



# CITY ECOX 2030 年における都市型集合住宅の ZEH プロトタイプ

「2030 年の家」として、「2030 年における都市型集合住宅の ZEH プロトタイプ」を提案します。

日本、またアジア諸国における都市部への人口集中は今後さらに継続すると予想され、またその多くは集合住宅に住みます。  
したがって 2030 年の住宅エネルギー問題は、都市の、集合住宅に存在するといえるのではないのでしょうか。

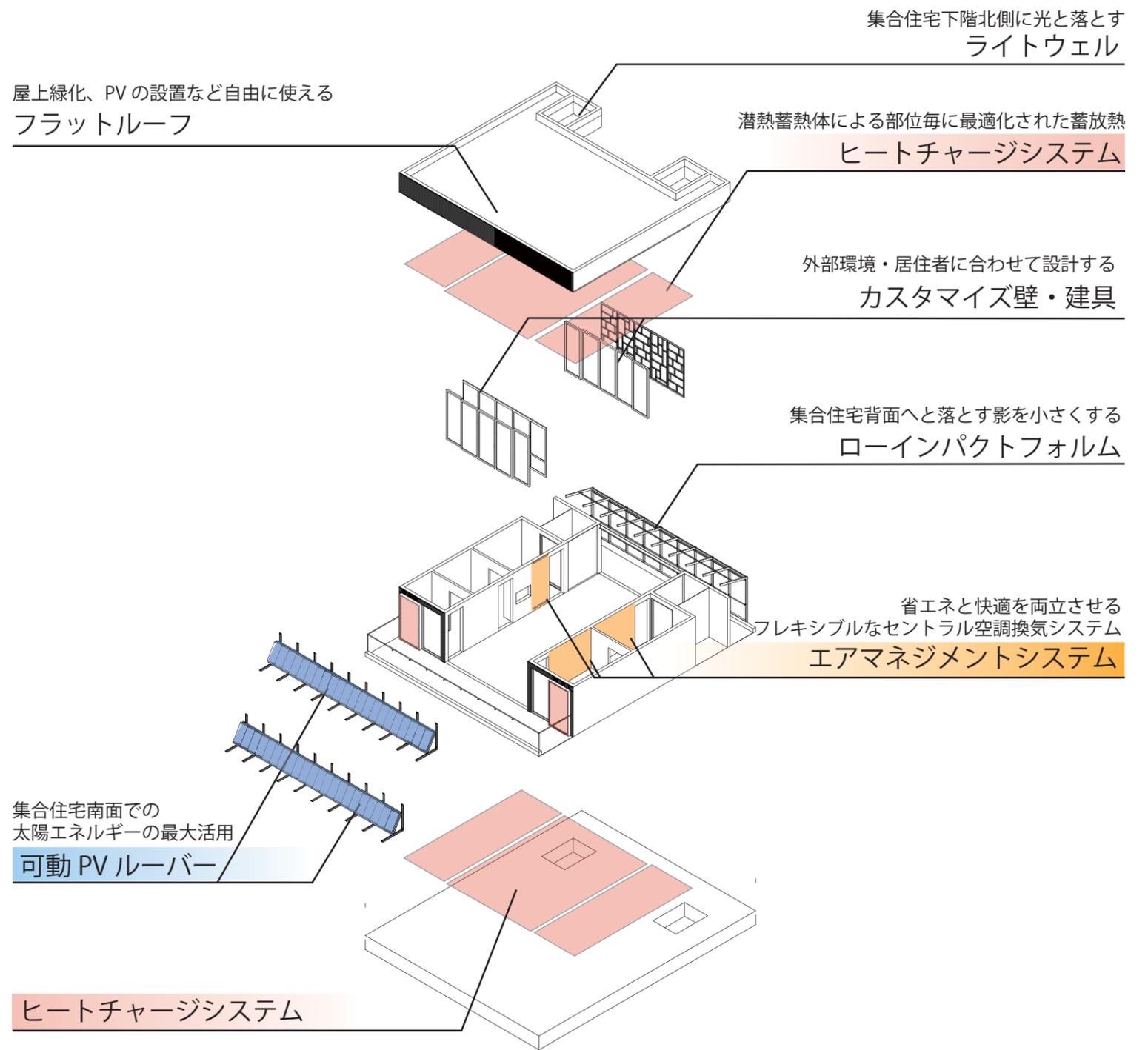
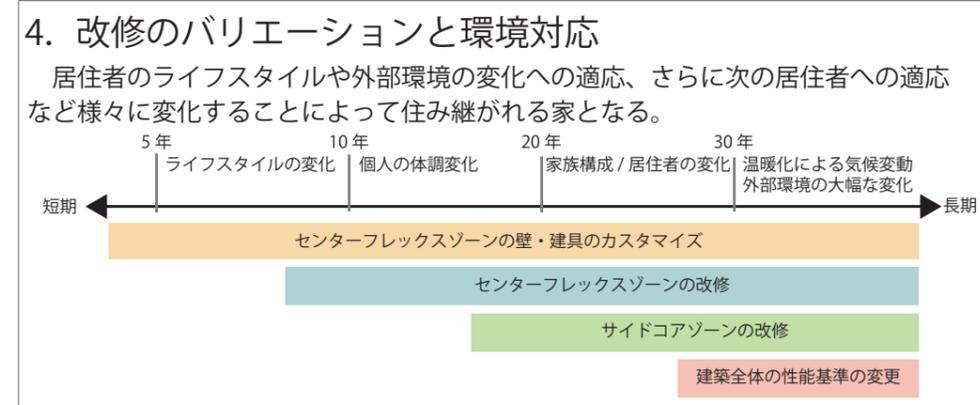
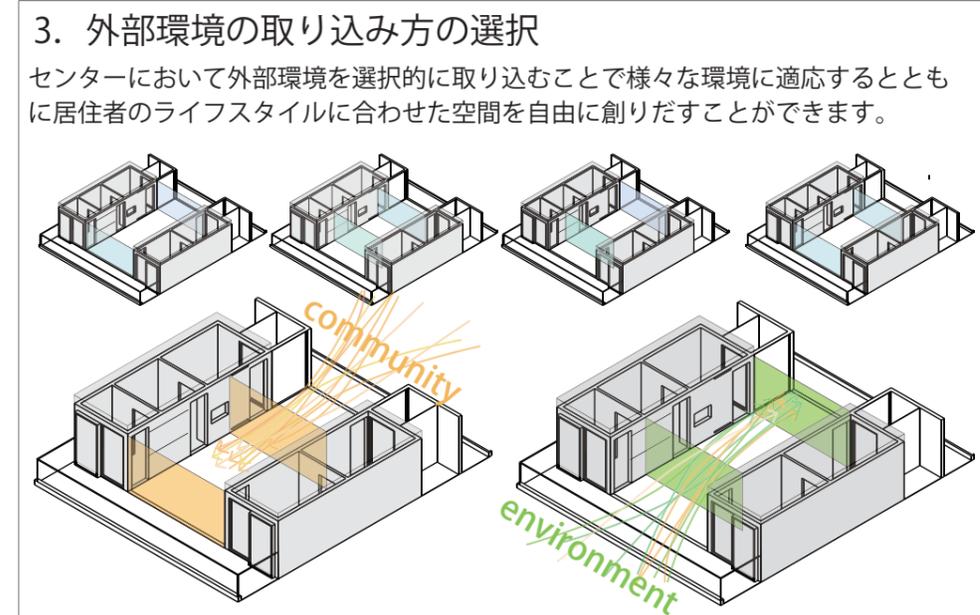
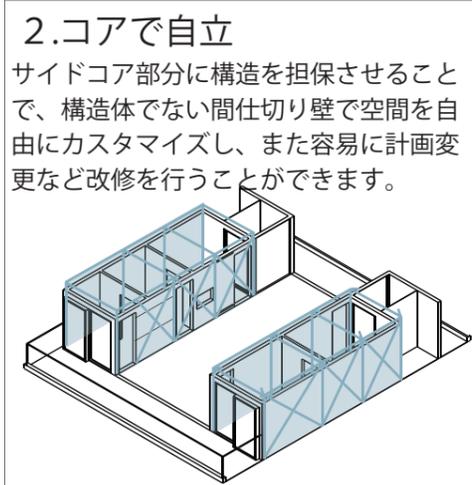
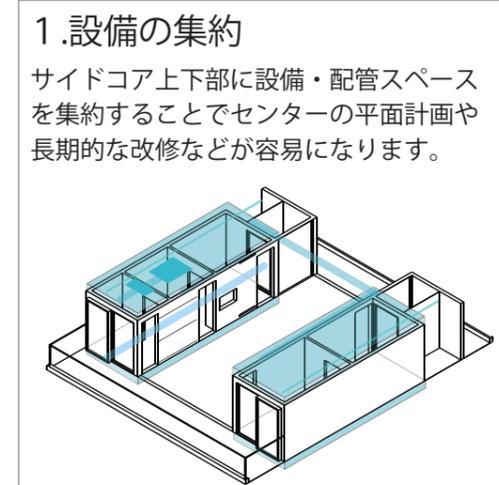
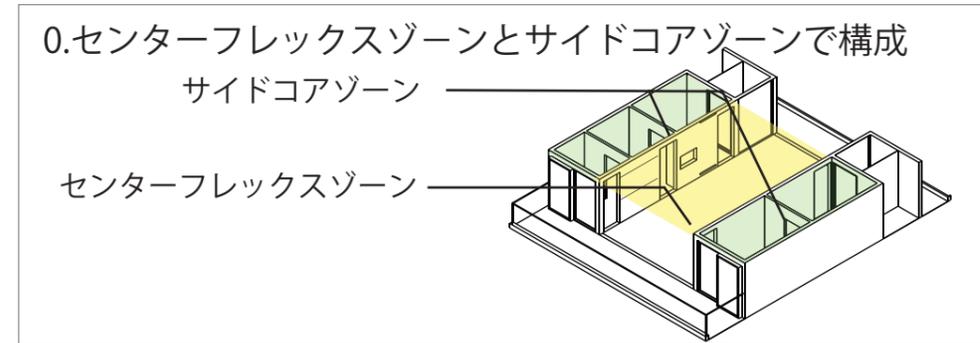
2030 年の都市集合住宅の ZEH プロトタイプを設計するにあたり、わたしたち東京大学チームはテーマとして「フレキシビリティ＝柔軟性／適応性」を選択しました。  
2030 年において都市環境は変化し、また住宅が受け入れるべきライフスタイルはより多様化するからです。

多様で、常に変化を続ける都市環境やライフスタイルに柔軟に適応する不定形な器のような住宅と、  
それが喚起する自由で創造的な、新しい住まい方を描きたいと考えました。



フレキシブルな集合住宅が 2030 年の様々なライフスタイルとともに、アジアそして世界へ広がっていきます

外部環境を自由に取り入れられるセンターフレックスゾーンと設備構造を集約したサイドコアゾーンによるフレキシブルな空間構成



CITY ECOX の空間構成により居住者のライフスタイルに合わせた空間を自由に創り出すことができます



ヨガ教室を開く



音楽スタジオとする



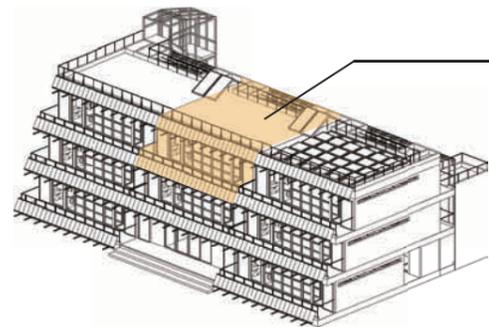
建築事務所兼工房とする

CITY ECOX はその空間構成により、居住者のライフスタイル・温熱感覚・省エネ意識、気候などの周辺環境にフレキシブルに対応できます

サイドコアゾーンのバリエーション	センターフレックスゾーンにおけるフレキシビリティ：室環境と住まい方のバリエーション		
<p><b>サイドコア／フレックスゾーンの平面構成の例</b></p> <p>境界壁の仕様はセンターフレックスゾーンの構成により決定する</p> <p><b>サイドコアゾーンプラン1：独立家族のコア</b></p>	<p><b>東京ナチュラルスタイルの家</b></p> <p>北廊下側にはメッシュ状のパネルで視界を防ぐ</p> <p>プライバシーのバッファ</p> <p>通風時はここを開け放つ</p> <p>PCM はルーバー状に室内に配され、夏期の通風に有利</p> <p>PCM がダイレクトゲインによる熱を調整し、快適な温熱環境をつくる</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>強い断熱ライン</li> <li>弱い断熱ライン</li> <li>気密ライン</li> <li>PCM</li> <li>透明断熱材</li> </ul> <p>日中に吸収された熱が夜間にじんわりと居室を温める</p>	<p><b>東京ステディスタイルの家</b></p> <p>主居室は仕切ることができて、区間冷暖房にて効率よく涼を得る</p> <p>日射の取り入れを避けるため、バルコニーを設けて居室をセットバックする</p> <p>環境のバッファ</p> <p>正方形な開けた空間はストープなどを利用するときに有利になる</p> <p>暖房時は仕切りを開け放ち、全室暖房が可能になる</p> <p>赤外線反射ルーバーが熱を居室の方へ拡散させる</p>	
<p><b>サイドコアゾーンプラン2：仲良し家族のコア</b></p>	<p><b>風の通りに変化をつけ広間に温度差を設けた家</b></p> <p>家族構成：若い夫婦+子供 北側：納戸 中央：主居室 南側：ウッドデッキ</p> <p>風通りのよくない領域をつくって居室に温熱のむらをつくる(漬け物を置いておいたり)</p> <p>半透明な断熱材がウッドデッキの明るさを室内でも感じさせる</p>	<p><b>超ナチュラル・最小限の空調空間の家</b></p> <p>家族構成：アウトドア派な単身男性 北側：自主トレーニング室 中央：収納 南側：屋外ダイニング</p> <p>二つのコアを結ぶ回廊空間は弱く断熱された半屋外</p> <p>屋外空間を一杯利用して暮らすためのバルコニー</p>	<p><b>空調利用が基本のオフィス+風通しのよい喫煙/休憩室</b></p> <p>家族構成：単身者二名(在宅ワーカー) 北側：会議室 中央：執務室 南側：休憩室(喫煙室)</p> <p>会議室・執務室は個別空調・換気が可能</p> <p>半透明な断熱ガラスが、執務室に光を導く</p> <p>休憩用の喫煙室は開放できるバルコニー</p>
<p><b>サイドコアゾーンプラン3：お一人さまコア</b></p> <p>コアゾーンプラン 4.5.6.....</p>	<p><b>ナチュラル派とステディ派の共生</b></p> <p>家族構成：温熱感の違う二人 北側：玄関+収納 左側：空調による安定した室 右側：通風のしやすい室</p> <p>空調で安定した空間を好む人とパッシブな暮らし方を好む人が住まう</p> <p>どちらの室も南側に開口を持ち明るさ、眺望などを得られる</p>	<p><b>ナチュラル+PCM による安定空間+ガッツリ空調する教室</b></p> <p>家族構成：母親+娘 北側：母親の書道教室 中央：ダイニング 南側：和室</p> <p>母親の開く書道教室は空調・換気とも居住空間とは別に行う</p> <p>PCM を介して二つの室に挟まれた居室は安定した温熱環境をつくる</p> <p>障子のように光を通す断熱</p>	<p><b>しっかり断熱の南面と気持ちのいい北側縁側の家</b></p> <p>家族構成：老夫婦 北側：縁側 中央：主居室 南側：ダイニング</p> <p>北側は共用廊下に面した縁側的な空間</p> <p>小窓から屋外の様子を確認できる</p> <p>温熱的弱者な高齢者は南面もしっかりと断熱</p>

CITY ECOX のケーススタディとして、東京第一種低層住居専用地域を敷地とし、温暖地低層モデルの最上階中間住戸を東大夫妻が居住するという設定で設計・建設・実証します

## 温暖地低層モデルの最上階中間住戸を再現



## 居住者設定：2030年のアクティブシニア東大太郎・花子夫妻

夫：東大太郎 62歳

食品流通系企業をリタイア。  
趣味で地域の計画菜園でとれた野菜を用いた料理を近所に振る舞う小さなカフェを月に10回程度営む。



自宅でカフェを開きたい！

妻：東大花子 60歳

美術専門学校教師として週3日都内勤務。  
自らのアトリエを持つことが長年の夢でありセンターをアトリエ兼定期的なギャラリースペースとして活用。



自宅にアトリエが欲しいわ。

## 生活スケジュール



共用廊下：妻の作品を飾るスペースとなる



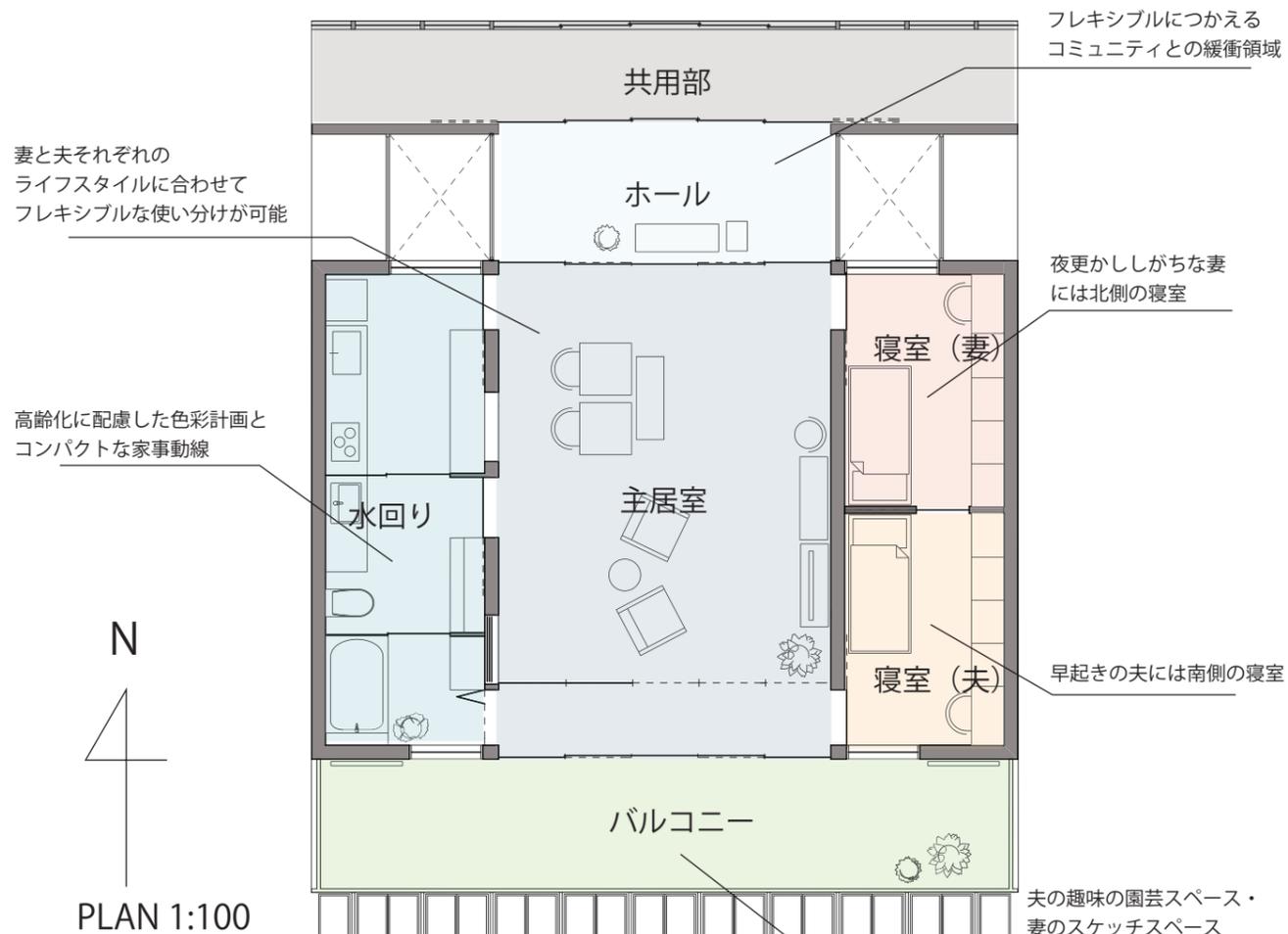
水回り：明るく安全な夫の仕事場となる



寝室：夜更かしがちな妻の快適な読書室となる



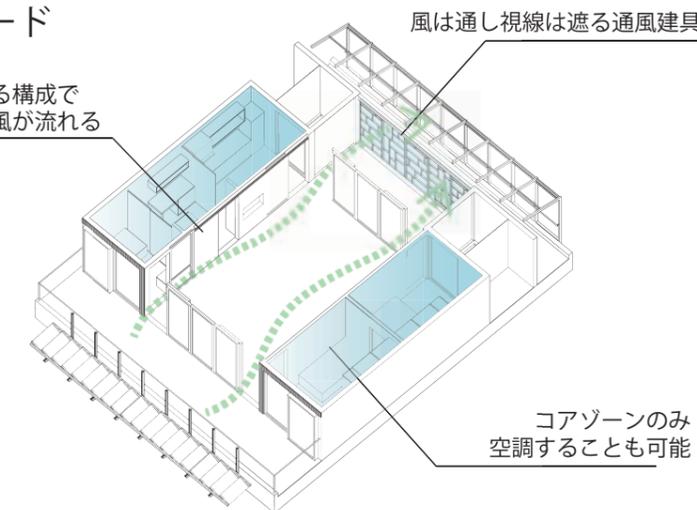
バルコニー：夏は木陰のような心地よい影が落ちる



## 実証住戸の季節への適応

### 夏のモード

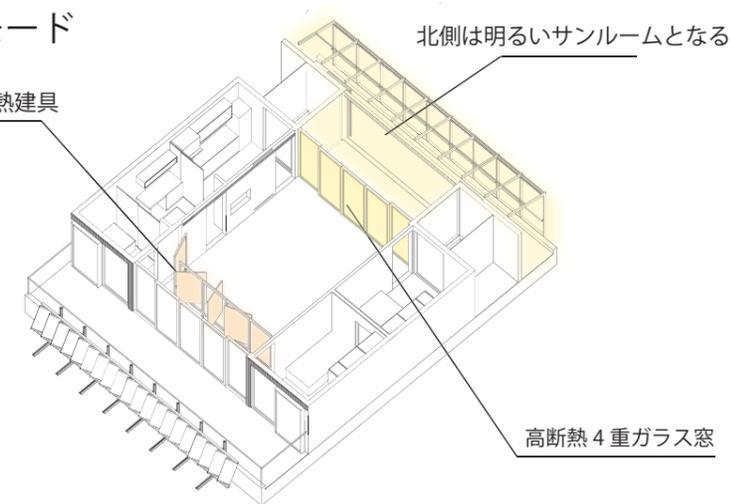
南北に抜ける構成で心地の良い風が流れる



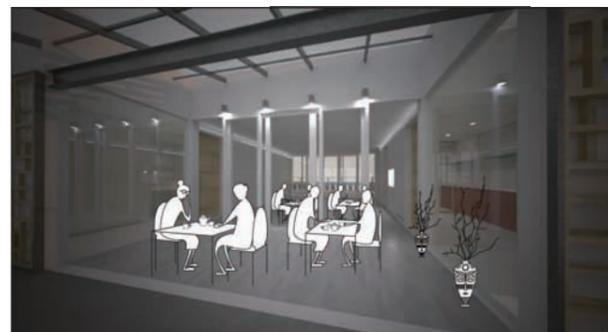
主居室が南北に抜ける構成で、既存の集合住宅にはない風通しのよい空間となっています。共用部に面しては風を通し視線は遮るような建具を配置して適度なプライバシーを確保。コアだけを空調することも可能です。

### 冬のモード

透光型蓄熱建具



南側の蓄熱建具は日中に太陽の熱を蓄え、夜室内側に放熱することで一日中暖かさを持続させます。蓄熱建具は光を通すため閉めても室内を明るく保つことができます。北側共用廊下に面した4重ガラス窓は開放的な大開口でありながら熱を逃さないため、室内が明るく暖かい空間になります。



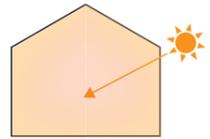
センター：平日に夫の野菜カフェが開かれる



センター：休日は妻の公開アトリエとなる

### 太陽を集める

集合住宅の壁面・屋根での太陽エネルギー最大活用



集合住宅では屋根だけの太陽熱取得に限界があり、周辺環境への日影抑制も重要です。CITY ECOX では壁面・屋根への太陽熱を最大限利用します。

**日射取得ガラス**  
太陽熱取得 2.0MJ/日



熱透過率 Uw 値 1.17 と高い断熱を有し日射取得率 60% の高性能ガラスによりパッシブ太陽熱活用を行います。

**屋根 PV**

パネル容量 1.98kW  
太陽光発電 5.1kWh/日 (東京・冬期)



屋根にも PV を設置します。年間での発電量を最大にするため緩勾配としています。主に共有部の電源や蓄電池の充電への利用を想定しています。

**太陽熱暖房**

太陽熱取得 5.0MJ/日



高効率集熱器 4m によりダイレクトゲインが見込めない北側居室にも太陽熱を届けます。共有します。

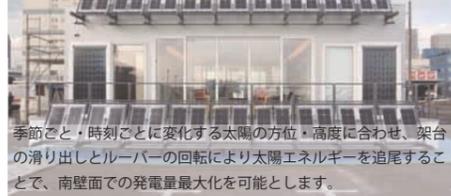
**太陽熱給湯**

太陽熱取得 5.0MJ/日

給湯需要の多い住戸向けに太陽熱でできた給湯を北側居室にも太陽熱を届けます。共有します。

**可動 PV ルーバー**

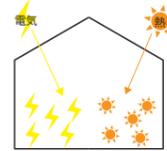
パネル容量 1.44kW  
太陽光発電 4.8kWh/日 (東京・冬期)



季節ごと・時刻ごとに変化する太陽の方位・高度に合わせ、架台の滑り出しとルーバーの回転により太陽エネルギーを追尾することで、南壁面での発電量最大化を可能とします。

### 電気・熱を貯める

燃料電池 + 蓄電池 + 潜熱蓄熱材



南面と屋上で取り入れた太陽エネルギーを、建物内で有効に使うためには電気・熱を蓄えることが必要です。CITY ECOX では蓄電池と燃料電池により効率的な電気の発電・蓄電を提案します。室内に取り入れた太陽熱は、そのままでは日中にはオーバーヒートとなり、夜に有効利用できません。十分な熱容量を確保した潜熱蓄熱により、夜間の太陽熱活用と室温安定を可能とします。

**パッシブヒートチャージ**

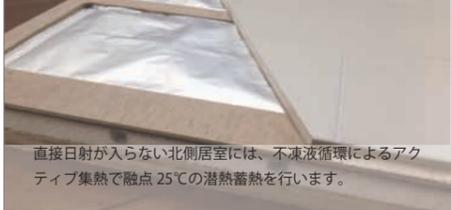
20℃潜熱蓄熱材による蓄熱容量 260MJ



南面からの豊富な日射を取り込むパッシブ蓄熱により、床・天井の潜熱蓄熱材に蓄熱します。日中のオーバーヒート抑制と夜間の室温維持を実現します。

**PCM 床暖房**

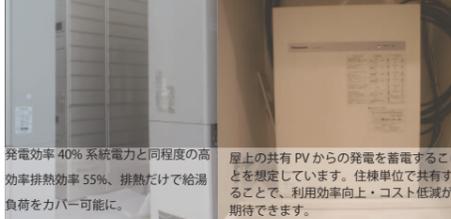
25℃潜熱蓄熱材による蓄熱容量 8MJ



直接日射が入らない北側居室には、不凍液循環によるアクティブ集熱で融点 25℃の潜熱蓄熱を行います。

**燃料電池**

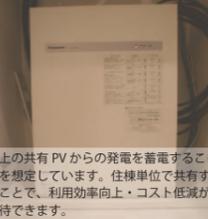
発電容量 750W



発電効率 40% 系統電力と同程度の高効率排熱効率 55%、排熱だけで給湯負荷をカバー可能に。

**蓄電池**

発電容量 100kWh



屋上の共有 PV からの発電を蓄電することを想定しています。住棟単位で共有することで、利用効率向上・コスト低減が期待できます。

**透光型蓄熱建具**

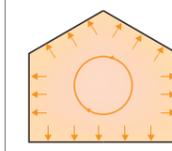
20℃潜熱蓄熱材による蓄熱容量 10MJ



表面の潜熱蓄熱と裏面の高性能断熱素材エアロゲルにより昼間の太陽熱を夜間に有効利用します。

### 熱を守る・回す

超高断熱 + 潜熱蓄熱 + セントラル AC による暖房最小化



建物の熱を逃がさない断熱・気密の確保は省エネ住宅の基本です。CITY ECOX では明るい開放的な空間を確保しつつ、十分な断熱気密を確保するため、特に開口部を工夫しています。省エネで快適な暖冷房方式の検討は大きな課題であり、現状のエアコン暖房・床暖房ともに解決すべき課題があります。CITY ECOX では特徴的なプラン構成を活かし、高効率ヒートポンプによる対流・放射を併用した空気式暖冷房を提案します。

**サーマル・インディペンデント**

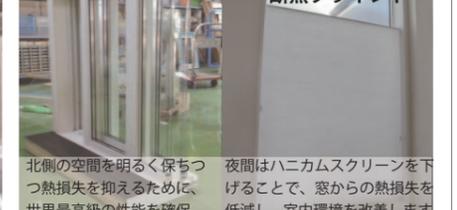
戸境 U 値 0.23



集合住宅の戸境壁を高断熱とすることで、住戸間で熱が逃げない工夫としました。

**高断熱 4 重ガラス**

ハニカム構造・断熱ブラインド

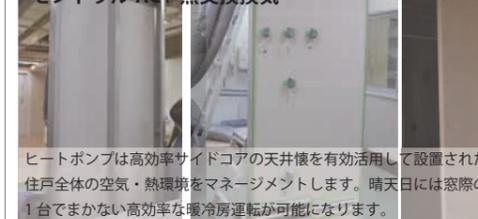


北側の空間を明るく保ちつつ熱損失を抑えるために、世界最高級の性能を確保

夜間はハニカムスクリーンを下げることで、窓からの熱損失を低減し、室内環境を改善します。

**エアマネジメントシステム**

セントラル AC + 熱交換換気



ヒートポンプは高効率サイドコアの天井懐を有効活用して設置されたセントラルエアコンと熱交換換気の連携により、住戸全体の空気・熱環境をマネジメントします。晴天日には窓際の日射熱を住戸全体に届け、曇雨天時には住宅全体の熱負荷を1台でまかない高効率な暖冷房運転が可能になります。



### 可動 PV ルーバー

季節ごとの太陽高度に合わせた架台面の滑り出し運動・太陽の一日の動きに合わせたルーバーの回転の二種類の動きにより、発電パネルにあたる日の角度を常に発電量最大となる直角に近づけ、固定した場合に比べ効率よく発電します。

可動 PV ルーバーができるまで



学生 A

集合住宅では屋根面積に限られるから、南面での太陽光発電は必須だね。ベランダ回りにも太陽光発電をつけないと。



学生 C

でもベランダだって色々な風に使いたいわ。PV のせいで不自由な思いをするのはいやよ。



学生 B

夏と冬で生活にマッチした使い方が可能な可動 PV ルーバーで解決だ！

季節による架台面の滑り出し

Summer



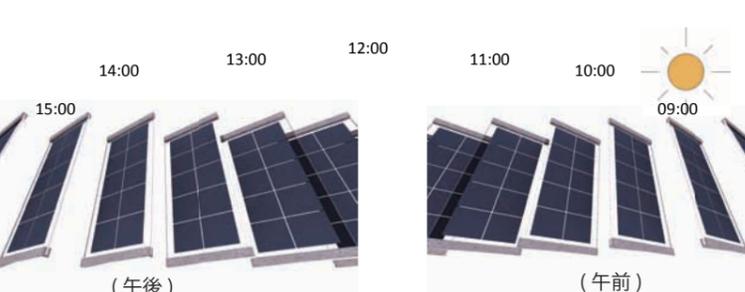
夏は庇となりバルコニーに心地良い影が落ちます

Winter

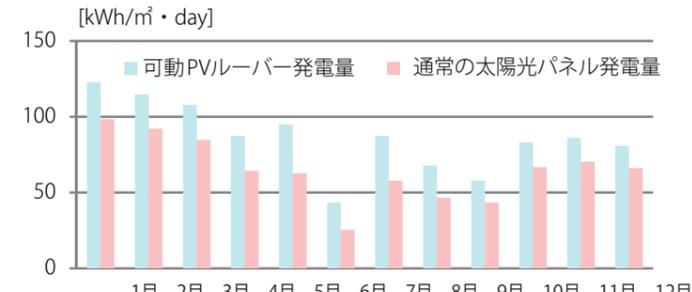


冬は日射を遮らず部屋の奥まで日が入ります

時刻によるルーバーの回転



太陽の動きに合わせたふたつの可動システムにより発電量 32.7% 上昇



ヒートチャージシステム - 集潜熱蓄熱体による部位毎に最適化された蓄放熱 -

ヒートチャージシステムができるまで

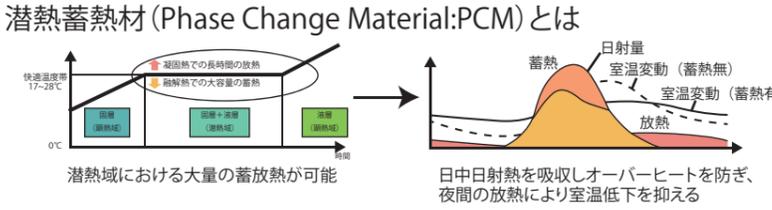
学生 G: 省エネのために潜熱蓄熱材を導入しよう。それに合わせて南側を主居室にしよう。蓄熱のために外出時もカーテンは閉めないようにしないとね。

学生 F: カーテンを閉めずに外出なんて出来ないわ。北側の部屋だって暖かくないと自由に使えないじゃない

学生 D: 透光型蓄熱建具と PCM 床暖房も導入したヒートチャージシステムで解決だ!

パッシブヒートチャージ

潜熱蓄熱材 (Phase Change Material:PCM) とは



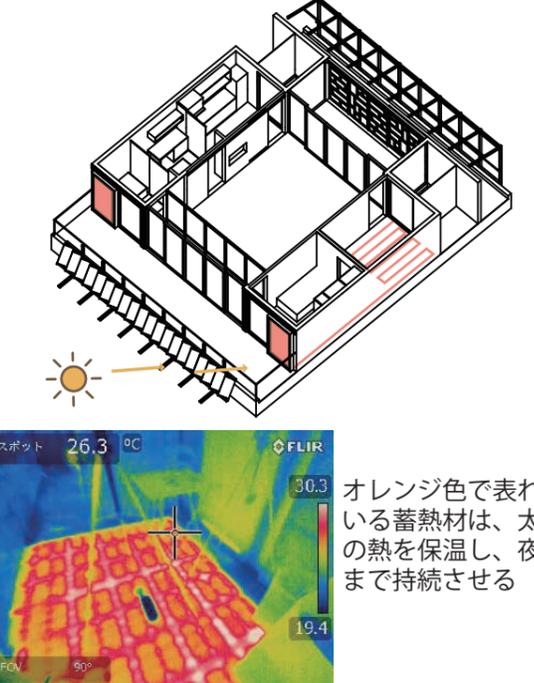
相変化前後の様子 1日を通じた蓄放熱挙動

Day: PCMが日射熱を蓄熱、液相になります

Night: PCMが日射熱を放熱すると、固相に戻ります

PCM床暖房

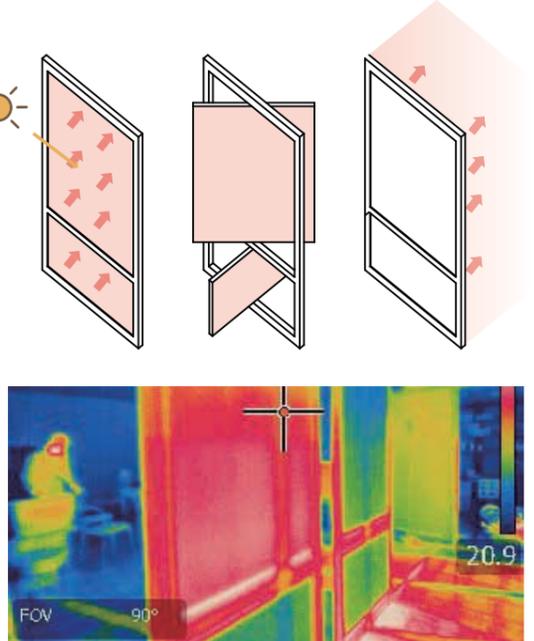
太陽熱床暖房の効果を持続させるため、床表面にPCMを敷設します。これにより直接日射の届かない北側居室においてもパッシブな暖房を行うことができます。



オレンジ色で表れている蓄熱材は、太陽の熱を保温し、夜間まで持続させる

透光型蓄熱建具

日中の直達日射による熱の積極的な取り入れと居室の開放感をバランスする透光型蓄熱建具を装備する。蓄熱材側を夜間室内に向けることで室内に放熱する。



エアマネジメントシステム - 省エネと快適を両立させるフレキシブルなセントラル空調換気システム -

エアマネジメントシステムができるまで

学生 D: 空調はルームエアコンが一番効率的だね。ルームエアコンを導入すべきなんじゃない?

学生 F: 生活スペースは日や時間帯によって違うし、生活リズムも快適温度も人によって違うから、ルームエアコンだとたった70㎡なのに何台も設置しないとイケなくなるわ。

学生 G: 1台のエアコンで、部屋ごとの御別制御が可能、かつ省エネな、エアマネジメントシステムで解決だ!

セントラルエアコンと熱交換換気の連携による住戸全体の空気・熱環境制御で、従来のエアコン暖房や床暖房で課題であった点を解決した放射対流併用の空気式暖房を提案します。

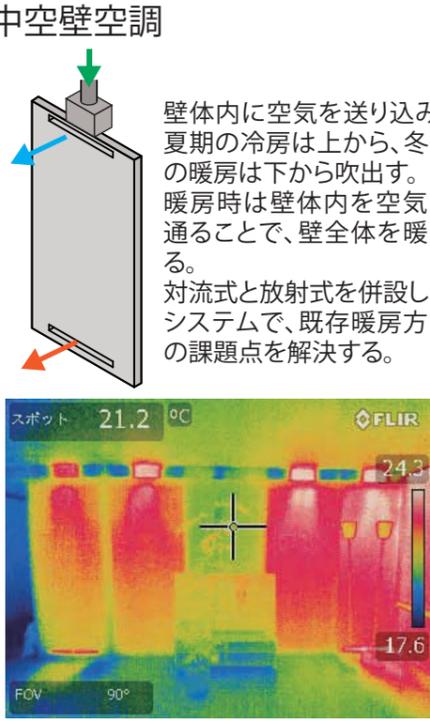
既存暖房方式の課題点

既存のエアコン暖房: HPによる高効率運転が可能なエアコンや質の高い温熱環境を形成可能な床暖房にも、以下のような課題があります。

- 床まで暖気が届かず、温熱環境の質が低い
- 各室1台の低負荷運転では効率が低い

既存の床暖房: 加熱能力が低く、立ち上がりに時間がかかる、床下への熱ロスで、エネルギー効率が低い

中空壁空調: 壁体内に空気を送り込み、夏期の冷房は上から、冬季の暖房は下から吹出す。暖房時は壁体内を空気が通ることで、壁全体を暖める。対流式と放射式を併設したシステムで、既存暖房方式の課題点を解決する。



セントラル空調のシステム

曇雨天時には住宅全体の熱負荷を1台でまかない高効率な暖冷房運転が可能に

居住者応答型サーモスタット

対流・放射 間仕切り壁

セントラル式空気エアコン

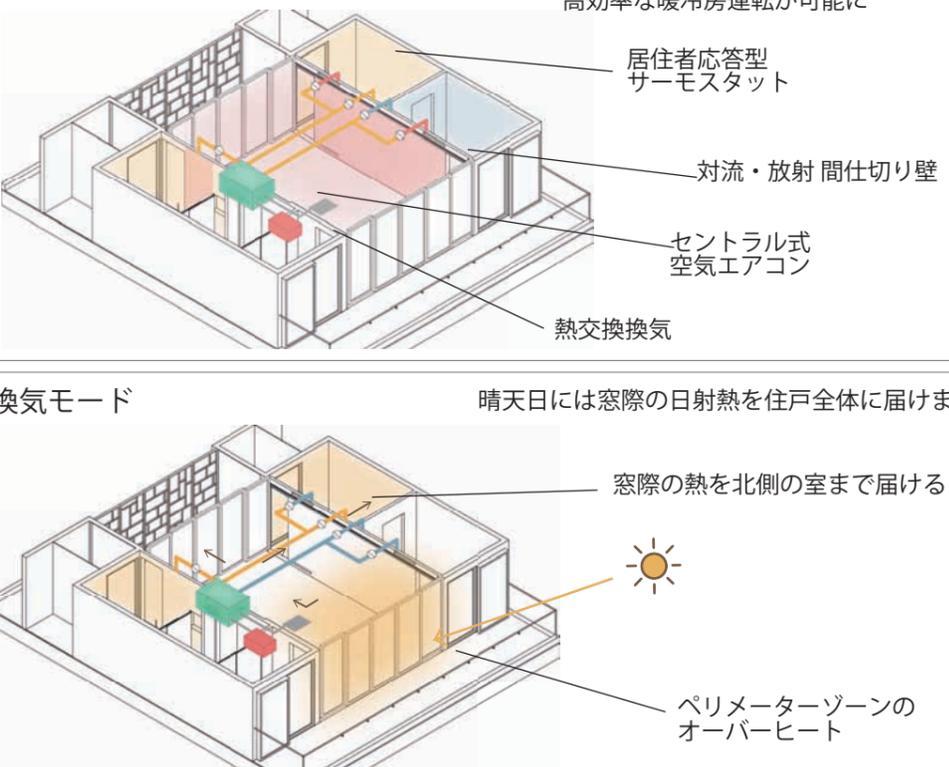
熱交換換気

換気モード

晴天日には窓際の日射熱を住戸全体に届けます

窓際の熱を北側の室まで届ける

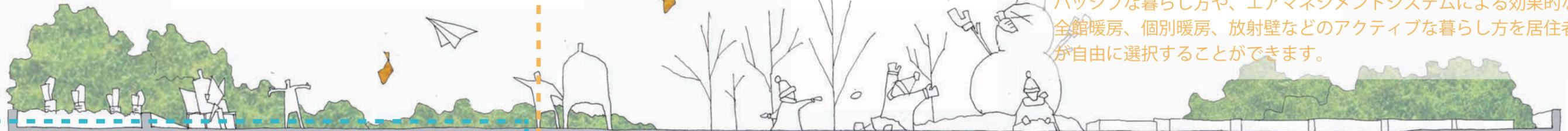
ペリメーターゾーンのオーバーヒート



センターフックゾーン、サイドコアゾーンというフレキシブルな空間構成に加え、住戸間断熱を行い、そのフレキシビリティを強化する技術を導入することで様々なライフスタイルや温熱感覚の居住者が同じ集合住宅に住むことが可能になります。

地域由来の植物による屋上緑化

住棟の屋上は地域に由来する樹木で緑化され、住人共有の憩いの場となります



様々な温熱感に対応した暖房方式が可能

冬はヒートチャージシステムによって太陽熱を最大限に利用したパッシブな暮らし方や、エアマネジメントシステムによる効果的な全館暖房、個別暖房、放射壁などのアクティブな暮らし方を居住者が自由に選択することができます。

多様なライフスタイルを受け入れる集合住宅

居住者は自由でさまざまなプログラムを住棟の中に持ち込むことができます

様々な温熱感に対応した冷房方式が可能

南北に抜ける構成となっているため、パッシブ型の暮らしを好む人々にとって夏は通風利用がしやすくなります。またエアコン重視型のライフスタイルの人々は間仕切りによる個別冷房や、夜間電力を利用してPCMに蓄冷など様々な暮らしを可能とします。

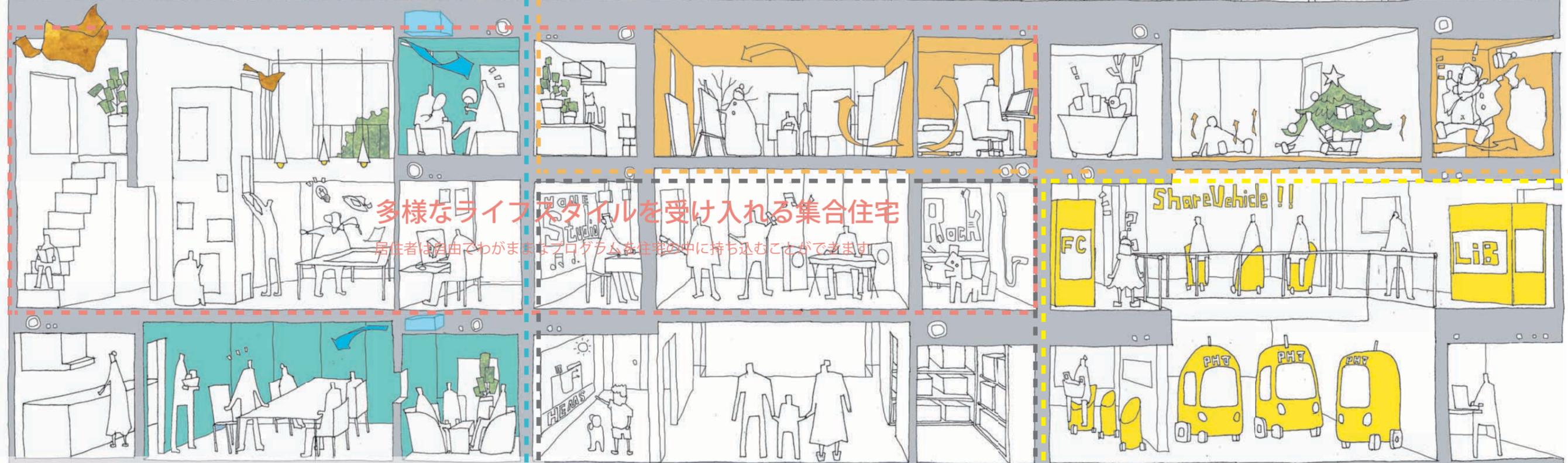
1階には共用部が設けられ住人や近隣住人のためのコミュニティスペースとなります。住棟の情報や災害時用の貯蔵スペースなどを備えます。

高効率設備を住棟全体でシェア

蓄電池、燃料電池などの設備は住棟でシェアされることで高効率での運転が可能となります。次世代モビリティが住棟住人でシェアされ余剰電力は街に供給されます。

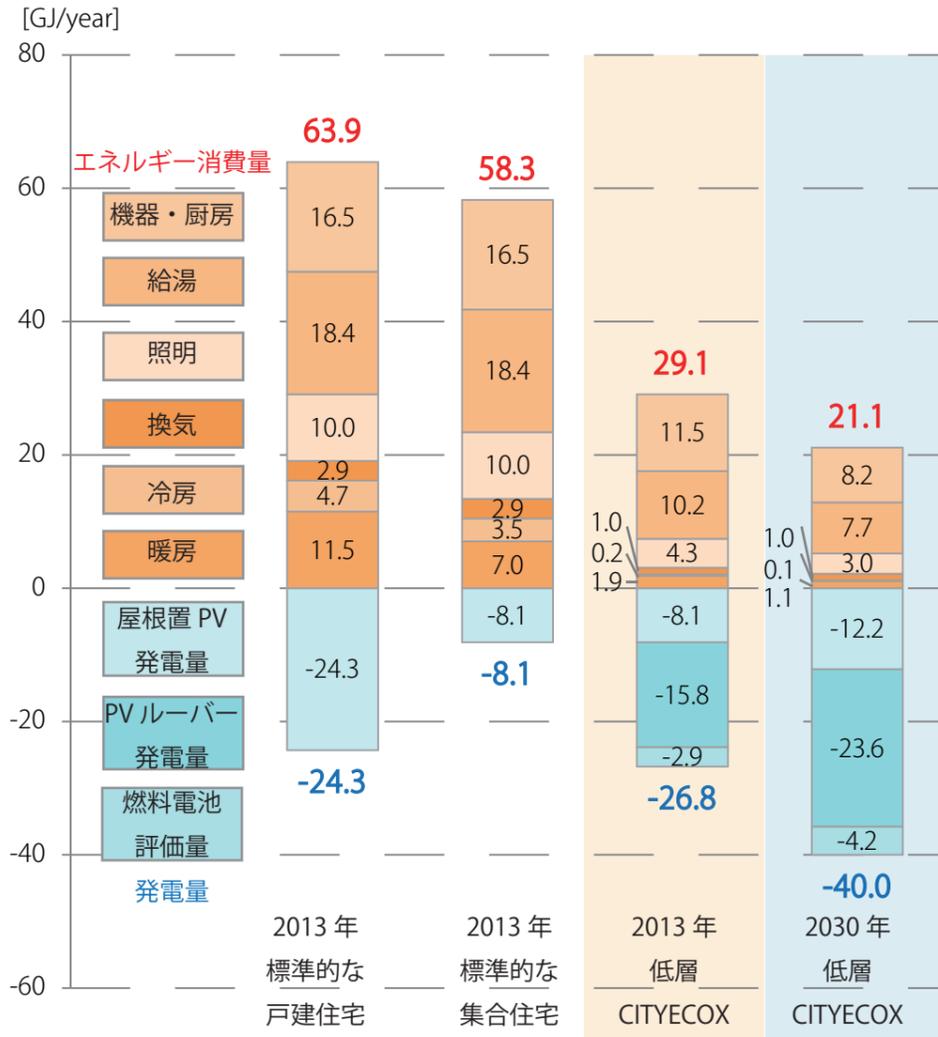
—夏の暮らし—

—冬の暮らし—



## 1. 低層モデルでのネットゼロ・エネルギーの達成

### RUNNING ENERGY



図：低層 CITY ECOX1 住戸あたりの運用エネルギーと発電量

各種要素技術のベストミックスにより、CITY ECOX 低層モデルにおいて、**2013年現在で機器・厨房用途を除いてのネットゼロエネルギー (ZEH) が達成**されます。ZEH 化が難しいとされる集合住宅ですが、**住戸南面へ入射する太陽エネルギーを最大限有効活用**し、熱負荷削減と発電量最大化を両立し、ZEH 化を達成しています。更に、パネル効率上昇や機器効率上昇が見込まれる **2030年には、発電量が消費量の約二倍**となり、余剰発電量は街全体で共有されます。CITY ECOX は集合住宅単体ではなく、周辺の建物を巻き込んで、省エネルギーとピークカットに貢献する、**2030年にふさわしい新しい ZEH の在り方**を提唱します。

#### 2013年低層 CITY ECOX (2013年標準的な集合住宅比)

- 超高断熱高气密：-4.9GJ(暖冷房)
- エアマネジシステム：-1.5GJ(暖冷房)
- パッシブヒートチャージ：-2GJ(暖冷房)
- 太陽熱給湯と節湯対策：-8.2GJ(給湯)
- 可動 PV ルーバー：+15.8GJ(発電量)
- 住棟共有燃料電池の高効率運転：-2.9GJ(燃料電池評価量)

#### 2030年低層 CITY ECOX (2013年低層 CITY ECOX 比)

- エアコン効率上昇や断熱性能向上：-0.9GJ(暖冷房)
- 給湯器の高効率化：-2.5GJ(給湯)
- 家電の省エネ化：-3.3GJ(機器家電厨房)
- 照明の高効率化：-1.3GJ(照明)
- PV パネルの発電効率上昇：+11.9GJ(発電量)
- 燃料電池の高効率化：+1.3GJ(燃料電池評価量)

#### 計算条件

- 2013年標準的住宅：70m<sup>2</sup>の新省エネルギー基準の断熱性能を持つ住宅を想定、集合住宅1戸辺りの値は、全住戸平均の値とします
- 暖冷房：空調方式はエアコンによる全室空調を想定し、COPの上昇を見込みます
- また各種要素技術(ダイレクトゲイン、潜熱蓄熱、太陽熱暖房、夜間換気、日射遮蔽)による熱負荷低減効果を算定しています
- 給湯：ガス給湯器の使用を想定し、CITY ECOX においては、最上階のみ太陽熱給湯(集熱4平米)の利用を想定し、また各種節湯技術の効果も算定しています
- 換気：換気回数0.5回/hとし、CITY ECOX においては、比消費電力の上昇を見込みます
- 照明：CITY ECOX においては LED と節灯技術の効果を算定しています
- 機器厨房：70平米相当の合計値を用い、CITY ECOX では、機器効率の上昇を見込みます
- PV(太陽光発電)：PV ルーバーは30%の発電上昇を見込み(計算は別途)、また2030年には、50%のパネル発電効率上昇を見込んでいます
- また、発電量は住棟全体で合算し、1住戸当たりの平均値に直したものです
- 燃料電池：住棟全体での台数制御運転による高負荷効率帯での運転を見込み、消費エネルギー総量の10%を評価量として、発電量に加算しています

#### 使用ソフト

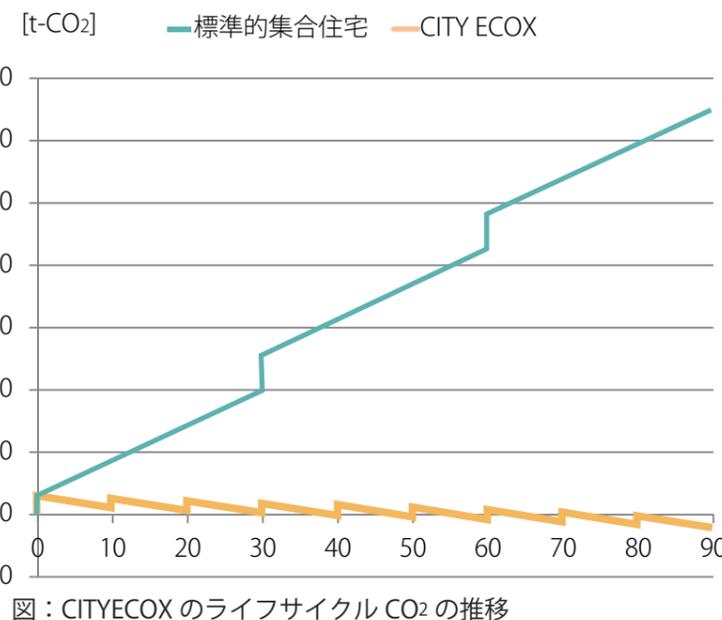
- 暖房・冷房：ExTLA(前研究室自主開発熱負荷計算ソフト),AE-SimHeat
- 換気・照明・給湯・その他：住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム

## 2. 2030年低層モデルでの LCCM の達成

- 住宅の高性能化によるランニングエネルギー負荷の低下
- 機器高性能化またメンテナンス容易化による高効率運用
- 住み替え改修の容易さに拠る住宅耐用年数の高寿命化により、**耐用年数90年での LCCM**を達成します。

#### 計算条件

- CASBEE(新築)のLCCO<sub>2</sub>の原単位を利用します。
- 標準的集合住宅:鉄骨造、住戸占有部のみ、70m<sup>2</sup>×9戸、耐用年数30年(レベル3)、30年に一度建替え、その時に改修更新解体分のCO<sub>2</sub>を加えます。
- CITY ECOX:鉄骨造、住戸占有部のみ、70m<sup>2</sup>×9戸、耐用年数90年(レベル5)、10年に一度改修をする設定で、改修更新解体分のCO<sub>2</sub>を加えます。



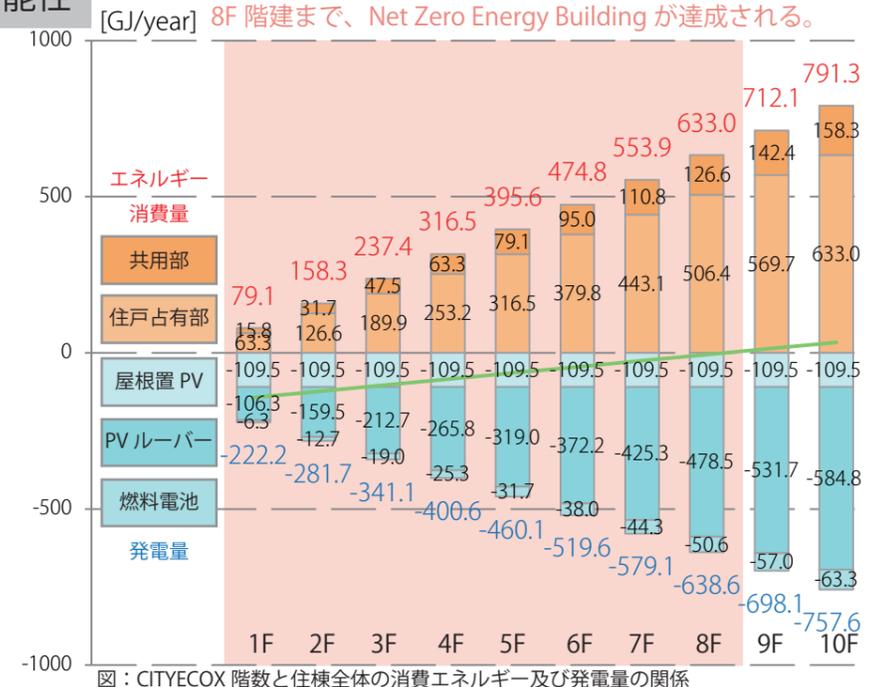
図：CITY ECOX のライフサイクル CO<sub>2</sub> の推移

## 3. 2030年 CITY ECOX の ZEB 達成可能性

- 集合住宅南面の太陽エネルギーの最大活用
  - 消費エネルギーの徹底削減
- により、**8階建て集合住宅まで ZEB 化**を達成します。

#### 計算条件

- 住戸占有部の消費エネルギーの算出手法は、上記「2030年低層 CITY ECOX」に準じます。
- 共用部の消費エネルギーは、高効率照明・高効率給湯の普及を想定し、住戸占有部の25%で一律とします。



図：CITY ECOX 階数と住棟全体の消費エネルギー及び発電量の関係

社会背景

- 急増する都市型集合住宅の需要 -

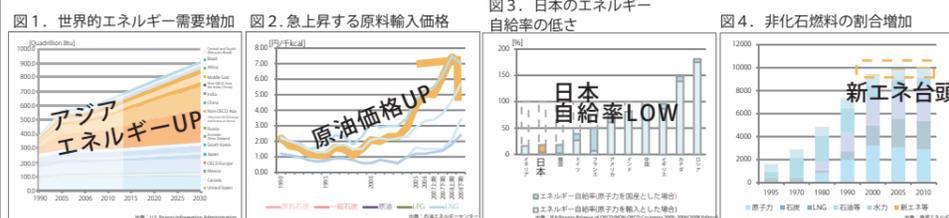
2030年世界の人口は80億人に達しその多くはインド等経済成長の著しいアジア諸国の都市住民中間購買層となります(図1,図2)。また図3で示すように都市部では戸建て住宅より集合住宅の割合が多くなります。以上より、2030年には世界的に高品質な、都市型の集合住宅のニーズが増加すると考えられます。



ASIA

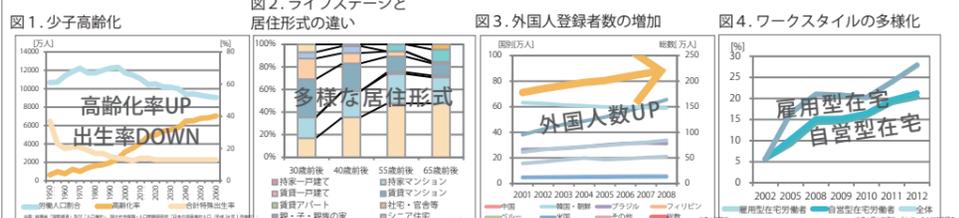
- 逼迫する日本とアジアのエネルギー事情 - ENERGY

アジアでの人口増加に伴い世界的なエネルギー需要は増加し(図1)、有限な化石燃料はより高コストとなります(図2)。特にエネルギー自給率の低い日本において(図3)こうした傾向はわたしたちの生活にも深刻な影響を及ぼします。震災以降、電源の中央からのトップダウン供給が機能を失いつつある中で(図4)、私達はこうした状況に対しローカルなエネルギーネットを積極的に構築することで立ち向かって行かなければなりません。



- 多様化するライフスタイル・ワークスタイル - LIFE

2030年日本は高齢社会となり、それによって様々な新しい居住形態が発生すると考えられます(図1,図2)。また国際化により様々な文化や、イレギュラーな生活時間を包容することになります(図3)。さらにワークスタイルの多様化は住宅の中に、様々な機能を要求することとなるでしょう(図4)。こうした変化やバリエーションに柔軟に適応し続けていくような住宅が必要です。



提案住宅 CITY ECOX の普及・展開可能性

- 社会のニーズに適合したプロトタイプ提案 -

日本またアジア地域において、集合住宅のZEH化が急がれ、その住宅はフレキシブルであることを求められています。これらの社会的な要請を受け、その一つの回答としてCITY ECOXを提案しています。CITY ECOXは社会的なニーズに合致し、普及・展開性は高いといえます。また、そのフレキシブルな空間構成・技術により、人々のニーズに柔軟に対応することが可能であり、一般ユーザーへの訴求性も高いといえます。



- アジア諸国への展開 -

その仕様や設計により様々な環境へ適応するCITY ECOXのシステムは2030年、都市人口の増加する、つまり都市の集合住宅に暮らす中間購買層の増加するアジア諸国において、良質で省エネルギーな集合住宅のプロトタイプとして展開可能です。熱帯地域、寒冷地域、乾燥地域に添加したCITY ECOXの様子を示します。



- 様々な集合住宅形式への展開 -

CITY ECOXの住戸ユニットを組み合わせることで、様々な集合住宅の形式をつくりだすことができます。敷地条件や周辺環境によって様々な組み合わせのデザインが可能となります。また、住戸のシンプルな構成により住棟規模に合わせて様々な構法で実現することが可能になります。今回は低層モデルを木質ラーメン構造で実現しましたが、他にもパネル構法、ユニット構法などが考えられます。アジア各所に展開する際には、その建設場所に適した構法を選択し、工業化することが可能です。



CITY ECOX のフレキシビリティを支える技術の展開可能性

可動 PV ルーバー

太陽追尾バージョン(傾斜角+方位角とも追尾) CITY ECOXで本来想定した2軸による太陽追尾型は、2030年までに実用化していると想定される高変換効率・高コストなPVセルの有効利用を実現し、多くの集合住宅のZEH化を可能とします。建築的にも新たな表現を提案できます。

簡易バージョン(季節の変動のみ)

季節の傾斜角のみ変更する簡易版であっても、冬の急こう配による発電量と開口部からの日射取り込みの最大化、夏の日射遮蔽は十分可能となるため、2030年には一般普及することが見込めます。

エアマネジメントシステム

日本ではスペースの制約などからセパレートエアコンが一般ですが、海外ではセントラル方式が一般的です。今後建物性能が向上する中で、各室にセパレートエアコンを個別に設置し続けることはエネルギー効率・コスト面・接地面で不利になります。CITY ECOXで提案したようなセントラル方式のメリットが認知されれば、2030年において本方式が主流になる可能性は高く、そこに日本の高度なインバーターや制御技術を導入することで国際的に競争力のある機器の開発余地は十分であると予測されます。寒冷・温暖のいずれのアジア地域でも、快適性と省エネ性を両立する空調方式として受け入れられる可能性は十分にあります。

日射透過型高断熱ガラス

冬季の窓面からのダイレクトゲインはシンプルで低コストな太陽熱利用ですが、通常の断熱ガラスは金属膜コーティング(Low-E)が施されており、放射伝熱を防ぐ一方で日射透過も一部さげぎってしまいます。しかしLow-Eガラスはその低放射性能を利用して断熱ガラスの性能を引き出し、曇天や夜間時の高断熱化も合わせて実現させているのが、現在の技術です。日射透過と熱損失低減という、一見矛盾するような課題を可能とするコーティング技術を開発することで、単にガラスを交換するだけのシンプルで低コストな暖房負荷削減技術として市場に受け入れられることが期待されます。

潜熱蓄熱体含有建材 -ヒートチャージシステム-

日射透過型ガラスにより大量に取得された日射熱は、適切に蓄熱しないと日中のオーバーヒートにつながるだけで夜間に利用できません。一定温度で蓄放熱を行える潜熱蓄熱は暖房負荷の低減に有望ですが、効果的な蓄放熱を行うためには蓄熱体をなるべく居室空間側に設置することが重要です。現状では実現された建材はごく少なく、今回のCITY ECOXでの提案でも部分的な実装に留まっていますが、今後建材として実現されれば、先の日射透過型ガラスとともに寒冷な東北アジアを中心に普及は十分に見込めると考えます。

高断熱サッシ

現状では窓サッシはドイツなどの欧州の技術が優れているとされています。日本の開口部の性能は特に断熱性については長らく低いままでしたが、今回のCITY ECOX北面で実現したような4重ガラスは、光の透過性と世界最高水準の断熱性を両立させ、建築的にも新しい空間につながる提案となっています。日本のサッシメーカーの技術自体は高く、こうした高性能サッシへの需要が高まることで、世界最高水準の開口部の事業化は十分に期待できます。

## 本事業の実施体制

**実施体制** ー東京大学コンソーシアムー

代表団体： 東京大学

参加企業： 積水ハウス株式会社

協力企業： 旭硝子株式会社・株式会社エクセルシャノン  
株式会社カネカ・JSR 株式会社  
ダイキン工業株式会社・大建工業株式会社  
大信工業株式会社・東京ガス株式会社  
TOTO 株式会社・P.V. ソーラーハウス協会

施工会社： 株式会社 技覚

資材提供企業： コイズミ照明株式会社・株式会社新星電気  
株式会社東芝・パナソニック株式会社  
リリカラ株式会社

### ワーキンググループに分かれた各要素の検討

東京大学、積水ハウス、協力企業で大きく5つのワーキンググループに分かれて、各要素の検討を進めました。提案・基本設計を行なう東京大学、実施設計・施工管理を行なう積水ハウス、技術協力を行なう協力企業が共同して案をまとめることで、提案内容を実現に向けてまとめ、確実に施工することが可能になりました。

#### 開口部ワーキンググループ

メンバー：東京大学・積水ハウス・旭硝子・エクセルシャノン・大信工業  
開口部の設計を、ガラス強度・性能、サッシや内窓の性能、などを検討しつつ行ない、北面の高断熱4重ガラス窓、南面の日射取得型窓を始めとする今回の提案ならではの開口部を実現することが出来ました。

#### 潜熱蓄熱材・断熱材・内装建材ワーキンググループ

メンバー：東京大学・積水ハウス・カネカ・JSR・大建工業・大信工業・TOTO  
潜熱蓄熱材の設置にあたり、材を彫り込んで入れた床材、断熱材と組み合わせた透光型蓄熱建具など、本提案に最適な蓄熱材の利用を実現することができました。また、主体構造と断熱材との取り合いを徹底的に検証して、高断熱・高気密化をはかりました。

#### 太陽光発電ワーキンググループ

メンバー：東京大学・積水ハウス・旭硝子・カネカ  
集合住宅における太陽光発電のあり方を太陽光発電パネルメーカー2社を含めて共に検討しました。南面の日射を積極的に使う可動PVルーバー、周辺環境に配慮した屋上設置PVによって、本提案に最適な組み合わせが実現しました。

#### エアマネワーキンググループ

メンバー：東京大学・積水ハウス・ダイキン工業  
エアマネジメントシステムの具体的な実現に向けて、ダイキン工業とともに設計を行ないました。積水ハウスの実験所で実大実験も行ない、設計内容の性能の検証を通して、確実に本提案に組み込むことが出来ました。

#### 設備総合ワーキンググループ

メンバー：東京大学・積水ハウス・旭硝子・カネカ・ダイキン工業・東京ガス  
集合住宅でのZEHを実現するにあたって、設備機器の導入やその接続・連携について、設備機器メーカーが集まって検討を進めました。本提案に最適なエネルギー管理システムの実現が可能になりました。

## 本事業の教育啓発効果

本事業は、提案住宅の発案から、設計、企業との共同開発まで全て学生が主体となって進めてきました。企業と共同して提案内容を実現することで、参加学生は普段から行なっている模型やモデル、シミュレーションによる検討だけでなく、企業の開発した住宅やショールームの見学、実物をみでの検討、モックアップの製作、実体実験なども行ない、実践的な教育の機会となりました。学内に向けて「エネマネ新聞」を作成し、エネマネ事業について定期的に発信することで、本事業の広報をすると同時に、環境に配慮した住宅提案の重要性について、学生に広く発信しました。

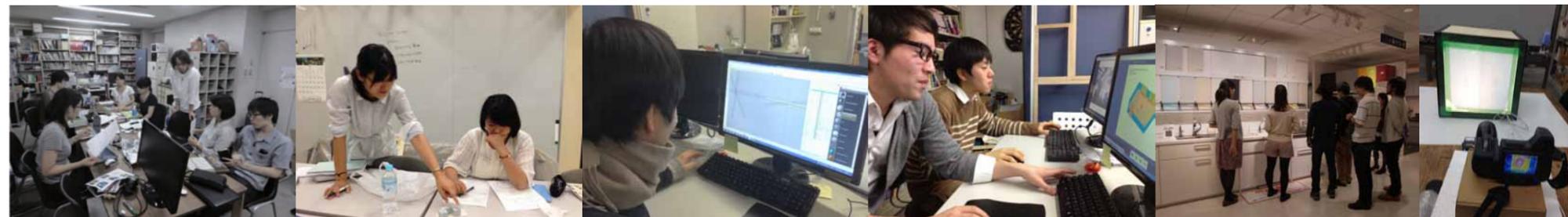
企業との打ち合わせも学生が中心に進め、内容を発表・議論



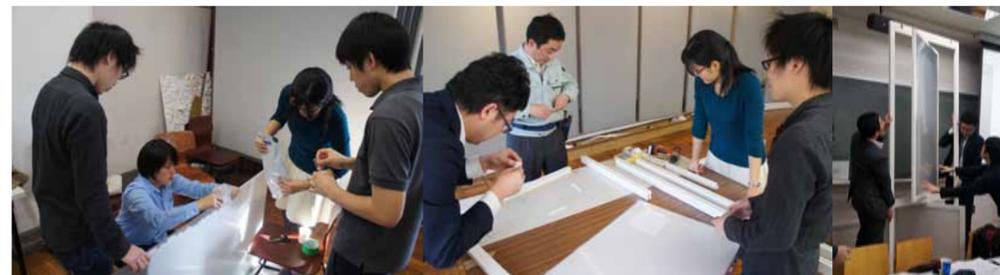
通風建具は製作方法の検討から実物製作まで学生が担当



学生による設計：模型による検討・3Dモデリングソフトによる検討・シミュレーションによる検討・実物の見学や実験による検討などを通して、設計を全て学生が担当



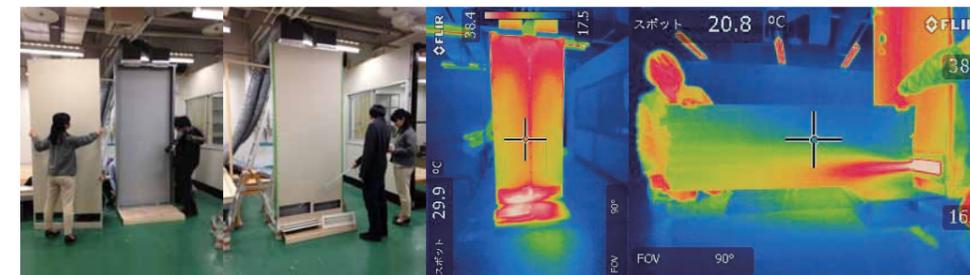
企業と協力して、透光型蓄熱建具のモックアップを製作



プレゼンテーションの準備



企業と協力して、エアマネシステムの実大実験を実施



施工の記録や施工内容の確認のため現場にも通いました



エネマネ新聞による情報発信

