

大正関東地震後の復旧工事で施工された砂防堰堤の特徴 —西丹沢周辺における事例を対象として—

Characteristics of check dams constructed as the restorative SABO works around West-Tanzawa area after Great Kanto Earthquake

西本晴男 ^{*1} Haruo NISHIMOTO	鈴木雅一 ^{*2} Masakazu SUZUKI	大村さつき ^{*3} Satsuki OMURA	阿部拓実 ^{*3} Takumi ABE
内山豊 ^{*4} Yutaka UCHIYAMA	内山佳美 ^{*5} Yoshimi UCHIYAMA	三尋木延幸 ^{*4} Nobuyuki MIHIROGI	野口陽平 ^{*4} Youhei NOGUCHI
吉田喜高 ^{*1} Yoshitaka YOSHIDA			

Abstract

In 1923 Great Kanto Earthquake attacked the south Kanto region. By the strong shock caused by this quake, in West-Tanzawa mountain area enormous number of hillsides collapsed and huge volume of unstable sediment was yielded. In order to prevent sediment disasters, restorative SABO works such as check dams and hillside works were executed by the Ministry of Home Affairs, the Department of the Imperial Household and local governments. Kitao Moroto, Professor of Tokyo Imperial University, remained many photos and memoirs concerning these SABO works and disasters. These materials were taken and written on the basis of his field trips around West-Tanzawa mountain area. Through referring to these materials and our field investigations in recent several years, we have confirmed that these many SABO works were implemented by Moroto's guidance and in close coordination with the executive organizations. Hence many check dams remain and have been effectively consolidating foots of hillsides and reducing overabundant sediment runoff to downstream. These check dams have some characteristics in those days when modern SABO technologies extended in all over Japan.

Key words : Check dam, Restorative SABO works, West-Tanzawa area, Great Kanto Earthquake

1. はじめに

1923 (大正 12) 年 9 月 1 日午前 11 時 58 分 32 秒に、マグニチュード 7.9 の巨大地震が南関東を襲った。この地震 (以下、「関東地震」) は、相模トラフで発生した海溝型地震で、震源地が陸地に近かったことから、東京府 (当時) や神奈川県各市街地を中心に家屋の倒壊、火災などにより約 10 万人が犠牲になった (例えば、竹村, 2008)。

一方、山地や丘陵地においては、地震発生時の揺れとその後の降雨により、神奈川県、静岡県東部、山梨県東部、東京都西部および千葉県南部において多数の山腹崩壊が生じ、土石流などによる多くの土砂災害が発生し約 1,200 人の犠牲者がでた (井上, 2013)。

なかでも震源に近い神奈川県では、最も激甚な被害に見舞われた (例えば、伊藤, 2005)。酒匂川、早川、相模川、花水川の 4 河川の上流域における山地の荒廃が特

に著しく、丹沢山地における崩壊面積率は、山口・川邊 (1982) では 15.2%, 建設省 (1995 a) では概ね 10% 以上で 20% 以上に達した所もあるとしている。このため、1924 (大正 13) 年以降、内務省、帝室林野局および神奈川県により、荒廃した水源地域における堰堤などの溪流工事と山腹工事による震災復旧砂防工事 (現在の砂防事業と治山事業による工事、以下「復旧砂防工事」) が実施された (建設省, 1995 b; 帝室林野局, 1939; 神奈川県, 1980; 神奈川県, 1984; 関口権次郎, 1931)。関東地震により発生した膨大な数の崩壊地や土砂災害の状況については、中村ら (2000), 井上 (2013) などに詳しく、また三保ダム (1978 年完成の多目的ダム) 上流域の裸地面積変化とダム完成後の流出土砂量の変化については Koi *et al.* (2008) の研究がある。しかし、復旧砂防工事として当時施工された堰堤等に関して具体的に論じた文献は、奥多摩の事例についての報告 (高橋, 2015) など数少ない。

*1 正会員 株式会社東京建設コンサルタント Member, TOKEN C. E. E. Consultants Co. Ltd. (nishimoto-h@tokencon.co.jp) *2 正会員 東京大学名誉教授 Member, Professor Emeritus, the University of Tokyo *3 正会員 応用地質株式会社 Member, OYO COOPERATION *4 神奈川県西地域県政総合センター Kennishi Region Prefectural Administration Center, Kanagawa Pref. *5 正会員 神奈川県自然環境保全センター Member, Natural Environment Conservation Center, Kanagawa Pref.

そこで本研究は、1) 内務省、皇室林野局、神奈川県
の既往資料、2) 震災後現地調査を行った東京帝国大学
砂防講座の諸戸北郎教授(以下、「諸戸」)の関係資料、3)
著者らによる現地調査、の3種類の資料を用い、西丹沢
(丹沢山地のうち、大室山から蛭ヶ岳、丹沢山、塔ヶ岳
にかけての稜線より西側の範囲)周辺における関東地震
後の復旧砂防工事で施工された堰堤について、近代砂防
技術史の視点からその特徴を整理するとともに、それら
構造物の現況を明らかにすることを目的とした。なお、
西丹沢周辺は、震災で斜面崩壊が多発し、活発な対策工
事が展開された典型的な地域として選定した(図-1)。

本論で写真の出典として記している「諸戸アルバム」
は、東京大学森林理水及び砂防工学教室が所蔵している、
諸戸が残した写真アルバムを指す(諸戸北郎博士砂防業
績研究会, 2018 a)。また、本論で引用している文献の
著者名「度山」は、「砂防」(1928年~1944年に発刊さ
れた、砂防協会の機関誌)の中で使用されている諸戸の
ペンネームである。

2. 復旧砂防工事と諸戸の調査

2.1 神奈川県における復旧砂防工事

関東地震により発生した神奈川県における土砂災害の
対策として、内務省、皇室林野局、神奈川県が実施した
復旧砂防工事の状況を表-1に示す。

内務省は、酒匂川等4河川で(酒匂川では静岡県内
においても実施)、大正13年度~昭和13年度までは直轄
震災復旧砂防事業により、昭和14年度からは直轄砂防
事業により堰堤、床固工、護岸工の工事を実施し、昭和
42年度には事業を終了し堰堤等を県へ引き継いだ。

なお、昭和18年度からは、山腹崩壊が特に著しかつ
た酒匂川水系のみで実施した(建設省、1968;建設省、



図-1 神奈川県西部の主要河川と西丹沢の位置図
(県境、河川は国土数値情報を用いて描画)

Fig.1 Location of West-Tanzawa area

表-1 関東地震後の神奈川県内の復旧砂防工事
Table 1 Restoration SABO works in Kanagawa pref. after
Great Kanto Earthquake

実施主体	事業範囲	事業名・実施期間
内務省 建設省	酒匂川, 早川, 相模川, 花水川	大正13年度 昭和42年度 直轄震災復旧砂防事業(昭和13年度まで) 直轄砂防事業(昭和14年度より) ※昭和18年度からは酒匂川のみで実施
皇室 林野局	(事業区) 丹沢, 中川, 世附, 明神峠	大正13年度 昭和10年度 震災復旧砂防工事
県砂防	相模川, 花水川, 酒匂川, 早川 等	昭和2年度 砂防事業
県治山	相模川, 花水川, 酒匂川, 早川 等	大正12年度 震災荒廃林地復旧事業(昭和4年度まで) 荒廃林地復旧事業等(昭和5年度より)

(備考) 内務省・建設省は溪流工事、皇室林野局は山腹工事
と溪流工事、県砂防は溪流工事、県治山は主に山腹
工事の一部に溪流工事がある。

1995 b)。

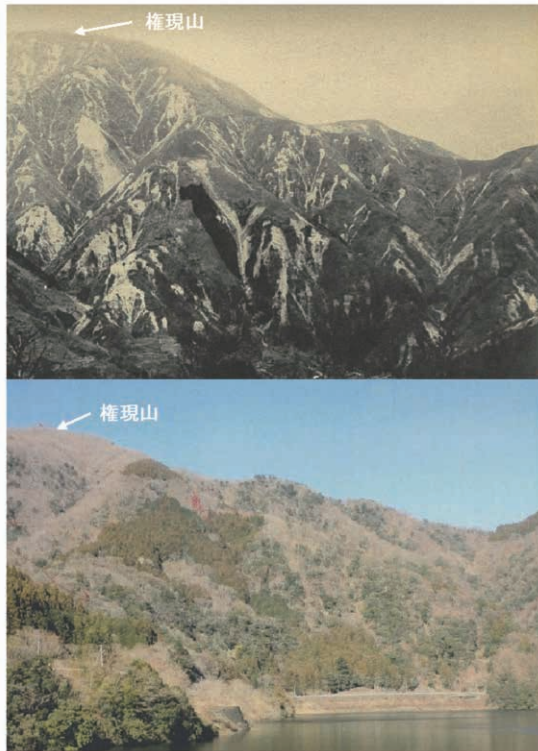
震災当時の西丹沢周辺は、河内川の主要3支川である
世附川、中川、玄倉川の流域および鮎沢川左岸地域に皇
室財産の御料地があった。この御料地内では、皇室林野
局が大正13年度~昭和10年度までの12年間にわたり
震災復旧砂防工事を実施した。このうち、玄倉川と中川
の流域の御料地は昭和6年に神奈川県に下賜され、その
後はこの2流域における皇室林野局による工事は実施さ
れていない(皇室林野局、1939)。皇室林野局は、昭和
22年3月をもって廃止となり、御料地は翌年4月に農
林省林野局(現林野庁)管轄の国有林に編入された。

神奈川県は、昭和2年度から砂防事業を開始している
が(全国治水砂防協会、1981;神奈川県、1980)、これ
に先立つ大正12年度~昭和4年度にかけて震災荒廃林
地復旧事業を、昭和5年度以降においては荒廃林地復
旧事業等を実施した(神奈川県、1984)。

地震により荒廃した流域は、これらの震災復旧工事に
より徐々に緑が回復するとともに溪流・河道が安定して
現在に至っている。図-2は、三保ダムの貯水池南側か
ら、貯水池北側の世附川左岸に位置する権現山を写した
2時期の写真である。地震後の状況を写した写真には多
数の表層崩壊地が見られ、現況と対比すると植生状況が
対照的である。

2.2 諸戸による現地調査

諸戸は、関東地震直後の1923(大正12)年10月23
日~31日の調査をはじめとし、昭和初期にかけて神奈
川県西部地域を中心に関東地震による土砂災害被災地の
調査を行い、丹沢山地の山腹崩壊地と復旧砂防工事に係



図一2 旧三保村，世附川左岸の権現山の崩壊状況と現況
(上：神奈川県林務課（関東震災荒廃林地復旧事業報告，口絵写真，昭和初期撮影）
下：2016（平成28）年3月撮影）

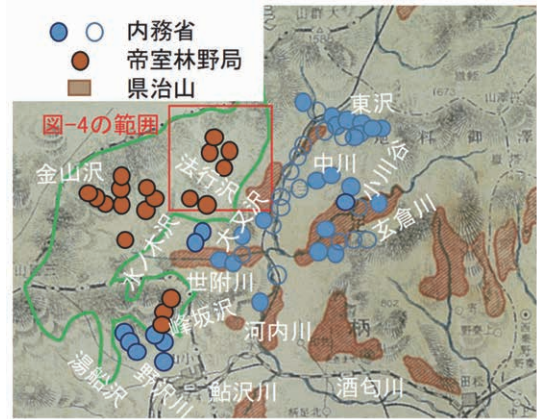
Fig.2 Mt. Gongen in Yozuku branch basin after the quake and its situation in 2016 (Upper: From Knagawa pref. in around 1930, Lower: Taken in 2016)

わる多数の写真，調査報告，視察記を残した（例えば，諸戸，1923；諸戸，1925；度山，1932 a；度山，1930；度山，1934 a）。また，他の地域においても関東地震による被災地の視察を行うとともに，神奈川県，東京都および山梨県で復旧砂防工事の技術指導を行った（度山，1932 b；度山，1934 b；諸戸，1938；度山，1942）。さらに，震災予防調査会の臨時委員として現地調査を実施し，「地震ト山地ノ崩壊トニ就イテ」と題した報告のなかで，崩壊の特徴，今後の復旧の方向性などを述べている（諸戸，1925）。

3. 本研究の対象地域と検討事項

著者らは，諸戸の残した資料と写真をもとに，復旧砂防工事によって施工された堰堤とその周辺状況の調査を2014（平成26）年～2016（平成28）年に行った（西本ら，2016）。現地調査にあたっては，東京帝国大学の学生が諸戸の指導を受けた実習の報告書（鹿庭，1932）も参考にした。

図一3は，西丹沢周辺における，内務省，皇室林野局および神奈川県による復旧砂防工事の施工箇所の概略位置を示している。この図は，神奈川県林務課（当時）作成の関東震災荒廃林地復旧事業報告にある「神奈川県震災荒廃林地復旧工事位置図」(昭和4年度までの工事箇所



図一3 西丹沢周辺における復旧砂防工事の施工箇所と現地調査を実施した堰堤の位置図
(内務省の枠線のみは，昭和18年度以降に施工。黒色枠線の丸印は，著者らが現地調査を行なった堰堤。緑色で示した線は，1931（昭和6）年時点での御料地の範囲)

Fig.3 Location of SABO works executed as Restoration SABO after Great Kanto earthquake around the West-Tanzawa area and the fields investigated by authors (extent encircled by green line is the Imperial estate in those days)

が記載されている)に，建設省(1968)，皇室林野局(1939)および現地調査結果に基づき，内務省と皇室林野局の復旧砂防工事の箇所を記入したものである。内務省は堰堤と床固工，皇室林野局は堰堤，県治山（震災荒廃林地復旧事業を指す）は主に山腹工事で一部溪流工事を含んでいる。なお，皇室林野局の復旧砂防工事については，詳細な位置が記載された資料を入手できなかったため，著者らが現地調査で位置を確認した世附川流域と鮎沢川支流の堰堤19基のみを記入した。このため，現地調査を実施しなかった中川と玄倉川の流域において，皇室林野局が実施した堰堤位置は記入していない。

著者らが現地調査を行った堰堤は，諸戸アルバムなどに施工時期の写真が残っているか，あるいは諸戸の視察記などに関連記述が残されている28基（図一3の黒色枠線の丸印に位置）である。写真については，施工当時の写真は15基が諸戸アルバムに，2基が鹿庭（1932）にある。施工当時の写真は残っていないが，建設省(1968)に昭和40年頃の写真がある堰堤が5基あり，過去の写真が無い堰堤は6基である。28基の堰堤は，酒匂川水系河内川流域世附川支流の大又沢，水ノ木沢と玄倉川支流の小川谷ならびに河内川流域に隣接する鮎沢川支流の湯船沢および野沢川にある。この内訳は，内務省実施が9基で皇室林野局実施が19基である。これらの堰堤は，1925（大正14）年～1933（昭和8）年に施工されたものであり，竣工から約90年経過した現在も渓床勾配の緩和による縦横断浸食の防止，山脚固定などの機能を発揮している。

これらの堰堤28基について，堰堤名，実施主体，竣工年を特定するとともに，堰堤高，下流法勾配，損傷状

況などを調査した。この結果を表-2に示す。なお、表-2は実施主体が内務省と皇室林野局の堰堤で、神奈川県のもは含んでいない。これは神奈川県が施工した堰堤が調査対象地域に存在しているが、それらの詳細な資料が得られなかったため、本研究の調査対象としなかったことによる。

堰堤名、実施主体および竣工年は、現地調査時の堤銘板の文字判読、諸戸の文献、諸戸アルバムにある写真のキャプションおよび建設省(1968)から特定した。流域面積と元河床勾配については、内務省実施堰堤では建設省(1968)により、皇室林野局実施堰堤では流域面積は地理院地図より求め、元河床勾配は基盤地図情報数値標高5mメッシュ標高(DEM5A)を用いて溪流に沿い縦断面図を作成し求めた。堰堤高と下流法勾配については、諸戸の文献、諸戸アルバムの写真および建設省(1968)を用いて特定し、これら資料で不明のものは現地計測によった。28基の堰堤は、全て石積堰堤であることをふまえて、練石積か空石積かの違いと石材の長径について現地確認を行った。ただし、野沢川の内務省施工3基については静岡県砂防課提供の現況写真によった。水通し断面の形状と袖部立ち上がり部(袖小口)の勾配については、原則として現地計測を行い、施工時の写真と建設省(1968)で補足した。前庭保護工として副堰堤を設置している堰堤8基の本堰堤と副堰堤の重複高については、

建設省(1968)にある図面から特定した。堰堤の基礎が砂礫地盤か岩着しているかについては、現地での確認を原則とし、写真(施工時)と建設省(1968)の図面で補足し、15基について特定した。水叩きの勾配と材料については、建設省(1968)によった。

本研究で対象とした範囲において堰堤竣工以降の約90年間に大雨は数多くあったが、最大総雨量が500mm程度以上の規模の降雨が、1937(昭和12)年、1938(昭和13)年、1947(昭和22)年、1961(昭和36)年、1972(昭和47)年、1983(昭和58)年、1998(平成10)年、2010(平成22)年に発生している(横浜気象台, 2020)。このうち西丹沢で特に被害が著しかったのは、1) 1937年7月、2) 1972年7月、および3) 2010年9月の降雨である。1)では、玄倉川流域で最大総雨量955mmを記録するなど、人的被害、家屋被害とともに山腹崩壊が多く発生した(神奈川県, 1984)。2)では、中川流域で最大24時間雨量513mm、最大3時間雨量204mmを記録するなど、土石流、山腹崩壊が多数発生したため大量の土砂流出とともに、人的被害、家屋被害などが発生した(竹腰, 1973; 神奈川県, 1984)。3)では、三保ダム地点で日雨量495.5mmを記録し、上流域で山腹崩壊が多発し、特に道路・林道被害が著しかった(神奈川県, 2010)。鮎沢川流域の静岡県小山町では、24時間雨量490mm、を記録し、湯船沢では山腹崩壊による大量の土砂流出が

表-2 西丹沢周辺における復旧砂防工事により実施した堰堤の概要

Table 2 Outline of check dams constructed as Restoration SABO around West-Tanzawa area

河川名	溪流名	堰堤名	実施主体	竣工年	過去写真	流域面積(km ²)	元河床勾配	堤高(m)	下流法勾配	石積		水通し		基礎地盤	重複高(m)	水叩き		損傷状況		
										形状	石材長径	形状	袖小口勾配			天端厚(m)	勾配		材料	
世倉川	大又沢	栗ノ木平	内	1929	建	22.0	1/13	11.3	0.2	練	約50cm	台形・ラ	1割	2.0	砂礫	1.3	-	-	水通部損傷	
		笹小屋	内	1929	建	21.0	1/23	13.0	0.2	練	約50cm	台形・ラ	1割	2.0	岩着	-	-	-	水通部損傷	
		大又沢	帝	1933	無	8.2	1/20	(6.0)	(0.25)	練	約50cm	台形	2割	2.0	不明	-	-	-	無	
		白石沢1号	帝	1930	諸戸	3.5	1/12	(7.0)	(0.25)	練	約50cm	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	無	
		白石沢2号	帝	1930	諸戸	3.4	1/12	(3.0)	(0.25)	練	約50cm	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	無	
		白水沢1号	帝	1930	諸戸	0.7	1/14	5.0	(0.25)	練	約50cm	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	無	
		法行沢1号	帝	1932	鹿庭	2.1	1/10	9.0	0.3	練	約50cm	台形	2割	2.3	不明	-	-	-	無	
		法行沢2号	帝	1932	鹿庭	0.5	1/5	6.0	0.3	練	約50cm	台形	2割	2.0	不明	-	-	-	無	
		水ノ木沢	帝	1933	無	11.6	1/17	(7.0)	(0.25)	練	約50cm	台形	1割	不明	不明	-	-	-	無	
		水ノ木沢1号	帝	1927	諸戸	0.2	1/12	4.0	0.3	練	約1m	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	無	
	水ノ木沢2号	帝	1927	諸戸	0.6	1/10	5.0	0.2	練	約1m	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	無		
	水ノ木沢3号	帝	1927	諸戸	1.9	1/7	6.0	0.3	練	約1m	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	無		
	金山沢1号	帝	1927	無	0.3	1/7	(4.0)	(0.25)	練	約1m	台形	1割	不明	不明	-	-	-	無		
	金山沢2号	帝	1927	無	0.3	1/7	(4.0)	(0.25)	練	約1m	台形	1割	不明	不明	-	-	-	無		
	金山沢3号	帝	1927	諸戸	1.3	1/8	(4.0)	0.2	練	約1m	台形	1割	1.5	不明	-	-	-	水通部損傷		
	金山沢4号	帝	1927	諸戸	0.3	1/6	4.0	0.2	練	約1m	台形	1割	2.0	不明	-	-	-	無		
	金山沢6号	帝	1927	諸戸	1.2	1/13	4.0	0.2	空	約1m	台形	1割	2.0	不明	-	-	-	無		
	金山沢7号	帝	1927	無	0.9	1/15	4.0	0.2	空	約1m	台形	1割	2.0	不明	-	-	-	無		
	玄倉川	小川谷	小川	内	1928	建	7.0	1/12	13.0	0.2	練	約30cm	台形・ラ	1割	2.0	砂礫	2.0	-	-	無
	鮎沢川	湯船沢	湯船沢	内	1926	諸戸	2.5	1/11	8.0	0.3	練	約30cm	台形・ラ	1割	2.0	岩着	1.0	-	-	水通部損傷
湯船沢上流			内	1929	諸戸	2.4	1/15	6.0	0.3	練	約30cm	台形・ラ	1割	2.0	岩着	0.7	-	-	無	
湯船沢下流			内	1930	無	2.8	1/14	3.3	0.2	練	約30cm	台形・ラ	1割	2.0	岩着	*1.3	-	-	無	
野沢川		小野畑	内	1930	建	0.7	1/12	7.0	0.35	練	約30cm	台形・ラ	2割	1.5	岩着	1.0	-	-	無	
		山口	内	(1931)	建	5.0	1/17	6.0	0.35	練	約30cm	台形	5分	1.5	砂礫	*2.0	レベル	粗石コンクリート	H22被災復旧済	
		峠坂	内	1931	建	2.5	1/8	7.0	0.2	練	約30cm	台形	1割	2.0	岩着	*2.0	レベル	粗石コンクリート	無	
		峠坂第2号	帝	1926	諸戸	2.1	1/11	3.0	0.2	練	約50cm	台形	1割	1.2	不明	-	-	-	右岸袖部欠損	
		峠坂第3号	帝	1926	諸戸	0.6	1/10	5.0	0.2	練	約1m	台形	1割	1.2	不明	-	-	-	無	
		峠坂第4号	帝	1926	諸戸	1.5	1/11	6.0	0.2	練	約1m	台形	1割	1.6	不明	-	-	-	左岸袖部欠損	

(備考) 実施主体の「内」は「内務省」, 「帝」は「皇室林野局」。竣工年は本堰堤が完成した年を記した。過去写真の「諸戸」は「諸戸アルバム」, 「建」は「建設省(1968)」, 「鹿庭」は「鹿庭(1932)」。流域面積は当該堰堤から上流域の面積。石積の「練」は「練石積」, 「空」は「空石積」。水通しの形状の「ラ」は袖小口にラウンディングがあることを示す。「重複高」は本堰堤と副堰堤の重複高を示し, 「-」は副堰堤が設置されていないことを, 「*」は現在の基準の範囲内であることを示す。水叩きの「-」は, 水叩きが設置されていないことを示す。なお, 堰堤前面に堆積土砂があるため根入れ深の計測が出来ない, 石積の石材に凹凸があるなどの理由で数値が特定できないなどのものは推定値を括弧書で記した。

あり、野沢川では砂防堰堤が被災した（静岡県，2014）。

以上をふまえて、西丹沢周辺の復旧砂防工事で実施された堰堤に関して、1)実施主体と実施範囲・実施時期、2)堰堤形状（堰堤高，石積み形状・石材寸法，下流法勾配，水通し断面の形状，前庭保護工，損傷状況），3)河床・周辺植生の状況，について検討を行った。

筆者らの現地調査の詳細については，諸戸北郎博士砂防業績研究会が2014（平成26）年～2018（平成30）にまとめた報告書に記されている。

4. 西丹沢周辺の復旧砂防工事の特徴

4.1 実施主体と実施範囲・実施時期

内務省は，世附川，中川，玄倉川，河内川（世附川，中川，玄倉川の3支川合流点から鮎沢川との合流点までの区間）および鮎沢川支渓流の流域で御料地に属さない土地の範囲において，堰堤38基，床固工8基と護岸工の工事を実施した（表-3）。世附川および鮎沢川の支渓流においては，早川，花水川，相模川の各水系と同様に昭和17年度までにほぼ終了している。一方で，中川，玄倉川および河内川については，昭和18年度以降においても工事が実施された。

帝室林野局は，御料地において堰堤工99基と山腹工404haの工事を実施した（帝室林野局，1939）。これらの実施箇所の詳細な位置は，著者らが現地確認したもの以外はほとんどが不詳である。図-4は，これまで現存が確認されていなかった，世附川左支溪大又沢流域の御料地の範囲における砂防工事実施（予定も含む）箇所の平面図（縮尺二万分の一）である。本研究を進める過程で，東京大学森林理水及び砂防工学研究室が所蔵している「東京帝国大学林学科昭和7年度夏季実習報告書」のなかから，鹿庭（1932）の附図にあることがわかった。この図には，山腹崩壊地（茶色と緑色で着色された箇所）

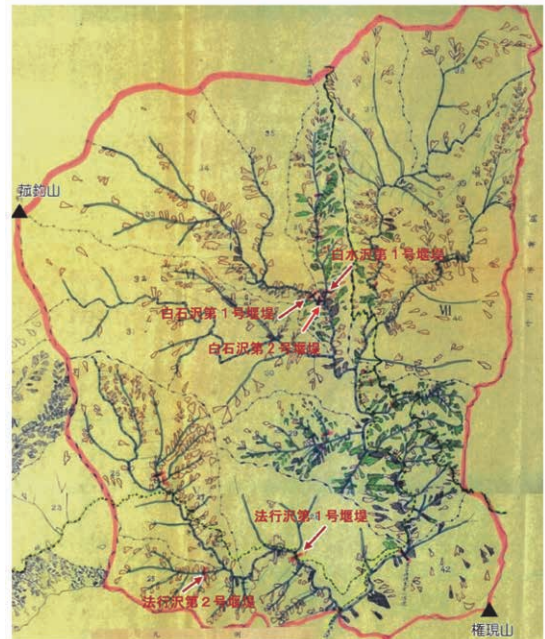


図-4 1932（昭和7）年当時の大又沢流域御料地内の復旧砂防工事平面図（鹿庭（1932）の附図に，現地調査を実施した堰堤位置と堰堤名を加筆（緑色着色部分は山腹工施工済の崩壊地。橙色部分は山腹工未施工の崩壊地）

Fig. 4 Plan of restoration SABO works in Omatazawa torrent in 1932 (Green color shows where hillside works were executed, and orange color shows where those hillside works had been planned)

ならびに復旧砂防工事で実施された堰堤と山腹工の位置（施工済箇所と施工予定箇所）が記載されている。これから，崩壊地が大又沢全域に分布していることと，昭和7年時点においても復旧砂防工事で施工された箇所は本流周辺のみであり，まだ多数の未施工地が残っていることがわかる。

神奈川県は，世附川，中川，玄倉川および河内川において，震災荒廃林地復旧事業で山腹工115haなどの工事を実施し（神奈川県林務課，図-3），その後他の多くの荒廃地について荒廃林地復旧事業等で対応した（神奈川県，1984）。また砂防事業としては，国直轄砂防工事以外の河川を中心に工事を実施した（神奈川県，1980）。

鮎沢川の左支渓流の野沢川（静岡県小山町柳島地先）には，関東地震後に内務省が実施した練石積堰堤が3基（小野畑堰堤，山口堰堤，峰坂堰堤），帝室林野局が実施した練石積堰堤が3基（峰坂沢2号堰堤，峰坂沢3号堰堤，峰坂沢4号堰堤）現存している。その位置関係に着目すると，民有地と御料地の境界付近に施工されている峰坂堰堤（内務省施工）の上流に峰坂沢第2号（帝室林野局施工）が施工されていることから，内務省と帝室林野局が施工場所と堰堤名称について調整した可能性が考えられる。

4.2 堰堤形状

本項では，堰堤の堰堤高，石積み形状・石材寸法，下

表-3 西丹沢周辺における内務省実施の砂防工事
Table 3 SABO works in Restoration SABO works around the West-Tanzawa constructed by the Ministry of Home Affairs

地区	工種	実施年度		計
		大正 3- 昭和 17	昭和 18- 昭和 42	
西丹沢	堰堤工	17	15	32
	床固工	7	1	8
	計	24	16	40
鮎沢川	堰堤工	6	0	6
合計		30	16	46

（備考）本表は，建設省（1968）にもとづき作成。「大正3～昭和17」に実施した床固工7基の内訳は，中川左支溪東沢の6基，玄倉川右支溪小川谷の1基である。「昭和18～昭和42」に実施した工事の内訳は，堰堤が中川10基，玄倉川4基，河内川1基で，床固工1基が世附川。他に護岸工，堰堤補強（嵩上げ，副堰堤・水叩工追加施工）あり。

流法勾配、水通し断面の形状、前庭保護工および損傷状況について述べる。このうち堰堤高、下流法勾配および前庭保護工については、現地調査を行なった堰堤 28 基に加えて、内務省の直轄震災復旧砂防事業として西丹沢周辺で昭和 17 年度までに竣工した堰堤 14 基（表-4、ただし本表には表-2に掲載した 1931（昭和 6）年までに竣工した堰堤は含んでいない）の諸元などをあわせて、堰堤形状の変遷を経年的に検討した。

4.2.1 堰堤高

堰堤高については、内務省の堰堤は、表-2では 3.3 m~13 m（3.3 m の 1 基を除けば 6 m~13 m）で表-4では 8 m~15.8 m である。一方、皇室林野局の堰堤は表-2から 3 m~9 m であるが 4 m~6 m のものが多い。堰堤高の小さい皇室林野局の堰堤は溪流の上流部（御料地内）に、堰堤高の大きい内務省の堰堤は下流部に位置している。このことから、皇室林野局は山脚の固定を、内務省は流出土砂の軽減をそれぞれの主目的としていたと推察される。

4.2.2 石積み形状・石材寸法

堰堤の大部分は練石積で施工されており、空石積の堰堤は、金山沢にある 1927（昭和 2）年施工の 2 基のみである（表-2）。これは、武居ら（2012）が歴史的砂防施設について、空石積堰堤の施工時期が概ね 1930（昭和 5）年頃までで、練石積堰堤が 1920（大正 9）年頃から施工されていることを示していることと調和的である。

石積み用の石材の寸法（長径）は、溪流の下流に施工されている内務省の堰堤が 30 cm~50 cm 程度であるのに対して（図-5）、上流に施工されている皇室林野局の堰堤は 50 cm 程度（図-6）~1 m 程度（図-7）と大きい。上流の堰堤ほど大径のものを使用しているのは、明治期に下流法勾配が緩い巨石積み堰堤が多数造られた名残であることと、施工現場で大径の石材が入手しやすかったことによるものと推察される。

4.2.3 下流法勾配

諸戸は 1916（大正 5）年に、東京都水源林内の溪流において、下流法が 2 分勾配（1:0.2）の堰堤施工を指導した。その翌年の 1917（大正 6）年には、「理水及砂防工学・工事編」のなかで下流法を 2 分ないし 2.5 分勾配にすべきことを提唱した（諸戸，1917）。諸戸の提唱後においても、堰堤の下流法を急にすることを多数の現場技術者が反対したため、しばらくの間は従前と変わらず 1 割（1:1）より緩勾配の堰堤が多く施工された（西本，2017）。

一方で、本論で現地調査の対象とした 28 基の堰堤の多くには諸戸が関わっていた可能性が考えられ、これらの施工時期（1925（大正 14）年~1940（昭和 5）年）は、下流法勾配に関する諸戸の提唱から概ね 10~20 年後にあたることから、諸戸の考えが徐々に浸透してきていた時期といえる。

栃木県日光市を流れる稲荷川においては、大正期後半

表-4 西丹沢周辺において内務省が昭和 17 年度以前に実施した堰堤の概要

Table 4 Outline of check dams (mentioned in this paper) constructed by the Ministry of Home Affairs before 1942 around West-Tanzawa area

河川名	堰堤名	竣工年	過去写真	流域面積 (km ²)	元河床勾配	堤高 (m)	下流法勾配	水通し			基礎地盤	重複高 (m)	水叩き	
								形状	袖小口勾配	天端厚 (m)			勾配	材料
玄倉川	立間	1926	建	38.0	1/21	13.0	0.2	台形・ラ	1割	2.0	砂礫	*5.2	レベル	粗石コンクリート
	小畑	1929	建	29.0	1/29	12.0	0.2	台形	1割	2.0	砂礫	2.0	レベル	粗石コンクリート
	向沢	1926	建	3.6	1/14	8.0	0.2	台形・ラ	2割	2.0	一部岩着	1.0	-	-
世附川	上の山	1931	建	63.0	1/40	11.2	0.2	台形	1割	2.0	岩着	-	-	-
	寺の沢	1929	建	1.0	1/7	15.5	0.2	台形・ラ	2割	2.0	岩着	-	-	-
	勘淵沢	1926	建	0.1	1/5	11.0	0.2	台形・ラ	1割	2.0	岩着	-	-	-
中川	小塚	1928	建	1.5	1/10	13.0	0.2	台形・ラ	2割	2.0	岩着	-	-	-
	菩提沢	1926	建	0.8	1/5	15.8	0.2	台形・ラ	1割	2.0	岩着	-	-	-
	深田	1931	建	2.1	1/10	11.8	0.2	台形	5分	2.1	岩着	-	-	-
	湯の沢	1931	建	2.1	1/12	9.8	0.2	台形	5分	2.0	岩着	2.0	レベル	粗石コンクリート
	西沢	1933	建	2.5	1/11	9.5	0.2	台形	1割	2.0	岩着	-	-	-
	東沢	1934	建	4.5	1/9	10.0	0.2	台形	5分	2.0	砂礫	*3.0	レベル	粗石コンクリート
東沢下流	1940	建	5.2	1/13	12.0	0.2	台形	1割	2.0	砂礫	*4.0	レベル	粗石コンクリート	
河内川	笹山	1930	建	1.8	1/6	10.5	0.2	台形・ラ	1割	2.0	岩着	-	-	-

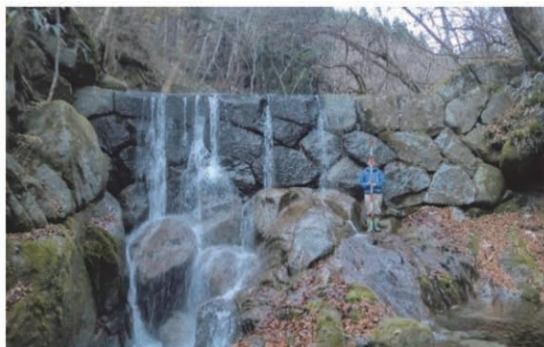
(備考) 本表は、昭和 17 年度以前に内務省が実施した堰堤のうち、表-2に掲載した 6 基以外について、建設省（1968）により作成した。竣工年は本堰堤が完成した年を記した（後年嵩上げた堰堤があるが、当初の完成年である）。過去写真の「建」は「建設省（1968）」に写真があることを示す。流域面積は当該堰堤から上流域の面積。水通しの形状の「ラ」は袖小口にラウンディングがあることを示す。「重複高」は本堰堤と副堰堤の重複高を示し、「-」は副堰堤が設置されていないことを、「*」は現在の基準の範囲内であることを示す。水叩きの「-」は、水叩きが設置されていないことを示す。



図一五 湯船沢堰堤 (2014 (平成 26) 年 11 月撮影, 水通し部の右岸側最上段の石材が流失している)
Fig.5 Yufunezawa check dam (Taken in 2014)



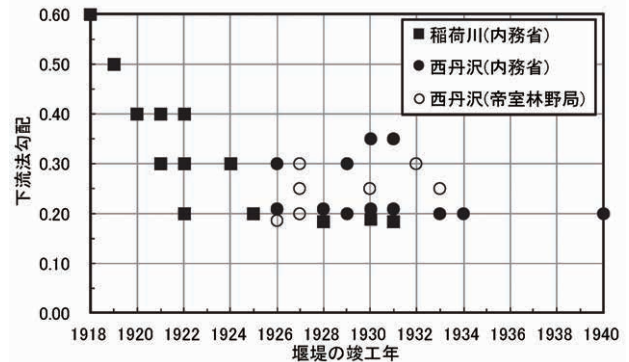
図一六 白水沢第 1 号堰堤 (2016 (平成 28) 年 3 月撮影)
Fig.6 Siramizusawa No. 1 check dam (Taken in 2016)



図一七 金山沢第 6 号堰堤 (2015 (平成 27) 年 12 月撮影)
Fig.7 Kanayamasawa No. 6 check dam (Taken in 2015)

から昭和初期にかけて、蒲孚の指導のもとで内務省が下流法を 2 分～5 分勾配程度とした堰堤を試験的に施工し、1930 年頃には 2 分勾配の堰堤が施工されるようになってきていた (日光砂防事務所, 2004)。

図一八は、西丹沢周辺の復旧砂防工事で実施された堰堤 (表一2 と表一4 の堰堤 42 基) と上記の稲荷川の堰堤について、下流法勾配の経年変化を示したものである。西丹沢周辺における堰堤は下流法勾配を、1933 (昭和 8) 年までは 2 分勾配～3.5 分勾配で施工されており、1934 年以降は 2 分で施工されている。このように、西丹沢周辺で復旧砂防工事が実施された時期は、稲荷川で 2 分勾配が妥当であるという方向にまとまってきた時期と重なる。諸戸 (1931) では、1930 年代には全国で 2 分勾配程度のもので多く施工されるようになったと記している。



図一八 西丹沢周辺の復旧砂防工事と日光砂防における堰堤の下流法勾配の変遷 (稲荷川のデータは、日光砂防事務所 (2004) による)

Fig.8 Transition of downstream slope of check dams constructed in around West-Tanzawa area and at Inarigawa torrent in Nikko area, Tochigi pref., from 1918 to 1940

西丹沢周辺の堰堤を実施主体別に見ると、内務省施工のものは大部分が 2 分勾配であるが、鮎沢川支流の堰堤 6 基のうち 4 基のみが 3 分勾配～3.5 分勾配で施工されている。この理由は不明であるが、流域面積が概ね 3 km² 未満で堤高が 6 m～8 m と相対的に低いことと、富士山の宝永噴火 (1707) によるテフラが厚く堆積している流域である (宮地・小山 (2007); 内山ほか, 2013) ことを勘案した可能性がある。なお、帝室林野局施工の堰堤については、下流法は 2 分勾配～3 分勾配である。

4.2.4 水通し断面の形状

本論で対象としている堰堤 42 基の水通し断面は全て台形である。袖部立ち上がり部 (袖小口) の勾配は、内務省施工のものは 1 割勾配のものが多く一部に 2 割勾配と 5 分勾配のものがあり、帝室林野局施工のものは大部分が 1 割勾配で一部に 2 割勾配のものがある。

袖小口の端部の形状について、内務省施工で 1930 (昭和 5) 年までに竣工した堰堤 14 基のうち 13 基は、袖小口に丸み (ラウンディング) が付いている (図一9)。一方、内務省の 1931 年以降施工の堰堤と帝室林野局施工の堰堤には丸みが付いていない (図一10)。

この当時に著された砂防専門書では、砂防堰堤の水通しの設置位置の解説のなかで、袖小口の勾配を 1 割にするのが望ましく、袖小口の角隅に丸みを付けるのがよいと述べ (諸戸, 1917; 蒲, 1926; 鈴木, 1928), このうち諸戸 (1917) と蒲 (1926) には図一11 が示されている。この図は、フェルディナンド・ワングの著書 (Wang, F, 1903) の、水通し設置位置の解説箇所に掲載されている図と全く同じである。ワングの図の袖小口の部分に丸みがあるように見えることから、諸戸と蒲はワングの図を見て、上述したように記した可能性がある。ただし、欧州で 1900 年前後に施工された砂防堰堤で、水通し袖小口に丸みが付いた堰堤を、著者は現地や文献で見たことがないことから、ワングの図は丸みを付けることを意図したものではない可能性がある。いずれにしてもこれ



図-9 湯船沢堰堤
(諸戸アルバム, 1929 (昭和4)年3月撮影)

Fig.9 Yufunozawa check dam (Taken in 1929 from Moroto's photos album)



図-10 水ノ木沢1号堰堤
(諸戸アルバム, 1927 (昭和2)年撮影)

Fig.10 Mizunokisawa No. 1 check dam (Taken in 1927 from Moroto's photos album)

らの詳細は不明である。蒲は後年に、“水通の隅角には適當の丸みを付けると外見が良い” (蒲, 1937) と記しているが、その理由は書いていない。

袖小口に丸みを付けた堰堤は、建設省 (1973) の写真と図、矢野 (1978) と武居ら (2012) の写真を確認した結果、大正時代後期～昭和20年代にかけて一部の堰堤で施工されていたが、昭和30年代からはほとんど施工されていない。この理由は純コンクリートを使用する時代になり、施工が容易な角形をとるようになったためと考えられる。なお、ここ20年前頃から景観との調和を考慮し、一部で丸みを付けた堰堤が施工されている。

水通し天端厚については、内務省施工が概ね2.0mで帝室林野局施工が概ね1.5m～2.0mである。この値は、大正時代末～昭和初期にかけて施工された、日光砂防工事事務所の堰堤 (日光砂防事務所, 2004)、および関東地震後の対策として内務省が実施した奥多摩の堰堤 (高橋, 2015) と同様である。

4.2.5 前庭保護工

諸戸は、堰堤の下流を保護する方法として、1) 水叩きを設けて直接に保護する方法 (水叩き敷石法)、2) 副堰堤 (諸戸は前堰堤と称している) を本堰堤の前方に設けて前庭に水を湛えるか砂礫を堆積させて保護する方法 (前堰堤法)、3) これら両方法を同時に行う方法、を示

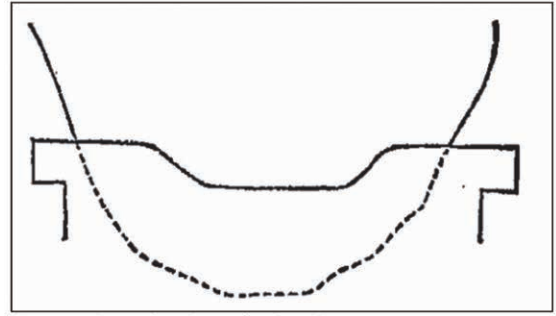


図-11 諸戸 (1917) と蒲 (1926) の水通し断面の図
Fig.11 Front view of spillway in Moroto (1917) and in Kaba (1926)

している (諸戸, 1917; 度山 1940)。諸戸は図-12 (左) を示し次の説明をしている。図-12 (左上) は“副堰堤の堤冠を溪床面と同じにするもので、本堰堤の堤高が小さい場合に用いる”。図-12 (左下) は、“副堰堤の堤冠を溪床面より突出させ、本堰堤からの落下水が水叩きの敷石上の水層または砂礫層の上に落ちることによって、水叩きに衝突する力を緩和すると同時に水流の速度を減ずる”。

図-12 (左下) は日本で初めて示された砂防堰堤にウォータークッションがある図である。このウォータークッションを有する方法は、蒲 (1926)、鈴木 (1928) にも記されている。鈴木 (1928) には図も掲載されており、これには諸戸のものとは違って水叩きは水平に描かれている (図-12 右)。諸戸と鈴木を図を見ると、水叩きの材料は敷石の絵になっているが、本論で対象とした堰堤のうち水叩きを有する堰堤7基の全てで、水叩きは粗石コンクリートを使用し、水平に施工されている。これらの堰堤の元河床勾配は概ね1/10～1/30である一方で、水叩きが水平に施工されている理由は不明である。なお、内務省で復旧砂防工事を指導し酒匂川も担当していた蒲は、“水叩きは水平に設けることもあるが、河床の勾配に沿って設けることもある” (蒲, 1926) と記している。

西丹沢周辺で施工された表-2と表-4に示す堰堤42基 (内務省施工23基、帝室林野局施工19基) のうち、前庭保護工として副堰堤を設置しているのは内務省施工の14基であり、これら全てがウォータークッションを有している。一方、帝室林野局施工の堰堤は堤高が内務省のものより小さいためか、あるいは堰堤を岩着させたなどの理由で副堰堤を設けなかったと考えられる。

基礎地盤の条件からは、内務省施工の堰堤のうちウォータークッションを有している14基の内訳は、砂礫地盤の7基全てで、岩着のものは16基のうち7基である。

現在の砂防堰堤の設計では、本副間にウォータークッションを設ける場合の本堰堤と副堰堤の重複高 (T) は、経験式を用いる場合には、 $T = (1/4 \sim 1/3) \times H$ (Hは本堰堤の堤高) としている。西丹沢周辺の堰堤で、この経験式の範囲内となっているのは、13基のうち6基で、他の7基は経験式の範囲より小さい。西丹沢周辺の堰堤

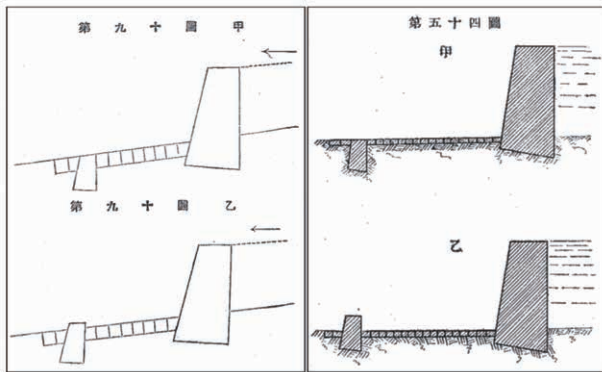


図-12 諸戸（1917，左図）と鈴木（1928，右図）の前庭保護工の図（両者の下図にはウォータークッションあり）

Fig. 12 Profile of protective works of check dam fore-apron in Moroto (1917, Left) and in Suzuki (1928, right) (Check dam (lower) has water cushion in fore-apron)

工事でどのように重複高を決めたのかは不明である。諸戸（1917）、蒲（1926）、鈴木（1928）の図には、ウォータークッションの概念のみが示されており、当時は重複高の決め方についての定量的な議論はなされていない。

1924（大正13）年に着手した立間堰堤（堤高13m）は、両岸は岩着しているが河床部は4m掘削しても岩が出なかったため、この地盤を堰堤基礎とした。本堤が11mの高さまでできていた着手翌年の出水で、本堤下流が洗堀され潜流が生じたため、下流に副堰堤と第二副堰堤を設置し本副間に保護工として捨石したが、1928（昭和3）年の出水で副堰堤下流の河床が7m低下し、本堤の一部に潜流が生ずる状態となった。このため、副堰堤を嵩上げし5.2mの重複高と本副間に厚さ2mの水叩を設けたことにより、以降は安定を保った（蒲，1947）。

42基の堰堤のうち、水叩きを設置している堰堤は内務省施工の7基で、全てウォータークッションを有している。このうち、堰堤基礎が砂礫のものが5基で、岩着のものが2基である。砂礫地盤である5基のうち立間堰堤を除く4基の堰堤は1929年以降に竣工しており、本堤と同時に副堰堤と水叩きを施工している。このことは、立間堰堤の施工中の経験をふまえ、現地条件によってはウォータークッションだけでは洗堀対策として十分でない場合があるとの認識を得た可能性が考えられる。

4.2.6 損傷状況

現地調査を行った堰堤28基（表-2）のうち、損傷があった堰堤は6基である。損傷の状況は大別して、水通し部の石材の一部が流失したものが4基で、袖部の一部が欠損したものが2基である。これら6基の堰堤は、部分的な損傷があるものの、現況では機能発揮に支障ない状態を保っている。この6基以外に野沢川の山口堰堤が2010（平成22）年の出水で、本堤右岸側の水通し天端と袖部、および本副間の右岸側壁が破損したため、災害復旧工事が実施されている。

水通し部が損傷した4基は、水通し部の一部石材がV

字またはU字形状に欠落している金山沢3号堰堤（図-13）、栗ノ木堰堤（図-14）、笹小屋堰堤と、水通し部片側半分の天端の最上部石材が欠落している湯船沢堰堤（図-5）である。

金山沢3号堰堤については、直上流に長径1m超の巨礫が散在していることから（図-13下）、土石流流下時に巨礫の直撃を受け被災した可能性が考えられる（図-13上，点線内の石材が流失）。他の3基については、洪水時の間詰めコンクリートの摩耗・流失が原因と考えられる（図-14，点線内の石材が流失）。

これら損傷を受けた堰堤と損傷を受けていない堰堤について、石積み形状、石材寸法および水通し断面形状の違いによる損傷の有無とその程度の相関には有意な差を見出すまでには至らなかった。



図-13 金山沢第3号堰堤（上：2015（平成27）年12月撮影，中：諸戸アルバムより，1932（昭和7）年5月撮影，下：水通し部の巨礫，2015（平成27）年12月撮影）

Fig. 13 Kanayamasawa No. 3 check dam (Upper: Taken in 2015, Center: Taken in 1932 from Moroto's photos album, Lower: Taken by author in 2015)



図-14 栗ノ木平堰堤 (2016 (平成 28) 年 3 月撮影)
Fig.14 Kurinokitaira check dam (Taken in 2016)

袖部が欠損している，峰坂沢第 2 号堰堤と峰坂沢第 4 号堰堤については，堰堤が湾曲部直下流に位置しているために，水衝部となる袖部が破損している（図-15，点線内の石材が流失）。この損傷がいつ生じたかは明らかではないが，2010 年の出水時の土石流の直撃による可能性も考えられる。これら 2 基の堰堤は，袖部上流側に巨礫を並べた応急的な対策が実施されている。

4.3 河床・周辺植生の状況

表-2 の溪流における現地調査をふまえて，諸戸アルバムの写真と現況とを比較することにより，時間経過に伴う堰堤周辺の河床と植生の状況変化を 2 事例について述べる。

図-16 は，金山沢第 4 号堰堤とその周辺の 3 時期の写真で，河床と周辺植生の状況の経年変化を見ることができる。この堰堤が施工された 1927 (昭和 2) 年時点 (図-16 上) では，堰堤周辺の山腹に立木がほとんど無く，関東地震による複数の崩壊地がある。写真撮影時期が堰堤竣工後間もない時であったことから，越流水は見られず未満砂であることがわかる。1932 (昭和 7) 年時点 (図-16 中) では，水通し天端を流水が越流していることから堰堤は既に満砂となっている。堰堤直下流にも土砂の堆積が見られ，1927 (昭和 2) 年には堰堤の水抜きと堰堤直下流の河床高との標高差が約 2 m あったが，1932 (昭和 7) 年にはほぼ差がなくなっている。このことから，この 2 枚の写真の時期には溪流内の土砂移動が激しかったものと推察される。なお，図-16 中の写真のキャプションには，「金山沢支流，石ノ堆積」と書かれており，1932 (昭和 7) 年当時の土砂流出の激しさと堰堤設置の効果を記している。

2018 (平成 27) 年の図-16 (下) では，植生の回復とともに溪流の流況が安定し，堰堤直下流の河床高は堰堤施工時の状況とほぼ同様になっており (現況で堰堤直下流に顕著な河床低下が見られないのは，現地調査の際に前庭部に堆積土砂があったため確認ができなかったが，河床の岩盤が現河床から浅い位置にあるためと考えられる)，堰堤上流域の植生が回復したことにより流出土砂が減少してきていることがわかる。

図-17 は，峰坂沢第 2 号堰堤とその周辺の 2 時期の



図-15 峰坂沢第 4 号堰堤 (上：2016 (平成 28) 年 6 月撮影，下：諸戸アルバムより，1926 (大正 15) 年秋撮影)

Fig.15 Minesakazawa No. 4 check dam (Upper: Taken in 2016, Lower: Taken in 1926 from Moroto's photos album)

状況を比較できる写真である。堤高 3 m のこの堰堤は 1926 (大正 15) 年施工で，施工時の基礎高は河床高とほぼ同じである。施工時点の写真には，堰堤上流に第 3 号堰堤と崩壊地さらに山腹工の一部 (谷止石積工) も見られる。

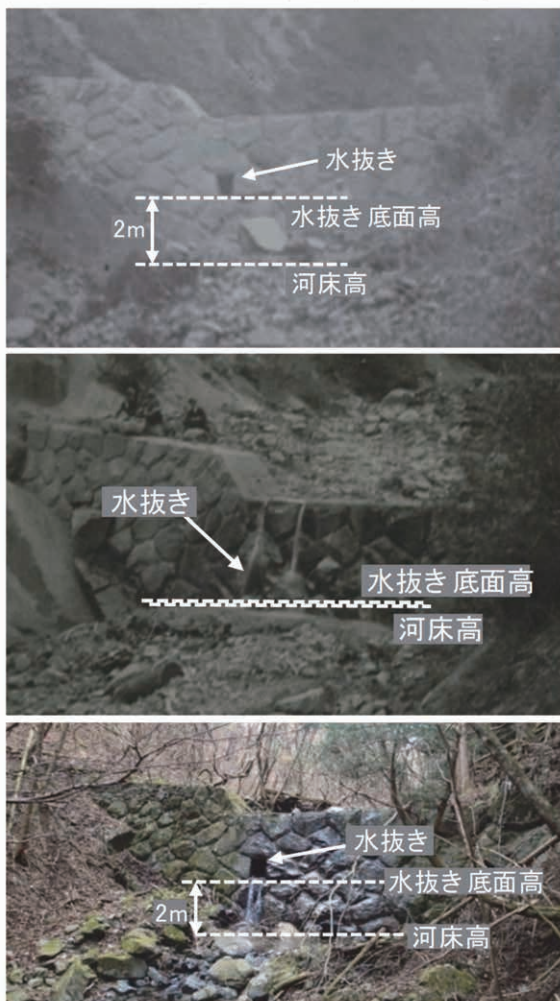
土砂の流出が多かった時期を経て，砂防工事施工後 100 年近く経過した現在，堰堤上流域の植生回復とともに溪流の流況は安定してきている。この堰堤の基礎は岩着しているが，基礎の岩盤は堰堤の下流法尻の位置で約 2 m の落差がある形状になっている。この落差は施工時には堆積土砂のため無かったが，その後徐々に河床低下が進み，2010 年の出水時に現在の状況になったと考えられる。この出水以前にどのような状況であったかは不明である。

このように，現地調査を行った表-2 の堰堤が 100 年近くにわたり，溪流の縦横断侵食と山脚固定による山腹の安定化と溪流部の安定化にその機能を発揮したことにより，時間の経過とともに流域全体の安定化に寄与していることを確認できた。

5. まとめ

本研究では，西丹沢周辺における関東地震後の砂防工事の特徴を近代砂防技術史の視点から俯瞰した。これにより得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 砂防工事の実施主体は，御料地内は皇室林野局で，御料地外は内務省と神奈川県である。同一溪流内の

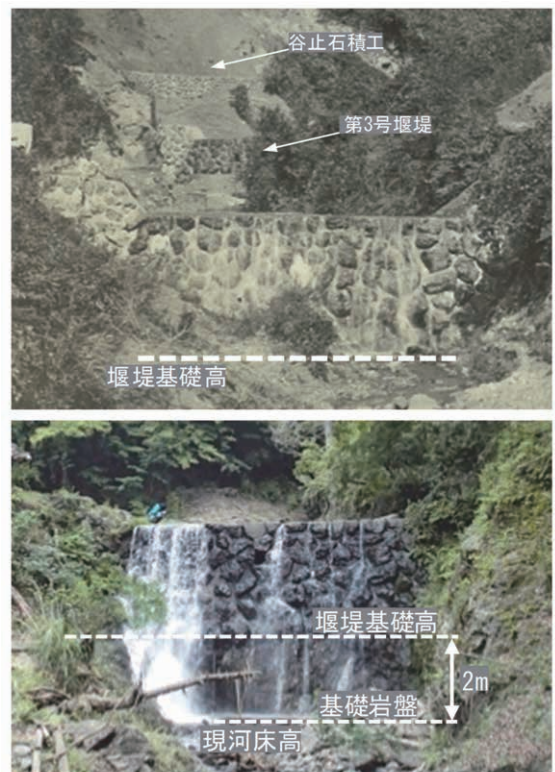


図一16 金山沢第4号堰堤(上：諸戸アルバムより，1927(昭和2)年撮影，中：諸戸アルバムより，1932(昭和7)年5月撮影，下：2015(平成27)年12月撮影，点線枠内に水抜き穴)

Fig. 16 Kanayamasawa No. 4 check dam (Upper: Taken in 1927 from Moroto's photos album, Center: Taken in 1932 from Moroto's photos album, Lower: Taken in 2015)

御料地内外に施工した堰堤について，実施機関間で堰堤名称を調整したと考えられる溪流がある。

- 2) 溪流の下流部に施工された内務省堰堤の堤高が，上流部に施工された皇室林野局堰堤のものより大きい。これは，流出土砂の軽減と山脚固定がそれぞれの主目的と考えられることと対応している。
- 3) 石積堰堤は練石積が大部分であるのは，その施工時期から全国的な傾向と調和的である。石材の長径は30 cm～1 m程度であり，溪流上流部の堰堤の方が大きいものを使用している。
- 4) 堰堤の下流法勾配は，諸戸が1917(大正6)年に砂防専門書で，2分程度が妥当との考え方を提唱し，これが西丹沢の現場でも実践されながら2分勾配に収束している。このことは同時期の全国的な動向と概ね合致している。
- 5) 堰堤の水通り断面の形状は，ほとんどが台形であり，



図一17 峰坂沢第2号堰堤(上：諸戸アルバムより，1926(大正15)年秋撮影，下：2016(平成28)年6月撮影)

Fig. 17 Minesakazawa No. 2 check dam (Upper: Taken from Moroto's photos album, Lower: Taken in 2016)

袖小口端部に丸味を付けたものと付けていないものがある。袖小口は1割勾配のものが多く，一部に2割勾配と5分勾配のものがある。

- 6) 前庭保護工は，砂礫地盤の堰堤には副堰堤を設置しているほか岩着のものにも設置しているものがある。このうち半数の堰堤に水叩き工が設置されている。本堤と副堤との重複高は，一定の基準的なものがなかったため現地状況に応じて決めている。
- 7) 現地調査した堰堤のうち，約2割に損傷があった。水通り部の石材の一部が間詰めコンクリートの摩耗などで流失したものと，土石流の直撃で袖部の一部が欠損したものがある。現状では部分的な損傷であり，現時点では機能発揮に支障ない状態にある。
- 8) 堰堤の施工時の写真，施工から数年後の写真および現況の写真的比較から判断すると，昭和初期は土砂流出が著しい時期であり，その後の時間の経過で土砂の流出量が少なくなった。このことは，復旧砂防工事によって施工された堰堤が，100年近くにわたり，溪流の縦横侵食の防止と山脚固定の機能を発揮し，山腹工事の効果と相まって時間の経過とともに流域の植生が回復し，土砂流出の軽減が図られたことによるものである。
- 9) 西丹沢周辺の復旧砂防工事の施工時期(大正期末～昭和初期)は，堰堤の下流法勾配，水通り断面の形状，前庭保護工などの構造的な特徴をふまえると，日

本古来の砂防工法から欧州に範を得た近代砂防工法への転換期にあたっていたといえる。

謝 辞

本研究にあたっては、「諸戸北郎博士砂防業績研究会」の諸氏をはじめとし、関東森林管理局東京神奈川森林管理署、静岡県砂防課および沼津土木事務所、一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構ほか多くの方のご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表するものである。

引用文献

- 度山 (1930)：昭和五年五月相州丹沢御料林視察旅行日記，砂防，No.12，砂防協会，p.34
 度山 (1932 a)：昭和七年初夏の丹澤及箱根御料地砂防工事調査旅行日記，砂防，No.25，砂防協会，p.32-35
 度山 (1932 b)：昭和5年相模川上流視察旅行日記，砂防，No.20，砂防協会，p.20-27
 度山 (1934 a)：丹沢御料地視察日記，砂防，No.37，砂防協会，p.39-41
 度山 (1934 b)：昭和9年2月東京帝国大学農学部林学科砂防工事見学旅行日記，砂防，No.34，砂防協会，p.31-49
 度山 (1940)：堰堤を築設するに当たり注意すべき事項，砂防，No.73，砂防協会，p.10-13
 度山 (1942)：昭和16年夏東京高農林学科学生砂防見学旅行記，砂防，No.81，砂防協会，p.33-47
 井上公夫 (2013)：関東大震災と土砂災害，古今書院，225 pp.
 伊藤和明 (2005)：日本の地震災害，岩波新書，p.18-22
 蒲孚 (1926)：河川工学，日本工人倶楽部出版部（非売品），p.61-72
 蒲孚 (1937)：砂防工学，工業図書，p.87-88
 蒲孚 (1947)：砂防工学，産業図書，p.96-98
 神奈川県 (1980)：神奈川の砂防，神奈川県土木部砂防課，p.49-55
 神奈川県 (1984)：神奈川の林政史，神奈川県農政部林務課，p.540
 神奈川県 (2010)：平成22年9月8日大雨（台風9号）による県内の被害と本県の対応，9月21日記者発表資料
 神奈川県林務課：関東震災荒廃林地復旧事業報告，神奈川県農政部林務課，35 pp.（出版年不明，昭和4年までの記述有り）
 鹿庭清美 (1932)：丹沢世傳御料林世附事業区砂防工事実行ニ就テ，東京帝国大学昭和7年度夏季特別実習報告，東京大学森林理水及び砂防工学研究室所蔵，102 pp.
 建設省 (1968)：酒匂川水系直轄砂防事業誌，建設省関東地方建設局京浜工事事務所，162 pp.
 建設省 (1973)：砂防ダム大鑑，社団法人全国治水砂防協会，633 pp.
 建設省 (1995 a)：平成6年度地震時の土砂災害防止技術に関する調査業務報告書（その3），-地震による土砂生産、災害及び対策の検討-第2編 大規模土砂移動編，建設省土木研究所，p.108
 建設省 (1995 b)：地震と土砂災害，建設省河川局砂防部，p.29-34
 Koi T, Hotta N, Ishigaki I, Matsuzaki N, Uchiyama Y, Suzuki M (2008)：Prolonged impact of earthquake-induced landslides on sediment yield in a mountain watershed：The Tanzawa region, Japan, Geomorphology, 101, p. 692-702
 宮地直道・小山真人 (2007)：富士火山1707噴火（宝永噴火）

- についての最近の研究成果，山梨県環境科学研究所，p.339-348
 諸戸北郎 (1917)：理水及砂防工学工事編，三浦書店，p.130-184
 諸戸北郎 (1923)：神奈川県震災地視察旅行所感，大日本山林會報，No.493，大日本山林會，p.36-48
 諸戸北郎 (1925)：地震ト山地ノ崩壊トニ就イテ，震災予防調査会報告 第百号（乙），震災予防調査会，p.79
 諸戸北郎 (1931)：砂防工事の回顧，山林，No.582，大日本山林會，p.38-41
 諸戸北郎 (1938)：諸戸砂防學，成美堂書店，p.306-309
 諸戸北郎博士砂防業績研究会 (2014)：諸戸北郎博士論文・写真集，538 pp.
 諸戸北郎博士砂防業績研究会 (2015)：諸戸北郎博士論文・写真集Ⅱ，381 pp.
 諸戸北郎博士砂防業績研究会 (2016)：諸戸北郎博士論文・写真集Ⅲ，139 pp.
 諸戸北郎博士砂防業績研究会 (2017)：諸戸北郎博士論文・写真集Ⅳ，207 pp.
 諸戸北郎博士砂防業績研究会 (2018 a)：諸戸北郎博士収集写真集 改訂版，287 pp.
 諸戸北郎博士砂防業績研究会 (2018 b)：諸戸北郎博士論文・写真集Ⅴ，187 pp.
 中村浩之・土屋智・井上公夫・石川芳治 (2000)：地震砂防，古今書院，p.60-70
 日光砂防事務所 (2004)：稲荷川砂防堰堤群-施工記録写真集-，国土交通省日光砂防事務所，83 pp.
 西本晴男・吉田喜高・阿部拓実・鈴木雅一・内山佳美・内山豊 (2016)：丹沢流域における歴史的砂防工事と現況，平成28年度砂防学会研究発表会概要集，p.B 442-443
 西本晴男 (2017)：日本人初の砂防担当教授・諸戸北郎の近代砂防における業績，砂防学会誌，Vol.70，No.3，p.13-24
 関口権次郎 (1931)：震災荒廃林地復旧事業成績に就いて，神奈川県山林會報，神奈川県山林會，p.28-31
 静岡県 (2014)：平成22年台風9号に伴う被災状況と災害復旧の取り組み，静岡県沼津土木事務所
 鈴木恭介 (1928)：実用砂防工学，丸善，p.114-116
 高橋透 (2015)：東京都内，多摩川上流に残る内務省直轄施工による砂防堰堤群，SABO，118，p.36-41
 武居有恒・田畑茂清・板垣治・大矢幸司 (2012)：歴史的砂防施設の保存と文化財，財団法人砂防フロンティア整備推進機構，276 pp.
 竹腰正保 (1973)：47・7豪雨災害-神奈川県-，新砂防，No.25，p.35-43
 竹村雅之 (2008)：地震と防災，中公新書，p.23-27
 帝室林野局 (1939)：帝室林野局五十年史，p.805-806
 内山豊・鈴江和也・荒井健一・松田昌之・和智明日香・大野勝正・伊藤史彦・佐々木寿 (2013)：降下火砕物堆積斜面における土砂流出可能性の評価事例，平成25年度砂防学会研究発表会概要集，p.B 308-309
 Wang F. (1903)：Grundriss der Wildbachverbauung, Verlag von S. Hirzel., p.309
 山口伊佐夫・川邊洋 (1982)：地震による山地災害の特性，新砂防，Vol.35，No.2，p.3-15
 矢野義男 (1978)：砂防ダム，山海堂，163 pp.
 横浜気象台 (2020)：地方災害年表，http://www.jma-net.go.jp/yokohama/koumoku/disaster_history.htm，参照2020-06-01
 全国治水砂防協会 (1981)：日本砂防史，社団法人全国治水砂防協会，p.178

(Received 14 February 2020 ; Accepted 21 July 2020)