

令和4年度 建築基準整備促進事業 E17. 共同住宅の省エネ性能評価における 暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

○株式会社 ユーワークス 取締役 宇田 渉
佐藤エネルギーリサーチ 株式会社 代表取締役 佐藤 誠

○：事業主体における代表事業者

事業年度：令和4～5年度

報告内容目次

■ 調査概要

- 背景と目的
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法
- 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題
- 基整促E17の3年間の実施内容
- 事業実施体制
- 事業のスケジュール

■ (イ)暖冷房負荷モデルの検討

- 令和4年度実施内容
- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 現行Webプログラムとの連続性確認

■ (ロ)簡易な入力方法の検討

- 概要
- 住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定
- 主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定
- 検証

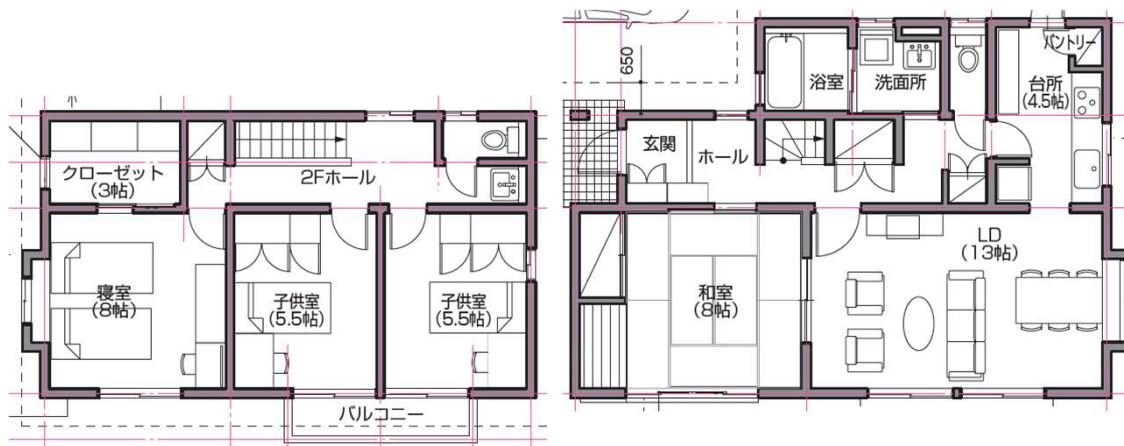
1. 調査概要 背景と目的

■ 背景

- **現行省エネ基準**では、**戸建住宅・共同住宅**の別にかかわらず、**特定の戸建住宅モデル**を前提とした**暖冷房負荷**の計算結果を用いて一次エネルギー消費量を算定している。
- より精緻に**共同住宅特有**の住宅形態等を踏まえた暖冷房設備の一次エネルギー消費量を算定するためには評価方法を見直す必要がある。

■ 目的

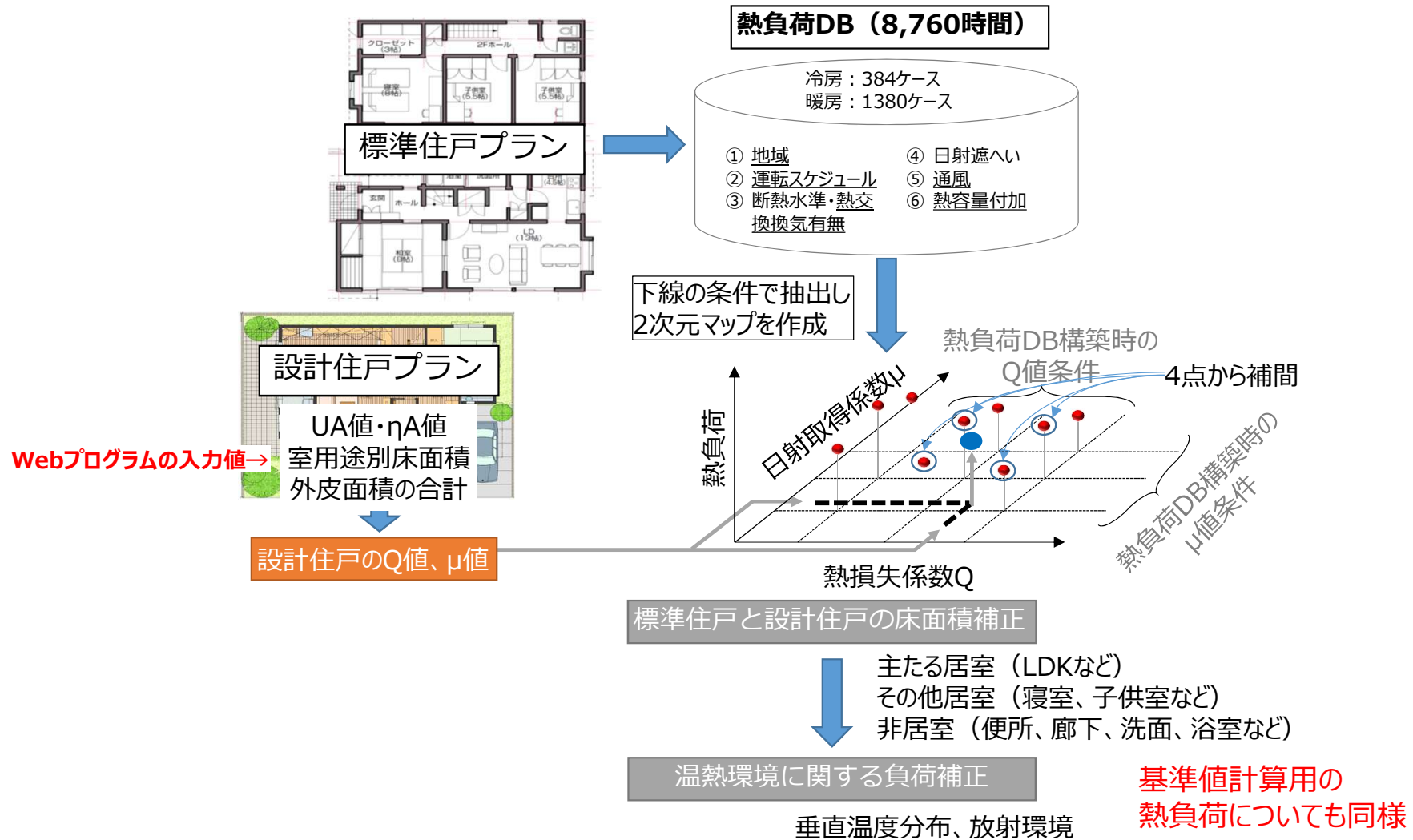
- **共同住宅の住宅形態**等の特徴を整理したうえで、以下について検討する。
 - ・ (イ) 暖冷房設備の一次エネルギー消費量の算定に用いる**暖冷房負荷モデルの検討**
 - ・ (ロ) その推定に必要な**簡易な入力方法**等を整理
 - ・ (ハ) 評価方法の見直しに資する**技術的資料をまとめる**



**共同住宅であっても
120m²の木造住宅の
暖冷房負荷を使用している**

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

1. 調査概要 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出方法



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

1. 調査概要 現行省エネ基準における暖冷房負荷の算出の課題

- 今後、建築に関連する**新たな省エネ技術**を評価対象とするたびに**熱負荷DBを拡張**する必要がある
- 4つの条件の8760時間分熱負荷（暖房用と冷房用それぞれ）を**メモリに読み込む**必要があり、**計算に時間がかかる**
- 省エネ基準の評価を「有無による評価」から「**連続評価**」とする場合、特に非線形となるような場合（蓄熱性能など）の**補間方法を考える必要がある**
- **RC造**集合住宅にも木造戸建住宅の負荷データを用いており、**計算精度が低く**なっている
- **温熱環境に関する負荷補正**は本来時々刻々変化するが、**年間にわたって1つの補正值**を用いている

1. 調査概要 基整促E17の2年間の実施内容

(イ) 暖冷房負荷モデルの検討

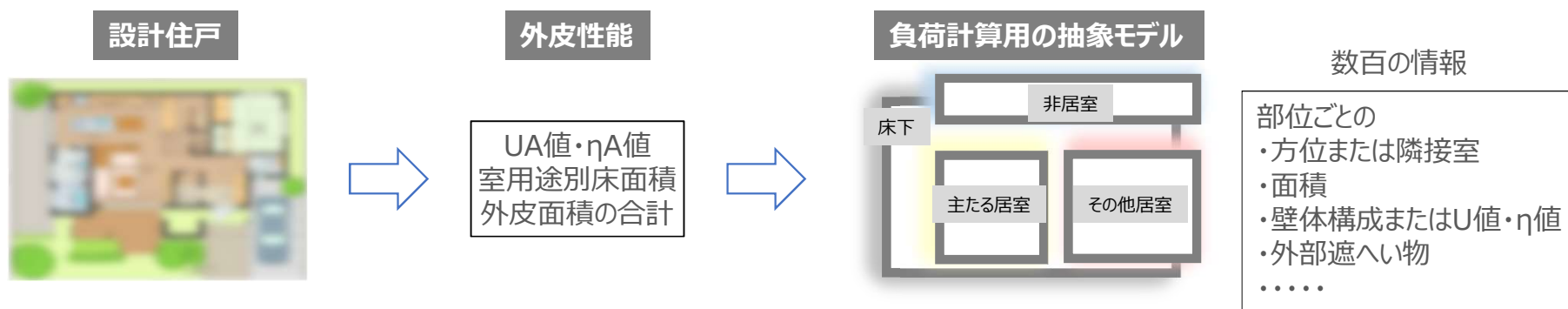
- 計算方法の検討
- 計算条件の検討
- 現行Webプログラムとの連続性確認



根拠についても取りまとめる

暖冷房負荷の計算方法は
基整促E7「住宅における地域性を活かした省エネ技術の評価のための簡易熱負荷計算法の検討」でほぼ検討済み

(ロ) 簡易な入力方法の検討



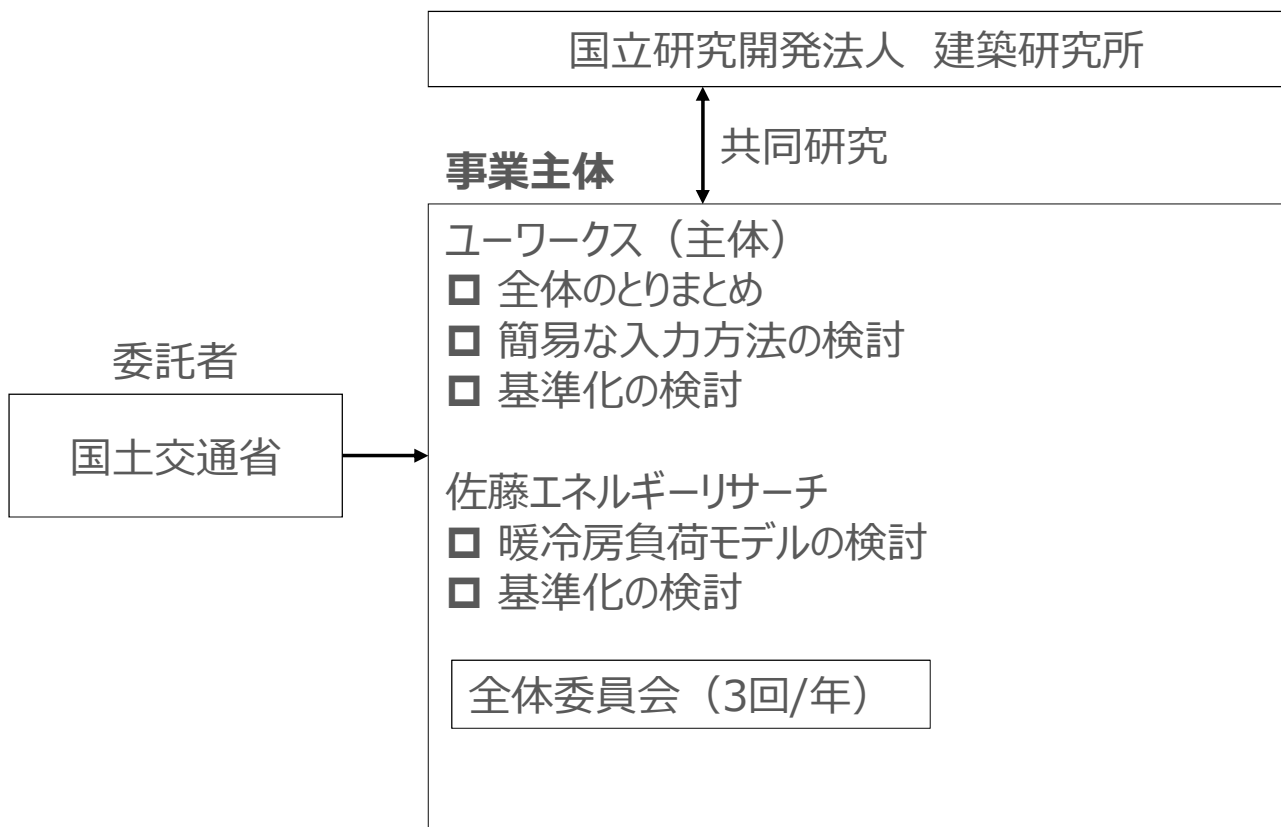
(ハ) 基準化の検討



計算方法、計算条件を記した
技術資料の作成

2. エネルギー消費性能の算定方法	
2.1 算定方法	
第一節 概要と用語の定義	R03.12.27更新
第二節 住戸部分の一次エネルギー消費量	
第一部 全量	R04.09.30公開
第二部 設計一次エネルギー消費量	R04.09.30公開
第三部 基準一次エネルギー消費量	R04.09.30公開
第四部 比値	R04.09.30公開
第五部 一次エネルギー消費性能指数	R04.09.30公開
*第三部「設計一次エネルギー消費量」、第五部「基準一次エネルギー消費量」および第四部「比値」は、令和04年9月以前の第二部「単位住戸の設計一次エネルギー消費量」、第三部「単位住戸の基準一次エネルギー消費量」、第五部「特定建築基準案」、第六部「気候変動適応住宅」、第六部「高層又は共同住宅の一次エネルギー消費量」および第八部「既存建築物の認定基準」の内容を継承したものです。	
第三節 暖冷房負荷と外皮性能	
第一部 全量	R04.04.01公開
- データ：暖冷房負荷 (ZIP 約208MB)	H28.04.27公開
- 補足資料：暖冷房負荷ファイルの設置	H28.04.27公開
第二部 外皮性能	R04.09.30公開
第三部 計算基準及び計算条件	R04.09.30公開
第四部 計算結果	R04.09.30公開
第五部 主たる居室の外皮性能	R04.09.30公開

1. 調査概要 事業実施体制



全体委員会 有識者構成

役職	氏名	所属
委員長	坂本 雄三	東京大学名誉教授
委員	田辺 新一	早稲田大学
委員	永田 明寛	東京都立大学
委員	長井 達夫	東京理科大学
委員	富樫 英介	工学院大学

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

1. 調査概要 事業のスケジュール

	令和4年度				令和5年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
(イ)暖冷房負荷モデルの検討	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">不足する熱負荷要素の計算法検討</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">設備方式に影響を受ける負荷計算法の検討</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">未検討の負荷計算条件の検討</div>				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 100px;">現行Webプログラムとの連続性確認</div>			
(ロ)簡易な入力方法の検討	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定</div>							
(ハ)基準化の検討					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">基準値の計算法の検討</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">技術資料案の作成</div>			
全体委員会	○		中間報告会	最終報告会	○		中間報告会	最終報告会

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 令和4年度実施内容

■ 熱負荷要素の計算法の検討

- 安定的な応答係数計算法
- 土壌への熱損失の計算法
- 開口部日射熱取得率の斜入射特性
- 調理発熱と同時給排気型レンジフード

■ 多様な空調形態に対応した暖冷房負荷モデルの検討

- ダクト式セントラル空調
- 全熱交換・換気ユニット

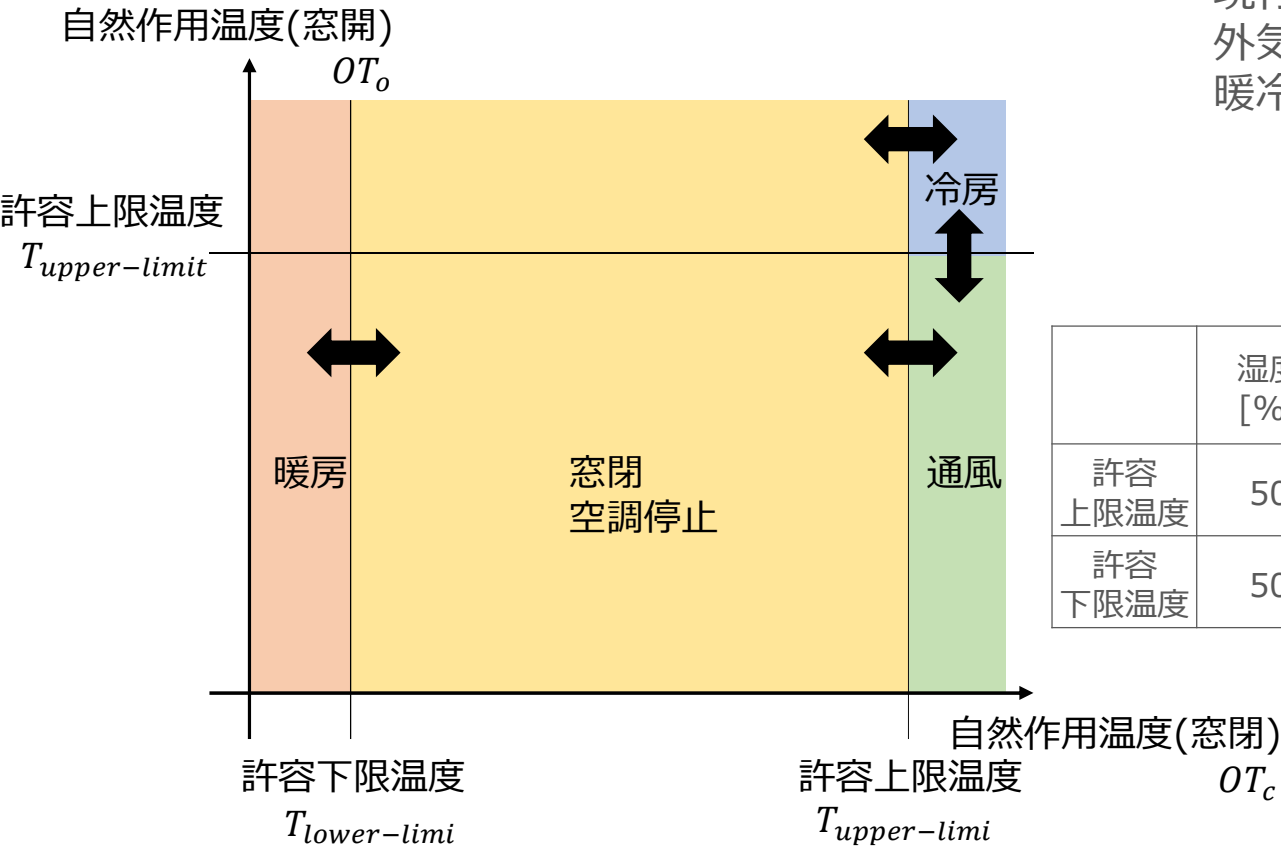
■ 暖冷房負荷計算条件の検討

- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映**
- 建物モデルと空調スケジュール
- 室内戸開閉に伴う空間換気量

■ 現行Webプログラムとの連続性確認

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 居室間欠空調の場合の空調発停・窓開閉

参考
 現行省エネ基準では、
 外気温度の年周期成分から
 暖冷房期間を決定



許容上下限温度、冷暖房温度の案

	湿度 [%]	風速 [m/s]	着衣量 [clo]	代謝量 [Met]	PMV [-]	PPD	作用温度 [°C]
許容上限温度	50	0.1	0.3	1.0	0.84	20	29.1
許容下限温度	50	0.1	1.1	1.0	-0.84	20	19.4

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 令和4年度実施内容

11

■ 熱負荷要素の計算法の検討

- 安定的な応答係数計算法
- 土壌への熱損失の計算法
- 開口部日射熱取得率の斜入射特性
- 調理発熱と同時給排気型レンジフード

■ 多様な空調形態に対応した暖冷房負荷モデルの検討

- ダクト式セントラル空調
- 全熱交換・換気ユニット

■ 暖冷房負荷計算条件の検討

- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 建物モデルと空調スケジュール**
- 室内戸開閉に伴う空間換気量

■ 現行Webプログラムとの連続性確認

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 建物モデル

- 暖冷房負荷を**短時間**で得るには、以下の工夫が必要。
 - 室数を少なくする
 - 部位数を少なくする
- (□)で述べるが、**入力される情報は現行Webプログラム相当**とすれば下記程度。
 - 外皮平均熱貫流率 U_A 値
 - 冷房期・暖房期の平均日射熱取得率 η_A 値
 - 主たる居室・その他居室・延床面積
 - 外皮の総面積
- 以下の**3室**構成での暖冷房負荷計算を当面の目標とする。
 - 主たる居室
 - その他居室
 - 非居室
- 現行の暖冷房負荷データとの**連続性**

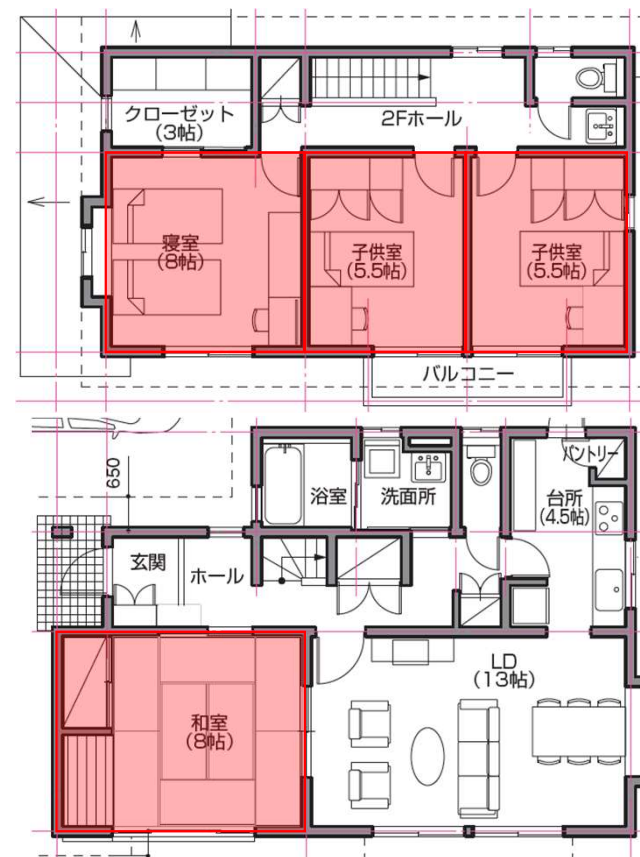
2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 現行評価法のその他居室の間歇空調スケジュール

■ 空調スケジュールの異なる4室を集約した時の空調スケジュールの設定法について検討した

現行省エネ基準の空調スケジュール（暖房）

		時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
居間台所 (LDK)	暖房	平日								←	→				←	→				←	→						
		休日									←	→				←	→				←	→					
	冷房	平日																									
		休日																									
子供室1	暖房	平日																						←	→		
		休日											←	→							←	→					
	冷房	平日	←	→																				←	→		
		休日	←	→																				←	→		
子供室2	暖房	平日																									
		休日											←	→													
	冷房	平日	←	→																							
		休日	←	→																							
寝室	暖房	平日																									
		休日																									
	冷房	平日	←	→																							
		休日	←	→																							

*矢印は空調時間帯、網掛け部分は就寝時を示す。



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 提案する暖冷房負荷モデルのその他居室の間歇空調スケジュール

- 現行評価法のその他居室各室の日空調時間を、面積加重平均し、新たなスケジュールを作成

現行省エネ基準の日空調運転時間（暖房）

	床面積A [m ²]	面積割合a [-]	日暖房時間t[h/日]	
			平日	休日
和室	16.56	0.32	0	0
主寝室	13.25	0.26	0	0
子供室1	10.77	0.21	3	10
子供室2	10.77	0.21	3	7
計	51.34		1.26	3.56
			↑Σ(a t)	

提案するその他居室の間歇空調スケジュール



2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 現行評価法と提案評価法の主な計算条件の比較

	現行	提案 (3室)
計算プログラム	市販の暖冷房負荷計算プログラム	本調査で開発
家具の熱容量とモデル	室気積当たり12.6kJ/(m ³ ・K)とし、 室空気の熱容量に加算	室気積当たり12.6kJ/(m ³ ・K)とし、 室とは別に1質点設けて遅れを考慮
暖冷房期間	外気温 の年周期成分から設定	自然作用温度から時々刻々設定
計算室数	14室	主たる居室、その他居室、非居室の 3室
コンセント・調理	H25省エネ基準検討時に開発	H28省エネ基準の家電、調理のスケジュール
照明	H25省エネ基準検討時に開発	基準照明エネルギーの計算条件
空調スケジュール	H25省エネ基準検討時に開発	現行省エネ基準のスケジュールを3室に集約
設定温度	設定対象： 室温 冷房：27℃（就寝中28℃） 暖房：20℃	設定対象： 作用温度 冷房：27℃（就寝中28℃） 暖房：20℃
開口部透過日射の扱い	50%が床、残り50%を 床以外の面に面積比で案分	50%が床、残り50%を 家具

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 令和4年度実施内容

16

■ 熱負荷要素の計算法の検討

- 安定的な応答係数計算法
- 土壌への熱損失の計算法
- 開口部日射熱取得率の斜入射特性
- 調理発熱と同時給排気型レンジフード

■ 多様な空調形態に対応した暖冷房負荷モデルの検討

- ダクト式セントラル空調
- 全熱交換・換気ユニット

■ 暖冷房負荷計算条件の検討

- 地域、建物性能に応じた暖冷房期間の反映
- 建物モデルと空調スケジュール
- 室内戸開閉に伴う空間換気量

■ 現行Webプログラムとの連続性確認

E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 現行Webプログラムとの連続性確認方法

17

まずは、6地域、断熱等級4、居室間歇空調の条件で
現行Webプログラムの暖冷房負荷と比較

Step1 現行省エネ基準と極力同じ条件

現行省エネ基準と極力同一条件で熱負荷を比較する

①14室入力

- ②冷暖房期間は設定せず、**室温**が上限27℃（就寝中は28℃）、
下限20℃を外れた場合に上下限**室温**設定で暖冷房する

Step2 提案する計算条件

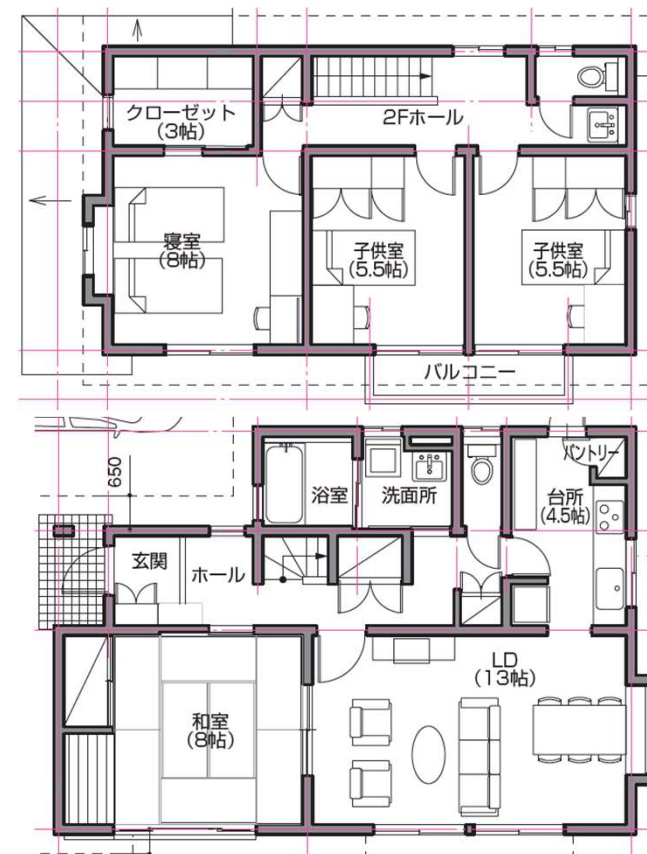
提案する計算条件で年間熱負荷（負荷補正込み）を比較する

①3室に集約して入力

- ②冷暖房期間は設定せず、**作用温度**が上限27℃（就寝中は28℃）、
下限20℃を外れた場合に上下限**作用温度**設定で暖冷房する

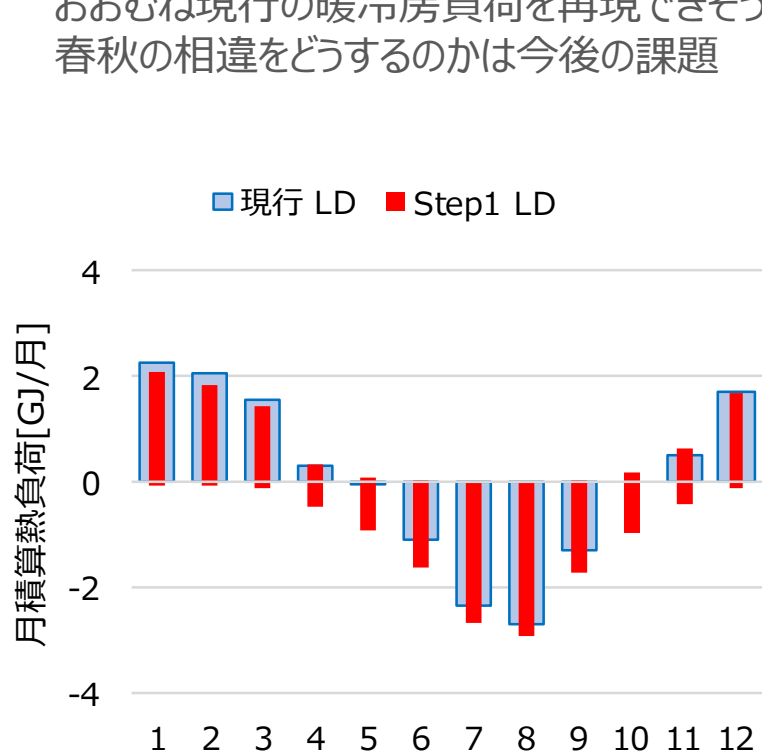
Step3 現行省エネ基準と連続する条件を模索

提案する計算条件を修正し、年間熱負荷（負荷補正込み）が許容
範囲内で一致する条件を模索する

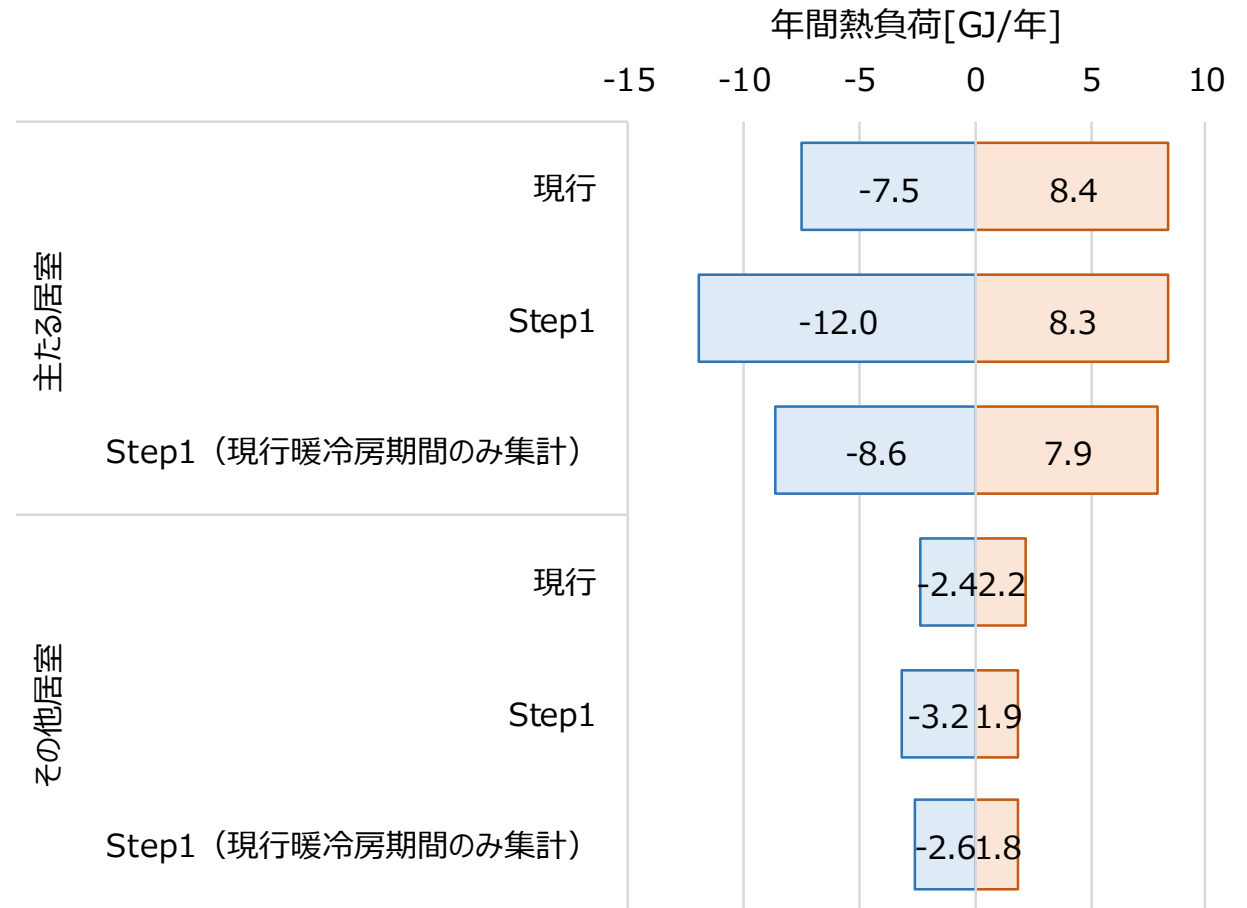


2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 Step1の期間暖冷房熱負荷比較

おおむね現行の暖冷房負荷を再現できそう
春秋の相違をどうするのかは今後の課題



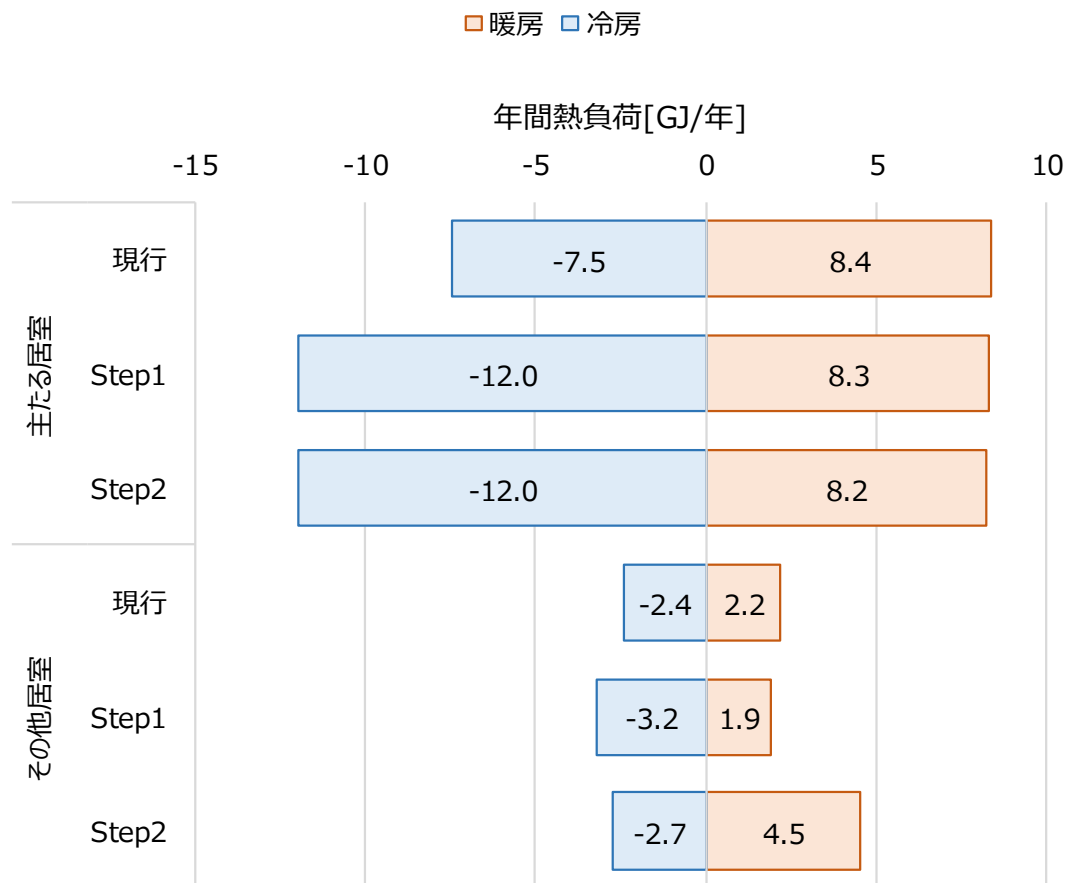
■暖房 ■冷房



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 Step2の期間暖冷房熱負荷比較

主たる居室については、Step1と同様に春秋の設定次第
その他居室の空調スケジュールはもう少し工夫が必要



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

2. (イ)暖冷房負荷モデルの検討 まとめと今後の課題

20

まとめ

- 暖冷房負荷の**計算法、計算条件**等については**一通りとりまとめた**
- **特定の条件**（6地域、断熱等級4、居室間歇空調）で、**現行**Webプログラムの暖冷房負荷と**比較**
 - 若干の乖離はみられるが**おおむね連続性を確認**

課題

- 現行Webプログラムとの**連続性を確認する条件を拡張**
- (ハ)**基準化の検討**に着手

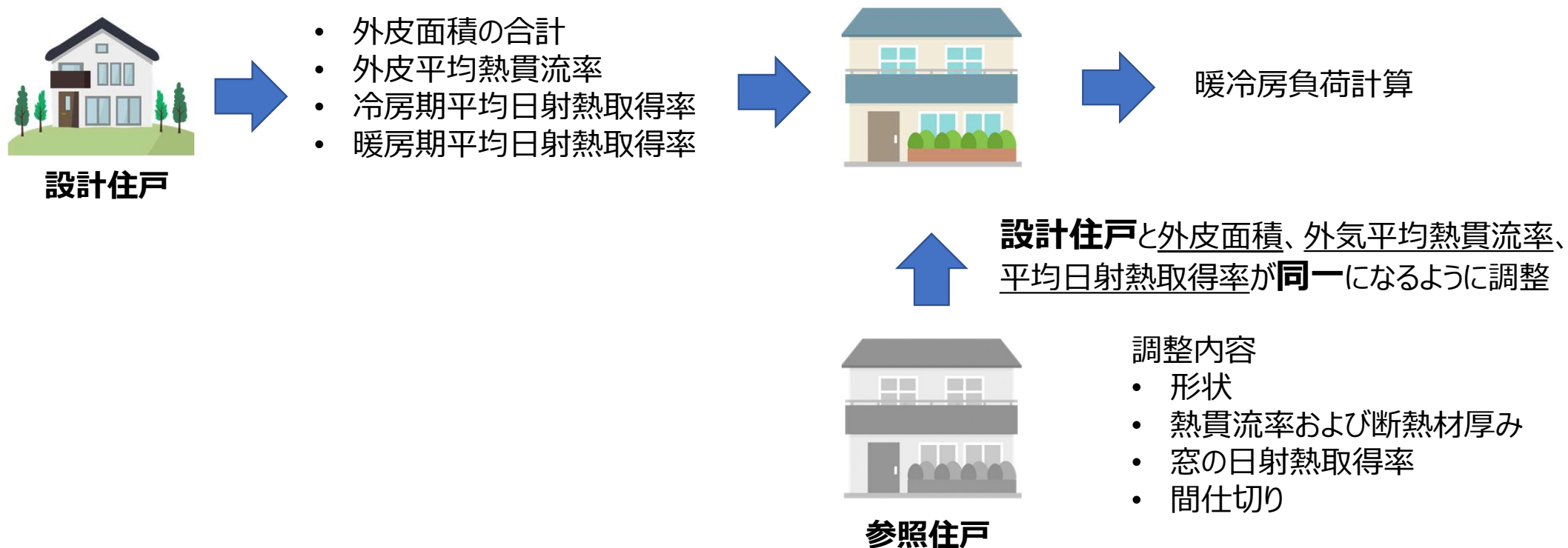
3. (□)簡易な入力方法の検討 令和4年度実施内容

21

■ 概要

- 住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定
 - 参照住戸プランと形状の変形
 - 熱貫流率および断熱材厚みの推定
 - 窓の日射熱取得率の推定
- 主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定
 - 間仕切りの面積の推定
- 検証

3 . (□)簡易な入力方法の検討 概要

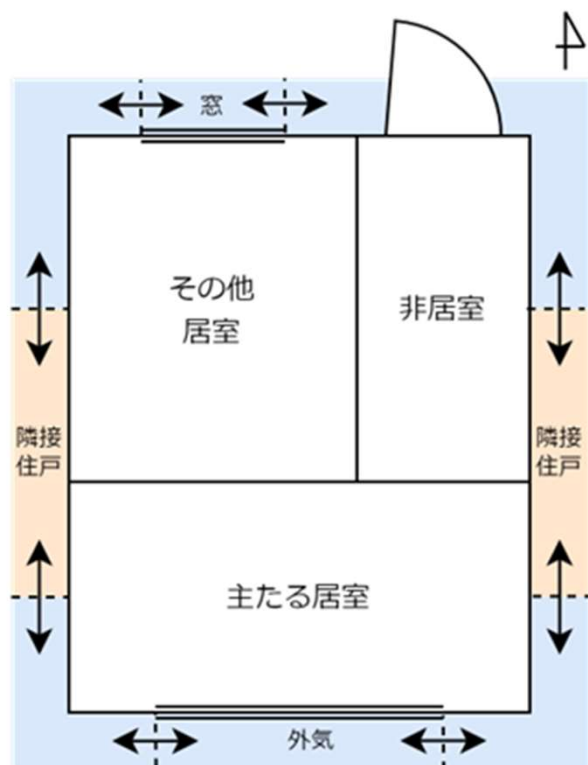


3. (□)簡易な入力方法の検討 令和4年度実施内容

23

- 概要
- 住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定
 - 参照住戸プランと形状の変形
 - 熱貫流率および断熱材厚みの推定
 - 窓の日射熱取得率の推定
- 主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定
 - 間仕切りの面積の推定
- 検証

3 . (□)簡易な入力方法の検討 参照住戸プランと形状の変形



◎南向きの一般的な3LDK住戸を抽象化した。

◎入力パラメータから開口部の面積の調整を行う。

◎隣接住戸と接する面積の調整を行い、住戸位置の違いの代替とした。



住戸位置によって、隣接住戸と接する面積が大きく異なる。

参照住戸の面積

方位／居室		主たる居室 (m^2)		その他の居室 (m^2)		非居室 (m^2)	
		記号	値	記号	値	記号	値
水平外皮		$A_{env,horz,MR,ref}$	24.23	$A_{env,horz,OR,ref}$	29.75	$A_{env,horz,NO,ref}$	16.02
垂直外皮	南	$A_{env,south,MR,ref}$	9.52	$A_{env,south,NO,ref}$	6.45	$A_{env,south,NO,ref}$	0.00
	東	$A_{env,east,MR,ref}$	0.00	$A_{env,east,NO,ref}$	21.59	$A_{env,east,NO,ref}$	8.05
	北	$A_{env,north,MR,ref}$	0.00	$A_{env,north,NO,ref}$	11.80	$A_{env,north,NO,ref}$	4.16
	西	$A_{env,west,MR,ref}$	17.21	$A_{env,west,NO,ref}$	10.06	$A_{env,west,NO,ref}$	2.37
窓	南	$A_{env,win,south,MR,ref}$	4.52	$A_{env,win,south,NO,ref}$	3.24	$A_{env,win,south,NO,ref}$	0.00
	北	$A_{env,win,north,MR,ref}$	0.00	$A_{env,win,north,NO,ref}$	2.53	$A_{env,win,north,NO,ref}$	0.00
ドア	北	$A_{env,door,north,MR,ref}$	0.00	$A_{env,door,north,NO,ref}$	0.00	$A_{env,door,north,NO,ref}$	1.76

※水平外皮の面積は床と屋根天井の面積は同じものとし、ここではいずれかの値のみを記す。(2倍されない)

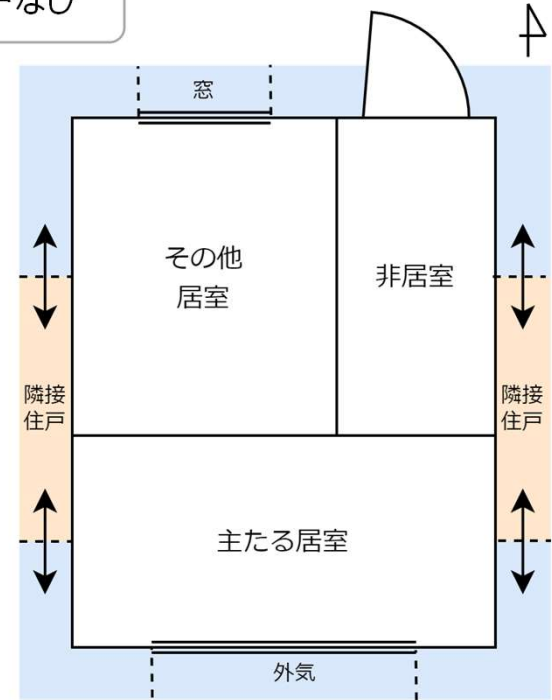
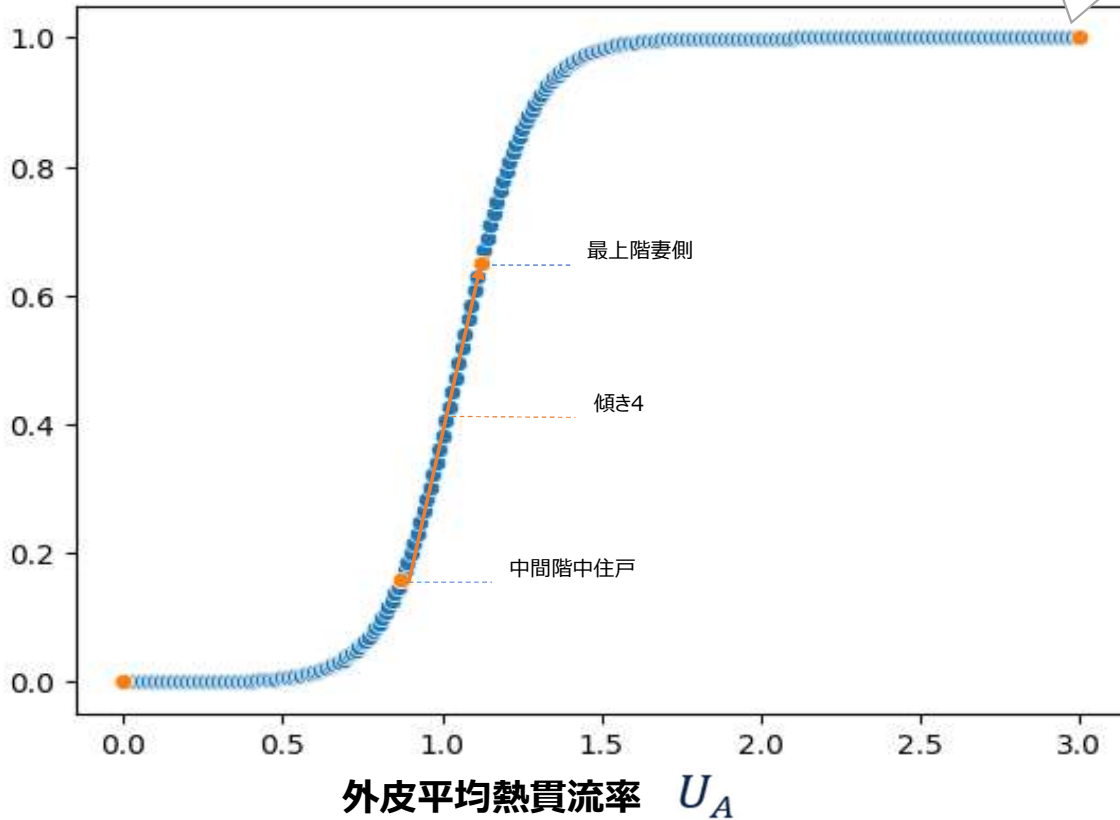
※窓の東・西およびドアの東西南方位には存在しないものとし、面積は0.0とする。

隣接住戸と接する外皮の面積の調整

式

$$r_{envex} = \frac{1}{1 + e^{-9.10907512(U_A - 1.05204145)}} U_A$$

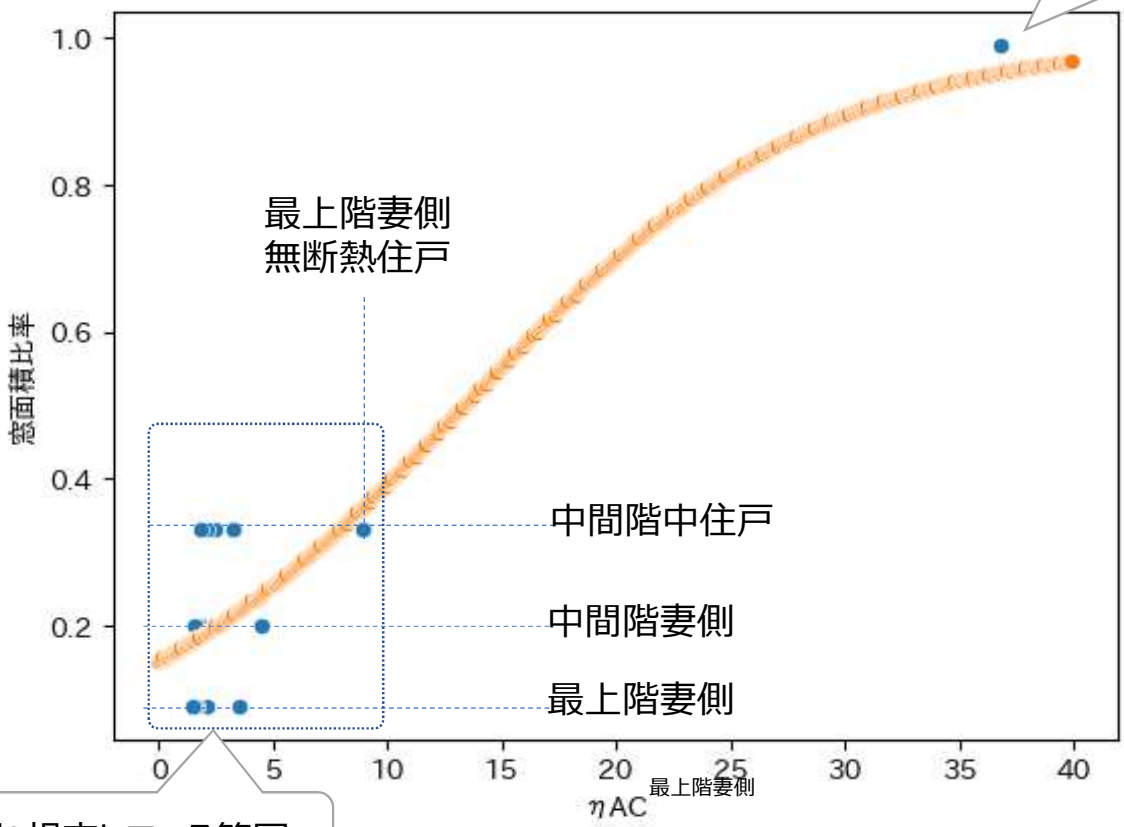
総外皮に対する外気に接する外皮の面積比



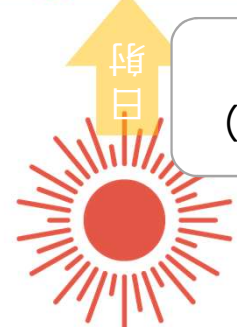
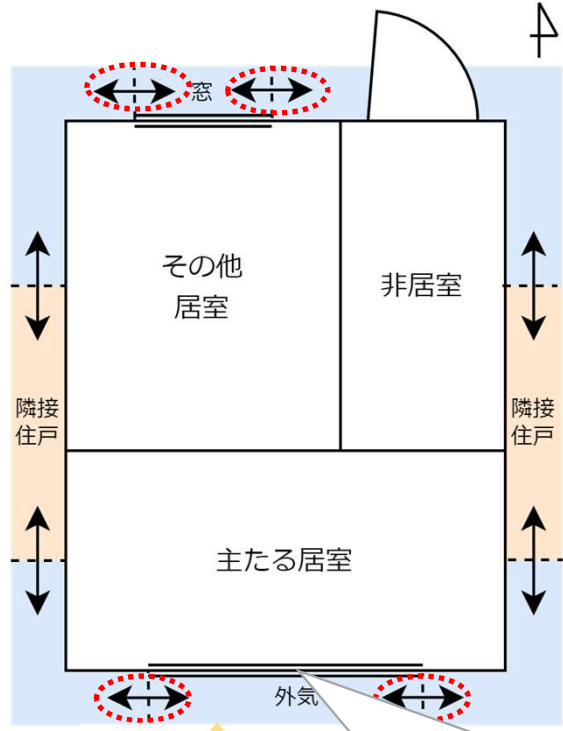
開口部の面積の調整

式
$$r_{envop} = \frac{1}{1 + e^{-0.12852127(\eta_{AC} - 13.3548535)}} \eta_{AC}$$

全面ガラス張り



概ね想定している範囲



開口部の面積を調整
(日射熱取得量の調整代の調整)

3 . (□)簡易な入力方法の検討 令和4年度実施内容

28

- 概要
- 住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定
 - 参照住戸プランと形状の変形
 - 熱貫流率および断熱材厚みの推定**
 - 窓の日射熱取得率の推定
- 主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定
 - 間仕切りの面積の推定
- 検証

3 . (□)簡易な入力方法の検討 熱貫流率および断熱材厚みの推定

- ◎ RC造を想定し、コンクリートの厚みは固定する。
- ◎ 断熱材は押出法ポリスチレンフォームを想定し、外気に接する屋根と外気に接する外壁の場合は厚み5cm、他は0cmとする。
- ◎ 外皮平均熱貫流率が再現できるように断熱材の厚みを調整する。

壁体構成と開口部の熱貫流率

■ 壁体構成

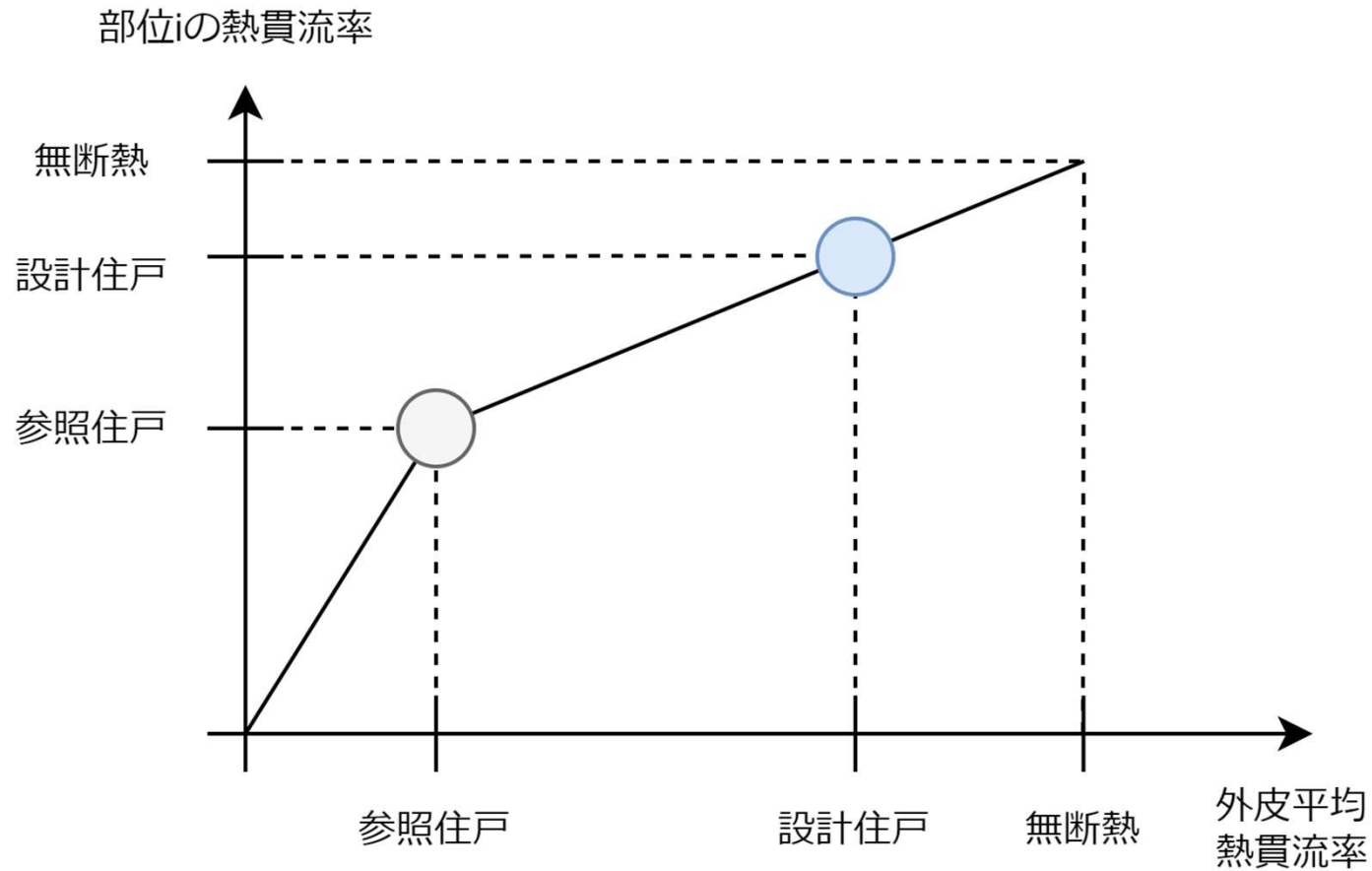
部位の種類	コンクリート厚 (m)		表面熱伝達抵抗		断熱材厚み (m)	
	記号	値	記号	値	記号	値
屋根・天井	$t_{roof,ex,concre,ref}$	0.150	$R_{s,roof,ex,ref}$	0.13	$t_{roof,ex,ins,ref}$	0.05
外壁	$t_{wall,ex,concre,ref}$	0.135	$R_{s,wall,ex,ref}$	0.15	$t_{wall,ex,ins,ref}$	0.05

■ 開口部の熱貫流率

部位の種類	熱貫流率 (W/m^2K)	
	記号	値
窓	$U_{win,ref}$	2.0
ドア	$U_{door,ref}$	6.0

断熱材の厚みの調整

- 熱貫流率の低い部位から優先的に断熱材を厚くするように調整



E17 共同住宅の省エネ性能評価における暖冷房負荷モデルの精緻化に関する検討

3 . (□)簡易な入力方法の検討 令和4年度実施内容

32

- 概要
- 住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定
 - 参照住戸プランと形状の変形
 - 熱貫流率および断熱材厚みの推定
 - 窓の日射熱取得率の推定
- 主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定
 - 間仕切りの面積の推定
- 検証

3 . (□)簡易な入力方法の検討 熱貫流率および断熱材厚みの推定

◎参照住戸の間仕切り面積を入力された用途ごとの床面積と参照住戸の用途ごとの床面積の比で調整する。

■ 間仕切りの面積

居室1	居室2	間仕切り面積 (m^2)	
		記号	値
主たる居室	その他の居室	$A_{part,MR \rightarrow OR,ref}$	12.53
主たる居室	非居室	$A_{part,MR \rightarrow NO,ref}$	16.19
その他の居室	非居室	$A_{part,OR \rightarrow NO,ref}$	40.51

3 . (□)簡易な入力方法の検討 令和4年度実施内容

34

■ 概要

■ 住戸全体の特性値から室用途ごとの特性値の推定

- 参照住戸プランと形状の変形
- 熱貫流率および断熱材厚みの推定
- 窓の日射熱取得率の推定

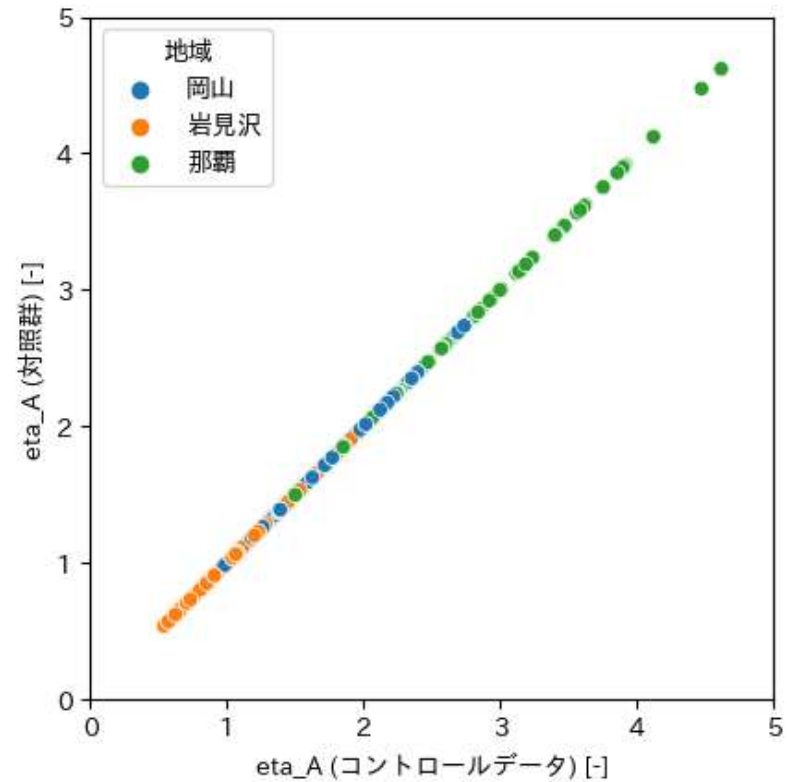
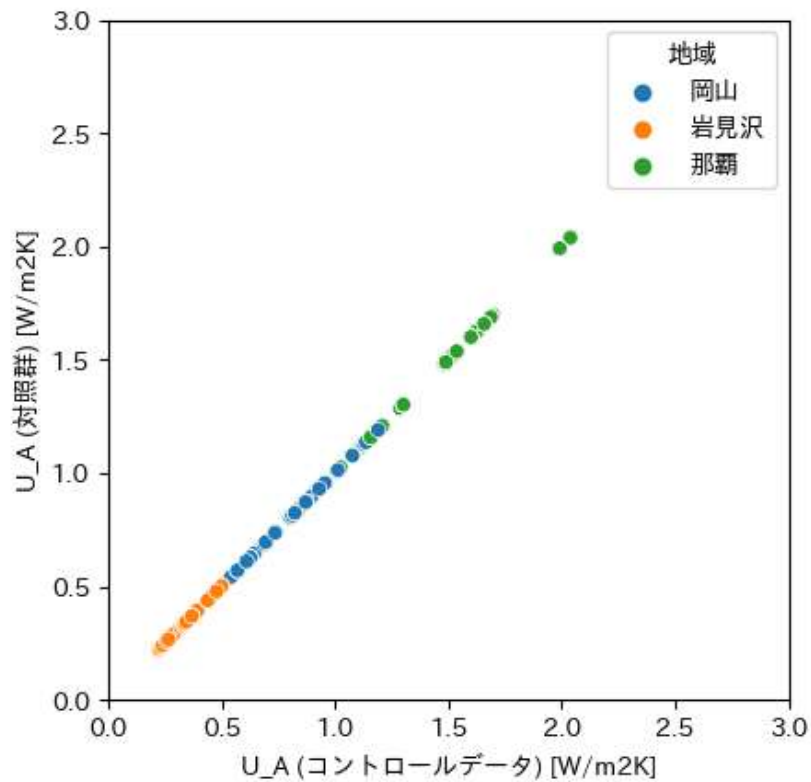
■ 主たる居室、その他居室、非居室間の内壁面積の推定

- 間仕切りの面積の推定

■ 検証

3 . (□)簡易な入力方法の検討 検証

◎設計住戸の外皮平均熱貫流率(U_A)および年間平均日射熱取得率(η_A)が再現できていることを確認した。



(□)まとめと今後の課題

まとめ

- 現行のWebプログラムの外皮性能の入力項目を増やすことなく、暖冷房負荷計算に必要な情報を補完する方法を整理した。
- 任意の外皮平均熱貫流率と年間平均日射熱取得率を与えると、それを満たす計算モデルを生成することができる。

課題

- 暖房期平均日射熱取得率と冷房期平均日射熱取得率は満たすことができない。
- 例外的な物件における問題の洗い出し