

報告番号 ^{*} 乙第 3291号

主論文の要旨

題名 森林蒸発散の熱収支的研究

氏名 服部 重昭

主論文の要旨

報告番号 ※ 第

号 氏名

服部 重昭

本論文は、ヒノキ林からの蒸発散を蒸散、樹冠遮断および地面蒸発に區別して測定し、その実態を解析したものである。とくに、個々の現象を熱収支に着目して解析し、森林蒸発散の熱収支的特性を明らかにした。

第1章では、森林蒸発散に関する研究の現状を概説し、蒸発散研究の問題点と方向をまとめた。その中で、今日の蒸発散研究は、接地境界層における物理則にもとづく解析が重要であること、蒸散、樹冠遮断、地面蒸発を総合的かつ体系的に究明する必要があること、を述べた。

第2章では、対象林分のヒノキ人工林の概況と観測装置ならびに蒸発散推定式を示した。蒸散、樹冠遮断、地面蒸発を測定するための各種測器の仕様、配置および精度とともに、その保守管理とデータ処理について説明した。また、蒸発散の熱源である太陽放射の出入を解析するための放射収支式を提示した。熱収支を基礎とする蒸発散推定式としては、熱収支・ボアイン比法と Penman-Monteith 法を取り上げ、両式の特徴を整理した。

第3章では、ヒノキ林における各種放射量の日変化と季節変化および放射収支の実態を解明した。アルベド（全短波放射の林分での反射率

1) は 8 ~ 13 % の範囲に分布し、夏季に大きく、冬季に小さいことが実証された。この季節変化は、太陽高度より林分葉量の季節変化に強く依存することわがった。

純放射量の季節変化は、有効長波放射量の影響を受けることが知られた。また、純放射量と全短波放射量(日射量)の回帰分析からは、日射量の場合、直線回帰式が月により異なり、相関係数は夏季に大きく、冬季に小さいことがわがった。そして、回帰式の係数はアルベドと有効長波放射に依存するが、季節変化は後者の影響に支配されることが考察された。

本林分に到達した太陽放射量(全短波放射量)は、つぎのよう配分された。年間量で計算すると、反射短波放射量に 10.8 %、純放射量に 57.6 %、有効長波放射量に -31.6 % の割合である。全短波放射量に占める純放射量の割合は、他の植物群落より概して多く、森林は放射量を効率的に吸収していることが明らかになった。

第4章では、ヒノキ林における樹冠遮断の実態解明と予測モデルによるシミュレーションから、樹冠遮断の熱収支特性を解析した。その結果、本林分の樹冠遮断率は 22.3 % と見積られるとともに、樹冠通過雨量、樹幹流下量および樹冠遮断量と降雨量の関係は、直線回帰式でよく近似された。また、林分の飽和付着水分量と直達雨量率は、それぞれ 1.24 mm、20 % と推定され

た。

樹冠遮断と気象因子との解析からは、気温や純放射より、風速と飽差に依存する傾向が認められた。そこで、これらの因子を組み込んだPenman-Monteith 式を基礎に、樹冠遮断量の予測モデルを開発した。この中で、空気力学的抵抗を求める新しい方法を提示した。モデルの予測精度は、既往のモデルによる精度との比較から、妥当であると判定された。そのため、モデルより得られた降雨中および降雨後の樹冠からの平均蒸発強度は、それぞれ 0.25 mm hr^{-1} 、 0.16 mm hr^{-1} に相当することがわかった。

樹冠遮断の熱収支持性として、遮断蒸発が林分に供給される有効放射量（純放射量と地中熱流量の差）をしばしば上回ること、ボーエン比が負値をとる頻度が高いこと、が確認された。これは、樹冠に遮断された雨水の蒸発が非常に速いことを示唆する。しかし、このような速い遮断蒸発を支えるエネルギーの起源については、周囲からの移流の影響を推論するにとどまった。

第5章では、地面蒸発の実態把握とその熱収支持性を解析した。地面蒸発は双頭型の季節変化を呈し、秋から冬に大きい傾向を示した。年間量は1980年が 137.2 mm 、1981～1982年が 121.4 mm で、年降水量の8～9%に相当した。地中熱流量は4～8月が貯熱期、それ以外の月が放熱期となる季節変化を示した。そして、冬季には地

中熱流量が、地面蒸発の熱源になりうることが明らかになった。

地面蒸発量は春～夏季には有効放射量より小さいが、秋～冬季にはしばしば有効放射量より大きいという熱収支的特性が認められた。このことは、地面蒸発計内の水分状態、A₀層による被覆状態、周囲土壌からの顕熱の流入を想定することにより、定性的に説明された。

第6章では、無降雨日の蒸発散の日変化と季節変化の突態、生育期（4～10月）における熱収支ならびに蒸発散の内訳を明らかにした。蒸発散はおおむね凸型の日変化を示し、日量は0.3～5.4mmの範囲を推移する。そして、5月と9～10月頃にピークを形成する。

生育期の無降雨日における熱収支は季節変化を示す。すなわち、蒸発散量の日中純放射量に対する割合は、4月と6～8月に約40%、5月と9月に約50%、10月に約54%と変化することがわかった。さらに、無降雨日と降雨日を含む全期間の熱収支では、蒸発散量が純放射量の82.4%に及ぶことが明らかになった。すなわち、ヒキ林に吸収された純放射量の82.4%が、蒸発散のためのエネルギーとして利用されたことになる。

一方、蒸発散を構成する蒸散、樹冠遮断、地面蒸発の割合は季節変化を示すが、生育期の平均値で表わすと、それぞれ49.0%、36.4%、14.5

%になる。森林蒸発散では、蒸散が最大の成分であるが、閉鎖林分においても、地面蒸発が無視できない成分であることが明らかになった。

各章の成果を総括すると、森林蒸発散の熱収支的特性は以下のようによまとめられる。

蒸発散の熱源としての純放射量は年間量で計算すると、全短波放射の約60%に達し、ほかの植物群落より大きい。これは森林のアルベドが小さいことに起因する。また、純放射量の季節変化は、有効長波放射量の変化に強く依存する。

こうして森林に吸収された純放射量は、生育期を通して、蒸発散へ82.4%、顕熱へ17.6%の割合で配分される。閉鎖林分の地中熱流量は、他項に比較して、十分小さいことが知られた。この結果は、水収支法から推定された森林流域の蒸発散量の大きさとほぼ一致した。そのため、我国のような溼潤地帯の森林蒸発散量は、吸収された純放射量の80%を越えることが多いと判断された。さらに、この割合は生育期間中一定ではなく、季節により変化する。とくに、9月と10月には、蒸発散量が純放射量より大きくなることが特徴的である。

つぎに、森林蒸発散を構成する蒸散、樹冠遮断および地面蒸発の割合は、生育期の平均値で見ると、それぞれ49.0%、36.4%、14.6%となる。蒸散量が約半分を占め、最大成分であるが、森林蒸発散を特徴づけるのは樹冠による遮断蒸

発であると考えられた。なぜなら、その割合がほかの植物群落より大きいからである。たとえば、一陣雨の平均蒸発強度は 0.19 mm hr^{-1} と推定され、夏季の晴天日の蒸発散強度に匹敵するほどである。このことは、遮断蒸発量がしばしば有効放射量を上回り、遮断蒸発量の有効放射量に村する平均割合が 160% であること、ボーエシ比が負値を示すこと、などの熱収支特性からも検証された。それに対し、生育期の無降雨日の平均蒸発散量は 2.2 mm day^{-1} で、日中純放射量の約 46% に相当する。森林が濡れているときと乾いているときでは、蒸発散の熱収支特性は顕著に異なり、同じ気象条件下ならば、遮断蒸発強度は蒸散強度より大きいことが明らかになった。したがって、前述したように、純放射量に対する蒸発散量の割合や、蒸発散量に占める樹冠遮断量の割合がほかの植物群落より大きいのは、森林からの遮断蒸発強度が大きいことに起因すると結論された。