

1. 流域の概要

円山川は、源を兵庫県朝来市生野町円山（標高 640m）に発し、大屋川、八木川、稲葉川等の支川を合わせて豊岡盆地を貫流し、豊岡市において出石川、奈佐川等を合わせ日本海に注ぐ幹川流路延長 68km、流域面積 1,300km² の一級河川である。

流域は、兵庫県の豊岡市、養父市、朝来市の 3 市からなり、但馬地方における社会・経済・文化をなしている。流域の土地利用は、山地等が約 83%、水田や畑地等の農地が約 11%、宅地等その他が約 6%となっている。

沿川には JR 山陰本線、国道 9 号、国道 178 号、国道 312 号、国道 426 号の基幹交通施設に加え、豊岡市までの延伸が計画されている北近畿豊岡自動車道が整備中である。さらにコミュニティー方式による但馬空港が開港し、大阪方面との利便性が向上している。また、流域内は山陰海岸国立公園や氷ノ山後山那岐山国定公園に指定され、日和山海岸や国指定天然記念物の玄武洞、城崎温泉、神鍋高原の他、出石城下町などの観光資源に恵まれ、京阪神を中心に数多くの観光客を集めている。下流部では地域を挙げて、国指定特別天然記念物のコウノトリを野生に戻す取り組みが進められ、円山川の豊かな河川環境を保全し、再生しようとする気運が高まっている。このように、本水系の治水・利水・環境についての意義は極めて大きい。

円山川流域は、上流部に氷ノ山（標高 1,500m）をはじめとする標高 1,000～1,500m 程度の山々が稜線を連ねて分水界を形成している。上流部には和田山、梁瀬等の盆地があり、小規模な水田地帯を構成している。円山川は、これらの盆地から流出した後、山間部を大きく曲流し、谷底平野を形成しながら下流部の豊岡盆地を貫流している。豊岡盆地では、軟弱な沖積層が地下水の揚水により収縮することが原因の一つとなり、今もなお地盤沈下が継続している。このため、昭和 30 年代以前から、円山川の堤防は沈下と嵩上げが繰り返されてきた。また、豊岡盆地を含む下流の低平地帯では、河口から出石川合流部の河床勾配が非常に緩やかなため、河川からの氾濫が盆地全体に広がるだけでなく、水はけが悪く長時間浸水することから、内水被害がたびたび発生している。

流域の地質は、新旧各層が入り混じっており、砂岩、粘板岩を主とする古生層が本川上流部及び大屋川上流部に分布し、生野層及び第三紀層が広範囲に分布している。また、円山川沿川には沖積層が分布しており、その主な部分は豊岡盆地の地盤を形成している。

流域の気候は、典型的な日本海型気候区に属し、冬季は山地部で降雪が多く、年平均気温は 14℃ 程度、年平均降水量は約 2,000mm 程度である。夏はフェーン現象により気温が上昇することが多く、8 月の月平均気温は豊岡盆地が兵庫県下他の地域よりも高い傾向にある。また、秋から冬にかけては霧の日が多いことも特徴である。冬は季節風の影響を受け、曇りや雪の日が多く、気温の季節変化が大きい。

河床勾配は、源流から八木川合流点までの上流部では約 1/100～約 1/300 であり、八木川合流点から出石川合流点までの中流部では約 1/780 程度となっている。一方、出石川合流点から河口までの下流部では、上中流部に比べ約 1/9,000 程度と非常に緩やかである。

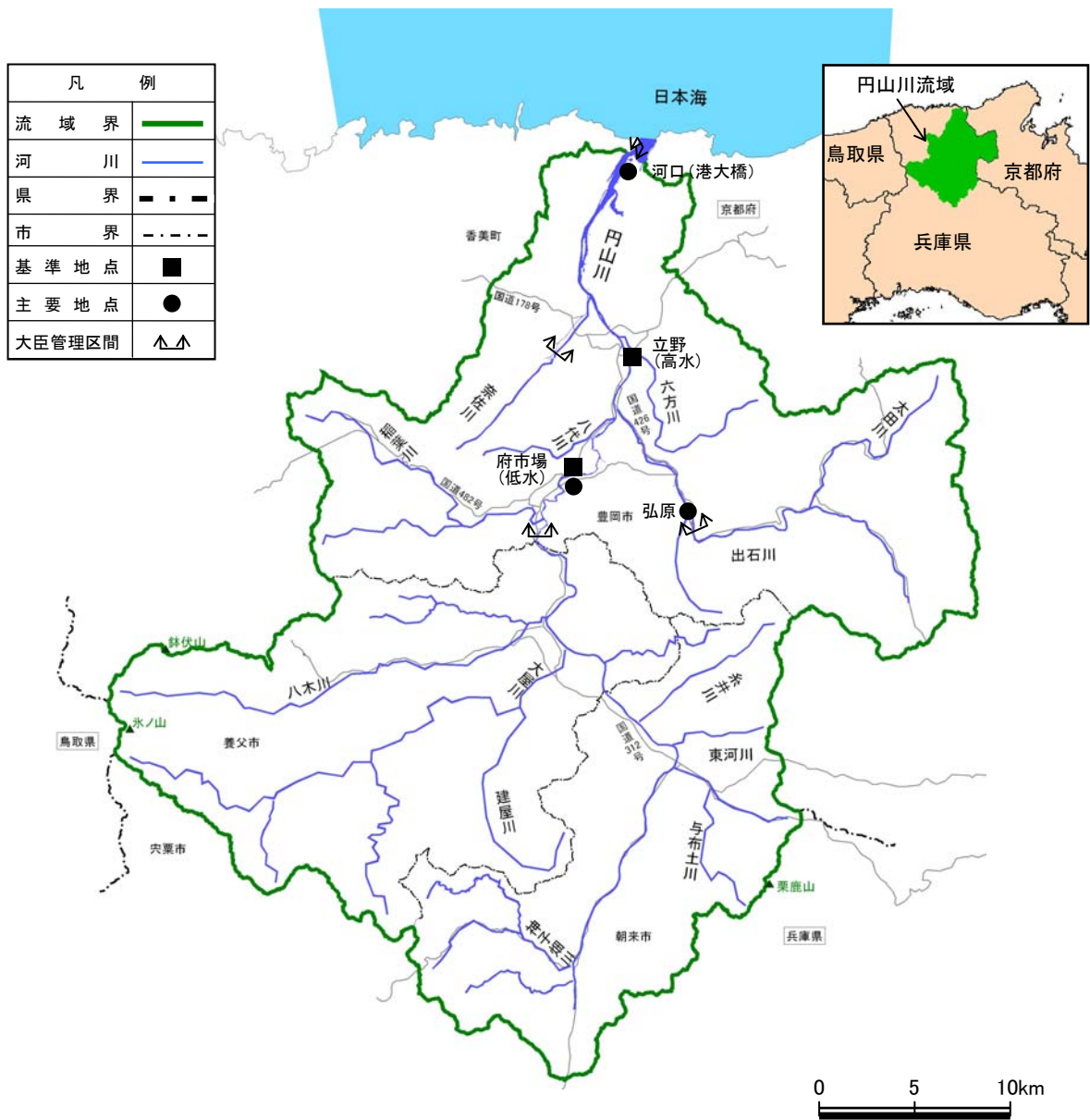


图 1-1 丸山川流域図

表 1-1 丸山川流域の概要

項目	諸元	備考
流路延長	68km	全国 76 位 / 109 水系
流域面積	約 1,300km ²	全国 50 位 / 109 水系
流域市町村	3 市	豊岡市、養父市、朝来市
流域内人口	約 14 万人	
支川数	95	

2. 治水事業の経緯

円山川水系の治水事業は、大正元年9月洪水を契機に直轄事業として第1期改修工事が行われたことに始まる。立野における計画高水流量を $2,800\text{ m}^3/\text{s}$ と定め、屈曲の著しい箇所のショートカットを含めた築堤主体の改修計画を策定し、大正9年に工事に着手し、昭和12年に完了した。

その後、兵庫県において維持管理されてきたが、昭和31年から再び直轄事業となり、第2期改修工事として、立野における計画高水流量を $3,800\text{ m}^3/\text{s}$ とする計画を策定し、築堤工事などを実施した。

また、昭和34年9月の伊勢湾台風で流域全体に大きな被害が発生したため、昭和35年には、立野における計画高水流量を $4,500\text{ m}^3/\text{s}$ とする総体計画を策定し、築堤工事や豊岡、八代排水機場整備による市街地の内水対策を実施した。

昭和41年には一級河川の指定に伴い、総体計画を踏襲した工事実施基本計画を策定し、下流部の菊屋島、中ノ島の河道掘削を行うとともに、支川出石川の築堤、六方流域の内水対策に着手した。

昭和63年には、流域の開発、進展に鑑み、立野における基本高水のピーク流量を $6,400\text{ m}^3/\text{s}$ とし、このうち上流ダム群及び遊水地群により $1,000\text{ m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量を $5,400\text{ m}^3/\text{s}$ とする計画に改定した。

この計画に基づき、平成4年にはひのそ島掘削に着手、円山川大橋や出石川での橋梁対策を行った。こうした治水事業を展開してきたものの、平成2年9月（浸水家屋2,212戸）、平成16年10月（浸水家屋7,944戸）に及ぶ甚大な被害が発生した。

3. 既往洪水の概要

円山川流域の降雨は9月から10月にかけての台風の影響によるものが多く、過去の大洪水についても台風に起因している。近年出水では、平成2年9月（台風19号）、平成16年10月（台風23号）に甚大な被害が発生している。

円山川の代表的な洪水の概要を表3-1に示す。

表3-1 主要洪水の概要

洪水発生年月日	洪水要因	流域平均 2日雨量 (mm)	立野地点 観測流量 (m ³ /s)	被害状況	
				浸水家屋 (戸)	浸水面積 (ha)
昭和34年9月26日	伊勢湾台風	253	3,043	16,833	16,926
昭和36年9月16日	第2室戸台風	184	2,624	1,933	2,303
昭和47年7月12日	梅雨前線及び 台風6号	233	2,786	749	1,715
昭和51年9月10日	台風17号	322	2,595	2,855	2,115
昭和54年10月19日	台風20号	211	2,461	610	185
平成2年9月20日	台風19号	364	3,064	2,212	1,923
平成16年10月20日	台風23号	278	4,127	7,944	4,083

出典：円山川流域の概要（S63.3、建設省河川局）（S34.9洪水）
 出水報告（S36.9洪水）
 水害統計（S47.7洪水、S51.9洪水、S54.10洪水、H2.9洪水）
 但馬県民局調べ（H17.3時点）（H16.10洪水）

4. 基本高水の検討

4-1 既定計画の概要

昭和 63 年に改定された工事実施基本計画(以下「既定計画」という)では、以下に示すとおり、基準地点立野における基本高水のピーク流量を $6,400\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。

(1) 計画規模の設定

計画規模は、明治 40 年 8 月などの既往洪水の流量規模及び流域の社会的・経済的な重要性を総合的に勘案して、1/100 と設定した。

(2) 計画降雨量の設定

計画降雨継続時間は、実績降雨の継続時間等を考慮して 2 日を採用した。

明治 32 年～昭和 59 年の年最大 2 日雨量を確率処理し、1/100 確率規模の計画降雨量を立野地点で $327\text{mm}/2$ 日と決定した。

(3) 流出計算モデルの設定

降雨をヒドログラフに変換するための流出モデル(貯留関数法)を作成し、流域の過去の主要洪水における降雨分布特性により流出計算モデルを同定した。

(4) 主要洪水における計画降雨量への引き延ばしと流出計算

流域の過去の主要洪水における降雨波形を計画降雨量まで引延ばし、同定された流出計算モデルにより流出量を算出した。

(5) 基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、上記の流出計算結果から、基準地点において計算ピーク流量が最大となる昭和 34 年 9 月降雨パターンを採用し、立野地点 $6,400\text{m}^3/\text{s}$ に決定した。

4-2 工事実施基本計画策定後の状況

既定計画を策定した昭和63年以降、計画の変更をするような大きな洪水は発生していない。なお、平成2年に計画2日雨量を上回る降雨が発生しているが、二山降雨のためピーク流量は約3,100m³/sであり、計画の変更を必要とするような洪水は発生していない。

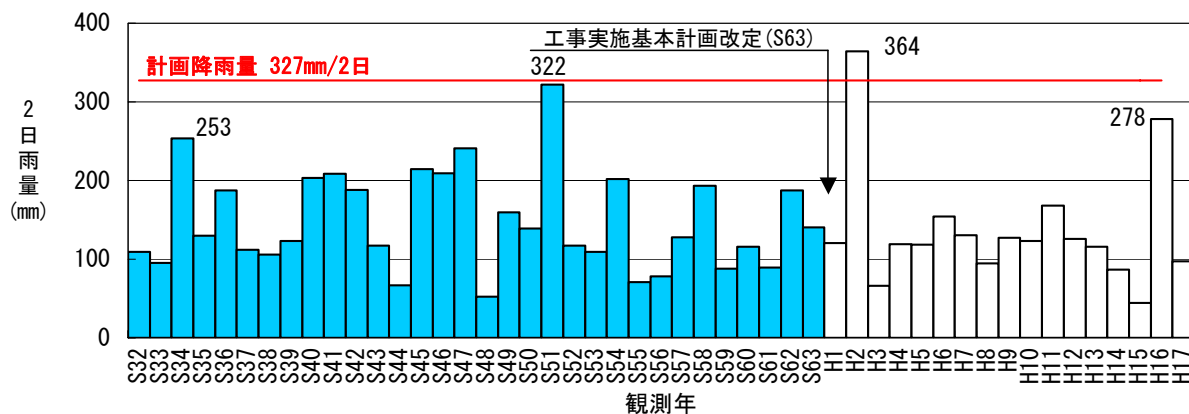


図 4-1 立野地点上流 年最大2日雨量

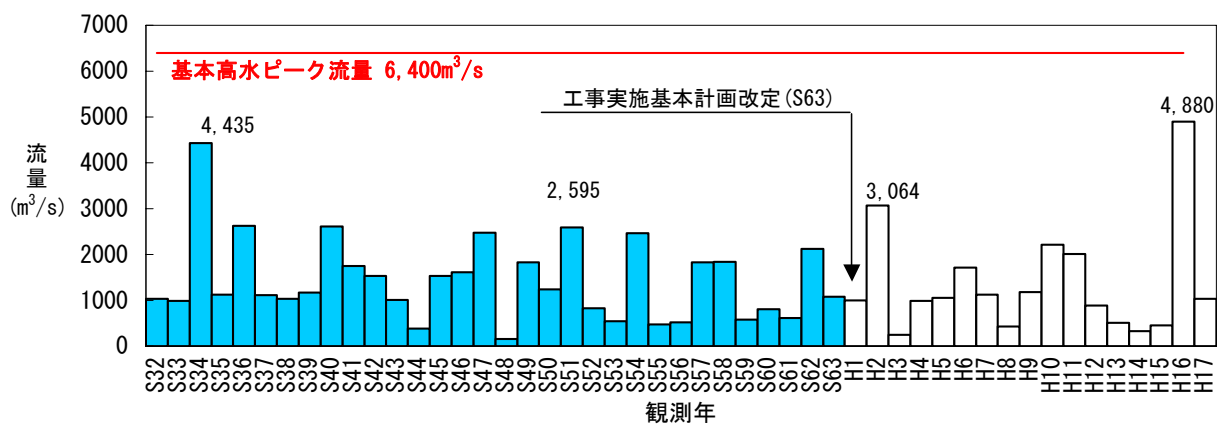


図 4-2 立野地点 年最大流量

4-3 現行基本高水のピーク流量の妥当性検証

既定計画策定後の水理、水文データの蓄積等を踏まえ、既定計画の基本高水のピーク流量について、以下の観点から検証した。

(1) 計画降雨量の検証

既定計画策定後の2日雨量データを加え、確率統計処理することにより、既定計画降雨量の妥当性を検証した。雨量確率の検討（統計期間：明治32年～平成17年の107年間）の結果、立野地点における1/100確率規模の2日雨量は313～358mmと推定され、既定計画降雨量（327mm/2日）が範囲内であることを確認した。

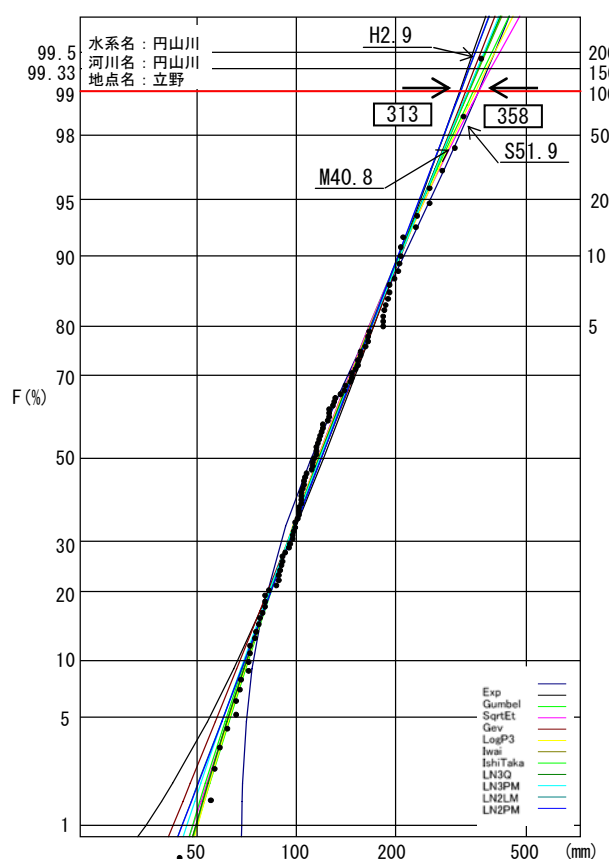


図 4-3 立野上流 2 日雨量確率計算結果

表 4-1 1/100 確率 2 日雨量（立野上流域）

確率分布モデル	確率雨量 (mm)
指数分布 Exp	357
グンベル分布 Gumbel	313
平方根指数型最大分布 SqrtEt	345
一般化極地分布 Gev	358
対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	327
対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）LogP3	350
対数正規分布（岩井法）Iwai	335
対数正規分布（石原・高瀬法）IshiTaka	334
対数正規分布（クワイル法）LN3Q	332
3母対数正規分布（積率法）LN3PM	332
2母対数正規分布（L積率法）LN2LM	316
2母対数正規分布（積率法）LN2PM	315

(2) 流出計算モデルの検証

既定計画策定後の洪水の再現計算を行い、既定の流出計算モデル(貯留関数法)が妥当であることを確認した。貯留関数法の基礎式は次のとおりである。

$$\frac{ds}{dt} = r - Q \quad S = k \cdot Q^p$$

Q : 流出高 (mm/hr), r : 降雨量 (mm/hr)
 t : 時間 (hr), S : 貯留高 (mm)
 k, p : モデル定数

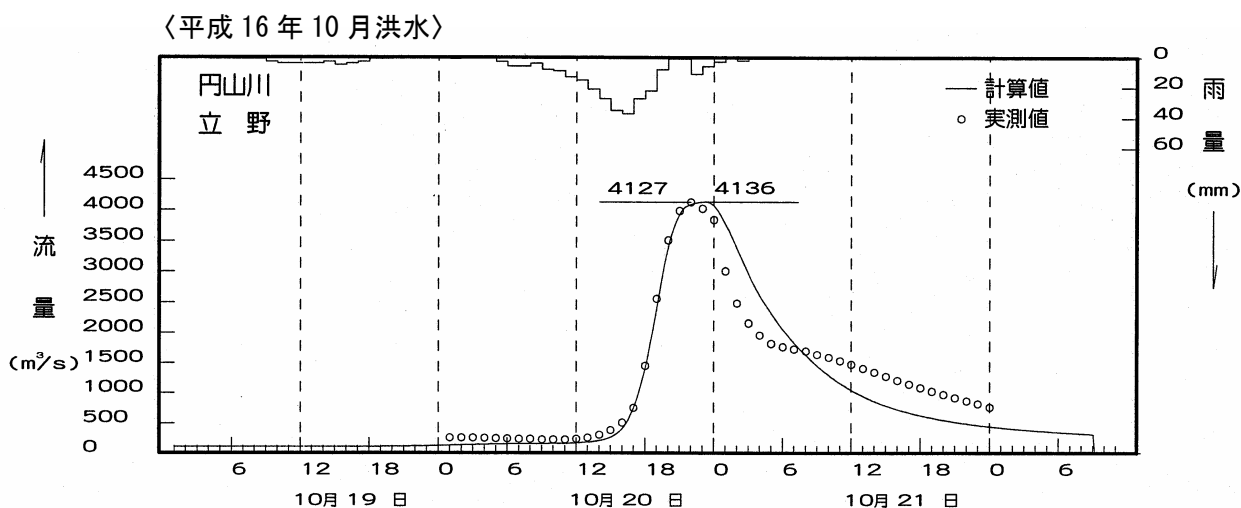


図 4-4 平成 16 年 10 月洪水再現計算結果 (立野地点)

(3) 近年の洪水を加えた基本高水の検証

既定計画策定後の洪水を加え、流域の過去の主要洪水における降雨波形を計画降雨量まで引延ばし、同定された流出計算モデルにより流出量を算定した。

表 4-2 ピーク流量一覧表 (立野地点)

降雨パターン	実績降雨量 (mm/2 日)	引伸ばし率	計算ピーク流量 (m³/s)	備考
S34. 9. 25	253. 4	1. 290	※6, 400	既定計画 期間
S36. 10. 26	173. 3	1. 887	2, 700	
S41. 9. 17	205. 3	1. 593	3, 700	
S42. 10. 27	183. 7	1. 780	3, 600	
S45. 6. 14	207. 9	1. 573	2, 400	
S46. 8. 30	199. 0	1. 643	3, 900	
S47. 7. 10	232. 9	1. 404	4, 900	
S51. 9. 9	321. 9	1. 016	3, 300	
S54. 10. 18	211. 2	1. 548	5, 300	
S58. 9. 27	187. 6	1. 743	4, 600	
H 2. 9. 20	364. 4	1. 000	4, 100	既定計画 策定後
H11. 9. 21	165. 6	1. 975	3, 500	
H16. 10. 20	278. 0	1. 776	5, 700	

※最大値

(4) 流量確率による検証

相当年数の流量データが蓄積されたこと等から、流量データ（統計期間：昭和32年～平成17年の49年間）を確率統計処理することにより、基本高水のピーク流量を検証した。流量確率の検討の結果、立野地点における1/100確率規模の流量は、4,600～6,500m³/sと推定され、今回採用する6,400m³/sが範囲内であることを確認した。

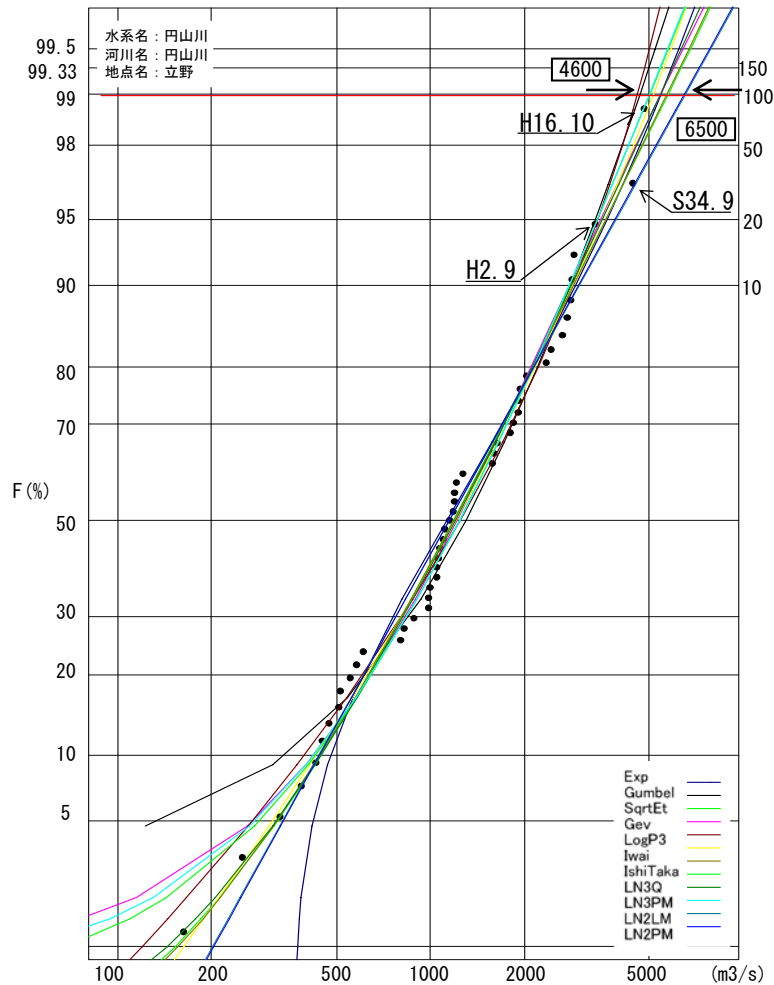


図 4-5 立野地点流量確率計算結果

表 4-3 1/100 確率流量（立野地点）

確率分布モデル	確率流量 (m ³ /s)
指数分布 Exp	5,400
グンベル分布 Gumbel	4,700
平方根指数型最大分布 SqrtEt	5,800
一般化極地分布 Gev	5,400
対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	4,600
対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）LogP3	5,100
対数正規分布（岩井法）Iwai	5,600
対数正規分布（石原・高瀬法）IshiTaka	5,000
対数正規分布（クワタイル法）LN3Q	5,400
3母対数正規分布（積率法）LN3PM	5,000
2母対数正規分布（L積率法）LN2LM	6,500
2母対数正規分布（積率法）LN2PM	6,400

(5) 既往洪水からの検証

2日雨量・洪水痕跡及び被害状況より、円山川の既往最大洪水として、明治40年8月洪水を選定した。当時の痕跡水位や文献を調査し、浸水区域並びに浸水深を整理して、氾濫シミュレーションを行った結果、計算値は実績の氾濫区域、豊岡市街地の浸水深及び河道の実測水位を概ね再現できていることを確認した。この結果から想定される氾濫戻し流量は $6,400\text{m}^3/\text{s}$ 程度となる。

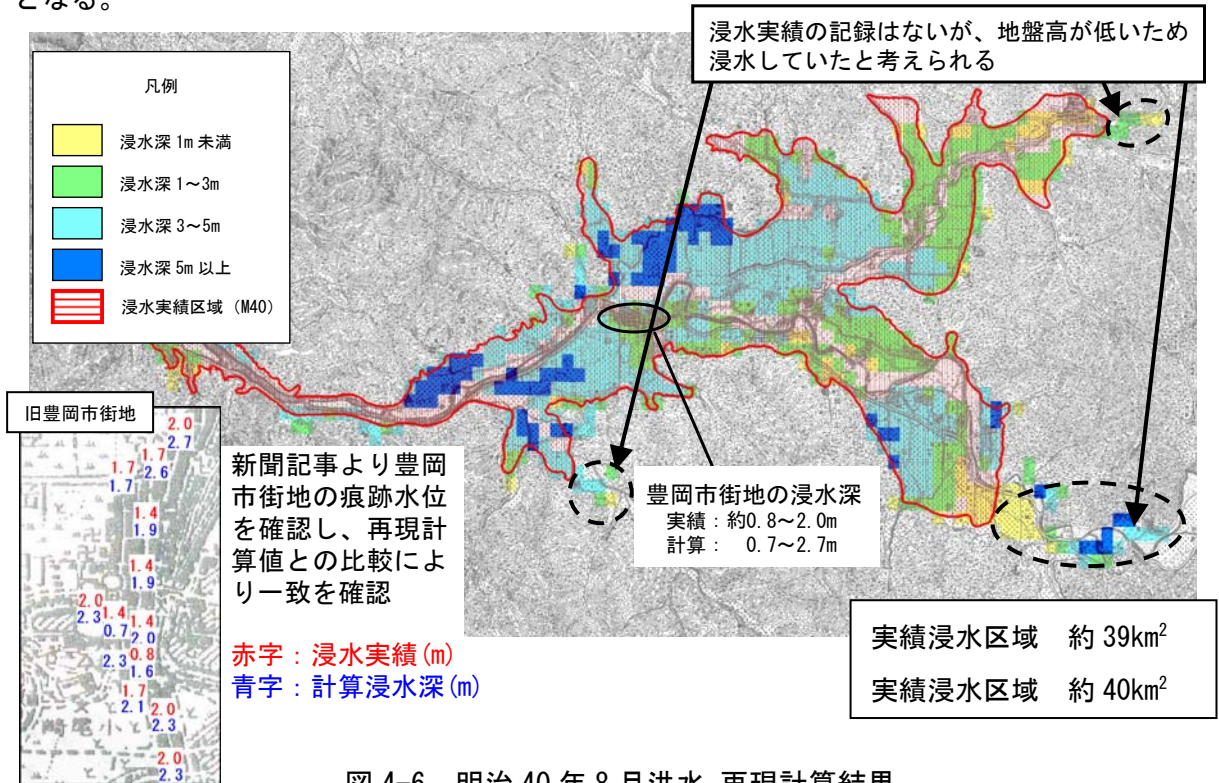


図 4-6 明治40年8月洪水 再現計算結果

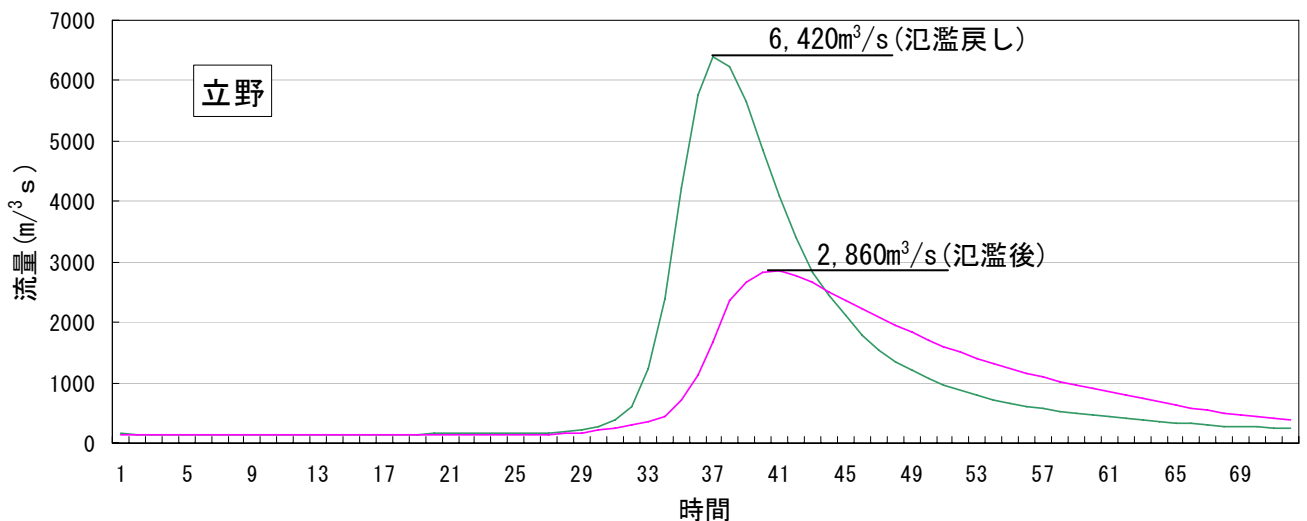


図 4-7 明治40年8月洪水推定ハイドログラフ (立野地点)

(6) 基本高水のピーク流量

以上の検証結果から、基準地点立野における既定計画の基本高水のピーク流量 $6,400\text{m}^3/\text{s}$ とする。

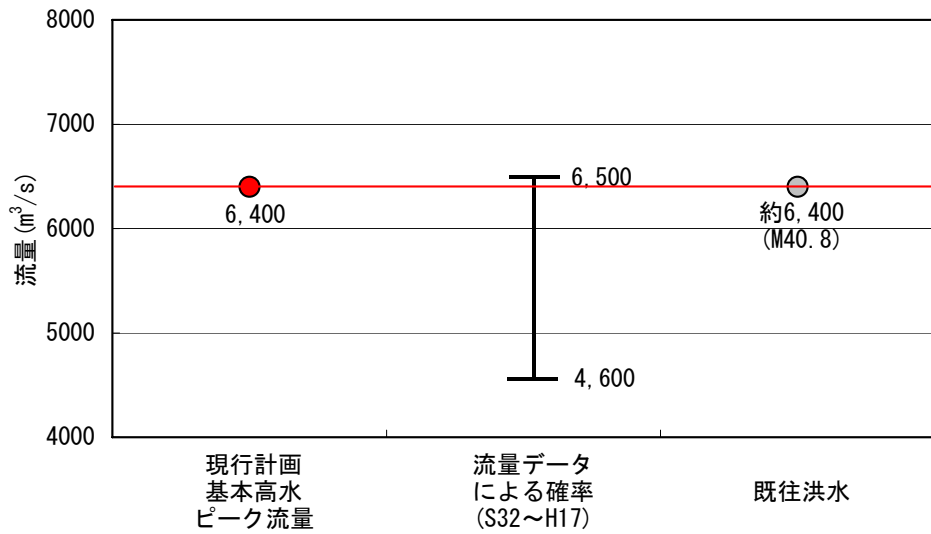


図 4-8 各手法による基本高水のピーク流量算定結果

なお、基本高水のピーク流量の決定にあたり、用いたハイドログラフは以下のとおりである。

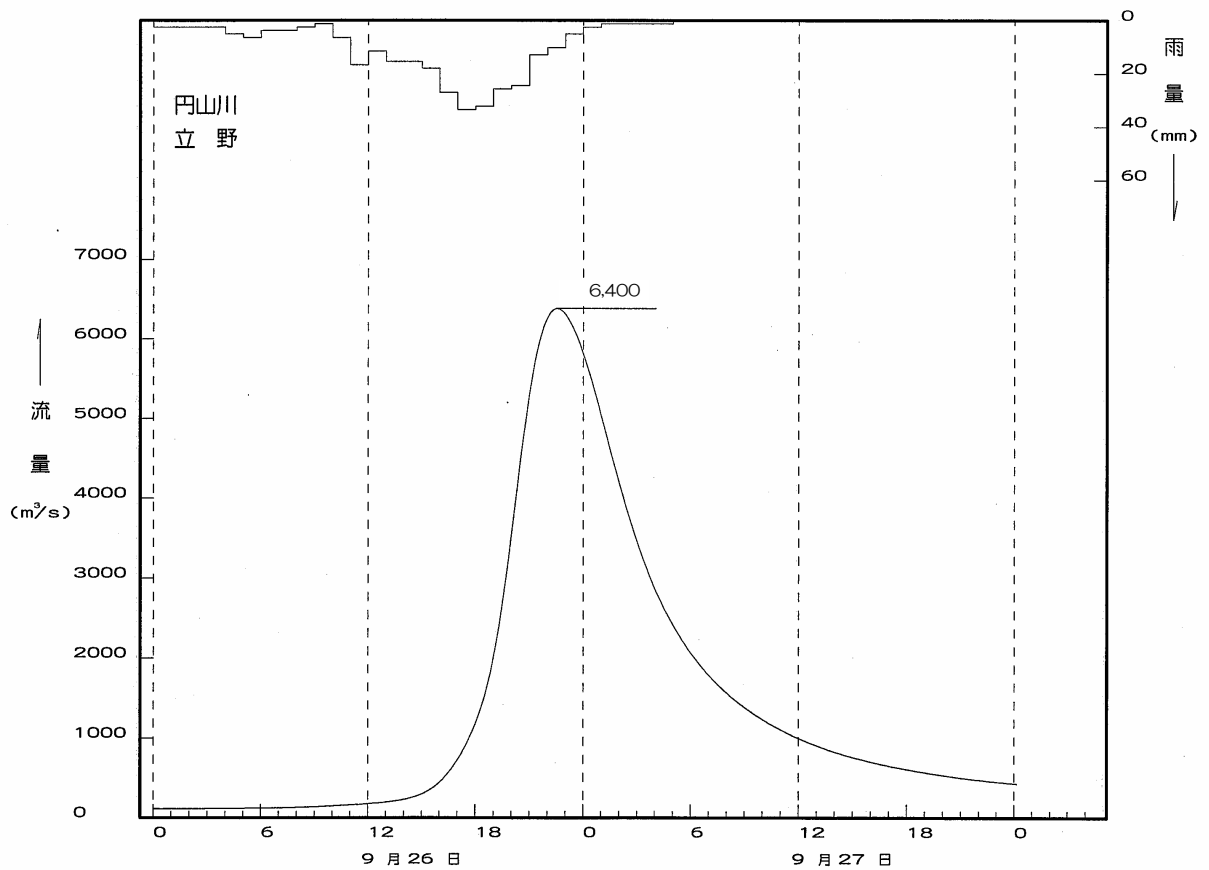


図 4-9 基本高水のハイドログラフ(立野地点、昭和 34 年 9 月型)

5. 高水処理計画

円山川の既定計画の高水処理は、基準地点立野における基本高水のピーク流量 $6,400\text{m}^3/\text{s}$ に対し、洪水調節施設により $1,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $5,400\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

円山川の河川改修は、同地点で既定計画の $5,400\text{m}^3/\text{s}$ を目標に実施され、人家が密集する豊岡市街地では、暫定堤防を含めると概ね概成しており、橋梁、樋管等多くの構造物も完成している。さらに、豊岡市では、河川沿川での高度な土地利用が行われている。

このため、堤防の広範囲の引堤や嵩上げによる河川改修は社会的影響が大きい上に、豊岡盆地の軟弱地盤への新たな築堤は、地盤沈下への懸念もあるため実現性が低い。

一方、河道掘削による河川環境の改変や改修に伴う経済性、将来河道の維持を考慮すると、現実的に対応可能な流量は基準地点立野において $5,600\text{m}^3/\text{s}$ である。

これらを踏まえ、基準地点立野の計画高水流量は $5,600\text{m}^3/\text{s}$ とし、 $800\text{m}^3/\text{s}$ の高水処理計画については、流域内の洪水調節施設にて対応することとする。

6. 計画高水流量

計画高水流量は、府市場において $5,200\text{m}^3/\text{s}$ とし、出石川等からの流入量及び残流域からの流入量を合わせて立野において $5,600\text{m}^3/\text{s}$ とする。さらに、その下流では支川等の流入量を合わせ、河口（港大橋）において $6,000\text{m}^3/\text{s}$ とする。

また、支川出石川は、弘原において $1,000\text{m}^3/\text{s}$ とする。

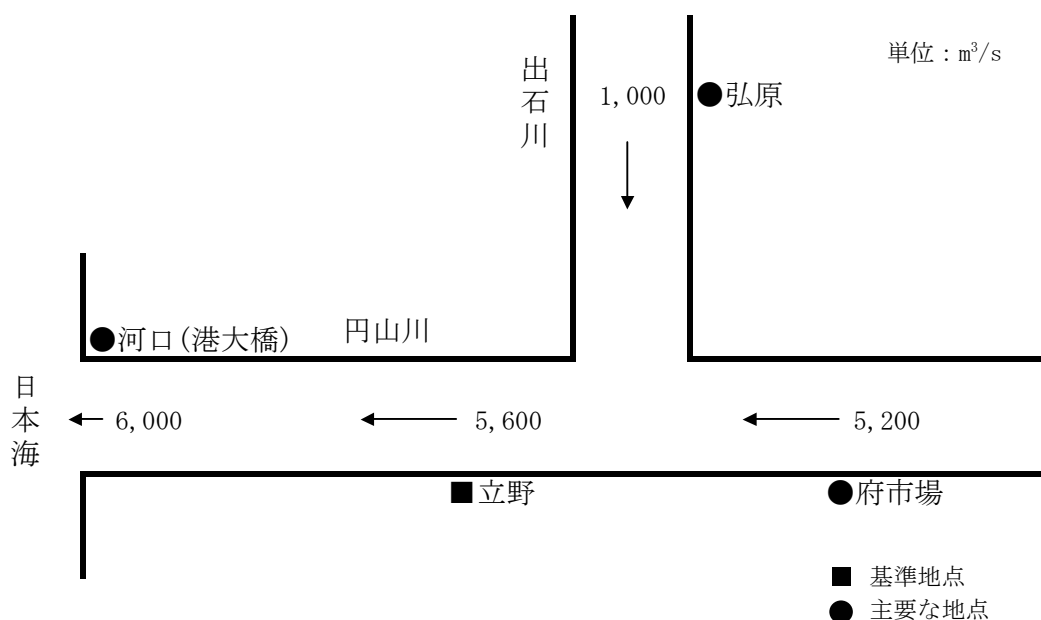


図 6-1 円山川計画高水流量図

7. 河道計画

河道計画は、以下の理由により、現況の河道法線や縦断勾配を尊重し、流下能力が不足する区間については、河川環境等に配慮しながら必要な河積（洪水を安全に流下させるための断面）を確保する。

- ① 直轄管理区間の堤防は約 74%が概成（完成・暫定）している。
- ② 堤防沿いに豊岡市街地等の家屋が連担している。
- ③ 計画高水位を全川にわたって大幅に上げることは、破堤時における被害を増大させるとともに、堤内地の内水被害を助長させる。
- ④ 既定計画の計画高水位に基づいて、道路橋、樋門等の多くの構造物が完成している。
- ⑤ 多様な動植物の生息・生育環境を有しており、円山川の流れが生み出す良好な河川景観となっている。

計画縦断図を図 7-1 に示すとともに、主要地点における計画高水位および概ねの川幅を表 7-1 に示す。

表 7-1 主要な地点における計画高水位と概ねの河幅一覧

河川名	地点名	※河口または合流点からの距離 (km)	計画高水位 T. P. (m)	川幅 (m)
円山川	府市場	21.4	12.98	380
	立野	13.0	8.17	300
	河口(港大橋)	1.0	2.30	340
出石川	弘原	円山川合流点から 7.6	11.96	90

注) T. P. 東京湾中等潮位

※基点からの距離

8. 河川管理施設等の整備の現状

円山川における河川管理施設等の整備状況は下記のとおりである。

(1) 堤防

堤防の整備の現状(平成19年3月現在)は下表のとおりである。

	延長(km)
完成堤防	5.2(8.0%)
暫定堤防	42.7(65.8%)
未施工区間	17.0(26.2%)
堤防不必要区間	12.1
計	77.0(100.0%)

※延長は、直轄管理区間の左右岸の計である。

(2) 洪水調節施設

完成施設：なし

事業中施設：なし

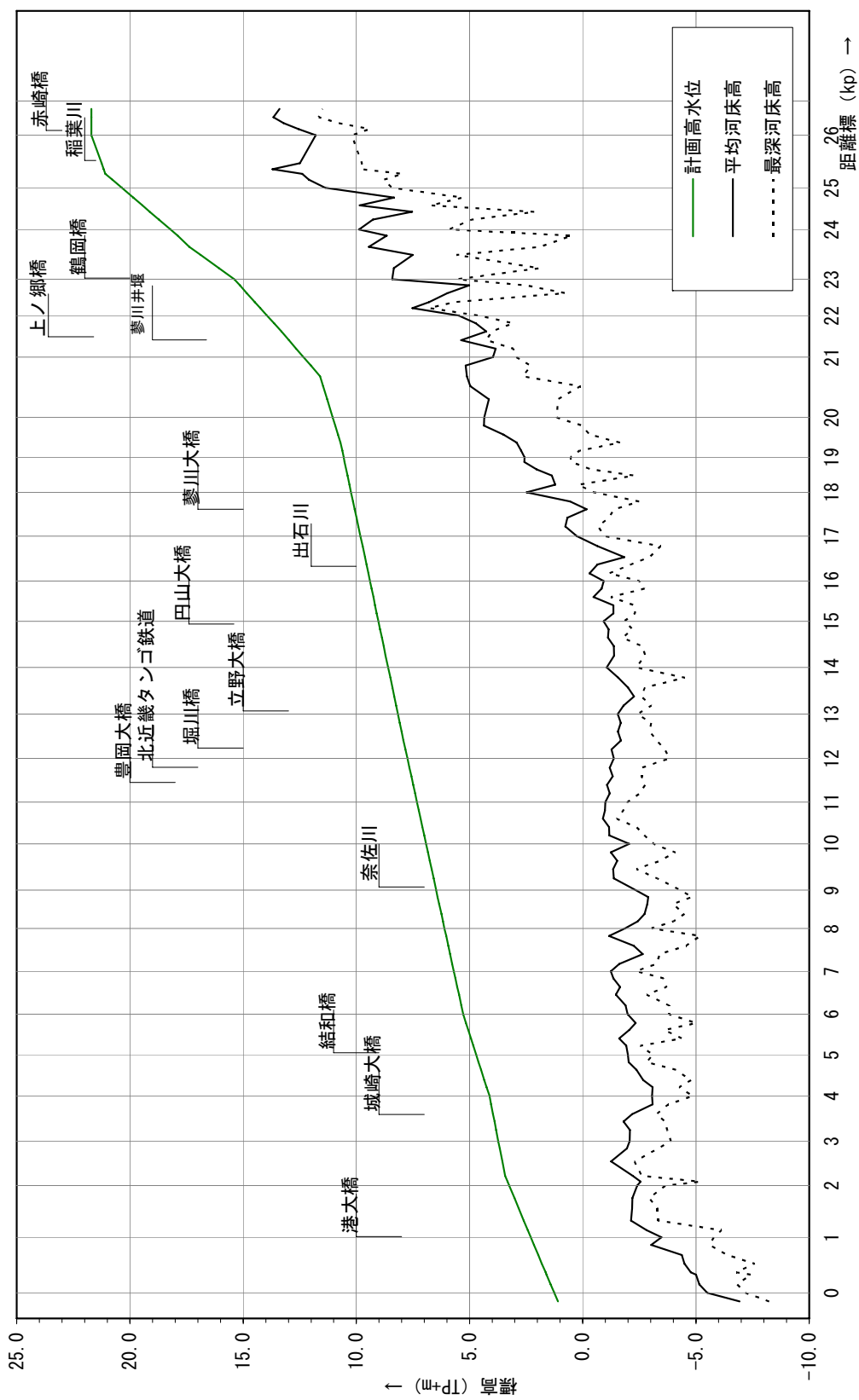
残りの必要容量：概ね 20,800 千 m³

(3) 排水機場等

・河川管理施設 76.21 m³/s

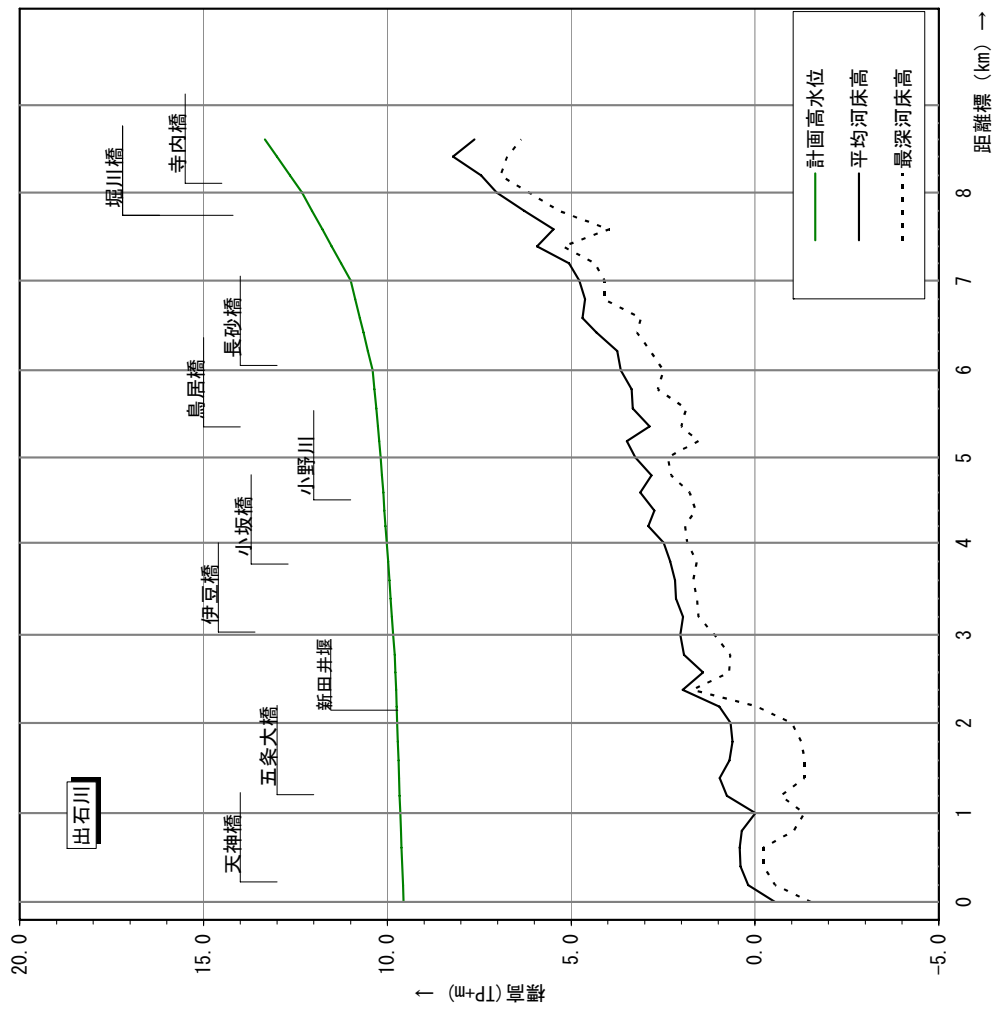
・許可工作物 28.06m³/s

※直轄管理区間の施設のみである。



計画高水位 (T.P. m)	1.26	3.25	4.12	5.28	6.11	6.92	7.74	8.60	9.40	10.23	11.04	13.94	18.21	21.70
平均河床高 (T.P. m)	-5.50	-2.41	-3.07	-1.98	-1.86	-2.05	-1.38	-1.06	-0.93	2.48	4.35	5.47	9.88	11.79
最新河床高 (T.P. m)	-7.19	-3.66	-4.86	-3.81	-3.04	-3.14	-3.82	-2.35	-2.51	-0.49	1.14	4.58	5.90	10.19
距離標 (kp)	0.0k	2.0k	4.0k	6.0k	8.0k	10.0k	12.0k	14.0k	16.0k	18.0k	20.0k	22.0k	24.0k	26.0k

図 7-1(1) 円山川計画縦断面図



計画高水位 (T. P. m)	9.56	9.65	9.73	9.84	10.02	10.18	10.40	11.00	12.32
平均河床高 (T. P. m)	-0.54	-0.01	0.67	2.03	2.48	3.25	3.65	4.78	7.03
最新河床高 (T. P. m)	-1.53	-1.34	-1.00	1.10	1.84	2.37	2.49	4.09	6.14
距離標 (kp)	0.0k	1.0k	2.0k	3.0k	4.0k	5.0k	6.0k	7.0k	8.0k

図 7-1(2) 出石川計画縦断面図