

思川開発事業(南摩ダム)堆砂計画の検証について

【参 考 資 料】

平成28年3月29日

独立行政法人 水資源機構

1. 堆砂計画の検証

1.1 近傍類似ダムの選定

「多目的ダムの建設」には、「近傍類似ダム」の定義は明示されていないが、本検討では「当該ダムの近傍（概ね半径 30km 圏内）に位置し、流域を構成する地質として、南摩ダム流域に広く分布する先第三紀堆積岩類（足尾帯）を有するダム」を近傍類似ダムとした。また、100 年間の計画堆砂量を検討するため、近傍類似ダムは堆砂量及び流況データが 10 年以上整備されていることが望ましい。

(1) 近傍類似ダムの候補の抽出

南摩ダム周辺のダムと先第三系堆積岩類（足尾帯）の分布を示す位置図を図 1.2 に示す。近傍類似ダムの候補は、南摩ダムの近傍で気候が類似し、かつ、南摩ダム流域と類似の地質が分布する表 1.1 に示す 6 ダムを抽出した。

なお、南摩ダムの半径 30km 程度の圏内は、気象予報区（気象庁）の栃木県の「南西部地域」を中心とした範囲である。（図 1.1）

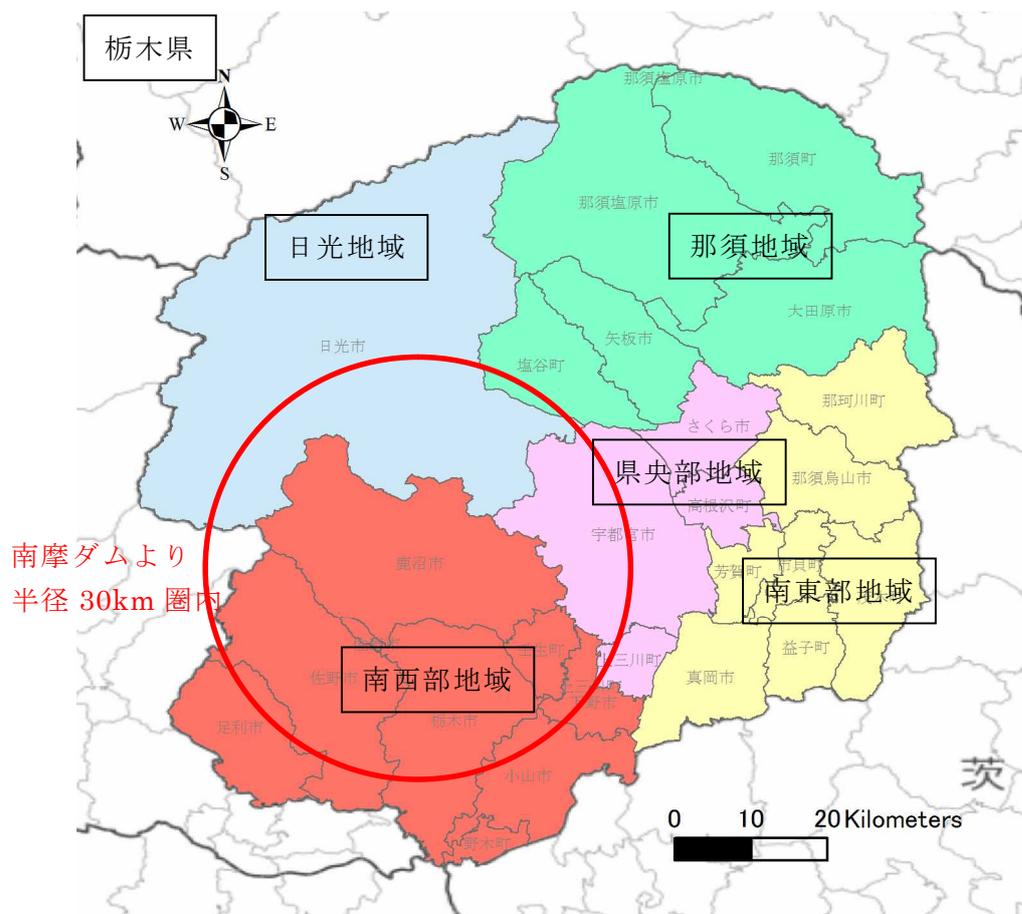


図 1.1 栃木県の気象予報区

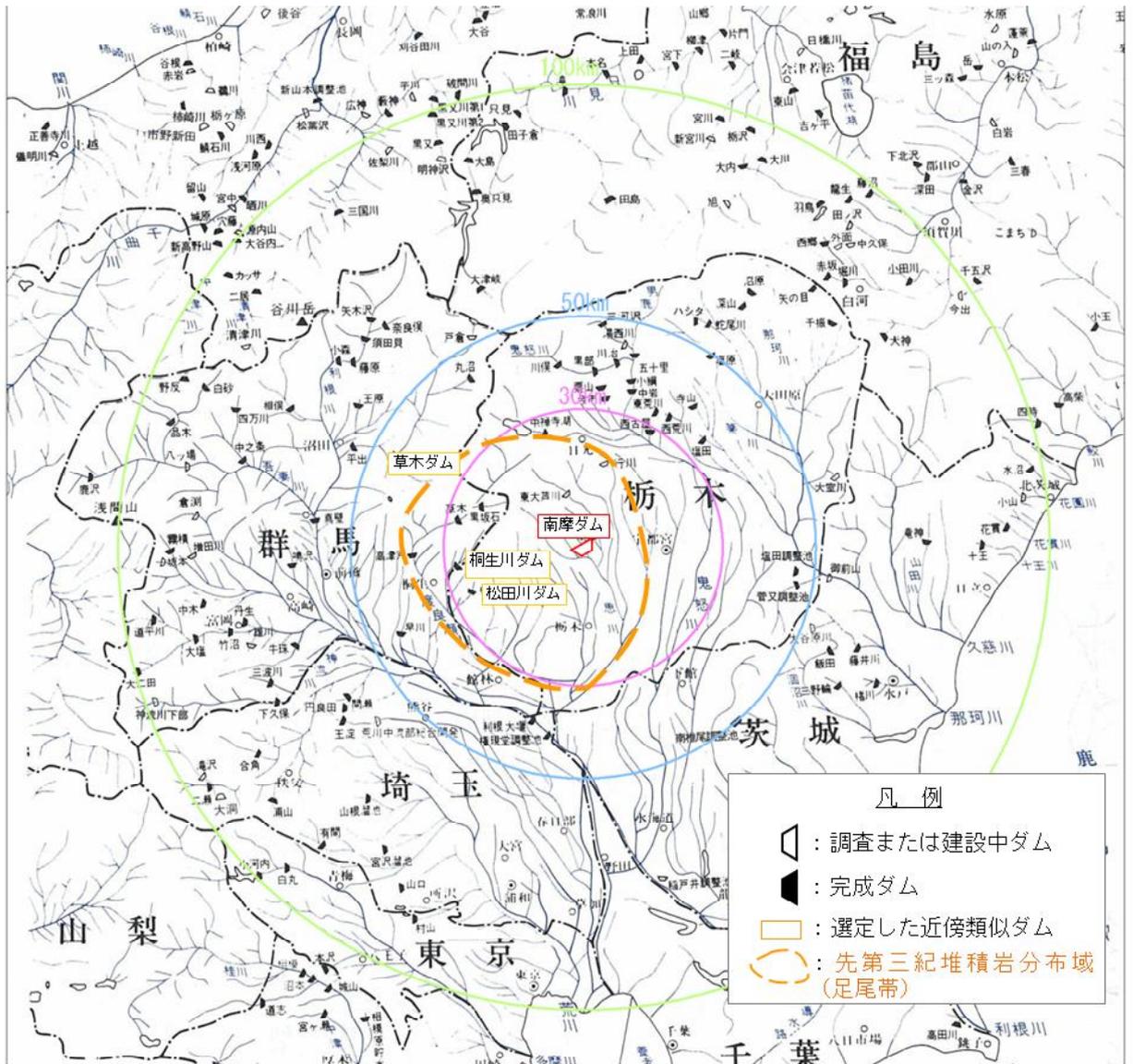


図 1.2 南摩ダム近傍のダムと先第三系堆積岩類（足尾帯）の分布

(2) 近傍類似ダムの選定

前項で抽出した近傍類似ダムの候補（6ダム）から、以下の点に留意して、草木ダム、桐生川ダム及び松田川ダムを選定する。

- 中禅寺ダムは、計画堆砂量を持っていない自然湖沼であることから参考としない。
- 西古屋ダムは、流域の主体をなす地質が南摩ダムの流域に広く分布する「先第三紀堆積岩分布域（足尾帯）」と異なることから近傍類似ダムとして参考としない。
- 黒坂石ダム（H=24m）は、ダム高が南摩ダム（H=86.5m）に比べ低く貯水容量も大きく異なることから近傍類似ダムとして参考としない。

表 1.1 南摩ダムより半径 30km 程度の圏内に位置するダム

所在地	ダム名	河川名	目的※1	竣工年	流域面積 km ²	事業者	総貯水容量 千m ³	有効貯水容量 千m ³
栃木県	南摩ダム	南摩川	FNW	—	12.4 間接:126.9	水資源機構	51,000	50,000
群馬県	黒坂石	黒坂石川	P	1981	28.1 間接:187	群馬県	116.8	90
群馬県	草木	渡良瀬川	FNAWIP	1976	254.0	水資源機構	60,500	50,500
栃木県	中禅寺	大谷川	FNP	1959 (1999)*2	125	栃木県	25,100	22,800
栃木県	松田川	松田川	FNW	1995	4.0	栃木県	1,900	1,800
栃木県	西古屋	白石川	P	1963	9.3 間接:277	東京電力	547	400
群馬県	桐生川	桐生川	FNWP	1982	42.0	群馬県	12,200	11,300

※1：F：洪水調節・農地防災、N：不特定用水、河川維持用水、A：かんがい特定（新規）、かんがい用水、W：上水道用水、I：工業用水、P：発電

※2：中禅寺ダム再開発事業完成年

近傍類似ダム一覧表

項目	ダム名	南摩ダム	南摩ダム 間接流域		草木ダム	桐生川ダム	松田川ダム	
			大芦川	黒川				
ダム管理者		水資源機構 ダム事業部	—	—	水資源機構	群馬県	栃木県	
目的※1		FNW	—	—	FNAWIP	FNWP	FNW	
型式		ロックフィル	—	—	重力式コンクリート	重力式コンクリートダム	重力式コンクリート	
流域面積		12.4 km ²	77.4 km ²	49.5 km ²	254.0 km ²	42.0 km ²	4.0 km ²	
総貯水容量		51,000 千 m ³	—	—	60,590 千 m ³	12,200 千 m ³	1,900 千 m ³	
ダム高さ		86.5 m	—	—	140 m	60.5 m	56 m	
竣工年		—	—	—	1976年	1982年	1995年	
経過年数 (2015年現在)		—	—	—	37年	32年	19年	
流域特性	地形	平均標高(EL. m)	297 m	790 m	607 m	1138 m	659 m	428 m
		平均起伏量	190 m	345 m	312 m	368 m	332 m	265 m
	斜面勾配割合							
		<ul style="list-style-type: none"> 0~10° 10~20° 20~30° 30~40° 40~50° 50~60° 60°以上 						
	地質構成割合							
		<ul style="list-style-type: none"> 第四紀堆積層 第四紀火山噴出物 第四紀火山岩類 新第三紀堆積岩類 第三紀火山岩類 先第三紀堆積岩類 先第三紀火山岩 深成岩類 その他 						
	植生							
		<ul style="list-style-type: none"> 市街地・造成地等 農耕地(樹園地) 二次草原(背の高い草原) 二次林 自然林 自然裸地 農耕地(水田・畑/緑の多い住宅地) 二次草原(背の低い草原) 植林地 二次林(自然林に近いもの) 自然草原 開放水域 						
	土壌							
		<ul style="list-style-type: none"> 岩石地 厚層黒ボク土壌 粗粒黒ボク土壌 乾性褐色森林土壌 褐色森林土壌(黄褐色系) 湿性褐色森林土壌 湿性ポドソル化土壌 褐色低地土壌 灰色低地土壌 データなし 岩屑性土壌 黒ボク土壌 粗粒淡色黒ボク土壌 褐色森林土壌 褐色森林土壌(暗褐色系) 乾性ポドソル化土壌 褐色低地土壌 粗粒灰色低地土壌 						
土地利用割合								
	<ul style="list-style-type: none"> 田 森林 建物 他用地 その他 他農地 荒地 交通地 河湖沼 							
平均年総流入量(千 m ³)		14,336	128,274	84,436	373,584	46,787	2,920	
年最大日雨量(mm)		208	292	292	377	300	183	
年降水量(mm)		1,697	2,089	2,089	1,799	1,431	1,393	

※1 F：洪水調節・農地防災、N：不特定用水、河川維持用水、A：かんがい、特定(新規)かんがい用水、W：上下道用水、I：工業用水道用水、P：発電

1.2 近傍類似ダムの堆砂データ整理

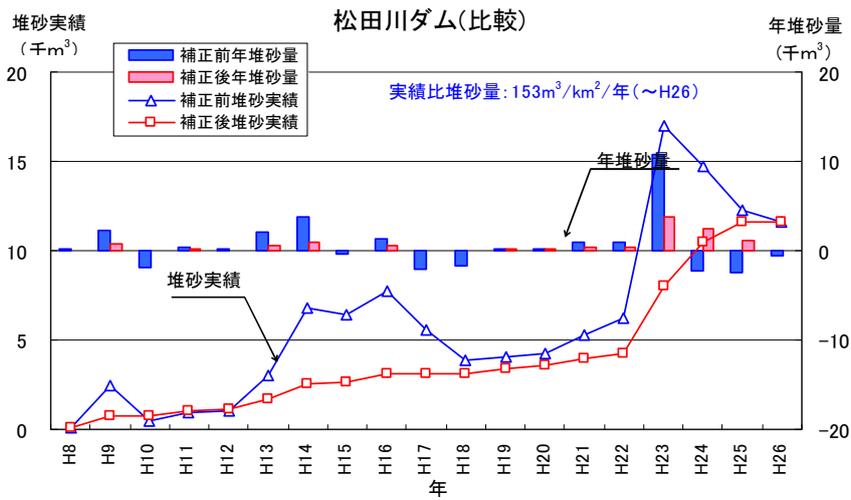
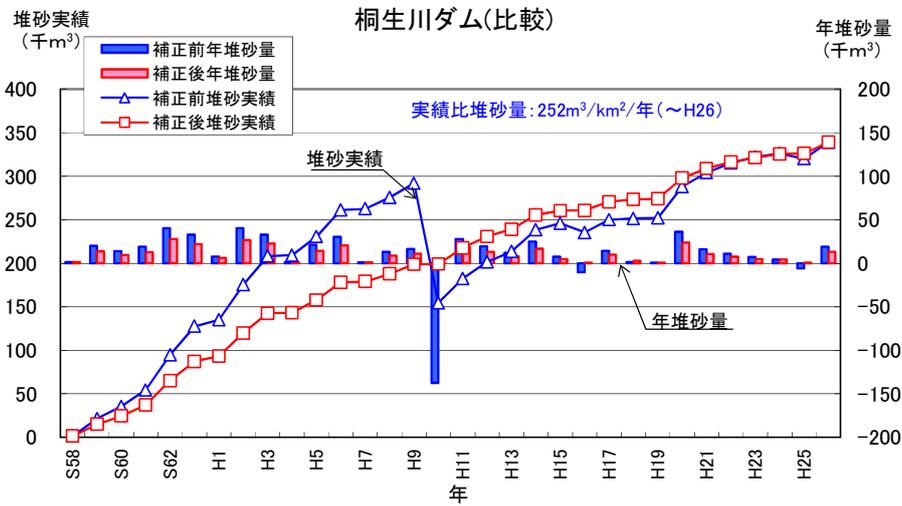
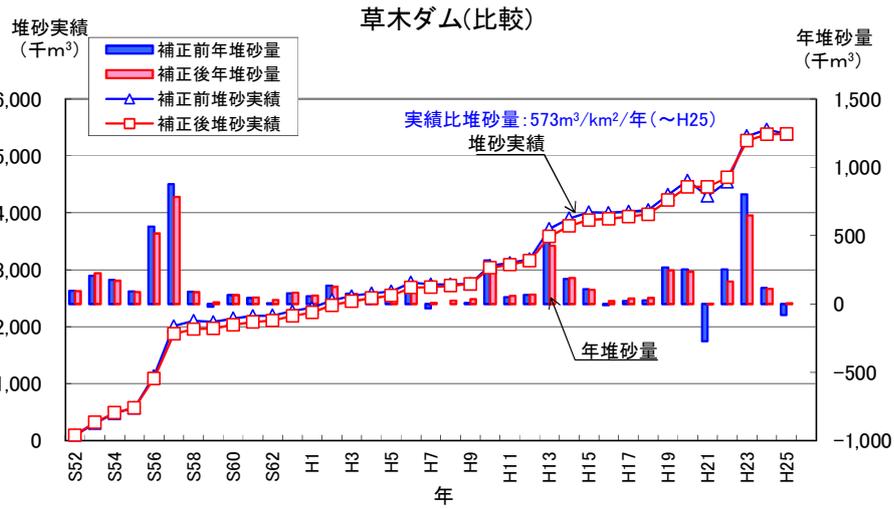
近傍類似ダムについて、1/1,000年確率値まで考慮した比堆砂量の期待値（確率比堆砂量）を下記のとおり算定する。

- ダムによって観測期間が異なる（気象条件による影響の大きさが異なる）ことから、近傍類似ダムの実績堆砂量を一律に評価するために、確率水文量の算定と同様に、確率評価により比堆砂量の期待値（確率比堆砂量）を求めることとした。なお、計算に当たっては、「多目的ダムの建設」を参考に公開ソフトである水文統計ユーティリティ（（財）国土技術開発センター）を用いた。
- 実績堆砂量の算出にあたっては、排砂実績のあるダムは排砂量を加味した。
- 各ダムの年堆砂量には、 0m^3 より小さい負の値が認められるが、マイナスデータの主な発生要因は計測上の誤差と考えられる。これらの負の値を含むデータについては、適切な確率評価が困難であるため、（社）日本大ダム会議 土砂管理分科会において検討された手法に従って、確率評価に用いる年堆砂量データを算定した。この手法は、計測誤差が正規分布に従うものとして、累計堆砂量に変化を与えることなく、データが全て 0m^3 以上の分布になるように、年堆砂量を補正するものである。

近傍類似ダムの実績堆砂量

	流域面積	実績堆砂量	実績比堆砂量	算定期間
草木ダム	254km ²	5,384 千m ³	573km ³ /m ² /年	37年間：S52～H25
桐生川ダム	42km ²	339 千m ³	252m ³ /m ² /年	32年間：S58～H26
松田川ダム	4km ²	11.616 千m ³	153m ³ /m ² /年	19年間：H 8～H26

※算定期間は、各ダムの最新データのある期間とした。



近傍類似ダムにおける堆砂量の推移

水文統計ユーティリティによる計算結果より、確率分布モデルのうち適合性が最も高い（SLSC 値が最小値となる）モデルによる確率値を用いて、1/1,000 年確率値まで考慮した年堆砂量の期待値を算定する。

※ SLSC 値（標準最小二乗基準）

確率分布モデルに対する適合度判定の指標の一つ。「年堆砂量変動の確率評価（ダム技術 No196 2003.1）」によれば、「0.05 程度以下を目安にダムごとに判断する。」とされている。

水文統計ユーティリティで用いる確率分布モデル

	確率分布モデル	略称
毎 年 値 分 布	指数分布	Exp
	ガンベル分布	Gumbel
	平方根指数型最大値分布	SqrtEto
	一般化極値分布	Gev
	対数ピアソンIII 型分布(実数空間法)	LP3Rs
	対数ピアソンIII 型分布(対数空間法)	LogP3
	岩井法	Iwai
	石原・高瀬法	IshiTaka
	対数正規分布3母数クォンタイル法	LN3Q
	対数正規分布3母数(Slade II)	LN3PM
	対数正規分布2母数(Slade I, L 積率法)	LN2LM
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	LN2PM
	対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)	LN4PM

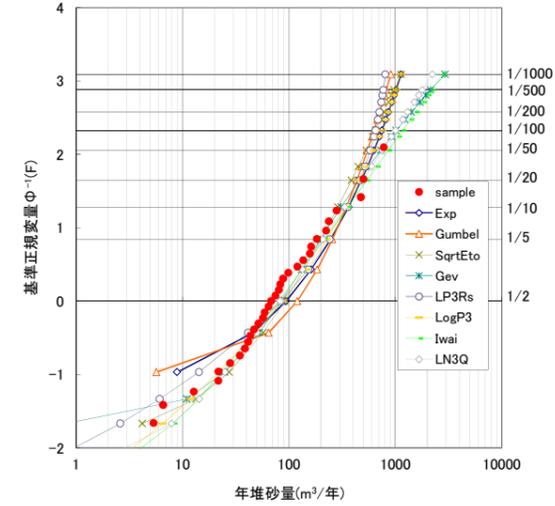
算定の結果、近傍類似ダムの実績比堆砂量及び水文ユーティリティを用いた確率比堆砂量は下表のとおりである。

近傍類似ダムの実績比堆砂量及び確率比堆砂量

	実績比堆砂量	確率比堆砂量
草 木 ダ ム	573m ³ /km ² /年	590m ³ /km ² /年
桐 生 川 ダ ム	252m ³ /km ² /年	258m ³ /km ² /年
松 田 川 ダ ム	153m ³ /km ² /年	161m ³ /km ² /年

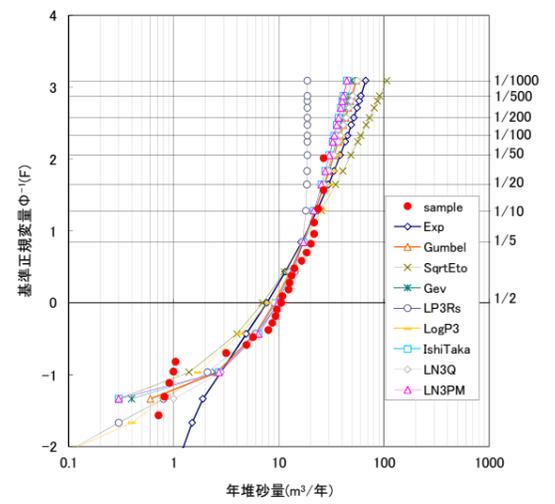
【草木ダム】

確率分布関数	Exp	Gumbel	SqrtEto	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
	指数分布	ガンベル分布	平方根指数型最大値分布	一般化極値分布	対数ピアソンIII型分布(実数空間法)	対数ピアソンIII型分布(対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布3母数クォンタイル法	対数正規分布3母数(Slade II)	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法)	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)
1/1.01					0.4	1.7	1.5						
1/1.015					0.6	2.4	2.7		1.2				
1/1.02					0.8	3	3.6		2.4				
1/1.05			4.2	0.8	2.6	6.5	8.2		7.9				
1/1.1			13.4	11	6.1	11.8	14.1		14.5				
1/1.2	8.9	5.7	27.5	25	14.3	21.9	23.7		25.1				
1/1.5	46.2	64.6	57.3	52.8	41.4	49.2	47.4		50				
1/2	94.2	120.1	91.6	85	84.4	87.6	80		82.9				
1/3	162	184.7	138.6	131.5	152.6	146.9	133.1		134.2				
1/5	247.3	256.7	199.7	197.8	242.6	227.8	214.5		209.9				
1/10	363.1	347.1	288.8	309.5	360.4	345.1	355.8		336				
1/20	478.9	433.9	386.9	456.8	466	467.1	539		493.6				
1/30	546.7	483.8	448.9	564.9	520.9	539.5	668.6		602.2				
1/50	632	546.2	531.9	730.4	582.6	630.7	858.7		758.5				
1/80	710.5	603.3	613.2	918.1	632.4	714	1062.9		923.2				
1/100	747.8	630.3	653.5	1021.4	653.8	753.2	1170.6		1009				
1/150	815.5	679.4	729.5	1236.5	689.3	823.6	1385.5		1178.1				
1/200	863.6	714.2	785.6	1413.7	711.9	872.9	1553.9		1309.2				
1/300	931.3	763.1	867.8	1703.9	740.7	941.2	1815.7		1510.7				
1/400	979.4	797.8	928.3	1942.9	758.9	988.7	2019.9		1666.1				
1/500	1016.7	824.8	976.5	2149.9	772	1025	2189.6		1794.3				
1/1000	1132.5	908.4	1133.1	2936.9	807	1134.3	2784.6		2237.6				
SLSC	0.055	0.09	0.067	0.03	0.05	0.026	0.022		0.02				
年堆砂量期待値(千m ³)	149.100	153.781	132.257	146.463	142.014	144.775	158.154		149.976				
流域面積(km ²)	254	254	254	254	254	254	254		254				
比堆砂量(m ³ /km ² /年)	587	605	521	577	559	570	623		590				



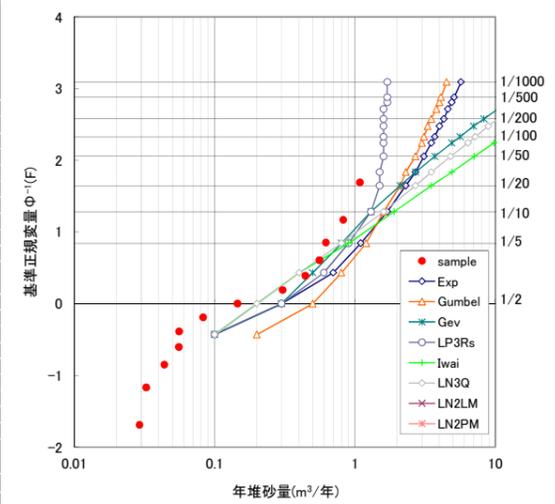
【桐生川ダム】

確率分布関数	Exp	Gumbel	SqrtEto	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
	指数分布	ガンベル分布	平方根指数型最大値分布	一般化極値分布	対数ピアソンIII型分布(実数空間法)	対数ピアソンIII型分布(対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布3母数クォンタイル法	対数正規分布3母数(Slade II)	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法)	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)
1/1.01	1.1						0.1						
1/1.015	1.2						0.1						
1/1.02	1.2						0.1						
1/1.05	1.5						0.3						
1/1.1	1.9	0.6	0.3	0.4	0.8	0.8		0.3	1	0.3			
1/1.2	2.8	2.6	1.4	2.5	2.1	1.7		2.7	2.8	2.7			
1/1.5	4.9	6	4	6.1	6	4.3		6.4	6	6.4			
1/2	7.7	9.1	7	9.4	10.2	8		9.8	9	9.8			
1/3	11.5	12.8	11.3	13.1	14.2	13.1		13.4	12.7	13.4			
1/5	16.4	17	17	17.2	16.7	19		17.2	16.8	17.2			
1/10	23	22.1	25.4	22.1	18.1	25.9		21.6	21.9	21.6			
1/20	29.7	27.1	34.7	26.7	18.5	31.3		25.5	27	25.5			
1/30	33.5	30	40.6	29.3	18.6	34		27.7	29.9	27.7			
1/50	38.4	33.5	48.5	32.4	18.7	36.7		30.3	33.5	30.3			
1/80	42.9	36.8	56.3	35.2	18.7	38.7		32.7	36.9	32.6			
1/100	45.1	38.3	60.2	36.6	18.7	39.6		33.8	38.6	33.7			
1/150	48.9	41.1	67.5	38.9	18.7	40.9		35.7	41.5	35.6			
1/200	51.7	43.1	72.9	40.5	18.7	41.7		37.1	43.7	37			
1/300	55.6	45.9	80.8	42.8	18.7	42.6		39	46.7	38.9			
1/400	58.3	47.9	86.7	44.4	18.7	43.1		40.3	48.9	40.2			
1/500	60.4	49.5	91.4	45.6	18.7	43.5		41.3	50.6	41.2			
1/1000	67.1	54.2	106.5	49.3	18.7	44.4		44.5	55.9	44.3			
SLSC	0.06	0.039	0.062	0.037	0.055	0.043		0.043	0.044	0.043			
年堆砂量期待値(千m ³)	10.704	10.809	11.010	10.845	9.845	11.043		10.849	10.790	10.848			
流域面積(km ²)	42	42	42	42	42	42		42	42	42			
比堆砂量(m ³ /km ² /年)	255	257	262	258	234	263		258	257	258			



【松田川ダム】

確率分布関数	Exp	Gumbel	SqrtEto	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
	指数分布	ガンベル分布	平方根指数型最大値分布	一般化極値分布	対数ピアソンIII型分布(実数空間法)	対数ピアソンIII型分布(対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布3母数クォンタイル法	対数正規分布3母数(Slade II)	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法)	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)
1/1.01													
1/1.015													
1/1.02													
1/1.05													
1/1.1													
1/1.2													
1/1.5	0.1	0.2		0.1	0.1	0.1	0.1		0.1				
1/2	0.3	0.5		0.3	0.3	0.2	0.2		0.2				
1/3	0.7	0.8		0.5	0.6	0.5	0.4		0.4				
1/5	1.1	1.2		0.8	0.9	1	0.9		0.8				
1/10	1.7	1.6		1.3	1.3	1.7	1.9		1.6				
1/20	2.3	2.1		2.1	1.5	2.7	3.5		2.7				
1/30	2.7	2.3		2.7	1.5	3.2	4.9		3.5				
1/50	3.1	2.7		3.7	1.6	4	7.1		4.8				
1/80	3.5	3		4.9	1.6	4.7	9.8		6.4				
1/100	3.7	3.1		5.6	1.6	5.1	11.4		7.2				
1/150	4	3.3		7	1.6	5.7	14.7		8.9				
1/200	4.3	3.5		8.3	1.6	6.1	17.5		10.4				
1/300	4.6	3.8		10.4	1.6	6.7	22.2		12.6				
1/400	4.9	4		12.2	1.7	7.1	26.1		14.5				
1/500	5.1	4.1		13.8	1.7	7.5	29.5		16.1				
1/1000	5.7	4.5		20.3	1.7	8.4	42.5		21.8				
SLSC	0.061	0.115		0.043	0.056	0.023	0.032		0.034				
年堆砂量期待値(千m ³)	0.644	0.685		0.616	0.475	0.643	0.901		0.679				
流域面積(km ²)	4	4	4	4	4	4	4		4				
比堆砂量(m ³ /km ² /年)	161	171		154	119	161	225		170				



近傍類似ダムの年堆砂量確率分布

1.3 比流砂量の算定

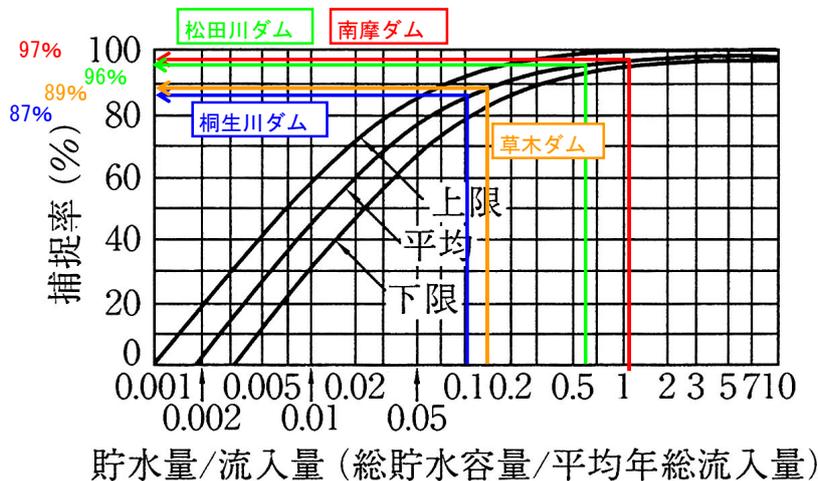
貯水池への流入土砂のうち、一部はダム下流へ流下し、貯水池内に沈降・堆積した土砂の累計が堆砂量である。一般的に、“堆砂量／流入土砂量”は貯水池における土砂の「補足率」と呼ばれる。補足率は、貯水池の回転率（年総流入量／貯水容量）の影響を大きく受けると考えられる。

そこで、近傍類似ダムと南摩ダムの補足率を Brune 曲線を用いて推定し、比堆砂量から比流砂量を算定する。

なお、ダムに流入する土砂は、掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードで構成されるが、本検討においては、ウォッシュロード分に対してのみ Brune の補足率を適用することとし、流砂に占めるウォッシュロードの割合は 50%と仮定した*。

※流砂に占めるウォッシュロードの割合:50%

「水系土砂収支分析のための『有効粒径集団』の考え方の提案」(藤田、宇多、服部 著 土木技術資料, 1995)によれば、河川による土砂運搬作用により形成された沖積平野におけるボーリング資料から、流入土砂に占めるシルト・粘土の割合は 50%~65% (空隙込み)とされており、50%と仮定する。



Brune の図

各ダムの回転率・補足率

ダム名	総貯水容量 (千 m^3)	洪水調節容量 (千 m^3)	平均年 総流入量 (千 m^3)	データ期間	回転率 ^{※1}	貯水量/流入量	Brune 捕捉率 ^{※2}
松田川	1,900	100	2,920	H8 ~ H26 ^{※4}	1.62	0.62	96%
桐生川	12,200	7,400	46,787	S59 ~ H26 ^{※5}	9.75	0.10	87%
草木	60,590	10,000	373,584	S52 ~ H26	7.38	0.14	89%

※1: 回転率=年平均総流入量/常時満水位以下または夏期制限水位以下の容量 (堆砂容量を含む)

※2: 貯水池の回転率から Brune 曲線の平均値を求めた。

※3: モデルダムの平均年総流入量は、既往の検討によるデータに、最新 (平成26年まで) のデータを追加して求めた。

※4: 松田川ダムのデータ期間は、欠測月のある平成10年は除く。

※5: 桐生川ダムのデータ期間は、欠測月のある平成15年は除く。

近傍類似ダムの比流砂量の算定

ダム名	Brune 捕捉率	捕捉率 [※]	実績値による ($m^3/km^2/年$)		期待値による ($m^3/km^2/年$)	
			実績比堆砂量	実績比流砂量	確率比堆砂量	比流砂量期待値
松田川	96%	98%	153	156	161	164
桐生川	87%	93%	252	270	258	277
草木	89%	95%	573	606	590	624

※捕捉率=0.5+0.5×Brune捕捉率 (平均)

近傍類似ダムの比流砂量をもとに、比堆砂量を目的変数、堆砂影響因子を説明変数とした回帰分析を行い、南摩ダム（直接流域）及び大芦川・黒川（間接流域）の比流砂量を算定する。

●堆砂影響因子の算出

堆砂に影響する因子として、以下に示す3区分19種を設定した。

- ・ 土砂生産に関わる因子：地質構成比率、平均標高、平均起伏量、斜面勾配、山地部地形勾配、地貌係数、起伏度、平均標高×平均起伏量、起伏量比、谷密度、森林分布率、荒廃地面積率、崩壊地面積率、自然裸地面積率
- ・ 土砂運搬に関わる因子：最大日雨量、平均年降水量、流域面積、河床勾配
- ・ 貯水池捕捉関係 ：回転率

これらは、「多目的ダムの建設」に記載の因子を基本として、近年の堆砂量推定に関する文献を参考に設定した。参考にした文献名を以下に示す。

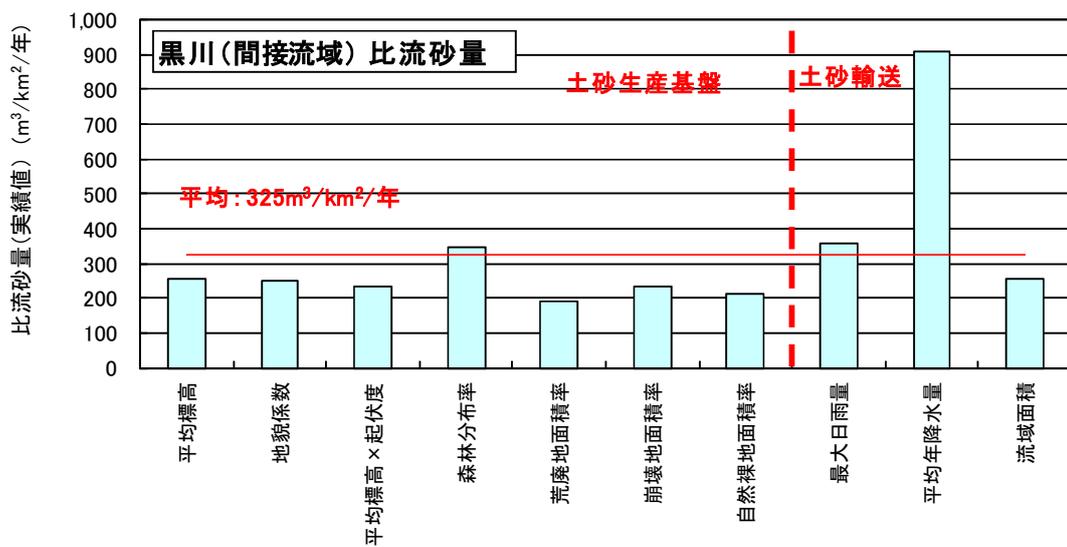
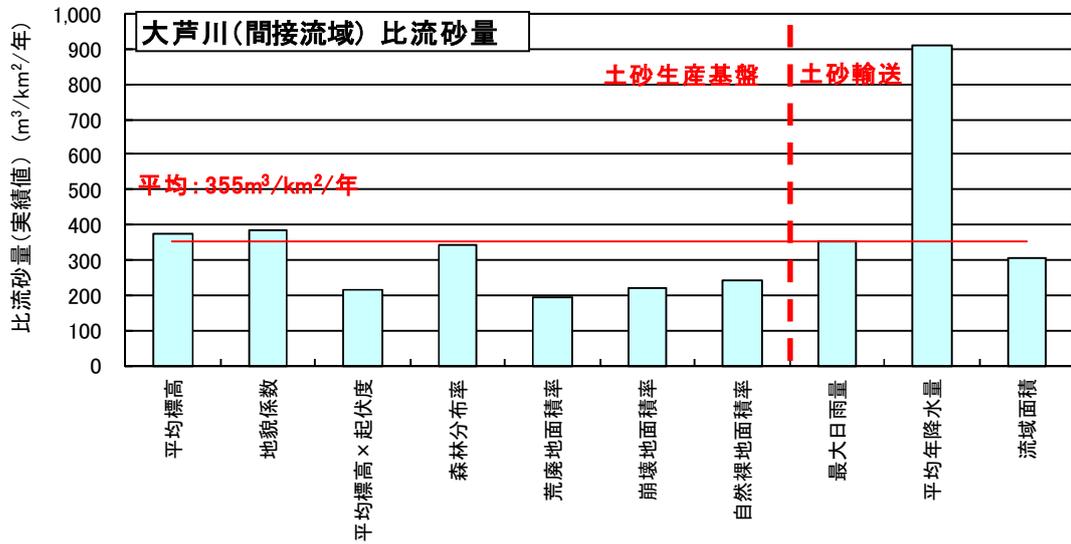
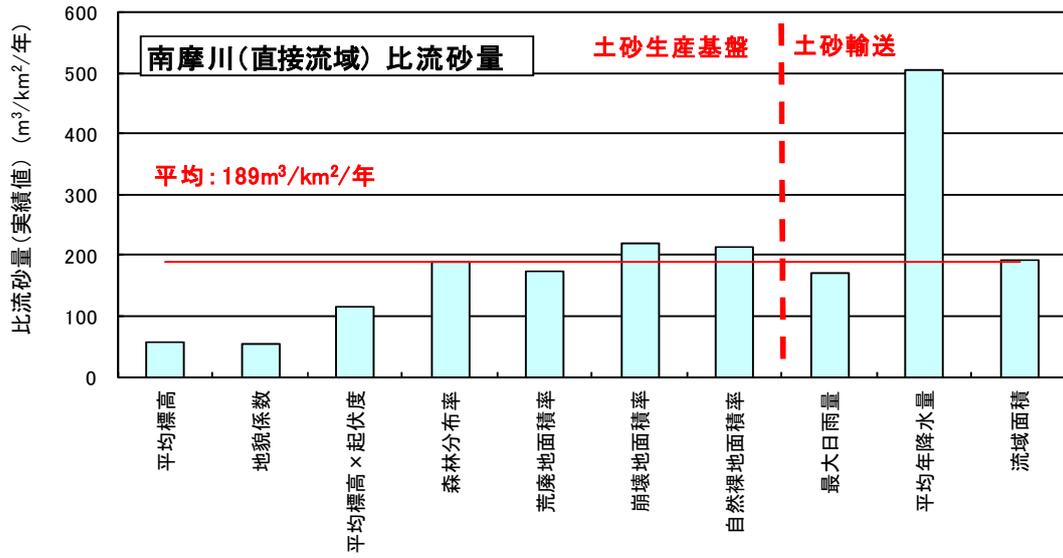
- ・ 「多目的ダムの建設 第3巻 調査Ⅱ編（平成17年度版）」、(財)ダム技術センター編
- ・ 「地質特性因子等に基づく堆砂量の推定」、ダム技術 No. 191、2002. 8
- ・ 「ダム貯水池堆砂量の推計精度向上のための一方策」、ダム技術 No. 203、2003. 8
- ・ 「ダム排砂対策の現状と課題」、大ダム第176号、2001. 7

●南摩川、大芦川及び黒川の比流砂量

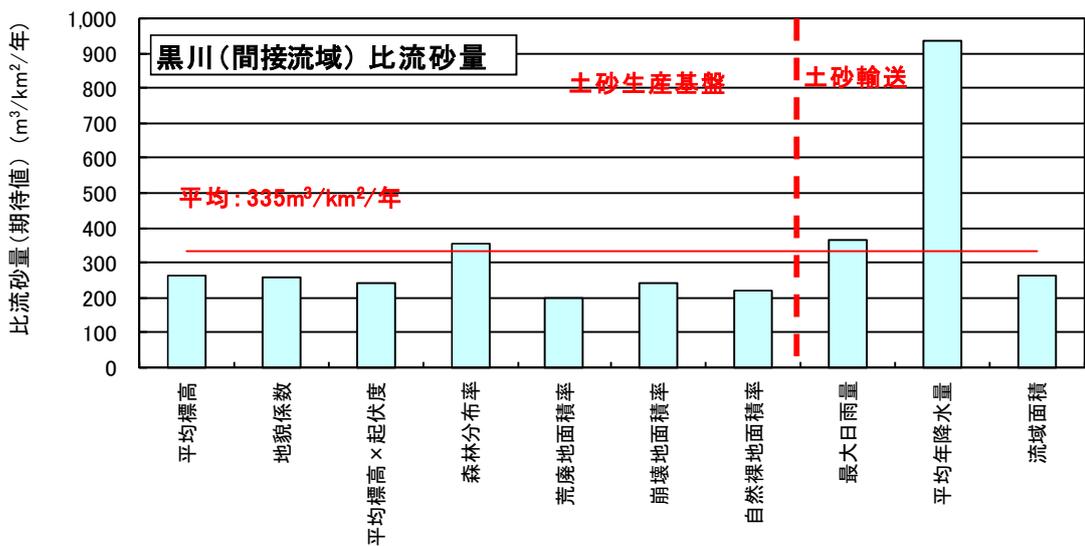
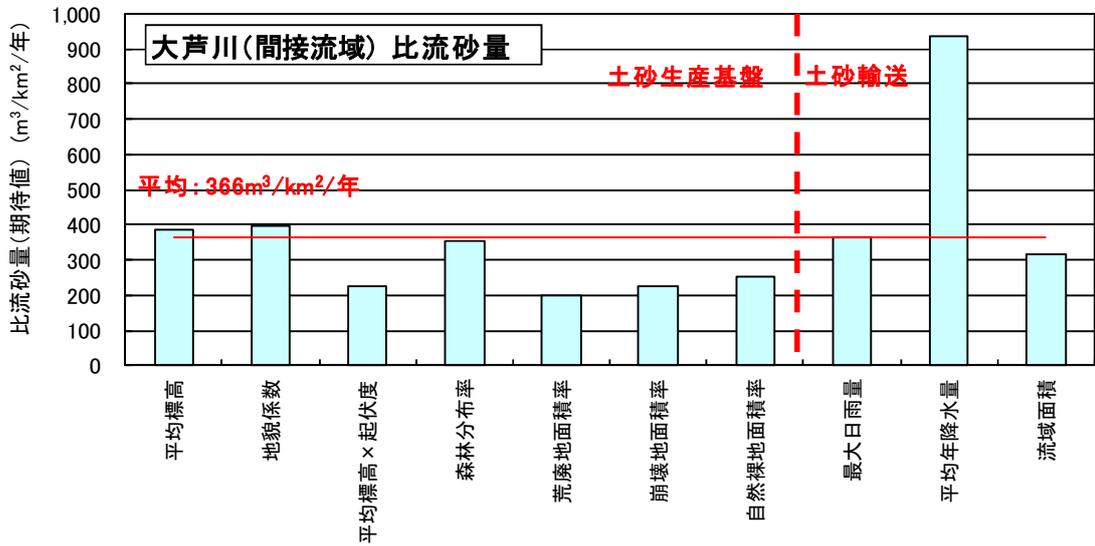
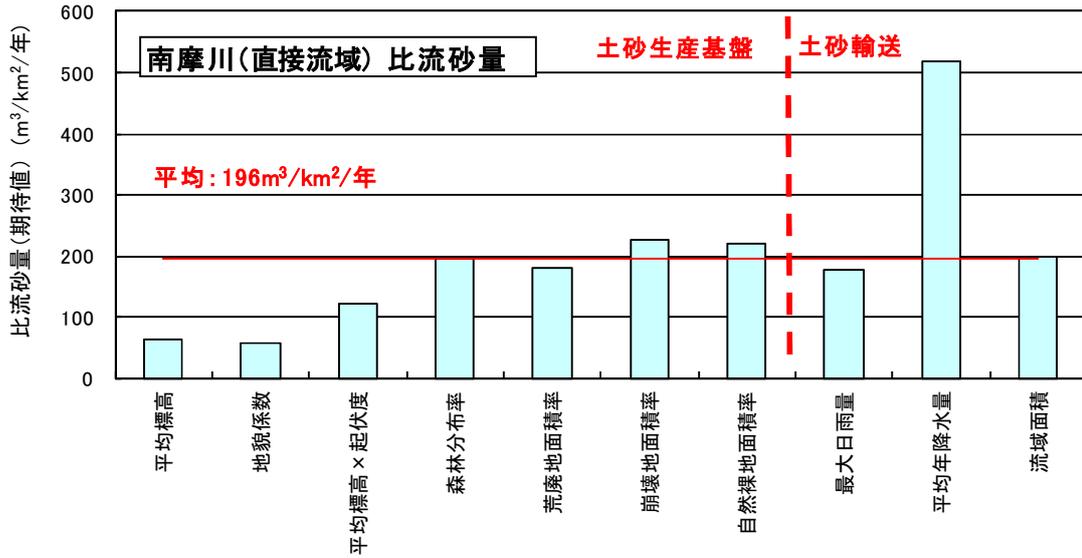
南摩川、大芦川及び黒川の比流砂量の算定結果を以下に示す。なお、相関係数0.7未満、算出結果が負の値を示すもの、逆相関*を示すものは棄却し、抽出されたパラメータから算出された比流砂量の平均値を採用した。（※値が大きくなるに従って比流砂量も大きくなるような正の相関を持つと考えられる影響因子について、逆相関となった場合は棄却した。）

南摩川、大芦川及び黒川の比流砂量

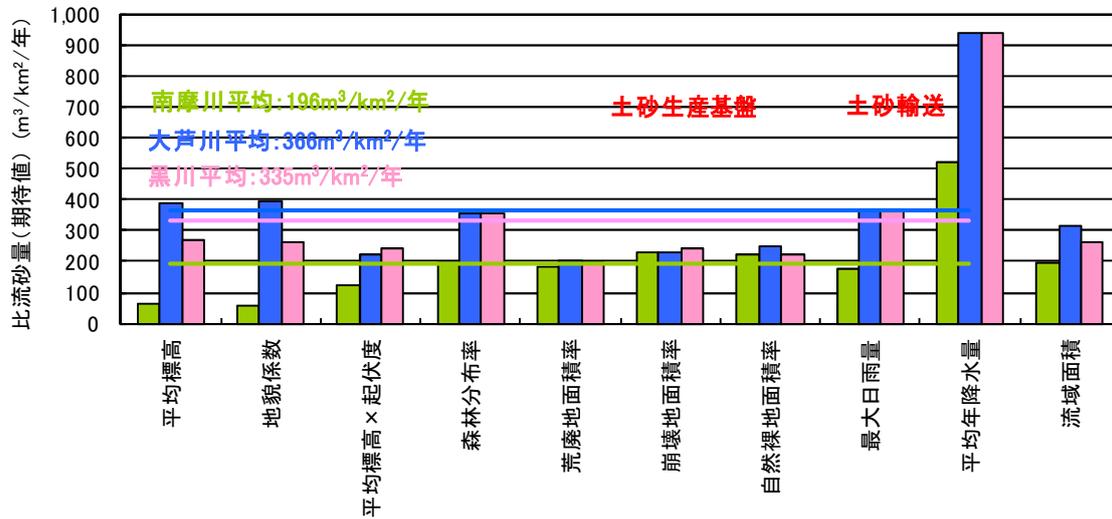
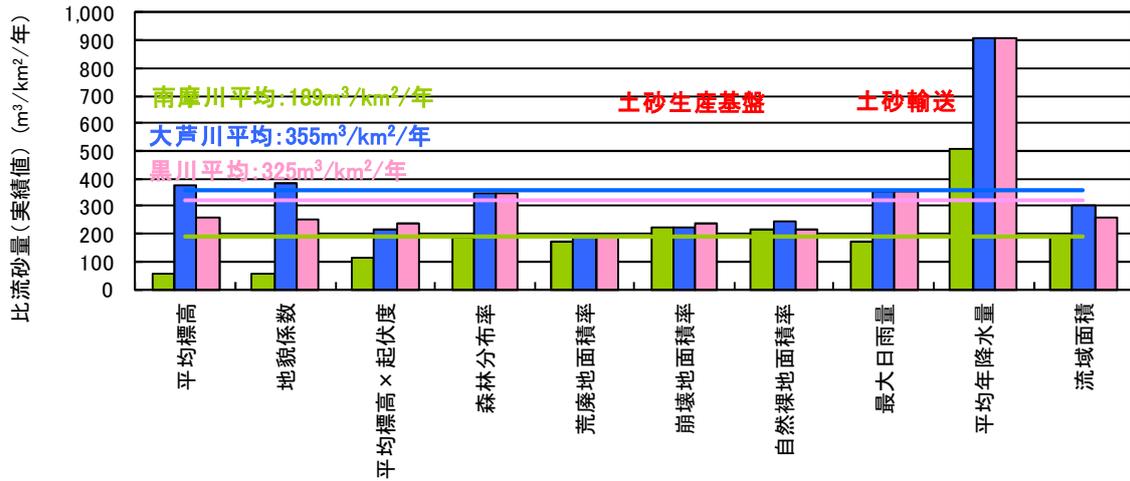
	比流砂量 (m ³ /km ² /年)	
	実績値	期待値
南摩川	1 8 9	1 9 6
大芦川	3 5 5	3 6 6
黒川	3 2 5	3 3 5



南摩川、大芦川及び黒川の比流砂量（実績値）



南摩川、大芦川及び黒川の比流砂量 (期待値)



南摩川、大芦川及び黒川の比流砂量

南摩川(直接流域)

現象	影響因子 (I)	影響因子 (II)	No.	パラメータ	実績値による			期待値による			備考
					決定係数	相関係数(R)	比流砂量値 (m ³ /km ² /年)	決定係数	相関係数(R)	比流砂量値 (m ³ /km ² /年)	
流入土砂 関係	土砂生産 基盤	地質	1	地質構成比率(%) ^{※1}	0.9407	0.970	213	0.9453	0.972	220	逆相関
		傾斜	2	平均標高(m) ^{※2}	0.9938	0.997	58	0.9922	0.996	62	
			3	平均起伏量(m) ^{※3}	0.8082	0.899	-182	0.8004	0.895	-182	推定値が負の値となる
			4	斜面勾配(°) ^{※4}	0.4841	0.696	-690	0.4744	0.689	-694	推定値が負の値となる
			5	山地部地形勾配 ^{※5}	1.0000	1.000	-741	0.9999	1.000	-757	推定値が負の値となる
			6	地貌係数 ^{※6}	0.9897	0.995	53	0.9877	0.994	57	
			7	起伏度 ^{※7}	0.4462	0.668	247	0.4365	0.661	257	相関係数が0.7未満
			8	平均標高×起伏度	0.9167	0.957	116	0.9113	0.955	122	
			9	起伏量比 ^{※8}	0.6395	0.800	621	0.6301	0.794	636	逆相関
			10	谷密度(本/km ²) ^{※9}	0.0133	0.115	292	0.0111	0.105	306	逆相関
	崩壊地	11	森林分布率(%) ^{※10}	0.9777	0.989	189	0.9805	0.990	196		
		12	荒廃地面積率(%) ^{※11}	0.9621	0.981	175	0.9657	0.983	181		
		13	崩壊地面積率(%) ^{※12}	0.9387	0.969	220	0.9433	0.971	228		
		14	自然裸地面積率(%) ^{※13}	0.9407	0.970	213	0.9453	0.972	220		
	土砂輸送	水文	15	最大日雨量(mm) ^{※14}	0.8516	0.923	170	0.8446	0.919	178	南摩ダムの雨量：ダムサイトの機構観測値
			16	平均年降水量(mm) ^{※15}	0.9746	0.987	505	0.9776	0.989	520	南摩ダムの雨量：ダムサイトの機構観測値
		河道	17	流域面積	0.9891	0.995	193	0.9911	0.996	200	
			18	河床勾配 ^{※16}	0.6064	0.779	583	0.5968	0.773	598	逆相関
	貯水池捕捉関係			19	回転率 ^{※17}	0.2157	0.464	190	0.2077	0.456	200
10パラメータ比流砂量平均値					—	—	189	—	—	196	逆相関や推定値が負のパラメータ(灰色着色部)を除いた、10パラメータの平均値

※1：南摩ダムの地質である中古生層の構成率を使用。

※2：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。平均標高=Σ(流域と重なる3次メッシュの平均標高)/流域と重なる3次メッシュ数

※3：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。起伏量=各3次メッシュの最高標高-最低標高。平均起伏量=Σ(流域と重なる3次メッシュの起伏量)/流域と重なる3次メッシュ数

※4：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。斜面勾配=Σ(流域と重なる3次メッシュの最大勾配)/流域と重なる3次メッシュ数

※5：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。山地部地形勾配=Σ(平均標高以上のメッシュ傾斜の中央値)/平均標高以上の3次メッシュ数

※6：地貌係数=(平均標高×平均起伏量)/100

※7：起伏度=Σ(最頻値より大きな起伏量階級×度数)/流域と重なる3次メッシュ数

※8：カシミール3Dを利用し、20万分の1数値地図より算定

※9：国土数値情報「土地分類メッシュ」を使用。

※10：「第5回自然環境保全基礎調査植生調査」結果を使用。森林分布率=(流域と重なる3次メッシュのうち自然度6~9を示すメッシュ数)/3次メッシュ数

※11：国土数値情報「土地利用メッシュ」を使用。荒廃地面積率=Σ(流域と重なる3次メッシュの荒廃地面積)/Σ(流域と重なる3次メッシュの面積)

※12：崩壊地面積率=Σ(流域内の崩壊地面積)/流域面積

※13：自然裸地の構成面積率を使用。

※14：モデルダム地点雨量：ダム管理所で観測された運用期間中の最大日雨量、南摩ダム地点雨量：南摩ダムサイトにおける機構観測値(欠測は気象庁「鹿沼」データにて補間)

※15：モデルダム地点雨量：ダム管理所で観測された年降水量の運用期間における平均値、南摩ダム地点雨量：南摩ダムサイトにおける機構観測値(欠測は気象庁「鹿沼」データにて補間)

※16：50mメッシュ標高データより本川(5万分の1地形図に描かれている流路)の河床勾配(ダム地点~最上流)を算定。

※17：回転率=平均年総流入量/(総貯水容量-洪水調節容量)

大芦川(間接流域)

現象	影響因子 (I)	影響因子 (II)	No.	パラメータ	実績値			期待値			備考
					決定係数	相関係数(R)	比流砂量値 (m ³ /km ² /年)	決定係数	相関係数(R)	比流砂量値 (m ³ /km ² /年)	
流入土砂 関係	土砂生産 基盤	地質	1	地質構成比率(%) ^{※1}	0.9407	0.970	565	0.9453	0.972	582	逆相関
			2	平均標高(m) ^{※2}	0.9938	0.997	375	0.9922	0.996	387	
			3	平均起伏量(m) ^{※3}	0.8082	0.899	459	0.8004	0.895	472	推定値が負の値となる
			4	斜面勾配(°) ^{※4}	0.4841	0.696	156	0.4744	0.689	164	推定値が負の値となる
			5	山地部地形勾配 ^{※5}	1.0000	1.000	—	0.9999	1.000	—	推定値が負の値となる
			6	地貌係数 ^{※6}	0.9897	0.995	384	0.9877	0.994	396	
			7	起伏度 ^{※7}	0.4462	0.668	194	0.4365	0.661	202	相関係数が0.7未満
			8	平均標高×起伏度	0.9167	0.957	217	0.9113	0.955	225	
			9	起伏比 ^{※8}	0.6395	0.800	—	0.6301	0.794	—	逆相関
			10	谷密度(本/km ²) ^{※9}	0.0133	0.115	278	0.0111	0.105	293	逆相関
	崩壊地	11	森林分布率(%) ^{※10}	0.9777	0.989	344	0.9805	0.990	355		
		12	荒廃地面積率(%) ^{※11}	0.9621	0.981	194	0.9657	0.983	201		
		13	崩壊地面積率(%) ^{※12}	0.9387	0.969	221	0.9433	0.971	228		
	土砂輸送	水文	14	自然裸地面積率(%) ^{※13}	0.9407	0.970	243	0.9453	0.972	251	
			15	最大日雨量(mm) ^{※14}	0.8516	0.923	356	0.8446	0.919	367	南摩ダムの雨量：ダムサイトの機構観測値
		河道	16	平均年降水量(mm) ^{※15}	0.9746	0.987	908	0.9776	0.989	934	南摩ダムの雨量：ダムサイトの機構観測値
			17	流域面積	0.9891	0.995	305	0.9911	0.996	315	
			18	河床勾配 ^{※16}	0.6064	0.779	516	0.5968	0.773	529	逆相関
	貯水池捕捉関係		19	回転率 ^{※17}	0.2157	0.464	—	0.2077	0.456	—	算出不能
10パラメータ比流砂量平均値					—	—	355	—	—	366	逆相関や推定値が負のパラメータ(灰色着色部)を除いた、10パラメータの平均値

※1：南摩ダムの地質である中古生層の構成率を使用。

※2：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。平均標高＝ Σ (流域と重なる3次メッシュの平均標高)/流域と重なる3次メッシュ数

※3：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。起伏量＝各3次メッシュの最高標高-最低標高。平均起伏量＝ Σ (流域と重なる3次メッシュの起伏量)/流域と重なる3次メッシュ数

※4：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。斜面勾配＝ Σ (流域と重なる3次メッシュの最大勾配)/流域と重なる3次メッシュ数

※5：国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。山地部地形勾配＝ Σ (平均標高以上のメッシュ傾斜の中央値)/平均標高以上の3次メッシュ数

※6：地貌係数＝(平均標高×平均起伏量)/100

※7：起伏度＝ Σ (最頻値より大きな起伏量階級×度数)/流域と重なる3次メッシュ数

※8：カシミール3Dを利用し、20万分の1数値地図より算定

※9：国土数値情報「土地分類メッシュ」を使用。

※10：「第5回自然環境保全基礎調査植生調査」結果を使用。森林分布率＝(流域と重なる3次メッシュのうち自然度6～9を示すメッシュ数)/3次メッシュ数

※11：国土数値情報「土地利用メッシュ」を使用。荒廃地面積率＝ Σ (流域と重なる3次メッシュの荒廃地面積)/ Σ (流域と重なる3次メッシュの面積)

※12：崩壊地面積率＝ Σ (流域内の崩壊地面積)/流域面積

※13：自然裸地の構成面積率を使用。

※14：大芦川取水放流工地点雨量：国交省「草久」(欠測は気象庁「今市」または国交省「新落合」データにて補間)

※15：大芦川取水放流工地点雨量：国交省「草久」(欠測は気象庁「今市」または国交省「新落合」データにて補間)

※16：50mメッシュ標高データより本川(5万分の1地形図に描かれている流路)の河床勾配(ダム地点～最上流)を算定。

※17：回転率＝平均年総流入量/(総貯水容量-洪水調節容量)

黒川(間接流域)

現象	影響因子 (I)	影響因子 (II)	No.	パラメータ	実績値			期待値			備考
					決定係数	相関係数(R)	比流砂量値 (m ³ /km ² /年)	決定係数	相関係数(R)	比流砂量値 (m ³ /km ² /年)	
流入土砂 関係	土砂生産 基盤	地質	1	地質構成比率(%) ^{※1}	0.9407	0.970	363	0.9453	0.972	375	逆相関
			2	平均標高(m) ^{※2}	0.9938	0.997	257	0.9922	0.996	266	
			3	平均起伏量(m) ^{※3}	0.8082	0.899	298	0.8004	0.895	308	推定値が負の値となる
			4	斜面勾配(°) ^{※4}	0.4841	0.696	156	0.4744	0.689	164	推定値が負の値となる
			5	山地部地形勾配 ^{※5}	1.0000	1.000	—	0.9999	1.000	—	推定値が負の値となる
			6	地貌係数 ^{※6}	0.9897	0.995	251	0.9877	0.994	260	
			7	起伏度 ^{※7}	0.4462	0.668	295	0.4365	0.661	305	相関係数が0.7未満
			8	平均標高×起伏度	0.9167	0.957	235	0.9113	0.955	243	
			9	起伏比 ^{※8}	0.6395	0.800	—	0.6301	0.794	—	逆相関
			10	谷密度(本/km ²) ^{※9}	0.0133	0.115	271	0.0111	0.105	286	逆相関
	崩壊地	11	森林分布率(%) ^{※10}	0.9777	0.989	344	0.9805	0.990	355		
		12	荒廃地面積率(%) ^{※11}	0.9621	0.981	191	0.9657	0.983	198		
		13	崩壊地面積率(%) ^{※12}	0.9387	0.969	235	0.9433	0.971	242		
	土砂輸送	水文	14	自然裸地面積率(%) ^{※13}	0.9407	0.970	213	0.9453	0.972	220	
			15	最大日雨量(mm) ^{※14}	0.8516	0.923	356	0.8446	0.919	367	
		16	平均年降水量(mm) ^{※15}	0.9746	0.987	908	0.9776	0.989	934		
		河道	17	流域面積	0.9891	0.995	257	0.9911	0.996	266	
			18	河床勾配 ^{※16}	0.6064	0.779	561	0.5968	0.773	575	逆相関
	貯水池捕捉関係		19	回転率 ^{※17}	0.2157	0.464	—	0.2077	0.456	—	算出不能
10パラメータ比流砂量平均値					—	—	325	—	—	335	逆相関や推定値が負のパラメータ(灰色着色部)を除いた、10パラメータの平均値

※1: 南摩ダムの地質である中古生層の構成率を使用。

※2: 国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。平均標高=Σ(流域と重なる3次メッシュの平均標高)/流域と重なる3次メッシュ数

※3: 国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。起伏量=各3次メッシュの最高標高-最低標高。平均起伏量=Σ(流域と重なる3次メッシュの起伏量)/流域と重なる3次メッシュ数

※4: 国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。斜面勾配=Σ(流域と重なる3次メッシュの最大勾配)/流域と重なる3次メッシュ数

※5: 国土数値情報「標高・傾斜度メッシュ」を使用。山地部地形勾配=Σ(平均標高以上のメッシュ傾斜の中央値)/平均標高以上の3次メッシュ数

※6: 地貌係数=(平均標高×平均起伏量)/100

※7: 起伏度=Σ(最頻値より大きな起伏量階級×度数)/流域と重なる3次メッシュ数

※8: カシミアール3Dを利用し、20万分の1数値地図より算定

※9: 国土数値情報「土地分類メッシュ」を使用。

※10: 「第5回自然環境保全基礎調査植生調査」結果を使用。森林分布率=(流域と重なる3次メッシュのうち自然度6~9を示すメッシュ数)/3次メッシュ数

※11: 国土数値情報「土地利用メッシュ」を使用。荒廃地面積率=Σ(流域と重なる3次メッシュの荒廃地面積)/Σ(流域と重なる3次メッシュの面積)

※12: 崩壊地面積率=Σ(流域内の崩壊地面積)/流域面積

※13: 自然裸地の構成面積率を使用。

※14: 黒川取水放流工地点: 国交省「草久」(欠測は気象庁「今市」または国交省「新落合」データにて補間)

※15: 黒川取水放流工地点: 国交省「草久」(欠測は気象庁「今市」または国交省「新落合」データにて補間)

※16: 50mメッシュ標高データより本川(5万分の1地形図に描かれている流路)の河床勾配(ダム地点~最上流)を算定。

※17: 回転率=平均年総流入量/(総貯水容量-洪水調節容量)

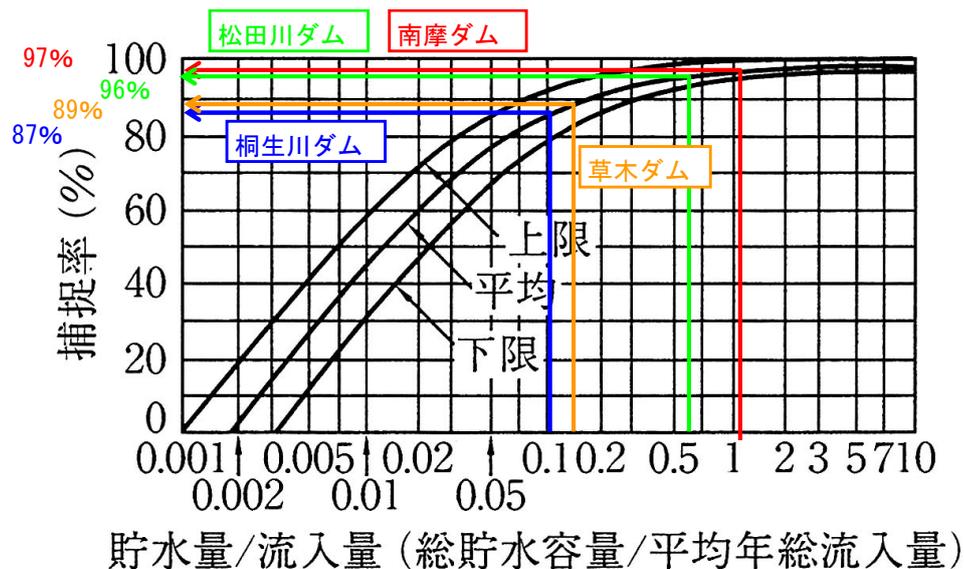
1.4 南摩ダム堆砂量の算定

(1) 直接流域

抽出した影響因子について相関関係式、各流域のパラメータを用いると、各流域の推定比流砂量が算定される（比流砂量（平均値）：実績 $189\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ 期待値 $196\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ ）。

このうち、直接流域においては、50%を占める掃流砂・浮遊砂については貯水池内にそのまま堆砂するものとし、残りの50%を占めるウォッシュロードについては、Bruneの捕捉率より97%が堆砂するものとする。

これらより、比堆砂量及び100年間の堆砂量を算定する。



Brune の図表（再掲）

●直接流域からの堆砂量

・実績

$$\underbrace{(189\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年} \times 50\% + 189\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年} \times 50\% \times 97\%)}_{\text{掃流砂・浮遊砂}} \times \underbrace{12.4\text{km}^2}_{\text{流域面積}} \times \underbrace{100\text{年}}_{\text{ウォッシュロード}} = \underline{230,845\text{m}^3/100\text{年}}$$

・期待値

$$\underbrace{(196\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年} \times 50\% + 196\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年} \times 50\% \times 97\%)}_{\text{掃流砂・浮遊砂}} \times \underbrace{12.4\text{km}^2}_{\text{流域面積}} \times \underbrace{100\text{年}}_{\text{ウォッシュロード}} = \underline{239,394\text{m}^3/100\text{年}}$$

(2) 間接流域

南摩ダムでは、大芦川と黒川の2つの支川から導水する計画である。この導水により、大芦川及び黒川流域から南摩ダム貯水池に土砂が流入すると考えられる。この導水路トンネルは、各取水放流工には沈砂池を設置することにより、南摩ダム貯水池に流入する土砂は、ウォッシュロードを主体とした微細粒径土砂であると考えられる。そこで、導水による流入土砂量(ウォッシュロード量)をダム想定比堆砂量から推定した。

間接流域の比流砂量は、南摩ダム直接流域と同様に、抽出した影響因子について相関関係式、各流域のパラメータを用いると、各流域の比流砂量が算定される。

ウォッシュロードの占める割合は、直接流域と同様に全流砂量の50%とした。

なお、間接流域から南摩ダムへ流入するウォッシュロード量については、下記のとおり算定した。

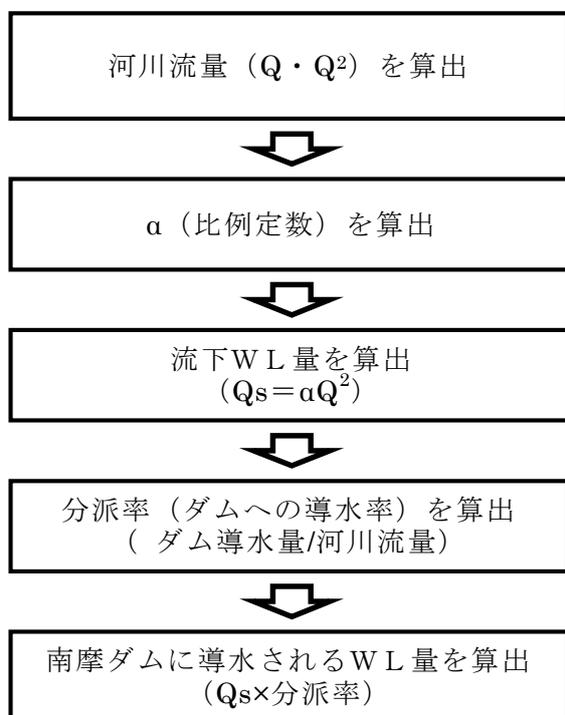
水理公式集 P171 より

$$Q_s = (4 \times 10^{-8} \sim 6 \times 10^{-6}) Q^2$$

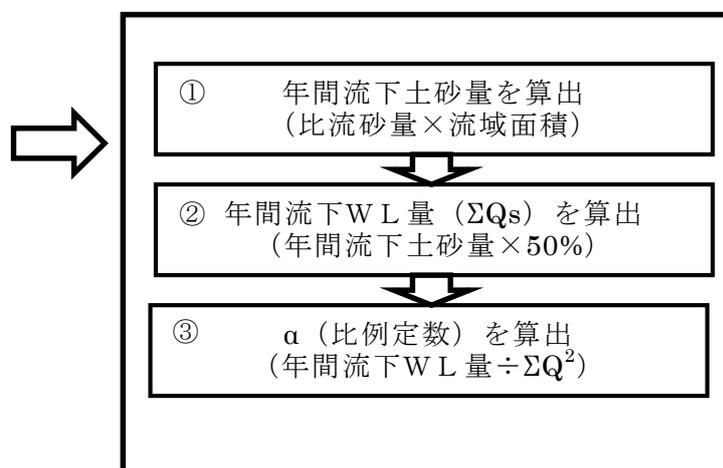
ここに、 Q_s : wash load (m^3/s)、 Q : 河川流量 (m^3/s)

【解説】 wash load の濃度は断面内で一様であり、伝播速度は河水の平均流速に等しいと見なせることから、一地点における Q_s は Q^2 にほぼ比例する。

【大芦川・黒川の流量から WL 量を算定】



【堆砂実績から α を算定】



間接流域WL量算定フロー図

間接流域WL量算定結果一覧

		大芦川		黒川	
		実績値	期待値	実績値	期待値
流域面積	km ²	77.4		49.5	
比流砂量	m ³ /km ² /年	355	366	325	335
①年平均流下土砂量	m ³ /年	27,458	28,321	16,075	16,591
②年平均流下WL量	m ³ /年	①×50%	13,729	14,161	8,038
③α(比例定数)		②/ΣQ ²	9.301×10 ⁻⁶	9.593×10 ⁻⁶	10.960×10 ⁻⁶

※WL：ウォッシュロード

年平均流下ウォッシュロード量（実績値）

年次	大芦川				黒川			
	Q ² (千m ³)	流下WL [※] (m ³)	分派率	分派WL [※] (m ³)	Q ² (千m ³)	流下WL [※] (m ³)	分派率	分派WL [※] (m ³)
S59	252,373	2,349	7.2%	169	119,715	1,313	2.3%	31
S60	1,278,537	11,900	31.5%	3,749	732,863	8,038	20.1%	1,618
S61	1,085,205	10,100	34.1%	3,444	591,291	6,485	28.1%	1,820
S62	475,152	4,422	32.5%	1,435	197,602	2,167	11.9%	259
S63	1,938,948	18,046	19.7%	3,558	874,575	9,593	14.0%	1,339
H1	1,302,703	12,125	5.8%	707	634,003	6,954	4.0%	281
H2	1,293,872	12,042	41.9%	5,049	601,394	6,596	36.3%	2,396
H3	1,769,968	16,473	24.4%	4,020	773,562	8,485	21.0%	1,781
H4	535,644	4,985	21.1%	1,052	226,624	2,486	12.3%	305
H5	1,064,810	9,910	30.2%	2,992	439,379	4,819	16.5%	794
H6	1,101,882	10,255	45.8%	4,694	506,183	5,552	42.5%	2,359
H7	661,572	6,157	34.2%	2,106	484,354	5,312	30.0%	1,596
H8	188,676	1,756	14.8%	259	103,722	1,138	14.4%	164
H9	780,287	7,262	39.6%	2,879	410,255	4,500	27.6%	1,240
H10	2,553,778	23,769	13.7%	3,256	2,700,252	29,617	10.1%	2,980
H11	2,365,778	22,019	34.9%	7,674	1,412,073	15,488	25.1%	3,887
H12	1,315,067	12,240	28.8%	3,519	596,186	6,539	24.1%	1,573
H13	6,232,222	58,004	18.5%	10,702	1,386,117	15,203	23.2%	3,533
H14	2,652,908	24,691	17.1%	4,228	1,615,316	17,717	15.0%	2,654
H15	672,945	6,263	28.3%	1,774	261,929	2,873	20.9%	600
平均	1,476,116	13,739	24.5%	3,363	733,370	8,044	19.4%	1,560

※WL: ウォッシュロード

年平均流下ウォッシュロード量（期待値）

年次	大芦川				黒川			
	Q ² (千m ³)	流下WL [※] (m ³)	分派率	分派WL [※] (m ³)	Q ² (千m ³)	流下WL [※] (m ³)	分派率	分派WL [※] (m ³)
S59	252,373	2,422	7.2%	175	119,715	1,353	2.3%	31
S60	1,278,537	12,268	31.5%	3,865	732,863	8,286	20.1%	1,668
S61	1,085,205	10,413	34.1%	3,550	591,291	6,685	28.1%	1,876
S62	475,152	4,559	32.5%	1,480	197,602	2,234	11.9%	267
S63	1,938,948	18,605	19.7%	3,668	874,575	9,888	14.0%	1,380
H1	1,302,703	12,500	5.8%	729	634,003	7,168	4.0%	290
H2	1,293,872	12,415	41.9%	5,206	601,394	6,799	36.3%	2,469
H3	1,769,968	16,984	24.4%	4,144	773,562	8,746	21.0%	1,836
H4	535,644	5,140	21.1%	1,085	226,624	2,562	12.3%	315
H5	1,064,810	10,217	30.2%	3,085	439,379	4,967	16.5%	818
H6	1,101,882	10,573	45.8%	4,839	506,183	5,723	42.5%	2,432
H7	661,572	6,348	34.2%	2,172	484,354	5,476	30.0%	1,645
H8	188,676	1,810	14.8%	267	103,722	1,173	14.4%	169
H9	780,287	7,487	39.6%	2,969	410,255	4,638	27.6%	1,279
H10	2,553,778	24,505	13.7%	3,357	2,700,252	30,528	10.1%	3,072
H11	2,365,778	22,701	34.9%	7,911	1,412,073	15,964	25.1%	4,006
H12	1,315,067	12,619	28.8%	3,628	596,186	6,740	24.1%	1,621
H13	6,232,222	59,802	18.5%	11,034	1,386,117	15,671	23.2%	3,642
H14	2,652,908	25,456	17.1%	4,359	1,615,316	18,262	15.0%	2,736
H15	672,945	6,457	28.3%	1,829	261,929	2,961	20.9%	619
平均	1,476,116	14,164	24.5%	3,468	733,370	8,291	19.4%	1,609

※WL: ウォッシュロード

間接流域から南摩ダムへ流入するウォッシュロード量

		大芦川	黒川
実績	① 平均流入 WL 量 [※]	3,363m ³ /年	1,560m ³ /年
	② 年平均堆砂 WL 量 [※] (①97%)	3,262.11m ³ /年	1,513.20m ³ /年
	③ 100年堆砂 WL 量 [※] (②×100年)	326,211m ³ /100年	151,320m ³ /100年
期待値	① 平均流入 WL 量 [※]	3,468 m ³ /年	1,609 m ³ /年
	② 平均堆砂 WL 量 [※] (①×97%)	3,363.96m ³ /年	1,560.73m ³ /年
	③ 100年堆砂 WL 量 [※] (②×100年)	336,396m ³ /100年	156,073m ³ /100年

※WL量：ウォッシュロード量

1.5 まとめ

前述のとおり、南摩ダムの堆砂量を直接流域と間接流域に分け検討した。

検討の結果、南摩ダムの堆砂量は、100年間で約732,000m³と推定されることから、現計画(1,000,000m³)は妥当なものと判断する。

南摩ダムの100年間堆砂量

		実績値	期待値
直接流域	南摩川	230,845m ³ /100年	239,394m ³ /100年
間接流域	大芦川	326,211m ³ /100年	336,396m ³ /100年
	黒川	151,320m ³ /100年	156,073m ³ /100年
計		708,376m ³ /100年	731,863m ³ /100年