# 長期観測に基づいた都市熱収支の相互比較と季節性に対する検討

徹	○河合	学生会員	東京工業大学
惟	王	非会員	筑波大学

東京工業大学 正会員 神田 学

### 1. はじめに

都市熱収支は都市独特の気象形成と密接に関連し、都市気象を把握する上で極めて重要な検討課題である.し かし、都市における熱収支観測事例は少なく、このほとんどが短期間に集中的に行われたものである.また、 測定上の問題(例えば貯熱量の測定)に加え、現地観測より得られた結果には多様性、非一様性、植生の季節 変化、人口排熱等の解釈の難しい問題が複雑に混在している.このため、都市熱収支は必ずしも十分に把握さ れているわけではない(例えば、季節性、風速等の気象条件との関係、地表面湿り度との関連性、植生の影響 等:Grimmond and Oke, 1999).本稿では均質な屋外模型都市実験(COSMO)より通年で得られた結果を基準 とし、これと、近年長期観測より得られている3現地観測の結果を相互比較し、都市熱収支の季節性に対する 検討を行う.

## 2 都市熱収支

都市熱収支は通常, ゼロフラックスと見なせる深度を下端, コンスタントフラックス層を上端とするコントロ ールボリュームにおけるエネルギーフラックス収支として表わされる(式(1)).

 $Q^* = \Delta Qs + Q_H + Q_E$ 

ここに、Q\*は正味放射量、 $\Delta Qs$ は貯熱量、 $Q_H$ は顕熱輸送量、 $Q_E$ は潜熱輸送量を表わす. 正味の移流熱フラックス、人口排熱は無視している. 通常、想定しているコントロールボリュームへの'エネルギー供給量'と解釈されるQ\*の算出には、本来熱収支の結果(分配量)と考えられる地表面からの射出成分が用いられている. 本稿ではQ\*から地表面射出成分 $Q_L$ の影響を取り除いた正味のエネルギー供給量Qinを導入し、式(2)で表される熱収支式を式(1)に加え、新たに定義する.

 $Qin = \Delta Qs + Q_H + Q_E + Q_L$ 

#### 3. 実験概要

埼玉県日本工業大学(39°04'N, 139°07'E)の敷地内に大規模屋外模型都 市を作成し(図1),2006年4月から2007年3月までの1年間,式(1), 式(2)の各熱収支項を測定した.ここで,通常Δ*Qs*は直接測定することが 困難であり,式(1)の残差項として見積もられている.この場合,他のフ ラックス測定に含まれる誤差(例えばエネルギーインバランス,人口排熱, 正味の移流熱フラックスの見積もり誤差)が全て見積もられたΔ*Qs*に含ま れる. COSMOではΔ*Qs*を薄型の熱流板を用いて直接測定しており,得 られたΔ*Os*には上記した様々な誤差が含まれていない.

#### 4 結果と考察

相互比較を行った現地観測の一覧を表1に示す. Ku04 は 大田区久が原で通年測定された結果(Moriwaki and Kanda, 2004), BuU1, BuU2 はスイスのバーゼルで長期間測定さ れた結果である(Christen and Vogt, 2004). 図2に各エネル ギーフラックス比(日中積算値)の年変化を示す.各プロ

キーワード:屋外模型都市実験,熱収支,季節性,相互比較

図1 屋外模型都市

Code	Location	$\lambda_p$	$\lambda_c$	λ,		
COSMO	埼玉県 (36°01'N, 139°42'E)	0.25	2.00	0.00		
Ku04	東京都 (35°34'N, 139°41'E)	0.33	2.80	0.21		
BuU1	Basel (47°34', N,7°36'E)	0.54	1.92	0.16		
BuU2	Basel (47°33'N, 7°35'E)	0.37	1.75	0.31		
表1 相互比較に用いた熱収支観測の一覧						
$(\lambda_p: 建蔽率, \lambda_c: 完全表面積比率, \lambda_v: 植生面積比率)$						

連絡先 : 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 石川台 4 号館 403 号室 TEL 03-5734-2768

(1)

(2)

ットは共に晴天日の月平均値を表わしている.図 2(a)は  $Q^*$ を用いた場合の $\Delta Qs$  への分配比率,図 2(b)~(d)は *Qin* を用いた場合の各フラックス比(日中積算値)の結果を表わしている.COSMO,3 現地観測より得られた  $\Delta Qs/Q*$ は夏季に比べ冬季に大幅に増加しており,明確な季節変化が表れている(図 2(a)).*Q*\*の代わりに*Qin* を用いた場合, $\Delta Qs/Qin$ は通年で一定値に近い値をとっており,季節性,及び各測定結果間のばらつきは大 幅に減少している(図 2(b)).*Q<sub>l</sub>/Qin*は春季(4 月)に最少,冬季(12 月)に最大となる季節性を持つ(図 2(c)). この様な *Q<sub>l</sub>/Qin* の季節性は入射短波放射と地表面温度,及び大気温度の年変化の位相差(約 1 ヵ月)により 生じるものと考えられる.これらの結果から,(i) 正味のエネルギー供給量(*Qin*)の貯熱量( $\Delta Qs$ )への分 配比率は幾何構造の若干の相違に対する感度がやや鈍く,通年で普遍的な一定値に近い値をとる,(ii)エネル ギー供給量の指標に通常用いられる *Q*\*を用いた場合,*Q<sub>l</sub>/Qin*の季節性により,都市熱収支の指標とされる  $\Delta$ *Qs/Q*\*に見かけ上の大きな季節性,ばらつきをもたらすということが分かる.ただし,植生のある現地観測よ り得られた  $\Delta Qs/Qin$ は COSMO より得られた結果に比べ,やや小さな値を取る傾向が見られる(Ku04の夏季, BuU1の春季等).*Qin*の乱流輸送量(*Q<sub>H</sub>+Q<sub>E</sub>*)への分配比率は,通年で一定値に近い $\Delta Qs/Qin$ ,及び *Q<sub>l</sub>/Qin* の季節性により春-初夏にかけて最大値をとる季節変化を示している.



図 2 エネルギーフラックス比の年変化 (a)  $\Delta Qs/Q^*$ , (b)  $\Delta Qs/Qin$ , (c)  $Q_L/Qin$ , (d)  $(Q_H+Q_E)/Qin$ 

## 参考文献

- Grimmond CSB, Oke TR. 1999. Heat storage in urban areas: local-scale observations and evaluation of a simple model. *Journal of Applied Meteorology*. **38**: 922-940.
- Moriwaki R, Kanda M. 2004. Seasonal and diurnal fluxes of radiation, heat, water vapor and CO2 over a suburban area. *Journal of Applied Meteorology*. **43**: 1700-1710.
- Christen A, Vogt R. 2004. Energy and radiation balance of a central European city. *International Journal of Climatology*.
  24: 1395-1421.
- Kawai T, Kanda M, Narita K, Hagishima A. Validation of a numerical model for urban energy-exchange using outdoor scale model measurements. *International Journal of Climatology*. (submitted)