

複合的な都市キャノピーを考慮した熱、水蒸気フラックスの予測モデル

豊橋技術科学大学 正会員 ○ 岡村 聖
同 上 正会員 北田敏廣

1. はじめに

本研究は筆者らの複合的なキャノピー構造を考慮した気象モデルを用いて、(1) 都市キャノピーへの植生導入による気候緩和効果、(2) 建物の蓄熱効果、および(3) 人工廃熱の影響、を大気境界層の諸特性に対して調べたものがある。モデルには、植物や建物の LAI、植物の土壌水分の利用可能性、建物の壁体への蓄熱効果、太陽高度の変化、キャノピーの短波、長波放射に対する応答等が考慮されている。

2. 数値モデル

モデルは、筆者らの研究室で従来から継続的に研究を行ってきたもの^{1,2)}を本研究用に改変したものである。図 1 に植生キャノピーと建物キャノピーの LAI を示す。

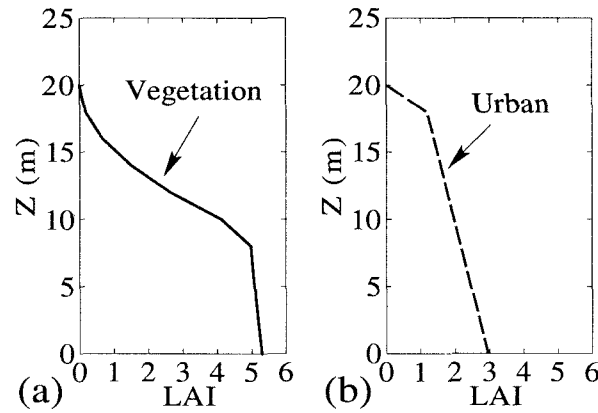


図 1: キャノピーの LAI、(a) 植生、(b) 建物。

3. シミュレーションケース

表 1 に各ケース間の違いを示す。建物および植生キャノピーの高さは 20m とした。

表 1: シミュレーションケース

No.	記述	No.	記述
C5	建物の被覆率 60%	C44	C5 の建物の熱容量 5 割増
C21	C5 に 30% 植生導入	C47	C5 に断熱材使用
C22	C5 に 10% 植生導入	C61	C5 の地上付近から廃熱
C41	C5 の建物の熱容量 5 割減	C64	C5 の建物屋上から廃熱

4. 結果および考察

4.1 都市キャノピーへの植生導入による気候緩和効果

夏季の耐え難い高温化の原因となる顕熱フラックスを減少する手段の一つとして、植生の導入が考えられる。しかし、植生の導入効果がこの顕熱フラックスの減少に、定量的にどの程度の役割を果たすのかはあまりよく知られていない。このことを評価するために、建物の被覆率が 60% の C5 と、これに対してそれぞれ 30% および 10% の植生を導入した C21, C22 の各ケースにおける顕熱フラックスの日変化パターンを図 2 に示す。図 2a は顕熱フラックスの減少に植生の導入が大きな効果を持つことを示唆する。例えば、10%

(C22) の植生の導入は 2 日目の顕熱フラックスの最大値を約 23% カットしている (317W m^{-2} から 244W m^{-2})。この値は植生の種類、LAI、気象条件等によって変わってくるものであるが、鉛直方向に分布する葉の蒸散の効果は、単純に敷地面積からは決まらないことを示唆しており、キャノピーモデルの有効性が示されたと言える。この顕熱フラックスの減少に応じて潜熱フラックスが増加していることが、図 2b からわかる。

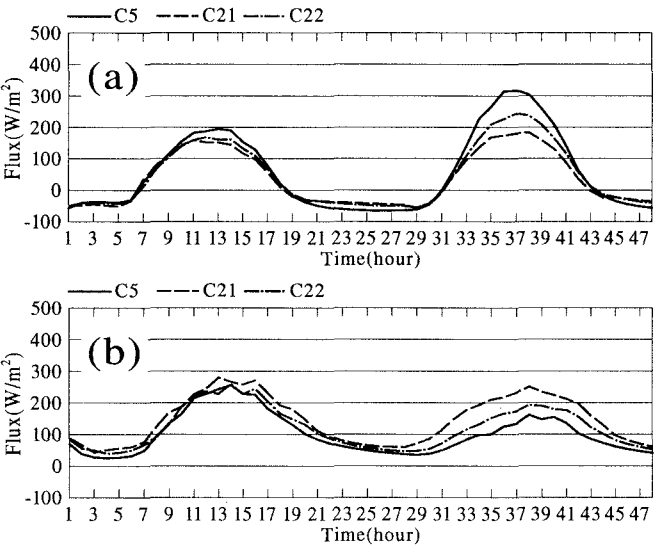


図 2: C5, C21, および C22 のケースに対する (a) 顕熱フラックスと (b) 潜熱フラックスの日変化。

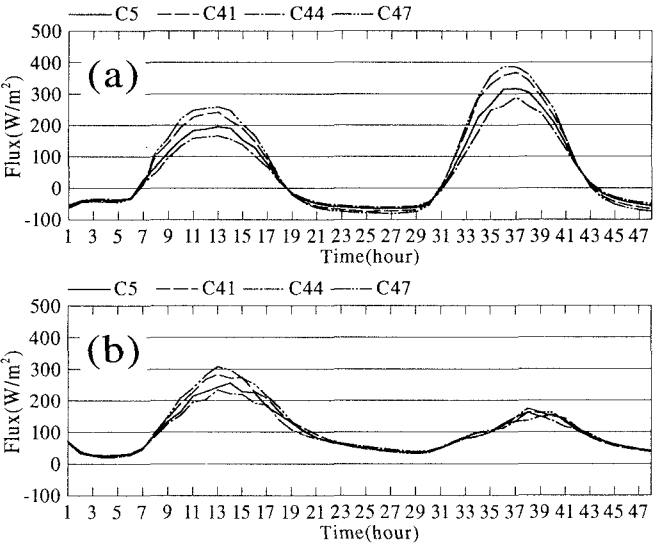


図 3: 図 2 と同様、ただし (a) C5, (b) C41, (c) C44, および (d) C47。

4.2 建物の蓄熱効果

最近の建築物の多くは建物の壁面や屋上面に断熱材を導入し、空調機を用いた室内熱環境を有利にしている。建物に

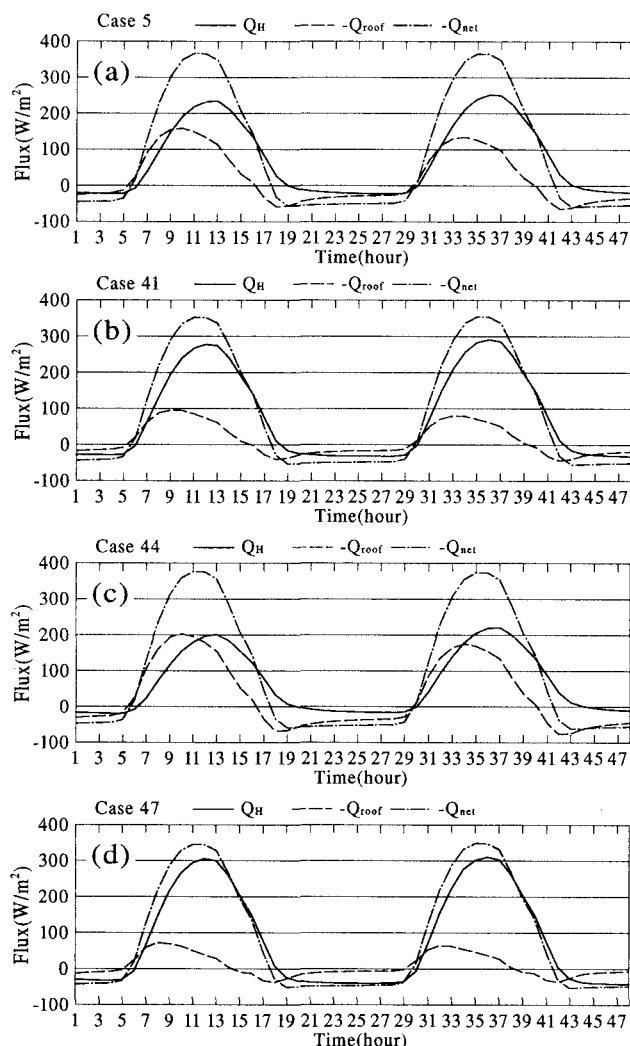


図 4: 最上階での熱バランス: (a) C5, (b) C41, (c) C44, および (d) C47. Q_H は顕熱フラックス、 $-Q_{roof}$ は建物へ向かう熱フラックス および $-Q_{net}$ は正味放射量を示す。

熱フラックスが入りにくくなれば、その分大気を暖める顕熱フラックスが増え、夏季の大気熱環境にとってはマイナスに働くことが予想される。このことを調べるために、建物内の熱容量を 50% にカットしたケースと逆に 50% 増やしたケースおよび建物表面から 2.4~9.8cm に断熱材を入れたケースについて調べる。図 3 は、図 2 と同様に、キャノピートップにおける顕熱および潜熱フラックスを、(a) C5 (コンクリート)、(b) C41 (C5 の熱容量を 50% 削減)、(c) C44 (C5 の熱容量を 50% 増幅)、および (d) C47 (C5 で 2.4~9.8cm に断熱材) に対してプロットしたものである。2 日目の顕熱フラックスのピークは C44, C5, C41, C47 の順に並び、それぞれ、288, 317, 368, 386 Wm^{-2} の順に並ぶ。C5 を基準にすると顕熱フラックスは、C44 は 9% 削減され、C41 と C47 は、それぞれ、16% および 22% 増幅されたことになる。建物の表面付近に断熱材を使用した C47 は、コンクリートの熱容量を 50% 削減するよりも大気を加熱する効果があった。一方、2 日目の潜熱フラックスはすべてのケースでほぼ $160Wm^{-2}$ で一致し、これらケースの場合大気を加熱する鍵は建物表面の熱バランスが握っているといえる。

なお、1 日目の潜熱フラックスのピークが顕熱フラックスのピークと同じ順に並ぶのは、1 日目は表層の土壤水分が豊富なため地表面からの蒸発が制御されることなく続いたためである。建物表面がもっとも加熱される最上階での熱バランスを図 4 に示す。建物へ向かう熱フラックスのピークは設定したコンクリートの熱容量の違いに応じて、(d), (b), (a), (c) の順に並び、それぞれ、63, 94, 158, 204 Wm^{-2} である。熱バランスにより、顕熱フラックスはこれとは逆に、(c) 201, (a) 234, (b) 274, (d) 300 Wm^{-2} である。一方、夜間に建物から大気に向かう熱フラックスは日中貯えた熱量に応じて、ふたたび表面が加熱されるまで放出されている。ただ、断熱材を使用した C47 は夜 10 時頃を境にほぼ 0 となる。これは、建物表面と断熱材の間の薄いコンクリート層だけにしか熱が貯えられないので、この薄い層自身は高温になるが、貯えられた熱量は少なく、その日のうちに貯えた熱を解消したことを示唆する。

4.3 人工廃熱の影響

都市域の高温化の要因の一つとして人工廃熱が考えられるが、建物キャノピーのように鉛直方向に複雑な空間構造を持つ場合、排出される高さによって熱環境に与える影響は異なることが予想される。人工廃熱のないケース (C5) と人工廃熱を地上付近 (4m) から排出したケース (C61) および建物の屋上面 (20m) から排出したケース (C64) における地上 2m における温度の日変化を図 5 に示す。日最高気温は、(a), (b), (c) の順に並び、それぞれ、25.0, 25.8, 26.5 $^{\circ}C$ であった。人工廃熱がない (a) との差は (b) 0.8 $^{\circ}C$ 、(c) 1.5 $^{\circ}C$ であり、建物がある場合の人工廃熱による高温化の影響は大きい。また、人工廃熱を 4m から屋上に移動した場合 0.7 $^{\circ}C$ 気温が下がった。廃熱源の屋上への移動は地上気温の高温化の抑止にかなり有効であるといえる。

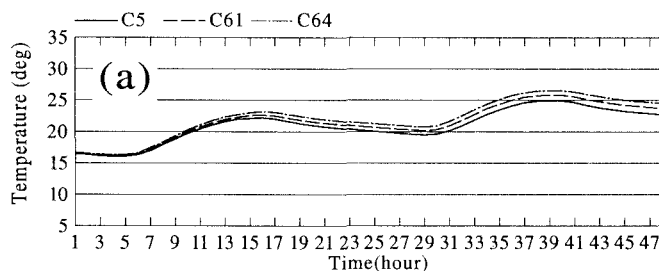


図 5: 地上 2m における温度の日変化: (a) C5, (b) C61, および (c) C64。

参考文献 1) 岡村聖、北田敏廣、1997: サブグリッドスケールの土地利用が大気境界層に与える影響のモデル化—k- ϵ モデルにおける都市化域のパラメタリゼーション—、環境システム研究, 25, 593-597. 2) K. Okamura and T. Kitada, (1998): Study on the sub-grid scale modeling of urban canopy, consisting of buildings and vegetation, for use in meso-scale meteorological simulation. Proc. APMS'98, Part 1, 275/1-8, Oct. 26-29, 1998, Champs-sur-Marne, France.