

これらのことから、以下のことが示された。

- ・ 桜島ではデータにバラつきが生じ、相関性は良くない
- ・ 桜島における下限値のデータ（2現象）のみの相関性を確認するが、数ある噴火実績の中で、下限値のデータのみ抽出する理由がみあたらない
- ・ 三宅島の火山灰粒度特性は、九重山のものと似通っており、三宅島における計算値と実績値の相関（ $Y=1.6976X$ ）を採用する

よって、九重山における運搬可能土砂量算定の際の、割増し係数 $\alpha$ は 1.7 とする。この割増し係数を使用し算出した運搬可能土砂量を、表 4.18 に示す。

表 4.18 運搬可能土砂量

No.	流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	日雨量 (mm/day)	水密度 (g/cm <sup>3</sup> )	礫密度 (g/cm <sup>3</sup> )	渓床勾配 (°)	堆積土砂の内部摩擦角 (°)	土石流の土砂濃度 (計算値)	土石流の土砂濃度 (採用値)	流出補正率	空隙率	割増し係数	運搬可能土砂量 (m <sup>3</sup> )
①	三俣川	0.58	155	1.20	2.52	6.3	12.5	0.90	0.54	0.300	0.4	1.7	89,700
②	白水川	1.74	155	1.20	2.52	6.7	12.5	1.02	0.54	0.205	0.4	1.7	183,890
③	奥郷川	0.75	155	1.20	2.52	8.5	12.5	1.88	0.54	0.276	0.4	1.7	106,720
④	奥郷上流川	1.07	155	1.20	2.52	10.7	12.5	5.25	0.54	0.244	0.4	1.7	134,600
⑤	赤川	1.77	155	1.20	2.52	10.1	12.5	3.72	0.54	0.203	0.4	1.7	185,240
⑥	鳴子川	1.91	155	1.20	2.52	10.0	12.5	3.53	0.54	0.198	0.4	1.7	194,970

### ③ 計画対象土砂量

移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較して小さくなる土砂量を計画対象土砂量とした。表 4.19 に計画対象土砂量を示す。

表 4.19 に示すように、いずれの溪流においても、運搬可能土砂量が小さくなるため運搬可能土砂量＝対象土砂量となる。

表 4.19 計画対象土砂一覧表

No.	流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	山腹・渓床不安定土砂量 (m <sup>3</sup> )	降灰量 (m <sup>3</sup> )	移動可能土砂量 (m <sup>3</sup> )	運搬可能土砂量 (m <sup>3</sup> )	対象土砂量 (m <sup>3</sup> )
①	三俣川	0.58	8,740	140,000	148,740	89,700	89,700
②	白水川	1.74	54,700	904,800	959,500	183,890	183,890
③	奥郷川	0.75	16,680	305,400	322,080	106,720	106,720
④	奥郷上流川	1.07	23,990	289,600	313,590	134,600	134,600
⑤	赤川	1.77	33,700	289,500	323,200	185,240	185,240
⑥	鳴子川	1.91	27,940	969,000	996,940	194,970	194,970

#### ④ 施設効果量を考慮した計算土砂量

計算土砂量については、対象土砂量から施設効果量を差し引いたものとした。

施設効果量については、「平成 18 年度火噴委第 1-2 号硫黄山火山噴火基本調査委託報告書（平成 19 年 7 月、大分県玖珠土木事務所・（財）砂防・地すべり技術センター）」、「平成 14 年度火噴委第 1 号調査計画業務委託報告書（平成 15 年 3 月、（財）砂防・地すべり技術センター）」関連資料、現地調査結果及び治山施設資料等より引用し、計算開始点上流側に位置する施設の効果を評価した。

効果量は、貯砂量は考慮せず、扨止量のみを見込んだ。ただし、除石可能な施設については、調節量を考慮した。なお、治山施設については、砂防施設同様に調節効果の期待ができるものの、調節量を定量的には評価しておらず、除石も実施しないため、扨止量のみを効果量として見込んだ。

工種毎の施設効果量の考え方を表 4.20 に、効果量のイメージ図を図 4.55 に示す

表 4.20 工種毎の施設効果量の考え方

施設工種		貯砂量 (空容量)	調節量	扨止量
砂防施設 治山施設 その他施設	えん堤工 谷止工 床固工	×	○ <sup>*1)</sup>	○

\* 1) 除石可能な施設については、調節量を見込む。

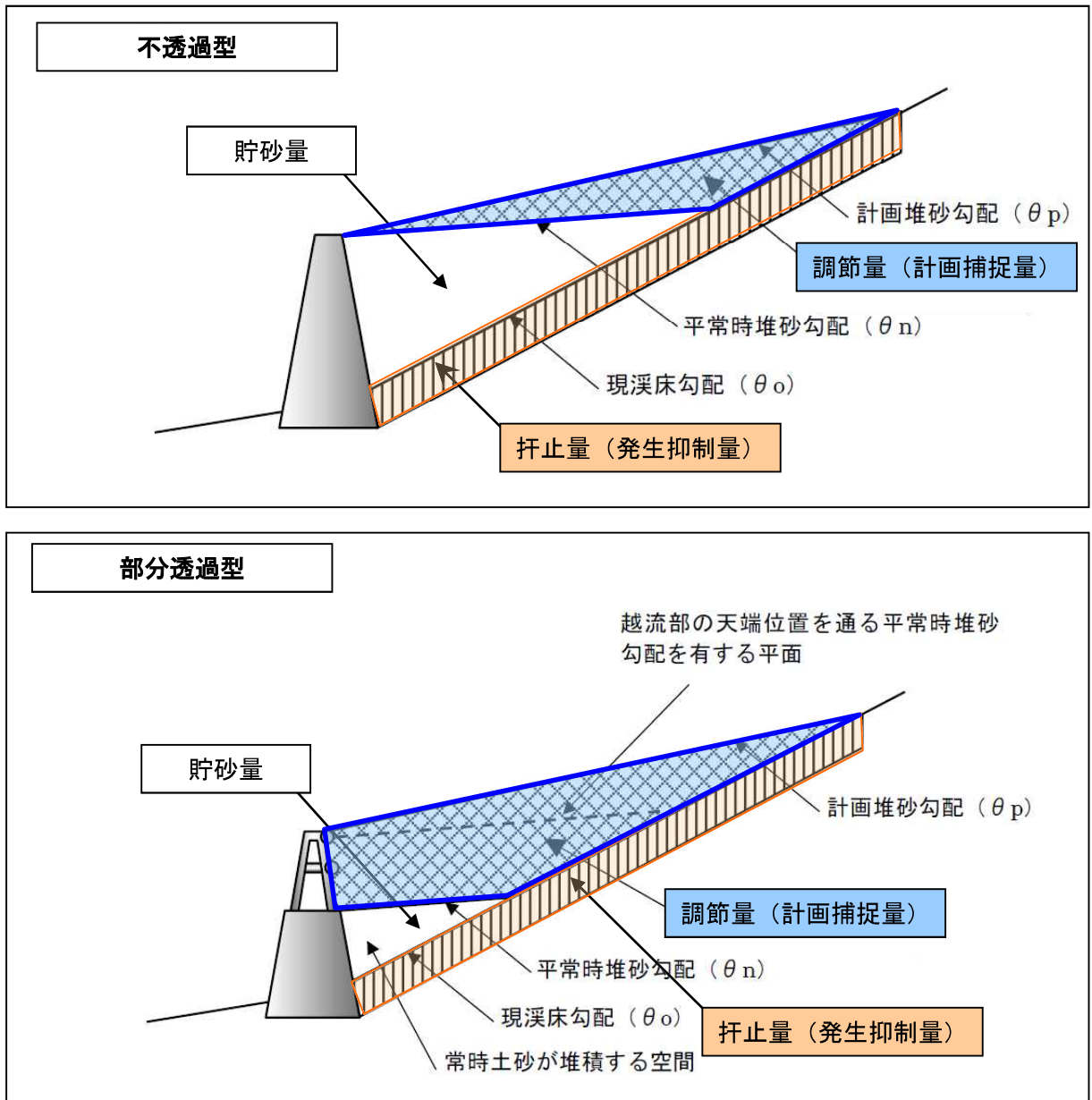


図 4.55 砂防・治山施設の効果量のイメージ図

(「砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) 解説 (平成 19 年 3 月)」より作成)

各溪流における施設効果量を、表 4.21～表 4.26 に整理した。

また、計画対象土砂量から、施設効果量を考慮し 2 次元氾濫シミュレーションに与える計算土砂量を、表 4.27 に整理した。

表 4.21 施設効果量の算出に使用した施設精元表 (三俣川)

整理番号	対象火山名	源流名	工種	施設名	施工年	新音	元河床 勾配 (%)	ダム高 (m)	有効高 (m)	流路工建設 堤長 (m)	水溜幅 (m)	河床幅 (m)	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	柵上長 (m)	貯砂量 (m <sup>3</sup> )	調整量 (m <sup>3</sup> )	柵上量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )	
IM-1	硫黄山	三俣川	谷止工	No.1谷止工	H17	林野庁	11.4	2.5	12.0	12.0	4.8	20.1	4.8	97	-	-	97	-	
IM-2			谷止工	No.2谷止工	H17	林野庁	11.4	2.5	13.5	11.4	35.2	169	12.0	4.8	35.2	-	-	169	-
IM-3			谷止工	No.3谷止工	H17	林野庁	11.4	2.5	16.0	11.4	70.5	338	12.0	4.8	70.5	-	-	338	-
IM-4			谷止工	No.3谷止工	H17	林野庁	11.4	3.5	13.0	11.4	30.2	145	12.0	4.8	30.2	-	-	145	-
IM-5			谷止工	No.6谷止工	H17	林野庁	11.4	4.0	20.0	20.0	40.3	97	12.0	4.8	20.0	-	-	97	-
IM-6			谷止工	No.7谷止工	H17	林野庁	11.4	2.0	18.5	11.4	37.5	193	12.0	4.8	40.3	-	-	193	-
IM-7			谷止工	No.3谷止工	H17	林野庁	11.4	4.0	37.5	11.4	30.2	145	12.0	4.8	30.2	-	-	145	-
IM-8			床固工	第22号谷止工	H7	林野庁	11.4	4.0	1.0	32.6	6.0	207	10.0	4.8	43.2	-	-	207	-
IM-9			谷止工	第2号床固工	S57	林野庁	11.4	5.5	3.5	65.1	363	-	10.0	4.8	75.6	-	-	363	-
IM-10			谷止工	第2号床固工	S56	林野庁	11.4	7.5	5.5	45.0	31.7	-	10.0	4.8	31.7	-	-	152	152
IM-11			床固工	No.1床固工	S42	林野庁	11.4	4.0	0.0	19.5	121	-	10.0	4.8	25.2	-	-	121	121
IM-12			堰堤工	No.1元心堰	S35	林野庁	11.4	2.2	3.0	21.0	260	-	10.0	4.8	54.1	-	-	260	260
IM-13			堰堤工	No.1元心堰	S35	林野庁	11.4	3.4	3.4	18.0	136	-	10.0	4.8	28.3	-	-	136	136
IM-14			堰堤工		S57	林野庁	11.4	5.0	3.0	23.0	98	-	10.0	4.8	20.4	-	-	98	98
IM-15			堰堤工		S35	林野庁	11.4	0.2	0.2	20.0	見込埋没しているため効果量見込まない	0	10.0	4.8	21.3	-	-	102	102
IM-16			堰堤工		S40	林野庁	17.2	4.6	2.0	20.0	183	-	10.0	4.8	38.1	-	-	183	183
IM-17			堰堤工	No.8谷止工	S13	林野庁	17.2	2.8	18.0	17.2	221	-	10.0	4.8	46.0	-	-	221	221
IM-18			堰堤工		S13	林野庁	17.2	4.5	19.0	17.2	39.6	-	10.0	4.8	46.0	-	-	221	221
IM-19			堰堤工	No.8谷止工	S13	林野庁	17.2	4.7	20.0	17.2	39.6	-	10.0	4.8	39.6	-	-	190	190
IM-20			堰堤工	No.8谷止工	S13	林野庁	17.2	4.8	20.0	17.2	32.3	-	10.0	4.8	32.3	-	-	155	155
IM-21			堰堤工	No.8谷止工	S35	林野庁	17.2	2.0	11.5	17.2	34.8	-	10.0	4.8	34.8	-	-	167	167
IM-22			谷止工	No.9谷止工	S13	林野庁	17.2	3.7	21.0	17.2	33.9	-	10.0	4.8	33.9	-	-	163	163
IM-23			堰堤工	No.9谷止工	S14	林野庁	17.2	4.3	19.0	17.2	41.6	-	10.0	4.8	41.6	-	-	200	200
IM-24			堰堤工	No.9谷止工	S14	林野庁	17.2	4.3	19.0	17.2	31.2	-	10.0	4.8	31.2	-	-	150	150
IM-25			堰堤工	No.13元心堰	S36	林野庁	20.4	1.5	17.0	20.4	22.1	-	10.0	4.8	22.1	-	-	106	106
IM-26			谷止工		H12	林野庁	20.4	6.0	4.0	32.5	10.0	98	10.0	4.8	20.4	-	-	98	98
IM-27			堰堤工	No.14元心堰	S36	林野庁	20.4	4.0	19.0	20.4	15.1	-	15.0	4.8	15.1	-	-	73	73
IM-28			谷止工		H5	林野庁	20.4	8.0	4.5	29.0	33.0	-	17.0	4.8	33.0	-	-	158	158
IM-29			堰堤工	No.16元心堰	S37	林野庁	20.4	4.0	18.0	20.4	18.0	-	20.0	4.8	18.0	-	-	86	86
IM-30			谷止工	第21号谷止工	S56	林野庁	20.4	7.5	5.0	45.0	28.0	-	28.0	4.8	32.6	-	-	156	156
IM-31			谷止工		H7	林野庁	20.4	6.5	4.0	60.0	10.0	200	28.0	4.8	41.7	-	-	200	200
IM-32			谷止工	No.17元心堰	H14-15	林野庁	14.9	5.5	3.0	38.5	176	-	15.0	4.8	36.6	-	-	176	176
IM-33			谷止工		H17	林野庁	14.9	6.5	3.0	64.0	93	-	15.0	4.8	19.3	-	-	93	93
IM-34			谷止工		H2	林野庁	32.3	6.5	3.0	26.5	96	-	12.0	4.8	20.0	-	-	96	96
IM-35			谷止工	No.18元心堰	S40	林野庁	32.3	6.0	24.0	20.0	38.5	-	12.0	4.8	38.5	-	-	185	185
IM-36			谷止工		H17	林野庁	32.3	7.5	5.0	29.5	96	-	12.0	4.8	20.0	-	-	96	96
IM-37			谷止工	No.19元心堰	S41	林野庁	32.3	5.0	26.0	20.0	96	-	12.0	4.8	20.0	-	-	96	96
IM-38			堰堤工	No.21元心堰	S41	林野庁	32.3	5.5	19.0	20.0	35.3	-	12.0	4.8	35.3	-	-	169	169
IM-39			堰堤工		S41	林野庁	32.3	5.5	32.3	29.4	141	-	12.0	4.8	29.4	-	-	141	141
IM-40			谷止工		H11-12	林野庁	32.3	7.5	0.0	33.5	7.0	151	12.0	4.8	31.5	-	-	151	151
IM-41			谷止工		T7	林野庁	32.3	4.5	21.0	101	-	101	12.0	4.8	21.0	-	-	101	101
IM-42			谷止工		T7	林野庁	32.3	7.0	17.0	216	-	216	8.0	4.8	44.9	-	-	216	216
IM-43			谷止工		T7	林野庁	32.3	5.0	15.0	154	-	154	8.0	4.8	32.1	-	-	154	154
IM-44			堰堤工		S12	林野庁	32.3	6.5	31.0	151	-	151	8.0	4.8	31.5	-	-	151	151
IM-45			谷止工	No.1	H16	林野庁	32.3	7.0	4.0	31.5	123	-	8.0	4.8	25.7	-	-	123	123
IM-46			谷止工	No.2	H16	林野庁	32.3	7.0	3.0	25.0	92	-	8.0	4.8	19.2	-	-	92	92
<b>施設効果量合計</b>																		<b>5,213</b>	

※1 計画堆砂勾配は1/6を上限とするため、元河床勾配が33.3% (1=1/3) 以上の場合は、調節効果は見込まない  
 ※2 治山施設は流出土砂に対して貯砂効果および調節効果の期待ができるもの、定量的には評価されておらず、ここでは柵上量のみを効果として見込むものとした。  
 ※3 緑帯部は計画基準点下流の施設であるため、施設の効果量は見込まない。

表 4.22 施設効果量の算出に使用した施設諸元表（白水川）

整理番号	対象火山名	支流名	工種	施設名	施工年	管轄	元河床勾配 (%)	ダム高 (m)	有効高 (m)	流路延長 (m)	水深 (m)	河床幅 (m)	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	止長さ (m)	貯砂量 (m <sup>3</sup> )	調節量 (m <sup>3</sup> )	貯止量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )
IS-1	硫黄山	白水川	堰堤工	白水砂防堰堤	S47	県土木	13.3	8.5	7.0	113.0		30.0	8.6	157.5	27,702	13,851	1,355	15,208
IS-2			堰堤工	白水川第2号砂防堰堤		県土木	13.3	6.0	4.0	75.0		30.0	8.6	80.7	2,810	1,405	694	694
IS-3			堰堤工	白水川第3号砂防堰堤		県土木	13.3	5.0	3.0	89.0		30.0	8.6	67.5	4,340	2,170	581	581
IS-4			堰堤工	治山ダム	S38	県土木	13.3	5.0	4.0	71.0		30.0	8.6	85.7	6,336	3,168	737	737
IS-5			堰堤工	白水川第4号砂防堰堤		県土木	13.3	5.0	3.0	97.0		50.0	8.6	67.5	2,560	1,280	581	581
IS-6			堰堤工	白水川第5号砂防堰堤		県土木	13.3	5.5	3.5	110.5		50.0	8.6	60.5	2,120	1,060	521	521
IS-7			堰堤工	白水川第6号砂防堰堤	H10	県土木	13.3	12.5	10.5		12.0	50.0	8.6	81.0	29,760	14,880	697	15,577
IS-8~10			床固工群(3基)	白水川第1号堰堤	H7	県土木	13.3	4.0	2.0			15.0	8.6	48.4	0	0	416	416
IS-11			堰堤工	白水川第1号堰堤	S50	県土木	13.3	9.0	7.0			35.0	8.6	30.3	0	0	260	260
IS-12			堰堤工	白水川第2号堰堤	S34	県土木	13.3	5.0	3.6	42.0		25.0	8.6	81.0	0	0	697	697
IS-13			堰堤工	白水川第3号堰堤	S34	県土木	13.3	5.0	3.5	33.5		20.0	8.6	40.4	0	0	347	347
IS-14			堰堤工	三原堰堤	S36	県土木	18.2	12.0	10.5	61.0		40.0	8.6	45.7	0	0	393	393
IS-15			堰堤工	白水川第4号堰堤	S35	県土木	18.2	5.0	3.6	41.0		30.0	8.6	59.4	0	0	511	511
IS-16			堰堤工	白水川第5号堰堤	S35	県土木	18.2	5.0	4.0	43.0		30.0	8.6	30.5	0	0	262	262
IS-17			堰堤工	白水川第6号堰堤	S35	県土木	18.2	5.0	4.1	39.0		25.0	8.6	50.8	0	0	437	437
IS-18			床固工			県土木	18.2	4.0	2.0			25.0	8.6	35.6	0	0	306	306
IS-19			床固工		S34	県土木	18.2	4.0	2.0			25.0	8.6	20.3	-	-	175	175
IS-20			堰堤工	白水川1号堰堤	S34	県土木	18.2	8.5	8.5	41.0		30.0	8.6	51.3	-	-	441	441
IS-21			谷止工	No.1えん堤	S39	林野庁	23.8	8.5	61.0			10.0	8.6	16.2	-	-	140	140
IS-22			谷止工	第2号谷止工	S54	林野庁	23.8	3.0	63.0			10.0	8.6	19.7	-	-	170	170
IS-23			谷止工	No.1コンクリート谷止工	H1	林野庁	23.8	4.0	2.0	58.0		10.0	8.6	15.4	-	-	133	133
IS-24			谷止工	コンクリート谷止工	H14	林野庁	23.8	6.0	3.5	69.0		10.0	8.6	20.1	-	-	173	173
IS-25			谷止工	No.2コンクリート谷止工	S53	林野庁	23.8	7.5	5.5	55.0		10.0	8.6	14.1	-	-	121	121
IS-26			谷止工	第3号谷止工	S55	林野庁	23.8	5.0	66.0			10.0	8.6	63.0	-	-	542	542
IS-27			谷止工	No.1コンクリート谷止工	H14-15	林野庁	23.8	7.5	5.5	51.5		10.0	8.6	20.0	-	-	172	172
IS-28			谷止工	No.3谷止工	S45	林野庁	23.8	8.0	6.5	33.5		10.0	8.6	19.7	-	-	170	170
IS-29			谷止工	第4号谷止工	S48	林野庁	23.8	8.0	6.5	43.0		10.0	8.6	46.4	-	-	399	399
IS-30			谷止工	第5号谷止工	S49	林野庁	23.8	6.0	4.0	34.0		10.0	8.6	12.5	-	-	108	108
IS-31			谷止工	No.2コンクリート谷止工	H3	林野庁	23.8	5.0	3.5	32.0		10.0	8.6	28.6	-	-	246	246
IS-32			谷止工	第6号谷止工	S50	林野庁	23.8	5.5	3.5	31.0		10.0	8.6	35.6	-	-	306	306
IS-33			谷止工	第7号谷止工	S56	林野庁	23.8	6.0	4.5	41.0		10.0	8.6	29.6	-	-	255	255
IS-34			谷止工	コンクリート谷止工	H12	林野庁	23.8	8.5	4.5	56.0	10.0	10.0	8.6	56.7	-	-	488	488
IS-35			谷止工	第8号谷止工	S57	林野庁	23.8	5.0	2.5	39.0		10.0	8.6	国埋没しているため効果量見込まない	-	-	0	0
IS-36			谷止工	コンクリート谷止工(1型)	H12	林野庁	23.8	6.5	4.0	53.0	10.0	10.0	8.6	50.4	-	-	433	433
IS-37			谷止工	コンクリート谷止工	H12-13	林野庁	23.8	6.0	4.0	57.0	10.0	10.0	8.6	39.9	-	-	343	343
IS-38			谷止工	コンクリート谷止工	H13	林野庁	23.8	6.5	4.5	42.5	10.0	10.0	8.6	36.0	-	-	309	309
IS-39			谷止工	コンクリート谷止工(No.1)	H14	林野庁	23.8	5.0	0.0	37.0		10.0	8.6	27.8	-	-	239	239
IS-40			谷止工	コンクリート谷止工(No.2)	H14	林野庁	23.8	7.0	0.0	42.5		10.0	8.6	30.8	-	-	265	265
IS-41			谷止工	コンクリート谷止工	H14-15	林野庁	23.8	6.0	4.0	39.5		10.0	8.6	50.4	-	-	433	433
IS-42		右支川	谷止工		S53		23.8					10.0	8.6	102.8	-	-	884	884
IS-43~46		左支川	床固工群(4基)		S47		23.8					10.0	8.6	123.4	-	-	1,061	1,061
<b>施設効果量合計</b>																		
<b>150,636</b>																		

※1 計画堆砂勾配は1/6を上乗せするため、元河床勾配が33.3%(1=1/3)以上の場合、調節効果は見込まない

※2 治山施設は流出土砂に対して貯砂効果および調節効果の期待ができるもの、定量的には評価されおらず、ここでは貯止量のみを効果として見込むものとした。

※3 緑帯部は計画基準点下流の施設であるため、施設の効果量は見込まない。

表 4.23 施設効果量の算出に使用した施設諸元表 (奥郷川)

整理番号	対象火山名	湧蒸名	工種	施設名	施工年	所管	元河床 勾配 (%)	ダム高 (m)	有効高 (m)	流路工延 長延長 (m)	水通幅 (m)	河床幅 (m)	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	柵止長 (m)	貯砂量 (m <sup>3</sup> )	調節量 (m <sup>3</sup> )	柵止量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )
IO-2	硫黄山	奥郷川	堰堤工	1号堰堤	S34	県土木		4.5	43.0				6.7		2,810	1,405		-
IO-4			堰堤工	奥郷川砂防堰堤	H10	県土木		11.0	9.0			50.0	6.7	108.0	22,400	11,200	724	11,924
IO-5			堰堤工		S36	県土木	20.0	7.0	5.0			20.0	6.7	11.2	2,560	1,280	75	75
IO-6			谷止工	No.6コンクリート谷止	S53	林野庁	25.0	6.5	70.0			10.0	6.7	48.5	-	-	325	325
IO-7			谷止工	コンクリート谷止(1型)	H12-13	林野庁	25.0	6.0	3.5	57.0		10.0	6.7	42.0	-	-	281	281
IO-8			谷止工	No.3コンクリート谷止	S52	林野庁	25.0	6.0	4.5	68.0		10.0	6.7	51.7	-	-	347	347
IO-9			谷止工	No.4コンクリート谷止	S54	林野庁	25.0	8.0	6.0			10.0	6.7	51.0	-	-	342	342
IO-10			谷止工	No.2コンクリート谷止	S47	林野庁	35.0	5.0	4.0	21.8		10.0	6.7	17.6	-	-	118	118
IO-11			谷止工	No.5コンクリート谷止	S55	林野庁	33.3	8.0	6.0			10.0	6.7	36.0	-	-	241	241
IO-12			谷止工		S46	林野庁	33.3	6.5	5.0	28.5		10.0	6.7	30.0	-	-	201	201
IO-13			谷止工		S49	林野庁	33.3	5.0	3.0			10.0	6.7	18.0	-	-	121	121
IO-14~17			床固工		S55	林野庁	33.3	4.0	2.0			10.0	6.7	36.9	-	-	247	247
IO-18			堰堤工	(星生ダム?)	S56	県土木	20.0	12.5	10.5	89.0		10.0	6.7	157.5	9,371	4,686	1,055	5,741
<b>施設効果量合計</b>																		
<b>19,963</b>																		

※1 計画堆砂勾配は1/6を上限とするため、元河床勾配が33.3% (1=1/3) 以上の場合は、調節効果は見込まない。

※2 治山施設は流出土砂に対して貯砂効果および調節効果の期待ができるものの、定量的には評価されておらず、ここでは柵止量のみを効果として見込むものとした。

※3 線形部は計画基準点下流の施設であるため、施設の効果量は見込まない。

表 4.24 施設効果量の算出に使用した施設諸元表 (奥郷上流川)

整理番号	対象火山名	湧蒸名	工種	施設名	施工年	所管	元河床 勾配 (%)	ダム高 (m)	有効高 (m)	流路工延長 延長 (m)	水通幅 (m)	河床幅 (m)	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	柵止長 (m)	貯砂量 (m <sup>3</sup> )	調節量 (m <sup>3</sup> )	柵止量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )
IOJ-1	硫黄山	奥郷上流川	堰堤工	4号堰堤工	S56	県土木		8.5	6.5	47		0.0	0.7		12,420	6,210		0
<b>施設効果量合計</b>																		
<b>0</b>																		

※1 計画堆砂勾配は1/6を上限とするため、元河床勾配が33.3% (1=1/3) 以上の場合は、調節効果は見込まない。

※2 治山施設は流出土砂に対して貯砂効果および調節効果の期待ができるものの、定量的には評価されておらず、ここでは柵止量のみを効果として見込むものとした。

※3 線形部は計画基準点下流の施設であるため、施設の効果量は見込まない。

表 4.25 施設効果量の算出に使用した施設諸元表 (赤川 (湖島川))

整理番号	対象火山名	源流名	工種	施設名	施工年	所管	元河床勾配 (%)	タム高 (m)	有効高 (m)	流路延長 堤長 (m)	水通幅 (m)	河床幅 (m)	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	挿止長 (m)	貯砂量 (m <sup>3</sup> )	調節量 (m <sup>3</sup> )	挿止量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )
IA-1	硫黄山	赤川	堰堤工	赤川堰堤	S39~41	県土木	6.7	6.5	6.0	60.0	20.5	20.5	6.7	268.7	114,660	57,330	1,800	-
IA-2			堰堤工	堰堤	S47~48	県土木	8.3	12.5	10.5	115.0	20.5	20.5	6.7	379.5	28,418	14,209	2,543	-
IA-3			谷止工	23号	S63	林野庁	10.7	6.5	4.0	30.5	8.0	15.0	6.7	112.1	-	-	-	-
IA-4			堰堤工	3号	S39	林野庁	10.6	6.0	4.0	36.0	15.0	20.0	6.7	113.2	-	-	758	-
IA-5			堰堤工	1号	S36	林野庁	4.6	6.5	4.5	29.0	15.0	20.0	6.7	73.7	-	-	494	-
IA-6			堰堤工	2号	S37	林野庁	9.9	5.5	3.5	46.5	15.0	20.0	6.7	40.2	-	-	269	-
IA-7			堰堤工	4号	S40	林野庁	12.0	6.0	4.0	48.0	15.0	25.0	6.7	97.8	-	-	655	-
IA-8			床固工	5号	S45	林野庁	11.1	4.0	2.0	23.5	12.0	30.0	6.7	33.3	-	-	223	-
IA-9			床固工	6号	S45	林野庁	11.1	4.0	2.0	23.5	12.0	30.0	6.7	56.0	-	-	375	-
IA-10			谷止工	7号	S46	林野庁	15.0	4.0	2.0	25.0	10.0	35.0	6.7	33.8	-	-	226	226
IA-11			谷止工	8号	S46	林野庁	16.6	6.0	4.0	28.0	10.0	20.0	6.7	34.1	-	-	228	228
IA-12			谷止工	9号	S46	林野庁	16.6	4.0	2.0	22.5	10.0	20.0	6.7	36.1	-	-	242	242
IA-13			谷止工	10号	S47	林野庁	16.9	5.5	3.5	30.0	8.0	25.0	6.7	42.6	-	-	285	285
IA-14			谷止工	29号	H7	林野庁	17.0	4.5	2.5	48.0	8.0	15.0	6.7	23.8	-	-	160	160
IA-15			谷止工	11号	S48-49	林野庁	21.0	5.0	3.0	73.0	8.0	30.0	6.7	30.7	-	-	205	205
IA-16			谷止工	33号	H17	林野庁	21.0	5.0	3.0	72.5	8.0	30.0	6.7	35.8	-	-	240	240
IA-17			谷止工	13号	S51-52	林野庁	15.0	5.1	3.1	73.0	8.0	30.0	6.7	43.5	-	-	291	291
IA-18			谷止工	17号	S56-57	林野庁	19.0	5.5	3.5	62.0	8.0	30.0	6.7	21.0	-	-	140	140
IA-19			谷止工		H10-12	林野庁	16.5	3.0	1.0	52.0	8.0	30.0	6.7	18.2	-	-	122	122
IA-20			谷止工	12号	S50	林野庁	15.0	5.0	4.0	59.0	8.0	30.0	6.7	15.2	-	-	102	102
IA-21			谷止工		H14	林野庁	15.0	4.0	2.0	55.5	8.0	30.0	6.7	25.4	-	-	170	170
IA-22			谷止工	14号	S53	林野庁	29.5	5.0	3.5	54.0	8.0	30.0	6.7	27.3	-	-	183	183
IA-23			谷止工	No.1	H15	林野庁	29.5	5.0	3.0	65.0	8.0	30.0	6.7	23.4	-	-	157	157
IA-24			谷止工	15号	S54	林野庁	30.0	5.5	3.5	36.5	8.0	40.0	6.7	21.4	-	-	143	143
IA-25			谷止工	18号	S88(H20)	林野庁	26.0	3.0	1.0	44.5	8.0	50.0	6.7	10.7	-	-	72	72
IA-26			谷止工	19号	S59	林野庁	27.0	5.5	4.0	39.5	8.0	21.0	6.7	20.9	-	-	140	140
IA-27			谷止工	27号	H4	林野庁	33.7	4.5	2.5	48.0	16.0	17.5	6.7	14.7	-	-	98	98
IA-28			谷止工	20号	S60	林野庁	30.0	4.5	2.5	55.0	8.0	25.0	6.7	18.8	-	-	126	126
IA-29			谷止工	21号	S61	林野庁	34.6	6.0	4.0	41.5	8.0	15.0	6.7	22.3	-	-	149	149
IA-30			谷止工	24号	H1	林野庁	30.7	5.5	3.5	35.5	8.0	15.0	6.7	24.9	-	-	167	167
IA-31			谷止工	26号	H3	林野庁	33.7	5.5	3.5	38.5	8.0	15.2	6.7	20.5	-	-	138	138
IA-32		左支川	谷止工	16号	S55	林野庁	30.0	5.5	3.5	36.5	8.0	40.0	6.7	26.3	-	-	176	176
IA-33			谷止工	28号	H6	林野庁	26.5	4.5	2.5	23.0	4.0	17.5	6.7	25.4	-	-	170	170
IA-34			谷止工	22号	S62	林野庁	30.1	7.0	5.0	28.5	6.0	15.0	6.7	36.6	-	-	245	245
IA-35			谷止工	25号	H2	林野庁	43.0	5.5	3.5	32.5	6.0	15.2	6.7	13.3	-	-	89	89
<b>施設効果量合計</b>																		
<b>4,465</b>																		

※1 計画堆砂勾配は1/6を上限とするため、元河床勾配が33.3%(1=1/3)以上の場合は、調節効果は見込まない

※2 治山施設は流出土砂に対して貯砂効果および調節効果の期待ができておらず、定量的には評価されず、ここでは挿止量のみを効果として見込むものとした。

※3 緑帯部は計画基準点下流の施設であるため、施設の効果は見込まない。

表 4.26 施設効果量の算出に使用した施設諸元表 (鳴子川)

整理番号	対象火山名	支流名	工種	施設名	施工年	所管	元河床 勾配 (%)	ダム高 (m)	有効高 (m)	流路工要区 堤底 (m)	水速幅 (m)	河床幅 (m)	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	挾止長 (m)	貯砂量 (m <sup>3</sup> )	調整量 (m <sup>3</sup> )	挾止量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )	
IN-1	硫黄山	鳴子川	堰堤工	1号	S41~42	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	7.8	-	-	52	-	
IN-2			堰堤工	1'号	S41~42	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	32.2	-	-	215	-	
IN-3			堰堤工	2号	S40	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	14.1	-	-	95	-	
IN-4			堰堤工	2'号	S41	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	27.0	-	-	181	-	
IN-5			堰堤工	3号	S42	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	48.0	-	-	322	-	
IN-6			堰堤工	3'号	S45	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	46.4	-	-	311	-	
IN-7			堰堤工	4号	S45	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	48.0	-	-	322	322	
IN-8			堰堤工	5号	S43	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	24.2	-	-	162	162	
IN-9			堰堤工	6号	S43	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	23.7	-	-	159	159	
IN-10			堰堤工	6号	H8	県林務	25	10.5	8.5	76.5	2.0	10.0	6.7	51.8	-	-	347	347	
IN-11			谷止工	No.1	H17	県林務	25	11.0	9.0			10.0	6.7	61.7	-	-	414	414	
IN-12			堰堤工	7号	S43	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	理況しているため効果量見込まない	-	-	-	0	
IN-13			堰堤工	8号	S44	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	20.8	-	-	140	140	
IN-14			堰堤工	9号	S44	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	21.0	-	-	141	141	
IN-15			堰堤工	10号	S46	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	48.0	-	-	322	322	
IN-16			堰堤工	11号	S47	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	41.2	-	-	276	276	
IN-17			堰堤工	12号	S48	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	40.1	-	-	269	269	
IN-18			堰堤工	13号	S50	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	23.2	-	-	155	155	
IN-19			床固工	1号	H10	県林務	25	11.0	9.0	57.5	1.5	10.0	6.7	34.1	-	-	229	229	
IN-20			堰堤工	14号	S51	県林務	25	6.0	4.0			10.0	6.7	38.9	-	-	260	260	
IN-21			床固工	2号	H9	県林務	25	8.0	6.0	49.5	1.5	10.0	6.7	103.1	-	-	691	691	
IN-22		右支川1	床固工	1号	H11	県林務	25	4.5	2.5	20.5	1.5	10.0	6.7	72.2	-	-	483	483	
IN-23			床固工	2号	H11	県林務	25	5.5	3.5	19.5	1.5	10.0	6.7	51.5	-	-	345	345	
IN-24		右支川2	床固工	3号	H11	県林務	25	4.0	2.0	12.5	1.5	10.0	6.7	30.9	-	-	207	207	
IN-25			床固工	4号	H11	県林務	25	3.5	1.5	14.0	1.5	10.0	6.7	51.5	-	-	345	345	
															施設効果量合計		-	-	5,267

※1 計画堆砂勾配は1/6を上廻するため、元河床勾配が33.3%(1=1/3)以上の場合、調節効果は見込まない

※2 治山施設は流出土砂に対して貯砂効果および調節効果の期待ができるものの、定量的には評価されておらず、ここでは挾止量のみを効果として見込むものとした。

※3 緑帯部は計画基準点下流の施設であるため、施設の効果量は見込まない。



表 4.27 施設効果量を考慮した計算土砂量

No.	流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	対 象 土砂量 (m <sup>3</sup> )	施設効果量 (m <sup>3</sup> )	計算 土砂量 (m <sup>3</sup> )
①	三俣川	0.58	89,700	5,210	84,500
②	白水川	1.74	183,890	150,640	33,300
③	奥郷川	0.75	106,720	19,960	86,800
④	奥郷上流川	1.07	134,600	0	134,600
⑤	赤川	1.77	185,240	4,470	180,800
⑥	鳴子川	1.91	194,970	5,270	189,700

#### (4) ハイエトグラフ

##### ① 形状及びピーク位置

本計画では、硫黄山観測所における近年（2004-2008 年）の規模の大きな降雨時のハイエトグラフの事例を図 4.56～図 4.59 に整理し比較したが、規律性はなく、実際に土砂災害が起こった平成 17 年 7 月 10 日及び平成 20 年 6 月 11 日の 24 時間降雨の波形から見ても、特に傾向はみられなかった。このため、ハイエトグラフの形状はタルボットの降雨式を用いて作成した。

また、ハイエトグラフのピーク位置については、最も危険な状況を想定し安全側を考慮するために、一般に災害が起きやすく日本における災害事例でも多い後方集中型を想定し、ハイエトグラフ全体の時系列を 1 とした場合の 0.8 の位置、即ち 19 時間目（24 時間×0.8 = 19.2（≒19）時間目）に設定した（「応用水門統計学（岩井・石黒、1970）」を参考）。

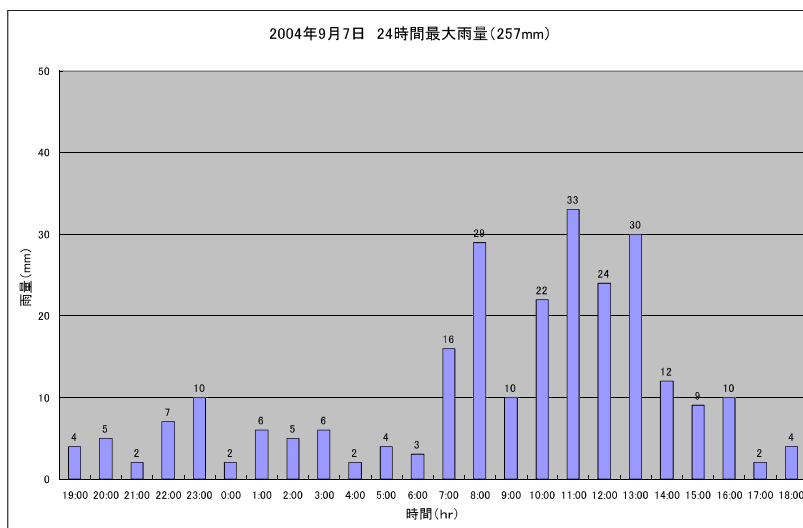
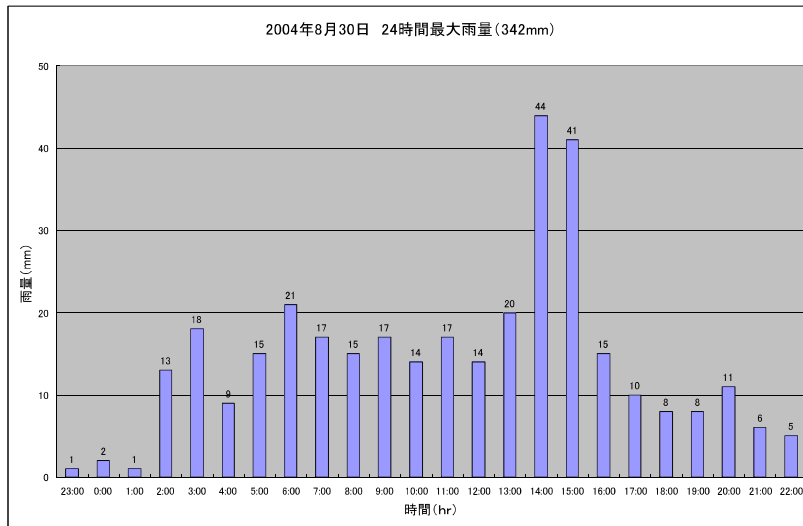
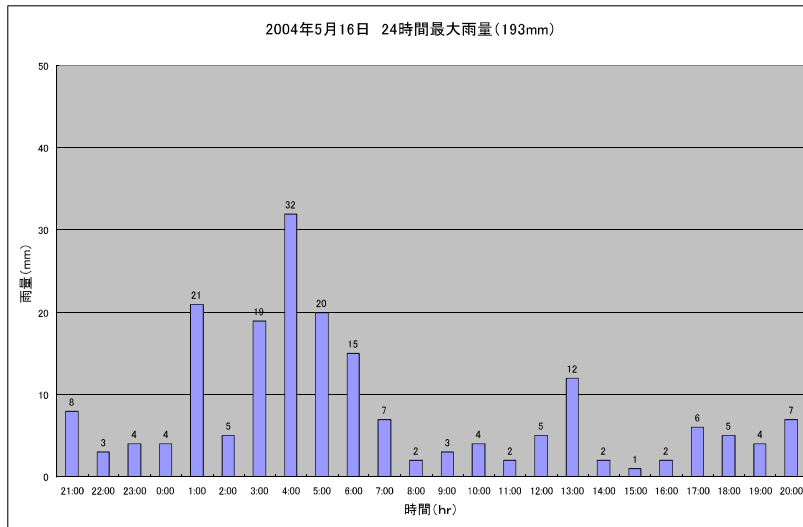


図 4.56 2004（平成16）年の24時間雨量（年間上位3降雨）のハイトグラフ

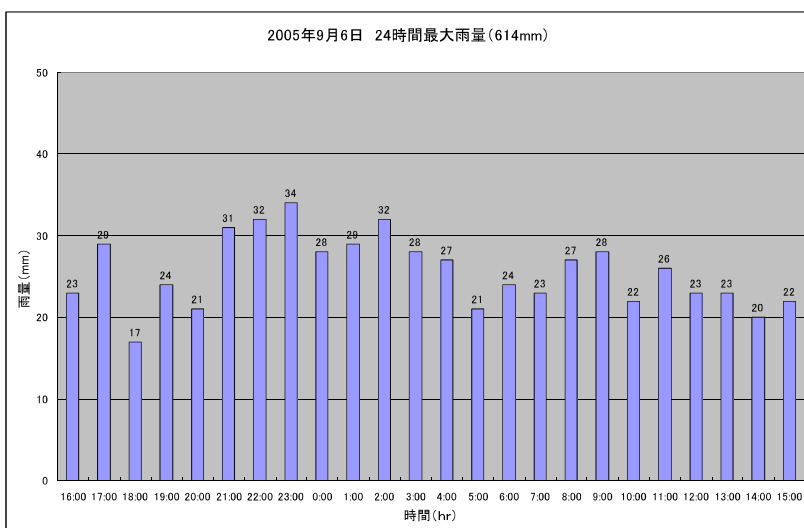
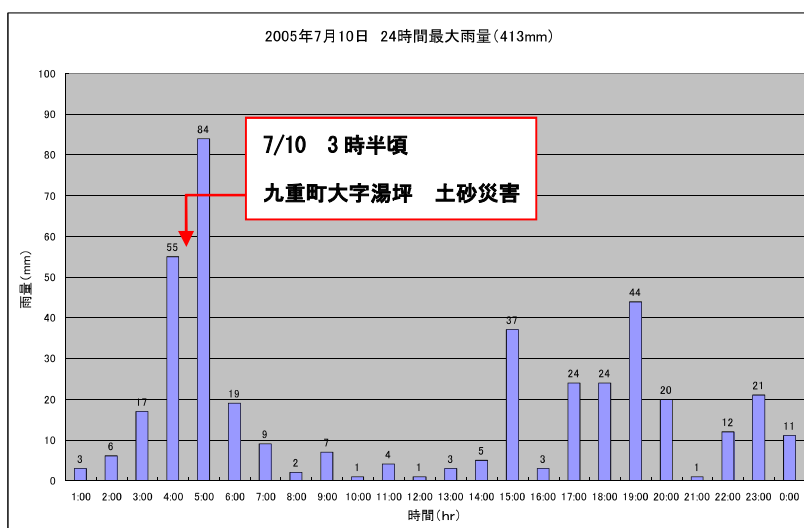
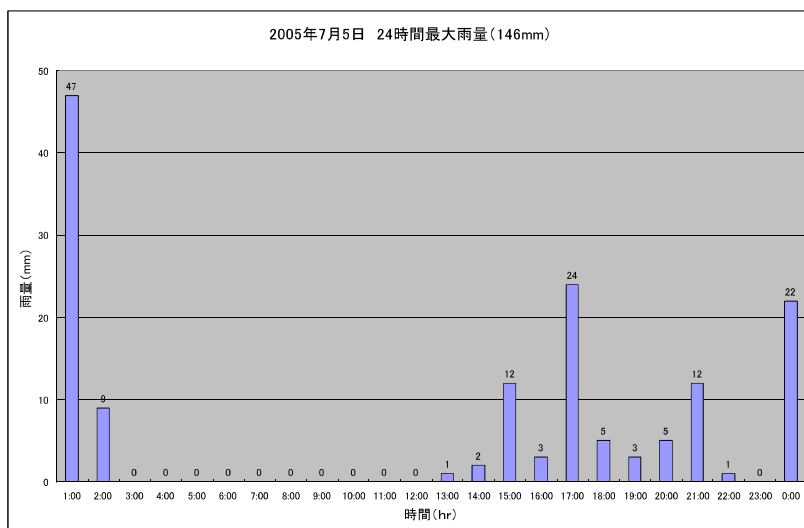


図 4.57 2005（平成 17）年の 24 時間雨量（年間上位 3 降雨）のハイトグラフ

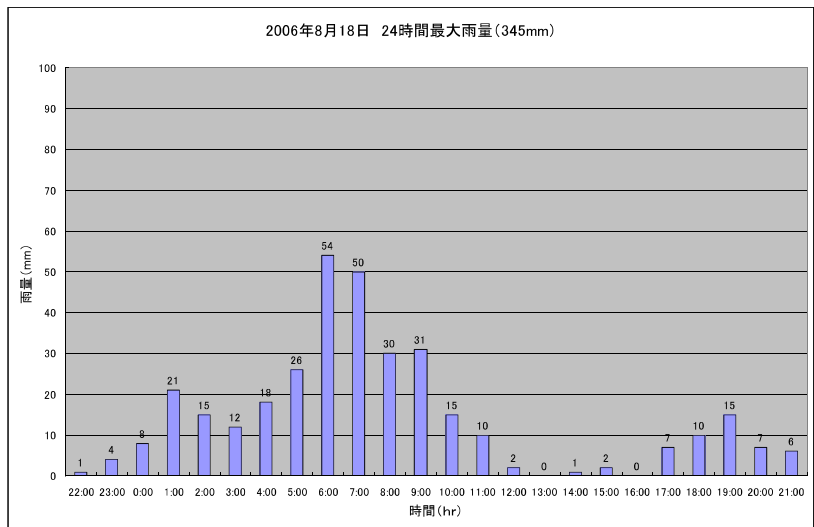
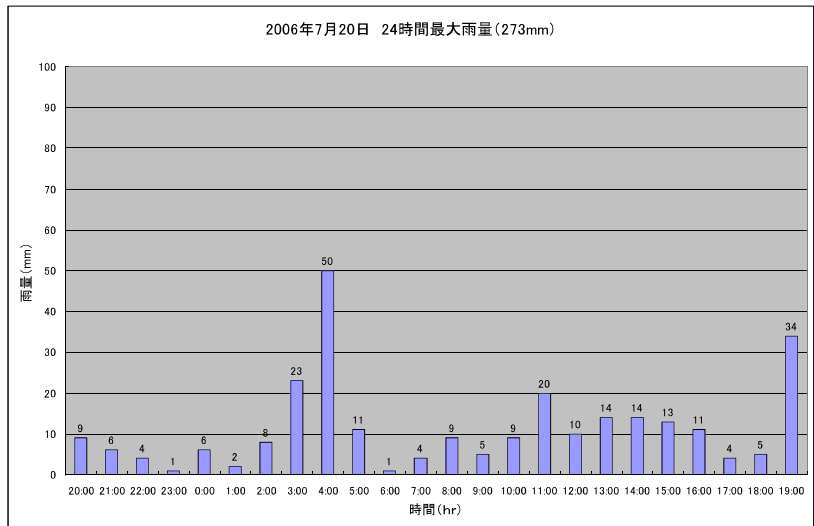
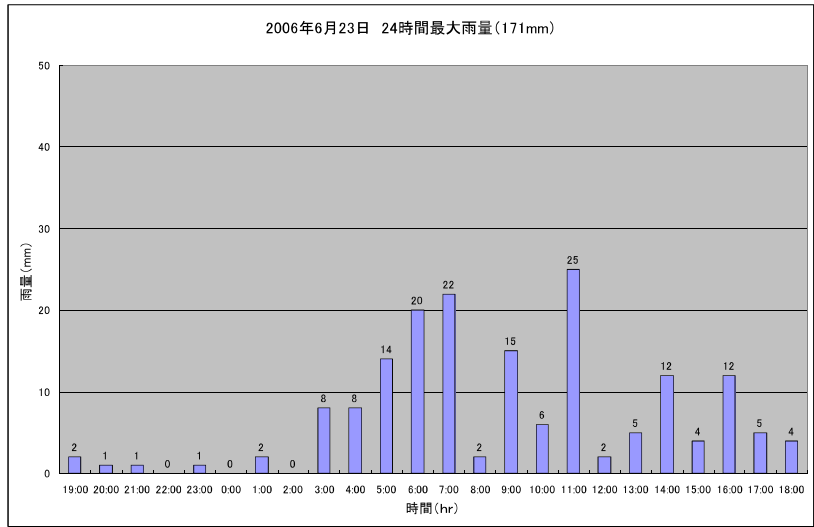


図 4.58 2006（平成 18）年の 24 時間雨量（年間上位 3 降雨）のハイトグラフ

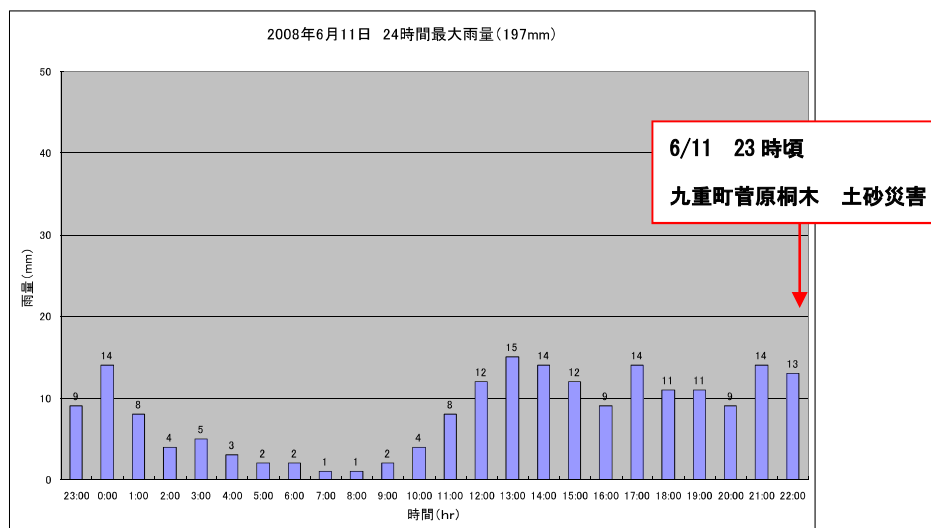


図 4.59 2008（平成 20）年の 24 時間雨量（年間上位 3 降雨）のハイトグラフ

## ② ピーク雨量

2年超過確率規模のピーク雨量については、近年、短時間に集中して多量の降雨が発生する傾向がみられることから、2004-2009年において硫黄山観測所で観測された実績から想定するものとした。2004-2009年において硫黄山観測所で観測された年間最大時間雨量（上位3位）とその年間最大時間雨量を含む最大24時間雨量との関係を表4.28及び図4.60に示す。

表 4.28 2004-2009年において硫黄山観測所で観測された年間最大時間雨量

発 生 日		年間最大 時間雨量 (上位3位) (mm)	年間最大時間雨 量を含む最大24 時間雨量 (mm)
年	月 日		
2004	7/27	51	54
	8/29-30	44	342
	9/28-29	39	157
2005	7/9-10	84	413
	7/5	47	146
	7/9-10	41	322
2006	7/4-5	66	211
	8/17-18	54	345
	7/19-20	50	273
2007	7/6-7	58	339
	8/2-3	54	431
	7/4-5	39	222
2008	5/28-29	32	121
	8/16-17	32	77
	9/1	31	81
2009	8/10	54	115
	7/22	44	169
	6/2	41	360

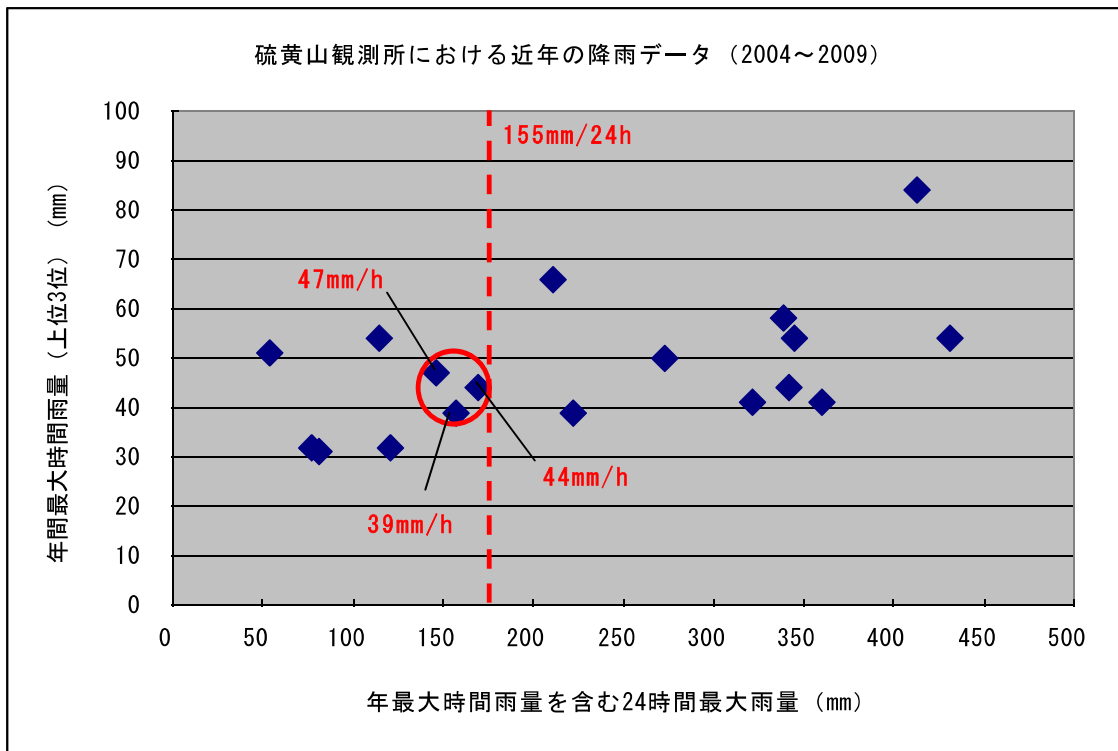


図 4.60 硫黄山観測所における時間雨量と 24 時間雨量の関係

表 4.28 及び図 4.60 に示すように、24 時間雨量に関わらず、時間雨量は 30-60mm の範囲にある。このことをふまえ、いずれの溪流においても、2 年超過確率規模降雨である 155mm に近い以下の 3 事例のうち、安全側を考慮し、より規模の大きな 47mm として設定した。

- ・ 2004 年 9 月 28-29 日の 24 時間雨量 157mm の時の時間雨量 . . . . 39mm
- ・ 2005 年 7 月 5 日の 24 時間雨量 146mm の時の時間雨量 . . . . 47mm
- ・ 2009 年 7 月 22 日の 24 時間雨量 169mm の時の時間雨量 . . . . 44mm

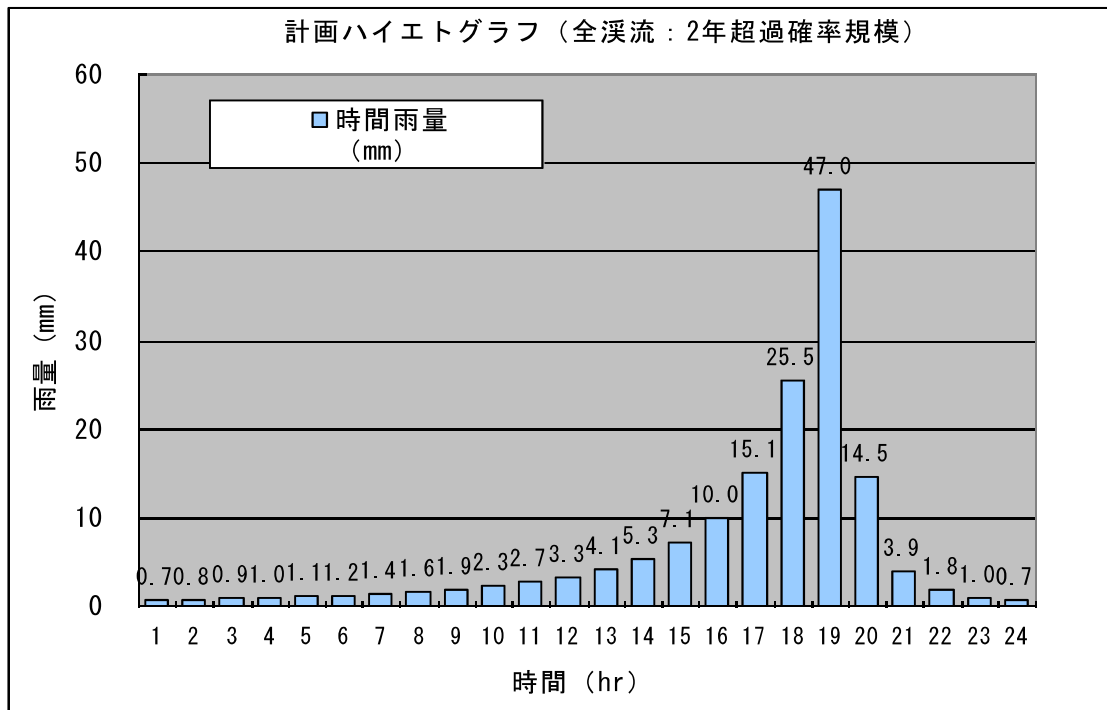


図 4.61 計画ハイトグラフ（2年超過確率規模；R24=155mm）

表 4.29 ピーク雨量（2年超過確率規模；R24=155mm）

No.	流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	日雨量 (mm/day) ※観測データ	日雨量 (mm/day) ※大分県降雨強度より	ピーク 流出係数 Kf1	係数 C	降雨強度 (mm/hr)
							近年の降雨事例より設定
①	三俣川	0.58	155.2	180.0	0.85	120	47
②	白水川	1.74					47
③	奥郷川	0.75					47
④	奥郷上流川	1.07					47
⑤	赤川	1.77					47
⑥	鳴子川	1.91					47

※ $r=2043.0/(t^{3/4}+38.479)$

山岳；長時間確率降雨強度式より 7.5mm/hr × 24hr = 180.0mm/24hr



#### (5) 清水ハイドログラフ

図 4.61 に示した計画ハイドログラフから、中安の総合単位図法により清水ハイドログラフを作成した。なお、清水ハイドログラフの作成にあたっては、降灰後の流域状況を想定し、基底流量=0、流出率=1 とした。なお、清水ハイドログラフ作成に必要な流域諸元については、表 4.14 に示すような「くじゅう山系火山砂防基本計画（案）」作成時に採用された値を用いた。

作成した清水ハイドログラフを、図 4.62 及び表 4.30 に示す。

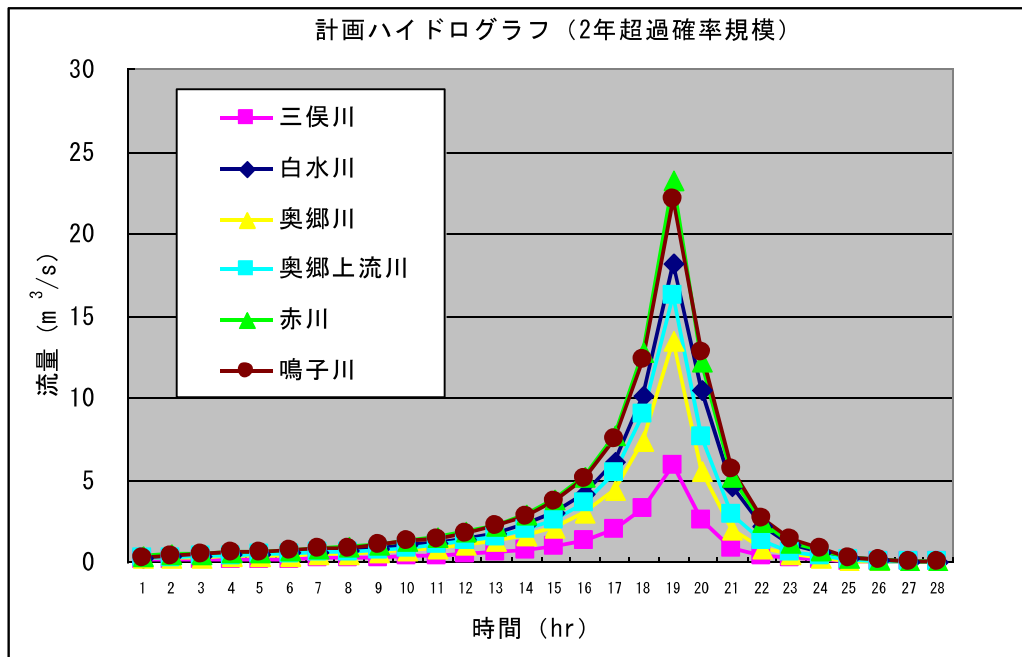


図 4.62 清水ハイドログラフ (2年超過確率規模 ; R24=155mm)

表 4.30 清水ハイドログラフ (2年超過確率規模 ; R24=155mm)

時間 (h)	三俣川	白水川	奥郷川	奥郷上流川	赤川	鳴子川
1	0.08	0.22	0.19	0.22	0.29	0.27
2	0.10	0.33	0.23	0.29	0.41	0.40
3	0.12	0.39	0.27	0.33	0.49	0.47
4	0.13	0.44	0.30	0.37	0.55	0.54
5	0.15	0.49	0.33	0.41	0.61	0.60
6	0.16	0.54	0.36	0.45	0.67	0.66
7	0.18	0.62	0.42	0.52	0.77	0.75
8	0.21	0.71	0.48	0.60	0.88	0.86
9	0.25	0.83	0.57	0.70	1.04	1.01
10	0.30	1.00	0.69	0.85	1.25	1.22
11	0.35	1.18	0.81	1.00	1.47	1.44
12	0.43	1.43	0.98	1.21	1.78	1.74
13	0.53	1.76	1.22	1.50	2.20	2.15
14	0.69	2.25	1.57	1.93	2.82	2.74
15	0.92	2.99	2.09	2.57	3.75	3.63
16	1.29	4.15	2.93	3.59	5.21	5.04
17	1.93	6.14	4.40	5.36	7.75	7.46
18	3.22	10.10	7.35	8.92	12.80	12.25
19	5.88	18.21	13.44	16.24	23.18	22.10
20	2.50	10.48	5.57	7.56	12.19	12.77
21	0.86	4.61	1.91	2.86	5.12	5.68
22	0.36	2.16	0.82	1.26	2.36	2.70
23	0.18	1.08	0.41	0.62	1.18	1.37
24	0.11	0.61	0.25	0.36	0.67	0.77
25	0.01	0.21	0.03	0.08	0.21	0.27
26	0.00	0.07	0.01	0.02	0.07	0.10
27	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

#### (6) 土石流ハイドログラフ

土石流ハイドログラフについては、図 4.62 に示した清水ハイドログラフをもとに、安全側を考慮し、計算土砂量（対象土砂量から計画基準点上流の施設効果量を除いた土砂量：表 4.19 計画対象土砂一覧表）に達するまで、流量のピークから単位時間の流量が多い順に平衡土砂濃度で土砂供給した。

各流域の土石流ハイドログラフを図 4.63～図 4.68 に示す。

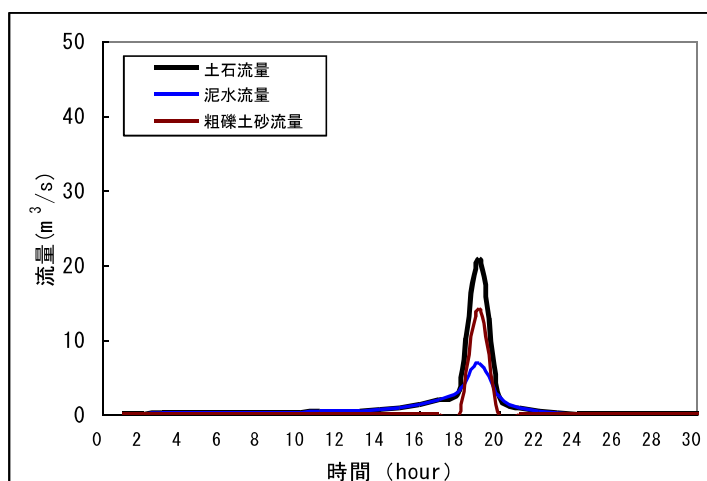


図 4.63 土石流ハイドログラフ（三俣川）

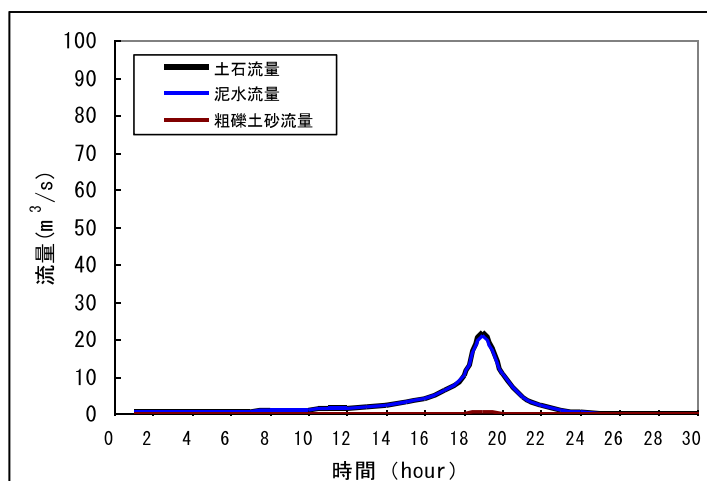


図 4.64 土石流ハイドログラフ（白水川）

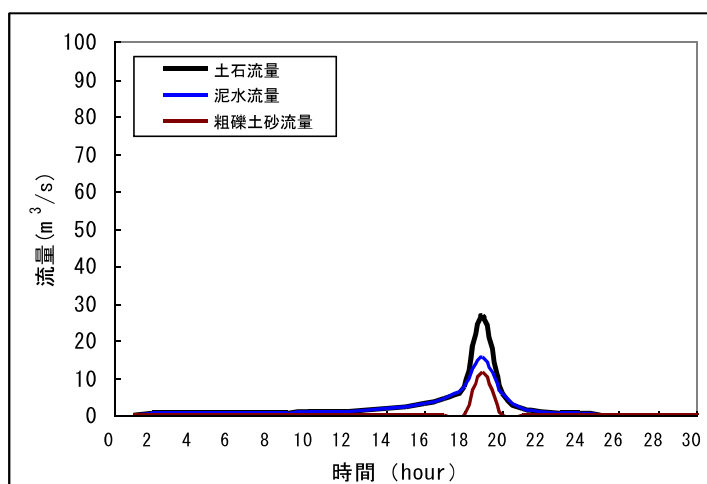


図 4.65 土石流ハイドログラフ（奥郷川）

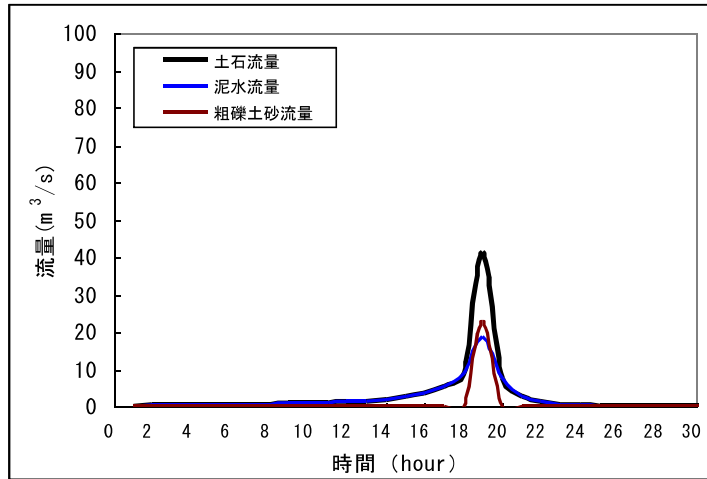


図 4.66 土石流ハイドログラフ（奥郷上流川）

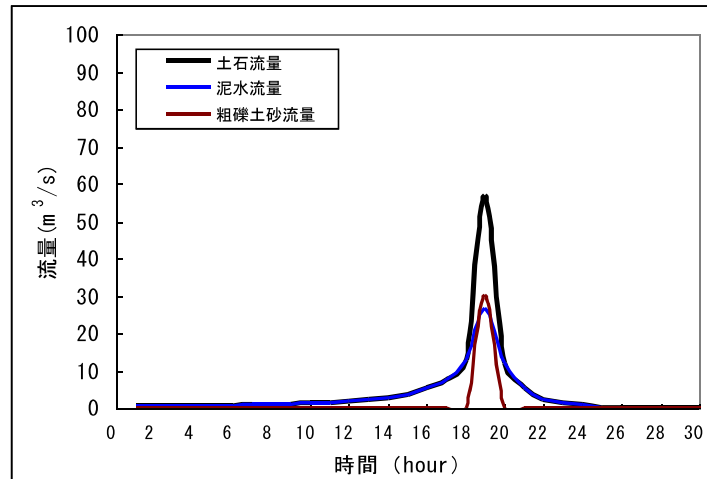


図 4.67 土石流ハイドログラフ（赤川（潤島川））

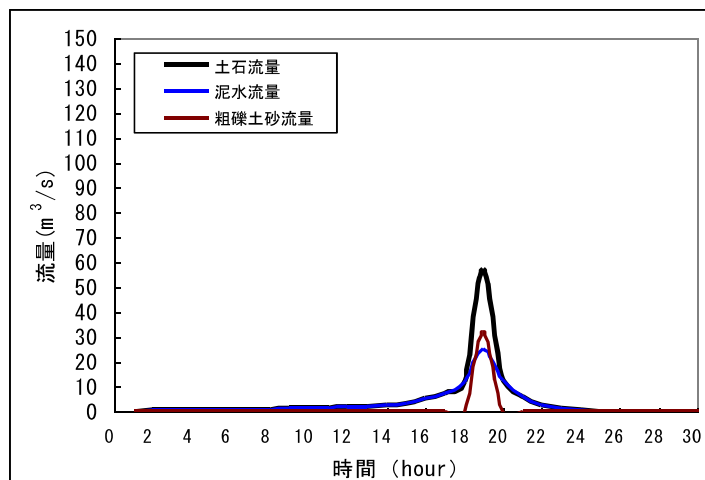


図 4.68 土石流ハイドログラフ（鳴子川）

## (7) 地形条件

### ① 地形データ

計算には、平成 19 年度に作成されたレーザープロファイラーによる地形データを用い、10m×10m メッシュのデジタルマップを作成し、計算に使用した。作成した範囲をに示す。

なお、対象溪流とした硫黄山の 6 溪流のうち、九重山南側に位置する赤川（潤島川）については、レーザープロファイラーによる地形データが作成されていないため、国土地理院発行の 50m 数値地図を用いて作成した 25m×25m メッシュ間隔のデジタルマップを使用した。

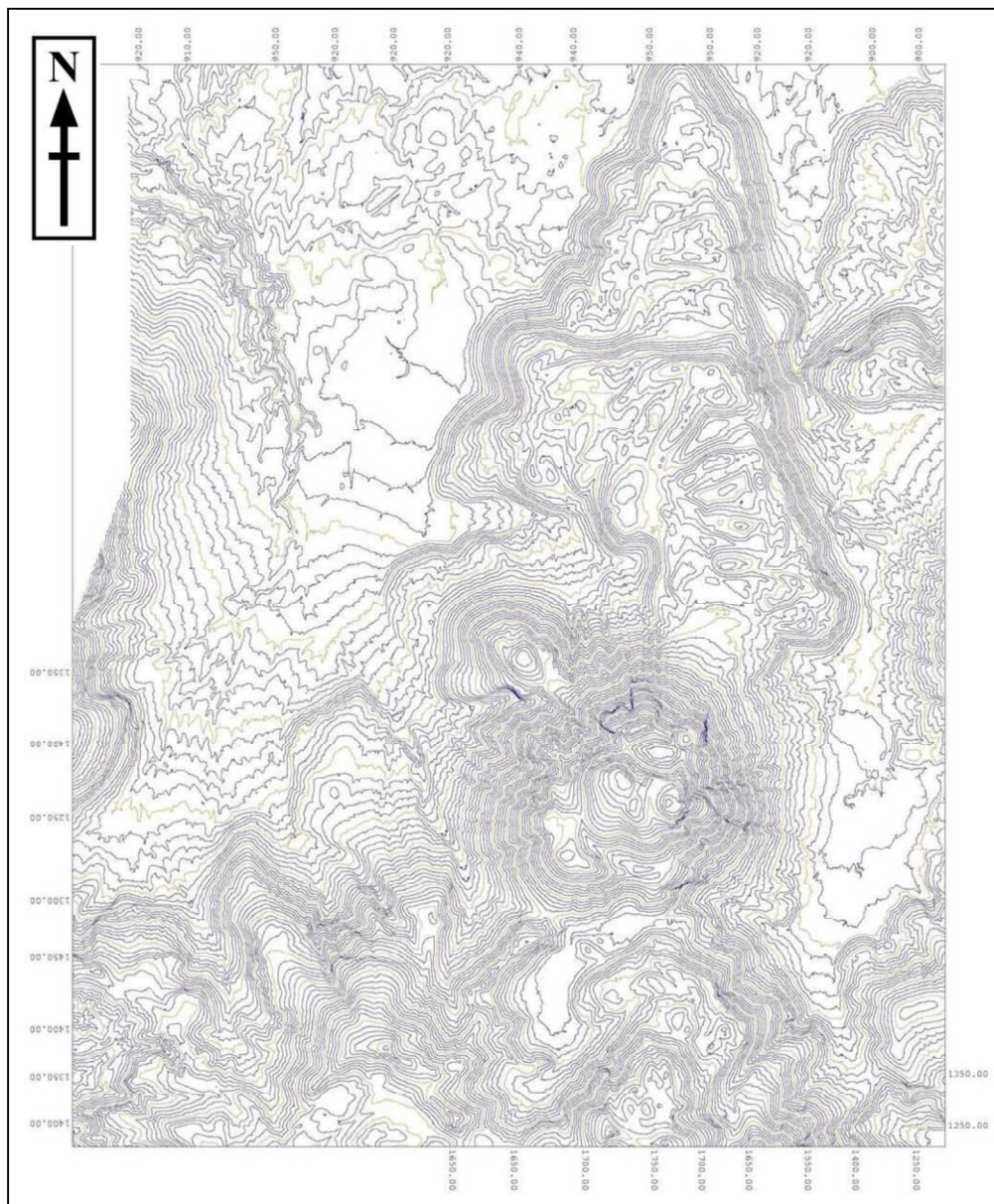


図 4.69 レーザープロファイラーによる地形データ作成範囲

## ②土石流の計算条件

二次元土石流氾濫シミュレーションに使用した計算条件を、表 4.31 に示す。

なお、計算条件のうち、代表粒径及び砂礫の密度については土石流が発生した平成 8 年時点の現地調査結果にもとづき設定した（表 4.32）。

また、白水川については、計算に与える土砂量が施設効果量を下回ることから、基準地点下流への土砂氾濫は想定されず、河床変動計算は実施しないものとした。

表 4.31 土石流の計算条件一覧表

項目	記号	単位	値	備考
代表粒径	(dm)	cm	0.5	現地調査結果
砂礫の密度	( $\sigma$ )	g/cm <sup>3</sup>	2.52	現地調査結果
泥水の密度	( $\rho$ )	g/cm <sup>3</sup>	1.2	標準値
内部摩擦角	( $\phi$ )	°	12.5	桜島土石流分析値
堆積層砂礫の容積密度	C*		0.6	標準値
マンシングの粗度係数	(n)		0.05	標準値

\* ) 代表粒径及び砂礫密度については、平成 8 年度時点の現地調査結果（表 4.32）にもとづき設定

表 4.32 硫黄山周辺における河床材料の調査結果

調査地点	代表粒径 (mm)	砂礫の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	備考
白水1	0.0270	2.481	
白水2	0.1635	2.243	
白水3	0.0060	2.621	
白水4	12.2610	2.472	降灰影響なし
鳴子1	0.0431	2.624	
鳴子2	0.0714	2.543	
鳴子3	7.0254	2.659	降灰影響なし
平均値	4.8527	2.520	—

\* ) 平均値は降灰影響が無い調査地点を除く

\* ) 代表粒径は、降灰の影響がある場所と無い場所の平均値

## **(8) 影響範囲と被害状況の把握**

施設効果によって基準点より下流側への土砂流出が抑制される白水川を除いた 5 流域の影響範囲と被害状況を、図 4.70～図 4.74 に示し、概要を以下に示す。

### **① 三俣川**

主要な流れは氾濫開始点直下流の林道を乗り越え白水川へと流下する。白水川右岸側の保全人家 1 戸及び隣接して設置されている長者原中継所（大分県玖珠土木事務所）へ影響を与えている。対岸となる白水川左岸側の長者原ヘルスセンター、ドライブステイみやま、ビジターセンターへは影響しない。なお、長者原自然研究路（タデ原湿原）へも影響を与えている。

### **② 奥郷川**

氾濫開始点と星生温泉の中間地点にある宿泊施設（九重ヒュッテ）1 件のごく近くまで流下するため、影響する可能性がある。星生温泉より下流側は、流路に沿って流下しており、保全対象への影響は認められない。

### **③ 奥郷上流川**

一般県道 11 号別府一の宮線（通称、やまなみハイウェイ）沿いに道路維持管理用地（県有地）1 件があり、影響を与えている。なお、奥郷川へ合流して以降は、流路に沿って流下しており、保全対象への影響は認められない。

### **④ 赤川（潤島川）**

宿泊施設（赤川温泉赤川荘）に影響を与えている。また、赤川（潤島川）のより下流側にある宿泊施設（久住温泉くじゅうヒルズホテル、ペンション等）及び別荘等に影響を与える可能性がある。なお、赤川（潤島川）については、他の溪流が 10m×10m メッシュで計算を実施しているのと異なり、25m×25m メッシュで計算を実施しているため、保全対象等への影響についても精度的にやや粗いものとなっている。

### **⑤ 鳴子川**

法華院温泉山荘 1 件へ影響を与えている。また、坊ガツルキャンプ場へも影響する可能性がある。

また、これらの影響範囲と被害状況を取りまとめて示したものを、図 4.75 に示す。



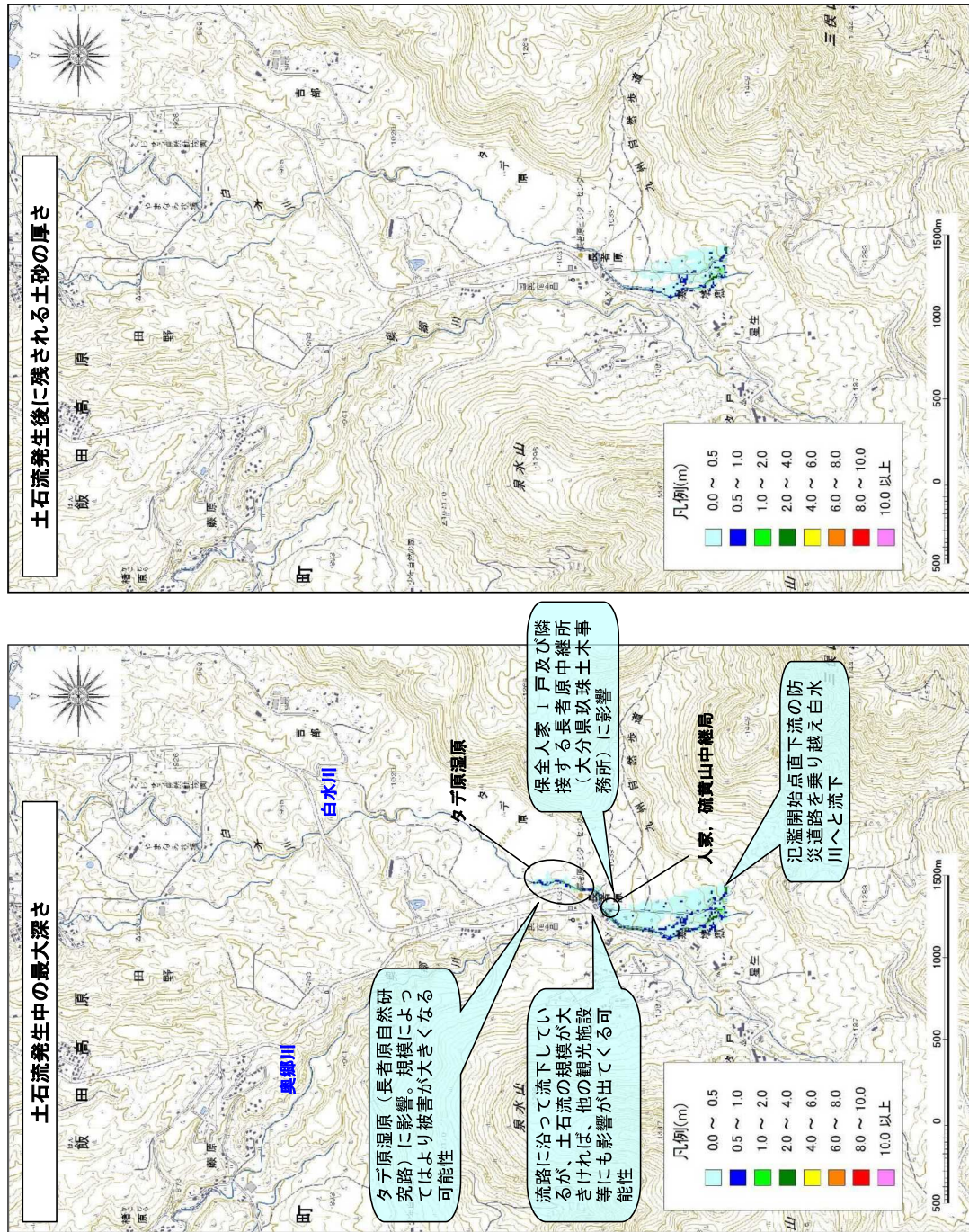


図 4.70 土石流シミュレーション計算結果（三俣川、左：最大流動深、右：最終堆積深）