

正会員 河野次朗¹⁾ 佐多直武²⁾ 精松義弘³⁾ 嵯峨弘喜⁴⁾ 青木佑久⁵⁾
F 会員 須賀堯三⁶⁾

1. はじめに

鬼怒川の中・上流部は広大な河川幅を有する急流河川に属し、下流は細砂の堆積・蛇行河道となっている。全体として親水性に富み、豊かな自然と美しい景観を周辺地域に提供し、生活・風土・文化に大きな影響を与えて来た。平成9年6月の河川法改正以前の「利根川水系工事実施基本計画」によれば、鬼怒川の計画高水流量は、上流の石井地点で6200 m³/s、下流の水海道で5000 m³/sと設定され、この間での低減量1500 m³/sを見込んでいる。本計画は、石井から水海道までの約65kmを対象に、不定流計算によって河道低減量を解析したうえで、計画高水流量に整合させる為に新たに河道内調節地の検討を行ったものである。

2. 河道低減解析

鬼怒川は、関東地方北部山地の日光国立公園内にある標高約2000mの鬼怒沼山に源を発し、利根川に流入する流域面積1761km²、流路延長176kmを有する一級河川である。表-1に鬼怒川の流域諸元総括表、表-2に鬼怒川河道諸元一覧表を示す。

表-1 流域諸元総括表

流域面積(km ²)	A	1,761	平均流域市(km)	W	10
流域岸長(km)	B	398	形状係数	F	0.06
幹流流路延長(km)	L	176	密度	C	0.37
流路総延長(km)	L _g	629	河川密度(1/km)	M	0.96

表-2 鬼怒川河道諸元一覧表

地点	利根川合流点からの距離	集水面積 A(km ²)	計画高水流量 Q ₁ (m ³ /s)	計画高水流量 Q ₂ (m ³ /s)	計画高水流量 Q ₃ (m ³ /s)	計画高水流量 Q ₄ (m ³ /s)	河幅 W(m)
大中	191.5k+305m	1,174.40	6,400	1,130	8,600	3,120	600
宝塚寺	82.5k+452m	1,210.20	6,400	850	8,900	3,020	430
石井	75.0k+159m	1,230.00	6,200	2,550	7,800	3,340	560
平方	37.0k+270m	1,626.40	5,400	1,480	5,160	2,660	180
鎌庭	27.0k+943m	1,696.10	5,200	1,530	5,250	2,190	280
水海道	10.5k+454m	1,740.10	5,000	1,230	4,800	2,940	320

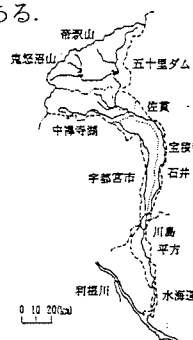


図1 鬼怒川流域概要図

鬼怒川の河道貯留による洪水流量の低減現象は、大きな合流支川がなく、広い流路幅の長い河道であることから多くの研究者並びに河川管理担当者から、過去から注目されて来たが、水理学的に実証されていない。本計画では、石井地点から水海道地点までの約65km区間を対象に、不定流計算によって洪水ピーク流量の低減解析を行った。不定流数値計算は、陰形式差分法^{文獻1)}及び特性曲線解法^{文獻5)}の2手法で行った。なお、低水路と高水敷の粗度係数の合成は、井田手法を用い、河道断面特性は500m毎の横断測量成果から計測して設定した。石井地点にピーク流量が計画高水流量6200 m³/sに相当する昭和41年9月洪水型のハイドログラフを与えた場合の不定流計算結果による下流の主要地点のピーク流量は、表-3に示すとおりであり、陰形式差分法及び特性曲線解法の各々でのピーク流量の差は、両者の平均値との比で2%程度である。図-2は平方でのハイドログラフの両者の比較を図化したものであるが、両者のハイドログラフは僅差で一致している。図-3は陰形式解法での石井、川島、平方及び水海道でのハイドログラフであるが、この結果から石井から川島までは、河道内の洪水伝播による流出の遅れが卓越しており、kinematic waveに近いものであるのに比べ、川島から水海道での洪水伝播はdynamic waveの伝播を顕著に表している。以上で見たとおり、今

表-3 不定流計算結果の石井下流主要地点でのピーク流量

地点	ピーク流量 Q ₁ (m ³ /s)	ピーク流量 Q ₂ (m ³ /s)	ΔQ(m ³ /s)	平均値 Q ₃ (m ³ /s)	ΔQ/Q ₃ (%)
大沼橋	6,104.0	5,960.8	143.2	6,032.4	2.4
田川合流点	6,031.7	5,940.2	91.5	5,986.0	1.5
川島	5,897.9	5,862.9	35.0	5,880.4	0.6
平方	5,342.3	5,425.3	-83.0	5,383.8	-1.5
鎌庭	5,224.7	5,308.4	-83.7	5,266.6	-1.6
水海道	4,967.7	5,070.8	-103.1	5,019.3	-2.1

注) 石井ピーク流量 Q₀=6208.4 m³/s Q₁: 陰形式差分法でのピーク流量
Q₂: 特性曲線解法でのピーク流量

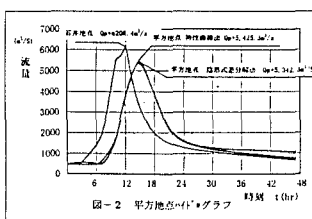


図-2 平方地点のハイドログラフ

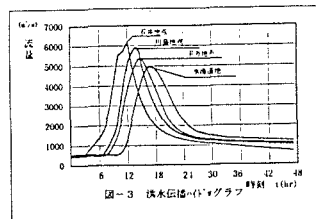


図-3 洪水伝播のハイドログラフ

1) 三井共同建設コンサルタント株式会社河川部技術 2) 建設省・関東地建・下館工務事務所所長 3) 同左調査課長 4) 同左係長 5) 三井共同建設コンサルタント株式会社顧問 6) 宇都宮大学工学部建設学科教授
キーワード: 河道水理特性, 河道低減, 河道計画, 流量低減施設 連絡先: 住所: 東京都新宿区高田馬場1-4-15 TEL: 03-3205-5755 FAX: 03-3204-6010

回の不定流計算は、対象区間が65kmと長く、収斂計算上の誤差の集積が懸念されたが、陰形式差分解法及び特性曲線法での結果と比較によりその収斂誤差が無視しうるほど僅かなものであり、ハイドログラフから洪水伝播を見るかぎりでの水理的特徴が明確になった。更に、鬼怒川における河道低減の期待値を算出する為、主要26洪水の計画ハイドログラフ群を用いて不定流計算を行い、石井地点と下流主要地点の流量相関から、表-4に示す結果を得た。

図-4 流量相関図

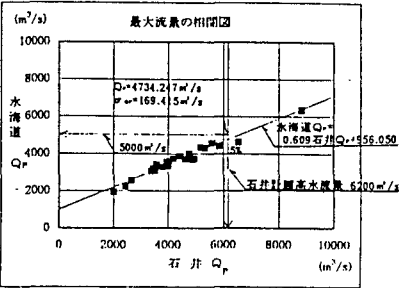


表-4 ピーク流量相関による回帰式

相 関 地 点	一 次 回 帰 式	石井Q _p = 6,200 m³/s に対する推定流量 (m³/s)	回帰式と地点流量との標準偏差σ (m³/s)
石井75km～大沼橋62km	$Q_r = 0.036 \times Q_p + 13.806$	6,139.4	23.71
石井75km～三ツ峠52.5km	$Q_r = 0.069 \times Q_p + 90.402$	6,016.0	35.01
石井75km～川島46km	$Q_r = 0.009 \times Q_p + 232.402$	5,868.2	80.86
石井75km～平方37km	$Q_r = 0.028 \times Q_p + 695.754$	5,215.6	143.5
石井75km～鎌庭37km	$Q_r = 0.094 \times Q_p + 782.569$	5,085.4	151.4
石井75km～水海道11km	$Q_r = 0.609 \times Q_p + 956.050$	4,731.9	169.4

表-5 河道低減後流量

地 点	河道低減後流量 (m³/s)		備 考
	カバー率80%	カバー率95%	
大 沼 橋	6,170	6,180	6,180
田川合流点	6,060	6,070	6,080
川 島	5,950	5,990	6,010
平 方	5,360	5,430	5,460
鎌 庭	5,240	5,320	5,340
水 海 道	4,910	4,990	5,020

(注) カバー率80%減量 = $Q - \sigma$
 カバー率95%減量 = $Q - 1.5\sigma$
 (σは、標準偏差を意味し、石井Q_p = 6,200 m³/sの場合、σ = 169.5 m³/s)

3. 河道内遊水池計画と河道管理計画

石井から水海道までの間の低減量が計画上の1500 m³/sに満たないことが判明した。その為、当該区間のなかで最も流量低減の著しい川島から平方までの区画を対象に高水数掘削制り河道内遊水池を設置することとし、不定流計算によって、水海道地点での低減後流量を求めた。

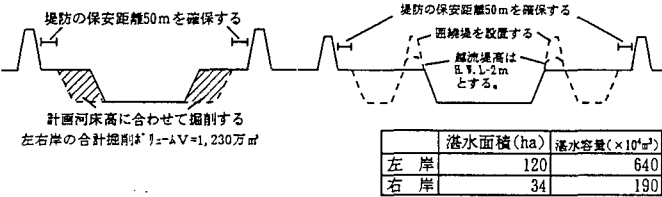


表-6 不定流計算結果ピーク流量

地 点	平 方(37km)	鎌 庭(27km)	水海道(11km)
現 況 河 道	5,340	5,220	4,970
高水数掘削	5,250 (△90)	5,150 (△70)	4,910 (△60)
河 道 内 調 節 池 化	4,970 (△370)	4,890 (△330)	4,650 (△320)

(注)・単位: (m³/s)・2段階書の下段は高水数掘削調節池化の各々の調節効果を示す。

4. おわりに

本計画は、鬼怒川における河道特性及び河川環境にも配慮した。河道管理計画を樹立することを目的に検討したものであるが、河道内樹木を考慮した不等流計算による現況河道の流下能力が、従来の不等流計算と比較して平方より下流では30%程度(流量約1500 m³/s)低下し、計画高水流量を現計画高水位以下で安全に流下させる為には河道内樹木を全て除去し、高水数を約3 m掘削することが必要となり、環境面や周辺への悪影響(堤内地下水位の低下、堤内地土壌の乾燥化)が危惧され非現実的なものとなった。これは境界混合係数によるエネルギー損失が過大であることに帰因する。鬼怒川では、五十里、川俣、川治の3ダムが完成し、近年では、ダム洪水調節の効果等により高水数の高さを越える洪水の発生がなく、計画高水位程度の高水位での境界混合係数を含めた粗度係数の検証が行えていないこともあり、従来の不等流計算法での粗度係数の逆算値を用いて河道の流下能力の算定及び河道水理解析の水理検討を行った。河道低減量は計画の1500 m³/sに満たないことが判明したため、河道内の一部を調節池化することによって対応が可能であることの水理的検証が得られた。但し、今後河道の粗度管理と合せて、追跡調査を行い、遊水池計画及び河道管理計画の修正、補充が必要である。

【参考文献】1)建設省土木研究所河川研究室(1983):土木研究所資料、第2080号。 2)建設省治水課監修、(財)リバーフロント整備センター編集:河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン(案)、1994 山海堂。 3)津田、池田、須賀:第21回土木学会関東支部技術研究発表会講演要録、Ⅱ-24, PP162~163, 1994. 3。 4)坂本、金澤、木青松、吉川、青木、阿野、須賀:第24回土木学会関東支部技術研究発表会講演要録、Ⅱ-51, PP208~209, 1997. 3。 5)岩佐、井上、片山:開水路非定常流の数値計算法について、京大防災研究所年報、第19号(昭和51年4月)、PP187~200。