

2.計画対象現象

2.1 計画対象降水・融雪量(浸透量)

手取川において 100 年に 1 度程度の降水があった場合を想定して策定される河川整備基本方針において、河川計画の基準点である鶴来地点での計画高水流量は流域にあるダムの洪水調整効果を考慮した上で約 $5,000\text{m}^3/\text{sec}$ とされている。このような下流の河川整備基本方針と整合を図るため、本砂防基本計画においても、ダムで洪水調節を行った後の鶴来地点の流量が $5,000\text{m}^3/\text{sec}$ となるようにする。

土砂移動の再現に当たっては各溪流ごとの降水パターンが大きく影響を持つことから、手取川ダム完成後で、空間的に詳細な降水量観測が実施されるようになった昭和 50 年代後半(1980 年)以降現在までの約 20 年間に手取川流域で比較的大規模な出水が生じた降水事例を選ぶ必要がある。該当する事例は、①昭和 56(1981)年 7 月 3 日出水、②昭和 60(1985)年 7 月 11 日出水、③平成 10(1998)年 9 月 22 日出水の 3 事例である。①～③の事例について、鶴来地点での(上)流域平均の降水量図(ハイエトグラフ)と流量図(ハイドログラフ)を図-2.1.1～3 に示す。この 3 事例はいずれもピーク流量が $5,000\text{m}^3/\text{sec}$ を下回っている。そこで、各事例について鶴来地点でピーク流量が $5,000\text{m}^3/\text{ec}$ となるように「引き伸ばし」を行って計画降水の候補を作成する。この場合、降雨拡大率(引き伸ばし率)、拡大後日雨量の生起確率はそれぞれ、①で 1.627 日、1/71、②2.487 日、1/90、③1.211 日、1/7 となった。(これらの算定にあたっては、手取川ダムの操作規則における時期設定を第二期としている。) ②の昭和 60(1985)年 7 月 11 日出水の降水事例では、降雨拡大率(引き伸ばし率)の値が 2 を超えており、引き伸ばし率が過大になる。降水事例については他の 2 事例のみで検討に必要な数を確

保できることから、以下では計画降水候補からは除外することとした。

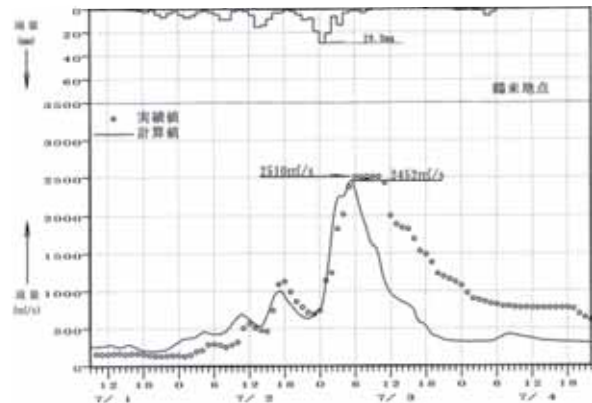


図 2.1.1 鶴来地点の降水量及び流量(S56(1981).7.3)
※○は実績、線は再現計算値

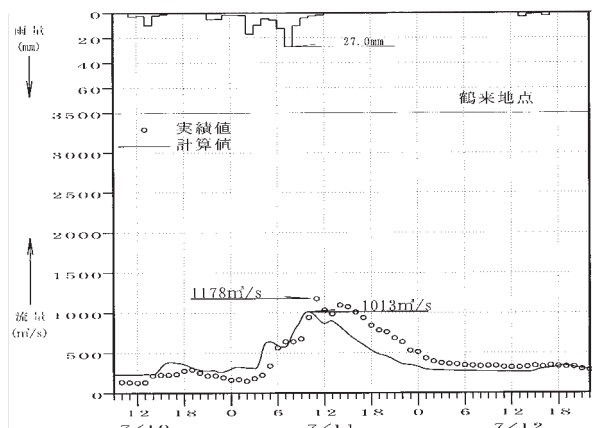


図 2.1.2 鶴来地点の降水量及び流量(S60(1985).7.11)
※○は実績、線は再現計算値

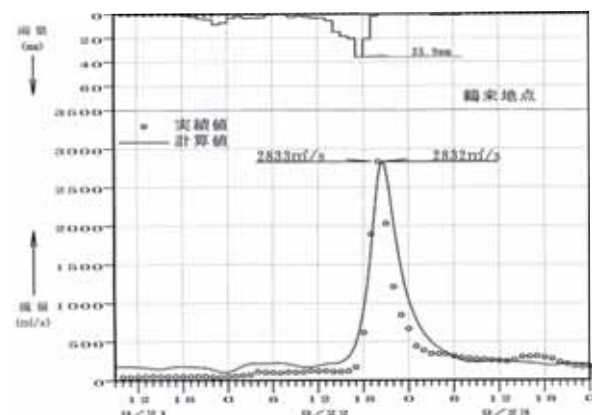


図 2.1.3 鶴来地点の降水量及び流量(H10(1998).9.22)
※○は実績、線は再現計算値

手取川は北陸地方の 2,000m 級の山地の西端である白山山地から流れているため、過去の災害の際にも大雨と融雪が組み合わさって大きな流量になった可能性がある。北陸地方では、前線が停滞ないし一旦南下する梅雨末期に大雨となることが多い。手取川流域の過去の大きな災害もこの季節に発生している。従って、大雨と融雪が重なる必要条件は、7 月に上流域で残雪があることと考えられる。そこで、1909 年から積雪観測のある白峰観測所のデータを基に上流域の代表的な観測地点である甚之助地点での積雪量を推定し、同地点での 7 月に残雪のある目安である 4 月上旬積雪深 540cm を超えていたと推定される回数を数えたところ、90 年で 3 回あった。従って、7 月に上流域で残雪のある確率は 1/30 と推定される。

降水事例①の昭和 56(1981)年 7 月 3 日出水については融雪を考慮しなくてもほぼ 1/100 程度の出現確率となっている。一方、降水事例③の平成 10(1998)年 9 月 22 日出水は比較的生起確率が大きく、融雪と組み合わせて鶴来地点で 5,000m³/sec となる場合の降雨拡大率(引き伸ばし率)、拡大後日雨量の生起確率及び拡大後の日雨量と融雪が同時発生する確率は、1.174 日、1/6、1/180 となった。以上から、100 年に 1 度程度の現象で鶴来地点で 5,000m³/sec となる計画降水・融雪は、融雪の影響を含まず①昭和 56(1981)年 7 月 3 日出水ベースで作成したものと、融雪の影響を加えて③平成 10(1998)年 9 月 22 日出水ベースで作成したものとの 2 ケースとなる。大雨のみで鶴来地点で 5,000m³/sec となる事象を A、融雪と組み合わせて鶴来地点で 5,000m³/sec となる事象を B と書くと、この 2 事象のいずれかが発生する確率は、

$$\begin{aligned} \text{Prob}(A \cup B) &= \text{Prob}(A) + \text{Prob}(B) - \text{Prob}(A \cap B) \\ &= 1/71 + 1/180 - 1/71 \times 1/30 \approx 1/52 \end{aligned}$$

となり、融雪を考慮すると確率計算上は、鶴来地点で 5,000m³/sec となる確率は降水についてのみ想定した計画規模 1/100 より 2 倍程度に大きくなる場合もありうることが示唆される。以下の河床変動計算、流出計算ではこの 2 つの計画降水・融雪から損失を差し引いた有効降水・融雪量(浸透量)をティーセン分割した上で、各個別の流域に時系列で与える。計画対象となる有効降水・融雪量(浸透量)の総計を図-2.1.4 と図-2.1.5 に示す。

2.2 確率生産土砂量

手取川上流域の地形地質は白山火山による造山活動によって隆起すると共に、火山噴出物が複雑に重なり合っており、降水・融雪現象として 100 年に 1 度程度のものを想定しても土砂が実際に崩壊して流下するかどうかという土砂生産発生の見込みは地形地質ごと、溪流ごとに一様ではない。そこで詳細な地形図判読、航空写真判読、現地踏査を組み合わせることで流域の主要な溪流ごとに微地形判読図を作成し、微地形判読図から溪流別、崩壊種別に計画浸透量発生時に崩壊が見込まれる土砂量を算出した。土砂量の算出は個別斜面の土砂量を積み上げる方式で行った。ただし今回の微地形調査では砂防法第 6 条指定のなされている溪流のみを詳細な調査の対象とし、それ以外の溪流については、溪流特性の類似している溪流の崩壊種別生産土砂量を面積で配分して与えた。その結果、各溪流、各崩壊種別で最大限崩壊しうる生産土砂量(以下「可能最大生産土砂量」という)は表-2.2.1 の通りとなり、牛首川流域での可能最大生産土砂量は約 6,902 万 m³、尾添川流域での可能最大生産土砂量は約 2,292 万 m³であり、手取川上流域で砂防基本計画上の可能最大生産土砂量は約 9,193 万 m³となる。ただし次の段落に述べるように砂防施設検討の対象とするのはこの可能最大生産土砂量の一部となる。

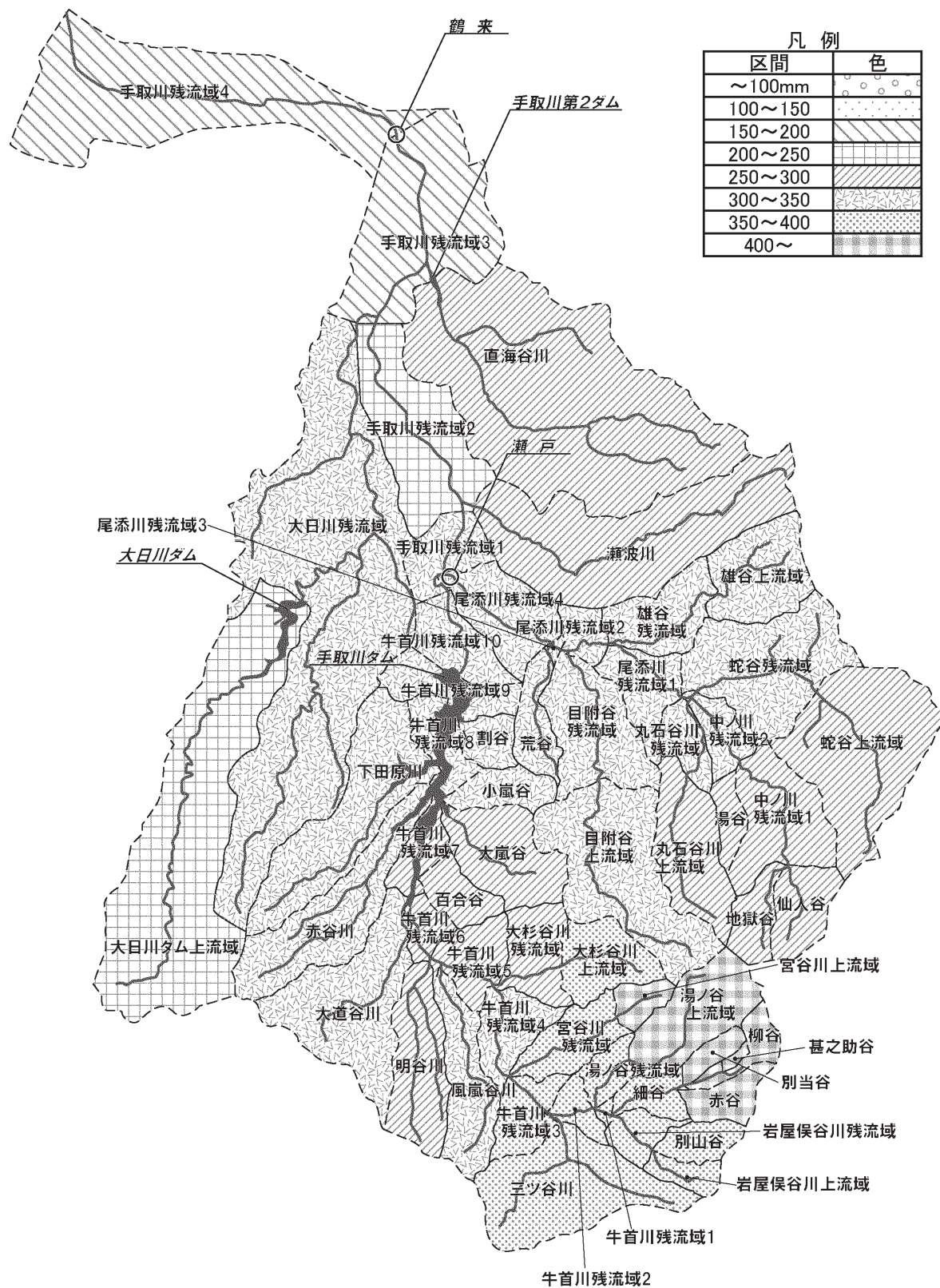


図 2.1.4 手取川流域での計画対象の降水・融雪時の総有効浸透量(S56 パターン)

表-2.2.1 手取川流域での渓流別・崩壊種別の生産土砂量(可能最大生産土砂量)

	流域名	流域面積 (km ²)	現況生産土砂量(m ³)				新規・拡大生産土砂量(m ³)		地すべり及びクレーン斜面末端生産土砂量(m ³)③		大規模崩壊生産土砂量(m ³)④	地すべり及びクレーン斜面末端による生産土砂量(m ³) ⑤=③+④	河床変動計算での最大計算対象土砂量(⑥=①+②+⑤)	高頻度総計 (⑦=①+②+③)	巨大崩壊生産土砂量(m ³)⑧(参考値)	可能最大生産土砂量(⑨=⑥+⑧)		
			表層崩壊	基盤・岩盤崩壊	ガリー	雪崩影響	河床部	小計①	表層崩壊	基盤・岩盤崩壊							小計②	
調査流域	別当谷	1.78	22,416	34,505	3,626	7	16,386	76,939	714,394	102,243	816,637	79,062	5,963,830	6,042,892	6,936,469	972,639	7,549,400	14,485,869
	柳谷	4.33	13,340	0	0	447	61,821	75,608	337,890	0	337,890	0	0	0	413,498	413,498	0	413,498
	基之助谷	0.42	1,972	37,705	2,236	0	2,386	44,299	77,289	54,060	131,349	45,755	5,870,840	5,916,595	6,092,242	221,402	33,207,300	39,299,542
	湯ノ谷	15.82	177,377	105,536	22,218	1,093	123,349	429,573	1,945,605	21,508	1,967,113	31,325	6,004,590	6,035,915	8,432,601	2,428,011	0	8,432,601
	赤谷	4.64	70,696	58,997	11,385	48	53,619	194,744	473,652	46,846	520,498	0	0	0	715,242	715,242	0	715,242
	細谷	3.28	101,851	0	537	0	102,388	359,584	359,584	0	359,584	0	0	0	461,972	461,972	0	461,972
	岩鷹渡谷川	6.59	2,016	0	2,686	584	26,784	32,069	205,644	0	205,644	0	0	0	237,713	237,713	0	237,713
	別山谷	4.37	2,567	0	2,827	1,241	19,142	25,777	200,446	0	200,446	0	0	0	226,222	226,222	0	226,222
	宮谷川	10.49	24,117	0	18,831	132	10,495	53,575	302,480	0	302,480	0	0	0	356,055	356,055	0	356,055
	牛首川本川筋	25.72	17,847	0	18,510	44	0	36,401	370,372	0	370,372	0	0	0	406,773	406,773	0	406,773
調査外流域	三ツ谷川	21.87	6,690	0	8,912	1,936	88,887	106,426	682,462	0	682,462	0	0	0	788,889	788,889	0	788,889
	大杉谷川	16.01	36,808	0	28,740	201	16,018	81,767	461,650	0	461,650	0	0	0	543,417	543,417	0	543,417
	鳳凰谷川	11.25	7,806	0	8,096	19	0	15,922	162,002	0	162,002	0	0	0	177,924	177,924	0	177,924
	明谷川	12.54	8,701	0	9,025	21	0	17,748	180,578	0	180,578	0	0	0	198,326	198,326	0	198,326
	大連谷川	21.75	15,092	0	15,653	37	0	30,782	313,204	0	313,204	0	0	0	343,986	343,986	0	343,986
	百合谷	4.90	3,400	0	3,526	8	0	6,935	70,561	0	70,561	0	0	0	77,496	77,496	0	77,496
	牛首川残流域7	3.39	7,409	622	3,757	79	0	11,868	86,174	217	86,391	0	0	0	98,260	98,260	0	98,260
	大嵐谷	13.42	29,331	2,464	14,874	314	0	46,984	341,139	859	341,998	0	0	0	388,982	388,982	0	388,982
	小嵐谷	5.16	8,326	0	3,678	6	0	12,010	155,673	0	155,673	0	0	0	167,684	167,684	0	167,684
	赤田川	20.80	14,433	0	14,969	36	0	29,438	299,523	0	299,523	0	0	0	328,961	328,961	0	328,961
尾瀬川流域	下田原川	23.86	16,556	0	17,171	41	0	33,769	343,588	0	343,588	0	0	0	377,356	377,356	0	377,356
	牛首川残流域8	4.62	7,455	0	3,293	5	0	10,753	139,382	0	139,382	0	0	0	150,135	150,135	0	150,135
	割谷	4.11	6,632	0	2,930	4	0	9,566	123,996	0	123,996	0	0	0	133,562	133,562	0	133,562
	牛首川残流域9	7.14	2,909	0	8,680	0	0	11,589	92,081	0	92,081	0	0	0	103,670	103,670	0	103,670
	牛首川残流域10	7.00	2,852	0	8,510	0	0	11,361	90,276	0	90,276	0	0	0	101,637	101,637	0	101,637
	合計	255.26	608,601	239,829	234,671	6,304	418,887	1,508,292	8,529,644	225,733	8,755,377	156,142	17,839,260	17,995,402	28,259,070	10,419,810	40,756,700	69,015,770
	蛇谷	48.97	27,090	53,407	46,071	6,835	73,224	206,626	584,009	14,654	598,663	8,838	1,059,570	8,838	814,127	814,127	0	814,127
	地獄谷	4.91	176,875	538,580	8,454	519	208,342	932,770	835,634	61,569	897,203	8,381	1,059,570	1,067,951	2,897,924	1,838,354	0	2,897,924
	仙人谷	6.61	103,163	244,222	19,260	0	210,806	577,451	745,557	27,302	772,859	108,620	10,074,380	10,183,000	11,533,310	1,458,930	0	11,533,310
	湯谷	3.31	1,676	0	3,251	60	0	4,987	51,659	0	51,659	0	0	0	56,646	56,646	0	56,646
調査流域	中ノ川残流域1	13.51	202,758	113,891	50,284	657	0	367,589	1,590,406	98,624	1,689,029	127,959	0	127,959	2,184,578	2,184,578	0	2,184,578
	目附谷上流域	25.94	56,695	4,763	28,751	607	0	90,816	659,400	1,661	661,061	0	0	0	751,877	751,877	0	751,877
	尾瀬川本川筋	22.03	8,975	0	26,781	0	0	35,756	284,110	0	284,110	0	0	0	319,866	319,866	0	319,866
	中ノ川残流域2	4.3	34,277	0	9,684	29	0	43,980	536,456	0	536,456	0	0	0	580,446	580,446	0	580,446
	目附谷残流域	14.30	23,075	0	10,194	16	0	33,285	431,420	0	431,420	0	0	0	464,705	464,705	0	464,705
	丸石谷川	17.77	49,450	6,490	39,034	435	0	95,408	2,302,965	5,192	2,308,157	0	0	0	2,403,565	2,403,565	0	2,403,565
	鎌谷	21.97	35,452	0	15,662	24	0	51,137	662,818	0	662,818	0	0	0	713,955	713,955	0	713,955
	荒谷	6.08	9,811	0	4,334	7	0	14,152	183,429	0	183,429	0	0	0	197,581	197,581	0	197,581
	合計	189.70	729,296	961,352	261,759	9,188	482,372	2,453,967	8,667,863	209,001	9,076,864	255,798	11,133,950	11,387,748	22,916,579	11,784,629	0	22,916,579
	合計	444.96	1,337,897	1,201,181	496,430	15,492	911,258	3,962,259	17,832,241	434,734	17,832,241	409,939	28,973,210	29,383,149	51,177,650	22,204,440	40,756,700	91,934,350

Analytic Hierarchy Process(AHP、以下階層分析法という)により各崩壊種別に 100 年に 1 度程度の浸透量があった際の生産見込み度を与え、モンテカルロ法により各支川別に生産土砂量一累積確率のグラフを描いたところ、牛首川については図-2.2.1、尾添川については図-2.2.2 のようになった。一般には累積確率曲線の傾きが急減する変曲点までハードな砂防施設整備を実施するのが治水経済上、砂防事業の実施上、効率的であると考えられる。傾きが急減する変曲点は牛首川では約 2,835 万 m^3 、尾添川では約 2,292 万 m^3 となり、これらは河床変動計算モデルで取り扱う最大の土砂量とな

る。参考となる条件付土砂生産見込み度は牛首川では 99.4%、尾添川では 100%となる。牛首川の流域には巨大崩壊に分類される大規模な甚之助谷地すべりがある。甚之助谷地すべりの巨大崩壊については地すべり対策事業で流域への土砂流入を抑制するので、大規模地すべりによって引き起こされうる巨大崩壊生産土砂量は砂防施設検討の対象から除外する。尾添川流域には巨大崩壊に分類される大規模地すべりは見出されていないので、可能最大生産土砂量の全てを河床変動計算モデルで扱うこととなる。

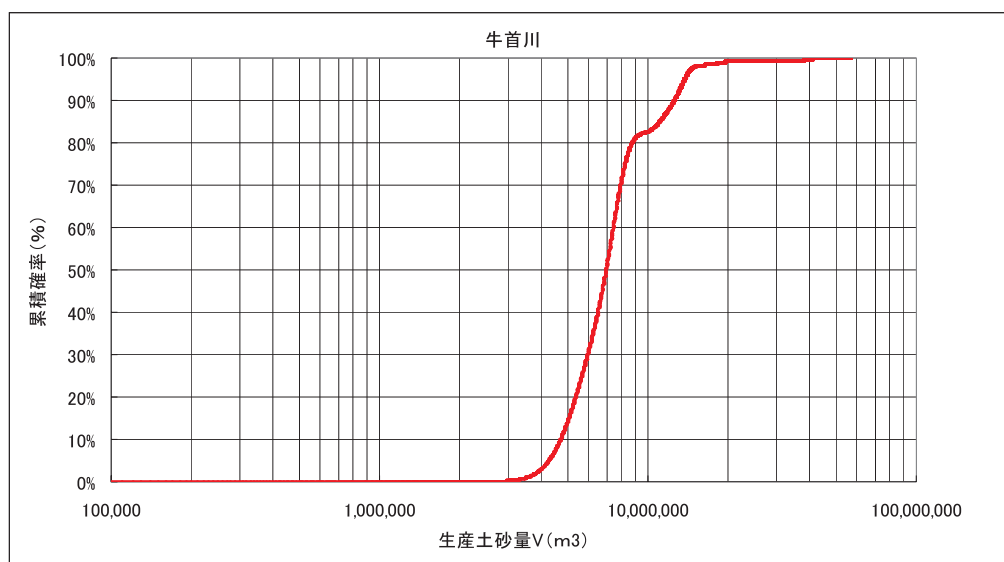


図 2.2.1 手取川流域での生産土砂量の累積確率分布(牛首川)

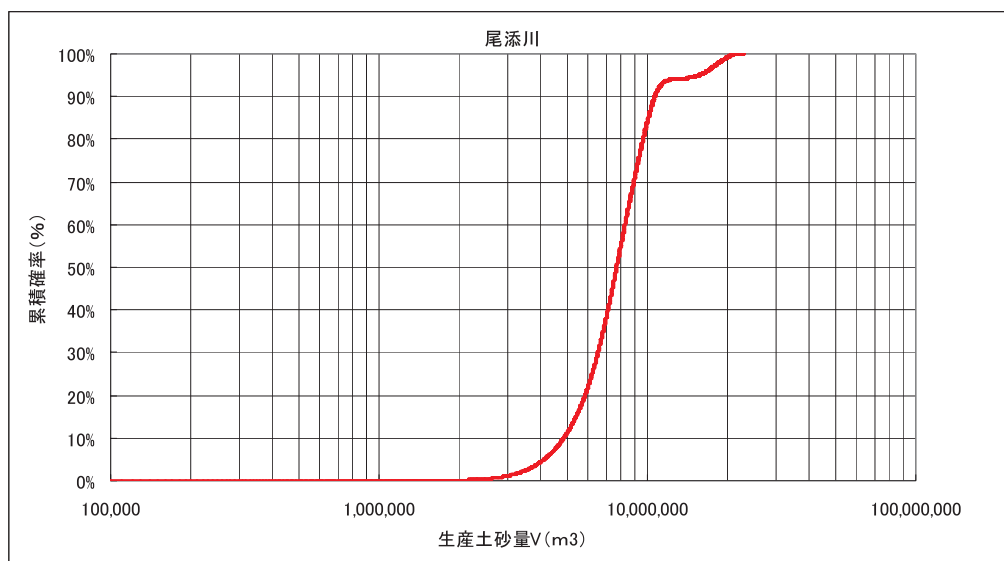


図 2.2.2 手取川流域での生産土砂量の累積確率分布(尾添川)