

愛媛大学農学部 ○戎 信宏・佐藤嘉展
石川県立大学 高瀬恵次

1. はじめに

筆者らは、愛媛県大洲市（天貢、杭瀬試験地）^{1),2)}における森林小流域の長期間観測データから森林流域の流出特性について検討を行ってきた。そのなかで森林蒸発散の特性としては、少雨年、多雨年の年蒸発散量は降雨の量に比較して、その増減の変動は小さく、少雨年の蒸発散量の低下は年を超えて持ち越されないで、少雨年でも降水量の蒸発散量の低下は思ったより少ないこと。多雨年では、実蒸発散量と可能蒸発散量の比である蒸発散比が年間の値でも1.0を超えることがあること、ただし、多雨年でも年間の降水量のばらつきで蒸発散量がそれほど大きくならない場合もあることが分かってきた。また、スギ・ヒノキ人工林（常緑樹）と落葉樹の蒸発散特性の違いは、冬期の着葉、落葉の差異だけではなく、夏期の蒸発散量は、スギ・ヒノキより広葉樹の方が大きいことが示唆された。

さらに森林流域の蒸発散特性の研究を進めるため、本研究では、愛媛県以外の滋賀県甲賀市の落葉・常緑混交林の流域（信楽試験地と言う）の雨量・流量データを解析し蒸発散特性を調べたので、ここに報告する。

2. 試験地概要と解析方法

信楽試験地（図-1、量水堰位置：北緯 34° 51′ 57″ 東経 136° 6′ 49″）は、京都大学防災研究所、京大大学生存圏研究所等の共同研究試験地として、滋賀県甲賀市信楽町神山の国有林内に、2010 年 4 月から雨量・流量の本観測とさらに 2012 年 4 月より試験地内の気象タワーでフラックス・微気象観測が開始された。流域面積は、24.2 ha、標高は 254 m～421 m、平均勾配 26.9°、基岩の地質は花崗岩類である。ドローン撮影の画像解析によると着葉期の森林面積割合は、落葉樹 73%、常緑樹 18%、裸地・河道 9%で、常緑樹には人工植栽されたヒノキ、アカマツ、クロマツも含まれる。広葉樹の樹種としては、ウリカエデ、エゴノキ、リョウブ、コナラ、ソヨゴ、アセビなどがある。ヒノキは谷部に植栽されており、下流から上流まで点在している。

本試験地の流量観測は、流域の末端に直角三角形の量水堰

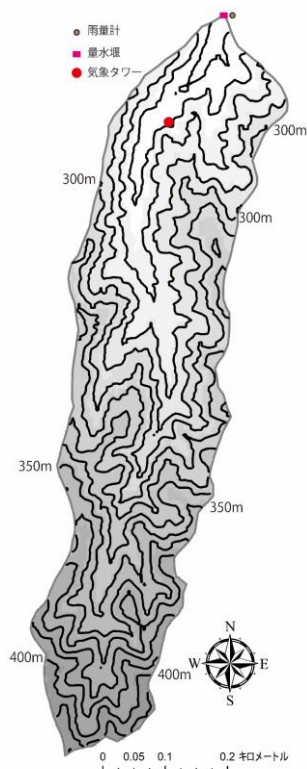


図-1 信楽試験地地形図

を設置し、圧力式デジタル水位計（STS 社 DL.0CS/N など 2 台）で行っている。一方、雨量観測は、量水堰の横に設置した 2 基の雨量計と気象タワーに設置した雨量計で行っている。また、流域内には高さ約 45m の微気象・フラックス観測用の気象タワーが設置されている。今回の解析のペンマン式の可能蒸発散量の計算は、この気象データを用いた。

解析に用いた雨量・流量データは、2010 年～2015 年の 6 年間のものである。解析期間内の試験地雨量の欠測は、京大大学生存圏研究所の信楽 MU 観測所（試験地より直線距離 1.6 km）の雨量データと信楽アメダス（試験地より直線距離 6.1 km）の雨量データで補完した。流量は、2010 年 1-3 月と 2015 年 9-12 月のデータがない期間とデータの不良等は、長期流出モデルである高瀬モデルによって時間流量を補完計算した。

解析方法の年間水収支の計算と蒸発散量の季節変化は、鈴木方式³⁾による短期水収支法の解析を行った。年間水収支の計算で、単純に 1 月 1 日から 12 月 31 日を水収支期間とした。

3. 解析結果と考察

信楽アメダスによると信楽の年間降水量は 1466.1 mm (1981-2010 年) で、今回の観測期間の平均年降水量は、1738 mm で年より大きく、最大年雨量は 2011 年の 1888 mm である。この期間中の年間流域水収支による年平均蒸発散量は、648 mm となった。このときのペンマン式の可能蒸発散量は、797 mm、蒸発散比は 0.81 である。この年間水収支結果を表-1、図-2 に示す。天貢試験地、杭瀬試験地の二つの試験地と同様に年降水量の変動と比較すると、年蒸発散量の変動は小さい。また、杭瀬と信楽試験地の共通する解析期間である 2010 年～2014 年の 5 年間の年蒸発散量を比較すると、信楽試験地は 666 mm、杭瀬は 727 mm、その差は 61 mm (降水量差は 112 mm) 蒸発散比は、信楽試験地は 0.83、杭瀬 0.86 で、蒸発散比の 0.03 の差は年可能蒸発散量を 800 mm と仮定すると蒸発散量は 24 mm の差となり、水源かん養機能として意味があるかどうかであるが、スギ・ヒノキ人工林流域の方が、蒸発散量は大洲の試験地の解析で得られた

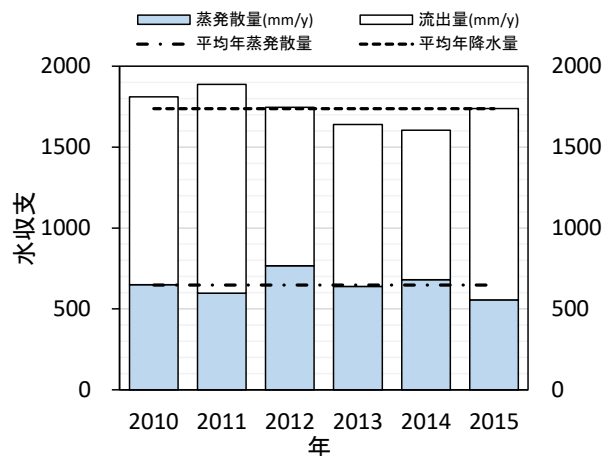


図-2 解析期間の水収支の年変動

のと同様に確かに蒸発散量は多く、水源かん養機能の点では落葉広葉樹林流域より不利であると結論づけられる。

次に、短期水収支法の結果である蒸発散量の季節変化を図-3に示す。短期水収支法で求めた平均年蒸発散量は 657 mm(2010-2015 年)となり、年間水収支で得られた 648 mm の値より約 1.4%多い結果であった。平均の最大日蒸散量は 3.58 mm/d(9 月)、最小日蒸散量は 0.51 mm/d(1 月)である。季節変化の値の妥当性を検証するために、2012 年 9 月から 2013 年 8 月に観測されたフラックス・微気象データから渦相関法によって求めた 1 年間の解析データ⁴⁾の蒸発散量をそれぞれ月別に整理して比較したのが図-4である。夏期の 7 月、8 月以外は同程度の値を示しているので、短期水収支法から得られた値は妥当であると言える。

さらに、杭瀬と信楽試験地の蒸発散特性の季節変化を見るために、蒸発散比の季節変化を図-5に示す。この図からわかるように冬期(11 月~2 月)の期間は、杭瀬試験地と信楽試験地で値に大きな差がある。これは、杭瀬試験地は常緑樹のため気温が低くても遮断蒸発量が多く、蒸散もゼロにはならないため、その影響を示していると考えられる。また、初夏(6 月~7 月)に信楽試験地の方が、蒸発散比の値が大きくなることは、広葉樹の方は蒸散が多く、そのため蒸発散量を多くなると考えられる。このことは天貢試験地、杭瀬試験地の比較でもその傾向が示されている。

3. おわりに

今回、落葉広葉樹の多い信楽試験地の蒸発散特性の解析で、杭瀬試験地のスギ・ヒノキ林との蒸発散特性の違いが明らかになった。現在、林内雨量観測による遮断蒸発の解析も共同で別途進めているので、初夏あるいは夏期の遮断蒸発・蒸発散特性がさらに明らかになると思われる。

謝辞：最後に本研究は、「流域上空大気と地上部での多様な水文観測に基づく 3 次元水循環モデルの構築」の科学研究費補助金・基盤 B(16H04999, 代表：高瀬恵次)の援助を受けた。さらにデータ、調査等でご協力いただいた京都大学大学院、京都大学防災研究所、京都大学生存圏研究所の科研の諸先生に謝意を表します。またデータ整理、解析で協力いただいた研究室の渡邊裕衣(愛媛県)さんにも感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 戎信宏・高瀬恵次：山地森林小流域の長期間観測による流出解析Ⅱ－愛媛県大洲市天貢試験地の蒸発

表-1 水収支の計算結果

年	降水量 (mm/y)	流出量 (mm/y)	蒸発散量 (mm/y)	可能蒸発散量 (mm/y)	蒸発散比
2010	1811	1161	650	798	0.81
2011	1888	1291	597	787	0.76
2012	1747	981	766	779	0.98
2013	1640	1001	639	842	0.76
2014	1604	923	681	814	0.84
2015	1739	1184	555	763	0.73
平均	1738	1090	648	797	0.81
2010-2014	1738	1071	666	804	0.83

散量と流況一、平成 29 年度砂防学会研究発表概要集

- 2) 戎信宏・高瀬恵次：山地森林小流域の長期間観測による流出解析Ⅲ－森林植生の異なる流域の比較一、平成 30 年度砂防学会研究発表概要集
- 3) 鈴木雅一：短期水収支法による森林流域からの蒸発散量推定、日林誌 67(4)、p.115-125、1985
- 4) 戎信宏・萬和明・中北英一・山口弘誠・田中賢治・高瀬恵次・石田祐宣・福池孝記：落葉広葉樹林における水蒸気・CO₂フラックス観測、水文・水資源学会 2014 年度研究発表会要旨集、2014 年 9 月

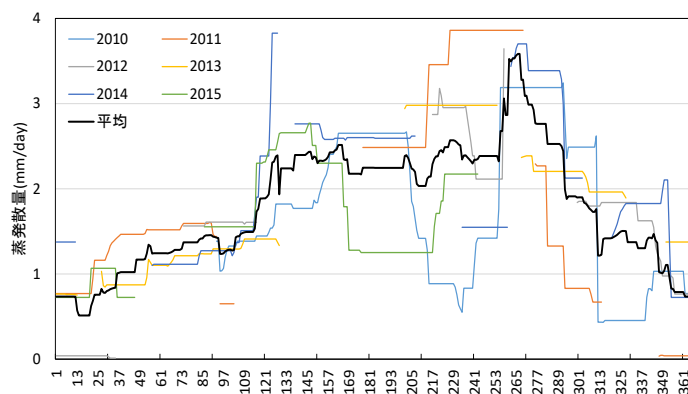


図-3 短期水収支の結果

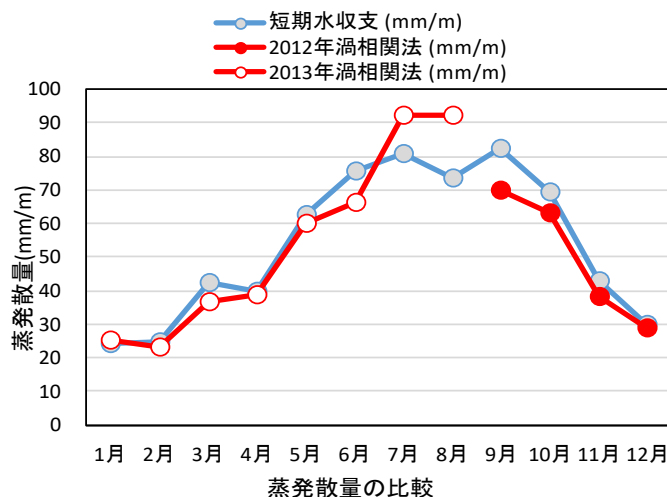


図-4 渦相関法との月別蒸発散量の比較

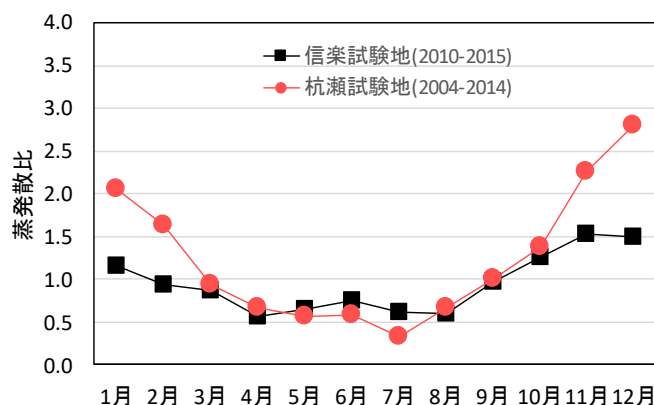


図-5 蒸発散比の比較