

資料-6 参考資料：

- Land Acquisition and Compensation Plan
- 設計報告書
- 水文水理解析に関する参考資料
- 増設可能性に関する検討資料

LAND ACQUISITION AND COMPENSATION PLAN
(LACP)
FOR
MICRO-HYDROPOWER IMPROVEMENT PROJECT
IN WESTERN AREA IN NEPAL

4th February, 2014

Nepal Electricity Authority

LAND ACQUISITION AND COMPENSATION PLAN (LACP)
FOR
MICRO-HYDROPOWER IMPROVEMENT
PROJECT IN WESTERN AREA IN NEPAL

CONTENTS

	Page
1. Necessity of land acquisition	1
1-1 Project outline	1
1-2 Project affected area	1
1-3 Initial alternatives that were considered to avoid or minimize land acquisition ...	1
2. Legal and policy framework	2
2-1 Laws of Nepal related to land acquisition	2
2-2 JICA's policy	3
2-3 Comparison with JICA Guideline and Nepal Legislation	4
2-4 Policy setting for the Project	6
3. Scope of land acquisition	7
3-1 Occupancy of land the Project will require	7
3-2 Scope of Land Acquisition	8
4. Population Census	9
4-1 Survey of occupants in the land to be acquired (Bajhang site)	9
4-2 Survey of land owners (household, family, income etc.)	9
5. Requirement for compensation entitlements for land loss	9
6. Specific procedures of the Project for land acquisition and compensation	10
7. Measures of rehabilitation for entitlements	11
8. Grievance Redress Mechanism	11
9. LACP implementation management system in NEA	12
10. Organizations with responsibility and duty for land acquisition	12
10-1 Organizations with responsibility and duty for land acquisition	12
10-2 Entitle Matrix for land acquisition activities	13
11. Compensation cost estimates and source of funds	14
12. Monitoring plan and monitoring form	14
13. Result of the stakeholders meeting	15
14. LACP implementation schedule	17

1. Necessity of land acquisition

1-1 Project Outline

The three target power plants belong to the Nepal Electricity Authority (NEA) Distribution and Consumer Services, and are controlled by the following NEA regional offices:

- | | | |
|----|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. | Bajhang Hydroelectric Power Plant: | Attaria Regional Office |
| 2. | Bajura Hydroelectric Power Plant: | Attaria Regional Office |
| 3. | Syarpudaha Hydroelectric Power Plant: | Nepalgunj Regional Office |

These sites are not connected to the main transmission system but are supplied with electric power using the independent distribution network of each power plant as the only power source. In the three target sites, the respective electricity operators run power supply using the power generation and distribution equipment leased from NEA.

The lease agreement between NEA and each electricity operator stipulates that the electricity operator is responsible for running and maintaining the electric power equipment, minor repair of the equipment is covered by the budget of the electricity operator, and major repair, if necessary, may be covered by the saved budget of NEA and electricity operator. However, due to the lack of any large-scale upgrading program for the equipment or fund accumulation for the program, partial repairs of the devices were repeated to the extent covered by the organizations' operating costs. After around 25 years from the start of operations, the equipment has significantly degraded and the operating power generation machines left broken. Thus, the village areas lose electricity, and it is only a matter of time before the equipment becomes fully broken down.

This project intends to repair the degraded or damaged existing equipments, restore the reliability of power generation functions and power supply, and extend the life of the equipments for the purpose of maintaining electric power development through micro-hydropower generation and sustaining power supply in the village areas of the three target sites. The stable and sustained power supply is expected to contribute significantly to a better and improved life that the areas have desired.

This cooperative project of the three sites includes civil engineering works and machine procurement to reconstruct intake works, repair the existing headraces, and replace the power generation equipment.

1-2 Project affected area

Although the Project does not involve involuntary resettlement, part of the land in Bajhang site must be acquired for intake structures, construction materials stock yard and construction work space.

The Project site is located in a narrow valley with little flatland, which is hardly secured for construction, except for the land owned by NEA and Electricity Cooperatives.

1-3 Initial alternatives that were considered to avoid or minimize land acquisition

Alternative 1

Other land having no farmland, located far upstream from the selected site

However, the alternative could not be selected due to poorer conditions than the selected area.

- Impossible to take land size required.
- Accessibility is very poor and cost for transportation becomes higher.
- There are many Landslide-prone areas.

(a) Alternative 2

Other land having no farmland, located far downstream from the selected site

However, the alternative could not be selected due to the reason below.

- Drop of water and water flow rate required cannot be secured.
- Civil engineering costs become to double.

(b) Effort to reduce the necessary area

Necessary land was designed to minimize and to design as a continuous integrated land with the land for construction materials stock yard, intake structures and construction work space.

In addition, construction materials storage stock yard and construction work space were designed to minimize as much as possible within a tolerance of topographical conditions.

The measures described above, the entire required area were reduced than originally expected.

2. Legal and policy framework

2-1 Laws of Nepal related to land acquisition

The core law concerning the acquisition of land/assets and resettlement activities in Nepal is the Land Acquisition Act (1977). The framework of this act is used for land acquisition and compensation for public purpose.

Besides, any institutions seeking land acquisition may also request Government of Nepal (GON) to acquire the land under the regularity provisions subject to be compensated by such institution's resources.

As per the prevailing government rules, the compensation to be provided for land acquisition should generally be in cash as per current market value.

As per the regulatory provision, while acquiring land, GON forms a Compensation Fixation Committee (CFC) under a central role of Chief District Officer (CDO) of the district.

CFC is formed for actual verification of land to be acquired, reviewing and fixing compensation rate, identification of proper owners, distribution of compensation, providing necessary administrative support addressing associated issues. Formally the implementation process of CFC begins by formal approval of GON for the land acquisition. After the approval, CFC shall issue a "Notification of land acquisition". The notification contains particulars in respect to the land.

The main members to be included in the Committee are as follows (Clause 13).

- Land Administrator or Chief of the Land Revenue Office
- An Officer assigned by CDO
- Representative from District Development Committee (DDC)
- Concerned Project Officer.

In determining the compensation, the committee must consider the loss incurred by persons due to acquisition of land, shifting of residence or place of business to another place.

If the land has to be acquired for institutions fully owned by the government, the Committee has to consider the following while fixing the compensation amount.

- Price of land prevailing at the time of the notification of land acquisition;
- Price of standing crops and structures, and damage incurred by being compelled to shift the PAPs (Project Affected Persons) residence or place of business in consequence of the acquisition of land.

The Land Acquisition Act stipulates a series of procedures for the acquisition of and compensation as follows.

Preliminary action relating to acquire land >>Report to be submitted in respect to findings of preliminary action >>Notification of land acquisition >>Particulars to be given relating to land acquisition >>Right of landowner to file complain >>Form of CFC >>Criteria to be considered while determining compensation >>Notice to be given after fixation of compensation >>Devolution of ownership (>> procedure for lawsuit.)

2-2 JICA's Policy

The key principle of JICA's policy on land acquisition is summarized below.

Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives.

- I. People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels.
- II. Compensation must be based on the full replacement cost*as much as possible.
- III. Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement.
- IV. In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people.
- V. Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring
- VI. Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their communities.

Above principles are complemented by World Bank OP 4.12, since it is stated in JICA Guideline that "JICA confirms that projects do not deviate significantly from the World Bank's Safeguard Policies".

Additional key principle based on World Bank OP 4.12 is as follows. Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the Project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits.

VII. Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration).

VIII. Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc.

In addition to the above core principles on the JICA policy, it also laid emphasis on a detailed land acquisition policy inclusive of all the above points; project specific resettlement plan; institutional framework for implementation; monitoring and evaluation mechanism; time schedule for implementation; and detailed financial plan etc.

Note *: Description of “replacement cost for Agricultural Land” is as follows.

Agricultural Land	The pre-project or pre-displacement, whichever is higher, market value of land of equal productive potential or use located in the vicinity of the affected land, plus the cost of preparing the land to levels similar to those of the affected land, plus the cost of any registration and transfer taxes.
-------------------	--

2-3 Comparison with JICA Guideline and Nepal Legislation

Table 1 Comparison with JICA Guideline and Nepal Legislation

No.	JICA Guidelines/World Bank	Laws of Nepal	Gaps between JICA Guideline /World Bank and Laws of Nepal	Resolution Measures of Gaps
1	Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives (JICA GL)	None	No law was identified	There is no law of Nepal, including the provisions corresponding. In land acquisition policy of the project (the Project Policy), it is described that "land acquisition is to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives."
2	People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income	Land Acquisition Act (1977) (Clause 16)	Clause 16; While determining the amount of compensation for land to be acquired, the CFC shall take the following criteria into consideration: (a) The price of the land at the time of the publication of “Notification of Land Acquisition”.	Because there is little difference, "policy on improvement or at least restoration of means of livelihood of PAPs " is described in the Project Policy according to JICA policy.

LAND ACQUISITION AND COMPENSATION PLAN
FOR MICRO-HYDROPOWER IMPROVEMENT
PROJECT IN WESTERN AREA IN NEPAL

No.	JICA Guidelines/World Bank	Laws of Nepal	Gaps between JICA Guideline /World Bank and Laws of Nepal	Resolution Measures of Gaps
	opportunities and production levels to pre-project levels. (JICA GL) Compensation must be based on the full replacement cost as much as possible. (JICA GL)		(b) The value of the crops, houses, walls, sheds etc, if any, acquired along with the land. (c) Losses which the concerned person will suffer as a result of shifting his/her residence or the place of his/her business, by reason of the acquisition of his/her land.	
3	Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement. (JICA GL)	Land Acquisition Act (Clause 19)	Clause 19; After the CFC has determined the amount of compensation, the CDO shall notify GON accordingly.	Since the result of determination of compensation is notified to GON before the payment of compensation and transfer of land ownership, there is no difference.
4	In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. (JICA GL)	None	No law specifically mentions the requirement of resettlement action plans for involuntary resettlement.	It is described in the Project Policy that "making land acquisition and compensation plan is to be requested."
5	Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans. (JICA GL)	None	Same as above	It is described in the Project Policy that "PAPs are to be participated in the process of land acquisition and compensation."
6	Appropriate and accessible grievance mechanism must be established for the affected people and their communities. (JICA GL)	Land Acquisition Act (Clause 10, 11)	Clause 10; After the "Notification of Land Acquisition", the concerned person can submit an application claiming compensation within a minimum time-limit of fifteen days, along with documentary evidence of his/her title to the land. Clause 11; Within a time-limit of seven days from the date of the publication the "Notification of Land Acquisition", plus the time required for the journey involved, the concerned landowner may file a complaint with the Ministry of Home Affairs, GON	There is no fundamental difference.

No.	JICA Guidelines/World Bank	Laws of Nepal	Gaps between JICA Guideline /World Bank and Laws of Nepal	Resolution Measures of Gaps
			through the local officer, explaining the reasons, if any, why his/her land should not be acquired.	
7	Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socioeconomic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits (WBOP4.12 Para.6)	Land Acquisition Act (Clause 8)	Clause 8: The officer (of the proponent) responsible for Preliminary Action shall complete such Action within fifteen days from the starting of it, determinate whether the land is suitable for acquisition, and then submit a report containing necessary information in respect to such Action to the local office as early as possible.	There is no fundamental difference.
8	Eligibility of benefits includes the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal right to the land they are occupying. (WB OP4.12 Para.15)	Land Acquisition Act (Clause 2)	The Act stipulates that "Concerned person" means the person who is entitled to the compensation payable for lands acquired under this Act. However, the eligibility for the PAPs other than described above is not clearly prescribed in the Act.	It is not clearly prescribed that eligibility of benefits includes the PAPs who do not have formal legal rights to land. In the Project Policy it is described that "those who do not have a legal right are also included in the PAPs."
9	Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration). (WB OP 4.12 Para.6)	None	No law was identified on the provision of support for the transition period.	In the Project Policy it is described that "support to PAPs for the transition period is to be provided."
10	Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities, etc. (WB OP4.12 Para.8)	None	No law was identified on particular attention to vulnerable groups.	In the Project Policy it is described that "Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among PAPs."

Source: Land related laws of Nepal, JICA Guidelines and World Bank OP 4.12.

2-4 Policy setting for the Project

NEA will use this Land Acquisition Policy (the Project Policy) for the Project.

The Project Policy is basically due Legal and policy framework of Nepal.

Existing laws and regulations of Nepal have been designed to basically address according to international practice including JICA's policy, some gaps exist between them. Accordingly, the Project Policy is supplemented by JICA's policy.

- (1) Land acquisition will be avoided where feasible, or minimized, by identifying possible alternative project designs that have the least adverse impact on the communities in the Project area.
- (2) Where land acquisition is unavoidable, all PAPs losing land will be fully compensated and assisted so that they can improve, or at least restore, their former economic and social conditions
- (3) Compensation and rehabilitation support will be provided to any PAPs, that is, any person or household or business which on account of project implementation would have his, her or their;
 - Standard of living adversely affected;
 - Right, title or interest in any land (including premises, agricultural and grazing land, commercial properties, tenancy, or right in annual or perennial crops and trees or any other fixed or moveable assets, acquired or possessed, temporarily or permanently.
 - Income earning opportunities, work adversely affected temporarily or permanently.
- (4) All PAPs residing, working, doing business and/or cultivating land within the Project impacted areas as of the date of the latest census and inventory of lost assets, are entitled to compensation for their lost assets (land and/or non-land assets), at replacement cost, if available and restoration of incomes and businesses, and will be provided with rehabilitation measures sufficient to assist them to improve or at least maintain their pre-project living standards, income-earning capacity and production levels.
- (5) PAPs that lose only part of their physical assets will not be left with a portion that will be inadequate to sustain their current standard of living. The minimum size of remaining land and structures will be agreed during the land acquisition process.
- (6) After receiving the detailed preliminary report relating land to be acquired and the landowners, CDO shall issue the "Notification of land acquisition" with particulars in respect to the land. The Notification shall be affixed at concerned offices and public places.
- (7) The LACP will be disclosed for the reference of PAPs as well as other interested groups.
- (8) Payment for land will be based on the principle of replacement cost.
- (9) Land acquisition assistance will be provided not only for immediate loss, but also for a transition period needed to restore livelihood and standards of living of PAPs.
- (10) The LACP must consider the needs of those most vulnerable to the adverse impacts of land acquisition (including the poor, those without legal title to land, ethnic minorities, women, children, elderly and disabled). Assistance should be provided to help them improve their socio-economic status.

- (11) PAPs and their communities will be consulted about the Project, the rights and options available to them, and proposed mitigation measures for adverse effects, and to the extent possible be involved in the decisions that are made concerning their loss of land.
- (12) Adequate budgetary support will be fully committed and made available to cover the costs of land acquisition within the agreed implementation period. The funds for all replacement activities will come from NEA.
- (13) Acquisition of land, payment of compensation will be completed prior to any construction activities, except when a court of law orders so in expropriation cases.
- (14) Organization and administrative arrangements for the effective preparation and implementation of the LACP will be identified and in place prior to the commencement of the process; this will include the provision of adequate human resources for supervision, consultation, and monitoring of land acquisition and rehabilitation activities.
- (15) Appropriate reporting (including redress functions and monitoring) will be identified and set in place as part of the LACP system.

3. Scope of land acquisition

3-1 Occupancy of land the Project will require

Table 2 Occupancy of land the Project will require

Site	Location	Area	Purpose of land use for the Project	Owner or jurisdiction
Bajhang	Left bank paddy field at intake weir	1,394 m ²	Construction for intake weir	Left bank paddy field owned by two different individuals
	River bed and river terrace at intake weir	6,517 m ²	Construction for intake weir	Almost land is owned by NEA, the remaining land owned by government)
Bajura	River bed at intake weir	2,153 m ²	Construction for intake weir	The land is owned by NEA.
	Left bank area just downstream of intake weir	390 m ²	Temporary stock yard for construction of intake weir	The land is owned by the local government.
Syarpudaha	River bed at intake weir	5,117 m ²	Construction for intake weir and temporary stock yard	The land for intake is owned by NEA. Land for temporary stockyard is owned by government.
	Land purchased by Electricity Cooperatives for the power station	3,000 m ²	Temporary office for contractor during the construction	The land is owned by the lease holding company.

3-2 Scope of Land Acquisition

Table 3 Scope of Land Acquisition

Site	Usage in the Project	Necessary Area	Land owner	Current use	Policy for compensation
Bajhang	stock yard	230 m ² *	Two owners A : 975 m ² B : 145 m ²	A: paddy field B: farm land currently not cultivated	As written in 6. Specific procedures of the Project for land acquisition and compensation
	work space	487 m ² *			
	intake structure	677 m ² *			
	Total	1,394 m ²	1,120 m ²		
Bajura	unnecessary				
Syarpudaha	unnecessary				

Note *: The area above is the area of the required land. The actual acquired area may change in the process of land acquisition.

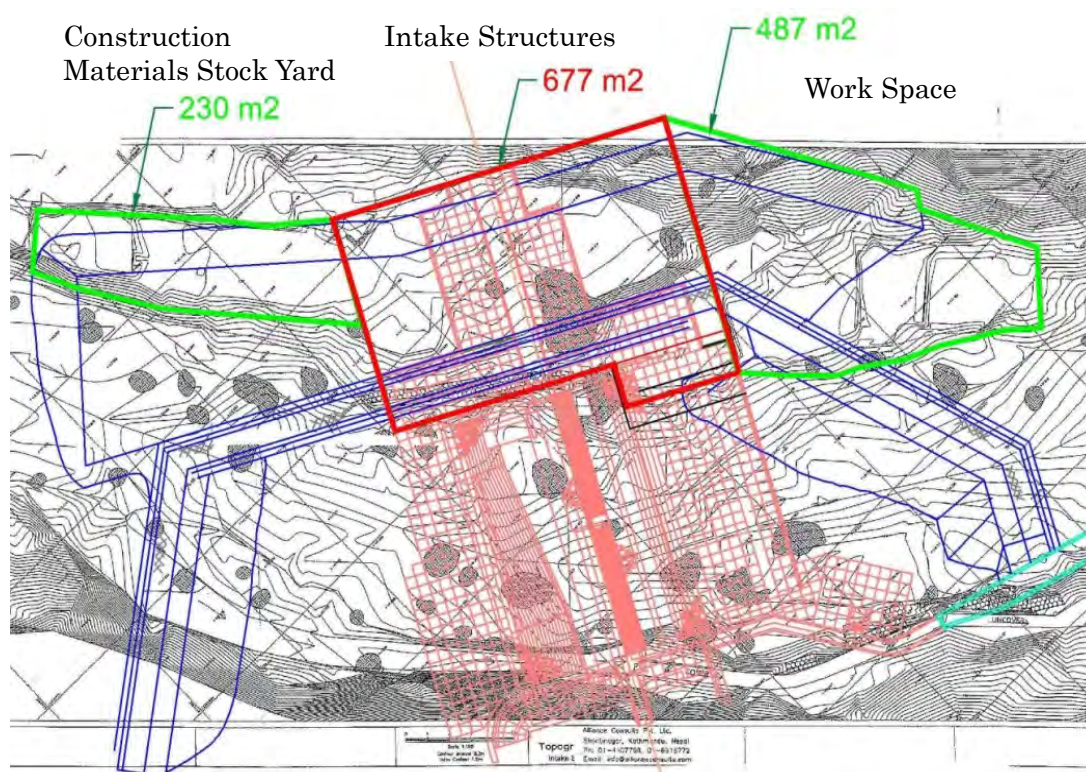


Figure 1 Design of necessary Land for the Project (Bajhang)

4. Population Census

4-1 Survey of occupants in the land to be acquired (Bajhang site)

Table 4 Occupants in the land to be acquired (Bajhang)

Item		Land owner (A)	Land owner (B)
Status of the land to be acquired	Area required for the acquisition	975 m ²	145 m ²
Current usage	Farm land	Cultivating Rice, Wheat	Not cultivating
Trees, Structures, etc.		none	none

4-2 Survey of land owners (household, family, income etc.)

Table 5 Land owners (household, family, income etc.)

Item		Land owner (A)	Land owner (B)
Land Owner		Mr.A Name and Age are hidden (personal information)	Mr.B Name and Age are hidden (personal information)
Address		Dhaulichaur VDC, Bajhang	Dhaulichaur VDC, Bajhang
Houshold/Family	Living together	Hidden (personal information)	Hidden (personal information)
	Non-living together	Hidden (personal information)	Hidden (personal information)
Ethnic		Chetri	Chetri
Religion		Hinduism	Hinduism
Household Income (Except for different Household)	Working away from home	(5,6 month/year) Income is hidden (personal information)	
	Farming	Self-consumption	Self-consumption

5. Requirement for compensation entitlements for land loss

A copy of Legal certificates (land registration document) of each land owner and be verified for land ownership.

The letters from two land owners addressed to the NEA have been already received. On the letters it is written that they agree to comply with the procedures of land acquisition.

6. Specific procedures of the Project for land acquisition and compensation

The Project specifies the following procedure for land acquisition based on the Land Acquisition Act (1977), including the provision for the Compensation Fixation Committees (CFC).

Table 6 Procedures of the Project for land acquisition and compensation

	Steps in the process for land acquisition	Status
1	NEA has finalized the plan of the Project.	NEA based on feasibility studies has finalized the designs, including the layout for the Project
2	NEA requests MOE (Ministry of Energy) to acquire land specifying objectives and committing payments of compensation and other expenses.	NEA will submit the request to MOE seeking approval for acquiring land. Provision for land acquisition and compensation made within NEA budget.
3	MOE approves and orders the initiation process to Bajhang District Government	To be approved once the commitment for funding for the Project is obtained.
4	Chief District Officer (CDO) of Bajhang District forms Compensation Fixation Committee(CFC). (usually within 7 days)	
5	Land revenue officer confirms on the area and location of land to be acquired including likely compensation and amount of loss.	To be carried out once the approval from the MOE to initiate the process of land acquisition is obtained.
6	CDO issues "Notification of land acquisition" including purpose of acquisition and detail of land to be acquired. Land transactions are banned within the notified area.	
7	Owner can file complaints within 7 days through the CDO. Resolution of grievance within 15 days of complaint.	
8	CFC determines the amount of compensation.	
9	Compensation Payment/Disbursement	NEA will disburse the compensation amount to the district administration office (DAO). The money will be deposited in DAO account. The PAPs can receive money immediately. The PAPs can claim their compensation with legal entitle documents any time.
10	Devolution of ownership	After the payment, land ownership devolves to NEA.

Members of the Compensation Fixation Committee compensation committee will be as follows.

- Chief District Officer : CDO
- Local Development Officer : LDO
- Member of Village Development Committee (VDC)
- Representative of District Survey Office
- Representative of District Account and Audit Office
- Representative of District Land Administration Office
- Land owners
- An Officer of the proponent

For the Project, details of land to be acquired only two land owners are only clearly identified. Accordingly, the procedure of land acquisition is possible to initiate the procedure from the stage of forming the CFC (Compensation Fixation Committee), and is possible to skip the previous stage.

The committee members include all officers being related to the practice of land acquisition and familiar with that.

As described above, it is possible that the procedure is processed smoothly and the procedure of land acquisition can be completed in a short period of time.

The committee decides the amount of compensation where the land owner and NEA are attending. So, the committee also has some aspects of a place of negotiation.

The committee figures out the amount of compensation basing on the concept of replacement cost with reference to the market price and the transaction price in the region where the Project site is located.

As described above, there is no particular difference between this process to determine the compensation and the policy in the JICA guideline.

7. Measures of rehabilitation for entitlements

In addition to the compensation for land itself, in the case that the land owner cultivates on the land, for supporting livelihood of the owner, NEA shall compensates the amount equivalent of market price for annual production of the crops. One of the two land owners currently cultivates and products are all self-consumption.

8. Grievance Redress Mechanism

(1) Constitutional grievance redress mechanism

The constitutional basis of activities relating grievances is Land Acquisition Act (1977). The Act stipulates CDO as the central responsible person to manage land acquisition activities and to address the grievances related to the land acquisition activities. In keeping with the legal provision mentioned in the Act, the basic process of grievances redress to be undertaken will be as follows.

- The various queries, complaints and problems that are likely to be generated among the PAPs shall be resolved in constitutional mechanism.
- Decisions should be given within fifteen days after receiving the complaints.
- Processing of the complaints or any decision should be taken only after consultation with the CDO and also the NEA officer, if deemed necessary.
- Ministry of Home Affairs can exercise legal authority as of District Court and consults CDO and NEA on complaints by PAPs occurred in the process of land acquisition.
- Decision on complaints (including final decision of the court) shall be made within prescribed days.

(2) NEA side grievance redress mechanism

In addition to the constitutional mechanism, NEA will maintain an ongoing interaction with PAPs to identify problems and undertake appropriate remedial measures. For this aim, NEA will put the person in charge of grievance redress (Grievance redress officer).

Grievance redress mechanism shall be easily accessible for PAPs, and oral or verbal grievance can be applied.

It is important that the grievance redress officer always presents in the NEA office during the process of land acquisition with land owners, and addresses any queries, disputes and complains that may arise.

- Determination in correspondence should be given as soon as possible when after receiving any grievances.
- For issues that cannot be corresponding the grievance redress officer, the officer requests the correspondence and the resolution to CDO in CFC, in accordance with the Land Acquisition Act.
- The officer must records all complains and respective actions and report to CDO in CFC.
- The expenses relating to grievance redress activities above burden on NEA.

9. LACP implementation management system in NEA

For LACP implementation management, NEA will build up the LACP management team and assigns following officers.

(a) LACP supervising manager

The officer will supervise all over the implementation process of LACP.

(b) LACP task management officer

The role of the officer is to ensure the smooth and timely implementation of LACP.

The officer will manage and support the tasks in NEA relating to LACP

(c) Grievance redress officer

The key objective of this officer is to ensure good relations with both the PAPs and CDO for adequate response to grievance from PAPs..

(d) Accounting officer

The officer manages compensation payment process and manages the expense in LACP implementation.

10. Organizations with responsibility and duty for land acquisition

10-1 Organizations with responsibility and duty for land acquisition

Organizations with responsibility and duty for land acquisition in the Project are shown in Table 7.

Table 7 Organizations with responsibility and duty for land acquisition

Organization	Role	Description of responsibility and duty
MOE (Ministry of Energy)	Jurisdiction over the land acquisition in the Energy Sector The line Ministry of NEA	- Approval of the application of land acquisition -Order of the initiation process to Bajhang district government
NEA (Nepal Electricity Authority)	Role as the proponent	-Submission of identified data of land to be acquired and land owners -Close communication with landowners, CDO, MOE and MOHA -Adequate Response for grievance from PAPs with ongoing interaction -Payment of compensation -Support of livelihood of PAPs after the completion of the process in CFC
The government of the Bajhang District	Jurisdiction over the land acquisition in the district.	-Forming CFC (Compensation Fixation Committee)
CFC	Handling the procedure and all issues related to land acquisition and compensation	-Confirmation identified data of land and land owners affected by the Project. -Decision of compensation amounts -Grievance redress -Support for district administrative practical work of the payment of compensation and devolution of ownership
Ministry of Home Affairs (MOHA)	Legal authority as of District Court	-For complaint filed by landowners MOHA shall consults CDO and NEA -Decision on complaints (including final decision on the court) shall be made within prescribed days.
Consultants	Support and consultation for NEA	-Preliminary survey of land to be acquired and preliminary survey of PAPs -Preliminary survey of replacement cost of land to be acquired -Preliminary survey of the amount equivalent of market price for annual production of the crops
NGOs, Mass media	Appropriate activities are expected in line with purpose of their activities.	

10-2 Entitle Matrix for land acquisition

Table 8 Entitle Matrix

Type of loss	Entitled Persons (Beneficiaries)	Entitlement (Compensation Package)	Implementation issues	Responsible Organization
Loss of agricultural land	Legal owners of land	Replacement value of land (Cash Compensation under Law and additional grant to cover the market value of land as at market price to be determined.	a. Assessment of quantity and quality of land b. Assessment of Cash Compensation under Law c. Assessment of Market Value by land market information d. Updating of title of the affected persons e. Payment of Cash Compensation under Law f. PAPs will be fully informed of the entitlements and procedures regarding payments	a. NEA/CFC b. CFC c. CFC d. CFC/NEA e. NEA f. NEA/CFC

11. Compensation cost estimates and source of funds and LACP Implementation budget

Table 9 Estimated cost of Compensation, source of funds and LACP Implementation budget

No.	Description	Unit	Quantity	Rate (NRs /Unit)	Amount (NRs)
1.	Land acquisition	m ²	1,300 (necessary area 1,120 m ² +allowance)	80	104,000
2	Support for Livelihood	Area : m ² Land Productivity : kg/ m ² /year Crops Price: NRs/ kg	975 m ²	Rice: 0.29 kg/m ² /year* Wheat: 0.17 kg/m ² /year* Rice : 63 NRs/ kg** Wheat : 50 NRs/ kg**	26,100 Rice: 17,800 Wheat: 8,300
3.	Cost relating CFC Burden of operating costs of CFC, Various commission fee, Transportation, and others	Lump sum			100,000
4.	Office supplies etc.	Lump sum			20,000
Subtotal Total (A)					250,100
5	General and administrative cost & Contingency (B) 20% of (A)				50,020
Total					300,120

Note *: Setting as 1.25 times of statistics values in Bajhang district. The reason of using 1.25 times is considering the fluctuations in productivity.

**: The higher of values obtained by hearing in the Bajhang area

Compensation amounts in the table above are estimated values, because actual amounts will be determined by CFC

The total cost required for acquiring the land of private land owners in Bajhang project site will be estimated to 300,000 NRs.

12. Monitoring plan and monitoring form

1. Monitoring Plan

Environmental Item	Item	Measurement Point	Monitoring Method	Frequency (Period)	Implementing Organization	Responsible Organization
Construction Phase						
Level of livelihood	Livelihood of the PAPs	Residences of the PAPs	Hearing from the PAPs	twice/year (Jun 2014-Mar 2016)	Electricity Cooperatives	NEA

2. Responses/Actions to Comments and Guidance from the Government of the District and the Public

Monitoring Item		Monitoring Results during Report Period
Level of Livelihood of PAPs (Construction Phase)	Quantitative and qualitative level of livelihood	Improvement action needs to be taken if PAPs' living conditions get worsened due to the land acquisition and other project activities.

3. Monitoring Form

Environmental Item	Measurement Point	Period (from dd/mm/yyyy to dd/mm/yyyy)	Frequency	Results -Qualitative Data	Results -Comments -Responses/Actions to Comments and Guidance from the Public (with date)
Construction Phase					
Level of Livelihood of PAPs					

13. Result of the stakeholders meeting

Date: 18th December, 2013 Wednesday

Venue: MD's Meeting Room, Nepal Electricity Authority, Kathmandu

The consultant of JICA study team who is in charge of environmental and Social Consideration explained regarding land acquisition and compensation of the Project.

He mentioned that NEA shall settle the compensation by paying in cash immediately after completion of fixation of compensation based on the replacement cost. He also informed that the compensation shall also include annual value of crops equivalent to market value. As per supporting for land owner's livelihood after the acquisition shall be monitored for at least one and half year after compensation. He also informed the meeting that NEA shall support his livelihood in case the landowner's standard of living goes down.

Then, an officer of NEA explained the land acquisition procedure in Nepal to be adopted for the Project.

NEA is a government entity so it has to follow the Land Acquisition Act and to inform the line ministry i.e. MOE about the requirement. Then the process is initiated and CFC is formed. Land owners participate CFC. In accordance with the necessary procedures, CFC will examine and discuss the land acquisition and compensation. Actually, negotiating with land owners is included in the process. Finally compensation will be fixed. After the compensation will be paid the ownership will be transferred to NEA.

The committee will decide the rate of the land in presence of the land owner and the basis of rate would be the market price of land and the transaction price in the area. NEA will also try to provide fair compensation to the land owner as per their expectation.

One of the two land owners attended the meeting. He said he understood the policy of land acquisition and compensation of the Project and thought there is no any particular problem or question for the explanation.

14. LACP implementation schedule

Item	January, 2014		February		March		April		May		June	
Building up LACP Implementation System, Initiation of Action				△								
Date of Grant Aid Agreement*					△							
Appointment of acquisition officer												
Finalization of process, compensation amount												
Compensation, ownership transfer, and land demarcation												
Grievances address												
Completion of Procedure for Land Acquisition												
Compensation Payment												
Devolution of ownership												
Completion of Preparation of LACP by NEA				△								
Monitoring of Livelihood of PAPs												

>> to March, 2016

* The procedure for land acquisition will be started upon the date of Grant Aid Agreement

t

資料-6 参考資料

ネパール国
西部地域小水力発電所改善計画準備調査

設計報告書

平成 26 年 3 月

日本工営株式会社

設計報告書 目次

1. 取水口の設計	1
1-1 取水口の型式	1
1-2 バースクリーン後方取水方式の水理諸元	2
1-3 排砂設備の検討	5
2. 導流壁天端標高	7
2-1 余裕高	7
2-2 各取水地点の水理特性	7
2-3 洪水位、越流水深、余裕高、導流壁天端高の検討結果	8
3. 堰の設計	9
3-1 設計水位	9
3-2 水叩き工の設計	10
3-3 下流護床工の設計	11
3-4 上流水叩き	12
3-5 浸透破壊に対する安全性	13
3-6 堰の安定計算	14
4. 転流工の検討	24
4-1 転流工の規模	24
4-2 仮締切堤	24
4-3 取水口建設の手順案	25
5. 水路修繕設計	28
5-1 現状土木設備の調査	28
5-2 各発電所の土木設備修繕項目	28
5-3 各発電所の土木設備修繕数量一覧	45
6. 地形測量結果	46
7. 地質調査結果	
7-1 全体地質概要	46
7-2 各地点の地質概要	47
8. 数量総括表	57

数量計算書 (取水口、水路修繕)

設計図面集 (バジャン、バジュラ、シャルプダハ) および測量図面集

1. 取水口の設計

1-1 取水口の型式

(1) 取水口が具備すべき条件

既存の取水口型式は、いわゆるバースクリーン下方取水方式（チロルタイプ）と称されるものである。この方式を採用した既存の 3 か所取水口すべてが流出している。これらの地点は、河床勾配が急で、流域の多少にかかわらず、尖鋭なハイドログラフを呈し、多量の土砂、石礫が流下して、河床変動が激しい地点である。このような地点では、取水口が具備すべき要件は以下のとおりである。

- 急激な流量変化に対して、安定した取水ができること。
- 流下土砂礫、浮遊落下物によって、取水障害が起こりにくいこと。
- 流石、流木等に対して堅牢であること。
- 構造が簡単で、維持管理が容易であり、その費用も廉価であること。
- 周辺の景観や、環境を損ねないものであること。

以上の要件について、一つの取水口ですべて満足できるものを設置することは、容易でないが、特に多量の土砂礫、巨石が流下する当該地点のような溪流河川では、摩耗、損壊に対して堅牢な構造とすることが必要である。

(2) 取水口の型式選定

取水口の型式は、多量の土砂礫、巨石が流下する地点での施工実績がある「バースクリーン下方取水方式」と「バースクリーン後方取水方式」の 2 つの型式について比較し、下表に示した。

表-1.1 取水口の型式選定

	バースクリーン下方取水方式	バースクリーン後方取水方式
説明	床止工の天端下流傾斜部にバースクリーンを適切な傾斜、長さ、間隔で取付け、石礫、枯れ葉を除去しながらこのバーの間隙からの落下水を集水路に受け取水する。	床止工の下流傾斜部にバーを一定間隔に配列した段落斜面部と水クッション部で構成される。段落斜面の落下水および水クッション部の背水を集水路に受け取水する。
設置可能な溪流	● 砂防施設などが整備され、土砂礫の流下が比較的少ない。 ● 滲筋の安定した溪流	● 砂防施設未整備溪流で、土砂流出が多い。 ● 滲筋が不安定な溪流

当該溪流への設置適否	不適	適
維持管理	バー取付け角度が小さいため、 ● バーの目詰まりが発生し易い ● バーが長い場合、巨石によって変形・損傷が起き易い 不良	バー取付け角度が大きいため、 ● バーの目詰まりが発生し難い ● 巨石による変形・損傷が起き難い ● 水クッション部の土砂堆積対策が必要 良好（土砂堆積対策必要）
考察	「バースクリーン下方取水方式」に比べ、当該溪流への適応が良く、かつ維持管理も良好な「バースクリーン後方取水方式」が推奨される。	

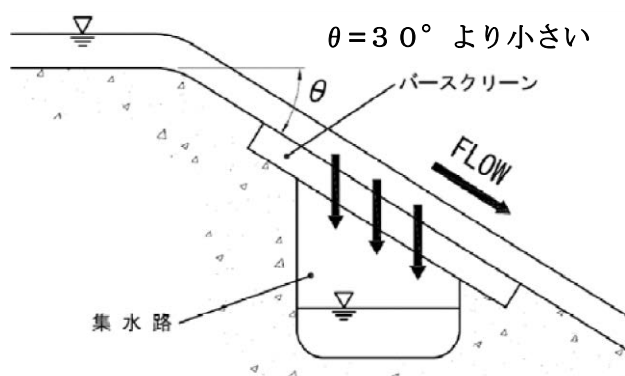


図-1.1 バースクリーン下方取水方式 模式図

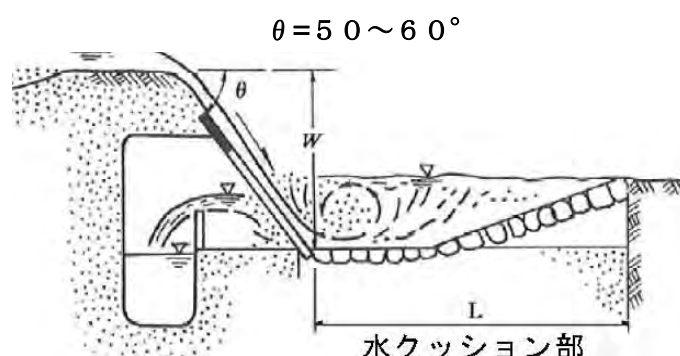


図-1.2 バースクリーン後方取水方式 模式図

1-2 バースクリーン後方取水方式の水理諸元

後方取水方式について、水理諸元を次のように求めた。

$$L_0 = \frac{Q_0}{\mu \phi B \sqrt{2gE_0}} \text{-----①}$$

L_0 ; 取水口幅（バー平行方向）

Q_0 ; 取水量

B ; 取水口幅（バー直交方向）

a ; スクリーンバー間隙幅

μ ; 流入係数

ϕ ; 開度（ $\sum a/B$ ）

$\phi B L_0$; バースクリーン間隙の面積

$\sqrt{2gE_0}$; バースクリーン上流端流速

E_0 ; エネルギー水頭

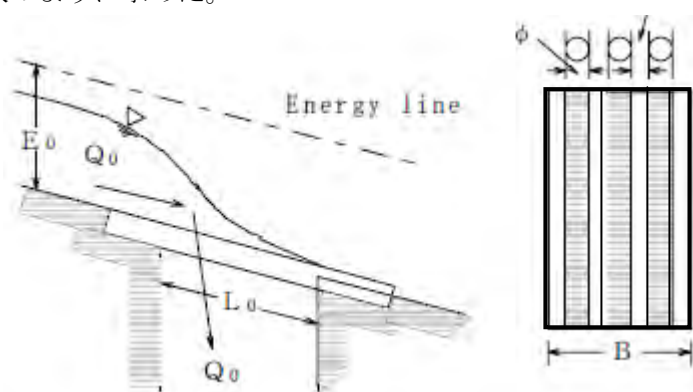


図-2.1 後方取水方式 水理諸元

バジャン取水口について全取水口幅 $B=20\text{m}$ に対し、既往例を参考に、スクリーンバー間隔幅 $a=20\text{mm}$ 、スクリーンバー径 $\phi=101.6\text{mm}$ (STPG $t=5.7\text{mm}$)を採用した。スクリーンバー間隔と径については、巨大転石流下にともなった衝撃に対する抵抗力ならびに、流水がスクリーンバーにより飛散することがないためバーへ付着し易く、その結果流水の取り込みがスムーズに行えることが配慮されている。上記よりバー本数は

$$20\text{m} / (0.1016+0.02) = 164\text{nos.}$$

$$\phi / a = 101.6 / 20 = 5.08 \text{ であるので、}$$

開度 φ は

$$\varphi = \Sigma a / B = 163 * 0.02 / 20.0 = 0.163$$

また、流入係数 μ は図-2.2 より $0.4 \sim 0.5$ が想定される。

一方、取水能力について、堰頂部に限界水深 h_c が発生するものとすれば、①式における、取水流量 Q_o に対する全エネルギー E_o 、および限界水深 h_c 、限界流速 V_c 、バースクリーン長 L_o は、表-2.1 のように計算される。

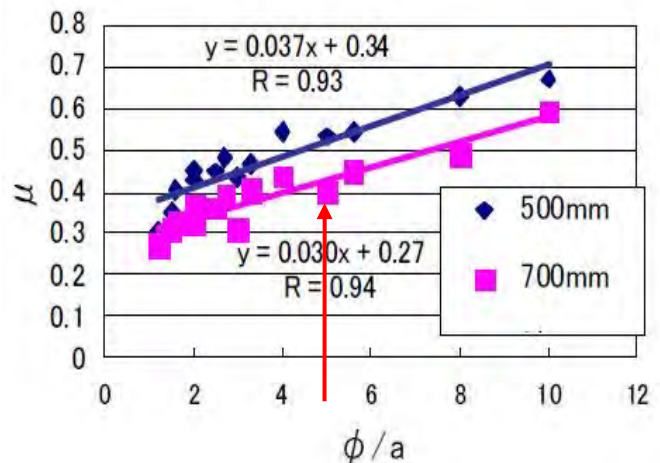
$$E_o = h_c + \frac{V_c^2}{2g} \text{ ----- ②}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q_o^2}{gB^2}} \text{ ----- ③}$$

$$V_c = \sqrt{gh_c} \text{ ----- ④}$$

① 式；土地改良事業技術基準「頭首工」

溪流取水工の設計より



μ : 流入係数 ϕ : バー外径 a : バー間隔幅

図-2.2 後方取水方式における流量係数(明治大学)

表-2.1 より現在のバジャンの取水量約 $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、計算上 $L_o=0.6\text{m}$ 長のスクリーンがあれば良い。しかし、取水地点の溪流状況を考慮すると土砂、流木など浮遊物によるスクリーンバーの目づまりによって水流飛散が発生し、バースクリーン通過水量が減少することによる取水能力の低下が想定される。さらに、洪水時も取水し発電を行うことから、土砂、浮遊物がスクリーンバーに詰った状態での取水も考慮する必要がある。これらの対策として、大きな取水能力があるバースクリーン（スクリーン面積を大きくする）を設置することによって、例えば洪水時のスクリーン目づまりがあっても、必要な水量を取水できることが期待される。このため、スクリーンバーの長さは、計算値の2~3倍に相当する 1.5m を採用することによって、取水量が不足する不安定な取水が軽減できる設計とした。

同様の検討に基づき、表- 2.2 にバジュラ、表- 2.3 にシャルプダハについてバースクリーン長 L_o を示した。

以上をまとめ、表 - 2.4 に各取水地点の取水口諸元を示す。

バジヤンはスクリーンの閉塞、水流の偏りなどが無い場合、最大取水能力 Q は約 $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

表-2.1 バジヤン取水能力 Q とバースクリーン長 L_o の関係

流入係数 μ	開度 ϕ	越流幅 $B(\text{m})$	取水口幅 $B_o(\text{m})$	越流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	取水能力 $Q_o(\text{m}^3/\text{s})$	$h_c(\text{m})$	$V_c(\text{m/s})$	$E_o(\text{m})$	$L_o(\text{m})$
0.4	0.163	24.5	20.0	0.50	0.41	0.036	0.594	0.054	0.304
0.4	0.163	24.5	20.0	1.00	0.82	0.057	0.749	0.086	0.483
0.4	0.163	24.5	20.0	1.50	1.22	0.075	0.857	0.112	0.633
0.4	0.163	24.5	20.0	2.00	1.63	0.091	0.943	0.136	0.766
0.4	0.163	24.5	20.0	2.50	2.04	0.105	1.016	0.158	0.889
0.4	0.163	24.5	20.0	3.00	2.45	0.119	1.080	0.178	1.004
0.4	0.163	24.5	20.0	3.50	2.86	0.132	1.137	0.198	1.113
0.4	0.163	24.5	20.0	4.00	3.27	0.144	1.188	0.216	1.216
0.4	0.163	24.5	20.0	4.50	3.67	0.156	1.236	0.234	1.316
0.4	0.163	24.5	20.0	5.00	4.08	0.167	1.280	0.251	1.412
0.4	0.163	24.5	20.0	5.50	4.49	0.178	1.322	0.267	1.504
0.4	0.163	24.5	20.0	6.00	4.90	0.189	1.360	0.283	1.594

同様に、バジュラについて、越流部総幅 $B=11.5\text{m}$ 、取水口幅 $B_o=8\text{m}$ 、開度 $\phi=0.164$ に対し最大取水能力 Q は約 $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

表-2.2 バジュラ取水能力 Q とバースクリーン長 L_o の関係

流入係数 μ	開度 ϕ	越流幅 $B(\text{m})$	取水口幅 $B_o(\text{m})$	越流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	取水能力 $Q_o(\text{m}^3/\text{s})$	$h_c(\text{m})$	$V_c(\text{m/s})$	$E_o(\text{m})$	$L_o(\text{m})$
0.4	0.164	11.5	8.0	0.50	0.35	0.060	0.765	0.089	0.500
0.4	0.164	11.5	8.0	1.00	0.70	0.095	0.963	0.142	0.794
0.4	0.164	11.5	8.0	1.50	1.04	0.124	1.103	0.186	1.041
0.4	0.164	11.5	8.0	2.00	1.39	0.150	1.214	0.225	1.261
0.4	0.164	11.5	8.0	2.50	1.74	0.174	1.307	0.262	1.463
0.4	0.164	11.5	8.0	3.00	2.09	0.197	1.389	0.295	1.653

また、シャルプダハについて、越流部総幅 $B=18\text{m}$ 、取水口幅 $B_o=15\text{m}$ 、開度 $\phi=0.164$ に対し最大取水能力 Q は約 $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

表-2.3 シャルプダハ取水能力 Q とバースクリーン長 L_o の関係

流入係数 μ	開度 ϕ	越流幅 $B(\text{m})$	取水口幅 $B_o(\text{m})$	越流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	取水能力 $Q_o(\text{m}^3/\text{s})$	$h_c(\text{m})$	$V_c(\text{m/s})$	$E_o(\text{m})$	$L_o(\text{m})$
0.4	0.164	18.0	15.0	0.50	0.42	0.044	0.659	0.066	0.371
0.4	0.164	18.0	15.0	1.00	0.83	0.070	0.830	0.105	0.589
0.4	0.164	18.0	15.0	1.50	1.25	0.092	0.950	0.138	0.772
0.4	0.164	18.0	15.0	2.00	1.67	0.112	1.045	0.167	0.935
0.4	0.164	18.0	15.0	2.50	2.08	0.129	1.126	0.194	1.085
0.4	0.164	18.0	15.0	3.00	2.50	0.146	1.197	0.219	1.226
0.4	0.164	18.0	15.0	3.50	2.92	0.162	1.260	0.243	1.358
0.4	0.164	18.0	15.0	4.00	3.33	0.177	1.317	0.266	1.485
0.4	0.164	18.0	15.0	4.50	3.75	0.191	1.370	0.287	1.606

表-2.4 各取水口の諸元

取水地点	取水口幅	バースクリーン長	設置バー数	最大可能取水能力
バジヤン	20m	1.5m	164 本	$4.5 \text{ m}^3/\text{s}$
バジュラ	8m	1.5m	66 本	$1.8 \text{ m}^3/\text{s}$
シャルプダハ	15m	1.5m	124 本	$3.3 \text{ m}^3/\text{s}$

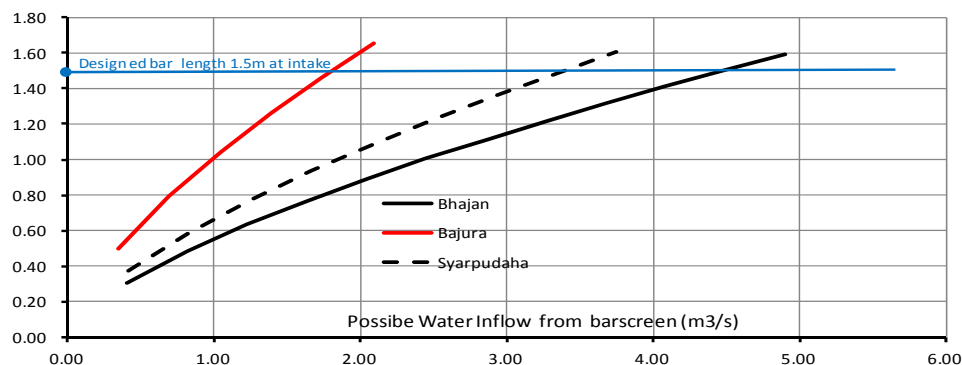


図-2.3 各取水口の可能最大取水能力とバースクリーン長

1-3 排砂設備の検討

バースクリーンを通過した土砂の中で粒径が比較的大きい土砂は、取水口下流に設けられた排砂設備により除去させる。この時、排砂がスムーズに行えるよう、バースクリーン下流の取水路に勾配を設け土砂が掃流され易い構造とし、その下流端には掃流力を発生させるための排砂ゲートを設置した。ここでは排砂設備の掃流力を算定し、設備としての妥当性を検討した。

(1) 排砂の仕組み

取水路内の堆積土砂の除去および運搬は、取水口への流入水を使用した排砂ゲートからの放流水で行う。すなわち、① 排砂ゲート開 ② 取水路に水流が発生 ③ 水流によって土砂が運搬され、排砂設備から水路外へ放流される。

(2) 排砂ゲートからの放流量 (水理公式集 H11、P-254)

排砂ゲートからの放流量 Q とすれば

$$Q = C \times a \times B \times \sqrt{2gH}$$

ここに

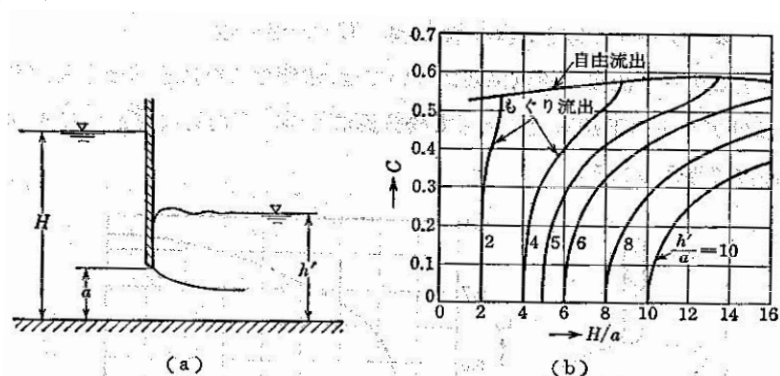
Q : 放流量 (m^3/s)

C : 流量係数 (b 図)

a : 最大開度 1.0 (m)

B : ゲート幅 1.0 (m)

H : 上流側水深(m)



上記の内、下流水深 h' については、いずれのサイトも河床近くであるため、河川水位の影響が想定される。この水位は、排砂操作が行える時期にもよるが、設計上は 50cm 程度を仮定すれば十分である。水路内水位 H の最大 2.5m の範囲において、ゲート最大開度 $a=1.0\text{m}$ における放流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ は次表のとおりである。

表-3.1 排砂ゲートからの放流量

$H(\text{m})$	$a(\text{m})$	H/a	$h'(\text{m})$	h'/a	流れの状態	C	$Q(\text{m}^3/\text{s})$
2.5	1.0	2.5	0.5	0.5	自由流出	0.54	3.78
2.0	1.0	2.0	0.5	0.5		0.53	3.32
1.5	1.0	1.5	0.5	0.5		0.52	2.82
1.0	1.0	1.0	0.5	0.5		0.51	2.26

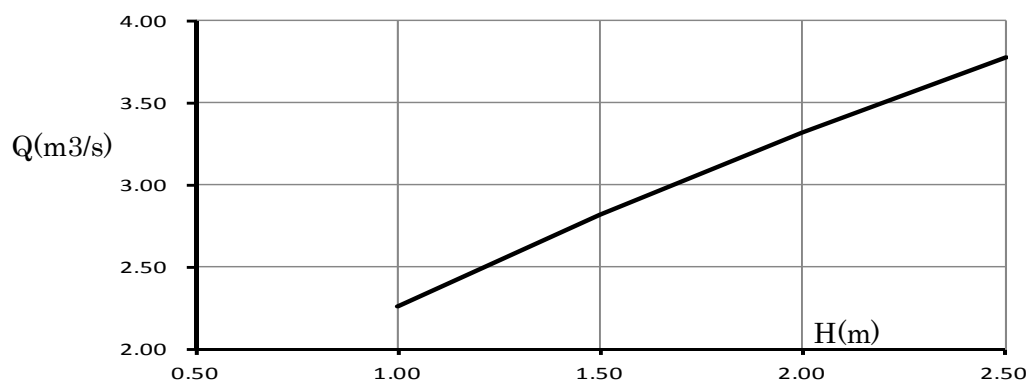


図-3.1 排砂ゲート放流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ と水路内水深 $H(\text{m})$ の関係

(3) 取水路の土砂掃流能力 (水理公式集 H11、P-156~158)

土砂掃流力 τ は次式で求める。

$$\text{掃流力 } \tau = \rho * g * R * I_e \text{ -----①}$$

ここに

τ ; 掃流力 (gr/cm²)

ρ ; 流水の質量 (gr)

g ; 9.8m/s²

R ; 径深 (cm)

I_e ; エネルギー勾配

一方、掃流力 τ と関係する摩擦 U_*^2 (cm²/sec²)

および、掃流される限界の粒子径 d_c の間には、以下の関係がある。

摩擦速度の 2 乗

$$U_*^2 = \tau / \rho = g \times R \times I_e \text{ (cm}^2 \text{/sec}^2 \text{)}$$

掃流される限界粒径 d_c は、岩垣の限界流速公式より

$$u_{*c}^2 = 80.9 * d_c \quad \text{ただし } d_c \geq 0.303 \text{ cm}$$



図-3.2 既設水路の堆積土砂
(取水口付近)

各サイトの排砂設備の能力は、排砂設備の位置が取水口から 22m と最も遠く、かつ取水路勾配が 1/40 と緩勾配なために、排砂能力の最も小さいバジヤンの取水路を代表として検討した。

上述①式から土砂掃流力を求め、次表-3.2 に示した。表より、掃流力が最も小さい排砂ゲート開操作直後の場合においても粒子径約 1.5cm の土砂排出が可能である。また、時間の経過とともに取水路水位が低下すれば、水路内流速が増加し、約 7~8cm 径の土砂掃流が可能になる。

この掃流力は、図-3.2 に示した既設水路の堆積土砂を十分掃流できる。

また排砂設備の位置が取水口から約 15m とバジヤンより近く、かつ取水路勾配も 1/20 と急勾配なバジュラ、シャルプダハの排砂設備は、バジヤン以上の掃流能力が期待できる。したがって各地点ともに 1.0m x 1.0m の排砂ゲート設備であれば問題は無いと考えられる。

表-3.2 排砂ゲートで掃流される土粒子の概略粒径

流量 Q(m ³ /s)	平均流速 V(m/s)	平均水深 h(m)	エネルギー 勾配 I_e	平均径深 R(m)	平均摩擦速度 $U_*^2 = 9.8 * R * I_e$ (m ² /s ²)	掃流粒径 $d_c = U_*^2 / 80.9$ (cm)
3.78*	1.608	2.135	0.003	0.403	0.012	1.46
3.32	2.132	1.638	0.004	0.380	0.015	1.84
2.82	2.452	1.216	0.011	0.350	0.038	4.66
2.26	2.534	0.902	0.018	0.321	0.062	7.63

* 排砂ゲート操作開始直後の状況を示す。時間の経過とともに、ゲートからの放流量は減少するが、逆に水路内の流速が大きくなるため、掃流力が増加し掃流粒子径が大きくなる。

2. 導流壁天端標高

2-1 余裕高

導流壁天端は、洪水流から十分安全な高さが確保できるよう、「土石流・流木対策施設の設計」に準拠し決定した。なお、洪水位は、現地の急峻な地形条件を勘案し、等流計算によって得られる洪水時の河水流速を使用し算定した。上記基準に定める余裕高を、表-2.1-2.2 に示した。

表-2.1 余裕高

設計洪水流量	余裕高	適用
200 m ³ /s 未満	0.6m	
200～500 m ³ /s	0.8m	
500 m ³ /s 以上	1.0m	バジャン、バジュラ シャルプダハ

表-2.2 溪床勾配別の設計水深に対する余裕高の比の最低値

溪床勾配*	余裕高 / 設計水深	適用
1/10	0.5	シャルプダハ
1/10-1/30	0.4	バジュラ
1/30-1/50	0.3	バジャン
1/50-1/70	0.25	
* 溪床勾配は、堆砂後の勾配であり、現河床勾配の 1/2 を仮定した。		

2-2 各取水口地点の水力特性

取水口地点の河川断面形状を使用し、マンニング等流公式によって、洪水時の河川流速を求め、表-2.3、表-2.4、表-2.5 に示した。

Manning 公式

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad Q = AV$$

ここに

V ; 断面平均流速 (m/s) R ; 径深 (m) I ; 河川勾配

A ; 流積 (m²) n ; 粗度係数0.030(次図 (d) 自然流路、水利公式集より)

表-2.3 河床部の代表粒径と粗度係数の関係

d _R :代表粒径	n : 粗度係数		A と B の区分方法
	A	B	
岩盤	0.035～0.050		A:河床が平坦で砂州が目立たない。また、表層に突出する粒径の大きな石が目立たない。 B:河床の凹凸が大きく粒径の大きな石が突出する。
玉石(40cm～60cm)	0.037	0.042	
〃 (20cm～40cm)	0.034		
〃 (10cm～20cm)	0.030		
粗礫[大](5cm～10cm)	0.035		
〃 [小](2cm～ 5cm)	0.029	0.034	

表-2.4 バジヤン I=1/21

水位	水面幅	潤辺	流積	径深	流速	流量
(EL. m)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m/s)	(m3/s)
98.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
98.61	13.95	14.15	4.28	0.30	2.34	10
99.10	23.05	23.43	13.74	0.59	3.64	50
99.42	23.92	24.51	21.20	0.87	4.72	100
99.90	25.22	26.13	32.97	1.26	6.07	200
100.28	26.27	27.44	42.88	1.56	7.00	300
100.62	27.17	28.56	51.78	1.81	7.72	400
100.92	27.99	29.58	60.03	2.03	8.33	500
101.23	30.07	31.80	68.94	2.17	8.70	600
101.51	32.42	34.26	77.91	2.27	8.98	700
101.77	34.24	36.25	86.34	2.38	9.27	800
102.00	35.92	38.08	94.50	2.48	9.52	900
102.21	37.48	39.79	102.45	2.57	9.76	1,000
102.42	38.94	41.38	110.20	2.66	9.98	1,100
102.61	40.31	42.89	117.78	2.75	10.19	1,200
102.79	41.62	44.32	125.20	2.83	10.38	1,300
102.96	42.86	45.67	132.48	2.90	10.57	1,400
103.13	44.04	46.97	139.64	2.97	10.74	1,500
103.16	44.27	47.22	141.06	2.99	10.78	1,520
103.28	45.18	48.21	146.67	3.04	10.91	1,600

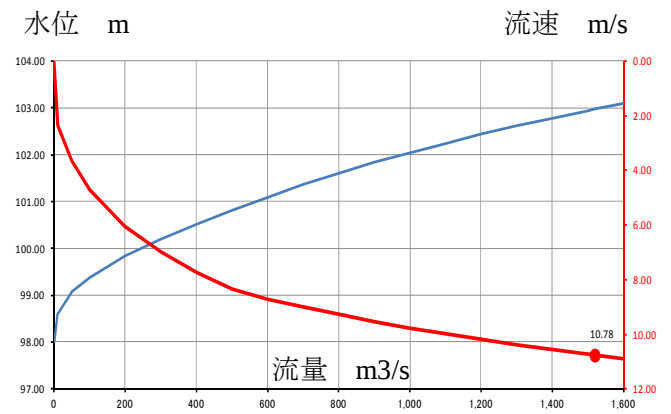


図-2.1 バジヤン 河川流量～水位、流速

表-2.5 バジュラ I=1/12

水位	水面幅	潤辺	流積	径深	流速	流量
(EL. m)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m/s)	(m3/s)
1,579.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1,579.53	13.69	14.11	3.61	0.26	2.77	10
1,579.95	20.83	21.66	11.26	0.52	4.44	50
1,580.23	21.05	22.28	17.25	0.77	5.80	100
1,580.67	21.38	23.22	26.59	1.15	7.52	200
1,581.03	21.66	24.00	34.36	1.43	8.73	300
1,581.35	21.90	24.68	41.30	1.67	9.69	400
1,581.64	22.12	25.31	47.69	1.88	10.49	500
1,581.81	22.25	25.66	51.33	2.00	10.91	560
1,581.91	22.33	25.89	53.68	2.07	11.18	600

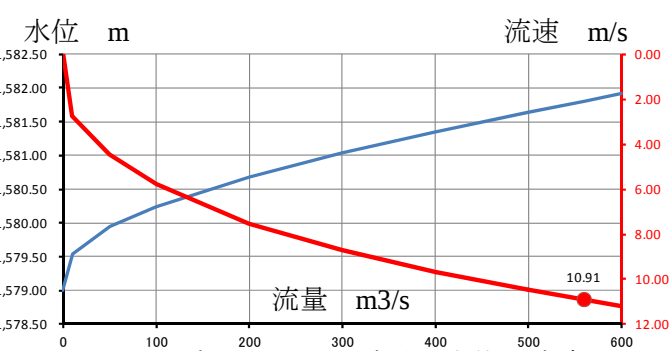


図-2.2 バジュラ 河川流量～水位、流速

表-2.6 シャルプダハ I=1/4.5

水位	水面幅	潤辺	流積	径深	流速	流量
(EL. m)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m/s)	(m3/s)
1,212.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1,212.24	11.15	11.22	2.46	0.22	4.08	10
1,212.61	14.40	14.57	7.16	0.49	6.99	50
1,212.89	16.90	17.14	11.57	0.68	8.64	100
1,213.29	20.38	20.73	18.93	0.91	10.56	200
1,213.58	22.53	22.98	25.16	1.10	11.92	300
1,213.81	23.35	23.93	30.39	1.27	13.16	400
1,214.01	24.07	24.77	35.23	1.42	14.19	500
1,214.19	24.33	25.23	39.59	1.57	15.16	600
1,214.36	24.57	25.66	43.72	1.70	16.01	700
1,214.52	24.80	26.07	47.67	1.83	16.78	800
1,214.56	24.87	26.19	48.82	1.86	17.00	830
1,214.67	25.02	26.46	51.46	1.95	17.49	900

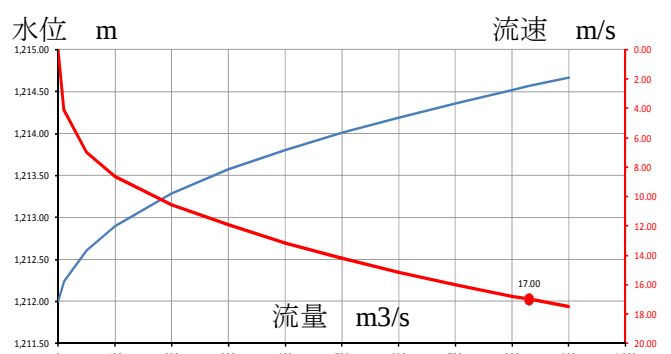


図-2.3 シャルプダハ 河川流量～水位、流速

2-3 洪水位、越流水深、余裕高、導流壁天端高さの検討結果

設置予定の堰は、天端が現河床と同程度もしくは 2m 以下の高さでありしかも河川勾配が 1/4.5～1/21 の急勾配である。このため堰による背水影響は小さく洪水時の河川流速が堰位置で減速されることはない。したがって洪水位は、洪水が河川を流下する流速で取水口越流部を流下するものとし算定した。この越流水深に対し、必要とされる余裕高は「土石流・流木対策施設の設計」に準拠した方法で求めることによって、次表に示す導流壁天端高を決定した。

表-2.7 導流壁天端高さの検討結果

地点	洪水流量 Q (m3/s)	河床勾配	洪水流速 V (m/s)	越流部総幅 B (m)	越流水深 H (m)	越流部標高 E.L (m)	洪水位 F.W.L (m)	必要最低余裕高 (m) *1			採用余裕高 (m)	導流壁 天端高 E.L
								堆砂勾配 *2	設計水深に対する比率			
Bajhang	1,520	1/21	10.8	44.5	3.6	101.5	105.1	1/42	30%	1.08	1.08	106.2
Bajura	560	1/12	10.9	19.0	3.1	1,582.0	1,585.1	1/24	40%	1.24	1.24	1,586.3
Syarpudaha	830	1/4.5	17.0	27.0	2.1	1,214.5	1,216.6	1/9	50%	1.06	1.06	1,217.7

*1 土石流・流木対策施設の設計に準拠 *2 河床勾配の1/2

3. 堰の設計

本取水堰は、砂防を目的とした高さが低い砂防ダムではなく、発電用水の取水を目的としたいわゆる取水設備である。この取水設備は日本の河川管理施設等構造令では、砂礫基礎地盤上に設置される床止め工（落差工）に分類される。したがって、「床止めの構造、設計の手引き、(財)国土開発技術研究センター」に準拠した設計方法を採用し、以下について検討することによって基本諸元を決定した。なお、発電用設備としての位置づけであるため表題の名称は「堰」とした。

- 堰本体に接続する水叩き工および下流護床工の設計
- 浸透破壊を防止できる水叩き長の確保
- 堰の安定計算

3-1 設計水位

堰天端の現地盤からの高さは、2m 程度以下であり、また、堰設置予定河川は 1/21~1/4.5 の急勾配である。このため、洪水時の堰による河川水の嵩上げ影響は小さく、水理的に堰天端で限界水深を発生することなく、洪水流は射流として堰を越流することが想定される。

このような水理状況を踏え、堰軸と同位置の河川断面を使用した等流計算によって堰地点の水理諸元を算定し、表- 3.1 に示した。

表より、洪水流量流下時は、射流として流下する計算結果である。

なお参考のため、下表に①式で得られる限界水深も示した。この水深は射流の等流水深よりも大きい。

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^3}} \quad \text{-----①}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad \text{-----②}$$

ここに、 h_c ：限界水深(m)、 Q ：流量(m^3/s)、 g ：重力加速度、 B ：越流幅(m)、

Fr ：フルード数、 V ：流速、 h ：越流水深(m)

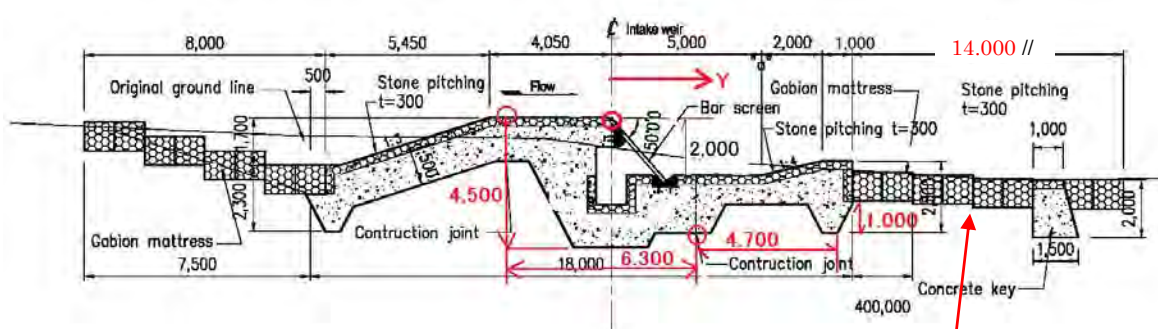
表-3.1 等流計算結果

地点名	バジヤン	バジュラ	シャルプダハ
河床勾配	1/21	1/12	1/4.5
粗度係数	0.042		
越流幅 B(m)	44.5	19.0	27.0
洪水流量 Q (cms)	1,520	560	830
洪水時越流水深 h(m)	3.6	3.1	2.1
洪水時越流流速 V(m/s)	10.8	10.9	17.0
洪水時 Fr 数	1.8	2.0	3.7
参考； 限界水深 h_c (m)	4.9	4.5	4.6

表から、洪水時は 3 地点ともにフルード数が 1.0 以上の射流で流下する床止め工として設計する必要がある。

3-2 水叩き工の設計

一般的に水叩きの設計は、堰天端で限界水深を生じ完全越流すると仮定した Rand の式等により求められる水脈落下位置から、下流河川の洗掘が防止できる長さを、水叩き長としている。しかし、対象とする堰の流れは射流であり、越流水の落下距離計算に Rand の式等は適用できない。このため、本設計では次に示すスキージャンプ式②を用いることによって越流水の落下位置を求め、その落下範囲の洗掘防止を目的とした水叩き工を設計した。



L : 総浸透経路長 (m) $L = 4.5 + 6.3 + 4.7 + 1.0 = 16.5\text{m}$

L' : 水叩き始点までの浸透経路長(m) $L' = 4.5 + 6.3 = 10.8\text{m}$

図-3.1 堰縦断面図

(1) 水叩き長

次のスキージャンプ式（水理公式集 p-274）を使用し、越流時の水脈落下地点を、次表に示した。

$$x = v_0 \sqrt{2y/g}$$

$$y = \tan\theta \cdot x - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2\theta} \quad (\theta = 0^\circ)$$

ここに

x : 越流落下距離(m)

Y : 水叩きからと堰天端の落差(m)

θ : 越流水の放射角度 (度)

$g : 9.8\text{m/s}^2$

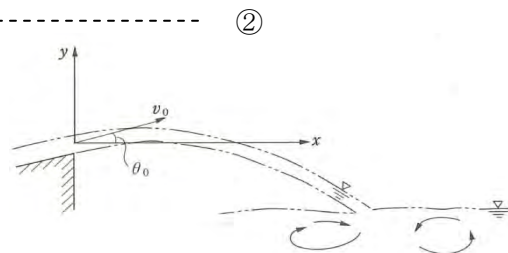


図-3.2 放出水脈の自由落下軌跡

表-3.2 水脈落下地点

地点名	バジヤン	バジュラ	シャルプダハ
洪水時越流流速 V_0 (m/s)	10.8	10.9	17.0
落下高さ y (m)	2.0	2.0	2.0
堰天端からの距離 x (m)	6.9	7.0	10.9

表から越流水脈の落下地点は堰頂部から 6.9~10.9m の範囲である。したがって、堰頂部から水叩き終点までの長さは、バジャン、バジュラについて余裕を見込み 8.0m とすれば落水水による洗掘に対し十分安全である。一方、浸透破壊に対する安全性の観点から水叩きは 3 地点とも堰頂部からの長さを 8.0m とすれば十分である。このようなことからシャルプダハについてもバジャン、バジュラと同様の水叩きを採用した。なお、水脈落下位置が護床工に達するため護床工は練り石造りもしくは同等の構造とし落水水脈による洗掘防止に配慮した。

なお、水叩きに落下後の水流は、水叩き下流の河床を洗掘する掃流力がある。このため、その下流は護床工で保護する方針とし、越流水による河床の洗掘を最小限にする設計とした。

(2) 水叩き厚

水叩き厚は、揚圧力から求める式③を使用して算定した。

$$t \geq \frac{4}{3} \times \frac{\Delta h - \Delta u}{W_c - 1.0} = \frac{4}{3} \times \frac{2.0 - 1.309}{2.4 - 1.0} = 0.658m \quad \text{-----③}$$

ここに、

W_c : 水叩きコンクリート単位重量 $2.4 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$

Δh : 上下流水位差 2.0m (水叩きと堰天端の標高差とした)

Δu : 水叩き始点までの損失揚圧力 (m) $= (L' / L) \times \Delta h = (10.8 / 16.5) \times 2.0 = 1.309m$

L : 総浸透経路長 (m) L' : 水叩き始点までの浸透経路長(m) 図 - 3.1 参照

$L = 4.5 + 6.3 + 4.7 + 1.0 = 16.5m$ $L' = 4.5 + 6.3 = 10.8m$

以上から水叩き厚は、③式から計算上約 70cm あれば良いが、厚さについての砂礫地盤の最小値 (表 - 3.3) に多少の余裕を見込み、最小厚さを 1.0m とした。

表 - 3.3 水叩き厚の標準値*

落差	砂礫地盤	軟岩 I、II の最小厚 (m)		中硬岩以上の最小厚 (m)	
5m 以下	0.7~3.0m	砂礫地盤の 70%以上	0.5m 以上	砂礫地盤の 40%以上	0.3m 以上
5m~10m			0.7m 以上		0.5m 以上
15m以下			1.0m 以上		0.6m 以上

* 床止めの構造、設計手引き (財) 国土技術研究センター

3-3 下流護床工の設計

下流護床工の範囲は、ブライの式で求める。ブライの式は水叩きと護床工を合わせた必要な長さを、地盤の洗掘破壊を考慮し算定するもので、④式であらわされる。

$$L = 0.67 \times C_o \times \sqrt{D \times q} \quad \text{----- ④}$$

ここに、

L : 水叩き + 下流側護床工の長さ (m)

表 - 3.4 浸透路係数

区 分	C_o
微細砂またはシルト	18
細 砂	15
粗 砂	12
砂、砂利混合物	9
玉石混じり粗砂利	4~6

Co: 浸透路係数 (表 - 3.4)

D: 水叩き天端と堰天端の落差 (m)

q: 単位幅流量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)

表 - 3.5 プライの式による水叩きと護岸工を合わせた必要長さ L

	バジヤン	バジュラ	シャルプダハ
D (m)	2.0	2.0	2.0
C ₀	4	4	4
L (m)	22.2	20.6	21.0
洪水流量 (m^3/s)	1,520	560	830
越流幅 (m)	44.5	19.0	27.0
単位幅流量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)	34.2	29.5	30.7

水叩き＋護床工の洗掘防止に必要な長さ L は、表から 20~22m である。

各地点での計算結果に大きな差はないが、局所洗掘現象の不確定さを考慮すれば、護床工はできる限り長い方が望ましい。したがってバジヤン地点の計算値、水叩き 8m＋護床工 14m＝22m をバジュラ、シャルプダハに適用し、下流護岸長は各サイトともに護床工の範囲を保護する目的で 14m を採用した。

護床工は河床変動に伴う下流端洗掘に追従できるよう屈とう性構造とし、現地における施工実績を考慮して、ふとん籠工を採用した。また護床工下流端の洗掘による籠工の移動、籠工基礎地盤の流出防止をはかるため、下流側にコンクリートカットオフを設置した。(図 - 3.1)

各ふとん籠は、十分な強度のある鉄線もしくは鋼材で連結し、かつ籠表面は流下土石による鉄線破断によって中詰め石が流出しないよう練石積み工などによる強固な構造が望まれる。

3-4 上流水叩き

上流側の水叩きは、上流に向け下り勾配 (1:3.0) *とし、直上流で発生する局所洗掘を防止し、堰本体および河岸部の取付け擁壁の保護を目的として設置した。さらに堰本体と接続させることにより浸透路長を確保し、浸透破壊に対する堰本体の安全性が高まる設計とした。

また、上流水叩きの設置にともない発生する河床部の掘削斜面は、河床変動の影響を受けるため、ふとん籠で被覆・保護した。

* 水平形状では、水叩き上流根入れ部の露出、砂堆発達、掃流力が強い場合には、間欠的な局所洗掘が発生する。下向き形状では、掃流力が強い場合でも洗掘は発生しない。砂堆が這い上がり河床になじみよい形状になる。(土地改良事業計画設計基準「頭首工」より)

3-5 浸透破壊に対する安全性

堰の基礎地盤は、いずれの地点も砂礫層である。このため、基礎地盤が浸透流による浸透破壊を引き起こさないよう、十分な浸透経路長（クリープ長）を確保する必要がある。クリープ長は、次式によって与えられる。（*床止めの構造、設計手引き（財）国土技術研究センターほか）

$$C_L \leq \frac{L/3 + \sum l}{\Delta H} \quad \text{-----} \quad \textcircled{5}$$

ここに、

C_L : レーンのクリープ比（表 - 3.6）

L : 本体及び水叩きの長さ(m)

$\sum l$: 鉛直方向浸透路長(m)

ΔH : 上下流水位差(m)

各堰のクリープ比を求め、次表に示した。

表 - 3.6 レーンのクリープ比*

区 分	C	区 分	C
極めて細かい砂またはシルト	8.5	細 砂 利	4.0
細 砂	7.0	中 砂 利	3.5
中 砂	6.0	栗石を含む粗砂利	3.0
粗 砂	5.0	栗石と砂利を含む	2.5

表-3.7 浸透破壊計算

項目	記号、式	Unit	バジヤン	バジユラ	シャルプダハ
上下流最大水位差	ΔH	m	2.0	2.0	2.0
本体及び水叩きの長さ	L	m	12.3	12.0	12.0
鉛直方向浸透路長の合計	$\sum l$	m	7.0	7.0	7.0
各堰のクリープ比	$\frac{L/3 + \sum l}{\Delta H}$	-	5.6	5.5	5.5
レーンのクリープ係数比	C_L	-	2.5~3.0	2.5~3.0	2.5~3.0
判定	各堰のクリープ比は浸透破壊防止に必要なレーンのクリープ係数比以上であり、基礎地盤は浸透破壊に対し安全と考えられる。				

一般に河床材料が砂やシルトを主体とする河川では、護床工の下から土砂が吸い出され護床工が破壊される恐れがある。このような河川では、護床工の下に吸出し防止工を敷設するが、本地点では基礎地盤は玉石と砂利が主体である。このため、吸出し防止工を敷設する必要はないと判断した。

3-6 堰の安定計算

新設堰は、いずれのサイトも河床砂礫を基礎地盤とするフローティングタイプである。基礎地盤からの高さは、最大 4.5m と低く、その上下流に接続する水叩きとは独立した構造である。ここでは、堰本体について、「床止めの構造、設計手引き（財）国土技術研究センター」に準拠した計算方法を使用し、安定度を照査した。結果は以下の表 - 6.4~6.6 に示すとおり、いずれの状態においても安全であり堰の安定度に問題はない。

(1) 設計条件

1) 荷重

a. 死荷重

コンクリート（無筋）	2.4	tf/m ³ (2,400kgf/m ³)
水（W ₀ ）	1.0	tf/m ³ (1,000kgf/m ³)
砂礫基礎（湿潤 γ_d ）	2.2	tf/m ³ (2,200kgf/m ³)
砂礫基礎（水中 γ_s ）	0.9	tf/m ³ (900kgf/m ³)

b. 水位条件

表-6.1 計算ケースと水位条件（バジャン）

状態	上流水位 (堰天端からの水深 m)	下流水位 (水叩き天端からの水深 m)
1、常時： 平水時*	0.2	0.7
2、常時： 洪水時	3.6	4.1
3、地震時：平水時+Kh=0.20	0.2	0.7

* 平水時流量は、1.0m³/s 程度が想定され、この流量下時の堰越流水深は、各地点で 10~15cm である。したがって、堰上流設計水深としては、3 地点ともに多少の余裕を見込み 20cm とすれば十分である。

また水叩きには、高さ 50cm のシルが 3 地点に設置されている。このため 3 地点の下流水位は、シル高 50cm に越流水深 20cm を加え 70cm とした。

したがって、「常時 平水時」と「地震時 平水時」は 3 地点とも同様である。洪水時については、以下に示すように、各地点について算定する。

表-6.2 計算ケースと水位条件（バジュラ）

状態	上流水位 (堰天端からの水深 m)	下流水位 (水叩き天端からの水深 m)
1、常時： 平水時*	バジャン と同じ	
2、常時： 洪水時	3.1	3.6
3、地震時：平水時 Kh=0.20	バジャン と同じ	

表-6.3 計算ケースと水位条件（シャルプダハ）

状態	上流水位 (堰天端からの水深 m)	下流水位 (水叩き天端からの水深 m)
1、常時： 平水時*	バジャン と同じ	
2、常時： 洪水時	2.1	2.6
3、地震時：平水時+Kh=0.20	バジャン と同じ	

c. 揚圧力

堰本体に作用する揚圧力は、荷重図に各計算ケースごとに示した。

d. 地震時慣性力

地震時慣性力は次の水平設計震度に自重を乗じて求める。

水平震度 (Kh) 0.20

e. 地震時動水圧 (P_{dw})

次の Westergaard 公式を使用する。

$$P_{dw} = 7/12 \times W_o \times Kh \times (h \times y^3)^{0.5}, y = 2/5 h$$

y; 地震力の作用位置、h; 水深(m)、 W_o ; 水単位重量 1.0 tf/m³(1,000kgf/m³)

2) 安定を満足するための条件

a. 常時（平水時、洪水時）

- 基礎地盤反力；水平断面内全部圧縮 かつ 許容支持力（30tf/m²）以内
- 転倒に対する安全率；合力の作用点が中央 1/3 以内
- 滑動に対する安全率；1.5 以上

b. 地震時（平水時）

- 基礎地盤反力；水平断面の 75%以上が圧縮 かつ 許容支持力（45tf/m²）以内
- 転倒に対する安全率；合力の作用点が中央 2/3 以内
- 滑動に対する安全率；1.2 以上

(2) 安定計算結果

計算結果の概要を次表-6.4~6.6に示す。詳細は、表-6.7~6.13に示した。以上から各堰の構造安定性は、いずれも所要の安全率を満足しており、問題はない。

表-6.4 堰の安定計算結果（バジヤン）

	1. 常時（平水時）	2. 常時（洪水時）	3..地震時（平水時）
支持力 (tf/m ²)	4.0~5.3 < 30	0.3~10.2 < 30	2.1~7.2 < 45
	いずれも許容支持力より小さく問題はない		
e; 断面中央から合力の作用点までの距離 (m)	0.15 < B/6=1.05 OK	1.03 < B/6=1.10 OK	0.61 < B/3=2.20 OK
滑動安全率	1.5 < 3.41	1.5 < 2.80	1.2 < 1.43
判定	いずれも安定上必要な条件を満足しており、安全である。		

表-6.5 堰の安定計算結果（バジュラ）

	1. 常時（平水時）	2. 常時（洪水時）	3..地震時（平水時）
支持力 (tf/m ²)	3.7~5.5 < 30	0.3~9.8 < 30	1.7~7.5 < 45
	いずれも許容支持力より小さく問題はない		
e; 断面中央から合力の作用点までの距離 (m)	0.21 < B/6=1.05 OK	0.98 < B/6=1.05 OK	0.67 < B/3=2.10 OK
滑動安全率	1.5 < 3.22	1.5 < 2.81	1.2 < 1.40
判定	いずれも安定上必要な条件を満足しており、安全である。		

表-6.6 堰の安定計算結果（シャルプダハ）

	1. 常時（平水時）	2. 常時（洪水時）	3..地震時（平水時）
支持力 (tf/m ²)	3.7~5.5 < 30	1.8~8.1 < 30	1.7~7.5 < 45
	いずれも許容支持力より小さく問題はない		
e; 断面中央から合力の作用点までの距離 (m)	0.21 < B/6=1.05 OK	0.68 < B/6=1.05 OK	0.67 < B/3=2.10 OK
滑動安全率	1.5 < 3.22	1.5 < 3.38	1.2 < 1.40
判定	いずれも安定上必要な条件を満足しており、安全である。		

表 - 6.7 堰安定計算結果 (常時、平水時、バジャン)

Load		Calculation		Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
Water weight										
Ww 1	Upstream	3.8*0.2			0.76	4.55	3.46			
Ww 2	Downstream	0.7*2.8			1.96	1.40	2.74			
Ww 3	Waterway	1.0*2.2			2.2	2.80	6.16			
Earth pressure										
Ps 1	Horizontal earth pressure	KA=0.5	H=3.0m	$\gamma s=0.9\text{tm}^3$	ton f			2.03	0.40	0.81
Upstream water level +0.2, Downstream water level +0.7										
Pw 1-1	H=1.7m	0.5*1.7^2			ton f			1.45	3.07	4.43
Pw 1-2	H=3.0m	0.5*(1.7+1.7)*3.0			ton f			5.10	1.50	7.65
Pw 2-1	H=2.7m (Resist force)	0.5*2.7^2			ton f			-3.65	0.90	-3.28
Pw 2-2	H=0.5m	0.5*(2.7+2.7)*0.5			ton f			1.35	0.25	0.34
Uplift										
U 1		0.5*(1.7+2.7)*6.6			ton f	-14.52	3.05	-44.29		
Weir body										
Wc 1		1.5*3.8*2.4			ton f	13.68	4.70	64.30		
Wc 2-1		0.5*1.55*2.5*2.4			ton f	4.65	4.82	22.40		
Wc 2-2		2.5*1.0*2.4			ton f	6	4.10	24.60		
Wc 3-1		0.5*0.25*0.5*2.4			ton f	0.15	4.43	0.67		
Wc 3-2		0.5*2.75*2.4			ton f	3.3	2.98	9.82		
Wc 3-3		0.5*0.25*0.5*2.4			ton f	0.15	1.52	0.23		
Wc 4		1.0*0.5*2.4			ton f	1.2	2.80	3.36		
Wc 5		2.3*2*2.4			ton f	11.04	1.15	12.70		
Total					30.57		106.14	6.28		9.95
					V		MV	H		MH
Results of Analysis										
Base width	B			m	6.60					
Eccentricity of resultant load	$e=B/2-(MV-MH)/V$			m	0.15	<	1.10	B/6	OK	
Overturning	SF=MV/MH			s.f	10.67	>	1.50		OK	
Bearing capacity	$q 1=V/B \times (1+6e/B)$			tf/m2	5.28	<	30.00		OK	
	$q 2=V/B \times (1-6e/B)$			tf/m2	3.99	<	30.00		OK	
Sliding	$SF=f \times V / H$	$f=\tan 35 = 0.7$		s.f	3.41	>	1.50		OK	

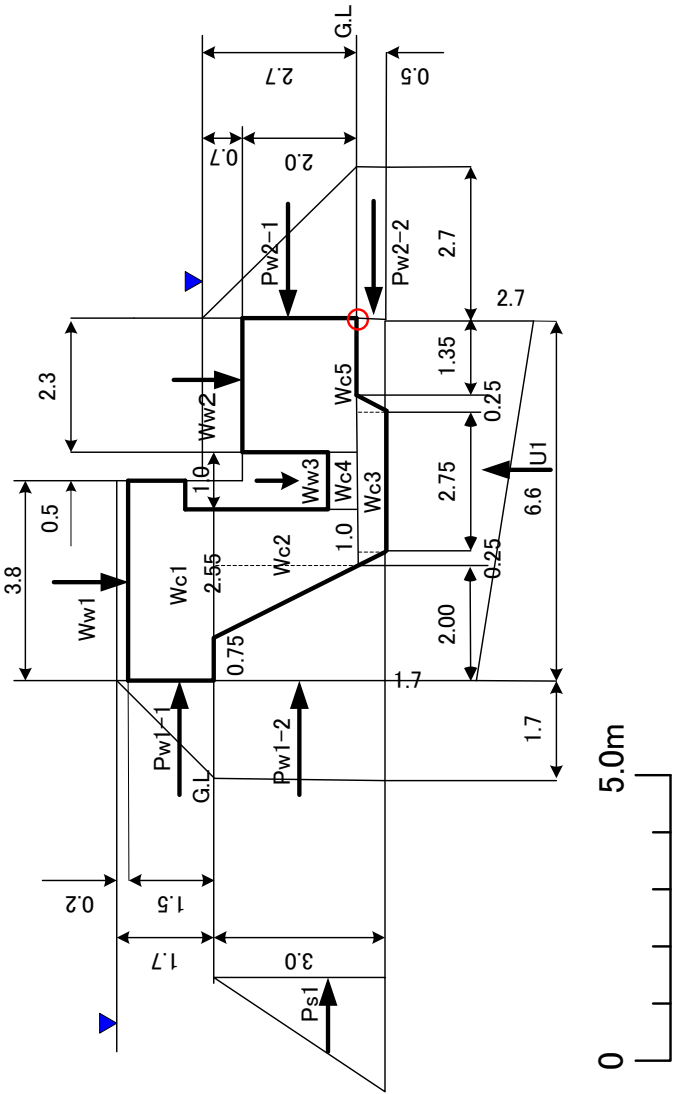


表 - 6.8 堰安定計算結果 (常時、洪水時、バジュラ、シャルプダハ)

Load	Calculation	Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
Water weight								
Ww 1 Upstream	3.5*0.2		0.7	4.55	3.19			
Ww 2 Downstream	0.7*2.8		1.96	1.40	2.74			
Ww 3 Waterway	1.0*2.2		2.2	2.80	6.16			
Earth pressure								
Ps 1 Horizontal earth pressure	KA=0.5 H=3.0m $\gamma_s=0.9\text{tm}^3$	ton f				2.03	0.40	0.81
Upstream water level +0.2, Downstream water level +0.7								
Pw 1-1 H=1.7m	$0.5*1.7^2$	ton f				1.45	3.07	4.43
Pw 1-2 H=3.0m	$0.5*(1.7+1.7)*3.0$	ton f				5.10	1.50	7.65
Pw 2-1 H=2.7m (Resist force)	$0.5*2.7^2$	ton f				-3.65	0.90	-3.28
Pw 2-2 H=0.5m	$0.5*(2.7+2.7)*0.5$	ton f				1.35	0.25	0.34
Uplift								
U 1	$0.5*(1.7+2.7)*6.3$	ton f	-13.86	2.91	-40.35			
Weir body								
Wc 1	1.5*3.5*2.4	ton f	12.6	4.55	57.33			
Wc 2-1	$0.5*1.25*2.5*2.4$	ton f	3.75	4.72	17.69			
Wc 2-2	$2.5*1.0*2.4$	ton f	6	3.80	22.80			
Wc 3-1	$0.5*0.25*0.5*2.4$	ton f	0.15	4.13	0.62			
Wc 3-2	$0.5*2.45*2.4$	ton f	2.94	2.83	8.31			
Wc 3-3	$0.5*0.25*0.5*2.4$	ton f	0.15	1.52	0.23			
Wc 4	$1.0*0.5*2.4$	ton f	1.2	2.80	3.36			
Wc 5	$2.3*2*2.4$	ton f	11.04	1.15	12.70			
Total			28.83		94.76	6.28		9.95
			V		MV	H		MH
Results of Analysis								
Base width	B	m	6.30					
Eccentricity of resultant load	$e=B/2-(MV-MH)/V$	m	0.21	<	1.05	B/6	OK	
Overturning	SF=MV/MH	s.f	9.53	>	1.50		OK	
Bearing capacity	$q_1=V/B \times (1+6e/B)$	tf/m2	5.48	<	30.00		OK	
	$q_2=V/B \times (1-6e/B)$	tf/m2	3.67	<	30.00		OK	
Sliding	$SF=f \times V / H$	s.f	3.22	>	1.50		OK	
	$f=\tan 35 = 0.7$							

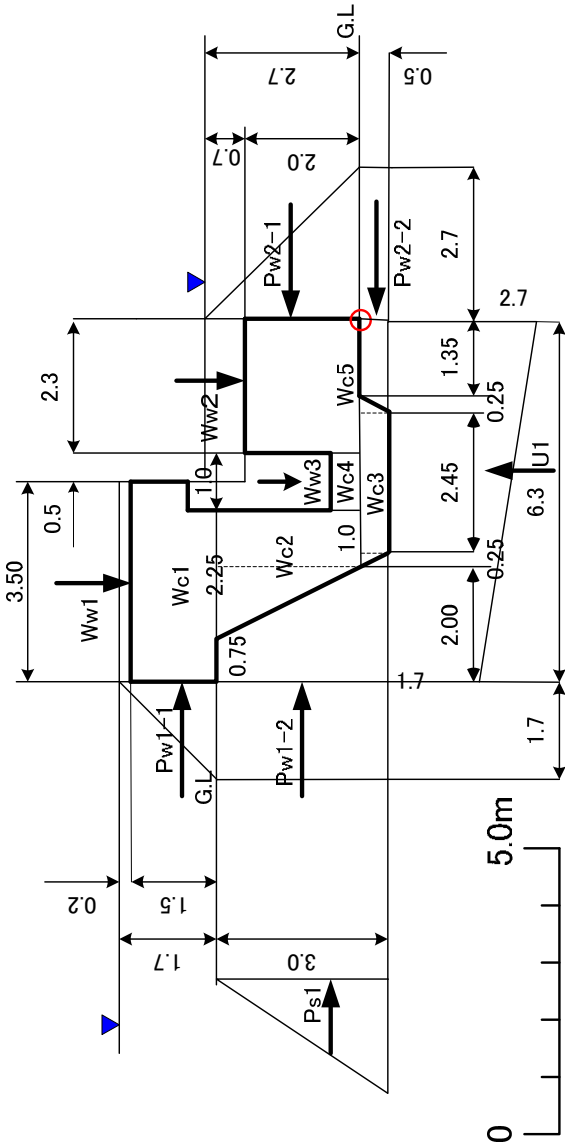


表 - 6.9 堰安定計算結果 (常時、洪水時、バジャン)

Load		Calculation		Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
Water weight										
Ww 1	Upstream	3.8*3.6			13.68	4.70	64.30			
Ww 2	Downstream	2.8*4.1			11.48	1.40	16.07			
Ww 3	Waterway	1.0*5.4			5.4	2.80	15.12			
Earth pressure										
Ps 1	Horizontal earth pressure	KA=0.5 H=3.0m $\gamma_s=0.9\text{tm}^3$		ton f				2.03	0.40	0.81
Upstream flood water level +3.6, Downstream flood water level +4.1										
Pw 1-1	H=5.1m	$0.5*5.1^2$		ton f				13.01	4.20	54.62
Pw 1-2	H=3.0m	$0.5*(5.1+5.1)*3.0$		ton f				15.30	1.50	22.95
Pw 2-1	H=6.1m (Resist force)	$0.5*6.1^2$		ton f				-18.61	2.03	-37.83
Pw 2-2	H=0.5m	$0.5*(6.1+6.1)*0.5$		ton f				-3.05	0.25	-0.76
Uplift										
U 1		$0.5*(5.1+6.1)*6.6$		ton f	-36.96	3.20	-118.34			
Weir body										
Wc 1		$1.5*3.8*2.4$		ton f	13.68	4.70	64.30			
Wc 2-1		$0.5*1.25*2.5*2.4$		ton f	3.75	5.02	18.81			
Wc 2-2		$2.5*1.3*2.4$		ton f	7.8	3.95	30.81			
Wc 3-1		$0.5*0.25*0.5*2.4$		ton f	0.15	4.43	0.67			
Wc 3-2		$0.5*2.75*2.4$		ton f	3.3	3.13	10.31			
Wc 3-3		$0.5*0.25*0.5*2.4$		ton f	0.15	1.52	0.23			
Wc 4		$1.0*0.5*2.4$		ton f	1.2	2.80	3.36			
Wc 5		$2.3*2*2.4$		ton f	11.04	1.15	12.70			
Total					34.67		118.33	8.68		39.79
					V		MV	H		MH
Results of Analysis										
Base width		B		m	6.60					
Eccentricity of resultant load		$e=B/2-(MV-MH)/V$		m	1.03	<	1.10	B/6	OK	
Overturning		$SF=MV/MH$		s.f	2.97	>	1.50		OK	
Bearing capacity		$q_1=V/B \times (1+6e/B)$		tf/m ²	10.19	<	30.00		OK	
		$q_2=V/B \times (1-6e/B)$		tf/m ²	0.31	<	30.00		OK	
Sliding		$SF=f \times V / H$	$f=\tan 35 = 0.7$	s.f	2.80	>	1.50		OK	

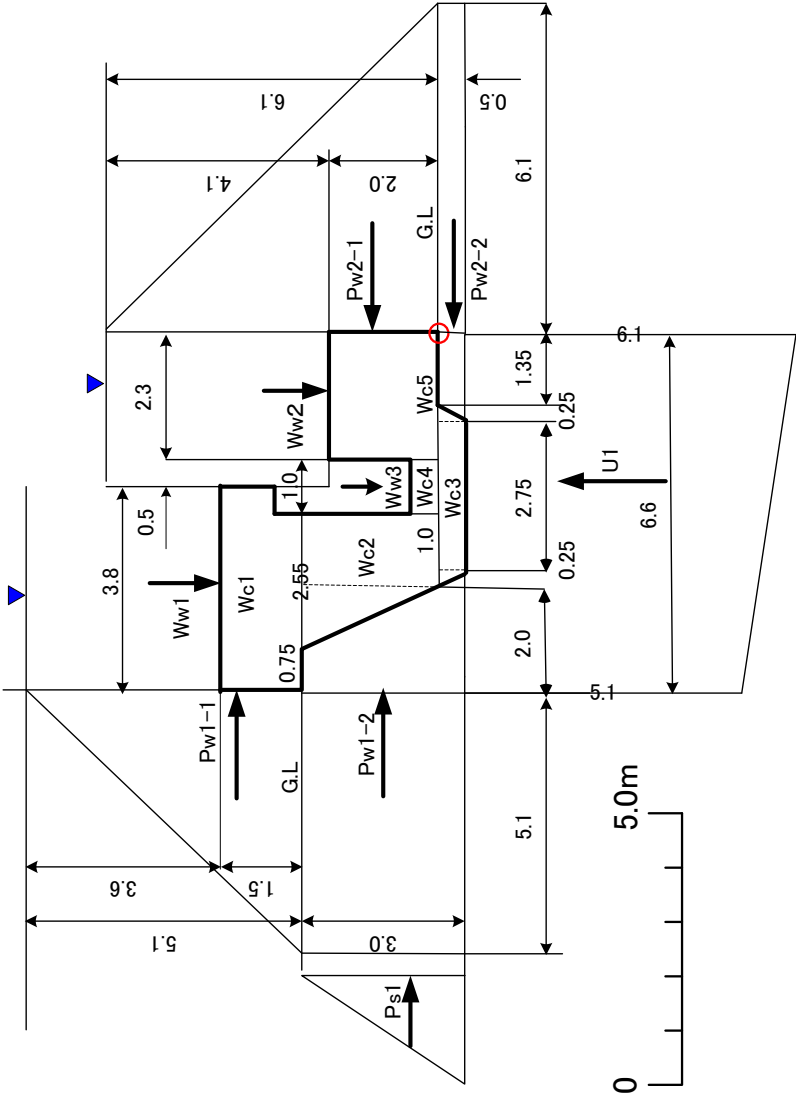


表 - 6.10 堰安定計算結果 (常時、洪水時、バジユラ)

	Load	Calculation			Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
	Water weight										
Ww 1	Upstream	3.5*3.1				10.85	4.55	49.37			
Ww 2	Downstream	2.8*3.6				10.08	1.40	14.11			
Ww 3	Waterway	1.0*5.2				5.2	2.80	14.56			
	Earth pressure										
Ps 1	Horizontal earth pressure	KA=0.5	H=3.0m	γ s=0.9tm3	ton f				2.03	0.40	0.81
	Upstream flood water level +3.1, Downstream flood water level +3.6										
Pw 1-1	H=4.6m	0.5*4.6^2			ton f				10.58	4.03	42.67
Pw 1-2	H=3.0m	0.5*(4.6+4.6)*3.0			ton f				13.80	1.50	20.70
Pw 2-1	H=5.6m (Resist force)	0.5*5.6^2			ton f				-15.68	1.87	-29.27
Pw 2-2	H=0.5m	0.5*(5.6+5.6)*0.5			ton f				-2.8	0.25	-0.70
	Uplift										
U 1		0.5*(4.6+5.6)*6.3			ton f	-32.13	3.05	-97.90			
	Weir body										
Wc 1		1.5*3.5*2.4			ton f	12.6	4.55	57.33			
Wc 2-1		0.5*1.25*2.5*2.4			ton f	3.75	4.72	17.69			
Wc 2-2		2.5*1.0*2.4			ton f	6	3.80	22.80			
Wc 3-1		0.5*0.25*0.5*2.4			ton f	0.15	4.13	0.62			
Wc 3-2		0.5*2.45*2.4			ton f	2.94	2.83	8.31			
Wc 3-3		0.5*0.25*0.5*2.4			ton f	0.15	1.52	0.23			
Wc 4		1.0*0.5*2.4			ton f	1.2	2.80	3.36			
Wc 5		2.3*2*2.4			ton f	11.04	1.15	12.70			
	Total					31.83		103.16	7.93		34.21
						V		MV	H		MH
	Results of Analysis										
	Base width	B			m	6.30					
	Eccentricity of resultant load	e=B/2-(MV-MH)/V			m	0.98	<	1.05	B/6	OK	
	Overturning	SF=MV/MH			s.f	3.02	>	1.50		OK	
	Bearing capacity	q 1=V/B x (1+6e/B)			tf/m2	9.79	<	30.00		OK	
		q 2=V/B x (1-6e/B)			tf/m2	0.32	<	30.00		OK	
	Sliding	SF=f x V / H	f=tan 35 = 0.7		s.f	2.81	>	1.50		OK	

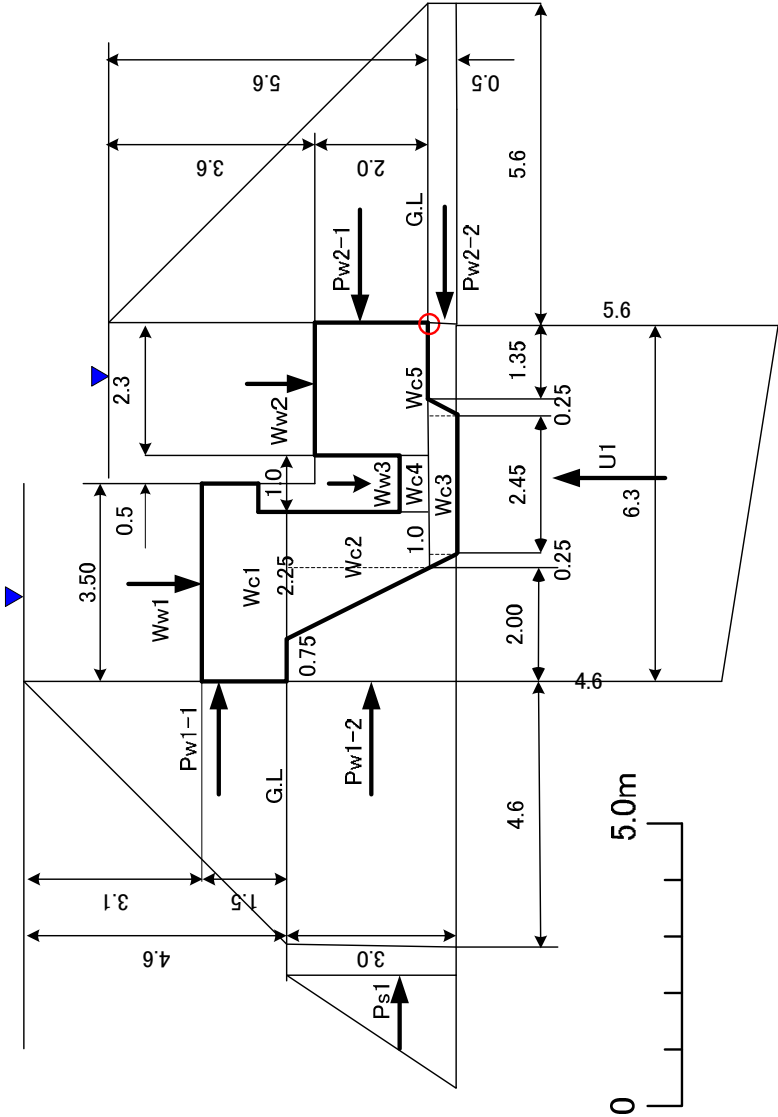


表 - 6.11 堰安定計算結果 (常時、洪水時、 シャルプダハ)

Load		Calculation		Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
Water weight										
Ww 1	Upstream	3.5*2.1			7.35	4.55	33.44			
Ww 2	Downstream	2.8*2.6			7.28	1.40	10.19			
Ww 3	Waterway	1.0*4.4			4.4	2.80	12.32			
Earth pressure										
Ps 1	Horizontal earth pressure	KA=0.5 H=3.0m $\gamma s=0.9tm^3$		ton f				2.03	0.40	0.81
Upstream flood water level +2.1, Downstream flood water level +2.6										
Pw 1-1	H=3.6m	$0.5*3.6^2$		ton f				6.48	3.70	23.98
Pw 1-2	H=3.0m	$0.5*(3.6+3.6)*3.0$		ton f				10.8	1.50	16.20
Pw 2-1	H=4.6m (Resist force)	$0.5*4.6^2$		ton f				-10.58	1.53	-16.22
Pw 2-2	H=0.5m	$0.5*(4.6+4.6)*0.5$		ton f				-2.3	0.25	-0.58
Uplift										
U 1		$0.5*(3.6+4.6)*6.3$		ton f	-25.83	3.02	-78.06			
Weir body										
Wc 1		$1.5*3.5*2.4$		ton f	12.6	4.55	57.33			
Wc 2-1		$0.5*1.25*2.5*2.4$		ton f	3.75	4.72	17.69			
Wc 2-2		$2.5*1.0*2.4$		ton f	6	3.80	22.80			
Wc 3-1		$0.5*0.25*0.5*2.4$		ton f	0.15	4.13	0.62			
Wc 3-2		$0.5*2.45*2.4$		ton f	2.94	2.83	8.31			
Wc 3-3		$0.5*0.25*0.5*2.4$		ton f	0.15	1.52	0.23			
Wc 4		$1.0*0.5*2.4$		ton f	1.2	2.80	3.36			
Wc 5		$2.3*2*2.4$		ton f	11.04	1.15	12.70			
Total					31.03		100.92	6.43		24.19
					V		MV	H		MH
Results of Analysis										
Base width	B		m	6.30						
Eccentricity of resultant load	$e=B/2-(MV-MH)/V$		m	0.68	<	1.05	B/6	OK		
Overturning	SF=MV/MH		s.f	4.17	>	1.50		OK		
Bearing capacity	$q=V/B \times (1+6e/B)$		tf/m2	8.10	<	30.00		OK		
	$q=2V/B \times (1-6e/B)$		tf/m2	1.75	<	30.00		OK		
Sliding	$SF=f \times V / H$	$f=\tan 35 = 0.7$	s.f	3.38	>	1.50		OK		

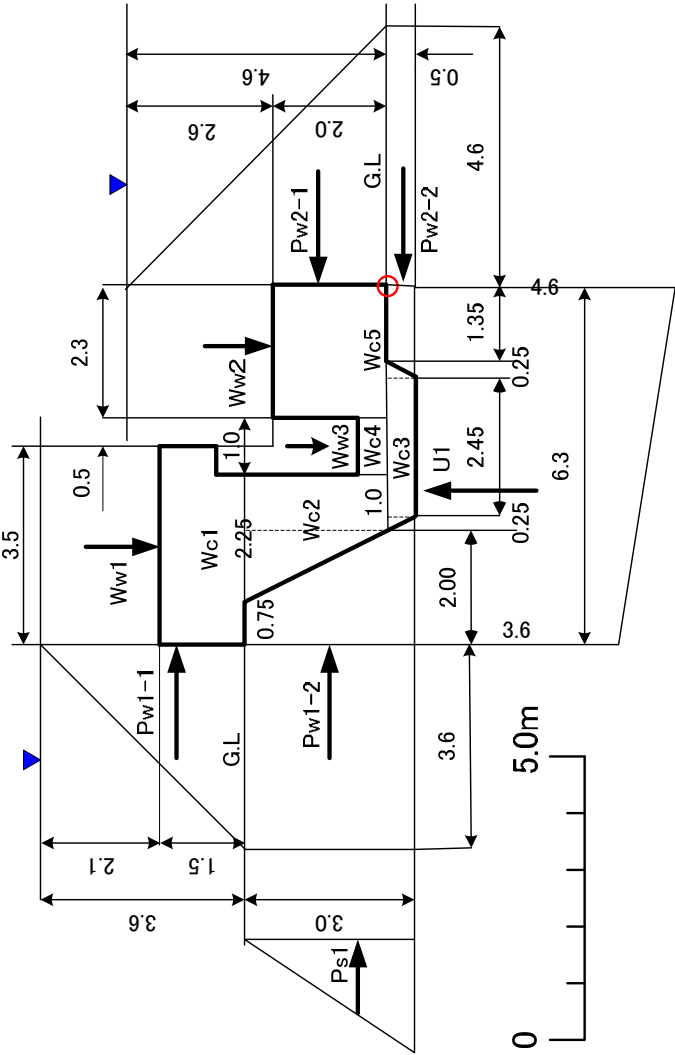


表 - 6.12 堰安定計算結果 (地震時、平水時、バジヤン)

Load	Calculation	Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
Water weight								
Ww 1 Upstream	3.8*0.2		0.76	4.70	3.57			
Ww 2 Downstream	0.7*2.8		1.96	1.40	2.74			
Ww 3 Waterway	1.0*2.2		2.2	2.80	6.16			
Dynamic Earth pressure								
Ps 1 Horizontal earth pressure	KA=0.5 H=3.0m $\gamma_s=0.9\text{tm}^3$ $K_h=\gamma_d/(\gamma_d-1)*K_h=(2.2/2.2-1)*0.2=0.37$	ton f				2.77	0.40	1.11
Upstream water level +0.2, Downstream water level +0.7								
Pw 1-1 H=1.7m	$0.5*1.7^2$	ton f				1.45	3.07	4.43
Pw 1-2 H=3.0m	$0.5*(1.7+1.7)*3.0$	ton f				5.10	1.50	7.65
Pw 2-1 H=2.7m (Resist force)	$0.5*2.7^2$	ton f				-3.65	0.90	-3.28
Pw 2-2 H=0.5m	$0.5*(2.7+2.7)*0.5$	ton f				1.35	0.25	0.34
Pdw1-1 Dynamic H=1.7m, $y=2/5*1.7=0.68\text{m}$	$7/12*1.0*0.2*((2*1.7/5)^3*1.7)^{0.5}$	ton f				0.09	0.68	0.06
Pdw2-1 Dynamic H=2.7m, $y=2/5*2.7=1.08\text{m}$	$7/12*1.0*0.2*((2*2.7/5)^3*2.7)^{0.5}$	ton f				-0.22	1.08	-0.23
Uplift								
U 1	$0.5*(1.7+2.7)*6.6$	ton f	-14.52	3.05	-44.29			
Weir body (including seismic load)								
Wc 1	$1.5*3.8*2.4$	ton f	13.68	4.70	64.30	2.74	3.25	8.89
Wc 2-1	$0.5*1.55*2.5*2.4$	ton f	4.65	4.82	22.40	0.93	1.67	1.55
Wc 2-2	$2.5*1.0*2.4$	ton f	6	4.10	24.60	1.20	1.25	1.50
Wc 3-1	$0.5*0.25*0.5*2.4$	ton f	0.15	4.43	0.67	0.03	-0.17	-0.01
Wc 3-2	$0.5*2.75*2.4$	ton f	3.3	2.98	9.82	0.66	-0.25	-0.17
Wc 3-3	$0.5*0.25*0.5*2.4$	ton f	0.15	1.52	0.23	0.03	-0.17	-0.01
Wc 4	$1.0*0.5*2.4$	ton f	1.2	2.80	3.36	0.24	0.25	0.06
Wc 5	$2.3*2*2.4$	ton f	11.04	1.15	12.70	2.21	1.00	2.21
Total			30.57		106.25	14.93		24.11
			V		MV	H		MH
Results of Analysis								
Base width	B	m	6.60					
Eccentricity of resultant load	$e=B/2-(MV-MH)/V$	m	0.61	<	2.20	B/3	OK	
Overturning	S.F=MV/MH	s.f	4.41	>	1.20		OK	
Bearing capacity	$q_1=V/B \times (1+6e/B)$	tf/m2	7.21	<	45.00		OK	
	$q_2=V/B \times (1-6e/B)$	tf/m2	2.05	<	45.00		OK	
Sliding	$S.F=f \times V / H$	s.f	1.43	>	1.20		OK	

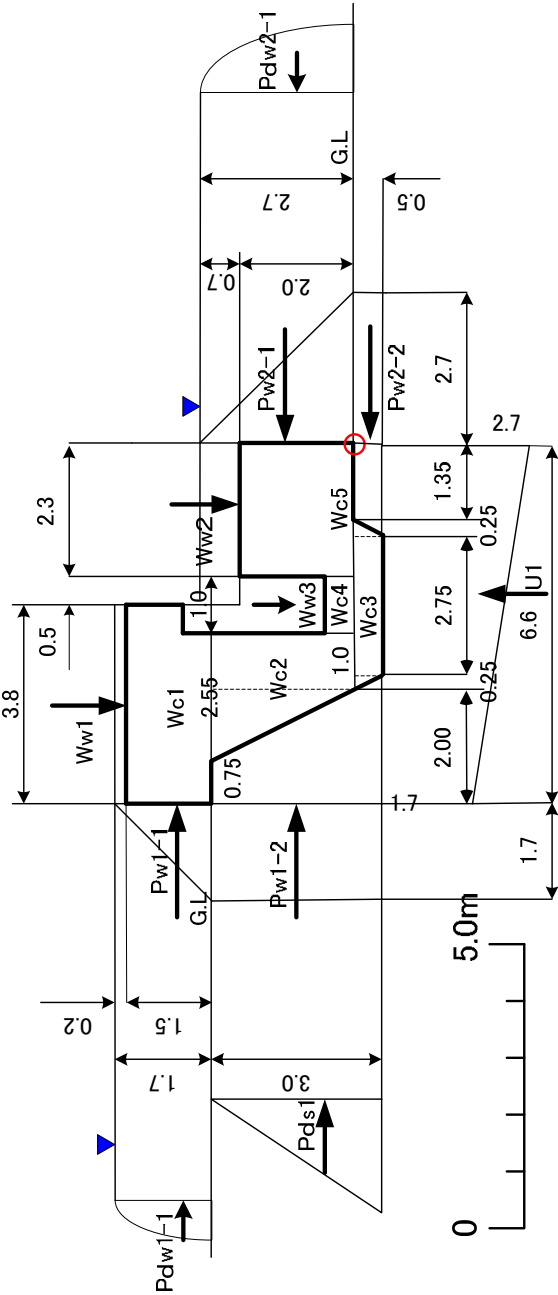
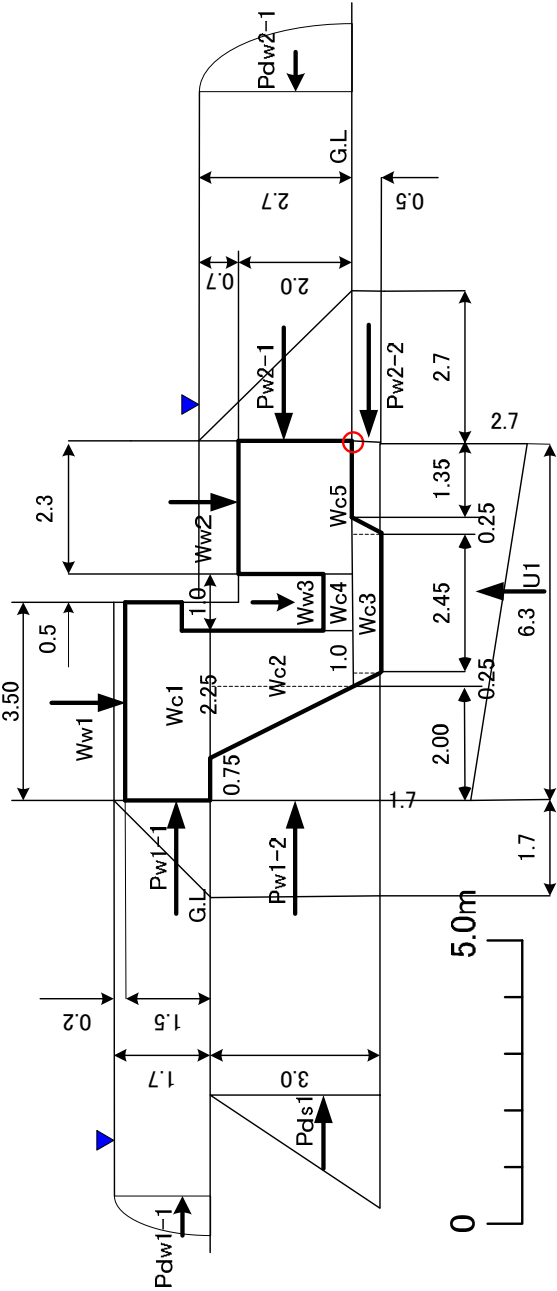


表 - 6.13 堰安定計算結果 (地震時、平水時、バジュラ、シャルプダハ)

	Load	Calculation			Unit	Vertical (ton)	Arm x(m)	Resist M (t·m)	Horizontal (ton)	Arm y(m)	Rotation M (t·m)
	Water weight										
Ww 1	Upstream	3.5*0.2				0.7	4.55	3.19			
Ww 2	Downstream	0.7*2.8				1.96	1.40	2.74			
Ww 3	Waterway	1.0*2.2				2.2	2.80	6.16			
	Dynamic Earth pressure										
Ps 1	Horizontal earth pressure	KA=0.5 H=3.0m $\gamma_s=0.9\text{tm}^3$		ton f					2.77	0.40	1.11
		$K_h=\gamma_d/((\gamma_d-1)*K_h=(2.2/2.2-1)*0.2=0.37$									
	Upstream water level +0.2, Downstream water level +0.7										
Pw 1-1	H=1.7m	0.5*1.7^2		ton f					1.45	3.07	4.43
Pw 1-2	H=3.0m	0.5*(1.7+1.7)*3.0		ton f					5.10	1.50	7.65
Pw 2-1	H=2.7m (Resist force)	0.5*2.7^2		ton f					-3.65	0.90	-3.28
Pw 2-2	H=0.5m	0.5*(2.7+2.7)*0.5		ton f					1.35	0.25	0.34
Pdw1-1	Dynamic H=1.7m, y=2/5*1.7=0.68m	7/12*1.0*0.2*((((2*1.7/5)^3)*1.7)^0.5		ton f					0.09	0.68	0.06
Pdw2-1	Dynamic H=2.7m, y=2/5*2.7=1.08m	7/12*1.0*0.2*((((2*2.7/5)^3)*2.7)^0.5		ton f					-0.22	1.08	-0.23
	Uplift										
U 1		0.5*(1.7+2.7)*6.3		ton f		-13.86	2.91	-40.35			
	Weir body (including seismic load)										
Wc 1		1.5*3.5*2.4		ton f		12.6	4.55	57.33	2.52	3.25	8.19
Wc 2-1		0.5*1.25*2.5*2.4		ton f		3.75	4.72	17.69	0.75	1.67	1.25
Wc 2-2		2.5*1.0*2.4		ton f		6	3.80	22.80	1.20	1.25	1.50
Wc 3-1		0.5*0.25*0.5*2.4		ton f		0.15	4.13	0.62	0.03	-0.17	-0.01
Wc 3-2		0.5*2.45*2.4		ton f		2.94	2.83	8.31	0.59	-0.25	-0.15
Wc 3-3		0.5*0.25*0.5*2.4		ton f		0.15	1.52	0.23	0.03	-0.17	-0.01
Wc 4		1.0*0.5*2.4		ton f		1.2	2.80	3.36	0.24	0.25	0.06
Wc 5		2.3*2*2.4		ton f		11.04	1.15	12.70	2.21	1.00	2.21
	Total					28.83		94.76	14.46		23.12
						V		MV	H		MH
	Results of Analysis										
	Base width	B		m		6.30					
	Eccentricity of resultant load	e=B/2-(MV-MH)/V		m		0.67	<	2.10	B/3	OK	
	Overturning	SF=MV/MH		s.f		4.10	>	1.20		OK	
	Bearing capacity	q 1=V/B x (1+6e/B)		tf/m2		7.47	<	45.00		OK	
		q 2=V/B x (1-6e/B)		tf/m2		1.68	<	45.00		OK	
	Sliding	SF=f x V / H	f=tan 35 = 0.7	s.f		1.40	>	1.20		OK	



4. 転流工の検討

4-1 転流工の規模

転流工工事は、コントラクターが自らの責任施工で実施する、いわゆる任意仮設備工事である。ここでは、現地の地形、河床条件、施工の容易さを勘案、その方策の一つとして「仮排水路開渠工事による転流工」について検討した。

転流工の規模は乾季、雨季を含めた工事中の洪水が安全に流下できるよう、工事期間を考慮し通常1年に1～2回程度発生する洪水に対し計画される。本計画では水文資料の検討結果から次表の流量とした。

表-4.1 転流工対象流量と仮排水路 (年1～2回発生)

地点	転流工対象流量		仮排水路			護岸
	流域面積 (km ²)	工事中洪水流量 (m ³ /s)	水路 勾配	水路幅 (m)	水路平均 水深(m)	
バジャン	104	390	1/21	11.0	2.5～3.5	流水側；ふとん籠被覆＋土嚢遮水など 背面；土嚢、押え盛土など
バジュラ	27	150	1/12	4.0	2.0～2.5	
シャルブダハ	41	220	1/4.5	4.0	2.0～2.5	

4-2 仮締切堤

取水口地点は、急峻地形で工事中の流水速度が大きいため、仮締切堤は洪水で流失しない強固な構造が必要である。一例をバジャンについて示すと、洪水の掃流力は径2m程度の転石を流下させるエネルギーがある。このため仮締切堤の流水側をふとん籠で覆い、その内部に止水を目的とした土嚢および、背面に土砂を盛土する構造とした。

バジャンにおける洪水による掃流力計算

掃流力 $\tau = \rho * g * h * I$

τ ; 掃流力 (gr/cm²)

ρ ; 流水の質量 (gr) 1.2

g ; 9.8m/s²

h ; 水深 (cm) 332

I ; 河川勾配 21

$$\tau = 18.971 \text{ gr/cm}^2$$

摩擦速度の2乗 U_*^2

$$U_*^2 = \tau / \rho \text{ (cm}^2 / \text{sec}^2)$$

$$U_*^2 = 15,493 \text{ cm}^2 / \text{sec}^2$$

岩垣の限界流速公式より、掃流される限界粒径 d_c は

$$u_{*c}^2 = 80.9 * d_c \quad d_c \geq 0.303 \text{ cm}$$

$$d_c = 192 \text{ cm}$$

各地点の仮排水路開渠の通水能力をマンニングの等流流速から求め、次に示した。

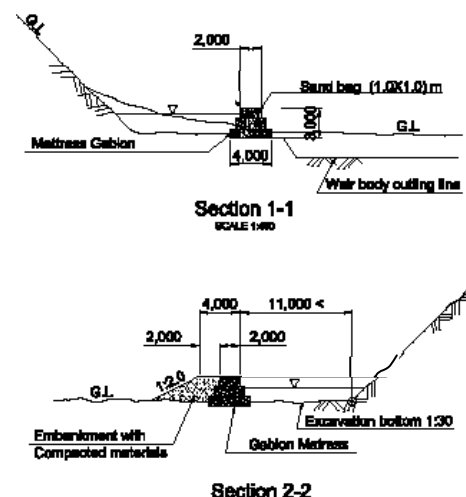


図-4.1 仮排水路開渠 標準

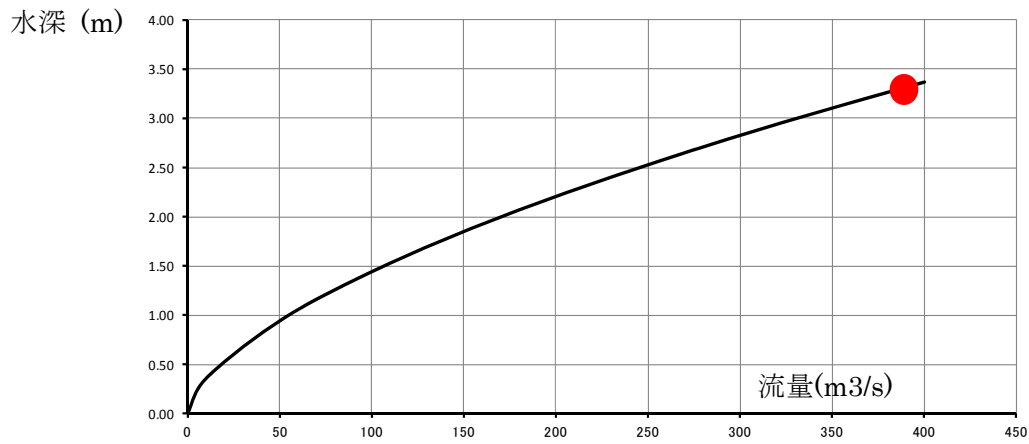


図-4.2 バジヤン 仮排水路通水能力

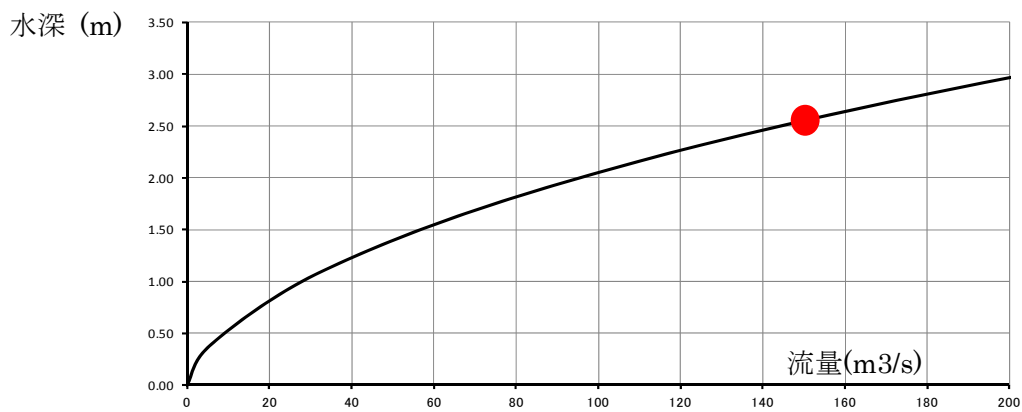


図-4.3 バジュラ 仮排水路通水能力

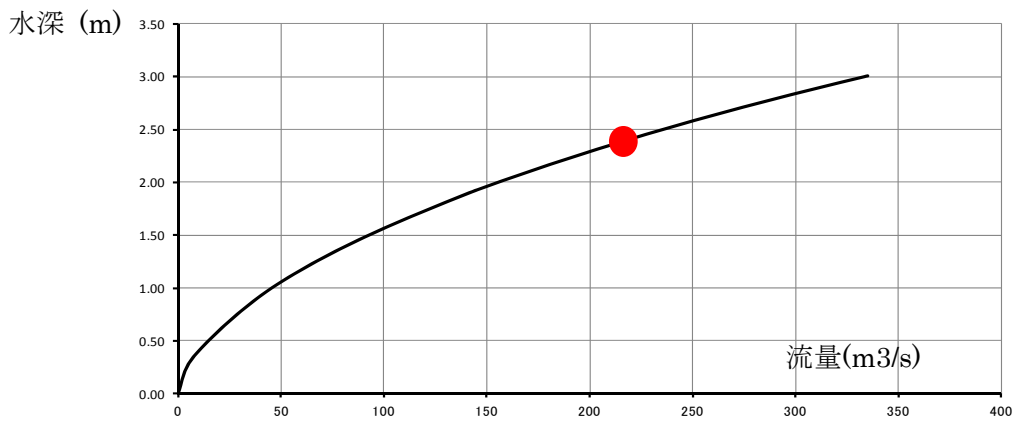


図-4.4 シャルプダハ 仮排水路通水能力

4-3 取水口建設の手順案

河川を横断する取水口建設のためには、河床工事が行えるよう河流の転流が必要である。このため、河川流の少ない乾季に次の手順で河川内工事を実施し、河流を転流する案が考えられる。バジヤンについて概略手順を次に示す。なお、基本的な手順は、他のバジュラ、シャルプダハサイトについても同様である。

(1) 第1期工事

左岸側に仮排水路開渠を建設し、左岸側に河川流を転流後、取水口本体右岸側建設および取水路を既設水路に接続する。

1) 1st stage (1)

- 水路建設のため左岸側掘削。
- 土嚢とふとん籠による仮締切堤の建設。
- 工事中の発電運転が可能なよう現在の仮取水路を仮締切堤の上流まで延長。

2) 1st stage (2)

- 土嚢とふとん籠による右記の箇所の仮締切堤建設。
背面は堰本体工事に支障がない範囲まで押え盛土、土嚢積み。
- 河流を左岸仮排水路に転流するまで、工事中の発電運転可能。

3) 1st stage (3)

- 仮締切堤完成後、仮締切上流の河床部を掘削し河川水を仮排水路まで導き転流する。
- 仮締切堤内側の第1期工事範囲は土嚢、盛土などで仮締切堤からの漏水を防止し、排水ポンプ釜場を適所に設けて、可能なかぎりドライ工事が可能な状態を維持する。
- 工事中の発電運転は、仮取水路部分の改修工事開始まで可能。

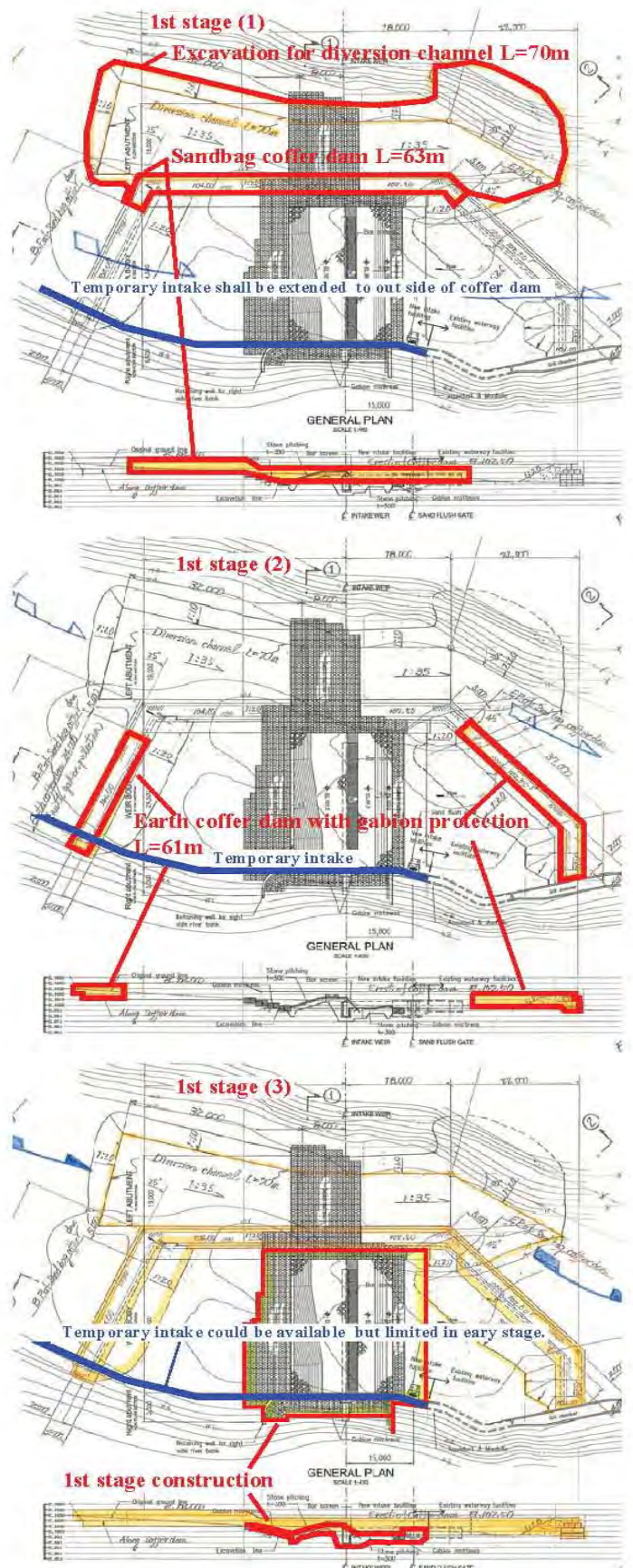


図-4.5 1次転流工事 (1st-Stage)

(2) 第2期工事

取水口本体右岸側建設および取水路の既設水路への接続完了後、第2期工事に着手。工事は左岸側のコンクリート遮水壁、ふとん籠による護岸工および床止め工工事。

1) 2nd stage (1)

- 1次仮排水路締切壁の部分撤去。
- 河流は1次転流ルートを下流するが、必要に応じ、仮締切壁撤去が行えるように瀬を掘削し河流の切り回しを行う。(瀬替え工)

2) 2nd stage (2)

- 撤去した1次仮締切壁部分に瀬替えにより、河流を切り廻す。
- 河流は、完成した右岸側取水口を越流し、一部が水路内に流入する。また、堰下流へも流下する。
- 水路修繕工事に支障がないよう、必要に応じて、水路に設けられたストップログで水路内流水を遮断する。
- 水流を右岸に切り廻した後、2次仮締切壁(右図)を建設する。

3) 2nd stage (3)

- 左岸側のコンクリート遮水壁、ふとん籠による護岸工および床止め工工事を実施する。
- 仮締切堤内側の第2期工事範囲は土嚢、盛土などで仮締切堤からの漏水を防止し、排水ポンプ釜場を適所に設けて、可能な限りドライ工事が可能な状態を維持する。
- 左岸側工事終了後、2次仮締切堤を撤去する。

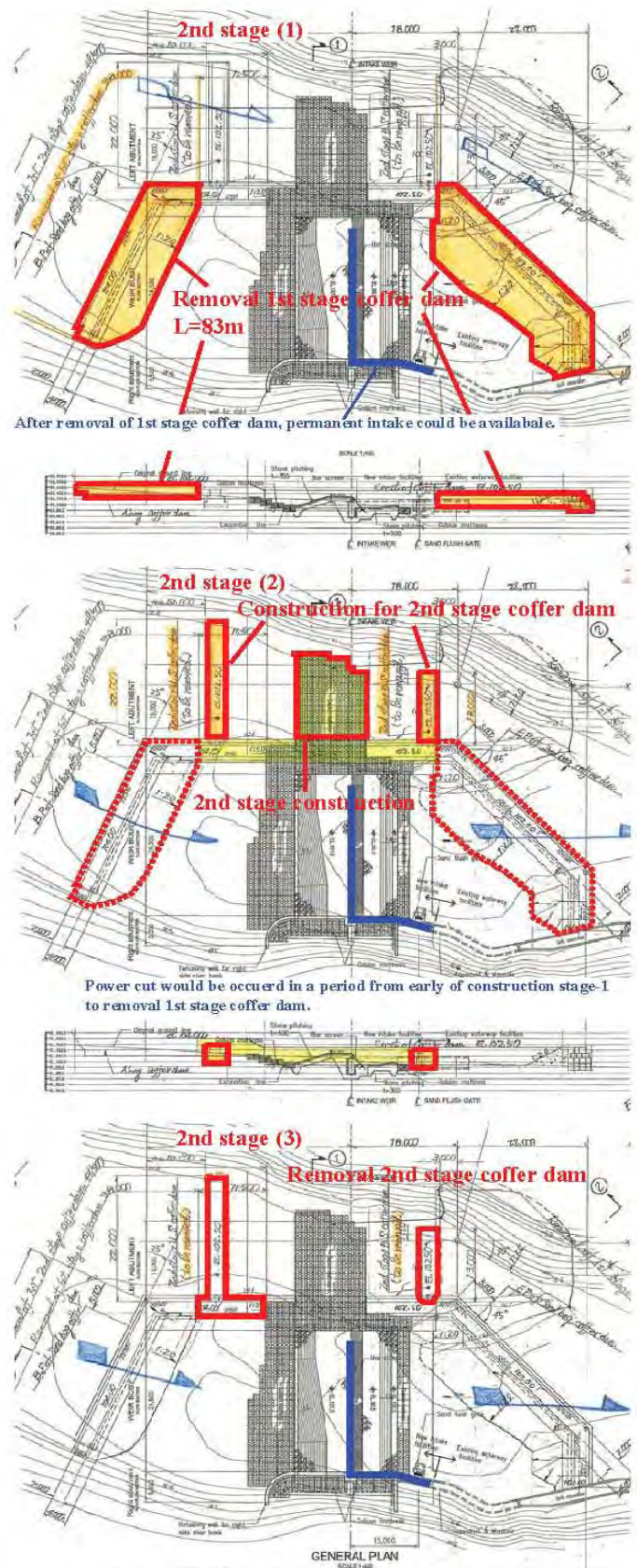


図-4.6 2次転流工事 (2nd -Stage)

5. 水路修繕設計

5-1 現状土木設備の調査

バジャン、バジュラ、シャルプダハの既設発電所について設備の現状把握のため、目視による調査を実施した。調査範囲は、取水口、導水路、水槽、水圧鉄管路、発電所建屋、および放水路である。この調査は、外観の目視調査から「要修繕」もしくは、「取替えが必要」と判断された項目について、定量的に数量を算出し、その結果にもとづいて修繕費用を算定するとともに、ネパール側の今後の保守管理資料とすることを目的とするものである。

調査は、目視が主体であるが、変状（設備として正常でない状態）の状況により、簡易測量器具などを使用し定量化と記録に努めた。

また、変状については、発電設備としての重要度すなわち、発電運転に支障があるか、ならびに、社会的な重要度すなわち第 3 者に与える影響の大きさに着目し、補修要否を判定した。

具体的には、目視調査結果を次表の 3 ランクに分類し、措置を判定した。

表 - 5.1 補修要否および措置判定の基準（案）

判定 ラン ク	説明	措置
A	設備が損傷を受けている。または破壊が発生している。放置した場合、変状が進行し、その結果--- ● 発電運転に支障を与える恐れがある。 ● もしくは付近住民の安全を脅かす。道路、耕作地などに被害を与える。	状況により以下の措置を実施する。 ● 応急措置：本補修までの間の一時的な措置。 ● 原形補修（恒久対策）：原形復旧 ● 改良（恒久対策）：原形補修では効果が期待できず、再度同じ変状が発生することが想定される場合に実施。
B	設備が損傷を受けている。または破壊が発生している。現状を放置しても--- ● 発電運転に大きな支障はない。 ● もしくは付近住民の安全を脅かしていない。道路、耕作地などに被害はない。 あるいは ● 損傷、破壊はないが、発電運転に支障ある。	変状が進行すると発電運転に支障がある場合、もしくは現状が著しく外観を損なう場合 ● 修繕による補強（原形補修） ● 変状箇所の継続的な監視 ● 変状原因が不明確な場合、2 次調査の実施 ● 原因を取り除き、発電運転効率化を図る。
S	● 軽微な損傷を受けている。発電運転に支障ない。	● 定期点検による変状進行性の確認

5-2 各発電所の土木設備修繕項目

各発電所の建築を含む土木設備について、必要な改修、修繕項目は、バジャン発電所表-5.2~5.6、バジュラ発電所表-5.7~5.12、シャルプダハ発電所表-5.13~17 のとおりである。

表中、「番号」は変状番号を示す。この番号は、数量計算書中の「Repair item」を示す。「変状および措置について」欄の●は措置を示す。

表-5.2 バジヤン土木設備改修、修繕項目 (1)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
1	✓ 取水堰流出し、現存しない。 ● 次の2、3についての対策も同時に行える取水堰、取水口新設が提案される。	A	
2	✓ 取水堰流出に伴い、ネパール側で現地の河床材料を利用し、河川正面から取水する仮設の取水口を建設。 ✓ 仮設のため洪水毎に流出し、修繕が繰り返されている。 ✓ 取水箇所の滞筋が変動するため、発電運転に必要な安定した取水量が確保できない。また土砂混入が多い。 ● 土砂流入が少ない取水形式に変更する。	A	
3	✓ 取水路基礎が洗掘により流出。 ✓ 洪水毎の洗掘、あるいは地震などの超過外力に対し、現状構造の安定度が低い。 ● 取水堰、取水口の改修にあたり、変状箇所を取り壊し新設する方法が提案される。	A	
4 / 5 / 6	✓ 排砂ゲートから漏水あり。 ✓ ゲート開閉装置破損し排砂操作に支障あり。 ✓ 堆積土砂除去が確実にできることが水路の維持管理に必要である。 ● このため、排砂設備の改善が必要。 ● 水路断水区間を限定し、排砂操作の効率化を図る必要がある。排砂ゲート下流の水路内に角落とし設備を設ける。	B	
7	✓ 沈砂池排砂ゲートが機能しないため、沈砂池に土砂堆積 ✓ 土砂掃流に伴う水路摩耗洗掘、堆積土砂による通水容量減少が発生 ● 堆積土砂の除去を行う。	B	

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
8	✓ 沈砂池排砂ゲートは閉塞コンクリートで埋められている。排砂機能ない。 ● ゲートを取り替え、沈砂池の排砂を行う。	B	
9	✓ 排砂ゲート吐口付近の護岸工が洗掘さる。 ✓ 現状では安定しているが、洪水時に再度洗掘された場合、水路基礎が不安定になる可能性大きい。 ✓ 吐口付近に数か所、同様な変状がみられる。 ● 護岸工によって水路基礎を防護する。	B	
10	✓ 水路に隣接する耕作地への用水供給のため、水路の一部が破壊されている。このような箇所は水路内に6か所ある。 ● 発電用水の盗水を防ぐため、原形復旧を行う。	B	
11	✓ 大規模な崩壊地（幅 250m、高さ 100m）を蓋渠が通過しているが、現時点、通水可能 ✓ 崩壊地からの土砂が水路内に流入し、水路を閉塞 ● 崩壊地通過箇所の蓋渠について、蓋を取り替える。 ● 斜面について、継続監視必要	B	
12	✓ 水路天端の石張り欠損し、側壁から漏水 ● 原形復旧による水路修繕を行う。	B	

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
13	✓ 水路敷きの石張り欠損あり、付近の地山から湧水あり。 ● 原形復旧による水路修繕を行う。	B	12 と同じ
14	✓ 水槽内に多量の土砂堆積あり。 土砂除去により ● 土砂混入水の水圧管路、水車への流入を軽減し、機械装置劣化を防止。 ● 発電運転に必要な水槽容量を確保。	B	
15	✓ 水槽敷きコンクリートに有害なひび割れあり。目視で確認されたひび割れ延長約 90m。 ● 敷き全体にひび割れが広がり、面としての修繕が必要。	B	
16	✓ 水槽排砂ゲート漏水あり。経年による劣化進行し、開閉操作が十分行えない。 ● 経年劣化による変状であり、部分的な取り替えでは、対応できないため全取り替えが必要	B	
17	✓ スクリーンにゴミ付着。上下流の水位に大きな差がみられる。 ✓ 除塵装置はない。日常維持管理でその都度ゴミ除去が望まれる。 ● 人力による除塵効率化のため、ポータブルレーキを設置する。	S	
18	✓ 変状 17 と同じ。	S	

表 - 5.5 バジヤン 土木設備改修、修繕項目(4)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
19 / 20	✓ 余水路機能上の問題ない。 ✓ 落差工型式の余水路が老朽化。 ✓ 現時点で余水による周辺への被害は発生していない。 ✓ 流水浸食により、設備の老朽化進行が危惧される。 ● このため継続的に状態を監視。	B	
21 / 21-1	✓ 水圧鉄管表面に錆こぶ、塗装皮膜の剥がれあり。 ✓ 発電所直上流分岐管が露出状態で土中埋設。 ● 劣化進行防止のため下地処理後、再塗装必要。 ● 露出分岐部は、アンカーブロックから発電所までコンクリートによって被覆し、錆による鉄管劣化防止を図る。	B	
22	建築 ✓ 窓枠が経年により老朽化。 ● 取り替え必要。	B	
23 / 24	建築 ✓ 屋根が経年により、老朽化し、雨漏りによる修繕を繰り返している。 ● 屋根を改修することによって、雨水の侵入を防止し、発電機器の保護が必要。	A	
25 / 26 / 27	建築 ✓ 建屋壁の老朽化が進行し、余寿命が短い。 ✓ 入口が小さい。拡幅必要。 ● このため周辺景観にもマッチする外壁の改修が望ましい。 ● 発電設備の維持管理に必要な室内照明設備がない。照明設備を設置する。 ● 発電所フロアーは、機器取り替えに伴い、改修する。	A～B	

表 - 5.6 バジヤン 土木設備改修、修繕項目(5)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
28 / 29	✓ 放水路敷き全線が洗掘。 ● 敷取り替え修繕を実施。	B	
30	✓ 放水路出口護岸擁壁が、河川からの浸食によって損傷を受け、構造不安定。今後さらなる浸食が想定される。 ● 護岸工取り替え。	B	
その他 31	✓ 日々の発電運転業務のための事務所、仮眠室、休憩所を含んだ宿舍、資材保管用倉庫がなく、業務効率が低下。 ● 保守、運転業務などの日常業務を支障なく行える施設が必要。	(A)	

表 - 5.7 バジュラ土木設備改修、修繕項目 (1)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
1	✓ 取水堰流出し、現存しない。 ● 次の2、3についての対策も同時に行える取水堰、取水口新設が提案される。	A	
2	✓ 取水堰流出に伴い、ネパール側で現地の河床材料を利用し、河川正面から取水する仮設の取水口を建設。 ✓ 仮設のため洪水毎に流出し、修繕が繰り返されている。 ✓ 取水箇所の滞筋が変動するため、発電運転に必要な安定した取水量が確保できない。また土砂混入が多い。 ● 土砂流入が少ない取水形式に変更する。	A	
3	✓ 取水口下流の排砂ゲートが斜面崩壊により埋没し、排砂作業が行えない。 ● 排砂ゲート設置必要。取水口新設時にゲート場所を斜面不安定な現在位置から上流の安定した場所に移す案が提案される。	A～B	
4	● 排砂ゲート新設にともない、水路断水区間を限定し、排砂操作の効率化を図る必要がある。新設排砂ゲート下流に角落とし設備を設ける。	B	
5	✓ 沈砂池までの石張り水路 15mが老朽化、漏水多い。 ● 水路をR C コンクリート造りに取り替える。	B	

表 - 5.8 バジュラ土木設備改修、修繕項目 (2)

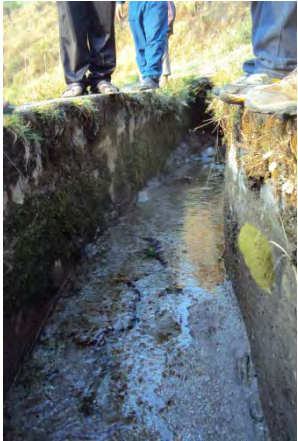
番号	変状および措置	判定 ランク	写真
6	✓ 沈砂池全体が経年により劣化し、側壁から漏水多い。 ● 沈砂池容量は十分であり、RCコンクリート造りとして、原形復旧する。	B	
7	✓ 沈砂池排砂ゲート全体が経年により老朽化、漏水多い。 ● 排砂ゲート取り替え	B	
8	✓ 沈砂池下流斜面崩落跡あり。現在、斜面安定。 ● 継続監視要。	S	
9 / 10	✓ 沈砂池下流 150m 区間、水路側壁、敷き劣化進行、また崩壊地から土砂流入約 40 m 区間あり。 ● 水路取り替え 150m、蓋 40m 区間設置	A~B	

表 - 5.9 バジュラ土木設備改修、修繕項目 (3)

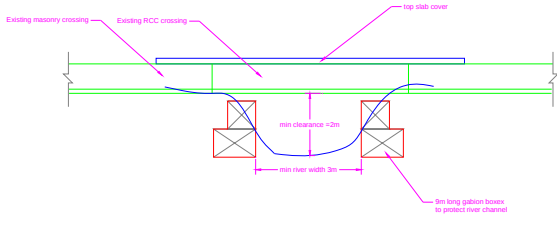
番号	変状および措置	判定 ランク	写真
11	✓ 水路内側の劣化に伴い、側壁から漏水が各所でみられる。延長約 200m。 ✓ 漏水以外の変状はない。 ● 側壁内面を防水修繕し、漏水を防ぐ。	B	
12	✓ 水路天端の石張りが欠落、越流がみられる箇所もある。欠落延長 340m。 ● 天端をコンクリートあるいは、石張りで修繕。	B	
13	✓ 溪流横断部の流水が出水時に土砂を伴い、水路へ流入する。溪流が水路に近接している。放置した場合、最悪、水路流失の可能性がある。 ● 溪流を護岸工で拡幅し、通水能力を高める。 ● 水路に蓋を設置し、土砂流入を防止する。	A	
14	✓ 水路に近接する山側、川側斜面に小崩落 6 か所あり。 - 降雨により崩壊した場合、水路閉塞あるいは、損傷をうける。 ● 斜面保護工による崩壊防止を行う。	B	

表 - 5.10 バジュラ土木設備改修、修繕項目 (4)

番号	変状および措置	判定 ランク	写真
15	✓ 水槽の石張りコンクリート基礎から漏水あり。漏水以外の変状はない。 ✓ 水槽容量は十分である。 ● 目詰めコンクリートの修繕要	B	
16 / 17	✓ スクリーンにゴミ付着。上下流水位差大きい。 ✓ 除塵装置はない。日常の点検時、ゴミ除去が望まれる。 ● 人力による除塵効率化のため、ポータブルレーキを設置する。	S	
18	✓ 水槽排砂ゲート漏水あり。経年による劣化進行し、開閉操作が十分行えない。 ● 経年劣化による変状であり、部分的な取り替えでは、対応できないため全取り替えが必要	B	
19	✓ 余水路からの流水による浸食が認められるが、付近住民への影響は現時点発生していない。 ● 継続監視	B～S	
20	✓ 水圧鉄管表面に錆こぶ、塗装皮膜の剥がれあり。 ✓ 小支台（サドル）基礎洗掘、支承部ひび割れあり。 ● 鉄管の劣化進行防止のため下地処理後、再塗装必要。 ● 変状のあるサドル 20 か所を新設し取り替える。 ● 伸縮継ぎ手を避けた位置にサドル移設。	A	

表 - 5.11 バジュラ土木設備改修、修繕項目 (5)

番号	変状および措置	判定 ランク	写真
21	✓ 小支台（サドル）支承部ひび割れあり。（写真） ● ひび割れはサドル位置が不適切なため発生。このため伸縮継ぎ手を避けた位置にサドル移設。	A	
22	✓ 崩落土砂によって鉄管埋没、表面に錆発生。 ✓ 放置した場合、鉄管に土砂からの超過外力発生し、構造が不安定になる可能性あり。 ● 鉄管周辺の崩落土砂を取り除き掘削斜面を保護。 ● 鉄管下地処理後、再塗装。	A～B	
23	✓ 村道が鉄管路を横断。埋没箇所の鉄管腐食が想定される。 ✓ 放置した場合、道路からの超過外力が作用し、構造が不安定になる可能性あり。 ● 鉄管周辺の土砂を取り除き掘削斜面を保護。 ● 横断道路は、鉄管路と絶縁した構造に変更。 ● 鉄管下地処理後、再塗装。	A～B	
24	✓ 水圧鉄管表面に錆こぶ、塗装皮膜の剥がれあり。 ● 鉄管の劣化進行防止のため下地処理後、再塗装必要。	B	

表 - 5.12 バジュラ土木設備改修、修繕項目 (6)

番号	変状および措置	判定 ランク	写真
25 / 28	建築 (発電所建屋) ✓ 窓枠が経年により老朽化。 ✓ 屋根が経年により、老朽化し、雨漏りによる修繕を繰り返している。 ● 屋根を改修することによって、雨水の侵入を防止し、発電機器の保護が必要。 ✓ 建屋壁の老朽化が進行し、余寿命が短い。 ✓ 入口が小さい。拡張必要。 ● このため周辺景観にもマッチする外壁の改修が望ましい。 ✓ 発電設備の維持管理に必要な室内照明設備がない。 ● 照明設備を設置する。 ✓ 発電所フロアは、機器取り替えに伴い、改修する。	B	 
32	✓ 放水路全体にわたり経年劣化による損傷あり。 ✓ 敷き、側壁の一部流出。 ● 放水路全体取り替える。	B	
33	✓ 放水路出口の護岸工基礎洗掘、一部流出。 ✓ 今後さらなる浸食により損傷が想定される。 ● 護岸工取り替え。	B	
その他	✓ 日々の発電運転業務のための事務所、仮眠室、休憩所を含んだ宿舍、資材保管用倉庫が不足し、業務効率が低下。 ● 保守、運転業務などの日常業務を支障なく行える施設が必要。	(A)	

表 - 5.13 シャルプダハ土木設備改修、修繕項目 (1)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
1	✓ 取水堰流出し、現存しない。 ✓ 流水の伏流あり。表流水に滯筋数条あり。 ● 次の2、3についての対策も同時に行える取水堰、取水口新設が提案される。	A	
2	✓ 取水堰流出に伴い、ネパール側で、河川正面から取水する仮設の取水口を建設。 ✓ 取水箇所の滯筋が変動するため、発電運転に必要な安定した取水量が確保できない。 ● 堰により滯筋を固定し、安定取水を図る。	A	
3 / 4 / 6	✓ 排砂ゲート全体が経年劣化し、漏水あり ✓ 水路に角落とし設備がないため、水路への流入水の遮断が行えず、維持管理に支障あり。 ● 排砂ゲート取り替え。ただし、取水口新設に伴いその位置を変更。 ● 角落とし用スロットを排砂ゲート上流に新設。	B	
5	✓ 水路約7m経年劣化により老朽化。 ✓ 漏水多。 ● 老朽化水路を取り除き、練石積み水路新設	A	
7	✓ 過去に斜面崩壊し、水路の付替えをネパール側で実施。 ✓ 現在も小崩落が継続し、水路が埋没状態。 ✓ 付替え水路は、斜面保護工がないため、斜面崩壊により、損傷を受ける可能性が高い。 ● 特に降雨による浸食防止の図れる斜面保護工を行う。	A	

表 - 5.14 シャルプダハ土木設備改修、修繕項目 (2)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
8	✓ 天端の高さに水面からの余裕がないが通水は可能である。 ✓ これらは下流狭窄部の影響である。この狭窄部はネパール側が崩壊対策として施工したものでありその撤去は困難。 ● 水路からの越流水が周辺地山に影響しないよう天端を嵩上げる。(次の示す項目 10 に含める)	B	
9	✓ 水路経年劣化に伴う、漏水 ● 状況に応じ、水路内側修繕もしくは、水路取り替え。(箇所点在し、延長約 65m)	B	
10 / 11	✓ 水路天端損傷および水路内損傷あり。 ✓ 水路全体に亘りコケ付着。 ● 敷きおよび天端修繕(箇所点在し各々約 65m)。もしくは、状況により水路取り替え。 ● 水路内全線を清掃。苔の除去によって通水能力を向上させる	B	
12	✓ 水槽排砂ゲート全体経年により劣化 ✓ スピンドル他損傷し、ゲート操作行えない。 ● 排砂ゲート、戸当たり 1 式取り替え。	B	
13 / 14	✓ スクリーンにゴミ付着。上下流の水位に大きな差がみられる。 ● 除塵装置はない。日常の点検時、ゴミ除去が望まれる。 ● 人力による除塵効率化のため、ポータブルレーキを設置する。	S	

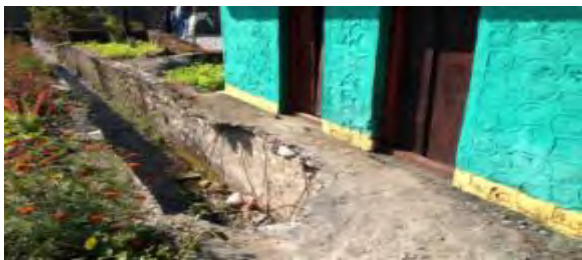
表 - 5.15 シャルプダハ土木設備改修、修繕項目 (3)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
15	✓ 水槽の石張り欠損、基礎部から漏水あり。漏水以外の変状はない。 ✓ 水槽容量には問題がない。 ● 目詰め修繕および石張り工による張替。	B	
16	✓ 水槽余水路石張り壁目地切れあり。 ✓ 余水路に水槽からの流水あり。 ● 目地切れ修繕および、その進行性を継続監視。	B	
17 / 18 / 19	✓ 余水路敷きクラック、漏水あり。 ✓ 現状では、付近斜面の崩落はみられない。 ✓ 恒常的な余水路の流水は灌漑用に利用されている。 ● 敷きクラック修繕。 ● 流水による周辺地盤への浸食拡大がもたらす周辺住民への影響について、継続監視。	B	 
20	✓ 4か所の小支台に目地切れあり。切れ幅最大 10cm、最小 1~2cm に達し、小支台が今後不安定になる可能性あり。 ● 小支台 4 か所すべて取り替える。	A	

表 - 5.16 シャルプダハ土木設備改修、修繕項目 (4)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
21 / 22	✓ 伸縮ジョイントより漏水 ✓ 鉄管表面塗装被膜剥離、錆こぶあり。 ● 鉄管の劣化進行防止のため下地処理後、再塗装必要。 ● ジョイント点検・修繕	B	
23	✓ 水圧鉄管表面に錆こぶ、塗装皮膜の剥がれあり。 ✓ 発電所直上流分岐管が露出状態で土中埋設。 ● 劣化進行防止のため下地処理後、再塗装必要。 ● 露出分岐部は、アンカーブロックから発電所までコンクリートによって被覆し、錆による鉄管劣化防止を図る。	B	

表 - 5.17 シャルプダハ土木設備改修、修繕項目 (5)

番号	変状および措置について	判定 ランク	写真
24 / 25	✓ 放水路敷き剥離、側壁目地切れあり。 ● 敷き、側壁修繕	B	
26	✓ 放水路出口の護岸工基礎洗掘、一部流出。 ✓ 今後さらなる浸食により損傷の拡大想定される。 ● 護岸工取り替え。	B	
27 / 28 / 29	建築（発電所） ネパール側の維持管理が行き届いているが、全体的に老朽化が進行し、修繕を繰り返している。このため、次の措置が必要である。 ✓ 窓枠が老朽化。 ✓ 屋根が老朽化し、雨漏りによる修繕を繰り返している。 ● 屋根を改修することによって、雨水の侵入を防止し、発電機器の保護が必要。 ✓ 建屋壁の老朽化が進行し、余寿命が短い。 ✓ 入口が小さい。拡張必要。 ● 周辺景観にマッチする外壁の改修が望ましい。 ✓ 室内照明設備が機能していない。 ● 照明設備を設置する。 発電所フロアーは、機器取り替えに伴い、改修する。	B	 
その他	✓ 日々の発電運転業務のための事務所、仮眠室、休憩所を含んだ宿舎、資材保管用倉庫が不足し、業務効率が低下。 ● 保守、運転業務などの日常業務を支障なく行える施設が必要。	(A)	

5-3 各発電所の土木設備修繕数量一覧

バジャン、バジュラ、シャルプダハの各発電所の取水口を除く既存土木設備修繕に必要な工事数量は、次表のとおりである。詳細は数量計算書に示した。

表 - 5.18 各発電所の土木設備修繕数量

工種	単位	バジャン	バジュラ	シャルプダハ	合計
既設水路コンクリート掘削除去	m ³	12	0	16	29
既設練石積掘削除去	m ³	63	155	94	313
堆積土砂除去	m ³	380	0	0	380
既設排砂ゲート撤去	Ls	1	2	0	3
既設沈砂池および水槽排砂ゲート取り替え	Ls	2	2	1	5
木製角落しゲート新設	unit	1	1	1	3
木製角落しゲートスロット取付け(H-100)	kg	34	41	30	105
蛇籠工 (水路、斜面、放水路出口他)	m ³	229	578	710	1,517
コンクリート表面はつり 5cm	m ²	118	298	109	525
露出箇所型枠工 (F2)	m ²	93	144	15	252
コンクリート(Type-E)	m ³	23	65	9	97
鉄筋 (30kg/m3 仮定)	kg	690	1,923	270	2,883
練石積工	m ³	63	140	94	296
ひび割れ、目地切れ修繕	m	90	20	20	130
ハンドレーキ (ポータブル)	Ls	1	1	1	3
鉄管下地処理、塗装		機械工事に含む			
小支台プレート取り替え	kg	0	592	118	710
普通土掘削 (掘削面処理含む)	m ³	9	668	588	1,266
盛土、埋め戻し	m ³	0	41	198	239
ジオテキスタイル (不織布)	m ²	12	130	1,495	1,637
植生工	m ²	0	0	1,320	1,320
プラスターモルタル (ワイヤーメッシュ入り)	m ³	5	7	4	16
石張り工	m ³	0	56	1	57
水路清掃、苔除去	m ²	0	1,540	840	2,380

6. 地形測量結果

本準備調査における地形調査は、迅速な設計開始のため、調査団員による簡易測量をバジャン地点で実施し、その後の設計作業に必要な資料としてローカルコンサルタントによる詳細な測量調査を実施した。

現地再委託による測量内容は、次表のとおりである。測量範囲については、第1次調査実施時に設定したがその後、現地条件に合致するよう調整し、最終的な実施数量を表のとおりとした。

測量図面は、巻末図面集に収録した。

表－6.1 測量調査項目

現地再委託項目	バジャン	バジュラ	シャルプダハ
基準点設置 (箇所)	4	6	3
地形測量 (ha)	2.396	1.049	2.086
水路縦断測量 (m)	1,100	2,523	1,850
河川、水路、水圧管路横断測量 (m)	1,500	1,500	1,500
1/200~1/100 地形図作成	1 式		
縦横断図作成	1 式		
調査報告書作成 (英文)	1 式		

測量作業の詳細は、別添英文参考資料中の設計報告書に示した。

7. 地質調査結果

計画3地点について、水路経過地の地質踏査を実施し、全体的な地質状況を確認した。また取水堰地点では河床材料を採取し、その粒度を分析した。今回実施した地質調査の詳細については、別添英文参考資料中の設計報告書に示した。

7-1 全体地質概要*

ネパールは地形地質的には、北から南へハイヒマラヤ（標高 3000～8000m）、レッサーヒマラヤ（1000～3000m）、サブヒマラヤ(300～1000m)、タライ(100～300m)、の4地帯に分かれる。計画地点は、ネパール西部バジャン郡（バジャン小水力発電所）、バジュラ郡（バジュラ小水力発電所）、ルクム郡（シャルプダハ小水力発電所）に位置し、図-7.1 ネパールの地形地質区分に示すレッサーヒマラヤ地帯に属する。図-7.1 および図-7.2 のMCT (Main Central Thrust) はヒマラヤ山脈を 8000m まで高度まで上昇させている断層帯の一種である。断層付近は片麻岩や花崗岩を伴って変成作用を生じている。また、MBT (Main Boundary Thrust)は、急傾斜の逆断層で現在も活動中と考えられている。

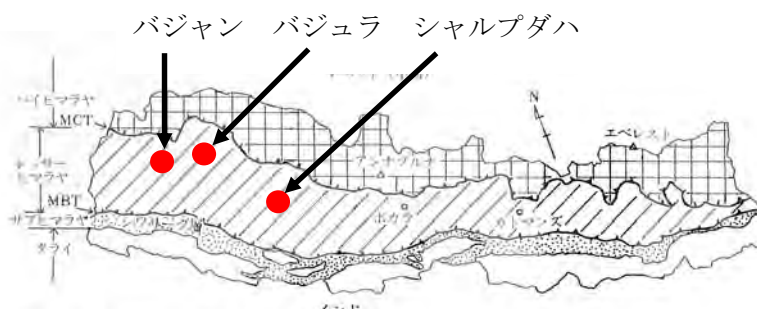


図 - 7.1 ネパールの地形地質区分

* ヒマラヤの国ネパール（産業技術研究所、中嶋輝允）から編集した。

これらの成因は、ヒマラヤ造山運動の視点から、図 - 7.2 に示す各段階が考えられている。すなわち、

1. インド洋の海洋プレートが白亜紀に動き始め、インド大陸が北へ移動。
2. インド大陸がユーラシア大陸と衝突し、ティーチス海が消滅し、ティーチス海の堆積が始新世を最後に終了。
3. 海洋プレートの運動が、インド大陸の地殻に変形と破壊を発生させ、その過程で MCT が形成され、変成作用による変成帯が、漸新世から中新世初期に形成された。
4. その後 MCT の下方に MBT を生じながら、中新世後期から更新世にかけて地殻の上昇、変成作用、シワリク層（丘陵）の堆積が発生した。

レッサーヒマラヤ地帯は、ネパール南方で丘陵を形成するシワリク層と北方のハイヒマラヤ地帯に囲まれ、北側が MCT、南側を MBT で隔されている。構成する岩石は、地質時代の先カンブリア代から第 3 紀の堆積岩、変成岩であり、石灰岩、粘板岩、千枚岩、砂岩、などがみられる。

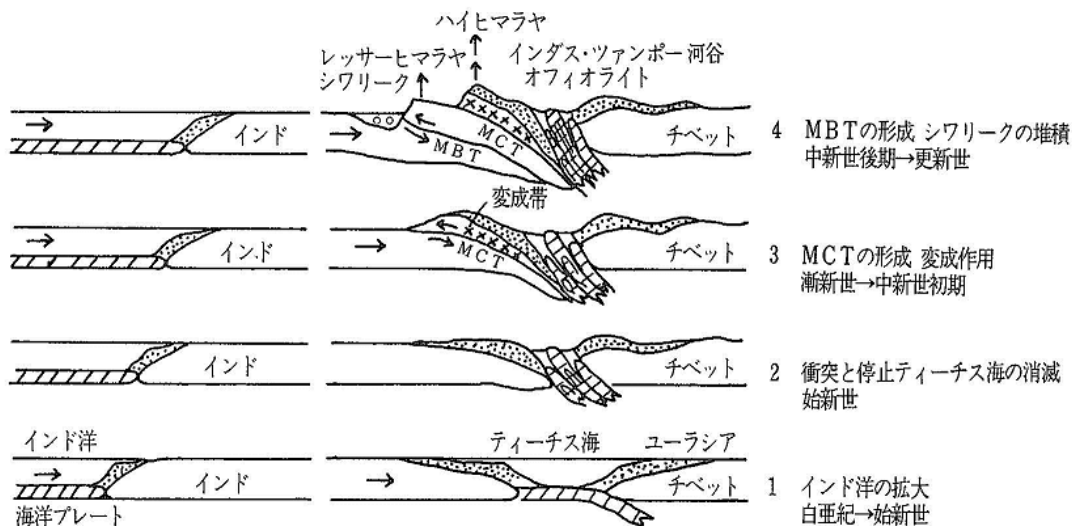


図 - 7.2 インド洋の拡大とヒマラヤ造山運動

プロジェクトサイトの地質

7-2 各地点の地質概要

(1) バジャン

サイトでみられる岩石は石灰岩、粘板岩、砂岩、千枚岩

a. 取水口地点

- 河床勾配；約 1/21
- 河床部；5m 以下の転石点在、露頭なし。
- 河床堆積物に細粒分見られず、30cm を超える巨礫が地表面より 50cm 下方に分布。(図-7.6 参照)
- 河床幅 30~40m。

地質時代	インド北部	サブヒマラヤ	レッサーヒマラヤ	ハイヒマラヤ
新生代	白亜紀 始新世 漸新世 中新世	シワリク層 デカントラップ堆積物	ダンセン層群	
中生代	白亜紀 ジュラ	ゴンドワナ堆積物	クローラ層堆積物？ (地表に露出しない)	ティーチス海堆積物
古生代	石炭 デボン シルル オルドビス カンブリア	インド盾状地堆積物 (地表に露出しない)	ゴンドワナ？ ナワコット層群	
先カンブリア代				

図 - 7.3 ヒマラヤの地質

- ・ 右岸部；灰白色の弱風化、硬質砂岩が分布。
- ・ 左岸部；崩壊斜面が取水口から上流地点へ分布。

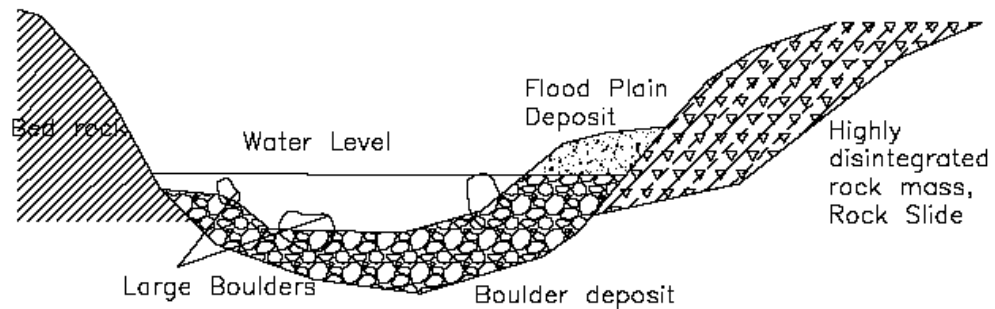


図 - 7.4 取水地点の地質構成（縮尺なし）



図 - 7.5 取水地点（下流より上流望む）

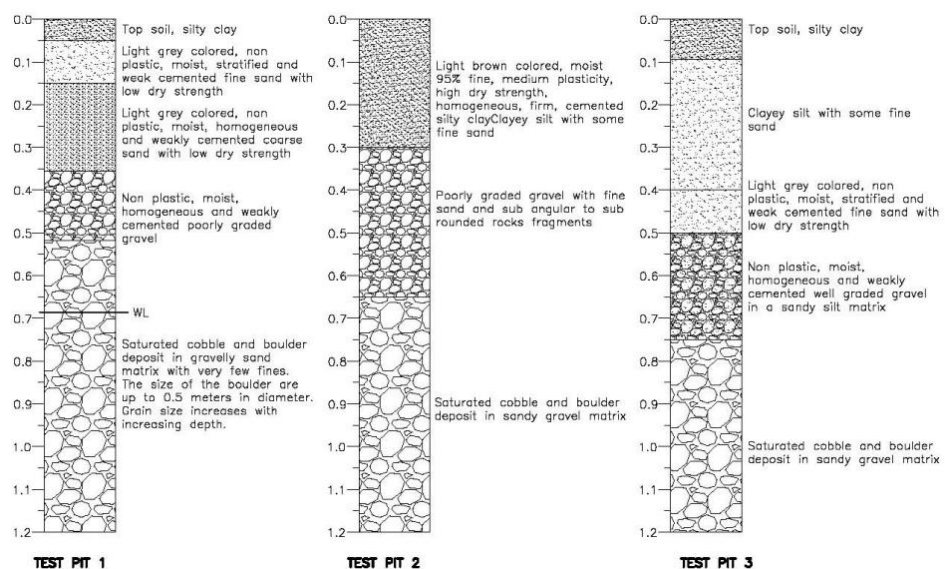


図 - 7.6 河床材料調査結果（取水地点左岸 test pit 1, 右岸 test pit 2, および上流左岸 test pit 3）

b. 導水路

- 水路始点から約 150m 崖錐堆積物上を開渠通過。
- その下流は粘板岩の岩屑からなる崩壊地（写真、幅 250m、高さ 100m）を蓋渠が通過。
- 崩壊地下流から水槽まで、厚さ 20m 以上の緩傾斜河岸段丘を通過。
- 段丘は水路全長の約半分を占め耕作地として利用。山側斜面安定。



図 - 7.7 大規模崩壊地（水路始点より 185m~420m）



図-7.8 水路中間区間（経過地山側斜面安定）

c. 水槽、水圧鉄管路

- 河岸段丘上に建設。
- 水槽山側斜面は傾斜約 25° 耕作地として階段状に開墾され、安定している。
- 河岸段丘は暗灰色、中位の硬さ、粘性が低い風化土である。湿潤かつ粘板岩岩片を混入している。

d. 発電所、放水路

- Jeuli Gad 川によって形成された、段丘上に建設。
- 段丘は 1m 以下の垂円状転石、玉石、砂利と間隙をシルトが充填している。全体の 60～70%を粗粒分が占めている。透水性は高く、層厚は約 5m 以上。



図-7.9 水槽、鉄管路、発電所、放水路 (付近斜面安定)

(2) バジュラ

サイトでみられる岩石は砂岩、千枚岩

a. 取水口地点

- 河床勾配；約 1/12
- 河床部；5m 以下の転石点在、露頭なし、河床堆積物に細粒分なし、30cm を超える巨礫が地表面より 20~40cm 下方に分布。河床幅約 25m~30m。
- 右岸部、左岸部；安定した急崖を形成、暗緑色の弱風化で硬質な千枚岩が分布。走行傾斜 S30~35° E20~25°。

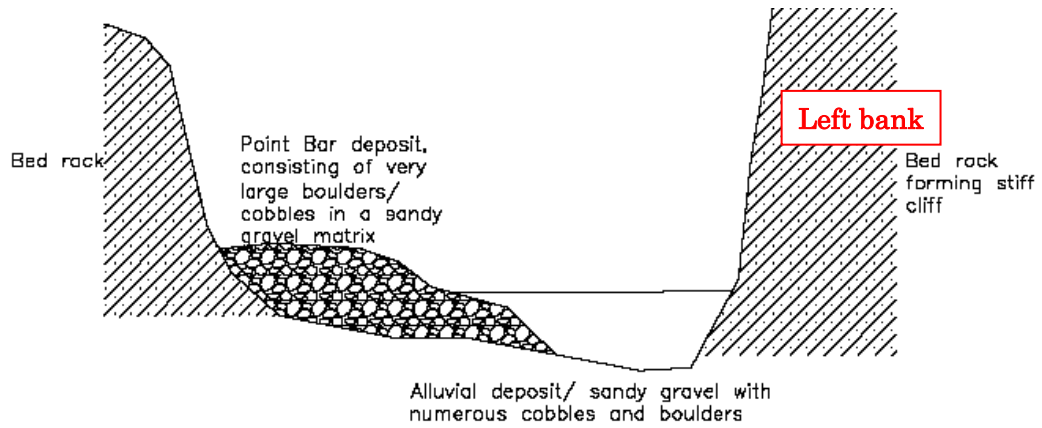


図-7.10 取水口地点の地質構成（縮尺なし）



図 - 7.11 バジュラ 取水口地点（下流吊橋より上流望む）

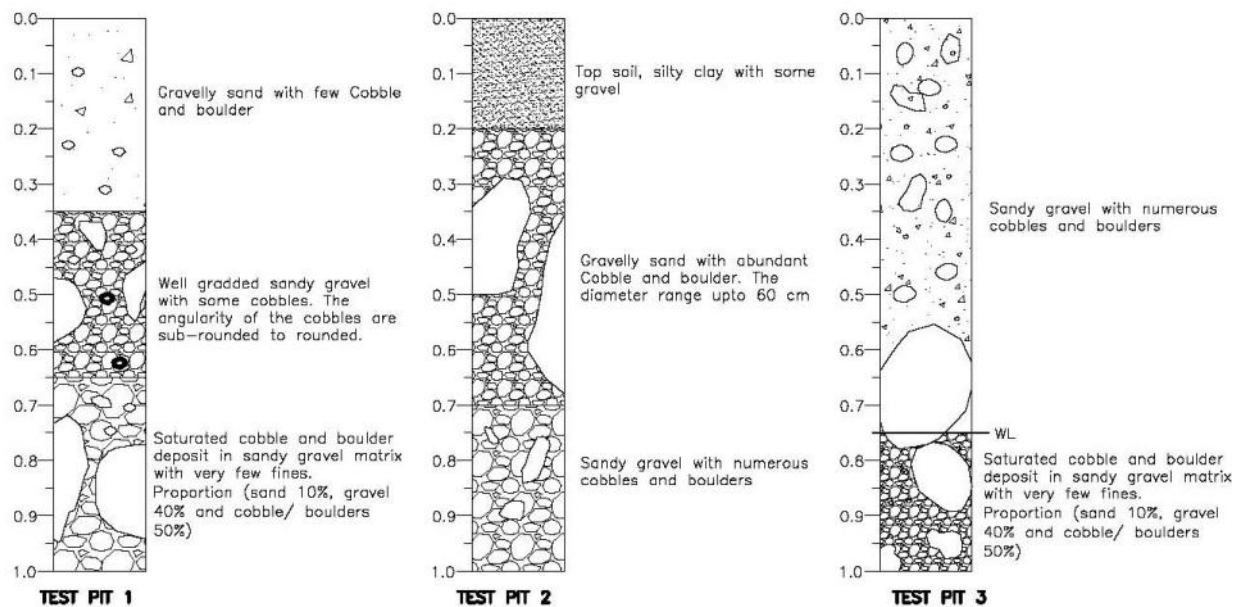


図 - 7.12 河床材料調査結果

(取水地点右岸下流 50m test pit 1, 同洪水氾濫 test pit 2, 同左岸 test pit 3)

b. 導水路

- 水路は緩傾斜で安定した沖積堆積物上を通過
- 経過地の急崖錐は植物根によって全体的に安定。所々に小規模な崩壊がみられる。
- 住宅地を蓋渠通過。緩傾斜、厚さ 10m 以上、安定した風化堆積物上を通過。



図 - 7.13 水路経過地緩傾斜面

図 - 7.14 斜面崩落箇所
(1,080~1,095m) 迂回水路建設済

c. 水槽

- 暗灰色、中位硬さの安定した厚さ 20m 以上の風化堆積物上に建設。
- 風化堆積物は、暗灰色、中位の硬さ、粘性が低い風化土。湿潤かつ風化岩岩片を混入。
- 水槽上下斜面傾斜 30° および 25°。露頭なし。

d. 水圧鉄管路

- 全長 690m の約 1/3 は水槽と同じ地質。後半の 460m は千枚岩の露頭がある急峻な尾根を通過。両斜面は安定。



図-7.15 水槽付近斜面安定（住宅地写真左）

e. 発電所、放水路

- 発電所、放水路は Bauli Gad 川の氾濫原堆積物上（層厚 5m 以上）に建設。発電所上流河岸に崩落あり。
- 堆積物は 1m 以下の垂円状転石、玉石、砂利およびその間隙がシルトで充填
- 細粒分と粗粒分の構成比率は、およそ 3:7。地盤の透水性高い



図-7.16 水圧鉄管路、発電所、放水路

(2) シャルプダハ

全体位置を図 - 7.17 に示す。

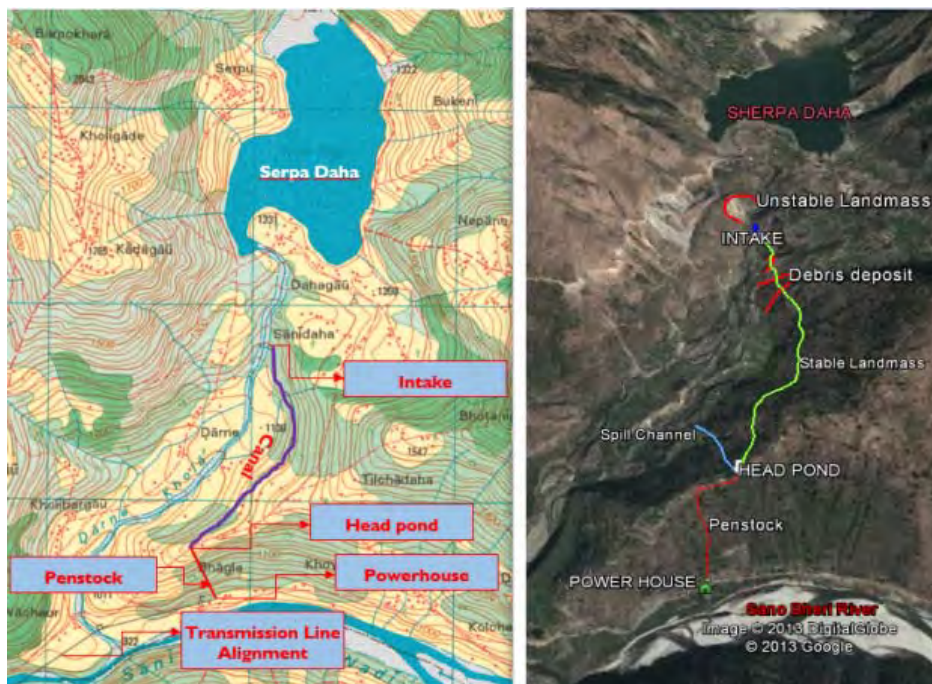


図 - 7.17 シャルプダハ 全体地形図 (1/50,000 を編集) 鳥瞰 (Google Earth)

サイトでみられる岩石は石灰岩、砂岩、千枚岩

a. 取水口地点

- ・ 上流 500m に自然の堰止め湖あり。その伏流水は取水地点上流で数条の表流水になる。
- ・ 河床勾配；約 1/4.5
- ・ 河床部；5m 以上の転石点在、基岩露頭ない。河床堆積物に細粒分なし。
- ・ 右岸部および左岸部；崩壊土砂堆積



図 - 7.18 シャルプダハ取水口地点



図 - 7.19 シャルプダハ取水口下流左岸、水路橋によって不安定斜面を迂回

b. 導水路

- 上流側 30% (約 380m) は崩積土 (S70° W/46° 斜面) を通過。下流側 70%(890m) は、30~40° 傾斜の安定した風化堆積物上を通過。
- 水路を横断する幅 50m、高さ 60m の崩落箇所 (160~210m 地点 岩屑、砂質シルト斜面) 不安定。要対策。



図 - 7.20 崩落箇所 (160~210m, 岩屑、砂質シルト) 蓋渠上に崩落土砂堆積



図 - 7.21 水路経過地上流部の崩積土斜面

c. 水槽

- ・ 茶灰色で中位の硬さの安定した風化堆積物上に建設
- ・ シルト質粘土、細粒分 80%程度、円礫混入、粘着力中～低



図 - 7.22 水槽および発電所付近

d. 鉄管路

- ・ 茶灰色で中位～低位の硬さの安定した風化堆積物上に建設
- ・ 水槽からの漏水が余水路を流下し、その影響を受け 1998 年崩落あり。
- ・ 0~150m 尾根部を通過。以降、安定した森林帯斜面を下る。風化堆積物の厚さは下流側で減少傾向、発電所付近にのみ S55° / W40° 露頭あり。

e. 発電所、放水路

- ・ 発電所、放水路は Sano Bheri 川の氾濫原堆積物上（層厚 5m～7m）に建設
- ・ 堆積物は 3 層からなり、各々 1m 以下の垂円状転石、玉石、砂利および砂で構成
- ・ 細粒分と粗粒分の構成比率は、およそ 3:7



図 - 7.23 放水路出口氾濫原堆積状況

8. 数量総括表

バジャン、バジュラ、シャルプダハの各発電所について、取水口転流工事、取水口本体工事、および既存土木設備修繕に必要な工事数量は次表のとおりである。詳細は数量計算書に示した。

表 - 8.1 取水口転流工事

工種	単位	バジャン	バジュラ	シャルプダハ	合計
掘削面処理（伐根、清掃）	m ²	3,128	1,024	1,652	5,803
掘削（普通土）	m ³	213	247	264	724
掘削（岩塊）	m ³	53	62	66	181
仮設取水路延長	m ³	146	131	154	431
1次仮締切蛇籠工 (1)	m ³	446	410	551	1,407
1次締切り土嚢	m ³	180	149	194	523
1次仮締切蛇籠工 (2)	m ³	798	321	361	1,480
1次仮締切盛土埋戻し（転圧含む）	m ³	817	296	404	1,517
1次瀬替え工	m ³	300	878	410	1,588
既設取水口撤去	m ³	146	131	154	431
1次締切り堤撤去	m ³	1,137	898	1,228	3,263
2次瀬替え工	m ³	200	200	200	600
2次仮締切蛇籠工	m ³	248	96	156	500
2次締切り土嚢	m ³	100	40	60	200
2次締切り堤撤去	m ³	371	128	218	717

表 - 8.2 取水口本体工事(1/2)

工種		単位	バジャン	バジュラ	シャルプ [°] ダハ	合計
掘 削 工	掘削面処理（伐根、清掃）	m ²	1,138	551	801	2,490
	掘削（普通土）	m ³	1,391	651	1,002	3,044
	掘削（岩塊）	m ³	341	157	243	741
	基礎工（砕石敷均し）	m ³	86	45	67	198
	玉石裏込め	m ³	233	123	149	505
	発生土裏込め	m ³	63	35	40	138
コ ク リ ー ト	コンクリート（G）レベリング	m ³	22	11	17	50
	コンクリート(E)	m ³	1,222	751	925	2,898
	コンクリート(B)	m ³	9	4	6	19
	型枠(F1)	m ²	1,086	663	786	2,535
	型枠(F2)	m ²	110	75	94	279

表 - 8.2 取水口本体工事(2/2)

工種		単位	バジヤン	バジュラ	シャルプダハ	合計
コンクリート	ダウエルバーD22,1.0m	nos.	140	46	116	302
	型枠剥離材	m ²	101	35	84	220
	止水板（水膨張式）	m	70	23	58	151
	鉄筋	ton	32	21	26	79
その他	蛇籠工	m ³	923	519	739	2,181
	バースクリーン	m ²	44	17	33	94
	ストップログ	nos.	3	2	3	8
	不織布（止め金具付き）	m ²	42	135	131	308
	水抜きパイプ PVC-50	m ³	46	36	23	105
	手摺延長（H=1.2m）	m	54	39	48	142
	足掛け金物	nos.	19	18	15	52
	練石積工	m ²	230	84	96	410
	石張り	m ²	780	427	584	1,791
	ロックボルト D25,2m	m	47	23	32	102

表 - 8.3 既存土木設備修繕工事

工種	単位	バジヤン	バジュラ	シャルプダハ	合計
既設水路コンクリート掘削除去	m ³	21	9	32	62
既設練石積掘削除去	m ³	63	155	94	313
堆積土砂除去	m ³	380	0	0	380
既設排砂ゲート撤去	Ls	1	2	0	3
既設沈砂池および水槽排砂ゲート取り替え	Ls	2	2	1	5
木製角落しゲート新設	unit	1	1	1	3
木製角落しゲートスロット取付け(H-100)	kg	34	41	30	105
蛇籠工 (水路、斜面、放水路出口他)	m ³	113	600	624	1,337
コンクリート表面はつり 5cm	m ²	118	298	109	525
露出箇所型枠工 (F2)	m ²	93	144	15	252
コンクリート(Type-E)	m ³	23	65	9	97
鉄筋 (30kg/m ³ 仮定)	kg	690	1,920	270	2,880
練石積工	m ³	63	140	94	296
ひび割れ、目地切れ修繕	m	90	20	20	130
ハンドレーキ (ポータブル)	Ls	1	1	1	3
鉄管下地処理、塗装		機械工事に含む			
小支台プレート取り替え	kg	0	592	118	710
普通土掘削 (掘削面処理含む)	m ³	36	668	578	1,282
盛土、埋め戻し	m ³	0	41	198	239
ジオテキスタイル (不織布)	m ²	62	130	1,457	1,649
植生工	m ²	0	0	1,320	1,320
プラスターモルタル (ワイヤーメッシュ入)	m ³	5	7	4	16
石張り工	m ³	0	56	1	57
水路清掃、苔除去	m ²	0	1,540	840	2,380

資料-6 参考資料

ネパール国

西部地域小水力発電所改善計画準備調査

水文水理解析に関する参考資料

平成 26 年 3 月

日本工営株式会社

1. 水文水理解析の概要

ネパール国西部に位置する、①Bajhang、②Bajura、③Syarpudaha の 3 つの水力発電所取水サイトにおける設計洪水流量および転流工の設計洪水流量を検討する。

設計洪水流量を検討するにあたり、降雨特性を把握し対象 3 サイトの確率雨量を算定する。確率雨量を用いて流出解析により対象 3 サイトの設計洪水流量を算定した。

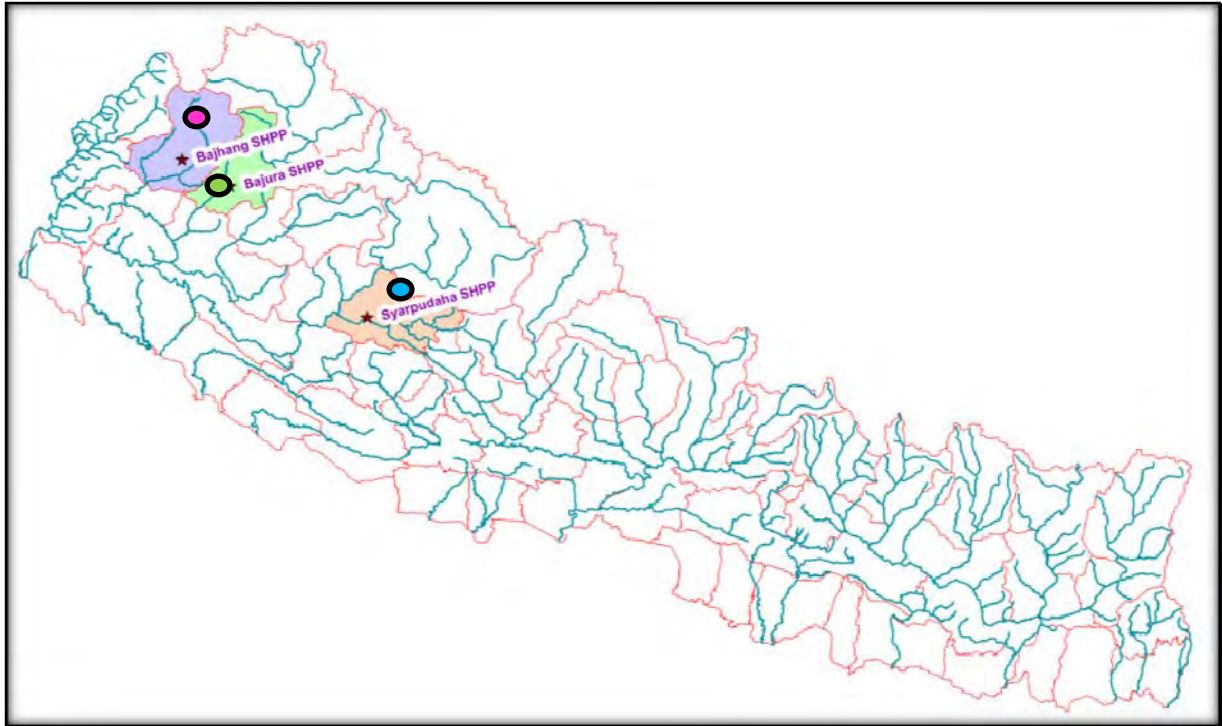


図 1.1 プロジェクト対象位置図

調査対象となる既設水力発電所の発電使用水量を表 1.1 に示した。流域面積の大きい Bajhang の使用水量は $0.415\text{m}^3/\text{s}$ で Bajura、Syarpudaha の $0.054\text{ m}^3/\text{s}$ と比べると 7 倍以上多い水量を利用している。

表 1.1 対象水力発電所使用水量

Site	Catchment Area in (km ²)	Power Generation Intake Water (m ³ /s)	Remarks
① Bajhang	104.0	0.415	
② Bajura	27.3	0.054	
③ Syarpudaha	40.8	0.054	

(1) Bajhang

図 1.2 に Bajhang の流域図を示した。3 サイトの中で最も北西部に位置し、流域面積が約 104 km²と最も大きい。流域で最も高い標高は 5,056m、最も低い標高は 1,625m であり、平均的な標高は 2,000m 以上を示すことが流域図より概略的に判読できる。

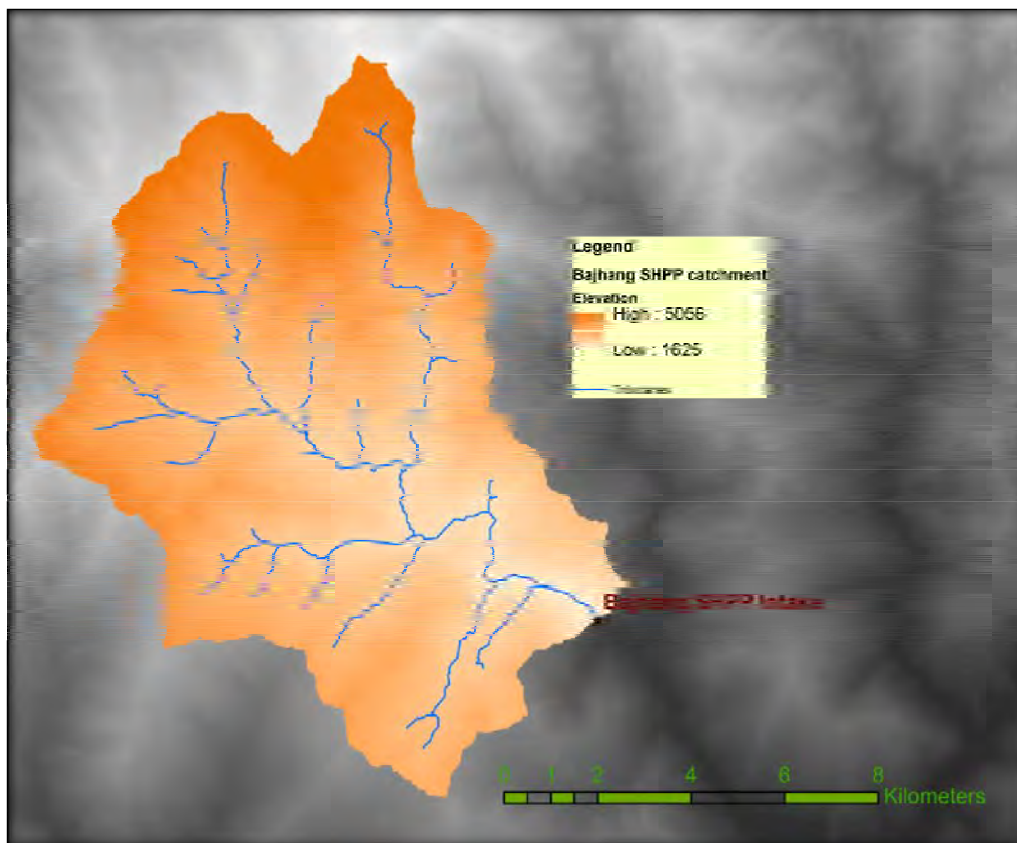


図 1.2 流域図 (Bajhang SHPP)

表 1.2 流域高度分布表 (Bajhang SHPP)

Elevation below (masl)	Catchment (km ²)
1,600	0
1,800	1.25
2,200	11.38
2,600	33.45
3,000	59.84
3,400	78.15
3,800	91.05
4,000	95.86
4,200	99.65
4,400	102.86
4,600	104.88
4,800	105.54
5,000	105.72
5,200	105.75

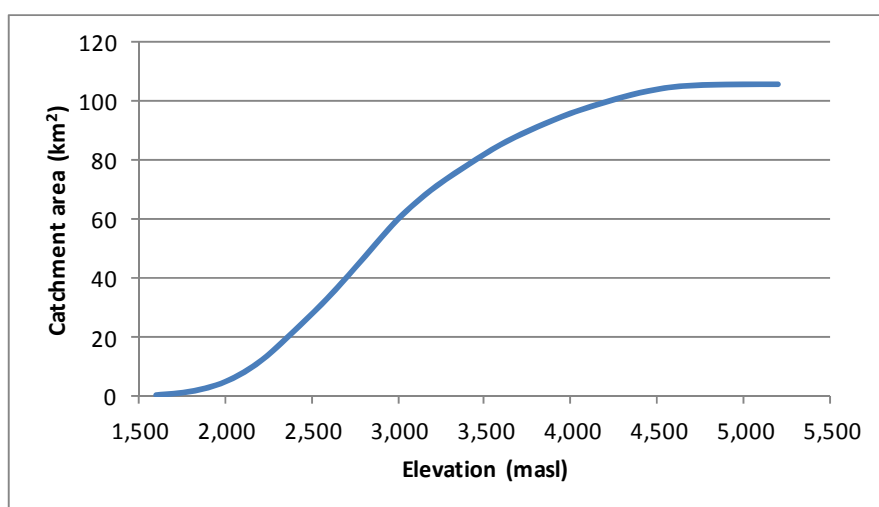


図 1.3 流域高度分布グラフ (Bajhang SHPP)

(2) Bajura

図 1.4 に Bajura の流域図を示した。Bajhang に隣接する南側で 3 サイトの中で中間に位置し、流域面積が約 27 km²と最も小さい。流域で最も高い標高は 4,114m、最も低い標高は 1,622m であり、平均的な標高は 2,000m 以上を示すことが流域図より概略的に判読できる。

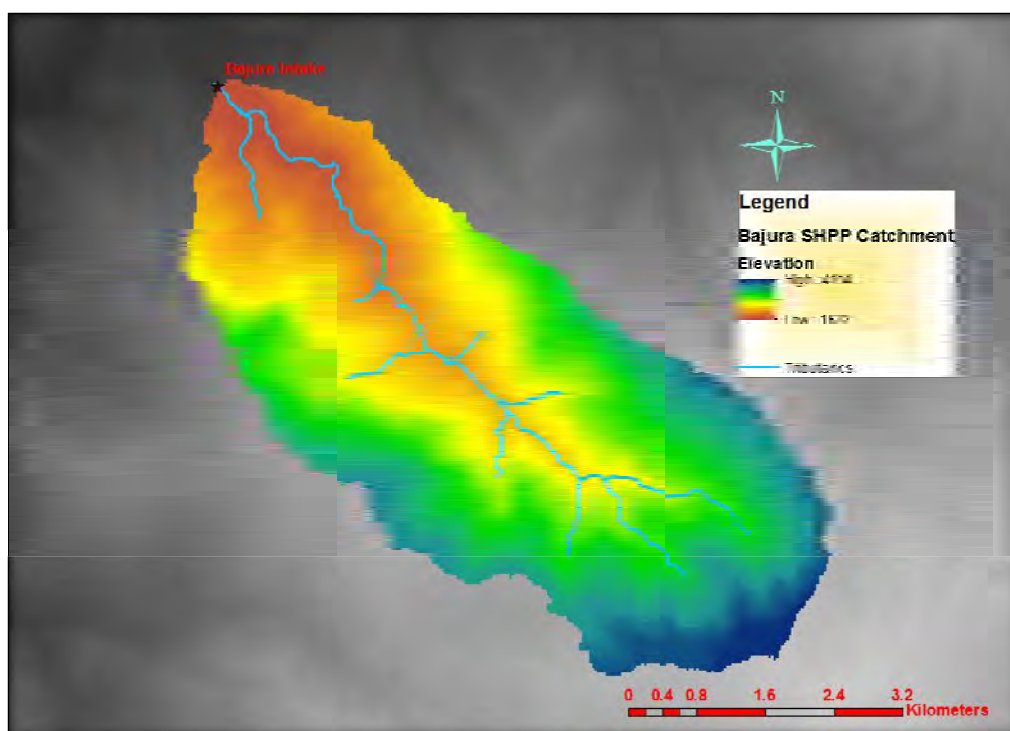


図 1.4 流域図 (Bajura SHPP)

表 1.3 流域高度分布表 (Bajura SHPP)

Elevation (masl)	Catchment area (km ²)
1,600	0
1,800	0.39
2,000	1.64
2,200	3.62
2,400	5.92
2,600	8.67
2,800	12.00
3,000	15.40
3,200	18.70
3,400	21.77
3,600	24.53
3,800	26.02
4,000	26.78
4,200	26.89

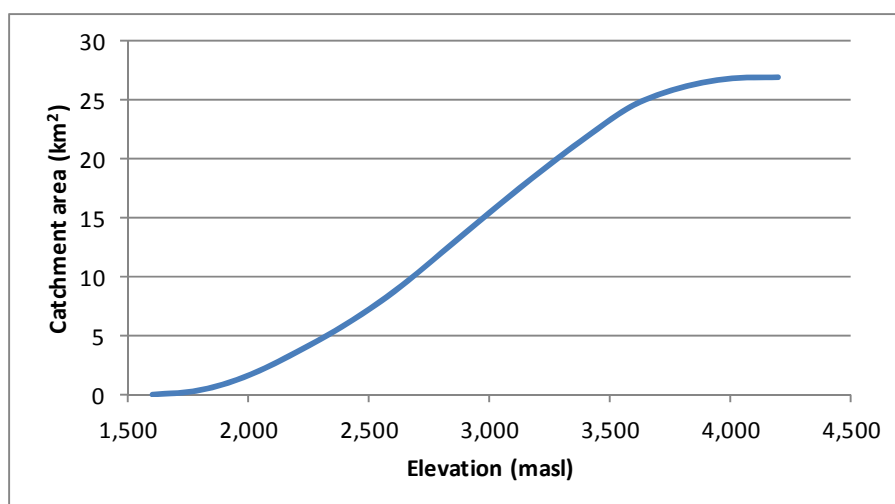


図 1.5 流域高度分布グラフ (Bajura SHPP intake area)

(3) Syarpudaha

図 1.6 に Syarpudaha の流域図を示した。ネパール西部の東側で 3 サイトの中で最も南東部に位置し、流域面積が約 40km² と 3 サイトの中で中間の大きさである。流域で最も高い標高は 3,671m、最も低い標高は 1,215m であり、平均的な標高は 2,000m 以上を示すことが流域図より概略的に判読できる。

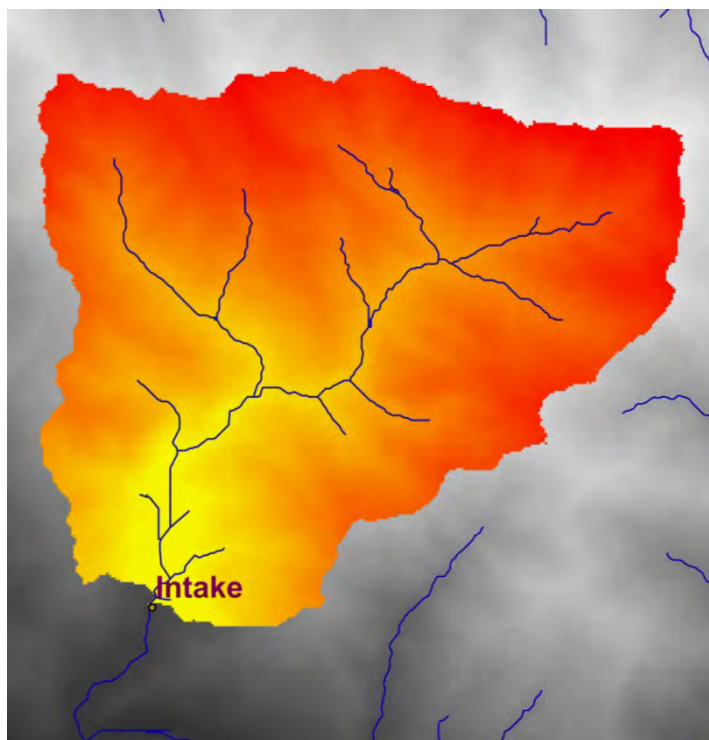


図 1.6 流域図 (Syarpudaha SHPP)

表 1.4 流域高度分布表 (Syarpudaha SHPP)

Elevation (masl)	Catchment area below
	(km ²)
1,200	0
1,400	1.66
1,600	3.32
1,800	5.83
2,000	8.92
2,200	12.81
2,400	17.71
2,600	22.93
2,800	27.83
3,000	32.27
3,200	36.77
3,400	39.60
3,600	40.59
3,800	40.72

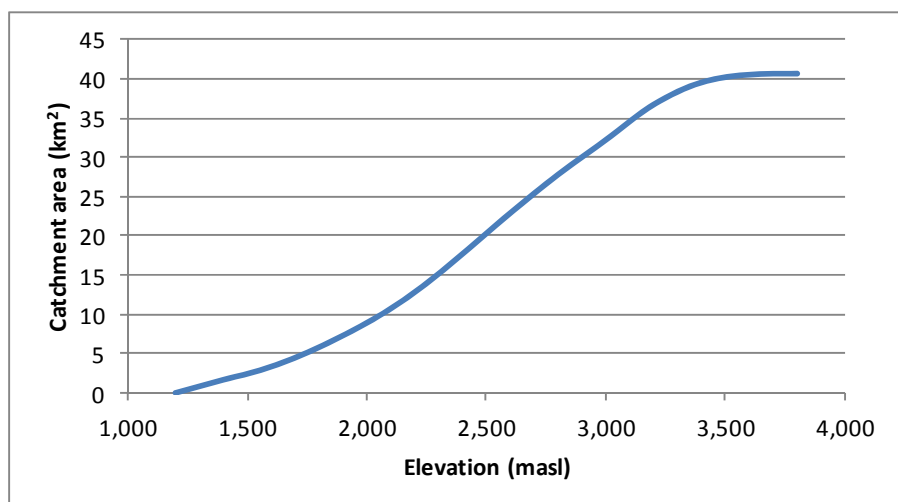


図 1.7 流域高度分布グラフ (Syarpudaha SHPP)

2. 降雨解析

対象 3 サイトが位置するネパール西部地域の降雨特性を把握し、対象サイトの流域特性を考慮した降雨解析により確率雨量を算定した。

2.1. ネパール国西部地域の降雨特性

ネパールの地形は主に、南部のインド平原に続くタライ (Terai) 平原、中間の山間部、北部の山岳部 (ヒマラヤ) に分けられる。標高差は、世界最高峰のエベレスト (8,848m) からタライ平原の標高 100m 弱までと、8,700m 以上を示す。ネパールでは北部ヒマラヤ地域の山岳寒冷地域から南部タライ平原の亜熱帯地域まで、様々な気候帯が標高に応じて分布している。その大部分は亜熱帯モンスーン気候下にあり、6～9 月までの雨季と 10～5 月までの乾季に分かれる。この雨季に年降水量の約 80%が集中し、最も雨量が多いのは 7-8 月、最も乾燥するのは 11-12 月である。

夏のモンスーンは Bangle Bay から西へ進み、東から進む風のため、湿度の傾きが減少するので、夏のモンスーンシーズンでは通常、西部のほうが東部より雨が少ない。冬のモンスーン (アラビア海を起源とする)は冷たい空気を運んでくる。

2.2. 水文観測

対象 3 サイトの水文量を把握するため、ネパール気象局 DHM (Department of Hydrology and Meteorology) からサイト近傍の流量観測及び雨量観測データの収集整理を行い、流量特性、降雨特性について検討を行い、観測所それぞれの特性を把握した。

2.2.1. 流量観測

図 2.1 に対象サイト周辺のネパール流量観測地点位置図を示す。ネパールの流量観測で観測が行われているのは、大河川本川筋しか観測されておらず、対象サイトのような支川の流量観測は行われていない。

大河川本川筋の場合、流域面積が大きく降雨発生から洪水到達まで長時間かかることや、上流域、下流域、支川の降雨分布が変化するなどにより、流出特性が小流域と大きく異なる。そのため、対象 3 サイトである小流域への観測流量データの適用はできないと判断し、降雨から流量への換算を行うものとした。

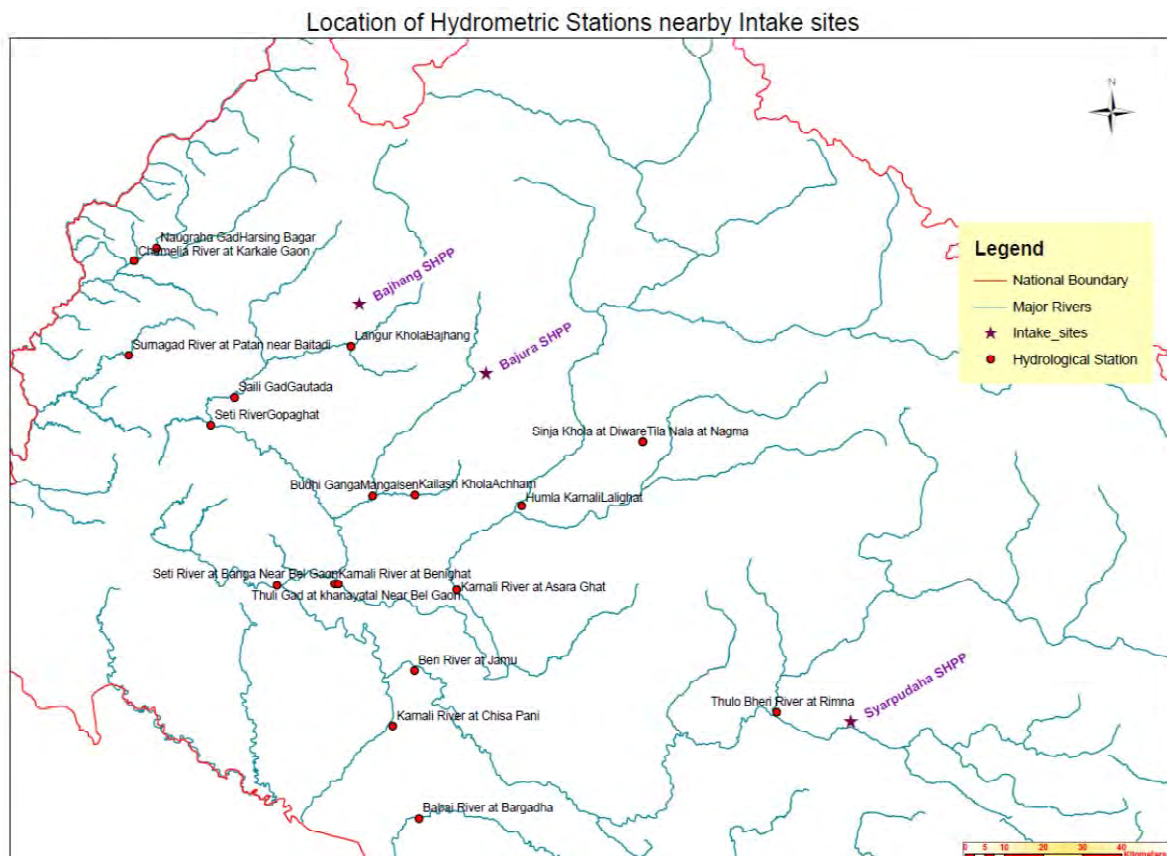


図 2.1 流量観測地点一覧

2.2.2. 雨量観測

対象 3 サイトに適用する雨量観測所を選定するため、図 2.2 に対象 3 サイトの位置とネパール全体の雨量観測地点の位置を地形図上に重ねてティーセン分割を行った。基本的に各サイト流域がティーセン分割内に存在する雨量観測所を選定する。

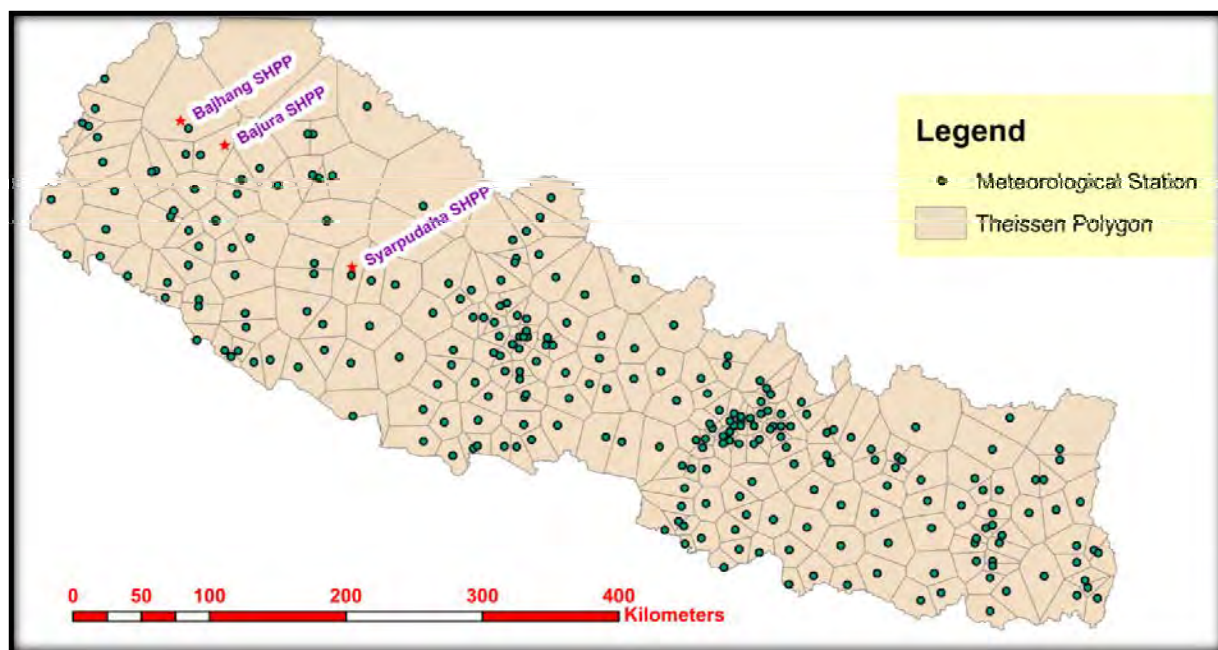


図 2.2 ティーセン分割図

(1) Bajura SHPP

Bajura SHPP 近傍の雨量観測所は全部で 6 箇所選定される。この中で同一水系内に位置し、ティーセン分割内に存在する Bajura (0204) 観測所を選定した。なお、流域がティーセン分割を跨いで Bijaypur (309) 観測所が存在するが、尾根を挟んだ別水系であり、降雨特性が異なると考えられることから除外した。

表 2.1 Bajura 流域周辺の雨量観測所

Station No.	Name	Latitude	Longitude	Elevation
0202	Chainpur (west)	29.55	81.21	1304
0204	Bajura	29.38	81.31	1400
0211	Khaptad	29.38	81.20	3430
0305	Sheri ghat	29.13	81.60	1210
0308	Nagma	29.20	81.90	1905
0309	Bijaypur (Raskot)	29.23	81.63	1814

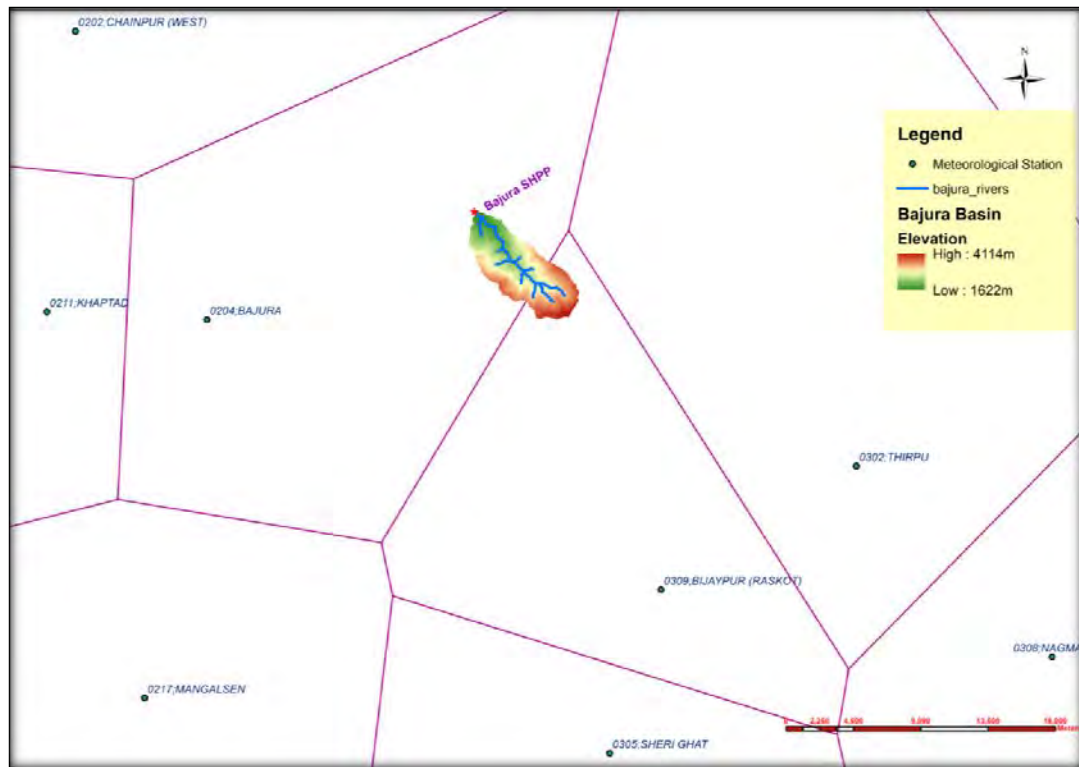


図 2.3 ティーセン分割図 (Bajura)

(2) Bajhang SHPP

Bajhang SHPP 近傍の雨量観測所は全部で 7 箇所選定される。この中で同一水系内に位置し、ティンセン分割内に位置する Chainpur(West) (0202) を選定した。

表 2.2 Bajhang 流域周辺の雨量観測所

Station No.	Name	Latitude	Longitude	Elevation
0202	Chainpur (West)	29.55	81.21	1304
0203	Silgadhi Doti	29.26	80.98	1360
0204	Bajura	29.38	81.31	1400
0211	Khaptad	29.38	81.20	3430
0217	Mangalsen	29.15	81.28	1345
0218	Dipayal (Doti)	29.25	80.95	617
0302	Thirpu	29.31	81.76	1006

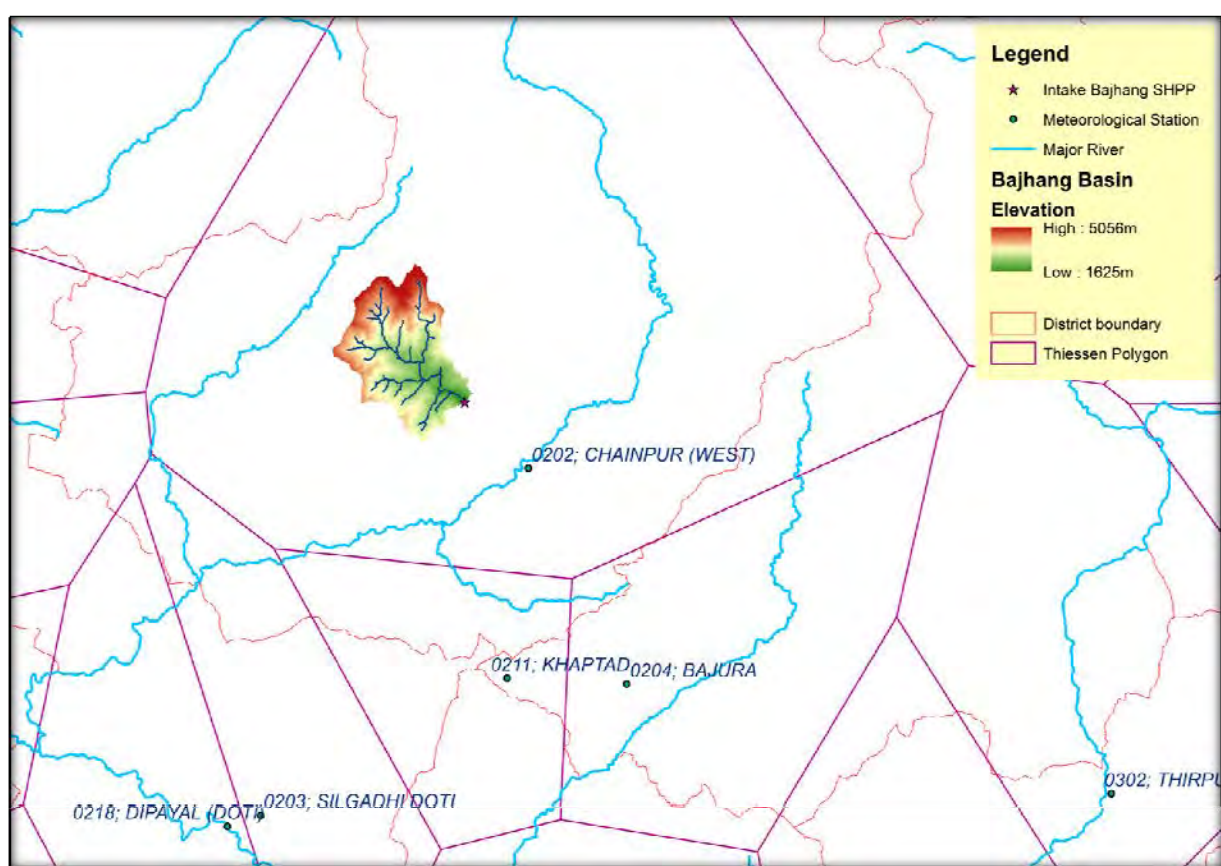


図 2.4 ティーセン分割図 (Bajhang)

(3) Syarpudaha

Syarpudaha SHPP 近傍の雨量観測所は全部で 7 箇所選定される。この中で同一水系内に位置し、ティンセン分割内に位置する Musikot (Rumukot) (0514) を選定した。

表 2.3 Syarpudaha 流域周辺の雨量観測所

Station No.	Name	Latitude	Longitude	Elevation (masl)
0312	Dunai	28.93	82.91	2058
0404	Jajarkot	28.70	82.20	1231
0418	Maina Gaun (d.bas)	28.98	82.28	2000
0502	Rumukot	28.60	82.63	1560
0504	Shera Gaun	28.58	82.81	2150
0513	Chaur Jjhari Tar	28.63	82.20	910
0514	Musikot (Rumukot)	28.63	82.48	2100

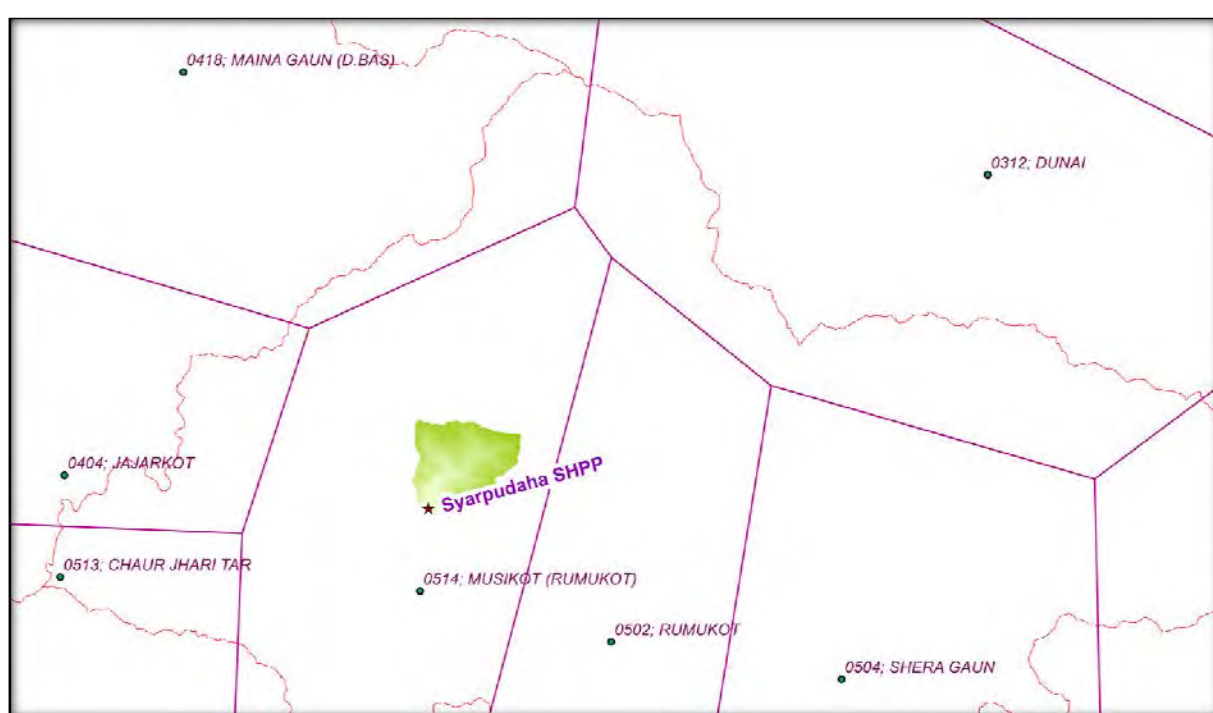


図 2.5 ティーセン分割図 (Syarpudaha)

2.3. 対象サイトの降雨特性

選定された雨量観測データを整理して、対象サイトの降雨特性について検討した。

(1) 観測期間

対象サイトの雨量観測所の観測期間は Bajura SHPP—Bajura (0204) が 1976～2009 までの 34 年間、Bajhang SHPP—Chainpur(West) (0202) が 1953～2009 までの 57 年間、Syarpudaha SHPP—Musikot (Rumukot) (0514) が 1973～2009 までの 37 年間といずれも 30 年以上観測されている。

表 2.4 対象サイト観測所観測期間

[illegible]

(2) Bajhang(Chainpur(West))

Bajhang (Chainpur(West)) 雨量観測所データについて、年間総雨量、雨期（6-9月）、乾期（10-5月）の総雨量、年間上位1から5位までの最大日雨量と月別雨量について、最大値、最小値、平均値それぞれについて整理した。

整理した結果を表 2.5 に示す。また、図 3.19～3.27 に日雨量図(各年)を図 3.28～3.36 に月別雨量図（各年）を示した。図をみると年によっては時期的な変動があるが、6～9月に雨量が集中しており雨期（6-9月）、乾期（10-5月）の区分は概ね一致している。

年間平均雨量は 1,518mm、雨期平均雨量は 1,151 mm、乾期平均雨量は 368 mm と雨期は年間の約 76%を占める。月雨量平均をみると7月と8月雨量が 372 mm と 386 mm で同程度を示し最も多いのに対し、11月が 9 mm と12月が 25 mm と最も少ない。

表 2.5 主要降雨データ整理結果 Bajhang (Chainpur(West))

name	Evaluation	monthly rainfall (mm/m)												annual rainfall (mm/y)	season (mm)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		rainy	dry
Chainpur (Bajhang)	Maximum	169	202	206	176	205	435	553	617	465	274	61	132	2,079	1,743	685
	average	52	60	63	46	60	177	372	386	216	54	9	25	1,518	1,151	368

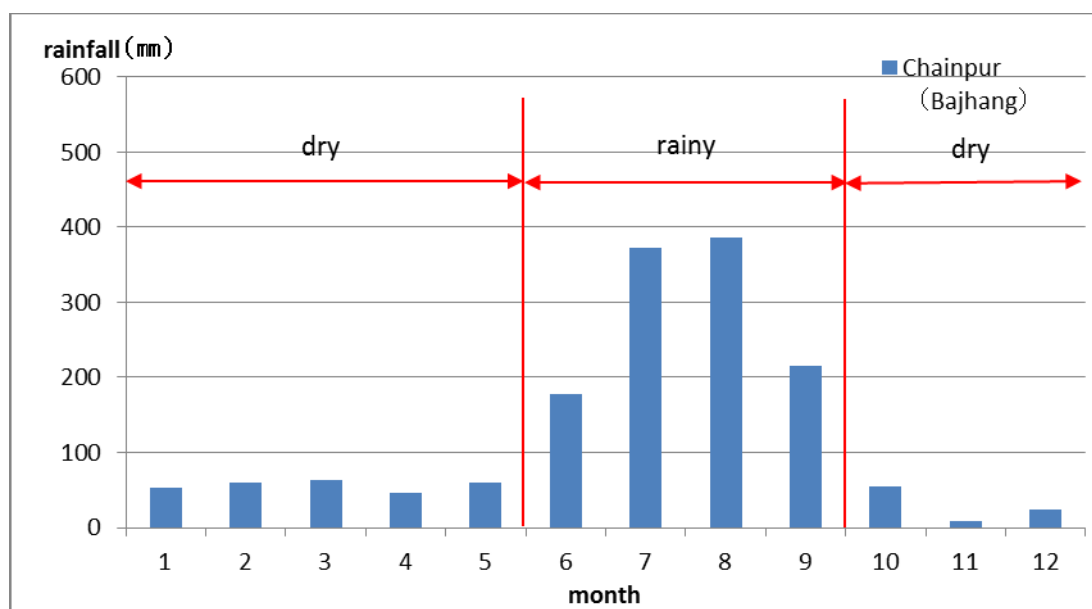


図 2.6 月雨量平均図 Bajhang (Chainpur(West))

表 2.6 雨量観測所データ整理一覧 Bajhang (Chainpur(West))

year	annual rainfall (mm/y)	season(mm)		Large rainfall 1st-5th(mm/day)					monthly rainfall (mm/m)												missing(day)		
		rainy	dry	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	rainy	dry	year missing
1956	1,451	1,149	621	70.4	66.0	66.0	58.9	50.0	0	0	0	0	0	135	265	376	374	255	0	47	13	12	25
1957	1,296	894	291	82.3	66.0	63.5	55.4	49.3	135	2	111	44	26	93	350	315	136	2	6	76	4	3	7
1958	1,487	1,095	409	66.0	58.2	54.6	48.0	44.7	87	20	48	26	26	54	391	445	206	108	0	76	0	1	1
1959	1,488	1,118	296	85.1	52.1	48.3	47.5	38.1	73	67	36	10	40	330	350	235	203	136	9	0	3	8	11
1960	1,232	939	453	53.3	49.8	45.2	41.9	39.4	62	11	46	0	31	88	324	454	74	143	0	0	14	15	29
1961	1,755	1,140	499	73.1	48.3	48.3	45.2	44.7	151	110	29	0	20	161	330	423	227	260	1	43	7	9	16
1962	1,715	1,502	388	80.2	64.8	55.3	48.4	48.2	32	60	54	35	13	243	343	617	298	0	3	18	2	4	6
1963	2,021	1,633	293	80.2	79.8	64.8	64.4	55.3	31	23	206	83	28	283	435	617	298	0	3	16	2	1	3
1964	2,079	1,743	528	85.6	62.0	60.4	55.6	53.4	62	25	10	104	73	144	517	616	465	0	0	62	1	0	1
1965	1,511	962	216	87.8	78.2	51.6	49.4	46.8	36	202	188	33	6	146	316	365	135	50	33	0	0	0	0
1966	1,085	912	167	65.6	56.6	52.4	45.8	40.8	0	78	6	0	48	188	307	324	93	22	11	8	0	2	2
1967	1,127	946	327	64.2	46.5	41.5	33.4	32.0	0	28	64	29	7	79	393	308	166	10	17	26	5	0	5
1968	1,310	988	298	70.2	64.6	48.1	45.0	44.6	120	53	68	24	9	184	338	297	170	0	0	48	0	0	0
1969	1,401	1,140	232	68.3	63.3	50.0	45.0	38.3	71	40	66	46	28	124	386	368	262	11	0	0	0	0	0
1970	1,344	1,080	303	86.3	56.3	56.2	52.5	47.1	100	30	22	4	66	307	406	254	113	43	0	0	0	0	0
1971	1,407	1,033	323	70.0	42.2	41.4	40.2	40.1	35	48	33	119	25	271	219	271	272	110	4	0	0	0	0
1972	1,224	958	282	100.1	54.1	48.2	48.2	32.1	4	80	47	58	19	53	428	314	163	58	1	0	0	1	1
1973	1,565	1,236	250	70.2	55.0	50.0	42.4	40.0	71	31	52	1	67	302	268	417	248	105	1	0	12	4	16
1974	952	723	332	40.3	40.0	38.0	36.1	28.3	54	41	5	5	38	87	249	320	67	45	2	37	15	7	22
1975	1,581	1,277	268	80.0	53.0	50.0	49.2	47.0	100	54	55	1	37	363	298	261	355	56	0	1	11	4	15
1976	1,114	887	305	43.4	41.0	40.1	40.0	33.0	11	102	26	33	39	115	177	416	179	6	0	10	8	6	14
1977	1,422	1,015	505	66.3	62.0	45.0	45.0	42.0	57	20	8	89	113	163	427	238	187	64	2	54	4	0	4
1978	1,416	976	395	42.1	42.0	42.0	41.0	40.1	13	75	132	84	81	200	340	291	145	8	30	17	5	1	6
1979	1,130	718	341	46.2	40.3	36.0	35.3	34.0	27	67	50	95	101	81	354	253	30	20	0	53	0	7	7
1980	1,596	1,267	426	80.2	57.4	49.0	42.2	41.6	26	44	99	53	46	315	336	324	291	38	0	23	2	1	3
1981	1,645	1,192	642	74.8	52.0	50.2	48.2	47.3	106	40	78	40	101	149	417	388	238	0	61	27	0	6	6
1982	1,662	1,042	580	55.0	48.5	47.0	46.0	42.6	85	70	192	107	101	113	355	478	97	31	9	26	18	21	39
1983	2,005	1,369	417	103.0	87.0	70.2	69.0	67.0	68	19	65	176	187	172	240	520	437	110	0	12	7	9	16
1984	1,496	1,177	177	86.5	61.0	54.8	53.5	47.0	29	155	40	37	34	345	282	288	262	8	0	17	9	9	18
1985	1,675	1,162	685	107.2	95.5	47.0	42.0	41.2	34	8	4	43	63	77	508	308	270	265	3	92	4	11	15
1986	1,662	1,133	538	100.1	83.5	79.2	67.5	57.3	2	18	70	80	155	125	492	329	186	96	24	85	8	8	16
1987	1,349	975	316	71.5	47.3	43.5	42.5	37.5	23	68	28	72	142	65	371	350	190	15	0	26	4	6	10
1988	1,610	1,208	413	70.5	68.5	65.5	54.3	52.0	12	111	110	22	21	95	553	443	116	4	3	118	6	2	8
1989	1,547	1,226	434	67.0	61.0	48.5	46.5	45.5	169	28	48	8	36	140	332	551	203	11	19	4	4	18	22
1990	1,804	1,336	436	88.0	48.0	45.1	45.0	42.5	0	126	192	34	48	175	422	462	277	18	6	44	4	8	12
1991	1,658	1,251	304	71.5	69.7	65.0	59.5	57.0	40	81	116	68	63	221	285	581	164	4	8	28	8	10	18
1992	1,455	1,123	531	70.0	48.2	46.2	46.0	45.7	104	34	31	38	59	105	334	483	201	50	17	0	2	10	12
1993	1,302	838	275	97.8	52.2	45.1	42.1	34.5	73	63	154	20	154	150	184	254	250	0	0	0	34	8	42
1994	1,299	1,016	339	80.2	63.0	47.0	43.8	39.6	39	142	2	50	42	211	336	339	129	3	0	5	3	9	12
1995	1,677	1,285	343	78.2	70.0	58.5	56.0	54.6	105	110	64	20	32	173	533	372	207	21	37	3	5	3	8
1996	1,650	1,280	317	85.4	71.6	71.4	50.4	49.3	62	105	49	37	30	120	501	442	217	87	0	0	4	6	10
1997	1,768	1,327	513	87.8	76.0	65.1	64.4	59.0	59	22	20	75	53	162	508	417	240	32	49	132	7	10	17
1998	1,666	1,285	160	92.0	77.6	58.0	55.6	52.4	0	71	117	66	47	185	431	511	158	57	23	0	14	9	23
1999	1,438	1,263	494	60.0	58.0	57.6	57.2	52.0	20	19	2	0	39	287	516	275	185	80	0	15	8	12	20
2000	1,810	1,410	290	114.4	78.5	65.8	59.6	58.2	12	94	38	50	205	435	277	441	257	1	0	0	16	7	23
2001	1,322	1,015	458	55.4	43.0	43.0	40.7	38.2	65	43	52	25	104	278	397	281	60	15	3	0	10	12	22
2002	1,853	1,393	307	88.4	83.6	76.5	67.8	67.0	98	138	55	90	80	158	407	541	288	16	4	0	12	11	23
2003	1,747	1,446	225	89.3	69.7	57.5	49.2	48.4	48	118	54	26	41	243	408	474	321	0	3	10	10	5	15
2004	1,317	1,008	373	74.0	62.6	56.7	56.4	51.3	70	6	0	54	82	119	411	284	194	78	17	3	10	15	25
2005	1,445	1,133	355	89.0	68.0	61.0	52.2	50.0	118	78	17	7	56	111	410	348	264	10	1	27	10	13	23
2006	1,467	1,065	399	50.4	42.8	41.0	38.6	37.0	0	5	95	148	70	126	418	325	196	49	16	20	10	16	26
2007	1,620	1,238	244	61.0	55.0	53.6	51.0	50.6	0	93	172	19	31	121	376	405	335	28	16	23	10	11	21
2008	1,654	1,459	233	98.0	85.0	64.0	54.5	53.4	24	10	15	42	87	336	458	388	277	11	8	0	7	15	22
2009	1,673	1,152	306	111.6	105.4	81.0	75.8	71.0	4	31	51	44	85	58	377	453	264	274	32	1	6	1	7
Maximum	2,079	1,743	685	114.4	105.4	81.0	75.8	71.0	169	202	206	176	205	435	553	617	465	274	61	132	-	-	-
average	1,518	1,151	368	76.6	61.7	53.9	49.8	46.3	52	60	63	46	60	177	372	386	216	54	9	25	-	-	-

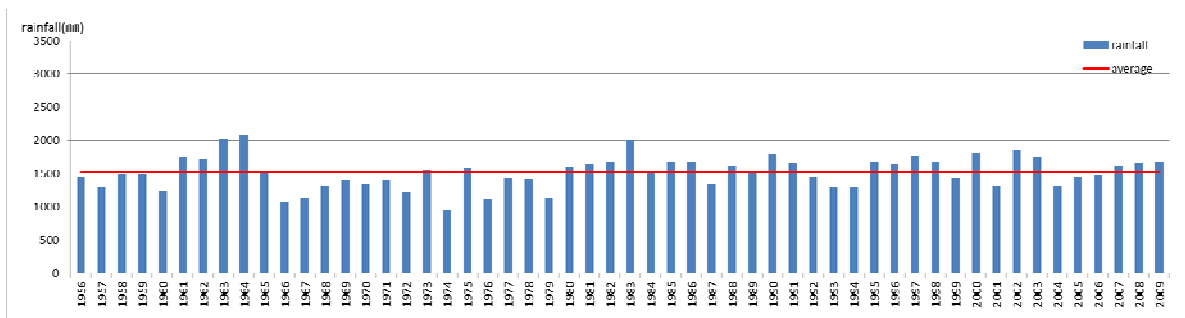


図 2.7 年間雨量推移図 Bajhang (Chainpur(West))

(3) Bajura (Bajura)

Bajura (Bajura) 雨量観測所データについて、年間総雨量、雨期 (6-9 月)、乾期 (10-5 月) の総雨量、年間上位 1 から 5 位までの最大日雨量と月別雨量について、最大値、最小値、平均値それぞれについて整理した。

整理した結果を表 2.7 に示した。また、図 3.37~3.42 に日雨量図(各年)を図 3.43~3.48 に月別雨量図 (各年) を示した。図をみると年によっては時期的な変動があるが、6~9 月に雨量が集中しており雨期 (6-9 月)、乾期 (10-5 月) の区分は概ね一致している。

年間平均雨量は 1,949mm、雨期平均雨量は 1,506mm、乾期平均雨量は 430mm と雨期は年間の約 77%を占める。月雨量平均をみると 7 月と 8 月雨量が 528mm と 492mm で同程度を示し最も多いのに対し、11 月が 10mm と 12 月が 27mm と最も少ない。

1990 年と 2008 年では 8 割程度の欠測を示しており、雨期のデータが得られていないことからこの年は欠測扱いとした。

表 2.7 主要降雨データ整理結果 Bajura (Bajura)

name	Evaluation	monthly rainfall (mm/m)												annual rainfall (mm/y)	season (mm)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		rainy	dry
Bajura (Bajura)	Maximum	175	240	309	163	263	509	1,277	770	570	186	79	175	2,792	2,403	864
	average	55	71	64	60	115	255	528	492	231	40	10	27	1,949	1,506	430

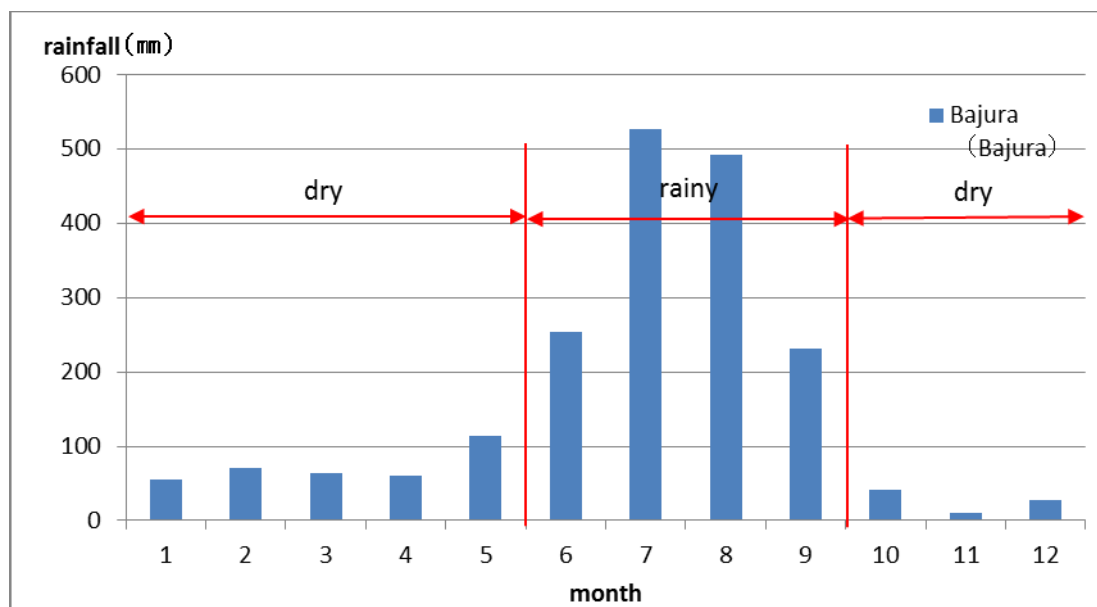


図 2.8 月雨量平均図 Bajura (Bajura)

表 2.8 雨量観測所データ整理一覧 Bajura (Bajura)

year	annual rainfall (mm/y)	season (mm)		Large rainfall 1st-5th (mm/day)					monthly rainfall (mm/m)												missing (day)		
		rainy	dry	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	rainy	dry	year missing
1976	1,445	1,206	210	72.0	64.0	58.0	48.0	46.4	6	84	11	33	99	182	449	344	231	0	0	6	16	7	23
1977	982	698	566	60.2	54.5	45.2	40.2	38.6	46	0	38	28	92	157	253	245	42	2	9	70	13	13	26
1978	2,721	2,152	573	88.4	82.2	81.6	75.2	68.0	8	75	216	116	70	489	696	629	338	21	49	14	13	7	20
1979	1,843	1,214	477	92.4	84.0	58.8	51.6	47.6	54	90	82	65	198	308	447	399	60	57	8	75	10	2	12
1980	2,012	1,604	598	90.3	70.0	55.5	51.6	48.0	15	93	116	42	72	341	574	486	203	45	0	26	1	1	2
1981	2,420	1,794	864	144.5	111.0	74.0	65.5	60.0	143	38	101	68	179	279	627	605	283	7	66	26	2	1	3
1982	2,681	1,843	637	95.0	65.7	64.5	58.5	58.5	109	104	309	79	164	288	684	747	125	18	20	36	0	5	5
1983	2,792	2,023	500	90.0	86.0	85.0	82.0	75.0	115	46	70	163	171	221	640	594	570	186	0	18	0	0	0
1984	2,228	1,902	271	97.3	85.0	80.5	68.5	68.0	1	131	5	31	129	509	700	435	258	7	0	24	0	0	0
1985	2,179	1,705	491	63.0	60.5	51.0	50.0	47.5	55	17	0	26	143	312	556	556	281	183	9	43	0	0	0
1986	1,710	1,321	461	125.1	62.9	43.5	42.7	42.5	3	24	70	70	90	316	403	223	379	62	7	63	0	0	0
1987	1,458	1,080	488	73.0	52.0	50.5	42.5	42.5	0	39	7	106	178	172	455	293	161	9	0	40	2	0	2
1988	2,532	1,919	398	126.5	124.0	84.5	83.5	65.0	24	139	110	62	104	289	926	472	231	0	0	175	0	62	62
1989	2,289	2,066	376	80.9	80.3	80.3	80.1	77.0	151	0	0	1	71	165	732	682	487	0	0	0	23	119	142
1990	376	0	420	53.3	52.0	44.2	42.3	40.0	0	286	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	97	219
1991	1,745	1,299	343	79.7	60.0	59.0	56.8	53.4	52	50	85	143	91	310	355	570	64	5	0	21	12	6	18
1992	1,956	1,617	693	136.0	101.1	73.0	70.1	66.0	175	27	30	3	82	265	568	553	231	10	10	3	2	7	9
1993	2,554	1,883	401	156.0	108.0	103.0	86.0	82.0	121	240	143	84	83	317	506	770	290	0	0	0	6	14	20
1994	2,238	1,817	281	109.4	98.2	97.3	86.8	80.0	57	129	5	26	183	366	615	633	203	19	1	0	7	9	16
1995	2,159	1,879	224	128.0	108.1	96.0	79.0	74.4	59	23	0	81	97	264	866	648	101	20	0	0	8	3	11
1996	2,100	1,764	509	75.4	67.4	61.2	51.8	50.2	0	79	34	93	8	318	548	599	299	132	0	0	9	12	21
1997	2,088	1,414	635	67.2	61.6	56.4	49.6	45.6	103	31	47	83	113	279	388	449	298	85	79	132	25	17	42
1998	1,961	1,543	388	89.2	81.2	80.8	70.4	56.8	0	69	92	88	89	148	493	733	170	51	29	0	22	3	25
1999	1,895	1,385	712	81.6	72.2	54.4	43.7	40.2	18	26	0	0	263	167	523	367	329	163	0	40	13	5	18
2000	2,344	1,834	342	92.4	82.2	79.2	75.2	67.6	13	151	35	88	224	409	648	445	332	0	0	0	10	8	18
2001	1,950	1,601	521	77.8	76.4	76.4	65.4	54.6	67	34	40	61	140	480	567	496	58	0	7	0	11	6	17
2002	2,221	1,676	478	101.6	76.4	67.4	66.2	62.8	154	144	38	54	124	240	432	693	312	11	20	0	11	7	18
2003	1,799	1,352	206	80.2	53.5	52.3	47.6	47.2	57	165	24	44	156	230	360	735	27	0	0	0	15	25	40
2004	480	31	495	58.1	38.0	35.2	21.5	20.6	12	58	79	29	27	15	0	11	5	184	9	50	5	18	23
2005	670	407	258	58.1	40.0	38.5	37.2	31.5	75	103	48	10	16	51	149	126	81	9	0	3	14	11	25
2006	851	598	277	99.3	40.4	32.6	28.8	28.6	58	3	56	85	44	129	124	141	204	6	0	0	9	0	9
2007	1,442	1,151	98	78.0	56.0	53.0	46.4	45.0	0	47	117	10	97	77	331	473	270	5	0	16	0	74	74
2008	77	0	214	11.5	9.5	9.0	8.5	6.0	54	14	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	105	227
2009	2,617	2,403	0	120.1	111.3	109.6	107.4	98.7	0	20	48	72	74	58	1,277	600	469	0	0	0	18	91	109
Maximum	2,792	2,403	864	156.0	124.0	109.6	107.4	98.7	175	240	309	163	263	509	1,277	770	570	186	79	175	-	-	-
average	1,949	1,506	430	93.3	75.4	66.8	60.3	55.3	55	71	64	60	115	255	528	492	231	40	10	27	-	-	-

注：1980年の年最大日雨量はデータでは431 mmであったが、同日の周辺雨量観測所では大きな降雨は記録されていないことから、異常値であると判断しこの値を除いた後の数値をこの年の年最大日雨量とした。

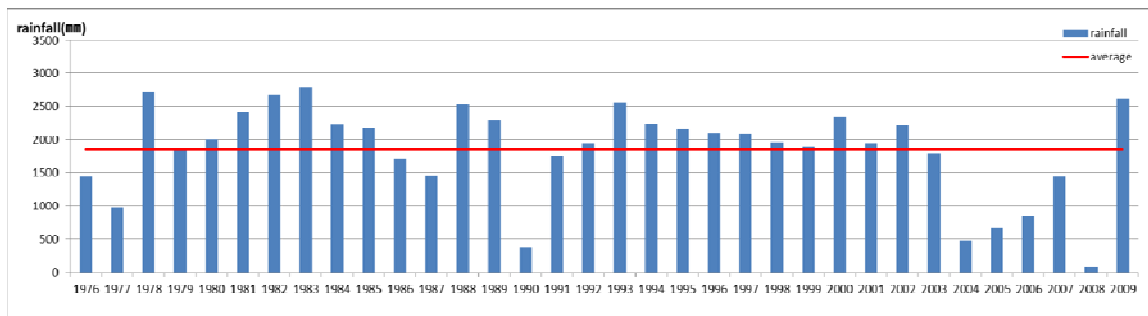


図 2.9 年間雨量推移図 Bajura (Bajura)

(4) Musikot(Syarpudaha)

Musikot(Syarpudaha) 雨量観測所データについて、年間総雨量、雨期（6-9 月）、乾期（10-5 月）の総雨量、年間上位 1 から 5 位までの最大日雨量と月別雨量について、最大値、最小値、平均値それぞれについて整理した。

整理した結果を表 2.9 に示した。また、図 3.49～3.55 に日雨量図(各年)を図 3.56～3.62 に月別雨量図(各年)を示した。図をみると年によっては時期的な変動があるが、6～9 月に雨量が集中しており雨期（6-9 月）、乾期（10-5 月）の区分は概ね一致している。

年間平均雨量は 2,050mm、雨期平均雨量は 1,695mm、乾期平均雨量は 354mm と雨期は年間の約 83%を占め、対象 3 雨量観測所の中で最も雨量が多い。月雨量平均をみると 7 月と 8 月雨量が 545mm と 548mm で同程度を示し最も多いのに対し、11 月が 14mm と 12 月が 17mm と最も少ない。

なお雨期の月雨量平均の最小値で 0 を示しているが、欠測の影響と考えられる。

表 2.9 主要降雨データ整理結果 Musikot(Syarpudaha)

name	Evaluation	monthly rainfall (mm/m)												annual rainfall (mm/y)	season (mm)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		rainy	dry
Musikot (Syarpudaha)	Maximum	81	100	122	171	303	646	1,133	819	896	480	91	99	2,948	2,748	638
	average	23	31	37	46	116	291	545	548	311	69	14	17	2,050	1,695	354

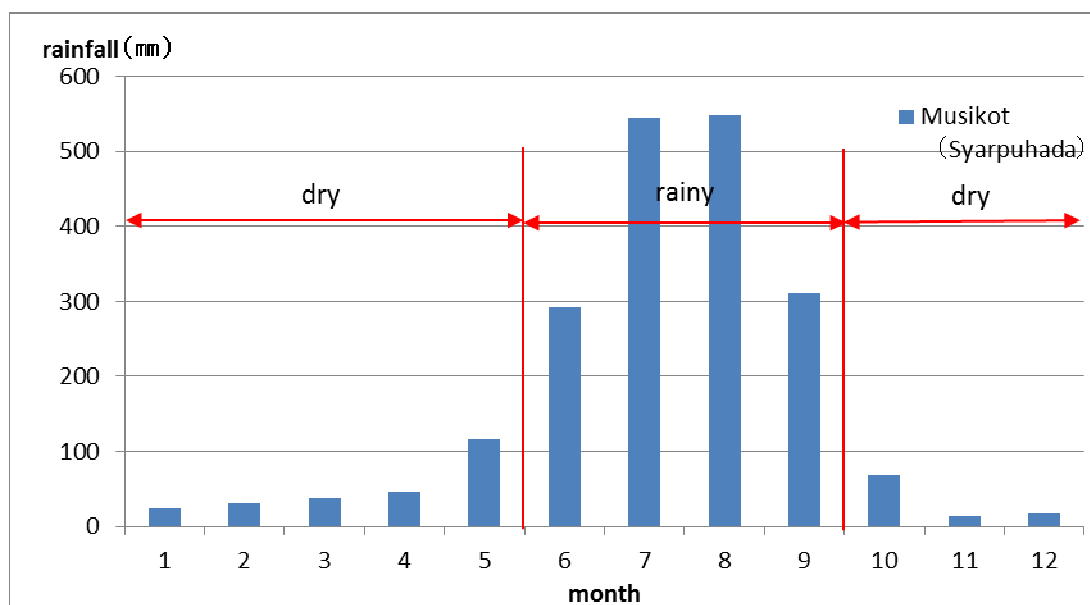


図 2.10 月雨量平均図 Musikot(Syarpudaha)

表 2.10 雨量観測所データ整理一覧 Musikot(Syarpudaha)

year	annual rainfall (mm/y)	season(mm)		Large rainfall 1st-5th(mm/day)					monthly rainfall (mm/m)												missing(day)		
		rainy	dry	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	rainy	dry	year missing
1973	1,260	1,176	180	128.4	65.6	56.0	48.0	40.0	0	0	0	0	0	0	0	560	617	84	0	0	61	0	61
1974	1,339	1,205	170	52.0	42.8	41.2	40.8	40.2	28	15	0	7	45	116	512	341	236	25	0	14	0	1	1
1975	1,899	1,687	319	45.6	42.0	42.0	41.4	41.0	51	16	31	1	32	367	504	499	317	82	0	0	6	6	12
1976	1,668	1,426	187	54.0	50.2	47.0	46.0	42.8	11	24	0	42	159	225	447	501	253	5	0	0	1	9	10
1977	1,322	1,077	408	40.0	39.0	38.0	33.0	30.0	18	0	0	26	138	157	372	357	191	51	0	22	7	10	17
1978	1,489	1,154	171	120.0	58.0	56.0	42.0	42.0	6	55	54	98	123	558	344	252	0	0	0	0	8	33	41
1979	1,575	1,271	331	178.8	73.4	65.4	57.8	57.0	15	20	0	43	93	247	358	555	111	63	28	43	4	0	4
1980	2,538	2,280	357	138.4	106.5	98.0	80.6	80.4	7	30	50	0	111	458	938	531	353	60	0	1	0	3	3
1981	1,760	1,398	385	52.0	50.5	50.5	50.5	50.5	17	3	68	36	171	119	613	418	248	7	49	11	11	0	11
1982	1,787	1,388	353	78.4	70.5	59.0	56.0	56.0	37	37	113	25	110	266	234	690	198	12	55	13	0	0	0
1983	2,297	1,799	388	118.7	82.7	69.0	65.3	61.5	43	0	17	71	144	43	624	656	475	189	0	34	0	0	0
1984	2,270	2,078	221	108.0	95.3	94.4	85.4	83.0	43	5	4	33	81	447	750	581	299	8	3	17	0	28	28
1985	2,948	2,464	542	122.0	107.0	98.0	97.0	95.8	34	0	5	28	126	210	716	642	896	229	0	62	0	0	0
1986	2,426	2,008	500	120.0	91.0	72.0	71.5	64.0	0	24	11	109	107	339	801	619	249	70	3	94	2	0	2
1987	1,989	1,590	321	96.0	80.0	64.2	58.0	57.0	7	46	38	72	172	207	504	604	275	49	0	17	1	0	1
1988	2,060	1,743	153	212.8	95.0	84.0	83.2	72.0	7	19	60	41	129	368	1,133	242	0	26	0	36	29	1	30
1989	1,373	1,139	487	94.0	68.7	54.0	43.0	42.5	0	7	10	28	47	0	200	728	211	124	17	2	29	0	29
1990	2,465	2,049	289	88.3	84.0	61.3	59.2	50.2	0	100	95	22	128	269	755	622	402	58	0	15	0	0	0
1991	1,889	1,644	175	92.8	75.2	65.2	60.0	52.5	38	26	34	49	70	292	438	602	312	0	6	23	0	0	0
1992	2,001	1,790	419	96.5	95.7	63.6	57.0	56.0	35	28	0	19	63	183	475	690	443	48	7	10	0	0	0
1993	1,689	1,335	225	141.0	68.5	55.5	48.0	41.5	39	16	92	127	80	323	347	460	206	0	0	0	0	0	0
1994	2,042	1,816	237	170.0	93.7	75.0	70.6	69.6	36	46	0	32	110	330	576	515	394	0	2	0	0	0	0
1995	2,356	2,038	261	129.4	114.0	100.2	82.8	74.2	28	50	53	22	83	646	335	819	238	0	75	8	3	0	3
1996	2,188	1,858	455	119.2	91.2	81.4	77.0	72.3	47	84	18	28	2	454	458	619	327	152	0	0	0	0	0
1997	2,471	1,977	493	142.5	73.8	73.5	72.5	63.2	32	8	14	135	114	378	700	583	317	66	26	99	0	0	0
1998	2,356	1,916	514	95.2	92.0	88.2	76.0	68.0	1	25	110	93	73	391	516	616	393	87	51	0	0	0	0
1999	2,746	2,249	638	103.6	83.5	80.7	77.4	63.6	17	1	110	13	236	328	808	639	473	117	0	4	0	0	0
2000	2,843	2,319	314	129.2	81.5	75.8	68.4	66.2	32	55	33	171	225	600	551	730	438	4	4	0	0	0	0
2001	2,373	2,018	493	84.0	75.4	71.4	69.2	60.2	7	30	15	65	190	535	618	622	243	48	0	1	0	0	0
2002	2,236	1,710	294	113.0	72.2	69.7	62.2	60.0	81	76	15	46	228	245	470	703	292	56	5	21	0	0	0
2003	1,747	1,497	431	97.5	77.5	77.2	61.7	57.2	0	94	70	11	37	367	662	0	468	16	11	10	0	0	0
2004	2,305	1,705	393	95.8	77.5	72.0	69.0	66.9	26	6	0	59	303	117	720	685	183	177	3	26	0	0	0
2005	2,256	1,967	369	92.2	83.5	81.5	69.5	69.5	69	42	58	5	14	205	819	690	254	102	0	0	0	0	0
2006	1,495	1,104	545	96.2	77.6	52.2	52.2	41.0	0	24	65	62	116	77	536	484	7	48	39	37	0	0	0
2007	1,946	1,501	387	70.0	60.3	60.0	51.2	49.0	22	96	122	26	157	250	469	467	315	16	0	7	0	0	0
2008	2,389	1,962	132	67.0	66.2	64.5	60.6	60.0	39	23	5	60	237	535	579	496	352	0	63	0	0	0	0
2009	2,030	1,391	571	70.0	62.0	57.0	57.0	57.0	0	22	19	0	29	134	272	473	513	480	91	0	0	0	0
Maximum	2,948	2,464	638	212.6	114.0	100.2	97.0	95.8	81	100	122	171	303	646	1,133	819	896	480	91	99	-	-	-
average	2,050	1,695	354	104.1	76.3	68.0	62.2	58.2	23	31	37	46	116	291	545	548	311	69	14	17	-	-	-

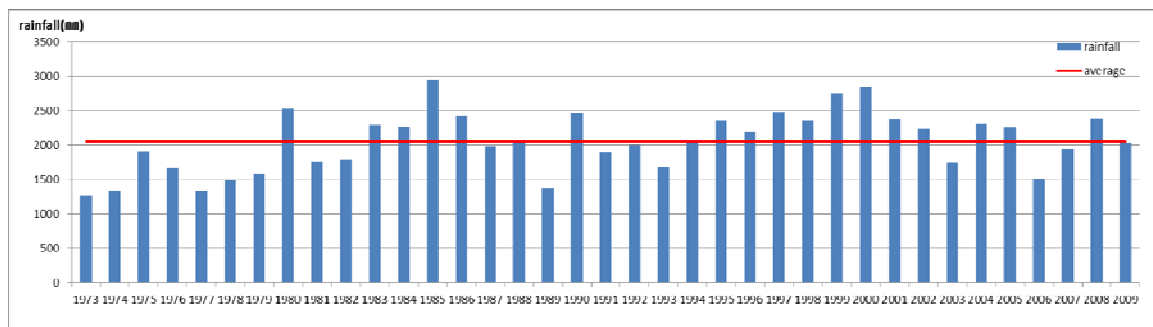


図 2.11 年間雨量推移図 Musikot(Syarpudaha)

2.4. 確率規模別雨量の算定

対象サイト雨量観測所データの整理から、各年最大日雨量データを用いて、確率規模別雨量の検討を行った。

当調査では、上記のデータを基に各年最大日雨量を母集団として確率日雨量を算定する主旨から、統計解析手法として極値理論に基づく①グンベル分布(Gumbel)、②一般化極値分布(GEV)、③平方根指数型分布(SqrtEt)を用いた。極値理論に基づく極値分布は、任意の分布形を持つ母集団からとられた標本群の最大値または最小値の分布形として理論的に導かれるものである。極値分布形以外の分布形は、経験的に当該分布形が年最大雨量などの水文量の分布に適合する場合に利用されるものであり、当該流域への適用には問題がある可能性が想定される。したがって、当調査では、理論的に導かれる極値分布の 3 手法 (Gumbel, GEV, SqrtEt) を選定し、標準最小二乗規準(SLSC)に依って SLSC 値の最も小さい手法を選定した。

$$SLSC = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|S_{0.99} - S_{0.01}|} \quad (\text{標準最小二乗規準})$$

$$\xi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - r_i)^2$$

ここに、SLSC : 標準最小二乗規準
S_{0.99}, S_{0.01} : それぞれの非超過確率 0.99 および 0.01 に対する標準変量
S_i : 順序統計量を推定母数で変換した標準変量
r_i : プロットィングポジションに対応した理論クォンタイルを推定母数によって変換した標準変量
N : 標本の大きさ

(1) 確率規模別水文量

「計画規模は $W=1/50$ とする（計画規模設定理由の詳細は後述 3.2 設計洪水流量の算定に記述）」各雨量観測所の年最大日雨量を確率処理した確率計算結果を表 2.12 に示した。

評価基準では GEV(Bajhang)、Gumbel (Bajura)、Gumbel(Syarpudaha)が選定される。計画規模 $W=1/50$ 相当の確率水文量をみると、Bajhang (Chainpur(West)) が対象 3 サイトの雨量として最も小さい 111mm/日、Bajura (Bajura) は 163mm/日、Musikot(Syarpudaha) は 204mm/日と観測所の標高別に確率水文量の算出結果に差が生じた。これは Musikot(Syarpudaha)の観測地点が標高 2,100m なのに対し、Bajura (Bajura) 1,400m、Bajhang (Chainpur(West)) 1,304m と低い標高であることが原因であると推察される。

対象 3 サイトの流域平均標高が全て 2,000m 以上であることを考慮すると、もっとも標高が高い Musikot(Syarpudaha)の確率雨量を 3 サイトすべてに適用するのが妥当であると判断した。

表 2.11 雨量観測所緒元

NO	name	elevation (m)
202	Chainpur (Bajhang)	1,304
204	Bajura (Bajura)	1,400
514	Musikot (Syarpudaha)	2,100

表 2.12 確率雨量算定結果

Return Period (Year)	Probable Daily Rainfall (mm/day)		
	Chainpur (Bajhang)	Bajura (Bajura)	Musikot (Syarpudaha)
	Gev	Gumbel	Gumbel
1.1	52.8	63.2	60.6
2	76.8	89.0	97.8
3	84.6	100.1	113.9
5	91.9	112.5	131.7
10	99.4	128.0	154.2
20	105.1	143.0	175.8
30	107.9	151.6	188.2
50	110.9	162.3	203.7
80	113.3	172.1	217.9
100	114.3	176.8	224.6
150	115.9	185.2	236.8
200	117.0	191.2	245.4
400	119.1	205.6	266.2

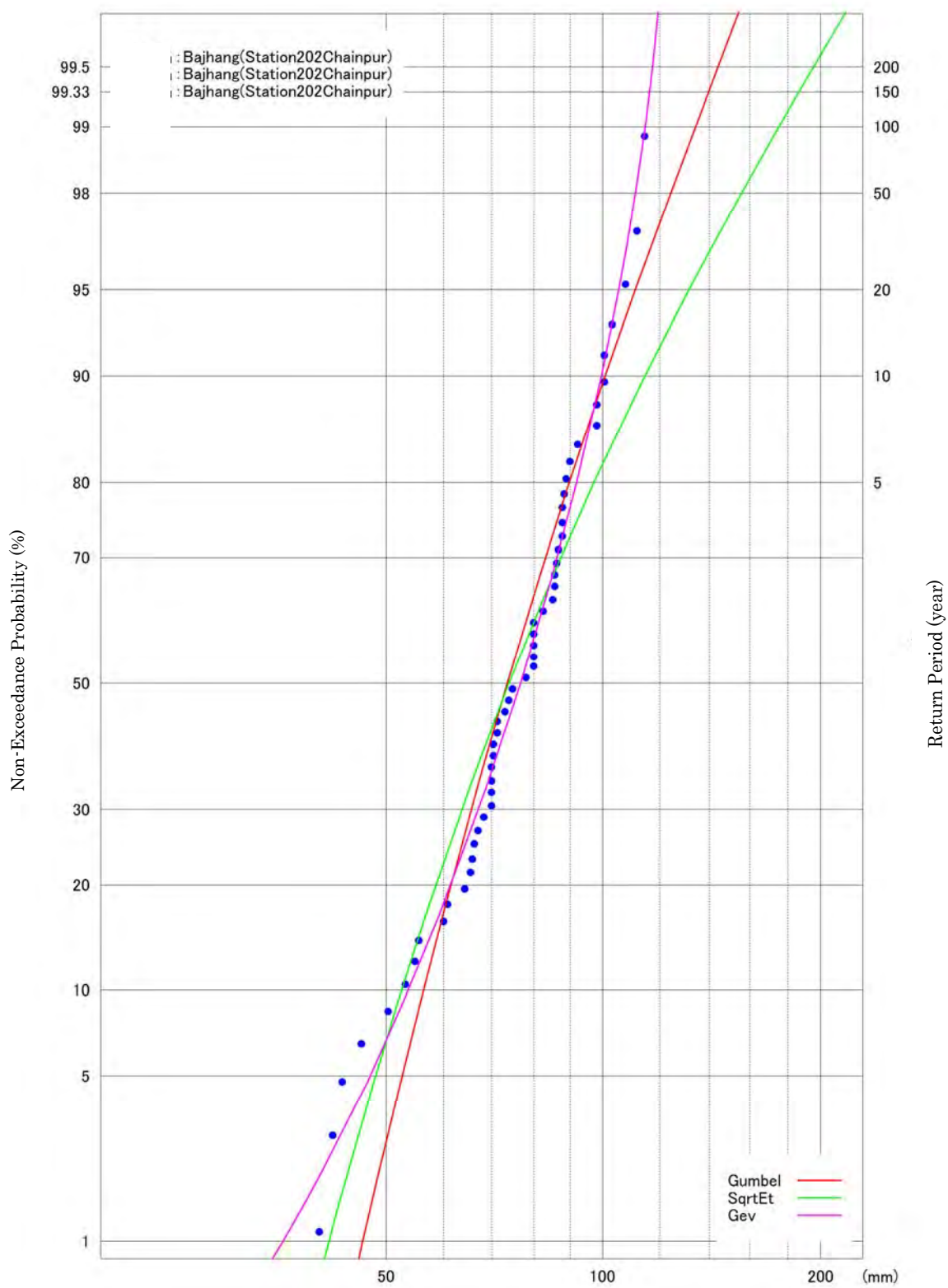


図 2.12 確率雨量統計図 (Bajhang)

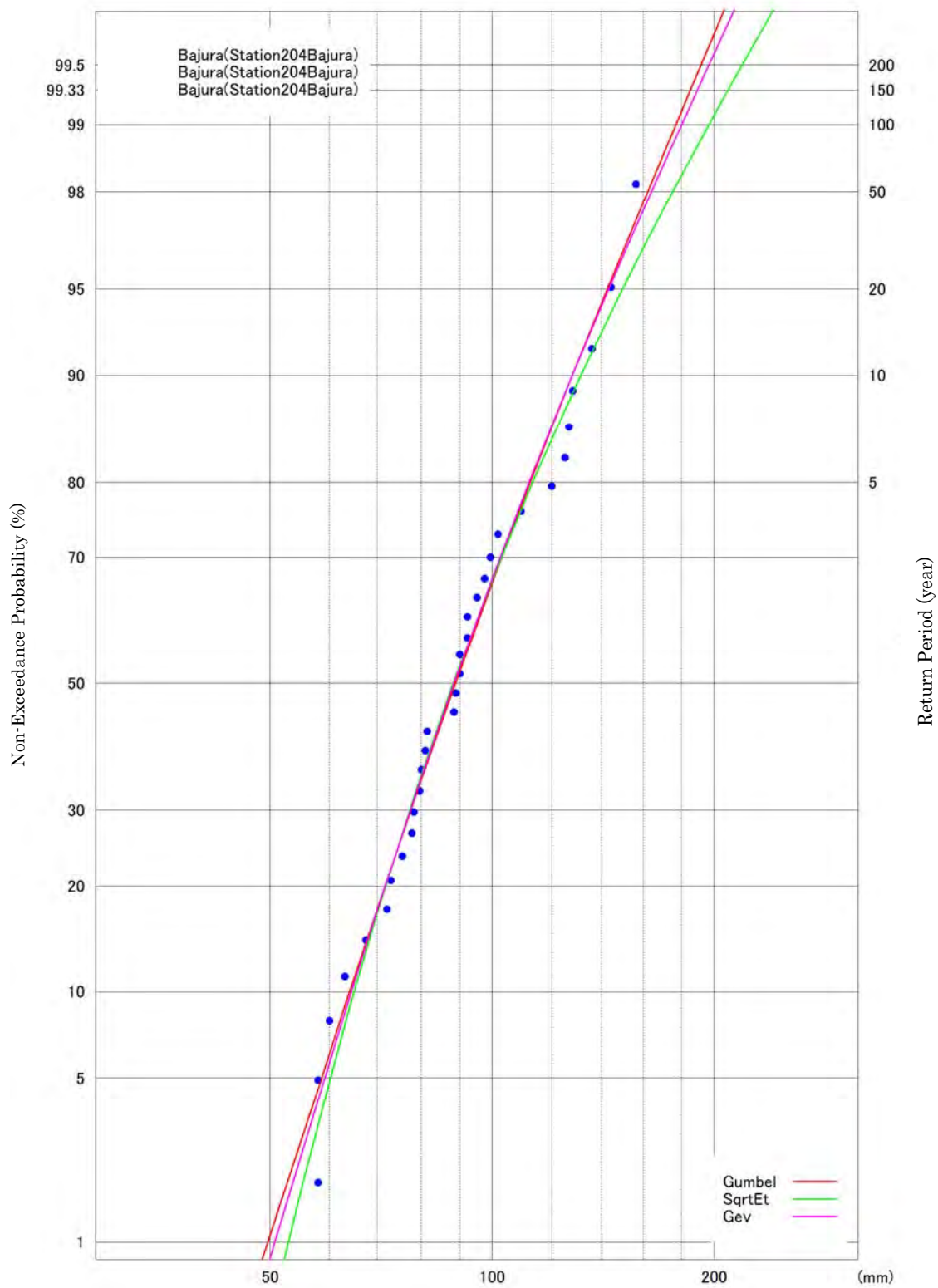


図 2.13 確率雨量統計図 (Bajura)

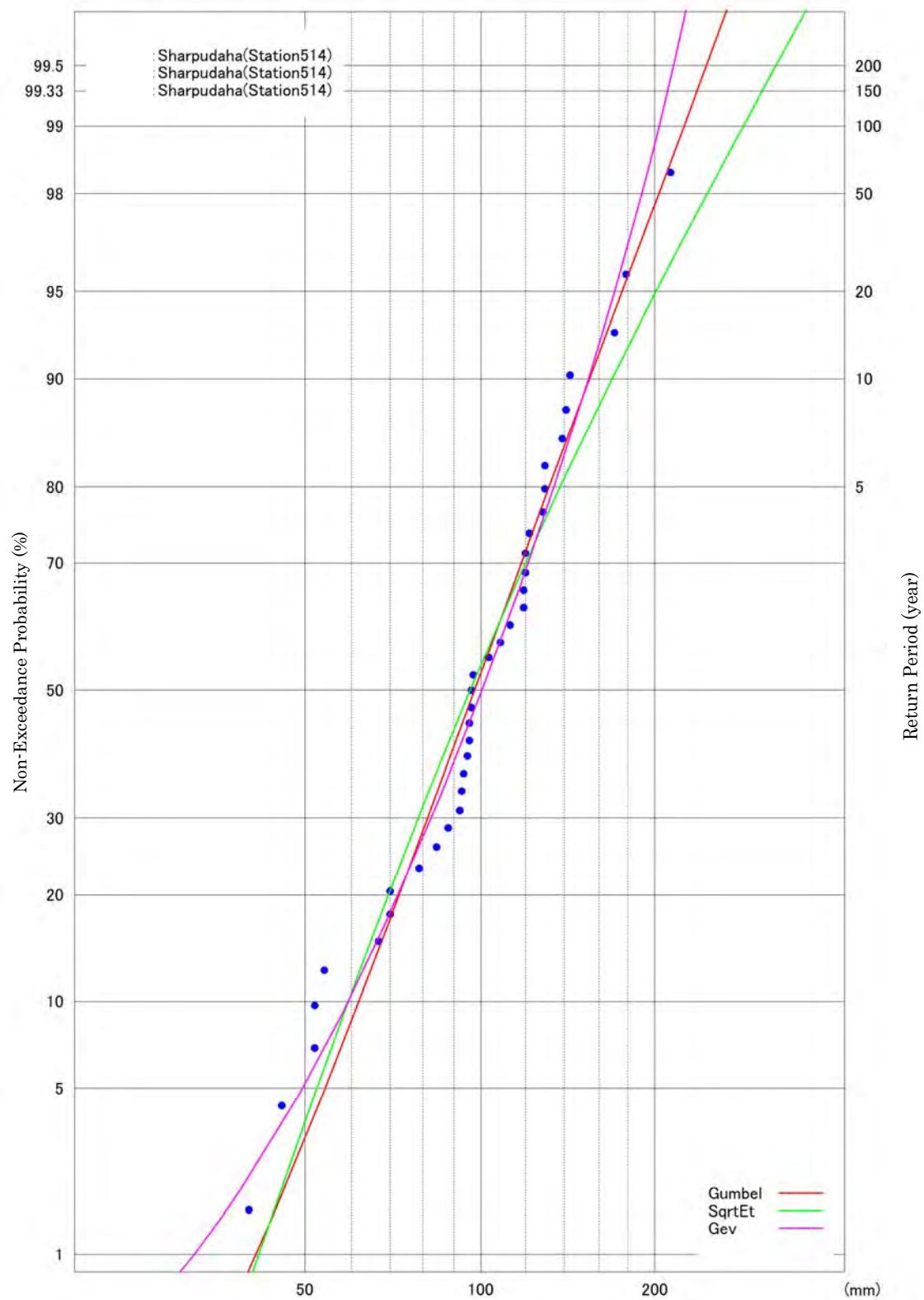


図 2.14 確率雨量統計図 (Syarpudaha)

表 2.13 年最大日雨量確率降雨算定結果（Chainpur（Bajhang））

Name of River System	Bajhang(Station202Chainpur)		
Name river	Bajhang(Station202Chainpur)		
Name Spot	Bajhang(Station202Chainpur)		
number of data	54		
α	0.4		
Bootstrap number of the samples	2000		
LN4PM of upper limit Value g	-9999		
LN4PM of lower limit Value b	0		
K(Every year) = $(X_p - X)/S$	1.78		
K(Non-every year) = $(X_p - X)/S$	1.78		

	Gumbel	SqrtEt	Gev
X-COR(99%)	0.968	0.944	0.994
P-COR(99%)	0.987	0.981	0.995
SLSC(99%)	0.05	0.078	0.023
Logarithm likelihood	-236.2	-237.2	-230.2
pAIC	476.5	478.3	466.3
X-COR(50%)	0.983	0.975	0.986
P-COR(50%)	0.986	0.98	0.983
SLSC(50%)	0.081	0.152	0.041

probable rainfall	return period	Gumbel	SqrtEt	Gev
	1.1	55.8	51.9	52.8
	2	73.6	74.0	76.8
	3	81.3	84.6	84.6
	5	89.8	97.2	91.9
	10	100.5	114.1	99.4
	20	110.8	131.5	105.1
	30	116.8	142.0	107.9
	50	124.2	155.7	110.9
	80	131.0	168.7	113.3
	100	134.2	175.0	114.3
	150	140.0	186.8	115.9
	200	144.1	195.4	117.0
	400	154.1	216.7	119.1

表 2.14 年最大日雨量確率降雨算定結果（Bajura（Bajura））

Name of River System	32Bajura(Station204Bajura)		
Name river	32Bajura(Station204Bajura)		
Name Spot	32Bajura(Station204Bajura)		
number of data	32		
α	0.4		
Bootstrap number of the samples	32		
LN4PM of upper limit Value g	-9999		
LN4PM of lower limit Value b	0		
K(Every year) = $(X_p - X)/S$	2.1		
K(Non-every year) = $(X_p - X)/S$	2.1		

	Gumbel	SqrtEt	Gev
X-COR(99%)	0.99	0.985	0.989
P-COR(99%)	0.994	0.995	0.994
SLSC(99%)	0.028	0.032	0.029
Logarithm likelihood	-146.3	-146.3	-146.2
pAIC	296.6	296.5	298.5
X-COR(50%)	0.975	0.966	0.972
P-COR(50%)	0.982	0.983	0.982
SLSC(50%)	0.053	0.059	0.053

probable rainfall	return period	Gumbel	SqrtEt	Gev
	1.1	63.2	64.2	63.6
	2	89.0	88.3	88.6
	3	100.1	99.8	99.6
	5	112.5	113.3	112.1
	10	128.0	131.4	128.0
	20	143.0	149.9	143.6
	30	151.6	161.0	152.7
	50	162.3	175.5	164.2
	80	172.1	189.3	174.9
	100	176.8	195.9	180.0
	150	185.2	208.3	189.3
	200	191.2	217.3	195.9
	400	205.6	239.7	212.2

表 2.15 年最大日雨量確率降雨算定結果（Musikot（Syarpudaha））

Name of River System	Sharpudaha(Station514)		
Name river	Sharpudaha(Station514)		
Name Spot	Sharpudaha(Station514)		
number of data	37		
α	0.4		
Bootstrap number of the	2000		
LN4PM of upper limit Val	-9999		
LN4PM of lower limit Val	0		
K(Every year) = (Xp -	2.09		
K(Non-every year) = (Xd	2.09		

	Gumbel	SqrtEt	Gev
X-COR(99%)	0.988	0.977	0.988
P-COR(99%)	0.987	0.979	0.991
SLSC(99%)	0.031	0.05	0.038
Logarithm likelihood	-185.4	-186.7	-184.9
pAIC	374.8	377.5	375.7
X-COR(50%)	0.986	0.988	0.978
P-COR(50%)	0.978	0.976	0.981
SLSC(50%)	0.038	0.083	0.071

probable rainfall	return period	Gumbel	SqrtEt	Gev
	1.1	60.6	58.2	57.8
	2	97.8	96.1	100.7
	3	113.9	114.9	117.2
	5	131.7	137.6	134.2
	10	154.2	168.7	153.7
	20	175.8	201.2	170.7
	30	188.2	221.0	179.7
	50	203.7	247.0	190.3
	80	217.9	271.9	199.5
	100	224.6	284.1	203.6
	150	236.8	306.9	210.7
	200	245.4	323.5	215.6
	400	266.2	365.1	226.5

3. 流出解析

対象 3 サイトの流域諸元を調査し、流域特性を把握する。得られた流域特性情報から、今回の目的を考慮して対象 3 サイト流域に適した降雨から流量への換算方法である流出解析手法を選定し、流出モデルを作成することで確率雨量から流出量を算定する。

なお、流出量の算定目的は対象 3 サイトの設計洪水流量と転流工対象流量の設定であることからピーク流量を対象に検討した。

3.1. 流出モデルの作成

(1) 流出解析手法

流出量算定目的がピーク流量であること、対象 3 サイトとも上流にダム等の洪水調節施設がない山地河川であり、流域面積も比較的小さく、かつ流域に貯留現象が少ない河川であることから一般的に広く採用されている合理式により流出解析を行うものとする。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} f \cdot R_t \cdot A$$

ここに、 Q_p : ピーク流量 (m³/s)
 f : 流出係数 (詳細は下記の表 3.4 を参照)
 R_t : 洪水到達時間内平均降雨強度 (mm/hr)
 A : 流域面積 (km²)

(2) 流域分割

対象サイトの設計洪水流量の検討が目的であることから、流域分割は行わず対象サイト上流域を対象とした単流域とした。

(3) 河道の分割

前述の目的から河道分割も行わず、河道上流端から対象サイト地点までを 1 河道とした。

(4) 流域特性

対象 3 サイトの合理式法による流出解析に必要な流域特性について、地形図を GIS 上に取り込んで各種流域緒元を調査し表 3.1～3.3 に示した。

表 3.1 流域緒元 (BAJHANG)

Descriptions		Unit	Remarks
Catchment Area=	104.020	km ²	River Reach section
Length of river reach=	18,992	m	
Difference in elevation=	2,182	m	
Slope of river=	0.115	1/8.70	
Length of inflow basin channel=	1,637	m	Inflow Channel section
Difference in elevation=	810	m	
Slope of inflow basin channel=	0.495	1/2.02	
Catchment Area of inflow basin=	0.934	km ²	

表 3.2 流域緒元 (BAJURA)

Descriptions		Unit	Remarks
Catchment Area=	27.270	km ²	River Reach section
Length of river reach=	10,032	m	
Difference in elevation=	1,464	m	
Slope of river=	0.146	1/6.85	
Length of inflow basin channel=	1,735	m	Inflow Channel section
Difference in elevation=	920	m	
Slope of inflow basin channel=	0.530	1/1.89	
Catchment Area of inflow basin=	0.575	km ²	

表 3.3 流域緒元 (SYARPUDAHA)

Descriptions		Unit	Remarks
Catchment Area=	40.776	km ²	River Reach section
Length of river reach=	11,046	m	
Difference in elevation=	1,788	m	
Slope of river=	0.162	1/6.18	
Length of inflow basin channel=	1,322	m	Inflow Channel section
Difference in elevation=	660	m	
Slope of inflow basin channel=	0.499	1/2.00	
Catchment Area of inflow basin=	0.492	km ²	

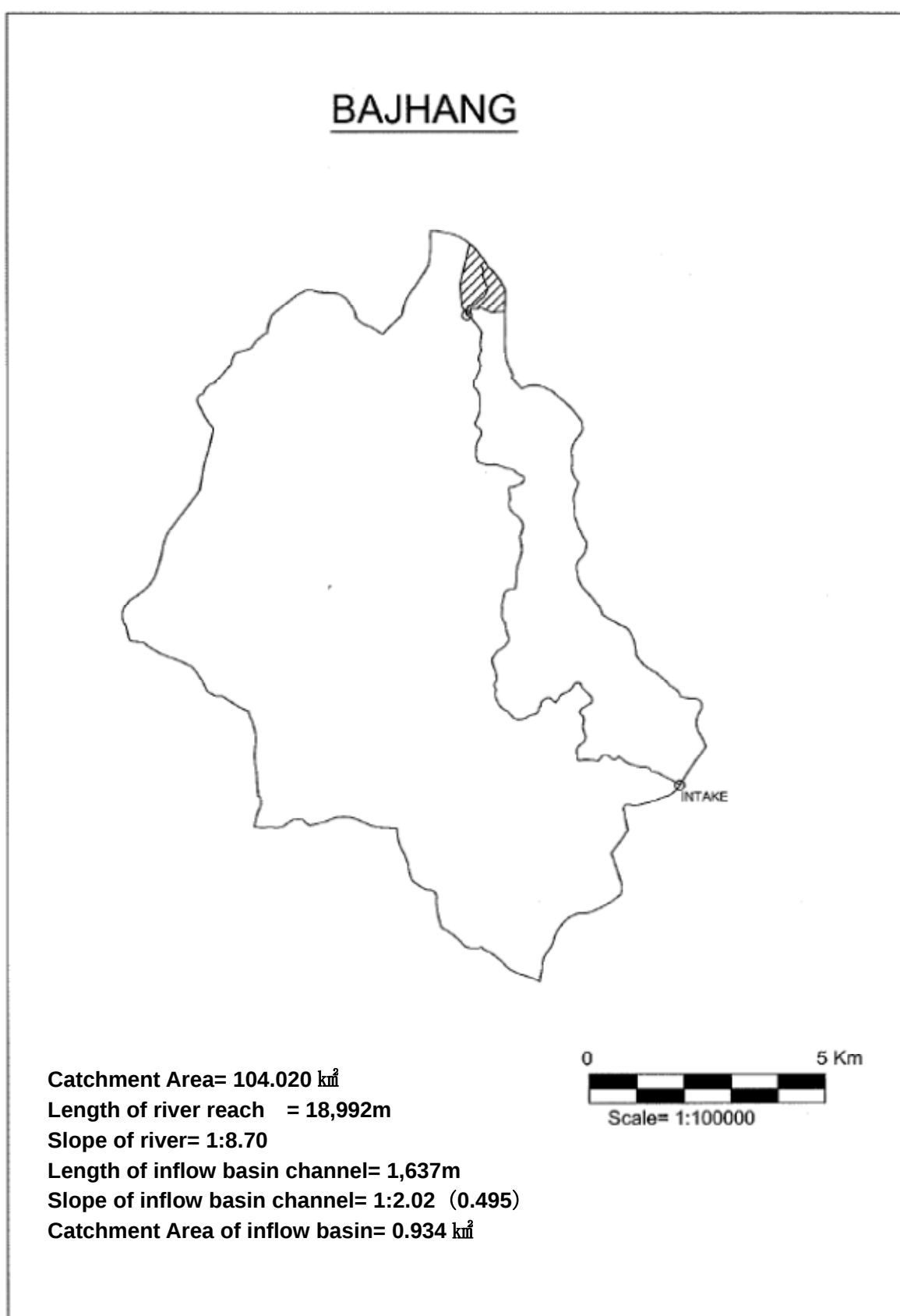


図 3.1 流域緒元算定図 BAJHANG

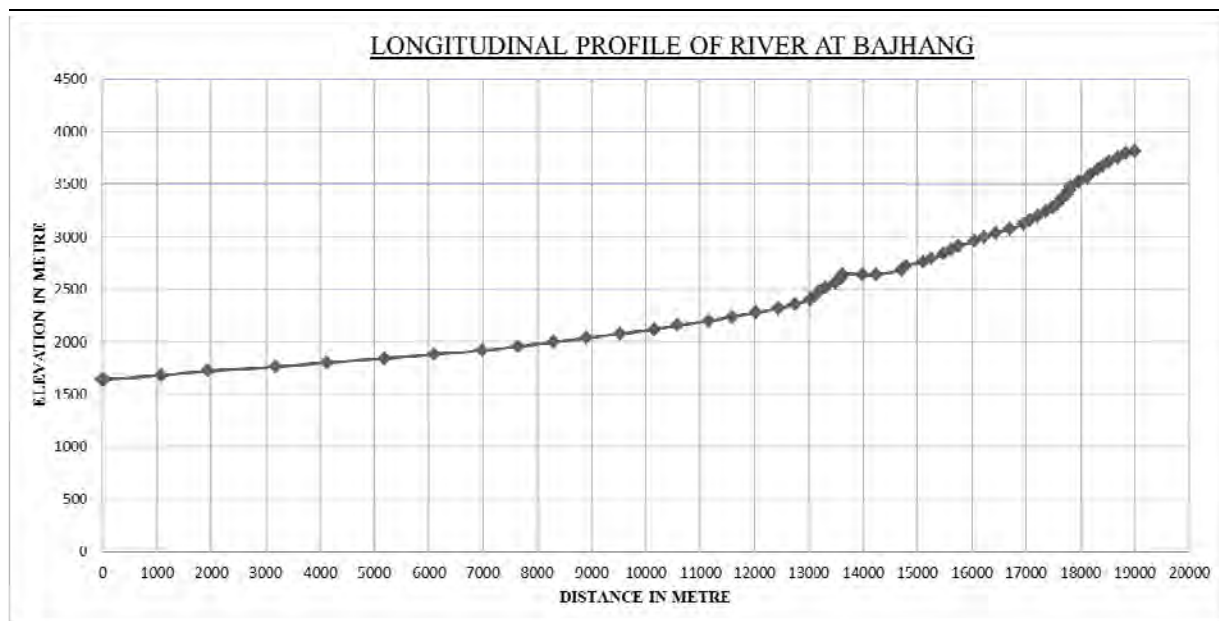


図 3.2 河川縦断面図 BAJHANG

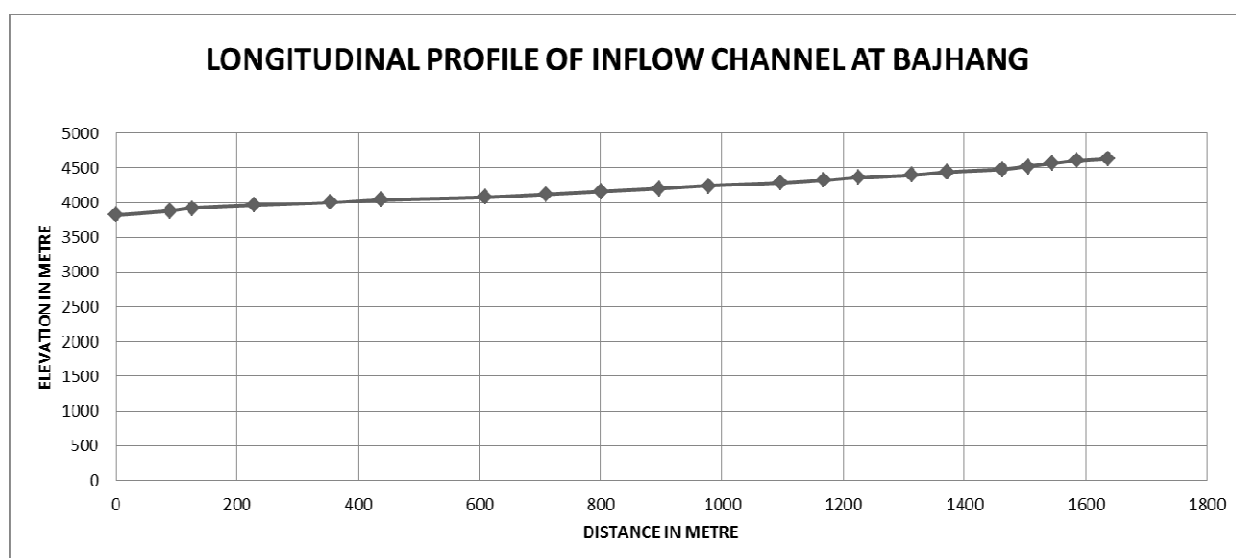


図 3.3 河川縦断面図 BAJHANG

BAJURA

INTAKE

Catchment Area= 27.270 km^2
Length of river reach = 10,032m
Slope of river= 1:6.85
Length of inflow basin channel= 1,735m
Slope of inflow basin channel= 1:1.89 (0.530)
Catchment Area of inflow basin= 0.575 km^2



図 3.4 BAJURA 流域緒元算定図

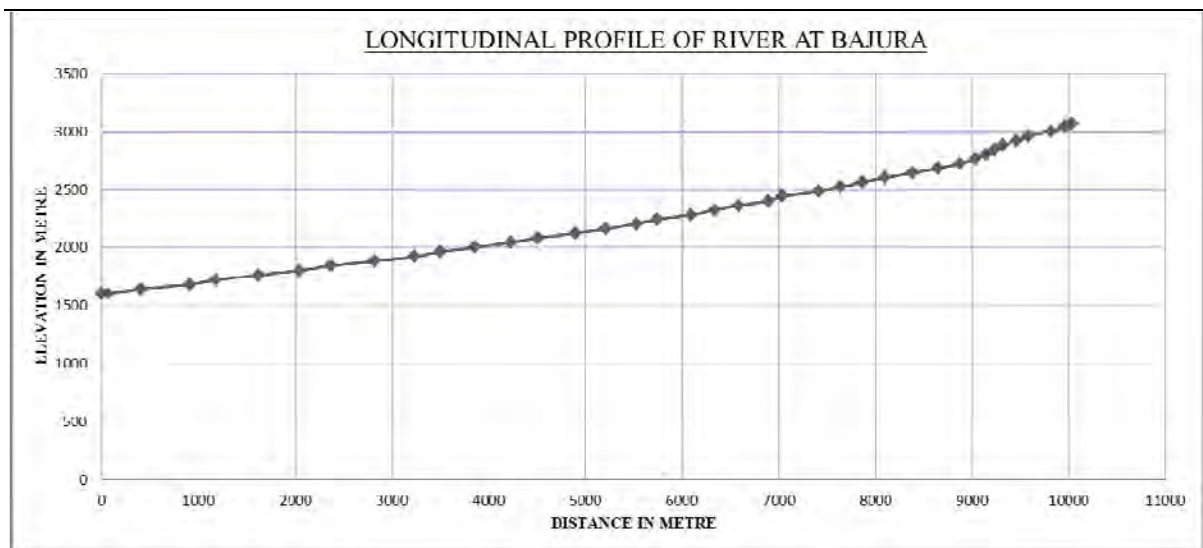


図 3.5 河川縦断面図 BAJURA

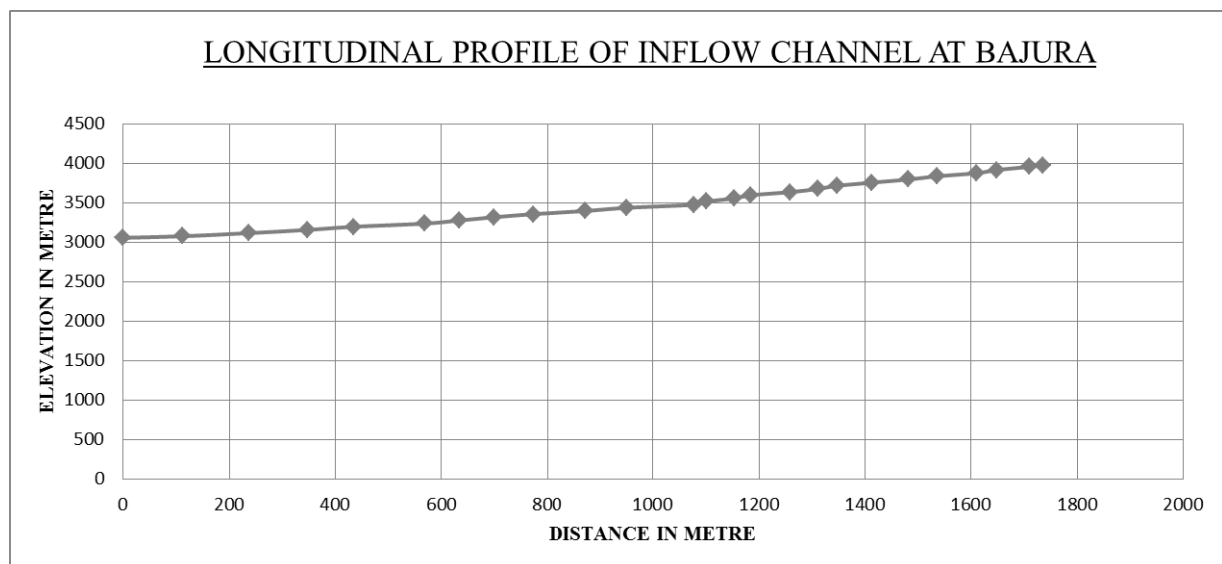
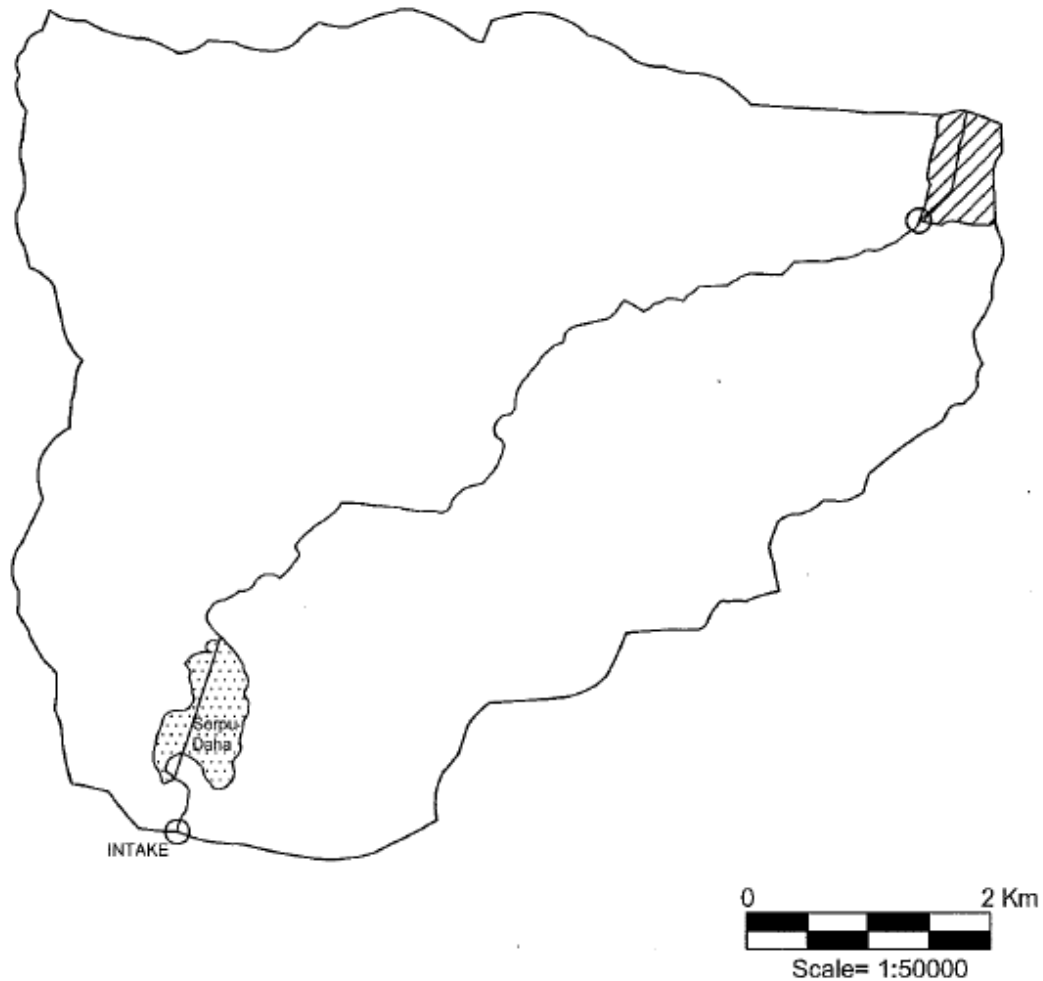


図 3.6 河川縦断面図 BAJURA

SYARPUDAHA



Catchment Area= 40.776 km^2
Length of river reach = 11,046m
Slope of river= 1:6.18
Length of inflow basin channel= 1,322m
Slope of inflow basin channel= 1:2.00 (0.499)
Catchment Area of inflow basin= 0.492 km^2

図 3.7 流域緒元算定図 SYARPUDAHA

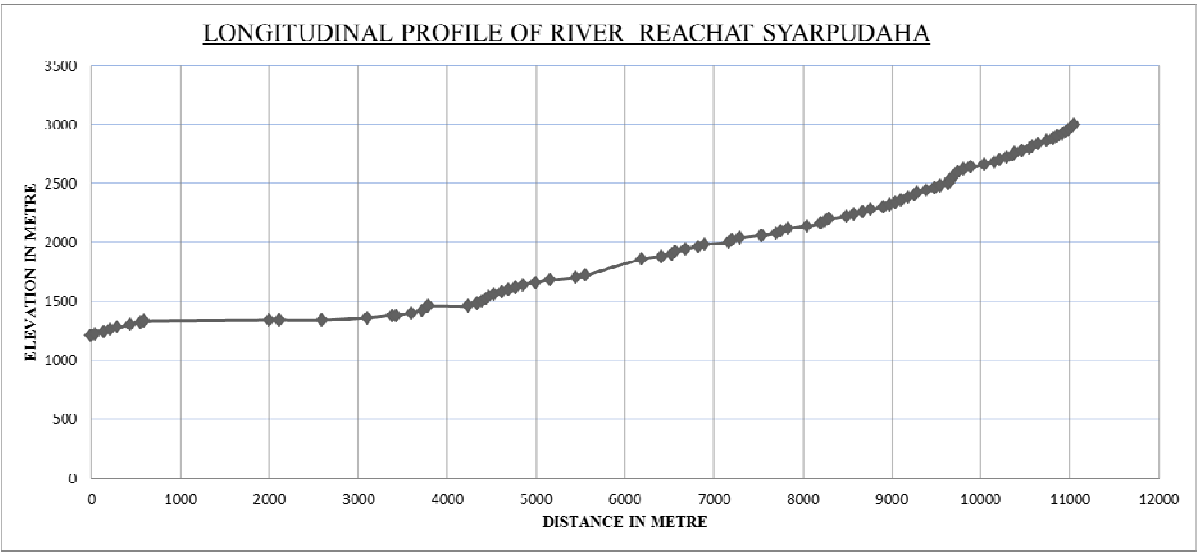


図 3.8 河川縦断面 SYARPUDAHA

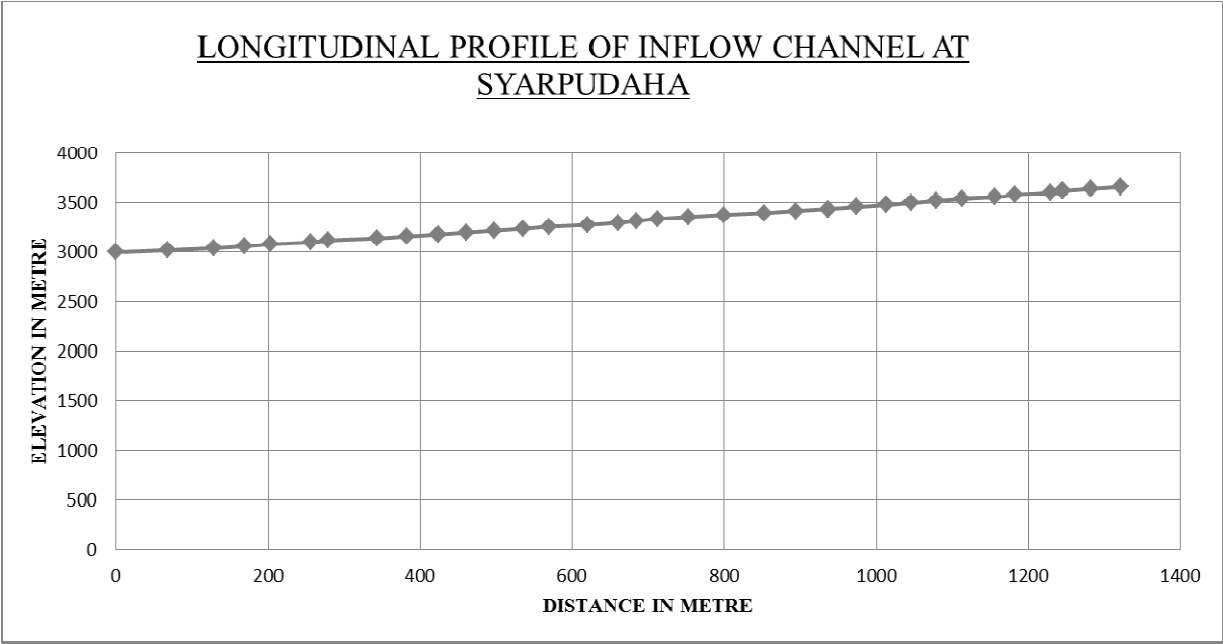


図 3.9 河川縦断面 SYARPUDAHA

(5) 流出係数

対象流域の流出係数は大部分が山地であることから、三紀層山岳の流出係数 0.70～0.80 の範囲から上限値の 0.80 を適用した。なお、適用の妥当性については、プロジェクトサイトが位置するレッサーヒマラヤ地帯に適した流出係数の指標基準が存在しないことから判断が困難である。また、流域内の雨量、流量観測データが無いため、プロジェクト対象流域での妥当性の検証は出来ない。そのため、流出係数の適用性として不確定要素が存在することが想定される。仮に流出係数が 0.8 である場合、設計流量は 1 割強大きく評価されることとなる。そこで、構造設計において、洪水時の流下幅を最大限広く確保（取水堰に隣接する越流堤の幅を最大限広く確保）することとし、想定した高水ピーク流量を超過した場合でも、取水堰における水位上昇を小さくして堰構造物の安全性を確保するように配慮することでこれら不確定要素の対応を図ることとした。

表 3.4 地形状況と流出係数

地形状況	流出係数
急峻な山地	0.75 - 0.90
三紀層山岳	0.70 - 0.80
起伏のある土地および樹林	0.50 - 0.75
平坦な耕地	0.45 - 0.60
かんがい中の水田	0.70 - 0.80
山地河川	0.75 - 0.85
平地小河川	0.45 - 0.75
流域の半ば以上が平地である大河川	0.50 - 0.75

出典：河川砂防技術基準 調査編

(6) 洪水到達時間

洪水到達時間は、河川の上流端に上流端流域から流入する流入時間と河道を流下する流下時間の合計「流入時間＋河道流下時間」により算定した。

1) 流入時間

流入時間の推定に用いられる代表的な手法として、カーベイ式とクラークヘン式がある。カーベイ式は、日本の山地治山事業に多用されている算式で、一方、クラークヘン式は流入域（流域最遠点から主流路上流端に到達するまでの間の排水範囲）の大きさ（ 2km^2 以上並びに 2km^2 未満）に応じて、算式（平方根比率）により求める場合と一定の流入時間（下水道整備区域及び山地地域に対して 30 分、急傾斜面区域に対して 20 分）を選択する手法である。

当調査では、各対象流域の流入域面積がいずれも 2km^2 未満であること並びに流入水路の平均勾配が $1/2$ 程度以上と急勾配であることから、対象 3 流域の全てにおいてクラークヘン式の「急傾斜面区域」に対応する流入時間 $t_1=20$ (分)を採用した。

2) 河道流下時間

河道流下時間を算定する手法として種々提案されている中で、対象流域に適応可能

な手法としてクラークヘン式およびルチハ式が挙げられる。それぞれの適用条件は次のとおりである。

- ・クラークヘン式 : 一般に流路平均勾配が $I \leq 1/20$ の場合
- ・ルチハ式 : 一般に流路平均勾配が $I > 1/20$ の場合

当調査では、各対象流域の河道平均勾配がいずれも 1/10 以上の急勾配であることから、ルチハ式を採用する。

ルチハ式による各対象流域の河道流下時間は、それぞれ、Bajhang で 58.0 分、Bajura で 26.5 分及び Syarpudaha で 27.5 分と算出される。

$$T = \frac{l}{W}, \quad W = 20 \left(\frac{h}{I} \right)^{0.6} \quad (\text{ルチハ式})$$

ここで、
 T : 流下時間 (s)
 h : 河道上流端から流量検討地点までの標高差 (m)
 I : 河道上流端から流量検討地点までの水平距離 (m)
 W : 洪水伝播速度 (m/s)

【河道流下時間（ルチハ式）】

地点	流路延長 (m)	上流端標高 (m)	下流端標高 (m)	標高差 (m)	勾配 (1/I)	流速 (m/s)	河道流下時間 (min)
BAJHANG	18,992	3,820	1,638	2,182	8.7	5.5	58.0
BAJURA	10,032	3,060	1,596	1,464	6.9	6.3	26.5
SYARPUDAHA	11,046	3,000	1,212	1,788	6.2	6.7	27.5

3) 洪水到達時間

洪水到達時間（流入時間＋河道流下時間）を算定した結果を表 3.5 に整理した。

Bajhang で 78.0 分、Bajura で 46.5 分および Syarpudaha で 47.5 分となる。

なお、対象河川全体の河川測量データや、流量観測データが無いことから、プロジェクト対象流域での流下時間の適用性として不確定要素が存在することが想定される。そこで、構造設計において、洪水時の流下幅を最大限広く確保（取水堰に隣接する越流堤の幅を最大限広く確保）することとし、想定した高水ピーク流量を超過した場合でも、取水堰における水位上昇を小さくして堰構造物の安全性を確保するように配慮することでこれら不確定要素の対応を図ることとした。

表 3.5 洪水到達時間算定結果

S.N	Inflow time T1 (min)	River flow time T2 (min)	Total concentration time TC (min)
BAJHANG	20.0	58.0	78.0
BAJURA	20.0	26.5	46.5
SYARPUDAHA	20.0	27.5	47.5

(7) 洪水到達時間内平均降雨強度

当調査の対象雨量観測所には日雨量データしか存在しない。したがって、洪水到達時間内降雨強度は日雨量から換算する他に方法はないが、その代表的手法としては、物部式並びに伊藤 A 式が挙げられる。

両式を比較した場合、不確定要素となり得るパラメータの数は、物部式に 1 個 (T の項に係る指数) 並びに伊藤 A 式に 3 個 (分子と分母に各 1 の定数と T に係る指数) であることが判る。これにより、当調査では、雨量データの所在状況等に鑑み、不確定要素がより少ない物部式を採用する。

物部式により算定した平均降雨強度は、Bajhang で 59.4mm/hr、Bajura で 83.9mm/hr および Syarpudaha で 82.7mm/hr である。

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{物部式})$$

ここで、 R_t : 平均降雨強度 (mm/hr)
 R_{24} : 日雨量 (mm/day)
 T : 洪水到達時間 (hr)

$$R_t = \frac{347.1}{T^{1.35} + 1,502} * R_{24} \quad (\text{伊藤 A 式})$$

ここで、 R_t : 平均降雨強度(mm/hr)
 R_{24} : 日雨量(mm/day)
 T : 洪水到達時間(min)

表 3.6 洪水到達時間内平均降雨強度算定表

	洪水到達時間 (min)	日雨量 (mm/day)	平均降雨強度 (mm/hr)	
			(1)	(2)
Bajhang	78.0	204	59.4	38.1
Bajura	46.5	204	83.9	42.2
Syarpudaha	47.5	204	82.7	42.1

(1) 物部式
(2) 伊藤A式

(8) 土砂混入率

土砂混入率については、「改定新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説計画編」第 6 節流路工 6.2 土砂混入率の中で、砂防工事施工中及び屈曲、乱流防止の場合土砂混入率 10%と記載されていることからこれを採用した。