

令和4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

2023年4月25日（火）
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

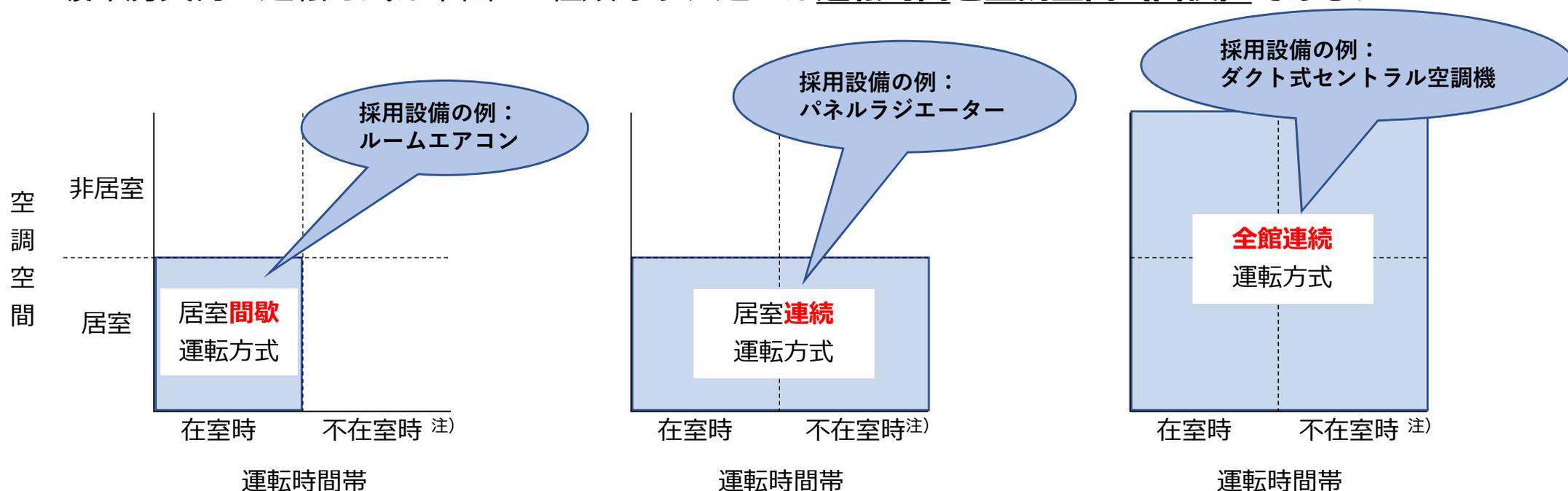


目的

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。
- 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。
- 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。



注) 不在室時には就寝時を含む

図. 各運転方式の違い

課題①：3つの運転方式に属さない暖房設備が存在する。

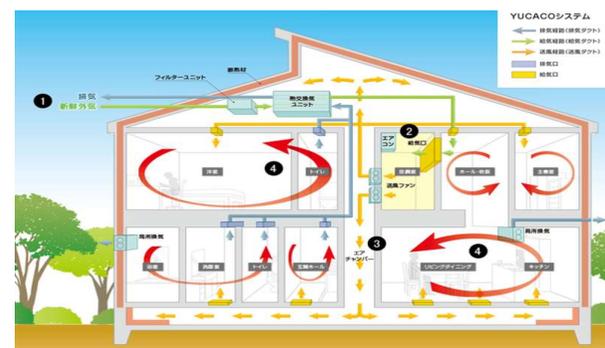


- 3つの運転方式に属さない（その他の暖房設備として評価する）暖房設備を新たな評価対象とするたびに運転方式を決める必要が生じる。
- 暖房設備の使用実態として、ルームエアコン＝間歇運転とは限らない。ルームエアコンで24時間住戸全体を運転（全館連続運転）している例も出てきている。

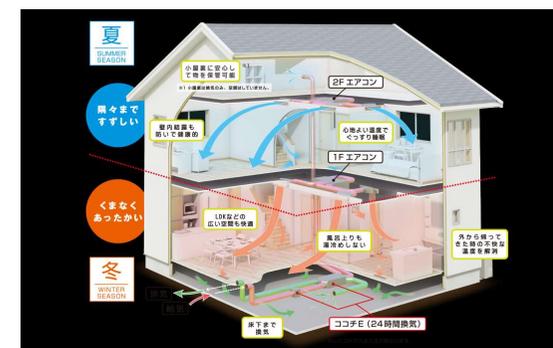
⇒暖房設備によって運転方式を決めるのではなく、別の指標をもって空調空間、運転時間を決定できないか？

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
	パネルラジエーター	連続	連続	連続	連続	連続	連続	連続
	温水床暖房	連続	連続	連続	間歇	間歇	間歇	間歇
	ファンコンベクター	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	間歇	間歇	間歇	間歇	間歇	間歇
	FF暖房機	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	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	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

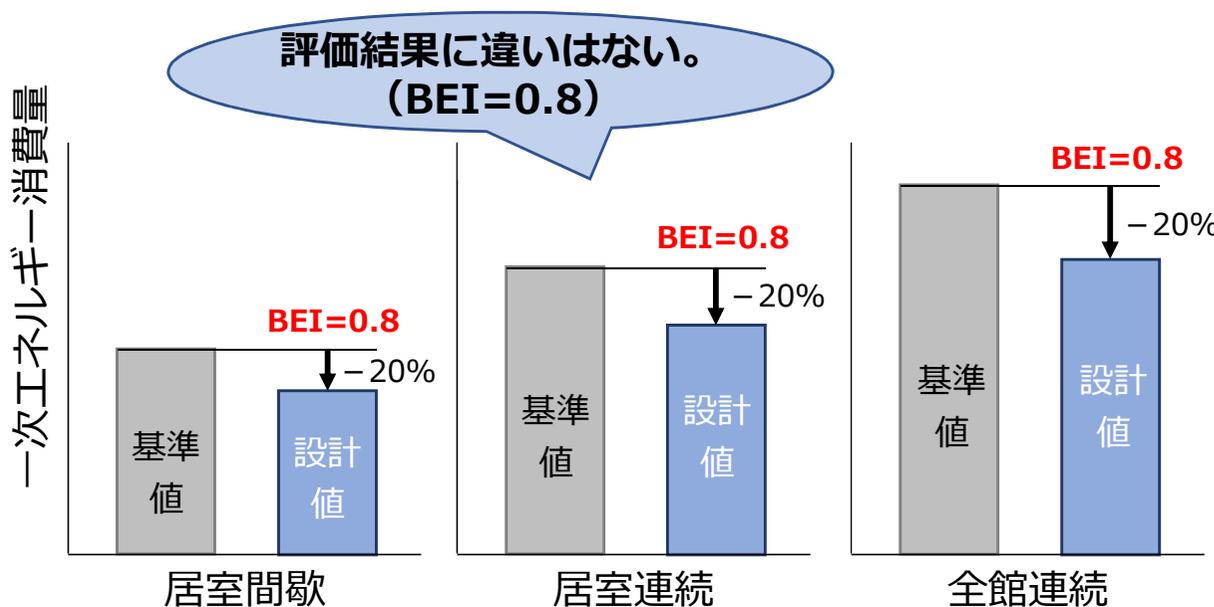


- BEI^{注1)} 評価（相対値評価）：運転方式の違いが機器の評価の良し悪しに与える影響は小さい。
- **絶対値評価**（ZEH評価等）：運転方式（運転時間、空調空間）の違いが機器効率以上にエネルギー評価に影響を与え、異なる運転方式を採用する機器の間で評価結果に大きな差が生じている。

⇒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？

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

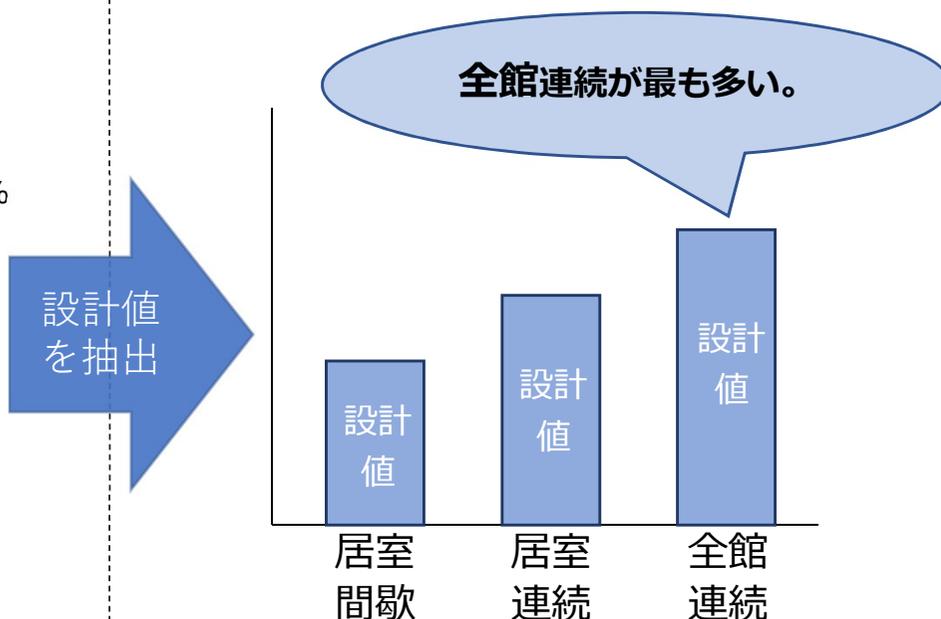
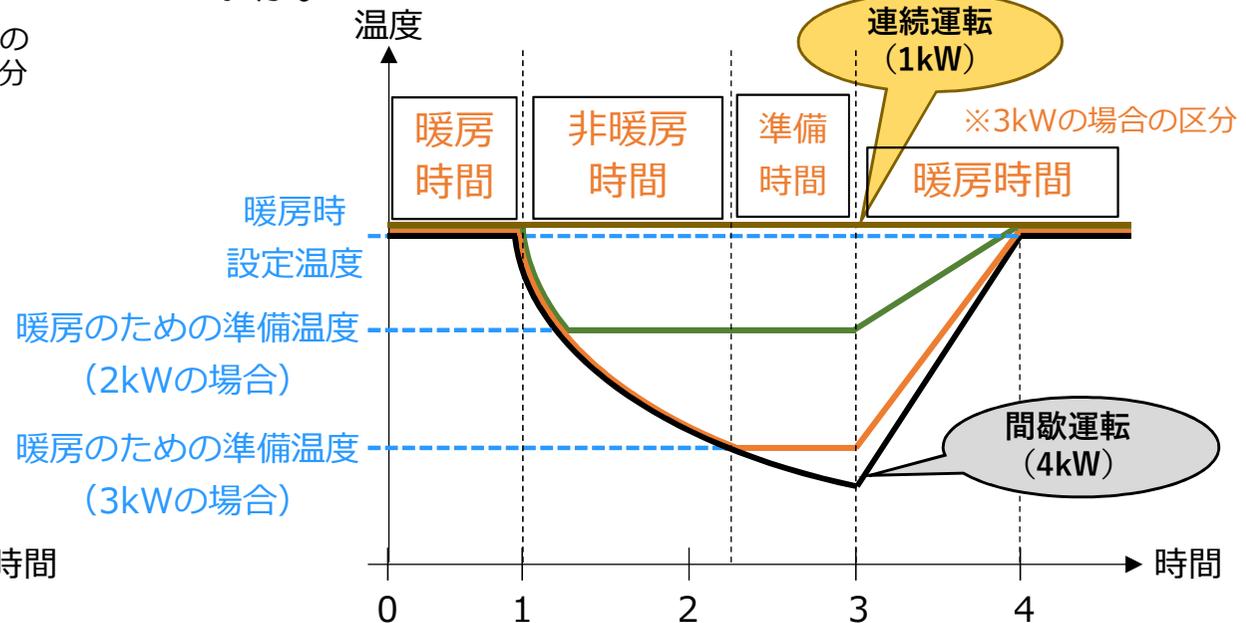
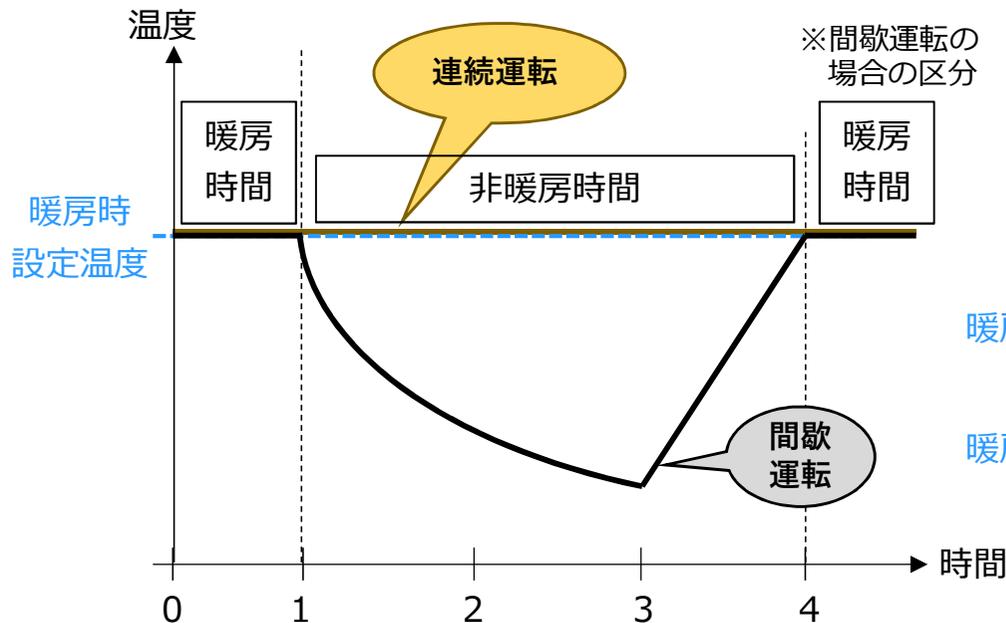


図. 運転方式別の一次エネルギー消費量の評価イメージ



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択の運転方式を改善できないか。



現状



統一後のイメージ

注) 図中の数値は例

⇒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。

■変更方針

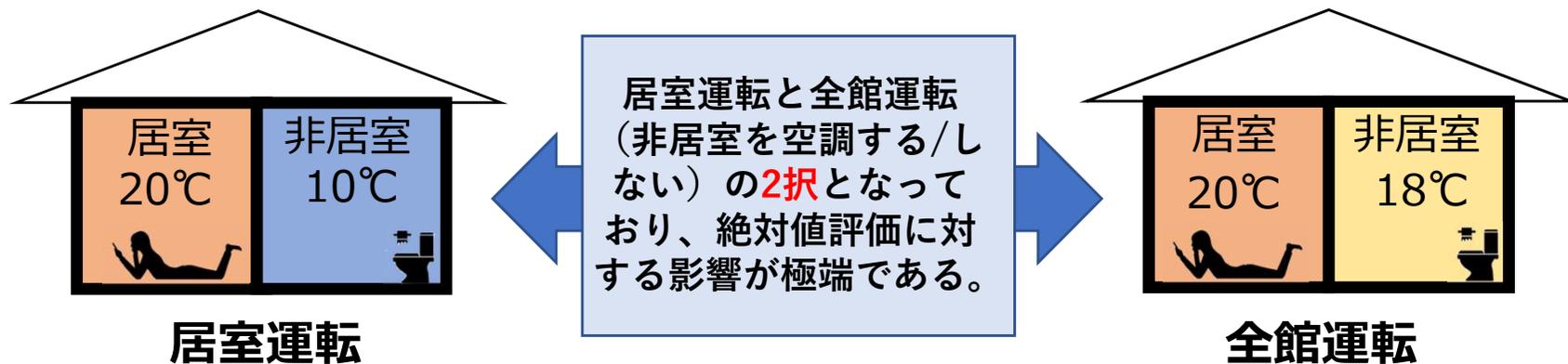
設備能力の入力を可能にし、**未処理負荷が発生しないよう前段階で負荷を処理**する計算方法に変更する。

⇒**立ち上がりで未処理負荷が発生させない温度を保つことで前段階に負荷を発生させる。**

※「暖房のための準備温度」とは「決められた時間で在室時設定温度に到達できる温度」

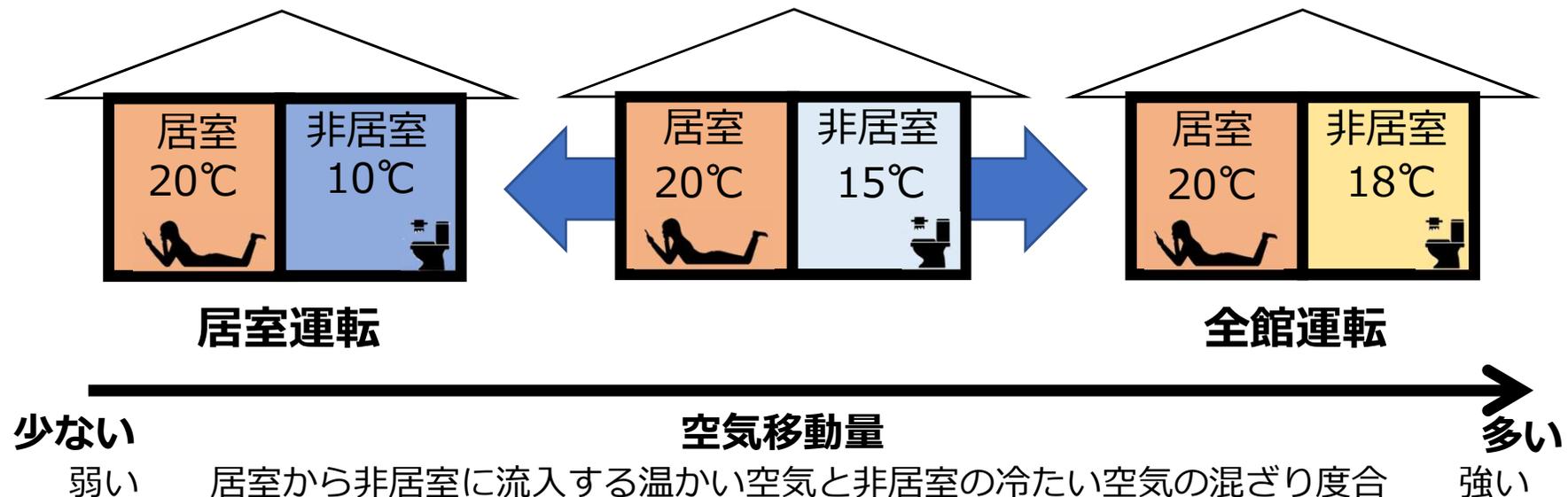


■現状



■統一後のイメージ

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できないか。



注) 図中の数値は例

■設備の暖房出力と空気移動量によって統一的な運転方式の考え方を構築する。

- 設備の暖房出力が高い機器は、運転開始から設定温度に到達するまでの時間が短いため、間歇運転になりやすく、暖房出力が低い機器は連続運転となりやすい。
- 全館運転では、空気移動量を多くすることで居室の温かい空気を非居室に流し温めている。一方、居室運転では非居室は空調していない。

居室不在室時の運転時間
(又は暖房のための準備温度)

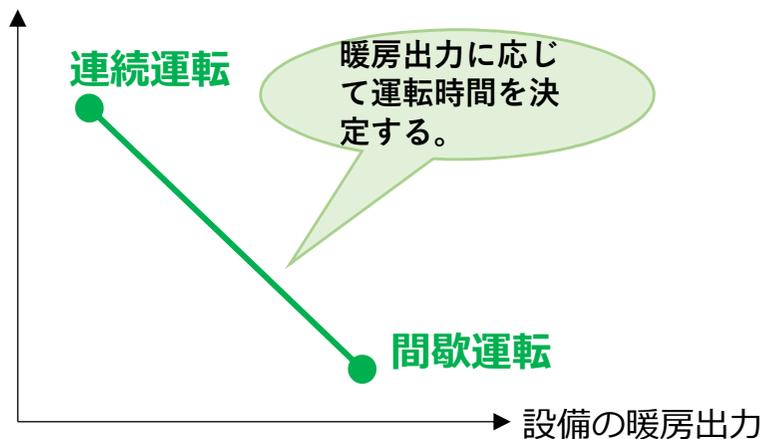


図. 設備の暖房出力による評価方法の統一化のイメージ

非居室の空調温度

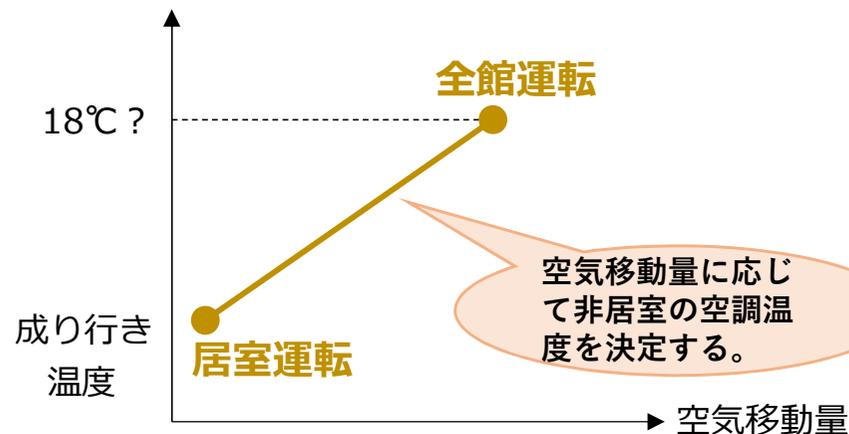
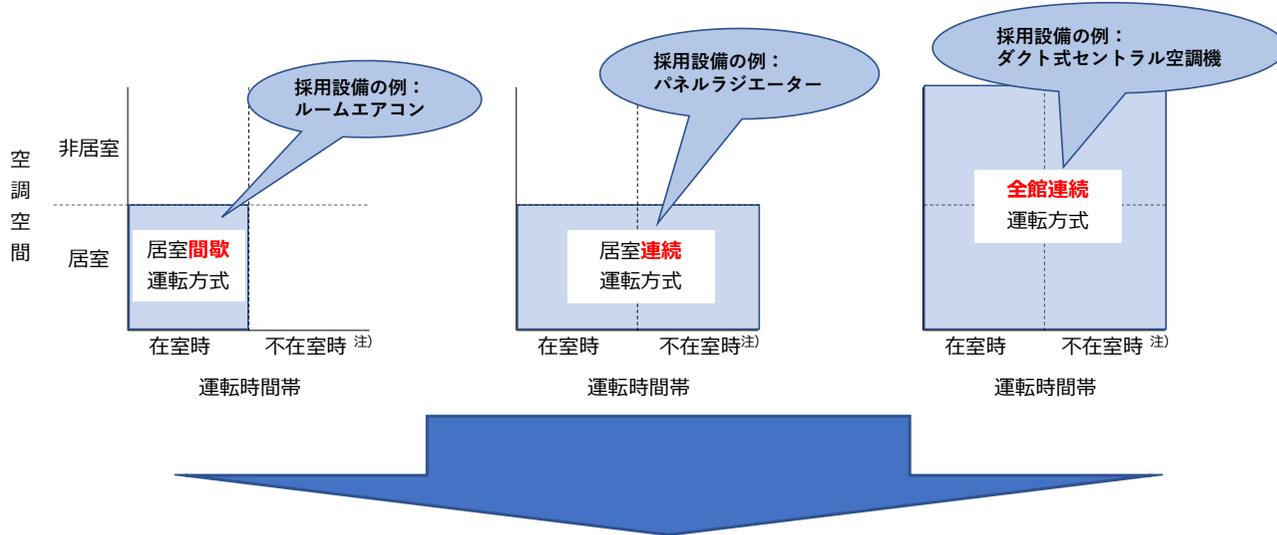


図. 空気移動量による評価方法の統一化のイメージ

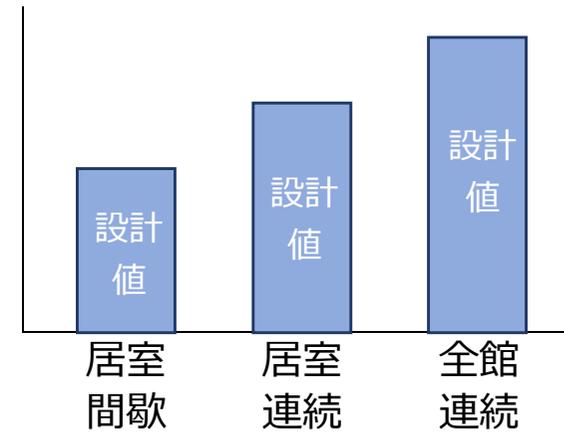
注) 空気移動量は、住戸全体を移動している空気量をいう。

改善案によって期待される効果

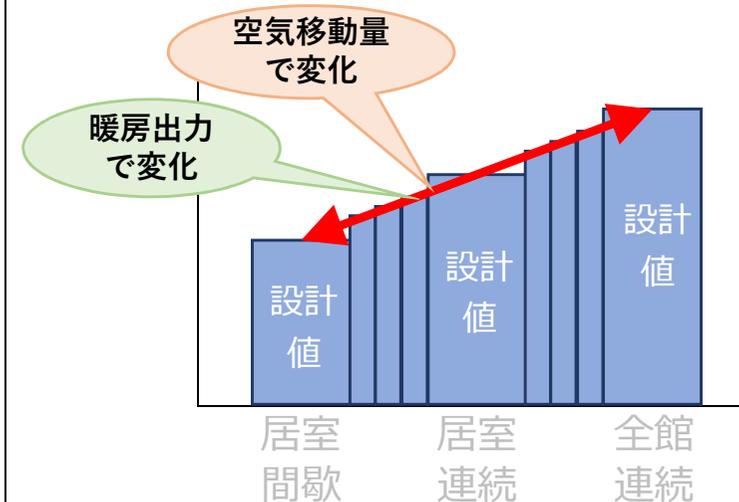
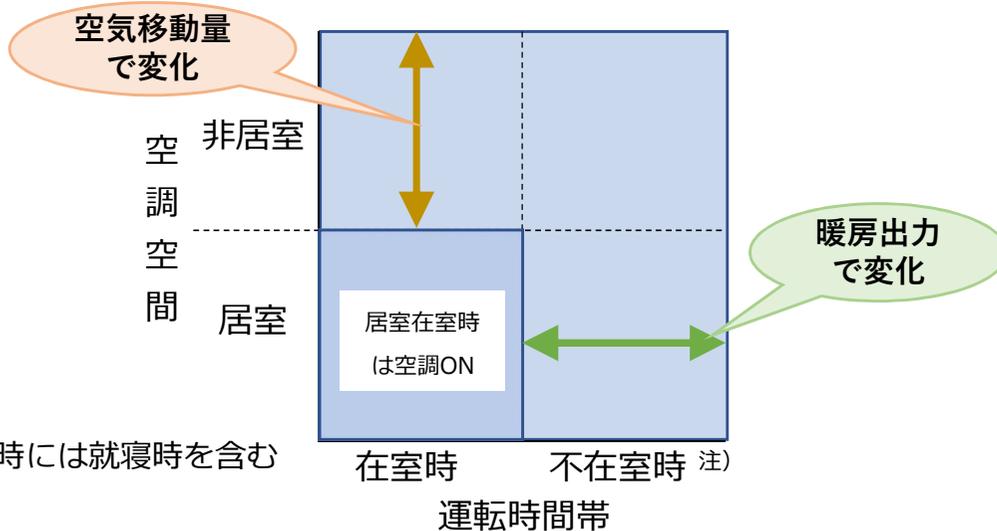


- 物理量（設備の暖房出力、空気移動量）によって暖房負荷が決定されることとなり、**運転方式の統一化が図れる。**
- 多様な設計思想に対応しやすくなる。例えば、**ルームエアコンを用いた全館連続運転の評価ができるようになる**（設備側の評価法の開発が別途必要）。

絶対値評価：設計値同士で比較



- 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。**



注) 不在室時には就寝時を含む



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】

担当国会議、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】

運転方式の統一化に向けて、住宅の熱的環境の実態の把握と望ましい熱的環境について検討する。

【構成メンバー】

鈴木氏、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】

運転方式の統一化に向けて、機器の立ち上がり時の挙動等について検討する。

【構成メンバー】

国総研、建研、**日本大学井口助教**、設備機器メーカー

【事務局】 本事業実施担当者

意見・要望

意見・要望

担当国会議

与条件や空調熱負荷等の試算結果を報告

与条件や空調熱負荷等の試算結果を報告

【目的】

暖冷房負荷の評価の枠組みを検討し、暖冷房負荷、一次エネルギー消費量の試算などを行う。必要に応じて適宜有識者に参画頂き議論する。

(略記)

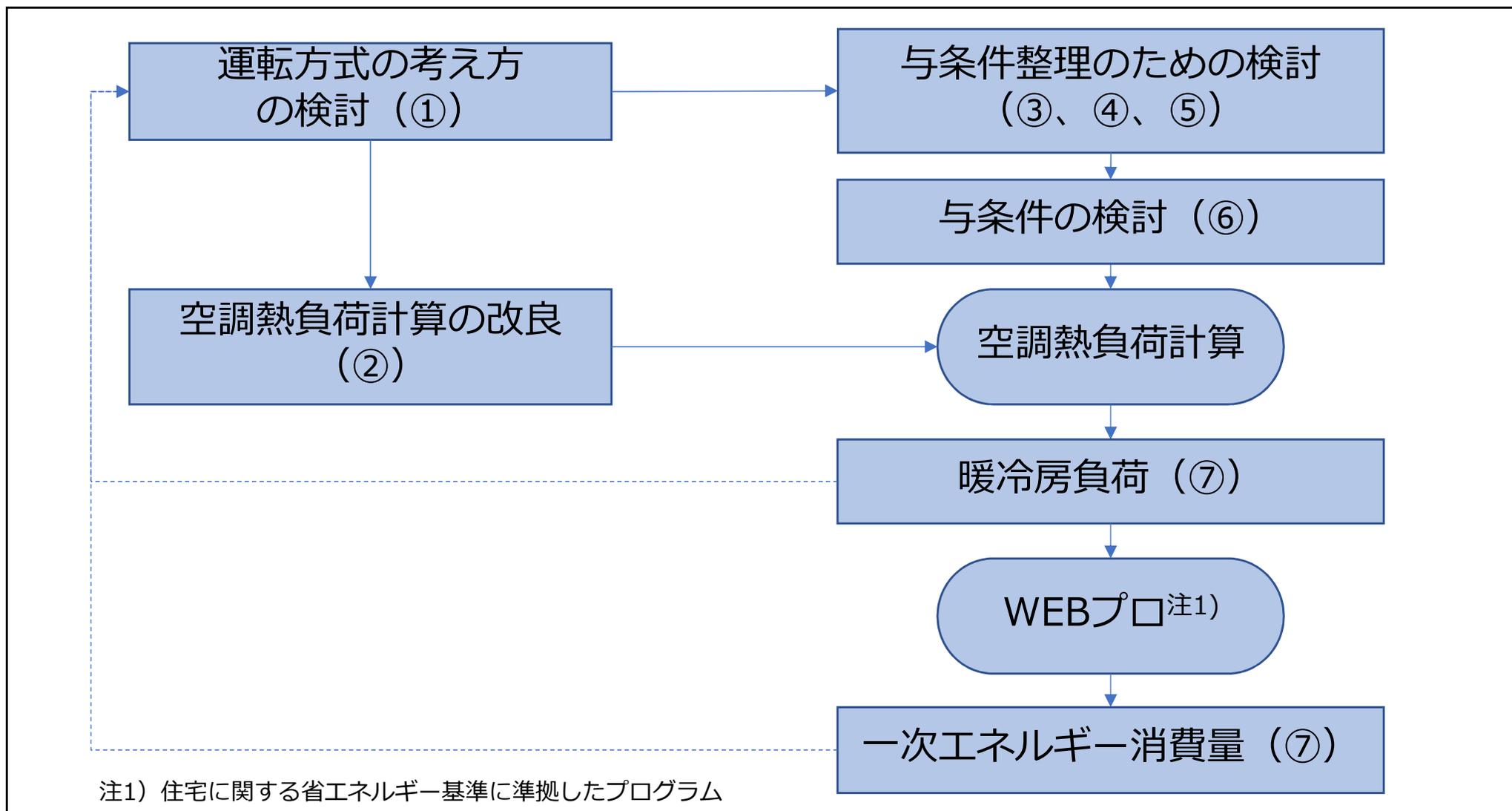
国総研：国土技術政策総合研究所

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



**<取り纏め> 暖冷房の運転方式の定義や考え方を整理
暖冷房設備の評価法の検討に資する基礎資料の整備**

昨年度実施したE16事業の調査結果を基に運転方式の考え方の検討を行い（①）、検討した方法に基づき熱負荷計算の与条件整理のための検討を行い（③、④、⑤）、熱負荷計算の与条件を作成する（⑥）。空調熱負荷、一次エネルギー消費量への影響（⑦）を試算するために空調熱負荷計算の改良（②）を検討する。

- ①：熱的環境設計の考え方の検討
- ②：予熱運転方法の検討
- ③：家具の熱容量の検討
- ④：暖冷房空間、運転時間に関する検討
- ⑤：全館空調システムに関する実態調査
- ⑥：暖冷房期間の非居室、不在室の最低温度、循環風量、VAVなど空調熱負荷計算の与条件の検討
- ⑦：年間暖冷房負荷、一次エネルギー消費量への影響の検討

③家具の熱容量の検討



国立研究開発法人建築研究所から提供を受けた「各種空調設備システムの潜熱負荷処理メカニズムを踏まえたエネルギー消費量評価法に関する検討」（以下、「基整促E3事業」）における家具・収納物の使用実態調査の調査票情報を用いて検討を行う。

⇒リビング、寝室全体の熱容量に占める家具別の割合を見ると、リビングは棚とテーブルの割合が大きく、寝室はたんすとベッドの割合が大きい。

表. 家具の主な調査項目と熱容量の試算対象

	家具	調査項目	試算対象
A	カーテン	窓の大きさ、カーテンの素材	○
B	カーペット	大きさ、素材	○
C	ベッド	大きさ、種類	○
	掛け布団	素材（夏・冬）	
	敷布団	素材（夏・冬）	
D	布団	大きさ、種類	-
	掛け布団	素材（夏・冬）	
	敷布団	素材（夏・冬）	
E	ソファ	種類、大きさ、素材	○
F	棚（本棚、食器棚）	大きさ、素材、（本の）収納率	○
G	たんす（チェスト）	大きさ、素材、夏と冬の収納率と衣類	○
H	衣類（室内ハンガー掛け）	衣類の数と種類	-
I	テーブル	種類、素材	○
J	収納空間	大きさ、収納物、収納率	-

$$C_{TL} = \sum_i (C_i \times N_i)$$

$$C_i = \sum_k (m_i \times r_{i,k} \times c_k)$$

- C_{TL} : 住戸内の家具の熱容量[J/K]
- C_i : 家具*i*の熱容量[(J/K)/台]
- N_i : 家具*i*の保有台数[台]
- m_i : 家具*i*の質量[g]
- $r_{i,k}$: 家具*i*の素材*k*が占める割合[-]
- c_k : 素材*k*の比熱[J/gK]

表. 家具の世帯当たり平均熱容量

	リビング (N=176)		寝室(N=149)	
	平均熱容量[J/K・世帯]	シェア	平均熱容量[J/K・世帯]	シェア
カーテン	5,005	2%	3,154	2%
カーペット	8,849	4%	6,673	4%
ベッド	4,192	2%	56,282	30%
ソファ	23,365	11%	3,915	2%
棚	94,416	46%	28,491	15%
たんす	25,808	12%	79,871	42%
テーブル	44,869	22%	38,906	21%
全体	206,504	-	188,801	-

(注) 全ての家具についてデータの不備がない回答者が集計対象

④ 暖冷房空間、運転時間に関する検討



【エアコン（居室に個別設置）と全館空調ダクトあり】

住宅供給エリアや外皮性能に関わらず、それぞれ間歇運転と24時間連続であり、暖冷房設備の種類と運転時間はほぼ対の関係にある。

【北海道のパネルラジエーター（温水）や、共有空間設置エアコンによる全館空調】

外皮性能が高い住宅で採用されることにより、間歇で運転されている場合も多い。

⇒暖冷房設備の種類ではなく、外皮性能あるいは暖冷房設備の能力に応じて、運転時間が変わることが十分に考えられることがわかった。

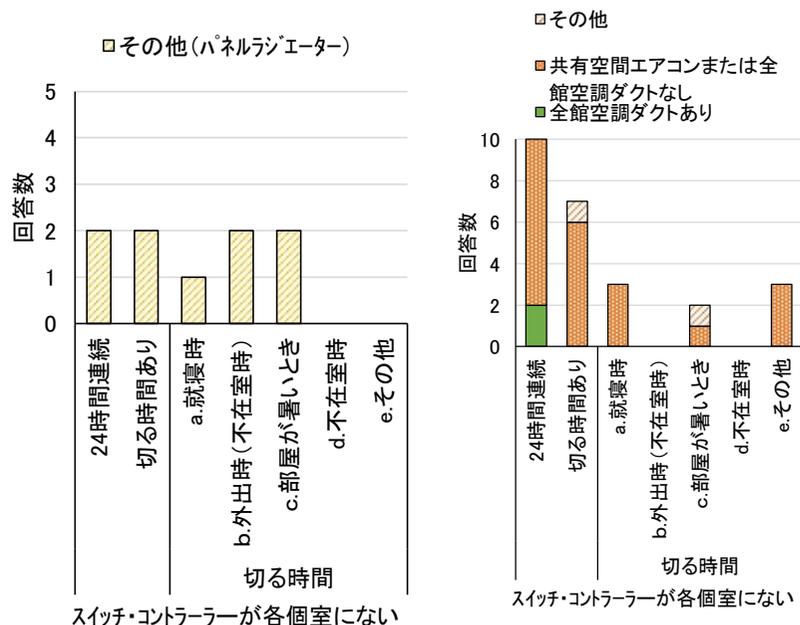


表. 業者の規模・住宅供給エリア分類・暖冷房設備の種類別の運転時間

住宅供給エリア	外皮性能	暖房設備の種類	運転時間
全国	等級 4~G1	エアコン・イソナー（個別）	間歇
		全館空調ダクトあり	24時間連続
		温水床暖房+エアコン・イソナー	24時間連続
北海道	等級 4~G3	パネルラジエーター（温水） （床下設置含む）	24時間連続 または間歇
その他地元	等級 4~G2	エアコン・イソナー（個別）	間歇
	等級 5~G3	共有空間設置エアコンによる全館	24時間連続または間歇
	等級 5~G3	全館空調ダクトあり	24時間連続

地元1（北海道）

地元4（北海道、東北、北
関東、長野県を除く）

図. 事業者の規模・住宅供給エリア分類別の居住者による暖房運転時間

⑤全館空調システムに関する実態調査



全館空調システムの実機器における室温制御の実態や循環風量の調整方式を把握するため、全館空調システムに関連する室温制御等の機器仕様の整理を目的に、設備・住宅メーカーにアンケート及びヒアリング調査を実施する。

表. 調査対象とする全館空調システムと回答製品数

タイプ	熱源機	各室への送風方式	回答製品数
A	全館空調専用の熱源機	ファンを用いた送風	13製品
B	市販のルームエアコン	ファンを用いた送風	8製品
C	全館空調専用の熱源機	自然対流	—
D	市販のルームエアコン	自然対流	—
E	その他		—

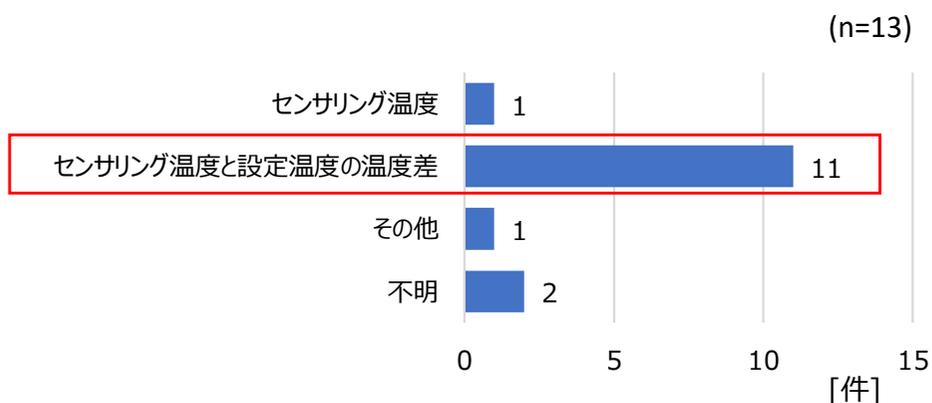


図. 吹出風量の制御パラメータ (タイプA) 【MA】

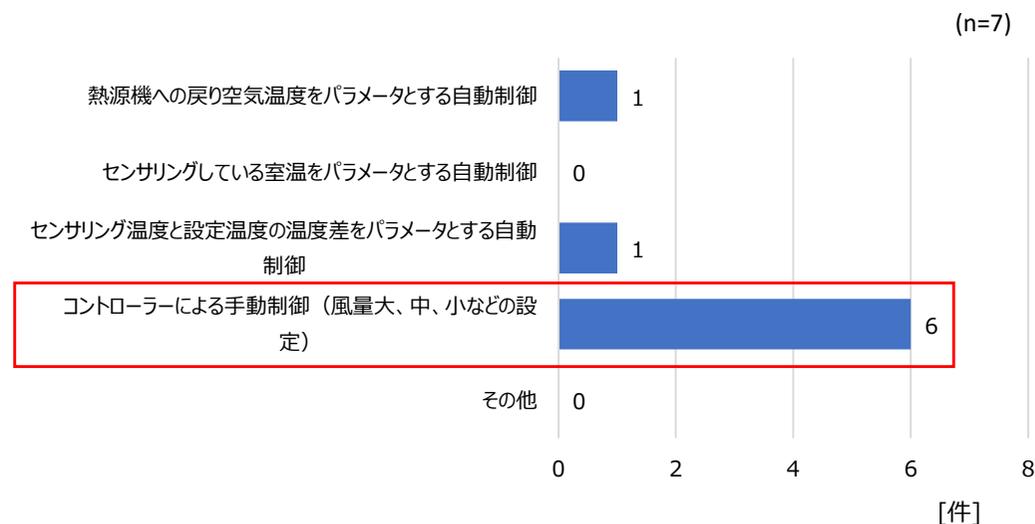


図. 循環風量 (空調室からの送風量) の制御方式 (タイプB) 【MA】

⑥空調熱負荷計算の与条件の検討



表. 暖冷房スケジュール
(T: 在室、X: 就寝、Y: 不在)

時間帯	平日					休日				
	LD	主寝室	子供室1	子供室2	空調機械室	LD	主寝室	子供室1	子供室2	空調機械室
~1	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
~2	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
~3	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
~4	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
~5	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
~6	Y	X	X	X	X	Y	X	X	X	X
~7	T	X	X	X	T	Y	X	X	X	X
~8	T	Y	Y	Y	T	Y	X	X	X	X
~9	T	Y	Y	Y	T	T	Y	T	Y	T
~10	T	Y	Y	Y	T	T	Y	T	T	T
~11	Y	Y	Y	Y	Y	T	Y	T	T	T
~12	Y	Y	Y	Y	Y	T	Y	T	T	T
~13	T	Y	Y	Y	T	T	Y	Y	T	T
~14	T	Y	Y	Y	T	T	Y	Y	Y	T
~15	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
~16	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
~17	T	Y	Y	Y	T	T	Y	T	Y	T
~18	T	Y	Y	Y	T	T	Y	T	Y	T
~19	T	Y	Y	T	T	T	Y	T	Y	T
~20	T	Y	Y	Y	T	T	Y	Y	Y	T
~21	T	Y	T	Y	T	T	Y	T	T	T
~22	T	Y	Y	T	T	T	Y	T	T	T
~23	T	Y	T	T	T	T	Y	T	T	T
~24	T	X	T	X	T	Y	X	X	X	X

	暖房期間	冷房期間
空気移動	A. 空気搬送暖冷房設備なし (各居室の個別暖冷房設備) B. 空気搬送暖冷房設備あり (全館空調システム) 【A・B共通】・浴室、便所、台所の局所換気 ・台所・LD間、1・2階ホール間の空気循環 【A】換気回数0.5回/hの24時間換気 【B】換気回数0.5回/hの24時間換気 循環風量 (空調) の設定 Q=500、1000、2,000m ³ /h	
暖冷房スケジュール	T (在室時) : 20℃ X (就寝時)・Y (不在室) : ・【A】なりゆき ・【A・B】10、15、18、20℃ ・【B】居室 (和室含) 20℃連続	T (在室時) : 27℃ X (就寝時) : 28℃ Y (不在室) : ・【A】なりゆき ・【A・B】35、32、30、28℃ ・【B】居室 (和室含) 27℃連続

OA (外気) は一度空調機械室に入れてから、各居室に吹き出す (空調の吹出に混ざる) 熱交換の効果を除くために直接外気に排気

空調機室 (独立した完全断熱チャンバー空間)

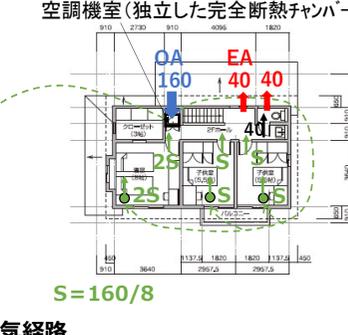
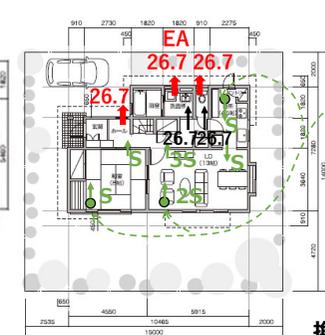
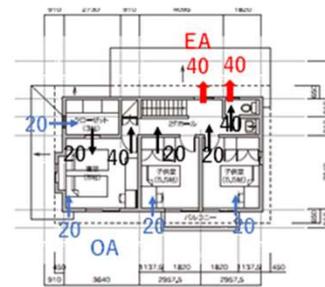
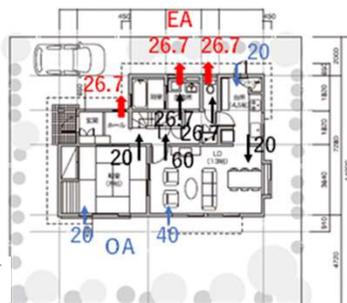
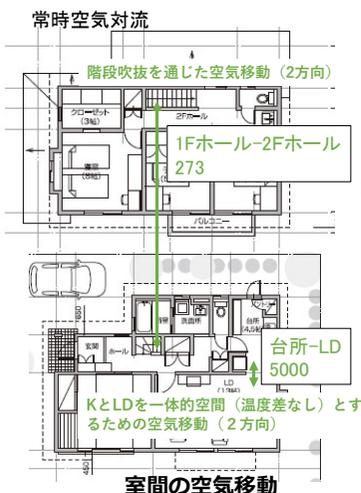


図. 局所換気と空気移動量の設定
【A・B共通】

図. 24時間換気の設定【A】

図. 24時間換気の設定【B】

② 予熱運転方法の検討



空調の運転時間を設備の出力で変化させる考え方では、未処理負荷が発生しない温度の計算が必要となる。この未処理負荷が発生しない温度は外気温、断熱性能、日射、内部発熱、熱容量、設備の出力などによって変化する。

そこで、予熱時間を規定し、その予熱時間で室使用開始時点で設定温度を維持できるような暖房開始時温度（以下、「暖房のための準備温度」という）を未知数として解く方法について検討する。

⇒冬の試算結果についてみると、パネルラジエーターの最大能力に対しエアコン最大能力が大きいことから常に準備温度はエアコンが低くなっている。

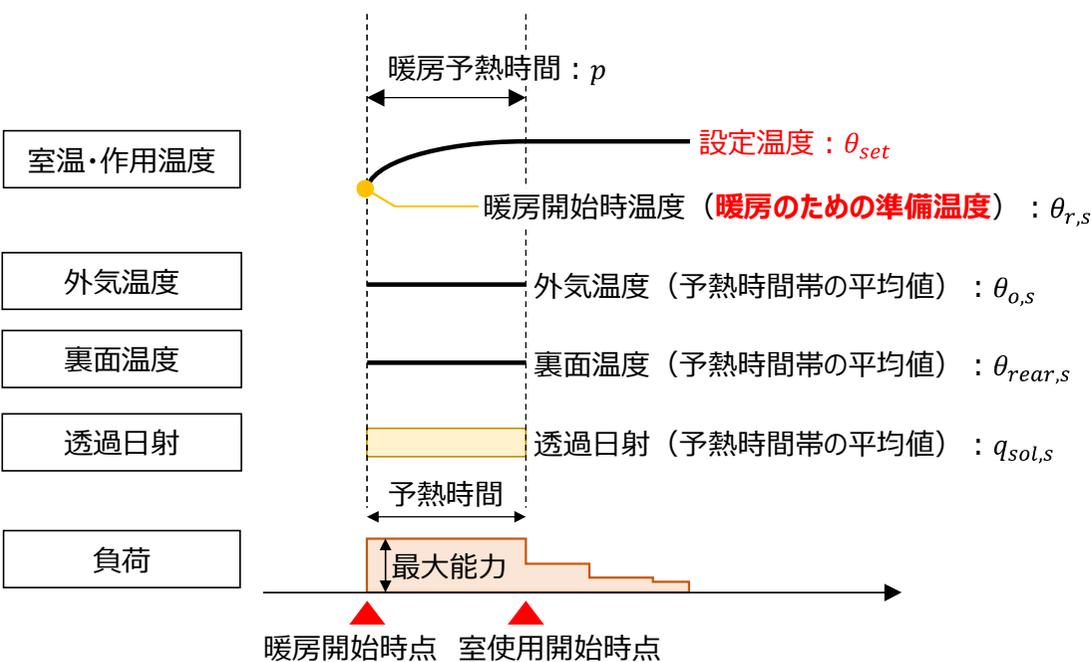


図. 暖房のための準備温度に考慮する主な変数

注) 暖房開始時点では、裏面温度、透過日射量が予熱時間帯の平均値を境界条件とする定常状態と仮定する。

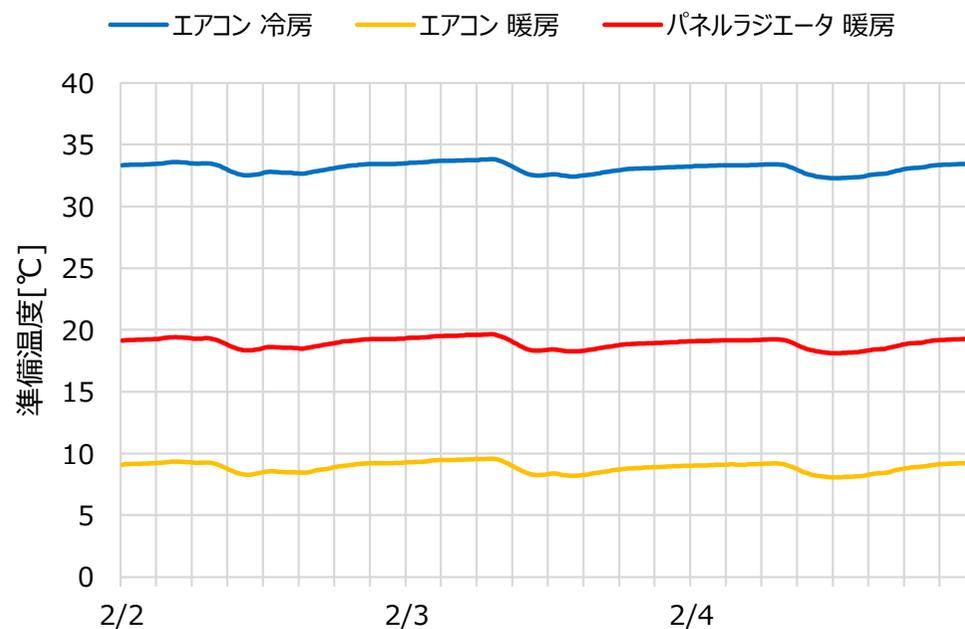


図. 冬の試算結果の例

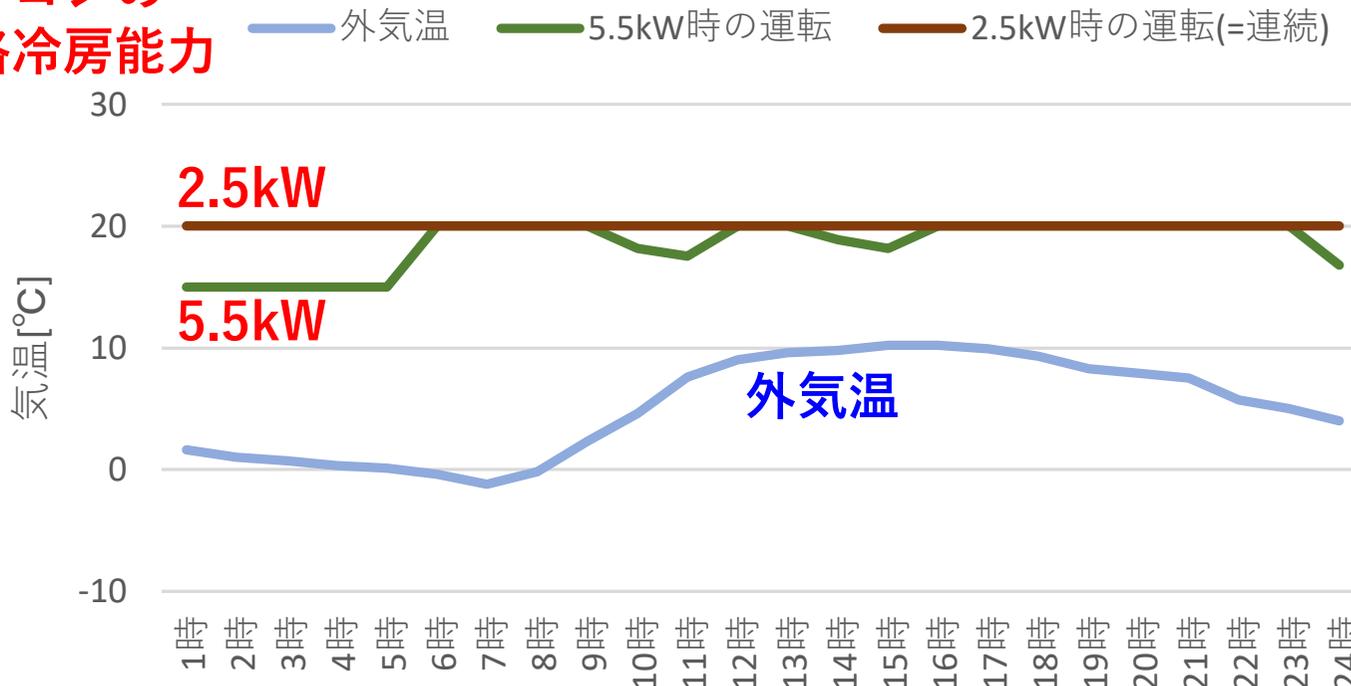


エアコンの暖房能力の変化による影響（断熱性能等級4）

【LDK】
外気温が最も低い日
(2/23平日)

居室間歇運転と同じ
運転とするためには
5.6kW超の定格冷房
能力が必要

エアコンの
定格冷房能力



評価法	定格冷房能力 (LDK)	暖房負荷		年間一次 エネ	一次エネ COP	(参考) 未処理負荷
		補正前	補正後			
現行	WEBプロ設定 5.6kW	11.4GJ/年	14.1GJ/年	11.3GJ/年	1.25	0.2GJ/年
改善案	2.5kW	13.9GJ/年	17.2GJ/年	12.7GJ/年	1.35	0GJ/年
	5.5kW	12.0GJ/年	14.9GJ/年	11.5GJ/年	1.30	0GJ/年

注1) WEBプログラムの算定方法に基づく計算ファイルを基に負荷、能力を変更して試算している。

注2) 運転方式に依存する負荷補正係数は間歇運転の係数を用いる。

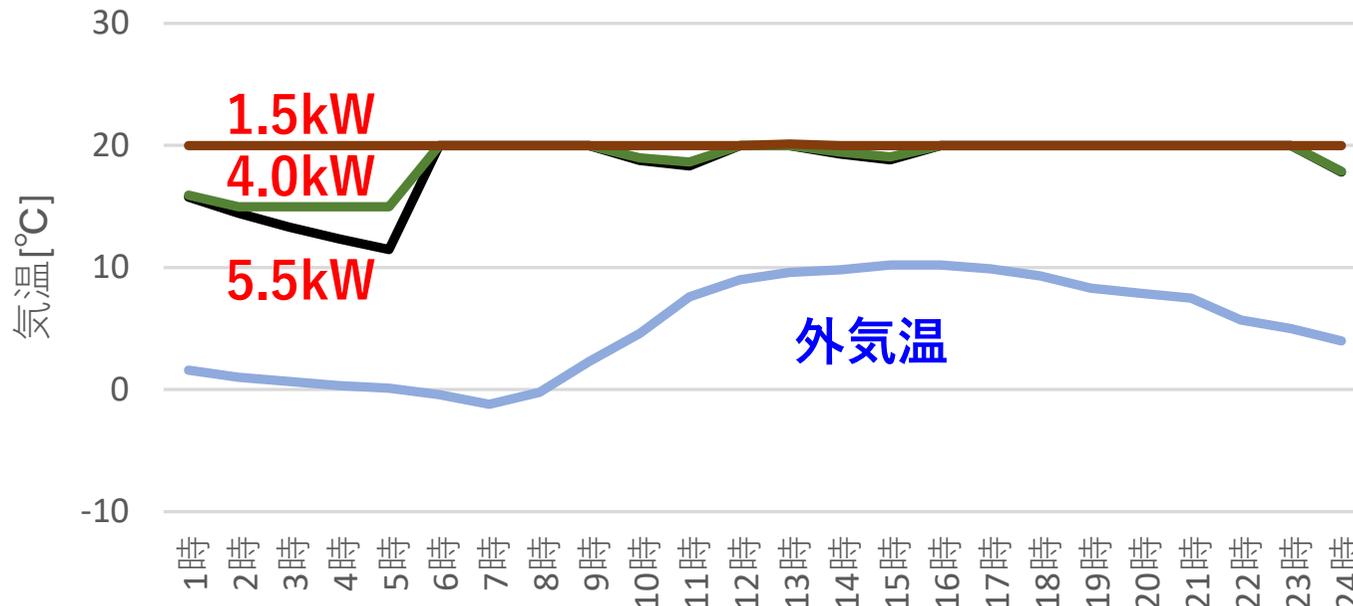
注3) WEBプロではエアコンの定格冷房能力に**5.6kWの上限が設定**されている。



エアコンの暖房能力の変化による影響（断熱性能等級6）

【LDK】
外気温が最も低い日
(2/23平日)

エアコンの定格冷房能力
 外気温
 5.5kW時の運転(=間歇)
 4.0kW時の運転
 1.5kW時の運転(=連続)



評価法	定格冷房能力 (LDK)	暖房負荷		年間一次エネ	一次エネ COP	(参考) 未処理負荷
		補正前	補正後			
現行	WEBプロ設定 5.6kW	6.9GJ/年	8.0GJ/年	6.7GJ/年	1.20	0GJ/年
改善案	1.5kW	7.7GJ/年	9.0GJ/年	6.8GJ/年	1.32	0GJ/年
	4.0kW	6.9GJ/年	8.1GJ/年	7.8GJ/年	1.04	0GJ/年
	5.5kW	6.9GJ/年	8.0GJ/年	6.8GJ/年	1.18	0GJ/年

注1) WEBプログラムの算定方法に基づく計算ファイルを基に負荷、能力を変更して試算している。

注2) 運転方式に依存する負荷補正係数は間歇運転の係数を用いる。



エアコンの住戸全体の一次エネ（まとめ）

断熱 等級4	評価法	定格冷房 能力	LDK	子供室1	子供室2	合計
	現行	WEBプロ設定	11.3GJ/年 (5.6kW)	2.0GJ/年 (2.1kW)	1.7GJ/年 (2.1kW)	15.0GJ/年
	改善案	連続運転相当	12.7GJ/年 (2.5kW)	3.0GJ/年 (0.5kW)	3.4GJ/年 (0.5kW)	19.1GJ/年
		間歇運転相当	11.3GJ/年 (5.6kW)※	2.1GJ/年 (2.5kW)	1.7GJ/年 (2.0kW)	15.1GJ/年

現行評価とほぼ
同じ一次エネ

※5.6kW上限で算出。未処理負荷が生じている点に注意。

断熱 等級6	評価法	定格冷房 能力	LDK	子供室1	子供室2	合計
	現行	WEBプロ設定	6.7GJ/年 (5.6kW)	1.5GJ/年 (2.1kW)	1.3GJ/年 (2.1kW)	9.5GJ/年
	改善案	連続運転相当	6.8GJ/年 (1.5kW)	2.2GJ/年 (0.5kW)	2.4GJ/年 (0.5kW)	11.4GJ/年
		間歇運転相当	6.8GJ/年 (5.5kW)	1.3GJ/年 (1.5kW)	1.0GJ/年 (1.0kW)	9.2GJ/年

現行より省エネ。
子供室1,2ともに現行と同
じ能力の場合、同じ消費
量(1.5GJ、1.3GJ)とな
る。

注1) 表内の括弧は定格冷房能力

注2) WEBプログラムの算定方法に基づく計算ファイルを基に負荷、能力を変更して試算している。

注3) 運転方式に依存する負荷補正係数は間歇運転の係数を用いる。

注4) WEBプロではエアコンの定格冷房能力に**5.6kWの上限が設定**されている。

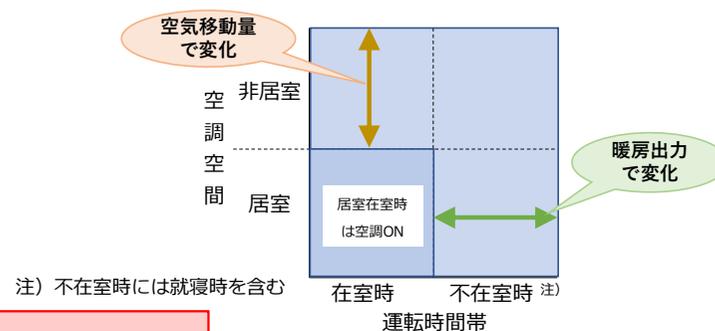
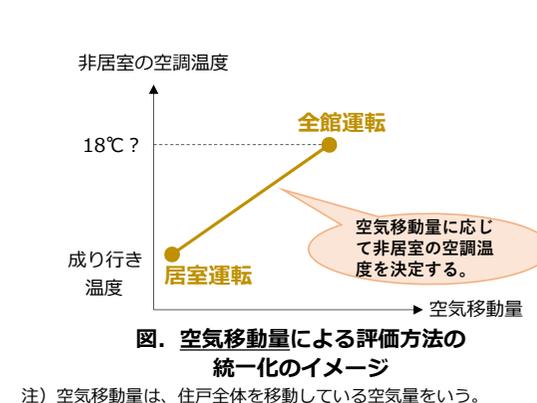
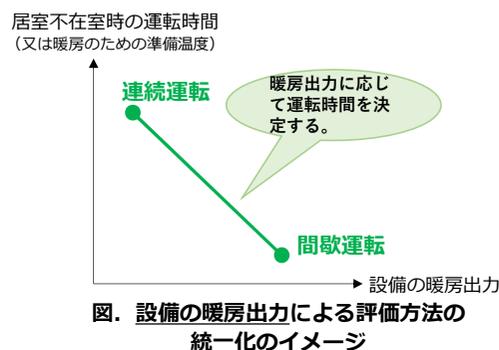


■今年度のまとめ

- 運転方式の考え方を統一するための枠組みについて整理した。
- 全館空調システムの実態調査を行い、制御ロジック、循環風量の考え方等を把握した。
- 地域、断熱性能、「暖房のための準備温度」、「冷房のための準備温度」をパラメータとした空調熱負荷計算を行った。
- 上述の熱負荷計算結果の一部について一次エネルギー消費量への影響を試算した。その結果、断熱等性能等級4及び6の場合、現行評価と同程度、若しくは省エネになる可能性があることを示した。

■今後の予定

- 運転時間：設備の暖房出力と予熱時間（暖房のための準備温度）の関係式の作成
- 空気移動量：空気移動量と非居室の空調温度の関係式の作成
- 準備温度（暖房出力）と非居室の空調温度（空気移動量）を用いて、現行空調負荷データベースの拡張方法の検討
- 計算条件を変更した場合の一次エネルギー消費量への影響の試算



<取り纏め> 暖冷房の運転方式の定義や考え方を整理
暖冷房設備の評価法の検討に資する基礎資料の整備