

水年開始日の設定が低水・濁水流況解析に及ぼす影響 —竜の口山森林理水試験地の場合—*

稲葉誠博^{**1}・近藤観慈¹・沼本晋也¹・林 拙郎¹

稲葉誠博・近藤観慈・沼本晋也・林 拙郎：水年開始日の設定が低水・濁水流況解析に及ぼす影響—竜の口山森林理水試験地の場合— 日林誌 89：412~415, 2007 森林総合研究所竜の口山森林理水試験地の公開データを使用し、同流域の低水・濁水解析に適した水年開始日として5月1日が示された。5月1日を開始日とする水年の流況曲線は、1月1日を開始日とする暦年の流況曲線に比べて低水・濁水期間の低減がスムーズになった。この水年設定に応じた流況曲線の相違は、流況の相関解析における寄与率に現れ、5月1日を開始日とする水年の寄与率は、暦年の場合に比べて高くなった。また、寄与率の上昇は低水・濁水期間で顕著であった。このことから、目的の流況解析に応じた水年を設定することの重要性が確かめられた。

キーワード：寄与率、水年、流況解析、流況曲線

Inaba, N., Kondo, K., Numamoto, S., and Hayashi, S.: **Influence of the Definition of Water-year Period on Discharge-duration Analysis Focused on Low Flow: In the Case of the Tatsunokuchi-yama Experimental Watershed.** J. Jpn. For. Soc. 89: 412~415, 2007 From our examination which used the published data observed in the Tatsunokuchi-yama Experimental Watershed, it was concluded that May 1 is the most suitable day for the first day of the water-year in the discharge-duration analysis focused on low flow. The water-year beginning on May 1 could produce a smooth discharge duration curve and high contribution ratios of the regression lines from the discharge-duration curves between Kitatani and Minamitani, as compared with those obtained by the practical water year beginning on January 1. And the contribution ratios obviously increased in low flow range of discharge-duration curve. Hence importance of the definition of water-year period is confirmed.

Key words: contribution ratio, discharge-duration analysis, discharge-duration curve, water-year

I. はじめに

山地流域の流況の比較・検討に水年を単位とする流況曲線が用いられることが多い。通常、冬に積雪のない国内の地域では、実用的水年として暦年がしばしば用いられるが、暦年を用いて作成した森林流域の流況曲線には、低水側で日流出量の急激な減少がみられることがある。この現象は、比較的降水の少ない年の低水・濁水期間における森林の蒸発散特性の影響によるとする報告(9)がある。一方、稲葉ら(4)は、低水・濁水期間の連続性を分断しない水年設定をすることが、濁水期に着目した流況解析において有効な解析法であることを確認している。本稿では、森林総合研究所竜の口山理水試験地(以下、竜の口山とする)を事例として選び、稲葉ら(4)の水年設定の方法論の汎用性を検討した。

竜の口山は、森林がほぼ健全に維持されてきた北谷流域(以下、北谷とする)と、森林の大きな衰退を経験した南谷流域(以下、南谷とする)で構成される。玉井ら(8)は、暦年を水年とする流況曲線を用いて北谷と南谷の日流出量

の相関解析から、南谷の流況における森林衰退の影響を検討した。この検討結果において、南谷の森林が衰退した時期に、低水側における相関係数の低下が認められた。その原因の一つに水年開始日の設定が考えられるが、特に言及されていない。そこで本研究では、竜の口山の水文データに対して、玉井ら(8)の適用した暦年の水年と、稲葉ら(4)の方法を適用した水年における流況曲線を比較し、北谷と南谷の両流域における日流出量の相関関係を調べ、低水・濁水解析における水年設定の影響を検討・考察した。なお、本稿では、筆者らの方法を本解析法、玉井らの暦年の水年を用いた方法を暦年法とする。

II. 理水試験地の概要および水文データ

1. 理水試験地の概要

本研究で対象とした竜の口山は瀬戸内海式気候区に属している。この試験地は、北谷(17.27 ha)と南谷(22.61 ha)の二つの流域からなり、1937年から現在まで流量観測が行われている。服部(3)によれば、南谷において1959年に森林火災、1978年から1980年にマツクイムシ被害が発生

* 本論文の一部は第115回日本林学会大会において発表したものである。

** 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: 505D505@m.mie-u.ac.jp

¹ 三重大学大学院生物資源学研究所森林環境砂防学研究室 (514-8507 津市栗真町屋町 1577)

Laboratory of Forest Conservation and Erosion Control, Graduate School of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamachiya-cho, Tsu 514-8507, Japan.

(2007年3月5日受付; 2007年6月15日受理)

している。

2. 解析に用いる水文データ

本研究では、1937年～2000年までの竜の口山の公開水文データ(1, 2, 5, 7)を用いる。この水文データの中で欠測のある年と、南谷において森林火災のあった1959年と、マツクイムシ被害のあった1978年から1980年の南谷森林被災期は、解析対象から除外する。なお、後述のIV. 1.の水年設定においては上記南谷森林被災期のデータを含めて検討する。

III. 解析方法

本稿では、流況曲線から得られる特性値のうち、低水流量(275日目)が記録された日を低水日、低水日から渇水流量(355日目)が記録された日までの期間を低水・渇水期間とする。

1. 水年の設定方法

中野(6)は、竜の口山における年降水量と年流出量の相関解析から、統計検証的水年の開始日として5月から7月をあげているが、流況曲線についての具体的検討はしていない。流況曲線において低水・渇水期間を連続した流況として評価するには、水年開始日(終了日)を低水・渇水時期ではなく、年最小日流出量の出現頻度が少ない時期におく必要がある(4)。

そこで、本研究では解析対象期間における暦年の水年に対する年最小日流出量の月別出現頻度を求め、年最小日流出量の月別出現頻度が最も少ない月のはじめを水年開始日とする設定方法を用いた。

2. 流況の解析方法

南谷森林被災期を除いた観測期間を南谷の森林状態に応じて南谷森林衰退期と南谷森林健全期の2期間に分けた。前者は南谷の年流出量が北谷のそれより多い期間、後者は少ない期間である。期間設定を行ったうえで、北谷と南谷の二つの流況曲線の日流出量に対して相関解析による寄与率を算出し、暦年法と本解析法の比較を行った。対照流域間における相関解析では、同一水年の北谷と南谷におけるn日目(nは1日目から365日目)の日流出量を取り出し、北谷の日流出量を横軸に、南谷の日流出量を縦軸にプロットして回帰直線と寄与率を求めた。以上の解析を、後述する期間設定の検討結果に基づいて、南谷森林健全期34組、南谷森林衰退期19組の合計53年間分のデータを用いて行った。

IV. 結果

1. 水年設定

竜の口山の年最小日流出量の月別出現回数を図-1に示す。図-1は、1937年から2000年までのデータ(欠測を除き、北谷は60年間、南谷は59年間)に対する、月別の年最小日流出量の出現頻度を示したものである。同じ水年内に同一の値の年最小日流出量が複数回観測された場合は、観測回数の合計が1となるように、各月で観測された

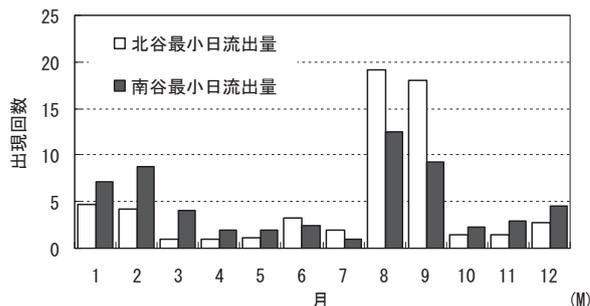


図-1. 竜の口山の年最小日流出量の月別出現頻度の分布

1937年～2000年、北谷：60年間、南谷：59年間。

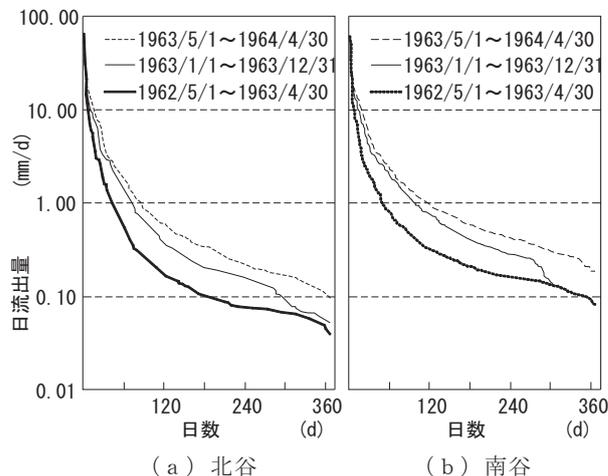


図-2. 本解析法と暦年法による流況曲線の比較 (1962/05/01～1964/04/30)

年最小日流出量の発生回数に基づく比例配分によって各月の出現回数を求めた。この結果に、前述の年最小日流出量の出現頻度が少ない時期を水年開始日とする設定方法(4)を適用すると、竜の口山における低水・渇水の流況解析に適した水年開始日は5月1日と判断された(以下、5月1日水年とする)。

2. 暦年法と本解析法による流況曲線の比較

本解析法と暦年法の二つの流況曲線を比較する。図-2には、1962年5月1日から1963年4月30日までと、1963年1月1日から1963年12月31日まで、1963年5月1日から1964年4月30日までの三つの流況曲線を示す。同図に示した暦年法の流況曲線には低水日以後において日流出量の急激な減少がみられる。一方、本解析法の流況曲線には、このような急激な減少はみられない。

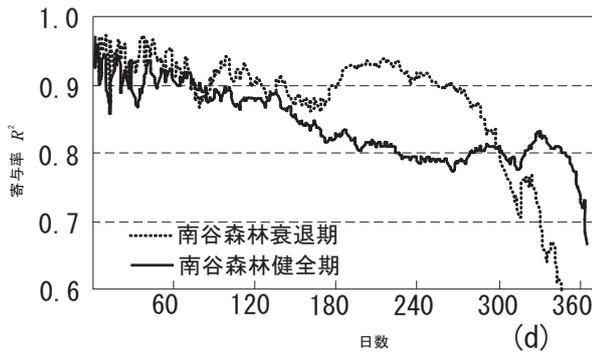
3. 暦年法と本解析法による寄与率の比較

表-1にIII. 2.で示した方法により定めた南谷森林健全期と南谷森林衰退期の設定期間を示す。

暦年法による寄与率と本解析法によるそれを設定期間に分けて図-3に示す。この図のn日目の値は、年最大日流出量から数えてn日目の単回帰分析の寄与率を表す。両者を

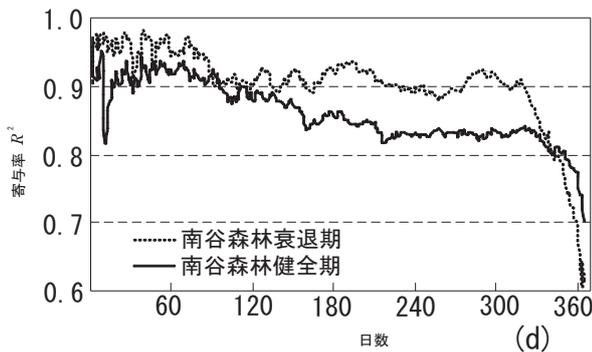
表-1. 南谷森林衰退期と南谷森林健全期の設定期間

設定期間	暦年法 (64 水年)	本解析法 (63 水年)
南谷森林健全期	'37~'58, '68~'77, ('74 欠測) '98~'00	'37~'58, '68~'77, ('74 欠測) '96, '98~'99
南谷森林衰退期	'60~'66, '81~'94 ('91, '93 欠測)	'60~'66, '81~'94 ('90, '93 欠測)
南谷被災期欠測	'59, '78~'80, '67, '74, '91, '93, '95~'97	'59, '78~'80, '67, '74, '90, '93, '95, '97



(a) 暦年法

(南谷森林衰退期において 346 日目以後の寄与率は 0.6 を下回ったため省略した)



(b) 本解析法

図-3. 北谷・南谷の日流出量の相関関係 (1937 年～2000 年)

表-2. 両解析法による寄与率の平均値の比較

(a) 暦年法		
設定期間	南谷森林健全期	南谷森林衰退期
全体平均値	0.8408	0.8611
1~274 日目の平均	0.8561	0.9142
275~355 日目の平均	0.8026	0.7378
(b) 本解析法		
設定期間	南谷森林健全期	南谷森林衰退期
全体平均値	0.8602	0.9045
1~274 日目の平均	0.8748	0.9225
275~355 日目の平均	0.8238	0.8720

比較すると、表-2 に示すように、本解析法により南谷森林健全期の寄与率の全体平均値は 0.8408 から 0.8602 に増加し、南谷森林衰退期は 0.8611 から 0.9045 に増加している。南谷森林衰退期の寄与率の増加幅 (+0.0434) は、南谷森林健全期の寄与率の増加幅 (+0.0194) よりも 0.0240 大きな値を示した。また、図-3 に示したように、本解析法では暦年法に比べて南谷森林衰退期と南谷森林健全期の寄与率の差が小さく、かつ流況曲線の後半において、寄与率の低下が少ない。

V. 考 察

本解析法による流況曲線には、暦年法の場合のような低水日以後における急激な減少はみられなかった。この結果は、ぬたの谷において 5 月 1 日水年を用いたことによって低水・渇水期間の流出がスムーズに表現された結果 (4) と同様である。また、図-3 の相関解析の結果より、本解析法の寄与率は暦年法の寄与率に比べ、一水年を通じて高い値を示した。中でも南谷森林衰退期において寄与率が 0.8 以上を示す範囲が、暦年法では 299 日目までであったのに対して、本解析法では 351 日目までと延びている。対照流域間における寄与率の解析は、両流域の流況の相関性を明らかにしようとするものである。解析の対象期間を変更せず、水年を暦年から 5 月 1 日水年とすることにより寄与率が全体的に上昇したということは、本解析法を用いた場合の回帰式の信頼性が増したことを意味する。

次に、本研究で目的とする低水・渇水流況解析における本解析法の有効性を確認する。両解析法による低水日前日までと低水・渇水期間に対する寄与率の平均値を表-2 に示す。表-2 (a) より、低水・渇水期間において暦年法の南谷森林衰退期の寄与率が特に低いことがわかる。一方、表-2(b) より、本解析法では低水・渇水期間における南谷森林衰退期の寄与率は、南谷森林健全期の寄与率を平均値で上回り、いずれの条件でも寄与率は 0.8 を越えた。

図-2(a) に示した北谷の暦年法による流況曲線 (1963 年) には、287 日目 (0.110 mm/d) から 320 日目 (0.072 mm/d) の期間に日流出量の急激な減少がみられ、その差は 0.038 mm/d である。一方、図-2(b) に示した南谷における暦年法の流況曲線 (1963 年) には、275 日目 (0.241 mm/d) から 305 日目 (0.133 mm/d) の期間に日流出量の減少がみられ、その差は北谷より大きい 0.108 mm/d である。すなわち、暦年法は、同一水年内であっても、日流出量の減少がみられる期間と減少量が流域ごとに異なるため、低水日以後において寄与率の低下が顕著に生じたと考えられる。一方、同図に示した本解析法の流況曲線には低水日以後に日流出量の急激な減少はみられない。これに対応して、図-3(b) に示すように低水日以後の寄与率が高く維持されたと考えられる。

VI. 結 論

本研究では、長期水文データが公開されている竜の口山

森林理水試験地の流況特性に対し、低水・渇水の流況解析に適した水年設定を稲葉ら(4)の方法に基づいて検討し、玉井ら(8)の方法で流況解析を行い、その有効性を検討した。その結果は次のようにまとめられる。

1) 竜の口山森林理水試験地における低水・渇水の流況解析に適した水年開始日は5月1日と判断された。

1) 暦年法では流況曲線の低水日以後に日流出量の急激な減少がみられたのに対し、本解析法では低水・渇水期間にスムーズな流況曲線が得られた。

3) 対照流域間の日流出量に対する相関解析において、暦年法の寄与率が衰退期 0.8611, 健全期 0.8408 であったのに対し、本解析法は衰退期 0.9045, 健全期 0.8602 と向上した。

以上の結果から、低水・渇水期間の連続性を考慮した水年設定は、低水・渇水の流況解析に有効と考えることができる。そして稲葉ら(4)の方法は、目的とする流況解析に適した水年設定を客観的に見出せることが確認された。本研究で用いた方法は、森林が水流出に与える影響の評価に際して、より精度の高い流況解析に役立てることができる。

本研究に用いた水文データは、森林総合研究所竜の口山

森林理水試験地における観測従事者及び職員各位の長年にわたる努力の賜であり、ここに記してその努力に心から敬意と謝意を表す。

引用文献

- (1) 防災研究室・岡山試験地(1981)竜の口山量水試験地報告. 関西試験場関西支場年報 22: 56-62.
- (2) 後藤義明・玉井幸治・小南裕志・深山貴文(2005)竜の口山森林理水試験地観測報告(1981年1月~2000年12月). 林試研報 394: 87-133.
- (3) 服部重昭(1994)寡雨地域の森林における水収支. 日緑工誌 19: 296-302.
- (4) 稲葉誠博・沼本晋也・近藤観慈・林 拙郎(2004)森林流域における渇水期流量に着目した流況解析. 中部森林研究 52: 251-254.
- (5) 関西支場防災研究室・岡山試験地(1979)竜の口山森林理水試験地観測報告(1959年1月~1977年12月). 林試研報 308: 133-195.
- (6) 中野秀章(1971)森林伐採および伐跡地の植被変化が流出に及ぼす影響. 林試研報 240: 1-251.
- (7) 農林省林業試験場(1961)森林理水試験地観測報告(日降水量・日流出量). 農林省林業試験場, 東京. 1-225.
- (8) 玉井幸治・後藤義明・深山貴文・小南裕志(2004)林野火災とマツ枯れによる森林の衰退が流出量と流況曲線に及ぼす影響—岡山市竜の口山量水試験地の場合—. 日林誌 86: 375-379.
- (9) 高瀬恵次(2000)流域水循環と農林地の機能. 水利科学 44(1): 18-41.