

技術資料

壮齢ヒノキ人工林における列状間伐後2年間の保残帯と伐採帯の表土移動量の違い

岡本 卓也・渡邊 仁志

Differences of surface soil movement between non - thinning zone and thinning zone
two years after line thinning in an aged Japanese cypress stand

Takuya Okamoto and Hitoshi Watanabe

列状間伐を実施した壮齢ヒノキ人工林において、保残帯と伐採帯の表土移動量の違いを明らかにするために、間伐直後から2年間の保残帯と伐採帯の表土移動量、下層植生の植被率およびリター被覆率を調査した。伐採帯の表土移動レートは、保残帯よりも常に小さかった。両帯の表土移動レートは、時間の経過とともに減少する傾向がみられた。また植被率およびリター被覆率は、伐採帯だけでなく保残帯でも増加する傾向がみられたことから、地表面被覆の増加により表土移動が抑制されたと考えられた。他の間伐手法を行ったヒノキ林と比較すると、表土移動レートは保残帯では伐採直後に高かったが2年後には同程度の値に、伐採帯では伐採直後から同程度の値となった。これらのことから表土移動量は列状間伐によって、伐採帯だけでなく保残帯においても伐採後の早い時期に、他の間伐手法を実施した林分と同水準まで低減することが示唆された。

キーワード : 表土移動・ヒノキ・列状間伐・保残帯・伐採帯

I はじめに

間伐が遅れて林冠が閉鎖した人工林では、下層植生が衰退し林床が裸地化することにより、土壌侵食の危険性が高まる(赤井 1977 ; Miura *et al.* 2003)。このような林分では、土砂流出や土壌浸透能の低下(野々田 2008)により地力が低下(赤井 1977)し、森林の土砂流出防備機能などを維持する点において大きな問題がある。これまでの調査事例から、土壌侵食量は 30° 以上の急傾斜地で急増すること(荒木・阿部 2005)が知られている。特に、ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)林では、スギ(*Cryptomeria japonica*)林やアカマツ(*Pinus densiflora*)林、アカマツと広葉樹の混交林に比べて土壌侵食量が大きく(塚本 1989 ; Miura *et al.* 2002)、その原因はヒノキ林における地表面被覆(下層植生、リター)の少なさにある(三浦 2000)ことが指摘されている。ヒノキ林においては、ヒノキの落葉落枝だけで林床の被覆率を高く維持することは困難(三浦 2000)であり、従来の間伐方法より強度の間伐を行い林床の光環境と下層植生を良好に維持することが必要である(渡邊ら 2016)。

ヒノキ林における間伐が表土(細土、石礫、リターのことをいう)移動に及ぼす影響についてはこれまでに、定性間伐を行った林分(井川原ら 2004)、間伐強

度の異なる施業を実施した林分(中森ら 2012)や、将来木施業を行った林分(渡辺ら 2017)などの報告がある。しかし、列状間伐後のヒノキ林において、保残帯と伐採帯の表土移動量の変化について調査した例は少ない。

列状間伐は、林分内の一定の幅のすべての立木を伐採する帯(以下、「伐採帯」という)と、伐採を行わない帯(以下、「保残帯」という)を設定する間伐方法であり、伐採帯を広くすることにより林内の光環境を改善させることができるため、下層植生の発達が期待できる(村本ほか 2005)。一方、列状間伐の保残帯と伐採帯では林内環境が異なるため、表土移動に及ぼす影響が異なることが予想される。

そこで本研究では、林床の下層植生が衰退した壮齢ヒノキ人工林において、列状間伐後2年間の保残帯および伐採帯の表土移動量を測定したので、その結果を報告する。

II. 方法

1. 調査地

岐阜県養老郡養老町地内の標高 550m、平均傾斜 36° の北西向き斜面に成立しているヒノキ人工林(2015年時 53年生)で調査を実施した(図-1)。調査地の北西

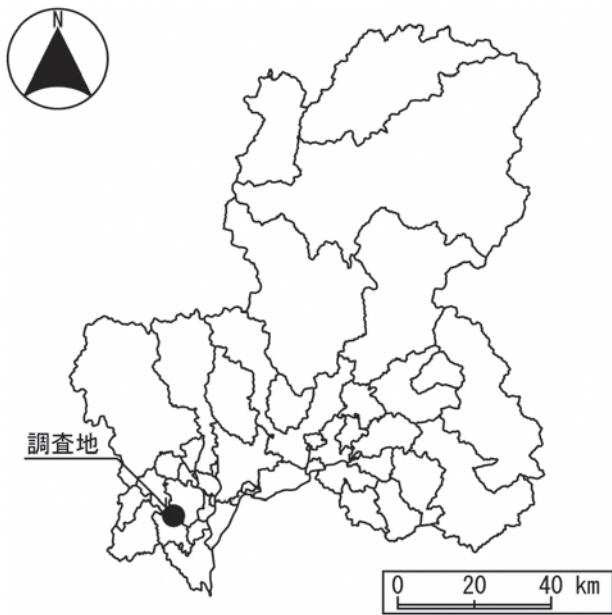


図-1. 調査位置図

約12kmにある関ヶ原気象観測所（標高130m）の平年値は年平均気温14.2℃、年降水量2,125mm、最深積雪深37cmであった（気象庁2017）。調査林分（間伐前）の平均胸高直径は21.9cm、平均樹高は16.0mであった。この調査地では2015年2月から3月にかけて、伐採列2列（本報告では斜面方向を列とする）、保残列5列の列状間伐が行われた。その結果、立木密度は1,617本 ha⁻¹から950本 ha⁻¹に減少し、間伐率は本数間伐率で41.2%、胸高断面積率で37.5%となった。

2. 調査方法

(1) 表土移動調査

i. 調査区の設定および調査期間

2015年6月4日に、同一斜面の等高線方向に連続する2組の残存帯と伐採帯に各1箇所（計4箇所）の調査区を設置した（図-2）。まず、外部からの土砂の流入を防ぐために、各調査区の斜面下側を除く3面を高さ30cmの波板で囲った（図-3）。調査区毎に5個の土砂受け箱（塚本 1999）を、斜面上部に表土の移動の妨げとなる障害物（立木など）がない箇所に、等高線に沿って設置（合計20個）した（図-3）。土砂受け箱を設置した箇所の傾斜は、保残帯が31.5° ± 1.6（平均±標準偏差）、伐採帯が30.2° ± 2.3（同）であり、両帯に差はなかった（Mann-Whitney U検定, $p > 0.05$ ）。

調査区設置時の表層土壌の攪乱による表土流出を考慮し、設置約1ヶ月後の2015年7月8日に土砂受け箱内の表土を除去してから、土砂受け箱の背面に0.4mmメッシュのサラネットの袋を取り付け、表土の捕捉を開始した。捕捉した表土は2015年7月8日から2017年8月1日までの2年間、積雪期間（2015年12月16日～2016年4月7日および2016年11月30日～2017

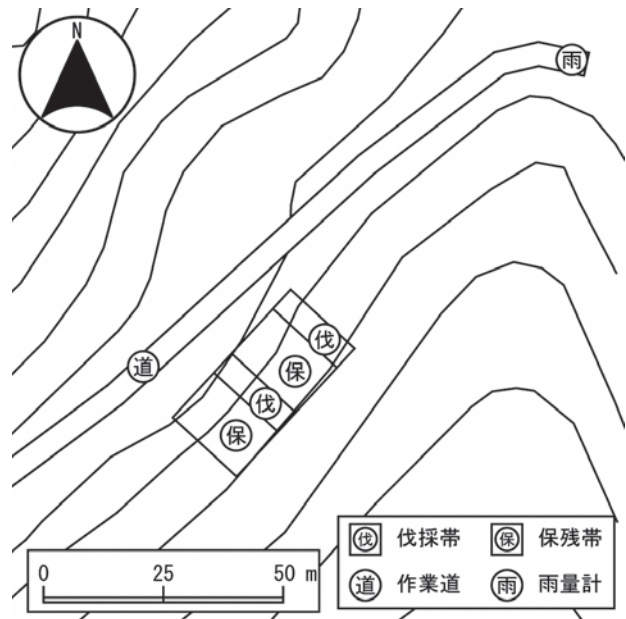


図-2. 調査地詳細図

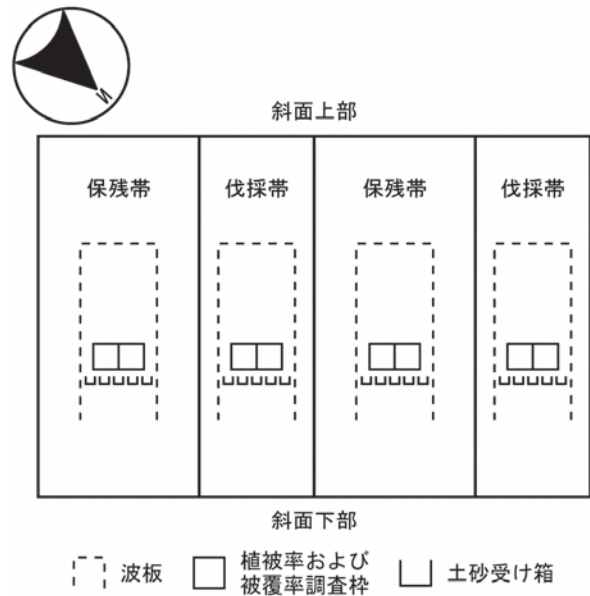


図-3. 調査区概要図

年2月1日)を除いた毎月初旬に回収した。

ii. 評価方法

回収した表土は風乾後、細土(≤2mm)、石礫(>2mm)およびリターに画分し、乾燥(80℃, 48時間)後に重量を測定した。表土の移動は、降水量の影響を少なくするために移動レート(Miura *et al.* 2002)により評価した。移動レート($g\ m^{-1}\ mm^{-1}$)は、斜面上で等高線に沿う幅1mの線を通じた細土、石礫およびリターの重量(移動量)を降水量(mm)で除した値であり、降水量1mmあたりの移動量($g\ m^{-1}$)を示す(Miura *et al.* 2002)。降水量は、調査地の北東100mにある裸地(図-2; 標高520m)に設置した、一転倒0.5mmの転倒マス式雨量計(池田計器製作所, RT-5)で計測した。

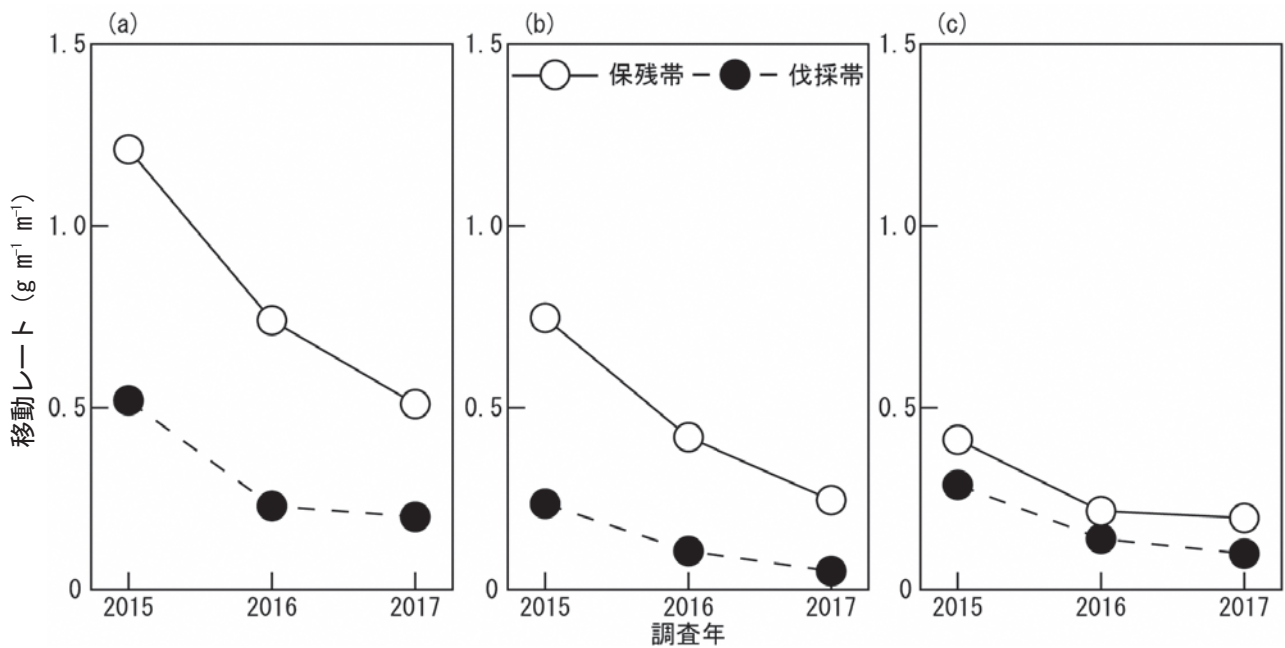


図-4. 年移動レート (a: 細土, b: 石礫, c: リター)
 詳細なデータは付表に示す。

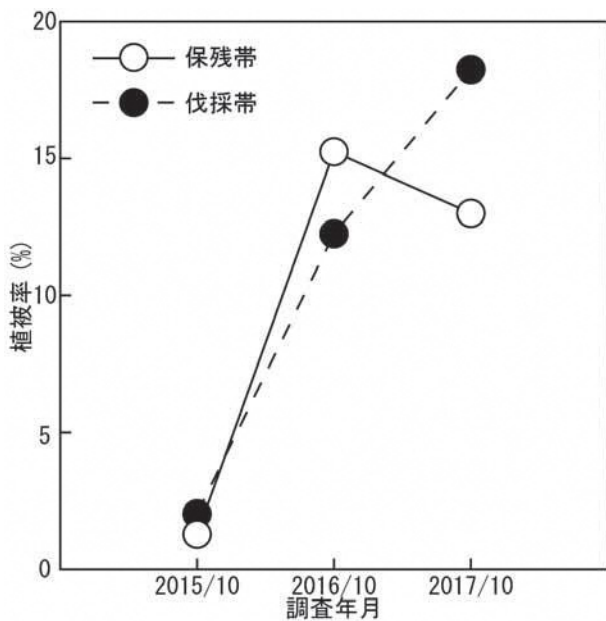


図-5. 下層植生の植被率の変化

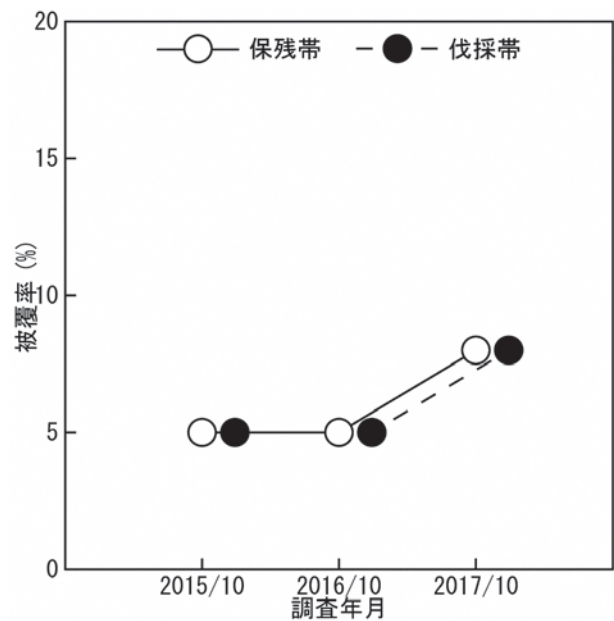


図-6. リター被覆率の変化
 伐採帯, 保留帯の結果が同値であるため伐採帯の結果を右方にずらして図示した。

転倒マス式雨量計の測定値はデータロガー (Onset 社, Hobo Pendant Event Data Logger UA03-64) で記録し, データ回収後に集計し日降水量を算出した。

細土, 石礫およびリターの移動量を年ごとに集計し, 保留帯, 伐採帯ごとに算術平均し, 年移動レートを算出した。

(2) 林床調査

調査区内の下層植生 (地上高 ≤ 2m) の植被率とリター

の被覆率を調査した。土砂受け箱直上部に 1m × 1m の調査枠を調査区あたり 2 箇所設定 (図-3) し, 下層植生またはリター占有率を目視により個別に計測した。調査は 2015 年, 2016 年および 2017 年の毎年 10 月に実施した。

III. 結果

(1) 表土移動調査

年細土移動レートは, 保留帯で 2015 年に 1.21 g m⁻¹

mm⁻¹, 2016年に0.74 g m⁻¹ mm⁻¹, 2017年に0.51 g m⁻¹ mm⁻¹であり, 伐採帯で2015年に0.52 g m⁻¹ mm⁻¹, 2016年に0.23 g m⁻¹ mm⁻¹, 2017年に0.20 g m⁻¹ mm⁻¹であった(図-4(a))。

年石礫移動レートは, 保残帯で2015年に0.75 g m⁻¹ mm⁻¹, 2016年に0.42 g m⁻¹ mm⁻¹, 2017年に0.25 g m⁻¹ mm⁻¹であり, 伐採帯で2015年に0.24 g m⁻¹ mm⁻¹, 2016年に0.11 g m⁻¹ mm⁻¹, 2017年に0.05 g m⁻¹ mm⁻¹であった(図-4(b))。

年リター移動レートは, 保残帯で2015年に0.41 g m⁻¹ mm⁻¹, 2016年に0.22 g m⁻¹ mm⁻¹, 2017年に0.20 g m⁻¹ mm⁻¹であり, 伐採帯で2015年に0.29 g m⁻¹ mm⁻¹, 2016年に0.14 g m⁻¹ mm⁻¹, 2017年に0.10 g m⁻¹ mm⁻¹であった(図-4(c))。

(2) 林床調査

下層植生の植被率は, 保残帯では2015年に1%, 2016年に15%, 2017年に13%であり, 2016年から2017年にかけて微減したものの間伐直後の2015年より増加した(図-5)。伐採帯の植被率は, 2015年に2%, 2016年に12%, 2017年に18%であり, 間伐直後の2015年から年々増加した(図-5)。

リターの被覆率は保残帯, 伐採帯ともに同じ値を示し, 2015年および2016年に5%であったが, 2017年は8%に増加した(図-6)。

IV. 考 察

本調査地における伐採帯の表土移動レートは, 保残帯より常に低かった(図-4)。Nanko *et al.* (2004)は, 壮齢ヒノキ林の林内雨の総雨滴衝撃エネルギーは, 裸地の2倍以上であると報告している。列状間伐後の伐採帯では伐採により林冠がなくなり裸地的環境になった一方, 保残帯には林冠が残されるため, 本調査地でも保残帯における雨滴衝撃エネルギーは伐採帯に比べ高かったと推定される。つまり, 雨滴衝撃エネルギーの違いが伐採帯と保残帯の表土移動レートの差に影響したと考えられた。

表土移動レートは保残帯, 伐採帯ともに, 時間の経過とともに減少する傾向にあった(図-4)。表土移動の抑止効果は, 下層植生やリターによる地表面の被覆が多いほど高い(平井ら 1992)。本調査地における植被率は間伐直後に比べ, 伐採帯だけでなく隣接する保残帯も増加した(図-5)こと, 2017年にリター被覆率が増加した(図-6)ことから, 下層植生やリターにより表土移動が抑制され, 表土移動レートが減少したと考えられた。

本調査地における年細土移動レート(図-4(a))は, 保残帯で0.51 ~ 1.21 g m⁻¹ mm⁻¹, 伐採帯で0.20 ~ 0.52 g m⁻¹ mm⁻¹であった。他の間伐手法を行ったヒ

ノキ林における細土移動レートは, 切り捨ての定性間伐(本数間伐率約30%)を行った直後の36年生林分で0.282 g m⁻¹ mm⁻¹(井川原ら(2004)および, 井川原私信より算出), 将来木施業による伐採後2年から4年の林分で0.167 ~ 0.523 g m⁻¹ mm⁻¹(渡辺ら 2017)と報告されている。これらの他の間伐手法を行ったヒノキ林の値と比較すると, 伐採帯では伐採直後から同程度, 保残帯では伐採直後に高かったが2017年には同程度に低下した。

これらのことから, 列状間伐を行った場合の表土移動量は, 伐採帯だけでなく保残帯においても伐採後の早い時期に, 他の間伐手法を行ったヒノキ林と同水準まで低減することが示唆された。今後も表土移動量の変化, 下層植生の植被率およびリター被覆率の経年変化を調査していく必要がある。

引 用 文 献

- 赤井龍男(1977) ヒノキ林の地力減退問題とその考え方. 林業技術 419: 7-11
- 荒木 誠・阿部和時(2005) 間伐は森林の土壌を守るか? 森林科学 44: 26-31
- 平井敬三・岩川雄幸・吉田桂子・加藤正樹・酒井正治・井上輝一郎(1992) 複層林施業初期段階における表層土壌の移動. 日林関西支論 1: 91-94
- 井川原弘一・渡邊仁志・横井秀一(2004) ヒノキ人工林における間伐木の処理方法と土壌侵食量の関係. 中森研 52: 267-270
- 気象庁(2017) 気象統計情報, 過去の気象データ検索(オンライン), <http://www.jma.go.jp/>(参照:2017-11-6)
- 三浦 覚(2000) 表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価. 日林誌 82: 132-140
- Miura S, Hirai K, Yamada T(2002) Transport rates of surface materials on steep forested slopes induced by raindrop splash erosion. J For Res 7: 201-211
- Miura S, Yoshinaga S, Yamada T(2003) Protective effect of floor cover against soil erosion on steep slopes forested with *Chamaecyparis obtusa* (hinoki) and other species. J For Res 8: 27-35
- 村本康治・野上寛五郎・関木正博(2005) ヒノキ壮齢林の下層植生におよぼす列状間伐の影響—間伐5年後の種組成—. 九森研 58:59-62
- 中森由美子・瀧井忠人・三浦 覚(2012) 急傾斜ヒノキ人工林における伐採方法の違いによる細土, 土砂, リター移動量の変化. 日林誌 94: 120-126

- 野々田稔郎 (2008) 森林施策の現状と森林管理. (人工林荒廃と水・土砂流出の実態. 恩田裕一編, 岩波書店). 170-183
- Nanko K, Hotta N, Suzuki M (2004) Assessing raindrop impact energy at the forest floor in a mature Japanese cypress plantation using continuous raindrop-sizing instruments. *J For Res*9:157-164
- 塚本次郎 (1989) 林地斜面における表層物質の移動 (I) 細土の移動. *日林誌* 71: 469-480
- 塚本次郎 (1999) 移動土砂量の簡易測定法. (森林立地調査法. 森林立地調査法編集委員会編, 博友社). 195-196
- 渡邊 仁志・井川原 弘一・茂木 靖和・横井 秀一・平井 敬三 (2016) 植栽樹種の違いが同一斜面のヒノキ, スギ, アカマツ人工林の表土移動に及ぼす影響. *日林誌* 98. 193-198
- 渡辺 靖崇, 鈴木 保志, 酒井 寿夫 (2017) 将来木施業を施した人工林における表土移動量の変化—地表有機物量・植生被度と3年間の表土移動量観測の結果から—. *日林誌* 99:24-33

付表. 調査結果 (移動量および降水量)

年	月	回収日	期間 日数 (日)	移動量 (g m ⁻¹)						期間 降水量 (mm)
				保残帯			伐採帯			
				細土	石礫	リター	細土	石礫	リター	
2015	7	08/07	29	719.6	451.5	181.1	288.4	153.0	99.3	430.5
2015	8	09/01	24	613.5	389.0	192.0	303.2	135.3	151.2	350.5
2015	9	10/08	36	1267.6	630.7	347.4	528.8	186.3	243.1	1018.0
2015	10	11/10	32	58.8	69.5	90.1	26.8	17.1	70.8	118.5
2015	11	12/16	35	88.9	158.8	127.7	38.2	46.2	91.5	358.5
2015	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	小計		156	2748.5	1699.5	938.3	1185.4	538.0	656.0	2276.0

年	月	回収日	期間 日数 (日)	移動量 (g m ⁻¹)						期間 降水量 (mm)
				保残帯			伐採帯			
				細土	石礫	リター	細土	石礫	リター	
2016	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	2	04/08	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	3	04/20	11	53.7	32.5	11.2	36.2	12.8	6.3	370.0
2016	4	05/06	15	139.4	97.6	36.2	59.5	32.8	21.8	360.5
2016	5	06/01	25	168.3	189.0	49.1	59.6	40.3	25.9	255.5
2016	6	07/01	29	622.6	246.9	145.7	146.6	60.9	77.8	465.0
2016	7	07/29	27	600.9	291.0	120.5	155.3	63.1	72.3	392.5
2016	8	09/01	33	58.6	55.4	19.0	28.9	18.0	19.4	480.5
2016	9	10/02	30	689.4	322.6	247.7	263.3	93.4	172.8	583.0
2016	10	11/01	29	209.7	169.5	76.4	57.0	35.4	53.5	317.5
2016	11	12/01	29	23.7	41.1	39.5	4.4	8.9	33.3	229.0
2016	12	12/25	23	(23.2)	(32.2)	(27.1)	(7.3)	(7.6)	(27.4)	※1
2016	小計	※2	228	2566.3	1445.6	745.2	810.7	365.5	483.3	3453.5

※1) 2016年12月は機器不良により、降水量が計測できなかった。

※2) 2016年3月から同11月までの小計。

年	月	回収日	期間 日数 (日)	移動量 (g m ⁻¹)						期間 降水量 (mm)
				保残帯			伐採帯			
				細土	石礫	リター	細土	石礫	リター	
2017	1	02/02	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	2	03/01	26	31.2	28.1	34.0	11.1	5.9	22.5	290.5
2017	3	04/05	34	34.3	22.9	15.0	19.4	14.4	18.2	272.0
2017	4	05/12	36	23.2	71.6	84.5	69.1	32.1	40.9	435.5
2017	5	06/06	24	52.4	35.2	27.9	14.5	14.9	20.8	306.5
2017	6	07/06	29	834.7	298.5	239.4	211.1	36.0	99.5	784.5
2017	7	08/01	25	192.2	104.1	47.9	130.2	11.9	22.7	184.5
2017	小計		174	1168.0	560.4	448.8	455.4	115.2	224.6	2273.5
合計			558	6482.8	3705.5	2132.3	2451.4	1018.7	1363.8	8003.0