

大 阪 ガ ス 実 験 集 合 住 宅

NEXT21

— 第4フェーズ居住実験 中間報告書 —



大阪ガス株式会社

目 次

NEXT21 第4フェーズ居住実験コンセプト	P.1
------------------------	-----

I エネルギーシステム実験

■エネルギーシステム実験概要	P.2
[A] SOFC 住戸分散設置とエネルギー融通実験	
① SOFC 発電電力の域内電力融通実験	P.4
② SOFC と太陽熱の組み合わせによる熱の有効利用実験	P.6
③ 次世代型高効率 SOFC プロトタイプ機運転実験	P.9
④ 燃料電池排熱の活用を想定したデシカント換気ユニット用ローターの加湿性能評価	P.11
[B] デマンドレスポンス対応と逆潮運転実験	
① SOFC による常時逆潮実験	P.12
② SOFC を活用したデマンドレスポンス逆潮実験	P.14
③ 共用部ガスエンジンコージェネシステムを活用したデマンドレスポンス実験	P.16
[C] 停電時自立システム実験	P.17
[D] HEMS の導入実験	
① HEMS タブレット導入による省エネ意識向上実験	P.19
② 次世代 HEMS 実験	P.21
[E] 再生可能エネルギーとの組み合わせ実験	
① 太陽熱と共用部 CGS 排熱を組み合わせたセントラル熱源空調システム実験	P.23
② 家庭用生ごみからのバイオガス活用実験	P.25
③ 燃料電池、太陽電池、蓄電池の3電池システム実験	P.27

II 住まい・住まい方実験

■住まい・住まい方実験概要	P.29
[A] 少子高齢社会に対応した住まい研究	
① 新・中間領域研究1-研究の概要	P.30
② 新・中間領域研究2-305住戸「余白に棲む家」における日常生活の中間領域	P.32
③ 新・中間領域研究3-403住戸「しなやかな家」におけるイベント開催時の中間領域	P.35
④ 新・中間領域研究4-304住戸「住み継ぎの家」における環境調整空間の考察	P.39
⑤ NEXT21 設計パートナー・コンペティション「2020年の住まい」最優秀作品受賞住戸	P.44
⑥ 都市空間における子供の行動調査	P.46
[B] 都市住宅における緑地マネジメント研究	P.48
[C] 省エネ・ライフスタイルの変容に関する研究	P.53
実験・研究担当者一覧	P.56

NEXT21 第4フェーズ居住実験コンセプト

『環境にやさしい心豊かな暮らし』を目指し、「人と人のつながりの創出」、「人と自然の関係性の再構築」、「省エネ・スマートな暮らし」を実現するエネルギーシステム、住まい・住まい方の実験に取り組んでいく。

1. はじめに

大阪ガス実験集合住宅 NEXT21（以下、NEXT21）とは、「ゆとりある生活と省エネルギー・環境保全の両立」をテーマに、未来の都市型住宅のあり方を提案することを目的として、1993年10月に建設した実験集合住宅である。ガス設備を中心としたエネルギーシステムに関する実験だけでなく、今後の住宅の変容も展望しようとしている。

昨今、少子高齢化の更なる進行や単身世帯の増加等の家族の変化、深刻化する環境問題への対応が引き続き求められており、更に、東日本大震災を経て、人の絆の大切さやエネルギー供給の課題も再認識された。こうした課題について都市型集合住宅をフィールドに考察すべき余地は、依然として大きいものと認識している。

そこで、大阪ガス株式会社では、2020年頃までの集合住宅を前提としてNEXT21の第4フェーズ居住実験を2013年6月より開始した。



写真1. NEXT21 外観

過去のフェーズで実施してきたテーマは表1のとおりで、その時々時代を反映したテーマと実験課題を設定し、建築（住まい方）や設備（エネルギーシステム）に関する開発技術や提案を広く公開し、新たな居住空間に大阪ガスの社員とその家族が入居し、居住実験を推進してきた。

表1 実験テーマ

第1フェーズ (1994～1998)	ゆとりある生活と 省エネルギー・環境保全の両立
第2フェーズ (2000～2004)	地球環境と人の暮らしへの配慮
第3フェーズ (2007～2011)	持続可能な都市居住を支える住まい・ エネルギーシステム

これらの実験を通じてNEXT21の実験住宅としての意義は大きく下記の3点と考える。

① 環境共生住宅としての実証モデル

写真1を見ても分かるように大規模な建物緑化を実現した他、水素供給燃料電池など先進エネルギーシステムや省エネルギーを追求した住まい方を実証してきた。

② スケルトン住宅・長期優良住宅ストックとしての実証モデル

スケルトンインフィル構造を生かし、少子高齢社会に対応した多様な住まい方の検証や可変インフィルのリフォーム実験などを実施してきた。

③ 住宅機器・設備の実験とモニター評価の場

2000年には、固体高分子形燃料電池（PEFC）の居住実験を実施し、2009年の家庭用燃料電池エネファームの発売につなげるなど数々の商品化に貢献してきた。

2. 第4フェーズ居住実験のコンセプト

第4フェーズ居住実験では、先述のとおり、少子高齢化の進行や深刻化する環境問題、東日本大震災を経て、人・自然・エネルギー、そして住まいの関係性を改めて見つめ直すことが重要と考え、2020年頃までの都市型集合住宅を前提として、「環境にやさしい心豊かな暮らし」を追求する。そのために、「人と自然の関係性の再構築」、「人と人とのつながりの創出」、「省エネ・スマートな暮らしの実現」を具現化する「住まい・住まい方」、「エネルギーシステム」の居住実験に取り組む。



図1 第4フェーズ居住実験コンセプト

エネルギーシステム実験概要

燃料電池等のガスコージェネレーションシステムを高効率かつ効果的に活用するなど、これからの都市型集合住宅に期待される次世代エネルギーシステムに関する実証実験を展開する。

1. はじめに

NEXT21 第4フェーズ居住実験では、ガスコージェネレーションシステムを集合住宅の特性に合わせて効果的に活用し、省エネ・省CO₂の更なる追求と東日本大震災後に顕在化したエネルギー供給の課題（自立、節電、ピークカット等）に対応するスマートなシステム・技術の実証実験を行う。実験イメージは図1のとおりであり、図中A～Eの実験課題について説明する。

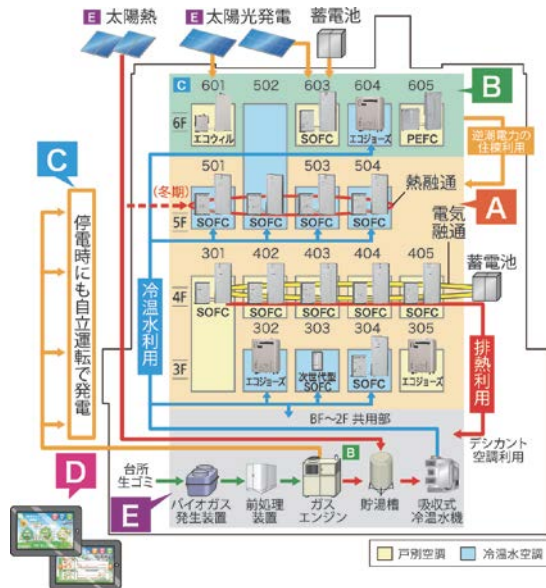
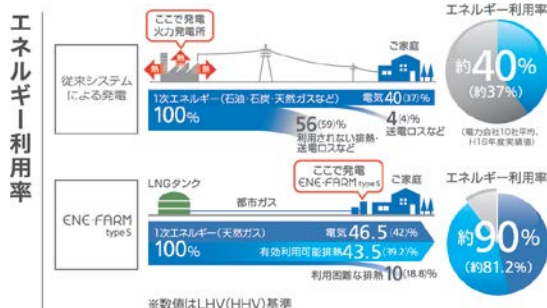


図1 第4フェーズ実験システムの概要

今回の実験では、家庭用コージェネレーションシステムを導入しており、燃料電池タイプ（エネファーム）、ガスエンジンタイプ（エコウィル）が設置されている。家庭用コージェネレーションシステムは、発電により得られた電気と発電時に発生した熱をそれぞれの家庭の電気や給湯などに利用するシステムで省エネ・省CO₂に繋がる（図2）。



（エネファーム type S の場合）
図2 エネルギー利用率イメージ

家庭用コージェネレーションシステムには図3に示す3種類あり、

各家庭の特徴に合わせて選択し、省エネ・省CO₂に貢献する。

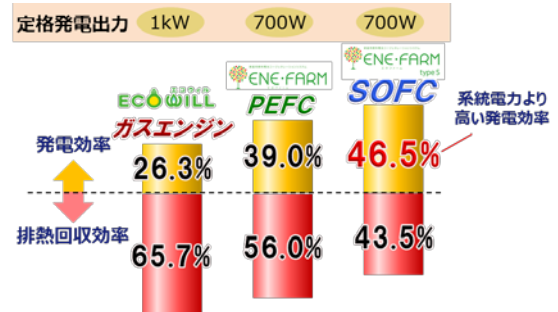


図3 家庭用コージェネレーションの種類とエネルギー効率

2. 各実験内容紹介

A: SOFC 住戸分散設置とエネルギー融通

SOFC を各住戸に分散設置し、電力融通と熱融通の実験を展開する。

◇発電電力の住戸間融通実験

4階各住戸の SOFC を可能な限りエネルギー効率の高い定格出力で運転し、発電余剰電力を融通もしくは蓄電池に充電し利用する。また、余剰排熱は集約し、共用部のデシカント空調（試作機）に利用することで住棟内の空調省エネに寄与する。

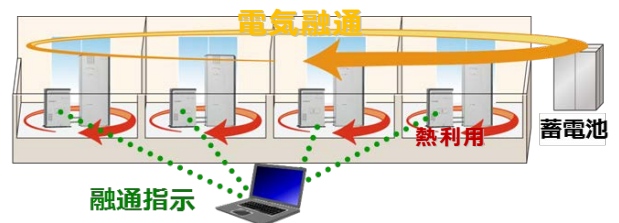


図4 4階フロア内 SOFC 発電電力の住戸間融通イメージ

◇太陽熱と組み合わせた熱の有効利用実験

図3に示すように他のコージェネレーションシステムに比べてSOFC は発電効率の高い分、排熱回収効率が比較的小さく、冬季に熱不足の可能性がある。そのため5階住戸の SOFC では、屋上に設置した太陽熱パネルからの熱を利用して給湯の省エネ化する。なお、排熱が余る場合には住戸間で融通する。

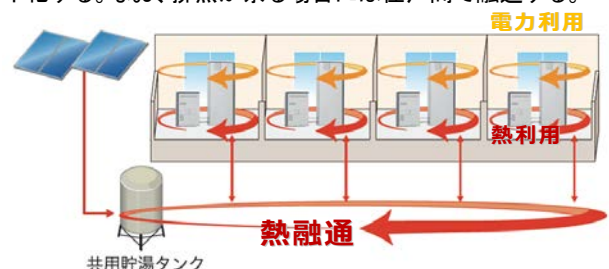


図5 SOFC と太陽熱を組み合わせた熱融通イメージ

◇次世代型高効率 SOFC プロトタイプ機運転試験

発電効率の更なる高効率化を実現する次世代型高効率 SOFC プロトタイプ機の試験運転を実施する。発電効率 50%超を目標するとともにコンパクト化を図る。それにより、設置の自由度が高まり、部材コストも削減できるので燃料電池の導入加速につながるものと期待する。

B: デマンドレスポンス対応と逆潮運転

6 階住戸、4 階住戸では、購入電力削減を目的とした電力消費パターンを変化させる。デマンドレスポンス (DR) の実験を行う。その際、居住者へ HEMS を通じて節電を促すだけでなく、家庭用コージェネレーションの発電量を自動的に定格出力まで向上させ、購入電力を削減する。また、逆潮 (分散型電源の発電電力が商用電力系統に流れる) が可能な場合には、商用電力系統の負荷低減に貢献できる (図 6)。

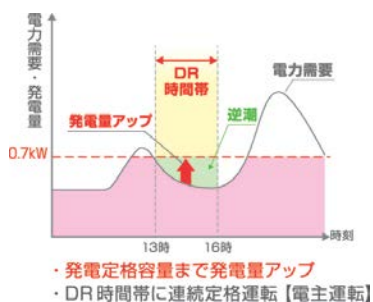


図 6 デマンドレスポンス対応運転 (SOFC の場合)

また、6 階住戸、4 階住戸の家庭用コージェネレーションシステムを逆潮可能な条件で運転制御し、省エネポテンシャルを最大化する実験を展開する (図 7)。逆潮が可能となれば、家庭用コージェネレーションをフルに活用することができ、ピークカットや電源の分散化によるリスク低減など家庭内だけでなく社会への貢献も期待できる。

なお、今回の実験では逆潮を想定したもので、発電電力を商用電力系統に流すのではなく、住棟内で利用する。

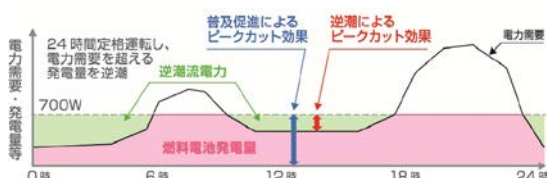


図 7 逆潮対応運転 (SOFC の場合)

C: 停電時自立システムの構築

ガスコージェネレーションシステムを活用し、NEXT21 では停電時にガス供給があれば、自立発電できるシステムを構築した。

停電時に常時共用部で利用している停電対応ガスエンジン

コージェネレーション (ジェネライト 31kW) が自立運転し、各住戸や共用部へ電力供給し、3 階から 5 階の SOFC は自立運転機能に頼らずとも、発電可能な状態となり継続運転する。

また、6 階に設置した家庭用コージェネレーションは、停電時も発電可能な自立運転機能付きのタイプを設置している。試験的に停電状態とし、システムの安定性の検証や生活影響の調査等を行った。

D: HEMS の導入

居住者の省エネ意識を高めるために全住戸にタブレット型端末の HEMS を導入し、電気、ガス、水道を見える化しエネルギー融通やデマンドレスポンスなどの情報も提供する。また、端末を見る機会の増加や居住者間の情報交換、交流にも役立つようコミュニティサービスのメニューも搭載している。

特に 601 住戸 (「き」づきの家) では、機器操作機能、エネルギーの個別計測機能、新しいエネルギーの見える化アプリケーションを導入した次世代型 HEMS を設置し、本当に魅力的な商用化につながる機能は何かを検証し、エネファームのリモコン表示など商品化にも繋がっている。



図 8 HEMS 画面 (タブレット) イメージ

E: 再生可能エネルギーとの組み合わせ

再生可能エネルギーの活用は省エネルギーを図る上で重要な課題であり、集合住宅のガスシステムと効果的に組み合わせる必要がある。太陽光をはじめ太陽熱、バイオガスの活用を実施している。ここでは、太陽熱とバイオガスの共用部での利用について触れる。太陽熱については屋上に設置した真空管式集熱パネル (30m²) とガスエンジンコージェネレーションの排熱を組み合わせ、住棟セントラル空調の省エネ化を図る。バイオガスについては、各住戸の台所生ごみを集約し、メタンを主成分とするバイオガスを発生させ、都市ガスと混合してガスエンジンコージェネレーションの燃料として有効活用している。

3. おわりに

NEXT21 に導入したエネルギーシステムは、集合住宅だけでなく、戸建住戸での適用や都市のエネルギーシステムへの展開の可能性のある有意義な居住実験と考えており、中間報告後も継続して実験に取り組んでいく所存である。

■[A-①] SOFC 発電電力の域内電力融通実験

SOFC と蓄電池を組み合わせた域内電力融通により、購入電力を 91%削減し、系統電力負荷の大幅な低減を確認した。本システムのシミュレーションを構築し、適正な機器スペック選定が可能となった。

1. はじめに

近年、地球温暖化などの環境問題に対する関心の高まりから、様々な分野で更なる省エネ・省 CO₂ が求められている。さらに 2011 年 3 月の東日本大震災によりエネルギー供給の課題、自立・節電・ピークカットといった電力需給の課題が顕在化し、2015 年現在においても夏期・冬期の電力需要ピーク時に需給逼迫が発生しないよう、一般家庭に対して節電のお願いが周知されている状況は継続している。

一方、燃料電池をはじめとする家庭用コージェネレーションシステム（以下、コージェネ）は分散型電源であり、自宅で発電することにより、購入電力を抑えることができ、需給逼迫に貢献している。また、発電時に発生する熱も有効利用できるためエネルギー効率も高い。しかし、現在販売しているコージェネは各住戸の使用電力に応じた発電をしており（図 1）、各住戸の使用電力が小さい場合はコージェネが本来持っている発電ポテンシャル（SOFC: 700W）ならびに高い省エネ性を十分に活用できていない。また、電力需給逼迫時に居住者が節電をしても、節電量に応じて燃料電池の発電出力が低下することになり、電力系統の需給逼迫緩和へ更なる貢献割合が小さくなる。

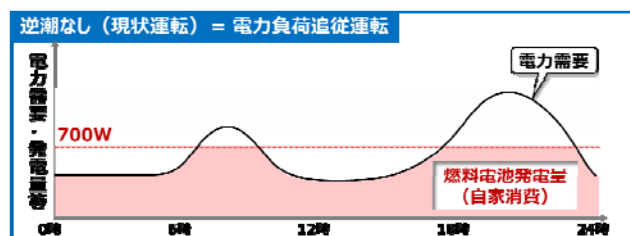


図 1 燃料電池 (SOFC) の現状運転パターン

そこで、大阪ガス実験集合住宅 NEXT21 において、コージェネ発電電力のうち、自家消費を上回る余剰電力を電力会社に販売できると想定し、コージェネの 24 時間常時定格発電を行うことで、省エネ・省 CO₂ 量を最大化する実証を実施した。その結果は「[B-①]SOFC による常時逆潮実験」で報告している。

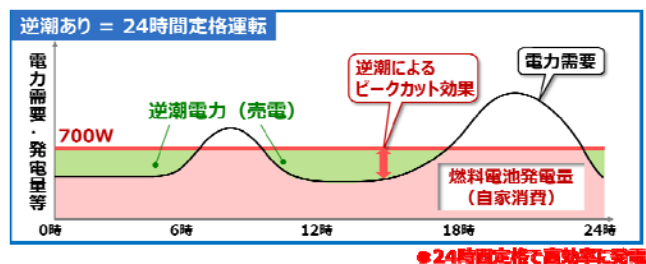


図 2 燃料電池 (SOFC) の常時逆潮運転パターン

一方で、コージェネの発電電力を電力系統に逆潮しない場合でも、集合住宅内や自営線のある地域内で融通することで、節電・省 CO₂ 効果があると考えられる。本報告では、NEXT21 の 4 階フロアを用い、電力系統に逆潮しない条件で域内融通実証を実施した。

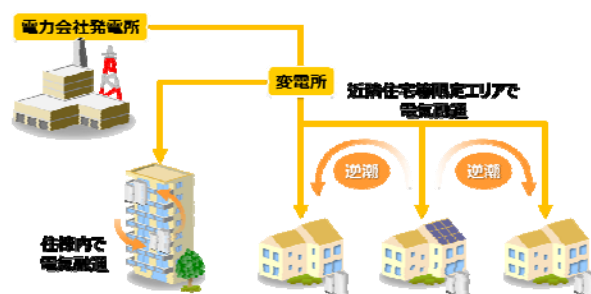


図 3 燃料電池 (SOFC) の域内電気融通イメージ

2. 実験システム概要

域内融通では図 4 に示すように 4 階の 4 戸を用いて、SOFC を各住戸に 1 台ずつ、共有蓄電池を 4 階フロアに 1 台設置し、4 階フロア内で電力を融通することで、フロア全体の系統電力負荷軽減、省エネ効果を検証した。共有蓄電池は各住戸の SOFC で発電した電力のみを充電することとし、フロア内で不足電力が発生した際に放電することとした。各住戸の SOFC 発電電力の融通有無については、各住戸の使用電力と蓄熱状況から最も省エネとなるように、定格運転する SOFC と負荷追従運転する SOFC の組み合わせを算出し、各 SOFC に対して外部から指示することとした。また、蓄電池の仕様は、リチウムイオン蓄電池（蓄電容量：5.5kWh、インバーター容量 3.0kWh）とした。

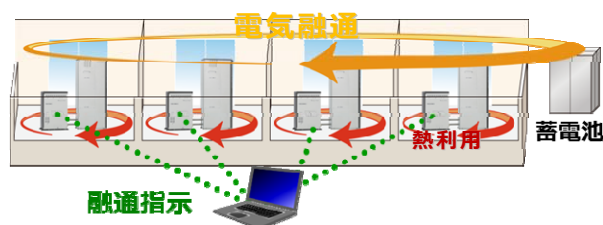


図 4 域内融通実証システム概要

3. 実験結果

域内融通における実験結果として、冬期代表日の動作を図 5 に示す。各 SOFC の運転制御については、前述の通りだが、蓄電残量が 80%を下回る場合は 4 台全ての SOFC を定格 700W 運転させ、余剰電力を蓄電池に充電する運用としている。

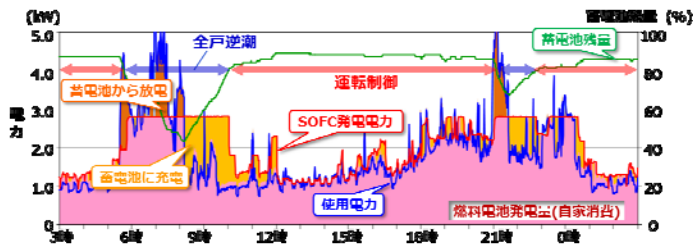


図5 域内融通動作例(4階フロア全体、2/5)

図5より、6時～10時および21時～22時30分では蓄電残量が80%を下回っているため、SOFCは4台とも定格運転で発電し、余剰電力を他住戸に融通または共有蓄電池に充電している。それ以外の時間帯においては、各住戸の使用電力と蓄熱状況を判断し、最も省エネとなるようにSOFCの運転の組み合わせを算出し、各SOFCを制御している。

その結果、他の住戸への電気融通または余剰電力を共有蓄電池に充電することで、発電量が59%増加した。購入電力量の削減効果については、常時逆潮実験の場合で約35%の削減であったことに対して、91%の削減となっており、系統電力の負荷削減に大きな効果があった。その要因は各住戸の使用電力がSOFCの発電電力よりも多く、本来であれば購入電力が発生する場合に、他の住戸からの電力融通もしくは共有蓄電池による放電により、購入電力を抑制できたからである。

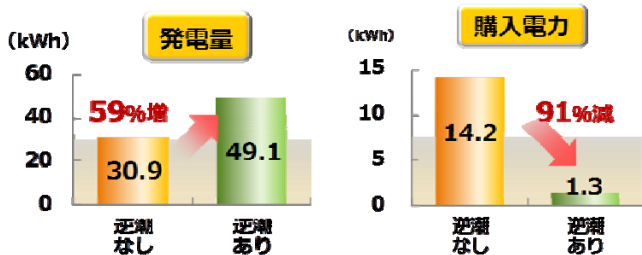


図6 発電量および購入電力量の比較

※4住戸 2014/1～2015/3の139日間の日平均値

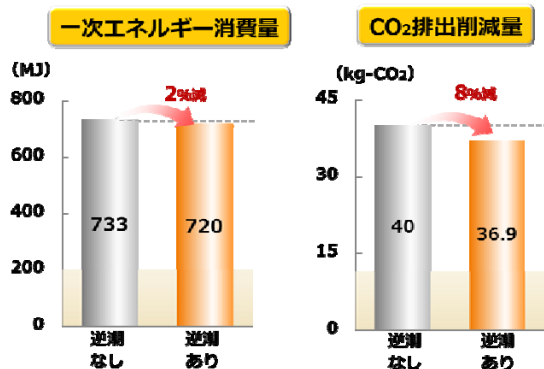


図7 一次エネルギー消費量およびCO2排出量の比較

※4住戸 2014/1～2015/3の139日間の日平均値

また、一次エネルギー消費量で2%削減、CO₂排出量で8%削減が確認できた。「(B-1) SOFCによる常時逆潮実験」と比べて削減効果は小さいが、この原因としては、①蓄電池の蓄電容量が満蓄となった場合に4住戸の合計発電量が4住戸の合

計使用電力を上限として発電制限があること、②SOFCで発電した電力を一旦蓄電池に充電して放電することによるエネルギーロスが発生しているためである。

4. シミュレーション結果

上述のエネルギーシステムの実物件導入にあたっては、適正な機器スペックの選定、省エネ効果の把握が必要となる。その中で建物規模に合わせた蓄電池容量設定について、運転パターン、負荷、各種条件をNEXT21での実証結果をもとに設定し、シミュレーションプログラムで検証した。その一例として、表1の想定物件のシミュレーション結果を報告する。

表1 想定物件(シミュレーション対象)

建物想定	12階建て(1階:商業、2階～12階住戸) 1フロア:10戸
シミュレーション	域内電力融通:2フロア(20戸)

シミュレーションの想定住戸数は実測4住戸の5倍であるが(表2)、インバーター容量・蓄電容量は2倍程度に抑えても電力融通量、CO₂削減量は5倍を超え、適切な設備仕様の選定が可能である。シミュレーション結果から、実物件導入時には、スケールメリットにより、本実証結果以上の電力融通量、省CO₂削減量等の効果が見込めることが分かった。

表2 シミュレーション結果(一例)

融通住戸	インバーター容量	蓄電容量	電力融通量
20戸(想定)	6.0kW	12.0kWh	78.3kWh/日
実測4住戸	3.0kW	5.5kWh	13.0kWh/日
実測4住戸比	2.0倍	2.2倍	5.9倍

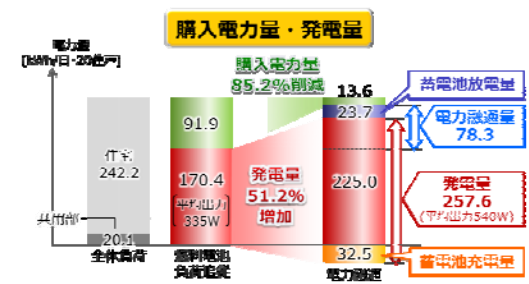


図8 シミュレーション結果(一例)

4. おわりに

コージェネの発電電力を電力系統に逆潮しない想定の下、燃料電池(SOFC)4台と蓄電池1台を組み合わせた域内電気融通において、購入電力を91%削減でき、系統電力負荷の大幅な低減を確認できた。また、省エネ効果として2%、省CO₂削減効果として8%を同時に達成した。合わせて、本システムの実験結果を基に集合住宅における物件への適用効果をシミュレーションにより試算したところ、住戸数が5倍になっても蓄電池容量を2倍程度に増やすだけで省エネ・CO₂削減効果を5倍程度見込める結果となった。このことから、実物件では3.で示した結果以上の効果が期待できる。

【A-②】 SOFC と太陽熱の組み合わせによる熱の有効利用実験

5 階各住戸の SOFC の冬期の排熱不足を補うため、太陽熱パネル(面積:6m²)からの温水と組み合わせて給湯時の省エネ化を図るとともに、余剰排熱を住戸融通することで、20%の省エネを実現した。

1. はじめに

近年、地球温暖化などの環境問題に対する関心の高まりから、様々な分野で省エネ・省 CO₂ が求められている。また、2011 年 3 月の東日本大震災以降は一部で夏期・冬期の電力需要ピーク時の需給逼迫が発生している事などから、エネルギーセキュリティの強化も求められている。

そうした背景の中、一般家庭でも燃料電池をはじめとする家庭用コージェネレーションシステムが注目されている。中でも、近年販売が開始された固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell)コージェネレーションシステム(以下、SOFC)は定格発電効率が 46.5%(LHV)と高いのが特徴である。SOFC は今後、更なる発電効率向上とコンパクト化の可能性があることから、これまで設置スペースの制約などから導入が難しかった集合住宅への普及も期待されている。人口が集中する都市部では、集合住宅の比率が半分以上と高く、集合住宅への適用は燃料電池の普及に極めて重要である。

一方、SOFC は図 1 に示す通り、発電効率が高く、排熱利用も含めたトータルの省エネ性に優れているが、発生する排熱の量が少ないため、給湯需要が多い冬期などには排熱のみでは熱不足となり、バックアップ給湯器(以下、BU)の使用量が多くなってしまう可能性がある。

そこで、SOFC の熱不足を解消する集合住宅用システムの一つとして、集合住宅の各住戸に設置された SOFC と屋上に設置された太陽熱パネルを組み合わせた「SOFC+太陽熱利用システム」について報告する。

本報告では実証試験結果とその結果を元に構築したシミュレーターによる検証結果についても紹介する。

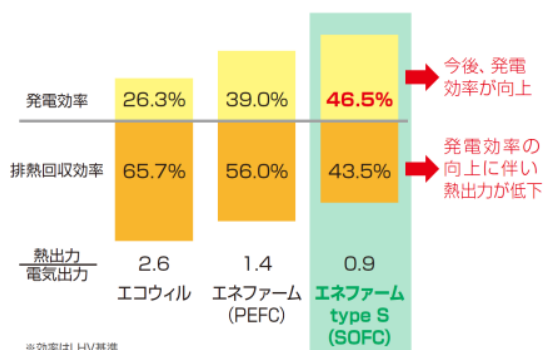


図 1 家庭用コージェネレーションの発電効率と排熱回収効率 (定格運転時)

2. 実験システム

図 2 に NEXT21 に導入した本システムの実証試験設備構成

を示す。各住戸の SOFC 排熱利用ユニット(BU 及び 90L 貯湯タンクを含むユニット)の貯湯タンク下部に温水取り出し口と戻し口を追加し、そこに循環ポンプ及びプレート熱交換器の 1 次側を接続した温水循環ラインを形成している。このプレート熱交換器の 2 次側にシングルループ配管が各住戸を直列に通過するように接続されており、シングルループ配管と各住戸温水循環ラインそれぞれの循環ポンプを動かす事で、プレート熱交換器を介して熱交換が行われ、各住戸の貯湯タンクとシングルループ配管の間で熱融通を行う事が可能となっている。

貯湯タンクへの SOFC 排熱による蓄熱は貯湯タンク上部に高い温度(70℃)の温水を流入させて温度成層を形成する方式をとっており、貯湯タンク内はおおよそ高温層と低温層に分かれる。蓄熱が進み、高温層が貯湯タンク最下部近くまで到達すると、シングルループ配管に貯湯タンク下部の蓄熱を払い出し、逆に貯湯タンクの高温層が貯湯タンク上部のみで少ない場合には、シングルループ配管から熱を取り込んで、低温層を予熱する。

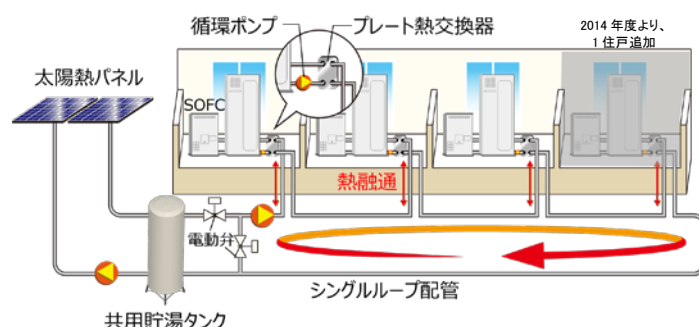


図 2 SOFC+太陽熱利用システム

また、給湯需要が大きくなる冬期には集合住宅屋上に設置した太陽熱パネルを活用する。太陽熱パネルは共用部に設置された共用貯湯タンクに蓄熱する構成となっており、その共用貯湯タンクにシングルループ配管の循環水の一部または全量を通過させる事で、共用貯湯タンクの蓄熱をシングルループ配管に払い出し、その熱を各住戸に供給する事ができる。各戸で余剰排熱が出る場合などはその熱をシングルループ配管側に供給し、他の住戸の貯湯タンクや共用貯湯タンクに蓄熱する事も可能である。

以上のように本システムは太陽熱と SOFC 排熱を各住戸で融通できる構成となっている。NEXT21 では本システムを 5 階 3 住戸(502 住戸、503 住戸、504 住戸)に導入し、2013 年 6 月より試験を開始した。屋上の太陽熱パネルは真空管式で、パネル面積は 6 m²、シングルループ配管は直径 25A の樹脂配管で全保

有水量 70L、共用貯湯タンク容量は 375L とした。

3. 実験結果

図 3 に本システムを導入した 1 住戸の冬期 1 日分の電力・給湯需要、SOFC 発電量・排熱量及び熱取込量、BU ガス使用量・貯湯タンク蓄熱量のグラフを示す。貯湯タンク蓄熱量は前日にはほぼゼロであった。シングルループ配管は、放熱を極力低減させるため、循環水の温度が約 30～40℃になるように共用貯湯タンクの蓄熱を払い出すように制御した。この住戸では太陽熱が発生する日中から熱取込が始まり、夜間でも共用貯湯タンクに蓄熱された太陽熱を取込んで利用しているのがわかる。この日、SOFC 排熱による蓄熱量 44MJ に対し、熱取込量は 13MJ となっており、SOFC 排熱のみで蓄熱する場合に比べ約 1.3 倍の熱を貯湯タンクに蓄熱できた。夜間にはその蓄熱が全て給湯に使用され、再度蓄熱量はゼロとなった。

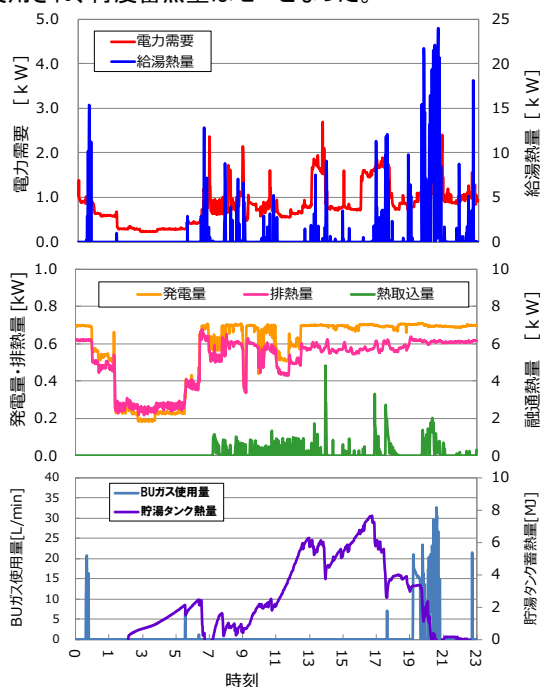


図 3 冬期試験結果例

次に、この冬期 1 日の太陽熱回収熱量(共用タンク貯湯蓄熱量)と 3 住戸合計の熱取込量の出力と積算値を図 4 に示す。

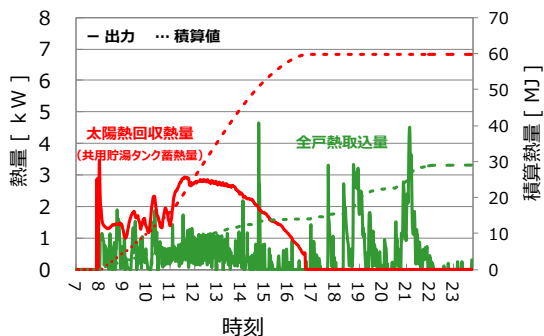


図 4 太陽熱回収量と全戸熱取込量(供給時間帯制御無し)

太陽熱回収熱量の積算値 60MJ に対し、3 住戸の熱取込量の

積算値は 30MJ となっており、太陽熱回収熱量の約半分が各戸に熱取込された事がわかる。残りの半分は主にシングルループ配管循環時の放熱ロスであり、これは各戸がいつでも熱取込が可能なように共用貯湯タンクに蓄熱された太陽熱を常時シングルループ配管に払い出す制御であったためである。本制御条件下での冬期 1 週間の太陽熱利用率(熱取込量合計/太陽熱回収熱量合計)は 40%であった。

そこで、シングルループ配管循環の放熱ロス低減を目的とし、給湯需要が大きい夕方～夜間(18～24 時)の間のみ共用貯湯タンクの蓄熱をシングルループ配管に払い出す「供給時間帯制御」を設定して試験を実施した。その試験条件下における冬期 1 日の太陽熱回収熱量と 3 住戸合計の熱取込量の出力及び積算値を図 5 に示す。

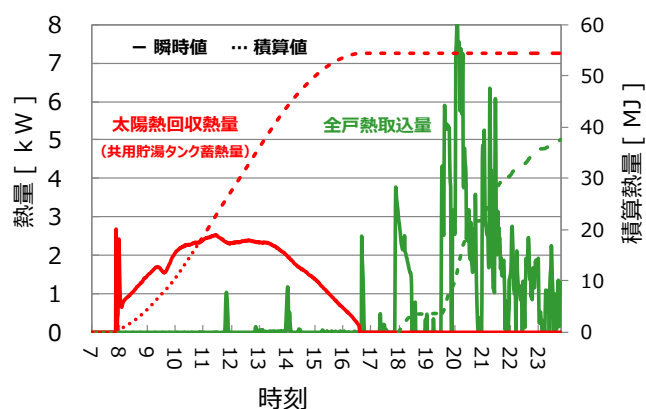


図 5 太陽熱回収量と全戸熱取込量(供給時間帯制御有り)

日中に共用貯湯タンクに蓄熱された太陽熱は 18 時まではシングルループ配管に供給されず、シングルループ配管の温度が上がらないため、熱取込は日中にはほとんど発生せず、夜間に集中している。その結果、太陽熱回収熱量の積算値 56MJ に対し、3 住戸の熱取込量の積算値は 38MJ となり、太陽熱回収熱量の 68%を各戸に熱取込させる事ができた。本制御条件下での冬期 1 週間の太陽熱利用率は 60%であり、時間帯制御導入前と比べて太陽熱回収熱量の利用効率を 20%高める事ができた。また、この冬期 1 週間における全戸合計の給湯利用熱源の内訳を図 6 に示す。

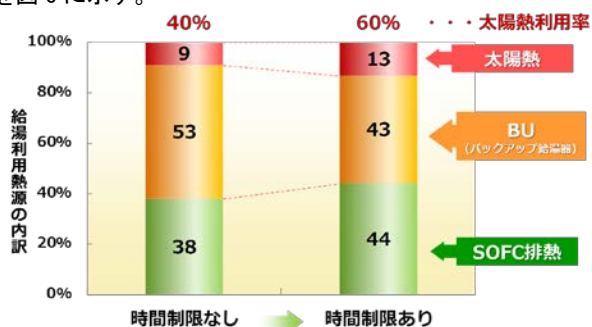


図 6 給湯利用熱源の内訳(3 住戸の冬期 1 週間合計)

給湯需要全体の 13%を太陽熱で対応できており、BU ガス使用量の 23%を削減できているのがわかる。これにより、冬期 1 週間の 1 次エネルギー削減率が SOFC のみを設置した場合 16%だったものを本システムでは 20%まで向上させる事ができた。

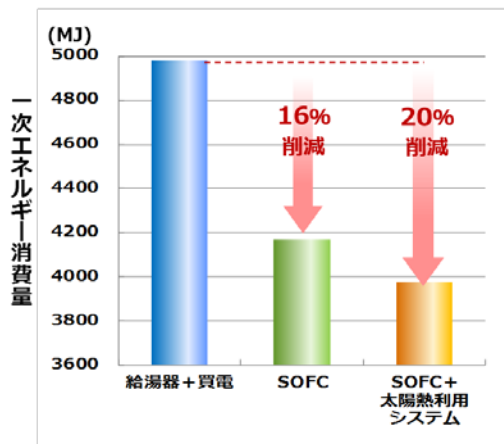


図 7 給湯利用熱源の内訳(3 住戸の冬期 1 週間合計)

4. シミュレーション結果

NEXT21 は建物構造や他の実証システムとの取り扱い等の制約によって、シングルループ配管の長さ、太陽熱パネル面積、導入住戸などに制限があり、実導入規模での省エネ性やシステム仕様・制御を検討するには、今回得られた実験データに基づいたシミュレーター開発が必要になる。

そこで、導入住戸数、設備・機器仕様、各種システム制御値など様々なパラメータを変化させたケーススタディが可能なシミュレーターを構築した。シミュレーターは VBA で作成し、任意の住戸数の電力需要、給湯需要及び太陽熱パネルの熱回収量の 1 分データ並びに平均気温の 1 日データをインプットとして 1 分毎のシステム全体の熱収支と物質収支の計算を行う事で疑似的な動特性シミュレーションを行い各時刻におけるシステムの状態(各部の熱量や温度)や任意の期間での省エネ性・省 CO₂ 効果等を計算する事ができる。

本シミュレーターの妥当性を検証するため、NEXT21 冬期 1 週間の実験データを用いて実験値と計算値の比較検証を行った。

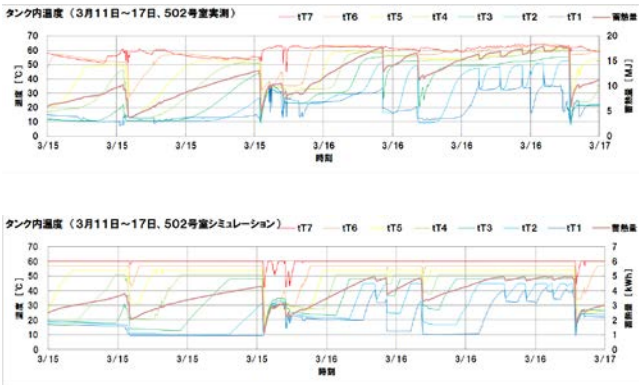


図 8 貯湯タンク内温度の分布(上:実測下:シミュレーション)

シミュレーションでは、住戸の SOFC 貯湯タンクは 7 層分割モデルで、温度成層を考慮した計算を実施しており、その計算結果を図 8 に示す。その結果、実験の温度分布推移をほぼ再現できていることが伺える。

また、表 1 に全戸 1 週間合計の SOFC 及び BU ガス消費量、熱取込量を比較したものを示す。

表 1 実験値と計算値の比較(冬期 1 週間、3 戸合計)

	実験値	計算値
SOFCガス消費量 [m ³]	50.55	50.43
BUガス消費量 [m ³]	15.11	15.31
熱取込量 [MJ]	51.79	49.98

1 週間の集計においても各項目とも実験値を高い精度で再現できているのがわかる。特に熱取込量はシングルループ配管の温度条件や各住戸及び共用の貯湯タンク内の温度分布の状態によって決まる事から、システム全体の状態が精度高く反映できていると言える。本比較により、今回構築したシミュレーターの計算の妥当性が高い事がわかった。

5. おわりに

実験集合住宅 NEXT21 の 5 階 3 住戸に SOFC+太陽熱利用システムを導入し、実証試験を行った。また、その結果を元にシミュレーターを構築した。

- ① 給湯需要が集中する時間帯にのみ共用貯湯タンクの蓄熱を払い出すことによって、放熱量を低減し、より有効に太陽熱を利用する事ができた。
- ② NEXT21 における冬期 1 週間の実証試験で、本システムによって BU ガス使用量の 23%を削減し、1 次エネルギー削減率が SOFC のみを設置した場合 16%だったものを 20%まで向上できる事を示した。
- ③ シミュレーションにより、NEXT21 の実験結果を精度よく再現でき、実物件においても活用できるものと考えられる。

■[A-③] 次世代型高効率SOFCプロトタイプ機運転実験

抜本的コストダウンと普及拡大を実現するための次世代型 SOFC のコンセプトモデルを検討し、OG の独自の試作機をNEXT21 にて運転し、定格時 50%超(LHV)の高発電効率を実証した。

1. はじめに

2005 年、当社は NEXT21 において、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) としては、国内初となる実住宅での運用試験を実施し、需要端での火力発電所の平均効率を上回る発電効率を実証した。これ以降、当社は京セラ、アイシン精機、トヨタ自動車との共同開発のもと、最大の懸案であったセルスタック部分の耐久性の克服と信頼性向上の取り組みを経て、「エネファーム typeS」として、2012 年 4 月に商品化に至った。

本システムは、国の導入補助支援により、発売開始以来、出荷数が年々増加し、徐々に低コスト化が進んでいる。しかし、将来、導入補助が終了した後も普及を継続させるには、抜本コストダウンと設置性のさらなる向上が最優先課題であり、当社は次世代 SOFC の構想を検討し、独自に開発を進めてきた。



図 1 SOFC コージェネレーションシステム
(エネファーム typeS、2014 年度モデル)

2. 実験システム概要

2. 1 次世代機のコンセプト

図2に次世代機の SOFC コージェネレーションシステムのコンセプトを示す。現行機の構成が、貯湯タンクとバックアップボイラ、ラジエーターを内蔵した排熱利用給湯暖房ユニットと、発電ユニットからなるのに対し、次世代機では、発電ユニット側にコンパクトな貯湯タンクとラジエーターの機能を搭載し、広く普及している低コストのガス給湯器を組み合わせることでコージェネレーションを構成する。発電ユニットには、目標温度に設定可能な給水余熱機能を持たせ、ここで生成する温水が給湯機の給水部に接続される。この構成では、設置性が大きく向上することに加えて、給湯器の交換が不要のまま、発電ユニットの導入が可能となるため、既築住宅への導入がより進むことが期待できるほか、施工性や専有面積の減少により集合住宅への展開も期待できる。

この実現には、発電ユニット内部に収容可能な低容量のタンクであっても、熱余りを生じさせないほどの低熱電比、すなわち、発電部におけるさらなる発電効率の向上が必要となる。当社では、近年、発電効率 50%超を目標に独自開発を行ってきた。

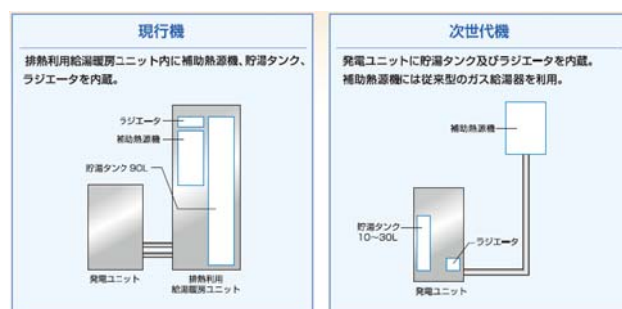


図 2 現行機および次世代機の構成

2. 2 高効率ホットモジュール

当社は 2009 年度より、現行の商品機に搭載されているものと同じ京セラ製 SOFC スタックを用い、株式会社 KRI と SOFC の高効率化の研究を進めてきた。

高効率化の設計方針は、スタック均熱化、断熱強化、燃焼性改善の 3 点であった。均熱化では、従来機のスタック温度分布の不均一化の原因でもある気化器配置や、空気予熱の流路を工夫した。また、断熱強化については、特に断熱材の隙間ロス、熱電対など挿入箇所からのロスを低減する工夫を行った。また、少ない余剰燃料でも燃焼性の悪化を防止する手段を組み込み、通常よりも高い燃料利用率(少ない余剰燃料)の設定を可能にした。

以上の設計を盛り込むことで、高発電効率を得るホットモジュール設計の目的を得た。(図 3)

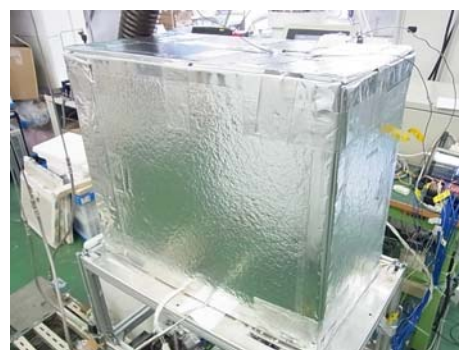


図 3 高効率 SOFC ホットモジュール(プロトタイプ)

2. 3 高効率 SOFC 発電ユニット

前述の高効率ホットモジュールを搭載し、小容量のタンク、ラ

ジェネーターの機能を内蔵したプロトタイプ機の外観を図4に示す。将来像の提示を重視し、寸法においては、幅(550mm)、奥行(300mm)と、現在の商品機を上回るコンパクト設計を行った。



図4 高効率 SOFC 発電ユニット(プロトタイプ)

3. NEXT21 における設置と運転試験結果

図5に、2013年4月よりNEXT21に設置している本コンセプトのコージェネレーションシステムの外観を示す。集合住宅では、美観、意匠が重要視されることから、バックアップボイラと発電ユニットを上下に配置して専有面積を最小にし、発電ユニットの外装を模した化粧扉内に納めている。



図5 高効率 SOFC 次世代コージェネ機(NEXT21 303 住戸)

NEXT21に設置後、燃料利用率などの運転パラメータの最適化と初期特性評価の後、デモンストレーション運転を行った。図6は、本プロトタイプ機の発電効率特性を示す。現行商品機の定格発電効率が46.5%であるのに対し本プロト機において55%の発電効率を得た他、部分負荷においても、現行機に対して8～9ptの効率改善を確認した。

本機は、図で示す動作点(効率53%)で、およそ2,000hr程度の連続発電を行い、今後、商品化開発を推進する上での課題を抽出した。

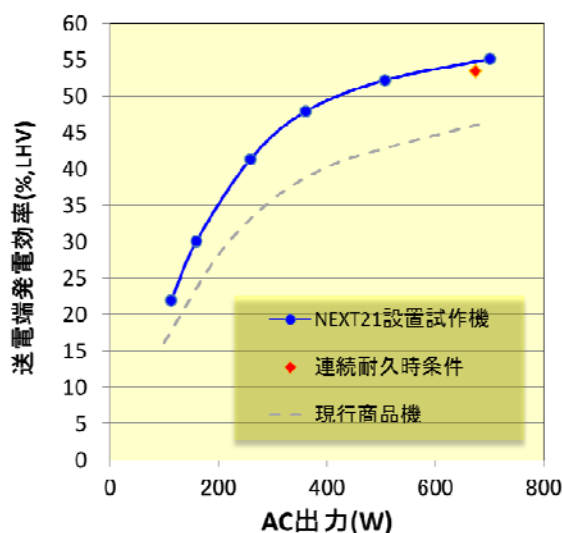


図6 高効率 SOFC 試作機の部分負荷特性

4. おわりに

第4フェーズで展示、運転した高効率試作機は、性能実証を主眼としたもので、量産の観点や、信頼性、製造コストの観点で課題が残っている。現在は、量産を見据え、耐久性と信頼性と低コスト化を実現するシステムの設計と開発をメーカーと共同で推進しているところである。効率特性や外観(寸法)等は、必ずしも、本報で示したものとはならない可能性があるが、本コンセプトに基づく高効率、コンパクトのSOFCコージェネレーションを早期に普及価格で実現し、エネファームの更なる普及に貢献していく。

【A-④】 燃料電池排熱の活用を想定したデシカント換気ユニット用ローターの加湿性能評価

燃料電池の排熱利用を想定し、デシカント換気ユニット用新規ローターの加湿性能を評価した。新規デシカントローターでは 50℃の低温温水熱で従来比 95%の目標達成を確認した。

1. はじめに

近年、住宅の高気密・高断熱化に伴い、換気システムが重要になっている。当社では、除湿または加湿機能を有した家庭用デシカント式セントラル換気ユニット「エアキュア」を 2006 年に発売を開始した。これは、空気中の湿度を吸脱着するデシカントローターを搭載したユニットであるが、デシカントローターに吸着した水分を脱着させて再生する際にガスの温水熱(80℃)を利用する。

エネルギー技術研究所では、燃料電池の排熱を利用できるように 50℃の温水熱でも再生可能な低温再生デシカントローターの研究を実施している。今回、低温再生性能を向上させたデシカントローターを用い、202 住戸にて冬期の加湿試験を実施した。

2. 実験概要

＜低温再生デシカントローター(以後、改良ローターと記す。)＞
特徴: デシカントローターの吸湿成分は高分子系材料である。高分子材料を改良することにより低温(50℃)での吸湿性能が向上していることをラボで確認している。



図 1 低温再生デシカントローター

＜デシカントユニット搭載試験＞

試験は、現状エアキュアに搭載されているデシカントローター(以後、従来ローターと記す。)と比較する方法とした。ローターのサイズはいずれも直径 200mm、厚み 60mm、圧損 80Pa(@面風速 1.2m/s)と同じである。

従来ローター搭載エアキュア試験と改良ローター搭載エアキュア試験は、それぞれ別の日に実施した。その際、外気条件ができるだけ同じになる日を選定した。

エアキュアへの供給温水温度は、燃料電池の排熱温水熱を利用することを想定し、50℃とした。この際、50℃における改良ローターの加湿性能の達成度を評価するために、従来のエア

キュアで 80℃温水を供給した際の加湿性能を目標値とした。室内は試験前に窓を開放して十分に換気を行った後、窓を閉め、エアコンによる 20℃設定の暖房運転を行い、室内温度を 20℃に調整した。

3. 実験結果

従来ローターおよび改良ローターの加湿試験の結果をそれぞれ表 1 に示す。

表 1 従来ローターと改良ローター(低温再生ローター)の加湿試験結果

	従来ローター		改良ローター
供給温水温度	80℃	50℃	50℃
外気条件	温度 10.0℃ 湿度 48%RH	温度 10.0℃ 湿度 47%RH	温度 9.6℃ 湿度 46%RH
給気結果 換気運転時	温度 16.3℃ 絶対湿度 3.88g/kg'	温度 16.1℃ 絶対湿度 3.86g/kg'	温度 17.2℃ 絶対湿度 3.26 g/kg'
給気結果 加湿運転時	温度 38.6℃ 絶対湿度 6.35g/kg'	温度 35.3℃ 絶対湿度 5.82g/kg'	温度 33.1℃ 絶対湿度 5.62g/kg'
加湿量*	2.47 g/kg' ①(目標値)	1.95 g/kg-DA ②	2.36 g/kg-DA ③

*)加湿量=加湿運転時の給気絶対湿度－換気運転時の給気絶対湿度

従来ローターの場合、供給温水温度が 80℃(現状のエアキュアの仕様)での加湿量は 2.47 g/kg' であるが、供給温水温度を 50℃にすると、加湿量は 1.95 g/kg' となり、21%減少((①-②)/①×100)した。一方、改良ローターでは、50℃の供給温水での加湿量は 2.36 g/kg' であり、目標値の加湿量(①)には至らなかったが、その 95%の目標達成度(③/①×100)が得られた。

4. おわりに

燃料電池の排熱温水熱の有効利用を目的に低温再生デシカントローターの実住居での加湿効果を検証した。現状当社商品(エアキュア)に搭載しているデシカントローターでは供給温水温度を 80℃から 50℃に下げると加湿性能は 21%も減少してしまうが、今回新たに調製した低温再生デシカントローターでは 50℃の温水供給温度でも 5%の減少に留まり、低温温水熱での加湿性能が大幅に向上した。

今後もローターを改良し、低温の温水熱が更に有効に利用できるようにしていく。

【B-①】 SOFC による常時逆潮流実験

逆潮流を想定した条件で、SOFCを24時間定格で運転し、高効率な発電電力の最大活用により、31%の省エネ、51%の省CO₂を実現した。逆潮流想定なしと比較し、効果倍増となった。

1. はじめに

近年、地球温暖化などの環境問題に対する関心の高まりから、様々な分野で更なる省エネ・省CO₂が求められている。さらに2011年3月の東日本大震災によりエネルギー供給の課題、自立・節電・ピークカットといった電力需給の課題が顕在化し、2015年現在においても夏期・冬期の電力需要ピーク時に需給逼迫が発生しないよう、一般家庭に対して節電のお願いが周知されている状況は継続している。

一方、燃料電池をはじめとする家庭用コージェネレーションシステム（以下、コージェネ）は分散型電源であり、自宅で発電することにより、購入電力を抑えることができ、需給逼迫に貢献している。また、発電時に発生する熱も有効利用できるためエネルギー効率も高い。（図1）

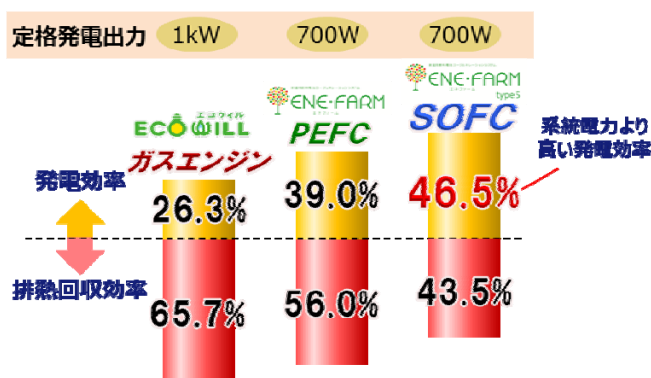


図1 家庭用コージェネレーションのエネルギー効率

しかし、現在販売しているコージェネは各住戸の使用電力に応じた発電をしており（図2）、各住戸の使用電力が小さい場合はコージェネが本来持っている発電ポテンシャル（SOFC：700W）ならびに高い省エネ性を十分に活用できていない。また、電力需給逼迫時に居住者が節電をしても、節電量に応じて燃料電池の発電出力が低下することになり、電力系統の需給逼迫緩和へ更なる貢献割合が小さくなる。

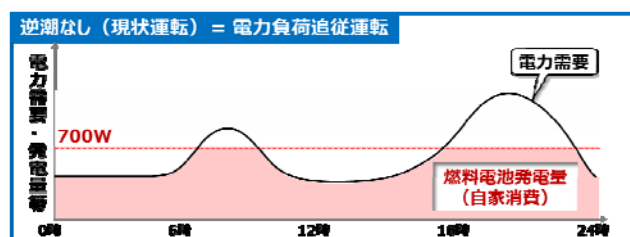


図2 燃料電池(SOFC)の現状の運転パターン

そこで、NEXT21において、コージェネ発電電力のうち、自

家消費を上回る余剰電力を電力系統に逆潮流できると想定し、コージェネ発電電力の系統逆潮流の効果を実証した。

系統逆潮流が可能となれば、コージェネは各住戸の使用電力に制限を受けることなく定格出力での発電が可能となり、逆潮流が発生する。逆潮流した電力は自住戸以外で利用することができるため、社会全体で見ると電力系統の節電になる。また、逆潮流する電力は高効率なコージェネで発電した電力であるため、省エネ・省CO₂にも貢献できる。更に、コージェネの逆潮流に合わせて居住者が節電すると、節電量に応じて逆潮流量が増加するため、居住者に節電行動を促すことで節電、省エネ・省CO₂の相乗効果があると考えられる。

2. 実験システム概要

NEXT21の4階、6階の各住戸に設置（図3）したSOFCを24時間逆潮流可能条件で運転（図4）し、省エネポテンシャルを最大化することで、更なる省エネ・省CO₂を実現する実験を実施した。なお、各住戸の逆潮流電力は住棟内で利用し、商用電力側には流れていない。



図3 燃料電池(SOFC)の設置状況（一例）

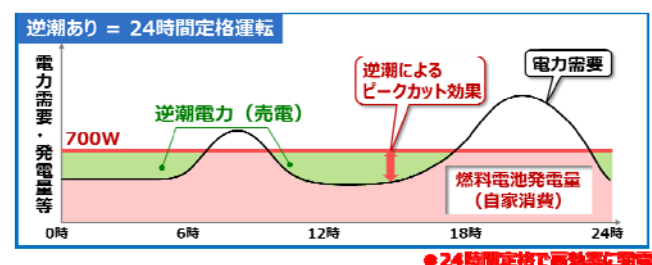


図4 燃料電池(SOFC)の常時逆潮流の運転パターン

3. 実験結果

NEXT21の4階4戸、6階1戸（301住戸、402住戸、403住戸、405住戸、603住戸）のSOFCを24時間定格出力で運転した。301住戸の冬期代表日の動作状況を図5に示す。図5より、

SOFC は 24 時間定格 700W 発電が可能となるため、使用電力の小さい明け方や昼間に逆潮している。また同時に発生する熱の利用が可能となる。

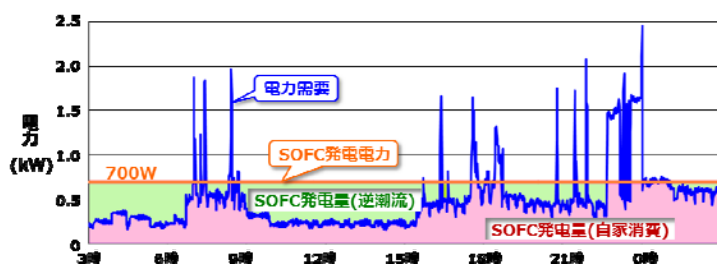


図 5 常時逆潮動作例(301 住戸、2/19)

当実証を 2013 年 12 月から 2015 年 8 月の期間の計 268 日間、5 戸で実施した 1 戸あたりの発電量および平均発電効率の結果を図 6 に示す。図中の逆潮なし(現状運転)の値は各住戸の使用電力を基に通常の SOFC の稼働状況を推定、算出したものである。当実証では 24 時間常時逆潮が可能となることで、700W 定格運転が可能となり、発電量は逆潮なしの通常運転の場合と比較して倍増した。また、発電効率も定格(仕様: 46.5%)の最も効率の良い状態で動作し続けていることが確認された。

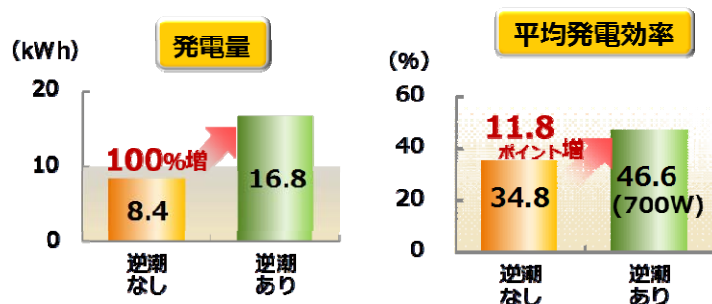


図 6 常時逆潮実施時の発電量、平均発電効率

※5 住戸 2013/12～2015/8 の 268 日間 1 戸あたり日平均値

また、図 7 に示す通り、購入電力を 34.6%削減することができた。図 5 を見ても分かるように合計発電量としては使用電力量全てを賄える量を発電しているが、使用電力が 700W 以上ある部分をカバーすることができないので、図 7 の削減量に留まっている。

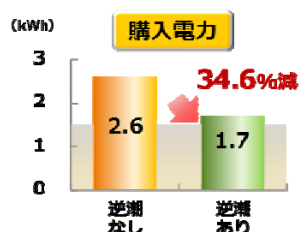


図 7 常時逆潮実施時の購入電力量

※5 住戸 2013/12～2015/8 の 268 日間 1 戸あたり日平均値

購入電力量をさらに削減しようとするれば、例えば、逆潮分の

発電余剰電力を蓄電池に充電し、700W 以上の使用電力がある時間帯に放電利用することで、購入電力を削減することができる。(この点は、4階で実施した SOFC と蓄電池を組み合わせた域内電力融通実験結果を参照)

常時逆潮時の一次エネルギー消費量、CO₂ 削減量について、逆潮なしの場合および通常給湯器を利用した場合の結果と比較したものを図 8 に示す。この結果より、一次エネルギー消費量については、従来(通常給湯器)と比較して、31%の省エネ、51%の省 CO₂を確認できた。また、SOFC の現状運転(逆潮なし)と比較すると、常時逆潮することで、省エネ効果、CO₂ 削減効果ともに倍増することが確認できた。

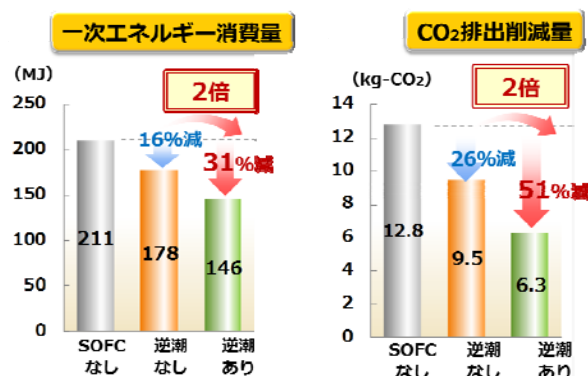


図 8 常時逆潮実施時の省エネ効果、CO₂ 排出量削減効果

※5 住戸 2013/12～2015/8 の 268 日間 1 戸あたり日平均値

4. おわりに

SOFC を各住戸の使用電力に制限されることなく、定格出力 700W で発電することで、SOFC の省エネポテンシャルを最大活用でき、268 日に亘る長期間のデータから、従来と比較し、31%の省エネ、51%の省 CO₂ 効果を確認できた。また、逆潮なしの場合と比較して、一次エネルギー削減効果ならびに CO₂ 排出量削減効果ともに倍増しており、逆潮による効果は非常に大きいことが確認された。

この効果は、省エネ・省 CO₂ だけでなく、一定規模の安定的な電力を系統に供給が可能となることや、日中の電力ピーク時に系統電力の負荷軽減できる等、社会に役立つ効果も期待できる。

【B-②】 SOFC を活用したデマンドレスポンス逆潮実験

デマンドレスポンス(需要家応答)要請時の節電行動に加え、SOFC 発電量アップで、系統電力削減効果が、夏期で 1.1 倍～1.5 倍、冬期で 2～3 倍となることを確認した。

1. はじめに

燃料電池をはじめとする家庭用コージェネレーションシステム(以下、コージェネと記載)は分散型電源であり、自宅で発電することから、購入電力が少なく、需給逼迫に貢献している。また、発電と同時に発生する熱も利用できるため、エネルギー効率も高い。

しかし、現在販売している家庭用燃料電池コージェネは各住戸の使用電力に応じた発電をしており、各住戸の使用電力が小さい場合は燃料電池が本来持っている発電出力ならびに高い省エネ性を十分に活用できていない。さらに、各住戸の使用電力に応じて発電電力が変化するため、電力需給逼迫時に居住者が節電をしても、節電量に応じて燃料電池の発電電力が低下することになり、電力系統の需給逼迫緩和へ更に貢献割合が小さくなる。

そこで、NEXT21 の住戸を活用し、2013 年 7 月から電力系統の需給逼迫を想定したデマンドレスポンス(以下、DR)実証を開始した。

本実験では DR 時間帯(夏期 3 時間、冬期 12 時間)を設定し、DR 時間帯に居住者が節電行動を実施するだけでなく、コージェネ(SOFC 等)を最大出力で発電させて住戸の使用電力を上回る余剰電力を逆潮流することで、購入電力の削減と逆潮流電力増加の相乗効果による電力系統への負荷削減効果を検証した。

なお、実際は余剰電力を系統に逆潮流するのではなく、住棟内で利用している。

2. 実験システム

実験内容としては、夏期の電力需給逼迫時間を 13 時～16 時、冬期の電力需給逼迫時間を 9 時～21 時と設定し、表 1 のような設定とした。

表 1 DR 実験条件

対象住戸	603 住戸(SOFC 設置)
試験期間	2013 年度 夏期・冬期 2014 年度 夏期・冬期
DR 時間帯	＜夏期＞ 13～16 時(3 時間) ＜冬期＞ 9～21 時(12 時間)
DR の方式	CPP(DR 時間帯の電気料金を上げる) ＜夏期＞ 60、80、100 円/kWh ＜冬期＞ 40、60 円/kWh ・買電単価＝売電単価 ※通常単価は、約 20 円/kWh
効果評価の方法	DR 実施日の気温と類似した 3 日の平均使用量と比較

また、実験イメージを図 1 に示す。居住者に対しては前日に当該時間帯での節電要請と引き上げられた電気料金単価を携帯電話へのメールおよび HEMS 端末の画面表示でお知らせす

ることで節電行動を促すとともに、SOFC は当該時間帯に合わせて定格運転をする制御とした。

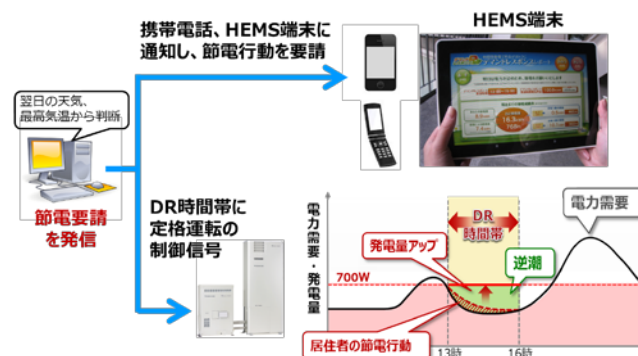


図1 デマンドレスポンス逆潮実験イメージ

3. DR 実験結果

図 2 に DR 実験の夏期の代表例として、603 住戸での動作状況と 2013 年度夏期の実証結果を示す。

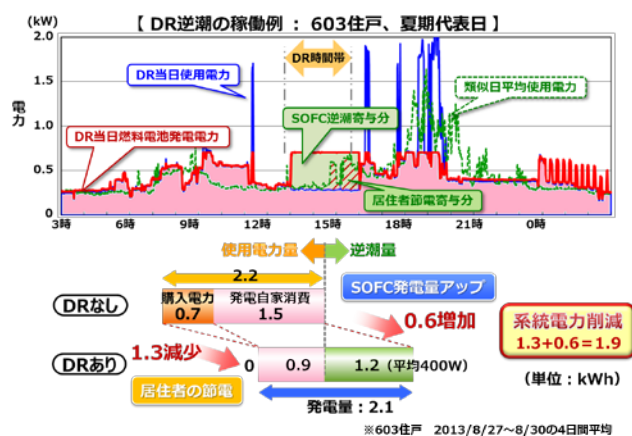


図 2 DR 実験日の状況(夏期)

DR 実験に関しては居住者の節電行為が含まれるため、同一日での節電を意識しない従来稼働が推定できない。そのため、比較対象として、DR 当日の気温を基に DR 実験を実施していない類似日を 3 日間選定し、類似日の平均使用電力を算出した。さらに、類似日の平均使用電力を基に SOFC の稼働状況を推定し、各値を算出した。図 2 の緑のラインが類似日の使用電力であり、居住者が DR 時に節電行動を実施していることが伺える。同様の方法で整理した冬期の結果を図 3 に示す。図 3 の状況を見ても、居住者が DR 時間帯には意識して節電を実施していることが分かる。

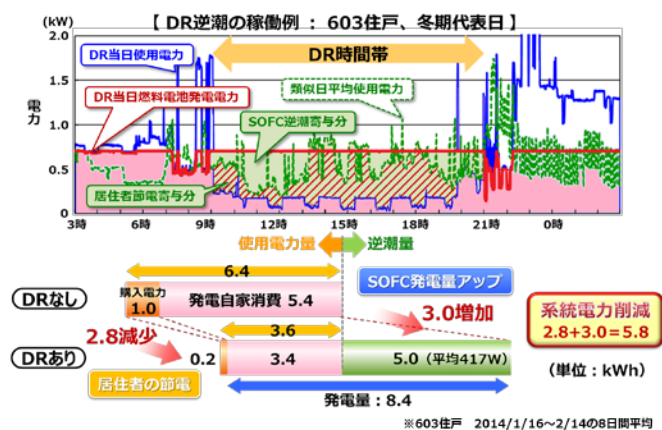


図3 DR実験日の状況(冬期)

今回のDR実験における系統電力の負荷軽減効果としては、居住者の節電行動によるものとSOFCの発電量をアップさせ、余剰電力を創出する逆潮流運転によるものがある。この2つの効果を独立して評価するために、DR当日と類似日の平均使用電力の差を居住者節電寄与分とし、類似日と比較してSOFC発電電力が増加した量をSOFC逆潮流運転寄与分とした。図2、3の棒グラフを見ると居住者の節電行動に加え、SOFCの発電量アップにより、系統電力削減効果が増加することが夏期、冬期を通じて確認できる。また、全DR実施日のデータを平均すると表2の通りになり、夏期(13～16時)の実験では、居住者の節電効果に加え、SOFC発電量アップにより、系統電力負荷低減効果が節電だけの場合と比べ1.1倍～1.5倍、冬期(9～21時)の実験では2～3倍の効果が確認できた。

表2 DR逆潮流実験の効果(DR時間帯あたり)

時期	2013年度 夏期	2013年度 冬期	2014年度 夏期	2014年度 冬期
居住者節電寄与分	1.3kWh	2.8kWh	1.6kWh	1.5kWh
燃料電池逆潮流運転寄与分	0.6kWh	3.0kWh	0.2kWh	2.8kWh
系統負荷低減効果	1.9kWh	5.8kWh	1.8kWh	4.3kWh

(2013年度夏:4日間、冬:8日間、2014年度夏:8日間、冬:10日間の平均)

DR実験について居住者ヒアリングを実施した結果、下記行動を実施して、DR時間帯の節電を心掛けていた。

- ・買い物やDR時間帯に合わせて行った。
- ・電気ポットや電子レンジの代わりにガスコンロを使用した。
- ・エアコンの温度を通常時23℃から26℃に変更した。(夏期)
- ・9時までに電子レンジや食器洗浄乾燥機を使用した。(冬期)
- ・床暖房を利用し、エアコンは使わなかった。(冬期)

こういった節電行動を促進する狙いで、実験当初(1年目)より、節電行動のモチベーションを維持・向上させるために、図4のような『節電成績表』と『リアルタイムと普段の使用電力の見える化』をタブレットで表示した。



図4 タブレットでの見える化の工夫点例(1年目)

居住者からは、『節電成績表』のような過去の実績データについては、「数値ばかりで、だんだん画面を見なくなった」との意見があったが、一方で『リアルタイムと普段の使用電力の見える化』のようなリアルタイムでの使用量表示は、「節電行動が数値に現れるので、やりがいがあった」との意見があり、同じ数値でも過去とリアルタイムの評価で受け止め方に差があることがわかった。他にも、具体的な節電行動がわからないとの意見があった。

そこで、2年目は、過去の評価として、数値ではなく、「実施した節電行動を定性的に評価するコメント等の方が興味を持ってもらえるのではないか」との仮説を考え、居住者の節電行動を電力や熱使用量から節電行動を解析し、全30種のコメント中から選択して表示する『前回DR一言コメント』を導入した。また、推奨する節電行動アドバイスを実施時間帯にわけて表示した。(図5)

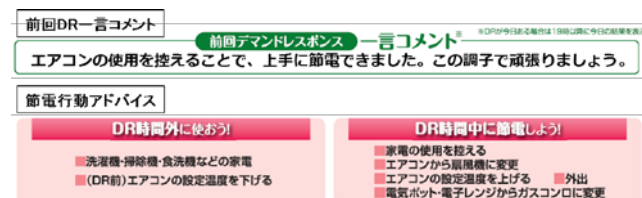


図5 タブレット表記の工夫(2年目)

居住者からは「節電行動を評価してもらい、モチベーションが向上した」、「節電のために役立つ項目が分かり、今回実施した」といった意見も頂けたが、一方で「内容の変化が乏しく、次第に見なくなっていった」という意見もあった。

4. おわりに

2013年度、2014年度の結果より、電力が逼迫する時間帯にデマンドレスポンス要請を促すことで、居住者の節電行動を促進し、さらにSOFCをフル稼働することで、夏期1割から5割増、冬期は2～3倍の系統電力の負荷を低減できることが確認できた。さらに、居住者に節電行動を継続してもらえる様、住戸負荷に合わせたコメントの工夫や節電に役立つ行動を例示することで、居住者からも一定の評価を得た。しかしながら、HEMSによる居住者のモチベーションの持続性については十分評価できていないため、引き続き継続して検証していく予定である。

【B-③】 共用部ガスエンジンコージェネシステムを活用したデマンドレスポンス実験

共用部ガスエンジンコージェネシステムの発電余力を活用し、デマンドレスポンス時間帯での発電量アップによりネガワット効果を創出した。当社スキームにより、ネガワット取引が実現した。

1. はじめに

昨今、需給逼迫などによる卸市場価格の高騰時または系統信頼性の低下時において、インセンティブ等の対価に応じて需要家側の電力需要パターンを変化させる「デマンドレスポンス（以下「DR」）」が注目されている。需要家の需要削減（＝節電）は、「需要量を減らすこと」または「供給量を増やすこと」で達することができ、このような需要削減で生まれる節電電力のことを「ネガワット」と呼ばれる。需要家が所有するコージェネレーション（以下 コージェネ）を中間負荷出力での運転や、停止状態にあるものの発電余力を活用することで、ネガワットの創出が可能となる。

2. 大阪ガス DRビジネス実証スキーム

大阪ガスは平成 24 年 6 月より、株式会社エネットと共同で、「Smart Saving Power（以下 SSP）」のスキームを活用した DR ビジネス実証を実施しており、需要家のコージェネ活用によるネガワット評価を行っている。NEXT21 の DR 実験に適用した SSP スキームは、日本卸電力取引所（以下「JEPX」）の価格高騰を条件に SSP システムから DR を募集、需要家は個別の事情により応募可否を検討、参加表明を行い、需要家のコージェネを活用した DR を行う。ネガワットの創出ができれば大阪ガスの卸電力を価格が高騰した JEPX 市場に販売でき、それらを報酬原資として需要家ヘインセンティブが支払われる。図 1 に SSP スキーム例を示す。

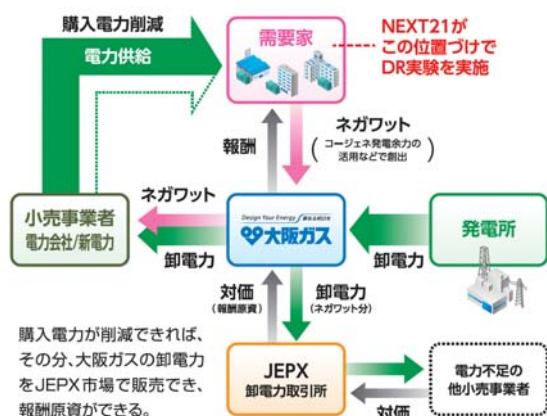


図1 NEXT21 DR 実験システム

3. NEXT21 における DR 実験の概要

NEXT21 は唯一、集合住宅の需要家として当ビジネス実証に参加する。NEXT21 住棟内の電力需要への給電、セントラル空調などの熱需要への排熱供給を目的に設置されているコージェネ（ヤンマーエネルギーシステム社製 ジェネライト 31kW）の発電余力を活用して「ネガワット」を創出する。図2にDR実験シ

ステムの概要図および制御フロー図を示す。

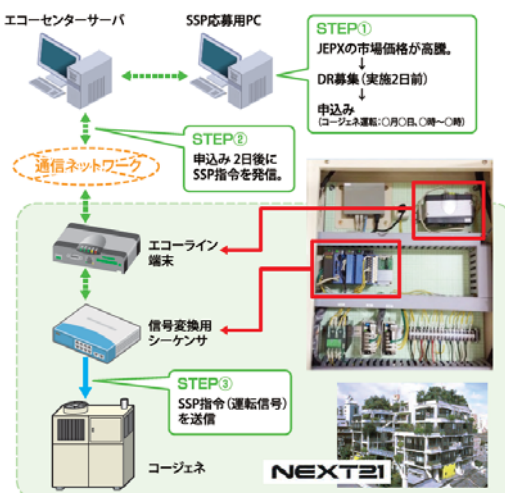


図2 NEXT21 DR 実験システム

DR 募集を受けると大阪ガス本社ビルに設置した SSP 応募用 PC から特定サーバ（エコーセンターサーバ）を経由して NEXT21 の受信機（エコーライン端末）に DR 指令を送信、信号変換後にコージェネに発電指令が送られる。

3. 実験結果

DR 実験結果を図3に示す。太陽熱の優先利用によりコージェネ発電量が抑制されている時間帯での発電余力を活用することとし、過去 2 日平均の発電ベースラインと受電ベースラインを基準として、実績との変化量をネガワットとして評価する。当実験では、3 時間で 24kWh のネガワット効果を創出した。

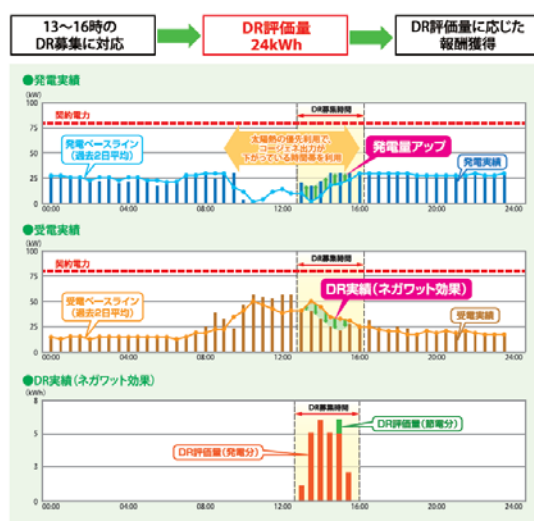


図3 コージェネによる DR 実証結果

4. おわりに

本実験を通じて、集合住宅に設置されたコージェネの発電余力を活用してネガワット効果を創出できることが確認された。

【C】 停電時自立システム実験

共用部ガスエンジンコージェネシステムを活用し、省エネと両立する停電時自立システムを構築した。
停電時でもほぼ支障のない生活を確保、更に SOFC の稼働で、居住者の使用できる電力量が増加した。

1. はじめに

東日本大震災を受けて、災害対策の必要性が強まっている。大阪ガス(株)実験集合住宅 NEXT21 の第 4 フェーズにて、共用部のガスエンジンコージェネレーション(以下:コージェネ)の自立運転により住棟内のエネルギー供給を可能とする停電時自立システムを構築した。今回、実際に住棟内を停電して、自立システムの試験・検証を行った。本稿では、技術検証結果、および自立システム運用下での住民の主観評価結果を報告する。

2. 停電時自立システムの概要

図 1 に自立システムの概要図を示す。NEXT21 住棟内の電力需要への給電、セントラル空調などの熱需要への排熱供給を目的に設置されているコージェネ(ヤンマーエネルギーシステム社製 ジェネライト 31kW)の自立運転機能を利用した自立システムを構築した。自立タイプの家庭用コージェネが据え付けられている 6F 住戸を除く計 10 住戸、照明などの一部共用部、上水・下水ポンプ・換気ファン(始動時突入電流を軽減するためインバータ方式を採用)の動力負荷を供給対象とした。上水ポンプへ給電することで、住戸内での水道利用は可能で、温水を利用できる構成とした。三相 3 線式のコージェネから単相の住戸群へ給電するため、スコット結線式の変圧器を採用し、コージェネからの発電電力を効率的に使用するため、変圧器二次側は均等に住戸を分配した。対象電力負荷をコージェネの供給可能 kW に収めるため、使用電力の予測が困難である住戸群に対して、電力使用の制限器を設けた。あらかじめ決めた電力(kW)以上を、一定時間以上使い続けると、該当住戸のみ停電させる仕組みとした。復電するには、使用している電力負荷を減らした上で、住戸内に備えた復帰ボタンを住民が押す必要がある。自立システムの対象住戸の一部に計 8 台の燃料電池(SOFC)が設置されている。今回、高圧連系要件を満たすため、各燃料電池に外付けで解列器を設けた。停電が発生した場合、解列器により電力系統から燃料電池を切り離し、自立システムからの給電後、燃料電池を復帰させる。

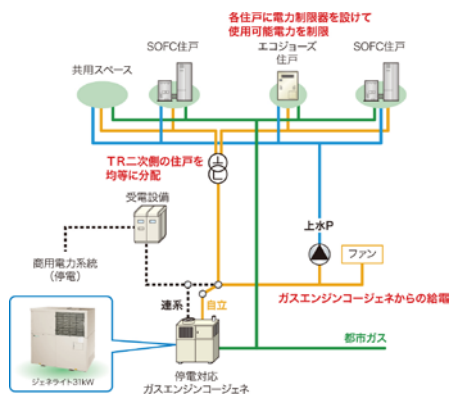


図 1 自立システム 概要図

3. 検証方法

3-1. 試験方法

10~12 月に複数回の試験を行った。いずれも試験時間は 17 時~20 時の 3 時間として、住民には最低 1 名以上の在宅を依頼した。下記条件により順次検証を行った。

①コージェネ自立システムのみによる給電

②コージェネ自立システムに燃料電池を連系させて給電

検証①は各住戸の使用上限を 500W とした。住民への事前にアリング・アンケートにて、“使えない場合に支障が大きいと感じる家電機器”を列挙してもらった結果、冷蔵庫や居間の照明など、最低限要望する電力は 160W 程度であった。これに加え、被験住戸の深夜使用電力から推定した待機電力は、冷蔵庫を除く 160W 程度であった。これらの電力値の和 320W に使用電力の変動を考慮して、本検証では各戸の使用制限電力を 500W とした。②の検証は①の使用制限 500W に加えて 700W の燃料電池が追加される為、最大 1200W までの使用が可能となる。

3-2. 評価方法

①・②の試験に加え、試験と同じ 3 時間停電をし、“停電時自立システムがなかった状況”を体験してもらった。「災害などで世間が停電」を前提として、住民が感じる電力使用制限の許容度についてアンケート調査を行った。尚、住民には各試験で使用する電力は事前に周知していない。暮らしを営むにあたり許容できる電力制限を“+3:許容できる”から“-3:許容できない”の範囲で、1 点刻みの評価点を選択してもらった。全住戸の評価点の総和を試験対象住戸数で割ることで平均許容度を算出した。表 2 に検証・評価項目を示す。

表 2 検証・評価項目

試験概要	①コージェネ自立システム 【500W制限】	②コージェネ自立+燃料電池 【500+700=1200W制限】
評価対象	動力負荷・住戸への 給電可否の検証	自立システム系統での SOFC発電可否の検証
技術的 検討対象	動力負荷・住戸への 給電可否の検証	自立システム系統での SOFC発電可否の検証
アンケートに 基づく主観評価	自立システムからの制限された 給電による満足度を評価	各住戸の制限電力+燃料電池 700 Wによる満足度を評価

4. 試験結果

4-1. 実測結果

試験条件や同一試験での住戸分類に応じて、各ケースの使用電力量は図 2 のようになった。①コージェネ自立システムのみによる給電ケース(使用上限 500W)では、対象全住戸の 1 時間あたりの平均使用電力量が 270Wh、最も使用された住戸では 436Wh であった。②コージェネ自立システムに燃料電池を連系させた。給電ケース(使用上限 1200W)では、平均使用電力量

が 312Wh であった。②の検証では、試験中に燃料電池を効果的に使用できた住戸(②-1 ケース)、使用できなかった住戸(②-2 ケース)に分かれた。効果的に使用できなかった住戸とは、使用制限値を超える家電を使用した時間帯が多く、頻繁に停電してしまった住戸である。②-1 ケースでは 360Wh、②-2 ケースでは 263Wh となり、②-1 では、①に比べて 90Wh 上昇した。

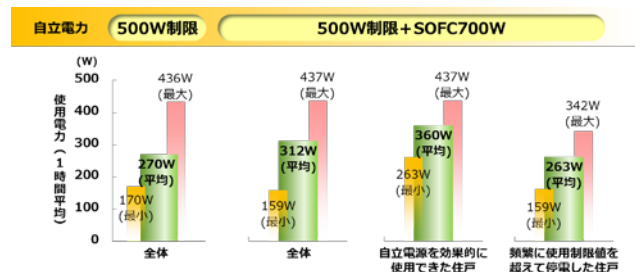


図2 使用電力量 結果

図3に、燃料電池を効果的に使用できたケース(②-1)のうちの住戸の実測結果を示す。18時45分頃、19時35分頃に住戸負荷が使用上限の1200Wを超えた為、制限器がそれを検知して停電している。復電一定時間後に、燃料電池が発電を開始したことで、コージェネからの供給電力が減少し、当住戸での使用できる電気の増加へ貢献していることが確認される。

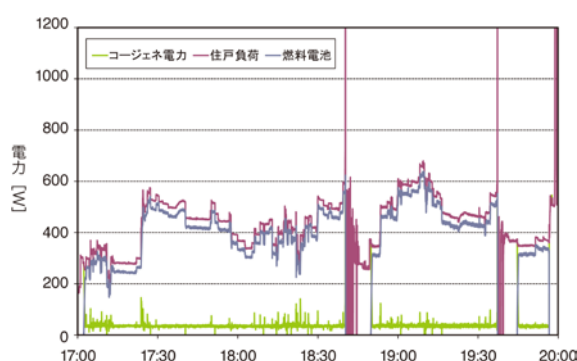


図3 ②-1 ケース 瞬時電力

4-2. アンケートによる許容度評価

各試験ケースを体験した住民による許容度を示す評価を図4に示す。完全に停電した試験では、“-1.1点”(どちらからというところ許容しがたい)という評価結果が得られた。これは試験時間が3時間と有限、かつ停電することが既知であったことに起因すると考えられる。検証①の検証結果0.9点に比べ、燃料電池が追加された1200W制限である②-1の結果が2.0点と上昇している。

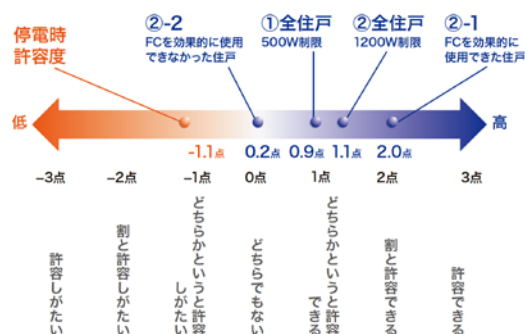


図4 許容度 評価結果

5. 考察

本試験では、安全に試験を遂行するため、住民に事前周知した上(ただし、使用できる電力の事前周知はしていない)、3時間という有限な時間での試験を行った。これら絞った条件下でも住民からは、停電ケース < 500W 使用制限ケース < 燃料電池追加1200W 使用制限ケース 順に高い評価が得られた。本来、災害は予期せず発生し、被害の継続性は不透明である。実際に停電が長時間にわたり発生した場合、電力が使用できることに対して当検証以上の評価になりうる。また、今回の3時間という限られた時間での検証では目立たなかったが、住戸内で温水が使用できることも、さらに評価が上がる要因となる。

6. まとめ

試験を通じて、今回の条件において「災害などで世間が停電」である場合、各住戸でおおよそ320W(待機電力+使えないと支障が大きいと感じる電力)~500W程度の電力が使用できれば、住民は一定の評価を与えることが確認された。燃料電池の効果的な活用により、さらに評価が高くなることもわかった。自立システムおよび燃料電池の構築・検証を通じ、以下の知見、留意事項が得られた。

【自立システムの構築時】

- ・コージェネの供給可能範囲に収まる負荷を選択する。
- ・構成に応じた適切な負荷バランス構成とする。
- ・系統連系要件に応じた分散型電源の仕様とする。
- ・停電が発生、自立システムが稼働である旨を表示をする。

【自立システム運用時(停電時)】

- ・住民に自立システムの構造、自立システムに伴い備えた機器の操作を十分に理解してもらう。
- ・住民へ使用している電力を可視化させる。

可視化方法の例: HEMS 画面に表示する、燃料電池のリモコン表示を確認する、など。

【D-①】HEMS タブレット導入による省エネ意識向上実験

HEMS の使用前後(入居時と入居半年後)での省エネに対する意識や行動の変化について調査した結果、省エネを意識していなかった人は HEMS の使用により省エネ行動が増加することが確認できた。

1. はじめに

住宅で使用されるエネルギー消費量は、一般的に建物の外皮性能と設備機器により決まると言われているが、実際は居住する人の生活パターンや省エネ意識、行動によって大きく変動することが注目されている。

建物の断熱性向上はコストアップの課題が有り、また設備機器の性能向上は限界に近づく中、居住者の省エネ意識や行動が改善されれば、さらなる省エネ性の向上が期待できる。

ここでは、HEMS が省エネに寄与できるかを把握する目的で、NEXT21 の居住者に対して、入居時と入居半年後にアンケートを行い、HEMS 使用前後での省エネに対する意識や行動の変化について調査を行った。

2. 調査概要

(1) 対象戸数

14 戸 (NEXT21 全戸)

(2) 調査時期

アンケート 1 回目 : 入居時 (2013 年 9 月)

アンケート 2 回目 : 入居半年後 (2014 年 2 月)

(3) 対象 HEMS

① エネルック PLUS (4 住戸)

② NEXT21 エネルック (9 住戸)

③ 次世代 HEMS “き”づき (1 住戸)

・専用端末 (タブレット) を全戸に配布。

・メニュー画面には HEMS のほか、ニュース、マンション内コミュニティサイト、ネットスーパー、電子書籍等を用意。

・使用する HEMS は 3 種類だが、基本となる機能は同じ。

(本日、過去の光熱費、電気・ガス・水道使用実績等)



図 1 NEXT21 の HEMS の画面の例

(4) 調査項目

- ・省エネ行動の実施状況
- ・閲覧回数 (予想、実績)
- ・HEMS への期待度 (光熱費、行動)
- ・光熱費の把握状況
- ・よく閲覧する画面 等

3. 調査結果

(1) 省エネ行動の実施状況

① HEMS 使用前後での省エネ行動の点数比較

自宅で行っている省エネ行動 (電気に関するもの 12 項目、ガスに関するもの 7 項目、その他 5 項目) 合計 24 項目について、HEMS 使用前後での実施状況の変化を調査した。

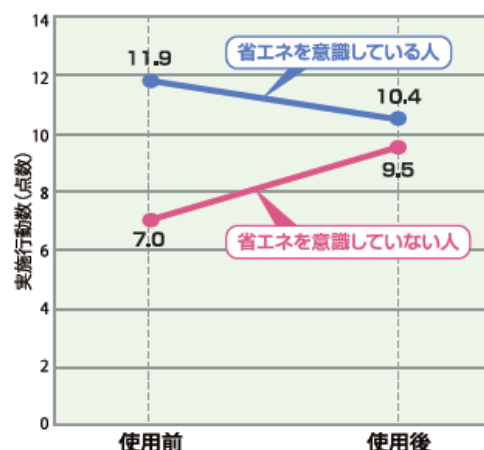


図 2 HEMS 使用前後での省エネ行動の点数比較 (24 項目 24 点満点)

調査の結果、今まで省エネについて意識していなかった人は、HEMS を使用した後点数が 2.5 ポイント上がり、省エネ行動が増加することが確認できた。その一方で、もともと省エネ意識の高い人 (今までも省エネ行動をとっていると自己申告した人) はわずかながら点数の減少が見られ、これらの人は省エネ効果が実感できない場合には、省エネ行動を取りやめる可能性があることも考えられる結果となった。

【使用後の意識変化の意見】

○ 省エネを意識している人 (自己申告)

- ・毎日のエネルギー使用量の変化が明確にわかるので意識する。(50 代 2 人世帯)
- ・家族で省エネについて話す機会が増えた。(30 代 4 人世帯)
- ・可視化によって省エネ行動の成果が分かり易くなり、モチベーションが上がった。(40 代 4 人世帯)

○省エネを意識していない人(自己申告)

- ・HEMS をほとんど見ない。使用前後で意識の変化はない。
(30代2人世帯)
- ・ランキングを意識した。コンロの使い方等気をつけた。(20代1人世帯)

※HEMS の使用前後で省エネを意識している人、意識していない人の数に変化は無かった。

②省エネ行動を行った人の項目ごとの割合

①で調査した省エネ行動の項目(全24項目)について、HEMS の使用前後で、意識や行動が顕著に増えたもの、減ったものについて調査した。

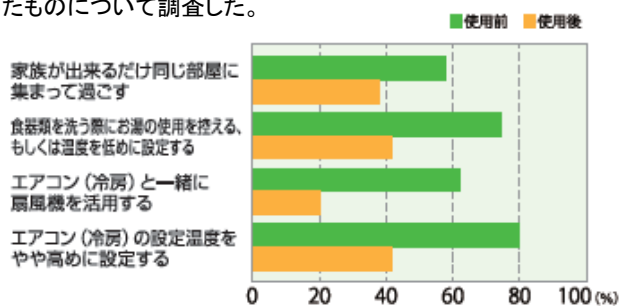


図3 HEMS 使用後に意識・行動が減った項目

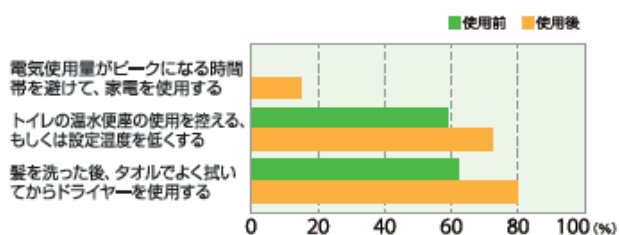


図4 HEMS 使用後に意識・行動が増えた項目

【参考】実施率が低いもの(使用後の割合)

- ・お風呂や給湯の温度を低めに設定する。(0%)
- ・窓や外壁に「緑のカーテン」を栽培する。(0%)
- ・窓や外壁にすだれを設置する。(7%)
- ・調理時に保温鍋を使用する。(7%)

HEMS 使用前後の行動の変化を項目別ごとに見ると、省エネに対する意識はあっても、快適性を犠牲にするような行動(空調温度を調整する、給湯温度を下げる)または、手間のかかる行動については実施されにくい傾向があることが確認された。

③閲覧頻度

HEMS 使用前に想定した閲覧頻度と、使用後の実際の閲覧頻度を調査した。

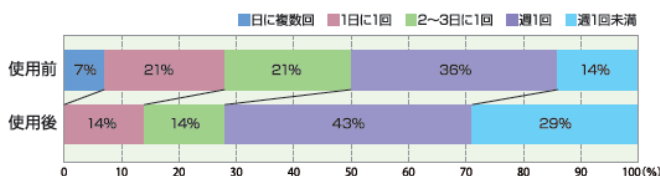


図5 HEMS の閲覧頻度

スマホの普及により、情報をチェックする手段としてタブレットよりスマホアプリを要望する意見が多く、それが閲覧頻度が低下した要因と思われる。よほど省エネ意識が高い人でないと、1日1回閲覧するのも簡単ではない。

④省エネ効果(主観※)

HEMS を見ることで省エネになると思うか?(なったかと思うか?)という質問で主観的な省エネ効果を調査した。

※HEMS 未使用時のエネルギー消費量の測定データが無い為。

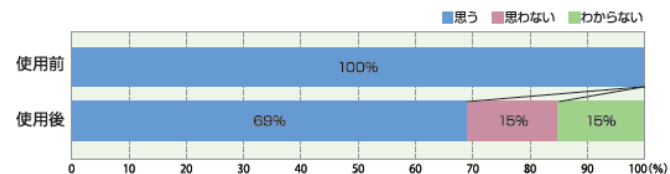


図6 HEMS 使用による省エネ効果(主観)

【使用後省エネになったと思う人の主な意見】

- ・電気ポット、炊飯器を使わなくなった。
- ・毎日の変化が分かるので意識する。
- ・無駄な電気を消す等、ガスと電気の使い方に工夫が生まれた。
- ・家族で話す機会が増えた。週2~3回確認するようになった。

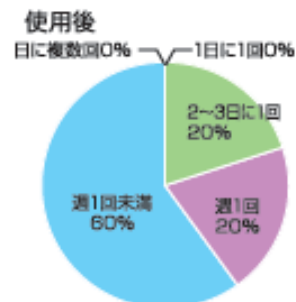


図7 省エネ効果を感じなかった人の HEMS 閲覧頻度

HEMS の使用で省エネ効果があると思わない、またはわからないと答えた人の場合、HEMS をほとんど閲覧していないか、閲覧頻度が低い傾向が見られた。一方、個別の意見を見ると、HEMS の使用後に省エネ効果を感じた10人中9人は省エネに対する肯定的な意識変化が生じていた。(意識変化が生じた人が、省エネ効果を実感している)

4. おわりに

HEMS の使用前後の省エネに対する意識や行動の変化について調査した結果、省エネを意識していなかった人は HEMS の使用により省エネ行動が増加することが確認できた。一方、省エネ意識の高い人のモチベーション維持や、全く HEMS を見ない人に興味を持ってもらうからかが、課題としてあげられる。

【D-②】次世代 HEMS 実験

お客さま視点での HEMS を開発し、「本当に魅力的な機能は何か？」を実証実験により検証した。
実証結果は 2014 年 4 月発売のエネファーム新商品に反映した。

1. はじめに

東日本大震災後、家庭での省エネ、創エネに一層注目が集まり、スマートグリッドやスマートハウスがキーワードとして挙がる中、家庭内で機器のエネルギーの見える化や遠隔操作が可能な HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）が国に後押しされ、各社が開発、商品化、普及を進めている。HEMS には大きく「エネルギーの見える化」と「機器操作」が機能として挙げられる。エネルギーの見える化や機器操作にはこれまで各種工夫されてはいるが、エネルギー情報自体は強く関心を惹けるコンテンツではなく、実生活でのユーザーの実生活に溶け込みにくい問題点があった。

1.1 エネルギーの見える化における課題

これまでの一般的なエネルギーの見える化アプリケーションの課題として、表示デバイス、アプリケーションを利用毎に起動する手間などから次第に閲覧の頻度が低下する「経時的な閲覧頻度の低下」、エネルギー情報を数値やグラフで見ても理解しづらく、一部の居住者しかエネルギー情報へのアクセスや理解ができない「エネルギー情報の理解と居住者間での共有」、省エネな生活をしたい、しなければならないと分かっているにもかかわらず、行動に繋がらない「省エネ行動の喚起」に課題を抱えていた。

これらの課題を解決するため、いつも居住者の目に入る「壁掛けディスプレイ」、家族で楽しく情報を確認できる「テーブル型ディスプレイ」、手元で詳細な情報を表示できる「タブレット」の 3 つの方法で見える化の検証を行った。

1.2 機器操作機能における課題

現在、普及している HEMS における機器の遠隔操作機能は操作対象、機能共に限定的である。今回の次世代 HEMS 実証ではガス機器、電気機器の両方の操作機能を HEMS で実現し、持ち運びが容易なタブレットを用いて、機器操作集約の実証を行った。

2. 実験システム概要

HEMS サーバと呼ぶ今回の次世代 HEMS の核となるサーバに各種センサから取得したエネルギーの集約機能と機器操作機能を持たせる。今回、コンセント毎の個別計測等、徹底的な個別計測を実施しており、得られるデータの集約処理を行う HEMS サーバが重要な役割をもつ。HEMS サーバには壁掛けディスプレイ、テーブルディスプレイ、タブレットの 3 種類の端末からアクセスする。各端末はそれぞれに内蔵されたアプリケーションを利用して HEMS サーバから情報を取得し、エネルギーの

見える化や機器操作の機能を提供する。



図1 システムの概要構成図

ここからエネルギーの見える化と機器操作の機能詳細について個別に説明する。

2.1 壁掛けディスプレイ（見える化）

これまでの HEMS は利用毎に表示デバイスの ON/OFF 動作、そしてアプリケーション起動の一連の動作が手間であり、HEMS が日常生活の生活の中に溶け込めない一因となっていた。そこで日常生活のリビングの見えやすい位置に常時エネルギー情報を表示できる壁掛けディスプレイ（図2）を開発、設置した。



図2 壁掛けディスプレイ

壁掛けディスプレイは図2に示すように、日常生活でふと画面に視点を向けるように時計としての機能を前面に押し出している。この時計としての機能の中にエネルギー情報を散りばめている。まず、1つ目に「エネルギー砂時計」である。①のデジタル時計の数字に、時計の左から、光熱量、電気、ガス、水道の月目標に対する使用分（グレー）と残高（各色）を砂時計式で表示し、時刻を確認する行為に付随して、無意識にエネルギー使用状況を把握できるようにした。2つ目に光熱費の「タクシメーター式リアルタイムカウントアップ」である。②のように光熱費の現在値を知るとともにタクシメーターのようにリアルタイムで値がカウントアップすることでユーザーの節約意識を高める工夫を行った。3つ目に現在の瞬間消費電力 TOP3 位までを表示する、ランキング機能である。③のように画面の下部に、現在の消費電力の高い機器を上位3種だけ表示し、情報過多にならない

い一目で理解できるエネルギー情報を提供することとした。

2.2 テーブルディスプレイ（見える化）

家族全員でのエネルギー情報の理解、省エネ行動の喚起にはエネルギー情報の理解が難しい小さな子供を含めた家族全員が、直感的に面白いと感じ、好奇心が持てるコンテンツが必要である。その工夫として、テーブルディスプレイのTOP画面は水面に写る空をイメージしており、指で画面に触れると水面に触れたように波紋が画面全体に広がり、小さい子供でも楽しめる遊び心を盛り込んでいる。またエネルギー消費が増えると雲が増えたり、夜間は星が消えたりすることでエネルギー消費を画面の中に間接的に表現した。



図3 テーブルディスプレイとTOP画面

さらにテーブルディスプレイの具体的なコンテンツとして、80項目の省エネ行動について達成すると水槽に見立てた画面中の魚が増えコレクションできる「エコ・オーシャン」を開発した。

このようにエネルギー情報を理解できなくても多少でも直感的に感じてもらえる工夫を凝らしている。

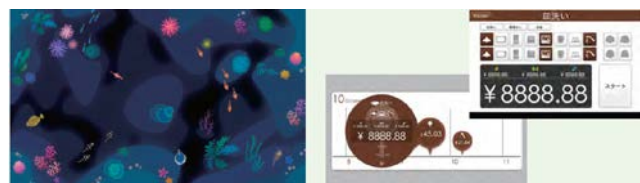


図4 左:エコ・オーシャン、右:エナジーカウンタ

その他、テーブルディスプレイのコンテンツとして、「エナジーカウンタ」、「エナジーノート」、「エナジーリプレイ」も新規に考案、アプリケーション開発、実装した。



図5 左:エナジーノート、右:エナジーリプレイ

「エナジーカウンタ」は省エネな生活を行うために何をすればよいのかを指南する手段として、行為別、タイミング別(シャワーやコンロ等)にユーザーがエネルギー消費を計測・比較できる。

「エナジーノート」は機器毎の消費エネルギー量を表示し、主要電気製品の消費電力量と発電電力量を容易に比較できる。

「エナジーリプレイ」はエネルギー使用を鳥瞰的に確認でき、画面に表示された時計の針を動かすことでその時に使用してい

た機器が家の間取り上で視覚的に表示される。

2.3 タブレット（見える化・機器操作）

機器操作に関しては床暖房、お湯張り、浴槽自動洗浄、カワック、ガスコンロ消火、照明、エアコン、電子錠、テレビ、ブルーレイレコーダの10種類の機器の遠隔操作機能をタブレットのアプリケーションに集約した。1台で家中の機器を管理可能なインターフェイスを実現した。



図6 左からメニュー、ガス機器操作、家電操作、エネルギー情報画面

3. 実験結果

実証実験は上述のシステムを導入した601住戸「き」づきの家」で実施し、居住者のHEMS使用に関する意見を伺うHEMSサロンを開催して、詳細、綿密なヒアリング調査を行った。

壁掛けディスプレイでは、エネルギー砂時計のデザイン性に高い評価を頂いた。また、瞬間消費電力TOP3表示はNEXT21棟内で行うDR(デマンドレスポンス)時に具体的に何の機器の電源を消せば良いかが分かりやすく、DRとの親和性が高いことが判明した。光熱費のリアルタイムカウントアップは心理的にエネルギーを使うことに実生活の中でも抵抗を感じて頂けることが分かった。

テーブルディスプレイのコンテンツでは、複雑な表現よりエコ・オーシャンのような分かりやすいコンテンツの評価が高く、子供も親しみやすく操作してもらえることが分かった。

10種類の機器操作機能の集約では、システムの安定性やレスポンス速度が不安定であったが、照明のOFF操作に利便性に対する評価が高く、操作系統が壁に固定されたものに対する利便性は高かった。

今回、実証で得られた知見の一部は2014年4月発売のエネファームに反映した。エネファームカラー液晶リモコンにはエネルギー砂時計を採用し、さらにエネファームカラー液晶リモコンに接続されるエネファームスマートフォンアプリにはテーブルディスプレイのゲーミフィケーションコンテンツ(エコ・オーシャン)を、魚の育成ゲーム「エコアリウム」として採用し、実証結果を反映した。

4. おわりに

今回、お客さま視点に立ったエネルギーの見える化、機器操作機能の集約に取り組み、多くの有用な知見を得ることができた。得られた実証結果をいち早くガス機器への展開・検討に活用し、商品化に反映した。今後も魅力的な新商品企画に有効な実験を継続していく。

【E-①】 太陽熱と共用部 CGS 排熱を組み合わせたセントラル熱源空調システム実験

太陽熱と共用部 CGS 排熱を熱源とするセントラル熱源空調システムの運転制御により、一次エネルギー消費量削減率として年間で 8%、暖房期は 8%、冷房期は 10% が得られた。

1. はじめに

実験集合住宅 NEXT21 では、共用部と一部の住戸の冷暖房空調についてセントラル熱源方式を採用している。第 1 から第 3 フェーズの居住実験で、そのセントラル熱源空調システムの省エネルギー性能について、多くの成果が得られた。[1]

第 3 フェーズではセントラル熱源空調システム熱源機として 52.5kW(15RT) 級と 105kW(30RT) 級の二重効用ガス吸収式冷温水機 2 機を使用した。第 4 フェーズ居住実験では、再生可能エネルギーである太陽熱とガスエンジンコージェネレーションシステム(CGS)の排熱を応用し、温水炊き吸収式冷温水機を稼働させ、二重効用ガス吸収式冷温水機と組合せたセントラル熱源空調システムにおける省エネルギー性能と二酸化炭素排出量削減効果を検証する。

2. 実験目的・システム概要

再生可能エネルギーである太陽熱とガスエンジンコージェネレーションシステム排熱の組合せにより、セントラル熱源空調システムの省エネルギー化を図る。同時に、住戸の生ごみを原料とするバイオガスを都市ガス(13A)と混合してガスエンジンへ供給し、廃棄物(生ごみ)の有効利用を図ることを目的とした。

実験システムの機器構成、概略仕様を以下に示した。

- 太陽熱集熱パネル(寺田鉄工所製[2])真空二重ガラス管 U 字パイプ式集熱管 CPC1518、集熱器総面積基準集熱効率線図係数 EN:0.565、0.779、0.001 集熱面積 夏期:30m²、冬期:24m²(冬期は 6m² 分を 5 階の熱融通システムへ供給する)
- ガスエンジンコージェネレーション(CGS)(ヤンマーエネルギーシステム株式会社製[3])停電対応機 CP35VCZ-TNE 発電出力:31kW、排熱回収:48kW
- 二重効用ガス吸収式冷温水機(矢崎エネルギーシステム株式会社製[4])CH-kZH30 冷凍能力:105kW、暖房能力:92kW、冷水出口:7°C
- 温水炊き吸収式冷温水機(矢崎エネルギーシステム株式会社製[5])WFC-SC10 冷凍能力:31.3kW、入熱量:43.3kW、冷水出口:9°C

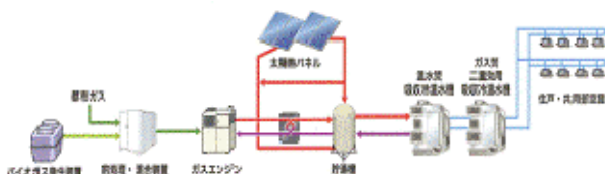


図 1 セントラル熱源空調システム概要図[1]

一次エネルギー消費量削減率及び二酸化炭素排出量削減率の算定条件は次の通りである。

- 計測値は実験集合住宅における日報データを使用した。
- 都市ガス量は機械室温度と供給圧力(2kPaと設定した)を用い、温度圧力補正を行なった。
- 一次エネルギー換算係数は、9.76MJ/kWh と 45MJ/m³N を使用した。
- 二酸化炭素排出量換算係数は、0.690kg-CO₂/kWh と 2.29kg-CO₂/m³N を使用した。

3. 結果

3. 1 太陽熱集熱量と CGS 排熱回収量

表 1 及び表 2 に太陽熱集熱量及び CGS 排熱回収量とその利用率、太陽熱集熱量とその寄与率を示した。

利用率 = 利用熱量 / (太陽熱集熱量 + CGS 排熱回収量)

寄与率 = 太陽熱集熱量 / (太陽熱集熱量 + CGS 排熱回収量)

表 1 太陽熱集熱量及び CGS 排熱回収量とその利用率

期間	CGS 排熱 + 太陽熱 (GJ)	利用率(%)
暖房期(12月～2月)	259.4	54.0
冷房期(7月～9月)	288.8	63.1
年間(12ヶ月)	992.4	53.0

表 2 太陽熱集熱量とその寄与率

期間	太陽熱(GJ)	寄与率(%)
暖房期(12月～2月)	9.0	3.5
冷房期(7月～9月)	25.0	8.7
年間(12ヶ月)	75.7	7.6

表 1 の利用率は得られた熱量の内、セントラル熱源空調システムでどの程度有効に利用されているかを示す数値であり、表 2 の寄与率は得られた熱量の内、太陽熱集熱量が占める割合を示している。

ガスコージェネレーションの排熱回収量が暖房期と冷房期においてほぼ同じ値であるのに比較し、利用率が異なるのは、暖房期の放熱率が大きいことによるものと示唆される。太陽熱集熱量が暖房期と冷房期で異なるのは季節差による集熱量の差異と暖房期に一部の太陽熱集熱量を別のシステム(5 階の熱融通システム)で利用しているためである。

これらの数値は、ガスエンジンコージェネレーションと太陽熱集熱パネルの設備容量によって変化するため、今後の実験結果の検証により最適化を図ることが可能となる。

3. 2 一次エネルギー削減率と二酸化炭素排出量削減率

先に示した算定方法により住棟のセントラル熱源空調システムの一次エネルギー削減率と二酸化炭素排出量削減率を検証した。第4フェーズにおいて実施したセントラル熱源空調システムの省エネルギー性能の改善策を以下に示した。

- コージェネレーションシステム(CGS)運転制御の最適化：CGSは冷暖房負荷が少なく、排熱有効利用が困難な時間帯は停止する運転制御により最適化を図った。
- 各熱源機の出入口温度の最適化：温水炊き吸収式冷凍機は稼働率を高め、排熱利用率を向上させるために冷水出口温度を下げた。二重効用ガス吸収式冷温水機は出口温度を高くし都市ガス消費量の抑制を図った。
- 各熱交換器の出入口温度：排熱回収量や熱交換器効率の最大化を図り、出入口温度の設定を変更した。

住棟のセントラル熱源空調システムの一次エネルギー削減率と二酸化炭素排出量削減率を表3に示した。

表3 一次エネルギー削減率と二酸化炭素排出量削減率

期間	一次エネルギー削減率(%)	二酸化炭素排出量削減率(%)
暖房期(12月～2月)	7.6	17.8
冷房期(7月～9月)	10.1	17.7
年間(12ヶ月)	7.7	16.1

セントラル熱源空調システムの一次エネルギー削減率は年間で7.7%であり、冷房期は10.1%であった。二酸化炭素排出量削減率は年間で16.1%であり、冷房期は17.7%であった。

再生可能エネルギーを利用する熱源機として冷房COP(成績係数)が低い温水炊き吸収式冷温水機を適用していること、再生可能エネルギー取得量が最適化されていないこと等が省エネルギー性能を低く抑制しているものと考えられる。

より高効率な排熱駆動の吸収式冷凍機としてジェネリンクがあるが、設備容量(31.3kW)として適合するものが存在しないため既存の単効用熱源駆動吸収式冷凍機を使用している。もし、適合するジェネリンクが存在すれば、燃料消費量が10～20%削減できる[5]。これによる省エネルギー性能を試算した結果、8月の場合で、一次エネルギー消費量削減率として14%程度まで、二酸化炭素排出量削減率として20%程度まで向上すると考えられる。

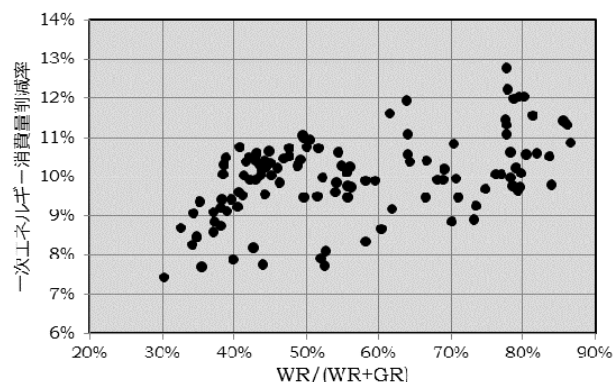


図2 冷温水機出力と一次エネルギー消費量削減率

冷房期における省エネルギー性能は温水炊き吸収式冷温水機(WR)の冷熱出力と二重効用ガス吸収式冷温水機(GR)の冷熱出力との合計出力との比率に関係する。温水炊き吸収式冷温水機の冷熱出力と冷熱出力合計値との比率を横軸に、一次エネルギー消費量削減率を縦軸にプロットした図を図2に示した。(7月～10月のデータを使用)

温水炊き吸収式冷温水機の出力比率が増加すると省エネルギー性能が向上することが明らかであり、図2においても正の相関関係が示された。

4. おわりに

本実験で得られた知見は以下の通りである。

- 一次エネルギー消費量削減率として、年間で7.7%、暖房期は7.6%、冷房期は10.1%が得られたこと
- 冷房期の温水炊き吸収式冷凍機における熱源利用量において、太陽熱集熱量の寄与率は8.7%であったこと
- 本システムへ適用可能な高効率の排熱駆動吸収式冷温水機(例えば排熱駆動二重効用ガス吸収式冷温水機：ジェネリンク)が存在すれば、一次エネルギー消費量削減率は14%程度まで向上する可能性があること
- 冷熱出力合計値に対する温水炊き吸収式冷温水機の出力比率と一次エネルギー消費量削減率との間に、正の相関関係があること

5. 参考資料

- [1] 大阪ガス株式会社リビング事業部、大阪ガス実験集合住宅NEXT21パンフレット、2014年9月
- [2] 株式会社寺田鉄工所ホームページ URL：
http://www.solars.jp/sola_02.html
- [3] ヤンマーエネルギーシステム株式会社、マイクロコージェネレーション設備設計資料、2012年2月
- [4] 矢崎エネルギーシステム株式会社、カタログ、2012年
- [5] 日本冷凍空調学会ホームページ URL：
<http://www.jsrae.or.jp/>

【E-②】 家庭用生ごみからのバイオガス活用実験

各住宅の生ごみディスポーザー排水を集約処理することで、安定的にバイオガスに転換し、発生したバイオガスをガスエンジンコジェネレーションの燃料として有効利用するシステムについて実証した。

1. はじめに

国内外を問わずバイオガスの利活用が推進され、エネルギー供給構造高度化法の施行によりガス事業者に対してもバイオガスを効率的に発生させ利用するなど非化石エネルギー源の利用拡大が求められている。

大阪ガスでは、バイオガス化がほとんど行われていない小規模(1t/日以下)生ごみのオンサイト処理に着目し、小規模の生ごみ処理でも経済性が成立する、コンパクトで安価な「小型バイオガス化装置」の開発を進めている。

小型バイオガス化装置が集合住宅の生ごみディスポーザー排水にも適応可能であることを実証するため、NEXT21 第4フェーズにおいて、小スケールの実験装置を設置し、各戸から排出される生ごみディスポーザー排水を集約処理してバイオガスに転換するとともに、発生したバイオガスをガスコジェネレーションの燃料として有効利用するシステムについて実証した。

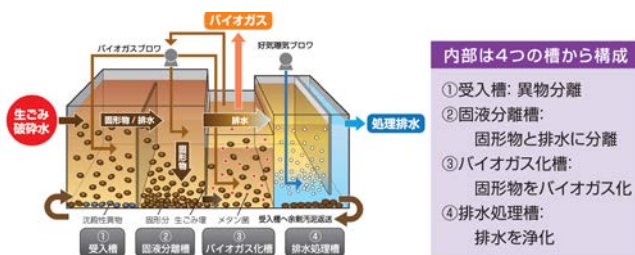


図1 NEXT21 に設置した小型バイオガス化装置

2. 実証実験概要

- ・ 実験装置性能: 生ごみ処理能力 20 kg(湿重)/日
- ・ 対象住戸: ディスポーザー設置住戸 12 戸
- ・ 生ごみ投入量想定: 5 kg(湿重)/日
- ・ バイオガス発生原単位目標: 70L 以上/kg-生ごみ
- ・ バイオガス利用機器: 31kW ジェネライト
- ・ 運転開始: 2013 年 8 月

3. 実験結果

3.1 バイオガス発生量

運転開始からのバイオガス発生量(日量)を図2に示す。

ディスポーザー排水中の生ごみ濃度が想定よりも稀薄であったため(20 倍希釈の想定に対して実態は 80 倍希釈)、実験装置立ち上げ時に投入した有用菌が希釈/流出したことで、運転開始後数ヶ月はバイオガス発生量が少なかった。その後、有用菌が増殖/維持されたことでバイオガスの発生は増加したが、安定してバイオガスが発生する(以下、この状態を「安定運転」と呼ぶ)まで、約 10 ヶ月を要した。安定運転に入った後は、実験装置手前の配管閉塞に伴ってバイオガス発生量が低下した期間(2015 年 1 月)を除き、安定運転を継続しており、運転開始から 2 年以上の連続運転を達成した。

安定運転時のバイオガス発生量は、投入生ごみ量に応じた日変動はあるものの、100~400L/日の範囲で安定的に発生している。また、バイオガス中のメタン比率は 64~79%の範囲で推移し、生ごみ由来バイオガスの一般的なメタン比率 60%を上回った。

安定運転時の生ごみ投入量、バイオガス発生量、バイオガス発生原単位を表1に示す。

定期的に測定したクッションタンク内の生ごみ濃度とクッションタンクからの送液量から、実験装置への生ごみ投入量は 2.8 kg(湿重)/日と算定した。また、安定運転時の1日あたりのバイオガス発生量は平均で 210L/日であった。上記生ごみ投入量とバイオガス発生量から算出したバイオガス発生原単位(投入生ごみあたりのバイオガス発生量)は、75L/kg-生ごみとなり、目標の 70L 以上/kg-生ごみを上回った。

表1 安定運転時のバイオガス(BG)発生原単位

	生ゴミ投入量 (kg/日)	BG 発生量 (L/日)	BG 発生原単位 (L/kg-生ゴミ)
目標/想定	5.0	350	70
実績	2.8	210	75

3.2 処理排水性状

実験装置から排出される処理排水については月1回の定期分析を行った。下水放流基準(BOD:600 mg/L、SS:600 mg/L、油分:30 mg/L)に対して、当初は油分と SS が基準を上回ることがあったが、表2のとおり、現在は全ての項目で下水放流基準をクリアしており、処理排水性状は安定している。

表 2 処理排水の性状

	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	油分 (mg/L)
下水放流基準	600	600	30
排水性状(2015 年 10 月)	91	0	0

3.3 バイオガス利用実証

バイオガスの発生は不定期で、かつ1日あたりのバイオガス発生量は平均 210L 程度と少ないため、小型バイオガス化装置で発生させたバイオガス単独で 31kW ジェネライト(ガスコージェネレーションシステム)を稼働することはできない。そこで、発生したバイオガスを都市ガスと混焼することで有効利用するシステムとし、別途開発した「混焼装置」により都市ガスへのバイオガス混合量を制御した。混焼装置は、ジェネライトの熱量変動許容範囲内でバイオガスの発生量に応じて少量のバイオガスを混合する機能を持つ。

ジェネライトがトラブルなく運転できていることから、混焼装置が想定通りに機能し、ジェネライトによるバイオガスと都市ガスとの混焼が安定的に行われていることが実証された。

一方、ジェネライト停止時に発生したバイオガスはフレアースタックで燃焼しているため、全ての発生バイオガスを有効利用することはできない。フレアースタックで燃焼したバイオガス量を別途計測しており、そこから逆算したジェネライトでのバイオガス利用率は 80～90%となり、大半の発生バイオガスがジェネライトの燃料として有効利用されていることを確認した。

4. おわりに

NEXT21 での実証実験により、対象戸数は少ないものの集合住宅の生ごみディスポーザー排水を「小型バイオガス化装置」で集約処理し、安定的にバイオガスに転換できることを実証した。また、発生バイオガスを混焼装置を用いて都市ガスと混焼させることでガスコージェネレーションの燃料として有効利用できることを実証した。

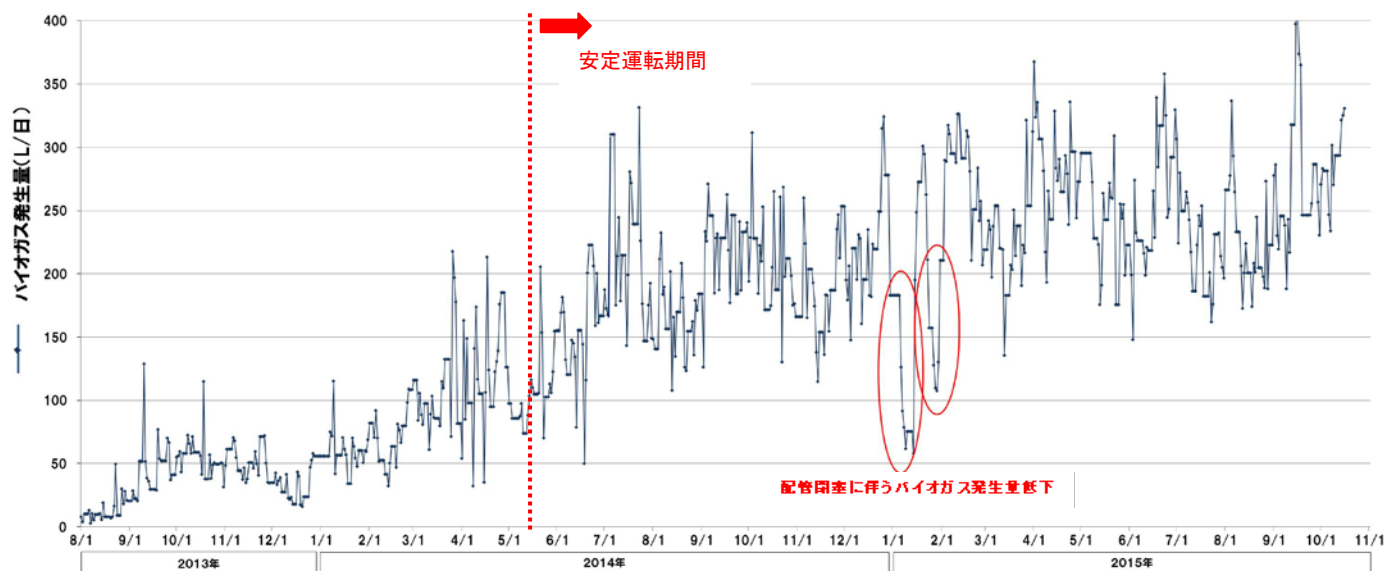


図 2 バイオガス発生量(日量)の推移

【E-③】 燃料電池、太陽電池、蓄電池の3電池システム実験

燃料電池(SOFC)、太陽電池に蓄電池を組み合わせた 3 電池システムを導入することによって、従来住宅と比較して 2,443kg-CO₂/年の CO₂ 排出量削減効果(削減率 41%)が確認できた。

1. はじめに

低炭素社会実現に向け、温室効果ガス排出量を 2030 年までに 13 年比で 26%削減するという政府目標案が示されており、この厳しい目標を達成するには、エネルギー需要の増加が多い部門でのエネルギー使用量を削減することが有効であると考えられる。中でも家庭部門は、家電や世帯数の増加等の影響により近年エネルギー需要の増加が著しく、太陽電池等の自然エネルギーの大量導入が注目されているが、暖房用と給湯用といった熱エネルギーが全消費量の約半分を占めており、電気エネルギーの削減だけでなく、熱エネルギーを含めた電気+熱のトータルエネルギーマネジメントが重要である。

このため、大阪ガスでは、高効率に発電し、同時に発生する熱を有効利用可能な燃料電池を核とし、さらに太陽電池と蓄電池を組み合わせた 3 電池システムを用いることによって、一層省エネルギー性を高めた「スマートエネルギーハウス」(図1)の開発を進めている。スマートエネルギーハウスでは、情報技術を駆使することによって、ユーザーの利便性・快適性を損なうことなく、電気だけでなく熱まで含めた家庭内エネルギーの最適化を目指している。



図1 スマートエネルギーハウスイメージ

2. 3 電池システムのコンセプト

3 電池システムでは、定格時の発電効率が火力発電の需要家端での平均エネルギー利用率よりも高く、同時に排熱を有効利用することでより大きな省エネルギー効果を発揮することができる固体酸化物形燃料電池(以下、燃料電池)を利用する。燃料電池で発電した電力を電力系統に逆潮しないため、燃料電池は家庭内の電力負荷に追従して運転するが、深夜時間帯等の電力負荷が小さい時間帯では部分負荷運転となり、本来の省エネルギー性能を十分に発揮できないことがある。

そこで、燃料電池の省エネルギー性能を引き出すために、蓄電池を活用する。電力負荷の小さい時間帯には蓄電池を充電運転し、燃料電池を効率の高い定格運転で運転する。また、電

力負荷がピークとなる夕方から夜間には蓄電池から放電する。このように蓄電池を活用することで燃料電池で作り出す高効率な電気と熱の利用量を増やすことが可能となる。図2に3電池システムの運転パターン例を示す。

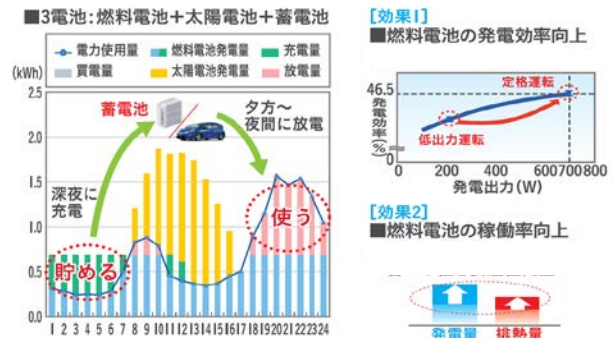


図2 3電池システム制御

3. 戸建居住実験住宅での実験結果

大阪ガスでは、実居住環境における評価が重要であると考え、実証実験住宅として奈良県王寺町に戸建の居住実験住宅(以下、「居住実験住宅」)を建設した。2010 年度より 3 年間、実際に社員が暮らしながら3電池システムの省エネ効果の検証などを行った。



図3 居住実験住宅(奈良県王寺町)

居住実験住宅での取組みにおいて、燃料電池と太陽電池に定置型蓄電池を組み合わせることで 106%(4,901kg-CO₂/年)の CO₂ 排出量削減効果(表1)が確認できた。

表1 居住実験住宅実験結果

	3 電池なし (kg-CO ₂ /年)	3 電池あり (kg-CO ₂ /年)	削減率
CO ₂ 排出量	4,617	-284	106%
削減効果	燃料電池	972	21%
	太陽電池	3742	81%
	蓄電池	187	4%

4. 603 住戸実験条件

実居住環境下において 3 電池システムの省エネ効果を確認する 2 戸目の住戸として NEXT21 の 603 住戸を利用し検証を行った。各住戸の諸元(表 2)およびエネルギー負荷(図 3)について以下に示す。603 住戸は最新の省エネ家電を備えた居住実験住宅と比較し、冷房負荷および照明・家電の負荷が大きいことや、居住者の暮らし方として給湯負荷が小さいことなどが確認できる。

表 2 603 住戸および居住実験住宅諸元の比較

	603 住戸	居住実験住宅
住宅	集合住宅 床面積:106.6 m ² 4 人家族	戸建住宅 床面積:138.8 m ² 3 人家族
燃料電池 (SOFC)	エネファーム type S 出力:700W 貯湯槽 90L	2010 年度実証機 出力:700W 貯湯槽:200L
蓄電池	SCiB 型 リチウムイオン蓄電池 蓄電容量:4.4kWh 出力:1.0kW	SCiB 型 リチウムイオン蓄電池 蓄電容量:3.5kWh 出力:1.0kW
太陽電池	単結晶シリコン型 定格出力:2.6kW	多結晶シリコン型 定格出力:5.1kW



603 住戸 レイアウト



603 住戸 室内写真

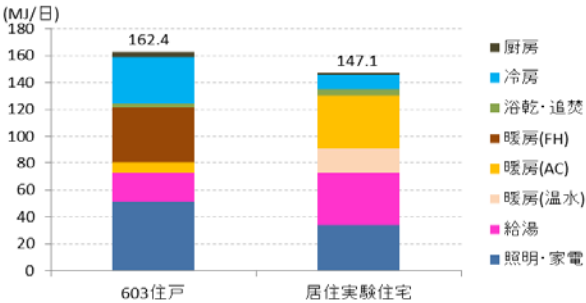


図 3 603 住戸および居住実験住宅のエネルギー負荷

5. 603 住戸での実験結果

燃料電池と蓄電池の組み合わせ制御については、深夜や昼間の外出時など住宅負荷の小さい時間帯に充電し、夕方など負荷の大きい時間帯に放電できていることが確認できた。(図 4)

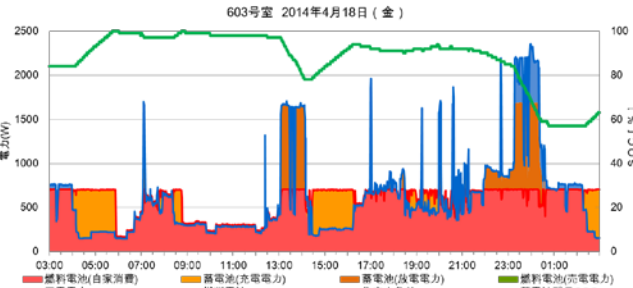


図 4 燃料電池と蓄電池の稼働状況

また、省エネ性についても 41%(2,443kg-CO₂/年)の CO₂排出量削減効果(表 3)が確認できた。

表 3 603 住戸実験結果

	3 電池なし (kg-CO ₂ /年)	3 電池あり (kg-CO ₂ /年)	削減率
CO ₂ 排出量	5,740	3,297	41%
削減効果	燃料電池	813	14%
	太陽電池	1,489	25%
	蓄電池	141	2%

※101 日間の 3 電池システム実験データを 1 年間に展開して計算

6. 603 住戸と居住実験住宅の比較

603 住戸と居住実験住宅での実験結果を比較すると、603 住戸の方が CO₂削減効果が小さくなっている。主な要因として以下の点があげられる。(表 4)

- ①太陽電池の容量が小さいため、太陽電池による省エネ効果が小さくなっている。
- ②603 住戸の間取りの特徴として、空調使用時にはほぼ住戸全体を空調することとなる。また、照明器具にも白熱電球等が利用されている。その結果、電力消費量が最新の省エネ家電を備えた居住実験住宅と比較して大きくなっている。
- ③603 住戸居住者の暮らし方の特徴として給湯需要が居住実験住宅と比較して小さかった。それに関わらず②で述べたように電力消費量が大きかったため、熱電比が大きく異なっており、居住実験住宅と比較して燃料電池排熱の未利用分が多かった。そのため燃料電池および燃料電池からの電気を充電する蓄電池による省エネ効果が小さくなっている。

表 4 603 住戸と居住実験住宅の住宅負荷比較

	603 住戸	居住実験住宅
①太陽電池発電量	2,158kWh/年	5,424 kWh/年
②電力消費量 (うち冷房負荷分) (うち照明・家電分)	6,412 kWh/年 (869kWh/年) (5,209kWh/年)	4,521 kWh/年 (251kWh/年) (3,345kWh/年)
③給湯需要	7,810 MJ/年	14,126 MJ/年

7. おわりに

燃料電池、太陽電池に蓄電池を組み合わせることによって、CO₂排出量を削減できることが 603 住戸でも確認できた。その上で CO₂排出量をゼロにするには、エネルギーシステムだけでなく住宅設備などによる影響も大きいことが改めて確認できた。

住まい・住まい方実験概要

「人と自然の関係性の再構築」、「人と人のつながりを創出」をテーマとし、少子高齢社会に対応し、環境保全にも対応する住まいの探求のための実験を実施した。

1. これまでの実験と第4フェーズ居住実験

これまで NEXT21 の住まい関連実験では、少子高齢社会における住まいの検討課題として、

- ・子育てへの対応
- ・高齢小規模世帯への対応
- ・家族の個人化への対応
- ・子育て・介護・家事等のサービス供給への対応
- ・多様なワークスタイルへの対応
- ・個人のネットワークへの対応

の6つを想定し、住まい方調査による実証実験、リフォームや可変インフィル変更による提案等を行ってきた。また、大規模な建物緑化を試み、緑化の状況を検証し、居住者による共同管理とそのコミュニティへの影響を考察した。共用廊下にあたる「立体街路」の導入により、集合住宅における「みち」空間の再現を試み、その利用実態について調査・検証を行った。環境共生技術を導入した住戸では、省エネライフの実践により、消費エネルギー量を大幅に削減する実験、共用部に上町台地にちなんだテーマでのウィンドウ展示を行い、展示や展示作成を通じて地域交流を促進しようとする試みなども行ってきた。その時々住まいや住まいをめぐる諸環境の課題をとらえ、時流に対応した実験の展開をめざしてきた。

第4フェーズの居住実験の検討においては、「人と自然の関係性の再構築」、「人と人のつながりを創出」をテーマとし、東日本大震災の経験を踏まえ、レジリエンスの視点から居住実験を想定し、まず緑地の再構築を実施した。都市緑化ネットワークの一端を担う「緑の回廊」を住棟内に配置するというコンセプトは、建物竣工当時からの一貫した考え方ではあるが、第4フェーズ居住実験開始を前に、さらに私空間である住戸と緑地の関係を深め、居住者が暮らしの中で、植物の変化や野鳥の飛来を自然の移ろいとして感じられる緑地とした。

改修住戸においては、緑地のある外部空間を積極的に住戸内に引き込む設計を実施した。外部空間と室内空間の重なり合う部分を中間領域と定義し、住戸内に位置付けている。中間領域は、バッファゾーンとして温熱環境を調整すると同時に、公的空間と私的空間の重なり合う部分でもあり、居住者による「いえ」の「そと」に対する開き方の調整を可能とし、少子高齢時代の多様なライフスタイルの実現に寄与する。

第4フェーズでは、これら緑地や中間領域に関する実験の他、NEXT21 設計パートナーコンペティションの実施、省エネライフスタイルの醸成実験などを実施している。

2. 各実験内容紹介

[A] 少子高齢社会に対応した住まい研究

◇新・中間領域研究

中間領域の実現が難しいと考えられる集合住宅において、中間領域を設計・施工し、使い方の確認と、その意義の検証を通じ、設計に資する知見を得ることを目的としている。具体的には、304 住戸「住み継ぎの家」、305 住戸「余白に棲む家」、403 住戸「しなやかな家」における中間領域の使い方を記録・分析する。

◇NEXT21 設計パートナー・コンペティション「2020 年の住まい」

コンペでは、2020 年という現実感の中で次世代の居住のあり方を改めて問い、一つには、2020 年の家族の姿を二つには、新たなシェアの形を募集した。設計コンペでは、404 住戸「4G HOUSE」((株)大京様ご提案)、501 住戸「プラスワンの家」(近鉄不動産(株)様ご提案)が最優秀賞として選定され、建設された住戸で新たな生活が始まっている。

◇都市空間における子供の行動調査

NEXT21 に暮らす小中学生の子どもたちの屋外での行動を調査し、現代の子供の都市での生活像・まちとの関わりを調査した。子どもの視線からみた居場所としての住環境の課題、あり方、子どもの育ちに必要な街の姿の検討を最終目標としている。

[B] 都市住宅における緑地マネジメント研究

都市緑化の一端を担う緑の回廊として再構築し、緑地マネジメントにより、生物生育基盤としての機能維持及び居住者が継続的に関われる緑地管理、コミュニティ形成の実現に向けた取り組みを実施した。その上で、詳細な植生調査、生き物調査を実施し、緑地の現状を把握した。

[C] 省エネ・ライフスタイルの変容に関する研究

我慢や不便を感じるネガティブな省エネ行動ではなく、心豊かで持続可能な省エネ行動への誘導について検証した。具体的には、ワークショップや、省エネ行動宣言により、居住者の方に省エネライフを実践していただいた結果を分析した。

【A-①】 新・中間領域研究 1 -研究の概要-

外部と内部、または公的領域と私的領域が重なり合い、両者の質を併せ持つ空間を「中間領域」と定義し、改修住戸等の設計に取り入れ、その検証のための調査・実験を実施した。

1. 研究の背景

近年の集合住宅では、外部空間と室内空間が、断熱性能や防音性能の高い壁・建具によって、はっきりと分断される傾向にある。地球環境保全のためには省エネルギーの推進が大命題であり、少しでも住宅の断熱性能を向上させ、空調効率を上げることが有効である。高い断熱性能を確保するためには、壁は厚く、窓は小さくするのが常套手段となる。その結果、外部空間と室内空間は分断されることになる。

しかし、外部と室内に関係性を持たせ、一体的に使用することや、外部空間の快適性や気配を取り入れながら生活することは、本来は日本の居住文化の一つの特徴である。風通しを重視しつつ、状況に合わせて雨戸や障子、ふすま等の建具で仕切り方を選択する。縁側のような空間で、季節感を楽しみ、庭の緑を愛で、光、風を感じる。室内にいながら、外の景色や気配を感じ過ごす。日本における居住空間と庭との関係は、欧米と比べると明らかに密接だと考えられる。

また、省エネルギーの視点から考えても、厚い断熱材で外部と室内を仕切るのではなく、たとえば複数の建具で室内空間を外部から仕切れば、内部空間の断熱性能は向上する。夏に冷房によらず、風通しで涼をとるという選択もありえる。外壁だけで断熱性能を担保する以外にも、建具を使うなど、従来の居住文化の中に環境に配慮する手段を見出すことができる。

さらに、私的な空間と公的な空間の質を併せ持つ中間的な空間があれば、来訪者のアクセスについて、居住者がコントロールしやすくなる。来訪者によって招き入れる空間が選択可能であるなど、居住者がその時々状況によって、外部と室内の仕切り方を調整できることは、家の一部をコミュニティに開放したり、ヘルパーやシッター等の外部サービスを安心して受け入れたり、また、家の一部を仕事に使うなど、多様な生活行動の可能性を広げる。他者と生活の一部を共同化したり、外部サービスを受けながら生活したり、多様なワークスタイルで働きながら暮らすといった、少子高齢社会における多様なライフスタイルや交流の実現に有効である。

2. 中間領域の設定とその意義

前章の視点から、実験集合住宅NEXT21第4フェーズ居住実験では、外部と内部、または公的領域と私的領域が重なり合い、両者の質を併せ持つ空間を「中間領域」と定義し、改修住戸の設計に取り入れた。中間領域は、住戸の表・玄関のアクセス系の外部空間側、および裏・庭の庭系外部空間側の両方が考えられる。外部空間の質を室内に招くと同時に、外部と室内

のバッファーゾーンとなり、温熱環境の向上に寄与する。公的にも私的にも空間を使い分けることが可能であり、多様な生活行動の場となると同時に、そのことが人と人との出会いの機会を創出することにつながる。

また、中間領域は、住棟の共用部と地域空間の重なり合う部分にも想定し、交流室を設けた。



図1 中間領域のイメージ



図2 中間領域(環境調整空間)

中間領域の意義は、以下の6つに整理することができた。

- ①外部空間の快適性を享受する。
- ②多少暑く(寒く)とも、季節感を楽しむ。
- ③本来外部空間で行う行為を過酷な環境条件を避けて行う。
- ④必要に応じ、空調空間を拡大する。
- ⑤空調空間を狭め、空調効率を上げる。
- ⑥人と人とのつながりの創出し、少子高齢時代の居住ニーズに対応する。

本研究では、中間領域の中でも、ある程度の断熱性を保持した建具で仕切られ、ダブルスキンとなっているものを 特に環境

●外部空間の快適性を享受する

子どもの遊び・ひなたぼっこ・夕涼み
囲碁・読書・仕事・勉強・昼寝・食事



●多少暑く(寒く)とも季節感を楽しむ

お花見・お月見・スイカ割り
水遊び・バーベキュー・七夕祭り・花火



●本来外部空間で行う行為を取り入れる

訪問者の応対・自転車の手入れ・
洗い物・物干し・DIY・作業



●状況に応じて冷暖房をする空間を拡大する

ホームパーティ・子どもの遊び



●冷暖房をする空間を小さくし、空調効率を上げる



●人と人とのつながりを創出し、少子高齢社会の居住ニーズに対応する

図3 中間領域の意義

調整空間と呼ぶ。環境調整空間については第4編で後述する。

3. 研究の目的と調査概要

以上より、本研究では、中間領域の実現が難しいと考えられる集合住宅において、中間領域を設計・施工し、使い方を確認し、その意義を検証する。そして、その設計に資する知見を得ることを目的とする。

研究の方法は、アンケート調査とその補足のための住戸訪問によるヒアリング調査、室内写真撮影・スケッチによる家具等の配置調査、および夏期のイベント(料理教室とバーベキューパーティ)実施による参与観察調査、そして春期・夏期の生活行動・温熱環境記録調査の実施と分析である。調査の対象は、中間領域を住戸計画に位置付けた3住戸(304住戸、305住戸、403住戸)とした。各調査の概要を表に示す。

表1 アンケート調査の概要

実施(配布)時期	入居時:2013年10月 第1回(冬期):2014年2月 第2回(春期):2014年5月 第3回(夏期):2014年9月 第4回(秋期):2014年12月
調査対象(1票/人)	304住戸:夫・妻、305住戸:夫・妻、403住戸:本人・父
調査内容	生活時間、住戸内行動・場所、住戸満足度、他

表2 住戸訪問によるヒアリング等調査の概要

実施時期	第1回:2014年4月 第2回:2015年2月
調査対象	304住戸:夫・妻、305住戸:夫・妻、403住戸:本人
調査内容	生活状況(アンケート補足)ヒアリング 住戸内写真撮影・スケッチによる家具等の配置調査

表3 夏期イベント調査概要

実施時期	2014年8月
実施場所	403住戸
イベント内容	料理教室とバーベキューパーティ
参加者	料理教室講師:403住戸居住者、その他参加者:居住者24名(内、子供10名)、調査者:12名、計37名
調査内容	行動記録(目視・ビデオ)、アンケートによる快適感・温熱感、体温、室温、風速等

表4 生活行動・温熱環境記録調査

実施期間	春期:2015年5月16日~31日(16日間) 夏期:2015年8月28日~9月6日(10日間)
調査対象	304住戸:夫・妻、305住戸:夫・妻、403住戸:本人
調査内容	生活行動・時間・場所、建具開閉状況、体温・脈拍、室温、風速等

4. 研究における各住戸の位置づけ

本研究では、NEXT21第4フェーズ居住実験において、中間領域を位置づけ、設計した3住戸を研究対象としている。それぞれの住戸と中間領域は、以下の特徴を持つ。305住戸は、学童保育や塾等、日常的に子どもの居場所となる住戸とした。また、403住戸は、料理教室開催しやすい住戸とした。さらに、304住戸は、中間領域をダブルスキンとすることにより、特に温熱環境の優位性に配慮した環境調整空間とした。

そこで、本報告の構成としては、次編では、305住戸における日常生活における中間領域の使い方とその意義について検証する。第3編では、403住戸におけるイベント(料理教室)開催時の中間領域の使い方とその意義について検証する。最後に、第4編では、304住戸の環境調整空間による温熱環境の優位性について検証する。

5. 交流室の利用について

NEXT21では、住戸と共用部の中間領域だけでなく、住棟と地域空間との中間領域として、NEXT21の1階に交流室を設置した。交流室の利用について以下に報告する。

交流室は、地域空間に対して住棟のインターフェイズとなり、外部からの来訪者を受け入れる空間となる。NEXT21の居住者同士、または来客や周辺地域住民と居住者の交流にも利用されることを想定した。

実際の使われ方としては、居住者同士の懇親会、クリスマスパーティ、子どものいる家族を中心としたハローウィンパーティ、来客を招いたバーベキューパーティなど、交流を主な目的とした利用の他、年末の地域住民による警防活動の待機場所、自治会の引き継ぎ、または居住者が読書や打ち合わせ、講師を招いた英会話レッスン、勉強など個人的に使用することもあった。また、大阪ガスや野鳥の会が主催する地域に向けたイベント会場としても利用した。

* 中間領域については、過去にもいくつかの研究がなされており、本研究では、それらと区別して、新・中間領域研究とした。

■[A-②] 新・中間領域研究 2 -305 住戸「余白に棲む家」における日常生活の中間領域-

住戸では学習塾が開かれ、中間領域は子供たちの居場所となっている。また、中間領域は家族のくつろぎの場としても、接客の場としても活用され、建具の開閉により多様な住戸のつながり方が実現している。

1. 305 住戸「余白に棲む家」と中間領域の概要

305 住戸「余白に棲む家」は、居住者による学童保育や塾など、日常的に子供が集まり、居場所となる家をコンセプトに設計が進められた。

住戸内には、室1、室2、座室、間室、そして浴室が配置されているが、その周囲の「余白」は、土間空間となっている。都市の緑地ネットワークの一端となるよう設計されたNEXT21の緑地が、エコロジカルガーデンから立体街路、そして住戸内へと、土間を通じて引き込まれ、土間が回遊性のある中間領域となっている。

玄関は北側の「内土間3」に想定されているが、子供たちは南側の「外土間1」から住戸に集まり、間室や座室、または土間空間や緑地にも、それぞれの居場所を見出すことができる。

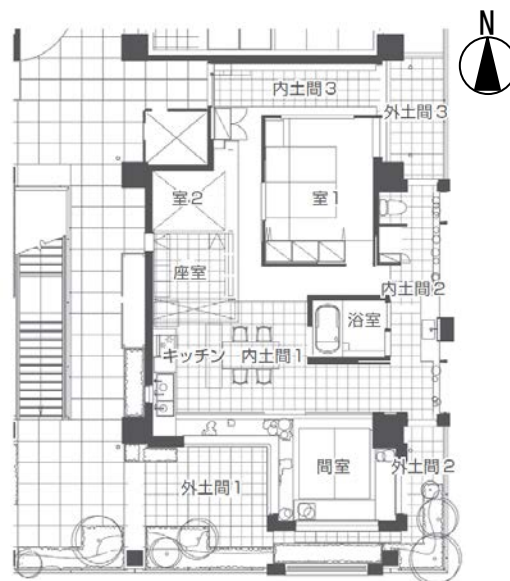


図1 305 住戸「余白に棲む家」平面図

2. 305 住戸における居住者の住み方

居住するのは、20 代の夫と 30 代の妻、小学生の長女、乳幼児の次女・長男(2015 年 3 月現在)の 5 人家族である。

夫は会社員であり、平日は出勤している。妻は入居当初はパート勤務であったが、入居間もなく自宅で塾を始めた。塾に通う子供たちは、想定通り南側の外土間1から住戸に入る。塾は間室で開催されるが、個人のペースで学習が進められるため、子供たちは比較的自由的な時間に訪れている。中には、塾が終了しても留まり、住戸回りの立体街路(共用廊下にあたる)で遊んでから帰る子供もいる。「帰りたくない」と言う子供もあり、居心地の良さを察することができる。

土間空間は、冬は寒いが、春夏は気持ちがよく、子供たちが走り回って楽しんでいる。外土間1は、子供たちの遊び場となっているが、夫婦にとっても、読書やくつろぎの場所として使用されている。

3. 305 住戸における中間領域の使い方と公私領域

住戸内は、すべて私的な空間ではあるが、305 住戸において、私的な意味合いの強い領域と、公的な意味合いを帯びている領域をみるため、住戸内で行う表1の行為について、その行為を行う場所を居住者に記入してもらった。結果を図3に示す。

さらに、表1の生活行為について、一人で行う単独行為と、誰かを行う相互行為、および外部空間で行う行為と室内で行う行為という2軸で整理したものを表2に示す。

単独行為は、他者と同一空間で行うことが考えにくい排他的行為と、単独行為ではあるが、自分のための行為ではなく、他者へのサービス行為(家事)、来客の単独行為、そしてそれ以

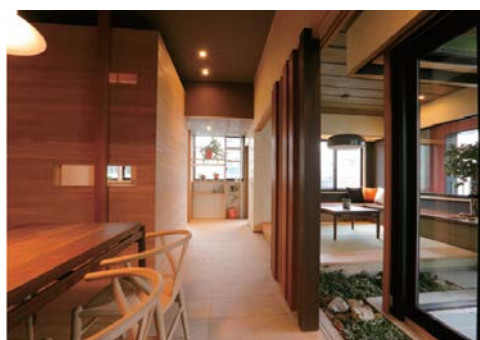


図2 305 住戸「余白に棲む家」住戸内写真

表1 生活行為

- | |
|---------------------|
| A. 夜に就寝する場所 |
| B. 手紙などの書き物をする場所 |
| C. 読書をする場所 |
| D. パソコンを使う場所 |
| E. 着替えをする場所 |
| F. 普段の食事場所 |
| G. くつろぐ場所 |
| H. 昼寝をする場所 |
| I. テレビを視る場所 |
| J. 音楽を聴く場所 |
| K. 楽器を演奏する場所 |
| L. 日曜大工や工作をする場所 |
| M. 園芸・植栽の世話をする場所 |
| N. ゲームをする場所 |
| O. 家族の団欒場所 |
| P. 運動・トレーニングなどをする場所 |
| Q. 接客・打ち合わせをする場所 |
| R. 来客との食事場所 |
| S. パーティを開く場所 |
| T. 来客が泊まる場所 |
| U. 井戸端会議・立ち話をする場所 |
| V. 汚れ物(雑巾・靴など)を洗う場所 |
| W. 裁縫・ミシンをかける場所 |
| X. 物干しをする場所 |
| Y. アイロンなどの家事をする場所 |
| Z. 化粧をする場所 |

表2 行為内容の整理

私	←						→	公
単独行為 (排他的)	単独行為 (来客)	単独行為	単独行為 (サービス)	相互行為 (単独有)	相互行為 (家族)	相互行為 (来客)	相互行為 (訪問者)	
A E	T	I Z	Y					室内
		B C D G H J K N P	V W X	F	O	Q R S	U	両方
		L M						屋外

外の行為に分類した。

また、相互行為は、単独で行う可能性もある行為、家族との相互行為、来客との相互行為、住戸内に入らない訪問者との相互行為に分類した。

表2中、おおむね右側ほど、公的意味合いのつよい行為と考えられる。外部でも室内でも行われる可能性のある行為について、最も左側に位置する行為を黄色で、右側に位置する行為を青色で示している。この着色を図3にも反映している。

アンケートより、「自分の家の領域」だと考えている境界として、夫婦ともに、外土間1と立体街路(共用廊下にあたる)との境界線とその延長だと答えている。図3、および表2より、「自分の家」の範囲のほぼ全域で単独行為が行われ、読書やくつろぎの場としての利用が、外部空間である外土間1にまで広がっていることがわかる。さらに、接客や来客との食事場所にはダイニングと間室が利用され、来客はダイニング空間まで入ることがわかる。そして、来訪者との立ち話・井戸端会議にも外土間1が利用され、立ち寄った来訪者が外土間1まで招き入れられていることがわかる。

以上より、図4に、居住者が自分の家だと考える領域と屋内の領域、単独行為が行われる領域、接客が行われる領域、来訪者の立ち寄りの領域を示す。図4より、中間領域の中でも、私的な単独行為と、公的な相互行為の両方が行われているのは外土間1から内土間1、間室の部分であり、この領域が状況に合わせて適宜使い分けられている。

4. 建具による住戸空間のつながり方

生活行為・温熱環境記録調査より、建具の開閉状況を居住者に記録してもらい、その結果から、外部空間と室内空間のつながり方のパターンを拾い出した。その結果を図5に示す。

図5より、居住者は建具を利用し、多様な外部空間と室内空間のつながり方を実現している。また、春期と夏期では、そのつながり方のパターンに、ほとんど重複がなく、季節に応じ、使い分けられていると考えられる。

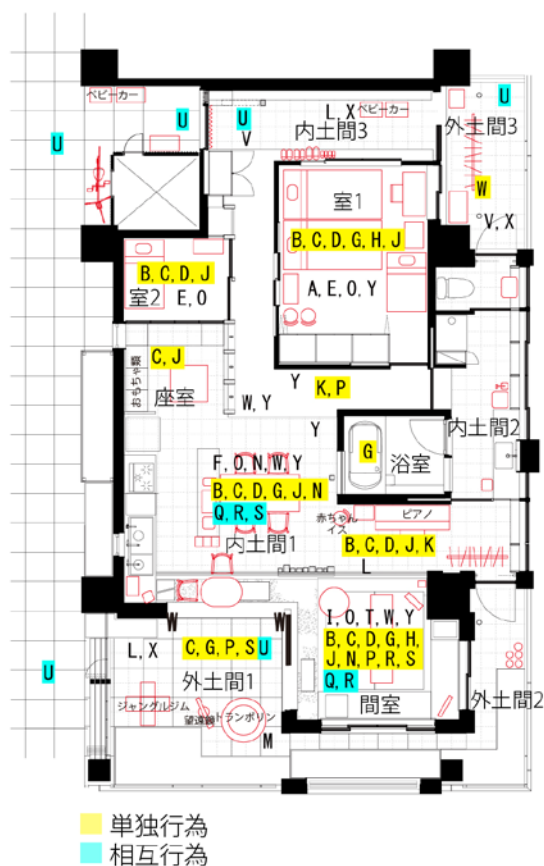


図3 生活行為・場所

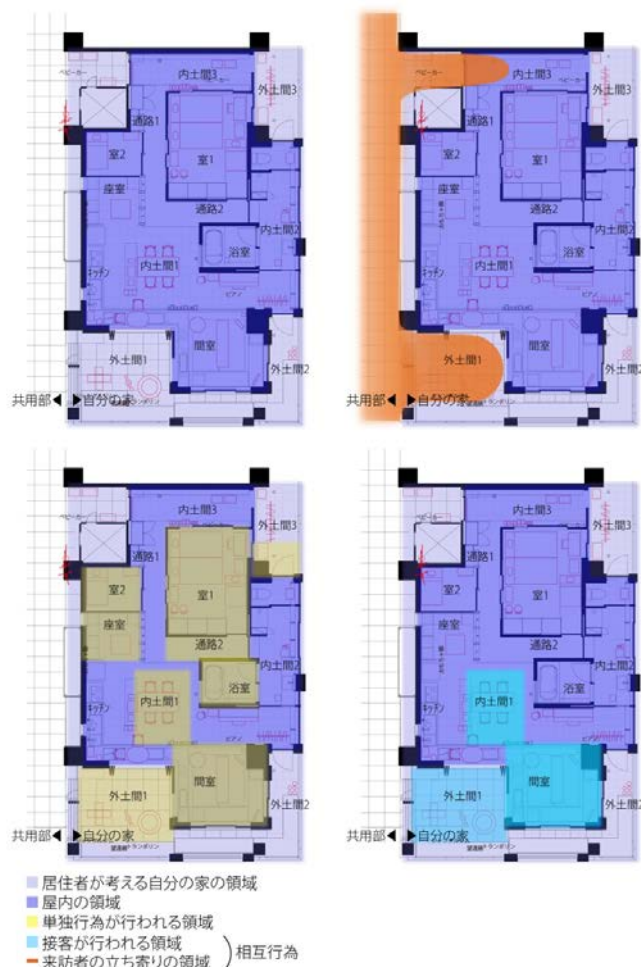


図4 領域図

春期(5-6月)建具開閉状況



共通

共通

共通

夏期(8-9月)建具開閉状況

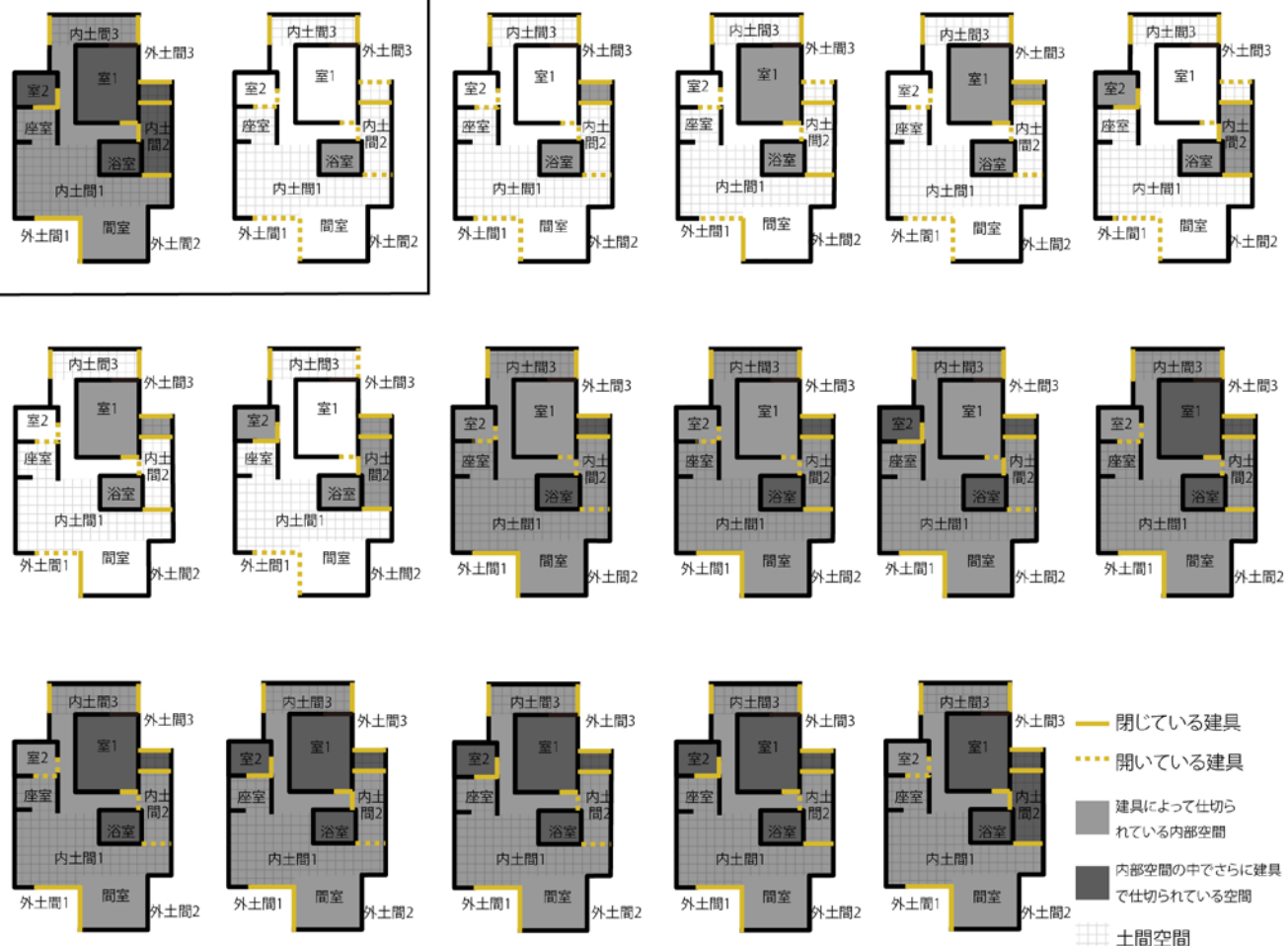


図5 建具による住戸空間のつながり方のパターン

5. おわりに

以上、305 住戸「余白に棲む家」について、中間領域で行われる行為や範囲、建具の状況等について検証し、季節に応じて

多様な使われ方をされていることがわかった。本報告はまだ中間報告の段階であるが、今後は、行為ごとの建具の状況、温熱環境データとの関係なども分析し、検討を進めていきたい。

■[A-③] 新・中間領域研究 3-403 住戸「しなやかな家」におけるイベント開催時の中間領域-

住戸では料理教室が開催され、外部空間と親和性の高い室内空間は心地よい開催会場となった。中間領域となる露台は、外部空間との連続性が高く、イベント開催時には頻繁に使用された。

1. 403 住戸「しなやかな家」と中間領域の概要

403 住戸「しなやかな家」は、自宅で料理教室が開催できる家をコンセプトに設計が進められた。

住戸には、多人数で使用できる広い台所と食事室があり、数人の料理教室が、ゆとりを持って開催できる広さが確保されている。家族が使うメイン玄関以外に、料理教室の生使用の玄関も用意され、直接台所空間に入ることができる。

台所・食事室から、中間領域である露台を通じて外部空間が連なり、緑を楽しみながら気持ちよく料理や食事ができる。また、料理教室開催時には、扉の開閉により、個室や居間を分離することができる。家族もストレスなく日常通りの生活ができる。

さらに将来、状況に合わせて、多様な住戸分割に対応可能できるよう、簡単な施工で戸境壁となる壁を住戸内に設定してある。たとえば、東端にある室3は、北側に出入り口があり、隣室の離れや、水回りを組み合わせてワンルームとして賃貸可能である。また、室2と室3と水回りの一部を1住戸として、あるいは住戸全体をほぼ同じ規模の二つの住戸に分離することも可能である。



図1 403 住戸「しなやかな家」平面図



図2 403 住戸「しなやかな家」住戸内写真

2. 403 住戸における居住者の住み方

居住するのは、60代の娘と90代の父の2人である。

娘は入居当初会社員であり、平日は出勤していたが、その後定年退職し、週3回勤務の時期を経て、現在は月に数回程度出勤する。父はほぼ自宅にいる生活である。

退職前から、料理教室の開催や、チラシのための写真撮影場所として自宅を提供するなどの活動があったが、退職後も毎月一回程度の料理教室を開催している。

外部空間と一体的に使える料理教室会場について、開放感があるとして評価が高い。料理教室以外にも、住戸内と庭とつながる露台を一体的に使用し、バーベキューパーティなどを行っている。露台に七輪を持ち出して魚を焼く、夏に椅子を持ち出して冷たい飲み物を飲むなどの行為もみられた。

3. 403 住戸におけるイベント開催時の中間領域の使い方

3.1 実験概要

居住者が大人数を招いてホームパーティを行ったときの中間領域で見られる行動と環境、心理量または生理量との関係を調査するために、料理教室とバーベキューを行うイベントを開いた。参加者はNEXT21の居住者で、大人15名子供(高校生以下)10名と調査者12名の合計37名である。イベント中にどのような行為をどの場所で行っているかを10分ごとのビデオ観察により記



図3 対象住戸平面図およびびーニング、実測機器設置箇所

録した。イベント中の参加者の皮膚温度・暴露温度・環境温度を測定し、温冷感、快適感、気流感についてのアンケート調査を1時間ごとに行った。測定項目・使用した機器を表に、ゾーン分け・測定機器設置箇所を図3に示す。当日のタイムスケジュールと実測手順を表に示す。

分析の方法として、ゾーンをさらに露台からの距離によってグループ分けした。A、Dを屋内、B、Cを屋内側中間領域、Eを屋外側中間領域、F、G、H、Iを屋外とする。

表1 計測項目と使用測定機器

測定項目(測定高さ)	測定機器	凡例	測定間隔
上下温度(FL+100, 2100)	ボタン電池型温度計	▲	1分
温度、湿度(FL+1100)	おんどとり	■	1分
温湿度、放射温度、風速(FL+1100)	アメニティメーター	●	1分
照度量(FL+1100)	照度計	★	1分
日射量(FL+1100)	日射計	●	1分
騒音(FL+1100)	騒音計	◆	1分
行動状態	ビデオカメラ	□	
皮膚温度、服上温度	ボタン電池型温度計		1分
温冷感、快適感、気流感	アンケート		
ストレス量	ストレスチェッカー		
行動量	活動量計		

表2 タイムスケジュール

環境計測(10:00~)
5:30 料理教室説明
16:00 火起こし
16:30 食事
17:00 団らん
17:30 片付け
18:00

3.2.温度変化

図4の温度変化を見ると、実験前や実験中、バーベキューコンロなどの熱源が原因で庭東部の温度が急に上昇したり、おにぎりづくりで炊飯器がセンサーそばに置かれたために、食事室の温度が上昇しているが、それを除くと、16時頃を山に緩やかに温度が上昇し、最初は気持ちのいい温度帯から少し汗ばむような温度に変化している。

このことはイベント後半にあわせ、室内から屋外へ活動範囲を広げることによって寄与している。

図5を見ると、温度が上がった16時くらいにまず子供の活動の拠点が屋外に変わり、それを見守る大人も屋外に移動している。室内外の温度変化が、活動領域の変化につながっている例と考えることができる。

3.3.行動調査結果

行動調査においては、屋外側中間領域の使われ方を調査するため、露台Eについてのみ調査を行った。各参加者のイベント中の居場所を表3で示す。

3.3.1.16:00~17:20の結果

この時間帯は、イベント準備のために主に大人がEを行き来している状況と子供が食事を取っている様子が観察された。子供は準備をする親にくっついてうろうろしている様子が見られた。準備が終わると子供は率先してEに置いてある椅子に座り、料理が出てくるのを待っていた。また、他の子供が座っているのを見てつられて出てきた子供や、母親に連れられて外に出てきた子供もいた。子供の食事中は時折母親が出てきて子供の世話をしていた。

3.3.2.17:30~18:00の結果

この時間帯は、大人が食事をしている様子が見られた。子供

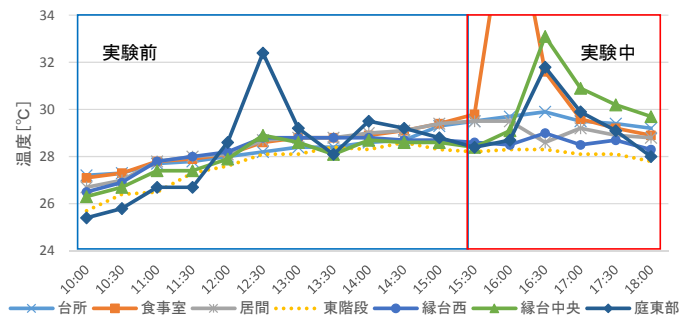


図4 実測中の温度変化

表3 参加者の10分ごとの居場所

	16:00	16:10	16:20	16:30	16:40	16:50	17:00	17:10	17:20	17:30	17:40	17:50	18:00
①あ	C	B	→	C				B	C				
①a	C												B
①b	C												B
②い	A	C			E	H	C			E			C
②ア	B	F	C	F	C	F	C			E			A
②c	B	I	C	→	E	C	H	G	H				
③う	C												
③イ	C												
③d	A	→	E	C		E		H	A	H			
③e	C						E	C					
③f	C												
④え	A												
⑤ウ	F	E	C	E	B	F	→	A	B	C	E		C
⑥お	C	A	B	A	B	D							A
⑥エ	C	C	F	A	C	D	F	D					B
⑥g	B	C	B	→	D								C
⑦か	C	A											
⑦き	C	C	A	C	A								
⑧く	A	E	C		→	E		C	G		E		B
⑧オ	A	F	→	C		E				H			
⑧h	A	E	C	→		E		G	→	H			
⑨け	A	→	C	→	B	E		H	B			E	
⑨カ	A	F	→		E	F	→	B				E	
⑨i	A	→	C			E		H	B	H			
⑨j	A	→	C			E		H	B	H			

□ 住戸空間
■ 外部空間
■ 中間領域

○ 家族番号 (姿勢) 〈行動〉
平仮名…女性
カタカナ…男性
アルファベット…子供 (家族内で年齢以降順)

は食事を終えてHに出ていき、遊んでいた。子供が食事を終えてEとHの間を行き来し始めると大人がEに出て来始めた。大人はEで会話をしたり、食事を取っていた。

3.3.3.露台で見られた行動

露台で見られた行動と会話のグループについて表4にまとめた。会話していたグループとしては、大人のみと子供のみ、大人と子供混合の三つに分けられる。子供が食事を取っていた16:00から17:20は、大人のみ、子供のみ、会話グループが大人と子ども混合のグループに変化した。17:20から18:00は再び大人のみの会話グループが発生していることがわかる。このように頻繁な会話グループの変化があったのは、子供の世話などのために、B-E間やC-E間で行き来が盛んだったためであると考えられる。

表4 露台で見られた会話グループと参加者の行動

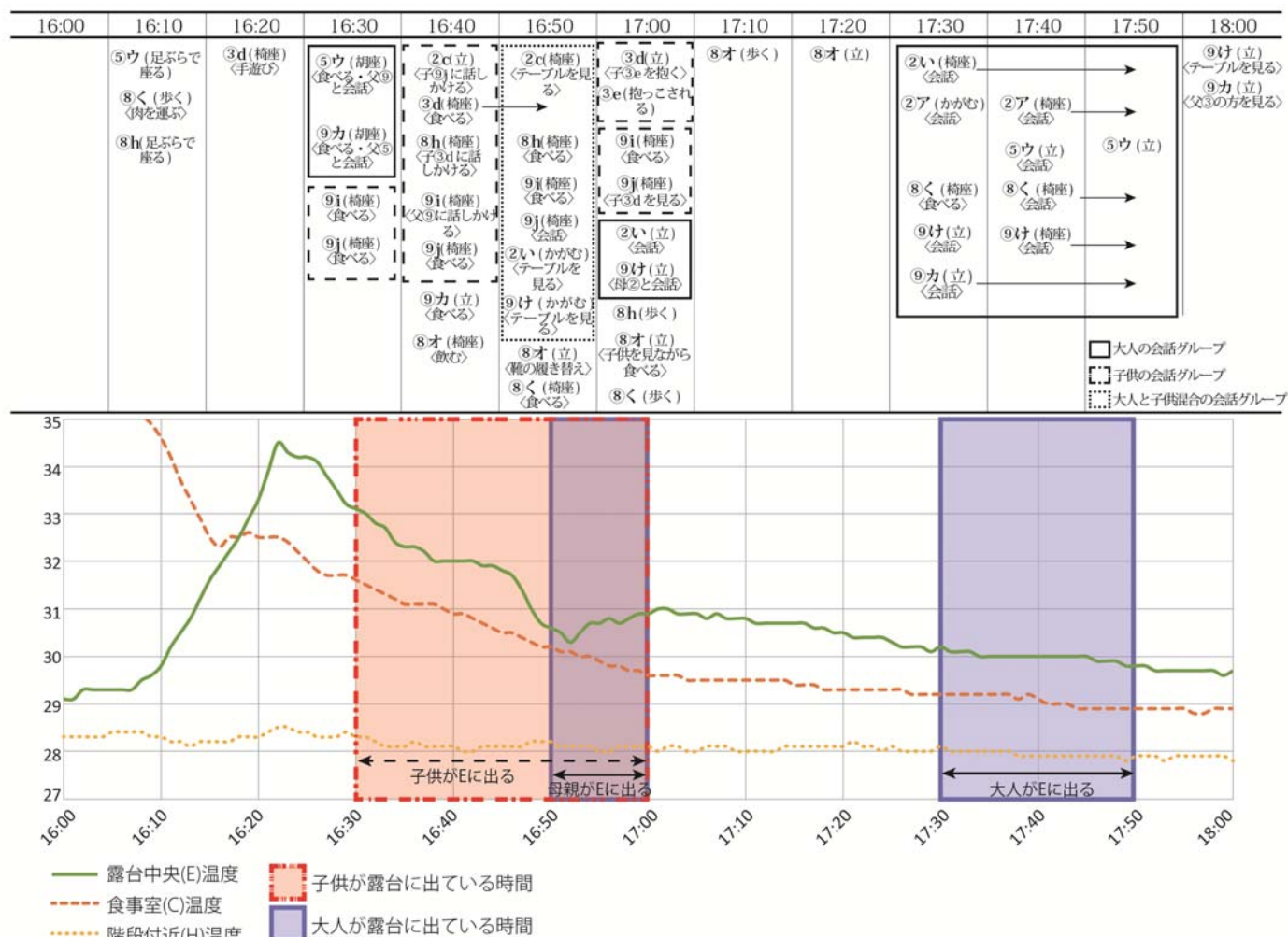


図5 イベント中の温度変化

表5 METs 値変換表

実際の行動	基準とした行動	METs値
椅座 / かかむ / しゃがむ	座位: 座って静かにする	1.3
椅座、会話	座位: 会話をする	1.5
椅座、食事 / 椅座、食事、会話	座位: 会話をする	1.5
足ぶら座り / しゃがむ、荷物を取る	座って静かにする: 足をそわそわさせる	1.8
立、会話	立位: 会話をする	1.8
立 / 立、書く / 立、テーブルの物を取る	立位: そわそわする	1.8
立、包む		
立、片付け	皿洗い: 立位(立位と歩行で分類しない場合)	1.8
椅座、子供を抱きながら会話	子供を抱えながら	2.0
立、子供を抱いている	座位: 子供の世話	2.0
立、子供を見ながら食事	立位: 会話をする	2.0
立、調理	調理や食事の準備: 楽な努力	2.0
歩く / 歩きながら食事	歩行: 家の中	2.0
歩く、片付け / 歩く、皿を運ぶ	皿洗い: テーブルから皿を片付ける、歩く	2.5
立、子供をつかむ	子供の世話: 立位、ほどの努力	3.0
子供と遊ぶ	歩行やランニング: 子供と遊ぶ	3.5
立、炭をみている / 立、肉焼き	調理: ほどの努力	3.5

3.4.アンケート調査結果

分析にあたって、イベント中の被験者の行動を温冷感・快適感申告との関係で見ると、METs 値^{注1}とPMV 値^{注2}を用いた。METs 値と快適感の関係を図6に示す。同じMETs 値の中間領域付近と内部空間を比較すると、中間領域の方が快適であると感ぜられる傾向が見られた。

イベント中のPMV 変化を見ると、屋内側のPMV 値は16:00も18:00も大きな変化は見られない。中間領域においては、時間とともにPMV 値が減少し、快適感が増加していることがわかる。

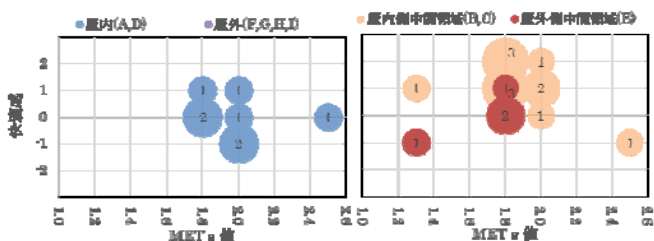


図6 18:00 時点のゾーン別 METs 値と快適感の関係

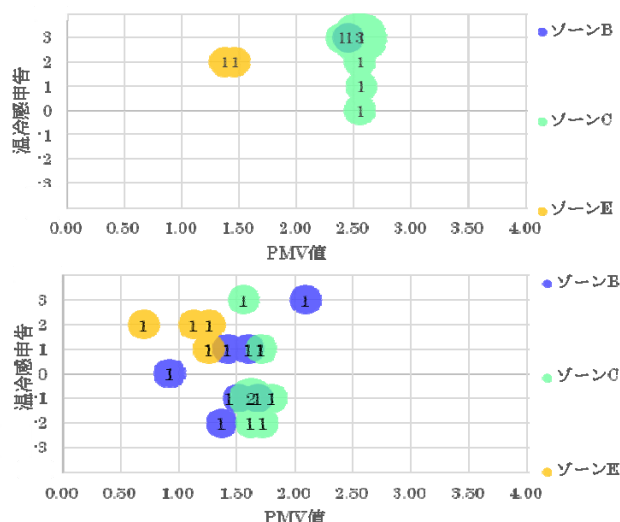


図7 16:00(上)と18:00(下)のPMVと温冷感申告

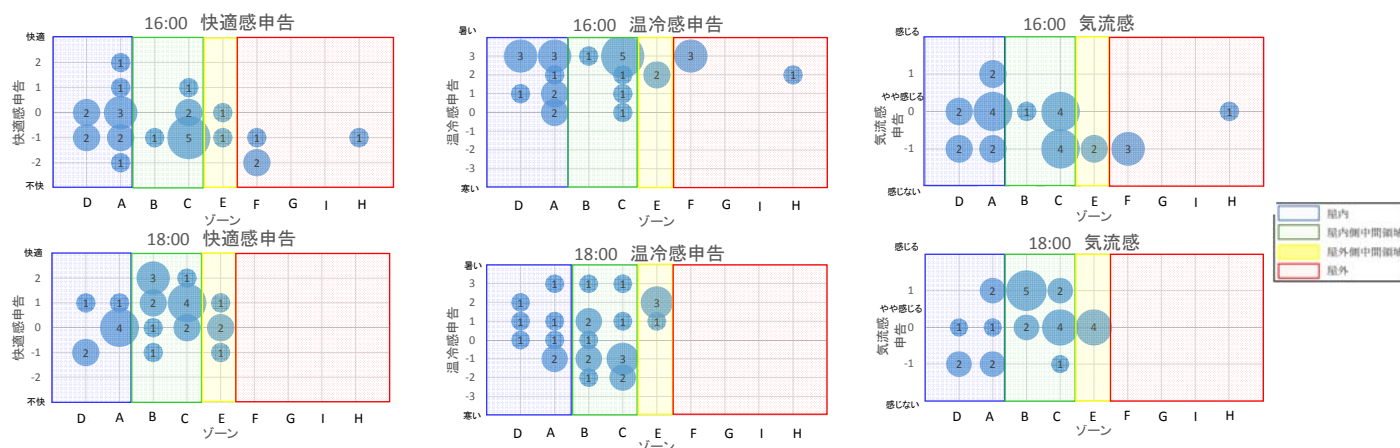


図8 16:00と18:00のゾーンごとのアンケート集計結果

これには物理的環境以外の心理量や生理量も影響していると考えられる。

16:00と18:00の温冷感申告・快適感申告・気流感を比較する。16:00にはゾーンに関係なく暑く、不快であるという結果が得られた。18:00には中間領域に近いB、Cが特に涼しいという傾向が見られた。気流感も同様にB、Cで強く、18時時点で気流の影響を受けていると考えられる。

4. まとめ

16:00から17:20は露台の温度が高かったにもかかわらず子供の利用が見られたことから、子供の露台利用には温熱環境が影響していなかったと考えられる。17:20～18:00は露台の温度が下がり一定となっており、大人の利用が見られた。

露台では、ほぼ常時、会話や食事行為がみられ、団らんの場として利用されていることが確認できた。

また、露台の頻繁な利用が見られたのは、屋内空間と露台の連続性が生かされ、外に出やすかったからであると考えられる。

イベント中、空間の環境は不安定であったが、時間経過により

温度が下がり、屋内の中間領域周辺で特に涼しく、中間領域の快適性が確認できた。しかし、涼しいとは言えない状況であっても、中間領域内においては環境に対する許容範囲が広がり、行動量が環境の影響を受けない状況も確認できた。

以上より、中間領域の存在は、必ずしも温熱環境が快適である時だけでなく、そうではない状況においても、外部空間と親和性の高い生活に寄与するものと考えられる。

注1: メッツ(METs: metabolic equivalents)とは、身体活動におけるエネルギー消費量を座位安静時代謝量(酸素摂取量で約3.5ml/kg/分に相当)で除したものである。健康づくりのための身体活動基準 2013, 国立研究法人 国立健康・栄養研究所, 2013-03

参考: 中江悟司、田中茂穂、宮地元彦: 改訂版『身体活動のメッツ

(METs)表』、(独)国立健康・栄養研究所、2012年4月11日改訂

注2: 快適方程式をもとに人体の熱負荷と人間の温冷感を結び付けた温熱環境評価指数(Predicted Mean Vote; 予測温冷感申告)のこと。デンマーク工科大学ファンガー(P.O. Fanger)教授による。寒いを-3、暑いを3として7段階の評価に分けている。: 日本冷凍空調学会 <http://www.jsrae.or.jp/annai/yougo/66.html>

■[A-④] 新・中間領域研究 4-304 住戸「住み継ぎの家」における環境調整空間の考察-

環境調整空間により、空気断熱層としての効果を有するとともに、空調面積も減らすことができ、空調負荷低減が実現した。居住実験では、環境調整空間について建築計画上、配慮すべき点も確認された。

1. 304 住戸「住み継ぎの家」と中間領域の概要

304 住戸「住み継ぎの家」は、共働きの子育て家族を想定し、玄関側とバルコニー側に建具で分離可能な土間空間である中間領域を設定しました。住戸内には図 1、図 2 に示すように中間領域を環境調整空間として、東側の土間①～③、西側の土間⑤とその間に環境制御空間として、室①～④、土間④とキッチンが配置されている。環境調整空間の詳細は 3. で説明する。

2. 304 住戸における居住者の住み方

居住するのは、30 代夫婦と保育園児の長男と乳幼児の二男の 4 人家族である。

夫婦ともに会社員で共働きであるが、二男の出産に伴い産休を取っている期間もあり、平日 1 日を通じ住戸で過ごす経験もされている。家の玄関は南側の建具の一部を開けて出入りしている。土間①側の出入り口は使用せず、荷物を置く場所として主に利用されている。基本的には外部の視線が気になるため、立体街路側(西側)の環境調整空間と環境制御空間の間の建具は閉められていることが多く、東側の建具は環境調整空間が子供の遊び場となっているため開いていることが多い。

3. 環境調整空間とは

304 住戸住み継ぎの家では、外部空間と内部空間とのつながりに着目したうえで、最外壁のみならず、複数の建具等によって温熱環境を調整する手法の可能性を検討する住戸として建設された。複数の建具等(ダブルスキン)の間の空間とこれに接する外部空間を合わせて、環境調整空間と定義した。複数の建具等によって環境調整を行うことによって、木造の優しい表情の最外壁を維持したり、日本の伝統的な住居の縁側空間のように、内と外、人と自然、家とまちをつなぎ、関係づけ、半屋外における豊かな生活・居住文化を継承する空間をめざした。

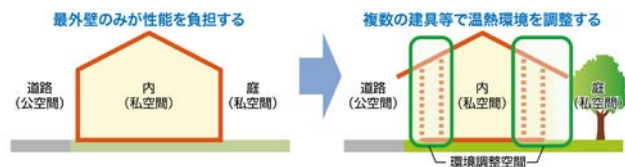


図1 環境調整空間の概念図

これにより、集合住宅においても、日本の地域居住文化の継承・復元・発展に寄与することも考えられ、環境調整空間を確保すると、結果として冷暖房を行う空間(環境制御空間)を減らすことが可能になり、また環境調整空間が空気断熱層として、空調の省エネルギーに寄与することが考えられる。



図2 「住み継ぎの家」における環境調整空間

今回、建具の開閉パターンを強制的に変化させることで、居住者に環境調整空間がある場合とない場合を体感いただき、建具の開閉による効果等の感想やその時の空調負荷や室温などを測定し、環境調整空間の効果などの考察を実施した。

4. 計測項目

304 住戸の下図の位置 10 か所と屋外 1 か所にて温度測定を実施した。測定は、今回室内に設置した温度測定器(赤)と建設時に設置した温度測定器(青)とで実施した。測定位置(高さ)は居住者の移動の妨げにならない位置とした。(赤色:FL+1800～2100 mm、青色:FL+1500 mm)



図3 温度計測位置(11カ所)

5. 建具の開閉パターン

環境調整空間と環境制御空間の間の建具の開閉パターンを変化させた。パターン①は西側の建具を閉めた状態、パターン②は両側の建具を開けた状態、パターン③は両側の建具を閉めた状態、パターン④は建具の開閉を制限せず、自由に経過してもらった。なお、各パターンともに部屋の出入り等をするために建具の一時的な開閉は行われている。各パターンの実施日とその日の平均気温（外気温-1 データ）を表1に示す。

表1 各パターンの実施日と平均気温

パターン	日にち	平均気温(°C)
パターン①	2015/3/9	9.7
パターン②	2015/3/11	4.8
パターン③	2015/3/10	7.1
パターン④	2015/3/12	7.8

各パターンの設定については、前日の 22:00 に開閉状況を設定し、起床時から実験に取り組めるように実施した。

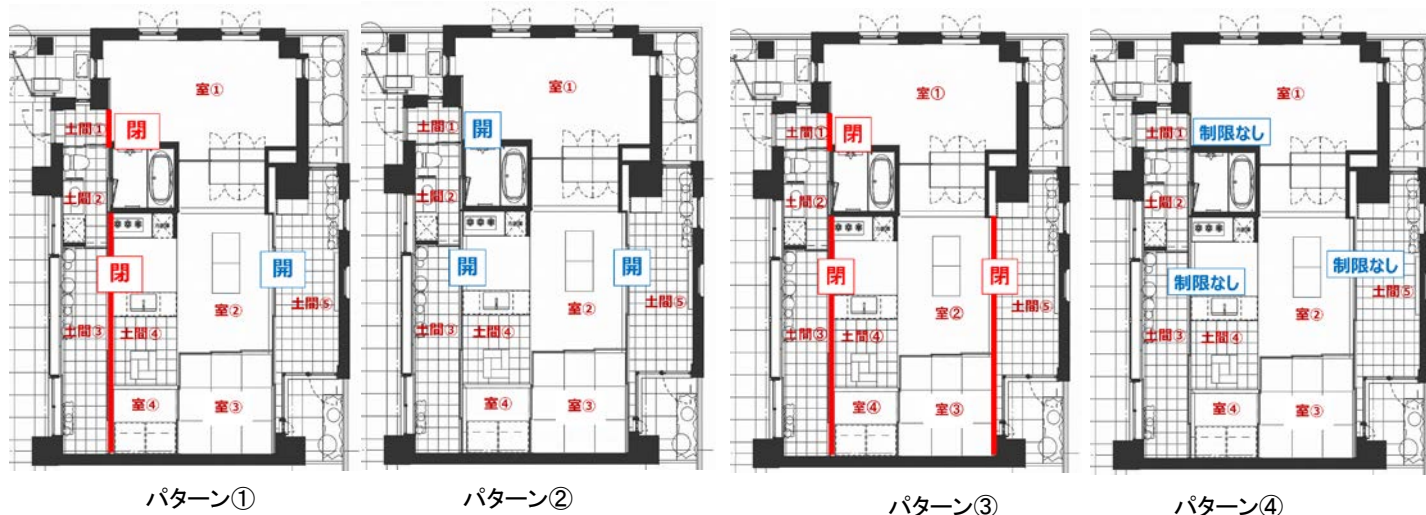


図4 建具の開閉パターン

6. 計測結果

各パターンの計測結果と空調の使用状況を以下に示す。各パターンの設定が前日 22:00 からとなっているため、前日 22:00 から当日 22:00 を 1 日としてデータを整理している。空調については、エネルギー使用量を 1 時間単位で計測しており、その結果をグラフ化した。オンオフの詳細時間は不明だが、温度の上昇、下降のタイミングとほぼ一致している。

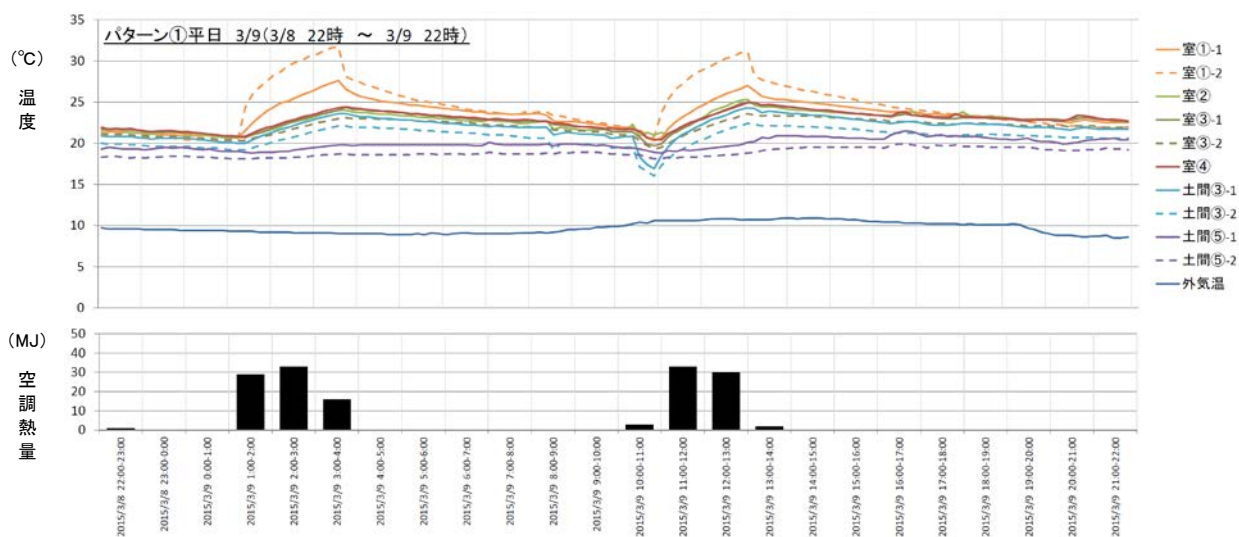


図5 パターン①: 計測温度、空調熱量の経時変化

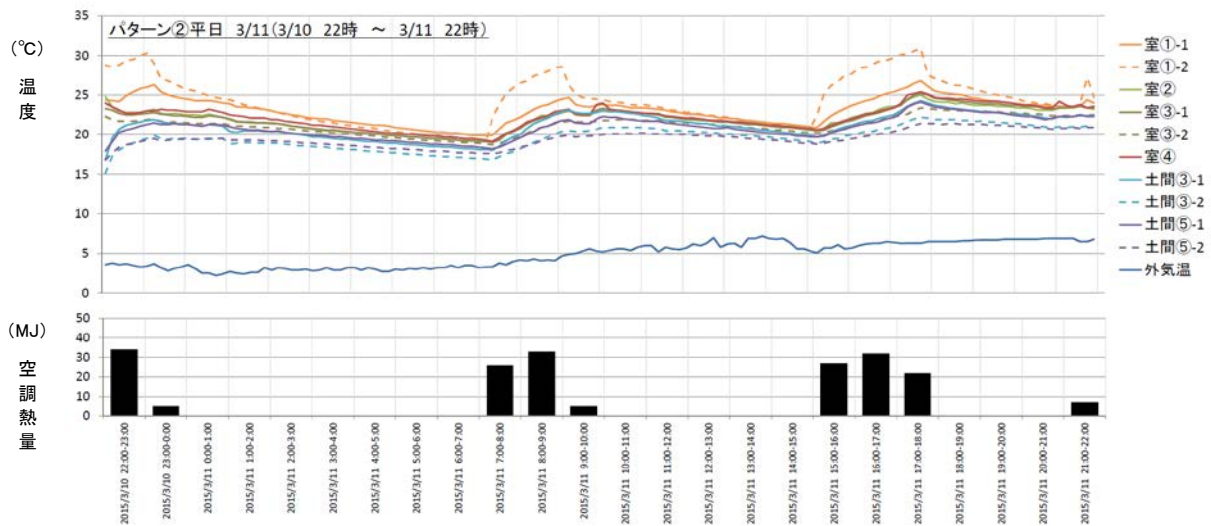


図6 パターン②:計測温度、空調熱量の経時変化

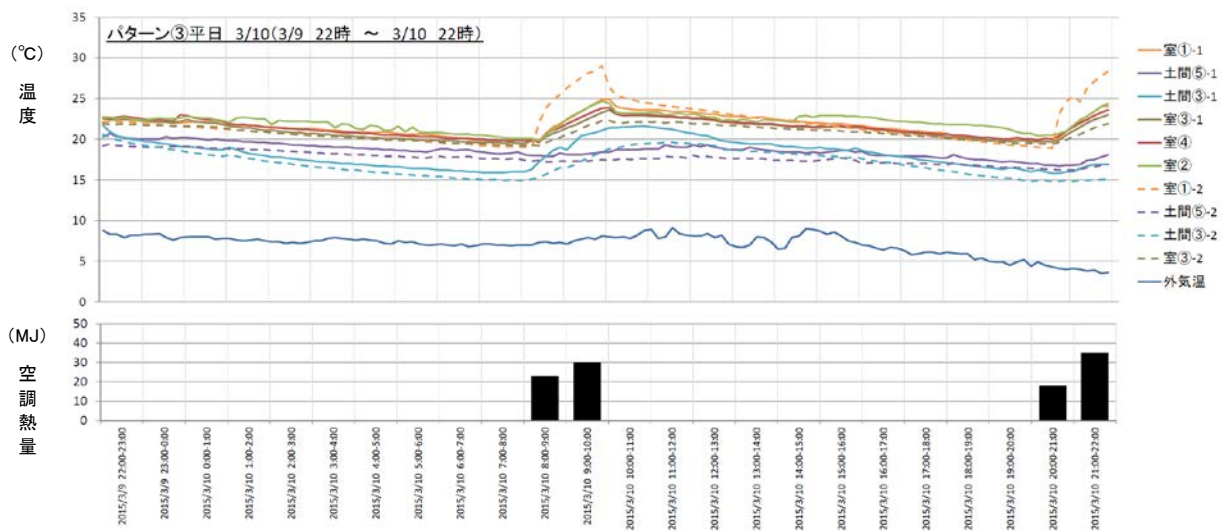


図7 パターン③:計測温度、空調熱量の経時変化

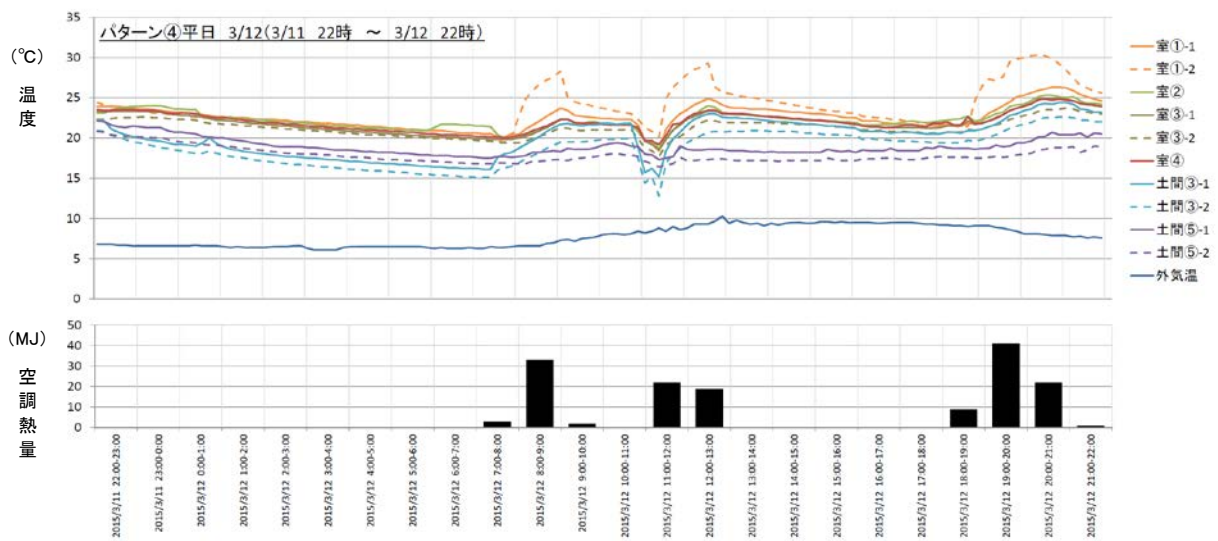


図8 パターン④:計測温度、空調熱量の経時変化

7. 考察

7-1 温熱環境測定データからの考察

温度変化のグラフを見ると室①が最も温度が高くなっており、これは、室①に、空調機本体があり、温風は北側からまず吹き出し、次第に南側のチャンバーを温めて室内に流入するためであり、その傾向が見られる。空調負荷(空調熱量)と外気温をとの関係と比較し、パターンで色分けすると図9のようになる。

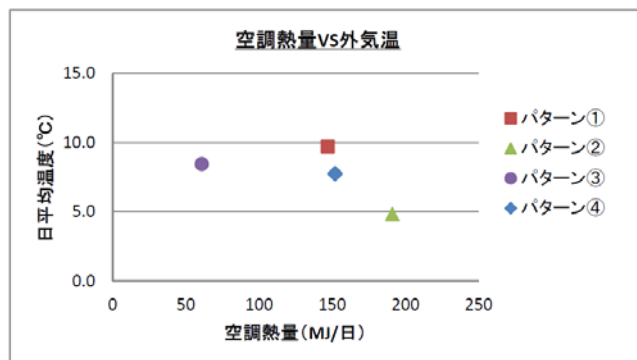


図9 空調負荷(空調熱量)と外気温の関係

パターン②は、図4を見ても部屋を一体空間として利用しているため、空調面積が大きいことに加え、外気温も比較的他の日より低かったこともあり、空調負荷が一番多くなっている。

パターン③は、図4より、建具を閉めることで空調面積が小さくなっていることと土間空間が環境調整空間として、熱的バッファーとなり、空調負荷を抑えていることを示唆している。熱的バッファーとしての効果は後ほど、考察を加える。

空調熱量を見るとパターン③はパターン①およびパターン④の約1/3、パターン②の約1/4になっている。なお、建具の開閉の制限を無くしたパターン④はパターン①とほぼ同じ値を示している。この結果は、居住者ヒアリングで通常、西側建具は外部からの視線が気になることもあり、閉じており、東側建具は土間⑤が子供の遊び場であり、開いていることとも合致している。

環境調整空間がどの程度、熱的バッファーとして効果があるのか確認するため、空調停止後の時間当たりの居室の温度降下を整理した。

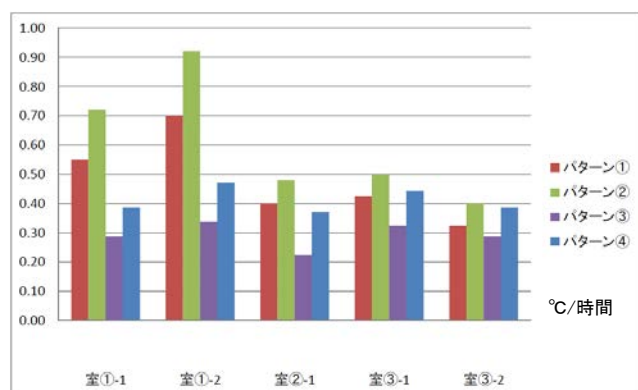


図10 空調停止後1時間当たりの温度降下(午前)

この数字は図5～図8の温度変化のグラフの温度降下の傾きを表している。また、午前と午後で日射の状況も違うので分けて整理した。なお、空調オンオフの時間について詳細な記録がないため、空調利用時間前後1時間をカットしてデータを整理している。

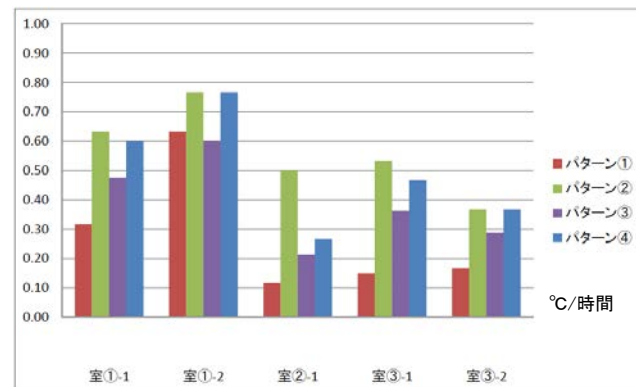


図11 空調停止後1時間当たりの温度降下(午後)

温度降下はパターン③<パターン①<パターン②となっており、環境調整空間が熱的バッファーの役割を果たしていたことが伺える。

次に環境調整空間の断熱効果実証のため、今回はいくつか条件を仮定した上で相当熱還流率を求め、各パターンの断熱効果傾向を調べる。相当熱貫流率を求めるにあたっての条件は以下の通り。今回の熱損失は数式上、全て熱還流による熱損失として計算しているが、隙間風による熱損失は計算されていない。上記の条件を踏まえた上で以下の算出式を用いる。

$$cpV(\theta_{in'} - \theta_{in})/600 = \sum K \cdot S(\theta_{out} - \theta_{in}) \text{【W】}$$

$$\rightarrow \sum K = \frac{cpV(\theta_{in'} - \theta_{in})}{S(\theta_{out} - \theta_{in}) \cdot 600}$$

c	…空気定圧比熱(1005J/kg・K)	$\theta_{in'}$	…居室の温度(10分前)
ρ	…空気密度	θ_{in}	…居室の温度
	※比熱及び密度は20℃時のもの	K	…相当熱貫流率
V	…室内の体積	S	…壁体の面積
		θ_{out}	…外気温

計測日及び各パターンの温熱データは表2の通りである。

表2 各パターンの温熱データ

	パターン①	パターン②	パターン③	パターン④
日時	3月9日	3月11日	3月10日	3月12日
居室気温(°C)	22.7	22.0	21.4	21.9
東土間気温(°C)	20.5	19.4	17.3	18.9
西土間気温(°C)	18.9	19.5	17.5	17.5
外気温(°C)	9.5	5.3	6.4	7.8
空調消費量(MJ/日)	147	191	106	152

表2データを元に前述算式を計算すると相当熱貫流率の算出結果の以下図の通りとなる。

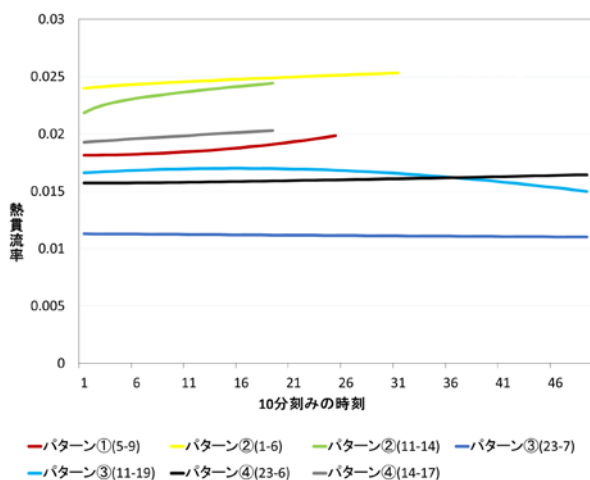


図12 相当熱貫流率の経時変化

相当熱貫流率の結果からはパターン③、パターン①、パターン②の順に断熱効果が高いという結果になっている。

パターン④の相当熱貫流率から見るに、普段の生活時に於いてはパターン①とほぼ同じような建具開閉を行っていることが伺える。

7-2 居住者ヒアリングからの考察

(パターン①について)

パターン①は、一番日常生活に近い。西側建具は外部からの視線が気になるため、閉めていることが多く、東側建具は土間側にテレビ、子供の遊び道具を置いているため開けていることが多いとのことであった。

(パターン②について)

通常、この状況はなく、建具が開いていることについては、目隠しのパネルがないと外からの目線が気になったとのことで、西側の建具を開けるためには、目隠し用にガラスフィルムが必要と感じたとのこと。(今回、西側土間の外に目隠し用のパネルを設置していた。)外からの視線は気になるが、建具の開け閉めが無くなり、動きの多い主婦としては、大変助かるとのこと。一方、玄関側は寒いと感じたが、室②等(環境制御空間)は寒いとは感じなかったとのことで、304 住戸の断熱性能の高いことが伺えた。

(パターン③について)

建具を閉めているので暖房なしでも暖かく、閉め切っていても就寝時は出入りをするのはトイレぐらいなので不便さはないとのこと。暖房の効きは良いが、建具を締め切っているため光が殆ど入ってこず、狭く感じる面もあった。外を眺めたくなり東側扉を開けたい。また、テレビを見るために東側扉を開くこともあったとのこと。

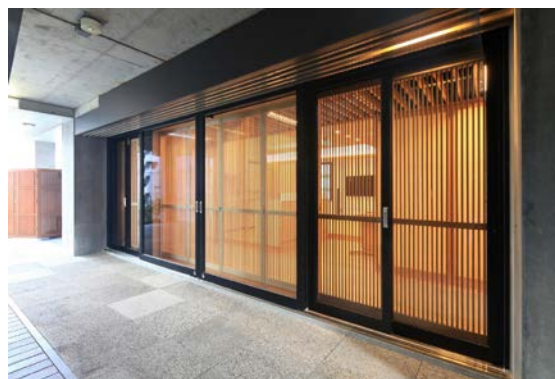


写真1 西側(外部から見た写真)



写真2 東側土間空間の様子

(全体を通じて)

冬期は建具を閉めて、室③(和室)を活用することも想定したが、暖房を入れた際、室①が一番温かいので、和室を区切って過ごすことは無かったとのこと。また、夜、寝る際は温度が下がりがやすいと思い、室①と室②の間を開けていた。

以上のヒアリング結果から、環境調整空間を活用するために配慮すべき項目を挙げる。

- ① 環境調整空間に日常的に使用する設備(テレビ、浴室入口、トイレ等)を置かない設えが必要。
- ② 外部からの視線が気にならないようにする工夫が必要。
- ③ 採光が少なくならないよう工夫が必要。

8. まとめ

304 住戸に設定した環境調整空間は、熱的バッファの効果を果たしており、断熱効果を得ることができた。また、環境調整空間を活用することで、空調面積も減らすことができ、空調負荷低減に繋がった。本報告では、冬期の結果ではあったが、気候の良い時期などは、建具を開閉して外部空間の快適性を取り込むことも考えられる。そういった行動(建具の開閉)を喚起するためには、環境調整空間が外部の視線や採光、日常使う空間との区別ができていないなど住戸計画上、配慮すべき項目があることが分かった。

【A-⑤】NEXT21 設計パートナー・コンペティション「2020 年の住まい」最優秀作品受賞住戸

数多くの住空間を生活者に供給する民間デベロッパーによる「2020 年の住まい」提案を受け、404 住戸「4G HOUSE」(大京)、501 住戸「プラスワンの家」(近鉄不動産)を共同設計し、居住実験を開始した。

1. はじめに

東日本大震災を経験し、住宅を取り巻く多くの課題が露呈するとともにエネルギーや環境に関する考え方、家族やコミュニティのあり方について、さらなる議論を重ねていく必要性を強く実感する結果となった。そこで、居住実験対象の 404 住戸と 501 住戸の改修を行うにあたり、次世代の居住のあり方を改めて問うため、分譲マンションデベロッパーを対象に、よりリアルで時代のニーズを汲み取った「2020 年の住まい」の住戸提案を募集する「NEXT21 設計パートナー・コンペティション」を 2013 年春に開催した。その中から審査会を経て大京、近鉄不動産の提案が最優秀賞に選定された。最優秀賞当選 2 住戸のコンセプトを踏まえ、大阪ガスと大京、近鉄不動産はそれぞれ、NEXT21 コンペ住戸基本設計研究会で共同設計を進め、2 住戸を建設し、居住実験を開始している。

2. NEXT21 設計パートナー・コンペティション概要

NEXT21 設計パートナー・コンペティションを表 1 の内容にて実施し、応募数は 9 グループ(2 住戸の 18 提案)あり、その中から審査会を経て最優秀賞、優秀賞が選定された。

表 1 NEXT21 設計パートナー・コンペティション概要

応募資格	分譲マンションの供給を事業とし、関西でファミリーマンションの供給実績がある企業
審査の視点	404 住戸・・・「2020 年の家族の家」 501 住戸・・・「誰かと何かをシェアする家」
審査員	・馬場正尊氏(Open A 代表、東北芸術工科大学准教授) ・島原万丈氏(株式会社ネクスト/HOME'S 総研 所長) ・加茂紀和子氏(みかんぐみ、ICS カレッジオブアーツ特任教授) ・木全吉彦(大阪ガス CEL 所長(当時))
表彰等	[各住戸につき]・最優秀賞 NEXT21 で提案住戸を実現 [優秀賞 賞金 30 万円/件]
スケジュール	エントリー受付 2013 年 3/12-5/20 作品提出締切 2013 年 6/28 審査会 2013 年 7/22 審査結果発表 2013 年 8/6

各住戸の課題設定は下記の通りでこれらの課題に応える住戸を提案いただいた。

404 住戸の設定は「2020 年の家族の家」で、2020 年頃、家族はどのような姿をしているかを想定していただいた。家族は今より個々の独立性を求めるのか、逆につながりを求めるようになるのか。独り暮らしが増えて住居の個人化は進むのか、それとも誰かと一緒に住む方法を模索するのか。高齢化や少子化は、家族そして家にどのような影響を及ぼすのか。2020 年の家族の一つのあり姿を想定し、彼ら、彼女らが住まう理想的な家を「404 住戸」では求めた。

501 住戸の設定は「誰かと何かをシェアする家」。今まで多く

の集合住宅の基本モデルは、核家族を対象にしてつくられてきた。しかし今後も、それは続くのか。住まい方はさらに多様化しようとしている。今後、私たちは誰と一緒に、どのように住むのか。誰かと住む、それは家族であるかも、家族でないかもしれない。例えば、誰かと何か(空間、時間、行為...)をシェアしたり...。そういった提案によって生まれる次の時代の住まいの形や可能性を「501 住戸」では求めた。

404 住戸の提案コンセプトは、1つの住まいに1つの世帯ではなく、少人数多世帯(4 世代)が集まり、互いにサポートしながらも自立し、いきいきと永く暮らせる「4G HOUSE」であり、501 住戸の提案コンセプトは、時の流れと共に変化する家族の在り方に沿って、住み続けられる住まい「プラスワンの家」であった。

表 2 401 住戸選考結果

最優秀賞	大京 岩村アトリエ	4G HOUSE
審査員コメント (島原氏)	高齢化とシングル化、加えてシングルマザーというまさに今後の日本の家族の構造的な変化を、「4G=4つの世代の 4 人の女性」という住み手として象徴化した問題意識の圧倒的なリアリティが秀逸。ダイニングテーブルを中心に暮らす基本コンセプトに特段の新規性は感じないが、4G's ウォールや井戸端コーナーなど、一緒に暮らすための細やかな配慮が見られる。素直に使いやすい多世代型シェアハウスだと思う。	
優秀賞	ジェイアール西日本不動産・ ジェイアール西日本コンサルタンツ	i の棲家
審査員コメント (馬場氏)	「新しい家族」という問いに対し、全体人口の多い高所得層世帯を設定し、それもまた家族であるという切り返しは、意外性を突きながら妙に説得力があった。この空間へのニーズは確かにあるだろう。そこに隠れたマジョリティが存在し、彼ら(彼女ら)の暮らしをつくるような提案には興味を持った。プランを見てみると、どこか内向的で外部との関係が見えにくかった。回りを囲む空間の意味性をもう少し語ってくれば、創造力の幅、住み手のリアリティが見えてきたような気がする。	

表 3 501 住戸選定結果

最優秀賞	近鉄不動産 アトリエ オズミ	プラスワンの家
審査員コメント (加茂氏)	子どもが成人してから独立世帯をもつまでが長くなった現代、あるいは高齢化社会での親子関係にとって、「はなれ」形式は現代にも近未来の社会状況の中でのモデルとしても合理的な明解さをもつ。できればここに住人の人生や価値観が表れてくることが願う。土間が単なる風通しのいい廊下ではなく、互いをつかずはなれずつながる中間になる住まい方が展開されるという。	
優秀賞	野村不動産 遠藤剛生建築設計事務所	表現する家
審査員コメント (島原氏)	「モノ」から「コト」へ。「所有」から「共有」へ。よく言われるトレンドであるが、しかし消費社会は終わったわけではないし、今すぐ終わる気配もない。我々の生活はまだまだ「モノ」に彩られていて、消費する「モノ」を媒介として個性が識別され、日常的なコミュニケーションが成立しているのが現実だ。本プランはそのような消費社会の実態をポジティブに捉え直し、「脱所有」の文脈で語られがちなシェアハウスでの暮らしに、モノ自体ではなくモノの意味をシェアするという新しい可能性を提案している。	

3. NEXT21 コンペ住戸基本設計研究会の実施

最優秀賞当選 2 住戸を建設するにあたり、実施設計に入る前に提案住戸が NEXT21 設計ルールブックに則しているかを確認するとともに提案いただいたデベロッパーと研究会を立ち上げ、各住戸設計のブラッシュアップを実施した。その際、各住戸コンセプトを踏まえた設計とした。

研究会は下記メンバーで構成し、2013 年 8 月末から 10 月末にかけて、合計 9 回の会合を経て、基本設計を終了し、実施設計へと進めていった。

＜NEXT21 コンペ住戸基本設計研究会メンバー＞
 大阪ガス(両住戸)
 大京(404 住戸)、岩村アトリエ(404 住戸)
 近鉄不動産(501 住戸)、KBI 計画・設計事務所(501 住戸)
 設計アドバイザー(両住戸)
 高田光雄氏(京都大学大学院教授)
 近角真一氏(集工舎建築都市デザイン研究所所長)
 馬場正尊氏(Open A 代表、東北芸術工科大学准教授)

4. NEXT21 コンペ住戸の断熱性能の設定

住戸設計、住戸計画は前述研究会を中心に内容を詰めていき、同時に住戸の断熱性能の設定についても議論が展開された。断熱性能の検討に当たっては、第 3 フェーズ当時の省エネルギー基準も改訂されており、東京大学 新領域創成科学研究科 准教授 清家 剛先生のアドバイスを頂き、下記設定とし、設計を進め、2014 年 7 月に竣工した。

住戸の断熱性能については、床・天井、及び、外壁(4 方向)の 6 面断熱を実施することとした。また、該当する省エネ地域区分の 6 地域より 2 ランク高い水準となる 3 地域の基準値を目標とし、具体には、UA 値:0.56(3 地域基準値)、 η A 値:2.8 (6 地域基準値)とした。なお、2 住戸には燃料電池(SOFC)を導入し、404 住戸は電力融通、501 住戸は熱融通の住戸として、省エネ性能を向上させていることも特徴となっている。

5. 各住戸紹介

404 住戸 4G HOUSE

～4 つの世代(Generation) 4 人の女性(Girls)が暮らす住まい～



部屋の中心にある大テーブルで皆と一緒に過ごしたり、時にはひとり部屋を使いながら個人の時間を楽しむ暮らしを実現。限られた空間でも 4 人がそれぞれの居場所を確保しつつ、より良い関係を保ちながら共に暮らすことができる住まい。そのような小規模多世帯居住のカタチをプランにした。そして、路地に設けた井戸端コーナーは内と外をつなぐ中間領域となり、新たなコミュニケーションを呼び込むことを期待する。

501 住戸 プラスワンの家

～近年増加する「1.5 世帯」に向けた新しい集合住宅のカタチ～



共に暮らす「誰か」(＝プラスワン)が変化しても、お互いの生活を尊重し、住み続けられる住まいを提案。両親と娘、住居と職場、夫婦と老親、夫婦と姪…といった時の流れと共に変化する家族にに応じて住み続けることができる。屋外の立体街路と連続した土間空間が、住戸内に引き込まれ、メイン住戸とプラスワンルームを緩やかにつなぐ。また、土間空間は中間領域となり、お互いの気配を感じながら距離感を調節したり、外部の快適性を取り入れる等、温熱環境を調整することを期待する。

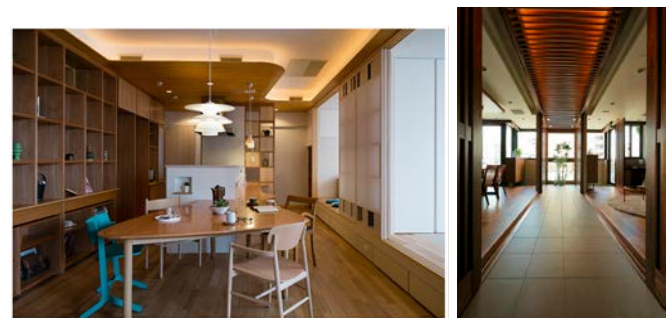


写真 404 住戸ダイニング(左)、501 住戸土間空間(右)

6. まとめ

404 住戸では「少人数の複数世帯が集まり、お互いをサポートしながらも、各々が自立し、いきいきと永く暮らせる新しい住まいのカタチ」をご提案いただき、実際に別々に居住していた母親を呼び寄せ、社会人になる息子と共に 3 世代居住が始まっている(2015.4 居住開始)。501 住戸では、「1 つの空間をシェアする 1.5 世帯の新しいマンション暮らし」をご提案いただき、実際にご夫婦と妻の姉がプラスワンルームに住み、土間空間を活かし、距離感を調節しながらの生活が始まっている(2015.1 居住開始)。また、両住戸とも、グッドデザイン賞 2015 を受賞する等、時代を踏まえたデザインとしての評価もいただけた。

各住戸で設計時に検討した狙い等をヒアリングを通じて確認をし、今後の住戸設計に役立てていきたい。

【A-⑥】都市空間における子供の行動調査

子供の日常生活における屋外での行動について、その行動半径や内容を調査した。寄り道の少ない中学生に比べ、小学生の道路上での行動が多様であることなどがわかった。

1. 研究の背景と目的

少子高齢化が進行し、第二次ベビーブーム以降、子供の数は減少し続けている。同時に都市化とモータリゼーションの進行に伴い、特に都市部では、まちやみちの空間が、子供の遊びの場や居場所とはなりにくい状況も生まれている。都市やまちのあり方を考える上で、決してないがしろにはできない子供について、その姿やまちとの関わりが、見えにくくなっている。

本研究では、実験住宅に暮らす小中学生の子どもたちの屋外での行動を調査し、現代の子供の都市での生活像・まちとの関わりを把握し、子どもの視線からみた居場所としての住環境の課題、あり方、子どもの育ちに必要な街の姿を検討していきたい。本稿では、その中間報告として、調査結果の概要を報告する。

2. 研究の方法

本研究では、実験集合住宅 NEXT21 に居住する子供の内、一人で都市空間を移動できる小学校高学年から中学生までの3名を対象とし、朝家を出てから帰宅するまでの行動を追尾調査した。調査の概要を下記に示す。なお、調査については、本人および両親の承諾を得た上で実施している。

表1 調査の概要

実施時期	第1回:2015年7月 第2回:2015年10月
調査対象	第1回:男子(小学生)、計1名 第2回:男子(小学生・中学生)、女子(中学生)、計3名
調査内容	追尾による行動記録、写真撮影

3. 行動範囲と移動目的

3人の子供の行動範囲を把握するため、調査時の移動の軌跡を図1～3に示す。図中の赤線が移動の経路となっている。

図1は、中学生の男子の記録であるが、自宅からの行動範囲半径は約1800メートル、移動手段は、徒歩、自転車であった。西方向への移動は自転車で書店に向かったものであり、南方向への移動は徒歩で通学したものである。

図2は、同じく中学生の女子の記録であるが、行動半径は約1800メートル、北東方向への移動は自転車でコンサートに向かったものであり、南東方向への移動は、自転車で声楽の練習に向かったもの、南方向への移動は徒歩で通学したものである。

図3は、小学生の男子の記録であるが、行動半径は、約1100メートル、移動の目的は通学の他、公園での遊び、道路上での遊び、コンビニでの買い物、飲食店での飲食、友人宅の訪問などである。



図1 移動経路(中学生男子)



図2 移動経路(中学生女子)



図3 移動経路(小学生男子)

中学生 2 人の行動半径は、距離的にはほぼ同じであり、また一つの移動に対して明確な一つの目標地があり、寄り道などの行為がなかった。しかし、小学生の行動半径は中学生に比べると小さく、また移動の目的が複合的である。道路で移動しながら遊ぶ、公園での遊びの途中でコンビニに向かい、また公園に戻るといった行動が見られた。

4. 小学生男子の行動・場所ごとの滞留・継続時間

小学生男子の平日および休日の行動について、行動・場所ごとの滞留時間を集計したものを表に示す。

表2 平日の場所・行動ごとの滞留・継続時間

場所	行動	時間 (分)	合計時間 (分)
学校	学校	474	474
道路	歩く	30	62
	自転車で走行	18	
	待機	5	
	猫を見る	4	
	遊ぶ	3	
	準備	1	
	立ち止まる	1	
公園	遊ぶ	50	50
家	一時帰宅	41	41
店・建物	店に入る	7	11
	店（銀行）に入る	4	

表3 休日の場所・行動ごとの滞留・継続時間

場所	行動	時間 (分)	合計時間 (分)
道路	自転車で走行	25	60
	遊ぶ	16	
	キャスターボードで移動	6	
	準備	5	
	信号待ち	2	
	話す	2	
	店のメニューを見る	2	
	飲料購入	1	
	歩く	1	
公園	話す	6	6
店・建物	友人宅に入る	274	303
	食べる	16	
	店に入る	13	
家	一時帰宅	17	17

(1) 平日

平日は、調査時間(7:48~18:26、10 時間 38 分)のほとんどが学校での滞在時間であったが、帰宅後の行動は、公園での遊び、コンビニエンスストアでの買い物が主なものであった。道路上での行動をみると、徒歩や自転車による移動以外にも、猫を見る、遊ぶなどの行動がみられた。

(2) 休日

休日は、調査時間(11:54~18:20、6 時間 26 分)のほとんどが友人宅の訪問時間であったが、道路上での行動がさらに多様なものとなっている。単なる移動以外にも、道路上でも遊び、特にキャスターボードでの移動は、移動そのものが遊びの要素も含むように見受けられる。また、メニューを見て飲食店入店を相談したり、立ち話をするなどの行動もみられた。

5. まとめ

本調査では、小学生の行動について、中学生に比べると、行動半径が小さいこと、そして移動の目的が複合的であり、特に移動以外の道路上での多様な行動が見受けられることがわかった。今後は、各行動ごとに、状況や周辺環境を整理し、さらに詳細な分析・考察を進め、子供にとってあるべき住環境の姿について検討していきたい。



図4 通学途上で猫を見る



図5 コンビニエンスストアに立ち寄る



図6 キャスターボードで移動しながら遊ぶ



図7 店のメニューを見る

【B】都市住宅における緑地マネジメント研究

都市緑化の一端を担う緑の回廊として再構築し、緑地マネジメントにより、生物生育基盤としての機能維持及び居住者が継続的に関われる緑地管理、コミュニティ形成の実現に向けた取り組みを実施した。

1. はじめに

NEXT21 は 1993 年の建設に先立ち周辺環境を調査し、都心部の緑化ネットワークの一部になるように配慮している。NEXT21 の周辺には大阪城公園等の都市公園や緑地がある。NEXT21 では、集合住宅は立体的な1つのまちであると捉え、共用廊下や階段はまちの街路空間として考えている。かつての町家の路地裏空間のような回遊性を持たせ、ふれあいのスペースとなるように設計された立体街路に緑地が地表にも途中階にもふんだんに配置され、縦につながる緑地を構成している。

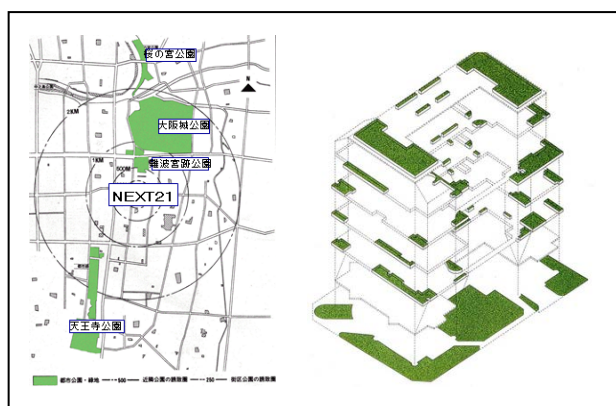


図 1 NEXT21 周辺の公園・緑地の配置図と立体緑地

2. NEXT21 の緑地実験の変遷

2. 1 第1フェーズ緑地実験

第1フェーズでは、集合住宅の立体的緑地による都市での自然環境の回復を検証した。竣工後3年で、緑で覆われた自然環境の回復を実現した。また日本野鳥の会様による調査で、22種類の野鳥と21種類の自生の植物が確認された。自生の植物の内、屋上の桐の木は最高3m程度に成長した。

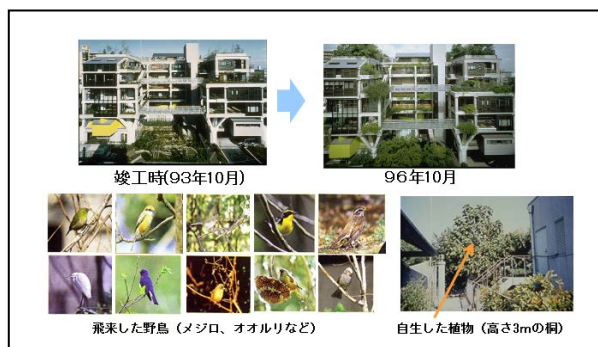


図 2 都市での自然環境回復及び22種類の野鳥と自生植物

緑化による建物の温熱環境への影響を調査している。図3が

サーモグラフで撮影した図だが、夏の非常に暑い時期でも緑化された NEXT21 は、周辺のコンクリートで覆われたところより温度が低くなった。緑化による日射の遮蔽及び水分の蒸発などの効果により、夏季の建物温度が5℃ぐらい低いことが検証でき、緑化による建物への温熱環境の向上が確認され、NEXT21 は涼しい環境が実現できていることがわかった。

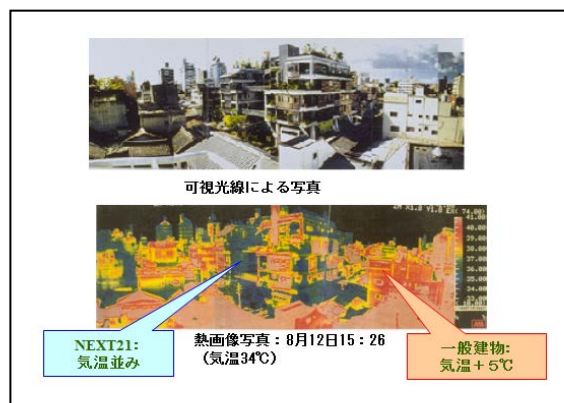


図 3 緑化による温熱環境の影響

2. 2 第2フェーズ緑地実験

第2フェーズでは、主に住まい手と緑地の関わりについて実験をしている。第1フェーズでは都市での自然緑地の回復がメインで、緑地と居住者とのかわり合いが少なく、落ち葉と害虫は一種クレームの対象になっていた。第2フェーズでは、居住者に主体的に緑地管理に関わってもらべく、入居前プログラムとして緑地管理のワークショップを実施し、入居後のプログラムとして役員会の自主運営や月 1 回の落ち葉の清掃・高木の剪定も自主的に居住者に実施してもらった。それにより、思いの反映された納得感のある緑地コミュニティ形成にも貢献できた。さらには、菜園や花壇を設置、収穫祭等のイベントへ発展した。



図 4 居住者による主体的な緑地管理(入居後プログラム)

住戸内の緑地で特徴的な 301 住戸「ガーデンハウスの家」の間取りは2階メゾネットタイプで、1階の南面に大開口があり、

緑地が配置された多目的室など、緑で覆われた空間で居住者は生活している。野鳥が訪れ、自然と触れ合う機会が増えて、子供の情操教育等に役立ったという良い面はあった。しかし室内なので、24 時間の空調稼働は必ずしも植物にとっては良い環境ではなく、害虫の発生等のトラブルもあった。

そういった問題もあり、第3フェーズの301 住戸は省エネ改修をし、その際に空間をガラスの引き戸で仕切ったり、南側は遮光スクリーンで日射を遮ったり、人と自然とが適度な距離感を確保できるインナーガーデンとして設定した。また、屋内空間に適した観葉植物などを選ぶことで害虫トラブルも解消された。



図5 301 住戸省エネ改修後のインナーガーデン

2. 3 第3フェーズ緑地実験

第3フェーズの U-CoRo(上町台地コミュニケーションルーム) プロジェクトでは、現在、日本野鳥の会 大阪支部様が事務所とされているスペースにウインドウディスプレイをして、ワークショップや交流イベント等の地域拠点として活用していた。本プロジェクトとの連携により、例えば居住者が屋上になにわの伝統野菜などを栽培し、収穫することで第2 フェーズに引き続き、居住者同士、あるいは地域の住民等を含めたコミュニティ形成に役立つといった実験を実施した。



図6 U-CoRo プロジェクトとの連携による緑地管理活動

3. 第4フェーズ緑地実験

3. 1 第4フェーズに向けた緑地の課題

第4フェーズに向けた緑地の課題は、第1 から第3フェーズまでの居住実験の結果に基づいている。都市での自然環境の回復、緑地が居住者同士の安らぎ・癒やしとなっている、居住者

の共同管理による居住者間の交流や緑地への愛着が増加した、などが実証されている。その一方で、居住者にとって緑地管理は、過度の負担感になる場合があった。樹木医に診断してもらったり、植栽の生育状況を確認したりすると、過度の剪定により弱化した樹木が見つかった(内部に空洞が見つかった屋上の桐の木など)。エコロジカルガーデンにも雨で土が流され樹木が支えられない部分が一部発生してきているなど緑地自体の劣化も若干見られた。

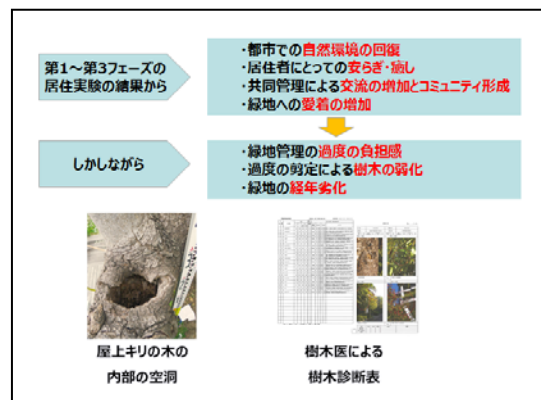


図7 屋上桐の木の内部の空洞と樹木医による樹木診断表

3. 2 住棟緑地改修の概要

そのような課題を解決すべく、第4フェーズでは住棟全体の緑地の改修を実施している。第4フェーズ緑地コンセプトである「人と自然の関係性の再構築」を目指し、居住者が継続的にかかわれる緑の回廊を整備すること、都市における緑・風・光のあふれる住環境を整備すること、広域都市緑化のネットワークの一端を担うこと、さらには生態系を支える植物生育基盤を導入して住棟全体の緑地改修をすることにより、専門家の意見を反映した緑地マネジメントの構築に結びつけていくための住棟緑地改修をしている。

3. 3 住戸緑地改修の概要

次に、第4フェーズ開始前に 305 住戸と 403 住戸の改修を実施したが、私的空間である住戸と共用部の間に内と外との中間領域となる空間を設け、そこでのアクティビティーが人と人とのつながりを創出すること、例えば 305 住戸であれば外土間や内土間の部分、403 住戸であれば露台と料理教室ができる台所とのつながりを設けた。この中間領域の部分にも緑を設け、自然との共棲も実現している。居住実験開始後には、305 住戸では外土間に植栽が施され、403 住戸では露台に料理教室用のハーブが植えられるなど、居住者の工夫も見られるようになった。



図 8 305 住戸 403 住戸の中間領域における緑地

また、デベロッパー様とのパートナー・コンペティションで最優秀賞に選ばれた 2 住戸についても改修し、その中間領域にも緑地を設置した。404 住戸では、ダイニングから中間領域の井戸端コーナーを見て、連続した緑地を眺めたり育てたりすることができる。また、501 住戸ではダイニング、リビングからの大開口で、窓を大きくとり光と緑を取り込む工夫を取り入れている。このように住戸改修のなかでも、うまく設置することで居住者が緑と触れ合えるように工夫している。

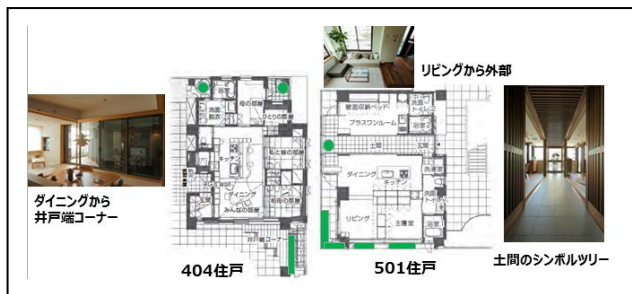


図 9 404 住戸 501 住戸の中間領域における緑地

3. 4 緑地研究会について

第4フェーズの緑地実験では、社内外の専門家で構成された研究会方式で実験内容を検討し推進している。目的、体制、研究の流れは図 10 のとおりである。

- (1) 研究会発足の目的
社内外の専門家で構成された研究会方式で、「人と自然の関係性の再構築」実現のための緑地マネジメントを検討する。
- (2) 体制（メンバー）
・大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科 緑地環境科学専攻
藤原 宣夫教授 平井 規央准教授
・(株)アトリエ E 2 代表取締役
江木 剛吉 (NEXT21 緑地設計者)
・日本野鳥の会 大阪支部
平 軍二、森山 春樹
・大阪ガス(株) リビング事業部 計画部、C E L、CSR 環境部
田中マネジャー、木茂、篠倉、目堅、住田
- (3) 研究フロー
目指すべき緑地の再確認⇒現状把握（生き物調査等）
⇒実践（居住者緑地イベント等）⇒課題抽出・対策立案
⇒フィードバック・実践

図 10 緑地研究会

3. 5 目指すべき緑地の再確認

目指すべき緑地の再確認だが、住棟全体としては、都市の広域緑地ネットワークの一端を担い、野鳥、昆虫等の受け皿に

なるということである。さらに屋上東側の一部分に、里地・里山の一部として草原を再現することを考えた。人と自然、建物と自然、自然の復元という内容で目指すべき緑地の再確認をした。

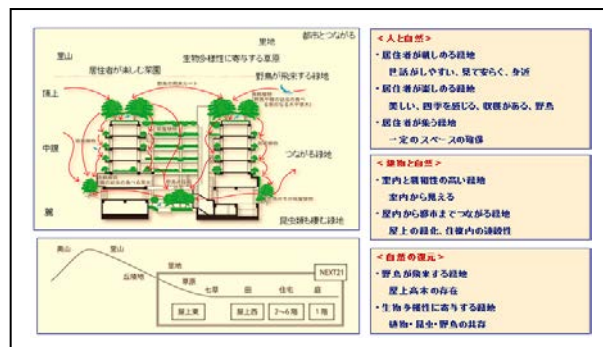


図 11 目指すべき緑地の再確認

3. 6 生き物調査結果

現状を把握すべく、NEXT21 の緑地の植物、昆虫、鳥類の生き物調査を実施した。植物については、大阪府立大学の藤原先生に「外部から侵入した植物種」の調査をしていただいた。結果は、合計 105 種あり、分類別では一年草と多年草が多いこと、種子散布型では植栽由来が多く、風で飛んできたものも 19 種と比較的多くなっている。階層別では 1 階と屋上が多く、3 階から 6 階までは若干少なくなっているが、居住者が日ごろから雑草除去をしているその効果ではないかと考えられる。このように外部からの侵入種が多いのは、管理する側としては非常に手間が増えるが、種の多様性の増加という観点からは、ある程度評価できると考えられる。同じく、屋上東側で「植生の変化」を調査した。A 地点、B 地点の 2 地点で、高さ、密度、種類、優占種の経時変化を見た。高さについては、比較的短期間で 1.6m まで成長した。その傾向は、最初は緩やかでも急に高くなるという指数関数的に上昇している。一方、密度は、最初は非常に早く、だんだん緩やかに対数関数的に上昇する傾向が見られた。優占種は、ヨモギが多いという結果で、やはり雑草の成長が非常に速く、そのため雑草の除去作業の頻度は、今までの年 3 回から今後は年 4 回に増やす方向で決定した。

調査地点別侵入種の分類別統計

階層	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	合計	割合							
植物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10.0%							
昆虫	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10.0%							
鳥類	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10.0%							
合計	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	30.0%							
割合	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	30.0%	30.0%							
侵入種の生活型別統計																			
生活型	一年草	多年草	低木・小高木	高木															
種数	64	37	3	1															
侵入種の種子散布型別統計																			
種子散布型	風	動物	人間	風	種子散布														
種数	7	6	19	73															
侵入種の階層別統計																			
階層	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	合計	割合							
種数	61	42	19	17	23	19	44	45	44	45	411	41.1%							
割合	73.3%	42.9%	23.8%	20.9%	28.1%	23.1%	53.3%	55.6%	55.6%	55.6%	41.1%	41.1%							

主な侵入種

オキザリス
(シソ科)

オキザリス/シソ科
(オキザリス)

マツハシロソウ
(コマナグサ科)

オキザリス
(シソ科)

オキザリス
(シソ科)

マツハシロソウ
(コマナグサ科)

図 12 外部からの侵入種調査結果

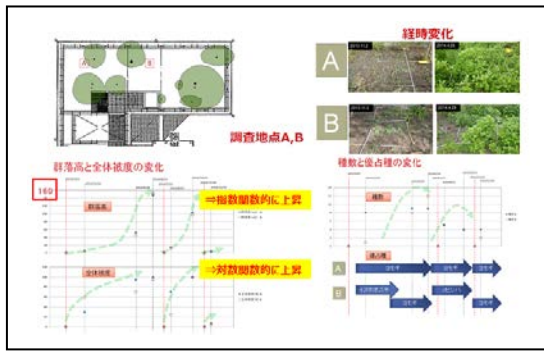


図 13 植生変化(コロラード調査)結果

次に、昆虫及び水生動物等について大阪府立大学の平井先生に調査いただき、種類として昆虫70種、魚等が3種、合計81種が確認されている。水生動物は、1階のエコロジカルガーデンやエントランス周辺、屋上の池で調査し、傾向として、オオシオカラトンボとその幼虫を中心とした特定種優占の傾向が見られた。さらに、1階エコロジカルガーデンの池は、外部から投入されたものかと思われるカダヤシなどの特定外来種も見られたので、即刻駆除した。昆虫類70種のうち、蝶類については、第1フェーズでは17種だったのが9種に減っていた。理由は吸蜜植物のブートレアを当初植えたが、途中で消滅したことが原因の1つと推測される。また、NEXT21のシンボルツリーの1つである1階のエコガーデンのエノキや屋上のミカンの木を中心に、植物と昆虫が連鎖的につながっていることがわかり興味深い結果となっている。



図 14 NEXT21 の昆虫、水生動物

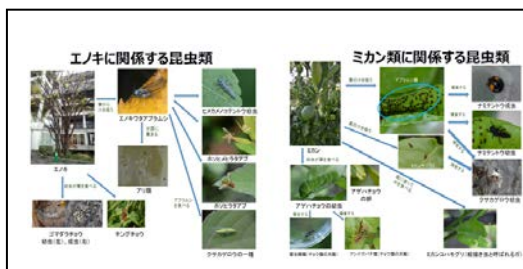


図 15 シンボルツリーと昆虫のつながり

次に、鳥類について、日本野鳥の会 大阪支部様に調査いただいた。1年間で19種類が確認でき、第1フェーズ5年間調査での22種類のうちターゲット種5種類(スズメ、キジバト、ヒヨドリ、メジロ、シジュウカラ)は、今回も一部季節限定の鳥もあった

ものの全て確認された。今回確認された種類の内、スズメやドバトが多く、都市型集合住宅の特徴であると思われるが、人が餌をやってしまう給餌の影響があるものと想像される。



図 16 鳥類調査結果

3. 7 居住者緑地管理イベントについて

次に、NEXT21の居住者による緑地管理イベントについては居住者の管理エリアは、3階から6階の立体街路、共用部と屋上の西側となっており、年2回、居住者による低木の剪定、あるいは雑草除去作業を実施している。居住開始1年目の実施時には居住者向けに手引書を配付し、実際に作業を実施してもらった。その後、アンケート調査で意見を集約したが、作業が非常に大変で、手引書の中身も追加で記述して欲しいという要望事項が多々あった。2年目に要望のあった事項を追加しわかりやすい内容に改訂した。植物図鑑も作成し、居住者に配り、参考にしてもらいながら剪定作業を実施してもらった。作業実施後アンケート結果では非常に好評で「1年目よりやりやすくなった」という感想が多かった。



図 17 居住者剪定・雑草除去作業

同じく居住者緑地管理イベントの中の1つとして、屋上西側は、居住者自らが菜園をつくり、収穫を楽しみ、自然と触れる活動を実施するエリアになっている。居住者が実際に芋をつかったり、プランターで野菜を育て収穫し、皆で調理し食する活動によって、コミュニティ形成促進に貢献できている。お花畑をつかったりといった企画を居住者自ら実施している。

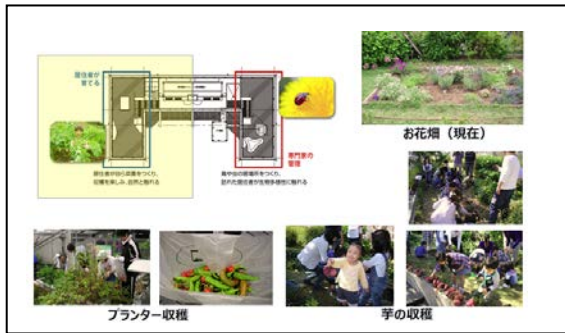


図 18 屋上西側居住者イベント

一方、屋上の東側については、当初の設定では専門家による管理エリアと位置づけていたが、生き物調査も一旦完了したので、その後は定期的に居住者にも関わりを持てる場所として整備し、大阪府内の光明池等から採取した9種の種(キキョウ、イヌハギ、ツリガネニンジン、ワレモコウ、コガンビ、メガルカヤ、ノアズキ、ミヤコグサ、リンドウ)を居住者が苗を育て、植える活動により環境教育へ結びつけていく活動を実施した。大阪府立大学様に居住者配布チラシを作成いただき、作業の指導もしていただいた。

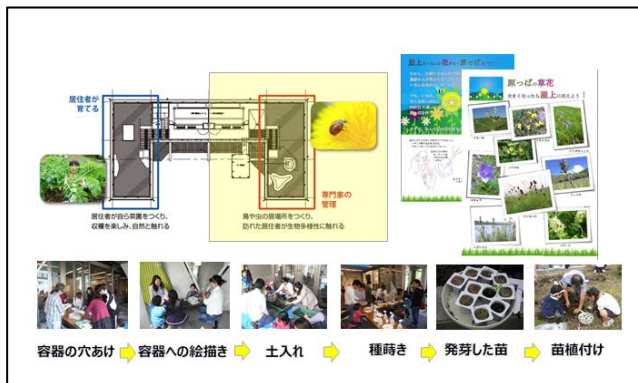


図 19 屋上東側居住者イベント

4. おわりに

以上、第4フェーズの緑地実験のまとめで、課題と今後の対応を整理すると、

- ・NEXT21 緑地の現状把握(生き物調査)により、屋上の雑草の成長が非常に早いということがわかったため、屋上東側の管理方法を見直し、年3回から年4回へ雑草取りの頻度の見直しをした。
- ・同様に昆虫等の特定種優占の傾向が見られたために、多様な生き物(トンボ等)を今後誘致していく予定で、当社の泉北製造所等から植物を移植すること、及びその受け入れのためのエコロジカルガーデン池・流れの改修を実施することとした。またカダヤシ等の特定外来種の定期的な駆除も実施していく。



図 20 トンボ等の多様性向上策実施

- ・居住者のイベントについては、楽しく継続的にかかわれる緑地管理ができるための手引書の整備や、イベント的な仕掛けも実施していく。
- ・目指すべき緑地の再確認⇒現状把握(生き物調査等)⇒実践(居住者緑地イベント等)⇒課題抽出・対策立案⇒フィードバック・実践 のPDCA サイクルも継続していく。

以上

【C】省エネ・ライフスタイルの変容に関する研究

我慢や不便を感じるネガティブな省エネ行動ではなく、心豊かで持続可能な省エネ行動への誘導について検証。冬季のエネルギー消費量が、約 6%削減された。

1. 研究の背景・主旨

多くの人が様々なきっかけで省エネ行動を始めるが、生活に不快や不便を招くことも多く、そのために、取り組みをやめてしまうケースも多いと言われる。

このような無理な省エネ行動ではなく、持続可能な「より少ないエネルギーでも満足度を損ねない生活」に切り替えていくためには、エネルギーデータ情報の提供だけでなく、人の感性に訴える仕掛けが必要である。

省エネ行動の中には、やってみたら意外に簡単だったというものもある。また、その行動に付随して発生することが、心のゆとりや豊かな思いにつながることもある。そのような省エネ行動は、持続可能と考えられるが、どのようにすれば、そこに導くことができるのかを検証することを目的に研究を開始した。

2. 研究の目的

NEXT21 でも、居住実験として、省エネ・ライフスタイル研究を行ってきた。2000～2005 年の第 2 フェーズ居住実験では、1 日単位でエネルギー使用量を各戸に提示する仕組みを設置し、導入前後のエネルギー使用量の変化を調査し、エネルギー情報の画面をよく見ている住戸は、エネルギーが減少する傾向にあることを確認した。この時、同時に、エネルギー自由化時代を見越して、複数の電気料金体系を用意し、自宅の料金体系を実際に入居者が選択する実験なども行った。

また、2007 年～2012 年の第 3 フェーズ居住実験では、301 住戸「ファクター4 の家」において、エネルギー診断、生活アドバイスを定期的に行い、断熱改修・高効率設備の導入・自然エネルギーの活用も合わせることで、未対策時に想定されるエネルギー消費量に対し、実際の消費量を4分の1に削減する実験も行い、最終的に目標をほぼ達成することができた。

今回は、我慢や不便を感じながら省エネ行動をするのではなく、コミュニティの力も活用し、満足度や達成度が高く、持続可能な省エネ行動は、どのようなものか、また、そこに導くためには何が必要かを検証することを目的に研究を進めた。

コミュニティの場としては、SNS やネットワークで情報をやり取りするような仮想のコミュニティも考えられるが、今回は、NEXT21 の入居者によるワークショップを開催した。その中で、近隣コミュニティにおける仲間意識や競争意識、行動に関する宣言することによる効果等を検証することとした。

一連の実験の中から、省エネ行動変容に対し、有効な要素が導き出されれば、仮想のコミュニティに対しても導入可能なものもあると考えられる。

3. 実施内容

3-1. ワークショップの実施

①時期

2014 年 12 月 6 日(土) 10:30～12:00

②対象

全住戸(当時 14 戸)

③事前配布資料

入居者の意識を高めるために、各住戸に1冊ずつ配布。

・山川文子氏著「省エネの大研究」:

一般的な省エネに関する知識が網羅されている。

・CEL「夏を乗り切る／冬を乗り切る」:

工夫して省エネを行う手法の参考として。



図1 事前配布した書籍

④ワークショップの内容

・主旨説明と情報提供の講演(15 分)

「夏を乗り切る／冬を乗り切る」の冊子から冬の項目を主に紹介。「ファクター4の家」の研究内容と直近のヒアリング結果も紹介

・ワークショップ(議論:約 60 分、発表:約 15 分)

ファシリテーターは、大阪ガス行動観察研究所が担当。

3-2. ワークショップの様子

参加 11 戸の内、2名参加の住戸が1戸あり、参加人数は 12 名。2グループに分けて実施。

日頃、行っている省エネ行動、省エネに関する疑問、省エネをしていくにあたり制約とを感じる事などを付箋に書き出し、さらに同内容のものや関連するものを集めたり、新たに気付いたアイデアを付箋に書き足したりしながら意見交換を進めた。



図2 ワークショップの様子

3-3.ワークショップ後のアンケート結果

全体の感想として、「よかった」(6)、「まあまあよかった」(3)の合計が75%。

一方、「あまりよくなかった」(1)という声もあった。次に、よかった点の内容を聞くと、「ほかの人の省エネ意識や実践が聞けて参考になった」(9)がトップに、また、「意識が高まった」(5)が2番目に多かった。また、よくなかった点を聞くと、「特にない」(11)がほとんどを占める中、「参考にできる意見や実践が聞けなかった」(1)という意見もあった。

ワークショップへの期待では、「他の住戸の様子を知ることができる」(9)が多かったが、前問で、「ほかの人の省エネ意識や実践が聞けて参考になった」の回答も同数になっており、期待通りの人が多かったと推察できるが、「特に期待したものがない」(1)という回答もあった。

また、第3フェーズでの省エネ・ライフスタイル実験「ファクター4の家」の居住者が、たまたま第4フェーズも別の住戸に居住しており、ワークショップにも参加し、実践内容をいくつか紹介してくれたが、多くの人が興味を持って聞いていた。

事前に配付した書籍については、拾い読みした人が多かった。

書籍が役に立つかどうか、また、ファシリテーターの進め方については、肯定的な回答が多かったが、いずれの問いにも否定的な回答がそれぞれ1人あった。

このアンケートを回答者別に見ると、多くの人が「期待通りの

結果が得られてよかった」、「省エネ意識が高まった」、「今後の参考になる」とプラスの評価をしており、ワークショップが有効であったことを示している。

一方で、「あまりよくなかった」と回答している人もいた。その理由としては、「参考にできる意見や実践が聞けなかった」と回答している。また、ワークショップに期待したものもなく、参考として配布した書籍も、あまり役にたたないと回答していた。その人は、アンケートの自由記述欄で、「省エネ情報があふれているので、ワークショップで新しいアイデアを得るのは難しい」と述べている。省エネに関心があつて知識もあるので、あまり得ることはなかったという意見であった。複数の人を集めると、レベルの異なった人が参加する可能性が高く、一律の情報では、対応できない部分もあると言える。

3-4.省エネ行動宣言の実践結果

ワークショップの後、「省エネ行動宣言」を各住戸5つ以上出してもらった。この宣言の内容は、住戸や名前を伏せて一覧表にし、全住戸に再配付した。他の住戸がどのような内容の宣言を出しているのかを知ることで連帯感を生み、自分たちが提出した宣言も公表されていることで、責任を持って行動してもらう「コミットメント効果」を狙ったものである。

その上で省エネ行動に取り組んでもらい、春先になって、自己評価を依頼した。自己評価では、80点ぐらいをつけた人が多かったが、「できなかった」と0点をつけた人や、項目によっては「完全にできた」と100点をつけた人もおり、平均では、61.7点であった。(図3)

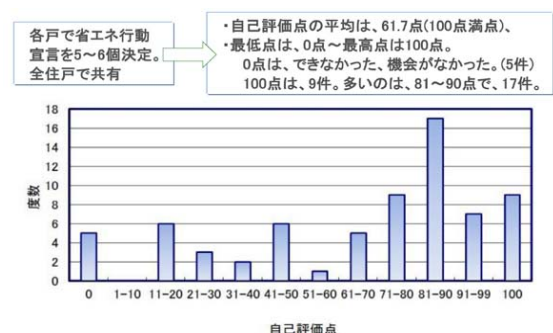


図3 自己評価の分布

さらに、自己評価の点数に加えて、その行動の難易度について「やさしかった」を1、「難しかった」を5として難易度を聞いた。その自己評価点と難易度の相関をグラフ化した。(図4)

大きく分けると、3つのエリアに分かれる。

まず、「難易度が高く、自己評価点が低い」＝「やはり難しくできなかった」という左上の黄色のエリア。宣言した行動を実行するために、新たに購入が必要であったり、収納から取り出してくる必要があったりする等、物理的な制約があるものや、子供と一緒に入浴していると、シャワーをこまめに止めることが難しい

と言った精神的な余裕がないといったものが見られた。

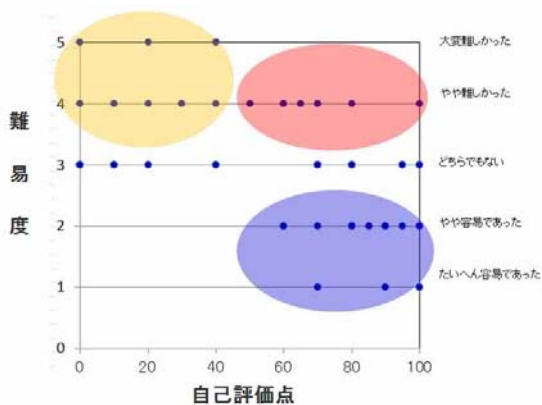


図4 自己評価点と難易度

右上の赤色エリアは、「難しかったが、自己評価が高い」＝「頑張った」というエリア。少々無理したのではないと思われる項目もあった。このエリアに含まれるものは、省エネ効果が実感できたり、何か意外なよさを見つけたりする等、「何かいいこと」が見つからない場合は、持続しない可能性も高いと思われる。

右下の青のエリアは、「容易に実行できた」というエリア。省エネ行動宣言に「湯沸かしにガスこんろを使用する」を挙げていた人は複数いたが、このグラフの黄色・赤色・青色の3つのエリアのいずれにも入っていた。この行動が難しく実行できなかったと言っていた住戸では、やかんがひとつしかなく、朝、お茶を沸かして置いておくと、コーヒーのためのお湯を沸かせないため、もうひとつやかんを購入しないといけないという物理的な制約によるものであった。

つまり、ひとつの省エネ行動でも、家庭によって事情が異なり、難しかったり簡単だったりするので、個別の対応が求められることが、改めて浮き彫りになったと言える。

3-5.エネルギー使用量の変化

ワークショップを実施した2014年12月を含む4か月間の

(電力:1kWh=9,76MJ、天然ガス:1m³=45MJで一次エネルギー換算)

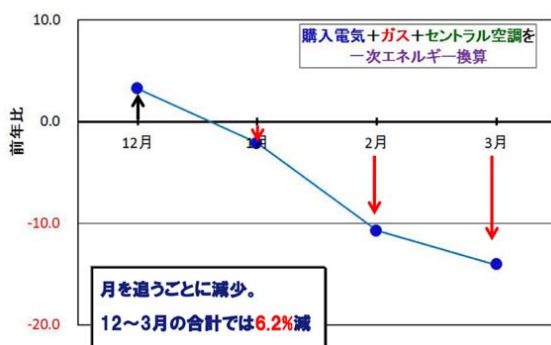


図5 住戸エネルギー消費量の前年比変化

NEXT21 全体のエネルギー使用量データを、前年同月のエネルギー使用量と比較した。(図5) これに含まれるものは、電気・ガス・セントラル空調用の冷温水である。

エネルギー消費の前年比が12月から月ごとに減少し、3月単月では15%減、4か月の合計エネルギー削減量は約6.2%となった。

実際のエネルギー消費量でも、省エネ行動の効果が確認できた。

4. まとめ

- ・宣言したもののできなかった行動については、物理的・人的・状況の制約、つまり家々の事情によるものと精神的制約(面倒・忘れる)によるものがある。
- ・情報提供、例えば、「その行動によって、どれぐらいの金額やエネルギーが削減できるのかを知りたい」と言う人もいる。
- ・携帯電話の充電完了後、充電器のプラグを抜くのは、機器にも余計な負担をかけないという情報が行動の推進力になった例もあった。機器によい、もしくは健康によいといった情報もあれば、省エネ行動のインセンティブになりうる。
- ・「やってみたら意外にできた」という声も少なくなかった。少々強制的に実行してもらい、効果を実感する機会を作ることも有効と思われる。

この取り組みは、今冬の実験も合わせて、行動宣言の継続性を評価する予定である。

【実験・研究担当者一覧】（敬称略、大阪ガス株式会社メンバーは社名略）

I エネルギーシステム実験

■エネルギーシステム実験全般

田中 敏英（リビング事業部 計画部）
篠倉 博之（リビング事業部 計画部）
目堅 智久（リビング事業部 計画部）

[A] SOFC 住戸分散設置とエネルギー融通実験

① SOFC 発電電力の域内電力融通実験

石井 幹也（リビング事業部 商品技術開発部）
秋岡 尚克（リビング事業部 商品技術開発部）
松尾 岳明（リビング事業部 商品技術開発部）

② SOFC と太陽熱の組み合わせによる熱の有効利用実験

森田 輝（エネルギー技術研究所（当時））
片山 智史（エネルギー技術研究所）

③ 次世代型高効率 SOFC プロトタイプ機運転実験

檜垣 勝己（リビング事業部 商品技術開発部）

④ 燃料電池排熱の活用を想定したデシカント空調用新規素材の冷房・加湿性能評価

岸本章（エネルギー技術研究所）
植田 健太郎（エネルギー技術研究所）
森田 和樹（エネルギー技術研究所）

[B] デマンドレスポンス対応と逆潮運転実験

① SOFC による常時逆潮実験

石井 幹也（リビング事業部 商品技術開発部）
秋岡 尚克（リビング事業部 商品技術開発部）
松尾 岳明（リビング事業部 商品技術開発部）

② SOFC を活用したデマンドレスポンス逆潮実験

石井 幹也（リビング事業部 商品技術開発部）
秋岡 尚克（リビング事業部 商品技術開発部）
松尾 岳明（リビング事業部 商品技術開発部）

③ 共用部ガスエンジンコージェネレーションを活用したデマンドレスポンス実験

平井 友之（エンジニアリング部）

[C] 停電時自立システム実験

平井 友之（エンジニアリング部）
福井 浩二（エンジニアリング部）
上田 知広（エンジニアリング部）

[D] HEMS の導入実験

① HEMS タブレット導入による省エネ意識向上実験

阿部 哲二（リビング事業部 計画部）

② 次世代 HEMS 実験

八木 政彦（リビング事業部 商品技術開発部）
鈴木 智之（リビング事業部 商品技術開発部）
高溝 将輝（リビング事業部 商品技術開発部）

[E] 再生可能エネルギーとの組み合わせ実験

① 太陽熱と共用部 CGS 排熱を組み合わせたセントラル熱源空調システム実験

牛尾 雅之（リビング事業部 計画部）
望月 義樹（エネルギー事業部 ビジネス開発部）

② 家庭用生ごみからのバイオガス活用実験

中本 学（エネルギー事業部 ビジネス開発部）
中西 裕士（エネルギー事業部 ビジネス開発部）
板屋 貴大（エネルギー事業部 ビジネス開発部）

③ 燃料電池、太陽電池、蓄電池の3電池システム実験

石井 幹也（リビング事業部 商品技術開発部）
松尾 岳明（リビング事業部 商品技術開発部）
秋岡 尚克（リビング事業部 商品技術開発部）

II 住まい・住まい方実験

■住まい・住まい方実験全般

加茂 みどり（エネルギー・文化研究所（兼務）リビング事業部 計画部）
田中 敏英（リビング事業部 計画部）
篠倉 博之（リビング事業部 計画部）
目堅 智久（リビング事業部 計画部）

[A] 少子高齢社会に対応した住まい研究

① 新・中間領域研究 1 -研究の概要

② 新・中間領域研究 2 -305 住戸「余白に棲む家」における日常生活の中間領域-

③ 新・中間領域研究 3 -403 住戸「しなやかな家」におけるイベント開催時の中間領域-

④ 新・中間領域研究 4 -304 住戸「住み継ぎの家」における環境調整空間についての考察-

新・中間領域研究会 ※1

⑤ NEXT21 設計パートナー・コンペティション「2020 年の住まい」最優秀作品受賞住戸

NEXT21 設計パートナー・コンペティションプロジェクト ※2

⑥ 都市空間における子供の行動調査

村井 尚子 (大阪樟蔭女子大学 教授)
山本 一成 (大阪樟蔭女子大学 専任講師)
加茂 みどり (エネルギー・文化研究所 (兼務 リビング事業部 計画部))

[B] 都市住宅における緑地マネジメント研究

第4フェーズ緑地研究会 ※3

[C] 省エネ・ライフスタイルの変容に関する研究

省エネ・ライフスタイル研究会 ※4

※1 新・中間領域研究会

高田 光雄 (京都大学大学院 教授) <主査>
近本 智行 (立命館大学 教授)
土井 脩史 (京都大学大学院 研究員)
牛山 あやか (京都大学大学院)
原田 和幸 (立命館大学)
川嶋 孝明 (立命館大学)
須貝 大樹 (立命館大学 (当時))
荻野 浩之 (立命館大学 (当時))
小西池 透 (エネルギー・文化研究所 所長)
木全 吉彦 (エネルギー・文化研究所 所長 (当時))
加茂 みどり (エネルギー・文化研究所 (兼務 リビング事業部 計画部))
志波 徹 (エネルギー・文化研究所)
田中 敏英 (リビング事業部 計画部)
篠倉 博之 (リビング事業部 計画部)
目堅 智久 (リビング事業部 計画部)

※2 NEXT21 設計パートナー・コンペティションプロジェクト

<NEXT21 設計パートナー・コンペティション>

企画 大阪ガス株式会社
審査委員 馬場 正尊 (Open A 代表、東北芸術工科大学 准教授)
島原 万文 (ネクスト HOME'S 総研 所長)
加茂 紀和子 (みかんぐみ、ICS カレッジオブアーツ 特任教授)
木全 吉彦 (エネルギー・文化研究所 所長 (当時))

<NEXT21 コンペ住戸基本設計研究会メンバー>

大阪ガス株式会社
田中 敏英、加茂 みどり、目堅 智久
株式会社大京 [404 住戸]
保川 愛一郎、谷野 誠一、内田 麻衣子、西中 ちひろ、余湖 瞳子
株式会社岩村アトリエ [404 住戸]
岩村 和夫、東條 一己、石崎 竜一、三井所 清史、那須 洋平
近鉄不動産株式会社 [501 住戸]
矢井 明、鍛冶 百世、新海 直美
KBI 計画・設計事務所 [501 住戸]
李 成海、島田 照実、中田 一久、鶴園 龍太郎
設計アドバイザー
高田 光雄 (京都大学大学院 教授)
近角 真一 (集工舎建築都市デザイン研究所 所長)
馬場 正尊 (Open A 代表、東北芸術工科大学 准教授)

<断熱設計監修>

清家 剛 (東京大学大学院 准教授)

※3 第4フェーズ緑地研究会

藤原 宣夫 (大阪府立大学大学院 教授)
平井 規央 (大阪府立大学 准教授)
江木 剛吉 (株式会社アトリエイツー 代表取締役)
平 軍二 (日本野鳥の会 大阪支部)
森山 春樹 (日本野鳥の会 大阪支部)
田中 敏英 (リビング事業部 計画部)
篠倉 博之 (リビング事業部 計画部)
目堅 智久 (リビング事業部 計画部)
加茂 みどり (エネルギー・文化研究所 (兼務 リビング事業部 計画部))
住田 希美 (CSR・環境部)

※4 省エネ・ライフスタイル研究会

志波 徹 (エネルギー・文化研究所)
加茂 みどり (エネルギー・文化研究所 (兼務 リビング事業部 計画部))
田中 敏英 (リビング事業部 計画部)
篠倉 博之 (リビング事業部 計画部)
目堅 智久 (リビング事業部 計画部)
島田 照実 (関西ビジネスインフォメーション株式会社) <事務局>
森 さやか (関西ビジネスインフォメーション株式会社) <事務局>
* 研究指導 株式会社住環境計画研究所

大 阪 ガ ス 実 験 集 合 住 宅

NEXT21

大阪ガス株式会社
リビング事業部 計画部