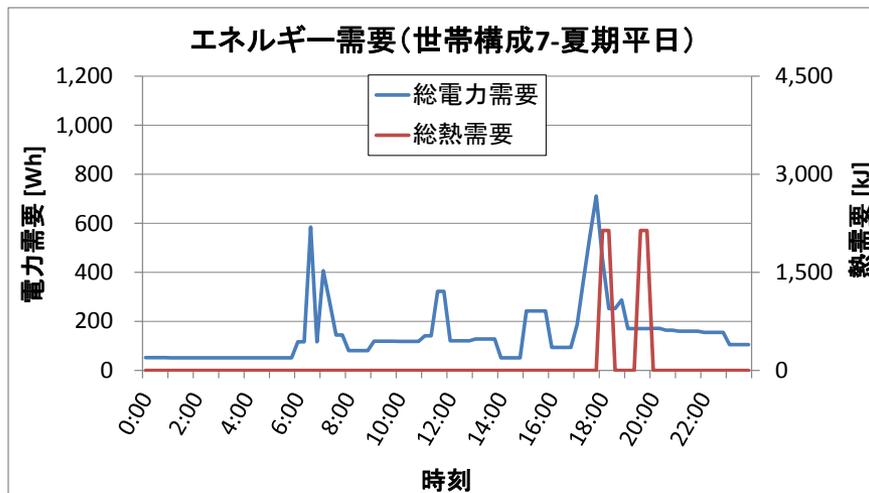
## エネルギー需要データ



片働き・4人世帯



共働き・2人世帯



老夫婦・2人世帯

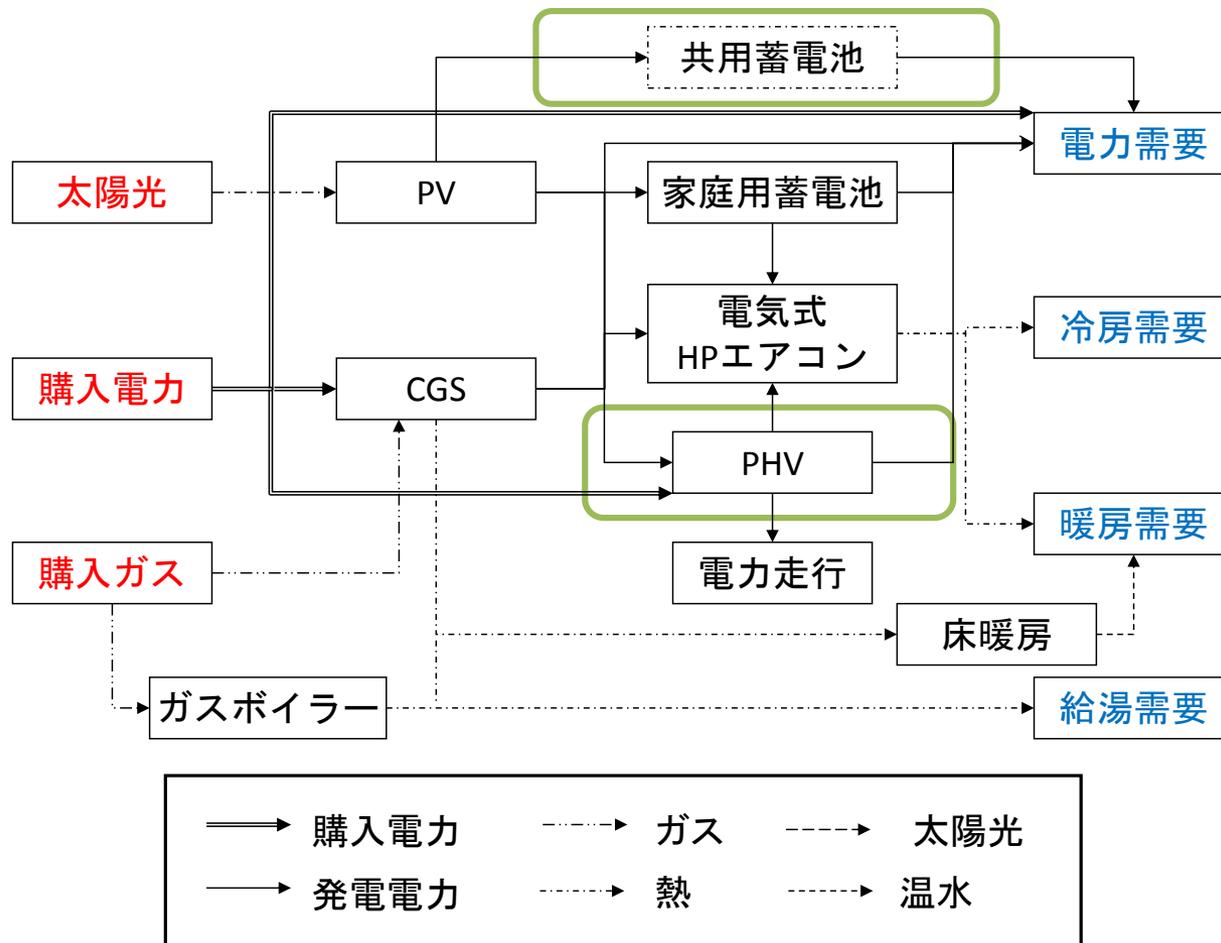
- ・ 電力需要は朝夕にピーク
- ・ 熱需要は夜にピーク
- ・ 構成人数により最大需要に大きな差が発生
- ・ 共働きであるかが昼間の電力需要に大きく影響

# 本研究のモデル

## 家庭内のエネルギーフロー

PHVの蓄電量に対する制約を追加

共用蓄電池を利用した電力融通を考慮



# 計算方法

計算はVBAを用いてEXCELシート上で行った  
各天候の出現率は気象庁発表の過去30年間の平年値を利用

## 計算手順

- 1 シナリオ, 設備仕様, 需要データの設定
- 2 各期・各天候に関して、エネルギー使用量を時間帯順に算出
  - 2-1 各世帯のエネルギー使用量を算出
    - 2-1-1 PHVの走行距離と残電力(帰宅時)
    - 2-1-2 床暖房投入熱量
    - 2-1-3 総合電力需要, 熱需要
    - 2-1-4 CGS発電量, 熱供給量
    - 2-1-5 蓄電池・PHV充放電量, 余剰・不足電力量
    - 2-1-6 CGS湯使用量, 貯湯量
  - 2-2 電力融通量の算出
- 3 各期・各天候の結果と日数より年間の結果を算出

# シナリオ設定

世帯設定は世帯構成 1~7 を各1世帯の計 7 世帯

導入設備は全ての世帯で共通, 電力融通はPVが導入される全シナリオで考慮

## 設備導入シナリ

オ

従来 : 設備導入なし

I : 蓄電池, PHV, PV

II : 蓄電池, PHV, PV, CGS

III : 蓄電池, PHV, PV, CGS, 床暖房

IV : PHV, PV, CGS

V : 蓄電池, PV, CGS, 床暖房

VI : PV, CGS, 床暖房

VII : PV

VIII : CGS

IX : CGS, 床暖房

## 共用蓄電池ケース

A : 電池容量制限なし

B : 電池容量0kWh

## PHV利用ケース

1 : 100V電源, 充電方式1

2 : 100V電源, 充電方式2

3 : 100V電源, 充電方式3

4 : 200V電源, 充電方式1

5 : 200V電源, 充電方式2

6 : 200V電源, 充電方式3

# シミュレーション結果 -1

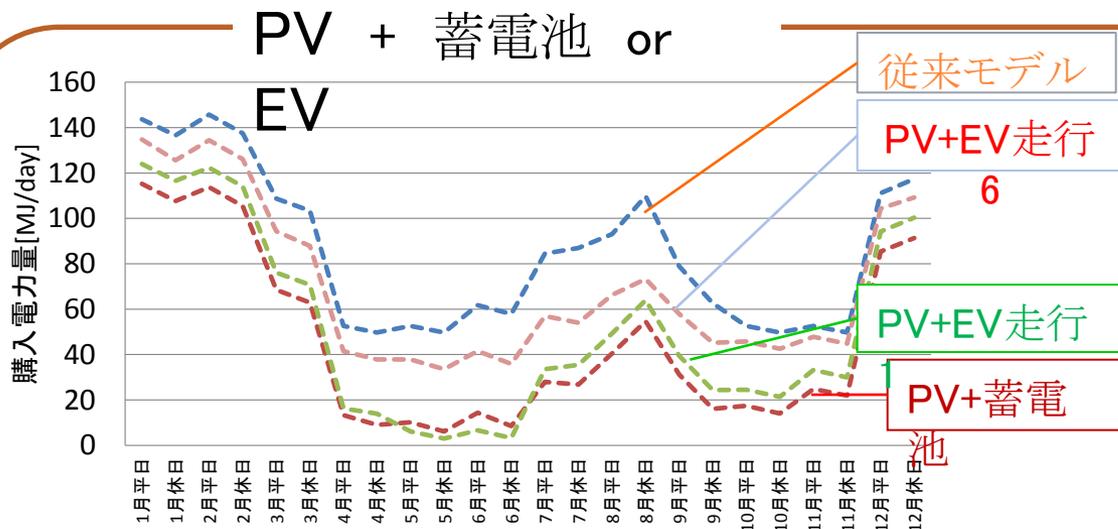


表 代表月の詳細(平日)

[MJ/day]	1月	5月	8月
Case1	144	53	93
Case2	115	10	41
Case3EV走行1	124	6	49
Case3EV走行2	128	12	53
Case3EV走行3	128	19	57
Case3EV走行4	132	21	56
Case3EV走行5	130	19	55
Case3EV走行6	135	38	66

図5-1-1 1日の購入電力量(Case1・2・3、家族構成1)

EV走行有でもEVとPV導入で  
購入電力削減

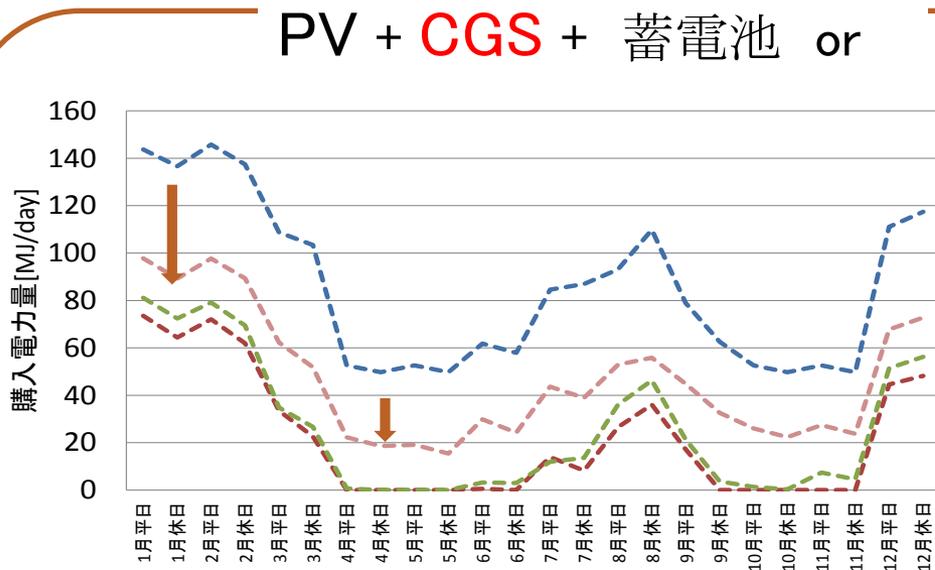


表 代表月の詳細(平日)

[MJ/day]	1月	5月	8月
Case1	144	53	93
Case4	74	0	27
Case5EV走行1	81	0	36
Case5EV走行2	87	0	39
Case5EV走行3	87	0	44
Case5EV走行4	94	0	41
Case5EV走行5	92	0	40
Case5EV走行6	98	19	53

図5-1-2 1日の購入電力量(Case1・4・5、家族構成1)

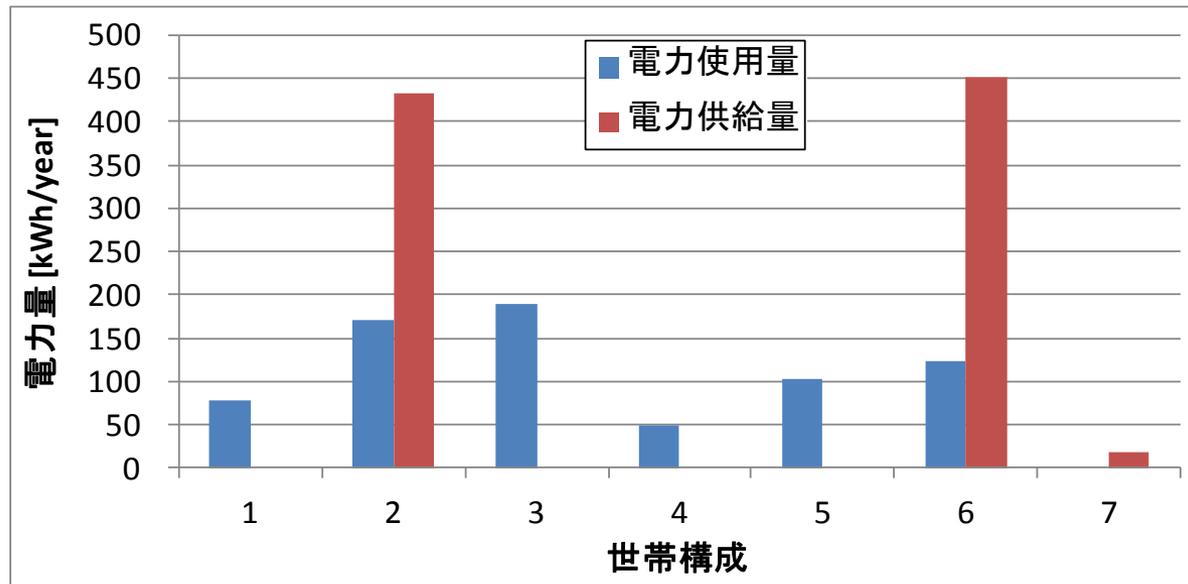
さらにCGS導入で  
購入電力大幅削減

## シミュレーション結果 -2

電力使用量：共用蓄電池から使用した電力量

電力供給量：共用蓄電池へ供給した電力量

- 片働きの世帯：使用のみが発生
- 共働きの世帯：供給量が使用量を上回る
- 老夫婦の世帯：供給のみが発生



各世帯における年間の電力融通量  
(設備導入シナリオ I, 共用蓄電池ケースA, PHV利用ケース1)

# まとめ

家庭へのエネルギー設備と複数世帯間の電力融通の導入効果を分析した

## ◆ 年間の購入電力量に関して削減効果を確認

- ・ 家庭用と共用の蓄電設備に大きな相殺効果があり、一方の導入でも十分な削減効果が得られる
- ・ 今回の結果はモデルケースであり、現実には即してはいない設定である

世帯構成の組み合わせ、PHVの利用方法に関してより詳細な検討が必要

## ◆ 家庭の支出は削減できるが、設備導入費用の回収は困難

- ・ CGSに関しては現状での設備導入費用の回収はほぼ不可能
- ・ PVIに関しては他世帯へ融通した電力へ販売価格を設定することで導入効果を高めることが可能

別世帯との融通を行った電力の販売・購入価格の評価が必要

# 東京電力管内における再生可能 エネルギーを含む分散型電源導入の 電源計画への影響分析

東京理科大学工学部経営工学科 森研究室

# 目的

東京電力管内において

- 1
  - ・民生部門においてエネルギーシステム、特にPVがどのように導入されるかをPVの価格変化や補助金を考慮して評価
  - ・PVの導入規模を計画的に進めるには、どれだけの補助金が必要となるか

- 2 エネルギー機器の導入による民生部門の電気需要量の変化に対して電気事業者にどのような影響が発生するか

評価方法 2段階モデルで評価

期間2010年から2030年(5年を1期)

## 1 第一段階モデル

民生部門の用途別需要を満たす需要家ごとのPV,CGSなどの分散型エネルギー導入モデル評価 → 事業者への電力需要が変化



## 2 第二段階モデル

民生部門の電力需要変化の下での東京電力の発電構成をモデル評価

# モデル ②

## 電気事業者の電源構成モデル

民生部門のモデルでの買電力量に産業用電力需要を加え、最適電源構成を評価

東京電力管内のエネルギー需要

需要の最大値を満たせるよう建設

産業用電力需要  
+  
民生部門電力購入量

- 石炭火力(CLF)
- 石炭ガス化複合(IGCC)
- ガスボイラー火力(GSF)
- ガスコンバインド火力(GCC)
- 石油火力(OLF) ・原子力(NCR)
- 水力(HYD) ・揚水式水力(PmHD)

可変費と固定費の和の総費用最小化を行う線形計画モデル

$$\min. \quad T\_Cost = \sum_g Fix\_Cost(g) \times C(g) + \sum_g \sum_h \sum_d Var\_Cost(g) \times O(g, h, d)$$

# エネルギー需要推計

## 1 民生部門

建物用途別エネルギー需要原単位データ（電力、熱）  
×  
民生部門の延べ床面積（住宅、オフィス、小売業、病院）

1住宅あたりの建築面積×居住世帯あり総数  
＝市町村別の住宅床面積

世帯数の予測値から、将来の居住世帯数を算出

## 2 電気事業者への需要

PV, CGSの導入により購入電力量変化

産業用電力需要 + 民生部門電力購入量  
＝電気事業者への需要

# シミュレーションケースの設定

1

## エネルギー機器導入ケース

基本ケース：PV, CGS導入なし

Case0: PVのみ導入

Case1: PV, CGS導入

Case2: PV, CGS導入, 需要家間余剰電力融通

Case3: PV, CGS, DHC導入, DHC間電力融通

## PV価格

3通りのPV価格を設定 → 各シナリオにおけるPVの導入率を評価

## PV導入目標シナリオ

4つのシナリオを設定 → シナリオ達成のための必要補助金額を評価

2

## 発電構成制約

シナリオ1：制約なし

シナリオ2：原子力発電抑制LNG代替シナリオ（制約あり）  
原子力増設なし、石炭燃料の発電増設なしの制約を付けてLNGを主体とした発電方式にしたもの

# PV年間費用シナリオ

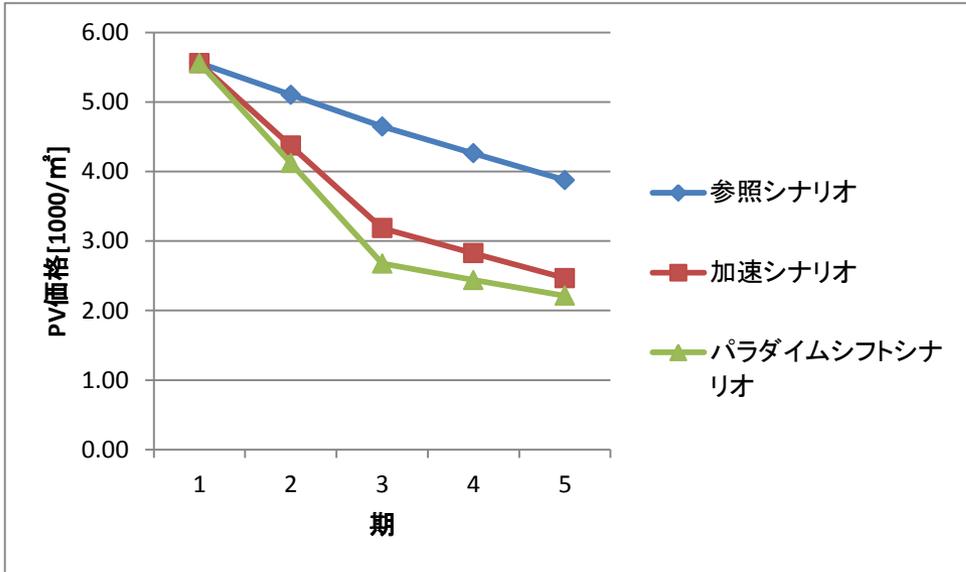


図2 太陽光の価格シナリオ

PVの年間固定費 (PV\_FC)

$$PV\_FC = \text{設置コスト} \times \text{年経費率}$$

表1 各シナリオにおけるPV価格[1000/m<sup>2</sup>]

期	1	2	3	4	5
参照シナリオ価格	5.56	5.10	4.65	4.26	3.87
加速シナリオ価格	5.56	4.37	3.18	2.83	2.47
パラダイムシフトシナリオ価格	5.56	4.12	2.68	2.44	2.21

「太陽光発電の将来コストの見通し」  
 国家戦略室がPVの累積導入量(EPIA,2011)をもとにPVの学習効果を推計したPVの価格を算出

$$\text{年経費率} = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

(設備利用率を12%、利子率を0.04、出力を120[w/m<sup>2</sup>]、運転年数15年)

# PV導入目標シナリオ

各価格シナリオでどの程度PVの導入目標が達成されるかを見る(民生部門において)

・政府シナリオ

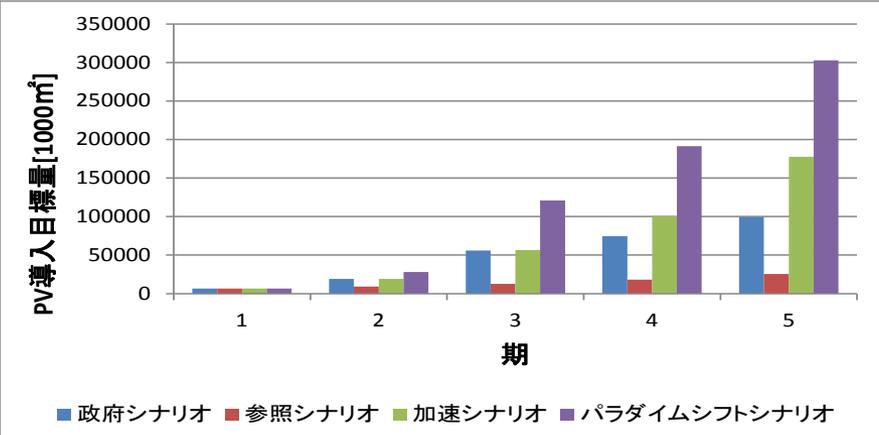
経済産業省で公表されているPVの導入計画を使用  
日本全体 PVを2020年に28GW , 2030年に53GWの導入

・参照シナリオ・加速シナリオ・パラダイムシフトシナリオ

PVの価格低下シナリオで使用した参照シナリオ, 加速シナリオ, パラダイムシフトシナリオのPV累積導入量の成長率を東京電力管内に適用

→導入目標のシナリオとPVの価格低下は同じ

期	1	2	3	4	5
政府シナリオ[GW]	1	2	3	4	5
参照[GW]	1	1	2	2	3
加速[GW]	1	2	7	12	21
パラダイム[GW]	1	3	15	23	36



年増加率[%]	2010～	2020～
	2020	2030
政府シナリオ	24%	6%
参照シナリオ	7%	7%
加速シナリオ	24%	12%
パラダイムシナリオ	34%	10%

図3 PV導入シナリオ別PV導入量

# 結果 PV導入率 各価格シナリオ Case0

表2 太陽光パネル設置可能面積 [×1000m<sup>2</sup>]

hs	of	sh	ho
1214245.82	5245.31	4884.77	3133.33

hs:住宅 of:オフィス sh:小売業、ho:病院

表3 PV価格参照シナリオのPV導入結果[千m<sup>2</sup>,%]

	hs		of		sh		ho	
1	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
3	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
4	0	0%	0	0%	122	3%	82	3%
5	0	0%	0	0%	3597	74%	2208	70%

PV価格[1000円/m<sup>2</sup>]

期	1	2	3	4	5
参照シナリオ価格	5.56	5.10	4.65	4.26	3.87
加速シナリオ価格	5.56	4.37	3.18	2.83	2.47
パラダイムシフトシナリオ価格	5.56	4.12	2.68	2.44	2.21

表4 PV価格加速シナリオのPV導入結果[千m<sup>2</sup>,%] 表5 PV価格パラダイムのPV導入結果[千m<sup>2</sup>,%]

	hs		of		sh		ho	
1	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2	0	0%	0	0%	122	3%	82	3%
3	9770	1%	0	0%	4885	3%	3133	3%
4	13191	1%	1	0.03%	4885	100%	3133	100%
5	14937	1%	73	1%	4885	100%	3133	100%

	hs		of		sh		ho	
1	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2	0	0%	0	0%	562	12%	374	12%
3	13703	1%	18	0%	4885	100%	3133	100%
4	15766	1%	312	6%	4885	100%	3133	100%
5	19597	2%	1208	23%	4885	100%	3133	100%

- ・参照シナリオのPV価格では3期までPVは導入されない
- ・加速シナリオのPV価格では4期から小売業、病院のPVの導入率が100%
- ・パラダイムシフトシナリオでは3期から小売業、病院のPVの導入率が100%
- ・PVの価格が4000円/m<sup>2</sup>付近でVが導入され始める
- (・Case1, 2, 3ではPVの導入率がほぼ0 → CGSの方が効率が良い)

一例としてPV価格加速シナリオで比較

# 結果 PV導入目標

政府目標\_各PVシナリオ価格

政府の将来のPV価格予測でどの程度導入目標に達するか

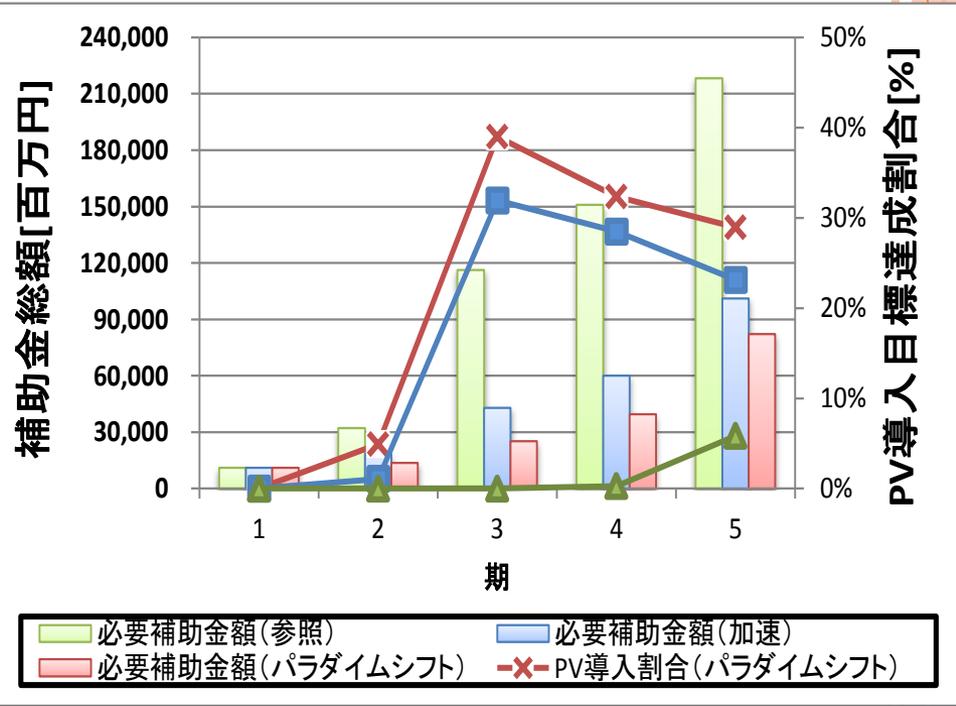
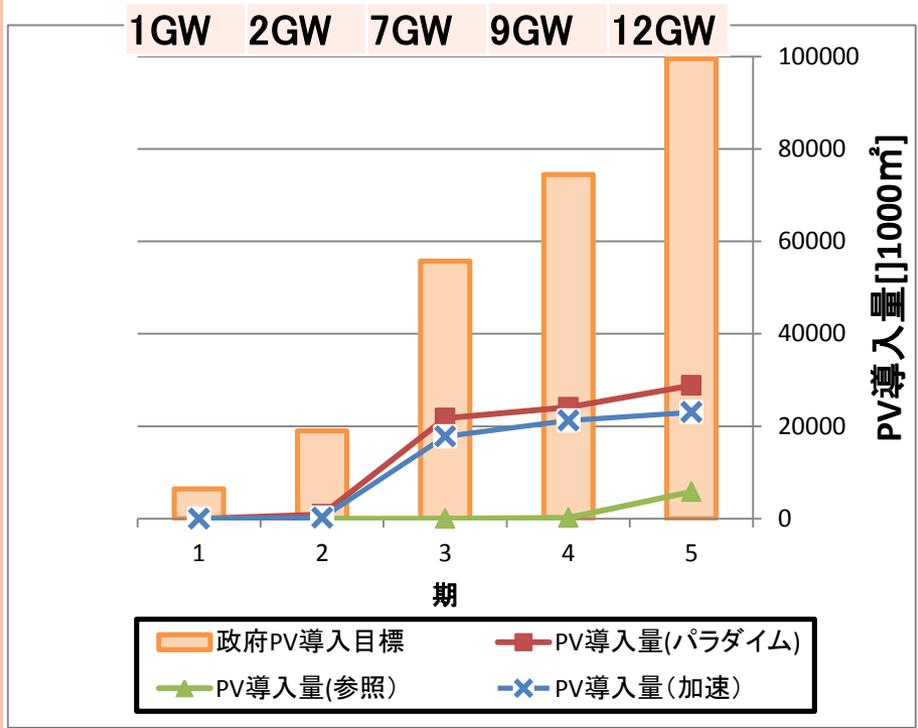


図13 PV導入目標と実際のPV導入量

図14 補助金額とPV導入目標達成割合

- 政府の予測した一番PV価格低下が発生するシナリオが仮に達成されたとしてもPVの導入目標には届かないことがわかる。
- 目標を達成するには莫大な補助金が必要なことがわかる。合計(20年間)1719～5290億円(86～264億/年)

# 結果 電力需要量

東京電力管内電力需要算出  
(民生部門購入電力量+産業用電力需要)



基本ケース電と加速C3ケースの時の東京電力への電力需要を使い制約なしのケースと制約ありの電源構成を評価

図23

民生部門の行動による電源計画への影響分析

・全体の電力需要(10~17%低下)

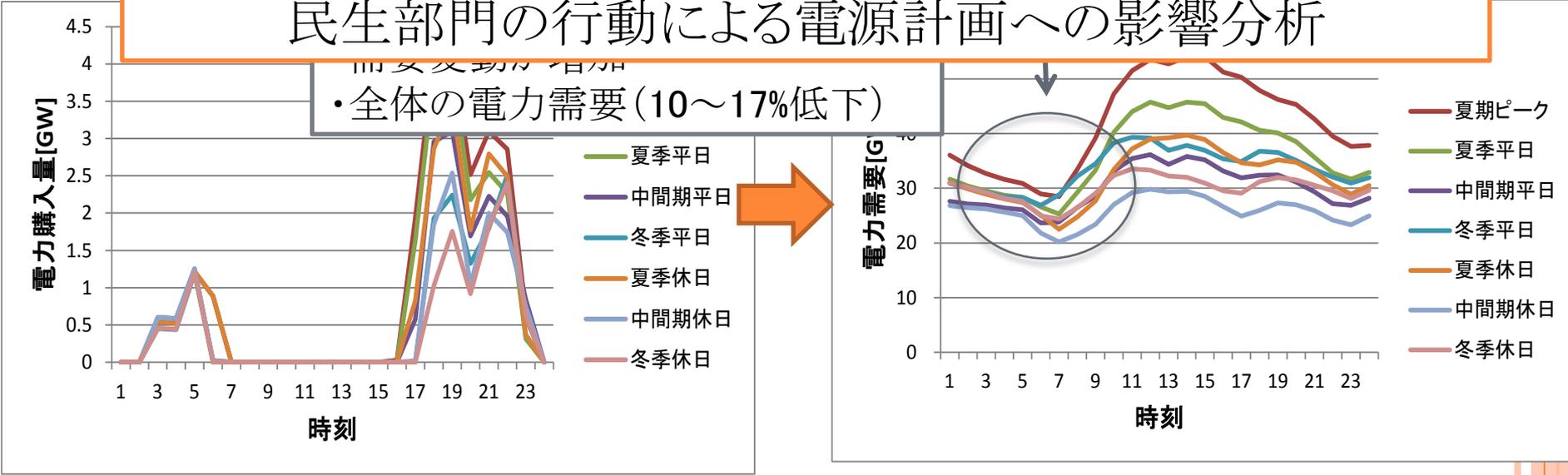


図25 民生部門電力購入量 (加速C3)

図27 東京電力への電力需要 (加速C3)

# 結果 電源構成（制約なし）

・基本ケースと加速C3 (CGS, DHC導入ケース) の比較

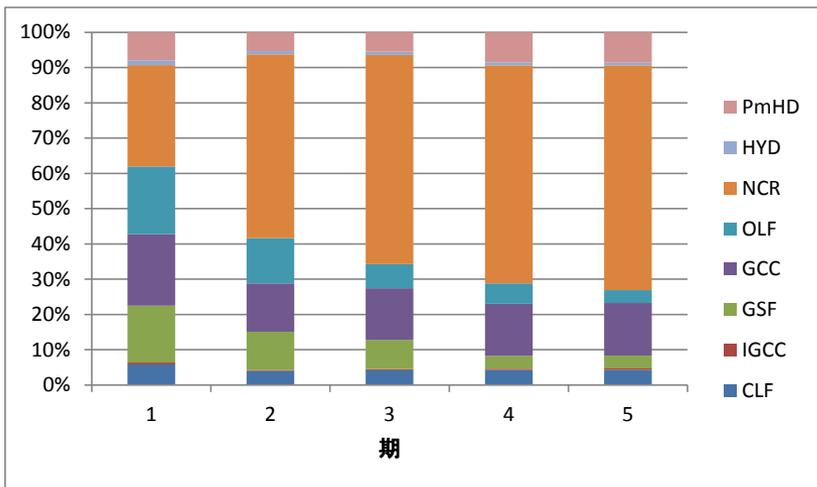


図28 発電構成 (基本ケース)

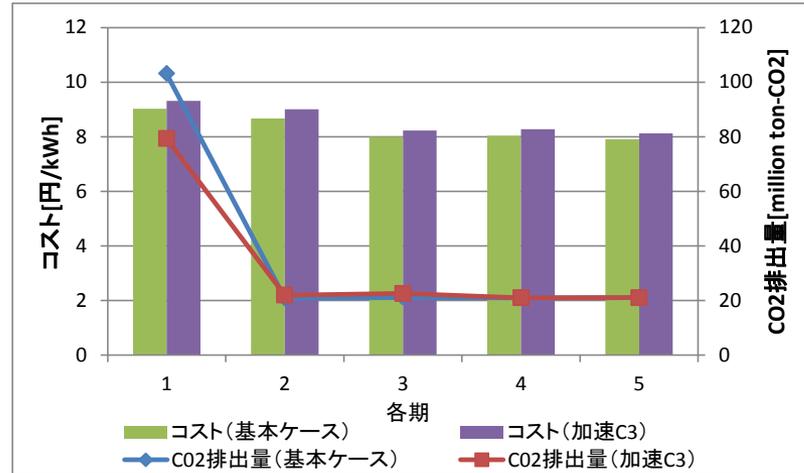


図31 コスト・CO2排出量の比較

表12 基本ケースの時の設備容量

	CLF	IGCC	GSF	GCC	OLF	NCR	HYD	PmHD
1	3.75	0.34	10.33	13.05	12.3	18.41	0.89	5.1
2	3.75	0.34	10.33	13.05	12.3	49.65	0.89	5.1
3	3.75	0.34	7.39	13.05	6.08	52.97	0.87	4.89
4	3.75	0.34	3.19	13.05	5.08	54.48	0.72	7.57
5	3.75	0.34	3.19	13.05	3.18	55.75	0.65	7.57

表13 基本ケースと加速C3ケースの違い

	原子力発電増設規模[GW]		CO2 排出量[ million ton CO2]		平均費用[yen/kwh]	
	基本ケース	加速C3	基本ケース	加速C3	基本ケース	加速C3
1	31.25	24.72	103.07	79.35	9.03	9.31
2	3.31	3.28	20.84	21.94	8.67	9.01
3	1.51	1.85	21.09	22.57	8	8.23
4	2.51	2.63	20.98	20.99	8.04	8.28
5	0	0	21.04	21.04	7.91	8.12

制約なしの電源構成

- ・原子力発電が増加し、コスト、CO2排出量が低下

制約ありの電源構成

(制約ありに比べ合計)

- ・原子力発電の増設割合 約16%低下
- ・発電平均コスト 約3%増加
- ・総CO2排出量が低下 約11%低下

# まとめ

## PVの導入目標について

- ・ 価格低下に伴ってPVの導入量は増加.
- ・ 小売業、病院は最大PV導入面積まで導入
- ・ 住宅は導入割合が大規模に進まない
- ・ PVの価格低下と導入目標のシナリオは整合的でない
- ・ 導入目標実現には多額の補助金が必要  
(政府シナリオ達成の場合は合計1719～5290億円(86～264億/年))
- ・ 小売業、病院の導入面積が飽和のため導入目標達成が困難となる

## 民生部門の行動の発電構成への影響

- ・ 民生部門がCGSさらにDHCを導入したとき電力需要が大幅に低下  
→ ベース電源の増設規模の削減に影響  
→ 民生部門需要家の省エネ設備導入は電源計画へ影響しうる

## 結語

- ・ JST-LCSでは、①社会を変える新しい技術がどのように進むのか、②新しい技術でどのように社会が変わっていくのか、を軸として研究を進めている。
- ・ 新しい技術は、従来の延長として低炭素社会の実現だけでなく、生活の場からエネルギーシステム全体の構造を変える可能性を持つ。
- ・ オールマイティの技術による問題解決は直ちには望めない。技術の配置、普及から低炭素社会の実現には、情報技術の活用とサービスに対する対価の支払い方法も視野に含めねばならないだろう。
- ・ 階層型からネットワーク型のエネルギーシステムに変わると、部分と全体の整合性がさらに重要となろう。