

オープンキッチンを有するレストランの快適空調に関する研究

レストラン 局所冷房 厨房
数値解析 熱的快適性 建物熱負荷

指導教員 渡邊 桃子
佐藤 理人

1. 研究背景・目的

近年、厨房と客席の間に仕切りを設けない開放的なオープンキッチンのレストラン空間が増加している。このような空間は料理人と利用者とのコミュニケーションの促進や、視覚的に広く感じさせるなどの利点を持つ一方で、夏場の厨房内温度が高くなり、料理人が劣悪な環境下で働かざるを得ない現状がある。このような状況下で空間全体の冷房設定温度を厨房に合わせて低くすると、客席側の室温が低下し、客席空間の快適性が損なわれる。そのため、厨房と客席の快適温度が異なる二空間が連続していることで、空調制御が難しいという課題が存在する。そこで近年、局所冷房の活用事例が増えつつあるが、自動車における快適性向上を目指し、局所冷房を用いた解析事例¹⁾はあるが、快適性の向上に向けて、劣悪な環境下である厨房での局所冷房の使用を想定した解析研究はごくわずかである。

そこで本研究では、夏季における厨房と客席が連続する空間における空調の課題に対して、厨房における局所冷房の有無による冷却効果を数値解析により明らかにすることを目的とする。

2. 計算対象とするレストランの概要

本研究で対象とする店舗併用住宅の外観を写真1に、建物概要を表1に、建物平面図を図1に示す。対象レストランは、福岡県久留米市城島町浮島地区に立地しており、2025年12月に竣工した建物で、厨房部分は2人の料理人が作業し、ホール部分は最大5組(1組2人)を想定した完全予約制フレンチレストランである。レストラン側の室面積 65.26m²、天井高 3.175m の室容積 207.20m³の部分を計算対象とする。建物仕様については、外壁、屋根に高性能グラスウール 24k の断熱材を用い、開口部にはアルミサッシ+ペアガラスを用いる。以上より部位別の熱貫流率Uは、外壁 0.202W/m²K、床 10.000W/m²K、屋根 0.203W/m²Kとして計算を行った。

3. レストランの建物熱負荷解析方法

本研究では、動的熱負荷計算プログラムとしてEnergyPlus-ver.25.1.0を用いた。表2に冷房負荷条件を示す。解析対象空間は店舗側ホール、厨房、バックヤードゾーンとし、外気象データとして福岡県福岡空港の標準



写真1 店舗併用住宅の外観



写真2 店舗部分内観

表1 建物概要

所在地	福岡県久留米市	竣工年	2025年12月
延床面積	65.26m ² (天井高 3.175m)	室容積	207.20m ³
建物仕様	開口部: ALサッシ+ペアガラス U=3.0W/m ² K 外壁: 断熱材(高性能GW24k)+合板 日射反射率0.6 U=0.202W/m ² K 床: コンクリート U=10W/m ² K 屋根: 断熱材(高性能GW24k)+合板 日射反射率0.6 U=0.203W/m ² K		
利用人数	厨房: 2人 ホール: 13人		
人体発熱量	ホール: 70W/人 厨房: 10:00-11:00 120W/人 11:00-14:00 150W/人 14:00-17:00 100W/人		
着衣量	厨房: 0.6clo ホール: 5月 0.8clo 6月-10月 0.5clo		

表2 冷房負荷計算条件

解析ソフト	EnergyPlus-ver. 25.1.0
気象データ	標準気象データ(福岡空港)
計算期間	5月1日~10月31日(1時間間隔)
冷房期間	6月7日~10月21日
冷房設定温湿度	25°C 50%

気象データを用いた。また計算期間は5月1日から10月31日とし、計算ステップは15分とした。冷房期間は日本工業規格²⁾を参考とし、日平均気温が22℃以上となる3回目の日から、日平均気温が22℃以上である最終日より2日前までの6月7日から10月21日とした。また、冷房設定温湿度³⁾は25℃50%とし、冷房期間中は人が滞在している10時から17時までの間稼働するものとした。

表3に各室における照明、調理機器及び空調機器等の最大発熱量を示す。実際に使用予定の照明機器、調理機器、空調機器を参考に設定した。図2に内部発熱スケジュールを示す。内部発熱スケジュールは、ホール、厨房及びバックヤード別の在室、照明、調理機器等について設定した。また在室スケジュールはホール最大13名、厨房最大2名とした在室人数とし、照明、調理機器等については、最大発熱量に対する比率を1時間平均で示した。時間帯については想定されている準備時間の10時から12時、営業時間の12時から14時、片付け時間の14時から17時の時間帯ごとに設定した。

4. 想定する局所冷房設置方法

厨房に設置する局所冷房設備の概要を表4に示す。本研究では、ハイブリット式ダクトレススポットエアクーラーの使用を想定し、計算を行った。設置は熱がこもりやすい調理作業位置とし、電気調理機器の足元に床置きで設置して、冷気を作業員へ直接吹き出す構成とした。ダクトレスであるためレイアウト変更にも柔軟に対応できる。機器の主な仕様は、本体サイズが幅375mm、奥行き280mm、高さ505mm、冷房消費電力600W、冷房能力1200W(顕熱・潜熱各600W)、風量270.7m³/h、吹出温度17~30℃である。排熱時に気化冷却により排熱温度を抑制する構造であるため、高温環境の厨房でも使用しやすい。さらに、スイッチ操作が容易であることから、料理人が厨房以外のホールやバックヤードで作業する間は停止させる柔軟な使用が可能である。これによりピーク時の熱負荷を抑制しつつ、必要最小限のエネルギーで局所的な快適性を確保することを目指す。

表3 内部負荷最大発熱量

	厨房	ホール	バックヤード
人体最大発熱量[W]	300	910	0
照明最大発熱量[W]	43.2	93.9	12.0
調理器具最大発熱量[W]	29908	0	1510

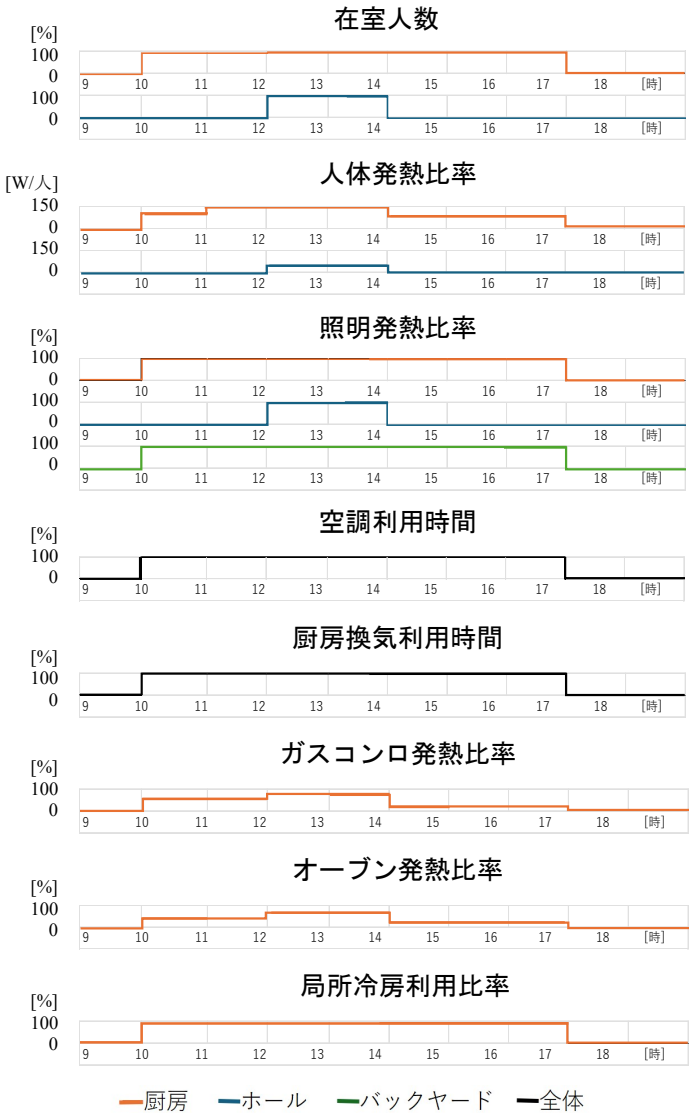


図2 内部発熱スケジュール

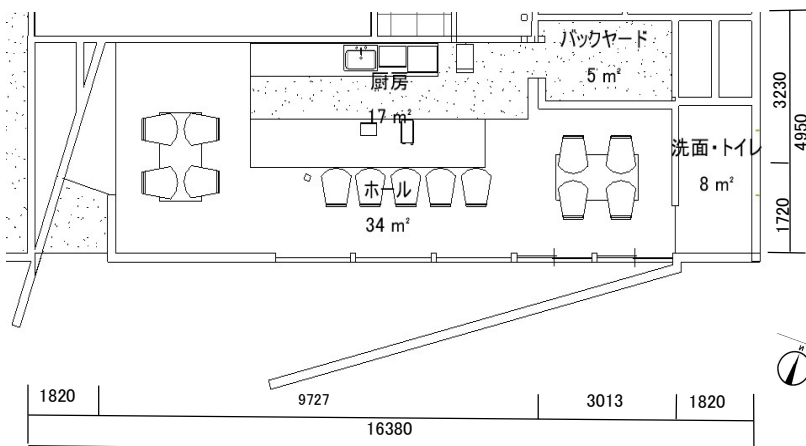


図1 計算モデル平面図

表4 想定する局所冷房設備概要

本体サイズ[mm]	幅:375 奥行き:280 高さ:505
冷房消費電力[W]	600
顕熱処理能力[W]	600
潜熱処理能力[W]	600
風量[m ³ /h]	240.7
給気温度[℃]	17~30 (吸込空気温度により変動)
COP	2.0

5. 各ゾーンにおける空調及び空間換気計算方法

多数室計算を行った各ゾーンの空間換気量及び空調機器設定位置を図3に示す。空調機はホール西側及びバックヤード北側の2カ所に設置されている。そのため、厨房ゾーンについては空間換気により空調されていることを想定する。換気経路については、換気給気口はドア上部に設置されており、厨房及びバックヤードの換気設備により排気されている。空調設備及び換気設備は調理時間帯のみ稼働し、その他は不在として全て停止するものとする。その際に空間換気量は、厨房の室容量を基準として、厨房-ホール間は40回/h相当、厨房-バックヤード間12回/h相当とする。

6. 季節ごとの南面日射侵入比較

6/21、8/1、10/31の各日正午における居室内への日射侵入程度を比較したものを図4に示す。いずれも南向きの大開口部を有するホールゾーンにおいて、日射負荷が大きいことが予想され、特に8月以降は太陽高度が徐々に低下することから日中の日射負荷が大きくなることが予想される。

7. 局所冷房の有無における室温の比較

冷房期間中の夏季晴天日として、8/28における厨房、ホール、バックヤードの室温(局所空調無時)及び外気温度を比較したものを図5に示す。また8/28について、厨房での局所冷房を設置した場合(局所冷房有)と局所冷房を設置しない場合(局所冷房無)の室温算出結果と、冷房能力と風量に基づく局所冷房の予想給気温度を加えて整理したものを図6に示す。

その結果、図5に示すように空調時間帯である10時～17時は、空調設備のあるホール及びバックヤードは設定温度の25℃程度となるが、厨房室温は空調のあるホール室温と比較して、平均0.2℃高い結果となった。

また図6に示すように局所冷房有の室温は、局所冷房無の室温と比較して平均室温が約0.5℃下がる。また局所冷房の予想給気温度は16.2～17.0℃を推移し、室温と比較して約8.9℃低い温度で給気される。

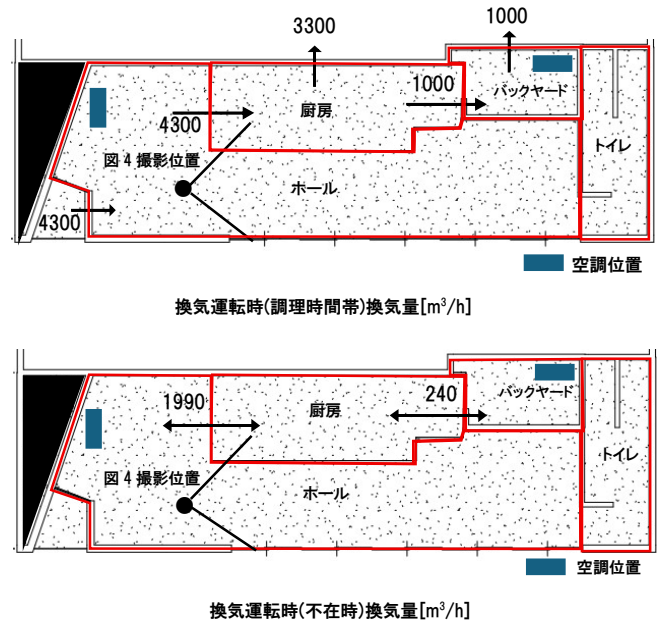


図3 想定したゾーン間換気量及び空調位置

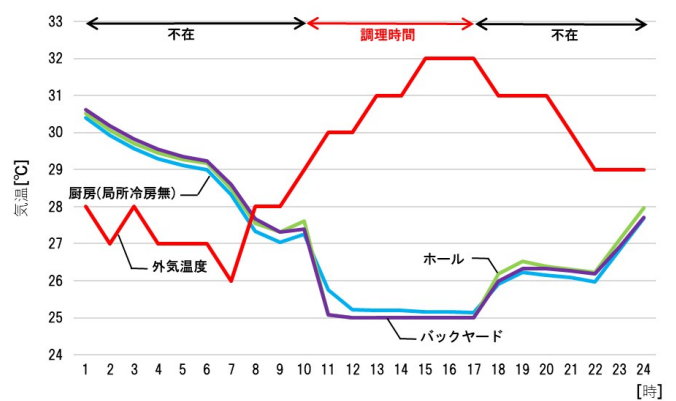


図5 各ゾーンの室温及び外気温(8/28)

これらの結果より夏場の厨房は室温上昇に加え、調理器具からの放射環境も悪化することから、冷風を直接料理人に当たることで、料理人の暑さストレスを軽減することができ、パフォーマンス向上も可能であるといえる。

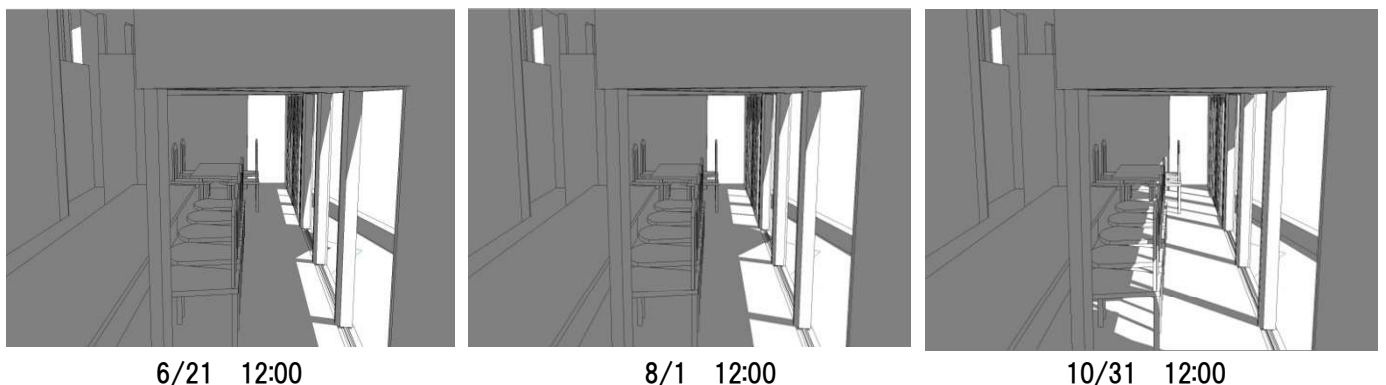


図4 南面からの季節別日射侵入程度

8. 局所冷房の有無における快適性指標の比較

次に厨房の料理人とホールの利用者の総合的な熱的快適性を評価するため、SET*(標準新有効温度)を算出し、厨房に局所冷房を配置する効果について評価した。図7に8/28におけるSET*を算出した結果を示す。

指標の算出にあたっては、着衣量を示す夏季のclo値として利用者0.5clo、料理人0.6cloとした。また代謝量を示すmet値⁴⁾について表5に示す。ホール側は利用者が椅座で食事しているものとして、食事時間帯の11時～14時において1.2metとした。また厨房については、料理人が立位状態で準備(10:00-11:00 2.1met)、調理(11:00-14:00 2.6met)、片付け(14:00-17:00 1.7met)をしているものとして設定した。

図7より厨房では局所冷房がない場合のSET*は、平均して約26.3℃となっており、快適範囲を超え、不快な環境となっているが、局所冷房を設置した場合のSET*は25.5℃となっており、22.2～25.6℃の快適範囲内となる。そのため、局所冷房を設置することでSET*の上昇が抑制され、料理人の熱的負荷軽減に寄与できるといえる。また、ホールは空調設備が配置されているため、室温25℃程度となることから、利用者のSET*は、営業時間帯である12～14時は常に快適範囲内の値となった。

また平均皮膚温をGaggeの2-node modelに基づき算出した結果を図8に示す。この結果からも代謝量が少ない利用者の皮膚温が33.6℃前後となるのに対し、料理人については、局所冷房無で約34.9℃、局所冷房有で34.2℃となり、約0.7℃改善し、中立温度となる33～34℃に近い値となった。

これらの評価指標の結果から、厨房内の作業環境改善に局所冷房が有効であることが示された。

9. まとめ

夏季において劣悪な熱環境下となるオープンキッチンを有する厨房での温熱環境改善を目的として、局所冷房の設置を想定した数値解析を行った。その結果、厨房内に局所冷房を設置することにより、料理人と利用者双方の快適性が向上できる可能性があることが示された。

[参考文献]

- 1)北川他：局所冷房による自動車乗員の快適性に関する研究，日本機械学会北陸信越支部総会・講演会，No.316，2012.3
- 2)日本工業規格 JIS C 9612：2013
<https://kikakurui.com/c9/C9612-2013-01.html>，(参照日 2025/9/20)
- 3)飲食店の温度管理
<https://tmcn.jp/column/>，(参照日 2025/8/3)
- 4)改訂第2版『身体活動のメッツ(METs)表』成人版
https://www.nibn.go.jp/activities/documents/2024Compendium_table_adult_ver1_1_5.pdf(参照日 2025/8/3)

[謝辞]

本研究を実施するにあたり、設計者の中園美博(twaha 代表取締役)氏をはじめとする関係各位には多くのご協力いただきました。ここに記し感謝の意を表します。

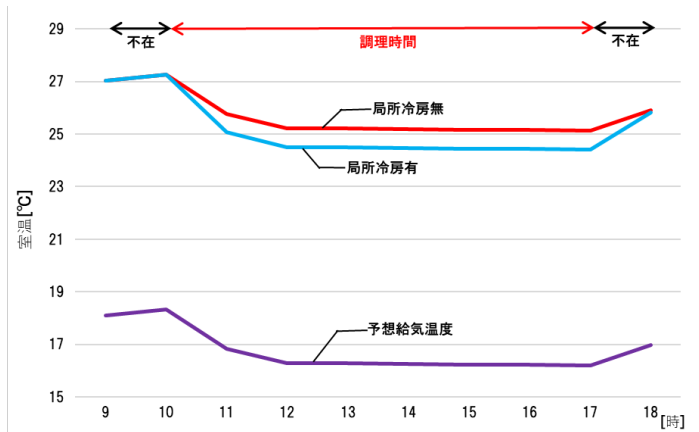


図6 局所冷房の有無における厨房室温比較(8/28)

表5 料理人および利用者の活動別代謝量(met)設定値

	料理人	利用者
準備(10:00-12:00)	2.1	-
調理(12:00-14:00)	2.6	1.2
片付け(14:00-17:00)	1.7	-

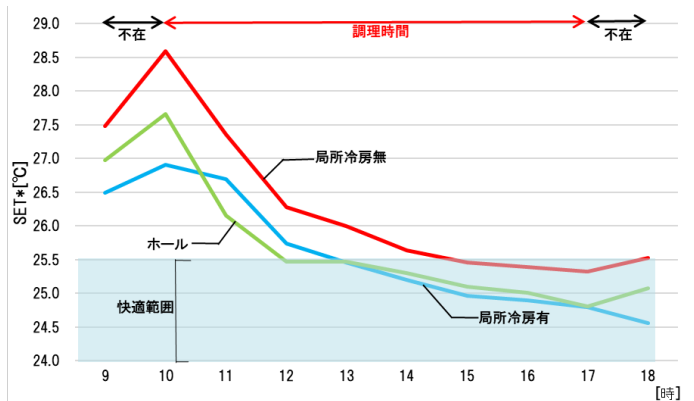


図7 料理人(厨房)と利用者(ホール)のSET*の比較

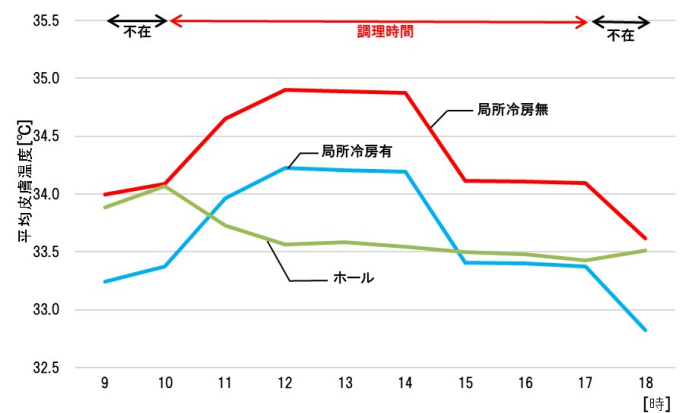


図8 料理人(厨房)と利用者(ホール)の平均皮膚温の比較