

2. 観測の概要と結果

2.1 観測期間と観測場所

(1) 対象期間

本資料で対象としたのは、平成 21 年度から 25 年度までに実施された観測データである。

(2) 対象観測箇所

本資料で対象としたのは全国の直轄砂防事務所で実施された流砂水文観測箇所のうち、表 2.1～2.2 および図 2.1 に諸元および位置をそれぞれまとめた 86 箇所である。

2.2 観測方法とデータ整理方法

(1) 対象観測項目

本資料で対象としたデータ収集・観測項目は、

- ① 雨量
- ② 流量
- ③ 濁度計による浮遊砂量観測
- ④ ハイドロフォンによる掃流砂量観測

なお、ハイドロフォンによって計測された音響波形から掃流砂量に変換する方法は数多く提案されているが、ここではデータ収集・整理の第 1 段階としてデータの質を均質に保つことを目的とし、鈴木ら (2010)¹⁾が示した合成音圧法を用いて変換されたデータを対象とした。その他の手法で掃流砂量に変換されている箇所は本資料に含んでいない。

観測箇所ごとの観測機器の設置状況は表 2.1～2.2 に示すとおりである。

(2) 雨量データの収集・整理

雨量は最近傍の雨量観測点のデータを収集した。収集した雨量観測箇所名は表 2.1～2.2 に示すとおりである。

(3) 流量データの整理

観測された水深データを用いて、流量に変換した。流量に変換するにあたっては、現地で観測された水深－流量関係を用いることとし、現地で水深－流量関係が観測されていない場合は、等流計算(マンニングの粗度係数 0.04)により、川幅と河床勾配および水深から流量を算出した。なお、この際川幅は箇所ごと

に一定値とした。本資料で対象とした流砂観測箇所では、通常 15 分おきに水深の観測が行われている。

また、近傍に既設の水位観測所があり、流砂観測箇所において水深観測が行われていない場合がある。この場合、近傍の既設水位観測箇所のデータを用いて流量に変換した。表 2.1～2.2 には用いた観測所名を示した。

(4) 濁度計による観測データの整理

濁度計による観測は、多くの箇所で OBS-3+ (Campbell Scientific 社製) が用いられている。通常、濁度計の設置は左右いずれかの岸に設置され、1 深度のみの観測である。観測は 15 分間隔で行われ、15 分おきに 5 秒間、100kHz でデータを取得し、5 秒間の平均値を記録した。

濁度計で計測された濁度から浮遊砂の容積濃度に変換するにあたっては、各箇所で現地材料を使った濁度計校正係数を優先して用いることとし、濁度計校正係数が未設定な箇所については、全国平均値を使用して、濁度計観測値から浮遊砂容積濃度を算出することとした。

その上で、各時間の浮遊砂濃度に流量を乗じて、各時間の浮遊砂量を算出した。濁度計による浮遊砂観測では、浮遊砂濃度には鉛直分布が計測されないこと、濁度計では粗い粒径が計測できていないことなどの技術的な課題が考えられるが、ここでは考慮していない。なお、技術的な課題については、国総研資料第 887 号「近年の山地河川における流砂水文観測」を参照されたい。

(5) ハイドロフォンによる観測データの整理

ハイドロフォンは砂防堰堤や床固め工等の横断工作物上に、図 2.2 に断面図を示したように上部 12mm が露出するよう周囲に耐摩耗用モルタルを充填し固定した。一般的に、ハイドロフォンの金属管の外径は 48.6mm、管の厚さは 3mm であり、多くの観測所で長さ 0.5m と 2.0m の 2 本のハイドロフォンが設置されている。

金属管内の片側にはコンデンサーマイクが設置されており、砂が衝突して金属管内で発する音の波形データ（以下、音響波形データ）を記録した。音響波形データは 15 分おきに 5 秒間取得し、掃流砂量に変換した。音響波形データのサンプリング周波数は 100kHz とし、円周方向の周波数成分を解析対象とした。なお、直径が 48.6mm の場合は約 4.4kHz となる。現地では、金属管内のマイクで記録した音響波形データをプリアンプおよび音響変換機によって増幅させた後、バンドパスフィルタにより処理した。フィルターの特性は、双 2 次曲線、中央周波数は 4.4kHz、クオルティ係数は 20 とした。その上で、得られた音響波形データを合成音圧法により掃流砂量に変換した。

ハイドロフォンは、掃流砂が生じていない低水時にも流水により音響波形（音圧）はゼロにならず（以下、この流水による音を「流水ノイズ」と呼ぶ）、流水ノイズのレベルは観測箇所によって異なるが、流水ノイズの音響波形をそのまま合成音圧法により掃流砂量に換算すると $1\sim 3\text{m}^3/\text{日}$ となる場合がある。そこで、本資料では掃流砂が生じていないと推定される小さい水深時に、掃流砂量がゼロになるように、閾値を設定して閾値以下の場合に掃流砂量がゼロになるようにした。閾値は観測箇所ごとで決めた。その結果、閾値となる音響波形（音圧）の時間平均値が 0.005V の箇所が最も多かった。

また、本資料で対象とした流砂水文観測箇所で用いられているデータロガーの測定可能範囲は $-5.5\text{V}\sim +5.5\text{V}$ である。そこで、音響波形（音圧）の時間平均値が 4V 以上のとき、音響波形の瞬間値が 5.5V 以上となっていることが多いことから、音響波形の時間平均値が 4V 以上のデータはレンジオーバーとした。

ハイドロフォンによる掃流砂観測では、掃流砂の一部がハイドロフォンに衝突しないため掃流砂量が過小評価となる、粒径が $2\sim 3\text{mm}$ 程度以下の掃流砂は流水のノイズ等の影響のため計測精度が低くなる²⁾、掃流砂量は横断方向の分布が計測されていないなどの技術的な課題が考えられるが、ここでは考慮していない。なお、技術的な課題については、国総研資料第 887 号「近年の山地河川における流砂水文観測」を参照されたい。

【参考文献】

- 1) 鈴木拓郎・水野秀明・小山内信智（2010）：音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂量計測手法に関する基礎的研究，砂防学会誌，62(5)，18-26.
- 2) 光永健男・守谷武史・内田太郎・富田邦裕・叶正興：富士川砂防事務所管内における流砂量観測，砂防学会誌，68(1)，83-87

表 2.1 観測箇所名の諸元

観測所記号	地方整備局	事務所名	水系・山系	観測所名および所在地			観測箇所諸元			機器の有無			流量算出方法			
				河川名	住所	観測所名	経度	緯度	降雨観測所	流域面積 (km ²)	河床勾配 (°)	川幅 (m)		水位計	濁度計	ハイドロフォン
81-3-01	北海道開発局	帯広開発建設部	十勝川	札幌川	北海道帯広市大正町	第二大川橋	42.798	143.155	戸蓋橋	580.0	0.09	43	第二大川橋	有	無	H-O式
81-3-02	北海道開発局	新庄河川事務所	十勝川	戸蓋別川	北海道帯広市上清川町	戸蓋橋	42.699	143.059	戸蓋橋	160.6	0.31	54	戸蓋橋	有	無	H-O式
82-1-03	東北地方整備局		最上川	角川	山形県最上郡戸沢村古口	明戸	38.731	140.129	五口	128.0	0.30	-	有	無	無	-
82-1-05			最上川	銅山川	山形県最上郡大蔵村赤松	堀内	38.687	140.235	堀内(赤松)	186.0	1.26	-	有	無	無	H-O式
82-1-06			最上川	銅山川	山形県最上郡大蔵村南山	肘折ダム	38.609	140.167	肘折ダム	99.5	1.03	-	有	無	無	マンゴの式
82-1-07			最上川	銅山川	山形県最上郡大蔵村赤松	合流点	38.677	140.237	合流点	134.1	0.29	-	有	無	無	-
82-1-08			最上川	寒河江川	山形県西田郡西川町海味	寒河江ダム	38.422	140.151	関沢	331.9	0.88	-	有	無	無	-
82-1-09			最上川	寒河江川	山形県西田郡西川町大井沢	中村	38.422	139.993	交藤原川	16.9	1.80	-	有	無	無	-
82-1-10			最上川	寒河江川	山形県西田郡西川町水沢	寒河江ダム	38.437	140.105	水沢川	21.8	1.97	-	有	無	無	-
82-1-11			最上川	鮭川	山形県最上郡真室川町川内	金山	38.868	140.256	安久土	210.5	0.45	-	安久土	有	無	H-O式
82-1-12			最上川	鮭川	山形県最上郡真室川町大沢	真室川	38.903	140.226	真室川	43.0	0.96	-	小川内	有	無	H-O式
82-1-13			最上川	鮭川	山形県最上郡真室川町及位	主室坂	38.967	140.419	真室沢	20.4	2.71	-	有	無	無	-
82-1-14			最上川	鮭川	山形県最上郡真室川町及位	主室坂	38.978	140.359	朴木沢	12.3	1.63	-	有	無	無	-
82-1-15			最上川	鮭川	山形県最上郡釜山町中田	主室坂	38.921	140.334	中田橋本沢	18.8	1.30	-	有	無	無	-
82-2-01		福島河川国道事務所	阿武隈川	松川	福島県福島市高沢又	福島(国)	37.781	140.436	流路工新2床固工	83.8	0.54	50	溝水	有	有	H-O式
82-2-02			阿武隈川	須川	福島県福島市上野寺	庭坂	37.756	140.403	館の下橋	97.8	0.53	-	有	無	無	H-O式
82-2-03			阿武隈川	荒川	福島県福島市仁井田	土湯	37.754	140.427	荒川第1帯工	64.2	1.23	75	有	有	有	H-O式
82-2-04			阿武隈川	荒川	福島県福島市上名倉	土湯	37.736	140.389	上名倉水位観測所	64.0	0.94	70	有	有	有	マンゴの式
82-2-05			阿武隈川	荒川	福島県福島市青井	土湯	37.695	140.342	荒川第5水位観測所	56.0	2.27	20	荒川第5ダム	有	有	マンゴの式
82-2-06			阿武隈川	荒川	福島県福島市土湯温泉町	土湯	37.683	140.328	土湯水位観測所	37.0	2.17	10	土湯	有	有	H-O式
82-3-01		岩手河川国道事務所	北上川	赤川	岩手県八幡平市平館	野駄	39.959	141.078	平路観測所	114.0	0.21	15	有	有	有	マンゴの式
82-3-02			北上川	松川	岩手県八幡平市田頭	野駄	39.920	141.053	田頭観測所	97.8	0.88	65	有	有	有	マンゴの式
82-3-03			北上川	松川	岩手県八幡平市松島本	松川	39.891	140.953	松島観測所	301.4	0.04	-	有	無	無	-
82-3-04			北上川	龍川	岩手県岩手郡岩手町上野新里	春木場	39.690	140.947	春木場観測所	139.1	0.24	55	春木場	有	有	-
82-3-05			北上川	龍川	岩手県岩手町長山	滝ノ上	39.812	140.922	長山観測所	89.9	1.51	40	有	有	有	マンゴの式
82-3-06			北上川	竜川	岩手県岩手郡石町御明神小赤沢	春木場	39.685	140.912	小赤沢観測所	136.3	1.00	-	有	有	無	-
82-3-07			北上川	志戸前川	岩手県志戸町御明神赤洲	春木場	39.680	140.900	御明神観測所	46.9	1.13	-	有	有	無	-
82-3-08			北上川	産女川	岩手県一関市廣義町字岡山	三ツ森	38.967	140.909	本寺観測所	25.3	1.38	25	有	有	有	マンゴの式
82-4-01		湯沢河川国道事務所	八幡平山系	生保内川	秋田県北上市田沢湖生保内下台地内	下捨木内	39.698	140.739	生保内川第1砂防堰堤	56.8	0.78	25	有	有	有	マンゴの式
82-4-02			八幡平山系	先達川	秋田県北上市田沢湖生保内下台地内	玉川ダム	39.778	140.755	先達川	40.7	2.86	30	有	有	有	マンゴの式
82-4-03			八幡平山系	六枚沢川	秋田県北上市田沢湖生保内下台地内	下捨木内	39.705	140.753	六枚沢	4.9	7.59	10	有	有	有	マンゴの式
82-5-01		関東地方整備局	利根川	栗駒山系	宮城県栗原市花山	鎌田	38.603	140.819	鎌田橋	913.0	0.23	50	有	有	有	マンゴの式
83-1-03			利根川	利根川	群馬県利根郡片品村鎌田	鎌田	36.767	139.226	鎌田橋	247.4	0.95	69	有	有	有	H-O式
83-1-05			利根川	利根川	群馬県吾妻郡藤原村三原	田代	36.636	138.553	三原	267.0	0.72	80	有	有	有	H-O式
83-1-09			利根川	利根川	群馬県安中市松井田町藤川	松井田	36.339	138.729	藤川	28.5	1.22	22	有	有	有	H-O式
83-1-11			利根川	利根川	群馬県多野郡上野村新羽	奥名郷	36.070	138.604	向屋	17.0	1.36	20	有	有	有	H-O式
83-2-01		日光砂防事務所	利根川	大谷川	栃木県日光市町谷	日光	36.752	139.768	日光砂防堰堤	243.0	0.43	117	有	有	有	H-O式
83-3-01		渡良瀬川河川事務所	利根川	利根川	栃木県日光市足尾町	足尾	36.677	139.440	足尾砂防堰堤	54.0	2.08	40	既設	有	有	-
83-3-02			利根川	利根川	栃木県日光市足尾町	足尾	36.625	139.430	中居砂防堰堤	130.0	1.15	35	有	有	有	H-O式
83-3-03			利根川	利根川	群馬県利根郡高橋町	鳥居川/大間々	36.494	139.261	川口川下流砂防堰堤	15.2	3.31	35	既設	有	有	-
83-3-04			利根川	利根川	群馬県みどり市大間々町	鳥居川/大間々	36.474	139.259	上神橋砂防堰堤	430.0	0.90	80	有	有	有	H-O式
83-3-05			利根川	利根川	群馬県桐生市堤町	大間々	36.415	139.316	赤岩橋	504.7	0.41	40	有	有	無	H-O式
83-3-06			利根川	利根川	群馬県足利市葉鹿町	大間々	36.358	139.386	葉鹿橋	582.0	0.27	130	有	有	無	H-O式

表 2.2 観測箇所諸元

観測所記号	地方整備局	事務所名	水系・山系	河川名	住所	緯度	経度	観測所名	観測箇所諸元			機器の有無			流量算出方法
									降雨観測所	流域面積 (km ²)	河床勾配 (‰)	川幅 (m)	水位計	濁度計	
83-4-01	富士川砂防事務所	富士川砂防事務所	富士川	釜無川	山梨北杜市白州町大武川	35.884	138.253	西比呂下流第6床固	釜無川	84.9	0.97	85	有	有	H-0式
83-4-02	富士川	富士川	富士川	釜無川	山梨北杜市白州町下教来石	35.837	138.208	流川第36床固	雨乞無ノ小淵沢	9.4	2.02	20	有	有	H-0式
83-4-03	富士川	富士川	富士川	釜無川	山梨北杜市白州町下教来石	35.822	138.314	流川下流第9床固	日向山ノ小淵沢	16.4	1.10	25	有	有	H-0式
83-4-04	富士川	富士川	富士川	釜無川	山梨北杜市武川町牧原	35.787	138.383	大武川第50床固	大坊ノ小淵沢	72.0	0.95	74	有	有	H-0式
83-4-05	富士川	富士川	富士川	釜無川	山梨東野崎市龍岡町若尾新田	35.700	138.454	船山橋	野呂川	479.0	0.57	-	有	有	H-0式
83-4-06	富士川	富士川	富士川	早川	山梨県早川町下湯島	35.530	138.310	鷹鷹橋下流床固	野呂川	222.0	1.01	20	有	有	H-0式
83-4-08	北陸地方整備局	松本砂防事務所	信濃川上流	早川	山梨県早川町大字初鹿字日甲山058-1	35.424	138.403	樽平堰	早川	494.2	1.91	-	有	有	H-0式
84-1-05	信濃川上流	信濃川上流	信濃川上流	姫川	長野県松本市安曇	36.186	137.783	樽ヶ谷川地区	鳥ヶ谷川	77.7	8.10	28	有	有	マンダの式
84-1-07	姫川	姫川	姫川	松川	長野県北安曇郡白馬村	36.679	137.856	平川地区	白馬	26.8	10.20	69	有	有	マンダの式
84-1-08	松川	松川	松川	蒲川	長野県北安曇郡小谷村	36.708	137.880	松川地区	白馬	63.6	12.80	170	有	有	マンダの式
84-1-09	湯沢砂防事務所	湯沢砂防事務所	信濃川下流	登川	長野県北安曇郡白馬村	36.824	137.903	蒲川地区	南小谷	22.0	9.50	53	有	有	マンダの式
84-2-04	信濃川下流	信濃川下流	信濃川下流	常願寺川	新潟県魚沼市長崎	36.992	138.886	登川	清水	83.2	3.58	70	有	有	H-0式
84-2-05	常願寺川	常願寺川	常願寺川	常願寺川	新潟県魚沼市巻光	37.275	138.908	巻光砂地	堀之内	38.4	1.40	17	有	有	H-0式
84-3-01	常願寺川	常願寺川	常願寺川	常願寺川	富山県富山市上滝(左岸)	36.610	137.309	上滝床固	千壽ヶ原	354.0	0.90	195	有	有	マンダの式
84-3-03	手取川	手取川	手取川	手取川	富山県中新川郡立山町声崎寺	36.586	137.447	称名川第20号床固工	千壽ヶ原	48.0	1.43	60	有	有	H-0式
84-4-02	神通川水系砂防事務所	神通川水系砂防事務所	神通川	蒲田川	石川県白山市瀬戸	36.283	136.660	御輪堰	尾添	184.4	0.17	50	有	有	H-0式
84-5-01	神通川水系砂防事務所	神通川水系砂防事務所	神通川	平湯川	岐阜県高山市豊秋野温泉郷今泉地区	36.247	137.511	たから第5号床固	栃尾	100.6	4.40	130	有	有	H-0式
84-5-02	神通川水系砂防事務所	神通川水系砂防事務所	神通川	神通川	岐阜県高山市豊秋野温泉郷今泉地区	36.247	137.511	たから第6号床固	平湯	59.0	6.87	75	有	有	H-0式
84-6-01	中郡地方整備局	中郡地方整備局	天竜川	天竜川	山形県西田川郡小国町上ノ沢	38.080	139.673	上ノ沢第1号砂防堰	上関	6.3	2.70	10	有	有	マンダの式
85-1-04	木曾川	木曾川	木曾川	木曾川	長野県下伊那郡松川町生田	35.596	137.930	宮ヶ瀬	飯島	36.7	2.30	50	有	有	H-0式
85-3-01	越美山系	越美山系	越美山系	越美山系	岐阜県津川市津川	35.452	137.517	川上	小沢ダム	2224.3	0.30	80	有	有	H-0式
85-5-01	越美山系	越美山系	越美山系	越美山系	岐阜県津川市津川	35.604	136.593	坂内地区	川上	93.4	0.31	35	有	有	H-0式
85-5-02	近畿地方整備局	近畿地方整備局	六甲山系	六甲山系	岐阜県津川市津川	35.559	136.509	小津堰	藤橋	37.5	1.06	18	有	有	H-0式
86-1-01	六甲山系	六甲山系	六甲山系	六甲山系	岐阜県津川市津川	34.743	135.297	河原毛	柿谷	6.9	3.43	10	有	有	H-0式
86-1-03	六甲山系	六甲山系	六甲山系	六甲山系	兵庫県神戸市東灘区鶴甲3丁目地先	34.734	135.231	大土	鶴甲	4.2	6.28	16	有	有	H-0式
86-1-04	六甲山系	六甲山系	六甲山系	六甲山系	兵庫県神戸市兵庫区矢部町地先	34.690	135.174	宇治川	宇治川	3.0	1.15	5	有	有	マンダの式
86-1-05	六甲山系	六甲山系	六甲山系	六甲山系	兵庫県神戸市兵庫区上紙園町地先	34.693	135.166	平野	宇治川	7.3	5.14	10	有	有	マンダの式
86-1-09	六甲山系	六甲山系	六甲山系	六甲山系	兵庫県神戸市東灘区住吉地先	34.738	135.260	大谷	荒神山	7.4	4.00	23	有	有	H-0式
86-1-10	六甲山系	六甲山系	六甲山系	六甲山系	兵庫県神戸市東灘区住吉山6丁目地先	34.734	135.257	安場	荒神山	3.5	4.00	12	有	有	マンダの式
83-3-01	木津川	木津川	木津川	木津川	奈良県宇陀郡常盤村伊賀見	34.551	136.139	伊賀見	香落	102.5	0.02	30	有	有	マンダの式
87-2-01	中国地方整備局	中国地方整備局	大山山系	大山山系	鳥取県倉吉市田内町	35.450	133.841	今津堰	牧	490.0	0.20	150	有	有	マンダの式
87-2-02	大山山系	大山山系	大山山系	大山山系	鳥取県倉吉市田内町	35.420	133.851	田谷堰	牧	233.3	0.27	120	有	有	マンダの式
87-2-03	大山山系	大山山系	大山山系	大山山系	鳥取県倉吉市湯谷	35.390	133.857	大井手	牧	114.6	0.62	30	有	有	マンダの式
87-2-08	大山山系	大山山系	大山山系	大山山系	鳥取県倉吉市耳町	35.377	133.773	若士大口堰	若士	87.8	0.68	50	有	有	マンダの式
87-2-15	大山山系	大山山系	大山山系	大山山系	鳥取県倉吉市三江	35.416	133.779	輪王寺	高城	59.9	0.87	25	有	有	マンダの式
88-1-10	四国地方整備局	四国地方整備局	那賀川	那賀川	徳島県那賀郡那賀町	33.851	134.290	名蔵の瀬	名蔵ノ瀬	127.9	0.51	25	有	有	マンダの式
89-1-03	九州地方整備局	九州地方整備局	大淀川	大淀川	宮崎県都城市高崎町結瀬地先	31.915	130.985	花巻橋	狭野	31.1	1.30	40	有	有	H-0式
89-2-01	川辺川ダム砂防事務所	川辺川ダム砂防事務所	大淀川	大淀川	宮崎県西諸県郡高良町	31.910	130.962	高千穂川	狭野	7.5	6.30	5	有	有	H-0式
89-2-02	球磨川	球磨川	球磨川	球磨川	熊本県八代市桑町	32.519	130.939	吐合橋	板木	64.4	1.00	18	有	有	H-0式
89-2-06	球磨川	球磨川	球磨川	球磨川	熊本県球磨郡相良村	32.519	130.945	塞木川第3号砂防堰	板木	41.2	0.80	18	有	有	H-0式
89-2-09	球磨川	球磨川	球磨川	球磨川	熊本県球磨郡相良村	32.441	130.857	宮園橋	五木宮園	229.2	0.30	72	有	有	H-0式
					熊本県球磨郡相良村	32.304	130.847	田代橋	五木宮園	490.4	0.30	67	有	有	H-0式

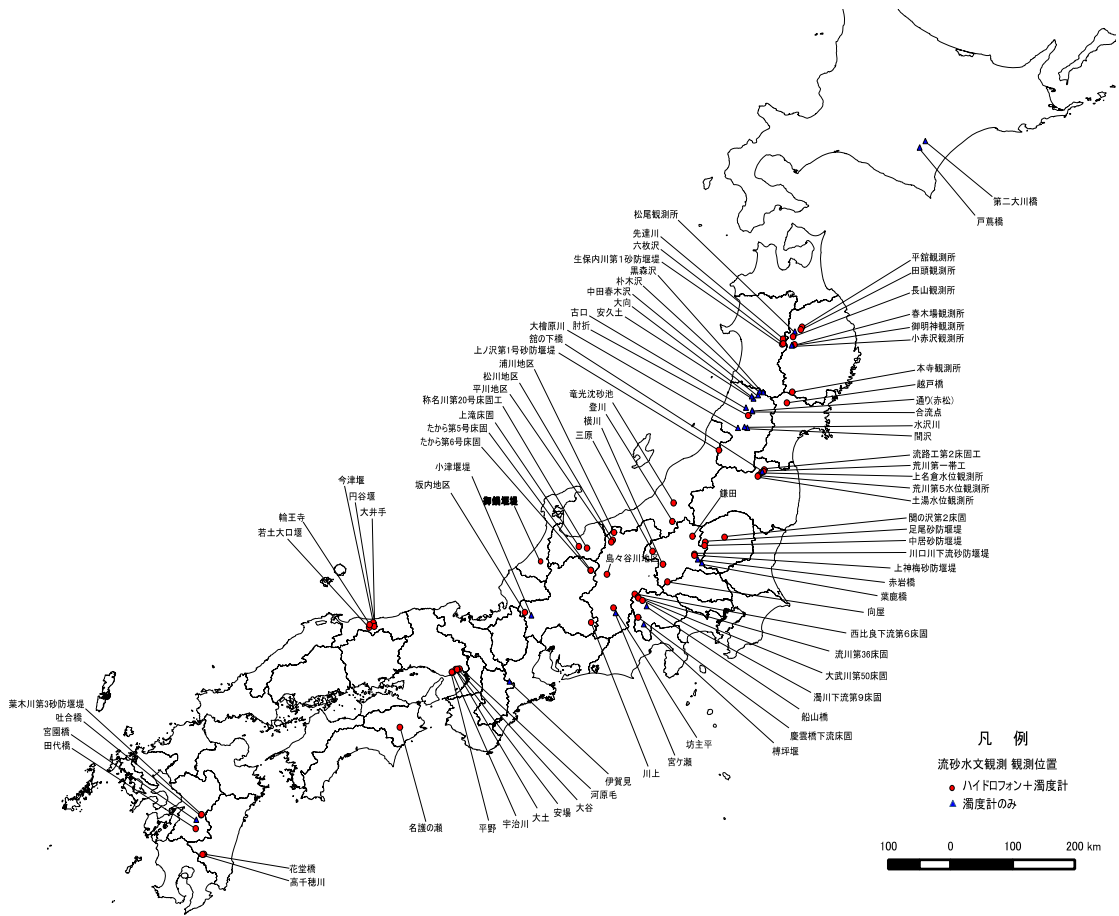


図 2.1 本資料で対象とした観測箇所的位置

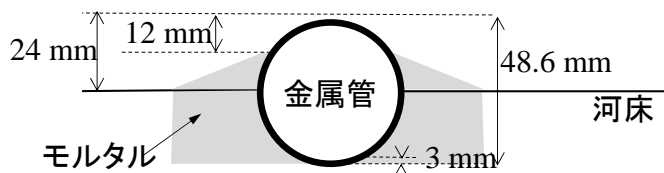


図 2.2 ハイドロフォンの設置状況