

ZEH-M/+m

コロナ禍の在宅率の増加により、住宅の消費エネルギー・家の重要度が高まっています。

一方、ZEH(一次消費エネルギー収支0住宅)の実証例は増えてきているものの、ZEH-M(ZEHのマンション)については、まだまだ少なく、中でも高層(6層以上)ZEH-Mは、存在すらしていません。

「果てして中層を超えるZEH-Mは可能か？」

この疑問を考えていく中で、私達は以下の気づきを得ました。

- 1, 中層を超えるZEH-Mは、建築性能だけでは達成不可能。
- 2, 中層を超えるZEH-Mは、住戸面積が1部屋広がる。

本提案では、上記の気づきを踏まえ、「+m」を提案します。それはZEH-Mにより広がる1部屋を、住人が生活・気候に合わせて、自由に使うことができる「Multiroom」とすることであり、また、外部環境に回答させることで、住宅設備の過剰な運転を減らす「Management room」とすることもできます。エネルギー消費を抑えつつ、楽しい生活を送る為の「+m」です。

SITE&Volume

都内の中高層の住居系用途地域において、ボリュームスタディーを行いました。

- <想定敷地>
- 敷地条件 第一種住居地域(最高高さ30m規制あり)
- 建蔽率 6.0%
- 容積率 30.0%
- 敷地面積 2950㎡



- <想定計画>
- 住戸数 85戸(住戸規模3LDK/99㎡)
- 階数 地上7階建て(階高:3.26m、建物高さ:24.22m)
- 構造 RC造
- 延床面積 8828㎡(容積率:299%)
- 建築面積 1540㎡(建蔽率:52%)



with コロナで with ハウス

新型コロナウイルスの感染拡大により、在宅勤務などによる在宅時間の大幅な増加が続いています。家で過ごす時間が増えれば増えるほど、住宅の消費エネルギーは増加傾向にあり、かつ、暮らしにおける家の重要度も高まっています。

今まで以上にエネルギーを抑えつつ、今まで以上に豊かな暮らしを送る為の工夫が、今、住宅に求められているのではないのでしょうか？

一方、ZEH(一次消費エネルギー収支ゼロ住宅)については、すこしづつ実証例が増えてきているものの、ZEH-M(ZEH マンション)については、実証例はまだ多くありません。一般社団法人 環境共生イニシアチブの調べ(2020年)ではNearly ZEH-Mでも中層(4~5層)1棟が建つのみで、中層を超えるZEH-Mに関しては存在すらしていません。

本提案では、その「中層を超えるZEH-M」の可能性について検討しました。

建築性能だけではZEH-Mは達成不可能

ZEH-Mを検討していく上で、はじめにweb-pro(エネルギー消費性能計算プログラム-住宅版)を用いてエネルギーシミュレーションを行いました。現在のほぼ最高スペックの断熱性能、設備機器効率を設定し、ソーラーパネルも屋根いっぱい配置し、エネルギー計算上の計画可能階数を確認したところ、結果は5.3層でした。つまり、最高スペックの性能・設備・ソーラーパネルを使っても、それだけでは「中層を超える(6層以上)ZEH-M」は計画不可能ということになります。

また、検討の中で、web-proにはプラン・方位や空調・照明の運転スケジュール設定がないことも気づきます。建築性能では、削り切れない消費エネルギーを削る為には、プラン・方位・運転スケジュールをより詳細に検討する必要があるのではないのでしょうか？

本提案では、それらが設定可能なエネルギーシミュレーションソフト「BEST-H (IBEC)」をはじめ、CFD・光シミュレーション・実測を用い、建築性能に留まらない省エネルギー手法を検討しました。

ZEH-Mで1部屋広がる

通常の集合住宅の場合、確保できる最大住戸数は、主に容積率により決まる延床面積と、1住戸の面積からおおよそ計算できますが、ZEH-Mを前提とすると、それとは別にエネルギーによる住戸数の制限がかかります。

ある程度の階数を持つZEH-Mでは、この「エネルギーによる制限」の方が厳しく、富裕層向けの大面積プラン等を除く、いわゆる3LDK,80㎡等の一般的なプランでは単純に住戸面積×住戸数をしただけでは床面積が余るとい状況が生まれます。

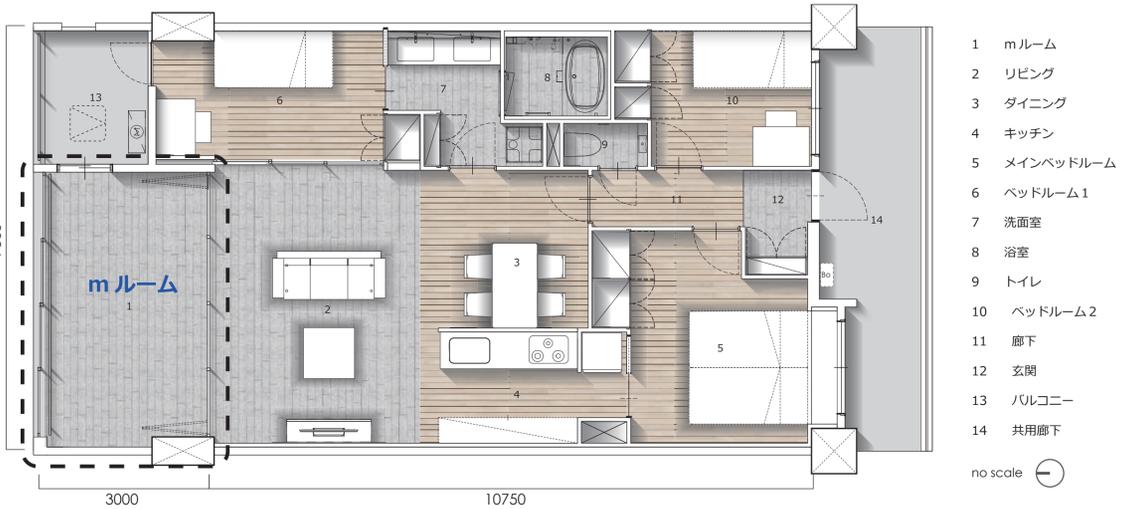
本提案では、この余った床面積をボーナスとして各住戸に配分し、有効利用することで、エネルギー消費を抑えつつ、楽しい住まい方を検討します。

もしも、今の生活に+1部屋があるとしたら…?

本提案では、上記を踏まえ、「mルーム」という+1部屋を提案します。それは住人が生活・気候に合わせて、自由に使うことができる空間であり、また、外部環境に回答させることで、住宅設備の過剰な運転を減らす空間でもあります。エネルギー消費を抑えつつ、楽しい生活を送る為の+1部屋です。

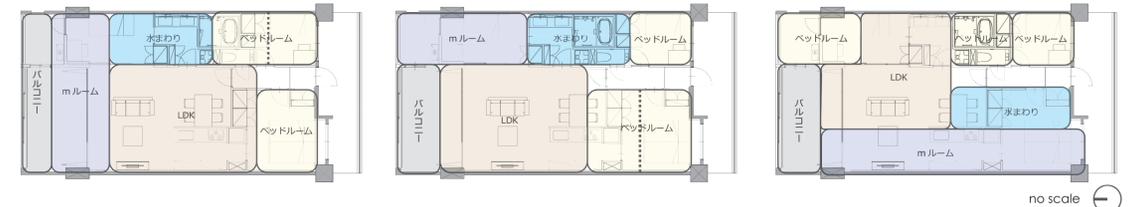
ベースプラン

典型的な板状の集合住宅の3LDKプランをベースに、南側のペリメーター部分に、熱的バッファーゾーンとなり、新たな居場所にもなるmルームを配した間取りを計画します。最も外側のサッシをフルオープンにすることでmルームはインナーバルコニーのような屋外的空間となり、さらにリビングとの間のサッシをフルオープンとすることでリビングスペースを拡張できる仕様です。二つのサッシを開け閉めすることで屋内的にも屋外的にも変化する広い空間は、季節に応じて柔軟な使い方を許容し、“おうち時間”の増えた昨今の暮らしに彩を加えることでしょう。



プランバリエーション

今回環境的な解析を行ったベースプランのみならず、暮らしを豊かにするmルームの配置はさまざまなバリエーションが考えられ、住まう人それぞれの思いの使い方に合わせて、+mの間取りが生まれるでしょう。



建物規模(住戸部数)	[ZEH-M]	Nearly ZEH-M	ZEH-M Ready	ZEH-M Oriented	合計
低層 1~3層	45棟 (20,563.20㎡) (368戸)	131棟 (60,009.42㎡) (1,138戸)		1棟 (231.00㎡) (5戸)	177棟 (81,431.62㎡) (1,511戸)
中層 4~5層		1棟 (7,863.63㎡) (79戸)	11棟 (91,286.01㎡) (870戸)	1棟 (2,314.00㎡) (20戸)	13棟 (101,463.64㎡) (969戸)
高層 6~10層				27棟 (164,059.30㎡) (1,820戸)	27棟 (164,059.30㎡) (1,820戸)
超高層 11~20層				27棟 (194,055.77㎡) (2,008戸)	27棟 (194,055.77㎡) (2,008戸)
超高層 21層以上				7棟 (243,487.04㎡) (2,288戸)	7棟 (243,487.04㎡) (2,288戸)
合計	45棟 (20,563.20㎡) (368戸)	132棟 (68,494.05㎡) (1,217戸)	11棟 (91,286.01㎡) (870戸)	63棟 (604,154.11㎡) (6,141戸)	251棟 (784,497.37㎡) (8,596戸)

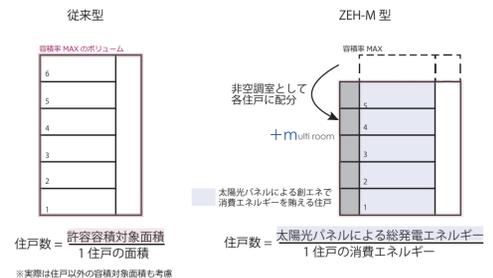
H31年度よりCO2排出量報告対象ZEH-M等数分布 環境共生イニシアチブ

一次エネルギー消費量計算結果表(住宅用)

1.住宅タイプの設計一次エネルギー消費量等	SABEC評価部(共用部)			合計
	住宅設備	その他の設備	設置量	
(1)住宅タイプの名称(建て方)	住宅設備	その他の設備	設置量	合計
11階建て	35.00t	28.25t	14.75t	78.00t
(2)計画年度・階層の自然環境状況	6階建			A325(1年間の計画平均気候の標準)
(4)一次エネルギー消費量(1戸あたり)	標準消費量	設計一次エネルギー消費量	基準一次エネルギー消費量	
	5044	2300	5864	
	2300	2300	2524	
	183	183	2943	
	12455	12455	19213	
	3428	3428	9435	
	17811	17811	17811	
	---	---	---	
	---	---	---	
	48201	48201	60872	
	30.4	30.4	42.1	
	0.71			

2. 判定

建物種別	適用する基準	一次エネルギー消費量(GJ/戸・年)		結果
		設計一次エネルギー	基準一次エネルギー	
建築物種別	建築物種別一次エネルギー消費性能基準 (02年4月以降)	60.9	60.9	達成
	建築物種別一次エネルギー消費性能基準 (02年4月以前)	65.2	65.2	達成
	建築物種別一次エネルギー消費性能基準 (02年4月以降)	48.3	56.6	達成
	建築物種別一次エネルギー消費性能基準 (02年4月以前)	60.9	60.9	達成
3. 評価	建築物種別一次エネルギー消費性能基準 (02年4月以降)	56.6	56.6	達成



住戸数 = 許容容積対象面積 / 1住戸の面積

住戸数 = 太陽光パネルによる発電エネルギー / 1住戸の消費エネルギー

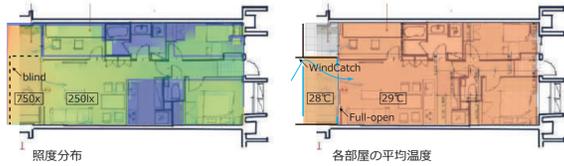
※実際は住戸以外の容積対象面積も考慮

夏季 8:00



真夏日の朝、植物やブラインドに散水を行うと、気化熱による涼しい風がmルームを通りリビングへ流れます。リビングと一体で使用すると、心地よい風や自然を近くに感じながら過ごすことができます。

- ・自然換気: WindCatch
- ・日射遮蔽: ブラインド close
- ・リビング-mルーム境界: Full-Open
- ・ポイント: 散水による蒸散効果

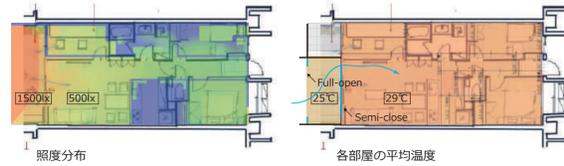


中間期 9:00



中間期の朝、室内外ともに快適な環境になるが、mルームを通過することにより、運動にも適した温熱環境となります。リビングはSemi-closeにすることで風量をコントロールできます。

- ・自然換気: Full-open
- ・日射遮蔽: ブラインド open
- ・リビング-mルーム境界: Semi-close
- ・ポイント: 活動量に適した使い方

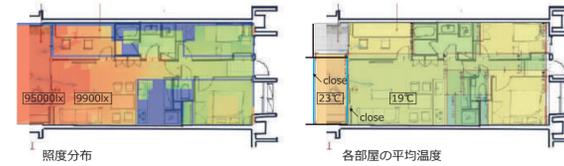


冬期 10:00



真冬の晴れた朝、mルームは温室となり、快適に読書や仕事を行うことができます。リビングは時間遅れで気温が上昇します。厚着してモーニングコーヒーなど生活を豊かにします。

- ・自然換気: NO
- ・日射遮蔽: ブラインド open
- ・リビング-mルーム境界: close
- ・ポイント: 温室

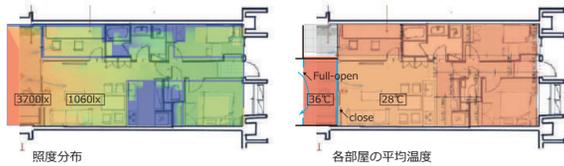


夏季 14:00

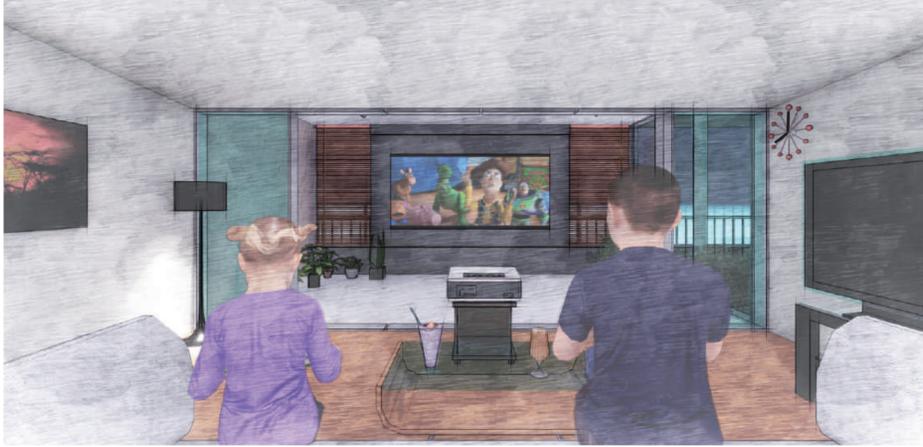


真夏日の午後、mルームとリビングを分けてそれぞれ育児と仕事ができます。日射による熱気はmルームの換気によって排出されるため、熱負荷を軽減しながら省エネ空調で快適に過ごすことができます。

- ・自然換気: Full-open
- ・日射遮蔽: ブラインド open
- ・リビング-mルーム境界: close
- ・ポイント: ダブルスキーン

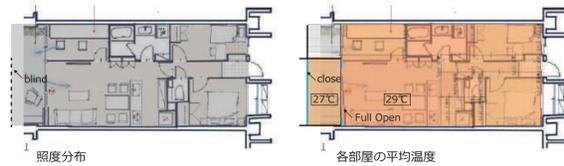


中間期 20:00



中間期の夜、mルームとリビングを一体にして、mルームに設置されている大型スクリーンを下げると、家いながら映画館のような臨場感を味わうことができます。

- ・自然換気: NO
- ・日射遮蔽: ブラインド close
- ・リビング-mルーム境界: open
- ・ポイント: mルームとリビングの一体利用

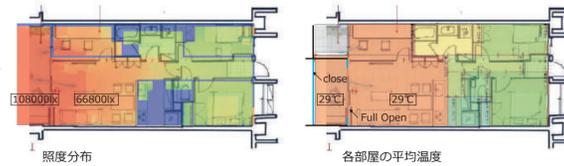


冬期 13:00

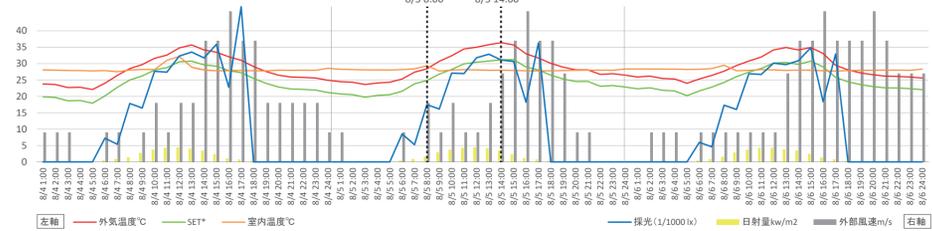


真冬の晴れた午後、mルームは熱くなりすぎるので、リビングと一体化利用することで暖房負荷に貢献します。日差しも室奥まで入るので、自然光の変動を感じながら過ごせます。日射量・照度は自由にコントロールを楽しむことができます。

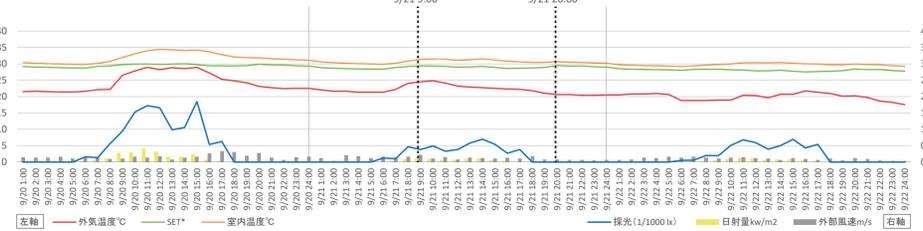
- ・自然換気: NO
- ・日射遮蔽: ブラインド open
- ・リビング-mルーム境界: open
- ・ポイント: 温室利用による暖房負荷軽減



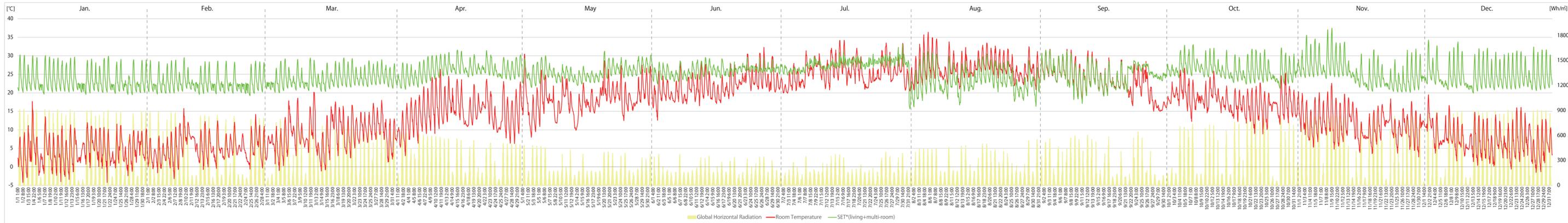
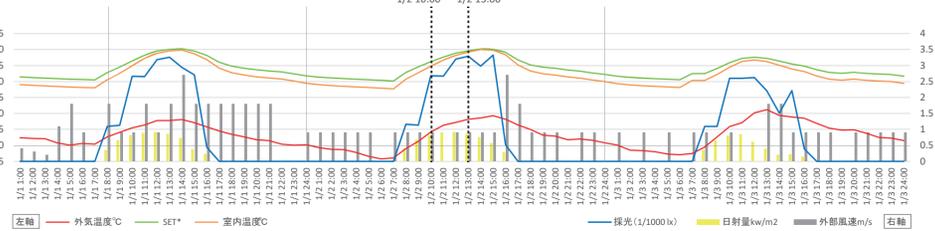
最暑い日 前後3日間の変動 (8/4-8/6)



秋分の日 前後3日間の変動 (9/20-9/22)



最寒い日 前後3日間の変動 (1/1-1/3)



エネルギーシミュレーションと各解析の連携

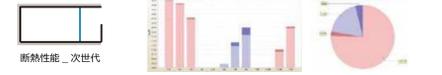
断熱性能 /BEST-H

バルコニー型プランにおける断熱性能の違いによるエネルギーへの影響を検証した。

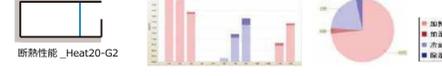
空調スケジュールを同条件として解析を行い、断熱性能を次世代省エネルギー基準からHeat20_G2レベルに上げることで、空調エネルギーで13%の削減となった。

	次世代	Heat20_G2
暖房	7,008	6,154
冷房	1,239	1,103
換気	5,934	5,934
給湯	12,935	12,935
照明	3,381	3,381
その他	23,557	23,557
合計 (その他除く)	54,054	53,064
合計 (その他除く)	30,497	29,507

次世代



Heat20_G2



断熱性能UPで 空調エネルギー16%削減

日射取得 /BEST-H

バルコニー型プランをmルーム型とすることによる日射取得効果の検証を行った。バルコニー外面まで室内化していることで、日射取得による暖房負荷削減が期待できる。

空調スケジュールを同条件として解析を行った場合、暖房エネルギーで22%の削減となった。空調エネルギーとしても7%の削減ではあるが、冷房エネルギーが増加している為、夏季の対策が必要。また、冬季でも室温が高い時間帯は空調をストップすることで更にエネルギーを削減できる余地がある。

	バルコニー	mルーム
暖房	6,154	4,801
冷房	1,103	1,968
換気	5,934	5,934
給湯	12,935	12,935
照明	3,381	3,381
その他	23,557	23,557
合計 (その他除く)	54,064	52,576
合計 (その他除く)	29,507	29,019

バルコニー型



mルーム型



mルーム採用で 暖房エネルギー22%削減

日射遮蔽 /BEST-H

バルコニー型プランをmルーム型とすることによる日射遮蔽効果の検証を行った。日射取得時に内部化していたmルームを外部化し、ブラインドにより日射遮蔽することで冷房負荷削減を期待する。

空調スケジュールを同条件として解析を行った場合でも、冷房エネルギーで23%の削減となり、空調エネルギーで5%の削減となった。

	バルコニー	mルーム
暖房	6,154	6,172
冷房	1,103	0,851
換気	5,934	5,934
給湯	12,935	12,935
照明	3,381	3,381
その他	23,557	23,557
合計 (その他除く)	54,064	52,830
合計 (その他除く)	29,507	29,273

バルコニー型



mルーム型

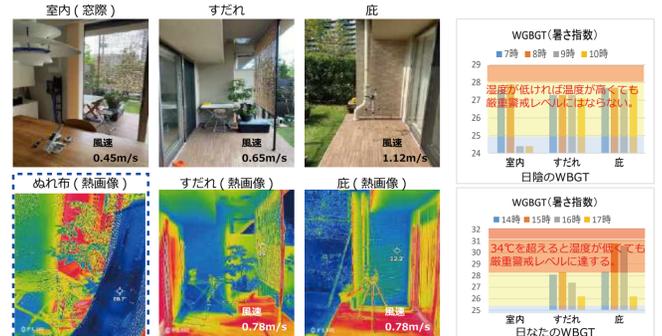


mルーム採用で 冷房エネルギー23%削減
空調エネルギー5%削減

打ち水 /バルコニーの温熱環境実測

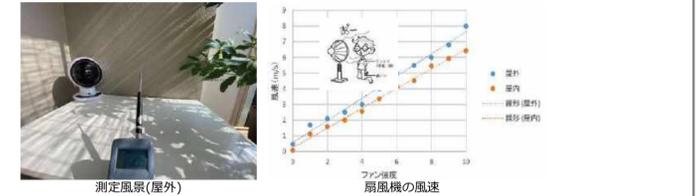
与えられた環境ではなく、自ら選択することでオフィスの温熱環境と比べ、やや過酷な温熱環境でも不満は少なく「自己効力感」による快適性範囲が緩和されると考えます。夏季におけるmルームを想定した温熱環境実測を行い、物理的な数値を測定することで、体験を踏まえたエビデンスを蓄積しました。測定は2021年8月25日と29日に行いましたが、ここでは主に28日の結果を紹介します。

- ・外気温が30℃を超えても、暑さ指数(WBGT)は警戒レベル(25~28℃)である。
- ・半屋外を想定しているため、風速を考慮した評価指標でも評価が可能。
- ・外気温34℃を超えると厳重警戒レベルに達する。さすがに何らかの対応が必要。
- 例えば、すだれ以上の日射遮蔽、足を水に浸かる、ファン、ミスト、空調服、冷却グッズ等
- ・すだれで日射遮蔽してもWBGTは厳重警戒レベルに達するが、ぬれ布近くには重くはならずと警戒レベルまで下がる。空気温度はすだれで2.6℃、ぬれ布近くでは3.7℃低下した。



1. 評価指標
夏季夕方、直射が当たらなくなった状態で打ち水を行いました。打ち水することで空気温度は1.2℃下がったが、相対湿度は10%以上高くなります。(ちなみに、グローブ温度は33.9℃から32.4℃と1.5℃下がり、SET*は0.9℃下がりました。)WBGTは打ち水前の方が低く、SET*は打ち水後の方が低い値を示しました。ここでは、この結果についてこれ以上深掘りせずに、mルームの温熱環境指標は風速も考慮できるSET*としています。

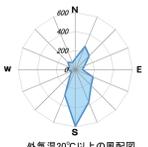
2. 「mルーム」の許容値
打ち水を行うことで、グローブ温度は外気温+6℃程度から+2℃程度になることが実測から分かりました。正常(快適)とされるSET*20~30℃の外気温の関係を上図に示します。(算出条件 代謝量: 1.1、着衣量: 0.3、風速: 1.0m/s、湿度 50%) 日射の当たらない外気温32℃で打ち水した場合はSET*は26℃程度で、うち水なしではSET*28℃強になります。日射がなければ程よい風があれば快適と感じたため、ある程度滞在する前提の「mルーム」のSET*は28℃とします。また、扇風機の強度と風速の関係を下図に示します。強度最大にすると言気になるが、3~4m/s程度は涼風として感じることができます。



打ち水を含む実測効果再現で 冷房エネルギー40%削減

Natural ventilation /CFD

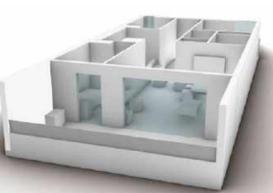
住戸の南北に開口を設けることで住戸に風を通すことができます。CFDによるシミュレーションを行うことで、住戸内の風の流れの予測を行いました。風の流れを把握することで、風をコントロールすることもできそうです。mルームでは心地よい季節の風(朝風、春風、花野風)を楽しむことができます。風向は、風配図より卓越風の南と北北東と東南東の3ケース、基準風速を7-9月の平均風速1.7m/sで解析しました。



解析結果

1. 住戸換気量
どの風向も25~38回換気は確保され、換気は十分されることがわかりました。
2. 風向による風
NNEの風
季節としては秋の風で発生頻度としては少ない風です。北側開口面積は大きくないため、通過風速は速くなる傾向がありますが、リビングやmルームでは心地よい風になっています。

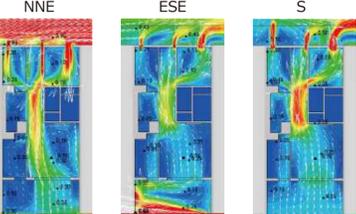
検討ケース



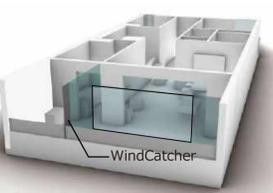
バルコニー型

風向別 風速分布図

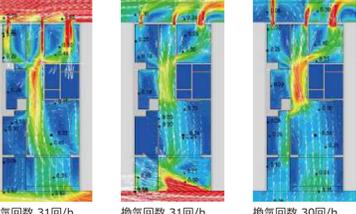
解析結果レベル: FL+1.5m * 最大風速計測エリア: リビング



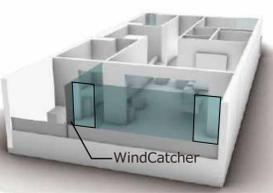
NNE: 換気回数 31回/h, 最大風速 0.75m/s
ESE: 換気回数 28回/h, 最大風速 0.30m/s
S: 換気回数 38回/h, 最大風速 0.36m/s



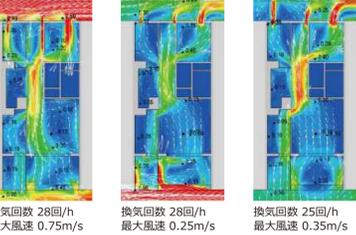
mルーム型+Full Open



換気回数 31回/h, 最大風速 0.70m/s
換気回数 31回/h, 最大風速 0.36m/s
換気回数 30回/h, 最大風速 0.33m/s



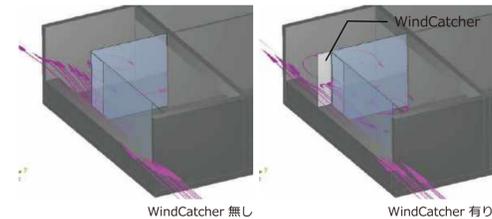
mルーム型+WindCatcher



換気回数 28回/h, 最大風速 0.75m/s
換気回数 28回/h, 最大風速 0.25m/s
換気回数 25回/h, 最大風速 0.35m/s

- ・ESEの風
南外壁面に沿って流れる風を再現しました。mルームでやや速い風が発生していますが、Full openからwindcatcherに変えることで強風エリアをコントロールすることができます。

- ・Sの風
発生頻度が高く、通風が期待できる風向と思われる風です。風の出口にあたる北側開口の面積がどのケースも同じため、他の風向と比べてそれほど大きな違いはありません。バルコニー型の換気量が最も多くなりますが、通風コントロールのできるmルームの住まいに魅了を感じます。



WindCatcher無し WindCatcher有り

3. 風をコントロール
南外壁面では、外壁に沿って風が流れる傾向があるため、サッシを工夫することで、mルームに風を取り込みやすい形状(ウィンドキャッチャー)の検討を行いました。ウィンドキャッチャーを設けることで、風がmルームに流れ込んでいることがわかります。西からの風の場合は東側の開口部を開けることで換気が得られます。

空調エネルギー*%削減

Intergration/BEST-H

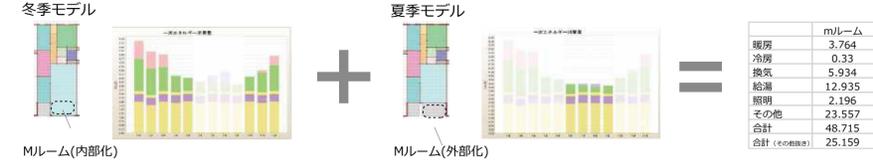
各シミュレーション・実測の結果を踏まえ、mルーム型の空調・照明スケジュールを調整しました。その際、リビング・ダイニングやmルームが空調なしでも快適な場合や、昼光利用ができる場合は積極的にリビングやmルームを使う=環境行動を行うと仮定してシミュレーションを行いました。mルームの季節による使い分けは夏季・冬季の2ケースの計算結果を季節ごとに選択し合算をしています。



LDのスケジュール (解析・実測・環境行動考慮)

部屋	項目	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
暖房	平日	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	0
	休日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	0
冷房	平日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	28	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0
	休日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
照明	平日(在宅)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.25	1	1	1
	休日(外出)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.5
在宅	平日	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	1	0.5	0
	休日(在宅)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	2	2	0	0
不在	平日	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	0	0
	休日(外出)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	0	0

※その他の室は別紙「補足資料」参照



■省エネ対策と削減率

モデル	①	②	③	④
断熱性能	次世代基準	HEAT20_G2	HEAT20_G2	HEAT20_G2
mルーム	—	—	○	○
環境行動	—	—	—	○
給湯	12,935	12,935	12,935	12,935
換気	5,934	5,934	5,934	5,934
暖房	7,008	6,154	4,917	3,764
冷房	1,239	1,103	0,840	0,330
照明	3,381	3,381	2,365	2,196
合計	30,497	29,507	26,991	25,159
比率	1.00	0.97	0.89	0.82

断熱性能UP、mルーム、環境行動の3つの省エネ手法を用いることで最大エネルギーが18%の一次消費エネルギー削減ができることがわかりました。

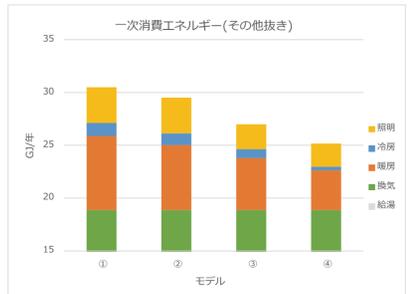
1. 住戸面積あたりの発電量からZEH-M計画可能削減数を計算すると、②では5.5層、③では5.9層と6層には届かず、環境行動をふまえた④で6.3層と中層を超えたZEH-Mが達成となります。住人が環境行動をすることが重要であることはもちろん、住人が環境行動を行える建築をつくることもまた重要と考えます。



一次消費エネルギー(その他抜き)
25.159GJ/年
14%削減

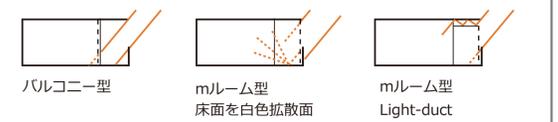


※共用部エネルギーは1住戸あたり3.14GJ/年とする



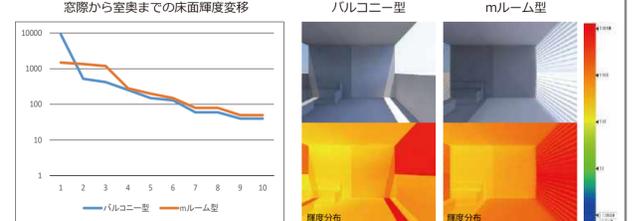
Daylight / Lumiccept

mルームを設けることで昼光利用時間を増加させることができます。最低限の仕様として、パフォーマンスが期待できる白色タイルを床面に採用し、室内側の建具については、より可視性の高いガラスを採用します。より採光の効果を得るには+αとして、ライトシェルフや光ダクト型も検討しました。

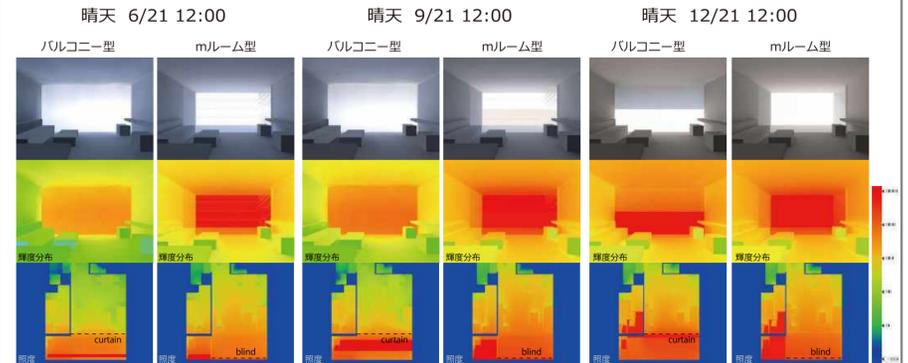


光環境の評価

1. 輝度コントラストを重視する
mルームというバッファエリアを内外の境目に設けることで、空間に緩やかな光のグラデーションが生まれます。グラデーションのない空間は対比効果で、照度を確保していても暗く感じてしまいます。

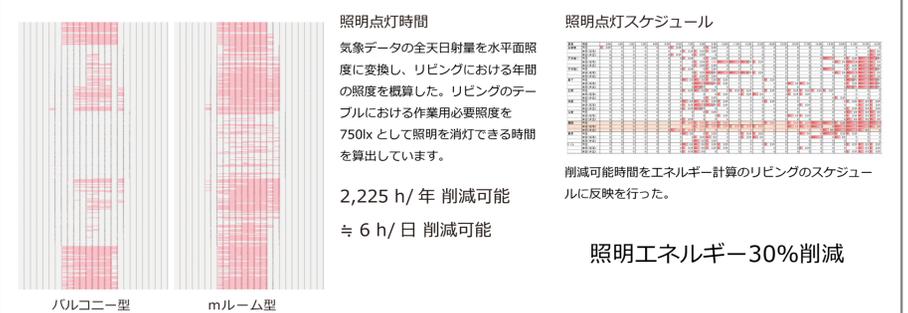


2. 作業のための必要照度を確保する



バルコニー型は、直射が入る時間はレースカーテンを開ける想定をしており、mルーム型は開口部にブラインドを設置することで、ガラスに配慮しながら明るさを確保している。

3. 年間の昼光利用率から照明スケジュールを反映する



照明点灯時間
気象データの全天日射量を水平面照度に変換し、リビングにおける年間の照度を概算します。リビングのテーブルにおける作業必要照度を750lxとして照明を消灯できる時間を算出しています。

照明点灯スケジュール
削減可能時間をエネルギー計算のリビングのスケジュールに反映を行った。

2,225 h/年 削減可能
≒ 6h/日 削減可能

照明エネルギー30%削減