

2. ダムで観測された地震動

2.1 ダムの臨時点検結果

2005年福岡県西方沖地震時において、地震後のダム臨時点検を行い、加速度記録が得られた67ダムの位置と最大加速度と震源距離を表-2.1に示す。また、これらのダムの地理的分布を図-2.1に示す。図-2.1には、気象庁発表による震度分布も記入してある。なお、入手した記録は、巻末資料1に記録一覧を、付録CD-ROMに記録データ及びその時刻歴波形図、フーリエスペクトル図、パワースペクトル図、加速度応答スペクトル図を添付する。

表-2.1 臨時点検実施の加速度記録観測ダム(1/2)

ダム名	所管	形式*1	堤高(m)	緯度			経度			基礎最大加速度 (gal)				震源距離*2 (km)
				°	'	"	°	'	"	水平			鉛直	
										平均	x	y		
松原	直轄	G	83.0	33	11	39	130	59	38	10	10	10	6	97.51
下笠	直轄	A	98.0	33	9	37	130	59	5	9	7	11	6	99.26
耶馬溪	直轄	G	62.0	33	26	49	131	7	26	35.5	39	32	17	94.05
巖木	直轄	G	117.0	33	19	41	130	6	8	45	39	51	45	47.11
竜門	直轄	G	99.5	33	2	10	130	50	58	9.05	8.8	9.3	6.4	100.50
島地川	直轄	G	89.0	34	10	13	131	46	31	10	10	10	10.8	155.36
弥栄	直轄	G	120.0	34	14	2	132	9	48	5.35	4	6.7	6	191.51
寺内	機構	R	83.0	33	25	43	130	43	23	28.05	32.4	23.7	27.8	61.99
有田	佐賀県	G	27.5	33	11	54	129	53	43	46.85	36.7	57	28.8	66.15
本部	佐賀県	G	42.1	33	16	0	130	0	34	27	19	35	19	55.51
横竹	佐賀県	G	57.0	33	3	34	130	2	17	21.7	23.7	19.7	18.6	77.18
矢筈	佐賀県	G	32.5	33	8	33	129	57	1	19.5	14	25	10	70.15
深浦	佐賀県	G	26.0	33	8	19	130	6	12	41.05	23.7	58.4	24.1	67.72
伊岐佐	佐賀県	G	58.5	33	22	4	130	2	34	42.75	31	54.5	40.8	44.05
狩立・日の峰	佐賀県	G	28.4	33	10	54	129	55	46	79.6	70.6	88.6	50.8	66.69
都川内	佐賀県	G	31.5	33	15	38	129	54	19	52.15	41.9	62.4	39.6	59.53
市房	熊本県	G	78.5	32	19	12	131	0	46	3.6	4	3.2	4.2	176.23
亀川	熊本県	G	37.0	32	25	55	130	8	4	5.5	5	6	3	145.66
石打	熊本県	G	38.5	32	38	37	130	31	9	8.5	6	11	4	126.24
上津浦	熊本県	G	54.0	32	29	13	130	19	0	5.2	6.2	4.2	4.3	140.12
鳴淵	福岡県	G	67.4	33	37	32	130	33	11	61	49	73	53	38.22
猪野	福岡県	G	79.9	33	41	0	130	31	13	62	62	62	57	33.72
力丸	福岡県	G	49.5	33	41	23	130	37	37	37.65	35.6	39.7	34.9	43.06
犬鳴	福岡県	G	76.5	33	41	16	130	33	34	86.75	94.2	79.3	65.6	37.08
瑞梅寺	福岡県	G	64.0	33	30	13	130	14	51	80.5	93	68	77	28.52
ます淵	福岡県	G	60.0	33	45	44	130	50	20	28.95	31.2	26.7	27.7	62.02
油木	福岡県	G	54.6	33	33	21	130	53	38	31	20	42	29	70.10
陣屋	福岡県	G	48.5	33	31	39	130	50	42	47.85	41.7	54	42.1	66.88
南畑	福岡県	G	63.5	33	26	4	130	25	30	52.5	35	70	42	41.99
山神	福岡県	G	59.0	33	27	16	130	29	10	55	44	66	51	43.71
牛頸	福岡県	R	52.7	33	29	11	130	28	52	41.5	45	38	31	40.88
北谷	福岡県	G	39.0	33	32	44	130	33	21	55	54	56	50	42.23
福智山	福岡県	G	64.5	33	45	24	130	47	0	23.5	24	23	25	56.93
日向神	福岡県	G	79.5	33	10	34	130	46	49	19.35	17.4	21.3	20.9	84.52

表-2.1 臨時点検実施の加速度記録観測ダム(1/2)

ダム名	所管	形式 *1	堤高 (m)	緯度			経度			基礎最大加速度 (gal)				震源 距離*2 (km)
				°	′	″	°	′	″	水平			鉛直 z	
										平均	x	y		
安岐	大分県	G	35.0	33	29	8	131	36	33	7.5	8	7	6	135.97
雪浦	長崎県	G	44.0	32	57	17	129	41	50	25	31	19	26	98.31
船津	長崎県	G	30.0	32	56	19	130	10	3	25.5	27	24	24	89.47
つづら	長崎県	G	21.6	33	13	43	129	37	23	27.5	30	25	16	77.03
永田	長崎県	G	24.0	33	45	4	129	42	17	38	37	39	36	44.55
勝本	長崎県	G	31.0	33	49	36	129	42	27	80	74	86	59	45.32
仁田	長崎県	G	33.4	34	31	42	129	23	43	33	31	35	22	113.79
け知	長崎県	G	29.0	34	15	27	129	17	33	45.5	43	48	39	100.20
目保呂	長崎県	G	40.0	34	32	46	129	22	22	23.5	21	26	16	116.62
男女岳	長崎県	G	20.3	33	50	7	129	44	56	77	61	93	46	41.92
小浦	長崎県	G	29.5	34	13	51	129	17	56	33	37	29	26	98.05
野々川	長崎県	G	24.0	33	8	51	129	55	3	28.5	29	28	21	70.60
江永	長崎県	G	30.0	33	9	35	129	50	47	37.5	23	52	20	71.89
猫山	長崎県	G	32.0	33	10	9	129	46	56	35.5	34	37	24	73.71
樋口	長崎県	G	30.0	33	16	1	129	35	21	24.5	27	22	16	76.15
大長見	島根県	G	71.5	34	49	39	132	6	33	4.2	3.8	4.6	4.4	215.10
浜田	島根県	G	58.0	34	51	58	132	7	10	5.95	7.3	4.6	5.8	218.28
佐波川	山口県	G	54.0	34	16	37	131	39	19	10.75	10.5	11	10.4	149.16
黒杭川	山口県	G	35.0	33	59	33	132	5	43	5.5	6	5	5	179.65
川上	山口県	G	63.0	34	6	31	131	47	12	7.5	9	6	6	154.45
一の坂	山口県	G	42.1	34	12	14	131	28	9	5.8	6.3	5.3	7.5	130.28
厚東川	山口県	G	38.8	34	4	19	131	16	59	14.5	14	15	9	109.04
今富	山口県	G	35.5	34	5	29	131	15	10	15.5	13	18	9	107.19
大坊	山口県	G	43.5	34	20	30	131	3	25	12.5	11	14	14	105.65
畑	利水	G	43.3	33	48	16	130	45	27	67.5	73	62	36	55.01
江川	利水	G	79.2	33	27	36	130	44	3	28.5	21	36	36	60.98
庭木	利水	G	26.2	33	7	33	129	57	35	19.5	14	25	10	71.66
湯の原	利水	G	18.5	34	8	27	131	2	38	14.5	12	17	10	92.14
宇部丸山	利水	GF	32.6	34	3	3	131	16	54	15	15	-	9	108.16
歌野川	利水	G	44.0	34	9	11	131	1	35	14.5	15	14	19	91.41
舟郡	利水	E	28.0	34	8	15	130	56	41	20.5	23	18	18	84.12
阿惣	利水	G	44.2	34	20	55	131	2	50	17.5	13	22	15	105.45
佐々並川	利水	A	67.4	34	19	26	131	30	26	11.55	10.1	13	8.9	139.13

※1) 形式の凡例は、A：アーチダム、E：アースダム、G：重力式コンクリートダム、G：重力式コンクリートダム・フィルダム
複合ダム、R：ロックフィルダムである。

※2) 震源距離は、震源面が不明であったので震源（福岡県西方沖地震は北緯 33.739°，東経 130.176°，震源深さ 9km）と
の最短距離として求めた。また、震央とダム地点との水平距離 Δ (km) は、球面三角法の下記の式により算出した。

$$\cos \theta = \sin \phi_E * \sin \phi_D + \cos \phi_E * \cos \phi_D * \cos (\lambda_E - \lambda_D) \quad , \quad \Delta (\text{km}) = r * \theta$$

ここで、θ：角度 (rad) であらわした水平距離、φ_E、λ_E、φ_D、λ_D：震央(E)、ダム(D)の地心緯度・経度、

Δ：水平距離、r：地球の平均半径(6370.29kmとする)

この地図は、「白地図 Ken Map V8.0」で作成しています

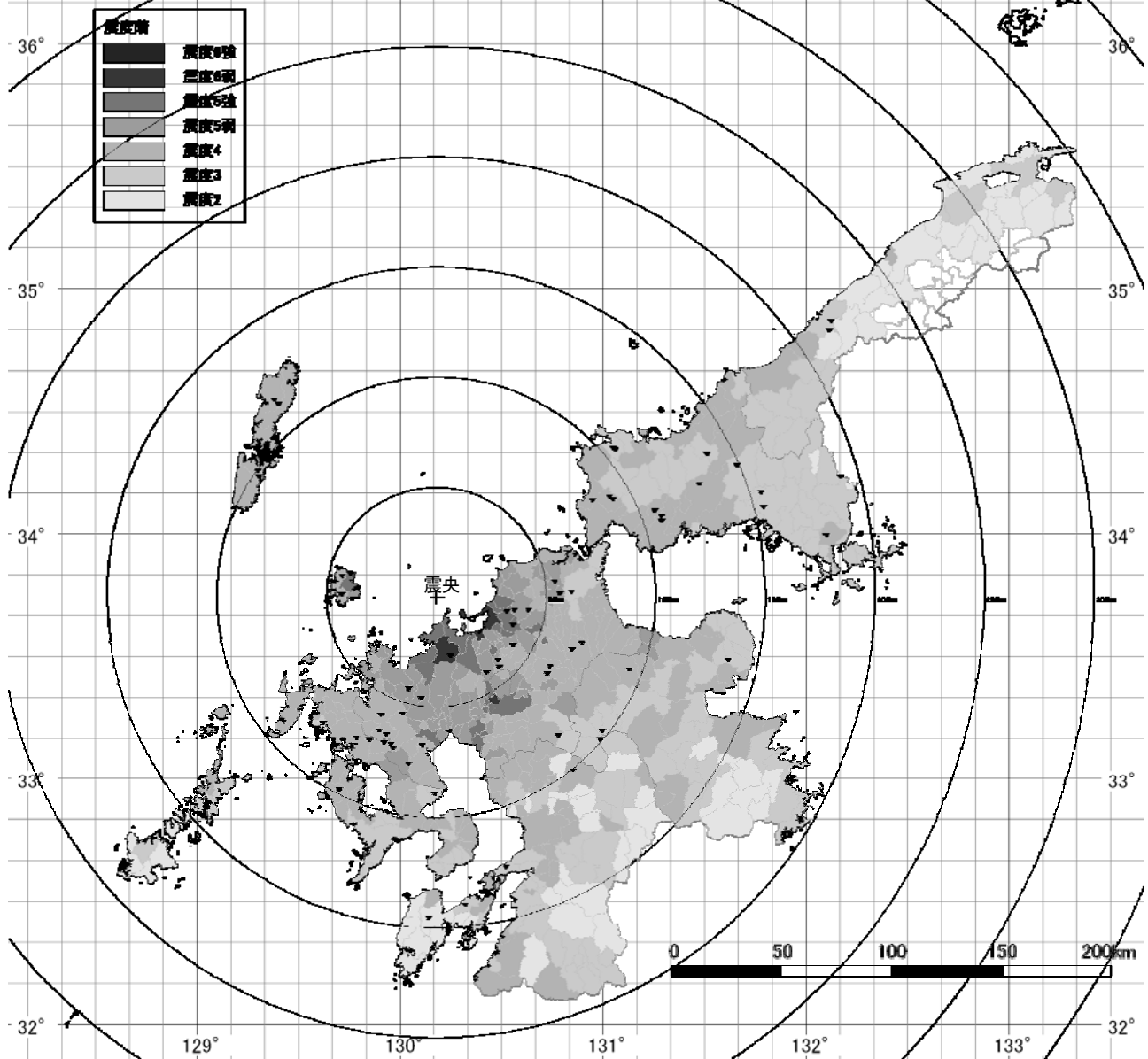


図-2.1 臨時点検実施の加速度記録観測ダム

- ※1) 震度分布は、巻末資料1から市区町村を単位として全域を同一震度階として塗りつぶす形で描いた。
- ※2) 巻末資料1より同一市区町村で複数の震度情報がある場合には、大きい震度階を採用した。
- ※3) 巻末資料1から震度情報が得られなかった市区町村のうち、市区町村合併がなされ、合併相手の市区町村が震度情報を有している合は、合併先の市区町村の震度階と同一とした。
- ※4) 上記3)以外で震度情報がない市区町村は、周囲に接する地域の震度階で最も頻度が高いものを採用した。

2. 2 最大加速度の距離減衰特性

表-2.1 に示した値を用いて、ダム基礎部に設置された地震計により観測された最大加速度と、震源からダムサイトまでの距離の関係を図-2.2 に示す。水平方向の最大加速度は、上下流方向とダム軸方向の平均値として取りまとめた。図中の曲線は松本他⁸⁾の推定式を示す。松本他⁸⁾の推定式は、最大加速度の推定値の平均値 (μ)、平均値+標準偏差 ($\mu+\sigma$) と平均値-標準偏差 ($\mu-\sigma$) を記載した。震源距離が約 40km~100km の範囲において μ と $\mu+\sigma$ の間に実測データのばらつきがあるが、相関が高い。

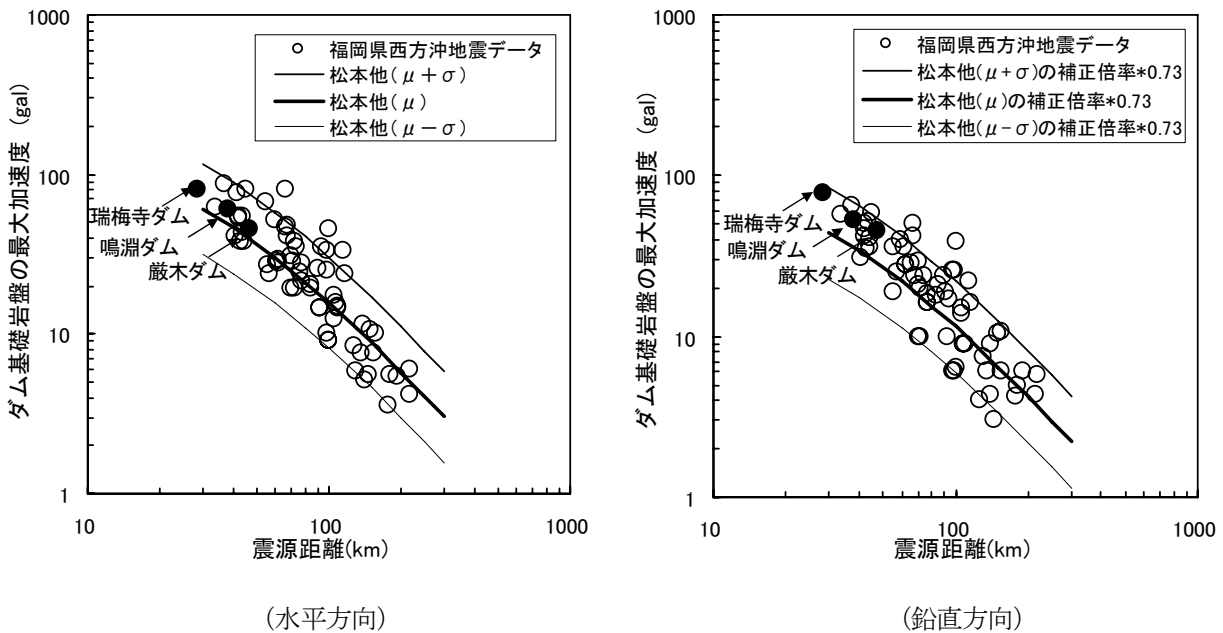


図-2.2 ダム基礎岩盤における最大加速度と震源距離の関係

※1) 松本他⁸⁾の推定式は、T：周期=0.02(sec)時の下記最短距離による回帰式を用いた。

$$\log SA(T) = C_m(T)M + C_h(T)H_c - C_d(T)\log(R + 0.334\exp(0.653M)) + C_o(T)$$

T：周期(sec)

SA(T)：水平2成分の平均応答スペクトル

M：気象庁マグニチュード

$H_c = H (H \leq 100\text{km})$ で $H_c = 100 (100\text{km} < H < 200\text{km})$

H：断層面中心の深さ(km) [震源面が不明であったので震源深さとした]

R：断層面までの最短距離(km) [震源面が不明であったので震源までの最短距離とした]

※2) 松本他⁸⁾の推定式の係数で地震のタイプ毎に異なる係数は内陸型を用いた。係数値一覧を下表に示す。

T	M	Hc	H
0.02	7.0	9.0	9.0

内陸型係数

Cm(T)	Ch(T)	Cd(T)	Co(T)
0.5374332	0.005470161	1.785295	1.260069

水平成分内陸型補正倍率

μ	$\mu + \sigma$	$\mu - \sigma$
0.8151103	1.570459	0.423064

鉛直成分の補正係数は水平成分補正倍率に右値を掛けたもの

上下動と水平動の比
0.7309319

2. 3 応答倍率

表-2.1 に示した臨時点検実施の加速度記録観測 67 ダムのうち、重力式コンクリートダムは 61 あり、基礎部および天端において加速度記録を観測したダムは 47 あった。この 47 ダムのダム基礎部および天端の加速度記録とダム基礎部とダム天端の最大加速度の比（応答倍率）を表-2.2 に示す。

表-2.2 に示した値を用いて、重力式コンクリートダムにおけるダム基礎部の最大加速度と、ダム基礎部とダム天端の最大加速度の比（応答倍率）の関係を図-2.3 に示す。図中の曲線は松本他³⁾による応答倍率の包絡値を示す。

鳴淵ダム・巖木ダム・瑞梅寺ダムの応答倍率は、松本他³⁾が示した包絡値にほぼ等しい。

応答倍率には、入力地震動の大きさや周波数特性、材料の減衰、貯水による逸散減衰等が影響するが、ここでは入力地震動の大きさが応答倍率に与える影響を見た³⁾。

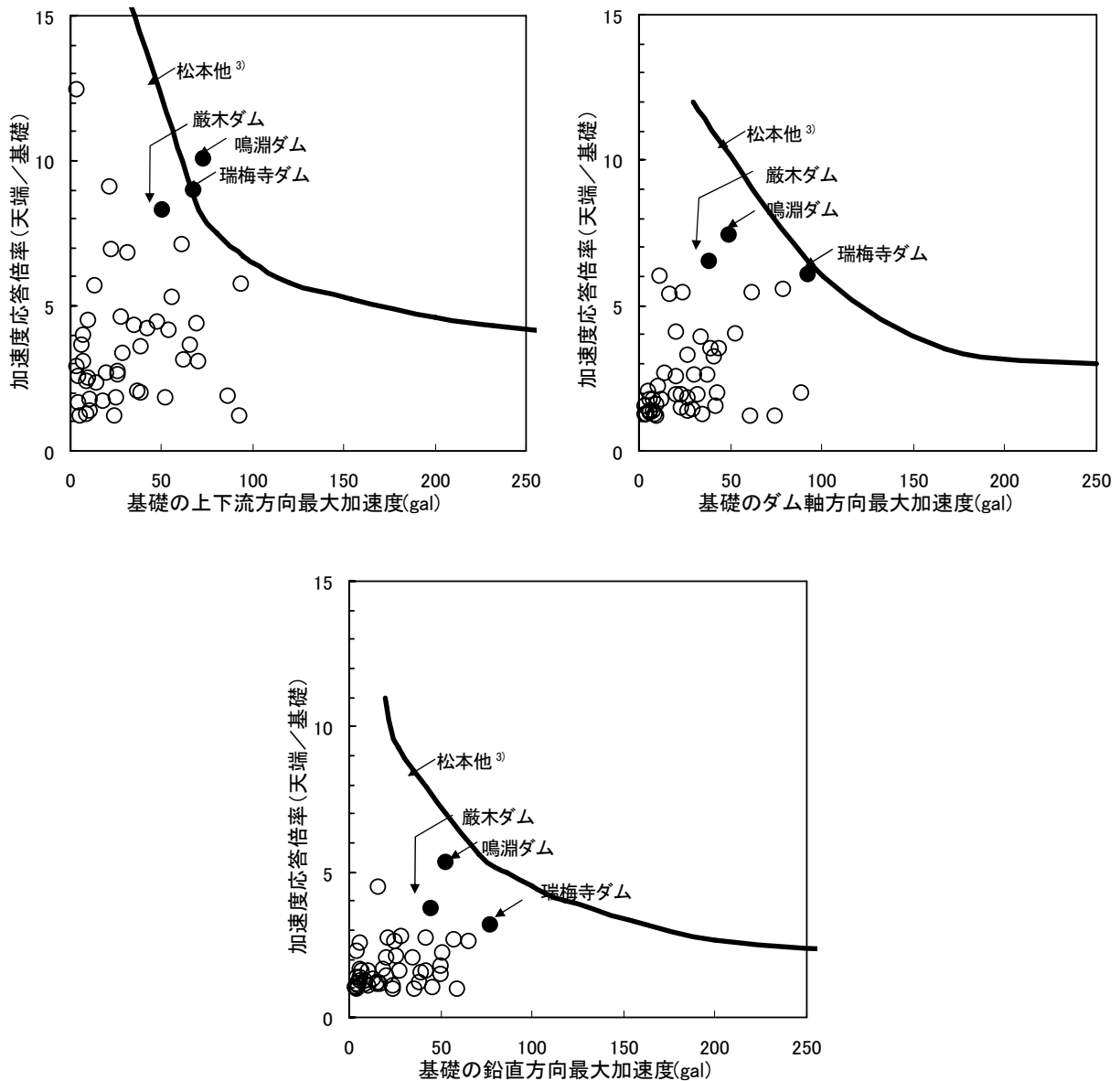


図-2.3 重力式コンクリートダムにおける応答倍率

表-2.2 ダム基礎部および天端において加速度記録を観測した重力式コンクリートダムの最大加速度と応答倍率

ダム名	所管	堤高 (m)	ダム基礎部加速度(gal)			天端加速度(gal)			応答倍率(天端/基礎)		
			上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直	上下流	ダム軸	鉛直
松原	直轄	83.0	10.0	10.0	6.0	25.0	16.0	8.0	2.5	1.6	1.3
耶馬溪	直轄	62.0	39.0	32.0	17.0	140.1	61.1	19.7	3.6	1.9	1.2
巖木	直轄	117.0	50.8	38.8	44.9	421.0	252.1	169.0	8.3	6.5	3.8
竜門	直轄	99.5	8.8	9.3	6.4	10.9	11.6	7.8	1.2	1.2	1.2
島地川	直轄	89.0	10.0	10.0	10.8	45.0	12.0	17.4	4.5	1.2	1.6
弥栄	直轄	120.0	4.0	6.7	6.0	49.7	11.7	15.3	12.4	1.7	2.6
横竹	佐賀県	57.0	19.7	23.7	18.6	52.2	35.1	30.2	2.6	1.5	1.6
狩立	佐賀県	28.4	70.6	88.6	50.8	216.8	175.7	73.6	3.1	2.0	1.4
都川内	佐賀県	31.5	62.4	41.9	39.6	194.3	65.2	60.3	3.1	1.6	1.5
市房	熊本県	78.5	4.0	3.2	4.2	11.7	3.9	4.1	2.9	1.2	1.0
亀川	熊本県	37.0	5.5	4.9	3.4	6.6	6.2	3.5	1.2	1.3	1.0
石打	熊本県	38.5	10.8	5.7	4.1	19.1	11.7	9.2	1.8	2.1	2.2
上津浦	熊本県	54.0	6.2	4.2	4.3	22.4	109.4	4.9	3.6	26.0	1.1
鳴淵	福岡県	67.4	73.0	49.2	53.1	734.0	364.5	282.9	10.1	7.4	5.3
猪野	福岡県	79.9	61.6	62.3	57.4	438.6	339.8	153.2	7.1	5.5	2.7
力丸	福岡県	49.5	35.6	39.6	34.9	154.6	139.4	72.0	4.3	3.5	2.1
犬鳴	福岡県	76.5	94.1	79.2	65.6	537.9	439.7	170.9	5.7	5.6	2.6
瑞梅寺	福岡県	64.0	68.1	92.9	77.3	609.6	560.6	244.9	9.0	6.0	3.2
ます淵	福岡県	60.0	31.2	26.7	27.7	213.6	88.2	44.5	6.8	3.3	1.6
油木	福岡県	54.6	42.3	20.3	29.1	178.0	83.2	81.3	4.2	4.1	2.8
陣屋	福岡県	48.5	54.0	41.7	42.1	225.4	134.1	66.9	4.2	3.2	1.6
南畑	福岡県	63.5	69.7	34.6	42.3	306.9	134.5	115.8	4.4	3.9	2.7
山神	福岡県	59.0	66.3	44.1	50.9	241.8	155.8	113.3	3.6	3.5	2.2
北谷	福岡県	39.0	56.2	53.5	50.0	296.9	216.5	88.7	5.3	4.0	1.8
福智山	福岡県	64.5	23.0	24.0	25.0	159.0	131.0	65.0	6.9	5.5	2.6
日向神	福岡県	79.5	21.3	17.4	20.9	194.1	93.6	29.4	9.1	5.4	1.4
安岐	大分県	35.0	7.0	8.0	6.0	28.0	11.0	10.0	4.0	1.4	1.7
船津	長崎県	30.0	24.0	27.0	24.0	29.0	36.0	23.0	1.2	1.3	1.0
つづら	長崎県	21.6	25.0	30.0	16.0	46.0	42.0	19.0	1.8	1.4	1.2
永田	長崎県	24.0	38.6	26.8	35.9	76.8	47.8	35.3	2.0	1.8	1.0
勝本	長崎県	31.0	86.2	74.3	59.4	159.2	87.8	58.6	1.8	1.2	1.0
け知	長崎県	29.0	47.7	43.3	38.6	211.2	85.7	46.9	4.4	2.0	1.2
目保呂	長崎県	40.0	26.0	21.0	16.0	71.0	54.0	72.0	2.7	2.6	4.5
男女岳	長崎県	20.3	92.6	61.0	45.7	112.1	73.6	46.3	1.2	1.2	1.0
小浦	長崎県	29.5	29.0	37.4	26.2	97.8	97.5	54.8	3.4	2.6	2.1
野々川	長崎県	24.0	28.2	30.3	21.6	130.4	78.3	58.9	4.6	2.6	2.7
江永	長崎県	30.0	52.2	23.2	20.7	94.6	44.4	41.8	1.8	1.9	2.0
猫山	長崎県	32.0	37.4	34.9	24.2	77.1	42.7	26.3	2.1	1.2	1.1
樋口	長崎県	30.0	26.6	20.6	15.3	70.0	39.9	16.9	2.6	1.9	1.1
大長見	島根県	71.5	4.6	3.8	4.4	11.7	5.9	6.1	2.5	1.6	1.4
佐波川	山口県	54.0	11.0	10.5	10.4	14.8	22.9	11.1	1.3	2.2	1.1
黒杭川	山口県	35.0	4.8	6.4	4.6	7.9	8.3	4.8	1.6	1.3	1.0
川上	山口県	63.0	9.0	6.1	5.7	21.7	8.3	6.2	2.4	1.4	1.1
一の坂	山口県	42.1	7.4	8.1	7.3	22.6	14.0	11.7	3.1	1.7	1.6
厚東川	山口県	38.8	14.8	14.1	8.9	34.3	37.7	10.9	2.3	2.7	1.2
今富	山口県	35.5	17.6	13.0	9.0	29.8	22.8	10.1	1.7	1.8	1.1
大坊	山口県	43.5	13.7	11.3	13.6	78.2	67.9	17.8	5.7	6.0	1.3