

神奈川県

自然環境保全センター報告

第15号

Bulletin of the
Kanagawa Prefecture Natural Environment Conservation Center

No.15



2018年(平成30年)3月

表紙の写真

(表表紙)

左 水循環機構解明のための流程調査（西丹沢ヌタノ沢試験流域に隣接する小西沢）

右上 2013年に檜洞丸周辺（つつじ新道）で開花したスズタケ

右下 箱根町仙石原のナラ枯れ被害木における立木くん蒸の実施状況

(裏表紙)

ヌタノ沢試験流域のA沢の源頭湧水

神奈川県

自然環境保全センター報告

第15号

Bulletin of the
Kanagawa Prefecture Natural Environment Conservation Center

No.15

2018年（平成30年）3月
神奈川県自然環境保全センター

発刊にあたって

神奈川県自然環境保全センターは、森林を中心とした自然環境の保全や再生対策を推進するため、研究、普及、事業の各部門を備えた中核機関として、平成12年度に創設されました。それ以来、丹沢大山地域の自然再生をはじめとした森林環境に関わる近年の様々な課題に対応するために、森林管理・自然公園・野生動物の各分野の事業とそれに関する普及啓発・県民協働や試験研究が一丸となって業務を推進しております。

「自然環境保全センター報告」は、このような日々の業務から得られた様々な成果や自然情報及び知見を県民や他の行政機関等に提供するとともに、記録、保存することを目的に作成しております。特に今年度は、近年全国で発生している「ナラ枯れ」について、県内でも初めて5市町6地点での被害が確認されました。当センター研究連携課では、隣接県の被害状況等を踏まえて、平成25年度からナラ枯れの原因となるカシノナガキクイムシの生息状況を調査しており、今回の初期対応に際しても被害状況調査や被害木処理等の各種技術支援を行いました。本号では、関係所属の連携により実施した一連の被害実態把握や初期対応状況について速報として取りまとめ掲載しています。

また、県が進める水源環境保全・再生施策に関しては今年度から第3期実行5か年計画がスタートし、森林においては、事業のさらなる進捗と土壌保全対策の強化が図られています。それと同時に、事業の実施効果の説明は一層重要性を増しており、当センターにおいても、研究連携課が取り組む森林のモニタリング調査によって、科学的な視点による事業評価を支えていくことが求められています。本号では、今後の事業評価に向けた議論の本格化に先立ち、県内4か所の試験流域における水循環機構の概要と関連する主な調査の結果について取りまとめ、掲載しました。水源環境保全・再生のための森林管理といった観点から、地質ごとに小流域スケールで水循環機構把握を試みたものであり、今後はこうした水循環機構を前提に事業の効果を説明していく必要があります。

当センターでは、引き続き、森林等自然環境の保全・再生に関わる業務や研究内容の充実に努め、成果や業績についても本報告に加えてホームページ等で紹介してまいります。各業務等の取組みにご活用いただければ幸いです。

平成30年3月

神奈川県自然環境保全センター所長 稲垣敏明

目 次

発刊にあたって

最新トピックス（速報）

2017年に神奈川県内で初めて発生したナラ枯れの被害と対策 -----	1
谷脇 徹・木下 雄・大木伸一・日高壮一・岩本隆生・佐々木廣海・ 本田美里・坂井あゆみ・栗林留美・永田幸志・山中日奈子・ 相原敬次・西口孝雄	

調査研究報告

県西部の4試験流域における水循環機構解明のための溪流調査 -----	11
横山尚秀・内山佳美・三橋正敏・丸山範明・板寺一洋	

資料

西丹沢ヌタノ沢における濁度計による浮遊土砂観測結果 -----	29
内山佳美・横山尚秀・三橋正敏・島田武憲	
猟区を活用した狩猟者育成手法検討の取組 -----	37
永田幸志・亀山明子	
鉄含有誘引餌によるニホンジカの誘引試験結果 -----	47
永田幸志・片瀬英高・丸 智明	
丹沢山地におけるニホンカモシカの生息密度 -----	51
永田幸志・谷川 潔・町田直樹	
丹沢山地におけるササ3種の2016年の開花記録 -----	55
永田幸志・田村 淳	

2017年に神奈川県内で初めて発生したナラ枯れの被害と対策

谷脇 徹*・木下 雄**・大木伸一***・日高壮一****・
 岩本隆生*****・佐々木廣海*****・本田美里*****・坂井あゆみ*****・
 栗林留美*****・永田幸志*****・山中日奈子*****・
 相原敬次*・西口孝雄*

First-time damages and control of the Japanese oak wilt in Kanagawa Prefecture in 2017

Tooru TANIWAKI*, Takeshi KINOSHITA**, Shinichi OHKI***,
 Soichi HIDAKA****, Takao IWAMOTO****, Hiromi SASAKI*****,
 Misato HONDA*****, Ayumi SAKAI*****, Rumi KURIBAYASHI*****,
 Koji NAGATA*****, Hinako YAMANAKA*****,
 Keiji AIHARA* and Takao NISHIGUCHI*

要 旨

谷脇徹・木下雄・大木伸一・日高壮一・岩本隆生・佐々木廣海・本田美里・坂井あゆみ・栗林留美・永田幸志・山中日奈子・相原敬次・西口孝雄：2017年に神奈川県内で初めて発生したナラ枯れの被害と対策 神奈川県自環保セ報告 15：1-9, 2018 全国で猛威を振るうナラ枯れが神奈川県でも2017年に初めて確認された。事前に定めた通報ルートに基づいた情報提供と現地調査の結果、主な被害樹種はコナラとマテバシイであり、被害規模は5市町6地点で2.49ha、239本、239 m³であった。カシノナガキクイムシは県の南西部や南東部を中心に県下に広く生息している可能性が高いことが生息状況調査と被害調査によって判明し、今後の被害拡大が懸念された。初期対応の推進に向け、2017年11月に専門家を招いて県および市町村担当者を対象とする被害対策の実践を含めた現地調査を行い、防除技術の向上が図られた。初発日予測の結果、神奈川県での防除は遅くとも5月上旬～中旬までに実施する必要があると考えられた。今後は被害情報の収集体制と最新情報を関係者間で速やかに共有し防除に繋げる体制を強化するとともに、本県の森林での各種施策に応じた対策の方針と防除手法の導入を検討していく必要がある。

キーワード：カシノナガキクイムシ、ナラ菌、コナラ、マテバシイ、初期対応

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課（〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657）

** 神奈川県環境農政局緑政部水源環境保全課（〒231-8588 神奈川県横浜市中区日本大通 1）

*** 神奈川県横浜川崎地区農政事務所地域農政推進課（〒226-0015 神奈川県横浜市緑区三保町 2076）

**** 神奈川県横須賀三浦地域県政総合センター環境部みどり課（〒238-0006 神奈川県横須賀市日の出町 2-9-19）

***** 神奈川県横須賀三浦地域県政総合センター農政部地域農政推進課（〒238-0006 神奈川県横須賀市日の出町 2-9-19）

***** 神奈川県県央地域県政総合センター農政部森林保全課（〒243-0004 神奈川県厚木市水引 2-3-1）

***** 神奈川県湘南地域県政総合センター農政部森林課（〒254-0073 神奈川県平塚市西八幡 1-3-1）

***** 神奈川県県西地域県政総合センター森林部森林保全課（〒258-0021 神奈川県足柄上郡開成町吉田島 2489-2）

I はじめに

「ナラ枯れ」は樹幹に穿孔した体長約5mmのカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）（写真1）が持ち込んだブナ科樹木萎凋病菌（以下、ナラ菌）によって健全なナラ類やシイ・カシ類が盛夏～晩夏に



写真1 カシノナガキクイムシ成虫
左：オス成虫、右：メス成虫

突然枯死する現象（写真2上・左下）である。被害木は樹冠の全体あるいは一部の葉が赤く変色してよく目立つほか、地際にカシナガが排出した大量のフラスが堆積する特徴がある（写真2右下）。枯死した翌年にはカシナガ成虫が脱出して被害が周辺に拡大するため、蔓延防止には成虫脱出前に被害木を駆除することが重要になる。我々の生活圏で発生した枯死木は、落枝や倒木が家屋や道路、線路、送電線などに被害を及ぼすことが懸念されるため、伐倒処理などの対処が必要になる。

全国では2016年に32府県で8.2万㎡の被害が発生している（林野庁2017）。神奈川県に隣接する静岡県では2010年から被害が発生している（静岡県ナラ枯れ被害対策協議会2014）。関東地方では群馬県で2010年から被害が発生している（浅野2011）ほか、千葉県で2017年に初めて被害が確認された（千葉県2017）。東京都の島嶼部では2010年に被害が発生した（所ら2012）。

神奈川県では2017年に初めて被害が確認された。今後の全県的な被害拡大を防ぐためには初期対応の



写真2 2017年の箱根町湯本におけるコナラのナラ枯れ
上：遠景、左下：林内からみた被害木、右下：フラスの堆積状況

表1 神奈川県におけるカシノナガキクイムシ成虫モニタリング地点

地点	場所	植生の種類	調査開始年 (年)
自然環境保全センター	厚木市七沢	里山の落葉広葉樹林 (コナラなど)	2013
21世紀の森	南足柄市内山	里山の落葉広葉樹林 (コナラなど)	2013
高麗山	大磯町高麗	常緑広葉樹林 (シイ・カシ類など)	2014
農業技術センター足柄地区事務所 研究課 (根府川分室)	小田原市根府川	常緑広葉樹林 (シイ・カシ類など)	2014
幕山公園	湯河原町鍛冶屋	常緑広葉樹林 (シイ・カシ類など)	2014
自然環境保全センター箱根出張所	箱根町元箱根	標高の高い落葉広葉樹林 (ミズナラなど)	2015

表2 神奈川県における2013年～2017年のカシノナガキクイムシ成虫捕獲数

地点	2013年 ^{※1} (6/6～9/10)	2014年 ^{※1} (6/18～9/30)	2015年 ^{※2} (6/1～9/30)	2016年 ^{※3} (6/2～9/29)	2017年 ^{※4} (6/1～8/31)
自然環境保全センター	0	0	0	0	0
21世紀の森	0	0	0	0	1 (♂1♀0)
高麗山	-	0	0	3 (♂2♀1)	18 (♂6♀12)
農業技術センター足柄地区事務所 研究課 (根府川分室)	-	0	0	0	0
幕山公園	-	0	0	0	0
自然環境保全センター箱根出張所	-	-	0	0	1 (♂1♀0)

トラップ数：^{※1}各地点1個、^{※2}各地点2個、^{※3}各地点2個で7/15から高麗山6個、^{※4}高麗山4個でその他地点2個
各年の下 () 内はトラップ設置期間



写真3 カシノナガキクイムシ成虫を誘引捕獲するフェロモントラップの設置状況

徹底が重要になる。本稿では本県のナラ枯れの被害と対策の現状についての情報を関係者間で共有し、今後の対策を推進する一助とするため、これまでに実施してきたカシナガの生息状況調査や被害の情報収集、被害発生後の各種対策について情報を整理した。

II カシナガ生息状況調査

本県においてカシナガは昆虫目録 (平野 2004、2007) などでの記録がなく、分布は確認されていなかった。そこで、まずは県内の生息状況を把握する

ための成虫モニタリングを2013年から実施した。捕獲にはフェロモン剤とエタノール剤を設置した透明衝突板トラップを用いた (写真3)。このフェロモンは雄成虫が放出する集合フェロモンを合成したものであり、雄成虫と雌成虫の両方を誘引することができる (Tokoro et al. 2007)。バケツには保存液としてソルビン酸と中性洗剤の溶液あるいはプロピレングリコールを入れた。

調査地は静岡県境に近い県南西部から県中央部にかけての6地点とした (後述の図2参照)。調査は2013年に厚木市七沢の自然環境保全センターと南足柄市内山の21世紀の森、2014年に大磯町高麗の高麗山、小田原市根府川の農業技術センター足柄地区事務所研究課 (根府川分室)、湯河原町鍛冶屋の幕山公園、2015年に箱根町元箱根の自然環境保全センター箱根出張所で開始した (表1)。調査地の植生タイプは里山の落葉広葉樹林 (コナラなど)、常緑広葉樹林 (シイ・カシ類など)、標高の高い落葉広葉樹林 (ミズナラなど) に分けられた (表1)。トラップ数は2013年～2014年が各地点1個、2015年～2017年が各地点2個とし、カシナガ成虫が捕獲された場合には適宜個数を増やすこととした。調査期間は6月から9月あるいは8月までとし、捕獲サンプルの回収は10日に1回を目安とした。

その結果、2015年までは捕獲数がゼロであり、本県での生息は確認されなかったが、2016年になり本県で初めて、高麗山においてカシナガが捕獲さ

れた(表2)。この年の高麗山では6月22日回収時にメス1個体が捕獲されたことを受け、7月15日にトラップを4個追加したところ、追加トラップでオス2個体(8月3日と24日回収時に1個体ずつ)が捕獲され、捕獲数の合計は3個体となった(表2)。

2017年の高麗山では4個のトラップで2016年より多い18個体(オス6個体メス12個体)が捕獲さ

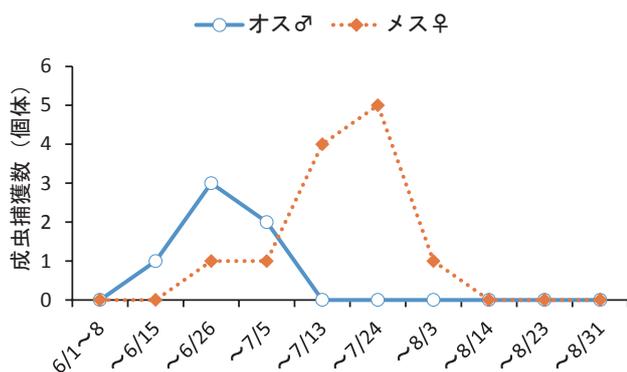


図1 大磯町高麗の高麗山における2017年のカシノナガキクイムシ捕獲消長

れた(表2)。ただし、周辺でナラ類やシイ・カシ類の枯死やフラス排出は確認されなかった。2017年の高麗山での捕獲期間は6月8日~8月3日であり、捕獲数が多い時期はオスが6月中旬~下旬、メスが7月中旬~下旬であった(図1)。なお、図1では捕獲数が少ないため、実際のカシナガ発生消長を正確に把握できていない可能性がある点に留意する必要がある。そのほか、新たに21世紀の森でオス1個体(7月24日回収時)、自然環境保全センター箱根出張所でオス1個体(8月31日回収時)が捕獲された(表2)。後述の被害発生地点とあわせると(後述の図2参照)、カシナガは県の南西部や南東部を中心として県下に広く生息している可能性が高い。

III 被害に係る情報収集

2010年に隣接する静岡県で被害が発生したことを踏まえ、注意喚起と情報提供を呼びかける取り組

表3 ナラ枯れに関する情報提供一覧

年	月	場所	概要	加害昆虫	判定
2012	9	山北町山北	水源林整備地のコナラ1本の葉が赤く変色し、フラスが出ている。被害木の幹では腐朽が進んでいる。	ヨシブエナガキクイムシ	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
2016	8	大磯町高麗	きのこ生産の現場でフラスが出ているほだ木がある。	ヨシブエナガキクイムシ	ほだ木の穿孔虫被害
	9	大磯町高麗	タブノキ1本の立ち枯れからフラスが出ている。	ヨシブエナガキクイムシ	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
2017	7	箱根町湯本	コナラ数十本が枯れ、フラスが出ている。	カシノナガキクイムシ	ナラ枯れ
	8	三浦市三崎町小網代	コナラ数十本が枯れ、フラスが出ている。	カシノナガキクイムシ	ナラ枯れ
		山北町など	多数のケヤキの葉が茶色に変色している。	ヤノナミガタチビタムシ	葉食昆虫被害
		南足柄市内山	ブナ2本からフラスが出ている。	クワカミキリ	穿孔虫被害
		横須賀市逸見	アカガシ1本の葉が赤茶色に変色して枯れている。	なし	日照確保のための人による枯れ
	9	厚木市七沢	コナラが1本枯れ、少量のフラスが発生している。被害木の幹には腐朽菌の子実体が発生している。	不明	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
		箱根町仙石原	コナラ7本が枯れ、フラスが出ている。	カシノナガキクイムシ	ナラ枯れ
		横浜市栄区金井町	コナラ1本の太い枝が枯れ、所々に穴があき、腐朽菌の子実体が発生している。	不明	原因不明の古い枝枯れ
		川崎市生田	エゴノキ2本からフラスが出ている。	トドマツオオキクイムシ ザイノキクイムシ亜科の一種	衰弱木の穿孔虫被害
		鎌倉市二階堂	コナラが複数枯れ、フラスが出ている。	カシノナガキクイムシ	ナラ枯れ
		横須賀市長沢・津久井	マテバシイとコナラ数十本が枯れ、フラスが出ている。	カシノナガキクイムシ	ナラ枯れ 、一部天候不順等の影響
		逗子市久木	コナラ1本が枯れ、少量のフラスが出ている。	不明	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
		相模原市南区上鶴間	コナラ2本からフラスが出ており、1本は枯れている。	カシノナガキクイムシ	ナラ枯れ
		鎌倉市十二所	スタジイ1本が枯れ、根元にフラスが堆積している。穿孔孔はカシノナガキクイムシのものより明らかに小さい。	ヨシブエナガキクイムシ	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
10		横須賀市大田和	マテバシイ4本が枯れているがフラスはほとんどみられない。	不明	天候不順等の影響
		横浜市都築区荏田東	コナラ1本が枯れ、フラスが出ている。	ヨシブエナガキクイムシ	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
		山北町岸	庭木のブナ2本からフラスが出ている。	クワカミキリ	穿孔虫被害
		横浜市神奈川区菅田町	ユズリハ1本に部分的に枯葉が確認され、フラスが出ている。	不明	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
		横浜市港北区鳥山町	クワ1本からフラスが出ている。	不明	衰弱・枯死木の穿孔虫被害
11		川崎市麻生区黒川	コナラ2本が枯れ、少量のフラスが発生している。1本は根が露出し、1本は幹に腐朽菌の子実体が発生している。	不明	衰弱・枯死木の穿孔虫被害

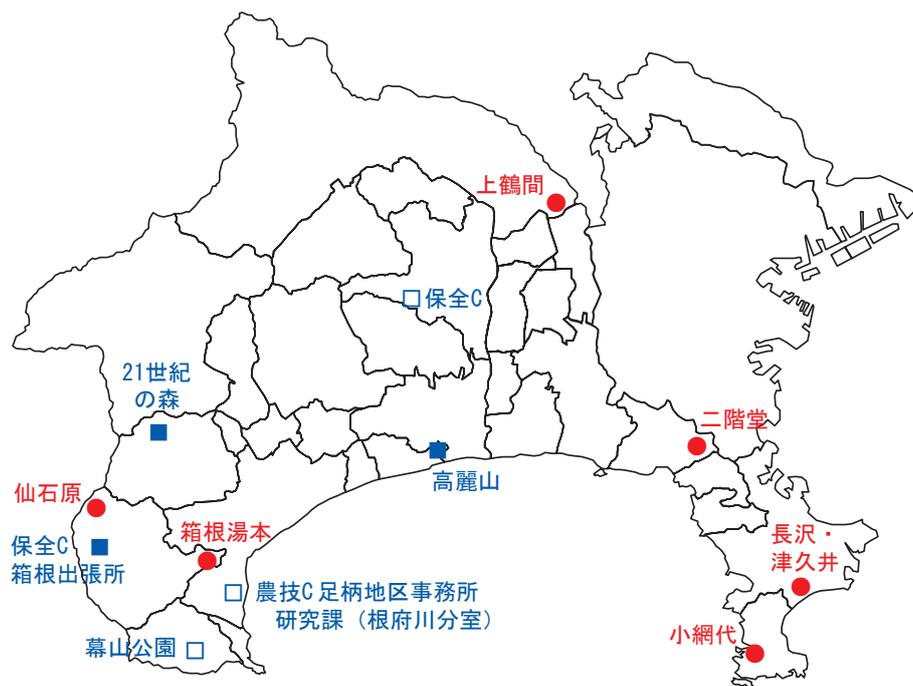


図2 神奈川県における2017年のナラ枯れ被害地とカシノナガキクイムシ成虫捕獲地点
●は被害発生地点、■は成虫捕獲地点、□は成虫未捕獲地点



写真4 ヨシブエナガキクイムシ成虫

みを行ってきた。2012年3月には県の森林・林業関係者向けの紙面上で注意喚起を呼びかけた（水源環境保全課森林保全グループ2012）。2012年9月には山北町山北でコナラ枯死木におけるフラス排出の情報提供があったが、調査の結果、衰弱・枯死木にカシナガ類似種のヨシブエナガキクイムシ（写真4）が穿孔したものであった（表3）。2013年3月13日には独立行政法人（現在は国立研究開発法人森林研究・整備機構）森林総合研究所の専門家を招き、県関係者を対象としたナラ枯れに備えた研修会（自然環境保全センター主催）を開催した。

2016年6月に本県で初めてカシナガの生息が確認されたことを踏まえ、7月には県の各地域県政総合センター、市町村、原木きのこ生産者への被害情報収集を行い、9月には高麗山の被害調査を行った。その結果、一部でほだ木やタブノキ立ち枯れ木へのヨシブエナガキクイムシの穿孔があった（表3）が、カシナガの穿孔やナラ枯れは確認されなかった。あわせて森林総合研究所に依頼してナラ枯れの被害発生予測マップと植生図から評価した被害発生警戒マップを作成し、2016年は被害発生リスクは低いものの、潜在的には被害がコナラや一部標高の高い場所ではミズナラを中心として全県的に拡大する可能性があることを把握した。2017年3月には県の森林・林業関係者向けの紙面上で、再度の注意喚起と被害の情報提供を呼びかけた（自然環境保全センター2017）。

2017年6月には、被害発見後に迅速な初期対応を可能とするため、①発見者による被害の目視確認、②専門家等による現地確認、③被害発生の確定に至るまでの通報ルートが県によって定められた。7月26日には県および市町村担当者を対象に、水源環境保全課がナラ枯れに関する説明会を主催し、ナラ枯れに関する知識を高めるとともに、情報提供依頼のチラシを配布するなど、県内の状況について周知を行った。チラシは県のホームページにも掲載した



写真5 2017年の横須賀市長沢・津久井におけるマテバシイのナラ枯れ
上：遠景、中：林内の状況、下：フラスの堆積状況

表4 神奈川県における2017年のナラ枯れ被害規模

市町村	被害樹種	被害面積 (ha)	被害本数 (本)	被害材積 (m ³)
横須賀市	マテバシイ等	0.30	88	62
鎌倉市	コナラ等	0.29	17	13
三浦市	コナラ等	0.66	52	28
相模原市	コナラ	0.01	2	2
箱根町 ^{※1}	コナラ等	1.23	80	134
合計		2.49	239	239

※1 箱根町湯本と箱根町仙石原の合計

(水源環境保全課2017)。

この説明会の直後から相次いでナラ枯れの疑いがあるコナラ等の集団枯死の情報が寄せられるようになった(表3)。箱根町湯本や三浦市三崎町小網代で得られたナガキクイムシ類成虫とコナラ被害木の材片は森林総合研究所に同定を依頼し、ナガキクイムシ類はカシナガであることが確認され、あわせて材片やカシナガ虫体からはナラ菌が検出され、集団枯死がナラ枯れであることが確定した。

ナラ枯れの被害地は箱根町湯本(写真1)、箱根町仙石原、三浦市三崎町小網代、横須賀市長沢・津久井、鎌倉市二階堂、相模原市南区上鶴間の5市町6地点であり(図2)、2017年の被害の規模は合計で被害面積2.49ha、被害本数239本、被害材積239m³となった(表4)。被害樹種はコナラが多いが、横須賀市長沢および津久井ではかつて薪炭林として植栽されたと思われるマテバシイが主であった(写真5)。鎌倉市二階堂ではコナラ以外にもスダジイでの穿孔が確認されたが枯死には至っていない。

そのほか、ナラ枯れではなかったが、トドマツオオクイムシなどのフラスが排出されたエゴノキや、天候不順の影響と考えられるマテバシイの枯死、腐朽菌などの影響で衰弱・枯死したコナラへのヨシブエナガキクイムシの穿孔、クワカミキリのフラスが排出されたブナ、ヤノナミガタチビタマムシ(以下、ヤノナミ)による葉食被害を受けたケヤキなど、今後の情報収集の参考になる情報が寄せられた(表3)。

なお、県西地域では2014年以降、ケヤキのヤノナミ被害調査を行っており、2014年に南足柄市荻野、広町、狩野、三竹、山北町山北、向原、2015年に山北町皆瀬川、2016年に山北町平山で被害を確認して以降、いずれの地点でも2017年まで毎年被害を確認している(県西地域県政総合センター森林部森林保全課未発表)。2017年には、小田原市久野、真鶴町岩でも被害を確認した(県西地域県政総合センター森林部森林保全課未発表)。ヤノナミ被害は広域で集団的に発生し、葉の変色がナラ枯れと同時期(7~8月以降)に目立つようになる。ヤノナミ被害でケヤキが枯れることはないが、ナラ枯れと混同しやすい点に注意する必要がある。

表5 カシノナガキクイムシの初発日予測地点

地点	標高 (m)	気温低減率 (0.65°C/100m) による補正
横浜 (アメダス)	39	
三浦 (アメダス)	42	
辻堂 (アメダス)	5	
高麗山	168	辻堂 (アメダス) から算出
海老名 (アメダス)	18	
小田原 (アメダス)	14	
箱根町湯本	98	小田原 (アメダス) から算出
箱根町仙石原	700	御殿場 (アメダス) から算出

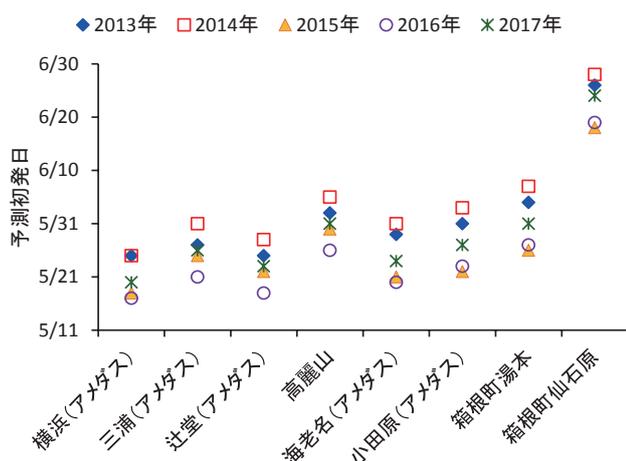


図3 神奈川県内8地点における2013年～2017年のカシノナガキクイムシ予測初発日

IV 被害初年度の対応状況

ナラ枯れ被害木をそのままにしておくと、翌年にはそこからカシナガ成虫が飛散し被害が拡大することが予想される。被害の蔓延を防ぐためには、被害量が少ない段階で徹底した防除を行うことが、初期対応として重要になる。森林病虫害等防除法において森林病虫害等の被害対策は、森林所有者または管理者が行うことを前提としているが、被害発生初年度の2017年度については、ナラ枯れ被害蔓延防止の観点から、森林所有者等による被害対策が困難な場合は県と市町村が協力連携して被害木を処理することとした。

防除の実施に際しては、関係者の被害対策技術の向上を図る必要があったことから、2017年11月20日～21日の2日間にわたり、ナラ枯れ対策の先進県である山形県森林研究研修センターの専門家を招いて県および市町村担当者を対象とする被害対策技術の実践を含めた現地調査を行った（水源環境保全課主催）。この調査における被害対策技術の実践は、

ナラ枯れの基本的な駆除方法の一つである立木くん蒸の有効性や薬剤の扱い方、作業手順、注意点などの説明の後、一連の作業を延べ50人全員で行うものであった。この調査を踏まえて各地で駆除の実施が計画・検討され、2017年度中に立木くん蒸や伐倒駆除などを実施した。

防除はカシナガ成虫が発生する前に実施する必要があるが、神奈川県での発生時期の情報は極めて限られる。そこで防除実施時期の参考とするため、齊藤ら（2003）の手法を用いてカシナガ成虫の初発日を予測した。この手法は、4月と5月の日平均気温から10°Cを差し引いて積算した値を、4月1日からの日数を求める回帰式 $Y = -0.1273X + 107.72$ に当てはめるものである。ただし日平均気温が10°C以下の場合にはゼロとして扱う。気温データは2013年～2017年のものを用いた。予測を行った地点は、神奈川県で気温が観測されているアメダス5地点と、最寄アメダスの気温データを標高による気温減率（0.65°C/100m）で補正した大磯町高麗山、箱根町湯本、箱根町仙石原の3地点の合計8地点とした（表5）。

その結果、予測初発日は地点や年による変動があり、過去5ヶ年では横浜（5月17日～25日）、三浦（5月21日～31日）、辻堂（5月18日～28日）、海老名（5月20日～31日）が5月中旬～下旬、大磯町高麗山（5月26日～6月5日）、小田原（5月22日～6月3日）、箱根町湯本（5月26日～6月7日）が5月下旬～6月上旬、箱根町仙石原（6月18日～28日）が6月中旬～下旬となった（図3）。本県で被害が初めて発生した2017年の予測初発日は過去5ヶ年と比べて極端に早かったり遅かったりするとはなかった（図3）。本県での防除は地点や年の変動を考慮し、遅くとも5月上旬～中旬までに実施する必要があると考えられる。

V 今後の対策に向けて

本県の森林では水源環境保全・再生や丹沢大山の自然再生、保安林の整備、都市近郊緑地の保全など様々な取り組みを進めている。高麗山県有林のスタジイ林のように県の天然記念物に指定された森林や巨樹・巨木もある。全国の状況からは、今後これらの森林に被害が拡大していくことが懸念される。被害の蔓延を防ぐには、被害が出始めた現時点での徹

底した初期対応によって、対処可能な規模に被害を抑え込むことが重要になる。そのためには、まずは被害情報の収集体制と、最新情報を速やかに関係者間で共有して防除に繋げられる体制をそれぞれ強化する必要がある。防除については、各種の施策に応じた対策の方針を検討し、適した手法を導入していく必要がある。防除の手法として、立木くん蒸のほか、伐倒後のくん蒸・焼却・破碎、おとり丸太法、おとり木トラップ法、ペットボトルトラップ法といった駆除手法と、殺菌剤の注入や粘着剤・殺虫剤散布、樹幹への資材・粘着シート被覆などの予防手法が開発されている（日本森林技術協会2015）。初期対応と並行して、被害が蔓延してしまった事態を想定した対策の方針も考えておく必要がある。

VI 謝辞

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所昆虫管理研究室室長の所雅彦氏にはナラ枯れに備えた研修会の講師やカシナガの同定、関係者間との情報交換など、本県のナラ枯れ対策の様々な場面でお世話になりました。同研究所森林病理研究室の高橋由紀子氏にはナラ菌の同定をお引き受け頂きました。同研究所九州支所森林動物研究グループの後藤秀章氏にはカシナガを同定頂くとともに、九州におけるシイ類の詳細なナラ枯れ情報を提供頂きました。同研究所九州支所森林資源管理研究グループの近藤洋史氏には本県版のナラ枯れ被害発生予測マップと被害発生警戒マップを、平成26年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れの低コスト防除技術の開発」の研究成果を活用して作成頂きました。山形県森林研究研修センターの齊藤正一氏には2日間に渡る被害対策技術の実践を含めた現地調査の講師をお引き受け頂き、県や市町村担当者の対策技術の向上にご尽力頂きました。神奈川県自然環境保全センター森林再生部県有林整備課とは大磯町高麗山でのカシナガ生息状況調査と被害調査を共同で行いました。カシナガ生息状況調査ではまた、同センター箱根出張所、農業技術センター足柄地区事務所研究課（根府川分室）、湯河原町公園課、21世紀の森管理事務所の関係各位にご協力頂きました。ナラ枯れ被害調査は市町村担当部署や緑地・公園等の管理団体、森林・林業事業体、土地所有者等の多くの方々のご

協力のもとで実施することができました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

VII 引用文献

- 浅野浩之 (2011) 群馬県でナラ枯れ被害が発生。林試だより第60号 (別刷).
- 千葉県 (2017) ナラ枯れ (カシノナガキクイムシ) の情報提供に御協力願います。千葉県ホームページ (<https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/documents/chirasi.pdf>). 2017年12月27日確認.
- 平野幸彦 (2004) コウチュウ目. 神奈川県昆虫誌II (神奈川県昆虫談話会、836pp.). p. 335-835.
- 平野幸彦 (2007) コウチュウ目 (カミキリムシ科を除く). 丹沢大山動植物目録 (丹沢大山総合調査団編、472pp.). p. 98-236
- 日本森林技術協会 (2015) ナラ枯れ被害対策マニュアル改訂版. 37pp.
- 林野庁 (2017) 「平成28年度森林病虫害被害量」について. 林野庁ホームページ (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hogo/170927.html>). 2017年12月27日確認.
- 齊藤正一・中村人史・後藤徹 (2003) 山形県におけるカシノナガキクイムシの初発日の予測. 東北森林科学会誌 8: 99-101.
- 自然環境保全センター研究企画部研究連携課 (2017) 「ナラ枯れ」にご注意ください!! . 神奈川の森林・林業 398: 3.
- 静岡県ナラ枯れ被害対策連絡協議会 (2014) 静岡県ナラ枯れ被害対策ガイド (静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター編). 13pp.
- 水源環境保全課 (2017) こんな枯れた木はナラ枯れが原因かも! 情報提供に御協力願います。神奈川県ホームページ (<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/892845.pdf>). 2017年12月27日確認.
- 水源環境保全課森林保全グループ (2012) ナラ枯れ被害とは?. 神奈川の森林・林業 385: 5.
- 所雅彦・衣浦晴生・後藤秀章・浜口京子・加賀谷悦子・新井一司・中村健一・竹内純 (2012) 伊豆諸島のスダジイ被害とカシノナガキクイムシについて. 第123回日本森林学会大会学術講演集 Pb172.

Tokoro M., Kobayashi M., Saito S., Kinuura H., Nakashima T., Shoda-Kagaya E., Kashiwagi T., Tebayashi S., Kim CS and Mori K. (2007) Novel aggregation pheromone, (1S, 4R)-p-menth-2-en-1 ol, of the ambrosia

beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera : Platypodidae). Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute 6 : 49-57.

県西部の4試験流域における水循環機構解明のための溪流調査

横山尚秀*・内山佳美*・三橋正敏*・丸山範明*、板寺一洋**

River flow exploration for investigating the water flow system of four experimental watersheds in western Kanagawa Prefecture.

Takahide YOKOYAMA*, Yoshimi UCHIYAMA*, Masatoshi MITSUHASHI*,
Noriaki MARUYAMA* and Kazuhiro ITADERA**

要 旨

県西部の山岳地域に設定された試験流域で得られた森林水文学的調査の成果を、試験流域全体で、さらにダム流域（広域レベル）で行う水循環モデル解析に拡大適応させるため、4試験流域の地形・地質の特徴を踏まえ、直接流出率、上流から下流までの流程での湧水と流量変化および一般水質、安定同位体比等を調査した。その結果をもとに直接流出率の現況を把握すると共に、流出過程とくに流域でのかん養・流出および流程での流量増減の状況を水循環特性として取りまとめた。流域別に見ると、大洞沢では、上、中流にある地汙り崩壊地の湧水が主水源となり、その集水範囲は地形境界より広いと考えられた。貝沢は比較的均質な地質構成であるため、流域間の水文地質の差はなく、施業の効果を検出しやすいと評価される。ヌタノ沢は、岩盤の風化が進んだ地質で降水の浸透性は良いが、年間を通じて水涸れしないB沢の方がA沢より河床標高が低く、地下水を集めやすい構造が1要因と考えた。さらに、クラミ沢・フチジリ沢の流出の差は、流域を占める荻野溶岩に起因すると考えた。

I はじめに

神奈川県の水源地では、スギやヒノキの人工林の手入れ不足やニホンジカの高密度化が原因となって林床植生が衰退するなど水環境の劣化が顕著となっている。こうした状況と、従来から行われてきた水源開発による水供給確保から、水を育む水源の環境保全へと取り組みの方向を転換し、水源環境保全税を導入した。シカによる採食影響や人工林の管理放棄への対策として、平成19(2007)年度から20年間、4期に亘る実行5ヵ年計画のもと9事業を実施し、劣化した森林の公益的機能の保全・再生を図っている。当所では、これらの事業を検証する「10.水環境モニタリング調査」を進め、試験流域をベ-

スとした各種森林整備事業による水源かん養機能の改善効果の検証を行っている(内山ほか、2013b)。

この調査では、水源地である県西部「かながわ水源の森林エリア」の山岳地に試験流域を設定し(図1)、流域内の数haの小流域にシカを排除する植生保護柵を設置し、あるいは間伐を行い、これらの施業効果を検証するため対照流域法に基づくモニタリング調査を進めている。試験流域は、大洞沢、貝沢、ヌタノ沢およびクラミ沢・フチジリ沢の4流域で、流域ごとに気象、流出、水質など水文観測調査のための施設を設置し、森林環境水環境モニタリング調査が開始された(内山、2013a)。

しかし、長期間の観測結果に基づく検証結果が報告されている(五名・蔵治、2012・同、2013a・同、

* 神奈川県自然環境保全センター 研究企画部 研究連携課 (〒243-0121 厚木市七沢 657)

** 神奈川県温泉地学研究所 研究課 (〒250-0031 小田原市入生田 586)

2013b) ことから、森林の保全・再生に起因する洪水緩和、水質改善、水質浄化などの機能の回復の検証には長期間掛かると考えられる。そこで、調査計画では、水循環モデル解析による効果予測を併せて行い(森ほか、2013)、予測解析結果を参照しながら調査観測を進め、施業効果の裏付けを並行して進める方法をとっている。試験流域ごとに、施業シナリオに基づく解析を行い、さらにダム流域(広域レベル)での予測に拡大させ、モニタリング事業に活用させる手順を取っている。

これらの調査解析には、基本となる流域特性と水循環フレームの把握が欠かせない。本調査では、4試験流域で、気象観測に併せ量水堰(写真1)を用いた流量、水質の常時観測調査を進めながら、現地踏査を随時行い、水文地質の把握に努めている。本

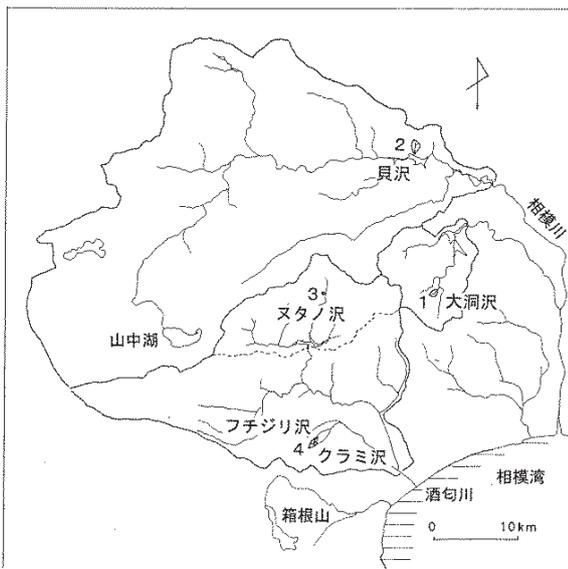


図1 かながわ水源エリアと試験流域の位置

1: 大洞沢、2: 貝沢、3: ヌタノ沢、4: クラミ沢・フチジリ沢



写真1 ヌタノ沢B沢の量水堰

稿では主に現地踏査と流量・水質観測によってこれまでに得られた試験流域内の流程に係る情報を整理し、各試験流域の水循環特性について考察した。

II 試験流域の流域特性と観測調査の内容

1 試験流域の概況

水源の森林エリア内に設置された試験流域(図1)は、丹沢山地東部の宮ヶ瀬ダム上流に位置する大洞沢、相模ダム上流(際)の貝沢、三保ダム上流のヌタノ沢および酒匂取水堰に注ぐ狩川上流のクラミ沢・フチジリ沢の4ヶ所である。4試験流域で実施している施業内容と施業が水源環境に及ぼす効果の検証項目と評価法を表1に、それぞれの流域の概要を表2に示した。

施業内容は、適正な森林管理を進める間伐とシカの採食被害を防止する植生保護柵設置である(表1)。なお、大洞沢では両事業を行っている。しかし、それぞれの流域特性(表2)が示すように、神奈川県西部の自然特性は変化に富んだ複雑な地形・地質が特徴である。したがって、それぞれの流域ごとの流域特性を踏まえ、モニタリング調査地点の位置づけを行い、観測調査を進める必要がある。流域ごとに行われる施業効果の検証は、流域の水源地環境(流域特性)が多様であることを踏まえ、隣接流域を比較しながら行う対照流域法を用いて行われている(内山ほか、2013a)。

2 調査方法

平成19(2007)年度から、試験流域ごとに気象観測及び水文観測の施設とシステムを整備し、モニタリング調査が開始された(内山ほか、2013a・内山ほか、2013b)。観測調査は、流域特性の把握を続けながら、常時観測調査および随時観測調査を行っている。常時観測調査では、通年の観測データをテレメータあるいはロガー観測により収集し、随時観測調査では必要に応じて追加項目、地点で観測情報を得て、これらを総合して水循環情報として取りまとめるほか、水循環解析モデルに反映させている。それぞれの観測状況を表3に示した。なお、試験流域と観測地点は図6～9で流域別に示した。

(1) 流域の水文地質調査

森林植生の劣化から回復までの地表条件の変化が

表1 試験流域の施業と評価項目・評価法

項目	大洞沢	貝沢	ヌタノ沢	クラミ沢・フチジリ沢
施業	間伐・植生保護柵	間伐	植生保護柵	間伐
評価項目	流況変化(直接流出率等)、水収支(蒸発散等)、濁度等水質	同左	同左	同左
評価法	対照流域法と林内調査、流程調査、モデル解析	同左	同左	同左

表2 試験流域の概要

項目	大洞沢	貝沢	ヌタノ沢	クラミ沢・フチジリ沢	
地形	面積 ha	65(県道下:58)	86 (No. 5:72)	7(4、3)	76(34、42)
	高低差 m	448.	373.	170.	335、 357
	傾斜度 (°)	24.1	18.3	23.3	14.7、 13.7
	地形	北東向き谷.上流と中流に崩壊地形	南に開く谷.尾根部はなだらか	東向き谷.西側は急峻な谷(断層).尾根に段差(節理)	箱根外輪山東麓.溶岩 G(狩川・苅野・金時)
地質	地質年代	新第三紀	中生代・古第三紀	丹沢層群堆積以降	更新世
	基盤岩	丹沢層群(溶岩等の火山岩).断層、風化による粘土化	小仏層・相模層群の砂岩・頁岩	石英閃緑岩.緻密な石英閃緑岩と捕獲岩の丹沢層群岩体が不透水層の役割	火山噴出物(スコリア・軽石・火砕流堆積物).固結ローム・狩川溶岩が不透水性
	断層・節理等	流域No.3、No.4を通る断層.地滑り崩壊地	東西方向の断層	北東-南西方向の節理	上流部に溶岩露出
	風化帯	崩壊岩・基盤岩の風化・粘土化	表層は風化、薄い	風化が顕著、マサ状堆積物	風化帯はない
	土壌(層厚分布図・平均厚 m)	尾根、崩壊地及び南斜面で土壌が発達 1.74	尾根、斜面共に土壌が発達.ローム層あり 1.67	土壌浸食が進んでいるが、緩斜面で土壌厚い A:1.43 B:2.29	全般に土壌が発達.ローム層が厚い 2.74
水文	水源	上下流の崩壊地湧水	斜面地下水湧出	両沢の源頭部湧水	上流の溶岩帯から湧水
	渇水期比流量. 2011.11	県道下:4.11 mm/day No.3:1.32 mm/day No.4:5.72 mm/day	No.4:0.57 mm/day No.5:0.79 mm/day	A沢:1.15 mm/day B沢:3.50 mm/day	クラミ沢:0.41 mm/day フチジリ沢:0.46 mm/day
森林	林相・林床植生	スギ・ヒノキの人工林.林床は不嗜好性植物が占める	スギ・ヒノキの人工林+自然林.林床植生発達	上流に広葉樹、下流にスギ・ヒノキ人工林、林床植生貧弱	スギ・ヒノキの人工林、間伐が進む.林床植生良好
	施業	シカ柵 (No.3)・対照流域 (No.4)、間伐	No.1、2を間伐、No.3は巨木林	A沢に植生保護柵、B沢が対照流域	間伐と経過観察
備考	No.2/県道橋より上流	No.5/堰より上流側	県道橋より上流側	林道橋より上流側	

降雨時の表面流出(雨水浸透と流出)へ影響を及ぼし、同時に地下水かん養(基底流出)に影響する。植生保護柵の設置や間伐などの施業による森林環境変化が、水源かん養機能に如何に影響を及ぼしているか効果検証するため、渓流水の流出記録(流況)から、雨水流出時や年間の流況について、水循環の視点で解析する必要がある(中野・1976、塚本・1992)。そこで、試験流域で土層厚分布調査現

地踏査やボーリング調査などを行い、流域の水文地質を把握し、試験流域間や施業実施流域と対照流域(表3)の特徴と流域間の異同の把握を進めている(横山ほか・2013a、横山ほか・2013b、横山ほか・2014、横山ほか・2015)。

(2) 常時観測調査

気象観測施設では、気温、降水量、湿度、風速等

表3 試験流域の実施流域と対照流域

項目	大洞沢	貝沢	ヌタノ沢	クラミ沢・フチジリ沢
流域の組合せ	対照流域：No. 3/No. 4	対照流域：No. 1/No. 2/No. 3	対照流域：A/B	クラミ沢/フチジリ沢
施業の内容	植生保護柵(No.3)	間伐・巨木林化	植生保護柵(A)	従来の管理継続(間伐)
気象観測	1ヶ所(降水、風、湿度、日射)	2ヶ所(同)	1ヶ所(同)	1ヶ所(同)
量水堰	3ヶ所：本流No. 1、支流No. 3、No. 4	5ヶ所：No. 1、No. 2、No. 3、No. 4、No. 5	2ヶ所：A、B沢の最下流	2ヶ所：クラミ沢、フチジリ沢の最下流
地下水観測井	2ヶ所：B1、B2(深度50m)	—	1ヶ所(深度50m)	1ヶ所(深度50m)
備考	No. 3：植生保護柵設置 No. 4：対照流域	源流域に試験流域No. 1～3を設定、間伐・放置	A流域：植生保護柵設置 B流域：対照流域	現状の維持管理(間伐)両流域を長期的観測

をテレメータ観測している。流量観測施設では、量水堰の越流水位を常時観測(流量換算)すると共に、水温、濁度、電気伝導度を併せて常時観測している。また、流域内に地下水位観測井(深度50m)を設置し、ロガーの地下水位の連続観測結果を回収している。そして、流量、地下水位および水質については、データの精度管理を兼ね、月1回の頻度で現地調査を行って実測している。これらの観測データは関係機関により解析評価され、年度ごとの業務報告に速報されている。

(3) 随時観測調査

施業に伴い林相、林床植生などの変化が想定され、出水状況の解析や流出変化を流域内の何処で効果的に検出できるか検討できるよう、出水時観測調査と流程調査を行っている。出水時間側調査では、出水時の常時観測データを補い、直接流出と基底流出の分離解析ができるよう、量水堰で降雨前後の流水の自動採水調査を行った。また、流程調査では、溪流の現地状況に合わせ、上流から下流までの流程に沿った流量と水質の調査を秋期の湧水期に行った。なお、試験流域で簡易貫入試験による土層厚調査、流域範囲の確認のための周辺地域の地質踏査を行った。

ア 出水時観測調査

量水堰に設置した自動採水器で出水時の流水を採水し、陽イオン、陰イオンおよび安定同位体等の水質を分析した。その結果をハイドログラフ上に表示し、流量増加と減衰および水質の時系列変化から直接流出と基底流出の分離を行った。ハイドログラフ

上での分離方法は、これまでは水平分離法によってきたが、今回は変曲点法を試みた。しかし、まだ事例が少なく、引き続き事例を積んで検討が必要と考えている。また、水質の時系列変化について、常時観測結果から得た降雨と基底流出量増加および地下水頭の上昇、減衰をハイドログラフ上で比較した。さらに、これまで得られた他の試験流域の直接流出の解析結果(白木ほか、2013; 小田ほか、2013; 内山ほか、2015)と比較検討した。

イ 流程調査

無降雨時の流域全体の流況を把握するため、年1回の頻度(秋期)で上流から下流に至る流程で踏査を行い、湧水位置、流量・水質の変化を追跡している。本調査は、流域の地形・地質と関連させて流域の保水性、溪流と地下水との関係を把握することを目的としており、出来るだけ湧水時に行うよう努めた。すなわち、平常時の流域ごとに流程での湧水、流量、水質状況から湧出地点を定性的に確認し、渓流水の地下水の湧出かん養や伏没浸透の状況(渓流水と地下水との交流)を調べることができる。

流程での流量の増減が示す湧出涵養、減少が示す伏没浸透の状況、およびそれに伴う水質変化については、当初から調査を進めている(横山ほか、2013)。そこで、これまでの調査結果に新たに得られた安定同位体分析結果などを加え、流域の水循環・水収支の視点から整理した。なお、流程での流量の調査から堰堤前後の水量・水質変化が大洞沢、ヌタノ沢で認められたことから、治山堰堤の影響についても調査を開始した。

Ⅲ 調査結果

常時観測調査と随時観測調査の結果について、降雨時の流出と無降雨時の流出として調査結果を取りまとめた。降雨時の流出については、施業実施前の出水事例として2013年10月の台風時にヌタノ沢で観測された出水時の直接流出を解析した結果を示し(図2)、他流域の直接流出の状況と比較した(表6)。さらに、降雨、流量、地下水等の時系列変化(図3、4)から地下水涵養および基底流出の状況を検討した。また、4試験流域の流程の流出状況が比較できるよう、毎年行っている試験流域の一斉流量調査結果から試験流域内の渇水期の比流量の分布を図示し(図5-1~4)、流域の上流から下流までの流程流量・水質調査結果(図6~9)や1年間(ヌタノ沢)の流量・水質変化についてとりまとめ、流域ごとの流出かん

養・伏没浸透の状況を確認した。

1 降雨時の流出

試験流域の降雨時の直接流出と基底流出の分離を小田ほか(2013)が大洞沢で、白木ほか(2013)が貝沢で、内山ほか(2015)がヌタノ沢で行っている。いずれも、ハイドログラフ上で水量増加が開始した時点から再び開始時の水量まで低減するまでを直接流出として分離し、増加分の水量として算定している。これらの成果を取りまとめて表4に示した。試験流域の降水量と流量の観測結果をみると、降水量の内、降雨があっても流量増を生じない(流域の遮断効果により流出に直接寄与しない)無効降水量が0~20mm程度あって、それより大きな降雨時に直接流出が生じる。なお、直接流出率は、大洞沢や貝沢では降水量が100mmを超える大雨時にほ

表4 試験流域の流出率

流域	直接流出率	年間流出率	備考	流域	直接流出率	年間流出率	備考
大洞沢No.1	28%	74%	2010、2011年観測結果(小田ほか、2013)値は2年の平均値	ヌタノ沢 A	2012:13%	2012:50% 2013:39%	2012、2013年観測結果(内山ほか、2015)
大洞沢No.3	35	62		ヌタノ沢 B	2012:13		
大洞沢No.4	33	120		クラミ沢	9.8%	—	
貝沢No.1	11.6%	2011:51.2%	2010、2011年観測結果(白木ほか、2013)	フチジリ沢	14.4	—	
貝沢No.2	9.8	2011:40.2		備考 クラミ沢・フチジリ沢の事例が少ない。			
貝沢No.3	8.7	2011:34.2		4流域とも、引き続き観測調査が必要。4流域一斉調査も欠かせない			
貝沢No.4	9.6	2011:41.1					

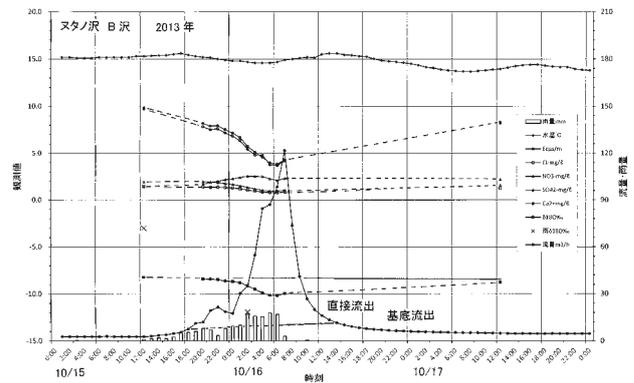
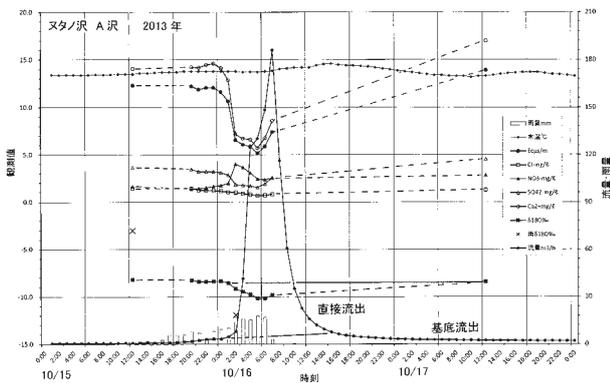


図2 ヌタノ沢の出水時の流量、水質の変化(2013年10月15・16日)
 ヌタノ沢 A 沢 直接流出量: 840m³/d 21.53mm 流出率: 13.6% 継続時間: 15時間
 ヌタノ沢 B 沢 直接流出量: 642m³/d 21.39mm 流出率: 13.5% 継続時間: 21時間

表5 直接流出の概要

流域	流出開始時	流出終了時	継続時間	ピーク流出時	ピーク流量	基底流出量増加
A 沢	16日2時	16日15時	14時間	16日7時	186.1m ³ /時(4.65mm/時)	2.9m ³ /時
B 沢	15日19時	16日14時	20時間	16日7時	121.8m ³ /時(4.06mm/時)	3.8m ³ /時

ば100%あるいは100%を越えるが、それ以下では10～40%台であった。大洞沢の年降水量に対する直接流出率は28%～35%（年流出率：74～20%、2010～2011年：小田ほか、2013）、それ以前では降水に対しては14.4%（神奈川県、1986）と報告されている。貝沢では、年降水量に対する直接流出率は28～48%（年流出率：40～51%）で、150mm以下の降水量に対し8.7～9.8%であった（白木ほか、2013）。また、ヌタノ沢では、年間降水量に対し13%（年流出率：39～50%）の流出率であった（内山ほか、2015）。クラミ沢・フチジリ沢については、まだ解析が十分行われていないが、2013年の台風接近による出水時の解析データからクラミ沢が9.8%、フチジリ沢が14.4%と直接流出率が得られている（表4）。

森林環境の変化による表面流出、地下浸透現象の変化が想定され、これらをハイドログラフの直接流出の中で追跡していく上で、施業の事前～事後の直接流出の内容を捉えておく必要がある。流域別の直接流出率（表4）は、大洞沢が28～35%、貝沢が8.7～11.6%、ヌタノ沢が13%、クラミ沢が9.8%、フチジリ沢が14.4%となっているが、流域の水文地質（透水性）との関連性を踏まえた検討を行う上で、大雨時を避け、地表の透水性を反映した流出解析が必要である。そこで、2013年10月の台風18号の接近によるヌタノ沢の出水の状況について一般水質および安定同位体の変化とあわせて直接流出の解析を行った（図2）。

図2上で両沢の直接流出の状況を比較すると、流量が増加を始める時刻はA沢が16日の2時、B沢が15日の19時、ピーク流量はA沢が16日の7時の186.1m³/時（4.65mm/時）、B沢は7時の121.8m³/

時（4.06mm/時）、直接流出の終了はA沢が16日の15時、B沢は16日の14時であった（表5）。A沢とB沢の出水状況を比較すると、A沢は直接流出が14時間続き、B沢より6時間短い。さらに、ピーク流量はA沢の方が64.3m³/時（0.59mm/時）ほど大きい。B沢の流出はA沢に比べやや穏やかな流出であった。

出水前後の水質変化を図2上で追跡すると、表面流の発生による流量増加と水質の濃度低下は、出水前の流水に、地下浸透せず地表面を流下した雨水が混入し、水質が希釈された状況が読み取れる。出水期間の後半が採水されていないが、ピーク流量前の一般水質の変化を見ると、NO₃⁻を除く項目が流量増加と共に濃度が低減し始め、しかも初めの2時間の変動が大きい。A沢ではピーク流量発生時の2時間前の5時に、B沢では2時間前の5時に最も濃度が下がっている。しかし、NO₃⁻濃度は初め増加し、低減へと他と逆の変化が観測された。さらに、 $\delta^{18}O$ の変化を見ると、降雨による希釈効果を端的に示しており、-3.00‰の降雨の流入影響を受け、A沢では15日12時の-8.19‰が16日5時に-10.15‰に、B沢では15日12時の-3.00‰が16日5時に-10.17‰へと変化した（軽くなった）。そして、これらの変化は5時以降に元の水質へ緩やかに戻る傾向となった。

この大雨は総雨量159mmで、雨の地下水かん養の状況を観測井の地下水頭記録（図3、4）で見ると、地下水頭上昇の開始はA沢、B沢の流出より早く、15日17時であったが、上昇開始はゆっくりで、16日に入ってから上昇勾配が大きくなり、ピーク日は1日遅れの17日14時であった。この間の水頭上昇量は1.37m、基底流出量増加は、A沢が2.9m³/時（比流量0.07mm/時）、B沢が3.8m³/時（比流量0.13mm/

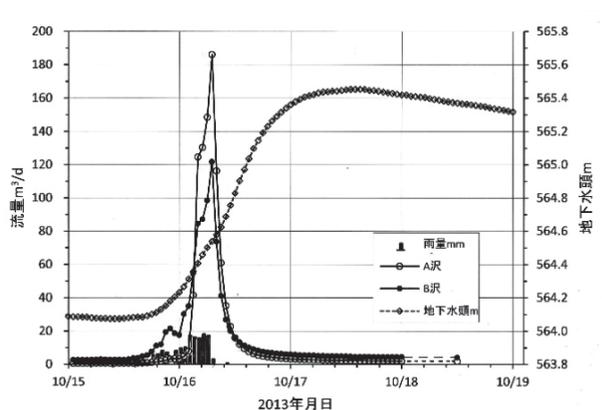


図3 ヌタノ沢の大雨時の流量、水頭変化

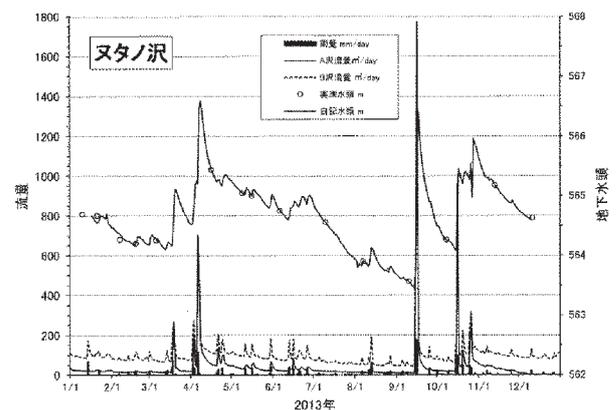


図4 ヌタノ沢の流量、地下水頭の年間変化



写真2 ヌタノ沢 A 沢の出水後の堆砂



写真3 大洞沢の出水後の量水堰 No.1

時)であった。基底流出は、17日から次の降雨があった20日の1日前の19日までの3日間に、A沢で $4.78\text{m}^3/\text{時}$ ($0.12\text{mm}/\text{時}$)、B沢で $8.11\text{m}^3/\text{時}$ ($0.17\text{mm}/\text{時}$)減少し、地下水頭は 0.24m 低下した。

このヌタノ沢の事例(図3)で示されるように、まとまった降雨後の直接流出とその直後の基底流出の増加が繰り返し生じ、年間の流出が維持されている。すなわち、図4の年間ハイドログラフに見られるように、降雨後の基底流出の増加と地下水頭の上昇と減衰を繰り返しながら地下水が溪流に流出し、流水が維持されている。

なお、出水後の量水堰と量水堰に土砂が堆積した様子(2017年10月)を写真2、3に示した。

2 無降雨時の流出

(1) 渇水期の流域の比流量

流域の保水性を比較するため渇水期の一斉流量調査結果を比流量で比較した。2015年10月～11月の一斉調査の結果は図5-1～4のとおりであった。比流量が $2\text{mm}/\text{日}$ 以上の流域を斜線で囲んで図中に示した。比流量が比較的大きい流域は、大洞沢のB流域とD流域、ヌタノ沢のB沢流域(No.4流域)およびフチジリ沢流域が該当した。

渇水期には、これらの流域の湧水が涸れずに主水源となっているし(横山ほか、2013)、貝沢を除く流域ではこの水を求めてシカなどの動物が生息している。大洞沢のD流域は上流にあり、B流域は中流にあって、両流域共に地這り崩壊地で(棚瀬、

1997)、地滑り崩壊地で破碎された基盤岩の堆積物が保水性を持ち、ここから年間を通して湧水を溪流に供給している。ヌタノ沢は、全体が風化しやすい石英閃緑岩の流域で、A沢右岸の湧水(渇水期に涸れる)、B沢の源頭湧水帯からの湧水が供給源となっている。また、フチジリ沢は、箱根外輪山(火山)の中腹にありながら年間を通して流水がある。これは、比較的の不透水性の狩川溶岩グループが基盤となって中流に湧水帯が形成されていると考えられる。そこで、これらの湧水と溪流との相互関連を継続的に観察するため、毎年一度の頻度で調査している。

試験流域の豊かな湧水に由来する比流量を比較すると、流域比流量が良い大洞沢B、D流域、ヌタノ沢B流域およびフチジリ沢ともに破碎した岩盤、風化した閃緑岩、割れ目の多い溶岩が帯水層となっており、地質は異なるものの、水文地質的には同様な保水性を持っていると云える。一方、大洞沢のB流域とB'流域(図5-1)の境界を現地を確認すると、同じ崩壊地にあって、実際の集水(流域)範囲は同一の可能性が高いと考えられた。したがって、地形境界を越えて集水している可能性が高いことも比流量が大きい要因と考えられる。モデル解析では、帯水層の範囲の確認と水収支上のチェックが必要である。なお、貝沢は、支流の比流量がやや大きくなったが、全般には同様な比流量を示し、均質な水文地質を裏付けている。

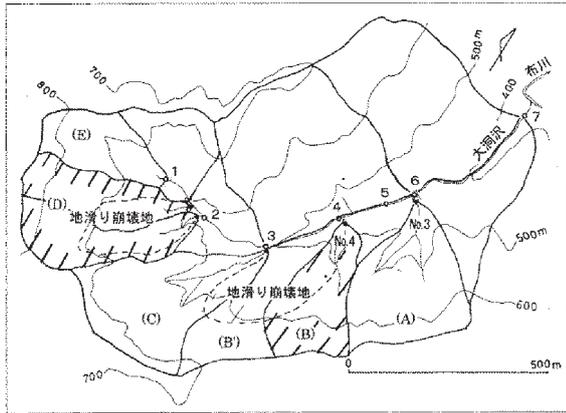


図 5-1 大洞沢の比流量分布

A : 1.16 B : 4.28 C : 1.11 D : 4.02 E : 0.18

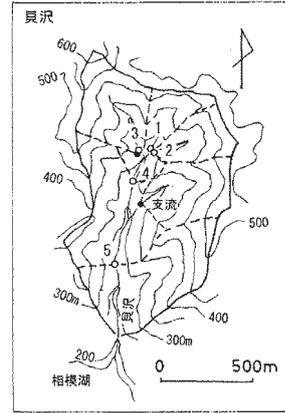


図 5-2 貝沢の比流量分布

1:1.75 2:1.09 3:0.97 4:1.05 支流:1.97 5:1.46

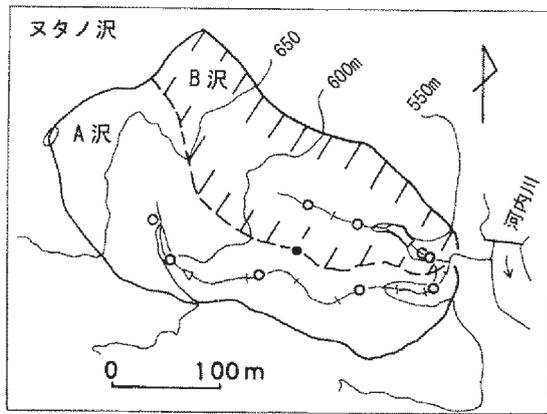


図 5-3 ヌタノ沢の比流量分布

A 沢 : 1.0 B 沢 : 3.2

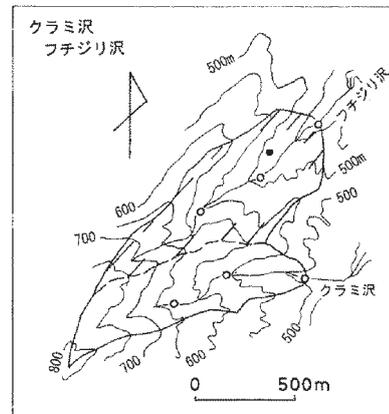


図 5-4 クラミ沢・フチジリ沢の比流量分布

クラミ沢 1.3 フチジリ沢 4.0

表 6 試験流域の流程の調査

項目	年月	調査項目	備考
大洞沢	2011.11、2012.1、2013.9、2015.10、2016.11、2017.12	流量・水質	
貝沢	2011.11、2015.10、2016.11、2017.12	同上	
ヌタノ沢	2011.6~毎月	同上	主担当流域
クラミ沢・フチジリ沢	2013.7、2014.3、2015.10、2016.11、2017.12	同上	

(2) 流程の流況調査

ア 流程での水文調査結果

試験流域の水循環モデル解析、水循環解明にあたり、無降雨時の流路に沿った地質と流出状況から流出に係る水文地質情報を得るため、流程の流量、水質調査に基づく実態の把握が重要である。とくに、上流から下流に至る流量の増減と地質・地下水との関係を調査しておく必要がある。そこで、平成 23 (2011) 年から 4 流域の一斉調査を行い、上流から下流に至る流程での水量、水質の調査を開始した (表 6)。

流域ごとの調査地点と代表的な年次の調査結果を図 6 ~ 9 に示した。流程での調査結果は、横軸に最下流の量水堰から上流の観測地点までの距離を、あるいは地点番号順に図化しており、上段に河床標高と流量を、下段に水温、電気伝導度および $\delta^{18}O$ などの水質を図示した。図中には流入する支流の値も ↓ を付して盛り込んだ。なお、調査実施状況 (表 6) に示たように、4 流域を同時期に行った例はまだまだ少なく、しかも調査地点数が少なかったことなどから、流域別の調査結果の表示は同一年次とせず、特定年次とした。

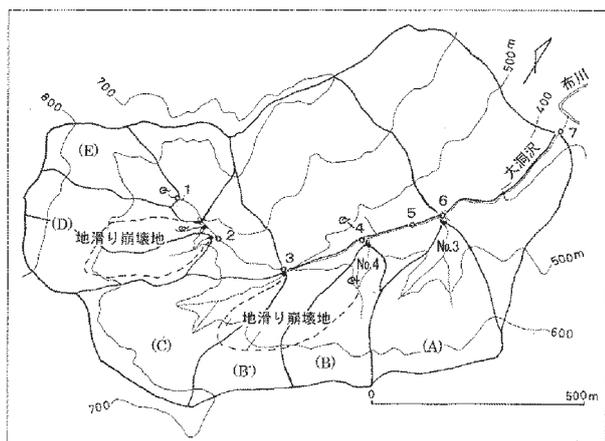


図 6-1 大洞沢流域と調査地点 (図中 1~7)

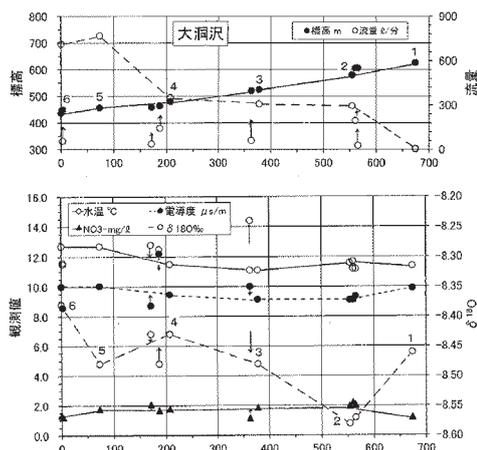


図 6-2 大洞沢の流程調査結果 (2015/10/26・27)

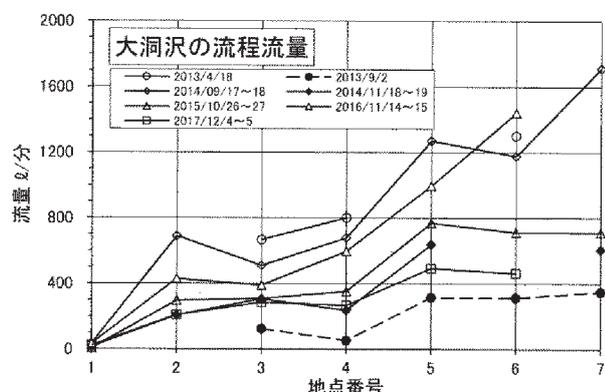


図 6-3 大洞沢の5年間の流程流量比較

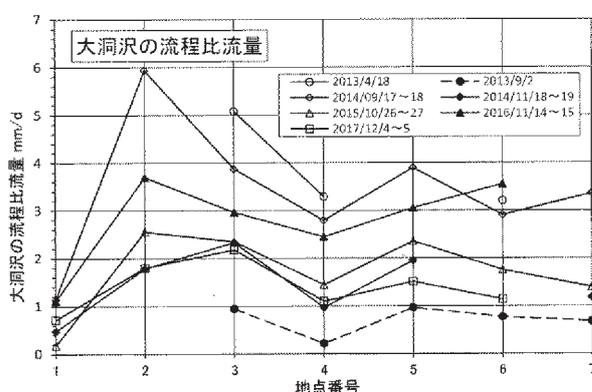


図 6-4 大洞沢の5年間の流程比流量比較

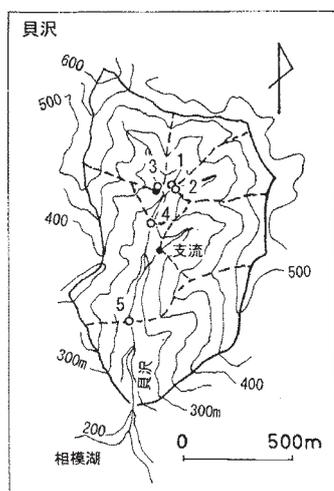


図 7-1 貝沢流域の調査地点

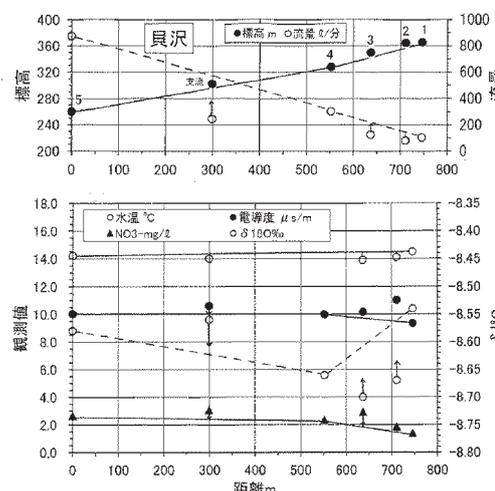


図 7-2 貝沢の流程調査結果 (2015/10/7)

(ア) 大洞沢

大洞沢 (図 6-1) は源頭部の滲み出しが水源となっているが、上、中流部の地回り崩壊地の湧水が豊富で、年間を通して主水源となっている (小田ほか、2013)。2015年10月末に行った調査結果 (図 6-2) によると、流量 (図 6-2 上、破線) は地点6より上流の地点2と5で大きく増加している。これらは図

中に破線で囲まれた崩壊地から流入する湧水が要因である。大洞沢の流量は、これらの流入があった後は、低減あるいは横這いとなる。この傾向は5年間の記録 (図 6-3 ~ 4) に認められるが、実流量より比流量の方が顕著に出ている。

大洞沢は、地点3より下流では河床の勾配が緩くなり、地点4前後の河床は大きな礫を伴う砂礫が堆

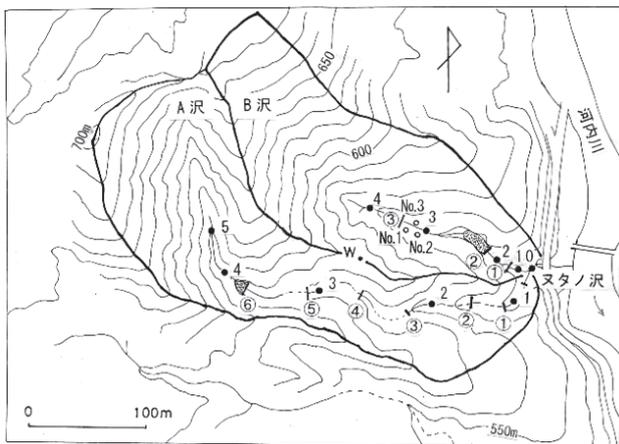


図 8-1 ヌタノ沢流域の調査地点と治山堰の位置



写真 4 ヌタノ沢 A 沢の源頭湧水

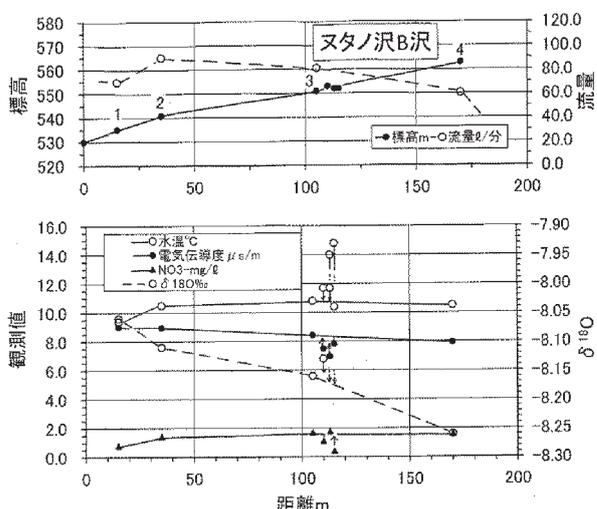
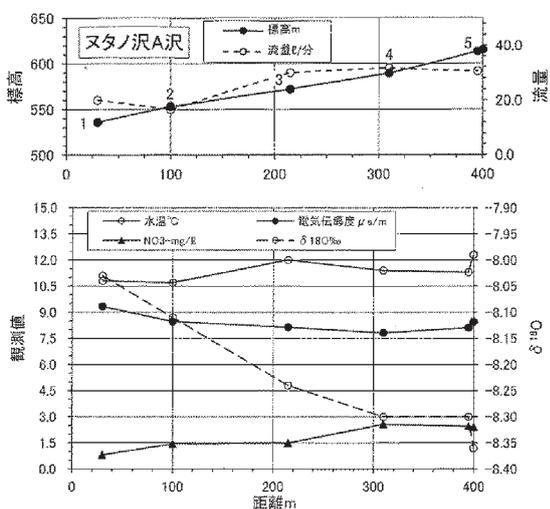


図 8-2 ヌタノ沢 A 沢 (左図) および B 沢 (右図) の流程調査結果 (2016/11/7)

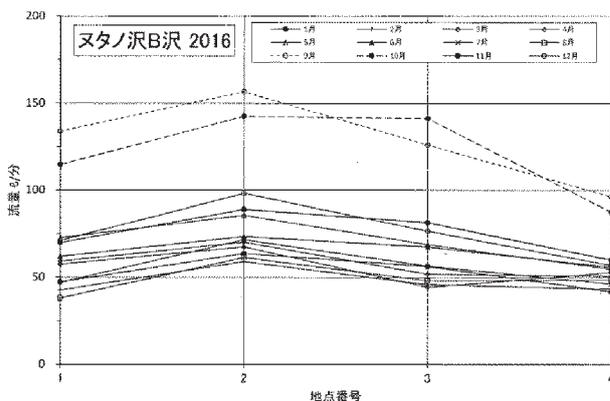
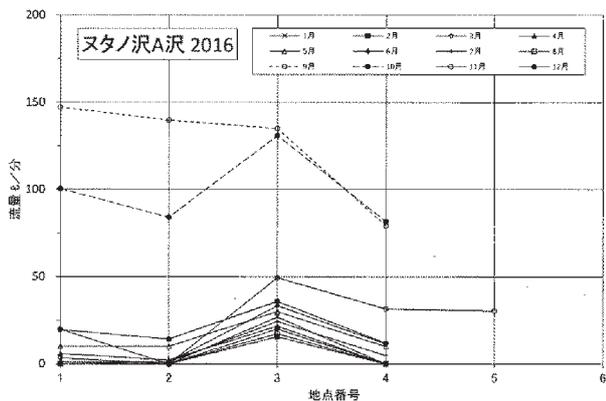


図 8-3 ヌタノ沢の 2016 年の年間流程流量の比較 (A 沢：左図、B 沢：右図)

積している。すなわち、地点 4 は満砂した治山堰堤の上に位置している。そして、これより下流側で支流 No. 4 (対照流域) の流入、さらに左岸湧水の流入および治山堰堤の排水が加わり、水量は再び増加す

る。水質 (図 6-2) を見ると、地点 2 と 5 で支流からの流入水が加わったことによる水温、電気伝導度、 NO_3^- などの水質にも変化が認められる。

なお、 $\delta^{18}\text{O}$ の値は上流方向に軽くなる傾向が認

められ、その傾向は $-0.04\text{‰}/100\text{m}$ であった。

(イ) 貝沢

貝沢(図7-1)では、源流域のNo.1流域の稜線(尾根)の下で、火山灰変り土壌の下にパイプ流の痕跡が認められ、小規模の湧水が確認されている。貝沢では、尾根にローム層が堆積し、土層厚も厚く、他のNo.2、No.3流域でも同様に、源頭部から小規模の湧出が始まり、流下につれて次第に流量は増加する。2015年10月の調査結果(図7-2)によると、水流は、流域No.1からNo.2、No.3と合流し、流量は上流から下流に直線的に増加している。比流量分布(図5~2)でも明らかなように、流程流量は流域全体の均質な水文地質状況を裏付けた流出を示している。なお、流域内の水質の差は小さく、上流から下流への変化は小さい。 $\delta^{18}\text{O}$ の変化は、 $-0.06\text{‰}/100\text{m}$ と上流方向に軽くなる傾向が認められた。

(ウ) ヌタノ沢

ヌタノ沢(図8-1)で2016年11月7日に行った調査結果(図8-2)によると、A沢の流程では源頭湧水(写真4)直下(地点5)の水量 $30.6\text{ℓ}/\text{分}$ が

途中の治山堰堤の堆砂中に伏没浸透し、下流部の地点2に至ると $16.9\text{ℓ}/\text{分}$ と半減する。2016年(1年間)の流程の流量変化(図8-3)を見ると、A沢では地点2と4で水量が減少し、地点3で水量増加する傾向が認められる。一方、B沢では地点3での僅かな減少傾向が観測されている。流程の水質は、図8-2のように、A沢、B沢共に電気伝導度が流下と共に漸増し、 NO_3^- は漸減する。また、 $\delta^{18}\text{O}$ は高度と共に軽くなる傾向が認められ、その割合はA沢が $-0.38\text{‰}/100\text{m}$ 、B沢が $-0.42\text{‰}/100\text{m}$ であった。

(エ) クラミ沢・フチジリ沢

クラミ沢・フチジリ沢流域(図9-1)は箱根外輪山の東斜面に位置する。2014年10月にクラミ沢で、11月にフチジリ沢で行った調査結果をそれぞれ図9-2~3に示した。クラミ沢では地点3~4で、フチジリ沢は地点2~3で湧水による流量増加が観測された。両流域共に、荇野溶岩グループが上流側にあつて、下流に接する金時溶岩グループ(写真5)との境界に滝が形成され、崖錐がその下に続いている。両沢共に、ここに湧水が確認されている。しかし、

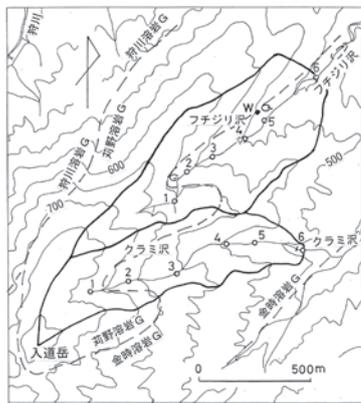


図9-1 クラミ沢・フチジリ沢の調査地点



写真5 フチジリ沢の溶岩と滝

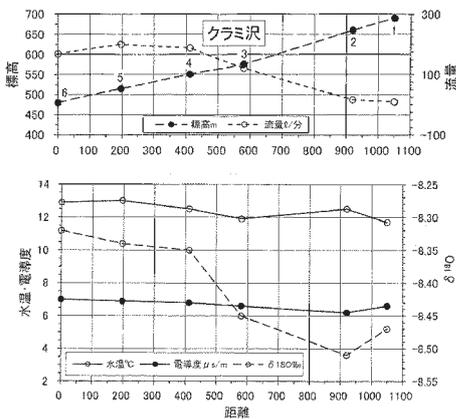


図9-2 クラミ沢の流程調査結果(2014/10/30)

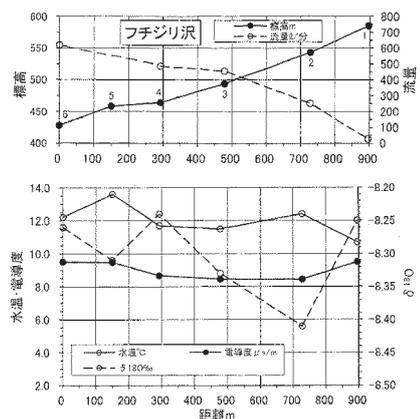


図9-3 フチジリ沢の流程調査結果(2014/11/4)

クラミ沢では増加した渓流水は量水堰まで漸減し、フチジリ沢では微増に留まっている。水質を見ると、クラミ沢の水温上昇、電気伝導度の漸増が認められ、 $\delta^{18}O$ は重くなる傾向にある。一方、フチジリ沢は下流に向け水温が上昇し、電気伝導度は地点2～4の間で低下する。また、 $\delta^{18}O$ は変動が大きいものの、高度と共に軽くなる傾向が読み取れる。 $\delta^{18}O$ の高度との関係は、クラミ沢が $-0.09\text{‰}/100\text{m}$ 、フチジリ沢が $-0.03\text{‰}/100\text{m}$ であった。

(3) 治山堰堤の影響

これまで記載したように、大洞沢とヌタノ沢の流程流量調査により、大洞沢の地点4と地点5の間の満砂した治山堰堤と、ヌタノ沢A沢の①～⑥までの満砂した治山堰堤の前後での流量の減少、回復が観測された。とくに、無降雨時のヌタノ沢A沢では、伏没浸透による水量の減少・消失が顕著である。堰堤前の地下浸透と堰堤下での排水孔からの流出水による表流水の復活が繰り返され、流量増加は生じない。ヌタノ沢B沢でもこの現象が認められるが、B沢②堰は満砂ではなく、貯水池が形成されており、ここより下流で流量減少が観測されている。このように、ヌタノ沢では伏没浸透による流水量低減した水量が下流で完全には復活せず、水収支として年降水量に対し30%台の損失(深部浸透)が報告されている(内山ほか、2015)。

大洞沢では、地点4下の治山堰堤から地点3までの上流側の河床は巨礫混じりの砂礫で満たされ、この流程で伏没浸透による流量減少が観測されている。地点4より下流に多くの治山堰堤が設置されており、堰堤下では越流水に土管からの排水が加わり、

流量は復活する。流程調査結果では、堰堤下の地点5で流量の増加が観測されている。

IV 考察

4試験流域で、常時および随時の流量観測調査結果について解析し、出水時の直接流出、湧水時の比流量、流程での流量変化および酸素同位体比($\delta^{18}O$)について、その結果を水循環の側面から検討した。

1 無降雨時の流出

(1) 流程流量と水質

無降雨時の流程流量調査により、主水源となっている湧水および地下水湧水かん養の状況が把握できた。その位置は年間を通して変わらない。例えば、大洞沢の6年間の記録(図6-3～4)では、平成25(2013)年を除く5年は湧水の豊富な支流から流入がある地点2、地点5で同様に水量増加している。一方、平成25(2013)年は夏期に降水量が少なかったため、大洞沢の主水源である崩壊地からの流入水は堰越流が無くなるほど減少した。このため、湧水流入の効果は殆どなくなった。このことを裏付けるように、渓流水が気温に大きく影響され、図中には破線で示したように、水温は20度近くまで上昇した(図10)。このように短期的な湧水で湧水源が涸れてしまうことから、崩壊地といっても貯留量(保水能力)に限界があつて、極度の湧水には効果は期待できない。

試験流域ごとに流域を構成する小流域で湧水時の比流量(図5-1～4)を比較すると、大洞沢の地辻

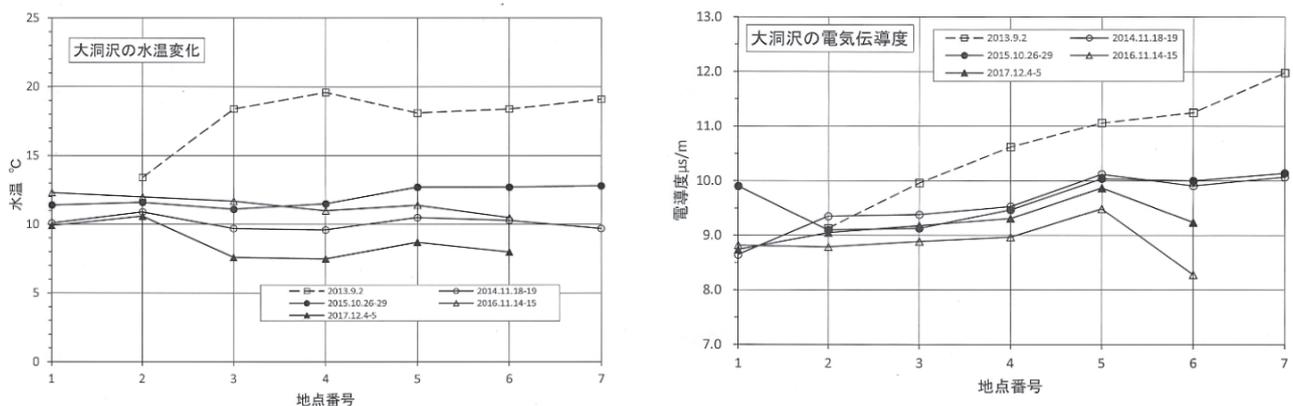


図10 大洞沢流程の水・電気伝導度調査結果

り崩壊地の流域 B、D が隣の流域より数倍大きい。大洞沢は、急傾斜の地形で、基盤の凝灰岩の風化が進んでいるものの、地滑り崩壊地以外では透水性は低いと考えられる。湧水の位置と比流量の分布がこのことを裏付けている。そして、比流量が大きい崩壊地堆積物の範囲と地形上の集水域との間にギャップがある可能性が高い。

ヌタノ沢の2016年の1年間の記録(図8-3)では、図中に破線で示したように、A沢では多雨期の9、10月は台風による多雨があったため、水量は他月より一段と多くなった。A沢の伏没浸透は、9月が明瞭でないが、他月では地点2で水量減少が毎月確認されている。一方、B沢の流量は、多雨時はA沢と大きな差は無いが、その他の期間はA沢より2~3倍多い。流程を通してB沢の流量は下流でも大きな変化は認められないが、A沢では流量が数分の1となって、治山堰堤の手前で堆砂中に浸透し、涸れてしまうことが多い。この両流域の差は、両沢が挟む尾根は風化が進んだ地質で、B沢の河床標高がA沢より低く、尾根上の観測井の水頭が両沢の河床標高の間にあることから、A沢は伏没浸透しやすく、B沢に地下水が湧出しやすいことを反映していると考えられる。

クラミ沢・フチジリ沢(図9-1)では、中流部の荻野溶岩G(グループ)と金時火山溶岩Gとの境界部の崖錐堆積地に湧出が多く認められた。ここは地形変換点になっていて、地下水が湧出しやすい。一般

に、火山斜面の浸透性が良く、上流部では雨水は地下浸透しやすく、溪流は表流水に乏しい。地下浸透した地下水は、火山山麓で湧出する(Yamamoto、1995)。しかし、クラミ沢とフチジリ沢は、箱根外輪山斜面の高部にありながら通年で表流水が観測され、下流で水涸れてしまう(横山ほか、2015)。このことから、入道岳から北東に延びる尾根の下に荻野溶岩G、その下に金時溶岩・狩川溶岩Gがある地質構成の中で、金時溶岩G中の固結ロームと狩川溶岩Gの不透水性が湧水の発生と深部浸透に制限を与えていると考えている。クラミ沢とフチジリ沢間の比流量の差は、フチジリ沢で上流部の荻野溶岩Gが占める面積が広いとと考えている。

(2) 安定同位体比 ($\delta^{18}O$)

流程調査で行った $\delta^{18}O$ の分析結果から、それぞれの流域で高度を増すに伴い値が小さくなる傾向が認められた(表8)。早稲田(2016)は、降水の同位体組成が、高度が高いほど軽くなる高度効果は、中部日本の $\delta^{18}O$ の場合 $-0.25\text{‰}/100\text{m}$ 、中村ほか(2012)は、御嶽山で地下水の高度効果を $-0.13\text{‰}/100\text{m}$ と報告している。また、鈴木ほか(2011)は、箱根山外輪山の湧水の $\delta^{18}O$ を調査し、東斜面で高度効果は $-0.12\text{‰}/100\text{m}$ と報告している。さらに、宮下(2001)は酒匂川支流の河内川の流水を調査し、 $\delta^{18}O$ と高度との間に相関は低く、100mあたり -0.007‰ と報告している。これらの高度効果と試験

表8 試験流域における沢水の $\delta^{18}O$ の高度 100m 当りの変動値

流域名	大洞沢	貝沢	ヌタノ沢 A	ヌタノ沢 B	クラミ沢	フチジリ沢
$\delta^{18}O\text{‰}/100\text{m}$	-0.04	-0.06	-0.38	-0.42	-0.09	-0.03

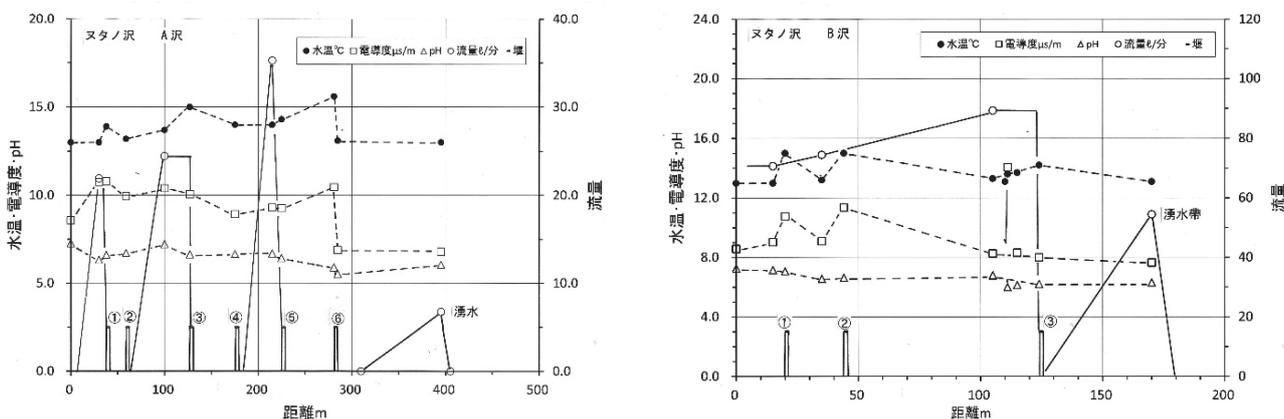


図12 ヌタノ沢の治山堰と流量、水質調査結果 (2017年10月18日 A沢:左、B沢:右)

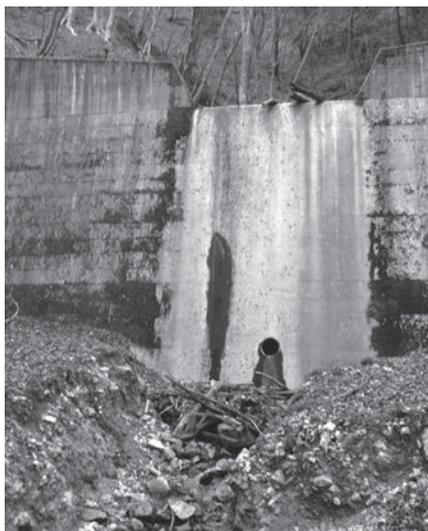


写真6 ヌタノ沢の治山堰堤 (左:A沢⑥、右:B沢②)

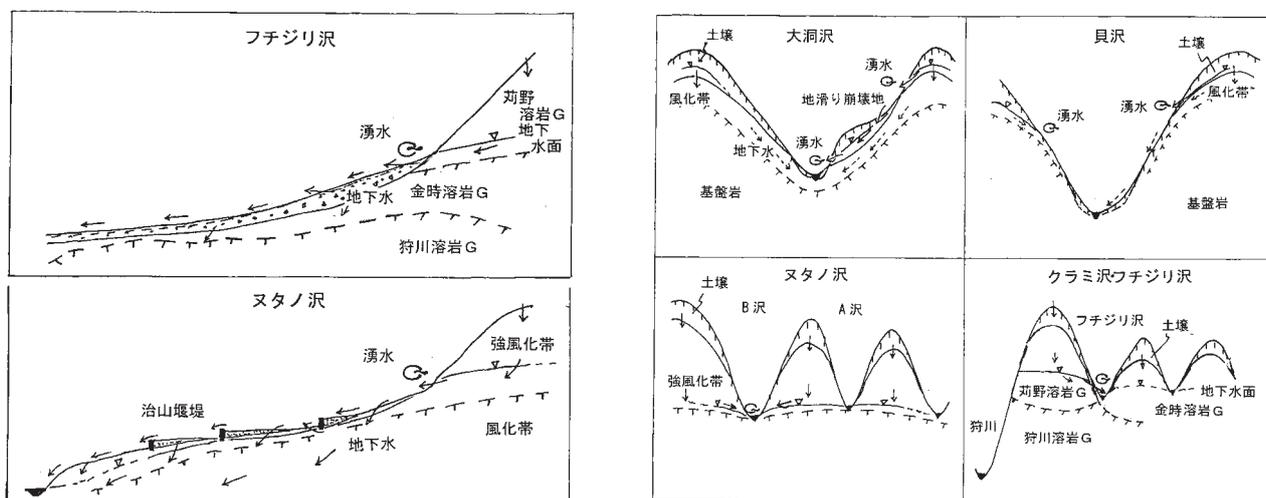


図13 試験流域の水循環 (左図:クラミ沢・フチジリ沢およびヌタノ沢の縦断面、右図:横断面)

流域で得られた高度100m当りの変動値は、ヌタノ沢を除き試験流域の絶対値はかなり小さい。流域内の高所、低所で渓流水と起源となる降水との関係を明らかにするためには、流程流量調査と併せて $\delta^{18}O$ の解析を引きつづき行う必要があると考えている。

(3) 治山堰堤の影響

大洞沢とヌタノ沢では治山堰堤に堆積した土砂や治山堰堤が形成した貯水池の流出への影響が考えられる。とくに、無降雨時のヌタノ沢A沢では治山堰堤の手前で地表流が伏没浸透により消滅することが多く、水量の元水量までの回復は見られない。そこで、ヌタノ沢の平成29(2017)年10月の調査結果を用い、堰堤前後の水量、水質の変化を見てみた(図12)。A沢の流水の増減の状況を現地観察結果に基づき図化した。堰堤に堆積した堆砂中へ渓流水が浸

透し、越流水と堰堤下の排水管から出てくる排水(写真6)により堰堤下流で流水が復活する。このような現象が堰堤ごとに繰り返されている。一方、水質は、堰⑥下流で水温上昇、電気伝導度増大、pH上昇が、堰③より下流で水温低下が確認された。B沢では、堰②を境に貯水池より流量が減少し、電気伝導度が増大する。

このように、治山堰堤が設置されている流域では、源流部の水量、水質が流程(治山堰堤)で変化する。そして、流域ごとに設置状況が異なるため、施業の影響評価や流域間の生態比較を行う場合は、治山堰堤の設置状況を確認し、観測結果の評価にあたり十分配慮する必要がある。

(4) 水循環スキーム

これまでの結果を基に、試験流域の水循環を模式

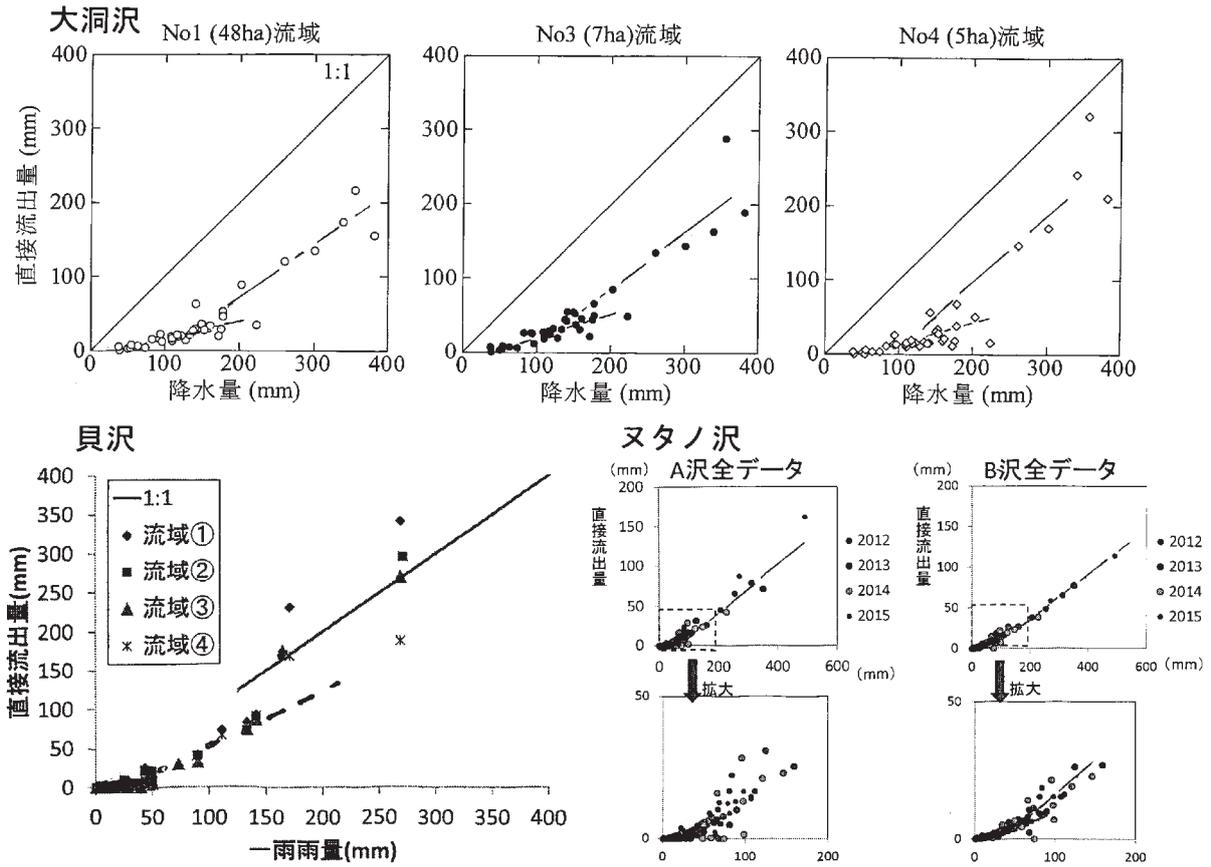


図 14 大洞沢、貝沢および又タノ沢の直接流出量と降水量の関係 (小田他・2013、白木他・2013、内山他・2015 に加筆)

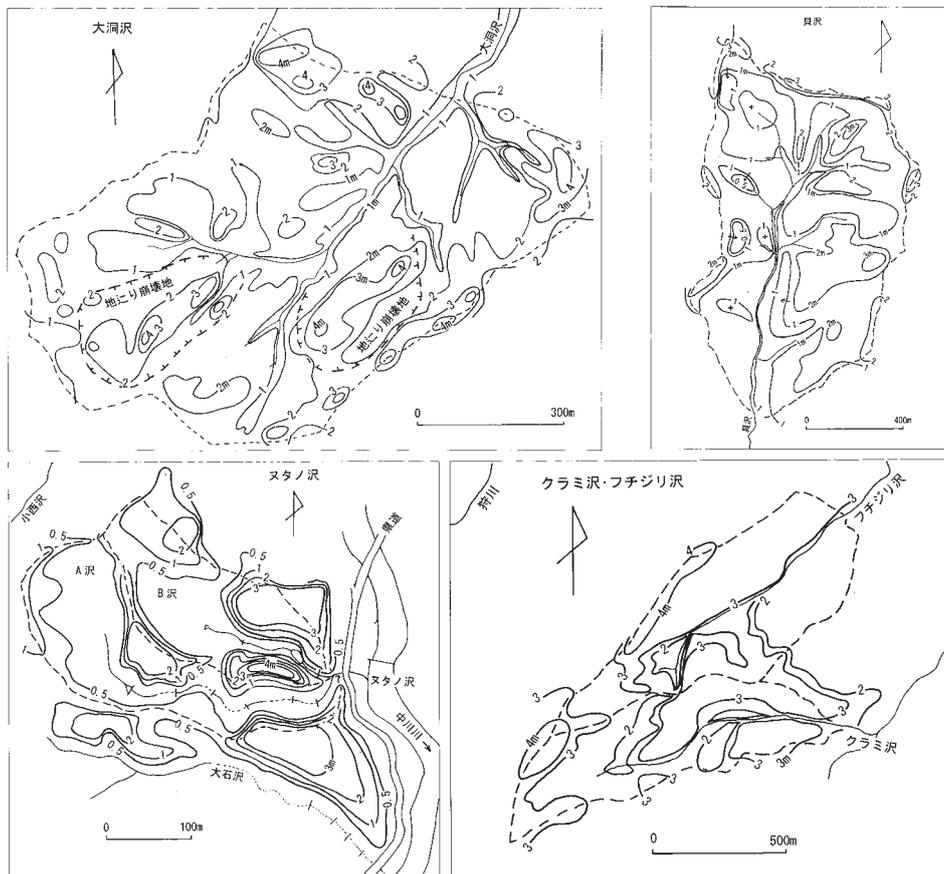


図 15 大洞沢、貝沢、又タノ沢およびクラミ沢・フジリ沢の土層厚分布 (m)

化し、図13に示した。無降雨時の地下水主体の水循環の概要を次のとおり考えた。①大洞沢では、尾根の土壌体と風化が進んだ凝灰岩基盤が帯水層であるが、保水性は良くない。しかし、流域の上、中流部の地滑り崩壊地の保水性が高く、有力なかん養源となっている。②貝沢では、尾根部～斜面の土壌層に雨水由来の浸透水が保たれるが、基盤岩は風化帯が薄く、保水性に乏しい。③ヌタノ沢は、石英閃緑岩で構成されるが、風化が進んでいる。とくに、河床より上側は強風化帯で、浸透性がよい。薄い地下水浸透し、この強風化帯に保持され、源頭湧水となって溪流を涵養している。しかし、A沢では流下に従い、伏没浸透が著しい。④クラミ沢・フチジリ沢では、崖錐帯で荊野溶岩G下から湧出する地下水が主水源となっている。火山高部にありながら、不透水性の溶岩や固結ロームによって渓流水は伏没浸透せず、恒常的に流水が保たれている。

2 降雨時の流出

植生回復に伴う直接流出への影響は、直接流出率、降水量に対するピーク流量の低減、継続時間の延長などが想定されているので、直接流出の発生状況の変化を追跡するため、経過時間と水量、水質の変化および直接流出率を把握しておく必要がある。本報告では、4試験流域の直接流出率を網羅し、平成25(2013)年9月のヌタノ沢での台風による出水を事例に取り上げ、施業前の直接流水の状況を把握した。

試験流域の内、解析が進んでいる大洞沢、貝沢およびヌタノ沢の直接流出量と降水量の関係を図14に示した。直接流出量は、降雨強度が表土の飽和透水係数より大きい場合(森林土壌が雨で飽和)に、降水の殆どが表面流出となって流下し、直接流出率は100%(グラフ上45°)に近い値となる。したがって、高い流出率が確認されている流域では、地表の透水性が低いか、不透水性地盤により、地下水が深部浸透し難いなどが考えられる。

これまでに試験流域で確認された直接流出率の値を見ると、各流域共に少雨の場合は森林の降雨遮断や不足水分補充などに消費され、直接流出がほとんどない降水量が認められる。無流出の降水量は、大洞沢が40mm、貝沢が20mm、ヌタノ沢が30mmと読み取れる。さらに、大洞沢、貝沢では100～150mm以上の降水量に対してはほぼ1対1(45°)の関係で、降った雨が流出する。しかし、ヌタノ沢ではB沢

で100mmを越える降水量に対してやや勾配が大きくなるが、大きな変化は認められない。飽和透水係数に達したときの降水量は地表の透水性の善し悪しを示すと考えられる。直接流出率は、それ以下の降水量に対しては、大洞沢で28～35%、貝沢が8.7～11.6%、ヌタノ沢が13%、1事例であるがクラミ沢が9.8%、フチジリ沢が14.4%であった。

4流域の土層厚分布を図15に示した。土層厚は、大洞沢の地滑り崩壊地、尾根および南斜面で、貝沢では尾根で、ヌタノ沢では標高が低い尾根(人工林地)で、クラミ沢・フチジリ沢では尾根で土層厚保が大きい。各流域の土層厚の算術平均値は大洞沢が1.74m、貝沢が1.67m、ヌタノ沢A沢が1.43m、B沢が2.29m、そしてクラミ沢・フチジリ沢が2.74mであった。直接流出率の値は流域の地表条件を反映していると考えられ、引き続き解析する必要がある。

さらに、雨後の隣接する施業の実施流域と対照流域のピーク流量を比較すると、ヌタノ沢A沢・B沢やクラミ沢・フチジリ沢のように、雨の直後は流域面積に比例した水量が観測され、流量は肩を並べるほどとなるが、A沢の継続時間がB沢より6時間長く、比流量が0.59mm/時大きい。さらに、渇水時の比流量が小さいA沢やクラミ沢で流量の増減率が大きく、ピーク流量がB沢やフチジリ沢より多くなるが、出水後しばらく経って逆転する。このような違いは、流域の地表の植生や水文地質を反映していることから、施業効果検証のため追跡調査する必要がある。

V おわりに

本調査結果で取りまとめた試験流域の洪水時の流出、流程流量・水質調査結果から、4試験流域間にそれぞれ特徴が把握され、解析調査対象となっている小流域間で差が認められた。とくに、流出に見られた違いの主要因は、大洞沢の地這り崩壊地、ヌタノ沢の風化基盤岩など、流域を構成する地形・地質にあると考えられた。したがって、流出率の差や水収支の違いについて、流域特性との相互関係を明確にした上で、各流域で得られた特徴を踏まえて、施業後の変化を捉えていく必要がある。

流程流量調査によって、地下水の流出涵養が卓越する場所、渓流水が伏没浸透する範囲を定性的に把握することが出来た。施業に対する影響の定量的評

価に向け、引き続き地下水の涵養・流出の状況を各流域モデルに反映させ、モニタリングポイントの想定と影響予測を行い、予測結果に基づくモニタリングと効果検定に結びつけたい。

VI 謝辞

本調査を実施するにあたり、当所の企画部長の山根正伸博士、研究連携課の西口孝雄課長には、業務の進行、調査結果の取り纏めへの有意義な示唆を頂き、大平充特別研究員には現地調査で補助を頂いた。また、東京大学名誉教授鈴木雅一先生、東京農工大学名誉教授石川芳治先生、東京農工大学準教授白木克繁先生ほか多くの先生方から検討会を通して貴重なご意見をいただいた。厚くお礼申し上げます。

VII 参考文献

- 五名美江・蔵治光一郎 (2012) ハゲ山に森林を再生した小流域における降雨量-直接流出量関係の長期変化. 日林誌、94 : 214-222.
- 五名美江・蔵治光一郎 (2013a) ハゲ山に森林を再生した小流域における年損出量と年蒸発量の長期変化. 日林誌、95 : 109-116.
- 五名美江・蔵治光一郎 (2013b) ハゲ山に森林を再生した小流域におけるピーク流出係数の長期変化. 日林誌、95 : 315-320.
- 神奈川県 (1986) 重要水源山地整備治山事業調査報告書、336pp.
- 真板英一・鈴木雅一 (2009) 山地森林小流域における直接流出量の定量的解析. 水文・水資源学会誌、22 : 342-355.
- 宮下雄次 (2001) 酒匂川流域における流域平均標高と河川水の酸素同位体比との関係. 神奈川県温泉地学研究所報告、32 : 7-16.
- 森康二・多田和宏・左藤壮・柿澤展子・内山佳美・横山尚秀・山根正伸 (2013) 神奈川県水源エリアの3次限水循環モデル、神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 215-223.
- 中嶋伸行・板寺一洋・藤森博英 (2001) $\delta^{18}O$ をトレーサーとした規模の異なる降雨における河川流出成分の分離結果の比較-東丹沢・大洞沢森林流域の事例-. 神奈川県自然環境保全センター研究報告、28 : 1-6.
- 中野秀章 (1976) 森林水文学、215pp、共立出版、東京.
- 中村太郎・佐藤務・安原正也 (2002) 御嶽山東斜面における天水の高度効果、日本水文学会誌、32 : 135-147.
- 小田智基・鈴木雅一・内山佳美 (2013) 東丹沢大洞沢試験流域における水収支・流出特性-地下部における水井道の影響-. 神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 47-52.
- 白木克繁・片岡宏介・工藤司 (2013) 貝沢試験流域における三流域の降雨流出特性と浮遊土砂動態、神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 81-89.
- 鈴木秀和・宮下雄次・高橋浩・安原正也 (2011) 箱根外輪山斜面に分布する湧水の水質および同位体組成. 神奈川県温泉地学研究所報告、43 : 29-38.
- 塚本良則 (編) (1992) 森林水文学、291pp、文永堂出版、東京.
- 内山佳美・山根正伸 (2013) 対照流域法によるモニタリング調査のための観測システムの整備. 神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 13-21.
- 内山佳美・山根正伸・横山尚秀・山中慶久 (2013) 神奈川県における水源環境保全・再生施策の検証方法とその実施状況. 神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 1-12.
- 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏 (2015) 西丹沢ヌタノ沢の流出特性. 神奈川県自然環境保全センター報告、13 : 39-47.
- 内山佳美・相原敬次・飯田勝彦・板寺一洋 (2009) $\delta^{18}O$ をトレーサーとした短期流出特性把握におけるサンプリング方法の検討. 神奈川県自然環境保全センター報告、6 : 63-68.
- 山本荘毅 (1983) 地下水調査法、490pp、古今書院、東京.
- Yamamoto, Soki (1995) Volcano body springs in Japan. 264pp, Kokon-Shoin, Tokyo.
- 横山尚秀・内山佳美・山根正伸 (2013) 西丹沢ヌタノ沢の水文地質と流出状況. 神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 101-113.
- 横山尚秀・内山佳美・左藤壮・山根正伸 (2013) 試験流域の水文地質等の流域特性. 神奈川県自然環境保全センター報告、10 : 203-214.
- 横山尚秀・内山佳美・三橋正敏 (2014) 東丹沢大洞

- 沢の水文地質と流出機構. 神奈川県自然環境保全センター報告、12：1-16.
- 横山尚秀・内山佳美・三橋正敏（2015）フチジリ沢・クラミ沢流域（箱根外輪山東麓）の水文地質について. 神奈川県自然環境保全センター報告、13：25-37. 98
- 横山尚秀・内山佳美・左藤壮・山根正伸（2013）試験流域の水文地質等の流域特性、神奈川県自然環境保全センター報告、10：201-214.
- 早稲田周（2016）1980～1983年に実施した天然水安定同位体組成の研究. 日本水文科学会誌、46：117-122.

西丹沢ヌタノ沢における濁度計による浮遊土砂観測結果

内山佳美*・横山尚秀*・三橋正敏*・島田武憲*

Suspended sediment observation using a turbidity meter in Nutanosawa Watershed in Tanzawa Mountains

Yoshimi Uchiyama*, Takahide Yokoyama*, Masatoshi Mitsuhashi*
and Takenori Shimada*

I はじめに

丹沢山地では、近年のニホンジカ（以下、シカという。）の高密度化や人工林の手入れ遅れにより森林の下層植生が衰退し、降雨に伴って土壌侵食が発生している。このため、神奈川県では、水源かん養機能等の森林の公益的機能の観点から、人工林の間伐やシカの管理を行い、衰退した下層植生を回復させて土壌を保全する対策を推進している（神奈川県、2016）。

下層植生回復による水源かん養機能改善効果の一つとして、流域内斜面の降雨に伴う土壌侵食量が減少することによって、溪流を流下する土砂のうち粒径が小さく渓流水中を浮遊・懸濁した状態で流下する細粒土砂（浮遊土砂）の量が減少すると予想される（内山ほか、2013a）。しかし、シカによる下層植生衰退地における地表流流出量や土壌侵食量の実態とそれに基づく斜面スケールの土壌流出機構はすでに解明されているものの（若原ほか、2008、初ほか、2010、海虎ほか、2012）、流域スケールにおける斜面の土壌侵食に由来する溪流の浮遊土砂流出は、多くの要因が関係し単純でなく、実態を把握した例も限られる（石川ほか、2013 など）。

溪流における浮遊土砂観測には、直接濁水を採取して土砂濃度を測定する手法、濁度計により間接的に測定する手法等が用いられる。特に連続観測といった面では濁度計による手法が有効であるが、測定環境の変動も大きく測定精度の確保が課題である

ほか、濁度計の粒径依存性にも留意が必要である（田村ほか、2016）。こうしたことから、個々の溪流における実際の浮遊土砂観測において、実務面での手法を確立していく必要がある。

酒匂川水系三保ダム上流域のヌタノ沢では、2000年代以降にシカが増えて下層植生が衰退したことから、現在は、植生保護柵によりシカを排除した流域とシカを排除しない流域との隣り合う2流域の比較試験により、県が実施するシカ対策による下層植生回復と下流への水や土砂の流出への効果について検証を進めている。2014（平成26）年4月に植生保護柵が設置された流域は、現在、下層植生の回復途上にあり、今後は浮遊土砂流出等の変化を検証する段階となる。そこで、今後の検証に先立ち、ヌタノ沢における2011（平成23）年4月～2016（平成28）年12月までの濁度計による浮遊土砂観測の結果を整理し取りまとめた。

II 調査方法

1 試験流域の概況

試験流域は、酒匂川水系三保ダム上流、中川川右岸の標高530～705mに位置する（北緯35°28'N, 東経139°03'E）ヌタノ沢試験流域である（図1）。流域面積は、A沢が3.8ha、B沢が3.1haであり、各流域末端に量水堰が設置されている（図2）。下流側の尾根の緩傾斜地を中心にスギやヒノキの人工林が分布し、それ以外の急傾斜地はイヌシデ等の落

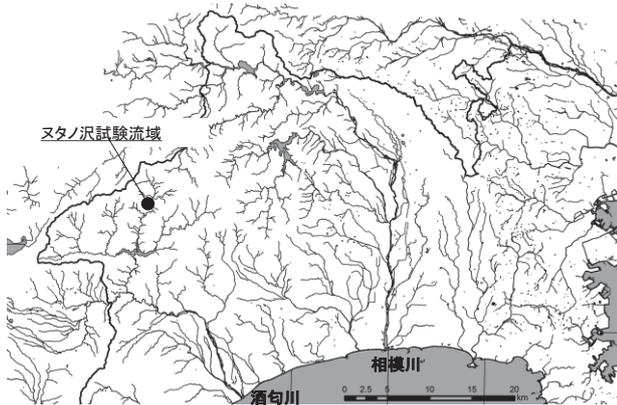


図1 位置図

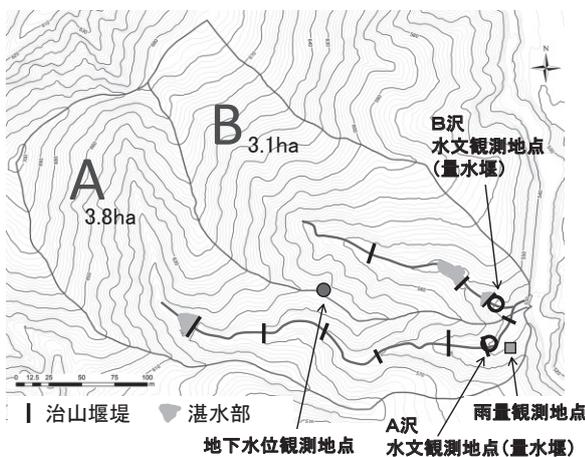


図2 ヌタノ沢試験流域

葉広葉樹、また両流域の間の尾根の上流側にはウラジロガシ等の常緑広葉樹が分布する。シカの影響で下層植生はほとんど無いかミツマタ等のシカの不嗜好性種が部分的に繁茂し、急傾斜地を中心にリター堆積も少なく土壌侵食がみられる。一方、植生保護柵で囲まれたA沢の流域内は、特に2015(平成27)年頃から下流側の沢沿いを中心に柵の無いB沢と比べて下層植生や低木が顕著に増加しつつある。

両流域は東方に平行して開けた隣り合う急峻な谷であるが、A沢よりもB沢の河床のほうがやや低い。地質は主に石英閃緑岩で風化が進み、北東～南西方向の節理が発達している。このような地形や地質の特徴が、各流域の流況、すなわち流程変化および時系列変動においてA沢は不安定でB沢は安定的といった流出特性に影響している(横山, 2013)。また、両流域とも河道には複数の治山堰堤が設置されており(図2)、A沢では最上流の1基以外はすべて満砂・伏流し河道の大部分が浸透域であるが、B沢は最上流の1基を除いてすべて湛水し、源頭の湧水から流

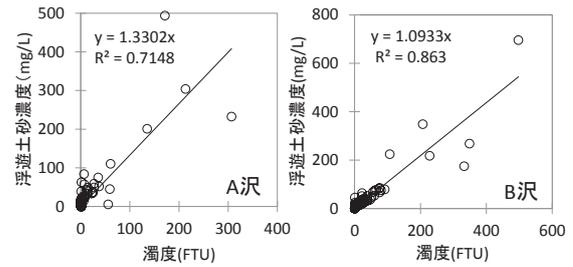


図3 採水試料の浮遊土砂濃度と濁度の関係

域末端までほぼ水流が連続する。このような河道の状態の相違は、流域ごとの短期流出の特性、特に直接流出量にも影響している(内山ほか, 2015)。なお、年平均降水量は2311mm(2012～2016年)、年平均気温は12℃である。

2 降雨量・流量

2011(平成23)年3月に整備された観測施設(内山ほか, 2013b)によって、降水量は、A沢の量水堰付近にてヒーター付き転倒ます式雨量計(太田計器製作所OW-34-BP)により10分間隔、流量はA沢及びB沢の各量水堰において圧力式水位計(ウジン製UIZ-GY1000A)により10分間隔で水位を測定し流量に換算した(内山ほか, 2015)。

3 濁度

濁度は、各量水堰に設置されたワイパー付きの透過光式濁度計(OPTPREX製TC500)により10分間隔で測定し、センサ出力値をホルマジン度(FTU)に換算した。なお、センサの測定範囲は0～500FTUである。また、降雨や大きな水位変動の無いときに、前後の値とは不連続に1～3データのみ数十や数百の高い濁度値が記録されたものは異常値として扱った。

4 浮遊土砂量

2013(平成25)～2016(平成28)年にかけて各量水堰に設置した自動採水器により出水の前後を通して1または2時間間隔で渓流水を採取し、持ち帰った試料を事前に乾燥重量を測定したフィルター(1.0μm)を用いて吸引濾過した後、フィルターを乾燥・秤量して浮遊土砂量を求め試料量で除して浮遊土砂濃度を求めた。採取できた全9回の出水の試料(計180試料)の浮遊土砂濃度と同時刻に観測された濁度の関係(図3)から、連続測定で得られ

た濁度の値を浮遊土砂濃度に換算し、それに流量を乗じた値を浮遊土砂量とした。なお、濁度計の粒径依存性を考慮し、流域ごとに浮遊土砂濃度と濁度の関係を求めた。

Ⅲ 調査結果

1 濁度の連続観測の概況

平水時の濁度は、A 沢、B 沢ともに 2FTU 以下であった。降雨に伴う増水時にはピークが数十～数百 FTU に達する濁度の顕著な上昇がみられ、その後の減水に伴い降雨前の濁度の値に戻った。また、台風等による断続的な降雨の間は、降雨強度の変化に流量が

鋭敏に反応して増減するが、同様に濁度も増減した(図 4)。増水時に量水堰の一部に土砂が堆積した場合も、減水後に高い濁度が継続することは無く降雨前の濁度の値に戻った。

このような濁度上昇事例の件数をみると、総降雨量 1 mm 以上の降雨イベント(年間総件数 90 件程度)に対し、明らかな濁度の上昇は年間で十数回程度認められた。その内訳をみると、発生時期では四季を通じて発生し、特に台風等により大雨が多く発生する夏季(7～9月)の件数が最も多かった。さらに年間で 0～2 回は、量水堰への土砂堆積が伴い(ただしすべて A 沢のみ)、濁度計の測定範囲を超える高濃度の濁度も年間で 0～2 回発生した(表 1)。

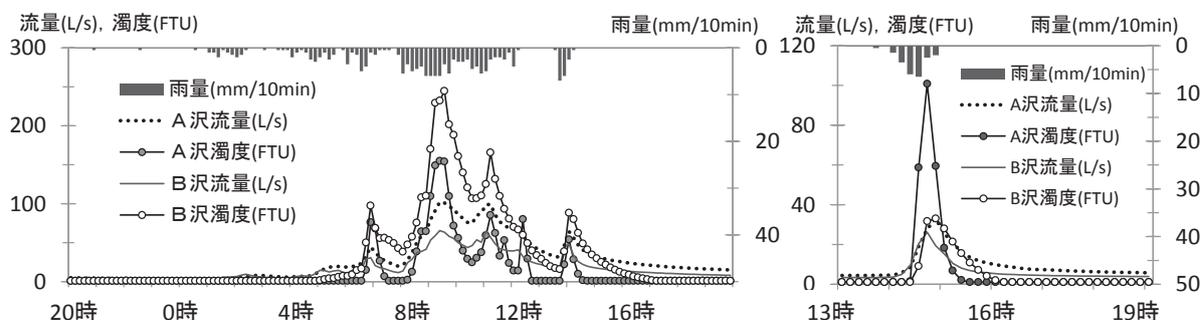


図 4 増水時の降雨量・流量・濁度の観測事例(10分間隔測定値)

左: 2015年9月8日20:00～9月9日19:50(総降雨量165mm、最大時間雨量7.0mm)

右: 2015年7月24日13:00～19:00(総降雨量22.5mm、最大時間雨量22.0mm)

表 1 年間の浮遊土砂の発生件数と季節等の内訳

年	年間発生件数	発生季節内訳				観測属性内訳						ヒステリシス内訳							
		冬季	春季	夏季	秋季	A沢			B沢			A沢			B沢				
						初期流量なし	堰への土砂堆積あり	濁度測定範囲越え	初期流量なし	堰への土砂堆積あり	濁度測定範囲越え	時計まわり	反時計まわり	その他	発生なし・わずか	時計まわり	反時計まわり	その他	発生なし・わずか
2011	15	0	6	6	3	0	2	2	0	0	1	8	0	6	1	0	9	6	0
2012	13	4	4	3	2	0	2	2	0	0	1	6	4	3	0	0	9	1	3
2013	11	2	3	5	1	0	1	2	0	0	0	3	4	0	4	4	6	0	1
2014	12	2	1	6	3	6	0	0	0	0	0	3	1	2	6	3	6	3	0
2015	14	0	3	8	3	1	1	1	0	0	1	2	4	7	1	1	10	3	0
2016	16	0	2	9	5	3	1	1	0	0	1	3	1	4	8	2	11	3	0
計	81	8	19	37	17	10	7	8	0	0	4	25	14	22	20	10	51	16	4

※2011は1～3月を除く。2011.7.19、2011.9.2～4の出水はデータ欠測のため件数に含まず。

※発生季節の区分は、冬季1～3月、春季4～6月、夏季7～9月、秋季10～12月。

※ヒステリシスの区分のうち、その他は、八の字、直線、複雑型など。

また、流量と濁度の時系列推移（ヒステリシス）の出現タイプを見ると、A沢とB沢で傾向が異なり、A沢では比較的時計まわり（図5）が多いが他のタイプもある程度見られ、一方B沢は反時計まわり（図5）が全体の6割以上と突出していた（表1）。たとえば、谷ら（2012）によるとヒステリシスには浮遊土砂供給機構の違いが反映され、河床堆積物や溪岸の土砂が増水に伴って供給された場合には浮遊土砂流出が流量のピークに先行する時計まわりのヒステリシスが出現し、上流部の斜面の侵食により供給された場合には出水の後期に浮遊土砂流出が多くなる反時計まわりのヒステリシスが出現するとされている。しかし、ヌタノ沢の特にB沢には堰堤の湛水部が2か所あり、少なくとも河道降雨により降雨初期に速やかに流量が増加することに加え、河道の湛水部によって浮遊土砂濃度の上昇の時間遅れが予想されるため、このような河道の状況もヒステリシスに反映していると考えられた。

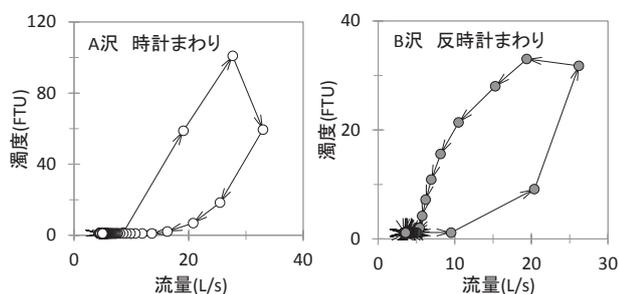


図5 流量と濁度の時系列推移の例（2015年7月24日）

2 降雨量と浮遊土砂量

2012（平成24）～2016（平成28）年の総降水量1mm以上の降雨を対象に、降雨と浮遊土砂量の関係を示した（図6）。1回の降雨イベントあたりの総降水量で見ると、50mm程度までは浮遊土砂量の増加はほとんど見られないが、それ以上になると少量の浮遊土砂流出が見られるようになり、さらに200mmを超えると浮遊土砂量が顕著に多くなる事例が見られた。時間最大雨量（毎正時区切り）で見ると、20mm以上で浮遊土砂量が多くなる事例が見られた。また、A沢とB沢の同程度の降雨イベントにおける浮遊土砂量を比較すると、全般的にB沢よりA沢のほうが多かった。

石川ら（2013）による堂平地区の観測では、同程度の降雨でも春季と秋季に比べて夏季の浮遊土砂量のほうが大きいという季節性が認められている。しかし、図6では季節によって降雨規模が異なり、同程度の降雨に対する浮遊土砂量の季節性までは確認できなかった。

表1の増水時の濁度上昇事例全81件を対象に、降雨と浮遊土砂量の関係をより詳細に調べた。ただし、A沢に関しては、初期流量（降雨開始直前の流量）がゼロ、すなわち渇水で水が枯れた状態（量水堰の越流が無い状態）から増水したもの全10件を除いた。図7から、総降水量と浮遊土砂量、最大時間雨量（毎正時区切りでなく任意の1時間）、と浮遊土砂量に関しては相関が認められ、最大時間雨量

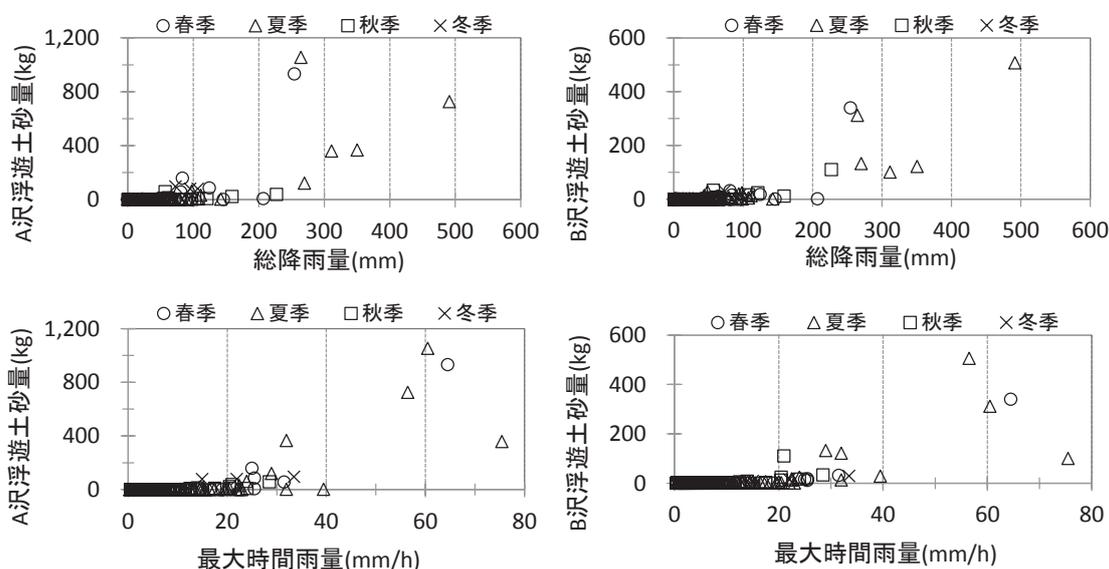


図6 総降雨量、最大時間雨量と浮遊土砂量の関係

5.0 mm/h以下における降雨イベントの浮遊土砂流出事例は無かった。また、最大10分間雨量と浮遊土砂量の相関は比較的弱く、浮遊土砂流出事例の最大10分間雨量の最小値は1.5mmであった(図7)。

3 ピーク流量と浮遊土砂量

ピーク流量、浮遊土砂量ともに指数関数的に増大し、両者の関係には相関が認められた(図8)。こ

れは、石川ら(2013)による堂平地区の浮遊土砂観測と同様であった。また、ピーク濁度とピーク流量の関係については、浮遊土砂量よりも相関は低かった(図8)。ピーク流量はピーク濁度と同様に10分間隔の測定値のピークであるが、ピーク流量には降雨イベントあたりの増水の規模がある程度反映され、浮遊土砂量との相関のほうが高くなったと考えられた。

4 浮遊土砂量の経年変化

比較的相関の高かった最大時間雨量と浮遊土砂量、ピーク流量と浮遊土砂量の関係について、初期流量ゼロと濁度計の測定範囲を超えた事例を除いてそれぞれ経年変化を調べた。最大時間雨量と浮遊土砂量の関係では、両流域ともに年による違いは明瞭でなく、ピーク流量と浮遊土砂量の関係では、B沢は年による違いがないものの、A沢では、特にピーク流量50L/s以下で2014(平成26)年までの浮遊土砂量に比べて2015(平成27)~2016(平成28)年の浮遊土砂量のほうが少なかった(図9)。

この結果に関して、A沢のピーク流量、つまり短期流出の特性のほうに年変動が生じている可能性もあることから、ピーク流量と浮遊土砂量のそれぞれについて、A沢とB沢の値を比較した。A沢とB沢のピーク流量は、多くの降雨イベントで概ね1:1の関係にあり、B沢がA沢を大きく上回ることは無かったが、A沢がB沢を下回る事例は2013、2014、2016年で多かった(図10)。A沢のピーク流量がB

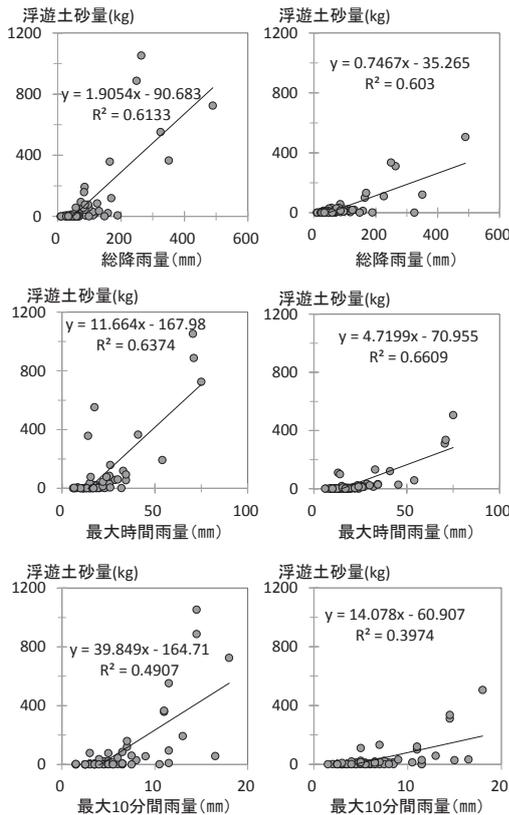


図7 降雨と浮遊土砂量の関係(左:A沢, 右:B沢)

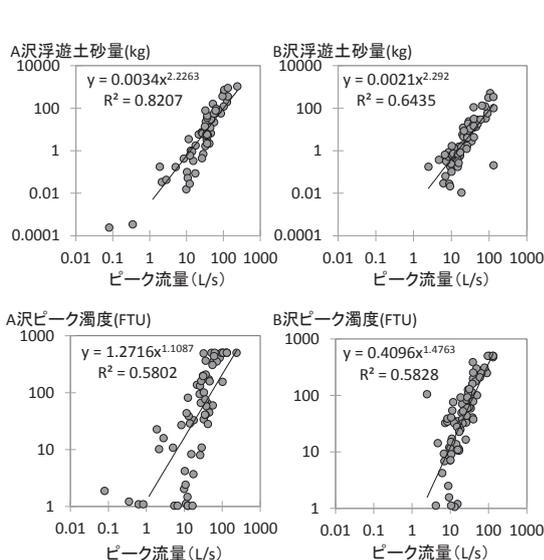


図8 ピーク流量と浮遊土砂量、ピーク濁度の関係

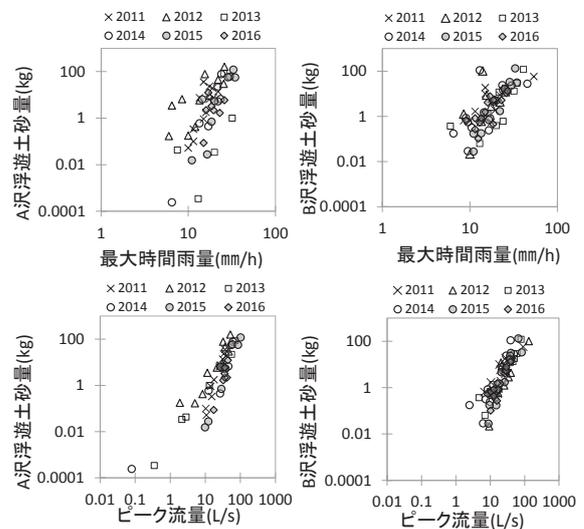


図9 浮遊土砂量の経年変化(上:最大時間雨量と浮遊土砂量, 下:ピーク流量と浮遊土砂量)

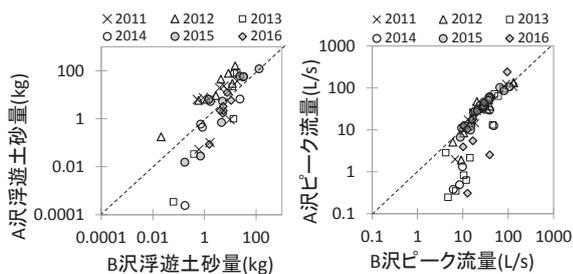


図10 A 沢と B 沢のピーク流量、浮遊土砂量の比較

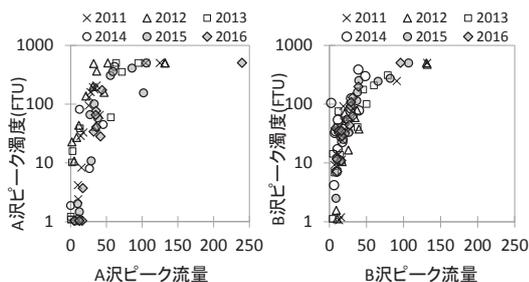


図11 ピーク流量と濁度の時系列変化

沢のそれを下回る現象については、筆者ら (2015) がヌタノ沢の短期流出の特性で指摘したように初期流量の相違が反映したと考えられる。つまり、B 沢では平水時も常に豊富な流量が維持されるが A 沢では湧水時に水が枯れるなど平水時の流量が不安定であることから、それが個々の降雨イベントにおける A 沢の直接流出量さらにはピーク流量のばらつきに反映したと考えられた。

A 沢と B 沢の浮遊土砂量の比較では、B 沢に対して A 沢が上回る事例は、2011、2012 年が多く、B 沢に対して A 沢が下回るまたは同程度の事例は、2015、2016 年が多かった (図 10)。浮遊土砂量は、浮遊土砂濃度に流量を乗じていることから、直接的には流量の加味されていないピーク濁度の値で同様に経年変化を調べた。図 11 から、B 沢のピーク流量とピーク濁度の関係には年による違いは認められない。しかし、A 沢に関しては、特にピーク流量 50L/s 以下の場合に同程度のピーク流量でも 2015、2016 年の濁度の値が低く、ピーク流量と浮遊土砂量の関係の経年変化と同様であった。

以上のことから、B 沢では、2011～2016 年にかけての短期流出と浮遊土砂流出の特性にはほとんど変化が見られないが、A 沢に関しては、年ごとの浮遊土砂量の比較において経年変化に加えて初期流量等の個々の降雨イベントごとの条件の相違も影響している可能性があるため、今後はそれらも考慮して

検証していく必要があると考えられた。

IV まとめ

ヌタノ沢において今後予想される A 沢の流域全体の下層植生回復と、それによる水や土砂の流出の変化の検証に先立ち、観測開始以降の濁度計による浮遊土砂観測結果を整理した。ヌタノ沢における浮遊土砂流出実態として、浮遊土砂は最大時間雨量 5 mm 以上で発生し、最大時間雨量 20 mm 以上、総降雨量 50 mm 以上で浮遊土砂量が増加する事例が見られた。また、両流域の流量と濁度のヒステリシスの相違や A 沢の降雨イベントごとの浮遊土砂量のばらつき等からも、浮遊土砂量と直接流出量等の短期流出は、密接に関係していることが改めて確認された。

今後の浮遊土砂量の変化には、量の経年変化だけでなく、浮遊土砂の発生する降雨や流量等のしきい値の変化、あるいは浮遊土砂の粒径の変化やヒステリシスの出現パターンの変化などの可能性も考えられる。このため、流域内の斜面からの細粒土砂の供給と河道における細粒土砂滞留・浮遊土砂流出といった流域スケールの一連の浮遊土砂流出プロセスを念頭に、直接流出等の短期流出と浮遊土砂流出の変化を一体として検証していく必要がある。

V 引用文献

- 海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美 (2012) ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流出率に与える影響, 日本森林学会誌 94, 167-174
- 石川芳治・内山佳美 (2013) 東丹沢堂平における流域スケールでの土壌保全対策効果の検証, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10: 37-45
- 神奈川県 (2016) 第3期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画, 10-11, 48pp, 神奈川県
- 初磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美 (2010) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壌浸食量の関係, 日本森林学会誌 92:261-268
- 田村圭司・小菅尉多・内田太郎・永田葉子・小杉賢一朗・水山高久 (2016) 山地河川における浮遊土砂観測の課題と対応, 砂防学会誌, Vol. 69, No. 4: 3-9

- 谷寧人・堤大三・水山高久（2012）流砂観測に基づく土砂移動特性の評価及び土砂供給源の推定, 砂防学会誌, Vol. 65, No. 3 : 21-28
- 内山佳美・山根正伸（2013a）神奈川県における水源環境保全・再生施策の検証方法とその実施状況, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10 : 1-12
- 内山佳美・山根正伸（2013b）対照流域法によるモニタリング調査のための観測システムの整備, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10 : 13-21
- 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏（2015）西丹沢ヌタノ沢の流出特性, 神奈川県自然環境保全センター報告, 13 : 39-47
- 若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮 貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美（2008）ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化-丹沢山地堂平地区のシカによる影響-, 日本林学会誌 90:378-385
- 横山尚秀・内山佳美・山根正伸（2013）西丹沢ヌタノ沢の水文地質と流出状況, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10 : 101-113

猟区を活用した狩猟者育成手法検討の取組

永田幸志*・亀山明子**

I はじめに

全国的にシカやイノシシの個体数増加による森林被害や農林業被害が深刻となっている（小泉 2013, 環境省 2016）。個体数増加の要因としては、積雪量の減少や中山間地域の過疎化などによる耕作放棄の拡大など（環境省 2015）のほか、狩猟者の減少による捕獲圧の低下が指摘されている（小泉 2013）。これまで、狩猟者は個人の趣味として獣類を捕獲してきたほか、有害鳥獣捕獲等の従事者として地域の野生鳥獣の個体数調整において重要な役割を果たしてきた。しかし、狩猟者人口は全国的に減少傾向にあり、特に銃猟者人口の減少は深刻である（松浦・伊吾田 2011）。

神奈川県においても、昭和 50 年代以降狩猟免許所持者は減少傾向にある（野生動物保護管理事務所 2013）が、農家が自ら捕獲に携われるよう、県がわな猟免許取得を推進してきたことや、銃猟者育成の取組として、かながわハンター塾を開催したこと等により、狩猟免許所持者数はここ数年横ばいで推移している（神奈川県 2016）。しかしながら、狩猟免許所持者数のうち、60 歳以上が占める割合は 6 割以上となっており（野生動物保護管理事務所 2013）、将来の捕獲の担い手不足が危惧される状況に変わりはない。

全国的な狩猟者減少対策として、環境省をはじめ各自治体により、狩猟に関するセミナーや交流会開催等、狩猟免許取得を推進するための取組が進められている。しかしながら、狩猟免許取得者が実際に狩猟を開始するまでには、各地域での猟場の情報収集や狩猟をするグループへの加入等が必要であり、狩猟免許取得者の増加が実際の狩猟者増加に結びついていない可能性も考えられる。

一方で、神奈川県には、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律（以下、鳥獣保護管理法という）に基づき設定された猟区が 4 箇所ある（神奈川県 2017）。鳥獣保護管理法に定められているように、猟区は、狩猟鳥獣の生息数を確保しつつ安全な狩猟の実施を図ることを目的としており、鳥獣の適正管理や狩猟者減少対策に活用できる可能性をもっている。そこで、猟区の現状や課題等を把握し、関係者との意見交換を行いながら、野生鳥獣の個体数調整の担い手や狩猟者の育成の場としての活用の可能性を検討することとした。

なお、本報告中の情報収集・整理や狩猟者へのアンケート、ワークショップの開催については、神奈川県自然環境保全センターが（株）ランズ計画研究所に委託して実施した。

II 方法

1 情報収集・整理

神奈川県内の 4 箇所の猟区（清川村猟区、相模原市鳥屋猟区、山北町三保猟区、山北町世附猟区）について、猟区設定者への聞き取り等により入猟者数等の情報収集を行った。

2 狩猟者へのアンケート調査の実施

狩猟者の猟区の利用状況や猟区に関する認識について把握するため、公益社団法人神奈川県猟友会（以下「県猟友会」という）の会員に対して、文書依頼・文書回答の形式でアンケート調査を行った（平成 26 年 11 月～平成 27 年 2 月に実施）。アンケート調査は、県猟友会事務局に依頼して、各支部を経由して会員にアンケート用紙と回収用封筒を郵送するとともに、神奈川県が実施するシカ管理捕獲時に、従事者である県猟友会会員にアンケート用紙と回収用

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部自然再生企画課（〒 243-0121 神奈川県厚木市七沢 657）

（現所属：神奈川県西地域県政総合センター森林部森林保全課）

** 株式会社ランズ計画研究所（〒 220-0004 横浜市西区北幸 2-10-36 KDX 横浜西口ビル 6F）

封筒を配布する方法で実施した。

検討を行い、実施可能なものを試行した。

3 ワークショップの開催

1、2の情報を整理した後、猟区関係者（市町村担当職員と管理委託先）および狩猟者、経験年数の短い狩猟者、狩猟に興味のある一般者等39名が参加して、猟区の課題の抽出と解決方法、今後の猟区のあり方などについて意見交換するワークショップを開催した（開催日：平成27年3月12日）。

ワークショップは以下の手順で進行した。

- ①参加者全員へ猟区の現状や狩猟者へのアンケート結果を報告し、基礎情報の共有を図った。
- ②参加者を3グループに分けて、ファシリテーターの進行で、猟区の課題と解決方法、今後のあり方等について自由に意見交換を行った。ファシリテーターは、(株)ランズ計画研究所社員が行った。
- ③各グループの意見交換の結果をファシリテーターが発表し、全体での意見交換を行い、意見の整理を行った。

4 猟区を活用した取組の検討・試行

ワークショップでの意見交換等の結果を踏まえて、関係主体と調整しながら猟区を活用した取組の

III 結果

1 情報収集・整理

(1) 猟区の概況

丹沢山地は神奈川県の北西部にあり、その大部分が丹沢大山国定公園と神奈川県立丹沢大山自然公園に指定されている。また、丹沢山地の主稜線部を中心に広い範囲が丹沢大山鳥獣保護区（平成26年現在1万8346ha）に指定され、周辺部4箇所在市町村長が設定者となっている相模原市鳥屋猟区、清川村猟区、山北町三保猟区、山北町世附猟区が設定されている（図1）。各猟区から聞き取った概況は表1のとおりである。

いずれの猟区も30年以上の歴史を持ち、最も古い相模原市鳥屋猟区は運営開始から100年近く経っている。各猟区とも、猟区の維持管理や巡視等は、地元の狩猟者や住民から組織される鳥獣保護協会へ委託しており、猟期中の土日、祝日を入猟可能日としている。入猟承認料は猟区や捕獲対象により異なるが、5,000円～8,400円で設定され、山北町世附猟区と三保猟区の一部の区域以外は、案内人付きの

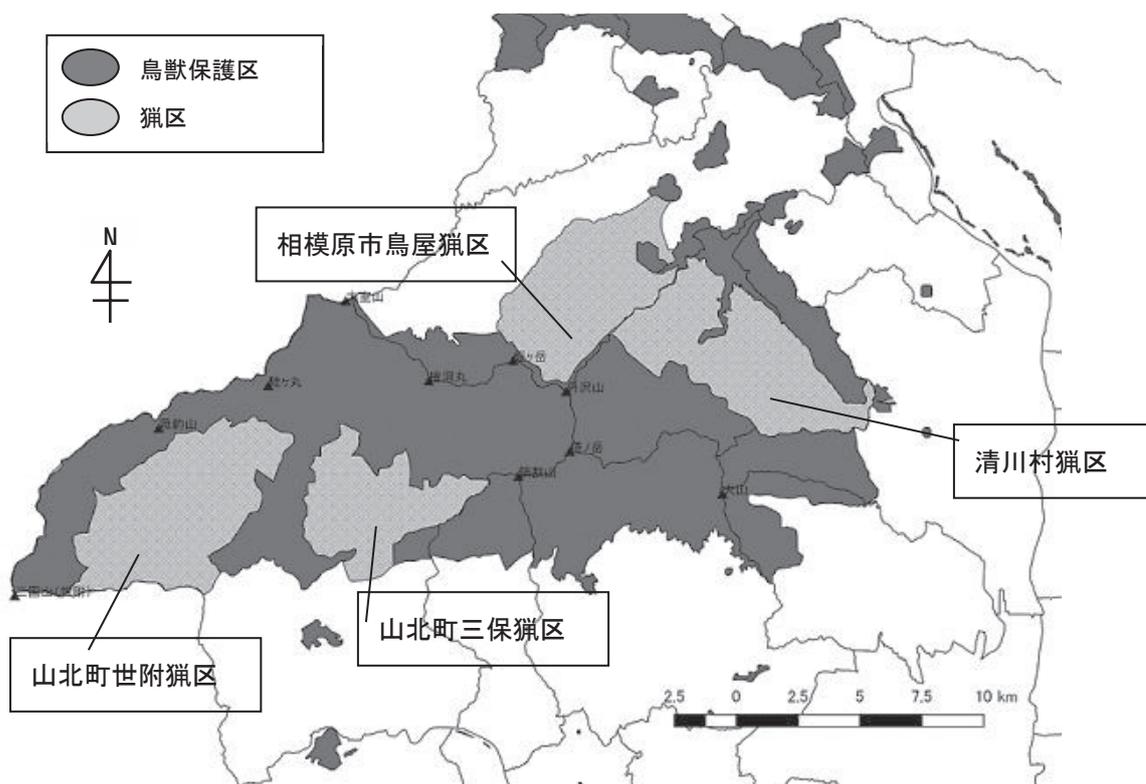


図1 猟区位置図

表 1 猟区の概況（平成 26 年現在）

猟区名称	相模原市鳥屋猟区	清川村猟区	山北町三保猟区	山北町世附猟区
猟区設定者	相模原市長	清川村長	山北町長	山北町長
運営開始年月日	大正 10 年	昭和 45 年	昭和 45 年	昭和 51 年
猟区面積	2,995ha	2,881ha	2,250ha	4,665ha
維持管理の方法	鳥屋鳥獣保護協会へ委託	清川村鳥獣保護協会へ委託	山北町三保鳥獣保護協会へ委託	山北町三保鳥獣保護協会へ委託
入猟期間・曜日など	11月15日から翌年2月末日までの間の開猟初日、土曜日、日曜日、終了日	11月15日から翌年2月末日までの間の開猟初日、日曜日、祝日、終猟日	10月15日から翌年3月15日までの土曜日、日曜日、祝日	10月15日から翌年3月15日までの土曜日、日曜日、祝日
狩猟対象鳥獣	ニホンジカ イノシシ 鳥類(キジ、ヤマドリ等)	ニホンジカ イノシシ	ニホンジカ イノシシ キジ、ヤマドリ キジバト コジュケイ	ニホンジカ イノシシ キジ、ヤマドリ キジバト コジュケイ
猟法の制限	・シカ・イノシシ 猟は組猟*のみ ・笛、網、わなの 使用禁止	・笛、音響機 器、網、わな の使用禁止	・シカ・イノシシ 猟は組猟のみ ・網、わなの使用 禁止	・シカ・イノシシ 猟は組猟のみ ・網、わなの使用 禁止
入猟承認料 (H26 時点・1 日あたり)	6,300 円/人 (猟種の指定が必要)	5,000 円/人	シカ 8,400 円/人 その他組猟 6,300 円/人 羽物猟 5,250 円/人	シカ 8,400 円/人 羽物猟 5,250 円/人
案内人等の有無	案内人有り	案内人有り	案内人有り（一部エリアは無し）	案内人無し

*組猟：複数の人数で行う巻き狩り

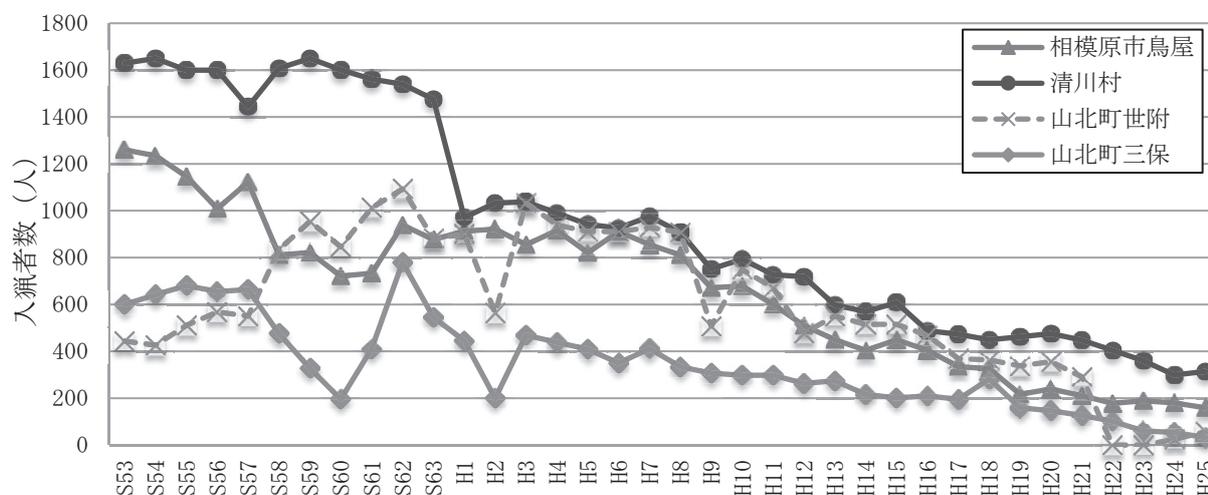


図 1 各猟区の入猟者数の推移

※山北町世附猟区は、台風による林道崩落のため H22, 23 は休猟した。

猟となっており、案内料は入料承認料とは別に支払うことになっている。猟区によっては鳥猟(羽物)も可能だが、主はシカ・イノシシの猟場となっており、猟法はいずれも銃猟に限られている。

入猟者募集の方法は猟区により異なり、広報により募集している猟区もあれば、過去の入猟者や案内人とのつながりにより、個別に入猟者を募集している猟区もあった。

(2) 入猟者数の推移

いずれの猟区も、最盛期には1猟期中に600人～1600人程度の入猟者があったが、平成3年度以降は減少傾向にある。平成25年度時点の入猟者は、いずれの猟区も最盛期の20%以下であり、特に山北町三保猟区、山北町世附猟区は、平成25年度の年間入猟者数が30～50人に留まっている(図1)。

2 狩猟者へのアンケート調査結果

アンケート用紙を配布した部数348部のうち、回答のあったのは176件(回答率51%)であった。設問と回答結果は図2-1～2-9のとおりであった(回答者の属性に係る設問も含め、設問多数のため主要なもののみ図示)。

図2-1, 2-2から、ほぼ回答者全員が猟区の実在を知っている一方で、今も利用していると回答した者は約18%に留まった。また、今も猟区を利用していると回答した者のほとんどは、シカ・イノシシの猟場として活用しており、6人から20人のグループで利用している者が90%近くを占めた(図2-3, 2-5)。入猟するグループは、猟友会支部、個人的なグループが半々だった(図2-4)。

また、今も猟区を利用していると回答した者が猟区を利用している理由としては、「日帰りで行ける」、「安全に猟ができる」、「案内人・犬の同行がある」が多く、日帰りで利用でき、安全性や自身の負担が少なくすむという理由から猟区を利用していると回答している者が多かった(図2-6)。一方で、猟区を利用したことがないと回答した者が猟区を利用しない理由としては、「入猟承認料や案内人のガイド料が高いから」「一緒に猟区に行く人がいないから」をあげる者が多く、費用と入猟に必要な人数が障害になっていることが伺えた(図2-7)。

しかしながら、猟区を利用したことがないと回答した者でも、「今後利用したい」「条件が合えば利用

したい」と回答している者が30%近くおり、利用する条件としては、費用と入猟人数をあげる者が多かった(図2-8, 2-9)。

3 ワークショップ(意見のまとめ)

(1) 猟区の現状と課題

狩猟者が減少していることを背景に入猟者数も減少し、継続的な運営に懸念がある猟区もでてきている。一方で、狩猟を始めたいという若い世代は増えてきているが、実際に猟場に出るまでの手順などに関する情報がないため、猟場に出られない、経験を積む場が不足しているという意見があった。特に、これから狩猟を始めたいという人にとって、猟区に限らず狩猟に関する情報が得にくく、関係機関による情報発信が不足している現状が明らかとなった。

また、猟区は、入猟日と入猟者が決められているため、安全に狩猟ができるというメリットがある一方で、既存のグループによる利用を前提とした運営が行われており、新たなグループの利用に向けた広報の充実や、少人数でも入猟できる仕組みの創設など、利用者のニーズに合わせた猟区運営が必要であることが指摘された。

(2) 今後の方向性

猟区に限らず、狩猟に関する情報発信を積極的に行うことで、新人狩猟者が実際に猟場に出やすい環境を整えることが必要であることが指摘された。また、入猟者が限定され、安全性が確保された猟区は、新人狩猟者が経験を積む場として適しているため、狩猟者育成の場として活用するなど、若い世代を呼び込む取組が必要との意見が多かった。さらに、狩猟者の多様なニーズに対応した運営に改善していく必要があることも指摘された。その他、多様な主体との連携、有害鳥獣捕獲や管理捕獲との調整、生息環境の改善などがあげられた。

4 考察

アンケートやワークショップから確認できた猟区利用に係る課題を表2にまとめた。県内の狩猟者が高齢化、減少傾向にあることを背景に、県内の猟区の入猟者数は減少しており、一部猟区では継続的な猟区運営に懸念があることが明らかとなった。入猟者数減少は、狩猟者のニーズの変化に合わせた運営方法の改善が不十分なことも一因となっている

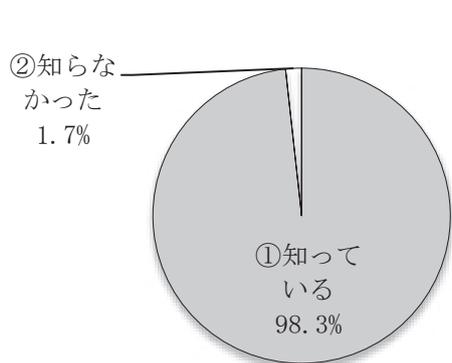


図 2-1 設問 1, 神奈川県に猟区があることを知っているか (n=173)

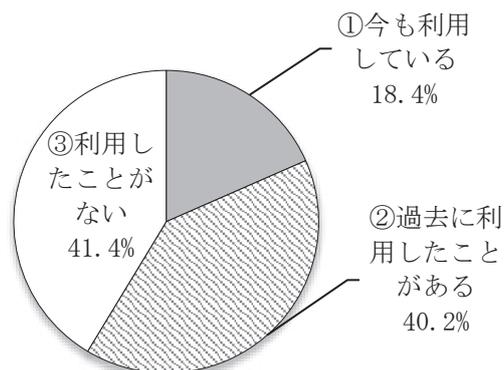


図 2-2 設問 2, 神奈川県の猟区を利用したことがあるか (n=174)

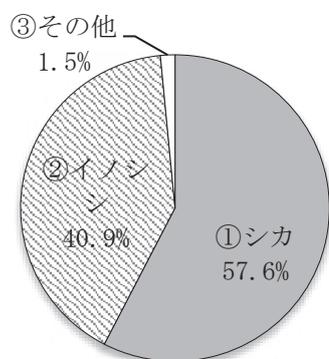


図 2-3 設問 3, 猟区での狩猟対象 (設問 2 「今も利用している回答者への設問」) (n=66)

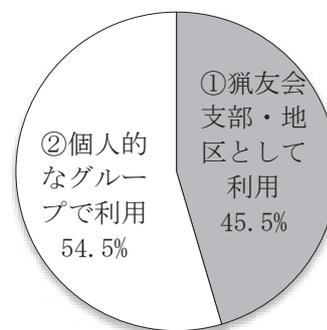


図 2-4 設問 4, 猟区はどのようなグループで利用しているか。(設問 2 「今も利用している回答者への設問」) (n=33)

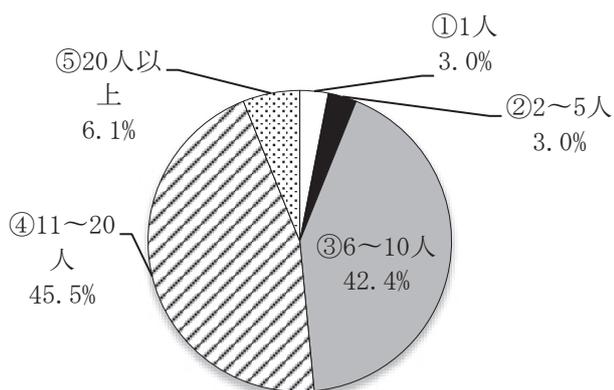


図 2-5 設問 5, 猟区は何人くらいで利用しているか。(設問 2 「今も利用している回答者への設問」) (n=33)

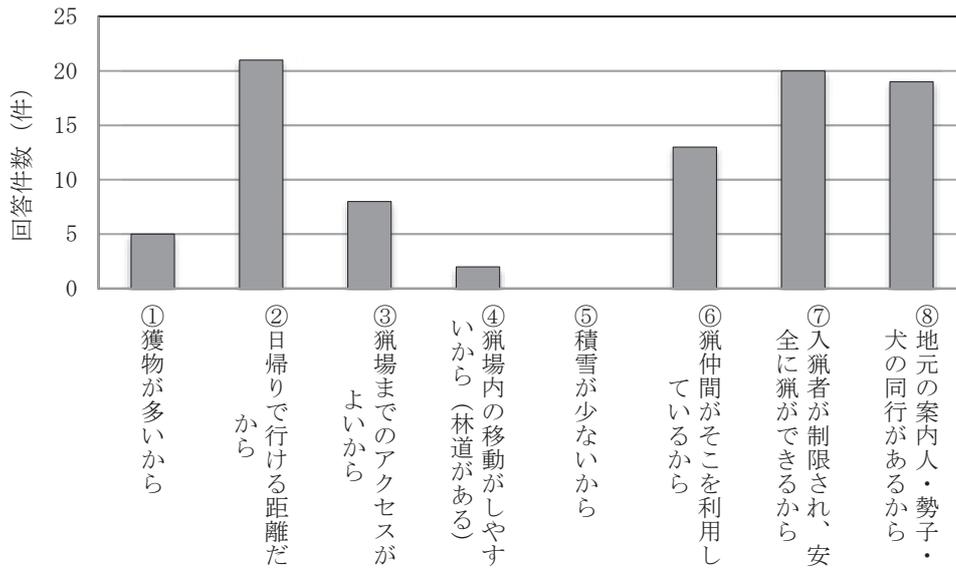


図 2-6 設問 6, 猟区を利用する理由 (設問 2 「今も利用している」回答者への設問, 3つまで回答可)

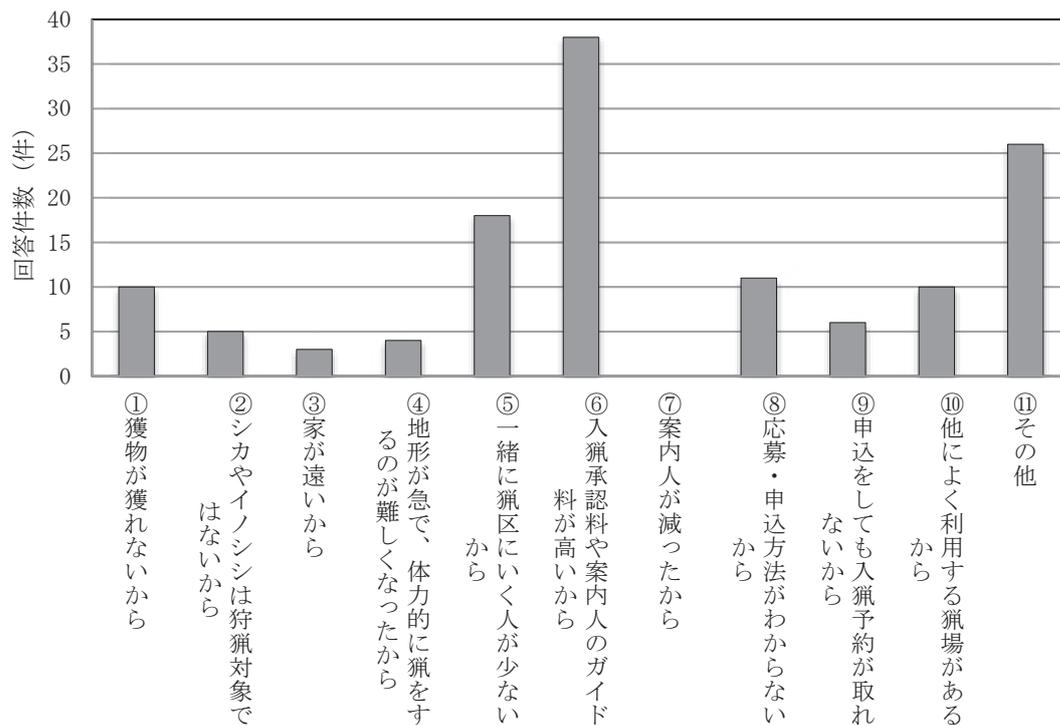


図 2-7 設問 7, 猟区を利用しない理由 (設問 2 「利用したことがない」回答者への質問, 3つまで回答可)

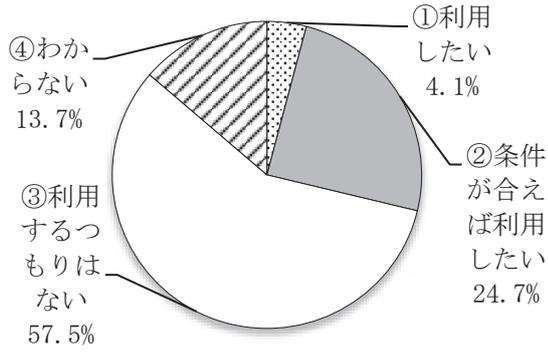


図 2-8 設問 8, 猟区を利用したいと思うか。(設問 2「利用したことがない」回答者への質問) (n=73)

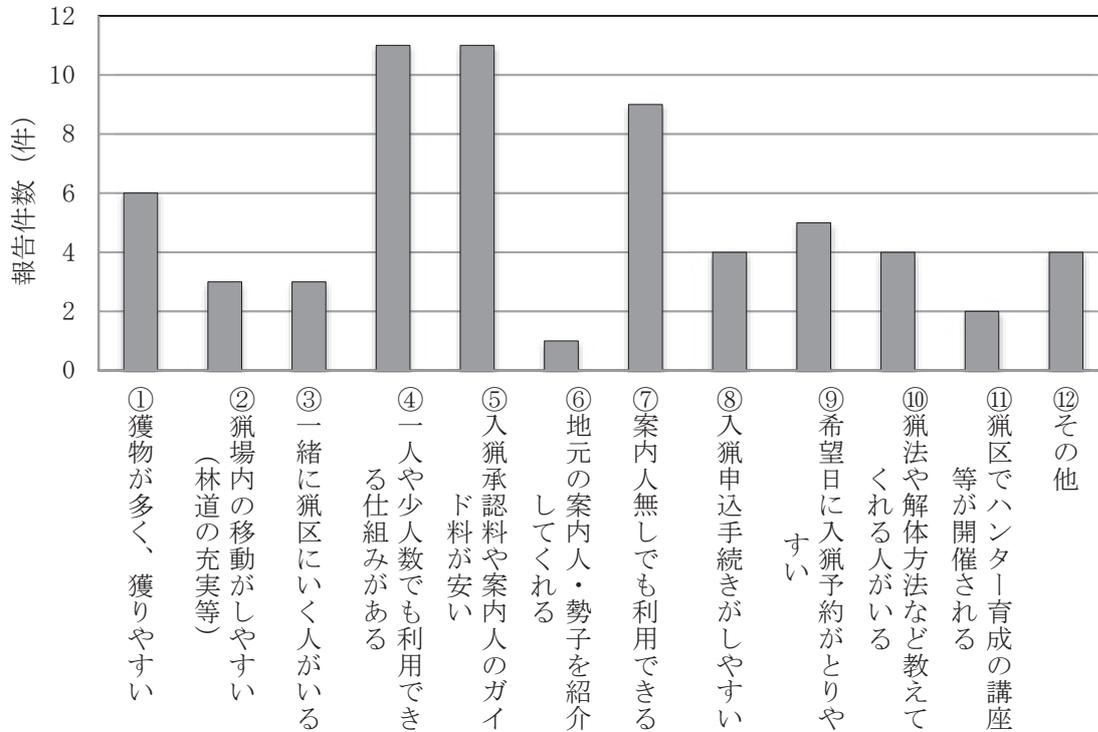


図 2-7 設問 7, 猟区を利用しない理由 (設問 2「利用したことがない」回答者への質問, 3つまで回答可)

可能性が考えられた。

一方で、狩猟免許所持者数はここ数年横ばいで推移しており（神奈川県 2016）、大学や専門学校では狩猟をテーマにした授業や実習が行われるなど、狩猟への関心が高まっている。しかしながら、狩猟を始めたいと思ってから、実際に猟場へ出るまでには、何段階かのステップを踏まなければならない（表3）、現状は、猟場や実際に出猟する際の手順に関する情報を得にくく、実際に出猟していない狩猟免許所持者も多いと推察される。

また、狩猟者へのアンケートやワークショップの意見交換の結果から考えられる猟区のメリットと現

状の猟区のデメリットを表4にまとめた。県内在住者にとって、日帰り利用が可能な場所で、安全な狩猟ができることは猟区の最大のメリットである。誰がいつ狩猟しているのか情報を得にくい猟区以外の狩猟可能区域（通称「乱場」）に対して、猟区は安全かつ安心して狩猟ができるというメリットがある。また、シカやイノシシの巻き狩りは、猟犬と、猟犬をコントロールしながら獲物を追い出す「勢子」、獲物を待ち伏せる「タツマ」を熟知した経験者が必要だが、猟区では勢子を兼ねてタツマを案内する案内人や猟犬が手配される仕組みがある。そのため、猟犬所有者がいないグループの利用にも適し

表2 猟区利用に係る課題

猟区側の課題	利用者（特に新人狩猟者）側の課題
<ul style="list-style-type: none"> 入猟者の減少（収入減による適正な管理の困難化） 	<ul style="list-style-type: none"> 狩猟場所や猟区に関する情報が得にくい。 参加できる巻き狩りグループの情報がない。 メンバーが集まらず、入猟（猟区以外の出猟も含む）の機会が得られない。

表3 狩猟を開始するまでのステップと情報収集手段

ステップ	現在の情報収集手段等
① 基礎情報収集 <ul style="list-style-type: none"> 狩猟に関する制度、銃砲所持許可制度等 	<ul style="list-style-type: none"> 関係行政機関等ホームページ
② 狩猟免許・猟銃所持許可等の資格取得	<ul style="list-style-type: none"> 関係行政機関等ホームページ 猟友会の講習会
③ 実猟に関する情報収集 <ul style="list-style-type: none"> 狩猟の実際と実猟開始までの手順 地域の実情 	<ul style="list-style-type: none"> 銃砲店や猟友会等から聞き取り
④ 射撃練習・実猟参加による技術習得	<ul style="list-style-type: none"> 猟友会主催の射撃大会 各自でグループへ参加

表4 猟区利用のメリットとデメリット

猟区のメリット	現状の猟区のデメリット
<ul style="list-style-type: none"> 入猟日と入猟者が決められているため、安全に狩猟ができる。 猟区によっては、勢子（案内人）や猟犬の準備が不要（猟区が用意する）。 	<ul style="list-style-type: none"> 入猟に係る費用が高額。 入猟に係る手続き必要。 少人数では利用ができない。

ており、受入れの仕組みを整えれば、新人狩猟者や、メンバーを集められない狩猟者の猟場としても適していると考えられた。

猟区のデメリットを改善し、こうした狩猟者側のニーズに対応した運営をすることで、社会的ニーズである狩猟者の育成の場として有効に活用されることになり、持続的な猟区運営が可能となると考えた。狩猟者（特に新人狩猟者）のニーズに対応した取組として、表5にいくつかの例を示した。まず、猟区に限らず、狩猟全般についての情報発信が必須と考える。近年、特に若い世代においては、ホームページやSNS等インターネットによる情報収集が中心と考えられるが、地域ごとの狩猟の実際や、猟区に関する情報がこうした媒体で提供されている例は少ないのが実情である。まずは、こうした媒体による情報発信を進め、若い世代を中心に情報を広げていく取組が必要と考える。また、少人数での利用や、新人ハンター研修など多様なニーズに合わせたプログラムを提供することで、利用者も増加すると考えられる。

しかしながら、こうした取組については、人員や予算が限られた猟区設定者のみで行うことは難しく、猟区設定者以外との連携による取組のほうが効果的な場合もある。そのため、行政や県猟友会、大学や専門学校、銃砲店、地域住民など、多様な主体と連携しながら取組を進めていくことが必要と考える。

5 新たな取組の検討・試行

平成26年度のアンケート調査やワークショップでの意見交換などを踏まえて、各主体と取組について意見交換を行った結果、新たな取組が試みられる

こととなったため、紹介する。

(1) 情報発信に関する取組

ア 狩猟に関する情報提供（県猟友会の取組）

(ア) 狩猟を始めるまでの手引きの作成

平成27年度に、狩猟免許の取得、猟銃所持許可を得るまでの手順や出猟に必要な事項をまとめ、狩猟免許取得希望者を対象にした手引き「狩猟を始めるために（情報収集から出猟まで）」が作成され、ホームページに掲載された。

(イ) 狩猟者との交流会の開催

平成28年8月と平成29年3月に、狩猟に興味のある人が気軽に情報を得られるように、狩猟者との交流の場としてジビエバーベキュー大会が開催された。シカやイノシシ肉のバーベキューを行いながら、多数の参加者が県猟友会の会員と活発な情報交換が行われた。

(ウ) 狩猟見学会の開催

後述する三保猟区での実技研修会開催にあわせて、狩猟に興味のある人が狩猟の様子を見学する見学会が平成27年度に2回、平成28年度に1回開催された。見学会では、参加者が、タツマと勢子の無線のやりとりを聞きながら、猟場の対岸で狩猟の様子を体感し、捕獲個体の解体の様子も見学した。平成27年度の見学会が好評だったため、平成28年度は、狩猟見学会とは別に、神奈川県が実施するシカの管理捕獲に合わせた見学会も1回開催された。

イ 猟区に関する情報の発信（山北町三保猟区の取組）

山北町三保猟区は、狩猟免許取得者（第1種銃猟免許）を対象に、猟区の紹介と巻き狩りの方法の講

表5 狩猟者のニーズと取組例

狩猟者のニーズ	取組例
・ 出猟の手順や猟区に関する情報を入手したい。	・ 実際に出猟するために必要な情報、猟区に関する情報の発信（ホームページやSNS等の活用）。
・ 狩猟グループに参加したい。 ・ 少ないメンバーでも出猟したい。 ・ 出猟の機会を増やしたい。	・ 多様なニーズに対応した利用プログラムの設定。 (ex. 少人数でも利用可能な仕組、新人ハンターの研修の場の提供) ・ 入猟に係る費用負担の軽減。手続きの簡略化。

義を実際の猟場で行う新人ハンター研修会が平成28年12月に開催された。この研修会は、神奈川県自然環境保全センターが平成27年度に試験的に実施したプログラムを元に、山北町三保猟区主催で開催された。

(2) 多様なニーズに対応した利用プログラムに関する取組

山北町三保猟区主催で、平成26年1月に経験の浅い狩猟者を対象とした実技研修会が1回開催された。この研修会は、猟区管理を町から委託されている三保鳥獣保護協会メンバーが研修として行うシカ猟に、外部から経験の浅い狩猟者の参加を募集して行うというものであった。平成26年度の研修会が好評だったことから、平成27年度、平成28年度は回数を2回に増やして開催された。いずれの回も多数の申込みがあり、狩猟機会の少ない新人狩猟者やグループに属していない狩猟者にとって、経験を積む良い機会となったとの意見が寄せられ、回数増加の要望も多数あった。

また、県猟友会では、山北町世附猟区を活用した実技研修会を平成28年1月に1回開催した。こちらは、県猟友会会員のベテラン狩猟者とともに経験の浅い狩猟者が巻き狩りでシカ猟を行うものであったが、多数の申込みがあり好評であった。

三保猟区、世附猟区ともに、入猟承認料を含む費用は参加者負担であったにも関わらず多数の申込み者があり、新人狩猟者にとってニーズが高いことが伺えた。

IV 謝辞

本調査実施にあたっては、相模原市津久井環境課、山北町環境課、清川村産業観光課のご担当職員の方に、猟区の概況調査から各鳥獣保護協会との調整、ワークショップへの参加に至るまで多大な御協力をいただいた。また、猟区の実態に係る聞き取りおよび、ワークショップ開催にあたっては、鳥屋鳥獣保護協会、清川村鳥獣保護協会、三保鳥獣保護協会の役員の方々に多大な御協力をいただいた。さらに、狩猟者へのアンケート調査ならびにワークショップへの狩猟者の参加にあたっては、公益社団法人神奈川県猟友会に全面的に御協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

V 文献

- 神奈川県. 2016. 平成28年度ニホンジカ管理事業実施計画. 神奈川県. 横浜. 48pp
- 神奈川県. 2017. 第4次神奈川県ニホンジカ管理計画. 神奈川県. 横浜. 47pp
- 環境省. 2015. いま、獲らなければならない理由. 8pp
- 環境省. 2016. 特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン(ニホンジカ編・平成27年度). 84pp
- 小泉透. 2013. シカ管理のイノベーション. 森林防疫 62(6). 3-5
- 松浦友紀子・伊吾田宏正. 2011. ニッポンのハンターを絶滅から救え! 哺乳類科学 51: 152-153.
- 野生動物保護管理事務所. 2013. シカ個体数調整手法検討資料作成委託業務報告書. 神奈川県, 厚木. 43pp

鉄含有誘引餌によるニホンジカの誘引試験結果

永田幸志*・片瀬英高**・丸 智明**

I はじめに

近年、ニホンジカ (*Cervus nippon*; 以下「シカ」) は全国的に分布が拡大し、個体数は増加の傾向にある (環境省 2016)。神奈川県では、2003 年にニホンジカ保護管理計画が策定され (神奈川県 2003)、シカの個体数調整等の取組が進められている。その一方で、捕獲を担う狩猟免許所持者の数は昭和 50 年代から減少しており、高齢化も進んでいる (野生動物保護管理事務所 2013)。担い手不足に対応するため、各地で効率的な捕獲技術の開発が進められており (高橋ら 2004、八代田ら 2013)、誘引餌を用いた捕獲もこうした捕獲手法の一つである (飯島・大地 2016)。

シカの捕獲に使用されている誘引餌は鉱塩や広葉樹の枝葉 (宇野ほか 1996)、乾燥牧草、ビートパルプ (高橋ら 2004) などが一般的であり、丹沢山地においても、ヘイキューブ (立方形に圧縮した乾燥牧草) や醤油を使用した誘引捕獲が試験的に行われた (片瀬ら 2014)。しかしながら、誘引餌として使用されることが多い乾燥牧草や広葉樹の枝葉などは、採食による消失も早く、雨や湿気による劣化などもある。そのため、継続的な誘引には、こまめな給餌と相当量の餌の用意が必要であること等、給餌に係る労力が課題となっている。

一方、北海道などで列車と衝突事故を起こしているシカが線路を舐めに来ていることに着目して、鉄を含有するシカ専用の誘引餌 (商品名: ユクル、主原料: 乾燥硫化鉄・食塩、製造: 日本全薬工業株式会社、以下、鉄含有誘引餌という) が開発されている。試験的使用により、シカが鉄含有誘引餌に誘引されることは確認されているが (日鐵住金建材株式会社資料)、長期間の試験により誘引状況を報告

した事例がなく、計画的な捕獲に向けた有効性は不明である。そのため、今回、野外において長期間誘引試験を実施し、捕獲にあたっての誘引物としての有効性を考察した。

II 方法

1 調査地

試験は神奈川県愛甲郡清川村内の丹沢山地札掛地区で行った (図 1)。札掛地区は概ね標高 500m ~ 900m に位置し、モミ (*Abies firm*)・ツガ (*Tsuga sieboldii*) を交えた落葉広葉樹林がまとまってあるほかは、スギ (*Cryptomeria japonica*)・ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の人工林がかなりの面積を占める。全域が鳥獣保護区に指定されており、神奈川県によるシカの管理捕獲が開始された 2007 年度以降はシカの密度は 3 ~ 10 頭 / k m² 未満となっている (永田・岩岡 2017)。給餌地点は札掛地区にある境沢林道に沿って流れるタライゴヤ沢の川原で、標高は 680m である (図 1)。

2 誘引給餌試験

試験は、2016 年 3 月 21 日 ~ 2017 年 3 月 31 日に実施した。2016 年 3 月 21 日に鉄含有誘引餌 (160mm × 160mm × 100mm、5kg) 2 個を、シカの痕跡が見られる獣道上 1 箇所に設置した (写真 1)。月 1 回程度の見回りを行い、餌の残量が 1/3 程度になるたびに 1 個ずつ追加設置した。試験期間中、合計 6 個の鉄含有誘引餌を使用した。

3 シカ利用状況の把握

シカ利用状況の把握は、自動撮影カメラにより行った。自動撮影カメラ (Ltl Acorn 5210A ; LTL

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部自然再生企画課 (〒 243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

(現所属: 神奈川県西地域県政総合センター森林部森林保全課)

** 神奈川県自然環境保全センター自然保護公園部野生生物課 (〒 243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

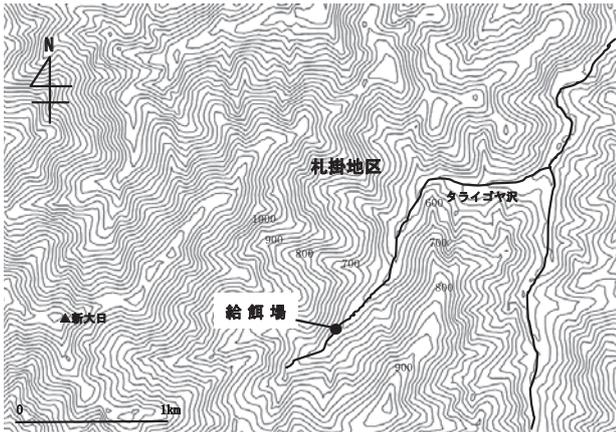


図1 調査地

写真1 鉄含有誘引餌とセンサーカメラ設置状況
(タライゴヤ沢河原、2017.2撮影)写真2 センサーカメラによる記録画像
(右下の数字は日付と時間を示す。2015は設定間違い。撮影は2016年)

Acorn Outdoors、Green Bay、Wisconsin、U.S.A)を鉄含有誘引餌設置場所付近の立木の地上1.2mの位置に1台設置した(写真1)。カメラの撮影モードは動画、撮影時間は10秒、撮影インターバルは1分、感度レベルは高感度に設定し、誘引された個体が検知されるように設置場所を調節した(写真

2)。

4 分析方法

撮影された動画から、日付、撮影開始時刻、シカの撮影頭数(オス、メス、当歳子、性不明別)を記録した。誘引効果の考察を行うため、誘引餌に口を接触した個体(もしくは明らかに接触したと考えられる個体)を分析対象とし、1分30秒以内に連続して撮影され、個体の特徴等から明らかに誘引餌を採食中の同一個体が撮影されたと判断された個体については、重複を除去した。

III 結果

1 撮影日数と撮影頭数

月ごとの撮影記録を表1に示した。カメラの不調により撮影記録が無い期間があったことから、各月で1頭でも撮影記録があった日数をカメラ稼働日数で割った撮影日数率(以下「撮影日数率」)を算出した(図2)。また、各月の撮影頭数をカメラ稼働日数で割った稼働日あたりの撮影頭数(以下「日当たり撮影頭数」という)を算出した(図3)。

鉄含有誘引餌を設置してから、最初に撮影記録されるまでの期間は10日であり、以降、毎月利用が確認された(図2)。撮影日数率は2017年1月、2月以外の月では、0.3~0.77であり、概ね月あたり10~20日程度の利用だったことになる。一方、2017年1月、2月の撮影日数率は0.13、0.11であり、月あたり3、4日の利用だった。撮影日数率には季節的な変化が確認され、10月に増加し12月まで高い状態が維持されたが、1月に大幅に減少し、3月に再び増加した。また、日当たり撮影頭数も、概ね撮影日数率と同様の季節的な変化を示したが、12月の日当たり撮影頭数が最も高い値を示した(図3)。

2 利用時間帯

月ごとの時間帯別利用頭数を表1に示した。いずれの月も日中の利用は少なく、日没から日の出までの利用が多かった。日没、日の出時刻の変化に合わせて、10月から12月は16時台、17時台の利用が増える傾向が見られた。

IV 考察

鉄含有誘引餌は、設置から10日で利用され始め、数日おきに複数頭の利用が確認されたことから、誘引効果は高いと考えられた。また、12ヶ月間で使用した鉄含有誘引餌は、6個30kgであり、乾燥牧草と比べると持続性も高いと考えられた。しかしながら、家畜用飼料として使用されている鉱塩等と比較した場合の持続期間の優位性は不明であった。

撮影日数率は4月以降10月にかけて上昇し、2月にかけて低下した後3月に再び上昇したが、この特性がシカの鉄分等の要求量の季節変動によるもの

か、他の要因によるものかは、今回の調査では明らかにできなかった。また、10月～12月において、撮影日数率と日当たり撮影頭数の季節変動が若干異なったが、これは、12月に同じ時間帯に撮影された個体が多く、同一個体の撮影の重複を消去しきれなかったため、数値が高くなったことが影響したと考えられた。

なお、今回、日中の撮影はほとんどなかったが、これは、給餌場所が林道脇の川原という開放地であり、シカに警戒されたためと考えられた。

給餌を利用したシカ捕獲は、わな捕獲（宇野ほか1996、高橋ほか2004）や、誘引狙撃（八代田ほか

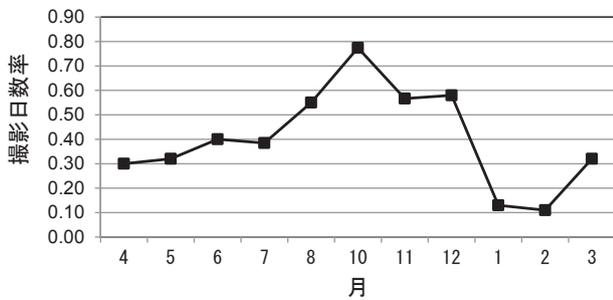


図2 月ごとの撮影日数率
※9月はカメラが故障したため稼動しなかった

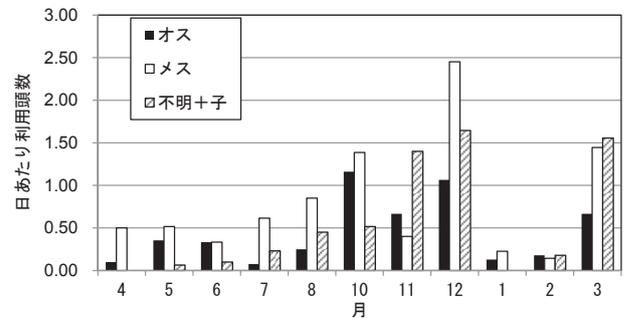


図3 月ごとの日当たり撮影頭数
※9月はカメラが故障したため稼動しなかった。

表1 各月の時間帯別撮影頭数

(単位：頭)

時間帯	4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
0	4	2			7	7	4	15		4	
1	5	7	1		1	10	5	5	7	10	
2	5	4			4	6	8	8			10
3		1	1			2	7	15			4
4	1		2		4	4	4	5			2
5				6	4	4	3	6	2		2
6			1	5		4	4	21			4
7			1	1			1	7			
8			4				1	2			
9							2				
10						2					
11											
12											
13											
14											
15											
16			6			5	5		1		
17						6	13	8			
18		2	1		5	1	6	11			15
19	1	1	2			10	2	6			10
20		2	2		1	3	3	7	1		5
21		8				10	3	22			
22	1	2	2			17	1	2			
23	1				5	4	2	20			14

2013)の事例がある。誘引狙撃のための給餌は、日中の定時利用が条件となるため(鈴木・八代田2014)、不定期の夜間来訪となった鉄含有誘引餌は、給餌物としては適さないと考えられた。一方で、わな捕獲は日中の定時利用を条件としないため、鉄含有誘引餌は有用と考えられた。また、利用頭数により状況は異なると考えられるものの、今回の調査では、一度給餌をすれば、夏場であっても2ヶ月程度は給餌作業が不要であったことから、省力的な誘引餌として効果的であると考えられた。

丹沢山地におけるシカの捕獲は、主に、公益社団法人神奈川県猟友会への委託による巻き狩りと、ワイルドライフレンジャーによる銃器を用いた単独捕獲(忍び猟等)で実施されている(神奈川県2017)。巻き狩りや単独捕獲で誘引給餌を使用した例は少ないが、第1次ニホンジカ保護管理計画期間中に、ヘイキューブを給餌して給餌場周辺で巻き狩りによる管理捕獲を実施した例(神奈川県未発表)がある。給餌に係る労力から、第2次計画以降の管理捕獲では誘引給餌を実施しなくなったが、給餌によりシカの行動圏が給餌場周辺に形成された事例(永田2005)もあることから、給餌場周辺でシカを行動させることで、巻き狩りや忍び猟による捕獲効率が上がる可能性はあると考える。

丹沢山地のニホンジカは減少傾向を示しており(神奈川県2017)、このまま推移した場合、場所によっては、低密度状態を維持するための捕獲が必要となってくると考えられる。低密度状態での効率的な捕獲方法については、試行錯誤しながら検討することになるが、今回の調査結果を参考に、誘引給餌を併用した巻き狩りや忍び猟を試行することも有効と考えられる。

V 謝辞

本調査実施にあたっては、日鐵住金建材株式会社様および有限会社アクティ様から資料および資材の一部をご提供いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

VI 引用文献

- 飯島勇人・大地純平. 2016. ニホンジカの誘引に適した餌の検討. 哺乳類科学. 56(2). 145-149
- 片瀬英高・久保田修映・高橋聖生・羽太博樹・藤森博英・馬場重尚. 2014. ワイルドライフレンジャーの取り組み. 神奈川県自然環境保全センター報告 12. 35-41
- 神奈川県. 2003. 神奈川県ニホンジカ保護管理計画. 神奈川県. 横浜. 35pp
- 神奈川県. 2017. 第4次神奈川県ニホンジカ管理計画, 神奈川県. 横浜. 47pp
- 環境省. 2016. 特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン(ニホンジカ編・平成27年度). 84pp.
- 永田幸志. 2005. 丹沢山地札掛地区におけるニホンジカの行動圏特性. 哺乳類科学 45(1). 25-33
- 永田幸志・岩岡理樹. 2017. 丹沢山地札掛地区におけるニホンジカ(Cervus nippon)生息密度の変化. 哺乳類科学 57:355-360.
- 鈴木正嗣・八代田千鶴. 2014. シカ捕獲事業における体制論と手法論-シャープシューティングをめぐる考え方の整理. 水利科学 336. 9-20
- 高橋裕史・梶光一・田中純平・浅野玄・大沼学・上野真由美・平川浩文・赤松里香. 2004. 囲いワナを用いたニホンジカの大量捕獲. 哺乳類科学 44. 1-15.
- 宇野裕之・梶光一・鈴木正嗣・山中正実・増田泰. 1996. アルパインキャプチャーによるニホンジカの大量捕獲法の検討. 哺乳類科学 36: 25-32.
- 八代田千鶴・小泉透・榎木勉. 2013. 誘引狙撃法によるシカ捕獲技術の検証. 森林防疫. 62(6). 3-47.
- 野生動物保護管理事務所. 2013. シカ個体数調整手法検討資料作成委託業務. 神奈川県. 厚木. 43pp

丹沢山地におけるニホンカモシカの生息密度

永田幸志*・谷川 潔**・町田直樹**

I はじめに

ニホンカモシカ (*Capricornis crispus* 以下カモシカ) は、特別天然記念物に指定されており、神奈川県レッドデータ生物報告書(神奈川県生命の星・地球博物館 2006)により準絶滅危惧種に分類されている希少動物である。しかしながら、神奈川県における生息状況については、柴田(1964)による目撃記録の記載や、山口ら(1999)のアンケートによる分布調査の報告があるのみで、基礎的な情報がほとんどない状態であった。そこで、永田ら(2007)は、神奈川県自然環境保全センターが実施したニホンジカ (*Cervus nippon* 以下シカ) の生息密度調査の際に目撃されたカモシカの個体数から生息密度を算出し、シカに比べて低い生息密度で生息していることを確認した。

神奈川県のカモシカは、シカのように管理計画に基づくモニタリングが行われておらず、永田ら(2007)の報告以降、生息状況に関する報告がない。今回、継続実施されているシカの生息密度調査時に目撃されたカモシカの個体数から、2012年度～2015年度の生息密度を算出し、永田ら(2007)が報告した2004年度、2005年度の調査結果と比較を行った。

II 調査地域

調査は丹沢山地を含む、神奈川県相模原市(旧津久井町の範囲)、秦野市、厚木市、伊勢原市、南足柄市、足柄上郡松田町、足柄上郡山北町、愛甲郡愛川町、愛甲郡清川村であり、標高100 m程度の山麓域から標高1600 mの高標高域まで広域を対象に実施した(図1)。

III 調査方法

神奈川県では、ニホンジカ管理計画に基づくモニタリングとして、区画法(Maruyama and Furubayashi 1983)による生息密度調査が2003年度以降毎年度実施されている(神奈川県 2015)。調査区は、概ね、ニホンジカ管理計画(神奈川県 2015)に示された管理ユニットごとに丹沢山地に51箇所設定されている。調査は、管理捕獲が行われている管理ユニット等、毎年30箇所程度で実施されており、3年程度で全ての調査区で調査が実施される(毎年調査される調査地もある)。

調査は、森林内の見通しがよくなり発見精度の高くなる11月下旬から1月下旬にかけて実施された。調査地域は急峻な場所も多く、調査時に危険を伴うため、あらかじめ踏査ルートを設定して行われた。調査時間は1時間30分とし(丹沢山調査区は2時間)、踏査ルート上で目撃したシカに加えて、カモシカについても発見時刻と頭数が地図上に記録された。

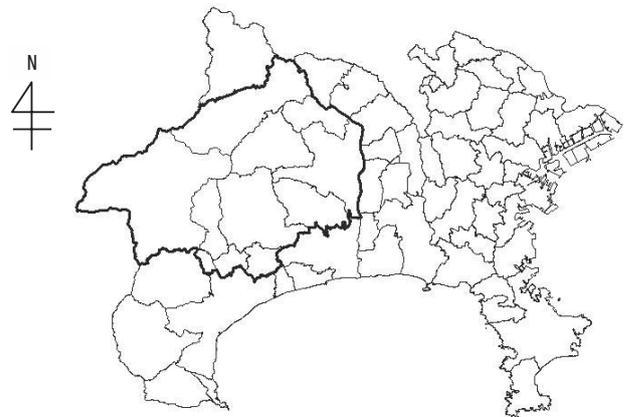


図1 調査地

太線が丹沢山地を含む市町村(相模原市は旧津久井町の範囲)

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部自然再生企画課(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)
(現所属: 神奈川県西地域県政総合センター森林部森林保全課)

** 神奈川県自然環境保全センター自然保護公園部野生生物課(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

討することが必要と考える。

V 参考文献

神奈川県 2015, 第3次神奈川県ニホンジカ管理計画 . pp43

神奈川県 2015, 平成27年度神奈川県ニホンジカ管理事業実施計画 . pp51

神奈川県生命の星・地球博物館 2006. 神奈川県レッドデータ生物報告書 2006. pp442

環境省 2010 特定鳥獣保護管理計画策定のためのガイドライン (カモシカ編). 46pp

岸本良輔 1996, ニホンカモシカ. ニホン動物大百科. 平凡社 : 106-111

Maruyama, N and Furubayashi, K (1983)

Preliminary examination of block count method for estimating number of sika deer in Fudakake. Journal of Mammalogical Society of Japan, 9:274-277

永田幸志・羽澄俊裕・瀧井暁子. 2007. 丹沢山地におけるニホンカモシカの生息密度. 丹沢大山総合調査学術報告書 . 163-164

落合啓二. 2006. ニホンカモシカ 行動と生態 東京大学出版会. pp276

柴田敏隆. 1964. 丹沢山塊の哺乳動物. 丹沢大山学術調査報告書 : 340-343

山口喜盛・中村道也・渡邊憲子. 1998. 丹沢山地におけるニホンカモシカの生息状況. BINOS. (5) : 23-30

丹沢山地におけるササ 3 種の 2016 年の開花記録

永田幸志*・田村 淳**

I はじめに

丹沢山地では 24 のタケ科植物（以下、タケ・ササ類）が確認されている（勝山ら 2007）。タケ・ササ類は、数十年～百数十年に一度の周期で開花し、また、多個体が同調して一斉開花枯死することが知られている（蒔田ら 2010）。丹沢山地の暖温帯から冷温帯に生育する主なタケ・ササ類は 3 種あり、アズマネザサ (*Pleioblastus chino* (Franch. & Sav.) Makino var. *chino*)、スズタケ (*Sasamorpha borealis* (Hack.) Nakai var. *borealis*) とミヤマクマザサ (*Sasa hayatae* Makino) である（勝山ら 2007）。神奈川県は、「ニホンジカ管理計画」におけるモニタリングの一環で、シカによる植生への累積的利用圧調査の際に丹沢山地の主要な尾根の矮性化したササの分布情報を 5 年おきに把握している（神奈川県自然環境保全センター 未発表資料）。また、2013 年、2014 年に丹沢山地の各地でスズタケの一斉開花が確認され、2016 年もスズタケの開花が確認された。本報告は、既報（永田・田村 2014, 2015）のササの一斉開花情報に 2016 年の枯死情報を加えて、タケ・ササ類の開花・枯死情報として記録したものである。

II 材料と方法

開花情報を収集した種は、上記 3 種とした。開花情報を広く収集するために、次の県内各機関の職員に図 1 の資料を配布して開花情報（種名、確認日時、確認場所、開花の規模）の提供を依頼した。対象とした機関は、神奈川県自然環境保全センター、神奈川県各地域県政総合センターの森林管理部署、神奈川県立ビジターセンター、林野庁関東森林管理局東

京神奈川森林管理署であり、神奈川県自然公園指導員へも情報提供を依頼した。

III 結果および考察

調査期間中に提供された開花情報はスズタケ 7 件、ミヤマクマザサ 2 件、アズマネザサ 0 件であった。開花の確認された場所を図 2 に示した。いずれの情報も、開花の確認されたおおまかな範囲または開花の確認された歩行ルートが情報提供されたため、図示した線上で部分的にササの開花が確認されたという状況である。

丹沢山地におけるササ開花・枯死に関する情報提供票

※以下の内容が記載されていれば、どのような形での情報提供でも結構です。

情報提供者（所属・氏名）	
開花・枯死 確認年月日	
開花・枯死の別 （○で囲んでください）	開花 ・ 枯死
開花・枯死しているササの種類 （○で囲んでください）	<ul style="list-style-type: none"> ・スズタケ ・ミヤマクマザサ ・アズマネザサ ・その他（名称 ） ・不明 ※種不明の場合は大体の高さ（1m 程度等）を記載してください。
場所 ※地図を添付してください。	
開花・枯死の規模等 ※10m×10m、登山道沿い 1km 等、 ○○山～○○峠まで等。範囲が不明な場合は、小面積、○○山周辺等でも結構です。	

図 1 ササ開花・枯死に関する情報提供票

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部自然再生企画課（〒 243-0121 神奈川県厚木市七沢 657）

（現所属：神奈川県西地域県政総合センター森林部森林保全課）

** 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課（〒 243-0121 神奈川県厚木市七沢 657）

図2から、丹沢山周辺等の一部でミヤマクマザサが開花し、西丹沢の菰釣山周辺等の一部でズスタケが開花したことがわかる。2013年、2014年の開花記録(図3)と比較すると、開花地域の範囲は狭く、局所的な開花であったと考えられる。

また、調査期間中に提供されたササの枯死情報はズスタケ26件、ミヤマクマザサ1件、アズマネザサ4件であった。枯れた稈(以下、枯死稈)の確認された場所を図4に示した。開花情報同様、いずれの情報も、図示した線上で部分的にササの枯死稈が確認されたという状況であり、枯死の時期等は不明である。

2013年、2014年の開花後の枯死であるかは不明だが、一斉開花後に枯死するササの生態(蒔田ら2010)から、大室山周辺や、檜洞丸周辺等、2013年、2014年に開花の確認された場所では、開花個体の枯死が確認されたものと推察される。

2017年現在において、檜洞丸西側のつつじ新道ではササ枯死後の林床にササの実生が発生している

ので(田村 観察)、他の場所も含めてササの回復過程や他の植物種との競合関係、それらに及ぼすニホンジカの影響についてモニタリングすることで、森林の更新についての新たな知見が得られるだろう。

IV 謝辞

本報告は、丹沢山地で活動されている多数の機関・多数の方にご提供をいただいた情報をまとめたものである。ここに記して感謝の意を表する。

V 引用文献

- 勝山輝男・田村淳・田中徳久(2007) 維管束植物。1-44. 丹沢大山総合調査学術報告書 丹沢大山動植物目録。丹沢大山総合調査団編, 472pp, (財)平岡環境科学研究所, 相模原。
- 蒔田明史・鈴木準一郎・陶山佳久(2010) Bamboo - その不思議な生活史。日本生態学会誌 60: 45-

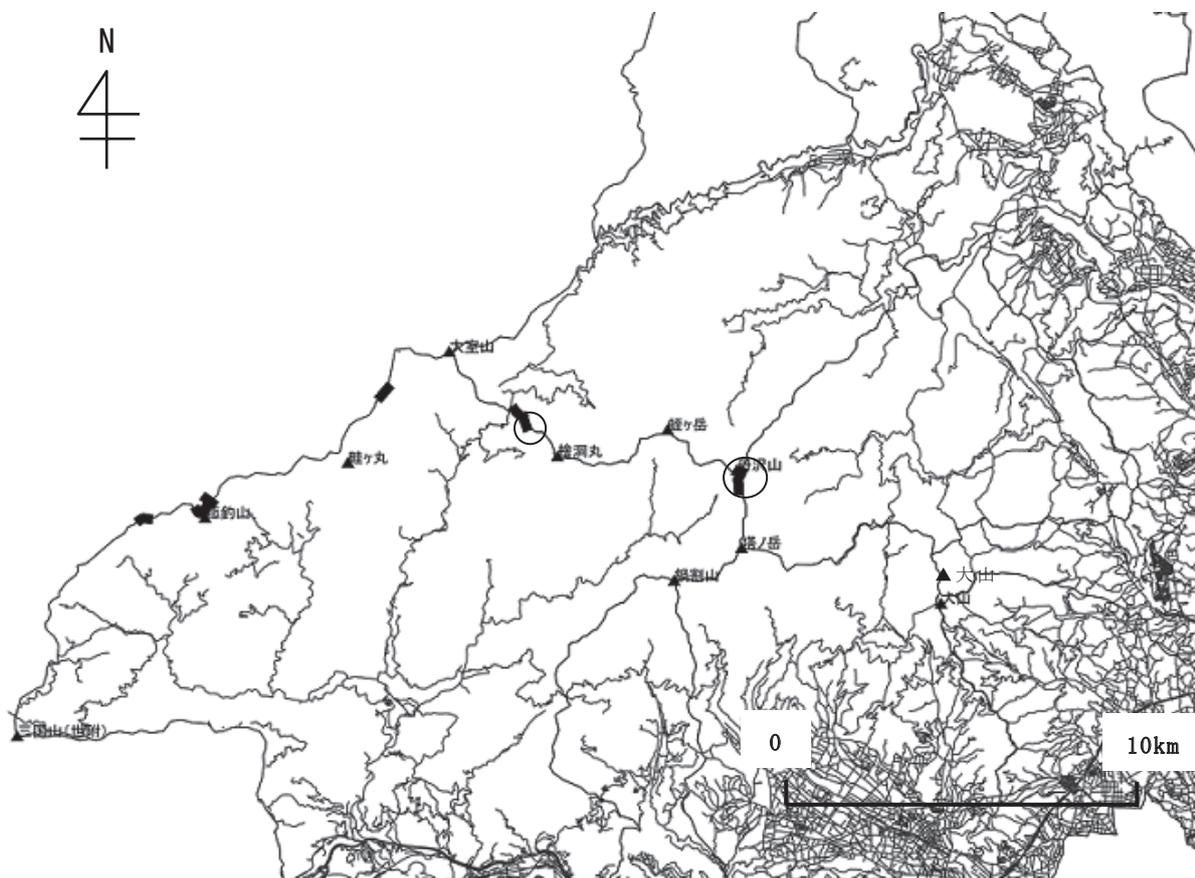


図2 2016年にササの開花が確認された場所

※太線上の一部で開花が確認された。

※図中の○内のみミヤマクマザサの開花。その他はズスタケの開花。

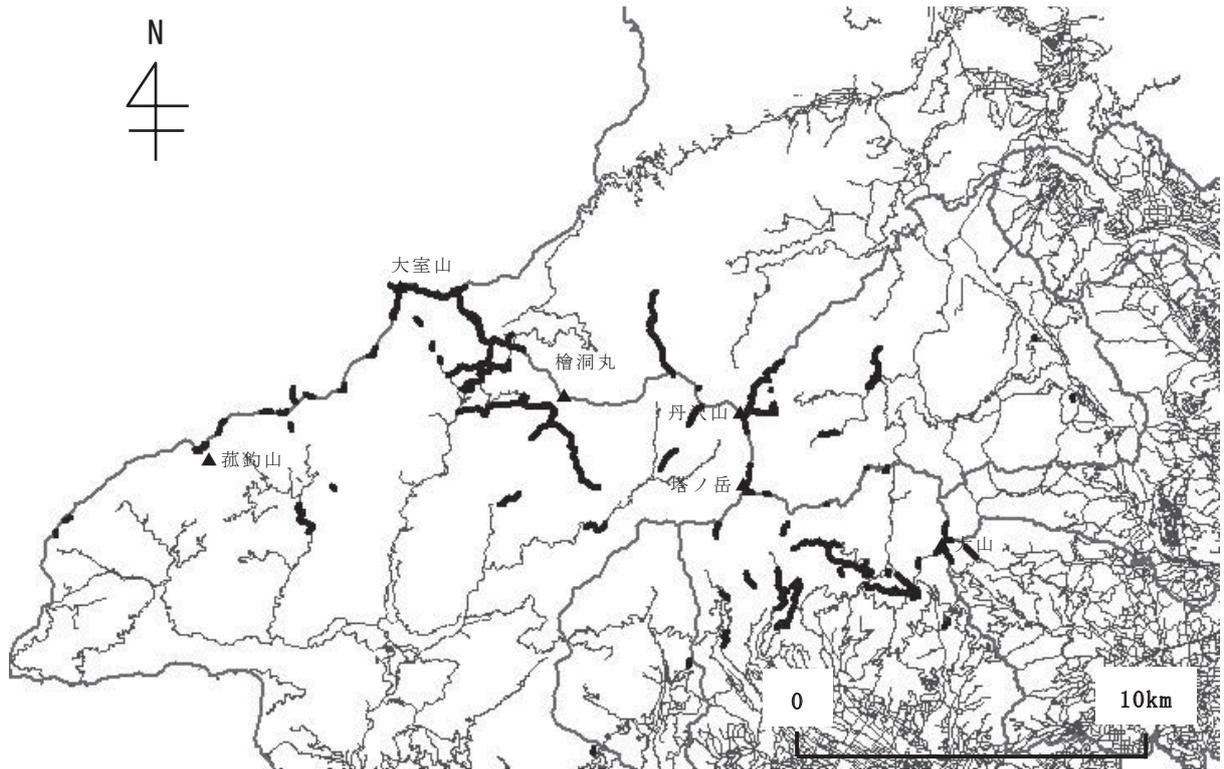


図3 2013年、2014年にササの開花が確認された場所（永田・田村 2014,2015 から作成）
 ※太線上の一部でササの開花が確認された

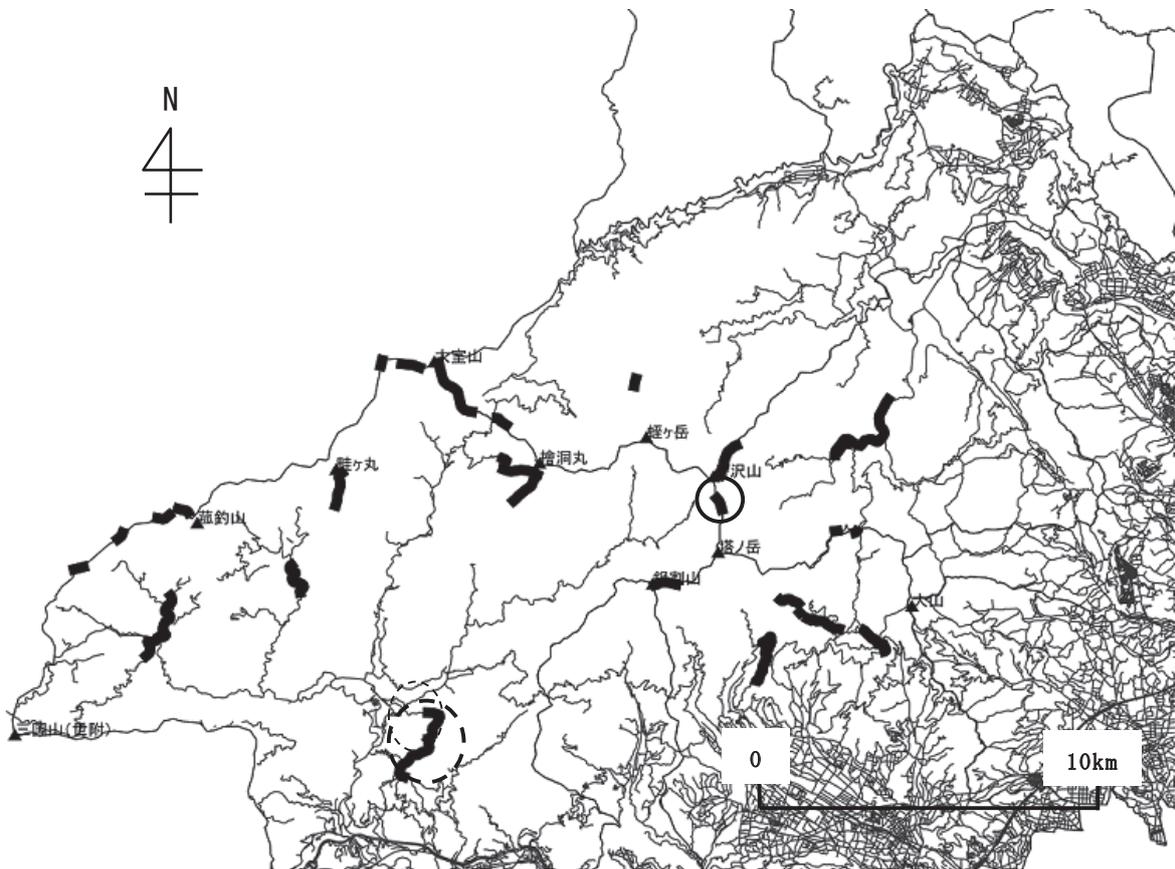


図4 2016年にササの枯死稈が確認された場所
 ※太線上の一部で枯死稈が確認された。
 ※図中の○内でミヤマクマザサの枯死稈、(○)内でアズマネザサとスズタケの枯死稈、
 その他はスズタケの枯死稈が確認された。

50.

村上雄秀・鈴木伸一・林寿則・矢ヶ崎朋寿 (2007)
 丹沢大山の植生-シカ影響下の植物群落-17-
 87. 丹沢大山総合調査学術報告書. 丹沢大山総合調査団編, 794pp, (財) 平岡環境科学研究所, 相模原

永田幸志・田村淳 (2014) 丹沢山地におけるササ3種の2013年の開花記録. 神奈川県自然環境保全センター報告 12:43-45

永田幸志・田村淳 (2015) 丹沢山地におけるササ3種の2014年の開花記録. 神奈川県自然環境保全センター報告 12:65-67



写真1 2013年に檜洞丸周辺(つつじ新道)で開花したスズタケ



写真2 檜洞丸周辺(つつじ新道)のスズタケの状況(2013年5月・開花時)



写真3 檜洞丸周辺(つつじ新道)のスズタケの状況(2015年8月)



写真4 檜洞丸周辺(つつじ新道)のスズタケの状況(2017年5月)

神奈川県自然環境保全センター報告編集要領

(趣旨)

第1条 この要領は、神奈川県自然環境保全センター報告（以下、「センター報告」という。）の編集に関して必要な事項を定める。

(目的)

第2条 センター報告は神奈川県自然環境保全センター（以下、「保全センター」という。）の業務から得られた研究成果及び知見を県民及び他の行政機関等に提供するとともに、記録・保存することを目的とする。

(掲載原稿の種類)

第3条 原稿の種類は、次に掲げるものとし、内容は別に定める「神奈川県自然環境保全センター報告投稿規定」（以下、「投稿規定」という。）による。

- (ア) 原著論文
- (イ) 調査・研究報告
- (ウ) 事業報告
- (エ) 速報
- (オ) 資料
- (カ) その他

(投稿者)

第4条 センター報告への投稿者は次のいずれかに該当するものとする。

- (1) 保全センター職員
- (2) 保全センター職員との共同調査研究者又は共著者
- (3) 編集委員会が依頼した者（特別寄稿）又は認められた者

(発行)

第5条 センター報告は、原則として、年1回発行する。ただし、第8条の編集委員会が必要と認めた場合は、この限りではない。

(原稿の提出)

第6条 投稿者は、別に編集委員会が定める期日までに、投稿規定に定められた原稿を編集委員会に提出する。

(原稿の審査)

第7条 前条の規定により提出された原稿は、編集委員会において審査を行い、採択を決める。

2 編集委員会は、原著論文の審査に際し、必要に応じて外部学識経験者に査読を依頼し、意見を求めることができる。

3 編集委員会は必要に応じ、原稿の修正を求めることができる。

(編集委員会)

第8条 前条に規定する投稿原稿の審査等を行うため、編集委員会を置く。

2 編集委員会は、所長、副所長、研究企画部長兼自然保護公園部長、森林再生部長、自然再生企画課長、研究連携課長により構成する。

3 編集委員会には委員長を置き、所長を充てる。所長が不在の時は副所長が代行する。

4 編集委員会の庶務は、研究連携課が行う。

5 編集委員会は、必要に応じて、構成員以外の者の出席を求め、その意見を聴くことができる。

(その他)

第9条 この要領に定めるもののほか、編集に関して必要な事項は別に定める。

(附則)

1 この要領は、平成15年12月1日から施行する。

2 神奈川県自然環境保全センター研究報告編集要領及び神奈川県自然環境保全センター自然情報編集要領は廃止する。

(附則)

この要領は、平成16年11月18日から施行する。

(附則)

この要領は、平成18年1月13日から施行する。

(附則)

この要領は、平成19年4月1日から施行する。

(附則)

この要領は、平成22年4月1日から施行する。

(附則)

この要領は、平成25年6月19日から施行する。

(附則)

この要領は、平成26年9月1日から施行する。

神奈川県自然環境保全センター報告投稿規定

(趣旨)

神奈川県自然環境保全センター報告（以下、「センター報告」という。）は、当センターにおける研究業績、事業に関係する調査研究結果を投稿することができる。投稿者資格は神奈川県自然環境保全センター報告編集要領（以下、「編集要領」という。）による。

(原稿の種類)

原稿の種類は、原著論文、調査・研究報告、事業報告、速報、資料、その他（特別寄稿、各年度の他紙発表原著論文の要旨）とし、その内容は以下のとおりとする。

(1) 原著論文

日英表題、要旨（5字以内のキーワードを添付する）、本文および図表、引用文献からなり、未発表の内容を含み、十分な考察がなされているもの。

(2) 調査・研究報告

日英表題（英は省略可）、要旨（省略可）、本文および図表、引用文献からなり、研究に関する調査結果をとりまとめたもの（報告書）。

(3) 事業報告

表題、要旨（省略可）、本文および図表、引用文献からなり、研究以外の業務に関する結果をとりまとめたもの（報告書）。

(4) 速報

日英表題（英は省略可）、要旨（省略可）、本文および図表、引用文献からなり、新規性がありかつ公表の緊急性が高いもの、新たに開発された研究方法や機械の紹介、既成の知見を確認する報文や貴重な測定結果等。

(5) 資料

表題、データ等からなり、業務で得られた測定結果、知見、記録などを簡潔にとりまとめたもの。

(6) その他

(1) から (5) に該当しない種類で、センター報告編集委員会（以下、「編集委員会」という。）が認めたもの。総説・調査報告・国際学会報告・他紙発表原著論文の要旨等。

(原稿の書き方)

原著論文、報告、速報、資料は、以下の書式に従う。他も可能な限り従うものとする。なお、編集委員会が必要と認めたものはこの限りではない。

- (1) 要旨は冒頭に著者名、表題、神奈川県自環保センター報告、空白（15文字分）を付加し、これらを含めて和文は500字以内、英文は250語以内とする。要旨中では図・文献・数式などの引用は避け、行を変えない。
- (2) 原著論文の表題は、連報性（Ⅰ、Ⅱ等のついた表題）にしない。また、「…に関する研究」や「…について」などの表現は避ける。
- (3) 原稿は、パソコン等に入力して作成し、A4判の白紙に横書きで、横23字×縦42行に整えたものとする。新仮名遣いにより、学術用語以外は常用漢字を用いる。原稿中に欧語を用いるのは、その必要がある場合に限る。なお原稿の長さは、図・表・写真等を含め原則として刷り上がり10頁以内とする。
- (4) 図表の文字はMSP明朝で入力する。
- (5) カタカナ表記はすべて全角入力とする（半角かかは使用しない）。
- (6) 数字は半角で入力し、3桁ごとにカンマ（,）を入れる。
- (7) 英文は半角で入力し、カンマ（,）、ピリオド（.）も半角とする。なお、単語と単語の間には半角ダブルスペース（ ）を、カンマ及びピリオドの後には半角スペース（ ）を入れる。
- (8) 動物・植物の和名は全角カタカナ書きとし、学名はイタリックとする。これらの字体の指定は、太字指定、数式（係数など）の字体などとともに下記の例にならってすべて朱書きとする。単位は慣用となっている略字によって記載し、ピリオドをつけない。単位、数は半角表記とする。
Pinus → *Pinus*
- (9) 図および写真は下端に、また、表は上端にそれぞれ通し番号（図1、表1など）をつけた表題を付ける。また上端外に著書名、通し番号をつける。表題や注には英文を併記することができる。
- (10) 引用文献はアルファベット順に記載する。本文中での引用は、該当人名に（年号）あるいは事項に（人名，年号）をつけて引用する。後述の方

法で同一年号の場合は年号のあとに発表順に a、b、c をつける。誌名の略記法は和文の場合は慣例により、欧文の場合は Forestry Abstracts にならう。巻通しページがある場合は巻のみとし、ないときは、巻（号）を併記する。記載方法は次の例に従う。

例

(ア) 雑誌の場合

山根正伸・横内宏宣 (1991) スギノアカネトラカミキリによる林分内被害量調査法. 日本林学会誌 73 : 264-269

Yamane, M., Hayama, S. and Furubayashi, K (1996) Over-winter weight dynamics in supplementally fed free-ranging sika deer (Cervus Nippon). Journal of Forest Research 1 (3) : 143-153

(イ) 書籍の場合

中川重年 (1994) 検索入門針葉樹. 188pp, 保育社, 大阪.

Levitt, J. (1972) Responses of plant to environmental stresses. 697pp, Academic Press, New York and London.

(ウ) 書籍中の場合

小林繁男 (1993) 熱帯林土壌の瘦悪化. 280-333. 熱帯林土壌. 真下育久編, 385pp, 勝美堂, 東京.

Wells, J. F. and Lund, H. G. (1991) Integrating timber information in the USDA Forest Service. 102-111. In Proceedings of the Symposium on Integrated Forest Management Information Systems. Minowa, M. and Tsuyuki, S. (eds.), 414pp, Japan Society of Forest Planning Press, Tokyo.

(11) 執筆原稿に連帯して責任を持つ場合は共著とすることができる。また、自然環境保全センター職員等および当センター職員以外の県職員が業務として協力した場合は、機関名・所属名により謝意を表す。

(12) その他文章の書き方、本文中の番号の記載順序は、原則として神奈川県文書管理規定に従う。(例 I→1→(1)→ア→(ア) など)

(原稿の提出)

投稿者は、別に定める期日まで、原稿 2 部を各部編集委員会事務局員に提出する。提出にあたっては、原則として本文はワード、一太郎またはテキストファイル形式で 図表はエクセルファイル形式で、写真は PDF・JPEG・TIFF ファイル形式で、CD、MO、FD などの電子媒体 1 組に保存したものを添付する。

(原稿の修正)

投稿された原稿は、編集要領に基づき審査を行い、掲載の可否を決定するとともに、審査結果により修正を求める場合がある。

(附 則)

- 1 この投稿規定は、平成 15 年 12 月 10 日から施行する。
- 2 神奈川県自然環境保全センター研究報告投稿規定および神奈川県自然環境保全センター自然情報投稿規定は廃止する。

(附 則)

- 1 この投稿規定は、平成 16 年 11 月 18 日から施行する。

(附 則)

- 1 この投稿規定は、平成 18 年 1 月 13 日から施行する。

(附 則)

- 1 この投稿規定は、平成 18 年 10 月 10 日から施行する。

(附 則)

- 1 この投稿規定は、平成 25 年 6 月 19 日から施行する。

(附 則)

- 1 この投稿規定は、平成 26 年 9 月 1 日から施行する。

**神奈川県自然環境保全センター報告
第 15 号**

平成 30 年 3 月 発行

発 行 神奈川県自然環境保全センター
厚木市七沢 657
TEL (046) 248-0323 (代)
〒243-0121

編集・印刷 有限会社 青史堂印刷
相模原市南区古淵 6-28-37
TEL (042) 748-3921
〒252-0344



神奈川県

自然環境保全センター
厚木市七沢 657 〒243-0121 TEL (046)248-0323(代)
<http://www.pref.kanagawa.jp/div/1644>