

氏名	米谷俊彦 まい たに とし ひこ
学位の種類	理学博士
学位記番号	論理博第617号
学位授与の日付	昭和53年5月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	Studies on the vertical transport of turbulent kinetic energy in the surface layer over plant canopies (植物群落上の接地気層における乱流運動エネルギーの垂直輸送に 関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 光田 寧 教授 山元龍三郎 教授 國司秀明

論 文 内 容 の 要 旨

太陽から放射によって地球表面に到達したエネルギーの大部分は、まず地表面温度の上昇に費やされるが、再び大気境界層を通じて大気中に伝えられて全地球に再配分され、一様化されて行く。この大気境界層内での地表面と大気とのエネルギーの交換には大気乱流による輸送現象が重要な役割を占めており、大気境界層内の乱流輸送に関する問題は気象学の最も興味ある問題の1つとして研究者の注目を集めている。

乱流による物理量の輸送現象を直接測定することは近年まで非常に困難なことであったために、その研究は主に輸送量を間接的に推定することによって行なわれてきた。しかし、1960年代になって超音波風速計やその他の新しい測定技術の開発と共に、その直接測定が可能となり、乱れの生成や輸送過程についても詳細に論ずることが出来るようになった。

申請者も超音波風速計を用いた測定技術を習得し、さらに独自の装置を開発して、乱流輸送の研究を進めて来た。本論文はその成果であり、今日まで全く研究が行われていなかった植物群落上の接地気層の乱流輸送に関するものである。観測は主に農地、すなわち水田、麦畑および草畑といった一様に広がる、草丈の比較的そろった植物群落の上で、高さ数メートルの範囲において種々の気象条件の下で行われている。

本論文第1部においては、測定結果に基づいて接地気層中における運動エネルギーの平衡を示す方程式に現われる各項の大きさを評価し、検討を行っている。この方程式は、1) 風速シアーによるエネルギーの生成項、2) 浮力によるエネルギーの生成項、3) 乱流運動エネルギー輸送の発散項、4) 分子粘性によるエネルギー消散項および 5) 静圧による仕事を示す項よりなっている。過去にはこれらの各項を実験的に評価することは不可能に近かったが、第1項は運動量の、第2項は顕熱の、さらに第3項は乱流運動エネルギーの垂直輸送量が直接測定出来るようになり評価が可能となった。第4項は風速変動の高周波成分の測定によって評価可能であるが、第5項のみは未だに測定不可能である。しかし未知項は1つだけとなるので残余項として評価出来る。

解析の結果、中立に近い大気安定度の場合には第1項と第4項が相対的に重要な位置を占め両者が平衡を保っているが、不安定になるとほとんどの項の絶対値が大きくなっていくなかで第4項のみが小さくなって行く。このような結果は理論的にも予測され、裸地の上で実測によって得られている結果とも一致することが確認された。

さらにこの研究の過程において、申請者はこのような平衡を維持するために生じている乱流運動エネルギーの輸送の向きが、草丈の数倍以内という低い高度においては大気安定度などに関係なく常に下向きになっていることを発見している。従来からこの輸送は接地気層内においては安定成層の場合を除いて上向きになっていると考えられていたもので、今日まで全く知られていなかった新しい事実である。

申請者は本論文第2部において、この乱流運動エネルギーの輸送が植物群落直上の接地気層内で常に下向きになっているということに着目し、その詳細について研究を進めている。その結果、このような現象の見られるのは草丈の2倍までの範囲であり、3倍以上の高さでは次第に従来から知られている向きに移行していくことが認められた。さらに、平均流までも考慮に入れた運動エネルギーの垂直輸送量に着目すると、その量は高さによる変化が比較的少ないことも見出された。

さらに申請者は植物群落上の気層の特性について研究を進め、風速頻度分布のひずみが高度の低下と共に増大し、水平風速分値は正に、垂直成分は負にひずんでいることを見出した。これは乱流輸送に直接関係しているが、このようなひずみの原因は植物群落面に間欠的に上層から進入して来る高速気塊と植物群落中から間欠的にゆっくりと上昇して行く気塊の作用によるもので、大部分の時間は変動の少ない正規分布に従うような乱れによって占められているという実態を明らかにした。

なお、参考論文15篇のほとんどは乱流輸送に関するものであり、最初の7篇には本論文に至るまでの研究の経過を示すものであり、5篇は申請者の開発した観測装置に関するものである。

論文審査の結果の要旨

接地気層中における物理量の乱流輸送に関する問題は、大気と地表面との相互作用を支配するものとして興味があるばかりでなく、生物の生活環境にも直接関係し応用面からも極めて重要な知識である。

しかし、計測方法の発達が遅れたために、乱流輸送量を直接検知することは最近になってやっと行えるようになった。そのため乱流輸送量を間接的に推定する試みが必要となり、また乱流輸送に関する理論も実験的裏付けが不完全なままに発達したため、正確な実験による検証を必要とする理論的予測が多く残されている。

申請者が本論文第1部において試みたこともそのような問題の1つであり、乱流運動エネルギーの平衡に関する方程式に参与する各項の大きさおよび性質を観測事実に基づいて調べようとしたものである。このような試みは参考論文 1 に示されているように、申請者が1967年に世界に先駆けて着手している。1971年に米国の Wyngaard らが太平洋の裸地上で行った観測の解析結果を先に発表しているが、本研究は植物群落上での状態の観測については最初に結果を得て、接地気層における乱流輸送の研究に新しい知見を加えたものであるといえる。

さらに申請者はその研究過程において乱流運動エネルギーの輸送の向きが植物群落の直上、草丈の2倍

ぐらいまでの高さでは安定度の如何にかかわらず下向きになっていることを見出した。このことは今日まで接地気層の観測においては知られていなかった新しい事実である。この点、従来の知識では中立および不安定な場合にはこの輸送の向きは接地気層内で上向きであるとされており、一方その乱流運動エネルギーの平均値は高さと共に増大しているという事実から、勾配から予測されるものとは逆向きにエネルギーが輸送されていることになり、負の渦動粘性係数を考えなくてはならぬ例の1つとして教科書にも指摘されているものである。しかし、今回の申請者の研究により一部ながら過去の知識を修正し、合理的な説明を可能とすることが出来た訳で、その意義は大きい。

申請者は第2部において、この下向きの輸送の現象に注目し、その輸送過程について詳細な解析を行なおうとしている。その試みは必ずしも全面的に成功したとは言えないが、平均流を含めた運動エネルギーの輸送は境界層を通じてほぼ一定に保たれていること、乱流運動エネルギーの最下層での輸送は間欠的に生じる inrush および ejection のサイクルによって多くの部分がなされており、それが風速分布の非正規性の増大に貢献している。そして大部分の時間を占める non-contaminated な部分の速度分布は正規分布をなしていることを指摘するなど、乱流輸送の研究に寄与するところが大きいと言える。

参考論文も各々分野において高く評価されるものであり、申請者の学識の広く深いことを示している。主論文とあわせて、申請者のこの方面の研究への寄与を証するに足るものといえる。

よって、申請者の論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。