

附 屬 資 料

1. Facility Register for the Existing Power Plant
2. Survey Record

Facility Register for the Existing Power Plant

Power Plant	San Gancio
Electric Power Company	CHEC
Location	Manizales/Caldas
River	Chinchina
Generating Method	Run-of-River
Year Installed	1929/1947
Years in Service	
Installed Capacity	2,320 kW
Available Capacity	1,750 kW

Civil

Item	Data	
1. Dam		
1) Type	<i>concrete, gravity</i>	
2) Height (m)	<i>1912.06 ~ 1908.51 3.55</i>	
3) Crest length (m)	<i>17.7</i>	
4) Height of overflowing crest (m)	<i>1912.06</i>	
5) Width of overflowing crest (m)	<i>9.8</i>	
6) Depth of overflowing crest (m)	<i>no data available</i>	
2. Intake Gate		
1) Type	<i>sluice</i>	
2) Number of gates	<i>2</i>	
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>no data available</i>	
3. Intake		
1) Intake sill height (m)	<i>1910.02</i>	
2) Number of intake	<i>2</i>	
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>1.9 x 1.3 3.4 x 2.4</i>	
4. Desilting Basin	<i>No.1</i>	<i>No.2</i>
1) Dimensions (W x L x H)(m)	<i>9.9 x 43.1 x 2.7</i>	<i>14.2 x 21.8 x 5.1</i>
5. Sand Trap Gate		
1) Type	<i>sluice</i>	<i>sluice</i>
2) Number of gates	<i>1</i>	<i>1</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>1.2 x 1.2</i>	<i>1.6 x 1.2</i>
6. Headrace		
1) Type	<i>open channel</i>	
2) Dimensions (W x H)(m)	<i>average 1.6 x 1.7</i>	
3) Length (m)	<i>2,363</i>	

Civil

Item	Data
7. Reservoir Tank	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	4.8 x 29.8 x 5.8
8. Forebay	
1) Dimensions (W x H)(m)	no data available
9. Penstock	
1) Number of lines	1
2) Penstock diameter (d)(m)	12.4
3) Penstock length (L)(m)	231.209
10. Tailrace	
1) Dimensions (W x H)(m)	no data available

Equipment

Item	Data	
	# 2	# 1
1. Water Turbine		
1) Manufacturer's name	Leffel	Voith
2) Year manufactured	1947	1929
3) Type	Francis	Pelton
4) Output (kW)	1,800FHP	1,609 HP
5) Revolution (rpm)	600	257
6) Ancillary equipment		
a) Type of governor	Mechanical Hydraulic	Mechanical Hydraulic
b) Inlet valve		
- Type	Gate	Gate
- Diameter (mm)	1,240	1,240
2. Generator and Exciter		
1) Manufacturer's name	GE	Siemens
2) Year manufactured	1947	1929
3) Type	Synchro.	Synchro.
4) Capacity (kVA)	1,500	1,400
5) Power factor (%)	80	80
6) Voltage (V)	4,160	4,000
7) Frequency (Hz)	60	60
8) Revolution (rpm)	600	257
9) Method of neutral earthing	direct	direct
10) Type of exciter	<i>no data available</i>	

Equipment

Item	Data
3. Transformer	
1) Manufacturer's name	N/A
2) Year manufactured	
3) Type	
4) Capacity (kVA)	
5) Primary voltage (kV)	
6) Secondary voltage (kV)	
7) Number of unit	
8) Vector-group symbol	
9) Impedance (%)	
10) Purpose for use	
4. Circuit Breaker	
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>
2) Year manufactured	
3) Type	
4) Voltage (kV)	
5) Rated current (A)	
6) Rupturing capacity (kA)	
7) Purpose for use	
5. Transmission Line	
1) Destination	Marmato S/S
2) Length (m)	<i>no data available</i>
3) Voltage (kV)	4.16
4) Number of circuit	1
5) Number of pylons	<i>no data available</i>
6) Size of conductors	∕
7) Materials of conductors	∕

Equipment	
Item	Data
6. Battery	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity (AH/HR)	
4) DC voltage (V)	
5) Type	
7. Battery Charger	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity	
4) Incoming voltage (V)	
8. Overhead Crane	
1) Weight (ton)	15
2) Method of operation	Manual
3) Span (m)	<i>no data available</i>

Facility Register for the Existing Power Plant

Power Plant	Intermedia
Electric Power Company	CHEC
Location	Manizales/Caldas
River	Chinchina
Generating Method	Run-of-River
Year Installed	1947
Years in Service	1947
Installed Capacity	1,120 kW
Available Capacity	900 kW

Civil

Item	Data
1. Dam	N/A
1) Type	
2) Height (m)	
3) Crest length (m)	
4) Height of overflowing crest (m)	
5) Width of overflowing crest (m)	
6) Depth of overflowing crest (m)	
2. Intake Gate	N/A
1) Type	
2) Number of gates	
3) Dimensions (W x H)(m)	
3. Intake	N/A
1) Intake sill height (m)	
2) Number of intake	
3) Dimensions (W x H)(m)	
4. Desilting Basin	N/A
1) Dimensions (W x L x H)(m)	
5. Sand Trap Gate	N/A
1) Type	
2) Number of gates	
3) Dimensions (W x H)(m)	
6. Headrace	
1) Type	<i>open ditch (no lining)</i>
2) Dimensions (W x H)(m)	<i>average 2.80 x 1.60</i>
3) Length (m)	<i>3140</i>

Civil

Item	Data
7. Reservoir Tank	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	7.9 x 72.1 x 4.5
8. Forebay	
1) Dimensions (W x H)(m)	N/A
9. Penstock	
1) Number of lines	1
2) Penstock diameter (d)(m)	1.24
3) Penstock length (L)(m)	153.533
10. Tailrace	
1) Dimensions (W x H)(m)	N/A

Equipment

Item	Data
1. Water Turbine	
1) Manufacturer's name	Voith
2) Year manufactured	1935
3) Type	Pelton
4) Output (kW)	1,120
5) Revolution (rpm)	257
6) Ancillary equipment	
a) Type of governor	Mechanical Hydraulic
b) Inlet valve	
- Type	Gate
- Diameter (mm)	1,240
2. Generator and Exciter	
1) Manufacturer's name	Siemens
2) Year manufactured	1935
3) Type	Synchro.
4) Capacity (kVA)	1,400
5) Power factor (%)	80
6) Voltage (V)	4,000
7) Frequency (Hz)	60
8) Revolution (rpm)	257
9) Method of neutral earthing	direct
10) Type of exciter	<i>no data available</i>

Equipment

Item	Data
3. Transformer	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Type	
4) Capacity (kVA)	
5) Primary voltage (kV)	
6) Secondary voltage (kV)	
7) Number of unit	
8) Vector-group symbol	
9) Impedance (%)	
10) Purpose for use	
4. Circuit Breaker	<i>no data available</i>
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Type	
4) Voltage (kV)	
5) Rated current (A)	
6) Rupturing capacity (kA)	
7) Purpose for use	
5. Transmission Line	
1) Destination	Marmato S/S
2) Length (m)	<i>no data available</i>
3) Voltage (kV)	4.16
4) Number of circuit	1
5) Number of pylons	<i>no data available</i>
6) Size of conductors	"
7) Materials of conductors	"

Equipment	
Item	Data
6. Battery	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity (AH/HR)	
4) DC voltage (V)	
5) Type	
7. Battery Charger	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity	
4) Incoming voltage (V)	
8. Overhead Crane	
1) Weight (ton)	15
2) Method of operation	Manual
3) Span (m)	<i>no data available</i>

Facility Register for the Existing Power Plant

Power Plant	Municipal
Electric Power Company	CHEC
Location	Manizales/Caldas
River	Chinchina
Generating Method	Run-of-River
Year Installed	1945
Years in Service	1945
Installed Capacity	2,112 kW
Available Capacity	1,400 kW

Civil

Item	Data
1. Dam	
1) Type	<i>Concrete, gravity</i>
2) Height (m)	<i>2.5</i>
3) Crest length (m)	<i>34.0</i>
4) Height of overflowing crest (m)	<i>1,781.798</i>
5) Width of overflowing crest (m)	<i>21.25</i>
6) Depth of overflowing crest (m)	<i>no data available</i>
2. Intake Gate	<i>N/A</i>
1) Type	
2) Number of gates	
3) Dimensions (W x H)(m)	
3. Intake	
1) Intake sill height (m)	<i>1,779.548</i>
2) Number of intake	<i>2</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>5.4 x 2.8 2.3 x 1.7</i>
4. Desilting Basin	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	<i>17.6 x 30.6 x 4.6</i>
5. Sand Trap Gate	
1) Type	<i>sluice</i>
2) Number of gates	<i>1</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>1.2 x 1.2</i>
6. Headrace	
1) Type	<i>open channel</i>
2) Dimensions (W x H)(m)	<i>2.20 x 1.70</i>
3) Length (m)	<i>2,390</i>

Civil

Item	Data
7. Reservoir Tank	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	10 x 23 x 2.6
8. Forebay	N/A
1) Dimensions (W x H)(m)	
9. Penstock	
1) Number of lines	1
2) Penstock diameter (d)(m)	1.52
3) Penstock length (L)(m)	157.83
10. Tailrace	
1) Dimensions (W x H)(m)	no data available

Equipment		
Item	Data	
	#1	#2
1. Water Turbine		
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>	
2) Year manufactured	1935	1935
3) Type	Pelton	Pelton
4) Output (kW)	1,769 HP	1,769 HP
5) Revolution (rpm)	360	360
6) Ancillary equipment		
a) Type of governor	Mechanical Hydraulic	Mechanical Hydraulic
b) Inlet valve		
- Type	Gate	Gate
- Diameter (mm)	1,520	1,520
2. Generator and Exciter		
1) Manufacturer's name	ASEA	ASEA
2) Year manufactured	1935	1935
3) Type	Synchro.	Synchro.
4) Capacity (kVA)	1,320	1,320
5) Power factor (%)	80	80
6) Voltage (V)	4,300	4,300
7) Frequency (Hz)	60	60
8) Revolution (rpm)	360	360
9) Method of neutral earthing	direct	direct
10) Type of exciter	<i>no data available</i>	

Equipment

Item	Data
3. Transformer	
1) Manufacturer's name	ASEA
2) Year manufactured	1945
3) Type	Outdoor, ONAN
4) Capacity (kVA)	900 x 3
5) Primary voltage (kV)	4.3
6) Secondary voltage (kV)	13.2
7) Number of unit	1
8) Vector-group symbol	D/Y
9) Impedance (%)	<i>no data available</i>
10) Purpose for use	Step-up
4. Circuit Breaker	
1) Manufacturer's name	ASEA
2) Year manufactured	
3) Type	OCB
4) Voltage (kV)	13.2
5) Rated current (A)	<i>no data available</i>
6) Rupturing capacity (kA)	"
7) Purpose for use	transmission line
5. Transmission Line	
1) Destination	Marmato S/S
2) Length (m)	<i>no data available</i>
3) Voltage (kV)	13.2
4) Number of circuit	2
5) Number of pylons	<i>no data available</i>
6) Size of conductors	"
7) Materials of conductors	"

Equipment	
Item	Data
6. Battery	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity (AH/HR)	
4) DC voltage (V)	
5) Type	
7. Battery Charger	N/A
1) Manufacturer's name	
2) Year manufactured	
3) Capacity	
4) Incoming voltage (V)	
8. Overhead Crane	
1) Weight (ton)	10
2) Method of operation	Manual
3) Span (m)	<i>no data available</i>

Survey Records

San Cancio Hydroelectric Power Plant

Date of Survey : 13~14 Feb. 1989

I. RECORDS BY VISUAL INSPECTION AND HEARING SURVEY

Unit No.: /

Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine		
Cover	1) Presence of vibration	1) Normal
Bucket	1) Existence of corrosion	1) Corrosion : not existing
Shaft	1) Shaking of shaft axis	1) Abrasion : existing
Bearing	1) Oil shortage on bearing surface	1) No objection
	2) Lack of oil viscosity	1) " ;
Governor control	1) Control by belt-driven type	1) Belt driven
	2) Speed detection device	2) Speeder
	3) Speed regulation system	3) Manual
	4) Installation of load limiter	4) N/A
	5) Accuracy of governor speed regulation	5) Poor accuracy (low response)

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Oil pressure equipment	1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system
	Inlet valve	1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation
	Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed
	Deflector	1) Smoothness of control
	Jet Brake	1) Smoothness of control
		1) A little, but no objection to operation 2) Shaft driven Manual and motor (AC. 220V, 2.4HP) control by 1) push button from control panel 2) No objection 3) N/A Corrosion : not existing Abrasion : existing 2) No objection 1) Operation is very hard due to manual operation. 1) N/A

Unit No.

1

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	1) No objection 2) " 3) "
Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) " 2) Reducing due to being advanced in years 3) No objection
Bearing	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) Repair work has been done every 2 years 2) No objection 3) "
Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) Every 2 months 2) Sufficient
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation	1) Manual (control panel) 2) Voltage is always regulated by operator.

Generator
for Pelton

Unit No.: 2

Type of Turbine: Francis

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Casing	1) Existence of corrosion 2) Wear in thickness 3) Presence of vibration	1) No objection. (interior was painted) 2) " " (measured by ultra-sonic) 3) "
Runner	1) Existence of corrosion 2) Occurrence of porosity by sand pitting	1) a little (due to cavitation) 2) " " "
Shaft	1) Shaking of shaft axis	1) No objection
Bearing	1) Oil shortage on bearing surface 2) Lack of oil viscosity	1) " 2) "
Governor control	1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system 4) Installation of load limiter 5) Accuracy of governor speed regulation	1) motor 2) speeder 3) automatic 4) N/A 5) not so good (low response)

Francis Turbine

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results	
Francis Turbine	Oil pressure equipment	<ul style="list-style-type: none"> 1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system 	<ul style="list-style-type: none"> 1) A little, but no objection to operation 2) Shaft driven for lubrication and cooling Motor driven for Governor (A.C. 220V, 2HP)
	Inlet valve	<ul style="list-style-type: none"> 1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Manual and motor 2) No objection 3) N/A
	Guide vanes	<ul style="list-style-type: none"> 1) Smoothness of control 2) Presence of water leakage from casing when guide vanes are closed 3) Break frequency of shear pins 	<ul style="list-style-type: none"> 1) No objection 2) A little, but no objection to operation 3) 3 or 4 per year
	Sealing device	<ul style="list-style-type: none"> 1) Sufficiency of water sealing for shaft 2) Sufficiency of packing for shaft seal 	<ul style="list-style-type: none"> 1) N/A 2) Sufficient (material: Teflon)

Unit No.

Z

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	1) No objection 2) " 3) "
Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) " 2) Reducing due to being advanced in years. 3) No objection
Bearing	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) Repair work has been done every 2 years 2) No objection 3) "
Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) Every 2 months 2) Sufficient
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation	1) Manual (control panel) 2) Voltage is always regulated by operator

Generator
for Francis

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Control Board		<p>It is necessary to calibrate due to being advanced in years.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Advanced in years. 2) Sufficient 3) Gen. : A, V, W, Wh, Hz, Cosφ, Ex. : A, V Turbine Pressure, rpm
Metering equipment	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sufficiency of accuracy for instruments 2) Lack of necessary instruments 3) Items constantly recorded 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sufficient 2) 52G is tripped by 50/51
Protection equipment	<ol style="list-style-type: none"> 1) Lack of relays to be installed 2) Operation method in case of accident in transmission lines 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sufficient 2) Remote control panel is not provided.
Remote control equipment	<ol style="list-style-type: none"> 1) Control method for turbine and generator operation 2) Control method for voltage and speed control 3) Operation method of synchronized switching 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Voltage : manual (local control panel) Speed : Francis - motor or manual 2) Manual Pelton - manual
Power system	<ol style="list-style-type: none"> 1) Power supply voltage (kV) after rehabilitation work 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 4.16 kV

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Insulation level	1) Sufficiency of insulation level 2) Unification of insulation level 3) Reduction of insulation resistance	1) Sufficient (4.16kv) 2) Unified (4.16kv) 3) No objection
Accessibility and Safety	1) Accessibility to high voltage devices 2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals 3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker	1) Safety 2) Sufficient 3) Manual It is reliable.
Indoor Switchgear		

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Transformer	1) Presence of over load operation	1) N/A
Circuit breaker	1) Situation of tripfor outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line 2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker	1) " 2) "
Line switch	1) Operation method 2) Reliability of operation	1) Manual 2) It is not reliable.
Insulator	1) Presence of damage and dusts	1) No objection
Structural steel	1) Occurence of erosion due to rust 2) Presence of injury	1) " 2) "
Line protection	1) Existence of adequate protection relays to connect to RED	1) 5c/51

Outdoor Equipment

III. REPAIR RECORDS

No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Repaired locations and method for repairing 2) Causes for damage/defect 3) Duration of repairing and power supply stoppage 4) Repaired by; <ol style="list-style-type: none"> a) staff in Power Plant b) manufacturer c) other 5) Repair cost 6) Operation life after the completion of repairing work 	<p><i>Without available informations</i></p>

IV . SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results
	<p>Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.</p>	<p>1) Following spare parts have been made in CHEC's repair shop.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bucket for Pelton b. Needle " " c. Nozzle " " d. Sealing for valves e. Guide Vane for Francis f. Bolts and nuts

V. CHEC's INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results
	Make with ✓ in pertinent columns.	
-	Inlet valve	✓ * - 1 Change to high efficiency machine.
-	Turbine, governor, auxiliary equipment	Francis: ✓ Pelton: ✓ (change to Francis)
-	Generator, exciter	* - 2 Only Calibration
-	Control panel	✓
-	Switchgear	Good condition
-	Transformer	N/A
-	Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.)	N/A
-	Transmission tower, conductor and insulator	✓ Good condition
-	Power House	✓ Depend on F/S
-	Penstock	✓ Already changed 5 years ago.
* - 1 :	Change to full automatic (52G trip and Inlet valve is closed automatically.)	
* - 2 :	Generator Stator winding should be change Exciter Replace Francis Stator winding should be change Leave as it is Replace	

Survey Records

Intermedia Hydroelectric Power Plant

Date of Survey : 13 ~ 14 Feb. 1989

I. RECORDS BY VISUAL INSPECTION AND HEARING SURVEY

Unit No.: _____ / _____

Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) Normal
	Bucket	1) Corrosion: not existing 1) Abrasion: a little existing
	Shaft	1) No objection
	Bearing	1) ;
	Governor control	2) ;
	1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system	1) Belt driven 2) Speeder 3) Manual
	4) Installation of load limiter	4) N/A
	5) Accuracy of governor speed regulation	5) poor accuracy (slow response)

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Oil pressure equipment	1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system 1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation
	Inlet valve	1) A little, but no objection to operation. 2) Shaft driven Motor (A.C. 220V, 2.3Kw), Control from local control panel 1) No objection 2) N/A
Pelton Turbine	Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed Corrosion : not existing Abrasion : a little 1) No objection 2) No objection
Pelton Turbine	Deflector	1) Smoothness of control
Pelton Turbine	Jet Brake	1) Smoothness of control
Pelton Turbine		1) No objection
Pelton Turbine		1) N/A

Unit No. /

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	<ol style="list-style-type: none"> 1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>No objection</i> 2) " 3) "
Stator winding	<ol style="list-style-type: none"> 1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core 	<ol style="list-style-type: none"> 1) " 2) <i>Reducing due to being advanced in years</i> 3) <i>No objection</i>
Bearing	<ol style="list-style-type: none"> 1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Deformation is existing.</i> 2) <i>No objection</i> 3) "
Exciter	<ol style="list-style-type: none"> 1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Every 2 months</i> 2) <i>Sufficient</i>
Voltage regulator	<ol style="list-style-type: none"> 1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Manual</i> 2) <i>Voltage is always regulated by operator.</i>

Generator

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Metering equipment	1) Sufficiency of accuracy for instruments 2) Lack of necessary instruments 3) Items constantly recorded	1) Not so good 2) Sufficient 3) Gen.: A, V, W, Wh, Hz, cosφ Ex.: A, V Turbine speed, RPM
Protection equipment	1) Lack of relays to be installed 2) Operation method in case of accident in transmission lines	1) Sufficient 2) 52 G is tripped by 50/51
Remote control equipment	1) Control method for turbine and generator operation 2) Control method for voltage and speed control 3) Operation method of synchronized switching	1) Remote control panel is not provided. 2) Voltage = manual (local control panel) Speed = manual 3) Manual
Power system	1) Power supply voltage (kV) after rehabilitation work	1) 4.16 kV

Control Board

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Indoor Switchgear	<ul style="list-style-type: none"> 1) Sufficiency of insulation level 2) Unification of insulation level 3) Reduction of insulation resistances 1) Accessibility to high voltage devices 2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals 3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker 	<ul style="list-style-type: none"> 1) <i>Sufficient</i> 2) <i>Unified</i> 3) <i>No objection</i> 1) <i>Safety</i> 2) <i>Sufficient</i> 3) <i>Manual</i> <i>It is reliable.</i>

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Transformer	1) Presence of over load operation	1) N/A
Circuit breaker	1) Situation of tripfor outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line 2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker	1) " 2) "
Line switch	1) Operation method 2) Reliability of operation	1) Manual 2) -IT is not reliable
Insulator	1) Presence of damage and dusts	1) No objection
Structural steel	1) Occurence of erosion due to rust 2) Presence of injury	1) " 2) "
Line protection	1) Existence of adequate protection relays to connect to RED	1) 50/51

Outdoor Equipment

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Insulation level	1) Sufficiency of insulation level 2) Unification of insulation level 3) Reduction of insulation resistance	1) <i>Sufficient</i> 2) <i>Unified</i> 3) <i>Reducing</i>
Accessibility and Safety	1) Accessibility to high voltage devices 2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals 3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker	1) <i>Safety</i> 2) <i>Sufficient</i> 3) <i>Manual. It is reliable</i>
Indoor Switchgear		

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Transformer	1) Presence of over load operation	1) No objection
Circuit breaker	1) Situation of trip for outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line 2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker	1) Automatically tripped 2) Oil has been changed every 1 year.
Line switch	1) Operation method 2) Reliability of operation	1) Manual 2) It is not reliable and dangerous to operation.
Insulator	1) Presence of damage and dusts	1) No objection
Structural steel	1) Occurrence of erosion due to rust 2) Presence of injury	1) existing 2) No objection
Line protection	1) Existence of adequate protection relays to connect to RED	1) 50/51

Outdoor Equipment

II. ACTUAL GENERATED ENERGY AND OPERATION TIME

Unit No.: 1 and 2

Installed Capacity of Generator: _____ KVA

Type of Turbine: _____

YEAR		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL	REMARKS
1983	MWH	590	511	736	713	676	599	599	404	388	403	595	707	6,921	
	OPER. TIME														
1984	MWH	645	598	524	535	581	600	646	644	439	662	342	577	6,793	
	OPER. TIME														
1985	MWH	712	624	624	574	377	387	440	499	508	337	356	635	6,073	
	OPER. TIME														
1986	MWH	608	518	540	562	630	622	590	427	523	553	512	457	6,542	
	OPER. TIME														
1987	MWH	444	321	485	492	495	454	345	509	460	381	264	175	4,825	
	OPER. TIME														
1988	MWH	754	606	482	451	485	439	464	514	473	465	287	27	5,448	
	OPER. TIME														

III. REPAIR RECORDS

No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p>	
1)	Repaired locations and method for repairing	Without available informations
2)	Causes for damage/defect	
3)	Duration of repairing and power supply stoppage	
4)	Repaired by;	
	a) staff in Power Plant	
	b) manufacturer	
	c) other	
5)	Repair cost	
6)	Operation life after the completion of repairing work	

IV . SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results
	Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.	1) Following spare parts have been made in CHEC's repair shop. a. Bucket for Pelton b. Needle " " c. Nozzle " " d. Sealing for valves e. Bolts and nuts

V. CHEC' s INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results
	Mark with ✓ in pertinent columns.	
-	Inlet valve	Leaving as it is ✓ Repair work ✓ Replacement ✓ Notes: X-1 Change to high efficiency machine
-	Turbine, governor, auxiliary equipment	(Change to Francis) ✓ Change to Stator winding
-	Generator, exciter	Repair work ✓ Replacement ✓ Notes: many trouble
-	Control panel	✓
-	Switchgear	✓
-	Transformer	✓
-	Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.)	✓
-	Transmission tower, conductor and insulator	✓
-	Power House	✓ depend on F/s Already changed 5 years ago.
-	Penstock	✓ X-1 : Change to full automatic (52 G trip and Inlet valve is closed automatically.)

9

III. REPAIR RECORDS

No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Repaired locations and method for repairing 2) Causes for damage/defect 3) Duration of repairing and power supply stoppage 4) Repaired by; <ol style="list-style-type: none"> a) staff in Power Plant b) manufacturer c) other 5) Repair cost 6) Operation life after the completion of repairing work 	<p><i>Without available informations</i></p>

IV . SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results
	<p>Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.</p>	<p>1) Following spare parts have been made in CHEC's repair shop.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bucket for Pelton b. Needle " " c. Nozzle " " d. Sealing for valve e. Bolts and nuts

V. CHEC's INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results
	Mark with ✓ in pertinent columns.	
	- Inlet valve	✓ * -1
	- Turbine, governor, auxiliary equipment	(change to high efficiency machine) ✓ Francis) charge to stator winding
	- Generator, exciter	✓ only Calibration
	- Control panel	✓ Good condition
	- Switchgear	✓
	- Transformer	N/A
	- Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.)	N/A
	- Transmission tower, conductor and insulator	✓ Good condition
	- Power House	✓ Depend on F/S
	- Penstock	✓ Already changed 5 years ago.

* -1 : Change to full automatic (52 G trip and Inlet valve is closed automatically)

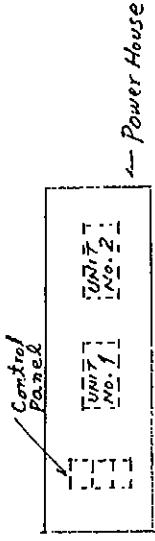
Survey Records

Municipal Hydroelectric Power Plant

Date of Survey : 13~14 Feb. 1989

I. RECORDS BY VISUAL INSPECTION AND HEARING SURVEY

Unit No.: _____ / _____
 Type of Turbine: _____ Pelton _____



Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) A little, but no objection to operation
	Bucket	1) Corrosion : not existing 1) Abrasion : a little existing
	Shaft	1) No objection
	Bearing	1) " 2) "
	Governor control	1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system 4) Installation of load limiter 5) Accuracy of governor speed regulation
		1) } Not existing due to broken 2) } 3) }
		4) N/A
		5) can't regulate due to not existing.

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	<p>Oil pressure equipment</p> <p>1) Existence of oil leakage</p> <p>2) Application of oil pressure pumping system</p>	<p>1) N/A</p> <p>2) N/A</p>
	<p>Inlet valve</p> <p>1) Operation method</p> <p>2) Locking condition</p> <p>3) Smoothness of pressurized oil operation</p>	<p>1) Manual</p> <p>2) No objection</p> <p>3) N/A</p>
	<p>Nozzle and Needle</p> <p>1) Existence of corrosion</p> <p>2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed</p>	<p><i>Corrosion : not existing</i></p> <p>1) Abrasion : a little existing</p> <p>2) Runner is rotating when needle is closed.</p>
	<p>Deflector</p> <p>1) Smoothness of control</p>	<p>1) not provided</p>
	<p>Jet Brake</p> <p>1) Smoothness of control</p>	<p>1) N/A</p>

Unit No. 1

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	<ol style="list-style-type: none">1) Discoloration of winding surface due to heat2) Existence of erosion for core3) Fitness of between rotor and shaft	<ol style="list-style-type: none">1) No objection2) "3) "
Stator winding	<ol style="list-style-type: none">1) Frequency of burning trouble or repair2) Reduction of insulation resistance3) Rust and erosion of core	<ol style="list-style-type: none">1) "2) It is about the time to change to the new one due to reduction.3) No objection
Bearing	<ol style="list-style-type: none">1) Occurrence of deformation on metal surface2) Lack of oil lubrication3) Occurrence of temperature rise	<ol style="list-style-type: none">1) Repair work has been done every 2 years2) No objection3) Occurred several times
Exciter	<ol style="list-style-type: none">1) Exchange frequency of brushes worn out2) Sufficient stock of spare brush	<ol style="list-style-type: none">1) Every 2 months2) Sufficient
Voltage regulator	<ol style="list-style-type: none">1) Operation method of voltage regulator2) Response of voltage detection for load variation	<ol style="list-style-type: none">1) Manual2) Voltage is always regulated by operator.

Generator

Unit No.: 2

Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results	
Pelton Turbine	Cover	1) A little existing	
	Bucket	Corrosion : not existing 1) Abrasion : a little existing	
	Shaft	1) No objection	
	Bearing	1) " 2) "	
	Governor control	1) } 2) } Not existing due to broken 3) }	
		4) N/A	
		5) cannot regulate due to not existing	
		1) Presence of vibration	
		1) Existence of corrosion	
		1) Shaking of shaft axis	
	1) Oil shortage on bearing surface		
	2) Lack of oil viscosity		
	1) Control by belt-driven type		
	2) Speed detection device		
	3) Speed regulation system		
	4) Installation of load limiter		
	5) Accuracy of governor speed regulation		

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	<p>Oil pressure equipment</p> <p>1) Existence of oil leakage</p> <p>2) Application of oil pressure pumping system</p>	<p>1) N/A</p> <p>2) N/A</p>
	<p>Inlet valve</p> <p>1) Operation method</p> <p>2) Locking condition</p> <p>3) Smoothness of pressurized oil operation</p>	<p>1) Manual</p> <p>2) No objection</p> <p>3) N/A</p>
	<p>Nozzle and Needle</p> <p>1) Existence of corrosion</p> <p>2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed</p>	<p><i>Corrosion : not existing</i></p> <p><i>Abrasion : a little existing</i></p> <p><i>Runner is rotating when needle is closed.</i></p>
	<p>Deflector</p> <p>1) Smoothness of control</p>	<p>1) not provided</p>
	<p>Jet Brake</p> <p>1) Smoothness of control</p>	<p>1) N/A</p>

Unit No.

2

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results	
Generator	Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	1) No objection 2) " 3) "
	Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) Winding had been changed 3 Years ago. It is about the time to change to the new one due to reduction. 2) No objection 3) Repair work has been done every 2 years.
	Bearing	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) No objection 2) Occurred several times 3) Every 2 months
	Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) Sufficient 2) Manual
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation	1) Voltage is always regulated by operator.	

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Metering equipment	<ol style="list-style-type: none"> 1) Sufficiency of accuracy for instruments 2) Lack of necessary instruments 3) items constantly recorded 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Bad condition due to old, sufficient, but there are no functional instruments. 2) Gen. : A. V. W. Wh, Hz, casp 3) Ex. : A. V Turbine pressure. rpm
Protection equipment	<ol style="list-style-type: none"> 1) Lack of relays to be installed 2) Operation method in case of accident in transmission lines 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 8TG 2) 52G is tripped by 50/51
Remote control equipment	<ol style="list-style-type: none"> 1) Control method for turbine and generator operation 2) Control method for voltage and speed control 3) Operation method of synchronized switching 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remote control panel is not provided. 2) Voltage : manual (local control panel) 3) Speed : manual 3) Manual
Power system	<ol style="list-style-type: none"> 1) Power supply voltage (kV) after rehabilitation work 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Gen. Voltage : 4.16 or 13.2 kV Transmission : 13.2 kV

Control Board

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
<p style="text-align: center;">Indoor Switchgear</p> <p>Insulation level</p> <p>Accessibility and Safety</p>	<p>1) Sufficiency of insulation level</p> <p>2) Unification of insulation level</p> <p>3) Reduction of insulation resistance</p> <p>1) Accessibility to high voltage devices</p> <p>2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals</p> <p>3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker</p>	<p>1) <i>Sufficient</i></p> <p>2) <i>Unified</i></p> <p>3) <i>Reducing</i></p> <p>1) <i>Safety</i></p> <p>2) <i>Sufficient</i></p> <p>3) <i>Manual. It is reliable</i></p>

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Transformer	1) Presence of over load operation	1) No objection
Circuit breaker	1) Situation of tripfor outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line 2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker	1) Automatically tripped 2) Oil has been changed every 1 year.
Line switch	1) Operation method 2) Reliability of operation	1) Manual 2) It is not reliable and dangerous to operation.
Insulator	1) Presence of damage and dusts	1) No objection
Structural steel	1) Occurence of erosion due to rust 2) Presence of injury	1) Existing 2) No objection
Line protection	1) Existence of adequate protection relays to connect to RED	1) 50/51

Outdoor Equipment

II. ACTUAL GENERATED ENERGY AND OPERATION TIME

Unit No.: 1 and 2

Installed Capacity of Generator: _____ KVA

Type of Turbine: _____

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL	REMARKS
1983	MWH	590	511	736	713	676	599	404	388	403	595	707	6,921	
	OPE. TIME													
1984	MWH	645	598	524	535	581	646	644	439	662	342	577	6,793	
	OPE. TIME													
1985	MWH	712	624	624	574	377	440	499	508	337	356	635	6,073	
	OPE. TIME													
1986	MWH	608	518	540	562	630	590	427	523	553	512	457	6,542	
	OPE. TIME													
1987	MWH	444	321	485	492	495	345	509	460	381	264	175	4,825	
	OPE. TIME													
1988	MWH	754	606	482	451	485	464	514	473	465	287	27	5,448	
	OPE. TIME													

III. REPAIR RECORDS

No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Repaired locations and method for repairing 2) Causes for damage/defect 3) Duration of repairing and power supply stoppage 4) Repaired by; <ol style="list-style-type: none"> a) staff in Power Plant b) manufacturer c) other 5) Repair cost 6) Operation life after the completion of repairing work 	<p>Without available informations</p>

IV . SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results
	<p>Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.</p>	<p>1) Following spare parts have been made in CHEC's repair shop.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bucket for Pelton b. Needle " " c. Nozzle " " d. Sealing for valves e. Bolts and nuts

V. CHEC' s INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results
	Mark with ✓ in pertinent columns.	
	- Inlet valve	✓
	- Turbine, governor, auxiliary equipment	✓
	- Generator, exciter	✓
	- Control panel	✓
	- Switchgear	✓
	- Transformer	✓
	- Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.)	✓
	- Transmission tower, conductor and insulator	✓
	- Power House	✓
	- Penstock	✓

Leaving as it is Repair work Replacement Notes

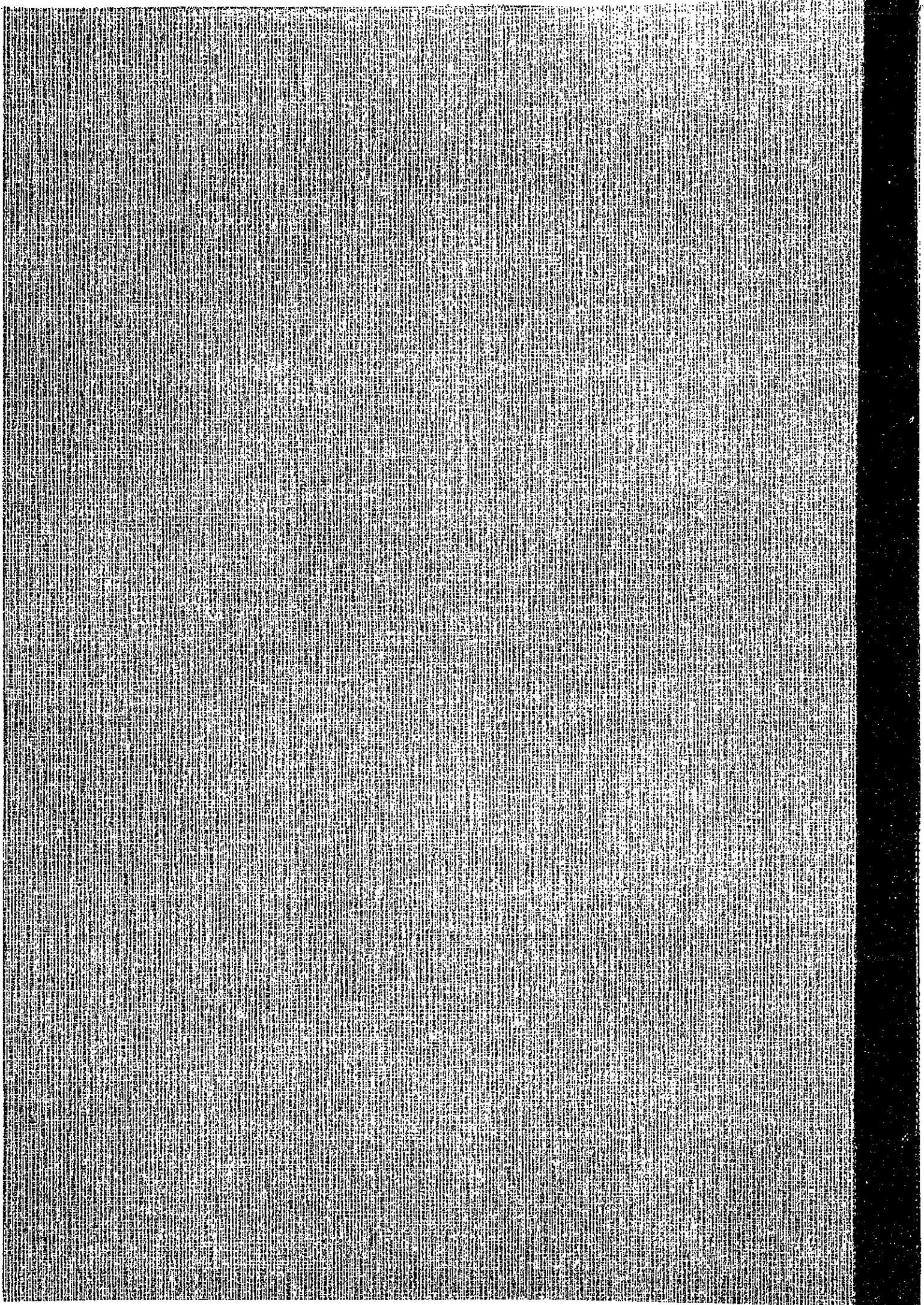
✓ (Change to Francis) ✓ x-1 - i Change to high efficiency machine

✓ Change to Stator winding

many trouble

depend on F/s
Already changed
5 years ago.

x-1 : Change to full automatic (52G trip and Inlet valve is closed automatically.)



コロンビア共和国
小規模発電設備修復計画
フィージビリティ調査

JULIO BRAVO 水力発電所

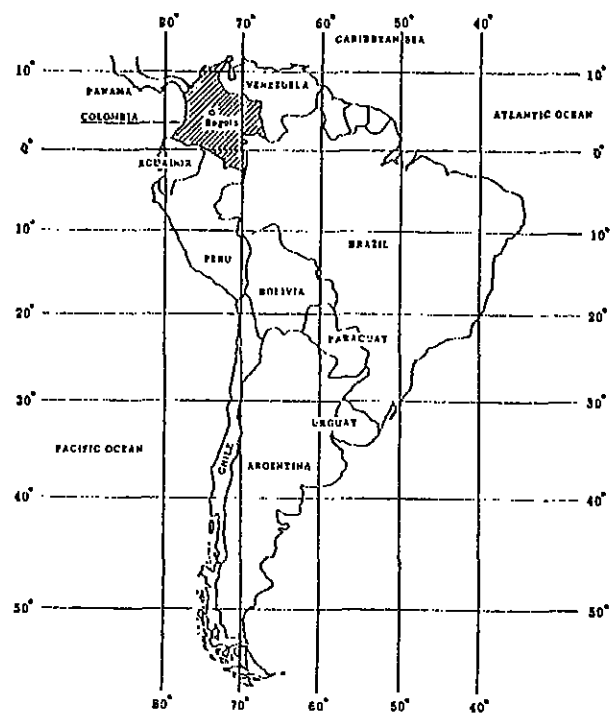
平成 2 年 3 月

国際協力事業団

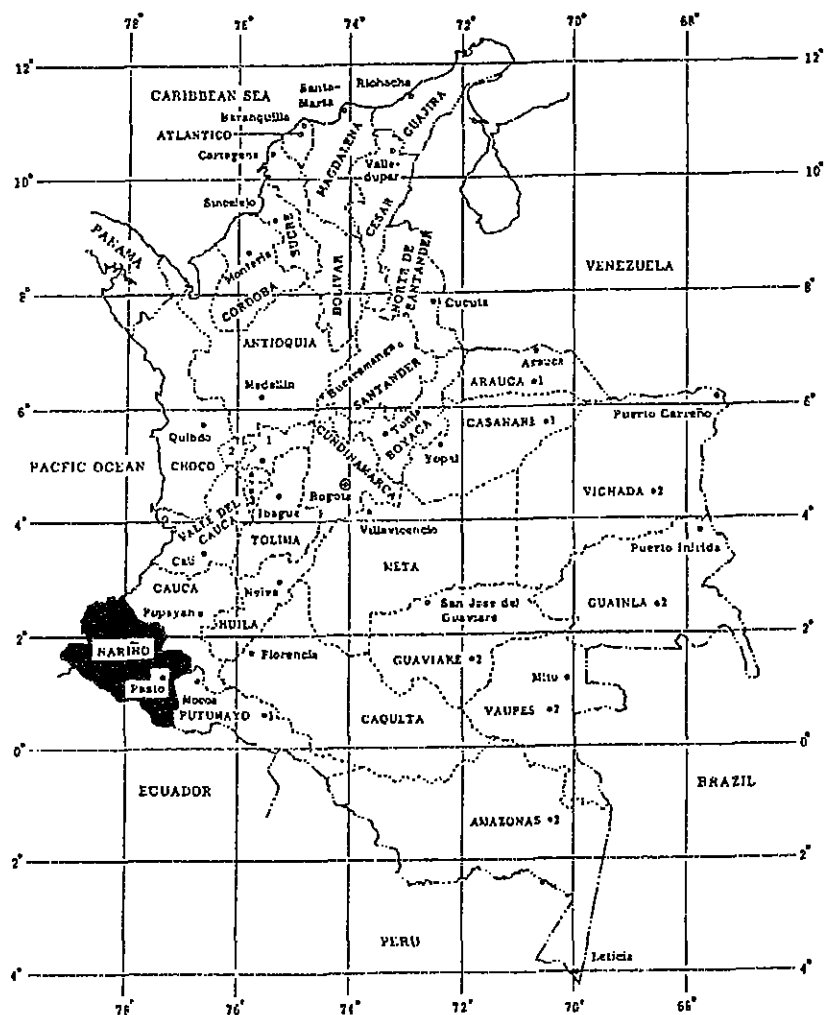


MAP OF SOUTH AMERICA

NEW WORLD ATLAS
JINBUNSHA CO., LTD.
(1932)



POLITICAL DIVISION IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA



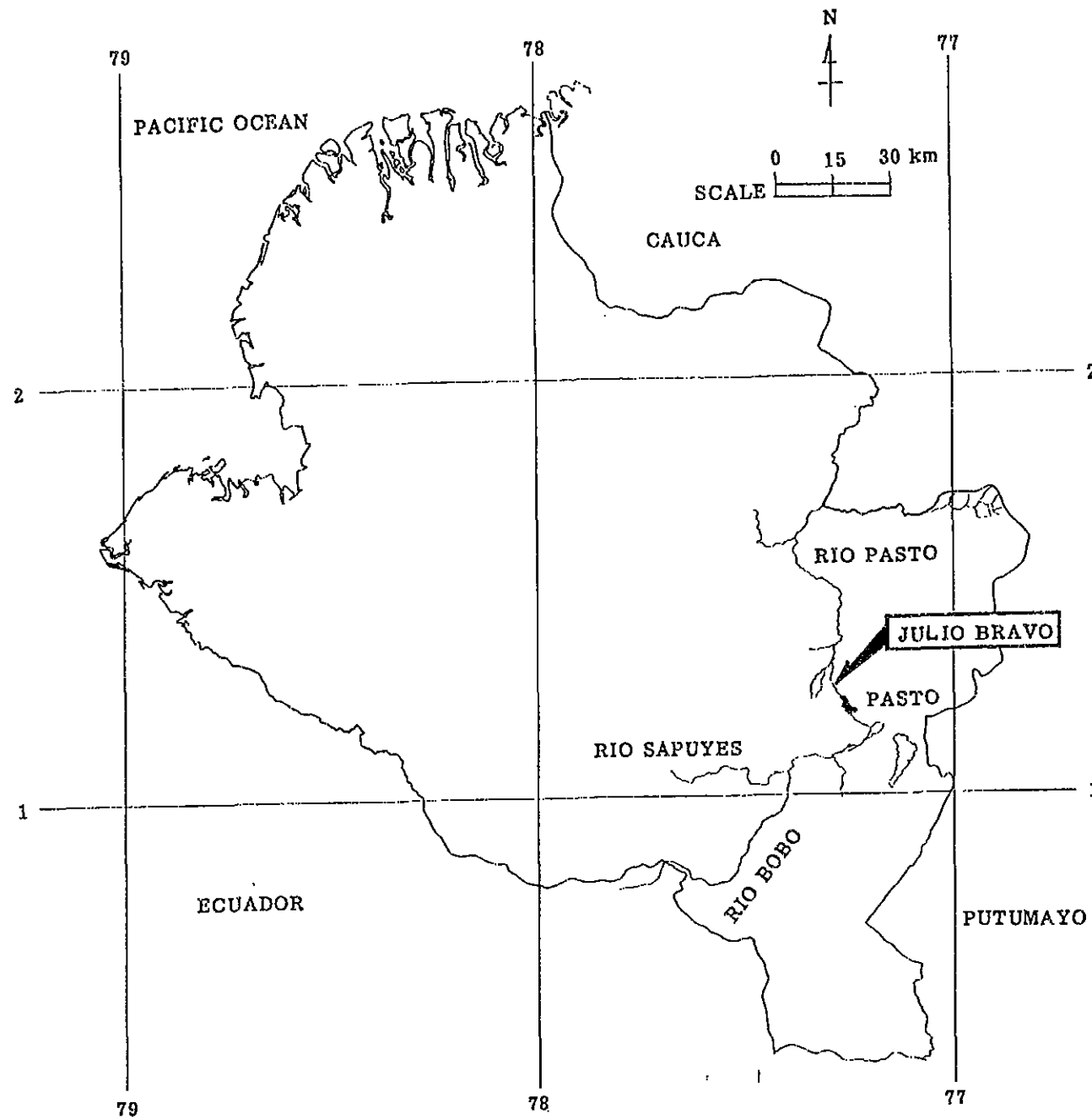
SCALE 0 250 500 km

LEGEND

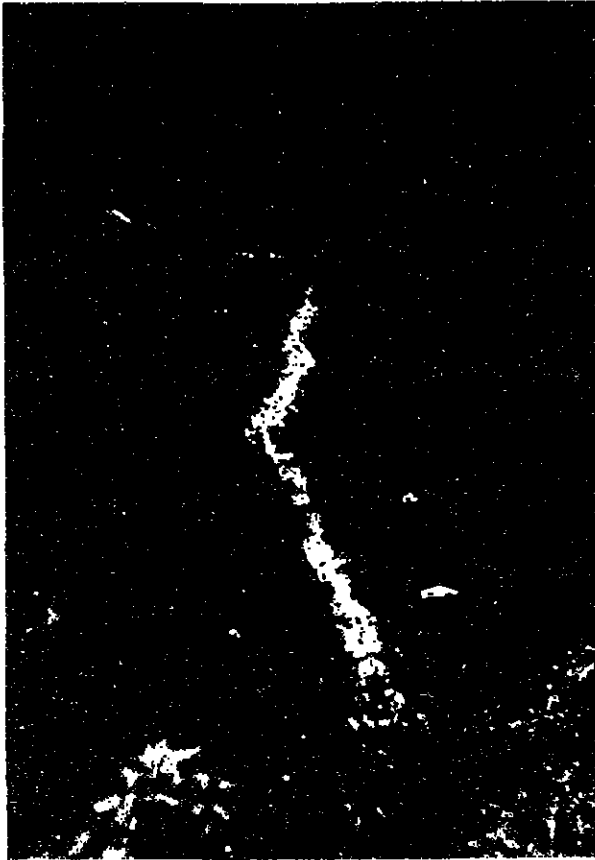
- Border
- - - - - Limit of Department
- ⊙ Capital
- Capital of Department
- 1 Intendency
- 2 Commissary

NOTES

- No. Department (Capital)
- 1 CALDAS (Manisales)
- 2 RISARALDA (Pereira)
- 3 QUINDIO (Armenia)



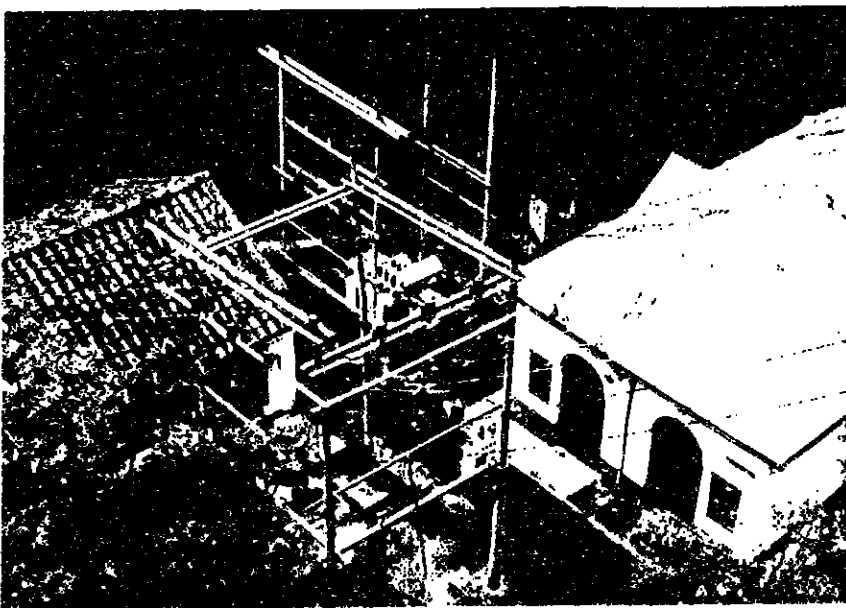
調査地域の位置図



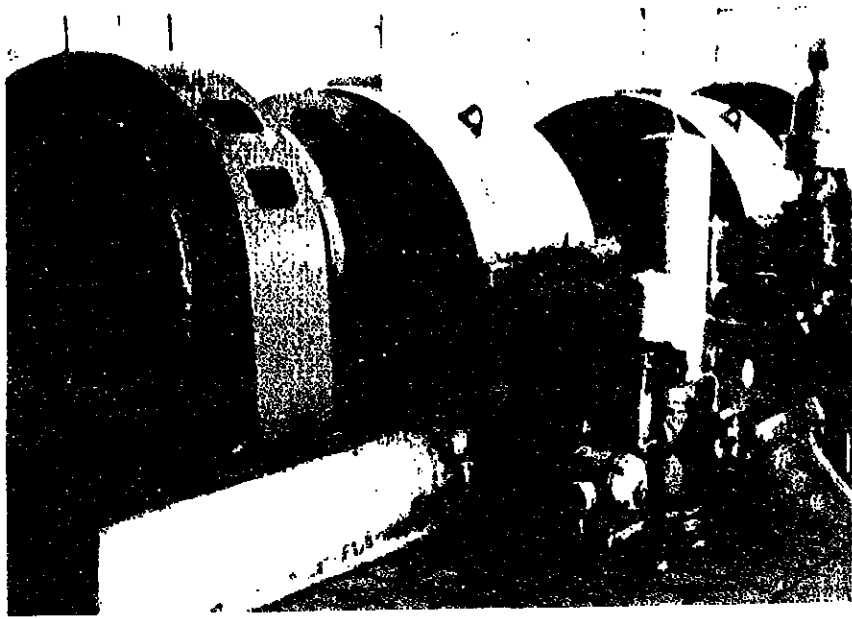
取水口付近のPasto川および導水路.



導水路



変電所および発電所建物



ペルトン水車および発電機



発電機制御盤

目 次

調査地域の位置図

写 真

第1章 序 文	1-1
第2章 調査結果の要約	2-1
第3章 調査計画	3-1
3.1 調査団の編成	3-1
3.2 調査項目と調査工程	3-3
3.3 現地調査工事の内容	3-6
第4章 調査地点の現況	4-1
4.1 電力セクターの電力事情	4-1
4.2 既設発電所の運転実績	4-4
4.3 発電設備・施設の概況	4-7
第5章 基礎資料の収集	5-1
5.1 地形図	5-1
5.2 地質調査資料	5-2
5.3 水文・気象資料	5-2
5.4 その他関連資料	5-3
第6章 地形・地質概況	6-1
6.1 地域の地形と地質	6-1
6.2 計画地点の地質	6-3
6.3 コンクリート用骨材の分布	6-3

第7章	水文解析	7-1
7.1	計画地域の一般気象	7-1
7.2	流量解析	7-1
7.3	洪水流出解析	7-11
7.4	流出土砂量解析	7-15
7.5	水質解析	7-21
第8章	発電計画	8-1
8.1	比較案の検討	8-1
8.2	発電出力	8-4
8.3	年間可能発電電力量	8-6
第9章	修復計画	9-1
9.1	修復計画案の策定	9-1
9.2	修復工事費の積算	9-2
9.3	経済指標の比較	9-5
第10章	財務分析	10-1
10.1	分析の前提条件	10-1
10.2	収益性の比較	10-4
10.3	財務計画	10-4
第11章	基本設計	11-1
11.1	施設設計	11-1
11.1.1	工作物の設計基準	11-1
11.1.2	主要構造物の改修設計	11-1
11.1.3	ゲート・バルブ類の仕様と諸元	11-8
11.1.4	発電機器の標準仕様	11-9
11.1.5	電気装置の標準仕様	11-13
11.2	施工計画	11-15
11.2.1	工事施工条件の検討	11-15
11.2.2	準備工事（締切水替等）	11-15
11.2.3	工事用アクセス道路工事	11-15

11.2.4	工事用仮設備	11-15
11.2.5	工事工程	11-16
11.3	工事費	11-19
11.3.1	積算基本条件	11-19
11.3.2	土木工事費内訳	11-22
11.3.3	発電機器予算内訳	11-26
11.3.4	年度別工事費	11-27
第12章	結論及び助言	12-1
12.1	最も実現性の高い設備計画	12-1
12.2	経済指標	12-4
12.3	運転・維持・管理用のマニュアル	12-4
12.4	修復計画に関連する技術的助言	12-4

図面集

附属資料

第 1 章 序 文

本調査報告書は、1987年11月から1988年6月までの8ヶ月間にわたって実施したプレ・フィージビリティ調査に引続いて実施したJulio Bravo流れ込み式水力発電所（定格出力 1.5MW）の修復計画に関するフィージビリティ調査の結果をとりまとめたものである。

今回のフィージビリティ調査は1988年7月にコロンビア電力庁（ICEL, Instituto Colombiano de Energia Electrica）と日本国の国際協力事業団（JICA, Japan International Cooperation Agency）との間で合意署名されたScope of workにもとづいて実施されている。その調査期間は1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間である。

修復計画の調査対象に挙げられたICEL所管の小規模水力発電所62地点の中から、本Julio Bravo流れ込み式水力発電所がフィージビリティ調査の候補に選ばれた主な理由に、①地形や河川流量等に関する基礎資料類が比較的によく整備されていたこと、②環境破壊のインパクトがなく、又他の既得水利権との競合がないこと。③延長約 2,500mの既設の導水路が堅牢性を保持していたこと。そして④CEDENARでの修復優先順位が第1位に挙げられていたこと等が挙げられる。

本フィージビリティ調査の結果、最適な修復計画としてJICA調査団が提案しているJulio Bravo流れ込み式水力発電所の修復後の発電規模は、最大出力 3.5MW、年間可能発電電力量 29.4GWh、流量設備利用率97%である。

第2章 調査結果の要約

本発電所はNarino県のPasto川に位置し、CBDENAR電力会社が所管する定格出力1500 kWの流れ込み式水力発電所であるが、水圧管路ならびに発電機器の損傷のため1984年以降全面的に運転を停止している。

(1) 発電所施設の現況と問題点

発電設備は1942年に#1, #2, #3の3ユニットのペルトン型発電機器（各500 kW）が設置されていたが、#3ユニットは故障のためすでに撤去されている。

1948年に破裂した水圧管路を取替えると同時に、#2ユニットを#4ユニットとして移設し、新たに#3ユニットにかわる#5ユニットを増設して、#1, #4および#5の3ユニットの発電設備となっている。

2番目の水圧管路も磨耗による穿孔のため使用不能となり、1984年以降現在まで発電を停止している。既存の#1, #4及び#5ユニットの発電機器も供用開始後42年から48年を経過しているため、損傷も著しく、点検、保守も実施されないまま放置されている状態である。屋外変圧器も撤去されて他の発電所に転用されている。

延長約 2,500mの導水路は、練石積み造りの開水路で比較的良好な状態を維持しているが、取水堰および取水口は一部損傷している。既設の沈砂池は良好な形状を保持しているが、設計が旧式なため、沈砂機能に不安がある。

取水口に流入する川の水は、上流にあるPasto市の汚水が流入していて水質汚染が進んでいる。（表-2.1 参照）

表-2.1 Pasto川の水質分析結果

	P II	比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
1985年	6.3~4.0	345~166
1986年	6.8~4.4	346~162
1987年	6.8~4.2	302~182
1988年	5.2~4.6	460~315

(2) 修復計画の比較代替案

本水力発電所の水路工作物は、延長約 2,500mの導水路を除いて、その殆どが破損或いは構造的に不完全なために、改造又は改築を必要としている。発電設備や変圧器についても既に述べた理由で新品の調達が必要である。

水理解析の結果によれば、既設開水路は、流量 4.0 m³/s迄は安全に通水する能力を

保有している。したがって、本修復計画においては、単に現状修復案だけに留まらず、発電規模の最適化計画まで含めて比較検討案を作成してある。

最大使用水量は、取水口地点の代表的な流況曲線図（図-2.1 参照）に示すように、流量設備利用率が50%を超えない範囲で、計画使用水量を 2.0 m³/s（既設発電所の最大使用水量）、3.0 m³/s及び 4.0 m³/sの3ケースに設定し、それぞれの発電計画を比較検討する。修復計画として採択した比較代替案の計画概要を示すと表-2.2 の通りである。

計画使用水量 2.0 m³/sの現状修復案の場合においても基準有効落差に約20mのプラス修正があり、又、理論的に計算される発電出力と設備容量との間にもギャップを生じていたので、既設の発電設備容量（1,500kW）は必然的に増加する。

表-2.2 Julio Bravo水力発電所修復計画比較代替案

項目		代替案	発電出力増加計画案	
		現状修復案	ALT-1	ALT-2
使用水量 Q (m ³ /s)		2.0	3.0	4.0
最大出力 P (kW)		2,300	3,500	4,600
流量設備利用率 (%)		100	97	85
修復・ 改造 計画	取水堰	破損が進んでいるので改造する。（各案共通施設）		
	取水口	所定の使用水量を常時取水出来る構造に改造する。		
	沈砂地	適正規模に設計変更し新設する。（各案共通施設）		
	導水路	蓋取付工事を除き現状維持。（各案共通施設）		
	ヘッドタンク	現位置で拡張し調整容量を増やす。余水吐を改造する。		
	水圧管路	新しく布設する。		
	発電機器	新品に取替える。		
発電所建屋		現位置で新設建物を拡張する。		

(3) 最適案の選択

比較代替案の検討結果をまとめると表-2.3 のようになる。経済的に有利で便益効果の大きいALT-1案を最適案として選定し、フィージビリティ段階での基本設計の内容が第11章に記述してある。

図-2.1 Julio Bravo 水力発電所取水口地点の流況曲線図

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE

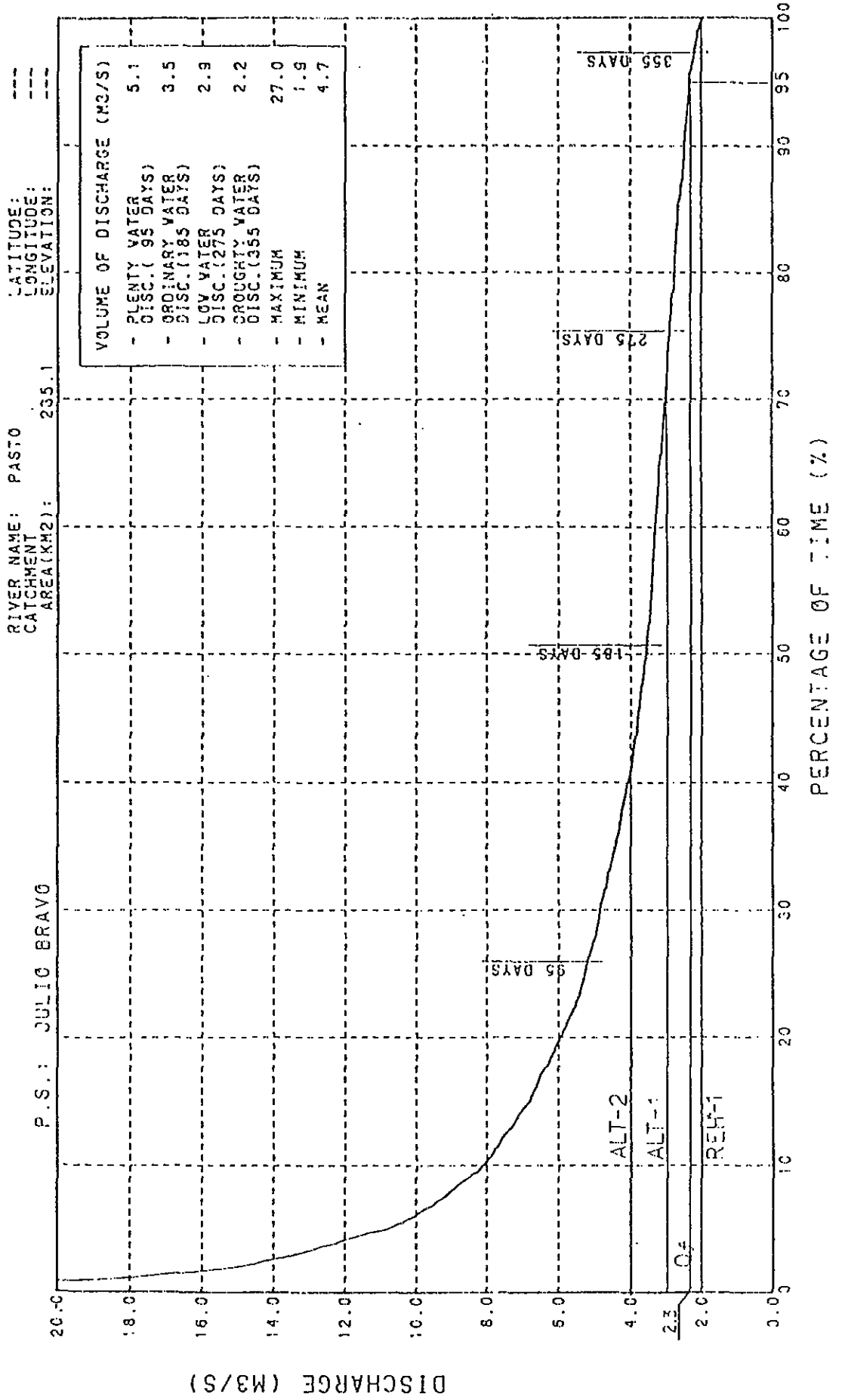


表-2.3 Julio Bravo 水力発電所修復計画案の比較

代替案	① 既設発電設備諸元					② 修復発電計画							③ 回復又は増加電力	
	⑩ 最大 使用水量 Q ₀ (m ³ /s)	⑪ 有効 落差 H ₀ (m)	⑫ 定格 出力 P ₀ (kW)	⑬ 現有設備能力		⑳ 最大 使用水量 Q ₁ (m ³ /s)	㉑ 基準 有効落差 H ₁ (m)	㉒ 理論出力 = 9.8 × ⑩ × ⑪ (kW)	㉓ 合成 効率 η	㉔ 出力 = ⑩ × ⑪ × ⑳ (kW)	㉕ 年間可能発電電力量 E ₁ (GWh)	㉖ 流量設備 利用率 ε (%)	㉗ 出力 = ㉔ - ⑬ ΔP (kW)	㉘ 年間可能発電電力量 ⑬ - ⑬ ΔE (GWh)
				㉙ 出力 P ₁ (kW)	㉚ 発電電力量 E ₁ (GWh)									
REH-1	2.0	120.0	1,500	0	0	2.0	143.0	2,802	0.830	2,300	20.4	100	2,300	20.4
ALT-1						3.0	143.0	4,204	0.835	3,500	29.4	97	3,500	29.4
ALT-2						4.0	143.0	5,605	0.835	4,600	34.6	85	4,600	34.6

代替案	④ 修復工事費 (百万円)				⑤ kW当り建設コスト (千円/kW)		⑥ 年間発電端経費の合計 (百万円)					⑦ kWh当り平均発電コスト (円/kWh)		⑧ 便益 C/B	⑨ 優先 順位	
	⑩ 発電機器費			⑭ 土建 工事費 C ₂	⑮ ⑬ + ⑭ C	⑯ ΔP当りコスト = ⑮ / ⑩ C/ΔP	⑰ P ₁ 当りコスト = ⑮ / ㉔ C/P ₁	⑲ ⑱ ⑲ AOM	⑲ 建設費の元利償還額 (25年平均)			⑳ ⑲ + ㉑	㉒ E ₁ 当り = ㉒ / ㉕ × 0.95			㉓ ΔE当り = ㉒ / ㉘ × 0.95
	㉑ 外貨分 C _{1a}	㉒ 現地貨分 C _{1b}	㉓ ⑩ + ㉒ C ₁						㉔ ⑲ 外貨分 2.610 × ㉑	㉕ ⑲ 現地貨分 2.016 × (㉒ + ㉑)	㉖ ㉔ + ㉕					
	㉑: E ₁ (Eargia Media) ㉒: ε = $\frac{\text{水車が利用する年間総使用水量 (m}^3\text{/s} \cdot \text{hr)}}{Q_1 \times 365 \times 24} \times 100$ (%) ㉓: 年間AOMは期当り US\$ 相当額 ㉔: 金利は次のような条件で元金均等償還方式で計算してある。 外貨ポーション: 年利10%, 4年償還, 25年間返済 現地貨ポーション: 年利21%, 1年償還, 8年間返済															
REH-1	268.2	107.5	375.7	129.4	505.1	219.6	219.6	1.3	28.0	19.1	47.1	48.4	2.5	2.5	1.16	3
ALT-1	324.6	130.1	454.7	143.8	598.5	171.0	171.0	2.0	33.9	22.1	56.0	58.0	2.1	2.1	0.96	1
ALT-2	369.2	148.1	517.3	169.0	686.3	149.2	149.2	2.6	38.5	25.6	64.1	66.7	2.0	2.0	0.94	1

〔備考〕 ①: 既設発電設備の諸元はブレF/S報告書の設備台帳を参照のこと。
 ⑦: 発電コスト = $\frac{\text{年間平均発電端経費の合計}}{\text{年間平均供給電力量}}$
 ⑧: C/Bは財務分析によって算定された費用便益比の値である。
 ⑮: E₁は1985年から1988年の4年間の平均運転実績に準拠。
 ㉓: ηはタービン及び発電機の合成効率。

第 3 章 調査計画

3. 1. 調査団の編成

3. 3. 1 JICA F/S 調査団

JICA F/S 調査団は、プレ・F/S に従事した団長・団員全員に水力発電計画（土木）、水力発電計画（機械）、水文、地質及び経済の専門家を補強して下記のメンバーで構成された。

区 分	担当分野	氏名
団 長	総括	小 野 匡 美
団 員	水力発電計画（土木）	遠 山 武 羅 夫
”	水文	野 仲 進
”	水力発電計画（土木）	川 崎 義 雄
”	水力発電計画（機械）	高 橋 彰
”	水力発電計画（電気）	玉 井 昌 幸
”	地質	内 瀬 戸 信 彦
”	地質	井 上 隆
”	経済	上 田 正 明

3. 1. 2 ICEL のカウンターパートエンジニア

JICA F/S 調査団のカウンターパートとして本調査に従事した ICEL のエンジニアは次の通りである。

Juvenal Peñalosa Rosas	Ing. Civil	Jefe Div. de Centrales
Jairo E. Gonzalez Morales	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Mario Gutierrez Ospina	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Rafael Torres Mariño	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Rafael Gomez Florez	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales
Jorge E. Hurtado Muñoz	Ing. Civil	Ing. Div. de Centrales

3. 1. 3 CEDENAR の支援スタッフ

本調査の現地踏査、資料収集ならびに技術協議に際して次に挙げる CEDENAR

の技術スタッフの協力、支援を得た。

Hernando Carreño Pilonieta	President
Enrique Moreno B.	Vice President
Diego Delgado Ruiz	Director of Power Generation/ Transmission Program
Juan Carlos Salazar	Civil Engineer
Alvaro E. Martinez	Civil Engineer

3.2. 調査項目と調査工程

本調査は、1988年7月にJICA及びICRIとの間で合意・署名された Scope of Workに基づいて、自1988年11月～至1990年3月の17ヶ月間にわたって実施された。

3.2.1 調査項目

上記Scope of Work に挙げられたF/Sのための調査項目を示すと次の通りである。

- (1) 既存資料の検討分析
- (2) 現地踏査
- (3) 現地調査工事
 - (1) 地形測量
 - (2) 航測図化 (必要と認められた場合)
 - (3) 地質調査
 - (4) 資料収集
- (4) 電力事情調査
- (5) 最適計画案の選定
- (6) フェージビリティ段階の設計
- (7) 構造安定解析
- (8) 施工方法の検討
- (9) 工事費積算
- (10) 経済・財務分析
- (11) 維持管理マニュアル

3.2.2 調査工程

Scope of Work に示された全体調査工程表は、表-3.1 の通りである。

Julio Bravo 水力発電所の現地調査は表-3.2 に示される通り2回にわたり実施された。

1回目の現地踏査に於いては、既存施設（主として土木構造物）の現況調査並びに資料収集が水力発電計画（土木）の担当技師2名により実施された。

また、2回目の現地調査に於いては地質の担当技師が主体となり、水力発電計画（土木）の担当技師1名の計2名により地質調査を中心に資料収集が行なわれた。

表-3.1 調査工程表

作業項目	1988		1989												1990				
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
プロジェクト月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1. 既存資料の検討・分析	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■															
2. 現地踏査	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■															
3. (1) 作業計画	■■■■■																		
(2) 作業準備	■■■■■																		
(3) 地形測量					///////	///////	///////	///////											
(4) 航測図化					///////	///////	///////	///////											
(5) 地質調査					///////	///////	///////	///////											
(6) 資料収集							■■■■■												
4. 電力事情調査							=====												
5. 最適計画案の選定							=====												
6. ファイジビリティ・グレード設計							=====												
7. 構造安定解析							=====												
8. 施工計画							=====												
9. 工事費積算							=====												
10. 経済・財務分析							=====												
11. 維持・管理マニュアル							=====												
1. インセンション・レポート		△																	
2. プログレス・レポート			①△											②△					
3. インタリム・レポート													△△						
4. ドラフト・ファイナル・レポート																		△△	
5. ファイナル・レポート																			△

凡例: ■■■■■ JICA現地作業, ■■■■■ ICCL現地作業, □ JICA国内作業, △ 報告書提出

表-3.2 現地調査のスケジュール

1回目の現地調査

月・日	行 程	調査内容	メ ン バ ー	
			ICE L	J I C A
1. 27		CEDEXARにて打合せ、資料収集	J. Gonzalez	遠山 武羅夫 川崎 義雄
1. 28		J. Bravo 発電所の現地調査		
1. 29		データ - 分析		
1. 30		CEDEXARにて打合せ		

2回目の現地調査

月・日	行 程	調査内容	メ ン バ ー	
			ICE L	J I C A
7. 12	Bogota → Pasto	CEDEXARにて打合せ、資料収集	J. Gonzalez	遠山 武羅夫 内瀬戸 信彦
7. 13		J. Bravo 発電所の現地調査		
7. 14		全 上		
7. 15	Pasto → Bogota	移 動		

3.3 現地調査工事の内容

現地踏査の結果にもとづいて、JICA F/S調査団がICELのカウンターパートスタッフと協議の上計画した現地調査工事の内容は次に挙げる地形測量とボーリング調査で航測図化作業は含まない。

3.3.1 地形測量の範囲

地形測量の範囲は図-3.1に示される通りであり、縮尺等は次の通りである。

- (1) 貯水池、取水堰、取水口、水路、沈砂池、水槽及び発電所建物
現況図を縮尺1:200、等高線2mピッチで図化し、既設の主要構造物、ベンチマーク及びボーリングの位置を図示する。
- (2) 水圧管路
既設水圧管路の縦断図を平面=1:500、断面=1:200の縮尺で図化する。また、その横断面図を縮尺1:100、巾20m、25mピッチで図化する。
- (3) ベンチマーク
ベンチマークを3ヶ所に設定すること。

3.2.2 ボーリング調査工事の計画

ボーリング調査は下記の通り実施すること。

<u>NO</u>	<u>位 置</u>	<u>深さ(m)</u>	<u>備 考</u>
BH-1	取水堰の右側	10	図-3.1にボーリング の位置が示されている。
BH-2	沈砂池の近傍	10	
BH-3	水 槽	10	
BH-4	発電所建物	10	

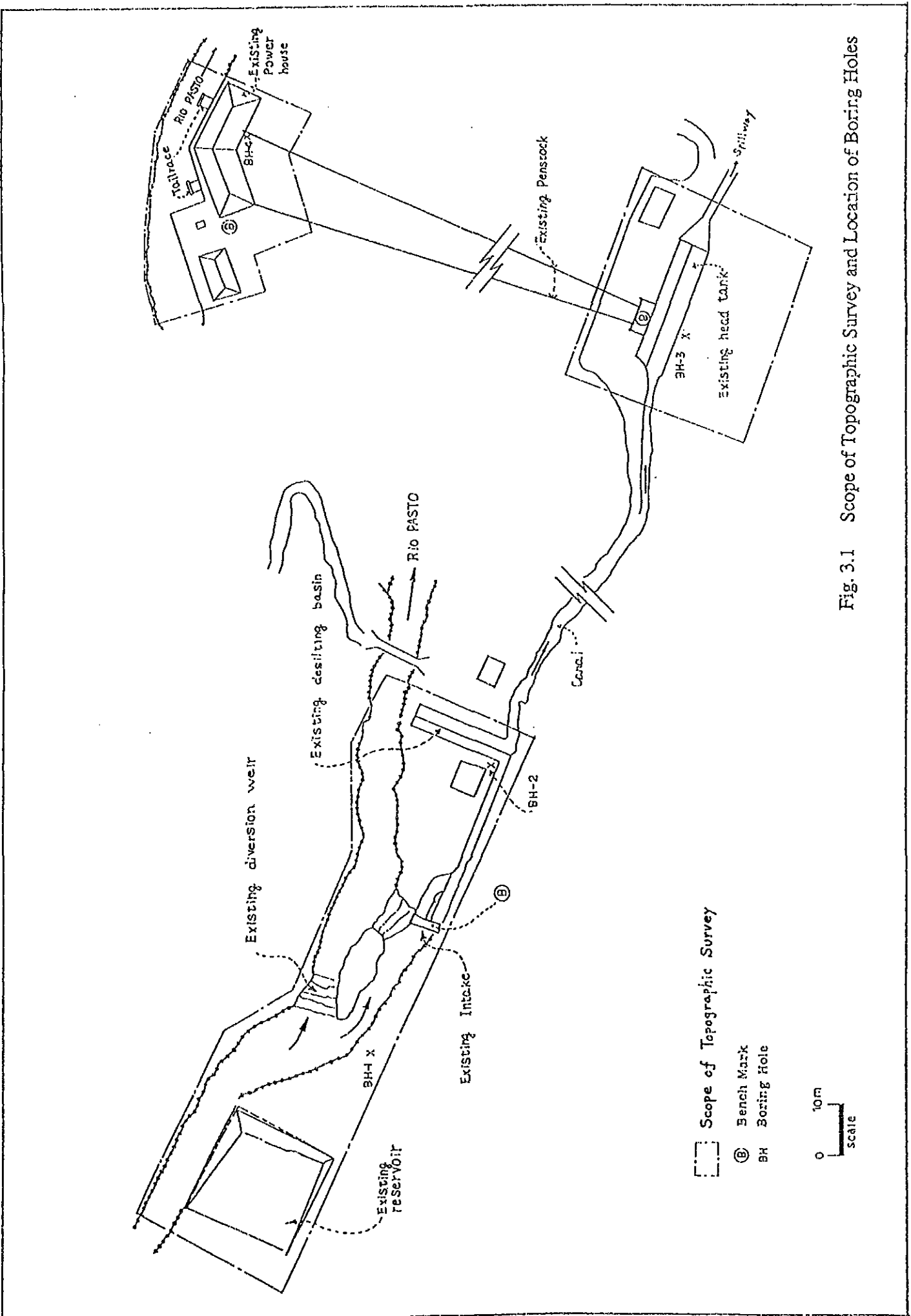


Fig. 3.1 Scope of Topographic Survey and Location of Boring Holes

第4章 調査地点の現況

4.1 電力セクターの電力事情

当該公営電力会社の電力事情を電力需給バランス及び電力設備等に分類すると以下に示す通りである。

4.1.1 電力需給の現状

近年5ヶ年（1983年から1987年）における電力需給バランスは、表-4.1に示す通りであり、1987年における需給バランスは、最大電力79MWに対し、設備容量が39MW（約49%）また、電力量は需要の276GWhに対し、176GWh（約64%）を供給し、残りの294GWhは買電に依存している。

一方、電力需要構成別では、1987年においては住宅用74%、商業用7%、工業用5%及びその他14%となっており住宅用需要が高く、工業用が低い割合となっている。

尚、1983年から1987年における需要電力量の年平均増加率は、3.9%で、発電電力量のそれは1.0%と横ばいであり、損失が19.9%と増えているため、買電に依存する割合が大幅に増えている状況にある。

表-4.1 電力需給の現状（1983～1987年）

項 目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均増加率(%)
需 要						
1. 最大電力(MW)	68	70	74	76	79	3.8
2. 電 力 量(GWh)						
1) 住宅用	179	196	192	191	205	3.4
2) 商業用	15	15	16	17	19	6.1
3) 工業用	19	18	23	20	15	-5.7
4) その他	24	26	27	32	37	11.4
合 計	237	255	258	260	276	3.9
供 給						
1. 設備容量(MW)	35	35	39	39	39	2.7
2. 発電電力量(GWh)	169	168	176	182	176	1.0
3. 損 失(GWh)	94	105	139	174	194	19.9

（出典：INFORME ESTADISTICO: RESUMEN 1983-1987）

※ 年平均増加率は次の通り計算した。

（例 最大電力 3.8%の場合）

$$68 \times (1 + X)^4 = 79$$

$$X = 0.038 (3.8\%)$$

4.1.2 電力設備の現状

(1) 発電設備

総発電設備容量は表-4.2の通りで、発電方式は水力発電並びにディーゼル発電である。

表-4.2 発電設備の状況 (1983~1987年)

(単位: MW)

項目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
総発電設備容量						
1. ディーゼル発電	6	6	10	10	10	13.6
2. 水力発電	29	29	29	29	29	0
3. その他	0	0	0	0	0	0
合計	35	35	39	39	39	2.7

(出典: INFORME ESTADISTICO: RESUMEN 1983-1987)

一方、F/S対象発電所の現状を示すと表-4.3に示す通りである。

表-4.3 Julio Bravo 発電所の状況 (1984~1988年)

項目	1984	1985	1986	1987	1988
1) 設備容量(kW)	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
2) 発電電力量(MWh)	0	0	0	0	0
3) 設備利用率(%)	0	0	0	0	0
4) 運転時間(%)	0	0	0	0	0

(2) 送電設備

送変電設備の現状は、最大115kV送電線を有している。尚、対象発電所の送電電圧は6.6kV並びに13.2kVを採用している。

4.1.3 発電原価と電気料金

近年5ヶ年（1983から1987年）における発電原価と電気料金の推移は表-4.4に示す通りである。

表-4.4 発電原価と電気料金

項目	1983	1984	1985	1986	1987	年平均 増加率 (%)
発電原価： (COL\$/kWh)	3.84	4.8	5.85	8.17	9.84	26.5
電気料金（平均）： (COL\$/kWh)						
1. 住宅用	2.32	2.76	3.47	4.61	6.19	27.8
2. 商業用	4.31	5.76	6.69	8.97	11.51	27.8
3. 工業用	3.49	4.51	4.98	8.07	12.80	38.4
4. 公共用	3.45	4.31	5.55	7.52	9.84	30.0
5. 全体平均値	2.61	3.16	4.00	5.48	7.34	29.5
加入者の構成（件）						
1. 住宅用	82,455	88,931	96,464	102,838	110,438	7.6
2. 商業用	2,526	2,513	2,698	2,844	3,617	9.4
3. 工業用	503	514	547	597	634	6.0
4. その他	739	764	827	871	931	5.9
5. 合計	86,213	92,722	100,536	107,150	115,620	7.6
電気の普及						
1. 全体（千戸）	980	999	1,019	1,039	1,059	2.0
2. 加入者（千戸）	395	426	462	493	529	7.6
3. 電化率（%）	40	43	45	47	50	5.7

（出典：INFORME ESTADISTICO：RESUMEN 1983-1987）

4.1.4 電力需要の予測

CEDENARにて2000年までの電力需要を予測した結果は次の通りである。

年	電力需要	
	電力量 (GWh)	最大電力 (MW)
1990	546.406	92.1
1991	581.035	97.2
1992	610.833	102.2
1993	651.228	109.0
1994	693.400	116.0
1995	733.527	122.7
1996	776.189	129.9
2000	979.921	164.0

4.2 既設発電所の運転実績

4.2.1 発生電力量

本発電所の1979年から1984年までの6年間に於ける発生電力量の記録は表-4.5に示される通りである。

1983年3月以降、ペンストックに欠陥が現われて#2ユニットが運転を停止した。また、1984年2月以降、ペンストックの欠陥により全てのユニットは運転を停止し、現在までそのまま放置されている。

設備利用率は1980年の値が最大で、49%であり良好な運転状況にあったとは云えない。

表-4.5 発生電力量の記録

年	ユニット 番号	銘板出力 (MW)	運転日数	発生電力量 (MWh)	※設備利用率 (%)
1979	1	0.5	2月～3月	5,717	33
	2	"	1月～4月		
	3	"	7月～12月		
	4	"	5月～9月		
1980	1	"	0	8,508	49
	2	"	0		
	3	"	1月～6月		
	4	"	7月～12月		
1981	1	"	0	7,815	45
	2	"	12月		
	3	"	4月～9月		
	4	"	1月～11月		
1982	1	"	0	6,005	34
	2	"	1月～4月		
	3	"	6月		
	4	"	5月～12月		
1983	1	"	0	2,769	16
	2	"	4月～12月		
	3	"	0		
	4	"	1月～3月		
1984	1	"	0	472	3
	2	"	1月～2月		
	3	"	0		
	4	"	0		

(備考)

$$\text{※ 設備利用率 (\%)} = \frac{\text{発生電力量 (MWh)}}{8760 (\text{hr}) \times \text{銘板出力 (MW)}} \times 100$$

4.2.2 運転・維持コスト

本発電所の1981年10月から1982年4月までの7ヶ月に於ける運転・維持コストの記録は表-4.6に示される通りである。

発生電力量当りの運転・維持コストはばらつきが有るが平均すると、1,217 peso/MWhである。

表-4.6 運転・維持コストの記録

年・月	発生電力量 (MWh)	運転コスト (pesos)	維持コスト (pesos)	合計 (pesos)	pesos MWh
1981・10	577	312,666.95	180,538	493,204.95	855
1981・11	493	284,456.70	11,972.8	296,429.5	601
1981・12	497	482,253.34	データ無し	482,253.34	970
1982・1	80	244,259.49	111,110.46	355,369.95	4,442
1982・2	82.35	233,305.00	252,098	485,403	5,894
1982・3	401	274,137.33	194,423.25	468,560.58	1,168
1982・4	436	276,905.56	264,006.5	540,912.06	1,241
合計	2,566.35	2,107,984.1	1,014,194	3,122,133.1	1,217

4.3 発電設備・施設の概況

4.3.1 発電設備の概況

発電設備の使用状態を概略記述すると次の通りである。

(1) 発電機器

1984年 2月以降全てのユニットは水圧管路の磨耗による穿孔のため運転を停止し、現在まで保守、点検も実施されないまま放置されている。

使用開始後48年から42年を経過しており、また5年間も放置されているので、これら発電機器は信頼性の低下並びに効率の低下があり、再び使用することは困難である。

また、CEDENARの調査によれば水車並びに発電機の欠陥は表-4.7並びに表-4.8に示される通りである。

従って、CEDENAR は新品取替を要望している。

(2) 変圧器

発電機電圧6.6kV から配電電圧13.2kVに昇圧するために1台の変圧器(6.6/13.2kV、2.5MVA、自冷式)が屋外に設置されていたが、Rio Mayo発電所へ移されたために本発電所には変圧器は現在存在しない。

(3) スイッチギア

本発電所からCalambuco とAeropuertoにそれぞれ13.2kVで配電するためにスイッチギアが建屋内に設置されている。このスイッチギアは製造後17年経過しただけである。CEDENARの調査によればこのスイッチギアはこれといった欠陥は無い。

(4) 配電線

本発電所から、6.6kV でPasto へまた13.2kVでCalambuco とAeropuertoへ配電している。

配電線は製造後19年経過しただけである。

CEDENAR の調査によれば配電線設備(鉄塔、電線、碍子)はこれといった欠陥はないので修復はせず、現状維持を望んでいる。

表-4.7 水車及び補機の主な欠陥

機 器	No 1 ユニット	No 2 ユニット	No 3 ユニット	No 4 ユニット
水 車	1) ノズルとニードルの 消耗が激しい	撤去されている	1) ノズルとニードルの 消耗が激しい	1) 全 左
	2) パケットにさびが 発生している		2) パケットにさびが 発生している	2) "
	3) 軸ぶれが発生する		3) ディフレクターの 操作が困難	3) "
入 口 弁	1) 手動なので操作が 困難	全 上	1) 手動なので操作が 困難	1) "
調 速 機	1) 信頼出来るシステム ではない	全 上	1) 信頼出来るシステム ではない	1) 信頼出来るシステム ではない
油圧装置	1) 油漏れが発生する	全 上	1) 油漏れが発生する	1) 全 左

表-4.8 発電機及び補機の主な欠陥

機 器	No.1 ユニット	No.2 ユニット	No.3 ユニット	No.4 ユニット
固定子 及び 回転子	<p>1) さびと腐食が発生している</p> <p>2) 年に2回、焼損又は修理により巻線を取り替えている</p> <p>3) 巻線の絶縁抵抗の値が基準より低下している</p>	撤去されている	<p>1) さびと腐食が発生している</p> <p>2) 年に2回、焼損又は修理により巻線を取り替えている</p> <p>3) 巻線の絶縁抵抗の値が基準より低下している</p>	<p>1) 全 左</p> <p>2) 全 左</p> <p>3) 全 左</p>
軸 受	<p>1) 温度測定の計器が設置されていないので温度測定が出来ない</p>	全 上	<p>1) 温度測定の計器が設置されていないので温度測定が出来ない</p>	<p>1) 全 左</p>
電圧調整器	<p>1) 応答が遅い</p>	全 上	<p>1) 応答が遅い</p>	<p>1) 全 左</p>
水車・発電機 制御盤	<p>1) 計測器及び保護リレ一の精度は悪い。全て取替が必要</p>	<p>1) 全 左</p>	<p>1) 全 左</p>	<p>1) 全 左</p>

4.3.2 土木施設の概況

(1) 取水設備

取水堰は粗石コンクリート造りで越流頂長27m、天端標高2357m、高さ6mでその右岸側の基礎は段丘上にあつてその一部が破損している。取水口の呑口形状は2m×2.2mで河川に平行するように設けてあり、また取水堰の平面形状が鋸形に曲がって取水口部に取付いているので水路に流入するのを容易にしている。呑口部には2.0m×1.6mのゲートが設けてある。コンクリート構造物はその一部が剥離している他は比較的良好な状態にある。

(2) 水路

水路は玉石積造で台形断面1.9m×1.6m、延長約2500mでその一部は破損しているが水路内での植物の繁茂と山側からの土砂流入を除くと比較的良好な状態にある。水路の断面と敷勾配は一定でない。

(3) 沈砂池

沈砂池はコンクリート製の2つの水槽(2.0m×3.7m～4.9m×28m、1.25m×1.85m～3.05m×28m)で水路にほぼ直角に設けてある。沈砂池内での水の流れは渦流が発生しやすく池での沈砂の進行を阻害している。構造物は一部のコンクリートの剥離を除くと良好な状態にある。

(4) 水槽

水槽は隔壁によりW:3.8m×L:46m、W:4.0m×L:46mの2槽に分離しているので運転上の必要容量が不足している。水槽の満水位は2351.30mである。余水吐は放水口付近の山地斜面が放流水によって浸蝕が進み破壊している。コンクリート構造物はほぼ良好な状態にある。

(5) 水圧管路

鉄管路は破損後撤去されており現在なし。

(6) 発電所、放水路

発電所の建屋は4m×15mで床標高は2205.70mである。基礎及び放水路は共に比較的良好な状態にある。建屋については40年余を経過しているため老朽化している。

第5章 基礎資料の収集

1987年11月から1988年7月まで実施されたプレF/S調査に引き続いて1988年11月に開始されたF/S調査を通じて収集された地形・地質・水文気象その他関連ある資料類を列挙して示すと次の通りである。

5.1 地形図

Julio Bravo 水力発電所はPatia川水系のPasto川に設置されており、Pasto市より約10km下流に位置している。

地形に関する収集資料はIGACが発行している縮尺1:25,000~1:400,000の地図と、本地点の調査のためにCEDENARが実測した地形測量図面の2種類がある。

(1) IGAC発行の地形図

縮尺	図面番号	摘要
1:400,000	-----	Nariño県全体図
1:100,000	429	
1:25,000	429-II-A, C	

(2) CEDENARの実測地形図

CEDENARが本調査のために1989年3月~10月に実施した地形測量の図面は次の通りである。

- 取水堰および取水口付近平面図 (s=1/200)
- 取水堰および取水口付近横断面図 (s=1/100)
- 水圧管路付近の縦断面図 (タテ 1/200, ヨコ 1/500)
- 水圧管路付近の横断面図 (s=1/100)

CEDENARは本調査以前に次のような測量図を作成している。

--- No.273

Diagnostico de la cuenca superior del Rio Pasto y plan de ordenamiento y manejo

5.2 地質調査資料

本調査のために収集した地質に関する既存資料は次の通りである。

- 本地点周辺の航空写真
- Recuperacion y Optimizacion de la Central de Julio Bravo ; 1989. CEDENAR
- Informe de Resultados de Perforaciones y Ensayos de Suelos para la Pequeña Central, Hidro-electrica de Julio Bravo en Pasto 1989. Estudio De SUELOS LTDA.
- Mapa Geologico de Colombia, 1988.
1:1,500,000 INGEOMINAS.

5.3 水文・気象資料

既設 Julio Bravo水力発電所は、雨量及び流量観測設備がないので、本調査の実施に当って、調査団はHIMATの水文気象資料を収集した。

資料を収集した既設HIMATの雨量及び流量観測所名ならびに観測記録の期間を列挙すると次の通りである。

本 F / S 計画に直接関連あるPasto川の流量観測は、HIMAT測水所 Universidadの1ヶ所だけで実施されており、1972年から1985年までの14年間の観測記録が入手されている。

表-5.1 水文気象に関する収集資料リスト

(1) 雨量観測記録

測候所 No	名称	管理者	位置		標高 (EL, m)	観測記録 自 至
			緯度	経度		
5204-004	BUESACO	HIMAT	0123	7709	2020	1970~' 87
-007	NARINÑO	"	0117	7722	2590	1970~' 87
5201-014	GUASCA LA	"	0136	7723	500	1970~' 87
5204-016	BERRUECOS	"	0130	7708	2200	1981~' 87
-501	O B O N U C O	"	0112	7718	2710	1970~' 88
-502	APTO ANTONIO NARIN	"	0125	7716	1796	1970~' 88
-504	TAMINANGO	"	0133	7715	1875	1971~' 87
5205-001	PERNOL EL	"	0127	7727	1620	1970~' 87

(2) 流量観測記録

測 水 所		河川名	管理者	設立年月	位 置		標高 (El. m)	流域面 積 (Km ²)	観測記録 日 至
No	名 称				緯度	経度			
5204-701	UNIVERSIDAD	PASTO	HIMAT	1908-08	0112	7717	2590	177.0	1972-1985

(3) 水質観測記録

水質の観測記録もUniversidad測水所にて行なわれており、1985年～1988年の3年間における観測記録が入手されている。

—水質分析資料

観測項目；PH、比抵抗、CaCO₃、Ca、Mg、Na、K、CO₃、HCO₃、Cl、SO₄

(4) 堆砂資料

堆砂に関する調査資料はCEDENAR電力会社が、Julio Bravo水力発電所の既設取水堰付近で実施した観測記録が収集されている。観測期間は次の通りである。

—堆砂に関する観測記録（堆砂の粒度分布）：1989年4月～7月（4ヶ月間）

5.4 その他関連資料

5.4.1 建設物価に関する資料

コロンビア国内における土建工事関連の建設物価に関しては、CAMACOL (Camara Colombiana De La Construccion) が1ヶ月に1回発行している。

Nariño県の“Catalogo De Precios De Materiales De Construccion”がある。しかしながら、同発行物はコロンビア全県で発行されている訳でなく、他のF/S対象地点との整合性を考慮して、本調査に使用する建設工事単価はCEDENARの社内資料を採用した。（表-5.2 参照）

Table-5.2 UNIT PRICE LIST
表-5.2 建設工事単価表

UNIT	EADE	CHEC	GEDELCA		E. CHOCO	CEDENAR	ESSA	ELECTROLIMA
			SILVIA	OVEJAS				
1. EARTH WORK (EARTH)	NOV./88	FEB./89	JUN./89	JUN./89	MAR./89	JUN./89	APR./89	MAY/89
	2,400	2,925	700	800	2,950	990	2,500	1,100
2. EARTH WORK (ROCK)		3,965				1,900		2,800
3. CONCRETE WORK (MASS CON.)		-	-	-	24,000	-	-	-
4. CONCRETE WORK (STRUCTURAL)	26,300	27,625	34,000	40,000	26,800	20,500	15,600	17,900
5. REINFORCING BAR	354,000	454,000	350,000	360,000	447,500	300,000	320,000	215,000
6. GATE	1,682,000	500,000	1,310,000	1,420,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	480,000
7. SCREEN	1,682,000	5,000,000	804,195	874,125	1,000,000	1,000,000	1,000,000	550,000
8. PENSTOCK	1,000,000	1,000,000	1,250,000	1,250,000	-	815,000	1,260,000	420,000
9. POWER HOUSE (REPAIR)	-	10,000	-	-	-	-	-	-
10. POWER HOUSE (NEW CONST.)	-	40,000	47,000	55,000	50,000	50,000	50,000	50,000
11. CYCLOPEAN CONCRETE	-	14,000	17,000	20,000	-	-	8,000	9,000
12. DEMOLITION CONCRETE	13,000	14,000	17,000	20,000	-	-	8,000	9,000
13. STEEL PIPE	-	-	-	1,250,000	-	-	-	-
14. GABION	-	-	8,800	-	-	-	-	-
15. TUNNEL EXCAVATION	-	-	-	-	-	-	-	19,600
16. TUNNEL CONCRETE	-	-	-	-	-	-	-	25,000

5.4.2 電力事情に関する資料

(1) CEDENARの電力事情を知る目的で次の資料を収集した。

- 1) CEDENARの1984年～1988年までの5ヶ年間の発生電力量、電力損失、買電の記録
- 2) CEDENARの1990年～2000年までの設備出力と発生電力量の予測
- 3) CEDENARの電力系統図

(2) Julio Bravo発電所について次のような資料を収集した。

- 1) 単線結線図
- 2) 残存価値
- 3) 運転・維持要員

第6章 地形・地質概況

6.1 地域の地形と地質

6.1.1 地形

Pasto川はコロンビア南部の中央山脈の西側斜面標高約3200mの分水嶺にその源を発し、大路北西に流下し、Pasto市を経てPatia川に合流する延長約34kmの河川である。

計画地点はそのPasto川の上流域に当り、Pasto市の下流約6km地点に位置する。

周辺の地形はいわゆる火山岩分布地域特有の地形を呈し、安山岩溶岩よりなる台地状地形と火山砕屑岩よりなる比較的緩斜面の組合せよりなる。

河床部付近には、部分的に小規模な低位段丘面が発達する。

なお、航空写真判読の結果、計画地点周辺には顕著なリニヤメントは認められない。

6.1.2 地質

コロンビア南部Nariño県の県庁Pasto市周辺には、第三紀火山岩類がNE-SW方向に帯状に広く分布する。

計画地点の基盤岩の地質は、第三紀の火山砕屑岩と安山岩溶岩、即ち火山角礫岩と安山岩溶岩よりなる。

また、山裾の緩斜面部には、崖錐堆積物が広く分布し、さらに河床部には低位段丘堆積物が分布する。

現河床堆積物は安山岩よりなる円礫と砂により構成されている。計画地点周辺の地質層序は表-6.1に示す通りである。

表-6.1 計画地点周辺の地質層序

Era			Lithology	Remarks
Cenozoic era	Quaternary period		Riverbed materials (Gravel & sand)	} Bedrock comprising the foundation for the project site
			Talus	
			Terrace deposits (Sand & gravel)	
	Tertiary period		Volcanic breccia	
			Andesite lava	
		Volcanic breccia		

6. 1. 3 地質構造

計画地点周辺地域の地質構造は図-6.1に示すとおりである。山腹斜面の上部標高には、安山岩溶岩が分布し、急崖をなしている。また下部標高には火山礫凝灰岩が分布し、比較的緩斜面を呈す。

山裾部には崖錐堆積物が分布し、さらに河床部の両岸には低位段丘堆積物が分布する。

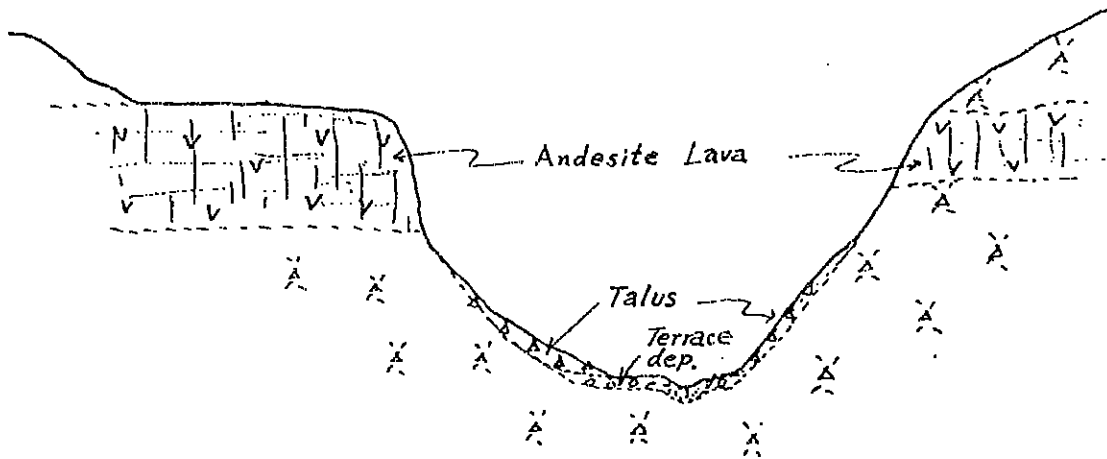


図-6.1 計画地点周辺の地質構造概念図

6.2 計画地点の地質

発電所各種構造物の基礎の地質状況は以下に述べるとおりである。

(図面JB-G-01 参照)

1) 取水堰；

ボーリング（BH-1）によると、現河床砂礫層は10m以上に達する。基礎岩盤となる火山角礫岩は概ね新鮮であり、高さ10m級のコンクリートダムの基礎として利用可能であり強度的にも透水的にも問題はない。

2) 水路；

水路の全区間において、顕著な地すべりは認められない。ただし、水路に直交する小沢から発生する土石流対策は必至である。

3) 水槽；

基礎岩盤は風化軟質化した火山角礫岩よりなる。掘削法面の保護対策は必至である。

4) 水圧管路；

かなり風化軟質化した火山角礫岩を基礎とする。地すべり又は大規模な崩壊は認められない。

5) 発電所；

発電所予定地点は低位段丘堆積物（砂礫層）上に位置する。ボーリング（BH-4）によると、砂礫層の厚さは約3mであり、これより深部は火山角礫岩よりなる。

6.3 コンクリート用骨材の分布

地形・地質学的観点から評価して、当計画地点に小規模水力発電のための各種構造物を建設することは十分可能である。

コンクリート骨材は計画地点上流左岸に点在する碎石場より生産される安山岩を利用するのが得策と考える。

第7章 水文解析

本計画地点の流域内に分布する既存の雨量及び流量観測所の位置を示すと図-7.1の通りである。

7.1 計画地域の一般気象

Narino県はコロンビア国の南西に有り北緯 $0^{\circ} 15'$ ~ 北緯 $2^{\circ} 40'$ に在って赤道近くに位置している。

一般に低地部は熱帯性気候であり有数の高温、多湿、多雨地域となっている。気温は低地部では 24°C 程度であり標高 $1800\sim 2800\text{m}$ では $12^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 前後である。

県都のPastoは標高約 2600m の高地に有り気温は 12°C 前後である。

この状態は年間を通じて殆んど変化しない。

雨量は西アンデス山脈西側斜面の標高 $1000\sim 2000\text{m}$ では多い年で $6000\text{mm}/\text{年}$ を越えることもあるが、これより高低地部になるにしたがい、雨量は減少し、Palia川最下流部で約 $2000\text{mm}/\text{年}$ 程度となる。

計画地点は県都Pastoの北西に位置し、標高は約 2000m の高さで中央アンデス山脈に在る。計画地域の雨量は比較的少ない地域であり雨の多い年と少ない年があるが、年間を通じて雨期と乾期の区分は明確ではない。(図-7.2 参照)

7.2 流量解析

本計画地点の流量ならびに流況曲線は、収集したUniversidad測水所の14年間にわたる観測記録(自1972年至1985年)を整理し、そのうちで有効な10年間の資料をもとに流域換算によって求めている。(図面 JB-H-01参照)

7.2.1 測水所の流域面積に対する照合

既設Universidad測水所の現位置確認のために、HIMATの測水台帳に示されている緯度、経度をIGAC発行の地形図(縮尺 $1:100,000$)にプロットした結果、調査団が現地踏査により確認した測水所の位置との間に緯度に約 $2'$ のずれが認められた。したがって測水所の流域面積($CA=177.0\text{km}^2$)についてIGACが

Observation Item	Gauging Station		Latitude	Longitude
	No	Name		
Discharge	5204-701	Universidado	0112	7717
Precipitation	5204-007	Narino	0117	7722
	5204-501	Obounco	0112	7718

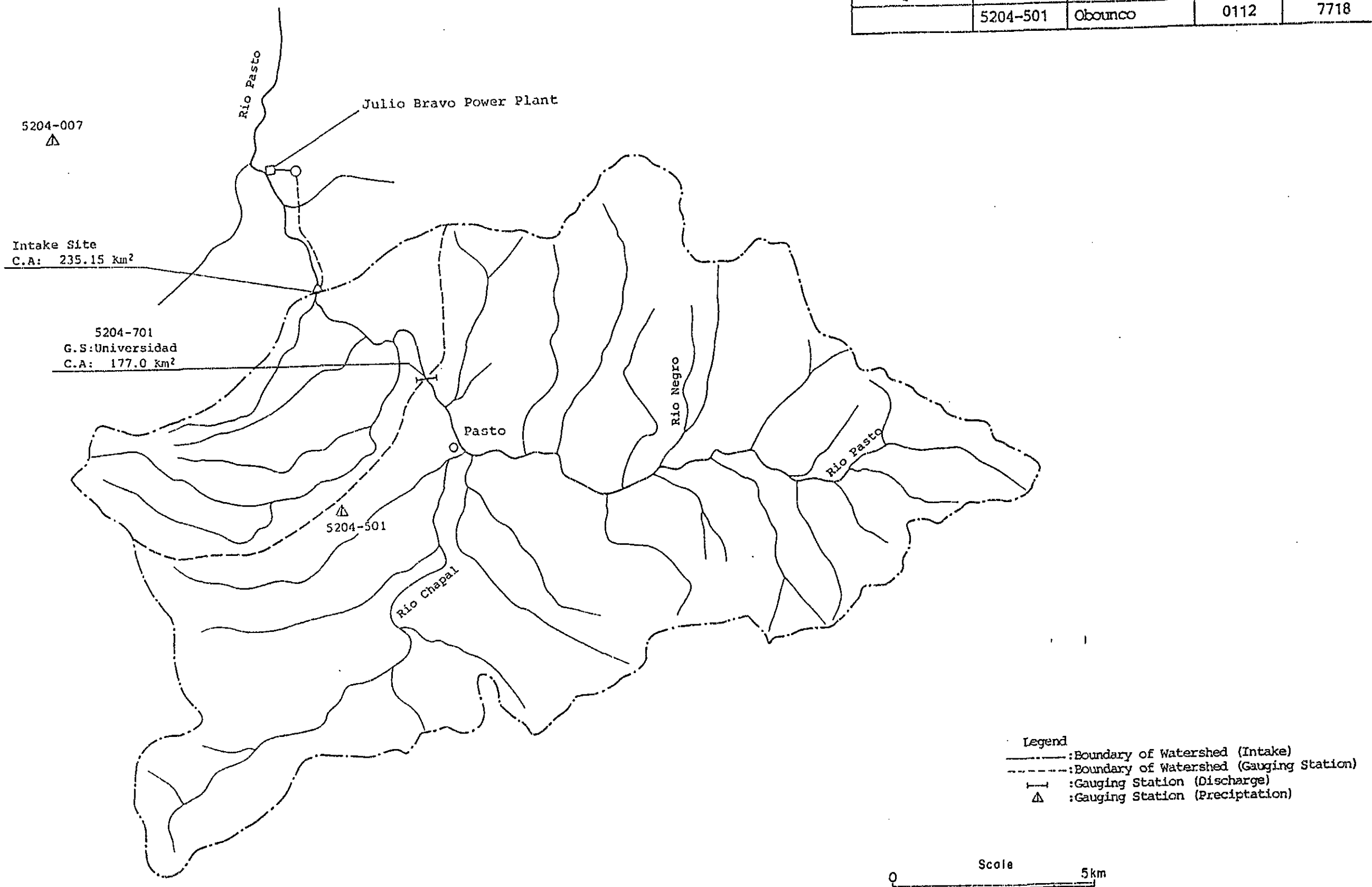


Fig-7.1 Location Map of Gauging Stations in The Watershed of The Study Area.

測候所 No. 5204-501 Obonuco
 北緯 1° 12' 西経 77° 18' 標高 2,710m
 平均年間雨量 816.4mm

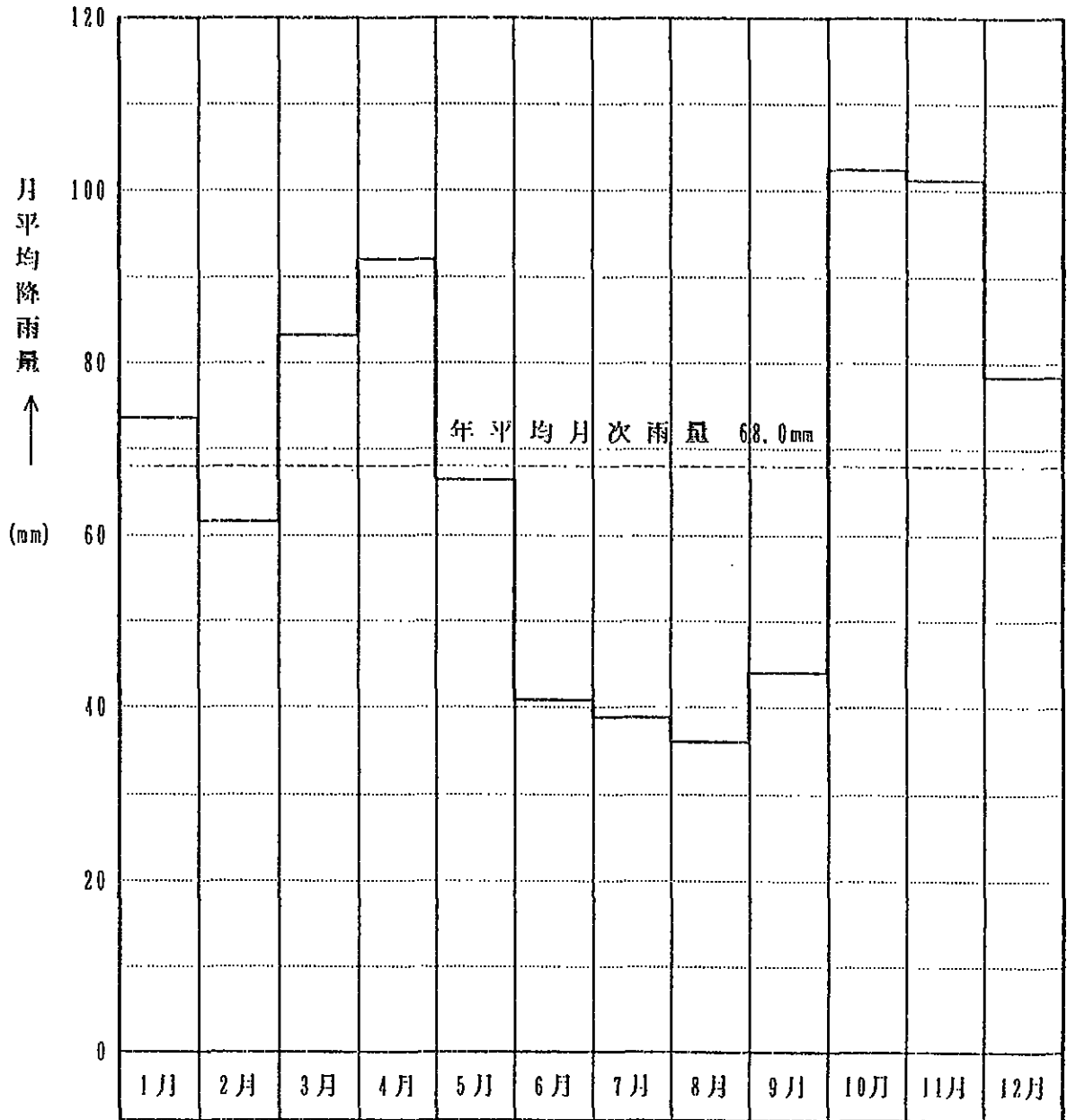


図- 7.2 計画地域の月平均降水量 (1970~1988)

発行している縮尺40万分の1の地形図を用いて照合を行なったが、表-7.1に示すように流域面積には、大きな差異は認められない。

表-7.1 測水所の位置及び流域面積の照合結果

項 目	緯 度	流域面積 (km ²)
HIMAT台帳	1° 12'	177.0
照 合 値	1° 14'	178.8
差 異	02'	1.8

7.2.2 流量観測記録の照合

Universidad測水所は1970年8月の設立であるが、調査団が入手できた観測記録は1972年から1985年の14年間分である。

これら入手記録の中には、表-7.2に示すような欠測月日があり、完全な年間観測記録は1973~1978年、1981~1985年の10年分である。特に次に挙げる年次は、長期にわたる欠測月があるので年間を通じての観測資料としては適用されない。

長期にわたる欠測期間：1972年1月～5月

1979年1月～2月

1980年3月～7月

1981年1月～3月

表-7.2 入手した流量観測記録の欠測月日

年	欠 測 月 日
1972	1月 1日～5月31日
1979	1月 1日～2月 7日
1980	3月 1日～7月31日
1981	1月15日～3月31日

7.2.3 代表的な流況曲線の形成

河川の流況曲線は同一地点であっても、年によってバラツキを生じるものである。したがってある地点の代表的な流況曲線を作成するにあたっては、次にあげるような色々な方法が提案されている。

- (a) パラレル法 1年 365日間の毎日の平均流量を大きい順に並べて各年の流況曲線を描き、それらの平均をとる方法。
- (b) 標準年法 各年の流況曲線を描き、その中で平均的であると思われる年の流況曲線を選んで、これを標準年流況曲線とする方法。
- (c) シリーズ法 1日平均流量を15年にわたって大きさの順に並べて、1年の曲線のように横軸だけ修正する方法。
- (d) 曲線そう入法 流況要覧から長年間（少なくとも最近10箇年間またはそれ以上）にわたる濁水量、低水量、平水量、の平均値を算出し、これをプロットし、それらを適当な曲線で結んで流況曲線とする方法。

本調査では最も汎用化されている (a)パラレル法を用いて測水所地点の代表的な流況曲線を形成している。流況曲線の作成に当っては、欠測日のある観測年を除外してある。又、これら流況曲線は横軸に日数を%で表わし、縦軸に日平均流量 (m^3/s) を示している。

7.2.4 Universidad測水所地点の流量及び流況曲線

Julio Bravo水力発電所の取水口地点より上流約6kmにあるUniversidad測水所の流量を欠測日の少ない10年間資料を用いて整理して示すと表-7.3の通りである。

表-7.3の月別平均流量の算定にあたっては、その月の観測日数が10日未満の場合は計算から除外してある。月別平均流量をグラフで示した図面JB-II-01の(1)から分かるように豊水期間と濁水期間の区別が判然としないが、夏の7月~9月と冬の12月~3月の7ヶ月間が年間を通じての濁水期間に相当すると思われる。

Table-7.3 MONTHLY FLOW TABLE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE

GAUGING ST.: 5204-701 UNIVERSIDAD
 RIVER NAME: PASTO

(UNIT: M3/S)

GAUGING YEAR	TYPE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL
1972	MAX.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	14.9	17.0	6.2	12.6	16.8	16.9	8.9	17.0
	MEAN	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	4.3	5.5	3.2	3.2	3.8	6.3	3.7	4.3
	MIN.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	2.7	3.5	2.3	2.1	0.5	3.2	2.4	0.5
1973	MAX.	3.8	11.6	3.9	6.4	6.9	15.8	5.7	7.9	2.5	11.6	16.2	13.2	16.2
	MEAN	2.3	3.3	1.9	2.4	2.2	2.7	2.5	3.0	1.7	3.3	3.7	4.6	2.8
	MIN.	1.5	1.9	1.3	1.6	1.5	1.5	1.4	1.7	1.3	1.3	1.2	1.8	1.2
1974	MAX.	7.9	22.6	17.5	11.3	19.3	4.0	31.3	4.3	3.0	12.6	22.0	23.3	31.3
	MEAN	3.1	7.6	6.7	4.9	3.7	2.2	5.3	2.5	1.9	4.2	10.6	7.6	5.0
	MIN.	2.0	2.9	3.0	2.6	1.8	1.5	2.0	1.6	1.4	2.2	2.7	4.1	1.4
1975	MAX.	7.5	12.6	14.1	6.3	6.7	18.4	9.7	8.5	6.0	7.8	19.8	16.1	18.8
	MEAN	4.2	4.8	5.4	3.5	3.8	5.9	5.0	4.5	3.7	3.7	6.4	7.8	4.9
	MIN.	2.8	2.8	3.1	2.6	3.2	3.1	3.0	3.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.6
1976	MAX.	9.7	13.3	11.6	24.6	7.7	8.6	29.4	10.4	10.2	11.7	18.9	15.3	29.4
	MEAN	4.9	5.0	4.1	7.0	4.2	4.4	6.3	4.6	4.0	5.1	6.1	5.4	5.1
	MIN.	3.2	4.0	3.1	3.4	3.5	3.0	3.3	3.1	2.7	2.9	3.3	3.0	2.7
1977	MAX.	4.6	5.0	24.6	14.0	6.0	7.0	5.0	7.5	15.1	9.5	7.7	11.0	24.6
	MEAN	2.5	2.4	3.3	5.2	3.3	3.0	2.9	3.2	3.1	3.0	2.1	2.0	3.0
	MIN.	2.0	1.4	0.8	0.8	2.0	1.8	2.0	2.0	1.1	2.0	1.6	1.2	0.8
1978	MAX.	10.1	2.2	2.9	22.7	7.5	11.3	4.8	2.7	2.5	2.7	4.3	22.2	22.7
	MEAN	2.6	2.0	2.1	7.2	3.7	4.7	2.6	2.3	2.0	1.9	2.2	3.9	3.1
	MIN.	1.4	2.0	2.0	2.4	1.8	2.8	2.0	1.8	1.6	1.6	1.4	1.0	1.0
1979	MAX.	(1)	1.7	8.6	15.8	5.2	9.2	11.3	8.1	10.0	5.9	5.8	13.1	15.8
	MEAN	(1)	1.3	2.6	4.7	3.2	3.6	3.1	3.2	2.9	2.4	2.9	3.8	3.1
	MIN.	(1)	1.0	0.3	0.6	2.2	2.4	2.0	1.8	2.0	1.3	1.7	2.2	0.3
1980	MAX.	15.3	18.6	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	3.3	2.7	14.8	7.4	3.3	18.6
	MEAN	4.4	4.7	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	1.8	2.3	4.9	2.7	1.8	3.2
	MIN.	2.6	2.8	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
1981	MAX.	2.4	(1)	(1)	3.4	5.4	5.4	15.9	11.5	8.5	2.6	10.6	25.1	25.1
	MEAN	1.6	(1)	(1)	2.6	2.5	2.2	3.7	1.5	1.7	1.5	3.5	4.4	2.5
	MIN.	1.5	(1)	(1)	2.0	1.5	1.4	1.5	1.0	1.0	0.9	0.9	1.5	0.9
1982	MAX.	10.8	10.0	8.9	19.9	17.7	4.6	7.1	2.8	1.8	2.2	4.3	10.1	19.9
	MEAN	4.5	2.5	4.3	4.5	3.9	2.5	3.5	2.2	1.5	1.5	1.5	1.5	3.0
	MIN.	2.2	1.5	2.3	2.1	1.9	2.2	2.3	1.8	1.4	2.3	2.0	2.0	2.5
1983	MAX.	3.2	5.4	5.5	9.4	10.2	2.9	5.2	3.6	2.2	6.1	3.0	12.3	12.3
	MEAN	1.6	2.3	2.4	3.6	2.7	1.9	2.6	1.9	1.4	2.3	2.0	5.0	2.5
	MIN.	1.5	1.5	1.3	1.5	1.5	1.4	1.5	1.3	1.1	0.9	1.4	2.2	0.9
1984	MAX.	12.2	12.6	9.9	17.4	11.6	4.3	2.2	1.9	9.6	14.0	8.9	12.1	17.4
	MEAN	5.3	5.8	2.5	5.3	4.6	2.5	1.6	1.5	3.1	4.3	4.0	2.8	3.6
	MIN.	2.8	2.5	1.8	2.3	2.2	1.8	1.3	1.4	1.0	2.0	2.2	1.7	1.0
1985	MAX.	6.2	3.6	6.3	9.1	5.8	6.5	1.5	2.7	2.8	4.9	6.3	5.9	9.1
	MEAN	2.7	2.3	2.5	2.5	2.8	2.2	1.4	1.4	2.0	2.3	2.7	1.5	2.2
	MIN.	1.5	1.4	1.2	1.4	1.4	1.2	1.3	1.2	1.5	1.5	1.5	1.1	1.1
TOTAL	MAX.	15.3	22.6	24.6	24.6	19.3	18.4	31.3	11.9	15.1	16.8	22.0	25.1	31.3
	MEAN	3.3	3.7	3.4	4.5	3.4	3.2	3.6	2.6	2.5	3.2	4.1	4.1	3.5
	MIN.	1.4	1.0	0.3	0.6	1.4	1.2	1.3	1.0	1.0	0.5	0.8	1.0	0.3

NOTE: (1) ALL DATA MISSING

パラレル法を用いて1973～1978年および1982～1985年の10年間流況曲線から求めた代表的な流況曲線が図面J B-II-01の(3)に示してある。

これ等流況曲線の豊水量、平水量、低水量および濁水量を数値で示すと表7.4の通りである。

表7.5にはUniversidad測水所で1972～1985年の14年間に記録された最大流量が示してある。

Table-7.4 FLOW DURATION TABLE AT GAUGING STATION SITE

GAUGING ST.: 5204-701 UNIVERSIDAD (UNIT: M3/S)

NAME: PASTO

GAUGING YEAR	MAX. (1-ST DAY)	PLENTY (95 DAY)	ORDINARY (185 DAY)	LOW (275 DAY)	DROUGHTY (355 DAY)	MIN. (LAST DAY)	MEAN
1973	16.2	3.1	2.2	1.8	1.4	1.2	2.8
1974	31.3	5.8	3.5	2.4	1.6	1.4	5.0
1975	19.8	5.7	3.9	3.4	2.7	2.6	4.9
1976	29.4	5.4	4.1	3.6	2.9	2.7	5.1
1977	24.6	3.2	2.2	2.0	1.2	0.8	3.0
1978	22.7	3.2	2.2	2.0	1.6	1.0	3.1
1982	19.9	2.8	2.3	1.5	1.5	1.5	3.0
1983	12.3	2.8	1.9	1.5	1.1	0.9	2.5
1984	17.4	4.3	2.5	2.0	1.1	1.0	3.6
1985	9.1	2.4	1.8	1.5	1.1	1.1	2.2
MEAN	20.3	3.9	2.7	2.2	1.6	1.4	3.5

Table-7.5 MONTHLY ABSOLUTE MAXIMUM FLOW TABLE AT G.S. SITE

GAUGING ST.: 5204701 UNIVERSIDAD
RIVER NAME: PASTO (UNIT: M3/S)

GAUGING YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL TOTAL
1972	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	21.1	22.5	7.3	15.5	19.6	55.0	19.1	55.0
1973	5.1	22.5	4.7	13.0	12.5	25.7	11.3	13.0	3.8	17.2	41.6	26.6	41.6
1974	16.5	46.3	43.3	34.1	44.1	6.4	58.3	7.3	5.1	29.7	68.1	55.8	68.1
1975	10.0	22.5	24.5	11.9	13.2	33.7	32.1	22.0	13.2	11.0	59.8	16.1	59.8
1976	17.8	20.9	17.5	26.4	15.1	15.1	59.5	16.9	17.8	29.9	33.0	36.4	59.5
1977	7.8	7.8	56.6	32.6	11.7	10.6	9.3	8.5	39.3	22.9	11.4	16.1	56.5
1978	21.2	2.2	3.2	33.6	8.5	11.7	4.9	3.0	2.8	5.1	7.8	64.1	64.1
1979	(1)	(1)	14.4	21.0	5.2	15.6	11.9	10.7	15.6	7.5	6.1	15.6	21.0
1980	21.0	32.8	3.5	(1)	(1)	(1)	(1)	5.0	8.9	18.6	8.5	3.8	32.8
1981	2.6	11.0	1.5	9.9	6.4	6.4	37.6	22.4	10.7	4.5	29.1	61.2	61.2
1982	13.1	13.1	29.1	29.1	21.0	6.4	6.5	2.9	1.8	2.9	4.5	10.7	29.1
1983	4.5	7.7	10.7	12.9	11.9	4.5	6.0	9.4	2.9	15.6	5.8	19.4	19.4
1984	27.3	31.9	14.6	36.2	29.1	5.0	2.2	2.0	10.7	19.4	20.7	37.6	37.6
1985	10.7	8.7	6.8	11.9	10.7	12.6	1.8	2.9	2.9	6.4	8.5	9.6	12.6
TOTAL	27.3	46.3	56.6	36.2	44.1	33.7	59.5	22.4	39.3	29.9	68.1	54.1	68.1

NOTE: (1) DATA MISSING

7.2.5 取水口地点における流量及び流況曲線

本計画地点の取水口地点における流量及び流況曲線は、取水口地点より上流約6kmにある既設のUniversidad 測水所の観測記録にそれぞれの集水面積比を乗じることによって求めている。

取水口地点の集水面積は、公式に認定された数値がないので、1988年11月に作成されたCEDENARの報告書“Recuperacion y Optimizacion de la Central de Julio Bravo”に記録されている値、235.15km²を採択する。したがって、Julio Bravo発電所の取水口地点HIMATのUniversidad測水所との集水面積の比率は、235.15/177.0=1.33に設定してある。

集水面積比で換算された取水口地点における流量および流況曲線は図面JB-H-01にまとめて示してあるが、平均的な月別日平均流量ならびに、豊水量、平水量、低水量および濁水量の代表値を示すと次の通りである。

表-7.6 取水口地点における代表的な流量

1) 月別平均流量

表-7.6 取水口地点における代表的な流量

月別 項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均最大流量 (m ³ /s)	7.0	10.1	8.9	9.5	6.1	7.6	9.0	6.1	5.3	6.8	14.1	10.4	6.8
日平均流量 (m ³ /s)	4.5	4.9	4.6	5.9	4.5	4.3	5.8	3.5	3.3	4.2	5.4	5.4	4.6
平均最小流量 (m ³ /s)	2.2	1.7	2.5	3.2	3.0	2.5	1.9	1.9	1.8	2.0	2.4	2.1	2.9

2) 流況曲線の代表的流量

豊水量 (95日流量)	平水量 (185日流量)	低水量 (275日流量)	濁水量 (355日流量)
5.1 m ³ /s	3.5 m ³ /s	2.9 m ³ /s	2.2 m ³ /s

取水口地点における代表的な流況曲線に対してある使用水量の河水利用率（実際に取水し使用できる流量の合計量と取水口地点に流入する河川流量の総量との比率）ならびに流量設備利用率（使用水量に対して年間を通じて実際に取水可能な流量の総量と年間を通じて使用水量を確保できるとした場合の水の総量の比率）をグラフ化して図面JB-H-01の(5)に示してある。

7.3 洪水流出解析

洪水流量は現在の施設と修復部分の安全性を確保する上から重要である。設計洪水流量は測水所Universidadの記録を統計処理し集水面積比で換算することにより求める。

7.3.1 洪水頻度

確率洪水流量を求めるため流量資料より年最大流量をまとめ表-7.7に示す。

表-7.7 年最大洪水流量

観測年	年最大流量 (m ³ /s)
1972	55.0
1973	41.6
1974	68.1
1975	59.8
1976	59.5
1977	56.5
1978	64.1
1979	21.0
1980	32.8
1981	61.2
1982	29.1
1983	19.4
1984	37.6
1985	12.6

測水資料は14年分で比較的短い小標本である。確率洪水流量を求めるには幾通りかの方法があるがここでは次の3方法について検討する。

1. 対数正規分布法
2. 順序確率法
3. ガンベル法

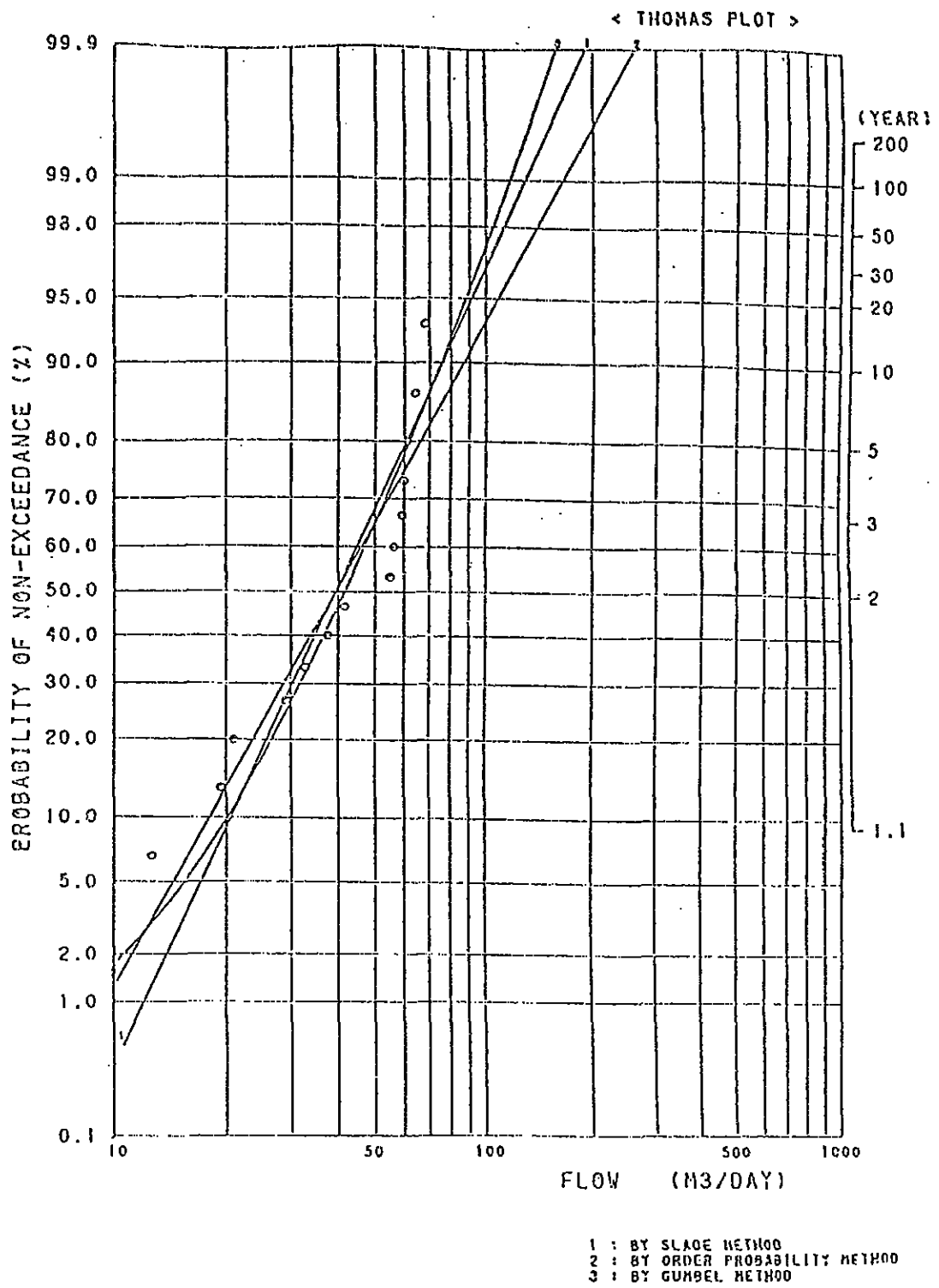


Fig. 7.3 Probability Curve of Rio Pasto at Universidad (Thomas Plot)

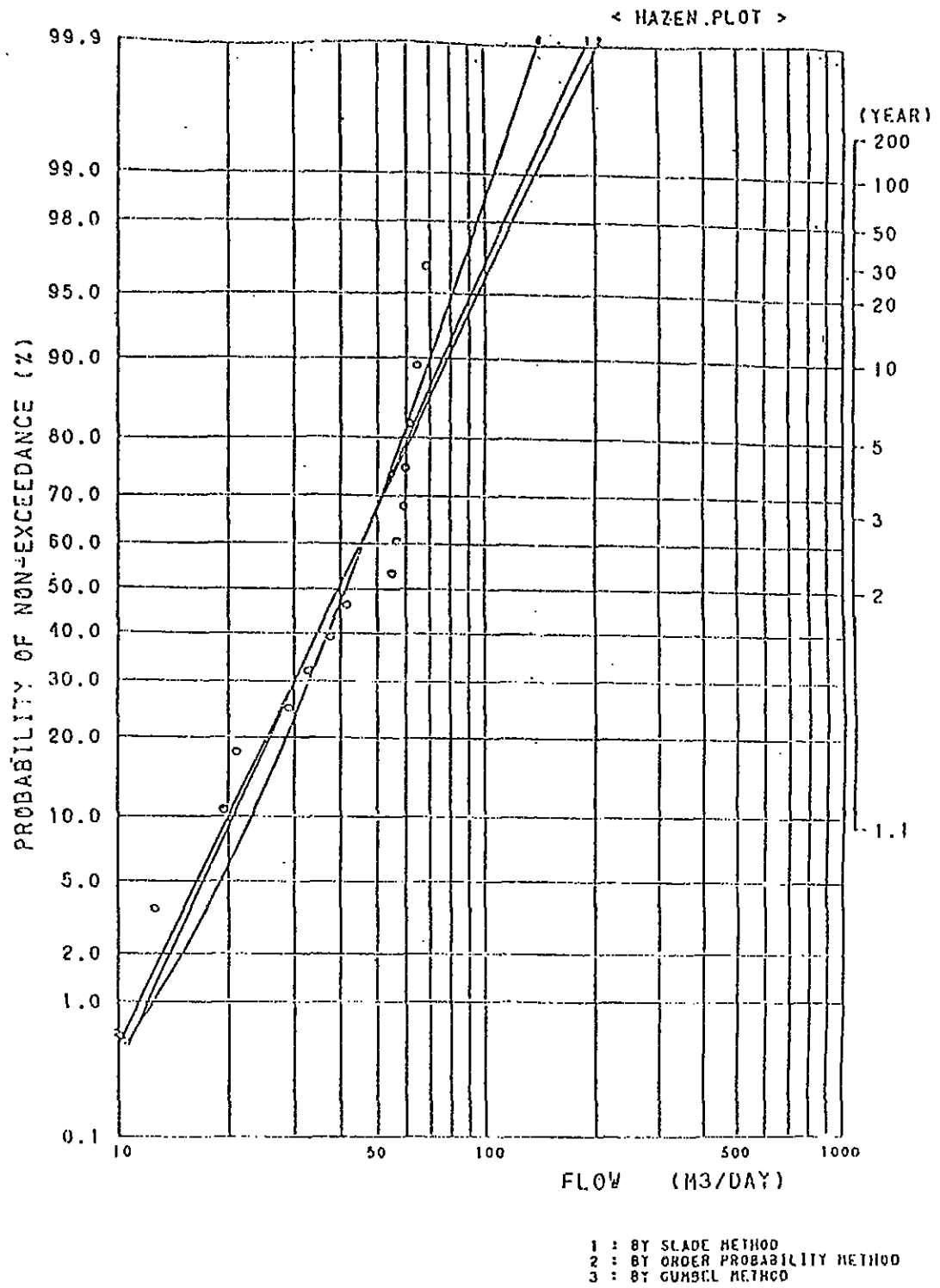


Fig. 7.4 Probability Curve of Rio Pasto at Universidad (Hazen Plot)

順序確率法とガンベル法についてはトーマスプロットとヘインズプロットの2通りについて検討する。

極値確率紙を用いて年最大流量を横軸に、計算した超過確率の百分率を縦軸にプロットしこれを図-7.3, 7.4に示す。図に示す確率曲線より再現期間のうち主要年についての確率洪水流量を表-7.8に示す。

表-7.8 確率洪水流量

方法	確率洪水流量							
	再現期間(年)							
	5	10	20	50	100	200	500	1000
対数正規分布法 (m ³ /s)	61	76	92	113	130	147	172	191
順序確率法								
トーマスプロット (m ³ /s)	66	87	108	139	165	192	231	263
ヘインズプロット (m ³ /s)	62	78	95	118	137	156	184	206
ガンベル法								
トーマスプロット (m ³ /s)	62	75	88	105	117	130	146	159
ヘインズプロット (m ³ /s)	59	70	81	95	106	116	130	141

7.3.2 設計洪水流量

設計洪水流量は生命の危険が比較的少ない場合に適用される*再現期間50~100年の範囲から100年確率洪水流量を採用する。取水口地点における設計洪水流量Qは集水面積比で換算することにより求める。

$$Q = 165 \times 235.15 / 177 = 219 \dots\dots 220 \text{ m}^3/\text{s}$$

集水面積 (km²) 当りの比流量は $q = 0.94 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。この値は比流量~集水面積の関係を示す図-7.5のクリーガ曲線で $C = 6.6$ となる。

* APPLIED HYDROLOGY Editor Ven Te Chow

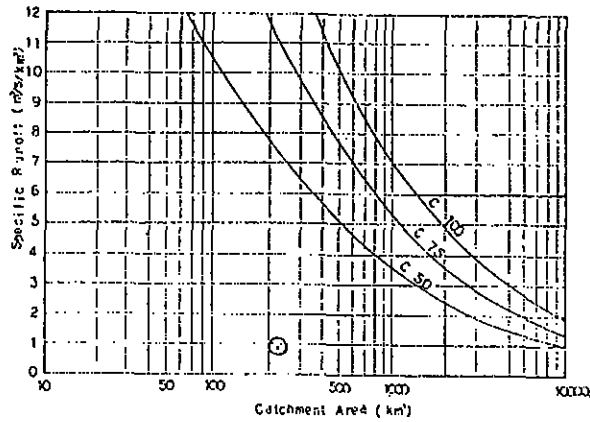


図-7.5 設計洪水流量とクリーガ曲線

7.4 流出土砂量解析

流域山地で生産された土砂は取水口地点まで流出し、これより水路と河川を経由して下流に流送される。土砂の流出過程を図-7.6 のフローで示しこれにもとづいて流出土砂量の概略を検討する。

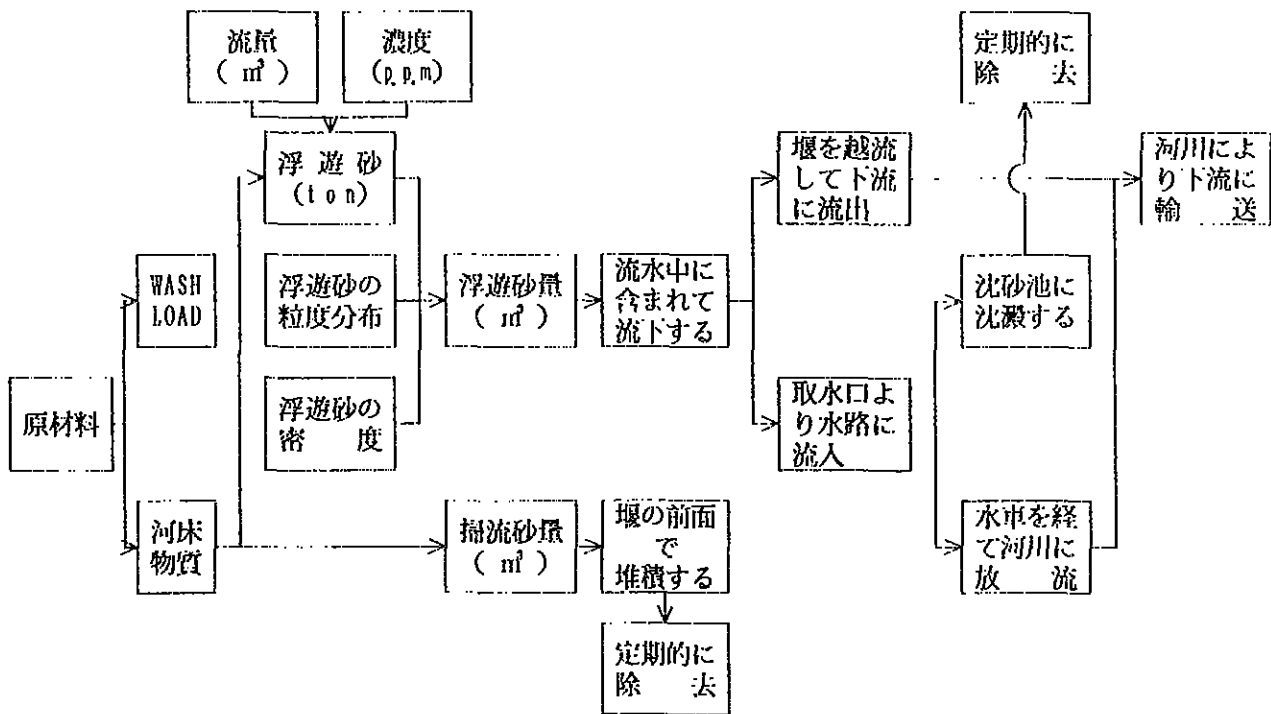


図-7.6 土砂流出の機構と流出土砂量のフロー

7.4.1 土砂流出状況

Pasto川の流域はその流域にPasto市街を含み分水嶺に近い上流域は比較的急峻な渓谷から形成されている。流域の植生は良好である。これらの流域より流出する土砂は都市開発に伴う土砂、都市廃棄物および河床と堤防の浸蝕や段丘の破壊によるガリー浸食等が主なものである。

浮游土砂量曲線は近傍河川のRating曲線の基本形状を参考に作成してこれを図-7.7に示す。測水所地点での浮游土砂量 (ton/年) は次に示す。

河川	集水面積 (km ²)	河川流出量			濃度		浮遊土砂量 10 ³ ton/年
		全流出量 10 ³ m ³ /年	最大流量 m ³ /s	最少流量 m ³ /s	最大値 ppm	最小値 ppm	
Pasto	178.8	111,000	68.1	0.8	—	—	10

Pasto川の測水所に流送される浮遊砂量は集水面積当り1年間で60ton/km²となり、年平均浮遊砂濃度は100ppmとなる。

7.4.2 流出土砂量の推定

(1) 主要物性

(a) 粒度分布

掃流砂の粒度分布は測定されその平均粒度を図-7.8に示す。

その粒度構成は次のようになる。

礫	砂	シルト
10%	80%	10%

浮遊砂、沈澱土砂等の資料は入手できなかった。浮遊砂については貯水池の堆砂に関する資料 (Handbook of Applied Hydrology) を参考に粒度分布を推定しこれを図-7.9に示す。

その粒度構成は次のようになる。

砂	シルト	粘土
10%	60%	30%

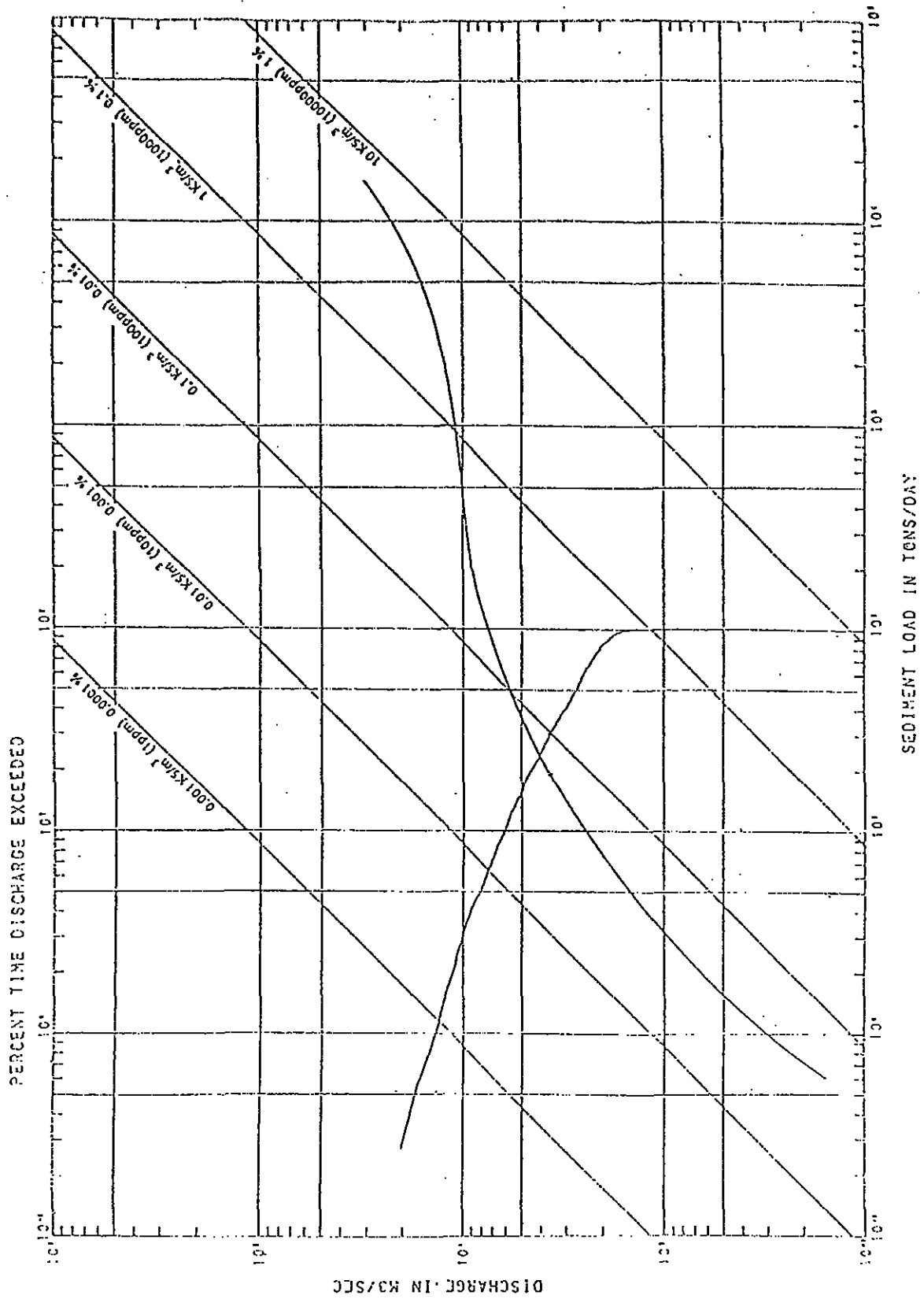


Fig. 7.7 Sediment Rating Curve

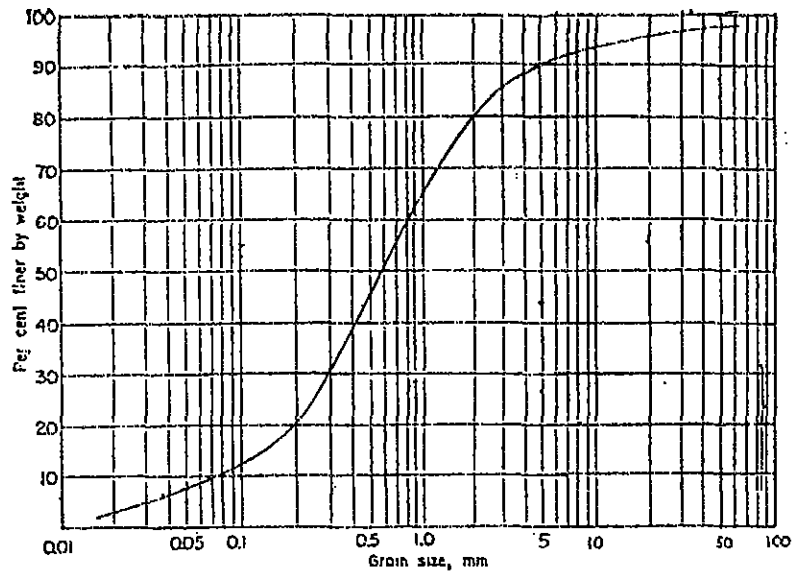


Fig. 7.8 Grain Size of Bed-load

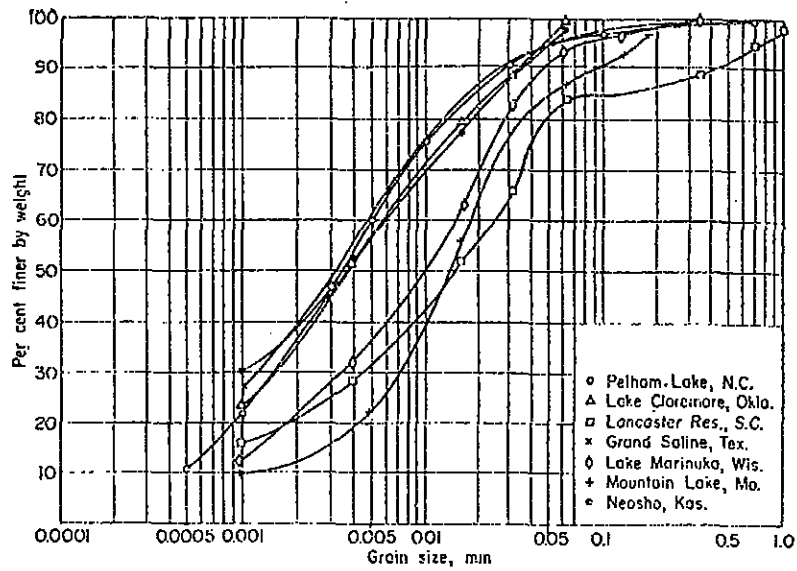


Fig. 7.9 Grain Size Constitution of Suspended Sediment *

* Handbook of Applied Hydrology (17-16)

(b) 単位体積重量

流出土砂の単位体積重量は資料が入手できなかったので文献を参考に決定している。砂および礫の単位体積重量は圧密荷重にも影響するが沈殿後比較的短時間に圧密が終了し、粘土やコロイド等の細粒子は砂や礫に比べて長時間を必要とする。既往の実例より貯水池での堆砂の粒度構成とその時の荷重の作用条件（水面下又は水面上）から表-7.9 に示す範囲となる。

表-7.9 単位体積重量の範囲 (ton/m³) *

粒径	ほとんど水面下	水面上
粘土	0.64~0.96	0.96~1.28
シルト	0.88~1.20	1.20~1.36
粘土とシルトの混合（等量）	0.64~1.04	1.04~1.36
砂とシルトの混合（等量）	1.20~1.52	1.52~1.76
粘土、シルトと砂の混合（等量）	0.80~1.28	1.28~1.60
砂	1.36~1.60	1.36~1.60
礫	1.36~2.00	1.36~2.00
砂と礫	1.52~2.08	1.52~2.08

* Handbook of Applied Hydrology

(2) 上砂の流出量

上砂の取水口地点での流出量の検討は浮遊砂と掃流砂について考慮する。浮遊砂は濃度測定と流量記録から求められる。掃流砂は量的記録が入手されていない。掃流砂は一般に全堆砂量の10~50%と言われておりコロラド川の掃流砂は全堆砂量の12~50%である。インダス川の掃流砂はタルベラダム（パキスタン国）地点で浮遊砂の5%と世銀調査団が推定している。

(3) 年間流入土砂量

取水口地点での年間流入土砂量は測水所地点の値を集水面積比で換算して求める。

集水面積 (km ²)	河川流出量 10 ⁶ (m ³)	浮遊砂量 10 ³ (ton)	掃流砂量 10 ³ (ton)	流入砂量 10 ³ (ton)
235.15	146	13	1	14

平均粒度構成と各粒径ごとの単位重量から流入土砂の平均密度は次のように求める。

掃流土砂				
	礫	砂	シルト	合計
粒度構成 (%)	10	80	10	100
単位体積重量 (ton/m ³)	1.68	1.48	1.04	
粒度ごとの単位重量 (ton/m ³)	0.168	1.184	0.104	1.456 … 1.46

浮遊土砂				
	砂	シルト	粘土	合計
粒度構成 (%)	10	60	30	100
単位体積重量 (ton/m ³)	1.48	1.01	0.80	
粒度ごとの単位重量 (ton/m ³)	0.148	0.624	0.240	1.01

掃流砂の全ては取水堰と取水口前面に堆積し水路への流入は無いものとする。浮遊砂は設計流量の範囲内で流量に含まれて取水口より水路を流下する。水路に流入した浮遊砂は一部の粒子が沈砂池で沈澱し残りの浮遊砂は流水と共に水車を経て河川に放流される。設計流量以上の河川流量に含まれている浮遊砂は流量と共に堰を越流して河川を流下する。

集水面積 (km ²)	河川流出量 (10 ⁶ m ³)	掃流土砂量 (10 ³ ton)	浮遊土砂量 (10 ³ ton)
235.15	146	1	13
		↓	↓
		× 10 ³ (m ³)	× 10 ³ (m ³)
		0.7	13
			↓
			水路流入分
	設計流量 Q m ³ /s		× 10 ³ (m ³)
	2	.....	5 8
	3	.....	8 5
	4	.....	9 4
			↓
			沈砂池沈澱
	設計流量 Q m ³ /s		(m ³)
	2	.....	500 4500
	3	.....	800 7200
	4	.....	900 8100
			↓
			水路流下
			(m ³)

以上の解析結果から取水堰前面での堆砂量は年平均約 $2 \text{ m}^3/\text{日}$ 沈砂池での沈澱土砂量は使用水量 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合 $2 \text{ m}^3/\text{日}$ が予想される。これらの堆積土砂量の除去対策は充分考慮しなければならない。

7.5 水質解析

水質のうち最も設備に影響を与えると考えられる酸性等と比抵抗について検討する。

7.5.1 判定基準

(1) 酸性等

酸性等による影響はこれを判断するのに表-7.10に示す基準及び表-7.11に示す既往の事例を参考にする。

表-7.10 水の浸食性の判断基準 (DIN 4030)

項目	浸食性の等級		
	弱い浸食性	強い浸食性	非常に強い浸食性
PH	6.5~5.5	5.5~4.5	4.5 以下
CO ₂ mg/l	15~30	30~60	60 以上
NH ₄ ⁺ mg/l	15~30	30~60	60 以上
Mg ²⁺ mg/l	100~300	300~1500	1500 以上
SO ₄ ²⁻ mg/l	200~600	600~3000	3000 以上

表-7.11 水の浸食環境におけるコンクリートの被害例

項目	水の性質	被害状況
地下水	PH: 2.3~6.7	トンネルコンクリート 施工後約4年で漏水の徴候が現れる。 7年後では吹付けモルタル層の剥離、 コンクリートの欠落が始まる。
河川水 (吾妻川)	PH : 3.1~2.7 Mg ²⁺ : 13.5 ppm SO ₄ ²⁻ : 316.8 ppm Cl ⁻ : 101.8 ppm	コンクリート供試体 (φ15cm) の浸漬 単位セメント量 320kg/m ³ 、w/c=53.1% 材令3か月ものを河川中に浸漬したところ 15か月後その直径が14.6cmに減少した。 表面から約2mmが溶脱、次の2~3mmは脆く なっていた。

(2) 比抵抗

比抵抗の小さい水は鋼の腐蝕を促進する可溶性塩類を多く含むため腐蝕性が大きい。比抵抗が腐蝕に及ぼす影響は表-7.12に示す米国標準局 (NBS) の調査結果からも明らかであるが、例外のあることも知られており、比抵抗だけから腐蝕性を判定することは困難である。

表-7.12 比抵抗と腐蝕性

腐蝕性	酸性度		比抵抗 Ω-cm	12年間の最大孔蝕深さ mm
	PH	全酸度		
	7.8	3.0	1770	0.74
	4.5	4.6	11200	1.19
	7.3	2.6	2980	0.99
	5.9	12.8	45000	1.02
	7.6	alkaline	350	3.02
	7.4	ditto	263	3.48
	9.4	ditto	278	4.39
	6.8	36.0	800	2.62

7.5.2 水質の評価

水質試験の結果はつぎのとおりである。

測定年	PH	比抵抗	全CaCO ₃	Fe mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l
		Microohms				
1985	6.3~4.0	345~166	62.8~99.4	--	--	--
1986	6.8~4.4	346~162	48.9~144.0	--	--	--
1987	6.8~4.2	302~182	36.7~89.0	--	--	--
1988	5.2~4.6	460~315	79.2~116.3	--	--	--
1989	7.7~4.3	258~127	--	0.2~27	16~37	2~50

PHの最低値は85年 4.0より89年 4.3といく分向上しているが現在のところ浸食性の高い事には変わりがない。その原因は上流域での都市廃水による結果と考えられるが早急な水質の改善は難しい。

比抵抗は小さく腐蝕性の高いことを示している。W110の水質基準で比べると塩化物、硫酸塩と硬度は低く鉄分は高い値を示している。

PHと比抵抗の値より水圧管路、水車についてはその影響を考慮してその材質に耐酸性材料を使用することが考えられる。

第 8 章 発電計画

既設発電所の最大使用水量は $2.00\text{ m}^3/\text{s}$ で計画されているので、この流量を基準として発電計画を立てる。即ち取水口地点の代表的な流況曲線においてその流量設備利用率が50%を下廻らない範囲内で最大使用水量を変えて発電出力及び年間の発生電力量を計算し、技術的ならびに経済的に適性な発電計画の実現を図る。

8.1 比較案の検討

本地点の水力発電設備の修復に当っては、延長約 2,500mの既設導水路を除く残りの水路工作物とその付帯設備はすべて改造或いは取替が必要であり、加えて発電設備や変圧器についても新品と取替が必要である。したがって本計画において単に既設発電設備の現状修復案だけに留まらず、発電規模の最適化案まで含めて比較検討すべきである。

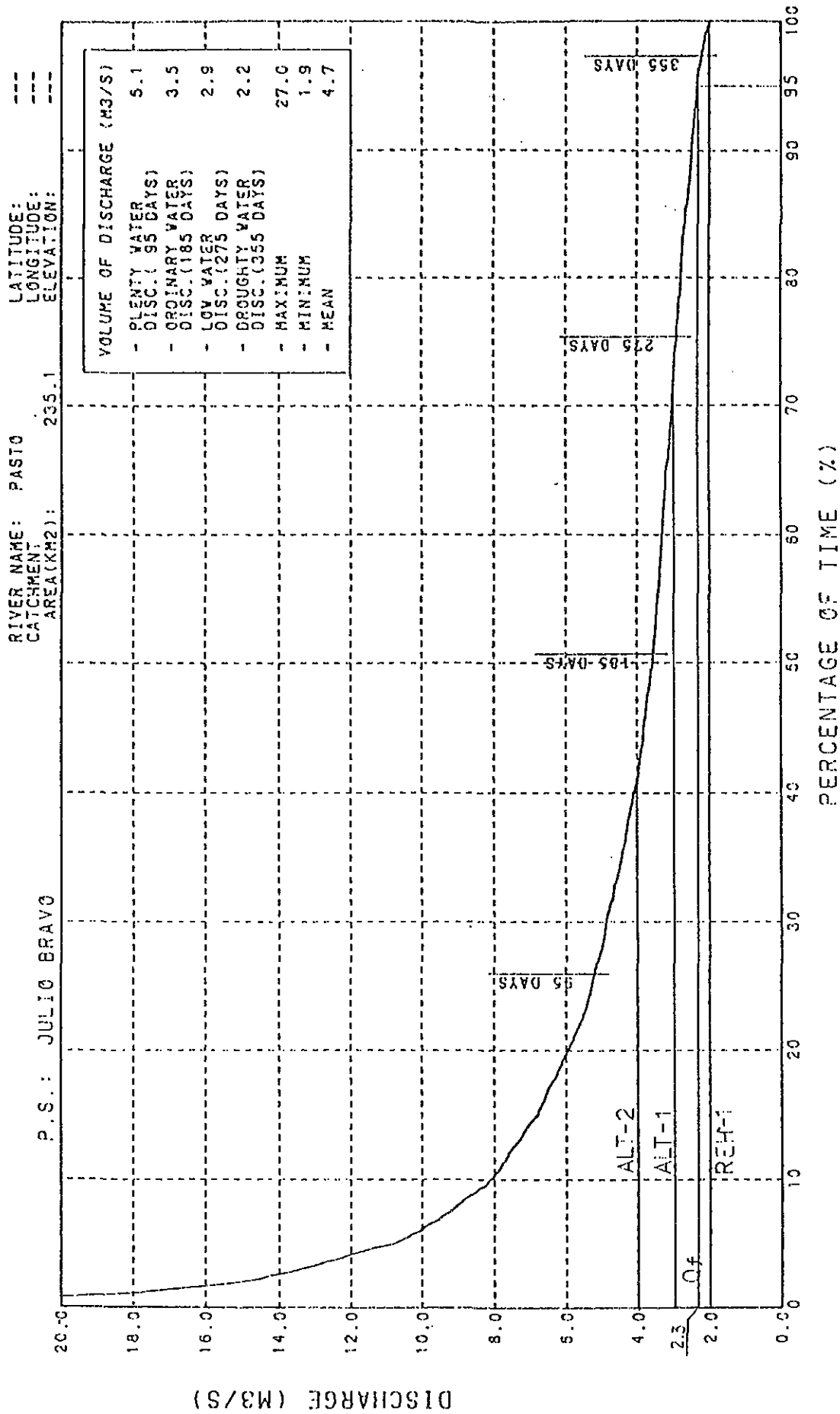
(1) 最大使用水量

水理解析の結果によれば、既設開水路は、流量 $4.00\text{ m}^3/\text{s}$ までは一部の断面を僅かに拡張することで安全に通水する能力を保有している。

したがって図-8.1の取水口地点における代表的な河川流況曲線に示すように最大使用水量の比較案を $Q=2.00\text{ m}^3/\text{s}$ （既設発電所の最大使用水量）、 $3.00\text{ m}^3/\text{s}$ および $4.00\text{ m}^3/\text{s}$ の3ケースに設定しそれぞれの発電出力及び年間発生電力量を算定する。

図-8.1 Julio Bravo 水力発電所取水口地点の流況曲線図

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



(2) 基準有効落差

水車の出力決定及び年間電力量の算出のための有効落差は一定であると仮定し、次のような基準で算定した基準有効落差を用いる。

有効落差 H_e は水槽と放水路間の損失水頭を次式により求める。

$$H_e = H_g - H$$

$$H = \frac{v^2}{2g} (1.0 + f_1 + f_2 \times L/D + f_m) + h = \frac{v^2}{2g} (1.85 + f_2 L/D) + h$$

ここに

H_g = 総落差 水槽水位 (2351.20m) - 放水位 (2204.00m) = 147.20m

H = 全損失水頭 (m)

$v^2/2g$ = 流速水頭 (m)

f_1 = 流入損失係数 0.1

f_2 = 摩擦損失係数 $124.6n^2/D^{1/3}$

L = 水圧管路の延長 (m)

D = 管路の径 (m)

f_m = 分岐損失係数 ; 0.75

h = 余裕 (m)

n = 粗度係数 ; 0.012

表-8.1 基準有効落差の計算結果

Q (m ³ /s)	D (m)	L (m)	v (m/s)	$v^2/2g$ (m)	$f_2 L/D$	$v^2/2g (\Sigma f)$ (m)	h (m)	H (m)	H_e (m)
2	0.90	230	3.15	0.506	4.75	3.34	0.86	4.20	143.00
3	1.10	230	3.16	0.509	3.64	2.79	0.91	3.70	143.50
4	1.20	230	3.54	0.639	3.24	3.25	0.95	4.20	143.00

以上の計算結果より基準有効落差として143.00mを使用する。

8.2 発電出力

発電出力は、使用水量（ Q ）と基準有効落差（ H_e ）より求まる理論出力に機器の合成効率を乗じて次式で算定する。

$$P = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta$$

- ここに P : 発電出力 (kW)
 Q : 任意の使用水量 (m^3/s)
 H_e : 基準有効落差 (m)
 η : 水車及び発電機の合成効率 (単機容量の合成効率)
 9.8 : 定数 (重力加速度 m/s^2)

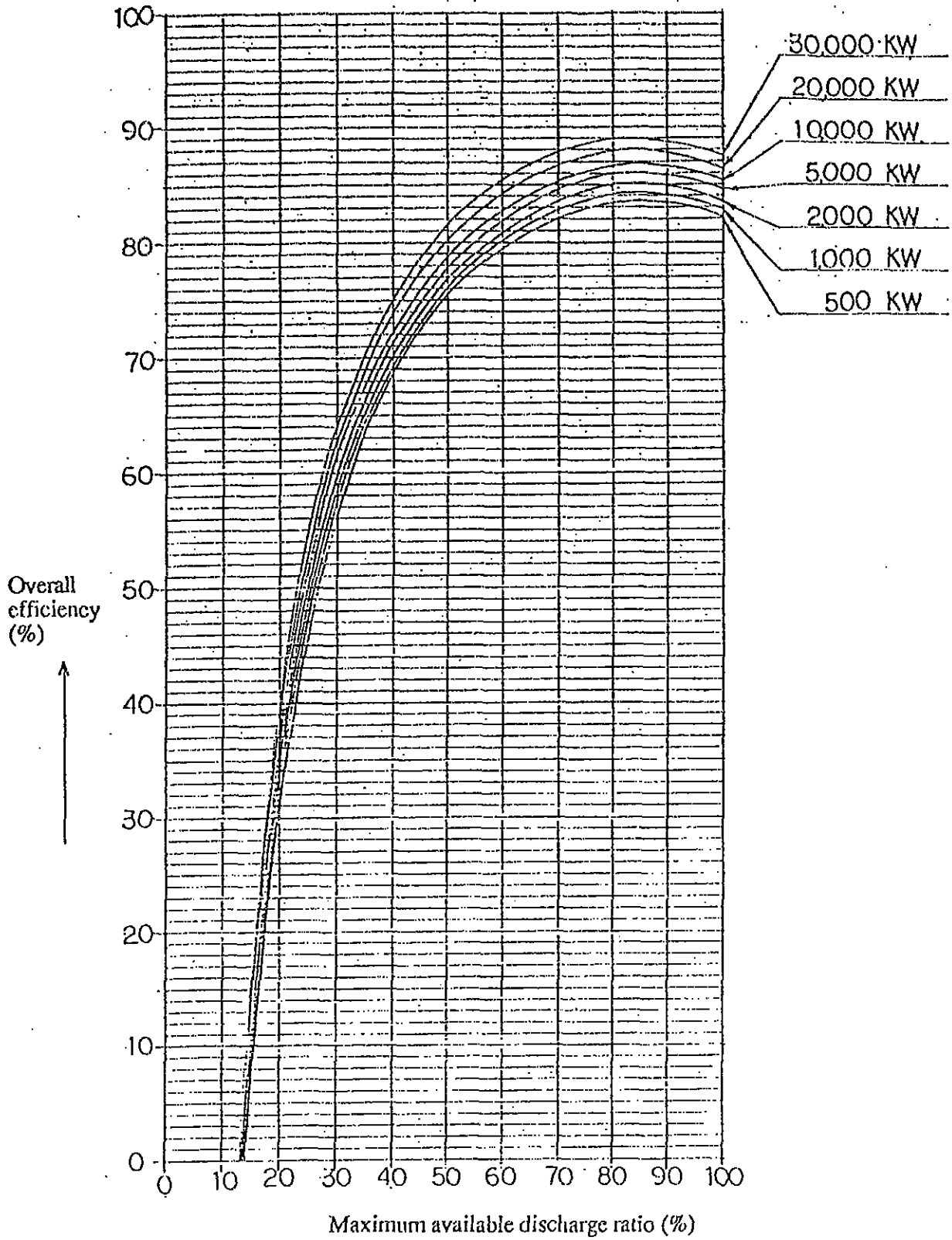
合成効率（ η ）は、水車効率（ η_1 ）と発電機効率（ η_g ）を乗じた総合効率を示す値で、図-8.2 に示す合成効率曲線において最大使用水量比 100%の値に相当する。比較代替案に対する発電出力の計算結果を示すと表-8.2 の通りである。

現状復旧案（ $Q = 2.00 \text{ m}^3/\text{s}$ ）の場合においても、有効落差に約23mのプラス修正が認められ、又合成効率の向上と相俟って既設の発電設備容量（1500kW）は 800kW増加し、2,300kWとなる。

表-8.2 発電出力の計算

項目 比較案	①	②	③	④	⑤
	使用水量 Q (m^3/s)	基準有効落差 (m)	$9.8 \times ① \times ②$ 理論水力 (kW)	合成効率 η	$③ \times ④$ 発電出力 P (kW)
現状復旧案 (REN-1)	2.00	143.0	2,802	0.830	2,300
代替案 (ALT-1)	3.00	143.0	4,204	0.835	3,500
代替案 (ALT-2)	4.00	143.0	5,605	0.835	4,600

Fig. 8.2 Resultant Efficiency Curve of Francis Turbine and Generator



(Source: The above curve is drawn according to the study standard for formulation of hydroelectric development plan (March, 1981).

8.3 年間可能発電電力量

発生電力量は、発電電力 (kW) , 運転時間 t (hr) を乗じた次式で計算する。

$$\begin{aligned} E &= P \cdot t \text{ (kWh)} \\ &= 9.8 \times Q \times H_e \times \eta \times t \end{aligned}$$

ここに P : 発電出力 (kW)

t : 運転時間 (hr)

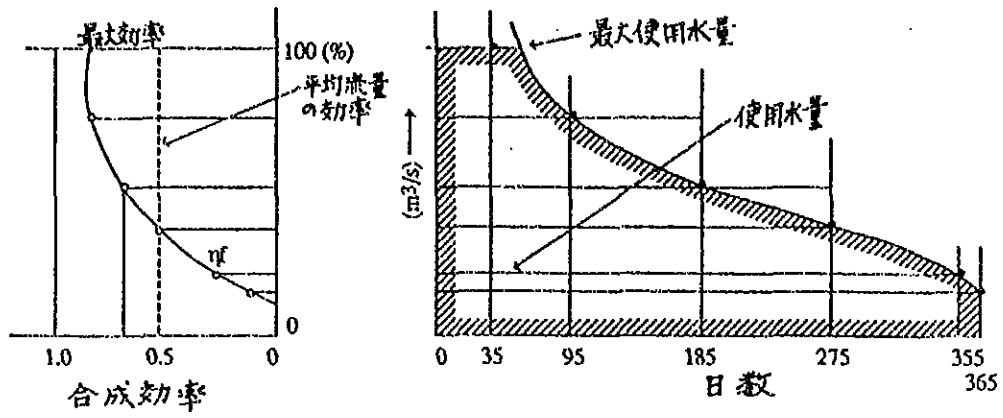
水力発電所が年間を通じて事故停止もせず、点検維持補修停止もしないものと仮定した場合に、1年間に発生が可能な電力量 (年間可能発電電力量) は次のような方法で算出される。

- (1) 流量資料の日流量とそのときの有効落差、合成効率を用いる方法
- (2) 流況図から流況と合成効率を組合せて行う方法
- (3) 平均電水比を用いる方法

本計画地点における年間可能発電電力量の計算は次のような理由で、(2)の方法を採択している。

- ① 使用する流量資料は、本発電所の取水口地点での観測記録ではなくて、約 6.0km 上流にあるHIMAT所管のUniversidad測水所のデータから換算したものであること。
- ② Universidad測水所と取水口地点の両方で同時観測した記録が皆無のため、単純に両方の流域面積比を用いて換算した流量資料であること。
- ③ (3)の平均電水比を用いて計算する方法も流況図を用いるが、(2)の方法に比較して精度の粗い目算的方法であること。

流況曲線図から流況と合成効率を組合せて、年間可能発電電力量を概算する流況－効率法の計算要領を示すと次の通りである。



最大使用水量 = m^3/s , 有効落差 $H_e = m$

① 日順	② 日数	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 負担率 $\frac{\text{使用水量}}{\text{最大使用水量}}$	⑤ 合成効率 η	⑥ 発電力 (kW)	⑦ 平均発電力 (kW)	⑧ 発電電力量 (kWh)
最大							
95	95-						
185	185-95 90						
275	275-185 90						
355	355-275 80						
365	365-355 10						
計	365					()	

- ① の頭切日順は、最大使用水量取水可能日数を挿入する。
- ② の日数は、計算段と直上段の日順の差である。本例では、便宜的に流況代表日数を採った。
- ③ 最大使用水量で頭打ちした日順の流量を使用水量とする。
- ④ 使用水量を最大使用水量で割ったものを入力負担率とし、合成効率；⑤を読み取り記入する。
- ⑥ $9.8 \times Q \times H_e \times \eta$
- ⑦ 計算段と直上段の発電力の平均値
- ⑧ ⑦×②×24が計算日数間の発電電力量で、その合計値が年間可能発電電力量となる。

図-8.3 流況-効率法による年間可能発電電力量の計算要領

8.3.1 年間可能発電電力量の計算

流況…効率法によって比較代替案毎の年間可能発電電力量を計算した結果を示すと次の通りである。

- (1) 最大使用水量 $2.00\text{ m}^3/\text{s}$ の現状復旧案 (R E H-1) の場合の
年間可能発電電力量 : 20.4 GWh (100 %)
- (2) 最大使用水量 $3.00\text{ m}^3/\text{s}$ の代替案1 (A L T-1) の場合の
年間可能発電電力量 : 29.4 GWh (97 %)
- (3) 最大使用水量 $4.00\text{ m}^3/\text{s}$ の代替案2 (A L T-2) の場合の
年間可能発電電力量 : 34.6 GWh (85 %)

表-8.3 年間可能発電電力量の計算

(1) 現状復旧案 (R E H-1)

最大使用水量 $Q=1.00\text{ m}^3/\text{s} \times 2\text{ ユニット}$, 基準有効落差 $H_e=143.0\text{ m}$, 水車型式: 横軸フランシス

① 日順	② 日数	③ 使用水量 (m^3/s)	④ 負担率 使用水量 最大使用水量	⑤ 合成効率 η	⑥ 発電力 (kW)	⑦ 平均電力 (kW)	⑧ 発電電力量 (MWh)
最大	362	2.0	1.0	0.830	2,326	2,326	20,208
365	3	1.9	0.95	0.835	2,223	2,274	163
計	365					(2,300)	20,371

(2) 代替案1 (A L T-1)

最大使用水量 $Q=1.5\text{ m}^3/\text{s} \times 2\text{ ユニット}$, 基準有効落差 $H_e=143.0\text{ m}$, 水車型式: 横軸フランシス

日順	日数	使用水量 (m^3/s)	負担率 使用水量 最大使用水量	合成効率 η	発電力 (kW)	平均電力 (kW)	発電電力量 (MWh)
Max	255	3.0	1.0	0.835	3,510	3,510	21,481
260	5	2.9	0.966	0.842	3,421	3,465	415
275	15	2.8	0.933	0.847	3,323	3,372	1,213
290	15	2.7	0.900	0.849	3,212	3,267	1,176
305	15	2.6	0.866	0.85	3,097	3,154	1,135
315	10	2.5	0.833	0.85	2,977	3,037	728
330	15	2.4	0.800	0.849	2,855	2,916	1,049
340	10	2.3	0.766	0.847	2,730	2,792	670
355	15	2.2	0.733	0.842	2,595	2,662	958
360	5	2.1	0.700	0.835	2,457	2,526	303
365	5	1.9	0.633	0.819	2,218	2,318	278
計	365					(3,001)	29,406

(3) 代替案2 (ALT-2)

最大使用水量 $Q = 2.0 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 \text{ ユニツト}$, 基準有効落差 $H_e = 143.0 \text{ m}$, 水車型式: 横軸フランシス

日順	日数	使用水量 (m^3/s)	負担率	合成効率 η	発電力 (kW)	平均電力 (kW)	発電電力量 (MWh)
			使用水量 最大使用水量				
Max	146	4.0	1.0	0.835	4,680	4,680	16,398
150	4	3.9	0.975	0.84	4,590	4,635	444
160	10	3.8	0.950	0.845	4,499	4,544	1,090
165	5	3.7	0.925	0.847	4,391	4,445	533
175	10	3.6	0.900	0.849	4,283	4,337	1,040
185	10	3.5	0.875	0.85	4,169	4,226	1,014
190	5	3.4	0.850	0.85	4,050	4,109	493
205	15	3.3	0.825	0.85	3,930	3,990	1,436
220	15	3.2	0.800	0.849	3,807	3,868	1,392
240	20	3.1	0.775	0.847	3,679	3,743	1,796
245	5	3.0	0.750	0.845	3,552	3,615	433
260	15	2.9	0.725	0.84	3,413	3,482	1,253
275	15	2.8	0.700	0.835	3,276	3,344	1,203
290	15	2.7	0.675	0.83	3,140	3,208	1,154
305	15	2.6	0.650	0.823	2,998	3,069	1,104
315	10	2.5	0.625	0.817	2,862	2,930	703
330	15	2.4	0.600	0.808	2,717	2,789	1,004
340	10	2.3	0.575	0.80	2,578	2,647	635
355	15	2.2	0.550	0.79	2,435	2,506	902
360	5	2.1	0.525	0.78	2,295	2,365	283
365	5	1.9	0.475	0.755	2,010	2,152	258
計	365					(3,556)	34,568

第9章 修復計画

現状復旧案に限らず、改良による出力増加案の場合でも、その計画立案に当たっては、スクラップ アンド ビルト方式ではなくて現存施設を最大限利用して、発電機能の再生或いは増加を図るものとする。尚、修復計画立案に際しては、電力連系公社（ISA, Interconexion Electrica S. A.）が1987年6月に発刊した評価基準に準拠する。

9.1 修復計画案の策定

既に4.3にも述べた通りに、本発電所の施設は、延長約2,500mの導水路を除いて、残りの水路工作物は全て改造あるいは新設を必要としている。発電機器設備や変圧器についても新品の調達・取替えが必要である。

最大使用水量の比較案、即ち $Q=2.00\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $3.00\text{ m}^3/\text{s}$ および $4.00\text{ m}^3/\text{s}$ の3ケースについて、施設の修復計画を示すと表-9.1の通りである。

それぞれの修復計画案について建設工事量を積算し、kW当りの建設コストならびに発電コストを算定比較することによって、最適修復計画を選定する。

表-9.1 修復計画比較代替案の内容

項目		代替案	発電出力増加計画案	
		現状復旧案 REH-1	ALT-1	ALT-2
最大使用水量 Q (m^3/s)		2.00	3.00	4.00
最大出力 P (kW)		2,300	3,500	4,600
流量設備利用率 (%)		100	97	85
施設の修復・改造計画	取水堰	破損が進んでいるので改築し、土砂吐施設を新設する。(各案共通)		
	取水口	最大使用水量を余裕をもって取水できるように改築し、制水用のゲートを設ける。		
	沈砂池	適正規模の沈砂池を設計して新設する。(各案共通)		
	水路	最大使用水量を余裕をもって通水できるように一部の断面を拡張する。水路の全長にわたって蓋取付け工事を実施する。(各案共通)		
	水槽	現位置で改造し調整容量を増やす。余水吐を新設する。		
	水圧管路	新らしく布設する。		
	発電機器	2ユニットの発電設備を調達し取替える。		
	発電所建物	現位置で建物を改築する。天井クレーンを新設する。		
	放水口	放水口は、改造する。		
	変電所	変圧器を調達し取替える。		

9.2 修復工事費の積算

建設工事費は、発電機器費の予算と土建工事費に分けて積算する。また、外貨ポーションと現地通貨ポーションに分けて積算した後で、1989年9月現在の通貨換算レートを用いて、円貨ベースに集計してある。

9.2.1 発電機器費の積算

発電機器は、FOB of JapanをベースにISAの評価基準に拠ってCIF価格に換算してある。発電機器使用およびFOB価格を示すと表-9.2の通りである。

CIF価格は表-9.3の通りでCIF/FOB=1.12の比率になっている。

表-9.2 発電設備の仕様とFOB価格 (全額単位;百万円)

項目		比較代替案	現状復旧案		
			REH-1	ALT-1	ALT-2
仕 様	設計流量 (m ³ /s)		1.00	1.50	2.00
	基準有効落差 (m)		143	143	143
	理論出力 (kW)		1,400	2,100	2,800
	水車機種		横軸フランシス	横軸フランシス	横軸フランシス
	水車出力 (kW)		1,230	1,850	2,470
	発電機力率		0.9	0.9	0.9
	発電機出力 (kVA)		1,300	1,950	2,600
	主変圧器容量 (kVA)		2,600	3,900	5,200
FOB 価 格 (百 万 円)	発 電 機 器	① 水車及び付属機器	62.0	78.0	90.0
		② 発電機及び付属機器	20.4	23.0	25.5
		③=①+② 小計	82.4	101.0	115.5
		④ ユニット数	2	2	2
		⑤=③×④ 計	164.8	202.0	231.0
	⑥ 4.16KVスイッチギヤ、他	17.1	17.1	17.1	
	⑦ 主変圧器	4.4	6.5	8.5	
	⑧=⑤+⑥+⑦ 合計	186.3	225.6	256.6	

表-9.3 発電設備の事業費

(金額単位：百万円)

	代替案		現状復旧案				出力増加案			
			REH-1		ALT-1		ALT-2			
	外貨分	現地貨分	外貨分	現地貨分	外貨分	現地貨分	外貨分	現地貨分	外貨分	現地貨分
① FOB価格	166.3	—	225.6	—	—	—	256.6	—	—	—
② 運賃・保険 ①×0.12	22.4	—	27.0	—	—	—	30.8	—	—	—
③ 税金 ①×0.223	—	41.5	—	—	—	—	—	57.2	—	—
④ 付加価値税 ①×0.134	—	25.0	—	—	—	—	—	34.4	—	—
⑤ その他 ①×0.22	—	41.0	—	—	—	—	—	56.5	—	—
⑥ 計	208.7	107.5	252.6	130.1	287.4	148.1	—	—	—	—
⑦ Contingency ①×0.17	31.7	—	38.4	—	—	—	43.6	—	—	—
⑧ Eng. Fee ①×0.149	27.8	—	33.6	—	—	—	38.2	—	—	—
⑨ 計	268.2	107.5	324.6	130.1	369.2	148.1	—	—	—	—
⑩ 総計	375.7	454.7	517.3	—	—	—	—	—	—	—

9.2.2 土建工事費の積算

土建工事費は、主要構造物の復旧或いは改造のための工事数量にCEDENARが定める工事単価（表-5.2 参照）を乗じて、現地貨ベースで積算してある。

修復計画案毎に積算された土建工事費を比較すると表-9.4 の通りである。

表-9.4 上建工事費の積算 (全額単位 10^6 ペソ)

項目	比較代替案	出力増加案	
	現状復旧案 REH-1	ALT-1	ALT-2
取水堰及び取水口工事	61.7	61.7	61.7
沈砂池工事	10.0	21.7	30.4
水路工事	33.5	36.1	43.4
水槽工事	16.5	17.2	19.0
水圧管路工事	98.2	113.1	148.0
機器基礎工事	17.4	17.4	17.4
発電所建屋工事	18.3	18.3	18.3
仮設備	14.3	14.3	14.3
その他雑工事	—	—	—
① 計	269.9	299.8	352.5
②臨時費 (①×0.15)	40.5	45.0	52.9
③技術管理費 (①+②)×0.1	31.0	34.5	40.5
④合計 (①+②+③)	341.4	379.3	445.9
⑤ Output Loss	0	0	0
⑥ 総計 ④+⑤	341.4	379.3	445.9

9.3 経済指標の比較

kW当り建設コストおよび kWh当りの発電コストの2つの経済指標による比較検討を進めるに当たって、各比較代替案に共通する基本条件を次のように設定する。

① 通貨換算レートは、1989年9月の実勢レートにもとづいて次のように設定する。

$$1 \text{ US \$} = 140 \text{ 円}$$

$$1 \text{ US \$} = 369.4 \text{ pesos}$$

$$1 \text{ ペソ} = 0.379 \text{ 円}$$

② 新品の発電機器ならびに改修又は改造された構造物の耐用年数は25年とする。

③ 金利は、外貨分と現地貨分に分けて次のような条件で計上する。

— 外貨分の金利：年利10%，4ヶ年据置で25年間の元金均等償還方式で計上する。

— 現地貨分の金利：年利21%，1年据置で8年間の元金均等償還方式で計上する。

④ 水力発電所の運転・維持・管理コストは年間を通じて設備容量（kW）当り4 U. S. \$とする。

9.3.1 kW当り建設コストの比較

kW当りの建設コストを比較すると、表-9.5 に示すように、ALT-2案が増加出力当り 149.2千円/kWと最も低い値を示している。

表-9.5 kW当り建設コスト比較

項目		比較代替案	出力増加案	
		現状復旧案 REH-1	ALT-1	ALT-2
既設設備出力 (kW)	定格出力 P_o	1,500	1,500	1,500
	現有出力 P_e	0	0	0
修復後の出力 P_1 (kW)		2,300	3,500	4,600
回復又は増加出力 $\Delta P = P_1 - P_e$ (kW)		2,300	3,500	4,600
修復工事費 (10 ⁶ 円)	外貨分 C_f	268.2	324.6	369.2
	現地貨分 C_l	236.9	273.9	317.1
	計 $C = C_f + C_l$	505.1	598.5	686.3
kW当りの建設コスト (千円/kW)	C/P_1	219.6	171.0	149.2
	$C/\Delta P$	219.6	171.0	149.2

9.3.2 kWh当りの発電コストの比較

kWh当りの発電コストは、次の式で計算される。

$$\text{発電コスト} = \frac{\text{年間発電端経費の合計}}{\text{年間供給電力量}}$$

$$\begin{aligned} \text{ここに年間供給電力量} &= \text{年間可能発電電力量 (E)} \times \text{利用率} \\ &= 0.95 E \end{aligned}$$

年間発電端経費の合計額は、図-9.1 に示すように、水力発電所耐用年数を25年として、その間の運転・維持・管理費 (AOM, 年間4US\$/kW) に建設工事費および建設資金の金利支払額を加算した総額を耐用年数で平均した値である。

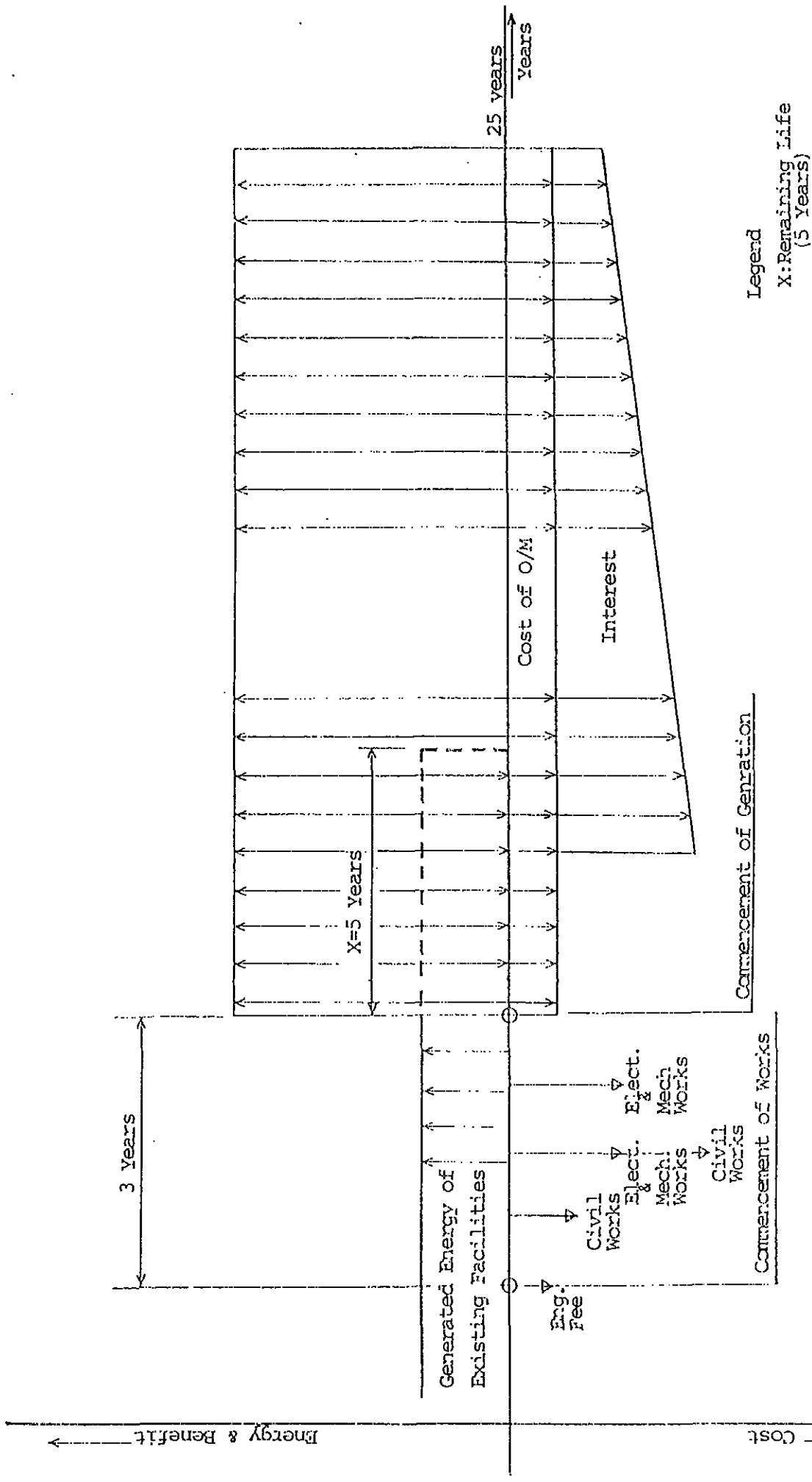


図-9.1 水力発電所の修復計画における費用と収入

kWh当りの発電コストの計算結果を示すと表-9.6の通りである。本地点は、既設の発電所が発電機能を1984年以来うしなってしまうので、新しい発電計画と同じケースとなっている。年間供給電力量当りの発電コストはALT-2案が2.0円/kWhと最低値を示しており最適案はALT-1とALT-2案の中間にある。

表-9.6 kWh当りの発電コスト比較

項目		比較代替案		現状復習案	出力増加案	
				REH-1	ALT-1	ALT-2
既設発電設備 の現在能力		出力 P_e (kW)		0	0	0
		電力量 E_e (GWh)		0	0	0
修復計画	出力 P_1 (kW)		2,300	3,500	4,600	
	電力量 E_1 (GWh)		20.371	29.406	34.568	
	回復又は 増加電力	出力 $\Delta P = P_1 - P_e$ (kW)	2,300	3,500	4,600	
		電力量 $\Delta E = E_1 - E_e$ (GWh)	20.371	29.406	34.568	
発電端 経費の 合計 (百万円)	建設工事費 $C_1 = C_{I1} + C_{\ell1}$	外貨分 C_{I1}	268.2	324.6	369.2	
		現地貨分 $C_{\ell1}$	236.9	273.9	317.1	
		計	505.1	598.5	686.3	
	支払金利 $C_2 = C_{I2} + C_{\ell2}$	外貨分 C_{I2}	431.8	522.6	594.4	
		現地貨分 $C_{\ell2}$	240.7	278.3	322.2	
		計	672.5	800.9	916.6	
	運転・維持・管理費 $C_3 = 4U.S.\$ \times P_1 \times 25年 \times 140円/U.S.\$$		32.2	49.0	64.4	
	合計 $\Sigma C_i = C_1 + C_2 + C_3$		1,209.8	1,448.4	1,667.3	
	25年間平均年間発電経費 (百万円) $C = \Sigma C_i \div 25$		48.4	58.0	66.7	
	発電 コスト (円/kWh)	E_1 当り $C / (E_1 \times 0.95)$	2.5	2.1	2.0	
ΔE 当り $C / (\Delta E \times 0.95)$		2.5	2.1	2.0		

9.3.3 総合判定

各比較代替案毎のkW当りの建設コストならびにkWh当りの発電コストをグラフに示すと図--9.2 のようになる。

kW当りの建設コストならびにkWh当りの発電コストを総合的に判断した結果、ALT-1を便益的に最も有利な案と判断し、最適案として選定する。

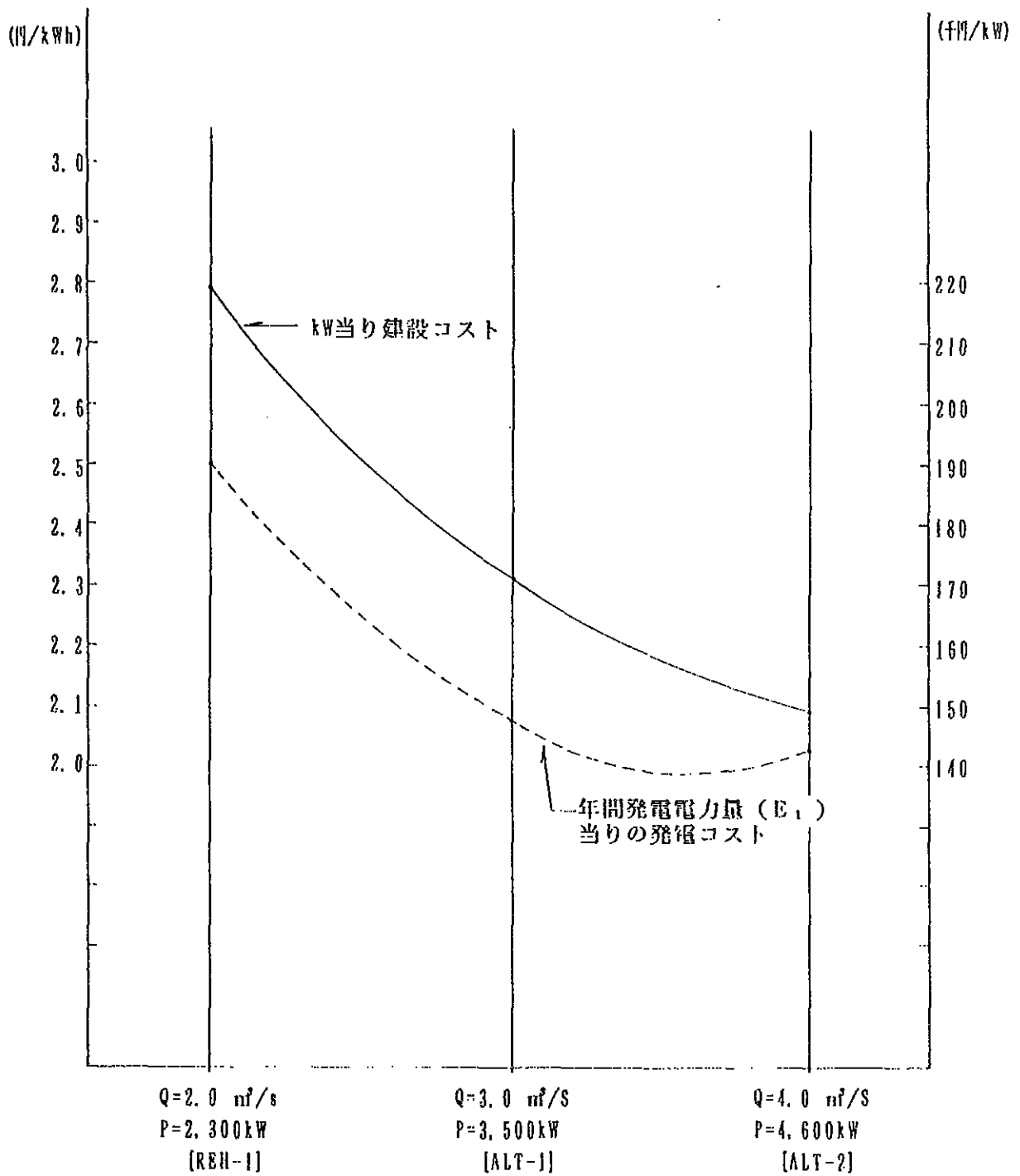


図--9.2 発電コスト

第10章 財務分析

財務分析の方法としては、費用便益分析と呼ばれている一般的な方法を採用する。つまり、修復を行なった後の収益性 (with project) から修復を行なわなかった場合の収益性 (without project) を差引いた増分費用・便益を投資に対する収益性とみなす。そして選定された修復計画案について収支バランスの財務計画を行なうものとする。なお国家経済的観点からの投資の妥当性を評価する経済分析は主報告書の中に記述してあるので参照されたい。

10.1 分析の前提条件

財務分析を行なうに当たって、設定した前提条件を要約すると次の通りである。

(1) 既存発電所の残存寿命

新品に取替えなかった場合、古い既存の発電設備が稼動する残存寿命は、一律に平均5年間と設定した。

(2) 建設コストの見積り

建設コストは内貨・外貨別に1989年9月の市場価格で見積られている。なお、外貨 (U. S. \$) と内貨 (col. \$) の交換レートは DNPが定めた U. S. \$ 1=col. \$ 369.4 で設定している。

建設コストには、予備費および技術管理費が含まれている。土地収用費および補償費は含まれていない。

発電設備の FOB コストは、日本国内価格で見積られている。また、CIF価格は ISAが通常水力発電プロジェクトに適用している対 FOBコスト比率 (FOB 価格 : CIF価格 = 1.00 : 1.12) を用いて算定した。

(3) サービスライフ

収益性評価のためのプロジェクトのサービスライフは修復後25年間と設定した。

各年次の減価償却費は ICBL が採用している定額法によって算定した。なお、この場合施設別の耐用年数は次のように設定し、残存価格は“0”としてある。

- ① 土木構造物の耐用年数 …… 50年
- ② 発電設備の耐用年数 …… 25年

(4) 運転、維持管理費

通常、運転維持管理費は、施設の投資規模に応じて発生する固定費と電力生産量に比例して増減する変動費からなっているが、本調査では ISAが水力発電所の運転維持管理費の予算化に通常適用させる平均的コスト、即ち、年間を通じて設備容量 (kW) 当り U. S. \$ 4. 0を適用する。

(5) 便益の推定

1988年12月の ICELの売電単価 U. S. \$ 13. 36/MWh (col \$4, 936. 18/MWh) および発電高 U. S. \$ 2, 942. 36/MW (col \$ 1, 086, 909. 69/MW) の需要高を財務的便益単価とする。

年間の収益はこの単価に発電端年間供給電力量と定格出力をそれぞれ乗じて算出する。

(6) 割引率

純現在価値 (NPV) 及び費用便益率 (C/B レシオ) の算定に適用させる割引率は、コロンビア国の実質金利の推定から割引率は年率 7. 6%と設定した。

(7) 資金の調達条件

外貨ならびに内貨の資金調達のための借入条件は次の通りである。

① 外貨の借入条件

- 年 利： 10%
- 元本支払期間： 25年間（うち4年間据置期間を含む）
- 支払条件： 元本均等払い

② 内貨の借入条件

- 年 利： 21%
- 元本支払期間： 8年間（うち1年間据置期間を含む）
- 支払条件： 元本均等払い

(8) 固定価格表示

コロンビア国のインフレーションは年24%~30%の範囲で変動しているが、便益及び費用ストリームに表示する価格は1989年の固定価格とする。

(9) 収益性の指標

収益性を評価する方法としては、一般的に用いられる次の3つの指標によるものとする。

- ① 費用便益比 (Cost-Benefit Ratio: C/B レシオ)
- ② 純現在価値 (Net Present Value: NPV)
- ③ 内部収益率 (Internal Rate of Return: IRR)

これらの指標はwithとwithout projectのキャッシュフローを用いて算定される。

10.2 収益性の比較

発電計画の各代替案の現金の流入と現金の流出を示すキャッシュフローに基づいて収益性を求めると表-10.1の通りである。

表-10.1 比較代替案別の収益性指標

代替案	費用便益比 (C/B)	純現在価値 (NPV) (百万円)	内部収益率 (IRR)
REH-1	1.16	(-) 39	6.0
ALT-1	0.96	14	8.1
ALT-2	0.94	25	8.3

総資本の立場からの財務分析の結果、最も収益性（収益率及び収益額の大きい）のよい修復案は、ALT-2案である。

前章（9.3.3）で最適案として選定されかつ収益性の高い修復計画はALT-1案となる。

10.3 財務計画

選定された修復計画案に対して財務的観点からキャッシュフローを検討した。財務計画として必要な損益計算書及び資金繰表を表-10.2に示す。本計画で、2002年より利益を生み出すことになり、その総額は109百万円となる。

Table -10.2

(1) PROJECTED REVENUE AND EXPENDITURE STATEMENT (at 1989 Price)

== Julio Bravo : ALT-1 ==

(A) (B) Operating Expenditure (US\$:1000) (C)

(2) PROJECTED FUNDS FLOW STATEMENT (Constant Price at 1989)

== Julio Bravo : ALT-1 ==

(A) Source (B) Application (US\$:1000)

Year Order	Year in Order	(A)			Year Order	Year in Order	(B)			Year Order	Year in Order	(C)			Year Order	Year in Order	Cash Balance (A)-(B)
		Total Operating Revenue	O/M Cost	Depreciation			Interest On Investment	Total	Net Benefit (A)-(B)			Balance Brought Forward	Long/Short Term Borrowing	Total				Construction Progress	Debt Service Interest	Principal	Total
1989	-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1990	-5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1991	-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	126.5	0.0	
1992	-3	0.0	0.0	0.0	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	126.5	126.5	12.7	0.0	0.0	159.2	-12.7	
1993	-2	0.0	0.0	0.0	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	63.3	63.3	25.3	0.0	0.0	88.6	-25.3	
1994	-1	0.0	0.0	0.0	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	696.2	696.2	31.6	0.0	0.0	727.8	-31.6	
1995	0	0.0	0.0	0.0	154.4	154.4	154.4	154.4	154.4	1871.4	1871.4	154.4	0.0	0.0	2025.7	-154.4	
1996	1	191.8	7.0	133.6	441.8	582.3	582.3	441.8	441.8	1529.4	1529.4	441.8	254.2	254.2	2640.5	-511.1	
1997	2	383.6	14.0	133.6	618.5	766.1	766.1	618.5	618.5	369.6	369.6	618.5	254.2	254.2	3727.0	-503.1	
1998	3	383.6	14.0	133.6	565.2	712.7	712.7	565.2	565.2	369.6	369.6	565.2	370.8	370.8	4336.4	-566.4	
1999	4	383.6	14.0	133.6	500.1	647.7	647.7	500.1	500.1	369.6	369.6	500.1	370.8	370.8	4709.9	-501.3	
2000	5	383.6	14.0	133.6	435.1	582.7	582.7	435.1	435.1	369.6	369.6	435.1	370.8	370.8	5059.9	-435.3	
2001	6	383.6	14.0	133.6	370.1	517.6	517.6	370.1	370.1	369.6	369.6	370.1	370.8	370.8	5409.9	-371.3	
2002	7	383.6	14.0	133.6	198.3	345.8	345.8	198.3	198.3	369.6	369.6	198.3	370.8	370.8	5789.9	-199.5	
2003	8	383.6	14.0	133.6	186.6	334.2	334.2	186.6	186.6	369.6	369.6	186.6	370.8	370.8	6169.9	66.3	
2004	9	383.6	14.0	133.6	175.0	322.5	322.5	175.0	175.0	455.9	455.9	175.0	370.8	370.8	6549.9	144.3	
2005	10	383.6	14.0	133.6	163.3	310.9	310.9	163.3	163.3	513.9	513.9	163.3	370.8	370.8	6929.9	234.0	
2006	11	383.6	14.0	133.6	151.6	299.2	299.2	151.6	151.6	603.6	603.6	151.6	370.8	370.8	7309.9	335.3	
2007	12	383.6	14.0	133.6	140.0	287.5	287.5	140.0	140.0	704.9	704.9	140.0	370.8	370.8	7689.9	448.3	
2008	13	383.6	14.0	133.6	128.3	275.9	275.9	128.3	128.3	817.9	817.9	128.3	370.8	370.8	8069.9	573.0	
2009	14	383.6	14.0	133.6	116.6	264.2	264.2	116.6	116.6	942.5	942.5	116.6	370.8	370.8	8449.9	709.3	
2010	15	383.6	14.0	133.6	105.0	252.5	252.5	105.0	105.0	1078.9	1078.9	105.0	370.8	370.8	8829.9	857.2	
2011	16	383.6	14.0	133.6	93.3	240.9	240.9	93.3	93.3	1226.8	1226.8	93.3	370.8	370.8	9209.9	1016.9	
2012	17	383.6	14.0	133.6	81.6	229.2	229.2	81.6	81.6	1396.5	1396.5	81.6	370.8	370.8	9589.9	1188.2	
2013	18	383.6	14.0	133.6	70.0	217.5	217.5	70.0	70.0	1557.8	1557.8	70.0	370.8	370.8	9969.9	1371.2	
2014	19	383.6	14.0	133.6	58.3	205.9	205.9	58.3	58.3	1740.8	1740.8	58.3	370.8	370.8	10349.9	1565.8	
2015	20	383.6	14.0	133.6	46.7	194.2	194.2	46.7	46.7	1935.4	1935.4	46.7	370.8	370.8	10729.9	1772.1	
2016	21	383.6	14.0	133.6	35.0	182.6	182.6	35.0	35.0	2141.7	2141.7	35.0	370.8	370.8	11109.9	1990.1	
2017	22	383.6	14.0	133.6	23.3	170.9	170.9	23.3	23.3	2359.7	2359.7	23.3	370.8	370.8	11489.9	2219.7	
2018	23	383.6	14.0	133.6	11.7	159.2	159.2	11.7	11.7	2589.3	2589.3	11.7	370.8	370.8	11869.9	2461.0	
2019	24	383.6	14.0	133.6	0.0	147.6	147.6	0.0	0.0	2830.6	2830.6	0.0	370.8	370.8	12249.9	2650.6	
2020	25	383.6	14.0	133.6	0.0	147.6	147.6	0.0	0.0	3230.2	3230.2	0.0	370.8	370.8	12629.9	2840.2	
TOTAL		9398.1				8621.3									776.8		
						C/S:									0.92		

