

東丹沢大洞沢における治山事業による水文観測の記録

内山佳美*・中嶋伸行**・横山尚秀*・山中慶久*

Report on hydrological observations by forest conservation project in Ohbora-sawa Watershed in the Tanzawa Mountains

Yoshimi UCHIYAMA*, Nobuyuki NAKAJIMA**,
Takahide YOKOYAMA*, and Yoshihisa YAMANAKA*

要 旨

内山佳美・中嶋伸行・横山尚秀・山中慶久：東丹沢大洞沢における治山事業による水文観測の記録 神奈川県自環保セ報告 12:17-26, 2014 東丹沢大洞沢では、1981年以降水文観測が継続されているが、その観測の実態はほとんど公表されてこなかった。このため、継続して取得された降水量・流量・浚渫土砂量のデータを改めて整理したところ、降水量と流量のデータには欠測が多く、その主な原因は量水堰への土砂の堆積や機器の故障であった。年間を通して降水量と流量のデータが取得されたのは1994、1995年の2年のみであった。一方、これまでに行われた量水堰の浚渫工事の記録から、浚渫工事の時期と浚渫土砂量を元に流域からの土砂流出量の経年変化を整理した。その結果、土砂流出量は、1990年代半ばまでは比較的少なく1990年代半ば以降は多くなっていた。この要因として、降雨条件の変化というよりも、量水堰と同時期に設置された上流の5基の谷止工がすべて満砂する1990年代半ばまでは谷止工の土砂流出抑制効果が比較的大きく働き、谷止工が満砂した後はその効果が薄れたことによるものと考えられた。

I はじめに

東丹沢大洞沢では、1981年に重要水源山地整備治山事業の一環で水文観測が開始され、以降30年以上にわたり水文観測が継続されている。同事業は、1970年代の水需要の増大と全国各地で発生した渇水を背景に、水資源増強対策の一つとして山地における基底流量の増加と貯水施設への土砂流入防止を図ることをねらいとしていた。大洞沢が事業実施箇所を選定されたのは、当時計画であった宮ヶ瀬ダムの上流域に位置し、周辺の流域よりも治山施設の整備が遅れていたためであった（神奈川県, 1980）。水文観測の当初の目的は治山施設

整備の効果検証であり、1980年度に観測施設（量水堰）1基が設置された後、1982年度までにその上流に谷止工5基が設置され、6.0haの森林造成が行われた。

このような観測実績を踏まえて、2007年から開始したかながわ水源環境保全・再生施策では、大洞沢を事業効果を検証するためのモニタリング流域に選定した（内山ほか, 2008）。現在は、治山事業により設置された本流の量水堰に加え、新たに水源環境保全・再生施策により支流2か所に量水堰を設置し、検証の基盤データとなる水文観測を継続している（内山ほか, 2013a）。

治山事業による過去の水文観測では、常に精度

* 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）

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

の高いデータが取得できたわけではなく、しばしば大雨に伴って大量の土砂が量水堰に流入し観測不能となった。しかし、浚渫工事の後に観測は継続され、短期の観測データを活用した研究成果はいくつか発表されてきた（矢部ほか（2000）、中嶋ほか（2001）、白木ほか（2007）、内山ほか（2009）など）。今後も事業効果の検証のために観測は継続されることから、過去から継続されてきた観測のデータも、今後取得していく観測データの解析等に活用できる可能性がある。

そこで、本稿は、これまで全容がほとんど公表されてこなかった治山事業による大洞沢の水文観測について、特に継続的な観測項目である降水量と流量、全記録の存在する浚渫工事実績を中心に、観測の実態を整理して公表することと、さらに、整理したデータを今後の大洞沢のモニタリング調査や解析の検討材料とすることを目的とした。

なお、本水文観測は1996年度から2002年度まで研究部門において中嶋伸行が担当し、1996年度より前の水文観測データの精査と必要な修正、データの電子化も合わせて行った。2003年度以降は内山佳美が担当し、水文観測及びデータ整理を継続して行った。

II 観測流域の概要

大洞沢は丹沢山地の東部、愛甲郡清川村の県有林内に位置する。相模川水系中津川上流に属し、2001年に完成した下流の宮ヶ瀬ダムに注ぐ(図1)。

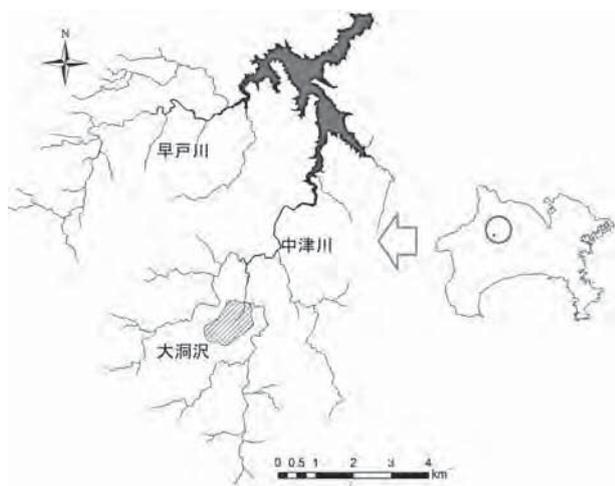


図1 大洞沢位置図

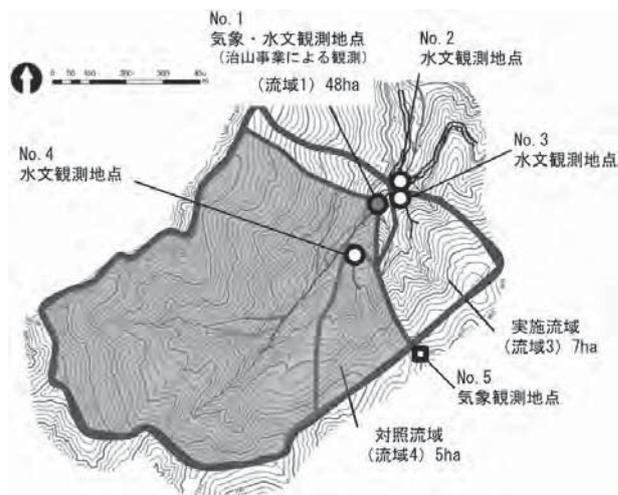


図2 大洞沢観測流域と各観測地点



写真1 現在の量水堰 (2013.11撮影)

治山事業によって設置された量水堰は、県道の橋に面しており、集水域は、面積約48ha、標高435～878mである(図2、写真1)。流域の主流の平均勾配は23°、流域全体の平均傾斜は36°であり、溪岸を中心に40°を超える斜面が分布する一方で、南側の尾根をはじめとして比較的傾斜の緩い箇所もみられる(図3)。とくに、流域内に2箇所みられる部分的な緩傾斜地は地滑り地形を呈している。

地質は新第三紀の丹沢層群に属し、基盤岩は溶岩塊が固結した凝灰岩で、その表層がローム層と土壌で覆われている(横山ほか, 2013)。土壌は、褐色森林土で、溪流沿いの急傾斜地では薄く、南側の尾根や過去の地すべり崩壊地などでは層厚3m以上に及ぶ箇所もある(横山ほか, 2014)。

丹沢山地は1923年の関東大震災によって至る所に崩壊が発生した場所であるが、大洞沢では比較的崩壊の発生は少なかったようである(神奈川

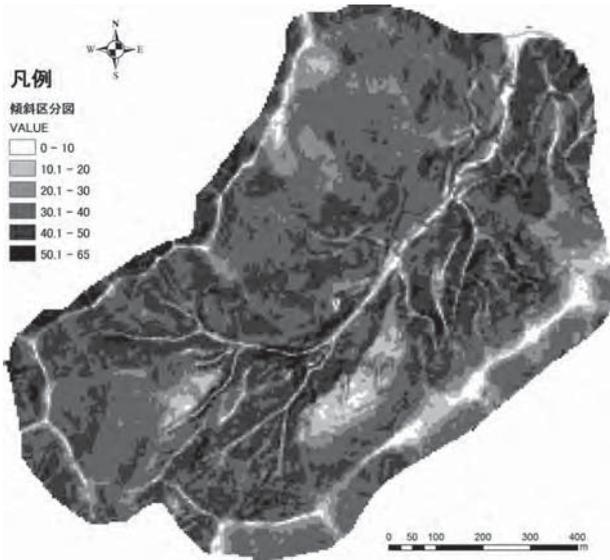


図3 傾斜区分図

県, 1987)。1977年、1985年、2007年の空中写真の判読からは、1977年と1985年はごく小規模な林内の崩壊地が数か所認められたが、2007年は流域内に崩壊地は認められなかった（神奈川県, 2012）。1981年の流域内踏査においても、山腹の中央から尾根にかけて崩壊地はみられていない（神奈川県, 1982）。治山台帳の記録においても1960年以降山腹工事の実績は無く、前述した1980～1982年に設置された谷止工以外では、1973年度に施工された谷止工3基と2004年度に施工された谷止工4基のみである（図4）。

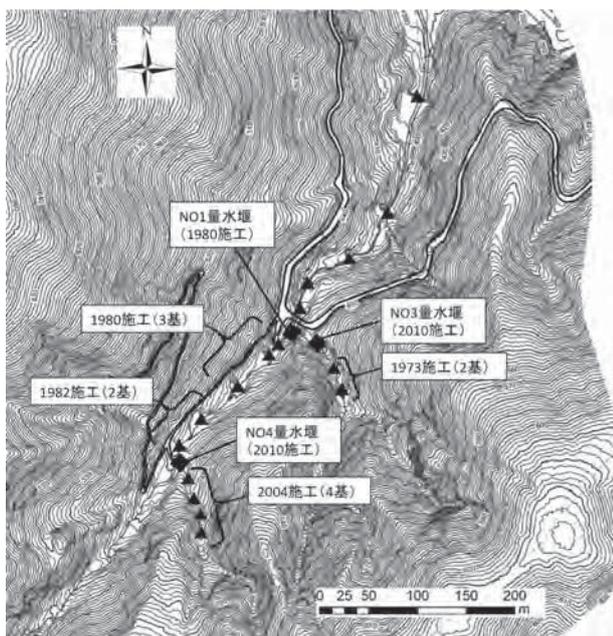


図4 治山施設と施工年度

一方、表層土の崩落等による溪岸の崩壊地については、1981年の流域内の踏査において幅数m程度の小規模なものも含めて31箇所確認された（神奈川県, 1982）。直近では2007年に本流の溪岸で崩落が発生したが、近年の踏査からは流域全体の溪岸の崩壊地の増加や減少といった顕著な傾向はみとめられない。

現在、流域内には、スギ林、ヒノキ林、混交林、広葉樹林がモザイク状に分布し、スギ、ヒノキの人工林は全体のおよそ6割程度である。これらは、丹沢県有林の一部として、県営林の管理・経営の観点から森林の造成・整備が継続的に行われてきた。水文観測を開始した当時は、幼齡林分や草地が少なくなかった（図5、表1）。現在は全体的に森林が成長し、一部に今後も間伐の必要な若い林分はあるものの概ね施業の行き届いた林分となっている（図6）。

ニホンジカによる植生への影響は、観測当初から認められた。1979年には流域内のいずれの群落

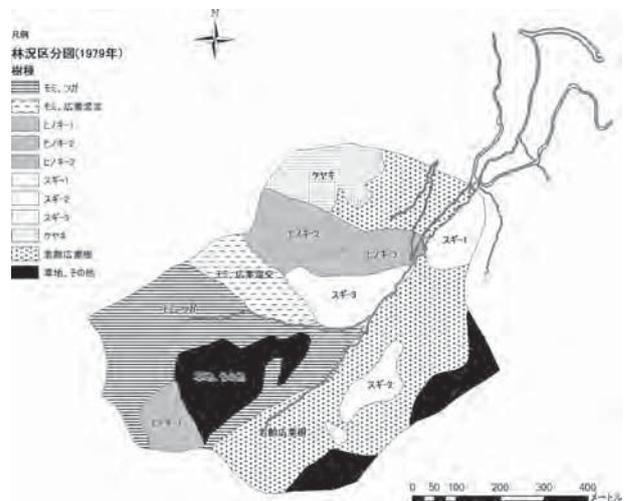


図5 大洞沢の林相区分図 (1979年)

表1 大洞沢の森林蓄積 (1979年)

樹種	林齢 (年)	面積 (ha)	立木材積	
			m ³ /ha	m ³
モミ・ツガ	80-240	9.8	143	1,401
モミ・広葉混交	80-240 (モミ) 20-115 (広)	2.8	135	378
ヒノキ-1	52	1.6	236	378
-2	27	2.8	125	350
-3	25	2.0	113	226
小計		6.4	(149)	954
スギ-1	72	1.5	336	504
-2	13	1.6	19	30
-3	26	2.6	84	218
小計		5.7	(132)	752
ケヤキ	60	2.7	57	154
若齢広葉樹	-	14.7	-	-
草地・その他	-	6.9	-	-
計		49	(74)	3,639

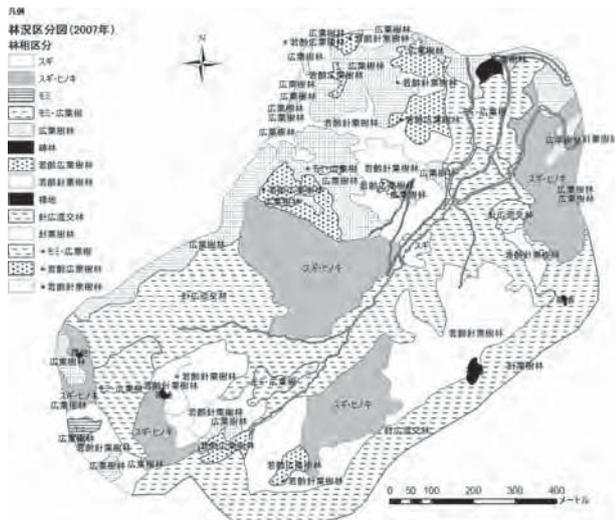


図6 大洞沢の林相区分図 (2007)

も貧弱で単純な林床植生であり、流域の尾根に設置されていた有刺鉄線の柵の内外の差からもニホンジカの影響であることが指摘されている（神奈川県, 1980）。さらに、1997年に行われた植生調査でも、20箇所の調査プロットの大部分でテンニンソウなどのニホンジカの嗜好種が優占していた（神奈川県, 1997）。

Ⅲ 水文観測及び浚渫工事の概要

1 水文観測の経過

初期の水文観測は、治山の事業部門が担当し外部への委託により行われていた。しかし、研究的な性格が強いことから、1995年から研究部門に業務が引き継がれ、研究課題の一つとして職員による観測・解析が行われるようになった。

継続的な観測項目は、降水量、流量であり、短期的には溪床変動量や山腹生産土砂量、土砂流出量などの各種調査が併せて行われてきた。量水堰の浚渫工事は必要に応じて行われ、工事の時期や浚渫土砂量は事業部門が管理する治山台帳に記録されている。また、流域内の林況・植生、土壌等の調査は、1979年度、1997年度に実施された（神奈川県, 1980、神奈川県, 1997）。

観測期間中の大きな変化は、1997年3月に量水堰のノッチの形状が改修されたことである。少流量時の観測精度を向上させるため、当初の矩形堰の複断面から三角堰と矩形堰の複断面となった（図7）。

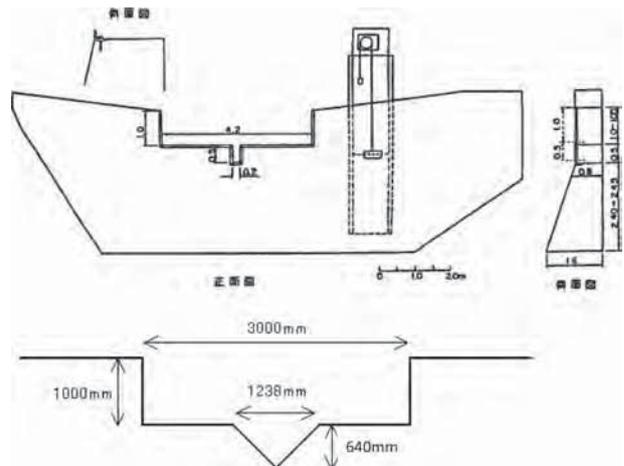


図7 量水堰のノッチの形状
（上：設置当初の量水堰の構造、
下：1997年4月以降のノッチの形状）

2 観測機器の仕様

降水量の観測は、量水堰付近の上部の開いた箇所を設置した転倒ます式雨量計により行われた。山岳地で商用電源の供給がなかったため、ヒーターによる融雪機能のない雨量計が使用された。量水堰の脇の観測小屋（写真1）の中にはフロート式水位計が設置され、水面に垂らした浮の上下変動がペンに伝わり記録紙に水位変動が連続的に記録される。記録紙は定期的に交換し、持ち帰った記録紙の値を読み取り換算式を用いて流量に換算している。計測機器は、初期は、雨量計と水位計の計測値が一体として記録されるフロート式自記水位雨量計（池田計器製作所製、ALR-103WP型）が使用され、2004年に老朽化のため同じくフロート式自記水位雨量計（池田計器製作所製、ALR-213WP型）に更新された。1997年頃からデジタルのロガー式雨量計（コーナシステム製、KADEC-UP）が併用され、2005年5月から同じくロガー式雨量計（ウイジン製、U-Dot）に更新された。さらに2004年からデジタルのロガー式の圧力式水位センサー（ハイネット社製HM-910）が併用された。観測データは、自記水位雨量計では通常1時間間隔で記録紙の値を読み取り、ロガーによるデジタルデータは10分間隔で記録される。

なお、2008年度には、水源環境保全・再生施策のモニタリング調査による新たな観測システムが整備されたため、前述の観測機器は一新されている（内山ほか, 2013b）。

3 水文観測データの整備

これまで観測されてきた降水量と流量のデータを収集・整理し、欠測期間を除いて日データを作成した。さらに、月間データと1～12月の年間データを集計した。

降水量のデータ整理は、観測を開始した1981年7月から2009年4月までを対象とした。1996年までのデータは、各年度の委託調査の報告書の日報を元にした。欠測は、現地の雨量計の故障や、パソコンの故障による記録データの消失等によるものである。

流量のデータ整理は、日報値の存在する1983年4月以降を対象に、2008年の支流の量水堰の設置工事開始までとした。流量の欠測は多く、欠測の主な原因は量水堰への土砂流入による観測不能と浚渫工事や観測施設の改良工事による観測の中断によるものである。

水位から流量への換算は、1997年3月までの旧ノッチの期間は、(1)および(2)式を用いた。これは、観測初期に流量の実測により求められたものである(神奈川県, 1991)。

$$H \leq 50\text{cm} \text{ のとき } Q = 0.592H^{1.455} \dots\dots\dots (1)$$

$$H > 50\text{cm} \text{ のとき } Q = 0.592H^{1.455} + 8.862(H-50)^{1.5} + 12.28(H-50)^{0.5} \dots\dots\dots (2)$$

1997年4月以降の新ノッチの期間は、三角堰と矩形堰の理論式により水位を流量に換算した。

4 浚渫工事の実績

治山台帳をもとに、大洞沢で行われた量水堰の浚渫工事の時期と浚渫土砂量を調べ、年間の土砂流出量を整理した(表2)。それと同時に、浚渫工事の実績情報と観測の記録を突き合わせ、特に量水堰への土砂の多量な堆積をもたらした豪雨について特定した(表2)。このような一雨で多量の土砂流出をもたらした豪雨の年間最多回数は3回であり、浚渫工事の年間最多回数は2回であった。表2では、土砂が流出した翌年に浚渫工事を行っていることが明らかな場合は、浚渫工事を行った年ではなく土砂が流出した年に土砂量を計上した。なお、浚渫土砂量は、土砂の堆積状況と量水堰の湛水部の形状から算出した概数である。

表2 年間土砂流出量
(1981～2012年)

年	年間土砂流出量(m)	累積土砂流出量(m)	特に堰への多量な土砂流入をもたらした降雨
1981	0.0	0.0	
1982	150.0	150.0	1982.8.1台風10、1982.9.12台風18号、11月下旬低気圧
1983	99.8	249.8	1983.8.15台風16号、1983.8.17豪雨
1984	0.0	249.8	なし
1985	0.0	249.8	1985.7.2-3豪雨
1986	0.0	249.8	なし
1987	67.6	317.4	なし
1988	0.0	317.4	なし
1989	18.0	335.4	なし
1990	80.3	415.7	1990.8.10豪雨、1990.9.30台風20号、1990.11.30豪雨
1991	60.0	475.7	1991.9.19台風18号
1992	56.0	531.7	なし
1993	0.0	531.7	なし
1994	0.0	531.7	なし
1995	0.0	531.7	なし
1996	60.0	591.7	1996.7.21豪雨、1996.9.22台風7号
1997	60.0	651.7	なし
1998	60.0	711.7	1998.8.28前線・台風4号、1998.9.16台風5号
1999	100.0	811.7	1999.8.14熱帯低気圧
2000	80.3	892.0	2000.9月上旬前線と台風
2001	176.4	1068.4	2001.9.11台風15号
2002	176.4	1244.8	2002.7.10台風6号・梅雨前線、2002.10.1台風21号
2003	37.3	1282.1	なし
2004	228.0	1510.1	2004.6.21台風6号、2004.10.9台風22号、2004.10.20-21台風23号
2005	139.1	1649.2	2005.8.25-26台風11号
2006	41.3	1690.5	なし
2007	145.7	1836.2	2007.9.7台風9号
2008	0.0	1836.2	なし
2009	41.3	1877.5	なし
2010	0.0	1877.5	なし
2011	111.2	1988.7	2011.7.19-20台風6号、2011.9.20-21台風15号
2012	156.8	2145.5	2012.5月上旬豪雨

IV 水文観測結果の概要

1 降水量・流量

1981年以降の大洞沢の降水量の観測結果を表3に示した。年間降水量は2100～3900mm程度で平均は2950mmであった。月別降水量では、夏季から秋季にかけて多く700～800mmに達した月もあったが、冬季など少ない月では数mmであった。また、1983年以降の大洞沢の流量の観測結果を表4に示した。年間の流出量は、多い年で2000mmを超え、降雨の少ない年では1600mm程度であった。なお、転倒ますに融雪のためのヒーターがついておらず、降雪時の降水量は参考値となるため、これらの水文観測のデータ利用にあたっては注意が必要である。

降水量と流量ともに通年で欠測のなかった1994年、1995年の年間の水収支について、小田ら(2013)による2010年、2011年の水収支と比較した(図8)。降水量から流出量を差し引いた損失量には、岩盤深部から流域外に流出する量水堰では計測できない水の量(深部浸透量)と植物からの蒸発散量が含まれる。各地で行われてきた流域試験の結果から、一般的には若齢林の成長によって蒸発散量が増加して流量が減少する(蔵治, 2003)。このため、若齢林や草地の少なくなかった観測開始当時から

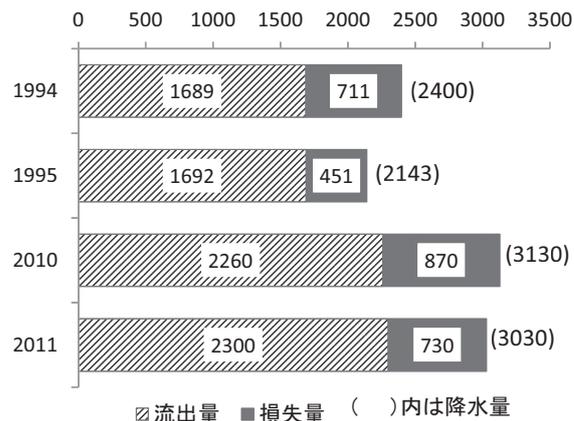
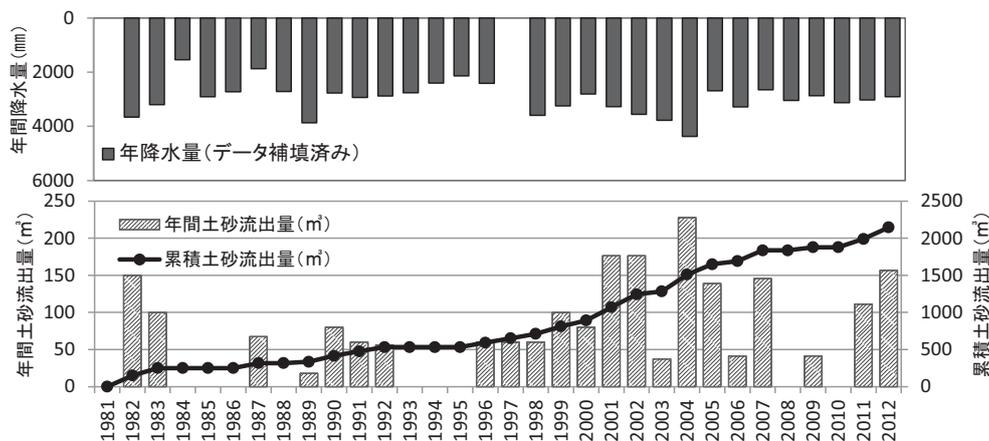


図8 1994年、1995年、2010年、2011年の水収支

現在の森林に成長するに伴い、経年的に流量が減少することが予想されるが、図8では明瞭な傾向はみられなかった。さらなる検討にあたっては短期水収支法(鈴木, 1985)などのより詳細な解析が必要である。

2 土砂流出量

表2より、1981年以降2012年までの31年間の土砂流出量は、2146m³であり、144m³/km²/年であった。下流の宮ヶ瀬ダムの堆砂量は、ダム建設後14年経過した平成21年度末の時点で2,682千m³であり(国土交通省, 2012)、ダム上流域全体の平均的な土砂流出量は1800m³/km²/年と算出される。こ



※1996年までの降水量は、各年度の委託報告書の欠測補填済みの数値を採用した。

※1997年は降水量の欠測が補填できなかったため、グラフに表示していない。

※1999年以降の降水量は、国土交通省の札掛の雨量観測所の値を元に補填した。札掛と降水量の相関関係は、矢部(2000)と同様に $R_0 = 1.16R_f$ (R_0 : 大洞沢降水量、 R_f : 札掛降水量)とした。

図9 全土砂流出量の経年変化

表3 年間降水量と月別内訳
 ※月別内訳の欄で、網掛けは1か月すべて欠測、下線の数字は1か月のうちの一部欠測あり。

年	年間降水量 (mm)	月別降水量(mm)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1981	1,574.0							265.5	413.0	214.5	483.5	195.0	2.5
1982	3,662.0	41.0	99.5	170.0	264.5	138.5	341.5	253.5	1,019.5	710.0	265.5	315.5	43.0
1983	3,196.0	36.5	50.0	279.5	274.5	323.5	347.5	179.0	992.0	399.0	218.0	92.0	4.5
1984	1,538.0	<u>3.0</u>	<u>0.0</u>	<u>74.0</u>	104.0	114.0	346.0	308.0	90.5	103.0	216.5	124.0	55.0
1985	2,909.7	31.5	161.0	249.5	463.0	114.0	531.7	465.5	311.5	217.0	178.5	157.5	29.0
1986	2,720.0	34.0	1.5	138.0	280.5	420.5	266.5	174.5	410.5	547.0	159.0	86.5	201.5
1987	1,856.5	96.5	85.0	241.5	51.5	249.5	216.0	182.0	120.5	298.5	240.5	<u>75.0</u>	
1988	2,710.5	29.0	0.0	224.5	203.0	188.0	444.0	257.0	691.5	556.5	95.5	20.5	1.0
1989	3,868.0	134.0	225.5	232.0	370.5	403.5	425.0	529.0	638.5	410.5	313.0	141.5	45.0
1990	2,768.5	45.5	241.0	135.5				<u>77.5</u>	651.5	727.5	219.5	616.5	54.0
1991	2,932.0	66.5	120.5	285.0	252.5	75.0	274.5	0.5	193.0	748.5	832.5	54.0	29.5
1992	2,880.5	9.0	49.0	320.5	341.0	253.0	576.5	85.5	227.5	232.0	477.5	185.5	123.5
1993	2,765.0	192.5	96.0	75.5	49.0	117.5	315.5	590.5	376.0	286.5	283.0	272.0	111.0
1994	2,400.0	78.0	140.0	168.5	91.0	459.0	168.0	204.0	124.0	516.0	303.0	76.0	72.5
1995	2,142.5	81.5	60.5	321.0	221.0	315.5	346.0	305.0	7.5	205.0	177.5	98.0	4.0
1996	2,415.0	29.0	13.5	270.5	168.5	194.5	102.0	634.5	72.5	536.5	128.0	147.5	118.0
1997	284.0	28.5	78.5	<u>151.5</u>									25.5
1998	3,590.5	26.0	189.0	173.0	385.5	335.5	318.0	316.0	597.0	786.5	378.5	5.0	80.5
1999	3,248.5	26.5	51.5	249.0	500.5	299.5	331.0	536.5	644.0	229.0	208.0	171.5	1.5
2000	2,805.0	128.5	8.0	182.0	373.5	38.5	317.0	356.5	140.5	618.5	220.0	370.5	51.5
2001	2,864.0	121.0	88.5	143.0	47.5	336.5	171.0	44.5	473.0	767.0	481.5	190.5	
2002	0.0												
2003	1,784.5							<u>142.0</u>	700.5	202.0	235.5	420.5	84.0
2004	3,473.0	23.5	91.5	155.5	127.0	255.5	420.5	<u>227.0</u>	537.5	280.5	1,140.0	<u>76.0</u>	138.5
2005	2,216.5	100.5	108.0	154.5	96.5	165.0	159.5	594.5	495.0	<u>296.0</u>		<u>40.5</u>	<u>6.5</u>
2006	2,931.5		<u>146.0</u>	<u>176.5</u>	194.5	265.0	292.5	421.5	280.0	253.5	486.0	203.5	212.5
2007	1,866.0	101.5	85.0	<u>31.5</u>	187.5	189.5	151.5	484.0	51.5	<u>584.0</u>			
2008	2,210.5				<u>124.0</u>	493.5	331.0	130.0	560.0	234.5	<u>150.0</u>	87.0	100.5
2009	768.0	234.5	108.0	217.0	208.5								

表4 年間流出量と月別内訳
 ※月別内訳の欄で、網掛けは1か月すべて欠測、下線の数字は1か月のうちの一部欠測あり。

年	年間流出量 (mm)	月別流出量(mm)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1983	2,238.4	48.47	32.75	184.40	<u>140.30</u>	312.90	229.00	188.10	<u>465.80</u>	234.80	256.00	97.60	48.30
1984	1,097.0	31.50	24.50	50.00	<u>151.90</u>	<u>56.90</u>	147.80	274.50	92.20	40.50	<u>90.20</u>	76.80	<u>60.20</u>
1985	2,692.0	43.40	<u>111.60</u>	274.50	490.30	96.90	412.40	617.70	131.40	117.90	214.40	130.20	<u>51.30</u>
1986	2,264.8	36.90	24.50	105.60	348.20	326.10	<u>196.70</u>	223.50	326.50	461.10	109.80	43.80	62.10
1987	1,380.8	60.50	43.90	153.70	93.20	<u>128.80</u>	100.00	<u>181.50</u>	53.50	131.80	193.60	153.80	86.50
1988	2,928.4	42.40	23.20	<u>81.90</u>	249.70	132.10	<u>303.30</u>	284.60	759.80	699.90	268.50	49.50	33.50
1989	2,693.9	51.40	128.70	192.90	293.90	<u>184.60</u>	320.10	<u>193.60</u>	<u>421.30</u>	390.60	286.40	160.90	69.50
1990	2,265.2	40.50	194.50	225.60	<u>409.50</u>			<u>66.00</u>	<u>384.70</u>		<u>196.40</u>	<u>382.70</u>	365.30
1991	1,933.4	60.30	74.70	177.40	285.80	98.20	150.80	153.90	461.10	<u>471.20</u>			
1992	2,234.6			<u>84.10</u>	351.60	205.70	435.60	197.10	127.10	89.50	409.70	165.30	168.90
1993	2,279.9	<u>87.40</u>	<u>61.60</u>	99.90	50.50	59.80	101.90	534.10	398.10	298.70	221.30	258.50	108.10
1994	1,689.4	73.40	89.80	140.30	85.10	310.50	189.50	133.50	70.60	148.70	327.30	77.60	43.10
1995	1,692.4	54.20	32.20	140.80	218.60	360.60	319.50	327.90	40.90	46.00	86.70	41.20	23.80
1996	1,365.4	16.30	22.80	89.70	155.70	169.70	50.70	454.00	88.40	<u>91.40</u>	<u>22.70</u>	97.60	106.40
1997	1,087.9	54.00	43.30	<u>35.90</u>					<u>95.39</u>	378.03	128.48	161.40	<u>191.42</u>
1998	2,041.6	111.99	180.10	300.06	375.86	242.01	367.97	255.48	<u>49.93</u>			<u>95.63</u>	62.52
1999	2,190.6	42.33	33.09	<u>92.45</u>	460.35	295.67	183.27	704.73	<u>3.12</u>		<u>112.71</u>	196.32	66.52
2000	1,175.6	62.29	40.12	64.48	317.42	116.28	148.05	354.95	<u>72.00</u>				
2001	982.8	<u>66.00</u>	95.91	129.80	79.44	222.93	270.33	81.26	<u>37.11</u>				
2002	844.2	<u>84.30</u>	78.93	108.28	162.23	181.84	<u>84.96</u>					<u>49.84</u>	93.86
2003	1,752.9	120.05	95.99	262.79	193.39	157.84	260.79	<u>144.94</u>			<u>8.03</u>	314.11	<u>194.95</u>
2004	790.3	<u>49.21</u>			<u>34.07</u>	209.87	<u>144.98</u>	<u>52.95</u>	95.98	<u>17.83</u>			<u>185.39</u>
2005	1,325.9	88.27	<u>3.62</u>	<u>102.79</u>	103.47	77.91	105.12	534.5	<u>178.72</u>			<u>75.93</u>	55.55
2006	2,720.1	46.62	88.01	198.52	150.59	168.58	329.13	423.33	298.07	172.93	505.63	123.91	214.78
2007	1,637.0	164.47	<u>1.46</u>	<u>11.56</u>	164.25	139.37	94.40	455.52	151.78	<u>454.22</u>			
2008	1,852.5				<u>181.13</u>	402.29	368.32	199.20	354.66	274.51	<u>72.34</u>		

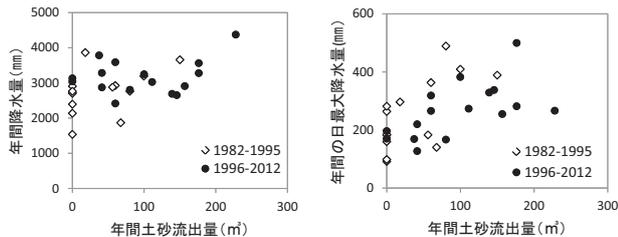


図10 年間土砂流出量と降水量の関係

※降水量は図9の欠測補填済みのデータを用いた。(ただし欠測の補填できなかった1997年のデータを除く)

れらを単純に比較すると大洞沢流域の土砂流出量は宮ヶ瀬ダム上流域全体の平均的な土砂流出量よりもかなり小さく1/10以下であった。

図9に年間降水量と年間土砂流出量の推移を示した。図9から、年間土砂流出量は、1995年頃までは比較的少なく、1996年以降は比較的頻度も高く量も多かった。このように1990年代半ばを境に土砂の流出傾向が異なった要因として、前述したように流域内の崩壊地の経年による増減は認められず観測当初からニホンジカの影響による林床植生の衰退も進んでいたことから、量水堰上流に設



写真2 1983年2月の谷止工の堆砂状況
(上：1982年度施工の上流から2番目の谷止工、
下：1982年度施工の最上流の谷止工)



写真3 1991年1月の谷止工の堆砂状況
(1982年度施工の最上流の谷止工)

置された谷止工の土砂流出抑制効果、1996年以降の降雨量や降雨強度の増加が考えられた。

図10に年間土砂流出量と降水量の関係を示した。年間土砂流出量は、年降水量、年ごとの最大日降水量のいずれとも明瞭な関係は認められなかった。また、土砂流出量の比較的少なかった1995年までの最大日降水量も決して小さくなかった。これらのことから、1996年以降の土砂流出量の増加に対する降雨条件の影響は大きくないと考えられた。

1980年度と1982年度には、量水堰の上流に5基の谷止工が設置された(図4)。そのうち1980年度に施工された下流側3基は1983年2月時点ですでに満砂の状態であり、その上流の1982年度に施工された2基の谷止工の堆砂は、簡易測定の結果や当時の写真(写真2)からいずれも放水路の高さから3m程度下がったところまでであった(神奈川県,1983)。さらに、1991年1月の簡易測定の結果や当時の写真(写真3)から未満砂だった2基のうち下流の1基は満砂し、最上流の1基も左岸側一部を残して土砂の堆積が進行していた(神奈川県,1991)。その後、最上流の谷止工も数年で満砂したと予想され、現在は、量水堰の湛水部を除き、すべての谷止工が完全に満砂している。

以上のことから、この31年間のうち1995年頃までの土砂流出量が少なくそれ以降に多くなった要因として、降雨条件の変化というよりも、量水堰と同時期に設置された谷止工の堆砂状況が関係していると考えられた。すなわち、1990年代半ばまでは谷止工の上流側が空いていたために、出水時に本流を流下する土砂が谷止工の上流側に比較

的多く堆積し、一部が下流の量水堰に流出した。谷止工が満砂した1990年代半ば以降は、本流を下流する土砂が谷止工でほとんど堆積せずに下流の量水堰まで流出したため、結果的に量水堰での土砂流出量が多くなったと推測される。

また、図9の1996年以降の経年変化においても土砂流出量の多い年と少ない年がある。大洞沢流域内では、2000年10月から2001年6月にかけて森林整備と併せて約700mの作業路の開設が行われており、特に2001、2002年の土砂流出量が多くなった要因としては、この作業路の開設が影響した可能性も考えられた。近年は、この作業路周辺には植生が繁茂している。

VI まとめ

大洞沢で1981年から行われてきた治山事業による水文観測について、特に長期の記録が残る降水量、流量、土砂流出量を中心に整理したところ、次のとおりであった。

- ・降水量と流量のデータには欠測が多く、その主な原因は量水堰への土砂の堆積や機器の故障によるものであった。
- ・年間を通して降水量と流量のデータが取得されたのは1994、1995年の2年のみであった。時点間の比較など今後のデータ活用にあたっては、さらに詳細な解析が必要である。
- ・浚渫土砂量の記録から、1981年から2012年までの31年間の土砂流出量合計は、2146 m³、144 m³/km²/年と算出された。これは、宮ヶ瀬ダムの堆砂量から算出されるダム上流域の平均的な土砂流出量と比較すると1/10以下であった。
- ・土砂流出量の経年変化から、1995年頃までの土砂流出量が少なく以降の土砂流出量が多い傾向がみられた。この要因として、年間土砂流出量と降水量の関係に明瞭な傾向がみられなかったことから、降雨条件の変化よりも、量水堰上流の谷止工が満砂する1990年代半ばまでは谷止工の土砂流出抑制効果が比較的大きく働き、谷止工が満砂した後はその効果が薄れたことによると考えられた。

VII 謝辞

観測データの整理にあたっては、伊藤（旧姓：勝又）真美さんはじめ歴代の日々雇用職員の方々に大変お世話になった。さらに、県央地域県政総合センター農政部森林土木課には、大洞沢に該当するすべての治山台帳の借用について協力いただいた。また、土砂流出量の経年変化については、東京大学鈴木雅一教授、東京農工大学石川芳治教授はじめ各研究室の先生方に検討会を通して助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

VIII 参考文献

- 神奈川県（1987）V自然災害履歴図． 土地分類基本調査秦野・山中湖， pp88-100． 神奈川県企画部企画総務室， 横浜．
- 神奈川県（1980）重要水源山地整備治山事業調査報告書， 188pp
- 神奈川県（1982）重要水源山地整備治山事業調査報告書， 68pp
- 神奈川県（1983）重要水源山地整備治山事業調査報告書， 50pp
- 神奈川県（1991）平成2年度水源地域緊急整備事業調査報告書， 328pp
- 神奈川県（1997）平成9年度森林水環境総合整備事業調査委託報告書， 99pp
- 神奈川県（2012）平成23年度大洞沢流域履歴調査報告書， 27pp
- 蔵治光一郎（2003）森林の緑のダム機能（水源涵養機能）とその強化に向けて，（社）日本治山治水協会， 76pp
- 国土交通省 関東地方整備局（2012）宮ヶ瀬ダム 定期報告書平成23年2月10日第19回 関東地方ダム等管理フォローアップ委員会， http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000059173.pdf
- 中嶋伸行・板寺一洋・藤森博英（2001）δ¹⁸O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
- 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—地下部における水移動の影響—, 神奈川県自然環境保全センター報告, 10 : 47-52
- 白木克繁・若林妙子・石川芳治・鈴木雅一・内山佳美 (2007) 大洞沢の降雨と流出, 丹沢大山総合調査学術報告書 : 405-409.
- 鈴木雅一 (1985) 短期水収支法による森林流域からの蒸発散量推定, 日本林学会誌 67 : 115-125
- 内山佳美・山根正伸 (2008) 森林における水環境モニタリングの調査設計—大洞沢における検討事例—, 神奈川県自然環境保全センター報告, 5 : 15-24.
- 内山 佳美・相原 敬次・飯田 勝彦・板寺 一洋 (2009) $\delta^{18}\text{O}$ 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
- 内山佳美・山根正伸・横山尚秀・山中慶久 (2013a) 神奈川県における水源環境保全・再生施策の検証手法とその実施状況, 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
- 矢部和弘・中嶋伸行・西尾邦彦 (2000) 東丹沢大洞沢における流出土砂量推算式の検討, 東京農大農学集報, 45(3) : 217-225.
- 横山尚秀・内山佳美・佐藤壮・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第10号, 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について, 神奈川県自然環境保全センター報告(調査研究編) 第12号