

表 2.15 国家预算要約

Items	(Unit : VND billion)									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Estimate 1997	for 1997 %	
Revenue and grants	6,153	10,353	21,023	30,696	42,125	53,370	62,387	66,310	97.4%	
Tax revenue (non-SOEs)	1,698	2,814	5,480	11,337	16,846	23,375	28,414	30,245	44.4%	
Tax and transfers from SOEs	3,620	6,189	11,913	15,322	20,557	21,938	25,817	27,461	40.3%	
Other non-tax revenues	835	1,080	2,782	3,020	3,522	6,437	6,613	6,980	10.2%	
Grants	0	270	848	1,017	1,200	1,620	1,543	1,624	2.4%	
Current expenditure (excl. interest)	6,156	8,728	15,452	25,626	31,121	39,615	44,559	48,409	71.1%	
Capital expenditure	2,124	2,135	6,450	9,600	11,715	12,079	15,630	17,385	25.5%	
Interest (paid)	310	650	1,000	1,710	1,094	2,895	2,700	2,166	3.2%	
Contingency								150	0.2%	
Total expenditure	8,590	11,513	22,902	36,936	43,930	54,589	62,889	68,110	100.0%	
Overall balance (cash basis)	-2,437	-1,160	-1,879	-6,240	-1,805	-1,219	-502	-1,800	-2.6%	
Financing	2,437	1,160	1,879	6,240	1,805	1,219	502	1,800	2.6%	
Foreign loans (net)	1,264	767	2,673	3,726	240	-1,490	-50	-953	-1.4%	
Domestic loans (net)	1,173	393	-794	2,514	1,565	2,709	552	2,753	4.0%	

Source: "Vietnam-Rising to the Challenge" World Bank, Dec. 1998

表 2.16 国家预算要約—資本支出

Items	(Unit : VND billion)										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	prelim- inary 1997	Accumul- ation 1990-97	Ditto % to Total	
(1) Industry and construction	746	49	2,284	5,692	2,925	1,408	825	1,102	15,031	19.5%	
(2) Agriculture and forestry	113	70	345	266	580	830	1,100	1,622	4,926	6.4%	
(3) Irrigation	244	244	456	623	1,240	1,516	1,355	1,557	7,235	9.4%	
(4) Transport and communication	323	335	613	1,020	2,999	3,631	3,711	3,963	16,595	21.5%	
(5) Commerce and services	91	23	17	27	35	152	120	247	712	0.9%	
(6) Non-productive sector a/	425	367	790	763	2,323	3,228	3,820	4,498	16,214	21.0%	
(7) Contingency fund b/	0	136	0	0	0	0	-	-	136	0.2%	
(8) Others	6	566	452	1,209	1,613	1,314	4,699	4,396	14,255	18.5%	
(9) Unallocated	176	345	1,494	0	0	0	-	-	2,015	2.6%	
Total capital expenditure	2,124	2,135	6,450	9,600	11,715	12,079	15,630	17,385	77,118	100.0%	

Note: a/ Includes education, health, culture, finance and government.

b/ Stockpiling of key commodities and materials.

Source: "Vietnam-Rising to the Challenge" World Bank, Dec. 1998

表 2.17 第6次5年計画(1996-2000)諸目標

1. Overall tasks			
(1) Overall tasks			
- To accelerate industrialization and modernization of the country			
- To develop the multi-sector economy along the socialist-oriented market mechanism			
(2) Three socio-economic targets			
- A high sustainable and efficient economic growth			
- Firm macro-economic stabilization			
- Preparation of the premises for the phase of more advanced development beyond 2000: Development of human resources, science and technology, infrastructure, and the streamlining of the institutional system.			
(3) Targets of economic sector			
	Primary sector	Secondary sector	Tertiary sector
Targets	Agriculture, forestry & fishery	Industry and construction	Service industries
- Average annual growth rate (% p.a.)	4.5-5%	14-15%	12-13%
- GDP share in 2000 (%)	19-20%	34-35%	45-46%
- GDP annual average growth	: 9-10%		
- Per-capita GDP in 2000	: To double per-capita GDP over that of 1990		
- Total development investment in 2000	: about 30% of GDP		
- Budget deficit in 2000	: less than 4.5% of GDP		
- Target of CPI	: less than 10% per year		
- Export growth	: annual average growth of 28%		
- Population growth	: less than 1.8% per annum in 2000		
2. Sectoral programs			
(1) Agriculture and rural development			
- Food output	: 30 million tons and food per capita of 360-370 kgs		
- To develop highly profitable industrial crops, fruit trees and vegetables.			
- Target of industrial crops	: 45% of total output of cultivation in 2000		
- To develop processing industries, small industries and handicrafts in rural areas			
(2) Industrial development			
- To develop light industries, particularly textile, garment, leatherware, paper, art and handicraft production.			
- To increase power supply capacity of 2,500-3,000 MW to reach 30 billion kWh in the plan period.			
- Rural electrification	: 100% districts and 80% communes be supplied power in 2000		
(3) Foreign economic relations			
- To attract 7 billion US\$ from ODA and 13-15 billion US\$ (1995 price) from FDI in the plan period.			
3. Financing the development investment			
- Investment capital requirement	: 41-42 billion US\$ (1995 price) of which domestic capital accounts for over 50%.		
- Financing plan			
Domestic budget and ODA:	: 21%		
State credit capital	: 7%		
Self investment by SOE	: 24%		
Domestic investment capital	: 17%		
FDI	: 31%		

Source: "Report of the Central Committee, the VIIIth Tenure, to the VIIIth National Congress" June 1996

表 2.18 マクロ指標トレンドと2015年予測

Item	Historical											
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	90-98	
(1) GDP												
1) GDP current price	VND bil.	28,093	41,955	76,707	110,535	136,571	170,258	223,892	272,036	313,623	361,468	30.9%
2) ditto growth	% p.a.	82.2%	49.3%	82.8%	44.1%	23.6%	24.7%	34.4%	18.8%	15.3%	15.3%	
3) GDP 1989 price	VND bil.	28,093	29,526	31,286	33,991	36,735	39,982	44,980	50,385	55,059	59,867	9.2%
4) ditto growth	% p.a.	4.7%	5.1%	6.0%	8.6%	8.1%	8.8%	12.5%	12.0%	9.3%	5.8%	
5) Per capita GDP	US\$ current	123	123	122	143	181	214	279	323	341	348	
(2) Population												
1) Population	10 ³	64,774	66,233	67,774	69,405	71,026	72,510	73,962	75,555	76,714	78,059	2.1%
2) ditto growth	% p.a.	-	2.3%	2.3%	2.4%	2.3%	2.1%	2.0%	1.9%	1.8%	1.8%	
(3) Memorandum items												
1) GDP deflator	1989=100	100.0	142.1	245.2	325.2	371.8	425.8	508.9	539.9	569.6	603.8	19.8%
2) ditto growth	% p.a.	74.0%	42.1%	72.5%	32.6%	14.3%	14.5%	19.5%	6.1%	5.5%	6.0%	
3) Official exch. rate	VND/US\$	n.a.	5,133	9,274	11,150	10,640	10,978	11,100	11,180	12,000	13,300	

Item	Projected							
	1999	2000	2001	2005	2010	2015	98-15	
(1) GDP								
1) GDP current price	VND bil.	422,931	486,275	508,816	816,765	1,475,766	2,580,549	12.3%
2) ditto growth	% p.a.	17.0%	15.0%	4.6%	12.6%	12.6%	11.8%	
3) GDP 1989 price	VND bil.	62,860	66,632	71,429	94,331	133,545	182,968	6.8%
4) ditto growth	% p.a.	5.0%	6.0%	7.2%	7.2%	7.2%	6.5%	
5) Per capita GDP	US\$ current	377	401	412	625	1,059	1,744	9.9%
(2) Population								
1) Population	10 ³	79,506	80,937	82,394	87,106	92,917	98,627	1.4%
2) ditto growth	% p.a.	1.30%	1.80%	1.80%	1.40%	1.30%	1.20%	
(3) Memorandum items								
1) GDP deflator	1989=100	640.0	678.4	712.3	865.9	1,105.1	1,410.4	5.1%
2) ditto growth	% p.a.	6.0%	6.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	
3) Official exch. rate	VND/US\$	14,100	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	0.7%

Data Sources:

GDP - Historical: Those by current price: "Statistical Yearbook 1997 & 1998" up to 1998 preliminary figures. Those by 1989 constant price: "Statistical Yearbook 1997" up to 1994 and "ditto 1998" thereafter converting those of current price to 1989 price level by applying GDP deflator.

GDP - Projection: GDPs for 1999 and 2000 were adopted from those projection of DSI in July 1999. Growth rates for 1999 and 2000 were adopted from DSI projection in July 1999. Growth rates after 2000: "Power Demand Forecast" prepared by Institute of Energy August, 1999.

GDP deflator: "Vietnam - Rising to the Challenge; WB Dec. 1998" up to 1994. Growth: "Country Assistance Strategy; World Bank, August 1998" after 1994.

Population: Historical (up to 1998): "Statistical Yearbook 1998"

Projection: DSI projection for 1999 and 2000 and the projection by the JICA Study Team thereafter.

Per capita GDP: For 1993 and 1995: "Water Resources Sector Review" World Bank, May 1996

Exchange rate: Historical: "Vietnam - Rising to the Challenge" up to 1995 and DSI for 1996-1998.

Projection: DSI for 1999-2000 and the JICA Study Team thereafter.

表 2.19 部門別 GDP 予測

	Historical					Projected					Growth 98-2015	
	1990	1995	1998	1999	2000	2001	2005	2010	2015			
1. GDP (VND billion at 1989 prices)												
1) Agriculture	12,003	12,051	13,590	13,830	14,074	14,322	16,036	17,361	18,297	1.8%		
2) Industry & Construction	6,629	12,954	18,049	19,734	21,577	23,592	33,016	53,418	82,336	9.3%		
3) Services	10,894	19,975	28,229	29,296	30,981	33,515	45,279	62,766	82,336	6.5%		
4) Total GDP	29,526	44,980	59,867	62,860	66,632	71,429	94,331	133,545	182,968	6.8%		
2. Sector share in %												
1) Agriculture	40.7%	26.8%	22.7%	22.0%	21.1%	20.1%	17.0%	13.0%	10.0%			
2) Industry & Construction	22.5%	28.8%	30.1%	31.4%	32.4%	33.0%	35.0%	40.0%	45.0%			
3) Services	36.9%	44.4%	47.2%	46.6%	46.5%	46.9%	48.0%	47.0%	45.0%			
4) Total GDP	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%			
3. Employment(10 ³)												
1) Agriculture	22,594	24,122	25,444	25,803	26,167	26,537	26,912	27,291	32,291	1.4%		
2) Industry & Construction	3,661	4,431	4,480	4,638	4,801	4,971	5,146	5,327	8,073	3.5%		
3) Services	4,034	6,038	7,072	7,380	7,695	8,018	8,350	8,689	13,455	3.9%		
5) Total Employed Laborforce	30,289	34,591	36,996	37,821	38,664	39,526	40,407	41,308	53,819	2.2%		
4. Employment structure												
1) Agriculture	74.6%	69.7%	68.8%	68.2%	67.7%	67.1%	66.6%	66.1%	60.0%			
2) Industry & Construction	12.1%	12.8%	12.1%	12.3%	12.4%	12.6%	12.7%	12.9%	15.0%			
3) Services	13.3%	17.5%	19.1%	19.5%	19.9%	20.3%	20.7%	21.0%	25.0%			
5) Total Employed Laborforce	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%			
4. Productivity (VND 10 ³ =GDP/Employment)												
1) Agriculture	531	500	534	536	538	540	596	636	567	0.3%		
2) Industry & Construction	1,811	2,924	4,029	4,255	4,494	4,746	6,416	10,027	10,199	5.6%		
3) Services	2,701	3,308	3,992	3,970	4,026	4,180	5,423	7,224	6,119	2.5%		
4) Total Employment	975	1,300	1,618	1,662	1,723	1,807	2,335	3,233	3,400	4.5%		
5. Total population(10 ³)	66,233	73,962	79,506	79,506	80,937	82,394	86,422	92,187	97,853	1.2%		
6. Labor force participation rate	45.7%	46.8%	46.5%	47.6%	47.8%	48.0%	46.8%	44.8%	55.0%			

Source: Historical GDP by sector: "Statistical Yearbook 1997 and 1998"

Employment: General Statistical Office(referred from "Rising to the Challenge")

For other sources, refer to the macro framework shown in Table 11.9.

List of provinces/cities

I. *Đồng bằng Sông Hồng*
(Red River Delta)

- 17. Hà Nội
- 18. Hải Phòng
- 19. Hà Tây
- 20. Hải Dương
- 21. Hưng Yên
- 22. Thái Bình
- 23. Hà Nam
- 24. Nam Định
- 25. Ninh Bình

II. *Đông Bắc* (Northeast)

- 1. Hà Giang
- 2. Tuyên Quang
- 3. Cao Bằng
- 4. Lạng Sơn
- 6. Lào Cai
- 7. Yên Bái
- 8. Bắc Kạn
- 9. Thái Nguyên
- 12. Phú Thọ
- 13. Vĩnh Phúc
- 14. Bắc Giang
- 15. Bắc Ninh
- 16. Quảng Ninh

III. *Tây bắc* (Northwest)

- 5. Lai Châu
- 10. Sơn La
- 11. Hoà Bình

IV. *Bắc Trung bộ*
(North Central)

- 26. Thanh Hoá
- 27. Nghệ An
- 28. Hà Tĩnh
- 29. Quảng Bình
- 30. Quảng Trị
- 31. Thừa Thiên-Huế

V. *Duyên hải miền Trung*
(Central Coast)

- 32. Đà Nẵng
- 33. Quảng Nam
- 34. Quảng Ngãi
- 35. Bình Định
- 36. Phú Yên
- 37. Khánh Hoà

VI. *Tây Nguyên*
(Central Highlands)

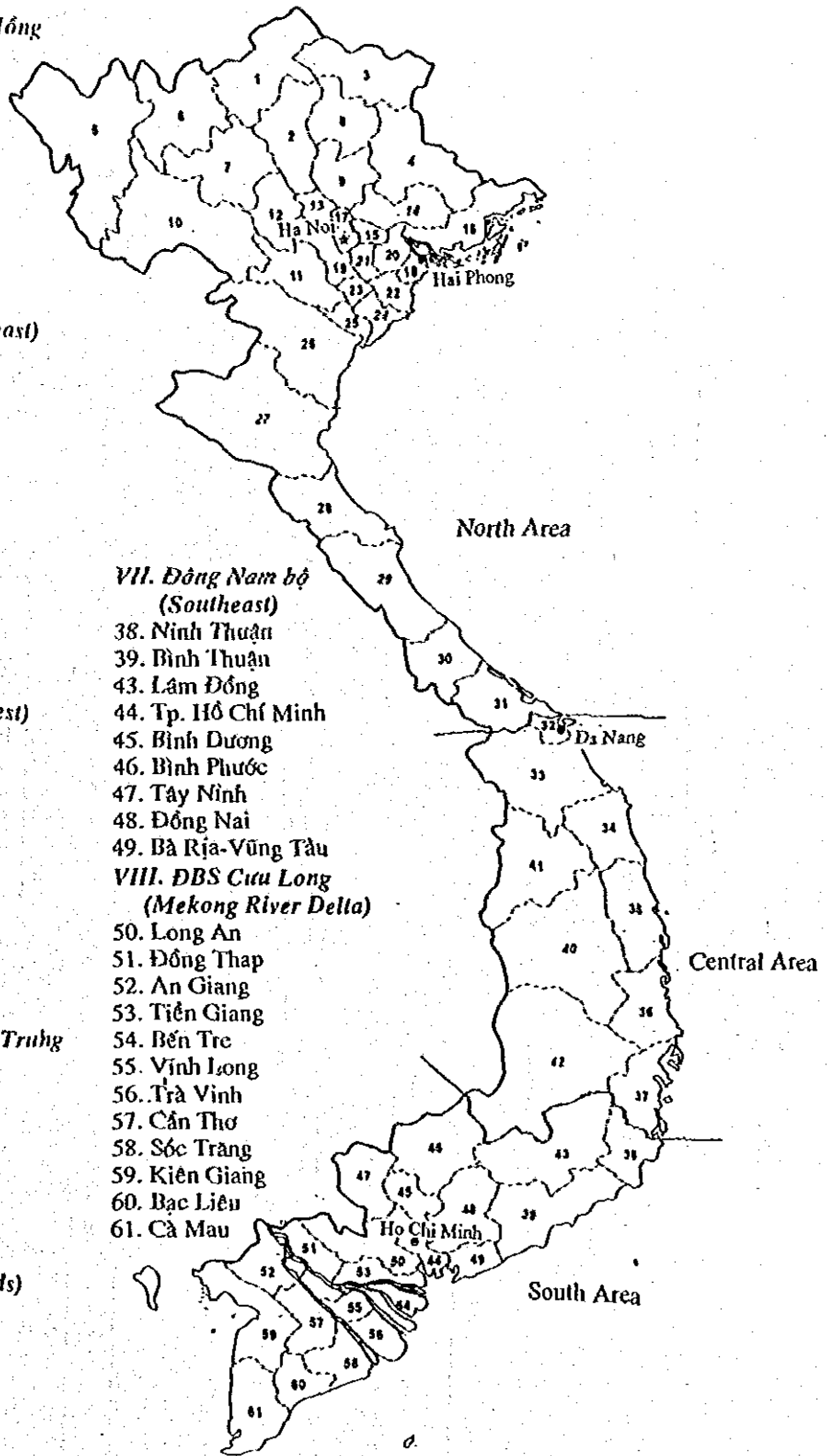
- 40. Gia Lai
- 41. Kon Tum
- 42. Đắk Lắk

VII. *Đông Nam bộ*
(Southeast)

- 38. Ninh Thuận
- 39. Bình Thuận
- 43. Lâm Đồng
- 44. Tp. Hồ Chí Minh
- 45. Bình Dương
- 46. Bình Phước
- 47. Tây Ninh
- 48. Đồng Nai
- 49. Bà Rịa-Vũng Tàu

VIII. *ĐBS Cửu Long*
(Mekong River Delta)

- 50. Long An
- 51. Đồng Tháp
- 52. An Giang
- 53. Tiền Giang
- 54. Bến Tre
- 55. Vĩnh Long
- 56. Trà Vinh
- 57. Cần Thơ
- 58. Sóc Trăng
- 59. Kiên Giang
- 60. Bạc Liêu
- 61. Cà Mau



Source : "Population Projections of Vietnam, 1994-2024", GSO, May 1999

図 2.1 ヴィエトナム国行政区分図

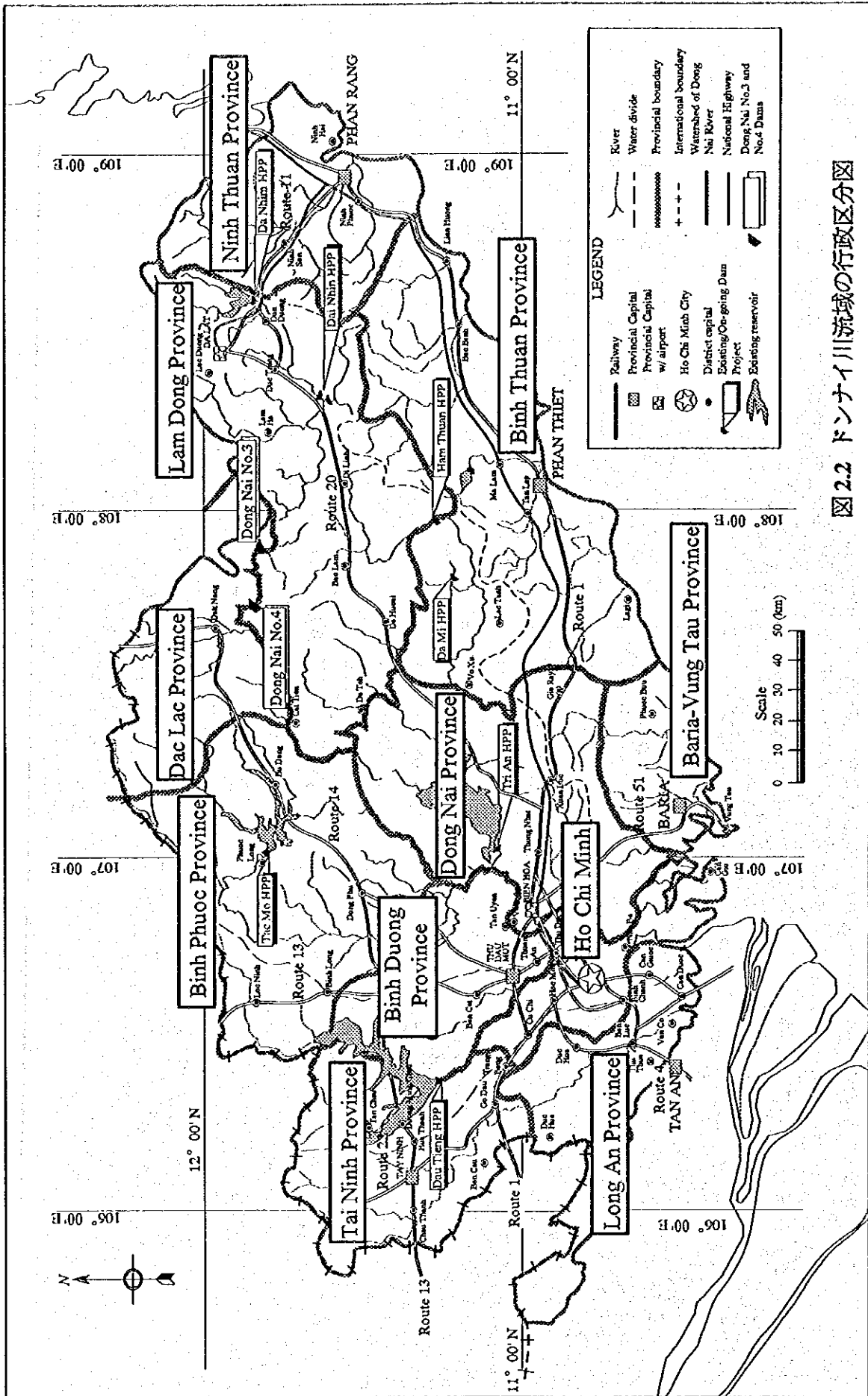


図 2.2 ドンナイ川流域の行政区分図

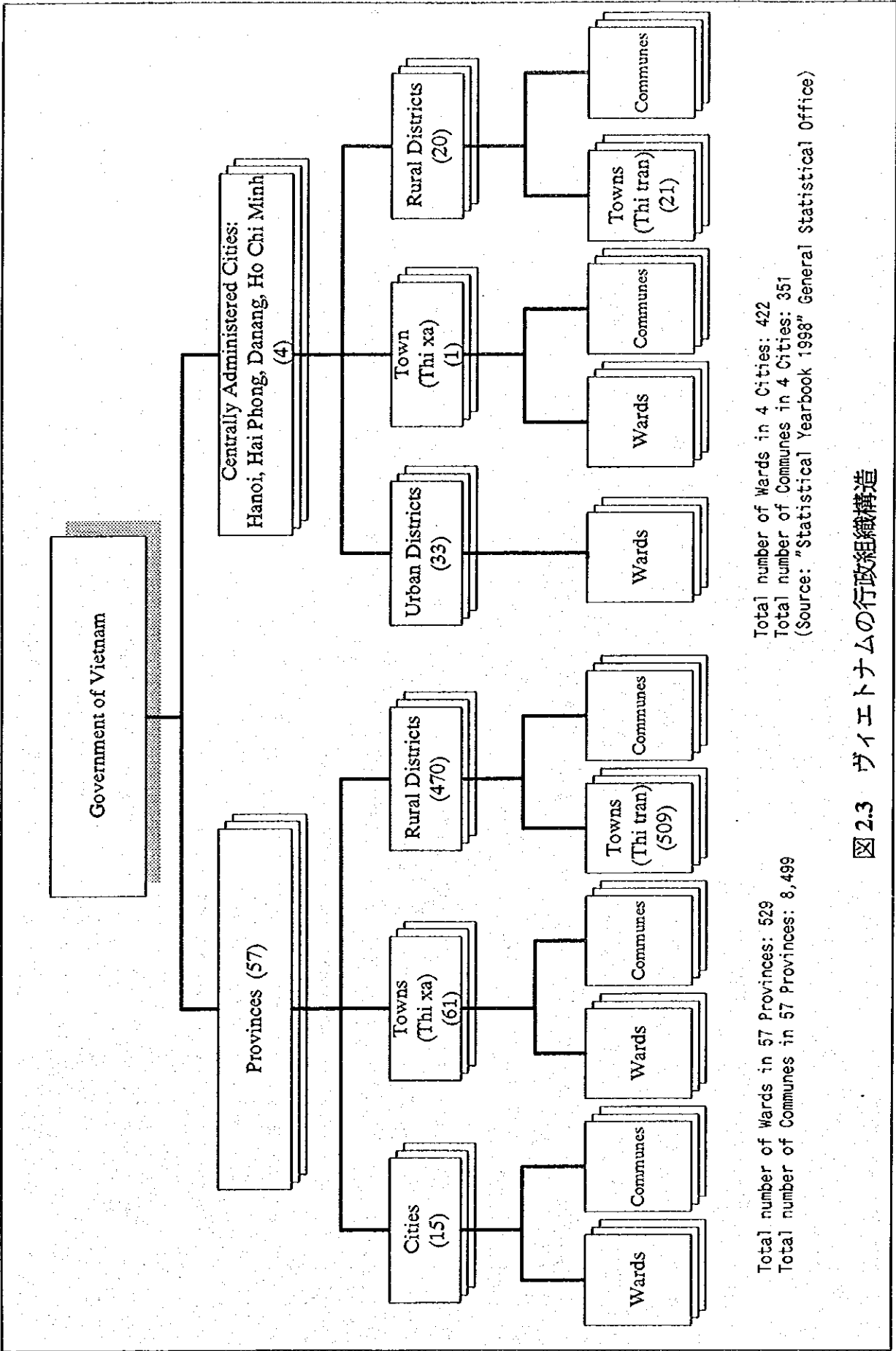
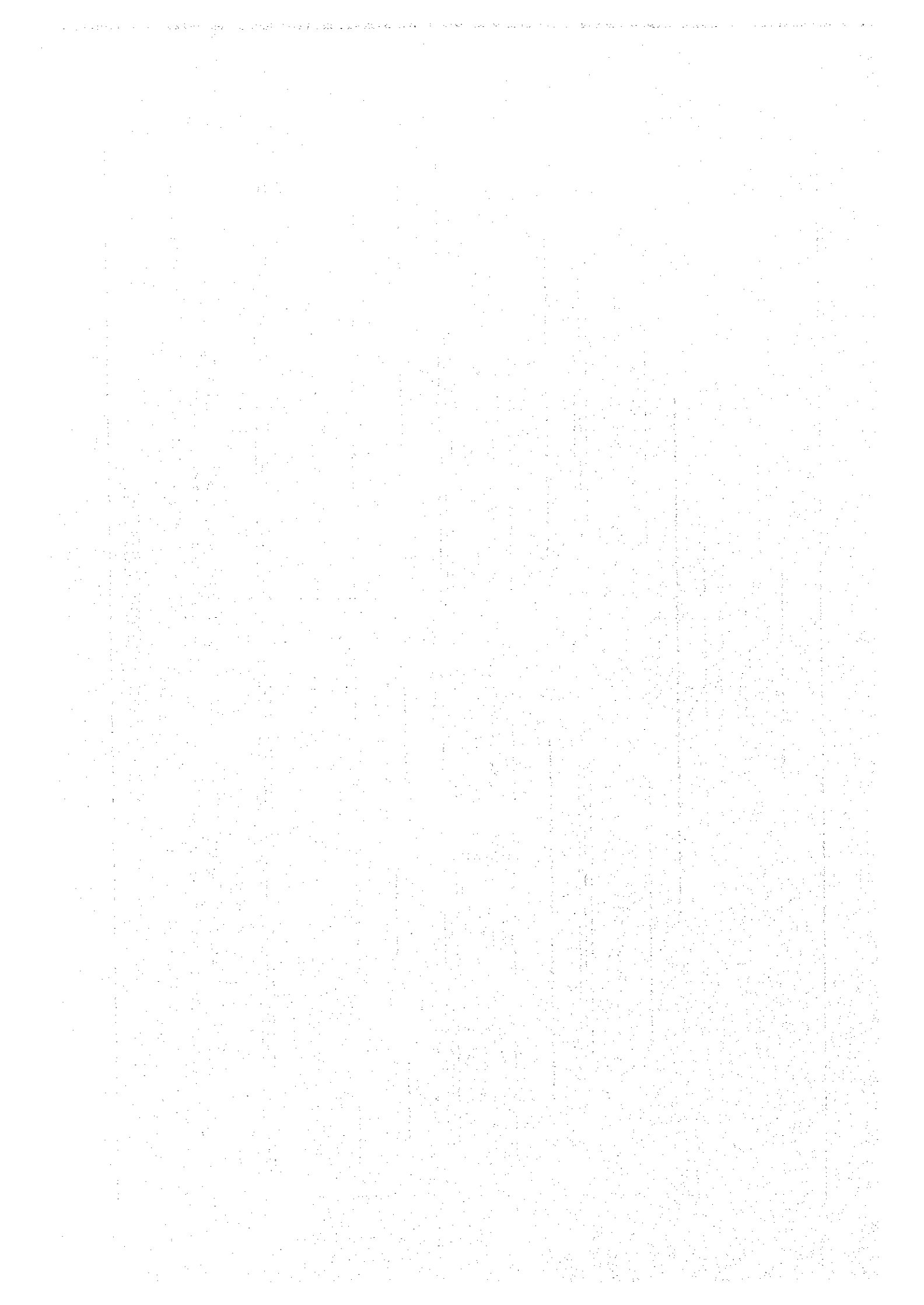


図 2.3 ヴィエトナムの行政組織構造



第3章 プロジェクトサイトの状況

3.1 計画地域の現況

3.1.1 ドンナイ川の河川形態

ドンナイ川はその源を、Lam Dong 州北部に位置するダラット(Da Lat)市の標高 1000m ~2000m の高地に発しており、途中 3 つの大きな支流が合流し、ホーチミン市の南部で南シナ海に流れ込んでいる。

これら 3 つの大きな支流は、上流から順に La Nga 川、Saigon 川及び Be 川であり、このうち La Nga 川は、ほぼ東から西に向かって流下し、ドンナイ川本流にあるチアン(Tri An)貯水池内に流れ込んでいる。また Saigon 川は、ドンナイ川の河口から約 30km 上流の、ホーチミン市近傍でドンナイ本流に合流している。これら 3 つの支流の流域面積を含めた、ドンナイ川全体の流域面積は約 31,000km² にもものぼる。図 3.1 及び図 3.2 にドンナイ川の河川形態を示す。

ドンナイ川は、その流域境界から約 50km 南西方向に流下した後、既設ダニム発電所(1964 年運開)の Dran 貯水池に流れ込んでいる。この Dran 貯水池の貯留水は、ダニム発電所における発電放流により、ほぼ全量が南東部の Phan Rang 川流域に転流されている。したがって、大規模洪水時を除いて、Dran 貯水池の貯留水がドンナイ川本流に放流されることはない。

その後ドンナイ川は、東から流れ込む支流の Da Queyon 川を取り込み、その流れを西に変えた後、現在建設準備中であるダイニン水力開発計画により、将来出現する 2 つの貯水池のうちドンナイ川本流に位置するダイニン貯水池に流れ込む。このダイニン計画も、貯水池の貯留水のほぼ全量を発電放流により、南部の海岸地域に転流する計画である。この建設は、2000 年より開始されることとなっている。

その後ドンナイ川本流は、その流れを北西方向にとり、ダイニン計画地点より約 80km 下流のドンナイ第 3 ダムサイト地点へ到達する。ドンナイ第 4 ダムサイト地点は、ドンナイ第 3 ダムサイト地点より、約 20km 下流に位置している。

ドンナイ第 4 ダムサイト地点を通過したドンナイ川は、大きな湾曲を描いた後、その流れを南に向け、途中カッティエン国立公園内を流下し、既設チアン貯水池に流れ込んでいる。

以上の河川形態を考慮するに、ドンナイ川中流域は、La Nga 川流域を含めたチアン貯水池に至る、流域面積 14,979km² に相当する流域と定義される。

3.1.2 ドンナイ第 3 及び第 4 ダムサイト地点の地形

ドンナイ第 3 及び第 4 ダムサイト地点の地形は、全体的に、玄武岩に覆われた台地がドンナイ川により切り裂かれ、河床より切り立った崖により形成された地形となっている。特に、ドンナイ第 4 ダム湛水予定地周辺は、約 45 度~50 度の傾斜で、河床より切り立った谷形状を形成しており、この厳しい地形条件により人跡未踏の地となっている。この谷形状は、ドンナイ第 3 ダムサイト地点上流部からドンナイ第 4 ダムサイト地点まで続いているが、その河川幅はドンナイ第 3 ダムより上流でより広がっている。このことは、ドンナイ第 3 ダムサイトは、大規模貯水池を建設するのに適した地形にあると言える。一方、ドンナイ第 3 ダムから第 3 発電所地点に至る、ドンナイ川右岸側の高地上部の平地には、コーヒー畑が広がっており、現

地住民の農業収入の源となっている。

本調査の第1次現地調査において行われた予備的な最適化検討の結果から、主要土木構造物の配置計画が決定され、その配置計画に基づき、第2次及び3次現地調査時に実施される地形測量調査の実施要項が、下表の通り決定された。

地形調査の主要実施項目	数量
1. 平面測量	-
2. 縦横断測量	11 km
3. 主要構造物地点(ダム、水路構造物及び発電所等)の 1/1,000 地形図作成	320 ha

上表の地形測量調査は、本調査団より現地業者に再委託され、1999年11月までに全ての業務を完了した。この地形測量調査で得られた1/1,000地形図より、ドンナイ第3ダムサイトの河川幅は、標高489mで約120mに及ぶことが明らかになった。一方でドンナイ第4ダムサイトについては、河床より約8m上に当たる標高362mで約40mである。

これら地形測量調査の成果は、第7章で構造物の概略設計に利用される。1/1,000地形図は、ダム本体及び関連設備、発電所等の主要構造物の設計に使われ、また河川縦横断測量の成果から水位-流量曲線が作成され、これにより仮排水路トンネルや発電所の設計に必要となる河川水位の算定がなされた。

一方、本調査期間中にEVNは、ドンナイ第4貯水池全域を含む新しい1/10,000地形図を作成した。この作成された新しい地形図は、調査団の現地調査期間中に、地形測量専門家により綿密なチェックがなされ、その精度が確認された後、EVNから本調査団へ譲渡された。調査団は、この新しい地形図を利用して、ドンナイ第4貯水池における貯水池容量曲線のレビューを行うとともに、主要構造物のレイアウトの検討にも利用した。この1/10,000地形図を含めた本調査における地形測量調査の成果は、サポーティングレポートの付属書Bに添付されている。

3.2 気象と水文

3.2.1 収集資料

ドンナイ川全流域に関わる気象・水文資料は、1996年にJICAによって実施されたマスタープラン検討において収集されており、本調査の開始に先立ち、これら資料の整理・分析を行った。この既収集資料の整理結果を基に、これら資料の最新年(1998年まで)の資料を収集することに重点をおいて、本調査の第1次から3次にわたる現地調査での資料収集業務が実施された。

本調査で収集・整理された気象・水文資料について、下記に記す。

(1) 流量資料

図3.3は、ドンナイ川中上流域に設置され、観測が行われている流量観測所を示している。

これら観測所におけるデータが、EVNの水文担当カウンターパートの協力により収集された。

収集されたデータは、JICA調査団により観測年全般にわたって、その信頼性の検証がなされた。特に、タライ流量観測所については、この観測所の流量資料が本調査における低水流量解析において、非常に重要になることから、入念な検証が行われた。これら検証の結果、その信頼性を確認できた資料について、観測所名と観測期間を図3.4に示す。

(2) 降雨量資料

計画地域周辺にある既存の降雨量観測所の降雨量データについても、現地調査を通じて最新年のデータが収集・整理され、これらを既収集データに付け加えることで、データの更新を行った。最終的に本調査で収集・整理した降雨量データについて、観測所名と観測期間を図3.4に示す。

3.2.2 水文観測調査の実施

当計画地域の近傍には、水文観測所がこれまで存在せず、当調査における第2次現地調査時にドンナイ第3ダムサイト予定地点に初めて、降雨量及び流量観測所が設置され、観測を開始している。

これら観測所の設置位置を、図3.5に示す。

流量観測所には自動水位測定器と量水標が、降雨観測所には自動雨量計と自記記録計が、それぞれ1999年7月初旬までに設置され、その後直ちに、これら観測所においてEVNによる観測が始まった。

これら観測所では、下記に示す水文気象観測がEVNのスタッフにより行われている。

- ・ 流量観測所における日単位水位
- ・ 流量観測所における流量観測
- ・ 洪水時の河川水のサンプリング(堆砂量解析用)
- ・ 降雨観測所における時間単位雨量

これら観測結果は、サポーティングレポート・付属書Cに添付してある。

3.2.3 気象

計画地域は、熱帯モンスーン気候に属しており、1年を明確に雨期(5月～10月)と乾期(11月～4月)に分けることができる。計画地域の気候は、さらに詳細に下記の通り特徴付けられる。

- ・ 1月～3月：大陸性の冬期の気候の下で比較的乾燥し、低温の季節
- ・ 4月～5月：年間を通して気温が最大となり、雷雨が発生する季節
- ・ 6月～8月：長期間の降雨を伴い、西風が吹く夏の季節
- ・ 9月～12月：洪水の発生に至る台風が時々発生する天候が変わりやすい季節

計画地域に存在する気象観測所のうち、バオロック観測所は標高 800m に位置しており、この観測所から得られる気象データは、計画地域全体に広がっている高地の気象を示唆している。バオロック観測所における気温観測データによると、1月に 19.9 度(最低)、5月に 23.2 度(最高)となり、1年を通じてほぼ一定であることが判る。また同観測所における平均相対湿度は、2月の 77% から 8月の 93% までの変化であり、その年間平均値は 86% である。また同観測所における最大風速は、1978 年に 22.0m/s と記録されている。

計画地域周辺に位置する降雨量観測所における年平均降雨量記録を、表 3.1 に示す。この年平均降雨量を基に作成された、計画地域における等雨量線を図 3.6 に示す。この等雨量線を見ると、チアン貯水池のある下流域における約 1,400mm から、ドンナイ第 3・第 4 ダムサイトを含むドンナイ川中流域で 2,600mm 程度まで増加し、ダニム貯水池のある上流部において再び 1,400mm 程度まで減少していることが判る。さらにティーセン法により算定した、当計画流域に対する流域平均雨量は 1,950mm となっている。また、計画地域周辺においては、年間総降雨量の 80～90% が、5月から 10月の雨期に集中している。

また、当計画は大規模な貯水池を有する発電計画であるため、発生電力量及び発生電力を推定するために行う貯水池運用計算においては、貯水池からの蒸発量を考慮する必要がある。この蒸発量を推定するため、計画地域周辺にある気象観測所における観測データを基に相関解析を行い、標高と蒸発量の関係を明らかにした。その結果を図 3.7 に示す。この結果より、ドンナイ第 3 貯水池の常時満水位(FSL)が EL590m の場合、貯水池からの蒸発量は 1,071mm/年と推定される。月別の蒸発量については、当計画地域の近傍にあるバオロック観測所での月別蒸発量観測データを基に、比例配分により推定した。その結果を表 3.2 に示す。

3.2.4 低水流量解析

(1) 解析手順

前述の通り、本調査における第 2 次現地調査時に、ドンナイ第 3 ダムサイト予定地点近傍に流量観測所並びに降雨観測所が設置され、7 月より観測を開始しているが、この観測データを低水流量解析に使用するには、観測期間が非常に短いので、不十分である。したがって、本調査では、ドンナイ第 3 ダムサイト予定地点(流域面積：4,374km²)の下流で唯一流量観測を行っているタライ流量観測所(流域面積：9,625km²)のデータを基に、これを計画地点流域に換算する方法で、低水量の推定を行った。EVN 実施した Pre-F/S においても、これと同様の手法により、計画地点ダムサイトの低水流量を算定している。

一方、ドンナイ川本流ではこのタライ流量観測所の他にも、最上流部に位置するダ

ニム発電所の Dran ダム地点(流域面積: 775km²)でも流量観測が行われており、このデータも低水流量解析に利用可能である。しかしながら、ドンナイ第3ダムサイトにおける流域の流出特性は、タライ流量観測所での流出特性により類似していると判断されることから、タライ流量観測所での流量データが採用された。なお、以下に述べる通り、タライ流量観測所での流量データを低水流量解析に採用するに当たっては、まずその信頼性の検証を実施した。

図3.4に示す通り、タライ流量観測所の流量データは、1979年より利用可能である。ただし、ドンナイ本流の最上流部にあるダニム発電所では、Dran ダムで貯水された水を発電を通じて、Phan Rang 平野に転流しており、その転流水は灌漑に利用されているのが現状である。Dran ダムの運用実績を見ると、Dran ダムの放流設備からドンナイ川本流へ放流される事例は、数年間に1度程度しかない。したがって、タライ流量観測所で観測された流量データには、Dran ダム流域からの流出量は含まれていないと判断される。さらに、2000年までにその建設が開始されるダイニン水力発電所開発計画(流域面積: 1158km²)においても、Dran ダムと同様に発電を通じてドンナイ川の水を南部海岸地域に転流する計画であり、同計画の基本設計報告書(1997年7月)に記載されている貯水池運用計算の結果を見ても、ほとんど全ての水を転流することが示されている。

以上の計画地域周辺の利水状況を考慮して、ドンナイ第3及び第4ダムサイトでの低水流量解析の前提条件を以下の通り決定した。

- ・ タライ流量観測所の流域面積は、全流域面積 9,625km² から Dran ダム流域の 775km² を差し引いた 8,850km² とする。
- ・ ドンナイ第3ダムサイトの流域面積は、全流域面積 4,374km² から Dran ダム流域及びダイニン計画地点流域の合計 1,933km² を差し引いた 2,441km² とする。
- ・ ドンナイ第3ダムサイトと第4ダムサイト間の残流域の流域面積は、1/50,000 地形図を用いてプランメーターにより測定した結果である 149km² とする。

(2) タライ流量観測所における実測観測データの信頼性の検証

本調査で収集・整理した 1979 年から 1995 年までのタライ流量観測所での月別平均日流量データを表 3.3 に示す。タライ流量観測所では、水位観測データを流量に変換する際に必要な水位-流量曲線を、河床形状の変化による影響を極力少なくするため、1年を通じて実施する流量観測結果を基に毎年更新しているが、1985年以前については、流量観測が行われなかったため、1985年に行った流量観測結果を基に作成した水位-流量曲線を用いて、一律に水位観測記録を流量に変換しているという情報を入手した。このことは、1985年以前のデータについては、それ以後の流量データと比較して、精度の面で劣る可能性があることが懸念される。

したがって、本調査では、まずタライ流量観測所データの信頼性について、下記に示す水文諸量との比較を通して、ダブルマスカーブ法による妥当性の検証を行った。

- ・ Ta Pao 流量観測所における流量データ
- ・ タライ流量観測所流域に存在する降雨観測所雨量データから算出したタライ流量観測所流域における年間流域平均降雨量データ

(i) Ta Pao 流量観測所における流量データとの比較検討

Ta Pao 流量観測所は、ドンナイ川の支流である La Nga 川に設置されており、タ

ライ流量観測所より東に約 45km の位置にある。これら 2 つの観測所の流出特性は、その位置関係を考慮すれば類似しているものと推察できる。さらに、Ta Pao 流量観測所における流量データは、現在建設中であるハムトゥアン(Ham Thuan)ーダミ(Da Mi)水力発電開発計画の詳細設計段階の検討で採用されたデータであり、その信頼性は検証されていると考えられる。

タライ流量観測所データの信頼性を検証するため、タライ及び Ta Pao 流量観測所における年間流出高を算定し、図 3.8 に示すダブルマスカーブを作成した。この図より明かな通り、両観測所間の流出高の関係は、ほぼ直線で示されており、このことは、タライ流量観測所のデータは、観測期間全般に渡り、その均質性において Ta Pao 流量観測所でのデータと差異はないということが検証された。

(ii) 年間流域平均雨量との比較検討

さらに、周辺降雨観測所の降雨データからティーセン手法により算定したタライ流量観測所流域の年間流域平均降雨量を用いた、ダブルマスカーブによる検証も行った。その結果を図 3.9 に示す。この図においても、両者の関係はほぼ直線で表現されていることが判る。このことは、1985 年前後でタライ流量観測所における流出係数はほぼ一定であるということを示している。

以上の検討より、タライ流量観測所での流量データは、その観測期間全体を通して、許容できる信頼性を有していると判断される。したがって本調査では、ドンナイ第 3 及び第 4 ダムサイトでの低水流量解析に、1979 年～1995 年に及ぶ 17 年間のタライ流量観測所での流量データを適用することとする。

(3) ドンナイ第 3 及び第 4 ダムサイト地点における低水流量の推定

本調査では、ドンナイ第 3 及び第 4 ダムサイト地点における低水流量は、前述の通り、タライ流量観測所での流量データから換算することにより推定している。この推定手法は、JICA マスタープランで採用された手法であり、低水流量の推定において一般的に適用されるものである。下記に、推定に用いた換算式を示す。

$$Q_{DN3,4} = Ft \times Q_{TaLai}$$

$$Ft = R_{rain} \times R_{catch}$$

ここで、

$Q_{DN3,4}$: ドンナイ第 3 あるいはドンナイ第 4 ダムサイトにおける月平均流量 (m^3/sec)

Ft : タライ観測所流量データをドンナイ第 3 あるいは第 4 ダムサイトの点流量に換算するための換算係数

Q_{TaLai} : タライ流量観測所における月平均流量観測データ (m^3/sec)

R_{rain} : 降雨量比(={ドンナイ第 3 あるいは第 4 ダム地点流域平均降雨量} / {タライ流量観測所地点流域平均降雨量})

R_{catch} : 流域面積比(={ドンナイ第 3 あるいは第 4 ダム地点流域面積} / {タライ流量観測所地点流域面積})

上記した換算式における、換算係数 Ft はドンナイ第 3 ダム地点に対して 0.23、第 4 ダム地点に対して 0.02 である。この換算式によるドンナイ第 3 ダム地点及びドンナイ第 4 ダム地点(第 3 及び第 4 ダム間の残流域流出量)での 1979 年～1998 年間の月平均流量推定値は、表 3.4 及び表 3.5 に示す通りであり、その平均値はそれぞれ $75.20m^3/s$ 、 $6.54m^3/s$ となった。ドンナイ第 3 ダム地点における平均流量($75.20m^3/s$)は、JICA の

M/P での推定値(57m³/s)と Pre-F/S での推定値(81m³/s)の間の値となっている。

本調査団は、現地調査期間中に、EVN より、ダイニン水力発電計画の詳細設計報告書にある低水流量解析の結果の一部を入手した。それによると、同計画流域からの流出量は、既設 Dran ダムにおける流量データからの換算により推定している。しかしながら、Dran ダムの低水流量は年間を通して安定した流況を呈しており、この流出特性はドンナイ川中下流域の流出特性と比較して、異なるものである。従って、同ダムにおける観測流量データを中下流域の低水流量解析に利用するには慎重にならなければならない。

一方、同詳細設計報告書で実施されているダイニン発電計画の貯水池運用計算の結果では、同流域から流出量のほとんど全ては発電放流を通じて、他流域に転流されることとなっている。したがって、ドンナイ第3及び第4ダム地点の低水流量解析においては、安全側の推定となることを考慮して、Dran ダム及びダイニン発電計画流域からの流出量はなしと仮定して実施した。

ここで推定されたドンナイ第3及び第4地点での低水量は、第6章で行われる当計画の最適化検討における貯水池運用計算の基礎資料として使用される。

(4) 推定結果の妥当性検証

上記で推定したドンナイ第3及び第4ダム地点の低水流量データの妥当性を検証するため、以下の比較検討を実施した。

- ・ 計画地域周辺観測所における水文諸量(比流量、流出高)との比較
- ・ ドンナイ第3ダム水位観測所(本調査で新設)における流量観測データとの比較
- ・ 当該流域における年間流域平均降雨量との比較

(i) 計画地域周辺観測所における水文諸量との比較

表 3.5 に示す推定結果を基に、ドンナイ第3ダム地点における比流量、流出高及び流出率を算定した。その結果を下記に示す。

No.	対象とした水文諸量	ドンナイ第3ダムサイトでの値
1.	比流量	0.03 (m ³ /sec/年/km ²)
2.	流出高	972 (mm/年)
3.	流出率	0.50

上表の水文諸量を、ドンナイ川流域周辺に位置する4つの流量観測所並びに Dran ダム地点で観測された降雨及び流量データを基に算定した水文諸量と比較した。その結果を図 3.6 に示す。この図より明らかな通り、上表に示す水文諸量は、周辺観測所等における水文諸量と比較しても妥当な範囲にあることが判る。

(ii) ドンナイ第3ダム水位観測所における流量観測データとの比較

本調査団は、2000年1月にEVNより、本調査において新設したドンナイ第3ダム水位観測所(1999年6月より観測開始)における、下記の水文観測データを受領した。

- ・ 日平均水位記録 (1999年6月～12月)
- ・ ドンナイ第3水位観測所における流量観測結果

本調査団は、まず流量観測結果より水位—流量曲線を作成した。そしてこれを用いて、日平均水位観測データを日平均流量データに換算した。これらのデータ及び検討結果は、サポーティングレポート中の付属書 C に添付してある。同新設水位観測所における 1999 年 6 月から 12 迄の期間の日流量データを表 3.6 に示した。

上記で換算したドンナイ第 3 ダム水位観測所での流量データと、それらと同日に観測されたタライ観測所における流量データとの相関関係を明らかにするために、タライ観測所における 5 日平均流量を横軸に、ドンナイ第 3 ダム観測所における 5 日平均流量を縦軸にとり、図 3.10 に示すように、これらの値をプロットした。この図より、以下の関係式が導き出された。

$$Q_{DN3SGS} = Fc \times Q_{T\&L\&I}$$

$$Fc = 0.342$$

ここで、

Q_{DN3SGS} : ドンナイ第 3 ダム観測所(C.A.: 3,599km²)における 5 日平均流量 (m³/sec)

Fc : タライ観測所流量に対するドンナイ第 3 ダム観測所流量の比率

$Q_{T\&L\&I}$: タライ流量観測所(C.A.: 8,850km²)における 5 日平均流量 (m³/sec)

上記の関係式において、係数 Fc は前述した換算式における換算係数に相当するものであり、この場合、タライ観測所の流量データを、ドンナイ第 3 観測所の流量データに換算する場合の換算係数が 0.342 であることを意味している。

ドンナイ第 3 ダム観測所における流量データは、ドンナイ第 3 発電計画の有効流域面積(2,441km²)並びにダイニン発電計画の有効流域面積(1,158km²)からの流出量を合算したものである。このことを考慮して、上記の関係式を、ドンナイ第 3 発電計画の有効流域面積からの流出量(Q_{DN3})とタライ流量観測所での流量($Q_{T\&L\&I}$)との関係を表す式に、流域面積比を用いて変形した(下記参照)。

$$\begin{aligned} Q_{DN3} &= (\text{ドンナイ第 3 ダム有効流域面積}) / (\text{ドンナイ第 3 及びダイニン流域面積の合算値}) \times Q_{DN3SGS} \\ &= 2,441\text{km}^2 / (2,441\text{km}^2 + 1,158\text{km}^2) \times Q_{DN3SGS} \\ &= 0.678 \times 0.342 \times Q_{T\&L\&I} \\ &= 0.232 \times Q_{T\&L\&I} \end{aligned}$$

上記の変形式における 0.232 という値は、本節(3)で各ダム地点での低水流量の推定に使用した換算式における換算係数に相当しており、この値は本節(3)で行った推定に適用した換算係数(0.23)と一致していることが判る。

一方、図 3.6 に示す等雨量線より、ドンナイ第 3 発電計画流域における流域平均降雨量は、ダイニン発電計画のそれと比較して、明らかに多いと推定される。したがって、上記の変形式において、流域面積比から決まる 0.678 という係数は、流域平均降雨量比を適用した場合はさらに大きくなり、従って換算係数 0.232 も大きくなるので、結果として上記の変形式で各ダム地点の低水流量を推定した場合には、本節(3)で換算係数 0.23 で推定した低水流量よりも大きくなると考えられる。

しかしながら、今回の検証に用いているドンナイ第3ダム観測所での観測流量データは非常に限られた期間のものであるため、同流域の特性を十分に反映したものであるとは言い難い。したがって、本調査ではこの流量データの利用は、あくまで本節(3)での推定結果の妥当性の検証にとどめることとした。

(iii) 年間流域平均降雨量との比較

さらに、ティーセン手法により算出したドンナイ第3ダム流域における年間流域平均降雨量と、推定結果から算定した流出高との関係を、ダブルマスカーブにより表現し、その関係を比較検討した。その結果、両者の関係はほぼ直線で表現されていることから、推定期間全体に渡ってその流出係数は一定と考えられる（サポーティングレポート中の付属書C参照）。

以上の比較検討より、ドンナイ第3ダム地点での低水流量の推定値は、充分許容できる妥当性を有していると判断することができる。

3.2.5 洪水量解析

本洪水量解析は、上流のダニム発電計画及びダイニン発電計画の集水面積を含むドンナイ第3ダムサイト地点の総集水面積 4,374 km² に対して行った。

(1) 解析手法

計画地域周辺において、洪水は雷雨及び台風により引き起こされること、また一般的に雷雨季の洪水規模は、台風シーズンのそれよりもかなり小規模であることが、過去の洪水記録を整理することにより明らかになった。

前述の通り、ドンナイ第3ダムサイト近傍に本調査団が設置した流量観測所におけるデータは観測期間が非常に短いため、洪水解析においても使用することができない。したがって、各ダムサイトでの確率洪水流量の算定は、比較的長期間に渡ってデータが存在する降雨量記録と、ドンナイ川流域における典型的な洪水波形を過去の洪水記録より抽出し、これを基に作成した単位図により行うこととした。

(2) 流域平均確率降雨量の算定

ドンナイ第3及び第4ダムサイトにおける確率降雨量を算定するため、まず図3.11に示すティーセン分割図を用いて、年間最大流域平均1日降雨量を算定した。その結果を表3.7に示す。表3.7に示されている45サンプルのうち、1952年におけるサンプルは他のサンプルと比較して顕著に高くなっており、これはその日に流域全体に渡る、まれにみる豪雨があったことを示している。

流域平均1日降雨量に対する確率計算は、下記に示す3つの分布関数を使用することにより行われた。

- i) 岩井法
- ii) ログピアソンIII型
- iii) グンベル法

確率計算の結果を下表に示す。

確率年	確率日降雨量 (mm)			最大値
	岩井法	ログピアソン III 型	グンベル法	
5-year	81	76	93	93
20-year	107	120	136	136
30-year	114	137	148	148
50-year	123	161	163	163
100-year	136	199	183	199
200-year	148	245	204	245
1,000-year	177	395	251	395

上表に示す通り、流域平均確率降雨量の算定値は、再起年 100 年以上の場合、ログピアソン III 型を適用した計算結果が他のものと比較して、大きな値となっていることが判る。一方再起年 100 年未満の場合には、グンベル分布を適用した計算結果が大きな値となっている。本調査では、安全側の検討になることを考慮して、ダム及び洪水吐きの設計には、それぞれの対象確率年に対して、3 つの計算結果の内最大となる値を採用することとした。

一方、本調査では、上記の確率解析による流域平均雨量の検討に加えて、可能最大降雨量 (PMP) の検討も行った。当計画流域では、PMP 算定の基礎資料となる露点温度等の気象データ観測体制が整備されておらず、本調査ではこれらデータを利用することができないため、「(1) Hershfield の経験式から算定する方法」と「(2) 世界気象機構 (WMO) で提案されている手法」(サポーティングレポート中の付属書 C 参照) の 2 つの方法で、PMP を推定した。その結果、推定された PMP は、(1)の方法で 499mm、(2)の方法で 687mm となった。WMO が作成したメコン川流域全体の PMP の等雨量線図を見る限り、ドンナイ川近傍のメコン川流域における PMP は、約 600mm から 700mm の範囲にあることが判る。

したがって本調査では、より安全側でのダム及び洪水吐きの設計が可能となること等を考慮して、(2)の方法で推定した PMP(687mm)を採用することとした。

(3) 設計降雨波形

図 3.4 に示す通り、ドンナイ川中流域の降雨観測所における降雨量記録は、いくらかの欠測年を除いて 1949 年～1997 年の 49 年間で利用可能となっている。これら降雨量記録のうち、1952 年における降雨が設計降雨波形として選択された。これは、前述した通り、この年の降雨は観測期間中の過去最大であると考えられるためである。1952 年の降雨記録を詳しく見ると、10 月 20 日の最大降雨を記録しており、その前後の 16 日間が一連の降雨と考えられる。したがって、降雨継続期間としては、一連の降雨と考えられる 10 月 20 日前後の 16 日間とした。様々な規模の確率降雨量に対する降雨波形は、1952 年 10 月 20 日の実績観測雨量と確率降雨量との比率を、一連の実測降雨波形に掛け合わせることで作成した。

(4) 流出係数

図 3.12 に示すタライ流量観測所で観測された洪水記録を基に、ドンナイ川流域における流出係数の推定を行った。その結果を表 3.8 に示す。この表より明かな通り、推定された流出係数は 0.46～0.64 となっており、かなり小さい数値となっている。

本調査では、上記の推定結果と下記に示す理由を考慮した上で、洪水解析に適用する流出係数を 0.7 とした。

- (i) 第一に、タライ観測所での実測流量データに基づく流出係数の推定値は、上記の通り、明らかに0.7より小さい。
 - (ii) 当計画地域に隣接するハムトゥアンーダミ水力発電計画の詳細設計時における洪水解析でも、10～2,000年確率洪水量の算定に、一律の流出係数0.7が採用されている。
 - (iii) 日本において、流量記録の整備されていない山岳地域の洪水流量解析を実施する場合には、流出係数として0.7が一般的に適用されている。さらに、ドンナイ川流域とその流域特性が類似しているインドネシアを含む東南アジア諸国の河川における洪水流量解析においても、流出係数0.7は一般に適用されている。
- (5) 単位図法による洪水量解析

(i) 単位図の導出

過去の洪水記録よりユニットハイドログラフを導出するため、タライ流量観測所における1987年8月の洪水ハイドログラフが、下記に示す理由により選定された。

- ・ この洪水が流量記録の存在する期間において過去最大であること。
- ・ 他の洪水記録と比較して、降雨継続時間が短く、降雨記録との関係が明確であり、比較的精度良くユニットハイドログラフを導出できること。

ユニットハイドログラフの導出は、Pre-F/Sと同じ手法である無次元化ハイドログラフ法で行なった。この際、洪水到達時間及び単位時間はそれぞれ、30時間、6時間とし、これについてもPre-F/Sで採用された値と同じ数値を採用した。この手法を用いて、最終的に導出されたドンナイ第3ダムサイトにおけるユニットハイドログラフを図3.13に示す。

(ii) 確率洪水量

ドンナイ第3ダムサイトにおける様々な規模の確率洪水波形が、先に導出したユニットハイドログラフと設計降雨波形より作成された。設計降雨波形の単位時間は6時間であるので、日単位の降雨量は物部の経験式により、4つの6時間単位雨量に分割され、このうち最大値が、2番目(7時間目から13時間目)にくるように、並べ替えられた。図3.14にドンナイ第3ダムサイトでの確率洪水量波形を示す。各確率年に対するピーク流量(=確率洪水量)は下表の通りである。

確率年	洪水ピーク流量 (m ³ /sec)
5年	1,810
20年	2,590
50年	3,070
100年	3,720
200年	4,540
1,000年	7,240
PMF	12,480

上記の単位図法により導出された各確率洪水量の妥当性を検証するため、貯留関数法を適用した洪水解析も併せて実施した。その結果を図3.14に示す。図より明らかな通り、PMFについては、単位図法と貯留関数法で算出された値はほぼ等しくなった。一方、より小さい規模の確率洪水量については、貯留関数法による算定結果の方が小さい値となった。

本調査では、より安全側の検討となることを考慮して、単位図法により算定した確率洪水量を採用することとした。

(6) 採用された設計洪水流量の妥当性検証

本調査では、ダム及び洪水吐きの設計洪水流量として、1,000年確率洪水量が採用されているが、さらにPMFをも安全に流下できる構造とする設計を行う事としている。また、ダム仮排水路設備についても、設計洪水量は20年確率洪水量であるが、さらに30年確率洪水量をも安全に流下させることができる設計を行う事としている。

本調査では、前述の通り、これら確率洪水量を、降雨記録を確率処理して算定した確率降雨量を基に単位図法により算定した値を採用している。ここで、この方法により算定した各確率洪水量におけるクリーガー係数を、下記に示すクリーガーの経験式より算定した。

$$Q_p = 46 \times C \times A^\alpha$$

$$\alpha = 0.894 \times A^{-0.048} - 1$$

ここで、C :クリーガー係数

A :流域面積 (mile²)

Q_p :比流量 (feet³/sec/mile²)

その結果を下表に示す。

対象構造物	適用された確率洪水規模	ピーク流量 (m ³ /sec)	クリーガー係数
ダム仮排水路設備	20年確率洪水量 (設計洪水量)	2,590	19.0
洪水吐き	1,000年確率洪水量 (設計洪水量)	7,240	53.2
	可能最大洪水量(PMF)	12,480	91.4

これら単位図法により算定された各確率年に対する洪水流量の妥当性を検証するため、ベトナム国における他のダムプロジェクトで採用されている可能最大洪水量(PMF)や10,000年確率洪水量に対しても、クリーガー係数を算定し、上表の値との比較を行った。その結果を図3.15に示す。この図より明らかな通り、本調査で採用している設計洪水量及びPMFは、他のダムで採用されているものと比較しても、そのクリーガー係数は許容できる範囲にあることが判る。一般に、クリーガー係数で100に相当する設計洪水量が、東南アジアにおけるダムプロジェクトで採用されている設計洪水量の上限值である。それゆえ、本調査で採用しているPMFは、ダムの洪水に対する安全性を保証する上で、一般に考えられる上限にあり、妥当な量と判断される。

一方、本調査で算定した20年確率洪水量(2,590m³/s)のクリーガー係数は19であり、この値はタライ流量観測所で観測された過去最大洪水記録(3,260m³/s)におけるクリー

ガー係数 18.2 にほぼ相当している（サポーティングレポート中の付属書 C 参照）。

3.2.6 堆砂量解析

(1) 全般

数回に及ぶ現地調査を実施した結果、既設 Dran ダム流域における山地部の開発は、著しく進んでいることが判った。これは現地住民による農耕地開発によるものと考えられる。

ドンナイ第 3 及び第 4 ダムサイト周辺においても、現地住民による農耕地開発は着実に進んでいる。堆砂量解析を行う際に留意しなければならない点は、一般に河川流域におけるこのような農耕地開発の進展は、土砂流送率を増加させるということである。したがって、堆砂量解析の実施に当たっては、将来のドンナイ川中上流域の人口増加に伴う一層の農耕地開発の進展を勘案し、これに伴う土砂流送率の増加を見込むことが必要である。

本調査の堆砂量解析は、主に EVN より収集した 1985 年～1990 年にかけてタライ流量観測所における浮遊土砂観測結果を基に実施した。

(2) 長期間の堆砂流入量

堆砂量は、浮遊土砂と河床にそって移動する掃流土砂の 2 つに分けることができる。通常、流水中の浮遊土砂は、浮遊土砂観測によりその量を測定する事が可能であるが、掃流土砂については、自然河川での正確な測定はほとんど不可能である。したがって、掃流土砂量は浮遊土砂量の 10～20%に相当すると仮定して、その量を推定する方法が一般的な行われている。本調査では、安全側の推定を考慮して、この比率として 20%を採用することとした。

表 3.9 は、タライ流量観測所での浮遊土砂観測結果(採取水サンプル)を基にした室内試験の結果を表したものである。図 3.16 は、この室内試験の結果を基に、流量—浮遊土砂量曲線を作成したものであり、全サンプルに対する曲線は下式で表される。

$$Q_s = 0.0038 \cdot Q^{2.1}$$

ここで、 Q_s : 浮遊土砂量 (m^3/day)
 Q : 日平均流量 (m^3/sec)

一方、図 3.16 から明らかな通り、浮遊土砂量の分布は同一流量に対してばらついていることが判る。一般に、浮遊土砂量は、流量の増加と共に指数関数的に増加してゆく事が知られており、したがって浮遊土砂量の多少は洪水時に行った観測結果に大きく依存することになるため、観測はなるべく洪水時に行うことが基本となっている。図 3.16 に見られるこのばらつきの原因は、洪水時以外に行われた観測結果に依存するものと推定される。したがって、本調査では、安全側の検討を行うということ considering、上式で算出される各流量に対する浮遊土砂量より大きなサンプルのみを対象として、下記に示す流量—浮遊土砂量曲線(図 3.16 参照)を新たに作成し、これを採用することとした。

$$Q_s = 0.0175 \cdot Q^{2.0}$$

この式とタライ流量観測所における日平均流量データを基に、同流量観測所における 1979 年～1995 年までの浮遊土砂量を推定した。その結果を表 3.10 に示す。この表より明らかな通り、同流量観測所における平均年間浮遊土砂量は 1.687 百万 m^3 と推定された。これは、比浮遊土砂量に換算すると、 $191m^3/km^2/年$ になり、表面浸食率

に換算すると 0.2mm/年に相当する。

図 3.7 は、ヴィエトナム国における大規模ダム開発で採用された、表面浸食率を示したものである。一般的に、流域状況がほぼ同一の場合には、表面浸食率は流域面積が小さくなれば、それに伴い小さくなる傾向にあることが知られているが、図 3.7 にはそのような傾向が現れていない。しかしながら、全体的に見れば、表面浸食率として、本調査で推定された 0.2mm/年程度が、ヴィエトナム国の多くの大規模ダム開発で採用されていることが判る。

(3) 貯水池堆砂量の推定

日本における設計基準では、排砂設備を設けないダムの場合、その貯水池の耐用年を 100 年とすることが規定されている。本調査においても、この基準を適用して、貯水池の耐用年として 100 年を採用することとした。

下表は、ドンナイ第 3 及び第 4 貯水池における 100 年堆砂量の推定結果を示すものである。ドンナイ第 4 ダムの堆砂量の推定には、上流のドンナイ第 3 貯水池における捕捉率を考慮することとし、これを Brunci の式により算定している。

推定堆砂量 (貯水池耐用年数 100 年)

No.	位置	浮遊土砂量 (10 ⁶ m ³)	補足率 (%)	堆砂量	
				年間 (10 ⁶ m ³)	100 年 (10 ⁶ m ³)
1.	ドンナイ第 3 貯水池 (流域面積: 4,374km ²)	0.87	97	0.85	84.6
2.	残流域(149km ²)からの流入量	(0.03)			
	ドンナイ第 3 貯水池からの流入量	(0.03)			
	合計	0.06	82	0.05	5.1

図 3.18 は、ドンナイ第 3 及び第 4 貯水池における水位—容量曲線を示している。現計画では、ドンナイ第 3 及び第 4 貯水池の堆砂容量はそれぞれ、298.2 百万 m³、63.1 百万 m³ が確保されている。さらに、今回の堆砂量推定値は、ドンナイ第 3 ダムサイト流域上流にある Dran ダム(775km²)及びダイニン計画(1,158km²)の流域をも含めたものであり、実際にはこれら当該流域からの送流土砂の大半は、発電放流を通じて他流域に転流されることになる。したがって両貯水池共、十分な堆砂容量を有しているといえる。

上述の通り、本計画においては堆砂に関わる問題点は、将来に渡ってもないものと想定されるが、当計画も含め、既設あるいは今後建設されるドンナイ川における貯水池を有するプロジェクトの持続的な運用を確保するために、ドンナイ川流域における森林伐採、農耕地開発は適切なバランスで行われることが望まれる。それには、ドンナイ川流域に対して適切な環境保全計画を策定することが有効な手段の一つとして推奨される。

3.3 地質

3.3.1 地質概要

地質構造から見ると、ヴィエトナムの大地は大きい断層帯に沿って北西から南東に流れる紅河により大きく二分される。紅河断層は一種のトランスフォーム断層で、挙動の異なる二つのプレート、即ち、北側の南シナ・プレートと南のインドシナ・プレートの境界を成している。ヴィエトナムの大部分はインドシナ・プレートに含まれており、更にいくつかの構造地質区に区分されている。

ヴィエトナムの地質は先カンブリア紀から第四紀にわたっており、紅河より南方、クニョンの北に至る地域は、北西-南東方向の軸を持った古生代の褶曲帯によって特徴付けられる地域である。

ベトナム中部から南部に位置する中部高原地域はインドシニア大陸塊の中心となるもので、インドシナ・プラットフォームと称される。この中部高原地域は中生代に形成され、発達したが現在は安定している。インドシナ・プラットフォームの北部には隆起したコントゥム陸塊が広がっており、ここにはヴィエトナムで最も古い先カンブリア紀の変成岩類と火成岩が露出している。コントゥム陸塊の南西にあり、インドシナ・プラットフォームの一部を構成するダラット帯は中生代に造構造運動があった地域であり、海成堆積岩、貫入花崗岩、また鮮新・更新世に噴出した玄武岩溶岩流などが分布している。

ダラット帯は、ドンナイ計画地点が位置する地質区である。その基盤岩は主としてジュラ系の砂岩、シルト岩および頁岩の堆積岩類と、花崗岩および花崗閃緑岩の貫入岩類により構成され、玄武岩溶岩により広く覆われている。ドンナイ川はこの中生代堆積岩の丘陵地を通して、高原都市ダラットよりホーチミン市へ流下している。

ドンナイ地域の上流域に分布する基盤岩は下部および中部ジュラ紀堆積岩類のラガ累層であり、明～暗灰色の頁岩、シルト岩および砂岩より構成される。この堆積岩の一部は花崗岩類の進入に伴う熱変成作用を被りホルンフェルス化あるいは珪岩化している。ラガ累層の総層厚は、国道28号に沿ったザギア付近において700から800mと報告されている。断層あるいは強い褶曲運動を被っているが、地層の走向はほぼ一定のN45°Eを示している。部分的に花崗閃緑岩の貫入岩体が分布している。

ラガ累層を不整合に覆って、鮮新世から更新世に噴出したトックチュン玄武岩溶岩流が分布している。玄武岩溶岩流は標高550mから800mの平坦な台地を形成しており、谷の下刻によって分けられている。

ヴィエトナムにおける地質的活構造運動は、北部の紅河断層帯を除き、第四紀以前に大部分が完了している。現在インドシナ・プラットフォームは一般に安定しており、周縁部において小規模な地震の発生が観測されるのみである(図3.20参照)。

3.3.2 湛水域の地質

(1) ドンナイ No.3 ダム湛水池

ドンナイ No.3 ダムの計画満水位、標高590mにおける湛水面積は約54km²であり、その最大深さはダム地点において約100mである。また、湛水域はダム地点から約20km上流まで拡がることになる。湛水域のドンナイ川は蛇行して流れているが、その流下方向はNo.3ダム地点までは概ね北西方向であり、ダム地点で大きく西方向に流れ方向を変えている(図3.21参照)。

湛水池地域の地質図は縮尺 1/10,000 の地形図による野外調査で作成し、図 3.21 のプロジェクト地域地質図(1/100,000)にまとめた。湛水域に分布する地質は、ジュラ紀ラガ累層の堆積岩であり、砂岩、シルト岩および頁岩より構成されている。層理面の走向は概ね N45°E と一定方向であるが、傾斜は褶曲構造を反映して北西あるいは南東落ちに変化する。

既存資料において、空中写真判読の結果による地形上の線構造(リニアメント)が報告されている。その最大のもは、タライーダック・モ・ルン断層と称される北東に延びるもので、ダムサイトから 2~3km 上流の湛水域を通過している。さらにいくつかの北西方向あるいは北東方向に延びる小規模なリニアメントが空中写真判読結果として報告されている。それらを図 3.21 に示す。

湛水域に分布するラガ累層の堆積岩類は堅硬で緻密であるため、極めて水密性が高い。したがって、この堆積岩が湛水池からの漏水の原因となるとは考えられない。また、湛水池からの漏水経路となる可能性が高いと考えられるトックチュン玄武岩とその基盤岩との不整合面は湛水池満水位より高標高に分布している。したがって、湛水域から地山を通して大量の漏水が生じる恐れはないものと判断される。

湛水域の斜面はそのほとんどが植生で深く覆われている。時に厚さ 40m にも及ぶ強風化岩と風化残留土の著しい厚さのため、斜面における地すべりの可能性を完全に否定する事はできないが、あっても、小規模で無害なものと予想される。貯水池地域の内外に大規模な地すべりの痕跡は認められない。ただし、唯一の例外が No.3 ダム地点直上流右岸に存在する。この地すべり可能性地の状況と危険度について以下に述べる。

ドンナイ No.3 ダム地点より約 500m 上流のドンナイ川右岸には幅 600 m、縦 700 m の範囲の緩傾斜地が認められる。その斜面は水平より 15° 以下の極めて緩やかな傾斜を成し、マスタープラン調査においては、その地形的特性や崩積土の様相から地すべり地の可能性が指摘されていた。しかし、これまでの調査ではこの緩傾斜地が地すべり地である確証は得られていない。

この地すべり地の異常な点は、傾斜地の下端でドンナイ川の上流側より延びる低い丘が川への出口を狭窄し、地すべりに対する一種の障壁を成していることである。この緩傾斜地が地すべり地であるという解釈にはなお疑問もあるが、当面、古い地すべり地という仮定をするのが安全、妥当であろう。

この緩傾斜地は焼き畑のために焼き払われているが、そこに残って立っている木の幹はいずれもまっすぐで垂直である。このことは、この緩斜面がこの数十年間は安定で動いていなかったことを示している。しかし、現状では安定であっても、満水位が緩傾斜地の中段までおよぶため、湛水によって均衡が失われ再移動の始まる可能性も考えられる。しかし、地すべりが再発しても湛水地またはダムの安全に重大な影響を及ぼす事はないであろう。

湛水によりこの緩傾斜地に地すべりが生じた場合、湛水池に入る崩積土の体積は最大でも一千万立米(10,000,000m³)と見積もられる。地すべり地前面の河床部(標高 490m)と湛水池最低水位(標高 560m)の比高差は 70 m あるため、湛水地に入った地すべり土塊は低水位(標高 560m)以下の容積の一部を占めるに過ぎない。さらに、上記のような地すべり下端の小丘に妨げられるため、湛水池に入る崩積土の量はさらに少なくなることが予想される。また、地すべりが起っても、そのすべり面は極めて緩やかな角度であるため、その滑落速度は緩慢であり、したがって地すべりの活動による

急激な湛水池水面の上昇や高い波浪の危険は生じないものと判断される。

従って、ダム直上流右岸の地すべり地は、構造物の安全に対して大きな問題とはなり得ない。

以上より、No.3 ダム湛水池は実質的に水密であり、また、大規模で有害な斜面の不安定も起らないものと判断される。

(2) ドンナイ No.4 ダム湛水池

ドンナイ No.4 ダムの湛水池は満水位が標高 440m であり、湛水池は東から西に流れる狭く長い峡谷に沿って形成される。湛水面積は 4.2km² と小範囲である。湛水池の地質状況は図 3.21 に見られるとおりである。

湛水池を構成する地質は、ラガ累層の砂岩、シルト岩および頁岩の互層である。湛水池を通過して 2 本の急傾斜を示す断層が想定されている。その一つは、湛水池の上流部を通過するもので北東-南西方向に延びており、もう一つは湛水池の下流部分を通過し北西-南東方向に延びている。いずれも河川にほぼ平行して走っている。

ドンナイ No.3 と同様、問題となる地すべりの発生および湛水池から地山を通る大量の漏水が生じる懸念はない。

3.3.3 計画地点の地質

(1) 地質調査

本 F/S より前に、ドンナイ No.4 地点は 1991 年から 1993 年にかけてヴィエトナムの電力技術コンサルタント社 I (PECC1)によって調査されており、コア・ボーリング 22 孔、総延長 2,019m、ボーリング孔内透水試験、ボーリングコアについての室内岩石試験等が実施されている。一方、ドンナイ No.3 地点については 1997 年から 1998 年にかけて電力技術コンサルタント社 II (PECC2)が調査を実施しており、5 孔、総掘進長 313m のコア・ボーリング、孔内透水試験およびボーリング・コアの室内岩石試験が行なわれた。

本フィージビリティ調査においては、既存の調査結果を検討し、主要構造物を対象に、25 孔、総延長 1,550m のボーリング調査とボーリング孔を利用した標準貫入試験および透水試験、さらに弾性波探査 11 測線：総延長 15,000m を実施した。室内試験を含め、これらの地質調査は PECC2 に再委託し実施された。

(2) ドンナイ No.3 地点の地質

選定されたドンナイ No.3 ダム計画地点は、ドンナイ川の流下方向が南北方向から東西方向に変化する箇所直下流の地点、クアンケ村より約 10km 南東、ドンナイ川上流既設のキンドックのフェリー渡し場より 9km 北西に位置する。ダム地点における谷幅は、標高 490m の河床部において約 130m、ダム天端標高 600m において約 450m である(図 3.22 及び図 3.24 参照)。

ダム地点の兩岸の斜面は比較的急で、右岸の低標高部で 1:1.0 (垂直：水平)、高標高部で 1:2.0 である。また、左岸斜面は右岸と比較するとやや緩やかであるが、河床近傍で 1:1.2、上部で 1:2.5 の勾配を示す。兩岸とも森林に深く覆われている。

ダムサイトおよびその周辺を構成する地質は、砂岩を主とし、頁岩の薄層を挟在するジュラ紀のラガ累層である。砂岩は細粒ないし中粒で暗灰色を呈し、風化のおよんでいない新鮮部、あるいはわずかに風化した部分では極めて緻密堅固である。また、頁岩は粘板岩状を呈する暗灰色の岩で、新鮮部は堅硬である。地層の走向はほ

ほ北東-南西方向で一定しており、 $65\sim 70^\circ$ で南東方向に傾斜している。地層は強く褶曲しているため、その傾斜方向はダム地点上流あるいは下流において北西方向のものも認められる。

室内試験の結果では、新鮮岩およびわずかに風化した岩の単位容積重量は概ね 2.7 g/cm^3 を示し、一軸圧縮強度は2、3の試験値を除き概ね 100 MPa ($1,000 \text{ kgf/cm}^2$) という高い値を示している。せん断強度は、経験的に、粘着力 2.5 Mpa (25 kgf/cm^2)、内部摩擦角は 40° とするのが妥当且つ安全と判断される。

岩盤が深部まで強く風化していることは、図 3.24 のダム軸地質断面図に見られるとおりである。ボーリング BD901U から BD906U および側線 S901U1 の弾性波探査によれば、表層の、著しく風化した(CW)あるいは強く風化(HW)した風化帯は、右岸において深さ $10\sim 20 \text{ m}$ まで、左岸においてはさらに深く $20\sim 30 \text{ m}$ までおよんでいる。著しく風化した(CW)風化岩は、その原岩の組織構造を残してはいるが、その構成粒子にまで分解し、土状になっている。また、強く風化した(HW)風化帯においては風化の程度は比較的弱い、原岩の構成物の半分以上が土壌化されている(表 3.12 参照)。このような強風化岩盤においては、その透水性はかなり不規則に変化し、通常のセメントグラウチングによって信頼できる遮水カーテンを作ることは難しい。したがって、著しく風化した(CW)あるいは強く風化した(HW)風化帯はロックフィルダムのコアの基礎岩盤として不適切である。一方、シェルゾーンについては、強く風化した(HW)風化帯を基礎とした例が少なくない。

中位に風化した(MW)風化帯が強く風化した(HW)風化帯の下位に分布している。原岩の半分以下は分解しているものの、堅い骨格部分を多く残している。透水性は変化に富んでおり、ボーリング孔を利用して実施された、ルジオン試験の結果は $10\sim 40 \text{ Lu}$ 、また静水圧透水試験の結果は $2.5\times 10^{-5}\sim 2.1\times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ を示す。この風化帯は弾性波速度層の $1.5\sim 1.7 \text{ km/sec}$ 層に対応している。この中位に風化した(MW)風化帯はロックフィルダムのコア基礎岩盤としては取り除くことが望ましい。

やや風化した(SW)風化帯は、兩岸の斜面高標高部で地表より $30\sim 35 \text{ m}$ の深部に分布していることが確認されている。風化の厚さは斜面標高が河床に向けて下がるにつれて薄くなり、河床部には新鮮で堅硬な岩盤が露出している。やや風化した(SW)風化帯の下には新鮮岩(Fr)が分布している。やや風化した(SW)風化帯では、概ね岩盤そのものは新鮮で堅硬であり、開口した節理や層理面等の地質不連続面に沿って部分的に風化が進行しているのみである。このやや風化した(SW)岩盤で実施された透水試験結果は 20 Lu を超えるものはなく、ほとんどの試験結果は 10 Lu 以下を示している。堅岩であり、通常のセメントグラウチングで透水性については改良可能と判断される。

このやや風化した(SW)風化帯は、基本的に堅岩であり、ロックフィルダムのコアゾーンの基礎岩盤、あるいは 100 m 級のコンクリート重力式ダムの基礎岩盤として十分な強度を有すると判断される。したがって、ダム基礎岩盤としてはこのやや風化した(SW)岩盤に載せることが好ましいが、ダム兩岸のアバットメントでその深さは 35 m まで掘削する必要が生じる。一方、河床部では新鮮な岩盤が露出しており、成形掘削程度で十分と考える。

本計画地域には、ラガ累層の堆積岩を覆って鮮新世ないし更新世に噴出したトックチュン玄武岩溶岩が地表面の平坦な高原状地形を形成して広く分布している。この玄武岩の分布は標高 650 m 以上であり、湛水池満水位よりも下がることはない。

ドンナイ No.3 計画はダム水路式であり、その導水路は右岸山体をトンネルで計画されている。その延長は約 7km である。取水路、水圧管路を含む計画水路経過地に沿って実施された S902U、S903U、および S904U の弾性波探査の結果、さらに BI907U、BI908U、BP910U、および BP911U のボーリング結果では、標高 600 m 以下には砂岩およびシルト岩等、堆積岩の新鮮部あるいはやや風化した(SW)部分が分布することが確認されている。したがって、計画導水路トンネルは、その大部分が新鮮で堅硬な堆積岩を通過すると想定される。また、堆積岩を覆う玄武岩の分布は、現在確認されている範囲で標高 600 m 以上であり、トンネル通過部には玄武岩あるいはその下に分布する堆積岩の旧表土あるいは風化帯等の脆弱層には遭遇しないものと想定されるが、詳細設計段階においてボーリング等による確認調査の実施が望ましい。(図 3.25 参照)

取水口地点は著しく風化した(CW)あるいは強く風化した(HW)風化帯が地表より 45 m の深部まで分布していることが調査で明らかになった。このため、取水口においては大規模な掘削が必要と判断される。一方、調圧水槽地点は中位に風化した(MW)風化帯が地表より 30 m 以上深く分布しており、やや風化した(SW)風化帯も 40 m 以上深く分布していることが確認されている。

導水路トンネル経過地には断層およびそれに伴う脆弱帯の分布が予想される。その規模、位置については不明であり、設計においてトンネル長の 20%は、断層およびそれに伴う支保工の増加および湧水処理について考慮する必要があると考える。

(3) ドンナイ No.4 計画地点の地質

ドンナイ No.4 ダム地点は蛇行しているドンナイ川の北西方向に流下している箇所に計画されている。ダム地点は、国道 28 号に位置しているクアングケ村より西南西約 8 km の地点に位置している。ダム地点の河床標高は 355m であり、川幅は 40m と狭く、兩岸の段丘部分を含めてもその幅は 70m である。ダム地点の地質は砂岩を主体とし頁岩およびシルト岩を挟むジュラ紀ラガ累層により構成されており、河床に沿って連続して露頭している。一方、ダム地点の兩岸の斜面は広く森林に覆われている。ドンナイ川は、ダム地点において狭隘な峡谷を成して流れており、兩岸とも斜面は急傾斜である。右岸においては河床付近で 1:1.0 (垂直:水平)、標高が上がるにつれてやや緩やかになるものの、高標高部においても 1:1.5 と急な斜面勾配を示す。また、左岸斜面は右岸よりも急傾斜であり、ダム天端部分においても 1:1.0 の急な斜面勾配を示す。ダム天端高における谷幅は約 260 m と狭い(図 3.23 及び図 3.24 参照)。

地質構成はドンナイ No.3 ダム地点と同様であり、地層の走向は概ね北東-南西方向で一定であり、傾斜は 60~70° 北西落ちである。褶曲構造のため、地層の傾斜角度はダム地点の上流あるいは下流で変化している。既往の地質資料において、中規模の断層(Degree-III)が記載されており、ダム地点の河川に沿って北西-南東方向に走っている。現地において、この断層の存在は確認できなかったが、この規模の断層はその幅が 1~10 m とされており、建設時にその存在が明らかになってもコンクリート置き換え工等で処理できるものと判断される。

No.4 地点の試料による一軸圧縮強度は 350 kgf/cm² (35 Mpa)~1,300 kgf/cm² (130 Mpa) を示し、No.3 のそれと比較してやや低い値を示している。しかし、その多くは 500~800 kgf/cm² (50~80 Mpa)の範囲に集中しており、堅硬な岩盤であることを示している。経験的にこの程度の岩盤であればそのせん断強度は、ドンナイ No.3 と同様、粘着力を 25 kgf/cm² (2.5 Mpa)に、内部摩擦角を 40° に設定できると判断される。

No.4 ダム地点においても、基盤の風化は深部までおよんでおり、コンクリート重力式ダムおよびロックフィルダムのコアの基礎岩盤として適するやや風化した(SW)風化岩盤の分布は、右岸の高標高部で地表面より 25 m で、低標高部において浅くなっている。一方、左岸斜面部では 25~30 m の深部に分布する。

No.4 計画において、水路経過地は大きく反時計回りに曲流しているドンナイ川を短絡して、ドンナイ川の左岸山体を 5.4 km のトンネルで通過する計画となっている(図 3.23 及び図 3.25 参照)。水路経過地は標高 550 m から 650 m の台地状地形を呈しており、沢が標高 500 m まで浸食している。トックチュン玄武岩が高原の表面を覆って分布しており、その層厚は 10 ないし数十メートルである。玄武岩層の下にはラガ累層の堆積岩が分布している。堆積岩とその上部の玄武岩との境界において、玄武岩堆積以前の風化層が分布していることがボーリングで確認されている。堆積岩のやや風化した(SW)風化帯の出現標高は 520 m ないし 580 m であり、導水路トンネルはその通過標高が 400 m 付近であることから、概ね新鮮で堅硬な岩盤を通過するものと判断される。既往の地質資料では、トンネル経過地の取水口より 4 km 地点において北一南に延びるタンリンダックノン断層に遭遇することが予想される。この断層については将来、詳細設計の段階でボーリング等により調査し、その性状を確認する必要があると考える。

3.3.4 地震活動度および危険性

ヴェトナムはその北部を除き、地質構造上、スング陸棚と呼ばれるクラトン、即ち安定な陸塊に位置しているため、この地域の地震活動度は低く、地震の発生は少なく規模も小さい。

本調査では、ハノイの地球物理研究所よりヴェトナムおよびその周辺における地震データを収集した。地震データは 1715 年から 1992 年のもので、その間に 24 回の地震が記録されている。このうち 1900 年以前の 3 データを除き、1923 年から 1992 年の 70 年間に観測された 21 データを用いてドンナイ No.3 および No.4 の中間地点(北緯 11°52', 東経 107°50')における地震震度をコーネルおよび河角式を用いて算出した。その結果は表 3.13 および表 3.14 に示すとおりであり、コーネル式による算出では改正メルカリ震度階で表示される地震震度が震度 3 以下と低い値を示し、河角式においては全てが震度 0 となった。したがって、100 年および 200 年確率の地震加速度はコーネル式より算定された地震震度を用いて求めることとした。コーネル式により求められた、ダム地点で感じられたと想定される 16 回の地震より 100 年および 200 年確率の地震加速度を算出すると、図 3.26 に示すように、

100 年確率： 0.009g

200 年確率： 0.014g

となる。

各確率年における地震加速度が極めて低い値を示しているため、設計震度は国際的な慣例や近傍の既存あるいは計画ダムにおいて採用された設計震度などをも参考にして決めることとする。現在建設中のハムトゥアンダミ水力地点の地震係数は、岩盤を基盤とする場合 0.035、土質地盤の場合 0.07 を採用しており、ダイニン水力計画の設計基準では 0.1 を用いることとしている。したがって、ドンナイ No.3 および No.4 計画においては、安全を考慮して 0.10 を採用することが望ましいと考える。

地質的に安定であるため、貯水池湛水によって地震が生ずるとは考えられない。地形的な線構造の解析より、様々な規模の断層の存在の可能性が報告されている。し

かし、堆積岩の構造はほとんど乱されておらず、過去の褶曲構造は残っていてもその走向はほぼ一定の N45°E を示す。地震の発生状況等より、本地区が地質構造上安定であることは明白である。

3.4 建設材料

3.4.1 ドンナイ No.3 ダムの建設材料

(1) ドンナイ No.3 ダムのロック材

ドンナイ No.3 ダム地点右岸の高標高部(標高 600 m 以上)には、基盤のランガ累層の堆積岩を覆って、トックチュン玄武岩溶岩が分布している。この玄武岩層をダムロック材候補として弾性波探査 1 測線(S905U)、ボーリング 3 孔(BQ912U、BQ913U および BQ914U)が実施された。また、ボーリングコアより選定した 6 個の岩石試料について室内岩石試験を実施した。

ドンナイ川右岸のダム地点より約 1.5 km 北東の、地すべり可能地として指摘されていた緩傾斜地の山側には堅硬な玄武岩が垂直な崖を形成して分布している。玄武岩は風化物等により厚く覆われているが、ダム近傍の運搬に適切な位置に広く堅岩の崖を形成して分布しており、堆積岩(斜面部では玄武岩と同様に風化物で厚く覆われている)と比較して採取しやすいこと等から、原石山として最適であると判断される。

弾性波探査およびボーリングは標高 810 m ないし 820 m の地点で実施された。また、前述の崖からは 100 m ないし 200 m 離れた台地上で実施されている。その結果によれば、玄武岩は 20~33 m、平均 25 m の厚さで風化残留土、著しく風化(CW)ないし中位に風化(MW)した風化物に覆われている。中位に風化(MW)した風化帯は風化していない堅硬な玄武岩の岩塊と風化により土壌化した物質の混合したもので、一部は原石として使用できるものとする。原石として最適なやや風化した(SW)風化帯および新鮮岩(Fr)には地表面より 25 m の深度で到達する。岩盤被覆物および強風化帯の厚さは崖に近づくにしたがって、しだいに厚みを減少しているものと判断される。崖より奥行き 200 m、横 1 km、高さ 50 m で原石山を開発した場合、一千万立方メートルの原石が採取できることになる。土と強風化岩の被覆層は図 3.27 に見られるように厚いが、土質コア材として使用することもできる。原石山の掘削による環境的影響は、施工後に既存の玄武岩断崖が現位置から約 200 m 後退することであるが、新たに形成される崖は掘削後表われる地質条件に適合した安定を保つように設計されなければならない。

玄武岩は、室内岩石試験の結果、一軸圧縮強度は 40~110 Mpa (400~1,100 kgf/cm²)の範囲の値を示し、塊状堅固なものはほぼ 100 Mpa (1,000 kgf/cm²)、多孔質のものでも 90 Mpa (900kgf/cm²)の強度を示している。吸水率はほぼ 2%を示しているが、これは玄武岩が新鮮部においても多孔質性を持つためと判断される。したがって、極めて変質がおよんでいる部分を除けば、玄武岩はダムロック材として問題ないと判断される。硫酸ナトリウムによる耐久性試験結果、アルカリ反応試験の結果も問題となるものは認められない。

以上のことから、玄武岩はロック材のみならず、コンクリート骨材としても使用できるものと判断される。また、玄武岩堅岩中に認められる一部の變質物も堤体のランダムゾーン盛り立て等に使用可能と考える。

(2) ドンナイ No.3 ダムの土質材

遮水性土質材料(コア材)の土取り場候補地として、No.3 ダム地点より北北東約 1.5~2.0 km 離れた、ドンナイ川右岸の玄武岩台地(高原)が選定された。地質性状の確認と室内土質試験に供する試料採取のため、13 地点のテストピットが計画された。テストピットは最大 5 m 掘削する計画であったが、地下水の出現あるいは地盤が固くて

人力では掘削が不可能であった場合はその深さまでとした(図 3.22 参照)。

室内土質試験の結果は表 3.16 に示すとおりであり、TP7U および TP8U から採取された 3 試料を除き、統一土質分類で GC に区分される、粘土、砂およびレキの混合物である。粘土分の含有は重量比で 10~20% であり、粒径 4.75mm 以上のレキ分は約 50% である。ダム堤体の土質材としては良く締め固めることが出来るものと判断される。最適含水比における最大乾燥密度は 1.65~1.75 g/cm³ の値を示す。土質材としては適当と判断される。

3.4.2 ドンナイ No.4 計画の建設材料

(1) ドンナイ No.4 ダムのロック材

ドンナイ No.4 計画における原石山候補地として、ダム地点より北 4 km のダム下流ドンナイ川右岸の玄武岩台地が選定された。図 3.23 及び図 3.25 に示す様に、この原石山候補地点には玄武岩堅岩が崖を形成して露頭し、右岸からの支流が滝となって流下している。原石山候補地において、直角に交わる弾性波探査 2 測線(S910D および S911D)、弾性波探査測線上でボーリング 3 孔(BQ921D、BQ922D および BQ923D) が実施された。ボーリングの孔口標高はいずれも 650~670 m である。

弾性波探査およびボーリングの結果は、地表面より 20 ないし 30 m の厚さで風化残留物(RS)あるいは著しく風化した(CW)風化帯が分布していることが確認された。その下位には強く風化(HW)あるいは中位に風化した(MW)風化帯が 8 m から 45 m の厚さで分布しており、この風化帯は堅い玄武岩の岩塊と強く風化し土壌化した風化物の混合帯と考えられる。これらの岩盤被覆物は玄武岩の露頭している崖に向けてその厚さを減じてはいるが、なお大量の被覆層を除去しなければならないことは風化の著しく深い当地域では避け難い。断崖 1 km 区間を奥行き 200 m、深さ 100 m に亘ってベンチ掘削する事により一千万立方メートルの岩石材料が得られる。掘削後出来る新しい崖は、実際の地質状況に従い、将来に及ぶ安定を考慮して設計しなければならない。

ボーリングコアより選定された 6 試料により岩石室内試験が実施された。その結果は表 3.15 に示すとおりであり、吸水率は、極めて多孔質あるいは中位に風化した試料を除き、0.91~1.66 とやや高めの値を示す。塊状あるいはやや多孔質な玄武岩の単位容積重量は 2.6 g/cm³ 以上であり、一軸圧縮強度も概ね 1,000 kgf/cm²(100 Mpa)と高い値を示す。

以上のことから原石山候補地の玄武岩は、堤体材料のロック材あるいはコンクリート骨材として適すると判断されるが、極めて多孔質な部分は取り除く必要がある。

(2) ドンナイ No.4 ダムの土質材

ドンナイ No.4 計画地点の土取り場は、ドンナイ川の右岸、ダム地点より北東 1 km の標高 600 m の玄武岩台地上に選定されている。候補地点において、地質性状の確認と室内試験に供する試料採取のため、10ヶ所で深さ 5 m のテストピットが掘削され、20 試料の不攪乱試料および乱した試料が採取された。

室内土質試験の結果をとりまとめて表 3.17 に示す。その結果によれば、土取り場候補地の土質は変化に富んでいる。深度方向にも変化に富んでおり、上部層および下部層間でも明らかな違いが認められる。この層の境界は深度 5m 以内に認められ箇所もある。

上部層は一般に細粒分に富んでおり、粘土の含有が 30 ないし 40% で、統一土質分類

で MH に区分される。一方、下部層は砂分およびレキ分の含有が多くなり、比較的粗粒であり、統一土質分類では SC あるいは GC に区分される。テストピット TP7D および TP10D では上部層が欠落している。締め固め試験の結果では、最適含水比は自然含水比よりも低く、最大乾燥密度も SC あるいは GC 区分の土質において 1.4 ないし 1.6 と比較的低い値を示す。

3.4.3 コンクリート細骨材およびフィルター材としての砂採取場

プロジェクト地点およびその近傍のドンナイ川は狭隘で急流河川であるため、河床砂礫堆積物の分布は小規模に散在するのみである。したがって、ダム計画地点周辺には適当な砂取り場を設定することは困難である。

未固結な河床堆積物を対象とした砂採取場候補地として、プロジェクト地点の北方のクロンノおよびスレボック、ドンナイ川下流の南西に位置するトンニャット等、3ヶ所が挙げられるが、いずれも計画地点より 100 km 以上離れている(図 3.19 参照)。現在これらの候補地では、小規模に川底から砂を採取し、コンクリート細骨材として利用されている。これらの砂採取場の問題点は、ダム計画地点への距離が離れていることである。クロンノは 120 km、スレボックは 170 km、トンニャットは 150 km の運搬距離がある。更にまた、これらの堆積物が砂を主体とし、礫を産することができないことを考えると、ダム近傍の原石山の碎石から砂礫を生産する方が経済的であろう。

これらの砂採取場候補地の状況を以下に示す。

(1) クロンノ川砂採取場候補地

クロンノ川砂採取場は、スレボック川の上流、クアンプ村の近傍に位置する。プロジェクト地点よりクロンノ砂取り場へは、国道 28 号および地方道 693 を使用し、運搬距離は約 120 km である。

砂は河床の堆積物および一部小規模ではあるが河岸段丘として存在する。現在現地で川底より採取している砂より 3 試料をサンプリングし、室内コンクリート骨材試験を実施した。その試験結果では、本候補地の砂は粒度分布も良く、アルカリ反応試験にも問題のない結果を示している。既往の調査結果では、クロンノ川砂採取場候補地の細骨材賦存量を 447,000 m³ と報告されている。

(2) スレボック川砂採取場候補地

スレボック川砂採取場は、クロンノ川砂採取場の下流のスレボック川に位置し、既に地元業者がポンプ船によって川底より砂を採取している。計画地点よりは、国道 28 号および国道 14 号を通り約 170 km である。

スレボック川砂採取場で、現在採取している砂より 3 試料をサンプリングし、室内コンクリート骨材試験を実施した。その結果は表 3.18 にとりまとめたとおりであり、本候補地の砂は粒度分布も良く、アルカリ反応試験にも問題のない結果を示している。既存の調査では、スレボック川砂採取候補地の賦存量を 2,577,000 m³ と報告されている。

(3) ドンナイ川、トンニャット砂採取場候補地

トンニャット砂採取場候補地は、本計画地点下流のドンナイ川に位置し、行政区分では、プーダン郡、トンニャットコミューンに属する。国道 14 号より未舗装路を約 30 km 入った所に位置する。プロジェクト地点までの全運搬距離は約 150 km である。

トンニャット砂採取場候補地点は、タクモ水力発電所建設時の砂採取場として利用

されており、細骨材としては質的に問題ないものと判断される。また、既存の調査ではその賦存量は 1,200,000 m³と報告されている。

表 3.1 ドンナイ川流域降雨観測所における年間降雨量

Year	Da Lat	Dong Duong	Tan My	Lien Khuong	Dai Ninh	Di Linh	Bao Loc	Ta Pao	Da Te	Phuoc Long	Ta Lai
1950	-	-	-	1,813	-	-	2,456	-	-	-	-
1951	-	-	-	1,768	-	-	2,769	-	-	-	-
1952	3,923	-	-	1,782	-	-	3,072	-	-	-	-
1953	1,362	-	-	1,769	-	-	2,884	-	-	-	-
1954	2,130	-	-	1,730	-	-	2,318	-	-	-	-
1955	1,911	-	-	1,634	-	-	2,473	-	-	-	-
1956	1,962	-	-	1,433	-	-	2,599	-	-	-	-
1957	1,704	-	-	1,261	-	-	2,537	-	-	-	-
1958	1,459	-	-	991	-	-	2,350	-	-	-	-
1959	1,609	-	-	1,451	-	-	2,354	-	-	-	-
1960	1,951	-	-	1,833	-	-	2,577	-	-	-	-
1961	1,829	-	-	1,547	-	-	3,115	-	-	2,710	-
1962	2,142	-	-	1,645	-	-	2,299	-	-	2,821	-
1963	1,691	-	-	1,282	-	-	1,718	-	-	3,090	-
1964	2,108	-	-	1,967	-	-	2,466	-	-	2,761	-
1965	1,607	-	-	1,278	-	-	2,599	-	-	-	-
1966	-	-	-	1,857	-	-	2,590	-	-	-	-
1967	-	-	-	1,862	-	-	2,965	-	-	-	-
1968	1,678	-	-	1,401	1,745	-	2,657	-	-	-	-
1969	1,499	-	-	1,589	1,433	-	2,784	-	-	-	-
1970	2,120	-	-	1,813	1,885	-	2,986	-	-	-	-
1971	-	-	-	1,662	-	-	2,181	-	-	-	-
1972	1,648	-	-	1,643	-	-	3,347	-	-	-	-
1973	-	1,903	-	1,708	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	1,500	-	1,591	-	-	2,603	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	2,490	2,031	-	-	-
1977	1,493	-	-	1,058	-	-	2,326	-	-	-	-
1978	1,551	-	1,023	1,505	1,265	2,029	3,132	2,437	-	2,570	-
1979	1,968	-	963	1,806	1,541	2,318	3,071	2,815	2,219	2,802	2,632
1980	1,980	-	1,304	1,838	-	2,062	3,191	2,406	-	2,461	2,806
1981	1,332	-	1,209	1,662	1,249	1,652	2,814	2,455	5,199	2,288	2,594
1982	1,776	-	736	1,296	1,439	1,683	3,025	2,395	3,414	2,192	2,964
1983	1,751	-	965	2,085	-	2,131	2,752	2,609	2,893	2,083	2,912
1984	1,701	1,423	1,137	1,651	1,753	-	2,316	2,753	3,437	2,484	2,784
1985	1,864	1,377	928	1,304	1,278	-	2,717	2,294	2,503	2,548	-
1986	2,033	1,459	1,243	1,522	1,494	-	3,189	3,008	2,927	2,960	3,403
1987	1,622	-	943	1,510	1,254	1,004	2,449	1,983	2,715	2,572	2,561
1988	1,799	-	890	1,468	1,125	-	2,195	2,065	-	2,125	2,418
1989	2,015	-	1,004	1,958	1,597	-	2,579	2,940	2,608	2,645	2,699
1990	1,936	-	1,010	1,496	1,817	1,561	2,811	2,256	2,821	2,858	2,871
1991	1,714	-	842	1,450	-	-	2,401	2,383	2,585	2,265	2,667
1992	1,665	-	756	1,339	1,154	-	2,477	2,081	-	2,600	2,589
1993	1,773	-	-	1,530	1,512	1,227	2,708	2,261	2,451	2,346	3,000
1994	1,589	-	912	1,463	1,343	-	2,770	2,180	-	3,199	3,038
1995	1,941	-	1,185	1,672	1,417	-	2,592	2,180	-	2,906	2,335
1996	1,830	-	1,903	1,850	1,418	-	2,421	1,972	-	3,206	2,719
1997	1,899	-	1,209	1,649	1,460	1,469	3,383	2,261	-	2,927	2,599
1998	1,998	-	2,010	1,818	1,458	-	2,472	2,460	-	2,296	2,659
Mean	1,839	1,522	1,109	1,601	1,426	1,708	2,657	2,401	2,981	2,629	2,750

Unit = mm

表 3.2 ドンナイ第3貯水池における蒸発量推定値
(常時満水位: EL590mの場合)

												(Unit: mm/month)	
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	
123	132	137	102	78	64	60	56	53	62	91	113	1,071	

表 3.3 タライ流量観測所における月平均流量記録
(Effective C.A. = 8,850 km²)

													(Unit: m ³ /sec)
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1979	56.66	37.08	32.65	37.99	92.13	340.39	910.46	1059.51	530.93	717.73	359.73	155.17	364.01
1980	76.14	48.96	35.25	37.34	88.48	280.70	364.33	521.91	951.83	773.72	543.60	208.94	327.75
1981	101.72	71.54	38.49	39.45	82.90	410.15	356.89	923.77	698.57	736.39	415.36	210.49	342.14
1982	92.38	52.73	47.27	75.87	76.41	175.01	526.88	590.41	1075.05	546.32	330.47	165.01	313.85
1983	84.77	47.03	34.40	30.30	46.64	175.68	319.64	714.22	515.69	972.77	440.94	163.23	297.54
1984	85.99	46.80	33.48	49.96	117.82	263.75	293.44	1163.47	911.54	778.44	282.87	152.40	349.66
1985	71.60	44.90	39.60	69.20	155.00	346.00	368.00	497.00	626.00	680.00	325.00	185.00	285.28
1986	85.10	52.40	39.20	38.90	113.00	176.00	347.00	1140.00	859.00	808.00	404.00	203.00	357.80
1987	93.60	52.50	37.40	33.80	44.90	181.00	476.00	741.00	830.00	649.00	362.00	166.00	307.18
1988	82.50	52.30	37.60	47.10	64.40	202.00	277.00	335.00	444.00	718.00	411.00	137.00	234.53
1989	72.70	42.00	49.40	61.60	152.00	253.00	529.00	625.00	787.00	640.00	256.00	111.00	299.88
1990	65.50	41.80	43.20	39.80	49.50	459.00	422.00	893.00	1030.00	650.00	503.00	177.00	365.56
1991	86.70	52.60	37.40	41.30	64.00	120.00	476.00	794.00	1080.00	849.00	299.00	114.00	336.26
1992	72.10	43.10	26.90	58.20	79.50	361.00	401.00	891.00	895.00	638.00	301.00	128.00	325.24
1993	75.90	49.20	46.60	48.80	88.10	160.00	357.00	660.00	728.00	877.00	347.00	260.00	310.12
1994	94.50	63.80	51.90	61.90	155.40	235.90	720.50	824.90	1261.00	744.60	279.30	150.90	388.91
1995	78.70	49.60	40.60	40.50	71.00	120.00	342.00	458.00	1000.00	817.00	276.00	134.00	286.75
1996	74.49	52.98	38.10	79.13	199.43	331.27	384.81	610.19	924.87	900.13	698.20	312.00	384.25
1997	113.55	101.53	61.86	96.02	150.32	223.13	715.10	1080.35	794.50	644.87	320.97	130.88	371.74
1998	69.65	48.34	31.76	36.51	107.15	126.35	203.94	252.35	624.40	710.03	710.13	506.97	286.61
Mean	81.71	52.56	40.15	51.18	99.90	247.02	439.55	738.75	828.37	742.55	393.28	188.55	326.75

表3.4 ドンナイ第3ダム地点における月平均流出量推定値
(Effective C.A.=2,441 km²)

(Unit : m³/sec)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1979	13.03	8.53	7.51	8.74	21.19	78.29	209.41	243.69	122.11	165.08	82.74	35.69	83.72
1980	17.51	11.26	8.11	8.59	20.35	64.56	83.80	120.04	218.92	177.96	125.03	48.06	75.56
1981	23.39	16.45	8.85	9.07	19.07	94.34	82.08	212.47	160.67	169.37	95.53	48.41	78.69
1982	21.25	12.13	10.87	17.45	17.57	40.25	121.18	135.79	247.26	125.65	76.01	37.95	72.18
1983	19.50	10.82	7.91	6.97	10.73	40.41	73.52	164.27	118.61	223.74	101.42	37.54	68.43
1984	19.78	10.76	7.70	11.49	27.10	60.66	67.49	267.60	209.65	179.04	65.06	35.05	80.61
1985	16.47	10.33	9.11	15.92	35.65	79.58	84.64	114.31	143.98	156.40	74.75	42.55	65.61
1986	19.57	12.05	9.02	8.95	25.99	40.48	79.81	262.20	197.57	185.84	92.92	46.69	82.29
1987	21.53	12.08	8.60	7.77	10.33	41.63	109.48	170.43	190.90	149.27	83.26	38.18	70.65
1988	18.98	12.03	8.65	10.83	14.81	46.46	63.71	77.05	102.12	165.14	94.53	31.51	54.06
1989	16.72	9.66	11.36	14.17	34.96	58.19	121.67	143.75	181.01	147.20	58.88	25.53	68.97
1990	15.07	9.61	9.94	9.15	11.39	105.57	97.06	205.39	236.90	149.50	115.69	40.71	84.08
1991	19.94	12.10	8.60	9.50	14.72	27.60	109.48	182.62	248.40	195.27	68.77	26.22	77.34
1992	16.58	9.91	6.19	13.39	18.29	83.03	92.23	204.93	205.85	146.74	69.23	29.44	74.98
1993	17.46	11.32	10.72	11.22	20.26	36.80	82.11	151.80	167.44	201.71	79.81	59.80	71.33
1994	21.74	14.67	11.94	14.24	35.74	54.26	165.72	189.73	290.03	171.26	64.24	34.71	89.45
1995	18.10	11.41	9.34	9.32	16.33	27.60	78.66	105.34	230.00	187.91	63.48	30.82	65.95
1996	17.13	12.19	8.76	18.20	45.87	76.19	88.51	140.34	212.72	207.03	160.59	71.76	88.59
1997	26.12	23.35	14.23	22.08	34.57	51.32	164.47	248.48	182.74	148.32	73.82	30.10	85.50
1998	16.02	11.12	7.30	8.40	24.64	29.06	46.91	58.04	143.61	163.31	163.33	116.60	65.92
Mean	18.79	12.09	9.24	11.77	22.98	56.81	101.10	169.91	190.52	170.79	90.45	43.37	75.20

表3.5 ドンナイ第4ダム地点における月平均流出量推定値
(Intervening C.A. = 149 km²)

(Unit : m³/sec)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1979	1.13	0.74	0.65	0.76	1.84	6.81	18.21	21.19	10.62	14.35	7.19	3.10	7.28
1980	1.52	0.98	0.71	0.75	1.77	5.61	7.29	10.44	19.04	15.47	10.87	4.18	6.57
1981	2.03	1.43	0.77	0.79	1.66	8.20	7.14	18.48	13.97	14.73	8.31	4.21	6.84
1982	1.85	1.05	0.95	1.52	1.53	3.50	10.54	11.81	21.50	10.93	6.61	3.30	6.28
1983	1.70	0.94	0.69	0.61	0.93	3.51	6.39	14.28	10.31	19.46	8.82	3.26	5.95
1984	1.72	0.94	0.67	1.00	2.36	5.27	5.87	23.27	18.23	15.57	5.66	3.05	7.01
1985	1.43	0.90	0.79	1.38	3.10	6.92	7.36	9.94	12.52	13.60	6.50	3.70	5.71
1986	1.70	1.05	0.78	0.78	2.26	3.52	6.94	22.80	17.18	16.16	8.08	4.06	7.16
1987	1.87	1.05	0.75	0.68	0.90	3.62	9.52	14.82	16.60	12.98	7.24	3.32	6.14
1988	1.65	1.05	0.75	0.94	1.29	4.04	5.54	6.70	8.88	14.36	8.22	2.74	4.70
1989	1.45	0.84	0.99	1.23	3.04	5.06	10.58	12.50	15.74	12.80	5.12	2.22	6.00
1990	1.31	0.84	0.86	0.80	0.99	9.18	8.44	17.86	20.60	13.00	10.06	3.54	7.31
1991	1.73	1.05	0.75	0.83	1.28	2.40	9.52	15.88	21.60	16.98	5.98	2.28	6.73
1992	1.44	0.86	0.54	1.16	1.59	7.22	8.02	17.82	17.90	12.76	6.02	2.56	6.52
1993	1.52	0.98	0.93	0.98	1.76	3.20	7.14	13.20	14.56	17.54	6.94	5.20	6.20
1994	1.89	1.28	1.04	1.24	3.11	4.72	14.41	16.50	25.22	14.89	5.59	3.02	7.78
1995	1.57	0.99	0.81	0.81	1.42	2.40	6.84	9.16	20.00	16.34	5.52	2.68	5.74
1996	1.49	1.06	0.76	1.58	3.99	6.63	7.70	12.20	18.50	18.00	13.96	6.24	7.70
1997	2.27	2.03	1.24	1.92	3.01	4.46	14.30	21.61	15.89	12.90	6.42	2.62	7.43
1998	1.39	0.97	0.64	0.73	2.14	2.53	4.08	5.05	12.49	14.20	14.20	10.14	5.73
Mean	1.63	1.05	0.80	1.02	2.00	4.94	8.79	14.78	16.57	14.85	7.87	3.77	6.54

表 3.6 ドンナイ第3ダムサバ付近の新設流量観測所における日平均流量記録

Location : Dong Nai No.3 Dam Site

C.A. : 2,441 km²

Year : 1999

(Unit : m³/sec)

Day	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	---	---	---	---	---	---	300.46	294.91	255.94	150.71	202.29	114.58
2	---	---	---	---	---	---	213.31	275.70	326.93	150.71	173.32	140.17
3	---	---	---	---	---	---	161.76	286.37	339.73	138.47	179.29	469.95
4	---	---	---	---	---	---	173.32	395.23	350.41	136.78	213.31	271.43
5	---	---	---	---	---	---	143.63	369.62	322.66	140.17	282.10	243.63
6	---	---	---	---	---	---	165.56	341.87	282.10	158.02	506.23	211.08
7	---	---	---	---	---	---	191.62	318.39	246.07	206.66	337.60	183.35
8	---	---	---	---	---	---	175.30	297.04	231.69	250.97	241.22	185.39
9	---	---	---	---	---	---	122.19	271.43	213.31	248.51	213.31	135.10
10	---	---	---	---	---	---	125.33	238.81	199.70	229.34	197.98	148.92
11	---	---	---	---	---	---	119.10	211.08	211.08	202.29	200.13	133.43
12	---	---	---	---	---	---	130.15	197.98	236.42	195.85	197.98	220.10
13	---	---	---	---	---	---	191.62	185.39	222.39	163.65	200.13	173.32
14	---	---	---	---	---	---	158.02	163.65	206.66	171.36	234.05	165.56
15	---	---	---	---	---	---	128.53	150.71	187.46	175.30	197.98	177.29
16	---	---	---	---	---	222.39	103.15	156.17	169.41	246.07	175.30	175.30
17	---	---	---	---	---	213.31	91.38	161.76	227.01	227.01	159.88	131.78
18	---	---	---	---	---	184.57	104.53	224.69	183.35	204.47	177.29	147.14
19	---	---	---	---	---	154.34	103.15	234.05	138.47	303.45	163.65	128.53
20	---	---	---	---	---	165.56	123.75	255.94	133.43	365.35	126.92	100.44
21	---	---	---	---	---	173.32	103.15	322.66	126.92	208.86	120.64	95.18
22	---	---	---	---	---	135.10	136.78	290.64	120.64	187.46	165.56	97.78
23	---	---	---	---	---	119.10	120.64	297.04	116.07	195.85	224.69	90.14
24	---	---	---	---	---	108.75	110.19	358.95	130.15	380.29	150.71	88.92
25	---	---	---	---	---	111.64	286.37	275.70	158.02	566.00	120.64	78.56
26	---	---	---	---	---	125.33	336.53	258.62	171.36	378.16	111.64	78.56
27	---	---	---	---	---	215.56	275.70	234.05	163.65	307.72	113.10	80.76
28	---	---	---	---	---	215.56	311.99	208.86	187.46	246.07	103.15	76.41
29	---	---	---	---	---	191.62	311.99	193.73	167.48	236.42	141.89	72.29
30	---	---	---	---	---	331.20	331.20	260.75	---	248.51	105.92	75.36
31	---	---	---	---	---	---	320.52	224.69	---	224.69	---	69.35
Mean	---	---	---	---	---	177.82	182.93	256.66	207.79	233.71	191.26	147.09
Max.	---	---	---	---	---	331.20	336.53	395.23	350.41	566.00	506.23	469.95
Min.	---	---	---	---	---	108.75	91.38	150.71	116.07	136.78	103.15	69.35

Note : "----" means that no records are available.

表 3.7 タライ流量観測所地点における年間最大流域平均日雨量記録

No	Year	Date of Occurrence	Annual Maximum Basin Average Daily Rainfall (mm)
1	1950	Jul. 4	83.0
2	1951	Mar. 18	69.1
3	1952	Oct. 20	260.5
4	1953	Sep. 20	47.0
5	1954	Aug. 28	50.5
6	1955	Oct. 30	62.5
7	1956	Oct. 5	47.2
8	1957	Sep. 17	53.6
9	1958	Aug. 20	65.3
10	1959	Jul. 22	63.7
11	1960	Oct. 1	63.6
12	1961	Jun. 25	58.8
13	1962	Jul. 30	58.8
14	1963	Sep. 29	53.9
15	1964	Dec. 11	113.2
16	1965	Sep. 17	42.9
17	1966	Sep. 18	69.9
18	1967	Sep. 29	94.9
19	1968	Oct. 20	52.0
20	1969	Jul. 19	57.7
21	1970	Oct. 28	54.2
22	1971	Sep. 19	76.9
23	1972	Sep. 4	49.7
24	1974	Sep. 28	82.7
25	1977	Sep. 25	66.7
26	1978	Oct. 7	69.5
27	1979	Nov. 18	97.3
28	1980	Oct. 2	60.0
29	1981	Oct. 14	55.3
30	1982	Mar. 25	65.5
31	1983	Oct. 17	62.2
32	1984	Aug. 30	34.5
33	1985	Sep. 18	54.1
34	1986	Oct. 1	82.9
35	1987	Sep. 16	65.3
36	1988	Nov. 7	47.5
37	1989	May 20	47.4
38	1990	Jun. 16	62.5
39	1991	Apr. 5	68.0
40	1992	Jun. 26	34.6
41	1993	Oct. 28	34.0
42	1994	Jun. 28	51.2
43	1995	Oct. 7	47.7
44	1996	May 16	54.9
45	1997	Sep. 14	39.1

表 3.8 タライ流量観測所主要洪水記録から算定した流出係数

Year	Rainfall (mm)	Runoff Depth (mm)	Rainfall Loss (mm)	Runoff Coefficient
1979	1,151	573	578	0.50
1982	1,870	865	1,005	0.46
1984	1,489	832	657	0.56
1986	1,062	489	573	0.46
1987	369	235	134	0.64
1990	1,308	681	627	0.52
1991	1,508	876	632	0.58
1993	1,581	753	828	0.48
			Average	0.52
			Max.	0.64
			Min.	0.46

表 3.9 タライ流量観測所における浮遊土砂量観測結果 (室内試験結果)

Date			Daily Discharge (m ³ /sec)	Sediment Concentration (g/m ³)	
Year	Month	Day			
1985	Jul.	13	424.0	50.0	
		26	301.0	69.8	
	Aug.	10	597.0	61.0	
		15	614.0	75.1	
		26	712.0	138.2	
		29	647.0	38.3	
		4	445.0	52.4	
	Sep.	6	566.0	41.9	
		10	810.0	63.5	
		15	673.0	62.1	
		20	770.0	81.3	
		22	665.0	90.7	
		Oct.	3	912.0	157.9
	4		1060.0	215.1	
	6		961.0	137.4	
	7		844.0	69.7	
	11		703.0	62.6	
	14		788.0	51.9	
	18		614.0	50.7	
	25		545.0	41.8	
	29		466.0	40.3	
	Nov.		3	381.0	23.5
		15	326.0	25.3	
		21	280.0	11.5	
		25	241.0	6.8	
	Dec.	3	202.0	0.7	
		6	244.0	5.9	
		9	216.0	4.6	
	1986	Jan.	6	100.0	24.1
			13	90.2	28.2
25			70.4	15.8	
Feb.		7	57.3	6.1	
		16	52.4	5.4	
Mar.		3	42.6	4.2	
		13	34.2	5.6	
Apr.		28	40.0	4.4	
		10	32.0	13.1	
May		14	51.3	7.2	
		1	28.0	6.2	
Jun.		3	26.0	6.8	
		18	133.0	19.5	
		19	289.0	54.0	
		1	115.0	16.0	
		19	249.0	24.3	
		24	399.0	78.7	
Jul.		12	322.0	34.8	
		16	438.0	74.7	
Aug.		5	606.0	146.9	
		6	733.0	119.2	
		7	1230.0	294.3	
		9	1320.0	165.2	
		10	1480.0	156.8	
		11	1560.0	103.2	
Sep.		28	1070.0	26.5	
		1	846.0	21.0	
Oct.		5	906.0	90.6	
		22	662.0	53.0	
Nov.		30	529.0	68.2	
	9	359.0	18.7		
Dec.	19	655.0	166.4		
	28	148.0	9.7		

Date			Daily Discharge (m ³ /sec)	Sediment Concentration (g/m ³)	
Year	Month	Day			
1987	Jan.	1	119.0	3.1	
		9	104.0	4.2	
		23	78.5	5.5	
		4	64.7	11.1	
	Feb.	16	49.1	8.1	
		27	22.3	3.6	
	May	21	72.8	68.7	
		16	227.0	55.9	
	Jun.	18	324.0	59.0	
		19	427.0	98.6	
		21	452.0	95.1	
		24	200.0	35.4	
		26	148.0	30.6	
		29	287.0	44.9	
		Jul.	2	391.0	83.6
			5	527.0	110.1
			14	1400.0	771.4
			15	995.0	182.9
	16		697.0	104.3	
	17		600.0	91.3	
	19		664.0	92.4	
	23		552.0	73.9	
	24		470.0	70.4	
	30		357.0	62.7	
	Aug.	16	760.0	207.9	
		20	486.0	106.6	
		21	1170.0	906.0	
		21	1930.0	1233.2	
		25	1230.0	203.3	
		26	1080.0	135.2	
		27	974.0	98.5	
		29	890.0	17.3	
		Sep.	16	864.0	75.1
			18	1330.0	254.1
	Oct.	7	827.0	34.5	
		26	512.0	28.3	
	Nov.	14	431.0	39.9	
		3	261.0	5.9	
	Dec.	31	111.0	0.6	
		1988	Jan.	1	111.0
	13			89.4	0.1
	21			68.8	0.4
	30			59.8	0.2
	Mar.		3	43.8	2.5
			13	37.6	1.4
16			36.3	1.7	
18			35.0	1.6	
Apr.	21		34.2	1.7	
	28		31.4	1.9	
	26		63.8	1.1	
	15		77.0	4.5	
Jun.	4		107.0	9.3	
	6		271.0	96.3	
	6		300.6	182.0	
	9		206.0	79.1	
	10		161.0	12.5	
	17		342.0	37.1	
Jul.	24		180.0	207.6	
	13		235.0	35.7	
	16		432.0	104.4	
	21		382.0	41.1	
Aug.	1		590	84.4	
	2		553	49.4	
	5		501	9.0	
	Sep.		13	273	57.5
			23	788	209.4
Oct.	24		712	129.1	
	29		908	134.4	
	8		1120	48.5	
	10	1230	64.0		
	11	1020	27.6		
Nov.	12	879	29.7		
	21	670	39.0		
	9	831	278.0		
	Dec.	13	143	3.4	
31		90	1.2		

Date			Daily Discharge (m ³ /sec)	Sediment Concentration (g/m ³)	
Year	Month	Day			
1989	Jan.	1	92.2	1.8	
		15	71.8	2.1	
		31	60.9	1.2	
	Feb.	18	39.9	1.2	
		26	33.3	0.9	
	Mar.	14	27.4	1.0	
		2	50.5	8.9	
	Apr.	21	72.8	10.3	
		8	112.0	23.0	
		21	195.0	21.3	
	May	22	328.0	53.7	
		25	252.0	73.8	
		Jun.	20	138.0	30.0
			24	348.0	74.1
			27	493.0	95.9
	Jul.	10	692.0	100.3	
		12	546.0	80.2	
		13	449.0	59.5	
		22	934.0	106.4	
		24	846.0	35.9	
		Sep.	8	1150.0	126.1
			9	1110.0	99.1
			10	978.0	81.1
			11	895.0	79.6
		Oct.	18	798.0	71.3
	31		373.0	26.8	
	Nov.	11	291.0	13.2	
		13	269.0	4.4	
		21	202.0	1.9	
		27	164.0	1.4	
Dec.		2	147.0	8.7	
	8	123.0	8.0		
	12	116.0	5.2		
1990	Jan.	15	108.0	5.0	
		19	101.0	5.6	
		1	80.9	3.3	
		5	77.0	4.9	
	Feb.	19	62.1	2.2	
		22	60.4	1.1	
		12	42.7	8.4	
	Mar.	16	39.6	10.8	
		12	53.0	7.9	
		21	31.1	8.6	
	Apr.	3	36.9	7.2	
		14	22.5	10.9	
	May	1	34.7	4.4	
		26	104.0	5.3	
		7	170.0	16.4	
	Jun.	8	146.0	16.6	
		12	231.0	18.4	
		14	343.0	25.6	
		10	283.0	16.3	
	Jul.	21	459.0	49.7	
		9	566.0	25.4	
		15	660.0	35.5	
		17	1300.0	68.8	
		21	1070.0	36.5	
		26	1350.0	41.4	
	Aug.	29	1520.0	61.9	
		16	837.0	28.9	
		2	856.0	94.7	
		6	782	74.9	
	Sep.	19	623	101.3	
26		489	85.7		
30		435	75.4		
Nov.		3	372	41.4	
		28	314	25.8	
Dec.	2	257	21.6		
	12	197	12.7		

表 3.10 タライ流量観測所における年間堆砂量推定値
(Effective C.A. = 8,850 km²)

Year	Suspended Load (m ³ /year)	Bed Load * (m ³ /year)	Total Sediment Transport	
			(m ³ /year)	(mm/year)
1979	1,767,848	353,570	2,121,417	0.240
1980	1,338,554	267,711	1,606,264	0.181
1981	1,433,717	286,743	1,720,460	0.194
1982	1,307,618	261,524	1,569,142	0.177
1983	1,214,224	242,845	1,457,069	0.165
1984	1,763,784	352,757	2,116,540	0.239
1985	878,369	175,674	1,054,042	0.119
1986	1,771,191	354,238	2,125,429	0.240
1987	1,373,066	274,613	1,647,679	0.186
1988	680,571	136,114	816,685	0.092
1989	1,062,977	212,595	1,275,573	0.144
1990	1,804,779	360,956	2,165,735	0.245
1991	1,641,415	328,283	1,969,698	0.223
1992	1,456,726	291,345	1,748,071	0.198
1993	1,173,385	234,677	1,408,062	0.159
1994	2,004,847	400,969	2,405,817	0.272
1995	1,232,109	246,422	1,478,531	0.167
Average	1,406,187	281,237	1,687,424	0.191

* Note : Bed Load was calculated as 20 % of Suspended Load.

表 3.11 層位一覽表

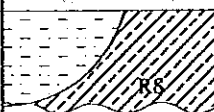
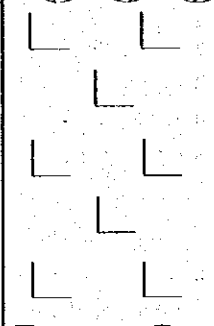
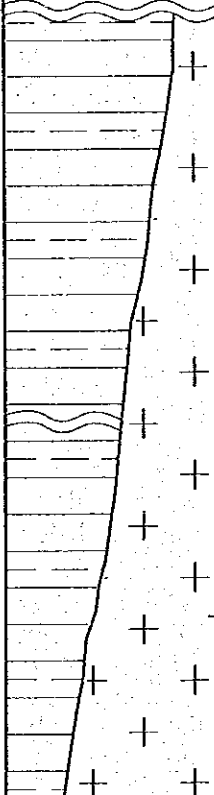
Era	Period	Series	Formation	Geologic Index	Lithology	Thickness (m)	Summary Description
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE		aQ_{IV}		1-5	Alluvium of river, stream: Sandy clay, clayey sand, sand, gravel. Residual soil: Clay with laterite or soft rock fragments
		PLEISTOCENE	TUC TRUNG	$\beta N-Q_{III}$		50 - 150	Basalt of Tuc Trung formation: Oviline basalt, plagioclase basalt, porous and dense structure.
	NEOGENE	PLIOCENE					
MESOZOIC	JURASSIC	MIDDLE	LA NGA	J_2In		700 - 800	La Nga formation: Sandstone, shale interbedded with siltstone Ca Na Complex: Leucocratic granite, two mica granite with fine grained

表 3.12 風化による岩級区分

Grade		Weathering	Description
PIDC2	ISRM		
IB		Very Fresh	No visible sign of material weathering, very strong, shape of cores 0.3-1.0 m. Physical mechanical property is high and does not change by depth. The permeability is very low and does not change by depth.
IIA	I/Fr	Fresh	No visible sign of material weathering. Perhaps, slight discoloration on major discontinuity surfaces, very strong, shape of cores 0.3-1.0 m. Physical mechanical property is high and change by depth. The permeability is low and changes by depth.
IB	II/SW	Slightly weathered	All or some of the rock material may be discolored by weathering and may be somewhat weaker extremely then when fresh, hard rock shape of cores 0.05-0.1 m. Physico-mechanical property is high and decreases by depth. The permeability is high and changes by depth.
IA2	III/MW	Moderately weathered	< Half the rock material is decomposed and disintegrated to a soil. Fresh and discolored rock is present as either continuous framework or corestones.
IA1	IV/HW	Highly weathered	> Half the rock material is decomposed and disintegrated to a soil. Fresh and discolored rock is present as either continuous framework or corestones.
dQ - eQ	V/CW	Completely weathered	All rock material is decomposed and/or disintegrated to or soil. The original mass structure is still largely intact.

Term	Description
Fresh	No visible sign of weathering of the rock material.
Discolored	The color of the original fresh rock material is changed. The degree of change from the original color should be indicated. If the color change is confined to particular mineral constituents this should be mentioned.
Decomposed	The rock is weathered to the condition of a soil in which the original material fabric is still intact, but some or all of the mineral grains are decomposed.
Disintegrated	The rock is weathered to the condition of a soil in which the original fabric is still intact. The rock is friable, but the mineral grains are not decomposed.

The stages of weathering described above may be subdivided using qualifying terms, for example "slightly discolored", "moderately discolored", "highly discolored".