

II-20

都市域・水体を考慮した生物圏モデル (SiBUC)

京都大学 大学院 学生員 田中賢治
京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1 はじめに 陸面水文過程モデルとして植物の生理的機構を取り込んだ SiB (生物圏モデル) が現在 GCM に取り込まれつつある。陸面は GCM の格子スケール (~100 km) で見ると、非常に異質な被覆 (土地条件) から成り立っているが、SiB では植生等の被覆率を与えるだけで、グリッド内の土地条件の配置や起伏等を考慮せずにスケールアップを行っており、問題となっている。そこで、本研究では陸面水文過程モデルの抱えているスケールアップの問題に取り組むために、特に蒸発散現象に焦点をあてて、流域スケール (~1 km) から検討を始めるが、流域スケールにおいては SiB では扱っていなかった都市域や水体の影響は無視できないため、これらを取り込んだモデル **SiBUC** (Simple Biosphere including Urban Canopy) を提案する。SiBUC は、都市域・水体・植生地が混在した複合場に適用できる現実的なモデルである。

2 SiBUC モデルの概要 SiBUC の特徴としては以下のことが挙げられる。

・Sellers ら¹⁾の SiB モデルをベースにして、鉛直1次元的な取扱いをしている。

・地表面の状態を大きく4つ (都市キャノピー、都市カバード、水面、緑地)、緑地をさらに3つ (植物キャノピー、グラウンドカバー、土壌表面) に分類し、これらの面積率を各メッシュ毎に与えるが、1 km のスケールにおいては、メッシュ内の土地利用の配置の違いは考慮しない。

・12 個の主な予報変数 (温度 T 5 つ、遮断水量 M 4 つ、土壌水分量 W 3 つ) があり、これらの支配方程式は次式で表される。

$$c_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = Rn_i - H_i - \lambda E_i + Q_M \quad (i=uc, ug, wb, c, gs)$$

$$\frac{\partial M_i}{\partial t} = P_i - D_i - \frac{E_i}{\rho_w} \quad (i=uc, ug, c, g)$$

ただし、サフィックス uc, ug, wb, c, gs はそれぞれ、都市キャノピー、都市カバード、水面、植物キャノピー、

グラウンドカバーと土壌表面に関するものであることを表している。

$$\frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{1}{\theta_s D_1} \left[P_1 - Q_{1,2} - \frac{1}{\rho_w} (E_s + E_{d,1}) \right]$$

$$\frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{1}{\theta_s D_2} \left[Q_{1,2} - Q_{2,3} - \frac{1}{\rho_w} (E_{d,2}) \right]$$

$$\frac{\partial W_3}{\partial t} = \frac{1}{\theta_s D_3} \left[Q_{2,3} - Q_3 - \frac{1}{\rho_w} (E_{d,3}) \right]$$

c_i : 熱容量

Rn_i : 純放射フラックス

H_i : 顕熱フラックス

λE_i : 潜熱フラックス

Q_M : 人工熱源項 (都市域のみ)

P_i : 降水遮断強度

D_i : 排水強度

E_i : 遮断蒸発強度

ρ_w : 水の密度

D_i : 第 i 層の厚さ

θ_s : 土壌の空隙率 (飽和含水率)

$Q_{i,i+1}$: 第 i 層から第 $i+1$ 層への流量

P_1 : 表層への降水の浸透

Q_3 : 最下層からの重力排水

E_s : 土壌表面からの直接蒸発

$E_{d,i}$: 蒸散による土壌水分の第 i 層からの吸い上げ

・太陽放射の吸収を SiB よりも簡潔なアルベドモデルで取り扱っているが、太陽光の入射角や地表面の凹凸構造等を考慮している。

・都市域において赤外放射交換係数を導入し、ビルと路面の熱放射の交換による都市域の熱貯留効果を表現している。

・各メッシュからの流出として、降水遮断モデルにより表面流出を、地中モデルにより地下水流出を出力しているが、それらの動きは追跡していない。

・水温モデルにおいて、水温の日変化の及ぶ深さとして表層を考え、この表層に対する熱収支式から表層平均温度変化を求め、表層内の温度変化プロファイルをある関数 (本研究では直線) で与え、表面温度に変換している。

3 SiBUC のテストラン

SiBUC を大気モデルと連結する前に、大気側の境界条件として気象観測データを与え、SiBUC をテストする必要がある。Fig. 1 (a-e) は純放射(R_n)、潜熱(LE)、顕熱(H)フラックスの18日間の平均の日変化(同時刻のデータの18日分の平均)を表している。気象条件として雨、気温、日射も同時に示されている。

・植物キャノピーでは日中に蒸散が起っており、日射の影響がよく反映されているが、顕熱フラックスが朝方に負の大きな値を示し、10時ごろまで正にならない。通常日射が当たると葉面温度は(気温より早く)上昇するため、顕熱フラックスは純放射フラックスとはほぼ同じ位相になる。この計算例では、夜間の遮断蒸発が葉面の熱を奪い、朝方に温度がかなり低くなったことが考えられるが、顕熱フラックスの算定方法に問題があるのかも知れないので、計算事例を増やして検討していく必要がある。

・グラウンドカバーでは日中ほとんど温度が上がらず顕熱フラックスは負になっているが、夜間にはキャノピーからの熱放射の影響もあり、それほど温度は下がらないため、顕熱はほとんどゼロである。朝方をのぞき潜熱は純放射を上回っているが、エネルギーの不足分は負の顕熱により補われている。夜間に降水があるため、グラウンドカバーにおいても潜熱は夜間でも負にならない。

・都市キャノピーでは位相のずれがはっきりと現れており、昼間に蓄えた(純放射より顕熱が小さい)エネルギーを夜間に放出(純放射より顕熱が多い)していることがよくわかる。夜間でも純放射がかなり大きな値を示しているのは、都市カバーからの熱放射の影響である。都市カバーでも都市キャノピーと同様の傾向が見られる。都市域では昼間に蓄えた熱が夜間の熱放射の増加をもたらしているが、その一部を他方が受け取るという意味で導入した赤外放射交換係数はこのような都市の高温化を引き起こす要因となる。

・昼間は純放射フラックスが大きく、また顕熱フラックスは負(水温が気温よりも低い)であるため蒸発のエネルギーが過剰に投入されているが、この余ったエネルギーが夜間の蒸発(水温が気温よりも高いた

め水蒸気圧は高い値を示す)にまわされるため、水面では一日中蒸発が起こる。このような水面蒸発のメカニズムをよく再現しているといえる。

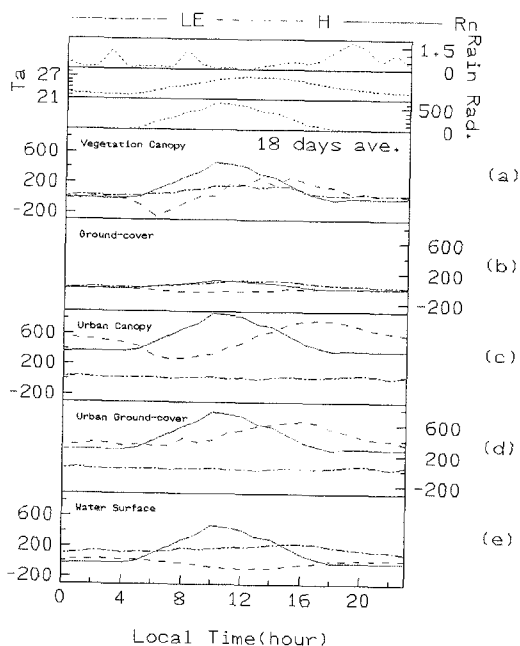


Fig. 1 Daily variation (18 days average) of net radiation(R_n), latent heat (LE) and sensible heat (H) for vegetation canopy (a), ground-cover (b), urban canopy (c), urban ground-cover (d), water surface (e).

4 スケールアップについて SiBUC モデルを大きなメッシュに適用する際に、メッシュ内の地表面条件を表すパラメータとして、土地利用の分散度、起伏度、河道網分散度を導入することを現在検討中である。

5 おわりに 本研究では、都市域・水体を考慮した流域スケールの蒸発散モデル SiBUC を構築した。今後は地表面流・地下水流のモデル化、積雪・融雪のモデル化等、SiBUC の改良を行うとともに、陸面水文過程モデルが抱えているスケールアップ問題について検討し、マクロ水文モデルの構築を目指して行きたい。

6 参考文献 Sellers, P. J., Y. Mintz, Y. C. Sud and A. Dalcher, 1986: A simple biosphere model(SiB) for use within general circulation models. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 505-531.