

岩倉峡(57.4k)地点の流下能力について

平成17年12月12日

木津川上流河川事務所

岩倉峡の流下能力について

岩倉峡の流下能力については流域委員会の指摘をうけ、河川管理者として専門家による「岩倉峡流下能力検討会」を設け検討しました。

岩倉峡流下能力検討会には河川管理者から別添の資料1「岩倉峡区間における不等流計算について」を提示し検討していただきました。

その結果、別添の資料2「木津川岩倉地点(57.4k)における水位・流量関係について(岩倉峡流下能力検討会報告書)」をとりまとめていただきました。

これを踏まえ、岩倉(57.4k)地点の、水位流量曲線は図1を用いることとします。

また、これにより従来示してきた上野地区の氾濫等について見直した結果を別冊「川上ダム調査検討(とりまとめ)」に示します。

なお、今後、遊水地の越流堤等の設計に当たっては、岩倉峡流下能力の評価による影響を検討した上で行うこととします。

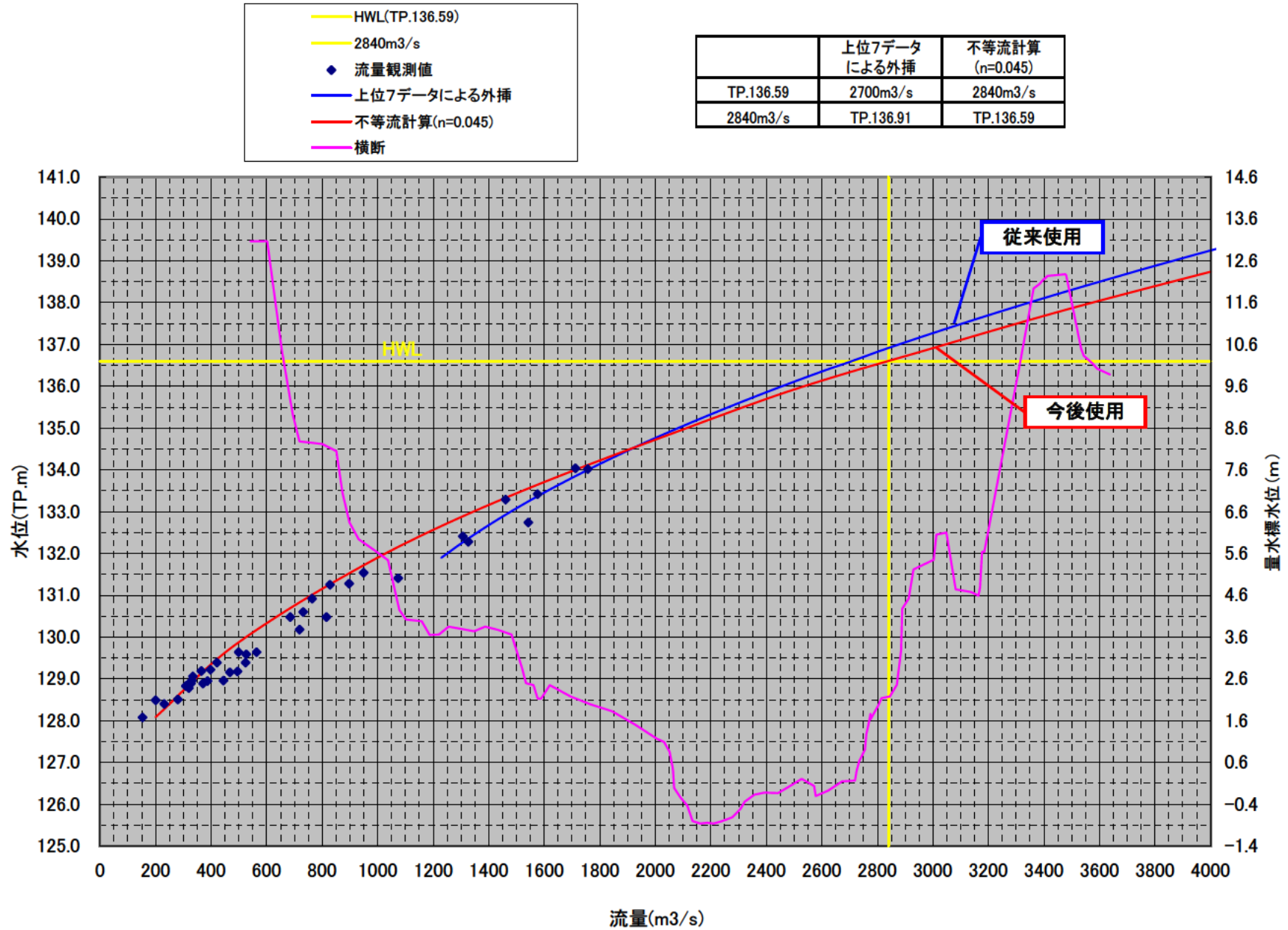


図1 岩倉(57.4k)地点水位流量曲線図

第3回 岩倉峡流下能力検討会
(平成17年11月7日)

河川管理者提出資料

第3回 岩倉峡流下能力検討会

第2回の検討会での専門家等の指導・助言を得て、検討した結果は下記のとおりです。

1. 岩倉峡の不等流計算について

1) 54.4 km ~ 57.2 km区間の過去の洪水痕跡により逆算粗度係数を検討した。

近年の3洪水でそれぞれ最も標準偏差の少ない粗度係数は以下の通りである。

S57洪水 $n=0.045$, H2洪水 $n=0.050$, H6洪水 $n=0.045$

また、57.4 km地点の実測流量観測値と水位との関係に対して、粗度係数を变化させた不等流計算結果を見ると

実測観測値のほぼ中央を通過する粗度係数は $n = 0.035$ となる。

過去の実績3洪水の痕跡水位から判断すると $n = 0.045$ となる。

以上より、2つの粗度係数が考えられるが、上野地区上流の治水計画を検討するにあたって

過去の洪水痕跡による逆算粗度係数の標準偏差が小さい。

57.4 km地点の実測水位の高位部をほぼ抱絡する。

ことから治水計画上の現況河道の粗度 $n = 0.045$ を採用することとしたい。

2. 岩倉峡の流下能力について

1) 流下能力の推定方法について

従来、河川管理者として流域委員会に示してきた流量観測値上位7個からの外挿による方法

今回の不等流計算による方法の二つ方法が考えられる。

いずれの方法において推定しても、流量観測値以外に推定精度を評価出来るデータがない。

の方法は、推定式をどのように設定するかによって流量観測値以外の高い水位での結果に差がでる。の不等流計算による方法は水理学的な根拠が一定あることや、流量観測値以外の高い水位まで一連の計算で算出可能なため、岩倉峡の流下能力の算出方法は、不等流計算による方法を採用することとしたい。(検討結果は別図に示してあるとおり)。

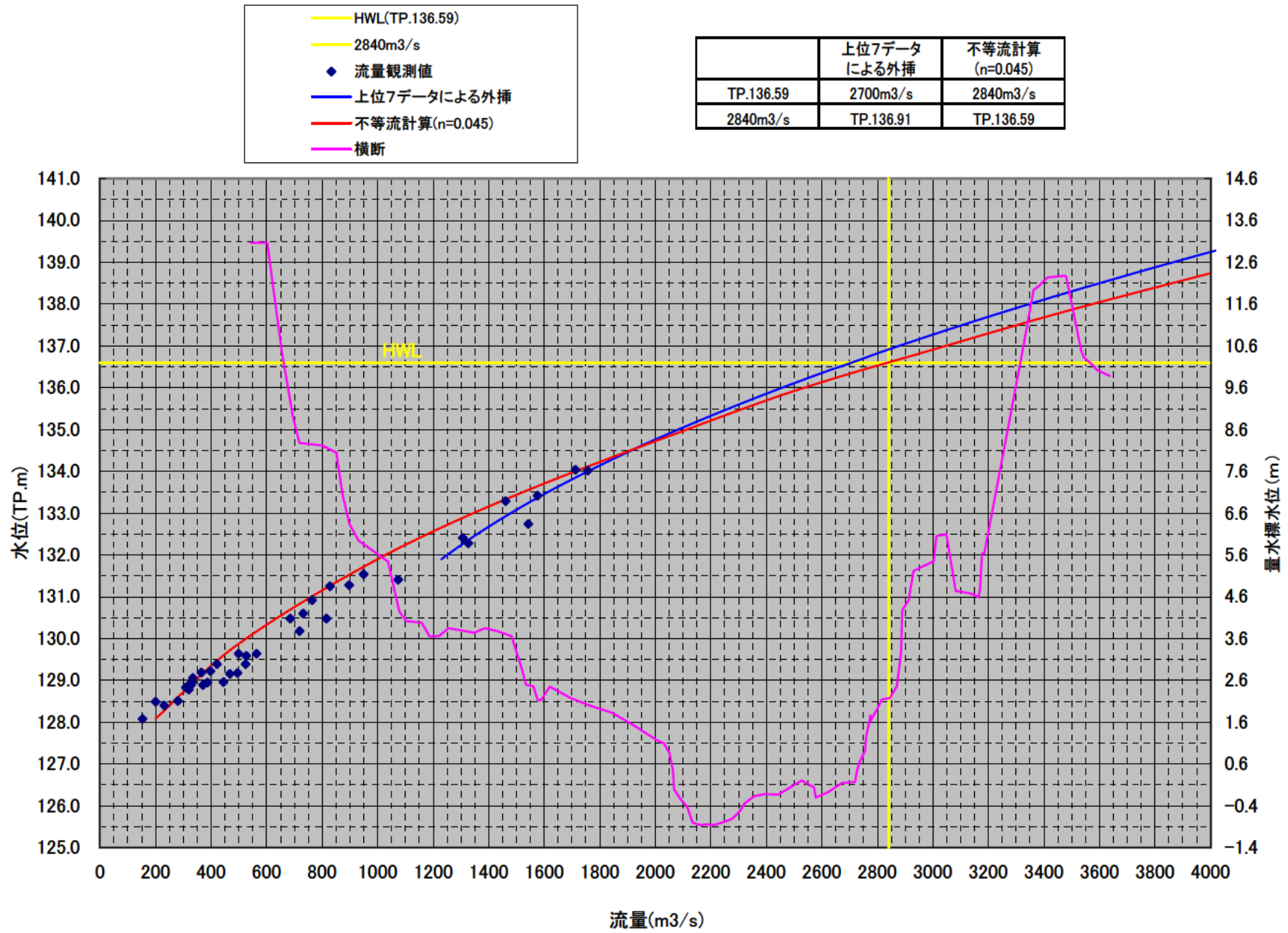


図1 岩倉(57.4k)地点水位流量曲線図

岩倉峡区間における不等流計算について

検 討 資 料

平成 17 年 11 月 7 日

国土交通省 木津川上流河川事務所

目次

	頁
1. 検討目的.....	1
2. 不等流計算手法.....	2
2.1 水面形の計算方法	2
2.2 遷移断面の抽出条件.....	3
3. 水位計算.....	7
3.1 計算条件	7
3.2 計算結果	8
4. 既往洪水による逆算粗度係数の検討.....	11

1. 検討目的

木津川上流の岩倉峡（島ヶ原～岩倉区間）は、河床勾配が約 1/150 と急勾配で、断面形状が上下流で大きく変化する岩河床区間である。

この岩倉峡の流下能力については、岩倉地点（57.4k）の HQ 関係を条件として上流域の治水計画が検討されることから、その HQ 関係を評価する 1 つの方法として不等流計算による手法がとられている。しかし、この区間は上述したような河道特性をもち、常流・射流が混在した複雑な流れとなるため、常流・射流が混在する区間での不等流計算法の精度を向上させることを目的とする。

○検討対象範囲・・・島ヶ原地点(51/899)～57.8k

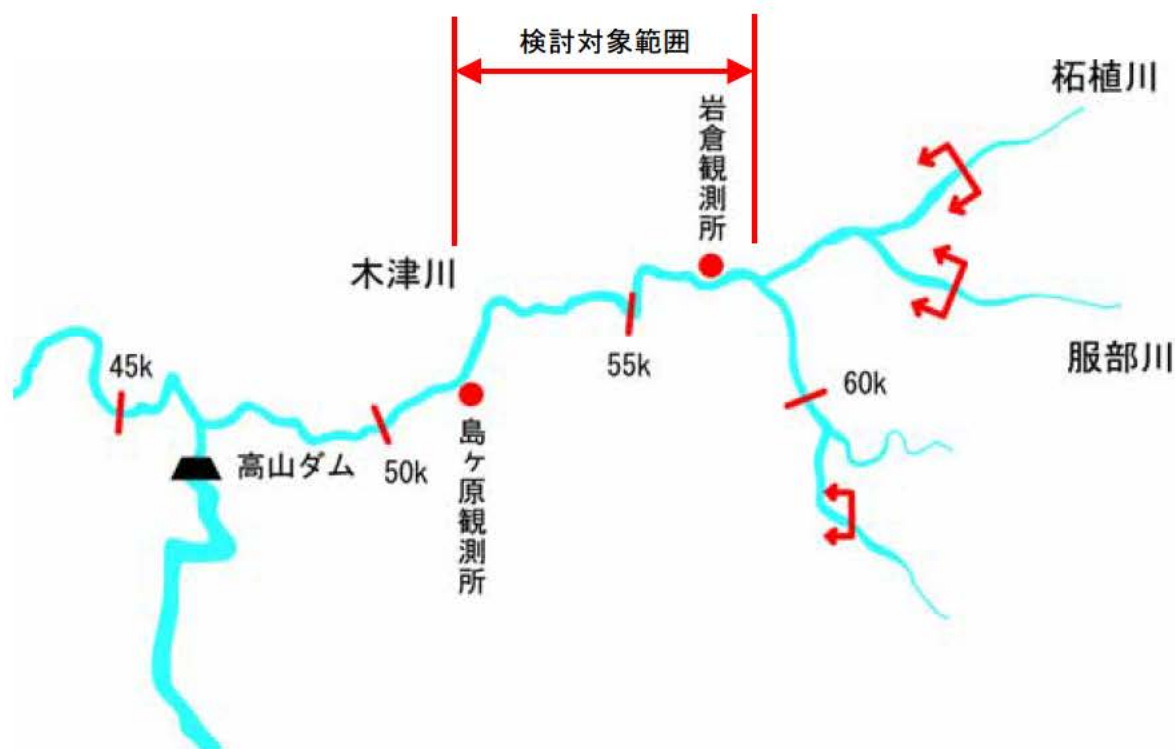


図 1.1 検討対象範囲

2. 不等流計算手法

2.1 水面形の計算方法

(1) 射流区間の水面形

右図に示す第*(i)*断面まで計算が進行したとすると、第*(i-1)*断面の水位 $H_{(i-1)}$ の求め方は下式により標準逐次計算により求める。

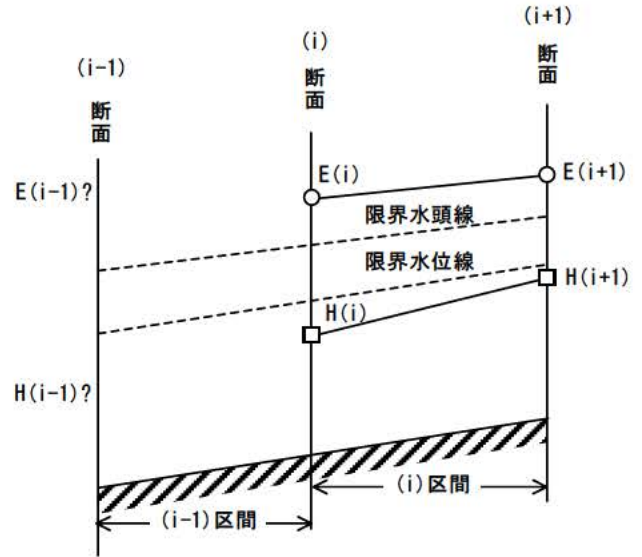


図 2.1 計算の進め方

$$\left(\frac{\alpha Q^2}{2gA_{(i-1)}^2} + H_{(i-1)} \right) - \left(\frac{\alpha Q^2}{2gA_{(i)}^2} + H_{(i)} \right) = \Delta H_{(i-1)} \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 $A_{(i-1)}$ は水位が $H_{(i-1)}$ の時の流水断面積、 Q は流量、 g は重力加速度、 n はマンニングの粗度係数、 $\Delta H_{(i-1)}$ は、*(i-1)* 区間における損失水頭である。

(2) 常流区間の水面形

上記と同様に、常流から射流に遷移する可能性のある断面より、上流に向かって常流水位を計算する。

第*(i)*断面まで計算が進んだとして、その上流側第*(i+1)*断面の水位 $H_{(i+1)}$ の求め方は以下のとおりである。

$$\left(\frac{\alpha Q^2}{2gA_{(i+1)}^2} + H_{(i+1)} \right) - \left(\frac{\alpha Q^2}{2gA_{(i)}^2} + H_{(i)} \right) = \Delta H_{(i)} \quad \dots\dots (2)$$

上記のような方法により、常流から射流に遷移する可能性のある断面から、射流区間、常流区間の水面形の計算を行う。

2.2 遷移断面の抽出条件

(1) 石川・林の方法¹⁾

図に示す第(i)断面で常流から射流に遷移するための条件を考えると、各断面の水深およびエネルギーは以下ようになる。

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{第}(i-1)\text{断面 射流水深} \\
 H(i-1) < H_c(i-1) \quad E(i-1) > E_c(i-1) \\
 \\
 \text{第}(i)\text{断面 限界水深} \\
 H(i) = H_c(i) \quad E(i) = E_c(i) \\
 \\
 \text{第}(i+1)\text{断面 常流水深} \\
 H(i+1) > H_c(i+1) \quad E(i+1) > E_c(i+1) \\
 \dots\dots\dots (3)
 \end{array} \right\}$$

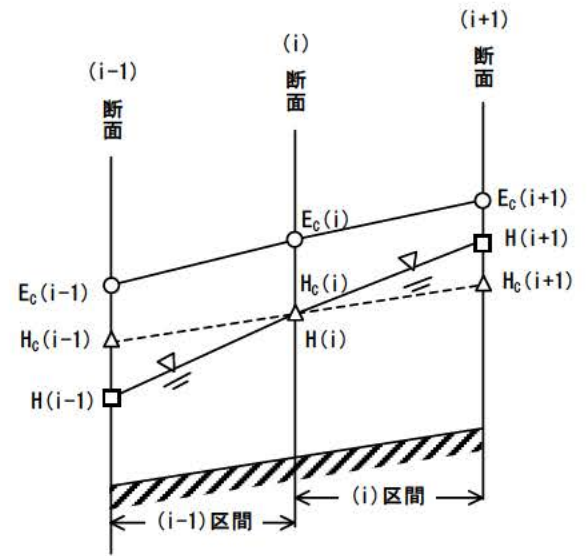


図 2.2 遷移断面概念図

ここに $H(i)$, $E(i)$ は第(i)断面の水位とエネルギー(全水頭)である。 $H_c(i)$, $E_c(i)$ は各々限界水位と限界水頭で、横断面形と流量から決定される。

ここで、すべての断面で限界水深となる仮想的な流れを考え、仮想流れの水頭損失量を $\Delta E_c(i)$ とすると、(i-1)断面および(i+1)断面に解の存在する条件(すなわち $E(i-1)$, $E(i+1)$ の値が存在する条件)が次のように得られる。

$$\left. \begin{array}{l}
 E_c(i) + \Delta E_c(i) > E_c(i+1) \\
 E_c(i) - \Delta E_c(i-1) > E_c(i-1)
 \end{array} \right\} \dots\dots (4)$$

以上より、常流から射流に遷移する可能性のある断面を捜し出す。

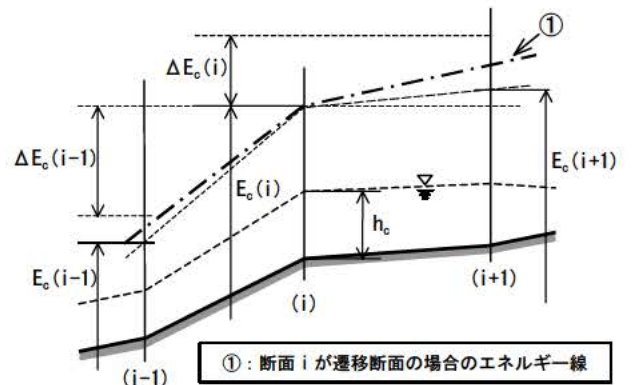


図 2.3 遷移断面の条件

¹⁾ 石川忠晴,林正男:「常流・射流が混在する区間の不等流計算法」,土木技術資料 25-3,pp39-44,1983.

(2) 逐次計算による方法

下図のように、限界水深から出発する逐次計算を行い、水面形が上流側、もしくは下流側へつながらずどうかを判別し、緩勾配区間から急勾配区間へと遷移する地点を抽出する。

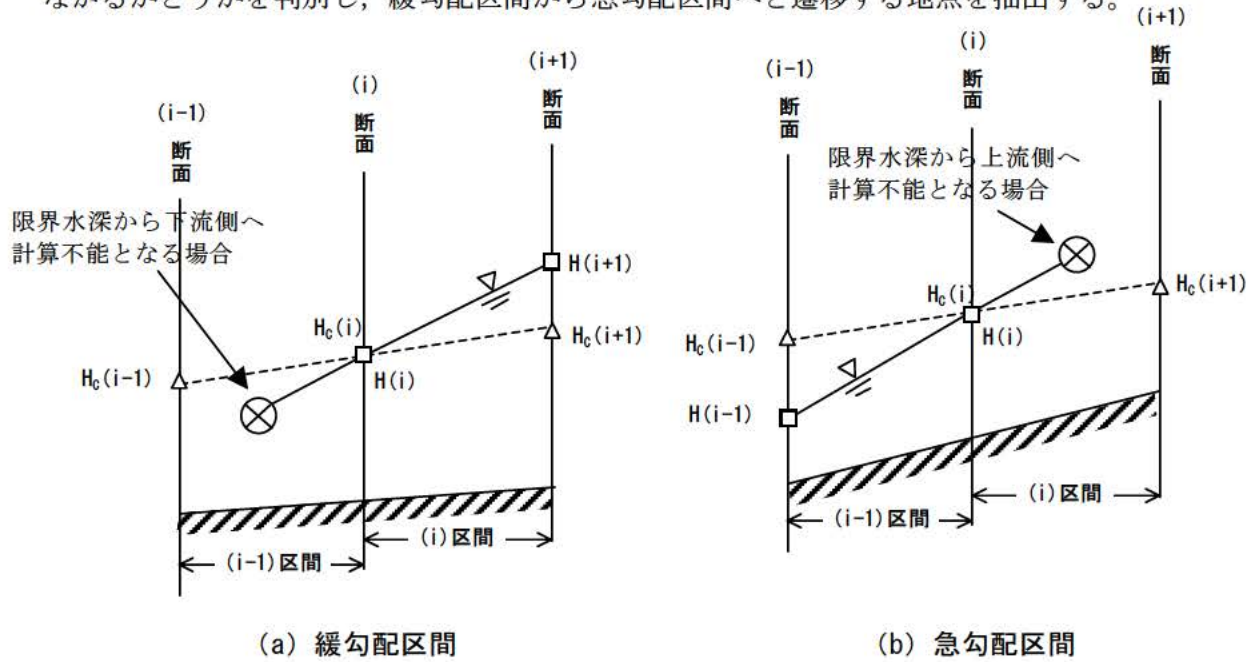


図 2.4 緩勾配区間と急勾配区間

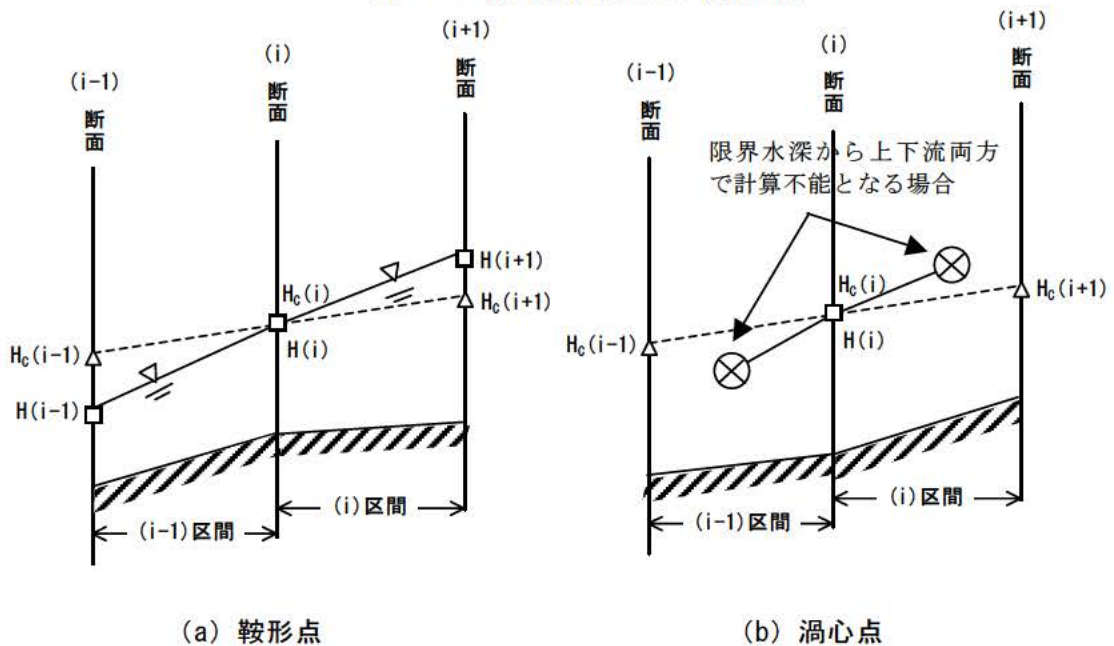


図 2.5 緩勾配区間↔急勾配区間の遷移点

以上より、全ての断面において、限界水深から出発する逐次計算を上流側（常流計算）、下流側（射流計算）へ行い、限界水深の上流、下流で水面がつながる鞍形点（常流から射流に遷移する可能性のある断面）を抽出する。

(3) 水面形の接続方法

跳水区間の水面形の接続は、跳水が共役水深の間で生じることを利用して、以下の方法を用いて行った。

運動量方程式より、比力は下式で与えられる。

$$F = \frac{Q^2}{A} + \int gh dA \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに h は水面から下向きの距離, $\int dA$ は流水断面積内の積分を意味する。

【接続手順】

下図のように、常流水面形①-②, 射流水面形③-④が求められた場合

手順1：常流水面形①-②に対する共役水位①'-②'を求める。

(射流水面形③-④に対する共役水位③'-④'を求める。)

手順2：射流水面形③-④と常流水面形に対する共役水位①'-②'の交点を⑤とする。

(常流水面形①-②と射流水面形に対する共役水位③'-④'の交点を⑥とする。)

手順3：⑤より垂直に伸ばした線と常流水面形①-②の交点を⑥とする。

(⑥より垂直に伸ばした線と射流水面形③-④の交点を⑤とする。)

手順4：⑤-⑥間で跳水が発生するものとして、①→⑥→⑤→④を跳水地点の水面形とする。

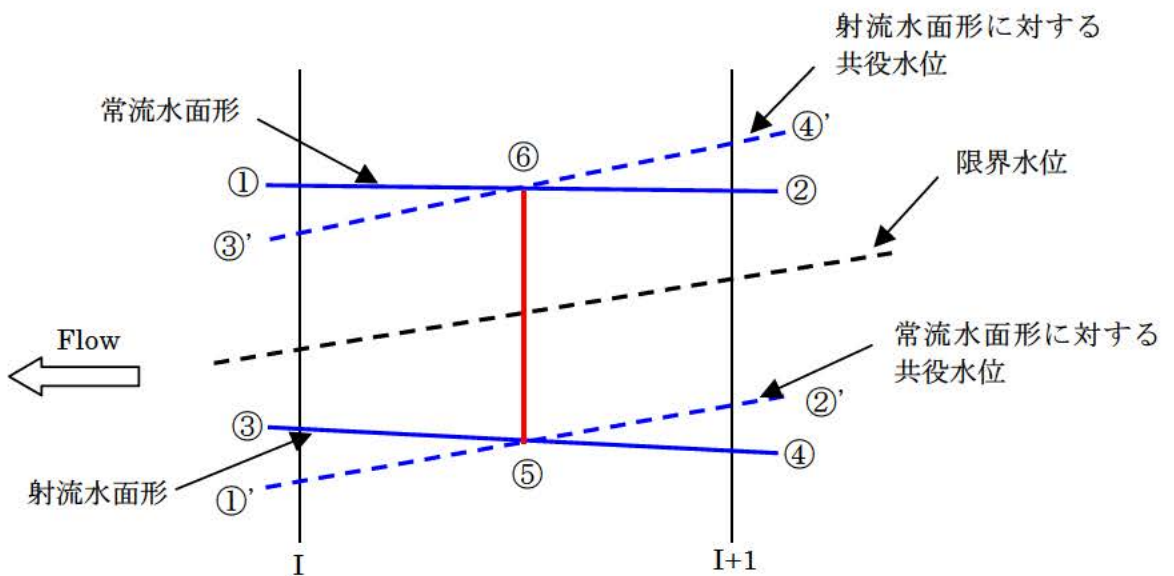
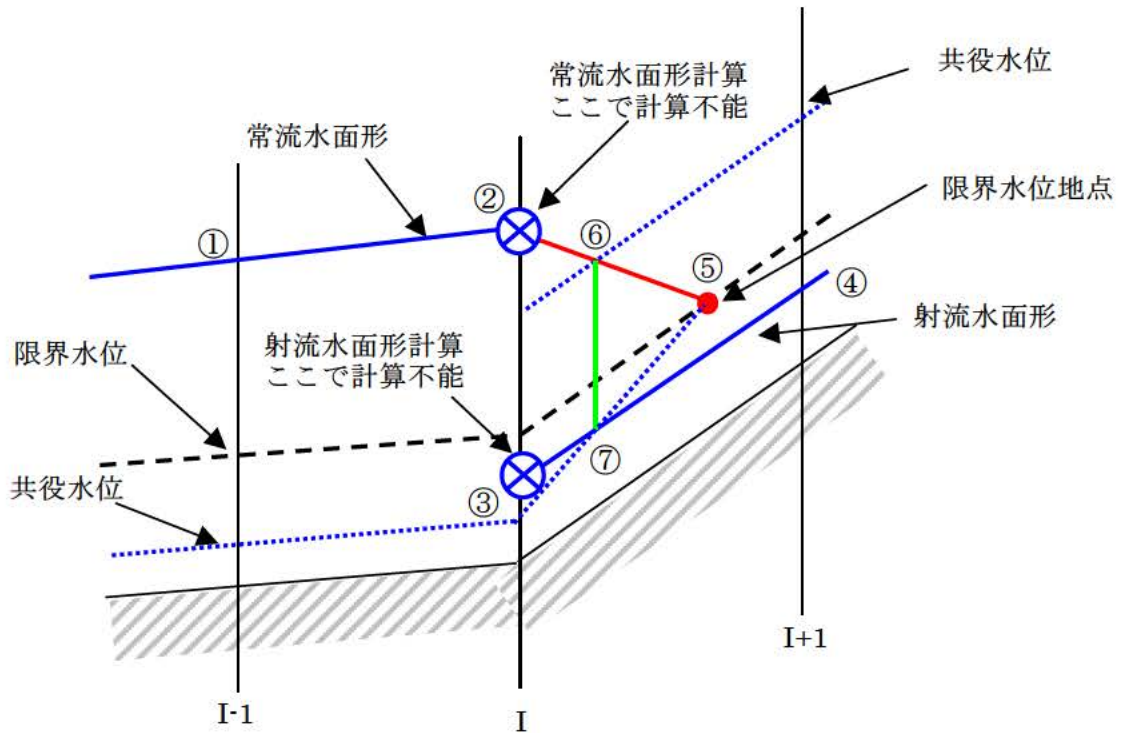


図 2.6(1) 跳水地点の水面形接続方法

また、図 2.6(1)のように、常流水面形①-②，射流水面形③-④の両方の解が求められず，計算不能となった場合には，以下のようにベルヌイ式より限界水位地点（図の⑤）を求め，跳水位置を決定する。

以下の場合，水面形は①→②→⑥→⑦→④となる。



以下の場合，水面形は①→⑦→⑥→③→④となる。

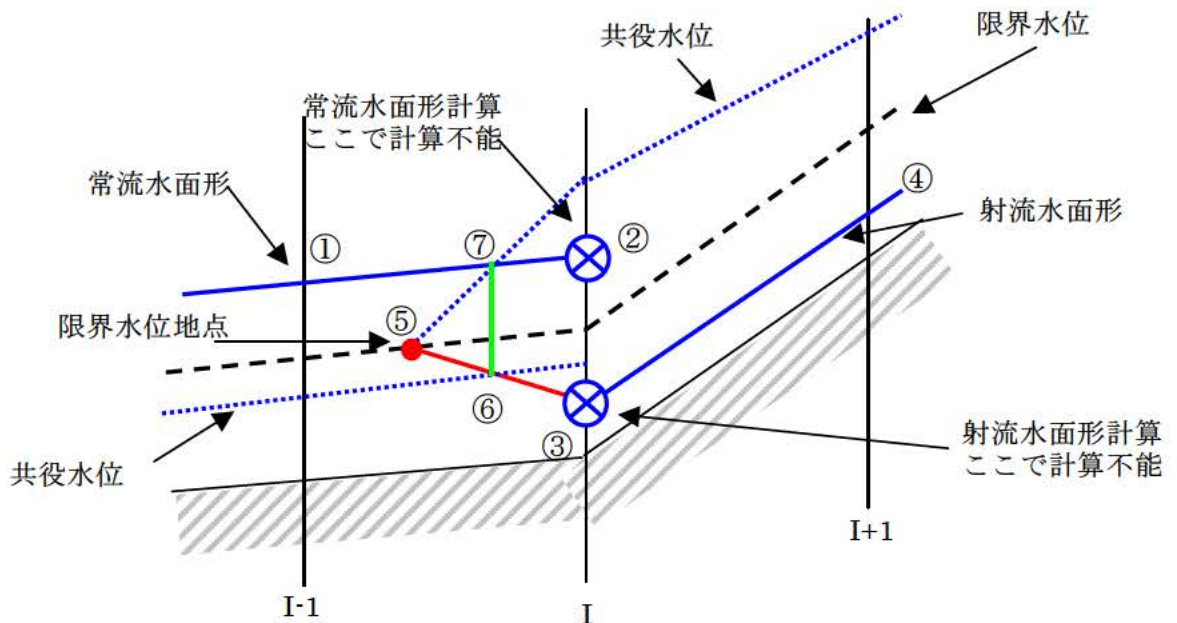


図 2.6(2) 跳水地点の水面形接続方法

3. 水位計算

3.1 計算条件

(1) 河道断面 . . . H15 年度測量 + H16 年測量内挿断面

(2) 流量，出発水位

下記の流量配分について不等流計算を実施する。なお，出発水位については，島ヶ原地点(51.8k)に実績 HQ 式からの換算水位とした。

表 3.1 流量，出発水位設定表

検討ケース	1	2	3	4	5	6	7	8	9
計算流量(m ³ /s)	200	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
出発水位(T.P.m)	102.110	103.237	104.895	106.189	107.279	108.240	109.108	109.907	110.651

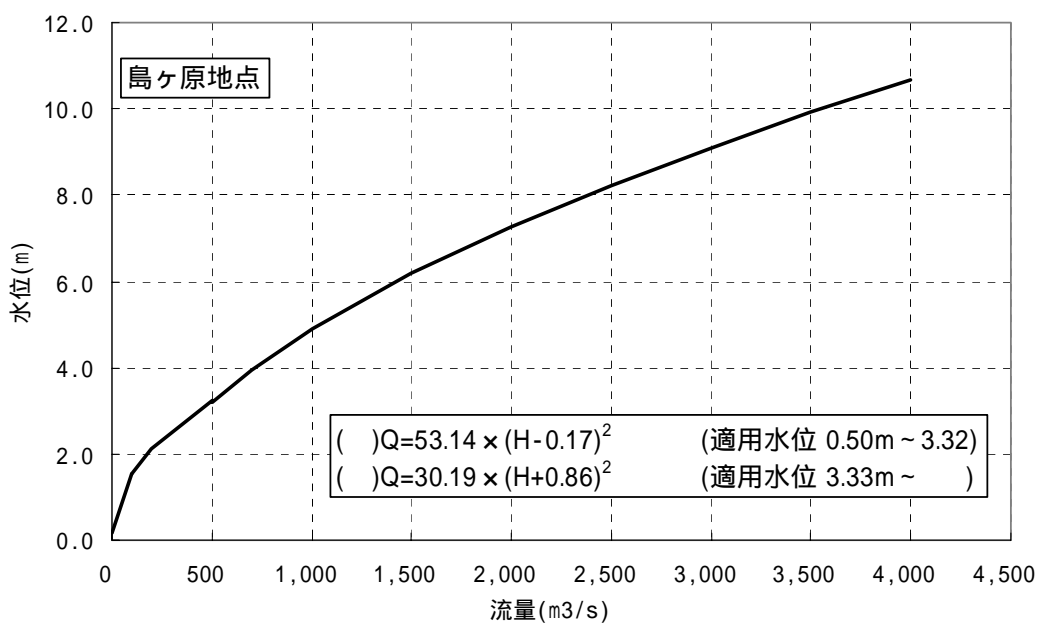


図 3.1 島ヶ原 HQ 関係式

(3) 粗度係数

粗度係数については、狭窄部となる岩倉峡区間(54.4k ~ 57.2k)において、既往検討では $n=0.047$ を用いていたが、表 3.2 に示すように $n=0.030 \sim 0.050$ まで変化させて検討する。

表 3.2 粗度係数設定表

距離標	粗度係数
51.8k ~ 54.2k	0.037
54.4k ~ 57.2k	0.030 ~ 0.050
57.4k ~ 62.2k	0.035

3.2 計算結果

上述した検討ケースをもとに、不等流計算を実施した。

岩倉地点の流量観測値と不等流計算において 54.4k ~ 57.2k の粗度係数を $n=0.030 \sim 0.050$ まで変化させることによる岩倉地点 (57.4k) の HQ 関係は図 3.2 のとおりとなる。

図 3.2(1) . . . 粗度係数の違いによる岩倉地点の HQ 関係図

図 3.2(2) . . . 粗度係数の違いによる岩倉地点の不等流計算 H-Q 曲線

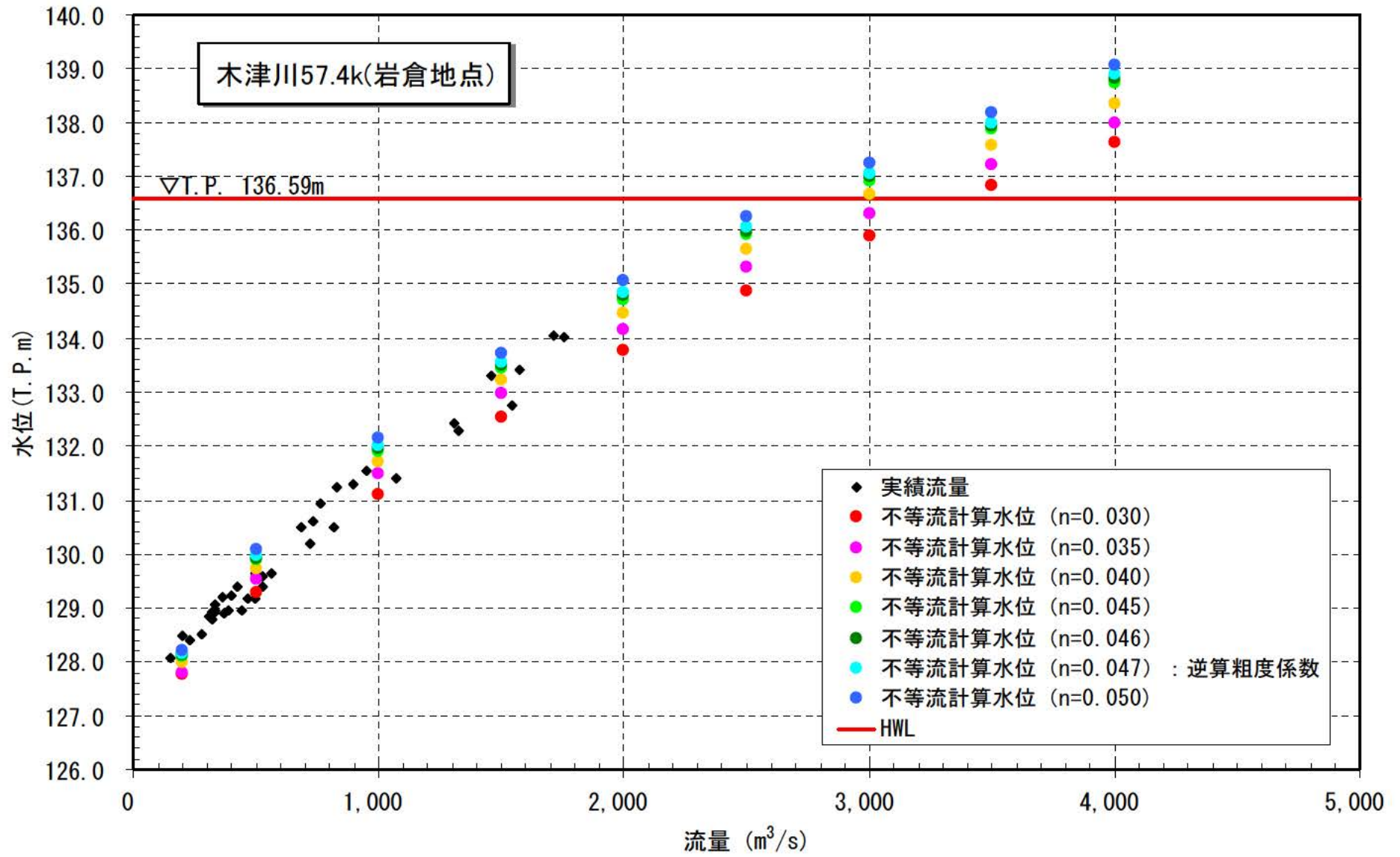


図 3.2(1) 粗度係数の違いによる岩倉地点のHQ関係図

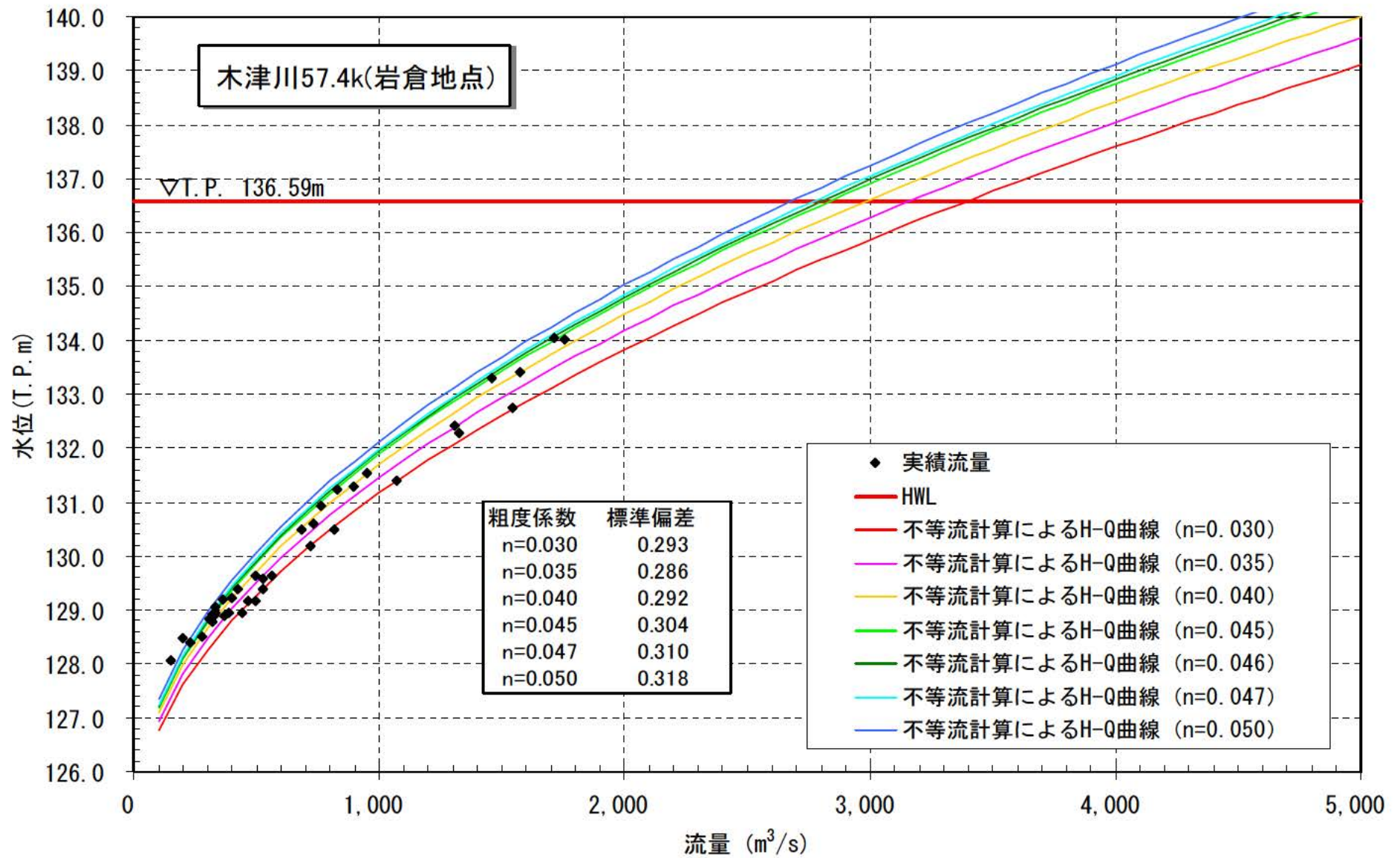


図 3.2(2) 粗度係数の違いによる岩倉地点の不等流計算 H-Q 曲線

4. 既往洪水による逆算粗度係数の検討

対象洪水として洪水痕跡資料の存在する既往の大規模な洪水を抽出し、常・射流が混在した不等流計算法により逆算粗度係数の検討を行う。

なお、出発水位については痕跡資料の存在する下流端の左右岸の平均値を用いた。

表 4.1 検討条件

対象洪水	岩倉地点 実績流量 (m ³ /s)	本検討に用いた 粗度係数の 設定範囲 (54.4k~57.2k)	対象河道	既往検討による 逆算粗度係数 (54.4k~57.2k)	備 考
昭和 57 年 8 月 1 日洪水	2,010	0.044 0.045 0.046 0.047 0.049 0.051	昭和 57 年度	0.047	
平成 2 年 9 月 19 日洪水	1,530	0.045 0.046 0.047 0.049 0.050 0.051 0.052 0.054 0.056	平成 2 年度	0.054	
平成 6 年 9 月 29 日洪水	1,690	0.044 0.045 0.046 0.047 0.049 0.051	平成 5 年度	0.047	

不等流計算結果の水位縦断図を図 4.1 に示す。また、図には 54.4k~57.2k 区間における粗度係数の試算による標準偏差も示している。

- 図 4.1(1) . . . 不等流計算水位縦断図 (昭和 57 年 8 月 1 日洪水)
- 図 4.1(2) . . . 不等流計算水位縦断図 (平成 2 年 9 月 19 日洪水)
- 図 4.1(3) . . . 不等流計算水位縦断図 (平成 6 年 9 月 29 日洪水)

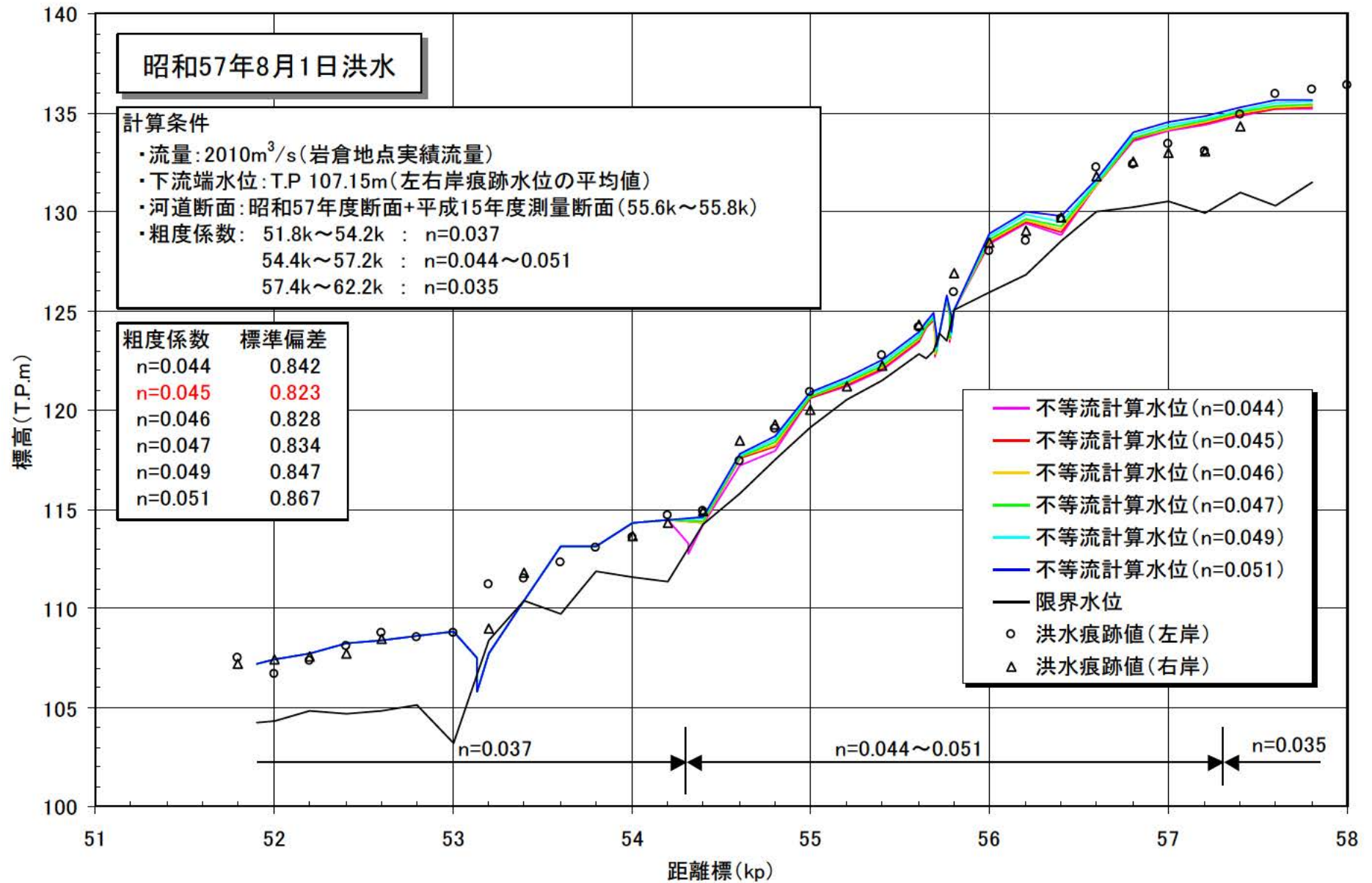


図 4.1(1) 不等流計算水位縦断面図 (昭和 57 年 8 月 1 日洪水)

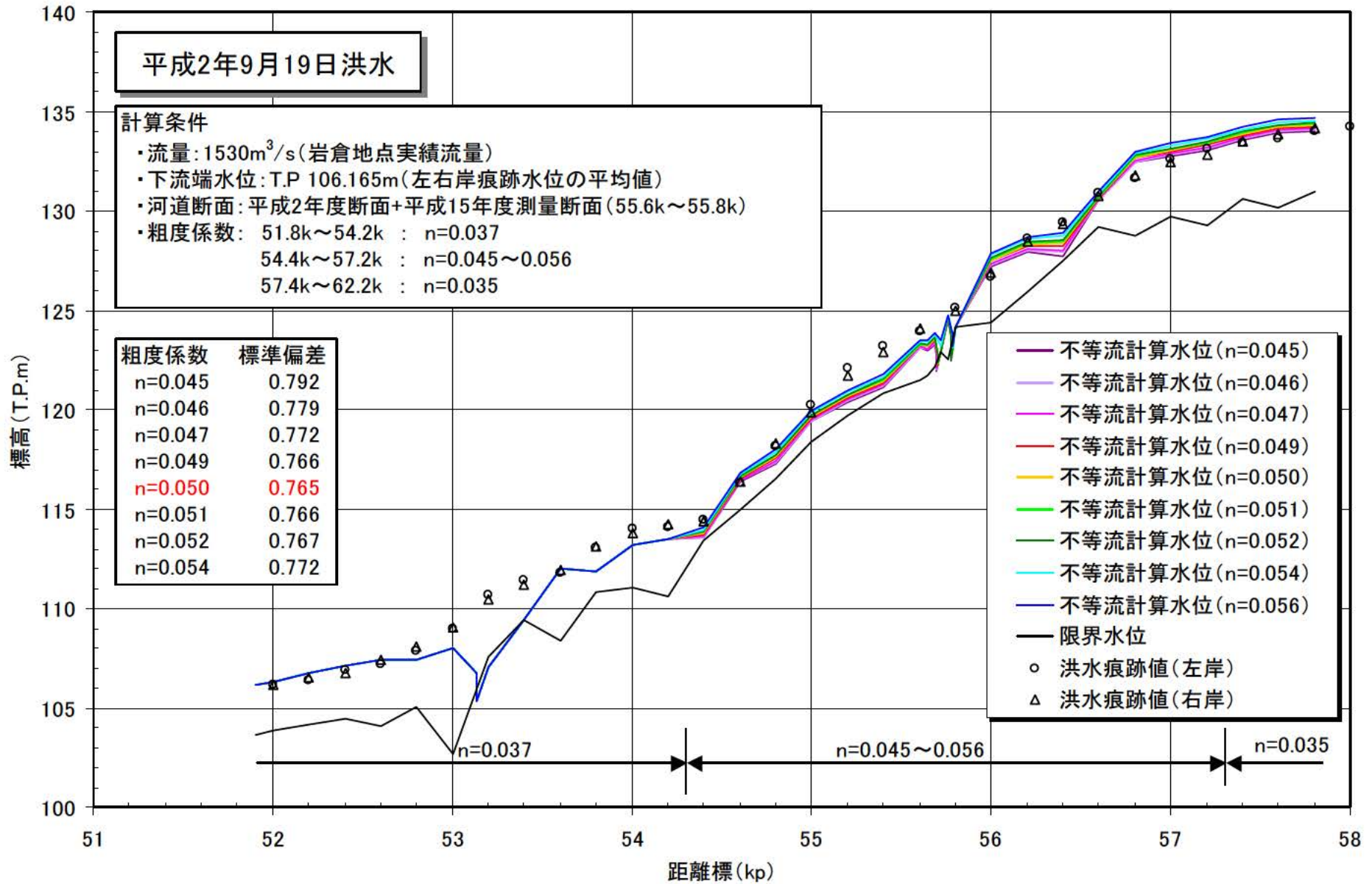


図 4.1(2) 不等流計算水位縦断面図 (平成2年9月19日洪水)

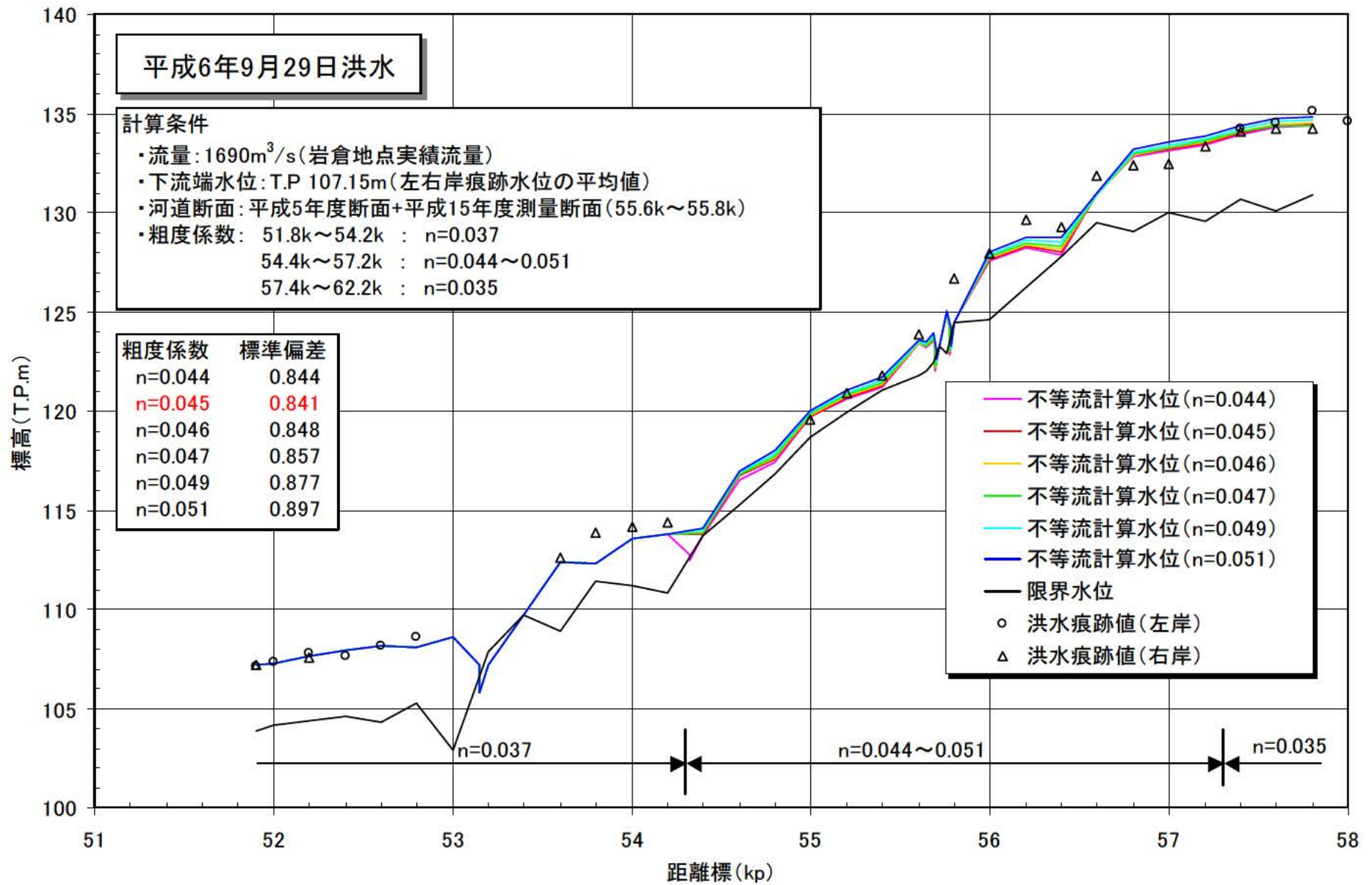


図 4.1(3) 不等流計算水位縦断面図(平成6年9月29日洪水)

岩倉峡流下能力検討会
(追加資料)

河川管理者提出資料

様式3の9

種別	観測所記号												
2	1	3	6	2	1	6	0	4	7	3	0	6	0

表1 観測流量表(1/3)

平成15年(2003)

水系名	淀川		河川名		木津川	観測所名	岩倉	読み	いわくら			
年間番号	月日時	水位 【57.4km】 (m)	観測所水位 【基準】 (m)	水位 【57.4km】 (EL. m)	観測所水位 【基準】 (EL. m)	流量 (m ³ /sec)	流速測定方法	流速測線数	水面巾 (m)	断面積 (m ²)	水面勾配 1/	平均流速 (m/sec)
H6-25	H 6 9・29・23	7.02	6.75	133.42	133.15	1575.52	浮子	5	124.86	619.60	185	2.54
H6-26	H 6 9・29・24	7.64	7.43	134.04	133.83	1712.40	浮子	5	126.77	700.63	238	2.44
H6-27	H 6 9・30・1	7.62	7.38	134.02	133.78	1756.93	浮子	5	126.68	696.52	208	2.52
H6-28	H 6 9・30・2	6.89	6.60	133.29	133.00	1460.94	浮子	5	124.45	602.38	172	2.43
H9-19	H 9 6・20・13	3.78	3.73	130.18	130.13	718.67	浮子	4	96.09	262.87	1000	2.73
H9-20	H 9 6・20・14	3.24	3.31	129.64	129.71	563.80	浮子	4	85.44	220.31		2.56
H9-27	H 9 7・26・15	4.08	3.64	130.48	130.04	815.48	浮子	4	99.52	268.49	114	3.04
H9-28	H 9 7・26・16	5.01	4.69	131.41	131.09	1073.65	浮子	5	114.83	380.06	156	2.82
H9-29	H 9 7・26・17	6.01	5.50	132.41	131.90	1306.53	浮子	5	120.44	487.97	98	2.68
H9-30	H 9 7・26・19	6.34	5.98	132.74	132.38	1542.35	浮子	5	122.38	535.78	139	2.88
H9-31	H 9 7・26・21	5.88	5.67	132.28	132.07	1326.46	浮子	5	120.07	487.61	238	2.72
H10-24	H10 9・22・16	2.55	2.48	128.95	128.88	387.12	浮子	4	80.62	157.17	714	2.46
H10-25	H10 9・22・17	2.99	2.96	129.39	129.36	524.17	浮子	4	83.96	194.98	1667	2.69
H10-26	H10 9・22・18	3.19	3.15	129.59	129.55	526.50	浮子	4	85.08	211.46	1250	2.49
H10-27	H10 9・22・19	3.24	3.18	129.64	129.58	498.86	浮子	4	85.29	214.88	833	2.32
H10-28	H10 9・22・20	2.99	2.94	129.39	129.34	421.22	浮子	4	83.88	194.15	1000	2.17
H12-22	H12 9・12・10	2.38	2.28	128.78	128.68	319.70	浮子	4	79.81	142.33	500	2.25
H12-23	H12 9・12・11	2.11	2.01	128.51	128.41	280.22	浮子	4	76.31	121.16	500	2.31
H13-18	H13 8・22・2	4.08	4.02	130.48	130.42	684.98	浮子	6	101.10	291.12	833	2.35
H13-19	H13 8・22・3	4.20	4.06	130.60	130.46	731.49	浮子	6	101.88	299.61	357	2.44
H13-20	H13 8・22・4	4.52	4.27	130.92	130.67	763.61	浮子	6	104.49	327.55	200	2.33
H13-21	H13 8・22・6	4.88	4.64	131.28	131.04	897.28	浮子	7	108.60	366.20	208	2.45
H13-22	H13 8・22・7	5.14	4.95	131.54	131.35	949.62	浮子	7	115.85	401.29	263	2.37
H13-23	H13 8・22・8	4.85	4.66	131.25	131.06	828.11	浮子	7	108.09	365.38	263	2.27
H14-18	H14 7・10・6	2.49	2.31	128.89	128.71	370.29	浮子	4	79.61	147.02	278	2.52
H14-19	H14 7・10・7	2.56	2.44	128.96	128.84	444.44	浮子	4	80.35	154.91	417	2.87
H14-20	H14 7・10・8	2.76	2.62	129.16	129.02	467.51	浮子	4	81.47	170.32	357	2.74
H14-21	H14 7・10・10	2.78	2.74	129.18	129.14	495.16	浮子	4	82.10	175.93	1250	2.81
28'	H14 10・9・14		0.22		126.62	9.80	流速計	11	42.40	25.84		0.38
29'	H14 10・16・13		0.19		126.59	9.00	流速計	11	42.20	23.19		0.39
30'	H14 10・23・14		0.22		126.62	10.92	流速計	11	42.60	25.65		0.43
31'	H14 11・6・11		0.13		126.53	6.12	流速計	11	42.30	22.45		0.27
32'	H14 11・19・10		0.08		126.48	4.89	流速計	11	41.40	19.46		0.25
33'	H14 12・4・11		0.17		126.57	7.40	流速計	11	42.40	23.04		0.32
34'	H14 12・11・10		0.15		126.55	8.03	流速計	11	42.20	22.70		0.35

様式3の9

種別	観測所記号												
2	1	3	6	2	1	6	0	4	7	3	0	6	0

表1 観測流量表(2/3)

平成15年(2003)

水系名	淀川		河川名		木津川	観測所名	岩倉	読み	いわくら			
年間番号	月日時	水位 【57.4km】 (m)	観測所水位 【基準】 (m)	水位 【57.4km】 (EL. m)	観測所水位 【基準】 (EL. m)	流量 (m ³ /sec)	流速測定方法	流速測線数	水面巾 (m)	断面積 (m ²)	水面勾配 1/	平均流速 (m/sec)
35'	H14 12・18・10		0.13		126.53	6.49	流速計	11	42.10	21.38		0.30
1	H15 1・8・9		0.15		126.55	7.52	流速計	11	42.20	21.47		0.35
2	H15 1・15・11		0.11		126.51	5.83	流速計	11	42.20	20.71		0.28
3	H15 2・5・13		0.18		126.58	8.26	流速計	11	42.30	23.04		0.36
4	H15 2・12・10		0.21		126.61	9.70	流速計	11	42.60	25.62		0.38
5	H15 2・19・17		0.17		126.57	8.89	流速計	11	42.60	23.40		0.38
6	H15 3・6・15		0.29		126.69	13.90	流速計	11	43.10	29.34		0.47
7	H15 3・14・10		0.28		126.68	12.33	流速計	11	42.60	27.63		0.45
8	H15 4・17・10		0.20		126.60	9.83	流速計	11	42.20	24.36		0.40
9	H15 4・23・10		0.21		126.61	10.59	流速計	11	42.40	24.81		0.43
10	H15 5・7・11		0.16		126.56	8.04	流速計	11	42.30	22.95		0.35
11	H15 5・14・10		0.24		126.64	13.01	流速計	11	42.70	26.94		0.48
12	H15 5・21・10		0.35		126.75	18.46	流速計	11	43.60	31.71		0.58
13	H15 6・4・11		0.22		126.62	10.54	流速計	11	42.50	25.64		0.41
14	H15 6・11・15		0.21		126.61	9.67	流速計	11	42.60	25.73		0.38
15	H15 7・11・11		0.29		126.69	15.41	流速計	11	42.60	29.01		0.53
16	H15 7・23・18		0.32		126.72	15.61	流速計	11	43.00	30.77		0.51
17	H15 8・1・11		0.32		126.72	15.58	流速計	11	43.00	30.53		0.51
18	H15 8・8・19	1.68	1.30	128.08	127.70	152.76	浮子	3	53.10	81.63	132	1.87
19	H15 8・8・20	2.09	1.66	128.49	128.06	200.15	浮子	3	63.34	103.89	116	1.93
20	H15 8・8・21	2.43	2.08	128.83	128.48	308.81	浮子	4	78.27	134.96	143	2.29
21	H15 8・8・22	2.49	2.35	128.89	128.75	326.88	浮子	5	79.25	147.48	357	2.22
22	H15 8・8・23	2.56	2.47	128.96	128.87	331.00	浮子	5	80.08	154.95	556	2.14
23	H15 8・9・0	2.79	2.63	129.19	129.03	364.71	浮子	5	81.24	170.80	313	2.14
24	H15 8・9・1	2.82	2.77	129.22	129.17	397.77	浮子	5	81.82	177.59	1000	2.24
25	H15 8・9・2	2.66	2.58	129.06	128.98	334.31	浮子	5	80.88	163.39	625	2.05
26	H15 8・9・3	2.51	2.41	128.91	128.81	322.95	浮子	5	79.64	150.58	500	2.14
27	H15 8・9・7	2.00	1.96	128.40	128.36	231.10	浮子	3	71.28	113.48	1250	2.04
28	H15 8・21・11		0.44		126.84	27.22	流速計	11	43.60	35.76		0.76
29	H15 9・3・10		0.25		126.65	11.99	流速計	11	43.00	27.03		0.44
30	H15 9・10・10		0.28		126.68	14.84	流速計	11	43.60	27.74		0.53
31	H15 9・18・14		0.18		126.58	9.34	流速計	11	42.70	24.63		0.38
32	H15 10・1・10		0.23		126.63	12.18	流速計	11	43.00	26.61		0.46
33	H15 10・8・10		0.18		126.58	10.24	流速計	11	42.80	25.19		0.41
34	H15 10・29・10		0.19		126.59	10.29	流速計	11	42.70	25.30		0.41

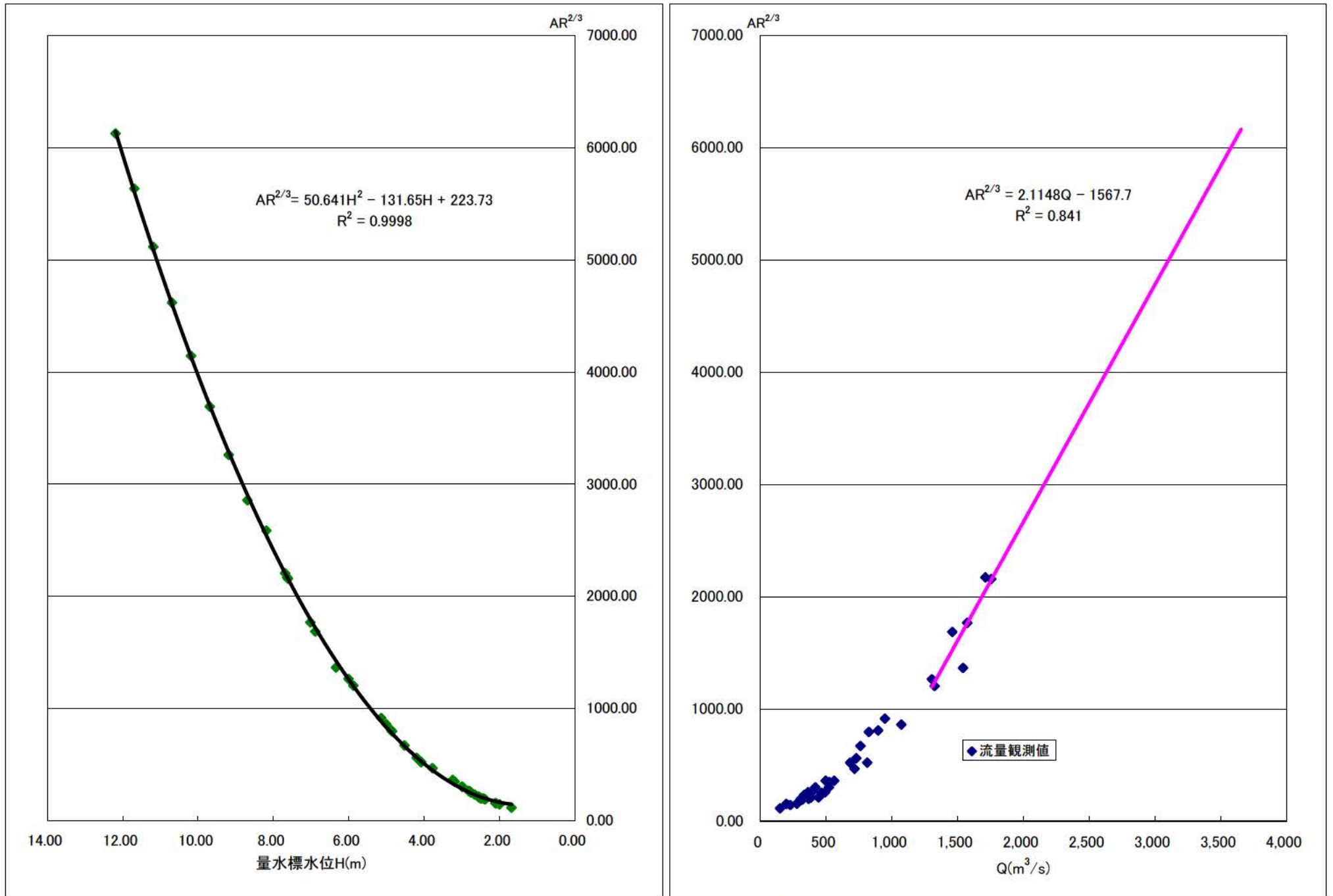


図1 岩倉地点(57.4k)H~AR^{2/3}~Q図

岩倉地点(57.4k)水位流量曲線図

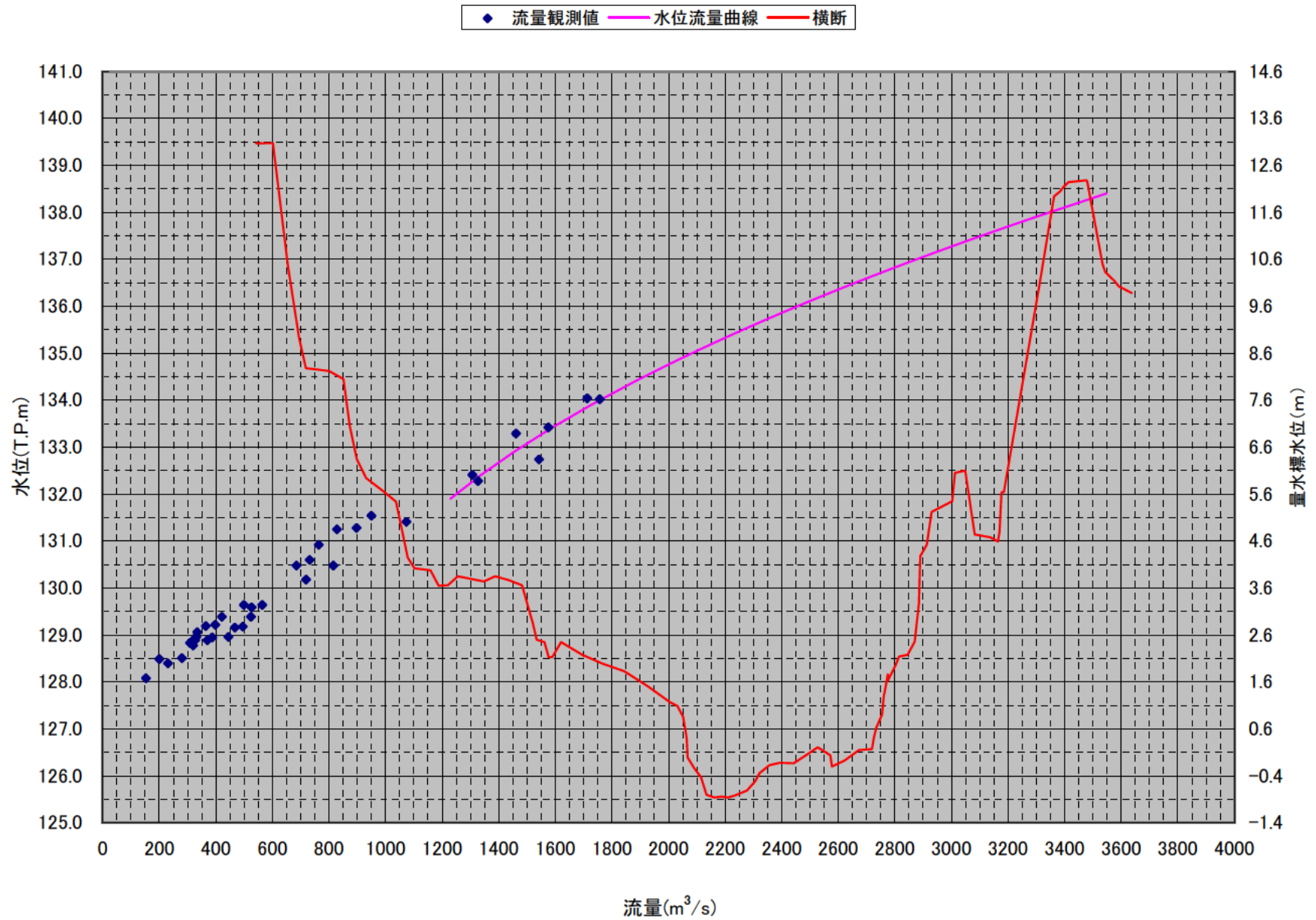


図2 岩倉地点(57.4k)水位流量曲線

岩倉地点(57.4k)水位流量曲線図

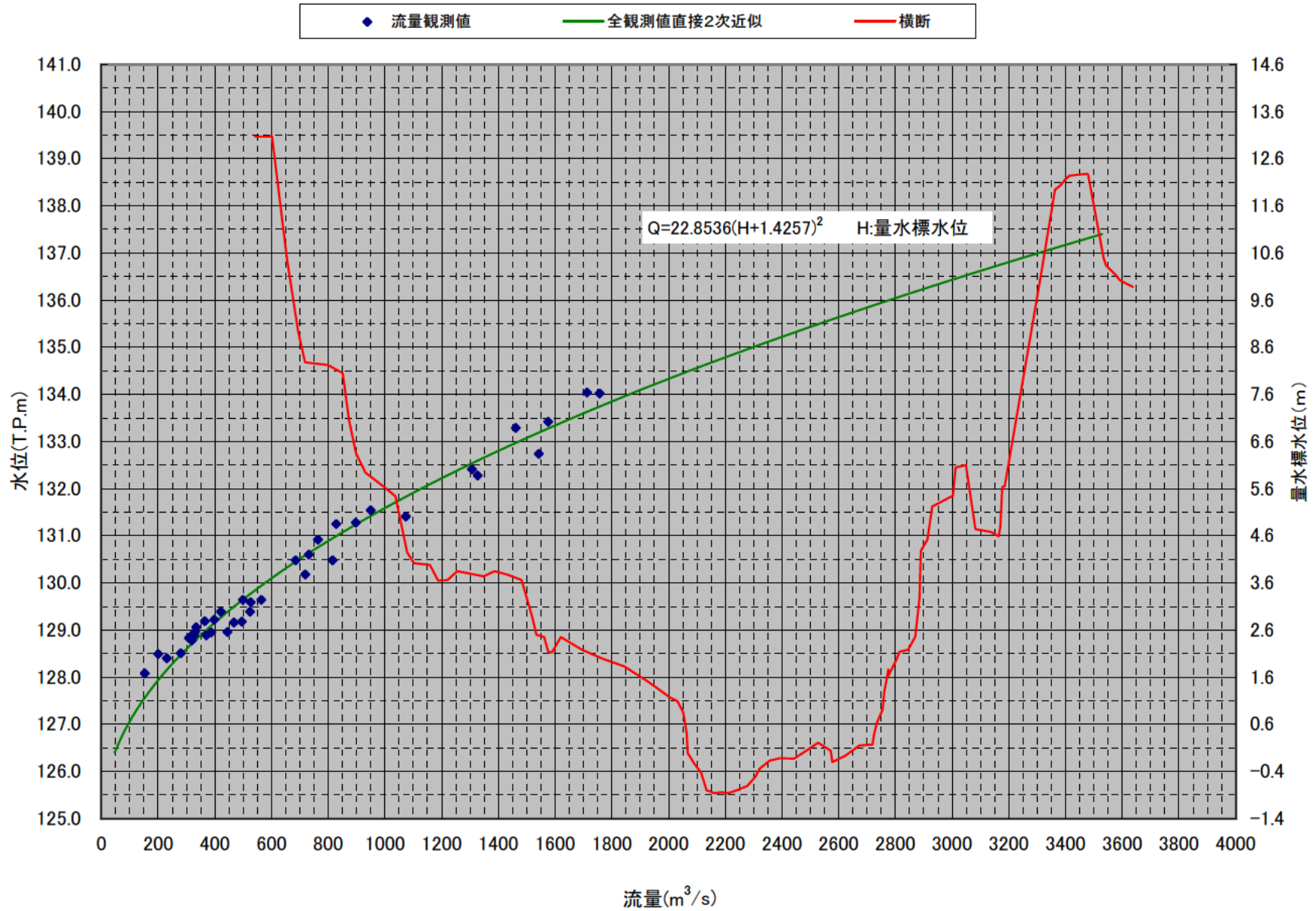


図3 岩倉地点(57.4k)水位流量曲線

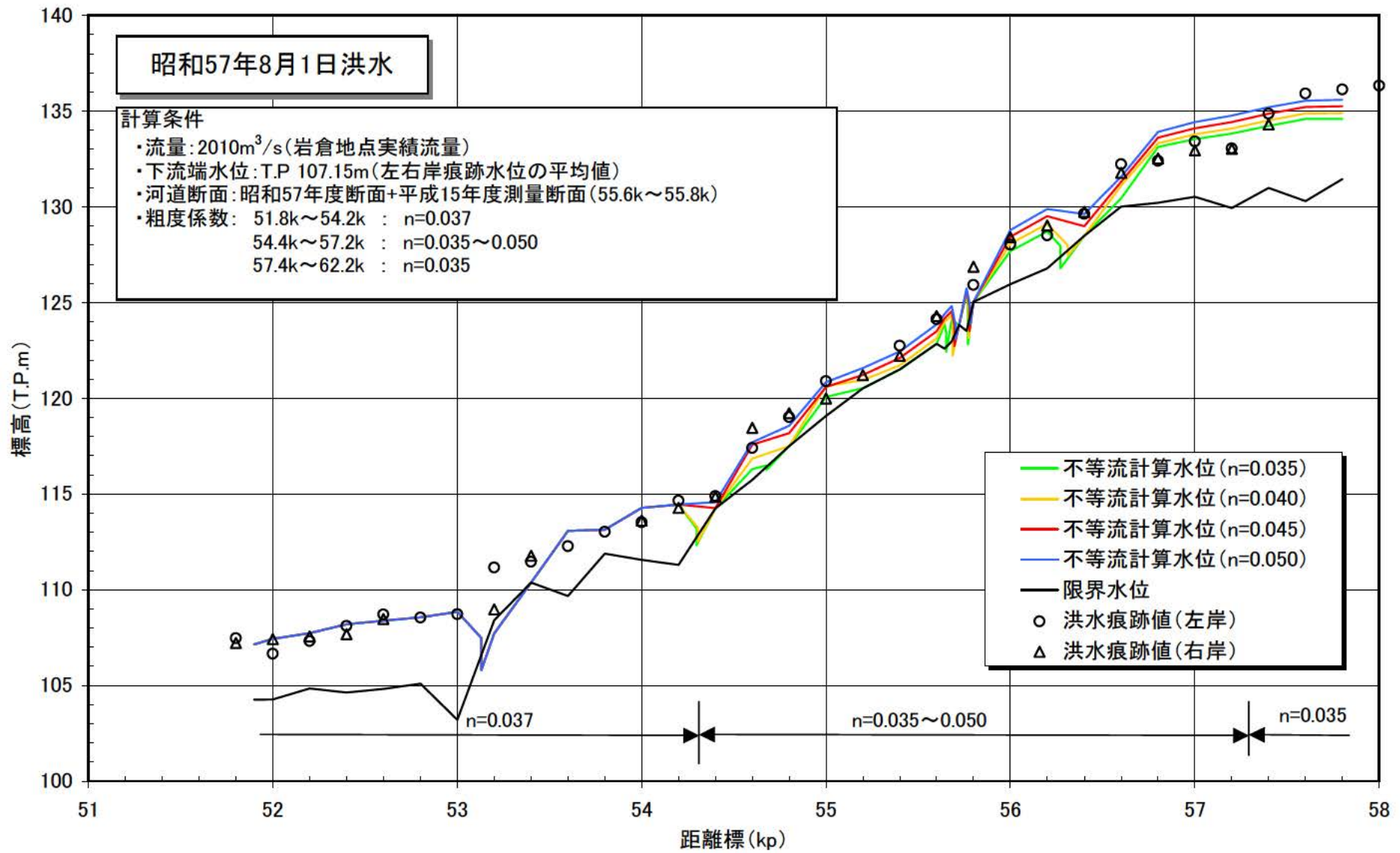


図4(1) 洪水痕跡の調査結果と不等流計算結果(昭和57年8月1日洪水)

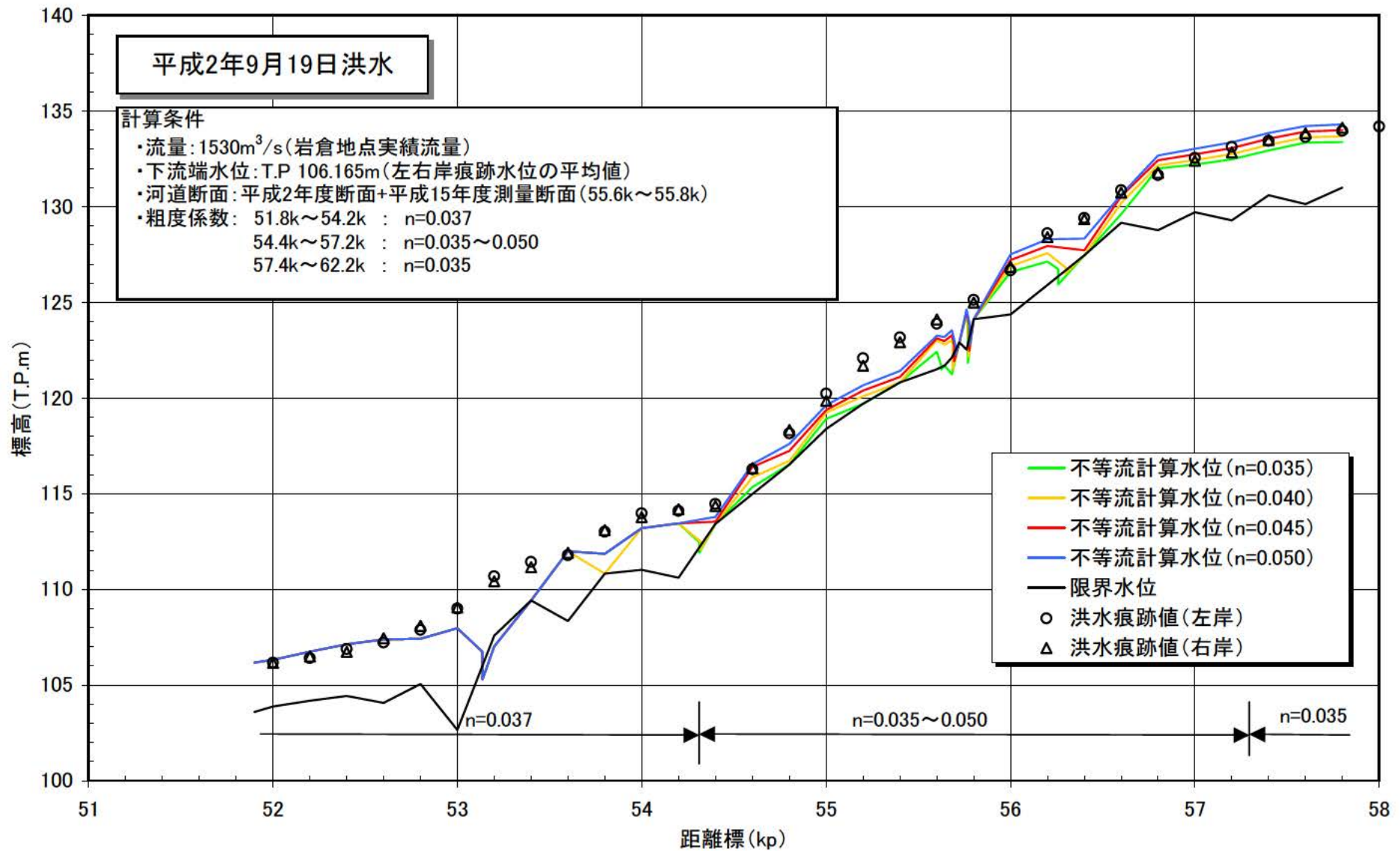


図4(2) 洪水痕跡の調査結果と不等流計算結果(平成2年9月19日洪水)

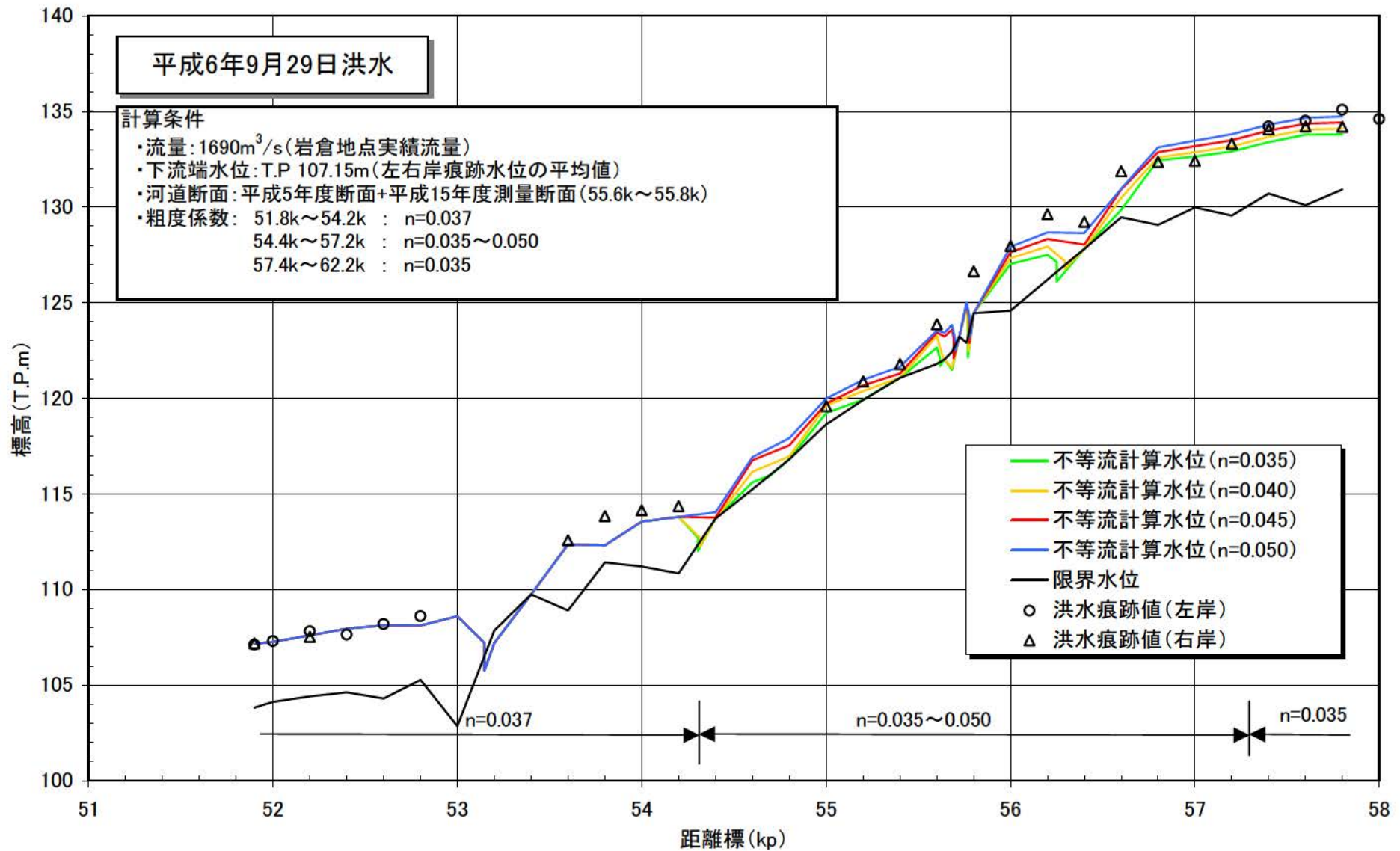


図4(3) 洪水痕跡の調査結果と不等流計算結果(平成6年9月29日洪水)

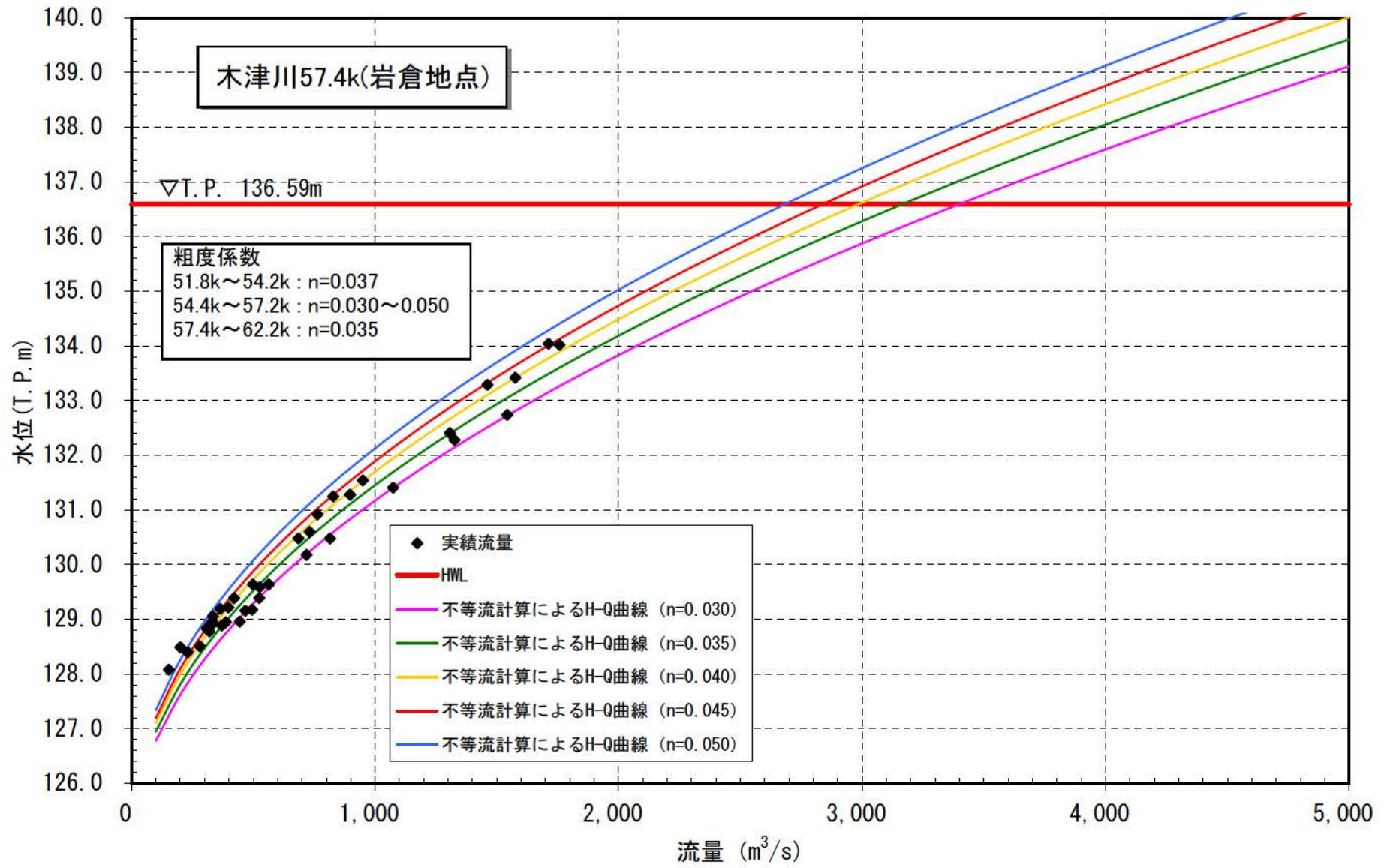


図5 木津川 57.4k(岩倉地点)における水位と流量の関係

**木津川岩倉地点(57.4K)における
水位・流量関係について
(岩倉峡流下能力検討会報告書)**

平成 17 年 11 月

国土交通省近畿地方整備局 木津川上流河川事務所

岩倉峡流下能力検討会

木津川岩倉地点(57.4K)における水位・流量関係について

1 はじめに

木津川の狭窄部岩倉峡の上流部に位置する上野地区の治水を検討するには、岩倉峡の流下能力とくに流入部の岩倉地点(57.4K)の水位と流量の関係を知らることが出発点となる。

このため国土交通省近畿地方整備局木津川上流河川事務所は、河川工学の専門家と河川管理者および計算実務を担当するコンサルタント関係者で構成される岩倉峡流下能力検討会を設置し、岩倉峡の流下能力についての検討会を3回にわたって開催した。また長時間にわたる打合せを必要に応じて行った。

本報告は、河川工学の専門家が、これらの検討会で得られた成果を専門的立場からとりまとめたものであって、資料の整理および計算実務については河川管理者およびコンサルタント関係者が担当した。

2 水位・流量関係の推定法について

河川における水位と流量の関係は、一般に、流量観測に基づく方法あるいは不等流計算に基づく方法によって推定される。

それぞれの方法の概要および問題点を示すと、つぎの通りである。

2-1 流量観測に基づく方法

流速の計測法は、一般に、オイラー的手法とラグランジュ的手法に大別される。オイラー的手法は、固定点における流速を測ろうとするもので、流速の計測にはプライス式流速計などが用いられる。ラグランジュ的手法は、流体粒子の移動速度を測ろうとするもので、移動速度の計測には浮子などが用いられる。

河川の流量観測では、上記のいずれかの方法で流速を計測し、それに断面積を乗じて流量を算定する。平水時の流量観測に多く用いられるオイラー的手法では、対象と

する断面をいくつかに分割し、分割断面ごとの流速をプライス式流速計などで測り、分割断面積を乗じて分割流量を算定し、それらを積算して断面全体の流量とする。一方、洪水時の流量観測に多く用いられるラグランジュ的手法では、流下方向に2つの測線を設け、浮子などを流して、その測線間の流下時間から流速を算定し、断面積を乗じて流量とする。浮子には表面浮子と棹浮子があり、棹浮子の場合は深さごとの流量を測定することもできる。洪水時の流速は断面内の位置によって複雑に変化するうえ、浮子の軌跡は偶然にかなり支配されるため、観測回数を増やしても、1～2割程度の誤差を含むことは避けられない。

現地観測ではこのような誤差が生じるのは止むを得ないことであって、水位と流量の関係にはかなりのばらつきがあるのが普通である。しかし、このことは流量観測結果に信頼性がないというのではない。観測値にはつねに誤差が含まれていることを十分に認識したうえで、観測結果を尊重するのが正しい扱いである。

2-2 不等流計算による方法

不等流計算は、水面形追跡ともいわれるが、エネルギー式あるいは運動量式に基づいたものであって、漸変流の場合、マンシングの粗度係数をなんらかの方法によって与える必要があるものの、断面平均量を対象にした1次元解析でもかなりよく現実の水面形を説明することができ、水理学の金字塔ともいえるほどの信頼を得ている。急変流の場合は、局所的なエネルギー損失を知ることが一部の例外を除いてきわめて困難であり、経験的な知見の導入が必要である。

不等流計算でとくに注意すべきなのは、常流では下流から上流へ、射流では上流から下流へという追跡の方向である。常流と射流が混在する場合は鞍形遷移および水理跳水についての検討が不可欠であるにもかかわらず、常流のみが存在するとした誤った取扱いがなされる例が多いのは、基本原則を無視するものであって、計算結果も誤ったものとなる。

不等流計算で最も重要なことはマンシングの粗度係数をどう取り扱うかである。河床の状態からある程度の目安は経験的につけることもできるが、信頼性は低い。最も信頼性が高い方法は、別途観測された洪水痕跡に各種のマンシングの粗度係数を仮定した不等流計算をあてはめ、最も適合度の高いものをもって、当該区間のマンシングの粗度係数とするものである。しかし、洪水痕跡には水面波などの影響が含まれるため、か

なりの誤差が含まれる。このためマンシングの粗度係数の推定値にも誤差がつきまとう。とくに断面形状が複雑な場合は誤差も大きくなる。

しかし、流量観測の場合と同様に、誤差があるからといって洪水痕跡を軽視するのではなく、誤差が含まれていることを十分に認識したうえで、貴重な観測資料として尊重すべきである。その一方で、観測精度を高めた洪水痕跡の調査を機会あるごとに実施する努力を怠ってはならない。

3 木津川岩倉地点(57.4K)における水位・流量関係の推定

河川管理者が用いた水位と流量の関係を推定する2つの方法の概要を説明するとともに、それらに含まれる問題点を明らかにする。

3-1 流量観測による水位・流量関係の推定

平成15年度に整理された「観測流量表」には合計75個のデータが掲載されているが、このうち38個の観測値が洪水時のもので、浮子を用いた観測法によるものである。ただし、同一洪水で複数回観測されており、洪水の数でいえば8洪水である。残りの37個は平水時のもので、断面を11分割し、流速計による流速観測から流量を算定している。

流量観測結果をまとめた表1によると、洪水時の浮子を用いた観測値は152m³/sから1,756m³/sにわたっているが、平水時の流速計による観測値はいずれも30m³/s以下である。

流量観測時の水位には、57.4Kより50mほど下流にある水位観測所での観測値が用いられているが、表1に示されるように、洪水観測と同時に測られている57.4Kでの水位を水位観測所でのものと比較すると57.4Kでの水位がかなり高めである。両観測点間にはそれほど大きな水面勾配があるとは考えられず、57.4Kでの観測水位には野外観測のものであることを考慮してもかなりの誤差が含まれるものと思われ、今後の洪水観測では、流速の観測精度の向上ばかりでなく、水位の観測精度の向上をはかる必要がある。

ところで、いま必要なのは流量が3,000m³/sあるいはそれ以上の場合の水位である。

流量観測での最大流量は 1,756m³/s であるから、水位と流量の観測結果になんらかの水位・流量曲線をあてはめ、所定の流量に対する水位を推定しなければならない。

このような外挿操作は、あてはめようとする曲線の関数形が論理的に知られている場合を除いて、信頼性が低くなる。いまの場合、流量が 2,000m³/s 以下のデータから 3,000m³/s 以上での水位を推定しようとしているから、推定値の信頼性が低くなるのは避けがたい。

流量観測結果を用いて水位・流量関係を求めた 2 つの手法を見てみよう。

図 1 は、断面測量の結果を用いて、岩倉地点(57.4K)における H と AR^{2/3} および Q と AR^{2/3} との関係を示したものである。ここに、H は水位(m)、Q は流量(m³/s)、A は断面積(m²)、R=A/s は径深(m)、s は潤辺(m)である。河道の横断形状が測量されている場合、A あるいは R と H との関係は測量結果から知ることができる。台形断面などのように単純な形状の場合、これらの関係を論理的な数式で表すことができるが、現実の河川では論理的な数式で表すことができない。Q については、対数則を適用して推定する方法もあるが、信頼度が低く、流量観測に依拠せざるを得ない。

57.4K 地点の断面形状の場合、図 1 の左図に示されるように、H と AR^{2/3} の関係はきわめて精度よく 2 次関数で表すことができる。すなわち、

$$AR^{2/3} = 50.641H^2 - 131.65H + 223.73 \quad (\text{相関度 } R^2 = 0.9998) \quad (1)$$

一方、Q と AR^{2/3} の間には論理的な関係が見当たらないため、河川管理者は、つぎの 2 つの方法で水位・流量曲線を求めようとしている。

1 つは、流量の上位 7 個のデータに 1 次関数をあてはめることにし、最小二乗法を用いて 1 次関数の定数を決め、つぎの式を得ている。

$$AR^{2/3} = 2.1148Q - 1567.7 \quad (\text{相関度 } R^2 = 0.841) \quad (2)$$

(1)式と(2)式から H と Q の関係が反復計算で定まる。図 2 に示した曲線は、両式から算定したものであって、当然のことながら、上位 7 個のデータとは比較的よく適合しているが、それら以外の流量の小さなデータとの適合性はよくない。

もう 1 つは、Q は H の 2 次関数で表されると仮定したものであって、38 個のデータに対して最小 2 乗法を用いて 2 次関数の定数を決めると、つぎのようになる。

$$Q = 22.8536(H+1.4257)^2 \quad (\text{相関度 } R^2 = 0.9722) \quad (3)$$

この関係を図示すると図 3 のようになり、同図に併示された観測値と比較すると、流量のきわめて小さな領域を除いて、全体的な適合性はよくなっている。しかし、Q

の大きな領域での水位を比較すると、(3)式による H が(1)式と(2)式から求められたものより小さくなる傾向が認められる。

以上のようにして、水位・流量関係が定まるが、つぎのような問題があることに注意する必要がある。

- ・(1)から(3)式の関数形はいずれも仮定として用いたもので、論理的な根拠に立脚したものではない。
- ・最大で $1,756\text{m}^3/\text{s}$ という観測値から $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の水位を推定することは、外挿の度合いが大きすぎて信頼性が低くなる。

3-2 不等流計算による水位・流量関係の推定

不等流計算を行う場合、マンニングの粗度係数 n を与える必要がある。

n を推定する方法には、河床の粗さから推定する方法などがあるが、最も信頼性の高いのは不等流計算による水面形と洪水痕跡の比較から推定する方法である。

本検討会以前に行われた不等流計算では、岩倉峡区間での流れをすべて常流とした取扱いがなされていた。このため、計算された水面形は数箇所において限界水位に「接触する」という不自然な結果となっていた。

この問題については、検討会での議論により、常流と射流が混在する流れとして取り扱うように改善するとともに、水面形の特異点の位置を判別できる計算法を導入することにした。この結果、常流から射流への鞍形遷移や射流から常流への水理跳水が再現計算されるようになった。

図4(1)から(3)は、これまでに観測された3洪水の痕跡の調査結果と種々のマンニングの粗度係数 n を仮定した不等流計算結果を比較したものであって、 n としては0.035から0.050の広範囲の値を用いている。

いずれの場合についても計算結果と洪水痕跡との適合性はよいとはいえないが、洪水痕跡の調査における誤差を考慮すると、不等流計算はかなりよく洪水痕跡を説明しているといえる。

図5は、マンニングの粗度係数 n として0.030から0.050まで0.005きざみの値を用いて不等流計算をした場合の、木津川57.4K(岩倉地点)における水位と流量の関係を示したものである。

図5より明らかなように、流量観測値は $n=0.030$ と 0.045 の間にほぼ収まってい

る。したがって、 n がこの範囲内の値であることは確実であり、適切に n を与えることができれば、かなりの精度で水位と流量の関係を把握できることになる。

3-3 水位・流量関係についての総合判断

以上より明らかなように、流量観測法による場合は、あてはめる曲線が論理的根拠に立脚したものではないため、極端な外挿は推定水位の信頼性を低下させることになる。不等流計算による場合は、採用するマンニングの粗度係数の大きさにより推定水位が大きく異なってくるので、いかにして適切なマンニングの粗度係数を推定するかが問題である。

いずれの方法が優位であるかについては、確たる論理的根拠はないものの、不等流計算による方法は、マンニングの粗度係数が適切に与えれば、小さな流量領域の観測値から大きな流量領域での水位をよりの確に把握できるという点で、優位性があるといえる。

この場合問題となるのが n をいくりにするかである。流量観測値との比較から、 n が0.030から0.045の間の値であることは明らかであるが、いずれの値とするかは、目的によって「裁量で決める」としかいいようがない。河川工学者としての立場からいえば、中央値としての $n=0.0375$ 程度を採用するのが適切と考える。なお、河川管理者が、治水の安全性を重視して、高めの値を採用することは理解できるが、精度の高い観測を行って、真の水位・流量関係を追及する努力を怠ってはならない。

4 過大あるいは過小の水位・流量関係を適用した場合の影響

4-1 水位あるいは流量の推定

過大あるいは過小の水位・流量関係を適用した場合の推定水位あるいは推定流量と真のものとの関係がどうなるかを示す。

流量観測法による場合、水位の観測精度に比べて流速のそれは低い。浮子の流下経路によって、平均流速より大きくなったり、小さくなったりするためである。流速を過大評価すると、ある水深での流量の過大評価につながり、逆も成り立つ。

不等流計算でも、マンニングの粗度係数を過大評価すると、ある流量での水位の過大

評価につながり、逆も成り立つ。

図6は、真の水位・流量関係と過大あるいは過小のものとの関係を示したものであって、縦軸に水位H、横軸に流量Qがとられている。

曲線は、流速(流量)を過小に、あるいはマンニングの粗度係数を過大に評価した場合であって、真のH Q曲線より上になる。曲線は、流速(流量)を過大に、あるいはマンニングの粗度係数を過小に評価した場合であって、真のH Q曲線より下になる。

過大あるいは過小のH Q曲線を用いた場合、どうなるか。

いま、ある流量での水位を推定するのに、を用いた場合、推定水位 H_1 は真の水位Hより大きく、実際には推定水位より低い水位で流れることになり、逆にを用いた場合、推定水位 H_2 は真の水位Hより小さく、実際には推定水位より高い水位で流れることになる。

一方、ある水位での流量を推定するのに、を用いた場合、推定流量 Q_1 は真の流量Qより小さく、実際には推定流量より多くの流量が流れていることになり、逆にを用いた場合、推定流量 Q_2 は真の流量Qより大きく、実際には推定流量より小さな流量しか流れていないことになる。

4-2 治水計画への影響

治水計画の理論的基盤となっている洪水特性の解析は基準地点での水位・流量関係を出発点としている。

たとえば、岩倉地点における水位・流量曲線には、流量観測から求められるものと、不等流計算から求められるものとがあるが、ここでは図5に示された不等流計算から求められたものを用いて考えることにする。

図5には各種のマンニングの粗度係数nについての水位・流量曲線(H Q曲線)が示されているが、流量観測値群のほぼ上縁に相当する $n=0.045$ の曲線が先の、ほぼ下縁に相当する $n=0.030$ の曲線がに対応する。

いま、仮に計画流量を $3,000\text{m}^3/\text{s}$ とすると、およびを用いた場合の水位 H_1 および H_2 はつぎのようになる。

$$H_1 = 136.91 \text{ m (TP)}$$

$$H_2 = 135.89 \text{ m (TP)}$$

両者には約1mもの差があり、 H_1 は計画水位(「堤防天端 - 余裕高」といってもよい)

である 136.59m(TP)を超えるが、 H_2 はそれ以下となっている。すなわち、 H_1 を用いた場合は氾濫の危険性があると判断するのに対して、 H_2 を用いた場合は氾濫の危険性はないと判断することになる。両者の中央値 H_0 が真値であると仮定すると、 H_1 を用いた場合と H_2 を用いた場合とで、氾濫の危険性の判断が正反対に異なってしまう。

たとえば、 H_1 を採用した場合、想定洪水が発生しても実際には想定水位以下で流れるので安全であるが、遊水地が想定通りに機能しなくなる。遊水地計画ではある流量になったときから遊水地への流入がはじまるとされているが、その流量になっても実際の水位は想定のものより低いため流入しないのである。

このことは下流の危険を意味する。想定洪水を超える洪水が発生した場合、想定では上流での氾濫などにより流量が低減するはずであるのに、上流が安全すぎるために氾濫などは発生せず、想定流量以上の流量が下流に流れてくることになる。

H_2 を採用した場合、想定洪水以下の洪水で水位は想定水位に達してしまい、想定洪水では氾濫しないと想定していたにもかかわらず、実際には発生することになる。遊水地も想定した流量以下の状態で流入がはじまり、想定洪水では満水状態となって機能しなくなる恐れがある。この場合、下流には上流での氾濫などにより想定以下の流量しか流れてこないため安全である。

同じことは流量で比較してもいえる。

計画水位に相当する TP136.59m での流量を比較すると、

$$Q_1 = 2,840 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 3,400 \text{ m}^3/\text{s}$$

となっている。ここに添字はそれぞれ H_1 および H_2 に対応している。両者には 560m³/s という差があり、中央値が真値であれば、280m³/s という流量を過大あるいは過小評価することになってしまう。

具体的例として、ある降雨を想定したときの流量を想定流量とし、そのときの水位を想定水位とした場合について考える。

まず、 H_1 を採用したとしよう。

この場合、河道の想定水位での流下能力を、実際には 3,120m³/s であるにもかかわらず、2,840 m³/s と見積もっているから、想定流量が流れてきても、想定水位に達することなく流下する。しかし、想定していた上野遊水地への流入開始流量になっても流入は開始されず、遊水地計画を抜本的に見直す必要がある。

上流にとっては実に安全であるが、下流が危険になる。超過降雨があっても、上流での調節や氾濫により、下流には 2,840 m³/s を超える流量は流れてこないと想定していたのが、3,120 m³/s という洪水が流下してくる可能性があるのである。下流の治水を全面的に見直す必要がでてくる。

を採用した場合の上流は悲惨である。

流量が 3,120 m³/s のときに水位が想定水位に達すると想定していたのが、2,840 m³/s で達してしまうのである。上野遊水地への流入は想定まえに開始され、洪水のピークになるまえに満水状態となり、なんの機能も果たさない恐れがある。上流での大氾濫により下流はきわめて安全になる。

以上は真値を仮に中央値とした場合であって、あるいは が真値であるかもしれない。採用したのが真値であれば、そのまま計画を進めればいいが、誤っていれば、上記のような現象が生じるので、慎重のうえにも慎重を期して検討する必要がある。

5 おわりに

現地観測に観測誤差はつきものである。これは避けられない事実であるが、だからといって現地観測を軽視していいというものではない。現地観測に真実が潜んでいるのである。誤差を含む観測データからいかにして真実を見抜くか、これがわれわれに課せられた課題であるが、神ならぬ身のわれわれにできることは観測精度を上げることしかない。

岩倉狭という狭窄部の上流の安全性を重視して、安全側を採用するということは下流側に危険性を押し付けていることになる。河川管理者はこのことをよく認識して適切な判断を慎重に選択する必要がある。

最後に、岩倉峡流下能力検討会は、検討会の開催は3回であるが、観測資料の評価あるいは計算手法の開発などのための打合せをしばしば行った。河川管理者およびコンサルタント関係者は河川工学者の要求に真摯に対応し、最大限の協力をした。

岩倉峡流下能力については、すべてが解明されたとはいえないが、現時点でいえばほぼ最高水準に達しているといえる。岩倉峡の流下能力の解明がここまで進んだことは、河川管理者をはじめとする関係者の協力のたまものである。ここに記して、関係

者に深甚なる謝意を表する。

付記

岩倉峡流下能力検討会開催記録

- | | | | |
|-----|-------------|---------------|---------|
| 第1回 | 平成17年9月10日 | 13:00 - 15:00 | ホテル京阪京都 |
| 第2回 | 平成17年10月17日 | 10:00 - 12:00 | ホテル京阪京都 |
| 第3回 | 平成17年11月7日 | 10:00 - 12:00 | ホテル京阪京都 |

委員(河川工学関係)

- | | | |
|----|----|----------------|
| 綾 | 史郎 | 大阪工業大学教授 |
| 池淵 | 周一 | 京都大学防災研究所教授 |
| 井上 | 和也 | 京都大学名誉教授 |
| 今本 | 博健 | 京都大学名誉教授 |
| 江頭 | 進治 | 立命館大学理工学部教授 |
| 金盛 | 弥 | 元大阪府副知事 |
| 澤井 | 健二 | 摂南大学工学部教授 |
| 水山 | 高久 | 京都大学大学院農学研究科教授 |

様式3の9

種別	観測所記号												
2	1	3	6	2	1	6	0	4	7	3	0	6	0

表1 観測流量表(1/3)

平成15年(2003)

水系名	淀川		河川名		木津川	観測所名	岩倉	読み	いわくら			
年間番号	月日時	水位 【57.4km】 (m)	観測所水位 【基準】 (m)	水位 【57.4km】 (EL. m)	観測所水位 【基準】 (EL. m)	流量 (m ³ /sec)	流速測定方法	流速測線数	水面巾 (m)	断面積 (m ²)	水面勾配 1/	平均流速 (m/sec)
H6-25	H 6 9・29・23	7.02	6.75	133.42	133.15	1575.52	浮子	5	124.86	619.60	185	2.54
H6-26	H 6 9・29・24	7.64	7.43	134.04	133.83	1712.40	浮子	5	126.77	700.63	238	2.44
H6-27	H 6 9・30・1	7.62	7.38	134.02	133.78	1756.93	浮子	5	126.68	696.52	208	2.52
H6-28	H 6 9・30・2	6.89	6.60	133.29	133.00	1460.94	浮子	5	124.45	602.38	172	2.43
H9-19	H 9 6・20・13	3.78	3.73	130.18	130.13	718.67	浮子	4	96.09	262.87	1000	2.73
H9-20	H 9 6・20・14	3.24	3.31	129.64	129.71	563.80	浮子	4	85.44	220.31		2.56
H9-27	H 9 7・26・15	4.08	3.64	130.48	130.04	815.48	浮子	4	99.52	268.49	114	3.04
H9-28	H 9 7・26・16	5.01	4.69	131.41	131.09	1073.65	浮子	5	114.83	380.06	156	2.82
H9-29	H 9 7・26・17	6.01	5.50	132.41	131.90	1306.53	浮子	5	120.44	487.97	98	2.68
H9-30	H 9 7・26・19	6.34	5.98	132.74	132.38	1542.35	浮子	5	122.38	535.78	139	2.88
H9-31	H 9 7・26・21	5.88	5.67	132.28	132.07	1326.46	浮子	5	120.07	487.61	238	2.72
H10-24	H10 9・22・16	2.55	2.48	128.95	128.88	387.12	浮子	4	80.62	157.17	714	2.46
H10-25	H10 9・22・17	2.99	2.96	129.39	129.36	524.17	浮子	4	83.96	194.98	1667	2.69
H10-26	H10 9・22・18	3.19	3.15	129.59	129.55	526.50	浮子	4	85.08	211.46	1250	2.49
H10-27	H10 9・22・19	3.24	3.18	129.64	129.58	498.86	浮子	4	85.29	214.88	833	2.32
H10-28	H10 9・22・20	2.99	2.94	129.39	129.34	421.22	浮子	4	83.88	194.15	1000	2.17
H12-22	H12 9・12・10	2.38	2.28	128.78	128.68	319.70	浮子	4	79.81	142.33	500	2.25
H12-23	H12 9・12・11	2.11	2.01	128.51	128.41	280.22	浮子	4	76.31	121.16	500	2.31
H13-18	H13 8・22・2	4.08	4.02	130.48	130.42	684.98	浮子	6	101.10	291.12	833	2.35
H13-19	H13 8・22・3	4.20	4.06	130.60	130.46	731.49	浮子	6	101.88	299.61	357	2.44
H13-20	H13 8・22・4	4.52	4.27	130.92	130.67	763.61	浮子	6	104.49	327.55	200	2.33
H13-21	H13 8・22・6	4.88	4.64	131.28	131.04	897.28	浮子	7	108.60	366.20	208	2.45
H13-22	H13 8・22・7	5.14	4.95	131.54	131.35	949.62	浮子	7	115.85	401.29	263	2.37
H13-23	H13 8・22・8	4.85	4.66	131.25	131.06	828.11	浮子	7	108.09	365.38	263	2.27
H14-18	H14 7・10・6	2.49	2.31	128.89	128.71	370.29	浮子	4	79.61	147.02	278	2.52
H14-19	H14 7・10・7	2.56	2.44	128.96	128.84	444.44	浮子	4	80.35	154.91	417	2.87
H14-20	H14 7・10・8	2.76	2.62	129.16	129.02	467.51	浮子	4	81.47	170.32	357	2.74
H14-21	H14 7・10・10	2.78	2.74	129.18	129.14	495.16	浮子	4	82.10	175.93	1250	2.81
28'	H14 10・9・14		0.22		126.62	9.80	流速計	11	42.40	25.84		0.38
29'	H14 10・16・13		0.19		126.59	9.00	流速計	11	42.20	23.19		0.39
30'	H14 10・23・14		0.22		126.62	10.92	流速計	11	42.60	25.65		0.43
31'	H14 11・6・11		0.13		126.53	6.12	流速計	11	42.30	22.45		0.27
32'	H14 11・19・10		0.08		126.48	4.89	流速計	11	41.40	19.46		0.25
33'	H14 12・4・11		0.17		126.57	7.40	流速計	11	42.40	23.04		0.32
34'	H14 12・11・10		0.15		126.55	8.03	流速計	11	42.20	22.70		0.35

様式3の9

種別	観測所記号												
2	1	3	6	2	1	6	0	4	7	3	0	6	0

表1 観測流量表(2/3)

平成15年(2003)

水系名	淀川		河川名		木津川	観測所名	岩倉	読み	いわくら			
年間番号	月日時	水位 【57.4km】 (m)	観測所水位 【基準】 (m)	水位 【57.4km】 (EL. m)	観測所水位 【基準】 (EL. m)	流量 (m ³ /sec)	流速測定方法	流速測線数	水面巾 (m)	断面積 (m ²)	水面勾配 1/	平均流速 (m/sec)
35'	H14 12・18・10		0.13		126.53	6.49	流速計	11	42.10	21.38		0.30
1	H15 1・8・9		0.15		126.55	7.52	流速計	11	42.20	21.47		0.35
2	H15 1・15・11		0.11		126.51	5.83	流速計	11	42.20	20.71		0.28
3	H15 2・5・13		0.18		126.58	8.26	流速計	11	42.30	23.04		0.36
4	H15 2・12・10		0.21		126.61	9.70	流速計	11	42.60	25.62		0.38
5	H15 2・19・17		0.17		126.57	8.89	流速計	11	42.60	23.40		0.38
6	H15 3・6・15		0.29		126.69	13.90	流速計	11	43.10	29.34		0.47
7	H15 3・14・10		0.28		126.68	12.33	流速計	11	42.60	27.63		0.45
8	H15 4・17・10		0.20		126.60	9.83	流速計	11	42.20	24.36		0.40
9	H15 4・23・10		0.21		126.61	10.59	流速計	11	42.40	24.81		0.43
10	H15 5・7・11		0.16		126.56	8.04	流速計	11	42.30	22.95		0.35
11	H15 5・14・10		0.24		126.64	13.01	流速計	11	42.70	26.94		0.48
12	H15 5・21・10		0.35		126.75	18.46	流速計	11	43.60	31.71		0.58
13	H15 6・4・11		0.22		126.62	10.54	流速計	11	42.50	25.64		0.41
14	H15 6・11・15		0.21		126.61	9.67	流速計	11	42.60	25.73		0.38
15	H15 7・11・11		0.29		126.69	15.41	流速計	11	42.60	29.01		0.53
16	H15 7・23・18		0.32		126.72	15.61	流速計	11	43.00	30.77		0.51
17	H15 8・1・11		0.32		126.72	15.58	流速計	11	43.00	30.53		0.51
18	H15 8・8・19	1.68	1.30	128.08	127.70	152.76	浮子	3	53.10	81.63	132	1.87
19	H15 8・8・20	2.09	1.66	128.49	128.06	200.15	浮子	3	63.34	103.89	116	1.93
20	H15 8・8・21	2.43	2.08	128.83	128.48	308.81	浮子	4	78.27	134.96	143	2.29
21	H15 8・8・22	2.49	2.35	128.89	128.75	326.88	浮子	5	79.25	147.48	357	2.22
22	H15 8・8・23	2.56	2.47	128.96	128.87	331.00	浮子	5	80.08	154.95	556	2.14
23	H15 8・9・0	2.79	2.63	129.19	129.03	364.71	浮子	5	81.24	170.80	313	2.14
24	H15 8・9・1	2.82	2.77	129.22	129.17	397.77	浮子	5	81.82	177.59	1000	2.24
25	H15 8・9・2	2.66	2.58	129.06	128.98	334.31	浮子	5	80.88	163.39	625	2.05
26	H15 8・9・3	2.51	2.41	128.91	128.81	322.95	浮子	5	79.64	150.58	500	2.14
27	H15 8・9・7	2.00	1.96	128.40	128.36	231.10	浮子	3	71.28	113.48	1250	2.04
28	H15 8・21・11		0.44		126.84	27.22	流速計	11	43.60	35.76		0.76
29	H15 9・3・10		0.25		126.65	11.99	流速計	11	43.00	27.03		0.44
30	H15 9・10・10		0.28		126.68	14.84	流速計	11	43.60	27.74		0.53
31	H15 9・18・14		0.18		126.58	9.34	流速計	11	42.70	24.63		0.38
32	H15 10・1・10		0.23		126.63	12.18	流速計	11	43.00	26.61		0.46
33	H15 10・8・10		0.18		126.58	10.24	流速計	11	42.80	25.19		0.41
34	H15 10・29・10		0.19		126.59	10.29	流速計	11	42.70	25.30		0.41

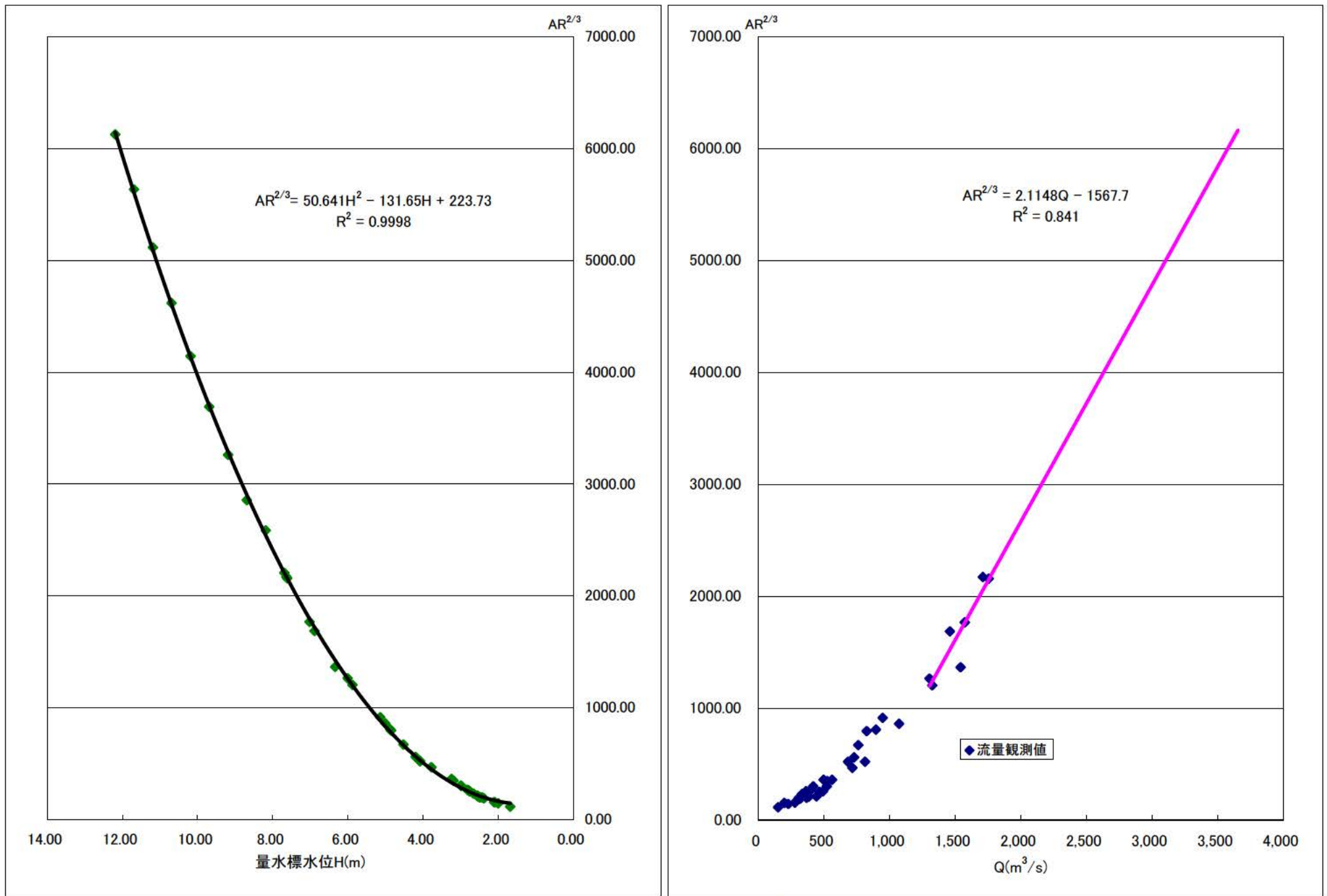


図1 岩倉地点(57.4k)H~ $AR^{2/3}$ ~Q図

岩倉地点(57.4k)水位流量曲線図

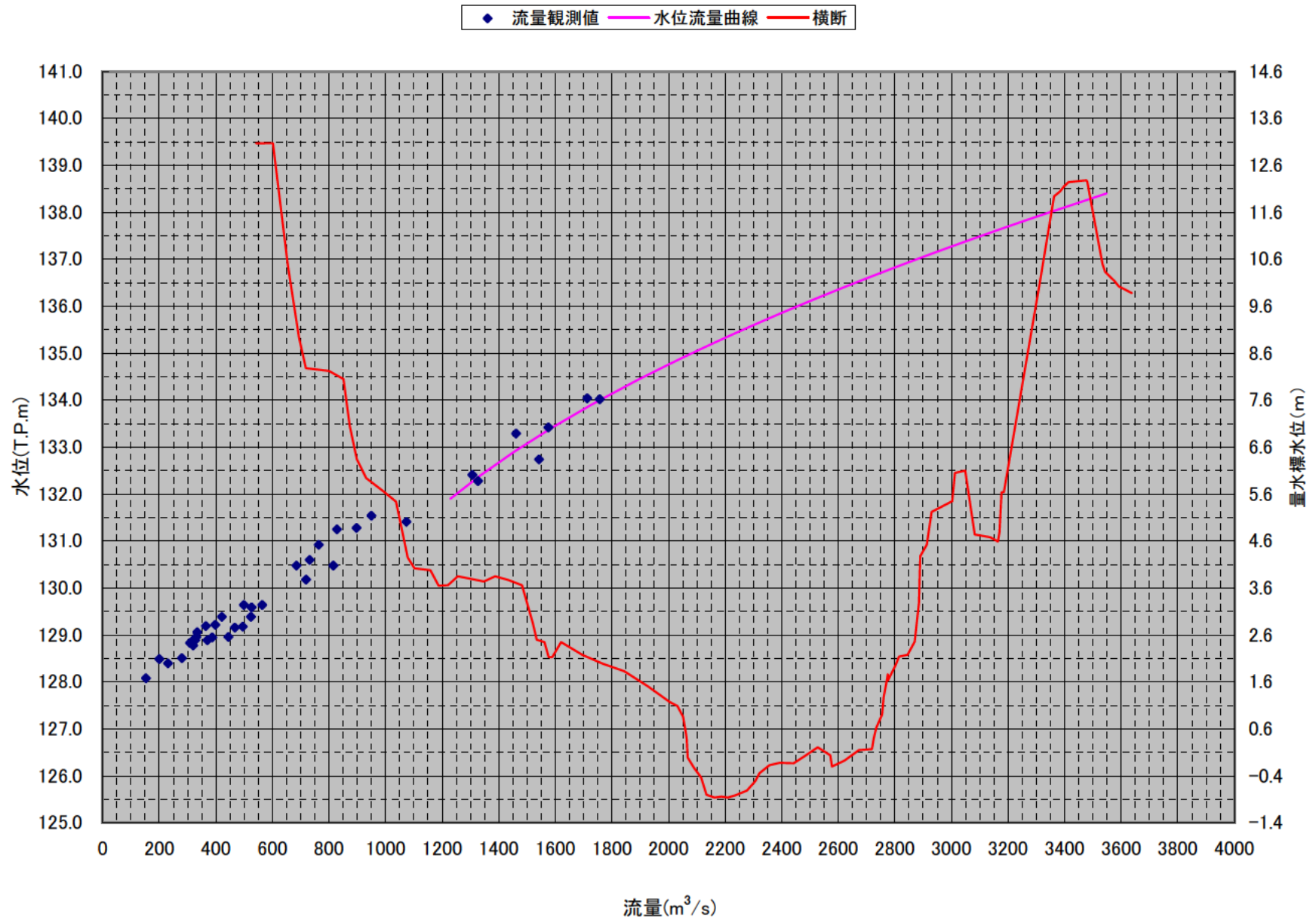


図2 岩倉地点(57.4k)水位流量曲線

岩倉地点(57.4k)水位流量曲線図

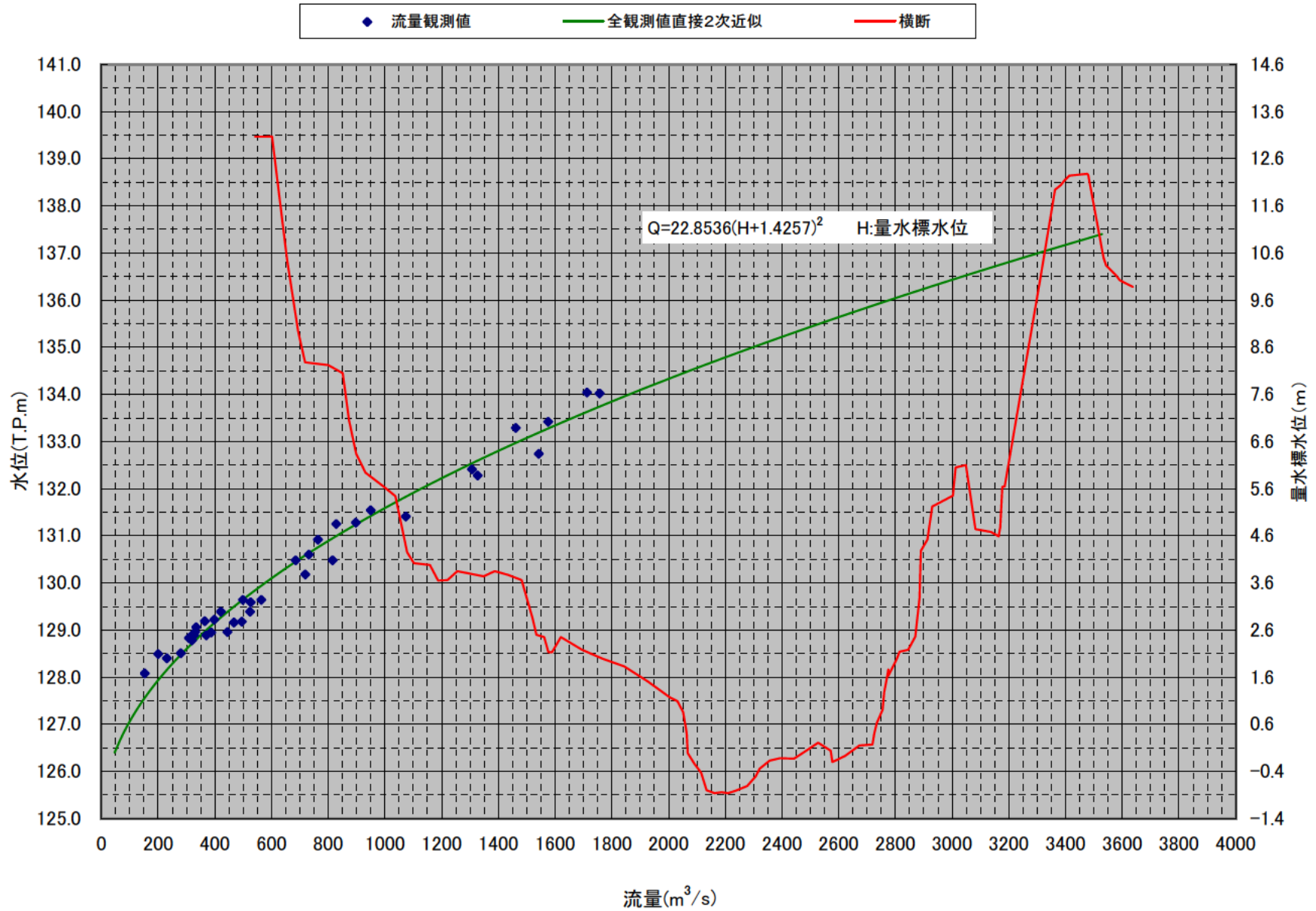


図3 岩倉地点(57.4k)水位流量曲線

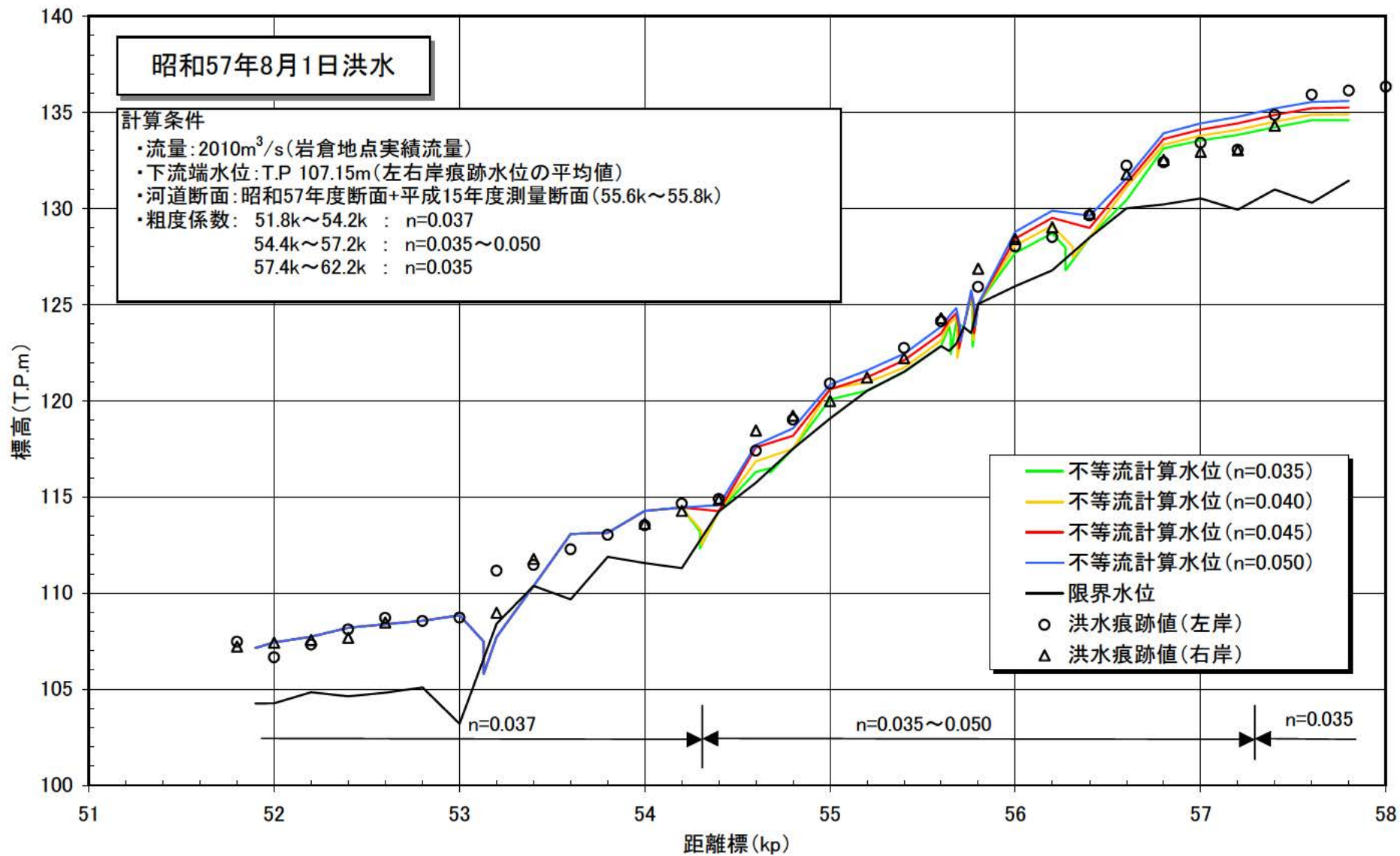


図4(1) 洪水痕跡の調査結果と不等流計算結果(昭和57年8月1日洪水)

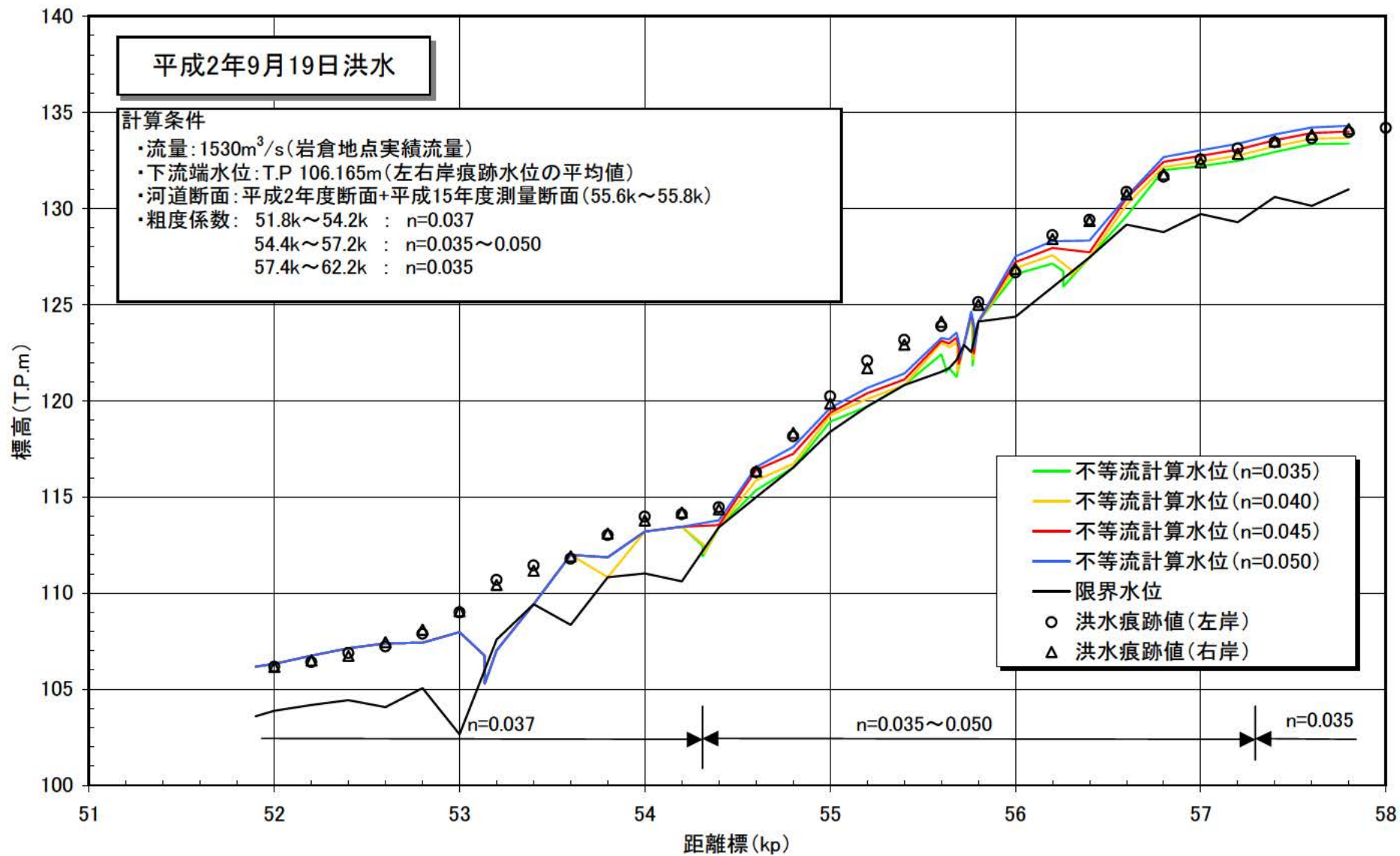


図4(2) 洪水痕跡の調査結果と不等流計算結果(平成2年9月19日洪水)

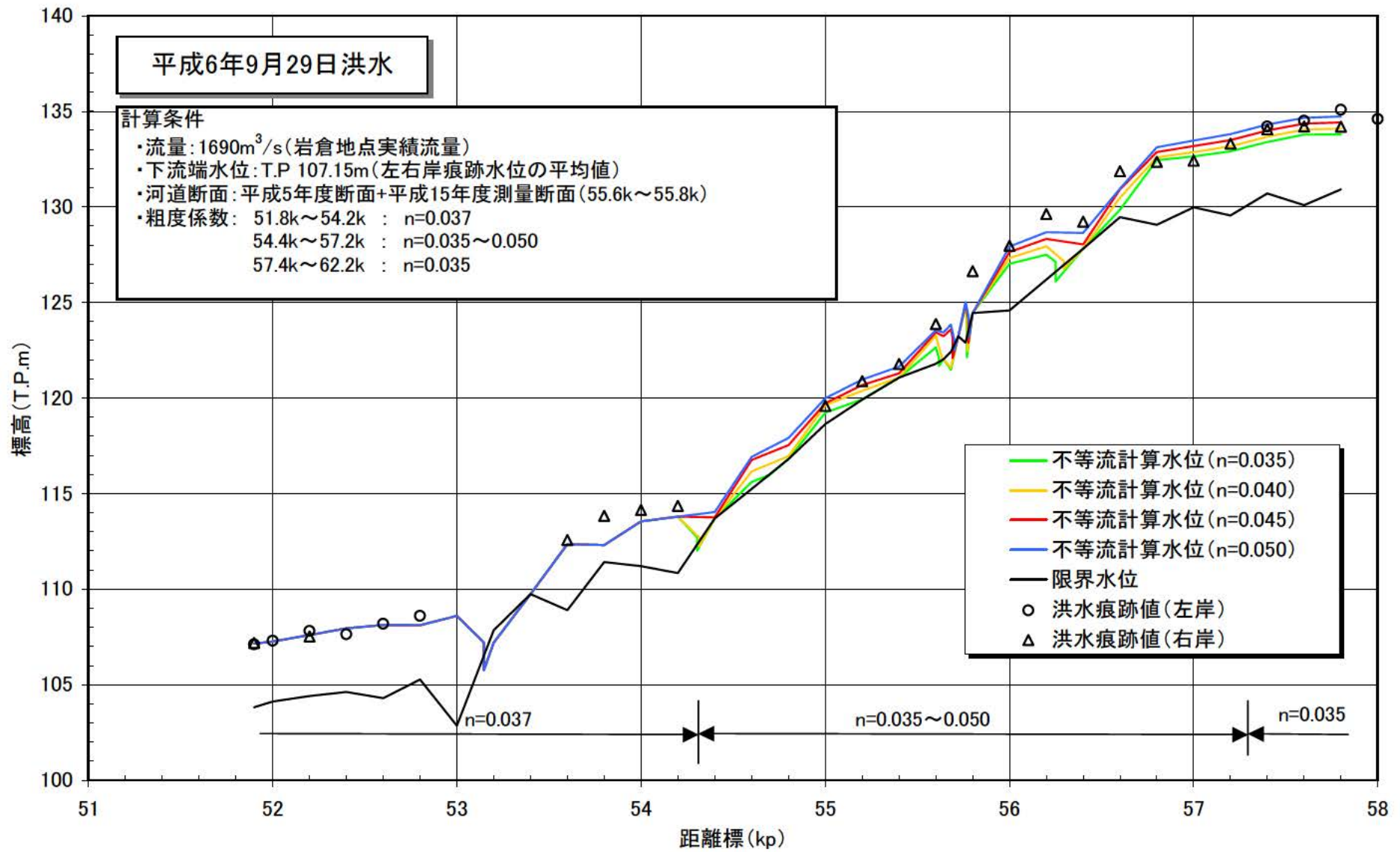


図4(3) 洪水痕跡の調査結果と不等流計算結果(平成6年9月29日洪水)

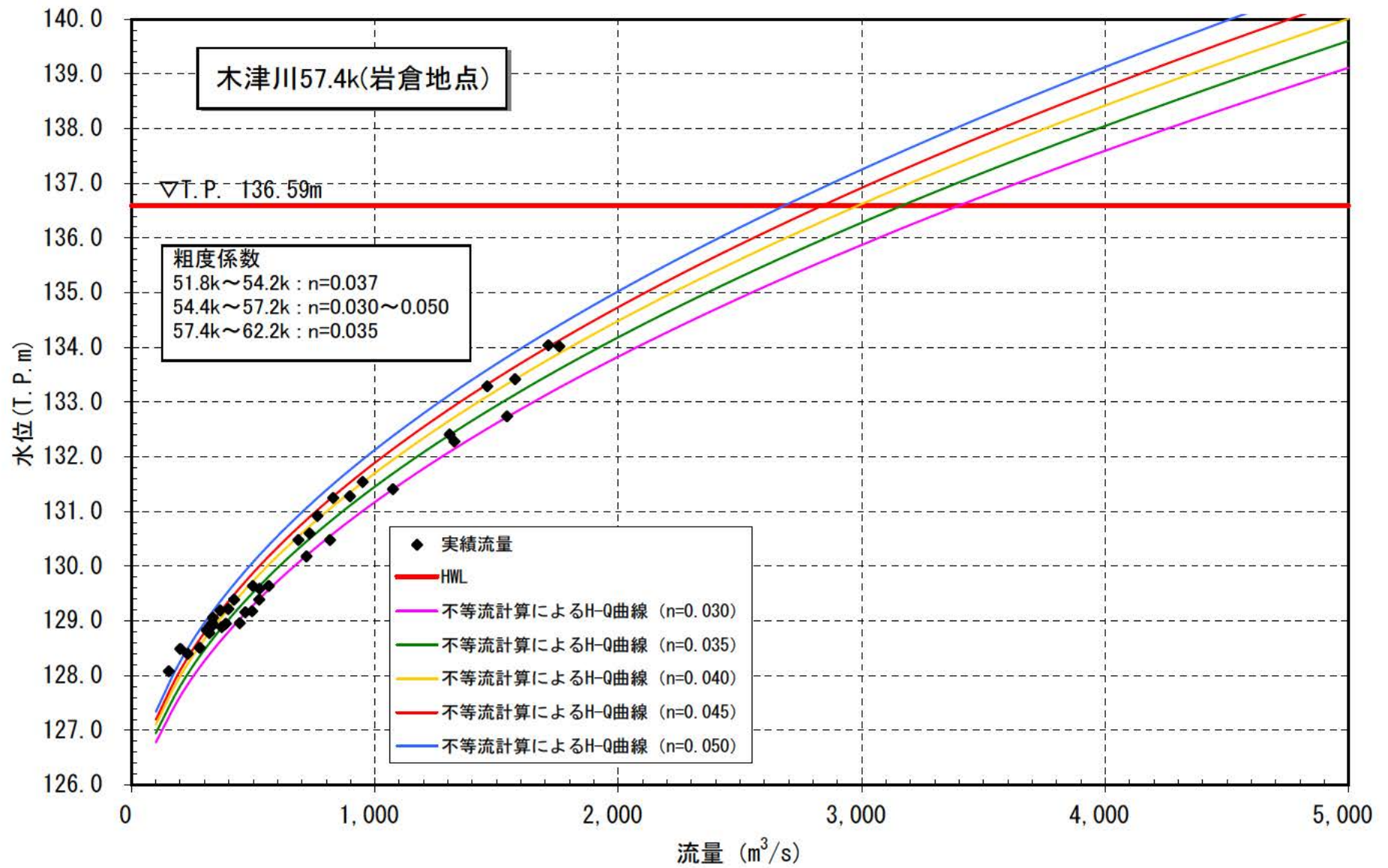


図5 木津川 57.4k(岩倉地点)における水位と流量の関係

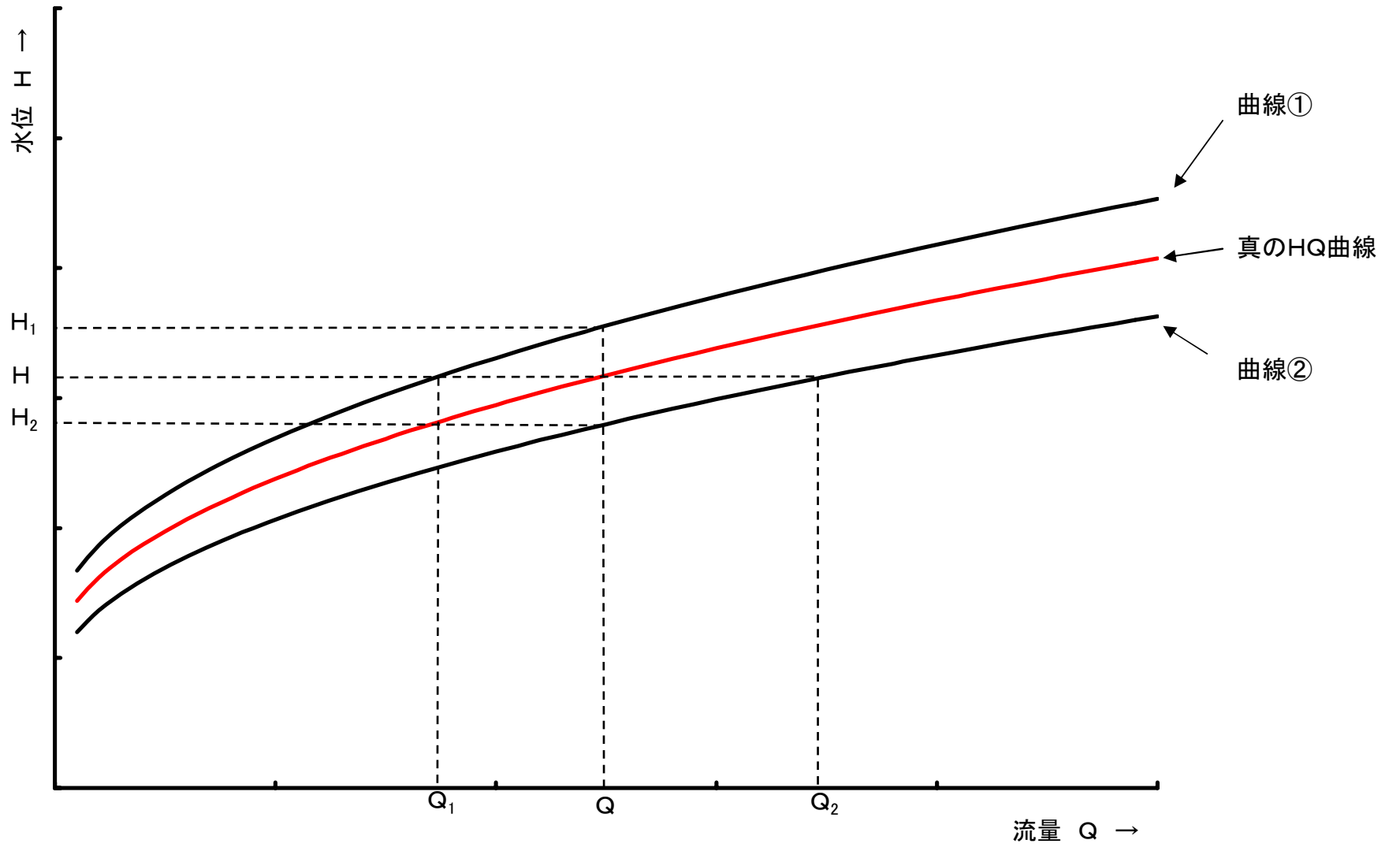


図6 水位～流量関係模式図