

最大熱負荷計算のための予冷熱計算機能

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 45)

The Function of Calculating Warm Up and Pull Down Load for Design Peak Load Simulation

正会員 ○郡 公子（宇都宮大学）

特別会員 村上 周三（建築研究所）

正会員 石野 久彌（首都大学東京名誉教授）

正会員 長井 達夫（東京理科大学）

Kimiko KOHRI*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Tatsuo NAGAI*⁴

*¹Utsunomiya University *²Building Research Institute *³Tokyo Metropolitan University *⁴Tokyo University of Science

This paper presents an idea of assuming the equipment capacities during warm up or pull down hours for design thermal peak load simulations. The validity of design peak loads under the EA design weather conditions in an office building are confirmed by annual simulations. The effects of warm up and pull down hours on the space thermal environment in a residential house are investigated.

1. 序

建築単独計算の場合に、日周期定常最大熱負荷計算を可能にし、無償公開された国内 842 地点の拡張アメダス設計用気象データを利用できるようにした。本報では、予冷熱計算法、拡張アメダス設計用気象データの利用法、得られた最大熱負荷の安全度、住宅の間々欠空調への適用に関して報告する。

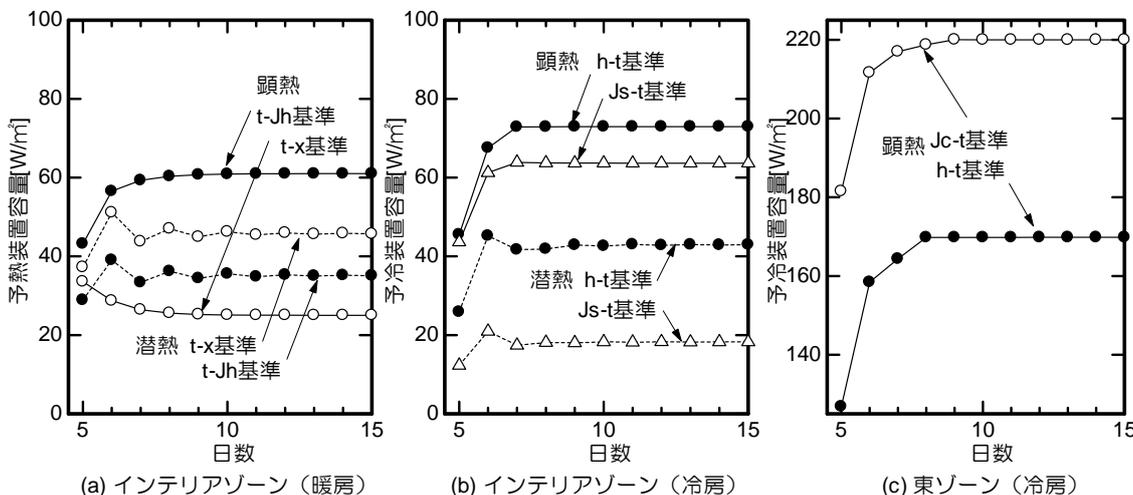
2. 予冷熱計算法

最大熱負荷計算のためには、予冷熱時間帯に装置負荷が一定で、予冷熱終了時刻に丁度設定値に達する負荷を求めるなどが必要である。連立方程式を解く理論的な方法も考えられるが、任意の予冷熱時間や多数室計算に対応するには、非常に複雑な計算手順となる。そこで、日周期定常状態を求めるための反復計算中に、予冷熱負荷も収束させる方法をとることにした。反復計算中の予冷熱装置容量の仮定はごく単純なもので、装置顕熱、潜熱負荷別々に、最終的に、予冷熱終了以前の装置負荷が予

冷熱終了時刻の装置負荷を超えないことと予冷熱終了時に設定値になることを満たすように仮定した。次報に示すオフィス基準条件を用いて、最大熱負荷計算を行い、反復計算中の予冷熱装置容量の収束状況を確認した。図 1 に、代表ゾーンでの結果を示す。潜熱容量に、多少ハンチングしながら収束する現象が認められるが、顕熱潜熱とも、計算開始後 10 日を過ぎると、ほぼ安定し、値が確定している。

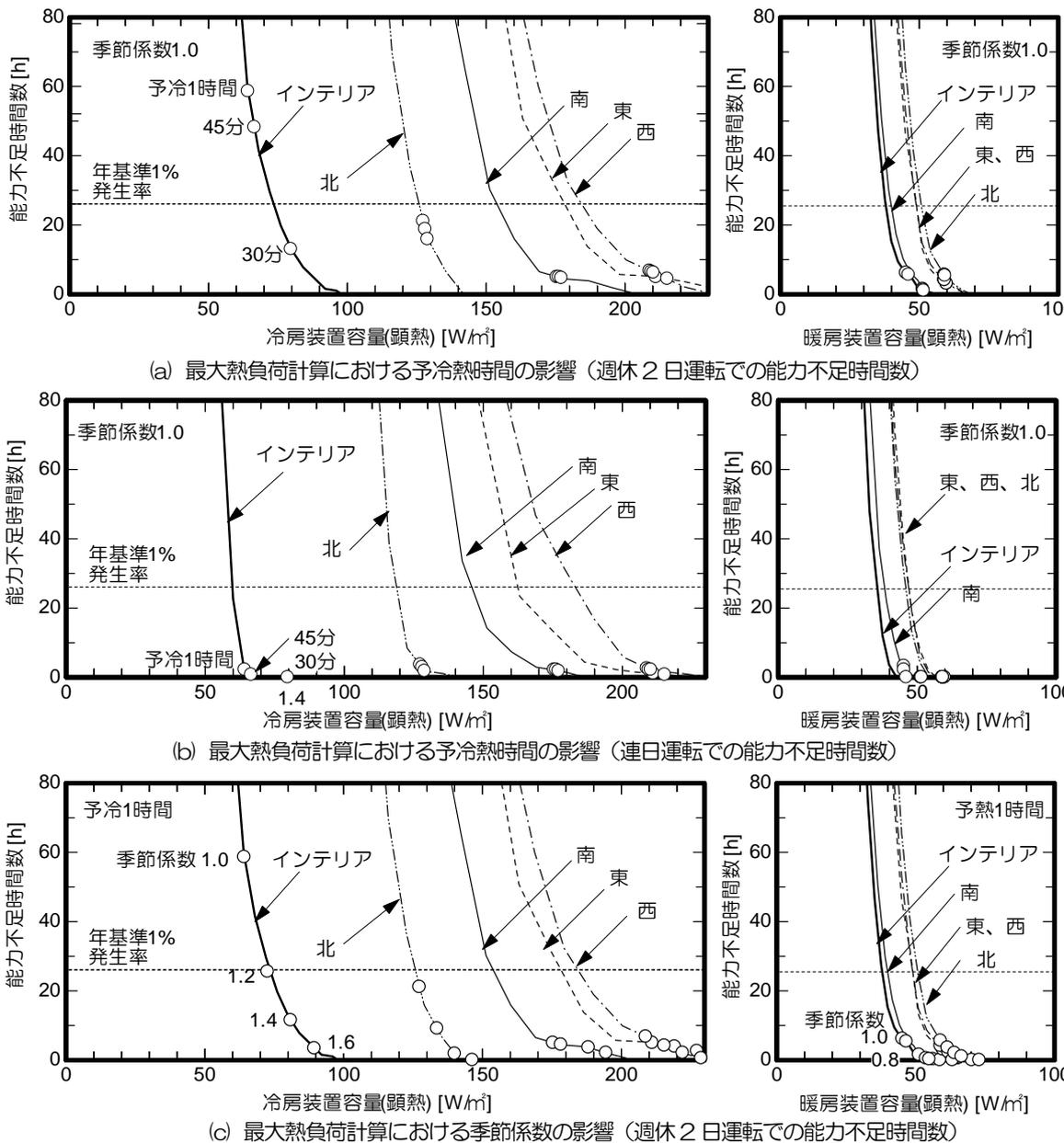
3. 拡張アメダス設計気象を利用する最大熱負荷計算

拡張アメダス設計用気象データには、冷房設計用 3 タイプ、暖房設計用 2 タイプの天候のデータがあり、一部のタイプには数種類の危険率のものがある。BEST では、冷房設計用に h-t 基準危険率 0.5%（エンタルピと気温が厳しい日）、Jc-t 基準（円柱側面日射量と気温が厳しい日）、Js-t 基準（円柱南面日射量と気温が厳しい秋に近い日）、暖房設計用に、t-x 基準危険率 1%（気温と絶対湿度が厳しい日）、t-Jh 基準危険率 1%



【図1注記】
計算条件は、次報のオフィス基準条件に準じる。南側のインテリア、東ゾーンの結果で、予冷熱時間は1時間、予冷熱時間中の計算時間間隔は15分。東ゾーン（冷房）の潜熱負荷は表示を省略した。

図1 反復計算中の予冷熱装置容量



【図2 注記】
 1) (a)、(b)の図の○印は、予冷熱1時間、45分、30分のときの最大熱負荷を装置容量として与えたとき。(c)の図の○印は、内部発熱の割増しあるいは割引き用の季節係数が、冷房設計用1.0、1.2、1.4、1.6、暖房設計用1.0、0.8、0.6、0.4のときの最大熱負荷を装置容量としたとき。
 2) 装置容量と能力不足時間数の関係は、標準年気象データを用いた年間計算より求めた。予冷熱時間は1時間。
 3) 装置能力不足の発生率1%とは、実際の運転時間や運転日数とは無関係に、次の年間冷房評価時間、年間暖房評価時間に対する能力不足時間数と定義した。冷房評価時間は、10時間/日×87日/4ヶ月×3、暖房評価時間は、10時間/日×85日/4ヶ月×3
 4) 次報に示す基準条件に対して、予冷熱時間帯は5分間隔で計算するなどの変更を行った。

図2 装置容量（顕熱）と能力不足の年間発生時間

（気温が厳しく日射の弱い日）の計5タイプを自動的に計算し、日周期定常状態に達した5日分を、連続出力するようにした。ユーザは、冷房設計用には3日間、暖房設計用には2日間の負荷変動から最大値を選べばよい。

新設計用気象データは、同時生起性、連続生起性を考慮する現実的な気象であり、気象データに起因して過大・過小負荷にはなりにくい代わりに、休日の影響を考慮できない日周期定常計算法の限界に対しては、別途考慮が必要な可能性がある。そこで、実際の運転に対して、設計用予冷熱時間を短く想定する効果を確認した。また、最大熱負荷計算で通常行われる内部発熱の割増し、割引き（BESTでは内部発熱スケジュールに乗じる季節係数により考慮する）の影響も調べた。最大熱負荷の安全度を評価するために、拡張アメダス標準年気象データを用いた年間計算を行い、装置容量と能力不足発生時間の関

係を別に求めた。

図2(a)は、基準オフィスの5ゾーンについて、週休2日運転・予冷熱1時間の場合の、装置容量（顕熱）と能力不足発生時間数の関係を示したもので、さらに、設計用予冷熱時間が異なる3ケースの最大熱負荷を装置容量として与えた場合（内部発熱の割増し、割引きはしない）もプロットした。計算対象のオフィスは、low-e 複層ガラスの高性能建築のため、暖房負荷が小さい。年基準1%の能力不足発生率を目安とすると、設計用に予熱時間を短く想定する必要はないという結果となった。それに対しては、冷房では、蓄熱負荷を受け持つインテリアゾーンについては、予冷時間を実際の運転より30分短くするとよいという結果となった。参考まで、実際の運転で連日空調運転を行う場合に置き換えた場合を、図2(b)に示す。

図 2(c)は、4 種の季節係数での最大熱負荷を装置容量として与えた場合の比較である。夏期休日の影響も勘案して内部発熱の割増しを大きくする方法は、予冷熱時に最大とならないケースで過大負荷になる恐れがある。

4. 住宅における間々欠運転への適用

住宅では、冷暖房を間々欠に運転することが多く、冷暖房開始時にピークが発生する可能性が高い。そのため、冷暖房開始のたびに予冷熱時間帯を想定して最大熱負荷

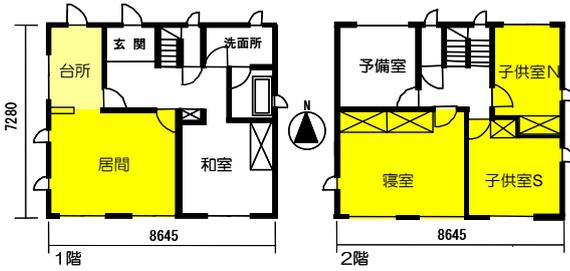


図3 RC造戸建て住宅平面図

表2 住宅基準計算条件

気象データ		拡張アメダス設計用気象データ (東京)
建物	構造	RC造
	断熱	外壁35mm、屋根70mm、床60mm
	窓	透明二重ガラス (日中は内部日除け開)
	隙間風	0.5回/h
	空間換気	居間-台所10回/h、居室-廊下2回/h (居間・居室容積基準)
住まい方	内部発熱	4人家族
空調	厨房換気	調理時に6~12回/h
	設定温湿度	暖房20°C50%、冷房27°C60%
換気	冷暖房時間	居間: 6:00-9:00、12:00-14:00、16:00-22:00、寝室: 21:00-23:00、子供室: 20:00-23:00
	換気	1回/h (冷暖房室の冷暖房時のみ)
	計算法	インプリシット法 (建築単独計算)
計算時間	計算時間	6:00まで: 60分、6:00~23:30: 10分、23:30~24:00: 30分
	間隔	

文献) 宇田川: 標準問題の提案 (住宅用標準問題)、日本建築学会環境工学委員会第15回熱シンポジウム、pp23-33、1985

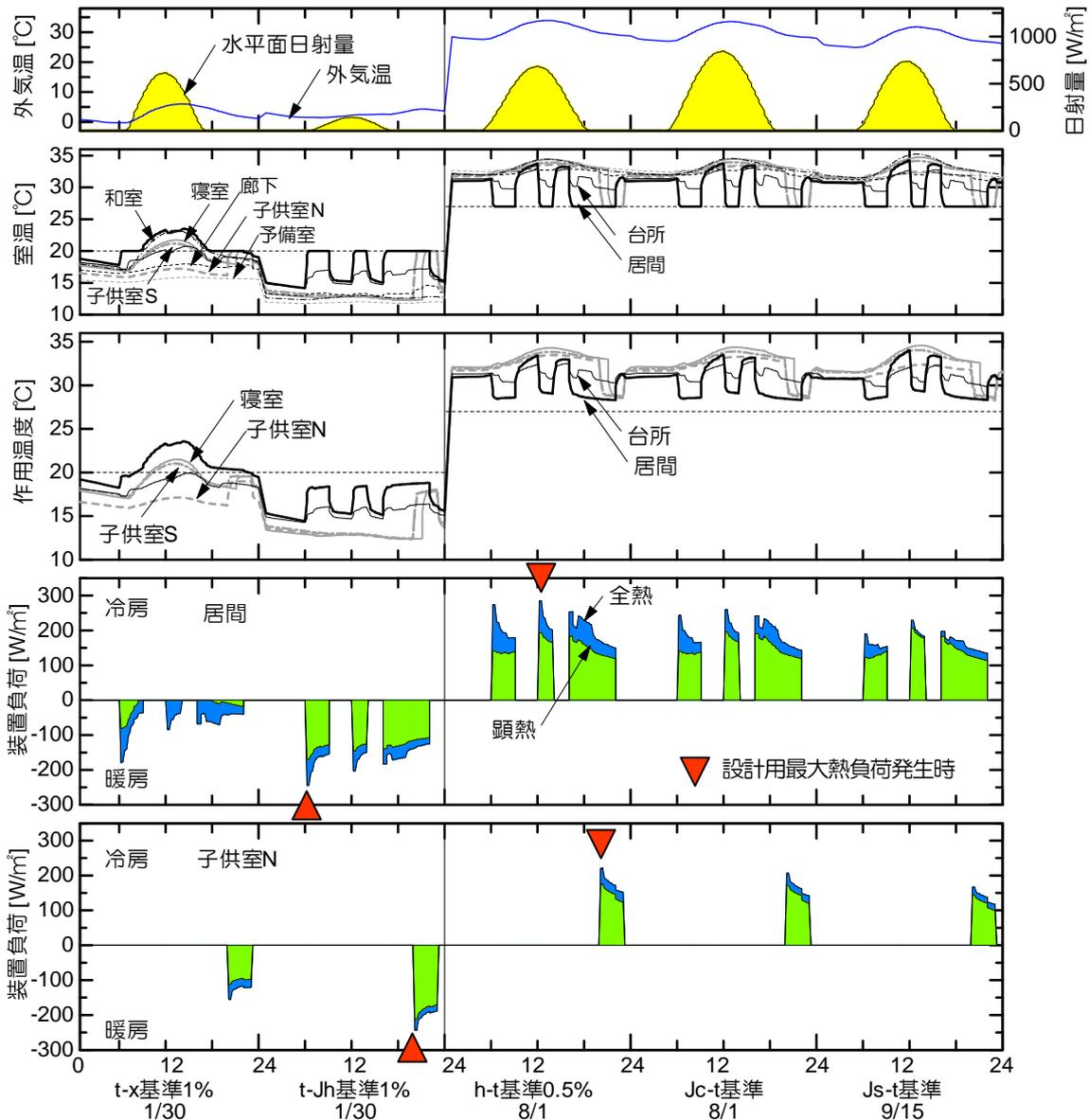


図4 RC造戸建て住宅最大熱負荷計算結果 (予冷熱30分)

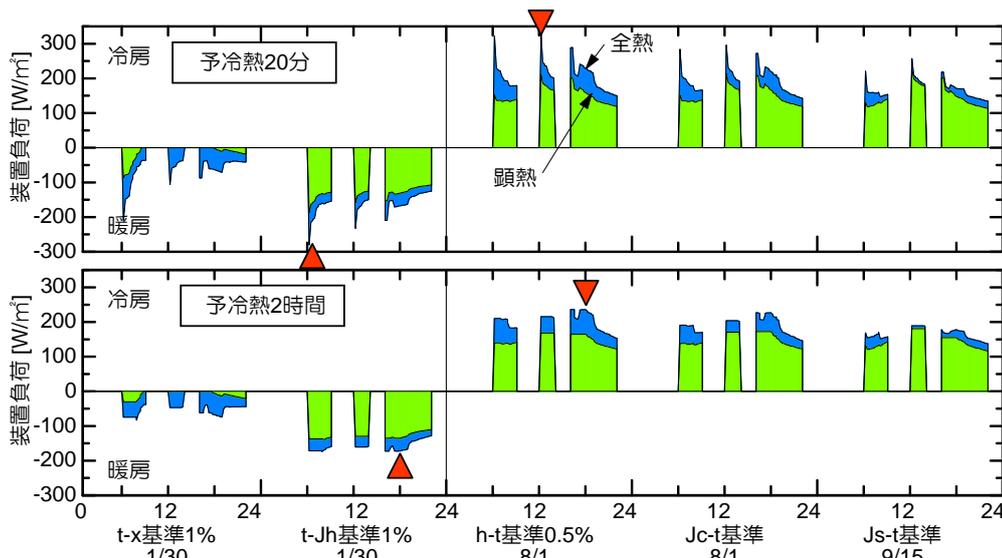


図5 予冷熱時間 20 分、2 時間の場合の居間の装置負荷

計算できるとよい。そこで、BEST では、1 日に複数回の予冷熱時間帯がある間々欠運転にも対応できるようにした。

図3、表2に示す、東京のRC造戸建て住宅の条件を用いて、最大熱負荷計算を行った。その結果を図4に示す。予冷熱時間は30分で、居間の場合、1日に3回の予冷熱時間帯がある。BESTは計算時間間隔が可変であり、予冷熱時間も自由に設定できる。

図5は、予冷熱時間を20分、2時間にした場合の居間の負荷変動である。予冷熱時間を長くすると、最大熱負荷の発生時刻が、暖房では午前中から日没後に、冷房は内部発熱の大きい時間帯へとずれる。

住宅の場合、居住者が室使用開始と同時に冷暖房を開始するため、予冷熱時間帯は、実質的には能力不足許容時間帯と位置づける方がよい。そのため、予冷熱時間中の室内環境変も重要である。図6は、予冷熱時間と室内環境、装置容量の関係を示したもので、予冷熱中の環境変化は、5分間隔の計算から求めた。予冷熱1時間としても、予冷熱開始から30分後には、設定室温に対して1K以内に差に達する。しかし、予冷熱時間の問題とは別に、作用温度からは良好な環境ではなく、放射環境の悪化を考慮した設計室温の想定が必要である。

4. 結

最大熱負荷計算に必要な予冷熱計算法を提案し、拡張アメダス設計用気象データを利用する最大熱負荷の安全度を確認した。さらに、間々欠運転を行う住宅にも適用可能であることを示した。

【謝辞】

本報の研究成果の一部は、科研費補助金 21560610 による。また、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、クラス構想WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。クラス構想WG名簿(順不同) 主査：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員：井上隆、一ノ瀬雅之(以上、東京理科大学)、上田博嗣、角谷亜璃砂(以上、大林組)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、木下泰斗(日本板硝子)、工月良太(東京ガス)、黒本英智(東京電力)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、芝原崇慶(竹中工務店)、菅長正光(菅長環境・設備一級建築士事務所)、瀧澤博(元鹿島建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀與(鹿児島大学)、野原文男、二宮博史、丹羽勝巳、田端康宏(以上、日建設計)、平林啓介(新日本空調)、柳井崇(日本設計)、事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

【文献】

- 1) 郡・村上・石野・長井：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その13)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.2017-2020、2007.9、(その22)、pp.1089-1092、2008.8
- 2) 郡・村上・石野・長井：建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第12報、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009.9、
- 3) 日本建築学会：拡張アメダス気象データ 1981-2000、気象データシステム
- 4) 郡・石野：暖房設計用 t-x 基準、t-Jh 基準気象データの提案、日本建築学会環境系論文集、No.596、pp.83-88、2005.10、冷房設計用 h-t 基準、Jc-t 基準、Js-t 基準気象データの提案、日本建築学会環境系論文集、No.599、pp.89-94、2006.1

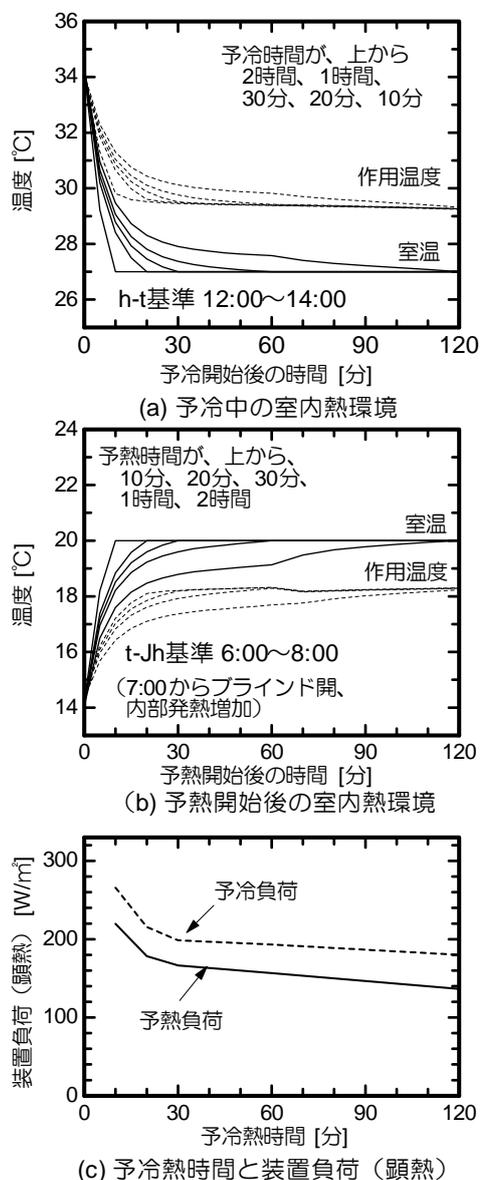


図6 予冷熱時間と予冷熱中室内熱環境・予冷熱装置容量