

平成 21 年 4 月 1 日現在

研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2007～2008
課題番号：19360261
研究課題名（和文） 複数の空調用屋外機の相互干渉及び周辺環境への影響に関する計測と CFD 解析
研究課題名（英文） Measurement and CFD simulation on the influence of the mutual interference and circumference environment of the multiple outdoor units for air-conditioning
研究代表者 石原 修 (ISHIHARA OSAMU) 熊本大学・大学院自然科学研究科・教授 研究者番号：10037971

研究成果の概要：本研究課題は、人工排熱、特に空調排熱が建物周辺の熱環境に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。また、空調排熱で暑熱化した屋外機周辺の熱環境が、空調機のエネルギー性能に及ぼす影響に関して検討を行っている。以下の研究課題について重点的に検討を行った。

空調用屋外機の排熱が建築外部空間およびエネルギー効率に与える影響に関する解析
CFD 解析による建物周辺の熱環境のケーススタディー

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	8,600,000	1,118,000	9,718,000
2008 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
年度			
年度			
年度			
総計	13,200,000	2,498,000	15,698,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：ヒートアイランド，空調排熱，実測，CFD 解析

1. 研究開始当初の背景

都市における集中豪雨、海水面の高温化が原因と考えられるハリケーンによる甚大な被害の多発化などに表われているように、地球環境問題や地球温暖化は、近年ますます深刻化している。政府の京都議定書目標達成計画は、産業・家庭などの 5 部門で、それぞれ二酸化炭素の削減目標を打ち出しているが、環境省、経済産業省の温室効果ガス排出量の要因分析によると、2005 年度のエネルギー起源二酸化炭素排出量は 1990 年比で、業務部門では 42.2%増(目標 15%増)、家庭部門では

37.4%増(同 6%増)となっており、いずれも増加傾向にある。環境省の試算では、都市におけるエネルギー使用に伴う人工顕熱排熱量は、事業所等を含む建物排熱が全体の 60%程度を占めており、これは、建物の熱吸収量の増加に伴う建物の高温化による空調機台数の増加が一因と考えられる。また、事務所ビルにおけるエネルギー消費構造を鑑みると、空調用熱源に関するエネルギー消費量は全体の 30%程度を占めており、これにより、都市における空調排熱は広範囲に影響を及ぼしているものと考えられる。

2. 研究の目的

研究代表者らはこれまでに、熊本市内における気温・湿度分布の長期定点観測及び自動車による移動観測を行っており、人工排熱や土地被覆状況の変化が原因と考えられる気温高温化について検討を行っている。本研究ではこれらの研究成果を考慮して、以下の3つのテーマを研究目的とした。

(1) 実測による屋外環境の影響評価

空調排熱の影響による気温高温化の原因を把握するために、空冷式屋外機及び水冷式屋外機の排熱特性の違いを明らかにし、気温上昇に寄与する顕熱排熱の特性について検討を行った。また、顕熱排熱を主体とする空冷式屋外機の稼働状況が空調機のCOPに及ぼす影響について検討した。さらに、夏季及び冬季において、単一の屋外機に関する現場実測を行うことにより、空調用屋外機の屋外環境評価及びエネルギー効率について検討を行った。

(2) 複数台設置された空調用屋外機の周辺環境の影響評価

空調用屋外機の排熱が建物の周辺環境やエネルギー効率に及ぼす影響を明らかにするために、屋外機が水平方向及び鉛直方向に複数台設置された場合の熱環境実測、並びに空調機のエネルギー効率の実測を行った。また、屋外機の相互干渉などによる各屋外機の熱交換効率の低下を明らかにすることを目的に、屋外機及び屋内機の熱収支やエネルギー効率を測定した。さらに、屋外機の周辺環境や稼働状況が空調機のCOPに与える影響について検討した。

(3) CFDによる屋外機周辺の熱環境解析

屋外機周りの詳細な熱環境実測と、これと同様な条件下で実施したCFD解析との結果比較を行い、CFD解析により実現象の再現精度を検証した。また、CFD解析を用いることにより、屋外機の設置形態別のケーススタディーを行い、屋外機周辺の熱環境の違いが空調機のエネルギー効率に及ぼす影響について検討した。

3. 研究の方法

(1) 実測による屋外環境の影響評価

屋外機周辺環境の実測

空冷式屋外機及び水冷式屋外機の排熱が建築外部空間に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、屋外機周辺の温湿度分布の測定を行った。また、空調用屋外機の排熱特性や実使用時のエネルギー効率に関して検討した。なお、対象とする屋外機は、空冷式屋外機、冷却塔ともに1台のみを稼働させた。また、屋外機の選定にあたっては、冷房能力や冷凍能力が空冷式屋外機、冷却塔ともに一

般的な容量であるものを選定した。

空冷式屋外機と冷却塔の排熱特性

空冷式屋外機と冷却塔の排熱特性及び室内での処理熱の内訳やCOPについて検討を行った。

(2) 複数台設置された空調用屋外機の周辺環境の影響評価

平面設置型屋外機周辺の熱環境の実測

水平方向に複数台設置された場合における空調用屋外機の排熱が、建築外部空間に及ぼす影響を明らかにするために屋外機周辺の温度分布等の測定を行った。また、屋外機の相互干渉などによる各屋外機の熱交換効率の低下を明らかにすることを目的に、屋外機及び屋内機の熱収支及びエネルギー消費効率の測定結果について分析した。

重層設置型屋外機周辺の熱環境の実測

我が国の中層・高層マンションでは、近年ほとんどの住戸に空調機器が設置されている。中層・高層マンションや事務所ビル等の空調では、空調用屋外機の配置場所が問題となるが、屋外機を上下階に連なるように設置するケースが多くみられる。このような場合、排熱の浮力効果やビル風の上昇流の影響により、上下階で排出された高温、低温空気が上下階へ輸送され、空調機のエネルギー効率が悪化することが予想される。屋外機が鉛直方向に複数台設置された場合における空調用屋外機の排熱が、建築外部空間に及ぼす影響を明らかにするために屋外機周辺の温度分布等の測定を行った。

(3) CFDによる屋外機周辺の熱環境解析

屋外機周辺の熱環境実測とCFD解析との比較

CFD解析による各種のケーススタディーを実施するために、近藤らおよび桃井らの研究を参考に、旋回流れの卓越した屋外機の吹出し口における流入境界条件の作成を行った。また、作成した境界条件の精度検証を行うために、新たに実施した実測結果との比較を行った。

屋外機の設置状況別のケーススタディー

屋外機の設置状況別のケーススタディーを行い、屋外機周辺の吸込み温度の違いやエネルギー効率の差異について検討した。

4. 研究成果

(1) 実測による屋外環境の影響評価

空調排熱の影響による気温高温化の原因を把握するために、空冷式屋外機及び冷却塔の排熱特性の違いを明らかにし、顕熱排熱の特性について検討を行った。また、空冷式屋外機の稼働状況が空調機のCOPに及ぼす影響について検討した。得られた知見を以下に示す。

夏季における温度分布測定結果により、空冷式屋外機の周辺温度の方が、冷却塔の周辺温度分布よりも全体的に高温となっていることを確認した(図1)。

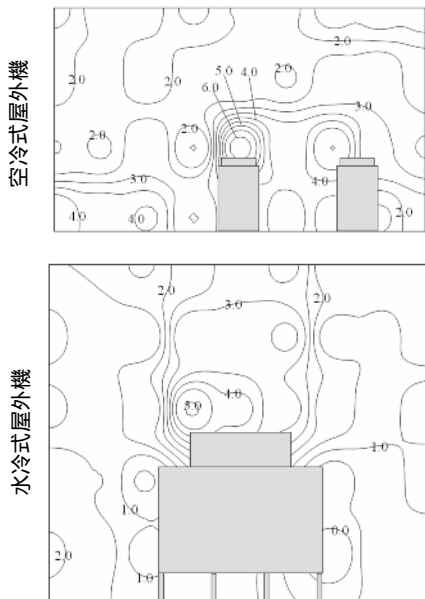


図1 夏季における屋外機周辺の温度分布(気象台で観測された気温との差温[])

空冷式屋外機及び冷却塔の排熱特性について考察した結果、冷却塔からの顕熱排熱量は、全排熱量の約2%から約12%程度であり、気温上昇に寄与する顕熱排熱量の比率は、空冷式屋外機に比べて小さいことがわかった(図2)。

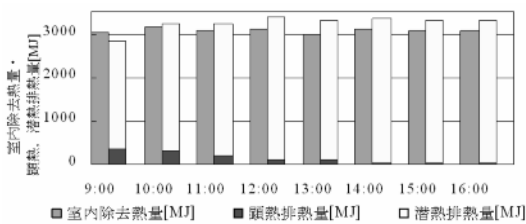


図2 排熱量と室内除去熱量の比較(水冷式屋外機の場合)

空冷式屋外機の実使用時のCOPとメーカーカタログに表示されるCOPを比較した結果、実使用時とカタログ記載のCOPは大きく異なっていることを示した(図3)。

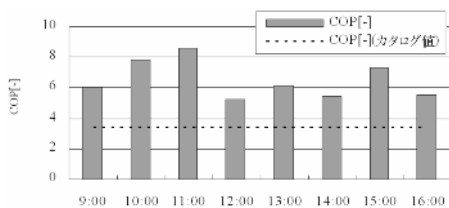


図3 実使用時COPとカタログ表示のCOP

空調機の稼働状況の違いによるCOPの変動について検討した結果、冷媒管出入口温度差が小さく、かつ空調機の負荷率が低い場合のエネルギー効率は低く、冷媒管出入口温度差が大きく、かつ空調機の負荷率が高い場合のエネルギー効率が低い傾向にあることを示した。さらに、COPの相対度数分布を算出した結果、実使用時の約6割程度がカタログ表示のCOPよりも低効率で運転していることがわかった(図4,5)。

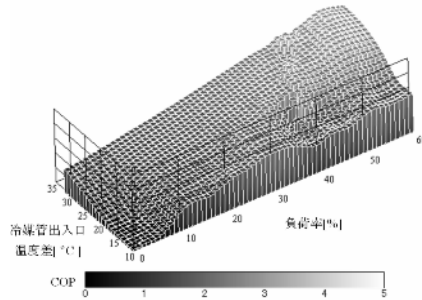


図4 冷媒出入口温度差及び負荷率とCOPの関係

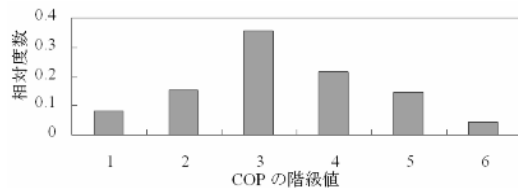


図5 COPに関する相対度数分布

(2) 複数台設置された空調用屋外機の周辺環境の影響評価

平面設置型屋外機周辺の熱環境の実測
屋外機周辺の温度分布図において、夏季、冬季共に稼働率が高い場合に、稼働率が低い場合と比較して、周辺環境に与える影響が大きい(図6,7)。

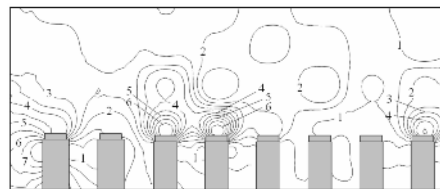


図6 夏季低稼働率時の温度分布

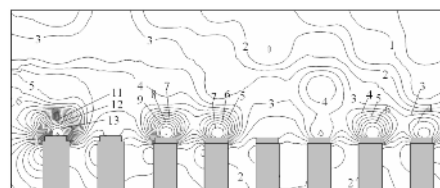


図7 夏季高稼働率時の温度分布

実測した空調機では、負荷率が40%程度のときのCOPが最大となった。また、低負荷率時の場合は、屋外機吸込み温度のCOPへの影響が小さい(図8)。

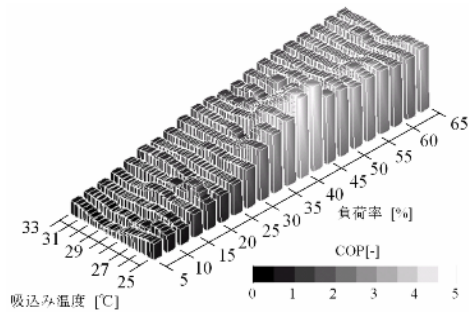


図8 負荷率・吸込み温度・COPの関係

(3) CFDによる屋外機周辺の熱環境解析

実測結果より作成した吹出し口における各方向の風速成分を用いて、屋外機の吹出し口における複雑な旋回流れを再現した(図9)。

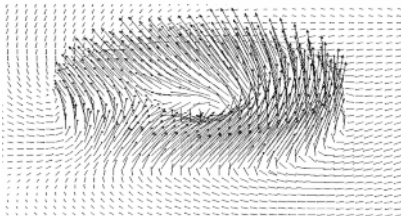


図9 吹出し口における風速分布の解析例

作成した吹出し境界条件を用いて、実測結果とCFD解析結果を比較した結果、EHPの場合は吹出し口からの排熱の影響は、実測の方がやや広く拡散しているものの、鉛直方向の熱拡散距離については概ね一致することを示した(図10)。また、GHPの場合は、吹出し近傍での温度分布の再現性は概ね妥当であるが、CFD解析による排熱の水平方向の拡散距離は実測結果よりもやや小さく評価された(GHP)。

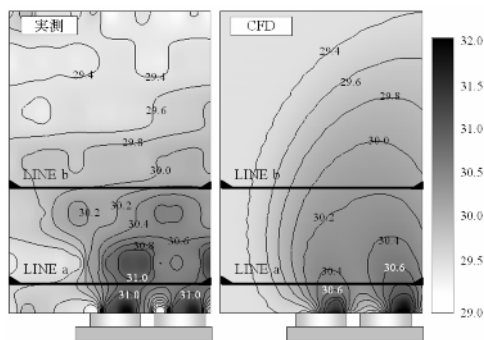


図10 実測結果とCFD解析結果との比較 (EHPの場合,単位:[])

屋外機の設置状況別のケーススタディーを行い、屋外機周辺の吸込み温度やエネルギー効率の違いについて検討した結果、屋外機からの排熱の影響が吸込み口に及ばない外部風況の場合は、吸込み口温度の上昇が緩和され、その結果COPも高くなることを示した(図12)。

また、各屋外機の間隔を広げて設置する場合、吸込み口温度の高温化が抑制され、COPは設置間隔が狭い場合よりも高くなることを示した。さらに、屋外機からの排熱の影響は、GHPの方がEHPよりも広範囲となり、その結果吸込み口温度も高くなることを明らかにした(表1,図13)。

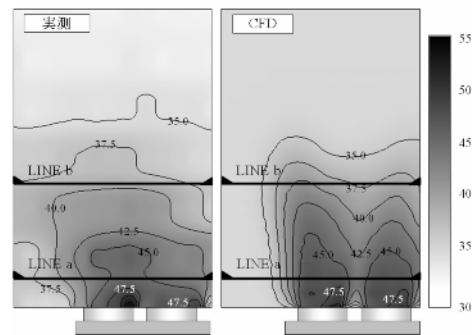


図11 実測結果とCFD解析結果との比較 (GHPの場合,単位:[])

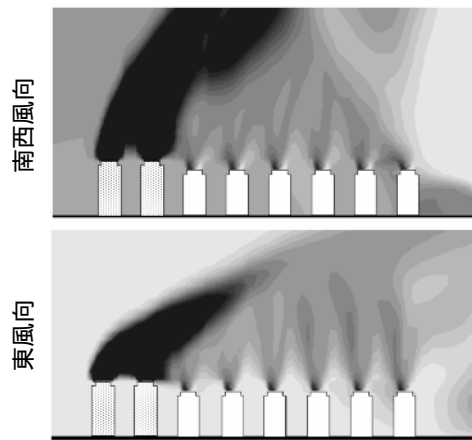


図12 外部風向が異なる場合の温度分布の解析結果

表1 検討ケース

ケース	設定状況
Case1	現状配置(南西風向)
Case2	現状配置(東風向)
Case3-1	屋外機の間隔:2m(南西風向)
Case3-2	屋外機の間隔:3m(南西風向)
Case3-3	屋外機の間隔:4m(南西風向)
Case3-4	屋外機の間隔:5m(南西風向)
Case4	EHPのみにより排熱(南西風向)
Case5	GHPのみにより排熱(南西風向)

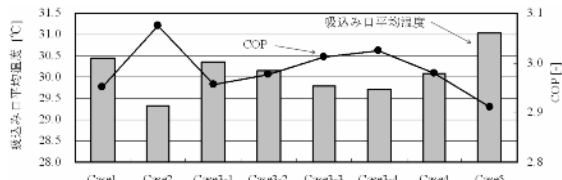


図 13 各ケースの吸込み口平均温度と COP

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

(1) 久保隆太郎, 村田泰孝, 酒井孝司, 石原修: 空調用屋外機の排熱特性及びエネルギー効率に関する研究 第 3 報 CFD による屋外機周辺の熱環境解析, 空気調和・衛生工学会論文集, 査読有, No.147, pp.37-46, 2009.06.05

(2) 久保隆太郎, 村田泰孝, 酒井孝司, 石原修: 空調用屋外機の排熱特性及びエネルギー効率に関する研究 第 2 報 複数台設置された空調用屋外機の周辺環境の影響評価, 空気調和・衛生工学会論文集, 査読有, No.139, pp.27-35, 2008.10.05

(3) 久保隆太郎, 石原修: 空調用屋外機の排熱特性及びエネルギー効率に関する研究 第 1 報 実測による屋外環境の影響評価, 空気調和・衛生工学会論文集, 査読有, No.133, pp.19-26, 2008.04.05

[学会発表](計 9 件)

(1) O. Ishihara, etc.: Analysis of the Thermal Environment around Outdoor Units for Air-conditioning by Means of CFD and Measurement, The Yellow Sea Rim International Exchange Meeting on Building Environment and Energy 2008, pp.105-112 2008.01.29, Busan

(2) 石原修, 他: ヒートアイランド現象のメカニズム解析と空調排熱の影響に関する研究 第 5 報 平面設置型, 重層設置型屋外機の熱環境実測とエネルギー効率の測定結果, 空気調和・衛生工学会九州支部研究報告, No.14, pp.115-118, 2007.05.30, 福岡

(3) 石原修, 他: ヒートアイランド現象のメカニズム解析と空調排熱の影響に関する研究 第 6 報 CFD による空調用屋外機周辺の熱環境解析, 空気調和・衛生工学会九州支部研究報告, No.14, pp.119-122, 2007.05.30, 福岡

(4) 石原修, 他: 複数台設置される空調用屋外機が周辺環境およびエネルギー効率に及ぼす影響に関する研究 その 1 平面設置型屋外機の熱環境実測とエネルギー効率の測定結果, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2 環境工学 2, Vol.2007, pp.273-274,

2007.07.31, 福岡

(5) 石原修, 久保隆太郎: 複数台設置される空調用屋外機が周辺環境およびエネルギー効率に及ぼす影響に関する研究

その 2 重層設置型屋外機周辺の熱環境実測とエネルギー効率の測定結果, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2 環境工学 2, Vol.2007, pp.275-276, 2007.07.31, 福岡

(6) 石原修, 他: 空調排熱が建築外部空間及びエネルギー効率に及ぼす影響に関する研究 (第 1 報) 平面設置型, 重層設置型屋外機の熱環境・エネルギー効率の実測, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.3, pp.2345-2348, 2007.08.24, 仙台

(7) 石原修, 他: 冷房時における家庭用エアコンのエネルギー効率の評価, 日本建築学会九州支部研究報告 2 環境系, No.47, pp.325-328, 2008.03.01, 熊本

(8) 石原修, 他: 空調用屋外機の排熱が建築外部空間及びエネルギー効率に及ぼす影響に関する研究 その 3 CFD による屋外機周辺の熱環境解析, 日本建築学会九州支部研究報告 2 環境系, No.47, pp.449-452, 2008.03.01, 熊本

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石原 修 (ISHIHARA OSAMU)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 10037971

(2) 研究分担者

該当者なし

(3) 連携研究者

酒井 孝司 (SAKAI KOJI)

明治大学・理工学部建築学科・准教授
研究者番号: 40274691

村田 泰孝 (MURATA YASUTAKA)

崇城大学・工学部建築学科・助教
研究者番号: 60409464

(4) 研究協力者

久保 隆太郎 (KUBO RYUTARO)

日本学術振興会・特別研究員 PD
研究者番号: 60373023