

地産地消エネルギーシステムへの転換のための生活スケジュールの確率的 揺らぎを考慮したトータルユーティリティ予測環境手法の構築と 実在都市への適用

—福岡県春日市におけるエコライフスタイルへの変換がもたらす潜在的省エネルギー
効果と震災に対応したピーク電力カット方策の評価— (概要)

研究責任者 九州大学 総合理工学研究院
教授 谷本 潤
共同研究者 九州大学 総合理工学研究院
教授 萩島 理

1. 研究目的と概要

現在、住宅系建物では電力と熱の需要が同時に発生する特性を利した家庭用コージェネレーションシステムを普及させることで、総合効率を向上させようとの試みに大きな期待が寄せられている。住棟、街区、都市域にスケールアップしてこれらのオンサイト熱電供給システムを普及させることは、系統電源への依存を制御し、電力と熱の併供給による大きな省エネルギー効果と相まって、所謂「地産地消」のエネルギーシステムにシフトすることに繋がる。太陽光発電をはじめとする自然エネルギーシステムが発電コスト上（太陽光発電の発電コスト¥40～50 円/KWh は一般家庭の買電単価の倍）現実的解とは言い難い現況からして、これらの地産地消・分散型エネルギーシステムは過渡的には現実的かつ有望な代替システムである。これら分散型システムの高い総合効率、街区・地域に適合したコンパクトなシステム構成のためには、電力と熱（給湯）のデマンドが時間的に大きく乖離しないことが鍵になり、夫々のシステム特性に応じたベストな要素機器構成、設計法、

運用プロトコルの構築が重要な技術的課題となるが、そのためには2次側の電力、ガス、熱、水等々のユーティリティデマンドを高時間分解能で予測する技術を確立する必要がある。そこで本研究では、都市居住者の生活スケジュールを確率に予測する手法をベースに、包括的な積み上げ法に基づく予測手法 Total Utility Demand Prediction System (TUD-PS) を理論構成する、これを基礎とする生活様式転換のインパクト予測を行政が策定した省エネプランの基盤上に有機的に組み込んだ運用スキームを提示し、人口規模 10 万人程の大都市圏近郊の典型的郊外都市をモデルケースに、住民の生活様式変革の可能性とその賦存効果を明らかにするものである。

2. Total Utility Demand Prediction System (TUD-PS) の概要

TUD-PS では、まず、年齢職業等で異なる居住者の毎日の生活スケジュールを 24 属性（勤め人・男などの居住者属性 8 クラス、曜日属性 3 クラス）毎に Generate & kill の手法を適用して生成する。生活行為

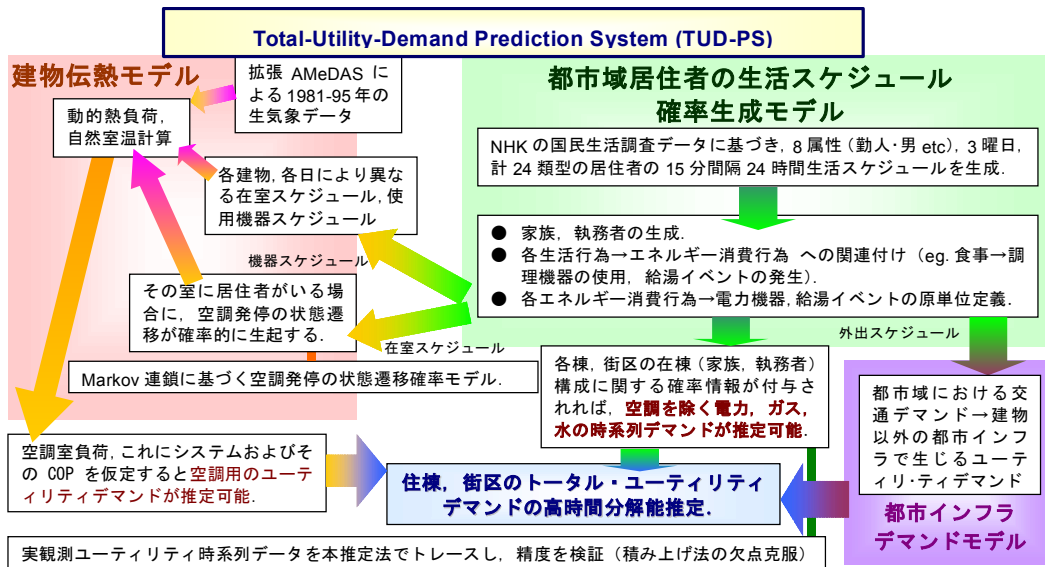


図 1 TUD-PS の構成概要

とユーティリティ消費行為との関連付け、各消費行為のイベント原単位を仮定することで、居住者個々の住戸における給湯、市水、空調を除く一般電力の 15 分間隔時系列がこれで予測可能となる。生活行為とユーティリティ消費行為の関連付けおよびそれらのイベント原単位の仮定の妥当性は、合計 58 戸、18 戸からなる複数の集合住宅の住棟全体の給湯、一般電力時系列実測データとの比較¹⁾、³⁾、⁴⁾、約 9300 戸からなる住宅域における日積算市水デマンドとの比較¹⁾、²⁾により検証済みである。また、生活行為と湯水消費行為との関連付け妥当性については、洗濯、食器洗い、湯張り、入浴の各行為について家族構成とともに行為者率を調査したアンケート結果との比較¹⁾、⁵⁾により検証済みである。

室建物伝熱系では時間離散間隔 15 分で非定常計算を行う。例えば、後述する中間階中央 3LDK 住戸でトータル 159 元の連立熱収支式の求解プロセスである。上記の生活スケジュールで決まる室内の使用電力機器、居住者の在室状況に応じて機器および

人体からの発熱は室および室内各面表面熱収支に組み入れられる。冷暖房は、2 段階で発停を決める。まず、暖房であれば日最低外気温、冷房であれば日最高外気温を引数にその日が冷暖房をする日か否かを確率的に決める。さらに、15 分ごと空調室ごとに、居住者の在室と室内グローブ温度を引数にした状態遷移確率に基づく積事象から、停止から運転への状態遷移を確率的に決める。運転されている室については、在室と外気温度を引数にした状態遷移確率に基づく積事象から、運転から停止への状態遷移を確率的に決める。居住者の退去により不在となった室、居住者全員が就寝状態となっている室、冷房（暖房）を運転している暖房（冷房）室負荷が要求された（over-cooling もしくは over-heating が生じている）室に関しては、強制的に冷暖房は停止される。

冷暖房はエアコンによる熱除去、熱供給が室に対して瞬時一様に為されると考える。エアコンのラインナップは M 社製実機の 6 畳用、8 畳用、16 畳用とし、標準設定では、

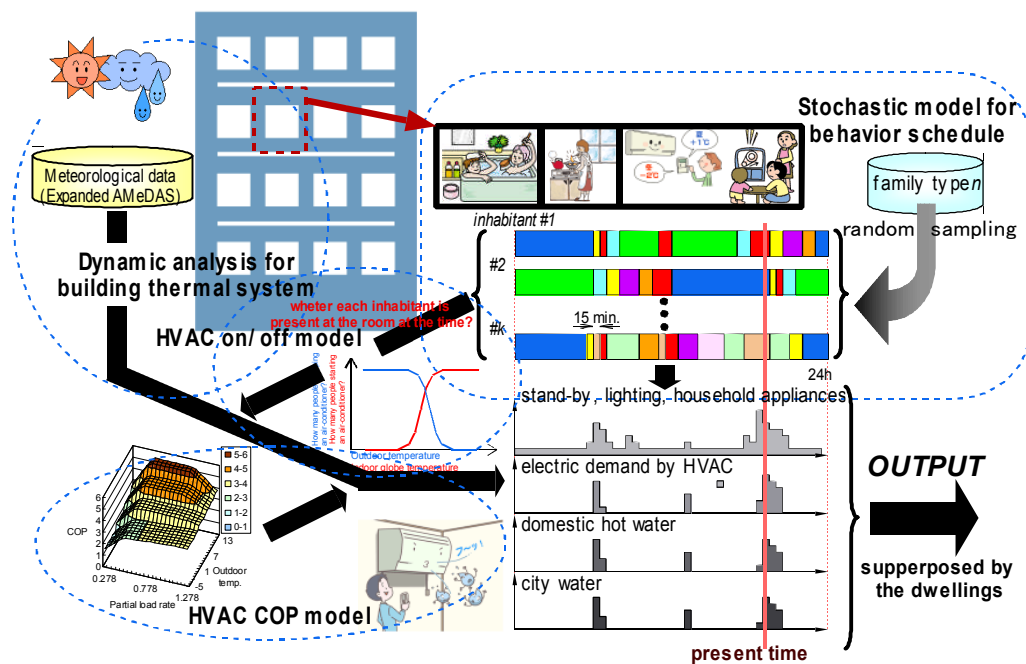


図2 複数住戸に対応した TUD-PS の概要

各室床面積をカバー出来るエアコンを設置するものとした(16畳以上の室には16畳用)。エアコンの性能に関しては、細井のモデル(文献6)(一部修正)を用いて、室全熱負荷、外気温度およびカタログに記載のある定格 COP、定格能力、最大能力を引数として求まる部分負荷特性および外気温度特性を考慮した COP を計算に用いる(以上表4-1)。室負荷がエアコンの最大能力を超える場合は、室温未到達となる(計算上はエアコン最大能力を除去(供給)熱とし室負荷に代わって室温を未知数にして計算)。外界気象条件は拡張 AMeDAS⁷⁾の1981-1995年生データを用いる。各住戸は並列して計算し、生の外界気象条件のもと、生データを模擬すべく再構成された毎日異なる生活スケジュールを用いて15分間隔15年間のシミュレーションエピソードを計算する。図5-1には複数住戸に拡張した TUD-PS の計算概要を模式的に示した。

3. 数値実験モデルの概要

本研究で開発した TUD-PS は、汎用性、可塑性に富んだ予測の枠組みであるが、本報告においては、TUD-PS の有用性を明示するために具体的な住棟モデルを仮定して、近未来のライフスタイル変化を考慮したトータル・デマンドを予測する。実際には、多様な世帯構成からなる100戸の集合住宅1棟の最大デマンド特性について解析していく。住戸モデルは、先行研究として既に発表済みの論報同様、空気調和・衛生工学会住宅設備員会集合住宅の熱負荷と機器容量の検討小委員会報告書⁸⁾にある集合住宅の標準モデルとし、リビング南面、断熱標準(外皮50mm)。西妻住戸(4LDK、延床95.8m²)、中央住戸(3LDK、延床80.4m²)、東妻住戸(4LDK、延床101.0m²)。1フロア10戸、10層で、計100戸とした。冷暖房設定温度は26、20℃である。

家族タイプは計14種とし、各住戸への家族タイプ(表1)割り当ては妻側住戸に比

(A)

	Westside			Central			Eastside			
10th floor	8	2	3	14	13	14	2	5	5	8
9th	8	11	7	11	7	6	4	8	15	8
8th	7	3	3	12	11	4	12	4	8	8
7th	7	12	13	1	3	11	2	15	13	7
6th	7	7	6	10	7	4	7	3	4	7
5th	7	4	4	5	10	13	5	5	3	7
4th	1	6	2	3	3	10	4	10	10	7
3rd	6	6	1	3	6	10	4	1	5	6
2nd	4	1	5	5	5	10	6	1	10	1
1st floor	4	4	6	4	6	6	6	1	1	6

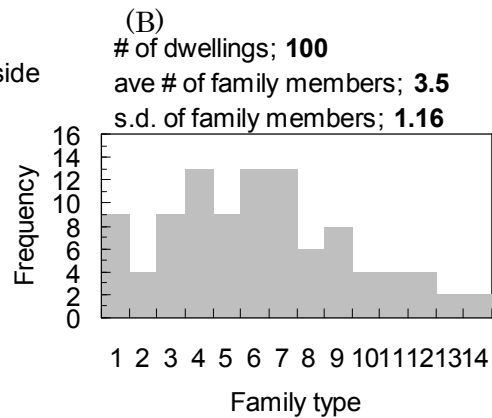


図3 各住戸への家族タイプの割付(A)と家族タイプの分布(B)

表1 想定した14の家族タイプ

Family type #	Number of family member	Members
1	3	Working male, Housewife, Child#1
2	3	Housewife, Child#1, Child#2
3	3	Working male, Housewife, Child#2
4	4	Working male, Housewife, Child#1, Child#1
5	3	Working male, Working female, Child#1
6	4	Working male, Housewife, Child#1, Child#2
7	5	Working male, Housewife, Child#1, Child#1, Child#1
8	6	Working male, Housewife, Child#1, Child#1, Child#1, Senior female
9	2	Working male, Working female
10	2	Senior male, Senior female
11	3	Working male, Working female, Child#3
12	3	Working male, Housewife, Child#3
13	1	Working male
14	1	Working female

Child#1: age of elementary school, Child#2: age of secondary school, Child#3: age of high school.

較的大人数の家族タイプが配されるようにしつつ、基本的にはランダムとした(図3)。住戸平均の世帯当たり家族数は3.5人であ

る。

4. 結果および考察

4-1 特定住戸における特定日時変動特性

図4は6人家族のタイプ8が住む西妻側最上階住戸リビング(#1室)の冬期、夏期典型日(平日、休日を含む)3日の詳細出力である。上パネルは、室温、全熱負荷、エアコンCOP、外気温度の推移、中パネルは、総電力デマンド(太線)とその内訳であるエアコン、家電等、照明、機器の待機電力デマンドの推移、下パネルは、給湯(太線)および市水のデマンド推移である。

冷房は頻繁な発停が繰り返されていることが特徴的である。これは、外気温で定義される運転から停止への状態遷移が確率的に多く生起するためである。7/31の正午前後は居住者不在のため運転されない。一方、暖房は一度運転されると冷房に比べなかなか停止とならない。これは外気温度が低いため、停止への状態遷移が生起しにくいためである。平日(2/9)日中の暖房停止は、居住者不在時間帯と一部重なっているためである。日曜(2/8)日中の暖房停止は、部屋に人は居るが、負荷および室温推移からも諒解されるように偶々(over-heatingが生

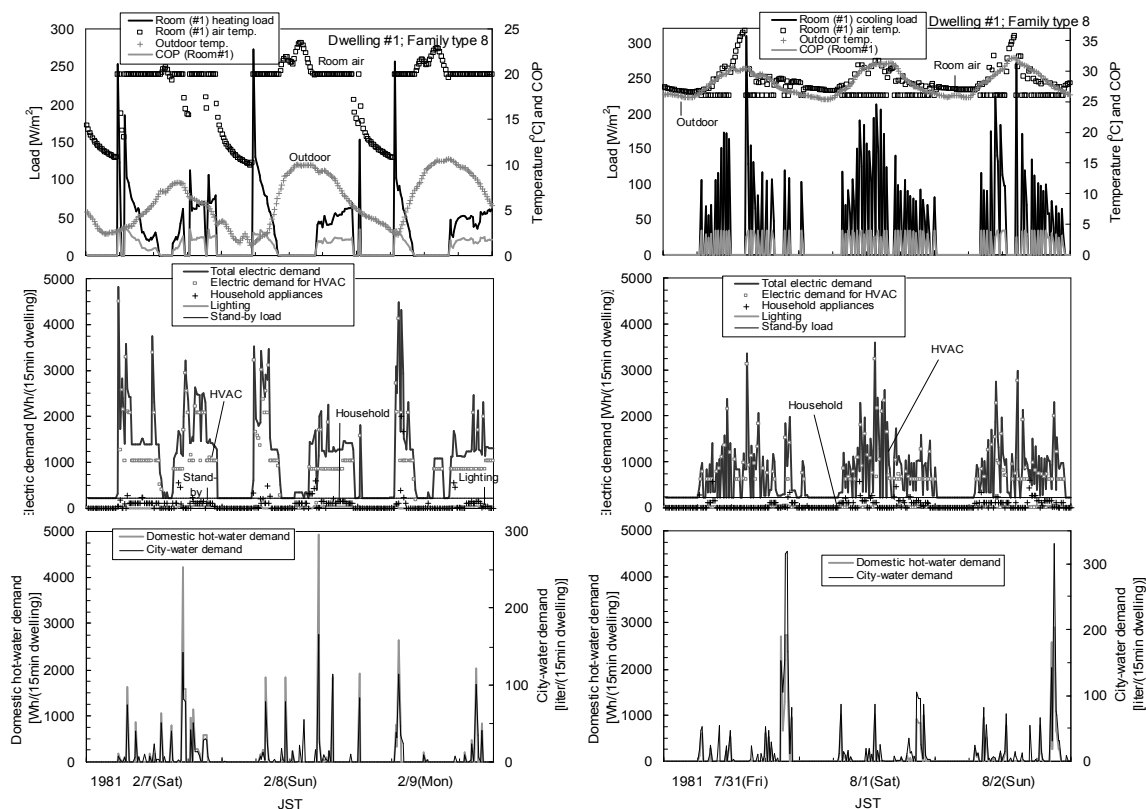


図4 家族タイプ8が住む西妻側最上階住戸リビングの冬期、夏期特定日における詳細時変動特性。上中下各パネルの詳細は本文参照。

じるほど) 日射が大きく暖かかったためである。

冷房時の COP の方が暖房時の高いが、これは頻繁な発停により、比較的大きな負荷が掛かり、部分負荷効率が悪化しないことと外気温度の影響による。

4-2 住棟全体のピークデマンド特性

図5には100住戸の全平均(住棟全積算を議論してることと同じ)の総電力デマンド15年分(待機電力負荷が常時掛かるので $\{365 \times (15-3) + 366 \times 3\} \times 24 \times 4$ データある)を大きい順に上位1%(5258位)迄ソートし、生起時間、生起月、そのときに生じた給湯デマンド、暖房COP、暖房電力デマンドを示している。黒い線とプロットは住棟(100戸)平均、グレーの線とプロットは平均に100戸のばらつきを示す標準偏差を加え(減じ)た値を示す。給湯デマンドはこの

降べき順に無関係だが、暖房電力デマンドのそれは一致していることから、総電力デマンドは、ほぼ暖房電力デマンドの順で決まっていることわかる。冬期の早朝もしくは夜間の気象が厳しい時間に生起している。また、後示する(図5-6)特定住戸データだけで総電力デマンド降べきソートした結果より、最大値からの降べき勾配は滑らかになる。図からも諒解されるように住戸間でばらつきの大きいデマンドを住棟全体で積算して最大デマンドを観ているので、スケジュールの多様性が各戸のデマンドピーク出現タイミングをずらすことになる。これは住棟一括受電契約のコストメリットを示唆するものである。ピーク時には部分負荷効率が改善されるので、暖房COPの住棟平均(その時刻に運転状態の機器についての平均)は2前後で年間平均暖房COPより

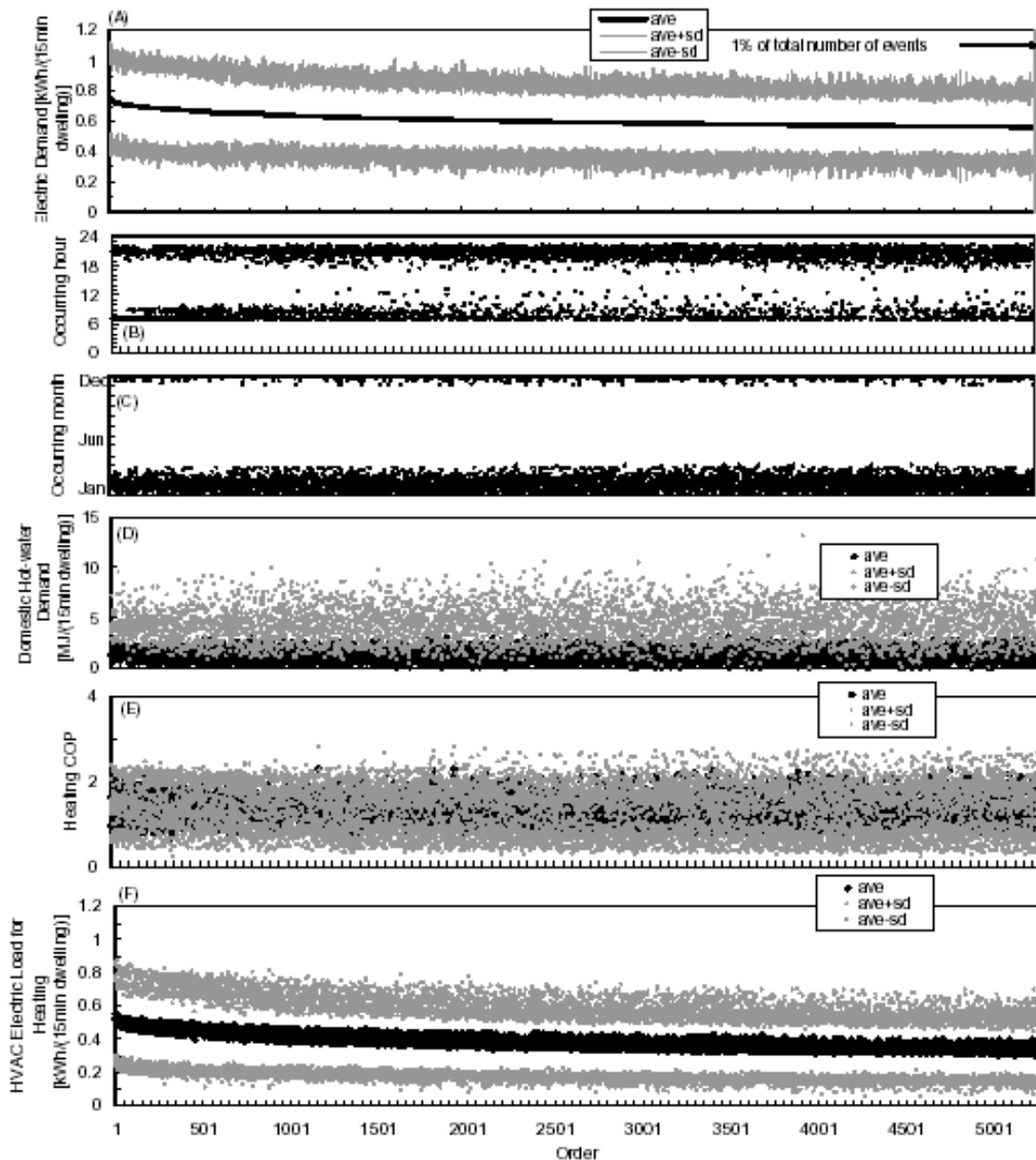


図 5 住棟全体の総電力デマンドで降べきソートした総電力デマンド(A)とその生起時刻(B), 月日(C), そのときの給湯デマンド(D), 暖房 COP(E), 暖房電力

高い。

図 6 は 100 住戸の全平均の給湯デマンドを大きい順にソートし (図中に上位 1%の順位を示している)、その生起時間および生起月、そのときに生じた総電力デマンドである。総電力デマンドに比べきわめて大きな住戸間ばらつきがあることが特徴である。住棟全体デマンド故、この住戸間の凹凸は相互に埋め合わされ、ピーク近傍の平均値の勾配は緩やかである。これは住棟セント

ラル給湯のピークシフト効果を示唆するものである。給湯デマンドは冬期の、入浴と食事の後片づけが重なる夜間に生じる傾向にあるが、順位が下るほどに中間期でも生起している。給湯ピークと総電力デマンドとの関連は明然でない。

図 7 は住棟全体 (100 戸) 平均に代わって、住棟平均家族人数 3.5 人に一致するように 3 人家族と 4 人家族の住戸を家族タイプ 3,6 から夫々 1 住戸選び (住戸 #28 と #15;

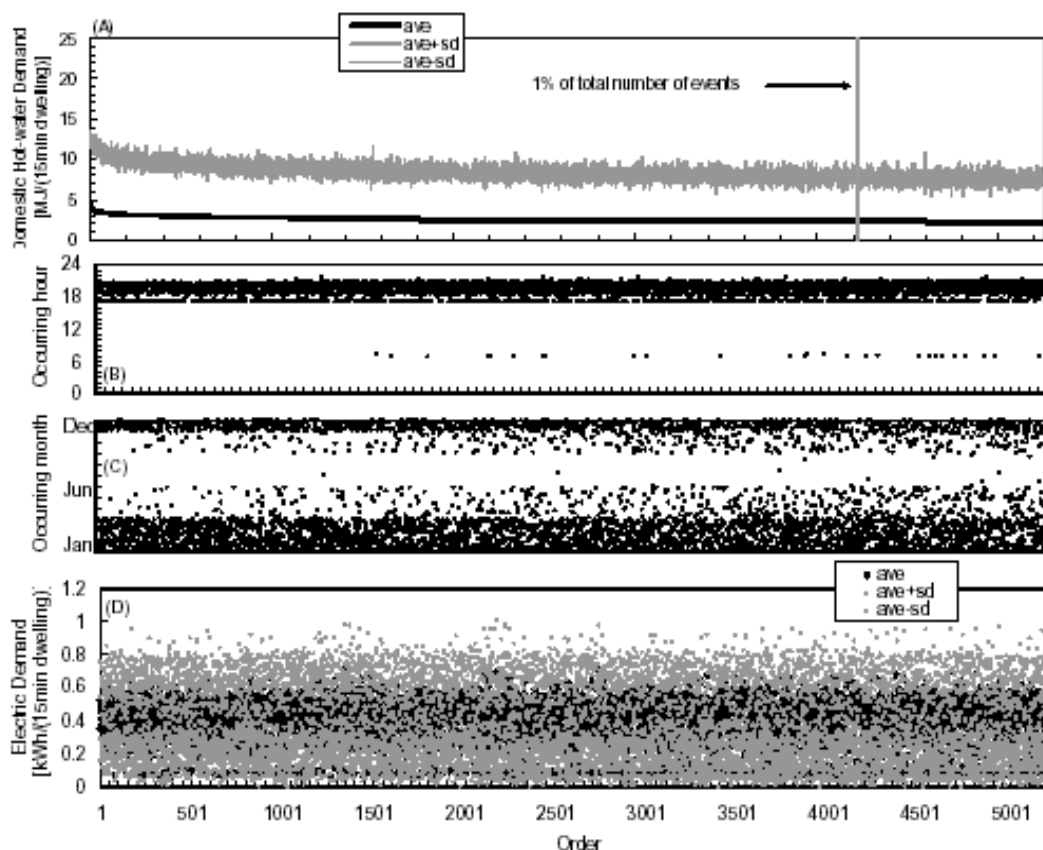


図 6 住棟全体の給湯力デマンドで降べきソートした給湯デマンド(A)とその生起時刻(B), 月日(C), そのときの総電力デマンド(D).

いずれも中間階中央住戸)、この2住戸合わせた総電力負荷と給湯負荷でソートして、図 5-4(A)、図 5-5(A)同様に示した結果である。住棟(100住戸)全体で最大デマンドを採るより、より厳しい値になる。総電力、

給湯デマンドともソートした最上位近辺の勾配が100戸平均のそれらより急となる。また、最大給湯デマンドは100住戸全体より著しく大きくなる。これは家族構成が似ている2住戸では、同じような時間帯に比

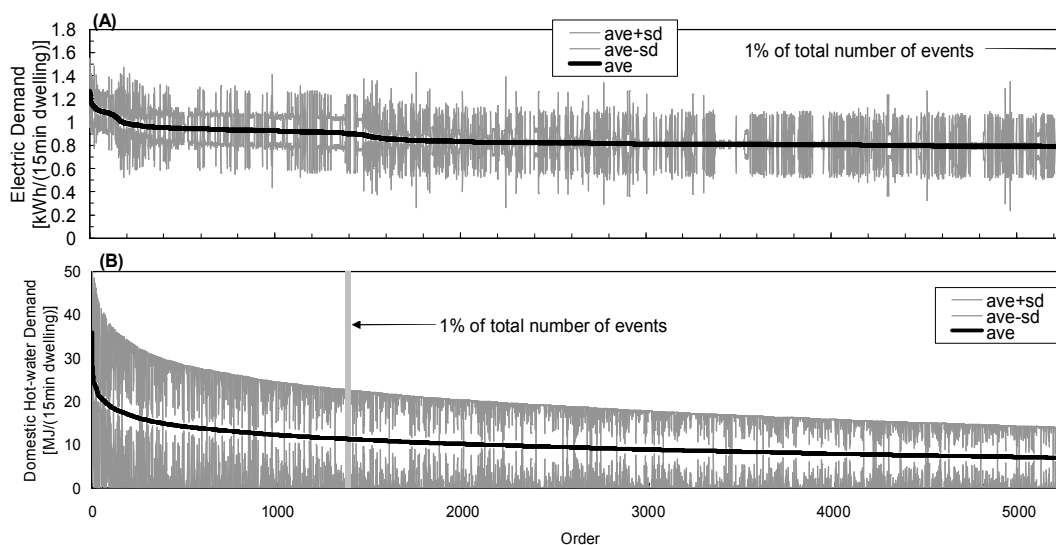


図 7 住戸#15(家族タイプ6)と住戸#28(家族タイプ3)の平均総電力デマンドを降べきソート(A), 平均給湯デマンドを降べきソート(B)した結果。

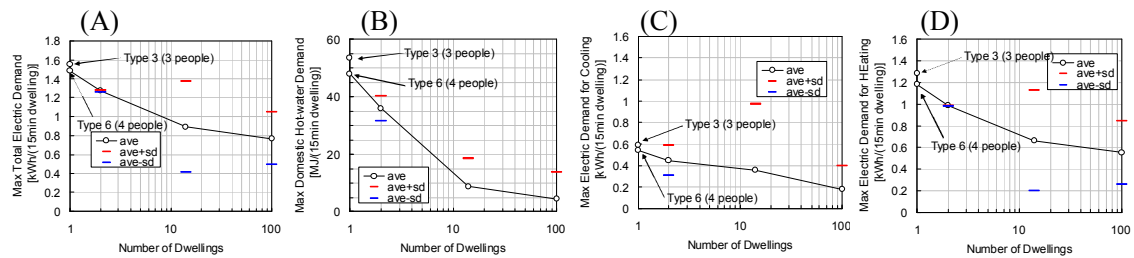


図 8 平均を採るサンプルサイズが最大デマンドに及ぼす影響. (A) 総電力デマンド. (B) 給湯デマンド, (C) 冷房電力デマンド, (D) 暖房電力デマンド.

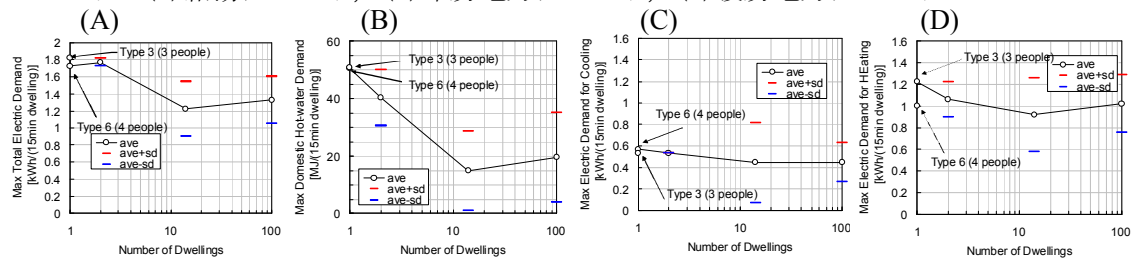


図 9 平均を採るサンプルサイズが最大デマンドに及ぼす影響. 固定スケジュールを用いた場合. (A) 総電力デマンド. (B) 給湯デマンド, (C) 冷房電力デマンド, (D) 暖房電力デマンド.

ークが来るためである。多様なスケジュールの多様な家族構成の住戸がある程度集まって、はじめて住棟セントラルのメリットが顕出する。

図 8 は住棟全体の 100 戸をサンプルとして最大デマンドを取ったケース (以下、Base Case)、前記の住戸#28 と#15 をサンプルとしたケース (以下、2-Dwelling Case)、夫々住戸#28 と#15 の単独住戸で最大デマンドを取ったケース、各家族タイプの代表住戸として中間階中央住戸から各 1 戸計 14 戸抽出してサンプルとしたケースを一覧で比較した結果である。これはサンプルとなる住戸数が増すに従い、ピークが相互にずれる効果により最大デマンドが如何に低減されるか、言い換えると、住棟セントラルの効果を表している。住戸集積による最大給湯デマンドの低減効果はきわめて大きいことがわかる。これは給湯需要には住戸によるばらつきがきわめて大きく、かつ需要時間のズレがそれなりにあることが効いている。最大総電力デマンドの低減効果もそれなり

だが、これは暖房電力デマンド低減効果が大きいからで、それは多様な住戸の併存で夜間の暖房デマンドの位相ズレによるところが大きい。

この効果を観るに、本研究が主張しているように住戸ごとの生活スケジュールのばらつきを詳細に考慮する必要があるのかとの疑問があるだろう。そこで同じ図を固定スケジュール (以下、Const Case) で描いてみる (図 9)。固定スケジュールとは、(1) 生活スケジュールは日々変動せず (平日と休日の 2 パターンのみ)、従って、内部発熱スケジュールが平日、休日で固定された時系列で付与され、(2) 確定的冷暖房発停スケジュール (室に居住者がいれば運転とする、但し、就寝時は停止) を付与、(3) 7~9 月を冷房期、12、1~3 月を暖房期と確定的に仮定する設定を意味する。固定スケジュールの基礎となる 15 分間隔の生活スケジュールは文献 1) を基礎に 24 データ属性毎に作成し、ばらつきを考慮するデータセット同様 14 の家族タイプのスケジュールデータ

を用意しておく。就寝時を除き在室すれば必ず冷暖房運転となるため、後述する積算デマンドは抑も大きくなり、最大デマンドの出現特性も両者で若干の差異があると想像されるが、両図左端の住戸単体の最大デマンドは何れもほぼ同様の値と観てよいだろう。ここでの論点は、最大デマンドのサンプル住戸数の影響、すなわち両図の勾配を比較することである。図 5-8 を観ると、1 住戸（図の左端）から 14 住戸（各家族タイプ代表住戸抽出）までは最大デマンドは小さくなる。これは、固定スケジュールと雖も、実質異なるスケジュールの住戸をサン

プルに採るから当然の帰結といえる。しかし、14 住戸から住棟全体の 100 住戸にサンプルをスケールアップしたときに、固定スケジュール（図 9）では最大デマンドが大きくなってしまい、全く要をなさない。同値でなく大きくなるのは、家族構成人数の多い住戸が固定スケジュールで同期してしまうことが 100 住戸サンプルでは大きく利くからである。以上要括すれば、住戸が集積することで最大デマンドが低減化する効果を評価するためには、同じ世帯構成であっても住戸ごとに日々異なる生活スケジュールが営まれている現実を正しく再現する

表 2 年積算総電力，給湯，市水，待機電力，照明電力，一般電源，冷房電力，暖房電力デマンドおよび年間平均暖房 COP，冷房 COP の 15 年平均値と標準偏差．15 年間で冷房能力不足で設定室温未到達になる確率とそのときの平均室温．

Annual summation/ave	Base	2-Dwelling	LessCapa	Const
Electric Demand [kWh/dwelling]	4939±254	5446±293	3907±114	7095±135
Hot-water Demand [MJ/dwelling]	14261±51	13898±259	14261±51	17469±175
City-water Demand [m ³ /dwelling]	236±0.8	230±3.7	236±0.8	344±2.4
Average COP for Heating	1.22±0.05	1.05±0.05	3.08±0.09	0.89±0.05
Average COP for Cooling	2.20±0.12	2.42±0.11	3.91±0.14	1.27±0.12
Stand-by Electric Load [kWh/dwelling]	1744±2	1546±2	1744±2	1740±3
Lighting Load [kWh/dwelling]	87±0.2	99±0.5	87±0.2	97±0.2
Electric Household Appliance Load [kWh/dwelling]	1363±7	1719±13	1363±7	2481±7
HVAC Load Cooling [kWh/dwelling]	183±41	171±47	109±25	882±86
HVAC Load heating [kWh/dwelling]	1562±250	1912±287	603±108	1896±157
Probability of failing to set room air temp. due to less capacity (total events during 15 years)	2*10 ⁻⁶ (3)	0	3.7*10 ⁻⁵ (59)	0
Average room air temp. when failing to set temp. [°C]	26.6	-	27.1	-

ことが重要であることが解る。

4-3 現実的な省エネルギー対策としての エアコン最大能力のコンパクト化

本節では TUD-PS を適用して、エアコン容量をコンパクト化するだけで、きわめて大きな省エネルギー効果が得られることを示す。

これまでのエアコン容量設定、すなわち 3 サイズあるエアコンの推奨面積が対象室の面積以上となるようにサイズ選択するとの設定ではなく、敢えて 1 サイズ小さい容量のエアコンを設置する（以下、LessCapa Case）と年間積算デマンドがどうなるかを観てみる。表 2 は Base Case、2-Dwelling Case、LessCapa Case、Const Case の住棟平均した（2-Dwelling Case は 2 住戸の平均）デマンド等の瞬時値を年積算（もしくは平均）した結果である。標準偏差は 15 年間のばらつきを意味する（住戸のばらつきではない）。また、表中下 2 段は、冷房能力不足で室温未到達となる冷房イベントの 15 年間の回数とその生起確率、そのときの平均室温である（これらは 100 住戸の平均で 15 年間でどれが生起し、そのときどれだけ室内環境が悪化していたかを意味する）。

LessCapa Case では、COP が Base Case より格段に高くなるので、冷暖房電力デマンドが減り、年積算総電力デマンドも大きく圧縮される。この結果は、エアコン本体の機器 COP を上げることに増して、現下、過大気味の機器が設置されている状況を改善するだけで、格段の省エネルギー効果が期待できることを示唆している。1 ランク容量を下げることで、勿論、容量不足となって冷房が効かなくなる可能性は 1 桁上がるが、それでも 15 年間を通じて、未到達と

なるイベントは平均的には高々 59 回、時間にして延べ 15 時間余であり、全冷房時間に対する生起確率は 3.7×10^{-5} と非常に小さい。かつ、未到達時の平均室温はせいぜい 27.1°C であり、超過危険率からも、室内環境悪化の程度からも大きな問題にはならないと思われる。尤も、時間離散化幅 15 分の計算なので、冷房開始直後数分と云った過渡状況ではもっと過酷な熱環境に悪化している可能性は否定出来ないし、室温だけでは室内環境の質は論じられないとの論もあり得る。本シミュレーションでは、何れのケースも暖房時に能力不足となるイベントは 1 度も生じなかったが、これも前記同様、あくまで運転開始後 15 分で室温は設定の 20°C に到達出来ることを言っているだけで、壁体室内側表面温度は未だ低く室内環境の質としては首肯しがたい場合も含まれることに留意する必要がある（実際、市販されているエアコンの暖房モードには、立ち上がり時に設定室温に到達するように消費電力、効率を顧慮せず一気に過大な熱供給をするパワフルモード等の設定がある）。なお、ここで述べた議論は、居住者の生活スケジュールのばらつき、多様性、さらに冷暖房発停行為の確率性が再現出来る TUD-PS にして評価可能となったことを付言しておく。

4-4 近未来シナリオ予測；世帯構成の時代 変化の影響

これまでの議論で仮定してきた標準的な世帯構成が変容した場合にどんなことが起きるかを観てみよう。少子高齢化後の世帯構成を想定して以下のような 100 戸（以下、Aged & Single Case）と Base Case とを比較してみる。すなわち、勤め人男・女に小学生からなる家族タイプ 5 が 10 戸、勤め人男・

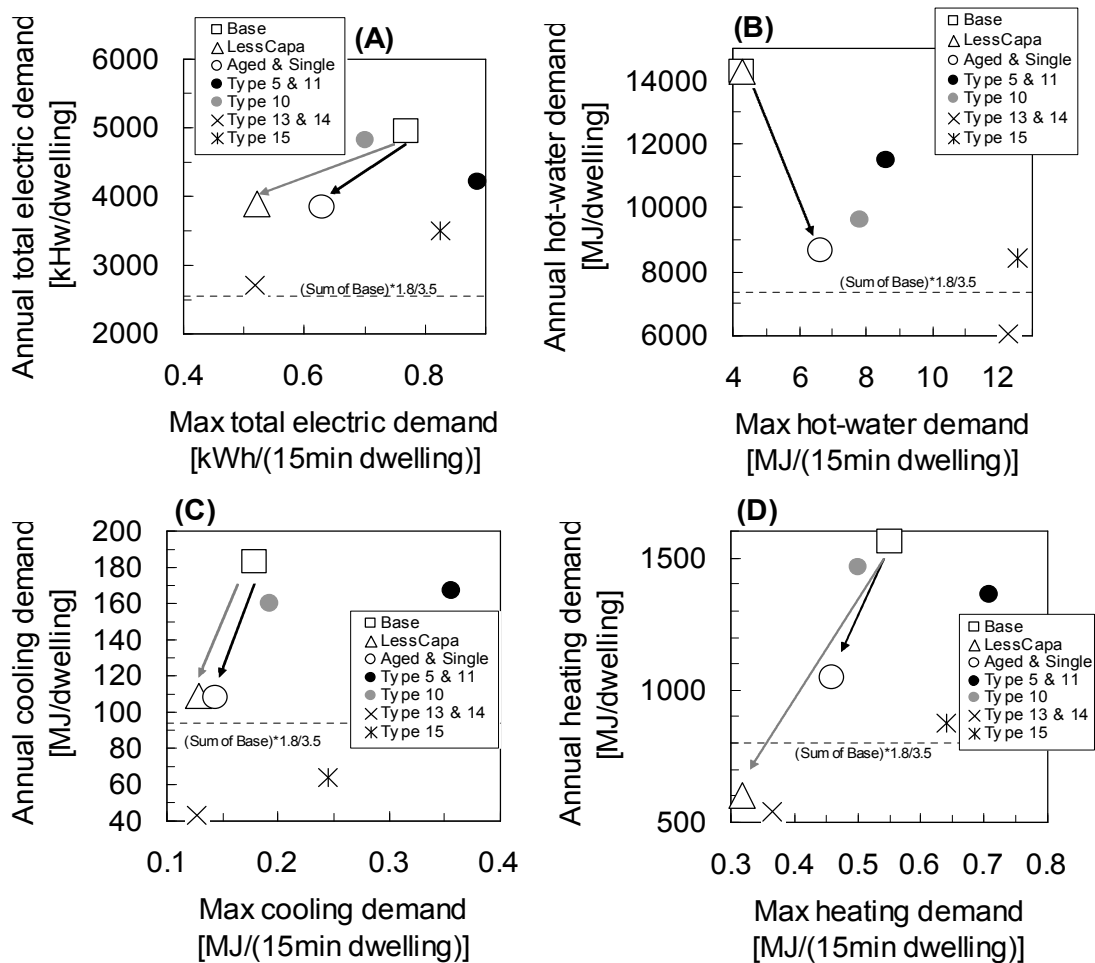


図 10 最大デマンドと年積算デマンドとの関係を Base Case, LessCapa Case, Aged & Single Case で比較した結果. Aged & Single Case については家族タイプにより更に 4 つのサブクラスに分割して表記. (A) 総電力デマンド, (B) 給湯デマンド, (C) 冷房電力デマンド, (D) 暖房電力デマンド.

女に高校生からなる家族タイプ 11 が 10 戸、高齢者男・女からなる家族タイプ 10 が 30 戸、勤め人男単身の家族タイプ 13 が 20 戸、勤め人女単身の家族タイプ 14 が 20 戸、子供のいない勤め人男・女からなる家族タイプ 15 が 10 戸。この住棟の平均世帯家族人数は 1.8 人、標準偏差は 0.75 人である。

図 10 は、各最大デマンドと年積算デマンドとの関係を Base Case と Aged & Single Case で比較したものである。Aged & Single Case については、家族タイプ 5 と 11、家族タイプ 10、家族タイプ 13 と 14、家族タイプ 15 の 4 サブクラスに分けたサンプルで、

最大デマンドと年積算デマンドとの関係も示している。また、比較対象として、LessCapa Case のそれらも併示してある。Base Case を基準に取るなら、エアコン容量を 1 ランク下げることによるデマンドへの波及効果、世帯構成が少子高齢化することによるデマンドへの波及効果を図中のグレーおよび黒矢印が示していることになる。図中の破線は年積算デマンドについて、Base Case のそれらを 1.8/3.5 倍した値を示す。つまり、いずれも Aged & Single Case の年積算デマンドが、これらより上にあるので、住棟全体としての総デマンドは減っ

ているが、それは居住者の総人数が減ったからであり、一人当たり (per capita) の原単位としては寧ろ増えていることを意味している。同様に最大デマンドについても Base Case のそれらの 1.8/ 3.5 倍したラインを描けるが、いずれも図範囲の左端より更に左側にある。つまり、住棟全体の最大デマンドでなくそれを一人当たり換算すると、Aged & Single Case の最大デマンドは何れも Base Case のそれより大きくなっていることになる。これは住戸の多様性が減って、ピーク出現に位相差が少なくなり住戸間で凹凸を相互に埋め合わせる効果が期待出来なくなるからである。就中、給湯最大デマンドでは、Aged & Single Case のそれは Base Case のそれより大きくなっている (総居住者は減っているにも不拘、最大デマンドが大きくなっている)。これは、40 戸ある単身住戸 (家族タイプも含めれば全住戸の半数) の居住者が深夜帰宅時直後に一斉に風呂を使うことから来る。風呂は単一住戸内での同時使用が原則出来ないから、住棟の総居住人数が減ったとて世帯数が変わらなければ同量のデマンドが要求される可能性がある (冷蔵庫など一部の家電製品はその住戸に住まう居住者で共用しているとみることが出来る) から、住棟内の世帯構成が画一化し居住者の生活パターンの多様性が失われることがそのまま最大デマンドを押し上げることに繋がる。以上概観したように、居住者の世帯構成変容が、最大および積算デマンドの特性に及ぼす影響は大きく、その予測には生活スケジュールの住戸間のばらつきを正しく評価する必要がある。

5. 住宅系モデル地域への FIT 導入可能性の検討

本研究では、九州大学筑紫キャンパスが位置する福岡県春日市において、文教施設である大学キャンパスと周囲の高質住宅群とをローカル配線でネットワーク化し、現在、同キャンパスが一括特高受電している系統電力を前記周囲住宅地域に配電、併せて、キャンパス内の建屋屋上や空き地に太陽光発電システム、風車発電システムなどの再生エネルギーシステムを積極的に導入、これら全体に FIT 導入する可能性を検討するための基礎資料を提示することを目的とした。これは地域へのコストベネフィットのみならず、大学キャンパスへの再エネ設備の導入が、同所を災害時の避難施設として活用するためのデマンドインフラの自立化の観点からも重要であり、大都市近郊の住宅系地域への都市計画上也ユニークなアイデアである (図 11)。

これを具体化するには、本レポートで示した住宅系負荷要素を集積することでもたらされるピークカット効果を定量的に明示することが必要である。実際、図 5-8 パネル(A)の結果に依拠するなら、高々 100 住戸の集積によるだけで、個々の居住者のスケジュールの多様性や住戸特性のばらつきによりもたらされる鋭いデマンドピークを大略 1/2 にまで削減することが出来る。勿論、100 戸以上の集積をはかればそれ以上の効果が得られるが、その縮減傾向は図より頭打ちになることは明らかである。翻って云えば、本論が想定する FIT システムでは、周辺住宅系の需要家は高々 100 戸の集積であつても十分ピーク削減効果が期待できる

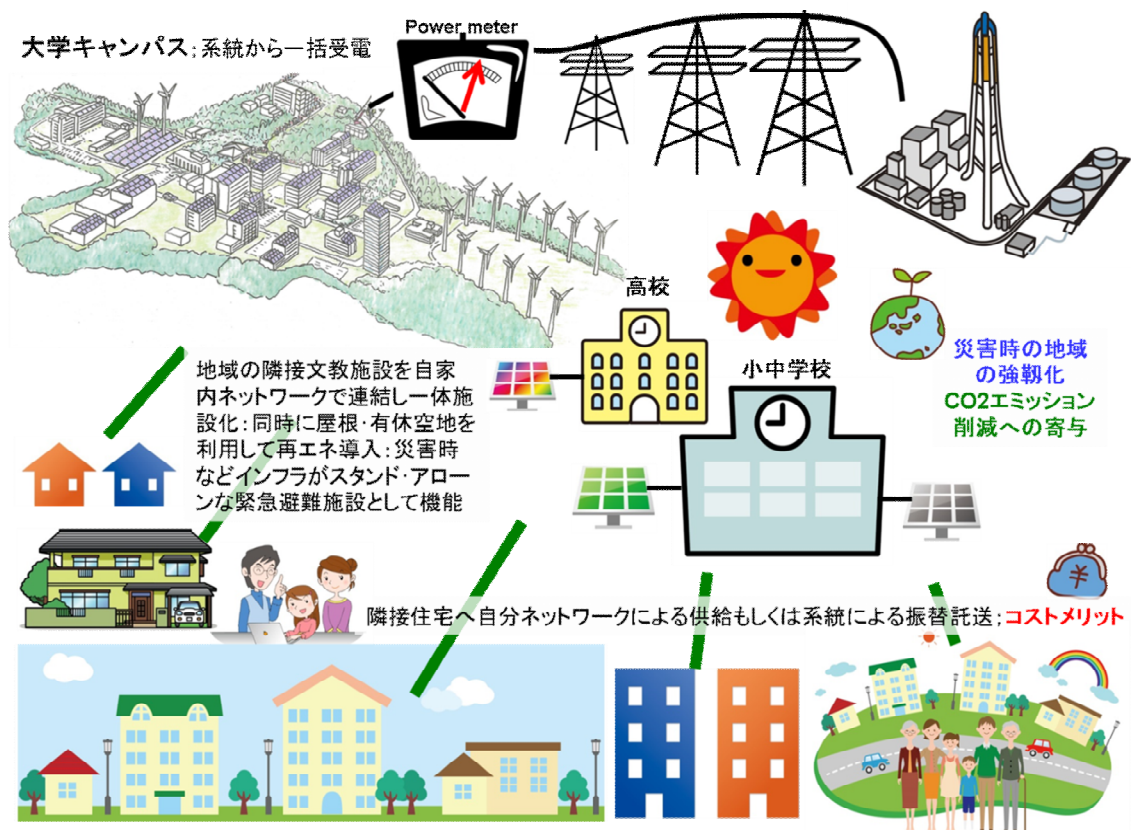


図 11 都市近郊にある大学キャンパスと周辺住宅地域とのローカルネットワーク化による FIT システム導入の概念

ことを示唆している。これら住宅系とで面戸時系列が異なる大学キャンパスを一体化して受電すれば、契約総量は圧倒的に削減できるから、所謂、特高受電するメリットに加え、更なるコストメリットが期待できるだろう。

需要家にとっての FIT 導入のインセンティブはコストメリットであり、電力供給者にとってのインセンティブは国全体でキャップが課された温暖化ガス排出の削減対応がある。このような背景から FIT システムでは、再エネの逆ザヤでの買い取り義務を供給事業者に課す等の非対称な仕組みが埋め込まれている。筆者は、現下の FIT システムの体系では、前記の目的、特に、国全体としての排出ガス削減の目的は達し得ないのではないかと危惧している。なぜなら、太陽光発電にしる、風力発電にしる、自然

エネルギーによる発電には気象条件に依る不確定性が避けられないから、日本のような高信頼性系統電源を既に基盤インフラとして有している（ほとんど停電などが起きない）社会では、火力発電など柔軟な時間追従性をもつ（そしてそれは化石燃料依存システムである）バックアップ電源を設備する必要がある。このことは、電源の過剰設備に外ならないから、果たして初期のコストメリットが社会全体として達成されるかはきわめて怪しいのである。このような社会総体での合理性を担保できない可能性は、我が国のような資源貧国にあっては重要な瑕疵にならないとも限らない。

では斯様の矛盾は回避できないのだろうか？

筆者は可能性がないとは考えない。但し、その方途には、現状の京都プロトコルの

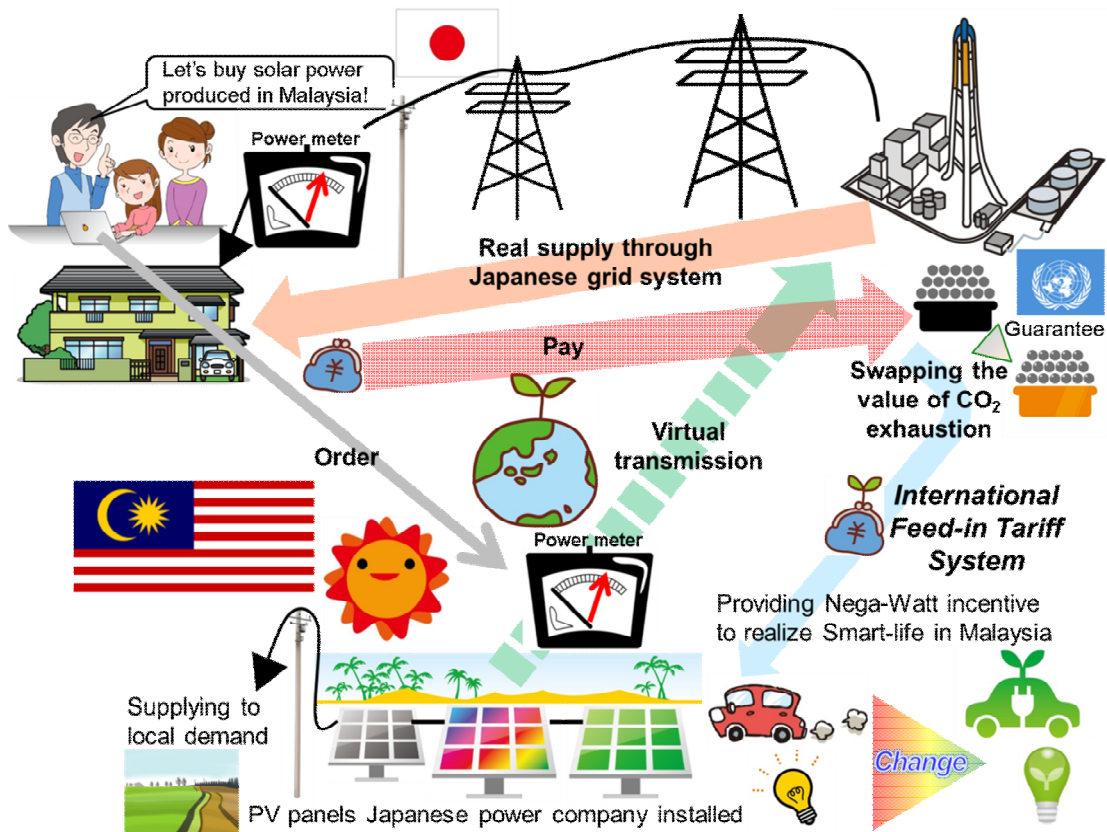


図 12 2 国間 FIT システムの概念

CDM や JI に代表される複数国のコミットメントによる排出削減の取り組みをどうクレジットするか、の枠組みを拡張する必要がある。筆者が考えるコンセプトの概念を図 12 に示す。これは、本論で検討した地域内のローカルネットワーク化による FIT を大きく拡張し、2 国間特に、系統の整備段階と再生可能エネルギー導入レベルが相対的に日本より低く、かつ再エネ導入ポテンシャルが高い国（例示ではマレーシアとしている）との間で国際的な FIT システムを COP3 上の CDM や JI としてクレジットして貰う枠組み変更を意味する。これが可能となれば、日本の資金と技術で相手国に再エネ導入を図り、現地における社会インフラ整備、産業育成、民生活用を活性化するとともに、導入システムにより削減された化石燃料相当分を日本の削減量としてクレ

ジットすることが可能となり、我が国にとっては前記した過剰設備による無駄を回避することができる。現下の国内で閉じた FIT システムでは、避け得ないエネ導入の上方限界（それを無視した歪んだインセンティブにより今以上の導入をはかることは社会的合理性をもたない）を突破する仕組みであると考えられる。

6. 結言

居住者生活スケジュールの住戸間のばらつき及び日による変動、外界気象の確率性を総合的に考慮してユーティリティデマンドを予測評価する枠組み Total Utility Demand Prediction System (TUD-PS) を近未来のライフスタイル変化を考慮したトータル・デマンドの予測手法としてカス

タマイズし、これを想定した街区、住棟に適用することで、家族構成や冷暖房機器の省エネルギー性能が変容することがユーティリティデマンドにいかなるインパクトを付与するかについて報告した。一連の数値実験により得られた知見を以下に列挙する。

(1) 住棟、街区全体の最大デマンドを正しく予測評価するためには、同じ家族構成であっても異なる生活スケジュールが営まれている現実を模擬することが必要であり、その枠組みなくして、例えば、住戸集積による給湯や電力最大デマンドの低減効果を定量的に付度することは困難である。

(2) 100 戸程度の集積によっても、上記の最大デマンドの低減効果は大きく、特にイベント毎のばらつきが本来的に大きい給湯デマンドで著しい。

(3) エアコンのサイズを小さめにすることによる年間電力デマンド圧縮による省エネ効果はきわめて大きい。

(4) 少子高齢化、勤労単身者世帯増加により住棟の世帯構成が変容することによるデマンド特性への影響は大きく、特に、給湯最大デマンドへの影響は甚大なるものがある。住棟の総居住者人数が減ったとしても、世帯構成によっては給湯最大デマンドは著しく増加する可能性がある。

以上の知見を踏まえ、福岡県春日市に大学キャンパスと周辺住宅地域とをローカルネットワーク化することでFIT導入する意義に関して論究した。高々、100 住戸の住宅系需要家の集積だけで、そのピークデマンドは大凡 1/2 に削減できるから、これと元々、大規模実験施設を包含するために特高受電している大学キャンパスで一括受電するメリットと併せたコストインセンティ

ブは大きな可能性を有する。但し、地域、国兎だけで閉じた現況のFITシステムでは、国全体の温暖化ガス排出削減に資するかとの目的達成には限界がある。本論最終部では、それに対する一つの可能性として途上国との2国間FITシステム概念を示した。

参考文献

- 1) Tanimoto, J., Hagishima, A., Sagara, H.; Validation of Methodology for Utility Demand Prediction Considering Actual Variations in Inhabitant Behavior Schedules, *Journal of Building Performance Simulation* 1 (1), pp.1-12, 2008.
- 2) 谷本潤, 相良博喜, 萩島理, 木内豪, 神田学, 中山有; エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第5報 久が原の実給水量データと予測給水デマンドとの比較, *空気調和・衛生工学会論文集* .113, pp.35-38, 2006.
- 3) 谷本潤, 相良博喜, 萩島理; エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第4報 生成データの検証, *空気調和・衛生工学会論文集* 110, pp.35-41, 2006.
- 4) 谷本潤, 相良博喜, 萩島理, 前田哲彦, 岩井雄志; エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第7報-集合住宅における給湯, 電力需要時系列実測データとの比較, *空気調和・衛生工学会論文集* 127, pp.19-24, 2007.
- 5) 谷本潤, 相良博喜, 萩島理, 飯尾昭彦; エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第6報-水・湯消費イベント予測時系列と田中・飯尾氏アンケート調査データとの比

- 較, 空気調和・衛生工学会論文集 123,
pp. 33-37, 2007.
- 6) 田中堤子, 細井昭憲, 坂本雄三, 長谷川絢子,
澤地孝男; 住宅のエアコン冷暖房における消
費エネルギー計算の標準化に関する研究 そ
の2 エアコンの部分負荷効率と消費エネルギ
ーに関する検討, 日本建築学会大会学術講演
梗概集 D-2, pp. 1107-1108, 2006.
- 7) 赤坂裕 他; 拡張アメダス気象データ, 日本建
築学会, 2000.
- 8) 空気調和・衛生工学会住宅設備委員会集合住宅の
熱付加と機器容量の検討小委員会; 集合住宅
の熱負荷シミュレーションのための計算モデ
ル, 2003.