

建築における空調熱源と電力供給システムの構成が夏季の都市熱環境に及ぼす影響

亀卦川 幸浩¹・玄地 裕²・近藤 裕昭³

¹工博 明星大学助教授 理工学部環境システム学科 (〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1)

E-mail: kikegawa@es.meisei-u.ac.jp

²工博 産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター地域環境研究チーム長

(〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1)

E-mail: y.genchi@aist.go.jp

³理博 産業技術総合研究所環境管理技術研究部門大気環境評価研究グループ長

(〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1)

E-mail: kondo-hrk@aist.go.jp

本研究では、空調熱源と電力供給システムの構成が夏季の都市熱環境に及ぼす影響について、中層高密度な典型的な事務所街である大阪市中央区の街区領域を対象とし、数値シミュレーションによる検討を行った。検討には著者らの都市気象・エネルギー連成モデルを適用し、以下の知見を得た。

- ・システム構成に応じた人工排熱の増減は、顕熱が-86～+78%、潜熱が-100～+418%の範囲と予想された。
- ・この排熱変化に伴う気温影響（最大0.5℃低減）は、ヒートアイランド対策と同程度と推定された。
- ・以上により、省エネ・CO₂削減に加え、都市熱環境保全の観点より都市エネルギーシステムを評価する事の重要性が定量的に示された。

Key Words : heat island, urban thermal environment, building energy system, anthropogenic heat, numerical simulation

1. はじめに

ヒートアイランド現象は、世界の都市域において進行しつつある局地スケールの温暖化現象である。その進行速度は、地球温暖化の速度（全球平均で過去100年間に0.6±0.2℃の昇温）を凌駕し、我が国大都市域にあっては年平均気温がこの100年で2～3℃上昇、東京における気温30℃超の年間延べ時間も過去20年で2倍以上に増加している¹⁾。かかる状況下、同現象は社会問題として広く認識され、東京都は「都市と地球の温暖化阻止に関する基本方針」を2002年11月に公表し、「東京を冷やす」施策への取組に着手、政府は2004年3月末に「ヒートアイランド対策大綱」を策定するに至った。

このヒートアイランド現象の主な要因は、エネルギー消費の集中に伴う人工排熱の増加と、都市被覆の人工化・乾燥化による表面温度の上昇と考えられている。前者については省エネ等による排熱削減、後者については緑化等による都市表面の冷却、が夏季の都市熱環境緩和に向けた対策の方向性として打ち出されている¹⁾。ここで、人工排熱の排出構造（量や排出場所および時間変化）は、都市への電力供給方式や建築の空調方式等に左右されるものであるが、このような都市のエネルギーシ

ステムについては今後、様々なシステム構成の変化も予測される。その中には、高効率であっても都市内での発電排熱の増加を伴う可能性を有する分散型電源の普及等、省エネが必ずしも排熱削減に寄与しないケースも想定される。従って、エネルギーシステムの変容に伴う排熱構造の変化とその都市熱環境への影響度合いを、緑化等の熱環境改善策による効果と対照化可能な手法のもとで予測評価していくことは、都市総体としての省エネ・CO₂排出の削減に寄与し、熱環境保全とも矛盾しない今後の都市エネルギーシステムのあり方を論ずる上で、不可欠と考えられる。しかるに、数種の空調システムに着目しその熱環境影響を比較解析した既往研究²⁾などが散見されるのみで、総合的な評価研究の事例は未だ存在しない。

こうした問題意識のもと、本研究では都市の気象・熱環境と建築エネルギー需要の連成解析を可能とする著者らの数値モデル³⁾・⁴⁾を用い、都市街区空間にて支配的となる建築排熱を左右する空調熱源・電力供給システムに着目し、その構成の変化が夏季熱環境に及ぼす影響を予測すると共に、緑化等のヒートアイランド対策による効果との比較評価を試みた。評価に際しては、建築系の排熱が高密度に存在する事務所系の密集街区を、ヒートア

イランド化による夏季熱環境の悪化が懸念される大阪市域より抽出し、シミュレーションの対象領域とした。本報では以上の研究成果について報告する。

2. 都市気象・エネルギー連成モデルの改良

(1) モデルの概要

検討には著者らが開発した都市気象・エネルギー連成モデル^{3), 4)}を用いた。同モデルは、関東平野規模の広域気象から都市街区空間の屋外熱環境、さらには建物の室内熱環境・空調エネルギー消費までを動的に結び付けたマルチスケールの数値モデルである。メソスケール広域気象モデル (MM)，街区キャノピー気象モデル (CM)，ビルエネルギー・排熱解析モデル (BEM) のサブモデルより構成される。モデルは、気象条件と建築空調エネルギー消費の排熱を介した相互作用過程を都市スケールで考慮可能であり、各種の夏季ヒートアイランド対策について、都市冷房エネルギー需要への波及効果を加味した評価を可能とする。以上の都市気象・エネルギー連成モデル (以降、MM-CM-BEMと略す) における計算フローを図-1に示す。

都市ガス空調、コージェネレーションシステム (以下CGS) 等、都市域において想定される民生用の空調熱源と電力供給システムの多様性を現実的に考慮可能とすべく、本研究ではBEMを対象にモデルの改良を行った。以下、改良内容について述べる。

(2) 熱源機器特性のモデル化

BEM上、建築の冷房エネルギー消費量は、冷房熱源機器における消費エネルギーと、送風ファン・冷温水ポンプ等の空調搬送系の消費エネルギー、の二つの部分に分けて計算される。このうち、前者の熱源機器消費エネルギーのシミュレーションは、冷房熱負荷 (冷熱需要) と同負荷を処理する熱源機器のエネルギー効率を表すCOP ($\equiv$ 冷熱需要 / 消費エネルギー) の両者の数値予測に基づく。ここで、後者のCOPについては、外気温等の温度条件や部分負荷率により変化する熱源機器の入出力特性を考慮した推計が必要とされる。本研究では業務建築用の冷房熱源として代表的と考えられる表-1の熱源を対象に、機種毎の代表的入出力特性を各種の文献に基づき同定・関数化し、COPの推計に用いた。解析対象とした熱源について、定格COP、空調方式等の仕様を表-1に併記する。また、同定された入出力特性の関数式に基づくCOPの推計結果を、全負荷運転 (部分負荷率=1.0) のケースについて図-2に示す。

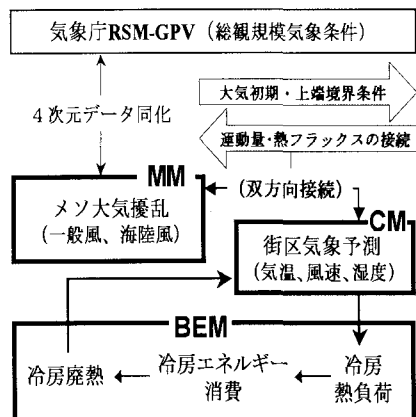


図-1 都市気象・エネルギー連成モデルの計算フロー

表-1 検討対象とした冷房熱源機器の仕様

機器名称	略称	空調方式	エネルギー源	定格COP	廃熱源	入出力特性
直燃吸収式冷温水発生機	CAWDCH	中央式	都市ガス	0.97	冷却塔	文献5)
温水吸収型単効用冷凍機	CAWSR0	中央式	廃熱 (温水)	0.70	冷却塔	文献5)
ガスエンジンHPPマルチ (ビルマル)	MGACH0	個別式	都市ガス	0.95	室外機	文献6)
空冷電動ヒートポンプ	CEASCH	中央式	電力	2.73	室外機	文献6)
空冷パッケージ (ビルマル)	MEACH1	個別式	電力	2.58	室外機	文献7)
水熱源ターボ冷凍機	CEWTR0	中央式	電力	4.71	冷却塔	文献6)

※ 全熱源に關し、下限負荷率を20%とするon-off運転を想定。

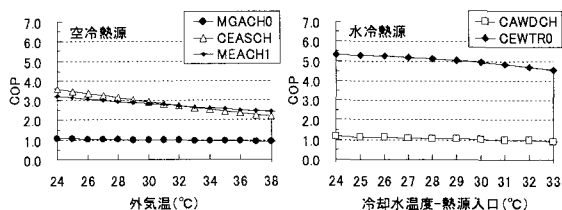


図-2 各種熱源のCOP曲線 (全負荷運転時)

(3) 空調搬送動力の推計

一方、空調搬送系のエネルギー需要は、熱源機器が同一種であっても、空調方式や建築規模等の諸条件に依存し複雑に変化するため、モデル化は必ずしも容易ではない。このため、これまでのBEMにおいても、空調搬送動力を陽には数値予測の対象とせず、建築用途別に設定する床面積あたりの一般電力需要の一部として扱ってきた。

以上の空調搬送動力の推計精度の向上に向け、本研究では熱源・空調方式を加味した推計手法を新たに導入した。同手法は、東京への立地を想定した標準的事務所建築を対象に、空調システムシミュレーションの適用により建築エネルギー消費に関し詳細な解析を実施した野原他 (2001)⁸⁾の検討結果に基づく。同研究での夏季 (8月) における消費エネルギーの用途構成の解析結果を表-2に示す。表中の用途構成比は、建築規模や窓面方位等、複数の建築条件下で得られた野原他 (2001)⁸⁾のシ

表-2 東京の標準的事務所建築における夏季（8月）の消費エネルギーの用途構成に関する解析例⁸⁾

熱源・空調 方式 ²⁾	1次エネルギー消費の用途構成(%) ³⁾				空調動力/ 熱源動力	左記比率の 適用対象熱源
	一般電力 ²⁾	空調動力 (電力) ²⁾	熱源動力 (電力+ガス)	その他		
方式-I	29.6	10.5	51.5	8.4	0.20	MEACH1、MGACH0
方式-II	34.7	23.6	31.7	10.0	0.75	CEASCH、CEWTR0
方式-III	30.3	27.0	34.0	8.7	0.79	CAWDCH、CAWSR0

注1)方式-I:個別熱源(電気式ビルマル、GOP=2.6)+パッケージ空調
方式-II:中央熱源(電気式冷卻ター、GOP=3.2)+単一ダクト空調
方式-III:中央熱源(ガス直熱吸収式冷水機発生、定格COP=1.0)+単一ダクト空調
注2)電力の一次エネルギー換算係数=2250kcal/kWh
注3)照明、コンセント、エレベータ動力用の電力消費を指す。
注4)空調機、各種ポンプ、換気用の空調送風系の電力消費を指す。

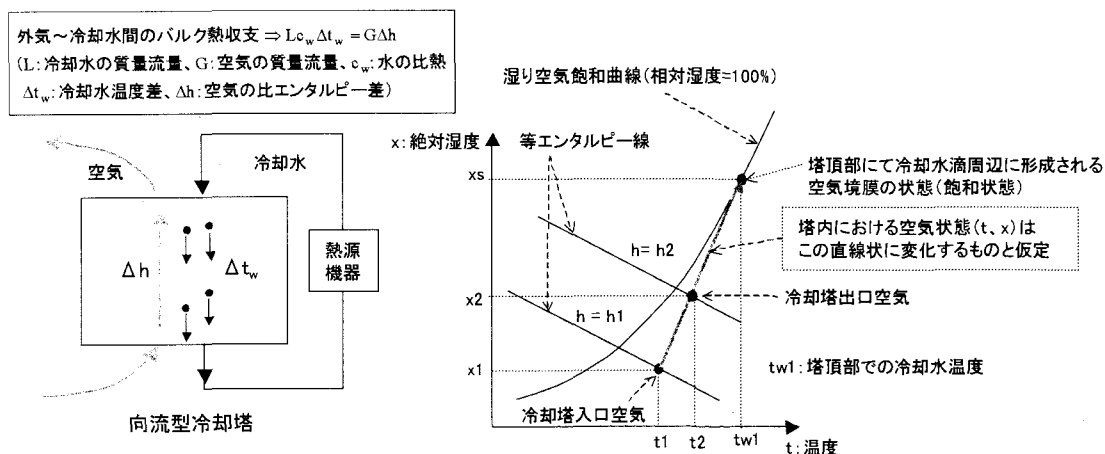
あわせて、水冷式冷房熱源の排熱源となる冷却塔について、CMにより算出された所与の外気条件下、塔内での熱水分移動過程を考慮し、排熱の動的な顕熱・潜熱分離を行う冷却塔モデルを作成した(図3)。同モデルは、空調用として一般的な向流型冷却塔を対象に、空気～冷却水間のバルク熱収支を考慮し、塔内での空気状態量(温度・絶対湿度)の変化を予測可能とするモデルである。塔下部より流入した外気について、塔頂部入口での冷却水滴周辺に形成される空気境界膜(飽和状態)とのエンタルピー平衡を極限状態として仮定し、湿り空気線図(t - x 線図)上、外気状態量の変化を直線近似する簡易的な熱・水分移動モデル⁹⁾を採用した。同モデルにより算出された塔出口の空気状態量を入口空気と対比させ、空

都市域での電力供給システムの将来的移行形態の一つとして、CGS普及に伴う分散型システムへの移行を想定し、その熱環境影響について検討すべく、CGSのエネルギー・熱バランスについてモデル化を行った。本研究での熱環境解析が事務所街区を対象とする事に鑑み、事務所建築にて一般的と考えられるガスエンジンCGS (図-4) について、その熱・エネルギーバランスに関わる以下の基礎式をBEMに新たに導入した。

$$\text{CGS総合効率} = \text{発電効率} + (\text{排熱回収効率} \times \text{排熱利用率}) \quad (4)$$

$$\text{冷却塔等からの余剰熱排熱} = \text{排熱回収量} \times [1.0 - \text{排熱利用率}] \quad (6)$$

ここで、式(5)の排熱については、燃料ガスの高位発熱量と低位発熱量の差に基づき顕熱・潜熱分離を行った。一方、後者については、都市ガスCGSにおける放熱制御方式のバリエーションを勘案し、‘全量を顕熱排出するケース’と‘全量を潜熱排出するケース’の2ケースを想定する事とした。その他、発電効率等のパラメータの設定については次章にて述べる。



- 191 -



- 192 -

(3) その他計算条件

街区被覆の放射・熱物性等、街区構造物に関わる条件設定は、前述の街区形状設定を除き東京大手町地区を対象とした著者らの既往研究³⁾における設定を踏襲した(表-6)。ビル外壁については、事務所建物における典型的構造として、厚さ22cmのコンクリート壁体中の室内側に5cmの断熱材を配する内断熱壁を設定した(CASE-71では外断熱化)。その他、ビル側空調条件に関しても、照明・機器発熱(ピーク値=37.5 W/floor-m²と設定)や空調スケジュール設定を含め、標準的事務所条件とした(表-7)。

表-6 街区構造物の物性値設定

部位	表面 アルベド	熱容量 (Jm ⁻³ K ⁻¹)	熱伝導率 (Jm ⁻¹ s ⁻¹ K ⁻¹)	材質
地中(上層)	0.2	1.93×10 ⁶	1.39	コンクリート
地中(下層)	-	1.74×10 ⁶	1.00	土壌
屋上(断熱層)	-	0.06×10 ⁶	0.04	ポリスチレン発泡板
屋上(その他)	0.2	1.93×10 ⁶	1.39	コンクリート
側壁(断熱層)	-	0.06×10 ⁶	0.04	ポリスチレン発泡板
側壁(その他)	0.2 (0.4)	1.93×10 ⁶	1.39	コンクリート (窓面:30%)

表-7 空調シミュレーションに関わる条件設定

設定項目	設定値	備考(設定根拠等)
冷房設定温度[°C]	26.0	事務所標準条件 ^⑥
冷房設定湿度(相対湿度) [%]	50.0	
窓面での日射透過率 [-]	0.3	ブラインド想定
換気(外気導入)の位置	各階	-
燃料ガス高位発熱量[kcal/m ³]	11000.0	都市ガス 13A 想定
燃料ガス低位発熱量[kcal/m ³]	9960.0	
空調時単位床面積あたり 外気導入量[m ³ /floor-m ² ・h]	4.0	事務所標準条件 ^⑥ (事務室設定)
在室人員あたり床面積[floor-m ² /人]	5.0	
延床に占める空調面積割合 [-]	0.60	-
人体発熱量(顕熱)[kcal/人・h]	47.0	26°C下の事務所 作業値
人体発熱量(潜熱)[kcal/人・h]	55.0	
床面積あたりの冷房負荷最大値 [W/floor-m ²]	105.0	標準事務所条件

4. シミュレーション結果

以上の条件設定のもと、MM-CM-BEMによるシミュレーションを実行した。北浜周辺街区(図-5)を対象としたCM-BEMによる街区スケール数値実験に先立ち、MMによる広域気象シミュレーションを実行し、計算対象期間における大阪市中心部地域の街区大気の初期条件と上端境界条件を生成した。このMM計算結果のもと、CM-

BEMによるシミュレーションを実行した。なお、これ以降に示す計算結果は、各種初期条件設定の影響を考慮し、最初の24時間を省いた2001年7月30日～8月1日の3日間の結果である。

(1) モデルによる実測気象の再現性

著者らはCM-BEMを夏季東京の事務所街に適用した過去の研究^{3) 4)}において、計算結果と街区内部の実測気温等との比較を通じ、モデルによる地上気象の再現性を検証してきている。大阪を対象とした本研究での数値実験においても、重ねてモデルの妥当性を確認すべく、AMeDASデータと計算結果との比較を行った。

まず、地上気温を比較すると(図-6)、水平格子毎(格子間隔は約10km)の広域被覆構成を考慮したMM計算結果では、AMeDASと比べ日最高・最低気温に若干の乖離が認められた。これに対し、北浜周辺の事務所街区のキャノピー形状を陽に考慮したCM-BEM計算結果(CASE-0(北浜周辺))においては、排熱レベルの上昇、街区貯熱量の増大等の影響によりMMに比し気温が上昇し、夜間においてAMeDASとの乖離が顕著となった(最大2°C)。一方、実測地点である大阪AMeDAS局(図-5)近傍の局所的な土地利用条件を現実的に考慮し、芝地の露場条件を設定したCM-BEM計算結果(CASE-0(AMeDAS周辺))では、夜間におけるAMeDASの気温変化がほぼ良好に再現された。以上の夜間を中心に認められた街区気温(北浜周辺)と近隣における露場気温(AMeDAS周辺)の計算結果における差異は、地上気温に及ぼす街区キャノピーの影響を示唆するものであり、同様の気温差を著者らは東京都心での気象観測においても実測している⁴⁾。大気不安定度の減少に伴い、昼間に比し地上気温がより局所的な地表・街区条件の影響下に置かれる夜間において、街区条件を陽に考慮したCM-BEMによりシミュレートされた街区気温と露場気温の関係(図-6参照)は、上述の通り都市域での既往の観測事例⁴⁾と整合した。なお、昼間に残存するCASE-0気温(AMeDAS周辺)と実測値との差異は、MMを用いた広域計算の段階での予測誤差に起因するものであり、その低減に向けてはMM用の広域地表面パラメータの設定等の計算条件の妥当性について、更に検討を要するものと考えられた。以上、昼間における気温再現性に若干の問題点を残すものの、東京の事務所街を対象としたモデルの既往検証事例^{3) 4)}も勘案すれば、夜間を中心に街区気温と露場気温の関係(即ち地上気温に及ぼす街区キャノピーの影響)を模擬可能なCM-BEMは、都市域での地上気温の予測において概ね合理性を有するモデルである事が確認された。

次に、地上相対湿度の比較を図-7に示す。ここでの実

測値は、AMeDAS局と同一地点で測定された大阪管区気象台のデータである。日最高気温の実測値とのずれ（図-6）を考慮すれば、モデルによる相対湿度の再現性は概ね良好と考えられた。

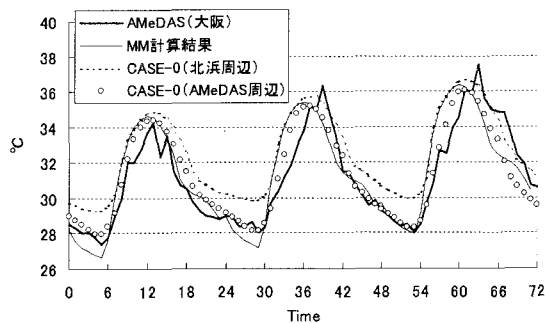


図-6 実測値と計算結果の比較（地上気温）
（計算期間：2001年7月30日0時～8月2日0時）

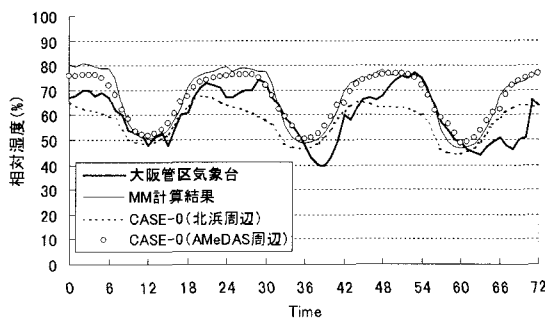


図-7 実測値と計算結果の比較（地上相対湿度）
（計算期間：2001年7月30日0時～8月2日0時）

(2) 電源・熱源構成が排熱動態に及ぼす影響

次に、北浜周辺街区における人工排熱の計算結果を示す。ここでの結果は、自動車排熱について時別の固定条件³⁾を設定し、空調排熱のシミュレーション結果との和により街区の人工排熱量を予測したものである。

土地面積1m²あたりの顕熱排熱（図-8）でみると、CASE-0の排熱（昼間平均：233.6W/m²、夜間平均：11.2W/m²）に比し、顕著な増大はCASE-21, 32, 11で認められる。最大の排熱増は、CASE-21の全都市ガス空調・顕熱排熱ケースにおいて予想され、増分は昼間平均で約200W/m²に達する。一方、減少は空調排熱の大気系外放熱を仮定したCASE-51で最大となり（昼間平均で211.4W/m²減）、この他、全熱源を水冷系へ移行させるCASE-12, 31等でも顕著な減少となる。また、潜熱排熱（図-9）では、CASE-33で際立った排熱増が認められ、昼間平均の排熱量は607.3W/m²とCASE-0の5.2倍に到達する。この他、顕熱排熱の場合とは逆に水冷熱源ケース（CASE-22, 12, 31）で排熱増がシミュレートされた。

以上、熱源・電源構成の変化は、街区の土地面積あたりでみた人工排熱量に対し、顕熱分で-86～+78%、潜熱分で-100～+418%（CASE-0を基準とした日平均増減率）の大幅な変化をもたらすものと予想された。これに対し、ヒートアイランド対策ケース（表-5）での冷房熱負荷削減、気温緩和の波及効果として予測される排熱の抑制効果はCASE-51を除き最大10%程度と予想された。

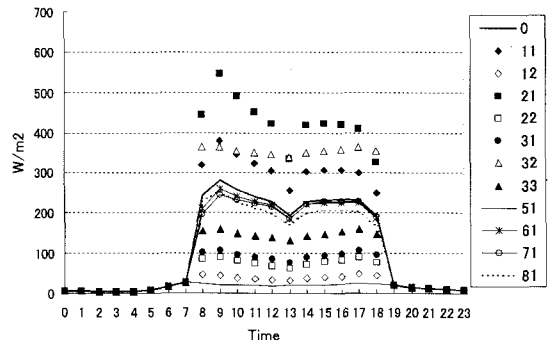


図-8 人工排熱（顕熱）のケース間比較
[北浜周辺街区；2001年7月30日～8月1日の時別平均]

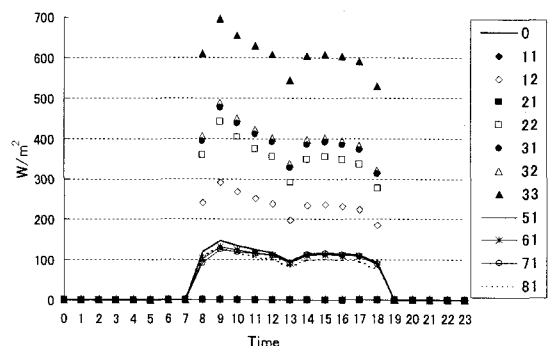


図-9 人工排熱（潜熱）のケース間比較
北浜周辺街区；2001年7月30日～8月1日の時別平均]

(3) 電源・熱源構成がもたらす気象影響

熱源・電源構成の各ケース下で予測された排熱増減が、北浜周辺街区の地上気象に及ぼす影響について解析した。

図-10は、各ケースにおける街区気温のCASE-0に対する時別平均の増減を示したものである。ここでの街区気温は、地上～平均建物高度間のキャノピー平均の気温を用いている。顕熱排熱の増減（図-8）とほぼ整合し、CASE-21, 32で気温上昇（昼間平均で+0.3℃）、CASE-51, 12で気温低下（昼間平均で-0.5～-0.6℃）が認められる。CASE-32（モノジェネケース）とは異なり、高効率のCGS運用を想定したCASE-31においても、昼間平均で0.2℃の気温低下となる。加えて、CASE-61, 71においては、排熱増減に依らない気温変化（昼間最大：-0.4℃、夜間最大：-0.8℃）が見られる。これらは、緑化および外断熱

化が建築表面の熱収支を変化させ、結果として大気への顕熱流が増減した事の帰結である。

一方、図-11は大気比湿（キャノピー平均）の増減の解析結果である。冷却塔からの潜熱排熱増（図-9）が顕著であった水冷却熱源ケース（CASE-33, 31, 22, 12）にて、昼間平均で0.4～0.8g/kgの比湿の増加が認められる。加えて、緑化ケース（CASE-61）にて日平均で最大となる0.8 g/kgの比湿増が植生の蒸散によりもたらされる。

以上、熱源・電源構成がもたらす建築排熱の増減は、中層事務所街の北浜街区にあっては、夏季において従来型のヒートアイランド対策と同程度の気象影響を街区空間に及ぼし得ることが推定された。

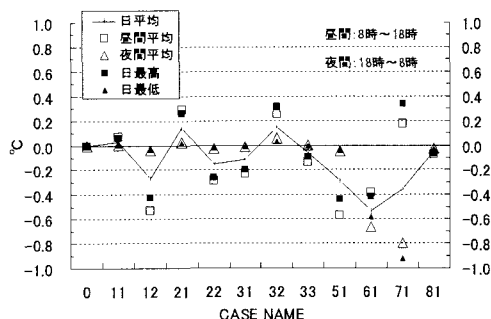


図-10 キャノピー平均気温の比較（CASE-0に対する差）
[北浜周辺街区；2001年7月30日～8月1日の時別平均]

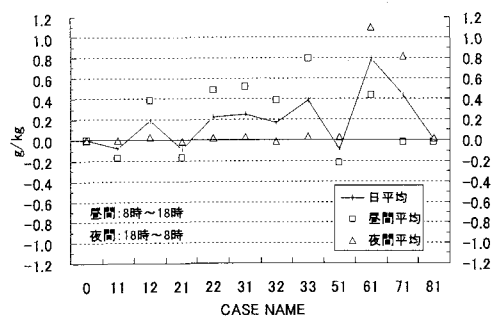


図-11 キャノピー平均比湿の比較（CASE-0に対する差）
[北浜周辺街区；2001年7月30日～8月1日の時別平均]

5. 考察

(1) 快適性影響に関して

各ケース下で見られた気象変化（気温・比湿の増減）について、その影響を快適性の観点から検討した。快適性指標として一般的な不快指数を用いた解析結果を図-12に示す。ケース中最大の不快指数増をもたらすのはCASE-32, 33のモノジェネケースであり、一方、CASE-51の空調排熱削減ケースにおいては最大の快適性向上（指数減）が予測された。

なお、CASE-0において予測された不快指数は日平均

83であった。日本人の平均的体感では、不快指数80以上で「暑くて汗が出る」、同85以上で「暑くてたまらなくなる」、とされている。この事を踏まえると、モノジェネケースにてシミュレートされた昼間に+0.5程度の指数増は、快適性の点で必ずしも無視できない影響を示唆するものであった。この点に付いては、気温・湿度に基づく不快指数の解析に加え、風速や放射条件、更には着衣量等の人体側条件までも考慮したSET*¹¹⁾などのより精緻な温冷感指標に基づき、更なる快適性影響の評価が必要と考えられた。

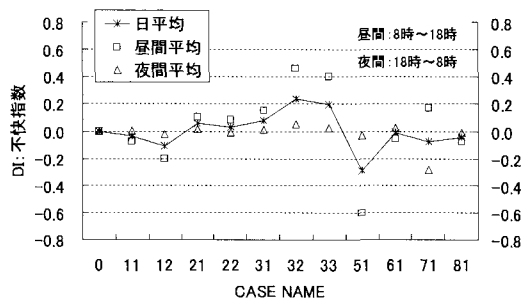


図-12 不快指数のケース間比較（CASE-0に対する差）
[北浜周辺街区；2001年7月30日～8月1日の時別平均]
[DI=0.81T+0.01H(0.99T-14.3)+46.3, T:気温, H:相対湿度]

(2) 地域エネルギー需要への影響

あわせて、ケース間でシミュレートされた建築エネルギー需要の増減について解析した結果を図-13に示す。同図は、単位床面積あたりの街区平均値として算出された用途別の電力・都市ガス消費量をCO₂排出量基準で比較したものである。CO₂排出原単位は表-8の値を用いた。都市ガスCGSによる発電がもたらす系統電力消費の削減効果を含め、系統電力については全て全電源平均の排出原単位（表-8）で評価した。

温熱需要が少ない夏季の事務所街区を計算領域とした為、都市ガスCGSについては高効率運用を想定したCASE-31においてもCASE-0に対し33%のCO₂排出増となった。これに対し、CO₂排出量ベースでみた省エネは、CASE-11, 12の全電気空調、およびCASE-81の内部発熱削減ケースで認められ、CASE-0に対する削減率は20～30%と予測された。一方、他のヒートアイランド対策ケース（CASE-51, 61, 71）での気温緩和（日平均降下量：0.3～0.5℃）に伴うCO₂削減率は2～5%に止まった。

以上、夏季の中層事務所街において、建築エネルギー需要に及ぼす熱源・電源構成の影響は、従来型のヒートアイランド対策に伴う副次的省エネ効果を大きく上回るものと予想された。熱源・電源構成が夏季街区空間に及

ばし得る気象・快適性影響（図-10～12）を勘案すれば、都市熱環境改善（地域スケール）、省エネ・CO₂排出削減（グローバルスケール）の両効果に配慮した熱源・電源構成の検討が重要と考えられた。

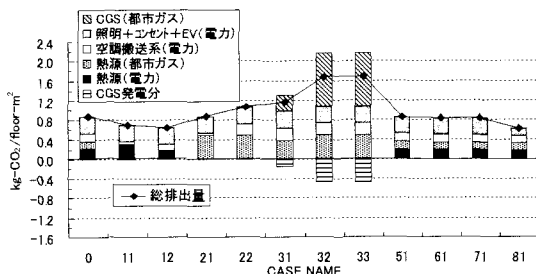


図-13 エネルギー用途別にみた CO₂排出量の内訳
[北浜周辺街区：2001年7月30日～8月1日の積算値ベースでの比較]

表-8 CO₂排出原単位の設定

	CO ₂ 排出原単位	出典・設定根拠
電力	夜間(22～8時)	0.22 kg-CO ₂ /Wh 文献 12)
	昼間(8～22時)	0.29 kg-CO ₂ /Wh (1997～2001年度の関西電力の全電源平均・需要端値)
	都市ガス(13A)	0.051 kg-CO ₂ /MJ 文献 13)(高位発熱基準)

6. まとめ

本研究では、空調熱源と電力供給システムの構成が夏季の都市熱環境に及ぼす影響について、中層高密度な典型的事務所街として大阪市中央区北浜周辺の街区領域を対象に検討を行った。検討には著者らの都市気象・エネルギー連成モデルを用い、以下の知見を得た。

- ・実測気象データとの比較を通じ、対象街区域の気温・湿度の再現性等の観点より、モデルが都市熱環境を概ね合理的に予測可能であることを確認した。
- ・熱源・電源構成の変化は、対象街区域の人工排熱（現況ケースでの日平均顕熱排熱：113W/m²、潜熱排熱：54W/m²）に対し、顕熱分で-86～+78%、潜熱分で-100～+418%の大幅な変化をもたらすものと予想された。
- ・以上の排熱変化は、対象街区域の気温増減でみて、従来型ヒートアイランド対策と同程度の気象影響（昼間平均で0.5℃～0.3℃）をもたらすものと推定された。
- ・以上により、省エネ・CO₂排出削減に加え、都市熱環境改善の観点より熱源・電源構成を評価する事の重要性が示された。

著者らは、以上の成果を踏まえ、本研究にて夏季の事務所街区に限定した研究対象について、通年・都市全域スケールへの拡張のためモデル改良を進めており、改良

モデルを適用したヒートアイランド対策の通年評価¹⁴⁾に着手している。今後は、この都市気象・エネルギー連成モデルを更に発展させ、大気熱環境との連関を考慮した都市エネルギーシステムの統合的な環境影響の評価研究へ適用していくことを計画している。

参考文献

- 1) ヒートアイランド実態解析調査検討委員会：ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について，2001。
- 2) 鳴海大典，下田吉之，水野稔，近藤明：建物からの人工廃熱が都市熱環境および空調熱負荷に及ぼす影響，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp.701-704，2003。
- 3) Kikigawa, Y., Genchi, Y., Yoshikado, H. and Kondo, H.: Development of a numerical simulation system toward comprehensive assessments of urban warming countermeasures including their impacts upon the urban building's energy-demands, *Applied Energy*, Vol.76, pp.449-466, 2003。
- 4) 大橋唯太，平野勇二郎，玄地裕，亀井川幸浩，近藤裕昭，吉門洋：都市気象・ビルエネルギー連成モデルを用いた事務所街区内気温の数値シミュレーション，水工学論文集，Vol.48, pp.133-138，2004。
- 5) 足永靖信，田中稔，山本亨，田口明美：冷熱源機器の導入割合を考慮した空調システムおよび関連機器の地域排熱量に関する研究，空気調和・衛生工学会論文集，No.86, pp.77-86，2002。
- 6) 建築環境・省エネルギー機構：BECS/CEC/AC for Windows操作マニュアル，2001。
- 7) 山崎政人，江草恒則，下田吉之，水野稔：小規模建物における個別熱源システムのエネルギー消費特性に関する研究，空気調和・衛生工学会論文集，No.84, pp.15-23，2002。
- 8) 野原文男，柳原隆司，古越一三雄，松縄堅，伊香賀俊治，近本智行，永瀬修：東京都における業務用ビルの省エネルギー対策とその削減効果（その2）業務用ビルのエネルギー消費量と省エネルギー対策の効果検討，第17回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，pp.337-342，2001。
- 9) 渡辺浩文，尾島俊雄：河川水熱利用地域冷房施設の大気への熱的影響に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.460, pp.61-69，1994。
- 10) 建築設備技術者協会：建築設備情報年鑑（ELPAC），2000。
- 11) Gagge, A.P., J.A. Stolwijk and Y. Nishi: An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response, *ASHRAE Transactions*, 77, pp.247-262, 1971。
- 12) 関西電力：地球環境アクションレポート，2002。
- 13) 環境庁温室効果ガス排出量算定方法検討会：温室効果ガス排出量算定に関する検討結果，第2部，2000。
- 14) Kikigawa, Y., Genchi, Y., Kondo, H. and Ohashi, Y.: Yearlong evaluation of the urban heat island countermeasures from the viewpoints of thermal environment mitigation and urban energy conservation, *Proceedings of the Fifth Conference on Urban Environment* (on CD-ROM), 2004。

IMPACTS OF THE COMPONENT PATTERNS OF AIR CONDITIONING SYSTEM AND POWER SUPPLY SYSTEM IN BUILDINGS UPON URBAN THERMAL ENVIRONMENT IN SUMMER

Yukihiro KIKEGAWA, Yutaka GENCHI and Hiroaki KONDO

This study quantifies the possible impacts of waste heat release from air conditioning system and power supply system in buildings upon urban thermal environment in summer. For this investigation, the authors' multi-scale simulation system for urban thermal environment prediction was applied to a typical office buildings' canopy in Osaka city, and the following results were obtained.

- 1) The possible changes in the component patterns of the abovementioned systems were estimated to cause the diurnal canopy air temperature variations ranging from $-0.5^{\circ}\text{C} \sim +0.3^{\circ}\text{C}$, which were comparable to the effects of promising heat island mitigation measures.
- 2) Accordingly, the importance to assess the environmental impact of urban energy system was clarified not only in terms of energy conservation but also from the aspect of thermal environment mitigation.