

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22656216

研究課題名（和文）

超長期科学技術イノベーションの都市エネルギーシミュレーションによる評価

研究課題名（英文）

Evaluation of long-term energy technology innovation by urban energy system simulator

研究代表者

下田 吉之（SHIMODA YOSHIYUKI）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：20226278

研究成果の概要（和文）：エネルギー技術の将来動向を政府等が刊行するレポートから調査し、民生部門のエネルギー技術の将来変化を整理した。その結果を入力として、住宅地区・業務地区等のエネルギー最終需要シミュレーションモデル、電力ロードカーブ予測モデルや地域冷暖房システムシミュレーションをおこなうことで、これら将来技術が都市のエネルギーフローに与える影響を定量化した。

研究成果の概要（英文）：Change of energy technologies in the future is predicted by surveying governmental reports on energy technology perspective. Using these results as an input of energy system simulation program of energy end use in residential district and business district, smart grid and district heating and cooling system, the impact of these future technologies on urban energy flow is quantified.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,900,000	0	1,900,000
2011 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	360,000	3,460,000

研究分野：都市エネルギーシステム

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：都市エネルギーシステム，将来技術，民生部門，蓄電池，スマートグリッド，太陽光発電，省エネルギー，地域冷暖房

1. 研究開始当初の背景

2050 年までに、現状から 60～80%の温室効果ガスの排出量の削減を達成する我が国の長期目標、あるいは 2050 年までに地球全体で温室効果ガス排出を半減すべきという世界全体の目標を達成するには、新しい技術の開発によりエネルギー需要端から供給端に至るエネルギーシステム全体の大規模な変革が必要である。政府等はその目的のため、

科学技術の将来予測や技術開発ロードマップを作成しているが、これらが具体的に都市のエネルギーシステムに与える影響は明らかにされてこなかった。本研究グループではこれまで、地域内の建物群を数百～1000 程度の住宅・世帯類型毎あるいは非住宅建物の用途・規模・省エネルギー水準の類型毎に分類した上で、各建物のエネルギー消費量を機器レベルで詳細に計算して積み上げるボトム

アップ型地域エネルギー最終需要シミュレーションモデルや、地域冷暖房シミュレーションモデルを開発してきた。これらのモデルを用いることで、様々なライフスタイルや技術が組み合わされた都市において、実際に起こっているエネルギーの流入・変換及び消費の状況をバーチャルに再現することが可能となった。

2. 研究の目的

研究グループがこれまで開発してきた民生家庭部門、民生業務部門の都市レベルボトムアップ型シミュレーションモデル、建築熱環境形成予測モデル、地域熱供給シミュレーションモデルをベースとして、2050年頃までに実用化が予想される新しい技術のうち都市において民生分野を中心に活用される技術をリストアップし、各技術をモデル化して上記モデルに組み込む。これによりこれら新技術が実際に実用化された場合の都市全体の温室効果ガス削減への効果を定量的に明らかにすることを可能にし、2050年頃の低炭素都市の姿を、それを構成する技術の普及状況やインフラストラクチャーのあり方、ヒートアイランド影響など副次的な効果を含めて明確に描く。これらを通じて新技術の開発・普及のための超長期ロードマップ作成への貢献が可能な評価システムのプロトタイプ構築を目指す。

3. 研究の方法

- (1) 将来技術動向の文献調査：我が国の政府や海外機関が作成している将来技術動向予測に関する文献を調査し、シミュレーションの入力になるような技術性能パラメータ、普及率などの数値をデータベースとして整理する。
- (2) 将来のスマートグリッド予測計算：上記のデータを入力とし、住宅・業務部門の都市エネルギー最終需要シミュレーションにより、太陽電池普及時の電力ロードカーブシミュレーションを行う。
- (3) 業務施設の将来予測シミュレーション：大阪市の中心市街地において、業務部門都市エネルギー最終需要シミュレーションモデルにより、低炭素化ポテンシャルを評価。
- (4) ゼロエネルギー住宅の評価：住宅形式別に、機器の省エネルギーと太陽電池設置によるネットゼロエネルギーの達成可能性を評価。
- (5) 地域熱供給の将来シミュレーション：コージェネレーションに関する将来動向を中心に、地域熱供給の性能向上可能性を評価。

4. 研究成果

- (1) 将来技術動向の文献調査
経済産業省技術戦略マップ、環境省中長期

ロードマップ、IEA Energy Technology Perspectiveなど、技術の将来動向を予測した国内外のレポートを調査・整理することにより、2030年頃までの都市民生分野における各種技術の効率変化、市場化状況を予測した。

表－1 業務部門の将来設定例

	2010年	2020年	2030年
1 壁断熱材熱伝導率	0.028[W/(m・K)]	0.015[W/(m・K)]	0.002[W/(m・K)]
2 窓断熱係数	3.28[W/m ² ・K]	1.85[W/m ² ・K]	0.4[W/m ² ・K]
3 照明効率	100[lm/W] (JIS最低照度)	150[lm/W] (JIS最低照度)	200[lm/W] (JIS最低照度)
4 パソコン	5.5[W/m ²]	2010年の6分の1	2010年の12分の1
5 その他OA機器	用途により単位面積当たりの電力消費量を設定	2010年の0.7倍	2010年の0.5倍
6 ビル空調COP	冷房定格COP3.3 暖房定格COP3.8	定格COP7.0	定格COP8.0
7 省エネ手法	採用なし	すべての建物において、全熱交換器、外気冷房、CO2	

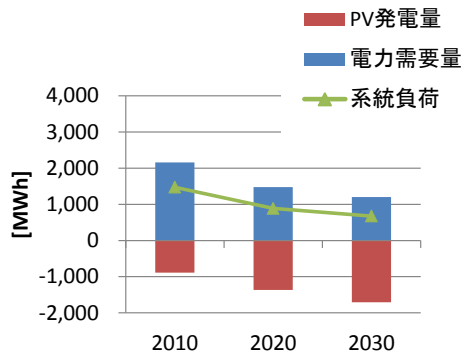
表－2 家庭部門の将来設定例

	2010年	2020年	2030年
1 壁断熱材熱伝導率	旧基準:0.050[W/(m・K)] 新基準:0.038[W/(m・K)]	0.018[W/(m・K)]	0.002[W/(m・K)]
2 窓断熱係数	旧基準以下:0.04[W/m ² ・K] 新基準:0.030[W/m ² ・K]	2.1[W/m ² ・K]	0.4[W/m ² ・K]
3 照明	LED:5[W/m ²]	LED:2.5[W/m ²]	LED:1.7[W/m ²]
4 テレビ	ストリップ 使用時:140.8[W] 待機時:0.78[W] 新機 使用時:112.2[W] 待機時:0.20[W]	使用時:2010年新機の0.8倍 待機時:2010年新機の3分の2	使用時:2010年新機の0.6倍 待機時:2010年新機の3分の1
5 ビデオ(DVD)	ストリップ 使用時:31.1[W] 待機時:4.46[W] 新機 使用時:37.1[W] 待機時:2.27[W]	使用時:2010年新機の0.8倍 待機時:2010年新機の3分の2	使用時:2010年新機の0.6倍 待機時:2010年新機の3分の1
6 パソコン	ストリップ 使用時:59.0[W] 待機時:1.40[W] 新機 使用時:36.9[W] 待機時:1.85[W]	使用時:2010年新機の8分の1 待機時:2010年新機の3分の2	2010年新機の12分の1 待機時:2010年新機の3分の1
7 冷蔵庫	ストリップ:578~947[kWh/年] 新機:325~420[kWh/年] (容量によって異なる)	2010年新機の0.9倍	
8 その他家電		2010年の2.8倍 2010年の3分の2	2010年の2.6倍 2010年の3分の1
9 エアコンCOP	定格COP3.95~5.28 (冷房/暖房共に適用)	定格COP7.0 (部分負荷効率向上)	定格COP8.0 (部分負荷効率向上)
11 暖房機器	エアコン、電気カーペット、炬燵、電気カーペット	エアコンのみ	エアコンのみ
12 給湯器	電気給湯器:効率90% ガス給湯器:効率88% 灯油給湯器:効率80% 高効率給湯器の利用率なし	CO2HPのCOP:8.0 潜熱回収型給湯器:効率95% CO2HP給湯器、潜熱回収型給湯器の普及が5割増	CO2HPのCOP:8.0 潜熱回収型給湯器:効率95% CO2HP給湯器、潜熱回収型給湯器の普及が45割増
13 PV変換効率	0.13[kW/m ²]	0.20[kW/m ²]	0.25[kW/m ²]

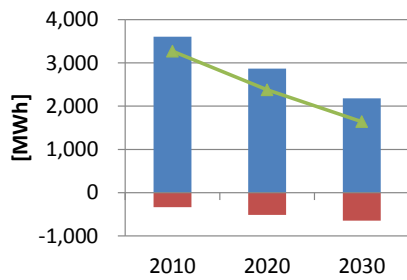
(2) 将来のスマートグリッド予測計算

次に、その成果をとりまとめたデータベースを、研究グループがこれまで開発してきた民生家庭部門、民生業務部門の都市レベルのボトムアップ型シミュレーションモデルの入力条件とすることで、2030年までの都市におけるエネルギー需給の変化を予測した。具体的には、大阪府豊中市の建物データベースを基に、代表的な住宅地域・業務地域を4地域選び、住宅・業務建物別に技術の進展状況を入力データ化、モデル化して上記のシミュレーションモデルに組み込むことにより、各地域の2020年と2030年（技術が市場化される年次であり、普及を考慮すると10~20年くらい後）時点の温室効果ガス排出量、太陽光発電の普及による電力自給率、地域の電力需給バランスを予測した。これによりこれら新技術が実際に実用化された場合の都市全体の温室効果ガス削減・電力需給への効果を定量的に明らかにすることを可能にした。たとえば、戸建て住宅街区においては太陽光発電が普及すれば電力自給がほぼ可能になるが、余剰電力調整のために蓄電池が必要になるなど、将来の低炭素都市の姿をスマートグリッド・蓄電池による電力需給制御の必要性などインフラストラクチャーのあり方等を含めて明確に

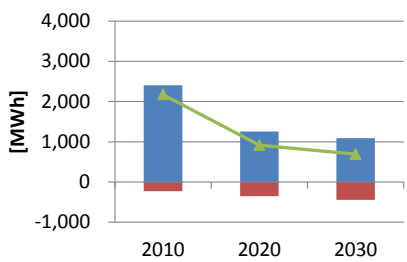
描くことに成功した。(図-1～3)



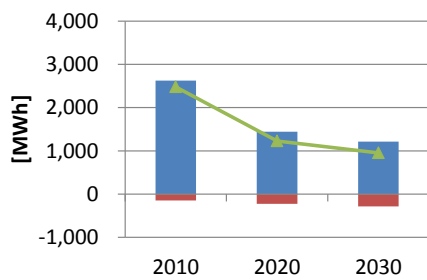
(a) 戸建て住宅地



(b) 集合住宅地



(c) 業務中心地域



(d) 業務・住宅混合地域

図-1 地域における電力需給バランスの将来変化

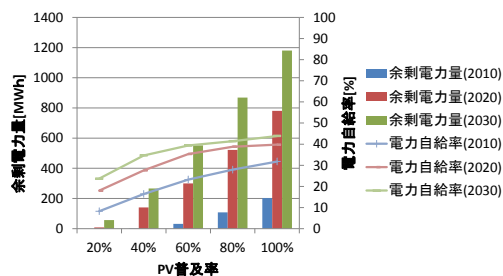


図-2 PV普及率と戸建て地域の需給変化

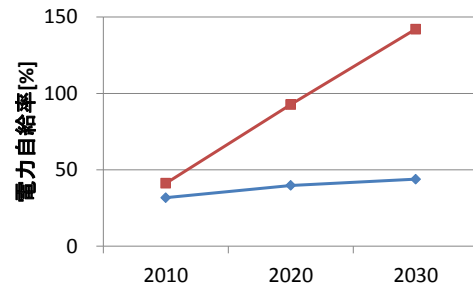


図-3 蓄電池利用による電力自給率の向上予測(戸建て街区、青線が蓄電池無し、赤線が蓄電池有)

(その他、雑誌論文1. 参照)

(3) 業務施設の将来予測シミュレーション

大阪中之島地区において、現状のエネルギー消費状況をベースに、2050年までの低炭素化シナリオをたて、2050年までに約70%のCO₂削減可能性があることを明らかにした。(学会発表5. 参照)

(4) ゼロエネルギー住宅の評価

住宅形態・世帯構成・居住者行動の影響を考慮しつつ、太陽光発電と省エネルギー技術によるネットゼロエネルギー達成可能性を評価し、戸建てと長屋ではその達成が可能であることを示した。(雑誌論文2. 参照)

(5) 地域熱供給の将来シミュレーション

更に、燃料電池等高効率コージェネレーションを中心とした熱供給技術のエネルギー効率向上を予測する目的で、実在する最新のコージェネレーション利用地域冷暖房システムのシミュレーションを実施し、実態データとの比較を通じて実際の運転上のフォルト等を反映した現実性の高いモデルにバージョンアップをおこなった後、将来予想される効率向上対策の効果の定量的な評価を実施した。

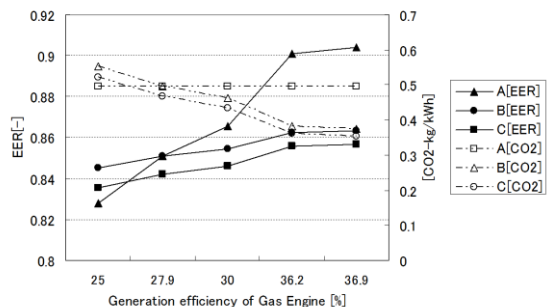


図-4 某プラントにおけるコージェネレーション効率向上対策にプラント熱効率向上効果と製造電力のCO₂排出量削減効果(A, B, Cは評価方法の違いによる。)

(その他、雑誌論文3 参照)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Shiori Takamura, Yohei Yamaguchi, Takuya Fujimoto, Yoshiyuki Shimoda: Evaluation of the Effect of Batteries in District Level Smart Grid, Proceedings of 12th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, (査読有), 2011, pp. 1718-1725
2. 鳴海大典, 植本孝広, 下田吉之, 村上周三: 住宅における省エネルギー対策評価とネットゼロエネルギー達成可能性の検討, 日本建築学会環境系論文集, 666、(査読有), 2011, pp. 665-672
3. Shinya Nagae, Yoshiyuki Shimoda, Shiori Takamura, Yoshitaka Uno, Kenichiro Watanabe, Yutaka Shoji: Verification of the Energy Efficiency Advancement in District Heating and Cooling Plant by Renovation, ASHRAE Transactions, vol.117, pt.1, (査読有), 2011, pp. 139-146

[学会発表] (計8件)

1. 下田吉之, 山口容平: 地域・都市のエネルギーシステムの変革—都市のエネルギー需要デザイン—, シンポジウム東日本大震災に学ぶこれからの環境工学(日本建築学会環境工学委員会), 2012年3月12日, 東京
2. 高村しおり, 山口容平, 藤本卓也, 下田吉之: 将来エネルギー需要推計に基づく太陽光発電普及時における地域エネルギーマネジメントシステムの評価, 第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 2012年1月31日, 東京
3. Shiori Takamura, Yohei Yamaguchi, Takuya Fujimoto, Yoshiyuki Shimoda: Evaluation of the Effect of Batteries in District Level Smart Grid, 12th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, 2011年11月14日, Sydney, Australia
4. 村井絢香, 山口容平, 下田吉之, 北野剛人: 大阪中之島地区業務部門を対象とする温暖化対策評価(その2), 日本建築学会大会, 2011年8月25日, 東京
5. Yohei Yamaguchi, Yoshiyuki Shimoda, Takehito Kitano: Transition Scenario of Nakanoshima Business/Cultural Area: A

Model of Low-Carbon District in Warm Climate, Proceedings of ECEEE Summer Study 2011年6月6日~11日. Nice, France

6. Shinya Nagae, Yoshiyuki Shimoda, Shiori Takamura, Yoshitaka Uno, Kenichiro Watanabe, Yutaka Shoji: Verification of the Energy Efficiency Advancement in District Heating and Cooling Plant by Renovation, ASHRAE Winter meeting, 2011年1月31日, Las Vegas, USA

7. 永恵慎也, 下田吉之, 高村しおり, 渡辺健一郎, 荘司豊: 地域冷暖房リニューアルに伴う高効率化シミュレーション(その3), 空気調和・衛生工学会大会, 2010年9月1日, 山口

8. 高村しおり, 下田吉之, 永恵慎也, 渡辺健一郎, 荘司豊: 地域冷暖房リニューアルに伴う高効率化シミュレーション(その4), 空気調和・衛生工学会大会, 2010年9月1日, 山口

[図書] (計1件)

1. 下田吉之, 原圭史郎, 中村信夫 (分担執筆) 原圭史郎, 梅田靖 編著: サステイナビリティ・サイエンスを拓く—環境イノベーションへ向けて— 第14章 持続可能社会を導くサステイナビリティ・シーズマップ, 大阪大学出版会 (2011-5)、pp. 210-243

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

下田 吉之 (SHIMODA YOSHIYUKI)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 20226278

(2) 研究分担者

山口 容平 (YAMAGUCHI YOHEI)
大阪大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 40448098

鳴海 大典 (NARUMI DAISUKE)
横浜国立大学・環境情報研究院・准教授
研究者番号: 80314368

(3) 連携研究者 なし