複合土地利用からなる広域場の蒸発散量推定に関する研究

京都大学防災研究所　正員　池淵 周一
京都大学大学院　学生員　○島田 潤一

1．目的　砂漠化防止を考える際に一つの重要な因子となる広域蒸発散量を、非均質場と移流効果を取り込んだモデルで表現するとともに、数値解析を行なうことによって土地利用の組み合せとスケールが、蒸発散量に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。

2．抵抗回路モデルと境界層理論　均質場における蒸発散量の推定式としてはすでにPenman-Monteith 式が提案されている。そこで、非均質場において地表面の形態（有効放射量、群落抵抗、表面粗度等）の違いや、それに伴う各地表面上の垂直・水平方向の空気力学的抵抗の違いを取り入れ、かつPenman-Monteith 式が近似的に成立するようなモデルを考えることにする。まず地表面形態の違いであるが、これは非均質な地表面を均質ないくつかの格子に分割し各格子上でその性質を代表する値を与えることによりPenman-Monteith 式が適応できる形に変換する。これにより、各格子において与えられた蒸発散量を、電気抵抗回路に擬した抵抗回路モデルを使うことにより結びつけることから、地表面形態の差異を考慮に入れた地域的な平均蒸発散量を推定するものである。次に、空気力学的抵抗の違いについてであるが、これも地表よって発生する境界層に対する考察を取り込んだものとなる。以上の概念図を図1に示す。

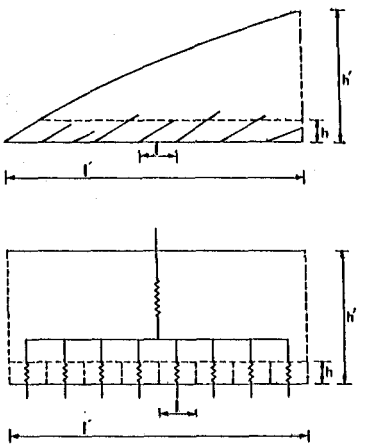

図1　抵抗回路モデルと境界層の概念図
l :単位格子長　h :内部境界層平均高さ
l ' :全対象場の長さ　h ' :大気境界層高さ

3．水蒸気及び熱の拡散と移流　2．でふれた境界層の内と外では水蒸気、熱、運動量の拡散に対する抵抗値は異なる。これに伴い水蒸気、熱、運動量の伝達量も異なってくるはずである。図2に水蒸気と熱の伝達量をモデル化した図を載せる。このモデルにおいては、各内部境界層とその上空にある一様な大気境界層の中で、垂直方向の水蒸気と熱の伝達量プロファイルは一定であると見なしている。ところが、内部境界層各々の間では、各格子上での水蒸気と熱の伝達量は異なるが、種々の内部境界層の上空の大気境界層においてはこれらの値が同じになる、つまり地表面形態の違いによる影響がないと考えることにより内部境界層の天端の高さhにおいて伝達量の不連続が発生する。これは、実際には湿った空気（格子）から乾いた高温の空気（格子）への水蒸気の移流による発散や、逆方向の熱の移流による発散と言った現象が、地表面から高さhまでの内部境界層の間で連続的に起こっていることを示唆している。しかしこのモデルにおいては単純化のため内部境界層の天端で一度に移流の発散が起こると仮定してある。この仮定は移流現象の本質を失わせるものではない。

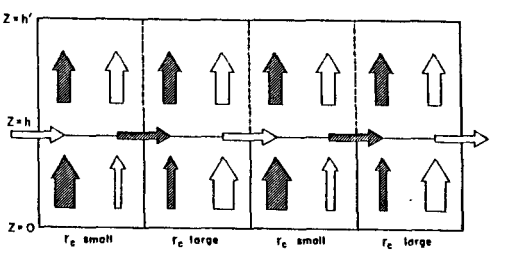

図2水蒸気及び熱の移流モデル
➡:潜熱フラックス ⇨:顕熱フラックス
rc:群落抵抗係数

4．土地利用のスケールと組合せが蒸発散量に及ぼす影響　2、3で述べたいくつかの仮定をベースに各

Shuichi IKEBUCHI , Junichi SHIMADA

単位格子ごと及び全対象場の平均蒸発散量を推定する各式の誘導及びその結果さらには4で実際に計算に用いる各パラメーターの値については講演時に述べる。砂漠に人工的に湖を作ることを考え、土地利用として砂地と湖面の2つがある場合をとり上げる。土地利用のスケールLによる蒸発量の違いを図3に示す。Case 1からCase 5の順に全面積に対する湖面の面積比を、0, 0.1, 0.33, 0.5, 0.5で与えCase 5を除き移流があると考えている。グラフより全体的に湖面の面積比が大きいほど面積平均蒸発量が増えること、逆に面積比が小さいほど湖の単位面積当りの蒸発量が増えるといえる。後者は、オアシス効果と呼ばれる現象を示していると考えられる。また、吹走距離が延びるほど蒸発量が減ることもわかる。これは、吹走距離の増加に伴って内部境界層の厚さが増すことにより空気力学的抵抗が増加すること、移流による顕熱の伝達が起こりにくいことが原因であると考えられる。次に、図4に示すように土地利用の組合せについては小さい蒸発源が均等に散らばっている場合の方が蒸発量が大きいことがわかる。これも、同様に蒸発源一つ当りの面積比が小さくなることにより移流が促進されるからである。これらの結果により、効率的に人造湖を配置するためにはある程度小さい湖を均等に並べるようにつくるのがよいことがわかった。

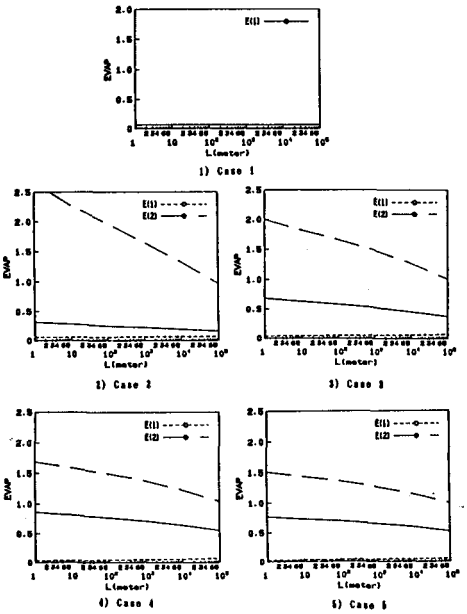

図3　砂地と湖面からなる地域の面積平均蒸発量と各格子(E(1):砂地　E(2):湖面)の蒸発量

5．結論　本研究で用いたモデルは、Milly らによって提案された植生群落の存在する広域場からの蒸発散量推定モデルにならったもので、地表面の地域的変化を表わすモデルパラメーターとして、面積比、有効放射量、表面粗度、群落抵抗、大気の水平方向の変化を表す移流項を用いた。土地利用のスケールにおいては、均質な広域場においてはあまり蒸発散量に影響を及ぼさない移流が、対象地域が広域場であっても、その地表面形態が非均質であり吹走距離が短いときには蒸発散量に大きく影響を及ぼすことがわかった。移流による格子間の相互作用（格子間の移流を直接計測することはできないが）が顕熱の分配に影響を及ぼすことも示された。但し、蒸発散量の地域的変化は、水分の供給側となる蒸発源すなわち、地表面から受ける影響のほうが、需要側である大気の影響よりも大きいことがわかる。これは、比較的土壌の水分が少ないとき特にいえることである。また、人造湖の配置においては、できる限り吹走距離を短くすることによって、内部境界層の発達を抑えることが、空気力学的抵抗の減少のために有利であることがわかる。このモデルにおいては、境界層の成長モデル、水蒸気や熱の輸送に対する抵抗回路モデル、大気の安定、群落抵抗の取り扱い等多くの仮定を設けた。今後はこれら仮定を実現象に照らして検討するとともに、モデルパラメーターの値も、実際に砂漠地などで観測を行うことによって、より正確な値を知ることが重要となってくる。

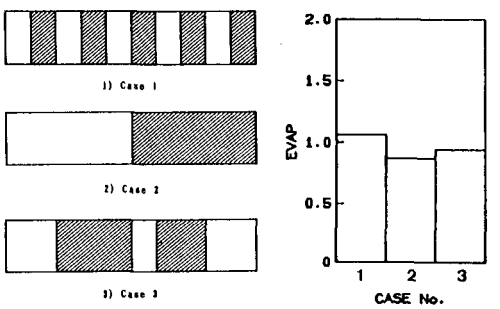

図4　格子の配置の違いによる面積平均蒸発量

参考文献 1) P. Christopher D. Milly and Peter S. Eagleson; Infiltration and Evaporation at Inhomogeneous Land Surfaces, M. I. T Rep. No. 278, 1982.