

論文の内容の要旨

森林科学 専攻

平成 12 年度博士課程 進学

氏 名 小松 光

指導教官名 鈴木雅一

論文題目 **Effect of Forest Stand Properties on Dry-canopy Evaporation Rate: A Micrometeorological Analysis** (林分特性が蒸散量に与える影響に関する微気象学的研究)

本論文は、林学・水文学・気象学・生態学の分野において重要な課題である、林分特性（森林タイプ、樹高など）が蒸散量に与える影響の評価を微気象学的方法によって行うものである。

第 1 章では、林分特性が蒸散量に与える影響を調べる理由を明らかにした。林分特性が蒸散量に与える影響を知ることは、広葉樹林から針葉樹林への林地転換が利用可能な水資源量に与える影響を調べる場合などに必要で、森林管理の議論の基礎となる。また、林分特性が蒸散量に与える影響を知ることは、森林の気候緩和機能の評価、水源涵養機能の評価、森林生長の予測などに使われる水・炭素・窒素循環モデルの推定精度を向上させる。これは、林分特性が蒸散量に与える影響を知ることで、水・炭素・窒素循環モデルのサブモデルである **big-leaf model** のパラメタリゼーションにおいて、考慮すべき林分特性を同定するのに必要なためである。

これまで、さまざまな森林において、蒸散量を計測する研究が数多く行なわれてきたが、こうした研究の結果が、林分特性と蒸散量の関係という観点から相互比較されていない

め、林分特性が蒸散量に与える影響は明らかでない。この結果、森林管理の議論、また、森林の気候緩和機能の評価、水源涵養機能の評価、森林生長の予測は、これまでの観測研究の成果が十分に活用されない、不十分なものとなっている。たとえば、広葉樹林と針葉樹林は、水資源量に与える影響が異なるとして区別されることがあるが、その違いは定量的に明示されていない。また、水・炭素・窒素循環モデルのサブモデルである big-leaf model のパラメタリゼーションにおいて、森林を一括して扱っているものもあれば、森林を広葉樹林・針葉樹林に区別しているものもあるなど、パラメタリゼーションの方法に混乱が生じている。

こうした状況を改善するために、本研究は、これまでの観測研究の結果を比較することで、林分特性が蒸散量に与える影響を明らかにすることを試みた。

第 2 章では 3 節までにおいて、解析手順と使用データについて説明した。解析手順は次の通りである。まず、既往の文献から得られた蒸散データをもとに、放射・気温の影響を除いて比較できる、Priestley-Taylor 定数 α の値を計算し、得られた α のデータを林分特性ごとにグループ化することで、林分特性と蒸散量の関係を調べた。次に、林分特性と蒸散量の関係が、林分の空気力学的特性、生理学的特性のいずれによるのかを、big-leaf model のパラメータである空気力学的コンダクタンス G_a 、表面コンダクタンス G_s を使って調べた。

使用データのサンプル数は、 α 、 G_a 、 G_s について、それぞれ 60、36、50 であった。 α 、 G_a 、 G_s いずれのデータも熱帯落葉広葉樹林を除く全ての森林タイプから得られており、広く世界の森林のデータが集められたことが明らかとなった。

第 2 章の 4 節以降では、林分特性と蒸散量の関係について、次の 3 点を調べた。その 3 点とは、(1) 同一気象条件下において、森林タイプ（広葉樹林／針葉樹林）間に蒸散量の違いがあるかどうか、(2) 同一森林タイプ内において、林分ごとの蒸散量の違いは大きいのか、(3) もし、同一森林タイプ内において、林分ごとの蒸散量の違いが大きいならば、その違いはどのような林分特性によって整理されるか、である。

広葉樹林・針葉樹林における α の平均値は、それぞれ 0.83（サンプル数 $n = 19$ ）、0.63（ $n = 41$ ）であり、蒸散量は広葉樹林において針葉樹林より大きいことが明らかとなった。特に多くのサンプルが得られた温帯域のデータのみを用い、広葉樹林・針葉樹林の蒸散量を比較した場合でも、同様の結果が得られたことから、ここで見られた広葉樹林・針葉樹林間の蒸散量の違いは、気候条件の違いによるのではなく、植生の違いによることが示された。広葉樹林・針葉樹林いずれにおいても G_a が G_s より著しく大きく、 G_a の違いは α にほとんど影響を及ぼさないことから、広葉樹林・針葉樹林間の蒸散量の違いは G_s の違いによる、との結論が得られた。

広葉樹林・針葉樹林における α のレンジは、それぞれ 0.58～1.09（ $n = 19$ ）、0.24～1.12（ $n = 41$ ）、変動係数はそれぞれ 19%（ $n = 19$ ）、37%（ $n = 41$ ）であり、林分ごとの蒸散

量の違いは、広葉樹林において小さく、針葉樹林において大きかった。とくに、針葉樹林の各林分における蒸散量の違いは、しばしば広葉樹林・針葉樹林間の蒸散量の違いに比べて大きいことを見出した。針葉樹林において各林分の蒸散量の違いが大きいのは、 G_a/G_s が針葉樹林において広葉樹林よりも大きく、各林分の G_s の違いが蒸散量に反映されやすいためである、との結論が得られた。

針葉樹林各林分の蒸散量の違いは、樹高 (canopy height) h の違いから整理されることが、次の 2 つの事実を確認することにより明らかとなった。1 つ目の事実は、 h によって針葉樹林各林分を分類すると、 α のクラスごとの平均値と h の間に明確な関係がみられたことである。針葉樹林の α の平均値は、 $h < 10$ (m) において 0.82 ($n = 11$), $10 \leq h < 20$ (m) において 0.61 ($n = 23$), $h \geq 20$ (m) において 0.42 ($n = 7$) であった。2 つ目の事実は、 h によって針葉樹林各林分を分類すると、 α のばらつきがいずれのクラスにおいても、クラス分け以前に比べて小さくなったことである。 α のレンジは、 $h < 10$ (m) において 0.51~1.12 ($n = 11$), $10 \leq h < 20$ (m) において 0.39~0.99 ($n = 23$), $h \geq 20$ (m) において 0.24~0.65 ($n = 7$) であり、クラス分け前のレンジ 0.24~1.12 ($n = 41$) より小さかった。また、変動係数は、 $h < 10$ (m) において 26% ($n = 11$), $10 \leq h < 20$ (m) において 34% ($n = 23$), $h \geq 20$ (m) において 29% ($n = 7$) であり、クラス分け前の変動係数 37% ($n = 41$) より小さかった。

第 3, 4 章では、針葉樹林各林分の蒸散量が h と対応して変わるのは、各林分の G_s が h と対応して変わるためであることを明らかにした。

まず、第 3 章において、針葉樹林各林分において得られた G_s を h に対してプロットすることで、 G_s と h の対応を見出した。これまで、各林分の G_s の違いが、葉面積指数や樹種から整理されないことが指摘されていたが、ここで見出された $h-G_s$ 関係から、各林分の G_s の違いが h から整理されることが明らかとなった。また、樹種構成が互いに同じである林分において報告されていた $h-G_s$ 関係が、樹種構成の互いに異なる林分間においても見られることが明らかとなった。

続いて、第 4 章において、この $h-G_s$ 関係が針葉樹林各林分の蒸散量の違いを作る主要因であることを明らかにした。このことは、big-leaf model における G_s のパラメタリゼーションにおいて、 $h-G_s$ 関係を関数化して組み込むと、針葉樹林各林分の蒸散量の違いがよく説明されること、また、 $h-G_s$ 関係以外の要因を考慮しても、針葉樹林各林分の蒸散量の違いが説明されないことから示された。この big-leaf model による蒸散量の計算において、 $h-G_s$ 関係は $G_{sref} = 20.55 \exp(-0.588 h)$ なる関数によって表現された。ここで、 G_{sref} は飽差が 1.0 kPa における G_s の最大値であり、 G_{sref} , h の単位はそれぞれ mm s^{-1} , m である。

第 5 章では、本論で得られた知見を踏まえ、これらの知見が森林管理の議論、また、水・炭素・窒素循環モデルによる予測精度の向上にどう役立つかを論じた。

本論によって、同一気象条件下における蒸散量は、広葉樹林において針葉樹林より大きく、森林タイプ間に違いがあることが明らかとなった。この知見は、広葉樹林から針葉樹林への林地転換が利用可能な水資源量に与える影響を評価する際など、森林管理の議論の基礎となるものである。また、この知見から、水・炭素・窒素循環モデルのサブモデルとして使われる **big-leaf model** のパラメタリゼーションの際、広葉樹林・針葉樹林を区別する必要があることが明らかとなった。

本論によって、針葉樹林における林分ごとの蒸散量の違いが、しばしば広葉樹林・針葉樹林間の蒸散量の違いより大きいことが明らかとなった。針葉樹林における蒸散量の林分ごとの違いが樹高によって整理されることが示されたことから、森林管理の議論、また **big-leaf model** のパラメタリゼーションの際、これまで一括して扱われてきた針葉樹林を、樹高によって区別することを新たに提案した。

以上のように、本論の成果は、森林管理の議論、また、森林の気候緩和機能の評価、水源涵養機能の評価、森林生長の予測などを、これまでに得られてきた観測研究の成果に即したものとするのに役立つ。