

(研究報告)

森林の変化が小流域の流出量に及ぼす影響

福芳隆博・山本哲也¹⁾

福芳隆博・山本哲也：森林の変化が小流域の流出量に及ぼす影響，広島県林技セ研報 42：1～15，2011。
 広島県山県郡安芸太田町で実施された水土保全機能強化総合モデル事業の流域において，森林の変化が小流域の流出に及ぼす影響について比較検討した。スギ・ヒノキ人工林において，森林の変化（本数率 50%の択伐と流域面積の 23%の風倒害による上層木の減少，下層木の植栽）により，夏季の流出量は，森林の変化 1 年後で変化前の 1.43 倍に，変化 6 年後～10 年後には 1.11 倍に増加した。増加量は，流況曲線の高水側ほど高く，増加割合は流況曲線の低水側で大きくなった。これらのことから，スギ・ヒノキ人工林における択伐や部分伐採は，伐採後のある期間において小流域の水資源の確保に有効であることが示唆された。また，本流域の最大流域貯留量は森林の変化前後でほとんど差がなく，1 回の択伐などが流域貯留量に及ぼす影響は小さいことが推察された。

[キーワード] 森林の変化，流出量，最大流域貯留量

1) 現在 広島県立総合技術研究所保健環境センター

1 はじめに

森林のもつ水源涵養機能の重要性については，県民の関心も高く，安定した機能を確保するための緑のダムとして，森林整備の技術の検証や検討が求められている。しかし，現在の森林土壌は緑のダムの機能を十分発揮するようになっており，今後は，水資源確保のために森林の蒸発散量を制御するための施業のあり方が課題となっている¹⁾。

広島県では，水源涵養機能を向上させるための森林整備の方向性を検討するため広島県山県郡安芸太田町上筒賀において，昭和58(1983)年度から水土保全機能強化総合モデル事業を実施した。モデル流域は，森林整備の種類別に 4 つの小流域に区分され，それぞれ雨量と流出量の観測が行われた。

山本・池田(2005)は，モデル流域の雨量と流出量の観測結果から森林整備等による森林の変遷と流出特性の関係を年流出率，湧水流出量，流況安定化率，蒸発散量などの指標により解析を行い，森林整備等が水源涵養機能に及ぼす影響について報告した²⁾。

本報では，蒸発散量の減少と水資源確保の関係を検討する材料の一つとするため，モデル流域を対象に公表された調査報告書などのデータを用いて森林施業等による森林の変化が小流域の流出量に及ぼす影響について

さらに検討を加えた。

2 対象地

2.1 対象流域³⁾

モデル流域は，広島県西部を南北に流れる太田川支流である筒賀川の最上流部の奥ノ原川上流域に位置し，標高は 750m～1050mである。地質は広島県中～北部地方の太田川上流域に分布する北帯の非～弱変成古生層に相当し，黒色頁岩ホルンフェルス，珪岩，黒雲母花崗岩脈から構成される。年平均気温は，8.9℃(1994～1999年の平均値)，年平均降水量は，2,205mm(1994～1999年の平均値)である。積雪標柱による年平均最大積雪深は，84.7cm(1984～1987年の平均)であり，積雪期間は，2～3ヶ月に渡る。

モデル流域の総面積は 80.12ha で，森林整備の種類によって 4 つの小流域(A 流域，B 流域，C 流域，D 流域)に区画された。このうち，A 流域は施業が行われない対照区とされた。

本報では，対照区である A 流域(16.11ha)と隣接する B 流域(9.63ha)の関係について，森林の変化前後で比較した。なお，A 流域と B 流域の位置について図 1 に示すが，モデル流域全体の詳細な内容については，山本，池田(2005)の報告²⁾を参照いただきたい。

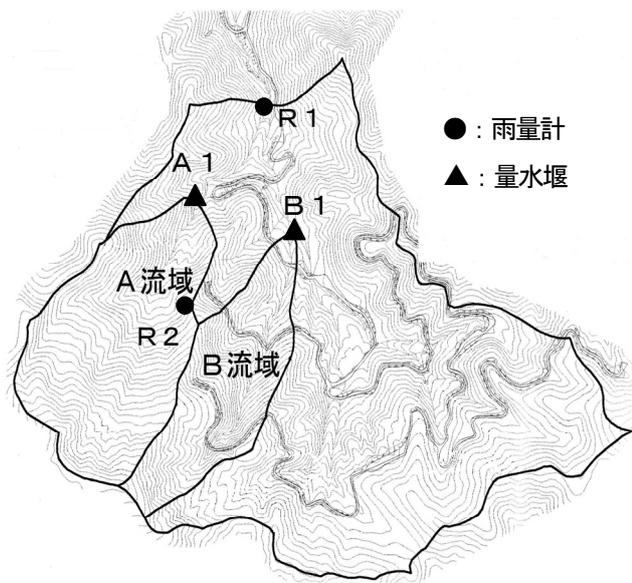


図-1 A流域とB流域の位置と観測施設

2.2 観測

A流域とB流域に関する観測施設は、図1のとおりである。降雨量は、2箇所(R1, R2)に設置された転倒マス式雨量計により最小10分間隔で記録された。A流域の降雨量は、R2の観測値により、また、B流域の降雨量は、R1とR2の観測値をもとにティーセン分割により求められた。A流域とB流域の流出量は、両流域の最下部にそれぞれ設置された量水堰(A1, B1)において、最小間隔10分で記録された。降雨及び流出量の観測は、1985年9月から開始された。

3 対象流域の森林とその変化

3.1 森林整備前の状況

森林整備前(1984年)の林相は表1²⁾のとおりであり、A流域、B流域ともスギ・ヒノキ人工林が約50%以上を占めていた。森林整備前の上層木の樹高、胸高直径、立木密度は、表2の標準地調査(32m×32m)結果⁴⁾のとおりである。なお、標準地の位置は、図2のとおりである。

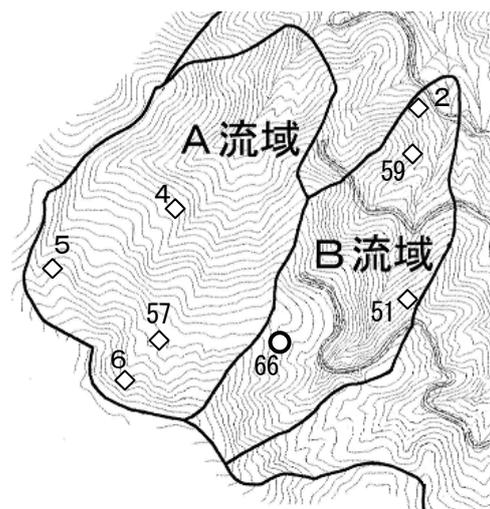


図-2 標準地

- ◇ : 当初設定の標準地 (32×32m)
- : 台風後の追加標準地 (20×20m)

表-1 森林整備前の林相 (ha, ()は割合%)

流域	スギ・ヒノキ林		落葉広葉樹林	裸地ほか	計
	5 齢級以下	6 齢級以上			
	面積	面積	面積	面積	面積
A流域	0.63 (3.9)	9.11 (56.6)	6.37 (39.5)	0.00 (0.0)	16.11
B流域	0.00 (0.0)	4.95 (51.4)	4.62 (48.0)	0.06 (0.6)	9.63

表-2 森林整備前の標準地調査結果 (1984年)

流域	標準地NO	林相	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)	立木密度 (本/ha)
A流域	4	スギ・ヒノキ	14.7	22.1	840
	5	ヒノキ	13.7	21.2	1,347
	6	ヒノキ	18.7	26.4	908
	57	スギ・ヒノキ	16.4	28.4	644
B流域	2	スギ	16.1	22.8	1,171
	59	ヒノキ	14.9	20.0	1,953

3.2 森林の変化

B 流域(9.63ha)は、1990 年度に単木択伐施業区として道路敷や除地を除く 8.53ha について本数伐採率で約 50%の択伐が実施され、下層木としてスギ、ヒノキが ha 当たり 2000 本の割合で植栽された⁵⁾。その翌年度の 1991 年 9 月 27 日に中国地方を通過した台風 19 号によって、図 3 のとおり B 流域のうち 2.25ha が風倒害を被った²⁾。被害地の大半は、スギ、ヒノキ林であり、被害跡地には、1992 年度(平成 4 年度)にスギ・ヒノキが植栽された。なお、下層木等の 1998 年時の生育状況は、表 3⁴⁾のとおりである。



図-3 風倒被害地

表-3 下層木生長量調査(1998 年)

標準地 No	上層木	植栽木	平均樹高 (m)	地際直径 (cm)	密度 (本/ha)	備考
2	スギ	スギ	1.5	2.7	1,525	
59	ヒノキ	スギ	2.0	2.7	125	風害地
59	ヒノキ	ヒノキ	2.7	4.7	1,925	風害地
51	広葉樹	ヒノキ	1.8	2.5	1,050	
51	広葉樹	スギ	1.1	2.1	900	
66	—	ヒノキ	2.8	7.1	1,050	風害地
66	—	スギ	2.8	6.2	900	風害地

4.1 比較

4.1.1 比較方法

流域の森林伐採など植生の変化が流出量に及ぼす影響を調べる方法として、1流域で植生を変化させて変化前後で流出量等を観測して比較する「単独流域法」や、地形や地質がほぼ同じである隣り合った 2 流域で調査期間中に植生を変化させない流域と植生を変化させる流域を設

定し植生の変化前後で両流域の流出量を比較する「対照流域法」がある。

本報では、雨の降り方に影響されない「対照流域法」により A 流域を対照区とし、隣接する B 流域の森林の変化前と変化後の関係を比較した。ただし、対照流域の A 流域に長期の欠測期間が生じたため単独流域法による比較も行った。

4.1.2 比較期間

森林の変化が流出量に与える影響を検討するにあたり、森林の変化年を B 流域の単木択伐施業が終了した翌年で台風 19 号の風倒被害が発生した 1991 年とした。その後 2002 年に A 流域の一部と B 流域に再度森林整備が実施されたため、比較期間はその前年の 2001 年までとし、森林の変化前の期間を 1986~1990 年に、森林の変化後の期間を 1992~2001 年にした。さらに森林の変化後の期間については、1992~1996 年の 5 年間を変化後 I 期、1997~2001 年の 5 年間を変化後 II 期として時間の経過による比較も行った。なお、A 流域では、流出土砂による 1993 年~1996 年の長期間の流出量欠測があり、この期間は直近の降雨量と流出量の関係式から欠測期間の流出量を推定して比較検討の参考にした。

また、対象流域は、2~3 ヶ月の積雪期間があり、融雪が流出に及ぼす影響を排除するため、使用した降雨量及び流出量は、無積雪期間である 6 月 1 日~11 月 30 日の観測値とした(以下、夏季流出量及び夏季降雨量という)。なお、A 流域、B 流域のいずれかの部分的な欠測期間は、両流域からその期間を除外して合計した。

4.1.3 比較項目

本報では、森林の変化により、(1)流出量がどのように変化するか、(2)小流域の貯留量は変化するか、の大きく 2 点について検討することにした。

「流出量の変化」については、夏季流出量計、直接流出量、日流出増加量、流況曲線における 10 日ごとの日流出量を比較する項目とした。

夏季流出量計は、「トータルとして利用できる水の量」について比較するものであり、直接流出量と日流出増加量は、「洪水の発生の要素」について比較するものである。降雨が大きくなると土壌に浸透しきれなかった雨水は、地表や土壌の地表近くを流出するようになるが、これを直接流出といい、洪水の要素となる。

直接流出量の分離は、一降雨における日流出量の増加点とピーク流出量発生日の 2 日後の点を直線で結び、その線より上部を直接流出量とする簡便法に従った⁶⁾。なお、複数のピークを持つ複峯型の出水についても、最後のピーク流出量発生日の 2 日後を直接流出量の終了日と

して直接流出量を比較した。

日流出増加量は、一降雨における直接流出量を分離した期間における最大日流出量と降雨前の日流出量の差とした。全降雨の中からハイドログラフが単純峰でピークが明らかな 129 の出水を抽出し日流出増加量を比較した。

流況曲線における 10 日ごとの日流出量は、「森林の変化による流況曲線の変化」について比較するものである。森林の変化前と変化後の夏季日流出量を降順に序列化して 10 日ごとの日流出量について比較した。

「小流域の貯留量」については、最大流域貯留量を比較する項目とした。

森林に降った雨のうち一時的に流域内に貯留されるものを損失雨量といい、森林植生による遮断貯留量、流域谷低部の表面貯留量、森林土壌による土壌水貯留量が主要な成分である。損失雨量は、総降雨量の増加によって増加し、ある上限値に達する。この上限値が最大流域貯留量であり、夏季の一降雨ごとの損失雨量(総降雨量－直接流出量)から保留量曲線を求めて推定した。

推定には藤枝(2007)¹⁾の方法²⁾に従い、

$$L = SB [1 - \exp(-kP)]$$

(L:損失雨量, P:総降雨量, SB:上限値, k:係数)

の式にあてはめて森林の変化前後を比較した。

5 結果

5.1 流出量 (夏季)

5.1.1 対照流域法

森林の変化前と森林の変化後の A 流域と B 流域の夏季流出量の対比を図 4 に示す。

森林変化前の期間の B 流域の夏季流出量(Br)と A 流域の夏季流出量(Ar)は直線関係を示し、

$$Br = 1.2174Ar - 124.88 \quad (R^2 = 0.98) \quad (1) \text{式}$$

の回帰式が得られた。この回帰の結果から森林が変化しなかった場合の 95%信頼区間を算出して森林変化後の関係を比較した⁸⁾。

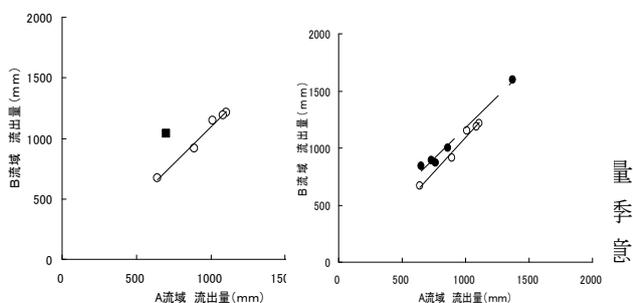


図-4 A 流域と B 流域の夏季流出量の関係

- 森林の変化前 (1986~1990 年)
- 森林の変化 1 年後 (1992 年)
- 森林の変化後 II 期 (1997~2001 年)

森林の変化による夏季流出量の増加量を推定するため、森林が変化しなかった場合の B 流域の夏季流出量を (1) 式により求めて観測値との差を算出した⁸⁾。その結果、B 流域における森林の変化 1 年後(1992 年)の夏季流出量は、314mm の増加となり、森林が変化しなかった場合の 1.43 倍となった。一方、変化後 II 期では、年平均夏季流出量は 101mm の増加となり、森林が変化しなかった場合の 1.11 倍であった。

5.1.2 A 流域欠測期間の流出量の推定 (参考)

変化後 I 期における流出量欠測年の流出量変化の参考とするため A 流域の欠測期間の前後の 1989, 1990, 1992, 1997, 1998 年の夏季降雨量と夏季流出量の関係を求め、その関係式から変化後 I 期の A 流域の夏季流出量を推定して比較した。

A 流域の夏季降雨量と夏季流出量の関係を図 5 に示す。また夏季降雨量と夏季流出量の関係式から求めた A 流域の推定夏季流出量を表 4 に示す。

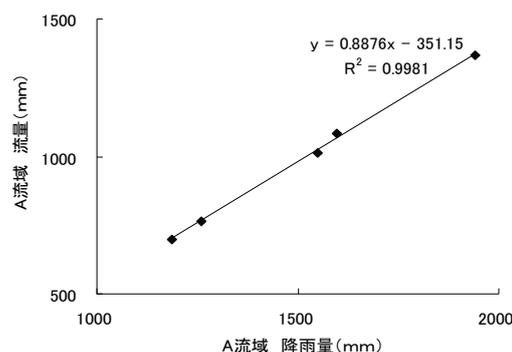


図-5 A 流域の夏季降雨量と夏季流出量の関係 (1989, 1990, 1992, 1997, 1998 年)

表-4 A 流域の推定夏季流出量 (mm)

年	夏季降雨量	夏季流出量	推定夏季流出量
1989	1,596	1,085	1,065
1990	1,549	1,012	1,024
1992	1,185	699	701
1993	2,320	欠測	1,708
1994	552	欠測	139
1995	1,108	欠測	632
1996	1,062	欠測	591
1997	1,943	1,368	1,373
1998	1,260	765	767

欠測期間の A 流域の推定夏季流出量を用いた変化後 I 期の対比は、図 6 のとおりであり、渇水年であった 1994 年を除いて B 流域夏季流出量は有意な増加となった。

森林が変化しなかった場合の B 流域の夏季流出量を (1) 式により求めて推定値との差を算出した。その結果、

年平均夏季流出量は、270mmの増加となり森林が変化しなかった場合の1.34倍となった。

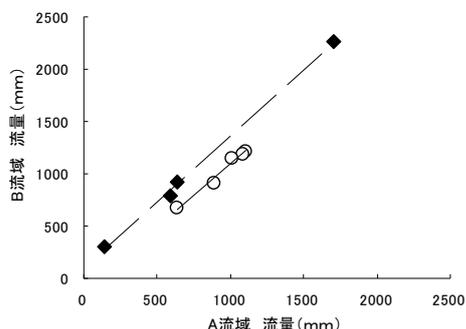


図-6 (参考)
 推定夏季流出量を用いたA流域とB流域の関係
 ○ 森林の変化前 (1986~1990年)
 ◆ 森林の変化後Ⅰ期 (1992~1996年)
 (A流域流出量は推定値)

5.1.3 単独流域法

B流域の単独流域法による比較として、森林の変化前と森林の変化後の夏季降雨量と夏季流出量の関係を図7に示す。森林の変化前のB流域の夏季流出量(Br)と夏季降雨量(Bp)は直線関係にあり

$$Br = Bp - 404.51 \quad (R^2 = 0.98) \quad (2) \text{式}$$

の回帰式が得られた。対照流域法と同様にこの回帰の結果から森林の変化がなかった場合の95%信頼区間を算出して変化後の関係を比較した。森林の変化後Ⅰ期では1992年、1993年、1995年の3年で有意な増加が認められた。一方、森林の変化後Ⅱ期では有意な増加が認められたのは1999年だけであった。

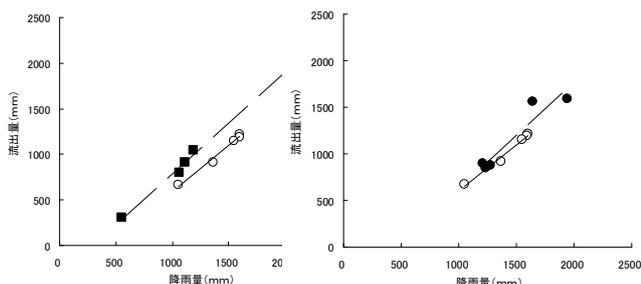


図-7 B流域の夏季降雨量と夏季流出量の関係
 ○森林の変化前 (1986~1990年)
 ■森林の変化後Ⅰ期 (1992~1996年)
 ●森林の変化後Ⅱ期 (1997~2001年)

森林が変化しなかった場合のB流域の夏季流出量を(2)式により求めて観測値との差を算出した。その結果、B流域における森林の変化後1年後では259mmの増加で変化しなかった場合の1.33倍に、変化後Ⅰ期の年平均夏季流出量は222mmの増加となり、森林が変化しなかつ

た場合の1.26倍となった。一方、森林の変化後Ⅱ期では、年平均夏季流出量は100mmの増加となり森林が変化しなかった場合の1.09倍であった。

5.2 直接流出量

A流域及びB流域の夏季における一降雨量と直接流出量の関係を図8に示す。

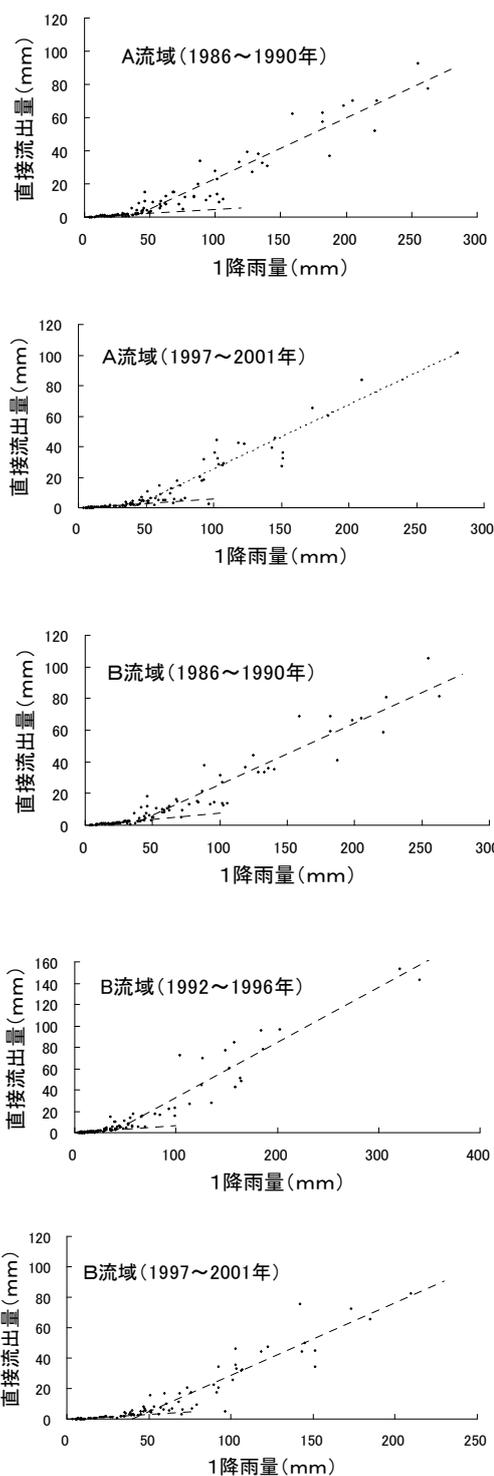


図-8 夏季の一降雨量と直接流出量との関係

一降雨量の増加とともに直接流出量は増加していき、増加の割合は、一降雨量が40mm~50mmを境に変化して大きくなった。その変化点の値は、A流域では、1986~1990年が42mm、1997~2001年で46mmであった。一方、B流域の変化点の値は、森林の変化前(1986~1990年)が41mm、変化後I期(1992~1996年)で42mm、変化後II期(1997~2001年)で45mmであり、森林の変化の前後で変化点の値はほとんど変わらなかった。

森林の変化前と森林の変化後の夏季におけるA流域とB流域の一降雨あたりの直接流出量の関係を図9に示す。森林の変化前のB流域の一降雨あたりの直接流出量(Brq)とA流域の一降雨あたり直接流出量(Arq)は直線関係にあり

$$Brq = 1.0507Arq + 0.7473 \quad (R^2 = 0.99) \quad (3) \text{式}$$

の回帰式が得られた。森林が変化しなかった場合のB流域の一降雨期間当たり直接流出量を(3)式により求めて観測値との差を算出した。B流域における1992年の一降雨あたり直接流出量は、40mm増加し森林が変化しなかった場合の1.14倍となったが、統計的には有意な増加ではなかった。一方、森林の変化後II期では、年平均約2mmの減少であり、森林が変化しなかった場合とほとんど変化はなかった。

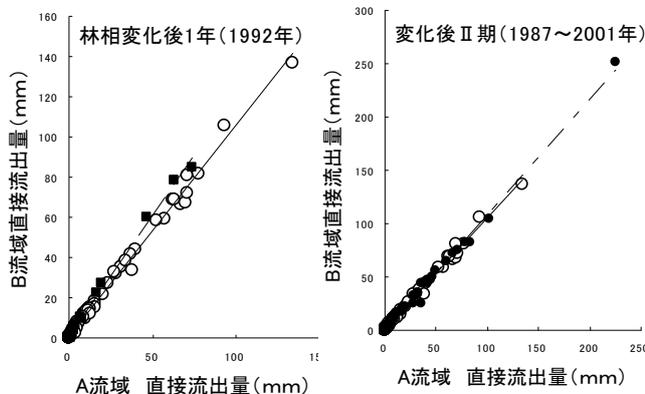


図-9 A流域とB流域の夏季の1降雨あたり直接流出量の関係

- 森林の変化前 (1986~1990年)
- 森林の変化1年後 (1992年)
- 森林の変化後II期 (1997~2001年)

欠測期間の比較の参考として、B流域の森林の変化前と変化後I期の一降雨量と直接流出量の関係を図10に示す。

B流域の森林の変化前と変化後の一降雨当たり直接流出量($B'rq$)と一降雨量($Bp1$)の関係は、次のとおりであった。

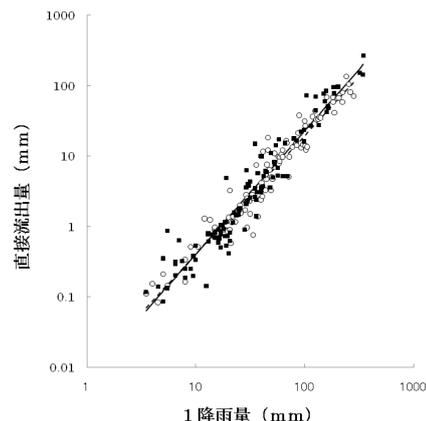


図-10 B流域の一降雨量と直接流出量との関係
○森林の変化前 (1986~1990年)
■森林の変化後I期 (1992~1996年)

$$\begin{aligned} \text{(変化前)} \quad B'rq &= 0.0086Bp1^{1.679507} \quad (R^2 = 0.94) \\ \text{(変化後I期)} \quad B'rq &= 0.0072Bp1^{1.753709} \quad (R^2 = 0.92) \end{aligned}$$

上記の両式に1992年の一降雨量をあてはめ、直接流出量を算出して森林の変化前後を比較した。1992年は森林が変化しなかった場合に比べて直接流出量は、42mmの増加となり、A流域との関係から求めた1992年の値とほぼ同様であった。なお、B流域の一降雨量と直接流出量の関係から求めた変化後I期における直接流出量は、森林が変化しなかった場合に比べて年平均58mmの増加であった。

5.3 日流出増加量

5.3.1 一降雨あたり日流出増加量

森林の変化前と変化後のA流域とB流域の夏季における一降雨あたり日流出増加量の対比を図11に示す。

森林の変化前のB流域の一降雨あたりの日流出増加量(Brp)とA流域の一降雨あたり日最大日流出量(Arp)は直線関係にあり

$$Brp = 1.1182Arp + 0.2601 \quad (R^2 = 0.99) \quad (4) \text{式}$$

の回帰式が得られた。

森林が変化しなかった場合のB流域の一降雨期間当たり日流出増加量を(4)式により求めて観測値との差を算出した。その結果、B流域における1992年の一降雨あたり日流出増加量は、森林が変化しなかった場合の1.08倍の9mm増加と変化は小さかった。回帰の結果から森林が変化しなかった場合の95%信頼区間を算出して観測値と比較したところ、抽出した14回の降雨のうち一降雨量が30mm以上であった7回の降雨で増となったが有意な増加は2回であった。

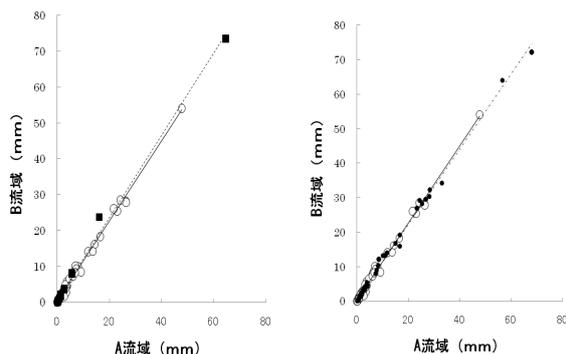


図-11 A流域とB流域の夏季の一降雨あたり日流出増加量の関係
 ○森林の変化前(1986~1990年)
 ■森林の変化1年後(1992年)
 ●森林の変化後Ⅱ期(1997~2001年)

一方、森林の変化後Ⅱ期では、一降雨あたり日流出増加量は森林が変化しなかった場合の0.99倍とほとんど差がなかった。なお、抽出した55回の降雨回数のうち有意な増加は4回であったが、この増加と一降雨量との間に関係は認められなかった。

欠測期間の比較の参考としてB流域の森林の変化前と変化後Ⅰ期の一降雨量と日流出増加量の関係を図12に示す。

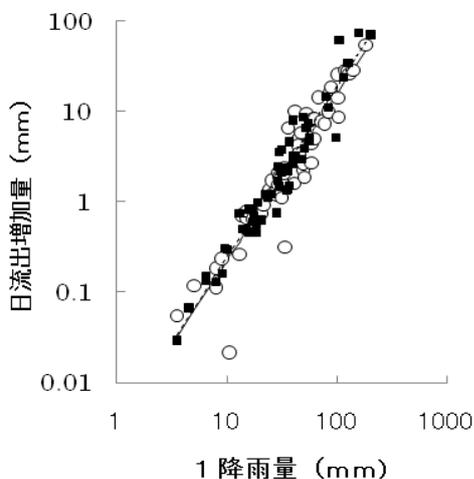


図-12 B流域の夏季の一降雨あたり日流出増加量
 ○森林の変化前(1986~1990年)
 ■森林の変化後Ⅰ期(1992~1996年)
 ●森林の変化後Ⅱ期(1997~2001年)

B流域の森林の変化前と変化後の一降雨あたり日流出増加量(B_{rp})と一降雨量(B_{p1})の関係は次のとおりであった。

$$\begin{aligned} \text{(変化前)} \quad B_{rp} &= 0.0031B_{p1}^{1.847472} \quad (R^2 = 0.88) \\ \text{(変化後Ⅰ期)} \quad B_{rp} &= 0.0032B_{p1}^{1.884055} \quad (R^2 = 0.93) \end{aligned}$$

B流域の変化前の一降雨量を変化後Ⅰ期の関係式にあてはめて変化前の一降雨量に対応した変化後の日流出増加量を算出してその差を比較したところ、変化後Ⅰ期では変化前の1.07倍の年平均6mmの増加と変化は小さかった。同様にB流域の変化後Ⅱ期についても比較したところ、変化前の1.02倍で年平均2mmの増とほとんど変化はなかった。

5.3.2 降順に序列化した10日おきの日流出量

森林の変化前を1986年~1990年の5年とし、森林の変化後を欠測年(1993~1996年)と部分的な欠測が生じた年(1998, 1999年)を除く1992年, 1997年, 2000年, 2001年の4年として、A流域とB流域における夏季の日流出量を降順に序列化し1日目, 10日目, 20日目...と10日おきの日流出量について森林の変化前と変化後を対比した。1日目, 20日目, 50日目, 100日目, 140日目, 180日目の対比図を図13に示す。

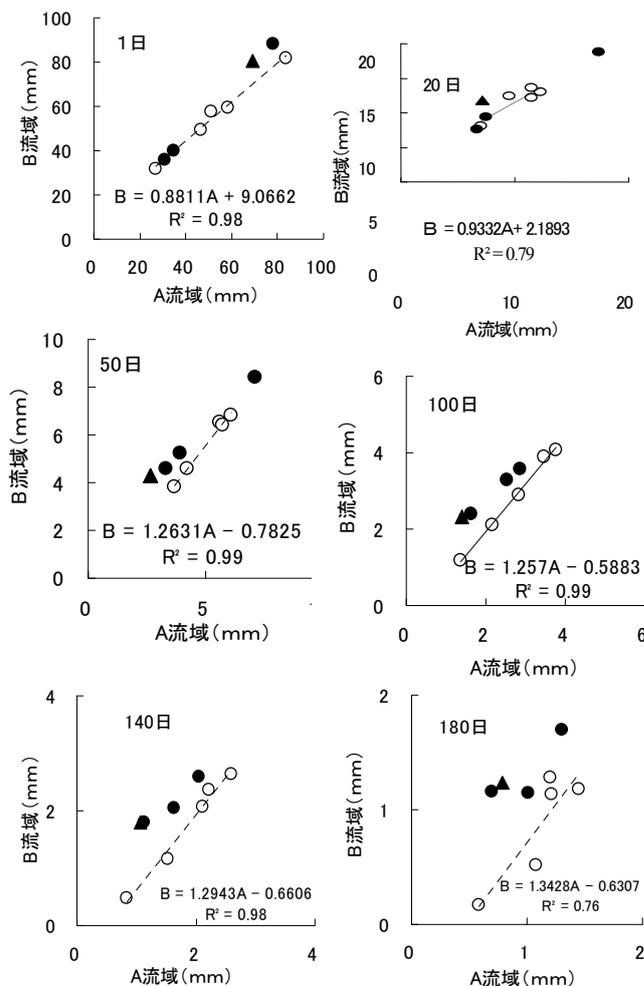


図-13 夏季の日流出量の対比
 ○森林の変化前(1986~1990年)
 ▲森林の変化後1年(1992年)
 ●森林の変化後Ⅱ期(1997, 2000, 2001年)

それぞれの日流出量において森林の変化前の A 流域と B 流域の関係について回帰式を求め、回帰の結果から森林の変化がなかった場合の 95%信頼区間を算出して観測値と比較した。森林の変化後では、B 流域では 60 日～110 日、120～140 日で 4 ヶ年とも有意な増加となった。

A 流域と B 流域との関係について森林の変化前の回帰直線による推定値と森林の変化後の観測値から増加量と増加割合を求めた。表 5 は図 13 に対応した増加量と増加割合である。森林の変化により増加量は、流況曲線の低水側で減少し、逆に増加割合は流況曲線の低水側で増加した。また、その程度は森林の変化後 1 年が森林の変化後Ⅱ期(1997 年, 2000 年, 2001 年)の年平均よりも大きかった。

表一5 増加量と増加割合 (夏季)

(増加量: mm/日)

日	1992 年		1997, 2000, 2001 年平均	
	増加量	増加割合	増加量	増加割合
1 日	10.93	0.16	3.47	0.07
20 日	2.97	0.34	-0.08	-0.01
50 日	1.69	0.65	1.10	0.29
100 日	1.15	0.98	0.72	0.31
140 日	1.07	1.50	0.73	0.51
180 日	0.81	1.93	0.61	0.85

5.4 最大流域貯留量

A 流域と B 流域の保留量曲線(1986 年, 1992 年, 1997 年)を図 14 に示す。

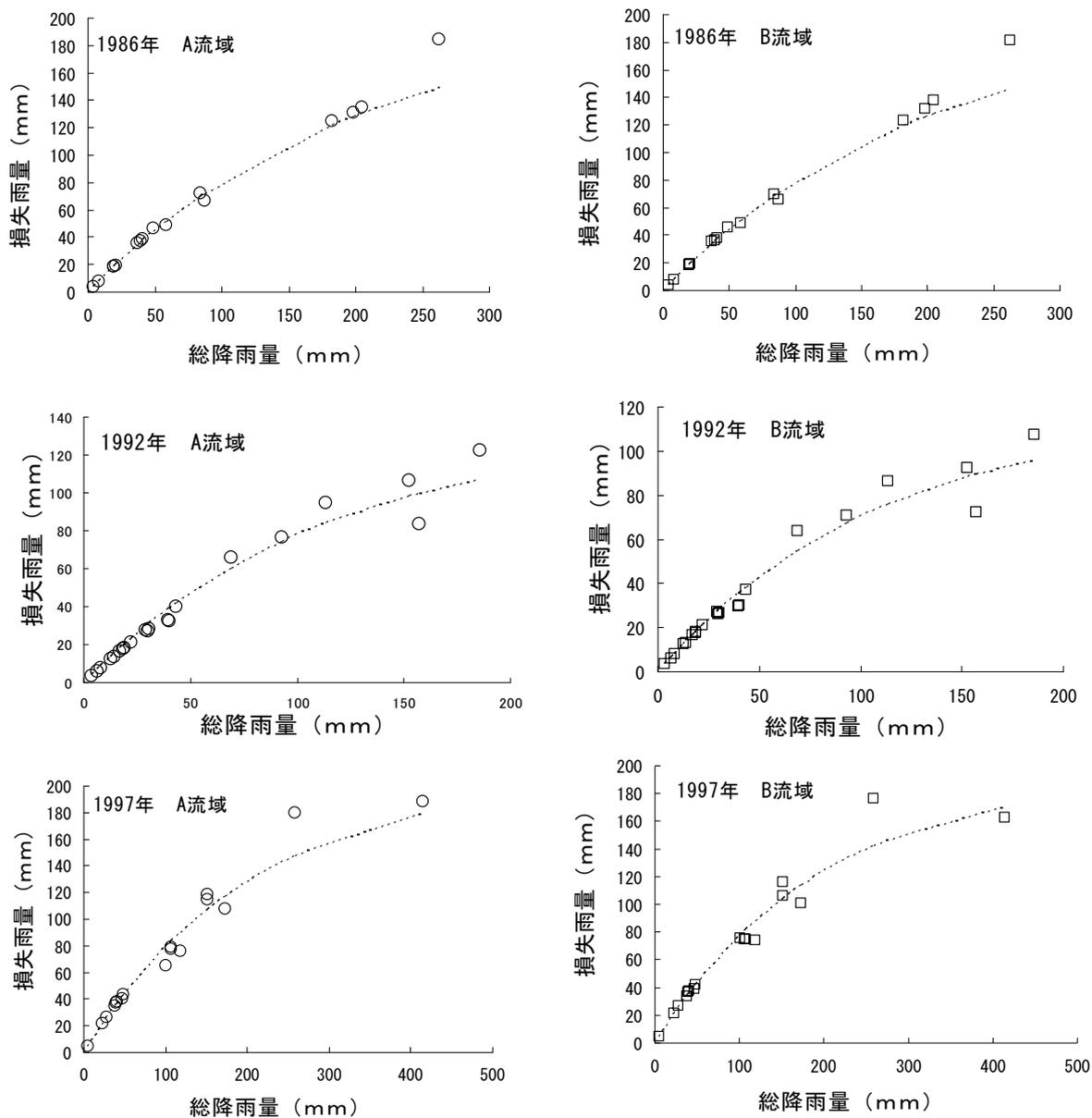


図-14 A 流域と B 流域の保留量曲線

1986年～2001年(1993年～1996年を除く)の最大流域貯留量の推定値は、A流域で114mm～233mm(平均176mm)の範囲にあり、B流域で108mm～232mm(平均169mm)であった。なお各年の上限値(最大流域貯留量)は表6のとおりである。

表-6 各年の上限値 (SB) (mm)

A流域			B流域		
年	SB	K	年	SB	K
1986	203.2	0.0050	1986	199.4	0.0050
1987	233.0	0.0043	1987	231.6	0.0041
1988	165.1	0.0064	1988	160.2	0.0064
1989	178.3	0.0056	1989	164.1	0.0060
1990	186.0	0.0054	1990	179.1	0.0056
1992	134.6	0.0086	1992	118.3	0.0090
1997	207.6	0.0048	1997	193.8	0.0051
1998	181.3	0.0059	1998	174.5	0.0059
1999	196.3	0.0054	1999	192.8	0.0051
2000	137.1	0.0080	2000	137.4	0.0078
2001	114.1	0.0102	2001	108.3	0.0105

保留量曲線式

$$L = SB [1 - \exp(-kP)]$$

(L: 損失雨量, P: 総降雨量, SB: 上限値, k: 係数)

森林の変化前と森林の変化後の夏季におけるA流域とB流域の最大流域貯留量の関係を図15に示す。

B流域の最大流域貯留量(BSB)とA流域の最大流域貯留量(ASB)は直線関係にあり

$$BSB = 1.1087ASB - 27.192 \quad (R^2 = 0.98) \quad (5) \text{式}$$

の回帰式が得られた。

森林が変化しなかった場合のB流域の最大流域貯留量を(5)式により求めて推定値との差を算出した。その結果、B流域における1992年の最大流域貯留量は森林の変化前の1.03倍(4mmの増)とほとんど差はなかった。また、森林の変化後II期でも、森林の変化前の0.98倍(年平均3mmの減)とほとんど差はなかった。

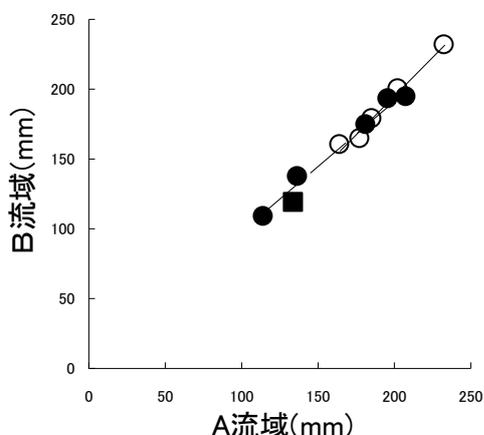


図-15 A流域とB流域の最大流域貯留量の関係
○森林の変化前(1986～1990年)
■森林の変化1年後(1992年)
●森林の変化後II期(1997～2001年)

6 考察

6.1 森林の変化と流出量

B流域の森林の変化とは、本数率50%の択伐と流域の約23%の風倒害及び樹下植栽である。風倒害(跡地整理も含む)を伐採とみなせば50%の択伐と23%の部分伐採が行われたということになる。

本流域では、本数率50%の択伐と流域面積の23%の風倒害(部分伐採とみなす)により、翌年(1992年)の夏季の流出量は伐採しなかった場合に比べて314mm(1.43倍)の増加となった。参考としてA流域の欠測期間(1993～1996年)がある森林変化後I期についてB流域の単独流域法を用いた場合では、夏季流出量は年平均222mm(1.26倍)の増加となり、A流域の欠測期間について降雨量から推定した流出量を用いて伐採しなかった場合と比較した場合では、夏季流出量は年平均270mm(1.34倍)の増加となった。

これらのことから、本流域では森林の変化により森林変化後I期の流出量は増加したと言えよう。

蔵治(2003)は、今までの各地の流域試験の結果から森林の伐採(皆伐、択伐、間伐)により初年度の水流出量は原則として増加する⁹⁾とまとめているが、本流域も同様の結果となった。

森林を伐採した場合の国内の年流出量の増加量として皆伐の場合、最大増加量で187～268mm(5試験流域)⁹⁾や平均増加量で295mm(1流域)⁹⁾の事例がある。一方、部分伐採では、蓄積の45%が6ヵ年で小団地択伐された試験流域において、伐採がかなり進んだ後の多雨年で百数十mmの年流出量の増加が認められている¹⁰⁾。また蓄積の50%が5ヵ年にわたり択伐された別の試験流域では伐採がかなり進んだ後の多雨年で数十mmの年流出量の増加が認められている¹⁰⁾。

これらの事例に比べて本流域の年流出量の増加量はかなり大きいといえる。森林の変化後I期の流出の増加量については、A流域の欠測期間があるため、これ以上の検討はできないが、1992年も含めて増加量が過大であるとすれば伐採や風倒害による蒸発散量の減少に加えて測定環境や流出経路などの他の要因も関係している可能性が考えられる。

変化後II期では、夏季の年平均流出量の増加量は、101mm(1.11倍)に減少した。これは、葉量の回復や植栽木の成長による蒸発散量の増加によるものと考えられた。

6.2 森林の変化と直接流出

A流域とB流域の対比により求めた森林が変化した翌年(1992年)の一降雨あたりの直接流出量は森林が変化しなかった場合と比べて40mm増加したが有意な増加ではなかった。また、参考としてB流域単独で森林の変化前と

変化後から求めた1992年の直接流量の増加量は42mmであり、両者はほぼ同程度であった。一方、森林の変化後6～10年(変化後Ⅱ期)では森林が変化しなかった場合と比べて直接流出量はほとんど変化しなかった。

これらのことから、本流域においては森林の変化による流出量の増加の割合は基底流出の方が高くなったということになる。

B流域の直接流出率は森林の変化前が24%、森林の変化後Ⅰ期が31%、森林の変化後Ⅱ期が25%であり大きな変化はなかった。流域の植生変化が直接流出率に与える影響は、伐採等により地表が攪乱されて新たに地表流が発生するような変化が生じたときに明瞭となり、地表の攪乱が少なく伐採前後とも高い浸透能が保たれるような場合、伐採前後で直接流出率はほとんど変化しない¹¹⁾。風倒木処理時の地表の状況が不明ではあるが、本流域で森林の変化に伴う直接流出率の変化が小さかったのは、択伐であったことや風倒被害が部分的であったことなどで地表の攪乱が小さかったためではないかと考えられた。

6.3 日流出増加量

6.3.1 一降雨あたり日流出増加量

一降雨あたり日流出増加量(一降雨における最大日流出量と降雨前の流出量との差)が大きくなれば水位の上昇も大きくなることになる。本流域では、森林の変化後の一降雨あたりの日流出増加量は変化後Ⅰ期で小さく、変化後Ⅱ期では変化前とほとんど変わらなかった。一降雨量が同じの場合でも降雨強度が異なれば出水の状況も異なるため単純に比較はできないが、森林の変化後の直接流出量の増加が小さかったことから本流域では森林の変化による日流出量の増加は小さかった、言い換えると択伐や部分伐採、樹下植栽による水位の上昇の程度は小さかったと考えられた。

6.3.2 降順に序列化した10日おきの日流出量

A流域とB流域の森林の変化前5年間と変化後10年間の対比で森林の伐採等で流出量が増加し、その増加量は、流況曲線の低水側で減少するが増加の割合は低水曲線の低水側で大きくなるのが観察された。また、減少及び増加の程度は、森林の変化後1年が森林の変化後5年以降より大きかった。

森林の伐採によって流量が増加し、その量は流況曲線の高水側ほど高く、増加割合は流況曲線の低水側で大きくなることは既に明らかにされている¹²⁾。このことは、利用できる水の量が増加することであり、しかも低水時の水量が増加する割合が大きいことから水資源の確保につながるものと言える。したがって、本流域においても森林の変

化後の数年間で水資源確保の向上が図られたものと考えられた。

ただし、表5の増加量については本流域だけの事例であり、6.1でも述べたように流出量に蒸発散量以外の要因が加わっている可能性も考えられるため、この量をもって森林の伐採(蒸発散量の減少)による水資源確保の定量的な評価とすることはできない。

6.4 最大流域貯留量

藤枝(2007)は、52流域の最大流域貯留量を推定しており⁷⁾、本流域と同じ地質である古生層の8流域での値は58.5mm～174.5mmの範囲にある。また、表層地質が堆積岩・火山岩流域における総降雨量300mmの流域貯留量は50～150mmの範囲にある。

本流域における年平均の最大流域貯留量推定値は、A流域で176mm(114mm～233mm)、B流域で169mm(108mm～232mm)であった。また、総降雨量300mmにおける年平均の最大流域貯留量推定値は、A流域で144mm(108～169mm)、B流域で139mm(103～164mm)であった。本流域で推定した最大流域貯留量は、藤枝の古生層の値の範囲の上位に位置していると言える。

本流域の森林の変化は、植生量の変化であり、遮断貯留量の変化である。A流域とB流域の対比では森林の変化前と変化後では、最大流域貯留量にほとんど差が見られなかった。流域間における最大流域貯留量の相違は、岩石層の風化程度や土壌層の厚さに起因するものと考えられており、植生よりも地質や地形などの条件による差異が大きいとされている^{7),9)}。本流域においても1回の択伐や部分伐採(風倒害)などによる植生量の変化は、最大流域貯留量に影響を及ぼさなかったと考えられた。

7 まとめ

広島県山県郡安芸太田町上筒賀水土保全機能強化総合モデル事業のモデル流域のA流域とB流域を対象として、森林の変化前(5年間)と変化後(10年間)の流出量の変化について比較検討した。流域内のスギ・ヒノキ人工林において択伐や部分的な風倒害、樹下植栽などの森林の変化が小流域の流出量に及ぼす影響として以下のことが確認された。

1) 森林の変化の翌年で流出量は増加した。その増加量は年数の経過とともに減少した。これは、伐採等による蒸発散量の減少とその後の植生の回復等によるものと考えられた。

2) 森林の変化による直接流出量の増加は小さかった。また、一降雨あたりの日流出増加量も小さかった。これらは、択伐や部分的な風倒害であったため地表の攪乱が小さかったためではないかと考えられた。

3) 森林の変化後で流出量が増加し、その増加量は流況曲線の低水側で減少し、増加の割合は流況曲線の低水側で大きくなった。

4) 最大流域貯留量推定値について、A 流域と B 流域の対比により森林の変化前と変化後を比較した結果、変化は小さかった。

これらの結果から、スギ・ヒノキ人工林における択伐や間伐、小面積伐採は、小流域において施業後の数年間で水資源の確保が期待できると考えられた。また、1 回の択伐や部分伐採による植生の変化は、最大流域貯留量に影響を及ぼさなかったと考えられた。

最後に、本報は既存の手法を用いて森林の変化が小流域の流出量に及ぼす影響について比較検討したものである。本研究の結果は今まで各地の流域試験から得られた知見とほぼ同様であり、森林の伐採等と小流域の流出量との関係の傾向は確認できたといえよう。

しかし、流域試験についてはその限界が既に指摘されているように¹³⁾、森林の変化が水源涵養機能に及ぼす影響を流域試験等により定量的に評価し説明することは現在でも難しいのが実情である。しかも流域試験には長い期間を要する上、異常データの発生や観測機器の故障が生じるため、継続して質の高い正確なデータを確保することは容易ではない。

このような現状や課題を踏まえて、森林施業と水源涵養機能の関係について今後の新たな定量的評価手法の開発が望まれる。

引用文献

- 1) 塚本良則(1998) 森林・水・土の保全, 41pp, 朝倉書店
- 2) 山本哲也・池田作太郎(2005) 水土保持強化総合モデル事業地における森林の変遷と流出特性—水源涵養機能を向上させる森林整備の方向性—, 広島県林技セ研報 37, 15~33.
- 3) 広島県(1984~2002) 水土保持機能強化総合モデル事業効果調査報告書(森林機能効果調査業務報告書).
- 4) 林野庁(2003) 平成14年度荒廃現況調査(水土保持機能事業評価指針策定調査) 報告書, 57~64.
- 5) (財) 水利科学研究所(1993) 平成4年度水土保持機能強化調査報告書, 79~81.
- 6) 米丸伸一(2000) 山地流域における流域条件との関係, 鹿児島県林試研報 5, 2~3.
- 7) 藤枝基久(2007) 森林流域の保水容量と流域貯留量, 森林総研研報 403, 101~110.
- 8) 真板英一・鈴木雅一・太田猛彦(2005) 新第三紀層流域における 70 年生スギ・ヒノキ林伐採による年流出量の変化, 日林試 87, 124~132.
- 9) 蔵治光一郎(2003) 森林の緑のダム機能(水源涵養機

能)とその強化に向けて, 67pp, (社) 日本治山治水協会.

- 10) 中野秀章(1976) 森林水文学, 共立出版, 172~182.
- 11) 佐々木恵彦・小平勇吉・鈴木和夫編(2007) 森林科学, 文永堂出版, 89~92.
- 12) 真板英一・鈴木雅一(2008) 森林植生の伐採が山地小流域の流況曲線に与える影響—流況の流域間変動に対する植生要因の大きさの検討—, 日林試 90, 36~45.
- 13) 森林水文学編集委員会編(2007) 森林水文学—森林の水のゆくえを科学する—, 311pp, 森北出版

付表-1 A流域日流出量

月日/年	(mm/日)															
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
6月1日	7.1	2.1	4.3	2.4	13.7	3.9	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	2.4	2.9	2.8	2.2
6月2日	5.6	8.6	26.9	2.2	9.5	9.0	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	2.3	6.5	2.9	2.5	2.0
6月3日	4.8	28.2	21.2	2.2	5.9	10.0	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	3.9	3.1	2.3	1.9
6月4日	4.3	8.7	11.4	2.1	4.8	7.0	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	3.1	2.5	2.1	1.8
6月5日	3.9	6.1	8.3	3.6	4.2	5.3	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.9	2.8	2.3	1.9	2.4
6月6日	4.2	4.8	6.4	2.3	3.6	4.3	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	3.1	2.7	4.3	1.8	2.3
6月7日	3.3	4.1	5.3	2.0	3.3	3.6	3.8	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	2.5	6.4	1.7	1.8
6月8日	3.0	15.4	6.4	2.5	3.8	3.2	1.6	欠測	欠測	欠測	欠測	2.3	2.3	4.2	2.0	1.7
6月9日	2.8	30.5	6.8	5.6	16.9	3.7	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	2.6	2.8	3.3	2.1	1.6
6月10日	2.6	12.5	5.7	3.2	7.7	17.9	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	2.3	3.2	2.9	1.9	1.6
6月11日	2.4	8.4	5.0	2.7	5.6	8.8	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	2.0	2.6	2.6	2.1	1.6
6月12日	2.3	6.7	6.7	2.4	4.7	7.2	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.8	2.3	2.4	1.8	1.5
6月13日	2.2	5.6	5.3	2.3	4.1	21.3	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.7	14.3	2.3	3.9	2.0
6月14日	2.1	5.1	4.6	3.1	3.7	15.8	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.7	8.2	2.2	2.6	3.5
6月15日	2.4	6.6	4.1	7.0	51.4	10.0	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.6	5.3	2.1	2.1	2.4
6月16日	9.7	4.8	3.7	9.7	30.3	7.6	0.9	欠測	欠測	欠測	欠測	1.5	4.1	2.0	1.9	2.0
6月17日	58.4	4.2	3.4	7.3	15.2	6.2	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.4	3.5	3.4	5.0	1.8
6月18日	15.1	3.8	3.1	5.0	10.2	5.2	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	3.1	3.9	3.2	3.9
6月19日	8.4	7.4	2.9	4.0	8.1	5.0	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	16.7	4.6	2.6	19.7
6月20日	6.2	26.8	2.8	3.5	6.7	4.8	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.4	11.0	3.7	2.2	28.8
6月21日	5.1	11.4	2.6	3.1	5.7	4.1	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	31.2	3.0	3.8	9.8
6月22日	4.4	8.2	2.5	2.9	5.0	3.7	0.7	欠測	欠測	欠測	欠測	1.5	16.3	2.6	3.0	6.3
6月23日	38.1	6.6	7.4	3.0	4.5	4.1	6.3	欠測	欠測	欠測	欠測	1.9	10.0	4.7	21.0	8.5
6月24日	37.3	5.5	24.2	9.2	4.1	4.0	3.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	8.4	17.1	20.7	34.6
6月25日	31.1	4.7	10.6	6.8	3.8	5.2	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	9.6	14.3	9.7	18.0
6月26日	20.0	4.2	7.5	5.1	3.9	4.5	1.5	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	9.0	12.3	6.4	14.3
6月27日	12.3	3.8	5.9	4.7	5.7	4.5	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	7.9	30.9	11.7	11.7
6月28日	13.7	3.5	4.9	5.1	12.6	4.4	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	57.9	8.3	12.8	16.2	9.0
6月29日	15.8	3.2	7.2	4.0	8.4	4.0	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	17.4	7.4	53.2	10.3	7.4
6月30日	12.3	3.0	7.4	3.7	6.8	5.4	3.7	欠測	欠測	欠測	欠測	8.4	6.3	28.8	7.2	5.8
7月1日	9.1	2.7	6.3	3.3	6.8	17.7	2.2	欠測	欠測	欠測	欠測	6.2	5.6	15.5	5.6	32.6
7月2日	7.3	3.5	5.3	3.4	21.7	12.8	1.8	欠測	欠測	欠測	欠測	29.5	4.9	18.2	4.7	15.3
7月3日	6.1	6.4	5.7	3.4	23.3	8.4	1.6	欠測	欠測	欠測	欠測	15.6	4.3	48.6	4.1	10.0
7月4日	5.2	5.6	4.6	3.0	13.2	41.6	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	9.7	3.9	20.2	4.7	7.4
7月5日	19.6	6.4	4.2	2.7	9.2	49.5	2.2	欠測	欠測	欠測	欠測	7.5	3.5	12.8	3.5	6.5
7月6日	15.6	4.8	3.9	2.6	7.3	18.6	1.5	欠測	欠測	欠測	欠測	6.1	3.7	9.5	3.2	14.1
7月7日	9.8	3.9	3.5	2.4	6.1	12.6	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	19.7	3.2	7.6	2.9	9.5
7月8日	7.8	3.3	3.2	2.4	5.2	9.7	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	58.7	2.9	6.3	2.8	7.4
7月9日	9.0	3.0	3.0	13.6	4.6	7.9	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	77.9	2.7	5.5	2.5	6.0
7月10日	7.9	2.7	2.8	18.5	4.2	6.7	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	38.1	2.6	4.8	2.4	5.1
7月11日	6.9	2.6	2.6	11.6	3.9	7.0	4.1	欠測	欠測	欠測	欠測	36.0	4.3	4.3	2.5	5.0
7月12日	10.9	2.5	2.5	13.0	8.5	6.8	3.1	欠測	欠測	欠測	欠測	48.8	2.8	4.3	2.2	8.3
7月13日	19.8	2.4	2.6	33.9	5.9	6.8	2.4	欠測	欠測	欠測	欠測	30.2	2.5	3.6	2.1	6.6
7月14日	17.9	5.2	2.5	13.3	5.7	5.9	2.4	欠測	欠測	欠測	欠測	17.8	2.4	3.3	1.9	5.6
7月15日	40.8	4.9	2.9	8.8	8.3	5.6	2.0	欠測	欠測	欠測	欠測	12.4	2.6	3.1	2.1	5.3
7月16日	20.7	30.1	2.4	7.5	6.2	23.7	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	9.5	2.6	2.8	1.8	6.2
7月17日	14.2	21.6	2.3	6.0	5.0	13.8	14.2	欠測	欠測	欠測	欠測	9.9	2.4	2.7	1.7	8.5
7月18日	10.5	12.3	2.2	5.3	4.3	11.2	10.4	欠測	欠測	欠測	欠測	7.1	2.2	6.7	1.6	8.3
7月19日	8.8	34.9	2.0	4.6	3.8	9.1	6.4	欠測	欠測	欠測	欠測	6.0	2.7	3.4	1.6	6.6
7月20日	7.2	29.1	2.6	4.2	3.5	7.4	4.3	欠測	欠測	欠測	欠測	5.3	2.2	3.0	1.5	5.3
7月21日	6.3	16.9	13.8	4.2	3.2	6.2	3.4	欠測	欠測	欠測	欠測	4.7	2.6	2.7	1.4	5.0
7月22日	5.3	11.3	7.6	3.7	3.0	5.4	2.9	欠測	欠測	欠測	欠測	4.2	3.6	2.5	1.3	4.1
7月23日	4.6	8.9	10.2	3.3	2.8	4.8	2.6	欠測	欠測	欠測	欠測	3.8	3.1	2.6	1.3	3.7
7月24日	4.2	7.3	12.3	3.2	2.6	4.3	2.3	欠測	欠測	欠測	欠測	3.4	2.6	4.6	4.6	3.3
7月25日	3.8	6.2	13.5	3.0	2.5	3.9	2.1	欠測	欠測	欠測	欠測	3.2	3.7	11.3	3.8	2.9
7月26日	3.4	5.2	9.7	2.9	2.3	7.6	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	8.2	11.5	5.5	2.0	2.6
7月27日	3.1	4.8	7.3	2.6	2.3	4.9	1.8	欠測	欠測	欠測	欠測	19.0	11.0	8.5	1.8	2.4
7月28日	2.7	4.3	5.8	2.6	2.2	4.8	1.7	欠測	欠測	欠測	欠測	19.9	8.2	15.7	1.7	2.3
7月29日	2.6	3.8	4.9	2.3	2.0	22.6	1.6	欠測	欠測	欠測	欠測	11.9	5.8	69.2	1.6	2.1
7月30日	2.4	3.6	4.3	2.2	1.9	44.6	1.5	欠測	欠測	欠測	欠測	8.2	4.5	29.7	2.1	2.0
7月31日	2.2	4.6	3.8	2.1	1.8	15.4	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	6.3	4.1	16.7	6.7	2.0
8月1日	2.1	5.5	3.4	2.2	1.7	10.3	1.6	欠測	欠測	欠測	欠測	5.2	4.0	11.6	7.4	1.8
8月2日	1.9	3.9	3.1	5.7	1.6	7.9	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	4.6	3.7	9.0	5.6	1.6
8月3日	2.0	3.5	2.9	5.8	1.6	6.6	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	4.0	3.3	7.2	6.4	1.6
8月4日	1.8	3.2	2.8	3.3	1.5	5.6	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	3.8	3.1	6.0	4.8	1.5
8月5日	1.6	3.4	2.8	2.6	1.4	5.1	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	29.1	2.9	5.4	3.5	1.5
8月6日	1.5	2.8	2.5	2.4	1.4	5.1	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	18.4	2.7	5.1	2.8	1.7
8月7日	1.4	2.6	2.3	3.0	1.3	4.2	2.1	欠測	欠測	欠測	欠測	11.4	2.7	4.7	2.5	1.5
8月8日	1.0	4.2	2.2	2.3	1.3	3.8	50.6	欠測	欠測	欠測	欠測	8.9	2.5	4.3	2.2	1.4
8月9日	0.9	4.2	2.1	2.1	2.3	3.6	25.2	欠測	欠測	欠測	欠測	11.3	2.6	3.5	2.0	1.3
8月10日	0.9	5.1	2.2	2.0	1.5	6.0	8.6	欠測	欠測	欠測	欠測	16.6	3.8	3.1	10.5	3.7
8月11日	0.8	4.1	2.3	1.9	1.2	5.2	5.5	欠測	欠測	欠測	欠測	14.9	2.5	3.0	6.8	1.5
8月12日	0.8	3.6	2.2	1.7	2.7	4.3	4.9	欠測	欠測	欠測	欠測	16.1	2.3	2.9	4.3	1.3
8月13日	0.7	6.7	2.3	2.4	1.9	3.8	7.3	欠測	欠測	欠測	欠測	15.0	4.3	2.7	3.4	1.2
8月14日	0.8	5.6	2.2	2.1	1.4	3.4	7.1	欠測	欠測	欠測	欠測	16.2	3.4	2.5	2.9	1.1
8月15日	0.8	4.6	2.0	1.8	1.2	3.1	6.0	欠測	欠測	欠測	欠測	14.4	2.7	3.2	2.6	1.1
8月16日	0.7	4.0	1.8	1.9	1.1	3.0	5.5	欠測	欠測	欠測	欠測	10.6	2.7	2.5	2.3	1.0
8月17日	1.3	3.5	1.8	1.8	5.8	2.8	4.4	欠測	欠測	欠測	欠測	8.3	3.0	2.7	2.2	1.0
8月18日	0.8	3.5	2.4	2.4	2.6	2.6	10.1	欠測	欠測	欠測	欠測	6.7	2.6	21.2	3.7	1.0
8月19日	0.6	3.0	2.2	1.9	1.8	2.4	69.0	欠測	欠測	欠測	欠測	5.7	2.5	13.8	2.3	1.0
8月20日	0.6	2.7	3.0	1.7	1.6	2.3	18.6	欠測	欠測	欠測	欠測	5.0	2.2	8.1	2.3	1.0
8月21日	0.8	2.5	2.2	1.6	1.4	2.2	11.8	欠測	欠測	欠測	欠測	4.4	2.1	8.4	2.4	1.0
8月22日	1.5	6.3	1.8	1.5	7.4	4.1	8.5	欠測	欠測	欠測	欠測	4.0	9.4	6.8	2.1	0.9
8月23日	2.6	3.9	1.7	1.5	6.8	3.6	6.8	欠測	欠測	欠測	欠測	3.6	6.4	8.2	1.9	0.9
8月24日	1.1	3.5	1.6	4.7	4.0	2.6	8.9	欠測	欠測	欠測	欠測	3.3	4.7	7.9	2.0	0.8
8月25日	0.7	15.6	1.6	2.6	2.8	2.4	47.0	欠測	欠測	欠測						

(mm/日)

月日/年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
8月30日	2.0	3.7	1.2	8.0	1.6	2.2	6.8	欠測	欠測	欠測	欠測	2.2	2.4	4.4	1.4	1.6
8月31日	1.5	10.7	1.2	5.2	1.5	1.9	5.5	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	2.3	4.5	1.4	1.0
9月1日	1.3	6.7	1.2	25.5	1.4	1.8	4.6	欠測	欠測	欠測	欠測	2.0	2.3	4.6	1.9	0.8
9月2日	1.2	5.1	1.2	72.6	1.4	1.7	4.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.9	2.2	6.4	1.5	0.8
9月3日	1.1	4.3	1.2	27.4	3.2	1.6	3.4	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	2.1	5.6	1.4	1.6
9月4日	1.0	5.0	2.0	14.7	1.5	1.7	2.9	欠測	欠測	欠測	欠測	1.8	2.0	4.8	1.3	0.8
9月5日	0.9	4.2	7.5	11.5	1.3	1.6	2.5	欠測	欠測	欠測	欠測	1.8	2.0	4.4	1.2	0.8
9月6日	0.9	4.0	7.0	9.9	1.3	1.7	2.2	欠測	欠測	欠測	欠測	7.8	1.9	4.3	1.2	5.6
9月7日	0.9	4.5	3.7	8.8	2.5	2.3	2.0	欠測	欠測	欠測	欠測	69.8	1.8	3.7	1.1	3.4
9月8日	0.8	4.0	2.6	7.6	1.6	1.6	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	17.4	1.8	3.3	1.8	1.7
9月9日	1.0	3.6	2.2	6.7	1.3	1.4	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	9.0	1.7	3.1	7.4	1.3
9月10日	1.3	3.6	2.2	6.9	1.2	1.4	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	6.3	1.7	3.1	6.5	1.2
9月11日	0.9	6.6	3.2	6.1	1.1	1.3	1.6	欠測	欠測	欠測	欠測	5.1	1.6	2.9	6.4	1.1
9月12日	0.9	21.3	3.2	5.9	5.3	1.3	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	4.3	1.6	2.8	5.8	1.0
9月13日	0.8	46.4	2.4	18.9	7.8	1.4	1.8	欠測	欠測	欠測	欠測	3.9	1.5	2.7	6.8	1.0
9月14日	0.7	15.4	2.2	11.9	4.7	20.8	1.7	欠測	欠測	欠測	欠測	3.6	1.5	2.6	5.3	1.5
9月15日	0.6	10.0	2.0	9.7	6.5	7.4	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	3.4	2.7	4.6	6.0	17.6
9月16日	0.6	8.1	1.9	7.8	5.4	4.7	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	31.5	1.8	3.5	5.3	4.5
9月17日	3.1	6.6	1.8	7.1	5.7	3.7	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	26.1	1.5	3.2	4.2	2.6
9月18日	1.0	5.5	1.7	7.3	11.7	3.2	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	11.9	1.5	3.0	3.5	1.9
9月19日	4.4	4.8	1.7	83.5	33.5	2.9	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	8.2	2.2	2.8	3.0	1.5
9月20日	26.7	4.2	2.4	30.7	19.1	2.6	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	6.2	1.5	2.7	2.6	1.3
9月21日	51.2	3.8	1.7	16.0	9.4	2.4	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	5.1	1.4	112.5	2.4	1.2
9月22日	14.8	3.5	1.6	35.9	6.5	2.3	0.9	欠測	欠測	欠測	欠測	4.8	1.6	欠測	6.5	1.0
9月23日	7.2	3.3	1.5	18.5	5.1	2.2	0.9	欠測	欠測	欠測	欠測	4.2	1.4	欠測	17.4	1.0
9月24日	4.9	4.9	7.5	12.2	5.5	2.1	3.0	欠測	欠測	欠測	欠測	3.7	4.6	欠測	8.3	0.9
9月25日	3.8	3.4	6.1	10.0	4.6	2.2	17.1	欠測	欠測	欠測	欠測	6.4	4.3	欠測	5.6	0.9
9月26日	3.1	3.0	4.3	8.1	7.5	2.1	5.3	欠測	欠測	欠測	欠測	7.2	2.3	欠測	4.4	0.8
9月27日	2.7	2.7	3.4	6.8	6.9	19.0	3.3	欠測	欠測	欠測	欠測	5.4	1.8	欠測	3.7	0.8
9月28日	2.5	2.6	2.9	6.3	6.2	18.1	2.7	欠測	欠測	欠測	欠測	4.4	2.8	欠測	3.2	0.8
9月29日	2.3	2.4	2.6	5.2	5.7	8.8	8.3	欠測	欠測	欠測	欠測	3.9	2.7	欠測	3.0	0.7
9月30日	2.1	2.3	2.5	4.7	5.4	9.0	6.0	欠測	欠測	欠測	欠測	3.4	3.3	欠測	5.1	1.3
10月1日	2.1	2.2	2.3	4.2	4.8	14.6	4.2	欠測	欠測	欠測	欠測	3.2	4.6	欠測	3.5	1.8
10月2日	1.9	2.1	2.1	3.8	4.3	10.6	3.3	欠測	欠測	欠測	欠測	5.8	3.9	欠測	3.6	0.9
10月3日	1.8	2.0	2.0	3.5	4.0	7.7	2.8	欠測	欠測	欠測	欠測	4.1	3.0	欠測	3.6	0.8
10月4日	1.7	1.8	1.9	3.3	9.3	6.1	2.5	欠測	欠測	欠測	欠測	4.4	2.5	欠測	3.1	0.7
10月5日	1.6	1.8	4.9	3.0	6.3	4.7	2.4	欠測	欠測	欠測	欠測	3.9	2.2	欠測	2.8	0.7
10月6日	1.5	2.0	5.7	2.9	11.9	4.3	2.0	欠測	欠測	欠測	欠測	3.5	2.0	欠測	2.6	0.7
10月7日	1.4	1.7	3.7	2.7	13.8	4.1	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	3.2	13.7	欠測	2.5	0.6
10月8日	1.3	1.7	3.1	2.5	23.0	3.7	2.4	欠測	欠測	欠測	欠測	2.9	8.1	欠測	2.7	0.6
10月9日	1.2	1.6	2.7	2.3	13.9	3.5	1.9	欠測	欠測	欠測	欠測	2.7	5.0	欠測	31.0	3.6
10月10日	1.7	1.5	2.4	2.2	9.4	3.2	1.7	欠測	欠測	欠測	欠測	2.5	3.7	欠測	11.4	2.9
10月11日	1.7	1.5	2.2	3.7	7.3	3.1	1.6	欠測	欠測	欠測	欠測	2.4	3.1	欠測	7.3	1.3
10月12日	2.3	1.5	2.2	2.4	8.4	2.9	1.5	欠測	欠測	欠測	欠測	2.3	3.2	欠測	5.5	1.0
10月13日	1.5	1.4	2.1	2.1	16.5	2.8	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	2.2	3.5	欠測	4.5	0.9
10月14日	1.3	1.4	2.0	2.0	12.2	2.8	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	3.2	欠測	3.9	0.8
10月15日	1.2	1.4	1.9	1.9	9.1	2.6	1.5	欠測	欠測	欠測	欠測	2.0	3.9	欠測	3.5	0.8
10月16日	1.1	12.5	1.8	2.1	7.2	2.4	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	1.9	4.5	欠測	3.2	1.5
10月17日	1.1	13.2	1.8	2.2	6.0	2.6	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	1.8	44.2	欠測	3.0	3.1
10月18日	1.0	5.2	1.8	1.9	5.1	2.5	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.7	34.8	欠測	2.9	1.9
10月19日	1.0	3.8	1.7	1.9	4.5	2.1	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	1.7	13.5	欠測	2.6	1.4
10月20日	1.0	3.1	1.6	1.8	4.0	2.0	1.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.6	8.7	欠測	3.9	1.2
10月21日	1.1	2.7	1.6	1.6	3.7	1.8	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	1.5	6.7	欠測	2.6	2.1
10月22日	1.5	2.5	1.5	1.6	3.4	1.7	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.5	5.5	欠測	2.4	5.1
10月23日	1.0	2.3	1.5	1.5	3.2	1.6	2.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.4	5.1	欠測	2.4	3.8
10月24日	1.6	4.7	2.5	1.5	3.0	1.6	2.4	欠測	欠測	欠測	欠測	1.4	4.4	欠測	2.5	2.5
10月25日	1.4	3.3	1.7	1.4	3.2	1.6	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	1.4	3.9	欠測	3.9	1.9
10月26日	1.2	3.2	1.5	1.4	5.7	1.5	1.3	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	3.5	欠測	2.7	1.6
10月27日	1.1	2.8	1.5	1.3	3.6	1.4	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	3.5	欠測	2.5	1.4
10月28日	1.0	2.5	1.4	1.3	3.1	1.4	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	3.1	欠測	2.4	11.5
10月29日	1.0	2.4	1.6	1.2	2.8	1.4	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	2.9	欠測	2.3	7.5
10月30日	1.0	4.7	1.5	1.2	2.7	1.4	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	2.7	欠測	2.2	4.7
10月31日	0.9	9.8	1.4	1.3	2.6	1.4	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	2.5	欠測	2.1	3.4
11月1日	0.9	5.9	1.4	2.4	2.5	1.4	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.3	2.4	欠測	5.7	2.8
11月2日	0.8	25.8	1.3	1.5	2.4	1.3	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	2.3	欠測	25.5	2.4
11月3日	0.8	13.3	1.3	1.3	2.2	1.2	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	2.2	欠測	10.5	2.9
11月4日	0.8	8.4	1.3	1.2	3.0	1.2	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	2.1	欠測	6.7	2.3
11月5日	0.8	6.5	1.2	1.2	2.3	1.1	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.4	2.0	欠測	5.1	2.6
11月6日	0.7	5.3	1.2	1.4	2.2	1.1	1.2	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	1.9	欠測	4.3	3.0
11月7日	0.7	4.5	1.2	2.3	2.1	1.1	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	1.9	欠測	3.7	2.6
11月8日	0.7	4.0	1.2	13.4	2.0	1.4	0.9	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	1.8	欠測	3.3	2.4
11月9日	0.7	3.6	1.1	7.3	8.7	1.1	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	1.8	欠測	3.0	2.1
11月10日	0.7	3.3	1.1	4.2	6.4	1.0	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.0	1.7	欠測	2.8	1.9
11月11日	0.6	3.0	1.1	3.2	4.4	1.0	1.0	欠測	欠測	欠測	欠測	1.0	1.6	欠測	2.7	1.8
11月12日	0.6	2.9	1.1	2.9	3.6	1.0	0.9	欠測	欠測	欠測	欠測	2.0	1.6	欠測	2.5	1.7
11月13日	1.3	2.7	1.1	10.2	3.2	1.0	0.9	欠測	欠測	欠測	欠測	2.1	1.5	欠測	2.3	1.8
11月14日	0.9	2.5	1.0	5.9	2.9	1.0	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	1.5	欠測	2.2	1.7
11月15日	0.8	2.4	1.0	4.3	2.7	1.0	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.2	1.4	欠測	2.4	1.6
11月16日	0.7	2.3	1.1	3.6	2.6	1.0	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	1.5	欠測	2.7	1.5
11月17日	0.7	2.2	1.1	3.1	2.4	0.9	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	1.7	欠測	2.8	1.5
11月18日	0.7	2.1	1.4	2.8	2.3	1.0	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.0	1.4	欠測	2.3	1.4
11月19日	0.7	2.1	1.4	2.6	2.2	1.0	0.8	欠測	欠測	欠測	欠測	1.0	1.4	欠測	2.2	1.4
11月20日	0.6	2.0	1.3	2.4	3.1	0.9	2.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.0	1.4	欠測	4.3	1.3
11月21日	0.6	2.0	1.3	2.3	2.4	0.9	1.4	欠測	欠測	欠測	欠測	1.1	1.4	欠測	3.1	1.3
11月22日	0.6	2.0	1.2	2.1	2.2	0.8	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	4.1	1.4	欠測	2.6	1.2
11月23日	0.6	2.0	1.2	2.0	2.1	1.1	1.1	欠測	欠測	欠測	欠測	1.8	1.3	欠測	2.4	1.2
11月24日	0.7	1.9	1.2	2.0	2.0	1.0	1.0	欠測	欠測	欠						

付表-2 B流域日流出量

(mm/日)

月日/年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
6月1日	7.5	2.0	4.9	2.6	16.3	4.5	1.9	2.4	2.8	3.9	2.4	2.8	2.8	3.7	3.6	2.6
6月2日	6.3	10.2	31.5	2.4	9.5	11.3	1.8	11.0	2.6	3.7	2.2	2.9	7.4	3.6	3.1	2.3
6月3日	5.4	30.3	22.1	2.3	5.5	11.7	1.7	7.3	2.5	10.2	2.2	2.7	4.5	3.9	2.9	2.2
6月4日	4.8	8.4	12.5	2.2	4.5	7.8	1.7	4.9	2.4	7.4	2.4	2.6	3.4	3.3	2.7	2.1
6月5日	4.2	6.1	9.4	4.0	4.1	5.9	1.9	4.1	2.3	5.6	2.1	2.5	3.1	3.0	2.5	2.6
6月6日	4.5	5.1	7.7	2.6	3.5	5.0	1.6	3.6	2.2	4.8	1.9	3.8	2.9	5.2	2.4	2.7
6月7日	3.5	4.5	6.6	2.1	3.2	4.4	5.4	3.2	2.2	4.2	4.9	2.7	2.7	7.8	2.2	2.1
6月8日	3.1	19.4	8.2	2.5	3.7	4.0	2.7	3.1	2.2	4.2	13.0	2.9	2.5	4.8	2.3	2.0
6月9日	2.7	32.3	8.4	6.7	17.4	4.7	2.1	3.0	2.5	4.3	10.2	3.2	3.0	4.0	2.6	1.9
6月10日	2.4	13.6	6.6	3.1	7.2	24.2	1.9	2.7	2.3	3.9	6.8	2.8	3.6	3.5	2.3	1.9
6月11日	2.2	9.6	5.7	2.6	5.4	10.2	1.7	2.6	2.1	3.5	6.3	2.5	2.9	3.2	2.7	1.9
6月12日	1.9	7.7	8.2	2.3	4.6	8.6	1.7	2.5	2.6	3.4	5.2	2.3	2.5	3.0	2.3	1.8
6月13日	1.8	6.6	6.0	2.2	4.1	26.6	1.6	8.1	2.7	3.4	4.5	2.2	16.7	2.8	4.5	2.2
6月14日	1.7	6.0	5.2	3.0	3.7	18.2	1.5	6.6	2.6	3.3	4.0	2.1	8.4	2.7	3.2	4.5
6月15日	1.9	8.0	4.6	8.3	57.8	12.1	1.7	9.9	2.0	3.1	3.7	2.1	5.5	2.6	2.5	3.0
6月16日	9.8	5.4	4.2	11.0	32.1	9.6	1.4	7.6	1.8	2.9	3.4	2.0	4.4	2.5	2.3	2.5
6月17日	59.2	4.6	3.8	7.5	17.4	7.8	1.4	5.5	1.7	2.7	6.6	1.9	3.8	3.9	6.1	2.2
6月18日	14.4	4.1	3.5	5.0	12.3	6.6	1.3	8.1	8.3	2.9	10.8	1.7	3.5	4.8	3.9	4.6
6月19日	9.4	9.6	3.2	4.1	9.7	6.2	1.3	7.7	9.0	2.9	9.2	1.7	19.8	5.4	3.2	22.4
6月20日	7.1	29.5	3.0	3.5	7.9	5.9	1.3	6.5	6.7	2.6	19.2	1.7	11.6	4.2	2.8	31.9
6月21日	6.0	11.7	2.9	3.2	6.6	5.0	1.2	5.4	4.7	2.4	18.6	1.6	36.6	3.4	4.6	10.4
6月22日	5.2	8.8	2.7	3.0	5.6	4.5	1.1	7.1	3.7	2.4	11.2	1.7	18.2	3.1	3.7	7.4
6月23日	40.1	7.2	9.4	3.0	4.9	4.8	9.3	18.4	3.7	2.6	8.7	2.4	12.0	5.5	25.0	9.9
6月24日	35.2	6.1	28.7	11.0	4.5	4.9	4.7	10.3	3.2	2.3	13.4	1.6	10.5	20.0	22.1	40.1
6月25日	33.5	5.3	11.1	7.4	4.1	6.2	2.9	8.1	2.9	2.6	20.5	1.5	12.2	15.2	10.2	20.7
6月26日	22.5	4.6	8.0	5.5	4.1	5.2	2.3	7.0	2.7	2.5	27.9	1.5	11.1	13.1	7.5	16.7
6月27日	14.7	4.1	6.7	5.0	6.5	4.9	2.1	6.0	2.5	2.2	16.6	1.5	9.7	33.8	14.4	14.0
6月28日	15.9	3.7	5.8	6.0	14.8	5.1	1.9	15.2	2.6	2.1	19.2	65.5	10.4	14.4	19.1	10.8
6月29日	17.3	3.4	9.1	4.4	8.1	4.5	1.8	39.8	2.4	1.9	16.6	17.6	9.2	59.4	12.0	9.0
6月30日	13.1	3.1	8.8	4.0	6.4	6.6	5.3	30.4	3.5	2.4	13.2	9.3	7.7	32.7	9.1	7.5
7月1日	9.8	2.8	7.1	3.7	6.8	21.5	3.2	22.5	2.7	2.6	10.3	7.5	6.9	19.2	7.4	37.0
7月2日	8.0	3.7	5.8	3.8	25.1	13.9	2.7	50.3	2.3	23.5	8.5	34.5	6.1	22.0	6.4	16.6
7月3日	6.7	7.9	6.6	3.8	24.7	9.0	2.4	40.9	2.2	91.5	7.3	17.0	5.4	53.4	5.7	11.9
7月4日	5.7	6.4	5.2	3.4	14.5	47.5	2.2	29.3	2.1	28.4	6.4	11.6	4.9	23.3	6.1	9.5
7月5日	21.8	6.5	4.7	3.1	10.6	57.0	3.2	29.3	2.0	38.2	11.0	9.5	4.5	15.6	4.7	8.3
7月6日	15.3	4.4	4.2	2.9	8.5	23.3	2.3	18.5	1.9	35.9	7.5	8.1	4.4	11.5	3.8	17.2
7月7日	10.0	3.5	3.8	2.6	7.1	16.4	2.1	13.8	1.8	23.0	6.4	23.8	4.0	9.1	3.2	10.8
7月8日	8.3	3.0	3.5	2.6	6.1	12.0	1.9	11.1	1.7	16.3	5.6	64.8	3.6	7.5	2.8	8.5
7月9日	9.9	2.6	3.3	17.1	5.4	9.3	1.8	8.9	1.7	11.8	5.1	88.3	3.4	6.5	2.7	7.2
7月10日	8.5	2.4	3.0	21.3	4.9	7.7	1.8	7.5	1.6	9.2	4.7	44.6	3.2	5.7	2.6	6.3
7月11日	7.4	2.3	2.9	12.5	4.5	7.7	5.8	6.7	1.5	8.9	4.3	40.7	5.1	5.2	2.8	6.0
7月12日	12.3	2.2	2.7	14.6	10.7	7.5	4.6	5.9	1.5	7.0	4.0	57.0	3.4	5.0	2.7	10.0
7月13日	20.8	2.1	2.7	41.5	6.5	7.7	3.4	5.3	1.4	6.1	3.7	34.8	3.0	4.3	2.6	7.6
7月14日	19.0	6.4	2.7	16.1	5.9	6.2	3.3	6.5	1.4	5.5	3.5	21.1	2.8	4.0	2.6	6.3
7月15日	44.1	5.2	3.1	11.6	9.6	5.8	2.9	5.2	1.4	4.9	3.3	14.9	2.9	3.7	2.7	6.0
7月16日	22.8	32.6	2.7	9.7	6.3	27.9	2.9	4.5	1.3	4.5	3.1	11.5	2.9	3.5	2.4	7.1
7月17日	16.6	21.8	2.4	7.8	5.3	14.4	19.8	10.6	1.2	5.0	2.9	11.3	2.8	3.3	2.2	9.6
7月18日	12.7	12.6	2.2	6.7	4.6	12.5	13.6	13.0	1.3	4.0	2.8	8.2	2.5	7.6	2.1	8.8
7月19日	10.6	39.5	2.0	5.8	4.2	10.2	8.2	7.8	1.2	3.7	17.2	7.0	2.9	3.8	2.1	7.0
7月20日	8.5	32.1	2.7	5.1	3.8	8.5	6.0	6.2	1.3	3.9	9.2	6.1	2.5	3.3	2.0	5.9
7月21日	7.2	20.3	16.2	5.1	3.6	7.3	4.9	5.4	1.3	3.5	5.8	5.5	2.9	3.0	1.9	5.6
7月22日	6.1	14.2	7.6	4.4	3.3	6.4	4.3	4.9	1.8	73.7	4.8	4.9	4.8	2.9	1.7	5.0
7月23日	5.3	10.8	10.5	3.9	3.1	5.7	3.9	4.5	1.4	47.4	4.4	4.5	3.9	2.9	1.7	4.6
7月24日	4.5	8.6	13.5	3.5	2.9	5.1	3.6	4.2	1.2	20.8	3.9	4.1	3.0	6.0	5.6	4.3
7月25日	4.0	7.1	14.2	3.3	2.7	4.6	3.3	5.0	6.3	14.3	3.6	3.8	4.1	13.0	5.3	4.0
7月26日	3.6	5.9	9.8	3.0	2.5	9.4	3.0	5.1	12.6	10.3	3.4	9.2	14.0	5.7	2.6	3.7
7月27日	3.2	5.3	7.5	2.8	2.4	5.9	2.8	110.2	3.6	8.3	3.2	19.8	12.5	9.5	2.3	3.5
7月28日	2.8	4.7	6.2	2.5	2.3	5.8	2.6	82.1	2.7	7.0	3.0	19.3	9.4	17.0	2.1	3.4
7月29日	2.6	4.1	5.4	2.3	2.1	26.6	2.5	45.5	6.5	6.1	3.5	11.3	6.5	77.5	1.9	3.3
7月30日	2.4	3.8	4.8	2.2	2.0	48.1	2.4	73.3	4.3	5.4	2.9	8.4	5.2	33.1	2.3	3.2
7月31日	2.2	5.8	4.2	2.0	1.9	17.2	2.3	32.3	3.2	4.8	2.7	7.0	4.5	19.7	7.5	3.2
8月1日	1.9	6.5	3.8	2.0	1.8	12.5	2.4	21.5	3.0	4.5	2.5	6.1	4.1	14.1	8.1	3.0
8月2日	1.7	3.8	3.5	6.6	1.7	9.8	2.3	76.3	3.6	4.2	2.4	5.5	3.8	11.1	5.8	2.8
8月3日	1.6	3.5	3.2	6.9	1.6	8.2	2.1	37.2	2.6	3.8	2.2	5.0	3.5	8.9	6.8	2.6
8月4日	1.5	3.2	2.9	3.2	1.5	6.9	2.1	22.0	2.4	4.5	2.1	4.7	3.2	7.4	5.2	2.4
8月5日	1.3	3.4	2.8	2.7	1.5	6.2	1.9	15.4	2.2	3.6	2.1	32.9	3.0	6.5	4.1	2.3
8月6日	1.2	2.8	2.5	2.5	1.4	6.3	2.0	11.7	2.0	3.3	2.0	18.7	2.9	6.0	3.5	2.5
8月7日	1.0	2.5	2.3	3.1	1.3	5.2	3.5	9.6	2.0	3.0	1.9	12.3	2.8	5.3	3.2	2.3
8月8日	1.0	4.7	2.2	2.3	1.2	4.7	64.4	8.2	1.8	2.9	1.9	10.3	2.6	4.7	2.9	2.2
8月9日	0.8	4.8	2.0	2.0	2.5	4.3	35.5	7.1	1.7	2.7	2.6	13.9	2.6	4.3	2.8	2.2
8月10日	0.7	6.1	2.0	1.8	1.6	7.4	14.9	68.6	1.6	2.7	2.0	20.4	4.0	3.9	14.9	5.1
8月11日	0.6	4.2	2.1	1.7	1.3	6.5	10.6	29.9	1.6	2.5	1.8	17.5	2.6	3.7	8.7	2.5
8月12日	0.6	3.4	2.0	1.6	3.2	5.1	9.6	18.6	1.5	2.4	1.7	18.9	2.4	3.4	5.4	2.2
8月13日	0.5	6.7	2.2	2.3	2.1	4.4	13.6	14.1	1.5	2.4	1.7	17.3	4.5	3.2	4.4	2.0
8月14日	0.6	5.1	2.2	2.1	1.7	4.0	12.1	18.6	1.6	2.5	35.5	18.7	3.7	3.0	3.8	1.8
8月15日	0.6	4.1	1.9	1.6	1.4	3.7	10.0	64.5	1.6	2.2	18.6	16.4	2.8	3.7	3.5	1.8
8月16日	0.5	3.6	1.6	1.6	1.3	3.4	8.4	31.7	1.4	2.1	7.3	12.1	2.6	3.1	3.2	1.7
8月17日	1.3	3.2	1.5	1.6	7.8	3.2	7.2	52.2	1.3	2.2	5.5	9.8	2.9	3.1	3.0	1.6
8月18日	0.6	3.3	2.5	2.2	2.9	3.0	14.5	34.4	1.3	2.0	4.6	8.3	2.6	25.9	4.4	1.6
8月19日	0.4	2.8	2.1	1.7	1.9	2.8	80.8	40.0	1.3	1.9	4.0	7.1	2.5	14.4	3.1	1.6
8月20日	0.3	2.6	3.3	1.3	1.6	2.7	28.9	37.2	1.2	1.8	3.7	6.2	2.2	8.6	2.9	1.6
8月21日	0.5	2.3	2.2	1.2	1.4	2.6	19.2	24.5	1.2	1.7	4.4	5.6	2.1	9.4	3.0	1.6
8月22日	1.1	8.1	1.6	1.1	8.7	4.7										

(mm/日)

月日/年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
8月30日	1.4	4.2	0.8	9.0	1.6	2.5	10.3	5.6	1.2	1.2	3.0	2.8	2.3	5.3	1.9	2.3
8月31日	0.9	14.2	0.8	5.4	1.6	2.2	8.5	5.0	1.2	5.1	3.7	2.6	2.2	5.6	1.9	1.5
9月1日	0.7	7.3	0.8	30.9	1.5	2.0	7.3	4.7	1.1	1.7	5.4	2.5	2.1	5.9	2.4	1.1
9月2日	0.5	5.7	0.8	82.0	1.4	1.9	6.4	7.4	0.9	1.9	3.7	2.3	2.0	7.6	2.1	1.0
9月3日	0.4	4.9	0.8	30.6	3.8	1.9	5.7	23.1	0.9	1.5	3.2	2.5	1.9	6.4	2.0	2.2
9月4日	0.4	6.0	1.6	17.2	1.7	1.9	5.1	82.5	0.8	1.3	2.9	2.2	1.8	5.5	1.8	1.2
9月5日	0.3	4.8	9.3	13.8	1.6	1.8	4.6	21.1	0.8	1.2	2.6	2.1	1.8	5.2	1.7	1.0
9月6日	0.2	4.4	7.5	11.9	1.5	1.8	4.2	14.5	2.1	1.1	2.5	9.3	1.7	5.1	1.7	7.6
9月7日	0.3	5.1	3.3	9.9	3.3	2.7	4.0	11.4	2.0	1.7	2.4	74.4	1.6	4.6	1.7	5.3
9月8日	0.3	4.5	2.4	8.7	2.0	1.8	3.7	9.2	1.2	1.4	2.3	18.3	1.5	4.2	2.3	2.4
9月9日	0.5	3.9	2.0	7.5	1.6	1.6	3.6	7.8	1.0	1.2	4.9	11.0	1.4	3.9	9.2	1.9
9月10日	0.9	3.9	1.9	7.9	1.4	1.5	3.6	6.7	0.9	1.2	3.1	8.5	1.4	3.8	6.5	1.7
9月11日	0.4	8.0	3.5	6.8	1.3	1.4	3.1	5.9	0.9	1.1	2.6	7.1	1.3	3.6	6.1	1.6
9月12日	0.3	25.6	3.4	6.3	7.1	1.4	2.9	5.3	0.8	1.0	2.8	6.1	1.3	3.3	5.5	1.4
9月13日	0.3	49.7	2.3	21.0	9.6	1.5	3.2	10.4	0.8	1.0	9.5	5.4	1.2	3.2	7.0	1.3
9月14日	0.2	18.4	2.0	12.1	5.0	27.3	3.3	22.8	0.7	0.9	5.5	5.0	1.2	3.1	5.3	2.0
9月15日	0.2	12.7	1.9	10.1	7.2	7.8	2.7	10.6	0.7	0.9	4.0	4.6	3.8	5.4	6.5	20.5
9月16日	0.2	9.9	1.7	8.3	5.8	5.0	2.5	8.1	0.9	0.8	3.5	35.0	1.8	4.0	5.9	5.3
9月17日	3.4	8.0	1.6	7.7	6.0	4.1	2.3	8.2	0.9	0.9	3.2	27.3	1.5	3.8	4.8	3.5
9月18日	0.7	6.6	1.5	8.2	13.0	3.6	2.2	11.4	0.8	1.0	2.9	13.5	1.5	3.4	4.1	2.8
9月19日	5.0	5.6	1.5	80.4	36.9	3.3	2.1	8.6	0.7	1.1	2.7	10.3	2.5	3.2	3.6	2.4
9月20日	29.4	4.9	2.6	33.9	19.5	3.0	2.0	7.2	0.7	1.2	3.3	8.4	1.7	3.0	3.3	2.2
9月21日	52.0	4.3	1.6	19.0	10.6	2.8	1.9	6.4	0.6	0.7	2.7	7.1	1.5	127.5	3.1	2.1
9月22日	15.0	3.9	1.5	40.9	7.8	2.6	1.8	6.0	0.6	1.5	2.5	6.6	1.7	29.2	8.1	1.9
9月23日	7.9	3.6	1.4	20.6	6.3	2.5	1.8	5.4	0.6	10.4	2.3	5.8	1.4	20.2	19.9	1.8
9月24日	5.8	5.7	9.1	14.4	6.6	2.4	4.3	4.9	0.6	42.9	2.2	5.1	5.4	129.7	9.0	1.7
9月25日	4.6	3.9	6.4	11.9	5.7	2.4	25.6	4.5	0.6	6.7	2.1	8.0	5.5	40.3	6.6	1.7
9月26日	3.9	3.2	4.3	9.6	9.0	2.3	6.8	4.2	0.5	4.3	2.1	9.3	2.8	21.5	5.5	1.6
9月27日	3.4	2.9	3.5	7.9	7.6	25.1	4.7	3.9	0.5	3.4	2.0	6.7	2.2	14.6	4.8	1.6
9月28日	3.0	2.7	3.0	7.2	6.7	21.2	3.9	3.7	0.9	2.9	1.9	5.6	3.3	11.2	4.4	1.5
9月29日	2.8	2.5	2.7	6.0	6.3	9.1	11.8	3.6	3.4	2.6	1.8	4.9	3.1	9.1	4.1	1.5
9月30日	2.5	2.3	2.6	5.3	6.0	11.4	7.9	6.8	1.5	2.4	5.1	4.5	3.7	7.7	6.6	2.0
10月1日	2.4	2.2	2.4	4.7	5.4	20.1	5.7	4.1	1.0	4.8	2.8	4.1	4.9	6.6	4.9	2.8
10月2日	2.2	2.0	2.2	4.2	4.8	12.4	4.8	3.7	0.8	4.2	2.3	7.1	4.1	6.2	4.7	1.7
10月3日	1.8	1.9	2.1	3.9	4.4	9.3	4.3	3.4	0.8	3.1	2.7	5.4	3.3	5.5	4.9	1.5
10月4日	1.7	1.7	2.0	3.6	10.6	7.8	4.0	3.2	0.7	3.7	2.4	5.7	2.8	4.9	4.2	1.4
10月5日	1.6	1.7	5.8	3.3	6.4	6.6	3.8	3.1	0.7	3.1	2.2	5.1	2.5	4.5	3.8	1.4
10月6日	1.4	1.8	6.4	3.1	13.2	5.9	3.4	2.9	0.6	2.8	2.1	4.6	2.4	4.1	3.5	1.3
10月7日	1.3	1.5	3.8	2.9	14.3	5.3	3.2	7.9	0.5	2.6	2.3	4.2	16.4	3.9	3.3	1.2
10月8日	1.2	1.4	3.1	2.7	25.5	4.8	3.7	6.5	0.5	2.4	2.5	3.8	9.1	3.6	3.4	1.2
10月9日	1.1	1.4	2.8	2.5	17.6	4.5	3.2	4.8	0.5	2.3	2.1	3.6	5.7	3.4	35.7	4.6
10月10日	1.6	1.3	2.5	2.5	13.6	4.1	2.9	4.0	0.8	2.2	2.0	3.4	4.5	3.2	12.2	4.6
10月11日	1.6	1.3	2.4	4.2	11.6	3.8	2.8	3.6	0.9	2.1	1.9	3.2	3.8	3.1	8.6	2.2
10月12日	2.4	1.2	2.3	2.6	12.5	3.6	2.7	3.3	1.3	2.0	1.9	3.0	3.8	3.9	7.2	1.8
10月13日	1.4	1.1	2.1	2.3	20.0	3.3	2.6	3.2	0.8	1.9	1.9	2.9	4.2	3.5	6.3	1.7
10月14日	1.1	1.1	1.9	2.1	14.8	3.1	2.5	3.0	0.6	1.8	1.8	2.8	3.9	3.0	5.6	1.6
10月15日	0.9	1.0	1.8	2.1	11.8	3.0	2.5	2.9	0.6	1.8	1.7	2.7	4.4	2.8	5.0	1.4
10月16日	0.9	15.1	1.7	2.3	10.1	2.9	2.3	2.7	0.6	1.8	1.6	2.5	5.2	2.6	4.6	2.4
10月17日	0.8	14.1	1.7	2.4	8.9	3.0	2.2	2.6	1.4	1.7	1.6	2.4	49.7	2.5	4.3	4.9
10月18日	0.8	4.7	1.6	2.1	8.0	2.7	2.1	2.5	0.8	1.6	1.5	2.3	38.2	2.3	4.0	3.2
10月19日	0.7	3.6	1.5	2.0	7.2	2.6	2.3	2.4	0.7	1.5	1.5	2.2	16.3	2.3	3.7	2.5
10月20日	0.7	2.9	1.5	1.9	6.5	2.5	2.9	2.3	0.6	1.5	1.4	2.1	11.3	2.2	5.2	2.1
10月21日	0.8	2.5	1.4	1.7	6.0	2.4	2.2	2.2	2.7	1.4	1.4	2.1	9.0	2.1	3.7	3.1
10月22日	1.3	2.3	1.4	1.7	5.4	2.3	2.0	2.2	1.7	1.4	1.4	2.0	7.4	2.0	3.4	7.6
10月23日	0.7	2.2	1.2	1.6	5.0	2.3	3.4	2.0	1.2	1.3	1.3	1.9	6.6	1.9	3.3	5.5
10月24日	1.3	5.3	2.5	1.5	4.6	2.2	4.3	1.9	1.0	1.8	1.3	1.9	5.7	1.9	3.3	3.9
10月25日	1.2	3.5	1.5	1.4	4.5	2.2	2.6	1.9	0.9	1.5	1.3	1.8	5.1	1.8	5.4	3.2
10月26日	0.9	3.4	1.1	1.3	6.2	2.1	2.3	1.8	0.8	1.4	1.2	1.7	4.6	1.7	3.8	2.8
10月27日	0.9	3.0	1.0	1.3	4.8	2.0	2.1	1.7	0.8	1.3	1.2	1.7	4.4	3.8	3.4	2.5
10月28日	0.7	2.6	1.0	1.3	4.0	1.9	2.0	1.6	0.7	1.3	1.2	1.6	4.0	2.1	3.2	15.8
10月29日	0.7	2.5	1.2	1.2	3.6	1.8	2.0	5.6	0.7	1.6	1.2	1.6	3.7	1.8	3.1	9.9
10月30日	0.6	6.2	1.1	1.1	3.3	1.8	1.9	3.6	0.7	1.3	1.1	1.5	3.4	1.7	2.9	6.4
10月31日	0.6	11.9	1.0	1.2	3.0	1.7	1.8	2.4	0.7	1.2	1.8	1.6	3.2	1.6	2.8	5.1
11月1日	0.5	6.1	0.9	2.6	2.8	1.7	1.9	2.2	0.6	1.2	2.6	1.5	3.0	4.2	7.4	4.3
11月2日	0.5	27.9	0.8	1.5	2.5	1.6	1.7	2.0	0.6	1.1	1.8	1.4	2.9	2.9	29.8	3.9
11月3日	0.4	14.2	0.8	1.2	2.4	1.6	1.7	1.9	0.6	1.1	1.5	1.4	2.7	2.3	11.4	4.3
11月4日	0.4	9.7	0.7	1.2	3.2	1.5	1.7	1.9	0.5	1.0	1.3	1.3	2.6	2.1	7.6	3.8
11月5日	0.4	7.8	0.7	1.1	2.5	1.5	1.7	1.8	0.5	1.0	2.2	1.5	2.5	1.9	6.3	4.1
11月6日	0.3	6.5	0.7	1.2	2.3	1.4	1.8	1.8	0.6	1.0	1.8	1.3	2.4	1.8	5.5	4.8
11月7日	0.3	5.7	0.6	2.5	2.2	1.4	1.6	2.9	0.5	1.1	1.6	1.3	2.3	1.8	5.0	4.3
11月8日	0.3	5.1	0.6	13.7	2.1	1.9	1.5	2.5	0.5	1.2	1.8	1.2	2.2	1.7	4.6	3.9
11月9日	0.3	4.6	0.6	6.4	10.3	1.5	1.6	2.1	0.5	1.1	1.9	1.2	2.1	1.6	4.3	3.6
11月10日	0.3	4.1	0.6	3.7	6.8	1.4	1.6	2.0	0.5	1.1	1.5	1.1	2.1	1.6	4.0	3.4
11月11日	0.3	3.8	0.5	2.9	4.5	1.4	1.6	2.8	0.5	1.1	1.4	1.1	2.0	1.5	3.8	3.1
11月12日	0.3	3.6	0.5	2.7	3.7	1.3	1.5	4.1	0.5	1.0	1.3	2.1	1.9	2.2	3.6	2.9
11月13日	0.9	3.3	0.5	12.0	3.4	1.2	1.4	7.6	0.5	1.0	1.3	2.5	1.8	1.7	3.3	2.9
11月14日	0.5	3.1	0.5	6.0	3.1	1.2	1.4	5.3	0.5	1.1	1.3	1.4	1.8	1.6	3.2	2.8
11月15日	0.3	2.9	0.5	4.3	2.9	1.2	1.4	4.0	0.4	1.0	1.3	1.4	1.7	2.3	3.1	2.7
11月16日	0.3	2.7	0.6	3.6	2.8	1.1	1.3	3.4	0.4	1.0	1.4	1.2	1.7	2.0	3.1	2.5
11月17日	0.3	2.6	0.6	3.2	2.6	1.1	1.3	3.8	0.5	0.9	1.3	1.3	1.9	1.8	3.3	2.4
11月18日	0.2	2.4	0.8	2.9	2.5	1.1	1.2	5.6	5.1	0.9	1.2	1.2	1.6	1.7	2.9	2.4
11月19日	0.2	2.3	1.1	2.7	2.4	1.1	1.2	4.2	1.7	0.9	1.2	1.1	1.6	1.6	2.7	2.3
11月20日	0.2	2.2	0.8	2.4	3.3	1.0	2.9	4.1	1.0	0.9	1.1	1.1	1.6	1.4	5.1	2.2
11月21日	0.2	2.0	0.8	2.2	2.6	1.0	2.1	8.9</								