

IV 研究資料

基盤事業：森林水文モニタリング

－竜ノ口山森林理水試験地－

細田育広（森林水循環担当チーム長）

1. はじめに

2018年は7月初め南西諸島に沿って北上してきた台風7号が対馬海峡から日本海に抜けた頃、北海道から朝鮮半島の付け根付近に延びていた梅雨前線が南下し、7月5日から7月8日にかけて西日本に停滞した（気象庁、2018）。この間、西日本の広い範囲で大雨となり、山腹崩壊や水害が各地で発生した（内閣府、2019）。竜ノ口山森林理水試験地でも5日9時～7日21時にかけて合計304mm、24時間最大193mm（7月7日）、時間最大27mm（7月6日）の降水量を記録した。この間の降雨の中断は最長で2時間半であり、山腹崩壊は生じなかったが大量の土砂が量水堰堤に堆積した。このため2019年2月中旬から下旬にかけて特に堆積が著しい南谷量水堰堤内の浚渫工事を行った。堆積土砂量がやや少なかった北谷の量水堰堤浚渫は留保し、両谷同時欠測を避けた。2018年は水土砂災害以外にも6月18日8時前に大阪北部を震源とする大きな地震（深さ13km、M6.1、最大震度6弱）があり（大阪管区気象台、2018）、4つの台風が近畿内陸を通過した。そのうち9月上旬の台風21号による暴風・高潮では近畿地方を中心に大きな被害が生じた（内閣府、2018）。振り返れば南海・東南海地震が警戒される昨今において、広域同時的自然災害に関する議論がさらに高まる契機となる年となった。

2. 試験地の概要と観測方法

瀬戸内海式気候の岡山県岡山市に位置するこの試験地は北谷（17.3 ha）と南谷（22.6 ha）の二流域で構成される（34°42'N, 133°58'E, 36～257m）。基岩の大部分は古生層の堆積岩であり、北谷主流路右岸から南谷下流部にかけて火成岩類が分布する（細田ら、2019）。近年の竜ノ口山は樹高10～15mほどのコナラ等の広葉樹を主とする二次林で広く覆われ、ヒノキ主体の人工林およびササ等が繁茂する草藪地や疎林が部分的に広がる。降水量は山麓の岡山実験林気象観測露場において転倒マス型雨量計により観測し、貯留型雨量計の値で適宜補正した。流出水量は両谷ともにフロート式水位計で連続測定した60°Vノッチ式量水堰堤の越流水深を流量換算後時間積分し、流域面積で除して水高値とした。

3. 2018（平成30）年の概況

研究概要（キ105）に述べた年間概況を踏まえ、ここでは月ベースの流況について述べる（図）。3・7・9月の月降水量は平年より約60～200mm多く、流出水量は平年を約30～340mm上回った。7月上旬の大雨による最大流量は両谷とも普段の流量の2000～5000倍に相当する毎秒1tを超えた。断続的に強まる長雨で流域土層が飽和状態に近づいて透水性が向上し、最大流量が大きくなったと考えられる。梅雨が明けた7月9日以降は一転して旱天となり、伊豆諸島の東から志摩半島に上陸して有明海に西進した台風12号の中心が岡山市街を通過した7月29日まで無降雨（降水量0.5mm未満）が続いた。7月31日以降も15日間連続して無降雨だった。この影響で8月の降水量は平年を約50mm下回り、流出水量は平年より約15～20mm少なくなった。4・6月は月降水量が平年より約30mm少なく、月降水量が平年並みだった5月を含めて月流出水量は平年を約10～40mm連続して下回った。11月の流出水量が平年を顕著に下回ったのも月降水量が平年より約50mm少なかったためである。一方、10月の降水量も平年より約40mm少なかったが、9月29

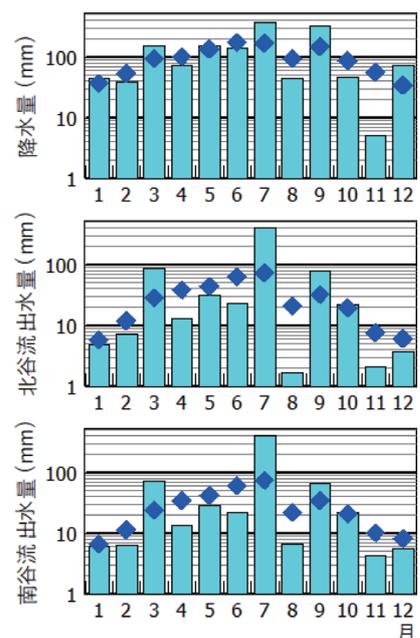


図 2018年の月積算値。
◆：平年値（1981-2010年）

日からの3日間に約109mmの降雨があり、その後も平均3日に1回の降雨が観測されて月流出水量は平年並みとなった。

引用文献

大阪管区气象台（2018）平成30年（2018年）6月．大阪府の地震，10pp.

気象庁（2018）平成30年7月豪雨（前線及び台風7号による大雨等）．災害をもたらした気象事例，53pp.

内閣府（2018）平成30年台風21号に係る被害状況等について．46pp.

内閣府（2019）平成30年7月豪雨による被害状況等について．204pp.

細田ら（2019）竜ノ口山森林理水試験地観測報告（2006年1月～2010年12月）．森林総合研究所研究報告，18（1）:111-128.

基盤事業：森林流域の水質モニタリング

岡本 透（森林環境研究グループ長）

1. はじめに

京阪神地域では都市域に近接して森林が分布している。そのため、都市域から排出された相当量の環境負荷物質が、降雨を介して森林に流入していると考えられる。高濃度の環境負荷物質の流入が定常的に続いた場合、森林生態系内の物質循環プロセスに影響が生じ、森林から流出する渓流水の水質に影響を与える可能性がある。そこで本報告では、京阪神地域の都市近郊林における林外雨と渓流水の主要溶存成分のモニタリング調査を行い、その化学特性の変化を明らかにすることを目的とした。

2. 試験地の概要と観測の方法

林外雨と渓流水のモニタリングは近畿中国森林管理局京都大阪森林管理事務所管内北谷国有林内の山城水文試験地（京都府木津川市、34° 47'N、135° 51'E）で行った。流域面積は1.6ha、標高は180～255mである。地質は花崗岩で、土砂流亡がかつて頻発したことを反映し、土壌は未熟土および未熟な褐色森林土である。植生はコナラやソヨゴを優占種とする落葉広葉樹林であるが、近年ナラ枯れが進行し、倒木が増加している。試験地には、森林の内外における大気フラックスを測定するための観測タワーも設置されている。林外雨は観測タワー上部に設置した直径21cmのポリロートで受け、10lポリタンクに貯留し、採取した。渓流水は、源頭部付近で常時流水のある地点に定点を設けて採水した。林外雨と渓流水の採取は月1～2回程度の頻度で行った。採取した林外雨、渓流水サンプルは実験室に持ち帰り、pHはガラス電極法、電気伝導度（EC）は白金電極法で測定した。溶存成分濃度は孔径0.45 μm のメンブランフィルターでろ過した後、イオンクロマト法、ICP発光分光分析法で測定した。HCO₃⁻濃度は中和適定法、溶存有機炭素濃度は乾式燃焼法を用いて測定した。

3. 2017年の観測結果

山城試験地の2017年の年降水量は1714mmで前年とほぼ同じだった。6月下旬の梅雨前線と台風とともなう降水量が多く、とくに10月23日に日本列島に上陸した台風21号による降水量が多かった。林外雨のpHは、4.16～5.37の範囲内で変動していた（図1）。2017年のpHの加重平均値は4.65であり、前年と同程度であった。ECは0.48～10.37 mS m⁻¹の範囲内で変動し、加重平均値は1.64 mS m⁻¹であった。2017年は4月下旬から5月上旬にかけて黄砂が観測され、その期間ではpH、EC値は加重平均値よりも高い値を示した。また、この期間のNa⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻の濃度は2017年のそれぞれの加重平均値より高かった。

一方、渓流水については、pHとECの平均値はそれぞれ7.05と6.71 mS m⁻¹であった。各溶存成分濃度も概ね前年と同程度の範囲で変動していた。2017年のCl⁻、NO₃⁻、Si濃度の変化を示す（図2）。SiとClはよく似た挙動を示したのに対し、NO₃⁻は逆の傾向が認められた。このことは、流量増加時にはSiとClは降水によって希釈されて濃度が低下するのに対して、NO₃⁻は土壌水の流入により濃度が上昇することを示していると考えられる。

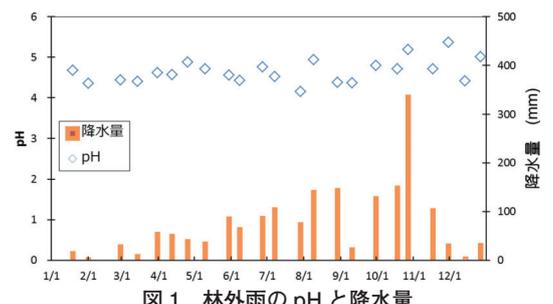


図1 林外雨のpHと降水量
(2017年1月～2017年12月)

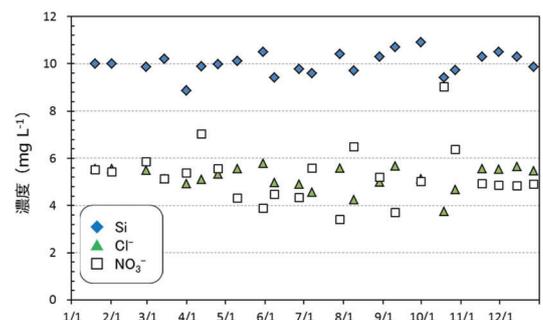


図2 渓流水のCl⁻、NO₃⁻、Si濃度の変化
(2017年1月～2017年12月)

地獄谷収穫試験地（奈良県奈良市） 第14回定期調査報告

－アカマツ・ヒノキ・スギ複層林から誘導された林分について－

田中邦宏・齋藤和彦・田中真哉（森林資源管理研究グループ）

金子真司・鳥居厚志（森林環境研究グループ）

近口貞介・橋山真司（地域連携推進室）

1. 試験地の概要と調査の方法

地獄谷アカマツ天然林その他択伐用材林作業収穫試験地は、奈良森林管理事務所管内、奈良市高畑町地獄谷国有林17林班わ小班に所在する。本試験地はヒノキ択伐林誘導区（ヒノキ誘導区、第1分地）、スギ択伐林誘導区（スギ誘導区、第2分地）、自由施業区（第3分地）の3つの分地からなり、各分地の施業方針は以下の通りである（当初の試験設定）。

1922（大正11）年にアカマツの一部を伐採し、1923（大正12）年2月にヒノキ、スギを補植する。

第1分地（ヒノキ誘導区）、第2分地（スギ誘導区）：回帰年20年とする択伐作業を行う。択伐率は20～30%を基準とし、大径木、不整形木、ヒノキ、スギの生育を阻害するものより選木する。択伐跡地には第1分地ではヒノキを、第2分地ではスギを補植する。

第3分地（自由施業区）：択伐区と比較のため、主体をアカマツ一斉林におき、更新はヒノキ、スギ、アカマツの天然更新にまかせる。

面積はそれぞれ0.2648 ha、0.3446 ha、0.3556haである。海拔高400～450m、傾斜角10～35°の南東向き斜面に位置し、土壌は洪積層砂壤土のB_B～B_D型である。第14回定期調査までの施業の来歴を表1に示した。1923年、推定46年生のアカマツ天然生林を択伐したあと、1924年にヒノキ・スギを補植した。初期保育は下木林齢14年生までの間に下刈りが6回、つる切りが5回、除伐が1回である。試験は1940年（上木林齢63年生、下木林齢17年生）時に開始し、

表1 調査と施業の来歴

調査回	調査年月	林齢 ^{注1)}	施業等	第1分地			第2分地			第3分地		
				ヒノキ択伐林誘導区			スギ択伐林誘導区			自由施業区		
				伐採率 ^{注2)}			伐採率			伐採率		
本数 (%)	幹材積 (%)	平均 直径比 ^{注3)}	本数 (%)	幹材積 (%)	平均 直径比	本数 (%)	幹材積 (%)	平均 直径比				
1	1940/02	17	択伐	8.2	10.3	1.27	9.4	10.9	1.04	4.7	4.5	0.97
2	1949/12	27										
3	1955/02	32	3分地のみ 間伐							0.5	0.1	0.62
4	1960/02	37										
5	1965/02	42	択伐	9.6	44.4	2.24	11.2	35.2	1.79	12.5	27.8	1.48
6	1970/02	47	間伐	2.1	0.8	0.73	3.6	1.8	0.75	6.8	7.8	1.06
7	1976/02	53										
8	1986/12	64	第2、3分地 のみ択伐				7.2	22.6	1.87	2.5	12.9	2.47
9	1991/10	69	択伐	15.7	14.4	0.98	12.9	14.8	1.13	2.6	5.4	1.62
10	1996/10	74										
11	2001/11	79										
12	2007/10	85										
13	2012/10	90										
14	2018/10	96										

注1) 林齢は下木の林齢である。

注2) 伐採率はすべての樹種込みの値である。

注3) 平均直径比 伐採木の平均胸高直径/伐採前の平均胸高直径

以後5～9年間隔で成長量調査を反復してきた。

2018年10月、第14回目の定期調査(下木林齢96年生)を行ったので報告する(表2(a)～(c))。調査項目は胸高直径、樹高、生枝下高、寺崎式樹型級区分の毎木調査である。胸高直径は直径巻尺により0.1cm単位で、樹高および生枝下高はVertex IIIおよびIVにより0.1m単位で測定し、寺崎式樹型級区分は目視により判定した。また、ヒノキ・スギの樹下植栽木、および天然更新による広葉樹類について、胸高直径が7cmに達しているものは逐次個体識別の上、測定対象に加えた。なお、今回調査までに確認されている広葉樹としては、アカガシ、アラカシ、カエデ類、カゴノキ、クリ、クロモジ、コシアブラ、シキミ、シラカシ、シロバイ、スダジイ、ソヨゴ、タラノキ、ハイノキ、ヒサカキ、ミズナラ、ヤマモモ、リョウブなどがある。

なお、本試験地は地獄谷石仏等の文化財に近接し、試験地中心を横断する歩道がハイキングコースでもあるため、景観上の配慮が必要となっている。そのため、通常は個体番号と胸高帯は白ペンキで書いているが、今回調査では比較的目的立たないと思われる黒ペンキを使用して、歩道と反対側のみに書いた。

2. 調査結果

本試験地では42年生時(1965年)、アカマツに対して材積割合で約30～40%の強い択伐を実施した(表1)。また、1979年頃よりマツノザイセンチュウ病によるアカマツの枯損が目立つようになったこともあって、現在ではいずれの分地においてもアカマツは消失している。

1924年の補植木は、ヒノキ誘導区・スギ誘導区においてはアカマツの疎開に伴って旺盛な材積成長を示すようになっていた。ヒノキ誘導区は96年生現在、おおむねヒノキの純林となっており、最近6年間のヒノキの連年成長量(表2(a)注1)参照)は $19.1\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ であった。一方、「紀州地方ヒノキ林分収獲表」の100年生時では、主副林木合計の連年成長量は1等地で $6.6\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ である。これには、試験区における立木密度の高さが大きく影響しているものと推察された。ただし、平均樹高は3等地程度の水準にとどまっており、アカマツの庇陰下にあったことが影響していたと考えられた。

スギ誘導区は本数密度ではヒノキの混交率の方がスギよりも高くなっているものの、スギとヒノキをあわせた総成長量(表2(a)注2)参照)は、ヒノキ誘導区を9%ほど上回っていた。これにはスギの成長の速さが影響しているものと推察された。自由施業区は試験地設定当初の択伐率が小さく、42年生まで600本/ha程度のアカマツ上木が残存しており、ヒノキ・スギ下木の成長が抑制されていたと考えられた。96年生(2018年)時点のスギ・ヒノキの総成長量は約 $623\text{m}^3/\text{ha}$ であり、ヒノキ誘導区、スギ誘導区のそれぞれ71%、65%に過ぎない。

なお、本試験地では試験開始当初、「収獲試験施行方法」(1934)にしたがって、胸高直径測定下限を7cmと定めていたが、その後の調査で7cmだったり5cmだったりとして統一が取れていなかった。そこで今回の調査では、胸高直径測定下限を7cm以上に統一して集計した。

表2 (a) 第1分地 (ヒノキ誘導区) における林分統計量

樹種	平均 胸高 直径 (cm)	平均 樹高 (m)	本数 密度 (/ha)	断面積 合計 (m ² /ha)	幹材積 合計 (m ³ /ha)	累積間伐 材積 (m ³ /ha)	累積枯死 材積 (m ³ /ha)	幹材積成長量		
								連年成長 量 ^{注1)}	総成長 量 ^{注2)}	総平均 成長量 ^{注3)}
								(m ³ /ha/年)	(m ³ /ha)	(m ³ /年)
すべて	32.2	20.3	729	75.10	864.0	250.0	210.1	22.2	1114.0	11.6
ヒノキ	34.4	21.9	608	65.63	767.7	65.9	52.5	19.1	833.6	8.7
スギ	41.6	19.1	19	3.88	43.2	0.9	0.2	1.4	44.1	0.5
アカマツ			0			179.9	153.6		179.9	1.9
モミ	97.6	25.4	4	2.83	31.5	0.0	0.1	1.1	31.5	0.3
広葉樹	14.7	10.6	98	2.76	21.6	3.3	3.7	0.7	24.9	0.3

注1) 連年成長量：(期末の材積－期首の材積)/期間の年数 (m³/ha/年)

注2) 総成長量：現在の林分材積＋現在までの伐採材積の累計(m³/ha)

注3) 総平均成長量：ある林齢tにおける材積をVtとしたとき、Vt/t 伐採率はすべての樹種込みの値である。

表2 (b) 第2分地 (スギ誘導区) における林分統計量

樹種	平均 胸高 直径 (cm)	平均 樹高 (m)	本数 密度 (/ha)	断面積 合計 (m ² /ha)	幹材積 合計 (m ³ /ha)	累積間伐 材積 (m ³ /ha)	累積枯死 材積 (m ³ /ha)	幹材積成長量		
								連年 成長量	総成長量	総平均 成長量
								(m ³ /ha/年)	(m ³ /ha)	(m ³ /年)
すべて	29.8	19.0	784	76.71	871.6	339.3	169.0	19.2	1210.9	12.6
ヒノキ	28.9	19.2	403	33.89	383.2	40.3	14.6	9.0	423.5	4.4
スギ	38.6	23.1	252	38.64	452.3	77.6	26.8	8.9	529.8	5.5
アカマツ			0			214.2	122.7		214.2	2.2
モミ	59.0	27.4	3	0.79	10.2	6.1	0.0	0.5	16.3	0.2
広葉樹	14.1	10.0	125	3.39	26.0	1.1	4.9	0.7	27.1	0.3

表2 (c) 第3分地 (自由施業区) における林分統計量

樹種	平均 胸高 直径 (cm)	平均 樹高 (m)	本数 密度 (/ha)	断面積 合計 (m ² /ha)	幹材積 合計 (m ³ /ha)	累積間伐 材積 (m ³ /ha)	累積枯死 材積 (m ³ /ha)	幹材積成長量		
								連年 成長量	総成長量	総平均 成長量
								(m ³ /ha/年)	(m ³ /ha)	(m ³ /年)
すべて	24.7	16.8	936	61.63	614.2	173.7	323.5	16.4	787.8	8.2
ヒノキ	22.8	15.9	593	33.22	333.3	10.8	16.4	8.2	344.1	3.6
スギ	31.7	20.1	264	26.27	264.7	14.4	6.6	8.3	279.1	2.9
アカマツ			0			148.4	295.2	-0.5	148.4	1.5
モミ	55.7	17.4	3	0.69	5.7	0.0	1.1	0.1	5.7	0.1
広葉樹	14.2	12.3	76	1.46	10.5	0.0	4.0	0.3	10.5	0.1