

2-4 水文調査結果

2-4-1 調査対象地域

ザンベジ川は、ザンビア国の北西端に源を発し、アンゴラ国内を通過して、ザンビア国に再び流入し、その後、ザンビア国西部を南下する。途中、ザンベジからセナンガに至る区間で、190 キロメートルにわたり平均幅 40 キロメートルの大氾濫原を形成し、ナミビア国との国境で流れを東に転じ、ボツワナ国、ジンバブエ両国との国境沿いを流下する。本カズングラ橋梁建設計画に係る調査対象地域は、ザンビア、ナミビア、ボツワナ及びジンバブエ 4 か国の国境が交差しているカズングラ地先に位置し、現在、ザンビア国とボツワナ国間にフェリーが運航されている。

カズングラ地先にて、右支川チョベ川を合流したザンベジ川は、ジンバブエ国との国境にあるヴィクトリアフォールズから先は深い峡谷を形成し、カリバダムによりできたカリバ湖に流入する。カリバダムの下流、チアワでカフェ川と合流し、ルアングワでルアングワ川と合流する。ルアングワから下流はモザンビーク国内を流下し、インド洋に至る。ザンベジ川は、ザンビア国をはじめ、アンゴラ、ナミビア、ボツワナ、ジンバブエ、モザンビークの諸国を流下する国際河川で、全体流域面積は約 120 万平方キロメートルである。

カズングラ地区は、標高約 930 メートル付近に位置し、その気候は、比較的温暖な熱帯サバナ気候に属しており、年間の気候は、涼しい乾期(5 月～8 月)、暑い乾期(9 月～11 月)及び暑い雨期(12 月～4 月)の 3 シーズンに大別される。カズングラより東へ約 60 キロメートルに位置するリビングストンにおける気象統計によると、年平均で、降雨量で 715 ミリメートル、気温で 22℃、及び相対湿度で 54%である。

2-4-2 水 文

ザンベジ川の水位、流量データは、ザンビア国水理局(Department of Water Affair)にて取りまとめられており、カズングラ地先の上流には、セシェケ観測所(カティマ・ムリロ)があり、また、下流ヴィクトリアフォールズの間には、ナナ農園観測所及びヴィクトリアフォールズ観測所(図 2-11 参照)がある。

今回収集したナナ農園観測所、ヴィクトリアフォールズ観測所における年最大洪水流量を取りまとめると、表 2-22 のとおりとなる。

長期間の流量資料が整備されているヴィクトリアフォールズ観測所の年最大洪水流量記録を基に、ガンベル法により確率洪水流量を求めると、表 2-23 のとおりとなる。

2-4-3 既往最大洪水流量

既往最大洪水時の洪水痕跡は、ヴィクトリアフォールズ上流左岸(図 2-12 参照)にある既

往最大洪水位を示す石碑(写真 25、26、27 参照)があり、その石碑によると、「1958 年 3 月 7 日に最高洪水位」を記録したとある。今回収集した「Victoria Falls - B / Tree」の流量資料によると、既往最大洪水が 1958 年 3 月 7 日に発生したことを確認でき、その洪水流量は 9,960.4 立方メートル/秒である。既往最大洪水流量の生起確率を推定すると、約 130 年程度となる。

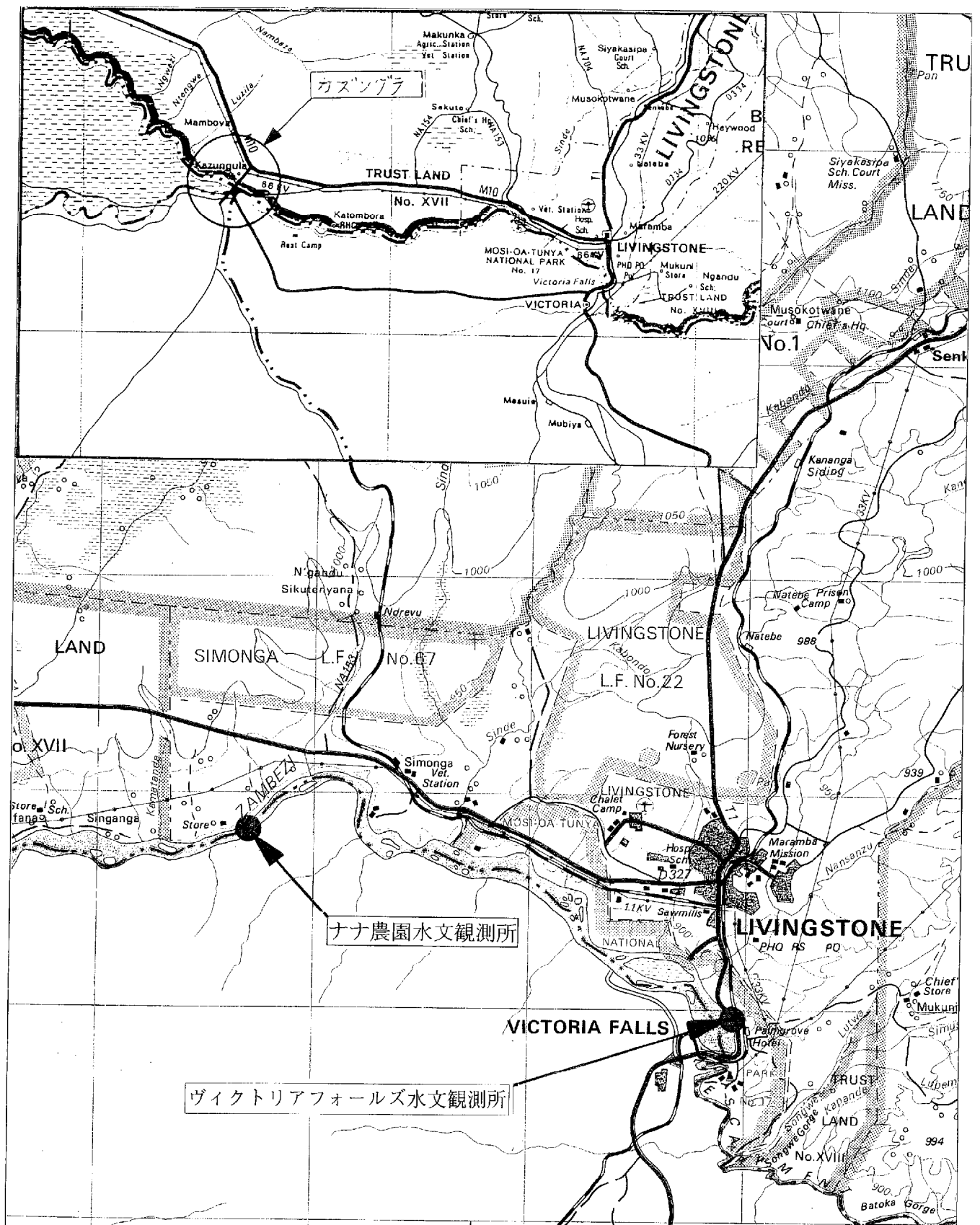


図2-11 ヴィクトリアフォールズ～カズンブラ・フェリー間の水位・流量観測所位置図

表 2 - 23 年最大洪水流量

観測所名：Victoria Falls - B/Tree						観測所名：Nana's Farm		
年	生起月日	洪水流量	年	生起月日	洪水流量	年	生起月日	洪水流量
1924/25	10-12, Apr.	3,454.1	1965/66	13, Apr.	5,259.6	1965/66	—	—
1925/26	7, Apr.	4,523.5	1966/67	4-6, May	3,454.1	1966/67	—	—
1926/27	17, Apr.	3,357.4	1967/68	19, Apr.	5,370.6	1967/68	—	—
1927/28	11-16, May	2,448.3	1968/69	1, Apr.	—	1968/69	—	—
1928/29	5-May	1,857.7	1969/70	23-24, Mar.	4,808.6	1969/70	—	—
1929/30	30-31, May	2,366.8	1970/71	6-7, Apr.	3,239.3	1970/71	—	—
1930/31	14, May	3,388.2	1971/72	10-14, May	2,094.0	1971/72	—	—
1931/32	7, Apr.	3,768.9	1972/73	9-13, May	1,529.6	1972/73	—	—
1932/33	19, Apr.	1,874.9	1973/74	14-17, May	2,690.6	1973/74	—	—
1933/34	7, Apr.	5,453.4	1974/75	14-16, Apr.	5,302.9	1974/75	—	—
1934/35	29, Mar.	3,315.3	1975/76	12, Apr.	5,331.9	1975/76	—	—
1935/36	9-11, May	2,663.1	1976/77	21-23, May	2,973.1	1976/77	—	—
1936/37	11, Apr.	3,643.8	1977/78	26, Apr.	6,305.5	1977/78	—	—
1937/38	21, Apr.	3,296.2	1978/79	27, Apr.	5,149.7	1978/79	—	—
1938/39	19-20, Mar.	2,998.5	1979/80	24-25, Apr.	3,175.4	1979/80	—	—
1939/40	15, Apr.	5,064.5	1980/81	8-14, May	3,454.1	1980/81	—	—
1940/41	10-13, Apr.	3,392.1	1981/82	3, May	1,708.9	1981/82	—	—
1941/42	3-5, May	2,370.0	1982/83	7, Apr.	1,379.9	1982/83	—	—
1942/43	10-21, May	1,950.5	1983/84	12-13, Apr.	2,042.6	1983/84	—	—
1943/44	2-6, May	2,690.6	1984/85	14, May	2,142.9	1984/85	—	—
1944/45	11-12, Apr.	3,867.2	1985/86	4, May	3,149.3	1985/86	—	—
1945/46	14-15, May	1,857.7	1986/87	13-14, Apr.	2,264.5	1986/87	—	—
1946/47	19, Apr.	4,622.1	1987/88	5-6, May	2,632.3	1987/88	—	—
1947/48	21-22, Mar.	6,091.9	1988/89	12, May	3,805.6	1988/89	—	—
1948/49	8-10, May	1,123.4	1989/90	3-8, Jun.	1,270.8	1989/90	—	—
1949/50	12, Mar.	5,036.3	1990/91	27-30, Mar.	2,474.6	1990/91	29, Mar.	3,322.6
1950/51	31, Mar.	4,382.0	1991/92	30, Mar.	1,139.1	1991/92	2-13, Apr.	1,754.1
1951/52	19-20, Mar.	6,102.2	1992/93	6, May	3,611.8	1992/93	30, Apr.	(3,519.2)
1952/53	4, Apr.	5,811.1	1993/94	11, Apr.	2,063.7	1993/94	—	—
1953/54	23, Apr.	3,805.6	1994/95	20-25, Apr.	1,529.6	1994/95	22, Apr.	1,662.0
1954/55	13, Apr.	3,764.8	1995/96	10-14, May	1,053.1	1995/96	12-15, May	1,107.7
1955/56	23, May	5,616.0	1996/97	14-23, May	1,678.8	1996/97	16-21, May	1,816.1
1956/57	20, Mar.	9,172.3	1997/98	16, Apr.	3,454.1	1997/98	15, Apr.	3,563.0
1957/58	6-8, Mar.	9,960.4	1998/99	8-9, May	3,300.0	1998/99	7-12, May	3,398.8
1958/59	6-7, Apr.	4,417.2	1999/00	(17-21, Apr.)	(3,285.0)	1999/00	—	—
1959/60	19, Apr.	4,622.1						
1960/61	26, Apr.	6,050.6						
1961/62	21-22, Apr.	5,453.4						
1962/63	26, Mar.	7,001.4						
1963/64	29, Mar.	2,628.9						
1964/65	18, Apr.	2,879.7						

注) 単位：m³/s、()：水位から推定

1968/69：欠測扱い（記録値の再確認が必要）

Victoria Falls - B/Tree (Latitude: 17:55:00、Longitude: 25:55:00)

Nana's Farm (Latitude: 17:49:13、Longitude: 25:39:05)

表 2 - 24 確率洪水流量

確率年	1.5	2	3	5	10	20	30	50	100	150
洪水流量 (m ³ /s)	2,674.0	3,355.2	4,148.2	5,031.5	6,141.3	7,205.9	7,818.4	8,584.0	9,616.5	10,218.7

観測所名：Victoria Falls - B/Tree

観測期間：1924/25_1998/99

データ数：74

2 - 4 - 4 洪水痕跡及び流木等に関する聞き取り調査

今期（1999 / 00 水文年）の最高水位は、聞き取り調査及び現地踏査時の観察（写真 - 21 参照）の結果及び、「Victoria Falls - B / Tree」の流量資料より 4 月中旬ごろ（17 ～ 21 日の間）に記録し、その洪水流量を水位より換算すると約 3,285 立方メートル／秒であり、確率 2 年洪水程度と考えられる。

カズングラでの洪水痕跡に関する聞き取り調査によると、近年では、2 年前（1998 年）に国境施設内の低水時のフェリー乗降口近傍にある大木（写真 - 5、21 参照）の根元付近（今期の最高水位より約 94 センチメートル程度の水位上昇）まで水位が上昇したとのことである。また、1958 年 3 月洪水時の状況について、フェリーのオペレータ等に聞いたところ、国境ゲート左側約 100 メートル付近（ザンベジ川下流側）のマーケットにある大木（写真 - 23、24 参照）の根元付近（今期の最高水位より約 3.28 メートルの水位上昇）が水際線であり、その付近で小型のボートを乗降していたとのことである。

カズングラにおける 1958 年 3 月洪水時の洪水位を現在の国境施設内の警察の建物の敷地高を基準にその冠水深を求めると、約 75 センチメートル（大人の太もも付近、写真 - 20 参照）程度の冠水と推測される。

既往最大洪水（1958 年 3 月洪水）の痕跡水位を参考に、10 メートルごとの標高コンターが表示されている 1 / 50,000 地形図（図 2 - 13 参照）と 1994 年 5 月 14 日に撮影した 1 / 50,000 航空写真（図 2 - 14 参照）を基に、大洪水時の想定氾濫域を概定すると、ザンベジ川左岸側のザンビア国側では、カズングラ地先の標高 930 メートルコンターが緩やかな勾配をもった丘陵地の河岸線に沿っているのに対し、ザンベジ川右岸側のボツワナ・ジンバブエ両国側の標高 930 メートルコンターが河岸線より内陸部へ後退していることから、後者の標高 930 メートルまでの間の地形は、全般的にザンベジ河岸より低平な氾濫原を形成しているものと想定される。

今期の最高水位と低水時の水位差は約 2.5 ～ 3 メートル程度で、低水時の水際線と今期の最高水位の水際線の間の距離は約 90 ～ 100 メートル程度（写真 - 5 の葦等の水草の前面付近が低水時の水際線：低水時のフェリーの着岸位置）である。

流木等に関する聞き取り調査によると、中小規模の洪水時には流木等は見かけない(今回の現地踏査期間中に、葦の塊が流下していくのが観察された)が、1958年3月洪水のような大洪水時には大木が流れてきたとのことであった。

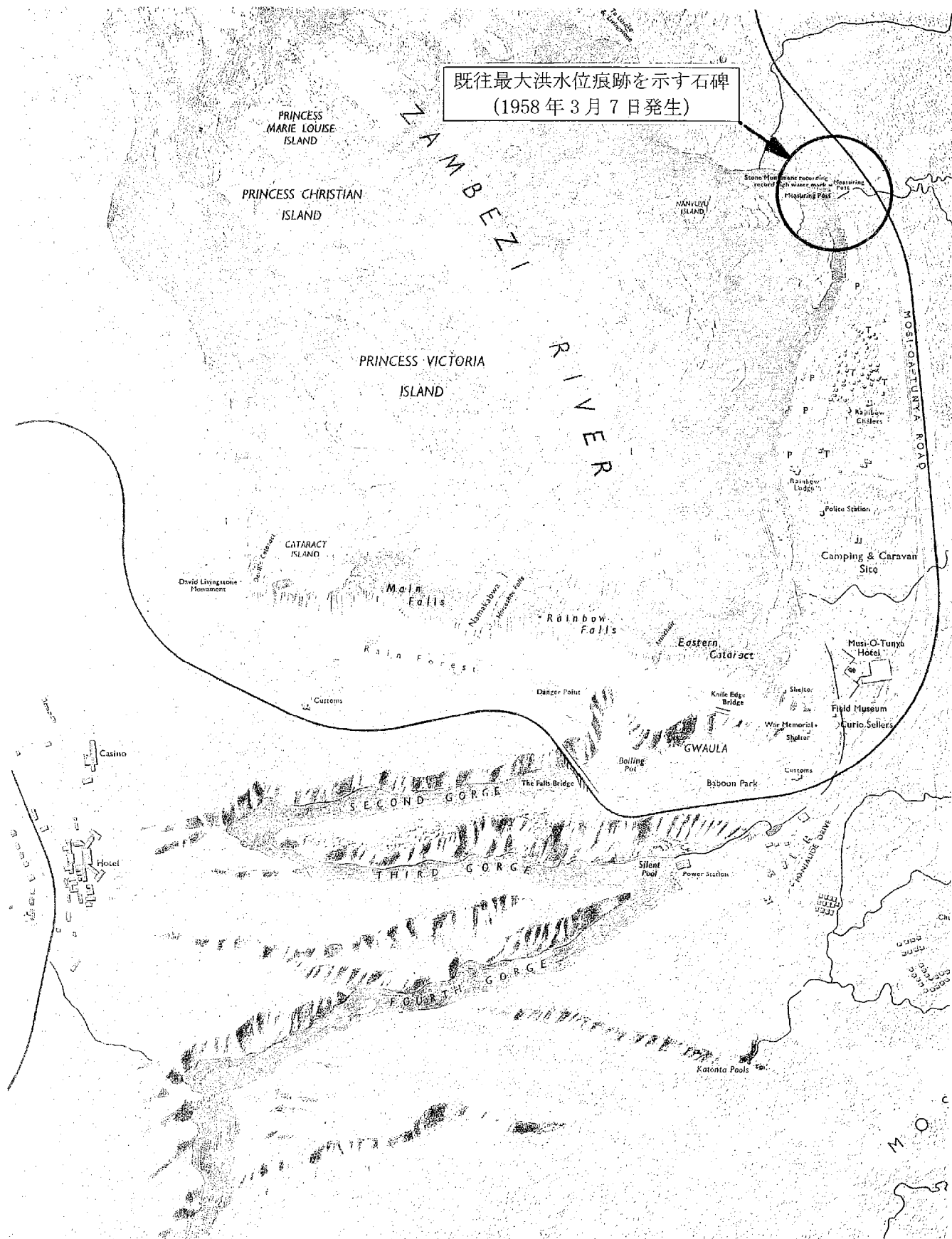


図 2 - 12 既往最大洪水位痕跡を示す石碑位置図

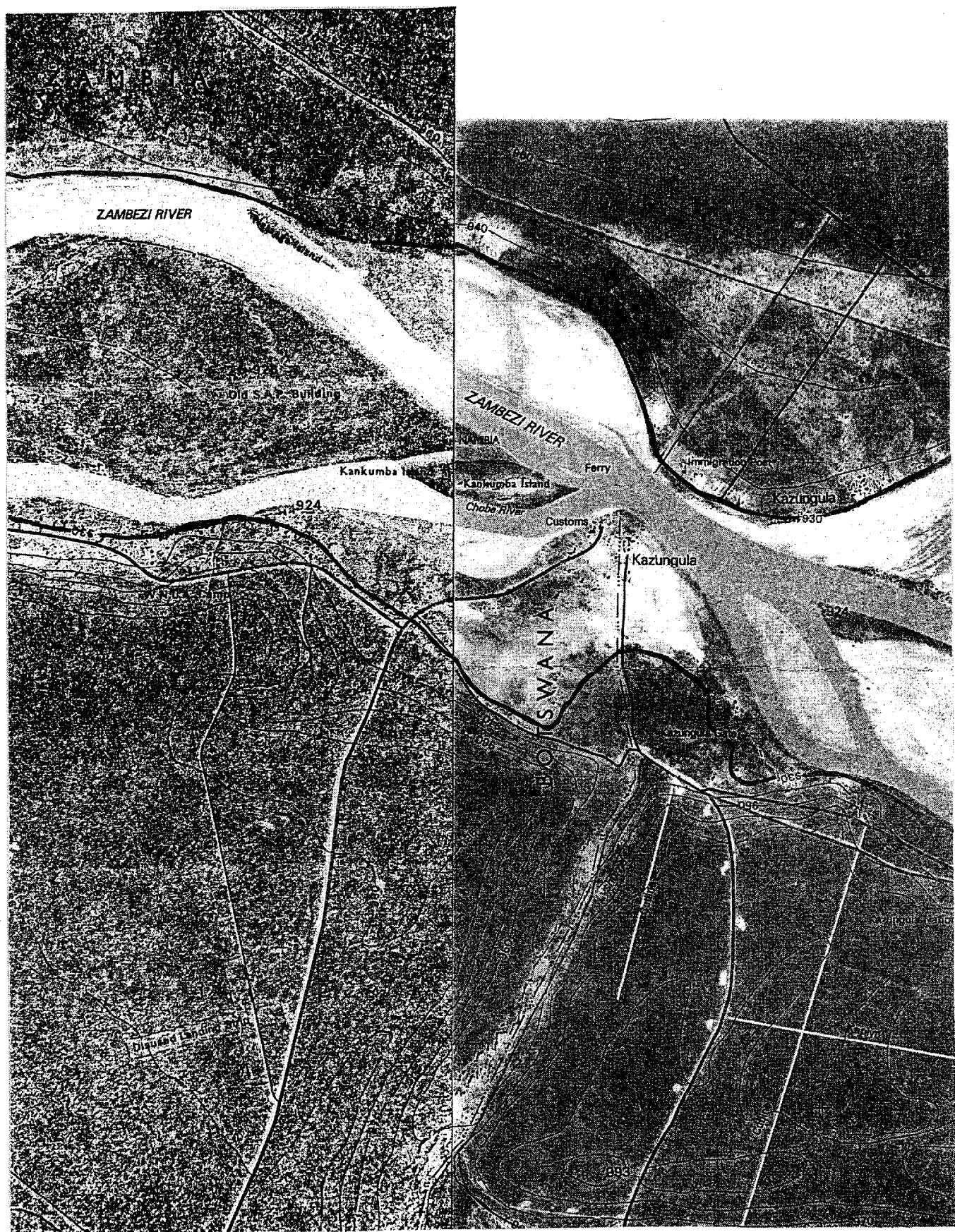


図 2 - 13 調査対象地域付近の地形コンター図
(縮尺: 1 / 50,000、第 3 版: 1980 年)

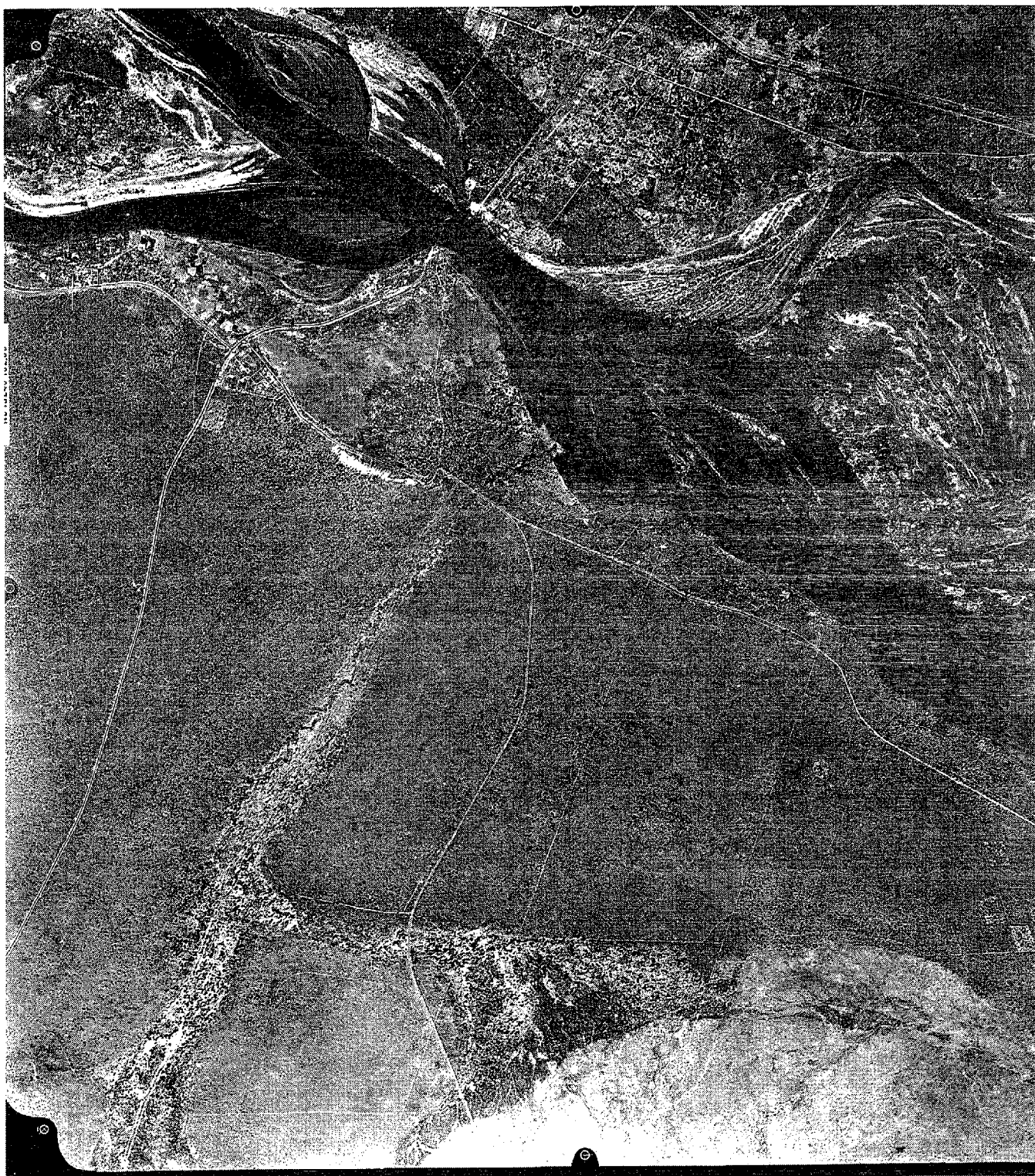


図2-14 調査対象地域付近の航空写真
(縮尺:1/50,000、1994年5月14日撮影:JICA)

2 - 4 - 5 河川横断形状及び流速分布

今回の河川深浅測量の結果を基に、カズングラ地先付近のザンベジ川及びチョベ川の河川内のコンター図を作成すると、図 2 - 15 のとおりとなり、この河床高コンター図を基に、ザンビア国側の低水時のフェリー乗降口とボツワナ国側の高水時のフェリー乗降口を結ぶライン上の河川横断面形を図示すると、図 2 - 16 のとおりとなる。また、河川深浅測量と同時に実施した流速測定の結果を河床高コンター図に示すと、図 2 - 17 のとおりとなる。

なお、測量基準点(BM)はリピングストンの測量局にて、カズングラ地先より 20 キロメートル程度離れた所にあるとの情報を得たが、未確認である。今回の河川深浅測量における基準点は、仮基準点(TBM - 2、写真 - 18 参照)として国境ゲートと低水時のフェリー乗降口を結ぶ線上の水際付近に設け、その標高を 1,000 メートル、座標を(10,000、10,000)と仮定した。また、国境施設内の拡張工事用に国境ゲートに設定された仮基準点(TBM - 1、写真 - 17 参照)と座標を接続させてある。

河床高コンター図によると、以下のとおり、ザンベジ川において 2 か所の河床が低下している部分が、また、チョベ川について 1 か所の河床が低下している部分が認められる。

1) ザンベジ川において、チョベ川との合流点とその直下流部付近の右岸ボツワナ国側の河岸寄り、と、チョベ川との合流点下流約 300 ~ 400 メートル付近の左岸ザンビア国側寄りの河床が低下していること。

2) チョベ川において、チョベ川右岸側の河岸寄りの河床が低下していること。

流速測定結果図によると、以下のとおり、チョベ川との合流点の上流部及び下流部のザンベジ川の流速分布が合流点付近の流速に比べて緩やかであるのに対し、合流点付近での流速は、合流点上下流部の流速に比べて約 2 ~ 3 倍程度速いことが認められる。

1) チョベ川との合流前約 500 メートル上流付近のザンベジ川の河道主流部の流速が 0.32 ~ 0.41 メートル / 秒程度であり、また、チョベ川との合流後下流約 100 ~ 500 メートル付近のザンベジ川の流速が 0.25 ~ 0.43 メートル / 秒程度と観測されており、チョベ川との合流点上下流部のザンベジ川の流速は、合流点付近の流速(0.65 ~ 1.09 メートル / 秒程度)より緩やかであること。

2) チョベ川との合流後にあたるカズングラ・フェリー乗降口を結ぶライン上のザンベジ川の河道主流部の流速が 0.68 ~ 1.09 メートル / 秒程度であり、また、チョベ川との合流点のザンベジ川上流約 150 ~ 200 メートル付近における流速が 0.65 ~ 0.80 メートル / 秒程度と測定されており、ザンベジ川とチョベ川との合流点付近の流速が速くなっていること。

3) 合流直前のチョベ川の右岸側の河岸寄りでの流速が 0.72 ~ 0.81 メートル / 秒程度と観測されていること。

ザンビア国側の低水時のフェリー乗降口とボツワナ国側の高水時のフェリー乗降口を結ぶラ

イン上の河川横断面図（図2－16参照）を基に、今期の最高水位時と既往最大洪水水位時における平均的な流速を推算すると表2－25のとおりとなる。

カズングラ地先での河道断面の平均的な流速は、確率2～3年程度の洪水の場合は約1.1メートル／秒程度、確率100年規模洪水の場合の流速は約2.0メートル／秒程度であると推定される。

表2－25 河川流下能力の検討

	洪水流量 (m^3/s)	想定洪水位 (カズングラ地先)	有効断面積 (m^2)	平均的流速 (m/s)
今期最高水位 (2000年4月17日頃)	3,285.0	痕跡水位より想定 (最深部の水深： 15.43m)	2,953.1	1.112
既往最高洪水位 (1958年3月7日)	9,960.4	洪水痕跡より想定 (最深部の水深： 18.71m)	4,975.5	2.002

注) 洪水流量：ヴィクトリアフォールズ水文観測所の記録による。

河川横断面図：図2－14参照（ザンベジ川河川横断面図（カズングラ・フェリー地点））。

死水域：有効河川域を設定するために死水域を想定。