

令和5年度建築基準整備促進事業（E16）
成果報告会

住宅における暖冷房設備の
運転方式（全館空調・部分間歇・部分連続）の再整理の検討

2024年4月24日（水）
於：すまい・るホール



（株）住環境計画研究所



地方独立行政法人
北海道立総合研究機構



目的

暖冷房設備の運転方式（空調空間、運転時間）の定義や考え方を再整理し、暖冷房設備の評価検討に資する基礎資料を整備すること

現行の暖冷房負荷の推計方法

- 住宅の省エネルギー基準で暖冷房の一次エネルギー消費量を計算するためには、まず床面積や外皮性能等に応じた暖冷房負荷を推計する必要がある。
- 暖冷房負荷の運転方式は下図の3種類あり、違いは**運転時間**と**空調空間（面積）**である。
- 省エネ基準では**暖冷房設備が選択されると自動的に運転方式が決まる仕様**になっている。

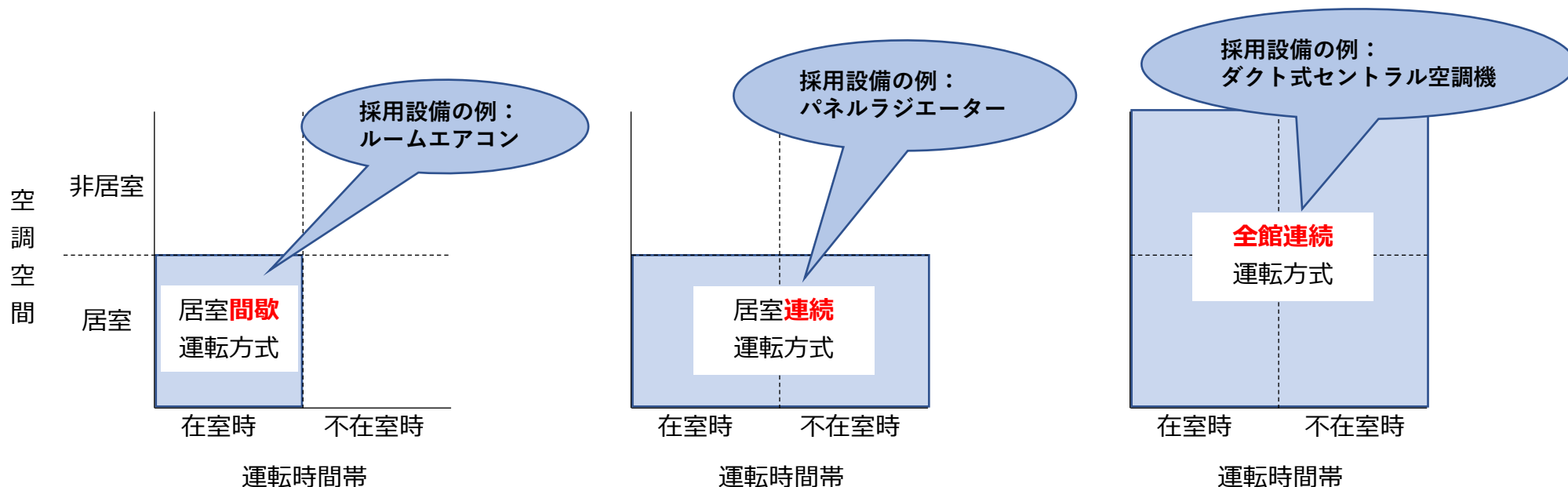


図. 各運転方式の違い

一次エネルギー消費量の評価方法は大きく2通り

- **BEI^{注1)} 評価（相対値評価）**：運転方式ごとに設定された基準値と設計値を比較する。
- **絶対値評価（ZEH評価等）**：運転方式によらず設計値同士を比較する。

注1) Building Energy Index。基準一次エネルギー消費量に対する設計一次エネルギー消費量の比

BEI評価：運転方式ごとに設定された基準値と設計値を比較

絶対値評価：設計値同士で比較

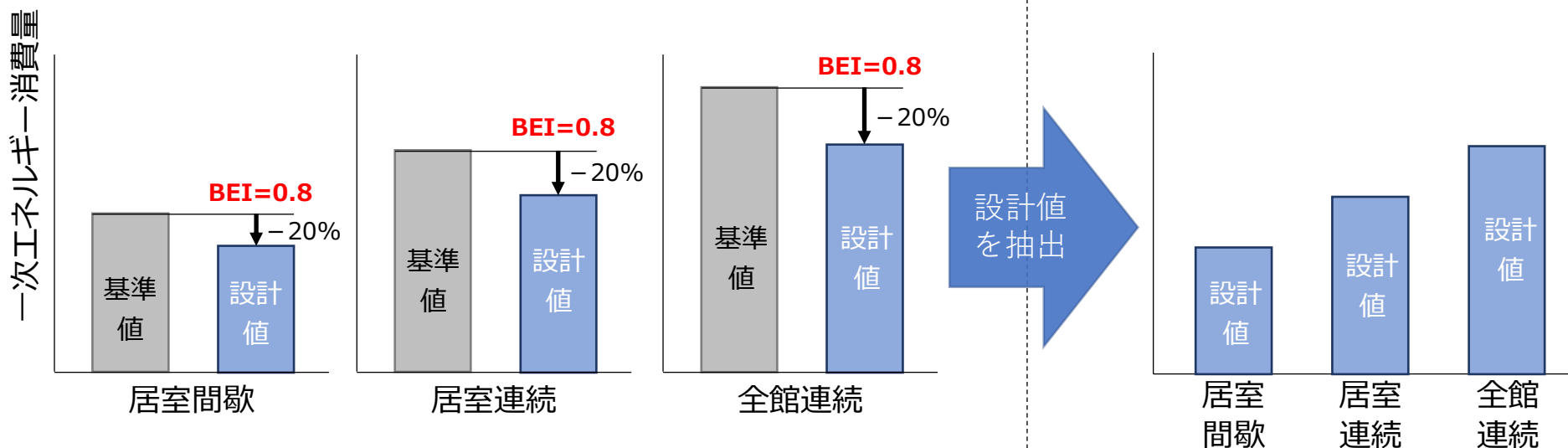


図. 運転方式別の一次エネルギー消費量の評価イメージ

課題①：3つの運転方式に属さない暖房設備が存在する

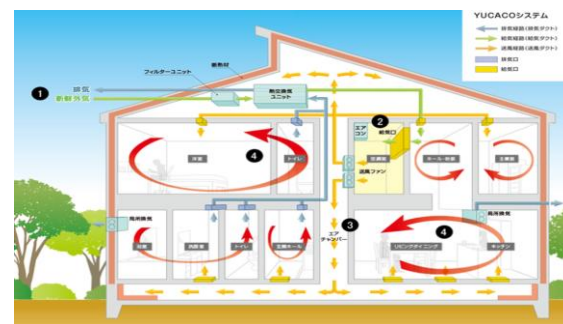


- 3つの運転方式に属さない（その他の暖房設備として評価する）暖房設備を新たな評価対象とするたびに運転方式を決める必要が生じる。
- 暖房設備の使用実態として、ルームエアコン＝間歇運転とは限らない。ルームエアコンで24時間住戸全体を空調（全館連続運転）している例も出てきている。

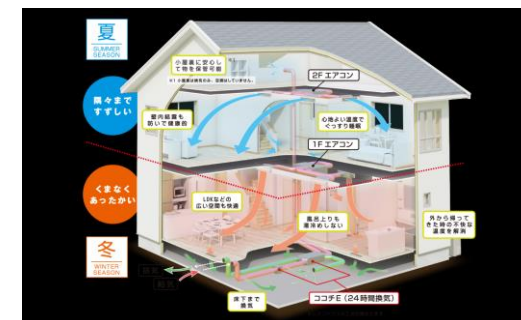
⇒暖房設備によって運転方式を決めるのではなく、別の指標をもって空調空間、運転時間を決定できないか？

表. 主たる居室及びその他の居室の運転方法（その他の居室がある場合）
（上段：主たる居室の運転方法 下段：その他の居室の運転方法）

	その他の居室に設置する暖冷房設備機器等							
	電気蓄熱暖房器	パネルラジエーター	温水床暖房	ファンコンベクター	ルームエアコンディショナー	FF暖房機	電気ヒーター床暖房	ルームエアコンディショナー付温水床暖房
主たる居室に設置する暖冷房設備機器等	電気蓄熱暖房器	連続 連続	連続 連続	連続 連続	連続 間歇	連続 間歇	連続 間歇	連続 間歇
	パネルラジエーター	連続 連続	連続 連続	連続 連続	連続 間歇	連続 間歇	連続 間歇	連続 間歇
	温水床暖房	連続 連続	連続 連続	連続 連続	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇
	ファンコンベクター	間歇 連続	間歇 連続	間歇 連続	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇
	ルームエアコンディショナー	間歇 連続	間歇 連続	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇
	FF暖房機	間歇 連続	間歇 連続	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇
	電気ヒーター床暖房	間歇 連続	間歇 連続	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇
	ルームエアコンディショナー付温水床暖房	間歇 連続	間歇 連続	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇	間歇 間歇



YUCACO



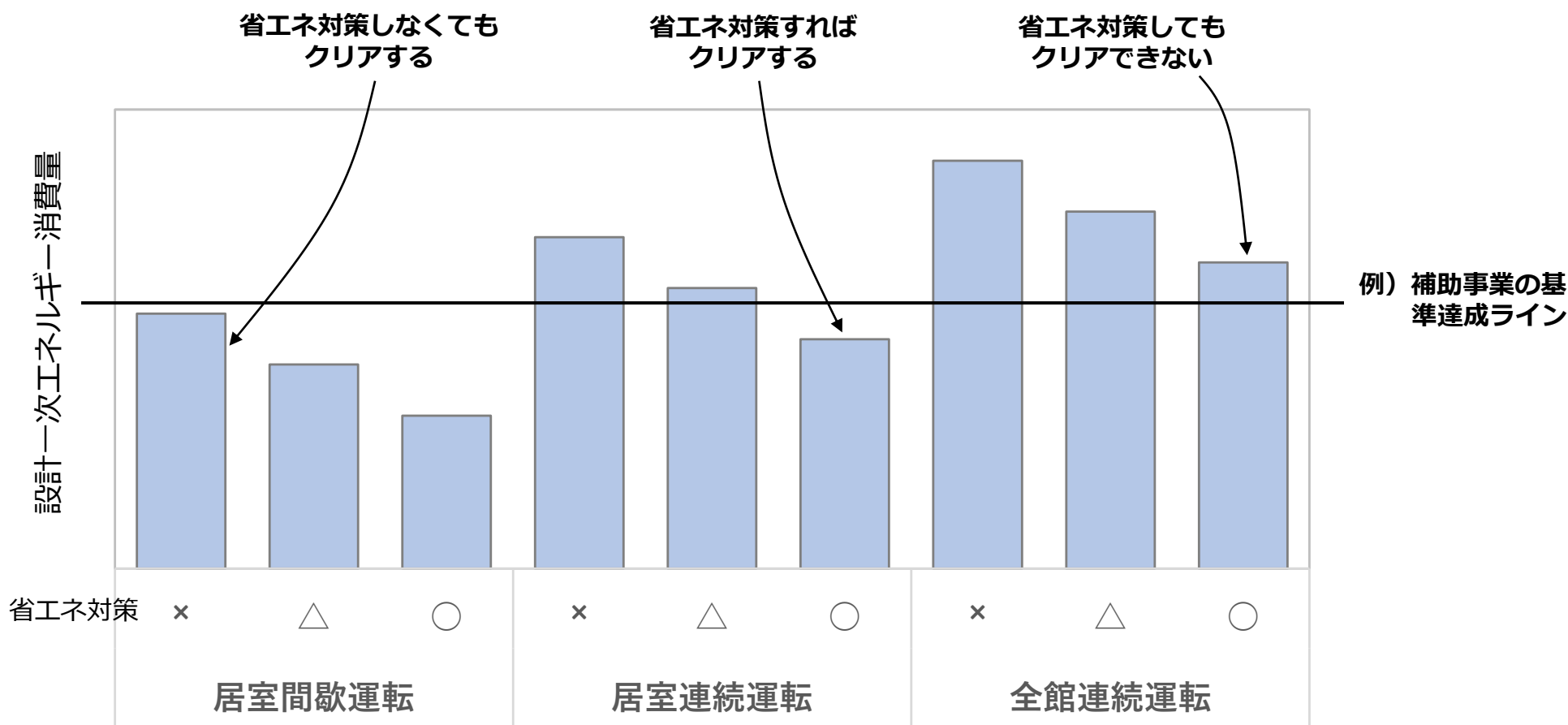
Z空調

課題②：絶対値評価に不平等が生じている



運転方式（運転時間、空調空間）の違いが省エネ対策の選択（設備効率、外皮性能など）以上にエネルギー評価に影響を与え、異なる運転方式を採用する設備の間で評価結果に大きな差が生じている。

⇒運転方式の考え方を統一することで不平等を改善できないか？



課題③：BEIと絶対値で評価結果が逆転することがある



間歇運転（例えばRAC）と連続運転（例えばパネラジ）で評価結果が逆転することがある。

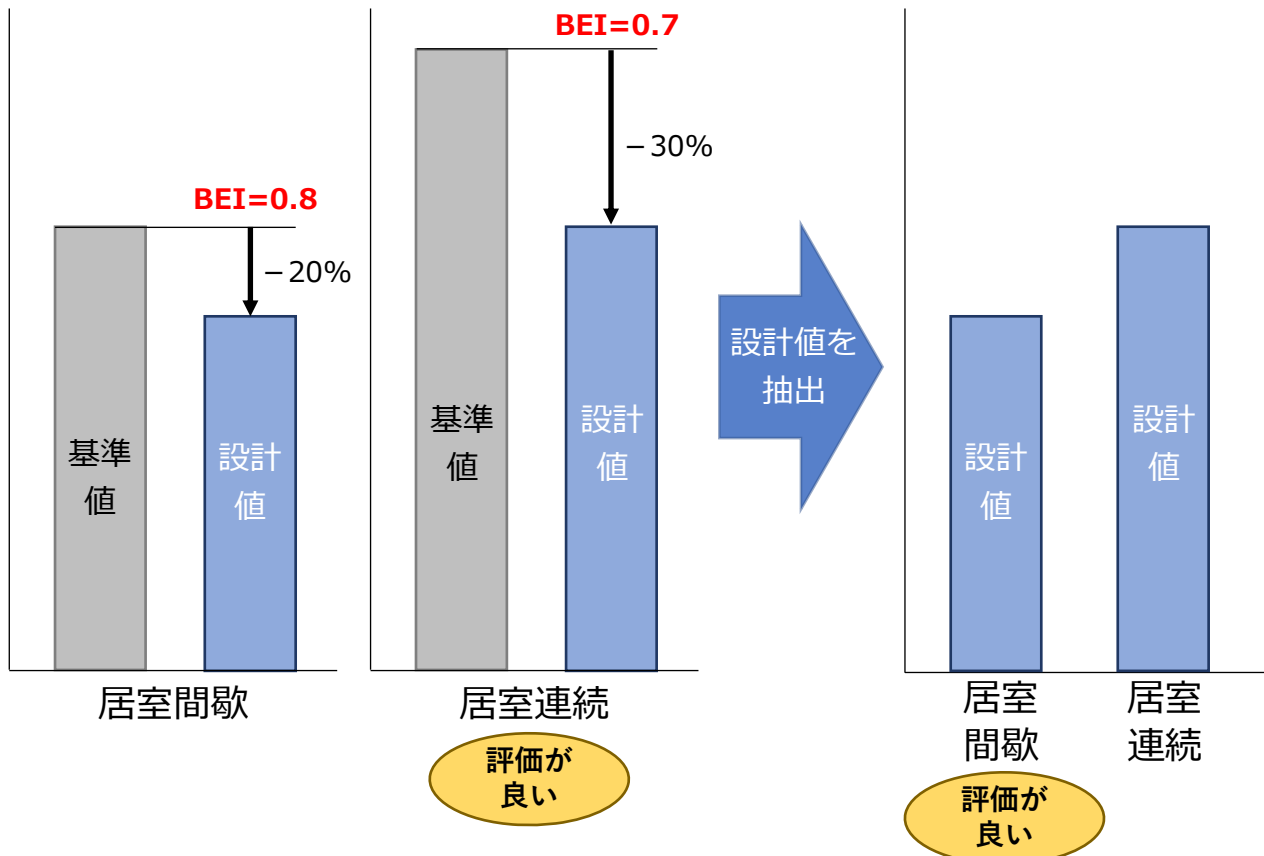
BEI評価 : 居室間歇運転 (RAC) > 居室連続運転 (パネラジ) 評価が良い
絶対値評価 : 居室間歇運転 (RAC) < 居室連続運転 (パネラジ)

評価が良い

BEI評価

絶対値評価

一次エネルギー消費量



・どちらの指標を用いたらよいのか、目標設定がしづらい。
⇒運転方式の定義や考え方を再整理することで、逆転現象が生じないようにできないか？

・絶対値評価では居室間歇運転を推奨していることになる。つまり間歇運転 = 省エネという評価指標になっている。
⇒運転方式の定義や考え方を再整理することで、絶対値評価でも運転方式に関係ない省エネ評価ができないか？

評価が良い

評価が良い

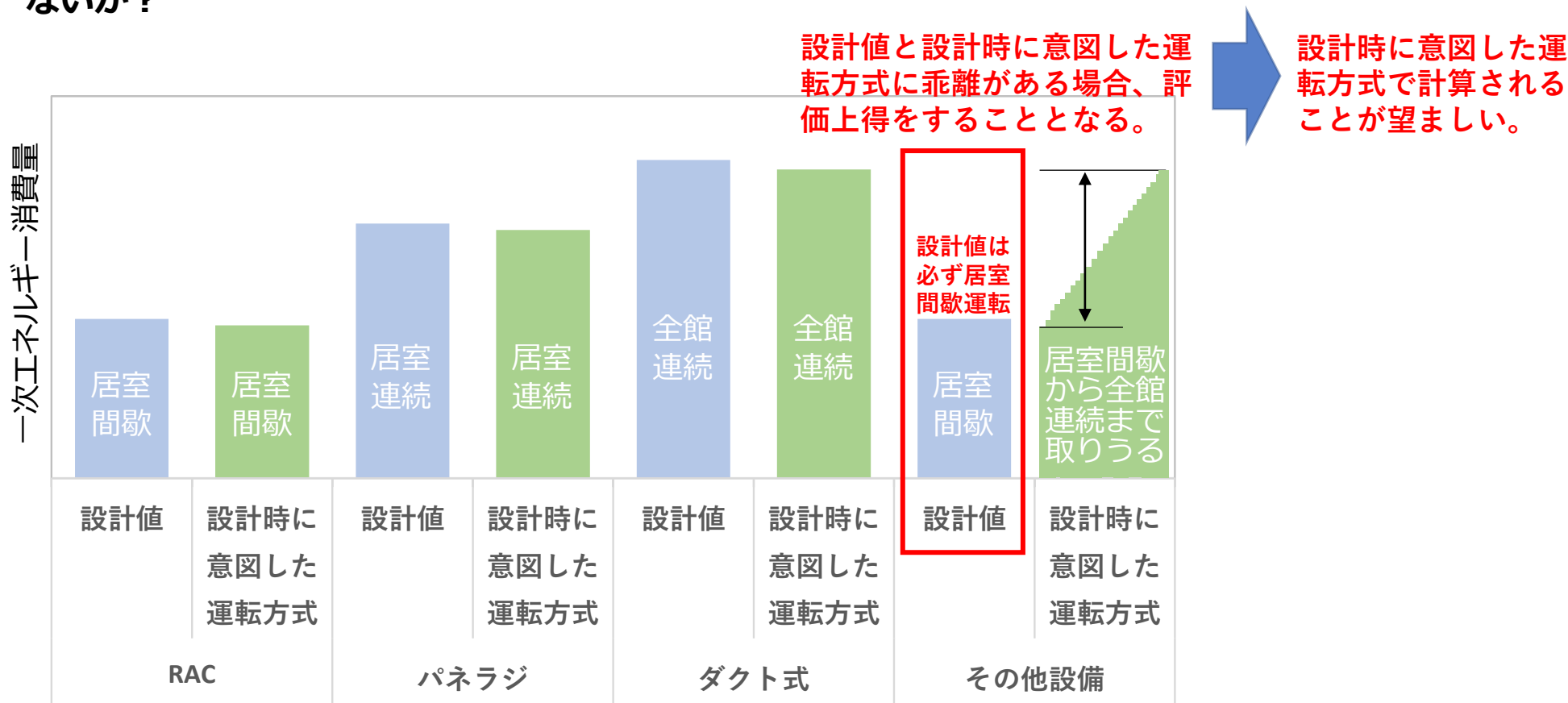
課題④：その他の暖房設備として評価される機器が絶対値評価で有利となっている



現状では、**その他設備**として評価する場合は**全て居室間歇運転**として評価される。

つまり、**全館連続運転**を意図した設計にも関わらず**その他設備**に該当する設備の場合、**居室間歇運転**で計算されることになるため、**評価上得**をしている。

⇒**運転方式を統一**することで**その他設備**に該当する場合でも、**適切な運転方式**で評価するようにはできないか？

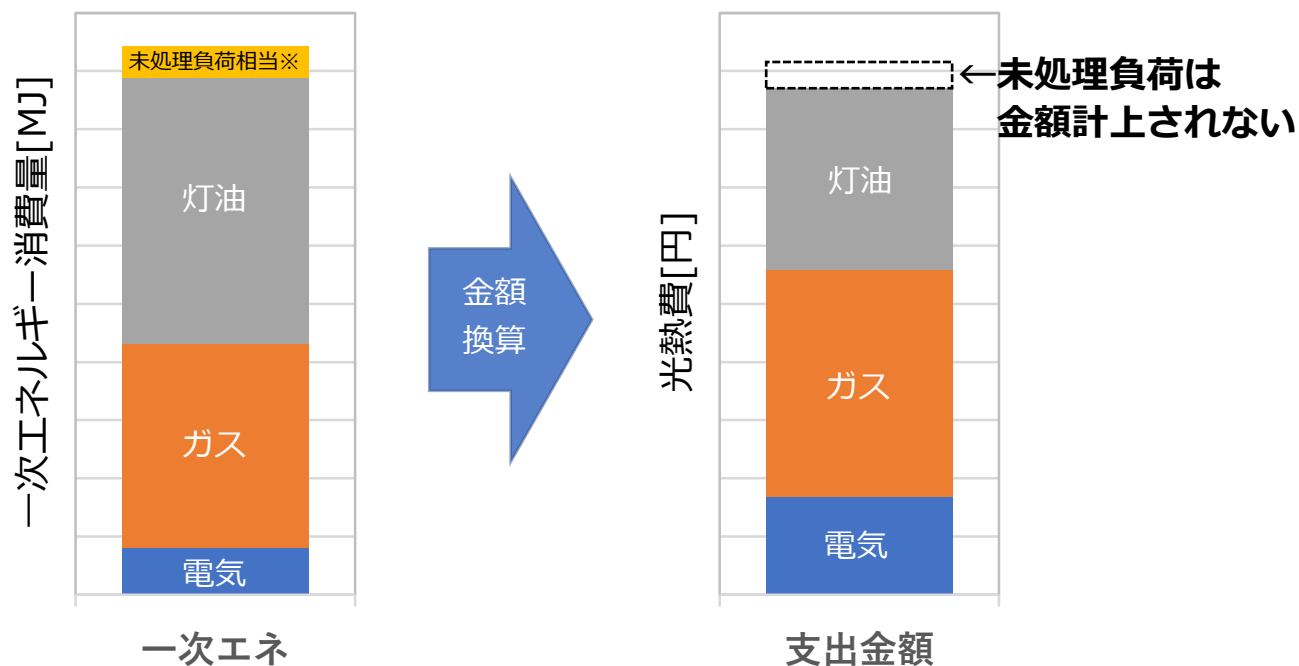


課題⑤：光熱費に換算する時に未計上の消費量がある



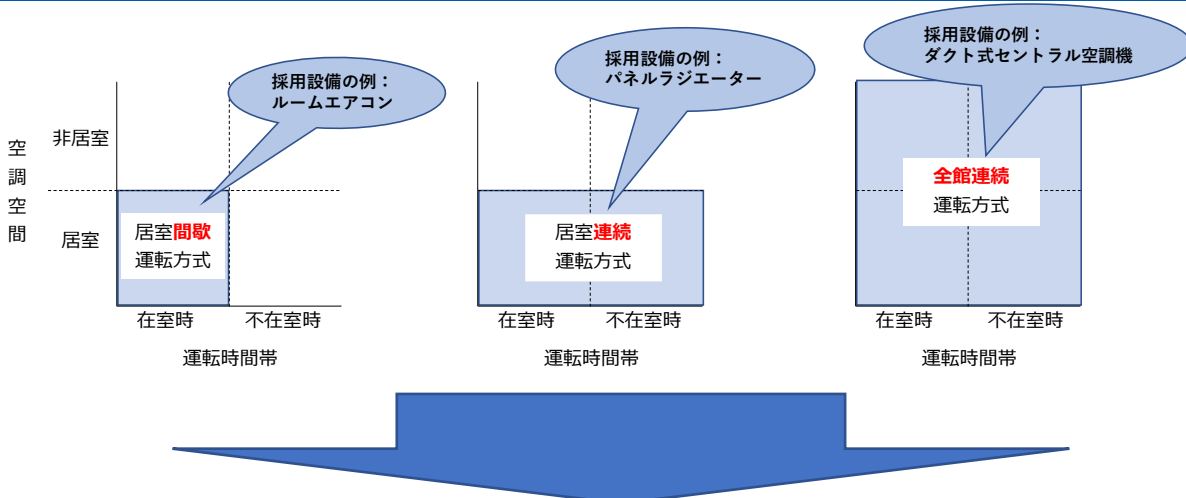
設計一次エネルギー消費量から目安光熱費を算出することとなっているが、未処理負荷部分は金額に計上されない。つまり、**未処理負荷を出したほうが光熱費は下がって見えることとなる。**

⇒評価方法を統一することで、未処理負荷を少なくできないか？

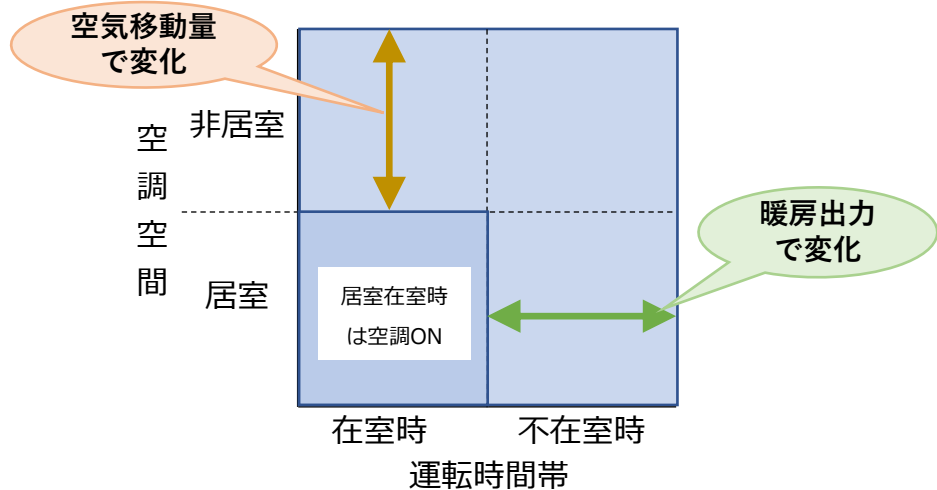


※未処理負荷の設計一次エネルギー消費量相当値

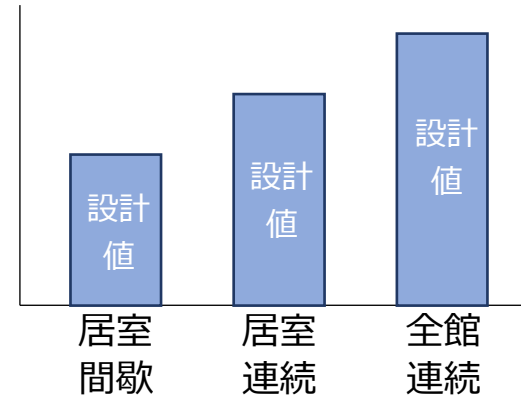
本提案を活用することによって期待される効果



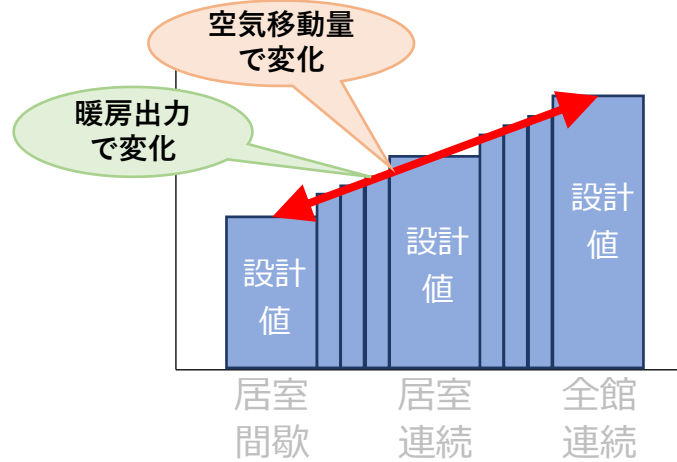
- 物理量（設備の暖房出力、空気移動量）によって暖房負荷が決定することで、**運転方式の統一化が可能となる。**（課題③、⑤）
- 多様な設計思想に対応しやすくなる。例えば、**ルームエアコンを用いた全館連続運転の評価ができるようになる**（設備側の評価法の開発が別途必要）。（課題①）



絶対値評価：設計値同士で比較



- 設備によって決定される運転方式の違い（運転時間や非居室の空調温度）による**一次エネルギー消費量の不平等が改善される。**（課題②、④）





調査の実施にあたっては、以下の検討体制を構築し、議論の結果を踏まえた取り纏めを行う。

全体会合

【目的】

担当者会議、WGの内容を報告し、全体の進捗を共有する。

【構成メンバー候補】

国土交通省、国総研、建研、鈴木氏、日本大学井口助教、本事業実施担当者

熱的環境検討WG

【目的】

統一した運転方式の考え方に基づく検討状況を共有し、意見交換を行う。

【構成メンバー】

鈴木氏、国総研、建研、住宅設計事業者及び業界団体

【事務局】 HEAT20

設備機器検討WG

【目的】

統一した運転方式の考え方に基づく検討状況を共有し、意見交換を行う。

【構成メンバー】

日本大学井口助教、国総研、建研、設備機器メーカー

【事務局】 本事業実施担当者

担当者会議

【目的】

統一した運転方式の考え方に基づいて暖冷房負荷、一次エネルギー消費量の試算などを行い、課題や論点等を整理する。必要に応じて適宜有識者に参画頂き議論する。

意見

検討状況を報告

意見

検討状況を報告

(略記)

国総研：国土技術政策総合研究所

建研：建築研究所

鈴木氏：地方独立行政法人北海道立総合研究機構理事 鈴木大隆

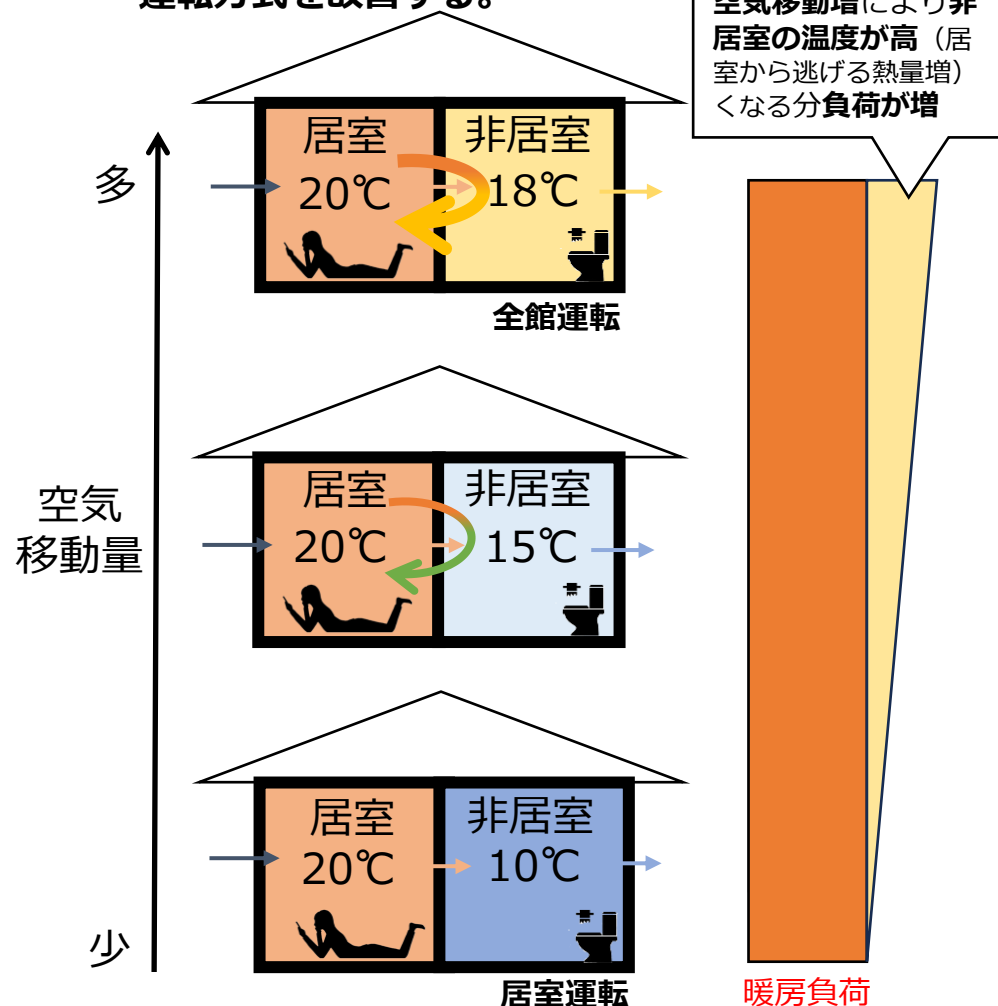
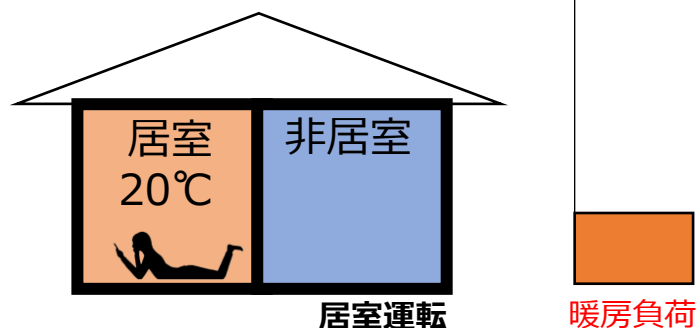
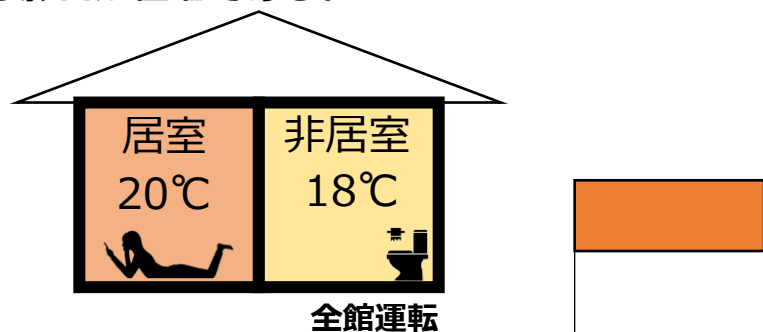
※**太字下線**は主査

居室運転と全館運転の運転方式の統一イメージ



居室運転と全館運転（非居室を空調する/しない）の**2択**となっており、絶対値評価に対する影響が極端である。

空気移動量を用いて非居室の空調温度を**シームレス**に変更することで、居室/全館の2択の運転方式を改善する。



現状

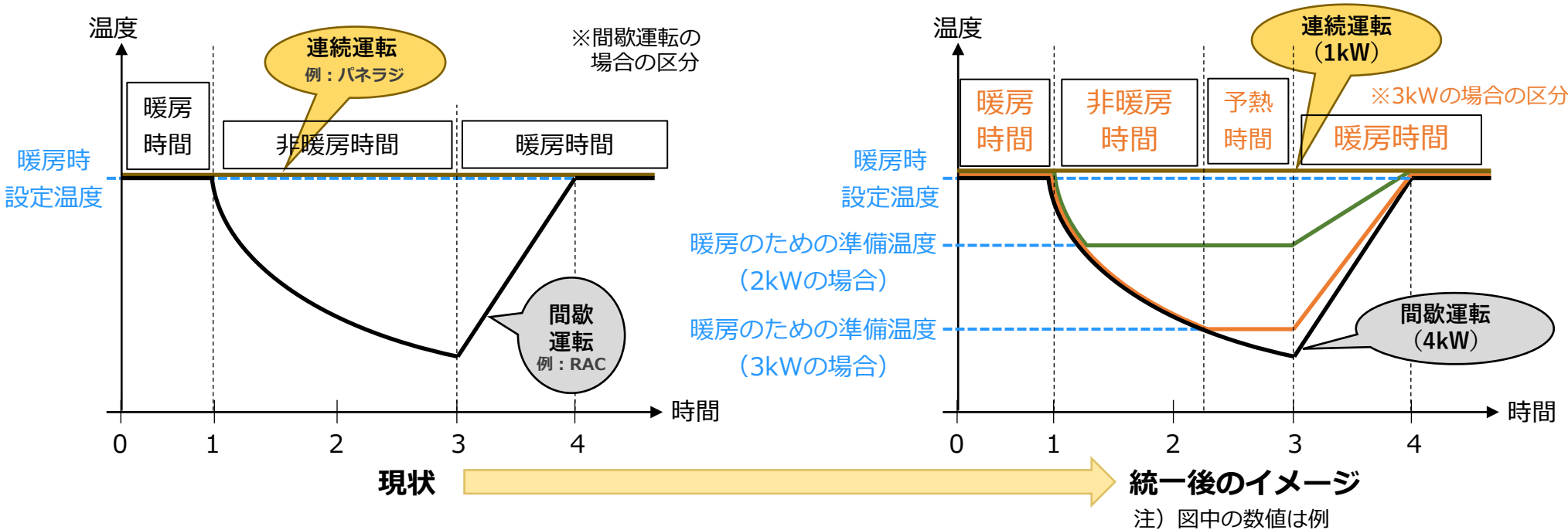
統一後のイメージ

間歇運転と連続運転の運転方式の統一イメージ（暖房）



間歇運転と連続運転の**2択**の運転時間となっており、絶対値評価への影響が極端である。

設備の暖房出力を用いて運転時間を**シームレス**に変更することで、間歇/連続の2択の評価方法を改善する。

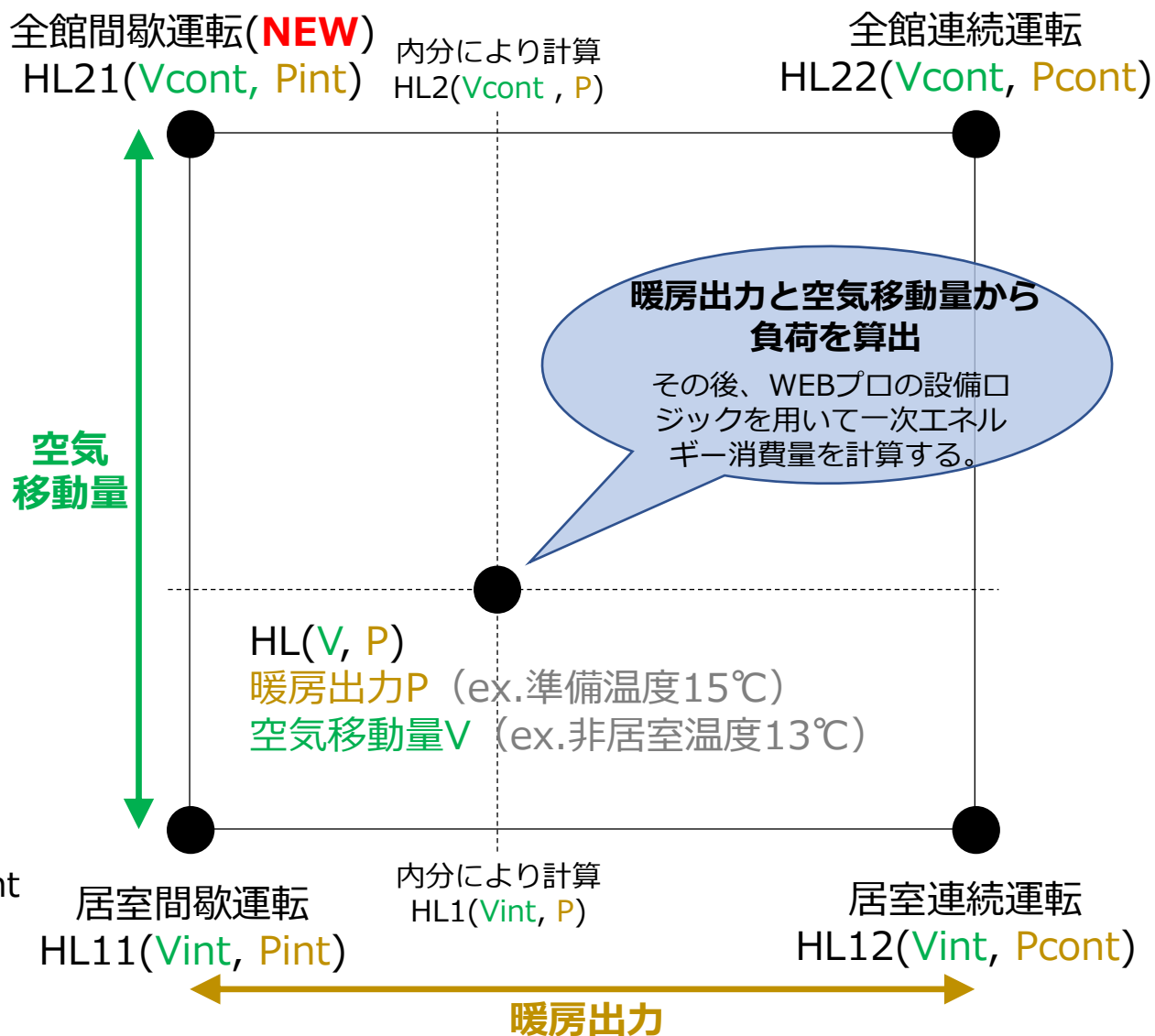


⇒設備の能力の選定によって、連続運転に近いエアコン、間歇運転に近いパネラジの評価が可能となる。

負荷データベースを用いた運転時間と空間をシームレスにつなぐ負荷計算方法のイメージ（暖房）



四隅の点から、暖房出力と空気移動量で内部の点の負荷を計算する。



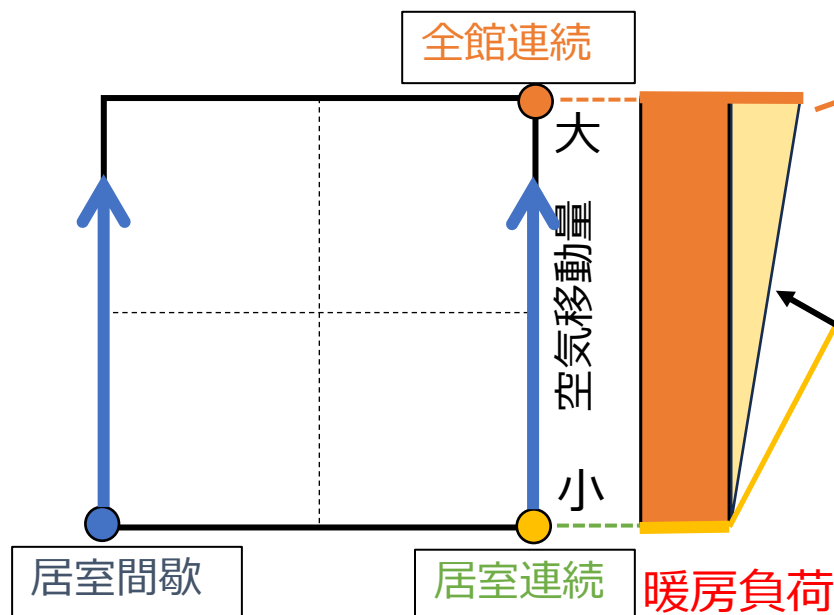
間歇運転の1日ごとの暖房負荷の最大値 P_{int}
連続運転の1日ごとの暖房負荷の最大値 P_{cont}
設備の1日ごとの最大暖房出力 P

居室運転の1日ごとの空気移動量の最大値 V_{int}
全館運転の1日ごとの空気移動量の最大値 V_{cont}
設備の1日ごとの空気移動量の最大値 V

空気移動に伴う負荷増加の計算ロジック



現行の暖冷房負荷データベース（居室運転）を起点に、“空気移動量”を増加させた場合の暖冷房負荷増加分を計算するロジックを検討

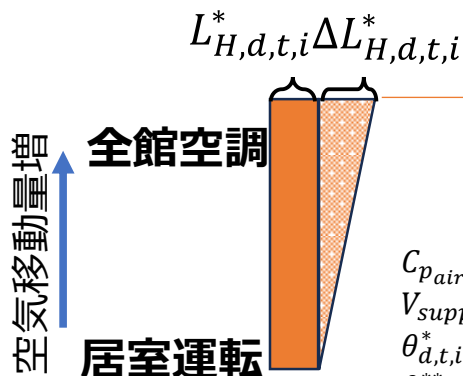
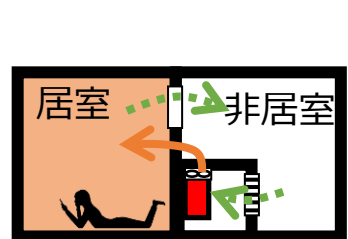


住宅省エネ基準に準拠した「エネルギー消費性能計算プログラム（WEBプロ）」では両端の暖冷房負荷データベースしかない

※プログラム内で毎時の暖冷房負荷計算はできない

間の点を無限にデータベースを作ることとは不可能

間をシームレスに補完する計算ロジックを検討



暖房（顕熱）負荷増加分計算ロジック

$$\Delta L_{H,d,t,i}^* = L_{H,d,t,i} - L_{H,d,t,i}^* = -C_{p,air} \rho_{p,air} (V_{supply,d,t,i} - V_{vent,g,i}) (\theta_{NR,d,t}^{**} - \theta_{d,t,i}^*) / 10^6 - U_{prt} A_{prt,i} (\theta_{NR,d,t}^{**} - \theta_{NR,d,t}^*) \times 0.0036$$

$C_{p,air}$: 空気の比熱[J/(kg/K)]、 $\rho_{p,air}$: 空気の密度[kg/m³]

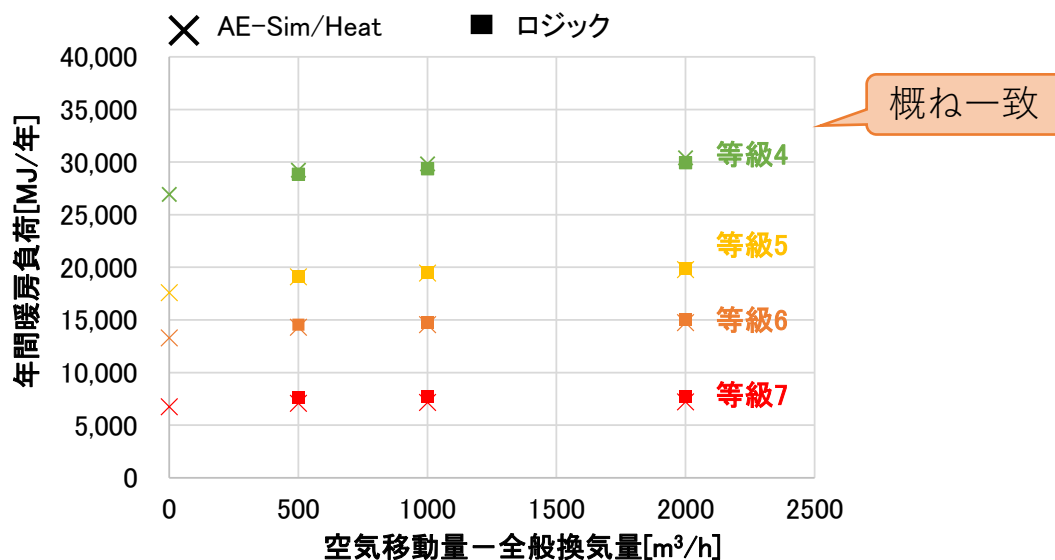
$V_{supply,d,t,i}$: 吹き出し風量[m³/h]、 $V_{vent,g,i}$: 区画iの全般換気量[m³/h]

$\theta_{d,t,i}^*$: 暖冷房区画iの室温[°C]、 $\theta_{NR,d,t}^*$: 非居室の空気移動なし室温[°C]

$\theta_{NR,d,t}^{**}$: 非居室の空気移動あり室温[°C]



毎時暖冷房負荷計算プログラムAE-Sim/Heat（データベース作成用プログラム）と計算ロジックによる暖冷房負荷計算の結果を数点比較し、ロジックの妥当性を確認

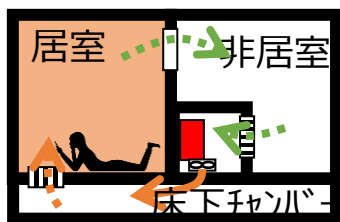


毎時負荷計算AE-Sim/Heatと計算ロジックによる暖冷房負荷比較

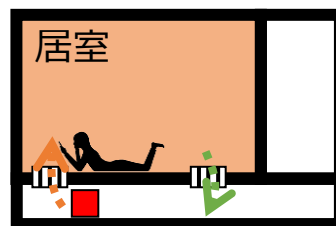
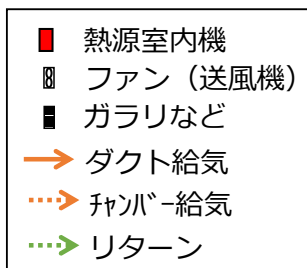
空気移動に伴う負荷増加の計算（床下空間の利用）



「その他の設備機器」となる床下空間を暖冷房システムの吹出し経路に利用した場合の暖冷房負荷計算を、現行省エネ評価の床下の温度・熱収支計算式を応用して試算
 床下の熱損失が過大 → 現行式の既定係数の変更の検討が必要

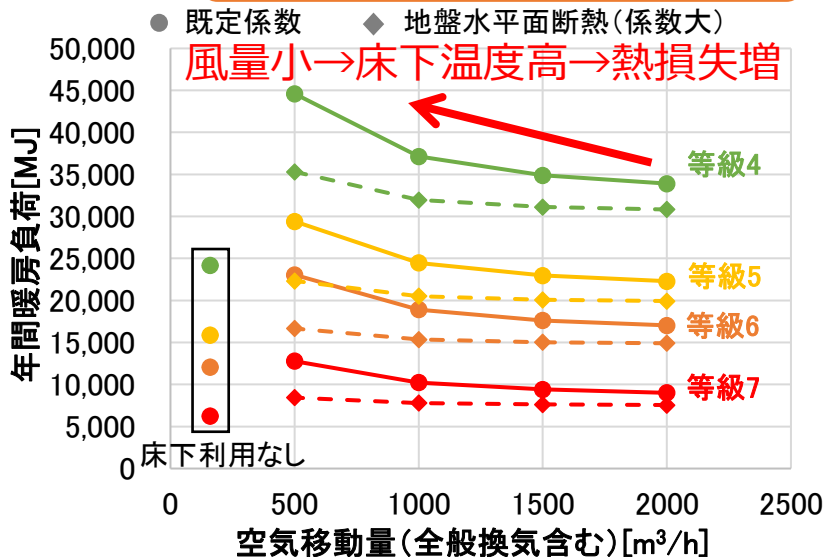


吹出し床下空間経由

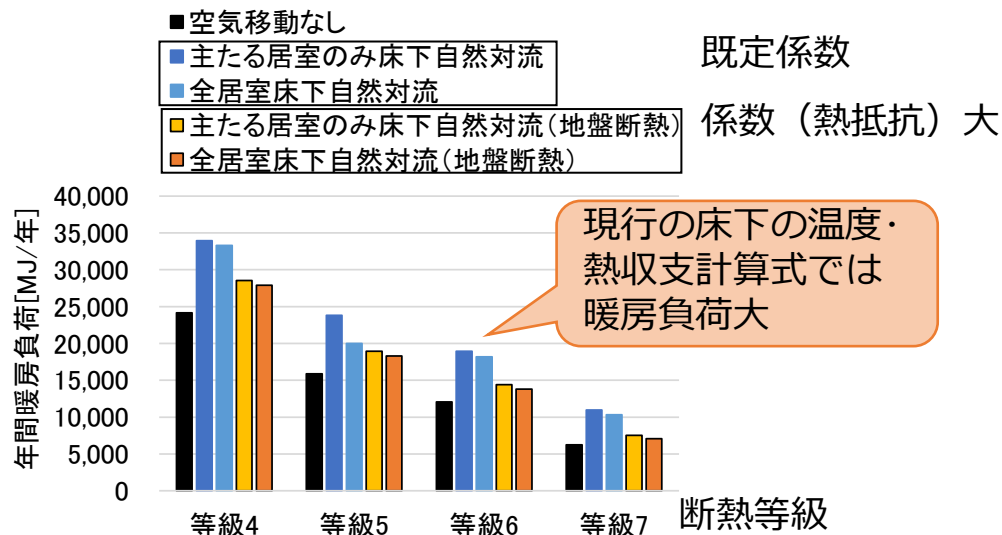


床下暖房（床下放熱器設置）

現行の床下の温度・熱収支計算式では暖房負荷大



暖冷房吹出し床下空間経由の場合の暖房負荷

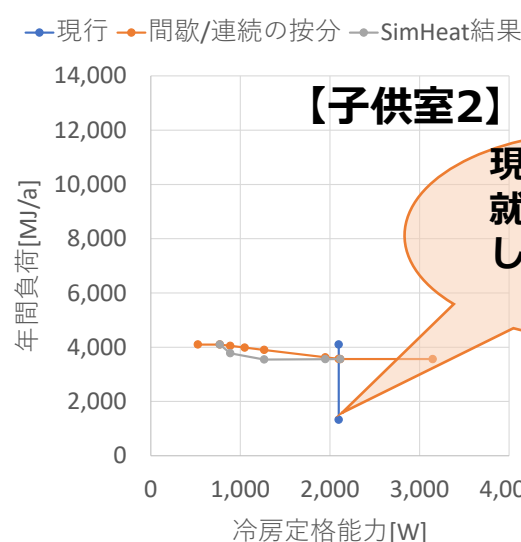
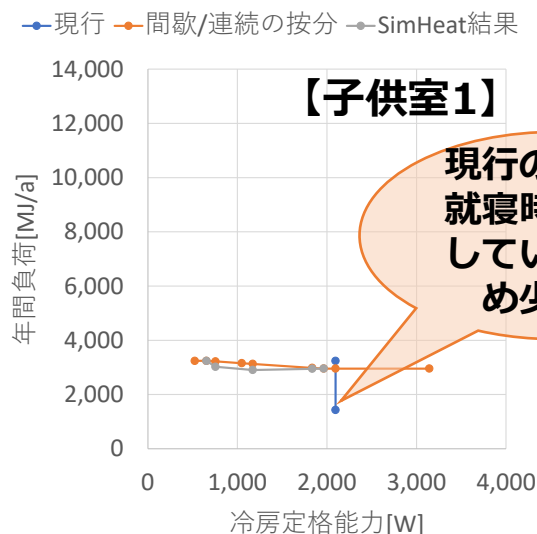
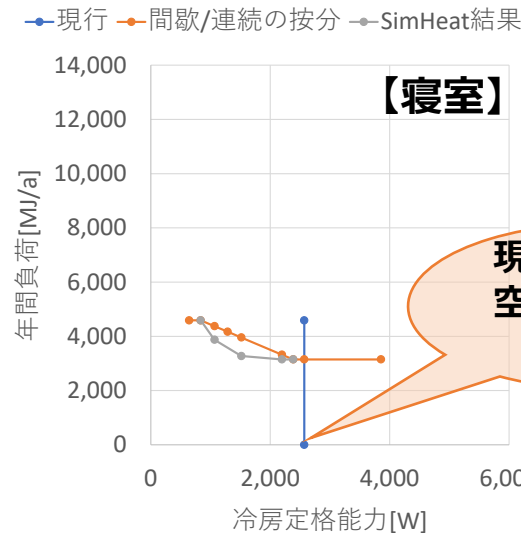
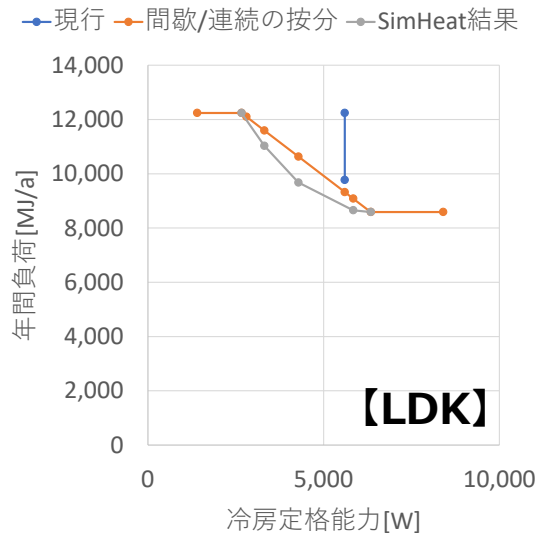


床下放熱器設置の場合の暖房負荷

設備能力を変化させた場合の暖房負荷の試算結果

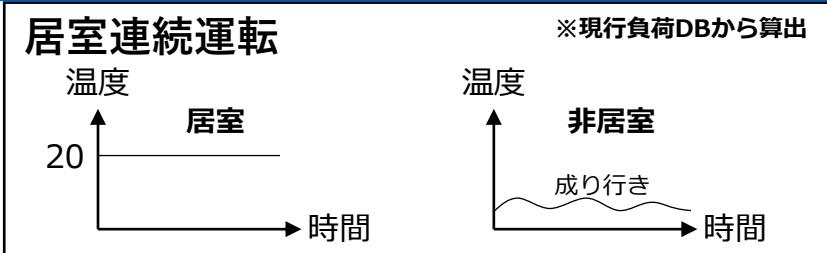
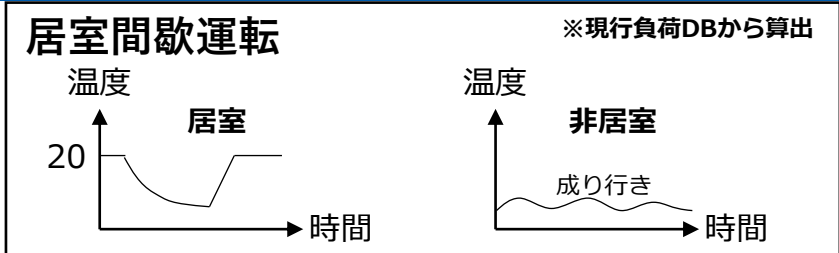


現行の暖冷房負荷データベース（居室運転）を基に、居室間歇と居室連続の両運転方式の間を設備能力に応じた線形補間とする方法を採用する。



※「SimHeat結果」は居室の就寝在室時の空調をONにして計算しているため、「現行」の負荷データベースとは一致しない。

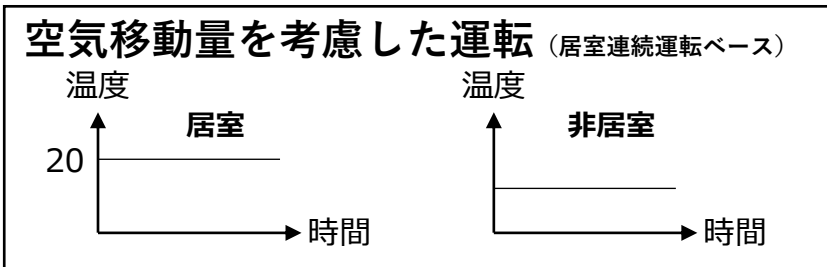
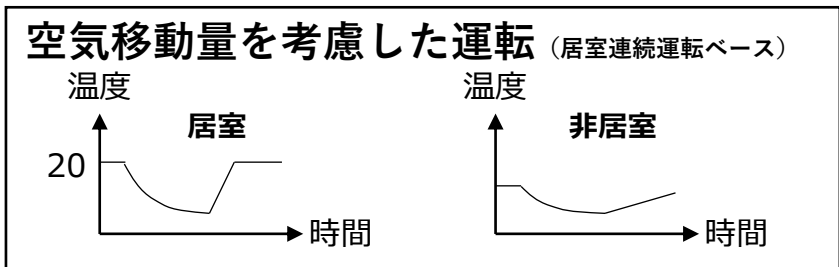
本提案の一次エネ計算ロジックの全体イメージ



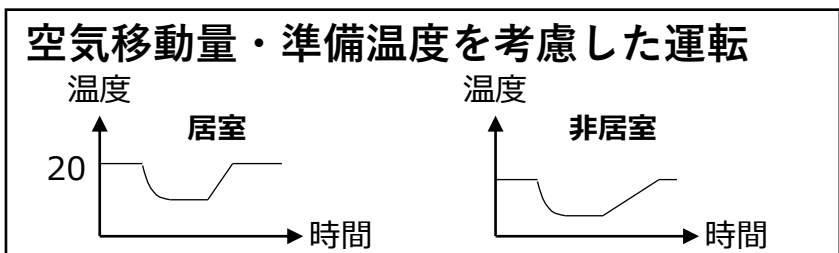
← ※Q値、μ値案分後の結果

空気移動量を考慮して計算

空気移動量を考慮して計算



設備出力を用いてシームレスに運転方式を繋げる



- 例えば、
- 設備出力：高、空気移動量：低 ⇒ 居室間歇運転
 - 設備出力：低、空気移動量：低 ⇒ 居室連続運転
 - 設備出力：低、空気移動量：高 ⇒ 全館連続運転

設備を選択

- RAC
 - FF暖房
 - 電気ヒーター床暖房
 - RAC付温水床暖
 - 温水床暖
 - パネラジ
 - ファンコン
 - ダクト式セントラル空調
 - その他の暖房設備
 - RACを用いた全館空調
- ※設備側の評価法の開発が必要

各設備の評価法

一次エネ消費量の算出

注) ここでは説明のため温度で説明しているが、住宅の省エネ基準では温度が明示されていないため負荷を用いて計算する。

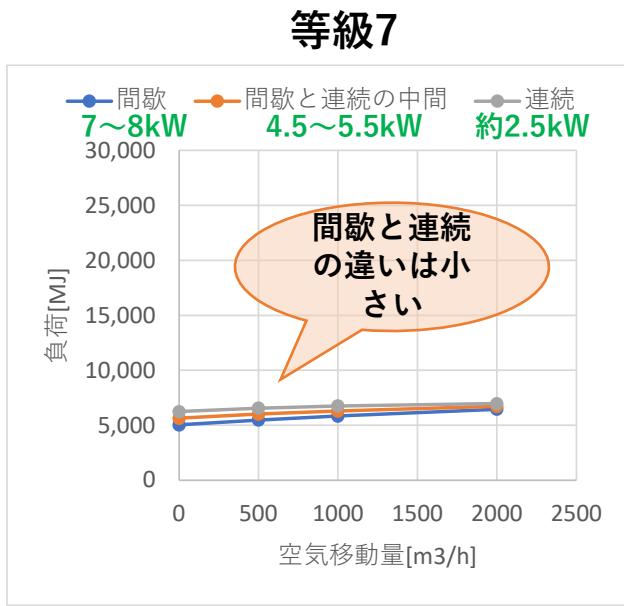
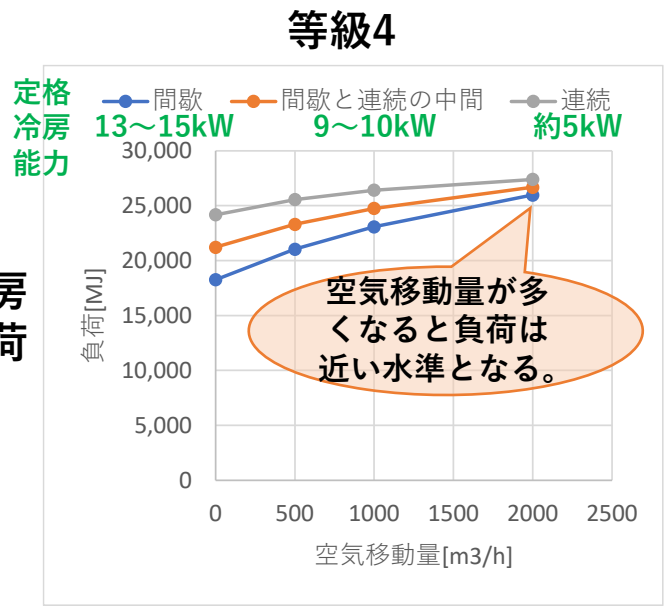
空気移動量が暖房負荷と暖房用一次エネ消費量に及ぼす影響 (RAC) (6地域)



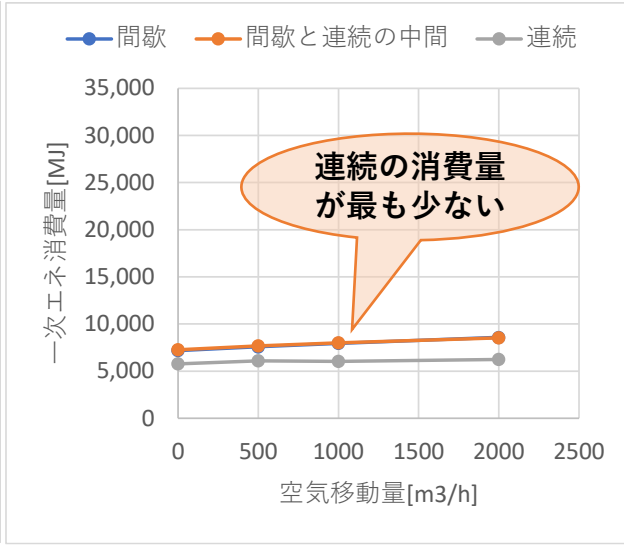
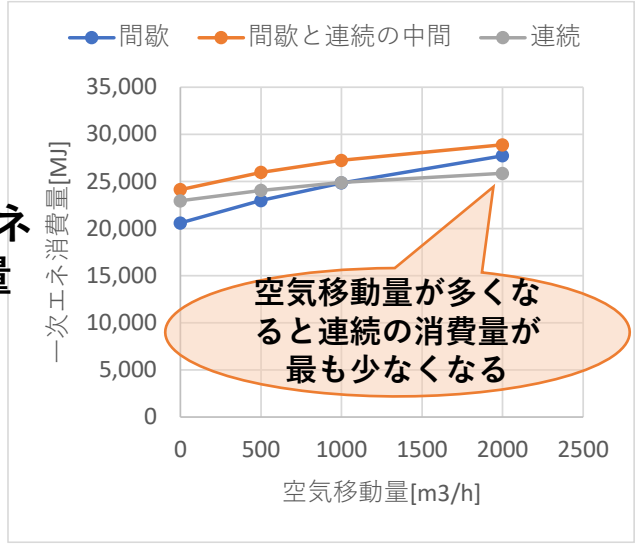
- 断熱性能が高くなると、運転方式による差異は小さくなる。
- 空気移動量が多くなると連続運転の一次エネ消費量は間歇運転より少なくなる。

6地域

暖房負荷



一次エネ消費量



注) 現行の省エネ基準の空調スケジュールとは異なっている (就寝在室時に暖房ON) 点に留意が必要。
 注) 定格冷房能力は、各室の能力を合計した値 (≒住戸全体の設備能力)
 注) 運転方式と一次エネ消費量の関係は採用する設備や機種によって異なる。

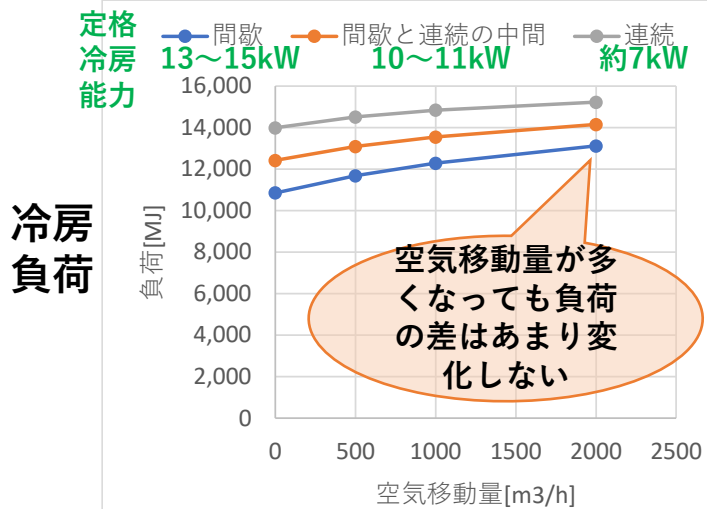
空気移動量が冷房負荷と冷房用一次エネ消費量に及ぼす影響 (RAC) (6地域)



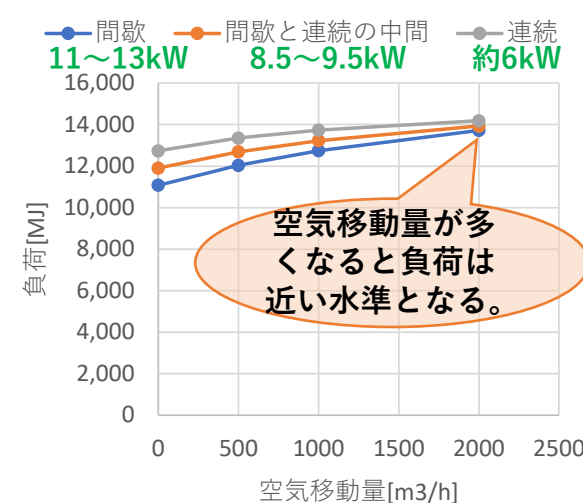
- 断熱性能が高くなると、運転方式による差異は負荷では小さくなるが、一次エネ消費量には明確な差異は見られない。

6地域

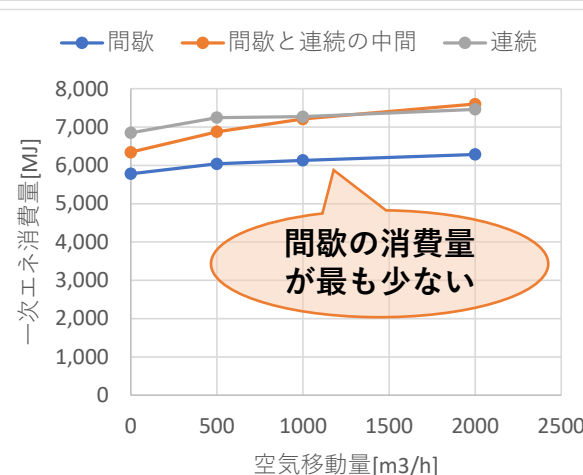
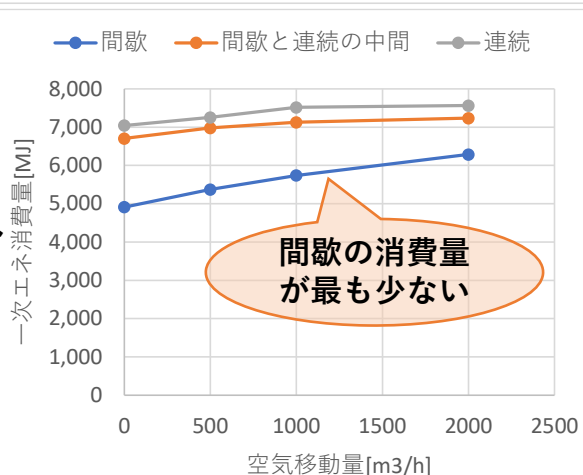
等級4



等級7



一次エネ消費量



注) 定格冷房能力は、各室の能力を合計した値 (≒住戸全体の設備能力)

注) 運転方式と一次エネ消費量の関係は採用する設備や機種によって異なる。



- 住宅の省エネルギー基準における**運転方式（暖冷房空間、運転時間）**を、暖冷房設備の種類によらず「**暖冷房設備の能力（容量）**」と居室と非居室との「**空気移動量**」で定義する考え方を整理した。
- 上記考え方に基づき、**暖冷房設備能力および空気移動量を変化させた場合の暖冷房負荷を計算するロジック**を検討した。
- 現在の運転方式に該当しない暖冷房設備の適用方法について検討した。
- 暖房負荷計算の感度解析を行った結果、**暖冷房負荷は設備能力が小さくなるほど、また空気移動量が大きくなるほど多くなり、断熱性能が向上すると設備能力、空気移動量変化の影響は小さくなる**ことが分かった。
- エアコンを導入した場合の一次エネルギー消費量を試算した結果、一次エネルギー消費量と設備能力、空気移動量の関係は単調変化ではない**ことが明らかになった。**空気移動量が大きくなると、間歇運転より連続運転の方が一次エネルギー消費量は少なくなる可能性を示した。**

